

발 간 등 록 번 호

11-1543000-001610-01

우리밀의 제빵품질 향상기술 및 기능성 신제품 개발 최종보고서

2016. 10. 10.

주관연구기관 / 한국식품연구원
협동연구기관 / CJ제일제당
밀다원



농림축산식품부

제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “우리밀의 제빵품질 향상기술 및 기능성 신제품 개발”(개발기간 : 2012.10.11 ~ 2016.10.10)과제의 최종보고서로 제출합니다.

2016. 10. 10.

주관연구기관명	: 한국식품연구원	(대표자)	박용곤	
협동연구기관명 (참여기업명)	: CJ 제일제당	(대표자)	김철하	
협동연구기관명 (참여기업명)	: 밀다원	(대표자)	황재복	
위탁연구기관명 (참여기업명)	: (주)협동엔지니어링	(대표자)	이병희	
참 여 기 업 명	: 빵굽는사람들	(대표자)	이정승	
	주관연구책임자		김상숙	
	세부과제책임자		김의웅	
	협동연구책임자		김태종	
	협동연구책임자		전정수	
	위탁연구책임자		이종권	

국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 제18조에 따라 보고서 열람에 동의
합니다.

보고서 요약서

과제고유번호	312049-4	해당 단계 연구 기간	2012 10 11 ~ 2016 10 10	단계 구분	4차년도/ 4년
연구사업명	중사업명	농식품기술개발사업			
	세부사업명	고부가가치식품기술개발사업			
연구과제명	대과제명	우리밀의 제빵품질 향상기술 및 기능성 신제품 개발			
	세부과제명	우리밀 제빵물성 개선기술 및 기능성 신제품 개발 수확 후 관리기술 및 건조저장 모델 개발			
연구책임자	김상숙	해당단계 참여 연구원 수	총: 31 명 내부: 31 명 외부: 명	해당단계 연구개발비	정부: 300,000천원 민간: 300,000천원 계: 600,000천원
		총연구기간 참여 연구원 수	총: 43 명 내부: 43 명 외부: 명	총연구개발비	정부:1,500,000천원 민간:1,500,000천원 계:3,000,000천원
연구기관명 및 소속부서명	한국식품연구원 기능성식품연구본부 감각인지연구단			참여기업명: CJ 제일제당, 밀다원(주), 빵굽는사람들, 협동엔지니어링(주)	
위탁연구	연구기관명: 협동엔지니어링(주)			연구책임자: 이종권	
<p>본 과제는 자급율이 경우 2%도 안 되는 우리밀의 소비확대를 위해 제빵품질 저해요인을 분석하고, 우리밀의 품질개선을 위해 제분 전처리 및 후처리에 의한 물성개선 방법을 개발하였다. 우리밀의 품질저해요인은 동일품종 내 커다란 변이와 포장 표시와 다른 일관성 없는 품질특성으로 나타났다. 또한 수입밀과 차별화된 우리밀 기능성 소재 및 신제품을 개발하였으며, 본 연구결과 도출된 항산화활성 및 암세포증식억제효과를 지닌 기능성 청밀 제품은 향후 우리밀의 소비확대에 기여할 것이다. 또한 우리밀 산업의 문제점인 수확 후 관리기술 및 건조저장시설 미흡으로 인한 낮은 우리밀 품질을 해결하기 위해 우리밀에 적합한 건조저장시설 모델을 개발하고 기준설정 방향을 정립하였다. 세부적인 모델 관련기술은 관련기업에 기술이전 하였으며, 우리밀의 산물수매, 건조 및 저장에 필요한 수확후 관리기술은 교육 등을 통해 우리밀 건조조장시설에서 활용된다.</p>				보고서 면수: 1037	

요 약 문

I. 제 목

우리밀의 제빵품질 향상기술 및 기능성 신제품 개발

II. 연구개발의 목적 및 내용

본 연구는 우리밀 제품의 제빵품질 저해요인 분석, 수확후 관리기술 및 건조저장 모델을 개발하고 우리밀의 전처리 및 가공공정의 개선을 통해 제빵품질을 개선하고 고부가가치 소재 및 신제품을 개발함에 있음

□ 제 1세부 (우리밀 제빵물성 개선기술 및 기능성 신제품 개발, 한국식품연구원)

- 시판 우리밀 및 수입밀 밀가루 제품의 품질차이 분석
- 수입밀에 비교한 우리밀 품종별 원곡, 제분, 제빵특성, 관능적 특성 및 소비자 인지도 분석
- 우리밀 제빵 용도별 물성 및 제빵품질 개선을 위한 제분전처리 기술개발
- 수입밀과 차별화된 우리밀 기능성 탐색
- 제빵 용도별 물성 및 제빵품질 개선을 위한 제분 및 후처리기술개발
- 제빵 종류별 관능적 특성 및 소비자 인지도 분석을 통한 물성개선방법 검증
- 우리밀의 고부가가치 신소재 및 제품기술개발
- 개발된 제품의 관능적 특성 및 기호도 분석
- 우리밀 제품의 저장 안정성 분석 및 실용화 체계구축

□ 제 2세부 (수확후 관리기술 및 건조저장모델 개발, 한국식품연구원)

- 수확후 품질관리 시설 및 보관실태 조사
- 수확후 품질저해요인 분석
- 우리밀의 반입-선별-계량-건조공정별 설계인자 구명
- 우리밀의 저장 공정의 설계인자 구명
- 정부사업 기본모델을 위한 건조저장시설 기준
- 정부사업 기본모델을 위한 건조저장시설 모델개발
- 우리밀 건조저장 모델개발 운영실험
- 우리밀 건조저장시설의 보급체계구축

□ 제 1협동 (우리밀 및 수입밀의 제분특성분석, CJ 제일제당)

- 수입밀에 비교한 우리밀 품종의 제분특성 분석
- 전처리에 의한 제분특성 분석
- 저장 조건별 제분특성 분석
- 적정 전밀 제조를 위한 제분특성 분석

□ 제 2협동 (우리밀의 제빵특성 분석, 밀다원)

- 수입밀에 비교한 우리밀 품종의 제빵특성 분석
- 전처리에 의한 제빵특성 분석
- 제분 후처리에 의한 제빵특성 분석
- 전밀 및 기능성 소재의 제빵특성 분석

III. 연구개발 성과

□ 제 1세부 (우리밀 제빵물성 개선기술 및 기능성 신제품 개발, 한국식품연구원)

- 제 1세부과제는 우리밀의 경쟁력 향상을 위해 우리밀의 품질저해요인을 분석하여 물성개선을 통한 품질 경쟁력을 향상시키고 우리밀 고유의 장점을 지닌 기능성 신제품을 개발하였음
- 우리밀 제빵품질 저해요인 구명은 1)우리밀과 수입밀로 가공한 다양한 연도별 시판 밀가루 제품 (2012년도 시판 16점, 2013년 시판 15점), 연도별 동일한 시판 밀가루 제품의 이화학적 특성, 가공특성 및 제빵 특성 분석을 통해 저해요인을 분석, 2) 다양한 우리밀과 수입밀 품종 별 원맥 14점을 확보하여 원맥특성, 제분특성, 밀가루(제분율 60%)의 이화학적 특성, 가공 특성 및 제빵 특성을 분석하였음
- 2년간 수집한 다양한 밀가루 제품 총 31점의 이화학, 가공 및 제빵 특성들을 분석한 결과 국내에서 유통되는 밀가루 제품들의 포장 표시 재고가 필요하다고 판단되어짐. 일반적으로 밀가루는 강력분, 중력분, 박력분으로 표기되는데, 국내 유통되어지는 밀가루 및 밀의 경우 포장 표시와 품질 특성 간 일관성이 없었음. 또한 동일 품종 내 (특히 유통 국내밀의 80%를 차지하는 금강밀의 경우) 제빵 품질과 관련 있는 단백질 함량, Solvent Retention Capacity (SRC) 특성 등의 변이가 크게 나타났음. 본 연구결과는 동일 품종 내에서 변이가 큰 원곡, 제분, 제빵 특성을 통해 생산단계 혹은 수확 후 관리 단계부터의 품질관리 필요성을 보여줌
- 국내산 품종별 밀과 수입산 품종별 밀로 제조한 식빵의 소비자 기호도 평가 결과, 우리밀 중 조경밀로 만든 식빵이 수입 경질밀인 Northern Spring (NS), Hard Red Winter (HRW)로 만든 식빵들과 같은 수준이었음. 소비자들은 밀의 원산지에 대한 정보 인지 후 조경밀과 같은 우리밀 고품질 제품의 경우 수입밀 제품에 비해 구입의사 및 지불의향가격을 높게 평가하였음
- 제분 전 처리에 의한 제빵품질 개선을 위해 고전압 처리, 열수처리, 오존수 및 오존 처리 후 이화학, 가공 및 제빵특성 분석을 하였음. 고전압처리 밀가루로 만든 제빵의 경우 저장중 경도증가가 둔화되어 노화억제 효과 가능성을 보여주었음. 열수처리 청밀의 이화학, 가공 및 제빵 특성 분석 결과, 열수처

리 밀은 제과제빵에 적합하지 않았으며, 이는 밀에 존재하는 글루텐 변성 혹은 전분의 호화에 의한 것으로 판단됨. 제분 전 원맥을 일반수가 아닌 오존수에 침지(tempering)하였을 때 일반수에 비해 우리 밀 물성개선효과는 미미하였음

- 수입밀과 차별화된 우리밀 기능성 탐색은 국내외산 밀 총 14점(우리밀 6점, 수입밀 8점)의 아미노산 조성, 밀 단백질의 2-dimensional gel electrophoresis (2-DE), 토코페롤, 항산화 활성 분석을 통해 탐색하였음
- 청밀의 생리활성물질 및 기능성 탐색은 phenolic compositions, 대사체분석, 항산화, 암세포 증식억제와 관련된 분석을 수행하였음. 청밀은 정상수확밀과 비교 시 phenolic compounds 및 필수아미노산과 관련된 대사체 물질들이 상대적으로 높았으며, 항산화 및 암세포 증식억제 효과가 있었음. 특히, 청밀 밀기울 추출물은 정상수확밀 밀기울 추출물보다 항산화 및 암세포 증식억제 효과가 높았음. 본 연구에서는 cancer suppressor gene인 p53과 PTEN을 증가시켜 apoptosis를 유도함으로써 암세포 증식억제를 나타냄을 확인하였으며, 이는 청밀의 건강기능식품 소재로서의 가능성을 내포하고 있음
- 제분후 처리에 의한 제빵품질 개선을 위해 밀가루에 120ppm의 오존가스를 15, 30, 45, 60분간 처리 후 이화학, 전분 및 단백질 특성들을 분석하였음. 오존처리에 의해 밀가루 색도 b value, pH 및 곰팡이는 감소하였으나, RVA(Rapid Visco Amylograph)에 의한 점도특성은 증가하였음. 추가적으로, 오존가스 처리 시간에 따른 밀가루 단백질의 SDS-PAGE 결과 오존처리에 의해 밀가루의 저분자 단백질이 증가하였음
- 제분된 밀가루의 제빵품질 향상을 위해 반응표면법을 이용하여 Transglutaminase (TGase), Xylanase (Xyl), L-ascorbic acid (L-AA) 혼합 사용시 제빵특성(비용적, 경도) 및 식빵의 소비자 기호도를 기준으로 한 최적조건(TGase는 0.36g/100g, Xyl는 0.026g,100g, L-AA는 0.005g/100g)을 도출하였음. 이 결과는 제빵적성이 떨어지는 우리밀의 premix제품 개발에 활용할 수 있을 것으로 기대됨
- 이 연구의 최종 목표인 우리밀 고부가가치 신소재 제품개발을 위해 본 연구에서는 청밀 전밀가루 및 밀기울을 이용하여 제품을 개발하였음. 밀기울을 활용한 제품개발을 위해 밀기울은 두 종류의 제분기 Hammer Mill과 Air Jet Mill을 이용하여 분쇄 후, yeast leavened product인 식빵에 적용하여 분석하였음. 두 종류의 제분기로 분쇄된 밀기울은 밀가루에 0, 5, 10, 15, 20, 25% 비율로 대체하여 혼합한 후, 이화학, 항산화, 반죽 및 식빵의 특성들을 분석하였음. 그 결과 hammer mill로 분쇄한 밀기울을 밀가루의 5-10% 대체한 식빵의 가공 및 제빵적성이 향상되었으며, 항산화력이 증가하였음
- 청밀 전밀가루를 이용하여 다양한 제품들 (마들렌, 파니니, 카스테라, 스폰지 케이크, 무스 케이크, 머핀)을 제조하였으며, 그 중 상품화 가능성이 높은 마들렌의 이화학 및 가공적성, 항산화 분석 및 소비자 검사를 수행하였음. 청밀 전밀가루의 식이섬유함량은 10.26g/100g (d.w.b), ORAC value는 38.47 uM TE/g, ABTS value는 2.04 uM TE/g으로 시판 백밀가루 (식이섬유 함량: 1.65g/100g d.w.b; ORAC value; 11.57 uM TE/g; ABTS value: 0.53 uM TE/g)보다 높았음. 또한, 청밀 마들렌의 항산화력은 ORAC value는 14.63 uM TE/g, ABTS value는 0.79 uM TE/g로 백밀로 만든 마들렌 (ORAC value: 6.58 uM TE/g; ABTS value: 0.19 uM TE/g)보다 높았음. 시료에 대한 정보없이 소비자 기호도 조사결과, 청밀 마들렌의 기호도나 구입의향가격은 시판밀가루로 제조한 마들렌보다 낮았음. 그러나 전체 소비자중 약 24% 는 청밀로 만든 마들렌을 선호하였으며, 또한 소비자들이 청밀 전

밀가루의 건강기능성에 대한 정보 인지 후 청밀 전밀가루로 만든 마들렌의 지불의향가격은 시판 백밀가루로 만든 마들렌과 유사하였음. 즉, 청밀 전밀가루는 전체 소비자대상이 아닌 건강에 관심이 많은 소규모의 niche market을 목표로 한 제품개발이 제안됨

- 기능성 우리밀 제품인 청밀 전밀가루의 저장 안정성 및 실용화 체계구축을 위해 저장 온도별(0℃, 25℃, 35℃, 45℃) 4주 간격으로 24주간 동안 이화학특성을 측정하였으며, 부가적으로 청밀 전밀가루의 잔류농약(총 58종)을 분석하였음. 청밀 전밀가루에서는 잔류농약이 검출되지 않았음. 저장기간 및 온도가 증가할수록 청밀 전밀가루의 색도 b value와 RVA에 의한 점도특성은 증가하였음. 12주 및 24주 동안 저장한 청밀 전밀가루로 만든 쿠키의 소비자 기호도 검사결과, 소비자들은 35℃ 및 45℃에서 24주 동안 저장된 밀가루로 만든 쿠키의 기호도를 낮게 평가하였음. 소비자검사결과는 청밀 전밀가루는 25℃이내에서 24주간까지는 쿠키 제조에 사용될 수 있음을 내포하였음

□ 제 2세부 (수확후 관리기술 및 건조저장모델 개발, 한국식품연구원)

- 제 2세부과제는 국내외 밀 수확후 관리시설 및 운영실태(14개소), 우리밀, 쌀 등 건조저장시설 설계도면을 통한 보급실태(11개소), 밀의 품질 및 설계기준 관련 문헌(ASABE standards, 2011), 국내외 밀 품질기준 및 우리밀 소비업체(CJ, 밀다원)의 품질요구사항에 대한 조사를 실시하여 우리밀 건조저장시설의 현황 및 문제점을 파악하였으며, 이를 바탕으로 우리밀 건조저장시설 모델개발 및 기준설정 방향을 정립하였음
- 국내외산 유통밀 10품종 및 국산밀 3품종(백중, 조경, 금강)을 이용한 실험실실험, 5개소의 우리밀 건조저장시설에서의 현장실험 및 건조시뮬레이션을 실시하여 반입부, 건조부, 저장부, 선별 출하부 및 기타 항목 등 20개의 우리밀 건조저장시설의 설계인자를 구명하였음
- 반입부에서 반입함수율기준은 벼와 동일한 24%, 반입시설의 실반입능력은 설계능력 20ton/hr 및 30ton/hr가 각각 700ton/yr 및 1,190ton/yr, 조선율은 65.5%, 이물질중 정립비율은 4.0%, 조선기 이후 최종이물질혼입비율은 0.4%수준이었으며, 건조지수(중량환산지수)는 저장함수율 13%를 기준으로 제시하였음
- 건조부에서 20ton/batch 및 30ton/batch규모의 순환식 건조기의 건감율은 각각 0.60%/hr 및 0.55%/hr이었고, 설계투입능력 30ton/hr 및 연간 7일가동시 건조능력은 각각 150ton/yr 및 200ton/yr수준으로 벼를 대상으로 한 경우에 비해 18.8~20.5%에 불과하였으며, 저장부에서 저장함수율은 13%, 해충발생을 제어하기 위해서는 저장온도 13℃이하가 적합하였음
- 우리밀의 이송장치, 곡물빈 저장능력 및 곡물빈 구조계산에 사용되는 산물밀도는 각각 640, 750 및 835kg/m³ 수준이었고, 정안식각은 함수율 13%에서 18°로서 벼의 45°에 비해 낮아 별도의 사일로 구조계산이 필요하였으며, 우리밀 및 벼 공동으로 건조저장시설을 사용할 경우 혼곡을 방지하기 위해 비중선별기의 설치가 필요하였음
- 우리밀의 설계인자 구명결과 및 국내외산 밀의 비용 및 가공특성을 감안하여 정부사업으로 보급이 가능한 4가지 건조저장시설 모델을 개발하였으며, 각 모델에 대하여 공정구성, 소요전력, 소요면적 및 소요예산을 제시하였으며, 건축, 시설 및 설비, 안전설비 및 기타설치운영 등으로 구성된 116개 항목

의 시설요구사항(안)을 제시하였음

□ 제 1협동 (우리밀 및 수입밀의 제분특성분석, CJ 제일제당)

- 원산지가 다른 금강밀 원맥 4종 (합천, 광주, 정읍)과 수입밀 6종 (SW, ASW, AH, SRW, CWRS, DNS)을 제분을 60%분으로 제분 후 밀가루 품질특성을 분석하였음. 우리밀 및 수입밀의 밀가루 품질 특성 분석 결과, 수입밀과 달리 우리밀은 동일 품종 내에서 지역별 편차가 심하게 나타났음. 이는 제분산업에서 관리되는 품질지표를 맞추기 어려운 저해요인으로 향후 원맥에 대한 체계적인 관리가 필요함을 보여줌
- 우리밀 원맥의 저장기간에 따른 제분특성 분석을 위해, 금강밀을 15℃, 25℃, 35℃, 45℃에서 12개월 저장하면서 4개월 간격으로 이화학 및 반죽특성을 분석하였음. 저온 (15℃)에서 저장한 밀의 경우 저장기간에 따라 이화학 및 반죽특성은 일정한 반면, 고온 (45℃)에서 저장한 밀의 수분, peak time (PT), 안정도, 최고점도 수치는 불안정했음. 이는 제품가공 시 품질 및 안정성에 영향을 줄 것으로 예상됨
- 금강 청밀 원맥 분석결과 청밀의 falling number는 233sec로 밀의 품질평가 기준이 350sec보다 낮았음. 이는 청밀은 미성숙 상태에서 수확한 밀로 효소활성이 성숙밀보다 높기 때문인 것으로 판단됨. 추가적으로 금강 청밀은 기류분쇄 후 전밀 밀가루로 제조하였으며, 기류분쇄조건은 3개의 분급조건 (900rpm, 1200rpm, 1500rpm)으로 제분하였음. 청밀 전밀가루를 이용하여 반죽특성 분석결과, 청밀 전밀가루의 신장성은 90mm로 일반 밀가루 반죽 신장성 (260mm)보다 낮았음
- 우리밀 전밀 밀가루 제조를 위한 제분조건을 찾기 위해, 금강밀은 기류분쇄, 스톤밀 및 해머밀로 제분하였음. 각 제분조건은 기류분쇄는 500rpm, 평균입도 100, 300 micron, 스톤밀은 600rpm, 해머밀은 1200rpm, 110, 280 micron 이었음. 금강 전밀 밀가루 5종 (기류분쇄 2종, 스톤밀 1종, 해머밀 2종)의 반죽특성은 시판 수입 통밀가루 (밥스 레드밀, 대조구)와 비교하였음. 과리노그래프 분석결과, 기류분쇄 100 micron으로 분쇄한 밀가루의 흡수율 (68.2%)은 대조구의 흡수율 (77.4%)과 유사했음. 반죽의 신장성 분석결과, 대조구, 해머밀 2종, 기류분쇄 2종은 147mm - 177mm로 비슷했으나, 스톤밀로 제조한 전밀가루의 신장성은 111mm로 낮았음. 5종의 전밀 밀가루 중 기류분쇄 100micron으로 제분한 밀가루가 제빵가공적성에 적절했음
- 기류분쇄 100micron으로 분쇄한 전밀가루를 이용하여 부침 및 핫케익 프리믹스를 제조하였음. 핫케익 프리믹스 제조를 위해, 전밀 밀가루 특유의 거친 식감 및 맛은 바닐라향 및 유지를 첨가형 보완하였음. 또한 부침 프리믹스는 찹쌀 및 전분을 첨가하여 식감을 개선하였음. 전밀 밀가루로 제조한 부침 및 핫케익 프리믹스는 유통기한이 짧을 것으로 예상되어지며, 상품화하기 위해서는 유통기한을 늘릴 수 있는 추가 연구가 필요함

□ 제 2협동 (우리밀의 제빵특성 분석, 밀다원)

- 수입밀 및 국내밀의 제빵품질 차이분석을 위해 수입밀 5종 (DNS, CWRS, HWR, ASW, SWW)과 국내밀 7종 (조정밀, 금강밀, 백중밀, 유기농밀 4종)을 테스트밀기로 제분 후 식빵, 스펀지, 케익, 쿠키제

- 조 후 분석하였음. 수입밀 및 우리밀의 제빵적성 분석결과, 제빵용으로는 수입밀 DNS, HRW, CWRS 이 우리밀은 조경이 적합했으며, 스펀지 케익과 쿠키는 수입밀 SWW 및 우리밀 금강이 적합했음
- 고전압 처리된 밀가루의 제빵특성 분석결과, 고전압 처리 밀가루로 제조한 식빵의 경도 변화가 둔화되어 노화억제 효과가 있었음. 원맥의 고전압처리에 의한 제빵특성 분석을 위해, 원맥은 14%, 16%, 18%, 20%로 템퍼링 후 20,000 volt에서 30분간 고전압처리 후 밀가루로 제분하였음. 고전압 처리된 밀가루로 식빵을 제조하여 분석한 결과, 식빵의 비용적은 고전압 처리군이 비처리군 보다 높게 나타났으며, 제품의 노화가 지연되었음
 - 저장온도별(15°C, 25°C, 35°C, 45°C) 원맥을 12개월간 저장 후 밀가루로 제분 후 반죽 및 식빵 특성을 분석하였음. 대조군으로 수입밀 DNS를 사용하여 반죽의 미세구조 관찰결과, 저온 저장한 밀로 제조한 밀가루 반죽의 미세구조는 대조군인 DNS와 유사하게 작은 크기의 기공이 조밀하게 분포되어있음. 이는 저온 저장한 밀이 제빵품질 향상에 영향을 미치는 것으로 사료됨
 - 식빵의 제빵품질을 향상시키기 위해 Transglutaminase(TG), hemicellulase(HC), L-ascorbic acid (L-AA)를 수준별로 첨가한 제빵실험 결과, 15번 혼합 처리군(TG: 0.1g/100g, HC: 0.01g/100g, L-AA 0.005g/100g; 4.65 ml/g)은 수입밀가루 비교군인 DNS (4.43ml/g)보다 식빵의 비용적이 높았음. 2번 혼합 처리군 (TG: 0, HC: 0.05g/100g, L-AA: 0.005g/100g)의 비용적은 4.2 ml/g으로 가장 낮았음
 - 우리밀 제빵제품 개발을 위해, 우리밀 밀가루 및 프랑스 밀가루에 복합효소 (TG: 0.36g/100g, HC: 0.026g/100g, L-AA: 0.005g/100g) 혹은 malt 첨가 후 바게트를 제조하여 품질을 비교하였음. 반죽 특성 분석결과, 흡수율 및 안정도는 프랑스 밀가루에 비해 우리밀 밀가루의 흡수율이 낮았음. 바게트의 경도측정결과, malt 첨가한 바게트는 복합효소를 첨가한 바게트보다 낮았음. 본 협동기관내 제빵 전문가들은 복합효소를 우리밀 바게트에 적용하였을 때 제품 외관의 개선효과가 있었으나, 풍미 및 씹힘성은 malt첨가 바게트 제품 보다 낮다고 하였음

IV. 연구개발성과의 활용계획

- 주요 연구 결과들은 논문, 특허, 기술이전, 정책건의, 홍보 및 교육 등 다양하게 활용할 계획이며, 예시는 다음과 같음
 - “고전압 처리 장치 및 이를 이용한 밀가루의 반죽특성개선 방법”에 관하여 국내 특허 등록 (등록번호:10-14-78021)을 완료하였으며, 이는 우리밀 제빵제품 물성개선을 위해 활용할 예정임
 - 우리밀의 가공적성에 관련된 연구결과들은 국내 학술지 3건, 국외 학술지 1건을 게재하였으며, 제빵적성이 낮은 우리나라 시판 밀가루에 맞는 premix개발에 활용할 계획임
 - “청밀 추출물을 유효성분으로 함유하는 향산화 또는 항암활성을 가지는 약학 조성물 및 건강기능식품 (출원번호: 10-2015-0048619)”으로 특허 출원하였으며, 기능성 우리밀 제품 수요가 있는 업체에 관련 정보 및 기술을 이전할 계획임

- 청밀 및 청밀 밀기울의 항산화 및 항암활성 관련 연구결과들은 국외 학술지에 2건 (Food Chemistry, Molecules)을 게재하였으며, 청밀 전밀 밀가루를 이용한 제품개발은 현재 Food Chemistry에 투고 후 심사 중에 있음. 청밀은 수입밀과 차별화된 우리밀만의 장점을 지닌 소재로서 청밀 전밀 밀가루 혹은 밀기울을 밀가루의 일부 혹은 전부를 대체한 제품개발에 활용할 계획임
- 전밀 제조를 위한 제분 및 제빵 특성 연구결과를 바탕으로 전밀 밀가루 제조관련 특허 준비 중에 있으며, 이러한 성과들은 정부의 우리밀 생산 확대에 기여할 것임. 또한 국민 건강을 고려한 통밀가루에 대한 정의 및 품질기준이 반영되도록 건의하였으며, 이러한 결과는 향후 제분산업에 전밀 밀가루 제품화를 위한 중요한 가이드라인으로 활용할 계획임
- 우리밀 건조저장시설의 설계기준은 4개 설계회사(대주종합기술단, 보람ENG, 푸른엔지니어링 및 협동엔지니어링)를 통해 향후 우리밀 건조저장시설의 설계 및 시공에 활용할 예정임
- 우리밀의 산물수매, 건조 및 저장에 필요한 수확후 관리기술은 교육 등을 통해 우리밀 건조저장시설에서 활용할 계획임
- 본 연구결과 도출된 우리밀 건조저장시설 모델은 정책사업의 기본모델로 반영되도록 정책 건의할 예정 (예: 농림축산식품사업, 9. 발작물공동경영체 육성지원)임. 세부적인 모델 관련기술은 참여기업인 협동엔지니어링에 기술이전 하였으며, 우리밀 수확후 관리를 위해 현장에서 활용될 예정임

V. 중심어

우리밀; 제빵 품질; 건조저장모델; 반죽물성; 기능성 전밀 제품

SUMMARY

I. Title

Development of technology to improve baking quality and novel functional products with domestic wheat cultivars

II. Purpose & Contents

The purposes of this study were 1) to identify the hindrance factors for baking quality of domestic wheat, 2) to develop the technology to improve baking quality and 3) novel functional products with domestic wheat by improving process before and after milling, and by developing the post-harvest management techniques and facility model for drying and storage of wheat.

The first sub-project (Development of technology to improve baking quality and novel functional products with domestic wheat cultivars, Korea Food Research Institute)

- Quality comparison between commercial domestic and imported wheat flours
- Comparison between domestic and imported wheat cultivars on kernel, milling, baking quality, sensory characteristics, and consumer perception of bakery product with country origin (domestic and foreign)
- Development of processing methods before milling to improve baking quality
- Screening functionality for domestic wheat in comparison with imported wheat
- Development of processing methods after milling to improve baking quality
- Investigation on sensory characteristics and consumer perception of bakery product to enhance baking quality
- Development of high value-added novel material and products using domestic wheat
- Analysis of sensory characteristics and overall acceptability for developed product
- Storage stability and establishment of practical system for domestic wheat product

The second sub-project (Development of post-harvest management techniques and drying storage model, Korea Food Research Institute)

- Investigation on facilities and storage condition for post-harvest quality control of domestic wheat
- Analysis of quality hindrance factors for post-harvest stage of domestic wheat
- Investigation of a design factor for intake-sorting-scaling-drying of domestic wheat
- Investigation on a design factor for storage process of domestic wheat
- Criteria of drying and storage facilities for basic model of government project

- Development of model for drying and storage facilities for government project
- Operation test on drying and storage model developed for domestic wheat
- Systematic establishment to supply drying and storage facilities of domestic wheat

- **The first cooperative project (Milling properties of domestic and imported wheats, CJ Cheiljedang)**
 - Milling properties of domestic wheat cultivars comparing with imported wheat cultivars
 - Milling properties by pre-milling treatment
 - Milling properties depending on storage conditions
 - Milling properties to produce whole wheat flour

- **The second cooperative project (Baking properties of domestic wheat, Mildawon)**
 - Baking properties of domestic wheat cultivars comparing with imported wheat cultivars
 - Baking properties by pre-milling treatment
 - Baking properties by post-milling treatment
 - Baking properties of whole wheat flour and functional bakery product

III. Results

- **The first sub-project (Improved technology of baking properties and development of novel functional products for domestic wheat, Korea Food Research Institute)**
 - The sub-project 1 was carried out to improve the competitiveness of domestic wheat by identifying hindrance factors of domestic wheat quality and to develop functional novel products with unique advantage of domestic wheat
 - To investigate the hindrance factors of domestic wheat quality, 1) the physicochemical, processing, and baking properties of commercial domestic and imported wheat flours (15 flour samples purchased in 2012: 16 flour samples purchased in 2013) were analyzed; 2) the kernel, milling, flours (extraction yield: 60%), physicochemical, processing, and baking properties of domestic and imported wheat cultivars were analyzed
 - In the results of physicochemical, processing, and baking quality properties in commercial wheat flours purchased in 2012 and 2013, package label of flour products distributed in Korea might need to be re-considered. Generally, the package label of flour products were divided into strong, medium, and weak flours depending on purpose. However, the quality of flour products distributed in Korea were not consistent with the contents on the package

label. The controlling processing and post-harvest stage of wheat might be needed to solve the problems of inconsistency between package label and quality of wheat flour products

- The results of consumer preference evaluation on breads made of domestic and imported wheat showed that overall acceptability of bread made of Jogyeong were similar to that of Northern Spring (NS) or Hard Red Winter (HRW). However, consumers evaluated higher purchase intent (PI) and willingness to pay (WTP) in Jogyeong than in NS or HRW when country of origin (CO) of wheat was informed to consumers
- To improve baking quality, the wheats or wheat flours were treated with the high (electric) voltage (HV), steaming, and ozonated water and then physicochemical, processing, and baking quality properties were analyzed. The HV treatment showed the possibility on retardation of bread staling. The steamed immature wheat was not suitable for yeast leavened product because steaming processing led to destruction of gluten or germination of starch. The wheat treated with ozonated water showed no significant difference in baking quality
- Amino acid compositions, 2-dimensional gel electrophoresis (2-DE), tocopherol, antioxidant properties were analyzed for screening of functionality in domestic wheat. Domestic wheat might be needed to develop whole wheat flour with beneficial health effects or immature wheat flour, which is not available in imported wheat
- Phenolic compositions, metabolite, antioxidant capacity, and antiproliferative activity of immature wheat was carried out. The metabolites related phenolic compositions and essential amino acid compositions were higher in immature wheat than in mature wheat. Immature wheat and its bran extracts showed high the antioxidant capacity and antiproliferative activity compared to mature wheat and its extracts. Immature wheat bran extract induced apoptosis by increasing the gene expression of p53 and PTEN (tumor suppressor genes) and thus, immature wheat or its bran could be potential products with beneficial health effects
- The optimum levels of transglutaminase (TGase), xylanase (Xyl), and L-ascorbic acid (L-AA) were determined using a response surface methodology to improve baking quality and consumer acceptability of bread with domestic wheat flour. The optimal formulation for dough and bread properties and consumer acceptability were identified and the optimal value was 0.36g/100g TGase, 0.26g/100g Xyl, and 0.005g/100g L-AA

- As post-milling treatment to improve baking quality, wheat flours were treated with ozone gas at 120ppm for 15, 30, 45, 60 min, and then physicochemical and the properties of starch and protein were investigated. Color b value, pH, and mold of wheat flour were decreased by ozone treatment with time. Pasting properties (peak viscosity and final viscosity) were increased by ozone treatment. The result of SDS-PAGE showed darker protein bands at low molecular weight of ozone treated wheat flours than those of control wheat flour
- The development of novel functional products with domestic wheat, as the final goal of this study, was conducted using immature wheat flours and wheat brans. For product development using wheat brans, the brans were pulverized with Hammer mill or Air Jet mills to improve processing properties of bread. The physicochemical and antioxidant, dough and bread properties were measured in wheat flours substituted with two types of bran (HMB: bran pulverized by hammer mill; JMB: bran pulverized by air jet mill) at various levels (0, 5, 10, 15, 20, 25%). These results showed that breads made with wheat flour substituted with 5-10% HMB or JMB improved bread quality and functionality such as antioxidant properties
- Several products (madeleine, panini, sponge cake, mousse cake, muffin) prepared with immature wheat flour were developed, and among products, madeleine was selected to investigate physicochemical, processing, antioxidant, and consumer properties. The total dietary fiber (10.26 g/100g, dry weight basis), ORAC value (38.47 uM TE/g), and ABTS value (2.04 uM TE/g) of the immature wheat flour were higher than those of the commercial wheat flour. The results of the blind test showed that the consumer acceptability and willingness to pay (WTP) for the immature wheat flour madeleine were lower than those of the commercial wheat flour madeleine. The WTP for immature wheat flour madeleine was similar to that for the commercial immature wheat flour when the consumers were informed about the antioxidant properties of immature wheat flour. Therefore, development of bakery products using an immature wheat flour was suggested for the small niche market of health conscious consumers
- To investigate storage stability and establishment of applicable distribution system for whole immature wheat, 58 residue pesticides of whole immature wheat were tested. Whole immature wheat flours were stored at 0°C, 25°C, 35°C, 45°C during 24 weeks and physicochemical and pasting properties of whole immature wheat flour were investigated at every 4 weeks. The 58 residue pesticides were not detected in whole immature wheat flour. The b value and pasting properties of whole wheat flours were increased with the longer

storage time and the higher storage temperature. In addition, consumer acceptability of cookies made with immature whole wheat flours stored for 12 and 24 weeks was conducted. The consumers did not prefer cookies made with whole immature wheat flour stored at 35°C and 45°C for 24 weeks

□ **The second sub-project (Development of post-harvest management techniques and drying storage model, Korea Food Research Institute)**

- An investigation was conducted on domestic and foreign wheat storage facilities and their management (14 facilities), actual supply of wheat based on blueprints of dry storage facilities for domestic wheat (11 facilities), literature searches on wheat quality and facility design criteria (i.e. ASABE standards, 2011), as well as quality control criteria for domestic and foreign wheat and demands from companies that consume domestic wheat (CJ, Mildawon). The present state of and problems with dry storage facilities for domestic wheat were ascertained. Based on this research, a model of dry storage facilities for domestic wheat was developed, and directions were established for setting criteria for such facilities

- Laboratory scale experiments were performed using 10 varieties of domestic and foreign circulated wheat and 3 varieties of domestic wheat (Baekjung, Jogyeong, Keumkang). Field test and simulation of the drying process were performed at 5 facilities. Total 20 facility design factors were identified, including intake, sorting, scaling, drying, storage, and others

- The following criteria were proposed: a initial moisture content of 24%, which is the same as rice; actual input capacities of 700ton/yr and 1,190ton/yr for facilities designed to receive 20ton/hr and 30ton/hr, respectively; a separation ratio of 65.5%, a ratio of fine contaminants of 4.0%, the final ratio of foreign material after separation of 0.4%, and a dryness (calculated by weight) of 13%

- At the drying stage, the drying rates of the circulating grain dryer for scales of 20ton/batch and 30ton/batch were 0.60%/hr and 0.55%/hr, respectively. The drying capacities were 150ton/yr and 200ton/yr, respectively, for a planned input capacity of 30ton/hr and 7day/yr operation. This was only 18.8–20.5% of the productivity achieved for rice. A storage moisture content of 13% at under 13°C was appropriate to prevent insects

- Bulk density used for domestic wheat transport, grain bin storage capacity and grain bin

structure calculations were 640, 750, and 835kg/m³, respectively. As the static repose angle was 18° at 13% moisture content, which was lower than the 45° static repose angle for rice, construction calculations for a separate silo were required. In addition, the gravity separator was required in order to prevent mixing of grains when domestic wheat and rice share the same drying storage facility

- Total 4 possible models of drying storage facilities that can be distributed as a government project were developed based on the investigation of design factors, the cost of domestic and foreign wheat, and their processing characteristics. Proposed processes, electric power, required area, and budget were proposed for each model, as well as facility requirements consisting of 116 items, including construction, facilities and equipment, safety, and management

- **The first cooperative project (Milling properties of domestic and imported wheats, CJ Cheiljedang)**
- Four domestic wheat Keumkang from different cultivate site (Hapcheon, Gwangju, Jeongeup) and six imported wheats (SW, ASW, AH, SRW, CWRS, DNS) were milled to wheat flours with 60% milling yield using as a Bühler experimental mill (Bühler, Uzwil, Switzerland). Quality characteristics (moisture, ash, protein, falling number and thousand kernel weight) of domestic wheat flours were compared with those of imported wheat flours. Large variation in quality characteristics was found in domestic wheat compared to imported wheat. These results might be hindrance of milling industry managing the quality index and need to manage systematically domestic kernels

- To investigate milling properties of domestic wheat kernels depending on storage period, domestic wheat kernels were stored at 15°C, 25°C, 35°C, 45°C during 12months and then physicochemical and dough properties were analyzed at every 4months. The flours, which were obtained from wheat kernels stored at low temperature, were analyzed for physicochemical and dough properties. On the other hand, large variation in physicochemical and dough properties was found in the flours, which were obtained from wheat kernels stored at high temperature. Use of wheat kernels stored at high temperature might be affected to baking quality and shelf stability during product processing

- Quality test of immature wheat kernel showed that immature wheat had 233sec falling number, indicating low quality of wheat kernel. Generally, falling number for high quality

wheat kernel is above 350sec. Low falling number of immature wheat might be due to high enzyme activity. Additionally, immature wheat (Keumkang cultivar) was milled to whole wheat flour using a air classifying mill at 900rpm, 1200rpm, and 1500rpm and then dough properties of whole immature wheat flour were investigated. Extensibility (90mm) of whole immature wheat flour was lower than it of commercial wheat flour (260mm)

○ The milling condition to produce whole wheat flour of domestic wheat (Keumkang cultivar) was investigated using ACM (Air Classifying Mill), Stone mill, and Hammer mill. Milling operation conditions were mean particle size 100 μ m and 300 μ m at 500rpm for ACM, 110 μ m and 280 μ m at 1200rpm for hammer mill, and 600rpm for stone mill, respectively. Dough properties of five whole wheat flours (two from ACM, two from hammer mill, and one from stone mill) were compared with control (Bob's red mill as imported whole wheat flour). Absorbance (68.2%) of the flour (100 μ m) milled by ACM was similar to those of control (77.4%). Extensibility of four flours (milled by ACM and hammer mill) and control were in the range of 147mm – 177mm, while extensibility (111mm) of the flour (milled by stone mill) was the lowest among samples. Overall, the whole wheat flour (mean particle size 100 μ m by ACM) among samples was suitable to bake bread such as yeast leavened products

○ Buchimgae(Korean style frying cake) and pancake pre-mix were prepared using a whole wheat flour, which was 100 μ m mean particle size and was milled by ACM. For pancake pre-mix preparation, vanilla extract and lipid were added to improve rough texture and taste of whole wheat flour. In addition, waxy rice and starch powders were added to buchimgae pre-mix to improve texture. The frying and pancake premix made by whole flour is expected to have short expiration period. To commercialize pre-mix products made with whole wheat flour, further study will be need to increase the expiration period

□ **The second cooperative project (Baking properties of domestic wheat, Mildawon)**

○ Baking quality of 7 domestic wheats (Jogyong, Keumkang, Baekjjung, 4 organic wheats) was compared with those of 5 imported wheats (DNS, CWRS, HWR, ASW, SWW). The DNS, HRW, and CWRS among imported wheats were suitable for yeast leavened product. The SWW and Keumkang wheats were suitable for cake or cookie

○ Bread made of flours treated with high voltage showed retardation of bread staling. To analyze bread quality in kernels treated with high voltage, wheat kernels were tempered overnight to 14%, 16%, 18%, 20% moisture content and then were treated

with high voltage (20,000 volt, 30min). After treatment of high voltage, the wheat kernels were milled using a Bühler experimental mill. The bread, which was made with high voltage treated flour, showed higher specific volume and lower hardness than control bread

- Domestic wheat kernels were stored at 15°C, 25°C, 35°C, and 45°C for 12 months and then were milled using a Bühler experimental mill. After milling, scanning electron microscopy (SEM) of dough prepared with the flours were compared with those of DNS (imported wheat flour). The pores with small size were observed in samples stored in low temperature and DNS sample. On the other hand, the pores with large size were observed in samples stored in high temperature. These results suggested that wheat kernels stored in low temperature might improve the bread quality
- The combinations of Transglutaminase(TG), Hemicellulase(HC), and L-ascorbic acid (L-AA) were tested to improve bread quality of yeast leavened product. Specific volume (4.65 ml/g) of number 15 treatment (TG: 0.1g/100g, HC: 0.01g/100g, L-AA 0.005g/100g) was higher than specific volume of bread made with DNS. On the other hand, bread made with number 2 treatment (TG: 0, HC: 0.05g/100g, L-AA: 0.005g/100g) showed the lowest specific volume (4.2 ml/g)
- Baking quality (farinograph and hardness) of baguettes made with domestic or French flours added with enzyme mixture (TG: 0.36g/100g, HC: 0.026g/100g, L-AA; 0.005g/100g) were compared with those with malt. In result of farinograph, domestic wheat flour was lower in absorbance and stability than French flour. Hardness of baguettes added with malt was lower than them with enzyme mixture. The baguette added with enzyme mixture showed improved appearance. However, flavor and chewiness of baguette were better in malt added baguettes than in enzyme mixture added baguettes

IV. Expected Contribution

- The major results will be also used for publications, patents and technology transfer, policy proposals, advertisement, and education, as in the following examples
 - Patent title “High voltage treatment equipment and method for improving dough properties of white flour using the same” was registered and patent number is 10-14-78021. This patent will be utilized for improving baking properties of

domestic wheat flours.

- Three research papers related with baking properties of domestic wheat were published in Korean Society of Food Science and Technology. Additionally, one research paper was published in Food Science and Biotechnology. The major results published in several journals are expected to be used for pre-mix development of domestic wheat in bakery industry
- Title “Pharmaceutical composition and health food containing the extracts of immature wheat with antioxidant and antiproliferative activities” was applied for a patent and the application number was 10-2015-0048619. This result will be contributed to develop functional food product with beneficial health effects.
- Two research papers related with antioxidant and antiproliferative activities in immature wheat or its bran were published in Food Chemistry and Molecules. Another research paper has been submitted to Food Chemistry and now its status is under review. These results will be utilized for food product development using an immature wheat, as one of advantages of domestic wheat
- One patent on milling and baking properties for whole wheat flour will be submitted. The major results will be recommended for government’s food policy to reflect definition and quality standard of whole wheat flour and will be introduced for guideline of whole wheat flour products.
- Facility design criteria for the drying storage of domestic wheat will be applied in designing and constructing drying storage facilities for domestic wheat through 4 design companies (Daejoo, Jonghap, Kisuldang, Boram ENG, Purun Engineering, and Hyupdong Engineering)
- Management technologies required for purchasing, drying, and storage of post-harvest domestic wheat will be implemented at facilities through education
- Models for drying storage of domestic wheat will be proposed for government policies, and the detailed technology relating to the model was licensed to the participating company, Hyupdong Engineering

V. Keywords

Domestic wheat; baking quality; drying & storage model, rheology of dough & batter; functional whole wheat products

CONTENTS

Summary (Korean)	1
Summary (English)	8
Chapter 1. Overview of Research Projects	25
Section 1. Objectives	25
Section 2. Significance	25
Section 3. Scope	31
Chapter 2. Domestic and international research development status	38
Section 1. Domestic and international product production and market status	38
Section 2. National R&D status	40
Section 3. Patent status	42
Section 4. Publication status	47
Chapter 3. Results and discussions	56
Section 1. Improved technology of baking properties and development of novel functional products for domestic wheat	56
1. Investigation of hindrance factors on baking quality in domestic wheat	56
a. Quality difference analysis of commercial domestic and imported wheat flours	56
b. Comparison of domestic and imported wheat cultivars on kernel, milling, baking quality, sensory characteristics, and consumer awareness	100
2. Improvement of baking quality by milling pre-treatment technology for domestic wheats	147
a. Improvement of baking quality by high voltage treatment	147
b. Improvement of baking quality by steaming treatment	166
c. Improvement of baking quality by ozonated water treatment	180
3. Functionality of differentiated domestic wheats from imported wheats	183
a. Comparison of domestic and imported wheats on functionality	183
b. Functionality investigation of immature wheats	195
4. Development of processing technology to improve baking quality of domestic wheats	223
a. Baking purpose investigation using combined milling fractions	223

b. Improvement of baking quality using oxidizing agent and baking enzymes	245
c. Improvement of baking quality by ozonated water treatment	263
d. Investigation of improved baking quality by sensory characteristics and consumer awareness	284
e. Optimization of oxidizing agent and baking enzymes to improve baking quality	299
5. Development of novel material and bakery products using domestic wheat	302
a. Development of high value-added novel material and products for domestic wheats	302
b. Sensory characteristics and consumer acceptability of developed novel products	330
c. Shelf stability and applicable systematic establishment for domestic wheat products	334
Section 2. Technologies for managing post-harvest domestic wheat and development of a drying storage model	380
1. Analyzing technology in control facilities for post-harvest domestic wheat	380
a. Control facilities and storage status of post-harvest wheat in Korea ·	380
b. Control facilities and storage status of post-harvest wheat in Japan ·	401
c. The current state of supply based on blueprints of control facilities for post-harvest domestic wheat	411
d. Wheat quality criteria and requests from companies that consume domestic wheat	419
e. Analysis of adverse factors in each stage of management after post-harvest domestic wheat	434
2. Investigating factors involved in the design of drying storage facilities for domestic wheat	462
a. Quality characteristics of stored (circulated) domestic and foreign wheat and factors for selection	462
b. Factors involved in the design of drying storage facilities for domestic wheat	480

3.	Developing criteria for drying storage facilities for domestic wheat ...	596
a.	Setting directions to develop criteria for drying storage facilities	596
b.	Selecting key criteria for facilities at each processing step	601
c.	Proposed criteria for facilities at each processing step	610
4.	Developing criteria for drying storage facilities for domestic wheat ...	644
a.	Development methods	644
b.	Key unit process design of drying storage facilities for domestic wheat ·	644
c.	Proposed model of drying storage facilities for domestic wheat	648
5.	Pilot program for the model of drying storage facilities for domestic wheat and construction of distribution system	664
a.	Pilot program for the model of drying storage facilities for domestic wheat	664
b.	Construction of a distribution system for the model of drying storage facilities for domestic wheat	668
Section 3. Milling properties of domestic and imported wheats		669
1.	Milling properties of domestic wheat cultivars comparing with imported wheat cultivars	669
2.	Milling properties of wheat kernels treated with high voltage	686
3.	Milling properties of immature wheat kernels	735
4.	Quality change in domestic wheats during 3 years	786
5.	Quality change depending on harvested years (2011 – 2013) of domestic wheat	824
6.	Quality properties of Keumkang wheat by different storage conditions ···	831
7.	Quality properties of domestic wheat flours by different storage conditions	862
8.	Milling properties of domestic whole wheat flours by different milling conditions	876
Section 4. Baking properties of domestic wheats		894
1.	Baking properties of domestic wheat cultivars comparing with imported wheat cultivars	894

2. Baking properties by high voltage treatment	927
3. Development of improved technology of baking quality according to pre-treatment of domestic wheats	945
4. Dough and baking properties of baguette	974
Chapter 4. Research goal attainment and contribution to related area	996
Section 1. Research goal attainment	996
Section 2. Contribution to related area	1016
Chapter 5. Application plain of research results	1018
Chapter 6. Overseas science and technology information collected during the research and development process	1020
Chapter 7. Security level of the research and development results	1021
Chapter 8. Research facilities and equipment registered in national science and technology information system	1021
Chapter 9. Laboratory safety management adherence	1021
Chapter 10. Representative research results	1022
Chapter 11. Others	1023
Chapter 12. References	1024

목 차

제1장. 연구개발과제의개요	25
제 1절. 연구개발의 목적	25
제 2절. 연구개발의 필요성	25
제 3절. 연구개발 범위	31
제2장. 국내외 기술개발 현황	38
제 1절. 국내·외 제품생산 및 시장 현황	38
제 2절. 국가 R&D 현황	40
제 3절. 특허 현황	42
제 4절. 논문 현황	47
제3장. 연구수행 내용 및 결과	56
제 1절. 우리밀 제빵물성 개선기술 및 기능성 신제품 개발	56
1. 우리밀 제빵품질 저해요인 구명	56
가. 시판 우리밀 및 수입밀 밀가루제품의 품질차이분석	56
나. 수입밀에 비교한 우리밀 품종별 원곡, 제분, 제빵특성, 관능적 특성 및 소비자인지도 분석	100
2. 우리밀 제분 전처리에 의한 물성개선	147
가. 고전압 처리에 의한 물성개선	147
나. 열수처리에 의한 물성개선	166
다. 오존수 처리에 의한 효과	180
3. 수입밀과 차별화된 우리밀 기능성 탐색	183
가. 우리밀 기능성 탐색을 위한 국내외산 밀의 비교	183
나. 청밀의 기능성 탐색	195
4. 우리밀 제빵적성 향상 가공기술 개발	223
가. 제분 획분 조합을 이용한 제빵 용도별 구명	223
나. 산화제 및 제빵효소 복합사용에 의한 물성개선	245
다. 오존처리에 의한 물성개선	263
라. 관능적 특성 및 소비자 인지도 분석을 통한 물성개선방법 검증	284
마. 산화제 및 제빵효소의 최적조건	299
5. 우리밀을 활용한 기능성 소재 및 제빵 신제품 개발	302

가. 우리밀의 고부가가치 신소재 및 제품기술개발	302
나. 개발된 제품의 관능적 특성 및 기호도 분석	330
다. 우리밀 제품의 저장 안정성 분석 및 실용화 체계구축	334
제 2절. 우리밀 수확후 관리기술 및 건조저장모델 개발	380
1. 우리밀 수확후 관리시설 기술분석	380
가. 국내의 밀 수확후 관리시설 및 보관실태	380
나. 일본의 밀 수확후 관리시설 및 보관실태	401
다. 우리밀 수확후 관리시설 설계도면을 통한 보급실태	411
라. 밀의 품질기준 및 우리밀 소비업체의 품질요구사항	419
마. 우리밀의 수확후 공정별 관리체계의 저해요인분석	434
2. 우리밀 건조저장시설 설계인자 구명	462
가. 국내외산 저장(유통)밀의 품질특성 및 성상별 선별인자 구명	462
나. 우리밀 건조저장시설 공정별 설계인자 구명	480
3. 우리밀 건조저장시설 기준개발	596
가. 건조저장시설기준 개발방향 설정	596
나. 각 공정별 시설기준 요소인자 선정	601
다. 각 공정별 시설기준(안)	610
4. 우리밀 건조저장시설 기본모델 개발	644
가. 개발방법	644
나. 우리밀 건조저장시설 주요 단위공정설계	644
다. 우리밀 건조저장시설 모델(안)	648
5. 우리밀 건조저장시설모델 운영실험 및 보급체계구축	664
가. 우리밀 건조저장시설모델 운영실험	664
나. 우리밀 건조저장시설모델 보급체계구축	668
제 3절. 우리밀 및 수입밀의 제분특성분석	669
1. 수입밀에 비교한 우리밀 품종별 제분 특성 분석	669
2. 전압처리 원맥의 제분 특성 분석	686
3. 청밀의 분쇄 특성 분석	735
4. 국산밀의 품질 변화 추이 분석	786
5. 원맥의 연도별 품질 변화 분석	824
6. 저장조건별 금강밀의 품질 특성 분석	831
7. 저장조건별 우리밀 밀가루의 품질 특성 분석	862
8. 분쇄조건별 우리밀 전밀의 제분 특성 분석	876

제 4절. 우리밀의 제빵 특성분석	894
1. 수입밀에 비교한 우리밀 품종의 제빵특성 분석	894
2. 전처리에 의한 제빵특성 분석	927
3. 우리밀 전처리공정에 따른 제빵적성 향상 가공기술 개발	945
4. 마케트 제품제조 중 반죽물성 및 제빵특성 분석	974
제4장. 목표달성도 및 관련분야에의 기여도	996
제 1절. 목표달성도	996
제 2절. 관련분야 기여도	1016
제5장. 연구결과의 활용계획 등	1018
제6장. 연구과정에서 수집한 해외과학기술정보	1020
제7장. 연구개발성과의 보안등급	1021
제8장. 국가과학기술종합정보시스템에 등록된 연구시설·장비현황	1021
제9장. 연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전조치 이행실적	1021
제10장. 연구개발과제의 대표적 연구실적	1022
제11장. 기타사항	1023
제12장. 참고문헌	1024

<별첨> 자체평가의견서

제 1장 연구개발과제의 개요

제 1절 연구개발의 목적

- 본 연구의 목적은 우리밀의 제빵품질 저해요인 분석, 수확 후 관리기술 및 건조저장 모델을 개발, 우리밀의 전처리 및 가공공정의 개선을 통해 제빵품질을 개선하고 고부가가치 소재 및 신제품을 개발함에 있음

제 2절 연구개발의 필요성

- 세계 3대 주요 작물 중 하나인 밀은 국내 1인당 연간 소비량이 2014년에 31.7kg로 쌀에 이어 우리나라의 제 2주식이며 매년 그 소비량이 증가하고 있음. 그러나 밀의 식용 자급률은 1.1%에 불과한 수준으로 국내 소비량의 대부분을 수입에 의존하고 있음 (그림 1-2-1)



그림 1-2-1. 년도별 밀 자급률 및 1인당 소비량

- 국산밀 생산면적은 2006년 2000 ha에서 2015년 10,100 ha, 생산량은 2006년 6,000 톤에서 2015년 27,000 톤으로 증가하였으나 (그림 1-2-2), 여전히 밀 자급률은 2015년 1.2%로 낮았음(그림 1-2-1)



그림 1-2-2. 년도별 밀 생산면적 및 생산량

- 최근, 생산기반 정비 및 기술개발에 따른 생산성 증가, 소비량 감소 등의 영향으로 쌀의 공급과잉 기조가 지속되는 반면, 쌀을 제외한 국내곡물 자급율은 낮아, 쌀 식량작물 산업육성을 통하여 경쟁력을 높이는 한편 쌀의 과잉문제 해소 및 식량자급율 제고 필요성이 대두됨에 따라 국내 밀 산업의 중요성이 증가하고 있는 상황임
- 근래의 국내외적인 이상기후 증가와 자연재해로 인한 생산량 감소로 인해 국제 원맥가격이 상승함에 따라 수입밀과 국산밀의 가격격차가 축소되었음. 예로 2007년에는 국내산 가격은 수입산 가격의 3.1 배였으나, 2013년에는 2.1배로 하락하였음. 그러나 국제 곡물가격은 여건에 따라 변동 가능성이 다분하여 국내 소비량의 98% 이상을 수입하는 현실을 감안할 때 국제 곡물가격 변동에 따른 불안요소가 내재되어 있음
- 이러한 국제 밀 가격 상승에 따른 식량안보의 위협 등을 고려하여 정부에서는 국산밀의 재배확대를 위한 정책을 강력하게 추진하고 있음. 2013년 출범한 박근혜정부에서는 140대 국정과제(39. 안정적 식량수급체계 구축)에서 곡물의 수급불안을 해소하기 위하여 현재 쌀을 대상으로 실시하고 있는 공공비축을 밀과 콩까지 확대되었음
- 이와 같은 상황에 따라 농림수산식품부(2012) 및 농촌진흥청(2011)의 우리밀 산업의 문제점을 각 단계별로 분석하였으며, 그 결과는 다음 표 1-2-1과 같았음

표 1-2-1. 농림수산물부(2012) 및 농촌진흥청(2011)에서 제시한 우리밀 산업의 문제점

단계	현황 및 문제점	비 고
생산	① 수입산에 비해 가격이 높아 가격 경쟁력이 취약 - 원맥의 국내외 가격차 : ('05) 4.2배 → ('08) 1.6배 → ('09) 2.3배 → ('10) 2.7배	
	② 우리나라에서 재배 품종은 다목적용(금강밀)이 대부분으로 수입밀과 대 등한 용도별 품종개발 및 품질이 미흡 - 품종별 점유율(추정) : 금강밀 70%, 조경밀 17%, 조품질 12% 등	
	③ 2009년부터 정부 보급종이 공급중이나 수요에 비해 공급량이 부족 - 보급종 보급률 : ('10) 7.2% → ('12) 29.1%(추정) → ('15) 35%(추정) ※ 농가의 자체 채종종자 활용으로 발아율과 순도가 낮아 품질저하	
	④ 농가 호당 재배면적이 적어 농가소득이 낮고 품질관리에 한계 - 밀 재배규모 : ('10) 1.8ha - 밀 소득율 : ('05) 62.1% → ('10) 47.0%	
수확 후 관리 및 원맥품질	⑤ 수확 후 관리기술이 낮고, 우리밀 건조저장시설 모델이 없으며, 처리능력 부 족 - 12년부터 농림수산물사업(14. 고품질쌀유통활성화사업)으로 밀 건조저장 시설보급	
	⑥ 대량 소비처 요구수준의 안정적 물량공급을 위한 생산기반 및 관리기술 부족 - 국산 밀 대량 수매업체(90%이상 매입) : 농협중앙회, 생협, (주)우리밀, (주)밀다원, 구례공장	
	⑦ 우리밀의 품질관리체계 및 제품의 규격화 미흡	
가공 및 유통	⑧ 국산밀 제빵품질이 낮아 품질 경쟁력 저위	
	⑨ 국산밀의 제품출시 및 시장형성 미흡 - 생산제품 : 밀가루, 밀쌀, 튀김가루, 국수, 라면 등 100여종	
	⑩ 국산밀 소비확대를 위한 홍보미흡	

○ 우리밀 산업의 문제점을 해결하기 위해, 농림축산식품사업 중 쌀 식량산업 중장기 발전대책(2015~2020년)으로 1) 생산 확대 및 품종관리 기반조성, 2) 유통기능 강화 3) 수요 확대 추진전략을 세웠음(그림 1-2-3). 정부에서는 식량산업 중장기 발전대책을 통해 국산밀 자급률을 2015년 1.2%에서 2020년 5.1%로 향상 및 국산밀 생산량을 2015년 27천톤에서 2020년 110천톤으로 확대할 계획임

목표	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 국산밀 자금률은 '15년 1.2%에서 '20년 5.1%로 향상 ◆ 국산밀 생산량은 '15년 27천톤에서 '20년 110천톤으로 확대 		
추진전략 및 주요내용	1. 생산확대 및 품종관리 기반 조성	① 답리작 활성화	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 밀 재배면적 및 생산량 확대 ▪ 들녘경영체와 수요처 계약재배
		② 종자보급 체계 개선	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 농가보급에서 일정량 협회 관리
		③ 생산성 향상	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 상위능가 재배기술 교육 활용
		④ 공동경영체 육성 확대	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 조직화규모화, 품질관리
	2. 유통기능 강화	⑤ 맥류건조저장시설 개선	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 저장방식 개선 검토
		⑥ 품질관리 강화	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 단백질함량 검사장비 지원
		⑦ 수매용자 지원 개선	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 용도별·시기별 적기 지원
	3. 수요 확대	⑧ 자조금 추진 확대	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 의무자조금 전환
		⑨ 국산밀 음식점 인증제 도입	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 협회주관 음식점 인증점 도입 ▪ 영양적·공익적 가치 병행홍보
		⑩ 연구개발 실용화	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 기능성제품 등 실용화
		⑪ 밀 검사규격 개정 검토	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 용도별품질별 등급기준 개정검토
		⑫ 대기업 참여유도	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 프리미엄 제품개발 확대 유도

그림 1-2-3. 쌀 식량산업 증장기 발전대책(2016)

- 정부에서는 2011년부터는 농림축산식품사업(13. 고품질쌀유통활성화사업)으로 우리밀 건조저장시설을 지원하였다가, 2014년부터는 농림축산식품사업(16. 주요곡물산업육성지원사업)으로 새롭게 사업을 시작하여 “맥류 건조저장시설”의 설치를 지원하였으며, 2015년에는 농림축산식품사업(10. 쌀식량작물산업육성사업)으로 명칭을 변경하여 지원하기 시작하였으며, 2016년에는 농림축산식품사업(9. 쌀작물공동경영체 육성지원)으로 개정하였음

< 농림축산식품사업(9. 밭작물 공동경영체 육성지원) >

◆ 농림축산식품사업[9. 밭작물 공동경영체 육성지원] : 원예사업과와 통합관리 후 사업내용 파악에 애로

- 대상품목 : 채소류(봄배추 등 18개 항목), 식량작물(밀 등 16품목)

- 지원자금의 사용용도 : ① 역량강화(농가조직화 등), ② 생산비절감, ③ 품질관리, ④ 주산지 협의체 운영

- 품질관리 : ① 고품질 농산물 생산에 필요한 공동육묘장, 비가림시설, 공동선별 및 포장시설, GAP인증 시설 등의 설치비 ② 상품화 경쟁력 강화를 위한 시설장비(건조시설, 공동선별시설 및 포장시설, 저온저장고, 가공시설 등

※ 기존 보유 시설에 대한 증축, 보완 등 개보수를 우선 지원하고, 신규설치는 되도록 지양

- 15개소 내외, 경영체별 10억원 이내, 지원형태 : 보조(국고 50%, 지방비 40%, 자부담 10%)

○ 우리밀은 주로 벼와 2모작을 실시함에 따라 수확기간이 대단히 짧고, 태풍 등 당해 연도의 기상여건에 따라 매년 수확할 때의 밀 함수율의 변동이 대단히 심하여 충분한 건조능력 확보에 한계가 있으며, 미국 및 유럽 등지에서 확립된 밀 수확 후 처리방법의 직접 준용이 어려울 뿐 아니라 건조저장시설을 운영할 때 필요한 제반 운영기술 및 기준이 없어 고수분 밀의 산물(産物, bulk)수매를 포기하고, 건조된 밀만을 수매하는 경우가 대부분임

○ 또한, 벼 DSC는 정부에서 매년 기본모델과 기준금액에 의거하여 지원대상자의 선발 및 자금을 지원하며, 전문기관에 의하여 기본설계도면을 검토하고, 성능검정이 완료된 단위기계만을 사용하도록 하는 등 체계적으로 진행되고 있으나, 우리밀 건조저장시설의 경우 모델, 시설기준 및 운영기술이 확립되지 않아 정책사업의 효율적인 추진에 애로가 많음

○ 또한, 벼와 현저한 차이를 보이는 밀의 수확 후 물성 및 품질특성으로 인해 벼의 DSC를 밀에 그대로 적용한 밀 건조저장시설에서 사일로가 쓰러지거나(그림 1-2-4), 지속적으로 시설개선을 실시하는 사례가 보고되고 있으며, 우리밀을 매입하는 업체에서의 우리밀의 품질에 대한 불만도 많은 실정임



그림 1-2-4. 쓰러진 우리밀 저장 사일로

- 한편, 벼 DSC는 정부에서 매년 기본모델과 기준금액에 의거하여 지원대상자의 선발 및 자금을 지원 하되, 원료 벼의 처리방법에 따라 필수시설 위주로 사업비의 차등을 주어 지원하고, 전문기관에 의하여 기본설계도면을 검토하고, 성능검정이 완료된 단위기계만을 사용하도록 하는 등 체계적으로 진행 되고 있음
- 우리밀 건조저장시설의 경우 관련연구를 거의 찾아볼 수 없는 실정으로 체계적인 모델, 시설기준 및 운영기술은 확립되지 않은 상태로서 주로 벼의 건조저장시설인 DSC(Drying & Storage Center) 모 델을 그대로 준용하고 있으며, DSC에 사용되는 기준금액을 그대로 준용하는 등 정책사업의 효율적 인 추진에 애로가 많음
- 따라서 본 연구에서는 우리밀 건조저장시설의 설계 및 운영에 필요한 기준 및 운영기술은 물론 우리 밀 건조저장시설의 시설기준 및 모델을 개발하여 우리밀 건조저장시설의 보급을 확대하려는 정부 정 책사업이 벼의 DSC수준으로 효율적으로 추진되는데 기여하기 위하여 수행되었음
- 또한, 최근 우리 농산물에 대한 소비자들의 관심과 소비증가로 우리밀 가공제품의 수요와 소비는 증 가하고 있지만 우리밀 품종에 대한 가공기술 부족과, 기능성 특성에 대한 분석이 미흡하고, 수입밀 가공제품에 비해 우리밀 가공제품에 대한 소비자들의 만족도는 그리 높지 않음
- 우리밀의 제빵 적성에 관해 논문을 살펴보면 우리밀 품종인 금강밀이 제빵에 적합하다고 보고된 바 있으며, 우리밀로 만든 빵의 품질은 수입밀로 만든 빵의 품질과 비슷하다고 보고되었으나, 실제 제빵 생산업체에서는 수입밀에 비교하여 우리밀의 제빵 적용성이 낮아 우리밀 사용을 꺼리고 있는 실정임
- 위의 문제를 해결하기 위해, 국산 밀 품종의 제분제빵 특성을 체계적으로 분석이 필요하며, 우리밀의 낮은 제빵 적용성 요인을 구명하고 제빵적성을 높이기 위한 물성개선 노력이 부족한 실정임. 제빵 용도별(이스트 빵, cake, 과자 등) 적합한 조건이 다름을 감안하여, 제빵 용도별 우리밀 품종들의 적 용제한 요소들은 무엇이며, 이를 극복하기 위한 방법은 무엇인지에 대한 연구는 전무한 실정으로 우 리밀의 소비확대를 위해서는 이에 대한 체계적인 연구가 필요함

제 3절 연구개발 범위

○ 본 연구는 총 4년(2012. 10 ~ 2016. 10)동안 진행되었으며, 제빵 품질향상 및 수확 후 관리기술에 대한 연구위주의 4개 세부과제(협동과제포함)로 구성하였음. 그림 1-3-1 세부과제 및 기관에 따른 추진체계에서 알 수 있듯이 한국식품연구원이 주관연구기관(1세부과제)이 되어 CJ 제일제당 및 밀다원이 협동과제로 구성하여 우리밀 제빵물성 개선기술 및 기능성 신제품 개발 연구를 수행하였으며, 제 2세부과제(한국식품연구원) 및 (주)협동엔지니어링(참여기업)으로 구성된 연구진이 수확 후 관리기술 및 건조저장 모델개발 연구를 수행하였음

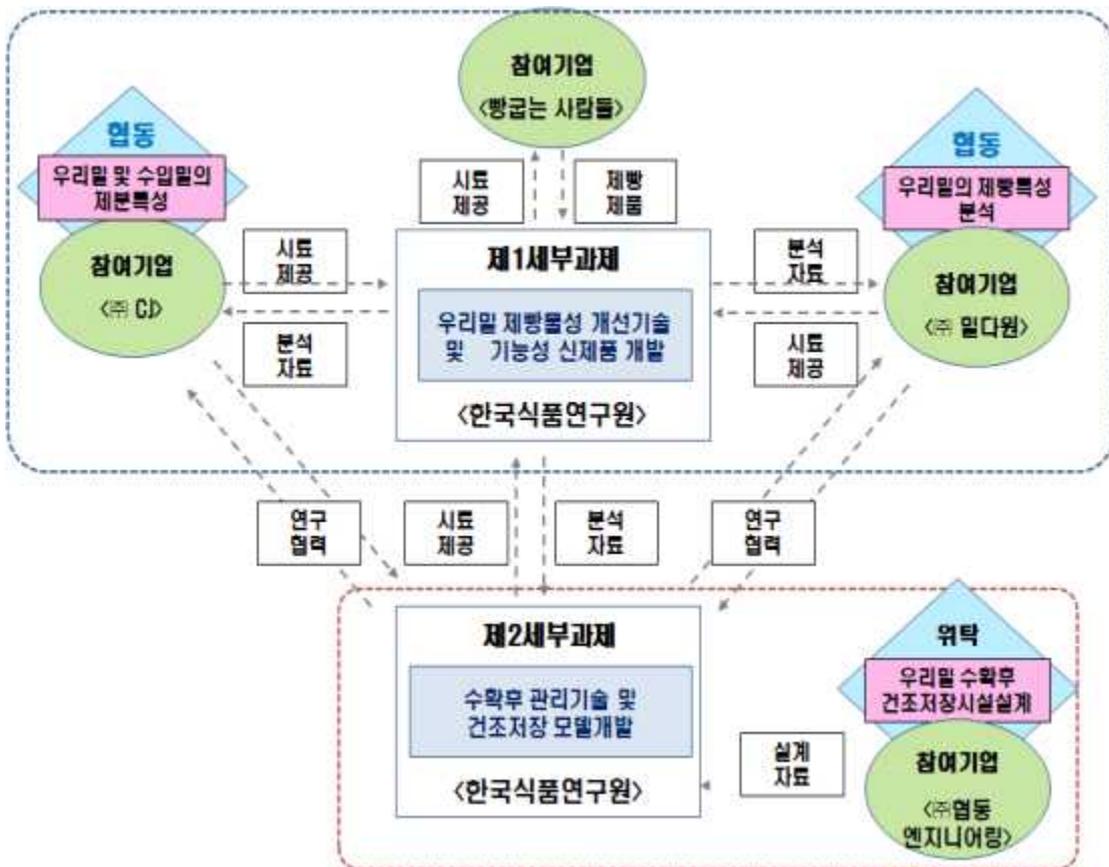


그림 1-3-1. 세부과제 및 기관(주관, 협동연구기관, 참여업체)에 따른 추진체계

표 1-3-1. 1차년도 연구개발의 목표 및 내용

구분	연도	연구개발의 목표	연구개발의 내용
1차년도	2012.10 .11 - 2013.10 .10	우리밀 제빵품질 저해요인 구명 (제 1세부)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 시판 우리밀 및 수입밀 밀가루제품의 품질차이분석 <ul style="list-style-type: none"> - 대상 : 시판 통밀, 백밀, 용도별(강력분, 중력분, 박력분) 원산지별(국내산, 외국산) 총 15점 이상 - 밀가루 품질차이분석 <ul style="list-style-type: none"> = 일반성분(수분, 회분, 단백질 등), 입도, 색도, 백도 등 = 밀가루 가공특성(SRC, Farinogram, RVA특성, Rheology, DSC 특성, 전분손상도, 미세구조 등) ○ 수입밀에 비교한 우리밀 품종별 원곡, 제분, 제빵 특성, 관능적 특성 및 소비자 인지도 분석 <ul style="list-style-type: none"> - 대상 품종 : 우리밀 주요 품종(금강밀, 조경밀 등) 및 주요 수입밀 품종(DNS, HRW 등) 총 9점이상 - 원곡의 품질분석(품위특성, 총균수, 곰팡이/효모, 화학분석에 의한 외관변이, 향산화력 등) - 제분특성(시험제분기에 의한 획분의 특성분석) - 제빵(이스트식빵, 케익, 쿠키)별 관능적 특성 및 소비자 인지도 분석 - 우리밀의 품종별 제빵품질저해요인 분석 및 품질개선 방향 정립
	우리밀 수확 후 관리 시설 기술분석 (제 2세부)	<p>(제 2세부)</p> <ul style="list-style-type: none"> □ 수확 후 품질관리 시설 및 보관실태 분석을 통한 품질저해요인 분석 ○ 수확 후 품질관리 시설 및 보관실태 조사 <ul style="list-style-type: none"> - 조사대상 : 농가 및 건조저장시설 각 2개소 - 조사공정 : 반입, 선별, 계량, 건조 및 저장공정 - 단위기계 설치 및 운전조건분석 : 투입구, 조전기, 호퍼스케일, 건조기, 저장사일로, 이송시설, 집진시설 등의 설치 및 운전조건 분석 - 품질측정 : 함수율, 강도, 백도, 천립중, 발아율, 이물질함량, 단백질, 동할을 등 ○ 수확 후 품질저해요인 분석 <ul style="list-style-type: none"> - 분석공정 : 반입, 선별, 계량, 건조 및 저장공정 - 품질관리인자의 선정 : 함수율, 천립중, 발아율, 이물질 혼입량 등 - 품질저해요인 및 공정별 설계인자 도출 	

구분	연도	연구개발의 목표	연구개발내용
1차년도	2012.10. 11 - 2013.10. 10	수입밀에 비교한 우리 밀 품종의 제분특성 분석 (협동 1)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 수입밀에 비교한 우리밀 품종별 제분 특성 분석 - 우리밀 주요 품종(금강밀, 조경밀 등) 및 주요 수입 밀 품종(DNS, HRW 등) 총 9점 이상 - 제분특성(시험제분기에 의한 회분의 특성분석) : 단백질 회분함량, 분체크기 및 물성분석
		수입밀에 비교한 우리 밀 품종의 제빵특성 분석 (협동 2)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 수입밀 및 우리밀 품종별 제빵 특성 분석 - 대상 품종: 우리밀 주요품종(금강밀, 조경밀 등) 및 주요 수입밀 품종(DNS, HRW 등) 총 9점 이상 - 제빵(식빵 및 케익) 제조 중 반죽 물성 (Mixograph, RVA 등) 및 제빵 특성 분석(비용적, TPA 등)

표 1-3-2. 2차년도 연구개발의 목표 및 내용

구분	연도	연구개발의 목표	연구개발내용
2차년도	2013.10. 11 - 2014.10. 10	우리밀 제분 전처리에 의한 물성개선 (제 1세부)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 제빵 용도별 물성 및 제빵품질 개선을 위한 제분 전처리기술개발 - 고전압 처리에 의한 물성개선 = 고전압 크기(10,000~30,000 DC volt) 및 시간 별 - 열수처리(40~80℃)에 의한 물성개선 - 시험제분기에 의한 제분 분획 및 분획조합 - 대상: 금강밀 원맥(및 밀가루) = 제분특성, 일반성분(수분, 회분, 단백질), 입도, 색도, 백도 등 및 가공적성 구명 = 단백질 및 전분관련 물성특성 분석 및 총균수, 곰팡이/효모 등 = polyphenol, vt E 함량 및 항산화력분석 = 용도별(이스트식빵, 케익, 쿠키) 제빵 특성분석, 비용적, 텍스처 및 관능특성 분석, 소비자 검사 ○ 수입밀과 차별화된 우리밀 기능성 탐색 - 대상 : 우리밀 품종(6종<), 수입밀(3종<) - 기능성탐색 : 생리활성물질(polyphenol류 및 식이섬유) 및 항산화력 분석

구분	연도	연구개발의 목표	연구개발내용
2차년도	2013.10 .11 - 2014.10 .10	우리밀 건조저장시설 설계인자구명 (제 2세부)	<ul style="list-style-type: none"> □ 우리밀의 공장별(반입-선별-계량-건조-저장) 설계인자 구명 ○ 반입-선별-계량-건조공정별 설계인자구명 <ul style="list-style-type: none"> - 반입공정 설계인자 구명 <ul style="list-style-type: none"> = 함수율별 강도, 산물밀도 및 안식각측정(9-31%수준) = Machine vision을 이용한 기하학적특성(장축, 단축, 원형도, 둘레 등)측정 - 선별 및 계량공정 설계인자 수명 <ul style="list-style-type: none"> = 성상별 종말속도(Terminal velocity) 측정 = 전기저항식과 표준법과의 함수율 차이 측정 - 건조공정 설계인자 구명 <ul style="list-style-type: none"> = DSC에 의한 함수율별 호화특성측정(9-31%수준) = 시험용건조기를 이용한 박층건조 및 건조모델개발(건조 온도조건 30~60℃, Page 및 Thompson model형태) = 품종 : 금강밀 기준 ○ 저장공정의 설계인자 구명 <ul style="list-style-type: none"> - 저장시설(사일로 등)의 다짐계수 측정 - 저장온도 및 저장기간이 품질에 미치는 영향측정 (저장온도 10~30℃, 저장기간 약 12개월, 품질특성 : 함수율, 발아율, 지방산가 등) - 이종곡립(벼, 흑미, 대두)과의 칼라 및 비중 선별인자 구명
		전처리에 의한 제분 특성 분석 (협동 1)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 고전압처리 및 열수처리에 의한 제분 특성분석 <ul style="list-style-type: none"> - 고전압 처리에 의한 물성개선 - 열수처리(40~80℃)에 의한 물성개선 - 시험제분기에 의한 제분 분획의 특성분석 - 대상: 금강밀 원맥
		전처리에 의한 제빵 특성 분석 (협동 2)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 제분전 고전압처리에 의한 제빵 특성 <ul style="list-style-type: none"> - 대상 : 금강밀 원맥 - 고전압 크기(10,000~20,000 DC volt) 및 시간 별 - 제빵(식빵 및 케익) 제조 중 반죽 물성 (Mixograph, RVA 등) 및 제빵 특성 분석(비용적, TPA 등)

표 1-3-3. 3차년도 연구개발의 목표 및 내용

구분	연도	연구개발의 목표	연구개발내용
3차년도	2014.10 .11 - 2015.10 .10	우리밀 제빵적성 향상 가공기술개발 (제 1세부)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 제빵 용도별 물성 및 제빵품질 개선을 위한 제분 및 후처리기술개발 - 제분 획분 조합을 이용한 제빵 용도별 조건 구명 <ul style="list-style-type: none"> = 일반성분, 이화학적 특성(SRC, Farinograph, RVA 특성 등) 및 제빵 특성분석(소비자 기호도 등) = 생리활성물질(polyphenol류 및 식이섬유) 및 항산화력 분석 = 제빵 용도(식빵, 케익, 쿠키)별 특성분석 : TPA 및 QDA 등 - 산화, 환원제 및 효소를 이용한 물성개선효과 구명 <ul style="list-style-type: none"> = 산화·환원제(Ozone, Vt C, Cystein 등)와 효소(TG, GO)의 복합사용 효과분석 = 일반성분, 이화학적 특성 및 물성분석 = 제빵 용도(식빵, 케익, 쿠키)별 특성분석 : TPA 및 QDA 등 - 우리밀에 적합한 제품 용도별 물성개선 기술 구축 ○ 관능적 특성 및 소비자 인지도 분석을 통한 물성개선방법 검증 <ul style="list-style-type: none"> - 처리 유무에 따른 식빵, 케익, cookie 제품 - 전문패널에 의한 QDA 분석 및 목표집단 소비자 200명의 기호도, 인지도, 구매의향, WTP 등
		우리밀 건조저장시설 기준개발 (제 2세부)	<ul style="list-style-type: none"> □ 정부사업 기본모델을 위한 건조저장 시설기준 및 모델개발 ○ 건조저장시설기준 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 공정별(반입-선별-계량-건조-저장)설계기준개발 - 건조시뮬레이션 프로그램 개발 및 검증실험 (Matlab) - 공정별 감모(losses)량 기준 개발 - 건조저장시설의 기본공정 및 시설기본요구사항 개발 ○ 건조저장시설 기본모델개발 <ul style="list-style-type: none"> - 건조저장시설 기본모델 개발 : 4가지 = 우리밀 전용모델, 우리밀 및 벼 겸용 건조저장모델 - 건조저장시설 기본모델의 설계도서 작성

구분	연도	연구개발의 목표	연구개발내용
3차년도	2014.10 .11 - 2015.10 .10	저장 조건별 제분특 성 분석 (협동 1)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 저장온도 및 기간에 따른 제분특성 분석 <ul style="list-style-type: none"> - 금강밀 원맥 - 저장 온도(10~30℃), 저장기간 약 6개월 - 제분특성(시험제분기에 의한 희분의 특성분석)
		제분 후처리에 의한 제빵특성 분석 (협동 2)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 제분후 산화제 및 복합효소처리에 의한 제빵특성 분석 <ul style="list-style-type: none"> - 산화제(Ozone, Vt C 등) 및 효소(TG, GO)의 복 합사용 - 제빵(식빵 및 케익) 제조 중 반죽 물성 (Mixograph, RVA 등) 및 제빵 특성 분석(비용적, TPA 등)

표 1-3-4. 4차년도 연구개발의 목표 및 내용

구분	연도	연구개발의 목표	연구개발내용
4차년도	2015.10 .11 - 2016.10 .10	우리밀을 활용한 기 능성 소재 및 제빵 신제품 개발 (제 1세부)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 우리밀의 고부가가치 신소재 및 제품기술개발 <ul style="list-style-type: none"> - 기능성소재개발 <ul style="list-style-type: none"> = 전밀의 적정 제분조건 설정 및 유통조건(저장온도 및 기간)분석 = 전밀, 및 밀기울 혼합비율 조절, 전처리 및 가공 방법의 최적화 = 품질특성(일반성분 및 제빵특성 등) 및 생리활성 및 항산화력 분석 - 기능성 소재를 이용한 제품개발 <ul style="list-style-type: none"> = 원료 : 물성개선된 전밀과 밀기울, 기능성소재 = 제품개발방향 : 혼합물 최적화실험에 의한 웰빙 premix제품 등 = 품질특성(일반성분 및 제빵특성 등) 및 생리활성 및 항산화력 분석 ○ 개발된 제품의 관능적 특성 및 기호도 분석 <ul style="list-style-type: none"> - 검사물 : 기존 제품 및 개발 제품들 - 전문패널에 의한 QDA 분석과 제품의 목표 집단 200명에 의한 기호도, 구매의향, WTP 등

구분	연도	연구개발의 목표	연구개발내용
4차년도	2015.10 .11 - 2016.10 .10	우리밀을 활용한 기능성 소재 및 제빵 신제품 개발 (제 1세부)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 우리밀 제품의 저장 안정성 분석 및 실용화 체계구축 <ul style="list-style-type: none"> - 개발된 소재 및 제품의 저장안정성 분석 - 소비자 기호계층 분석 <ul style="list-style-type: none"> = 기호계층별 제품의 특성분석 - 산업화 체계구축 <ul style="list-style-type: none"> = 소재 및 제품의 공정 및 제작기술 정립 등
		우리밀 건조저장 모델개발 및 보급체계 구축 (제 2세부)	<ul style="list-style-type: none"> □ 우리밀 건조저장시설모델 운영실험 및 보급체계구축 ○ 우리밀 건조저장시설 모델개발 <ul style="list-style-type: none"> - 기본모델에 대한 시범사업 실시 <ul style="list-style-type: none"> = 정부사업과 연계하여 설치, 설계도서 기술검토, 현장지도 및 성능검사 실시 - 시범 건조저장시설의 운영실험 및 보완사항도출 <ul style="list-style-type: none"> = 운전조건 및 품질특성 측정 소요동력 등 시설의 적정성 등 ○ 우리밀 건조저장시설모델의 보급체계구축 <ul style="list-style-type: none"> - 건조저장시설 기본모델의 보완 및 보급모델 개발 <ul style="list-style-type: none"> = 기본 모델에 대한 성능기준, 시설기준, 기본공정, 설계도서 등 - 건조저장시설 모델 보급체계구축 <ul style="list-style-type: none"> = 소요면적, 동력, 소요비용 등
		적정 전밀제조를 위한 제분특성 분석 (협동 1)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 적정 전밀의 제분특성 분석 <ul style="list-style-type: none"> - 금강밀 혹은 적밀 원맥 - 제분 조합의 설정 <ul style="list-style-type: none"> : 원맥의 수분함량별 : Roll mill과 연미기의 조합별 제분 특성 분석
		전밀 및 기능성 소재의 제빵특성 분석 (협동 2)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 전밀 및 기능성 소재의 제빵특성 분석 <ul style="list-style-type: none"> - 전밀 분체크기별 및 기능성 소재 - 제빵(식빵 및 케익) 제조 중 반죽 물성(Mixograph, RVA 등) 및 제빵 특성 분석(비용적, TPA 등)

제 2장 국내외 기술개발 현황

제 1절 국내외 제품생산 및 시장 현황

- 2009년도 전 세계 나라별 곡류 및 제과제빵 관련 신제품 출시 비율은 미국이 가장 높았으며, 두 번째로 중국이었음(그림 2-1-1). 출시 제품 중 cookie 제품과 케익과 페이스트리의 비율이 높았음(그림 2-1-2). 반면 일본에서는 새로운 제빵 제품으로 Bread and roll 비중이 가장 높았음(그림 2-1-3)

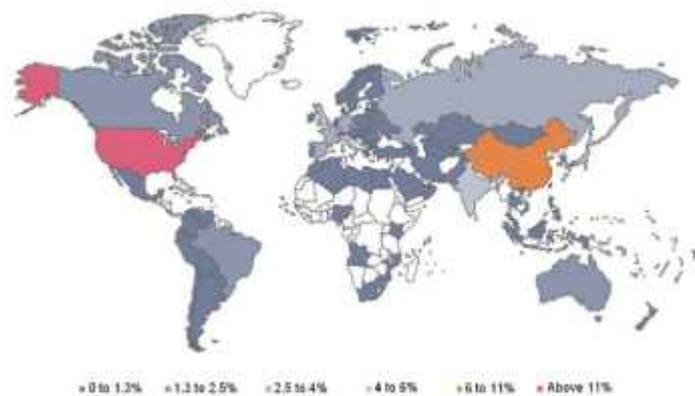


그림 2-1-1. 2009년 나라별 곡류 및 제과제빵 관련 신제품 출시 비율

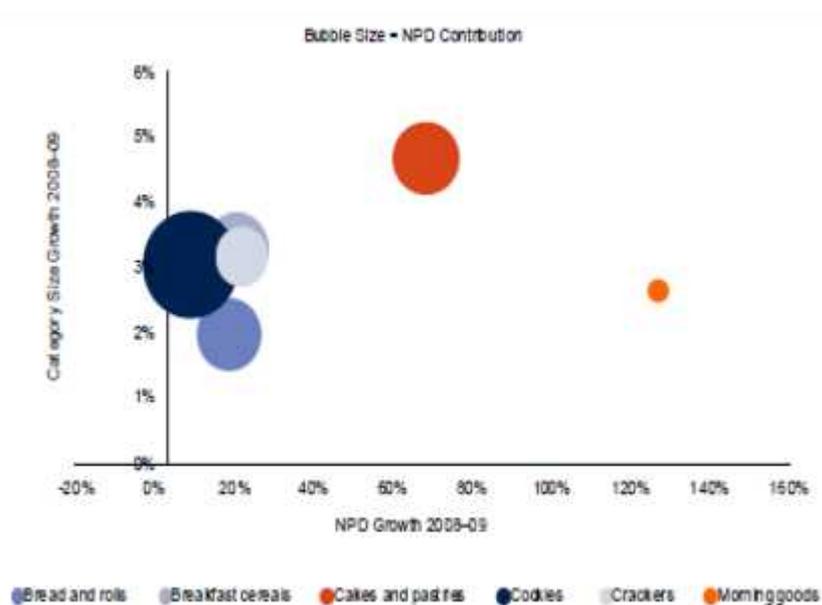


그림 2-1-2. 2009년 나라별 곡류 및 제과제빵 관련 신제품 출시 비율

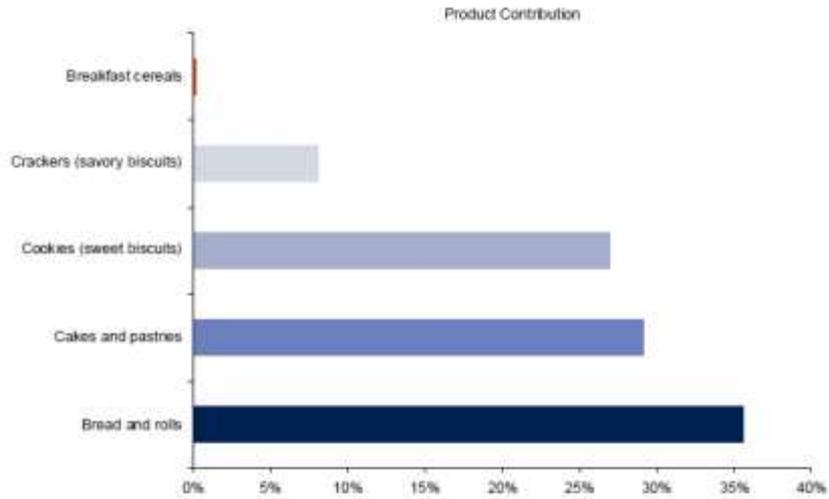


그림 2-1-3. 일본에서 2009년도에 출시된 새로운 제과제빵류

- 현재 우리밀은 통밀 밀가루와 백밀 밀가루 두 가지 형태로 판매되고 있으며 일반적으로 통밀의 경우 회분함량은 1.5% 이상이나 강 등의 연구에 사용된 국내산 통밀가루의 회분함량은 최고 1.29%, 대부분 0.78% 이하로 낮게 나타나, 시중에 판매되는 국내산 통밀 밀가루는 진정한 의미의 통밀 밀가루 (whole wheat flour)가 아니기 때문에 소비자에게 혼동을 줄 수 있으며, 소비자의 신뢰를 위해서는 적합한 용어 사용의 필요성이 제기됨
- 미국시장의 평균가격은 아니지만, 미국에서 시판되고 있는 일반 백밀 식빵의 가격은 10 oz에 1.00 USD인 반면 최근 미국에서 출시되고 있는 전밀 배아를 이용한 기능성 식빵(1 serving에 5gram의 식이섬유를 포함)은 24 oz에 3.49 USD임을 감안할 때, 소비자들이 원하는 기능적 특성을 지닌 우리밀이 제빵제품이 개발되어 출시된다면, 가격에 의한 우리밀의 제한점을 극복할 수 있을 것으로 판단됨

제품명	White bread	Whole wheat bread
외관		
단위포장 무게/가격	20 oz/ 1,00 USD	24 oz/ 3.49 USD

그림 2-1-4. 미국시장에서 출시되고 있는 일반식빵과 전밀 식빵의 가격

- 우리밀, whole wheat을 이용한 밀가루 제품 혹은 제빵 제품은 현재 시장에서 찾아보기 힘들며, 우리밀만의 차별화된 장점과 소비자들이 요구하는 특징(식이섬유, traceability 등)을 지닌 제빵개발을 위해서는 이러한 기능성소재 개발과 이들의 물성개선에 대한 연구가 부족함

제 2절 국가 R&D 현황

- 현재까지 우리밀에 관련 연구과제 표 2-2-1에서 볼 수 있듯이 농촌진흥청, 초당대학교 등에서 품종, 가공품개발 등에 관한 일부 연구가 진행되었으며, 수확 후 관리와 관련된 연구는 전북대학교 (2011, 2014)의 연구가 거의 유일한 것으로 조사되고 있으나, 연구내용도 주로 NIR을 이용한 품질 측정으로 반입, 건조 및 저장, 가공 등 공정 및 개선기술과는 관계가 없었음

표 2-2-1. 우리밀과 관련되어 수행된 주요 연구과제

구분	과제명	년도	부처명	주관연구기관
1	우리밀 밀가루, 면류, 비스킷류 B.I 9종 개발 계획 통합 포장, 브랜드	2002	산업자원부	디자인존
2	우리밀의 고품질화를 통한 부가가치 향상 기술 개발	2002	중소기업청	(주)한성공업
3	우리밀의 제빵 적성 개선에 관한 연구	2003	중소기업청	초당대학교
4	우리밀의 부산물을 이용한 빵의 품질특성 평가 및 제품개발	2004	중소기업청	초당대학교
5	우리밀을 이용한 식품개발	2004	중소기업청	마산대학
6	우리밀을 이용한 가공식품의 개발	2005	중소기업청	마산대학
7	우리밀과 경남특산농산물을 활용한 건강면류 개발 및 상품화	2006	중소기업청	진주국제대학교
8	용도별 친환경 고품질 국내산 밀 생산기술 개발	2007	농촌진흥청	작물과학원
9	우리밀빵 명품 브랜드화 사업	2010	지식경제부	광주여자대학교 산업협력단
10	국산밀 품질 관리 시스템 및 수확 후 관리 기술 체계 구축(FTA대응 경쟁력향상기술개발)	2011	농촌진흥청	전북대학교
11	국산쌀 및 밀을 이용한 냉동생지 제조기술 개발(국책기술개발)	2010	농촌진흥청	농촌진흥청

(표 2-2-1 계속)

구분	과제명	년도	부처명	주관연구기관
12	국산밀 자급률 10%달성을 위한 소비자 인식 연구(작물시험연구)	2010	농촌진흥청	농촌진흥청
13	국산 밀 품질향상을 위한 우수품종 종자 생산단지 조성(벼맥류시험연구)	2010	농촌진흥청	국립식량과학원
14	용도별 친환경 고품질 국내산 밀 생산기술 개발	2010	농촌진흥청	국립식량과학원
15	합천지역에 적합한 우리밀 생산 모델 및 가공품 개발(농업현장실용화기술개발)	2011	농촌진흥청	합천군농업기술센터
16	국산밀 자급률 10%달성을 위한 소비자 인식연구	2012	농촌진흥청	국립식량과학원
17	주요 발작물 경쟁력 제고를 위한 고품질 유지기술 개발	2012	농촌진흥청	국립식량과학원
18	미립자화 밀기울의 입자표면 결합유도에 의한 저칼로리 식품소재화 공정기술 개발	2012	농림수산식품부	한국식품연구원
19	소비자 맞춤 고품질 조숙 다수성 밀 품종 개발	2012	농촌진흥청	국립식량과학원
20	합천지역에 적합한 우리 밀 생산 모델 및 가공품 개발	2013	농촌진흥청	합천군농업기술센터
21	물리적 처리에 의한 밀 알레르기 저감화 가공제품의 개발	2013	교육과학기술부	부경대학교
22	녹색 Whole Grain의 대량 생산 및 가공 유통	2013	농림수산식품부	충남대학교
23	맥류 기능성 자원 탐색 및 가공 이용성 증진 연구	2014	농촌진흥청	국립식량과학원
24	국산밀 품질 관리 시스템 및 수확 후 관리기술 체계 구축	2014	농촌진흥청	전북대학교 산학협력단
25	가공적성 관련 저장단백질 개량을 위한 프로테오믹스 해석	2014	농촌진흥청	국립농업과학원
26	밀가루 성분 특성별 국산 및 수입밀 블렌딩 모델 설정 연구	2015	농촌진흥청	국립식량과학원
27	밀 수발아 피해양상 평가 및 저항성 증진 기술 개발	2015	농촌진흥청	국립식량과학원
28	과자용 밀(금강밀, 고소밀)생산 수익모델 개발	2015	농촌진흥청	국립식량과학원

제 3절 특허 현황

- 기존 특허는 밀의 수확 후 관리기술의 경우 bacteria 혹은 곰팡이등 미생물 제어 관련분야에 치중되어 있으며(그림 2-3-1), 특허 수는 일본이 가장 많이 출원하고 있는 것으로 나타남(그림 2-3-2). 최근의 밀 수확 후 관리관련 특허는 찾기 어려운 실정으로 우리 실정에 맞는 수확 후 관리 기술이 필요함



그림 2-3-1. 국내외 밀 특허 관련 등고선도(1992년-2012년)

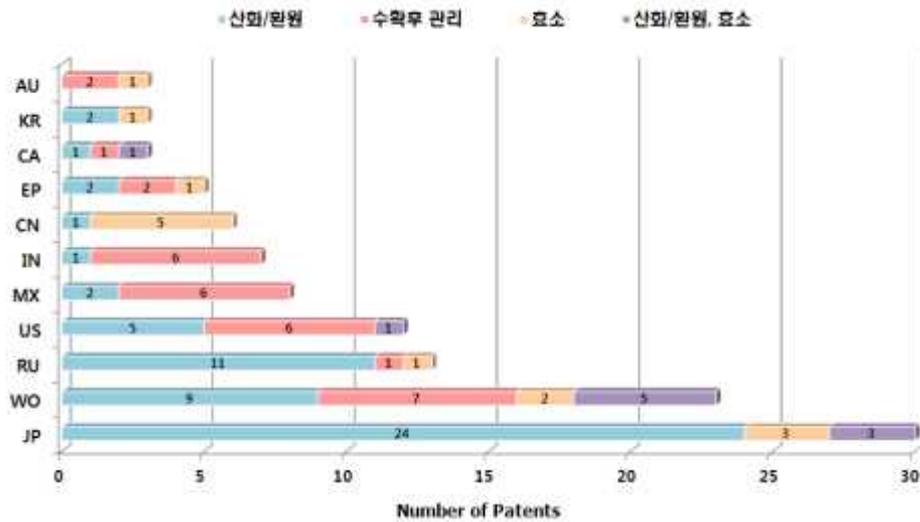


그림 2-3-2. 본 연구과제 관련 국내외 특허 수 (1992년-2012년)

- 우리밀 밀가루의 품질개선과 관련된 지적재산권 등록현황(표 2-3-1)은 냉동 반죽의 물성개선 분야에 치중되어 있으며 우리밀의 저해요인을 개선시키는 가공적성 및 우리밀 기능성을 강조한 연구는 부족함

표 2-3-1. 우리밀 밀가루의 품질개선과 관련된 지적재산권 등록현황

특허명	특허권 (실용신안권자) /발명자(고안자)	특징
밀을 사용한 파베이킹된 냉동반죽 제조방법	농촌진흥청장, 주식회사 강동오케이/ 강천식, 정영근, 김기중, 김정근, 강동오	글루텐 함량이 적은 국산밀을 사용하여 우수한 품질의 빵을 얻을 수 있으며, 유통기간이 향상된 파베이킹(par baking)된 냉동 반죽을 제공하는 것에 관함
밀가루 냉각장치와 이를 이용하여 냉동생지를 만들기위한 밀가루 냉각 이송 시스템 (10-1154531-0000)	이민용	밀가루 냉각장치와 이를 이용한 냉각압축 공기에 의한 밀가루 냉각이송시스템에 관함
알파 아밀라아제 및 말토테트라오스 생성효소가 첨가된 밀가루 반죽조성물 (10-1561231-0000)	세종대학교 산학협력단/ 이수용, 배우성, 유상호	알파 아밀라아제 및 말토테트라오스생성 효소가 첨가된 것을 특징으로하는 밀가루 반죽 조성물에 관함
도우 시러핑 현상이 억제된 생지 (10-1544970-0000)	세종대학교 산학협력단/ 이수용, 배우성, 유상호, 고상훈	밀가루 잔죽에 transglutaminase를 첨가함으로써, 생지의 도우 시러핑현상을 억제할 수 있고, 장기간의 냉장 또는 냉동 보관에도 우수한 품질을 유지하는 생지제조에 관함
제빵용 천연발효종의 제조방법 (10-1392189-0000)	주식회사 파리크라상/박정길, 이천용, 심상민, 반영주	균일한 품질의 활성을 유지하고 연속적인 제조가 가능한 천연발효종의 제조방법에 관함
발효횟수에 의해 품질이 향상된 스팀빵 및 그의 제조방법 (10-0960976-0000)	김성오/ 김성오, 류은순	발효횟수에 의해 품질이 향상된 스팀빵 및 그의 제조방법에 관함
빵의 노화억제용 제빵 첨가제조성물 (10-1555659-0000)	충남대학교산학협력단/김미리, 김현정, 신숙경	빵의 노화를 지연하여 저장성이 우수하고, 항산화성이 강화된 빵 및 그 제조 방법에 관함
호프엑종을 이용한 브리오슈 제조방법 (10-0885168-0000)	(주)위엠비/류승권, 유승주	호프엑종을 이용하여 브리오슈를 제조하는 경우에 발효과정에서 발생할 수 있는 이취를 개선하고, 향과 식감은 물론이며, 높은 영양을 제공할 수 있는 브리오슈 제조방법에 관함

특허명	특허권(실용신안권자) /발명자(고안자)	특징
체질 및 입자 분리가 효율적으로 이루어지는 곡물 제분 방법 및 그 시스템 (10-1571956-0000)	장상국/정강화	분쇄된 곡물 입자의 비중 분리를 위한 체질 능력이 향상되고 입자 분리가 효율적으로 이루어져 생산성이 증대되도록 한 곡물 제분 방법 및 시스템을 제공함
원맥 열처리 밀가루의 제조 방법 및 그 밀가루 (10-1307948-0000)	주식회사 씨제이제일제당	원맥을 직접 가열하여 열처리함으로써 배터 제조시 물흡수성 및 분산성이 뛰어나 물에 잘 풀어지며 배터 수율이 높은 원맥 열처리 밀가루 및 그 제조 방법에 관함
활성밀가루를 이용한 건강 기능성 식품의 제조방법 (10-1280543-0000)	주식회사 하이폭시/ 이종원, 임선하, 김예실, 손병근, 장조욱, 장정희, 김창열	활성밀가루를 이용한 식빵, 케이크, 쿠키의 형태의 기능성 식품 및 이의 제조방법에 관함
속성 sourdough 빵의 제조 및 이를 이용한 샌드위치 제조방법 (10-2014-0013070)	에스엘비코리아(주)/정 주백	24시간 정도의 짧은 시간 내에 발효를 완료하여 생산 유통성을 확보하고, 순수 분리된 효모와 유산균을 사용함으로써 균일한 품질의 완제품 생산 및 유지를 도모하는 새로운 방식의 속성 sourdough 빵의 제조방법 및 이를 이용한 샌드위치를 제조하는 기술에 관함
밀가루 반죽 캡슐과 포장 시스템에 기초한 자동 플랫폼레드 조제 방법이 구현된 플랫폼레드제빵기 (10-2014-7026405)	플라테브 아게/ 루이스, 카를로스, 물러, 요네스, 프라콘, 루이즈, 레나우드, 폴, 프랑세	가정이나 기업에서 사용되는 제빵기에 의해 토르티야와 같은 플랫폼레드를 자동으로 조제하는 방법을 제공함. 밀가루 반죽이 유통수명이 긴 냉장 저장과 비냉장 저장에 적합하게 하는 시스템을 포함하는 캡슐 안에 단위 밀가루 반죽 포장에 관함
소맥분의 가공방법 및 그 가공방법에 의해 얻어진 가공소맥분 및 그 가공소맥분을 이용한 식품 (10-0894698-0000)	롯데제과주식회사, 가부시킴이샤롯데/이 토 마사노리, 사노 카즈히로, 기타무라 타카히로, 무라카미 코지, 코야마 토시유키	2차 가공적성을 손상시키지 않고, 풍미, 식감을 개선하기 위한 소맥분의 가공방법 및 그 가공방법에 의해 얻어진 가공소맥분 및 이를 사용한 식품을 제공하는 것에 관함

(표 2-3-1 계속)

특허명	특허권(실용신안권자) /발명자(고안자)	특징
밀가루의 품질을 개선시키는 방법 (10-0021503-0000)	하우스 쇼쿠형 가부시키가이샤 /수기사와고, 야마모또마사노, 시부끼마사루, 노무라유끼히로, 센고꾸고우지, 히가시네세이지	식품 위생 및 안전성 면에 있어서 시약사용으로 인한 독성 문제를 야기시키지 않고, 짧은 공정시간으로 밀가루의 품질을 개선시킬 수 있는 방법에 관함
베이킹 제품의 곰팡이 무함유 보존 기간을 연장시키고 향미 특성을 향상시키기 위한 방법 (10-2016-7005498)	탈레망, 인코포레이티드 / 판 에이크 요하네스, 캐론 클리포드, 크라우스 제이. 케빈	베이킹 후 생효모를 베이킹 제품의 표면 위에 적용하고, 상기 베이킹 제품을 냉각시키고 밀폐 백에 포장하고, 상기 포장된 베이킹 제품을 주위 온도에서 보관함으로써, 곰팡이 무함유 보존 기간을 연장시키고 베이킹 제품의 향미를 향상시키기 위한 신규한 방법에 관함
곡물의 낱알로부터 글루텐 단백질의 독소제거를 위한 방법 (10-2015-7011379)	유니버시티 데글리 스튜디오 디 포지아 / 디 루치아, 알도, 라마치아, 카멜라, 지안프라니, 카멜라	밀로부터 제조된 제빵류 제품 및 파스타의 제조에 적합한 글루텐 독소제거된 밀가루를 얻어 사람의 건강에서 글루텐효과의 감소를 유발하고, 따라서 셀리악병의 발병을 감소시키려는 목적에 관함

- 우리밀 수확 후 관련 특허조사는 www.ndsl.kr에서 현재년도까지 조사하였으며, 검색명을 ‘밀 수확 후 관리’, ‘우리밀’ 및 ‘wheat harvest’에서 특허 63건(국문), 49건(영문)가 검색되었으며 그 중 관련성이 높은 것은 표 2-3-2에 나타내었음

표 2-3-2. 밀의 수확 후 관리기술과 관련된 지적재산권 등록현황

특허명	출원인/발명자	특징
농산물건조장치 (10-2006-0088918)	김채곤/김채곤/대한민국	고추, 녹차잎, 참깨, 들깨, 쌀, 보리, 밀 등 일정한 온풍의 세기에 의한 농산물의 건조장치
곡물 분쇄기용 롤러 (실 1996-034165)	김용환/대한민국	쌀 및 밀등의 위생적인 곡물분쇄 가능
밀 조질기 (10-2002-0014346)	농촌진흥청/대한민국	소규모 제분공장에 적합한 재순환방식의 조질기를 이용하여 밀가루품질향상 및 제분공장의 생산성 및 경제성 증가
콤바인용 원형 회전날 (10-2011-0024681)	이상수/대한민국	벼, 보리, 밀 등의 탈곡후 이루어지는 벧짚의 절단공정에 사용하는 회전날에 관한 것임
Compositions, methods and systems for retrieval of harvest data (US-0510992, 2014-10-09)	Fiene Larry/US	콩, 콩, 밀등의 다양한 작물 2부체계 관련 자료제공
Methods of preventing grain sprouting after harvest through the application of sulfur dioxide, nitrogen and ammonia gase (US-0176708, 1980-08-11)	Pennwalt Corporation (Philadelphia PA 02)/US	밀 수확 후 아황산가스, 질소 및 암모니아가스를 이용하여 밀발아를 방지하기 위한 방법제시
Combine of control with saved labor (JP-0157413, 1988-06-24)	TASHIRO AKIRA/Japan	밀, 벼, 보리 등의 수확시 자동운영 콤바인으로 인해 인력손실을 줄여줌
Sorter in combine harvester (JP-0335017, 1992-11-20)	SEIREI IND CO LTD/Japan	밀, 보리 수확시 짚 등 이물질로부터 정선기능이 있는 콤바인
Control device for grain drying equipment (JP-0013095, 1993-01-29)	YANMAR AGRICULT EQUIP CO LTD /Japan	밀 및 벼 수확시 별도 건조를 위한 제어장치

제 4절 논문 현황

- 본 과제관련 기존 연구논문은 수확 후 관리보다도 산화 환원을 통한 품질향상의 논문의 횟수가 증가하는 경향을 보여주었으며(그림 2-4-1) 밀의 수확 후 관리 관련 논문은 주로 토양과 식물의 병해 및 곰팡이 독소, 해충 및 수확 후 관리에 의한 잔류 농약 관련분야에 치중되어 있었음

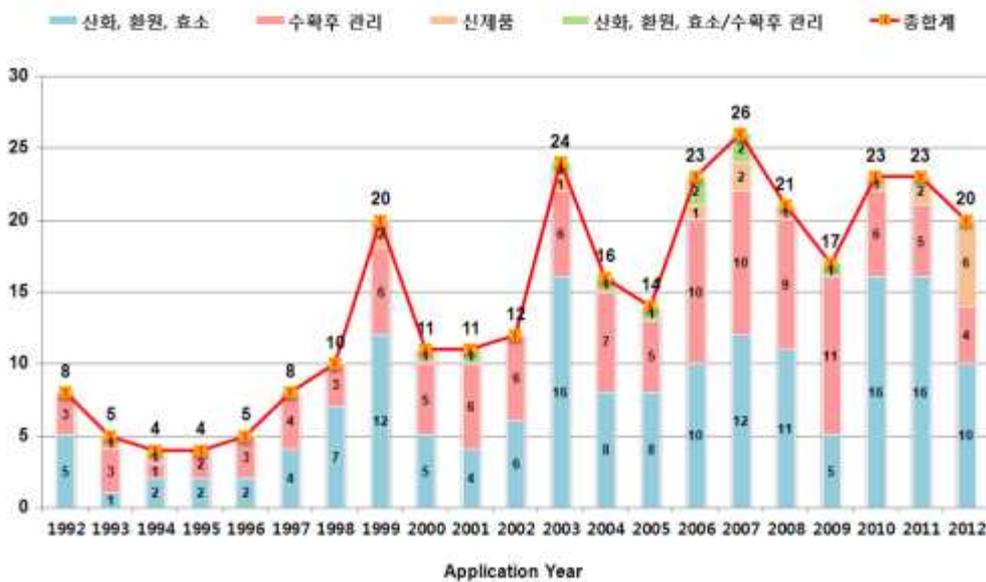


그림 2-4-1. 본 연구과제 관련 국내외 논문 수(1992년-2012년)

- 수확 후 관리 관련 국내외 특허조사는 www.ndsl.kr에서 현재년도까지 조사하였으며, 검색명을 ‘밀 수확 후 관리’, ‘우리밀’ 및 ‘wheat harvest’에서 논문 355건(국문), 2,237건(영문)이 검색되었으며 그 중 관련성이 높은 것은 표 2-4-1, 표 2-4-2에 나타내었음
- 밀 및 밀가루 품질향상 및 기능성에 관련된 최근 논문은 표 2-4-3, 표 2-4-4, 표 2-4-5에 있으며, 최근 국내외에서 개제되는 논문은 whole wheat flour와 같이 식이섬유나 기능성이 강조되는 밀가루의 제빵적성을 높이기 위한 연구가 증가하고 있음

표 2-4-1. 밀의 수확 후 관리기술과 관련된 주요 문헌조사(국문)

논문명(국문)	저자	학술지명
국산밀 품질 향상을 위한 지역별 재배 현황 및 원맥 특성 평가 II. 농가 수집 원맥 특성 평가	김경훈, 강천식, 서용원, 우선희, 허무룡, 추병길, 이춘기, 박광근, 박철수	한국작물학회, 2013
함수율에 따른 우리밀의 물리적 특성	김의웅, 김훈, 김상숙, 최은정	한국식품저장유통학회, 2015
밀의 수확 후 관리현황과 국내산 및 수입산 밀 및 밀가루의 품질특성 비교	박정화, 이춘기, 손영구	한국작물학회 2005년도 춘계학술발표회
주요 밀 생산국의 품질향상을 위한 밀 수확 후 관리실태	이춘기, 손종록, 남중현	한국작물학회 2004년도 추계학술발표회
국내산 밀 브랜드 "참들락"의 품질 특성	강천식, 박광서, 박종철	한국식품저장유통학회지, 2008
용도가 다른 보리와 밀 3품종의 영양성분	최정숙, 연지영	한국식품영양과학회지, 2005
국내산 밀의 품종별에 따른 아미노산, 구성당 및 무기질 조성	김종태, 조성자, 황재관	한국식품영양과학회지, 1997
한국산 밀의 이화학적 특성과 sugar-snap cookie의 제조적성	장학길, 김정연	한국식품과학회지, 2004
한국산(韓國產) 밀의 Mixograph특성(特性)과 제(製)빵적성(適性)과의 관계(關係)	김창식, 장학길, 하덕모	한국식품과학회지, 1984
연질밀의 품종별 이화학적 특성 및 제품의 제조적성	임은영, 장학길, 박영서	한국식품과학회지, 2007
한국산 소맥과 수입 소맥의 단백질 특성 비교	고봉경	한국식품과학회지, 1999
한국산 소맥과 수입 소맥의 무기질 특성과 phytate 비교	고봉경, 임승택, 이귀주	한국식품과학회지, 2000
한국산과 미국산 소맥의 가공적성 비교	장학길, 유인수	한국식품과학회지, 1989

표 2-4-2. 밀의 수확 후 관리기술과 관련된 주요 문헌조사(영문)

논문명(영문)	저자	학술지명
Harvest moisture, drying methods and storage period on the technological quality of wheat grains (cv. 'Embrapa 16')	Elias, MC, Lopes, V Gutkoski, LC Oliveira, M Mazzutti, S Dias, ARG	Ciencia Rural, 2009
Relation of Physical Characteristics of Wheat Blends and Experimental Milling to some Commercial Milling Performance Parameters	Y. S. Kim, R. A. Flores, C. W. Deyoe, O. K. Chung	American Society of Agricultural Engineers, 1995
Airflow Patterns through Wheat, Barley, and Canola in Bins with Partially Perforated Floors-An Experimental Investigation	K. Alagusundaram, D, S. Jayas, O. H. Friesen, N. D. G. White	Americal society of Agricultural Engineers, 1994
Airflow Resistance of Wheat and Barley Affected by Airflow Direction, Filling Method and Dockage	Ashwini Kumar, W. E. Muir,	American Society of Agricultural Engineers1 1986
Ambient Air Wheat Drying	R. Vance Morey, Harold A. Cloud, Deborah J. Hansen,	American society Agricultural Engineers, 1981
Diffusive Drying Kinetics in Wheat	Sergio A. Giner; Rodolfo H. Mascheroni,	Biosystems Engineering, 2002
Drying wheat to prevent Spoilage and Sprouting	Dirk E. Major,	Agricultural Engineering
Effects of Drying Conditions on Thin-Layer Drying	Adam Mohamed A. Sabon, Zhihuai Mao,	Society of Agricultural and Biological Engineers, 2007
Evaluation of Grain Airflow Resistance Characteristics and Air Delivery Systems	O. H. Friesen, D. N. Huminicki,	Agric. Eng, 1986
Hydrulic resistance of air flow through wheat grain in bulk	Elzbieta Kusinska,	TEKA Kom. Mot. Energ, 2008
Mechanical Properties of Wheat	Y. S. Kang, C. K. Spillman, J. L. Steels, D. S. Chung,	American Society of Agricultural Engineers, 1995

논문명(영문)	저자	학술지명
Moisture-Dependent kernel and Bulk-Density relationships for Wheat and Corn	Stuart O. Nelson,	Transactions of the ASAE, 1980
Moisture-Dependent Terminal Velocity of Wheat and Rice Varieties	Ali Rajabipour, Ahmad Tabatabaeefar,	The Society for Engineering in Agricultural, Food and Biological Systems, 2004
Physical Properties Effect on Stress-Strain Behavior of Wheat En Masse - Constitutive Elastoplastic Parameter Dependence on Initial Bulk Density and Moisture Content	Hang, Y. Li, V. M. Prui, H. B. Manbeck,	American Society of Agricultural Engineers, 1986
Physical Properties of Wheat for Moisture Content Determination	G. C. Zoerb,	Transactions of the ASAE, 1972
Simulation of Low Temperature Wheat Drying	J. R. Barrett, Jr., M. R. Okos, J. B. Stevens,	Transactions of the ASAE, 1981
Temperature Dependence of the Dielectric Properties of Wheat	K. C. Lawrence, S. O. Nelson, A. W. Kraszewski,	Transactins of ASAE, 1990
Thermal Conductivity of Spring Wheat at Low Temperature	S. Chandra and W. E. Muir,	Transactions of the ASAE, 1971
Thermal Conductivity of Wheat, Corn and Grain Sorghum as Affected by Bulk Density and Moisture Content	C. S. Chang,	Transactions of the ASAE, 1986
Accuracy and Repeatability of Protein Content Measurements for Wheat during Storage	M. E. Casada, K. L. O'Brien,	American society of Agricultural Engineers, 2003
Wheat Stored in a Cylindrical Bin	Harry H. Converse, Albert H. Graves and Do Sup Chung.	Transactions of the ASAE, 1973
Vertical Loads due to Wheat on Obstructions Located on the Floor of a Model Bin	M. Molenda, M. D. Montross, S. A. Thompson, J. Horabik,	American Society of Agricultural Engineers, 2006

(표 2-4-2계속)

논문명(영문)	저자	학술지명
Wheat Loads and Vertical Pressure Distribution in a Full-Scale Bin - Detention	C. V. Schwab, I. J. Ross, G. M. White, D. G. Colliver,	American Society of Agricultural Engineers, 1996
Wheat Loads and Vertical Pressure Distribution in a Full-Scale Bin - Filling	C. V. Schwab, I. J. Ross, G. M. White, D. G. Colliver,	American Society of Agricultural Engineers, 1994
Assessment of Heat-Damaged Wheat kernels Using Near-Infrared Spectroscopy	D. Wang, F. E. Dowell, D. S. Chung,	ASAE, 2001
Assessment of Machine Vision Algorithm for Quantification of Foreign Matter in Wheat	A. R. Tahir, S. Neethirajan, D. S. Jayas, J. Paliwal,	American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2006
Automated Detection of Hidden Internal Insect Infestations in Wheat Kernels using Electrical Conductance	Tom C. Pearson, Daniel L. Brabec,	The Society for Engineering in Agricultural food, and biological systems. 2002
Characterization of Receiving temp. and operating performance of kansas grain elevators during wheat harvest	T. J. Herrman, S. Baker, F. J. Fairchild,	American society of Agricultural Engineers, 2001
Influence of a Hydrothermal Treatment on Protein Fractions of Wheat	Korablyova, N.V.과 Kasymova, T.D	Biochemistry and Microbiology, 2011

표 2-4-3. 밀 및 밀가루의 품질 관련 주요 문헌조사

논문명	저자	학술지명
국내산 전립분을 첨가한 식빵의 품질 특성	송영광, 황윤경, 이희태, 안혜령	東아시아食生活學會誌 = Journal of the East Asian Society of Dietary Life
녹색 밀을 첨가한 베이커리 제품의 품질 특성	김진영, 이기택, 이정희	한국식품조리과학회지 = Korean Journal of Food & Cookery Science
Substituting Whole Grain Flour for Wheat Flour: Impact on Cake Quality and Glycemic Index	Bae, I.Y.; Lee, H.I.; Ko, A.R.; Lee, H.G.	Food science and biotechnology
Substituting Normal and Waxy-Type Whole Wheat Flour on Dough and Baking Properties	Choi, I.D.; Kang, C.S.; Cheong, Y.K.; Hyun, J.N.; Kim, K.J	Preventive nutrition and food science

표 2-4-4. 밀 및 밀가루의 기능성 관련 주요 문헌조사

논문명	저자	학술지명
Effect of whole wheat flour on the quality of traditional Chinese Sachima	Wang, L.; Deng, L.; Wang, Y.; Zhang, Y.; Qian, H.; Zhang, H.; Qi, X.	Food chemistry
Rheological properties of wheat flour and quality characteristics of pan bread as modified by partial additions of wheat bran or whole grain wheat flour	Schmiele, M.; Jaekel, L.Z.; Patricio, S.M.C; Steel, C.J.; Chang, Y.K.	International journal of food science & technology
Effects of different milling processes on whole wheat flour quality and performance in steamed bread making	Liu, C.; Liu, L.; Li, L.; Hao, C.; Zheng, X.; Bian, K.; Zhang, J.; Wang, X.	Lebensmittel-Wissenschaft + [i.e. und] Technologie : Food science + technology. Science + technologie alimentaire

논문명	저자	학술지명
Studying the effects of whole-wheat flour on the rheological properties and the quality attributes of whole-wheat saltine cracker using SRC, alveograph, rheometer, and NMR technique	Li, J.; Hou, G.G.; Chen, Z.; Chung, A.L.; Gehring, K.	Lebensmittel-Wissenschaft + [i.e. und] Technologie : Food science + technology. Science + technologie alimentaire
Effects of superfine grinding on the quality characteristics of whole-wheat flour and its raw noodle product	Niu, M.; Hou, G.G.; Wang, L.; Chen, Z.	Journal of cereal science
Effects of fine grinding of millfeeds on the quality attributes of reconstituted whole-wheat flour and its raw noodle products	Niu, M.; Hou, G.; Lee, B.; Chen, Z.	Lebensmittel-Wissenschaft + [i.e. und] Technologie : Food science + technology. Science + technologie alimentaire
Effect of the addition of enzymes on the quality of frozen pre-baked French bread substituted with whole wheat flour	Almeida, E.L.; Chang, Y.K.	Lebensmittel-Wissenschaft + [i.e. und] Technologie : Food science + technology. Science + technologie alimentaire
Influence of Bran Particle Size on Bread-Baking Quality of Whole Grain Wheat Flour and Starch Retrogradation	Cai, L.; Choi, I.; Hyun, J.-N.; Jeong, Y.-K.; Baik, B.-K.	Cereal chemistry
Physicochemical characterization of whole-grain wheat flour in a frozen dough system for bake off technology	Bae, W.; Lee, B.; Hou, G.G.; Lee, S.	Journal of cereal science
Nutritional and functional evaluation of wheat flour cookies supplemented with gram flour	Yousaf, A.A.; Ahmed, A.; Ahmad, A.; Hameed, T.; Randhawa, M.A.; Hayat, I.; Khalid, N.	International journal of food sciences and nutrition

논문명	저자	학술지명
Effect of salt solutions applied during wheat conditioning on lipase activity and lipid stability of whole wheat flour	Doblado-Maldonado, A.F.; Arndt, E.A.; Rose, D.J.	Food chemistry
Utilization of a maltotetraose-producing amylase as a whole wheat bread improver: dough rheology and baking performance.	Bae, W.S.; Lee, S.H.; Yoo, S.-H.; Lee, S.Y.	Journal of food science : an official publication of the Institute of Food Technologists
Optimisation of assay conditions for the determination of antioxidant capacity and polyphenols in cereal food components	Ferri, M.; Gianotti, A.; Tassoni, A.	Journal of food composition and analysis : an official publication of the United Nations University, International Network of Food Data Systems
Effect of inulin on textural and sensory characteristics of sorghum based high fibre biscuits using response surface methodology.	Banerjee, C.; Singh, R.; Jha, A.; Mitra, J.	Journal of food science and technology
Quality and nutritional properties of pasta products enriched with immature wheat grain	Casiraghi, M.C.; Pagani, M.A.; Erba, D.; Marti, A.; Cecchini, C.; D'Egidio, M.G.	International journal of food sciences and nutrition
The effects of lupin (<i>Lupinus angustifolius</i>) addition to wheat bread on its nutritional, phytochemical and bioactive composition and protein quality	Villarino, C.B.J.; Jayasena, V.; Coorey, R.; Chakrabarti-Bell, S.; Foley, R.; Fanning, K.; Johnson, S.K.	Food research international
Storage stability and quality assessment of processed cereal brans.	Sun, R.; Zhang, Z.; Hu, X.; Xing, Q.; Zhuo, W.	Journal of cereal science

표 2-4-5. 발아밀 관련 주요 문헌조사

논문명	저자	학술지명
Effect of wheat germ flour addition on wheat flour, dough and Chinese steamed bread properties	Sun, R.; Zhang, Z.; Hu, X.; Xing, Q.; Zhuo, W.	Journal of cereal science
Effects of germination on nutritional composition of waxy wheat	Hung, P.V.; Maeda, T.; Yamamoto, S.; Morita, N.	Journal of the science of food and agriculture
A comprehensive study on dehydration-induced antioxidative responses during germination of Indian bread wheat (<i>Triticum aestivum</i> L. em Thell) cultivars collected from different agroclimatic zones	Garg, B.; Jaiswal, J. P.; Misra, S.; Tripathi, B. N.; Prasad, M.	Physiology and Molecular Biology of Plants: an international journal of plant research
Transcriptome analysis during seed germination of elite Chinese bread wheat cultivar Jimai 20	Yu, Yonglong; Guo, Guangfang; Lv, Dongwen; Hu, Yingkao; Li, Jiarui; Li, Xiaohui; Yan, Yueming	BMC plant biology
Effects of different priming applications on seed germination and some agromorphological characteristics of bread wheat (<i>Triticum aestivum</i> L.)	Toklu, F.; Baloch, F.S.; Karak, Ouml; y, T.; Ouml; Zkan, H.	Turkish journal of agriculture & forestry = Türktarım ve ormancılık dergisi

제 3장 연구수행 내용 및 결과

제 1절 우리밀 제빵물성 개선기술 및 기능성 신제품 개발

1. 우리밀 제빵품질 저해요인 구명

가. 시판 우리밀 및 수입밀 밀가루제품의 품질차이분석

(1) 시판 제품 품질 분석을 위한 시료

- 본 연구에 사용된 밀가루 시료는 2012년 시판 밀가루 제품 16점과 2013년 시판되는 동일한 밀가루 16 제품 중 구입이 어려운 1점을 제외한 15점으로 총 31점이었음 (부록 3-1-1). 본 실험에 사용된 밀가루 시료번호는 표 3-1-1에 있으며, 시료 번호 1~8, 17~24번은 수입밀로 가공한 밀가루제품, 9~16, 25~32번은 국내산 밀로 가공한 제품임
- 시료번호 15번과 16번은 2012년에는 강력분으로 표기되었으나, 2013년 시판제품(31번과 32번)에는 중력분으로 변경 표기하였음. 수입밀로 가공한 통밀가루 제품과 국내산 밀로 만든 박력분 제품은 없었음

표 3-1-1. 본 연구에 사용된 시판 밀가루의 시료번호별 구분

	수입밀		우리밀	
	백밀	통밀	백밀	통밀
강력분	6(22)		12(28), 13(29), 15	11(27), 16
중력분	1(17), 2(18), 4(20), 5(21)		9(25), 31	14 (30)(다목적), 32
박력분	7(23)			
기타	3(19), 8(24)			10(26)

(2) 실험방법

(가) 시판 밀가루의 일반성분, 입도, 색도, 및 백도 분석방법

- 일반성분(수분, 회분, 단백질함량)은 AACC Method 44-15A, 08-01, 46-12에 따라, 식이섬유 함량은 AACC Method 32-07에 따라 분석하였음. 또한 입도는 Particle size analyzer(1190, CILAS,

Orleans, France)로 측정하였음. 색도는 색도계(Spectrophotometer CM-700d, KONICA Minolta, Japan)을 이용하여 L(Lightness)값, a(redness)값 및 b(yellowness)값을 측정하였으며, 백도는 백도계(Whiteness tester, Kett Electric Laboratory, Japan)으로 측정하였음

(나) 시판 밀가루의 가공특성 분석 방법

① Solvent Retention Capacity(SRC) 측정

- SRC는 AACC Method 56-11A(2000) 방법을 약간 수정한 Duyvejonck 등(2011)의 방법에 따라 실험하였다. 증류수, 5%(w/w) sodium carbonate solution, 50%(w/w) sucrose solution, 5%(w/w) lactic acid 용액을 25ml를 각각 밀가루 5g과 50ml centrifuge tube에 넣고 후 20분간 Shaking 후에 6,000rpm에서 15분간 원심분리 하였음. 상등액을 제외한 나머지 침전물, gel의 무게를 시료에 대한 SRC 로 계산하였음

② Water Absorption Index(WAI) 및 Water Solubility Index(WSI)

- WAI와 WSI는 Anderson(1982)의 방법으로 측정하였음. 밀가루 2.5g과 30ml의 증류수를 50ml centrifuge tube에 넣고, 가끔 저어주면서 30분간 방치한 후 3,000 rpm에서 10분간 원심분리 하였음. 상등액은 미리 항량을 구한 수분정량 수기에 담아 건조하여 남은 고형분을 2.5g 시료에 대한 백분율로서 WSI를 산출하였으며 상등액을 제외한 나머지 침전물, gel의 무게를 시료에 대한 WAI로 계산하였음

③ Rapid Visco Analyzer(RVA)에 의한 pasting 특성

- RVA는 AACC Method 76-21(2000) 방법에 의해 Rapid visco analyzer(RVA Super 4, Newport Scientific, Sydney, Australia)를 이용하여 peak viscosity, through, breakdown, final viscosity, setback, peak time 등의 결과를 Thermocline window software로 분석하였음(그림 3-1-1)

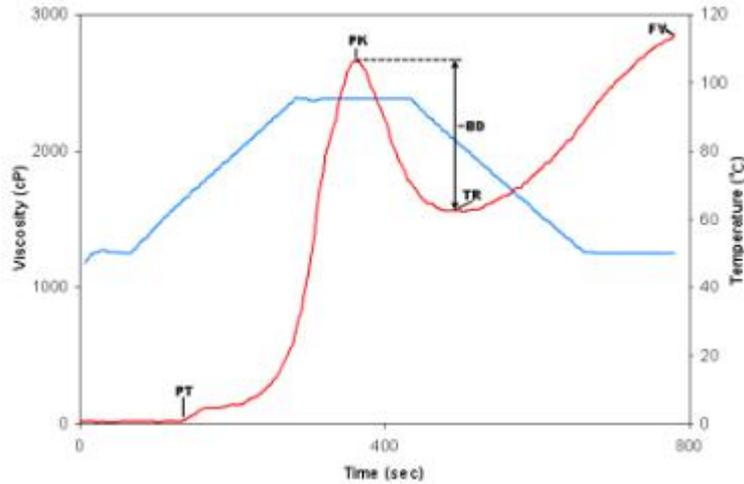


그림 3-1-1. RVA 로 밀가루의 pastng 특성을 측정하는 방법(붉은선 : pasting 곡선; 파란선 : 온도 profile; PK:peak viscosity; TR:trough; BD:breakdown; FV:final viscosity)

④ Differential Scanning Calorimeter(DSC)에 의한 상변이 특성

○ 밀가루 제품의 상변이 특성(onset temperature, peak temperature, end temperature, enthalpy)을 측정하기 위하여 Differential Scanning Calorimeter(DSC 7, Perkin-Elmer, Norwalk, CT, USA)를 이용하였으며 Thermal Analysis Data Station(Norwalk, Conn., USA)로 그 결과를 분석하였음. 실험 시 reference로는 빈 스테인레스 팬을 사용하였으며 밀가루와 증류수를 3:7의 비율로(dry weight basis)로 혼합하여 1시간 동안 평형상태로 둔 후 10-130°C까지 분당 10°C의 속도로 가열하였음

⑤ Farinograph에 의한 반죽특성

○ Farinograph(820501, Brabender Co. Ltd., Duisburg, Germany)를 이용하여 Brabender 사의 Instruction Manual(no. 1727E), AACC Method 54-21, 82-23 (2000)에 따라 밀가루 반죽의 특성을 측정하였음. 수분함량 14.0%를 기준으로 밀가루 300g을 계량하여 30±0.2°C로 예열한 mixing bowl에 넣고 기기를 작동시키면서 그래프 커브 중심이 500F.U. 에 도달할 때 까지 증류수를 가하였음. 이 때 수분흡수량(water absorption, %)은 반죽의 굳기가 500F.U.로 유지될 때 첨가한 수분량을 나타내며, peak time은 반죽의 굳기가 최고점에 도달하는 시간을 나타냄. 안정도(stability, min)은 그래프 커브의 윗부분이 500F.U 에 도달하는 시간부터 시작하여 500F.U를 떠나는 순간까지를 나타냄. 연화도(softening of dough, SOD min)은 커브의 윗부분이 500F.U에 도달하는 시간부터 20분 후의 커브 중심의 하강 정도를 500F.U로부터의 거리로 표시하였음 (그림 3-1-2)

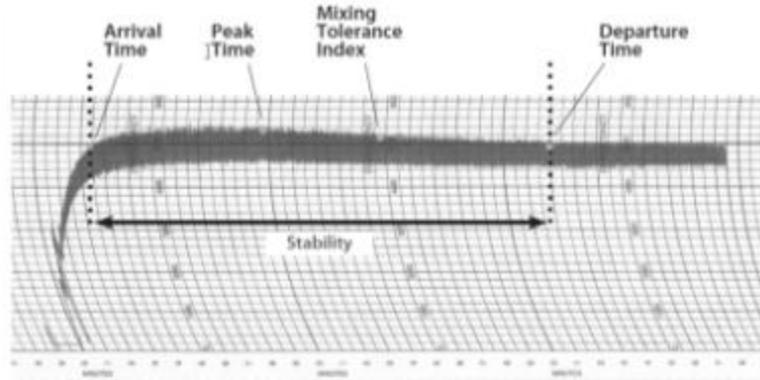


그림 3-1-2. Farinograph로 밀가루 반죽의 물성 측정하는 방법

⑥ 반죽의 신장성(extensibility) 측정

- 반죽의 신장성 측정을 위해 밀가루 중량기준 37% 가수하여 반죽을 만들어 랩핑하고, 이를 실온에 30분간 방치하였음. 이후 테플론 성형틀 양쪽면에 오일을 바른 후 반죽을 가로 5cm, 세로 7cm, 높이 5mm의 직사각형 형태로 제단하여 성형틀에 올려놓고 압력을 가하여 반죽 가닥을 형성한 후 성형틀에서 40분간 고정하여 Texture analyser(model TA-HD plus, Stable Micro System Ltd., Haslemere, England)로 인장력을 분석하였음. Probe는 Kieffer dough&gluten extensibility rig(A/KIE)를 5kg road cell을 이용하였으며 measure force in tension mode로 pre-test speed는 2.0mm/s, test-speed로는 3.3mm/s, post-test speed는 10.0mm/s 하였고 distance는 75mm를 측정 조건으로 측정하였음(그림 3-1-3)



그림 3-1-3. 반죽의 신장성을 측정하기 위해 사용된 Rig

(다) 시판밀가루의 제빵 적성 분석 방법

① 이스트 식빵의 제조

- 이스트 식빵의 제조는 AACC Method 10-10B를 수정한 방법으로 제조하였음. 수정내용은 AACC 방법의 malt flour, ascorbic acid, potassium bromate 대신 제빵 개량제(엑셀, (주)선인, 충남 아산, 한국)을 0.2% 첨가하였음. 수분 양은 farinograph의 water absorption을 참조하였음

② 이스트 식빵의 volume, weight, specific volume

- 식빵의 volume, weight, specific volume은 Volscan profiler(model Volscan profiler, Stable Micro System Ltd., Haslemere, England)를 이용하여 측정하였음

③ Texture Profile Analysis (TPA)

- TPA는 식빵의 crumb부분을 25x25x19 mm 씩 잘라 2 bite compression 에 의해 Texture analyser(model TA-XT plus, Stable Micro System Ltd., Haslemere, England)로 hardness, adhesiveness, springiness, cohesiveness, chewiness를 측정하였음. 측정 조건은 50mm plunger 를 이용하여 crosshead speed 10mm/sec로 시료를 2번 compress(50%) 하였음(그림 3-1-4 참조)



그림 3-1-4. 2-bite(2 compress) 시간-힘에 대한 TPA 그래프 및 texture 측정항목

(라) 이스트 식빵의 관능검사 방법

① 소비자 검사

- 시판밀 15종(시료번호 17~32)으로 제조한 이스트 식빵의 소비자 검사는 서울 경기지역에 거주하는 베이커리 제품 소비자 약 100명을 대상으로 진행하였음.
- 식빵은 일정한 두께(19mm)로 슬라이스한 후, 일정한 크기(20×20mm)로 잘라 준비하였음. 제시 순서에 의한 오차를 막기 위하여 시료의 제시 순서를 랜덤하게 하였으며, 시료 번호에 의한 편견을 막기 위하여 세 자리 난수번호를 달아 소비자들에게 한 번에 한 시료씩 제시하였음. 총 15점 시료에 대한 소비자 평가는 2회(일)에 걸쳐 수행하였으며, 소비자들은 본 실험을 위해 2일간, 8(7)시료/회(일) 평가하였음.
- 소비자검사는 본 연구원 관능검사실 booth에서 진행하였으며 검사는 총 3부분으로 나누어 수행하였음. 소비자들은 검사물을 평가 전 연령 및 식빵 제품 소비형태 등을 묻는 질문지(pre-score card)를 작성한 후, 검사물을 하나씩 랜덤화된 순서로 제시하여 blind 상태에서 평가(score card)하였으며, 제시된 시료에 대한 정보를 준 후 다시 한번 평가(last score card) 하였음
- pre-score card 에는 식빵의 색, 기공의 크기, 기공 균일성, 우유향미, 버터향미, 이스트 향미, 촉촉함성, 부드러운 정도, 응집성, 부착성, 씹힘성, 후미에 대한 소비자들이 생각하는 이상적인 정도를 7항목척도를 사용하여(1=대단히 약하다, 7=대단히 강하다) 평가하게 하였음(검사지는 부록 3-1-2 참조)
- score card 에는 기호도(향, 외관, 맛, 조직감, 전반적인 기호도, 9항목 척도, 1=대단히 싫어한다, 9=대단히 좋아한다) 외에 pre-score card에서 식빵의 이상적인 정도를 평가하였던 특성들(색, 기공의 크기, 기공 균일성, 우유향미, 버터향미, 이스트 향미, 촉촉함성, 부드러운 정도, 응집성, 부착성, 씹힘성, 후미)의 강도를 평가하였음(검사지는 부록 3-1-3 참조)
- last score card 의 우리밀로 만든 식빵의 정보가 담긴 검사지는 부록 3-1-4에, 수입밀로 만든 식빵의 정보가 담긴 검사지는 부록 3-1-5에 있음

② 전문패널에 의한 정량적 묘사분석(QDA, Qualitative Descriptive Analysis)

- 본 검사에 참여한 훈련된 묘사분석 패널은 관능검사에 참여할 시간적 여유가 있으며, 관능검사에 대한 관심과 다양한 식품에 대한 관능검사 경험이 있는 연구원들로서 1회 약30분씩, 1주일에 5회, 2주간 훈련을 마친 12명의 패널이었음
- 정량적 묘사분석(QDA)은 패널 훈련중 개발된 용어로 이루어진 검사특성을 15cm 선척도를 사용하여 측정하였음 검사특성으로는 외관(색, 기공의 크기, 기공 균일성, 표면의 매끄러움, 표면의 결), 향(발

효취, 생 밀가루향, 신향, 곡물향), 조직감(탄력성, 촉촉한 정도, 경도, 이 부착성, 응집성, 씹힘성), 맛(단맛, 짠맛, 신맛, 쓴맛, 생 밀가루맛, 발효맛, 곡물맛), 후미(가루끼, 단맛, 신맛, 짠맛)을 평가하였음(부록 3-1-6 참조). QDA 검사지는 부록 3-1-7에 있음

(마) 자료정리 및 통계분석

- 본 연구결과는 용도별(강력분, 중력분, 박력분 및 기타 밀가루) 시판 밀가루의 특성을 분석하였음. 본 연구에서 측정된 각 특성에서 시료(제품)간 유의차를 알기 위해 SAS 9.2를 이용하여 ANOVA를 수행하였으며, 그 결과 시료 간 차이가 있는 경우 SNK 다중비교를 하여 시료 간 평균값을 비교하였음
- 시판밀가루의 저해요인 분석을 위해 시판 밀가루제품의 이화학적 특성, 정량적 묘사특성, 제빵 특성, 제빵의 소비자 특성자료간의 상호 연관성을 분석하기 위해 상관분석을 수행하였으며, 이들 자료의 요약 및 새로운 해석을 위해 주성분분석을 수행하였음. 또한 소비자 자료와 각 자료들 간의 관계를 분석하기 위해 PLS 회귀분석을 수행하였음

(3) 실험결과

(가) 시판 밀가루의 이화학적 특성 분석 결과

① 시판 강력분 제품의 일반성분, 색도 및 백도 분석 결과

- 시판 강력분 밀가루 제품 중 우리밀의 수분함량이 수입밀에 비해 다소 낮은 경향이 있었으며(표 3-1-2), 회분함량의 경우 우리밀이 수입밀에 비해 다소 높은 경향이 있었음(통밀제품인 11, 16, 27번을 제외)
 - 시료번호 12번의 경우 강력분, 백밀 1등급으로 표기되어 있으나, 회분함량이 0.76%로 1등급의 기준(0.6%)보다 높았음
- 우리밀 단백질 함량의 경우 최저 9.7%, 최고 15.1%로 넓은 범위에 존재하였음. 수입밀로 가공한 2012년 시판 강력분 밀가루인 6번과 2013년 시판 강력분 밀가루 22번의 단백질 함량은 거의 비슷한 반면, 우리밀 제품의 경우 동일한 제품 내에 시판년도에 따라 단백질 함량의 차이가 있었음
 - 시료 12번과 28번, 13번과 29번은 시판년도가 다른 우리밀 동일 시료이나 단백질 함량의 차이가 있었음
- 우리밀로 만든 강력분 밀가루 중 통밀가루(11, 16, 27)제품의 식이섬유 함량 분석 결과 제품에 따라 최저 2.79%, 최고 4.62%로 나타남. 수입밀로 가공된 백밀가루 제품 6번의 경우 식이섬유가

2.68% 통밀가루라고 표기된 우리밀 밀가루 제품과 비슷한 함량의 식이섬유를 함유하고 있었음

- 통밀가루 제품은 일반 백밀가루 제품에 비해 식이섬유 함량이 높을 것으로 기대하였으나 비슷한 식이 섬유 함량을 지니고 있었음
- 시판 연도별 우리밀 가공 밀가루의 색도(L, a, b)를 수입밀로 가공된 밀가루(6, 12)의 색도와 비교한 결과 수입밀로 가공된 강력분 밀가루의 경우 시판 우리밀 제품에 비해 백도 및 L값이 높은 경향이 있었으며, 색도 a값과 b값이 낮은 경향이 있었음
- 시판 우리밀 밀가루의 경우 수입밀 가공밀가루 제품에 비해 다소 색이 존재함
- 시판연도별 우리밀 가공 밀가루의 품질변이는 자연환경에 의한 영향도 있겠지만, 최종 밀가루 제품에 대한 품질관리의 필요성을 내포함

표 3-1-2. 시판 강력분 제품의 일반성분 및 색도, 백도¹

No. ²	원산지	수분 ^{***} (%)	회분 ³ ^{***} (%)	단백질 ³ ^{***} (%)	식이섬유 ^{***} (%)	색도			백도 ^{***}
						L ^{***}	a ^{***}	b ^{***}	
6	수입밀	13.9 ^a	0.41 ^d	13.0 ^d	2.68 ^b	94.9 ^{ab}	0.38 ^f	8.50 ^d	77.7 ^a
11	우리밀	12.7 ^b	1.12 ^a	13.6 ^c	3.02 ^b	93.2 ^c	0.61 ^d	8.99 ^c	72.7 ^d
12	우리밀	12.3 ^c	0.76 ^{bc}	14.9 ^b	3.00 ^b	93.4 ^{bc}	0.74 ^c	8.81 ^c	71.3 ^h
13	우리밀	12.4 ^c	0.59 ^{cd}	12.6 ^e	2.69 ^b	93.9 ^{bc}	0.62 ^d	8.92 ^c	72.2 ^e
15	우리밀	12.7 ^b	0.57 ^{cd}	13.7 ^c	3.23 ^b	93.7 ^{bc}	0.64 ^d	8.89 ^c	71.8 ^f
16	우리밀	11.9 ^d	0.85 ^b	15.1 ^a	4.62 ^a	91.7 ^d	0.96 ^a	10.3 ^a	74.2 ^b
22	수입밀	13.9 ^a	0.43 ^d	12.9 ^d	2.06 ^c	95.4 ^a	0.51 ^e	9.09 ^{bc}	73.7 ^c
27	우리밀	11.9 ^d	0.70 ^{bc}	12.8 ^e	2.79 ^b	92.8 ^{cd}	0.85 ^b	10.1 ^a	67.6 ^j
28	우리밀	11.8 ^d	0.58 ^{cd}	12.0 ^f	1.60 ^d	92.7 ^{cd}	0.63 ^d	9.09 ^{bc}	71.1 ⁱ
29	우리밀	11.7 ^d	0.40 ^d	9.7 ^g	3.04 ^b	93.6 ^{bc}	0.49 ^e	9.35 ^b	71.5 ^g

¹ 3번 반복 실험한 평균값

² 11, 16, 27번은 통밀 제품

³ 건물기준 (dry weight basis)의 회분, 단백질 함량을 밀가루 수분 함량 14%기준으로 보정한 값

abc column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임

*, **, *** 시료가 p=0.05, 0.01, 0.001수준에서 유의적인 차이가 있음

② 시판 중력분 제품의 일반성분, 색도 및 백도 분석 결과

- 수입밀 가공 중력분 제품의 수분함량이 우리밀 가공 중력분 제품에 비해 수분함량이 다소 높은 경향이 있었음. 또한 밀가루 제품 중 통밀 제품을 제외한 본 실험에 사용된 시판 중력분 제품의 회분함량은 모두 0.6% 이내로 1등급으로 나타남(표 3-1-3)
- 본 실험에 사용된 시판 중력분 제품 중 수입밀의 경우 단백질 함량이 8.7~9.5%로 좁은 범위에 존재한 반면, 우리밀의 경우에는 단백질 함량이 11.1~13.2%로 다소 넓은 범위에 위치하였음. 통밀 제품인 14, 30, 31번을 제외하더라도, 일반적으로 수입밀을 가공한 시판 중력분은 우리밀 시판 중력분에 비해 단백질 함량이 높은 경향이 있었음
- 일반적으로 중력분 밀가루의 단백질 함량이 9.0~11.0% 인데 비해 시판되는 우리밀 중력분 제품들은 11.5~11.9%로 다소 높은 단백질 함량을 나타냄
- 시판 통밀제품의 식이섬유함량은 3.10~5.47%로 시판 중력분은 1.52~2.83%로 통밀제품에 비해 다소 낮은 경향을 보였음. 또한 시판 통밀제품의 경우 백밀 제품에 비해 색도 L값이 낮고 a값은 높은 경향이 있었으며, 수입밀 가공 중력분의 경우 우리밀에 비해 L 값이 높은 경향이 있었으며, 시판연도가 다른 우리밀을 가공한 동일 통밀 중력분 제품인 시료 14번과 30번의 경우 시판연도에 따라 수분 함량, 단백질 함량, 색도 및 백도에서 차이가 있었음

표 3-1-3. 시판 중력분 제품의 일반성분, 색도 및 백도¹

No. ²	원산지	수분 ^{***} (%)	회분 ^{3***} (%)	단백질 ³ *** (%)	식이섬유 *** (%)	색도			백도 ^{***}
						L ^{***}	a ^{***}	b ^{***}	
1	수입밀	13.2 ^{ef}	0.38 ^c	9.3 ^{fg}	2.27 ^{cd}	95.6 ^a	0.27 ^e	8.43 ^{cde}	78.6 ^c
2	수입밀	13.8 ^{cd}	0.41 ^c	9.4 ^f	2.25 ^{cd}	95.3 ^a	0.28 ^e	8.59 ^{cd}	78.5 ^c
4	수입밀	14.4 ^a	0.49 ^c	9.3 ^{fg}	2.53 ^c	96.2 ^a	0.11 ^g	8.16 ^{de}	80.0 ^a
5	수입밀	14.0 ^{bc}	0.43 ^c	9.2 ^{fg}	2.83 ^b	96.0 ^a	0.20 ^f	8.44 ^{cde}	79.5 ^b
9	우리밀	13.8 ^{cd}	0.49 ^c	11.9 ^c	2.11 ^d	95.8 ^a	0.33 ^e	8.03 ^e	78.7 ^c
14	우리밀	12.6 ^g	0.86 ^a	12.6 ^b	5.47 ^a	94.2 ^b	0.55 ^b	8.60 ^{cd}	74.1 ⁱ
17	수입밀	13.5 ^{de}	0.41 ^c	9.5 ^f	2.09 ^d	96.2 ^a	0.32 ^e	8.77 ^c	76.8 ^d
18	수입밀	13.3 ^{ef}	0.41 ^c	9.5 ^f	1.97 ^d	95.4 ^a	0.29 ^e	8.55 ^{cd}	76.1 ^e
20	수입밀	14.2 ^{ab}	0.38 ^c	8.7 ^h	2.22 ^{cd}	96.2 ^a	0.22 ^f	8.66 ^c	75.9 ^f
21	수입밀	14.1 ^{ab}	0.42 ^c	9.1 ^g	2.31 ^{cd}	95.9 ^a	0.32 ^e	8.35 ^{cde}	75.3 ^g
25	우리밀	13.6 ^{de}	0.34 ^c	11.5 ^d	1.52 ^e	95.6 ^a	0.43 ^d	9.13 ^b	74.4 ^h
30	우리밀	11.5 ^h	0.71 ^b	11.1 ^e	3.11 ^b	93.1 ^{bc}	0.75 ^a	9.91 ^a	67.0 ^l
31	우리밀	12.4 ^g	0.38 ^c	11.6 ^d	1.98 ^d	94.1 ^b	0.48 ^c	8.78 ^c	71.9 ^j
32	우리밀	13.1 ^f	0.74 ^b	13.2 ^a	3.10 ^b	92.8 ^c	0.53 ^b	9.20 ^b	69.4 ^k

¹ 3번 반복 실험한 평균값

² 14, 30, 32번은 통밀 제품

³ 건물기준 (dry weight basis)의 회분, 단백질 함량을 밀가루 수분 함량 14%기준으로 보정한 값

abc column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임

*, **, *** 시료가 p=0.05, 0.01, 0.001수준에서 유의적인 차이가 있음

③ 시판 박력분 및 기타 밀가루 제품의 일반성분, 색도 및 백도 분석 결과

○ 시판 박력분 및 기타 밀가루 제품의 일반성분, 색도 및 백도(표 3-1-4)분석 결과, 수입밀 박력분(7, 23번)의 경우 다른 시료에 비해 단백질 함량이 낮고, 색도 L값이 높고, 백도가 높은 경향이 있었음. 회분 함량이 0.9% 인 우리밀 친환경 통밀가루 10번을 제외한 다른 시료들은 모두 회분함량 0.6% 이하로 1등급의 기준을 만족시키는 시료들이었음

표 3-1-4. 시판 박력분 및 기타 밀가루 제품의 일반성분 및 색도, 백도¹

No ² .	원산지	수분 ^{***} (%)	회분 ³ ^{***} (%)	단백질 ³ ^{***} (%)	식이섬유 ^{***} (%)	색도			백도 ^{***}
						L ^{***}	a ^{***}	b ^{***}	
3	수입밀	12.5 ^c	0.51 ^{bc}	9.4 ^d	2.02 ^{cd}	95.9 ^a	0.18 ^e	7.80 ^{de}	79.8 ^b
7	수입밀	13.9 ^a	0.52 ^{bc}	8.2 ^e	2.64 ^b	96.7 ^a	0.20 ^e	7.51 ^e	81.6 ^a
8	수입밀	13.1 ^b	0.59 ^b	9.9 ^c	3.22 ^a	94.0 ^b	0.49 ^b	9.15 ^b	73.4 ^e
10	우리밀	11.6 ^d	0.90 ^a	13.0 ^a	2.58 ^b	93.7 ^b	0.39 ^c	7.61 ^e	74.3 ^d
19	수입밀	13.0 ^b	0.36 ^c	9.3 ^d	1.59 ^d	96.1 ^a	0.26 ^d	8.16 ^c	76.3 ^c
23	수입밀	12.9 ^b	0.34 ^c	8.4 ^e	2.04 ^{cd}	96.1 ^a	0.28 ^d	8.00 ^{cd}	76.3 ^c
24	수입밀	13.0 ^b	0.46 ^{bc}	10.4 ^b	2.47 ^c	94.0 ^b	0.63 ^a	10.04 ^a	70.3 ^f

¹ 3번 반복 실험한 평균값

² 10번은 우리밀 친환경 통밀가루

³ 건물기준 (dry weight basis)의 회분, 단백질 함량을 밀가루 수분 함량 14%기준으로 보정한 값
^{abcdef} column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임

^{***} 시료가 p=0.001수준에서 유의적인 차이가 있음

(나) 시판 밀가루의 가공특성 분석 결과

① 시판 밀가루의 SRC, WAI 및 WSI 특성

- 시판 강력분 밀가루 제품 중 수입밀의 SRC 특성과 WAI 특성이 대체적으로 높게 나타났음(표 3-1-5)
- 일반적으로 SRC 특성에서 Water SRC(WRC)는 밀가루의 전반적인 수분 흡수 능력을 나타내며, Sodium Carbonate SRC(SCSRC)는 밀가루 전분의 손상도, Sucrose SRC(SuSRC)는 pentosan과, lactic acid SRC(LASRC)는 gluten 형성과 관련이 있는 것으로 알려져 있음
- 같은 강력분 제품이라도 우리밀 가공 강력분제품의 경우 수입밀 가공 강력분에 비해 gluten 형성 능력과 관련있는 lactic acid SRC가 낮았음. 수입밀 가공 강력분은 우리밀 가공 강력분 제품에 비해 전반적으로 SCSRC, SuSRC, WRC가 높은 경향이 있었음

표 3-1-5. 시판 강력분 제품의 SRC, WAI 및 WSI 특성¹

No. ³	원산지	SRC(%)				WAI ^{***}	WSI ^{***}
		SCSRC ^{***}	SuSRC ^{***}	LASRC ^{***}	WRC ^{***}		
11	우리밀	66.4 ^d	84.0 ^{cd}	87.0 ^c	57.0 ^d	1.85 ^a	5.80 ^b
12	우리밀	69.6 ^c	86.5 ^{bc}	86.5 ^c	57.5 ^{cd}	1.75 ^b	4.69 ^e
13	우리밀	64.3 ^e	81.0 ^e	84.8 ^c	54.5 ^e	1.65 ^c	4.74 ^e
15	우리밀	69.0 ^c	83.7 ^{cde}	91.6 ^b	57.2 ^{cd}	1.70 ^{bc}	5.02 ^d
16	우리밀	73.2 ^b	87.9 ^b	71.5 ^e	62.9 ^b	1.72 ^{bc}	5.87 ^b
22	수입밀	83.5 ^a	96.9 ^a	117.5 ^a	66.4 ^a	1.91 ^a	5.29 ^c
27	우리밀	69.3 ^c	81.9 ^{de}	78.2 ^d	57.9 ^{cd}	1.72 ^{bc}	6.23 ^a
28	우리밀	67.4 ^d	83.0 ^{de}	83.6 ^c	58.2 ^{cd}	1.72 ^{bc}	5.83 ^b
29	우리밀	74.1 ^b	86.4 ^{bc}	80.0 ^d	59.3 ^c	1.74 ^{bc}	6.34 ^a

¹ 3번 반복 실험한 평균값
² 11, 16, 27번은 통밀 제품
abc column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임
*, **, *** 시료가 p=0.05, 0.01, 0.001수준에서 유의적인 차이가 있음

- 시판 중력분 제품의 SRC, WAI 및 WSI 특성(표 3-1-6)분석 결과, 시판 중력분 밀가루 중에서 통밀 제품인 시료번호 14, 30, 32는 gluten 형성과 관련이 있는 LASRC가 낮았음. 이는 통밀의 경우 제빵 적성이 낮음을 내포함
- 우리밀 중력분 제품 중 9, 25번은 시판년도가 다른 동일 제품으로, 생산년도에 상관없이 gluten 형성과 관련이 있는 LASRC가 가장 높았으며, 우리밀 중력분인 31번의 경우 역시 LASRC가 비교적 높아 이들은 본 연구에 사용된 수입밀 가공 중력분 제품에 비해 제빵 적성이 더 좋을 것으로 예상됨

표 3-1-6. 시판 중력분 제품의 SRC, WAI 및 WSI 특성¹

No. ²	원산지	SRC(%)				WAI ^{***}	WSI ^{***}
		SCSRC ^{***}	SuSRC ^{***}	LASRC ^{***}	WRC ^{***}		
1	수입밀	67.3 ^{ef}	81.7 ^g	102.0 ^f	54.0 ^f	1.71 ^{cde}	5.06 ^e
4	수입밀	77.5 ^{ab}	89.3 ^a	107.0 ^{cd}	59.8 ^b	1.74 ^{ab}	5.88 ^b
5	수입밀	66.4 ^f	81.7 ^g	96.3 ^g	55.5 ^{def}	1.70 ^{de}	5.04 ^e
9	우리밀	69.6 ^{cde}	87.9 ^b	115.6 ^a	56.8 ^{cd}	1.73 ^{abc}	4.83 ^f
14	우리밀	76.9 ^{ab}	85.8 ^{cd}	77.5 ^j	62.1 ^a	1.71 ^{bcde}	5.72 ^b
17	수입밀	69.6 ^{cde}	83.9 ^{ef}	95.7 ^g	54.7 ^{ef}	1.69 ^{ef}	4.94 ^{ef}
18	수입밀	75.4 ^b	89.9 ^a	105.4 ^{de}	57.7 ^c	1.73 ^{ab}	5.27 ^d
20	수입밀	77.5 ^{ab}	89.6 ^a	103.0 ^{ef}	57.9 ^c	1.74 ^a	5.50 ^c
21	수입밀	68.3 ^{def}	83.6 ^f	87.5 ^h	54.0 ^f	1.69 ^{ef}	5.23 ^d
25	우리밀	70.2 ^{cd}	85.4 ^{cde}	110.2 ^b	56.8 ^{cd}	1.65 ^g	6.37 ^a
30	우리밀	79.2 ^a	84.4 ^{def}	78.1 ^j	60.5 ^b	1.75 ^a	6.26 ^a
31	우리밀	71.2 ^c	86.5 ^c	108.7 ^{bc}	56.0 ^{cde}	1.67 ^f	6.37 ^a
32	우리밀	68.0 ^{def}	86.2 ^c	82.8 ⁱ	57.2 ^{cd}	1.68 ^f	5.82 ^b

¹ 3번 반복 실험한 평균값
² 14, 30, 32번은 통밀 제품
abc column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임
*, **, *** 시료가 p=0.05, 0.01, 0.001수준에서 유의적인 차이가 있음

○ 시판 박력분 및 기타 밀가루 제품의 SRC, WAI 및 WSI 특성(표 3-1-7) 분석 결과, 박력분인 7번과 23번의 경우 연질밀의 water SRC(적립계 <51%, 백립계<58% 이하) 품질 기준을 만족시키고 있음. 박력분의 경우 모든 SRC 특성이 다른 시판 기타 밀가루에 비해 낮았음. 특히 gluten 형성과 연관있는 LASRC가 낮아 제빵 적성이 낮을 것으로 기대됨

표 3-1-7. 시판 박력분 및 기타 밀가루 제품의 SRC, WAI 및 WSI 특성¹

No. ³	원산지	SRC(%)				WAI ^{***}	WSI
		SCSRC ^{***}	SuSRC ^{***}	LASRC ^{***}	WRC ^{***}		
3	수입밀	71.2 ^b	84.2 ^d	103.5 ^a	56.4 ^c	1.73 ^b	5.03
7	수입밀	58.2 ^f	74.5 ^e	71.1 ^e	48.3 ^d	1.66 ^d	4.76
8	수입밀	69.8 ^c	87.1 ^b	92.6 ^c	60.2 ^b	1.76 ^a	4.59
10	우리밀	66.8 ^d	90.1 ^a	81.4 ^d	56.6 ^c	1.74 ^b	5.05
19	수입밀	70.6 ^{bc}	85.2 ^c	96.2 ^b	55.9 ^c	1.72 ^c	4.91
23	수입밀	59.5 ^e	73.0 ^f	71.1 ^e	47.4 ^d	1.64 ^e	5.02
24	수입밀	72.6 ^a	87.4 ^b	95.8 ^b	61.3 ^a	1.77 ^a	4.73

¹ 3번 반복 실험한 평균값
abcdef column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임
*** 시료가 p=0.001수준에서 유의적인 차이가 있음

② RVA에 의한 시판 밀가루의 pasting 특성

- 시판 강력분 제품의 RVA 특성(표 3-1-8) 분석 결과, 수입밀 가공 강력분의 경우 최고 점도가 우리 밀 밀가루 제품에 비해 높았으며, 노화현상과 관련이 있는 setback이 낮았고, 시판 년도에 따른 차이는 거의 없었음
- 우리밀 강력분 제품의 점도특성 변이는 다소 크고 시판년도별 차이가 있는 경향을 보였음. 최고 점도가 낮았던 시료 12번은 유기농 우리밀 강력분이었으며, 16번은 무농약 우리밀 통밀가루였음. 이와 같이 친환경 밀가루의 경우 일반 강력분 밀가루제품에 비해 점도가 낮았음(그림 3-1-5)

표 3-1-8. 시판 강력분 제품의 RVA 특성¹

No. ²	원산지	Peak viscosity ^{***} (RVU)	Trough viscosity ^{***} (RVU)	breakdown ^{***} (RVU)	Final viscosity ^{***} (RVU)	Setback ^{***} (RVU)	Peak Time ^{***} (min)
6	수입밀	128.4 ^a	88.9 ^a	39.5 ^a	149.6 ^c	60.8 ^d	6.36 ^a
11	우리밀	117.4 ^c	77.7 ^{cd}	39.7 ^a	155.3 ^b	77.6 ^{ab}	5.95 ^{cd}
12	우리밀	91.0 ^e	49.1 ^f	41.9 ^a	112.2 ^f	63.1 ^{cd}	5.65 ^e
13	우리밀	113.5 ^c	75.3 ^d	38.2 ^a	153.0 ^{bc}	77.7 ^{ab}	5.85 ^d
15	우리밀	122.8 ^b	80.6 ^{bc}	42.2 ^a	156.3 ^b	75.7 ^b	6.00 ^c
16	우리밀	90.7 ^e	59.0 ^e	31.6 ^b	125.2 ^e	66.2 ^c	5.71 ^e
22	수입밀	127.6 ^a	87.3 ^a	40.3 ^a	153.3 ^{bc}	66.1 ^c	6.25 ^b
27	우리밀	108.7 ^d	77.8 ^{cd}	30.9 ^b	155.4 ^b	77.6 ^{ab}	5.93 ^{cd}
28	우리밀	114.9 ^c	83.6 ^b	31.3 ^b	164.4 ^a	80.9 ^a	6.05 ^c
29	우리밀	109.5 ^d	76.3 ^{cd}	33.2 ^b	140.2 ^d	63.9 ^c	6.18 ^b

¹ 3번 반복 실험한 평균값
² 11, 16, 27번은 통밀 제품
abc column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임
*, **, *** 시료가 p=0.05, 0.01, 0.001수준에서 유의적인 차이가 있음

수입밀, 우리밀 강력분 제품간의 점도 비교

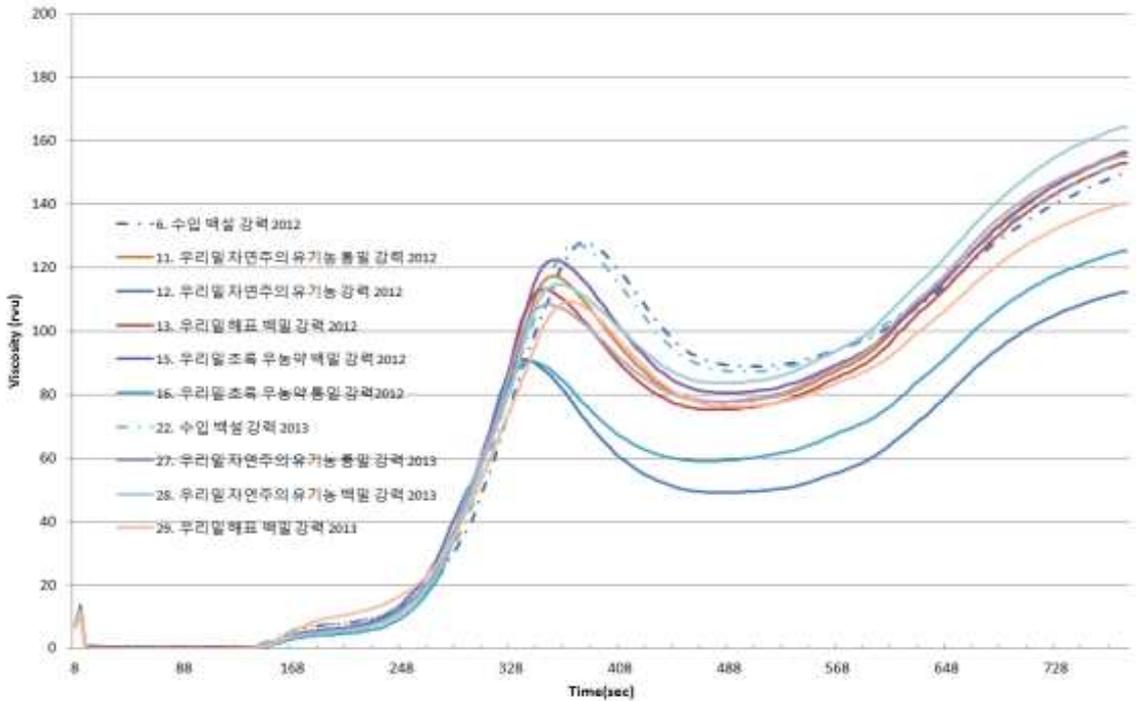


그림 3-1-5. 시판 수입밀, 우리밀 강력분 제품의 RVA로 측정된 시간에 따른 점도변화 그래프

- 시판 중력분 제품의 RVA 특성분석(표 3-1-9)결과, 강력분의 경우와 같이 우리밀 중력분 밀가루의 최고 점도가 수입밀 가공 중력분 제품에 비해 낮은 경향이 있었으며 수입밀 가공 중력분 제품의 경우 노화현상과 관련 있는 setback이 낮은 경향이 있었음
- 특히 우리밀 무농약 중력분 백밀 과 통밀인 시료 31, 32번의 경우 다른 시판 밀가루에 비해 RVA 특성이 현저하게 낮았음(그림 3-1-6). 이 결과에 의해 본 실험에 사용된 무농약 중력분은 다른 시료에 비해 amylase 활성이 높을 것으로 판단되며, 아마도 무농약 우리밀의 특성 및 다양한 수확 후 관리 요인에 의해 발생되었을 것으로 판단됨
- 무농약 우리밀 중력분의 경우 미숙립 및 피해립 혼입, 정선, 저장 조건 등에 의한 품질변이 요인분석이 필요하다고 판단됨

표 3-1-9. 시판 중력분 제품의 RVA 특성¹

No. ²	원산지	Peak viscosity*** (RVU)	Trough viscosity*** (RVU)	Breakdown *** (RVU)	Final viscosity*** (RVU)	Setback *** (RVU)	Peak Time*** (min)
1	수입밀	123.6 ^c	81.8 ^{bc}	41.7 ^c	148.6 ^c	66.8 ^b	6.09 ^{abc}
2	수입밀	135.0 ^b	84.2 ^b	50.8 ^b	147.4 ^c	63.2 ^c	6.20 ^a
4	수입밀	138.3 ^a	89.4 ^a	48.8 ^b	156.7 ^a	67.3 ^b	6.20 ^a
5	수입밀	125.5 ^c	79.9 ^c	45.5 ^c	149.9 ^c	69.9 ^b	6.05 ^{bcde}
9	우리밀	115.4 ^e	70.4 ^{de}	45.0 ^c	149.6 ^c	79.2 ^a	5.91 ^{ef}
14	우리밀	116.6 ^e	73.4 ^d	43.3 ^c	149.5 ^c	76.1 ^a	5.93 ^{def}
17	수입밀	120.2 ^d	84.6 ^b	35.6 ^d	153.2 ^b	68.6 ^b	6.09 ^{abc}
18	수입밀	134.8 ^b	82.6 ^{bc}	52.3 ^b	148.6 ^c	66.1 ^b	6.07 ^{abcd}
20	수입밀	138.9 ^a	78.7 ^c	60.3 ^a	147.9 ^c	69.2 ^b	5.96 ^{cdef}
21	수입밀	115.4 ^e	79.5 ^c	35.9 ^d	147.2 ^c	67.6 ^b	6.00 ^{cde}
25	우리밀	114.3 ^e	71.4 ^{de}	42.8 ^c	149.7 ^c	78.3 ^a	5.84 ^f
30	우리밀	100.4 ^f	69.3 ^e	31.1 ^e	131.4 ^d	62.0 ^c	6.15 ^{ab}
31	우리밀	43.0 ^g	9.7 ^g	33.3 ^{de}	26.3 ^f	16.6 ^e	4.95 ^h
32	우리밀	44.9 ^g	13.9 ^f	31.0 ^e	36.3 ^e	22.4 ^d	5.11 ^g

¹ 3번 반복 실험한 평균값
² 14, 30, 32번은 통밀 제품
abc column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임
*, **, *** 시료가 p=0.05, 0.01, 0.001수준에서 유의적인 차이가 있음

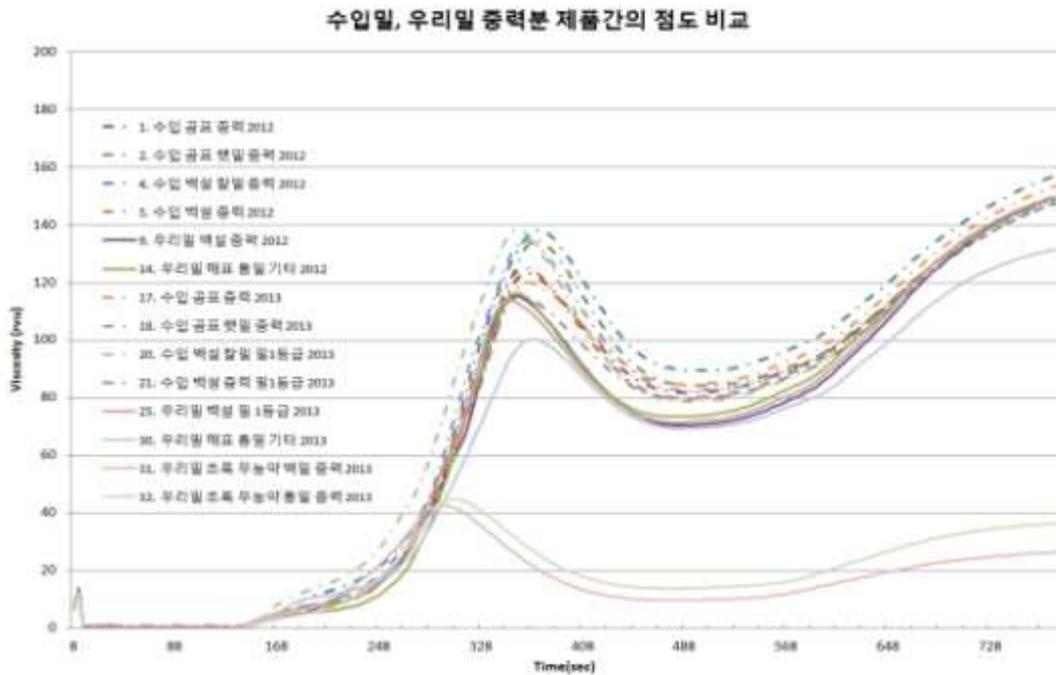


그림 3-1-6. 시판 수입밀, 우리밀 중력분 제품의 RVA로 측정된 시간에 따른 점도변화 그래프

- 시판 박력분 및 기타 밀가루 제품의 RVA 특성분석(표 3-1-10)결과, 시판 중력분의 결과와 같이 시판 유기농 밀가루 (8번) 및 친환경 통밀가루 (10번)의 경우 RVA 점도 profile이 현저히 낮았음. 이는 유기농 혹은 친환경 제품에 관한 세심한 관리의 필요성을 제기하고 있음

표 3-1-10. 시판 박력분 및 기타 밀가루 제품의 RVA 특성¹

No.	원산지	Peak viscosity ^{***} (RVU)	Trough viscosity ^{***} (RVU)	breakdown ^{***} (RVU)	Final viscosity ^{***} (RVU)	Setback ^{***} (RVU)	Peak Time ^{***} (min)
3	수입밀	131.0 ^a	83.8 ^a	47.2 ^b	160.4 ^a	76.6 ^b	6.07 ^a
7	수입밀	113.3 ^a	83.3 ^a	30.1 ^f	157.0 ^b	73.8 ^b	6.07 ^a
8	수입밀	89.5 ^b	48.0 ^d	41.5 ^c	123.1 ^d	75.1 ^b	5.62 ^b
10	우리밀	41.8 ^c	8.4 ^e	33.4 ^e	23.1 ^e	14.8 ^d	5.00 ^c
19	수입밀	114.4 ^a	77.6 ^b	36.8 ^d	147.1 ^c	69.5 ^c	5.98 ^a
23	수입밀	101.7 ^a	76.5 ^b	25.2 ^g	146.4 ^c	70.0 ^c	5.98 ^a
24	수입밀	119.7 ^a	69.1 ^c	50.5 ^a	161.0 ^a	91.8 ^a	5.91 ^a

¹ 3번 반복 실험한 평균값
 abcdef column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임
 *** 시료가 p=0.001수준에서 유의적인 차이가 있음

- 본 연구에 사용된 시판 수입밀 용도별(강력분, 중력분, 박력분) 밀가루 제품의 RVA 점도 profile (그림 3-1-7)은 용도에 따라 점도 특성이 뚜렷하게 차이를 보여주고 있음
- 반면에 본 연구에 사용된 시판 우리밀 용도별(강력분, 중력분, 박력분) 밀가루 제품의 RVA 점도 profile(그림 3-1-8)은 비록 포장에는 강력분, 중력분으로 나뉘어 표기되어 있으나 용도별 점도 특성차이는 없었음

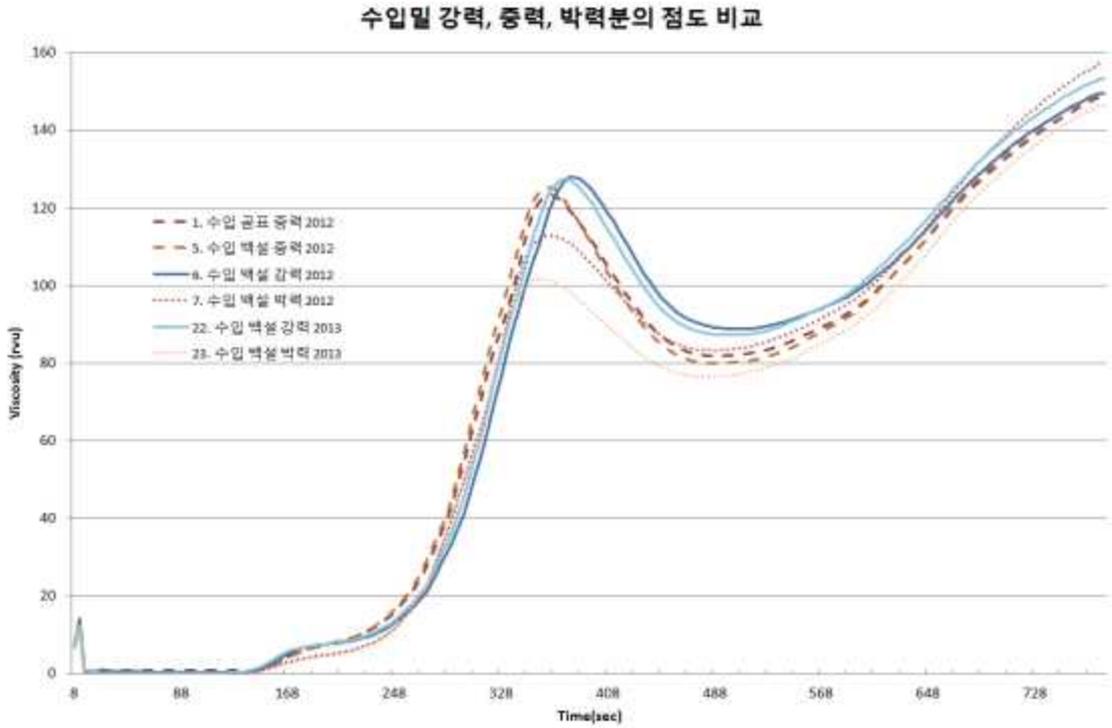


그림 3-1-7. 시판 수입밀 강력분, 중력분, 박력분 제품의 RVA로 측정된 시간에 따른 점도변화 그래프

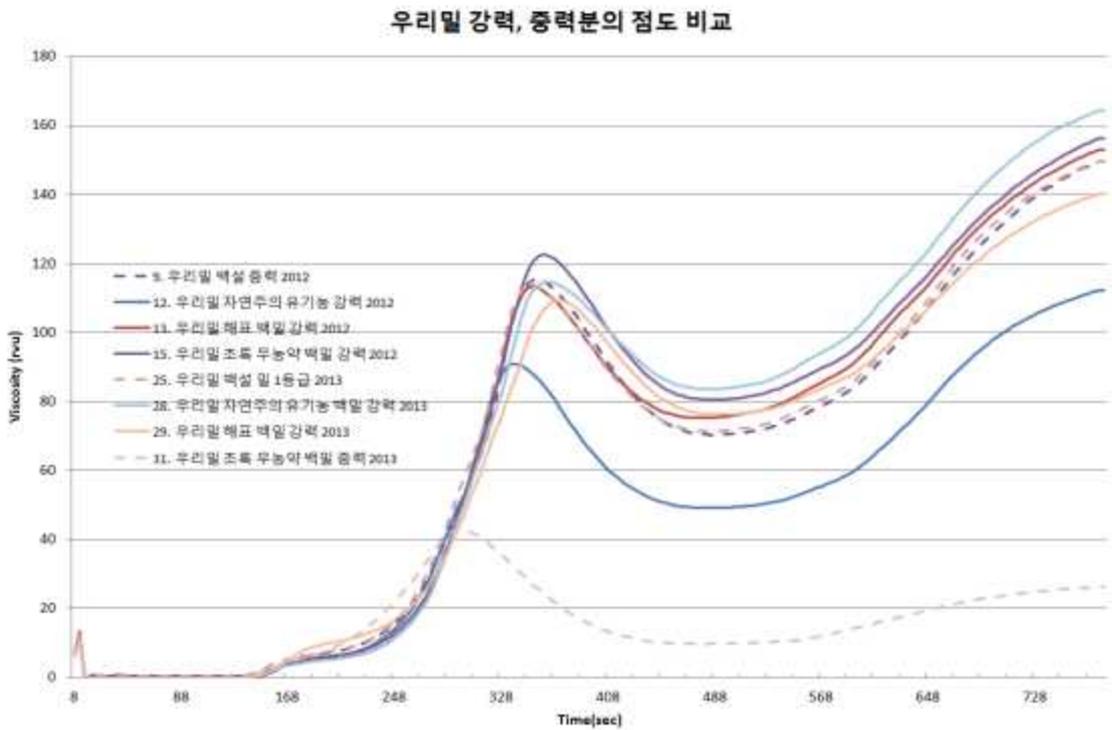


그림 3-1-8. 시판 우리밀 강력분, 중력분 제품의 RVA로 측정된 시간에 따른 점도변화 그래프

③ DSC에 의한 상변이 특성

- 본 연구에 사용된 원산지별(국내산 vs. 수입밀 가공) 시판 강력분의 DSC에 의한 상변이 특성분석(표 3-1-11) 결과 수입밀 가공 강력분의 경우 우리밀 가공 강력분 제품에 비해 호화개시온도(onset temperature) 및 enthalpy가 낮았음

표 3-1-11. 시판 강력분 제품의 DSC에 의한 상변이 특성¹

No. ²	원산지	Onset Temperature ^{***} (°C)	Peak Temperature (°C)	End Temperature [*] (°C)	ΔH ^{***} (J/g)
22	수입밀	57.6 ^b	64.7	71.5 ^{ab}	6.20 ^c
27	우리밀	59.8 ^a	65.2	71.1 ^{ab}	6.71 ^b
28	우리밀	59.5 ^a	64.9	70.2 ^b	6.67 ^b
29	우리밀	59.5 ^a	65.2	72.0 ^a	7.13 ^a

¹ 3번 반복 실험한 평균값

- 본 연구에 사용된 원산지별(국내산 vs. 수입밀 가공) 시판 중력분의 DSC에 의한 상변이 특성분석(표 3-1-12) 결과 수입밀 가공 강력분의 경우 우리밀 가공 강력분 제품에 비해 호화개시온도(onset temperature) 및 enthalpy가 낮았음

표 3-1-12. 시판 중력분 제품의 DSC에 의한 상변이 특성¹

No. ²	원산지	Onset Temperature ^{***} (°C)	Peak Temperature ^{***} (°C)	End Temperature ^{**} (°C)	ΔH [*] (J/g)
17	수입밀	58.6 ^{bc}	64.5 ^c	70.7 ^b	6.30 ^b
18	수입밀	58.8 ^{bc}	64.9 ^{bc}	71.3 ^{ab}	6.36 ^b
20	수입밀	58.1 ^c	64.1 ^c	70.1 ^b	6.43 ^{ab}
21	수입밀	58.2 ^c	64.2 ^c	69.8 ^b	6.55 ^{ab}
25	우리밀	59.1 ^b	64.2 ^c	69.9 ^b	6.87 ^a
30	우리밀	59.9 ^a	65.7 ^a	72.6 ^a	6.65 ^{ab}
31	우리밀	59.3 ^{ab}	64.4 ^c	70.0 ^b	6.55 ^{ab}
32	우리밀	59.9 ^a	65.4 ^{ab}	71.3 ^{ab}	6.34 ^b

¹ 3번 반복 실험한 평균값

- 본 연구에 사용된 2013년 시판 박력분 및 기타 밀가루 제품의 DSC에 의한 상변이 특성분석(표 3-1-13) 결과 박력분인 23번 밀가루의 상변이이 필요한 enthalphy가 다소 높았음

표 3-1-13. 2013년 시판 박력분 및 기타 밀가루 제품의 DSC에 의한 상변이 특성¹

No.	원산지	Onset Temperature ^{***} (°C)	Peak Temperature (°C)	End Temperature (°C)	ΔH ^{***} (J/g)
19	수입밀	58.3 ^b	64.5	70.1	6.48 ^b
23	수입밀	59.0 ^a	64.5	69.9	7.36 ^a
24	수입밀	59.1 ^a	64.9	70.6	6.22 ^c

¹ 3번 반복 실험한 평균값
^{abc} column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임
^{***} 시료가 p=0.001수준에서 유의적인 차이가 있음

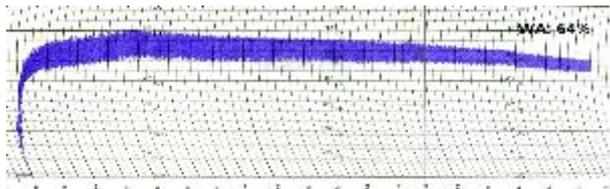
④ 밀가루의 반죽의 특성 및 반죽 신장성

- 2013년 시판 우리밀 15점을 용도 및 형태별(강력분, 중력분, 통밀, 박력분 및 기타) 시판 밀가루 제품의 Farinograph에 의한 반죽 특성은 각각 그림 3-1-9, 그림 3-1-10, 그림 3-1-11에 있음
- 시판 강력분 제품을 이용한 반죽의 Farinograph는 유사한 curve를 보였으나 수입밀과 우리밀 간에 차이가 있었음(그림 3-1-9). 수입밀인 시료번호 22의 경우 우리밀(시료번호 27, 28, 29)에 비하여 수분 흡수량이 더 높게 나타났음. Fu 등 (2008)은 단백질 함량이 높을수록 수분 흡수량이 높다고 하였는데 본 연구결과, 수입밀인 시료번호 22가 우리밀(시료번호 27, 28, 29)보다 단백질 함량이 높았기 때문에 수분흡수량이 높은 것으로 사료됨(표 3-1-14)
- 밀가루 반죽의 안정도는 수입밀(시료번호 22)이 우리밀에 높게 나타났으며, 반죽 형성시간을 나타내는 peak time 또한 수입밀이 가장 높았음. 왕 등(2012)은 peak time이 높은 것은 단백질 함량이 높아 점탄성을 갖는데 시간이 더 오래 걸리기 때문이라고 하였는데, 본 연구에서 단백질 함량이 높은 수입밀(시료번호 22)가 가장 높은 peak time을 나타냄.
- 김 등(2011)에 의하면 반죽의 연화도를 나타내는 SOD 값은 반죽의 안정도와 관계가 있는데 안정도가 길수록 SOD 값이 낮아짐. 본 연구에서도 안정도가 가장 길었던 수입밀(시료번호 22)가 반죽의 연화도가 가장 낮게 나타났음
- 반죽의 늘어나는 성질을 나타내는 저항도의 경우, 수입밀인 22번이 162.1 g으로 우리밀(시료번호 27, 28, 29)에 비하여 유의적으로(p<0.001) 높은 값을 나타내었음. 신장도 역시 수입밀인 22번이 가장 큰 값을 보였는데 이 등(1997)의 연구에 따르면 강력분이 박력분보다 신장도가 크다고 하여 본 연구 결과와 유사하게 나타남

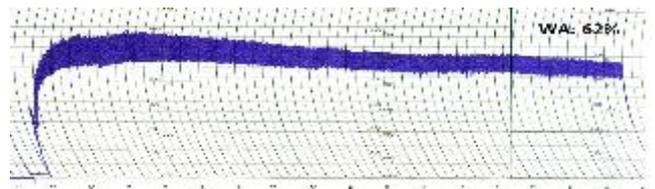
표 3-1-14. 시판 수입밀, 우리밀 강력분 제품의 반죽 특성¹, 반죽의 저항도² 및 신장성²

원산지	No. ³	Farinograph				Resistance ² *** (g)	Extensibility ² ** (mm)
		WA ^{4***} (%)	Peak time ^{5***} (min)	Stability ^{6***} (min)	SOD ₂₀ ⁷ ** (F.U.)		
수입밀	22	64.0 ^a	8.0 ^a	35.7 ^a	0.0 ^c	162.1 ^a	-17.9 ^c
우리밀	27	62.0 ^b	6.1 ^b	27.5 ^b	10.0 ^c	129.3 ^b	-14.9 ^{bc}
	28	61.0 ^c	3.5 ^c	19.4 ^c	35.0 ^b	140.2 ^b	-13.3 ^{ab}
	29	61.2 ^c	2.1 ^c	13.6 ^d	60.0 ^a	137.8 ^b	-9.7 ^a

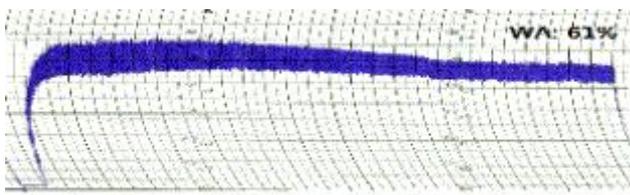
1 2번 반복 실험한 평균값
 2 8번 반복 실험한 평균값
 3 28번은 통밀 제품
 4 WA(Water Absorption): 수분 흡수량.
 5 peak time: 반죽의 점도가 최고점에 이르는 시간.
 6 stability: arrival time으로부터 departure time까지의 curve. 밀가루의 반죽에 대한 저항성을 가리키는 지표.
 7 SOD₂₀(Softening of dough at 20min): diagram이 감소할 때, 20분 후 500 F.U. 부터 diagram 가운데 사이의 F.U.값
 abc column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임
 , * 시료가 p=0.05, 0.01, 0.001수준에서 유의적인 차이가 있음



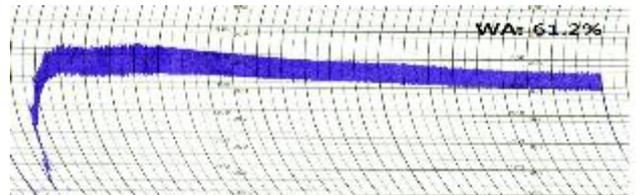
수입밀 가공 강력분 (시료번호 22)



우리밀 가공 강력분 (시료번호 27)



우리밀 가공 강력분 (시료번호 28)



우리밀 가공 강력분 (시료번호 29)

그림 3-1-9. Farinograph에 의한 원산지별 (우리밀 vs. 수입밀) 시판 강력분의 물성특성

- 중력분 제품의 반죽은 강력분에 비해서는 낮은 수분흡수율과 peak time을 보였으나 수입밀과 우리 밀 제품 간의 차이는 크지 않았음(그림 3-1-10)
- 수분흡수율과 peak time 값은 시료번호 30이 가장 높았으며 peak time은 통밀제품인 시료번호 30, 32번이 높게 나타남(표 3-1-15). 또한 반죽의 안정도는 중력분 제품 간 유의적인 차이가 나타나지 않았으며, SOD 값은 시료번호 31에서 높게 나타났음. 이는 해당 시료가 반죽 안정도가 낮기 때문인 것으로 사료됨. 김 등(2011)은 안정도가 길수록 SOD 값이 낮아진다고 하였는데 본 연구결과도 이와 유사하게 나타남
- 반죽의 저항도의 경우 우리밀인 31, 30번이 각각 159.9g, 159.3g 으로 높은 값을 보였음. 수입밀은 우리밀에 비하여 저항도가 낮았음. 신장도는 강력분에 비하여 낮은 수준이었으나 우리밀 32, 25번이 높았음

표 3-1-15. 시판 수입밀, 우리밀 중력분 제품의 반죽 특성¹, 반죽의 저항도² 및 신장성²

원산지	No. ³	Farinograph				Resistance ² *** (g)	Extensibility ² ** (mm)
		WA ^{4**} (%)	Peak time ⁴ (min)	Stability ⁵ (min)	SOD ₂₀ ^{7**} (F.U.)		
수입밀	17	56.6 ^b	3.0	12.4	55.0 ^{ab}	88.7 ^e	-10.6 ^b
	18	59.3 ^b	3.4	21.3	10.0 ^b	99.8 ^d	-12.5 ^c
	20	57.9 ^b	2.0	30.4	30.0 ^b	118.7 ^b	-11.7 ^{bc}
	21	56.8 ^b	1.8	12.8	55.0 ^{ab}	78.0 ^f	-8.7 ^a
우리밀	25	58.5 ^b	2.6	24.7	20.0 ^b	124.8 ^b	-15.1 ^d
	30	63.3 ^a	6.1	20.1	20.0 ^b	159.3 ^a	-11.8 ^{bc}
	31	57.0 ^b	2.0	11.9	80.0 ^a	159.9 ^a	-14.3 ^d
	32	57.8 ^b	5.3	16.1	50.0 ^{ab}	108.4 ^c	-16.7 ^e

¹ 2번 반복 실험한 평균값

² 8번 반복 실험한 평균값

³ 30, 32번은 통밀 제품

⁴ WA(Water Absorption): 수분 흡수량.

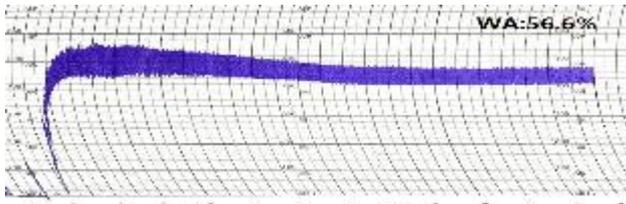
⁵ peak time: 반죽의 점도가 최고점에 이르는 시간.

⁶ stability: arrival time으로부터 departure time까지의 curve. 밀가루의 반죽에 대한 저항성을 가리키는 지표.

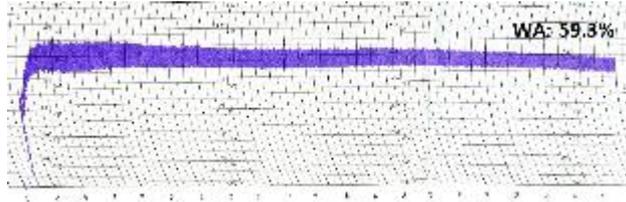
⁷ SOD₂₀(Softening of dough at 20min): diagram이 감소할 때, 20분 후 500 F.U. 부터 diagram 가운데 사이의 F.U.값 column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임

abc
*, **, ***시료가 p=0.05, 0.01, 0.001수준에서 유의적인 차이가 있음

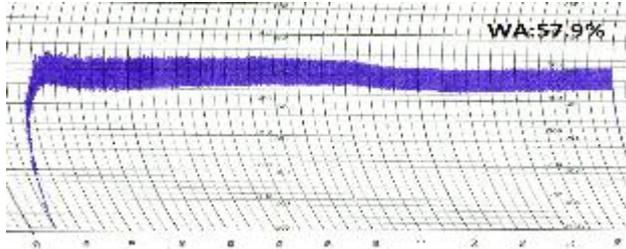
수입밀 가공 중력분



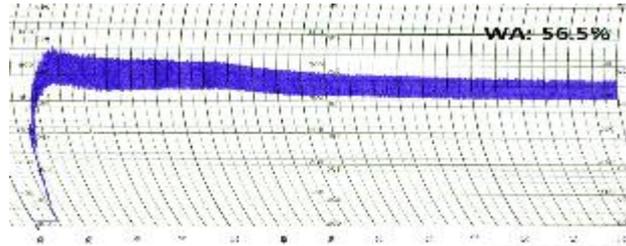
시료번호 17



시료번호 18

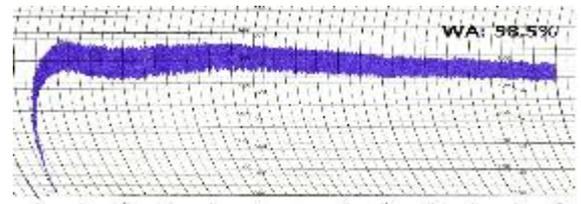


시료번호 20

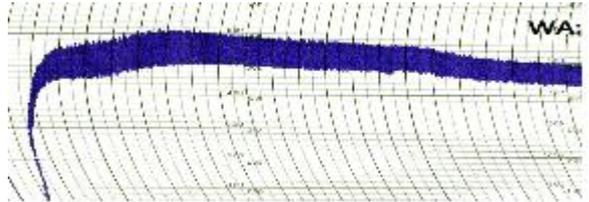


시료번호 21

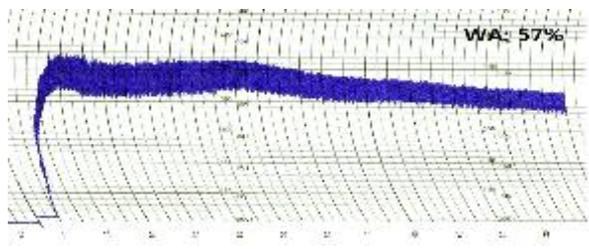
우리밀 가공 중력분



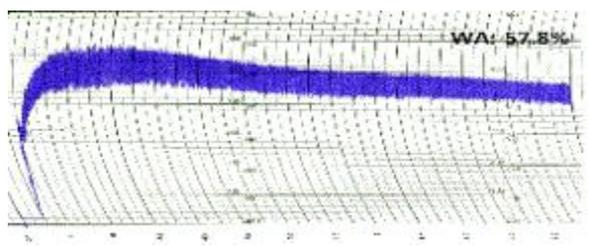
시료번호 25



시료번호 30



시료번호 31



시료번호 32

그림 3-1-10. Farinograph에 의한 원산지별 (우리밀 vs. 수입밀) 시판 중력분의 물성특성

- 시판 수입밀 기타 밀가루의 수분 흡수율은 시료번호 19, 24가 유사하였고 박력분인 시료번호 23이 가장 낮았음(표 3-1-16). Fu 등(2008)은 단백질 함량이 높을수록 수분흡수량이 높다고 밝혔는데 본 연구결과, 박력분인 시료 23번의 단백질 함량이 낮기 때문에 가장 낮은 수분흡수율을 보인 것으로 사료됨. peak time 또한 박력분 시료인 시료번호 23이 가장 낮은 값을 보여 반죽형성시간이 짧은 것으로 나타남
- 반죽의 안정도는 박력분인 시료번호 23이 가장 낮았으며 반죽의 연화도인 SOD 값은 높게 나타남. 기타밀가루인 시료번호 24는 높은 수분흡수율과 안정도를 보여 강력분과 유사한 farinograph 경향을 보여주었음(그림 3-1-11)
- 반죽특성은 저항도의 경우 기타밀가루인 #24가 156.1g으로 높은 값을 나타냈으며, 신장도 또한 가장 컸음. 박력분인 #23은 저항도와 신장도 모두 낮았음

표 3-1-16. 시판 수입밀 기타 제품의 반죽 특성¹, 반죽의 저항도² 및 신장성²

		Farinograph				Resistance ² *** (g)	Extensibility ² ** (mm)
		WA ^{3**} (%)	Peak time ⁴ (min)	Stability ⁵ (min)	SOD ₂₀ ^{6**} (F.U.)		
영양강화	19	59.4 ^a	2.4 ^a	12.3 ^b	50.0 ^b	114.3 ^b	-10.6 ^b
박력분	23	54.0 ^b	1.4 ^c	4.4 ^c	120.0 ^a	84.4 ^c	-6.7 ^a
기타	24	60.9 ^a	2.0 ^b	32.4 ^a	35.0 ^b	156.1 ^a	-11.7 ^b

¹ 2번 반복 실험한 평균값

² 8번 반복 실험한 평균값

³ WA(Water Absorption): 수분 흡수량.

⁴ peak time: 반죽의 점도가 최고점에 이르는 시간.

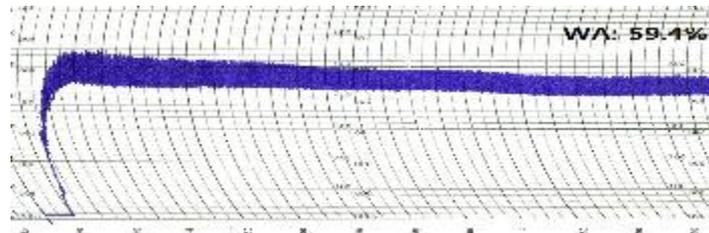
⁵ stability: arrival time으로부터 departure time까지의 curve. 밀가루의 반죽에 대한 저항성을 가리키는 지표.

⁶ SOD₂₀(Softening of dough at 20min): diagram이 감소할 때, 20분 후 500 F.U. 부터 diagram 가운데 사이의 F.U.값

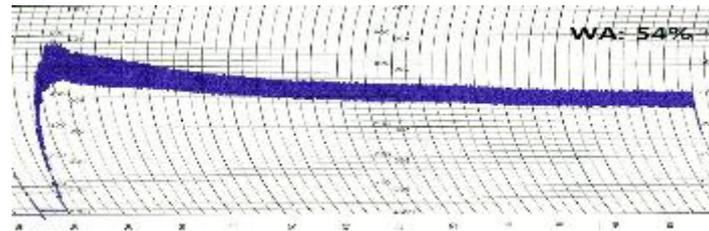
abc column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임

*, **, ***시료가 p=0.05, 0.01, 0.001수준에서 유의적인 차이가 있음

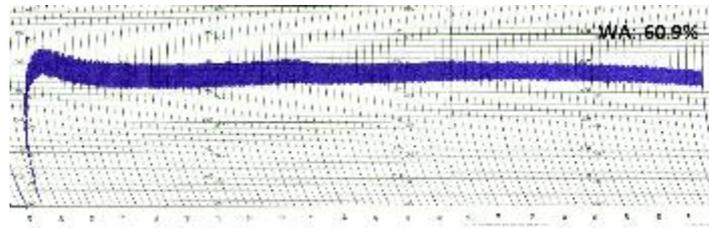
수입밀 가공 시판 밀가루



영양강화 밀가루 (시료번호 19)



박력분 (시료번호 23)



유기농 밀가루 (시료번호 24)

그림 3-1-11. Farinograph에 의한 시판 박력분 및 기타 밀가루의 물성특성

- 본 연구에 사용된 시판 강력분 밀가루 제품에 대한 다양한 이화학적 특성들의 관한 자료를 요약하기 위해 주성분 분석을 한 결과, 주성분 1(x)와 2(y) 좌표 상에서 중력분 시료의 위치와 이화학적 특성의 방향을 표현한 것은 그림 3-1-12에 있음
- 주성분 1은 총변동의 46.22%, 주성분 2는 21.95%를 설명해 주고 있으며, 주성분 1의 (+) 방향은 밀의 색도 L값과 백도와 관련 있는 반면 주성분 1의 (-)의 방향은 색도 a, b값 및 회분함량과 관련이 있었음. 주성분 2의 (+)방향은 밀가루 입자 크기, 수분용해지수(WSI), 점도 특성과 관련 있는 반면, (-) 방향은 식이섬유 및 단백질 함량과 관련 있었음
- 수입밀로 가공한 강력분(6, 22번)은 gluten 형성과 관련이 있는 Lactic acid SRC(LASRC)와 같은 방향에 위치한 반면, 유기농 백밀인 12번과 무농약 우리밀 통밀인 16번의 경우 단백질 및 TDF 함량의 방향에 위치하였음

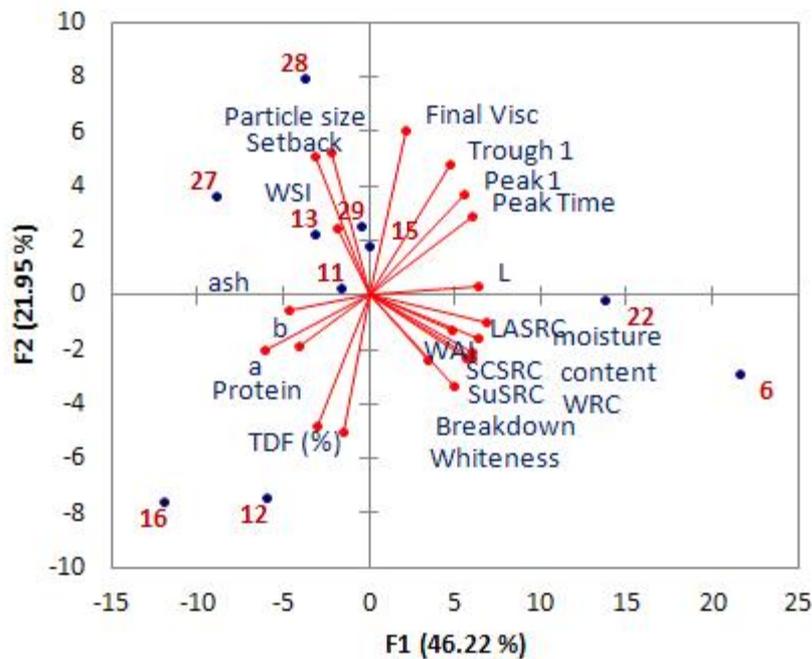


그림 3-1-12. 주성분 1과 2 좌표상에서의 시판 강력분 제품과 이화학적특성의 위치

- 본 연구에 사용된 시판 중력분 밀가루 제품에 대한 다양한 이화학적 특성들의 주성분 분석 결과, 주 성분 1(x)와 2(y) 좌표 상에서 중력분 시료의 위치와 이화학적 특성의 방향을 표현한 그림은 그림 3-1-13에 있음
- 주성분 1은 총변동의 47.12%, 주성분 2는 21.35%를 설명해 주고 있으며, 강력분의 경우와 같이 주 성분 1의 (+) 방향은 밀의 색도 L값과 백도와 관련 있는 반면 주성분 1의 (-)의 방향은 색도 a, b 값 및 회분함량과 관련이 있었음. 주성분 2의 (+)방향은 water SRC(WRC), sodium carbonate SRC(SCSRC), 식이섬유(TDF), 수분흡수율(WAI)와 관련이 있는 반면, (-)방향은 lactic acid SRC(LASRC) 와 관련이 있었음
- 수입밀로 가공한 중력분은 주로 주성분 1의 (+)방향에 위치하였고, 우리밀 제품은 주성분 1의 (-)에 위치하였는데, 우리밀 제품은 주로 통밀제품(14, 30, 32)이었음. 우리밀 중력분 제품인 9번과 25번은 수입밀로 가공한 중력분 제품군에 위치하였음
- 시료번호 25번과 31번의 경우 같은 우리밀 중력분 제품이라도 품질 특성이 다름을 보여주고 있으며, 이는 제조사별 품질 관리 규격에 따라 차이가 있을 것으로 판단됨

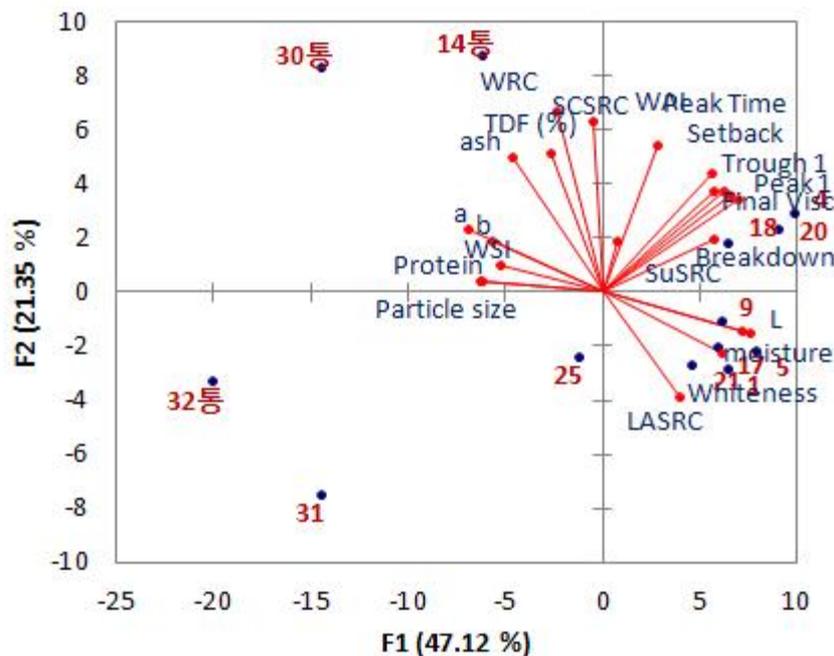


그림 3-1-13 주성분 1과 2 좌표상에서의 시판 중력분 제품과 이화학적특성의 위치

- 본 연구에 사용된 시판 박력분 및 기타 밀가루 제품에 대한 다양한 이화학적 특성들의 주성분 분석 결과, 주성분 1(x)와 2(y) 좌표 상에서 중력분 시료의 위치와 이화학적 특성의 방향을 표현한 것은 그림 3-1-14에 있음
- 주성분 1은 총변동의 54.93%, 주성분 2는 23.06%를 설명해 주고 있는데, 주성분 1의 (+) 방향은 밀가루의 색도 a, b값 및 입도 크기와 관련 있는 반면, 주성분 1의 (-) 방향은 밀가루의 색도 L값과 백도와 관련이 있었음. 주성분 2의 (+) 방향은 RVA 점도특성과 관련 있는 반면, (-) 방향은 수분함량, 식이섬유와 관련이 있었음
- 수입밀로 가공한 박력분(7, 23번)은 수분함량이 많고 색도 L값과 백도가 높은 시료였으며, 수입 유가농 밀가루인 8, 24번의 시료는 시판년도가 다른 동일 제품이나 시판 년도에 따라 다소 특성의 차이가 있음을 보여주고 있음

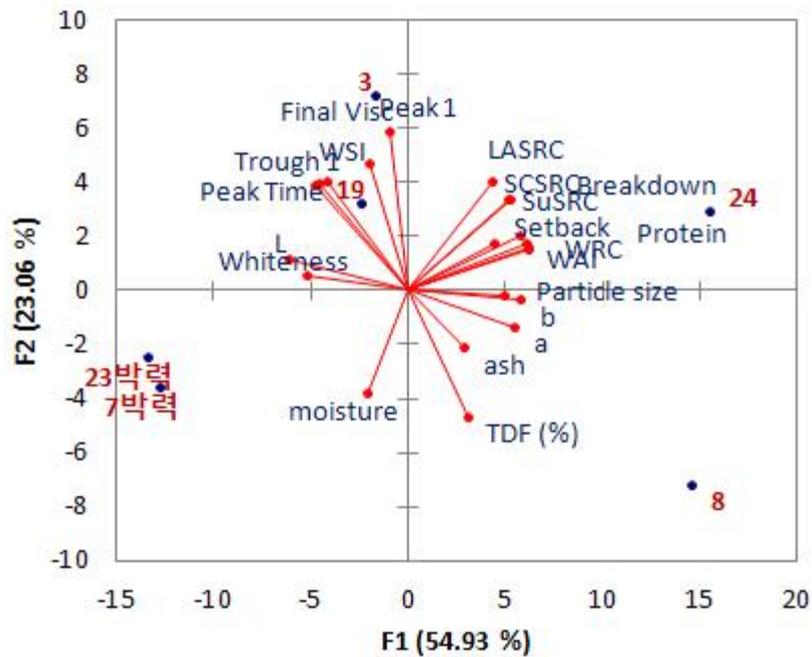


그림 3-1-14 주성분 1과 2 좌표 상에서의 시판 박력분 및 기타 밀가루 제품과 이화학적 특성의 위치

(나) 시판 밀가루의 제빵 적성 분석 결과

① 이스트 식빵의 특성 분석 결과

- 2013년 시판 밀가루로 제조한 이스트 식빵의 부피 및 비용적(표 3-1-17) 분석결과, 수입밀로 가공한 시판 밀가루제품(번호 17~24)의 경우 제품포장에 표기된 용도(강력분, 중력분, 박력분)에 따라 식빵의 부피 및 비용적이 일관성 있게 달라짐(강력분>중력분>박력분)
- 우리밀로 가공한 시판 밀가루제품(번호 25~32)의 경우, 용도(강력분 혹은 중력분)에 따른 식빵의 부피 및 비용적 경향은 없었음. 우리밀 제품의 경우 중력분 4 제품 중 1제품을 제외한 3제품이 강력분이라 표기된 제품보다 식빵의 비용적이 같거나 더 큰 것으로 나타남. 따라서, 우리밀 가공 강력분 혹은 중력분 제품의 경우 포장 표기에 대한 기준이 필요할 것으로 판단됨
- 우리밀로 가공한 시판 밀가루제품(번호 25~32)중 통밀제품인 27번의 부피가 가장 작은 반면, 같은 통밀인 32번의 경우 부피가 백미제품보다 더 크게 나왔음
- 2013년 시판 밀가루로 제조한 이스트 식빵의 Texture analyzer에 의한 텍스처 특성(경도, 부착성, 탄력성, 응집성, 씹힘성)분석 결과(표 3-1-18) 수입밀로 가공한 시판 밀가루제품(번호 17~24)중 강력분으로 만든 식빵의 경도가 가장 낮았음
- 우리밀로 가공한 시판 밀가루제품(번호 25~32)중 식빵의 부피가 높았던 중력분, 25번, 31번 32번의 경도가 낮았으며, 부피가 가장 작았던 27번의 경우 경도가 가장 높았음

표 3-1-17. 수입밀 및 우리밀 시판 밀가루 제품으로 제조한 이스트 식빵의 부피¹ 및 색도²

No. ³	용도	유형	Volume ^{***} (ml)	Weight (g)	Specific Volume ^{***} (ml/g)	Crumb		
						L ^{***}	a ^{***}	b [*]
17	중력분	백밀	1986 ^{cd}	425	4.68 ^{abcd}	76.1 ^{abc}	-0.16 ^e	12.72 ^{ab}
18	중력분	백밀	2022 ^{bcd}	432	4.69 ^{abcd}	73.8 ^{abcd}	0.09 ^{cde}	11.48 ^{ab}
19	영양강화	백밀	1945 ^{cd}	432	4.51 ^{bcd}	68.2 ^{de}	0.56 ^{bc}	11.84 ^{ab}
20	중력분	백밀	1904 ^{cd}	429	4.44 ^{cd}	70.6 ^{bcde}	0.04 ^{cde}	12.18 ^{ab}
21	중력분	백밀	1906 ^{cd}	438	4.36 ^{cd}	74.9 ^{abcd}	0.01 ^{de}	12.35 ^{ab}
22	강력분	백밀	2273 ^{ab}	428	5.31 ^a	80.4 ^a	-0.07 ^e	10.12 ^b
23	박력분	백밀	1826 ^d	438	4.19 ^d	72.1 ^{bcde}	-0.04 ^e	11.58 ^{ab}
24	기타	백밀	2082 ^{abcd}	430	4.84 ^{abcd}	74.5 ^{abcd}	0.25 ^{cde}	12.06 ^{ab}
25	중력분	백밀	2254 ^{ab}	433	5.20 ^{ab}	74.0 ^{abcd}	0.08 ^{cde}	11.39 ^{ab}
27	강력분	통밀	1920 ^{cd}	437	4.40 ^{cd}	70.6 ^{bcde}	0.85 ^b	14.32 ^{ab}
28	강력분	백밀	2177 ^{abc}	430	5.06 ^{abc}	69.8 ^{cde}	0.22 ^{cde}	12.48 ^{ab}
29	강력분	백밀	2019 ^{bcd}	430	4.70 ^{abcd}	73.7 ^{abcd}	0.39 ^{cde}	12.64 ^{ab}
30	중력분	통밀	1865 ^d	434	4.30 ^d	66.7 ^e	1.19 ^a	15.28 ^a
31	중력분	백밀	2237 ^{ab}	433	5.17 ^{ab}	77.2 ^{ab}	-0.07 ^e	12.45 ^{ab}
32	중력분	통밀	2312 ^a	434	5.33 ^a	74.8 ^{abcd}	0.53 ^{bcd}	13.93 ^{ab}

¹ 4번 반복 실험의 평균값
² 3번 반복 실험의 평균값
³ 17~24제품은 수입밀, 25~32제품은 우리밀 시판 밀가루 제품
abcd= column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임
* *** 시료가 p=0.05, 0.001수준에서 유의적인 차이가 있음

표 3-1-18. 수입밀 및 우리밀 시판 밀가루 제품으로 제조한 TPA 특성¹

No. ²	용도	유형	텍스처 특성				
			경도***	부작성***	탄력성***	응집성***	썩힘성***
17	중력분	백밀	368 ^a	-0.07 ^{ab}	0.96 ^e	0.52 ^e	184.73 ^{ab}
18	중력분	백밀	248 ^b	-0.13 ^{ab}	1.00 ^{de}	0.60 ^d	149.32 ^{abc}
19	영양강화	백밀	254 ^b	-0.07 ^{ab}	1.03 ^{de}	0.64 ^c	163.49 ^{abc}
20	중력분	백밀	144 ^{cd}	-1.06 ^c	1.14 ^{bcde}	0.80 ^{ab}	131.20 ^{abcd}
21	중력분	백밀	146 ^{cd}	-0.46 ^{ab}	1.39 ^a	0.82 ^{ab}	163.35 ^{abc}
22	강력분	백밀	101 ^d	-0.16 ^{ab}	1.38 ^a	0.84 ^a	116.04 ^{bcd}
23	박력분	백밀	161 ^{bcd}	-0.41 ^{ab}	1.13 ^{bcde}	0.82 ^{ab}	144.53 ^{abcd}
24	기타	백밀	101 ^d	-0.23 ^{ab}	1.33 ^{ab}	0.82 ^{ab}	109.34 ^{bcd}
25	중력분	백밀	102 ^d	-0.03 ^{ab}	1.29 ^{abc}	0.80 ^{ab}	105.12 ^{cd}
27	강력분	통밀	253 ^b	-0.54 ^b	1.06 ^{cde}	0.76 ^b	196.42 ^a
28	강력분	백밀	150 ^{cd}	-0.01 ^a	1.14 ^{bcde}	0.79 ^{ab}	129.38 ^{abcd}
29	강력분	백밀	170 ^{bcd}	-0.34 ^{ab}	1.03 ^{de}	0.77 ^b	134.47 ^{abcd}
30	중력분	통밀	219 ^{bc}	-0.22 ^{ab}	1.12 ^{bcde}	0.81 ^{ab}	183.60 ^{ab}
31	중력분	백밀	75 ^d	-0.10 ^{ab}	1.24 ^{abcd}	0.80 ^{ab}	73.18 ^d
32	중력분	통밀	129 ^{cd}	-0.18 ^{ab}	1.00 ^{de}	0.79 ^{ab}	98.35 ^{cd}

¹ 3번 반복 실험의 평균값
² 17~24제품은 수입밀, 25~32제품은 우리밀 시판 밀가루 제품
abcd column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임
*** 시료가 p=0.001수준에서 유의적인 차이가 있음

② 소비자 기호도 검사

- 시판 밀가루로 제조한 이스트 식빵의 소비자 기호도 결과(표 3-1-19), 소비자들이 가장 좋아하는 식빵은 수입밀로 가공한 강력분으로 만든 식빵이었으며, 그 다음으로 우리밀 중력분인 31번과 25번순으로 나타났음. 이 결과는 시판 우리밀 제품 중 수입 가공밀의 품질과 비슷한 제품이 있음을 내포함
- 시판 강력분 우리밀인 28번과 29번은 중력분에 비해 제빵 적성이 좋을 것으로 기대하였으나 오히려 우리밀 중력분으로 표기된 25번과 31번에 비해 제빵의 비용적, 소비자 기호도 등이 낮았음. **우리밀의 경우, 제빵 특성에 관한 포장 표시인 강력분, 중력분에 관한 재고가 필요하다고 판단됨**
- 수입밀로 가공한 밀로 만든 식빵 중 박력분으로 만든 식빵의 기호도가 가장 낮았으며, 우리밀로 가공한 밀가루 제품 중 통밀가루 제품(27번, 30번, 31번)으로 만든 식빵의 기호도가 가장 낮았음
- 소비자들에게 밀가루 원산지(국내 vs. 수입)정보를 주었을 때, blind test에 비해 전반적으로 우리밀

제품에 대한 기호도(향, 외관, 맛, 조직감, 전반적인 기호도)가 수입밀 제품의 경우보다 높아지는 경향이 있었음

- 소비자 검사의 blind test와 informed test 자료를 합하여 식빵의 전반적 기호도와 향, 외관, 맛, 조직감의 기호도와의 상관분석을 한 결과 맛($r=0.98$)과 조직감($r=0.96$)이 외관($r=0.87$) 및 향($r=0.86$)에 비해 전반적인 기호도와 상관이 높았으며, 전반적인 기호도와 향, 외관, 맛, 조직감의 기호도와의 회귀식은 다음과 같았음

$$\text{Overall} = -0.06 - 0.024 \times \text{Odr} - 0.09 \times \text{App} + 0.81 \times \text{Tst} + 0.326 \times \text{Txt}$$

(Overall:전반적, Odr:향, App:외관, Tst:맛, Txt:조직감의 기호도, $R^2=0.993$)

- 소비자들이 생각하는 이상적인 식빵의 특성과 각 식빵의 특성 강도(그림 3-1-15)는 소비자들이 생각하는 이상적인 특성은 본 실험에 사용된 식빵에 비해 기공이 균일성, 우유향미, 버터향미, 촉촉함성, 부드러운 정도는 높았으며, 이스트 향미는 낮았음

표 3-1-19. 시판 밀가루로 제조한 이스트 식빵의 소비자 기호도 결과¹⁾

	Blind Test						정보 인지 후							
	향 ^{***}	외관 ^{***}	맛 ^{***}	조식감 ^{***}	진반직 ^{***}	향 ^{***}	외관 ^{***}	맛 ^{***}	조식감 ^{***}	진반직 ^{***}	향 ^{***}	외관 ^{***}	맛 ^{***}	조식감 ^{***}
17	수입밀	5.30 ^{de}	5.68 ^{cd}	5.08 ^c	4.26 ^{de}	4.80 ^e	5.39 ^d	5.82 ^{ef}	5.25 ^d	4.43 ^f	4.86 ^e			
18	수입밀	6.35 ^{ab}	6.64 ^{ab}	6.12 ^{ab}	5.91 ^{bc}	6.16 ^{abcd}	6.66 ^{ab}	6.94 ^{abc}	6.35 ^{abc}	6.13 ^b	6.24 ^{abc}			
19	수입밀	6.03 ^{abc}	6.51 ^{ab}	5.93 ^{ab}	5.82 ^{bc}	5.96 ^{cd}	6.39 ^{abc}	6.86 ^{abcd}	6.44 ^{abc}	6.08 ^b	6.31 ^{abc}			
20	수입밀	5.83 ^{bcd}	6.26 ^{bc}	5.78 ^b	5.21 ^c	5.66 ^d	6.07 ^{bcd}	6.62 ^{bcd}	6.03 ^{bc}	5.25 ^{cde}	5.82 ^{cd}			
21	수입밀	5.66 ^{bcde}	6.24 ^{bc}	5.58 ^b	5.34 ^c	5.55 ^d	6.03 ^{bcd}	6.60 ^{bcd}	5.71 ^{cd}	5.39 ^{bcd}	5.61 ^{cd}			
22	수입밀	6.58 ^a	7.10 ^a	6.58 ^a	6.67 ^a	6.73 ^a	6.56 ^{ab}	7.20 ^{ab}	6.88 ^a	6.90 ^a	6.88 ^a			
23	수입밀	5.45 ^{cde}	5.41 ^{de}	4.46 ^c	3.16 ^f	3.91 ^f	5.77 ^{cd}	5.76 ^{ef}	4.49 ^e	3.25 ^g	3.95 ^f			
24	수입밀	6.10 ^{abc}	6.17 ^{bc}	6.14 ^{ab}	5.83 ^{bc}	6.04 ^{bcd}	6.38 ^{abc}	6.38 ^{cde}	6.29 ^{abc}	6.05 ^b	6.24 ^{abc}			
25	우리밀	6.11 ^{abc}	6.90 ^a	6.19 ^{ab}	6.42 ^{ab}	6.36 ^{abc}	6.60 ^{ab}	7.33 ^a	6.57 ^{ab}	6.88 ^a	6.77 ^{ab}			
27	우리밀	5.19 ^{de}	4.77 ^f	4.89 ^c	3.94	4.71 ^e	5.48 ^d	5.35 ^f	5.18 ^d	4.38 ^f	4.93 ^e			
28	우리밀	5.41 ^{cde}	5.24 ^{def}	5.01 ^c	4.72 ^d	4.98 ^e	5.72 ^{cd}	5.77 ^{ef}	5.29 ^d	5.02 ^{def}	5.20 ^{de}			
29	우리밀	5.78 ^{bcd}	5.84 ^{cd}	5.73 ^b	5.62 ^c	5.69 ^d	6.28 ^{abc}	6.28 ^{de}	6.05 ^{bc}	5.97 ^b	6.12 ^{bc}			
30	우리밀	4.95 ^e	4.88 ^{ef}	4.66 ^c	4.46 ^{de}	4.75 ^e	5.31 ^d	5.44 ^f	5.00 ^{de}	4.64 ^{ef}	4.86 ^e			
31	우리밀	6.37 ^{ab}	6.62 ^{ab}	6.46 ^a	6.64 ^a	6.62 ^{ab}	6.84 ^a	7.12 ^{ab}	6.88 ^a	7.13 ^a	6.93 ^a			
32	우리밀	4.98 ^e	5.38 ^{de}	4.83 ^c	5.61 ^c	4.94 ^e	5.33 ^d	5.74 ^{ef}	5.16 ^d	5.85 ^{bc}	5.36 ^{de}			

¹⁾ 소비자 104명의 평균값: 1=대단히 싫어한다 9=대단히 좋아한다
column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임
시료가 p=0.05, 0.01, 0.001수준에서 유의적인 차이가 있음

abc
*, **, ***

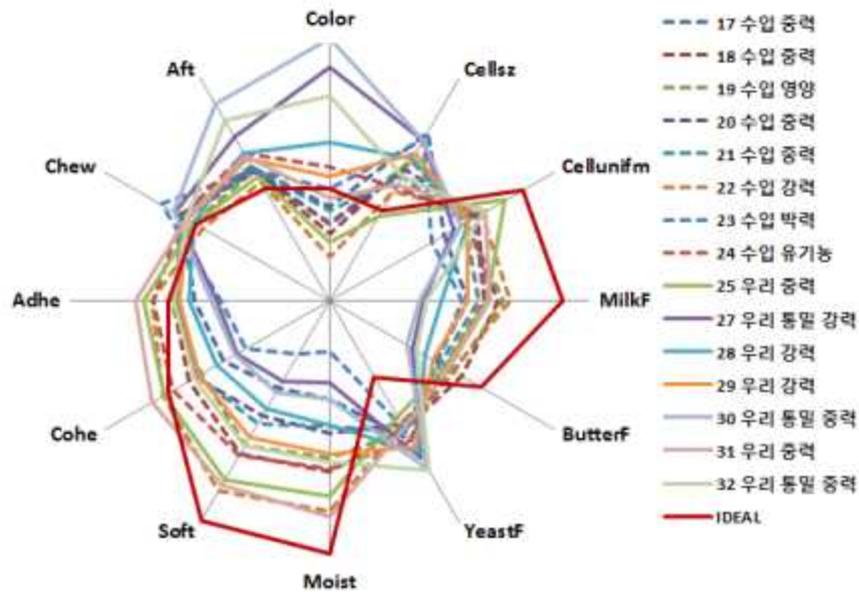


그림 3-1-15. 이상적인 특성에 비교한 시판 밀가루로 만든 이스트 식빵의 특성(Color:색; Cellsz:기공의 크기; Cellunifm:기공의 균일성; MilkF:우유 향미; ButterF:버터 향미; Yeast F:이스트 향미; Moist:촉촉함성; Soft:부드러운 정도; Cohe:응집성; Adhe:이 부착성; Chew:씹힘성; Aft:후미)

- 시판 밀가루로 제조한 식빵의 구입 의향(%) 및 지불의향가격(원/pkg)을 보면 blind test결과(표 3-1-20) 전반적인 기호도가 높았던 수입밀 가공 강력분 22번 및 우리밀 가공 중력분 25번 및 31번의 구입의향 및 지불의향가격이 다른 시료에 비해 높았음
- 시판 우리밀로 만든 식빵의 경우 밀가루에 대한 원산지 정보를 주었을 때(blind test에 비해) 소비자 들은 수입밀로 만든 식빵 제품에 비해 지불의향가격이 더 증가하는 경향이 있었음. 시판 우리밀 식 빵중 기호도가 높았던 25번 31번 시료의 경우 밀가루 원산지 정보를 주었을 때 소비자들의 지불의 향가격이 다른 시료에 비해 13~14% 높았음(그림3-1-16)
- 시판 우리밀로 만든 식빵의 경우 밀가루에 대한 원산지 정보를 주었을 때(blind test에 비해) 소비자 들은 수입밀로 만든 식빵 제품에 비해 구입의향이 더 증가하는 경향이 있었음(그림 3-1-17)
- 본 결과는 국내 소비자들은 우리밀 고품질 제품의 경우 수입밀 제품에 비해 구입의사 및 지불의향가 격이 높음을 보여줌

표 3-1-20. 시판 밀가루로 제조한 이스트 식빵에 대한 구입 의향 및 지불의향가격

		Blind Test		정보 인지 후	
		구입 의향	지불의향가격*** (원/pkg)	구입 의향	지불의향가격*** (원/pkg)
17	수입밀	25.0%	2205 ^{de}	24.0%	2106 ^{ij}
18	수입밀	51.5%	2567 ^{abc}	56.3%	2483 ^{efgh}
19	수입밀	46.6%	2508 ^{bcd}	49.5%	2435 ^{fgh}
20	수입밀	35.0%	2387 ^{cd}	42.7%	2342 ^{ghi}
21	수입밀	34.6%	2289 ^{cd}	37.5%	2246 ^{hi}
22	수입밀	72.1%	2716 ^{ab}	71.2%	2606 ^{defg}
23	수입밀	15.5%	2014 ^e	13.6%	1983 ^j
24	수입밀	47.1%	2544 ^{abc}	48.1%	2425 ^{fgh}
25	우리밀	53.4%	2734 ^{ab}	68.9%	3102 ^{ab}
27	우리밀	22.1%	2323 ^{cd}	30.8%	2778 ^{cd}
28	우리밀	21.4%	2378 ^{cd}	24.3%	2667 ^{cdef}
29	우리밀	42.3%	2521 ^{bcd}	57.7%	2945 ^{bc}
30	우리밀	24.3%	2561 ^{abc}	26.2%	2747 ^{cde}
31	우리밀	61.2%	2848 ^a	68.9%	3254 ^a
32	우리밀	22.1%	2343 ^{cd}	29.8%	2816 ^{cd}

abc column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임
*, **, *** 시료가 p=0.05, 0.01, 0.001수준에서 유의적인 차이가 있음

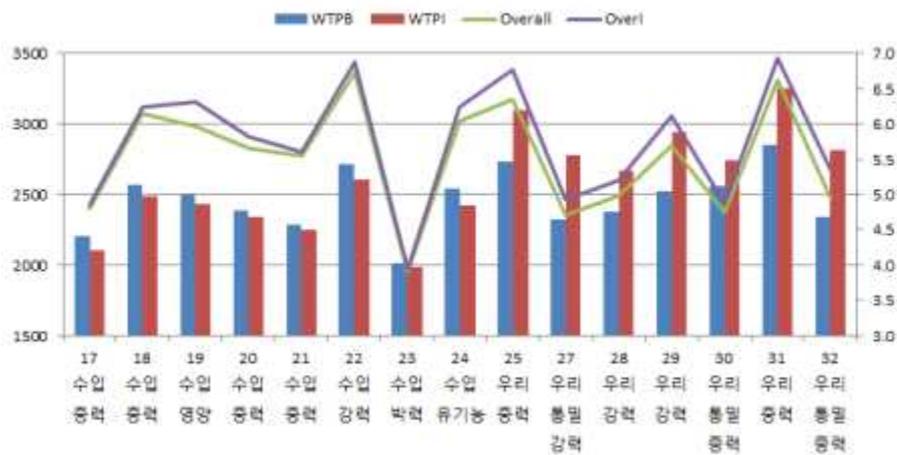


그림 3-1-16. 소비자의 정보 인지 전(blind test)과 후 전반적인 기호도 및 지불의향 가격의 변화 (WTPB:willingness to pay-blind test; WTPi:willingness to pay-informed; overall:overall-blind test; overl:overall-informed)

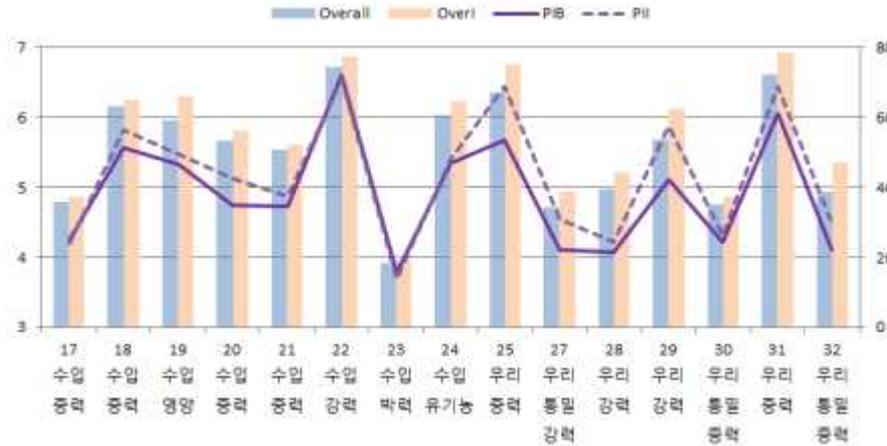


그림 3-1-17. 소비자의 정보 인지 전(blind test)과 후 전반적인 기호도 및 구입의사 변화 (PIB:purchase intent-blind test; PII:purchase intent-informed test; overall:overall-blind test; overl:overall-informed)

- Blind test와 informed test에서의 전반적인 기호도간 상관은 $r=0.98$, 구입의향 간 상관은 $r=0.95$, 지불의향가격 간 상관은 $r=0.75$ 로 나타나 지불의향가격을 제외한 소비자들의 전반적인 기호도 및 구입의향 평가에 일관성이 있었음
- 밀가루 원산지에 관한 정보를 준 후 평가한 지불의향가격은 blind test 의 전반적인 기호도, 구입의향 과 각각 $r=0.45$, $r=0.39$ 의 낮은 상관을 보였음. **소비자들의 지불의향가격은 제공된 정보에 의해 영향을 받음을 보여주고 있음**

③ 전문패널에 의한 묘사분석

- 훈련된 패널에 의한 2013년 시판 밀가루제품으로 제조한 15점 식빵의 정량적 묘사분석 결과, 외관 과 향 특성은 표 3-1-21, 조직감 특성은 표 3-1-22, 향미 및 후미 특성은 표 3-1-23에 있음
- 본 실험에서 제조된 15점 식빵은 색, 가공의 크기, 가공의 균일성, 표면의 매끄러움성, 표면의 결, 이 스트향 및 곡물향에서 차이가 있었음. 전문패널들은 우리밀 25번, 수입 강력분 22번으로 제조된 식빵의 색이 하얗고, 가공이 균일하며, 표면이 매끄럽고, 결이 있으며, 이스트향이 높다고 평가하였음 (표 3-1-21)
- 우리밀 통밀식빵인 27, 30, 32번의 경우 색이 진하고 가공의 크기가 크고 곡물향이 높게 평가되었음
- 본 실험에서 제조된 15점 식빵은 탄력성, 촉촉한정도, 부착성, 응집성, 부서짐성에서 차이가 있었음 전문패널들은 소비자 기호도가 높았던 우리밀 25번, 수입 강력분 22번으로 제조된 식빵은 촉촉한 정도 및 응집성이 높으며, 부서짐성이 낮다고 평가하였음(표 3-1-22)

- 반면 소비자 기호도가 낮았던 수입밀 가공 박력분으로 제조한 23번, 우리밀 통밀식빵인 27, 30번의 경우 탄력성, 촉촉함성, 응집성이 낮고, 부서짐성이 높았음. 유사한 우리밀 통밀제품인 32번의 경우 27번, 30번과 달리 탄력성, 촉촉함성, 응집성이 높고 부서짐성이 비교적 낮았음. **같은 통밀 제품이지만, 32번의 경우 상품성이 높은 것으로 판단됨**
- 본 실험에서 제조된 15점 식빵은 단맛, 짠맛, 신맛, 쓴맛, 생 밀가루맛, 곡물맛, 가루끼, 단맛후미, 짠맛후미에서 차이가 있었음. 전문패널들은 다른 식빵에 비해 우리밀 통밀 30번과 32번으로 만든 식빵의 경우 짠맛이 강하고 통밀 32번으로 만든 식빵의 경우 쓴맛이 강하다고 하였음. 전반적으로 통밀(17, 30, 32번)로 만든 식빵의 경우 단맛이 낮고 곡물맛이 높았음(표 3-1-23)
- 전반적으로 전문패널들은 통밀로 만든 식빵의 경우 다른 식빵시료에 비해 짠맛과 짠맛후미가 높다고 하였음

표 3-1-21. 시판 밀가루로 제조한 이스트 식빵의 관능적 외관, 향 묘사 특성¹

		외관							향		
		색 ^{***}	기공의 크기 ^{***}	기공의 균일성 ^{***}	표면의 매끄러움 ^{***}	표면의 결 ^{***}	이스트향 ^{***}	생 밀가루향	신 향	곡물향 ^{***}	
17	수입밀	3.89 ^{fg}	6.30 ^{bcd}	7.18 ^{abcd}	6.70 ^{bcd}	6.52 ^{ab}	6.01 ^{abcd}	7.40	5.82	3.09 ^e	
18	수입밀	3.83 ^{fg}	6.03 ^{bcd}	7.73 ^{abcd}	7.10 ^{abcd}	7.18 ^a	5.64 ^{abcd}	7.87	6.05	3.13 ^e	
19	수입밀	4.32 ^{fg}	5.50 ^{bcde}	7.28 ^{abcd}	7.16 ^{abcd}	6.23 ^{ab}	6.61 ^{ab}	8.22	5.86	2.82 ^e	
20	수입밀	4.15 ^{fg}	5.66 ^{bcde}	8.09 ^{abcd}	7.59 ^{ab}	6.78 ^{ab}	5.85 ^{abcd}	7.29	5.61	2.95 ^e	
21	수입밀	4.44 ^{fg}	5.00 ^{de}	8.81 ^{ab}	7.68 ^{ab}	7.84 ^a	6.37 ^{ab}	7.44	5.69	3.81	
22	수입밀	3.06 ^g	6.07 ^{bcd}	7.88 ^{abcd}	7.35 ^{abc}	7.13 ^a	7.81 ^a	7.89	5.76	3.31 ^e	
23	수입밀	5.30 ^{ef}	7.37 ^{abc}	6.26 ^{bcd}	5.45 ^{ade}	5.64 ^{ab}	6.55 ^{ab}	7.04	6.10	3.61 ^e	
24	수입밀	6.18 ^e	5.05 ^{de}	8.35 ^{abc}	8.97 ^a	7.84 ^a	6.18 ^{abc}	7.51	6.03	4.53 ^{cde}	
25	우리밀	2.88 ^g	3.69 ^e	9.10 ^a	9.27 ^a	7.90 ^a	7.00 ^{ab}	7.33	5.47	3.83 ^{de}	
27	우리밀	11.2 ^b	7.23 ^{abcd}	6.69 ^{abcd}	4.51 ^e	5.52 ^{ab}	3.67 ^{cd}	7.59	6.01	8.81 ^b	
28	우리밀	8.45 ^c	8.56 ^a	6.27 ^{bcd}	3.59 ^e	5.60 ^{ab}	5.19 ^{abcd}	7.00	5.94	6.08 ^c	
29	우리밀	7.36 ^d	7.68 ^{ab}	5.81 ^{cd}	5.21 ^{de}	6.21 ^{ab}	5.48 ^{abcd}	7.91	5.98	5.68 ^{cd}	
30	우리밀	12.6 ^a	8.31 ^a	5.38 ^d	3.73 ^e	4.47 ^b	3.48 ^d	6.53	5.53	11.1 ^a	
31	우리밀	4.04 ^{fg}	5.35 ^{cde}	8.34 ^{abc}	7.91 ^{ab}	6.56 ^{ab}	7.11 ^{ab}	6.60	5.34	4.09 ^{de}	
32	우리밀	10.6 ^b	5.78 ^{bcde}	8.03 ^{abc}	7.19 ^{abcd}	6.69 ^{ab}	4.77 ^{bcd}	6.95	5.68	9.12 ^b	

¹ 훈련된 패널 12명의 3번 반복실험 평균값; 0=없음, 15=대단히 강함
column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임
시료가 p=0.05, 0.01, 0.001수준에서 유의적인 차이가 있음

표 3-1-22. 시판 밀가루로 제조한 이스트 식빵의 관능적 조직감 특성¹

		조직감							
		탄력성 ^{****}	축축한 정도 ^{****}	경도	이 부각성 [*]	응집성 ^{***}	썩힘성	부서짐성 ^{***}	
17	수입밀	8.03 ^{ab}	7.70 ^{bcd}	5.79	7.43 ^{ab}	6.26 ^{cd}	7.19	6.61 ^{cd}	
18	수입밀	7.98 ^{ab}	9.00 ^{ab}	5.55	6.63 ^{ab}	7.10 ^{abc}	6.01	5.28 ^d	
19	수입밀	7.55 ^{abc}	8.02 ^{bcd}	5.74	7.38 ^{ab}	7.20 ^{abc}	6.48	6.27 ^{cd}	
20	수입밀	7.82 ^{abc}	8.21 ^{bcd}	6.25	7.85 ^{ab}	8.57 ^{ab}	7.51	4.77 ^{de}	
21	수입밀	8.34 ^a	7.67 ^{bcd}	6.65	7.37 ^{ab}	7.25 ^{abc}	7.38	5.34 ^d	
22	수입밀	7.21 ^{abc}	10.9 ^a	4.50	6.38 ^{ab}	8.35 ^{ab}	5.81	2.97 ^e	
23	수입밀	5.88 ^{abcd}	5.88 ^e	6.32	6.89 ^{ab}	4.58 ^{de}	6.27	9.63 ^{abc}	
24	수입밀	7.89 ^{ab}	9.22 ^{ab}	6.69	8.19 ^a	9.24 ^a	8.04	2.86 ^e	
25	우리밀	7.15 ^{abc}	9.14 ^{ab}	5.70	7.80 ^{ab}	9.23 ^a	7.39	3.00 ^e	
27	우리밀	5.63 ^{bcd}	7.39 ^{bcd}	6.53	5.84 ^{ab}	6.04 ^{cd}	6.49	8.03 ^{bc}	
28	우리밀	5.31 ^{cd}	6.12 ^{de}	5.18	6.70 ^{ab}	5.01 ^{de}	5.71	9.25 ^{abc}	
29	우리밀	6.22 ^{abcd}	8.37 ^{bcd}	5.60	7.63 ^{ab}	6.97 ^{bc}	6.67	6.97 ^{cd}	
30	우리밀	4.72 ^d	6.55 ^{cde}	6.42	6.49 ^{ab}	4.15 ^e	6.77	10.4 ^a	
31	우리밀	6.47 ^{abcd}	8.50 ^{bc}	5.92	7.06 ^{ab}	9.17 ^a	7.04	3.18 ^e	
32	우리밀	7.49 ^{abc}	8.00 ^{bcd}	6.01	5.37 ^b	7.80 ^{abc}	6.55	4.83 ^{de}	

¹ 혼련된 패넬 12명의 3번 반복실험 평균값; 0=없음, 15=대단히 강함
abc column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임
*, **, *** 시료가 p=0.05, 0.01, 0.001수준에서 유의적인 차이가 있음

표 3-1-23. 시판 밀가루로 제조한 이스트 식빵의 관능적 맛, 후미 특성¹

	맛										후미			
	단맛 ^{**}	짠맛 ^{***}	신맛 ^{***}	쓴맛 ^{**}	생 밀가루 맛 ^{***}	발효맛	곡물맛 ^{***}	가루끼 ^{***}	단맛 ^{**}	신맛	짠맛 ^{***}			
17	수입밀	5.56 ^{ab}	4.00 ^c	4.63 ^{ab}	5.10 ^{ab}	6.09 ^{abc}	5.48	2.61 ^d	6.70 ^{bc}	6.12 ^a	4.75	5.06 ^{bc}		
18	수입밀	4.95 ^{ab}	4.28 ^{bc}	5.81 ^{ab}	5.40 ^{ab}	5.81 ^{abc}	5.70	2.99 ^{cd}	5.59 ^{bcd}	5.60 ^{ab}	5.32	5.64 ^{bc}		
19	수입밀	5.45 ^{ab}	3.28 ^c	5.16 ^{ab}	5.45 ^{ab}	6.32 ^{ab}	5.61	3.17 ^{cd}	6.20 ^{bcd}	5.91 ^a	5.54	4.78 ^{bc}		
20	수입밀	6.12 ^a	3.13 ^c	4.78 ^{ab}	4.67 ^{ab}	6.21 ^{abc}	4.89	2.77 ^d	5.34 ^{bcd}	6.69 ^a	4.50	4.19 ^{bc}		
21	수입밀	5.47 ^{ab}	3.69 ^c	4.82 ^{ab}	5.05 ^{ab}	6.04 ^{abc}	5.46	3.25 ^{cd}	5.17 ^{bcd}	5.97 ^a	4.83	4.31 ^{bc}		
22	수입밀	5.61 ^{ab}	3.36 ^c	4.40 ^{ab}	4.88 ^{ab}	5.94 ^{abc}	4.94	2.64 ^d	3.68 ^f	5.37 ^{ab}	4.63	3.89 ^c		
23	수입밀	4.37 ^{ab}	4.76 ^{bc}	6.19 ^{ab}	5.11 ^{ab}	5.89 ^{abc}	5.71	3.00 ^{cd}	9.62 ^a	4.89 ^{ab}	5.60	6.28 ^{ab}		
24	수입밀	4.77 ^{ab}	3.63 ^c	5.29 ^{ab}	4.43 ^b	6.14 ^{abc}	4.89	3.67 ^{cd}	4.17 ^{ef}	5.31 ^{ab}	5.52	4.44 ^{bc}		
25	우리밀	4.55 ^{ab}	4.58 ^{bc}	4.99 ^{ab}	5.47 ^{ab}	6.32 ^{ab}	5.29	3.48 ^{cd}	4.30 ^{def}	5.47 ^{ab}	5.74	4.83 ^{bc}		
27	우리밀	3.96 ^{ab}	6.46 ^{ab}	6.50 ^{ab}	6.76 ^{ab}	3.75 ^c	6.76	8.29 ^a	7.49 ^b	4.49 ^{ab}	6.13	6.08 ^{abc}		
28	우리밀	4.06 ^{ab}	5.57 ^{abc}	5.81 ^{ab}	6.49 ^{ab}	4.45 ^{abc}	6.24	5.78 ^b	6.86 ^{bc}	4.90 ^{ab}	6.36	4.74 ^{bc}		
29	우리밀	5.08 ^{ab}	4.11 ^c	5.72 ^{ab}	5.91 ^{ab}	4.99 ^{abc}	6.51	4.98 ^{cd}	6.56 ^{bcd}	6.00 ^a	5.48	5.46 ^{abc}		
30	우리밀	3.85 ^{ab}	7.44 ^a	6.87 ^a	6.61 ^{ab}	4.09 ^{bc}	7.14	9.64 ^a	9.23 ^a	4.70 ^{ab}	6.31	7.26 ^a		
31	우리밀	4.39 ^{ab}	4.79 ^{bc}	4.30 ^b	5.26 ^{ab}	6.87 ^a	5.97	4.03 ^{cd}	4.15 ^{ef}	4.49 ^{ab}	4.70	5.00 ^{bc}		
32	우리밀	3.49 ^b	7.20 ^a	6.17 ^{ab}	7.08 ^a	4.43 ^{abc}	6.45	8.75 ^a	4.59 ^{cdef}	3.33 ^b	6.99	6.13 ^{abc}		

¹ 혼련된 페넬 12명의 3번 반복실험 평균값; 0=없음, 15=대단히 강함

abc column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임

*, **, *** 시료가 p=0.05, 0.01, 0.001수준에서 유의적인 차이가 있음

- 전문패널에 의한 다양한 시판밀가루로 만든 15점 식빵의 묘사분석 결과를 주성분 분석한 결과(그림 3-1-18), 주성분 1에 의해 총변동의 58.50%, 주성분 2에 의해 14.67% 설명할 수 있었으며, 대부분의 바람직한 특성은 주성분 1의 (-) 방향에 있었으며, 박력분을 제외한 수입밀 가공 밀가루는 모두 주성분 1의 (-) 방향에 존재하였음
- 우리밀 제품중 주성분 1의 (-) 방향에 위치한 D-M1(25번)과 D-S3(31번)의 경우 기공이 균일하고 표면이 매끄럽고, 응집성 및 촉촉함성을 지니고 있었음
- 소비자 기호도가 낮았던 수입밀 가공 박력분으로 만든 식빵(I-W)과 우리밀 강력 밀가루 D-S1(28번), D-S2(29번)와 비슷한 위치에 있었음. 즉 이들은 신맛이 강하고 가루끼후미, 부서짐성, 기공크기가 큰 특성을 지니고 있었음. 우리밀 28번과 29번은 비록 강력분이라 표기되어 있었지만 수입밀 가공 박력분과 같은 제빵 특성을 보여주었음
- 국내산 통밀로 만든 식빵인 D-M1-whole(30), D-S1-whole(27), D-S2-whole(32)의 경우 곡물향, 곡물맛, 짠맛, 색의강도, 이스트향, 쓴맛과 관련이 있었음

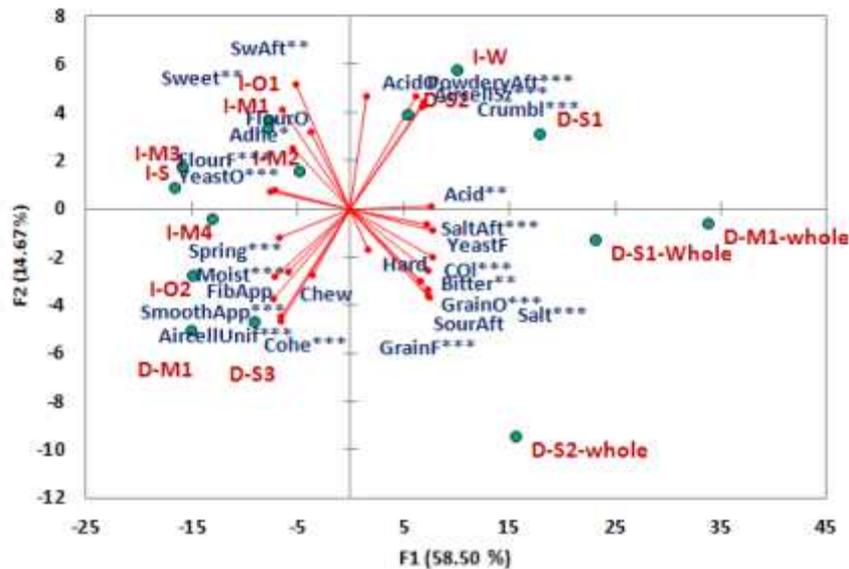


그림 3-1-18. 주성분 1(x)와 2(y) 좌표 상에서의 식빵 15종 및 묘사분석 특성의 위치(I:imported; D:domestic; S:강력분; M:중력분; W:박력분; O:기타밀가루; I-M1:#17; I-M2:#18; I-O:#19; I-M3:#20; I-M4:#21; I-S:#22; I-W:#23; I-O2:#24; D-M1:#25; D-S1-whole:#27; D-S1:#28; D-S2:#29; D-M1-whole:#30; D-S3:#31; D-S2-whole:#32)

④ 시판밀가루의 이화학적 특성과 제빵 특성간의 관계

- 본 실험에 사용된 2013년 시판 밀가루 15점의 이화학적 특성, 가공특성과 식빵의 비용적간의 상관 분석 결과 **식빵의 비용적**에 영향을 주는 특성은 밀가루의 단백질함량($r=0.67$), RVA에 의한 trough viscosity($r=-0.52$) 및 peak time($r=-0.52$)이었음. 즉, 전반적으로 단백질 함량이 높을수록 식빵 비용적이 높은 것으로 나타남
- 밀가루의 이화학적 특성, 가공특성과 식빵의 **소비자 기호도**간의 상관분석 결과, 식빵의 소비자에 영향을 주는 특성은 LASRC($r=0.87$), SuSRC($r=0.78$), SCSRC($r=0.58$), WRC($r=0.55$) 및 RVA에 의한 breakdown($r=0.55$)이었음
- 밀의 원산지별(수입밀 vs. 우리밀) 시판 밀을 상관 분석한 결과(표 3-1-24), **수입밀 가공 밀가루의 경우 식빵의 비용적에 영향을 주는 특성은** 단백질 함량($r=0.67$), LASRC($r=0.81$), SUSRC($r=0.77$), SCSRC($r=0.81$), WRC($r=0.91$), WAI($r=0.88$), DSC의 end temp($r=0.86$), peak height($r=-0.85$), Farinogrph의 수분흡수율($r=0.90$), arrival time($r=0.93$), peak time($r=0.82$)이 있었음. 전반적으로 수입밀 가공 밀가루는 단백질함량이 식빵의 부피에 커다란 영향이 있었음
 - 시판 우리밀의 경우 비용적에 영향을 주는 특성은 색도 a($r=-0.77$), b($r=0.89$), 수분흡수율과 관련있는 WRC($r=-0.76$), WAI($r=-0.79$), DSC의 peak height($r=0.76$), Farinograph의 수분흡수율($r=-0.89$)이었음
 - 시판 우리밀로 만든 식빵의 부피는 수입가공밀과 달리 단백질 함량에 의한 영향은 미미했으며, 밀가루의 색도 a, b, WRC, WAI, Farinograph의 수분흡수율이 높을수록 비용적이 적은 경향이 있었음. 특히 시판 우리밀제품의 Farinograph의 수분 흡수율과 식빵 부피와의 (-)상관 관계는 일반적으로 알려진 Farinograph의 수분 흡수율이 높을수록 부피가 큰 내용과 다른 결과 였음.
- 밀의 원산지별(수입밀 vs. 우리밀) 시판 밀을 상관 분석한 결과(표 3-1-24), **수입산 밀가루로 만든 식빵의 소비자 기호도에 영향을 주는 특성은** LASRC($r=0.87$), SUSRC($r=0.92$), SCSRC($r=0.88$), WRC($r=0.90$), WAI($r=0.82$), DSC의 peak height($r=-0.87$), Farinogrph의 수분흡수율($r=0.92$), arrival time($r=0.81$), 20분후 softening($r=-0.90$)이 있었음. 수입밀 가공 밀가루는 SRC특성 및 Farinograph 의 수분흡수율과 높은 상관이 있었음
- 시판 우리밀로 만든 식빵의 경우 소비자 기호도에 영향을 주는 특성은 회분($r=-0.92$), 색도 L($r=0.84$), a($r=-0.79$), 백도($R=0.84$), LASRC($R=0.91$), DSC의 onset temp($r=-0.92$), peak temp($r=-0.84$), Faringraph의 arrival time($r=-0.88$)이었음. 시판 우리밀 제조 식빵의 소비자 기호도는 회분함량에 따라 커다란 영향을 받았음. 이는 수입밀 가공 시판밀의 경우 통밀가루가 없는 반면, 시판 우리밀의 경우 통밀 제품이 있어 이 같은 결과가 나왔다고 판단됨

○ 비용적과 소비자 기호도간 상관계수는 수입밀 가공 시판밀로 만든 식빵($r=0.74$)이 우리밀로 만든 식빵($r=0.50$)보다 높았음

표 3-1-24. 시판밀의 주요 이화학 특성과 이스트 식빵의 비용적 및 소비자 기호도와의 상관계수(r)

구분	수입밀		우리밀	
	비용적	전반적인 기호도	비용적	전반적인 기호도
수분	0.07	0.28	0.74	0.50
회분	0.72	0.56	-0.36	-0.92
단백질	0.92	0.68	0.31	-0.37
식이섬유	0.10	-0.02	-0.50	-0.55
L	-0.56	-0.46	0.32	0.84
a	0.73	0.44	-0.77	-0.79
b	0.71	0.48	-0.89	-0.72
백도	-0.55	-0.46	0.68	0.84
SCSRC	0.77	0.88	-0.67	-0.05
SuSRC	0.81	0.92	0.52	0.64
LASRC	0.81	0.87	0.59	0.91
WRC	0.91	0.90	-0.76	-0.61
WAI	0.88	0.82	-0.79	-0.67
WSI	-0.07	0.24	-0.37	0.59
onset temp (°C)	-0.33	-0.52	-0.54	-0.92
peak temp (°C)	0.60	0.32	-0.61	-0.84
end temp (°C)	0.86	0.58	-0.70	-0.59
peak height (mW)	-0.85	-0.87	0.76	0.74
area (mJ)	-0.79	-0.79	-0.20	0.40
ΔH (J/g)	-0.78	-0.80	-0.36	0.26
수분흡수율 (%)	0.90	0.92	-0.89	-0.57
arrival time(min)	0.93	0.81	-0.66	-0.88
peak time(min)	0.82	0.61	-0.29	-0.49
stability (min)	0.55	0.67	-0.22	-0.32
departure time (min)	0.56	0.72	-0.23	-0.33
SOD ₁₀ ¹ (F.U)	-0.64	-0.72	0.22	0.48
SOD ₂₀ ² (F.U)	-0.72	-0.90	0.39	0.50

¹ Softening at 10min

² Softening at 20min

- 소비자 기호도 및 식빵의 비용적과 상관성이 높았던 주요 특성의 주성분 분석결과, 주성분 1과 2 좌표 상에서 시판 밀가루의 주요 특성, 소비자 기호도, 비용적 및 제품의 위치는 그림 3-1-19에 있음. 주성분 1과 2는 각각 총변동의 44.54%와 29.63%를 설명함
- 주성분 1과 2 (+)에 좌표는 전반적인 기호도, 비용적, SRC 특성과 관련됨. 주성분 1 (-), 주성분 2 (+) 좌표에는 색이 백도와 색도L 값과 관련. **주성분 1 (+), 주성분 2 (-) 좌표에는 DSC 특성 및 색도 a, b, 회분과 관련 있으며, 본 실험에 사용된 대부분의 우리밀 제품이 이 좌표에 위치하였으며** 주성분 1과 2 (-) 좌표에는 Farinograph 반죽 특성이 약한 특성 및 제품(수입밀 가옥 박력분 23번)이 위치하였음
- 주성분 1과 2 (+)에 좌표의 22번은 수입 강력분으로 소비자 기호도 및 비용적이 높은 시료였으며, 주성분 1 (-), 주성분 2 (+) 좌표에 있는 시료들은 색이 밝은 시료들로 대부분 수입밀로 가공한 밀가루로 만든 식빵이었으며, 이중 우리밀 제품은 25번과 31번으로 소비자 기호도가 비교적 높은 시료였음

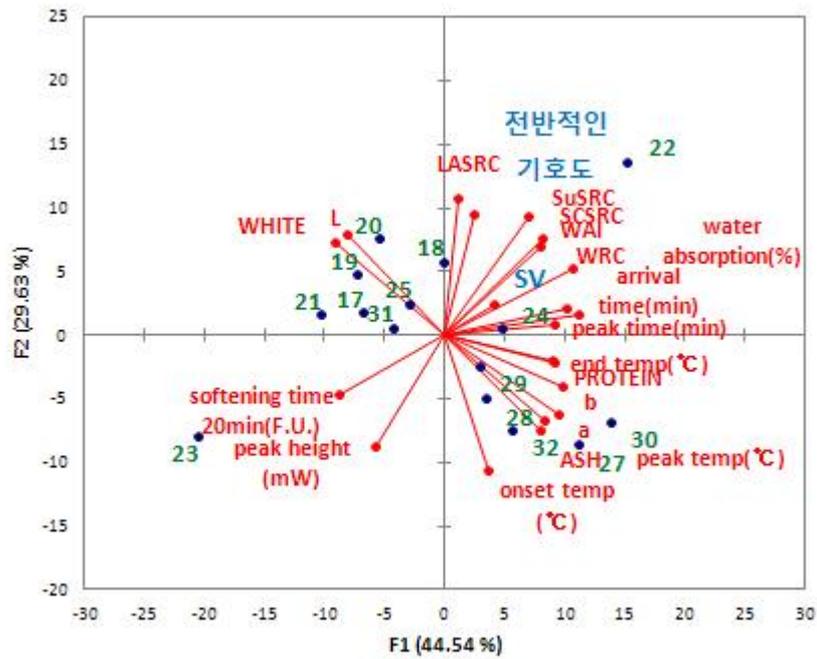


그림 3-1-19. 주성분 1(x)와 2(y)좌표 상 2013년 시판 밀가루, 주요 특성, 소비자 기호도 및 비용적 위치

- 소비자 기호도와 관련있는 묘사특성을 찾기 위해 기호도와 묘사특성간의 상관분석을 한 결과(표 3-1-25) 소비자 기호도와 상관이 높았던 특성은 촉촉함성($r=0.86$), 부서짐성($r=-0.83$), 가루끼 후미($r=-0.83$), 응집성($r=0.81$)이 있었음. 즉, 국내 소비자들은 촉촉하고 응집성이 높으며, 부서짐성이 적고 가루끼 후미가 없는 식빵을 선호하였음

표 3-1-25. 소비자 기호도와 묘사 특성간의 상관계수(r)

Variables	전반적인 기호도	Variables	전반적인 기호도
색	-0.59	씹힘성	0.16
기공크기	-0.62	부서짐성	-0.83
기공균일성	0.62	단맛	0.42
표면의 매끄러움성	0.66	짠맛	-0.53
표면의 결	0.64	신맛	-0.68
이스트향	0.61	쓴맛	-0.45
밀가루 향	0.36	밀가루맛	0.58
신향	-0.37	발효맛	-0.50
곡물향	-0.46	곡물맛	-0.45
탄력성	0.44	가루끼후미	-0.83
촉촉함성	0.86	단맛후미	0.28
경도	-0.43	신맛후미	-0.49
부착성	0.34	짠맛후미	-0.64
응집성	0.81		

나. 수입밀에 비교한 우리밀 품종별 원곡, 제분, 제빵특성, 관능적 특성 및 소비자인지도 분석

(1) 품종 별 원곡의 품질, 제분특성 및 제빵 특성 분석을 위한 시료

- 원곡의 품질분석을 위해 우리밀 주요 생산연도 및 품종(금강밀, 조경밀 등)별 22점(1-23, 10번 없음), 주요 수입밀 품종(DNS, HRW 등)별 15점(A-P, D번 없음), 총 37점(부록 3-1-8)을 사용하였음. 이들 시료중 우리밀 시료번호 20번~23번(4점), 수입밀 시료번호 F~K(6점)은 본 과제 참여기업이며, 제 1 협동과제(우리밀 및 수입밀의 제분특성분석)를 수행하고 있는 CJ 제일제당(주)으로부터 제공받은 시료였음. 또한 우리밀 시료번호 10번, 17번~19번(4점), 수입밀 시료번호 L~P(5점)은 본 과제 참여기업이며, 제 2 협동과제(우리밀의 제빵특성분석)를 수행하고 있는 밀다원(주)으로부터 제공받은 시료였음
- 본 연구의 제분특성 및 제빵 특성분석에서는 연구수행의 효율성을 위해 35점 시료중 주요 우리밀 및 수입밀 품종 총 14점을 사용하였음. 총 14점의 시료 중 10점은 제 1협동과제(우리밀의 제분특성 분석)와의 연계성을 위해 제1 협동과제의 시료인 원맥과 CJ 제일제당(주) 양산공장의 시험제분기에 의해 생산된 획분(B1, B2, B3, M1, M2, M3, V, 맥분, 피분)을 제공받았음. 나머지 4점은 국내산 주요 품종인 금강(15번), 조경(16번)을 우리밀 농협을 통해 구입하였으며, 제빵용 수입밀인 NS(A)와 HRW(B)는 참여기업이며 원맥 수입처인 CJ 제일제당(주)으로부터 제공받았음. 시료번호 15번, 16번, A, B의 제분은 농촌진흥청 국립식량과학원의 협조를 얻어 익산의 벼맥류부 맥류사료작물과의 시험제분기에 의해 제분하였음. 제빵 특성분석을 위한 밀가루 시료는 획분별 수율 및 회분 분석 등을 기반으로 수율 60%의 밀가루를 제조하여 사용하였음

(2) 실험방법

(가) 원곡의 외관 특성 분석 방법

① 원곡의 품위 분석

- 밀 원곡의 품위 측정을 위하여 원곡 약 50g을 정립, 피해립, 이물계, 이종곡립으로 수작업으로 분리하여 무게를 측정하였음

② 원곡의 기하학적 특성 분석

- 원곡의 기하학적 특성은 원곡 300립에 대하여 장축, 단축, 면적, 장단축비, 원형률 등을 Image Analyzer(Hirox, Japan)로 측정하였음

(나) 원곡의 이화학적 특성 분석 방법

① 일반성분 및 입도분석

- 원곡의 일반성분 및 입도는 가. 시판 우리밀 및 수입밀 밀가루제품의 품질차이분석 (2) 실험방법 (가) 시판밀가루의 일반성분 및 입도 분석과 동일하게 측정하였음

② 미생물 분석

- 원곡의 미생물 분석은 총균, 곰팡이, 효모에 대하여 petrifilm을 이용하여 측정하였음. 총균은 Aerobic count plate petrifilm(3M, USA), 곰팡이와 효모는 Yeast and mold count plate petrifilm (3M, USA)을 이용하였음. 멸균한 NaCl 100ml 원곡 10g을 넣어 stomacher(HG 400, MAYO, Italy)를 이용하여 10분간 파쇄하였음. 그 후 멸균된 9ml의 NaCl에 1ml의 시료를 넣어 잘 섞어준 후 petrifilm에 1ml씩 넣어 도말하였음. 총균은 35°C에서 24시간, 효모는 25°C에서 48시간 배양한 뒤 petrifilm에 나타난 균을 세어 표시하였음

③ 항산화력 분석

- 총 페놀 함량 분석은 Folin-ciocalteu reagent가 추출물의 폴리페놀성 화합물에 의해 환원된 결과 몰리브덴 청색으로 발색하는 것을 원리로 하는 Pham 등(2009), Hardeep 등(2013)의 방법으로 분석하였음. 시료 10g에 80% ethanol을 100ml 넣어 60°C의 항온수조에서 3시간 동안 추출하였다. 이것은 whatman No.2 로 여과하여 3,000rpm에서 원심분리 하였음. 그 후 evaporator(HS-2001N, HAHN SHIN SCIENCE Co., Korea)로 추출물을 약 1ml 농축하여 분석 전까지 -70°C deep freezer(forma 900 series, thermo scientific, U.S.A)에서 보관하였음. 추출물 100 μ l에 Folin-ciocalteu reagent 500 μ l와 20% sodium carbonate 1.5ml에 증류수를 넣어 최종 부피가 10ml가 되도록 한 후, 2시간 동안 상온에서 반응시켰음. 그 후 765nm에서 흡광도(V-650, JASCO, Japan)을 측정하였으며 표준물질로는 gallic acid를 사용하였음
- 플라보노이드 함량은 Pham 등(2009), Hardeep 등(2013)의 방법으로 분석하였음. 총 페놀과 동일한 방법으로 추출한 시료 250 μ l에 증류수 1.25ml와 5% sodium nitrite 75 μ l를 넣은 후 6분간 방치한 후, 10% aluminium chloride 150 μ l를 넣고 5분간 다시 방치하였음. 1M sodium hydroxide 0.5ml를 첨가한 후 510nm에서 흡광도를 측정하였으며, 표준물질로는 (+)-catechin hydrate를 사용하였음.
- DPPH Radical Scavenger Assay는 DPPH(1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl)에 대한 전자공여능 (electron donating ability)을 측정하였으며, Brand-William 등(1995)의 방법으로 분석하였음. 시료 5g에 80% methanol 50ml를 넣어 37°C의 항온수조에서 2시간동안 추출하였음. 이를 whatman

No.2 로 여과하여 8,000rpm에서 15분간 원심분리한 후 상등액을 시료로 사용하였음. 추출물 0.1ml 에 신선한 6×10^{-5} mol/L DPPH 3.9ml를 첨가하여 암소에 30분간 방치한 후 515nm에서 흡광도를 측정하였음. blank는 methanol 0.1ml에 6×10^{-5} mol/L DPPH 3.9ml를 넣은 후 바로 515nm에서 흡광도를 측정하였음. DPPH RSA(%) 값은 식 [3-1-1]에 의해 계산하였음

$$\% \text{ DPPH RSA} = 1 - (A_{\text{sample}/t=30} / A_{\text{sample}/t=30A}) \times 100 \quad \text{식 [3-1-1]}$$

(다) 원곡의 제분특성 분석 방법

- 시험용 Buhler 제분기를 이용하여 원곡을 제분하여 획분별로 제분량을 계산하여 제분 수율을 계산하였음. 본 실험의 제빵 실험을 위해 각 획분의 수율 및 회분함량을 참고로 수율 60% 밀가루를 제조하여 사용하였음

(라) 품종별 밀가루의 이화학적 특성 분석 방법

① 일반성분 및 입도분석

- 원곡의 일반성분 및 입도는 가. 시판 우리밀 및 수입밀 밀가루제품의 품질차이분석 (2) 실험방법 (가) 시판밀가루의 일반성분 및 입도 분석과 동일하게 측정하였음

② 향산화력 분석

- 품종별 밀가루 및 bran의 향산화력 분석은 나. 수입밀에 비교한 우리밀 품종별 원곡, 제분, 제빵 특성, 관능적 특성 및 소비자 인지도 분석 (2) 실험방법 (나) 원곡의 이화학적 특성 분석 방법의 ③과 동일하게 하였음

(마) 품종별 밀가루의 가공특성 분석 방법

① Solvent Retention Capacity(SRC) 측정

- 품종별 밀가루의 SRC는 가. 시판 우리밀 및 수입밀 밀가루제품의 품질차이분석 (2) 실험방법 (나) (나) 시판 밀가루의 가공특성 분석방법의 ① 과 동일하게 측정하였음

② 전분손상도 측정

- 전분손상도는 AACC Method 76-31(2000)에 따라 Damaged starch analyzer(SDmatic, Chopin technologies, France)를 이용하여 측정하였음

③ Rapid Visco Analyzer(RVA)에 의한 pasting 특성 분석

- 품종별 밀가루의 RVA는 가. 시판 우리밀 및 수입밀 밀가루제품의 품질차이분석 (2) 실험방법 (나) 시판 밀가루의 가공특성 분석방법 ③과 동일하게 측정하였음

④ Farinograph에 의한 반죽특성 분석

- 품종별 밀가루의 Farinograph는 가. 시판 우리밀 및 수입밀 밀가루제품의 품질차이분석 (2) 실험방법 (나) 시판 밀가루의 가공특성 분석방법 ⑤와 동일하게 측정하였음

⑤ 반죽의 신장성(extensibility) 측정

- 품종별 밀가루의 반죽의 신장성은 가. 시판 우리밀 및 수입밀 밀가루제품의 품질차이분석 (2) 실험방법 (나) 시판 밀가루의 가공특성 분석방법 ⑥과 동일하게 측정하였음

(바) 품종별 밀가루의 제빵특성 분석

① 이스트 식빵의 제조

- 품종별 밀가루의 이스트 식빵 제조에는 가. 시판 우리밀 및 수입밀 밀가루제품의 품질차이분석 (2) 실험방법 (다) 시판밀가루의 제빵 적성 분석 방법 ①과 동일하게 하였음. 그러나 실험 중 시료번호 15, 16, 22, B, G, H, K 에 대해서는 식빵 제조 시에 수분 첨가 비율이 적합하지 않다고 판단되어, 시료번호 15, 16, 22, H는 60.6%, 시료번호 G, K는 58.0%, 시료번호 B는 59.6%의 수분을 첨가하여 제조하였음

② 이스트 식빵의 volume, weight, specific volume

- 품종별 밀가루의 Volume, weight, specific volume은 가. 시판 우리밀 및 수입밀 밀가루제품의 품질차이분석 (2) 실험방법 (다) 시판밀가루의 제빵 적성 분석 방법 ②와 동일하게 측정하였음

③ Texture Profile Analysis (TPA)

- 품종별 밀가루의 TPA는 가. 시판 우리밀 및 수입밀 밀가루제품의 품질차이분석 (2) 실험방법 (다) 시판밀가루의 제빵 적성 분석 방법 ③과 동일하게 측정하였음

(사) 품종별 밀가루로 제조한 식빵의 관능검사

① 소비자 검사

- 품종별 밀가루로 만든 이스트 식빵의 관능검사는 가. 시판 우리밀 및 수입밀 밀가루제품의 품질차이 분석 (2) 실험방법 (라) 이스트 식빵의 관능검사 방법의 ①과 동일하게 준비하였음. 그러나 실험 중 시료번호 15, 16, 22, B, G, H, K 에 대해서는 식빵 제조 시에 수분 첨가 비율이 적합하지 않다고 판단되어, 시료번호 15, 16, 22, H는 60.6%, 시료번호 G, K는 58.0%, 시료번호 B는 59.6%의 수분을 첨가하여 제조하였음

② 전문 패널에 의한 정량적 묘사분석(QDA, Qualitative Descriptive Analysis)

- 품종별 밀가루로 제조한 식빵에 대한 정량적 묘사분석은 가. 시판 우리밀 및 수입밀 밀가루제품의 품질차이분석 (2) 실험방법 (라) 이스트 식빵의 관능검사 방법의 ②와 동일하게 진행하였음

(아) 자료정리 및 통계분석

- 가. 시판 우리밀 및 수입밀 밀가루제품의 품질차이분석 (2) 실험방법 (다) 자료정리 및 통계분석과 같은 방법으로 통계처리 하였음. 본 연구결과, 다수의 밀 품종에 대한 여러 가지 특성을 요약하여 설명하기 위해 주성분 분석을 사용하여 시료 및 시료의 특성들은 주성분 1과 주성분 2 좌표 상에서 도식화하여 설명하였음

(3) 실험결과

(가) 원곡의 외관 특성 분석 방법

① 원곡의 품위 분석

- 원곡의 품위분석 결과, 정립, 이물계, 피해립은 $p < 0.001$ 수준의 유의성을 보였음. 정립은 수입밀 ASW 품종인 시료번호 L, G가 각각 97.4, 94.4 %로 높게 나타났으며 HRW 품종인 시료번호 B도 93.4 %로 높은 함량을 보였음. 우리밀은 금강 품종인 시료번호 20이 93.2 %로 높았고 조정인 시료번호 23이 92.4 %로 높게 나타남(표 3-1-26). 우리밀인 금강 품종의 경우 #20은 정립 비율이 93.2%였으나, #8은 정립비율이 77.3%로, 동일 품종 간 격차가 크게 나타났음. 이는 우리밀 원곡에 대한 품질관리의 필요성을 나타냄
- 이물계는 우리밀이 수입밀보다 높은 함량을 보였는데 특히 조정 품종인 시료번호 9와 6, 금강 품종인 시료번호 5, 7, 8이 높게 나타났음. 이에 반해 수입밀 품종 HRW는 모두 이물계 함량이 낮았음. 따라서 우리밀의 품질관리 체계를 확립하는 것이 필요할 것으로 사료됨. 피해립은 우리밀 금강 시료

번호 21이 29.5%로 가장 높은 값을 보였고, 시료번호 2 백중과 시료번호 18 조경도 비교적 높은 함량을 보였음

표 3-1-26. 우리밀 및 수입밀 주요 품종 원곡의 품위 특성¹

품종	No.	정립*** (%)	이물계*** (%)	피해립*** (%)	이종곡립(%)
금강	5	87.0 ^{bcde}	8.16^a	4.85 ^{fgh}	0.00
	7	78.7 ^{fg}	7.68^a	13.6 ^{cdef}	0.04
	8	77.3 ^g	7.64^a	15.0 ^{cd}	0.09
	15	89.0 ^{bcde}	0.05 ^d	11.0 ^{defg}	0.01
	17	83.5 ^{ef}	0.07 ^d	16.4 ^{cd}	0.05
	20	93.2^{abc}	0.06 ^d	6.73 ^{fgh}	0.04
	21	86.6 ^{bcde}	0.03 ^d	13.25^{cdef}	0.14
	22	90.9 ^{abcde}	0.03 ^d	9.05 ^{defgh}	0.03
조경	6	86.3 ^{bcde}	7.79^a	5.84 ^{gh}	0.12
	9	76.7 ^g	8.98^a	14.3 ^{cde}	0.01
	16	85.5 ^{bcde}	0.16 ^d	14.3 ^{cdef}	0.00
	18	77.1 ^g	0.37 ^d	22.5^b	0.11
	23	92.4^{abcd}	0.12 ^d	7.53 ^{efgh}	0.00
백중	2	66.3 ^h	4.01 ^c	29.5^a	0.21
	12	84.5 ^{def}	0.24 ^d	15.2 ^{cd}	0.00
HRW	B	93.4^{ab}	0.17 ^d	6.39 ^{fgh}	0.00
	J	86.8 ^{bcde}	0.03 ^d	13.1 ^{cdef}	0.07
	O	86.6 ^{bcde}	0.15 ^d	13.3 ^{cde}	0.00
DNS	A	89.3 ^{bcde}	0.1 ^d	10.2 ^{defg}	0.4
	E	76.1 ^g	5.49 ^b	18.4 ^{bc}	0.00
	I	90.9 ^{abcde}	0.15 ^d	8.8 ^{defgh}	0.12
	N	85.2 ^{cde}	0.25 ^d	14.4 ^{cde}	0.15
ASW	G	94.4^{ab}	0.63 ^d	4.95 ^{jgh}	0.07
	L	97.4^a	0.24 ^d	2.23 ^h	0.11
CWRS	H	92.2 ^{abcd}	0.31 ^d	7.10 ^{efgh}	0.42
	M	84.3 ^{def}	0.09 ^d	15.7 ^{cd}	0.01

¹ 3번 반복 실험의 평균값

abc column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임

*, **, *** 시료가 p=0.05, 0.01, 0.001수준에서 유의적인 차이가 있음

- 우리밀 및 수입밀 기타품종의 품위 특성은 수입밀인 SW(시료번호 K), AH, W.W가 정립 비율이 높았으며, 우리밀은 찰밀(시료번호 14), 조품 품종이 높았음(표 3-1-27)
- 이물계는 수입밀에 비해 우리밀이 높은 함량을 보였는데, 특히 찰밀(시료번호 4)과 조품 품종의 이물 함량이 높았음. 피해립은 유기농 우리밀(시료번호 19), 적중(시료번호 19)이 높은 함량을 보였으며 수입밀 AH(#F)는 가장 낮은 함량을 보였음. 특히 AH는 이물계와 피해립의 비율이 가장 낮고 정립의 비율은 높았음

표 3-1-27. 우리밀 및 수입밀 기타 품종 원곡의 품위 특성¹

품종	No.	정립*** (%)	이물계*** (%)	피해립*** (%)	이종곡립(%)
적중	3	81.3 ^{cd}	7.22 ^{ab}	11.4 ^b	0.04
	13	79.6 ^{cd}	0.47 ^d	19.9 ^a	0.00
찰밀	4	77.1 ^{de}	9.32 ^a	13.6 ^b	0.02
	14	84.6 ^{bc}	0.46 ^d	14.7 ^b	0.27
조품	1	84.0 ^{bc}	8.81 ^a	7.23 ^c	0.00
유기농 우리밀	19	73.3 ^e	4.79 ^{bc}	21.3 ^a	0.60
SW	C	81.4 ^{cd}	3.37 ^{cd}	15.0 ^b	0.23
	K	92.9 ^a	1.24 ^d	5.80 ^c	0.04
AH	F	94.8 ^a	0.35 ^d	4.77 ^c	0.12
W.W	P	87.3 ^b	0.39 ^d	12.3 ^b	0.00

¹ 3번 반복 실험의 평균값
abc column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임
*, **, *** 시료가 p=0.05, 0.01, 0.001수준에서 유의적인 차이가 있음

② 원곡의 기하학적 특성 분석

- 우리밀 수입밀 품종 간 기하학적 특성의 차이가 있었음(표 3-1-28). 면적의 경우 ASW 품종인 시료번호 L이 가장 높았으며 조경 시료번호 16, 9, 금강 시료번호 21 순으로 높게 나타남
- 장단축비는 우리밀 조경 품종 중 시료번호 6, 18번이 높게 나타났으며, 수입밀은 시료번호 B HRW가 높았음. 장축길이는 우리밀 조경 품종인 시료번호 9, 18, 16번이 높았고 특히 16번은 단축길이와 둘레길이기도 높은 값을 보였음. 수입밀의 장축길이는 ASW 품종인 시료번호 L이 높았는데 이 시료 역시 단축길이와 둘레길이 에서도 높은 값을 보였음
- 원형도는 시료번호 6 조경, 시료번호 5 금강 품종이 높았으며 수입밀의 경우는 DNS 품종인 시료번호 A, E가 높게 나타났음

표 3-1-28. 우리밀 및 수입밀 주요 품종 원곡의 기하학적 특성¹

품종	No.	면적 (mm ²)***	장단축비***	장축길이 (mm)***	단축길이 (mm)***	둘레길이 (mm)***	원형도***
금강	5	13.6 ⁱ	2.27 ^c	6.24 ⁱ	2.77 ^{jk}	16.2 ^{cd}	1.56 ^a
	7	14.7 ^{gh}	2.16 ^d	6.32 ^{hi}	2.96 ^{gh}	15.5 ^{ij}	1.31 ^{hij}
	8	15.7 ^e	2.27 ^c	6.67 ^{cd}	2.99 ^g	16.5 ^{ab}	1.41 ^e
	11	15.7 ^e	2.05 ^{ef}	6.38 ^{gh}	3.13 ^{ef}	15.5 ^{hi}	1.29 ^{ijk}
	15	16.7 ^c	2.00 ^{ghi}	6.51 ^{ef}	3.26 ^d	16.0 ^{de}	1.29 ^{ijkl}
	17	15.7 ^e	2.08 ^{ef}	6.43 ^{gh}	3.11 ^{ef}	15.6 ^{hi}	1.30 ^{hijk}
	20	15.8 ^e	2.08 ^{ef}	6.44 ^{fg}	3.12 ^{ef}	15.8 ^{fgh}	1.32 ^{ghi}
	21	16.9 ^{bc}	1.95 ^j	6.45 ^{efg}	3.33 ^{bc}	15.9 ^{lm}	1.26 ^{lm}
	22	15.7 ^e	2.08 ^{ef}	6.42 ^{fg}	3.10 ^{ef}	15.7 ^{ghi}	1.32 ^{ghi}
조경	6	14.4 ^h	2.44 ^a	6.65 ^d	2.76 ^{jk}	16.7 ^a	1.57 ^a
	9	16.9 ^{bc}	2.25 ^c	6.92 ^a	3.11 ^{ef}	16.3 ^{fg}	1.35 ^{fg}
	16	17.8 ^a	2.03 ^{fgh}	6.76 ^b	3.34 ^b	16.5 ^{ab}	1.27 ^{kl}
	18	15.1 ^{fg}	2.40 ^b	6.78 ^b	2.84 ⁱ	16.0 ^{def}	1.42 ^{de}
	23	17.2 ^b	2.05 ^{efg}	6.68 ^{cd}	3.28 ^{cd}	16.3 ^{bc}	1.29 ^{ijk}
백중	2	13.0 ^j	2.25 ^c	6.07 ^j	2.73 ^k	14.8 ^l	1.36 ^f
	12	15.6 ^e	2.00 ^{hi}	6.27 ⁱ	3.16 ^{ef}	15.5 ^{hi}	1.30 ^{ijk}
HRW	B	12.5 ^k	2.38 ^b	6.10 ^j	2.60 ^l	14.9 ^l	1.43 ^d
	J	15.2 ^f	2.04 ^{efg}	6.26 ⁱ	3.10 ^{ef}	15.3 ^k	1.29 ^{ijkl}
	O	14.8 ^{gh}	2.23 ^c	6.46 ^{efg}	2.91 ^h	15.3 ^{jk}	1.33 ^{gh}
DNS	A	12.1 ^l	2.28 ^c	5.89 ^k	2.61 ^l	15.0 ^l	1.51 ^b
	E	14.9 ^{fg}	2.28 ^c	6.54 ^e	2.90 ^h	16.5 ^{ab}	1.48 ^c
	I	13.5 ⁱ	2.19 ^d	6.12 ^j	2.81 ^{ij}	14.6 ^m	1.33 ^{gh}
	N	16.2 ^d	2.07 ^{ef}	6.53 ^{ef}	3.16 ^e	15.7 ^{gh}	1.28 ^{ijkl}
ASW	G	16.0 ^{de}	2.09 ^e	6.51 ^{ef}	3.13 ^{ef}	15.7 ^{hi}	1.29 ^{ijkl}
	L	18.1 ^a	1.98 ^{ij}	6.74 ^{bc}	3.41 ^a	16.4 ^b	1.25 ^m
CWRS	H	14.8 ^{fgh}	1.99 ^{ij}	6.11 ^j	3.09 ^f	15.0 ^l	1.28 ^{ijkl}
	M	16.8 ^{bc}	1.94 ^j	6.43 ^{fg}	3.32 ^{bcd}	15.8 ^{fgh}	1.24 ^m

¹ 300알 측정의 평균값
abc column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임
*, **, *** 시료가 p=0.05, 0.01, 0.001수준에서 유의적인 차이가 있음

- 우리밀 및 수입밀 기타품종의 면적의 경우 WW 품종인 P가 가장 높았으며 AH 품종인 F, 적중 품종인 13번 순으로 높게 나타남(표 3-1-29)
- 장단축비는 수입밀이 우리밀에 비하여 높게 나타났음. 우리밀 조품 품종인 1번이 높게 나타났으며, 찰밀 품종인 4번, 유기농 우리밀인 19번 순으로 측정됨. 장축길이는 W.W 품종인 P와 AH 품종인 F가 높은 값을 보였으며 이들은 단축길리와 둘레길리도 높은 값을 보였음. 우리밀 조품 1번도 장축길리가 높았으며 이와 함께 둘레길리도 높은 값을 보였음
- 기타품종 원맥의 원형도는 수입밀에 비하여 우리밀 품종이 높은 값을 보였는데 특히 찰밀인 4번, 조품인 1번, 적중인 3번 시료가 높은 값을 보였음

표 3-1-29. 우리밀 및 수입밀 기타 품종 원곡의 기하학적 특성¹

품종	No.	면적 (mm ²)***	장단축비***	장축길이 (mm)***	단축길이 (mm)***	둘레길이 (mm)***	원형도***
적중	3	12.2 ^g	2.32 ^c	5.94 ^f	2.61 ^g	15.3 ^{ef}	1.58 ^c
	13	16.1 ^c	2.02 ^e	6.42 ^c	3.19 ^{bc}	15.7 ^d	1.28 ^f
찰밀	4	10.5 ^h	2.60 ^b	5.84 ^g	2.29 ⁱ	15.3 ^{ef}	1.84 ^a
	14	14.2 ^e	2.09 ^d	6.12 ^e	2.94 ^e	14.9 ^g	1.32 ^e
조품	1	12.8 ^f	2.74 ^a	6.66 ^b	2.46 ^h	16.4 ^b	1.70 ^b
유기농 우리밀	19	14.1 ^e	2.33 ^c	6.42 ^c	2.79 ^f	15.2 ^{ef}	1.40 ^d
SW	C	15.1 ^d	2.01 ^e	6.18 ^e	3.09 ^d	15.1 ^f	1.22 ^g
	K	15.8 ^c	2.02 ^e	6.34 ^d	3.16 ^c	15.4 ^e	1.27 ^f
AH	F	16.8 ^b	2.05 ^e	6.60 ^b	3.23 ^b	16.0 ^c	1.27 ^f
W.W	P	19.5 ^a	1.95 ^f	6.94 ^a	3.57 ^a	17.0 ^a	1.23 ^g

¹ 300알 측정의 평균값
abc column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임
*, **, *** 시료가 p=0.05, 0.01, 0.001수준에서 유의적인 차이가 있음

- 국내외산 밀 품종별 총 37점을 품종별 기하학적 특성(면적, 장단축비, 장축길이 단축길이, 둘레길이, 원형도)을 주성분 분석결과, 주성분 1(x)과 주성분 2(y) 좌표 상에서 국내외산 밀 품종 및 기하학적 특성의 위치는 그림 3-1-20에 있음
- 주성분 1은 총변동의 67.65%, 주성분 2는 28.26%를 설명할 수 있으며, 주성분 1은 면적, 단축길이, 장축길이, 원형도 및 장단축비와 관련이 있으며, 주성분 2는 둘레길이와 연관 있었음. 본 실험결과 품종간 원맥의 명확한 기하학적 특성 경향은 찾아 볼 수 없었음

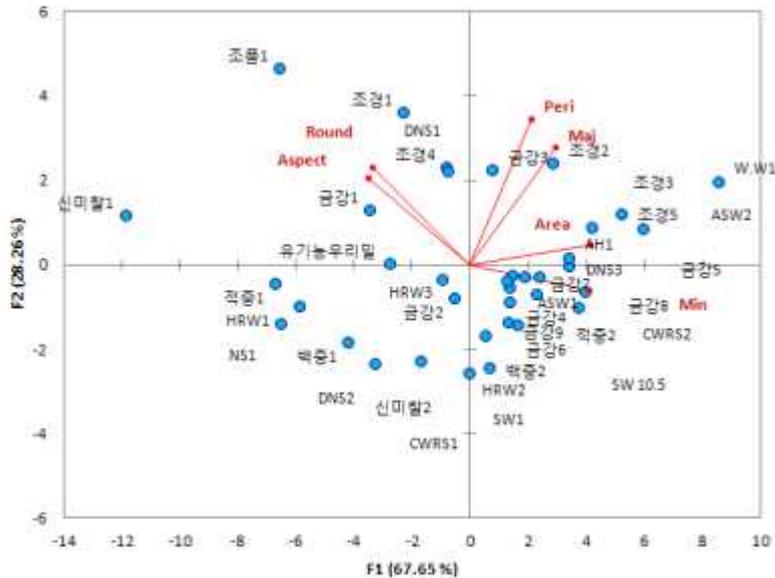


그림 3-1-20. 주성분 1(X)과 주성분 2 (Y) 좌표 상에서의 품종별 밀 시료의 위치 및 기하학적특성

(나) 원곡의 이화학적 특성 결과

① 원곡의 일반성분, 색도 및 백도 분석 결과

- 우리밀 및 수입밀 주요 품종 원곡의 일반성분 분석 결과, 우리밀 원곡이 수입밀에 비해 수분함량이 더 높았음(표 3-1-30). 회분함량은 우리밀 원곡이 1.26-1.67%, 수입밀 원곡이 1.28-1.73%의 범위를 나타냈음. 또한 우리밀 주요품종 원곡의 색도 b값은 수입밀 주요품종보다 다소 높았음
- 단백질 함량은 수입밀 주요 품종 원곡은 품종간의 차이가 거의 없었음. HRW는 단백질 함량이 11-12% 내외로 중력분(다목적용)에, DNS은 주로 강력분에 쓰이는 품종으로 단백질 함량이 13.2-14.3%, ASW은 9.7-10.8%로 면이나 중력분에, CWR5은 13.3-14.1%로 강력분에 적합했음. 이는 수입밀 원곡이 용도별로 잘 정립이 되어 있다는 것으로 사료됨
- 수입밀의 결과와는 반대로, 우리밀 품종인 금강은 단백질 함량이 9.6-13.2%, 조경은 10.6-11.4%, 백중은 9.5-11.0%로 다소 넓은 범위에 존재하였음. 같은 품종인데도 불구하고 단백질 함량의 차이가 큰 것은 우리밀 원곡에 대한 관리나 기준이 미흡한 것으로 판단됨

○ 조경 품종은 우리밀 밀 품종 중 제빵용인 강력분으로 적합하다고 알려져 있으나, 실험 결과 조경 품종의 단백질 함량이 일반적인 강력분의 단백질 함량인 13-16%보다 낮은 것으로 나타났음

표 3-1-30. 우리밀 및 수입밀 주요 품종 원곡의 품종 일반 성분, 색도 및 백도 분석¹

품종	No.	수분 ^{***} (%)	회분 ² (%)	단백질 ² (%)	색도			백도 ^{***}
					L	a	b ^{***}	
금강	5	12.9 ^{cde}	1.53	12.5	55.3	7.59	25.3 ^{bcde}	14.0 ^{lmn}
	7	12.2 ^{fg}	1.58	12.3	53.2	8.88	23.5 ^{bcdef}	15.1 ^{ghij}
	8	12.8 ^{cde}	1.66	12.8	55.2	7.31	22.3 ^{cdef}	14.3 ^{klm}
	11	13.6 ^b	1.60	13.2	59.0	8.05	26.8 ^{abc}	14.7 ^{ijk}
	15	12.9 ^c	1.47	9.6	60.6	8.68	27.9 ^{ab}	14.9 ^{hijk}
	17	12.0 ^g	1.30	13.2	53.2	8.08	26.0 ^{abcd}	14.9 ^{hijk}
	20	13.0 ^c	1.38	12.9	61.6	7.64	27.3 ^{ab}	14.5 ^{jkl}
	21	11.6 ^h	1.60	10.0	61.1	7.84	27.9 ^{ab}	15.2 ^{ghi}
	22	12.9 ^{cd}	1.26	12.8	60.7	8.16	28.2 ^{ab}	14.3 ^{klm}
조경	6	12.8 ^{cde}	1.40	12.6	58.8	8.70	27.3 ^{ab}	13.0 ^o
	9	13.0 ^c	1.57	12.7	53.1	8.86	25.4 ^{bcde}	13.7 ⁿ
	16	14.2 ^a	1.47	10.6	54.2	7.39	25.3 ^{bcde}	13.9 ^{mn}
	18	12.1 ^{fg}	1.45	14.5	49.5	9.37	26.1 ^{abcd}	13.7 ⁿ
	23	12.9 ^{cd}	1.47	11.4	53.8	9.12	26.7 ^{abc}	14.7 ^{ijk}
백중	2	12.3 ^f	1.67	11.0	59.3	8.46	28.2 ^{ab}	15.3 ^{ghi}
	12	12.7 ^{de}	1.45	9.5	55.1	9.41	30.7 ^a	15.5 ^{fgh}
HRW	B	10.6 ^j	1.38	11.0	57.3	8.76	21.2 ^{ef}	16.1 ^{cde}
	J	9.5 ^l	1.46	11.4	55.3	8.48	20.0 ^f	16.8 ^b
	O	11.1 ⁱ	1.39	11.7	52.6	8.79	21.4 ^{ef}	16.3 ^{bcd}
DNS	A	11.4 ^h	1.50	13.2	57.3	7.76	20.9 ^{ef}	15.2 ^{ghi}
	E	11.5 ^h	1.48	13.2	54.6	7.24	20.9 ^{ef}	15.1 ^{ghij}
	I	10.3 ^k	1.73	13.8	55.7	7.94	19.8 ^f	15.9 ^{def}
	N	10.7 ^j	1.55	14.3	61.0	7.25	22.1 ^{def}	16.6 ^{bc}
ASW	G	9.1 ^m	1.36	9.7	63.3	7.15	28.2 ^{ab}	19.3 ^a
	L	10.3 ^k	1.28	10.8	60.0	8.19	26.6 ^{abc}	16.5 ^{bc}
CWRS	H	11.6 ^h	1.65	13.3	54.8	9.11	21.1 ^{ef}	16.2 ^{cde}
	M	12.6 ^e	1.57	14.1	56.2	8.97	21.9 ^{def}	15.7 ^{efg}

¹ 3번 반복 실험한 평균값

² 건물기준 (dry weight basis)의 회분, 단백질 함량을 밀가루 수분 함량 14%기준으로 보정한 값

abc column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임

*** 시료가 p=0.05, 0.01, 0.001수준에서 유의적인 차이가 있음

- 우리밀 및 수입밀 기타 품종 원곡의 일반성분 분석 결과, 우리밀 원곡이 수입밀에 비해 수분함량이 더 높았음(표 3-1-31). 회분함량은 우리밀 원곡이 1.25-1.55%, 수입밀 원곡이 1.16-1.53%의 범위를 나타냈음. 또한 우리밀 기타 품종 원곡의 색도 L값과 백도는 수입밀 보다 낮았으며, a값은 다소 높게 나타났음

표 3-1-31. 우리밀 및 수입밀 기타 품종 원곡의 일반 성분, 색도 및 백도 분석¹

품종	No.	수분 ^{***} (%)	회분 ² (%)	단백질 ² (%)	색도			백도 ^{***}
					L ^{**}	a ^{***}	b ^{**}	
적중	3	12.6 ^{cd}	1.47	11.8	56.2 ^{abc}	9.34 ^{ab}	29.4 ^a	15.0 ^e
	13	12.9 ^c	1.41	11.5	56.7 ^{abc}	8.67 ^{abc}	26.1 ^{abc}	14.0 ^f
찰밀	4	12.4 ^d	1.46	12.2	53.6 ^{abc}	9.72 ^a	25.1 ^{abc}	12.7 ^h
	14	13.9 ^a	1.42	10.9	50.0 ^{bc}	9.77 ^a	24.5 ^{abc}	13.2 ^g
조품	1	13.7 ^a	1.25	13.9	49.8 ^{bc}	8.56 ^{abc}	21.6 ^c	11.7 ⁱ
유기농 우리밀	19	13.3 ^b	1.55	14.5	48.0 ^c	8.03 ^{abc}	23.8 ^{bc}	14.0 ^f
SW	C	9.2 ^g	1.16	8.9	61.9 ^{ab}	6.72 ^c	26.2 ^{abc}	20.9 ^a
	K	8.7 ^h	1.53	9.7	63.7 ^a	7.16 ^{bc}	26.8 ^{ab}	20.3 ^b
AH	F	10.1 ^f	1.32	11.1	64.3 ^a	7.52 ^{bc}	28.0 ^{ab}	18.6 ^d
W.W	P	12.0 ^e	1.47	10.8	62.7 ^{ab}	7.17 ^{bc}	27.5 ^{ab}	19.2 ^c

¹ 3번 반복 실험한 평균값

² 건물기준 (dry weight basis)의 회분, 단백질 함량을 밀가루 수분 함량 14%기준으로 보정한 값

abc column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임

** , *** 시료가 p=0.05, 0.01, 0.001수준에서 유의적인 차이가 있음

- 원곡 37점의 수분, 회분, 단백질 함량과 색도(L, a, b)와 백도 특성간의 상관분석 결과, 원곡의 수분 함량이 높을수록 백도($r=-0.825$)와 L값($r=-0.51$)가 낮았음. 원곡 37점의 수분, 회분, 단백질 함량과 색도(L, a, b)와 백도의 관계를 주성분 1(x)과 주성분 2(y) 좌표 상에서 나타낸 그림 3-1-21을 보면, 주성분 1은 총변동의 45.76% 제 2주성분은 총 변동의 21.87% 설명해 줄 수 있었음. 주성분 1은 주로 백도와 색도 L 값과, 주성분 2는 색도 b값과 관련 있었음

- 수입 박력분 품종들(SW, ASW)은 L값이 높은 경향이 있으며, 우리밀 조경은 수분과 색도 a값이 높은 경향이 있었으며, 수입 강력분 품종인 DNS, HRW는 원맥의 단백질 및 회분함량이 높은 경향이 있었음. 수입 강력분, 박력분, 그리고 우리밀 조경밀 원맥은 품종 내 수분, 회분, 단백질 함량과 색도(L, a, b)와 백도가 비슷한 경향이 있었음. 그러나 우리밀 주 품종인 금강밀의 경우, 한 품종이지만, 수분, 회분, 단백질 함량과 색도(L, a, b)와 백도특성에서 일관성 없는 경향을 보였음

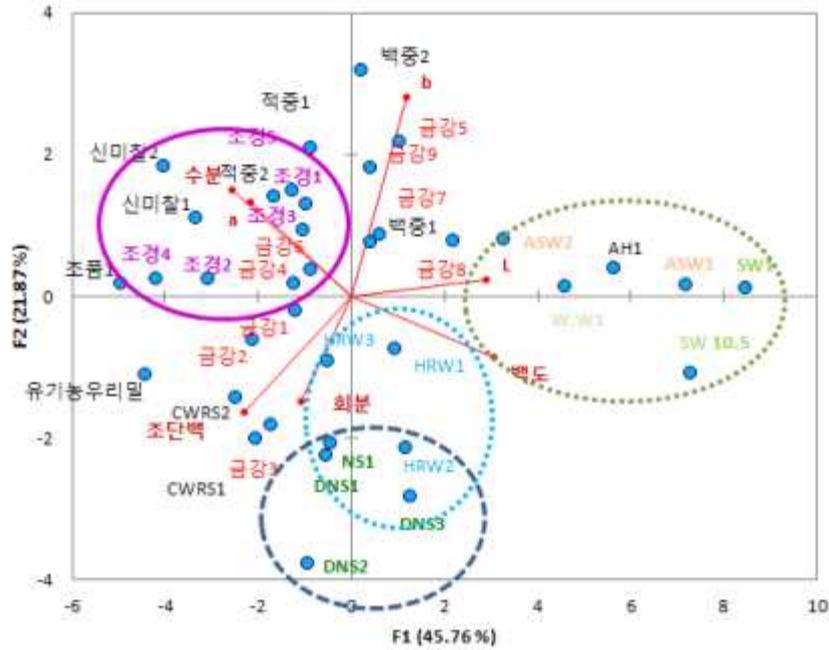


그림 3-1-21. 주성분 1(x)와 주성분 2(y) 좌표 상에서의 원맥 품종별 시료 및 수분, 회분, 조단백, 색도(L, a, b) 및 백도 위치

② 원곡의 미생물 특성 분석

- 우리밀 및 수입밀 원곡 주요 품종의 총균수는 DNS 품종인 N, I, A가 각각 6.77, 5.67, 5.38 log CFU/g으로 유의적으로($p < 0.001$) 높은 값을 보였음(표 3-1-32). 우리밀의 경우는 8번 금강 품종이 5.25 log CFU/g로 나타났으나 수입밀 품종에 비하여 낮은 값을 보였음
- 곰팡이는 15, 21인 금강 품종이 각각 4.20, 4.16 log CFU/g으로 높은 수준이었으며, 수입밀은 ASW 품종인 G가 3.80 log CFU/g, HRW 품종인 J가 3.78 log CFU/g으로 높게 나타났음. 곰팡이는 식품 안전의 위해요소이기 때문에 우리밀 원곡에 대하여 품질관리가 필요하다고 사료됨
- 원곡의 효모는 총균, 곰팡이에 비하여 미미하게 검출되었으나, 금강 품종인 11번이 2.86 log CFU/g으로 가장 많이 검출되었음

표 3-1-32. 우리밀 및 수입밀 원맥의 주요 품종 미생물 분석¹

품종	No.	총균수*** (log CFU/g)	곰팡이*** (log CFU/g)	효모*** (log CFU/g)
금강	5	3.84 ^j	2.14 ^{efg}	0.00 ^d
	7	5.18 ^d	2.58 ^{de}	1.68 ^{bc}
	8	5.25 ^d	2.42 ^{de}	0.00 ^d
	11	4.59 ^g	3.22 ^c	2.86 ^a
	15	4.30 ^h	4.20 ^a	0.00 ^d
	17	3.65 ^k	2.13 ^{efg}	0.00 ^d
	20	1.40 ^m	2.33 ^{de}	1.46 ^c
	21	4.61 ^g	4.16 ^a	0.00 ^d
	22	2.87 ^m	1.75 ^{gh}	0.00 ^d
조경	6	4.56 ^g	2.21 ^{def}	0.00 ^d
	9	4.03 ⁱ	3.31 ^c	0.00 ^d
	16	3.76 ^{jk}	3.56 ^{bc}	0.00 ^d
	18	3.71 ^k	2.24 ^{de}	0.00 ^d
	23	4.27 ^h	2.52 ^{de}	0.00 ^d
백중	2	5.22 ^d	1.79 ^{fgh}	0.00 ^d
	12	3.08 ^l	1.60 ^h	0.00 ^d
HRW	B	4.97 ^e	3.25 ^c	2.63 ^a
	J	4.24 ^h	3.78 ^b	0.00 ^d
	O	4.20 ^h	3.14 ^c	0.00 ^d
DNS	A	5.38 ^c	2.67 ^d	2.41 ^a
	E	5.23 ^d	1.59 ^h	0.87 ^d
	I	5.67 ^b	3.39 ^{bc}	0.00 ^d
	N	6.77 ^a	3.51 ^{bc}	2.26 ^{ab}
ASW	G	4.23 ^h	3.80 ^b	0.00 ^d
	L	2.90 ^m	3.52 ^{bc}	0.77 ^d
CWRS	H	4.50 ^g	2.64 ^{de}	1.62 ^b
	M	4.84 ^f	3.17 ^c	2.84 ^a

¹ 3번 반복 실험한 평균값
abc column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임
*** 시료가 p=0.05, 0.01, 0.001수준에서 유의적인 차이가 있음

- 우리밀 및 수입밀 원곡 기타 품종의 총균수는 찰밀 품종인 4번이 5.30 log CFU/g, W.W 품종인 P가 4.87 log CFU/g으로 높게 나타났음(표 3-1-33). 또한 곰팡이는 수입밀 F, P, K가 각각 3.70, 3.52, 3.37 log CFU/g으로 나타나 유의적으로($p < 0.001$) 높은 값을 보였으며, 효모는 총균, 곰팡이에 비하여 미미하게 검출되었으나, 시료번호 AH 품종인 F가 3.24 log CFU/g으로 높은 값을 나타내었음

표 3-1-33. 우리밀 및 수입밀 원곡의 기타 품종 미생물 분석¹

품종	No.	총균수*** (log CFU/g)	곰팡이*** (log CFU/g)	효모*** (log CFU/g)
적중	3	4.64 ^c	2.24 ^{ef}	0.67 ^b
	13	2.67 ^f	2.07 ^f	0.83 ^b
찰밀	4	5.30 ^a	1.84 ^g	0.00 ^b
	14	2.54 ^g	2.38 ^e	0.00 ^b
조품	1	4.82 ^b	2.74 ^d	0.00 ^b
유기농 우리밀	19	3.86 ^d	2.80 ^d	0.77 ^b
SW	C	2.86 ^e	2.22 ^{ef}	0.00 ^b
	K	2.85 ^e	3.37 ^c	0.00 ^b
AH	F	4.68 ^c	3.70 ^a	3.24 ^a
W.W	P	4.87 ^b	3.52 ^b	0.00 ^b

¹ 3번 반복 실험한 평균값

abc column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임

*** 시료가 $p=0.05, 0.01, 0.001$ 수준에서 유의적인 차이가 있음

- 본 연구의 우리밀과 수입밀 원곡 미생물 특성(총균수, 효모, 곰팡이)자료를 주성분 분석하였으며, 주성분 1(x)과 주성분 2(y) 좌표 상에서의 원곡 품종 및 미생물 특성(총균수, 효모, 곰팡이) 위치는 그림 3-1-22에 있음. 주성분 1은 총변동의 48.34%, 주성분 2는 총변동의 27.90% 설명하였음. 주성분 1은 총균수와 효모와 관계있으며, 주성분 2는 곰팡이와 관련이 있었음. 즉, 주성분 1이 (+)방향, 주성분 2가 (+)이면 총균수, 효모, 곰팡이가 높은 경향이 있으며, 주성분 1이 (-)방향, 주성분 2가 (-) 방향이면 총균수, 효모, 곰팡이가 낮은 경향이 있었음
- 본 연구에 사용된 우리밀 품종별 원곡시료 22점중 13점, 수입 원곡 15점중 단 2점이 주성분 1(-), 주성분 2 (-)이 위치하였음 이 결과는 수입밀에 비해 우리밀 원곡이 미생물 특성 면에서 품질이 향상된 밀제품의 생산 가능성을 내포함

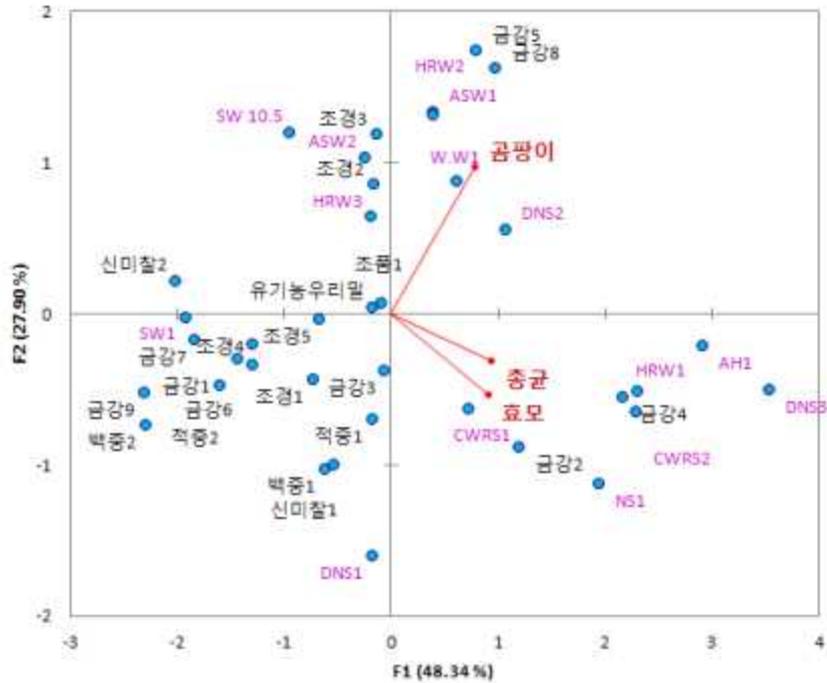


그림 3-1-22. 주성분 1(x)와 주성분 2(y) 좌표 상에서의 원땀 품종 및 미생물 특성(총균수, 효모, 곰팡이)의 위치

③ 원곡의 항산화력 특성 분석

- 우리밀 및 수입밀 원땀 주요 품종의 Total phenol은 우리밀인 조경 품종 6번이 3.87 mg GAE/g, 백중인 2번이 3.62 mg GAE/g으로 높았고, 수입밀인 HRW 품종 B가 3.54 mg GAE/g으로 나타남(표 3-1-34). 최(2012)의 연구에 따르면 금강 품종의 Total phenol이 2.34 mg GAE/g, DNS 품종이 1.30 mg GAE/g으로 우리밀 품종의 Total phenol 함량이 더 높았다고 하였으나 본 연구에서는 한 품종 내에서 변이가 심해 일관성 있는 결론을 내리기 어려웠음
- Flavonoids는 Total phenol 함량이 높았던 조경 품종 6번, 백중 품종 2번이 각각 0.87 mg CE/g, 0.55 mg CE/g으로 높게 나타났음. 수입밀의 경우도 HRW 품종인 O가 0.45 mg CE/g으로 높았으나 우리밀 품종에 비하여 낮게 나타남. 조경 품종 중 시료번호 6번은 Flavonoids 함량이 가장 높았으나, 같은 조경 품종인 시료번호 23번은 본 실험 시료 중 가장 낮았음
- DPPH RSA는 유기농 우리밀이 16.1%로 가장 높았으며, 수입밀 중 CWR5 품종인 H가 15.4, 금강 품종인 8번이 14.8%, 조경품종 9번이 14.5%로 나타났음. Ndolo(2013) 등의 연구에 따르면 원곡의 DPPH 소거활성은 일반적으로 16.4% 이하라고 하여 이는 본 실험 결과와 유사하였음

표 3-1-34. 우리밀 및 수입밀 원맥 주요 품종의 항산화력 분석¹

품종	No.	Total phenol (mg GAE ² /g) ^{***}	Flavonoids (mg CE ³ /g) ^{***}	DPPH RSA ⁴ (%) ^{***}
금강	5	2.88 ^{fgh}	0.42 ^{bcde}	8.9 ^j
	7	3.48 ^{bcd}	0.37 ^{cdef}	13.7 ^{abcde}
	8	3.41 ^{bcde}	0.47 ^{bc}	14.8 ^{ab}
	11	2.97 ^{efg}	0.47 ^{bc}	14.2 ^{abcd}
	15	2.86 ^{fgh}	0.35 ^{cdef}	10.2 ^{hij}
	17	2.44 ^{hi}	0.32 ^{cdef}	8.4 ^j
	20	2.30 ⁱ	0.16 ^{ghi}	10.1 ^{hij}
	21	2.46 ^{hi}	0.24 ^{fghi}	13.5 ^{bcde}
	22	2.24 ⁱ	0.14 ^{hi}	9.8 ^{ij}
조경	6	3.87 ^a	0.87 ^a	8.5 ^j
	9	3.04 ^{efg}	0.36 ^{cdef}	14.5 ^{abc}
	16	2.81 ^{fgh}	0.28 ^{efgh}	6.1 ^k
	18	2.49 ^{hi}	0.30 ^{defg}	10.1 ^{hij}
	23	2.26 ⁱ	0.12 ⁱ	11.1 ^{fghi}
백중	2	3.62 ^{ab}	0.55 ^b	8.9 ^j
	12	2.62 ^{ghi}	0.33 ^{cdef}	11.9 ^{efgh}
HRW	B	3.54 ^{abc}	0.23 ^{fghi}	10.9 ^{ghi}
	J	3.16 ^{cdef}	0.35 ^{cdef}	10.8 ^{ghi}
	O	3.08 ^{def}	0.45 ^{bcd}	13.2 ^{bcde}
DNS	A	2.70 ^{fghi}	0.27 ^{efghi}	12.7 ^{cdefg}
	E	2.41 ^{hi}	0.22 ^{fghi}	12.8 ^{cdef}
	I	3.08 ^{def}	0.44 ^{bcd}	12.2 ^{defg}
	N	2.98 ^{efg}	0.42 ^{bcde}	13.8 ^{abcde}
ASW	G	2.52 ^{hi}	0.27 ^{efgh}	12.3 ^{defg}
	L	2.52 ^{hi}	0.21 ^{fghi}	8.8 ^j
CWRS	H	2.47 ^{hi}	0.34 ^{cdef}	15.4 ^a
	M	3.36 ^{bcde}	0.35 ^{cdef}	12.5 ^{cdefg}

¹ 3번 실험의 평균값

² gallic acid equivalent

³ catechin equivalent

⁴ DPPH radical scavenger assay

abc column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임

*** 시료가 p=0.05, 0.01, 0.001수준에서 유의적인 차이가 있음

- 우리밀 및 수입밀 원맥 기타 품종의 Total phenol은 찰밀 4번이 3.53 mg GAE/g으로 가장 높았고, 조품 1번이 3.40 mg GAE/g, 적중 3번이 3.38 mg GAE/g순으로 높게 나타났음. 수입밀인 SW 품종 K가 3.35 mg GAE/g으로 나타남(표 3-1-35). 우리밀 및 수입밀 원맥 주요 품종과 마찬가지로 기타 품종 역시 우리밀 품종의 Total phenol 함량이 더 높았음
- Flavonoids는 Total phenol 함량이 높았던 조품 1번이 0.61 mg CE/g으로 가장 높았고, 적중 3번, 찰밀 4번이 0.50 mg CE/g으로 나타났음. 수입밀의 경우도 SW 품종인 K가 0.38 mg CE/g으로 높았으나 우리밀 품종에 비하여 낮게 나타남. DPPH RSA는 유기농 우리밀인 19번이 16.1%로 가장 높게 나타났고, W.W인 P가 15.3 %로 나타났음

표 3-1-35. 우리밀 및 수입밀 원맥 기타 품종의 항산화력 분석¹

품종	No.	Total phenol (mg GAE ² /g) ^{***}	Flavonoids (mg CE ³ /g) [*]	DPPH RSA ⁴ (%) ^{***}
적중	3	3.38 ^a	0.50 ^b	10.9 ^{cd}
	13	2.44 ^d	0.30 ^{de}	13.5 ^b
찰밀	4	3.53 ^a	0.50 ^b	9.7 ^d
	14	2.37 ^d	0.25 ^{ef}	7.5 ^e
조품	1	3.40 ^a	0.61 ^a	10.1 ^d
유기농 우리밀	19	3.00 ^b	0.33 ^d	16.1 ^a
SW	C	2.28 ^d	0.20 ^f	12.5 ^{bc}
	K	3.35 ^a	0.38 ^c	11.4 ^{cd}
AH	F	2.60 ^{cd}	0.24 ^{ef}	11.0 ^{cd}
W.W	P	2.83 ^{bc}	0.24 ^{ef}	15.3 ^a

¹ 3번 실험의 평균값

² gallic acid equivalent

³ catechin equivalent

⁴ DPPH radical scavenger assay

abc column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임

*, ***, 시료가 p=0.05, 0.01, 0.001수준에서 유의적인 차이가 있음

- 본 연구의 우리밀과 수입밀 원맥 항산화특성(Total phenol, Flavonoids 함량, DPPH RSA)자료를 주 성분 분석하여 주성분 1(x)과 주성분 2(y) 좌표 상에서의 원맥 품종 및 항산화특성(Total phenol, Flavonoids 함량, DPPH RSA) 위치는 그림 3-1-23에 있음. 주성분 1은 총변동의 59.60%, 주성분 2는 총변동의 33.35% 설명해 줄 수 있음. 주성분 1은 총 페놀과 Flavonoids 함량과 관련 있으며, 주성분 2는 DPPH RSA에 관련 있었음. 즉, 주성분 1이 (+) 방향, 주성분 2가 (+)이면 총 페놀과 Flavonoids함량, DPPH RSA가 높은 경향이 있으며, 주성분 1이 (-) 방향, 주성분 2가 (-) 방향이면 총 페놀과 Flavonoids 함량, DPPH RSA가 낮은 경향이 있음
- 항산화특성(Total phenol, Flavonoids 함량, DPPH RSA)간 상관분석 결과, Total phenol, Flavonoids 함량은 서로 상관(r=0.785)이 높은 반면, 이 두 성분은 DPPH RSA 값과 상관이 매우

낮았음

- 본 실험에 사용된 조경밀의 경우 제 1 주성분 양극단에 위치하여 한 품종 내 Flavonoids 함량의 변이가 크게 존재함을 보여주고 있으며, 금강밀 역시 주성분 1과 2 좌표 상에 넓게 위치하여, 한 품종 내 일관성 있는 항산화 활성을 나타내 주지 못하고 있음. 수입밀의 경우 역시 품종 내 일관성 있는 항산화활성 경향은 발견하지 못하였음
- 다만, 본 실험에 사용된 우리밀 원맥인 유기농 우리밀의 경우 DPPH RSA가 가장 높아 항산화활성이 높았으며, 시료번호 6번 조경밀의 경우 Flavonoids 함량이 가장 높았음. 이러한 장점을 지닌, 일관성 있는 우리밀 제품 생산을 위한 체계인 접근이 필요함

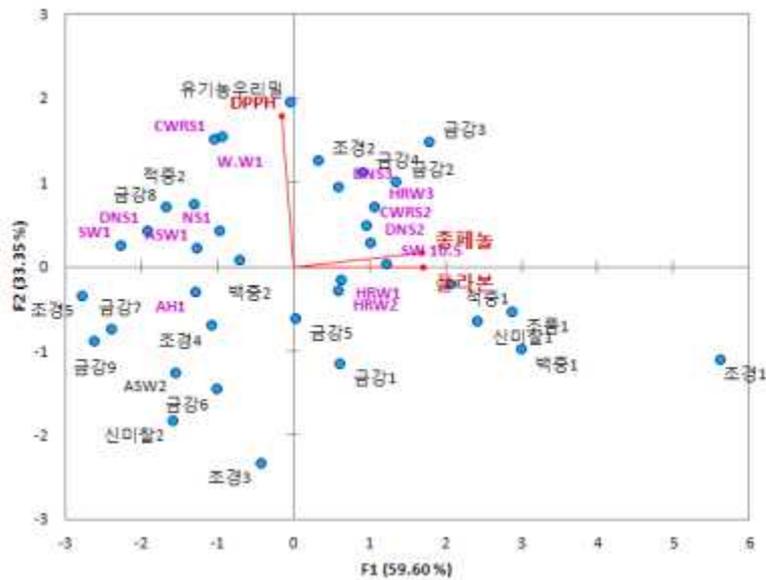


그림 3-1-23. 주성분 1(x)와 주성분 2(y) 좌표 상에서의 품종별 원맥 및 항산화특성(총페놀, Flavonoids, DPPH RSA) 위치

(다) 원곡의 시험제분기에 의한 희분의 수율 분석 결과

- 우리밀 원곡 6 품종 및 수입밀 원곡 8종의 시험제분기에 의한 희분의 수율은 표 3-1-36에 나타냄. 분수율은 57.0-70.9%의 범위로 나타났음. 제분된 각 희분은 분수율 60%에 맞추어 희분을 혼합하여 품종별 밀가루를 제조하였음

표 3-1-36. 우리밀 원곡 6중 및 수입밀 원곡 8종의 시험제분기에 의한 획득의 수율¹⁾

No.	품종	원산지	제분처	제분율 (%)										분수율 (%)	부산물 (%)
				B1	B2	B3	M1	M2	M3	V	말분	맥피			
15	금강	한국	농진청	10.9	6.1	1.8	36.0	13.7	2.8		12.1	16.6	70.9	28.6	
16	조경	한국	농진청	10.7	5.8	1.6	32.4	13.1	2.9		15.8	17.8	65.9	33.3	
20	금강	정읍	CJ	4.7	3.2	2.1	33.3	2.9	6.3	18.6	4.7	24.2	69.1	28.9	
21	금강	광주	CJ	6.7	3.6	1.4	34.4	2.8	7.3	17.2	3.7	22.9	68.7	26.7	
22	금강	합천	CJ	4.8	3.2	1.1	31.1	2.8	7.1	19.6	5.5	24.9	66.3	30.3	
23	조경	합천	CJ	4.1	3.8	1.9	30.4	2.2	7.2	20.4	4.9	25.2	66.0	30.2	
A	NS	미국	농진청	7.4	5.7	2.0	32.5	14.9	3.5		15.7	18.3	66.5	34.2	
B	HRW	미국	농진청	7.1	5.8	2.6	32.9	15.6	3.4		12.9	19.7	70.7	34.2	
F	AH	호주	CJ	3.4	2.9	1.3	34.8	1.6	4.9	23.3	5.0	22.7	68.1	28.4	
G	ASW	호주	CJ	5.9	4.3	1.6	40.4	5.8	2.1	11.1	2.7	26.0	70.8	27.4	
H	CWRS	캐나다	CJ	3.6	2.2	0.3	32.8	1.1	5.7	22.3	4.5	27.4	68.0	30.0	
I	DNS	미국	CJ	4.7	3.9	2.2	42.2	5.5	2.2	12.4	3.6	23.5	70.8	24.7	
J	HRW	미국	CJ	5.1	3.4	1.1	36.1	5.0	3.1	15.1	5.1	26.0	65.4	33.9	
K	SW10.5	미국	CJ	8.5	5.5	1.6	36.2	6.6	2.6	10.9	2.9	25.1	69.5	26.4	
M	CWRS	캐나다	밀다원	6.3	9.5	3.1	33.4	5.2	3.2		24.7	14.6	57.0	36.9	
N	DNS	미국	밀다원	3.9	9.9	3.1	32.1	5.8	3.6		25.8	15.8	57.7	41.1	
P	W.W	미국	밀다원	11.2	13.3	4.7	29.3	4.8	2.7		17.6	16.6	60.6	31.4	

(라) 품종별 밀가루의 이화학적 특성 분석 결과

① 품종별 밀가루의 일반성분 분석

- 품종 별 밀가루(60% 수율로 제분)의 일반성분 및 입도분석을 한 결과는 표 3-1-37에 있음. 우리밀 밀가루가 수입밀 밀가루보다 회분 함량이 다소 높게 나타남. 우리밀 품종의 단백질 함량은 금강 품종이 8.8-11.2%, 조경 품종이 9.7-10.0%였음. 원곡의 일반성분과 마찬가지로(표 3-1-37), 금강밀 간의 단백질 함량 편차가 크게 나타남. 밀가루의 입도는 우리밀보다 수입밀 품종이 더 크게 나타남
- 수입밀 품종은 강력분인 DNS, CWRS 가 각각 12.2-12.7%, 13.7%로 나타났으며, 중력분(다목적용)인 HRW, ASW, AH 가 9.9-10.3%, 8.7%, 10.5%로 나타남. 중, 박력분으로 쓰이는 SW10.5는 단백질 함량이 8.0%로 가장 낮았음. 즉, 수입밀 품종은 단백질 함량 용도별로 분포하는 경향을 보임

표 3-1-37. 품종별 밀가루의 일반성분 및 입도¹

No.	품종	수분 ^{***} (%)	회분 ^{2***} (%)	단백질 ^{2***} (%)	입도(μm) ^{***}
15	금강	12.0 ^{ab}	0.56 ^a	8.8 ^k	25.7 ^f
16	조경	12.4 ^a	0.42 ^{de}	9.7 ⁱ	23.5 ^{gh}
20	금강(정읍)	10.9 ^c	0.42 ^{de}	11.4 ^d	21.9 ^h
21	금강(광주)	10.8 ^{cd}	0.43 ^d	9.3 ^j	25.3 ^{fg}
22	금강(합천)	11.0 ^c	0.42 ^{de}	11.2 ^e	28.0 ^e
23	조경(합천)	10.7 ^{cd}	0.42 ^{de}	10.0 ^h	31.0 ^d
A	DNS	12.2 ^a	0.35 ^{hi}	12.2 ^c	33.9 ^c
B	HRW	12.4 ^a	0.33 ⁱ	9.9 ^h	33.5 ^c
F	AH	11.0 ^c	0.33 ⁱ	10.5 ^f	39.6 ^b
G	ASW	10.3 ^e	0.37 ^{gh}	8.7 ^l	39.4 ^b
H	CWRS	11.7 ^b	0.47 ^c	13.7 ^a	40.1 ^b
I	DNS	10.0 ^e	0.38 ^{fg}	12.7 ^b	55.1 ^a
J	HRW	10.4 ^{de}	0.50 ^b	10.3 ^g	54.7 ^a
K	SW10.5	10.0 ^e	0.40 ^{ef}	8.0 ^m	33.8 ^c

¹ 3번 반복 실험한 평균값

² 건물기준 (dry weight basis)의 회분, 단백질 함량을 밀가루 수분 함량 14%기준으로 보정한 값

abc column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임

*** 시료가 p=0.001수준에서 유의적인 차이가 있음

- 본 실험에 사용된 품종별 수율 60% 밀가루 14점(우리밀 6점, 수입밀 8점)의 수분, 단백질, 회분, 입자크기 자료를 주성분 분석하여 주성분 1(x)과 주성분 2(y) 좌표 상에서의 품종별 밀가루 및 수분, 단백질, 회분, 입자크기 위치는 그림 3-1-24에 있음. 주성분 1은 총변동의 37.69%, 주성분 2는 총변동의 29.59% 설명해 줄 수 있음. 주성분 1은 입자크기(+)와 수분함량(-)이 관련 있으며, 주성분 2는 조단백(+)과 회분함량(-)이 관련 있었음
- 조경은 제빵용 밀로 알려져 있으나 금강밀과 비교해 단백질함량에서 차이를 보이지 않았음. 금강밀의 경우 같은 품종 내 단백질 함량의 차이가 적지 않았음. 제과제빵 업체 등에서 우리밀의 소비확대를 위해서는 먼저 우리밀 품종별 특성규명 및 특성에 맞는 밀 제품의 생산이 필요함

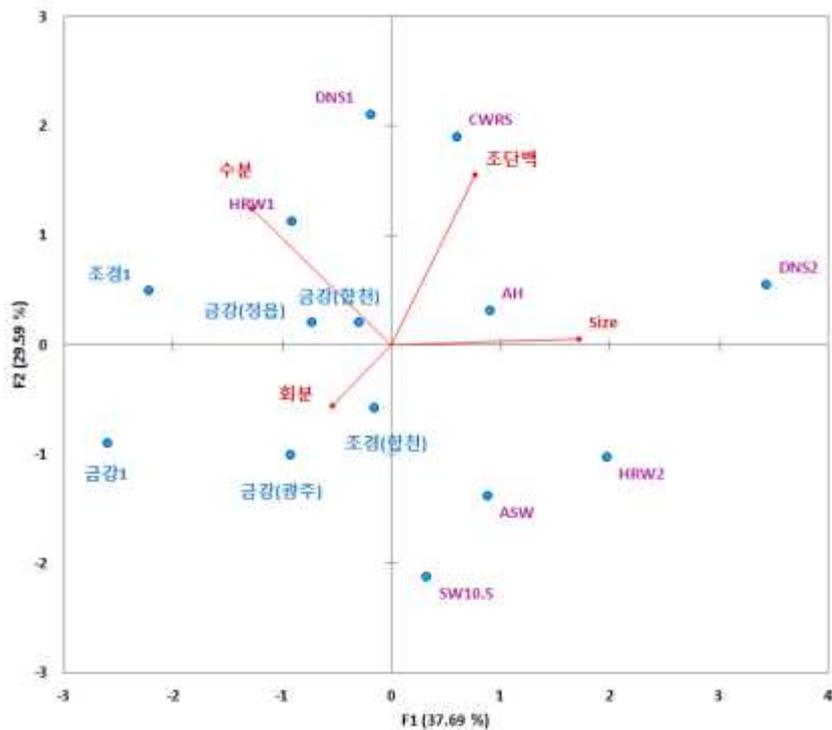


그림 3-1-24. 주성분 1(x)과 주성분 2(y) 좌표 상에서의 품종별 수율 60% 밀가루 및 이화학적 특성(수분, 단백질, 회분, 입자크기)의 위치

② 품종별 밀가루의 항산화 특성 분석

- 품종별 밀가루의 항산화 분석 결과 원곡, bran에 비하여 낮은 값을 보였음. Liyana-Pathirana 등 (2007)에 의하면 밀 항산화능의 경우 bran > shorts > feed flour > whole grain > flour 순으로 감소한다고 하였으며 본 연구 결과도 이와 유사하였음
- Total phenol 함량은 금강 품종인 15, 21번이 2.12 mg GAE/g으로 높았으며 조경 품종인 16번은 2.08 mg GAE/g으로 높았음(표 3-1-38). 수입밀의 경우 HRW 품종인 J가 1.99 mg GAE/g으로 가장 높았으나 우리밀에 비하여 낮았음

- Zilic 등(2012)의 연구 결과, bran층을 제거한 밀가루의 Flavonoids 함량은 미미하다고 하였으며, 본 연구 에서도 Flavonoids 함량이 가장 높은 A가 0.09 mg CE/g 수준으로 낮게 나타났음. 우리밀의 경우 조경 16번, 금강 15번이 각각 0.08 mg CE/g, 0.07 mg CE/g으로 나타났음. 수입밀의 경우 DNS 품종인 A, I가 각각 0.09 mg CE/g, 0.07 mg CE/g으로 다른 품종에 비해 높았음
- DPPH RSA는 금강인 20, 21번이 6.34%, 6.03%로 높게 나타남. 수입밀의 경우는 CWRS 품종인 H가 5.17 mg CE/g으로 가장 높은 값을 나타냄

표 3-1-38. 품종별 밀가루의 항산화 특성 분석¹

No.	원산지	Total phenol (mg GAE ² /g) ^{***}	Flavonoids (mg CE ³ /g) [*]	DPPH RSA ⁴ (%) ^{***}
15	금강	2.12 ^a	0.07 ^{ab}	3.19 ^{def}
16	조경	2.08 ^a	0.08 ^{ab}	3.24 ^{def}
20	금강(정읍)	1.99 ^{ab}	0.05 ^{ab}	6.34 ^a
21	금강(광주)	2.12 ^a	0.03 ^{ab}	6.03 ^{ab}
22	금강(합천)	2.07 ^a	0.04 ^{ab}	1.46 ^g
23	조경(합천)	1.57 ^d	0.07 ^{ab}	2.90 ^{ef}
A	NS	1.88 ^{abc}	0.09 ^a	3.36 ^{def}
B	HRW	1.87 ^{abc}	0.07 ^{ab}	3.60 ^{def}
F	AH	1.64 ^d	0.04 ^{ab}	3.79 ^{de}
G	ASW	1.95 ^{ab}	0.02 ^b	4.43 ^{cd}
H	CWRS	1.68 ^{cd}	0.04 ^{ab}	5.17 ^{bc}
I	DNS	1.80 ^{bcd}	0.07 ^{ab}	2.68 ^{ef}
J	HRW	1.99 ^{ab}	0.06 ^{ab}	4.89 ^c
K	SW10.5	1.80 ^{bcd}	0.06 ^{ab}	2.40 ^f

¹ 3번 실험의 평균값
² gallic acid equivalent
³ catechin equivalent
⁴ DPPH radical scavenger assay
abc column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임
*, *** 시료가 p=0.05, 0.001수준에서 유의적인 차이가 있음

③ 품종별 bran의 항산화 특성 분석

- Vaheer 등(2010), Aprodu, 등(2012)에 따르면 백밀을 만드는 과정에서 제거되는 bran층에 phenolic compounds가 집중되어 있다고 하였음. 또한 Zilic 등(2012)에 의하면 bran은 반죽의 rheology 특성을 변화시키고 수분 흡수율, volume을 저하시키나, 밀 항산화력의 원인이 되는 물질이라고 하였음
- bran의 Total phenol은 금강(22, 20, 21, 15번)이 다른 품종에 비하여 유의적으로(p<0.001) 높게 나타남(표 3-1-39). 수입밀 품종은 ASW가 4.93 mg GAE/g, DNS(I)가 4.83 mg GAE/g으로 높았음
- Zilic 등(2012)은 밀의 Flavonoids의 경우 bran 층에 집중되어 있다고 하였는데 본 연구 결과 bran

이 원곡, 밀가루에 비하여 높은 Flavonoids값을 나타내었음. Total phenol과 마찬가지로 Flavonoids 역시 금강 품종인 21, 22번이 높은 값을 보였음

- Yu 등(2004)의 연구에 따르면 밀 bran 층의 DPPH RSA는 19~26 %의 값을 가진다고 하였음. 본 연구 결과, DPPH 소거능이 가장 좋았던 HRW 품종 J가 26.34 %였으며 그 다음으로 SW 10.5품종인 K가 25.23%로 높게 나타났음

표 3-1-39. 우리밀 및 수입밀 bran의 항산화력 분석¹

품종	No.	Total phenol (mg GAE ² /g) ^{***}	Flavonoid (mg CE ³ /g) ^{***}	DPPH RSA ⁴ (%) ^{***}
금강	15	5.01 ^{cd}	0.47 ^{de}	16.53 ^b
	20	6.06 ^{ab}	0.42 ^{def}	16.54 ^b
	21	5.62 ^{bc}	0.71 ^a	20.48 ^{ab}
	22	6.46 ^a	0.69 ^a	15.08 ^b
조경	16	4.58 ^{cd}	0.46 ^{de}	19.28 ^{ab}
	23	4.45 ^{cd}	0.41 ^{def}	21.37 ^{ab}
HRW	B	4.25 ^d	0.38 ^{ef}	15.74 ^b
	J	4.56 ^{cd}	0.43 ^{def}	22.37 ^{ab}
DNS	A	4.65 ^{cd}	0.43 ^{de}	21.06 ^{ab}
	I	4.83 ^{cd}	0.57 ^{bc}	20.83 ^{ab}
AH	F	4.81 ^{cd}	0.34 ^f	19.68 ^{ab}
ASW	G	4.93 ^{cd}	0.50 ^{cd}	17.53 ^b
CWRS	H	4.57 ^{cd}	0.62 ^b	26.34 ^a
SW 10.5	K	4.57 ^{cd}	0.50 ^{cd}	25.23 ^a

1 3번 실험의 평균값
 2 gallic acid equivalent
 3 catechin equivalent
 4 DPPH radical scavenger assay
 abc column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임
 *, *** 시료가 p=0.05, 0.001수준에서 유의적인 차이가 있음

- 본 실험에 사용된 품종별 밀 14점(우리밀 6점, 수입밀 8점)의 60% 수율 밀가루(F)와 bran(B)의 항산화특성(총 페놀, Flavonoids, DPPH RSA) 자료를 주성분 분석하여 주성분 1(x)과 주성분 2(y) 좌표 상에서의 품종별 밀의 밀가루 및 bran의 항산화특성(총 페놀, Flavonoids, DPPH RSA) 위치는 그림 3-1-25에 있음. 밀가루와 bran의 총 페놀 함량의 상관계수는 r=0.556이었으며, bran에 있는 Flavonoids 함량과 밀가루의 DPPH RSA와의 상관계수 r=0.595 인점을 제외하고는 항산화활성 특성들 간의 관련은 미미하였음

- 주성분 1은 총변동의 45.20%, 주성분 2는 총변동의 24.43% 설명해 줄 수 있음. 주성분 1은 밀가루의 총페놀 함량, DPPH RSA, bran의 총 페놀함량과 Flavonoids와 관련이 있었으며, 주성분 2는 bran의 DPPH RSA와 연관이 있었음. 총 페놀함량은 수입밀 품종보다는 우리밀 품종인 15번 금강, 16번

조경, 21번 금강에서 비교적 높은 경향이 있었음

- 우리밀의 장점을 찾기 위한 노력의 일환으로 수입밀 품종 대비 우리밀 품종의 항산화 활성과 관련된 flavonol aglycones(myricetin, quercetin, kaemferol, isorhamnetin) 함량 분석

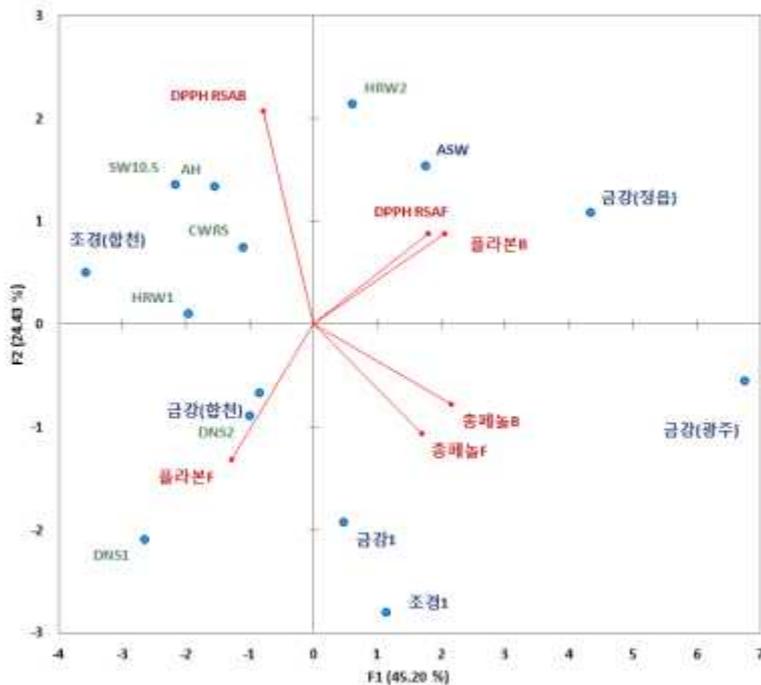


그림 3-1-25 주성분 1(x)와 주성분 2(y) 좌표상에서의 품종별 수율 60% 밀가루(F)와 bran(B)의 항산화활성(총페놀, Flavonoids, DPPH RSA)의 위치

(마) 품종별 밀가루의 가공특성 분석 결과

① SRC 및 전분손상도

- 품종별 밀가루의 SRC 및 전분손상도 분석한 결과, HRW, DNS의 SRC특성이 다소 높게 나타났음. 전분손상도는 DNS(#A), HRW, 조경(#16)가 높았으며, SW 10.5가 가장 낮게 나타남(표 3-1-40). 전분손상도는 SRC로 밀가루의 전분손상도를 예측하는 실험인 SCSRC와 비슷한 양상을 보였음
- 같은 DNS(A, I), HRW(B, J) 품종의 SRC 특성은 품종 내에서 편차가 크지 않았으나, 우리밀 품종인 금강(#15, 20, 21, 22)는 다소 편차가 크게 나타남. 밀가루의 전반적인 수분 흡수능력인 WRC와 밀가루 반죽의 gluten 형성과 관련 있는 LASRC는 강력분인 DNS가 가장 높은 수치를 보였음. 박력분인 SW 10.5는 연질밀의 water SRC(적립계<51%, 백립계<58% 이하) 품질 기준을 만족시키고 있었으며 LASRC는 가장 낮았음. 우리밀 중 21번 금강(광주)의 경우, 박력분과 같은 특성을 지니고 있었음

표 3-1-40. 품종별 밀가루의 SRC 및 전분손상도 분석¹

No.	원산지	SRC(%)				전분손상도(%) ^{***}
		WRC ^{***}	SCSRC ^{***}	SuSRC ^{***}	LASRC ^{***}	
15	금강	58.1 ^e	70.3 ^h	87.2 ^{de}	95.6 ^f	6.13 ^{abc}
16	조경	58.2 ^e	74.0 ^{fg}	91.8 ^c	101.1 ^e	6.51 ^{ab}
20	금강(정읍)	61.6 ^c	76.1 ^{ef}	90.1 ^{cd}	101.5 ^e	6.09 ^{abc}
21	금강(광주)	53.4 ^f	62.1 ^j	79.9 ^g	88.8 ^g	5.31 ^d
22	금강(합천)	62.1 ^c	77.1 ^{ef}	91.8 ^c	102.3 ^e	6.18 ^{abc}
23	조경(합천)	53.6 ^f	66.1 ⁱ	82.5 ^f	97.2 ^f	5.54 ^{cd}
A	DNS	65.9 ^a	93.8 ^a	106.2 ^a	123.6 ^a	6.84 ^a
B	HRW	62.2 ^c	89.1 ^b	99.6 ^b	114.2 ^b	6.52 ^{ab}
F	AH	60.1 ^d	85.5 ^c	90.0 ^{cd}	108.3 ^d	6.28 ^{abc}
G	ASW	57.6 ^e	71.2 ^{gh}	85.0 ^e	95.3 ^f	5.63 ^{cd}
H	CWRS	61.7 ^c	82.7 ^{cd}	91.7 ^c	107.7 ^d	5.98 ^{bcd}
I	DNS	63.5 ^b	81.7 ^d	91.2 ^c	111.2 ^c	5.65 ^{cd}
J	HRW	61.3 ^c	78.6 ^e	89.2 ^{cd}	102.6 ^e	6.02 ^{bcd}
K	SW10.5	48.2 ^g	57.3 ^k	75.5 ^h	74.9 ^h	4.75 ^e

¹ 3번 실험의 평균값

abc column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임

*** 시료가 p=0.05, 0.001수준에서 유의적인 차이가 있음

- 품종별 밀가루의 SRC 및 전분손상도 자료를 주성분 분석한 결과 주성분 1과 주성분 2의 좌표 상에서의 품종별 시료 및 SRC와 전분손상도의 위치는 그림 3-1-26에 있음. 주성분 1은 총변동의 91.53%를 설명할 수 있으며, 4개의 SRC 특성 및 전분 손상도는 주성분 1과 (+) 관련이 있으며, SRC특성 간 상관계수는 최저 r=0.80~r=0.965로 매우 높은 상관이 있었으며, 전분손상도와 SRC 특성 역시 r=0.805(WRC)~r=0.905(SuSrc)범위로 상관이 매우 높았음
- 수입밀 품종들은 주성분 1좌표 + 높은 값은 강력분밀 품종, (-) 높은 값은 박력분이 위치하였음에 반해 우리밀 품종은 조경과 금강 품종 간 명확한 구분은 없었음

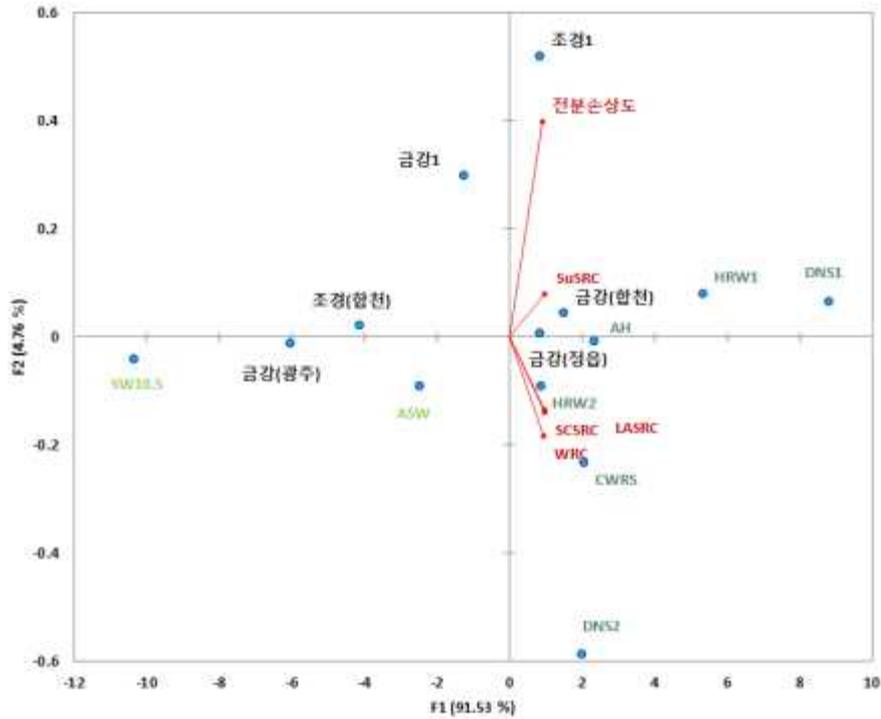


그림 3-1-26. 주성분 1(x)와 주성분 2(y) 좌표상에서의 품종별 밀가루의 SRC 특성 및 빵의 비용적 위치

② RVA에 의한 품종별 밀가루의 pasting 특성

- 품종별 밀가루의 RVA 특성(표 3-1-41) 분석 결과, ASW의 최고점도가 가장 높았으며, 조경(#16)이 가장 낮았음. 노화현상과 관련 있는 setback은 수입밀 품종에서는 박력분인 SW 10.5가 73.8RVU로 가장 높았으며, 강력분인 DNS, CWRS가 낮게 나타남. 우리밀 품종들은 수입밀에 비해 RVA 특성 중에서 setback이 다소 높았으며, 이 중 금강(21)이 83.2 RVU로 가장 높았음. 이를 통해 우리밀이 수입밀에 비해 노화가 더 잘될 것이라 유추할 수 있음

표 3-1-41. 품종별 밀가루의 RVA 특성¹

No.	품종	Peak Viscosity (RVU) ^{***}	Trough (RVU) ^{***}	Break-down (RVU) ^{***}	Final Viscosity (RVU) ^{***}	Setback (RVU) ^{***}	Peak time (min) ^{***}	Pasting Temp (°C) ^{***}
15	금강	106.5 ^{de}	83.3 ^b	23.2 ^g	159.3 ^b	75.9 ^b	6.16 ^a	65.3 ^b
16	조경	96.4 ^h	67.2 ^h	29.2 ^f	135.9 ^f	68.7 ^{cd}	5.85 ^c	66.0 ^{ab}
20	금강	108.0 ^d	74.3 ^{de}	33.7 ^e	146.4 ^{de}	72.1 ^{bc}	5.91 ^c	66.1 ^{ab}
21	금강	114.9 ^c	88.2 ^a	26.7 ^f	171.4 ^a	83.2 ^a	6.18 ^a	65.7 ^b
22	금강	103.3 ^{efg}	69.7 ^{fgh}	33.6 ^e	136.4 ^f	66.8 ^d	6.00 ^{bc}	66.1 ^{ab}
23	조경	102.7 ^{fg}	72.6 ^{ef}	30.1 ^f	146.4 ^{de}	73.9 ^{bc}	5.87 ^c	66.2 ^{ab}
A	DNS	106.1 ^{de}	67.6 ^h	38.5 ^d	129.3 ^g	61.7 ^e	5.93 ^{bc}	66.0 ^{ab}
B	HRW	107.7 ^d	77.9 ^c	29.8 ^f	149.5 ^{cd}	71.6 ^{bc}	6.00 ^{bc}	67.2 ^a
F	AH	129.1 ^b	78.4 ^c	50.7 ^b	143.0 ^e	64.6 ^{de}	6.00 ^{bc}	65.1 ^b
G	ASW	132.5 ^a	71.4 ^{efg}	61.2 ^a	137.9 ^f	66.6 ^d	5.87 ^c	65.2 ^b
H	CWRS	103.5 ^{efg}	69.3 ^{gh}	34.2 ^e	130.6 ^g	61.3 ^e	5.95 ^{bc}	65.2 ^b
I	DNS	130.4 ^{ab}	83.9 ^b	46.6 ^c	150.3 ^c	66.5 ^d	6.09 ^{ab}	66.3 ^{ab}
J	HRW	105.3 ^{def}	75.5 ^d	29.8 ^f	147.9 ^{cd}	72.4 ^{bc}	5.87 ^c	66.0 ^{ab}
K	SW10.5	101.0 ^g	71.9 ^{efg}	29.1 ^f	145.6 ^{de}	73.8 ^{bc}	5.87 ^c	66.3 ^{ab}

¹ 3번 실험의 평균값
^{abc} column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임
^{***} 시료가 p=0.001수준에서 유의적인 차이가 있음

- 품종별 밀가루의 RVA특성 자료를 주성분 분석한 결과 주성분 1과 주성분 2 좌표 상에서의 품종별 시료 및 RVA특성 위치는 그림 3-1-27에 있음. 주성분 1은 총변동의 47.70%를 설명할 수 있으며, 주성분 2는 32.90%를 설명할 수 있음. 주성분 1은 Trough, Final viscosity, Setback, Peak temperature와 (+)연관이 있으며, 주성분 2는 Peak viscosity 와 Breakdown 과 (+) 연관 있었음
- 금강 시료의 경우 일관성 있는 RVA 특성경향은 찾아볼 수 없었으나 조경의 경우 Breakdown 및 Peak viscosity가 낮은 경향이 있었음

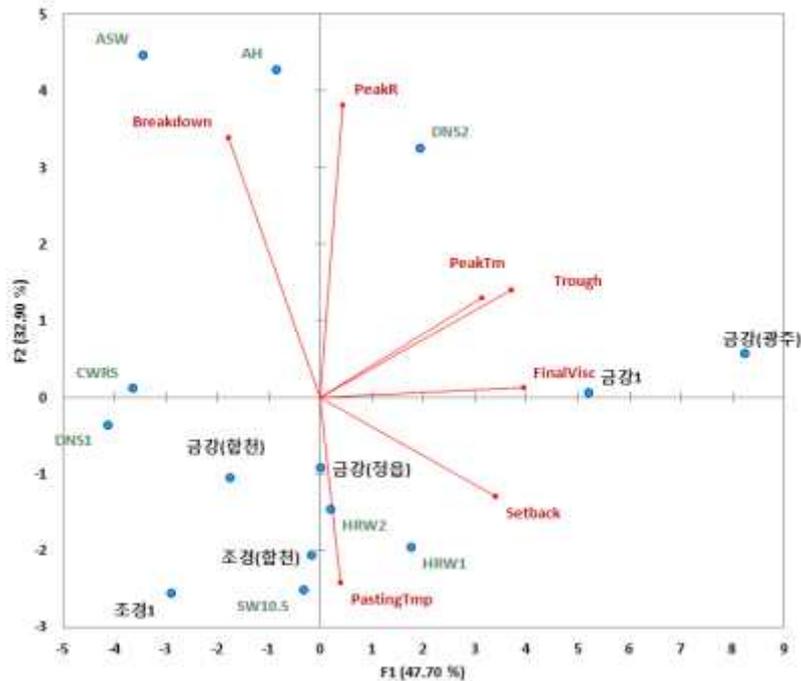


그림 3-1-27. 주성분 1(x)와 주성분 2(y) 좌표 상에서의 품종별 밀가루 및 RVA 특성의 위치

③ 품종별 밀가루의 반죽의 farinograph 특성 및 TA에 의한 반죽 신장성

- 동일 품종(금강-시료번호 15, 20, 21, 22, 조정-시료번호 16, 23, HRW-시료번호 B, J, DNS-시료번호 A, I) 간에 유의적인 차이는 없었음
- 수분 흡수량은 CWRS 품종인 H가 67.9 %로 가장 높았음(표 3-1-42). 이는 H의 단백질 함량이 13.7%(표 1-37)로 가장 높은 것과 관련 있는 것으로 Singh(2011)에 의하면 단백질 함량이 높을수록 밀가루 반죽의 수분 흡수율이 높다고 하였음. 금강밀의 경우는 20번 금강(정읍)이 63.7%의 높은 수분 흡수율을 보였으며 이 시료의 단백질 함량은 11.4%로 높았음
- Roberts 등(2012)에 의하면 안정도는 밀가루의 제빵적성과 관련된 것으로 안정도가 높을수록 반죽의 내구력이 높아 제빵적성도 높다고 하였음. 우리밀은 조정 품종인 16번과 23번이 높은 안정도를 보였으며, 수입밀은 DNS 품종인 A, I의 안정도가 높았음. 안정도가 높은 이 시료들은 SOD 값이 낮아 안정도가 높을수록 SOD값이 낮다고 한 Kim(2011)의 결과와 유사하였음
- 품종별 밀가루 반죽의 저항도의 경우, 21번 금강 품종이 106.5g으로 높은 값을 나타내었고 수입밀인 HRW 품종 J가 86.3g으로 높게 나타남. 신장성은 수입밀인 DNS 품종(시료번호 A, I)이 높게 나타났으며 우리밀 조정(시료번호 22)도 높은 값을 보였음

표 3-1-42. 품종별 밀가루의 반죽 특성, 반죽의 저항도¹ 및 신장성¹

		Farinograph				Resistance *** (g)	Extensibility ** (mm)
		WA ^{2***} (%)	Peak time ^{3***} (min)	Stability ^{4***} (min)	SOD ₂₀ ^{5**} (F.U.)		
15	금강	54.7	2.00	3.9	75	77.7 ^{cd}	-21.9 ^b
16	조경	54.5	2.25	18.8	40	69.8 ^e	-32.5 ^d
20	금강	63.7	4.90	6.2	97	71.2 ^{de}	-31.3 ^d
21	금강	60.6	1.50	12.1	42	106.5 ^a	-19.1 ^{ab}
22	금강	65.6	5.50	7.4	70	70.0 ^e	-32.1 ^d
23	조경	59.7	9.70	15.9	0	67.8 ^e	-34.8 ^{def}
A	NS	59.6	5.25	25.2	20	72.2 ^{de}	-38.1 ^f
B	HRW	56.5	1.90	6.5	75	66.9 ^e	-32.5 ^d
F	AH	60.5	5.80	12.8	43	68.2 ^e	-33.7 ^{de}
G	ASW	56.1	5.90	11.2	54	82.0 ^{bc}	-19.7 ^{ab}
H	CWRS	67.9	7.20	9.8	58	54.0 ^f	-44.4 ^g
I	DNS	62.9	9.20	14.6	0	84.1 ^{bc}	-36.5 ^{ef}
J	HRW	60.5	6.80	14.0	76	86.3 ^b	-27.3 ^c
K	SW10.5	55.3	1.50	5.8	8.1	65.9 ^e	-16.4 ^a

¹ 16번 반복 실험한 평균값

² WA(Water Absorption): 수분 흡수량.

³ peak time: 반죽의 점도가 최고점에 이르는 시간.

⁴ stability: arrival time으로부터 departure time까지의 curve.

⁵ SOD₂₀(Softening of dough at 20min): diagram이 감소할 때, 20분 후 500 F.U. 부터 diagram 가운데 사이의 F.U.값

abc column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임

*** 시료간 p=0.001수준에서 유의적인 차이가 있음

- 품종별 밀가루의 Farinograph 반죽 특성 및 TA에 의한 반죽 신장성 자료를 주성분 분석한 결과 주 성분 1과 주 성분 2 좌표 상에서의 품종별 시료 및 Farinograph 반죽 특성 및 TA에 의한 반죽 신장성 위치는 그림 3-1-28에 있음. 주성분 1은 총변동의 41.73%, 주성분 2는 26.36% 설명하였음. 주 성분 1은 water absorption(WA), peak time(PeakTmF)와 (-), TA의 extensibility와는 (+) 상관관계를 보였으며, 주성분 2는 stability와 (-), stability of dough at 20 min(SOD20)와 (+) 상관관계가 있었음
- 수분흡수율(WA)은 신장성(extensibility)과 상관이 비교적 높았음($r=-0.60$)
- 금강 시료 내 반죽물성의 일관성 있는 경향은 없었음. 시료번호 15번(금강1), 21번(금강광주)의 경우 박력분 수입밀 품종과 유사한 경향을 보인 반면 22번 금강(합천)의 경우 강력분과 유사한 수분 흡수율을 보였음. 제빵밀 수입밀인 두 점의 DNS시료는 서로 근거리에서 위치하여 비슷한 물성을 나타냈으며, 23번 조정(합천)의 경우 제빵밀 수입밀 DNS와 비슷한 반죽 안정성을 보였음
- 국내 주요 품종인 금강 내 커다란 물성 변이는 일정한 품질을 원하는 수요처의 외면을 받을 요인이 될 수 있으므로 우리밀 생산 및 소비확대를 위해서는 밀을 필요로 하는 수요처에서 기대하는 품종별 일관성 있는 물성이 될 수 있도록 생산단계 혹은 수확 후 관리 단계부터 품질 관리가 필요함

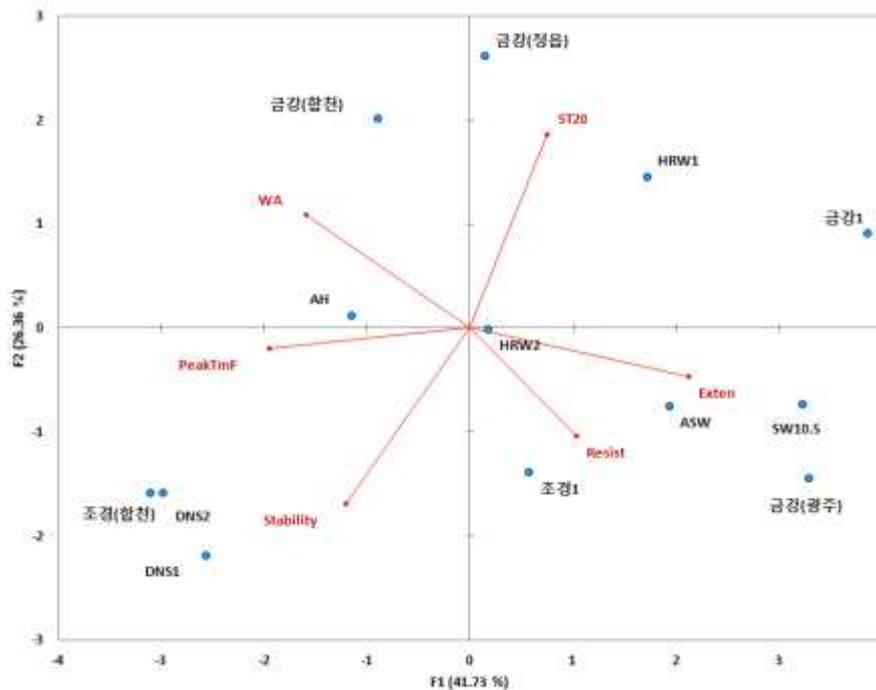


그림 3-1-28. 주성분 1(x)와 주성분 2(y) 좌표 상에서의 품종별 밀가루 및 반죽의 Farinograph 특성 및 TA에 의한 반죽 신장성

(바) 밀 품종과 특성 간의 관계

○ 품종별 밀의 이화학 특성자료를 요약하기 위해 주성분 분석한 결과, 주성분 1(x)과 2(y) 좌표 상에서의 국내외산 밀 품종 및 이화학 특성위치는 그림 3-1-29에 있음. 주성분 1은 총변동의 27.45%, 주성분 2는 총변동의 18.58%를 설명. 제1주성분은 색도 b값, 기하학적 특성의 면적, 장축길이, 단축 길이, 반죽의 신장성과 (-) 상관성이 있으며, 원곡 및 밀가루의 조단백질 함량, 장단축비, 원형도, SRC 특성과 (+) 상관성이 있었음. 제 2 주성분은 백도와 RVA breakdown과 (-) 상관성이 있으며, 수분, 산물밀도와 (+) 상관성이 있었음

- 즉, 제 1 주성분 (+)에 위치한 NS, DNS, HRW1, CWRS은 원맥 및 수율 60% 밀가루의 단백질 함량, SRC, 원곡의 원형도가 높은 특성이 있었음. 반면 주성분 (-)에 위치한 금강(광주), 금강1 시료는 원맥 및 수율 60% 밀가루의 단백질 함량, SRC, 원곡의 원형도가 낮은 시료였음

- 제 2 주성분(+)에 위치한 조경1, 조경(합천), 금강(합천), 금강(정읍)은 수분함량이 높고 산물밀도 높은 시료였으며, 제 2 주성분(-)에 위치한 박력분 SW10.5, ASW는 백도가 높고 반죽의 신장성이 높은 시료였음

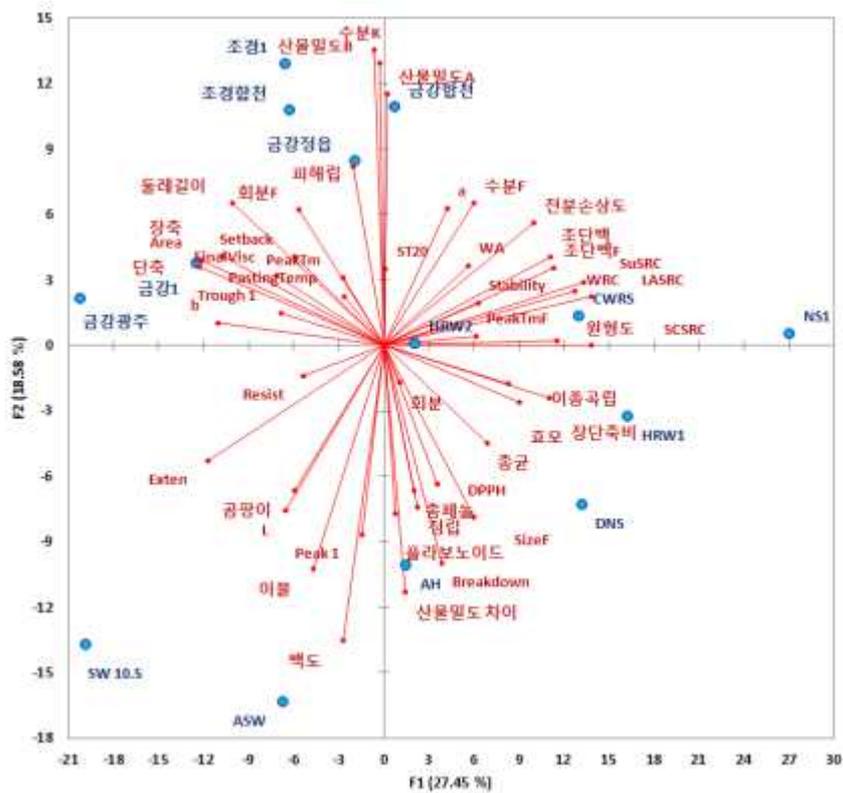


그림3-1-29. 주성분 1과 주성분 2 좌표 상에서의 국내외산 밀 품종 및 이화학 특성 위치

(사) 품종별 밀가루로 제조한 식빵의 특성

① 식빵의 제빵 특성 분석 결과

- 품종별 밀가루로 제조한 식빵의 부피 및 비용적 분석 결과(표 3-1-43), 수입밀 품종에서는 강력분인 DNS, CWRS 로 제조한 식빵의 부피 및 비용적이 가장 높았음. 수입밀 품종에서는 비교적 식빵의 부피 및 비용적이 일관성 있게 달라짐(강력분>중력분>박력분)
- 우리밀 품종으로 만든 식빵은 제빵에 적합한 조경 품종으로 만든 식빵의 부피가 가장 클 것으로 기대했으나 금강 #15를 제외한 금강 3품종, 조경 2품종의 부피, 비용적이 유의적인 차이를 나타내지 않았음. 따라서 우리밀의 품종별 용도를 정확하게 재 규명할 필요가 있다고 판단됨
- 품종별 밀가루로 제조한 식빵의 Texture analyzer에 의한 텍스처 특성(경도, 부착성, 탄력성, 응집성, 씹힘성) 분석 결과(표 3-1-44), 수입밀 품종 중 강력분인 DNS, CWRS 의 경도가 낮고 박력분인 SW 10.5의 경도는 높게 나타났으나 유의적인 차이가 나타나지 않았음. 금강(#22)를 제외한 우리밀 품종으로 제조한 식빵의 경우 수입밀로 제조한 것보다 경도가 낮았으나 유의적인 차이는 없었음

표 3-1-43. 품종별 밀가루로 제조한 식빵의 부피, 무게 및 비용적¹

No.	품종	Volume (ml) ^{***}	Weigh (g)	Specific volume (ml/g) ^{***}
15	금강	1731 ^b	445	3.89 ^d
16	조경	1894 ^{ab}	445	4.26 ^{abcd}
20	금강	1945 ^{ab}	440	4.43 ^{abcd}
21	금강	1943 ^{ab}	444	4.38 ^{abcd}
22	금강	1862 ^{ab}	439	4.24 ^{abcd}
23	조경	1943 ^{ab}	441	4.41 ^{abcd}
A	DNS	2082 ^a	435	4.79 ^a
B	HRW	1922 ^{ab}	441	4.36 ^{abcd}
F	AH	1870 ^{ab}	442	4.23 ^{abcd}
G	ASW	1764 ^b	445	3.97 ^{cd}
H	CWRS	2062 ^a	441	4.67 ^{ab}
I	DNS	2012 ^a	443	4.54 ^{abc}
J	HRW	1907 ^{ab}	444	4.30 ^{abcd}
K	SW10.5	1849 ^{ab}	450	4.12 ^{bcd}

¹ 3번 실험의 평균값

abc column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임

*** 시료가 p=0.001수준에서 유의적인 차이가 있음

표 3-1-44. 품종별 밀가루로 제조한 식빵의 TPA 특성¹

No.	품종	TPA 특성				
		Hardness	Adhesiveness	Springness	Cohesiveness	Chewiness
15	금강	124	-0.22	1.05	0.76	98
16	조경	118	-0.22	1.28	0.83	122
20	금강	209	-0.29	1.22	0.80	191
21	금강	114	-0.31	1.04	0.77	91
22	금강	256	-0.11	1.10	0.78	202
23	조경	156	-0.06	1.20	0.81	142
A	NS	114	-0.11	1.17	0.83	110
B	HRW	171	-0.14	1.10	0.81	150
F	AH	208	-0.23	1.27	0.82	188
G	ASW	194	-0.24	1.15	0.80	173
H	CWRS	170	-0.09	1.10	0.80	147
I	DNS	179	-0.17	1.19	0.81	159
J	HRW	203	-0.14	1.18	0.78	173
K	SW10.5	253	-0.16	1.13	0.78	217

¹ 3번 실험의 평균값

② 품종별 밀가루로 제조한 식빵의 소비자 기호도

- 이스트 식빵의 소비자 기호도 결과(표 3-1-45) 전반적인 기호도는 blind test 시 조경밀(#16)으로 만든 식빵이 수입밀인 NS(#A), HRW(#B)로 만든 식빵과 같은 수준이었음. Blind test가 끝난 후 소비자들에게 평가하였던 시료에 대해 정보를 알려준 후, 기호도를 다시 평가하게 하였을 때 전반적인 기호도 또한 조경밀로 만든 식빵이 가장 높았으며, NS, HRW 로 만든 식빵과 같은 수준으로 나타남. 또한 향, 외관, 맛 및 조직감도 조경밀이 NS, HRW와 같은 수준으로 나타남
- 지불의향가격 또한 소비자 기호도 결과와 같이 조경밀과 NS, HRW가 가장 높았음(표 3-1-46). 소비자들은 시료에 대한 정보 인지 후, 우리밀 식빵에 대해서는 지불의향가격이 다소 높아진 반면, 수입밀로 만든 시료에 대해서는 전반적인 기호도 및 지불의향가격이 낮게 평가하였음. 즉, 소비자들은 식빵이 우리밀로 만들었다는 정보를 안 후에 더 지불할 의향이 있었음
- 소비자의 식빵 구입의향 또한 조경(#16), NS(#A), HRW(#B)가 구입하겠다 라고 답한 소비자의 비율이 높은 것으로 나타났음. 이는 제품에 대한 기호도의 평가 경향 및 제품에 대한 정보 인지에 따른 평가 결과 경향과 일맥상통함을 알 수 있음

표 3-1-45. 품종별 밀가루로 제조한 이스트 식빵의 소비자 기호도 결과¹

	Blind Test						정보 인지 후					
	향 ^{***}	외관 ^{***}	맛 ^{***}	조식감 ^{***}	전반적 ^{***}	향 ^{***}	외관 ^{***}	맛 ^{***}	조식감 ^{***}	전반적 ^{***}		
15	5.69 ^{bc}	5.99 ^{bc}	5.09 ^{de}	5.68 ^b	5.23 ^{bc}	5.94 ^{bc}	6.21 ^{bcd}	5.16 ^{cd}	5.98 ^b	5.41 ^c		
16	6.41 ^a	6.72 ^a	6.39 ^{ab}	6.46 ^a	6.51 ^a	7.09 ^a	7.30 ^a	7.05 ^a	7.04 ^a	7.08 ^a		
20	5.13 ^c	5.12 ^c	4.39 ^f	3.68 ^f	4.18 ^e	5.44 ^c	5.32 ^e	4.48 ^d	3.64 ^f	4.17 ^d		
21	5.43 ^{bc}	5.74 ^{cde}	4.75 ^{ef}	4.48 ^{de}	4.59 ^{de}	5.63 ^c	5.87 ^{cde}	4.78 ^d	4.64 ^{de}	4.72 ^{cd}		
22	6.06 ^{ab}	5.98 ^{bc}	5.94 ^{bc}	5.48 ^{bc}	5.82 ^b	6.53 ^{ab}	6.59 ^b	6.30 ^b	5.99 ^b	6.23 ^b		
23	5.67 ^{bc}	5.97 ^{bc}	5.31 ^{cde}	4.84 ^{cd}	5.18 ^{bc}	6.16 ^{bc}	6.35 ^{bc}	5.68 ^c	5.09 ^{cd}	5.41 ^c		
A	6.49 ^a	6.79 ^a	6.77 ^a	6.61 ^a	6.72 ^a	6.80 ^a	7.23 ^a	7.11 ^a	7.06 ^a	7.10 ^a		
B	6.36 ^a	6.39 ^{ab}	6.56 ^a	6.43 ^a	6.58 ^a	6.77 ^a	6.69 ^b	6.94 ^a	6.72 ^a	6.70 ^{ab}		
F	5.48 ^{bc}	5.57 ^{cde}	5.21 ^{de}	4.25 ^{ef}	4.86 ^{cd}	5.52 ^c	5.64 ^{de}	5.18 ^{cd}	4.33 ^{ef}	4.80 ^{cd}		
G	5.46 ^{bc}	5.18 ^{de}	4.92 ^{def}	3.96 ^{ef}	4.53 ^{de}	5.57 ^c	5.29 ^e	4.77 ^d	3.77 ^f	4.40 ^d		
H	5.74 ^{bc}	5.57 ^{cde}	5.60 ^{cd}	5.34 ^{bc}	5.53 ^b	5.85 ^{bc}	5.82 ^{cde}	5.55 ^c	5.27 ^{bcd}	5.28 ^c		
I	5.63 ^{bc}	5.76 ^{cd}	5.51 ^{cd}	5.39 ^{bc}	5.51 ^b	5.93 ^{bc}	6.00 ^{cd}	5.59 ^c	5.44 ^{bc}	5.41 ^c		
J	5.84 ^{abc}	5.71 ^{cde}	5.44 ^{cde}	4.94 ^{cd}	5.48 ^b	6.09 ^{bc}	5.91 ^{cde}	5.64 ^c	5.17 ^{cd}	5.46 ^c		
K	5.60 ^{bc}	5.19 ^{de}	4.99 ^{def}	3.83 ^f	4.55 ^{de}	5.67 ^c	5.63 ^{de}	5.05 ^{cd}	4.09 ^{ef}	4.60 ^d		

¹ 소비자가 105명의 평균값; 1=대단히 싫어한다 9=대단히 좋아한다

abc column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임

*** 시료간 p=0.05, 0.01, 0.001수준에서 유의적인 차이가 있음

표 3-1-46. 품종별 밀가루로 제조한 이스트 식빵에 대한 구입 의향¹

		Blind Test		정보 인지 후	
		구입 의향	지불 의향가격*** (원/pkg)	구입 의향	지불 의향가격*** (원/pkg)
15	금강	28.4%	2471 ^{cde}	31.4%	2852 ^{bc}
16	조경	64.0%	2908 ^a	72.0%	3331 ^a
20	금강	12.7%	2118 ^f	13.7%	2496 ^{de}
21	금강	19.6%	2260 ^{def}	22.5%	2693 ^{cd}
22	금강	38.0%	2696 ^{abc}	48.0%	3077 ^b
23	조경	28.0%	2606 ^{bc}	34.0%	2963 ^{bc}
A	NS	66.7%	2839 ^{ab}	70.6%	2725 ^{cd}
B	HRW	64.7%	2873 ^a	62.7%	2718 ^{cd}
F	AH	18.6%	2240 ^{ef}	22.5%	2214 ^{ef}
G	ASW	17.6%	2186 ^f	16.7%	2173 ^f
H	CWRS	33.0%	2542 ^{cd}	33.0%	2417 ^{ef}
I	DNS	42.2%	2523 ^{cde}	47.1%	2391 ^{ef}
J	HRW	27.0%	2506 ^{cde}	26.0%	2406 ^{ef}
K	SW10.5	17.0%	2275 ^{def}	17.0%	2218 ^{ef}

^{abc} column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임

^{***} 시료가 p=0.05, 0.01, 0.001수준에서 유의적인 차이가 있음

- 소비자들이 생각하는 이상적인 특성에 비교한 밀 품종별 제빵 특성은 그림 3-1-30에 있음. 소비자 들은 평가한 품종별 식빵보다 기공균일성, 밀크향미, 버터향미, 촉촉함성, 부드러움성이 크고, 이스트 향미가 낮은 제품을 원하고 있음. 본 실험에서 평가된 시료중 소비자들이 생각하는 이상적인 특성에 가장 가까운 시료는 NS, 우리밀 시료로는 조경이었음

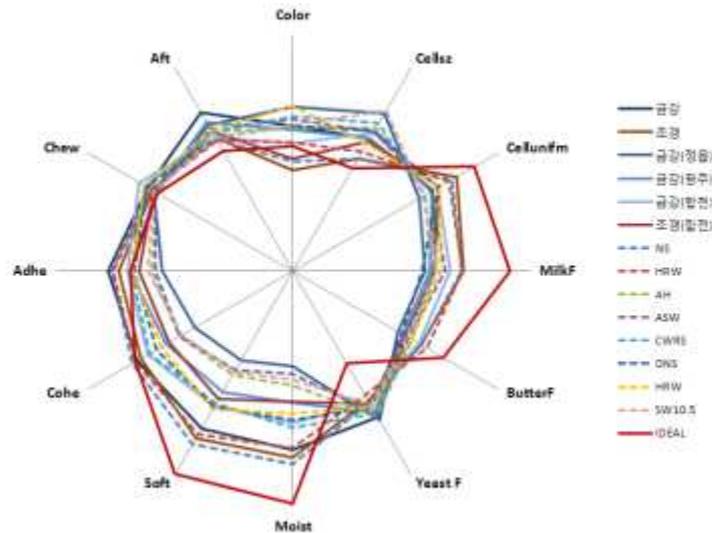


그림 3-1-30 이상적인 특성에 비교한 밀 품종별 식빵의 특성

- 전반적으로 소비자들은 밀의 원산지 정보인지 후, 수입밀식빵에 비해 우리밀 식빵에 대한 향, 외관, 맛, 조직감 및 전반적인 기호도가 증가하였음(그림 3-1-31). 특히 조경밀로 제조한, 기호도가 높은 우리밀 식빵의 경우 더 높은 점수를 주는 경향이 있었음

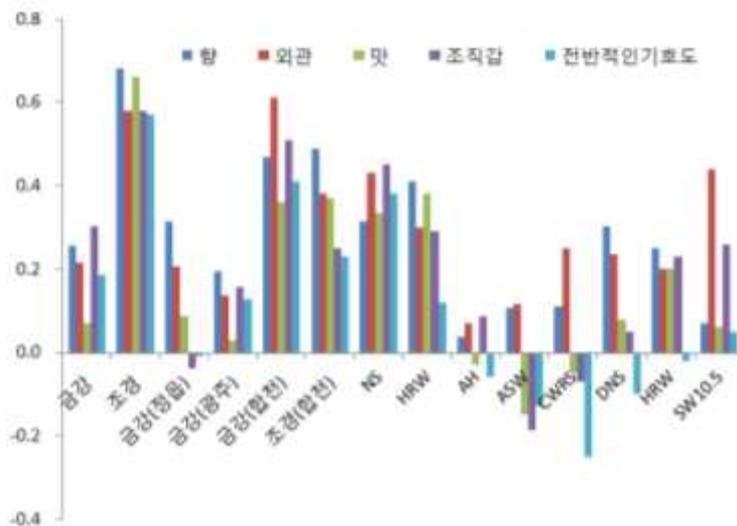


그림 3-1-31. 원산지정보 인지 전과 후 향, 외관, 맛, 조직감, 전반적인 기호도의 차이(인지 후-인지 전)

- 전반적으로 소비자들은 밀의 원산지 정보인지 후, 수입밀 식빵에 비해 우리밀 식빵에 대한 향, 외관, 맛, 조직감 및 전반적인 기호도가 증가하였음(그림 3-1-32). 특히 조경밀로 제조한, 기호도가 높은 우리밀 식빵의 경우 기호도가 비슷한 수입밀인 NS, HRW로 만든 식빵보다 지불의향가격이 높았음

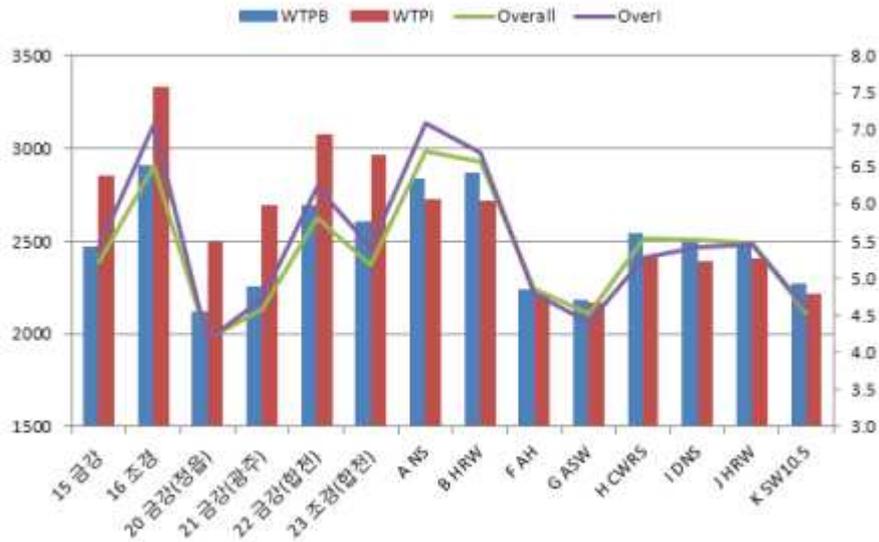


그림 3-1-32. 원산지정보 인지 전과 후, 지불의향가격과 기호도

- 전반적으로 소비자들은 밀의 원산지 정보인지 후, 수입밀 식빵에 비해 우리밀 식빵에 대한 구입의향 증가가 높은 경향이 있었음(그림 3-1-33). 특히 blind test시 기호도가 나주 낮았던 시료를 제외하고는 중간정도의 기호도를 지닌 제품의 경우 구입의향이 증가하는 경향이 있었음

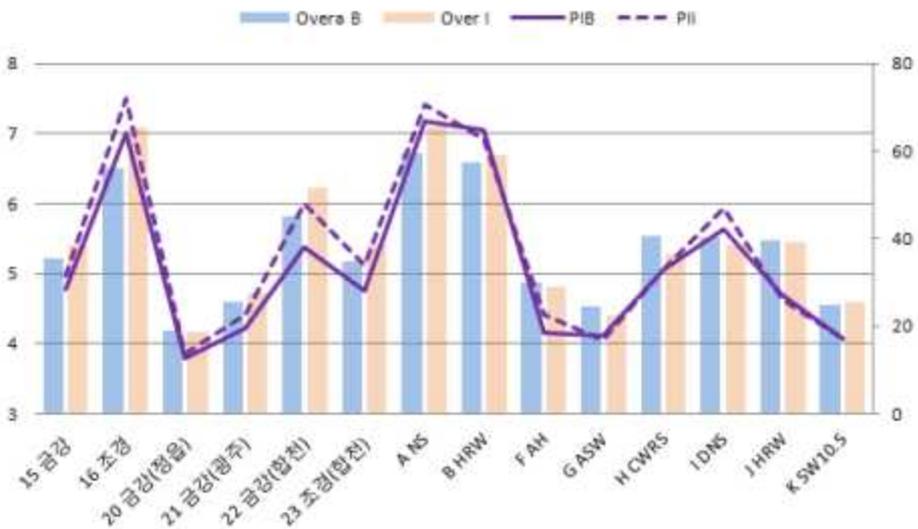


그림 3-1-33. 원산지정보 인지 전과 후, 구입의향과 기호도

③ 베이커리 제품의 소비행태 분석

- 베이커리 제품의 소비행태 분석을 위해 설문에 응한 소비자 104명 중 20대는 56.7%, 30대는 41.3%, 40대는 1.9%였음

표 3-1-47. 조사 표본의 연령별 분포

구분	빈도(비율 %)
20-29세	59(56.7%)
30-39세	43(41.3%)
40-49세	2(1.9%)
총 계	104 명

- 소비자가 식빵을 얼마나 좋아하는지를 9점 항목척도로 나타나게 하였음. 평균 6.71점으로 대부분의 소비자들이 식빵을 좋아한다고 답하였음. 보통 좋아한다(7점)가 35.6%로 가장 많았고, 많이 좋아한다(8점) 20.2%, 약간 좋아한다(6점) 12.5% 등으로 나타났음

표 3-1-48. 조사 표본의 식빵에 대한 기호도

	빈도(비율)
대단히 좋아한다 (9)	12(11.5%)
많이 좋아한다	21(20.2%)
보통 좋아한다	37(35.6%)
약간 좋아한다	13(12.5%)
그저 그렇다(5)	12(11.5%)
약간 싫어한다	2(1.9%)
보통 싫어한다	3(2.9%)
많이 싫어한다	4(3.8%)
대단히 싫어한다 (1)	0(0%)
평균	6.71 점

- 식빵 혹은 빵의 구매빈도는 1회/달 이상 ~ 4회/달 미만이 48.1%가 가장 많았으며, 1회/주 이상은 35.6%, 1회/6달 이상 ~ 6회 미만/6달은 15.4%, 1회 이하/년은 1.0%로 나타남

표 3-1-49. 식빵 혹은 빵의 구매빈도

구분	빈도(비율 %)
1회/주 이상	37(35.6%)
1회/달 이상 ~ 4회/달 미만	50(48.1%)
1회/6달 이상 ~ 6회 미만/6달	16(15.4%)
1회 이하/년	1(1.0%)

- 식빵 혹은 빵 구매 시 중요도 순위는 첫 번째는 맛, 두 번째는 제조일자, 세 번째는 가격, 제조업체, 영양 등의 순으로 나타났으며, 재료의 생산방법이나 상품명은 비교적 덜 중요한 것으로 나타남

표 3-1-50. 식빵 구매 시 중요도 순위

	빈도(순위)					중요도 ¹
	첫 번째	두 번째	세 번째	네 번째	다섯 번째	
가격	11	16	26	19	18	253
외관	1	7	17	10	18	122
맛	44	29	14	7	4	396
영양	7	10	11	14	5	141
제조일자	27	22	14	15	8	303
제조업체	8	9	10	10	23	149
상품명	0	3	2	4	9	35
재료의 원산지(국산, 수입)	3	5	4	22	10	101
재료의 생산방법	1	2	6	3	9	46
기타	2	1	0	0	0	14

¹ 중요도 = (첫 번째×5)+(두 번째×4)+(세 번째×3)+(네 번째×2)+(다섯 번째×1)

- 식빵 혹은 빵의 보관 방법으로는 상온에서 보관한다고 답한 소비자가 가장 많았으며(63.5%), 냉장고에서 보관(24.0%), 냉동고에서 보관(12.5%) 순으로 답하였음

표 3-1-51. 구입한 식빵의 보관 방법

구분	빈도(비율 %)
상온	66(63.5%)
냉장고	25(24.0%)
냉동고	13(12.5%)

- 소비자들이 평소 아침에 빵을 먹는 횟수는 1~2회/주가 59.6%로 가장 많았으며, 0회는 26.%, 3~4회/주는 9.6%, 5~6회/주는 3.8%, 7회/주 는 0%로 나타남

표 3-1-52. 평상 시 일주일동안 아침에 빵을 먹는 횟수

구분	빈도(비율 %)
0회 (전혀 없음)	28(26.9%)
1~2회/주	62(59.6%)
3~4회/주	10(9.6%)
5~6회/주	4(3.8%)
7회/주	0(0%)

- 우리밀로 만든 식빵을 구매할 의향이 있는지에 대해서는 구매 의향이 있다고 답한 소비자가 82.7%였으며, 구매할 의향이 없다고 답한 소비자는 17.3%로 나타났음

표 3-1-53. 우리밀로 만든 식빵에 대한 구매의향

구분	빈도(비율 %)
있다	86(82.7%)
없다	18(17.3%)

- 우리밀로 만든 식빵에 대해 구입 의향이 있다면 최대한 얼마까지 지불할 의향이 있는지에 대해서는 3000원 이상~5000원 미만이라고 답한 소비자가 62.7%로 가장 많았으며, 3000원 미만이 32.4%, 5000원 이상~7000원 미만이 4.9%, 7000원 이상은 0%로 나타났음

표 3-1-54. 우리밀 식빵에 대한 지불의향 가격

구분	빈도(비율 %)
3000원 미만	33(32.4%)
3000원 이상~5000원 미만	64(62.7%)
5000원 이상~7000원 미만	5(4.9%)
7000원 이상~9000원 미만	0(0%)
9000원 이상	0(0%)

- 수입밀과 차별화된 안전하고 기능이 강화된 우리밀로 만든 식빵이 있다면 구매할 의향이 있는지에 대해서는 구매할 의향이 있다고 대답한 소비자는 97.1%로 나타났으며 구매 의향이 없다고 답한 소비자는 2.9%였음

표 3-1-55. 수입밀과 차별화된 안전하고 기능성이 강화된 우리밀로 만든 식빵의 구매의향

구분	빈도(비율 %)
있다	101(97.1%)
없다	3(2.9%)

- 또한 그 식빵에 대해 구입 의향이 있다면 최대한 얼마까지 지불할 의향이 있는지에 대해서는 3000원 이상~5000원 미만인 66.0%로 가장 많았으며 5000원 이상~7000원 미만이 20.4%, 3000원 미만이 12.6%, 7000원 이상~9000원 미만이 1.0%로 나타났음

표 3-1-56. 수입밀과 차별화된 안전하고 기능성이 강화된 우리밀로 만든 식빵의 지불의향 가격

구분	빈도(비율 %)
3000원 미만	13(12.6%)
3000원 이상~5000원 미만	68(66.0%)
5000원 이상~7000원 미만	21(20.4%)
7000원 이상~9000원 미만	1(1.0%)
9000원 이상	0(0%)

④ 전문패널에 의한 품종별 밀가루로 제조한 식빵의 정량적 묘사분석

- 훈련된 패널에 의한 품종별 밀가루로 제조한 식빵 14점에 대한 정량적 묘사분석 결과, 외관과 향 특성은 표 3-1-57 조직감 특성은 표 3-1-58, 향미 및 후미 특성은 표 3-1-59에 있음
- 본 연구에서 제조한 품종별 식빵 14점은 외관에서는 색, 기공의 크기, 기공 균일성, 표면의 매끄러움에서, 향에서는 곡물향에서 차이가 있었음. 전문패널들은 조경(#16)으로 제조된 식빵의 색이 하얗고, 기공이 균일하고 표면이 매끄러우며 곡물향은 가장 적게 난다고 평가하였음(표 3-1-57). 수입밀 품종 중 CWRS, DNS, HRW는 곡물향이 높다고 평가하였음
- 본 실험에서 제조된 14점 식빵은 탄력성, 촉촉한정도, 이 부착성, 응집성, 부서짐성에서 차이가 있었음. 전문패널들은 소비자 기호도가 높았던 조경(#16), NS(#A), HRW(#B)로 제조된 식빵은 탄력성과 촉촉한 정도는 높으며, 부서짐성은 낮다고 평가하였음(표 3-1-58). 반면 소비자 기호도가 낮았던 금강(#20)은 탄력성과 촉촉한 정도는 낮고, 부서짐성은 강하다고 평가하였음. 같은 금강 품종으로 만든 #22는 #20과 비슷한 조직감의 양상을 보였으나, #15와 #21은 반대로 탄력성과 촉촉한 정도는 높고 부서짐성은 낮아 조경으로 만든 식빵과 비슷하게 평가됨
- 본 실험에서 제조된 14점 식빵은 맛에서는 유의적인 차이를 나타내지 않았으며, 후미에서는 가루끼 향목에 대해서만 유의적인 차이를 보였음(표 3-1-59). 특히 박력분으로 제조한 식빵인 SW에서 가루끼가 가장 높다고 평가되었음

표 3-1-57. 품종별 가루로 제조한 이스트 식빵의 관능적 외관, 향 묘사 특성¹

	외관						향			
	색 ^{***}	기공의 크기 ^{***}	기공의 균일성 ^{****}	표면의 매끄러움 ^{****}	표면의 결	이스트향	생 밀가루향	신 향	곡물향 ^{***}	
15	금강	6.47 ^{bcd}	6.29 ^{abc}	7.93 ^{ab}	7.23 ^{ab}	7.96	5.94	8.66	6.83	4.40 ^{ab}
16	조경	4.97 ^d	5.24 ^{cd}	8.31 ^a	7.80 ^a	7.77	6.65	8.17	6.01	3.66 ^b
20	금강	7.17 ^{bc}	8.20 ^{ab}	4.58 ^c	4.05 ^{de}	5.28	5.52	7.64	5.95	4.10 ^{ab}
21	금강	5.72 ^{bcd}	3.95 ^d	8.30 ^a	8.31 ^a	8.01	6.56	7.87	6.21	3.78 ^b
22	금강	7.04 ^{bcd}	8.68 ^a	4.75 ^c	3.47 ^e	5.48	5.82	7.24	5.39	4.45 ^{ab}
23	조경	6.24 ^{bcd}	6.50 ^{abc}	6.61 ^{abc}	5.20 ^{bcde}	6.58	5.58	7.80	6.11	4.14 ^{ab}
A	DNS	5.26 ^{cd}	6.16 ^{abc}	7.64 ^{ab}	7.38 ^a	7.18	6.19	7.95	5.66	4.01 ^b
B	HRW	5.68 ^{bcd}	6.32 ^{abc}	6.74 ^{abc}	6.17 ^{abcd}	7.00	6.17	8.02	5.85	3.38 ^b
F	AH	7.20 ^{bc}	8.04 ^{ab}	5.55 ^{bc}	5.02 ^{bcde}	5.39	6.09	8.18	6.56	4.58 ^{ab}
G	ASW	6.54 ^{bcd}	5.73 ^{bcd}	6.97 ^{abc}	5.04 ^{bcde}	7.04	5.65	8.41	5.74	4.98 ^{ab}
H	CWRS	7.75 ^b	7.34 ^{abc}	5.61 ^{bc}	4.71 ^{cde}	6.23	4.34	6.54	5.04	6.37 ^a
I	DNS	6.94 ^{bcd}	6.54 ^{abc}	6.10 ^{abc}	6.34 ^{abc}	6.69	4.75	7.71	6.14	6.41 ^a
J	HRW	9.71 ^a	7.60 ^{abc}	6.31 ^{abc}	5.08 ^{bcde}	6.78	5.49	7.64	5.80	6.32 ^a
K	SW10.5	6.22 ^{bcd}	6.50 ^{abc}	6.49 ^{abc}	6.55 ^{abc}	5.71	6.20	7.93	6.46	3.55 ^b

¹ 묘사패널 8명의 평균값; 1=대단히 싫어한다 9=대단히 좋아한다

abc column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임

*, **, *** 시료가 p=0.05, 0.01, 0.001수준에서 유의적인 차이가 있음

표 3-1-58. 품종별 밀가루로 제조한 이스트 식빵의 관능적 조직감 특성¹

		조직감							
		탄력성***	촉촉한 정도***	경도	이 부각성*	응집성***	씹힘성	부서짐성***	
15	금강	8.48 ^a	9.89 ^{ab}	5.48	8.07 ^{ab}	9.36 ^a	7.60	2.90 ^c	
16	조경	8.06 ^{ab}	9.18 ^{abc}	6.49	8.34 ^{ab}	7.24 ^{abc}	7.48	4.22 ^{bc}	
20	금강	5.94 ^{abcd}	7.64 ^{cde}	4.72	6.84 ^{ab}	5.41 ^c	5.46	8.79 ^a	
21	금강	7.64 ^{abc}	10.43 ^a	5.12	9.60 ^a	9.67 ^a	7.52	3.06 ^{bc}	
22	금강	5.55 ^{bcd}	7.47 ^{cde}	5.72	7.10 ^{ab}	5.48 ^c	6.04	9.29 ^a	
23	조경	5.48 ^{bcd}	7.35 ^{cde}	5.33	7.04 ^{ab}	5.90 ^c	6.36	8.61 ^a	
A	NS	7.87 ^{abc}	8.93 ^{abc}	6.22	7.36 ^{ab}	8.65 ^{ab}	8.49	3.47 ^{bc}	
B	HRW	7.48 ^{abcd}	8.74 ^{abcd}	5.16	8.24 ^{ab}	7.96 ^{abc}	5.97	4.25 ^{bc}	
F	AH	5.62 ^{bcd}	7.58 ^{cde}	5.48	6.76 ^{ab}	5.61 ^c	6.26	8.88 ^a	
G	ASW	4.95 ^d	7.07 ^{cde}	5.50	8.35 ^{ab}	6.41 ^{bc}	7.18	8.19 ^a	
H	CWRS	6.38 ^{abcd}	8.17 ^{bcde}	5.31	6.54 ^b	7.73 ^{abc}	7.05	4.57 ^{bc}	
I	DNS	6.86 ^{abcd}	8.54 ^{abcde}	5.86	7.73 ^{ab}	7.43 ^{abc}	7.71	5.16 ^b	
J	HRW	5.20 ^{cd}	6.26 ^e	4.98	7.18 ^{ab}	5.50 ^c	6.87	9.18 ^a	
K	SW10.5	4.82 ^d	6.50 ^{de}	5.36	7.57 ^{ab}	5.61 ^c	6.52	10.04 ^a	

¹ 묘사패널 8명의 평균값; 1=대단히 싫어한다 9=대단히 좋아한다

column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임

시료가 p=0.05, 0.01, 0.001수준에서 유의적인 차이가 있음

abc

*, **, ***

표 3-1-59. 품종별 밀가루로 제조한 이스트 식빵의 관능적 맛, 후미 특성¹

	맛										후미		
	단맛	짠맛	신맛	쓴맛	생 밀가루맛	발효맛	곡물맛	가루끼 ^{***}	단맛	신맛	짠맛		
15	금강	5.50	5.58	5.69	5.16	6.17	6.03	4.30	3.67 ^b	5.37	5.57	5.50	
16	조경	6.34	4.56	5.92	5.28	6.33	6.00	3.91	4.94 ^b	5.96	4.52	4.55	
20	금강	6.07	4.21	5.51	4.44	5.82	6.07	4.62	8.28 ^a	6.10	4.52	5.53	
21	금강	5.28	6.46	4.93	5.31	6.50	6.21	4.02	4.05 ^b	5.12	4.86	5.16	
22	금강	5.53	4.95	5.74	4.93	4.14	5.92	4.76	7.66 ^a	5.76	5.10	4.94	
23	조경	4.95	5.38	6.00	5.13	5.76	5.78	4.48	7.97 ^a	5.56	4.86	5.68	
A	NS	5.96	4.48	4.98	4.45	6.21	5.60	4.19	3.85 ^b	5.71	4.02	5.41	
B	HRW	5.88	4.46	5.73	4.47	5.79	6.18	3.49	4.68 ^b	5.46	4.45	5.67	
F	AH	5.77	4.65	5.56	5.38	6.40	6.06	4.33	7.69 ^a	6.07	4.94	5.07	
G	ASW	6.62	4.19	5.83	4.37	5.61	6.28	5.02	7.27 ^a	7.01	4.53	5.66	
H	CWRS	4.22	5.33	5.18	5.66	4.15	5.77	5.85	4.72 ^b	4.62	5.34	5.04	
I	DNS	6.03	4.62	5.06	4.94	5.31	5.81	5.62	5.24 ^b	6.11	4.99	5.52	
J	HRW	4.57	5.80	5.82	5.72	4.31	5.82	6.04	8.65 ^a	4.53	6.10	5.95	
K	SW10.5	5.11	4.94	5.84	5.87	5.41	6.56	3.71	8.79 ^a	5.27	5.52	6.00	

¹ 조사패널 8명의 평균값; 1=대단히 싫어한다 9=대단히 좋아한다

abc column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임

*, **, *** 시료가 p=0.05, 0.01, 0.001수준에서 유의적인 차이가 있음

- 품종별 밀가루로 만든 식빵 14점의 정량적 묘사분석 자료를 요약하기 위해 주성분 분석한 결과, 주성분 1과 2는 총변동의 40.17%, 19.81%를 설명해 줄 수 있었음(그림 3-1-34). 주성분 1의 (+) 방향은 기공이 균일하고 표면이 매끄럽고 탄력성이 위치하였고, 주성분 1의 (-) 방향으로 갈수록 식빵의 가공 및 부서짐성이 큰 특성이 위치하였음. 주성분 2의 (+) 방향은 단맛, 이스트향미와 관련 있으며, 주성분 2의 (-) 방향은 색과 관련이 있었음
- 기호도가 높았던 시료들은 주성분 1 (+) 방향으로 주성분 2 좌표의 0값이 가까운 곳에 위치하였음
- 전반적으로 전문패널들은 수입 밀가루 중 박력분으로 제조한 식빵은 부서짐성이 강하고, 적립계인 HRW, CWRS로 만든 빵은 식빵의 색이 진하다고 평가하였음을 보여주고 있음

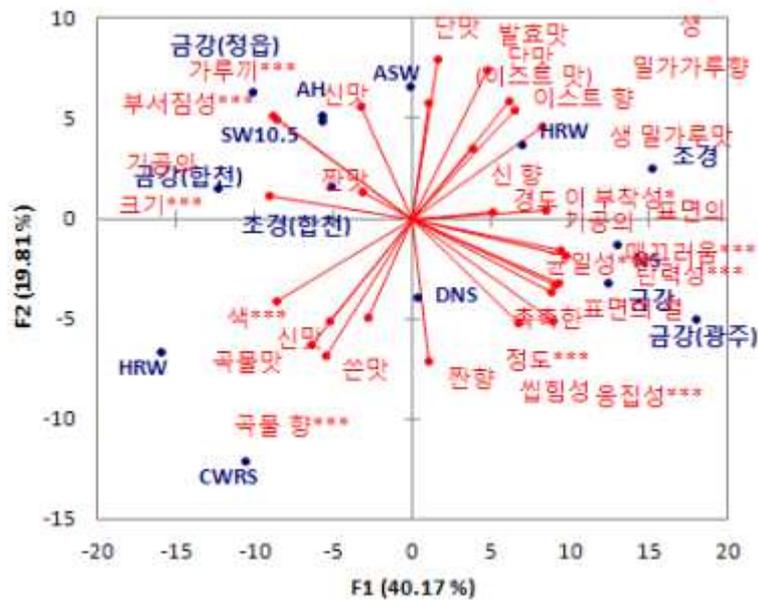


그림 3-1-34. 주성분 1(x)과 2(y)에서 밀 품종별 식빵 및 식빵 묘사특성의 위치

(사) 원맥 품종별 이화학적 특성 및 제빵 특성간의 상관분석

① 원맥의 이화학적 특성, 식빵의 비용적 및 소비자 기호도와와의 상관분석

- 본 연구에 사용된 14점 품종별 시료에 대한 식빵 비용적과 소비자 기호도와와의 상관은 미미하였음 ($r=0.33$). 즉, 비용적이 높다고 해서 소비자 기호도가 높다는 것은 아님. 소비자 기호도와 상관성이 비교적 높았던 이화학적 특성으로는 원맥의 장단축비($r=0.54$), 원형도 ($r=0.61$), 밀가루의 SuSRC ($r=0.71$), LASRC($r=0.58$), 원맥 색도 L($r=-0.58$), 밀가루의 RVA peak viscosity($r=0.57$)였음
- 본 연구결과, 수입 강력분 원맥의 원형도 및 장단축비가 높은 경향이 있었음
- 식빵의 비용적과 상관관계가 높게 나타난 이화학적 특성은 조단백($r=0.79$), farinograph의 water absorption($r=0.59$), stability($r=0.56$), SCSRC($r=0.54$), SuSRC($r=0.54$), LASRC($r=0.62$), TA에 의

한 extensibility($r=-0.75$), 원맥의 색도 L값($r=-0.54$), b값($r=-0.64$), 원맥 면적($r=-0.57$), 장축길이($r=-0.62$)였음

- 식빵 비용적은 반죽의 비용적과 높은 (-) 상관성이 있음을 고려해 보면, 밀 단백질 중 신장성과 관련있는 글리아딘이 많은 경우 식빵의 비용적이 낮을 것이라 판단됨
- 우리밀 원맥 자료에 국한하여 상관분석을 한 결과 소비자 기호도와 관련 있는 이화학적 특성은 거의 없었으며, 비용적과 회분함량($r=-0.92$)의 상관성이 비교적 높았음. 즉 본 실험에서 분석한 우리밀 품종의 이화학적 특성은 식빵의 비용적, 소비자 기호도에 커다란 영향을 주지 못하였음
- 반면 수입밀 원맥의 경우, 식빵의 비용적과 소비자기호도 간 상관관계가 높게 나타났음 ($r=0.71$). 또한 소비자 기호도와 밀 원맥의 백도($r=-0.81$), 원형도($r=0.93$), 면적($r=-0.92$), 장축길이($r=-0.83$), 단축길이($r=-0.91$), 밀가루의 수분($r=-0.79$), 전분손상도($r=0.77$), SCSRC($r=0.76$), SuSRC($r=0.90$), LACSRC($r=0.76$)와 상관성이 비교적 높게 나타났음
- 식빵의 비용적의 경우 원맥의 조단백($r=0.92$), 수분($r=0.89$), 백도($r=-0.87$), 색도 L($r=-0.74$), b($r=0.76$), 장축길이($r=-0.85$), 곱광이($r=-0.84$), 밀가루의 조단백($r=0.89$) SuSRC($r=0.73$), LASRC($r=0.72$), 신장성($r=-0.87$)과 상관성이 비교적 높았음
- 이 상관분석결과는 수입 원맥과 우리원맥에 의한 제빵 특성 경향 차이를 보여주고 있음

② 정량적 묘사분석과 소비자 기호도 간의 상관분석

- 본 실험에 사용된 14점 품종별 시료에 대한 정량적 묘사특성과 소비자 기호도간 상관분석 결과 소비자 기호도와 상관성이 가장 높았던 특성은 경도($r=0.63$)와 탄력성($r=0.53$)이었음
- 우리밀 원맥 자료에 국한하여 상관분석을 한 결과 정량적 묘사특성 중 경도가 소비자 기호도와 가장 상관관계가 높았음($r=0.98$). 수입밀 품종의 경우 소비자 기호도와 상관성이 높았던 특성은 탄력성($r=0.92$), 촉촉함성($r=0.74$), 응집성($r=0.81$), 부서짐성($r=-0.83$), 가루끼 후미($r=-0.78$)였음

2. 우리밀 제분 전처리에 의한 물성개선

가. 고전압 처리에 의한 물성개선

(1) 실험재료

(가) 고전압처리 실험원맥

- 2012년 광주에서 생산된 금강과 합천에서 생산된 조경밀을 고전압 처리 원맥으로 사용하였음. 고전압 처리된 금강 원맥은 제 1 협동연구기관인 CJ제일제당에서, 고전압처리 된 조경 원맥은 전북익산 소재 국립식량과학원 벼 맥류 연구부에서 시험제분기(Buhler, Braunschweig, Germany)를 이용하여 제분하였음

(나) 고전압처리 실험 밀가루

- 고전압처리에 사용된 밀가루는 우리밀 100% 밀가루(CJ제일제당, 양산, 한국) 제품이었음
- 처리된 고전압 밀가루에 대하여 제 2 협동연구기관인 밀다원에서 제빵특성을 분석하였으며 이화학 특성 및 제빵 확인 실험은 한국식품연구원에서 진행하였음(그림 3-1-35)

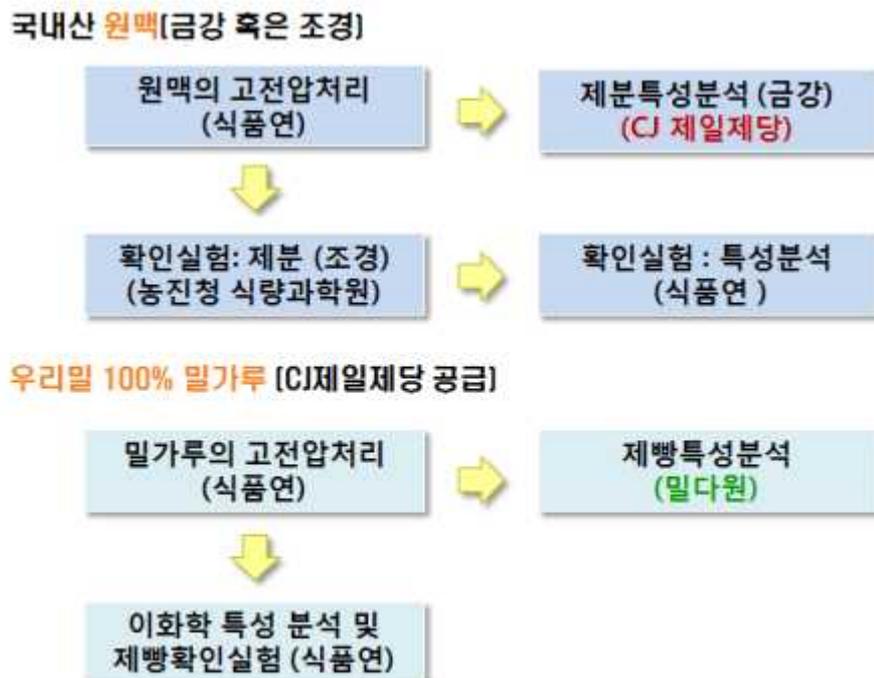


그림 3-1-35. 고전압 실험 추진 과정

(2) 실험방법

(가) 고전압 처리 방법

① 고전압처리 기기

- 본 연구에 사용된 고전압 처리 system의 주요 특성은 표 3-1-60에 있음. 고전압처리 system의 구성(그림 3-1-36)은 고전압 처리용기, 고전압 controller, 및 timer가 부분된 고전압발생장치로 이루어져 있으며, 고전압 처리에 사용된 용기(그림 3-1-37)는 4개의 실험군을 동시에 처리할 수 있도록 설계 제작하였음. 본 연구에 사용된 전극봉은 PVC봉과 금속봉 그리고 표면적이 넓은 봉 총 3종류(그림 3-1-38)였음

표 3-1-60. 본 연구에 사용된 고전압 처리 system의 주요 특성

No.	항목	특성
1	출력 전류	Max 700 μ A 설정 (내부 보호저항 부착)
2	발생 전극	마이너스 (-) 전압
3	입력 전압	AC 200V, 단상 Max 1A (소요전력 220W)
4	고전압 범위	DC 20,000 V



그림 3-1-36. 고전압처리 system

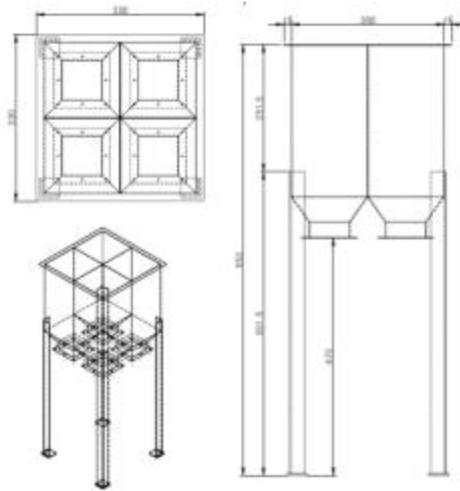


그림 3-1-37. 고전압처리를 위한 용기



1)

2)

3)

그림 3-1-38. 고전압처리에 사용된 전극봉: 1) PVC 봉, 2) 금속봉, 3) 표면적이 넓은 금속봉

② 투입된 원맥의 양과 전압크기에 따른 실제 전압의 측정

- 고전압 용기에 투입된 원맥의 양(5, 10, 15, 20 kg)에 따라 표면적이 넓은 전극봉을 사용하여 전압 크기별(1,000~20,000 DC volt) 1,000 volt 간격으로 실제 전압크기를 측정하였음. 비교군으로 원맥량 20 kg에서 PVC 전극봉을 사용하였을 때 전압크기별(1,000~20,000 DC volt) 1,000 volt 간격으로 실제 전압크기를 측정하였음

③ 고전압 처리 유무에 따른 효과분석

- 고전압처리효과 분석의 예비실험으로 원맥 및 밀가루를 대상으로 PVC 전극봉을 이용하여 20 DC kv 6시간 처리 후 그 효과를 분석하였음. 고전압 6시간 처리 방법은 고전압 처리 3시간 후 다시 원

료를 배출하고 투입하는 방법으로 혼합한 후 3시간을 추가로 고전압 처리를 하였음

- 원맥의 경우 색도(L, a, b) 및 미생물 특성을 분석하였으며, 밀가루의 경우 Farinograph에 의한 반죽 안정성, 식빵의 비용적 및 경도를 측정하였음

④ 고전압 처리 시간에 따른 원맥 및 밀가루의 변화

- 원맥 및 밀가루에 대해 고전압 처리 시간에 따른 효과를 분석하기 위해, 0, 3, 6, 12, 24 시간 처리 하여 원맥 및 제분 밀가루에 대한 여러 가지 특성을 분석하였음(1차 실험). 효과적인 고전압처리 시간결정을 위해 밀가루를 대상으로 밀가루에 추가적으로 대해 0, 30, 60, 90, 120, 150, 180 분(30 분 간격) 고전압 처리를 하였음(2차 실험)

(나) 이화학 특성 분석 방법

① 일반성분(수분, 회분, 단백질, 지방, 총 식이섬유), 전분손상도, 글루텐, 색도, 백도, 입자크기

- 일반성분(수분, 회분, 단백질, 지방함량)은 AACC Method 44-15A, 08-01, 46-12, 30-25(2000)에 따라 측정하였음. 또한 전분손상도는 Damaged starch analyzer(SDmatic, Chopin technologies, France)를 이용하여 AACC Method 76-31에 따라 측정하였음. 총 식이섬유 함량은 AACC 방법 32-07에 의해 측정하였음. 밀가루 글루텐 함량은 Glutomatic System(Glutomatic 2200, Perten, Sweden)을 이용하여 측정하였으며 밀가루 10 g 중 글루텐의 무게를 백분율로 나타내었음. 색도는 색도계(Spectrophotometer CM-700d, KONICA Minolta, Japan)을 이용하여 L(Lightness)값, a(redness)값 및 b(yellowness)값을 측정하였으며, 백도는 백도계(C-100, Kett Electronics, Lab, Tokyo, Japan)를 이용하여 측정하였음. 입자크기는 Particle size analyzer(1190, CILAS, France)에 의해 측정하였음

② Solvent Retention Capacity(SRC)

- SRC는 AACC Method 56-11A(2000)방법을 약간 수정한 Duyvejonck 등(2011)의 방법에 따라 실험하였음. 증류수, 5%(w/w) sodium carbonate solution, 50%(w/w) sucrose solution, 5%(w/w) lactic acid 용액을 25ml를 각각 밀가루 5g과 50ml centrifuge tube에 넣고 후 20분간 Shaking 후에 6,000rpm에서 15분간 원심분리 하였음. 상등액을 제외한 나머지 침전물, gel의 무게를 시료에 대한 SRC 로 계산하였음. Sodium Carbonate SRC(SCSRC)는 밀가루의 손상전분정도와 관련되며, Sucrose SRC(SuSRC)는 밀가루의 pentosan과, Lactic Acid SRC(LASRC)는 글루텐 강도, Water SRC(WRC)는 밀가루 성분의 전반적인 수분결합능력과 관련이 있다고 알려져 있음

③ Rapid Visco Analyzer(RVA)에 의한 pasting 특성

- RVA는 AACC Method 76-21(2000)방법에 의해 Rapid visco analyzer(RVA Super 4, Newport Scientific, Sydney, Australia)를 이용하여 peak viscosity, through, breakdown, final viscosity, setback, peak time 등의 결과를 ThermoLine window software로 분석하였음

④ 미생물 분석

- 원곡의 미생물 분석은 총균, 곰팡이, 효모에 대하여 petrifilm을 이용하여 측정하였음. 미생물 배양 시 총균은 Aerobic count plate petrifilm(3M, USA), 곰팡이와 효모는 Yeast and mold count plate petrifilm(3M, USA)을 이용하였음. 멸균한 NaCl 100ml 원곡 10g을 넣어 stomacher(HG 400, MAYO, Italy)를 이용하여 10분간 파쇄 하였음. 그 후 멸균된 9ml의 NaCl에 1ml의 시료를 넣어 잘 섞어준 후 petrifilm에 1ml씩 넣어 도말하였음. 총균은 35°C에서 24시간, 효모는 25°C에서 48시간 배양한 뒤 petrifilm에 나타난 균을 세어 표시하였음

⑤ 기능성 물질 및 항산화력 분석

- 총 페놀 함량 분석은 Folin-ciocalteu reagent가 추출물의 폴리페놀성 화합물에 의해 환원된 결과 몰리브덴 청색으로 발색하는 것을 원리로 하는 Aprodu 등(2012), Pham 등(2009), Yu 등(2004), Hardeep 등(2013)의 방법으로 분석하였음. 시료 10g에 80% ethanol을 100ml 넣어 60°C의 항온수조에서 3시간 동안 추출하였다. 이것은 whatman No.2 로 여과하여 3,000rpm에서 원심분리 하였음. 그 후 evaporator(HS-2001N, HAHN SHIN SCIENCE Co., Korea)로 추출물을 약 1ml 농축하여 분석 전까지 -70°C deep freezer(forma 900 series, thermo scientific, U.S.A)에서 보관하였음. 추출물 100 μ l에 Folin-ciocalteu reagent 500 μ l와 20% sodium carbonate 1.5ml에 증류수를 넣어 최종 부피가 10ml가 되도록 한 후, 2시간 동안 상온에서 반응시켰음. 그 후 765nm에서 흡광도(V-650, JASCO, Japan)을 측정하였으며 표준물질로는 gallic acid를 사용하였음
- 플라보노이드 함량은 Pham 등⁶⁾(2009), Hardeep 등⁸⁾(2013)의 방법으로 분석하였음. 총 페놀과 동일한 방법으로 추출한 시료 250 μ l에 증류수 1.25ml와 5% sodium nitrite 75 μ l를 넣은 후 6분간 방치한 후, 10% aluminium chloride 150 μ l를 넣고 5분간 다시 방치하였음. 1M sodium hydroxide 0.5ml를 첨가한 후 510nm에서 흡광도를 측정하였으며, 표준물질로는 (+)-catechin hydrate를 사용하였음
- DPPH Radical Scavenger Assay는 DPPH(1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl)에 대한 전자공여능(electron donating ability)을 측정하였으며, Brand-William 등(1995), Aprodu 등⁵⁾(2012)의 방법으로 분석하였음. 시료 5g에 80% methanol 50ml를 넣어 37°C의 항온수조에서 2시간동안 추출하였음. 이를 whatman No.2 로 여과하여 8,000rpm에서 15분간 원심분리한 후 상등액을 시료로 사용하였음. 추출물 0.1ml에 신선한 6×10^{-5} mol/L DPPH 3.9ml를 첨가하여 암소에 30분간 방치한 후

515nm에서 흡광도를 측정하였음. blank는 methanol 0.1ml에 6×10^{-5} mol/L DPPH 3.9ml를 넣은 후 바로 515nm에서 흡광도를 측정하였음. DPPH RSA(%) 값은 식 [3-1-1]에 의해 계산하였음

$$\% \text{ DPPH RSA} = 1 - (A_{\text{sample}/t=30} / A_{\text{sample}/t=30A}) \times 100 \quad \text{식 [3-1-1]}$$

⑥ Differential Scanning Calorimetry(DSC)에 의한 상변이 특성

- Differential Scanning Calorimeter(DSC 7, Perkin-Elmer, Norwalk, CT, USA)를 이용, 상변이 특성(onset temperature, peak temperature, end temperature, enthalpy)을 측정하였음. 밀가루와 증류수를 3:7의 비율로(dry weight basis)로 혼합하여 1시간 동안 평형상태로 둔 후 10-130°C까지 분당 10°C의 속도로 가열하였으며 Reference로는 빈 스테인레스 팬을 사용하였음

⑦ Farinograph 에 의한 반죽의 특성 측정

- Farinograph(820501, Brabender Co. Ltd., Duisburg, Germany)를 이용하여 Brabender 사의 Instruction Manual(no. 1727E), AACC Method 54-21, 82-23(2000)에 따라 밀가루 반죽의 특성을 측정하였음

⑧ 밀가루 반죽의 신장성(extensibility) 측정

- 반죽의 신장성 측정을 위해 밀가루 중량기준 37% 가수하여 반죽을 만들어 랩핑하고, 이를 실온에 30분간 방치하였음. 이후 테플론 성형틀 양쪽 면에 기름을 바른 후 반죽을 가로 5cm, 세로 7cm, 높이 5mm의 직사각형 형태로 제단하여 성형틀에 올려놓고 압력을 가하여 반죽 가닥을 형성한 후 성형틀에서 40분간 고정하여 Texture analyser(model TA-HD plus, Stable Micro System Ltd., Haslemere, England)로 인장력을 분석하였음. probe는 Kieffer dough&gluten extensibility rig(A/KIE)를 5kg load cell을 이용하였으며 measure force in tension mode로 pre-test speed는 2.0mm/s, test-speed로는 3.3mm/s, post-test speed는 10.0mm/s 하였고 distance는 75mm를 측정 조건으로 측정하였음

⑨ 전분의 미세구조 측정

- 미세구조 검정에는 주사전자현미경(SEM, Scanning Electron Microscope, Japan)을 사용하였음. 시료 전처리에는 동결건조기(freeze dryer, Ilsin Lab Co., Dongducheon-si, Korea)에서 48시간 동안 영하 70°C에서 동결 건조한 것을 gold-palladium 으로 ion sputter (C1010 Hitachi, Japan)을 이용하여 도금하였음. 이후 가속전압 20kV에서 절단면의 미세구조를 500배의 배율로 관찰하였음

⑩ 고전압처리 밀가루 및 글루텐의 NMR(Nuclear Magnetic Resonance) 측정

- 밀가루의 고전압처리에 대한 효과를 NMR spectrum상에서 분석하기 위해 밀가루 및 Gluten에 대한 NMR(Nuclear Magnetic Resonance) 분석을 하였음. NMR System은 Avance III 400 SB, Probe는 Double resonance 4mm CPMAS $^1\text{H}/^{19}\text{F}$ -BB(^{15}N - ^{31}P)를 사용하였음. Amplifier로는 300 Watt for X-Nuclei 와 100 Watt for $^1\text{H}/^{19}\text{F}$ 를 사용하였음. 추가적인 옵션으로는 Auto-Sampler BACS for high resolution(60ea), Probe는 high resolution 5mm BBFO와 4mm hr-MAS (max. 15KHz)를 사용하였음

(다) 제빵 제조 및 분석 방법

① 이스트 식빵의 제조

- 이스트 식빵의 제조는 AACC Method 10-10B를 수정한 방법으로 제조하였음. 수정내용은 AACC 방법의 malt flour, ascorbic acid, potassium bromate 대신 제빵 개량제(엑셀, (주)선인, 충남 아산, 한국)을 0.2% 첨가하였음. 수분 양은 farinograph의 water absorption을 참조하였음

② 식빵의 부피, 무게 및 비용적

- 식빵의 volume, weight, specific volume은 Volscan profiler(model Volscan profiler, Stable Micro System Ltd., Haslemere, England)를 이용하여 측정하였음

③ 식빵의 Texture profile analysis(TPA)

- TPA는 식빵의 crumb부분을 25x25x19 mm씩 잘라 2 bite compression에 의해 Texture analyser(model TA-XT plus, Stable Micro System Ltd., Haslemere, England)로 hardness, adhesiveness, springness, cohesiveness, chewiness를 측정하였음. 측정 조건은 50mm plunger를 이용하여 crosshead speed 10mm/sec로 시료를 2번 compress(50%) 하였음

(3) 실험결과

(가) 전압 봉 종류에 따른 고전압 처리 결과

- 본 실험에 사용된 전극봉 중 PVC 전극봉을 사용할 경우 시료 양에 관계없이 입력과 동일함 전압이 측정되었음. 금속 전극봉의 경우 시료 양에 따라 입력전압에 비해 낮은 전압의 측정됨(그림 3-1-39)
- 본 결과는 금속전극봉의 경우 원료 곡의 접촉면 혹은 전기 전도 여부에 따라 실제 계측 전압이 달라 지므로 고전압처리 실험 시 이를 고려해야함을 내포함

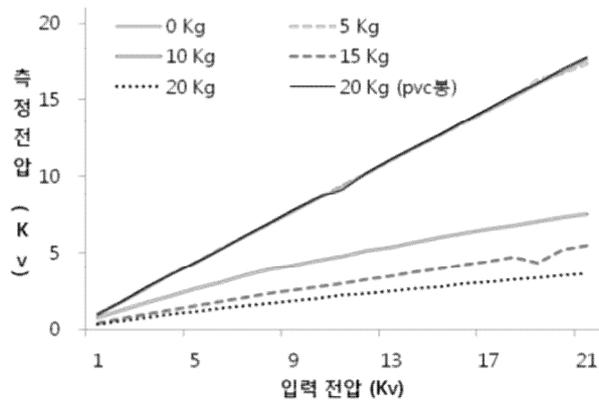


그림 3-1-39. 전극봉 종류 및 원료 량에 따른 입력 전압에 따른 실제 전압

(나) 고전압 처리 유무에 따른 효과 분석

① 밀 원곡에 대한 고전압 처리 효과

- 고전압처리에 의한 밀 kernel의 색도 변화 : 우리밀의 주요 단점으로 꼽히는 밀의 색도를 고전압에서 발생된 음이온의 산화반응을 통한 하얀 색도(L) 증가 및 노란색도(b)의 감소를 통해 원맥품질 향상가능성을 보여주었음(그림 3-1-40)

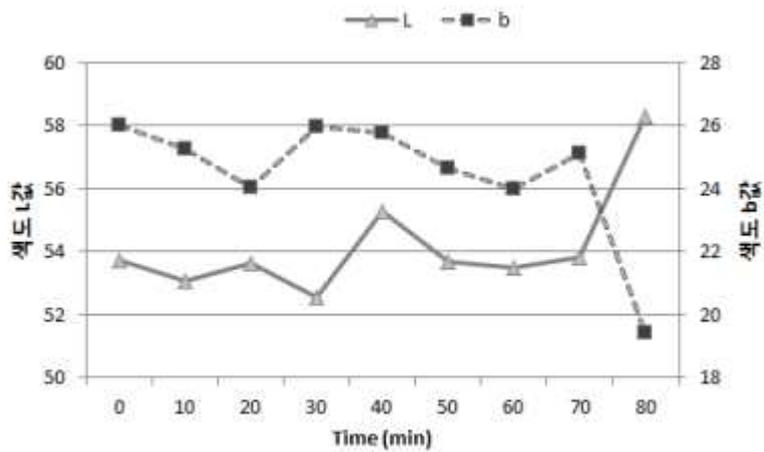


그림 3-1-40. 원맥의 고전압처리 시간에 따른 색도(L, b) 변화

○ 원맥의 고전압 처리(6시간, 20 kV)에 의해 총균수가 감소하는 경향을 보여주었음(표 3-1-61)

표 3-1-61. 원맥의 고전압처리 유무에 따른 미생물 특성

	미생물 (log CFU/g)	
	총균	곰팡이
무처리구	5.50	2.88
처리구	4.09	2.55

② 밀가루에 대한 고전압 처리 효과

○ 고전압 처리에 RVA에 의한 점도 특성이 높아지는 것을 알 수 있었음(그림 3-3-41)

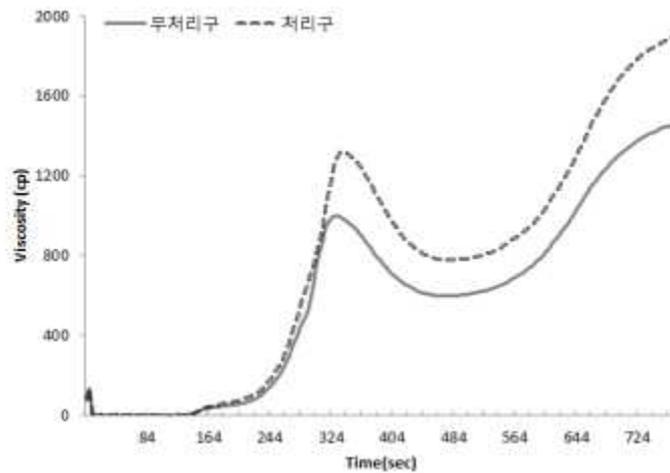


그림 3-1-41. 전압처리 유무에 따른 밀가루의 RVA 특성

○ 고전압 처리에 의해 고전압 처리에 의해 Farinograph에 의해 측정된 반죽안정성이 증가하는 경향이 있었음(그림 3-1-42, 표 3-1-62)

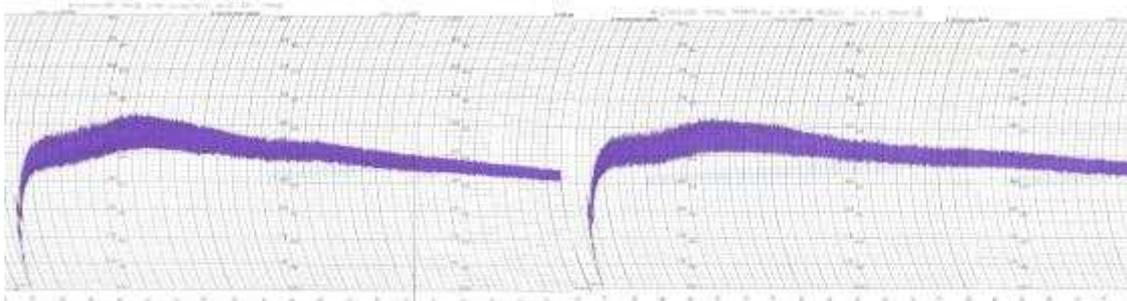


그림 3-1-42. 고전압 처리 전(왼쪽)과 후(오른쪽) 밀가루의 Farinograph에 의한 반죽 특성

표 3-1-62. 고전압처리 유무에 따른 Farinograph 특성

No.	무처리구	처리구
water absorption(%)	65	65
arrival time(min)	1.5	1.5
peak time(min)	9	9.8
stability(min)	27.6	32.5
departure time(min)	29.1	34
softening at 10min(F.U.)	0	0
softening at 20min(F.U.)	0	0

○ 밀가루의 고전압 처리에 의한 미세구조는 그림 3-1-43에 있으며, 고전압처리 유무에 따른 빵의 비용적 및 경도에의 효과는 그림 3-1-44에 있음. 고전압처리에 의한 식빵의 비용적 증가 및 경도의 감소는 결과적으로 부드러운 조직감의 식빵을 생산할 수 있을 것으로 기대됨

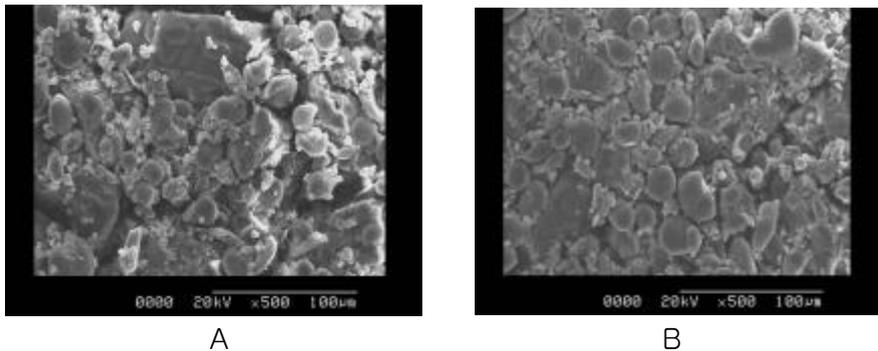


그림 3-1-43. 고전압 처리 유무에 따른 밀가루의 미세구조(×500배율, A: 무처리구, B: 처리구)

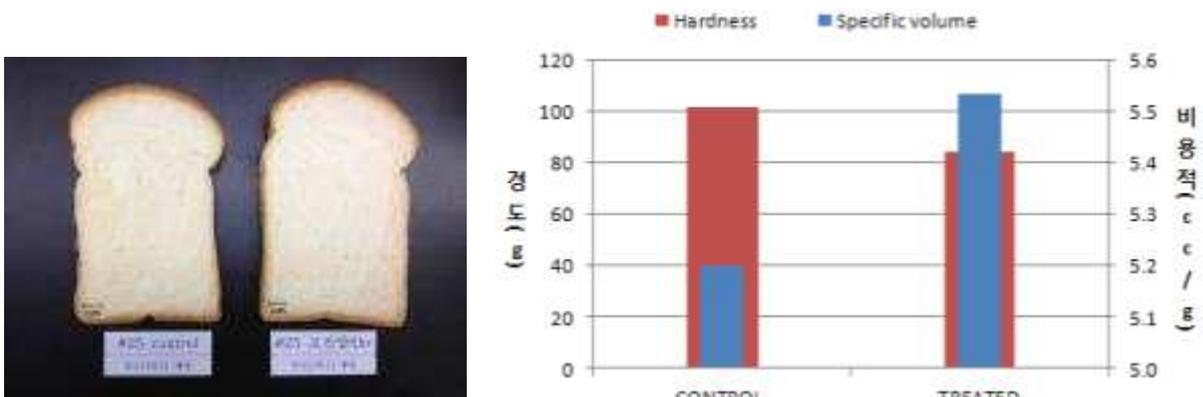


그림 3-1-44. 고전압 처리유무에 따른 식빵(고전압무처리군: 왼쪽, 고전압처리군: 오른쪽)

(다) 고전압 처리 시간에 따른 원맥의 변화

- 원맥(2012년 합천산 조경)을 20 DC kv에서 3, 6, 12, 24시간 처리한 원맥을 무처리군(control)과 비교하였음. 고전압 처리시간에 따른 원맥을 시험제분기에 의해 분쇄하여 제조한 수율 70% 밀가루의 수분함량, 단백질 함량, 회분함량, 글루텐 함량 및 색도는 표 3-1-63에 있음
- 무처리 원맥으로 제조한 밀가루와 고전압 처리시간별 원맥으로 제조한 밀가루들은 수분, 단백질, 회분, 글루텐, 색도, L, a, b 값에서 차이가 없었음

표 3-1-63. 원맥의 고전압 처리 시간에 따른 제분 밀가루의 일반성분, 글루텐 함량 및 색도

처리시간 (hr)	수분 (%)	단백질 (%)	회분 (%)	Wet gluten(%)	Dry gluten(%)	L	a	b
Control	12.2	12.8	0.33	36.4	12.1	94.5	0.38	8.80
3	12.4	12.6	0.36	36.1	12.2	94.5	0.38	8.69
6	11.8	12.7	0.33	35.6	11.8	95.2	0.34	8.48
12	11.6	12.8	0.35	36.0	12.0	94.7	0.37	8.34
24	11.7	12.8	0.36	35.5	11.8	94.8	0.35	8.44

- 그림 3-1-45에 고전압처리 원맥으로 제조된 밀가루의 RVA 특성, 표 3-1-64에 원맥의 고전압처리에 의한 밀가루의 SRC 특성, 표 3-1-65에 고전압처리 원맥의 미생물 특성을 나타내었음
- 무처리 원맥으로 제조한 밀가루와 고전압 처리시간별 원맥으로 제조한 밀가루들은 RVA, SRC, 미생물특성에서 차이가 없었음. 이는 고전압 처리 대상으로 원맥보다는 밀가루가 효과적임을 내포함

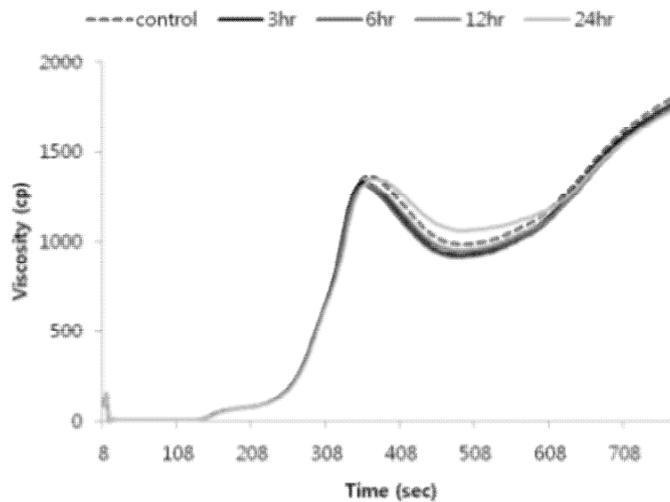


그림 3-1-45. 고전압처리 원맥으로 제조된 밀가루의 RVA 특성

표 3-1-64. 원액의 고전압처리에 의한 밀가루의 SRC 특성

처리시간(hr)	Solvent Retention Capacity (SRC)			
	SCSRC	SuSRC	LASRC	WRC
Control	73.4	90.1	125	62.4
3	73.0	91.6	108	63.4
6	72.8	89.0	109	62.4
12	72.3	90.6	119	61.6
24	74.0	92.5	122	63.1

표 3-1-65. 고전압처리 원액의 미생물 특성

	총균 (log CFU/g)	곰팡이 (log CFU/g)	효모 (log CFU/g)
Control	3.29	3.81	1.30
3	2.98	3.90	2.59
6	2.89	3.28	0.00
12	3.14	3.46	0.83
24	2.81	3.78	0.00

(라) 고전압 처리 시간에 따른 밀가루의 변화

① 1차실험 : 0, 3, 6, 12, 24시간동안 밀가루 고전압처리

○ 밀가루의 고전압처리는 수분, 단백질, wet-gluten, dry-gluten함량에 영향을 주었음. 고전압처리 시간이 길어질수록 수분이 낮아지고, 단백질, wet-gluten, dry-gluten이 높아지는 경향이 있었음(표 3-1-66)

표 3-1-66. 밀가루의 고전압처리시간에 따른 일반성분, wet-gluten, dry-gluten, 색도(L, a, b)¹

처리 시간 (hr)	수분*** (%)	단백질*** (%)	회분 (%)	지방 (%)	Wet gluten ^{2***} (%)	Dry gluten ^{2***} (%)	색도		
							L	a	b
Control	14.1 ^a	10.6 ^b	0.44	0.99	23.6 ^c	8.7 ^d	91.9	0.86	10.98
3	14.2 ^a	10.6 ^b	0.41	0.87	27.8 ^b	9.8 ^c	91.9	0.89	11.08
6	13.2 ^b	11.6 ^a	0.41	0.79	33.6 ^a	11.7 ^a	93.8	0.44	9.86
12	13.3 ^b	11.6 ^a	0.37	0.61	32.8 ^a	10.9 ^b	94.8	0.37	8.99
24	13.4 ^b	11.5 ^a	0.33	0.76	33.2 ^a	11.2 ^b	93.7	0.40	8.16

¹ 3번 반복 실험의 평균값
² 4번 반복 실험의 평균값
abc column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임
*** 시료가 p=0.05, 0.001수준에서 유의적인 차이가 있음

○ 밀가루의 고전압처리 시간에 따른 RVA 특성결과(그림 3-1-46), 고전압 처리 시간이 길어질수록 최고 점도가 낮아지는 경향이 있었음

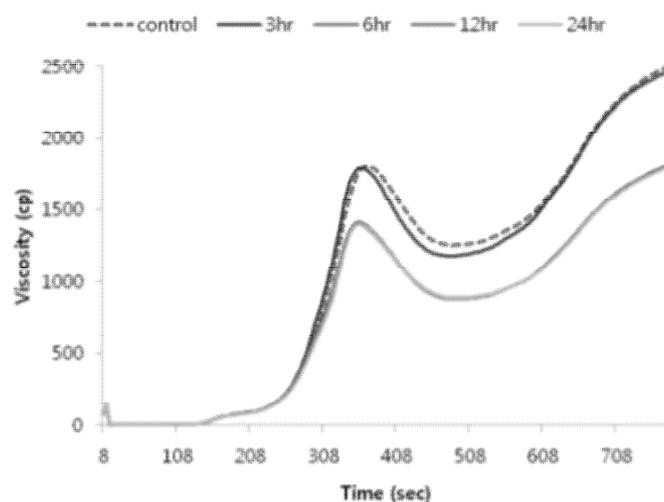


그림 3-1-46. 밀가루의 고전압처리 시간에 따른 RVA 특성

- 밀가루의 고전압처리 시간에 따라 모든 SRC 특성에 영향을 주었음(표 3-1-67). 고전압 처리 3시간의 경우 LASRC, WRC는 무처리 군과 차이가 없었으나, 고전압처리 6시간 이후 SCSRC, SuSRC, LASRC, WRC가 증가하는 경향이 있었음. 특히 gluten 강도와 연관 있는 LASRC의 증가는 고전압 처리에 의한 제빵 품질향상이 기대됨

표 3-1-67. 밀가루의 고전압 처리시간에 따른 SRC 특성¹

처리시간(hr)	Solvent Retention Capacity (SRC)			
	SCSRC ^{***}	SuSRC ^{***}	LASRC ^{***}	WRC ^{**}
Control	68.1 ^c	86.5 ^b	106.3 ^c	57.1 ^b
3	66.2 ^d	82.0 ^c	106.4 ^c	57.3 ^b
6	71.1 ^b	92.8 ^a	121.8 ^b	61.0 ^a
12	70.3 ^b	90.2 ^a	127.6 ^a	61.9 ^a
24	74.3 ^a	91.1 ^a	124.6 ^{ab}	61.7 ^a

¹ 3번 반복 실험의 평균값
abc column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임
*** 시료가 p=0.05, 0.001수준에서 유의적인 차이가 있음

- 밀가루의 고전압 처리시간에 따른 미생물 특성분석 결과(표 3-1-68), 고전압 처리 시간에 따라 곰팡이의 수가 높게 나타나는 경향이 있었음

표 3-1-68. 밀가루의 고전압 처리시간에 따른 미생물 특성¹

	총균 (log CFU/g)	곰팡이 ^{**} (log CFU/g)	효모 (log CFU/g)
Control	2.58	2.77b	2.00
3	2.37	2.98b	0.00
6	2.97	3.80a	1.00
12	2.85	3.80a	0.00
24	2.96	3.78a	0.00

¹ 3번 반복 실험의 평균값
abc column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임
*** 시료가 p=0.05, 0.001수준에서 유의적인 차이가 있음

- 밀가루의 고전압 처리에 의한 반죽 과 식빵의 특성분석 결과(표 3-1-69), 고전압처리에 의해 반죽의 신축성 및 resistance에 영향을 주었음. 일반적으로 반죽의 신축성이 크면 클수록 식빵의 부피가 높아지는 경향이 있는데, 표 3-1-69에서는 그러한 경향은 보이지 않았음. 밀가루의 고전압 처리 시간이 길어질수록 식빵의 비용적이 낮아졌음
- 이 결과는 본 실험에 사용된 고전압 처리 시간조건(0, 3, 6, 12, 24시간)은 제빵 물성 개선에 적합하지 않았음을 감안하여 고전압 처리시간을 3시간 180분 이내로 즉, 고전압 처리시간 0, 30, 60, 90, 120, 150, 180분으로 하여 2차 실험을 수행하였음

표 3-1-69. 밀가루의 고전압 처리에 의한 반죽 과 식빵의 특성¹

처리시간(hr)	Dough		Bread		
	Resistance**	Extensibility***	Volume (ml)	Weight (g)	Specific volume (ml/g)
Control	210 ^c	10.5 ^b	1778	447	3.98
3	240 ^a	11.0 ^b	1591	459	3.47
6	216 ^{bc}	12.8 ^a	1566	454	3.45
12	220 ^b	10.6 ^b	-	-	-
24	210 ^{bc}	10.8 ^b	-	-	-

¹

6번 반복 실험의 평균값

abc

column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임

시료가 p=0.05, 0.001수준에서 유의적인 차이가 있음

② 밀가루의 고전압처리 2차실험 : 0, 30, 60, 90, 120, 150, 180분

- 밀가루의 고전압 처리시간(0, 30, 60, 90, 120, 150, 180분)에 따른 수분, 단백질, 회분, 지방, wet-gluten, dry-gluten, 색도(L, a, b)는 표 3-1-70에 있음. 본 실험의 고전압처리시간에 따라 수분, 단백질 회분, wet-gluten, dry-gluten, 색도 a값과 b값에 차이가 있었음
- 고전압처리에 의해 수분함량이 감소되고, 단백질함량, wet-gluten, dry-gluten 함량이 증가하였으며, 색도 a값과 b값이 감소하였음. 즉, 본 연구결과는 고전압처리에 의해 밀가루의 물성개선 효과를 보여주고 있음

표 3-1-70. 밀가루의 고전압처리시간에 따른 일반성분, Gluten 및 색도¹

처리 시간 (min)	수분*** (%)	단백질*** (%)	회분** (%)	지방 (%)	Wet gluten*** (%)	Dry gluten*** (%)	색도		
							L	a***	b***
Control	14.1 ^a	10.6 ^b	0.44 ^a	0.99	23.6 ^b	8.7 ^b	91.9	0.86 ^a	10.98 ^a
30	13.8 ^b	11.5 ^a	0.43 ^a	0.52	31.2 ^a	10.4 ^a	93.1	0.60 ^b	7.09 ^c
60	13.5 ^c	11.5 ^a	0.42 ^{ab}	0.84	31.3 ^a	10.5 ^a	93.2	0.54 ^b	7.76 ^{bc}
90	13.5 ^c	11.5 ^a	0.36 ^c	0.78	31.4 ^a	10.5 ^a	91.4	0.67 ^b	8.39 ^b
120	13.4 ^c	11.4 ^a	0.37 ^{bc}	0.86	31.3 ^a	10.5 ^a	92.2	0.59 ^b	7.75 ^{bc}
150	13.2 ^d	11.5 ^a	0.41 ^{abc}	0.82	31.5 ^a	10.5 ^a	94.4	0.39 ^c	6.99 ^c
180	13.5 ^c	11.5 ^a	0.38 ^{abc}	0.78	30.9 ^a	10.3 ^a	92.7	0.57 ^b	7.58 ^c

¹ 3번 반복 실험의 평균값
abc column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임
*** 시료가 p=0.05, 0.001수준에서 유의적인 차이가 있음

- 밀가루의 고전압처리 시간(0, 30, 60, 90, 120, 150, 180 분)에 따른 RVA 특성 분석결과(그림 3-1-47), 밀가루의 고전압처리에 의해 RVA pasting 특성이 감소함을 보여주었음. 그러나 고전압처리시간에 따른 차이는 보이지 않았음
- 국내산 밀의 용도는 제면용으로 알려져 있으며, 제빵용으로 적합한 밀가루의 최고 점도는 300-500 BU, 제면용으로는 500-800 BU 임을 감안할 때, 본 연구결과는 고전압처리에 의해 최고 점도를 감소시켜 궁극적으로는 밀가루의 제빵 물성을 향상시킬 수 있을 것으로 기대됨

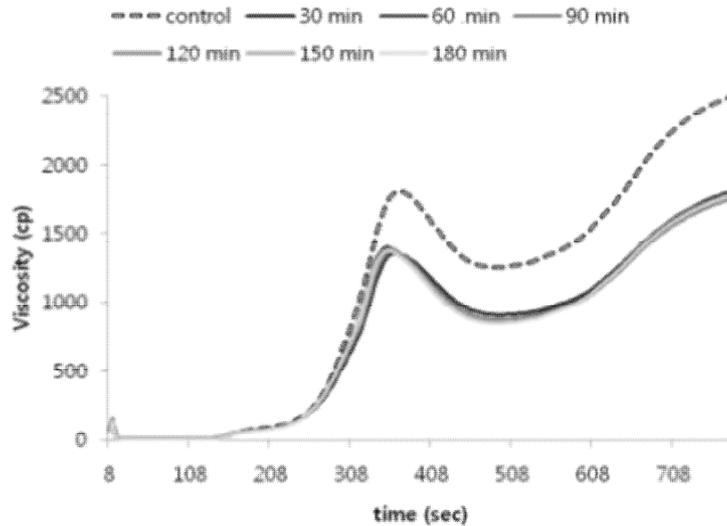


그림 3-1-47. 밀가루의 고전압처리 시간(0, 30, 60, 90, 120, 150, 180 분)에 따른 RVA 특성

- 밀가루의 고전압 처리시간에 따른 SRC특성 및 반죽특성 분석결과(표 3-1-71), 무처리구에 비해 고전압처리구에는 SCSRC, SuSRC, LASRC, WRC, 반죽의 신축성, resistance에서 차이가 있었음. 특히, 고전압처리에 의해 gluten 강도와 연관 있는 LASRC 및 반죽의 신축성이 증가하였고, 반죽 저항성은 감소하였음

표 3-1-71. 밀가루의 고전압 처리시간에 따른 SRC특성 및 반죽 특성¹

처리시간 (min)	Solvent Retention Capacity (SRC)				Dough properties	
	SCSRC ^{***} (%)	SuSRC ^{**} (%)	LASRC ^{***} (%)	WRC (%)	Resistance ^{***} (g)	Extensibility ^{***} (mm)
Control	68.1 ^c	86.5 ^b	106 ^c	57.1	210 ^b	10.5 ^c
30	67.9 ^c	90.1 ^{ab}	123 ^{ab}	57.0	131 ^d	18.0 ^b
60	69.2 ^c	88.3 ^b	124 ^a	57.6	143 ^d	21.9 ^a
90	68.6 ^c	93.7 ^a	124 ^a	57.0	132 ^d	17.6 ^b
120	71.5 ^b	91.2 ^{ab}	123 ^{ab}	58.1	199 ^c	17.7 ^b
150	73.3 ^a	91.3 ^{ab}	122 ^b	57.9	229 ^a	16.3 ^b
180	71.9 ^b	90.6 ^{ab}	124 ^a	6.5	224 ^a	10.8 ^c

¹ 3번 반복 실험의 평균값
abc column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임
*** 시료가 p=0.05, 0.001수준에서 유의적인 차이가 있음

- 고전압 처리시간에 따른 식빵의 단면, 부피 및 비용적(그림 3-1-48)는 증가함. 고전압처리 시간에 따른 식빵 비용적의 반복실험결과(그림 3-1-49), 반복실험에 따른 변이가 적지 않음을 보여주고 있음. 제빵 물성개선에 고전압 처리 효과는 있으나, 그 반복에 대한 변이가 있어 확인 실험이 필요함
- 이 결과는 우리밀의 품질 변이에 기인하였다고 판단되며, 우리밀의 품질 향상 및 일관성 있는 품질의 우리밀 생산을 위해 수확 후 관리에 대한 많은 노력이 필요함을 보여주고 있음

	3/25	Control	30 min	60 min	90 min	120 min
Cross Section						
Loaf						
SV (ml/g)		3.69	3.79	4.73	4.92	4.65

그림 3-1-48. 고전압 처리시간에 따른 식빵의 단면, 비용적

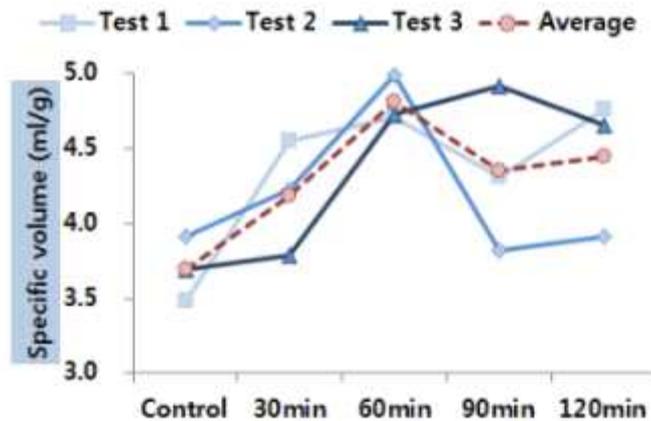


그림 3-1-49. 고전압 처리시간에 따른 반복실험별 식빵의 비용적

- 고전압 처리 유무에 따른 밀가루 및 글루텐의 NMR 결과는 그림 3-1-50 및 그림 3-1-51과 같음. ^1H MAS 및 C^{13} CPMAS 모두 밀가루와 글루텐에서 고전압 처리 유무에 대한 뚜렷한 차이가 보이지는 않았음

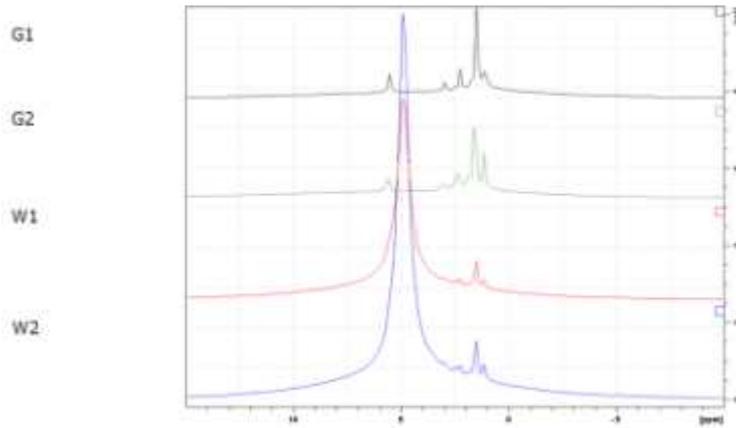


그림 3-1-50. ^1H MAS 에 의한 고전압 처리 유무에 따른 효과 분석(G1: Control 밀가루의 gluten; G2: 고전압처리 밀가루의 gluten; W1: Control 밀가루; W2: 고전압처리 밀가루)

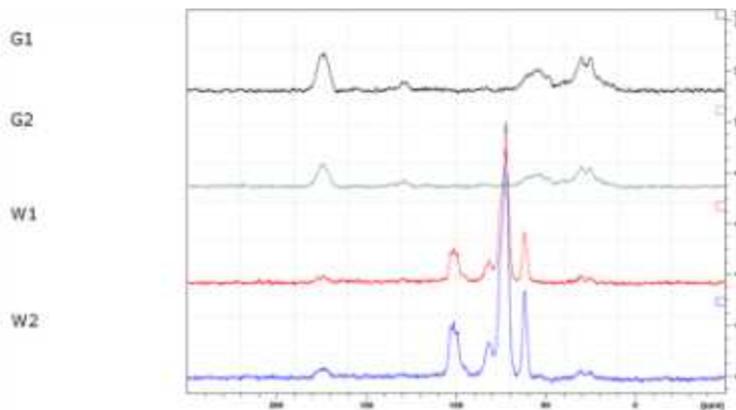


그림 3-1-51. C^{13} CPMAS 에 의한 고전압 처리 유무에 따른 효과 분석(G1: Control 밀가루의 gluten; G2: 고전압처리 밀가루의 gluten; W1: Control 밀가루; W2: 고전압처리 밀가루)

- 밀가루에 고전압처리 후 제빵적성 분석 시 고전압 처리군은 최고점도 감소, 노화억제 등 밀가루의 제빵적성을 향상시키는 결과를 보였음. 이러한 결과에 대한 메커니즘을 밝히기 위해 고전압 처리 유무에 따른 NMR 분석을 하였으나, 고전압에 의한 노화억제를 설명하기 위해서는 추가연구가 필요함

나. 열수처리에 의한 물성개선

- 열수처리에 의한 물성개선은 수입밀과의 차별성을 고려하여 우리밀만의 장점을 찾아내기 위한 방법으로, 수입밀에는 없는 우리밀에서만 얻을 수 있는 청밀을 중심으로 기능성 탐색과 연계하여 연구를 수행하였음
- 청밀은 시중에 쉽게 구할 수 없는 실험재료로, 생산현장에서 직접 채취하여 사용하였음. 청밀 실험의 재료는 2013년 충남서천에서 수작업으로 수확한 백중밀과 2014년 전북익산 지역에서 생산된 금강밀을 대상으로 수행하였음
 - 본 연구에서 사용된 청밀은 완숙밀이 되기 전 녹색 미숙밀로, 청밀의 수확시기는 김 등(2011)과 구 등(2013)의 연구에서 청밀의 수확 시기별 성분 분석을 토대로 출수 후 28-35일 사이에 수확하였음
 - 2013년 청밀대상 실험은 실험 1), 2014년 청밀 대상 실험은 실험 2) 로 나누어 기술하였음
 - 청밀의 경우 정상수확밀에 비해 수율이 낮은 점을 감안하여 2014년 생산된 청밀시료의 경우 재배농가의 도움을 얻어 전북익산 소재 금강밀 재배 1필지의 밭(1,200평)에서 수확된 청밀(출수 후 30일과 35일)을 시료로 사용하였으며, 동일 필지의 밭에서 정상시기에 수확한 금강밀을 비교군으로 사용하였음
- 열수처리 방법은 추후 현장에서의 적용성을 고려하여 스팀처리를 선택하여 수행하였음

실험 1)

- 실험 1은 2013년 백중밀 청밀을 대상으로 기능성소재의 가능성을 탐색하였음

(1) 실험 재료

- 2013년산 백중밀(충남 서천) 청립을 수작업을 통해 낱알이 달린 줄기 채로 수확(그림 3-1-52)하여 당일 한국식품연구원에 운송되어 실험에 사용하기 전까지 냉동저장고(-20℃)에 보관하였음(그림 3-1-53)



그림 3-1-52. 2013년산 청밀 (날알이 달린 줄기 상태)



그림 3-1-53. 2013년산 청밀의 열수처리 청밀

(2) 실험 방법

(가) 2013년산 백중밀 청밀의 선별

- 수작업으로 수확한 청밀에 대해 스팀 처리 및 날알 분리, 선별 등을 위하여 다음과 같은 과정을 통하여 청립을 선별하였음
- 먼저 청밀을 1kg 씩 2분간 스팀처리 한 후, 40℃ 열풍건조기에서 16시간(overnight) 건조하였음. 이를 수작업을 통해 굵은 대와 날알을 분리하고 탈곡(Dehulling)한 후, 색채선별기를 통해 갈색의 익은 밀을 분리하여 최종 청립을 얻었음(그림 3-1-54)



그림 3-1-54. 청립의 선별 과정

(나) 2013년산 백중밀 청밀의 특성 분석 방법

① 원곡의 기하학적 특성

- 원곡의 기하학적 특성은 원곡 300립에 대하여 장축, 단축, 면적, 장단축비, 원형률 등을 Image Analyzer(Hirox, Tokyo, Japan)로 측정하였음

② 원곡의 이화학 특성

- 열수처리 밀의 이화학 특성은 2. 우리밀 제분 전처리에 의한 물성개선 가. 고전압 처리에 의한 물성개선 (2) 실험방법의 이화학 특성 분석 방법과 동일하게 분석하였음

③ Tocopherol(Vitamin E) 분석

- 열수처리 밀의 Tocopherol(Vit E)의 분석은 Shim 등(2012)의 방법에 따라 Ultra High Performance Liquid Chromatography(u-HPLC) system(LaChromUltra L-2000 U-serier apparatus, Hitachi-High Technologies Corp, Tokyo, Japan)을 이용하여 분석하였음. u-HPLC system은 eluent reservoir, pump, autosampler 와 EZChrome Elite software으로 이루어져 있음
- Tocopherol 분석용 u-HPLC column은 LaChromUltra C18(particle size 2 μ m, 2 mm id, 50 mm length, Hitachi-High Technologies Corp, Tokyo, Japan)이었음
- Tocopherol 분석용 u-HPLC detector는 L-2485U florescence detector(Hitachi-High Technologies Corp, Tokyo, Japan)이며, excitation wavelength는 298nm, emission wavelength는 325 nm이며 flow cell capacity 는 3 μ l 이었음
- u-HPLC mobile phase의 용매 A는 증류수-methanol(5+95, v/v), 용매 B는 순수 methanol 이었으며, flow rate 은 0.3 mL/min, Heating block으로 Teche DB-3D(Barloworld Scientific Ltd., Shaffordshire, UK)을 사용하였음

(3) 실험 결과

- 백중밀 청밀에 대한 원곡의 기하학적 특성 분석 결과는 표 3-1-72에 있음. control에 비해 청밀 원곡의 면적, 장축길이, 단축길이, 둘레길이는 낮았으며 장단축비, 원형도는 높았음. 열수처리(steamed)한 청밀은 처리하지 않은 청밀에 비해 면적, 장단축비, 장축길이, 둘레길이. 원형도가 낮았음

표 3-1-72. 2013년산 백중 청밀의 기하학적 특성 분석

시료		면적 (mm ²)***	장단축비**	장축길이 (mm)***	단축길이 (mm)***	둘레길이 (mm)***	원형도***
백중밀	Control	14.5 ^a	2.17 ^b	6.31 ^a	2.92 ^a	15.4 ^a	1.39 ^b
	청밀	12.6 ^b	2.23 ^a	5.95 ^b	2.72 ^b	14.6 ^b	1.45 ^a
	청밀(steamed)	12.2 ^c	2.16 ^b	5.77 ^c	2.71 ^b	14.2 ^c	1.41 ^b

- 백중밀 청밀에 대한 Tocopherol 분석결과는 표 3-1-73에 있음. 백중밀 청밀의 α-tocopherol, γ-tocopherol 모두 control 과 비교하여 높게 나타났음. 열수처리(steamed)한 청밀은 처리하지 않은 청밀에 비해 α-tocopherol, γ-tocopherol 함량이 모두 낮았음

표 3-1-73. 2013년산 백중 청밀의 Tocopherol 함량

시료		Tocopherol			SD
		α-Tocopherol (mg/100 g)	γ-Tocopherol (mg/100 g)	Total (mg/100 g)	
백중밀	Control	0.287	0.237	0.524	0.004
	청밀	0.398	0.195	0.593	0.006
	청밀(steamed)	0.100	0.124	0.225	0.003

실험 2)

○ 실험 2은 2014년 전북익산지역에서 생산된 금강미를 대상으로 하였음

(1) 실험 재료

- 2014년에 수확된 청밀의 경우, 2013년도 청밀 실험을 바탕으로 실험의 효율성을 감안하여 줄기가 달린 청밀이 아닌 밀 알곡을 현장에서 수확하여 사용하였으며, 청밀의 수율을 감안하여 2014년 전북 익산 지역 동일 필지(1,200평)의 밭에서 생산된 금강밀 청밀을 구득하였음
 - 출수 후 30일 이내의 청밀을 수작업을 통해 수확한 후 2일 동안 현장에서 콤바인 작업이 가능할 때까지 (수분함량 45% 내외) 건조하였음. 건조된 밀은 콤바인 작업에 의해 탈곡한 후 당일 한국식품연구원 연구원에 운송하여 냉동저장고(-20℃)에 보관하며 실험에 사용하였음
 - 청밀은 출수 후 30일 내외의 밀이었으며, 대조구로서 동일지역에서 정상적인 시기(출수 후 45일)에 수확한 금강미를 사용하였음
- 출수 후 35일된 청밀은 현장에서 콤바인 작업 후 건조하여 연구원에 운송하였으며, 연구에 사용될 때까지 0℃에서 보관하였음(그림 3-1-55)



그림 3-1-55. 2014년산 건조 청밀의 입고 및 저장고내의 청밀

(2) 실험 방법

(가) 2014년산 금강밀 청밀의 전처리

- 2014년산 청밀은 2013년에 비해 콤바인 작업을 통해 알곡으로 얻은 청밀형태였기 때문에 실험 1) 과 같은 굵은 대와 낱알의 선별작업은 없었음
- 수확한 청밀은 실험 1)의 방법과 같이 0초 또는 1분간 스팀처리 한 후, 40℃에서 16시간(overnight) 건조하고 이를 시료로 사용하였음
- 청밀 혹은 정상수확립 시료는 익산 소재의 농촌진흥청 국립식량과학원에서 시험제분기(Buhler, Braunschweig, Germany)를 이용하여 밀가루로 제조하였으며, 생산된 밀가루는 진공 비닐백에 밀봉하여 실험에 사용될 때까지 냉장(0℃)보관하였음

(나) 2014년산 금강밀 청밀의 특성 분석

- 2014년산 청밀 시료의 이화학 특성은 2. 우리밀 제분 전처리에 의한 물성개선 가. 고전압 처리에 의한 물성개선 (2) 실험방법의 이화학 특성 분석 방법과 동일하게 분석하였음

(다) 2014년산 금강밀 청밀의 기능성 물질 및 항산화력 분석

① 청밀의 페놀화합물 및 플라보노이드 함량 분석

- 청밀 혹은 정상수확립의 페놀화합물과 플라보노이드 함량 분석을 위한 추출물은 Wang 등(2003)의 방법을 수정하여 추출하였음. Free phenolic compounds를 추출하기 위해 시료 1g에 80% chilled ethanol 20ml 을 넣어 10분간 추출 후 8000rpm에서 20분간 원심분리 후 상등액을 취하였음. 위 과정을 2번 반복 후 상등액을 모아 evaporator(HS-2001N, Hahnshin Sience Co., Korea)를 이용하여 5ml 이하로 농축 후 80% ethanol로 최종 volume이 10ml이 되도록 녹여 0.2 μ m filter로 filtering 후 사용하기 전까지 -20 $^{\circ}$ C에 보관하였음. Bound phenolic compounds는 free phenolic compounds 추출 후 남은 residue에 1N HCl 5ml을 넣어 85 $^{\circ}$ C에서 30분간 hydrolysis 후 추출하였음. 충분히 방냉한 후 10ml methanol을 첨가하여 150rpm shaker에서 30분간 추출하였음. 8000rpm에서 20분간 원심분리하여 상등액을 0.2 μ m filter로 filtering 후 사용하기 전까지 -20 $^{\circ}$ C에 보관하였음
- 청밀 혹은 정상수확립의 total phenolic content(TPC), total flavonoid content(TFC)와 DPPH radical scavenger assay는 제빵용도별 물성 및 제빵품질 개선을 위한 제분 전처리 기술 개발 가. 고전압 처리에 의한 물성개선 2) 실험방법 나) 이화학 특성 분석 방법 ⑤ 항산화력 분석에 따라 분석하였음
- Trolox Equivalent Antioxidant Capacity(TEAC) assay는 Rosa 등(2013)의 방법을 일부 수정하여 측정하였음. TEAC assay의 시료추출방법은 DPPH RSA의 방법과 동일하였음. 먼저 ABTS radical cation(ABTS $^{+}$)은 7.4mM ABTS와 2.45mM potassium persulfate를 16시간동안 암소에서 반응시킨 후 734nm에서 흡광도를 0.70 \pm 0.1로 methanol로 희석하였음. ABTS $^{+}$ solution 1960 μ L와 40 μ L의 test sample(청밀 및 정상수확립의 추출물, 0-2mM의 trolox)는 6분간 반응시킨 후 734nm에서 흡광도를 측정하였음. Trolox standards는 0-2mM의 흡광도 측정값으로 standard curve를 만든 후에 이를 이용하여 각 샘플들의 Trolox equivalents(TE)를 계산하여 antioxidant capacity는 μ mol TE/g로 나타내었음

② 청밀의 tocopherol(vitamin E) 분석

- Tocopherol 분석방법은 앞서 기술한 '(나) 2013년산 백중밀 청밀의 이화학 특성 분석 방법' 참조

③ 밀의 주요 단백질인 gluten의 아미노산 프로파일 분석

- 청밀과 정상수확밀의 주요단백질인 gluten의 아미노산 프로파일을 비교하였음. 밀가루의 글루텐을 Glutomatic System(Glutomatic 2200, Perten, Hagersten, Sweden)을 사용하여 wet-gluten을 분리 후 freeze-dry하여 얻은 dry gluten을 아미노산 분석용 시료로 사용하였음
- 아미노산 분석은 자동화된 Amino acid analyzer(L-8900; Hitachi High-Technologies Corp., Tokyo, Japan)를 사용하여 심 등(2013)의 방법에 의해 분석하였음. 분석용 column은 active exchange site 로서 sulfone group을 지닌 Hitachi HPLC Packed column(Ion-exchange resin, 4.6 mm i.d., 60 mm length, 3 μm particle size; Tokyo, Japan)을 사용하였음. Proline을 570와 440 nm에서 측정하기 위해 분석 detector로서 visible detector(Hitach High-Technologies Corp.)를 사용하였음. Mobile phase로서 사용된 pH가 다른 4개의 buffer 용액(pH 3.3, 3.2, 4.0, and 4.9)은 gradient elution mode 로 사용되었음. 아미노산 분석기의 flow rate은 0.999 mL/min 이었으며, 주사용량은 20 μL이었음

(3) 실험 결과

(가) 2014년산 금강밀 청밀의 특성 분석

- 2014년산 금강 정상수확밀 및 청밀의 일반성분을 표 3-1-74에 나타내었음. 정상수확밀에 비해 청밀의 회분, 지방함량, 색도 b값이 높았으며 색도 a값은 낮았음. 청밀의 열수처리하는 시간이 지남에 따라 회분함량과 색도 b값이 높아지고 색도 L값은 감소하였음

표 3-1-74. 2014년산 금강 정상밀 및 청밀시료의 일반성분¹

시료		수분 ^{***} (%)	회분 ^{***} (%)	지방 ^{***} (%)	색도		
					L [*]	a ^{***}	b ^{***}
정상수확립		12.9 ^a	1.39 ^c	1.33 ^b	83.4 ^{ab}	2.06 ^a	11.8 ^d
청밀	Control	6.36 ^b	1.46 ^b	2.03 ^a	84.9 ^a	-0.94 ^b	16.0 ^c
	steaming 30 sec	6.97 ^b	1.50 ^{ab}	1.89 ^a	81.2 ^b	-0.95 ^b	17.3 ^b
	steaming 1 min	6.75 ^b	1.52 ^a	1.83 ^a	80.8 ^b	-0.87 ^b	18.4 ^a

¹ 3번 반복 실험의 평균값
abc column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임
*, *** 시료가 p=0.05, 0.001수준에서 유의적인 차이가 있음

- 2014년산 금강 정상밀 및 청밀 제분 밀가루의 글루텐함량 및 색도는 표 3-1-75에 있음. 열수처리 청밀의 경우 Glutomatic 2200에 의해 글루텐 측정이 불가하였음은 열수처리하는 글루텐을 필요로 하는 yeast leavened bakery product에 적합하지 않음을 내포하고 있음. 정상수확밀에 비해 청밀의

색도 b값이 높았으며 수분함량과 색도 a값은 낮았음. 청밀의 열수처리는 시간이 지남에 따라 색도 b 값이 높아지고 a값은 감소하였음

표 3-1-75. 2014년산 금강 정상밀 및 청밀 제분밀가루의 글루텐 함량 및 색도¹

시료	수분*** (%)	Wet gluten (%)	Dry gluten (%)	전분 손상도*** (%)	입도*** (μ m)	색도			
						L	a***	b***	
정상수확립	13.3 ^a	30.6	10.6	4.74 ^d	25.11 ^d	88.7	0.53 ^a	8.5 ^d	
청밀	Control	12.2 ^b	30.4	10.7	5.64 ^c	34.45 ^c	87.2	0.41 ^b	11.1 ^c
	steaming 30 sec	11.7 ^b	측정불가	측정불가	9.60 ^a	42.40 ^a	87.6	0.17 ^c	13.0 ^b
	steaming 1 min	11.5 ^b	측정불가	측정불가	8.88 ^b	37.11 ^b	86.8	-0.06 ^d	13.6 ^a

¹ 3번 반복 실험의 평균값
abc column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임
*** 시료가 p=0.001수준에서 유의적인 차이가 있음

- 2014년산 금강 정상수확밀 및 청밀 제분 밀가루의 RVA특성결과(그림 3-1-56), 정상수확밀 제분밀 가루에 비해 청밀 시료의 점도가 낮았음. 청밀 시료 중, 스팀처리 청밀의 점도가 청밀 control에 비해 낮았음 이는 아마도 비록 짧은 시간의 스팀처리이지만, 스팀처리에 의한 전분호화에 기인한 것으로 판단됨

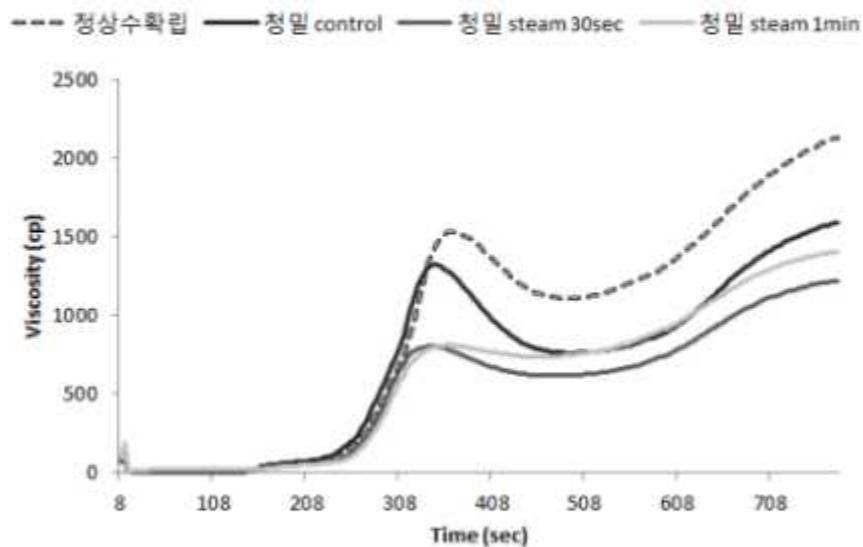


그림 3-1-56. 2014년산 금강 정상밀 및 청밀 제분 밀가루의 시간에 따른 점도변화

- 2014년산 금강 정상밀 및 청밀의 SRC 실험 결과를 표 3-1-76에 나타내었음. 전분의 손상도와 관련된 SCSRC는 정상수확립이 가장 낮고 청밀의 열수처리 시간이 길수록 높게 나타남. 밀가루의 gluten 형성과 관련 있는 LASRC는 정상수확립에 비해 청밀 control이 낮았음
- 열수처리 한 청밀의 LASRC는 정상수확립보다 매우 높게 나타났으나 열수처리 청밀은 gluten 실험 시 gluten이 형성되지 않았음
- 밀가루의 수분 결합능과 관련 있는 WRC는 정상수확립이 가장 낮고 청밀 control, steaming 30초, steaming 60초순으로 나타났음. 일반적인 밀가루의 WRC 값이 45~65% 사이에 위치한 것에 비해 열수처리 청밀의 WRC는 매우 높게 나타남

표 3-1-76. 2014년산 금강 정상밀 및 청밀 세분밀가루의 SRC 특성

시료		Solvent Retention Capacity (SRC)			
		SCSRC*** (%)	SuSRC*** (%)	LASRC*** (%)	WRC*** (%)
정상수확립		58.4 ^d	83.6 ^d	112 ^c	45.8 ^d
청밀	Control	72.6 ^c	92.1 ^c	87.7 ^d	56.6 ^c
	steaming 30 sec	147 ^b	141 ^b	129 ^b	102 ^b
	steaming 1 min	201 ^a	180 ^a	163 ^a	141 ^a

¹ 3번 반복 실험의 평균값
^{abc} column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임
^{***} 시료가 p=0.001수준에서 유의적인 차이가 있음

- 2014년산 금강 정상수확립, 청밀 및 이화학 특성을 주성분 1과 주성분 2 좌표 상에서 나타낸 그림은 그림 3-1-57에 있음. 주성분 1과 주성분 2는 총 변동의 각 73.84%와 21.9%를 설명할 수 있음. 정상수확립은 주성분 1의 음의 방향, 청밀은 control에서 steaming 30 초, 1분으로 갈수록 주성분 1의 양의방향에 위치하였음. 또한 주성분 1은 수분, 회분, 글루텐, 색도, RVA, SRC 와 관련이 있었으며 주성분 2는 지방함량과 관련이 있었음
- 청밀에 비해 정상밀은 L값과 a값이 높고 글루텐 함량 및 RVA 특성이 높았음. 반면 스팀처리 청밀은 다른 시료에 비해 회분함량, 색도 b값 및 SRC 특성이 높았음
- 밀은 출수 후 성숙과정 중에 유리당이 전분으로 전환되고 유리 아미노산이 단백질로 합성되며, 녹색에서 황색으로 변함(김 등, 2011). 김 등(2011)에 따르면, 수확시기에 따른 단백질 함량은 출수 후 30일 전후부터 변화가 없었으며, 전분 함량은 완숙에 가까워질수록 증가하였음. 또한, 조지방 및 수분함량은 정상수확시기에 가까워질수록 감소하는 경향을 나타냈다. 이러한 결과들은 본 연구의 청밀(출수 후 30일에 수확)과 정상수확립 성분비교 결과와 유사하였음

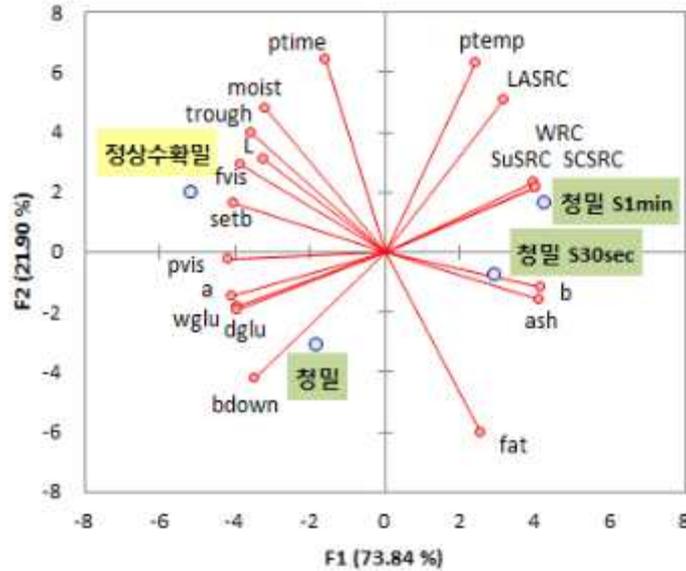


그림 3-1-57. 주성분 1(x)과 주성분 2(y) 좌표 상에서 금강 정상밀, 청밀 및 이화학 특성 위치

(나) 2014년산 금강밀 청밀의 항산화력 등 기능성분석

- 2014년산 금강 정상수확립 및 청밀 원곡의 Total phenolic contents는 청밀이 4.44 mg GAE/g으로 정상수확립 (3.89 mg GAE/g)보다 높았음(표 3-1-77). Steamed 청밀의 열수처리 시간이 길수록 Total phenolic contents의 함량은 감소하였음
- 밀의 bound phenolic contents (2.61-2.94 mg GAE/g)는 free phenolic contents(1.28-1.50 mg GAE/g)보다 높았음. Adom 등(2003)의 연구에 따르면 곡물의 phenolic compounds는 free phenolic content보다 bound phenolic content 함량이 높다고 보고했으며 이는 본 실험 결과와 유사하였음
- 이전 연구결과들에 의하면 밀의 대부분 phenolic compound는 세포벽에 존재하는 bound의 형태이며 gastrointestinal(GI) tract digestion동안 손실되지 않아 bound phenolic 함량이 많은 통밀이나 통밀 제품의 섭취는 chronic disease의 위험을 줄이는 효과가 있다는 보고가 있음
- Flavonoids함량은 total phenolic contents가 가장 높았던 청밀의 경우 1.0 mg CE/g으로 가장 높았으며 phenolic contents와는 달리 bound flavonoids보다 free flavonoids의 함량이 높게 나타났음. DPPH RSA의 경우 총 페놀화합물 함량과 flavonoids 함량이 많았던 청밀이 45%로 가장 높았음
- 2014년산 금강 정상수확립 및 청밀 bran의 항산화력 분석은 표 3-1-78에 나타내었음. Bran의 total phenolic contents와 DPPH RSA는 원맥보다 높았으나 flavonoids의 함량은 원맥과 유사하거나 적은 함량을 보였음
- Bran의 항산화력분석 결과, 원곡의 결과와 같이, 청밀 control의 총 페놀화합물 함량, flavonoids 함

량, DPPH RSA, TEAC에 의한 항산화력이 정상수확립보다 높았음. 이는 청밀 bran의 항산화활성 장점을 보여주고 있음

- 스팀 30초 처리 청밀의 bran은 TEAC를 제외한 특성에서 정상수확립 bran과 비슷한 결과를 보여주었음 TEAC의 경우 스팀 여부에 관계없이 청밀 bran이 정상수확립에 비해 높았음
- 청밀 bran의 항산화력 분석결과, TEAC를 제외한 항산화특성은 스팀처리에 의해 감소되었음 Bran의 TEAC에 의한 항산화활성은 원곡의 2배 이상으로 나타남. 측정방법에 의한 항산화활성 차이가 적지 않음을 내포함
- 정상수확립 및 청밀 제분 밀가루의 total phenolic contents, total flavonoids contents와 DPPH RSA는 표 3-1-79에 나타내었음. 제분 밀가루의 phenolic, flavonoids contents와 항산화력은 bran 이나 원맥보다 낮았음
- 전반적으로 원맥 혹은 bran의 경우 청밀 control에 비해 스팀처리 청밀의 항산화력이 감소하는 경향이 있었으나, 밀가루의 경우 스팀처리 밀가루의 총 페놀함량, flavonoids 함량, DPPH RSA, TEAC이 다른 처리구에 비해 높았음. 이 결과는 스팀처리 청밀가루의 기능성 소재로의 활용 가능성을 내포함

표 3-1-77. 금강 정상밀 및 청밀 원곡의 phenolic compounds, flavonoids, DPPH RSA 및 TEAC 분석¹

시료	Phenolic compounds (mg GAE ² /g)			Flavonojds (mg CE ³ /g)			DPPH RSA ^{4**} (%)	TEAC ^{5***} (μmol TE/g)	
	Free	Bound	Total*	Free**	Bound***	Total***			
정상수확립	1.28	2.61	3.89 ^b	0.51 ^c	0.30 ^c	0.81 ^c	39.9 ^a	5.91 ^c	
청밀	Control	1.50	2.94	4.44 ^a	0.63 ^a	0.37 ^a	1.00 ^a	45.0 ^a	8.27 ^a
	steam 30 sec	1.34	2.86	4.20 ^{ab}	0.57 ^b	0.34 ^b	0.91 ^b	41.3 ^a	7.32 ^b
	steam 1 min	1.37	2.79	4.16 ^{ab}	0.55 ^{bc}	0.32 ^c	0.87 ^b	34.6 ^b	6.90 ^b

1 3번 반복 실험의 평균값
 2 Gallic acid equivalent
 3 Catechin equivalent
 4 DPPH(2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) radical scavenger assay
 5 Trolox equivalent antioxidant capacity
 abc column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임
 *** 시료가 p=0.001수준에서 유의적인 차이가 있음

표 3-1-78. 금강 정상밀 및 청밀 Bran 의 phenolic compounds, flavonoids, DPPH RSA 및 TEAC 분석

시료	Phenolic compounds (mg GAE ² /g)			Flavonoids (mg CE ³ /g)			DPPH RSA ^{4**} (%)	TEAC ^{5**} (μmol TE/g)	
	Free	Bound	Total*	Free**	Bound***	Total***			
정상수확립	1.53 ^b	2.90 ^b	4.43 ^b	0.29 ^b	0.49 ^b	0.78 ^b	67.7 ^c	13.8 ^b	
청밀	Control	1.91 ^a	3.25 ^a	5.16 ^a	0.39 ^a	0.72 ^a	1.11 ^a	76.7 ^a	17.3 ^a
	steam 30 sec	1.54 ^b	3.02 ^b	4.56 ^b	0.28 ^b	0.51 ^b	0.79 ^b	69.9 ^b	16.0 ^a
	steam 1 min	1.49 ^b	2.65 ^c	4.14 ^c	0.19 ^c	0.43 ^b	0.62 ^b	67.0 ^c	16.2 ^a

1 3번 반복 실험의 평균값
 2 Gallic acid equivalent
 3 Catechin equivalent
 4 DPPH(2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) radical scavenger assay
 5 Trolox equivalent antioxidant capacity
 abc column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임
 *** 시료가 p=0.001수준에서 유의적인 차이가 있음

표 3-1-79. 금강 정상수확밀, 청밀 밀가루의 phenolic compounds, flavonoids, DPPHRSA 및 TEAC 분석

시료	Phenolic compounds (mg GAE ² /g)			Flavonoids (mg CE ³ /g)			DPPH RSA ^{4**} (%)	TEAC ^{5**} (μmol TE/g)	
	Free	Bound***	Total**	Free***	Bound	Total***			
정상수확립	0.86	1.15 ^d	2.01 ^b	0.42 ^b	0.04	0.46 ^b	6.82 ^d	2.77 ^c	
청밀	Control	0.63	1.49 ^c	2.12 ^b	0.33 ^c	0.10	0.43 ^b	10.3 ^c	3.26 ^b
	steam 30 sec	0.65	1.74 ^a	2.39 ^a	0.40 ^b	0.11	0.51 ^b	17.7 ^a	4.02 ^a
	steam 1 min	0.89	1.63 ^b	2.52 ^a	0.58 ^a	0.06	0.64 ^a	14.6 ^b	3.88 ^a

1 3번 반복 실험의 평균값
 2 Gallic acid equivalent
 3 Catechin equivalent
 4 DPPH(2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) radical scavenger assay
 5 Trolox equivalent antioxidant capacity
 abc column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임
 *** 시료가 p=0.001 수준에서 유의적인 차이가 있음

- 정상수확립 및 청밀의 phenolic compounds, flavonoids, DPPH RSA 및 TEAC 특성 간 상관분석한 결과 (표 3-1-80), 대부분의 특성 간 높은 (+)상관관계를 보여주었음. 즉, 금강 정상밀 및 청밀의 phenolic compounds, flavonoids, DPPH RSA, TEAC, 각 특성 간 상관이 높았음

표 3-1-80. 금강 정상수확립, 청밀의 phenolic compounds, flavonoids, DPPH RSA 및 TEAC 간 상관관계

시료		Phenolic compounds			Flavonoids			DPPH RSA	TEAC
		Free	Bound	Total	Free	Bound	Total		
Phenolic compounds	Free	1							
	Bound	0.926	1						
	Total	0.969	0.990	1					
Flavonoids	Free	-0.093	-0.012	-0.042	1				
	Bound	0.948	0.917	0.944	-0.285	1			
	Total	0.857	0.880	0.887	0.373	0.783	1		
DPPH RSA		0.921	0.890	0.917	-0.405	0.965	0.671	1	
TEAC		0.854	0.775	0.818	-0.550	0.921	0.535	0.969	1

- 정상수확립 및 청밀의 tocopherol 분석 결과(표 3-1-81), 금강밀 정상수확립의 γ -tocopherol, total tocopherol 이 청밀보다 높았음

- 열수처리 한 청밀은 처리하지 않은 청밀에 비해 tocopherol 함량이 낮았음. 열수처리 1분한 시료가 30초 처리한 것보다 tocopherol 함량이 더 높게 나타남

표 3-1-81. 2014년산 금강 정상밀 및 청밀의 Tocopherol 분석

시료		Tocopherol		
		α -Tocopherol (mg/100 g)	γ -Tocopherol ^{***} (mg/100 g)	Total ^{***} (mg/100 g)
정상수확립		0.16	0.90 ^a	1.06 ^a
청밀	Control	0.17	0.82 ^b	0.99 ^b
	steam 30 sec	0.15	0.57 ^d	0.71 ^d
	steam 1 min	0.14	0.62 ^c	0.76 ^c

abc

column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임

시료가 p=0.001수준에서 유의적인 차이가 있음

- 청밀과 정상수확립을 제분한 밀가루로부터 밀 단백질인 gluten을 분리하여 16개 아미노산 함량을 분석한 결과(표 3-1-82), 주된 아미노산은 glutamic acid였으며, Proline, Leucine, Phenylalanine, Serine의 순으로 나타났음
- 밀 gluten의 아미노산 residue의 1/3은 글루타민이며, 1/7은 proline이라고 한 Kasarda 등(1971)의 보고와 일치하였음. 다만, 본 연구결과 glutamic acid는 전체 아미노산의 1/3(약 33%)보다 훨씬 많은 40% 이상이었음
- 청밀의 경우 총 아미노산 함량은 낮았지만, 필수아미노산이며 곡류의 제한 아미노산인 lysine함량이 정상수확립 밀보다 33% 정도 더 많이 함유하였음

표 3-1-82. 2014 금강밀 청밀 및 정상수확립 단백질 (gluten)의 아미노산 조성 및 비율

Sample amino acid ¹⁾	청밀 Control		정상수확립	
	amino acid (mg/100g)	비율 (%)	amino acid (mg/100g)	비율 (%)
Asp	2479	3.62	2368	3.01
Thr	1769	2.58	1862	2.37
Ser	3596	5.25	4026	5.12
Glu	29326	42.8	35240	44.8
Pro	7787	11.4	9450	12.0
Gly	2496	3.65	2757	3.50
Ala	1737	2.54	1803	2.29
Val	1920	2.80	2038	2.59
Met	592	0.86	874	1.11
Ile	1673	2.44	1843	2.34
Leu	4673	6.83	5257	6.68
Tyr	1873	2.74	2088	2.65
Phe	3669	5.36	4245	5.39
Lys	1440	2.10	1198	1.52
His	1259	1.84	1421	1.81
Arg	2180	3.18	2230	2.83
계	68469	100.0	78701	100.0

¹⁾Asp: Aspartic acid, Thr: Threonine, Ser: Serine, Glu: Glutamic acid, Pro: Proline, Gly: Glycine, Ala: Alanine, Cys: Cystein, Val: Valine, Met: Methionine, Ile: Isoleucine, Leu: Leucine, Tyr: Tyrosine, Phe: Phenylalanine, Lys: Lysine, His: Histidine, Arg: Arginine

다. 오존수 처리에 의한 효과

(1) 실험재료

(가) 실험원맥

- 오존수 처리에 사용된 원맥은 2014년 전북익산지역에서 생산된 금강미를 대상으로 하였음

(2) 실험방법

(가) 제분 전처리 과정

- 제분 전 tempering 과정에서 오존수에 의한 제빵 효과를 분석하고자 아래 표와 같은 조건으로 원맥을 tempering 하였음. 즉, 2014년 금강밀 청밀에 수분을 가수하여 tempering시 첨가되는 수분을 15 ppm 오존수 혹은 수돗물(control)로 하고, tempering시 수분함량을 20% 혹은 30%로 하여 총 4개의 treatment를 실험에 사용하였음(표 3-1-83). 본 실험에 사용된 오존수는 배오존 분해기가 부착된 오존수 발생기(오존텍, 대전, 대한민국)에 의해 생성된 것임

표 3-1-83. 청밀의 오존수 처리 실험에 사용된 시료

no.	시료명	ozone 처리 농도 (ppm)	tempering 조건 (%)
1	control 20% Tempering	0	20
2	ozone 20% tempering	15	20
3	control 30% tempering	0	30
4	ozone 30% tempering	15	30

(나) 밀가루 제조

- 위 오존수 처리 실험에 사용된 4 종류의 시료를 tempering 후 밀봉 포장하여 4℃ 냉장고에서 overnight 한 후, Roll mill(Stainless Roller, Kyungchang, Kwangju-si, Korea)과 Hobart legacy mixer(HL1400, Hobart, Ohio, USA)을 이용하여 분쇄하였음. roll mill 과정을 4번 거친 후 hobart mixer에서 5분간 믹싱한 후 40℃에서 overnight 열풍건조 하였음. 이후 hobart mixer에서 5분간 혼합하여 밀가루를 얻고, 이를 제빵 재료로서 사용하였음

(다) 식빵 제조 및 특성 분석

- 이스트 식빵 제조 및 부피, 무게, 비용적 및 경도 측정은 2. 우리밀 제분 전처리에 의한 물성개선 가. 고전압 처리에 의한 물성개선 (2) 실험방법의 제빵 적성 분석 방법과 동일하게 하였음

(3) 실험결과

- 오존수 처리 여부 및 tempering 농도에 따른 청밀 제분 밀가루를 이용하여 제조한 식빵의 부피, 무게, 비용적 및 경도를 표 3-1-84에 나타내었음. 15 ppm 오존수로 tempering 20% 한 청밀 제분밀가루의 부피 및 비용적이 제일 컸으며 경도는 가장 낮았음. 모든 식빵의 부피 및 비용적이 작았으며 경도가 높게 나타남
 - 청밀 밀가루를 단독으로 식빵 제조에 사용하기에는 무리라고 판단하였음. 이후 시판 밀가루를 혼합하여 식빵을 제조하였음
- 오존수 처리 여부 및 tempering 농도에 따른 청밀 제분 밀가루를 시판 밀가루와 1:1로 혼합하여 식빵을 제조하였음(표 3-1-85). 또한 식빵의 경도를 3일 간격으로 총 3회 측정함(1일차, 4일차, 7일차). 부피와 비용적은 시료 간 유의적인 차이가 없었음. 경도는 4일, 7일차에서 15 ppm 오존수로 tempering 30% 한 청밀 제분 밀가루(시판밀 혼합)로 제조한 식빵이 제일 높게 나타남
 - 유의적인 차이는 없었지만 오존수 20% 처리군의 식빵 경도가 저장 중 가장 낮아 노화억제의 가능성을 보여주었음
- 오존수 처리 여부 및 tempering 농도에 따른 청밀 제분 밀가루를 시판 밀가루와 1:1로 혼합하여 식빵을 제조하였음(표 3-1-86). 또한 식빵의 경도를 3일 간격으로 총 3회 측정함(1일차, 4일차, 7일차). 부피와 비용적은 15 ppm 오존수로 tempering 20%한 청밀 제분 밀가루(시판밀 혼합)로 만든 식빵이 제일 높게 나타났으며 15 ppm 오존수로 tempering 30%한 밀가루 식빵이 가장 낮게 나타남. 경도는 7일차에서 15 ppm 오존수로 tempering 20% 한 시료가 가장 낮게 나타남

표 3-1-84. 오존수 처리 여부 및 tempering 농도에 따른 청밀 밀가루로 제조한 빵의 특성

	Volume ^{***} (ml)	Weight (g)	Specific Volume ^{***} (ml/g)	Firmness* (g)
control 20% Tempering	745 ^c	447	1.67 ^d	3702 ^a
ozone 20% tempering	917 ^a	454	2.02 ^a	2907 ^b
control 30% tempering	800 ^b	453	1.77 ^c	3037 ^{ab}
ozone 30% tempering	802 ^b	447	1.80 ^b	3013 ^{ab}

abc column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임
*, ***, 시료가 p=0.05, 0.001 수준에서 유의적이 차이가 있음

표 3-1-85. 오존수 처리 여부 및 tempering 농도에 따른 청밀 밀가루로 제조한 빵의 특성¹

	Volume (ml)	Weight (g)	Specific Volume(ml/g)	firmness (g)		
				day 1	day 4 ^{***}	day 7 ^{**}
control 20% Tempering	1872	440	4.26	148	430 ^b	635 ^b
ozone 20% tempering	1837	445	4.13	150	352 ^c	575 ^b
control 30% tempering	1753	451	3.89	181	450 ^b	685 ^b
ozone 30% tempering	1732	442	3.92	206	559 ^a	851 ^a

¹ 식빵 제조 시 청밀 밀가루 시료와 시판 밀가루(우리밀 100% 밀가루, Cj제일제당, 양산, 대한민국)를 1:1로 혼합하여 사용하였음
abc column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임
*, ***, 시료가 p=0.05, 0.001 수준에서 유의적인 차이가 있음

표 3-1-86. 오존수 처리 여부 및 tempering 농도에 따른 청밀 밀가루로 제조한 빵¹의 특성¹

	Volume ^{***} (ml)	Weight (g)	Specific Volume ^{***} (ml/g)	firmness (g)		
				day 1	day 4	day 7 ^{***}
control 20% Tempering	1859 ^b	440	4.23 ^b	208	493	704 ^a
ozone 20% tempering	2018 ^a	439	4.60 ^a	188	430	609 ^b
control 30% tempering	1875 ^b	438	4.28 ^b	192	495	776 ^a
ozone 30% tempering	1804 ^c	440	4.10 ^c	198	527	773 ^a

¹ 식빵 제조 시 청밀 밀가루 시료와 시판 밀가루(우리밀 100% 밀가루, Cj제일제당, 양산, 대한민국)를 1:1로 혼합하여 사용하였으며, 물 대신에 15 ppm 오존수를 식빵의 반죽 만드는 데 사용하였음
abc column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임
*, ***, 시료가 p=0.05, 0.001수준에서 유의적인 차이가 있음

3. 수입밀과 차별화된 우리밀 기능성 탐색

가. 우리밀 기능성 탐색을 위한 국내외산 밀의 비교

(1) 실험재료

- 우리밀 기능성 탐색을 위해 국내외산 원맥 14점(우리밀 6종, 수입밀 8종)을 시료로 사용하였음. 시료의 품종에 대한 정보는 표 3-3-87과 같음

표 3-1-87. 본 연구의 기능성 탐색을 위한 국내외산 원맥시료

no	종류	품종	제공처	원산지	기타
15	우리밀	금강	우리밀농협	광주	
16		조경	우리밀농협	합천	
20		금강	CJ	정읍	
21		금강	CJ	광주	
22		금강	CJ	합천	
23		조경	CJ	합천	
A	수입밀	NS	CJ	미국	Nothern Spring
B		HRW	CJ	미국	Hard Red Winter
F		AH	CJ	호주	Australian Hard
G		ASW	CJ	호주	Australian Standard White
H		CWRS	CJ	캐나다	Canadian Western Red Spring
I		DNS	CJ	미국	Dark Northern Spring
J		HRW	CJ	미국	Hard Red Winter
K		SW	CJ	미국	Soft White

(2) 실험방법

(가) 국내외산 품종별 밀의 단백질 특성분석

① 단백질의 용해도에 따른 분리

- 국내외산 원맥 14종을 시험제분기를 이용하여 60% 수율로 한 후, 용해도(물-albumin; 염-globulin; 알코올-gliadin; 산-glutenin)에 따라 단백질을 분리하였음. 분리 방법은 그림 3-1-58과 같음

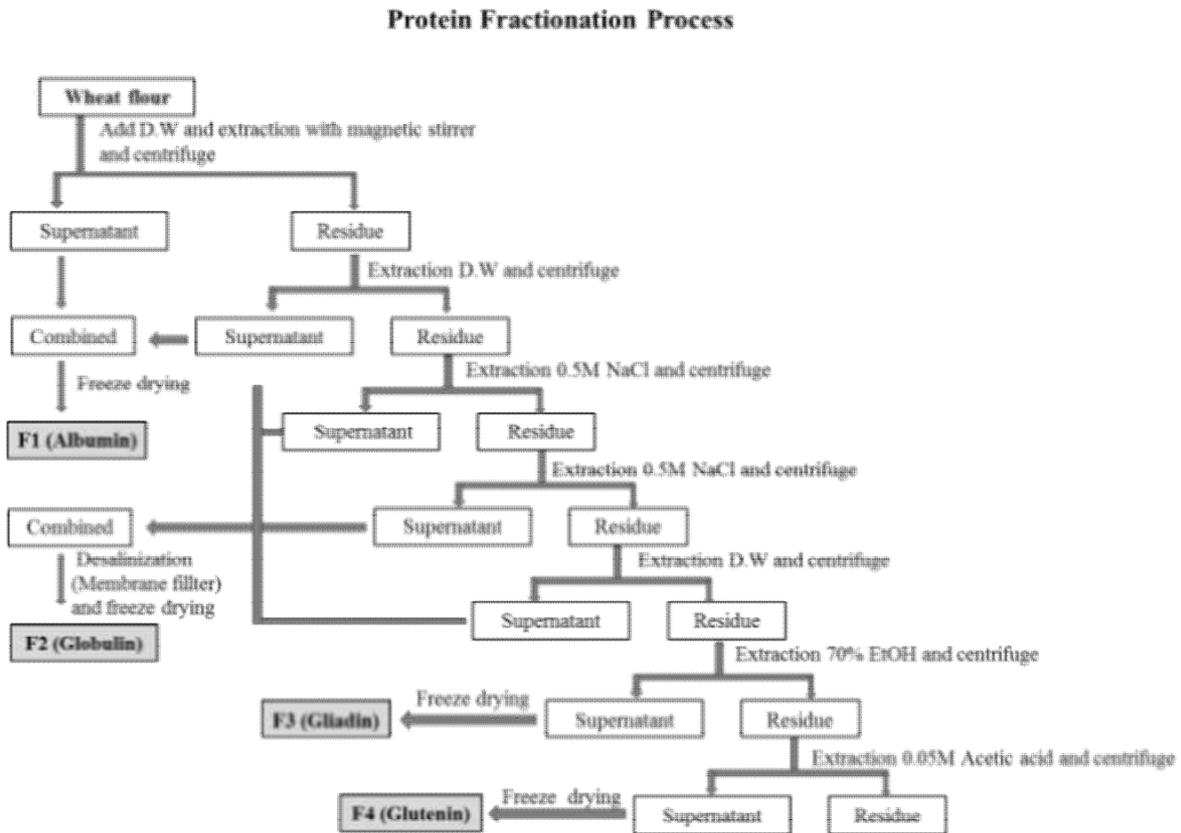


그림 3-1-58. 용해도에 따른 단백질 분리

② 국내외산 품종별 밀의 용해도별 단백질의 SDS-PAGE에 의한 분리

- 밀가루 단백질의 전기영동에는 Gel(Novex 4-12% Tris-glycine mini gel, Invitrogen, CA, USA)와 Xcell Surelock Mini-cell(Invitrogen, CA, USA)를 이용하여 SDS(Sodium dodecyl Isulfate) polyacryl amide gel electrophoresis(SDS-PAGE)를 하였음. 용해도에 따라 분리된 밀가루 단백질은 동결건조 한 상태에서 시료 0.002 g 과 Sample buffer(Novex Tris-glycine SDS sample buffer, Invitrogen, CA, USA) 2 μ l (1:1)로 섞어 준 뒤 증류수 18 μ l를 섞어 부피가 총 20 μ l 가 되게 하였음. 이를 10,000 g에서 5분간 centrifuge 한 뒤 100 $^{\circ}$ C에서 5분간 boiling 한 후 다시 20,000 g에서 10분간 원심분리하여 상등액을 시료로 사용함. Running buffer는 Novex

Tris-glycine SDS running buffer(Invitrogen, CA, USA)을 사용하였음. gel 끝에서 molecular weight을 비교하기 위해 marker protein(Novex sharp pre-stained protein standard, Invitrogen, CA, USA) 도 함께 분석하였음. 분리된 단백질은 Sasse and Gallagher(1991)이 설명한 Coomassie blue staining 방법에 따라 염색용액(0.1% Coomassie brilliant blue R-250 in 40% EtOH & 10% Acetic acid solution)에 하루정도 염색하고 destaining solution(10% EtOH & 7.5% acetic acid solution)에서 약 5시간 탈색과정을 거친 후, drying 하여 스캔하였음

③ 2-dimensional gel electrophoresis (2-DE)

- 각 시료로부터 단백질 추출은 약 150mg 의 시료에 7M urea , 2M Thiourea, 4%(w/v) 3-[(3-cholamidopropyl)dimethylammonio]-1-propanesulfonate(CHAPS), 1%(w/v) dithiothreitol(DTT), 2%(v/v) pharmalyte, 1mM benzamidine로 구성된 2D lysis buffer와 혼합하여 추출하였음. 단백질 추출을 위해서 1시간 동안 vortexing 하였으며, 15°C에서 15,000rpm으로 1시간 동안 원심분리하여 상층액을 이차원전기영동의 시료로 사용하였음. 단백질 농도는 Bradford 법으로 측정하였음
- 일차 Isoelectric focusing(IEF)를 위하여 IPG strips은 7M urea, 2M thiourea, 2% 3-[(3-cholamidopropyl)dimethylammonio]-1-propanesulfonate(CHAPS), 1% dithiothreitol(DTT), 1% pharmalyte로 구성된 reswelling 용액으로 상온에서 12-16시간 정도 reswelling 되었음. Strip 당 시료는 각각 800ug씩을 사용하였으며, Amersham Biosciences 사의 Multiphore II system을 이용하여 제조회사의 사용메뉴얼을 준수하여 20°C에서 IEF를 수행하였음. IEF 조건은 150V에서 3,500V까지의 도달시간을 3시간 되게 하였으며, 3,500V에서 26시간 지속되도록 하여 최종적으로 96kVh 가 되도록 설정하였음.
- 이차적으로 SDS-PAGE를 수행하기 전에 IPG Strips을 1% DTT를 함유한 equilibration buffer(50mM Tris-Cl, pH6.8, 6M urea, 2% SDS, 30% glycerol)로 10분간 incubation 하였으며, 곧바로 2.5% iodoacetamide를 함유한 equilibration buffer로 10분간 더 incubation했음. Equilibration이 완료된 strips을 SDS-PAGE gels(20x24cm, 10-16%) 위에 배열시키고, Hoefer DALT 2D system(Amersham Biosciences)을 이용하여 20°C에서 최종적으로 1.7kVh가 되게 전개 하였음
- 이차원전기영동이 완료된 이차원 젤의 단백질은 Anderson, N.L.(*Electrophoresis* 1991, 12:907-930)등의 방법에 따라 coomassie G250로 염색 후 SYGENE사의 DYVERSITY로 사진을 찍어 확장자가 TIFF인 파일 형태로 이미지 분석을 시행하였음
- 스캐닝된 이미지로부터 단백질 spots의 발현변화 확인을 위한 정량적인 분석은 PDQuest software(version 7.0, BioRad)를 이용하여 수행하였음. 각 spot의 quantity는 total valid spots의 intensity로 평준화(normalization)되었으며, 대조군에 비해 두 배 이상의 유의한 발현변화를 보여주는 단백질 spots을 선정하였음

④ 국내외산 품종별 밀 단백질의 아미노산 프로파일

- 단백질 아미노산 프로파일은 앞서 기술한 2. 우리밀 제분 전처리에 의한 물성개선 나. 열수처리에 의한 물성개선 실험 2) (2) 실험 방법 (다) 2014년산 금강밀 청밀의 향산화력 등 기능성 분석 ③ 단백질의 아미노산 프로파일 분석 과 같은 방법으로 분석하였음

(나) 국내외산 품종별 밀의 ferulic acid 분석

① Ferulic acid의 추출

- Ferulic acid는 Adom 등(2003), Zhou 등(2004), Dinelli 등(2011), Wang 등(2013)의 방법을 수정하여 추출하였음. 각 샘플에 1N HCl 5ml을 넣어 90-100°C에서 1시간동안 hydrolysis 후 추출함. 충분히 방냉한 후 10ml methanol을 첨가하여 150rpm shaker에서 30분간 추출하였음. 8000rpm에서 20분간 원심분리하여 상등액을 0.2µm filter로 filtering 후 사용하기 전까지 -20°C에 보관하였음

② Ferulic acid의 분석

- 추출된 Ferulic acid는 LaChrom Ultra L-2000 U Series(Hitach High-Tech Science Corp, Tokyo, Japan)을 이용하여 분석하였으며, 분석용 컬럼으로는 LaChromUltra C18(particle size 2 µm, 2 mm I.D. 100 mm length)을 사용하였으며, mobile phase A는 0.5% acetic acid, mobile phase B는 Acetonitrile이었음
- 아래와 같은 조건(표 3-1-88)으로 gradient 분리하였으며 유속은 0.3 mL/min이었음. 검출기는 L-2455U PDA detector(Hitach High-Tech Science Corp, Tokyo, Japan)를 사용하였으며, 275 nm에서 분석하였으며 확인은 200 - 500 nm에서 최대 흡광치를 측정하였음

표 3-1-88. Ferulic acid 분석 시 사용한 시료의 분리조건

시간	이동상 A (%)	이동상 B (%)
0.0	89	11
3.0	89	11
15.0	47	53
16.0	47	53
17.0	89	11
21.0	89	11

(다) 국내외산 품종별 밀의 Tocopherol 분석

- Tocopherol 분석방법은 앞서 기술한 2. 우리밀 제분 전처리에 의한 물성개선 나. 열수처리에 의한 물성개선 실험 1) (2) 실험 방법 (나) 2013년산 백중밀 청밀의 특성 분석 ③ Tocopherol 분석과 같은 방법으로 분석하였음

(3) 실험결과

(가) 국내외산 품종별 밀의 단백질 특성분석

- 국내외산 품종별 밀의 용해도별 분리된 단백질을 SDS-PAGE로 분석한 결과는 그림 3-1-59에 나타냄. 국내외산 품종별 밀의 glutenin fraction의 SDS-PAGE에 의한 분석결과 품종에 관계없이 98K 부근에서 단백질 band가 발견되었음

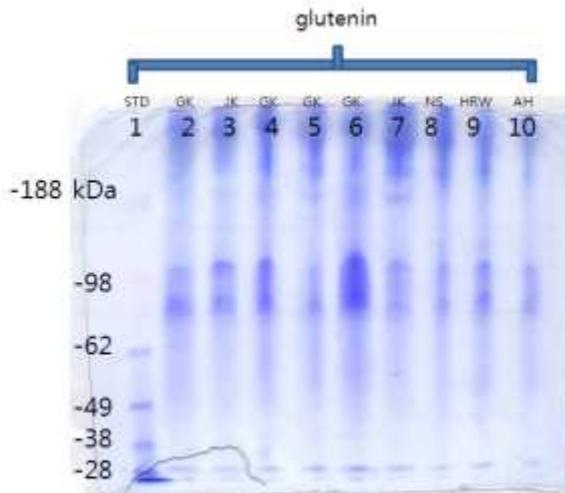
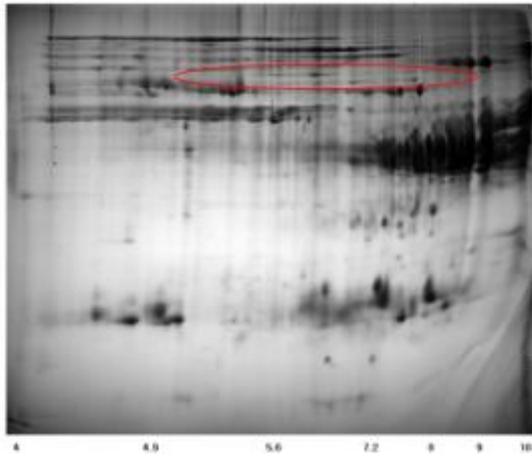
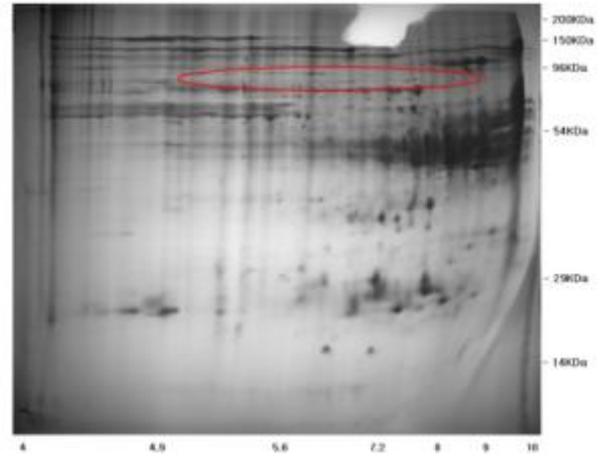


그림 3-1-59. 국내외산 품종별 밀 glutenin fraction의 SDS-PAGE에 의한 분리(2 GK: 금강 15; 3 JK: 조경 16; 4 GK: 금강 20; 5 GK: 금강 21; 6 GK: 금강 22; 7 JK: 조경 23; 8 NS: Northern Spring A; 9 HRW: Hard Red Winter B; 10 AH: Australian Hard F)

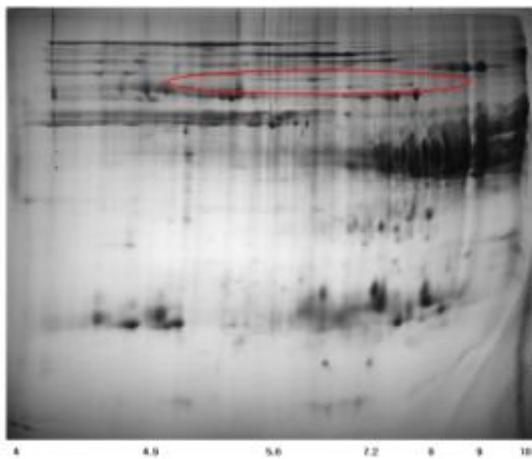
- SDS-PAGE 결과 국내외산 품종별 밀의 차이를 판단하기 어려웠기 때문에, 2-DE 분석을 수행하였음. 국내산 밀 중 품질이 우수한 조경(16), 금강(20, 22)번과 수입밀 NS(A)의 glutenin 및 gliadin fraction의 2-DE 수행결과는 그림 3-1-60, 그림 3-1-61에 있음
 - 2-DE 분석결과 이미지에서 평균적으로 약 550개의 spot이 관찰되었으며, normalize된 spot intensity를 기준으로 79개의 spot이 선정되었음. 수입밀인 NS(A)는 우리밀 조경(16), 금강(20, 22)에 비해 97.8kDa - 100.9kDa 부근의 spot intensity가 높았음(그림 3-1-60)
 - 반면, gliadin fraction의 2-DE 분석결과 조경밀(16)이 수입밀인 NS(A)보다 MW 24kDa-48kDa 부근의 spot intensity가 높았음(그림 3-1-61)



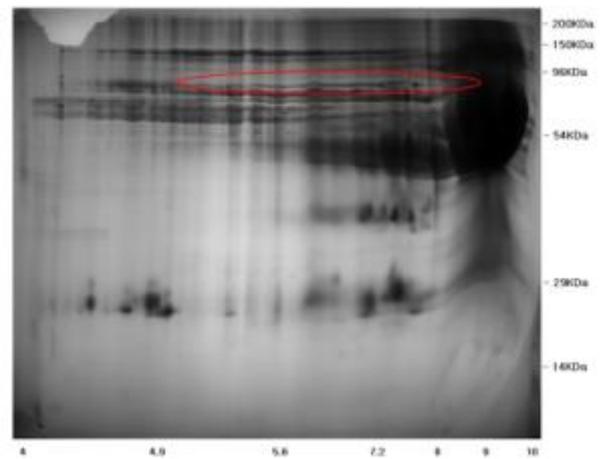
조경(16)



금강(20)



금강(22)



NS(A)

그림 3-1-60. Glutenin fraction의 2-DE image

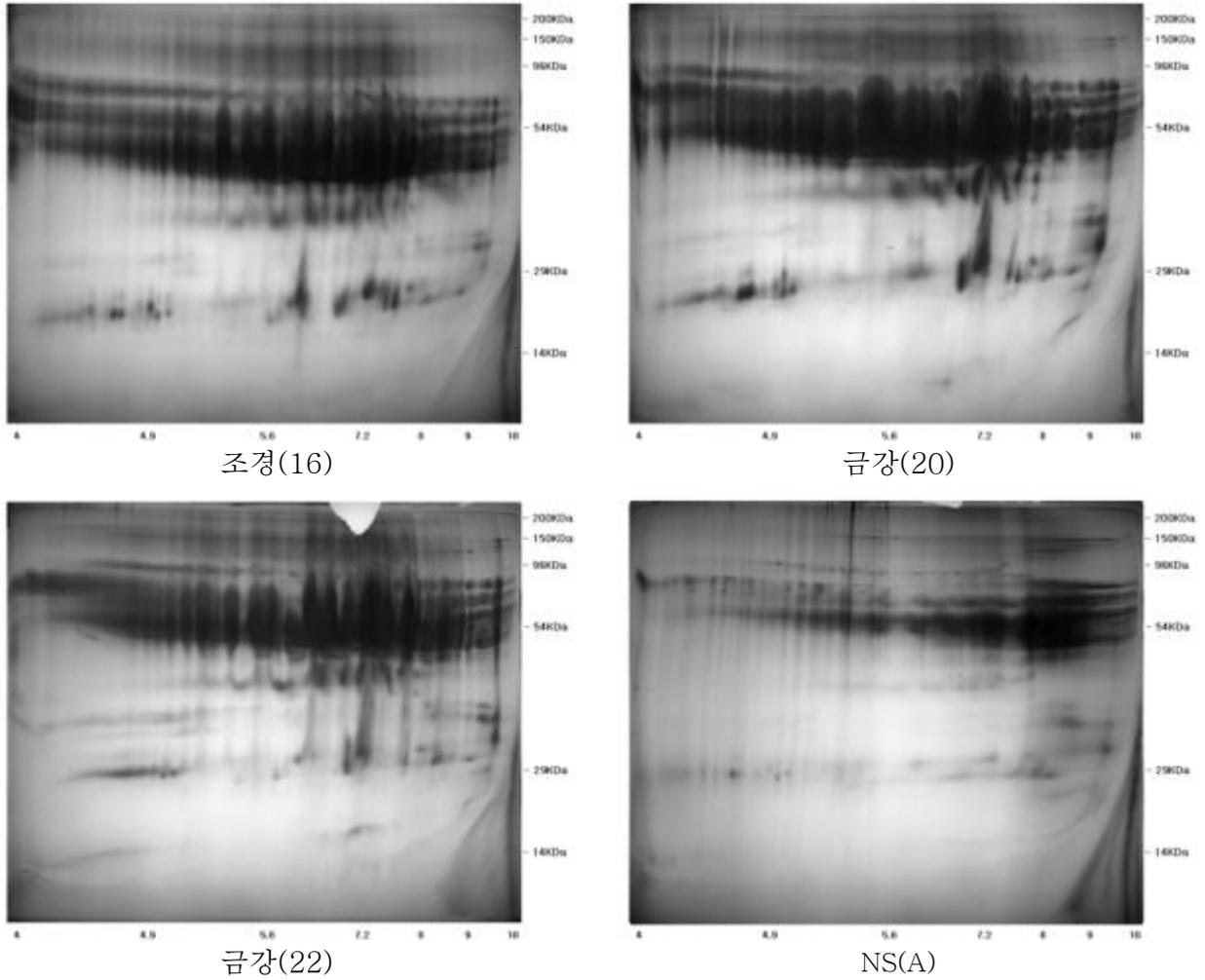


그림 3-1-61. Gliadin fraction의 2-DE image

- 국내외산 품종별 밀 단백질인 gluten을 분리하여 아미노산 분석한 결과는 표 3-1-89에 있으며. 이들 아미노산 함량을 비율(%)로 나타낸 것은 표 3-1-90에 있음. 아미노산 비율을 살펴보면 주된 아미노산은 glutamic acid였으며, Proline, Leucine, Phenylalanine, Serine의 순으로 나타났음
- 밀 gluten의 아미노산 residue의 1/3은 글루타민이며, 1/7은 proline이라고 한 Kasarda 등(1971)의 보고와 일치하였음. 다만, 본 연구결과 glutamic acid는 전체 아미노산의 1/3(약 33%)보다 훨씬 많은 40% 이상이었음

표 3-1-89. 국내외산 품종별 밀 단백질(gluten)의 아미노산 조성 (단위: mg/100g)

Samples	Domestic wheat sample								Imported wheat sample							
	15 GK	16 JK	20 GK	21 GK	22 GK	23 JK	NS	HRW	AH	ASW	CWRS	DNS	HRW1	SW		
Amino acids ¹⁾																
Asp	2641	2475	2479	2541	2539	2401	2527	2568	2366	2473	2427	2434	2434	2437		
Thr	2037	1968	1978	2052	2029	1978	2031	2089	1969	2018	1874	1875	1990	1893		
Ser	4306	4346	4036	4289	4093	4089	4288	4446	4183	4123	4254	4323	4354	3839		
Glu	37690	39114	35605	38326	36700	38089	40498	40343	37727	37378	39369	39753	38867	33060		
Pro	9390	10002	8883	9576	9175	9348	10158	10191	9428	9365	10327	9611	9623	8329		
Gly	2930	2968	2923	2891	2972	2936	2965	3095	2916	2916	2843	2873	2910	2514		
Ala	2145	1880	2024	2021	1962	1996	2031	2006	1839	1947	1896	1803	1978	1821		
Cys	1826	1794	1713	1841	1772	1764	1806	1910	1619	1756	1559	1577	1694	1666		
Val	2683	2533	2801	2923	3072	3068	3170	3254	2629	3066	2347	2379	2768	2710		
Met	1024	917	1086	1104	1211	1168	1244	1331	1067	1242	1016	930	1137	1221		
Ile	2358	2230	2526	2656	2786	2855	2994	2993	2430	2869	2161	2197	2569	2411		
Leu	5999	5809	5791	6053	5865	6031	6378	6330	5559	6156	5682	5806	6100	5740		
Tyr	2536	2623	2553	2412	2351	2527	2940	2902	2139	2754	2890	3030	2908	2884		
Phe	4415	4437	3842	4440	4099	4433	4757	4533	4357	4420	4624	4593	4456	3942		
Lys	1384	1268	1239	1334	1291	1269	1270	1338	1205	1310	1182	1175	1254	1320		
His	1471	1471	1430	1508	1534	1495	1625	1568	1404	1546	1391	1436	1488	1343		
Arg	2434	2195	2338	2375	2426	2368	2547	2607	2302	2577	2230	2221	2460	2296		

¹⁾ Asp: Aspartic acid, Thr: Threonine, Ser: Serine, Glu: Glutamic acid, Pro: Proline, Gly: Glycine, Ala: Alanine, Cys: Cystein, Val: Valine, Met: Methionine, Ile: Isoleucine, Leu: Leucine, Tyr: Tyrosine, Phe: Phenylalanine, Lys: Lysine, His: Histidine, Arg: Arginine

표 3-1-90. 국내외산 품종별 밀 단백질(gluten)의 아미노산 조성 비율 (%)

Samples	Domestic wheat sample								Imported wheat sample							
	15 GK	16 JK	20 GK	21 GK	22 GK	23 JK	NS	HRW	AH	ASW	CWRS	DNS	HRW1	SW		
Amino acids ¹⁾																
Asp	3.03	2.81	2.98	2.88	2.96	2.73	2.71	2.75	2.78	2.81	2.76	2.77	2.74	3.07		
Thr	2.33	2.24	2.38	2.32	2.36	2.25	2.18	2.23	2.31	2.30	2.13	2.13	2.24	2.38		
Ser	4.93	4.94	4.85	4.86	4.77	4.66	4.60	4.76	4.91	4.69	4.83	4.91	4.89	4.83		
Glu	43.2	44.4	42.8	43.4	42.7	43.4	43.4	43.1	44.3	42.5	44.7	45.2	43.7	41.6		
Pro	10.8	11.4	10.7	10.8	10.7	10.6	10.9	10.9	11.1	10.7	11.7	10.9	10.8	10.5		
Gly	3.36	3.37	3.51	3.27	3.46	3.34	3.18	3.31	3.42	3.32	3.23	3.26	3.27	3.16		
Ala	2.46	2.14	2.43	2.29	2.29	2.27	2.18	2.15	2.16	2.21	2.15	2.05	2.22	2.29		
Cys	2.09	2.04	2.06	2.08	2.06	2.01	1.94	2.04	1.90	2.00	1.77	1.79	1.90	2.10		
Val	3.07	2.88	3.37	3.31	3.58	3.49	3.40	3.48	3.09	3.49	2.66	2.70	3.11	3.41		
Met	1.17	1.04	1.30	1.25	1.41	1.33	1.33	1.42	1.25	1.41	1.15	1.06	1.28	1.54		
Ile	2.70	2.53	3.03	3.01	3.24	3.25	3.21	3.20	2.85	3.26	2.45	2.50	2.89	3.04		
Leu	6.87	6.60	6.96	6.85	6.83	6.87	6.84	6.77	6.53	7.00	6.45	6.60	6.85	7.23		
Tyr	2.91	2.98	3.07	2.73	2.74	2.88	3.15	3.10	2.51	3.13	3.28	3.44	3.27	3.63		
Phe	5.06	5.04	4.61	5.03	4.77	5.05	5.10	4.85	5.12	5.03	5.25	5.22	5.01	4.96		
Lys	1.59	1.44	1.49	1.51	1.50	1.45	1.36	1.43	1.42	1.49	1.34	1.33	1.41	1.66		
His	1.69	1.67	1.72	1.71	1.79	1.70	1.74	1.68	1.65	1.76	1.58	1.63	1.67	1.69		
Arg	2.79	2.49	2.81	2.69	2.83	2.70	2.73	2.79	2.70	2.93	2.53	2.52	2.76	2.89		

¹⁾ Asp: Aspartic acid, Thr: Threonine, Ser: Serine, Glu: Glutamic acid, Pro: Proline, Gly: Glycine, Ala: Alanine, Cys: Cystein, Val: Valine, Met: Methionine, Ile: Isoleucine, Leu: Leucine, Tyr: Tyrosine, Phe: Phenylalanine, Lys: Lysine, His: Histidine, Arg: Arginine

- 국내외산 품종별 gluten 및 17종의 아미노산 조성 비율을 주성분 1과 주성분 2 좌표 상에서 나타내었음(그림 3-1-62). 주성분 1과 주성분 2는 총변동의 각 56.2%와 17.1%를 설명 할 수 있음. 강력분인 DNS와 CWRS의 경우 proline과 glutamic acid 함량의 방향과 일치하였음
- 밀 gluten에는 필수아미노산인 lysine, Methionine, Tryptophan 함량이 낮아 우유, 달걀, 육류 등에 비해 단백질 질이 낮은 것으로 보고되고 있음. 본 연구 결과에서도 이들 필수 아미노산 함량은 낮았지만, DNS, CWRS와 같은 강력분 품종보다는 SW, ASW와 같은 박력분의 글루텐에서 lysine, Methionine, Tryptophan과 같은 필수아미노산 함량이 다소 높은 경향이 있었음. 비록 크지 않은 양이지만, 금강밀의 경우 lysine 함량이 강력분에 비해 다소 높은 경향을 나타내었음

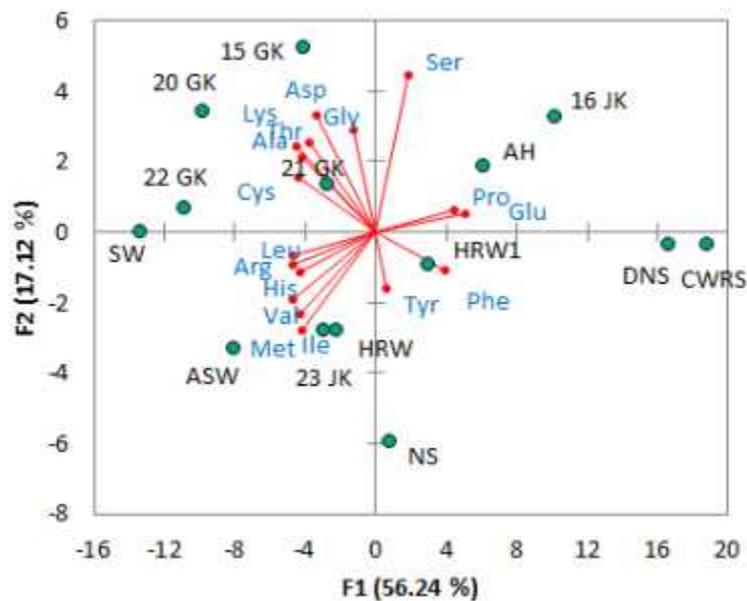


그림 3-1-62. 주성분 1(x)과 주성분 2(y) 좌표 상에서 국내외산 품종 및 글루텐의 아미노산 위치

(나) 국내외산 품종별 밀의 ferulic acid 분석

- 국내외산 밀 품종별 밀의 ferulic acid 분석결과는 표 3-1-91에 있음. 금강밀의 경우 ferulic acid 함량은 30.5~44.6 mg/kg, 조경밀의 경우 40.55~44.6 mg/kg 범위에 있었음. 수입밀의 경우 CWRS의 ferulic acid가 최저 24.5 mg/kg, SW가 최고 53.5 mg/kg 범위에 있었음

표 3-1-91. 국내외산 밀 품종별 Ferulic acid 함량

		Ferulic acid (mg/kg)
Domestic wheat	15 GK	44.6
	16 JK	44.6
	20 GK	35.1
	21 GK	30.5
	22 GK	33.2
	23 JK	40.5
Imported wheat	NS	46.2
	HRW	32.6
	AH	38.7
	ASW	46.1
	CWRS	24.5
	DNS	39.5
	HRW1	43.5
	SW	53.5

(다) 국내외산 품종별 밀의 Tocopherol 분석

○ 국내외산 품종별 밀의 Tocopherol 분석 결과는 표 3-1-92에 있음. SW의 tocopherol 함량이 mg/100g으로 가장 높았으며 NS의 경우 1.26 mg/100g 로 가장 낮았음. 전반적으로 수입밀이 국내 산밀보다 tocopherol 함량이 다소 높은 경향을 보였음. 조경밀의 경우 금강밀에 비해 Tocopherol 함량이 다소 높은 경향이 있었음

표 3-1-92. 국내외산 밀 품종별 Tocopherol 함량

		Tocopherol		
		γ-tocopherol*** (mg/100g)	α-tocopherol*** (mg/100g)	Total*** (mg/100g)
Domestic wheat	15 GK	0.45 ^h	1.02 ^f	1.47 ^h
	16 JK	0.71 ^d	1.71 ^c	2.42 ^d
	20 GK	0.63 ^f	1.38 ^d	2.01 ^e
	21 GK	0.45 ^h	1.13 ^e	1.58 ^g
	22 GK	0.59 ^g	1.10 ^e	1.69 ^f
	23 JK	0.59 ^g	1.44 ^d	2.03 ^e
Imported wheat	NS	0.33 ⁱ	0.93 ^g	1.26 ⁱ
	HRW	0.78 ^b	1.75 ^c	2.53 ^{cd}
	AH	0.74 ^c	1.73 ^c	2.46 ^d
	ASW	0.66 ^e	1.39 ^d	2.05 ^e
	CWRS	0.62 ^f	1.99 ^a	2.61 ^{bc}
	DNS	0.64 ^f	1.87 ^b	2.51 ^{cd}
	HRW1	0.70 ^d	1.97 ^a	2.67 ^b
	SW	0.99 ^a	2.03 ^a	3.02 ^a

abc column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임
*, ***, 시료가 p=0.05, 0.001 수준에서 유의적인 차이가 있음

나. 청밀의 기능성 탐색

(1) 실험재료

- 2014년 전북익산에서 생산된 금강밀 출수 후 30일된 청밀을 수작업을 통해 수확한 후 2일 동안 콤바인 작업이 가능할 때까지 현장에서 예건(수분함량 45% 내외) 하였음. 밀밭 현장에서 예건된 밀은 콤바인 작업에 의해 탈곡한 후 당일 한국식품연구원에 운송하여 냉동저장고(-20℃)에 보관하며 실험에 사용하였음
- 청밀은 출수 후 30일된 밀, 스팀에 30초 처리한 열수처리 청밀, 대조구로서 동일지역에서 정상적인 시기(출수 후 45일)에 수확한 금강밀을 사용하였음(그림 3-1-63)



그림 3-1-63. 2014년 수확된 정상수확밀, 청밀, 열수처리 청밀

(2) 실험방법

(가) 대사체분석

- 원액의 대사체 분석은 음이온과 양이온(대사체) 모드의 Capillary Electrophoresis Time-of-Flight Mass Spectrometry(CE-TOFMS)을 이용하여 분석하였음
- **Sample preparation** : 청밀(52mg), 30초 steamed 청밀(56mg) 및 정상수확밀(57mg)은 500μL methanol(including 50μM internal standards)과 beads를 포함하고 있는 homogenizer를 이용하여 균질화 하였음. 이를 chloroform 500μL와 Milli-Q water 200μL는 균질액과 혼합 후 2300 g, 4℃에서 5분간 원심분리 하였음. 이후 The water layer(300μL)는 5-kDa cut-off filter(ULTRA FREE-MC-PLHCC, Human Metabolome Technoliges, Yamagata, Japan)로 macromolecules를 제거하기 위해 여과하였음. 여과된 액체는 원심력에 의해 농축된 후 25μL ultrapure water에 재 현탁(resuspended)후, 곧바로 이용하였음
- 청밀의 대사체분석은 Capillary Electrophoresis Time-of-Flight Mass Spectrometry(two modes: cationic and anionic metabolites)를 사용하여 Soga와 Heiger(2000), Soga 등(2002), Soga 등(2003)의 방법에 따라 분석하였음. 준비된 샘플들은 양이온 모드(Cation mode) 분석을 위해 2배, 음이온 모드(Anion mode) 분석을 위해 5배 희석하여 사용하였음

○ Analytical condition은 다음과 같았음

- Cationic Metabolites (Cation Mode)

Device: Agilent CE-TOFMS system(Agilent Technologies Inc.) Machine No. 6

Capillary: Fused silica capillary i.d. 50 μ m \times 80cm

Analytical condition: Run buffer: Cation buffer solution (p/n: H3301-1001)

Rinse buffer: Cation buffer solution (p/n: H3301-1001)

Sample injection: Pressure injection 50 mbar, 10sec

CE voltage: Positive, 27kV

MS ionization: ESI Positive

MS capillary voltage: 4,000V

MS scan range: m/z 50-1,000

Sheath liquid: HMT Sheath Liquid (p/n: H3301-1020)

- Anionic Metabolites (Anion Mode)

Device: Agilent CE-TOFMS system(Agilent Technologies Inc.) Machine No. 2

Capillary: Fused silica capillary i.d. 50 μ m \times 80cm

Analytical condition: Run buffer: Anion buffer solution (p/n: I3301-1023)

Rinse buffer: Anion buffer solution (p/n: I3301-1023)

Sample injection: Pressure injection 50 mbar, 10sec

CE voltage: Positive, 30kV

MS ionization: ESI Negative

MS capillary voltage: 3,500V

MS scan range: m/z 50-1,000

Sheath liquid: HMT Sheath Liquid (p/n: H3301-1020)

○ Data processing 및 analysis

-Data processing : 분석 후 검출된 peaks는 automatic integration software(MasterHands ver. 2.16.0.15 developed at Keio University)를 이용하여 m/z 와 migration time(MT), peak area의 값을 계산하였음. Relative peak are는 식 [2]에 의해 계산하였음. The peak detection limit은 signal-nose ration(S/N=3)으로 계산되었음

$$Relative\ Peak\ Area = \frac{Metabolite\ Peak\ Area}{Internal\ Standard\ Peak\ Area \times Sample\ Amount} \quad \text{식 [3-1-2]}$$

-**Annotation of peaks** : m/z 와 MT value에 근거하여 HMT(Human Metabolome Technologies, Inc.)의 standard library와 known-unknown peak library로부터 대사체들을 추정하였음. 허용량은 migration time(MT)는 ± 0.5 분, m/z 는 ± 10 ppm이었음. Mass error(ppm)은 식 [3]에 의해 계산하였음

$$Mass\ error\ (ppm) = \frac{Measured\ Value - Theoretical\ Value}{Measured\ Value} \times 10^6 \quad \text{식 [3-1-3]}$$

-**Statistical analysis** : Hierarchical cluster analysis(HCA)는 PeakStat ver. 3.18(in-house software)를 사용하여 수행하였음. Principal component analysis(PCA)는 SampleStat ver. 3.14 (in-house software)를 사용하여 분석하였음

(나) 기능성 물질 및 항산화활성 분석

① 시료추출방법

- 청밀, 정상수확밀의 기능성물질 및 항산화활성의 분석을 위해 Free phenolic extract(FPE)와 Bound phenolic extract(BPE)로 추출하여 기능성 물질 분석 및 항산화 활성을 수행하였음(그림 3-1-64)
- 청밀의 free phenolic extract 추출은 Verma 등(2009)의 방법을 수정하여 추출하였음. Free phenolic extract를 추출하기 위해 시료 1g에 80% chilled ethanol 20ml 을 넣어 10분간 추출 후 8000rpm에서 20분간 원심분리 후 상등액을 취하였음. 위 과정을 2번 반복 후 상등액을 모아 evaporator(HS-2001N, Hahnshin Sicence Co., Korea)로 농축 후 산성 methanol(methanol/HCl, 80:20)로 최종 volume이 5ml이 되도록 녹여 0.2 μ m filter로 필터링 후 사용 전까지 -20°C 에 보관함

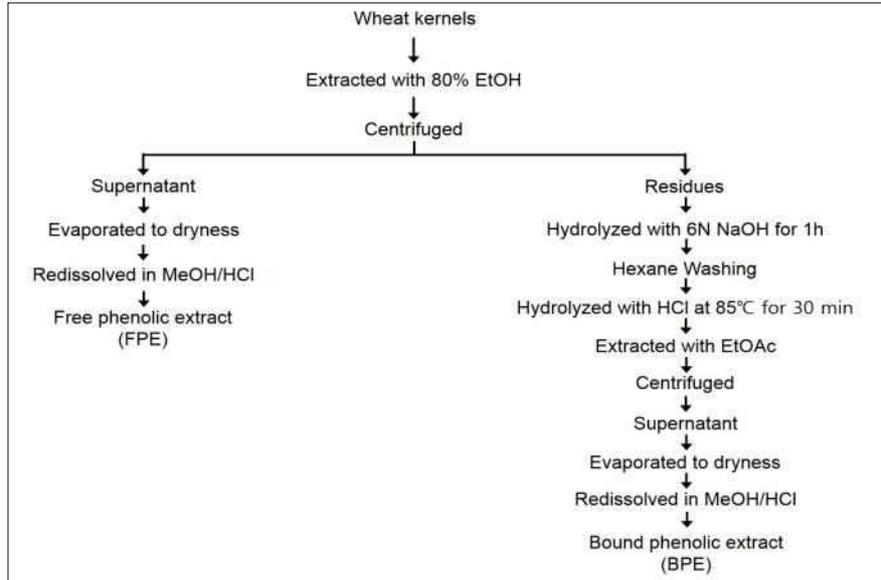


그림 3-1-64. Phenolic extract (free and bound) 추출 과정

- 밀의 bound phenolic extract 추출은 free phenolic extract 추출 후 남은 residue에 6N NaOH 5mL을 넣어 Shaker(SK-600, Lab. Companion, Korea)에서 1시간동안 가수분해 시킨 후 Hexane washing으로 지질을 제거함. 가수분해 시킨 추출물을 pH 7로 맞추기 위해 진한 HCl을 넣은 후 65°C에서 30분간 hydrolysis 후 충분히 방냉 후 20ml ethyl acetate을 첨가하여 200rpm shaker에서 20분간 추출하였음. 8000rpm에서 20분간 원심분리하여 상등액을 취하였음. 위 과정을 2번 반복 후 상등액을 모아 evaporator(HS-2001N, Hahnshin Science Co., Korea)를 이용하여 농축 후 산성 methanol(methanol/HC, 80:20)로 최종 volume이 5ml이 되도록 녹여 0.2µm filter로 filtering 후 사용하기 전까지 -20°C에 보관하였음

② Phenolic composition

- Phenolic composition은 Okarter등(2010)의 방법에 따라 u-HPLC(Ultra high performance liquid chromatography system)(LaChromUltra L-2000 U-serier apparatus, Hitachi-high technologies Corp, Tokyo, Japan)을 이용하여 분석하였으며, 분석용 컬럼 LaChromUltra C18 (particle size 2 µm, 2 mm I.D. 100 mm length)을 사용하였음. Mobile phase A는 water to pH 2.8 with acetic acid, mobile phase B는 acetonitrile/water(70:30, v/v to pH 2.8 with acetic acid)이었음. 아래와 같은 조건(표 3-1-93)으로 gradient 분리하였으며 유속은 0.3 mL/min이었음

표 3-1-93. Phenolic composition의 분석 시 사용한 시료의 분리조건

시간	이동상 A (%)	이동상 B (%)
0.0	100	0
2.5	90	10
3.5	88	12
10	77	23
4	95	5
6	100	0

- 표준물질 Vanillic acid, Caffeic acid, Syringic acid, p-Coumaric acid, Syringaldehyde, Ferulic acid, Sinapic acid의 순서대로 검출되었음(그림 3-1-65)

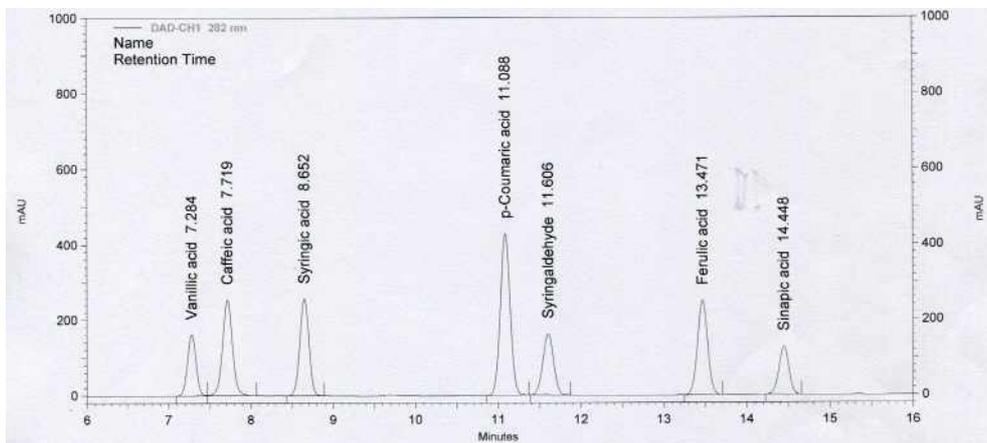


그림 3-1-65. 실험에 사용되어진 표준물질들의 chromatogram

③ Total phenolic contents(TPC)와 Total flavonoid contents(TFC)

- 총 페놀 함량 분석은 Folin-ciocalteu reagent가 추출물의 폴리페놀성 화합물에 의해 환원된 결과 몰리브덴 청색으로 발색하는 것을 원리로 하는 Hardeep 등(2013)의 방법으로 분석하였음. 추출물 100 μ l에 Folin-ciocalteu reagent 500 μ l와 20% sodium carbonate 1.5ml에 증류수를 넣어 최종 부피가 10ml가 되도록 한 후, 2시간 동안 상온에서 반응시켰음. 이후 765nm에서 spectrophotometer(V-650, JASCO, Japan)로 흡광도를 측정하였으며 표준물질로는 gallic acid를 사용하였음
- 플라보노이드 함량은 Pham 등(2009)의 방법으로 분석하였음. 총 페놀과 동일한 방법으로 추출한 시료 250 μ l에 증류수 1.25ml와 5% sodium nitrite 75 μ l를 넣은 후 6분간 방치한 후, 10% aluminium chloride 150 μ l를 넣고 5분간 다시 방치하였음. 1M sodium hydroxide 0.5ml를 첨가한 후 510nm에서 흡광도를 측정하였으며, 표준물질로는 (+)-catechin hydrate를 사용하였음

④ Vitamine E

- 열수처리 밀의 Vitamine E의 분석은 Shim 등(2012)의 방법에 따라 Ultra High Performance Liquid Chromatography(u-HPLC) system(LaChromUltra L-2000 U-serier apparatus, Hitachi-High Technologies Corp, Tokyo, Japan)을 이용하여 분석하였음. u-HPLC system은 eluent reservoir, pump, autosampler와 EZChrome Elite software으로 이루어져 있음
- Tocopherol 분석용 u-HPLC column은 LaChromUltra C18(particle size 2 μ m, 2 mm id, 50 mm length, Hitachi-High Technologies Corp, Tokyo, Japan)이었음
- Tocopherol 분석용 u-HPLC detector는 L-2485U florescence detector(Hitachi-High Technologies Corp, Tokyo, Japan)이며, excitation wavelength는 298nm, emission wavelength는 325 nm이며 flow cell capacity 는 3 μ l 이었음
- u-HPLC mobile phase의 용매 A는 증류수-methanol(5+95, v/v), 용매 B는 순수 methanol 이었 으며, flow rate 은 0.3 mL/min, Heating block으로 Teche DB-3D(Barloworld Scientific Ltd., Shaffordshire, UK)을 사용하였음

⑤ Oxygen radical absorbance capacity(ORAC)

- Oxygen radical absorbance capacity는 Moore등(2005)의 방법으로 수행하였음. 96 well micro plate에 75 mM phosphate buffer(pH 7.4)에 녹인 200 μ L의 fluorescein solution과 20 μ L의 각 시료의 free phenolic extract 및 bound phenolic extract를 넣고 20 μ L의 79.6 μ M AAPH (2,2'-azobis(2-amidinopropane)dihydrochloride)를 잘 혼합한 후 37 $^{\circ}$ C incubator를 장착한 Spectra Max[®] i3(Molecular Devices, USA)를 이용해 excitation wavelength 485 nm, emission wavelength 520 nm의 파장에서 fluorescein intensity를 측정하였음. Fluorescein intensity는 1분 간격으로 측정되었으며, 최종결과는 시료의 fluorescein intensity와 blank의 fluorescein intensity의 차이로 계산하였고 표준물질로는 Trolox를 사용하였음

(다) 암세포 증식억제

① 청밀과 청밀 Bran의 추출

- 암세포 증식억제 실험을 위해 청밀 및 청밀 Bran은 Whent 등(2012)의 방법으로 추출하였음. 청밀 및 청밀 Bran 15g 은 150mL ethanol을 넣어 2시간 동안 65 $^{\circ}$ C 항온수조에서 추출 후 8000rpm에서 20분간 원심분리 후 상등액을 취하였음. 상등액은 evaporator(HS-2001N, Hahnshin Sicence Co., Korea)를 이용하여 농축 후 dimethyl sulfoxide(DMSO)에 다시 녹여 사용하기 전까지 -20 $^{\circ}$ C에 보관하였음

② Cell culture

- 대장암 세포인 HT-29(ATCC[®] HTB-38[™]), Caco-2(ATCC[®] HTB-37[™]) 및 자궁암 세포 HeLa(ATCC[®] CCL-2[™]) cells는 American Type Culture Collection(ATCC, USA)로부터 구입하였음. HT-29 cell은 McCoy's 5A medium, Caco-2 cell은 MEM medium, HeLa cell은 DMEM medium으로 배양하였음. 10%의 fetal bovine serum(FBS)은 medium에 첨가한 후 이용하였으며, 배양조건으로 37°C, CO₂ 5%의 humidified incubator에서 3일 정도 배양 후 실험에 사용되었음

③ Cell Proliferation assay

- 청밀 및 청밀 Bran의 암세포 증식억제 실험은 2-(4,5-dimethyl thiazol-2-yl)-2,5-diphenyl tetrazolium bromide(MTT) cell proliferation assay kit(Roche Ltd., Germany)을 이용하여 실험하였음. MTT assay의 원리는 MTT에 포함된 tetrazolium이 세포 내의 환원효소에 의해 쉽게 환원되어 색깔변화를 타나내게 되는데, 살아있는 세포에 노란색의 MTT를 처리하면 미토콘드리아내 전자 전달계에 존재하는 환원효소가 이를 환원하여 보라색을 띠는 formazan이라고 불리는 결정을 형성함. 즉 formazan의 형성량은 세포의 활성도와 비례한다고 할수 있음(그림 3-1-66)

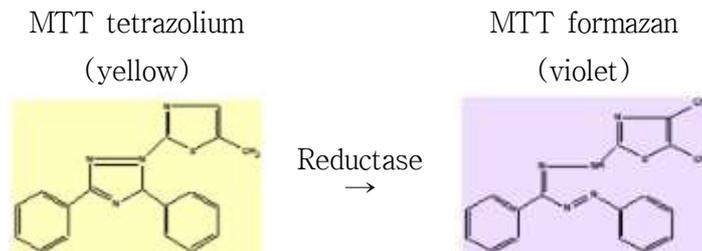


그림 3-1-66. MTT assay의 원리

- 실험과정을 간단히 기술하면, 1×10^4 의 HT-29, Caco-2, HeLa cells는 96 well plate에 24시간 배양 후 청밀 및 청밀 bran 추출물을 포함하고 있는 교체하였음. 96시간 동안 incubator에서 배양 후 SpectraMax[®] i3 plate reader(Molecular Devices, USA)로 570-655nm에서 측정하였음

④ Apoptosis

- 대장암 세포인 HT-29 cell의 apoptosis(programmed cell death) 실험은 western blotting 및 GFP certified[®] Apoptosis/Necrosis detection kit로 측정하였음
- 위에서 기술한 cell culture 방법에 따라 HT-29세포를 약 80%정도 배양한 후 정상수확밀, 청밀, 열수처리 청밀 bran 추출물 5mg/mL을 포함하는 medium으로 교체한 후 24시간 동안 배양하였음
- 24시간 배양 후 각 추출물로 처리된 세포들은 GFP certified[®] Apoptosis/Necrosis detection kit에

포함된 apoptosis/necrosis 유도용액으로 4시간동안 처리 후 형광현미경에서 10배로 확대하여 관찰 하였음. 비교군은 아무것도 처리하지 않은 세포에 apoptosis/necrosis 유도용액만 처리하였음

- 위의 방법으로 처리된 세포는 RIPA 버퍼로 cell lysate를 수거한 후 10000rpm에서 20분간 원심분리 하여 상등액을 취함. 상등액의 protein의 농도는Bradford(1976) 방법에 따라 측정하였음. 각 protein은 sample buffer와 혼합 후 5분간 100℃에서 열처리 후 western blotting에 사용하였음

(3) 실험결과

(가) 대사체 분석

- 청밀과 열수처리 청밀 및 정상수확밀에 대한 대사체 분석 결과는 그림 3-1-67, 3-1-68, 3-1-69, 3-3-70, 3-1-71, 3-1-72에 있음
- 그림 3-1-67은 탄소대사(central carbon metabolism) 경로로, glycolysis 과정 중 glucose가 분해 되어 생성되는 G6P, F6P, F1,6P 가 열수청밀에서 높게 나타남. 또한 TCA cycle 중 succinate가 산화되어 생성된 fumaric acid 가 정상수확밀은 상대적으로 낮고 청밀과 열수처리 청밀에서는 높게 나타남
 - 일반적으로 Fumaric acid는 식품에서 보존제로 쓰임. 산도 조절제(acidity regulator)로서 음료나 베이킹파우더, 푸딩믹스의 응고제 등으로 사용됨
- 그림 3-1-68은 urea cycle 관련된 대사경로이며, urea cycle 의 대사체 중 GABA와 b-Alanine은 청밀에서 높게 나타남
 - GABA는 억제 신경전달물질로 신경계에서 신경흥분을 조절함. 또한 근육의 상태를 직접적으로 조절 하는 물질로 알려져 있음
 - β-알라닌 주요 기능은 자체적으로 젖산 분해효소인 lactate dehydrogenase(근육운동 시 발생하는 젖산을 간으로 이송하여 포도당으로 만들어 에너지원으로 전환하여 피로도를 줄이는 역할을 함)의 불활성화를 막고 불활성화 되거나 변성된 효소를 활성화하는 것임. 이는 지연성 피로를 줄이는 역할 과 함께 운동 중 체내 산도 감소와 함께 발생하는 산혈증 억제에 효과적임
 - β-Alanine 은 자연적으로 얻을 수 있는 beta 형의 유일한 아미노산으로 histidine 과 결합하여 체내 에서 카르노신 형태로 존재하며 카르노신은 당, 단백질, 지질의 당화 및 산화를 막고 항 노화작용을 보이는 multi-agent로 최근 각광받는 기능성 물질임
- 그림 3-1-69은 지방과 아미노산 대사경로이며, Pipecolic acid, saccharopine, Serine, Threonine, Glycine, 은 청밀에 비교적 많고, 정상수확밀에 비교적 적게 나타남
 - pipecolic acid는 사람 뇌의 lysine 중간 대사체이며, 뇌의 뉴론에 의한 GABA 흡수를 조절하는 역할 도 하고 있음. Saccharopine은 dehydrogenase에 의해 산화되어 L-lysine과 a-ketoglutarate를 생

성함

- Serine, threonine, glycine 세 아미노산은 서로 밀접한 관계로서 대사함. 특히 Serine과 glycine은 glutathione, nucleotides, phospholipids등 여러 대사체들의 형성에 중요한 anabolic pathway와 관련이 있음
- 그림 3-1-70은 Branched chain and aromatic amino acids 경로이며, 정상수확밀에 비해 **청밀의 경우 Serotonin, DOPA 함량이 높았음**
- 혈액에 있는 방향족 아미노산인 phenylalanine, tyrosine, tryptophan 은 섬유질 섭취나 단백질 합성 및 간에서의 중요 반응에 필요함. Serotonin은 신경세포가 혈액으로부터 공급된 tryptophan을 tryptophan hydroxylase로 전환시켜 직접 합성한 물질로, 신경세포나 혈소판 등 신체 여러 곳에서 발견됨. 또한 우울증으로 자살한 환자의 두뇌에서 serotonin 수준 및 serotonin 대사물질인 5-hydroxyindoleacetic acid 수준이 낮았다는 보고를 통해 우울증 환자의 두뇌에서 serotonin 신경 전달 물질로 사용하는 시냅스 부위의 활동이 감소한다고 알려져 있음
- DOPA는 dopamin(3,4-dihydroxyphenylethylamine)의 전구체로 pyridoxal phosphate-dependant decarboxylation에 의해 dopamin이 생성됨. 신경계에서 dopamine은 신경전달물질로서 noradrenaline와 adrenaline의 합성에 기여함
- 그림 3-1-71에 Nucleotide 대사경로를 나타내었음. nucleotide 대사는 아미노산의 주요한 특정 경로 중 하나가 푸린(Purine)과 피리미딘(Pyrimidine) 뉴클레오티드(Nucleotide)의 합성을 의미함. 뉴클레오티드는 푸린 혹은 피리미딘 염기와 당이 결합한 뉴클레오시드의 당부분에 인산이 결합한 물질을 말하며 이는 세포 구축단위의 합성을 위해 중요한 기능을 함
- Pyrimidine metabolism 분석결과 청밀에서 **β -Alanine, Asparate, Thymidine, Uracil등이 정상수확 밀보다 많은 양이 검출되었음**
- Thymidine과 Uracil은 각각 DNA와 RNA의 구성성분으로 중요한 역할을 함
- Asparate(L-aspartic acid)는 비 필수아미노산으로 아르기닌의 주요 대사인 urea cycle에서 아르기닌을 만드는 전구체로 사용되며 이 회로는 단백질의 대사물질인 암모니아를 제거하는 중요한 기전임
- Purine metabolism 분석결과 청밀에서 **Inosine, Hypoxanthine, Xanthine등이 정상수확밀보다 많은 양이 검출되었음**
- Purine metabolism의 최종 대사산물들은 hypoxanthine, xanthine, theobromine, caffeine, uric acid등이며 그중 uric acid는 통풍(gout)의 주요한 원인물질임. 청밀, 30초 steamed 청밀 및 정상수확밀의 purine metabolism 분석결과 uric acid는 검출되지 않았음
- 그림 3-1-72에 조효소(coenzyme)대사 경로를 나타내었음
- Nicotinamide metabolism 분석결과 30초 스팀처리 청밀에서 **nicotinamide의 함량이 높게 나왔음.** Nicotinamide는 수용성 비타민으로 비타민 B3의 active form이며 inflammatory skin conditions인

환자들에게 anti-inflammatory 역할을 하는 것으로 보고되었음

- CoA metabolism 분석결과 β -Alanine과 Cysteine이 청밀과 30초 스팀처리청밀에서 정상수확밀보다 높게나왔음. Cysteine은 항산화효과가 있는 것으로 알려져 있음

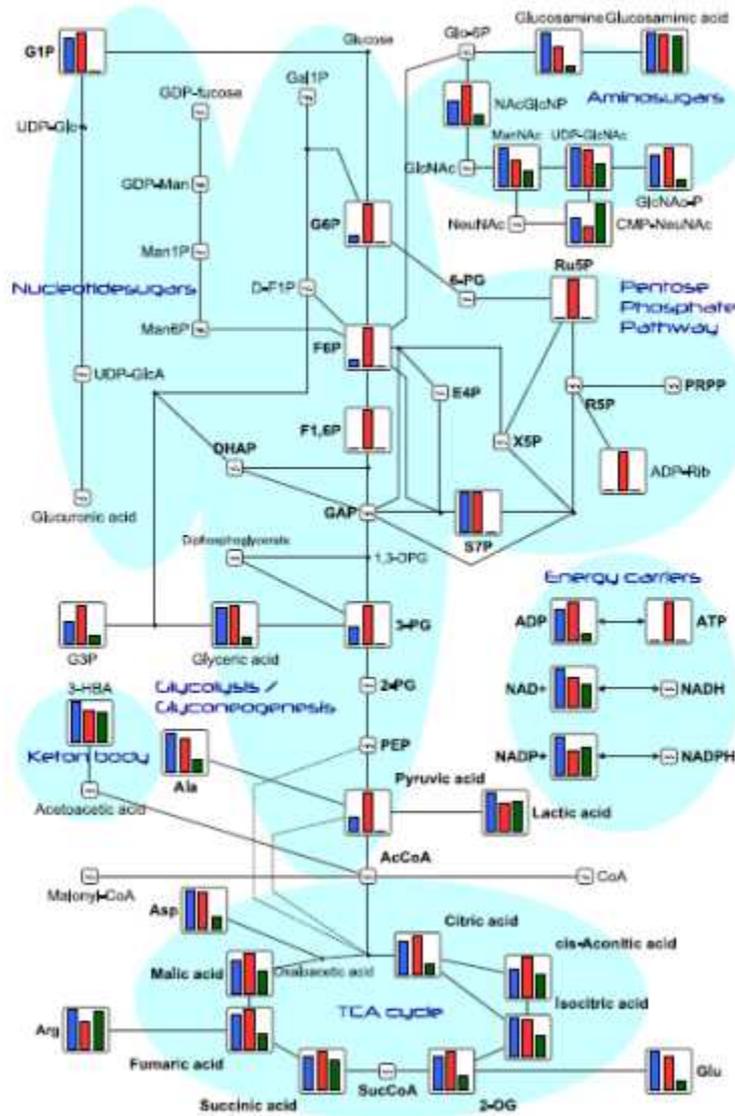


그림 3-1-67. Pathway map(Central carbon metabolism) in HMT standard metabolites, detected metabolites in this study are plotted on the pathway map. vertical bars show 청밀 control (blue), 청밀 steaming 30 sec(red), 정상수확밀 (green). respectively. N. D. : not detected

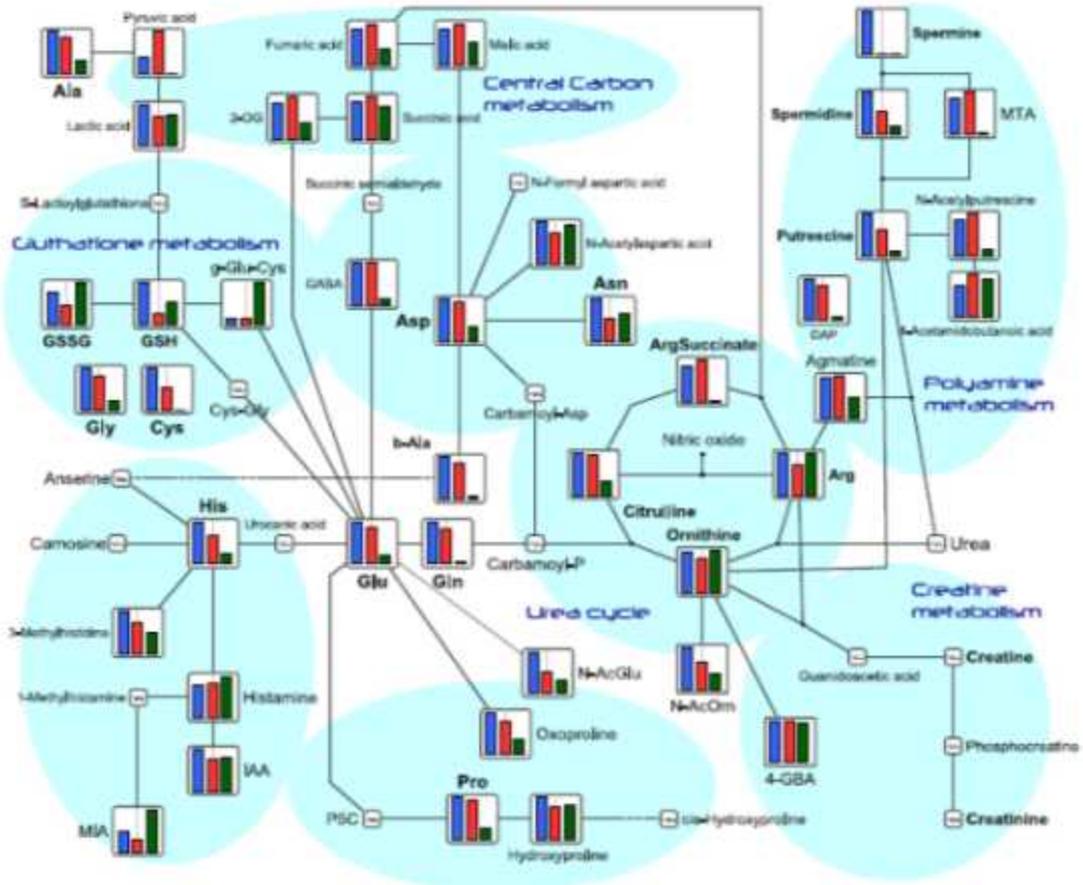


그림 3-1-68. Pathway map(Urea cycle relating metabolism) in HMT standard metabolites, detected metabolites in this study are plotted on the pathway map. vertical bars show 청밀 control (blue), 청밀 steaming 30 sec(red), 정상수확밀 (green). respectively. N. D. : not detected

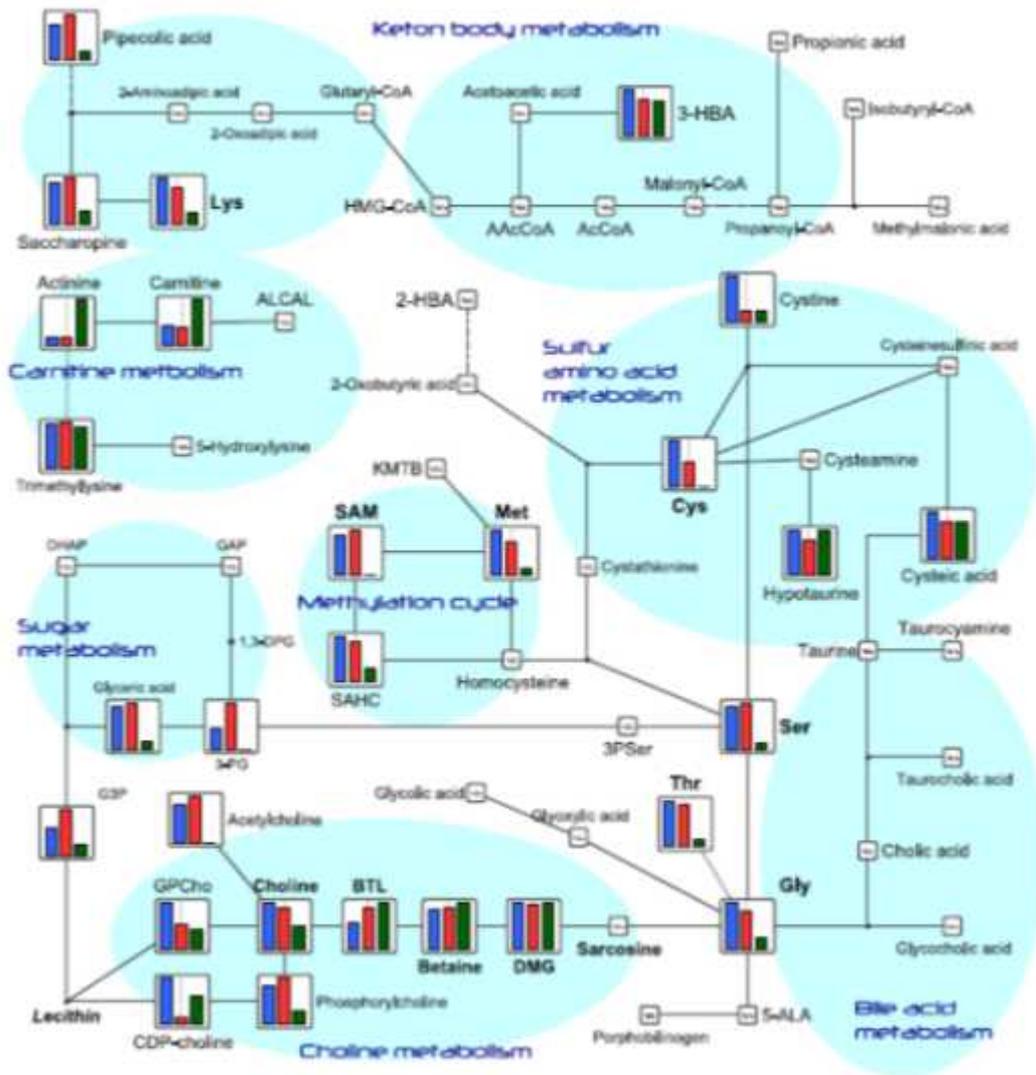


그림 3-1-69. Pathway map(Lipid and amino acid metabolism) in HMT standard metabolites, detected metabolites in this study are plotted on the pathway map. vertical bars show 청밀 control (blue), 청밀 steaming 30 sec(red), 정상수확밀 (green). respectively. N. D. : not detected

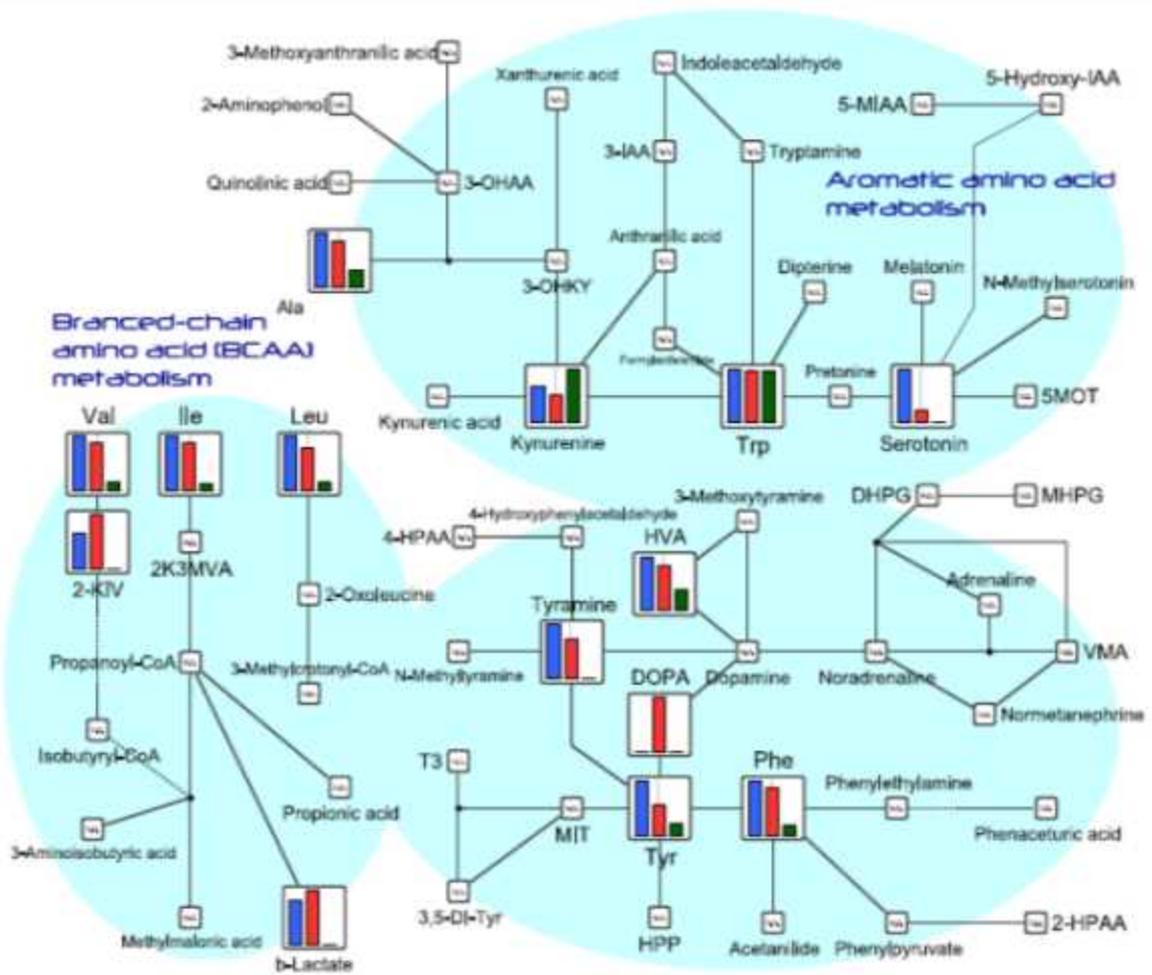


그림 3-1-70. Pathway map(Branched chain and aromatic amino acids) in HMT standard metabolites, detected metabolites in this study are plotted on the pathway map. vertical bars show 청밀 control (blue), 청밀 steaming 30 sec(red), 정상수확밀 (green). respectively. N. D. : not detected

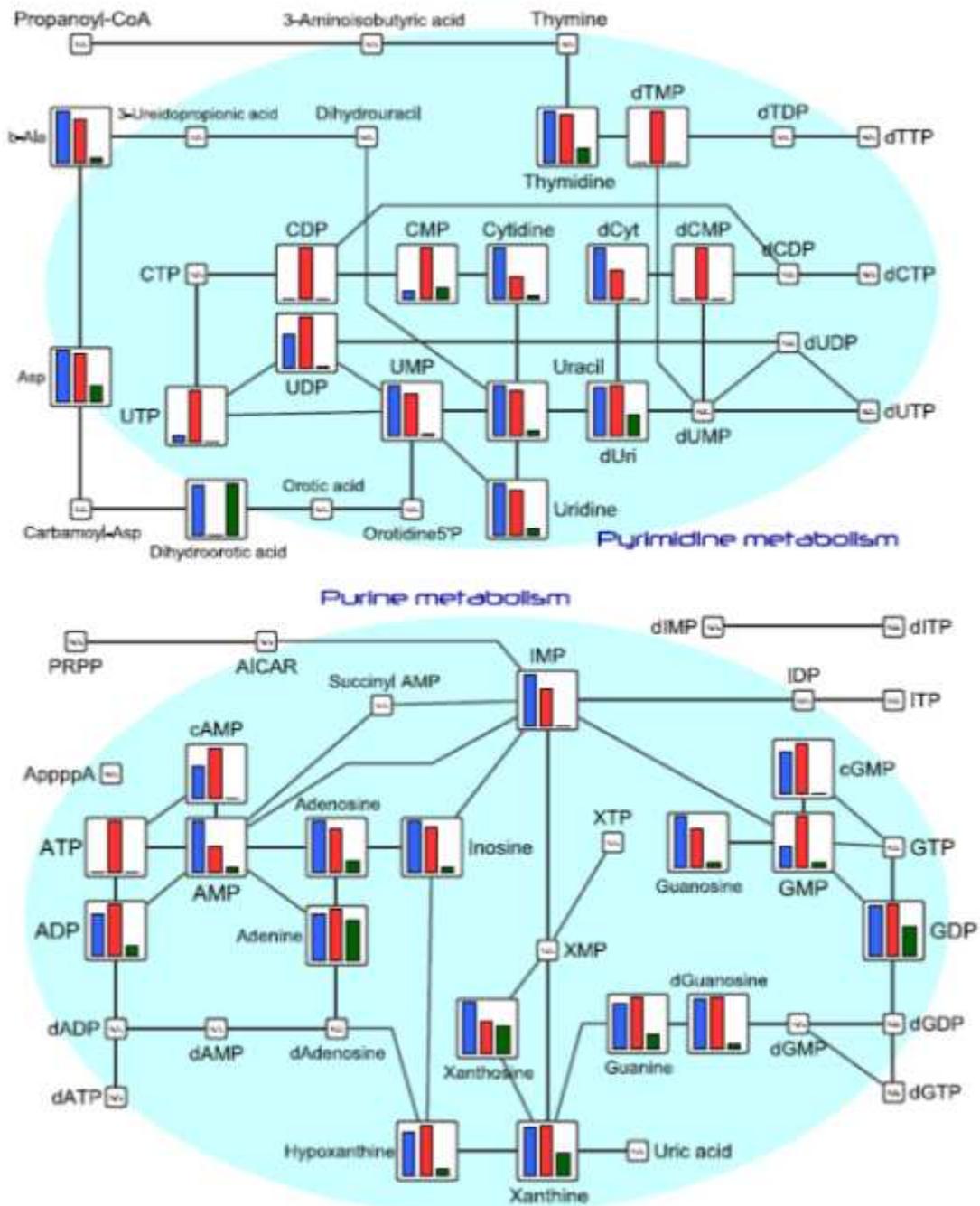
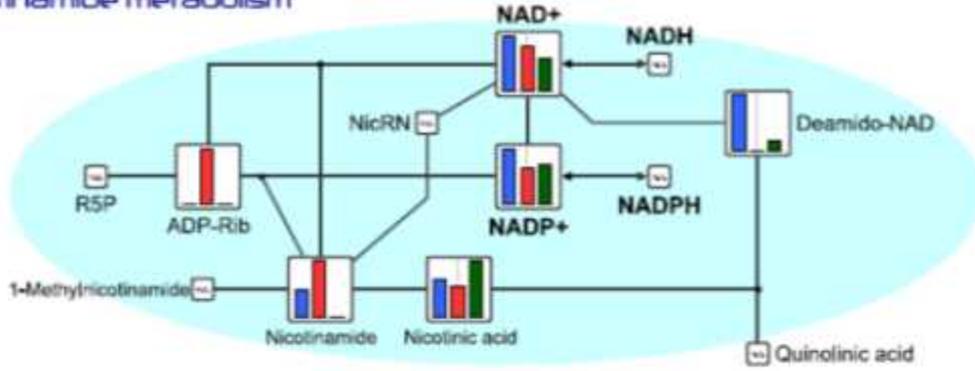
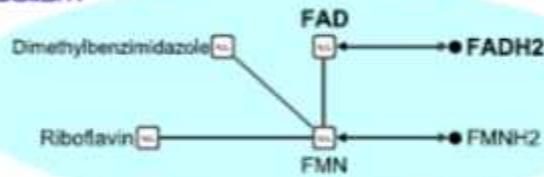


그림 3-1-71. Pathway map(Nucleotide metabolism) in HMT standard metabolites, detected metabolites in this study are plotted on the pathway map. vertical bars show 청밀 control (blue), 청밀 steaming 30 sec(red), 정상수확밀 (green). respectively. N. D. : not detected

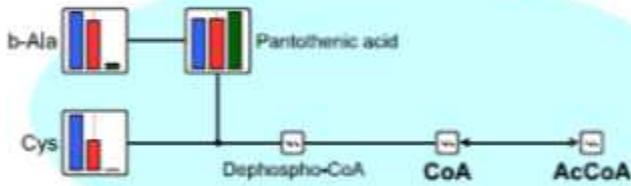
Nicotinamide metabolism



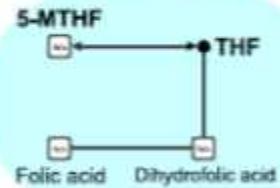
Riboflavin metabolism



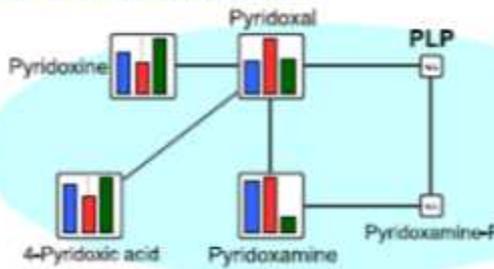
CoA metabolism



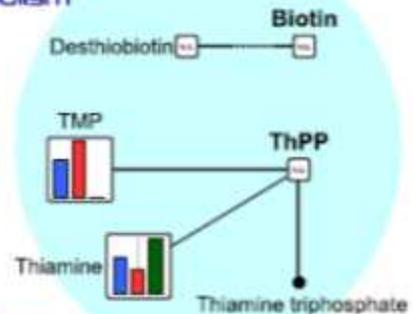
Folate metabolism



Vitamin B6 metabolism



Biotin & Thiamine metabolism



Vitamin C metabolism



그림 3-1-72. Pathway map(Metabolism of Coenzymes) in HMT standard metabolites, detected metabolites in this study are plotted on the pathway map. vertical bars show 청밀 control (blue), 청밀 steaming 30 sec(red), 정상수확밀 (green). respectively. N. D. : not detected

(나) 기능성 물질 및 항산화활성 분석

- 청밀의 Kernel과 Bran부분의 Phenolic compounds 분석결과, Vanillic acid, Caffeic acid, Syringic acid, *p*-Coumaric acid, Syringaldehyde, Ferulic acid, Sinapic acid가 검출되었으며, 각 compound structure는 그림 3-1-73에 있음

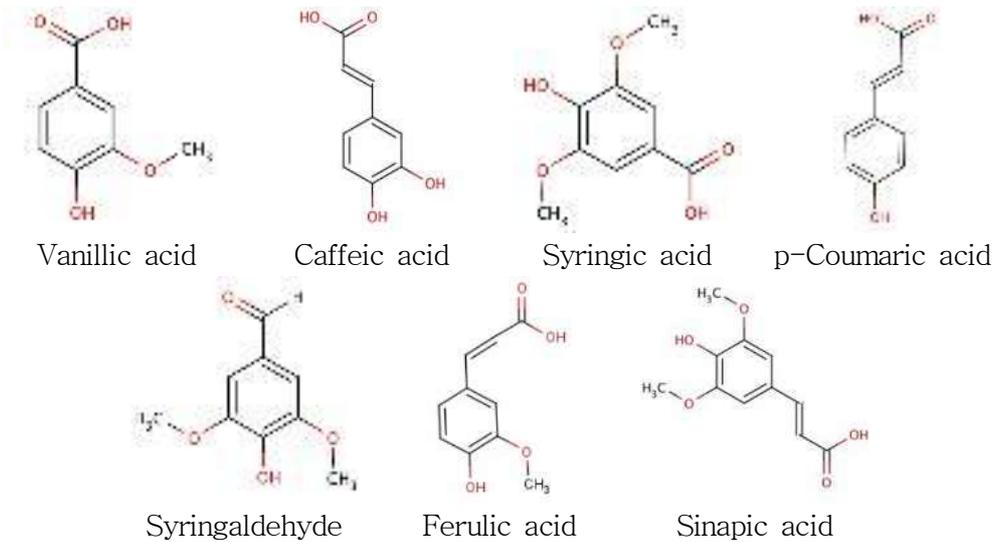


그림 3-1-73. 청밀에서 검출되어진 Phenolic compounds structure

- 2014년 정상수확밀, 청밀, 열수처리 청밀 Kernel의 phenolic compositions 결과는 표 3-1-94에 있음. 정상수확밀, 청밀, 열수처리 청밀 Kernel은 대부분 free phenolic extract보다는 bound phenolic extract에서 높은 phenolic compositions를 포함하고 있었음
- 청밀 및 열수처리 청밀 free phenolic extract는 정상수확밀보다 vanillic acid(청밀: 2.5 mg/kg, 열수처리 청밀: 3.5 mg/kg), *p*-coumaric acid(청밀: 2.14 mg/kg, 열수처리 청밀: 2.62 mg/kg), syringaldehyde(청밀: 3.3 mg/kg, 열수처리 청밀: 3.6 mg/kg)의 함량이 높았음
- ferulic acid는 밀에 존재하는 phenolic compounds 중 가장 많은 부분을 차지했으며 sinapic acid > vanillic acid > *p*-coumaric acid 순이었으며, 대부분의 phenolic compounds는 bound extract 부분에 존재했음. 이전의 연구들에서는 통밀이 ferulic acid, *p*-coumaric acid, syringic acid, vanillic acid, caffeic acid 등을 포함하고 있으며, 그중 ferulic acid의 97% 이상이 bound form으로 존재한다고 보고하였음
- 정상수확밀 kernel의 free ferulic acid는 5.2 mg/kg, bound ferulic acid는 142 mg/kg으로 ferulic acid의 96.6%가 bound extract에 존재하는 것으로 보아 이전의 보고와 유사하였음. 청밀 kernel의 bound extract에 존재하는 ferulic acid는 421 mg/kg으로 정상수확밀 kernel 보다 약 3배정도 높아 청밀의 기능성 소재로서의 가능성을 내포함

표 3-1-94. 정상수확밀 및 청밀 kernel의 phenolic compositions¹ 함량

Phenolic compositions		정상수확밀	청밀	열수처리 청밀
Vanillic acid (mg/kg)	Free ^{***}	1.6 ^c	2.5 ^b	3.5 ^a
	Bound ^{***}	11 ^c	19 ^a	15 ^b
	Total ^{***}	13 ^c	22 ^a	19 ^b
Caffeic acid ² (mg/kg)	Free ^{***}	N.D ^b	N.D ^b	0.8 ^a
	Bound	6.2 ^a	5.8 ^a	5.5 ^a
	Total	6.2 ^a	5.8 ^a	6.3 ^a
Syringic acid (mg/kg)	Free ^{**}	1.03 ^a	0.79 ^{ab}	0.49 ^b
	Bound	6.6 ^a	5.4 ^a	4.5 ^a
	Total ^{**}	7.6 ^a	6.2 ^{ab}	5 ^b
p-Coumaric acid (mg/kg)	Free ^{***}	0.8 ^c	2.14 ^b	2.62 ^a
	Bound ^{***}	4.2 ^b	17 ^a	6.8 ^b
	Total ^{***}	5 ^c	19 ^a	9.4 ^b
Syringaldehyde (mg/kg)	Free ^{***}	1.2 ^b	3.3 ^a	3.6 ^a
	Bound ^{**}	4.5 ^a	2.9 ^b	2.9 ^b
	Total	5.7 ^a	6.2 ^a	6.5 ^a
Ferulic acid (mg/kg)	Free	5.2 ^a	5.3 ^a	5.2 ^a
	Bound ^{***}	142 ^a	421 ^b	140 ^a
	Total ^{***}	147 ^b	426 ^a	145 ^b
Sinapic acid ² (mg/kg)	Free ^{**}	N.D ^b	0.84 ^a	0.72 ^a
	Bound ^{***}	1.9 ^c	31 ^a	7.7 ^b
	Total ^{***}	1.9 ^c	32 ^a	8.4 ^b

¹ 3번 반복 실험의 평균값

² N.D는 not detected를 의미함

abc row내에서 같은 alphabet은 같은 수준임

, 시료가 p=0.05, p=0.001수준에서 유의적인 차이가 있음

- 2014년 정상수확밀 및 청밀 kernel의 total phenolic contents, total flavonoids contents, tocopherol의 함량은 표 3-1-95에 나타냄. Bound 추출물들의 phenolic contents 및 flavonoids contents는 샘플들 간에 유의적인 차이(p<0.001)를 보인 반면 free 추출물들은 유의적인 차이를 보이지 않았음
- 밀의 bound phenolic contents(3.24-3.88 mg GAE/g)는 free phenolic contents(1.21-1.44 mg GAE/g)보다 높았음. Adom 등(2002)의 연구에 따르면 곡물의 phenolic compounds는 free phenolic content보다 bound phenolic content 함량이 높다고 보고했으며 이는 본 실험 결과에서 확인하였음

- total phenolic contents는 청밀이 5.32 mg GAE/g으로 가장 높게 나타났으며, Lv 등(2012)이 보고한 밀의 total phenolic contents(1.66 - 2.00 mg GAE/g)보다 높았음. Zielinsk 등(2000)은 phenolic contents는 곡류의 항산화 활성의 주요한 물질임을 보고했음
- 이전 연구결과들에 의하면 밀의 대부분 phenolic compound는 세포벽에 존재하는 bound의 형태이며 gastrointestinal(GI) tract digestion동안 손실되지 않아 bound phenolic 함량이 많은 통밀이나 통밀 제품의 섭취는 chronic disease의 위험을 줄이는 효과가 있다는 보고가 있음
- 청밀의 total flavonoid contents 4.73 mg CE/g으로 정상수확밀의 total flavonoid content(2.34 mg CE/g)보다 2배가량 많았음
- 밀의 tocopherol 분석 결과, 정상수확밀의 γ -tocopherol, total tocopherol 이 청밀보다 높았으며 열수처리 한 청밀은 처리하지 않은 청밀에 비해 tocopherol 함량이 낮았음

표 3-1-95. 정상수확밀 및 청밀 kernel의 TPC, TFC, Tocopherol

		정상수확밀	청밀	열수처리 청밀
Phenolic compounds ¹ (mg GAE ³ /g)	Free	1.21	1.44	1.31
	Bound ^{***}	3.24 ^c	3.88 ^a	3.38 ^b
	Total ^{***}	4.46 ^c	5.32 ^a	4.69 ^b
Flavonoids ¹ (mg CE ⁴ /g)	Free	0.18	0.22	0.16
	Bound ^{***}	2.16 ^c	4.51 ^a	3.55 ^b
	Total ^{***}	2.34 ^c	4.73 ^a	3.70 ^b
Tocopherol ² (mg/100g)	α ^{**}	0.90 ^a	0.82 ^b	0.57 ^c
	γ	0.16	0.17	0.15
	Total ^{***}	1.06 ^a	0.99 ^b	0.71 ^c

1 3번 반복 실험의 평균값
 2 2번 반복 실험의 평균값
 3 Gallic acid equivalent
 4 Catechin equivalent
 abc row내에서 같은 alphabet은 같은 수준임
 *** 시료가 p=0.001수준에서 유의적인 차이가 있음

- 2014년 정상수확밀 및 청밀 kernel의 추출물들의 항산화활성인 ORAC value는 그림 3-1-74에 나타냄. Bound 추출물들의 항산화 활성은 샘플들 간에 유의적인 차이(p<0.001)를 보인 반면 free 추출물들의 항산화 활성은 유의적인 차이를 보이지 않았음
- Bound 추출물 중 청밀의 bound 추출물이 가장 높은 ORAC value(66 μ M TE/g)를 보였으며, 열수처리 청밀의 bound 추출물 ORAC value는 57.5 μ M TE/g으로 정상수확밀의 bound 추출물 ORAC value(50 μ M TE/g)보다 높았음
- 실험 결과, total ORAC values는 정상수확밀이 54.8 μ M TE/g, 청밀이 71.8 μ M TE/g, 열수처리 청밀이 62.64 μ M TE/g였으며, Moore 등(2005)이 보고한 밀의 ORAC value(32.9-47.7 μ M TE/g)보

다 높았음

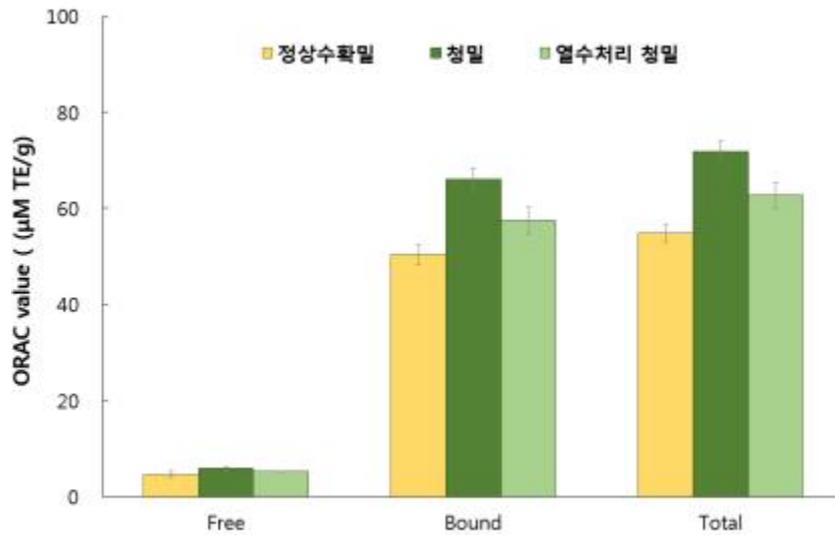


그림 3-1-74. 정상수확밀 및 청밀 kernel의 ORAC values

- 2014년 정상수확밀 및 청밀 Bran의 phenolic compositions 결과는 표 3-1-96에 나타내었음. Bran의 각 시료들의 phenolic compositions 함량은 kernel에 비해 대부분 높게 나타났음. 이는 밀의 phenolic compositions는 bran 부분에 많이 포함하고 있음을 내포함
- Stevenson 등(2012)은 제분과정중 생산되는 bran은 섬유질, 미네랄, vitamine B6, 티아민, 엽산, vitamine E 및 phytochemicals 등이 풍부하다고 보고하였으며, bran 추출물은 잠재적인 암세포증식 억제 활성, 항산화 활성 및 을 가지고 있지만 정확한 메커니즘은 아직 완전히 밝혀지지 않았음
- 본 실험의 결과 vanillic acid는 정상수확밀 bran의 bound extract가 청밀이나 열수처리 청밀 bran보다 높았음. Caffeic acid는 시료간의 유의적인 차이가 없었음. 또한 Syringic acid는 free extract의 경우 시료간의 유의적인 차이가 없었으나 bound extract의 경우 정상수확밀 bran 추출물이 높았음
- p-coumaric acid, syringaldehyde는 시료간의 유의적인 차이가 있었음. free, bound extracts에서 청밀 bran 추출물이 p-coumaric acid, syringaldehyde를 많이 포함하고 있었으며, 정상수확밀 bran 추출물은 열수처리 청밀 bran보다 낮았음. Ferulic acid은 밀의 bran부분의 가장 많은 부분을 차지하는 phenolic composition으로, 시료간 유의적인 차이가 있었음. 특히, 청밀 bran 추출물의 bound extract는 정상수확밀 bran의 약 1.7배 정도 높았음

표 3-1-96. 정상수확밀 및 청밀 bran의 phenolic compositions¹ 함량

Phenolic compositions		정상수확밀	청밀	열수처리 청밀
Vanillic acid (mg/kg)	Free**	12 ^a	12 ^a	8 ^b
	Bound***	63 ^a	52 ^b	47 ^c
	Total***	74 ^a	64 ^b	55 ^c
Caffeic acid (mg/kg)	Free	2.4 ^a	2.1 ^a	2.0 ^a
	Bound	7.9 ^a	9.5 ^a	10.1 ^a
	Total	10.2 ^a	11.6 ^a	12.1 ^a
Syringic acid (mg/kg)	Free	3.4 ^a	3.6 ^a	2.4 ^a
	Bound**	26 ^a	18 ^b	19 ^b
	Total**	29.4 ^a	21.7 ^b	21.5 ^b
p-Coumaric acid (mg/kg)	Free***	3.2 ^c	5.6 ^a	4.7 ^b
	Bound***	52 ^c	69 ^a	59 ^b
	Total***	55 ^c	75 ^a	64 ^b
Sringaldehyde (mg/kg)	Free***	3.1 ^c	12.3 ^a	10.3 ^b
	Bound***	14 ^c	19 ^a	16 ^b
	Total***	16.7 ^c	31 ^a	26.6 ^b
Ferulic acid (mg/kg)	Free***	27 ^a	20 ^b	13 ^c
	Bound***	1767 ^c	3071 ^a	2532 ^b
	Total***	1794 ^c	3091 ^a	2545 ^b
Sinapic acid (mg/kg)	Free**	2.46 ^b	3.95 ^a	3.51 ^a
	Bound	118 ^a	103 ^a	120 ^a
	Total	120 ^a	107 ^a	124 ^a

¹ 3번 반복 실험의 평균값
abc row내에서 같은 alphabet은 같은 수준임
,* 시료가 p=0.05, p=0.001수준에서 유의적인 차이가 있음

- 2014년 정상수확밀 및 청밀 bran의 추출물들의 항산화활성인 ORAC value는 그림 3-1-75에 나타냄. Free, bound 추출물들의 항산화 활성은 시료들 간에 유의적인 차이($p < 0.001$)를 보였음
- Free 추출물의 항산화 활성 측정 결과 청밀 bran은 가장 높은 ORAC value($54 \mu\text{M TE/g}$)를 보였으며, 열수처리 청밀 bran의 ORAC value($38 \mu\text{M TE/g}$)가 가장 낮았음. Bound 추출물의 항산화 활성 결과의 경우 또한 청밀 bran의 bound 추출물이 가장 높은 ORAC value($273 \mu\text{M TE/g}$)를 보였음. 또한 total ORAC values는 정상수확밀 bran이 $281 \mu\text{M TE/g}$, 청밀 bran이 $327 \mu\text{M TE/g}$, 열수처리 청밀 bran이 $290 \mu\text{M TE/g}$ 였음
- Lu등(2014)의 보고에 따르면 10 Maryland-grown soft winter wheat varieties의 bran 추출물들의 ORAC values는 $39.91\text{--}61.5 \mu\text{M TE/g}$ 이었으며, 본 연구 결과의 free 추출물 ORAC values와 유사함. 청밀 bran bound 추출물의 ORAC value는 free ORAC values보다 5배 이상 높았음. 이는 청밀 bran의 항산화 활성은 bound 추출물에 많이 포함되어있음을 내포하고 있음

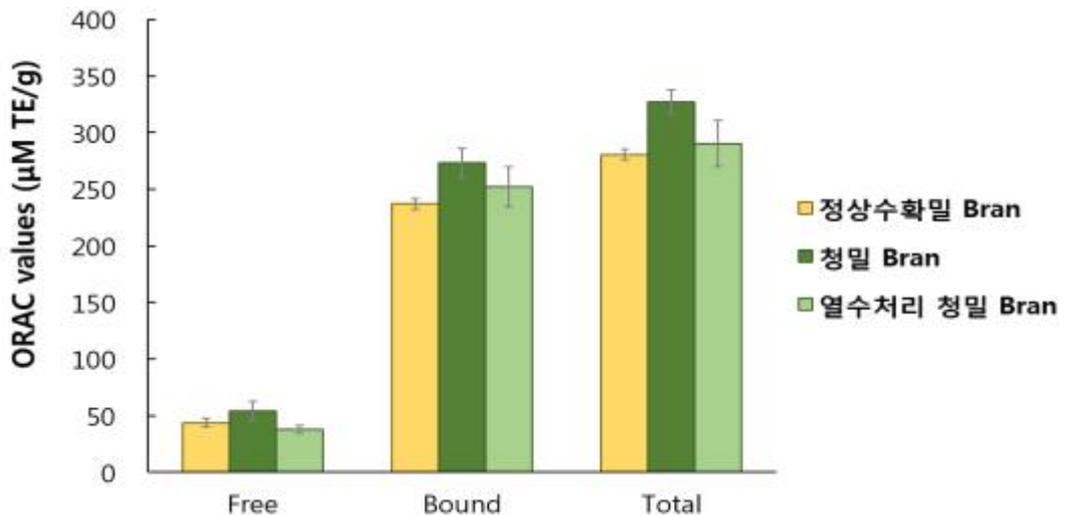


그림 3-1-75. 정상수확밀 및 청밀 Bran의 ORAC values

(다) 암세포 증식억제

○ 2014년 정상수확밀 및 청밀 kernel의 대장암세포(HT-29, Caco-2 cells)와 자궁암세포(HeLa cell) 증식억제는 밀 추출물의 농도에 따라 유의적인 차이를 보였음($p < 0.001$)

- 자궁암세포인 HeLa cells의 증식억제와 현미경에서 관찰한 cell의 morphological 변화(그림 3-1-76)는 청밀 추출물을 처리한 HeLa cells은 정상수확밀 추출물로 처리한 세포보다 증식억제효과가 높았음. 60 mg/mL의 농도에서는 청밀 추출물을 처리한 HeLa cells이 2배 이상 증식억제 효과가 있었음

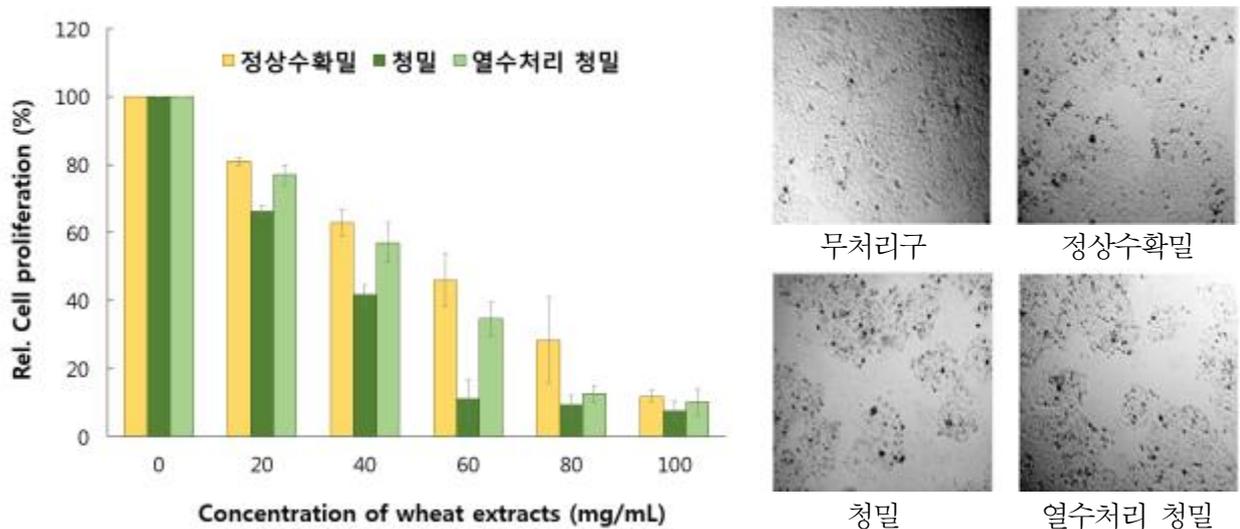


그림 3-1-76. 정상수확밀 및 청밀 추출물의 자궁암세포 증식억제

- 대장암 세포인 HT-29 cells의 증식억제와 현미경에서 관찰한 cell의 morphological 변화는(그림 3-1-77) 청밀 추출물을 처리한 HT-29 cells은 정상수확밀 추출물로 처리한 세포보다 증식억제 효과가 강하였음. Whent 등(2012)은 20-50 mg/mL의 밀 추출물에 의한 HT-29 cells의 증식억제효과를 보고했으며, 본 실험의 결과는 60 mg/mL이상 농도에서 효과적인 증식억제효과를 보임

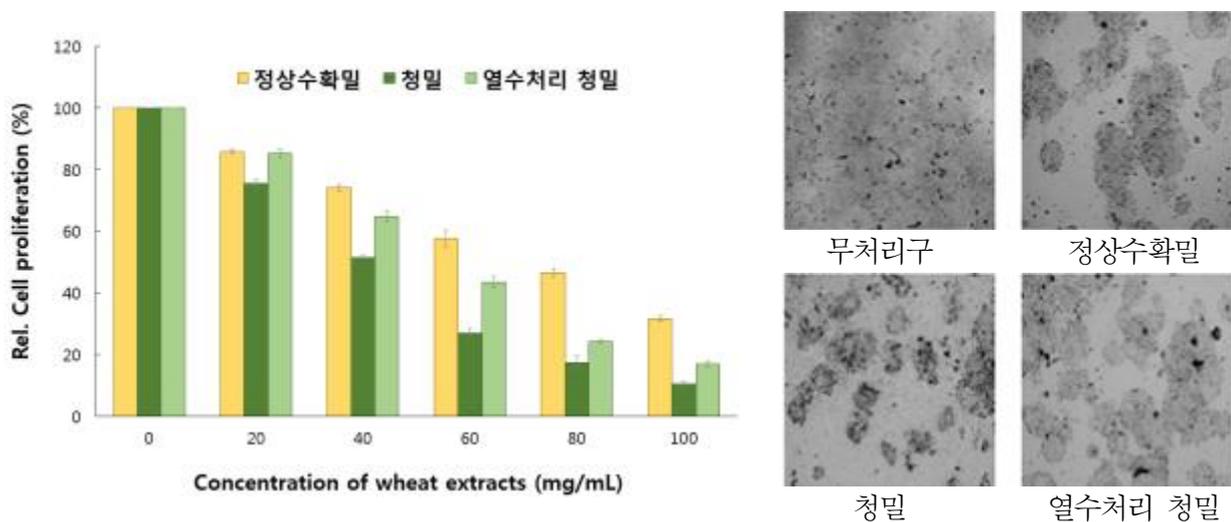


그림 3-1-77. 정상수확밀 및 청밀 추출물의 대장암세포(HT-29) 증식억제

- 대장암 세포인 Caco-2 cells의 증식억제와 현미경에서 관찰한 cell의 morphological 변화는(그림 3-1-78) 밀 추출물을 처리한 Caco-2 cells는 HeLa, HT-29 cells보다는 증식억제효과가 적었음

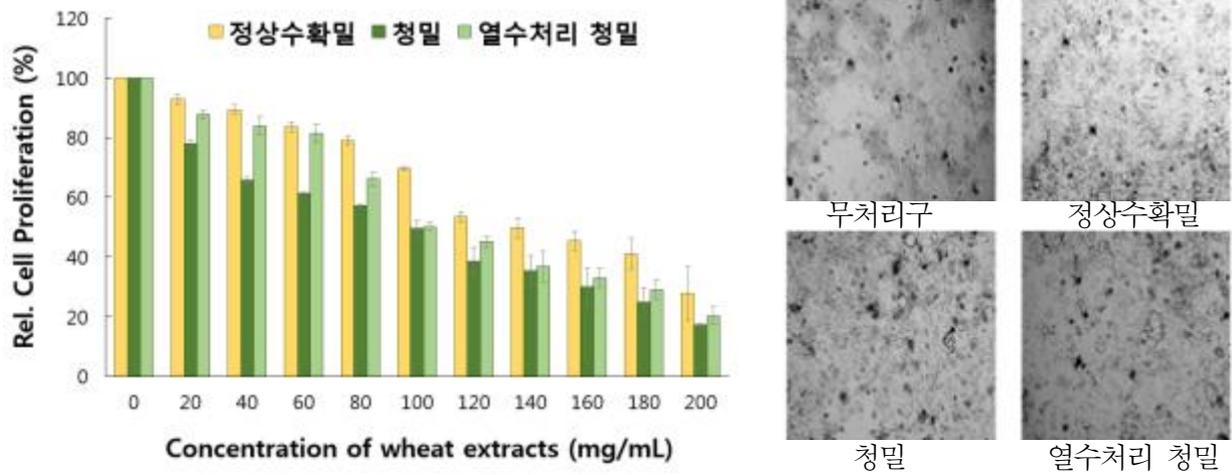


그림 3-1-78. 정상수확밀 및 청밀 추출물의 대장암세포 (Caco-2) 증식억제

- 정상수확밀 및 청밀 추출물의 암세포증식억제의 EC₅₀ values는 그림 3-1-79에서 보여줌. EC₅₀ values는 암세포 증식을 50% 억제하는데 필요한 추출물의 농도를 의미하며, 낮은 농도일수록 암세포 증식에 효과적임을 의미함
- HeLa cells의 경우 청밀 추출물은 31 mg/mL로 정상수확밀(56 mg/mL)및 열수처리 청밀 추출물(45 mg/mL)보다 낮은 EC₅₀ values였음. HT-29 cells에서는 청밀 추출물이 정상수확밀 추출물보다 EC₅₀ values가 2배 이상 낮았음. 이는 청밀 추출물이 정상수확밀 추출물보다 효과적으로 암세포증식 억제 효과가 있음을 의미함

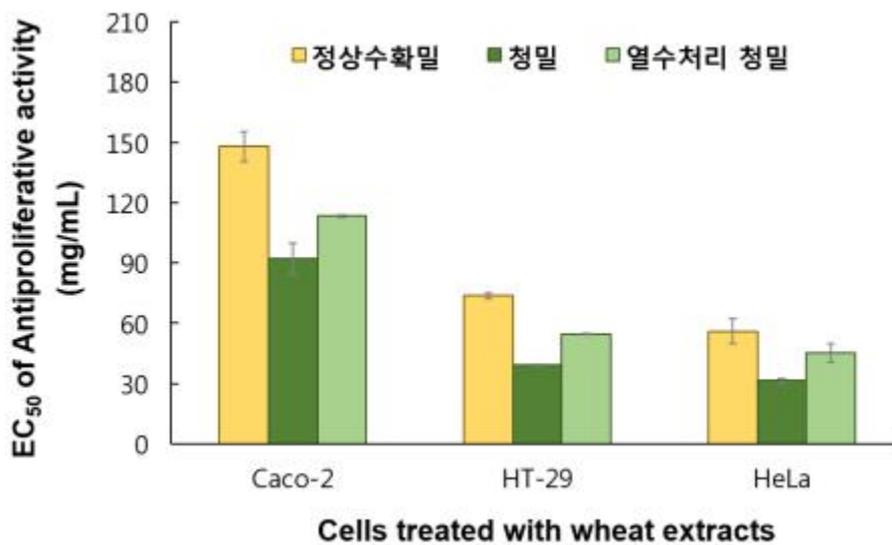


그림 3-1-79. 정상수확밀 및 청밀 추출물의 암세포증식억제의 EC₅₀ values

- 정상수확밀 및 청밀 추출물의 항산화 활성특성 및 암세포 증식억제 특성을 주성분 1과 주성분 2 좌표 상에서 나타낸 주성분은 그림 3-1-80에 있음. 주성분 1과 주성분 2는 총 변동의 각 67.33%와 21.88%를 설명할 수 있음. 청밀은 주성분 1의 음의 방향, 정상수확밀은 주성분 1의 양의 방향에 위치하였음
- 정상수확밀은 청밀 보다 HeLa, HT-29, Caco-2 cells 의 EC₅₀ value 특성에 가까웠음. EC₅₀ value 가 높을수록 암세포증식억제 효과는 적음을 의미함
- 청밀은 정상수확밀 보다 phenolic contents(free, bound, total), flavonoid contents(free, bound, total), 항산화 활성 특성과 가까웠음
- 본 실험의 결과 청밀 추출물은 정상수확밀보다 기능성물질을 많이 포함하고 있었으며, 높은 항산화 활성 및 암세포 증식억제 활성을 보여 주었음

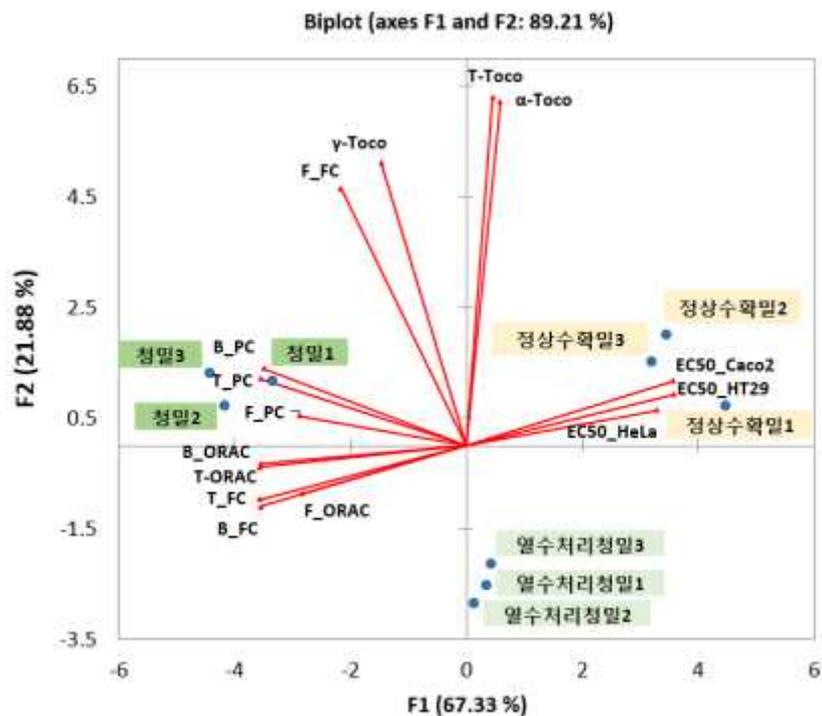


그림 3-1-80. 정상수확밀, 청밀, 열수처리 청밀의 항산화 활성 특성 및 암세포증식 억제제의 주성분표

- 정상수확밀 및 청밀 kernel의 phenolic compositions와 ORAC, Caco-2, HT-29, HeLa cells의 EC₅₀ values간에 상관분석 결과는 표 3-1-97에 있음
- 전반적으로 ORAC는 vanillic acid, p-coumaric acid, sinapic acid와 상관이 높았음. Caco-2, HT-29, HeLa cells의 EC₅₀ values은 vanillic acid, p-coumaric acid, sinapic acid와 높은 (-) 상관관계를 보여주었음. 즉, 암세포 증식억제와 항산화 활성에 영향을 주는 밀의 phenolic compositions는 vanillic acid, p-coumaric acid, sinapic acid이었음

표 3-1-97. 정상수확밀 및 청밀 kernel의 phenolic compositions과 ORAC, 암세포의 EC₅₀간 상관관계수(r)

	ORAC	EC ₅₀ of Caco-2	EC ₅₀ of HT-29	EC ₅₀ of HeLa
Vanillic acid	0.972	-0.998	-0.991	-0.966
Caffeic acid	-0.757	0.627	0.686	0.774
Syringic acid	-0.521	0.666	0.607	0.499
p-Coumaric acid	0.987	-0.942	-0.965	-0.991
Syringaldehyde	0.630	-0.760	-0.707	-0.610
Ferulic acid	0.885	-0.786	-0.832	-0.896
Sinapic acid	0.963	-0.898	-0.929	-0.969

○ 2014년 정상수확밀 및 청밀 bran의 대장암세포(HT-29, Caco-2 cells)와 자궁암세포(HeLa cell) 증식억제는 밀 추출물의 농도에 따라 유의적인 차이를 보였음(p<0.001)

- 본 실험의 결과 자궁암세포인 HeLa cells의 증식억제는 그림 3-1-81에 나타냄. 청밀 bran 추출물을 처리한 HeLa cells은 정상수확밀 bran 추출물로 처리한 세포보다 증식억제효과가 컸음. 20 mg/mL의 농도에서는 청밀 bran 추출물을 처리한 HeLa cells가 2배 이상 증식억제효과가 있었으나 40 mg/mL이상의 추출물 농도에서는 차이가 나지 않았음

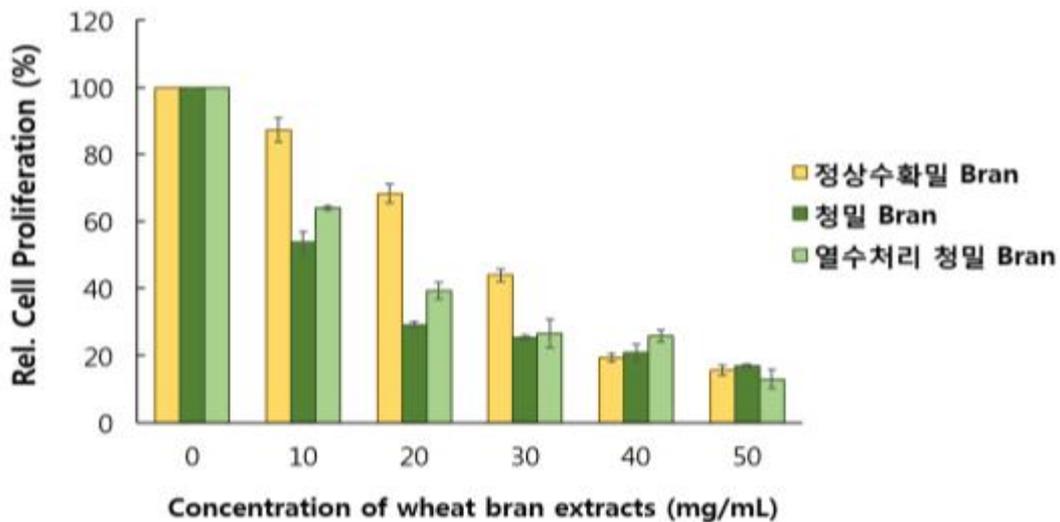


그림 3-1-81. 정상수확밀 및 청밀의 Bran 추출물의 자궁암세포 증식억제

- 대장암 세포인 HT-29 cell의 증식억제 결과는 그림 3-1-82에 나타냄. 청밀 bran 추출물을 처리한 HT-29 cell은 정상수확밀 bran 추출물로 처리한 세포보다 증식억제효과가 컸음. 30 mg/mL의 추출물 농도에서는 청밀 bran이 정상수확밀 bran 보다 4배정도 HT-29 cell의 증식억제효과를 보였음

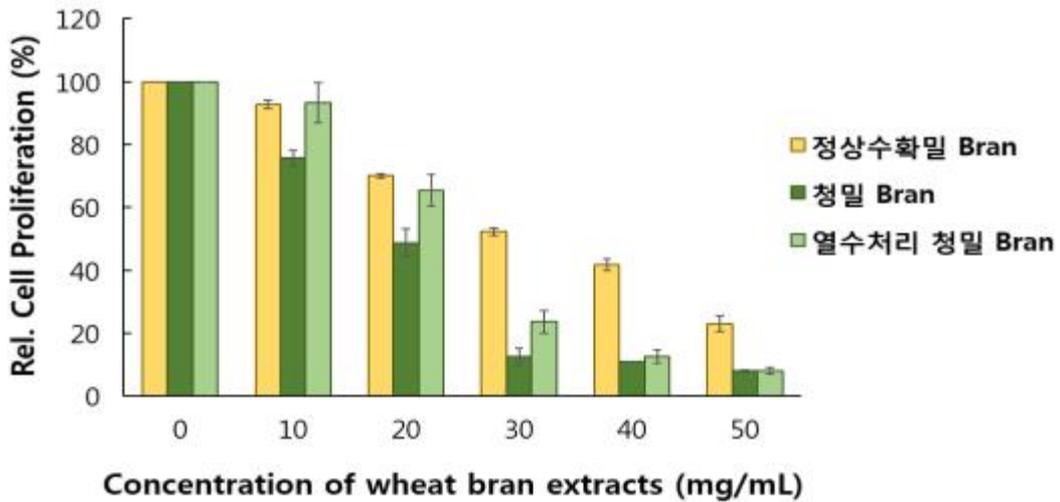


그림 3-1-82. 정상수확밀 및 청밀의 Bran 추출물의 HT-29 cell 증식억제

- 대장암 세포인 Caco-2 cell의 증식억제 결과는 그림 3-1-83에 나타내었음. 정상수확밀 및 청밀의 추출물의 경우 Caco-2 cell의 증식억제는 다른 암세포(HT-29, HeLa cells)보다 적은 증식억제를 보였지만, bran 추출물은 10 mg/mL이상의 농도에서 효과적인 증식억제 효과를 보였음. 다른 암세포와 마찬가지로 청밀 bran 추출물이 Caco-2 cell의 증식억제 효과에 가장 컸으며, 열수처리 청밀 bran 추출물은 30 mg/mL이상의 농도에서는 정상수확밀 보다 Caco-2 cell의 증식억제 효과가 적었음

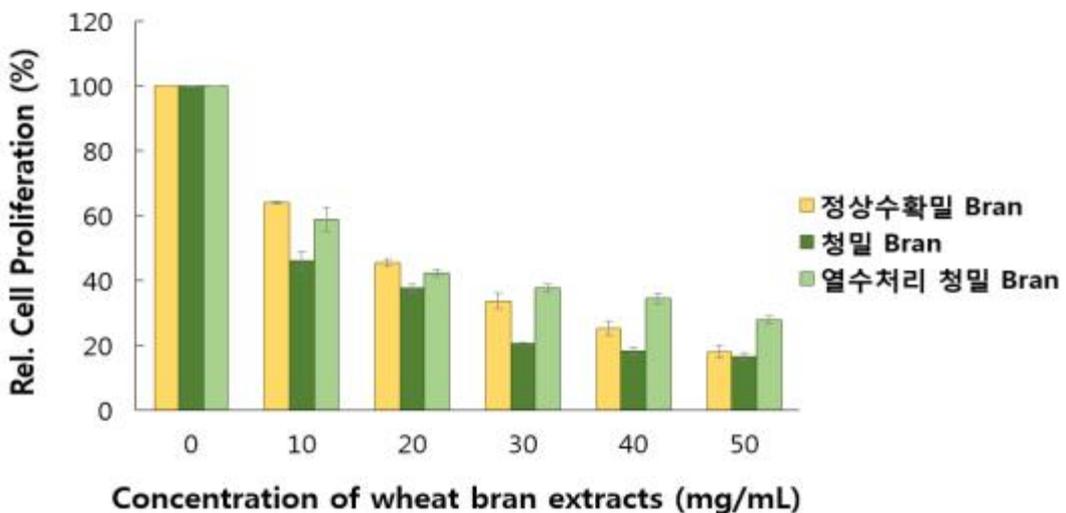


그림 3-1-83. 정상수확밀 및 청밀의 Bran 추출물의 Caco-2 cell 증식억제

- 정상수확밀 및 청밀 bran 추출물의 암세포증식억제의 EC₅₀ values는 그림 3-1-84에서 보여줌. Kernel 추출물의 증식억제 EC₅₀과는 달리 bran 추출물은 Caco-2 cell의 증식억제 효과가 다른 cells에 비해 높았음
- 본 실험의 결과 Caco-2 cell 증식을 50% 억제하기 위한 정상수확밀 bran 추출물은 17.3 mg/mL, 청밀 bran은 7.6 mg/mL, 열수처리 청밀 bran은 15 mg/mL 이었으며, HT-29 cell의 EC₅₀ value는 정상수확밀 bran 추출물은 33 mg/mL, 청밀 bran은 19 mg/mL, 열수처리 청밀 bran은 23 mg/mL 이었음
- 자궁암 세포인 HeLa cell의 EC₅₀ value는 정상수확밀 bran 추출물은 28 mg/mL, 청밀 bran은 7.7 mg/mL, 열수처리 청밀 bran은 15 mg/mL으로 청밀 bran 추출물은 정상수확밀보다 1/4 정도의 추출물로 HeLa cell 증식을 50% 억제하는 효과가 있었음

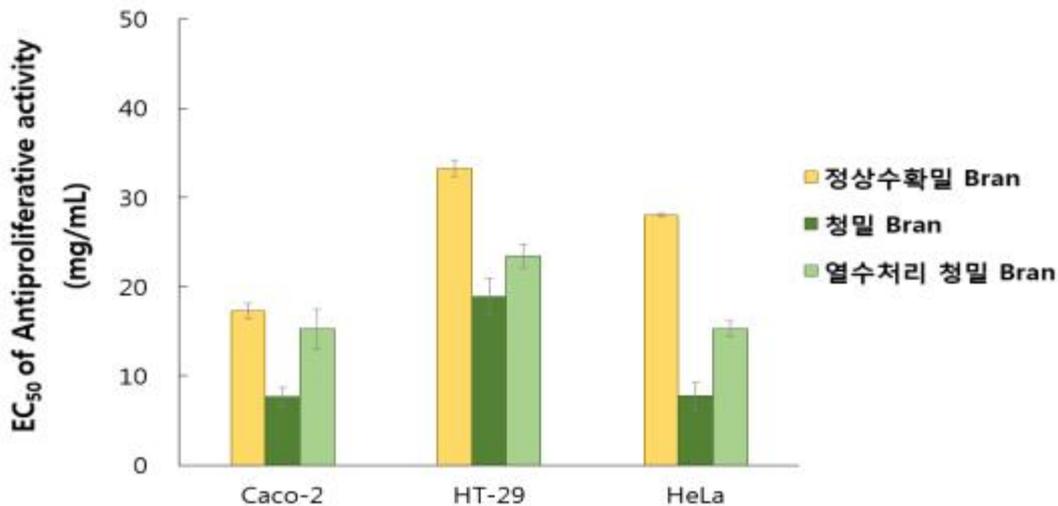


그림 3-1-84. 정상수확밀 및 청밀 Bran 추출물의 암세포증식억제의 EC₅₀ values

- 밀의 bran 추출물은 본 실험의 결과를 통해 암세포 증식억제 효과가 있었음. bran 추출물은 잠재적인 암세포증식억제 활성을 가지고 있지만 정확한 메커니즘은 아직 완전히 밝혀지지 않았다고 보고되어 있음 본 실험에서 밀 bran 추출물이 어떻게 암세포 증식을 억제하는지를 실험하기 위해 cancer suppressor gene(p53, PTEN)과 cancer oncogene(p-AKT)는 western blotting에 의해 실험하였으며, 그 결과는 그림 3-1-85에 있음. Actin은 loading control로 이용되었음
- Western blotting 실험결과, cancer suppressor gene인 p53, PTEN의 경우 청밀 bran 추출물이 정상수확밀 bran 추출물이나 무처리군 보다 높았으며, cancer oncogene인 p-AKT는 감소하였음. 특히, p53, PTEN gene은 apoptosis를 유도하는 gene으로 알려져 있음

- 청밀 bran 추출물이 apoptosis를 유도하는지를 실험하기 위해 GFP certified® Apoptosis/Necrosis detection kit을 이용하여 형광현미경에서 관찰한 결과는 그림 3-1-85에 있음
- Apoptosis가 일어난 세포는 green, late apoptosis는 yellow, necrosis는 red로 관찰되어짐. 무처리 군은 대부분 red와 yellow로 관찰되었으며, 청밀과 열수처리 청밀 bran은 green으로 염색됨. 이는 청밀 및 열수처리 청밀 bran은 대장암세포에서 apoptosis를 유도하는 물질을 포함하고 있음을 의미함

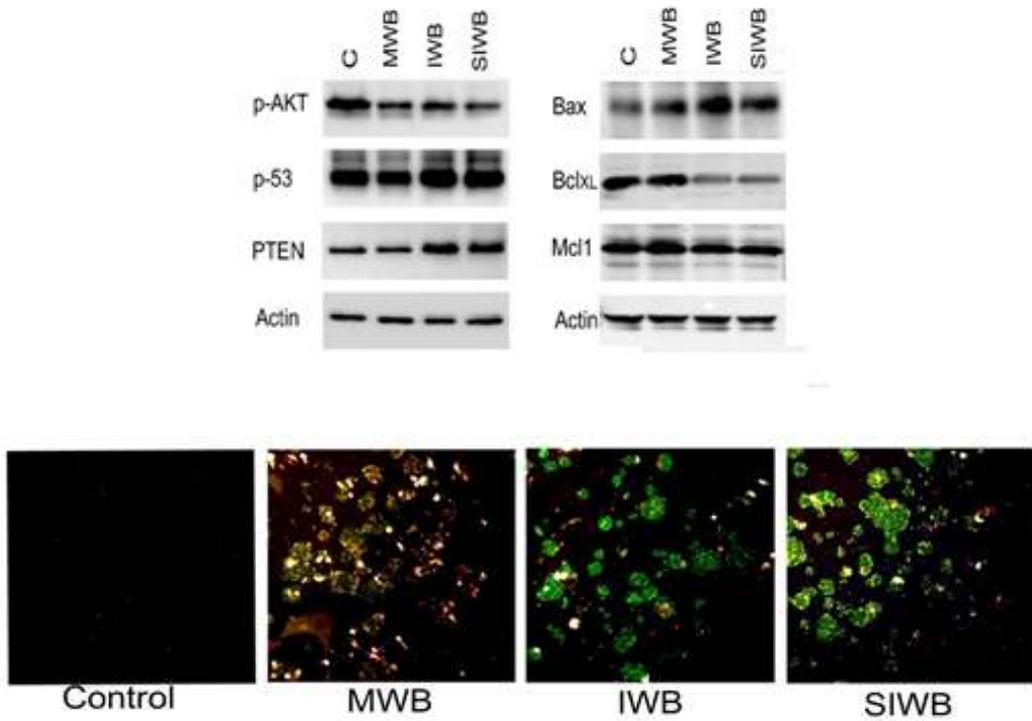


그림 3-1-85. 정상수확밀 및 청밀 bran 추출물의 HT-29 세포에서의 apoptosis induction

4. 우리밀 제빵적성 향상 가공기술개발

가. 제분 회분 조합을 이용한 제빵 용도별 구명

(1) 실험재료

(가) 금강 및 조경밀 수율별 밀가루의 비교

- 우리밀 금강, 조경밀 각 1점에 대해 시험 제분기(Buhler, Braunschweig, Germany)로 제분하여 회분 별로 제분 량을 계산하여 제분 수율을 계산하였음. 각 회분의 수율 및 회분함량을 바탕으로 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90% 분수율의 밀가루를 만들어 시료로 사용하였음

(나) 수입밀 DNS와 ASW 회분 함량별 밀가루 특성 비교

- 수입밀은 DNS와 ASW 밀 각 1점에 대해 실제 CJ양산 제분공장에서 회분함량별로 나온 회분에 대하여 DNS는 회분함량 0.5, 0.45, 0.4%, ASW는 0.5, 0.45, 0.4, 0.38, 0.36% 의 밀가루를 시료로 사용하였음

(다) 청밀 전밀 (whole wheat flour)의 제빵적성

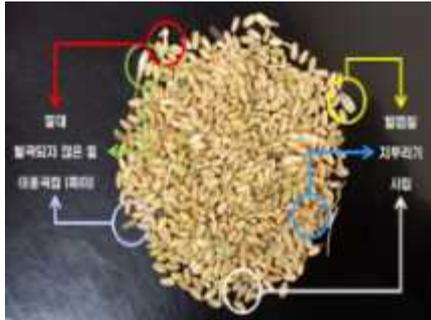
- 실험 1은 2014, 2015년 전북익산지역에서 생산된 금강밀의 청밀을 대상으로 청밀 전밀가루(whole wheat flour)의 제빵적성실험을 수행하였음
- 2014년에 수확된 청밀 전밀의 제빵적성 실험에 사용된 시료는 출수 후 30일과 35일 된 청밀로 현장에서 콤바인 작업 후 건조하여 연구원에 운송하였으며, 실험에 사용할 때까지 0℃ 냉장 창고에서 보관하였음(그림 3-1-86)



그림 3-1-86. 2014년산 건조 청밀의 입고 및 저장고내의 청밀

- 생산지에서 수확 후 연구원에 송부되어 0℃ 저장고에서 보관된 청밀은 밀대, 지푸라기, 이종곡립 (흑미), 밀 껍질, 사립 등이 섞여 있었음(그림 3-1-87). 이는 우리밀의 수확 후 관리과정 중 정선과정의 중요성 및 흑미 등 혼곡 가능성 암시함

- 영등포 소재 CJ 제일 제당에서 Dockage tester(Carter-Day Company, USA)를 사용하여 밀대, 지푸라기, 밀 껍질을 제거한 후 대구 소재 (주)iGSP에서 색채선별기(ISORT-3G, 72 channel, iGSP, Korea)를 이용하여 이중 곡립(흑미)과 사립을 제거하여 실험재료로 사용하였음



2014년 청밀



Dockage tester



색채선별기



선별 전 / 선별 후

그림 3-1-87. 2014년산 건조 청밀의 정선과정

- 전북 익산에서 생산된 2015년에 수확된 청밀은 출수 후 27일에 콤바인 작업에 의해 탈곡한 후 건조 저장시설에서 건조(그림 3-1-88)된 후 한국식품연구원에 운송하여 저온저장고(0℃)에 보관하며 실험에 사용하였음

- 2014년 시료로 사용된 청밀은 출수 후 30일과 35일된 청밀로 노란 밀이 많이 섞여 있어, 2015년 시료는 출수 후 27일 청밀을 수확하여 사용하였음. 콤바인 작업 후 건조 전 청밀의 수분함량은 59.9%였으며, 건조 후 수분함량은 11.5%였음



그림 3-1-88. 2015년 청밀 수확 및 건조 과정

- 청밀 수확은 2014년도에는 수작업에 의해 밀 수확 후 밀밭 현장에서 예건한 후 콤바인에 의해 탈곡

하고 건조기로 건조하였음. 반면, 2015년도 청밀은 콤바인작업에 의해 수확·탈곡 후 건조하였음

- 본 연구에서 청밀 전밀가루(whole wheat flour)는 청밀의 밀기울을 제거하지 않고 제분기를 이용하여 밀가루로 제분해서 사용하였음

(2) 실험방법

① 일반성분(수분, 회분, 단백질, 지방, 총 식이섬유), 전분손상도, 글루텐, 색도, 백도, 입자크기

- 일반성분(수분, 회분, 단백질함량)은 AACC Method 44-15A, 08-01, 46-12(2000)에 따라, 식이섬유 함량은 AACC Method 32-07에 따라 분석하였음. 전분손상도는 Damaged starch analyzer (SDmatic, Chopin technologies, France)를 이용하여 AACC Method 76-31에 따라 측정하였음. 색도는 색도계(Spectrophotometer CM-700d, KONICA Minolta, Japan)을 이용하여 L(Lightness) 값, a(redness)값 및 b(yellowness)값을 측정하였으며, 백도는 백도계(C-100, Kett Electronics, Lab, Tokyo, Japan)를 이용하여 측정하였음. 입자크기는 Particle size analyzer(1190, CILAS, France)에 의해 측정하였음

② Solvent Retention Capacity(SRC)

- SRC는 AACC Method 56-11A(2000)⁹⁾방법을 약간 수정한 Duyvejonck 등(2011)의 방법에 따라 측정하였음. 증류수, 5%(w/w) sodium carbonate solution, 50%(w/w) sucrose solution, 5%(w/w) lactic acid 용액을 25ml를 각각 밀가루 5g과 50ml centrifuge tube에 넣은 후 20분간 Shaking 후에 6,000rpm에서 15분간 원심분리 하였음. 상등액을 제외한 나머지 침전물, gel의 무게를 시료에 대한 SRC 로 계산하였음. Sodium Carbonate SRC(SCSRC)는 밀가루의 손상전분정도와 관련되며, Sucrose SRC(SuSRC)는 밀가루의 pentosan과, Lactic Acid SRC(LASRC)는 글루텐 강도, Water SRC(WRC)는 밀가루 성분의 전반적인 수분결합능력과 관련이 있다고 알려져 있음

③ Rapid Visco Analyzer(RVA)에 의한 pasting 특성

- RVA는 AACC Method 76-21(2000)⁹⁾방법에 의해 Rapid visco analyzer(RVA Super 4, Newport Scientific, Sydney, Australia)를 이용하여 peak viscosity, through, breakdown, final viscosity, setback, peak time 등의 결과를 Thermocline window software로 분석하였음

④ 기능성 물질 및 항산화력 분석

- DPPH Radical Scavenger Assay는 DPPH(1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl)에 대한 전자공여능 (electron donating ability)을 측정하였으며, Brand-William 등(1995)의 방법으로 분석하였음. 시료 5g에 80% methanol 50ml를 넣어 37°C의 항온수조에서 2시간동안 추출하였음. 이를 whatman No.2 로 여과하여 8,000rpm에서 15분간 원심분리한 후 상등액을 시료로 사용하였음. 추출물 0.1ml 에 신선한 6×10^{-5} mol/L DPPH 3.9ml를 첨가하여 암소에 30분간 방치한 후 515nm에서 흡광도를 측정하였음. blank는 methanol 0.1ml에 6×10^{-5} mol/L DPPH 3.9ml를 넣은 후 바로 515nm에서 흡광도를 측정하였음. DPPH RSA(%) 값은 식 [3-1-1]에 의해 계산하였음.

$$\% \text{ DPPH RSA} = 1 - (A_{\text{sample}/t=30} / A_{\text{sample}/t=30A}) \times 100 \quad \text{식 [3-1-1]}$$

⑤ Differential Scanning Calorimetry(DSC)에 의한 상변이 특성

- Differential Scanning Calorimeter(DSC 7, Perkin-Elmer, Norwalk, CT, USA)을 이용하여 상변이 특성을 측정하였음. 밀가루 10 mg을 스테인레스 팬에 넣고 밀가루 건물량 2배에 해당하는 증류수를 첨가한 후 밀봉하였음. Reference로는 빈 팬을 사용하였음. 밀봉한 시료는 수분확산을 위하여 1시간 동안 tempering 하였으며, 25°C에서 120°C까지 분당 10°C로 가열하여 상변이 onset temperature, peak temperature, complete temperature, enthalpy를 측정하였음

⑥ Farinograph 에 의한 반죽의 특성 측정

- Farinograph(820501, Brabender Co. Ltd., Duisburg, Germany)를 이용하여 Brabender 사의 Instruction Manual(no. 1727E), AACCC Method 54-21, 82-23 (2000)⁹⁾에 따라 밀가루 반죽 특성을 측정하였음. 수분함량 14.0%를 기준으로 밀가루 300g을 계량하여 30±0.2°C로 예열한 mixing bowl에 넣고 기기를 작동시키면서 그래프 커브 중앙이 500F.U. 에 도달할 때 까지 증류수를 가하였음. 이 때 수분흡수량(water absorption, %)은 반죽의 강도가 500F.U.로 도달할 때 까지 첨가한 수분량을 나타내며, peak time은 반죽의 강도가 최고점에 도달하는 시간을 나타냄. 안정도(stability, min)은 그래프 커브의 윗부분이 500F.U 에 도달하는 시간부터 시작하여 500F.U를 떠나는 순간까지의 시간을 나타냄. 연화도(softening of dough, SOD₂₀(FU))은 커브의 윗부분이 500F.U에 도달하는 시간부터 20분 후, 커브 중심의 하강 정도를 500F.U로부터의 거리로 표시하였음

⑦ 밀가루 반죽의 신장성(extensibility) 측정

- 반죽의 resistance and extensibility는 Barros 등(2010)의 방법에 의해 측정되었음. Farinograph의 수분흡수량(water absorption, %)에 따라 가수하여 Kitchenaid K5SS Stand mixer(Kitchenaid, USA)를 이용하여 반죽을 만들어 랩핑 후 온도 30°C, RH 70% 발효조에 30분간 방치하였음. 반죽을

가로 5cm, 세로 8mm, 높이 5mm의 직사각형 형태로 제단하여 Texture analyser(model TA-HD plus, Stable Micro System Ltd., Haslemere, England)로 인장력을 분석하였음. probe는 Kieffer dough&gluten extensibility rig(A/KIE)를 5kg road cell을 이용하였으며 measure force in tension mode로 pre-test speed는 2.0mm/s, test-speed로는 3.3mm/s, post-test speed는 10.0mm/s 하였고 distance는 150mm를 측정 조건으로 측정하였음

⑧ 이스트 식빵의 제조

- 이스트 식빵의 제조는 AACC Method 10-10B를 수정한 방법⁹⁾으로 제조하였음. 수정내용은 AACC 방법의 malt flour, ascorbic acid, potassium bromate대신 제빵 개량제(엑셀, (주)선인, 충남 아산, 한국)을 0.2% 첨가하였음. 수분 양은 farinograph의 water absorption을 참조하였음

⑨ 이스트 식빵의 volume, weight, specific volume, hardness

- 식빵의 volume, weight, specific volume은 Volscan profiler(model Volscan profiler, Stable Micro System Ltd., Haslemere, England)를 이용하여 측정하였음
- 식빵의 Hardness는 식빵의 crumb 부분을 25 mm 높이로 자른 후 Texture analyser(model TA-XT plus, Stable Micro System Ltd., Haslemere, England)로 측정하였음. 측정 조건은 36 mm plunger를 이용하여 return distance 30 mm, return speed 10 mm/sec, contact force 50g으로 측정하였음

(3) 실험결과

(가) 금강 및 조경밀 수율별 밀가루의 비교

- 대체적으로 수율이 높아질수록 회분, 지방이 증가하였음(그림 3-1-89, 그림 3-1-90)
- 금강(GK)의 경우 70% 까지, 조경(JK)의 경우 75%까지 회분함량이 0.6% 이내로 나타났음. 또한 금강과 달리 조경의 경우 수율 증가에 따라 조단백질 함량 증가하였음

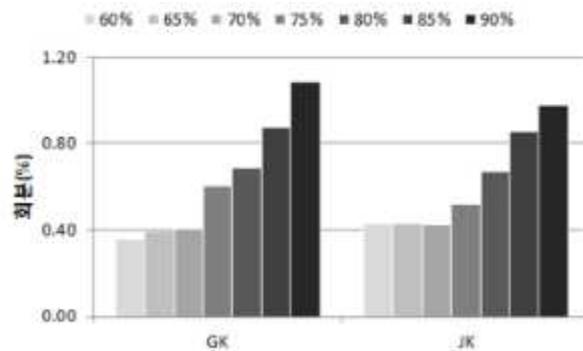


그림 3-1-89. 수율별 금강 및 조경밀의 회분함량

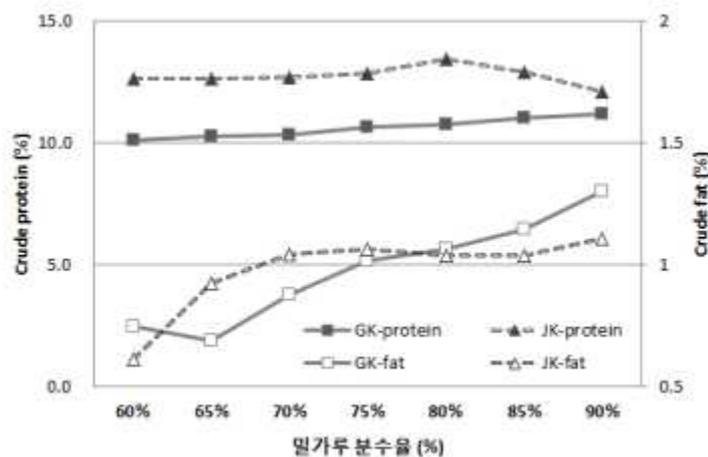


그림 3-1-90. 수율별 금강 및 조경밀의 단백질, 지방함량

- 백도와 색도 a값은 품종에 따라 다소 차이는 있으나, 수율이 높아질수록 백도는 감소하고 a값은 높아지는 것으로 나타남. 금강에 비해 조경 밀가루의 백도가 높은 경향이 있었으며, 금강에 비해 조경 밀은 60%- 80% 수율까지 색도 a값이 낮은 경향이 있었음(그림 3-1-91, 그림 3-1-92)

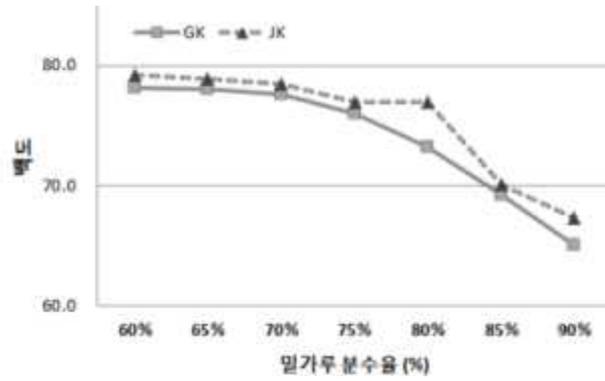


그림 3-1-91. 수율별 금강 및 조경밀의 백도

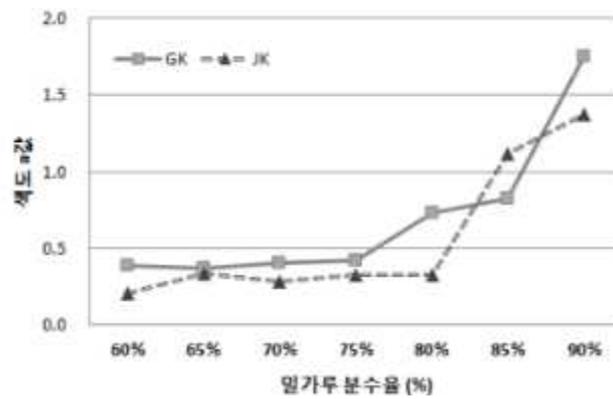


그림 3-1-92. 수율별 금강 및 조경밀의 색도 a값

- 품종에 따라 다소 차이는 있으나. 수율이 높아질수록 RVA 특성 감소하였음. 금강, 조경 모두 수율 60-70%까지는 비슷한 점도 특성을 나타내었음(그림 3-1-93)

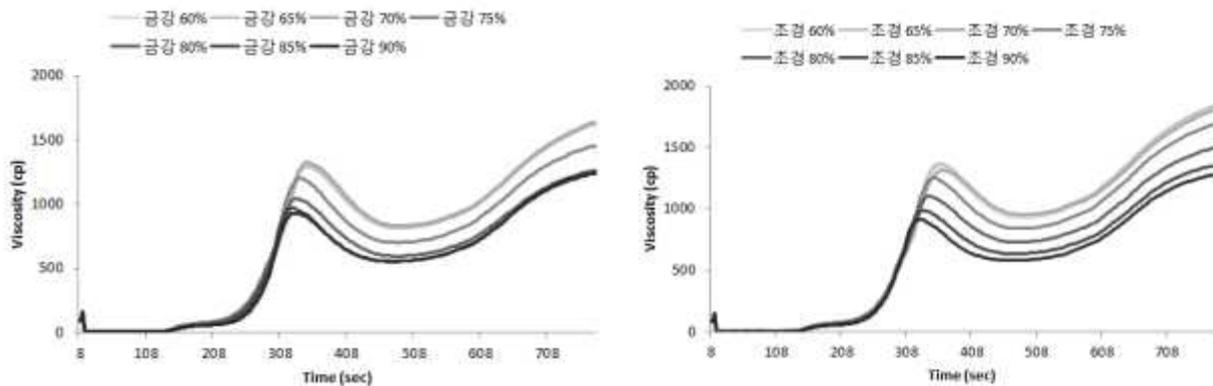


그림 3-1-93. 수율별 금강 및 조경밀의 RVA profile

○ SRC 특성에서는 금강밀에 비해 조경밀의 SuSRC, LASRC가 다소 높은 경향을 나타내었음. 또한 밀가루의 수율이 높아질수록 SCSRC, SuSRC, WRC는 증가하였고 LASRC는 감소하였음(그림 3-1-94)

- Gluten과 관련 있는 LASRC의 경우 수율 60, 65, 70% 밀가루에서는 비슷한 양상을 나타내다가 수율 75%부터는 수율이 증가함에 따라 LASRC가 현저하게 낮아졌음

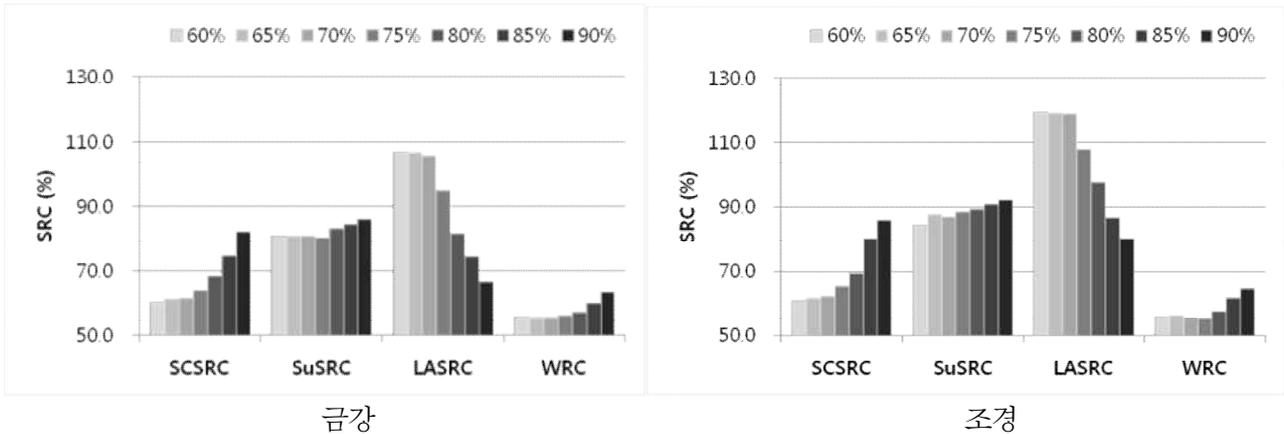


그림 3-1-94. 수율별 금강 및 조경밀의 SRC 특성

○ 수율이 높아질수록 항산화활성을 나타내는 DPPH RSA(%)가 증가하였으며 비록 적은 양이지만 flavonoids 함량이 증가하였음. 이는 whole wheat 제품의 장점이 될 수 있음을 보여줌(그림 3-1-95)

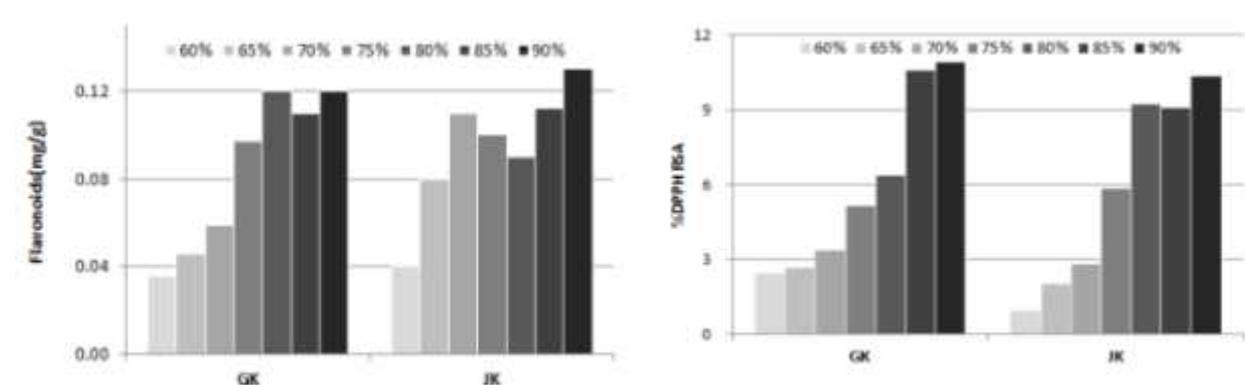


그림 3-1-95. 수율별 금강 및 조경밀의 Flavonoids 함량 및 DPPH RSA

○ 금강 및 조경밀의 수율별 밀가루 입도 및 상변이 특성은 표 3-1-98에 있음. 분 수율에 따른 밀가루 입도의 특성은 나타나지 않았음. DSC에 의한 상변이 특성은 수율이 높아질수록 onset temperature 와 peak temperature 가 높아지는 것으로 보였으나 유의적인 차이는 없었음

표 3-1-98. 수율별 금강 및 조경 밀가루의 입도 및 DSC에 의한 상변이 특성¹

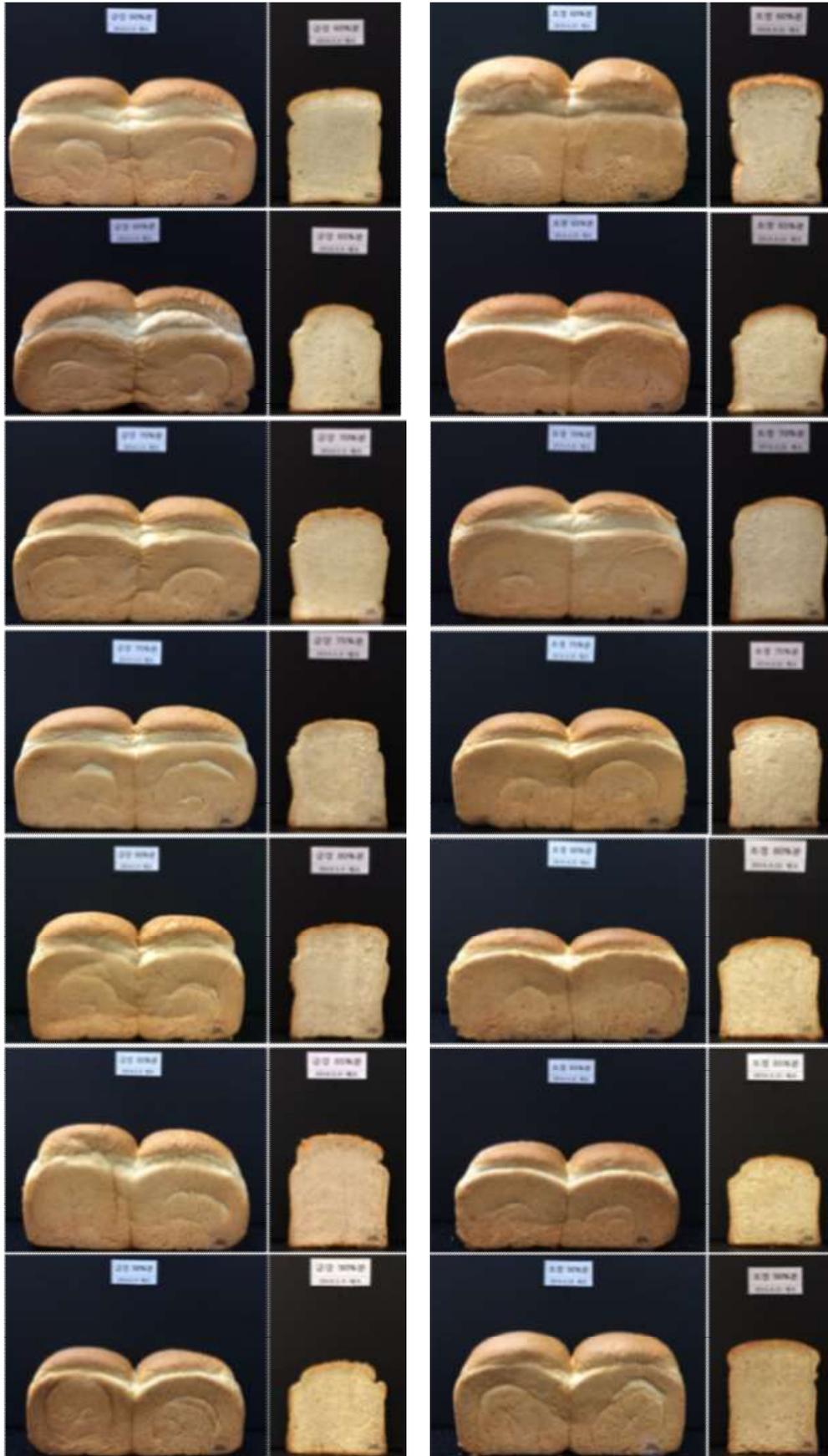
	수율(%)	Particle size*** (μm)	DSC properties		
			Onset temperature ($^{\circ}\text{C}$)	Peak temperature ($^{\circ}\text{C}$)	ΔH^* (J/g)
금강	60	41.0 ^b	59.6	64.4	7.59 ^{ab}
	65	59.6 ^{ab}	61.4	64.7	5.87 ^{ab}
	70	120.6 ^a	61.6	64.0	5.26 ^b
	75	86.7 ^{ab}	61.3	64.9	6.41 ^{ab}
	80	22.6 ^b	61.5	65.2	5.00 ^b
	85	26.4 ^b	64.1	65.9	6.66 ^{ab}
	90	39.7 ^b	62.5	65.8	4.81 ^b
조경	60	27.8 ^b	61.0	65.0	6.41 ^{ab}
	65	109.0 ^a	60.8	65.0	10.02 ^a
	70	121.9 ^a	61.3	65.2	5.58 ^{ab}
	75	39.6 ^b	61.7	65.0	5.63 ^{ab}
	80	22.5 ^b	61.3	65.6	8.00 ^{ab}
	85	28.4 ^b	60.8	65.2	8.27 ^{ab}
	90	38.3 ^b	62.3	65.7	4.88 ^b

¹

abc

*, ***

3번 반복 실험의 평균값
column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임
시료가 p=0.05, 0.001수준에서 유의적인 차이가 있음



금강

조경

그림 3-1-96. 금강 및 조경밀 수율별 밀가루로 제조한 식빵의 외관 및 단면

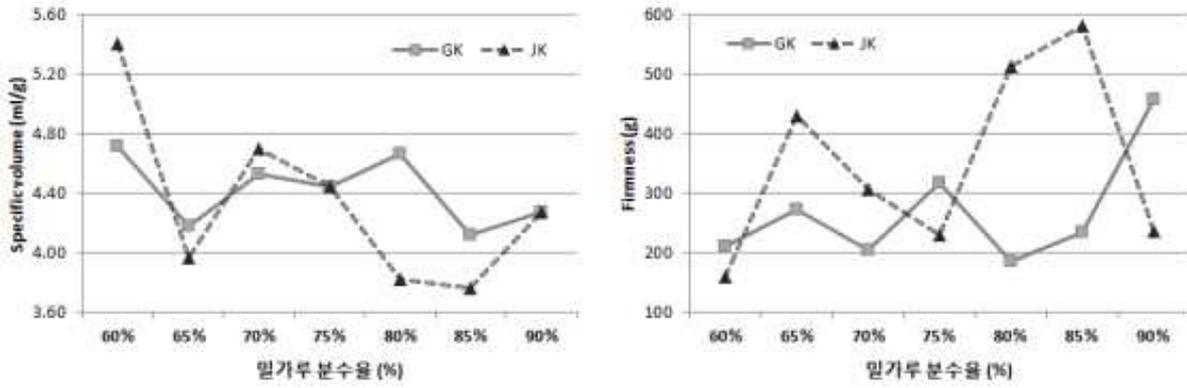


그림 3-1-97. 수율별 금강 및 조경밀로 제조한 식빵의 비용적 및 경도

- 금강 및 조경밀 수율별 밀가루 및 이화학 특성을 주성분 1과 주성분 2 좌표 상에서 나타낸 그림은 3-1-98에 있음. 주성분 1과 주성분 2는 각각 총변동의 63.99%와 18.00%를 설명할 수 있음. 주성분 1의 (+)방향에 높은 수율의 밀가루가 위치하였으며 주성분 2의 (+)방향에는 조경밀, (-)방향에는 금강밀이 위치하였음. 또한 주성분 1은 백도, 색도, flavonoids, DPPH RSA, SCSRC, LASRC, WRC, 지방함량, RVA의 최고, 최저, 최종점도 및 setback 과 관련이 있었으며 주성분 2는 수분, 단백질, SuSRC, RVA의 breakdown과 관련이 있었음
- 수율이 높은 밀가루일수록 회분, 지방함량, 색도 a값, flavonoids, DPPH RSA가 높고 LASRC, 백도 및 L값, RVA 특성은 낮은 것으로 나타남. 또한 금강에 비해 조경밀이 단백질 함량과 SuSRC가 높고 수분함량과 RVA breakdown은 낮았음

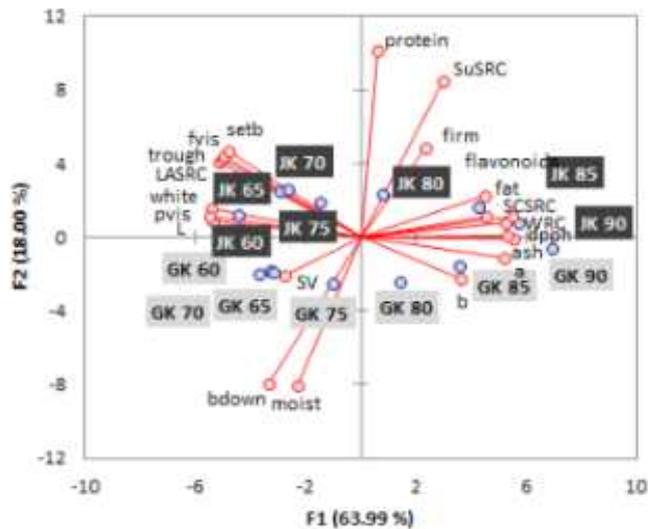


그림 3-1-98. 주성분 1(x)과 주성분 2(y) 좌표 상에서 수율별 금강, 조경밀 및 이화학 특성 위치

(나) 수입밀 DNS와 ASW 회분 함량별 밀가루 특성 비교

- 회분함량별 DNS와 ASW의 wet gluten(wglu) 및 dry gluten(dglu) 함량을 그림 3-1-99에 나타내었음. 강력분인 DNS의 wet gluten은 약 36%, dry gluten은 약 12%로 나타났음. 중박력분인 ASW는 wet gluten이 26.4%, dry gluten은 8.1~9.0% 사이로 나타남. ASW의 경우 회분함량이 높아짐에 따라 gluten 함량이 소폭 상승하는 것으로 보임

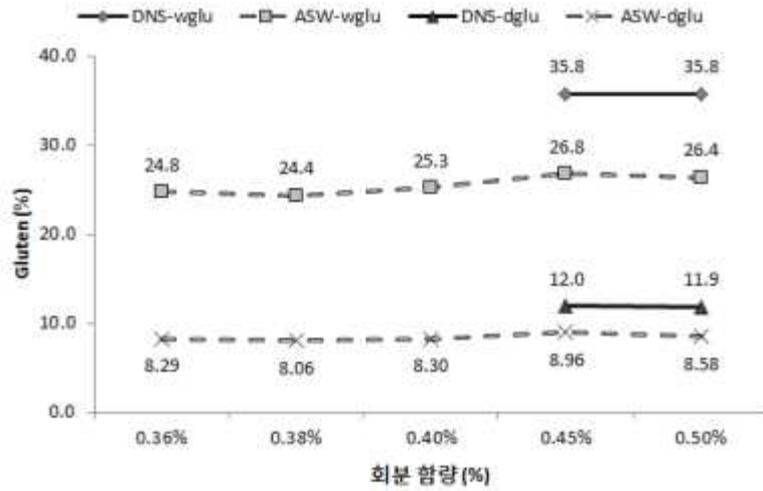


그림 3-1-99. 회분 함량 별 DNS 및 ASW 의 글루텐 함량

- 색도 L값과 a값은 수율이 높아질수록 L값은 감소하고 a값은 높아지는 것으로 나타남. ASW에 비해 DNS의 L값과 a 값은 높고 b값은 낮은 경향이 있었음(그림 3-1-100, 3-1-101, 3-1-102)

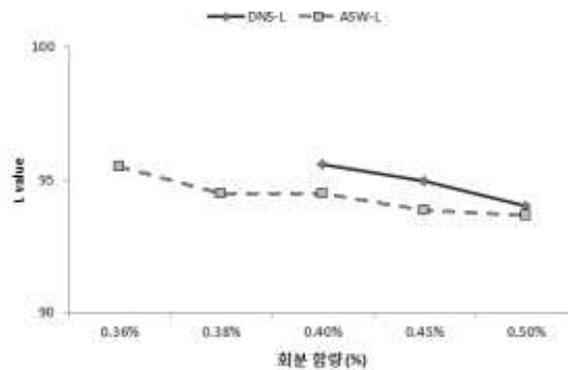


그림 3-1-100. 회분 함량 별 DNS 및 ASW 의 색도 L 값

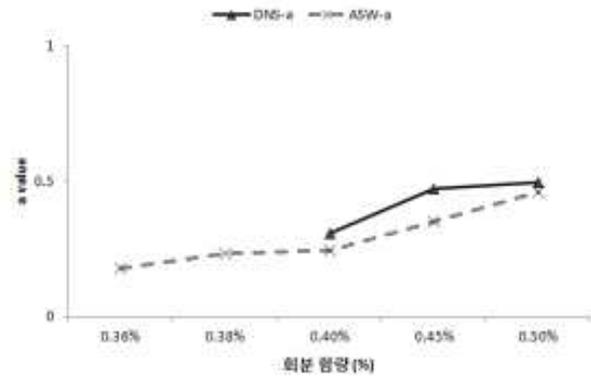


그림 3-1-101. 회분 함량 별 DNS 및 ASW 의 색도 a 값

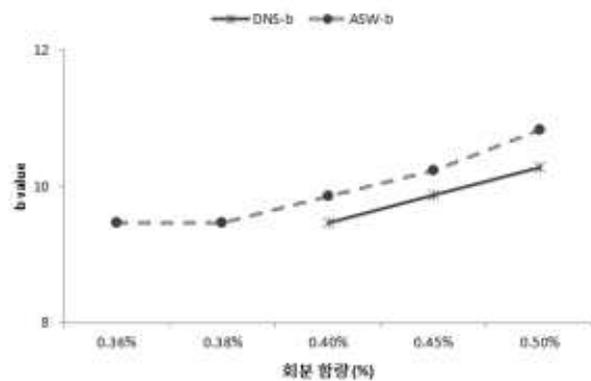


그림 3-1-102. 회분 함량 별 DNS 및 ASW 의 색도 b 값

○ RVA에서는 DNS는 회분함량에 따른 점도 특성 차이가 없었음. ASW에서는 회분함량이 높아질수록 RVA 특성이 감소하였음. DNS와 ASW 모두 회분함량 0.40~0.50% 까지는 비슷한 점도 특성을 나타내었음(그림 3-1-103)

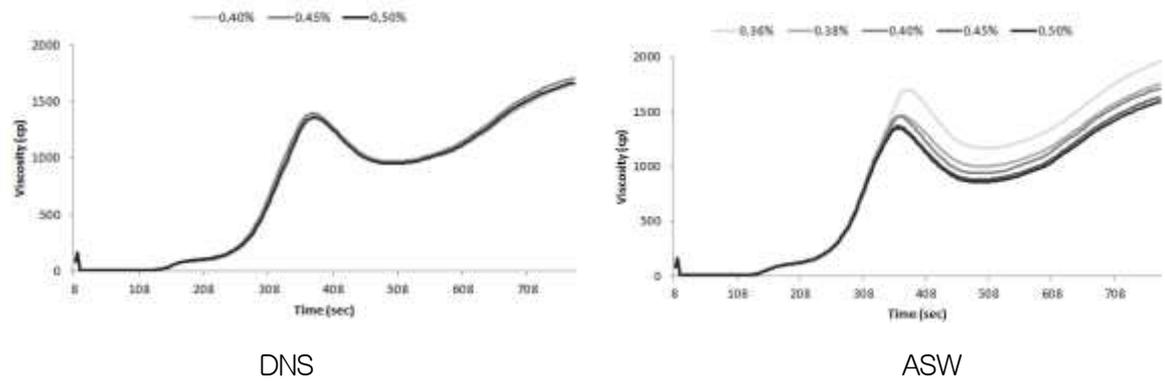


그림 3-1-103. 회분함량 별 DNS 및 ASW 밀의 RVA profile

- SRC 특성에서는 중박력분인 ASW에 비해 강력분인 DNS의 SuSRC, LASRC, WRC 높은 경향을 나타내었음. 또한 밀가루의 회분함량(수율)이 높아질수록 LASRC는 감소하였음(그림 3-1-104)
- Gluten과 관련 있는 LASRC의 경우 DNS에서는 회분함량 0.4% 일 때 146%이었으나 회분함량 0.45%, 0.5%에서는 127%로, 회분함량이 불과 0.05%~0.1% 증가하였는데도 LASRC가 크게 감소하였음. 반면에 ASW 에서는 0.36%에서 124%였으며 0.50%에서 109% 로, 회분함량이 0.14% 증가한 것을 감안하였을 때 DNS에 비해 LASRC의 감소폭이 더 작았다. 즉, gluten과 관련이 있는 LASRC 값은 중박력분인 ASW보다는 강력분인 DNS가 민감한 것으로 볼 수 있음

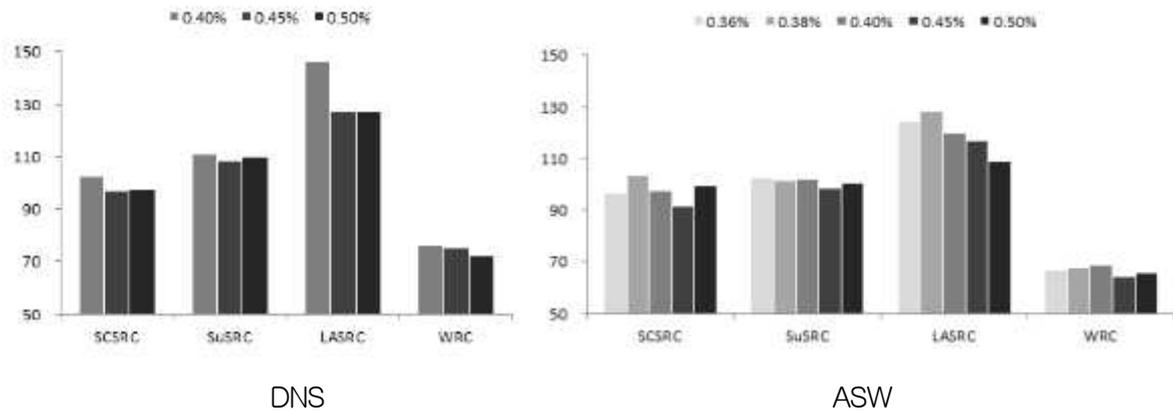


그림 3-1-104. 회분함량 별 DNS 및 ASW 밀의 SRC 특성

(다) 청밀 전밀 (whole wheat flour)의 제빵적성

① 2014, 2015년 청밀 원곡의 특성

- 2014, 2015년도 수확 청밀 원곡의 특성은 표 3-1-99, 표 3-1-100에 있음. 천립중 및 a value는 유의적인 차이가 있었으며, 청밀 기하학적 특성을 분석한 결과 면적, 장단축비, 장축길이 및 단축길이의 유의적인 차이가 있었음

표 3-1-99. 2014, 2015년 수확 청밀 전밀의 일반성분 및 천립중

시료	수분 ² (%)	회분 ¹ (%)	단백질 ¹ (%)	천립중 ^{2***} (g)	색도 ²		
					L	a ^{***}	b
2014년 청밀	8.7	1.4	10	44.7	52.1	5.0	19.5
2015년 청밀	8.4	1.5	11.1	27.2	46.4	-0.86	21.4

¹ CJ 제공
² 3번 반복 실험의 평균값

표 3-1-100. 2014, 2015년 수확 청밀 전밀의 기하학적 특성

시료	면적 ^{***} (mm ²)	장단축비 ^{***}	장축길이* (mm)	단축길이 ^{***} (mm)	둘레길이 (mm)
2014년 청밀	14.8	2.21	6.29	2.94	15.5
2015년 청밀	12.8	2.50	6.12	2.65	15.8

¹ 5번 반복 실험의 평균값
^{***} 시료가 p=0.05, 0.001수준에서 유의적인 차이가 있음

② 2014, 2015년 청밀 전밀가루의 밀가루 및 반죽 특성

- 2014, 2015년도 수확 청밀 전밀가루의 수분, 회분, 단백질, 조지방, 입도, 백도 및 색도는 표 3-1-101에 있음. 2015년 수확 청밀 전밀가루는 2014년도 청밀 전밀가루와 비교하여 백도 및 색도에서 차이가 있었음. 이는 2014년 수확 청밀 전밀가루는 출수 후 35일 수확 밀로 2015년보다 늦게 수확하였기 때문임

표 3-1-101. 2014, 2015년 수확 청밀 전밀가루의 일반성분

시료	수분 ² (%)	회분 ¹ (%)	단백질 ¹ (%)	조지방 ² (%)	입도 ² (um)	백도 ^{***2}	색도 ²		
							L ^{***}	a ^{***}	b ^{***}
2014년 청밀	8.7	1.4	10	1.8	24.6	75	92	0.38	8.1
2015년 청밀	8.4	1.5	11.1	1.6	44	57	89	-1.22	12.3

¹ CJ 제공
² 3번 반복 실험의 평균값

- 청밀 전밀가루(whole wheat flour)의 DSC에 의한 상변이 특성 및 전분손상도 분석은 표 3-1-102, 그림 3-1-105에 있음. 비교군으로 시판 우리밀 밀가루(CJ 제일제당, 한국)를 사용하였음. 2015년 수확 청밀 전밀가루는 일반 밀가루보다 onset temperature, peak temperature, complete temperature가 높았으나 enthalpy는 낮았음. 2014년 청밀 전밀가루의 경우 시판 밀가루보다 enthalpy가 낮았음. 청밀 전밀가루의 전분손상도는 시판밀보다 높았음
- 이러한 차이는 시료에 의한 차이뿐 만아니라, 제분방법에 의한 차이도 포함되어 있을 것으로 판단됨, 참고로 시판밀은 roll mill에 의해 생산되었으며, 본 실험에 사용된 청밀 전밀가루는 기류 분쇄에 의해 생산되었음

표 3-1-102. 2014, 2015년 수확 청밀 전밀의 DSC 및 전분손상도 분석

시료	DSC ¹ properties				전분손상도 ² (%)
	Transition temperature			ΔH (J/g)	
	T ₀ (°C)	T _p (°C)	T _c (°C)		
시판 우리밀	61 ^a	66 ^a	72 ^a	4.58 ^a	6.53
2014년 청밀	63 ^a	68 ^a	73 ^a	2.69 ^b	7.51
2015년 청밀	66 ^b	71 ^b	78 ^b	2.90 ^b	7.27

¹ 3번 반복 실험의 평균값
² 1번 실험한 값
abc column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임

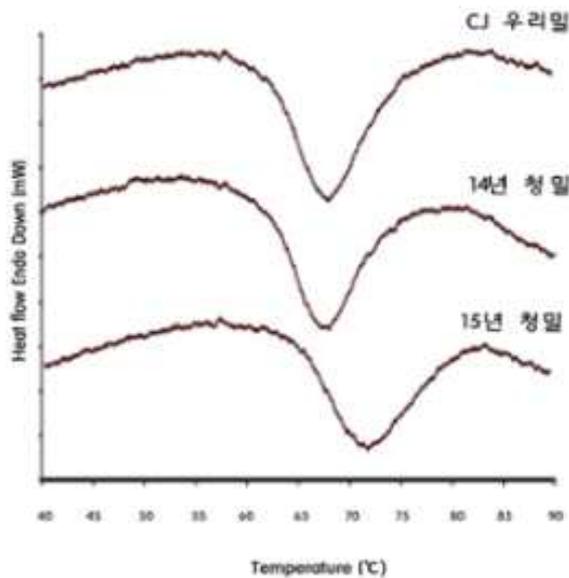


그림 3-1-105. 2014, 2015년 수확 청밀 전밀의 DSC 특성

- 2014, 2015년 청밀 전밀가루의 SRC 특성은 활성글루텐 대체 비율에 의해 유의적인 차이가 있었음 (표 3-1-103, 표 3-1-104). 활성글루텐의 대체 비율이 증가할수록 SRC 특성은 증가하였으나, 2015년 청밀은 2014년도 수확한 청밀 보다 제빵적성이 떨어질 것으로 예상됨

표 3-1-103. 2014, 2015년 수확 청밀 전밀가루의 SRC¹ 특성

시료	Solvent Retention Capacity (SRC)			
	WRC ^{***} (%)	SuSRC ^{***} (%)	LASRC ^{***} (%)	ScSRC(%)
Control	96 ^{bc}	119 ^b	114 ^a	130 ^a
5% 활성글루텐	94 ^c	128 ^b	117 ^b	128 ^a
10% 활성글루텐	97 ^{bc}	139 ^a	123 ^c	128 ^a
15% 활성글루텐	97 ^{bc}	150 ^a	130 ^d	128 ^a
20% 활성글루텐	99 ^a	147 ^a	139 ^e	129 ^a
25% 활성글루텐	98 ^a	150 ^a	147 ^f	129 ^a

¹ 3번 반복 실험의 평균값
abc column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임
*** 시료가 p=0.001수준에서 유의적인 차이가 있음

표 3-1-104. 2014, 2015년 수확 청밀 전밀가루의 SRC 특성

시료	Solvent Retention Capacity ¹ (SRC)			
	WRC ^{***} (%)	SuSRC ^{***} (%)	LASRC ^{***} (%)	ScSRC ^{***} (%)
Control	97 ^c	137 ^e	106 ^{de}	126 ^a
5 % 활성글루텐	96 ^c	142 ^d	105 ^e	126 ^a
10 % 활성글루텐	102 ^a	140 ^{de}	108 ^d	125 ^a
15 % 활성글루텐	101 ^a	148 ^c	113 ^c	126 ^a
20 % 활성글루텐	98 ^b	155 ^b	119 ^b	123 ^b
25 % 활성글루텐	99 ^b	161 ^a	128 ^a	121 ^b

¹ 3번 반복 실험의 평균값
abc column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임
*** 시료가 p=0.001수준에서 유의적인 차이가 있음

- 2014, 2015년 청밀 전밀가루의 RVA, Farinograph 및 인장력에 의한 반죽특성은 표 3-1-105, 표 3-1-106, 표 3-1-107, 표 3-1-108에 나타냈음. RVA는 활성글루텐의 대체 비율에 따라 유의적인 차이를 보이지 않았으나, extensibility와 resistance는 유의적으로 차이가 있었음. Farinograph 결과는 CJ 제일제당으로부터 제공받은 자료임
- RVA에 의한 pasting properties는 활성글루텐 대체 비율에 따라 유의적으로 차이를 보이지는 않았지만, 2015년 수확 청밀 전밀가루는 2014년 청밀 전밀가루 보다 낮은 pasting properties를 보였음

표 3-1-105. 2014년 수확 청밀 전밀가루의 pasting properties

시료	Rapid Visco Analyzer ¹ (RVA)				
	Peak Viscosity	Trough Viscosity	Breakdown	Final Viscosity	Setback
Control	532	318	212	816	498
5% 활성글루텐	448	268	180	658	390
10% 활성글루텐	382	235	145	589	354
15% 활성글루텐	335	200	133	499	299
20% 활성글루텐	391	221	169	586	365
25% 활성글루텐	244	151	91.2	400	248

¹ 3번 반복 실험의 평균값

표 3-1-106. 2015년 수확 청밀 전밀가루의 pasting properties

시료	Rapid Visco Analyzer ¹ (RVA)				
	Peak Viscosity	Trough Viscosity	Breakdown	Final Viscosity	Setback
Control	317	193	125	356	164
5% 활성글루텐	256	160	94.8	308	149
10% 활성글루텐	217	97.2	121	258	161
15% 활성글루텐	185	74.4	110	205	130
20% 활성글루텐	209	82.8	126	247	164
25% 활성글루텐	152	58.8	93.6	179	120

¹ 3번 반복 실험의 평균값

- 활성글루텐의 대체 비율이 증가함에 따라 resistance 및 extensibility는 증가하는 성향을 보였으나, 2015년 수확 청밀 전밀가루의 extensibility는 2014년도 청밀 전밀가루보다 낮았음. 이는 2015년 청밀 전밀가루의 경우 제빵적성에는 적합하지 않을 수 있음

표 3-1-107. 2014년산 청밀 전밀가루의 Farinograph, resistance 및 extensibility에 의한 반죽특성

시료	by Farinograph ¹				by Texture analyzer ²	
	WA	PT	Stability	SOD	Resistance ^{***} (g)	Extensibility ^{***} (mm)
Control	82.2	7.9	4.7	126	68 ^f	83 ^d
5% 활성글루텐	85.4	12	7.7	76	95 ^e	92 ^c
10% 활성글루텐	90.1	15.3	9.8	0	129 ^d	99 ^b
15% 활성글루텐	94.3	18.9	12.7	0	186 ^c	105 ^a
20% 활성글루텐	98.7	23.5	15	59	287 ^b	104 ^a
25% 활성글루텐	100.6	19.7	20.3	44	318 ^a	97 ^b

1 CJ 제공
 2 3번 반복 실험의 평균값
 abc column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임
 *** 시료가 p=0.001수준에서 유의적인 차이가 있음

표 3-1-108. 2015년산 청밀 전밀의 Farinograph, resistance 및 extensibility에 의한 반죽특성

시료	by Farinograph ¹				by Texture analyzer ²	
	WA	PT	Stability	SOD	Resistance ^{***} (g)	Extensibility ^{***} (mm)
Control	74.7	9	12.1	0	93 ^f	20 ^f
5% 활성글루텐	82.3	8	5.6	0	119 ^e	28 ^e
10% 활성글루텐	89.2	8.9	6.2	0	165 ^d	42 ^d
15% 활성글루텐	95.4	11.4	7.7	0	199 ^c	50 ^c
20% 활성글루텐	98.6	11.8	8.2	0	291 ^b	57 ^b
25% 활성글루텐	100	11.7	9.5	0	327 ^a	71 ^a

1 CJ 제공
 2 3번 반복 실험의 평균값
 abc column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임
 *** 시료가 p=0.001수준에서 유의적인 차이가 있음

○ SRC, RVA, resistance 및 extensibility의 실험 결과 2014, 2015년에 수확한 청밀 전밀가루(whole wheat flour)는 활성 글루텐과 같은 첨가제 없이는 제빵 적성에 적합하지 않음. Hung 등(2007)은 whole wheat flour는 반죽의 dough development, stability time이 일반 밀가루보다 짧은 이유는 bran에 존재하는 식이 섬유에 의해 글루텐 형성이 약해지기 때문이라고 보고하였음

③ 2014, 2015년 청밀 전밀가루의 제빵특성

○ 2014년 청밀 전밀가루(whole wheat flour)와 전밀가루 중량대비 활성글루텐을 0, 5, 10, 15, 20, 25% 대체하여 활성글루텐이 첨가된 청밀가루로 제조한 식빵의 volume, weight, specific volume은 표 3-1-109에 표기하였음. 실험 결과 식빵의 volume과 specific volume은 유의적인 차이가 있으며, 활성 글루텐 대체 함량이 증가할수록 volume과 specific volume은 증가하였음. 관련 식빵의 측면 및 단면 사진은 그림 3-1-106에 있음

표 3-1-109. 청밀, 활성 글루텐 혼합 밀가루로 제조한 식빵의 volume, weight, specific volume

시료		Bread ¹		
		Volume ^{***} (mL)	Weight (g)	Specific volume ^{***} (mL/g)
2014	Control	1277 ^d	447	2.85 ^d
	5 % 활성글루텐	1492 ^c	442	3.38 ^c
	10 % 활성글루텐	1628 ^{bc}	442	3.68 ^{bc}
	15 % 활성글루텐	1707 ^{bc}	441	3.88 ^{bc}
	20 % 활성글루텐	1821 ^b	442	4.13 ^b
	25 % 활성글루텐	2050 ^a	435	4.17 ^a

¹ 식빵 4개의 반복 실험의 평균값
^{abc} column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임
^{***} 시료가 시료가 p=0.001수준에서 유의적인 차이가 있음

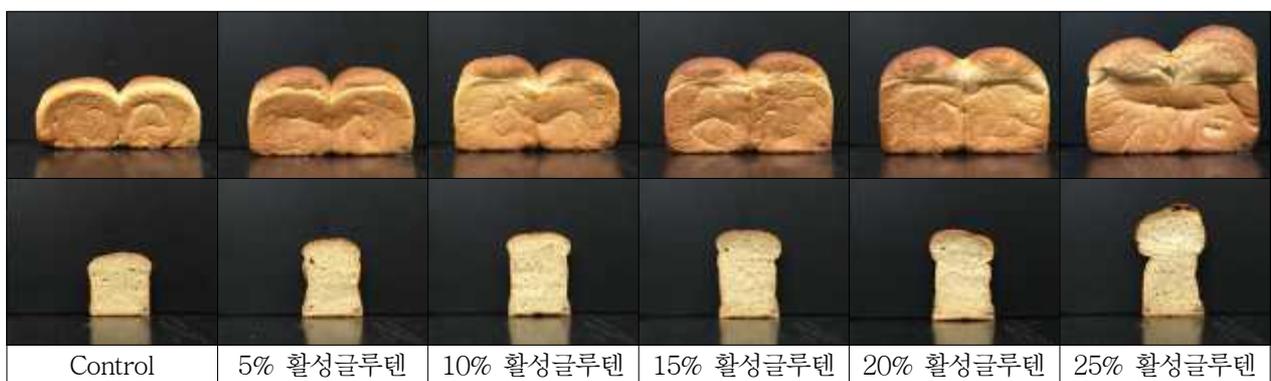


그림 3-1-106. 2014년 청밀 통밀 식빵의 앞면, 단면사진

○ 2014년 청밀 전밀가루와 전밀가루 중량대비 활성글루텐을 0, 5, 10, 15, 20, 25% 대체하여 활성글루텐이 첨가된 청밀가루로 제조한 식빵의 경도를 저장 기간별로 측정하였음(그림 3-1-107). 활성글루텐이 첨가되지 않은 청밀 전밀가루로 제조되어진 식빵의 경도는 활성 글루텐이 첨가된 식빵보다 높았음. 활성 글루텐은 청밀 전밀가루를 대체 사용 시 식빵의 노화억제 효과를 보였음

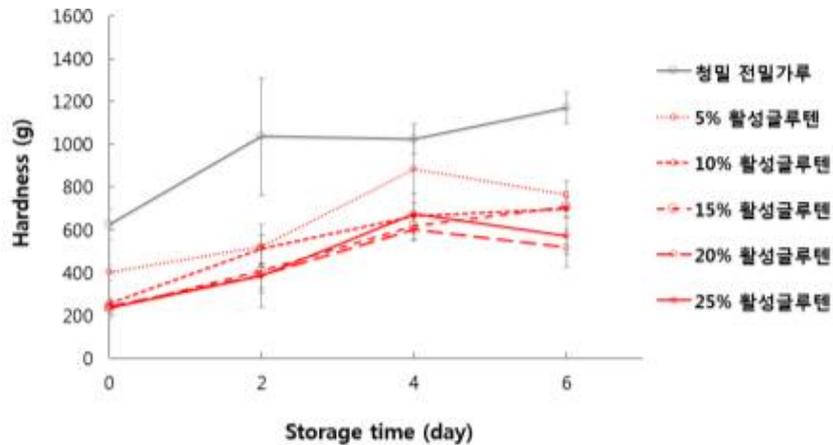


그림 3-1-107. 2014년 청밀 통밀 식빵의 저장별 경도

- 2015년 청밀 전밀가루와 활성글루텐을 0, 5, 10, 15, 20, 25% 대치하여 활성글루텐이 첨가된 청밀 가루로 제조한 식빵 사진은 그림 3-1-108, volscan profiler 로 측정된 자료는 표 3-1-110에 있음
- Volume, weight, specific volume은 유의적인 차이를 보였음. 활성 글루텐의 혼합되어진 함량이 증가할수록 volume과 specific volume은 증가하였음. 하지만 식빵의 측면 및 단면 사진을 보면 2015년 청밀 전밀가루는 식빵 제조에는 부적합함. 2015년 청밀 전밀가루 식빵의 사진을 보면, 상대적으로 식빵 모양이 형성되지 않았으며 식빵 단면의 기공이 크게 나타났음
- 2015년 청밀 전밀가루와 활성 글루텐을 0-25%까지 대체한 전밀가루로 제조한 식빵의 저장 기간별 hardness(그림 3-1-109)를 보면 활성 글루텐이 대체되지 않은 청밀 전밀가루로 제조되어진 식빵의 경도는 활성 글루텐으로 대체된 식빵보다 hardness가 높았음
- 전밀가루의 20, 25%를 활성 글루텐으로 대체한 혼합 전밀가루로 제조한 식빵의 6일 이후의 경도는 2000g에 가까웠음. 이는 2014년 청밀 전밀가루와 활성 글루텐 대체 전밀가루로 만든 식빵과 비교하면 높음. 이는 2015년 수확 청밀 전밀가루는 2014년 청밀에 비해 더 미숙한, 녹색도가 높은 밀로, 글루텐을 요하는 식빵과 같은 제품에는 더 적합하지 않음을 보여주었음. 부가적으로 2015년 청밀 전밀가루는 yeast leavened bread보다는 글루텐 형성에 영향을 받지 않는 케이크나 쿠키 같은 제품에 활용가능성이 있다고 판단됨

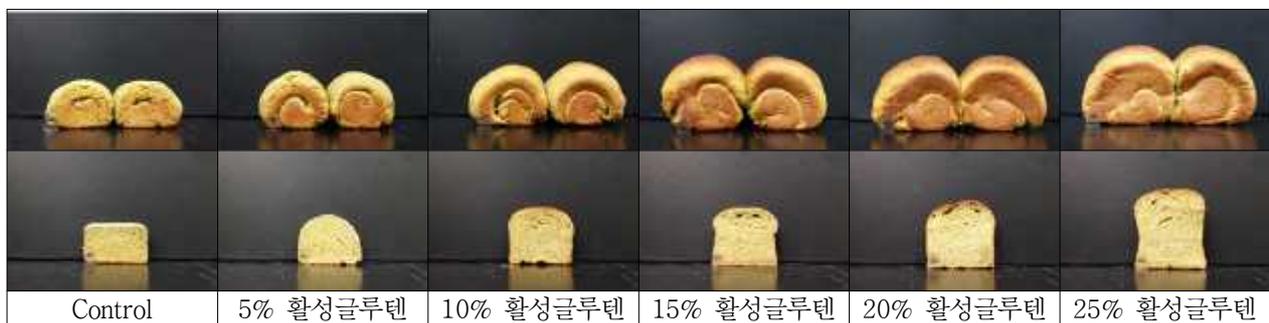


그림 3-1-108. 2015년 청밀 통밀 식빵의 앞면, 단면사진

표 3-1-110. 청밀, 활성 글루텐 혼합 밀가루로 제조한 식빵의 volume, weight, specific volume

시료		Bread ¹		
		Volume ^{***} (mL)	Weight ^{**} (g)	Specific volume ^{***} (mL/g)
2015	Control	509 ^f	447 ^{ab}	1.14 ^f
	5% 활성글루텐	615 ^e	450 ^{ab}	1.37 ^e
	10% 활성글루텐	758 ^d	444 ^b	1.71 ^d
	15% 활성글루텐	949 ^c	454 ^a	2.09 ^c
	20% 활성글루텐	1083 ^b	447 ^{ab}	2.43 ^b
	25% 활성글루텐	1305 ^a	443 ^b	2.95 ^a

¹ 식빵 2개의 반복 실험의 평균값
abc column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임
,* 시료가 p=0.05, 0.001수준에서 유의적인 차이가 있음

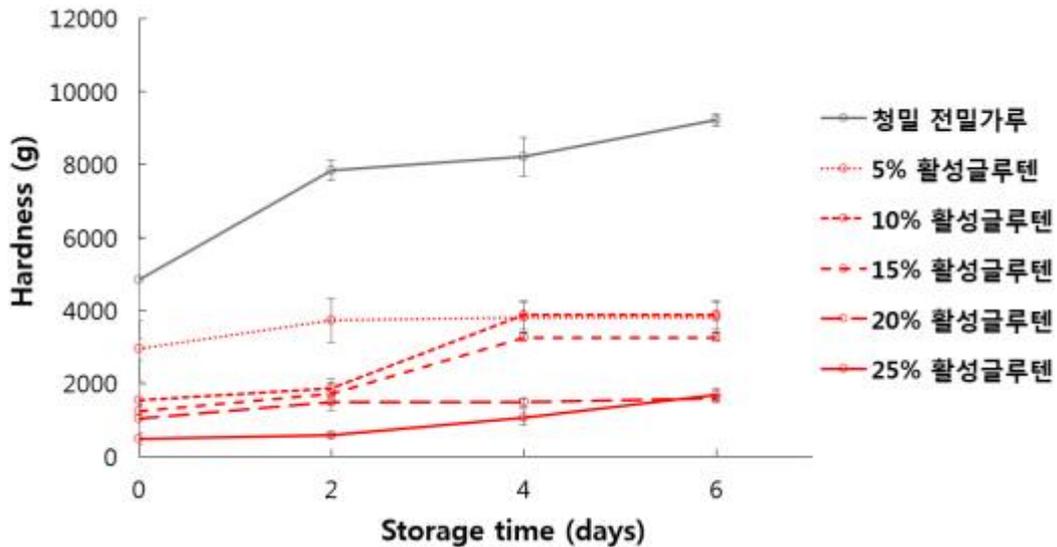


그림 3-1-109. 2015년 청밀 통밀 식빵의 저장별 경도

- 본 실험에서는 whole wheat flour의 낮은 글루텐 형성을 보완하기 위해 활성글루텐을 이용하여 제빵 적성 실험을 수행하였으며, 그 결과 2014년 수확 청밀 전밀 밀가루(whole wheat flour)의 경우 10-15% 정도의 활성 글루텐을 첨가했을 때 적절한 제빵적성을 기대할 수 있었음
- 2015년 수확 청밀 전밀 밀가루(whole wheat flour)는 식빵과 같은 yeast leavened bread보다는 글루텐 형성에 영향을 받지 않는 케이크나 쿠키 같은 제품에 적절할 것으로 보임

나. 산화제 및 제빵효소 복합사용에 의한 물성개선

(1) 실험재료

(가) Transglutaminase에 의한 물성개선

- 효소 처리에 사용된 밀가루는 우리밀 100% 밀가루(CJ 제일제당, 양산, 한국) 제품이었으며, Transglutaminase((주)이에스기술연구소, 한국)를 효소 처리에 사용하였음
- Transglutaminase(TGase)는 free amine group과 gamma-carboxamid group의 공유결합을 촉매함. TGase에 의해 형성된 공유결합은 단백분해효소 작용에 강한 저항력을 가지며, 단백질의 견고한 구조를 형성하므로 밀가루 내 단백질의 구조개선으로 인한 기능성 증대를 기대하였음
- 단백질 구조의 펩타이드 결합은 아미노산의 아미노기 및 카르복시기 결합인데 반하여 TGase의 결합은 Glutamine과 Lysine의 R-Side chain과의 공유결합을 촉매하여 안정적인 구조임(그림 3-1-110)

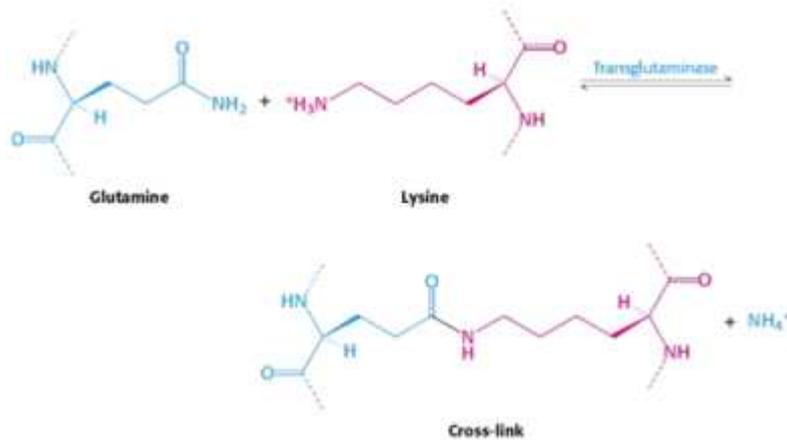


그림 3-1-110. Transglutaminase를 이용한 단백질의 Cross-Linking 메커니즘

- 처리된 밀가루에 대하여 제 2 협동연구기관인 밀다원에서 제빵특성을 분석하였으며 이화학특성 및 제빵확인 실험은 한국식품연구원에서 진행하였음

(나) 산화제 및 제빵효소 복합사용에 의한 물성개선

- 산화제 및 효소의 복합처리에 사용된 밀가루는 우리밀 100% 밀가루 (CJ 제일제당, 한국) 제품이었으며, 사용된 산화제는 L-ascorbic acid((주)이에스기술연구소, 한국), 효소는 Transglutaminase (Double U Co. Ltd., 한국), Pentopan[®] 500BG(novozymes, Denmark)를 사용하였음
- L-ascorbic acid가 밀가루 반죽에 미치는 메커니즘은 그림 3-1-111에 있음. Ascorbic acid는 밀가루의 protein에 직접 작용하지는 않으며 밀가루 자체내 효소인 ascorbate oxidase에 의해 dehydroascorbic acid를 형성함. dehydroascorbic acid는 밀가루의 gluten-softening에 영향을 미치는 glutathione을 glutathione oxidase의 의해 glutathione disulphide로 산화시켜 단백질의 S-S 결합이 S-H결합으로 변환을 막아줌

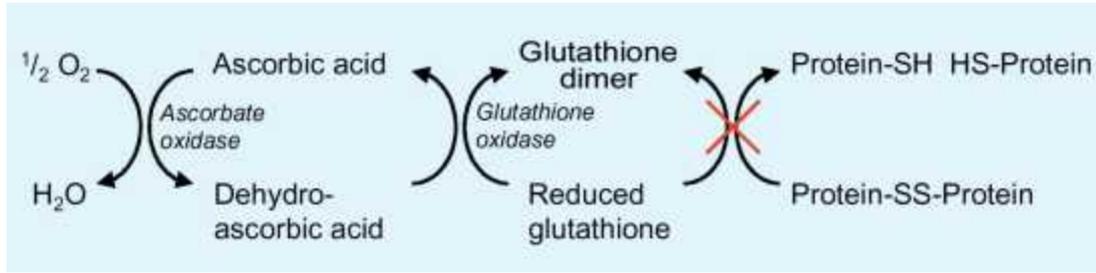


그림 3-1-111. Ascorbic acid를 이용한 단백질의 S-S 결합 강화 메커니즘

- Transglutaminase(TGase)의 단백질 Cross-Linking 메커니즘은 **나. 산화제 및 효소를 이용한 물성 개선효과 규명 (1) 실험 재료 (가) Transglutaminase에 의한 물성 개선에 제시한 메커니즘과 같음**
- Pentopan[®] 500BG은 xylanase의 종으로 *Humicola insolens*의 strain으로부터 분리되어진 효소임. 이 효소는 pentosanase 및 hemicellulase의 활성을 포함하고 있으며, 2700 FXU/g(FXU=Fungal Xylanase Units)의 활성을 가짐

(2) 실험방법

(가) Transglutaminase에 의한 물성개선

- 우리밀 100% 밀가루에 TGase를 0, 0.01%, 0.05%, 0.1%, 1%의 비율로 믹스하여 반죽 특성 및 제빵 적성 실험을 수행하였음
- 효소처리 밀가루의 이화학 특성은 4 우리밀 제빵적성 향상 가공기술개발 가. 제분 획분 조합을 이용한 제빵 용도별 조건 구명 (2) 실험방법에 제시한 일반성분, Farinograph, SRC, RVA, Resistance 및 Extensibility 실험방법과 동일하게 분석하였음
- 효소처리 밀가루의 식빵 제조와 식빵의 volume, weight, specific volume 분석은 4 우리밀 제빵적성 향상 가공기술개발 가. 제분 획분 조합을 이용한 제빵 용도별 조건 구명 (2) 실험방법의 식빵제조 및 특성 분석과 동일한 방법으로 측정하였음

(나) 산화제 및 제빵효소 복합사용에 의한 물성개선

- 산화제와 효소의 복합사용에 의 밀가루의 제빵적성은 반응 표면 분석(Response Surface Analysis)을 이용하여 실험하였음. 실험은 Box-Behnken design(BBD)에 의해 수행하였으며 사용된 독립변수(independent factor)는 Transglutaminase(0-0.5%), Pentopan[®] 500BG(0-0.05%) 및 L-ascorbic acid (0-0.025%)이며 각 변수들의 농도는 제조사의 권장량, (가). 산화, 환원제 및 효소를 이용한 물성개선효과 규명의 결과 및 이전 연구 결과들에 의해 결정하였음

표 3-1-111. 반응 표면 분석 실험에 사용된 독립변수 및 농도

Variables	Coded level	Concentration (%)
Transglutaminase	-1	0
	0	0.1
	1	0.5
Pentopan [®] 500BG	-1	0
	0	0.01
	1	0.05
L-ascorbic acid	-1	0
	0	0.005
	1	0.025

표 3-1-112. 반응 표면 분석에 사용된 Box-Behnken design

Treatment No.	Coded level		
	Transglutaminase (X_1)	Pentopan (X_2)	L-AA (X_3)
1	1	1	0
2	-1	1	0
3	1	-1	0
4	-1	-1	0
5	0	1	1
6	0	1	-1
7	0	-1	1
8	0	-1	-1
9	1	0	1
10	1	0	-1
11	-1	0	1
12	-1	0	-1
13	0	0	0
14	0	0	0
15	0	0	0

- 반응 표면 분석(Response Surface Analysis) 실험에서 분석되어진 반응 변수(Response variables) 들로는 반죽특성인 Mixograph(peak time, mixing tolerance), extensibility, resistance, 제빵특성 으로 식빵의 volume, weight, specific volume 및 hardness를 사용하였음
- 반응 표면 분석(Response Surface Analysis) 실험에서 분석되어진 결과는 이차항(Quadratic) 모형 식 [3-1-4]으로 나타내었음

$$Y = \beta_0 + \sum_{i=1}^3 \beta_i X_i + \sum_{i=1}^3 \beta_{ii} X_i^2 + \sum_{i=1}^2 \sum_{j=i+1}^3 \beta_{ij} X_i X_j \dots\dots\dots \text{식 [3-1-4]}$$

- 산화제 및 효소 복합처리 밀가루의 특성 분석은 4 우리밀 제빵적성 향상 가공기술개발 가. 제분 획 분 조합을 이용한 제빵 용도별 조건 구명 (2) 실험방법에 제시한 일반성분, Resistance 및 Extensibility 실험방법과 동일하게 분석하였음.
- 밀가루 반죽의 Mixograph의 특성은 AACC방법 54-40A에 따라 10-g Mixograph(National Mfg. Co., Chatham,USA)를 사용하여 측정하였음. 수분함량 14%를 기준으로 밀가루 10g과 증류수를 bowl에 넣은 후 기기를 10분 작동함. 반죽이 형성되는 동안 mixograph는 graph paper에 mixograph curve를 기록함. Mixograph curve에서 peak time, mixing tolerance values을 측정하였음. Peak time은 반죽형성 시간을 의미하며 curve에서 peak에 도달하는 시간을 측정하였음. Mixing tolerance는 반죽 형성 중에 반죽의 resistance to breakdown의 정도를 의미함(그림 3-1-112)

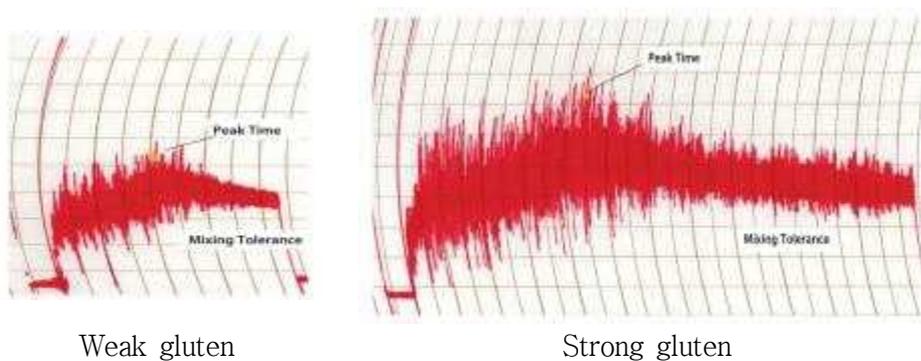


그림 3-1-112. Weak gluten, strong gluten 밀가루의 Mixograph curve

- 산화제 및 효소 복합처리 밀가루로 제조한 식빵과 식빵의 volume, weight, specific volume 분석은 4 우리밀 제빵적성 향상 가공기술개발 가. 제분 획 분 조합을 이용한 제빵 용도별 조건 구명 (2) 실험방법의 식빵제조 및 특성 분석과 동일한 방법으로 측정하였음

(3) 실험결과

(가) Transglutaminase에 의한 물성개선

- TGase처리 밀가루의 수분함량, Wet gluten 함량 및 SRC 특성인 sodium carbonate SRC(ScSRC), sucrose SRC(SuSRC), lactic acid SRC(LASRC)와 water SRC(WRC) 등의 분석은 표 3-1-113에 나타냄
 - TGase를 무첨가한 밀가루와 TGase를 일정비율 첨가한 밀가루와의 수분 및 wet gluten은 유의적인 차이가 없었음
 - TGase처리는 SRC 특성 중 SuSRC, LASRC, ScSRC는 유의적인 차이를 보였음. 일반적으로 LASRC는 밀가루 글루텐 형성과, SuSRC는 pentosan components와 관련이 있는 것으로 알려져 있음. 본 실험의 결과 TGase 1% 첨가한 밀가루는 다른 처리군에 비해 낮은 글루텐 형성 특성 및 높은 pentosan components의 특성을 보였음. ScSRC는 밀가루의 전분손상도와 관련이 있는 특성으로, TGase를 0.05% 이상 첨가한 밀가루는 무처리군이나 0.01% 첨가한 밀가루보다 높은 전분 손상도를 보였음

표 3-1-113. TGase 처리에 의한 밀가루의 수분, Wet gluten, SRC 특성

	수분 ¹ (%)	Wet gluten ¹ (%)	Solvent Retention Capacity ¹ (SRC)			
			WRC(%)	SuSRC ^{**} (%)	LASRC ^{***} (%)	ScSRC ^{**} (%)
Control	13.6	24.5	68.2	109 ^b	116 ^a	89.8 ^b
TGase 0.01%	13.6	24.9	68.4	107 ^b	116 ^a	90.2 ^b
TGase 0.05%	13.4	24.4	70.5	107 ^b	116 ^a	93.2 ^a
TGase 0.1%	13.5	25.4	70.1	109 ^b	116 ^a	92.5 ^a
TGase 1.0%	13.4	24.0	72	117 ^a	112 ^b	94.3 ^a

¹ 3번 반복 실험의 평균값
 abc column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임
 ,* 시료가 p=0.05, 0.001수준에서 유의적인 차이가 있음

- TGase처리 밀가루의 resistance, extensibility 및 Farinograph 특성은 표 3-1-114에 나타내었음
 - TGase를 무첨가한 밀가루와 TGase를 일정비율 첨가한 밀가루와의 resistance와 extensibility는 유의적인 차이가 있었음. TGase를 처리하지않은 밀가루와 1%를 처리한 밀가루의 resistance가 60.3 g, 55.3 g 으로 높게 나타났으며, extensibility는 TGase의 첨가 비율이 0.01, 0.05, 0.1% 까지 증가한 반면, TGase 1% 첨가한 밀가루의 extensibility는 감소하였음
 - Basman 등(2002)은 soft wheat flour의 경우 TGase 처리 농도가 증가할수록 반죽의 extensibility는 증가하고 resistance는 감소한다고 보고하였음. 반면, hard wheat flour의 경우 TGase 처리 농도가 증가할수록 반죽의 extensibility는 감소하고 resistance는 증가한다고 보고하였음. 이는

TGase는 밀가루의 type에 따라 효과가 다를 수 있음을 의미함

- 본 실험결과 TGase 처리 농도가 0.01, 0.05, 0.1 % 까지는 extensibility가 증가하므로 TGase 처리에 의한 우리밀 밀가루의 물성개선을 가능성이 있음
- TGase의 처리에 따른 밀가루의 Farinograph 특성은 1번 실험의 결과로 반복실험이 필요함. 분석 실험결과 TGase 1% 밀가루는 SOD가 낮았음. Farinograph 특성 중 WA은 TGase 처리에 의한 차이가 없었음

표 3-1-114. TGase 처리에 의한 밀가루 반죽의 인장력¹과 Farinograph 특성

	by Texture Analyzer		by Farinograph			
	Resistance ** (g)	Extensibility *** (mm)	WA (%)	PT (min)	Stability (min)	SOD (FU)
Control	60.3 ^a	83 ^d	58.0	1.9	2.4	125
TGase 0.01%	40.4 ^b	103 ^b	58.0	1.9	3.7	105
TGase 0.05%	37.3 ^b	116 ^a	58.3	1.5	2.3	115
TGase 0.1%	37.7 ^b	118 ^a	58.0	1.8	3.6	101
TGase 1.0%	55.3 ^a	94 ^c	58.3	1.5	3.1	74

¹ 3번 반복 실험의 평균값
abc column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임
,* 시료가 p=0.05, 0.001수준에서 유의적인 차이가 있음

- TGase처리 밀가루의 식빵의 부피, 무게 및 비용적의 결과는 표 3-1-115에 나타내었음. TGase 1% 밀가루로 만든 식빵은 부피 및 비용적이 낮았음. TGase 1% 처리는 제빵 적성에 부적합함. 이러한 결과는 Steffolani 등 (2010)의 결과와 유사함. Steffolani 등(2010)은 TGase 1% 첨가한 밀가루로 제조한 식빵은 TGase 0.1% 첨가한 식빵보다 specific volume이 낮았다고 하였음

표 3-1-115. TGase 처리 식빵 특성

	Bread		
	Volume (mL)	Weight (g)	Specific volume (mL/g)
Control	2179	515	4.24
TGase 0.01%	2143	506	4.24
TGase 0.05%	2161	514	4.22
TGase 0.1%	2231	523	4.27
TGase 1.0%	1902	522	3.65

- TGase처리 밀가루의 일반성분, 밀가루특성, 반죽특성 및 제빵특성의 자료를 주성분 분석한 결과는 그림 3-1-113에 있음. 주성분 1은 총변동의 58.94%, 주성분 2는 33.66% 설명하였음. 주성분 1은 밀가루의 수분함량, wet gluten, LASRC, 식빵의 비용적, 반죽의 extensibility와 (+) 상관성이 있으며, 밀가루의 SCSRC, SuSRC, WRC, 반죽의 resistance와 (-) 상관성이 있었음
- 주성분 1의 (+) 방향과 주성분2의 (+) 방향에 위치한 TGase 0.05%, 0.1% 첨가한 밀가루는 wet gluten, LASRC, extensibility 및 식빵의 비용적과 높은 특성을 보였음

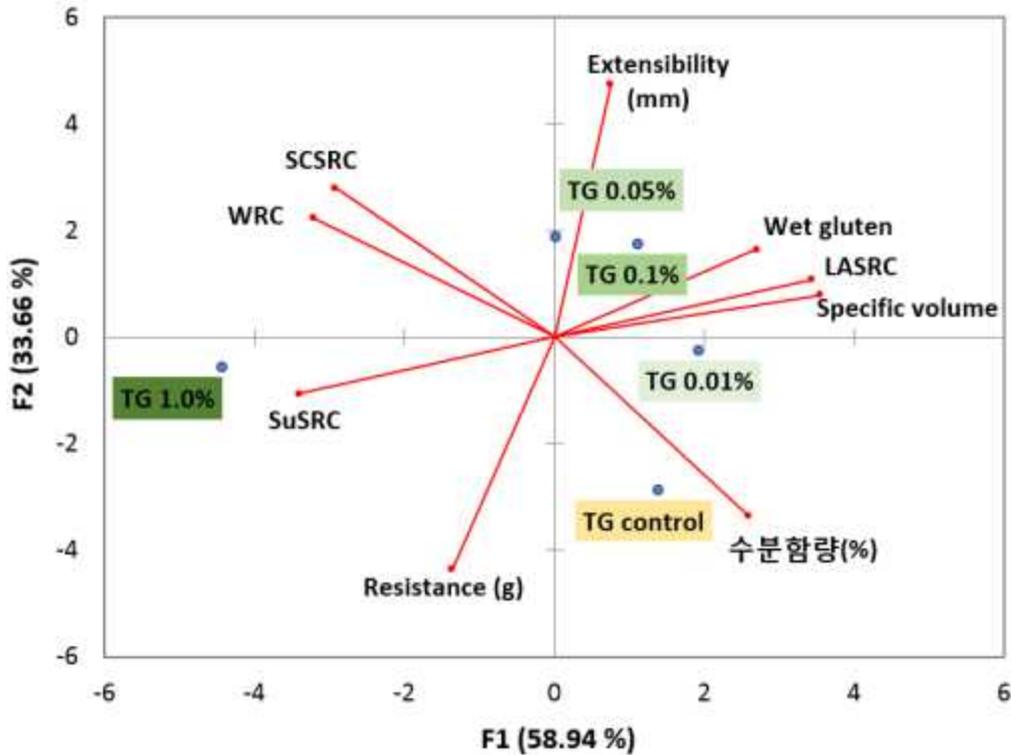


그림 3-1-113. Transglutaminase 처리 밀가루의 일반성분, 반죽특성 및 제빵특성의 주성분

(나) 산화제 및 제빵효소 복합사용에 의한 물성개선

○ 산화제 및 효소의 복합사용 효과 분석을 위해 Transglutaminase(TGase), Pentopan® 500BG, L-ascorbic acid을 처리한 밀가루의 수분함량, wet gluten, gluten index는 표 3-1-116에 나타냈음. 각 treatment간에 수분, wet gluten, gluten index는 유의적인 차이가 없었음

표 3-1-116. 반응 표면 분석에 사용된 밀가루의 수분, wet gluten, gluten index

Treatment No.	Flour		
	수분 (%)	Wet gluten (%)	Gluten Index (%)
1	13.7	24.9	86
2	13.7	24.9	87
3	13.8	25.3	89
4	13.7	25.5	85
5	13.7	25.0	87
6	13.7	25.2	84
7	13.8	25.4	87
8	14.0	24.9	92
9	13.8	25.1	88
10	13.8	25.0	88
11	13.3	25.3	86
12	13.5	25.1	89
13	13.6	25.0	89
14	13.7	25.0	88
15	13.7	25.2	87

¹ 3번 반복 실험의 평균값

- 각 처리된 밀가루의 반죽특성인 peak time, mixing tolerance, extensibility, resistance, 식빵의 specific volume, hardness의 부호화된 반응 모형(coded model)은 표3-1-117에 표기했음

표 3-1-117. 부호화된 반응 모형(Coded model)

반응변수 (Response variables)	부호화된 반응 모형(Coded model)
Peak time	$Y=4.76+0.21X_1-0.21X_2+0.11X_3-0.37X_1^2-0.47X_2^2+0.15X_3^2+0.03X_1X_2+0.09X_2X_3+0.01X_1X_3$, $R^2=0.969$
Mixing tolerance	$Y=10.71-0.19X_1-0.77X_2+0.64X_3-1.79X_1^2-0.76X_2^2+0.09X_3^2+0.56X_1X_2-0.25X_2X_3-0.02X_1X_3$, $R^2=0.969$
Extensibility	$Y=117-4.44X_1-0.67X_2-3.61X_3-37X_1^2+1.47X_2^2+9.22X_3^2+2.05X_1X_2+10X_2X_3+6.32X_1X_3$, $R^2=0.828$
Resistance	$Y=44.76+8.1X_1-3.4X_2+7.1X_3+29X_1^2-1.26X_2^2-16X_3^2-9.6X_1X_2-7.4X_2X_3+0.31X_1X_3$, $R^2=0.883$
Specific volume	$Y=4.76-0.14X_1+0.25X_2+0.03X_3-0.08X_1^2-0.34X_2^2+0.04X_3^2-0.05X_1X_2-0.01X_2X_3+0.1X_1X_3$, $R^2=0.985$
Hardness	$Y=399+143X_1-50X_2+36X_3+87X_1^2+111X_2^2+187X_3^2+0.37X_1X_2+24X_2X_3+81X_1X_3$, $R^2=0.956$

- 효소처리 밀가루의 반죽 특성으로 mixograph의 peak time, mixing tolerance 및 texture analyzer의 extensibility, resistance를 측정하였음. 실험 결과는 표 3-1-118과, 그림 3-1-114, 그림 3-1-115, 그림 3-1-116, 그림 3-1-116에 나타내었으며, 각 변수들은 능선 분석(Ridge Analysis) 및 정준 분석(Canonical Analysis)을 통해 반죽 특성에 영향을 미치는 반응 변수(Response variables)들의 최적 반응(Optimum Response)에 영향을 주는 TGase, Pentopan[®] 500BG 및 L-ascorbic acid의 최적 조건(Optimum Conditions)을 분석하였음.

- 효소 및 산화제를 첨가한 밀가루의 peak time은 3.33-4.78 min 이었으며, 각 시료간의 유의적인 차이는 없었음. Mixing tolerance는 6.4-10.97 mm 이었으며, 시료간의 유의적인 차이를 보였음. 가장 짧은 mixing tolerance는 TGase 0.5%, Pentopan[®] 500BG 0.05%, L-AA 0.005%를 첨가한 밀가루 반죽이었으며, TGase 0.1%, Pentopan[®] 500BG 0%, L-AA 0.025%를 첨가한 밀가루 반죽이 가장 큰 mixing tolerance를 보였음
- Mixograph는 밀가루가 반죽되는 동안 반죽의 적정 형성 시간 및 글루텐의 형성 특성을 측정하는 것으로 peak time은 적정 반죽 시간을 mixing tolerance는 글루텐 강도 특성을 의미함. Kang 등 (2014)은 시판 밀가루의 peak time은 3.43 min, mixing tolerance는 17.33 mm라고 보고하였음. 본 실험의 결과 일반 시판 밀가루보다 peak time은 유사하거나 길었음. 반면 mixing tolerance는 시판 밀가루보다 작았음

- 효소 및 산화제를 첨가한 밀가루의 resistance 및 extensibility는 시료간의 유의적인 차이를 보였음.
15 시료들의 resistance는 27-86g 이었으며, extensibility는 71-125mm이었음

표 3-1-118. 반응 표면 분석에 사용된 밀가루 반죽의 Mixograph 및 인장력

Treatment No.	by Mixograph		by Texture Analyzer	
	Peak Time (min)	Mixing Tolerance** (mm)	Resistance*** (g)	Extensibility*** (mm)
1	3.87	6.40 ^a	65 ^{cde}	71 ^a
2	3.33	8.00 ^{ab}	76 ^{de}	71 ^a
3	4.41	8.57 ^{ab}	78 ^{de}	91 ^{ab}
4	4.01	8.23 ^{ab}	33 ^a	114 ^c
5	4.13	9.50 ^b	31 ^a	122 ^c
6	3.84	8.60 ^{ab}	27 ^a	125 ^c
7	4.30	10.97 ^b	42 ^{abc}	102 ^{bc}
8	4.43	8.93 ^{ab}	32 ^a	117 ^c
9	4.78	10.13 ^b	86 ^e	79 ^{ab}
10	4.56	8.83 ^{ab}	59 ^{bcd}	85 ^{ab}
11	4.45	9.67 ^b	63 ^{cde}	76 ^a
12	4.19	8.13 ^{ab}	31 ^a	120 ^c
13	4.43	9.30 ^{ab}	40 ^{abc}	119 ^c
14	4.49	9.80 ^b	35 ^{ab}	120 ^c
15	4.54	10.03 ^b	33 ^a	119 ^c

¹ 3번 반복 실험의 평균값
abc column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임
,* 시료가 p=0.05, 0.001수준에서 유의적인 차이가 있음

- Mixograph의 peak time에 대한 반응표면 삼차원 그래프 (3-Dimensional Plot)는 그림 3-1-114에 있으며, 정준 분석(Canonical Analysis)결과 정상점 (stationary point)은 TGase 0.32%, Pentopan® 500BG 0.02%, L-AA 0.009%이며 정상점에 대한 반응값은 4.797min이었음. 능선 분석 (Ridge Analysis)결과 부호화된 원점으로부터 반경 1의 원주 상의 점들 중, TGase 0.299%, Pentopan® 500BG 0.023%, L-AA 0.024%일 때 최대 peak time이 5.04min이었음

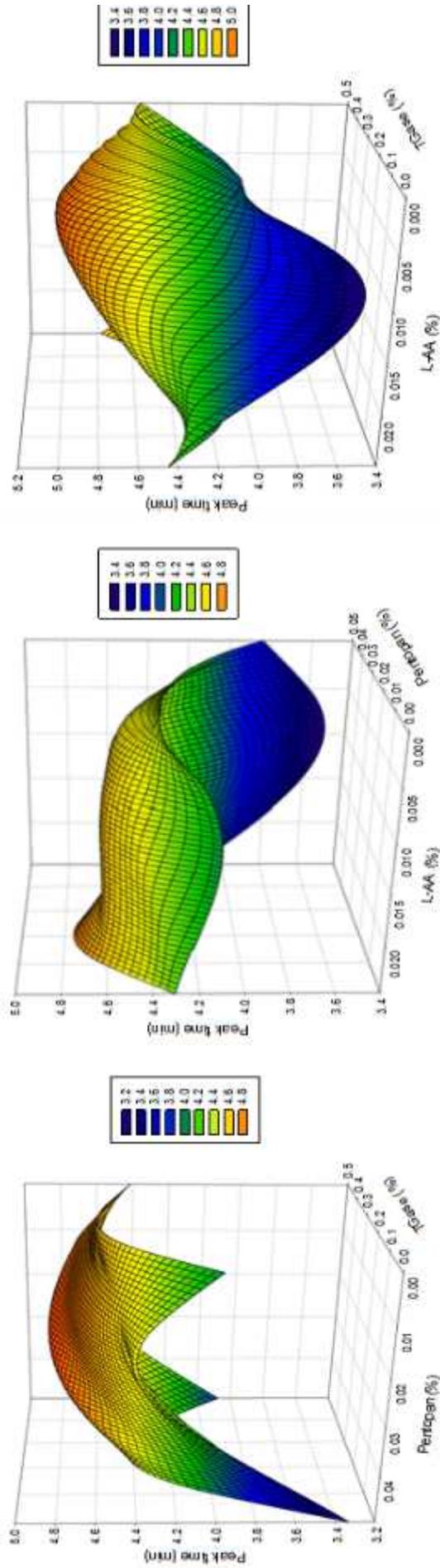


그림 3-1-114. TGase, Pentopan® 500BG 및 L-ascorbic acid에 의한 밀가루 반죽의 peak time

- Mixograph의 mixing tolerance에 대한 반응표면 삼차원 그래프(3-Dimensional Plot)는 그림 3-1-115에 있으며, 정준 분석(Canonical Analysis)결과 정상점(stationary point)은 TGase 0.239%, Pentopan® 500BG 0.027%, L-AA -0.031%이며 정상점에 대한 반응값은 9.54mm이었음. 능선 분석(Ridge Analysis)결과 부호화된 원점으로부터 반경 1의 원주 상의 점들 중, TGase 0.25%, Pentopan® 500BG 0.015%, L-AA 0.023%일 때 최대 mixing tolerance는 11.64mm이었음

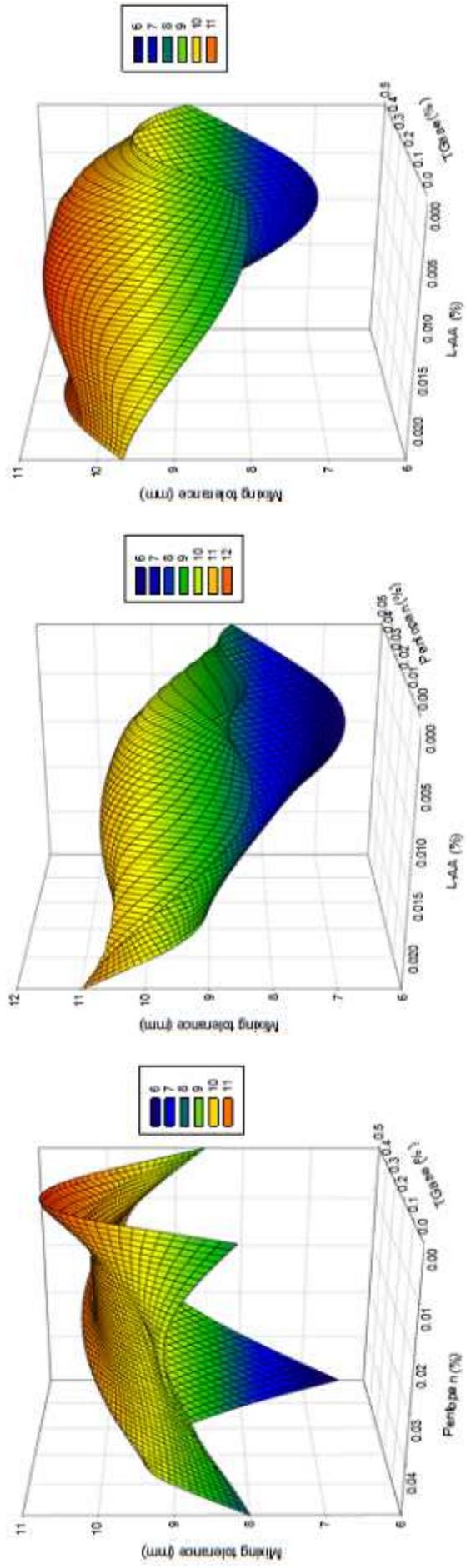


그림 3-1-115. TGase, Pentopan® 500BG 및 L-ascorbic acid에 의한 밀가루 반죽의 mixing tolerance

- Extensibility에 대한 반응표면 삼차원 그래프(3-Dimensional Plot)는 그림 3-1-116에 있으며, 정준 분석(Canonical Analysis)결과 정상점(stationary point)은 TGase 0.236%, Pentopan® 500BG 0.038%, L-AA 0.011%이며 정상점에 대한 반응값은 116.56mm이었음. 능선 분석(Ridge Analysis)결과 부호화된 원점으로부터 반경 1의 원주 상의 점들 중, TGase 0.222%, Pentopan® 500BG 0.014%, L-AA 0.001%일 때 extensibility는 132.36mm이었음

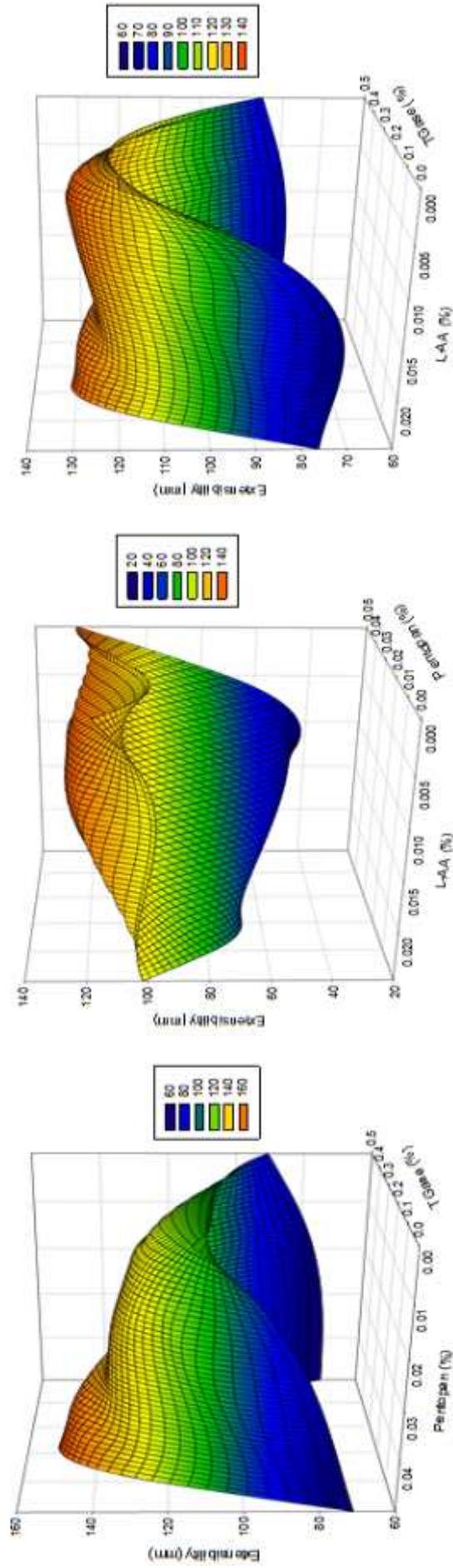


그림 3-1-116. TGase, Pentopan® 500BG 및 L-ascorbic acid에 의한 밀가루 반죽의 extensibility

- Resistance에 대한 반응 표면 삼차원 그래프(3-Dimensional Plot)는 그림 3-1-117에 있으며, 정준 분석(Canonical Analysis)결과 정상점(stationary point)은 TGase 0.152%, Pentopan® 500BG -0.012%, L-AA 0.019%이며 정상점에 대한 반응값은 47.76g이었음. 능선 분석(Ridge Analysis)결과 부호화된 원점으로 부터 반경 1의 원주 상의 점들 중, TGase 0.227%, Pentopan® 500BG 0.021%, L-AA 0.001%일 때 resistance는 21.09g이었음

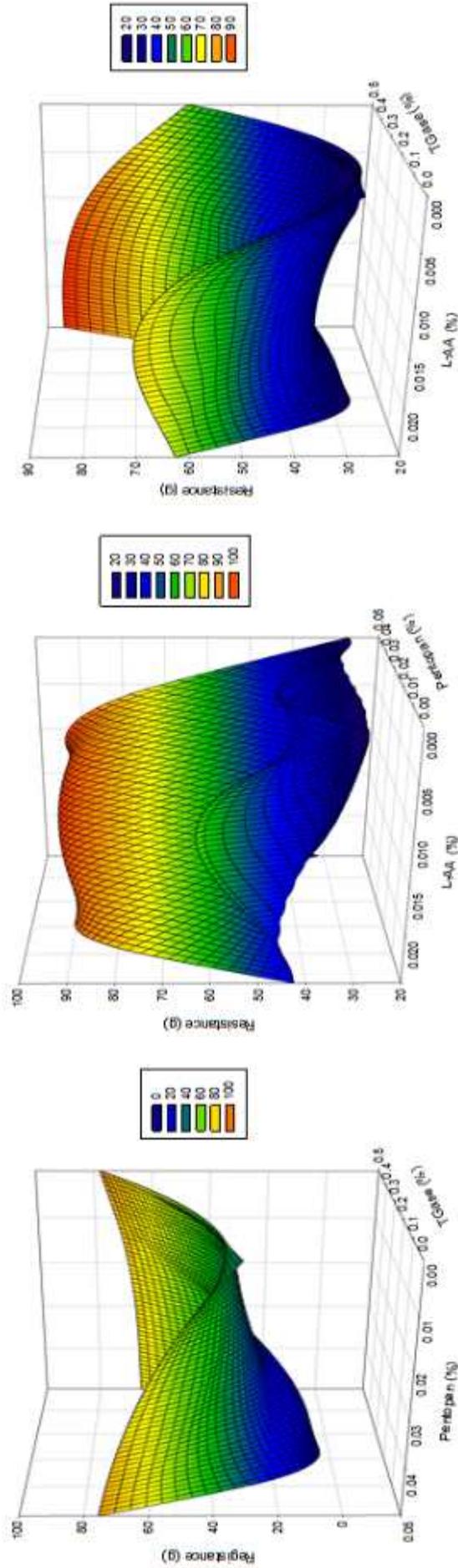


그림 3-1-117. TGase, Pentopan® 500BG 및 L-ascorbic acid에 의한 밀가루 반죽의 resistance

○ 산화제 및 효소처리 밀가루에 의한 제빵 특성은 식빵의 volume, weight, specific volume 및 hardness를 측정하였음. Hardness는 저장 기간별로 측정하였으며 specific volume 및 hardness의 결과는 표 3-1-119에 나타내었음

- 효소 및 산화제를 첨가한 밀가루로 제조된 식빵의 volume 및 specific volume은 유의적인 차이를 보였음. Specific volume은 3.92-4.86 mL/g이었으며, 2번 밀가루(TGase, 0%, Pentopan 0.05%, L-ascorbic acid 0.005%)로 제조된 식빵이 가장 큰 비용적을 보였음. 본 실험에 사용한 식빵 시료 들은 저장 기간(1, 3, 5일)별 경도에서 유의적인 차이가 있었음

표 3-1-119. 반응 표면 분석에 사용된 밀가루 제조한 식빵의 volume, weight, specific volume, Hardness

Treatment No.	Bread					
	Volume ^{***} (mL)	Weight (g)	Specific Volume ^{***} (mL/g)	Hardness (g)		
				1day ^{***}	3day ^{***}	5day ^{**}
1	2178 ^{bcd}	501	4.35 ^{bcd}	681 ^c	706 ^{bc}	890 ^{ab}
2	2416 ^f	497	4.86 ^h	533 ^{def}	644 ^{bc}	639 ^{ab}
3	1992 ^a	508	3.92 ^a	772 ^b	886 ^a	962 ^a
4	2143 ^{bcd}	507	4.22 ^b	589 ^{cde}	579 ^c	798 ^{ab}
5	2371 ^{ef}	499	4.75 ^{fgh}	589 ^{cde}	659 ^{bc}	712 ^{ab}
6	2424 ^f	503	4.82 ^{gh}	541 ^{def}	629 ^{bc}	647 ^{ab}
7	2123 ^{bc}	506	4.20 ^b	653 ^c	675 ^{bc}	573 ^b
8	2189 ^{bcd}	510	4.29 ^{bc}	788 ^b	848 ^a	954 ^{ab}
9	2255 ^{de}	505	4.46 ^{cde}	998 ^a	909 ^a	909 ^{ab}
10	2107 ^b	502	4.20 ^b	801 ^b	782 ^{ab}	875 ^{ab}
11	2266 ^{de}	503	4.51 ^{cdef}	549 ^{def}	664 ^{bc}	723 ^{ab}
12	2333 ^{ef}	507	4.60 ^{defg}	626 ^{cd}	620 ^{bc}	691 ^{ab}
13	2243 ^{cde}	501	4.48 ^{cde}	534 ^{def}	629 ^{bc}	669 ^{ab}
14	2277 ^{de}	501	4.55 ^{cdef}	472 ^f	664 ^{bc}	708 ^{ab}
15	2349 ^{ef}	507	4.63 ^{efgh}	489 ^{ef}	585 ^c	677 ^{ab}

¹ 3번 반복 실험의 평균값
abc column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임
^{***} 시료가 p=0.05, 0.001수준에서 유의적인 차이가 있음

- 식빵의 specific volume에 대한 반응표면 삼차원 그래프(3-Dimensional Plot)는 그림 3-1-118에 있으며, 정준 분석(Canonical Analysis)결과 정상점(stationary point)은 TGase 0.076%, Pentopan® 500BG 0.035%, L-AA 0.019%이며 정상점에 대한 반응값은 4.86 mL/g이었음. 능선 분석(Ridge Analysis)결과 부호화된 원점으로부터 반경 1의 원주 상의 점들 중, TGase 0.071%, Pentopan® 500BG 0.033%, L-AA 0.004%일 때 식빵의 specific volume은 4.91 mL/g이었음

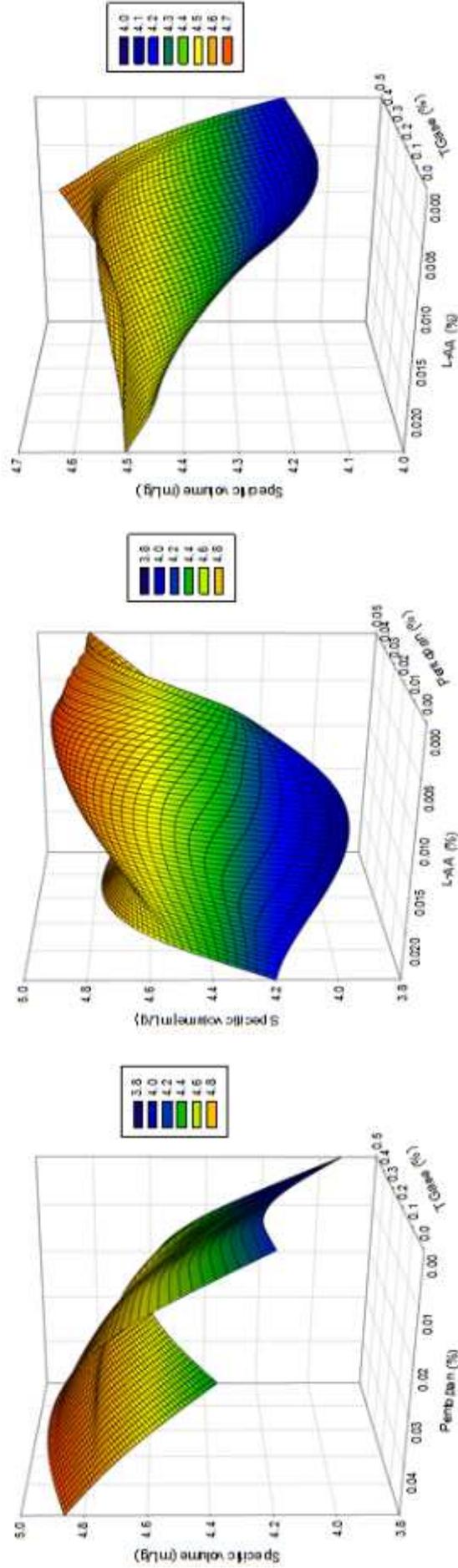


그림 3-1-118. TGase, Pentopan® 500BG 및 L-ascorbic acid에 의한 식빵의 specific volume

- 식빵의 hardness에 대한 반응 표면 삼차원 그래프(3-Dimensional Plot)는 그림 3-1-119에 있으며, 정준 분석(Canonical Analysis)결과 정상점(stationary point)은 TGase 0.034%, Pentopan® 500BG 0.03%, L-AA 0.013%이며 정상점에 대한 반응값은 333 g이었음. 능선 분석(Ridge Analysis) 결과 부호화된 원점으로 부터 반경 1의 원주 상의 점들 중, TGase 0.008%, Pentopan® 500BG 0.03%, L-AA 0.013%일 때 식빵의 hardness는 334g임

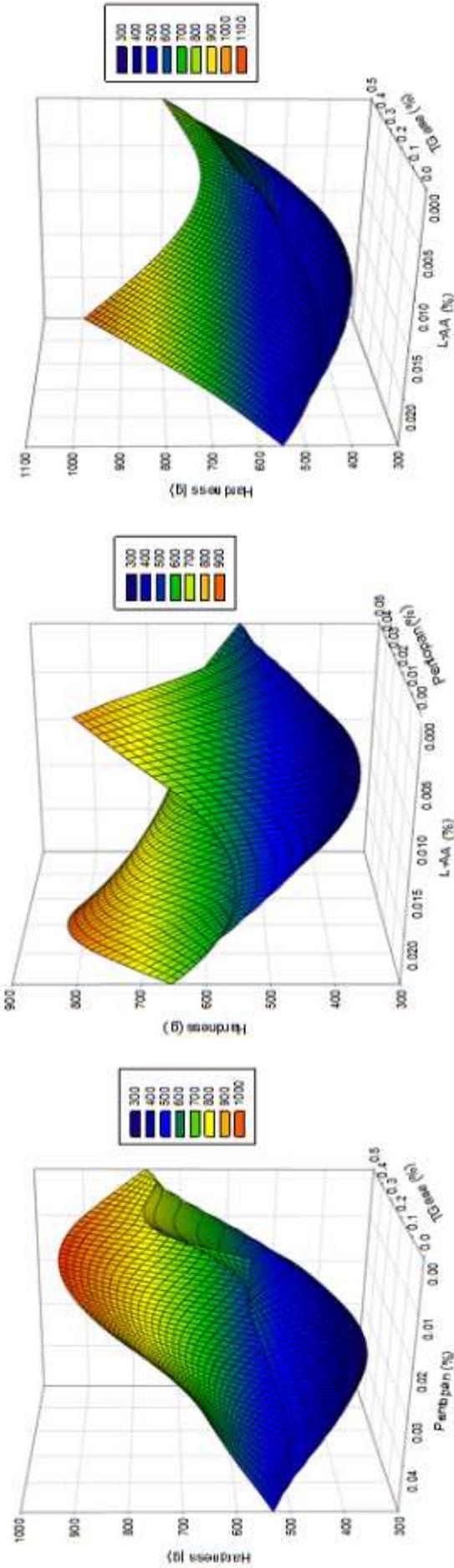


그림 3-1-119. TGase, Pentopan® 500BG 및 L-ascorbic acid에 의한 식빵의 Hardness

○ 산화제 및 효소처리 밀가루의 수분, gluten, 반죽특성 및 제빵 특성의 자료를 주성분 분석한 결과는 그림 3-1-120에 있음. 주성분 1은 총변동의 34.65%, 주성분 2는 22.89% 설명하였음. 주성분 1과 2의 (+)은 반죽의 extensibility, 식빵의 volume 및 specific volume의 특징과 상관있었으며, 주성분 1과 2의 (-)는 반죽의 resistance 및 식빵의 hardness와 밀접한 상관관계를 보였음

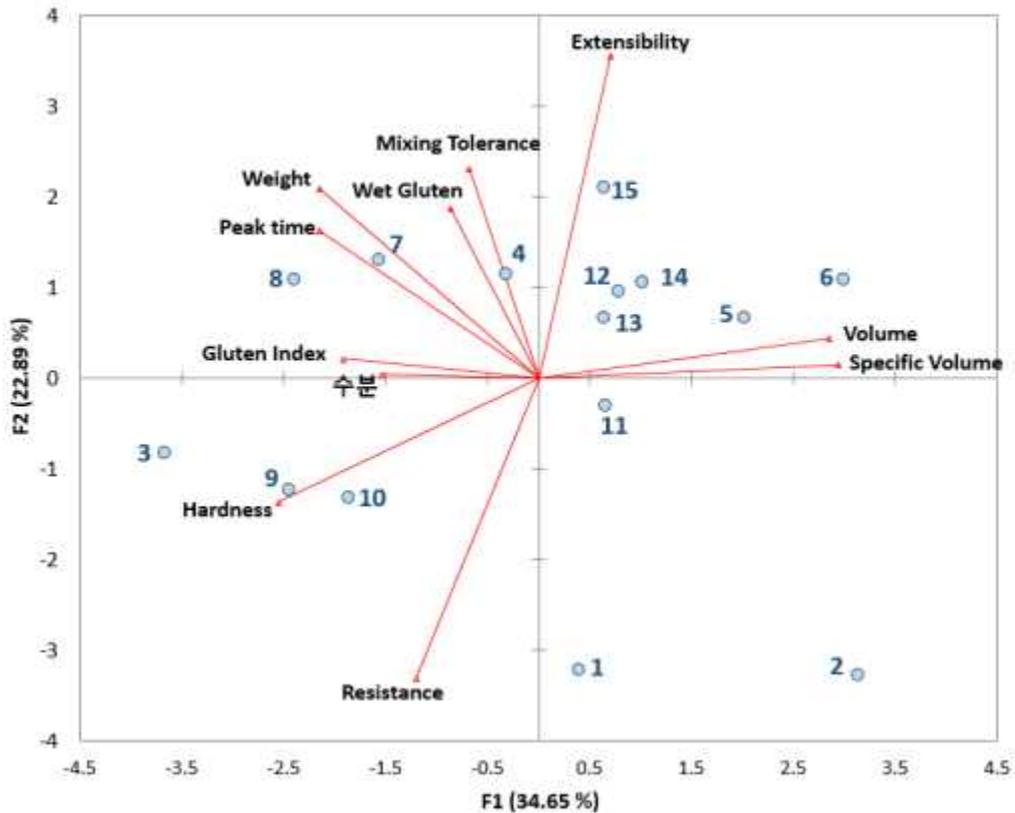


그림 3-1-120. TGase, Pentopan[®] 500BG, L-AA처리 밀가루의 글루텐, 반죽 특성 및 제빵 특성의 주성분

다. 오존처리에 의한 물성개선

(1) 실험 재료

(가) 오존가스 처리 실험 원맥

○ 오존처리 원맥 재료로 2014년 전북 익산에서 생산된 금강밀을 사용하였음

(나) 오존가스 처리 실험 밀가루

- 오존처리를 위한 밀가루 재료로는 우리밀 100% 밀가루(CJ제일제당, 한국), 우리밀 통밀가루(우리밀 영농조합법인, 경남 합천, 한국)를 사용하였음
- 한국식품연구원에서 오존처리된 밀가루는 제 2 협동연구기관인 밀다원에 송부되어 제빵 특성을 분석하였으며 이화학 특성 및 제빵 확인 실험은 한국식품연구원에서 진행하였음

(2) 실험 방법

(가) 오존처리 방법

① 오존처리기

○ 본 연구에 사용된 오존가스 처리 system의 주요 특성은 표 3-1-120에 있음. 오존가스 처리 system의 구성(그림 3-1-121)은 오존가스 처리용기, 오존가스 농도 controller 및 timer가 부착된 오존가스 발생장치, 산소 발생장치로 이루어져 있으며, 오존가스 처리에 사용된 용기는 유리로 제작되었고 테프론 재질의 덮개로 구성되어있음

표 3-1-120. 본 연구에 사용된 오존가스 처리 system의 주요 특성

No.	항목	특성
1	Type	3g / hrs
2	Air flow	5L / min
3	Oxygen flow	1L / min ~ 5L / min
4	Air pressure	0.8 kgf/cm ² → 2.0 kgf/cm ²
5	Ozone gas concentration	Air 사용 → 0ppm ~ 2850 ppm Oxygen 사용 → 0ppm ~ 9340 ppm

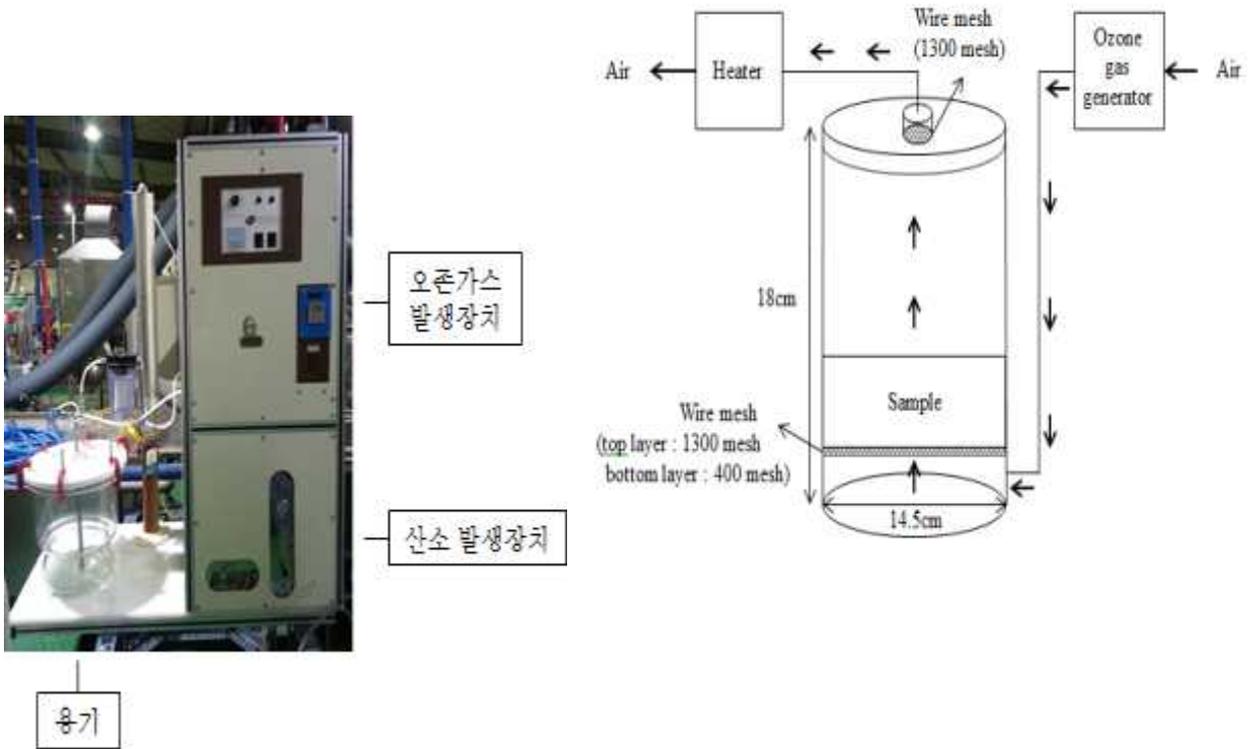


그림 3-1-121. 오존가스 처리 system

② 오존처리농도에 따른 원맥의 특성분석

- 오존가스처리 효과분석을 위한 예비실험으로 원맥(4kg)을 대상으로 오존가스 각 농도별(0, 120, 1640, 2490, 2690 ppm) 30분 처리 후 잔류하는 오존가스를 날려주기 위해 flushing 처리 60분을 하여 그 효과를 분석하였음

③ 오존처리농도에 따른 밀가루의 특성분석

- 밀가루에 대한 오존가스 처리 농도에 따른 효과를 분석하기 위해 0, 120, 1640, 2490, 2690 ppm 오존가스 농도로 밀가루(500 g)를 처리 후 그의 특성을 분석하였음. 추가적으로 균일한 오존처리효과를 위해 밀가루 양을 줄여(50 g) 오존가스 농도별(0, 120, 1640, 2490, 2690 ppm) 처리 후 특성을 분석하였음. 또한 오존처리 시간 결정을 위해 이전 연구보고들을 참고하여 120, 2690 ppm의 오존농도에서 시간별(0, 1, 3, 5, 10, 20, 30 min)처리 후 실험에 이용하였음

④ 오존처리시간에 따른 밀가루의 특성분석

- 오존가스 처리 시간에 따른 효과를 알아보기 위해 오존가스 농도 120ppm에서 밀가루(100 g)를 대상으로 각 시간별(0, 15, 30, 45, 60 min) 오존처리하여 특성을 분석하였음
- 오존가스 처리 농도에 따른 밀가루의 효과분석 실험에서 밀가루에 오존가스 처리 후, 잔류 오존가스

양을 측정하기 위해 오존가스 검지기(GV 100-S, Gastec, Ayase-Shi, Japan)를 사용하였음. 오존가스 검지기 tube no.18L(측정범위 0.025-3ppm), no.18M(측정범위 4-400ppm)를 장착하여 측정된 결과, 오존가스가 검출되지 않았음

(나) 오존 농도에 따른 원맥 및 밀가루 특성분석 방법

① 이화학적 특성 및 반죽특성

○ 오존농도에 따른 원맥과 밀가루의 이화학적 특성은 4 우리밀 제빵적성 향상 가공기술개발 가. 제분 획분 조합을 이용한 제빵 용도별 조건 구명 (2) 실험방법에 제시한 일반성분, 전분손상도, 입자크기, SRC, DSC, RVA, Resistance 및 Extensibility, Mixograph 특성분석 실험방법과 동일하게 분석하였음. Wet gluten의 경우 Glutomatic System(Glutomatic 2200, Perten, Sweden)을 이용하여 측정하였으며 밀가루 10 g 중 글루텐의 무게를 백분율로 나타내었음. dry gluten 은 wet gluten을 동결건조 하여 무게를 측정하여 밀가루 10 g 중 글루텐의 무게를 백분율로 나타내었음

② 밀가루의 pH

○ pH는 pH meter(Orion 3 star pH Benchtop, Thermo scientific, USA)를 이용하여 AACC Method 02-52에 따라 측정하였음

③ Water Absorption Index(WAI) 및 Water Solubility Index(WSI)

○ WAI와 WSI는 Anderson(1982)의 방법으로 측정하였음. 밀가루 2.5g과 30ml의 증류수를 50ml centrifuge tube에 넣고, 가끔 저어주면서 30분간 방치한 후 3,000 rpm에서 10분간 원심분리 하였음. 상등액은 미리 항량을 구한 수분정량 수기에 담아 건조하여 남은 고형분을 2.5g 시료에 대한 백분율로서 WSI를 산출하였으며 상등액을 제외한 나머지 침전물, gel의 무게를 시료에 대한 WAI로 계산하였음

④ 미생물 특성

○ 원곡 및 밀가루의 미생물 분석은 총균, 효모에 대하여 petrifilm을 이용하여 측정하였음. 미생물 배양 시 총균은 Aerobic count plate petrifilm(3M, USA), 효모는 Yeast and mold count platepetrifilm(3M, USA)을 이용하였음. 멸균한 NaCl 100ml에 원곡 또는 밀가루 10g을 넣어 stomacher(HG 400, MAYO, Italy)를 이용하여 5분간 파쇄 하였음. 그 후 멸균된 9ml의 NaCl에 1ml의 시료를 넣어 잘 섞어준 후 petrifilm에 1ml씩 넣어 도말하였음. 총균은 35℃에서 24시간, 효모는 25℃에서 48시간 배양한 뒤 petrifilm에 나타난 균의 수를 세어 표시하였음

⑤ FT-IR(Fourier Transform Infrared Spectroscopy) 분석

- 오존가스 처리 밀가루의 화학적 변화 및 분자구조 분석을 위해 FT-IR(Vertex 70v, Bruker. Co., billerica, USA)을 사용하였음. 소량의 밀가루를 sample position인 diamond crystal 위에 올린 후 HTR module 장착용 press로 고정시켜 빛을 입사시켰음. Detector는 DLATGS를 사용하여 분석하였으며 spectrum을 32회 scan하여 평균 낸 data로 spectrum 그래프를 나타냈음. 측정 가능 wavenumber는 $7800\sim 450\text{cm}^{-1}$ 이며 resolution은 4cm^{-1} 로 측정하였음. 4000cm^{-1} 이상은 근적외선 영역에 가까우므로 cutting하여 $4000\sim 500\text{cm}^{-1}$ 영역으로 그래프에 나타냈음. 그래프는 Opus software (Version 7.2, Opus software solution, Yewada, India)를 사용하여 분석하였으며 밀가루의 분자진동 패턴에 따라 특정 에너지를 흡수하여 나타난 그래프를 통해 분자구조를 유추하였음 (그림 3-1-122)



그림 3-1-122. 밀가루의 분자구조 분석에 사용된 FT-IR 기기

⑥ 편광현미경 관찰

- 오존처리 밀가루의 전분 입자 변화를 관찰하기 위해 편광 필터를 장착할 수 있는 광학현미경(CX 40, Olympus, Tokyo, Japan)을 사용하였음. 0.5%(w/v) 밀가루 현탁액을 슬라이드 글라스 위에 떨어뜨린 후 현미경에서 40배로 확대하여 관찰하였음

⑦ X-선 회절도 분석

- 오존가스 처리 밀가루의 결정성 분석을 위해 X-ray diffractometer(X'Pert Pro MPD, PANalytical Co., Almelo, Netherlands)를 사용하였음. 45kV, 30mA 조건에서 $10\sim 30^\circ(2\theta)$ 의 구간을 $0.005^\circ/\text{min}$ 속도로 측정하였음

⑧ Sodium dodecyl sulphate-polyacrylamide gel electrophoresis(SDS-PAGE)

- 오존처리 밀가루의 단백질 분자량 변화를 관찰하기 위해 SDS-PAGE 실험을 하였음. 단백질 추출을 위해 1mg 밀가루와 1ml 샘플 buffer(50mM Tris-HCl, pH6.8, 2%(w/v) SDS, 10%(v/v) glycerol, 0.02%(w/v) bromophenol blue, 1%(v/v) β -mercaptoethanol)를 혼합한 후 95°C 에 4분간 가열하였

음(non-reduced SDS-PAGE의 경우, β -mercaptoethanol를 제외한 샘플 buffer 사용). 각 샘플의 단백질 농도는 Bicinchoninic acid(BCA) protein assay kit(Thermo Scientific, Pierce Protein Research Products, Rockford, USA)를 이용하여 BCA(Thermo scientific) 법으로 측정하였음. 샘플 당 동일한 농도의 단백질을 12% acrylamide separating gel에 loading 후 110v 전기영동 하여 Colloidal CBB로 염색하였음

⑨ 식빵 제조 및 특성분석

- 오존가스 처리 밀가루의 식빵 제조와 식빵의 volume, weight, specific volume 분석은 4 우리밀 제빵적성 향상 가공기술개발 가. 제분 회분 조합을 이용한 제빵 용도별 조건 구명 (2) 실험방법의 식빵 제조 및 특성 분석과 동일한 방법으로 측정하였음

(3) 실험 결과

(가) 오존농도에 따른 원맥의 특성분석

- 원맥(2014년 익산 금강 정상수확립)을 120, 1640, 2490, 2690ppm의 오존가스 농도에서 30분간 처리 후 60분간 공기로 flushing한 후 무처리군(control)과 비교하였음(그림 3-1-123. 오존농도에 따라 원맥의 b value는 유의적인 차이가 있었음(표 3-1-121))



그림 3-1-123. 오존가스 처리 농도에 따른 원맥

표 3-1-121. 원맥의 오존가스 처리 농도에 따른 수분함량, 회분함량 및 색도²(L, a, b)

처리농도(ppm)	수분 ¹ (%)	회분 ¹ (%)	단백질 ¹ (%)	L	a	b ^{**}
Control	13.6	1.45	12.1	53.6	9.4	25.5 ^a
120	13.1	1.52	12.3	60.4	8.4	25.8 ^a
1640	13.0	1.49	12.2	56.1	8.7	25.8 ^a
2490	12.9	1.51	12.2	54.9	10.3	27.8 ^a
2690	13.1	1.51	12.2	55.1	8.0	22.1 ^b

¹ CJ 제공
² 3번 반복 실험의 평균값
ab column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임
** 시료가 p=0.01수준에서 유의적인 차이가 있음

- 원맥의 오존가스 처리 농도에 따른 미생물 특성을 분석한 결과(그림 3-1-124), 시료 간 유의적인 차이($p < 0.001$)가 있었으며, control 대비 오존가스 처리 밀가루의 총균 및 효모가 감소함

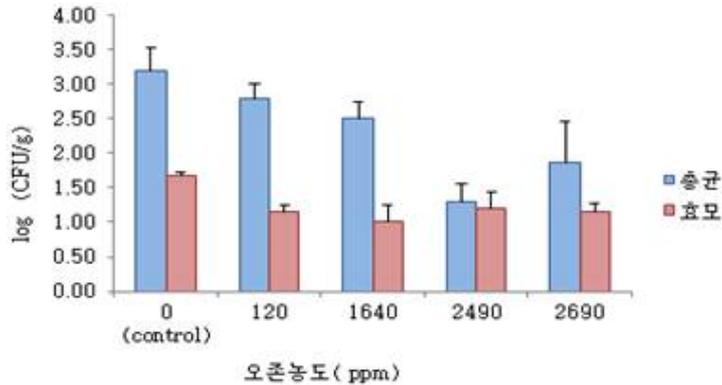


그림 3-1-124. 오존가스 처리 농도에 따른 원맥의 미생물 특성

(나) 오존가스 처리 농도에 따른 밀가루의 효과분석

① 우리밀 100% 밀가루(500g) 농도별(0, 120, 1640, 2490, 2690ppm) 오존가스 처리

- 우리밀 밀가루(500g)를 오존가스 0, 120, 1640, 2490, 2690ppm에서 30분 처리 후 60분간 공기로 flushing한 밀가루와 무처리군(control)을 비교하였음. 본 실험에 사용된 우리밀 밀가루의 수분 함량은 13.54%, 단백질 8.92%, 조지방 0.78%, 회분 0.43%이었음

- 분산분석 결과 모든 특성에서 다섯 시료 간 유의적인 차이는 없었으나, 무처리 밀가루에 비해 오존처리 밀가루의 b값과 pH는 낮은 경향이 있었음. 다만, t-test 결과, 무처리 밀가루와 오존가스 1640ppm 처리 밀가루 두 시료는 a값에서 유의적인 차이($p < 0.05$)가 있었음(표 3-1-122)

표 3-1-122. 밀가루의 오존가스 처리 농도에 따른 수분함량, 단백질함량, 백도, 색도(L, a, b) 및 pH

처리농도 (ppm)	수분 (%)	단백질 (%)	백도	색도			pH
				L	a	b	
Control	13.54	8.92	78.0	95.9	0.23	7.86	5.77
120	13.62	8.96	78.2	94.8	0.23	7.84	5.67
1640	13.46	8.94	78.1	95.8	0.17	7.41	5.59
2490	13.52	9.01	78.5	95.6	0.31	7.87	5.63
2690	13.34	9.02	78.3	96.1	0.19	7.51	5.64

¹ 3번 반복 실험의 평균값

- 오존가스 처리 농도에 따른 밀가루의 입도, 전분손상도, 글루텐 함량의 분산분석 결과 유의적인 차이는 없었음. 다만, 오존가스 처리 밀가루의 입도가 무처리 밀가루에 비해 큰 경향이 있었고, 오존가스 농도 2490, 2690ppm에서 전분손상도가 낮게 나타나는 경향이 있었음. Wet gluten의 경우 농도별 오존가스 처리에 대한 뚜렷한 차이가 보이지 않았음. 또한 시료 간 총균수의 차이가 있었으며, 오존

가스 처리 농도가 높아질수록 총균수는 감소하는 경향이 있었음(표 3-1-123)

표 3-1-123. 밀가루의 오존가스 처리 농도에 따른 입도, 전분손상도, 글루텐 함량 및 미생물 특성²

처리농도(ppm)	입도 ¹ (μm)	전분손상도 ¹ (%)	Wet gluten ¹ (%)	dry gluten ¹ (%)	총균 ^{**2} (log CFU/g)
Control	27.76	6.53	24.6	8.28	2.84 ^a
120	28.83	6.50	24.2	8.18	2.87 ^a
1640	28.14	6.56	24.5	8.17	2.87 ^a
2490	28.73	6.43	24.5	8.31	2.50 ^b
2690	30.09	6.36	24.4	8.27	2.59 ^b

¹ 3번 반복 실험의 평균값
² 2번 반복 실험의 평균값
ab column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임
** 시료가 p=0.01수준에서 유의적인 차이가 있음

○ 밀가루의 오존가스 처리 농도에 의한 RVA 특성 분석 결과(그림 3-1-125), 오존가스 처리 유무에 따른 유의적인 차이(p<0.001)를 보였음. 밀가루에 오존가스 처리를 한 경우 무처리 밀가루에 비해 peak viscosity와 final viscosity가 높게 나타나는 경향이 있었음. 본 결과는 오존가스 처리에 의한 점도 변화를 보여주었음

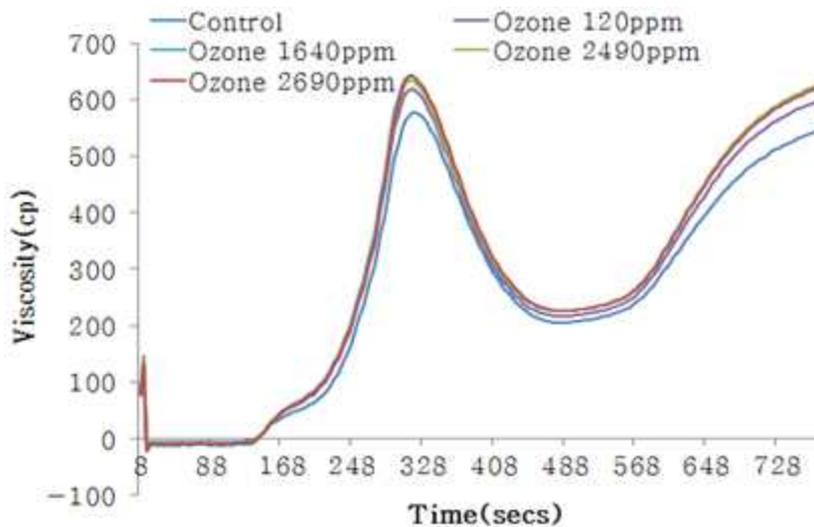


그림 3-1-125. 오존가스 처리 농도에 따른 밀가루의 RVA 특성

○ 밀가루의 오존가스 처리 농도에 의한 SRC 분석 결과(표 3-1-124), 유의적인 차이가 없었음
- 전반적으로 본 결과는 오존가스 처리를 한 밀가루의 경우, 식빵과 같은 yeast leavened product보다 chemically leavened product인 과자 또는 케이크에 적합하다는 것을 보여주었음

표 3-1-124. 밀가루의 오존가스 처리 농도에 따른 SRC 특성¹

처리농도 (ppm)	Solvent Retention Capacity (SRC)			
	SCSRC	SuSRC	LASRC	WRC
Control	87.5	107.1	114.7	67.9
120	88.1	106.2	110.4	67.4
1640	88.0	108.0	109.9	67.4
2490	87.7	108.9	111.0	66.3
2690	86.4	109.7	111.5	67.8

¹ 3번 반복 실험의 평균값

○ 밀가루의 오존가스 처리 농도에 의한 반죽 및 식빵특성 분석 결과 및 사진은 각 표 3-1-125와 그림 3-1-126에 있음. 반죽특성인 Mixograph의 반죽형성 시간, 반죽 안정도, 저항성 및 신장성의 시료 간 유의적인 차이가 없었음. 다만, 오존가스 농도가 증가할수록 반죽형성 시간이 길어지고 무처리 밀가루에 비해 오존가스 처리 밀가루의 반죽 안정도가 증가 하는 경향이 있었음

표 3-1-125. 밀가루의 오존가스 처리 농도에 따른 Mixograph¹, 신장성² 및 식빵의 비용적¹

처리농도 (ppm)	Dough				Bread
	by Mixograph		by Texture Analyzer		
	Peak time ¹ (min)	Mixing tolerance ¹ (cm)	Resistance ² (g)	Extensibility ² (mm)	Specific Volume ¹ (ml/g)
Control	3.73	9.17	34.4	122.8	4.39
120	4.90	9.67	35.5	111.8	4.39
1640	5.23	9.67	38.5	105.9	4.30
2490	5.30	9.33	45.3	98.6	4.25
2690	5.30	10.67	41.7	103.9	4.32

¹ 2번 반복 실험의 평균값

² 3번 반복 실험의 평균값

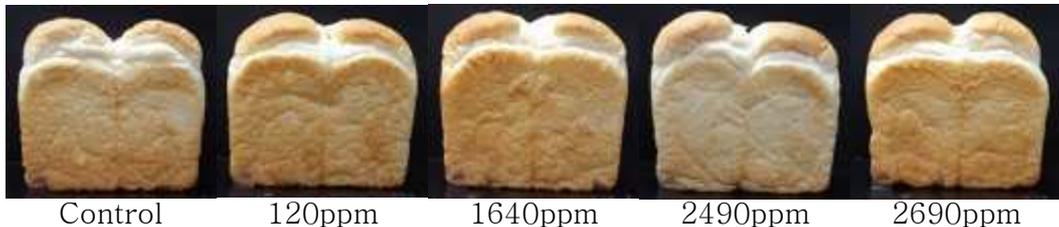


그림 3-1-126. 오존가스 처리 농도에 따른 식빵의 앞면 사진

- 오존농도별로 처리된 밀가루로 만든 식빵의 저장기간에 따른 경도변화는 그림 3-1-127에 있음. 저장 기간에 따른 경도의 증가가 control 식빵에 비해 오존 120ppm 식빵에서 낮은 경향을 보였음

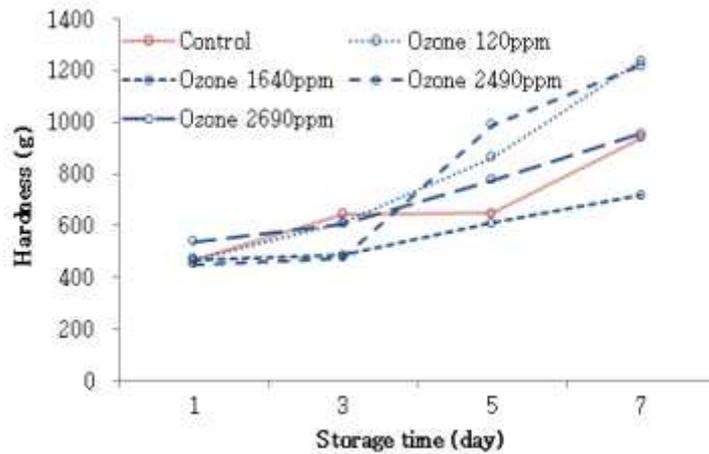


그림 3-1-127. 저장기간에 따른 오존가스 처리 식빵의 hardness

- 오존농도에 따른 밀가루의 FT-IR 흡광 spectrum은 그림 3-1-128에 있음. 무처리 밀가루와 오존처리 밀가루의 peak를 비교한 결과 화학적 성분 및 단백질 구조 차이는 찾기 어려웠음
- 이 결과는 밀가루 시료에 균일한 오존처리가 이루어지지 않았을 가능성을 내포함. 다음단계의 실험으로 오존처리에 사용되는 밀가루 양을 줄여(500g → 50g) FT-IR 실험을 수행하였음

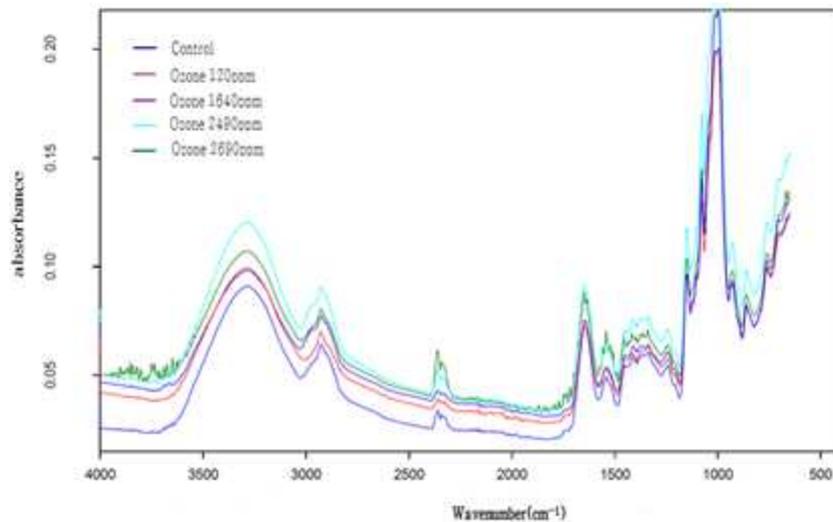


그림 3-1-128. 오존농도별로 처리된 밀가루의 FT-IR 흡광 spectrum

- 오존가스 처리 밀가루의 일반성분, 반죽 및 제빵특성의 자료를 주성분 1과 주성분 2 좌표 상에서 나타낸 결과는 그림 3-1-129에 있음. 주성분 1은 총변동의 50.33%, 주성분 2는 21.46%를 설명하였음. Control과 오존가스 120ppm은 주성분 1의 양의 방향, 오존가스 1640, 2490, 2690ppm은 주성분 1의 음의 방향에 위치하였음
- 높은 오존가스 농도에서 처리한 밀가루가 무처리 밀가루에 비해 SuSRC, 반죽안정도 및 RVA 특성과

가까웠음. SuSRC가 높을수록 과자 또는 쿠키에 적합한 특성을 나타냄

- 주성분 1의 + 방향에 위치한 무처리 밀가루(control)는 LASRC, extensibility 및 식빵의 비용적과 높은 특성을 보였음. LASRC는 gluten 강도와 연관이 있으며 일반적으로 extensibility가 클수록 식빵의 비용적이 커지는 경향이 있음
- 본 실험의 결과, 오존가스 처리 밀가루는 yeast leavened product보다 과자와 쿠키에 적합할 가능성을 보였음

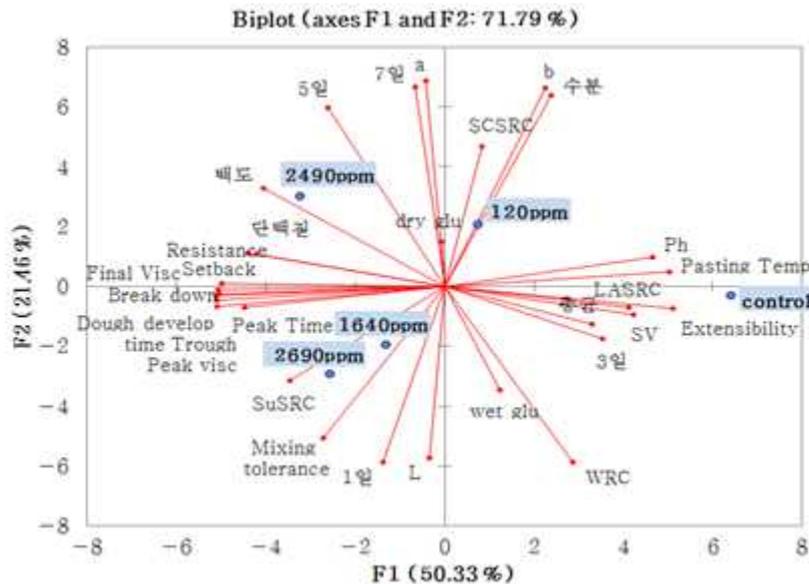


그림 3-1-129. 농도별 오존가스 처리 밀가루의 일반성분, 반죽 및 제빵특성의 주성분

② 농도별(0, 120, 1640, 2490, 2690ppm) 오존처리 밀가루(50g) 특성

- 균일한 오존처리 효과분석을 위해 밀가루 양을 줄여(500g → 50g) 농도별 오존가스 (0, 120, 1640, 2490, 2690ppm)로 30분간 처리 후 60분간 flushing한 밀가루와 무처리군(control)을 비교하였음
- 오존가스 처리 농도에 따른 밀가루의 수분함량, 백도, 색도, pH, 입도는 표 3-1-126에 있음. 무처리 밀가루에 비해 오존가스 처리 밀가루의 백도, L값 및 입도가 증가하는 경향을 보였고 a값, b값 및 pH가 감소하는 경향을 보였음

표 3-1-126. 밀가루의 오존가스 처리 농도에 따른 수분함량, 백도, 색도, pH 및 입도

처리농도(ppm)	수분 (%)	백도	색도			pH	입도(μm)
			L	a	b		
Control	12.6	77.8	93.4	0.31	7.68	5.78	26.2
120	11.8	81.8	93.9	-0.05	5.97	4.45	40.7
1640	11.3	82.0	94.6	-0.08	5.68	4.42	39.7
2490	13.0	82.2	94.1	-0.01	5.75	4.41	40.8
2690	12.7	81.5	94.1	-0.06	5.97	4.30	40.2

○ 오존가스 처리 농도에 따른 밀가루의 RVA 특성 결과(그림 3-1-130), 오존가스 처리 유무에 의한 호화 특성 변화가 일어남

- 본 결과, 수입산 제빵용 밀의 경우 제면용 밀에 비해 peak viscosity가 높게 나타나는데 제면용으로 알려져 있는 국내산 밀에 오존처리를 함으로써 반죽물성을 변화시켜 (예를 들어 점도를 증가시켜) 최종제품 품질을 향상시킬 수 있을 것으로 기대함

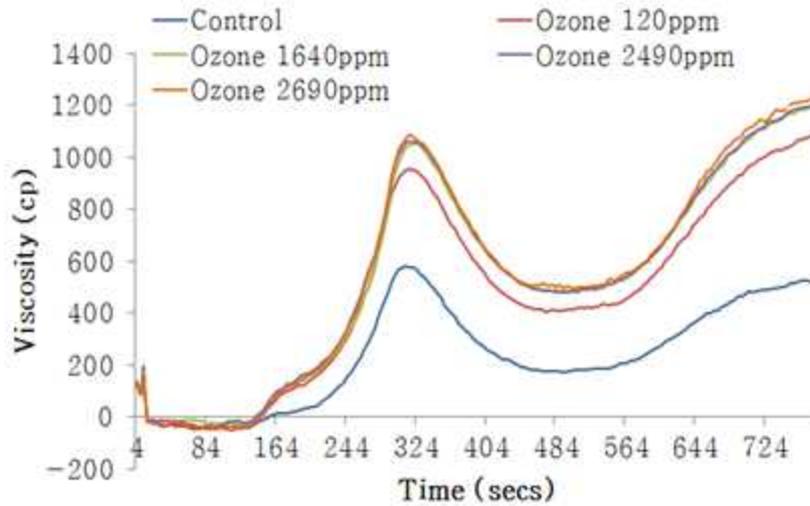


그림 3-1-130. 오존가스 처리 농도에 따른 밀가루의 RVA 특성

○ 오존 농도별로 처리된 밀가루의 FT-IR spectrum은 그림 3-1-131에 있음. 분석결과 무처리 밀가루와 오존처리 밀가루간의 단백질 주요 peak간 미세한 차이점을 보였으며, 오존처리로 인해 단백질 구조의 변화가 일어났다는 것을 유추할 수 있었음. 그림 3-1-132, 그림 3-1-133에 amide I, II, III band의 peak를 확대하여 차이점을 보여주었음

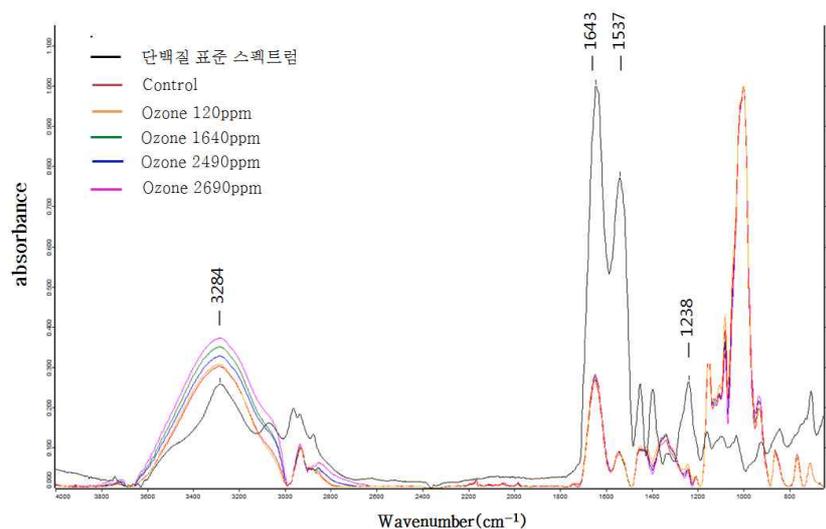


그림 3-1-131. 오존가스 처리 농도에 따른 밀가루의 FT-IR spectrum

- amide I band는 wavenumber 1643cm^{-1} 에서 peak로 단백질 peptide bond의 C=O 결합과 관련되어 있으며, amide II band는 wavenumber 1537cm^{-1} 에서 peak로 단백질 peptide bond의 N-H와 C-N에 영향을 받음. 무처리 밀가루와 오존처리 밀가루의 peak 비교결과 오존처리는 단백질의 2차 구조인 β -sheet 구조의 변화가 관찰되었음 (그림 3-1-132)

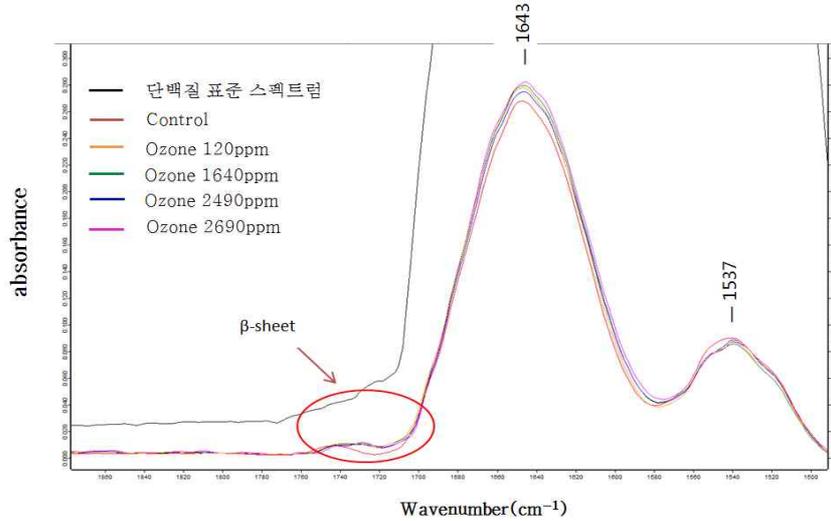


그림 3-1-132. 오존가스 처리 농도에 따른 밀가루 FT-IR 특성의 amide I, II band

- amide N-H와 C-N에 영향을 받는 amideIII band(1238cm^{-1}) 무처리 밀가루와 오존처리 밀가루의 spectrum 차이가 관찰되었음(그림 3-1-133)

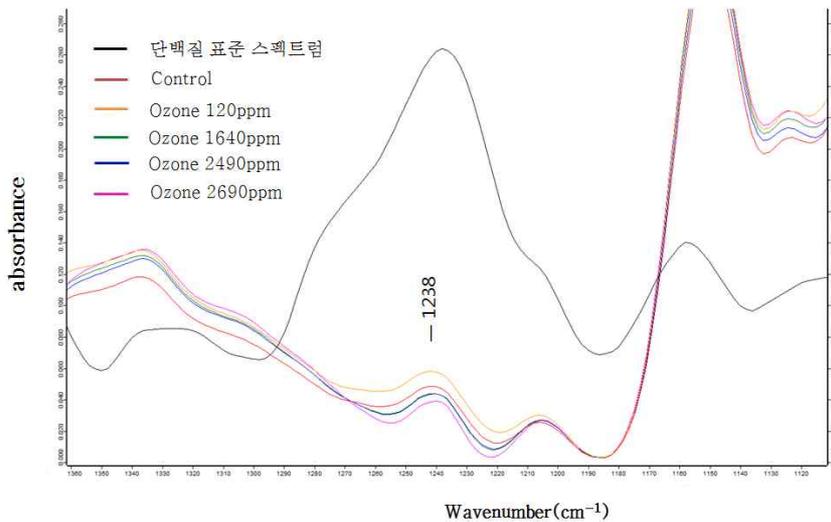


그림 3-1-133. 오존가스 처리 농도에 따른 밀가루 FT-IR 특성의 amideIII band

③ 오존(120 ppm)처리 시간별(0, 1, 3, 5, 10, 20, 30min) 우리밀 밀가루(500g) 특성분석

- 오존처리 유무에 의한 물성 변화가 관찰되었으므로 효과적인 오존처리 시간 결정을 위해 오존가스 농도를 120ppm으로 고정시킨 후 밀가루에 오존가스를 0, 1, 3, 5, 10, 20, 30분 동안 처리 후 60 분간 flushing 하였음
- 오존처리 시간에 따른 밀가루 시료 간 백도, 색도 및 pH에서의 유의적인 차이는 없었음 (표 3-1-127)

표 3-1-127. 밀가루의 오존가스 처리 시간에 따른 수분, 백도, 색도 및 pH

처리시간(min)	수분(%)	백도	색도			pH
			L	a	b	
Control	13.7	78.2	96.6	0.38	8.03	5.79
1	13.7	78.2	96.0	0.47	8.83	5.70
3	13.7	78.2	96.5	0.41	8.26	5.66
5	13.5	78.1	97.5	0.24	7.47	5.67
10	13.6	78.3	96.3	0.26	7.70	5.77
20	13.8	78.5	95.4	0.32	8.10	5.67
30	13.8	78.6	95.7	0.29	7.49	5.70

¹ 2번 반복 실험의 평균값

- 오존가스 처리 시간에 따른 밀가루의 RVA 특성 결과(그림 3-1-134), 오존가스 처리를 한 밀가루의 peak viscosity가 무처리 밀가루보다 높게 나타나는 경향이 보였음. 오존가스 처리 시간이 길어질수록 전반적인 RVA pasting 특성이 증가하는 경향이 있었음

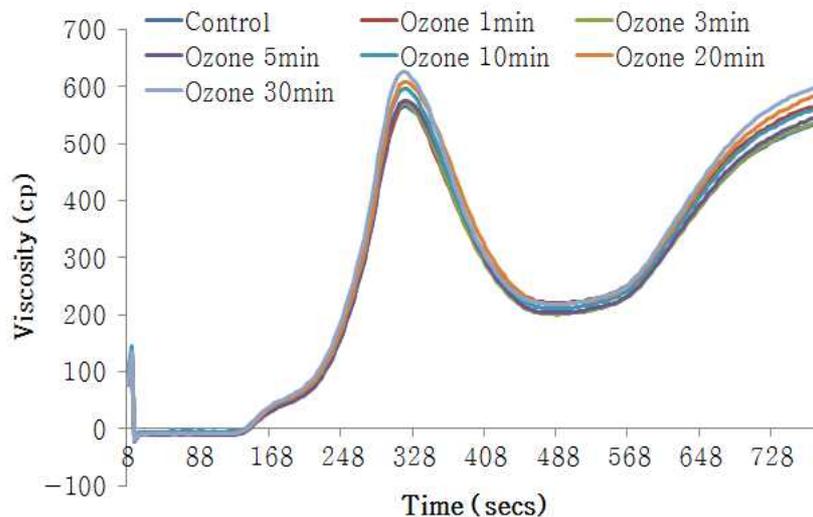


그림 3-1-134. 오존가스 처리 시간에 따른 밀가루의 RVA 특성

- 오존가스 처리 시간에 따른 밀가루의 Mixograph 특성과 글루텐 함량은 표 3-1-128에 있음. 시료간 분산 분석 결과 Mixograph 특성과 글루텐 함량의 7 시료 간 유의적인 차이는 없었음. 다만, 무처리 밀가루와 오존가스 5min 처리 밀가루 두 시료 간 t-test 결과, 유의적인 차이(p<0.05)가 있었음

표 3-1-128. 밀가루의 오존가스 처리에 따른 Mixograph 특성 및 글루텐 함량¹

처리시간 (min)	Mixograph		Wet gluten(%)	Dry gluten (%)
	Peak time(min)	Mixing tolerance(cm)		
Control	4.28	8.00	24.9	8.15
1	4.38	8.50	24.7	8.22
3	4.45	8.50	24.9	8.28
5	4.75	8.00	25.1	8.28
10	5.00	9.00	24.6	8.12
20	5.18	8.00	24.8	8.20
30	4.63	8.75	25.1	8.20

¹ 2번 반복 실험의 평균값

④ 오존(2690ppm)처리 시간별(0, 1, 3, 5, 10, 20 30 min) 우리밀 밀가루(500 g) 특성분석

- 오존가스 농도 2690 ppm에서 오존처리 시간(0, 1, 3, 5, 10, 20, 30 min)을 달리하여 처리한 밀가루의 백도, 색도 및 pH는 표 3-1-129에 있음. 분석결과, 오존처리 시간에 따라 백도와 b값에서 유의적인 차이가 있었음. 무처리 밀가루에 비해 오존가스 처리 밀가루의 백도는 증가하였고 b값은 감소하였음. 수입밀의 경우 우리밀에 비해 흰색을 지니고 있다고 알려져 있는 바, 이러한 오존 처리에 의해 우리밀의 외관상 품질을 향상시킬 수 있을 것으로 기대됨

표 3-1-129. 밀가루의 오존가스 처리에 따른 수분, 백도, 색도¹ 및 pH²

처리시간 (min)	수분*** (%)	백도***	색도			pH ²
			L	a	b***	
Control	14.3 ^a	77.4 ^e	94.9	0.25	8.40 ^a	5.87
1	14.2 ^a	77.5 ^d	95.6	0.17	7.92 ^b	5.93
3	14.0 ^a	77.8 ^c	95.0	0.22	8.32 ^a	5.90
5	14.2 ^a	77.9 ^b	95.2	0.22	7.93 ^b	5.92
10	14.3 ^a	77.9 ^b	95.6	0.15	8.17 ^{ab}	5.89
30	13.6 ^b	79.7 ^a	96.2	0.13	7.37 ^c	5.70

¹ 3번 반복 실험의 평균값

² 1번 실험 값으로 현재 반복 실험 진행중

abc column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임

*** 시료가 p=0.001수준에서 유의적인 차이가 있음

- 오존가스 처리 시간에 따른 RVA 특성 분석 결과(그림 3-1-135), 오존가스 처리하지 않은 밀가루의 peak time이 처리 밀가루에 비해 낮은 경향이 있었음

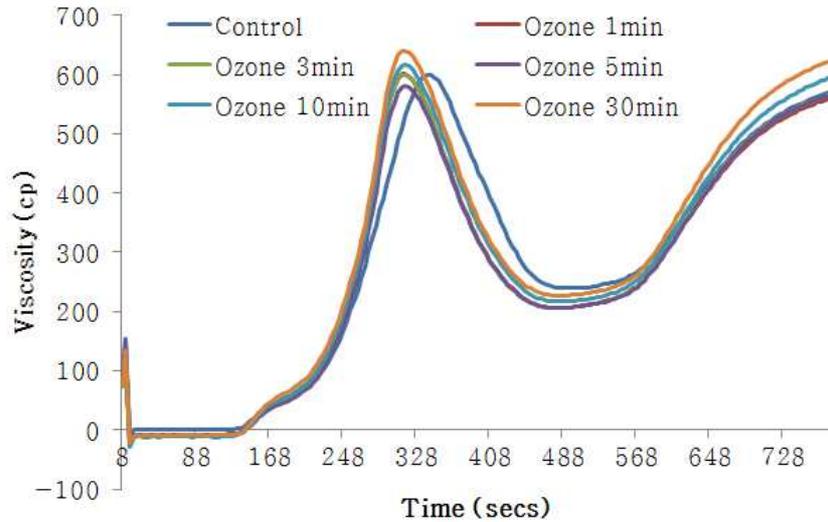


그림 3-1-135. 오존가스 처리 시간에 따른 밀가루의 RVA 특성

- ⑤ 오존(120 ppm) 처리시간별(0, 1, 3, 5, 10, 20, 30 min) 통밀가루(500 g) 특성분석
- 통밀가루의 오존가스 처리 시간별 효과를 알아보기 위해 오존가스 농도 120 ppm에서 처리시간(0, 1, 3, 5, 10, 20, 30 min)을 달리하여 처리 후 밀가루의 수분, 백도, 색도 및 pH를 분석하였음. 그 결과는 표 3-1-130에 있으며, 오존처리 시간별 유의적인 차이는 없었음

표 3-1-130. 통밀가루의 오존가스 처리에 따른 수분, 백도, 색도¹ 및 pH²

처리시간 (min)	수분 ¹ (%)	백도 ¹	색도 ¹			pH ²
			L	a	b	
Control	5.81	70.6	93.1	1.08	8.57	6.54
1	5.41	70.5	94.0	0.87	7.82	6.56
3	5.41	70.4	92.4	1.07	8.83	6.54
5	5.60	70.3	93.2	0.91	8.16	6.58
10	5.76	70.0	94.4	0.87	7.80	6.61
20	5.77	70.3	93.5	0.93	8.15	6.56
30	5.85	70.4	93.3	1.02	8.30	6.50

¹ 2번 반복 실험의 평균값

² 1번 실험 값으로 현재 반복 실험 진행 중

- 오존가스 처리 시간에 따른 RVA 특성 분석 결과는 그림 3-1-136에 있음. 오존처리 1min 밀가루의 peak viscosity가 가장 낮은 경향이 있었음

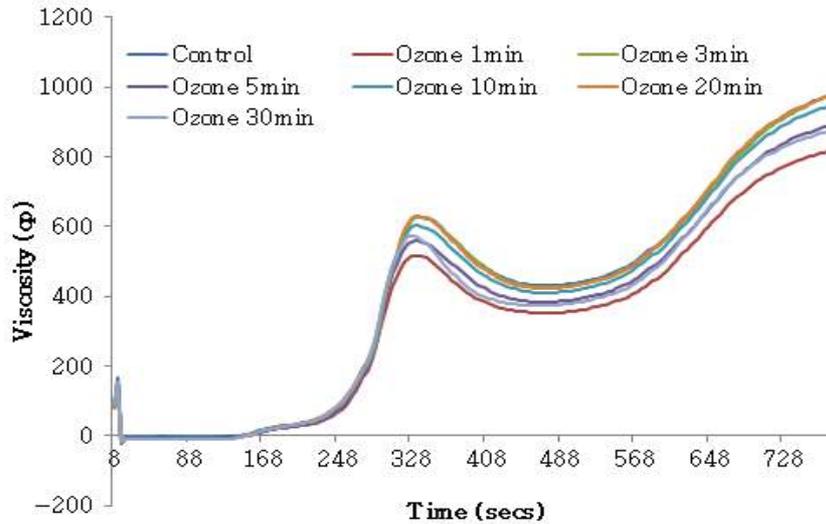


그림 3-1-136. 오존가스 처리 시간에 따른 통밀가루의 RVA 특성

- 오존가스 처리 시간에 따른 통밀가루의 Mixograph 특성과 글루텐 함량은 표 3-1-131에 나타냄. Mixograph 특성과 글루텐 함량 분석결과 유의적인 차이는 없었음

표 3-1-131. 통밀가루의 오존가스 처리에 따른 Mixograph 특성 및 글루텐¹

처리시간 (min)	Mixograph		Wet gluten (%)	Dry gluten* (%)
	Peak time(min)	Mixing tolerance(cm)		
Control	3.60	14.5	30.1	9.71 ^b
1	3.18	14.0	31.0	9.94 ^{ab}
3	3.70	14.0	30.9	9.99 ^{ab}
5	4.00	13.0	31.0	9.97 ^{ab}
10	3.63	13.0	31.4	10.2 ^a
20	3.78	14.5	31.3	10.1 ^a
30	3.83	14.0	31.3	10.1 ^a

¹ 2번 반복 실험의 평균값
^{ab} column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임
^{*} 시료가 p=0.05수준에서 유의적인 차이가 있음

⑥ 오존(120 ppm) 처리시간별(0, 15, 30, 45, 60 min) 우리밀 밀가루(100 g) 특성분석

- 본 연구의 오존효과 분석결과에 대한 전문가 회의결과 균일한 오존처리가 이루어지지 않았을 가능성이 제기되었음. 현재 오존처리기의 공기압은 0.8 kgf/cm²으로 균일하게 시료를 오존처리가 충분하지 않을 것으로 판단되어 공기압을 2.0 kgf/cm²로 높여 오존처리 효과를 수행하였음
- 균일한 오존처리를 위해 오존처리기의 공기압을 0.8 kgf/cm² → 2.0 kgf/cm²로 높여 실험을 수행하였음. 우리밀 밀가루에 오존 가스 처리시간(0, 15, 30, 45, 60 min)을 달리 하여 오존농도 120 ppm에서 처리하였음. 본 실험에 사용된 우리밀 밀가루의 수분 함량은 15.7%, 조지방 0.79%, 회분 0.63%이었음
- 오존가스 처리 시간에 따른 밀가루의 백도, 색도, pH 및 입도는 표 3-1-132에 있음. 분산분석 결과 색도 a값을 제외한 특성에서 다섯 시료 간 유의적인 차이(p<0.001)가 있었음. 오존처리 시간이 증가함에 따라 백도 및 입도는 증가하는 경향을 보였고 색도 a, b값 및 pH는 감소하는 경향이 있었음

표 3-1-132. 밀가루의 오존가스 처리에 따른 백도, 색도, pH 및 입도¹

처리시간 (min)	백도***	색도			pH***	입도(μm)***
		L	a***	b***		
Control	78.2 ^d	95.0	0.28 ^a	7.83 ^a	5.74 ^a	30.2 ^c
15	80.6 ^c	93.9	0.12 ^b	6.62 ^b	5.30 ^b	39.8 ^b
30	81.8 ^b	94.3	0.06 ^{bc}	6.09 ^c	5.05 ^c	41.2 ^b
45	82.2 ^b	94.5	0.03 ^{cd}	5.83 ^c	4.85 ^{cd}	41.0 ^b
60	83.1 ^a	94.7	-0.02 ^d	5.75 ^c	4.66 ^d	44.9 ^a

¹ 3번 반복 실험의 평균값
abcd column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임
*** 시료가 p=0.001수준에서 유의적인 차이가 있음

- 밀가루의 오존가스 처리 시간에 따른 미생물 특성을 분석한 결과(표 3-1-133), 총균 및 효모에서 시료 간 유의적인 차이(p<0.05, p<0.001)가 있었음. 무처리 밀가루에 비해 오존처리 밀가루의 총균 및 곰팡이 수가 감소하였음

표 3-1-133. 밀가루의 오존가스 처리에 따른 총균¹, 효모² 및 곰팡이²

처리시간 (min)	총균* (log CFU/g)	효모 (log CFU/g)	곰팡이*** (log CFU/g)
Control	2.84 ^a	3.69	2.19 ^a
15	2.40 ^b	3.54	0.00 ^b
30	2.50 ^b	3.19	0.00 ^b
45	2.34 ^b	3.69	0.00 ^b
60	2.46 ^b	3.49	0.00 ^b

¹ 3번 반복 실험의 평균값
² 2번 반복 실험의 평균값
ab column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임
*, *** 시료가 p=0.05, 0.001수준에서 유의적인 차이가 있음

- 오존가스 처리 시간에 따른 밀가루의 단백질, wet gluten, 전분손상도, WAI 및 WSI의 분산분석 결과(표 3-1-134), 다섯 시료간 유의적인 차이가 있었음. 오존처리 밀가루가 무처리 밀가루에 비해 단백질 함량, 전분손상도 및 WSI가 높았음. 또한, 오존처리 시간이 증가할수록 WAI는 높아지는 경향이 있었음. Wet gluten의 경우, 오존처리 30min 밀가루가 오존처리 15min 밀가루보다 낮았음

표 3-1-134. 밀가루의 오존가스 처리에 따른 단백질, wet gluten, 전분손상도, WAI 및 WSI¹

처리시간 (min)	단백질* (%)	Wet gluten*(%)	전분손상도* (%)	WAI** (g/g)	WSI** (%)
Control	11.9 ^b	31.2 ^{ab}	6.18 ^b	1.62 ^d	5.91 ^b
15	12.1 ^a	32.7 ^a	6.41 ^a	1.72 ^c	6.95 ^a
30	12.1 ^a	31.5 ^{ab}	6.41 ^a	1.78 ^b	7.20 ^a
45	12.1 ^a	30.4 ^{ab}	6.36 ^a	1.84 ^a	7.27 ^a
60	12.0 ^a	29.3 ^b	6.36 ^a	1.86 ^a	7.24 ^a

¹ 3번 반복 실험의 평균값
^{ab} column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임
^{*}, ^{**} 시료가 p=0.05, 0.01수준에서 유의적인 차이가 있음

- 오존가스 처리 시간에 따른 RVA 특성 분석 결과(그림 3-1-137), 오존가스 처리 시간에 따른 밀가루의 peak viscosity, final viscosity, breakdown 및 setback이 유의적인 차이(p<0.001)가 있었음. 오존처리 시간이 길어질수록 peak viscosity 및 final viscosity가 증가하였음

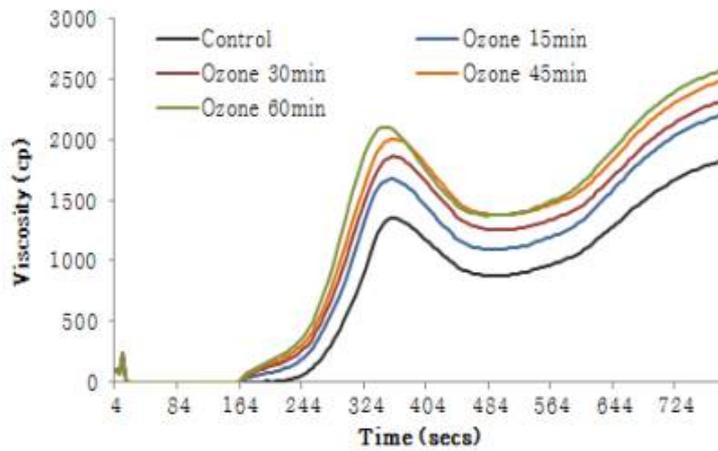


그림 3-1-137. 오존가스 처리 시간에 따른 밀가루의 RVA 특성

- 편광현미경으로 관찰한 전분 입자는 그림 3-1-138에 있음. 오존처리 시간이 길어질수록 전분 입자의 편광현미경 상 십자모양이 사라지는 것을 알 수 있었음. 이는 오존처리에 의한 전분 입자의 결정성 변화를 의미하며 오존처리 시간이 길어질수록 입자가 약해져 쉽게 swelling 되는 경향을 보임. 오존에 의한 전분입자의 결정성 변화에 의해 그림 3-1-137과 같이 오존처리에 의해 점도가 증가되는 것으로 판단됨

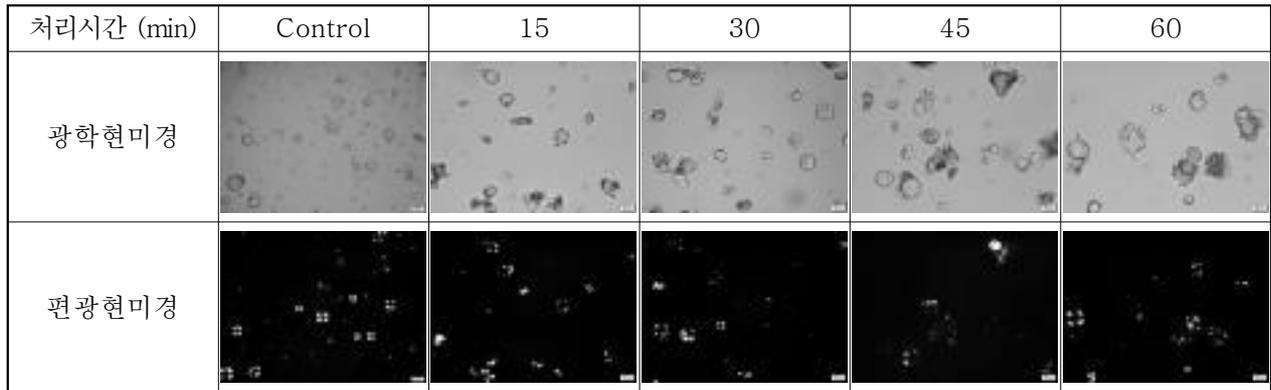


그림 3-1-138. 오존가스 처리 시간에 따른 전분 입자의 변화

- 오존가스 처리 시간에 따른 DSC 상변이 특성 분석 결과(표 3-1-135), 오존처리 시간에 따른 밀가루의 onset temperature, peak temperature, end temperature 및 melting enthalpy의 유의적인 차이가 없었음. 이는 오존처리가 밀가루의 결정성에 큰 영향을 미치지 않는다는 것을 의미함

표 3-1-135. 오존가스 처리에 따른 밀가루의 DSC에 의한 상변이 특성¹

처리시간 (min)	Onset Temperature (°C)	Peak Temperature (°C)	End Temperature (°C)	Melting enthalpy ΔH (J/g)
Control	61.2±0.99	66.3±0.92	72.3±0.93	5.54±0.82
15	61.0±0.56	66.5±0.76	72.3±0.80	6.11±0.22
30	60.4±0.56	65.9±0.31	71.6±0.74	5.91±0.30
45	60.9±0.22	66.1±0.40	72.1±0.51	5.86±0.29
60	60.8±0.18	65.8±0.12	71.4±0.13	6.10±0.16

¹ 3번 반복 실험의 평균값

○ 오존가스 처리 시간에 따른 밀가루의 X선 회절 pattern은 그림 3-1-139에 있음. 오존처리 시간에 따른 밀가루는 회절각도(2 θ) 15.1°, 17.0°, 18.1°, 20.0° 및 23.2°에서 peak이 나타났으며 밀가루는 A형의 결정구조로 나타남. 그러나 오존처리 시간에 따른 peak intensity의 차이는 보이지 않았음 (표 3-1-136). 이는 오존처리가 밀가루의 결정성에 큰 영향을 주지 않는 것을 의미하며, DSC 상변이 특성 결과와도 양상이 일치하였음

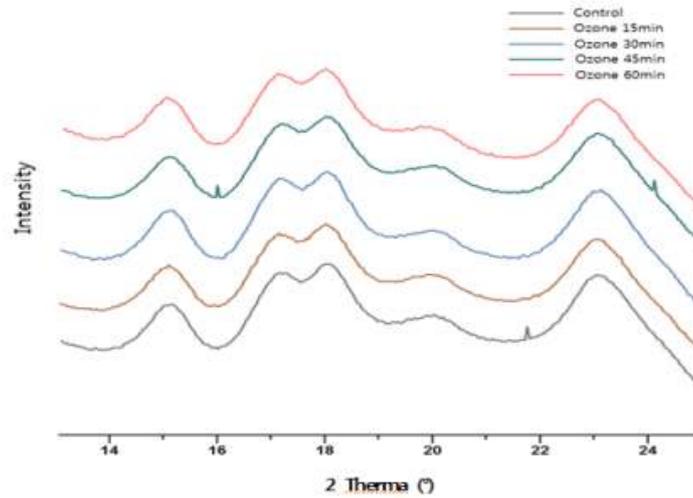


그림 3-1-139. 오존가스 처리 시간에 따른 밀가루의 X선 회절 pattern

표 3-1-136. 오존가스 처리에 따른 밀가루 X선 회절 peak의 Intensity¹

처리시간 (min)	Intensity				
	15.1°	17.0°	18.1°	20.0°	23.2°
Control	21965	35706	39512	25507	57937
15	21649	31235	39952	26256	54656
30	23057	37898	40129	22040	58784
45	19947	29355	40148	25211	53633
60	20439	32175	37934	22376	48550

¹ 1번 실험의 값

○ 오존가스 처리 시간에 따른 밀가루 단백질의 SDS-PAGE는 그림 3-1-140에 있음. 그림 3-4-55의 (a) reduced pattern 및 (b) non-reduced pattern에서 오존처리에 의한 저분자 단백질이 증가하는 경향이 있었음

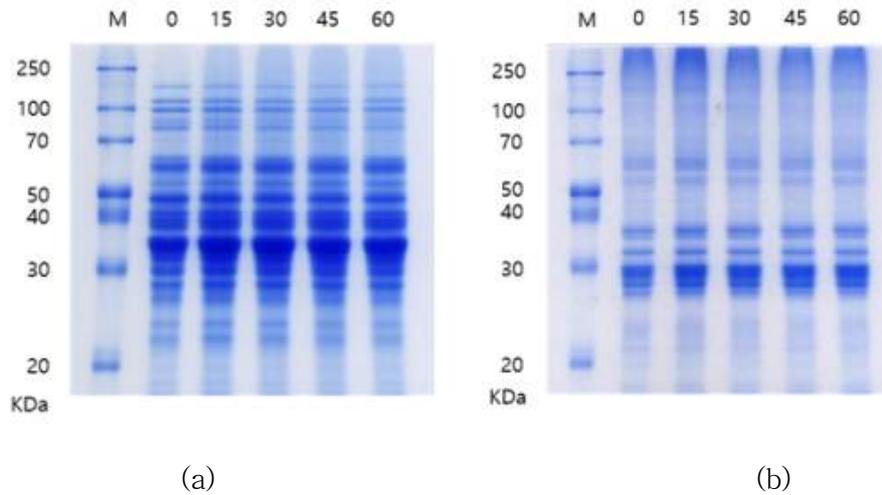


그림 3-1-140. 오존가스 처리 시간에 따른 밀가루 단백질의 SDS-PAGE pattern ((a) reduced pattern; (b) non-reduced pattern. Lanes: M, 분자량 표준물질; 0, 0min; 15, 15min; 30, 30min; 45, 45min; 60, 60min)

- 오존 시간별로 처리된 밀가루의 FT-IR spectrum은 그림 3-1-141에 있음. 무처리 밀가루와 오존처리 밀가루의 peak 분석결과, wavenumber 1643cm^{-1} 에서 나타나는 단백질 amide I band과 wavenumber 1537cm^{-1} 의 단백질 amide II band에서 오존처리 밀가루에 비해 무처리 밀가루의 peak이 높게 나타났음. 또한, 전분이 나타나는 wavenumber $800\text{-}1200\text{cm}^{-1}$ 에서 오존처리 밀가루의 peak이 무처리 밀가루에 비해 높게 나타났으며 Marti et al. (2016) 보고에 의하면 이는 전분손상도의 증가를 나타낸다고 하였음

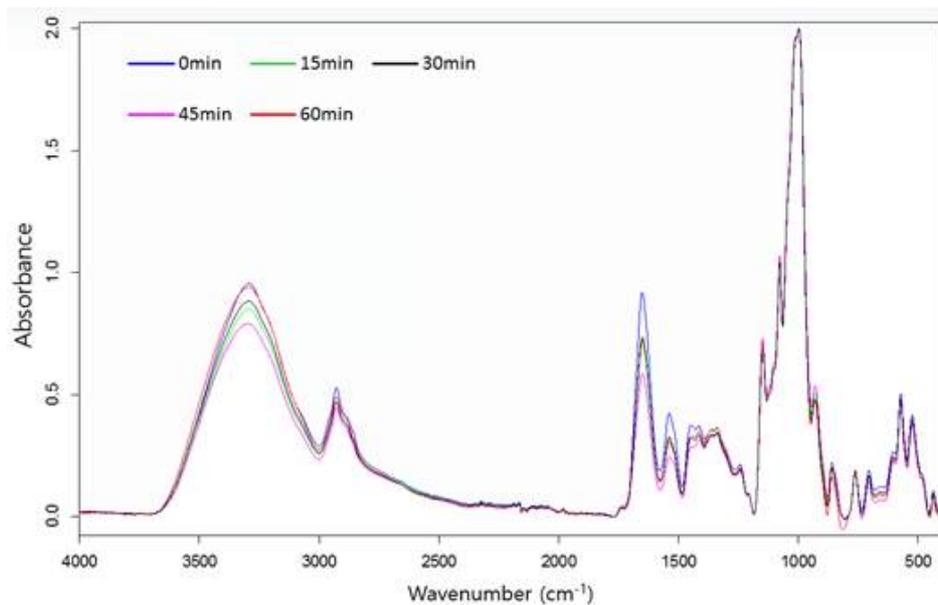


그림 3-1-141. 오존가스 처리 시간에 따른 밀가루의 FT-IR spectrum

라. 관능적 특성 및 소비자 인지도 분석을 통한 물성개선방법 검증

(1) 실험재료

(가) 고전압 처리 유무에 따른 식빵의 정량적 묘사분석

- 수분함량을 달리한 조정 원맥을 고전압 처리 유무에 따라 제분 후 얻은 밀가루로 이스트 식빵을 제조하였음. 1차(2014년, 12월)로 tempering 수분함량 18%, 20%에서 고전압 처리 한 원맥(고전압 18%, 고전압 20%)을 제분하여 식빵을 제조하였으며 2차(2015년, 1월)에는 수분함량 14%, 16%에서 고전압처리 한 원맥을 제분하여 만든 밀가루로 식빵을 제조하였음

(나) 산화제 및 효소 복합 처리 식빵의 소비자 검사

- 산화제 및 효소 처리된 밀가루(시료번호 1~15)와 대조구인 DNS 밀가루로 제조한 이스트 식빵, 총 16점에 대한 소비자 검사는 서울 경기지역에 거주하는 베이커리 제품 소비자 약 100명을 대상으로 수행하였음

(2) 실험방법

(가) 고전압 처리 유무에 따른 식빵의 정량적 묘사분석

- 본 검사에 참여한 훈련된 묘사분석 패널은 관능검사에 참여할 시간적 여유가 있으며, 관능검사에 대한 관심과 다양한 식품에 대한 관능검사 경험이 있는 연구원들로서 1회 약 30분씩, 1주일에 5회, 2주간 훈련을 마친 12명의 패널이었음
- 정량적 묘사분석(QDA)은 패널 훈련중 개발된 용어로 이루어진 검사특성을 15cm 선척도를 사용하여 측정하였음. 검사특성으로는 외관(색, 기공의 크기, 기공 균일성, 표면의 매끄러움, 표면의 결), 향(발효취, 생 밀가루향, 신향, 곡물향), 조직감(탄력성, 촉촉한 정도, 경도, 이 부착성, 응집성, 씹힘성), 맛(단맛, 짠맛, 신맛, 쓴맛, 생 밀가루맛, 발효맛, 곡물맛), 후미(가루끼, 단맛, 신맛, 짠맛)을 평가하였음 (부록 3-1-6 참조). QDA 검사지는 부록 3-1-7에 있음

(나) 산화제 및 효소 복합 처리 식빵의 소비자 검사

- 식빵은 일정한 두께(19mm)로 슬라이스한 후, 일정한 크기(20×20mm)로 잘라 준비하였음. 제시 순서에 의한 오차를 막기 위하여 시료의 제시 순서를 랜덤하게 하였으며, 시료 번호에 의한 편견을 막기 위하여 세 자리 난수번호를 달아 소비자들에게 한 번에 한 시료씩 제시하였음. 총 16점 시료에 대한 소비자 평가는 2회(일)에 걸쳐 수행하였으며, 소비자들은 본 실험을 위해 1회에 8시료씩, 2일간 평가하였음

- 소비자검사는 본 연구원 관능검사실 booth에서 진행하였으며 검사는 총 2부분으로 나누어 수행하였음. 소비자들은 검사물을 평가 전 연령 및 식빵 제품 소비형태 등을 묻는 질문지(pre-score card)를 작성한 후, 검사물을 하나씩 랜덤화된 순서로 제시하여 blind 상태에서 평가하였음
- pre-score card 에는 식빵의 색, 기공의 크기, 기공 균일성, 우유향미, 버터향미, 이스트 향미, 촉촉함성, 부드러운 정도, 응집성, 부착성, 씹힘성, 후미에 대한 소비자들이 생각하는 이상적인 정도를 7 항목척도를 사용하여(1=대단히 약하다, 7=대단히 강하다) 평가하게 하였음(검사지는 부록 3-1-2 참조)
- score card 에는 기호도(향, 외관, 맛, 조직감, 전반적인 기호도, 9항목 척도, 1=대단히 싫어한다, 9=대단히 좋아한다) 외에 pre-score card에서 식빵의 이상적인 정도를 평가하였던 특성들(색, 기공의 크기, 기공 균일성, 우유향미, 버터향미, 이스트 향미, 촉촉함성, 부드러운 정도, 응집성, 부착성, 씹힘성, 후미)의 강도를 평가하였음(검사지는 부록 3-1-7 참조)

(3) 실험결과

(가) 고전압 처리 유무에 따른 식빵의 정량적 묘사분석

① 1차 묘사분석(원맥 tempering 수분함량 18%, 20%)

- 수분함량 18%, 20%에서 고전압처리(고전압 18%, 고전압 20%) 유무에 따른 원곡을 체분하여 만든 밀가루 및 DNS 밀가루로 제조한 이스트 식빵 총 5점에 대한 정량적 묘사분석을 훈련된 패널에 의해 수행한 결과, 외관과 향 특성은 표 3-1-137, 조직감 특성은 표 3-1-138, 향미 및 후미 특성은 표 3-1-139에 있음
- 본 실험에서 제조된 5점 식빵은 색, 기공의 크기, 표면의 매끄러움성에서 차이가 있었음. 전문패널들은 DNS로 제조한 식빵의 색이 하얗고 기공의 크기가 작으며 표면의 매끄러움성이 강하다고 평가하였음(표 3-1-137). 고전압처리 밀가루 시료중에서는 원맥 수분함량 18%에서 고전압처리 시료의 색이 하얗고 표면의 매끄러움성이 높다고 평가되었음
- 본 실험에서 제조된 5점 식빵은 촉촉한정도, 이 부착성, 응집성, 부서짐성에서 차이가 있었음. 전문패널들은 DNS로 제조한 식빵의 촉촉한 정도, 이 부착성, 응집성이 강하고 부서짐성은 약하다고 평가하였음(표 3-1-138). 반면 처리 밀가루에서 고전압 20%의 촉촉한 정도, 응집성이 약하고 부서짐성이 강하게 평가되었음
- 본 실험에서 제조된 5점 식빵은 가루끼에서 차이가 있었음. 전문패널들은 다른 식빵에 비해 DNS와 수분함량 18%에서 고전압 처리된 원맥으로 만들어진 밀가루로 만든 식빵의 가루끼가 약하다고 하였음(표 3-1-139)

표 3-1-137. 원뿔의 수분함량 및 고전압처리에 따른 이스트 식빵의 관능적 외관, 향 묘사 특성¹

	외관					향				
	색 ^{***}	기공의 크기 ^{**}	기공의 균일성	표면의 매끄러움 ^{***}	표면의 결	이스트향	생 밀가루향	신 향	곡물향	
DNS-1	3.31 ^c	6.11 ^b	7.41	7.87 ^a	8.04	8.32	9.12	7.62	4.74	
#3 (Control 18%)	5.26 ^a	8.27 ^a	6.78	5.32 ^b	7.23	8.16	8.90	7.53	5.52	
#4 (Control 20%)	4.99 ^a	7.77 ^a	7.09	5.85 ^b	7.25	7.80	8.80	7.05	5.00	
#7 (고전압 18%)	4.16 ^b	7.29 ^{ab}	7.80	7.41 ^a	7.40	8.18	9.47	7.61	4.80	
#8 (고전압 20%)	5.62 ^a	7.94 ^a	6.93	5.21 ^b	6.79	7.68	7.84	6.76	5.65	

¹ 12명 전문 패널의 평균값

abc column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임
*** 시료가 p=0.001수준에서 유의적인 차이가 있음

표 3-1-138. 원뿔의 수분함량 및 고전압처리에 따른 이스트 식빵의 관능적 조직감 특성¹

	조직감							
	탄력성	촉촉한 정도 ^{***}	경도	이 부착성 [*]	응집성 ^{***}	씹힘성	부서짐성 ^{***}	
DNS-1	9.07	8.96 ^a	7.59	8.80 ^a	8.38 ^a	8.04	5.78 ^d	
#3 (Control 18%)	7.73	7.51 ^{ab}	7.90	7.09 ^b	6.94 ^{bc}	7.42	8.46 ^b	
#4 (Control 20%)	8.13	6.34 ^{bc}	8.06	7.64 ^b	6.65 ^{bc}	7.41	8.75 ^b	
#7 (고전압 18%)	8.96	7.91 ^{ab}	7.52	7.19 ^b	7.24 ^b	6.68	7.17 ^c	
#8 (고전압 20%)	8.24	5.69 ^c	7.76	7.36 ^b	5.78 ^c	7.52	9.94 ^a	

¹ 12명 전문 패널의 평균값

abc column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임
, * 시료가 p=0.05, 0.001수준에서 유의적인 차이가 있음

표 3-1-139. 원맥의 수분함량 및 고전압처리에 따른 이스트 식빵의 관능적 맛, 후미 특성¹

	맛										후미		
	단맛	짠맛	신맛	쓴맛	생 밀가루맛	발효맛	곡물맛	가루끼 ^{****}	단맛	신맛	짠맛		
DNS-1	5.87	4.35	6.15	5.14	7.87	7.13	4.56	6.17 ^b	5.61	4.86	5.65		
#3(Control 18%)	5.25	5.07	6.25	5.15	7.89	7.03	4.75	8.36 ^a	4.95	5.40	6.06		
#4(Control 20%)	5.45	4.83	6.39	5.27	7.10	7.28	4.61	8.12 ^a	5.28	5.06	6.26		
#7(고전압 18%)	5.55	4.64	6.22	5.35	7.48	7.63	4.48	6.91 ^{ab}	5.59	5.27	5.86		
#8 (고전압 20%)	5.26	4.77	6.15	5.10	7.27	6.89	5.38	8.76 ^a	5.04	4.88	6.27		

¹ 12명 전문 패널의 평균값

column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임

시료가 p=0.001수준에서 유의적인 차이가 있음

1

abc

- 수분함량 18%, 20% 금강 원맥의 고전압 처리 유무에 따라 제분한 밀가루와 DNS 밀가루로 만든 식빵 5점에 대한 정량적 묘사분석 결과를 주성분 분석한 결과(그림 3-1-142), 주성분 1에 의해 총변동의 62.29%, 주성분 2에 의해 18.37% 설명할 수 있었으며, 대부분의 바람직한 특성은 주성분 1의 (-) 방향에 있었으며, DNS 가 주성분 1의 (-) 방향에 존재하였음
- 수분함량 20%에서 고전압 처리한 시료 및 control 18%, 20%는 주성분 1의 (+) 방향에 위치하여 색, 기공의 크기, 표면 거칠음성, 가루끼, 부서짐성 등이 높게 나타났음

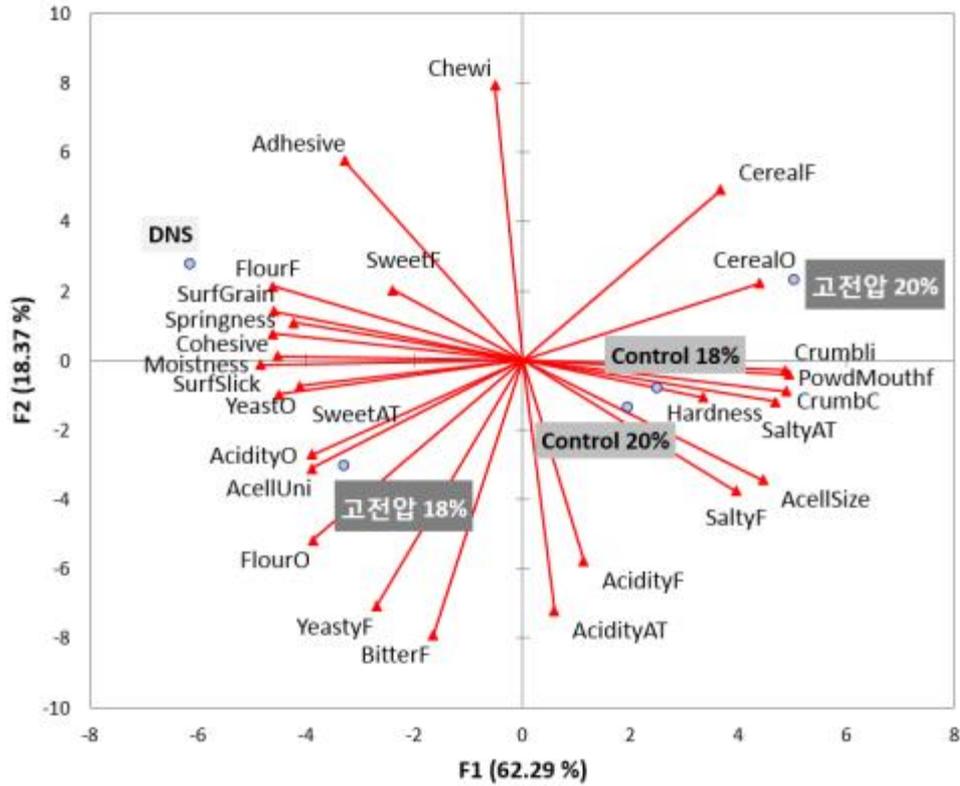


그림 3-1-142. 주성분 1(x)와 2(y) 좌표 상에서의 수분 18%, 20% 원맥의 고전압 처리 유무에 따라 제분한 밀가루와 DNS 밀가루로 만든 식빵 5점에 대한 정량적 묘사분석 특성 및 5점 식빵의 위치

② 2차 묘사분석 (원맥 tempering 수분함량 14%, 16%)

- 수분함량 14%, 16%에서 고전압처리한 원곡을 제분하여 만든 밀가루 및 DNS 밀가루로 제조한 이스트 식빵 총 5점에 대한 정량적 묘사분석을 훈련된 패널에 의해 수행한 결과, 외관과 향 특성은 표 3-1-140, 조직감 특성은 표 3-1-141, 향미 및 후미 특성은 표 3-1-142에 있음
- 본 실험에서 제조된 5점 식빵은 색, 표면의 매끄러움, 곡물향에서 차이가 있었음. 전문패널들은 DNS로 제조한 식빵의 색이 하얗고 표면이 매끄러우며 곡물향이 약하다고 평가하였음(표 3-1-140)
 - 전문패널들은 고전압처리 밀가루에 비해 control 16%의 색이 진하고 표면의 매끄러움성이 약하며 곡물향이 강하다고 하였음. 즉, 원맥 수분함량 16%에서 tempering시 고전압 처리에 의해 최종제품인 식빵의 색을 하얗고, 표면이 매끄럽게 제품을 개선시킬 수 있음을 보여주었음
- 본 실험의 5점 식빵은 촉촉한정도, 부서짐성에서 차이가 있었음. 전문패널들은 DNS로 제조한 식빵의 촉촉한 정도가 강하고 부서짐성은 약하다고 평가하였음(표 3-1-141)
- 본 실험에서 제조된 5점 식빵은 맛, 후미에서는 시료 간 유의적 차이가 없었음(표 3-1-142)

표 3-1-140. 이스트 식빵의 관능적 외관, 향 묘사 특성¹

	외관					향				
	색 ^{***}	기공의 크기	기공의 균일성	표면의 매끄러움 ^{****}	표면의 결	이스트향	생 밀가루향	신 향	곡물향 ^{***}	
DNS-2	3.66 ^b	6.74	7.96	8.84 ^a	8.39	7.41	6.61	6.40	4.52 ^b	
#1 (Control 14%)	6.51 ^a	7.32	8.03	7.46 ^{ab}	7.91	7.57	7.42	6.89	5.15 ^{ab}	
#2 (Control 16%)	7.75 ^a	8.38	7.92	5.59 ^c	7.57	7.16	7.24	6.22	6.75 ^a	
#5 (고전압 14%)	6.58 ^a	7.38	8.21	7.83 ^{ab}	7.43	7.65	7.33	6.67	5.88 ^{ab}	
#6 (고전압 16%)	6.68 ^a	7.96	7.15	6.34 ^{bc}	7.70	7.35	7.87	6.54	6.08 ^{ab}	

¹ 12명 전문 패널의 평균값
abc column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임
*** 시료가 p=0.001수준에서 유의적인 차이가 있음

표 3-1-141. 이스트 식빵의 관능적 조직감 특성¹

	조직감							
	탄력성	촉촉한 정도 [*]	경도	이 부착성	응집성	썩힘성	부서짐성 ^{***}	
DNS-2	6.51	10.08 ^a	7.15	8.45	8.98	7.03	3.90 ^b	
#1 (Control 14%)	7.03	8.75 ^{ab}	6.76	8.41	8.38	7.96	6.05 ^a	
#2 (Control 16%)	8.21	8.49 ^{ab}	7.18	7.57	7.92	7.26	7.16 ^a	
#5 (고전압 14%)	7.64	8.78 ^{ab}	7.76	8.40	8.91	8.05	5.76 ^a	
#6 (고전압 16%)	7.69	7.57 ^b	7.12	8.17	8.02	7.30	6.31 ^a	

¹ 12명 전문 패널의 평균값
abc column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임
** 시료가 p=0.05, 0.001수준에서 유의적인 차이가 있음

표 3-1-142. 이스트 식빵의 관능적 맛, 후미 특성¹

	맛							후미				
	단맛	짠맛	신맛	쓴맛	생 밀가루맛	발효맛	곡물맛	가루끼	단맛	신맛	짠맛	
DNS-2	5.65	2.85	4.84	3.22	7.17	4.71	4.08	4.32	5.57	3.26	4.69	
#1(Control 14%)	5.33	3.26	4.78	3.70	5.87	4.99	4.53	5.65	4.77	3.83	4.83	
#2(Control 16%)	5.42	3.96	5.28	4.53	5.97	6.01	5.55	5.91	4.56	3.88	4.64	
#5(고전압 14%)	5.46	3.66	5.01	3.87	6.18	5.28	4.83	5.18	4.64	3.76	4.84	
#6(고전압 16%)	5.03	3.56	5.44	4.08	6.37	5.57	5.24	5.94	4.63	3.52	4.71	

¹ 12명 전문 패널의 평균값

- 수분함량 14%, 16% 금강 원맥의 고전압 처리 유무에 따라 제분한 밀가루와 DNS 밀가루로 만든 식빵 5점에 대한 정량적 묘사분석 결과를 주성분 분석한 결과(그림 3-1-143), 주성분 1에 의해 총변동의 62.19%, 주성분 2에 의해 20.30% 설명할 수 있었으며, 대부분의 바람직한 특성은 주성분 1의 (-) 방향에 있었으며, DNS, control 14% 및 고전압 14%가 주성분 1의 (-) 방향에 존재하였음
- 고전압처리 유무에 관계없이 수분함량 16%에서 제분된 밀가루로 만든 식빵은 주성분 1의 (+) 방향에 위치하였으며, 색, 기공의 크기, 표면 거칠음성, 가루끼, 부서짐성 등이 높게 나타났음

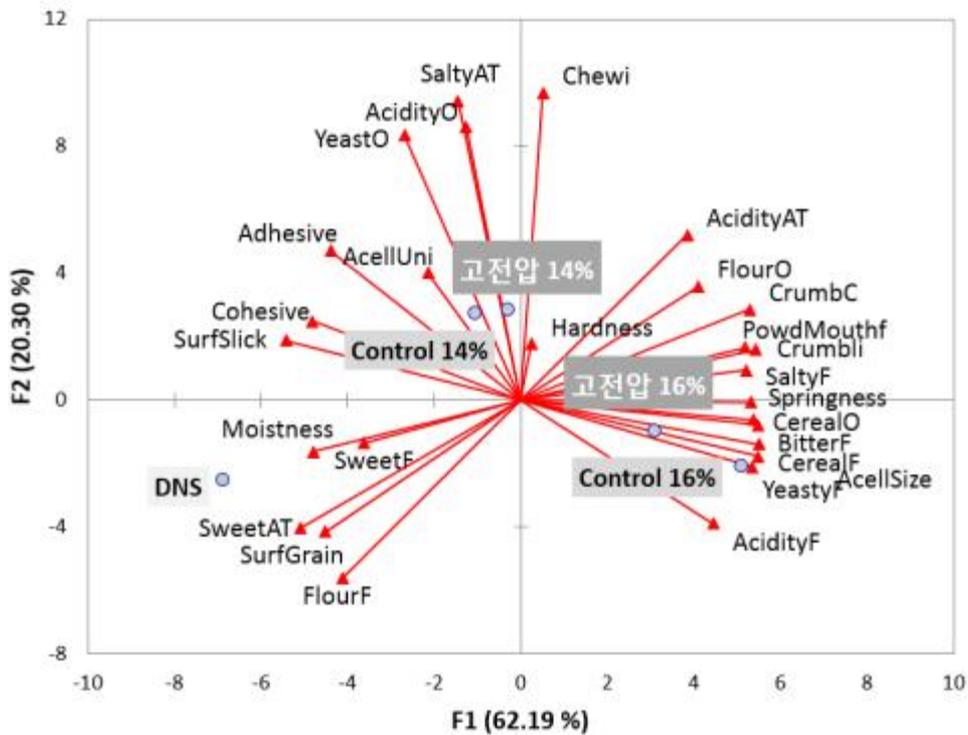


그림 3-1-143. 주성분 1(x)와 2(y) 좌표 상에서의 수분 14%, 16% 원맥의 고전압 처리 유무에 따라 제분한 밀가루와 DNS 밀가루로 만든 식빵 5점에 대한 정량적 묘사분석 특성 및 5점 식빵의 위치

- 전반적으로 본 연구결과는 수분함량 16%에서 고전압 처리하였을 때 밀가루의 품질 개선 가능성을 보여주었음

(나) 산화제 및 효소 복합 처리 식빵의 소비자 검사

① 효소 및 산화제 복합사용 밀가루로 제조한 식빵의 소비자 기호도

○ 효소 및 산화제 복합사용 밀가루로 제조한 식빵의 소비자 기호도 검사 결과(표 3-1-143) 조직감 및 전반적인 기호도에서 시료 간 유의적인 차이가 나타났음. DNS, #10(TGase 0.5%, Pentopan 0.01%, L-ascorbic acid 0% 포함밀가루)의 조직감 기호도가 높게 나타났으며, #11(TGase 0%, Pentopan 0.01%, L-ascorbic acid 0.005% 포함 밀가루), #14(TGase 0.1%, Pentopan 0.01%, L-ascorbic acid 0.005% 포함 밀가루)는 비교적 낮게 나타났음. 또한 전반적인 기호도는 #10 시료로 제조한 식빵이 #11 보다 유의적으로 높았으며, 다른 시료와는 유의적인 차이가 없었음

표 3-1-143. 효소 및 산화제 복합사용 밀가루로 제조한 이스트식빵의 소비자 기호도 결과¹

시료 ²	소비자 기호도				
	향	외관	맛	조직감**	전반적**
1	5.85	6.16	5.55	5.56 ^{abc}	5.60 ^{ab}
2	5.73	5.97	5.62	5.59 ^{abc}	5.71 ^{ab}
3	5.85	6.26	6.17	5.83 ^{abc}	6.08 ^{ab}
4	5.57	5.79	5.42	5.35 ^{abc}	5.44 ^{ab}
5	5.55	5.79	5.57	5.56 ^{abc}	5.73 ^{ab}
6	5.46	5.73	5.54	5.38 ^{abc}	5.59 ^{ab}
7	5.91	5.79	5.66	5.63 ^{abc}	5.74 ^{ab}
8	5.56	5.77	5.40	5.32 ^{abc}	5.47 ^{ab}
9	5.76	5.93	5.72	5.59 ^{abc}	5.80 ^{ab}
10	6.20	6.15	6.00	5.87^{ab}	6.16^a
11	5.70	5.76	5.42	5.18 ^{bc}	5.32 ^b
12	5.78	5.96	5.86	5.79 ^{abc}	5.93 ^{ab}
13	5.62	5.83	5.62	5.56 ^{abc}	5.68 ^{ab}
14	5.58	5.60	5.52	5.04 ^c	5.42 ^{ab}
15	5.52	5.85	5.66	5.61 ^{abc}	5.60 ^{ab}
DNS	5.82	6.09	5.81	6.00 ^a	5.94 ^{ab}

¹ 소비자 100명의 평균값; 1=대단히 싫어한다 9=대단히 좋아한다

² 시료에 대한 자세한 설명은 본문 91페이지 '(가) 산화제 및 효소의 복합 처리 방법' 참조
abc column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임

** 시료가 p=0.01수준에서 유의적인 차이가 있음

- 소비자들이 생각하는 이상적인 식빵특성에 비교한 효소 및 산화제 복합사용밀가루로 제조한 식빵의 특성은 그림 3-1-144에 있음. 소비자들이 생각하는 이상적인 식빵의 특성은 실제 평가한 식빵시료보다 기공균일성, 밀크향미, 버터향미, 촉촉함성, 부드러움성이 크고, 기공의 크기가 적고, 이스트향미가 낮은 식빵을 원하고 있음

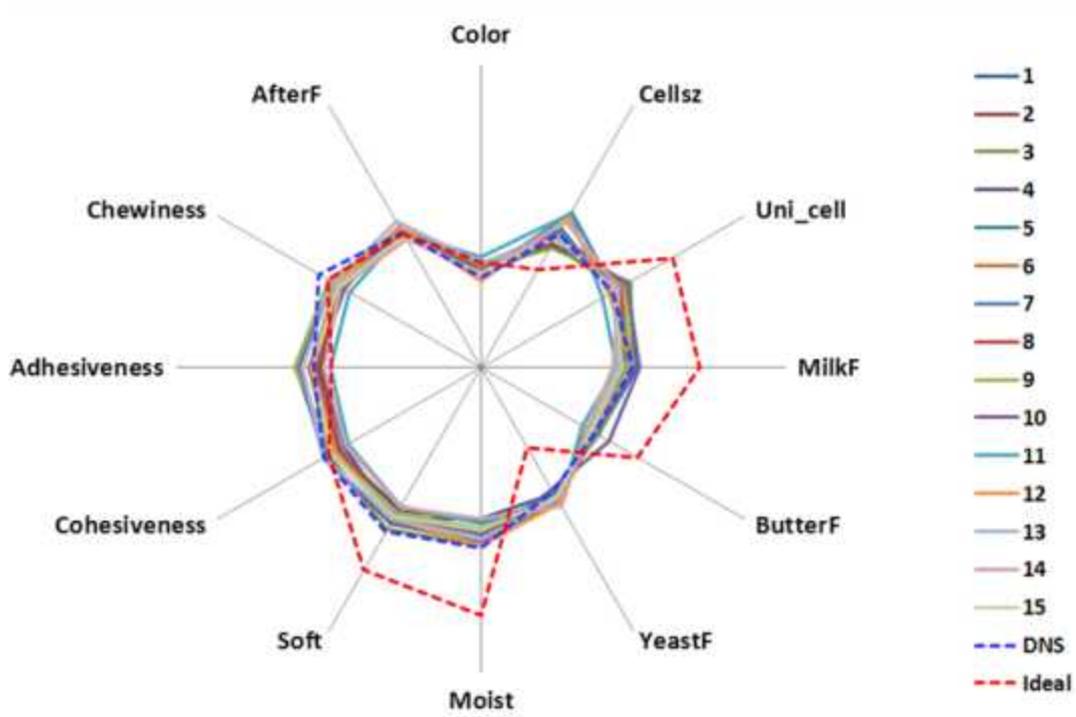


그림 3-1-144. 소비자들이 생각하는 이상적인 식빵 특성에 비교한 효소 및 산화제 복합사용밀가루로 제조한 식빵의 특성

② 베이커리 제품의 소비행태 분석 (Prescore card)

- 베이커리 제품의 소비행태 분석을 위해 설문에 응한 소비자 100명 중 20대는 26.0%, 30대는 27.0%, 40대는 17.0%, 50대는 29.0%, 60대는 1.0% 였음

표 3-1-144. 조사 표본의 연령별 분포

구분	빈도(비율 %)
20-29세	26(26.0%)
30-39세	27(27.0%)
40-49세	17(17.0%)
50-59세	29(29.0%)
60-69세	1(1.0%)
총 계	100 명

- 소비자가 식빵을 얼마나 좋아하는지를 9점 항목척도로 나타나게 하였음. 식빵 기호도는 평균 6.67점으로 본 검사에 참여한 대부분의 소비자들은 식빵을 좋아하는 소비자들이었음. 보통 좋아한다(7점)가 37%로 가장 많았고, 그저 그렇다(5점) 19.0%, 많이 좋아한다(8점) 17.0% 등으로 나타났음

표 3-1-145. 조사 표본의 식빵에 대한 기호도

	빈도(비율)
대단히 좋아한다 (9)	10(10%)
많이 좋아한다	17(17.0%)
보통 좋아한다	37(37.0%)
약간 좋아한다	11(11.0%)
그저 그렇다(5)	19(19.0%)
약간 싫어한다	4(4.0%)
보통 싫어한다	1(1.0%)
많이 싫어한다	1(1.0%)
대단히 싫어한다 (1)	0(0%)
평균	6.67 점

- 식빵 혹은 빵의 구매빈도는 1회/달 이상 ~ 4회/달 미만인 45.0%가 가장 많았으며, 1회/주 이상은 37.0%, 1회/6달 이상 ~ 6회 미만/6달은 17.0%, 1회 이하/년은 1.0%로 나타남

표 3-1-146. 식빵 혹은 빵의 구매빈도

구분	빈도(비율 %)
1회/주 이상	37(37.0%)
1회/달 이상 ~ 4회/달 미만	45(45.0%)
1회/6달 이상 ~ 6회 미만/6달	17(17.0%)
1회 이하/년	1(1.0%)

- 식빵 혹은 빵 구매 시 중요도 순위는 첫 번째는 맛, 두 번째는 제조일자, 세 번째는 가격, 제조업체, 외관 등의 순으로 나타났으며, 재료의 생산방법이나 상품명은 비교적 덜 중요한 것으로 나타남

표 3-1-147. 식빵 구매 시 중요도 순위

	빈도(순위)					중요도 ¹
	첫 번째	두 번째	세 번째	네 번째	다섯 번째	
가격	4	20	30	12	21	235
외관	5	11	11	17	17	153
맛	57	18	10	8	3	406
영양	7	15	8	9	8	145
제조일자	15	16	20	16	13	244
제조업체	6	10	9	13	11	134
상품명	2	5	2	3	3	45
재료의 원산지(국산, 수입)	0	2	5	15	14	67
재료의 생산방법	3	3	4	7	9	62
기타	1	0	1	0	1	9

¹ 중요도 = (첫 번째×5)+(두 번째×4)+(세 번째×3)+(네 번째×2)+(다섯 번째×1)

- 식빵 혹은 빵의 보관 방법으로는 상온에서 보관한다고 답한 소비자가 가장 많았으며(68.0%), 냉장고에서 보관(19.0%), 냉동고에서 보관(13.0%) 순으로 답하였음

표 3-1-148. 구입한 식빵의 보관 방법

구분	빈도(비율 %)
상온	68(68.0%)
냉장고	19(19.0%)
냉동고	13(13.0%)

- 소비자들이 평소 아침에 빵을 먹는 횟수는 1~2회/주가 57.0%로 가장 많았으며, 0회는 26.0%, 3~4회/주는 15.0%, 5~6회/주는 1.0%, 7회/주 는 1.0%로 나타남

표 3-1-149. 평상 시 일주일동안 아침에 빵을 먹는 횟수

구분	빈도(비율 %)
0회 (전혀 없음)	26(26.0%)
1~2회/주	57(57.0%)
3~4회/주	15(15.0%)
5~6회/주	1(1.0%)
7회/주	1(1.0%)

- 우리밀로 만든 식빵을 구매할 의향이 있는지에 대해서는 구매 의향이 있다고 답한 소비자가 81.0%였으며, 구매할 의향이 없다고 답한 소비자는 19.0%로 나타났음

표 3-1-150. 우리밀로 만든 식빵에 대한 구매의향

구분	빈도(비율 %)
있다	81(81.0%)
없다	19(19.0%)

- 우리밀로 만든 식빵에 대해 구입 의향이 있다면 최대한 얼마까지 지불할 의향이 있는지에 대해서는 3000원 이상~5000원 미만이라고 답한 소비자가 7.0%로 가장 많았으며, 3000원 미만이 23.0%, 5000원 이상~7000원 미만이 4.0%, 7000원 이상은 1.0%로 나타났음

표 3-1-151. 우리밀 식빵에 대한 지불의향 가격

구분	빈도(비율 %)
3000원 미만	23(23.0%)
3000원 이상~5000원 미만	72(72.0%)
5000원 이상~7000원 미만	4(4.0%)
7000원 이상~9000원 미만	1(1.0%)
9000원 이상	0(0%)

- 수입밀과 차별화된 안전하고 기능성이 강화된 우리밀로 만든 식빵이 있다면 구매할 의향이 있는지에 대해서는 구매할 의향이 있다고 대답한 소비자는 95.0%로 나타났으며 구매 의향이 없다고 답한 소비자는 5.0%였음

표 3-1-152. 수입밀과 차별화된 안전하고 기능성이 강화된 우리밀로 만든 식빵의 구매의향

구분	빈도(비율 %)
있다	95(95.0%)
없다	5(5.0%)

- 또한 그 식빵에 대해 구입 의향이 있다면 최대한 얼마까지 지불할 의향이 있는지에 대해서는 3000 원 이상~5000원 미만인 68.0%로 가장 많았으며 5000원 이상~7000원 미만인 18.0%, 3000원 미만이 10.0%, 7000원 이상~9000원 미만이 4.0%로 나타났음

표 3-1-153. 수입밀과 차별화된 안전하고 기능성이 강화된 우리밀로 만든 식빵의 지불의향 가격

구분	빈도(비율 %)
3000원 미만	10(10.0%)
3000원 이상~5000원 미만	68(68.0%)
5000원 이상~7000원 미만	18(18.0%)
7000원 이상~9000원 미만	4(4.0%)
9000원 이상	0(0%)

마. 산화제 및 제빵효소의 최적조건

- 산화제 및 제빵효소 복합사용에 의한 물성개선 및 소비자 기호도 검사 수행은 반응표면 분석에 의해 각 특성별 optimal values을 산출할 수 있었음. 각 특성별(반죽, 빵, 소비자 기호도) optimal values을 바탕으로 식빵제조 후 제빵특성 수행 후 그 결과는 그림 3-1-145, 그림 3-1-146에 있음
 - 반죽의 optimal value는 Transglutaminase는 0.22g/100g, Xylanase는 0.14g.100g, L-ascorbic acid는 0.001g/100g 이었으며, 빵의 optimal value는 Transglutaminase는 0.071g/100g, Xylanase는 0.033g.100g, L-ascorbic acid는 0.004g/100g 이었음. 소비자 기호도의 optimal value는 Transglutaminase는 0.426g/100g, Xylanase는 0.016g.100g, L-ascorbic acid는 0.005g/100g였음
 - 각 특성들의 optimal value로 제조한 식빵들은 대조구(control)보다 높은 비용적 및 낮은 경도를 보였으며, 식빵의 사진은 그림 3-1-147에 있음

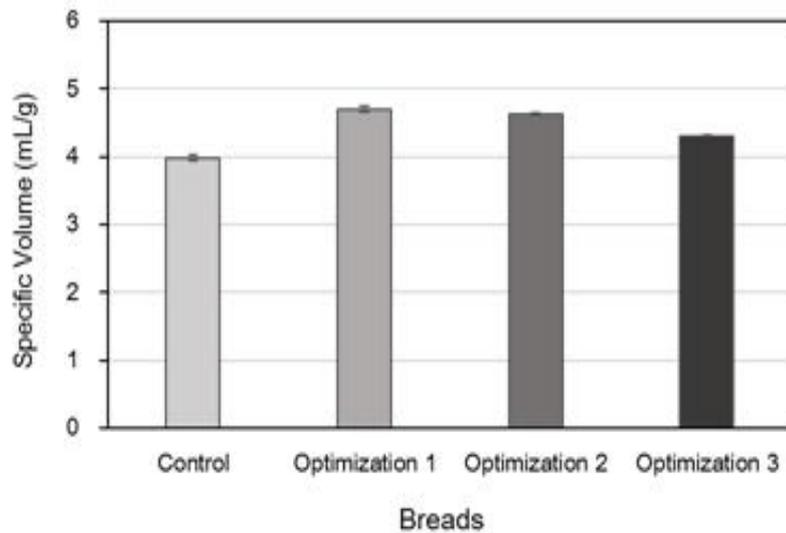


그림 3-1-145. 반응표면 분석에 의한 반죽(optimization1), 식빵(optimization2), 소비자 기호도(optimization3) optimal value로 제조한 식빵의 비용적

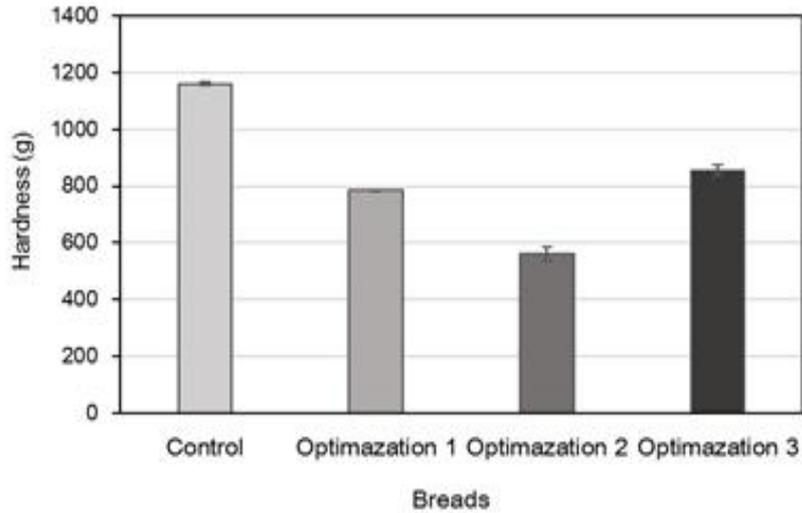


그림 3-1-146. 반응표면 분석에 의한 반죽(optimization1), 식빵(optimization2), 소비자 기호도(optimization3) optimal value로 제조한 식빵의 경도

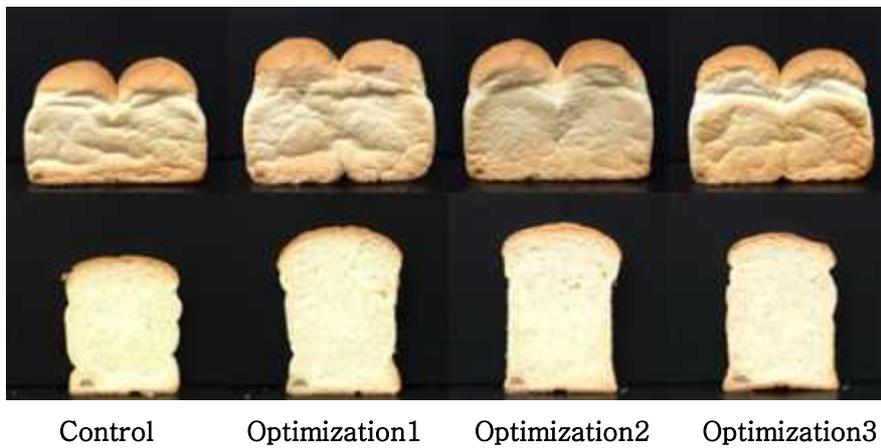


그림 3-1-147. 반응표면 분석에 의한 반죽(optimization1), 식빵(optimization2), 소비자 기호도(optimization3) optimal value로 제조한 식빵의 사진

- Transglutaminase(TGase), Xylanase(Xyl), L-ascorbic acid(L-AA)처리 밀가루의 반죽, 제빵, 소비자 기호도 특성들의 자료를 주성분 분석한 결과는 그림 3-1-148에 있음. 주성분 1은 총변동의 40.04%, 주성분 2는 20.12% 설명하였음. 주성분 1의 (+)은 소비자 기호도 특성들과 상관있었으며, 주성분 1의 (-)는 반죽의 extensibility, mixing tolerance, 식빵의 specific volume의 특징과 상관있었음. 특히, TGase는 소비자 기호도 특성과 상관이 있었으며, Xyl은 빵의 비용적이나 반죽의 신장성과 상관이 있었음

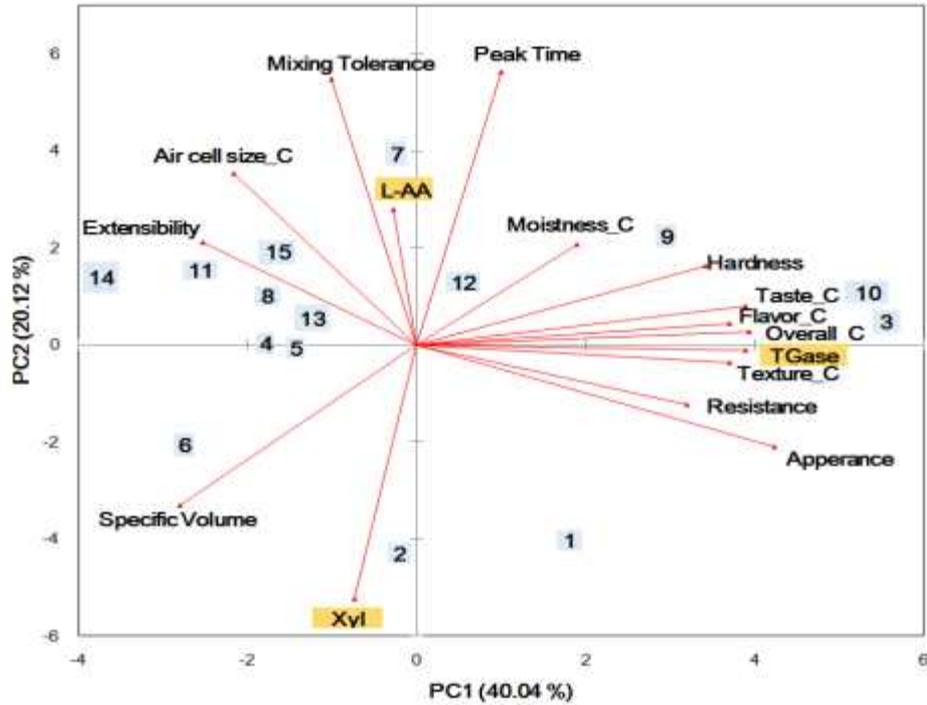


그림 3-1-148. TGase, Xyl, L-AA처리 밀가루의 반죽, 제빵 및 소비자 특성의 주성분

- 반응표면 분석을 통한 각 특성들 optimal values에 의한 superimposed contour plots은 그림 3-1-149에 있음. 그 결과 final optimal value는 Transglutaminase는 0.36g/100g, Xylanase는 0.026g.100g, L-ascorbic acid는 0.005g/100g 이었음. 이 결과는 제빵적성이 떨어지는 우리밀의 premix제품 개발에 활용할 수 있을 것으로 기대됨

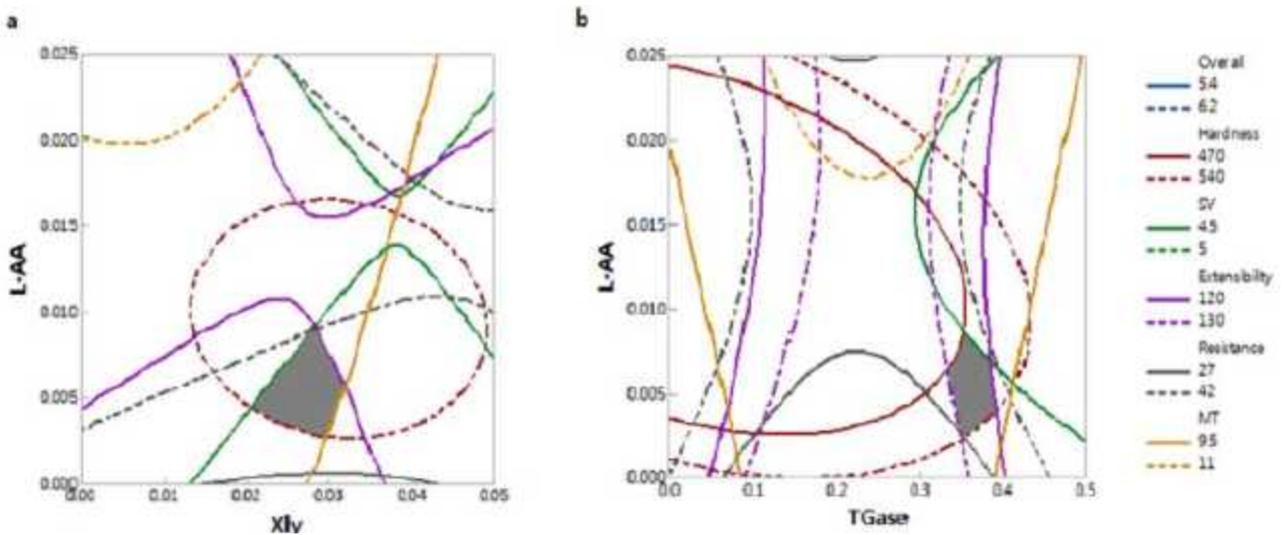


그림 3-1-149. 반응표면 분석을 통한 각 특성들 optimal values에 의한 superimposed contour plots

5. 우리밀을 활용한 기능성 소재 및 제빵 신제품 개발

가. 우리밀의 고부가가치 신소재 및 제품기술개발

(1) 실험재료

(가) 밀기울을 이용한 제빵제품의 전처리 및 가공 최적화

- 밀기울 혼합비율 조절 및 전처리 가공방법 최적화 실험에 사용된 밀기울 및 밀가루는 CJ 제일제당으로부터 제공되었음

(나) 청밀 전밀가루를 이용한 제품개발

- 2014년, 2015년 수확된 청밀을 기류분쇄에 의해 제분한 전밀가루의 다양한 용도별 제품 실험을 수행하였음. 추가적으로, 시판 우리밀 밀가루(CJ제일제당, 한국) 및 합천 우리밀 통밀가루(합천우리밀영농조합법인, 한국)을 이용하여 사용하였음

(2) 실험방법

(가) 밀기울을 이용한 제빵제품의 전처리 및 가공 최적화

① 밀기울의 전처리 및 밀기울별 혼합 비율

- 밀기울은 40℃ 열풍건조기에서 수분함량 6% 정도까지 건조 후 Hammer Mill(Daega Powder System Co. LTD., 한국) 및 Air Jet Mill(Daega Powder System Co. LTD., 한국)으로 분쇄하여 사용하였음. Hammer mill은 300 µm sifter를 장착 후 속도 40m/s로 분쇄하였으며, Air jet mill의 분쇄조건은 air pressure는 8 bar, feed rate은 0.71 kg/h, vibration rate of feeder는 70% 였음
- 밀가루 중량대비 Hammer mill과 air jet mill에 의해 전 처리된 밀기울은 0, 5, 10, 15, 20, 25% 대치하여 혼합 후 이화학 및 가공적성 분석을 하였음

② 일반성분(수분, 회분, 단백질, 지방, 총 식이섬유), 글루텐, 색도, 백도, 입자크기

- 일반성분(수분, 회분, 단백질함량)은 AACC Method 44-15A, 08-01, 46-12(2000)에 따라, 식이섬유 함량은 AACC Method 32-07에 따라 분석하였음. 전분손상도는 Damaged starch analyzer (SDmatic, Chopin technologies, France)를 이용하여 AACC Method 76-31에 따라 측정하였음
- 색도는 색도계(Spectrophotometer CM-700d, KONICA Minolta, Japan)을 이용하여 L(Lightness) 값, a(redness)값 및 b(yellowness)값을 측정하였으며, 백도는 백도계(C-100, Kett Electronics,

Lab, Tokyo, Japan)를 이용하여 측정하였음. 입자크기는 Particle size analyzer(1190, CILAS, France)에 의해 측정하였음

③ Mixolab에 의한 반죽의 특성

- 밀가루의 반죽 특성은 Mixolab(Chopin, TripetteetRenud, Paris, France)을 이용하여 측정하였음. 밀가루를 Mixolab bowl에 넣고 dough consistency(C1)값이 1.1 Nm에 도달하도록 물을 첨가하였음. Chopin+ 프로그램에 따라 반죽을 혼합하면서 30℃에서 8분간 유지한 후 90℃ 까지 4℃/min으로 15분간 가열하였음. 90℃에 도달 후 7분간 온도를 일정하게 유지하고 5분간 4℃/min로 냉각하여 5분간 50℃에서 유지하였음



그림 3-1-150. 밀기울별 밀가루의 반죽 특성 분석에 사용된 Mixolab

④ 이스트 식빵의 제조 및 제빵특성 (volume, weight, specific volume, hardness, color)

- 이스트 식빵의 제조는 AACC Method 10-10B를 수정한 방법⁹⁾으로 제조하였음. 수정내용은 AACC 방법의 malt flour, ascorbic acid, potassium bromate대신 제빵 개량제(엑셀, (주)선인, 충남 아산, 한국)을 0.2% 첨가하였음. 수분 양은 mixolab의 water absorption을 참조하였음
- 식빵의 volume, weight, specific volume은 Volscan profiler(model Volscan profiler, Stable Micro System Ltd., Haslemere, England)를 이용하여 측정하였음
- 식빵의 Hardness는 식빵의 crumb 부분을 25 mm 높이로 자른 후 Texture analyser(model TA-XT plus, Stable Micro System Ltd., Haslemere, England)로 측정하였음. 측정 조건은 36 mm plunger를 이용하여 return distance 30 mm, return speed 10 mm/sec, contact force 50g으로 측정하였음

⑤ 이스트 식빵의 항산화활성 분석

- 밀기울별 밀가루로 제조한 식빵의 항산화력 측정을 위해, 식빵을 동결 건조 후 Free phenolic compounds를 추출하기 위해 시료 1g에 80% chilled ethanol 20ml 을 넣어 10분간 추출 후 8000rpm에서 20분간 원심분리 후 상등액을 취하였음. 위 과정을 2번 반복 후 상등액을 모아 evaporator(HS-2001N, Hahnshin Sicence Co., Korea)를 이용하여 5ml 이하로 농축 후 80% ethanol로 최종 volume이 10ml이 되도록 녹여 0.2 μ m filter로 filtering 후 사용하기 전까지 -20 $^{\circ}$ C 에 보관하였음
- ABTS assay는 Rosa 등(2013)의 방법을 일부 수정하여 측정하였음. 먼저 ABTS radical cation (ABTS^{•+})은 7.4mM ABTS와 2.45mM potassium persulfate를 16시간동안 암소에서 반응시킨 후 734nm에서 흡광도를 0.70 \pm 0.1로 methanol로 희석하였음. ABTS^{•+} solution 1960 μ L와 40 μ L의 test sample을 6분간 반응시킨 후 734nm에서 흡광도를 측정하였음. Trolox standards는 0-2mM의 흡광도 측정값으로 standard curve를 만든 후에 이를 이용하여 각 샘플들의 Trolox equivalents (TE)를 계산하여 antioxidant capacity는 μ mol TE/g로 나타내었음
- Oxygen radical absorbance capacity (ORAC)는 Moore등(2005)의 방법으로 수행하였음. 96 well micro plate에 75 mM phosphate buffer (pH 7.4)에 녹인 200 μ L의 fluorescein solution과 20 μ L의 각 시료의 free phenolic extract 및 bound phenolic extract를 넣고 20 μ L의 79.6 μ M AAPH(2,2'-azobis(2-amidinopropane)dihydrochloride)를 잘 혼합한 후 37 $^{\circ}$ C incubator를 장착한 Spectra Max[®] i3(Molecular Devices, USA)를 이용해 excitation wavelength 485 nm, emission wavelength 520 nm의 파장에서 fluorescein intensity를 측정하였음. Fluorescein intensity는 1분 간격으로 측정되었으며, 최종결과는 시료의 fluorescein intensity와 blank의 fluorescein intensity의 차이로 계산하였고 표준물질로는 Trolox를 사용하였음

(나) 청밀 전밀가루를 이용한 제품개발

① 마들렌의 제조

- 마들렌은 김(2002)에 따라 제조되었음. 마들렌 제조에 이용된 밀가루는 시판 우리밀 밀가루(CJ제일제당, 한국), 2015년 청밀 전밀가루이며 배합비는 표 3-1-154에 있음. 가루 재료와 계란을 믹서(K5SS Stand mixer, Kitchenaid, USA)의 mixing bolw에 넣어 4단에 2분간 혼합 후 설탕을 첨가하여 4단에서 4분간 혼합함. 버터를 넣은 후 2단에서 1분간 혼합 후 8단에서 30초간 믹스함. 조개모양의 마들렌 틀에 팬 오일을 바르고 반죽 19g씩 팬닝함. 상판 160℃, 하판 180℃의 오븐(Daeyung machinery CO., 한국)에서 12분간 구운 후 상온에서 식힌 후 특성 분석하였음

표 3-1-154. 시판 우리밀, 청밀 전밀의 마들렌 재료 배합비

	우리밀		청밀 전밀	
	비율(%)	중량(g)	비율(%)	중량(g)
밀가루	100.0	400	100.0	400
설탕	73.0	292	73.0	292
계란	90.0	360	90.0	360
버터	90.0	360	90.0	360
베이킹파우더	2.5	10	2.5	10

② 마들렌의 volume, weight, specific volume 및 색도

- 마들렌의 volume, weight, specific volume을 Volscan profiler(model Volscan profiler, Stable Micro System Ltd., Haslemere, England)를 이용하여 측정하였으며, 색도는 색도계(Spectrophotometer CM-700d, KONICA Minolta, Japan)을 이용하여 L(Lightness)값, a(redness)값 및 b(yellowness)값을 측정하였음

③ 마들렌의 Texture profile analysis(TPA)

- 마들렌의 Texture profile analysis(TPA)는 20x20x20 mm 씩 잘라 2 bite compression 에 의해 Texture analyser(model TA-XT plus, Stable Micro System Ltd., Haslemere, England)로 hardness, adhesiveness, springness, cohesiveness, chewiness를 측정하였음. 측정 조건은 50mm plunger를 이용하여 crosshead speed 10mm/sec로 시료를 2번 compress(40%) 하였음

④ 밀가루, batter 및 마들렌의 항산화활성 분석

- 마들렌의 가공 중 항산화력 수치 변화를 알아보기 위해, 마들렌 가공에 쓰였던 밀가루, 반죽(batter) 및 마들렌을 동결 건조 후 3. 수입밀과 차별화된 우리밀의 기능성 탐색, 나. 청밀의 기능성 탐색, (2) 실험방법의 항산화물질 추출 및 ORAC, ABTS assay와 동일한 방법으로 수행하였음

⑤ 청밀 전밀가루를 이용한 용도별 제품들

㉞ 파니니 제조

- 파니니는 김(2002)¹²⁾에 따라 제조되었음. 시판 우리밀(CJ 제일제당, 한국), 시판 우리밀 통밀루(합천 우리밀영농조합법인, 한국) 및 2015년 청밀 전밀가루를 다양한 배합비에 따라 제조하였음(표 3-1-155, 표 3-1-156)
- 배합비에 따라 가루 재료를 mixer(K5SS, Kitchenaid, USA)의 mixing bowl에 넣어 2단에 1분간 혼합 후 올리브유, 물을 첨가 후 4단으로 2분간, 10단으로 7분간 혼합함. 1차 발효 조건은 발효조(Daeyung machinery CO., 한국)의 온도 27℃, 습도 80%에서 50분간 발효 후 100g씩 분할하여 성형 후 식빵 팬 (125×55×50mm)에 팬닝 후 발효조의 온도 30℃, 습도 80%에서 30분 2차 발효를 하였음. 2차 발효 후 상판 170℃, 하판 195℃의 오븐(Daeyung machinery CO., 한국)에서 20분간 구운 후 상온에서 식힌 후 volume, weight, specific volume을 측정하였음

표 3-1-155. 시판 우리밀 밀가루, 청밀 전밀가루의 혼합비에 의한 파니니 재료 배합비

	Control		청밀전밀 10%		청밀전밀 20%		청밀전밀 30%		청밀전밀 40%	
	비율(%)	중량(g)	비율(%)	중량(g)	비율(%)	중량(g)	비율(%)	중량(g)	비율(%)	중량(g)
CJ 우리밀	100	300	90	270	80	240	70	210	60	180
청밀 전밀	0	0	10	30	20	60	30	90	40	120
dry 이스트	1.7	5.1	1.7	5.1	1.7	5.1	1.7	5.1	1.7	5.1
설탕	2	6	2	6	2	6	2	6	2	6
소금	2	6	2	6	2	6	2	6	2	6
올리브유	12	36	12	36	12	36	12	36	12	36
물	68	204	68	204	68	204	68	204	68	204

표 3-1-156. 시판 우리밀 통밀가루, 청밀 전밀가루의 혼합비에 의한 파니니 재료 배합비

	Control		청밀전밀 10%		청밀전밀 20%		청밀전밀 30%		청밀전밀 40%	
	비율(%)	중량(g)	비율(%)	중량(g)	비율(%)	중량(g)	비율(%)	중량(g)	비율(%)	중량(g)
합천조경 통밀	100	300	90	270	80	240	70	210	60	180
청밀 전밀	0	0	10	30	20	60	30	90	40	120
dry 이스트	2	6	2	6	2	6	2	6	2	6
설탕	2	6	2	6	2	6	2	6	2	6
소금	2	6	2	6	2	6	2	6	2	6
올리브유	12	36	12	36	12	36	12	36	12	36
물	70	210	70	210	70	210	70	210	70	210

㊤ 카스테라 제조

○ 시판 우리밀 밀가루와 청밀 전밀가루의 카스테라는 김(2002)¹²⁾에 따라 제조되었음

- Mixer(K5SS Stand Kitchenaid, USA)의 mixing bowl에 계란 노른자를 넣어 8단에서 2분간 믹스 후 설탕 1/2을 넣고 10단에서 8분간 혼합하였음. 다른 mixing bowl에 계란 흰자를 넣고 8단에서 2분간 믹스 후 설탕 1/2을 넣어 단단한 머랭 상태가 될 때까지 10단에서 8분간 혼합함. 노른자 거품 낸 볼에 표 3-1-157의 배합비에 있는 밀가루 양의 1/2을 넣어 실리콘 주걱으로 10번 섞은 후 흰자 머랭 1/2과 나머지 밀가루 1/2을 넣고 실리콘 주걱으로 10번 섞음. 남은 흰자 머랭을 넣고 실리콘 주걱으로 5번 섞은 후 전자레인지에 1분 30초간 가열한 우유와 버터를 넣어 주걱으로 10번 섞어줌. 카스테라틀에 유산지를 깔고 반죽 120g씩 팬닝하여 상판 165℃, 하판 170℃의 오븐(Daeyung machinery CO., 한국)에서 40분간 구운 후 상온에서 식힌 후 volume, weight, specific volume을 측정하였음

표 3-1-157. 시판 우리밀 밀가루, 청밀 전밀가루의 카스테라 재료 배합비

	시판 우리밀		청밀 전밀가루	
	비율(%)	중량(g)	비율(%)	중량(g)
밀가루	100.0	80.0	100.0	80.0
설탕	125.0	100.0	125.0	100.0
계란 노른자	112.5	90.0	112.5	90.0
계란 흰자	140.6	112.5	140.6	112.5
우유	31.3	25.0	31.3	25.0
버터	25.0	20.0	25.0	20.0
소금	0.5	0.4	0.5	0.4
바닐라엑기스	1.0	8.0	1.0	8.0

㉔ 스폰지 케이크 및 무스 케이크 제조

○ (스폰지케이크) Mixer(K5SS Stand Kitchenaid, USA)의 mixing bowl에 계란을 넣어 2단에서 1분간 믹스 후 설탕과 물엿을 넣어 10단으로 6분간 믹스하여 크림상태가 되도록 거품을 만든 후 2단으로 30초간 믹스함. 표 3-1-158의 배합비에 있는 밀가루를 체에 두 번 내려 계란에 넣고 가볍게 실리콘 주걱으로 20번 섞음. 전자레인지 1분 30초간 가열한 버터를 넣어 실리콘 주걱으로 10번 섞음. 지름 30cm 원형 케이크 틀에 유산지를 깔고 460 g씩 팬에 넣어 상판 165℃, 하판 170℃의 오븐(Daeyung machinery CO., 한국)에서 40분간 구움

표 3-1-158. 시판 우리밀 밀가루, 청밀 전밀가루의 스폰지케이크 재료 배합비

	우리밀		청밀 전밀	
	비율(%)	중량(g)	비율(%)	중량(g)
밀가루	100.0	260	100.0	260
계란	144.2	375	144.2	375
설탕	71.2	185	71.2	185
물엿	34.6	90	34.6	90
버터	15.4	40	15.4	40
바닐라엑기스	3.8	10	3.8	10

○ (무스 케이크) 위의 스폰지 케이크를 두께 1.5cm, 지름 14cm로 자름. 무스는 표 3-1-159의 배합비에 있는 마스카르포네치즈와 크림치즈를 mixer(K5SS Stand Kitchenaid, USA)의 mixing bowl에서 4단에서 3분간 혼합 후 치즈가 분리되지 않도록 생크림을 첨가하여 2단에서 3분간 섞어 크림 상태가 되도록 혼합 후 레몬즙을 넣고 2단에서 10초간 혼합함. 파타복브(계란 노른자, 설탕을 중탕 후 젤라틴을 녹임)를 넣고 4단에서 3분간 혼합 후 쿠앵트로를 섞은 후 생크림을 첨가하여 거품기로 4단에서 2분간 혼합 후 치즈크림에 2-3회 나누어 섞어줌. 스폰지 케이크에 무스를 150g 을 넣은 후 스폰지케이크 시트를 얹고 다시 무스 100g을 채운 후 냉동고에서 3시간 이상 굳힘

표 3-1-159. 무스 재료 배합비

	중량(g)
마스카르포네치즈	105
크림치즈	105
생크림	210
레몬즙	5
달걀 노른자	60
설탕	90
판젤라틴	9
쿠앵트로	9
생크림	105

㉔ 머핀

- (머핀) Mixer(K5SS Stand Kitchenaid, USA)의 mixing bowl에 표 3-1-160의 배합비의 계란을 넣어 4단에서 2분간 혼합 후 설탕을 첨가 후 4단에서 4분간 믹스함. 밀가루와 베이킹파우더를 넣고 2단에서 1분간 혼합 후 식용유를 넣고 2단에서 1분씩 혼합 후 8단에서 30초간 믹스함. 바닐라 엑기스를 넣은 후 유산지를 깐 머핀 틀에 95g씩 팬닝 후 상판 160℃, 하판 170℃의 오븐(Daeyung machinery CO., 한국)에서 25분간 구운 후 상온에서 식힘

표 3-1-160. 시판 우리밀, 청밀 전밀가루의 머핀 재료 배합비

	우리밀		청밀 전밀	
	비율(%)	중량(g)	비율(%)	중량(g)
밀가루	100.0	200	100.0	200
갈색설탕	60.0	120	60.0	120
계란	80.0	160	80.0	160
카놀라유	50.0	100	50.0	100
베이킹파우더	3.0	6	3.0	6
바닐라엑기스	1.5	3	1.5	3

- (호박너트 머핀) Mixer(K5SS Stand Kitchenaid, USA)의 mixing bowl에 표 3-1-161의 배합비의 계란을 넣어 4단에서 2분간 혼합 후 설탕을 첨가 후 4단에서 4분간 믹스함. 밀가루와 베이킹파우더를 넣고 2단에서 1분간 혼합 후 식용유를 넣고 2단에서 1분씩 혼합 후 8단에서 30초간 믹스함. 바닐라 엑기스를 넣은 후 채썬 호박과 마카다미아를 넣어 가볍게 섞어줌. 유산지를 깐 머핀 틀에 110g씩 팬닝 후 상판 160℃, 하판 170℃의 오븐(Daeyung machinery CO., 한국)에서 25분간 구운 후 상온에서 식힘

표 3-1-161. 시판 우리밀, 청밀 전밀의 머핀 재료 배합비

	우리밀		청밀 전밀	
	비율(%)	중량(g)	비율(%)	중량(g)
밀가루	100.0	200	100.0	200
갈색설탕	60.0	120	60.0	120
계란	80.0	160	80.0	160
카놀라유	50.0	100	50.0	100
베이킹파우더	3.0	6	3.0	6
바닐라엑기스	1.5	3	1.5	3
जू키니	75.0	150	75.0	150
마카다미아	30.0	60	30.0	60

(3) 실험결과

(가) 밀기울을 이용한 제빵제품의 전처리 및 가공 최적화

- Hammer mill and Jet mill로 분쇄된 우리밀 밀기울의 입도 및 색도는 표 3-1-162에 있음. 분쇄되기 전의 밀기울은 분쇄된 밀기울 HMB 및 JMB와 비교하여 색도 및 입도에서 차이가 있었음. Jet mill (JMB)로 분쇄된 밀기울이 Hammer mill(HMB)로 분쇄된 밀기울보다 L value는 높았으며, a와 b value는 감소하였음

표 3-1-162. Hammer mill and Jet mill로 분쇄된 우리밀 밀기울의 입도 및 색도

	Particle size*** (mean diameter, μm)	Color		
		L***	a***	b***
Bran ¹	-	64.07 ^c	6.90 ^a	18.36 ^a
HMB ²	119.71	74.42 ^b	4.64 ^b	19.86 ^a
JMB ³	25.78	78.37 ^a	2.51 ^c	15.42 ^b

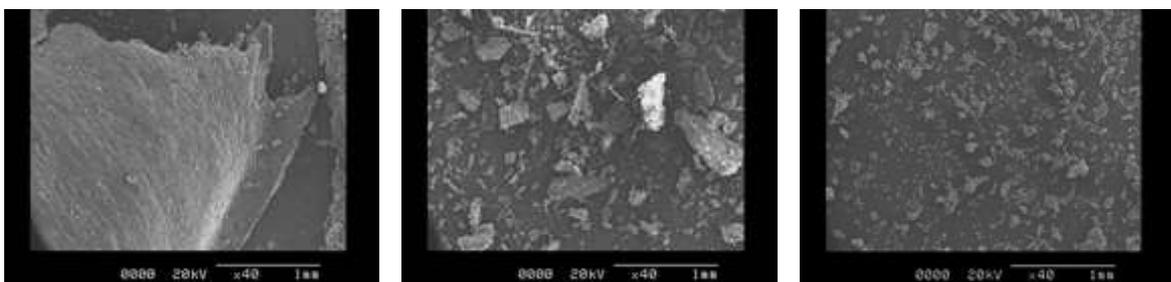
¹ 분쇄되기전 밀기울

² HMB는 hammer mill로 분쇄되어진 밀기울

³ JMB는 Jet mill로 분쇄되어진 밀기울

*** 시료가 p=0.001 수준에서 유의적인 차이가 있음

- Hammer mill과 Jet mill로 분쇄된 우리밀 밀기울의 미세구조를 관찰한 결과 JMB는 고른 입자형태에 반해 HMB는 고르지 않은 입자 형태를 보였음. 이러한 결과는 particle size distribution에서도 확인할 수 있음(그림 3-1-152). JMB의 particle size distribution의 분포는 HMB의 particle size distribution의 분포보다 좁은 범위 안에 있었음

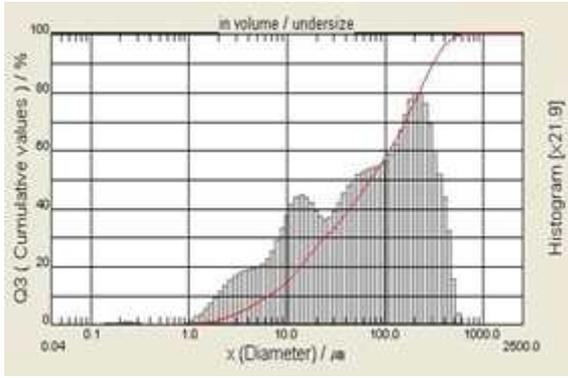


Bran

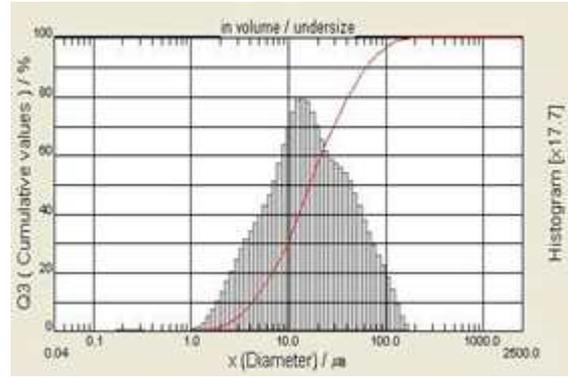
Bran ground by HM (HMB)

Bran ground by JM (JMB)

그림 3-1-151. Hammer mill and Jet mill로 분쇄된 우리밀 밀기울의 미세구조



Bran ground by HM (HMB)



Bran ground by JM (JMB)

그림 3-1-152. Hammer mill and Jet mill로 분쇄된 우리밀 밀기울의 particle size distributions

- HMB와 JMB로 분쇄된 우리밀 밀기울의 대체 비율(0, 5, 10, 15, 20, 25%)별 밀가루의 단백질, wet gluten, 회분, 총 식이섬유 및 색도는 표 3-1-163에 있음. 단백질, wet gluten, 회분, 총 식이섬유 및 색도는 밀기울 대체 비율에 의해 유의적인 차이가 있었음
 - 백밀가루의 단백질 및 wet gluten 함량은 각각 13.4%, 24.7%로 밀기울을 대체한 밀가루보다 높았으며, HMB 5%, 10% 대체한 밀가루의 글루텐 함량은 백밀가루와 유사한 수준이었음. 전체적으로, HMB와 JMB로 분쇄된 우리밀 밀기울의 대체 비율이 증가할수록 단백질 및 wet gluten 함량은 감소하였음
 - 반면, 백밀가루의 회분 및 총식이섬유 함량은 각각 0.67%, 1.80%로 밀기울을 대체한 밀가루보다 낮았으며, HMB와 JMB로 분쇄된 우리밀 밀기울의 대체 비율이 증가할수록 회분 및 식이섬유 함량은 증가하였음
 - JMB로 분쇄된 우리밀 밀기울의 대체 비율(0, 5, 10, 15, 20, 25%)별 밀가루는 HMB 대체 비율별 밀가루보다 L value는 낮았으며 b value는 높은 경향이 있었음

표 3-1-163. Hammer mill and Jet mill로 분쇄된 밀기울 대체비율별 일반성분 및 색도

	단백질 ¹ (%) ^{***}	Wet gluten ² (%) ^{***}	회분 ¹ (%) ^{***}	식이섬유 ¹ (%) ^{***}	Color		
					L ^{***}	a ^{***}	b ^{***}
백밀가루	13.4 ^h	24.7 ^a	0.67 ^f	1.80 ^k	94 ^a	0.27 ^e	8.9 ^e
5% HMB	12.7 ^g	23.0 ^{ab}	0.74 ^f	4.01 ^e	92 ^b	0.89 ^d	8.9 ^e
10% HMB	12.6 ^e	23.1 ^{ab}	1.10 ^d	7.19 ^g	92 ^b	1.23 ^{cd}	10.0 ^d
15% HMB	11.9 ^c	19.8 ^{cde}	1.36 ^c	9.54 ^e	90 ^c	1.68 ^{ab}	11.4 ^c
20% HMB	11.3 ^b	18.3 ^{de}	1.61 ^b	14.21 ^b	89 ^{de}	1.98 ^a	11.1 ^c
25% HMB	10.7 ^a	18.8 ^{de}	1.88 ^a	15.61 ^a	88 ^{de}	1.79 ^{ab}	11.0 ^c
5% JMB	12.9 ^f	21.9 ^{bc}	0.73 ^f	2.42 ^j	90 ^{cd}	0.88 ^d	10.3 ^d
10% JMB	12.4 ^e	20.5 ^{cd}	0.96 ^e	6.07 ^h	89 ^{de}	1.16 ^{cd}	11.3 ^c
15% JMB	12.3 ^d	20.6 ^{cd}	1.16 ^d	8.23 ^f	89 ^{de}	1.42 ^{bc}	12.2 ^b
20% JMB	11.8 ^{bc}	17.7 ^e	1.47 ^{bc}	10.69 ^d	88 ^{de}	1.47 ^{bc}	12.2 ^b
25% JMB	11.5 ^a	13.6 ^f	1.84 ^a	13.12 ^e	88 ^e	1.65 ^{ab}	12.9 ^a

¹ Dry weight basis
² 14% moisture weight basis
^{***} 시료가 p=0.001수준에서 유의적인 차이가 있음

○ Mixolab을 이용하여 밀기울 대체 비율(0, 5, 10, 15, 20, 25%)에 따른 밀가루의 반죽 특성을 분석한 결과는 그림 3-1-153, 그림 3-1-154와 표 3-1-164에 있음.

- 각 시료가 최적반죽점(1.1Nm)인 C1까지의 수분 흡수율(water absorption)은 백밀가루가 58로 가장 낮았고 밀기울 대체 함량이 증가할수록 수분 흡수율은 증가하였음. 밀가루의 흡수율은 여러 인자에 의하여 영향을 받으며 최 등에 따르면 밀가루에 식이섬유가 함유된 곡분을 첨가하면 흡수율이 증가한다는 결과와 유사하였음. 또한, JMB으로 대체된 밀가루의 흡수율은 대체적으로 HMB로 대체된 밀가루보다 수분 흡수율이 높았음. 이는 JMB의 입도 크기가 HMB의 입도 크기보다 작아 수화력과 수화속도를 증가시켜 수분흡수율이 증가시키는 것으로 추측되어짐
- 반죽의 수화속도를 나타내는 development time은 각 시료가 C1에 도달하는데 필요한 시간으로 대조구인 백밀가루의 development time이 가장 짧았음. 반죽의 stability time은 1.1 torque값을 유지하는 시간을 말하며 시료간의 유의적인 차이는 없었음

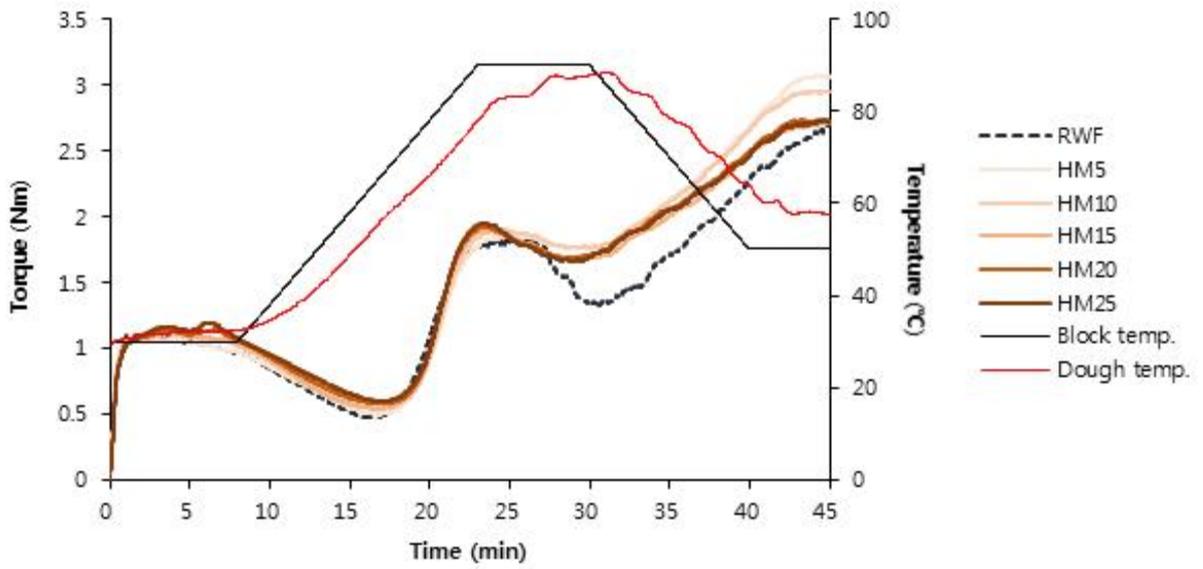


그림 3-1-153. Hammer mill로 분쇄된 밀기울 대치비율별 밀가루의 Mixolab curve

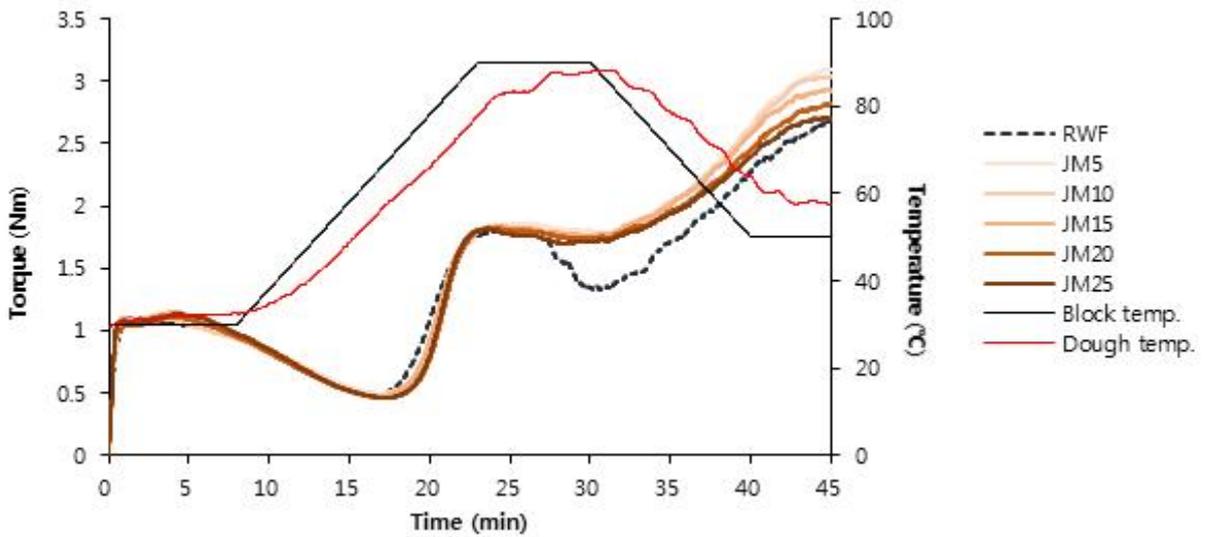


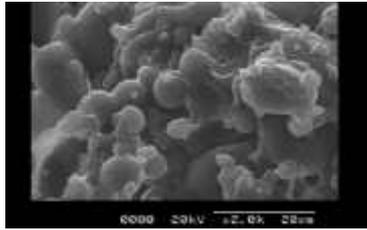
그림 3-1-154. Jet mill로 분쇄된 밀기울 대치비율별 밀가루의 Mixolab curve

표 3-1-164. Hammer mill and Jet mill로 분쇄된 밀기울 대체비율별 밀가루의 Mixolab에 의한 반죽특성

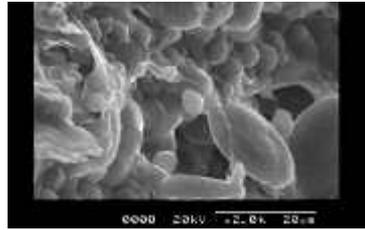
Sample	Torque (Nm)					Water absorption (%)***	Stability (min)	Dough development time (min)*
	C1**	C2***	C3**	C4***	C5**			
백밀가루	1.12bc	0.47 ^{bc}	1.82 ^b	1.32 ^b	2.69 ^{bc}	58e	7.19	1.70b
5% HMB	1.08 ^c	0.50 ^{cd}	1.86 ^{ab}	1.75 ^a	3.06 ^{ab}	59e	8.18	2.73ab
10% HMB	1.12 ^{bc}	0.54 ^{abc}	1.91 ^{ab}	1.76 ^a	2.95 ^{abc}	61d	8.18	3.50ab
15% HMB	1.13 ^{bc}	0.54 ^{bc}	1.91 ^{ab}	1.68 ^a	2.71 ^{bc}	63c	8.24	3.51ab
20% HMB	1.15 ^{abc}	0.57 ^{ab}	1.93 ^{ab}	1.67 ^a	2.72 ^{bc}	64b	8.19	5.06ab
25% HMB	1.20 ^a	0.60 ^a	1.96 ^a	1.64 ^a	2.73 ^{bc}	65b	7.43	6.33a
5% JMB	1.10bc	0.50 ^{cd}	1.87 ^{ab}	1.78 ^a	3.09 ^a	59e	7.95	2.11b
10% JMB	1.10 ^{bc}	0.47 ^d	1.84 ^b	1.75 ^a	3.03 ^{ab}	61d	7.82	3.54ab
15% JMB	1.16 ^{ab}	0.48 ^d	1.85 ^b	1.76 ^a	2.93 ^{abc}	64b	7.14	4.23ab
20% JMB	1.12 ^{bc}	0.46 ^d	1.83 ^b	1.73 ^a	2.83 ^{abc}	65b	7.05	4.14ab
25% JMB	1.15 ^{abc}	0.47 ^d	1.82 ^b	1.69 ^a	2.65 ^c	68a	7.48	4.56ab

*** 시료가 p=0.05, p=0.001수준에서 유의적인 차이가 있음

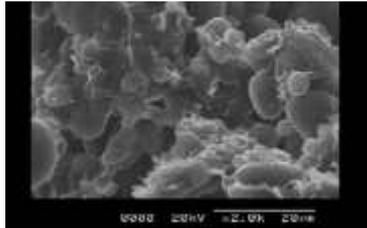
- HMB 및 JMB 대체 비율(0, 5, 10, 15, 20, 25%) 밀가루 반죽의 반죽 직후와 3차 발효 후의 미세구조를 촬영한 결과는 각각 그림 3-1-155, 그림 3-1-156에 나타내었음
- 대조구인 백밀가루는 최 등이 밝힌 것처럼 반죽의 전분입자의 표면이 매끄럽게 형성되어 있으며, 발효가 진행됨에 따라 반죽에 가스기공이 형성되어 있음
- 한편, 20%와 25% HMB나 JMB로 대체된 밀가루 반죽의 경우는 구조적으로 gluten matrix보다는 전분의 비율이 높고 분산되어 있으며 구조적으로 거칠어지는 것을 볼 수 있었음



백밀가루



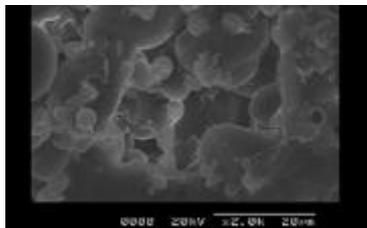
백밀가루



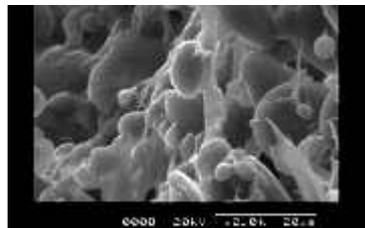
5% HMB



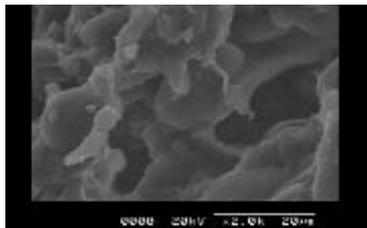
5% HMB



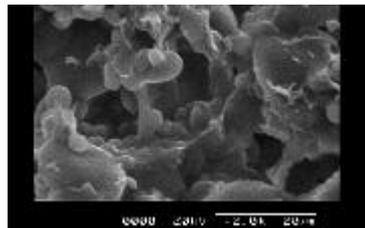
10% HMB



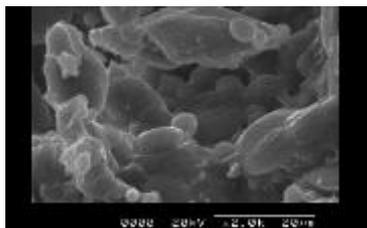
10% HMB



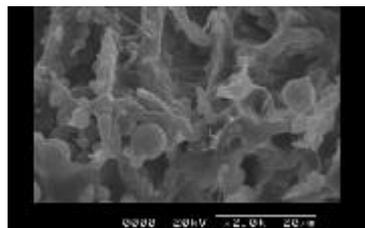
15% HMB



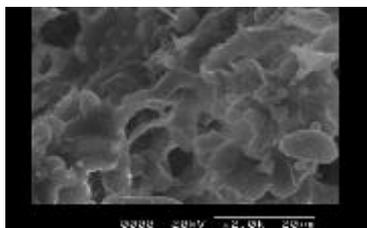
15% HMB



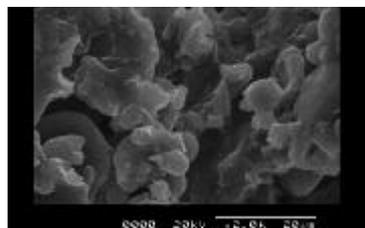
20% HMB



20% HMB



25% HMB

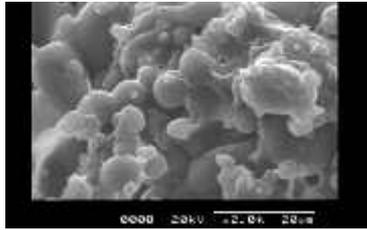


25% HMB

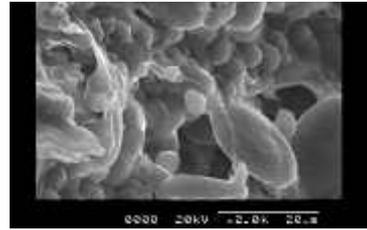
반죽

3차 발효

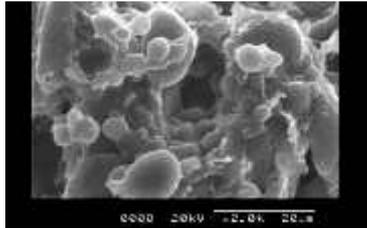
그림 3-1-155. Hammer mill로 분쇄된 밀기울 대치별 반죽 및 3차 발효 후 미세구조



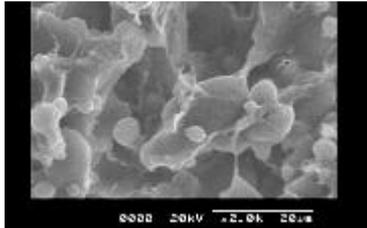
백밀가루



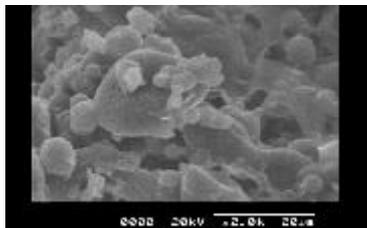
백밀가루



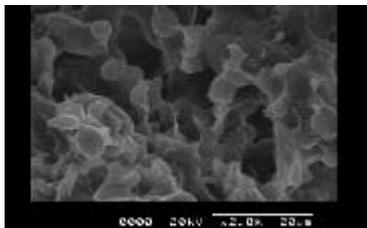
5% JMB



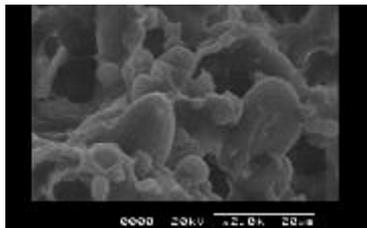
5% JMB



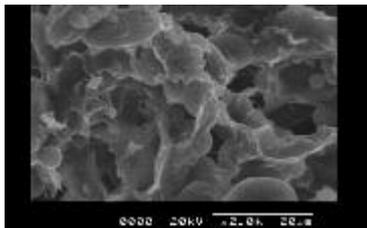
10% JMB



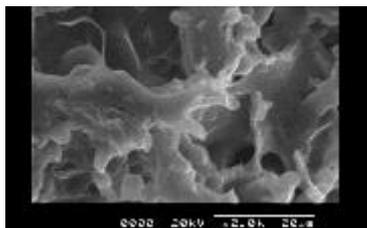
10% JMB



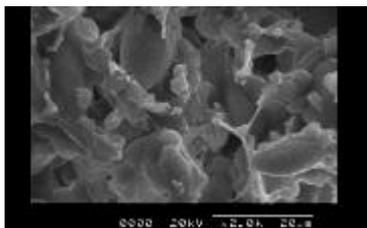
15% JMB



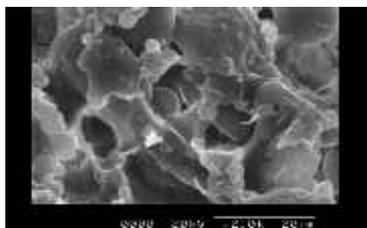
15% JMB



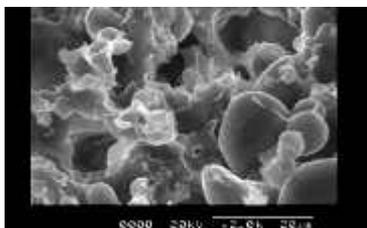
20% JMB



20% JMB



25% JMB



25% JMB

반죽

3차 발효

그림 3-1-156. Jet mill로 분쇄된 밀기울 대치별 반죽 및 3차 발효 후 미세구조

○ HMB 및 JMB 대체 비율(0, 5, 10, 15, 20, 25%) 밀가루로 제조한 식빵의 비용적, 경도 및 crumb의 색도 측정 결과는 표 3-1-165에 있으며 식빵의 사진은 그림 3-1-157에서 볼 수 있음

- HMB 및 JMB 대체 비율(0, 5, 10, 15, 20, 25%) 밀가루로 제조한 식빵의 비용적은 시료간 유의적인 차이가 있었음. 특히, 5%, 10% HMB 및 JMB 대체 밀가루로 제조한 식빵의 비용적은 대조구인 백밀가루보다 유의적으로 높았으며, 그림 3-5-8 식빵 사진에서도 확인할 수 있음. 반면, 20% 25% HMB, JMB 밀기울 대체 밀가루로 제조된 식빵의 경우 적은 비용적 및 높은 경도 수치를 보였음. 이는 20% 이상 밀기울 대체 시 제빵적성이 낮아짐을 의미함

- 대체 비율(0, 5, 10, 15, 20, 25%) 밀가루로 제조한 식빵의 색도 L, a, b values은 시료간 유의적인 차이를 보였음. 대체 비율이 증가할수록 L value는 감소, a와 b values은 증가하는 경향을 보였음

표 3-1-165. Hammer mill and Jet mill로 분쇄된 밀기울 대체비율별 밀가루로 제조한 식빵의 비용적, 경도 및 색도

	Bread		Color of crumb		
	SV (mL/g)***	Hardness (g)***	L***	a***	b***
백밀가루	3.12c	736f	81a	-0.64g	14.5e
5% HMB	3.53a	445h	74b	1.44f	18.2d
10% HMB	3.42b	490h	74b	2.13e	18.9d
15% HMB	3.01d	833e	73b	2.97d	22.2c
20% HMB	2.98d	840e	70bc	4.46b	24.6a
25% HMB	2.62f	2191b	66c	5.65a	25.3a
5% JMB	3.49ab	602g	75b	1.15f	18.8d
10% JMB	3.44b	615g	71bc	2.12e	21.5c
15% JMB	2.67f	1541d	71bc	3.67c	23.3b
20% JMB	2.77e	1617c	70bc	4.32b	24.8a
25% JMB	2.02g	2661a	66c	5.85a	25.6a

*** 시료가 p=0.001수준에서 유의적인 차이가 있음



백밀가루



백밀가루



5% HMB



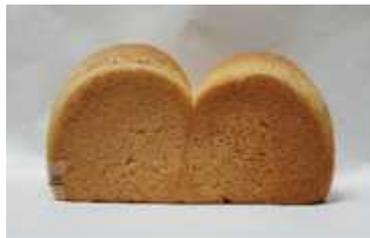
5% JMB



10% HMB



10% JMB



15% HMB



15% JMB



20% HMB



20% JMB



25% HMB



25% JMB

그림 3-1-157. Hammer mill and Jet mill로 분쇄된 밀기울 대치별 밀가루로 제조한 식빵

- HMB 및 JMB 대체 비율(0, 5, 10, 15, 20, 25%) 밀가루로 제조한 식빵의 항산화력은 그림 3-1-158, 그림 3-1-159에 있음. 대체 비율이 증가할수록 항산화력을 나타내는 ORAC 및 ABTS의 수치가 증가하였음. 이는 밀기울에 항산화 물질들이 포함되어있기 때문으로 사료되어짐. 특히, JMB 보다는 HMB로 대체한 밀가루로 만든 빵들이 항산화 수치가 높았음

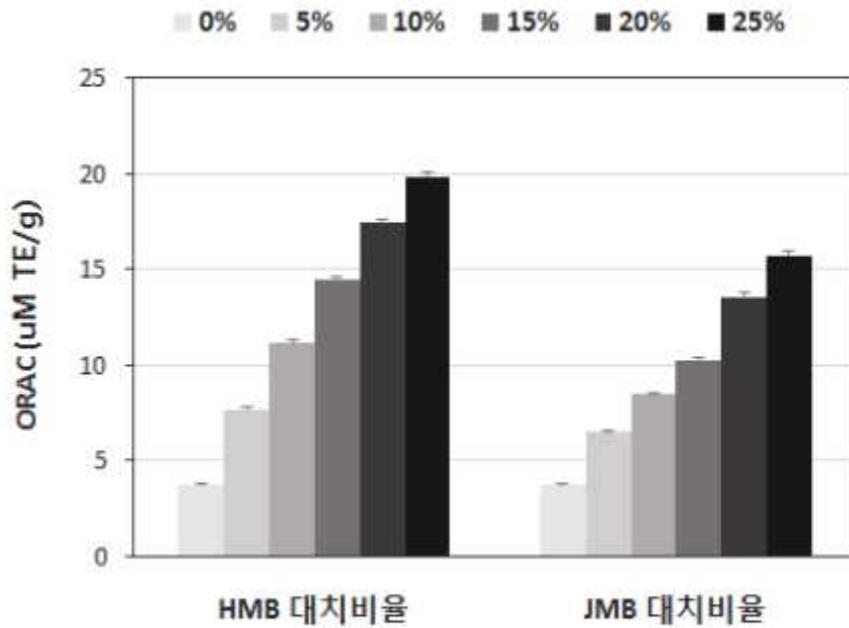


그림 3-1-158. Hammer mill로 분쇄된 밀기울 대치별 밀가루로 제조한 식빵의 ORAC value

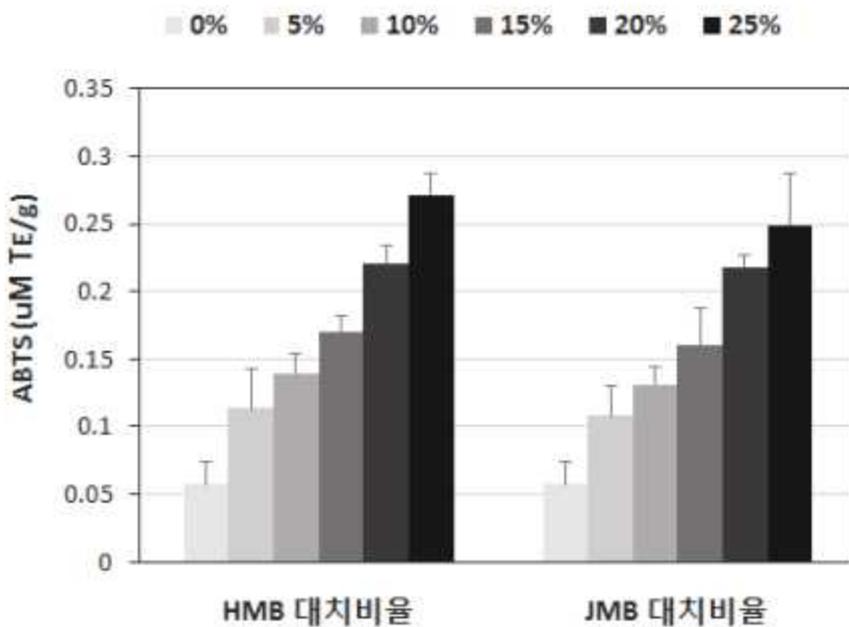


그림 3-1-159. Jet mill로 분쇄된 밀기울 대치별 밀가루로 제조한 식빵의 ABTS value

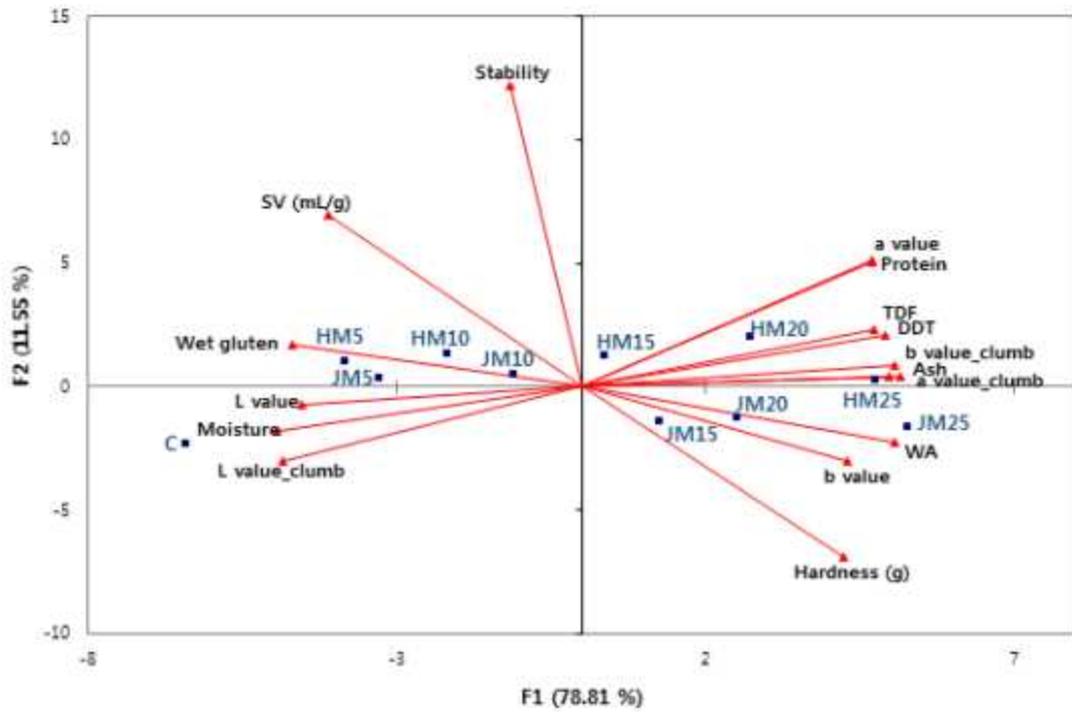


그림 3-1-160. Hammer mill and Jet mill로 분쇄된 밀기울 대치별 밀가루의 이화학, 반죽, 제빵, 향산화 특성의 주성분

(나) 청밀 전밀가루를 이용한 제품개발

① 청밀 마들렌

- 청밀 마들렌은 기류분쇄로 제분한 2015년 수확된 청밀 전밀가루로 제조하였으며, 백밀가루인 시판 우리밀 밀가루(CJ제일제당, 한국)로 제조된 마들렌은 대조구로 사용되었음. 마들렌 제조 전 기류분쇄에 의해 제분한 청밀 전밀가루 및 우리밀 밀가루의 일반성분, 색도 및 입도 특성은 표 3-1-166, 표 3-1-167에 있음
- Varastegani등에 따르면 새로운 베이커리 제품개발 시 밀가루의 일반성분, 색도 및 입도의 특징은 중요한 인자임. 청밀 전밀가루는 시판되고 있는 백밀가루보다 단백질, 지방, 회분 및 총 식이섬유 함량이 높았음. 지방, 회분 및 총 식이섬유 함량은 밀가루에 포함되어있는 밀기울(bran)의 양과 관련이 있는 것으로 사료됨. 특히, 본 연구에서 제품개발에 사용된 청밀 전밀가루는 백밀가루보다 총 식이섬유 함량이 6배 정도 높았으며, 이는 Yang등이 발표한 연구결과와 유사하였음. 식이섬유는 chronic disease, colorectal cancer 및 obesity의 위험성을 줄여주는 것으로 알려져 있으며, 일반 백밀가루보다 6배 이상의 총 식이섬유를 함유하고 있는 청밀 전밀가루의 제품개발은 건강기능성에 기여할 것으로 사료됨.
- 청밀 전밀가루의 a value가 -1.22로 백밀가루보다 greenish가 강했으며, 입도 크기는 44 μ m로 백밀가루보다 컸음. 이러한 특징은 청밀 전밀가루로 개발된 제품의 식감이나 외관에 영향을 미칠 것으로 사료됨

표 3-1-166. 마들렌 제조에 쓰인 청밀 전밀가루 및 백밀가루의 일반성분

	단백질 ¹ (%)***	지방 ¹ (%)***	회분 ¹ (%)***	탄수화물 ¹ (%)***	총 식이섬유 ¹ (%)***
백밀가루	10.5	0.91	0.50	72.5	1.65
청밀 전밀가루	12.4	1.88	1.65	65.5	10.26

¹ 3번 반복 실험의 평균값 (dry weight basis)
 *** 시료가 p=0.001수준에서 유의적인 차이가 있음

표 3-1-167. 마들렌 제조에 쓰인 청밀 전밀가루 및 백밀가루의 일반성분

	Color ¹			입도 ¹ (μ m)***
	L***	a***	b***	
백밀가루	93.4	0.31	7.68	27.8
청밀 전밀가루	88.9	-1.22	12.29	44.0

¹ 3번 반복 실험의 평균값
 *** 시료가 p=0.001수준에서 유의적인 차이가 있음

○ 청밀 전밀가루 및 백밀가루의 항산화 특성들 total phenolic content(TPC), total flavonoid content(TFC), oxygen radical absorbance capacity(ORAC), 및 ABTS radical scavenging activity(ABTS)는 표 3-1-168에 있으며, 청밀 전밀가루와 백밀가루는 모든 특성들에서 유의적인 차이를 보였음

- 청밀 전밀가루의 total phenolic contents(95.34 mg GAE/g)는 우리밀 밀가루(18.53 mg GAE/g)보다 약 5배 정도 높았음. 청밀 전밀가루의 ORAC 및 ABTS 값은 각각 38.47 μ M TE/g 와 2.04 μ M TE/g였으며, 우리밀 밀가루의 항산화력(ORAC: 11.57 μ M TE/g; ABTS: 0.53 μ M TE/g) 보다 약 4 배 정도 높았음. 특히, 청밀 전밀가루는 시판되고 있는 백밀가루보다 항산화 특성들이 높았으며, 이는 항산화물질을 포함하는 밀가루 대체 재료로써 이용가능성을 내포함

표 3-1-168. 마들렌 제조에 쓰인 청밀 전밀가루 및 백밀가루의 항산화 특성¹

		백밀가루	청밀 전밀가루
TPC ² (GAE mg/100g)	Free ^{***}	8.44	30.34
	Bound ^{***}	10.08	64.99
	Total ^{***}	18.53	95.34
TFC ³ (CE mg/100g)	Free ^{***}	4.89	8.67
	Bound ^{***}	25.42	48.18
	Total ^{***}	30.31	56.85
ORAC ⁴ (μ M TE/g)	Free ^{***}	2.59	7.45
	Bound ^{***}	8.98	31.02
	Total ^{***}	11.57	38.47
ABTS ⁵ (μ M TE/g)	Free ^{***}	0.22	0.68
	Bound ^{***}	0.31	1.36
	Total ^{***}	0.53	2.04

¹ 3번 반복 실험의 평균값

² TPC: total phenolic content; GAE: Gallic acid equivalent

³ TFC: total flavonoid content; CE: Catechin equivalent

⁴ ORAC: oxygen radical absorbance capacity; TE: trolox equivalent

⁵ ABTS radical scavenging activity; TE: trolox equivalent

^{***} 시료가 p=0.001수준에서 유의적인 차이가 있음

○ 청밀 전밀가루 및 백밀가루는 마들렌 제조에 이용되었으며, 청밀, 시판밀가루 마들렌 사진은 그림 3-1-261에 있음. Volume, weight, specific volume 및 color 특성은 표 3-1-169에 표기했으며, volume, weight, specific volume은 유의적인 차이를 보이지 않았으나, color는 유의적으로 차이가 있었음

- Chung등은 베이커리 제품의 crust color는 제품의 acceptability를 결정하는 중요한 특징이라고 밝힌바 있으며, Varastegani등의 연구에서 쿠키와 같은 베이커리 제품에 식이섬유 함유량이 높으면 L value가 낮아지는 경향이 있다는 보고가 있었음. 현 연구에서 청밀 마들렌은 시판 백밀가루로 만든

마들렌보다 L value(lightness)가 낮았음



그림 3-1-161. 우리밀 및 청밀 마들렌

표 3-1-169. 시판 우리밀 및 청밀 전밀가루 마들렌의 volume¹, weight¹, specific volume¹ 및 color¹ 특성

시료	Volume (mL)	Weight (g)	Specific volume (mL/g)	Color		
				L ^{***}	a [*]	b ^{**}
우리밀 마들렌	31.2	17.0	1.85	78	0.20	29.1
청밀 마들렌	30.5	16.0	1.91	61	-0.14	33.2

¹ 3번 반복 실험의 평균값
^{***} 시료가 p=0.001수준에서 유의적인 차이가 있음

- TPA 특성은 표 3-1-170에 표기하였으며, hardness, adhesiveness, springness, cohesiveness, chewiness를 측정하였음. 청밀 마들렌과 시판 백밀가루로 만든 마들렌의 측정 특성들 중 hardness($p < 0.05$), cohesiveness($p < 0.01$), chewiness($p < 0.05$)에서 유의적인 차이가 있었음
- Hardness는 베이커리 제품의 식감에 영향을 주는 중요한 특성이라고 Zucco등의 연구에서 보고된 바 있으며, 밀기울(bran)함량이 증가할수록 hardness는 증가하는 경향이 있다고 Artz등의 연구에서 보고되었음. 현 연구결과에서 청밀 전밀가루로 만든 마들렌의 hardness가 시판 백밀가루 마들렌보다 높은 이유는, 시판 백밀가루는 bran을 제거한 밀가루인 반면, 청밀 전밀가루는 bran을 포함하고 있는 whole wheat flour에서 오는 특성의 차이로 보임

표 3-1-170. 우리밀 및 청밀 마들렌의 TPA 특성

시료	TPA ¹				
	Hardness [*]	Adhesiveness	Springiness	Cohesiveness ^{**}	Chewiness [*]
우리밀 마들렌	325	-0.29	0.91	0.66	212
청밀 마들렌	385	-0.25	0.91	0.62	240

¹ 3번 반복 실험의 평균값
^{**} 시료가 p=0.05, 0.01수준에서 유의적인 차이가 있음

○ 시판 우리밀 및 청밀 전밀가루로 제조한 반죽 및 마들렌의 total phenolic content(TPC) 및 total flavonoid content(TFC)은 가공 중 항산화 물질의 변화를 알기 위해 측정하였으며 그 결과는 그림 3-1-262과 그림 3-1-263에 있음. 청밀 전밀가루로 만든 마들렌은 가공 후에도 시판 우리밀로 만든 마들렌보다 TPC나 TFC가 4배정도 높았음

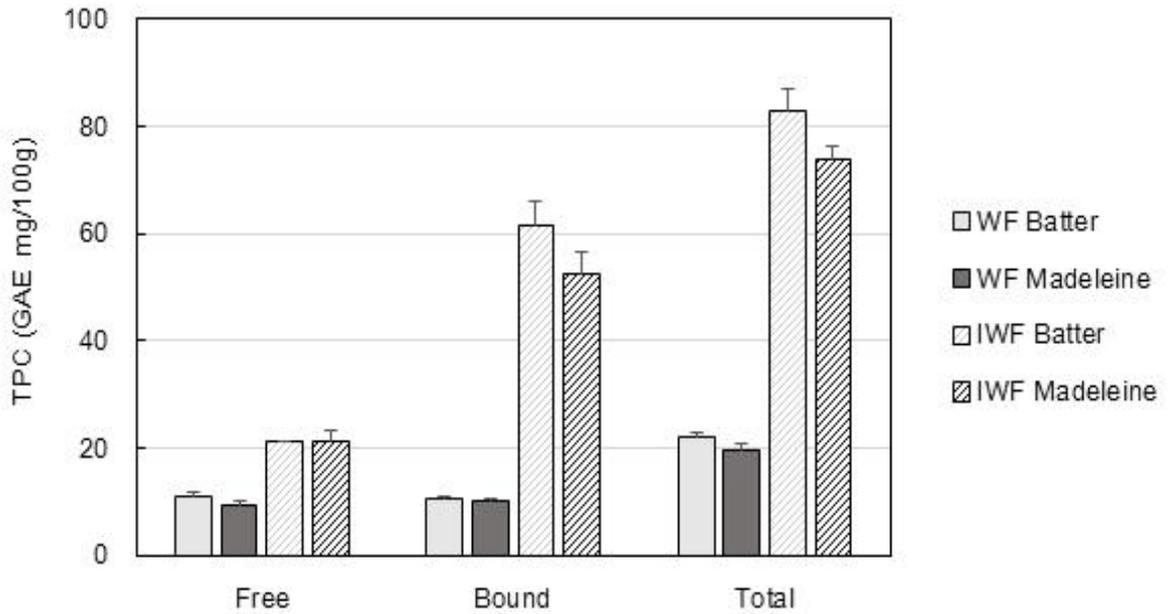


그림 3-1-262. 우리밀 및 청밀 전밀가루로 제조한 반죽 및 마들렌의 total phenolic contents

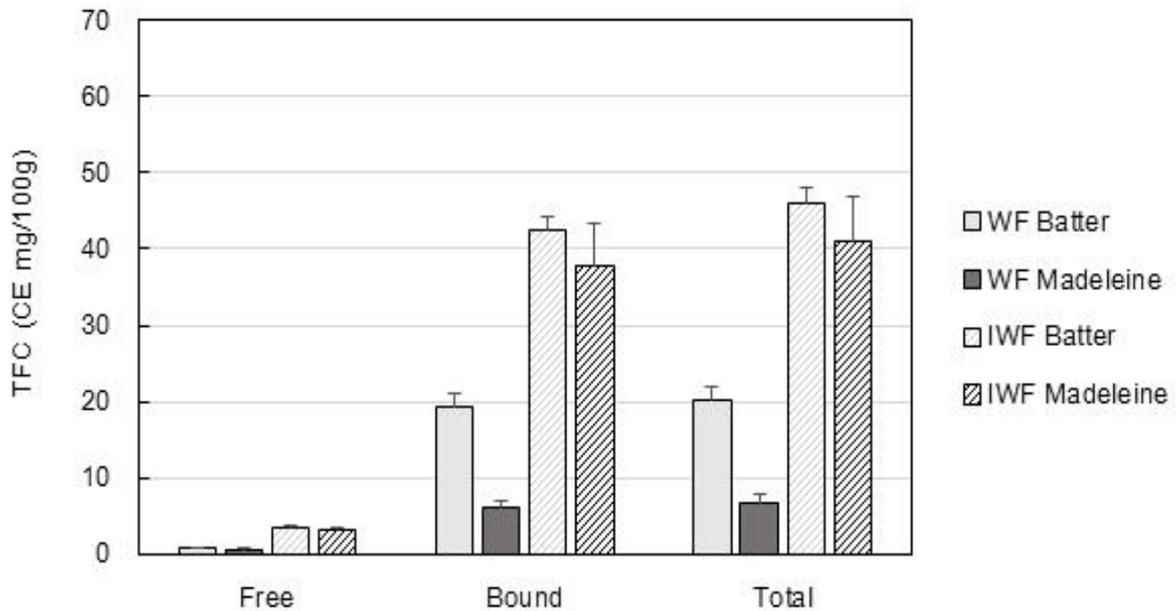


그림 3-1-263. 우리밀 및 청밀 전밀가루로 제조한 반죽 및 마들렌의 total flavonoid contents

○ 시판 우리밀 및 청밀 전밀가루로 제조한 반죽 및 마들렌의 ORAC 및 ABTS value은 가공 중 항산화력 변화를 알기 위해 측정하였으며 그 결과는 그림 3-1-264과 그림 3-1-265에 있음. ORAC 및 ABTS 결과 시료들 사이에 유의적인 차이가 있었음. 청밀 마들렌 및 우리밀 마들렌의 ORAC value는 각각 14.63 $\mu\text{M TE/g}$ 과 6.85 $\mu\text{M TE/g}$ 로 청밀 마들렌이 높았음. 또한, 청밀 마들렌의 ABTS value(0.79 $\mu\text{M TE/g}$)는 시판 우리밀 마들렌의 ABTS value(0.19 $\mu\text{M TE/g}$)보다 4배정도 높았음

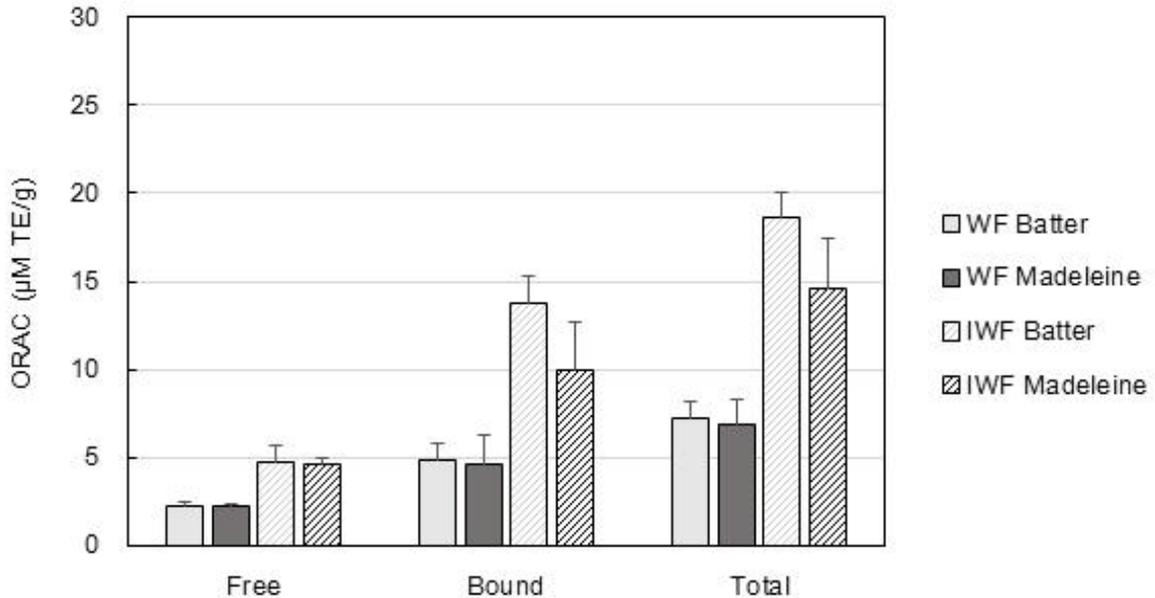


그림 3-1-264. 우리밀 및 청밀 전밀가루로 제조한 반죽 및 마들렌의 ORAC value

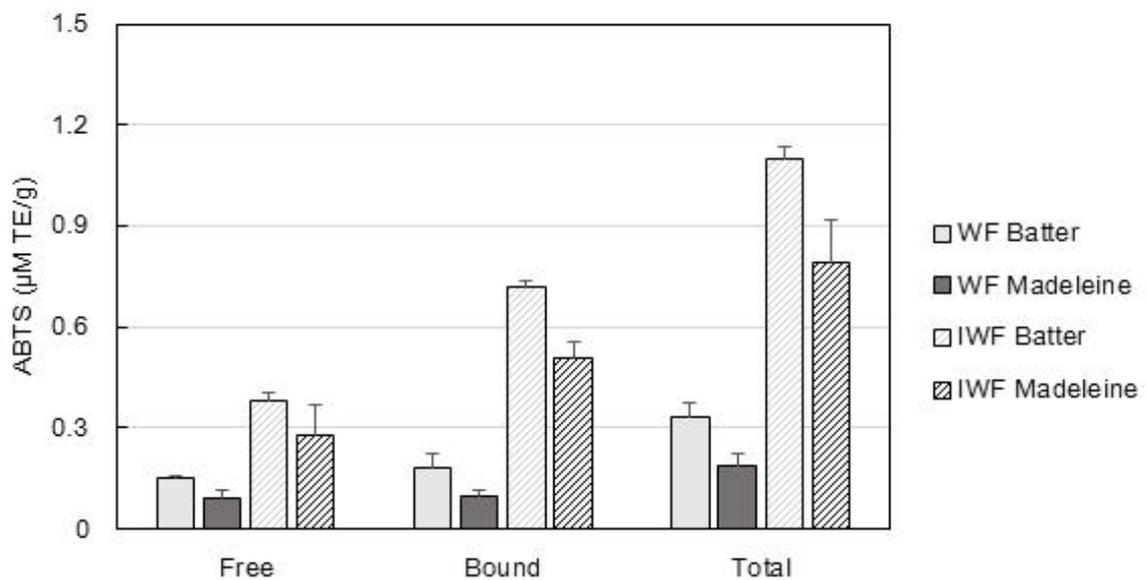


그림 3-1-265. 우리밀 및 청밀 전밀가루로 제조한 반죽 및 마들렌의 ABTS value

② 청밀 전밀가루를 이용한 용도별 제품들

○ 파니니, 카스테라, 스펀지 케이크, 무스 케이크 및 머핀 등은 2015년 청밀 전밀(whole wheat flour)의 적합한 제품 용도를 찾기 위해 시도되었으며, 제품의 사진은 그림 3-1-266, 그림 3-1-267, 그림 3-1-268, 그림 3-1-269, 그림 3-1-270, 그림 3-1-271에 있으며 표 3-1-171, 표 3-1-172는 파니니 및 카스테라의 volume, weight, specific volume을 표기하였음

㉞ 파니니

표 3-1-171. 밀가루별(조경통밀, 시판백밀) 청밀 대치비율에 따른 파니니의 특성

시료	합천조경			우리밀		
	Volume (mL)	Weight (g)	Specific volume (mL/g)	Volume (mL)	Weight (g)	Specific volume (mL/g)
청밀 0%	209	82	2.57	314	78	4.04
청밀 10%	200	78	2.56	360	78	4.64
청밀 20%	198	75	2.64	327	75	4.35
청밀 30%	183	74	2.46	306	74	4.15
청밀 40%	202	72	2.81	239	69	3.48

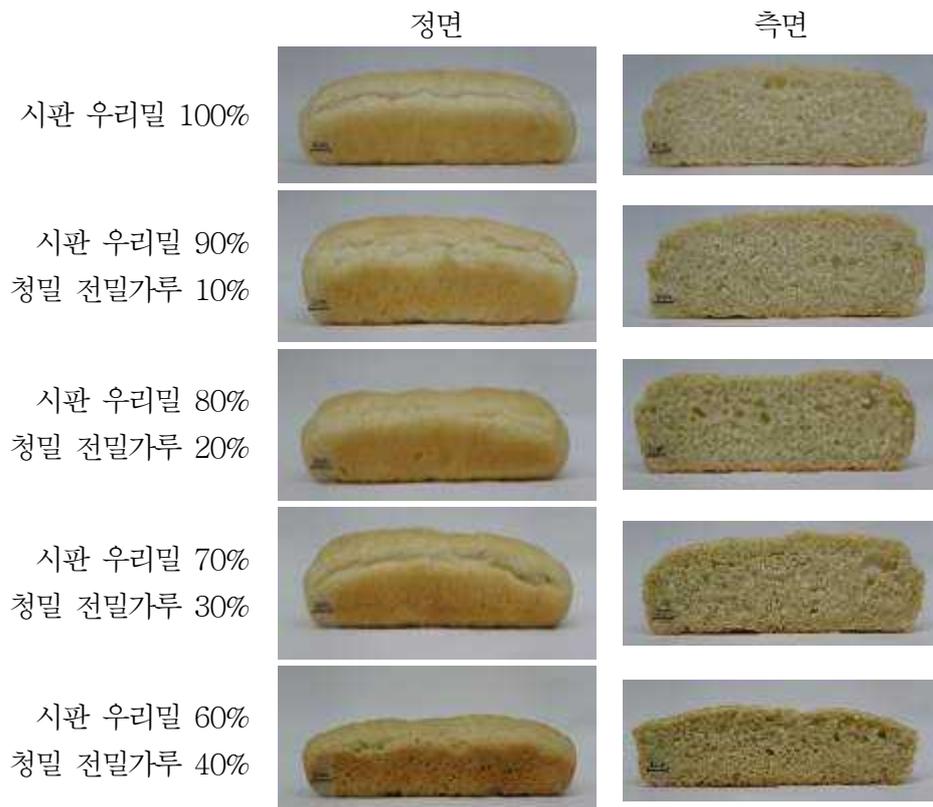


그림 3-1-266. 시판 우리밀과 청밀 전밀가루로 제조한 파니니

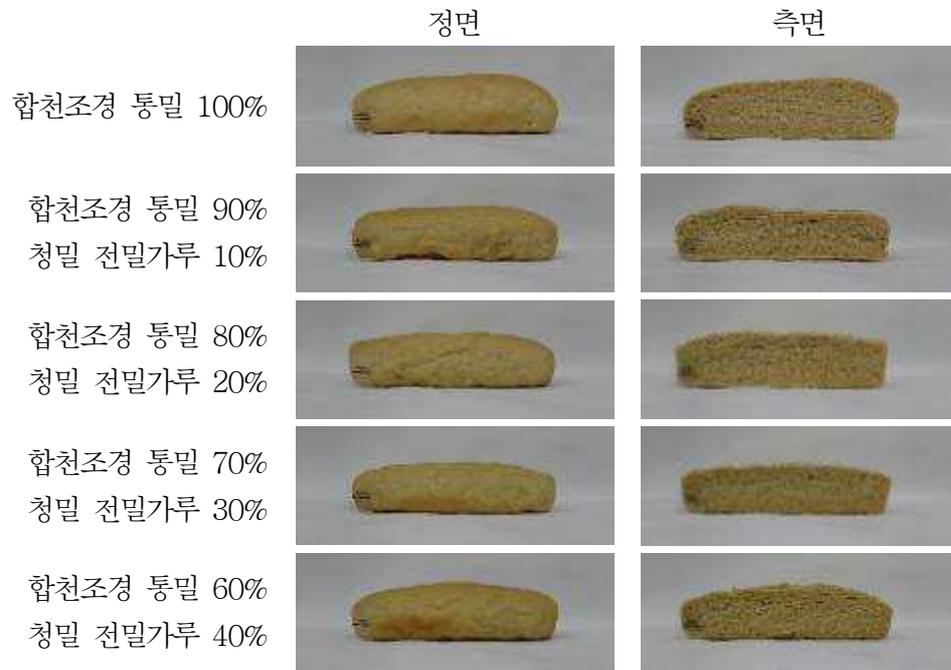


그림 3-1-267. 시판 우리밀 통밀가루와 청밀 전밀가루로 제조한 파니니

㊤ 청밀 카스테라



그림 3-5-19. 시판 우리밀과 청밀 전밀가루로 제조한 카스테라

표 3-1-268. 우리밀 및 청밀 카스테라의 특성

시료	Volume (mL)	Weight (g)	Specific volume (mL/g)
우리밀 카스테라	322	93	3.46
청밀 카스테라	342	95	3.60

㊤ 스펀지 케이크 및 무스 케이크



그림 3-1-269. 시판 우리밀과 청밀 전밀가루로 제조한 스펀지 케이크

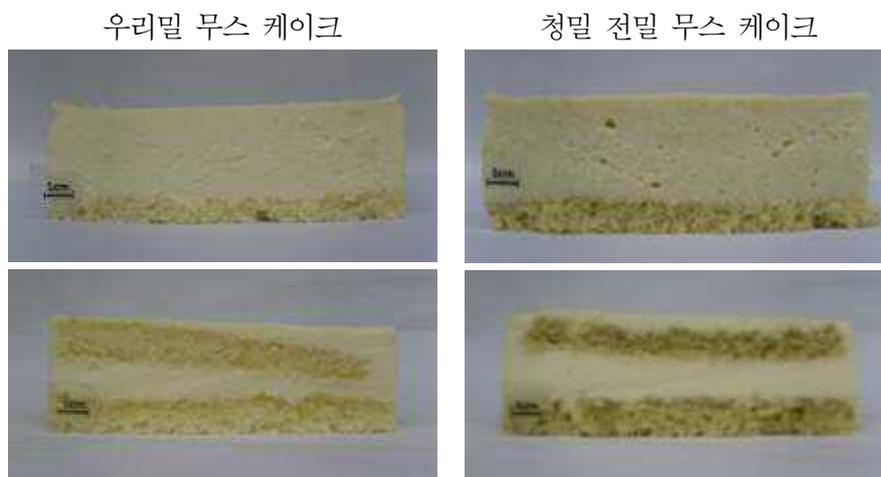


그림 3-1-270. 시판 우리밀과 청밀 전밀가루로 제조한 무스 케이크

㉔ 머핀, 마카다미아 머핀, 호박너트 머핀

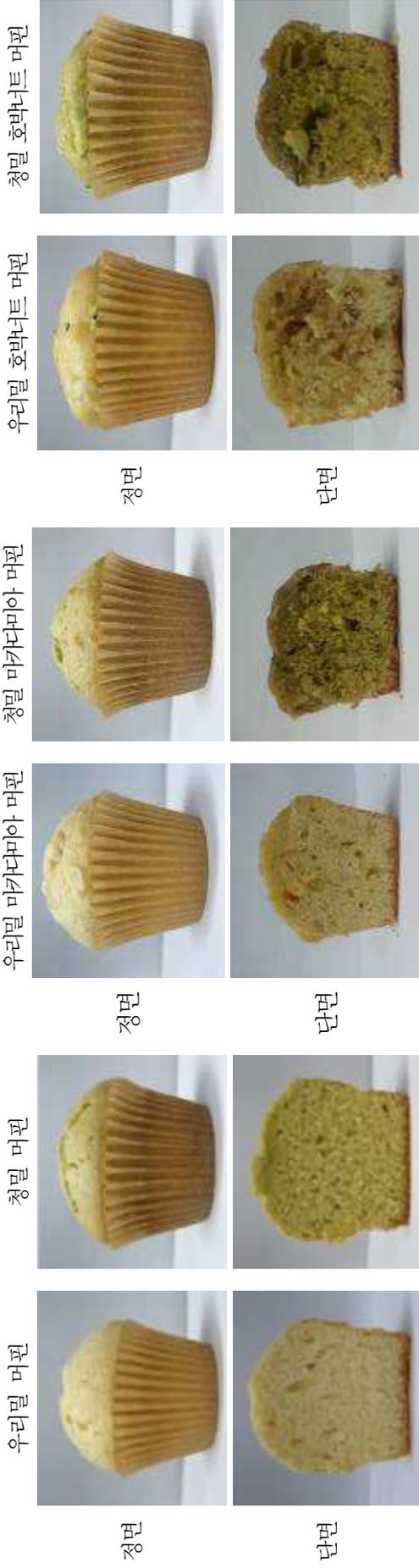


그림 3-1-271. 시판 우리밀과 청밀 전밀가루로 제조한 다양한 머핀제품

나. 개발된 제품의 관능적 특성 및 기호도 분석

(1) 실험재료

- 청밀 전밀가루로 개발된 제품들 중 마들렌의 제품 특성 및 시장가능성을 조사하기 위해 시판되고있는 우리밀 백밀가루(CJ 우리밀) 및 청밀 전밀가루(2015년 산) 마들렌을 제조하여 약 200명을 대상으로 소비자 검사를 진행하였음

(2) 실험방법

- 마들렌은 소비자 검사 당일 제조하여 수분을 막기 위해 시료 제시 전까지 비닐백에 보관하였음. 제시 순서에 의한 오차를 막기 위하여 시료의 제시 순서를 랜덤하게 하였으며, 시료 번호에 의한 편견을 막기 위하여 세 자리 난수번호를 달아 소비자들에게 한 번에 한 시료씩 제시하였음
- 총 2점 시료에 대한 소비자 평가는 본 연구원 관능검사실 booth에서 진행하였으며 검사는 총 2부분으로 나누어 수행하였음. 검사물을 하나씩 랜덤화된 순서로 제시하여 blind 상태에서 평가(score card)하였으며, 제시된 시료에 대한 정보를 준 후 다시 한번 평가(informed test) 하였음
- score card 에는 기호도(향, 외관, 맛, 조직감, 전반적인 기호도, 9항목 척도, 1=대단히 싫어한다, 9=대단히 좋아한다) 외에 마들렌의 이상적인 정도를 평가하였던 특성들(색, 기공의 크기, 기공 균일성, 우유향미, 버터향미, 이스트 향미, 촉촉함성, 부드러운 정도, 응집성, 부착성, 씹힘성, 후미)의 강도를 평가하였음(검사지는 부록 3-1-10, 3-1-11, 3-1-12 참조)

(3) 실험결과

- 우리밀 및 청밀 밀가루로 제조한 마들렌의 소비자 기호도 결과(표 3-1-173, 표 3-1-174), Blind test 및 informed test 모두 청밀에 비해 우리밀 제조 마들렌의 향, 외관, 맛, 조직감, 전반적인 기호도가 높게 나타남. 그러나 우리밀 마들렌이 정보인지 후 지불의향가격은 소폭 감소하고, 구매의향은 약간 증가하였던 것에 반해 청밀 마들렌의 경우 정보 인지 후 소비자들의 지불의향가격 및 구매의향이 우리밀에 비해 증가경향이 높았음
- 검사에 참여한 소비자 중 20-30대 소비자들의 경우, 정보 인지 후 청밀 마들렌에 대한 구입의향가격이 우리밀 마들렌보다 높게 나타남. 40-50대 소비자의 경우는 청밀 마들렌 및 우리밀 마들렌 지불의향가격에 유의적 차이는 없었음. 또한 20-30대 패널이 마들렌 1개에 약 680원을 지불한다고 답한 것에 비해 40-50대 패널은 개당 550원 정도로 답하여 연령별로 마들렌 제품에 대한 지불의향가격에 차이가 있었음
- 소비자 검사의 blind test와 informed test 자료를 합하여 마들렌의 전반적 기호도와 향, 외관, 맛, 조직감의 기호도와의 상관분석을 한 결과 맛과 조직감이 외관 및 향에 비해 전반적인 기호도와 상관이 높았으며, 전반적인 기호도와 향, 외관, 맛, 조직감의 기호도와의 회귀식은 식음 다음과 같았음

$$\text{Overall}=7.08+0.13\times\text{Odr}+0.073\times\text{App}+0.523\times\text{Tst}+0.266\times\text{Txt}$$

(Overall:전반적, Odr:향, App:외관, Tst:맛, Txt:조직감의 기호도, $R^2=0.8456$)

표 3-1-173. 우리밀 및 청밀로 제조한 마들렌의 소비자 기호도¹, 지불의향가격, 구매의향 검사 결과

	Blind test						정보 인지 후						
	기호도			지불의향 가격* (원/개)	구매의향 (%)	기호도			지불의향 가격 (원/개)	구매의향 (%)			
	향*	외관***	맛***			조식감***	진반적***	향***			외관***	맛***	조식감***
우리밀	6.79	6.96	6.49	6.39	6.67	61.4	7.23	7.29	7.10	6.78	7.04	656	68.1
청밀	6.42	5.43	5.79	5.38	5.72	37.1	6.67	6.03	6.28	5.96	6.21	669	46.1

¹ 소비자 210명의 평균값: 1=대단히 싫어한다 9=대단히 좋아한다
*** 시료가 p=0.001수준에서 유의적인 차이가 있음

표 3-1-174. 우리밀 및 청밀로 제조한 마들렌의 소비자 기호도¹, 지불의향가격, 구매의향 검사 결과

연령대	Blind test												정보 인지 후					
	마들렌 유형	기호도			지불의향 가격*** (원/개)	구매의향 (%)	기호도			지불의향 가격*** (원/개)	구매의향 (%)							
		향***	외관***	맛**			조식감***	진반적***	향***			외관***	맛***	조식감***	진반적***			
20-30대	우리밀	7.04 ^a	7.39 ^a	6.60 ^a	6.57 ^a	6.84 ^a	700 ^a	67.6	7.46 ^a	7.70 ^a	7.27 ^a	7.00 ^a	7.28 ^a	717 ^b	70.5			
	청밀	6.68 ^{ab}	5.58 ^c	6.00 ^{bc}	5.56 ^b	5.86 ^b	661 ^a	41.0	6.90 ^b	6.24 ^c	6.55 ^b	6.16 ^{bc}	6.34 ^c	787 ^a	47.6			
40-50대	우리밀	6.53 ^{bc}	6.53 ^b	6.37 ^{ab}	6.21 ^a	6.50 ^d	628 ^a	55.2	7.00 ^b	6.87 ^b	6.93 ^{ab}	6.55 ^{ab}	6.79 ^b	594 ^c	65.7			
	청밀	6.17 ^c	5.28 ^c	5.58 ^c	5.20 ^b	5.58 ^b	514 ^b	33.3	6.45 ^c	5.82 ^c	6.01 ^c	5.75 ^c	6.07 ^c	549 ^c	44.8			

¹ 연령대 별 105명 소비자(총 210명)의 평균값: 1=대단히 싫어한다 9=대단히 좋아한다
*** 시료가 p=0.001수준에서 유의적인 차이가 있음

- 마들렌 소비자감사에 참여한 소비자 210명 중 우리밀로 제조한 마들렌을 더 선호하는 소비자와 청밀 마들렌을 더 좋아하는 소비자를 나누어 분석한 결과는 그림 3-1-272와 같음. 전체 소비자 중 약 57%가 우리밀을 더 선호하였고, 청밀 마들렌을 더 선호하는 소비자는 약 24%였음. 두 마들렌 모두 정보 인지 후 전반적인 기호도가 높아졌음. 청밀 마들렌을 더 좋아하는 소비자의 수는 우리밀 마들렌 소비자들보다 적었으나 전반적인 기호도는 더 높았음. 즉, 청밀 제품은 전체 소비자 대상이 아닌 청밀을 좋아하고, 건강에 관심이 많은 특정 소비자 계층대상의 작은 niche market을 위한 제품개발이 제안됨

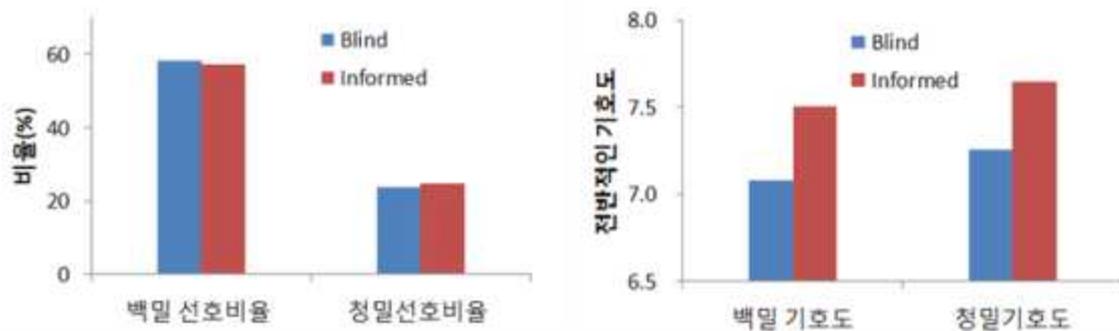


그림 3-1-272. 마들렌 제품 별 선호하는 소비자 및 기호도 평균값

- 소비자들이 평가한 마들렌의 특성은 그림 3-1-273과 같았음. 청밀 마들렌이 우리밀 마들렌에 비해 노란 정도, 기공의 균일성, 부드러운 정도, 응집성, 이 부착성은 약하고 초록색 정도, 후미는 강하게 평가되었음

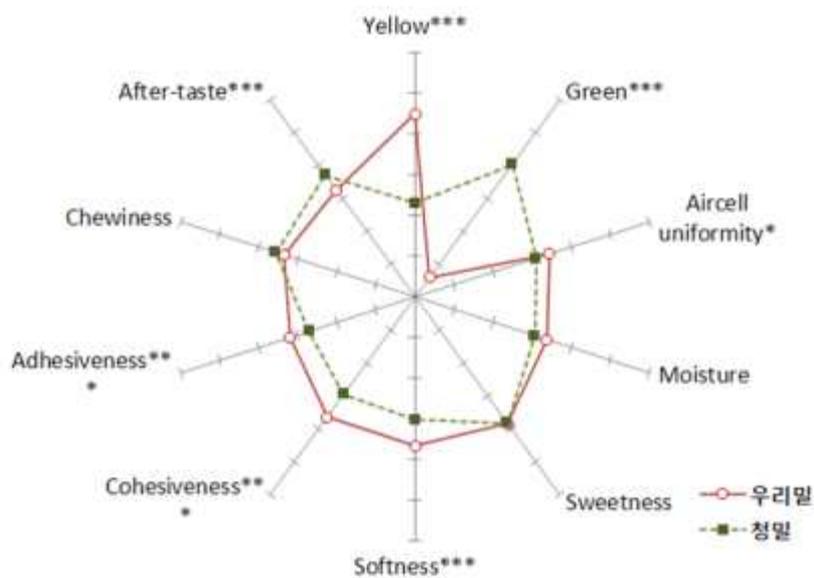


그림 3-1-273. 우리밀 및 청밀로 제조한 마들렌의 특성

다. 우리밀 제품의 저장 안정성 분석 및 실용화 체계구축

(1) 실험재료

(가) 청밀 전밀가루의 저장 안정성

- 우리밀 제품의 저장 안정성 분석은 청밀 전밀가루 제품개발에 사용되었던 2014년 수확된 청밀 전밀가루를 이용하여 수행하였음

(나) 청밀 전밀가루의 저장별 쿠키의 소비자 검사

- 청밀 전밀가루(2014년 산)를 대상으로 저장온도 (0℃, 25℃, 35℃, 45℃) 및 저장기간 (12 week, 24 week)에 따른 쿠키를 제조하여 약 100명을 대상으로 소비자 검사를 진행하였음

(2) 실험방법

(가) 청밀 전밀가루의 저장 안정성

① 청밀 전밀가루의 저장 조건

- 청밀 전밀가루의 유통조건 설정은 식품의약품안전처 실험 가이드라인에 의거해 가속시험으로 수행하였으며, 저장온도 0℃, 25℃, 35℃, 45℃의 incubator에서 24주간 저장하였음. 4주 간격으로 샘플을 수거 후 품질특성 분석 전까지 -20℃에서 저장하였음

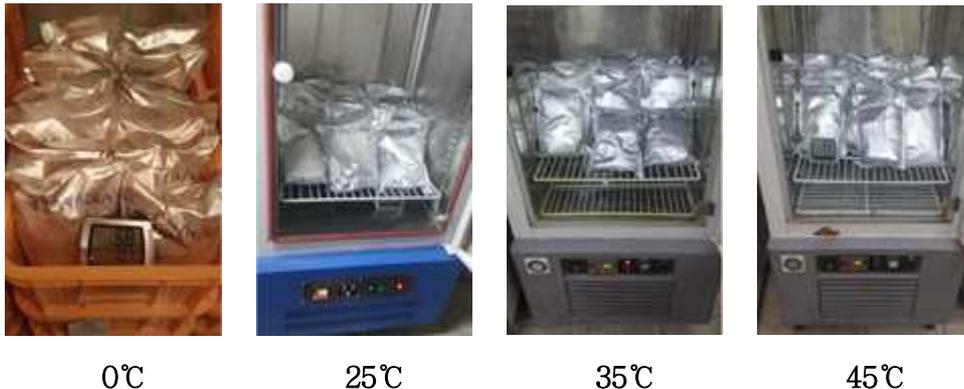


그림 3-1-274. 청밀 전밀가루 제분 후 0℃, 25℃, 35℃, 45℃의 incubator에서 24weeks 저장

② 일반성분(수분, 회분, 단백질, 지방), 색도, 백도 및 pH

- 일반성분(수분, 회분, 단백질, 지방함량)은 AACC Method 44-15A, 08-01, 46-12(2000)에 따라 분석하였음. 색도는 색도계(Spectrophotometer CM-700d, KONICA Minolta, Japan)을 이용하여 L(Lightness)값, a(redness)값 및 b(yellowness)값을 측정하였으며, 백도는 백도계(C-100, Kett

Electronics, Lab, Tokyo, Japan)를 이용하여 측정하였음. pH value는 pH meter(Orion 3 star pH Benchtop, Thermo scientific, USA)를 이용하여 AACC Method 02-52에 따라 측정하였음

③ Rapid Visco Analyzer(RVA)에 의한 pasting 특성

- RVA는 AACC Method 76-21(2000)방법에 의해 Rapid visco analyzer(RVA Super 4, Newport Scientific, Sydney, Australia)를 이용하여 peak viscosity, through, breakdown, final viscosity, setback, peak time 등의 결과를 ThermoLine window software로 분석하였음

④ 청밀 전밀가루의 e-nose 분석

- GC-type의 e-nose 분석 장비인 Heraclese (Heracles II, Alpha M.O.S, France)를 이용하여 청밀 전밀가루의 저장 기간 및 온도에 따른 향 성분을 분석하였음(그림 3-1-275)



그림 3-1-275. 청밀 전밀가루의 향 분석에 사용된 e-nose (Heraclese 장비)

- 시료는 여과지(Filter paper no.20, Hyundai micro, Korea)에 2 g 씩 20 ml vial 에 넣고 capping 하였으며 Blank vial 에는 동일 여과지만을 넣고 capping 하였음. 분석 조건은 다음과 표 3-1-175 와 같음

표 3-1-175. 청밀 전밀가루의 향기성분 분석을 위한 Heraclese 분석 조건

Parameters		Head space analysis
Headspace generation	Vial	20 ml
	Sample quantity	2 g
	Incubation temperature	90 °C
	Incubation time	1200 sec
Injector	Injected volume	2500 µL
	Injected speed	125 µL/sec
	Injector temperature	220 °C
Trap	Trap initial temperature	30 °C
	Split	10 mL/min
	Trapping duration	20 sec
	Trap final temperature	240 °C
Column temperature	Initial isotherm	50 °C(5 sec)
	Temperature program	1°C/sec to 80°C 2°C/sec to 280°C
Acquisition duration		130 sec
Detector	Detector temperature	280 °C
	Gain FID	12

⑤ 청밀 전밀가루의 농약검사

- 청밀 전밀가루의 58종의 잔류농약 검사는 잔류 농약 검수 전문기관인 한국기능식품연구원에 의뢰하여 진행하였음

(나) 청밀 전밀가루 저장별 쿠키의 소비자 검사

① 저장 조건에 따른 청밀 전밀가루의 쿠키제조

- 청밀 전밀가루(2014년 산)를 대상으로 저장온도(0°C, 25°C, 35°C, 45°C) 및 저장기간(12 week, 24 week) 8점과 대조구(0 week) 1점 총 9점을 사용하여 쿠키를 제조하였음
- Kitchenaid K5SS Stand mixer(Kitchenaid, USA)의 mixing bowl에 표 3-1-176의 배합비의 버터를 넣어 4단에서 2분간 혼합 후 설탕을 첨가 후 4단에서 3분간 믹스함. 소금 첨가 후 4단에서 30초 믹싱 후 계란을 넣고 6단에서 3분간 믹스함. 밀가루와 아몬드 분말을 넣고 1단에서 25초간 혼합 후 바닐라 엑스트라를 넣고 1단에서 5초간 믹스함. 쿠키 팬에 유산지를 깎 후 g씩 팬닝 후 상판 °C, 하판 °C의 오븐(Daeyung machinery CO., 한국)에서 분간 구운 후 상온에서 식힘

표 3-1-176. 시판 우리밀, 청밀 전밀가루의 머핀 재료 배합비¹

	우리밀		청밀 전밀	
	비율(%)	중량(g)	비율(%)	중량(g)
밀가루	100	400	100	400
버터	120	480	120	480
설탕	50	200	50	200
계란	50	200	50	200
아몬드분말	40	160	40	160
소금	0.8	3.2	0.8	3.2
바닐라 엑기스	0.375	1.5	0.375	1.5

¹ 밀가루 중량대비

② 쿠키의 소비자 검사

- 청밀 전밀가루로 제조한 쿠키는 수분을 막기 위해 시료 제시 전까지 밀봉 후 보관하였음. 제시 순서에 의한 오차를 막기 위하여 시료의 제시 순서를 랜덤 하게 하였으며, 시료 번호에 의한 편견을 막기 위하여 세 자리 난수번호를 달아 소비자들에게 한 번에 한 시료씩 제시하였음
- 총 8점 시료에 대한 소비자 평가는 본 연구원 관능검사실 booth에서 검사물을 하나씩 랜덤화된 순서로 제시하여 blind 상태에서 평가(score card)하였음. Score card에는 기호도(향, 외관, 맛, 조직감, 전반적인 기호도, 9항목 척도, 1=대단히 싫어한다, 9=대단히 좋아한다)를 평가하였음 (부록 3-1-12)

(3) 실험결과

(가) 청밀 전밀가루의 저장 안전성

- 저장 조건에 따른 청밀 전밀가루의 안정성 연구를 위해 청밀 전밀가루의 58종 잔류농약 검사를 한국 기능식품연구원에 의뢰하여 진행하였으며, 검사 성적서는 부록 3-1-13에 있음. 검사 성적서 결과 농약은 검출되지 않았음.
- 청밀 전밀가루 저장기간 중 온도(0℃, 25℃, 35℃, 45℃) 및 습도를 기록한 그래프는 그림 3-1-276, 그림 3-1-277에 있음. 청밀 전밀가루 저장 시 온도 습도 변화는 0℃에서 평균 온도 -0.17℃, 습도 75.4%, 25℃에서 평균 온도 27.5℃, 습도는 36.8%, 35℃에서 평균 온도 34.3℃, 습도는 19.9%, 45℃에서 평균 온도 44.5℃, 습도는 14.4% 수준이었음

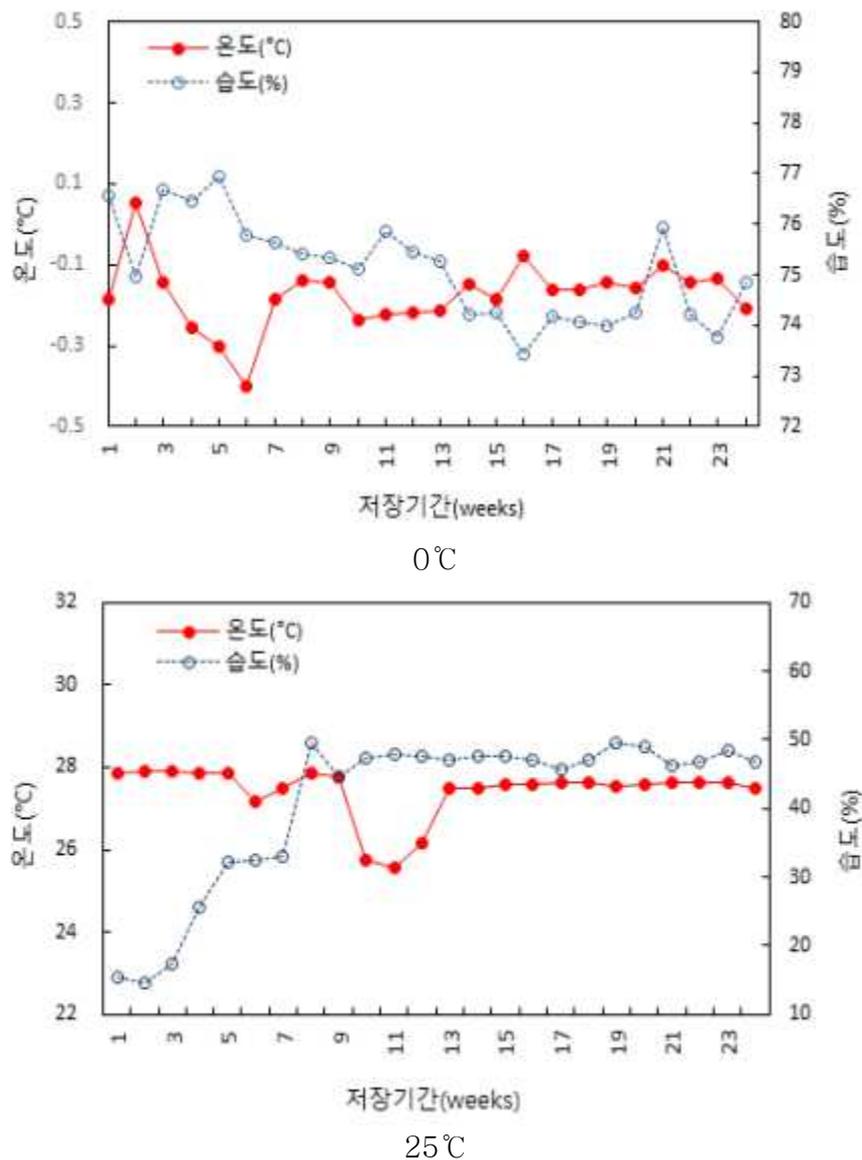
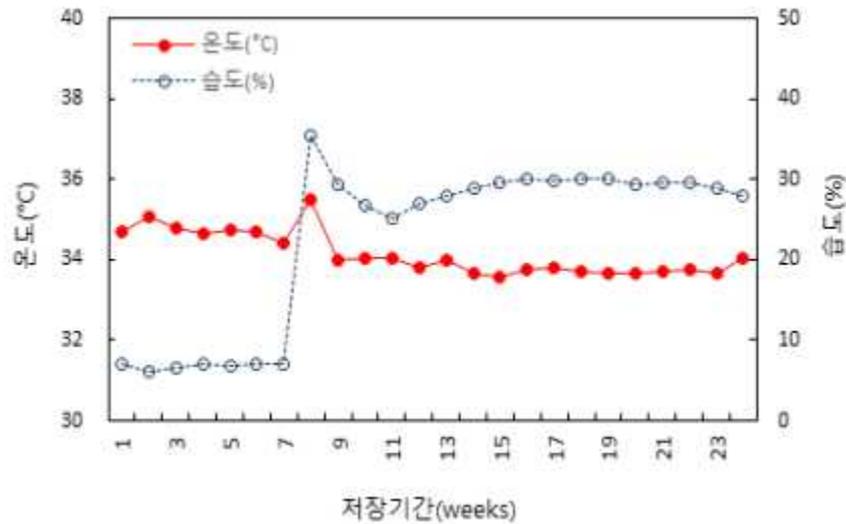
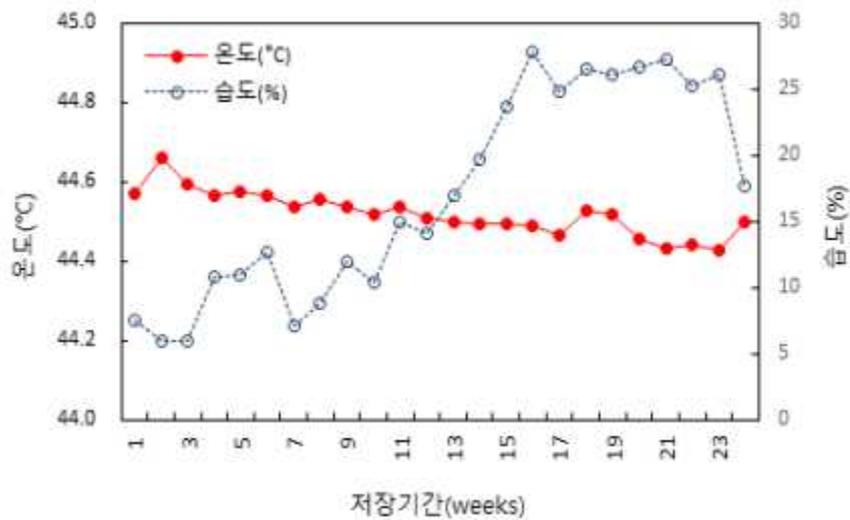


그림 3-1-276. 청밀 전밀가루 저장기간 중 온도 및 습도



35°C



45°C

그림 3-1-277. 청밀 전밀가루 저장기간 중 온도 및 습도

- 저장 온도 및 저장기간에 따른 청밀 전밀가루의 색도(L, a, b) 및 백도는 표 3-1-177에 있음. 시료 간 색도 및 백도의 유의적인 차이가 있었음(p=0.001)
 - 저장기간이 길어질수록 45°C 시료의 L 값이 감소하는 경향이 보였음. 동일한 저장기간 내에 저장온도 별 시료를 비교해보면 45°C 시료의 b 값이 0, 25, 35°C 시료에 비해 높은 경향이 있었고 24 weeks 45°C 시료의 b 값이 시료 중 가장 높았음. Whiteness의 경우 0 week이 가장 높았음
- 저장 온도 및 저장기간에 따른 청밀 전밀가루의 pH, a_w, 총균수 및 곰팡이는 표 3-1-178에 있음. 저장온도가 높아질수록 pH 값이 감소하는 경향이 있었으며, 청밀 전밀가루의 총균수는 저장 온도 및 기간에 따라 유의적인 차이가 없었음. 이는 수분활성도가 낮은 식품이기 때문인 것으로 추측되어짐

표 3-1-177. 저장 온도 및 저장시간에 따른 청밀 전밀가루의 색도¹ 및 백도¹

저장기간 (week)	저장온도 (°C)	Color			Whiteness ^{***}
		L ^{***}	a ^{***}	b ^{***}	
0	-	92.76 ^a	0.43 ^e	8.34 ⁱ	71.2 ^a
4	0	92.60 ^a	0.43 ^e	8.36 ⁱ	69.7 ^{cde}
	25	92.56 ^a	0.46 ^e	8.49 ^{hi}	69.8 ^{cde}
	35	92.60 ^a	0.46 ^e	8.82 ^{ghi}	69.3 ^g
	45	91.84 ^{abcd}	0.52 ^e	9.59 ^{def}	67.2 ⁱ
8	0	92.26 ^{ab}	0.44 ^e	8.58 ^{hi}	69.9 ^{cde}
	25	92.15 ^{abc}	0.52 ^e	8.82 ^{ghi}	70.1 ^c
	35	91.80 ^{abcd}	0.48 ^e	8.89 ^{ghi}	69.8 ^{cde}
	45	91.55 ^{abcd}	0.50 ^e	9.70 ^{cde}	67.3 ⁱ
12	0	92.17 ^{abc}	0.46 ^e	8.53 ^{hi}	69.8 ^{cde}
	25	92.06 ^{abc}	0.53 ^e	8.71 ^{ghi}	69.8 ^{cde}
	35	91.69 ^{abcd}	0.52 ^e	9.31 ^{efg}	68.1 ^h
	45	90.55 ^{de}	0.56 ^{de}	9.95 ^{cd}	66.5 ^j
16	0	92.02 ^{abc}	0.46 ^e	8.53 ^{hi}	70.0 ^{cd}
	25	91.30 ^{abcde}	0.52 ^e	8.83 ^{ghi}	69.8 ^{cde}
	35	90.52 ^{de}	0.51 ^e	9.26 ^{efg}	69.6 ^{efg}
	45	90.71 ^{cde}	0.65 ^{cd}	10.24 ^c	67.3 ⁱ
20	0	91.64 ^{abcd}	0.53 ^e	8.48 ^{hi}	69.7 ^{def}
	25	91.30 ^e	0.52 ^{de}	8.83 ^{ghi}	69.8 ^{fg}
	35	87.73 ^f	0.65 ^{cd}	9.81 ^{cde}	67.9 ^h
	45	87.40 ^f	0.76 ^b	11.29 ^b	63.4 ^k
24	0	90.79 ^{bcde}	0.53 ^e	8.54 ^{hi}	70.4 ^b
	25	89.96 ^e	0.54 ^e	9.09 ^{fgh}	70.0 ^{cd}
	35	85.48 ^g	0.69 ^c	10.07 ^{cd}	67.3 ⁱ
	45	83.41 ^h	0.96 ^a	11.96 ^a	62.7 ^l

¹ 3번 반복 실험의 평균값

^{***} 시료가 p=0.001수준에서 유의적인 차이가 있음

표 3-1-178. 저장 온도 및 저장시간에 따른 청밀 전밀가루의 pH¹, aw¹, 총균수¹ 및 곰팡이¹

저장기간 (week)	저장온도 (°C)	pH*	aw***	총균수 (logCFU/g)	곰팡이* (logCFU/g)
0	-	6.32 ^a	0.38 ^{efgh}	2.78 ^{ab}	1.67 ^{abc}
4	0	6.27 ^{abc}	0.36 ^b	2.85 ^a	1.90 ^{ab}
	25	6.19 ^{bcde}	0.38 ^{efg}	2.40 ^{ab}	2.11 ^{abc}
	35	6.18 ^{cdef}	0.38 ^{efgh}	-	-
	45	6.11 ^{efgh}	0.47 ^{ghi}	-	-
8	0	6.13 ^{defg}	0.37 ^{efg}	3.03 ^a	2.14 ^a
	25	6.03 ^{hij}	0.37 ^{efghi}	2.77 ^{ab}	2.27 ^a
	35	5.97 ^{ijk}	0.36 ^{fghi}	-	-
	45	5.90 ^k	0.38 ⁱ	-	-
12	0	6.14 ^{defg}	0.32 ^b	2.49 ^{ab}	2.00 ^a
	25	6.09 ^{efgh}	0.38 ^c	2.14 ^{ab}	2.13 ^a
	35	6.05 ^{ghi}	0.45 ^{efg}	-	-
	45	5.89 ^k	0.47 ⁱ	-	-
16	0	6.21 ^{bcd}	0.36 ^{ef}	2.68 ^{ab}	2.20 ^a
	25	6.08 ^{fgh}	0.39 ^{efg}	2.58 ^{ab}	1.61 ^{abc}
	35	6.03 ^{hij}	0.38 ^{efgh}	-	-
	45	5.90 ^k	0.38 ^{hi}	-	-
20	0	6.21 ^{bcd}	0.39 ^b	2.78 ^{ab}	1.96 ^{ab}
	25	6.08 ^{fgh}	0.39 ^e	2.58 ^{ab}	1.61 ^{bc}
	35	6.06 ^{ghi}	0.47 ^{ef}	-	-
	45	5.96 ^{jk}	0.39 ^{ef}	-	-
24	0	6.28 ^{ab}	0.39 ^a	2.84 ^a	1.83 ^{abc}
	25	6.18 ^{cdef}	0.43 ^b	1.90 ^b	1.16 ^c
	35	6.07 ^{gh}	0.47 ^d	-	-
	45	5.94 ^{jk}	0.49 ^e	-	-

¹ 3번 반복 실험의 평균값

**** 시료가 p=0.05, p=0.001수준에서 유의적인 차이가 있음

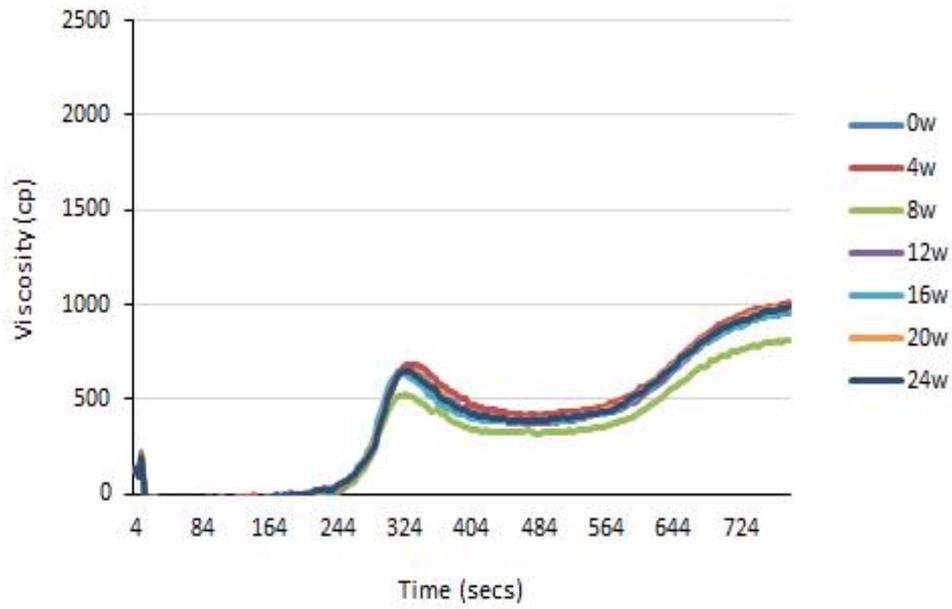
- 저장 온도 및 저장기간에 따른 청밀 전밀가루의 pasting properties는 표 3-1-179에 있으며 온도별 저장기간에 따른 그래프는 그림 3-1-278 및 그림 3-1-279에 있음
 - Pasting properties의 peak viscosity, trough viscosity, breakdown, final viscosity 및 setback에서 유의적인 차이가 있었음($p=0.001$). 저장기간이 길어질수록 25℃와 35℃ 시료 간의 final viscosity 및 setback이 높아지는 경향이 있었고 45℃ 시료 간의 setback이 높아지는 경향이 있었음
 - 동일한 저장기간 내에 저장온도 별 시료를 비교해보면 0℃에 비해 25-45℃의 peak viscosity가 높게 나타나는 경향이 있었음. 또한 동일한 저장기간 내에 저장 온도가 높아질수록 시료의 final viscosity 및 setback이 증가하였음. 특히, setback은 노화정도와 관련이 있는 특성으로 저장 온도가 높을수록 노화가 쉽게 일어날 가능성을 보였음

표 3-1-179. 저장 온도 및 저장시간에 따른 청밀 전밀가루의 pasting properties

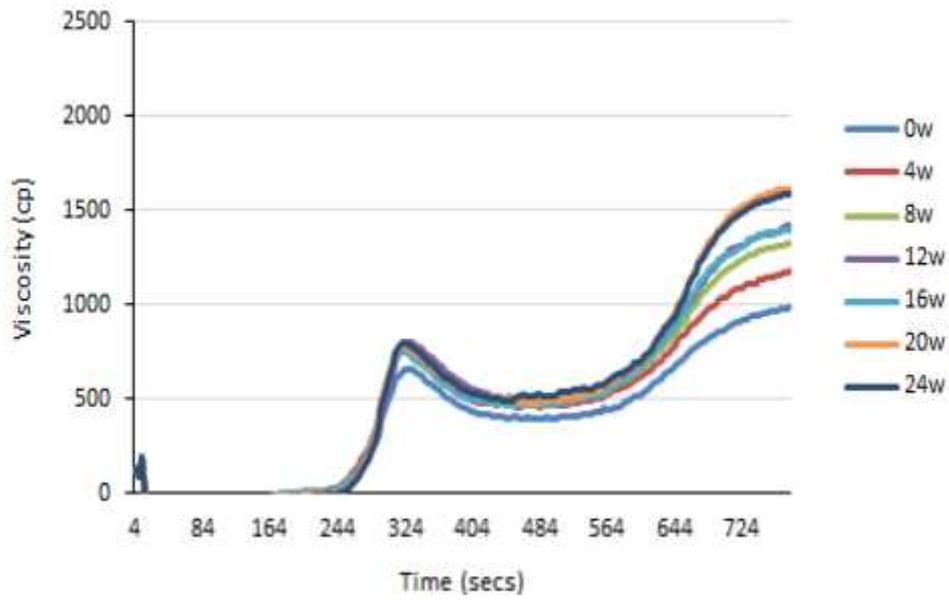
저장기간 (week)	저장온도 (°C)	Rapid Visco Analyzer ¹ (RVA)				
		Peak Viscosity ^{***}	Trough Viscosity ^{***}	Breakdown ^{***}	Final Viscosity ^{***}	Setback ^{***}
0	-	665 ^e	400 ^f	265 ^e	986 ^h	586 ⁱ
4	0	694 ^e	412 ^f	282 ^{ef}	1013 ^h	601 ⁱ
	25	787 ^{cd}	454 ^e	333 ^{bcde}	1176 ^g	722 ^h
	35	792 ^{cd}	486 ^{cde}	305 ^{cdef}	1303 ^f	817 ^g
	45	827 ^{cd}	519 ^{cd}	307 ^{cdef}	1651 ^{de}	1131 ^e
8	0	525 ^f	314 ^g	211 ^g	816 ⁱ	502 ⁱ
	25	794 ^{cd}	487 ^{cde}	306 ^{cdef}	1327 ^f	839 ^g
	35	880 ^c	525 ^{cd}	355 ^{bcd}	1579 ^e	1054 ^e
	45	1075 ^a	651 ^a	424 ^a	2091 ^{ab}	1440 ^b
12	0	641 ^e	369 ^f	272 ^{ef}	957 ^h	588 ⁱ
	25	807 ^{cd}	496 ^{cde}	312 ^{cdef}	1413 ^f	918 ^f
	35	814 ^{cd}	511 ^{cde}	303 ^{cdef}	1735 ^d	1225 ^d
	45	856 ^{cd}	545 ^c	311 ^{cdef}	1997 ^{bc}	1452 ^b
16	0	642 ^e	374 ^f	269 ^f	964 ^h	590 ⁱ
	25	760 ^d	463 ^{de}	297 ^{def}	1397 ^f	933 ^f
	35	887 ^c	528 ^{cd}	358 ^{bc}	1750 ^d	1222 ^d
	45	982 ^b	610 ^b	372 ^b	2174 ^a	1564 ^a
20	0	668 ^e	386 ^f	282 ^{ef}	976 ^h	590 ⁱ
	25	786 ^{cd}	482 ^{cde}	304 ^{cdef}	1605 ^e	112 ^e
	35	846 ^{cd}	537 ^c	309 ^{cdef}	1884 ^c	1347 ^c
	45	856 ^{cd}	531 ^{cd}	325 ^{cdef}	2067 ^{ab}	1536 ^a
24	0	657 ^e	379 ^f	278 ^{ef}	988 ^h	609 ⁱ
	25	802 ^{cd}	488 ^{cde}	314 ^{cdef}	1587 ^e	109 ^e
	35	821 ^{cd}	514 ^{cde}	307 ^{cdef}	1881 ^c	1367 ^{bc}
	45	831 ^{cd}	524 ^{cd}	306 ^{cdef}	2062 ^{ab}	1537 ^a

¹ 3번 반복 실험의 평균값

*** 시료가 p=0.001수준에서 유의적인 차이가 있음

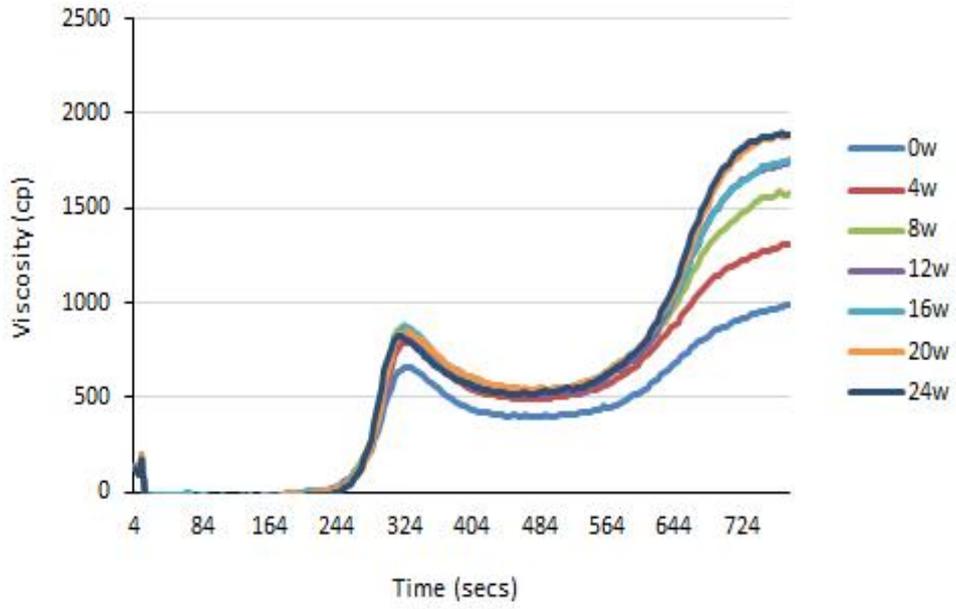


0°C

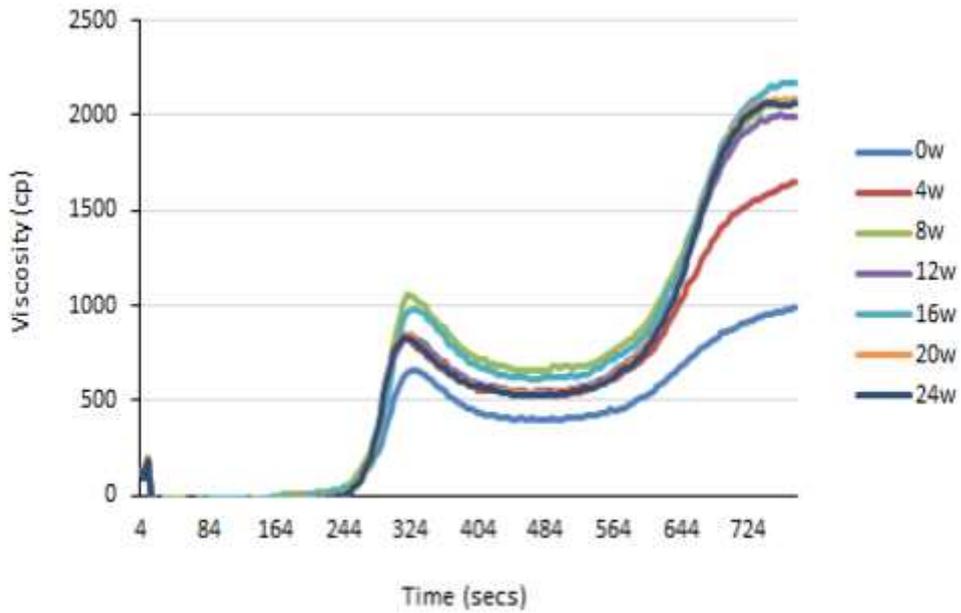


25°C

그림 3-1-278. 저장 온도 및 저장시간에 따른 청밀 전밀가루의 RVA profile (continued)



35°C



45°C

그림 3-1-279. 저장 온도 및 저장시간에 따른 청밀 전밀가루의 RVA curve

- 청밀 전밀가루의 저장 온도(0°C, 25°C, 35°C, 45°C) 및 저장기간(12 week, 24 week)에 따른 향 차이는 GC-type의 e-nose 분석 장비를 이용하여 분석하였음. 일반적인 odor map은 그림 3-1-280에 있음
- 일반적인 odor map은 heracles 전자코 분석 장비를 통해 얻은 크로마토그램에서 선택한 peak(성분)의 area(면적) 값을 사용하여 다변량 통계 분석을 통해 얻은 결과임. 주성분 분석을 기반으로 한 odor map에서 시료간 향 차이가 있다는 것을 확인하였음

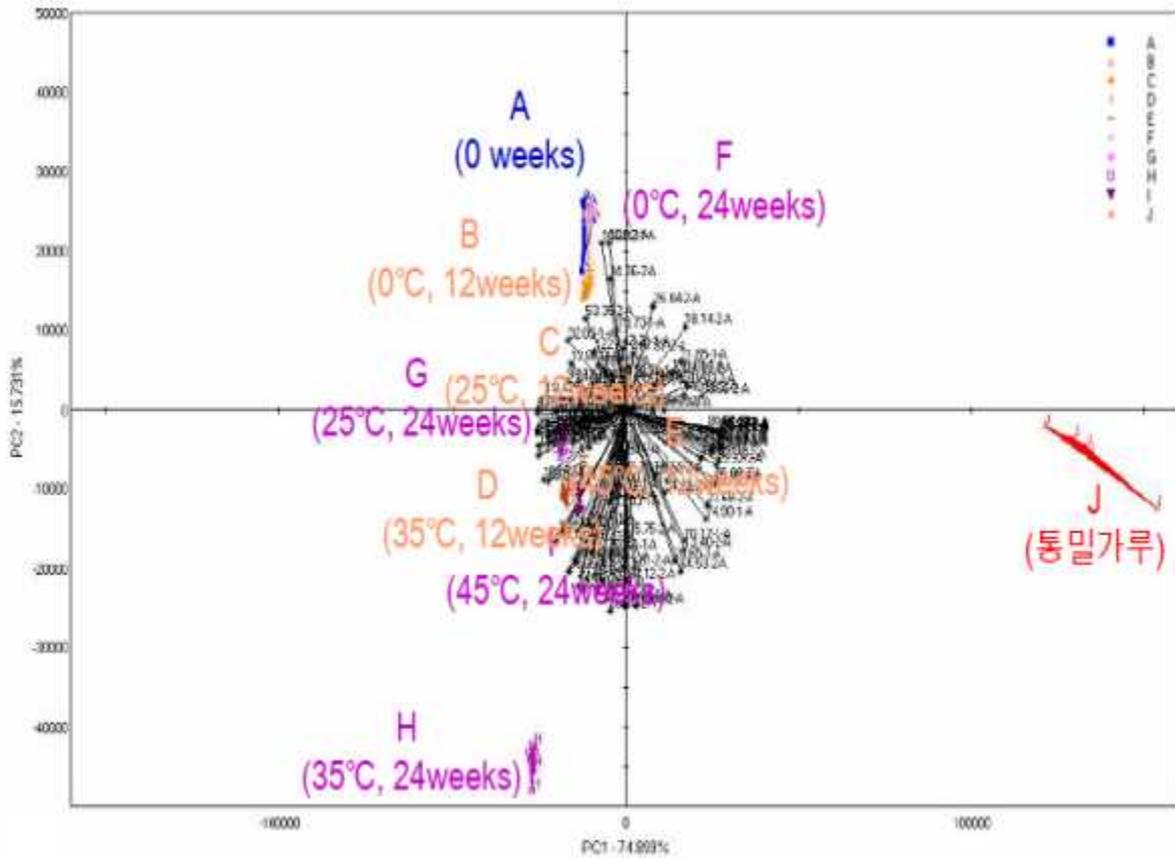


그림 3-1-280. Raw data의 모든 peak를 factor로 한 PCA

- 분석한 모든 peak 중에서 재현성 및 특이성이 있는 23개의 peak를 선택하여 위 그림과 동일하게 주 성분 분석(PCA)으로 표현한 결과는 그림 3-1-281에 있음. 전체적인 차이는 없지만 각 시료의 향 차이가 더 확실하게 구별되는 것을 확인 할 수 있음. Discrimination index(DI) 수치가 100에 유사할수록 각 시료의 상대적인 구별력이 우수하다는 것을 의미함. DI값이 0보다 작게 나타나는 경우는 반대 의미임

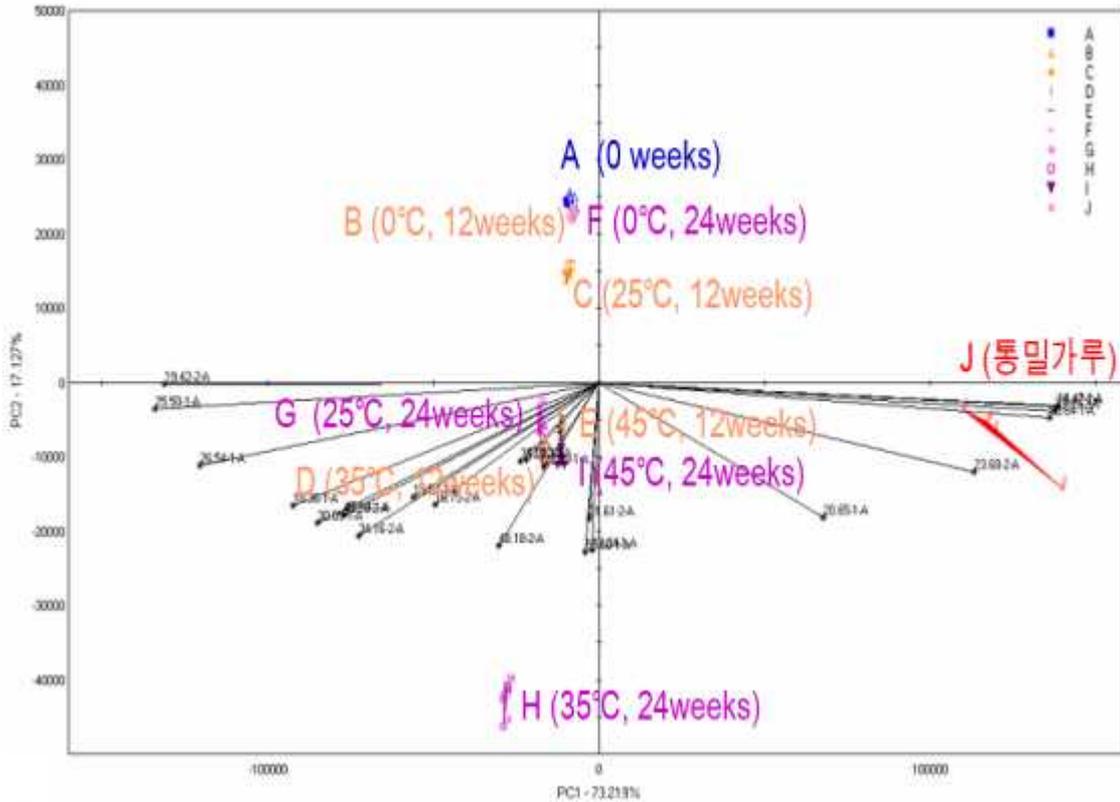


그림 3-1-281. 23개의 peak를 factor로 한 PCA

- PCA map에서 잘 보이지 않던 나머지 시료들의 부분 확대한 결과는 그림 3-1-282에 있음. 부분 확대한 결과 밀가루의 저장 온도에 따른 시료의 향 변화가 있는 것으로 확인됨. 저장 온도의 변화보다 저장 기간의 변화에 따른 향 변화가 월등히 차이가 있는 것으로 확인되며, 동일한 온도 조건일 때 저장 기간이 길수록 향 변화가 큰 것으로 확인됨. 예를 들어 갈색(12 weeks)의 화살표보다 보라 (24 weeks)색의 화살표는 온도에 따른 시료간의 거리가 멀게 나타났으며 이는 저장 기간이 길수록 향 변화가 큰 것을 의미함
- 특히, 저장 온도 45°C에서는 급격히 반대 방향으로 역 변화 되었으며, 저장 온도 0°C에서는 저장기간에 상관없이 상대적으로 미미한 것으로 보임

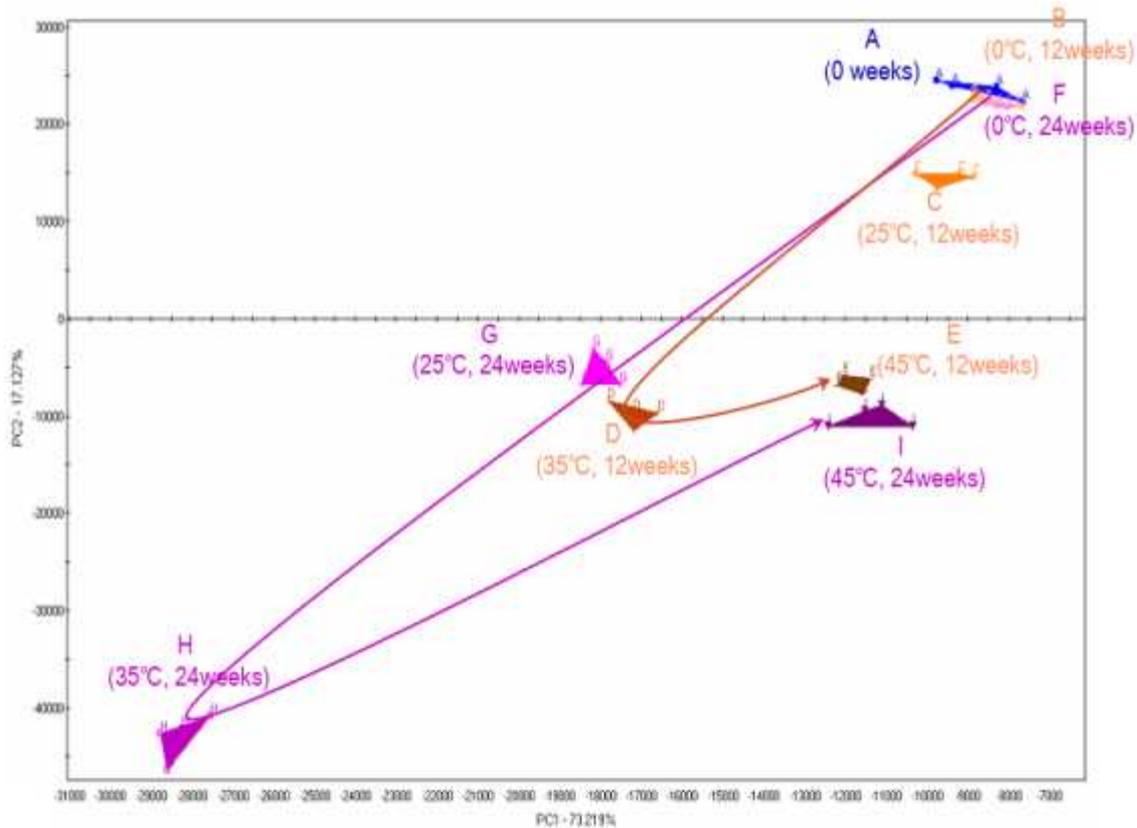


그림 3-1-282. 23개의 peak를 factor로 한 PCA

○ e-nose로 밀가루의 향기분석 결과는 크로마토그램의 각 peak 면적 차이로 확인할 수 있음. 각 peak 는 kobats indices라는 기본 원리로 만들어진 ArcoChemBase Library 검색을 통해 화학적 조성에 대한 정성분석을 확인할 수 있으며 그 결과 표 3-1-180에 표시한 14개의 성분을 유추할 수 있었음. 각 성분의 시료별 peak area difference는 비교 용이하게 막대그래프로 그림 3-5-34에 표시하였음

표 3-1-180. e-nose로 분석한 온도 및 저장기간에 따른 청밀 전밀가루의 향기성분

	Retention time		Relevance index		Sensory description
	MXT5 ¹	MXT1701 ²	MXT5 ¹	MXT1701 ²	
Ethanol	14.7	15.42	499	554	Alcoholic, Pungent, Sweet
Propan-2-one	15.7	16.75	477	593	Fruity, Glue
2-methylpropanal	-	19.42	-	635	Fruity, Green, Malty, Pungent
1-propanl	18.36	21.61	544	666	Alcoholic, Fruity, Musty, Pungent
butan-2-one	20.65	23.68	600	695	Butter, Ethereal
1-propanl, 2-methyl-	23.03	-	625	-	Alcoholic, bitter, Glue, Leek
n-butanol	25.50	-	651	-	Fruity, Medicinal, Fermented
2-methylbutanl	26.54	-	662	-	Green, Malty
Pentanl	30.05	34.16	699	788	Almond, Green, Malty, Pungent
3-methyl-1-butanol	35.22	43.12	734	848	Alcoholic, Balsamic, Malty, Pungent
1-hexen-3-ol	40.24	48.18	770	881	Green
Hexanal	45.14	49.96	801	893	Green, Leafy, Fruity
[z]-2-Hexen-1-ol	56.60	-	872	-	Fruity, Green, Leafy, Winey
Limonene	80.64	73.93	1041	1067	Citrus, Fruity, Minty, Peely

○ 청밀 전립가루를 저장하는 기간 중 Propan-2-one의 peak area가 높게 나타났음. Propan-2-one은 ArcoChemBase Library의 sensory description에서 Fruity 및 Glue 향을 나타내는 것으로 알려져 있으며 다른 향기 성분에 비해 35℃ 및 45℃ 시료에서 강하게 나타났음. 특히, 24weeks 45℃ 시료에서는 다른 시료들에 비해 Ethanol 및 1-Propanol, 2-methyl- 성분들이 증가하였음. Ethanol은 Alcoholic, Pungent, Sweet한 향을 나타내며, 1-Propanol, 2-methyl-는 Fruity, Green, Malty, Pungent향을 타나냄

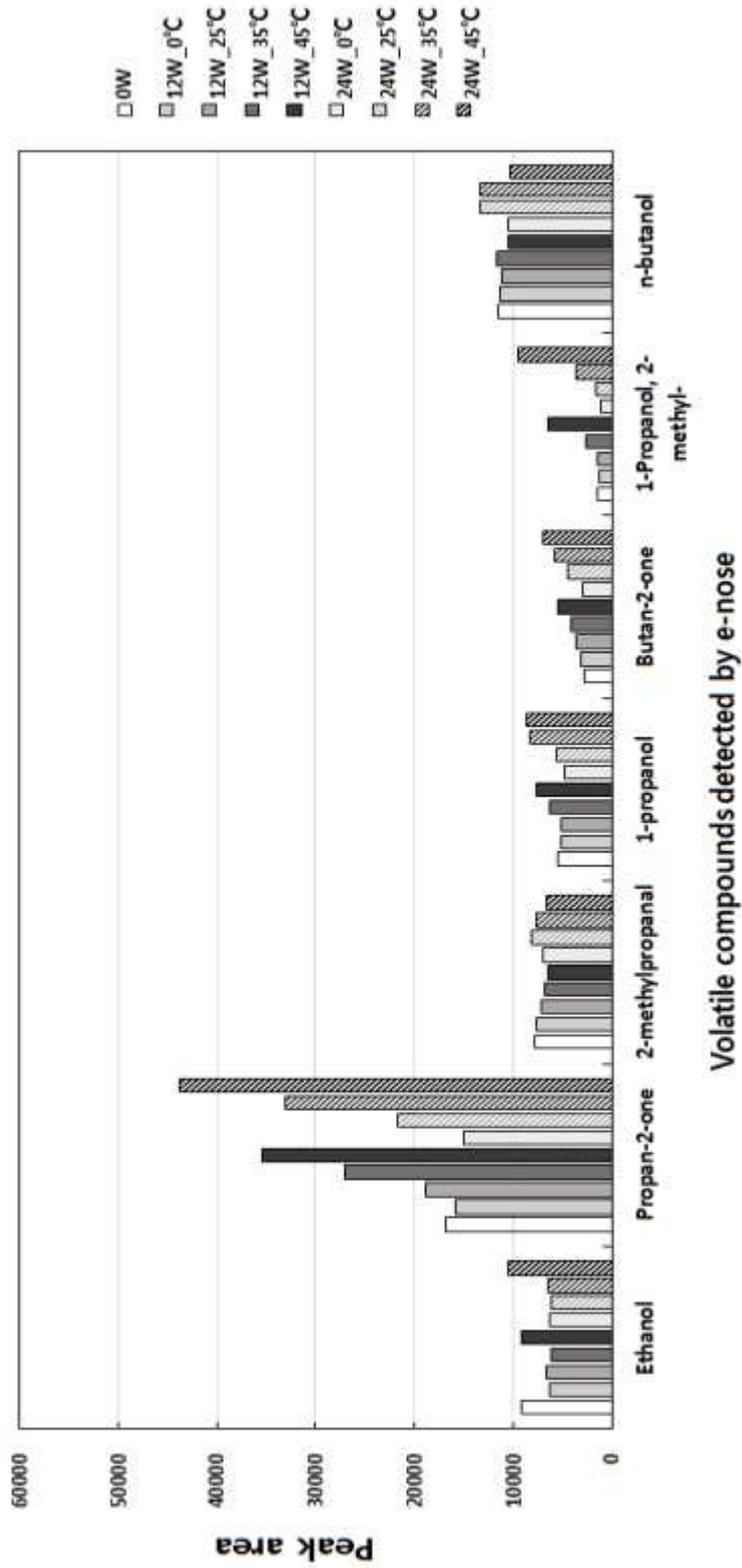
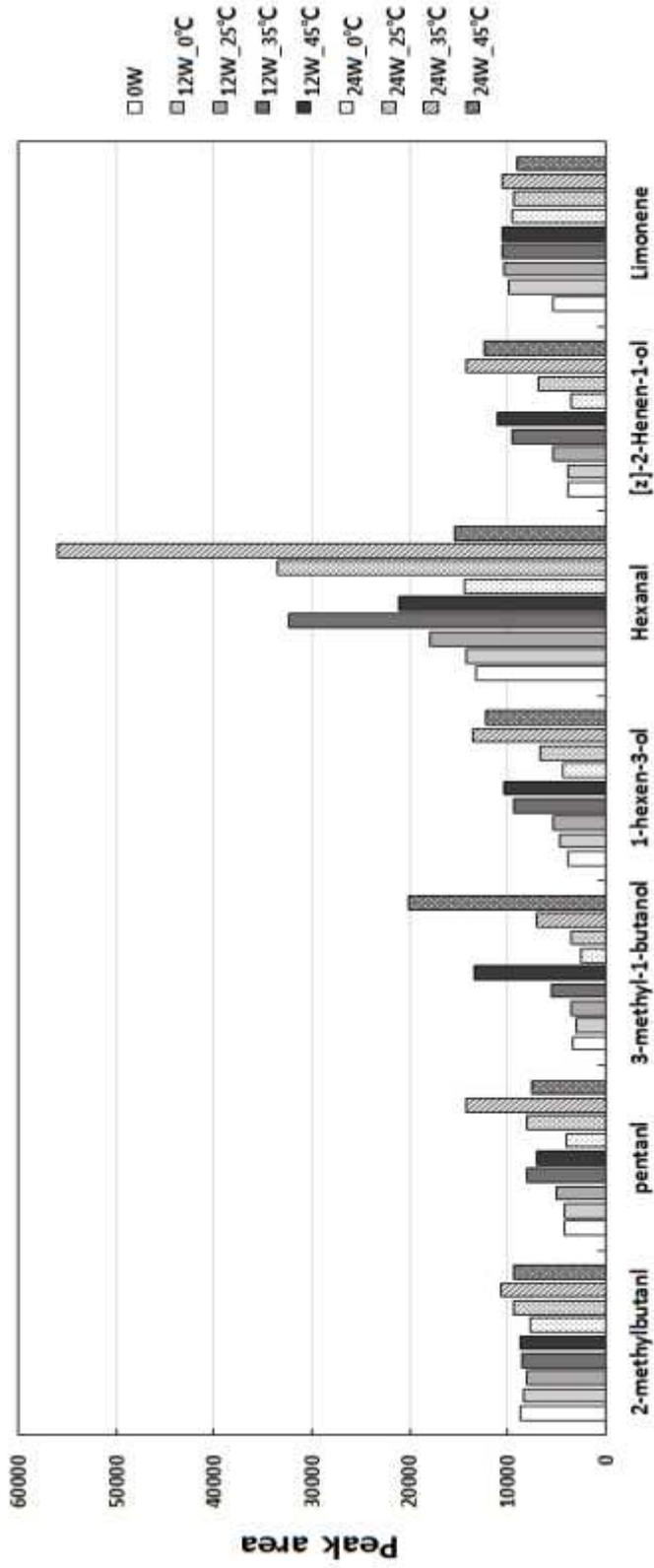


그림 3-1-283. 저장기간 및 온도에 따른 청밀 전립가루의 volatile compounds

○ 청밀 전밀가루를 저장하는 기간 중 Hexanal의 peak area가 높게 나타났음. Hexanal은 ArcoChemBase Library의 sensory description에서 green, leafy, fruity 향을 나타내는 것으로 알려져 있으며 다른 향기 성분에 비해 25°C 및 35°C 시료에서 강하게 나타났음. 그 외에 Pentanl, 3-methyl-1-butanol, 1-hexen-3-ol, [z]-2-Henen-1-ol 또한 저장 온도가 높을수록, 시간이 길수록 증가하는 경향이 있었음. 이러한 향기 성분들은 저장조건에 영향을 미치는 것으로 판단되며, 저장 기간이 증가함에 따라 pasting properties나 색도와 같은 특성들이 저하되는 점을 감안했을 시 제품의 품질에 영향을 미칠 것으로 예상됨



Volatile compounds detected by e-nose

그림 3-1-284. 저장기간 및 온도에 따른 청밀 전밀가루의 volatile compounds

(나) 청밀 전밀가루의 저장별 쿠키의 소비자 검사

- 저장 온도 및 기간에 따라 청밀 전밀가루로 제조한 쿠키의 소비자 118명을 대상으로 향, 외관, 맛, 조직감 및 전반적 기호도 결과는 표 3-1-181에 있음. 전반적으로 45℃에서 저장한 밀가루로 만든 쿠키의 외관 및 맛의 기호도가 가장 낮았음. 전반적인 기호도의 경우 45℃에서 24 weeks 동안 저장한 청밀 가루로 만든 쿠키가 가장 낮았음

표 3-1-181. 저장 온도 및 저장기간에 따른 청밀 전밀가루로 제조한 쿠키의 소비자 기호도¹

저장기간 (week)	저장온도 (℃)	기호도				
		향***	외관***	맛**	조직감***	전반적***
0	-	6.92 ^{ab}	6.55 ^a	6.38 ^a	6.53 ^{ab}	6.50 ^a
12	0	6.81 ^{abc}	6.34 ^a	6.14 ^{ab}	6.40 ^{ab}	6.30 ^a
	25	6.63 ^{bc}	6.14 ^a	6.41 ^a	6.47 ^{ab}	6.42 ^a
	35	6.54 ^{ab}	6.46 ^a	5.64 ^{bc}	5.93 ^{bc}	5.64 ^b
	45	6.10 ^c	5.87 ^b	5.42 ^c	5.60 ^{cd}	5.47 ^b
24	0	7.04 ^a	6.75 ^a	6.63 ^a	6.66 ^a	6.69 ^a
	25	6.69 ^{ab}	6.59 ^a	6.55 ^a	6.36 ^{ab}	6.51 ^a
	35	5.99 ^{abc}	6.28 ^b	5.70 ^{bc}	6.08 ^{abc}	5.68 ^b
	45	5.47 ^c	5.85 ^c	4.78 ^d	5.36 ^d	4.82 ^c

¹ 소비자 118명의 평균값; 1=대단히 싫어한다 9=대단히 좋아한다

*** 시료가 p=0.001수준에서 유의적인 차이가 있음

- 전반적인 기호도를 기준으로 군집분석을 시행한 결과는 표 3-1-182에 있음. 그 결과 소비자들은 35℃나 45℃에서 저장된 청밀 전밀가루로 만든 쿠키를 싫어하는 집단(Cluster 1, n=46; Cluster 2, n=21)과 저장 기간이나 온도에 뚜렷한 기호도 경향을 보이지 않는 집단(Cluster 3, n=51)로 나누어 졌음
- 저장 온도 및 저장기간에 따른 청밀 전밀가루로 만든 쿠키 제품들의 전반적인 기호도에 의한 주성분 분석을 시행한 결과 그림 3-1-285에 있음. PCA 결과 주성분 1은 30.67%, 주성분 2는 17.91%를 설명할 수 있었으며, 0week, 0℃, 25℃, 35℃에서 12week동안 저장한 청밀 전밀가루로 만든 쿠키 제품 및 24weeks동안 0℃에서 저장한 밀가루로 제조한 쿠키들은 주성분 1의 양의 방향에 위치해 있었음. 반면, 25℃, 35℃, 45℃에서 24weeks동안 저장한 밀가루로 제조한 쿠키 제품들은 주성분 1의 음의 방향에 위치해 있었음

표 3-1-182. 쿠키의 전반적인 기호도를 기준으로 한 군집분석

저장기간 (week)	저장온도 (°C)	Class		
		Cluster1(n=46)	Cluster2(n=21)	Cluster3(n=51)
0	-	7.00	5.00	6.50
12	0	8.00	5.00	6.00
	25	7.00	6.00	7.00
	35	6.00	4.00	6.00
	45	5.00	3.00	7.00
24	0	6.00	5.00	7.00
	25	6.00	4.00	6.00
	35	5.00	5.00	6.00
	45	3.00	6.00	6.00

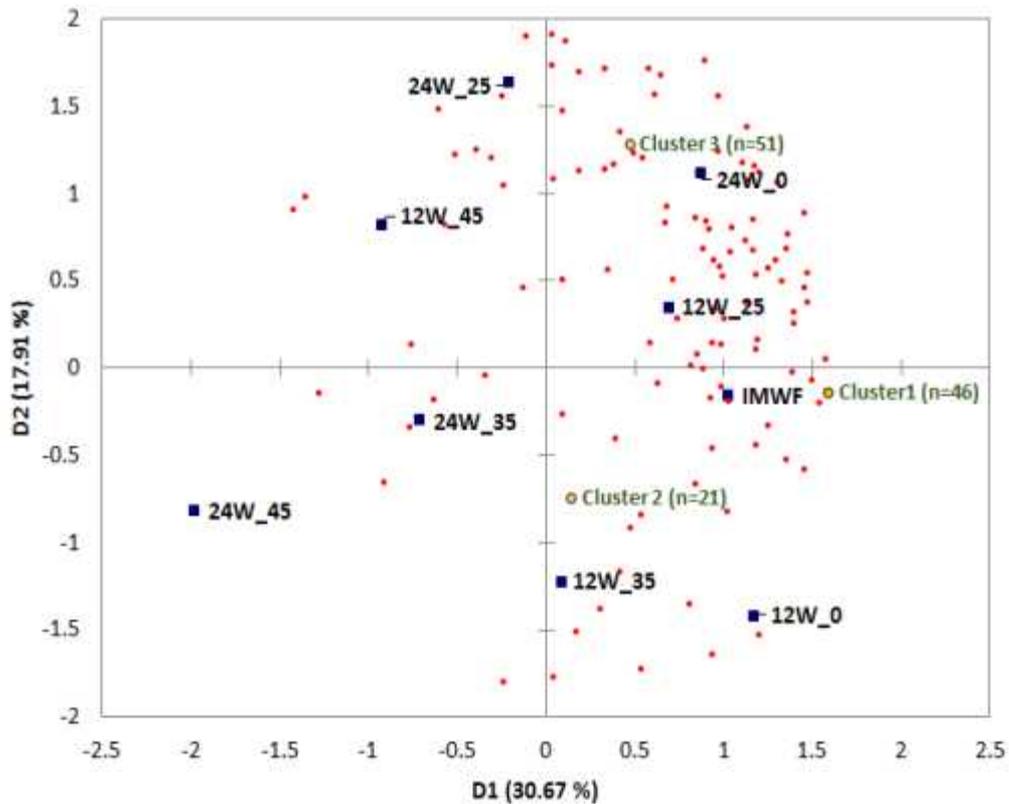


그림 3-1-285. 주성분 1(x)와 2(y) 좌표 상에서 저장조건에 따른 청밀 전밀가루로 만든 쿠키제품들 및 소비자 군집의 위치

- 온도 및 저장기간에 따른 청밀 전밀가루의 이화학, pasting properties, volatile compounds 및 쿠키의 소비자 기호도 특성의 주성분 분석한 결과는 그림 3-1-286에 있음. 주성분 1은 총변동의 63.90%, 주성분 2는 16.20% 설명하였음
- 주성분 1과 2의 (-)는 대조구 및 12weeks, 24weeks에서 0°C에서 보관한 청밀 전밀가루로 제조한 쿠키 및 L, RVA의 peaktime의 특징과 상관있었음
- 주성분 1의 (+), 2의 (-)는 12weeks, 24weeks에서 45°C에서 보관한 청밀 전밀가루로 제조한 쿠키 및 a, b, volatile compounds 중 1-Propanol, 2-methyl, 3-methyl-1-butanol, ethanol 및 Propan-2-one의 특징과 상관이 있었음
- 청밀 전밀가루의 저장실험결과 저장 온도 및 기간이 증가할수록 peak viscosity나 setback같은 pasting properties가 증가하므로 낮은 제과제빵 적성이 예상되며, volatile compounds가 증가함. 특히, 소비자 기호도가 낮아지는 경향이 있음

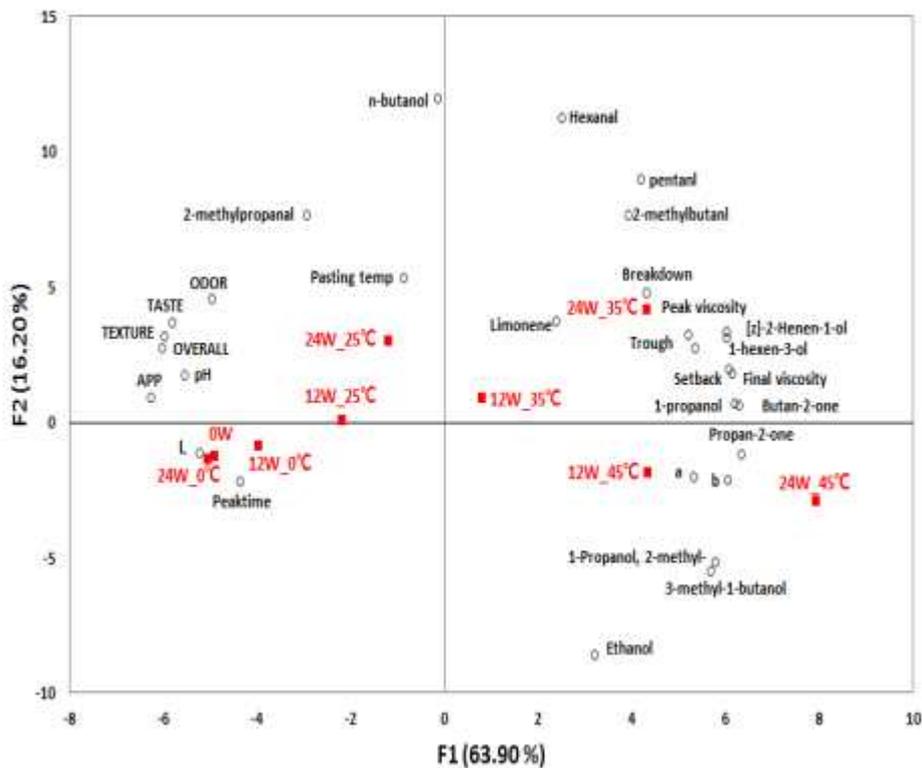


그림 3-1-286. 온도 및 저장기간에 따른 청밀 전밀가루의 이화학, pasting properties, volatile compounds 및 쿠키의 소비자 기호도 특성의 주성분

부록 3-1-1. 본 연구의 시판 밀가루제품 품질분석을 위해 사용된 시료

no	시판 년도	제품명	종류	제조사(수입원)	판매원	유형
1	2012	곰표밀가루	백밀	대한제분	대한제분	중력 1등급
2	2012	곰표 햇밀가루	백밀	대한제분	대한제분	중력 1등급
3	2012	큐원 영양강화밀가루	백밀	삼양밀맥스	삼양사	영양강화
4	2012	백설 찰밀가루	백밀	CJ제일제당	CJ제일제당	중력 1등급
5	2012	백설 밀가루	백밀	CJ제일제당	CJ제일제당	중력 1등급
6	2012	백설 빵용 밀가루	백밀	CJ제일제당	CJ제일제당	강력 1등급
7	2012	백설 과자용 밀가루	백밀	CJ제일제당	CJ제일제당	박력 1등급
8	2012	백설 유기농밀가루	백밀	CJ제일제당	CJ제일제당	기타
9	2012	백설 100% 우리밀밀가루	백밀	CJ제일제당	CJ제일제당	중력 1등급
10	2012	청정원 친환경 통밀밀가루	통밀	밀다윈 (소분원 : 대상)	대상	기타
11	2012	자연주의 유기농 우리밀 통밀가루	통밀	광의면 특품사업단 우리밀가공공장	이마트	강력 2등급
12	2012	자연주의 유기농 우리밀 백밀가루	백밀	광의면 특품사업단 우리밀가공공장	이마트	강력 1등급
13	2012	해표 100% 우리밀 밀가루	백밀	광의면 특품사업단 우리밀가공공장	사조해표	강력 1등급
14	2012	해표 100% 우리밀 통밀가루	통밀	광의면 특품사업단 우리밀가공공장	사조해표	기타다목적
15	2012	무농약 우리밀 백밀가루	백밀	광의면 특품사업단 우리밀가공공장	우리밀살리기공 동네트워크	강력 2등급
16	2012	무농약 우리밀 통밀가루	통밀	광의면 특품사업단 우리밀가공공장	우리밀살리기공 동네트워크	강력 2등급
17	2013	곰표밀가루	백밀	대한제분	대한제분	중력 1등급
18	2013	곰표 햇밀가루	백밀	대한제분	대한제분	중력 1등급
19	2013	큐원 영양강화밀가루	백밀	삼양밀맥스	삼양사	영양강화
20	2013	백설 찰밀가루	백밀	CJ제일제당	CJ제일제당	중력 1등급
21	2013	백설 밀가루	백밀	CJ제일제당	CJ제일제당	중력 1등급
22	2013	백설 빵용 밀가루	백밀	CJ제일제당	CJ제일제당	강력 1등급
23	2013	백설 과자용 밀가루	백밀	CJ제일제당	CJ제일제당	박력 1등급
24	2013	백설 유기농밀가루	백밀	CJ제일제당	CJ제일제당	기타
25	2013	백설 100% 우리밀밀가루	백밀	CJ제일제당	CJ제일제당	중력 1등급
26	2013	청정원 친환경 통밀밀가루	통밀	밀다윈 (소분원 : 대상)	대상	기타
27	2013	자연주의 유기농 우리밀 통밀가루	통밀	광의면 특품사업단 우리밀가공공장	신세계이마트	강력 2등급
28	2013	자연주의 유기농 우리밀 백밀가루	백밀	광의면 특품사업단 우리밀가공공장	신세계이마트	강력 1등급
29	2013	해표 100% 우리밀 밀가루	백밀	광의면 특품사업단 우리밀가공공장	사조해표	강력 1등급
30	2013	해표 100% 우리밀 통밀가루	통밀	광의면 특품사업단 우리밀가공공장	사조해표	기타다목적
31	2013	무농약 우리밀 백밀가루	백밀	삼양 밀맥스	(주)우리밀	중력 1등급
32	2013	무농약 우리밀 통밀가루	통밀	삼양 밀맥스	(주)우리밀	중력 2등급

부록 3-1-2. 베이커리 제품에 대한 평가 전에 사용된 소비행태에 관한 질문

이름 _____	부서명 _____
주소 _____	전화번호 _____
제품 식빵 _____	날 짜 2013년 월 일

1. 귀하의 나이는?

19세 이하		40 ~ 49세	
20 ~ 29세		50 ~ 59세	
30 ~ 39세		60세 이상	

2. 식빵을 얼마나 좋아하십니까?

대단히 싫어한다		그저 그렇다	대단히 좋아한다
() () () ()	() () () ()	() () () ()	() () () ()

3. 식빵 혹은 빵의 구매빈도는?

1회/주 이상		1회/6달 이상 ~ 6회 미만/6달	
1회/달 이상 ~ 4회 미만/달		1회이하/년	

4. 식빵 혹은 빵 구매시 아래 특성들의 중요도 순위는?

1. 가격	2. 외관	3. 맛	4. 영양	5. 제조일자
6. 제조업체	7. 상품명	8. 재료의 원산지 (국산, 수입)	9. 재료의 생산방법 (유기 혹은 친환경 농법)	10.

_____	_____	_____	_____	_____
첫 번째	두 번째	세 번째	네 번째	다섯 번째

5. 귀하께서 구입한 식빵 혹은 빵의 보관은?

냉장고		냉동고	
상온			

6. 평상시 일주일(7일) 동안 아침에 빵을 먹는 횟수는?

0 회(전혀 없음)		5 ~ 6회/주	
1 ~ 2회/주		7회/주	
3 ~ 4회/주			

7. 시중에 수입밀로 만든 식빵은 약 400gram 포장단위당 가격이 2,000원~3,000원에 판매되고 있으며, 우리밀로 만든 식빵의 경우 3,000원~7,000원에 판매되고 있습니다.

가) 우리밀로 만든 식빵을 구입할 의향은 있으신지요?

구입의향이 있다		구입의향이 없다	
----------	--	----------	--

나) 만약 구입의향이 있으시다면 최대한 얼마(원/400gram)까지 지불하실 의향이 있으신지요?

3,000원 미만		7,000원 이상~9,000원 미만	
3,000원 이상~5,000원 미만		9,000원 이상	
5,000원 이상~7,000원 미만			

다) 만약, 수입밀과 차별화된 안전하고 기능성이 강화된 우리밀 식빵이 있다면 구입할 의향은 있으신지요?

구입의향이 있다		구입의향이 없다	
----------	--	----------	--

라) 만약 구입의향이 있으시다면 최대한 얼마(원/400gram)까지 지불하실 의향이 있으신지요?

3,000원 미만		7,000원 이상~9,000원 미만	
3,000원 이상~5,000원 미만		9,000원 이상	
5,000원 이상~7,000원 미만			

8. 이상적인 빵의 특성을 잘 표현한 □에 표시(v 혹은 x)해 주십시오.

색이 연한(하얀)	<input type="checkbox"/>	색이 강한(갈색)						
기공의 크기가 작은	<input type="checkbox"/>	기공의 크기가 큰						
기공 균일성이 낮은	<input type="checkbox"/>	기공 균일성이 높은						
우유 향미가 적은	<input type="checkbox"/>	우유 향미가 강한						
버터 향미가 적은	<input type="checkbox"/>	버터 향미가 강한						
이스트 향미가 적은	<input type="checkbox"/>	이스트 향미가 강한						
촉촉함성이 적은	<input type="checkbox"/>	촉촉함성이 높은						
부드러운정도가 약한	<input type="checkbox"/>	아주 부드러운						
응집성이 약한	<input type="checkbox"/>	응집성이 강한						
부착성이 약한	<input type="checkbox"/>	부착성이 강한						
씹힘성이 약한	<input type="checkbox"/>	씹힘성이 강한						
삼킴후 입안에 남는 후미가 없는	<input type="checkbox"/>	후미가 강한						

귀중한 시간과 의견 주셔서 고맙습니다!

부록 3-1-3. 이스트 식빵 소비자 검사에 사용된 검사지(blind test)

이름 _____ 날 짜 2013년 _____ 월 _____ 일

시료번호 _____

1. 방금 시식하신 빵에 대해 향의 기호도, 외관의 기호도, 맛의 기호도, 조직감의 기호도, 전반적인 기호도는 어떠신지요? (각 열당 1개씩 표시(O, 혹은 X, 혹은 V)해 주십시오.)

	향	외관	맛	조직감	전반적인
대단히 좋아한다(9)					
많이 좋아한다					
보통 좋아한다					
약간 좋아한다					
좋아하지도 싫어하지도 않는다					
약간 싫어한다					
보통 싫어한다					
많이 싫어한다					
대단히 싫어한다(1)					

2. 제시된 빵의 특성을 잘 표현한 □에 표시(v 혹은 x)해 주십시오.

색이 연한(하얀)	<input type="checkbox"/>	색이 강한(갈색)						
기공의 크기가 작은	<input type="checkbox"/>	기공의 크기가 큰						
기공 균일성이 낮은	<input type="checkbox"/>	기공 균일성이 높은						
우유 향미가 적은	<input type="checkbox"/>	우유 향미가 강한						
버터 향미가 적은	<input type="checkbox"/>	버터 향미가 강한						
이스트 향미가 적은	<input type="checkbox"/>	이스트 향미가 강한						
촉촉함성이 적은	<input type="checkbox"/>	촉촉함성이 높은						
부드러운정도가 약한	<input type="checkbox"/>	아주 부드러운						
응집성이 약한	<input type="checkbox"/>	응집성이 강한						
부착성이 약한	<input type="checkbox"/>	부착성이 강한						
씹힘성이 약한	<input type="checkbox"/>	씹힘성이 강한						
삼킴후 입안에 남는 후미가 없는	<input type="checkbox"/>	후미가 강한						

3. 방금 맛보신 빵 시료의 구입의향은?

확실히 구입하겠다.(5)	
아마도 구입할 것이다.	
구입할지 안할지 모르겠다.	
아마도 구입안할 것이다.	
확실히 구입하지 않겠다. (1)	

4. 방금 맛보신 식빵구입을 위해 얼마(원/ 400g pkg)를 지불 하시겠습니까 ?

_____원/ 400 g pkg

5. 의견:

감사합니다!

부록 3-1-4. Blind test 후 사용된 우리밀 식빵에 대한 검사지

이름 _____ 날 짜 2013년 _____ 월 _____ 일
 시료번호 _____

1. 방금 시식하신 빵은 우리밀로 만든 식빵입니다. 우리밀로 만든 식빵은 한 봉지 (약 400g, 약 20cm 길이의 식빵)에 약 3,000원 ~ 7,000원에 판매되고 있습니다.

방금 맛보신 식빵구입을 위해 얼마(원/ 400g pkg)를 지불 하시겠습니까 ?

_____ 원/ 400 g pkg

2. 방금 시식하신 빵에 대해 향의 기호도, 외관의 기호도, 맛의 기호도, 조직감의 기호도, 전반적인 기호도는 어떠신지요? (각 열당 1개씩 표시(o, 혹은 X, 혹은 V)해주시시오.

	향	외관	맛	조직감	전반적인
대단히 좋아한다(9)					
많이 좋아한다					
보통 좋아한다					
약간 좋아한다					
좋아하지도 싫어하지도 않는다					
약간 싫어한다					
보통 싫어한다					
많이 싫어한다					
대단히 싫어한다(1)					

3. 방금 맛보신 빵 시료의 구입의향은?

확실히 구입하겠다.(5)	
아마도 구입할 것이다.	
구입할지 안할지 모르겠다.	
아마도 구입안할 것이다.	
확실히 구입하지 않겠다. (1)	

4. 의견:

감사합니다!

부록 3-1-5. Blind test 후 사용된 수입밀 식빵에 대한 검사지

이름 _____ 날 짜 2013년 _____ 월 _____ 일
 시료번호 _____

1. 방금 시식하신 빵은 수입밀로 만든 식빵입니다. 일반적으로 수입밀로 만든 식빵은 한 봉지 (약 400g, 약 20cm 길이의 식빵)에 약 2,000원~ 3,000원에 판매되고 있습니다.

방금 맛보신 식빵구입을 위해 얼마(원/ 400g pkg)를 지불 하시겠습니까 ?

_____ 원/ 400 g pkg

2. 방금 시식하신 빵에 대해 향의 기호도, 외관의 기호도, 맛의 기호도, 조직감의 기호도, 전반적인 기호도는 어떠신지요? (각 열당 1개씩 표시(O, 혹은 X, 혹은 V)해주시시오.

	향	외관	맛	조직감	전반적인
대단히 좋아한다(9)					
많이 좋아한다					
보통 좋아한다					
약간 좋아한다					
좋아하지도 싫어하지도 않는다					
약간 싫어한다					
보통 싫어한다					
많이 싫어한다					
대단히 싫어한다(1)					

3. 방금 맛보신 빵 시료의 구입의향은?

확실히 구입하겠다.(5)	
아마도 구입할 것이다.	
구입할지 안할지 모르겠다.	
아마도 구입안할 것이다.	
확실히 구입하지 않겠다. (1)	

4. 의견:

감사합니다!

부록 3-1-6. 이스트 식빵의 정량적 묘사분석을 위한 특성 정의 및 평가 기술

특성		정의	평가 기술
외관	색	외관 색의 정도(연한-진한)	식빵의 외관을 눈으로 보고 다음의 특성 강도를 평가
	기공의 크기	빵 속의 기공 크기의 정도	
	기공 균일성	빵 속의 기공의 균일한 정도	
	표면의 매끄러움	빵 표면의 매끄러운 정도	
	표면의 결	표면 결의 형성 정도	
향	발효취	발효할 때 느껴지는 이스트 향	시료를 코에 가까이 대놓고 3번 짧게 들이마시면서 평가
	생 밀가루향	생 밀가루에서 느껴지는 향	
	신향	아세트산에서 느껴지는 신 향	
	곡물향	곡물에서 느껴지는 향	
조직감	탄력성	시료를 50% 눌렀다가 제자리로 돌아가는데 걸리는 시간	시료를 엄지와 검지 사이에 놓고 50% 누른 후 떼다
	촉촉한 정도	시료를 입에 대었을 때 느껴지는 차가운 정도	시료를 입술에 대고 촉촉한 정도를 측정
	경도	시료를 어금니로 눌렀을 때 느껴지는 힘의 정도	시료를 어금니에 넣고 씹으면서 느껴지는 각각의 특성강도 측정
	이 부착성	시료를 씹었을 때 어금니에 시료가 달라붙는 정도	
	응집성	시료를 씹는 동안에 시료가 뭉쳐지는 정도	
	씹힘성	시료를 삼키기 전까지 씹는 횟수	
	부서짐성	새 시료를 혀에 넣어 꿀렸을 때 시료가 각각 흩어지는 정도	
맛	단 맛	설탕에서 느껴지는 단 맛	시료를 씹으면서 혀와 입안 전체에서 느껴지는 특성강도 측정
	짠 맛	소금에서 느껴지는 짠 맛	
	신 맛	아세트산에서 느껴지는 신 맛	
	쓴 맛	카페인에서 느껴지는 쓴 맛	
	생 밀가루맛	생 밀가루에서 느껴지는 특유의 맛	
	발효맛	발효된 빵에서 느껴지는 특유의 맛	
	곡물맛	곡물(보리 등)에서 느껴지는 특유의 맛	
후미	가루끼	삼키고 난 후 가루가 입에 남는 정도	시료를 삼킨 후 느껴지는 후미의 특성강도 측정
	단 맛	삼키고 난 후 입안에서 느껴지는 단 맛	
	신 맛	삼키고 난 후 입안에서 느껴지는 신 맛	
	짠 맛	삼키고 난 후 입안에서 느껴지는 짠 맛	

부록 3-1-7. 이스트 식빵 관능적 묘사분석에 사용된 검사지

식빵의 관능적 특성

이 름 _____
 날 짜 _____

연락처 _____

제시된 빵을 맛보신 후 아래의 특성 강도를 가장 잘 표현한 지점에 수직선을 그어주십시오.

■ 외관(appearance) : 제시된 식빵의 외관을 보고 다음의 특성강도를 평가하십시오.

색의 강도



기공(air cell)의 크기



기공의 균일성



표면의 매끄러움



표면의 결



■ 향 : 제시된 fork를 이용하여 시료를 코에 가까이 대고 3번 짧게 들이마시면서 평가하십시오.

생 밀가루의 향



함

발효취 (이스트 향)



함

신 향



함

곡물향



함

■ 조직감

시료를 엄지와 검지 사이에 놓고 50% 눌러 탄력성을 측정하십시오.

탄력성



함

시료를 입술에 대고 촉촉한 정도를 측정하십시오.

촉촉한 정도



함

시료를 어금니에 넣고 눌러 느껴지는 강도를 측정하십시오.

경도



함

시료를 씹는 동안 어금니에 달라붙는 강도를 측정하십시오.

부착성



함

시료를 6~7회 씹는 동안에 시료의 뭉쳐지는 강도를 측정하십시오.

응집성



함

시료를 삼키기 전까지 씹는 횟수를 측정하십시오.

씹힘성



함

새로운 시료를 입에 넣고 혀로 굴렀을 때 시료가 각각 흩어지는 정도를 측정하십시오.

부서짐성(crumbliness)



함

■ 향미 : 입안에서 느껴지는 특성강도를 측정하십시오.

단맛



약함

쓴맛



함

짠맛



함

신맛



약함

생 밀가루 맛



약함

발효맛 (이스트 맛)



곡물 맛



■ 후미 : 시료를 삼킨 후 느껴지는 후미의 특성강도를 측정하십시오.

가루끼



단맛



신맛



짠맛



■ 의 견:

대단히 감사합니다!

부록 3-1-8. 우리밀, 수입밀 원곡 품질분석을 위해 사용된 시료

no	종류	품종	제공처	원산지	기타
1	우리밀	조품	우리밀농협	전북 김제	
2	우리밀	백중	우리밀농협	광주	
3	우리밀	적중	우리밀농협	광주	
4	우리밀	찰밀	우리밀농협	광주	
5	우리밀	금강	우리밀농협	광주	
6	우리밀	조경	우리밀농협	합천	
7	우리밀	금강	CJ		
8	우리밀	금강	밀다원		
9	우리밀	조경	CJ		
11	우리밀	금강	우리밀농협		
12	우리밀	백중	우리밀농협		
13	우리밀	적중	우리밀농협		
14	우리밀	찰밀	우리밀농협		
15	우리밀	금강	우리밀농협		
16	우리밀	조경	우리밀농협		
17	우리밀	금강	밀다원	군산	
18	우리밀	조경	밀다원	군산	
19	우리밀	유기농 우리밀	밀다원	군산	
20	우리밀	금강	CJ	정읍	
21	우리밀	금강	CJ	광주	
22	우리밀	금강	CJ	합천	
23	우리밀	조경	CJ	합천	
A	수입밀	NS	CJ	미국	Nothern Spring
B	수입밀	HRW	CJ	미국	Hard Red Winter
C	수입밀	SW	CJ	미국	Soft White
E	수입밀	DNS	밀다원		Dark Nothern Spring
F	수입밀	AH	CJ	호주	Australian Hard
G	수입밀	ASW	CJ	호주	Australian Standard White
H	수입밀	CWRS	CJ	캐나다	Canadian Western Red Spring
I	수입밀	DNS	CJ	미국	Dark Northern Spring
J	수입밀	HRW	CJ	미국	Hard Red Winter
K	수입밀	SW	CJ	미국	Soft White
L	수입밀	ASW	밀다원	호주	Australian Standard White
M	수입밀	CWRS	밀다원	캐나다	Canadian Western Red Spring
N	수입밀	DNS	밀다원	미국	Dark Nothern Spring
O	수입밀	HRW	밀다원	미국	Hard Red Winter
P	수입밀	W.W	밀다원	미국	Western White

부록 3-1-9. 본 실험에서 탐지된 청밀시료의 대사체 목록 (1/6)

ID	HMDB [†]		m/z	MT/RT	Relative Area		
	Compound name	Pathway Label			청밀	청밀스팀	정상밀
C_0079	Triethanolamine	Triethanolamine	150.112	8.64	N.D.	1.5E-05	2.0E-05
C_0095	XC0040	XC0040	174.085	13.16	N.D.	5.3E-05	4.0E-05
A_0077	Ribulose 5-phosphate	Ru5P	229.013	10.83	N.D.	5.3E-05	N.D.
A_0079	2-Deoxyglucose 6-phosphate	2-Deoxyglucose 6-phosphate	243.027	10.20	N.D.	2.8E-05	N.D.
A_0094	dCMP	dCMP	306.051	9.56	N.D.	5.1E-05	N.D.
A_0095	dTMP	dTMP	321.050	9.39	N.D.	1.2E-04	N.D.
A_0100	Fructose 1,6-diphosphate	F1,6P	338.990	14.64	N.D.	2.8E-05	N.D.
A_0108	CDP	CDP	402.013	11.32	N.D.	2.0E-05	N.D.
A_0122	ATP	ATP	505.988	11.60	N.D.	1.0E-04	N.D.
A_0124	ADP-ribose	ADP-Rib	558.071	8.32	N.D.	1.3E-05	N.D.
C_0117	DOPA	DOPA	198.075	12.60	N.D.	1.2E-04	N.D.
A_0125	UDP-glucose UDP-galactose	UDP-Glc UDP-Gal	565.049	8.47	2.3E-05	4.7E-04	N.D.
A_0119	UTP	UTP	482.962	12.42	5.2E-06	5.5E-05	N.D.
A_0096	CMP	CMP	322.045	9.40	2.6E-05	1.6E-04	3.7E-05
A_0084	Fructose 6-phosphate	F6P	259.024	9.79	4.8E-05	2.5E-04	N.D.
A_0081	Glucose 6-phosphate	G6P	259.023	9.66	8.9E-05	4.4E-04	N.D.
A_0083	myo-Inositol1-phosphate myo-Inositol3-phosphate	Myoinositol1-phosphate Myoinositol3-phosphate	259.024	10.11	1.9E-04	7.1E-04	6.1E-05
A_0003	Pyruvic acid	Pyruvic acid	87.009	12.77	3.6E-04	9.2E-04	N.D.
A_0104	GMP	GMP	362.053	8.95	6.5E-05	1.6E-04	1.6E-05
A_0056	3-Phosphoglyceric acid	3-PG	184.986	20.07	5.2E-05	1.2E-04	N.D.
C_0041	Nicotinamide	Nicotinamide	123.055	7.70	9.8E-05	2.0E-04	N.D.
A_0091	N-Acetylglucosamine6-phosphate	NAcGlcNP	300.048	8.97	2.5E-05	4.4E-05	1.0E-05
A_0070	5-Methoxyindoleacetic acid	No Label	204.066	8.01	1.0E-05	1.8E-05	4.3E-05
A_0047	Glycerol 3-phosphate	G3P	171.008	12.00	7.6E-05	1.3E-04	3.1E-05
C_0037	4-Amino-3-hydroxybutyric acid	4-Amino-3-hydroxybutyric acid	120.065	8.51	3.0E-04	5.1E-04	8.8E-05
C_0091	Pyridoxal	Pyridoxal	168.064	9.25	1.8E-05	3.0E-05	1.8E-05
C_0068	Stachydrine	Stachydrine	144.101	12.41	1.4E-03	2.2E-03	4.2E-03
C_0039	Betainealdehyde_+H ₂ O	BTL	120.102	7.76	3.6E-05	5.6E-05	6.2E-05
A_0013	2-Oxoisovaleric acid	2-KIV	115.040	10.04	9.5E-05	1.4E-04	N.D.
A_0098	cAMP	cAMP	328.045	7.37	6.2E-05	9.3E-05	N.D.
A_0109	UDP	UDP	402.996	11.49	1.2E-04	1.8E-04	5.5E-06
C_0160	Thiamine phosphate	TMP	345.079	11.38	1.8E-05	2.7E-05	N.D.
A_0060	Azelaic acid	Azelaic acid	187.098	12.03	8.1E-05	1.2E-04	9.2E-05
A_0058	XA0017	XA0017	186.114	7.64	4.5E-05	6.6E-05	5.6E-05
C_0049	XC0017	XC0017	130.097	8.17	7.9E-04	1.1E-03	6.6E-04
A_0093	cCMP 2',3'-cCMP	cCMP 2',3'-cCMP	304.036	7.42	6.5E-05	9.1E-05	N.D.
A_0049	cis-Aconitic acid	cis-Aconitic acid	173.009	29.49	1.5E-03	2.1E-03	1.2E-03
C_0004	Isobutylamine	Isobutylamine	74.096	7.28	1.6E-04	2.2E-04	2.2E-04
A_0028	4-Acetamidobutanoic acid	4-Acetamidobutanoic acid	144.067	8.28	5.3E-05	7.1E-05	6.4E-05
C_0031	5-Aminovaleric acid	5-Aminovaleric acid	118.086	8.43	3.2E-04	4.2E-04	1.9E-04
C_0048	Pipecolic acid	Pipecolic acid	130.086	10.94	2.2E-03	2.9E-03	5.1E-04
A_0042	Vanillic acid	Vanillic acid	167.035	8.72	1.5E-04	2.0E-04	9.1E-05
A_0085	myo-Inositol2-phosphate	Myoinositol 2-phosphate	259.024	10.31	9.8E-04	1.3E-03	4.8E-05
C_0071	Acetylcholine	Acetylcholine	146.117	7.88	3.7E-05	4.6E-05	N.D.
A_0092	N-Acetylglucosamine1-phosphate	GlcNAc-P	300.050	9.37	1.4E-04	1.8E-04	3.0E-05
A_0113	ADP	ADP	426.024	10.68	2.2E-04	2.7E-04	4.9E-05
A_0005	3-Hydroxypropionic acid	b-Lactate	89.025	10.32	1.0E-04	1.3E-04	N.D.
C_0014	Glycerol	Glycerol	93.054	26.02	2.4E-02	3.0E-02	2.3E-02
A_0101	cGMP	cGMP	344.042	7.50	1.9E-04	2.4E-04	N.D.
C_0108	Phosphorylcholine	Phosphorylcholine	184.072	23.92	7.2E-03	8.8E-03	2.7E-03

ID consists of analysis mode and number. 'C' and 'A' showed cation and anion modes, respectively.

N.D.(Not Detected): The target peak or metabolite was below detection limits.

N.A. (Not Available): The calculation was impossible because of insufficiency of the data.

[†]Putative metabolites which were reassigned on the basis of m/z and MT in HMT standard compound library.

[‡]The ratio is of computed by using averaged detection values. The latter was used as denominator.

Betaine, GABA, Ala, Gln: Peak intensity is saturated. Relative area was computed by using ¹³C isotope ion peak.

The data are sorted by the ratio of f2 to 1 in descending order.

부록 3-1-9. 본 실험에서 탐지된 청밀시료의 대사체 목록 (2/6)

ID	HMTDB [†]		m/z	MT/RT	Relative Area		
	Compound name	Pathway Label			청밀	청밀시름	청상밀
A_0082	Glucose 1-phosphate	G1P	259.023	9.96	3.2E-04	3.9E-04	N.D.
A_0090	N-Acetylmuramic acid	N-Acetylmuramic acid	292.105	7.18	3.2E-05	3.9E-05	N.D.
C_0152	Argininosuccinic acid	ArgSuccinate	291.129	9.99	1.1E-03	1.4E-03	5.6E-05
A_0037	p-Coumaric acid	p-Coumaric acid	163.040	8.64	1.0E-04	1.2E-04	8.1E-05
A_0064	Citric acid	Citric acid	191.020	26.63	7.9E-02	9.3E-02	2.4E-02
A_0020	4-Methyl-2-oxovaleric acid 3-Methyl-2-oxovaleric acid	2-Oxoleucine 2K3MVA	129.056	9.38	2.5E-04	2.9E-04	1.2E-04
A_0023	Malic acid	Malic acid	133.014	21.08	1.3E-01	1.5E-01	8.5E-02
A_0029	2-Oxoglutaric acid	2-OG	145.015	21.23	6.9E-04	8.1E-04	3.1E-04
C_0062	Hypoxanthine	Hypoxanthine	137.045	11.99	5.3E-04	6.2E-04	8.0E-05
A_0015	Succinic acid	Succinic acid	117.020	20.92	7.2E-03	8.4E-03	6.5E-03
C_0154	5'-Deoxy-5'-methylthioadenosine	MTA	298.095	10.66	7.5E-04	8.6E-04	4.3E-05
A_0027	Ethanolamine phosphate	EAP	140.012	7.79	1.3E-04	1.5E-04	9.8E-06
C_0080	Guanine	Guanine	152.056	8.70	2.2E-03	2.5E-03	6.9E-04
C_0051	N-Acetylputrescine	N-Acetylputrescine	131.117	8.88	4.9E-04	5.6E-04	9.7E-05
A_0012	Fumaric acid	Fumaric acid	115.004	25.95	7.8E-03	8.8E-03	3.5E-03
A_0078	XA0033	XA0033	242.081	7.43	1.8E-03	2.1E-03	7.4E-04
C_0162	S-Adenosylmethionine	SAM	399.145	7.38	7.0E-05	7.9E-05	N.D.
A_0099	Ascorbate 2-glucoside	Ascorbate 2-glucoside	337.079	6.94	1.7E-04	1.9E-04	1.4E-04
C_0133	XC0071	XC0071	234.179	6.41	6.6E-05	7.3E-05	1.3E-05
C_0061	Adenine	Adenine	136.062	7.90	8.4E-04	9.4E-04	7.5E-04
C_0158	XC0126	XC0126	310.112	16.60	4.0E-04	4.4E-04	6.5E-05
A_0039	Phthalic acid	Phthalic acid	165.019	15.47	9.4E-05	1.0E-04	8.9E-05
C_0001	Trimethylamine	Trimethylamine	60.081	5.99	1.9E-04	2.1E-04	8.1E-05
C_0147	Saccharopine	Saccharopine	277.138	11.50	3.8E-03	4.1E-03	1.2E-03
A_0010	Glyceric acid	Glyceric acid	105.019	10.20	2.9E-03	3.2E-03	5.0E-04
C_0003	Aminoacetone	Aminoacetone	74.060	6.63	2.8E-04	3.0E-04	N.D.
A_0075	Ethyl glucuronide	Ethyl glucuronide	221.068	7.32	1.1E-04	1.2E-04	N.D.
C_0024	Ser	Ser	106.050	10.61	4.7E-02	5.0E-02	5.5E-03
C_0075	N-Acetyls erine	N-Acetyls erine	148.060	27.54	8.4E-04	9.0E-04	3.5E-04
C_0092	Pyridoxamine	Pyridoxamine	169.097	6.12	3.0E-04	3.2E-04	9.3E-05
A_0052	Allantoic acid	Allantoic acid	175.047	8.54	2.4E-04	2.5E-04	2.3E-04
A_0073	Mucic acid	Mucic acid	209.031	14.04	6.6E-04	6.9E-04	1.5E-04
C_0027	Histamine	Histamine	112.087	4.86	6.4E-05	6.7E-05	8.2E-05
A_0007	N-Formylglycine	N-Formylglycine	102.020	10.62	2.4E-05	2.6E-05	2.1E-05
C_0047	N-Methylproline	N-Methylproline	130.085	13.53	9.5E-05	9.9E-05	9.2E-05
C_0034	Betaine	Betaine	119.089	12.16	1.5E-02	1.6E-02	1.8E-02
A_0033	Xanthine	Xanthine	151.026	7.87	1.4E-04	1.4E-04	6.7E-05
A_0038	Terephthalic acid	Terephthalic acid	165.019	16.71	3.7E-05	3.8E-05	5.6E-05
C_0111	N ⁶ -Acetyllysine	N ⁶ -Acetyllysine	189.122	12.25	6.0E-04	6.2E-04	1.4E-04
C_0088	3-Methylguanidine	3-Methylguanidine	166.071	8.90	6.3E-05	6.5E-05	N.D.
C_0052	Agmatine	Agmatine	131.129	5.27	8.8E-04	9.1E-04	4.5E-04
C_0139	γ-Glu-Cys	g-Glu-Cys	251.068	13.96	4.5E-05	4.6E-05	3.0E-04
C_0113	N ⁶ ,N ⁶ ,N ⁶ -Trimethyllysine	Trimethyllysine	189.159	7.46	1.3E-03	1.4E-03	1.3E-03
C_0131	2'-Deoxyuridine	dUri	229.081	26.12	4.6E-04	4.7E-04	2.0E-04
C_0145	2'-Deoxyguanosine	dGuanosine	268.103	12.35	2.2E-03	2.2E-03	2.1E-04
A_0114	GDP	GDP	442.019	10.45	4.3E-05	4.4E-05	2.5E-05
C_0019	Cadaverine	Cadaverine	103.123	5.08	1.5E-03	1.5E-03	1.5E-04
A_0014	Hexanoic acid	Hexanoic acid	115.077	8.76	4.5E-05	4.6E-05	6.1E-05
C_0023	GABA	GABA	105.074	7.93	6.9E-03	7.0E-03	9.0E-04
A_0074	Pantothenic acid	Pantothenic acid	218.104	7.47	4.8E-04	4.9E-04	5.5E-04
C_0101	Alliin	Alliin	178.052	15.32	4.2E-05	4.3E-05	3.2E-05
A_0053	2-Isopropylmalic acid	2-Isopropylmalic acid	175.061	13.78	9.5E-05	9.5E-05	9.0E-05
A_0089	Sedoheptulose 7-phosphate	S7P	289.032	9.44	2.6E-05	2.6E-05	N.D.

ID consists of analysis mode and number. 'C' and 'A' showed cation and anion modes, respectively.

N.D.(NotDetected): The target peak or metabolite was below detection limits.

N.A. (Not Available): The calculation was impossible because of insufficiency of the data.

[†]Putative metabolites which were reassigned on the basis of *m/z* and MT in HMT standard compound library.

[‡]The ratio is computed by using averaged detection values. The latter was used as denominator.

Betaine, GABA, Ala, Gln: Peak intensity is saturated. Relative area was computed by using ¹³C isotope ion peak.

The data are sorted by the ratio of *f*₂ to *f*₁ in descending order.

부록 3-1-9. 본 실험에서 탐지된 청밀시료의 대사체 목록 (3/6)

ID	HMTDB [†]		m/z	MT/RT	Relative Area		
	Compound name	Pathway Label			청밀	청밀스팀	청상밀
C_0089	7-Methylguanine	7-Methylguanine	166.073	8.63	3.1E-05	3.2E-05	N.D.
A_0072	Glucaric acid	Glucaric acid	209.031	14.57	2.1E-03	2.1E-03	4.1E-04
C_0070	γ -Butyrobetaine	Actinine	146.117	8.48	3.6E-05	3.6E-05	1.8E-04
C_0140	2'-Deoxyadenosine	dAdenosine	252.108	10.22	1.6E-03	1.6E-03	1.3E-04
	5'-Deoxyadenosine	5'-Deoxyadenosine					
C_0121	SDMA	SDMA	203.149	8.15	1.0E-04	9.9E-05	1.2E-04
C_0069	4-Guanidinobutyric acid	4-GBA	146.092	8.67	1.4E-02	1.4E-02	1.3E-02
C_0015	Cyclohexylamine	Cyclohexylamine	100.112	8.01	4.9E-05	4.8E-05	5.4E-05
C_0057	Gly-Gly	Gly-Gly	133.060	8.79	2.7E-04	2.6E-04	1.4E-04
C_0099	Citrulline	Citrulline	176.102	11.86	1.0E-03	1.0E-03	3.6E-04
C_0021	N,N-Dimethylglycine	DMG	104.070	11.74	1.6E-04	1.5E-04	1.5E-04
C_0123	Trp	Trp	205.096	11.75	6.5E-02	6.2E-02	6.3E-02
A_0063	Isocitric acid	Isocitric acid	191.020	30.26	2.1E-03	2.0E-03	1.1E-03
A_0086	Sulfotyrosine	Sulfotyrosine	260.024	8.18	1.7E-04	1.6E-04	9.8E-05
C_0074	O-Acetylserine	O-Acetylserine	148.059	13.76	6.3E-04	6.0E-04	N.D.
C_0097	N ⁵ -Ethylglutamine	N5-Ethylglutamine	175.107	12.17	2.0E-04	1.9E-04	N.D.
C_0116	Glucosaminic acid	Glucosaminic acid	196.081	12.92	3.9E-04	3.7E-04	3.4E-04
C_0086	S-Methylmethionine	S-Methylmethionine	164.073	7.59	6.6E-04	6.3E-04	7.5E-05
A_0127	UDP-N-acetylglucosamine	UDP-GlcNAc	606.075	8.25	2.2E-04	2.0E-04	1.3E-04
C_0060	Asp	Asp	134.044	12.48	6.4E-02	6.1E-02	2.1E-02
C_0085	Carnitine	Carnitine	162.112	8.96	4.0E-04	3.8E-04	9.5E-04
C_0084	O-Acetylhomoserine	O-Acetylhomoserine	162.075	11.70	4.8E-03	4.5E-03	5.5E-04
C_0030	Pro	Pro	116.070	11.58	5.6E-02	5.2E-02	1.6E-02
C_0008	Trimethylamine N-oxide	Trimethylamine N-oxide	76.076	6.84	3.8E-05	3.5E-05	5.3E-05
C_0043	5-Methylcytosine	5-Methylcytosine	126.066	8.14	4.9E-05	4.6E-05	4.9E-05
C_0136	Thymidine	Thymidine	243.098	26.15	1.2E-03	1.1E-03	3.1E-04
C_0038	Thr	Thr	120.065	11.23	3.5E-02	3.3E-02	5.2E-03
C_0022	Choline	Choline	104.107	7.05	9.7E-02	8.8E-02	4.9E-02
C_0035	2-Methylserine	2-Methylserine	120.065	11.06	4.7E-04	4.2E-04	5.9E-04
C_0109	Gly-Leu	Gly-Leu	189.122	10.30	8.4E-04	7.5E-04	1.4E-04
C_0032	Val	Val	118.086	10.63	1.2E-01	1.1E-01	2.0E-02
C_0028	Uracil	Uracil	113.035	26.13	2.0E-03	1.8E-03	2.4E-04
C_0055	Ile	Ile	132.101	10.86	8.4E-02	7.4E-02	1.2E-02
C_0134	Ser-Glu	Ser-Glu	235.092	11.30	1.6E-04	1.4E-04	4.9E-05
C_0026	Cytosine	Cytosine	112.050	7.53	1.1E-04	1.0E-04	8.7E-05
C_0146	Inosine	Inosine	269.087	22.56	1.7E-03	1.5E-03	1.4E-04
C_0090	Phe	Phe	166.085	11.90	3.8E-02	3.3E-02	7.1E-03
C_0002	Ethanolamine	Ethanolamine	62.061	6.55	1.1E-02	9.5E-03	3.1E-03
C_0161	S-Adenosylhomocysteine	SAHC	385.127	9.22	2.5E-04	2.1E-04	7.8E-05
A_0062	N-Acetylmethionine	N-Acetylmethionine	190.055	7.94	5.0E-05	4.3E-05	N.D.
C_0138	Uridine	Uridine	245.076	26.15	1.3E-02	1.1E-02	1.4E-03
C_0013	3-Aminopropane-1,2-diol	3-Aminopropane-1,2-diol	92.071	7.75	3.7E-05	3.2E-05	N.D.
C_0144	Adenosine	Adenosine	268.103	10.46	3.4E-02	3.0E-02	7.6E-03
A_0071	6,8-Thioctic acid	6,8-Thioctic acid	205.036	8.09	9.7E-05	8.3E-05	4.6E-05
C_0076	Glu	Glu	148.060	11.69	1.4E-01	1.2E-01	3.0E-02
C_0119	11-Aminoundecanoic acid	11-Aminoundecanoic acid	202.179	10.24	5.5E-05	4.7E-05	4.4E-05
C_0127	XC0065	XC0065	221.091	14.30	2.3E-04	2.0E-04	2.6E-04
C_0011	β -Ala	b-Ala	90.055	7.61	1.6E-02	1.4E-02	1.6E-03
C_0005	1,3-Diaminopropane	DAP	75.092	4.49	8.8E-04	7.5E-04	7.1E-05
C_0012	Ala	Ala	91.058	9.46	5.4E-03	4.5E-03	1.6E-03
A_0054	Homovanillic acid	HVA	181.052	8.08	4.7E-05	4.0E-05	1.9E-05
C_0077	Gln	Gln	148.079	11.46	9.1E-03	7.5E-03	5.7E-04
A_0065	Quinic acid	Quinic acid	191.057	8.04	1.6E-03	1.3E-03	4.9E-04
C_0064	Trigonelline	Trigonelline	138.055	11.16	4.2E-03	3.5E-03	4.7E-03
A_0097	UMP	UMP	323.030	9.61	5.8E-04	4.8E-04	3.0E-05
A_0031	trans-Cinnamic acid	trans-Cinnamic acid	147.045	8.74	3.2E-05	2.6E-05	1.2E-05

ID consists of analysis mode and number. 'C' and 'A' showed cation and anion modes, respectively.

N.D.(NotDetected): The target peak or metabolite was below detection limits.

N.A. (Not Available): The calculation was impossible because of insufficiency of the data.

[†]Putativemetaboliteswhichwereassignedonthebasisofm/zandMTinHMTstandardcompoundlibrary.

[‡]The ratio is computed by using averaged detection values. The latter was used as denominator.

Betaine, GABA, Ala, Gln: Peak intensity is saturated. Relative area was computed by using ¹³C isotope ion peak.

The data are sorted by the ratio of f2 to 1 in descending order.

부록 3-1-9. 본 실험에서 탐지된 청밀시료의 대사체 목록 (4/6)

ID	HMTDB [†]		m/z	MT/RT	Relative Area		
	Compound name	Pathway Label			청밀	청밀스팀	청상밀
C_0114	Homocitrulline	Homocitrulline	190.117	12.00	1.0E-04	8.2E-05	4.6E-05
C_0006	Gly	Gly	76.039	8.72	4.6E-02	3.8E-02	1.1E-02
C_0073	Lys	Lys	147.112	7.12	4.3E-02	3.5E-02	1.1E-02
C_0087	Methionine sulfoxide	Methionine sulfoxide	166.052	12.78	4.6E-03	3.8E-03	3.8E-04
C_0059	Ornithine	Ornithine	133.097	7.04	7.6E-04	6.2E-04	7.7E-04
C_0141	Dyphylline	Dyphylline	255.107	26.08	9.3E-04	7.5E-04	9.7E-04
A_0040	XA0012	XA0012	166.017	9.24	8.2E-05	6.7E-05	8.4E-05
C_0033	2,4-Diaminobutyric acid	2,4-Diaminobutyric acid	119.081	7.14	1.0E-04	8.1E-05	N.D.
C_0056	Leu	Leu	132.101	10.98	1.1E-01	8.9E-02	1.6E-02
A_0129	NAD [†]	NAD [†]	662.103	6.35	1.8E-04	1.5E-04	1.1E-04
A_0067	Syringic acid	Syringic acid	197.044	8.21	1.7E-05	1.3E-05	2.5E-05
C_0103	S-Carboxymethylcysteine	S-Carboxymethylcysteine	180.031	14.25	8.2E-05	6.6E-05	3.6E-05
C_0151	Ophthalmic acid	Ophthalmic acid	290.133	14.44	3.7E-04	2.9E-04	4.4E-05
C_0017	Acetoacetamide	Acetoacetamide	102.055	12.53	5.3E-05	4.2E-05	N.D.
C_0150	His-Glu	His-Glu	285.118	7.86	4.6E-05	3.6E-05	4.0E-05
C_0046	XC0016	XC0016	129.065	9.25	2.8E-03	2.2E-03	2.2E-03
C_0020	2-Aminobutyric acid	2-Aminobutyric acid	104.070	10.23	4.4E-03	3.5E-03	1.0E-03
C_0125	Kynurenine	Kynurenine	209.091	10.54	3.0E-05	2.4E-05	4.5E-05
C_0120	ADMA	ADMA	203.149	7.99	9.9E-04	7.8E-04	9.3E-04
C_0050	trans-Glutaconic acid	trans-Glutaconic acid	131.034	27.25	3.1E-04	2.5E-04	2.9E-04
A_0017	Isethionic acid	Isethionic acid	124.991	11.45	4.9E-05	3.8E-05	4.6E-05
A_0009	3-Hydroxybutyric acid	3-HBA	103.040	9.35	2.1E-04	1.7E-04	1.6E-04
C_0042	Nicotinic acid	Nicotinic acid	124.039	10.65	7.0E-04	5.4E-04	1.0E-03
C_0044	Imidazole-4-acetic acid	IAA	127.050	8.41	6.4E-04	4.9E-04	5.2E-04
A_0018	5-Oxoproline	Oxoproline	128.036	9.32	6.1E-03	4.7E-03	2.1E-03
C_0025	Hypotaurine	Hypotaurine	110.027	20.61	2.1E-04	1.6E-04	2.1E-04
A_0043	Cysteic acid	Cysteic acid	167.997	11.12	2.9E-05	2.2E-05	2.2E-05
C_0083	Ala-Ala	Ala-Ala	161.091	9.77	1.6E-03	1.3E-03	6.5E-04
C_0053	Hydroxyproline	Hydroxyproline	132.065	13.04	5.4E-04	4.1E-04	4.5E-04
C_0155	Arg-Glu	Arg-Glu	304.162	7.81	9.3E-05	7.1E-05	8.1E-05
C_0149	Guanosine	Guanosine	284.098	13.65	2.6E-02	2.0E-02	2.2E-03
C_0106	β-Tyr	β-Tyr	182.080	10.12	7.1E-05	5.4E-05	4.3E-05
A_0016	2-Hydroxyvaleric acid	2-Hydroxyvaleric acid	117.056	8.95	6.7E-05	5.1E-05	3.8E-05
C_0093	Pyridoxine	Pyridoxine	170.080	9.09	2.7E-04	2.0E-04	3.6E-04
C_0159	Tyr-Glu	Tyr-Glu	311.122	11.87	6.2E-05	4.7E-05	2.9E-05
A_0051	N-Acetylaspartic acid	N-Acetylaspartic acid	174.042	14.62	2.0E-05	1.5E-05	1.9E-05
C_0112	N _ω -Methylarginine	N _ω -Methylarginine	189.134	7.76	4.1E-04	3.1E-04	7.6E-04
A_0055	4-Pyridoxic acid	4-Pyridoxic acid	182.046	8.55	4.6E-05	3.5E-05	5.2E-05
A_0024	Threonic acid	Threonic acid	135.031	9.06	3.0E-03	2.2E-03	5.5E-04
C_0078	Met	Met	150.057	11.44	6.9E-03	5.1E-03	1.0E-03
A_0035	Pelargonic acid	Pelargonic acid	157.124	7.95	5.8E-05	4.3E-05	6.5E-05
A_0021	N-Acetylalanine	N-Acetylalanine	130.051	8.72	3.9E-04	2.9E-04	1.2E-04
A_0030	2-Hydroxyglutaric acid	2-Hydroxyglutaric acid	147.031	16.89	9.8E-04	7.1E-04	7.5E-04
C_0148	1-Methyladenosine	1-Methyladenosine	282.118	10.58	8.9E-04	6.5E-04	3.2E-05
A_0004	Lactic acid	Lactic acid	89.025	10.58	1.4E-03	1.0E-03	1.1E-03
C_0115	Gly-Asp	Gly-Asp	191.065	10.49	2.8E-04	2.0E-04	7.9E-05
C_0094	3-Methylhistidine	3-Methylhistidine	170.092	7.82	4.9E-04	3.6E-04	2.5E-04
C_0065	Tyramine	Tyramine	138.091	8.65	4.6E-05	3.3E-05	N.D.
A_0032	Mevalonic acid	Mevalonic acid	147.067	8.37	1.1E-04	7.7E-05	4.2E-05
C_0132	γ-Glu-2-aminobutyric acid	γ-Glu-2-aminobutyric acid	233.111	13.31	2.7E-04	1.9E-04	6.1E-05
A_0022	Glutaric acid	Glutaric acid	131.035	16.87	1.9E-04	1.4E-04	2.0E-04
C_0098	Arg	Arg	175.118	7.37	3.6E-02	2.5E-02	3.5E-02
C_0067	N-Ethylmaleimide_+H ₂ O	N-Ethylmaleimide_+H ₂ O	144.065	26.27	2.0E-04	1.4E-04	7.3E-04
C_0124	Carboxymethyllysine	Carboxymethyllysine	205.117	9.76	4.8E-05	3.4E-05	3.0E-05
A_0103	IMP	IMP	347.041	9.39	1.4E-05	9.7E-06	N.D.
C_0036	Homoserine	Homoserine	120.065	10.73	3.0E-03	2.1E-03	6.7E-04
C_0143	Thiamine	Thiamine	265.110	6.81	8.1E-04	5.6E-04	1.3E-03

ID consists of analysis mode and number. 'C' and 'A' showed cation and anion modes, respectively.

N.D.(NotDetected): The target peak or metabolite was below detection limits.

N.A. (Not Available): The calculation was impossible because of insufficiency of the data.

[†]Putative metabolites which were reassigned on the basis of m/z and MT in HMT standard compound library.

*The ratio is computed by using averaged detection values. The latter was used as denominator.

Betaine, GABA, Ala, Gln: Peak intensity is saturated. Relative area was computed by using ¹³C isotope ion peak.

The data are sorted by the ratio of 2 to 1 in descending order.

부록 3-1-9. 본 실험에서 탐지된 청밀시료의 대사체 목록 (5/6)

ID	HMDB [†]		m/z	MT/RT	Relative Area		
	Compound name	Pathway Label			청밀	청밀스팀	청상밀
C_0102	Gluconolactone	1,5-Gluconolactone	179.054	27.12	3.4E-03	2.3E-03	5.9E-03
A_0019	5-Oxo-2-tetrahydrofuran carboxylic acid	5-Oxo-2-tetrahydrofuran carboxylic acid	129.019	10.05	1.7E-04	1.2E-04	3.8E-04
C_0081	His	His	156.076	7.58	2.1E-02	1.4E-02	5.2E-03
C_0096	N-Acetylornithine	N-AcOrn	175.107	10.10	3.7E-04	2.5E-04	1.5E-04
C_0128	N-Acetylmannosamine	ManNAc	222.096	26.10	1.6E-03	1.1E-03	6.8E-04
C_0110	N-Acetyllysine	N-Acetyllysine	189.122	10.38	1.4E-03	9.6E-04	2.9E-04
C_0163	Cysteine glutathione disulfide	Cysteine glutathione disulfide	427.094	12.58	4.0E-04	2.6E-04	2.6E-04
A_0131	NADP ⁺	NADP ⁺	742.071	9.20	2.9E-05	1.9E-05	2.1E-05
C_0105	N-Methylorsalsolinol	N-Methylorsalsolinol	180.103	9.47	6.6E-04	4.2E-04	6.0E-05
C_0104	Glucosamine	Glucosamine	180.086	9.77	7.0E-04	4.4E-04	7.7E-05
C_0066	1-Methyl-4-imidazoleacetic acid	MIA	141.064	8.64	6.6E-05	4.1E-05	1.3E-04
A_0088	Xanthosine	Xanthosine	283.069	7.41	5.9E-05	3.7E-05	3.3E-05
C_0018	Azetidine 2-carboxylic acid	Azetidine 2-carboxylic acid	102.055	9.36	3.4E-04	2.1E-04	1.8E-04
C_0126	β-Ala-Lys	β-Ala-Lys	218.149	7.00	1.1E-04	6.5E-05	5.0E-05
C_0082	Allantoin	Allantoin	159.053	25.99	4.6E-03	2.8E-03	3.7E-03
A_0128	CMP-N-acetylneuraminate	CMP-NeuNAc	613.145	8.12	5.3E-05	3.2E-05	8.1E-05
C_0009	Putrescine	Putrescine	89.107	4.78	1.4E-02	8.3E-03	1.7E-03
C_0156	Glutathione (GSSG)_divalent	GSSG	307.082	13.21	1.4E-03	8.6E-04	1.8E-03
A_0066	Gluconic acid	Gluconic acid	195.051	7.95	7.3E-03	4.4E-03	1.2E-02
A_0036	3-Hydroxy-3-methylglutaric acid	3-Hydroxy-3-methylglutaric acid	161.046	15.58	7.6E-04	4.5E-04	4.2E-04
A_0069	Lauric acid	Lauric acid	199.171	7.47	1.0E-04	6.1E-05	1.4E-04
C_0130	2'-Deoxycytidine	dCyt	228.097	9.97	2.4E-04	1.4E-04	N.D.
C_0107	Tyr	Tyr	182.080	12.15	1.4E-02	7.7E-03	2.9E-03
C_0058	Asn	Asn	133.061	11.18	7.9E-02	4.4E-02	5.1E-02
C_0072	Spermidine	Spermidine	146.165	4.60	1.7E-03	9.3E-04	3.4E-04
C_0040	Cys	Cys	122.026	12.18	6.0E-05	3.2E-05	N.D.
A_0061	N-Acetylglutamic acid	N-AcGlu	188.058	13.16	2.5E-04	1.4E-04	8.2E-05
A_0111	Sucrose 6'-phosphate	Sucrose 6'-phosphate	421.077	8.41	2.7E-04	1.5E-04	3.9E-04
C_0142	Glycerophosphocholine	GPCho	258.109	25.47	2.2E-02	1.2E-02	9.0E-03
A_0102	AMP	AMP	346.057	9.07	1.1E-03	5.9E-04	1.0E-04
A_0048	N-Acetyl-leucine	N-Acetyl-leucine	172.099	7.81	8.0E-05	3.9E-05	2.8E-05
A_0011	XA0002	XA0002	110.986	15.79	1.7E-04	8.4E-05	8.3E-05
C_0016	Homoserinelactone	Homoserinelactone	102.054	7.34	8.9E-05	4.2E-05	N.D.
C_0118	N-Acetylhistidine	N-Acetylhistidine	198.086	10.41	4.9E-05	2.3E-05	3.3E-05
A_0059	N-Acetylglutamine	N-Acetylglutamine	187.073	7.90	3.9E-04	1.8E-04	2.8E-05
A_0115	XA0065	XA0065	445.053	6.75	2.8E-05	1.3E-05	6.2E-06
C_0137	Cytidine	Cytidine	244.092	10.26	4.0E-03	1.8E-03	2.2E-04
A_0050	N-Acetylparagine	N-Acetylparagine	173.056	8.21	8.8E-05	3.1E-05	1.0E-04
A_0126	ADP-glucose	ADP-Glc	588.076	8.15	4.8E-05	1.6E-05	N.D.
A_0126	GDP-fucose	GDP-fucose	588.076	8.15	4.8E-05	1.6E-05	N.D.
C_0153	XC0120	XC0120	298.052	10.04	9.4E-05	3.0E-05	N.D.
C_0157	Glutathione (GSH)	GSH	308.089	14.47	3.2E-03	8.2E-04	1.7E-03
C_0135	Cystine	Cystine	241.030	11.82	5.1E-04	1.3E-04	1.2E-04
C_0100	Serotonin	Serotonin	177.102	9.25	1.5E-04	3.3E-05	N.D.
A_0120	CDP-choline	CDP-choline	487.104	6.59	9.1E-05	1.5E-05	5.7E-05
A_0080	N-Acetyltryptophan	N-Acetyltryptophan	245.093	7.51	7.8E-06	N.D.	4.5E-05
A_0034	Dihydroorotic acid	Dihydroorotic acid	157.026	9.31	2.7E-05	N.D.	2.8E-05
A_0006	Isovaleric acid	Isovaleric acid	101.061	9.06	8.7E-05	N.D.	7.8E-05
A_0130	Deamido-NAD ⁺	Deamido-NAD	663.088	8.09	2.9E-05	N.D.	4.9E-06
A_0025	o-Hydroxybenzoic acid	o-Hydroxybenzoic acid	137.025	10.24	7.7E-05	N.D.	N.D.
C_0122	Spermine	Spermine	203.221	4.53	7.1E-06	N.D.	N.D.

ID consists of analysis mode and number. 'C' and 'A' showed cation and anion modes, respectively.

N.D.(Not Detected): The target peak or metabolite was below detection limits.

N.A. (Not Available): The calculation was impossible because of insufficiency of the data.

[†]Putative metabolites which were assigned on the basis of m/z and MT in HMDB standard compound library.

^{*}The ratio is computed by using averaged detection values. The latter was used as denominator.

Betaine, GABA, Ala, Glu: Peak intensity is saturated. Relative area was computed by using ¹³C isotopomer peak.

The data are sorted by the ratio of 2 to 1 in descending order.

부록 3-1-9. 본 실험에서 탐지된 청밀시료의 대사체 목록 (6/6)

ID	HMTDB [†]		m/z	MT/RT	Relative Area		
	Compound name	Pathway Label			청밀	청밀스팀	정상밀
A_0026	p-Hydroxybenzoic acid	p-Hydroxybenzoic acid	137.025	9.21	N.D.	N.D.	5.7E-05
A_0044	2-Amino-3-phosphonopropionic acid	2-Amino-3-phosphonopropionic acid	168.007	12.59	N.D.	N.D.	5.5E-05
C_0007	Isopropanolamine	Isopropanolamine	76.075	7.27	N.D.	N.D.	3.3E-05

ID consists of analysis mode and number. 'C' and 'A' showed cation and anion modes, respectively.

N.D.(Not Detected): The target peak or metabolite was below detection limits.

N.A. (Not Available): The calculation was impossible because of insufficiency of the data.

[†]Putative metabolites which were assigned on the basis of m/z and MT in HMT standard compound library.

[‡]The ratio is computed by using averaged detection values. The latter was used as denominator.

Betaine, GABA, Ala, Gln: Peak intensity is saturated. Relative area was computed by using ¹³C isotope ion peak.

The data are sorted by the ratio of 2 to 1 in descending order.

부록 3-1-10. 마들렌 소비자 검사에 사용된 검사지 (blind test)

이름 _____ 날 짜 2015년 _____ 월 _____ 일

시료번호 _____

1. 방금 시식하신 마들렌에 대한 향, 외관, 맛, 조직감 및 전반적인 기호도는 어떠신지요?
(각 열당 1개씩 표시(O, 혹은 X, 혹은 V)해주시요.

	향	외관	맛	조직감	전반적인
대단히 좋아한다(9)					
많이 좋아한다					
보통 좋아한다					
약간 좋아한다					
좋아하지도 싫어하지도 않는다					
약간 싫어한다					
보통 싫어한다					
많이 싫어한다					
대단히 싫어한다(1)					

2. 방금 맛보신 마들렌의 구입의향은?

확실히 구입하겠다.(5)	
아마도 구입할 것이다.	
구입할지 안할지 모르겠다.	
아마도 구입안할 것이다.	
확실히 구입하지 않겠다. (1)	

3. 제시된 마들렌의 특성정도를 잘 표현한 □에 표시(x 혹은 o)해 주십시오. 모든 특성에 표시해 주십시오.

노란색이 없는 (하얀)	<input type="checkbox"/>	색이 강한(노란)						
초록색이 없는(하얀)	<input type="checkbox"/>	초록색이 강한						
기공 균일성이 낮은	<input type="checkbox"/>	기공 균일성이 높은						
촉촉함성이 약한	<input type="checkbox"/>	촉촉함성이 강한						
단맛 약한	<input type="checkbox"/>	단맛이 강한						
부드러운 정도가 약한	<input type="checkbox"/>	아주 부드러운						
응집성이 약한	<input type="checkbox"/>	응집성이 강한						
부착성이 약한	<input type="checkbox"/>	부착성이 높은						
씹힘성이 약한	<input type="checkbox"/>	씹힘성이 강한						
삼킴후 후미가 없는	<input type="checkbox"/>	후미가 강한						

4. 방금 시식하신 마들렌 1개당 얼마까지 지불하실수 있으십니까?
(참고로 우리밀로 만든 마들렌은 1개(15gram)에 약 700원에 판매되고 있습니다.)

_____원/개(15gram)

5. 의견:

감사합니다!

부록 3-1-11. Blind test이후에 청밀 마들렌 소비자 검사에 사용된 검사지

이름 _____ 날 짜 2015년 _____ 월 _____ 일

시료번호 _____

1. 방금 시식하신 마들렌은 항산화활성 및 암세포증식억제 효과가 있는 국산 청밀가루로 만든 제품입니다. 청밀은 일반밀에 비해 미숙한 상태로 생산되고 동일면적에서 생산되는 일반 밀에 비해 50% 정도밖에 생산되지 않습니다.
(참고로 우리밀로 만든 마들렌은 1개(15gram)에 약 700원에 판매되고 있습니다.)

이 마들렌을 구입하기 위해서 얼마를 지불하시겠습니까 ?

_____원/개

2. 방금 시식하신 마들렌에 대한 향, 외관, 맛, 조직감 및 전반적인 기호도는 어떠신지요?
(각 열당 1개씩 표시(O, 혹은 X, 혹은 V)해주시시오.)

	향	외관	맛	조직감	전반적인
대단히 좋아한다(9)					
많이 좋아한다					
보통 좋아한다					
약간 좋아한다					
좋아하지도 싫어하지도 않는다					
약간 싫어한다					
보통 싫어한다					
많이 싫어한다					
대단히 싫어한다(1)					

3. 방금 맛보신 마들렌의 구입의향은?

확실히 구입하겠다.(5)	
아마도 구입할 것이다.	
구입할지 안할지 모르겠다.	
아마도 구입안할 것이다.	
확실히 구입하지 않겠다. (1)	

4. 의견:

감사합니다!

부록 3-1-12. Blind test이후에 우리밀 마들렌 소비자 검사에 사용된 검사지

이름 _____ 날 짜 2015년 _____ 월 _____ 일

시료번호 _____

1. 방금 시식하신 마들렌은 우리밀로 만든 제품입니다.
(참고로 우리밀로 만든 마들렌은 1개(15gram)에 약 700원에 판매되고 있습니다.)

이 마들렌을 구입하기 위해서 얼마를 지불하시겠습니까 ?

_____ 원/개

2. 방금 시식하신 마들렌에 대한 향, 외관, 맛, 조직감 및 전반적인 기호도는 어떠신지요?
각 열당 1개씩 표시(O, 혹은 X, 혹은 V)해 주십시오.

	향	외관	맛	조직감	전반적인
대단히 좋아한다(9)					
많이 좋아한다					
보통 좋아한다					
약간 좋아한다					
좋아하지도 싫어하지도 않는다					
약간 싫어한다					
보통 싫어한다					
많이 싫어한다					
대단히 싫어한다(1)					

3. 방금 맛보신 마들렌의 구입의향은?

확실히 구입하겠다.(5)	
아마도 구입할 것이다.	
구입할지 안할지 모르겠다.	
아마도 구입안할 것이다.	
확실히 구입하지 않겠다. (1)	

4. 의견:

감사합니다!

부록 3-1-13. 청밀 전밀가루 쿠키 소비자 검사에 사용된 검사지 (blind test)

이름 _____ 날 짜 2016년 _____ 월 _____ 일

시료번호 _____

1. 방금 시식하신 마들렌에 대한 향, 외관, 맛, 조직감 및 전반적인 기호도는 어떠신지요?
(각 열당 1개씩 표시(O, 혹은 X, 혹은 V)해주십시오.)

	향	외관	맛	조직감	전반적인
대단히 좋아한다(9)					
많이 좋아한다					
보통 좋아한다					
약간 좋아한다					
좋아하지도 싫어하지도 않는다					
약간 싫어한다					
보통 싫어한다					
많이 싫어한다					
대단히 싫어한다(1)					

부록 3-1-14. 청밀 전밀가루 농약검출 검사성적서

제 D2016090126 호				검 사 성 적 서	
검체명	청밀가루(연구용)	제조일자 (유통기한)	2016-01-27		
의뢰인	업체명	한국식품연구원			
	주 소	경기도 성남시 분당구 안양판교로1201번길 62 (백현동)			
	성 명	박용근			
제조번호		검수년월일	2016-09-02		
검사의뢰목적	참고용	검체접수번호	D2016090126		
귀하가 우리 연구원에 검사의뢰한 결과는 다음과 같습니다.		검사관련 총 책임자: 김 천 희			
시험항목	결과	검사담당자			
Diazinon(mg/kg)	불검출	김용수			
DDT(mg/kg)	불검출	김용수			
Dicofol(mg/kg)	불검출	김용수			
Dichlorvos(mg/kg)	불검출	김용수			
Malathion(mg/kg)	불검출	김용수			
Methomyl(mg/kg)	불검출	이선미			
Methoxyfenozide(mg/kg)	불검출	이선미			
Methidathion(mg/kg)	불검출	김용수			
Boscalid(mg/kg)	불검출	이선미			
BHC(mg/kg)	불검출	김용수			
Bifenthrin(mg/kg)	불검출	김용수			
Cypermethrin(mg/kg)	불검출	김용수			
Cyprodinil(mg/kg)	불검출	김용수			
Cyhalothrin(mg/kg)	불검출	김용수			
Acetamiprid(mg/kg)	불검출	이선미			
Azoxystrobin(mg/kg)	불검출	이선미			
Atrazine(mg/kg)	불검출	김용수			
Ethion(mg/kg)	불검출	김용수			
Endosulfan(mg/kg)	불검출	김용수			
Imazalil(mg/kg)	불검출	김용수			
Isoprothiolane(mg/kg)	불검출	김용수			
Iprodione(mg/kg)	불검출	김용수			
Carbaryl(mg/kg)	불검출	이선미			
Carbofuran(mg/kg)	불검출	이선미			
Captan(mg/kg)	불검출	김용수			

부록 3-1-14. 청밀 전밀가루 농약검출 검사성적서(계속)

귀하가 우리 연구원에 검사의뢰한 결과는 다음과 같습니다.

검사관련 총 책임자: 김 진 희

시험항목	결과	검사담당자
Quintozene(mg/kg)	불검출	김용수
Chlorothalonil(mg/kg)	불검출	김용수
Chlorpyrifos(mg/kg)	불검출	김용수
Chlorpyrifos-methyl(mg/kg)	불검출	김용수
Chlorfenapyr(mg/kg)	불검출	김용수
Tolclofos-methyl(mg/kg)	불검출	김용수
Triadimefon(mg/kg)	불검출	김용수
Triazophos(mg/kg)	불검출	김용수
Triflumizole(mg/kg)	불검출	김용수
Triflumuron(mg/kg)	불검출	김용수
Thiamethoxan(mg/kg)	불검출	이선미
Parathion(mg/kg)	불검출	김용수
Parathion-methyl(mg/kg)	불검출	김용수
Paclobutrazol(mg/kg)	불검출	김용수
Permethrin(mg/kg)	불검출	김용수
Fenarimol(mg/kg)	불검출	김용수
Fenitrothion(mg/kg)	불검출	김용수
Fenvalerate(mg/kg)	불검출	김용수
Phenthoate(mg/kg)	불검출	김용수
Fenpropathrin(mg/kg)	불검출	김용수
Fenhexamid(mg/kg)	불검출	이선미
Phosmet(mg/kg)	불검출	김용수
Procymidone(mg/kg)	불검출	김용수
Prochloraz(mg/kg)	불검출	김용수
Profenofos(mg/kg)	불검출	김용수
Flubendiamide(mg/kg)	불검출	이선미
Flufenoxuron(mg/kg)	불검출	이선미
Pyraclostrobin(mg/kg)	불검출	이선미
Pyrinethanil(mg/kg)	불검출	이선미
Pirimicarb(mg/kg)	불검출	김용수
Pirimiphos-methyl(mg/kg)	불검출	김용수
Fludioxonil(mg/kg)	불검출	김용수
Dimethoate(mg/kg)	불검출	김용수

제 2절 우리밀 수확후 관리기술 및 건조저장모델 개발

1. 우리밀 수확후 관리시설 기술분석

가. 국내의 밀 수확후 관리시설 및 보관실태

(1) 조사방법

- 우리밀 수확후 관리시설에 대해 현지조사를 실시하기 위한 주된 조사항목을 다음 표 3-2-1과 같이 업체의 일반현황, 우리밀 관련 기본사항, 반입형태, 건조방법, 저장방법, 판매방법 등으로 선정하고, 조사대상시설을 선정하였음
 - 우리밀의 주산지인 전남, 전북, 경남 등 3개도로서 1차년도에는 본 연구에 협동과제로 참여하는 CJ 등 우리밀 매입회사를 통해 추천받은 시설을 중심으로 경남, 전남 및 충남지역에 대하여 조사하였으며, 2차년도에는 전북지역을 중심으로 조사하였으며, 전북지역에서도 밀이 주로 생산되는 익산, 군산 및 김제의 민간영농법인(익산보석우리밀영농조합, (유)농업법인군산우리밀, 김제우리밀 영농조합) 조사하였음. 4차년도에는 전남 지역의 영광 우리밀 건조저장시설을 조사하였으며 1, 2 및 4차년도에 걸쳐 조사한 시설은 다음 표 3-2-2와 같이 총 13개소이었음
- 조사기간(1차년도) : 2013. 6. 12 ~ 6. 19 (경남 합천, 충남 서천 등)
 - 조사기간(2차년도) : 2014. 6. 10 ~ 6. 20 (전북 익산, 군산, 김제)
 - 조사기간(4차년도) : 2016. 6. 13 ~ 6. 15 (전남 영광)

표 3-2-1. 우리밀 수확후 관리시설 조사항목

<p>1. 업체현황</p> <p>가. 주소, 설립년도</p> <p>나. 주요 취급품목</p> <p>2. 우리밀 관련 기본사항</p> <p>가. 연간 우리밀 취급량</p> <p>- 과거년도와 비교 증감여부</p> <p>나. 수입밀의 취급여부</p> <p>- 검사성적시험서 등</p> <p>다. 우리밀 매입처 및 매입형태</p> <p>1) 매입형태</p> <p>① 건밀 / 고탄수율 밀</p> <p>② 산물/지대/툰백</p> <p>③ 품종별 매입량</p> <p>2) 관련 농가</p> <p>① 농가당 반입량</p> <p>② 관내 농가수</p> <p>③ 수확량/ha</p> <p>④ 파종시기, 수확시기</p> <p>⑤ 클라스콤바인확보/임대용이성</p> <p>⑥ 농약, 비료사용여부</p> <p>라. 판매처 및 판매형태</p> <p>1) 수지타산 여부</p> <p>2) 판매가격</p> <p>3) 판매시 업체의 불만사항</p> <p>4) 판매의 용이성</p> <p>마. 우리밀 취급 지속여부</p> <p>바. 정책건의</p>	<p>3. 반입형태(건밀 또는 고탄분밀)</p> <p>1) 함수율</p> <p>2) 함수율측정방법</p> <p>3) 조선여부</p> <p>4) 쪽정이 등의 처리방법</p> <p>5) 중량환산지수 적용여부</p> <p>6) 가격 산출기준</p> <p>7) 품종혼입여부, 확인방법</p> <p>8) 장비보유현황</p> <p>4. 건조방법</p> <p>1) 최종함수율</p> <p>2) 건조온도</p> <p>3) 건조기종류</p> <p>4) 고탄함수율의 호화방지방법</p> <p>5) 건조후 방냉</p> <p>6) 통상 건감율(소요시간)</p> <p>5. 저장방법</p> <p>1) 저장형태(툰백, 지대, 사일로 등)</p> <p>2) 저장온도</p> <p>3) 저장기간</p> <p>4) 함수율 관리방법</p> <p>5) 바구미 발생여부 및 훈증방법</p> <p>6) 쪽정이 등 이물질처리방법</p> <p>6. 판매방법</p> <p>1) 포장단위 및 형태</p> <p>2) 포장기 종류</p> <p>3) 포장중 이물질처리방법</p> <p>4) 체질, 석발, 등급별 선별여부</p> <p>5) 상기 장비의 필요성</p>
---	---

○ 조사서식을 만족할만한 조사결과를 얻을 수 있는 대상시설을 찾기가 쉽지 않았으며, 그동안 인지된 업체현황과, 본 연구에 협동과제로 참여하는 CJ 등 우리밀 매입회사를 통해 추천받은 시설을 중심으로 건조저장시설 및 가공시설 등 8개소와 농가 5개소 등 다음 표 3-2-2와 같이 총 13개소를 조사하였으며, 또한, 외국에서 밀의 수확후 관리시설은 우리와 작부 및 수확체계가 가장 비슷한 일본을 대상으로 주산단지인 북해도의 JA 후라노를 방문하여 조사하였음

○ 1차년도 연구항목의 하나로 우리밀 수확후 품질저해요인을 분석하기 위하여 우리밀의 수확후 관리시

설(우리밀의 건조저장시설) 4개업체 및 5농가를 조사하였으나 약 1주일~10일 정도에 불과한 짧은 수확기간으로 인해 대량조사는 불가능하였으며, 이에 따라 2차년도 및 4차년도에도 우리밀의 수확 및 산물수매기에 우리밀의 수확후 관리시설(우리밀의 건조저장시설) 4개소를 추가로 조사하였으며, 그 결과는 다음과 같았음

표 3-2-2. 우리밀의 수확후 관리시설 조사대상 (1차, 2차 및 4차년도)

구분	조사년도	업체명	소재지	업체개요	밀 취급물량
1차년도	건조저장 시설 및 업체	한국우리밀 농업협동조합	광주광역시	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 밀전용 건조저장시설 ▪ 농민자체건조 ▪ 우리밀 가공시설 지원사업(10) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 12,800톤(2012) ▪ 4,300톤(2013, 예정)
		합천우리밀 영농조합	경남합천	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 밀전용 건조저장시설 ▪ 우리밀살리기운동 발원지 ▪ 지역농업특성화사업(조정) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 1,300톤(2012) ▪ 1,000톤(2013, 예정)
		라이스플라자 (계화실업)	전북부안	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 벼, 밀 및 보리 취급 ▪ 우리밀 저온저장보관 ▪ 설립(1995), RPC인정(2012) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 132톤(2011) ▪ 28톤(2012)
		농협회사법인 청맥	전북고창	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 밀쌀가공업체 ▪ 잡곡 가공유통업체 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 120톤(년)
	농가	농가1	충남서천	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 우리밀 건조시설 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 15톤(2013, 예정)
		농가2	충남서천	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 우리밀 건조시설 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 6.5톤(2013, 예정)
		농가3	충남서천	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 우리밀 건조시설 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 5톤(2013, 예정)
		농가4	충남서천	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 우리밀 건조시설 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 15톤(2013, 예정)
		농가5	충남서천	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 우리밀 건조시설 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 6.5톤(2013, 예정)
	2차년도	건조저장 시설	익산보석우리 밀영농조합	전북익산	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 밀전용 건조저장시설
(유)농업법인 군산우리밀			전북군산	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 밀전용 건조저장시설 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 650톤(2013)
김제우리밀 영농조합			전북김제	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 밀전용 건조저장시설 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 1000톤(2013) ▪ 4000톤(2012) ▪ 5300톤(2011)
4차년도	건조저장 시설	영광농협밀 건조저장시설	전남영광	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 밀전용 건조저장시설 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 1,200톤(2015) ▪ 1,900톤(2016)

(2) 우리밀의 수확후 관리시설 및 보관실태

① 광주광역시 소재 한국우리밀농업협동조합

○ (시설개요) 한국우리밀협동조합은 2004년에 출범하였으며, 제주도에서 경기도까지 거주하는 약 1,700여명의 조합원이 소속된 우리밀만 취급하는 협동조합으로서 농협중앙회 회원조합은 아니었으며, 본소는 광주광역시 광산구에 소재하고 있으며, 서울사무소를 두고 있었음

- **(우리밀 취급물량)** 전체 취급물량은 2012년이 약 12,800톤, 2013년이 4,300톤으로 급감하였으며, 주된 이유는 우리밀의 높은 가격과 품질저위, 소비둔화로 우리밀 판매가 어려워서이며, 조합원이 생산된 우리밀의 약 50% 수준만 수매한 후 수매중단상태를 유지하고 있었음
- **(우리밀 생산전망 및 정책대안)** 2011년 정부의 보리수매 중단으로 인해 보리를 재배하는 많은 농가에서 밀을 재배하였으나, 보리 생산량이 감소함에 따라 보리 가격이 급등(2011년 27,500원/40kg → 2012년 45,000원/40kg 수준)한 반면, 우리밀의 판매가 어려워짐에 따라 2013년은 밀 재배면적이 적을 것으로 전망하고 있었음. 즉, 우리밀의 수매가격 및 물량이 대체품목인 보리의 가격과 물량에 따라 영향을 받는 등 안정적인 생산여건을 갖추지 못한 것으로 판단되었음. 생산비는 개략적으로 29,500원/40kg정도로 추산되며 현재의 수매가격 36,000원/40kg에 대한 조합원의 반발이 심하여 관공서, 학교 및 군대 등을 통한 우리밀 소비확대가 필요하며, 분산재배시 물의 유입 등으로 수확시기의 조절이 어려운 점 등으로 집단재배체계의 구축이 필요하다고 하였음
- **(우리밀 건조저장시설)** 투입구-조선기-호퍼스케일-순환식건조기-평타입사일로로 구성된 전형적인 벼 DSC와 동일형태의 건조저장시설로서 투입구는 약 20ton/hr 규모였으며, 조선기는 아이디알시스템(주), 호퍼스케일에서 밀수분측정기는 단립수분계(Kett사, 일본)이었으며, 건조기는 순환식건조기 20ton/batch×3대, 사일로는 평타입으로 4기(500톤 2기, 400톤 2기로 추정) 등이 설치되어 있었음
- **(우리밀 건조저장시설의 활용)** 사일로는 2007년 보조사업으로 설치하였으나, 시설의 설계 및 설치하는 벼의 DSC 시공사인 광주광역시 소재하는 한아기업(주)에서 실시하여 일부 시설을 개선하였지만 밀에 적합하지 않아 현재는 거의 농가에서 건조, 저장(일부)한 건밀의 반입 및 저장에 활용하고 있었음
- **(우리밀 재배 및 수확후 처리방법)** 파종시기는 10월말이며, 6월 11~20일경에 콤바인(Claas type)수확하였으며, 수확시기가 늦을 시 모내기용 물 침투로 인해 조기수확이 필요하여 수확시 함수율은 약 27%수준 정도이며, 30%를 넘는 경우도 많은 것으로 조사되었음
 - 반입, 계량, 건조 : 고수분일수록 조선기에서 이물질이 선별이 되지 않는 것은 물론 배출도 어려우며, 함수율 30%이상일 경우 막힘의 발생으로 인해 투입하지 않고 투입하여도 건조하지 않고 통풍만 하고, 30%이하는 약 40~50℃로 건조하되, 건조온도가 70℃정도의 고온일 경우에는 호화가 되어 순환이 어려우므로 기피하며, 통상적인 건감율(乾減率, drying rate)은 1%/hr 수준으로 조사되었음. 고수분인 밀은 호퍼스케일 단립수분계의 수분측정시 오작동이 쉽게 발생한다고 하며, 건조지수에 대한 개념이 전혀 없어, 감모(減耗, loss)의 우려를 표명하였으나, 기준이 없어 준용이 어려웠음
 - 저장 : 저장은 우레탄으로 단열된 사일로에서 실시하는데 함수율을 약 12%정도로 유지하기 위하여 노력하나, 장마철에 흡습으로 인해 수분이 상승하고, 이로 인해 변질사고도 자주 발생하고 있다는 것을 알 수 있었으며, 공기충만실(plenum chamber)를 개조하여 에피흡으로 훈증을 실시하여 바구미

등 해충발생을 예방하는 것으로 조사되었음



<콤바인으로 수확>



<농가 건조장>



<농가에 설치된 순환식건조기 및 열풍온도>



그림 3-2-1. 한국우리밀농업협동조합의 농가 자체 건조



<투입구>



<조선기>



<호퍼스케일>



<단립형 수분측정기>



<순환식건조기>



<평타입사일로>



<PLC control panel>



<밀쌀 가공시설>

그림 3-2-2. 한국우리밀농업협동조합의 건조저장시설

② 경남합천우리밀영농조합법인

- (시설개요) 1984년 정부의 밀수매 중단이후 1991년 시작된 우리밀살리기운동의 발원지가 합천이며, 1995년에 우리밀합천공장을 준공하여 10,028가마를 자체적으로 수매하였으며, 2006년에 본격적으로 합천우리밀영농조합법인을 설립하였고, 2009년도 우리밀 건조저장시설지원사업자로 선정되어 건조저장시설을 설치하였으며, 지역농업특성화사업으로 제분공장을 2012년에, 제면시설을 2013년에 완공하였음
 - (우리밀 제품 및 취급물량) 주요제품으로는 우리밀(조경)의 판매, 밀가루(1kg, 20kg), 제면(500g) 및 밀짚(1kg)가공품 등이 있었으며, 제분은 2분도 통밀단계를 거쳐 알곡전체를 눌러 분쇄하는 방식이며, 제면은 주로 통밀국수를 생산하고 있는데, 연간 우리밀 취급량은 2012년도 1,300여톤이었으며, 2013년에는 약 1,000톤을 처리할 예정이었음
 - (우리밀 생산전망 및 정책대안) 현재 우리밀 40kg의 가격은 36,000원 수준으로 인건비, 생산비 및 토지용역비 등을 고려할 때 수지타산이 맞지 않아 어려움을 겪고 있었으며, 밀농가 조합원수는 약 722농가였으나, 실제 우리밀을 재배하는 농가는 약 400농가로 우리밀 대신 양과 및 마늘재배로 전환하는 농가가 증가하는 추세로 조사되었음. 따라서 대안으로 직접지불제 도입, 수입밀과의 가격차이 1.2~1.3배정도(소비자심리 저항적가격)로 가격경쟁력을 향상시킬 필요가 있다고 하였으며, 관공서, 학교 및 군대 등을 통한 우리밀 소비활성화의 필요성 등을 정책대안으로 제시함
 - (우리밀 건조저장시설) 투입구-조전기-호퍼스케일-건조기-호퍼식사일로로 구성된 건조저장시설로서 2라인으로 구성되어 있었는데 1라인에는 연속식건조기, 2라인에는 순환식건조기가 설치되어 있었음. 제 1라인은 투입구 약 20ton/hr 규모, 조전기는 아이디알시스템(주), 호퍼스케일은 전기용량식이 설치되어 있었으며, 건조기는 연속식건조기(투입능력 20ton/hr용으로 약 12ton/hr수준), 사일로는 호퍼식으로 300ton×4기가 설치되어 있었음. 한편, 제 1라인은 투입구 약 20ton/hr 규모, 조전기는 대원 GSI, 호퍼스케일은 전기용량식이 설치되어 있었으며, 건조기는 순환식건조기 30ton/batch×4기, 사일로는 한성공업(주)의 절충형사일로 500ton×3기가 설치되어 있었음
 - (우리밀 건조저장시설의 활용) 수확기에는 2라인을 모두 고수분 우리밀 반입에 사용하였으며, 2009년 우리밀 건조저장시설 사업자이었으며, 설계 및 시공자는 대원GSI이었음. 현재 설치된 시설 및 단 위기체는 모두 벼 DSC에 사용하는 것으로서 설치 이후 밀을 위해 추가로 시설개선은 실시하지 않은 것으로 조사되었음
 - (우리밀 재배 및 수확후 처리방법) 조경밀만 취급하였으며, 파종시기는 10월말이며, 6월 13~20일 경에 콤바인(Claas type)으로 수확하였으며, 수확시기가 늦을 시 모내기용 물 침투로 인해 조기수확이 필요한 것으로 조사되었음
- 반입, 계량, 건조 : 수확시 함수율은 약 28%수준으로, 30%를 넘는 경우도 있다고 함. 고수분일수록

조선기에서 이물질 선별이 되지 않는 것은 물론 배출도 어려우며, 함수율 30%이상은 막힘의 발생으로 투입하지 않고 천일건조한 후 투입하고 있었음. 건조온도는 55~58℃로서 연속식건조기는 별도의 템퍼링(tempering)빈을 사용하지 않고 계속적으로 순환하면서 건조하는 시스템으로 12%까지 통상 15시간 정도가 소요되었으며, 순환식건조기는 약 20시간 정도가 소요되었는데 평균적인 건감율은 약 0.8%/hr수준을 나타내었고, 전체적으로는 0.5%/hr수준을 유지하기 위하여 노력하고 있었음

- **저장 및 가공** : 저장시설은 사일로로서 사일로 내부에 곡물온도 자동측정장치를 부착하고 있었으며, 연중 40℃이하의 온도로 저장하기 위하여 노력하고 있었고, 곡물냉각기는 1대를 구비하였으나 정확한 사용방법은 인지하지 못하고 있었고, 에피흙으로 년 1회 바구미 등 해충을 위한 훈증을 실시하고 있었음. 제분시설로는 정선기, 석발기, 정맥기, 제강기, 분쇄기, 포장라인으로 구성되어 있었으며, 제면시설로는 반죽기, 면돌망기, 건조, 포장라인으로 되어 있었음



<밀 field>



<우리밀 대신 양파 및 타 작물로 전환>



그림 3-2-3. 합천의 밀밭 및 타 작물의 재배



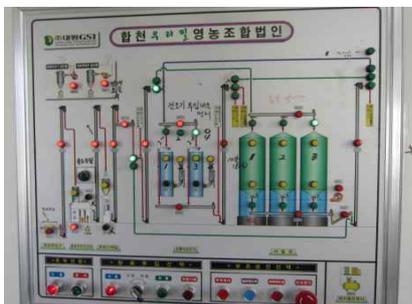
<합천우리밀영농조합법인>



<투입구 1, 2>



<제 2라인 호퍼스케일>



<제 1라인 PLC control panel>



<제 2라인 PLC control panel>



<제 1라인 조선기>



<제 2라인 순환식건조기>



<제 1라인 연속식건조기>



<호퍼식 사일로>

그림 3-2-4. 합천우리밀영농조합의 건조저장시설



<제맥기>



<제맥기>



<Air jet 제분기>



<포장>



<제면 반죽기>



<면 돌MING기>



<건조>



<포장>

그림 3-2-5. 합천우리밀영농조합의 우리밀 제분 및 제면시설

③ 전북부안 라이스플라자(계화실업)

- (업체개요) 2012년 RPC로 인가받은 시설로서, 명칭도 과거 계화실업에서 (영)라이스플라자(Rice Plaza)로 변경하였으며, 이 Rice plaza이외에도 도정시설을 갖추고 있는 계화라이스영농조합법인, 광주 및 서울에 직매장 등의 사업장을 보유하고 있음. 당초 설립은 1995년이었으며, 대표이사는 반득용, 신정휴이었음
- (주요 생산품 및 가공시설) 현재 주요 생산품목은 쌀(명심보감, 명심보감계화, 명심보감간척, 가을들녘 쌀 등), 보리(지역보리쌀) 등을 생산하고 있었으며, 주요 가공라인은 1공장(Rice Plaza)이 약 3.0ton/hr, 2공장(계화라이스영농조합법인)이 3.0ton/hr수준이었으며, 1공장에 보리가공시설 약 3.0ton/hr가 설치되어 있었음
- (우리밀 매입량 및 재고량) “우리밀”은 관내 지역에 계약재배로 생산하여 2010년부터 매입하여 왔으며, 2011년에 약 132ton(3,300가마×40kg/가마), 2012년에 약 28ton(700가마×40kg/가마)를 매입하였으나, 판매부진으로 현재 120ton(3,000가마×40kg/가마)는 창고에 적재되어 있었음
- (우리밀 판매처 및 재고사유) 우리밀은 주로 고추장공장(광주소재), 민간업체, 홈쇼핑 및 유치원(모래대용으로 밀을 사용) 등에 판매하고 있으나, 인수를 약속했던 민간업체에서 판매부진으로 부도처리되어 현재로는 고추장 공장, 홈쇼핑 및 유치원 등에 일부 납품되고 나머지는 재고로 남아있음
- (재배 및 수확후관리) 금강밀 종자를 보급하여 계약재배하고, 각 농가에서 12~13%로 건조된 밀을 매입(매입가격 2010~2011년 38,000원/40kg, 2012년 32,000원/40kg수준)하되, 껍질이 많거나 수분이 높으면 돌려보냄. 저온저장고(15℃)와 상온에서 저장(중앙농협 등에 위탁저장)하나 상온저장의 경우 훈증제(포스톡신이라고 하며, 농관원에서 교육받은 후 사용)로 훈증하여 저장후, 판매하고 있음
- (향후 재배전망) 정부수매를 중단한 보리의 대체작물로서 우리밀의 가격이 좋을 때는 밀을 재배하고, 보리 가격이 높을 때는 보리를 재배하는 경향이 있으며, 2012년 보리가격이 상승(찰보리 36,000원/40kg, 일반보리 45,000원/40kg)하면서 금년에는 보리재배가 급증하여 가격이 약 35,000원/40kg수준으로 낮아지는 대신, 밀 값은 약 36,000원/40kg수준으로 높아질 것으로 전망하였음. 또한, 수확시기가 밀에 비해 일반보리는 1주일, 찰보리는 2주일전에 수확하여 벼 콤바인작업에 지장이 없는 반면 밀은 재배시기가 겹쳐 지장이 많이 있음
- (향후 우리밀 취급계획) 밀을 수집하여 보유하고 있어도 판매처가 일부 제분공장에 한정되어 판매가 어려운 반면 보리는 취급업체가 대단히 많음. 국제적으로 곡물가가 상승하여도 우리밀가격이 35,000원/40kg이상 이 되면 우리밀사업이 어려울 것으로 전망하였으며, 이로 인해 특히 우리밀영농조합이 작년에 대단히 어려웠다고 함. 또한 저장성이 밀<보리<벼 순으로 바구미, 변색 등으로 인해 밀 저장이 어려워 15℃이하의 저온저장이 필수적이므로 전체적인 추세로 볼 때 대단히 취급이 어려운 곡물로 인식하고 있었음. 그러나 밀쌀이 보리보다 식감이 우수하여 혼합곡 등에 적용하기 쉬운 장점이

있어 향후에도 연간 120~200ton 규모를 매입하여 고추장공장에 120ton규모, 쇼핑몰 등에 80ton내 외를 판매할 계획이라고 함



<건조저장시설전경>



<저온저장시설>



<저온저장고내 우리밀저장>



<투입구>



<조선기>



<저장사일로>



<우리밀 가공시설>



<일반 도정시설>

그림 3-2-6. 라이스플라자 공정별 시설

④ (농업회사법인) 고창 청맥

- (업체개요) 고창 청맥은 보리를 전문적으로 취급하는 업체이나 “밀쌀”도 함께 취급하고 있으며, 주요 제품은 흑맥, 황맥, 청맥, 자맥 등 색깔이 있는 보리쌀이었으며, 이외에도 보리죽, 청보리빵을 일부 생산하고 있으며, 카페인이 없는 보리커피인 오발리카페를 생산할 예정이었음
- (우리밀 관련사업) 밀은 주로 밀쌀(보리가공설비로 가공, 총 6억원 소요), Air-jet mill을 이용한 통밀가루 등의 형태로 판매하고 있었으며, 주요 납품처는 홈플러스로서 취급물량은 약 10ton/월 수준으로 판매가격은 밀쌀 1,800원/kg, 통밀가루 2,500원/kg수준임(택배비포함, 원료가격 약 1,500원/kg)
- (우리밀 매입) 인근 지역 농협 또는 농가에서 주로 건밀상태로 매입하며(수입밀은 시중에서 매입 불가능), 우리밀은 2012년 32,000원/40kg수준(생산비 약 28,000원/40kg)으로 필요시마다 매입하여

사용하며, 밀의 저장을 위한 별도의 저장시설은 구비하고 있지 않음. 매입시 품질은 확인하지 않으나 봄부터는 바구미 발생으로 인해 확인함

- (우리밀에 대한 전망) 외국의 좋은 밀가루가 있어서 우리밀에 한계가 있다고 전망하고 있었으며, 특히, 쿠키를 제조하는 업체에서는 가격은 고가인 반면 색깔이 나지 않는다는 점을 거론한다고 함. 또한, 약 20%정도의 증산은 대단히 용이하나 판매처가 동아제분 등 대형 제분회사로 한정됨에 따라 판매가 대단히 어려운 조건임. 현대화된 건조저장시설의 보급이 필요한 주된 이유로는 여러 농가의 우리밀이 혼합되므로 전체적으로 품질이 균일해질 것이고, 이물질의 제거, 수분함량의 균일한 유지(13%기준)가 용이할 것으로 전망하였으며, 궁극적으로 청맥에서 우리밀 사업을 위해서는 정책적인 지원이 필요하다고 전망하였음
- (청맥의 향후 계획) 우리밀 사업은 현재 수준으로 유지하되, 보리에 보다 중점을 둘 것이라고 하였으며, 특히 과거 강진~군산까지에서 보리를 매입하였지만 남부지역으로 내려갈수록 보리품질 및 수율이 나빠져 금년부터는 충청도에 대규모 단지를 조성할 계획으로, 카페인이 없는 커피 등을 위한 과제를 추진할 예정임



<고창 청맥>



<가공 및 저장시설>



<가공시설 control panel>



<색채선별기>



<맥강기>



<Air-jet mill>



<포장기>



<청맥생산 제품>

그림 3-2-7. 청맥의 시설 및 제품

⑤ 충남서천 관내 농가

- **(시설개요)** 충남 서천군 서천면 두북리에 소재하는 농가 5개소와 이들로 구성된 금당영농조합법인에 대해 조사하였음. 금당영농조합법인은 1997년에 설립되었으며 취급품목은 주로 밀, 벼이며, 농가에서 농가형 순환식건조기로 건조된 곡물을 일시 보관하는 일종의 보관시설 및 판매 역할을 담당하고 있었음
- **(우리밀 제품 및 취급물량)** 각 농가에서 우리밀은 백중 및 금강밀을 일부 계약재배하고 있었으며, 관내의 농가에서 재배한 우리밀을 취급하고 있어 정확한 농가수, 재배면적 및 반입량을 계량할 수 없었고, 주 반입농가는 5농가로서 5농가의 생산량은 약 52톤 정도이었음
- **(우리밀 재배현황)** 조사대상인 농가 5개소 모두 2012년 10월말경에 파종하였으며, 수확시기는 2013년 6월 14일부터 18일까지이었고, 재배면적은 1,210㎡부터 5,140㎡까지 다양하였음. 또한 벼 재배를 위한 논을 이용하여 재배하였기 때문에 수확후 벼의 재배를 위한 모내기를 수행하였음
- **(농가시설)** 농가 5개소는 모두 개인소유의 콤바인, 건조기 및 저장창고를 보유하고 있었으며, 수확후 정선을 위한 조선기는 별도로 설치되어 있지 않았고, 콤바인 수확 및 건조기로 건조시의 정선효과만 이용하고 있었음. 기타시설로는 건조기 집진용 사이클론 및 습식집진기 등을 사용하고 있었음
- **(우리밀 건조)** 콤바인으로 수확된 24.0~35.7%의 고수분 우리밀은 각 농가에서 보유하고 있는 농가형 순환식건조기(용량 4~5ton/batch 2~3대 정도씩 보유)로 건조하는데 함수율이 높을 경우에는 천일건조(상온, 약 48시간)나 비교적 낮은 건조온도(40~50℃)로 1차건조한 후, 50~60℃의 열풍으로 2차건조하고 있었으나, 건조온도 및 건조시간은 일정하지 않았음
- **(우리밀 저장 및 판매)** 건조된 우리밀은 건조기내에서 상온저장 후 판매시 폴리콘백 형태로 판매하거나 농가자체 또는 영농법인저장시설에 폴리콘백 형태로 상온에서 약 1개월 정도 보관되었다가 서천군관내(소곡주 등의 원료로도 활용)로 매입되었으며, 1개 농가는 훈증처리를 실시한다고 하였음

표 3-2-3. 충남 서천 관내 농가의 우리밀 관련 현황

구 분		농가1	농가2	농가3	농가4	농가5
재배	품종	백중	백중	금강	금강	백중
	계약재배여부	○	○	○	○	○
	재배면적(m ²)	4,530	3,630	1,210	5,140	3,630
	파종시기	'12년 10월말	'12년 10월말	'12년 10월말	'12년 10월말	'12년 10월말
	예상수확량 (ton)	15	6.5	5	15	6.5
	수확후 벼 재배여부	○	○	○	○	○
수확	콤바인 보유여부	○	○	○	○	○
	수확시기	'13년 6월 14~15일	'13년 6월 14일	'13년 6월 15일	'13년 6월 15일	'13년 6월 18일
	조선키 사용여부	×	×	×	×	×
건조	건조기 용량 및 대수	순환식건조기 5ton×3대	순환식건조기 5ton×2대	순환식건조기 5ton×2대	순환식건조기 5ton×2대	순환식건조기 4ton×2대
	건조전함수율 (%, w.b.)	34	33.4	32.4	35.7	24
	건조후함수율 (%, w.b.)	12	12	13	13	12
	천일건조 (온도/시간)	×	·1차건조 : 상온/48hr	×	×	×
	건조기 건조조건 (온도/시간)	·1차건조 : 48~50℃/24hr ·2차건조 : 55~60℃/36hr	·2차건조 : 55℃/72hr	·1차건조 : 40℃/24hr ·2차건조 : 50℃/36hr	·1차건조 : 55~60℃/ 120hr	·1차건조 50℃/24hr
저장	저장함수율 (%, w.b.)	12	12	13	13	12
	저장장소	건조후 건조기내에 저장	건조후 건조기내에 저장	건조후 건조기내에 저장	건조후 건조기내에 저장	톤백형태로 저장창고에 저장
	온도 및 기간	상온, 1개월	상온, 1개월	상온, 1개월	상온, 1개월	상온, 1개월
	훈증처리 여부	×	×	×	×	훈증처리
매입	우리밀 구입처	서천군청				
	매입시기	2013년 7월				

금당 영농 조합 법인			
농가 1			
농가 2			
농가 3			
농가 4			
농가 5			



그림 3-2-8. 서천금당영농조합 및 농가내 건조시설

⑥ 전복익산보석우리밀 영농조합법인

- (시설개요) 소재지는 익산시 오산면 오산리 377-6번지이고, 2000년도에 법인이 설립되어 밀 평창고 및 농가형 순환식건조기로부터 시작하였으며, 2009년 우리밀 건조저장시설지원사업자로 선정되어 사일로 2기를 지원받았으며, 2012년도에 재선정되어 2014년 고수분 우리밀 반입 이전까지 투입구, 조선키, 호퍼스케일, 순환식건조기 및 사일로시설을 설치하고, 처음 밀의 산물수매를 실시하였음
- (우리밀 제품 및 취급물량) 취급품종은 주로 백중(70~80%), 금강 및 수안으로 계약재배하고 있었으며, 우리밀 취급량은 2012년에는 약 9백톤, 2013년도 450톤을 처리하였음
- (우리밀 생산전망 및 정책대안) 밀을 재배하는 조합원수는 약 160농가로서 주로 익산시에 소재하고 있으며, 일부는 인근인 군산에도 소재함. 우리밀 40kg의 가격은 2014년 기준으로 42,000원 수준으로 작년대비 6,000원이 상승한 상태임. 취급하는 품종으로는 백중, 금강 및 수안품종으로, 2모작으로 벼 농사에서 기피하는 밀의 늦은 수확기 및 병충해 등으로 점차 금강의 재배면적은 감소하는 추세로서 지역여건에 맞는 품종확대의 필요성과, 모심기 등으로 인해 밀수확 기간이 지나치게 짧으므로 대용량의 투입 및 건조시설능력의 필요성에 대해 강조하였음
- (우리밀 건조저장시설) 투입구-조선키-호퍼스케일-순환식건조기-호퍼식사일로로 구성된 전형적인 건조저장시설로서 1라인으로 구성되어 있었으며, 투입구 약 20ton/hr 규모, 조선키는 아이디알시스템(주), 호퍼스케일은 전기용량식이 설치되어 있었으며, 건조기는 순환식건조기(30ton/batch×3대, 대만 썬큐), 사일로는 한성공업(주)의 호퍼식으로 400ton×4기가 설치되어 있었음
- (우리밀 재배 및 수확후 처리방법) 백중, 금강 및 수안밀의 파종시기는 10월초~10월말이며, 6월 10~15일 경에 콤바인(Class type)으로 수확하였음
 - 반입, 계량, 건조 : 금년도는 태풍이 없었고, 기상여건이 좋아 높은 수분의 밀 수확이 불필요한 대단히 이상적이었다고 설명하였으며, 이로 인해 금년도는 건밀 수확이 대부분이었으며, 자체 재배물량만을 약 20% 초반대의 함수율에서 수확하였음. 반입된 밀은 조선키에서 계량후, 중량 및 함수율 측정, 순환식건조기로 건조하였으며, 건조온도는 약 55℃로 설정하여 사용하였음. 조선키, 계량 및 건조과정

중 측정된 세부 데이터는 각 항목으로 나누어서 후술함

- **저장** : 저장시설은 호퍼식사일로를 실온(통풍)에서 1년간 저장하며, 사일로에 투입이 완료되면 예피 흡으로 년 1회 훈증한 다음, 가을이 되면 외기로 통풍하여 저장하고 있었음, 저장에서 가장 중요한 항목으로 함수율을 꺾고, 저장 통풍중의 흡습을 고려하여 약 12%정도에서 저장하기 위해 노력하였으며, 해충 생육의 억제를 위해 함수율을 11%수준까지 낮추는 방법도 시도할 예정이라고 함
- **시설개선방향** : 우리밀에 대해 농약살포가 없으므로 맥강을 이용하는 제품개발과, 이를 위한 냉각저장시설, 우리밀 품질향상에 필요한 선별기의 설치 등에 대해 관심이 많았으며, 필요시설의 선별설치, 건조기의 처리능력향상 등에 대해 공감하였음



그림 3-2-9. 익산보석 우리밀영농조합 관내에서의 밀 수확 현장



<전경, 호퍼식사일로, 평창고>



<Control panel>



<투입구>



<조선키>



<Hopper scale>



<순환식건조기>

그림 3-2-10. 익산보석우리밀영농조합의 건조저장시설

표 3-2-4. 익산보석우리밀영농조합 건조저장시설 공정도

명 칭	규격	수량	비 고
원료투입구	W2000 × L3000 × D3500	1	
풍력선별기	30ton/hr	1	130m ³ /min×180mmAq
조선기	30ton/hr Φ5 × 21mm / Φ4 × 20mm / Φ1.2 × 17.2mm	1	210m ³ /min×180mmAq
체철기	Φ300 × 900L	1	
호퍼스케일	100kg/B 전기저항식 밀, 보리, 벼 용	1	
순환식건조기	대만 선큐 30ton/hr(수입품)	3	
저장사일로	호퍼형 400톤	4	
톤백출하계량기	1ton/Bag	1	
싸이클론집진	340m ³ /min × 22kW	2	

⑦ (유)농업법인전북군산우리밀

- (시설개요) 소재지는 군산시 대안면 북규리 581-14번지로 2009년도에 설립된 법인으로 계약재배는 실시하지 않고, 농가에서 반입되는 밀만을 매입하여, 밀다원만 거래하는 건조저장시설이며, 무농약 및 유기농 밀도 취급하고 있었음
- (우리밀 제품 및 취급물량) 취급품종은 주로 금강이며, 연백 및 백중도 재배하고 있었으며, 우리밀 취급량은 2013년 기준으로 650톤이었으나, 매년 감소하고, 법인에서는 적극적으로 매입하지 않고 기다리는 수준으로 고수분 매입기간동안 거의 반입물량이 없었음
- (우리밀 생산전망 및 정책대안) 우리밀을 재배하여 반입하는 농가는 개략 200농가로서 주로 군산에 소재하며, 주로 금강, 백중 및 연백밀을 재배하고 있으며, 일반, 무농약 및 유기농 밀로 구분하여 재배하고 있음. 매입 가격으로는 40kg당 42,000원(일반), 45,000원(무농약) 및 53,000원(유기농)으로 유기농 밀에는 높은 가격을 지불하고 있었으며, 유기농 밀 재배 활성화를 위해서는 급식, 어린이집 및 군대 등을 통한 밀 사용처 확대의 필요성과, 의도하지 않는 오염방지를 위해 유기농밀 농지조성 필요성을 제시하였음
- (우리밀 건조저장시설) 투입구-조선기-호퍼스케일-건조기-호퍼식사일로로 구성된 건조저장시설로서 2라인으로 구성되어 있었으며, 조선기는 대화업체에서 설치하였으며, 건조기는 순환식건조기로 투입능력 30ton/hr×1대로 한성공업(주)에서 설치하였음. 사일로는 한성공업(주) 및 영일회사에서 호퍼식으로 500ton×7기가 설치되어 있었음

○ (우리밀 재배 및 수확후 처리방법) 금강(주 품종), 백중 및 연백밀을 취급하였으며, 파종시기는 10월~11월이며, 수확시기는 6월 15일~일주일 수준으로 콤바인(Class type)으로 수확하였음

- 반입, 계량, 건조 : 작년까지는 대부분 농가에서는 건조시설을 보유하여 자체적으로 건조하여 주로 건밀을 반입받았으나, 금년부터 약 18%수분으로 반입받은 후 순환식건조기로 12%로 건조시켜 저장할 계획이었음. 그러나 법인내에 순환식건조기 1대만이 설치되어 있었으며, 독특하게 발아율자체가 대단히 중요하다고 판단하여 벼와 동일하게 건조온도는 50℃(일반) 및 45℃(유기농, 무농약)로 유지하여 건조하고 있었으며, 건조상태를 실측한 결과, 평균적인 건감율은 약 0.4%/hr수준을 나타내었음
- 저장 및 가공 : 저장시설은 호퍼식사일로 및 평타입사일로가 혼합되어 설치되어 있었으며, 실온(통풍)에서 6개월간 저장하며, 에피훅으로 년 1회 바구미 등 해충을 위한 훈증을 실시하고 있었음



<(유)농업법인군산우리밀>



<Control panel>



<투입구>



<조선기>



<Hopper scale>



<순환식건조기>



<평타입 및 호퍼식 사일로>

그림 3-2-11. (유)농업법인군산우리밀의 건조저장시설

⑧ 전북김제우리밀영농조합법인

- (시설개요) 1996년 죽산면 우리밀 영농조합법인을 설립하여 2,666가마를 처리한 것을 시작으로 2005년 김제시우리밀영농법인으로 명칭을 변경한 후 본격적으로 우리밀을 취급하기 시작하였으며, 2006년 1600톤 규모의 사일로를 설치하였고, 2009년 800톤 규모의 사일로를 증설하였음. 2010년에는 우리밀 가공공장을 준공하였고, 2012년 농진청사업 (100%보조)으로 맥강기 등이 설치된 창고를 설치하였음. 건조저장시설은 동일 부지내에 3곳으로 분산되어 설치되어 있으나 현재 2곳만 운영하고 있으며, 1곳은 2011년 이후 밀 수매량이 줄어들어 사용하지 않고 있음
- (우리밀 제품 및 취급물량) 취급품종은 주로 백중이며, 금강, 조품 및 조경도 재배하고 있었으며, 우리밀 취급량은 5천3백톤(2011), 4천톤(2012년) 및 약 1천톤(2013년)으로 급격하게 감소하였으며 주요 원인은 낮은 밀 가격을 제시하였음
- (우리밀 생산전망 및 정책대안) 밀을 반입하는 조합원수는 약 400농가로 김제, 전주, 익산, 고창, 부안 및 군산지역까지 넓게 분포하고 있었으며, 정부수매자금 흐름이 복잡하며 농가와 영농조합간의 정산기간이 약 6개월 이상 소요되어 어려움을 가지고 있었음
- (우리밀 건조저장시설) 투입구-건조기-조전기-호퍼스케일-사일로로 구성된 건조저장시설로서 3라인으로 구성되어 있었으며, 1라인은 2011년 투입량 감소로 운영 중단된 상태임. 건조기는 농가용 순환식건조기로 투입능력 5.4ton/hr을 보유한 18대를 신흥에서 설치하였고 (주) 아이디알에서는 조전기 3대 설치, 호퍼스케일은 전기용량식형태로 설치하였으며 사일로는 호퍼식으로 400ton×6기를 설치하였음. 그러나, 2011년 사일로 6개 중 2개가 하중의 무게로 인해 사고가 났으며, 그 다음해 2012년 또한 사일로 1개가 무너지는 사고로 현재 2014년 보수공사를 완료된 상태임
- (우리밀 재배 및 수확후 처리방법) 파종시기는 10월 25일경이며, 수확시기는 6월 9일~18일 기간내 콤바인(Class type)으로 수확하였으며 제초제를 사용하였음
 - 반입, 계량, 건조 : 산물수매는 실시하지 않고 있었으며, 고수분 밀(약 30%이하)은 18개를 보유하고 있는 5~6ton/batch규모의 농가형 순환식건조기로 약 12%수준까지 건조한 후 조전기-계량기-사일로에서 품종별로 구분하여 저장하고 있었음. 산물수매를 받지 않는 이유는 약 6일정도에 불과한 수확기에 태풍, 강우가 있을 경우 적은 건조능력으로는 건조가 불가능한 것을 껴았으며, 30ton/batch 등 대용량 순환식건조기의 설치에도 농가별 물량이 일정하지 않은 부분에서 난색을 표명하였음. 건조온도는 60℃(일반), 50℃(종자용)로서 12%로 건조시키기 위한 평균 건감율은 약 0.56%/hr수준을 나타내었음
 - 저장 및 가공 : 저장시설은 호퍼식사일로로 실온(통풍)에서 6개월~1년간 저장하며 무훈증처리를 하며 품종별로 구분저장하여 품종혼입을 방지하였으며, 저장 후 판매처는 밀다윈, 주식회사 우리밀, 초록마을 및 우리농촌네트워크, 대한제분 등을 통해 우리밀 원맥을 판매하고 있었으며, 초록마을을 통

해 밀가루식품을 제조하여 김제시우리밀영농조합에서 농가를 대상으로 판매하고 있었음



<김제우리밀영농조합법인>



<투입구>



<순환식건조기>



<Control panel>



<조선기>



<호퍼스케일>



<사일로>

그림 3-2-12. 김제우리밀영농조합법인의 건조저장시설



그림 3-2-13. 김제우리밀영농조합법인에서 판매하는 우리밀 관련 제품사진

⑨ 전남영광농협 우리밀건조저장시설

○ (시설개요 및 취급물량) 전남영광농협 우리밀건조저장시설은 2015년도에 설립되었고, 주요 취급품목은 우리밀(금강)과 찰벼 등이었으며, 연간 우리밀 취급량은 2015년도 약 1,200톤이었고, 2016년에는 약 1,900톤을 처리할 예정이었으며, 찰벼의 경우 취급량은 3,600톤(2015년), 4,000톤(2016년)을

처리할 예정임

- **(우리밀 생산전망)** 우리밀을 반입하는 농가는 조합원수는 대부분 영광에 거주하는 약 500농가로서 반입량은 전량 계약재배형태로 이루어져 있었고, 우리밀 40kg의 반입가격은 42,000원 수준이었으며, 주요 건의사항은 건조저장시설에 관한 것으로 현재 보유중인 건조기 및 사일로는 벼용으로써 밀 건조저장시설에서는 맞지 않아 밀 전용 건조저장시설의 보급을 요청하였음
- **(우리밀 건조저장시설)** 건조저장시설은 투입구-조선기-호퍼스케일-순환식건조기-일반평창고 등 1개 라인으로 구성되었으며, 투입능력은 설계능력으로 30ton/hr, 조선기 및 호퍼스케일은 대원GSI사 제품이었으며, 호퍼스케일은 전기용량식이 설치되어 있었으며, 건조기는 신흥강관에서 제조한 순환식건조기(투입능력 20ton/hr용) 6기가 설치되어 있었으며, 일반평창고는 2동이 설치되어 있었음
- **(우리밀 재배 및 수확후 처리방법)** 논밀의 파종시기는 10월말, 수확시기는 6월 11~15일이었으며, 밭밀은 춘파로서 6월 17~30일경에 콤바인(Class type)으로 수확하였으며, 밀 수확 후 바로 콩을 심는 이모작형태이었음
 - **반입, 계량, 건조** : 반입은 주로 약 25%수준까지 비교적 높았고, 반입형태는 폴리콘백으로서 투입구에 투입한 다음, 함수율은 건조저장시설에 비치되어 있는 단립수분계와 간이용 수분측정기를 사용하여 측정하였고, 건조는 열풍온도 약 50~60℃로 유지되는 순환식건조기에서 목표함수율 14%까지 건조하였으며, 이 때 실측한 건감율은 약 1.1%/hr(16.6%→13.8% 2시간30분 1.13%/hr, 16.9%→12.3% 4시간소요 1.15%/hr)수준을 나타내었으며, 조선과정중에 발생하는 쪽정이 등 이물질은 퇴비화에 사용되었음
 - **저장 및 가공** : 저장은 툰백형태로 일반평창고에서 약 1년간 저장하는 것으로 조사되었고, 에피흡으로 년 2회 훈증을 실시하고 있었으며, 저장중 수분증발로 최종 함수율은 약 12%수준이 되는 것으로 조사되었으며, 저장된 밀은 (주)우리밀에 100% 전량 판매하고 있었음



<영광농협밀건조저장시설>



<투입구>



<호퍼스케일>



<PLC control panel>



<조선기>



<순환식건조기>



<일반평창고 1>



<일반평창고 2>



<함수율측정용 기기>



<산물수매현장>



그림 3-2-14. 영광농협 우리밀건조저장시설



나. 일본의 밀 수확후 관리시설 및 보관실태

(1) 일본의 밀 산업 현황

- (수요량 및 자급율) 일본의 1989~2007년의 밀 소비량은 연간 약 6,290천톤(6,203~6,415천톤)으로
 년차별로 큰 차이가 없었고, 이중에서 일본 국내의 연간 밀 생산량은 약 730천톤(444~985천톤)수

준으로 총 소비량의 약 7~14%정도의 자급율을 나타내고 있음(米麥データブック, 2009 : 일본 정부 통계자료, 2013)

- (밀 공공비축) 일본 정부에서는 2000년까지는 자국산 밀 395~813천톤을 비축용으로 구매하였지만 2002년부터는 시장 자율에 맡기면서 비축을 중단하였는데(米麥データブック, 2009), 이는 식량법(식량관리법을 개정한 것으로서 1995. 11부터 2004. 3까지 적용)의 적용으로 인해 그동안 공공비축제(주로 현미)를 자주유통미 위주로 규제를 최소화하면서 회전비축제를 도입한 것이 주요 원인으로 판단되었음

표 3-2-5. 일본의 밀 수급추이

구분/ 년도	공급(천톤)				수요(천톤)					자급 률
	생산량	수입량	재고 증감	총공급 량	식량용			가공	기타	
					粗食糧	純食糧	A/人			
1989	985	5,182	△37	6,204	5,001	3,901	31.7	459	744	16%
1990	952	5,307	△11	6,270	5,028	3,922	31.7	450	792	15%
1991	759	5,413	△168	6,340	5,046	3,936	31.7	442	852	12%
1992	759	5,650	135	6,274	5,046	3,936	31.6	438	790	12%
1993	638	5,607	△99	6,344	5,149	4,016	32.1	424	771	10%
1994	565	6,044	194	6,415	5,306	4,139	33.0	420	689	9%
1995	444	5,750	△161	6,355	5,278	4,117	32.8	412	665	7%
1996	478	5,907	△16	6,401	5,328	4,156	33.0	416	657	7%
1997	573	5,993	276	6,290	5,248	4,093	32.4	398	644	9%
1998	570	5,674	20	6,224	5,216	4,068	32.2	398	610	9%
1999	583	5,613	△86	6,282	5,255	4,099	32.4	390	637	9%
2000	688	5,688	65	6,311	5,299	4,133	32.6	383	629	11%
2001	700	5,624	97	6,227	5,234	4,083	32.1	373	620	11%
2002	829	4,973	△401	6,203	5,207	4,061	31.9	375	621	13%
2003	856	5,539	79	6,316	5,338	4,164	32.6	366	612	14%
2004	860	5,484	78	6,266	5,286	4,123	32.3	364	616	14%
2005	875	5,292	△46	6,213	5,198	4,054	31.7	357	658	14%
2006	837	5,464	73	6,228	5,207	4,061	31.8	357	664	13%
2007	910	5,386	△52	6,348	5,286	4,123	32.3	356	706	14%
2008	881	5,186	△19	6,086	5,093	3,973	31.1	351	642	14%
2009	674	5,354	△230	6,258	5,205	4,060	31.8	331	722	11%
2010	571	5,473	△340	6,384	5,366	4,185	32.7	324	694	9%

표 3-2-6. 일본 정부의 밀 취급추이(단위 : 천톤)

구분/년도	공급				수요			기말 재고
	기초 이월	매입		계	판매		계	
		내수	외수		내수	외수		
1989	1,318	813	3,814	5,945	854	3,828	4,682	1,263
1990	1,263	804	3,908	5,975	839	3,842	4,681	1,294
1991	1,294	601	3,963	5,858	713	4,065	4,778	1,080
1992	1,080	644	4,269	5,993	629	4,136	4,765	1,228
1993	1,228	563	4,223	6,014	605	4,259	4,864	1,150
1994	1,150	506	4,887	6,543	504	4,797	5,301	1,242
1995	1,242	395	4,475	6,112	451	4,479	4,930	1,182
1996	1,182	424	4,656	6,262	416	4,696	5,112	1,150
1997	1,150	522	4,738	6,410	454	4,587	5,041	1,369
1998	1,369	526	4,538	6,433	522	4,425	4,947	1,486
1999	1,486	540	4,556	6,582	534	4,623	5,157	1,425
2000	1,425	23	4,693	6,141	292	4,641	4,933	1,208
2001	1,208	1	4,837	6,046	14	4,644	4,658	1,388
2002	1,388	0	4,400	5,788	1	4,859	4,860	928
2003	928	0	5,061	5,989	0	5,029	5,029	960
2004	960	0	4,979	5,939	0	4,961	4,961	978
2005	978	0	4,786	5,764	0	4,875	4,875	889
2006	889	0	4,960	5,849	0	5,136	5,136	713
2007	713	0	4,896	5,609	0	4,867	4,867	742
2008	742	0	4,731	5,473	0	4,641	4,641	832

○ (일본산 밀의 소비처) 일본에서 생산된 밀은 주로 우동 약 70%, 빵 및 면종류로 10%정도 사용되고 있고, 향후 물량신장의 확대가 용이한 빵 및 중화면류용의 생산 확대를 계획하고 있음(Satake Co. 자료)

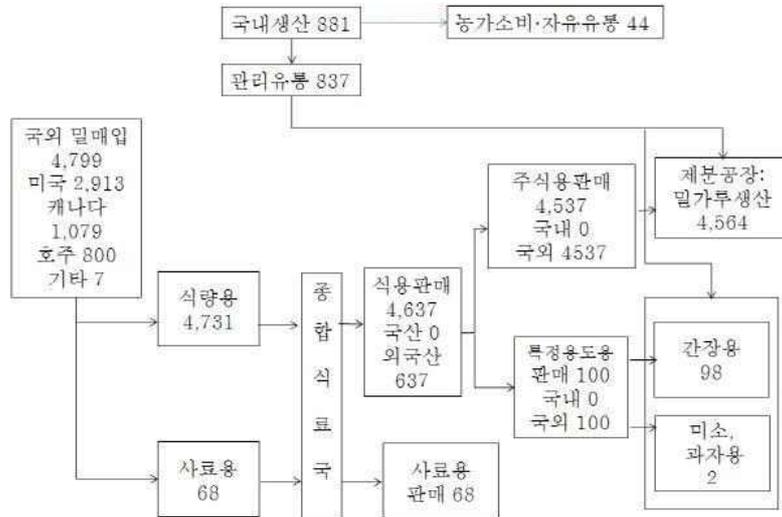


그림 3-2-15. 일본의 밀 유통경로 (米麥データブック, 2009)

- (수입밀 및 자국산밀 가격) 북해도신문(2013. 2. 28)에 의하면 수입산 밀의 가격에 비해 자국산(특히 북해도산) 밀의 가격은 약 1.5~2배 수준이며, 수입용 밀의 가격이 약 9.7% 상승함에 따라 58개사로 구성된 북해도제면협동조합장의 의견을 인용하여 빵 및 면류업계에서 중량을 감소시킨다든지 가격상승을 검토하고 있다고 보도하였음

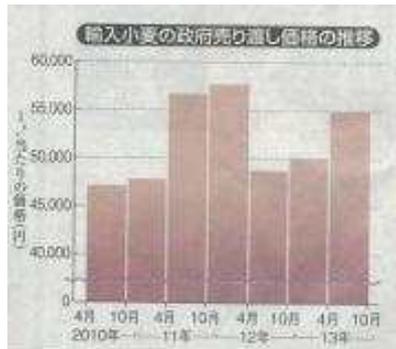


그림 3-2-16. 일본에서 수입밀 가격추이(북해도신문, 2013. 2. 28)

- (밀 생산량 증대계획) 2010년 3월에 책정된 「식료·농업·농촌기본계획」에 의거하여 2020년까지 식료자급율을 50%로 달성하기 위해 밀의 경우 생산량목표를 1,800천톤 현재 약 730천톤의 2.5배정도로 의욕적으로 설정하고 있으며(Satake Co. 자료), 품질개선을 위한 장려금을 지원하고 있었음(米麥データブック, 2009)

표 3-2-7. 일본의 밀 및 보리 품질개선장려금액(2008년산 기준)

구 분	등급			
	A	B	C	D
밀(엔, 60kg당)	600	450	150	0
보리(엔, 60kg당)	500	370	120	0

- (일본의 밀 주산지) 일본에서 밀의 주산지는 북해도로서 전국의 약 55.8%정도(米麥データブック, 2009) 또는 약 70%(북해도신문, 2013. 2. 28)정도로 북해도가 주산지로 알려져 있으며, 북해도에서는 주로 1모작으로 생산하고 있는 것으로 조사되었음

표 3-2-8. 일본 전국 및 북해도의 밀 재배면적

지역	재배면적(ha)		
	계	논	밭
전체	209,700	114,000	95,700
북해도	117,100	26,800	90,300

(2) 일본의 밀 수확 후 관리시설 현황

(가) 수확 후 관리시설의 일반사항

- (밀 수확후처리시설) 일본에서 수확된 밀은 CE(Country Elevator)에 반입되는데, CE는 일본 전역에 총 823개소가 설치되어 있으며, 이중에서 Satake Co.에서 설치한 CE는 310개소(37.7%)이었고, 이중에서 약 90%는 벼 전용, 10%는 밀(보리) 및 벼 겸용으로 사용되고 있으며, 북해도에 일부 밀 전용 CE가 건설되어 있음(Satake Co. 자료)



그림 3-2-17. JA 후라노 CE(벼 및 밀 겸용)

○ (CE의 공정) 우리나라 DSC(Drying & Storage Center)는 벼투입-조선-계량-건조-저장공정으로 구성되어 비해, CE는 벼의 경우 현미를 제조하는 제현공정, 밀의 경우는 정선공정이 추가되어 있음

- ◇ 벼 : 벼투입-조선-계량-건조-저장-제현-현미분리-입선별-현미석발-색채선별-계량 및 출하
- ◇ 밀 : 밀투입-조선-계량-건조-저장-풍력선별-진동선별-입선별-비중선별-계량 및 출하



<비중선별기>



<입선별기>

그림 3-2-18. JA 후라노 CE에 설치된 밀 전용 비중선별기 및 입선별기

- JA후라노 CE에 설치된 반입시설은 반입능력 650ton/hr(투입구 3개), 임시저류빈(30ton×16개), 순환식건조기(30ton×5기), 저장사일로(호퍼식, 400ton×10기) 등이었음
- JA 후라노 CE에서 2012년에 처리한 곡물은 밀 약 4,000톤, 벼 7,500톤 규모이었으며, 전체 매입량은 2011년보다 적었는데 주요 원인은 기상조건으로 인해 전체 생산량이 적었기 때문이었음



<투입구>



<임시저류빈>



<건조기>



<사일로>

그림 3-2-19. JA 후라노 CE에 설치된 투입, 건조, 저장시설

○ (밀의 검사규격 및 검사장비) 총 2등급의 검사규격으로 검사하고 있으며, 검사항목은 용적중, 정립비율, 수분 및 성상 등이었고, 수분기준은 12.5%로 낮았으며(일본의 농산물검사수첩, 2012), CE에 반입된 밀은 전자동자주검사장치에 의해 등급을 측정하고 있었고, 호퍼스케일에서 자동으로 시료를 채취한 다음, 공기이송하여 시료건조기에서 건조한 다음 등급을 측정하였음. 전자동자주검사장치에서 배출된 시료는 정립과 기타 등으로 구분하여 포장한 다음, 익년까지 약 1년 정도 보관하고 있었음

표 3-2-9. 일본의 밀 검사규격

등급/ 항목	최저한도			최고한도					
	용적중 (g)	정립 (%)	형질	수분 (%)	피해립 및 이중곡립 및 이물질				
					계 (%)	이중곡립 (%)	이 물		
			밀껍질 (%)	피해립 (%)			기타이물 (%)		
1등	780	75	1등 표준품	12.5	5.0	0.5	0.0	0.1	0.4
2등	730	60	2등 표준품	12.5	15.0	1.0	0.0	0.1	0.6



<자동시료건조기>



<전자동자주검사장치>



<1년간 시료보관>



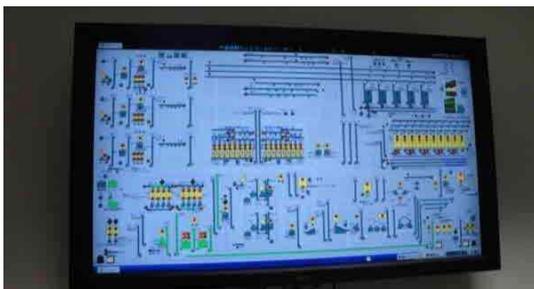
<시료중 기록사항>

그림 3-2-20. 전자동자주검사장치 및 보관된 시료

- (밀의 가격결정 및 시설사용료) 일반적으로 밀의 매입가격은 후쿠렌(농협경제련)에서 결정한 가격으로 매입하고 있었으며, 통상 우리나라에서는 밀의 재배량이 밀과 보리의 매입가격에 의해 결정되는 경우가 많으나 북해도의 경우 순환농법(field를 3등분하여 3년 주기로 벼-밀-양파 등 기타작물 순으로 재배)에 의해 재배하여 가격에 의해 결정되는 경우는 거의 없는 것으로 조사됨. 건조비용은 함수율에 따라 차등으로 받으며, 최종 물량을 정산하여 가격을 지불하는 체계임
- (밀의 판매처 및 판매가격) 후쿠렌(농협경제련)에서 주로 제분회사에 판매하며, 판매가격은 협의하여 결정하는 것으로 알려져 있으며, 전술한 바와 같이 일본 자국산 밀의 가격은 수입가의 약 1.5~2배 수준임
- (일본산 밀 품질에 대한 요구사항) 자국산 밀중 북해도 지역에서 생산되는 밀을 사용하는 제분회사에서 CE 또는 경제련에 대해 품질개선을 요구하는 경우는 없으나, 동경부근의 소형 CE에서 취급되는 밀에 대해서는 하자가 많은 것으로 조사되었는데, 주요 원인은 북해도지역은 농가당 재배면적이 넓고, CE의 규모가 커서 좋은 품질의 밀을 출하할 수 있으나, 동경부근은 그렇지 못한 것이 주요 원인이라고 조사됨

(나) 밀의 수확 후 관리사항

- (밀의 반입 형태, 시기, 함수율 등) 북해도에서 밀이 CE에 반입되는 시기는 주로 7월 20일경으로 농가당 반입량은 약 10톤 정도이며, 대형 덤프차나 3~4톤 용량의 소형 트럭으로 산물상태로 반입되며, 함수율은 25~30%수준이 대부분이나 수확이 늦을 경우 12%정도로 반입되는 경우가 많음
- (밀의 이력관리) 현재 우리나라에서 개발되고 있는 u-RPC모델과 유사한 밀의 생산자에서 최종 출하시까지 이력관리를 위한 모델 및 프로그램이 개발되어 사용되고 있었음
- (반입예약제 및 지도관리) CE시설의 효율적인 활용을 위해 벼의 경우 일반적으로 사용하는 반입예약제(반입일자 및 반입량 등을 사전에 CE와 농가에서 협의하여 반입하는 제도)는 실시하지 않았으며, 농가에 대해서는 수분 30% 이상은 반입하지 않도록 지도하는 것으로 조사됨
- (밀의 건조 및 방냉) 정부기준이 수분 12.5%이므로 CE에서는 11.6%정도까지 건조하고 있으며, 건조기는 순환식 건조기를 사용하며, 열풍온도는 약 40~45℃, 건감율은 0.8%/hr정도를 기준으로 하고 있었으며, 건조가 종료된 후 약 30분~1시간정도 방냉한 후 저장하는 것으로 조사되었음
- (밀의 저장 및 훈증) 저장은 사일로에서 저장하거나, 약 2~3톤의 밀을 담을 수 있는 철제 컨테이너를 상온저장고에 4~5단으로 적재하는 방식 등 2가지가 사용되고 있었음. 북해도의 경우 창고(벽체 벽돌구조, 지붕 목재 및 우레탄 스프레이 단열)내부의 온도가 연중 12~13℃이하로서 별도의 훈증을 실시하지 않는 것으로 알려져 있으며, 사일로의 경우에는 저장 전 공방상태 또는 바구미 등이 발견되는 사고 발생시에 훈증하는 경우가 있으나 대부분은 훈증을 실시하지 않는 것으로 조사됨



<MMI>



<MMI중 작동을 위한 Touch panel>



<투입전 기초자료 입력>



<CE내 이력관리>

그림 3-2-21. 밀의 이력관리용 프로그램

- (저장기간 및 저장 중 함수율관리) 일반적으로 저장기간은 최장 약 9개월 수준이며, 사일로외의 경우 외기온도의 변화에 따라 곡온변화로 인한 결로, 국부적 호흡상승 등의 우려가 있어 사일로간 로테이션을 실시하며, 창고의 경우에는 외기조건이 습할 경우 흡습되는 것을 방지하기 위해 제습기를 설치하여 사용하는 것으로 조사되었음
- (혼곡방지 및 밀 출하형태) 저장된 밀은 비중선별기 등을 거쳐 제품화하되, 통상적으로 CE가 벼를 같이 취급하므로 색채선별기보다는 출하라인을 2라인으로 하여 혼곡을 방지하는 형태를 유지하며, 반입, 건조 및 저장시설은 곡물이 바뀔 경우 약 1~2개월 동안 고압공기를 이용하여 내부까지 완전하게 청소하여 혼곡을 방지하는 것으로 알려져 있음. 벼에 밀이 혼입되는 경우 색채선별기에서 용이하게 선별되지만 밀에 벼가 혼입될 경우 선별이 어려워 문제가 발생됨. 선별된 밀은 대형 트레일러에 산물상태로 적재되어 출하됨



<약 2~3톤 보관용 철제 컨테이너>



<상온창고>



<목재 및 우레탄스프레이 단열된 천정>



<내부 적재형태>

그림 3-2-22. 컨테이너 및 상온창고 형태로 저장된 밀

다. 우리밀 수확후 관리시설 설계도면을 통한 보급실태

(1) 조사방법

- 밀의 건조·저장시설지원사업자 및 지원내용, 밀의 건조·저장시설설계도면 및 설계형태를 분석하였음. 밀의 건조·저장시설지원사업자 및 지원내용은 농림축산식품부(식량산업과)와 홈페이지를 통해 조사하였으며, 밀의 건조·저장시설설계도면 및 설계형태는 설계회사를 통해 조사하였음
- 농림축산식품사업(14. 고품질쌀유통활성화사업)에는 ① 고품질쌀브랜드육성(RPC가공시설현대화), ② 벼 건조·저장시설지원, ③ 밀 건조·저장시설지원 등 3가지 세부사업이 포함되어 있으며, 이 중에서 벼의 건조·저장시설은 RPC의 건조저장능력을 높이기 위한 증설을 목적으로 1995년부터 지원하기 시작하였으며, 2011년말 현재 1,235개소가 보급되어 있으며, 현재도 농림축산식품사업(14. 고품질쌀유통활성화사업)의 벼 건조·저장시설지원을 통해 매년 지원하고 있으며, 2019년까지 지원이 계속될 예정임
- 벼의 건조·저장시설 대상자는 설계전문회사에서 설계를 실시하고 있는데, 현재 농협중앙회에 등록되어 있는 설계회사는 4개소(대주종합기술단, 보람이엔지, 푸른엔지니어링 및 협동엔지니어링)로서, 농림축산식품사업(14. 고품질쌀유통활성화사업)의 벼 건조·저장시설지원사업도 4개사에서 설계하고 있으며, 밀 건조·저장시설지원도 이 사업에 포함되어 진행되고 있으므로 4개소 설계사에서 설계를 실시하고 있음

표 3-2-10. 벼 및 밀 건조·저장시설 설계업체

설계회사명	대표자	주소	연락처	비고
(주)대주종합기술단	김 용 선	서울시 금천구 가산동 345-13 파트너스타워 1-1101	02-534-0571	
(주)보람이엔지	조 춘 제	서울시 영등포구 양평동 3가 46 이앤씨드림타워 1108호	02-2637-2451	
푸른엔지니어링 주식회사	김 병 훈	경기도 안산시 단원구 고잔동 771-1 창진타운 216호	031-423-3009	
(주)협동엔지니어링	이 종 권	서울시 강서구 등촌동 678-13 진성프라자 702호	02-3662-2561	

- 따라서 본 연구에서는 4개 설계업체를 대상으로 그동안 설계되었던 밀 건조·저장시설의 설계실태를 조사하였으며, 4개사에서 작성한 설계도면을 입수하여 공정, 소요전력 등을 분석하였으며, 벼 및 보리를 대상으로 하는 건조·저장시설과 비교하였음. 설계도면의 비교 분석에 사용된 시설수는 밀

건조·저장시설 5개소, 벼 건조·저장시설 5개소, 보리 건조·저장시설 1개소이었음

표 3-2-11. 설계도면의 비교분석에 사용된 밀, 벼 및 보리의 건조·저장시설

구분	번호	설계시기	건조저장시설 소재지 및 형태		공사명	설계사
			소재지	형태		
밀	1	2009.04.	전남해산	농협	우리밀 건조,저장시설 기계공사	(주)대주종합기술단
	2	2011.07.	광주광역시	협동조합	우리밀 건조저장 DSC 기계설비공사	(주)한아기업
	3	2011.09.	전북김제	영농조합	2011 우리밀 건조저장시설 기계공사	(주)푸른엔지니어링
	4	2012.02.	경남합천	영농조합	우리밀 건조,저장시설 기계설비공사	(주)푸른엔지니어링
	5	2012.10.	전북부안	영농조합	건조저장사이로 증설공사	(주)한아기업
	소계		5개소			
벼	1	2010.04.	충북청원	통합RPC	건조저장시설 기계설비공사	(주)협동엔지니어링
	2	2011.05.	경북김천	농협	그린촌광역친환경 벼건조저장시설 기계설비공사	(주)협동엔지니어링
	3	2011.08.	충북청원	농협	미곡 건조저장시설 기계설비공사	(주)협동엔지니어링
	4	2012.03.	전북김제	농협	벼 건조저장시설 기계설비공사	(주)협동엔지니어링
	5	2012.04.	충북청원	통합RPC	DSC 건조저장시설 기계설비공사	(주)협동엔지니어링
	소계		5개소			
보리	1	2012.01.	경북경주	농협	찰쌀보리 건조,저장시설 기계공사	(주)보람이엔지
	소계		1개소			
계		11개소				

(2) 설계도면을 통한 보급실태조사

(가) 우리밀 수확후 관리시설의 보급현황

- 농림축산식품사업(14. 고품질쌀유통활성화사업)에는 ① 고품질쌀브랜드육성(RPC가공시설현대화), ② 벼 건조·저장시설지원, ③ 밀 건조·저장시설지원 등 3가지 세부사업이 포함되어 있으며, 밀 건조·저장시설의 지원내용은 다음과 같았음

< 밀 건조·저장시설 지원사업(요약) >

○ 성과목표 및 지표 : '15년까지 밀 자급률 10% 달성을 목표로 밀 생산량의 33% 수준 저장시설 확충

성과지표	2013 목표치	최근 3개년 실적			지표산출 시기	측정방식
		'10	'11	'12		
국산밀 저장능력 확보비율(%)	32	-	32.3	36.1	해당연도 12월	통계청 생산량조사결과

○ 연도별 재정투입계획(단위 : 백만원)

구 분		2010년까지	2011년	2012년	2013년	2014년이후
국산밀 건조· 저장 시설	소계	-	3,000	3,000	3,000	42,000
	국 고	-	900	900	900	12,600
	지방비	-	300	900	900	12,600
	자부담	-	1,800	1,200	1,200	16,800

○ 사업대상자 : 국산밀 재배면적이 300ha이상 규모화된 주산지 지역의 국산밀 생산자단체(영농조합 법인 등), 농업협동조합

○ 지원내용 : 국산밀 건조저장을 위한 원료투입구, 사일로, 건조기 등
- 사일로는 1,000톤 규모로 설치(500톤×2기)

구분	기본사항	세부내용
신설	1,000톤 규모	원료투입구 20톤 이상, 사일로(송풍, 냉각장치, 이송라인), 건조기 20 이상
증설		사일로(송풍, 냉각장치, 이송라인), 건조기 20 이상

○ 지원규모 및 조건 : 신설은 9억원, 증설은 6억원 지원 (국고 30%, 지방비 30%, 자부담 40%)

○ 이에 따라 2009년부터 2013년까지 총 12개소의 밀 건조저장시설사업자가 선정되어 시설자금이 지원되었으며, 총 저장능력은 11,200톤 규모이며, 총 사업비는 84.3억원이 투자되었으며, 국고 및 지방비가 각각 30억원이 투자되었음

표 3-2-12. 밀 건조·저장시설사업자 및 저장시설규모

연도별	시도별	경영체명	시설규모 (톤)	사업비 (백만원)			
				계	국고	지방비	자부담
2009	전북 김제	김제우리밀영농법인	800	550	220	55	275
	전남 해남	해남황산농협	1,000	1,072	450	90	532
	경남 사천	사남농협	800	558	220	55	283
	경남 합천	합천우리밀영농법인	800	550	220	55	275
2010	전북 익산	익산보석우리밀조합	800	600	240	60	300
	전북 정읍	우리밀콩영농조합	1,000	600	240	60	300
	경남 사천	사남농협	1,000	600	240	60	300
2011	충남 서천	대원미곡	1,000	600	180	60	360
2012	전북 부안	부안우리밀영농법인	1,000	600	180	180	240
	경남 고성	새고성농협	1,000	900	270	270	360
2013	충남 서천	관교영농법인	1,000	900	270	270	360
	경남 산청	산청군농협	1,000	900	270	270	360
계	12개소		11,200	8,430	3,000	3,000	3,945

(나) 설계도면검토를 통한 우리밀 수확후 관리시설의 보급실태

- 벼의 건조·저장시설은 1995년부터 지원하기 시작하였으며, 사업대상자 선정은 지자체에서 실시하였으나, 여러 문제점이 드러나면서 정부에서는 2011년부터 사업추진체계를 획기적으로 개선하였는데 본 연구와 관련된 주요 내용은 ① 정부에서 사업대상자 선정, ② 단위기계의 성능검정제도 도입으로 성능검정이 완료된 단위기계만을 사용, ③ 설계도 엔지니어링진흥법, 건축건설 등 관계법령상 유자격자에 의해 하도록 규정하였으며, ④ 농협은 농협중앙회, 민간은 한국식품연구원에서 기본설계도서를 검토하도록 규정하였음
- 이에 따라 지원대상이 민간인 경우, 그동안은 주로 시공회사에서 설계 및 시공을 실시하였으나, 2011년부터는 표 3-2-10의 설계회사에서 설계하였으며, 한국식품연구원에서 설계도서를 검토하면서 시공업체에서 설계해왔던 관행이 종료되었음
- 그러나 4개소의 설계회사를 통해 조사한 결과, 밀의 건조·저장시설의 설계에 필요한 설계기준 및 시설기준이 전무한 상태였고, 우리밀의 수확후 체계, 물성, 운영방법 등에 관한 체계적으로 정리된 관련 자료도 찾아보기도 어렵다고 하였으며, 실제 설계한 것으로 조사된 밀의 건조·저장시설도 시공사에서 설계한 도면을 받아 행정적, 법적 처리를 대행한 것에 불과한 것이라고 답변하였음

표 3-2-13. 밀 건조·저장시설 설계회사의 대한 조사결과

설문내용	설계회사			
	A	B	C	D
1. 밀 건조·저장시설의 설계경험 보유	×	×	×	×
2. 시공회사가 설계한 밀 건조·저장시설의 행정 및 법적 대행 경험	○	×	○	×
3. 밀 건조·저장시설설계에 필요한 전문지식 보유에 대한 자체평가	×	×	×	×
4. 현재 밀 건조·저장시설설계에 필요한 전문지식 확보 가능성	×	×	×	×

○ 밀, 벼 및 보리 건조·저장시설에 대한 공정분석결과, 밀 건조·저장시설에는 벼 건조·저장시설에는 2011년부터 보급하지 않는 연속식건조기가 사용되는 경우가 있었으며, 조선기전의 풍력선별기와 제철기가 설치되지 않은 경우는 있었으나, 그림 3-2-23와 같이 밀, 벼 및 보리의 건조·저장시설 공정은 모두 같았음

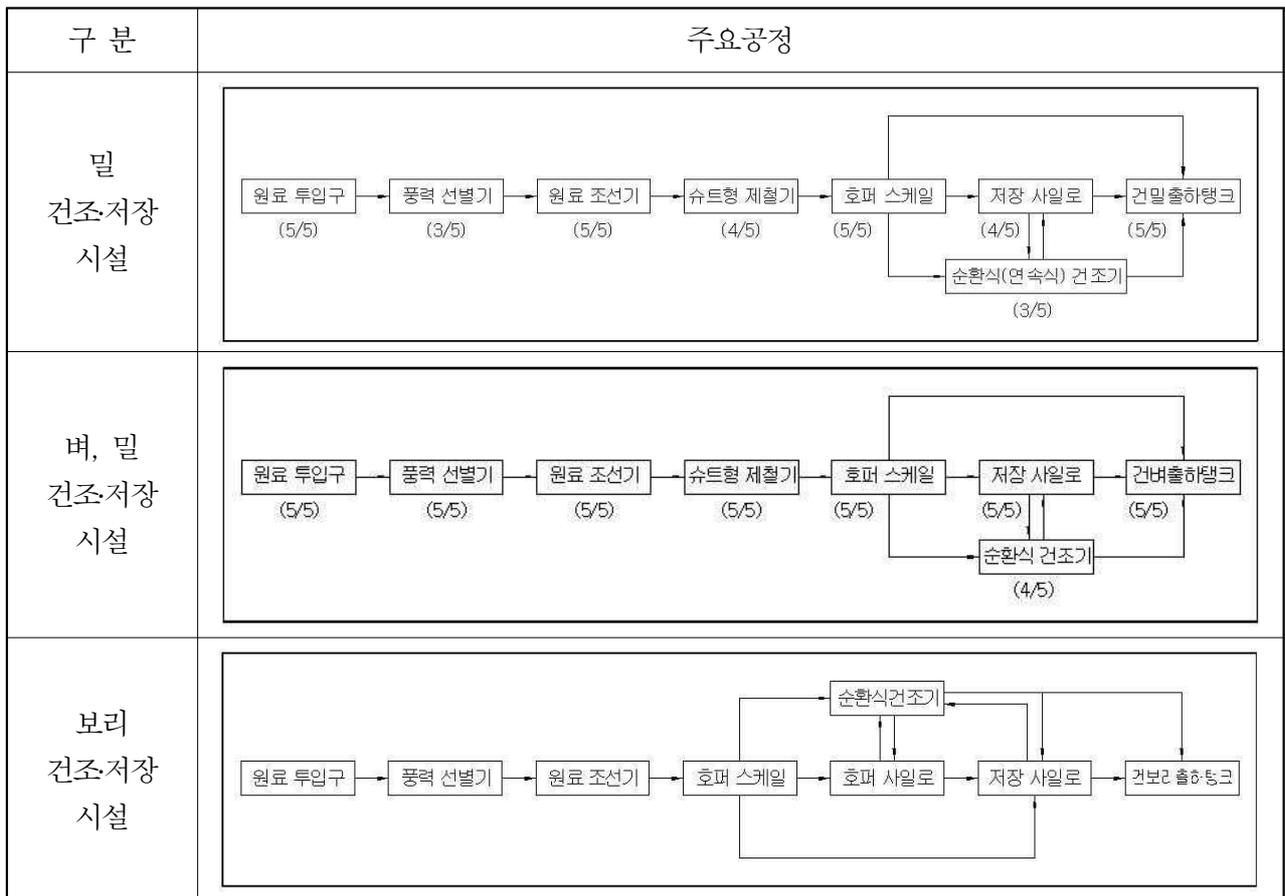
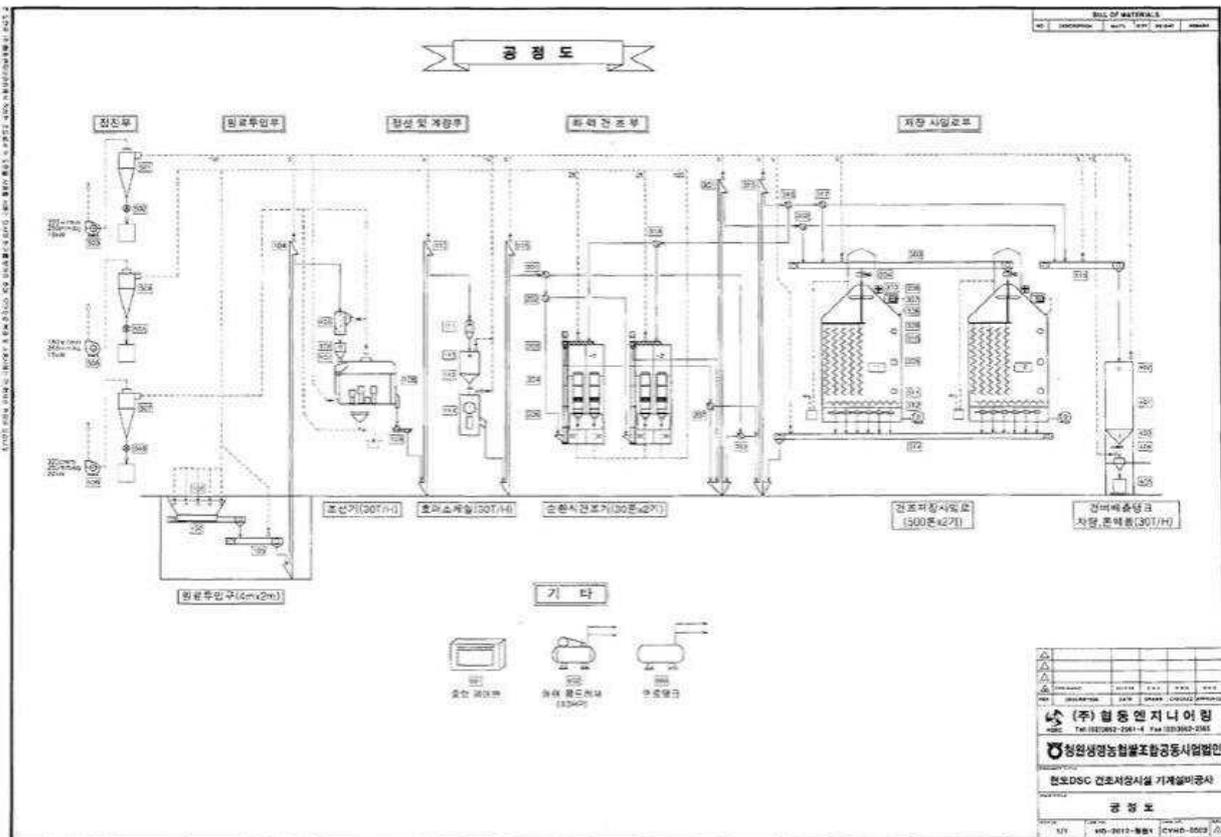


그림 3-2-23. 밀, 벼 및 보리 건조·저장시설의 주요 공정

- 우리나라의 밀, 벼 및 보리 건조·저장시설의 공정은 다음 그림 3-2-24과 같이 일본의 Country elevator에서 설치되어 있는 비중선별 또는 색채선별과 같은 선별기는 설치되지 않고 있었음



그림 3-2-24. 우리나라의 건조·저장시설의 공정과 일본 Country elevator의 공정비교



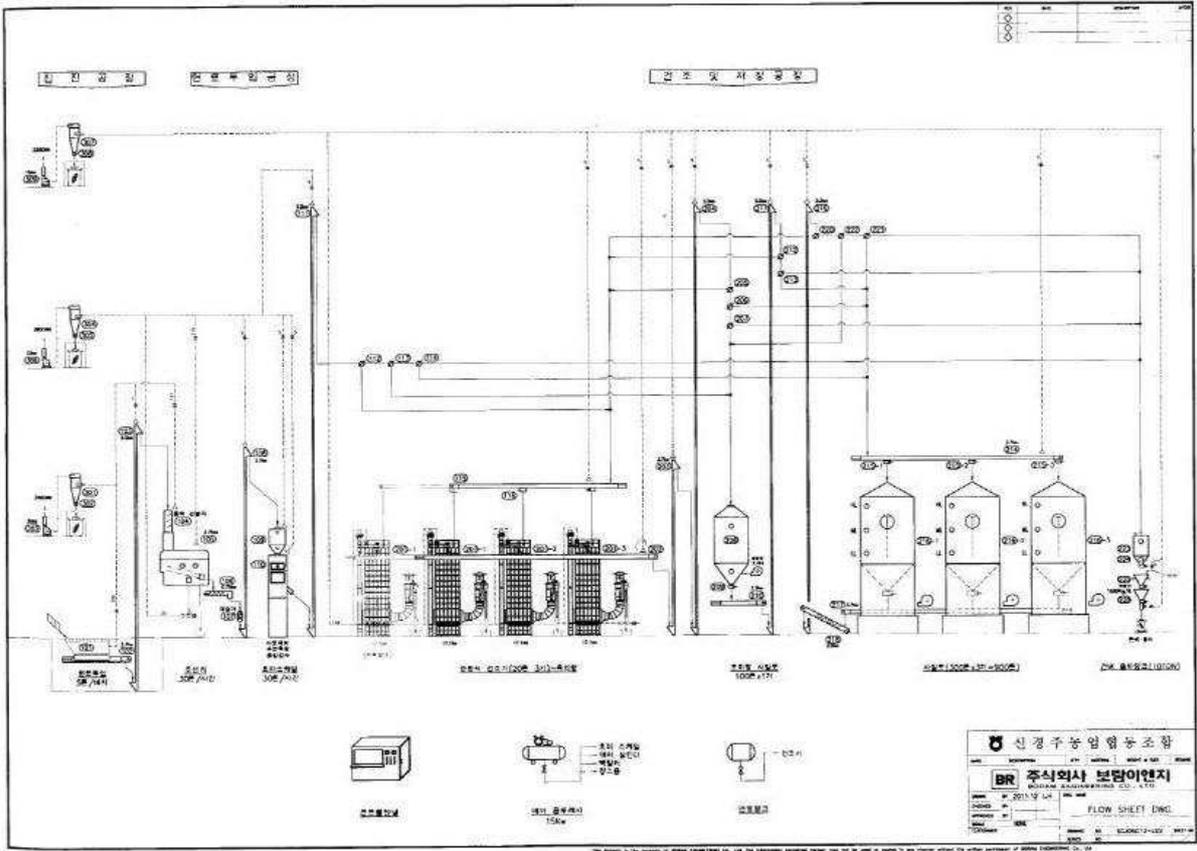
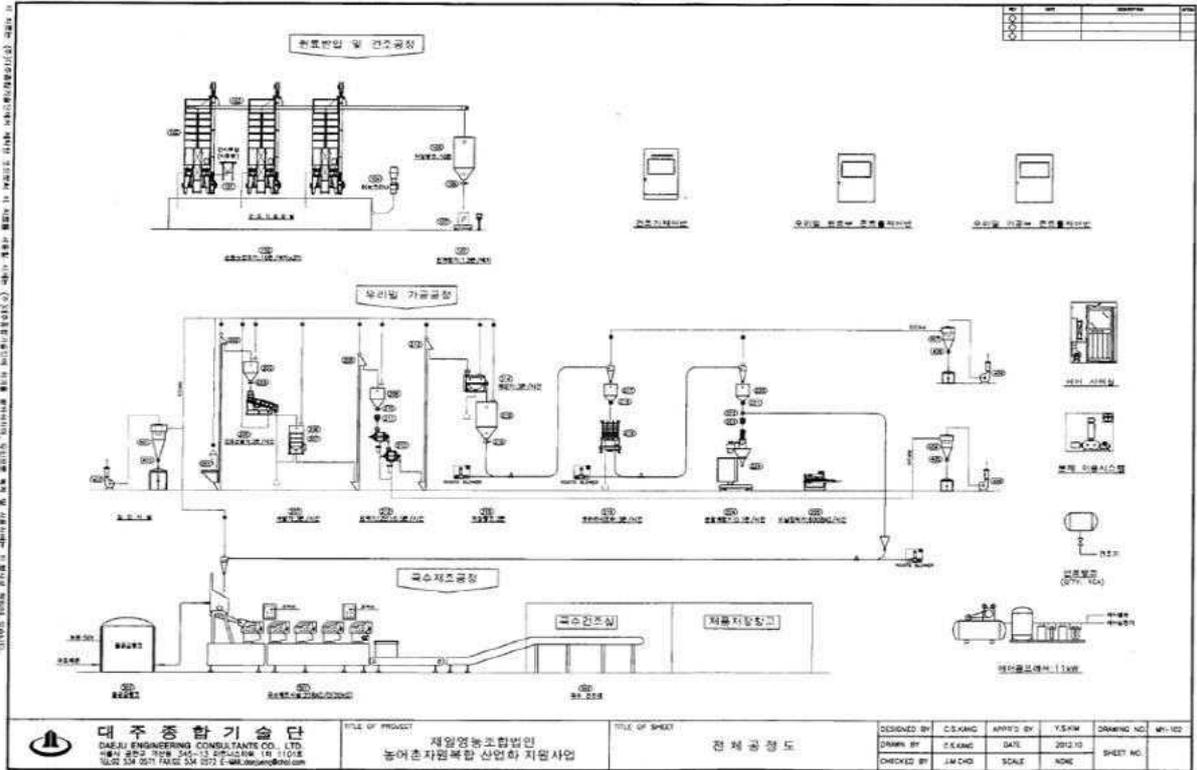


그림 3-2-25. 밀, 벼 및 보리 건조·저장시설의 flow chart

○ 한편, 각 건조·저장시설별 설치되는 단위기계, 이송기기 및 집진시스템의 종류, 대수 및 소요동력의 평균치는 다음 표 3-2-14와 같았음. 표에서 알 수 있듯이 저장사일로의 송풍동력이 밀 건조·저장 시설이 다소 컸으나, 기타 단위기계, 이송시설 및 집진시스템의 종류, 대수 및 소요동력은 거의 밀, 벼 및 보리 건조·저장시설이 거의 비슷하였음

표 3-2-14. 밀, 벼 및 보리 건조·저장시설의 단위기계, 이송기기 및 집진시스템의 평균 대수 및 소요동력

공 정	단위 기계	밀		벼		보 리	
		평균설치 대수(대)	평균소요 동력(kW)	평균설치 대수(대)	평균소요 동력(kW)	평균설치 대수(대)	평균소요 동력(kW)
원료 투입 및 정선, 계량부	풍력선별기	1	1.5	1	1.5	1	1.5
	원료조선기	1	3.7	1	4.4	1	3.75
	호퍼스케일	1	-	1	-		
	버킷엘리베이터	3	10.6	3.2	8.8	3	14.7
	체인컨베이어	1	2.6	3	7.4	2	5.9
	소 계		18.4		22.1		25.9
화력 건조부	순환식건조기	1.5	25.1	1.6	40	3	51.3
	버킷엘리베이터	0.5	2.8	0.2	0.7	2	9.2
	체인컨베이어	1	3.0	0.8	1.3	2	4.4
	소 계		30.9		42		64.9
건조, 저장 사일로부	저장사일로	2	128.1	1.8	102.5	4	48.7
	버킷엘리베이터	2	9.2	1.6	5.9	2	11
	체인컨베이어	3	10.5	2.8	6.9	3	9.6
	소 계		147.8		115.3		69.3
집진부	싸이크론송풍기	1.5	32.3	1.6	39.2	3	69.3
	백필터 송풍기	1	35	0.8	29.8	-	-
	소 계		67.3		69		69.3
기타 시설	에어 컴프레셔	1	14.8	1	10.4	1	15
	소 계		14.8		10.4		15
총 소요동력			279.2		258.8		244.4

○ 따라서 현재까지의 조사결과, 밀의 건조·저장시설의 설계에 필요한 설계기준 및 시설기준이 없었고, 설계회사보다는 시공사에서 임의 설계하고 있었으며, 벼의 건조·저장시설과 동일한 형태로 설치되고 있었음을 알 수 있었음

라. 밀의 품질기준 및 우리밀 소비업체의 품질요구사항

(1) 조사방법

- 밀의 품질기준은 국내외 참고문헌을 중심으로 조사하여 정리하였으며, 밀의 품질규격을 CODEX 및 우리나라규격과, 세계 3대 밀 수출국인 미국, 호주 및 캐나다의 규격을 각각 조사하였으며, 자료의 출처는 CODEX(CODEX STAN 1 9 9 – 1 9 9 5), 우리나라(국립농산물품질관리원), 미국(미국 곡물 규격법(United States Grain Standards Act)의 US Grain Inspection Handbook), 호주(Wheat Quality Australia, 2011), 및 캐나다(Canadian Grain Commission)이었음
- 본 연구과제의 협동연구기관이면서 우리밀을 이용한 가공제품을 가장 많이 생산하는 CJ제일제당, SPC(밀다원) 등 2개사를 대상으로 우리밀의 원맥의 품질현황 및 개선이 필요한 부분에 대하여 조사 하였음

(2) 밀의 품질기준 및 품질규격

(가) 밀의 품질기준

- 고품질 밀은 품종 고유의 밝은 빛깔, 충실 및 균일하며, 수발아 및 미생물 피해가 없으며, 제분율이 높고 식품으로서 안전한 밀을 의미(이 등, 2002)하며, 일반적으로 다음 표 3-2-15와 같이 단백질의 함량에 따라 용도가 결정되는데, 우리밀의 경우는 그림 3-2-26과 같음. 문헌(김(1986), 이 등 (2002), Satake(2012), ASABE standards(2011)을 통해 조사하여 정리한 일반적인 식물학적, 물리적 및 화학적 밀의 품질평가요소는 다음 표 3-2-17과 같았음

표 3-2-15. 밀가루의 용도별 단백질함량(Pomeranz, 1988)

최종 제품	단백질함량(%) (함수율 14%기준)	밀 종류
Macaroni products	13.0이상	Durum
Heart bread and hard rolls	13.5이상	Spring
Pan bread	11.5~13.0	Winter
Crackers	10.0~11.0	Soft/Hard
Biscuits	9.0~11.0	Soft/Hard
Cakes, pies, cookies	8.0~10.0	Soft

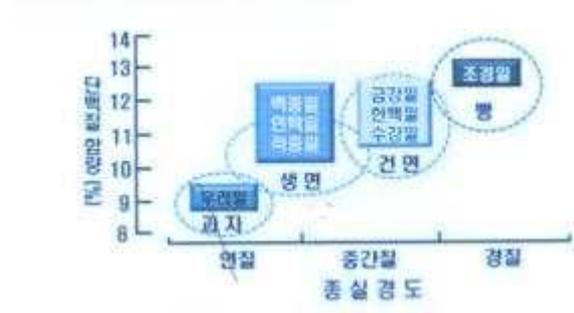


그림 3-2-26. 우리밀의 용도별 단백질함량 및 적합품종(농촌진흥청, 2010)

- 이외에도 물리적(손상정도, 헵잡물), 화학적(단백질 품질, α-아밀라제 역가, 손상전분), 이화학적(제빵력, Mixogram 및 Farinogram, Extensogram, Alveogram, Amylogram) 및 가공적인 면(제분적성, 제빵검정, 국수적성, 제과적성)은 물론, 식품안전성 관련하여 미생물오염(Ergot, Fusarium head blight(FHB)) 및 유해물질(Ethylene Dibromide(EDB검정), Mycotoxin, Pesticide Residue검정, 중금속 함유량) 등도 주요한 품질평가 인자로 사용되고 있음
- 한편, 밀의 수분함량은 ASABE standards(2011)의 10g곡립-130℃-19시간 건조법을 기준으로 하고 있으며, 수분함량이 높으면 제분시 조질이 힘들며, 곰팡이, 세균 등 미생물과 해충의 피해를 증가시키므로 이상적인 수분함량은 12%이하가 적절하며, 저장중에 리파제(lipase)에 의한 지방분해와 유리지방산에 의한 품질저하 등이 발생하는데 지방산가의 값이 20이하일 경우 저장이 양호한 밀이라고 할 수 있으나, 100이상일 경우 변질된 밀로 취급할 수 있음(Cole, 1991)
- 벼의 경우 품질지표로 함수율, 동할율, 발아율, 지방산가, 이물질혼입율, 현미정립비율 등을 사용하고 있으나, 밀의 경우 동할율은 큰 의미가 없으며, 발아율에 대해서는 Satake(2011)는 발아율이 제분특성에 미치는 영향에 대한 연구는 찾아보기 힘들며, 다만 발아율이 저하하여 죽은 밀 곡립일 경우 식미 또는 가공가치의 저하나 미생물 번식의 용이 등이 발생되지 않을까 추측하는 수준이라고 하였음
- 이물질에 대하여 원료 밀에는 밀 이외의 이종곡립, 이물 등 헵잡물(dockage)이 혼입되지 않아야 하며, 피해, 변질 및 오염된 곡립이 포함되지 않아야 함. 일반적인 헵잡물의 종류는 다음 표 3-2-15과 같이 무기헵잡물과 유기헵잡물로 분류하고 있으며, 피해, 변질 및 오염된 곡립으로는 병해립, 피해립 및 충해립이 있으며, 다음 표 3-2-18과 같이 분류하고 있음
- 품질평가요소에서 물리학적요인인 용적중(test weight, lb/bu, kg/hl)은 가장 단순하면서 중요한 등급기준 중 하나로서, 밀의 가볍고 무거운 정도(표 3-2-16, Williams, 1997)를 나타내는 용적중은 일반적인 산물밀도(bulk density, kg/m³)와 같은 의미로서, ① 매끈한 입자표면, ② 구형입자, ③ 같은 품질 및 형상의 대소립혼재, ④ 토사(흙,모래), 소립 잡초종자, 쇠립이 많은 것, ⑤ 10%이하의 수분

함량일 경우에 증가하고, ① 거친 입자표면, ② 가늘고 긴 입자, ③ 큰입자, ④ 가는 입자 및 넓은 잡초종자 혼입, ⑤ 16%이상의 수분함량일 경우에는 낮아짐

- 밀의 가격을 결정할 때 가장 중요한 요인으로 평가되는 비중은 평균 1.355정도이며, 초자일수록 배유조직이 치밀하고 무겁고, 분상질립은 가벼우므로 용적중보다 천립중이 밀가루수율 예측에 유효한 지표가 될 수 있음. 또한, 밀도가 높고 큰 곡립이 배유비율이 더 많기 때문에 즉 잘 성숙된, 일정한 종실수분함량일 경우 제분수율의 유용한 지표가 될 수 있음
- 종실입자크기(길이, 폭, 두께)도 천립중 및 밀가루 수율에 영향을 미치는 인자이며, 정도는 경질밀, 중간질밀 및 연질의 판단인자로서 입자 크기지수(Particle size index), 도정지수(Pearling index), 분쇄시간, 분쇄소음도, 전분손상도, 근적외선 분석(Near infrared analysis) 및 종실의 파쇄(Crushing)나 슬라이싱(Slicing) 등 다양한 방법이 사용되고 있음
- 미생물오염은 밀의 외관상품성 및 가공성저하는 물론 식품안정성에 크게 영향을 미치는데 특히 맥각균(Ergot, Claviceps purpurea)은 곡류와 목초에 질병을 일으키는 곰팡이균의 일종으로 독성인 알칼로이드(alkaloid)를 함유하고 있으며, 가공하여도 파괴되지 않고 그대로 유지하여 위험성이 높으며, Fusarium head blight(FHB)는 mycotoxin으로 안전성에 큰 문제를 야기하는 것은 물론 오염된 곡립은 주름진 종실이 되어 용적중, 밀가루 밝기 및 제분성의 저하를 초래할 수 있음(이 등, 2002)

표 3-2-16. 협잡물의 종류 및 선별방법

구 분	내 용
협잡물 (Dockage)	· Dockage : 밀 이외의 이종곡립 및 곡물이외의 불순물 - Milling separator에서 선별된 밀보다 크거나 작은 이물질 - Dockage tester로 측정된 dockage양만큼을 밀 중량에서 제외하고 대금정산
무기 협잡물	· 진흙, 작은 돌, 토사, 먼지, 금속조각, 석탄, 코크스조각 및 탄 껍질 - 철조각은 magnetic separator로 선별, 작은 돌 및 석탄조각 등은 비중선별기로 선별
유기무해 협잡물	· 줄기, 곡피, 껍질, 나무조각, 곤충사체, 무해잡초종자 등 - 정선기로 분리
유기유해 협잡물	· 잡초종자로 유독 및 유해성분을 갖는 것 1) 유독잡초종자 : <i>Agrostemma githago</i> , <i>Lolium temulentum</i> , <i>Adonis aestuvalis</i> , <i>Nigella arvensis</i> , <i>Ranunculus arvensis</i> , <i>Euphrobia helioscopia</i> , <i>Datura stramonium</i> , <i>Vicia angustifolia</i> , <i>Lathyrus aphaca</i> , <i>Lathyrus sativas</i> , <i>Linium usitatissimum</i> , <i>Claviceps purpurea</i> 2) 유해잡초종자 : 가. 분광택을 악화시키는 것 : <i>Melampyrum arvense</i> , <i>Polygonum persicaria</i> , <i>Polygonum lapathifolium</i> , <i>Polygonum Convoluulus</i> , <i>Rhinanthus major</i> , <i>Spergula arvensis</i> , <i>Bromus secaliuns</i> , <i>Delphinium ajacis</i> , <i>Cephalaria syriaca</i> 나. 소맥분에 좋지 않는 냄새를 배게 하는 것 : <i>Allium vineal</i> , <i>Melilotus officinalis</i> , <i>Melilotus alba</i> , <i>Spergula arvensis</i> , <i>Delphinium ajacis</i> 다. 소맥분에 좋지 않는 맛을 배게 하는 것 : <i>Cephalaria syriaca</i> , <i>Raphauns raphanistrum</i> , <i>Sinaps arvensis</i> , <i>Thlaspi aruense</i> , <i>Sinaps alba</i> , <i>Brassica nigra</i> 라. 소맥분의 색을 악화시키며 이취를 배게 하는 것 : <i>Tilletia tritici</i>

표 3-2-17. 밀의 일반적인 품질평가요소

구 분		품질평가요소
식물학적	종 (species)	· 듀럼밀(<i>T. durum</i>) : 춘과형, 높은 단백질함량, 경질, 파스타/스파게티용 · 일반밀(<i>T. aestivum</i>) : 춘과, 추과형, 적립, 백립계, 광범위한 용도
	품종 (variety)	· 수만여종의 빵용 및 듀럼 밀 품종 재배 및 상용화
	재배습성	· 위도에 따라 추과/춘과형으로 분류
물리학적	용적중	· 단위부피당 중량으로 밀가루수율, 밀종실의 등숙상태 및 건전성을 나타내는 지표 · 표시 : hectoliter당 kg체계(kg/hl), bushel당 pound체계(lb/bu) · 영향 요인 : 종실크기, 균일도, 종실 내부밀도, 이물질 등
	비중	· 일정한 물속에 들어가는 곡물립의 무게값으로 밀 가격 판정시 중요한 요인 · 밀 주성분 비중 : 전분(1.495), 단백질(1.388), 글루텐(1.240)(HESS.K 1955), 밀(1.250~1.400, 평균 : 1.355) · 영향 요인 : 수분, 입자모양, 균일성 및 입 표면상태 등
	종실중 천립중	· 종실크기와 밀도의 함수이며, 1000립당 g으로 표시 · 입자형태 크기에 비례하며, 작은중량(15g), 보통중량(25~40g), 큰중량(50g), 춘과밀(20~35g), 추과밀(30~40g), 한국(30~40g)
	종실크기	· 밀가루수율 관련 지표 - 길이 6.2mm(4.5~8.5mm), 폭 2.7mm(1.4~4.7mm), 두께 2.2mm(1.4~3.4mm)
	종실형상	· 길이와 폭이 2.2이상(장형종), 길이와 폭이 2.0이하(원형)
	경도	· 경질, 중간질 및 연질 판단 지표로 Texture analyzer로 측정 - 경질 : 배유치밀, 반투명 초자질, 단단(높은 단백질 및 글루텐함량, 빵용) - 중간질 : 초자질과 백분체가 같이 포함(면용, 가락국수용) - 연질 : 배유가 불투명한 백분체를 띄는 분상립(낮은 단백질 및 글루텐함량, 면 비스킷용)
	초자질	· 초자율(%)=($\sum d/n$) \times 100 - n(조사립수, 보통 100립), d(초자질을 : 초자립 1.0, 중간질립 0.5, 분상질립 0.0) · 초자율 70%이상(초자질 밀), 30%이하(분상질 밀), 중간(중간질 밀)
	색	· 종피에 존재하는 색소에 의한 것 : 표피 anthocyanine, 과피 flavon · 색에 따라 백색밀(White)과 적색밀(Red)로 구분 · 녹색립 : 숙성이 도중에 정지 및 정체되어 엽록소 잔존, 미숙립 · 자색립 : 안토시아닌색소로, 이집트, 에티오피아, 중앙아시아 및 한국에서 재배 · 백소맥 : 외피가 연한색, 선택 및 제분수율 양호, 호주, 미국 태평양연안 및 동부지역
	겉질부 두께	· 겉질이 얇을수록 배유부가 많고 회분함량이 낮아 제분수율 향상에 기여 - 겉질양의 비율은 산지와 품종에 따라 10~15%수준
	향기·악취	· 수분, 저장방법 및 저장일수에 따라 곰팡이, 박테리아로 인한 산패취 등 악취발생
	숙도	· 수확적기 : 황숙기후기 ~ 완숙초기, - 조기수확 : 초자경향, 전분미완성, 품질불량, 늦은수확 : 겉질두께 증가, 탈립
	화학적	수분함량
단백질함량		· kjeldahl법으로 측정하며, 재배조건, 토양, 기후, 시비 및 강우량 등에 영향
지방산가		· 건전한 혹은 부패도를 판단하는 지표로 100g의 종실에서 생성된 유리지방산을 중화하기 위해 필요한 KOH miligram수로 표시
회분		· 600℃ 회화법에 의해 전분 등 유기물을 태운 후 제거하고 남는 성분

표 3-2-18. 병해립, 피해립 및 충해립의 종류

구분	명칭	내 용
병 해 립	적곰팡이 병립	· Fusarium균이 기생하여 분비하는 적색소로 자홍색 및 적황색으로 변한 곡립 - Fusarium graminearum 및 Fusarium roseum은 강한 독성으로 인간 및 동물중독 - 입자표면에 흑점병을 유발하며, 높은 습도환경인 우기에 주로 발생
	흑곰팡이 병립	· Cladosporium herbarum, Alternaria 등에서 발생된 흑색분생포자 가루로 덮힌 곡립 - 흑색분말이 흠에 들어가 정선공정으로 제거되지 않아 밀가루의 광택악화 - 병해립, 수확 직후 고수분 밀 및 습한 기후 발생
	배아 부패립	· 곰팡이균(Asp.restrictus, Asp.Repens, Asp.Glaucus 및 Penicillium) 기생 - 무광택, 배아부분 변색, 암색화, 이취로 인해 높은 지방산가 및 낮은 발아력야기
	배아흑립	· Alternaria tennis 및 Alternaria peglionii균 또는 Helminthosporium Satium균 (맥반점 병균) - 배아부 및 배아주변까지 흑색으로 변함 / 흑변경화 및 선택 저하
	콩무니 검은맥립	· 배아반대부분 용모 끝 쪽 검게 오염 · 약한정도일 때 정선 연마와 물로 제거가능하나, 심할 경우 가루색저하
	비린내 나는 흑수립	· 담자균 중 Tilletia Tritici균 - 내부가 배유대신 검정색 균 포자로 채워진 맥립 / 비린냄새 같은 이취발생 · 파종 전 종자소독으로 방지가능
	알곡 흑수병	· Ustilago Tritici균에 의해 밀내부 흑색의 포자로 채워지는 병 · 바람과 같은 가벼운 충격으로 쉽게 찢어짐
	껍질 마름병	· Septoria Nodorum균 기생 - 이삭부터 맥립까지 피해를 주며 회색, 회백색 및 담흑색 미세한 반점
피 해 립	맥각립	· 맥각균(Claviceps purpurea) 기생 - 소맥 중에 0.1%이상, 가루 중에 0.05%이상의 혼입은 위험 · 맥각(Ergot)은 소량으로 인해 큰 피해를 주므로 최대한 분해 후 소각필요
	발아립	· 발아가 시작된 입자 - 약 1.0%정도혼입 시 반죽경화 및 착색 등 저품질 야기
	부패립	· 비피해로 인해 피부 및 배유부가 회백색으로 부패한 상태 - 2차 가공시 가루품질저하, 선택 악화 등
	퇴색립	· 담색 및 무광택
	성해립	· 수확기 전 이른서리로 인한 피해 - 외피(동상), 표피(작은 주름), 배유부(동결변성, 성숙정지 및 정체로 녹색 및 어 두운 색으로 변색) - 껍질이 쉽게 벗겨지며, 배유부분은 경화 및 암색화 - 용적중 및 제분수율 손실야기, 선택열화로 인한 높은 회분
	녹색립	· 이른 수확시기, 서리맞음으로 입자가 덜 성숙했을 때 - 과피 중 원형질의 남음으로 인해 엽록소 잔재로 녹색립으로 보임 - 녹색립 혼입 시 암녹색의 가루로 인해 선택 저하
	위축립	· 생리장애로 인함 - 수율 저하, 회분증가, 선택감소 등
	열손립	· 건조시 과열 및 수분과다 등 - 검은색 및 갈색으로 변색 / 선택 저하 및 단백질 변성2차가공시 단점야기
충 해 립	과쇄립	· 수확시 탈곡기로 인해 소맥이 깨지는 경우
	충해립	· 배유가 벌레로 인해 피해를 입은 경우 - 외부에 붉은 작은 점과 주위에 황색의 원이 생김(bug wheat) - 선택저하 및 벌레타액으로 인한 글루텐악화 · 표면에 바구미로 인한 작은 구멍 및 배아만 피해시 충해립으로 보기 어려움

표 3-2-19. 용적중에 따른 밀 구분

구분	용적중 (Test Weight, kg/hl)					
	80 ~ 84	76 ~ 80	72 ~ 76	68 ~ 72	64 ~ 68	60 ~ 64
밀	Very heavy	Heavy	Low	Light	Very light	Extra light

(나) 밀의 품질규격

- 밀의 품질규격에 CODEX 및 우리나라규격과, 세계 3대 밀 수출국인 미국, 호주 및 캐나다의 규격을 정리하면 다음과 같으며, 다음 표 3-2-20은 일반밀과 드럼밀로 구분하여, 나라별로 품질규격을 비교한 결과를 나타낸 것임

표 3-2-20. CODEX 및 국가별 밀 품질 규격

Country	Grain Quality(Common wheat)	Grain Quality(Durum wheat)
CODEX	Moisture, Ergot, Filth, Organic components(foreign seeds, stems), Inorganic components(stones, dust)	Moisture, Ergot, Filth, Organic components(foreign seeds, stems), Inorganic components(stones, dust)
Korea	정립, 수분, 피해립, 이중곡립, 이물(비린깜 부기병립)	-
U.S.A	Test weight, Damaged kernels, Foreign matter, Shrunken&broken, Total defect, Dockage, Moisture, Protein, Ash, 1000-kernels weight, Kernel size, Hardness, Sedimentation, Falling number	Test weight, Damaged kernels, Foreign matter, Shrunken&broken, Total defect, Contrasting class, Vitreous kernels, Grade, Dockage, Moisture, Protein, Ash, 1000-kernels weight, Kernel size, Single kernel hardness, Sedimentation, Falling number
Australia	Test weight, 1000kernels weight, Grain hardness, Protein, Ash, Falling number, Foreign material, Total screenings	-
Canada	Test weight, 1000-kernel weight, Protein content, Ash content, α-amylase activity, Falling number, Particle size index	Test weight, 1000-kernel weight, Vitreous kernels, Protein content, SDS sedimentation, Ash content, Yellow pigment content, Falling number, Particle size index

① CODEX기준

- CODEX 기준은 Wheat(*Tri aestivum* L.)와 Durum Wheat(*Triticum durum* Desf.)에 적용되며, Club wheat(*Triticum compactum* Host), red durum wheat, 및 durum wheat semolina는 적용되지 않으며, 자세한 기준 규격은 표 3-2-21과 같았음(CODEX STAN 199-1995)

표 3-2-21. 밀의 Codex 기준

Types	Moisture content	Ergot	Filth	Organic components (foreign seeds, stems, %)	Inorganic components (stones, dust, %)
Wheat	Max. 14.5% m/m	Max. 0.05% m/m	Max. 0.1% m/m	Max. 1.5% m/m	Max. 0.05% m/m
Durum wheat	Max. 14.5% m/m	Max. 0.5% m/m	Max. 0.1% m/m	Max. 1.5% m/m	Max. 0.05% m/m

(m/m은 비교단위가 질량이라는 의미임)

- Ergot(맥각병)는 *Claviceps purpurea* 곰팡이균류에 관한 Sclerotium
- Filth(오물)은 죽은 곤충을 포함함
- 유독한 씨앗이 없어야 함. (예, 콩과식물(*Crotalaria-Crotalaria* spp.),보릿잎동자꽃(*Corn cockle-Agrostemma githago* L.), 피마자(*Castor bean-Ricinus communis* L.), 흰독말풀(*Jimson weed-Datura* spp.)

표 3-2-22. 밀 Codex 기준의 시료채취 및 분석방법

Factor/Description	Limit		Method of analysis
	Wheat	Durum wheat	
1. Minimum test weight(kg/hl)	68	70	ISO 7971-1986
2. Shrunken & broken kernels	Max. 5.0% m/m	Max. 5.0% m/m	ISO 5223-1983[Test Sieves for cereals]
3. Edible grains other than wheat & durum wheat	Max. 2.0% m/m	Max. 3.0% m/m	ISO 7970-1987
4. Damaged kernels	Max. 6.0% m/m	Max. 4.0% m/m	ISO 5223-1983
5. Insect bored kernels	1.5% m/m	2.5% m/m	

② 우리나라

- 국립농산물품질관리원 고시 2012-64호에서 우리나라 밀 품위검정 순서는 다음 그림 3-2-27와 같았으며, 품위규격은 다음 표 3-2-23과 같았음. 표에서 수분함량(Moisture content)은 105℃ 건조법을 기준으로 하고 있으며, 피해립(damaged kernel)은 손상된 낱알 즉 발아립, 병해립, 부패립, 충해립, 파쇄립, 착색립을 말하며, 이종곡립(other grain)은 밀외의 다른 곡립을 지칭하고, 이물(foreign material)은 곡립외의 것을 말하며, 비린감부기병립(fish-oder smut)은 비린감부기병균에 침해된 낱알을 의미함

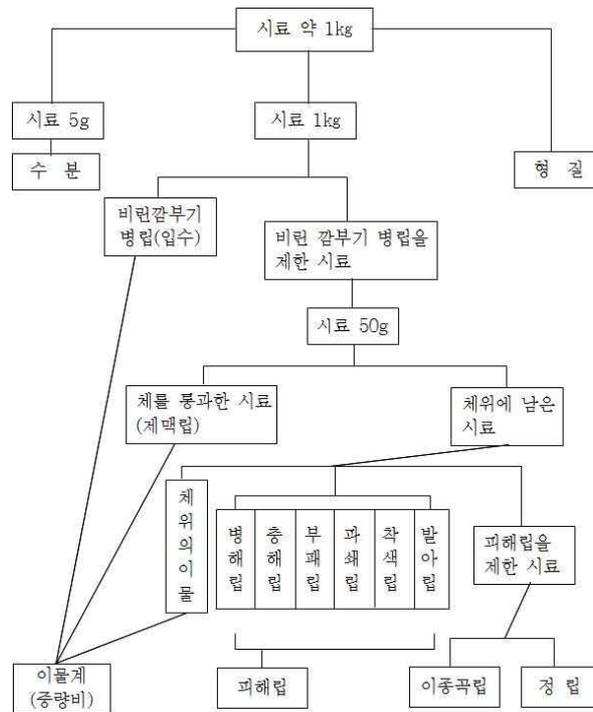


그림 3-2-27. 우리나라 밀 품위검정 순서

표 3-2-23. 우리나라 밀 품위규격

항목	최저한도		최고한도				
	형질	정립(%)	수분(%)	피해립(%)	이중곡립(%)	이물	
등급	형질	정립(%)	수분(%)	피해립(%)	이중곡립(%)	계(%)	비린깜부기병립 (1.0kg중,개)
1등	1등표준품	90.0	13.0	6.0	0.5	0.4	15
2등	2등표준품	75.0	13.0	10.0	1.0	0.6	30
등외	3등표준품	60.0	13.0	15.0	3.0	1.0	50

주) 정립 : 2.4mm 줄체로 쳐서 체를 통과하지 아니하는 건전한 낱알을 말한다.

③ 미국

○ 미국은 Grain Standard Acts 통과에 따라 USDA(United State Department of Agriculture)의 Federal Grain Inspection Service(FGIS)에서 곡물에 대한 공식적인 평가 및 인증을 실시하고 있으며, 밀 품위규격은 다음 표 3-2-24와 같이 United States Grain Standards Act 중 US Grain Inspection Handbook에 명기되어 있는 바와 같으며, 각 성상별 표본사진은 그림 3-2-28~29과 같았으며, 측정장치는 그림 3-2-30와 같았음

표 3-2-24. 미국의 밀 품위규격

		Grades U.S. No.				
		1	2	3	4	5
Minimum pound limits of						
HRS wheat or White Club Wheat lbs/bu (kg/hl)		58.0 (76.4)	57.0 (75.1)	55.0 (72.5)	53.0 (69.9)	50.0 (66.0)
Durum lbs/bu (kg/hl)		60.0 (78.2)	58.0 (75.6)	56.0 (73.0)	54.0 (70.4)	51.0 (66.5)
All other classes and subclasses lbs/bu (kg/hl)		60.0 (78.9)	58.0 (76.4)	56.0 (73.8)	54.0 (71.2)	51.0 (67.3)
Grading factors						
Defects						
Damaged kernels	Heat(part of total)	0.2	0.2	0.5	1.0	3.0
	Total	2.0	4.0	7.0	10.0	15.0
Foreign material		0.4	0.7	1.3	3.0	5.0
Shrunken and broken kernels		3.0	5.0	8.0	12.0	20.0
Total 1/		3.0	5.0	8.0	12.0	20.0
Wheat of other classes 2/						
Contrasting classes		1.0	2.0	3.0	10.0	10.0
Total 3/		3.0	5.0	10.0	10.0	10.0
Stones		0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Maximum count limits of						
Other material in one kilogram						
Animal filth		1	1	1	1	1
Castor beans		1	1	1	1	1
Crotalaria seeds		2	2	2	2	2
Glass		0	0	0	0	0
Stones		3	3	3	3	3
Unknown foreign substances		3	3	3	3	3
Total 4/		4	4	4	4	4
Insect-damaged kernels in 100g		31	31	31	31	31

U.S. Sample grade is Wheat that

- Does not meet the requirements for U.S. Nos. 1,2,3,4 or 5
- Has a musty, sour, or commercially objectionable foreign odor (except smut or garlic odor)
- Is heating or of distinctly low quality

1/. Includes damaged kernels(total), foreign material, shrunken and broken kernels

2/. Unclassed wheat of any grade may contain not more than 10.0% of wheat of other classes.

3/. Includes contrasting classes.

4/. Includes any combination of animal filth, castor beans, crotalaria seeds, glass, stones or unknown foreign substance.

		
<Black Tip Fungus>	<Heat-damaged kernels>	<Blight or Scab>
		
<Frost-damaged kernels> (Blistered)	<Frost-damaged kernels> (Candied)	<Frost-damaged kernels> (Flaked)
		
<Frost-damaged kernels> (Discoloured Black/Brown)	<Germ-damaged kernels>(Mold)	<Green Damage>(Immature)
		
<Mold-like Substance>	<Other damage>(Mold)	<Sprout-damaged kernels>
		
<Insect-bored kernels>	<Germ-damaged kernels> (Sick)	

그림 3-2-28. 미국의 밀 피해립의 종류(http://www.gipsa.usda.gov/VRI/Wheat/wheat_1.0.html)

<p>INSECT EXCRETA (NOT FILTH)</p>		
<p><Animal filth></p>	<p><Castor beans></p>	<p><Crotalaria seeds></p>
<p><Unknown foreign substances> (Fertilizer)</p>	<p><Unknown foreign substances> (Pink wheat)</p>	

그림 3-2-29. 미국의 밀 이물질의 종류(http://www.gipsa.usda.gov/VRI/Wheat/wheat_1.0.html)



<Moisture content, %>



<Shrunken & broken kernels Machine, Sieve>



<Shrunken & broken kernels, %>

그림 3-2-30. 미국의 밀 수분함량, 위축립 및 파쇄립 측정장치(Overview of U.S. Wheat Inspection)

④ 호주

- 호주에서는 Australian Wheat Board Limited(AWB)에서 품종보급, 수매, 판매 및 전 과정을 관할하고 있으며, Queensland, Northern New South Wales, Southern New South Wales, Vitoria, South Australia 및 Western Australia을 특별지역으로 구분하여 등급을 결정함. 등급결정요소로는 품종, 용적중, 수분, 단백질, Falling number, 비체분성 품질의 함유비율, 수발아립, 착색립, 변형립,

열손상립, 곰팡이오염립, 감부기병, 충해립, 붉은곰팡이 피해립, 비 백립계 곡립 포함되며, 오염물은 화학물질, 맥각, 얼룩진 립, 혐오물질, 해충 및 사체, 포장곤충, 바구미 및 사체, 돌, 흙, 선충초등이 포함됨

- 호주에서는 미국 및 캐나다와 같이 등급 및 분류체계가 고정적이지 않으며, 재배지대와 품종 및 품질차이에 근거해 등급이 결정하며, 주로 호주산 밀의 51%는 ASW(Australian Standard White)이고, AP(Australian Premium)이 약 20%, AH(Australian Hard)가 약 12%, APH(Australian Premium White)는 5%, 12%는 specialty soft, noodle 등이 각각 차지하고 있음

표 3-2-25. 호주의 밀 품위규격(Wheat Quality Australia, 2011, <http://www.wheatquality.com.au/>)

Test	APH	AH	APW	ASFT	ASWN	ASW	APDR
Test weight	≥78kg/hl						
Falling number	≥350seconds	≥300seconds	≥350seconds				
Moisture	≤12%						
Kernel weight	≥30g/1000kernels						
Screenings (2.0mm)	≤5%						
Protein	13~15%	11.5~13.5%	10~12%	7.5~10%	9.5~11.5%	N/A	13~15%
* APH(Australian Prime Hard), AH(Australian Hard), APW(Australian Premium White), ASFT(Australian Soft), ASWN(Australian Standard Noodle), ASW(Australian Standard White), APDR(Australian Premium Durum)							

⑤ 캐나다

- 캐나다는 Canada Grain Acts에 의거해 곡류기준위원회(Canada Grain Committee, CGC)가 있으며, 하부조직인 서부 및 동부 곡류표준위원회(Western and Eastern Grain Standards Committee)에서 각각 동부, 서부 밀의 분류(class) 및 등급(grade)체계를 구축하고 있음. 주요 품질요소로는 용적중, 건전성, 이물질, 이중밀 혼입율, 착색립률, 배손상립율, Fireburnt 및 Fussarium damaged kernel, 미숙립(grass green), 해충피해립(grasshopper, army worm 피해립), heated binburnt, 착색립율, 분홍색 밀 혼입율 등 대단히 많고 복잡하며, 자세한 품위규격은 표 3-2-25과 같았음

표 3-2-26. 캐나다 밀의 품위규격(Canadian Grain Commission, www.graincanada.gc.ca/wheat..)

Grading factor	Minimum(g)	Optimum(g)	Export(g)
Artificial stain	250	500	500
Binburnt kernels	100	1000	1000
Blackpoint	25	50	50
Common bunt	50	100	100
Darkened kernels	100	500	500
Dark immature kernels	50	100	100
Degermed kernels	25	50	50
Ergot	working sample	working sample	working sample
Excreta	working sample	working sample	working sample
Fireburnt	500	working sample	working sample
Fusarium damage	10	100	100
Grasshopper, armyworm damage	50	100	100
Grass green kernels	50	100	100
Hard vitreous kernels, sieving	250	250	250
Hard vitreous kernels, handpick	15	25	25
Heated	25	250	500
Matter other than cereal grains	50	100	250
Mouldy	100	1000	1000
Natural stain	50	100	100
Odour	working sample	working sample	working sample
Other cereal grains	25	100	250
Other cereal grains and other matter	250	250	250
Penetrated smudge	100	500	500
Pink kernels	50	100	100
Red smudge	100	500	500
Rotted	100	1000	1000
Sawfly, midge damage	50	100	100
Sclerotinia	500	1000	1000
Severe midge damage	25	100	100
Severely mildewed	100	1000	1000
Severely sprouted	50	100	100
Shrunken and broken	250	250	250
Smudge	100	500	500
Soft earth pellets	working sample	working sample	working sample
Sprouted kernels	10	100	100
Stones	500	1000	1000
Superficial discolouration	working sample	working sample	working sample
Total damage	25	100	100
Wheats of other classes or varieties	15 to 50	25 to 100	25 to 100

(3) 우리밀 소비업체의 품질요구사항

- 우리밀을 이용한 가공제품을 가장 많이 생산하는 CJ제일제당, SPC(밀다원) 등 2개사를 대상으로 우리밀 원맥의 품질상 문제점 및 주요원인을 조사하여 요약한 결과, 다음과 같이 5개항이었으며, 우리밀의 소비확대를 위해서는 ① 현재 수입맥에 비해 2배가 넘는 단가를 1.5배수준 이하로 유지, ② 품질예측이 가능한 균일품질 유지, ③ 제분수율을 유지할 수 있는 원맥품질 유지 등을 들었으며, 주요 대안으로 ① 우리밀 재배규모 확대, ② 현대화된 수확후 관리시설의 보급, ③ 정선시스템 및 품질분석시스템의 확대 등을 들었음

표 3-2-27. 우리밀 대량 소비업체에서 제기한 품질상 문제점 및 주요원인

번호	품질현황 및 문제점	주요 원인
1	· 산지별, 농가별 함수율 및 단백질 등 원맥간 품질 차이가 심함	· 생산단위가 소규모
2	· 원맥 단가가 수입밀보다 약 2배 이상 높고, 원맥 함수율도 약 1.4%정도 높아 제분수율도 낮음	· 저장 함수율관리에 한계
3	· 원맥에서 이취 및 해충의 발생빈도가 높음	· 마대, 폴리콘백 형태의 창고보관 물량이 대부분
4	· 일정 품위 및 품질수준의 원맥공급에 한계가 있음	· 원맥의 비중선별 등 선별시설 및 blending시설 미보유
5	· 수확밀에 대한 지역별 품질정보의 생산 및 공유 체계가 미흡함	· 소규모 생산, 분석시설 미보유

표 3-2-28. 우리밀 및 수입밀 원맥의 연도별 품질특성

구분	품종	생산 년도	수분 (%)	회분 (%)	단백질 (%)	F/N값 (seconds)	용적중 (g/L)	초자질 (%)	협잡물 (%)
우리밀	금강밀	2008	11.6	1.5	13.7	404	839	76	0.4
		2009	11.9	1.5	14.0	420	834	80	4.4
		2010	12.1	1.6	12.3	434	825	68	0.2
수입밀	미국산 HRS	2008	11.5	1.6	13.9	401	812	75	0.1
		2009	12.1	1.5	13.7	375	811	85	0.1
		2010	12.8	1.5	13.8	366	806	73	0.1
	미국산 SW	2008	9.2	1.4	10.4	332	787	46	0.2
		2009	9.3	1.4	10.3	324	787	42	0.2
		2010	9.4	1.3	9.7	337	785	46	0.1

- CJ제일제당에서는 이상의 우리밀의 품질상 문제점 및 주요원인을 제시하면서 관련근거로 다음 표 3-2-28과 같이 3년간 우리밀과 수입산밀의 품질을 비교한 결과와 표 3-2-29와 같이 2010년 우리나라 22개 지역에서 매입한 원료맥의 품질측정결과를 제시하였음
- 표에서 알 수 있듯이 우리밀(금강밀)은 미국산밀에 비해 단백질함량, 용적중 및 헵잡물의 비율에서 연도별로 차이가 심하다는 것을 알 수 있었으며, 2010년의 지역별 품질특성에서 알 수 있듯이 우리밀의 함수율은 12.5%(9.7~14.3%), 단백질함량은 12.61%(10.36~17.22%), 용적중은 804g/L(732~854g/L)로서 큰 차이를 나타내고 있었으며, 단백질, 함수율 및 용적중과 같이 수확후 관리시설의 효율적인 운영을 통해 개선할 여지가 많았음

표 3-2-29. 2010년에 측정한 우리밀의 생산지별 품질특성

번호	지역	수분(%)	회분(%)	단백질(%)	용적중(g/L)	F/N값(seconds)
1	천안	12.10	1.87	17.22	784	442
2	부여	12.30	2.00	14.09	757	480
3	무안	12.60	1.90	14.02	795	470
4	보성	12.80	1.68	14.14	820	477
5	진도	13.60	1.83	13.85	784	451
6	정읍	12.60	1.77	13.34	814	439
7	밀양	12.80	1.64	12.89	790	422
8	부안	12.40	1.51	12.71	824	433
9	아산	14.60	1.69	12.71	732	433
10	창녕	12.00	1.68	12.39	777	438
11	성주	12.40	1.64	12.62	794	429
12	하남	12.20	1.47	12.62	832	403
13	달성	11.80	1.61	12.42	781	454
14	장성	12.10	1.56	12.08	823	433
15	신안	12.60	1.61	11.85	852	408
16	함평	12.60	1.72	11.92	847	458
17	고흥	13.00	1.74	11.66	850	492
18	담양	9.70	1.78	11.60	776	399
19	나주	14.30	1.48	11.57	770	427
20	익산	11.80	1.56	10.94	816	407
21	고창	11.80	1.55	10.47	854	408
22	장흥	13.00	1.77	10.36	817	402
평균		12.50	1.68	12.61	804	437
최대		14.60	2.00	17.22	854	492
최소		9.70	1.47	10.36	732	399
표준편차		0.97	0.14	1.49	33	27

다.. 우리밀의 수확후 공정별 관리체계의 저해요인분석

- 우리나라 주식은 쌀로서, RPC(미곡종합처리장, Rice Processing Complex)는 농촌인력의 노령화, 부녀화에 따른 농가편익시설 제공을 목적으로 1991년부터 2001년까지 총 328개소가 보급되어 농가의 편익시설일 뿐만 아니라 쌀 유통의 핵심주체로 자리 잡았으며, 수확후 비용 및 노력절감, 품질향상, 유통개선, 정부수매기능 보완과 안정적인 판로 제공, 관련 산업발전에 기여하는 등 RPC보급목적의 충실한 달성은 물론 농업구조조정사업의 가장 성공적인 사업으로 평가받고 있음
- WTO체제 하에서 피할 수 없는 쌀 시장 개방에 대응하기 위하여 2002년부터 정부정책이 「고품질 쌀 생산」으로 전환되었고, 사회적으로는 Well-being시대를 지나 건강과 지속가능성을 추구하는 LOHAS(Life styles of Health and Sustainability)시대에 접어들어 따라 소비자의 needs에 따라 쌀도 “식량”에서 “식품이면서 상품”으로 패러다임이 전환(paradigm shift)되었으며, RPC에서는 “연중 균일한 품질의 안전한 고품질의 쌀 생산”이 성패를 좌우한다고 판단하고 있음
- 이와같은 소비자 및 RPC needs에 부응하기 위하여 정부에서는 2007년부터 농림축산식품사업(14. 고품질쌀유통활성화사업)으로 고품질쌀 브랜드육성(가공시설현대화)을 추진하여, “안전성”, “규모화”, “자동화” 등의 특징을 갖는 소위 제2세대 RPC를 보급하기 시작하였으며, 2013년 현재 총 46개소가 보급되었고, 2019년까지 100개소를 보급할 계획임
- 한편, 벼의 DSC(건조·저장시설, Drying & Storage Center)는 정부양곡의 산물수매가 1995년부터 시작됨에 따라 RPC의 건조저장능력을 높이기 위하여 농림축산식품사업(14. 고품질쌀유통활성화사업)으로 보급되기 시작한 시설로서, 2011년말 현재 1,235개소가 보급되었으며(표 3-2-30), 정부에서는 2011년말 현재 40%인 전체 벼 유통량대비 저장능력을 2019년까지 60%까지 확대할 계획임

표 3-2-30. 벼 DSC의 연차별 보급현황(농림축산식품부, 2012)

구분	'95~'01	'02	'03	'04	'05	'06	'07	'08	'09	'10	'11	계
개소수	443	81	44	71	50	110	110	110	104	83	29	1,235

- 이상과 같이 벼의 RPC 및 DSC가 보급되기 시작한지 23년 및 19년이 경과하였지만 현재도 RPC 및 DSC 관련 연구가 비교적 활발하게 진행되고 있으며, 정부출연연구기관인 한국식품연구원에서 수행해온 주요 과제 목록을 나타낸 표 3-2-31에서 알 수 있듯이 관련 연구는 반입, 건조·저장, 가공, 유통 및 품질, 평가 및 분석 등 수확후 전 분야를 포함하고 있으며, 연구항목은 RPC에서의 새로운 공정체계 및 기준개발, 안전한 고품질 쌀 생산을 위한 관련 기술개발, 객관적인 단위기계 및 시스템 성능의 평가기준 및 평가방법개발, 성능측정기술 및 관련 측정기기개발 등이 주를 이루고 있었음

표 3-2-31. 2002~현재까지 한국식품연구원에서 수행한 RPC관련 주요 연구과제 현황

연구분야	연구년도	주요 연구과제	비고
건조저장	2002~2005	산물벼의 실증량 거래를 위한 정선지수 측정 시스템 개발	
	2002~2005	벼의 저온건조 저장특성 및 건조기 최적 운영 조건 확립	
	2002~2003	연속식 건조기 운영시험	
	2003~2006	병류형 곡물건조기 최적 운영조건 확립	
	2004	쌀 전업농 규모의 곡물냉각저장시스템 개발	
	2005	RPC의 건조저장 시설 및 운영기술현황 조사 분석 연구	
	2005	건조시설의 우수시공기술 조사분석	
	2006~2007	건조저장시스템의 효율적인 운영방안에 관한 연구	
	2007	양곡보관시설기준 및 농협창고 활용방안 연구용역	
	2008	다목적 곡물 및 유채씨 건조기의 운영조건 확립	
	2009~2011	저에너지 환경조성 벼 저장 및 실시간 도정품질제어 기술개발	
	2009~2011	다목적 곡물건조기의 최적설계 및 작동조건 확립	
	2010~2013	벼의 산물처리에 따른 감모기준 및 재고량예측기술 개발	
가공	2003~2005	고품질 쌀 생산과 유통을 위한 균일 도정 기술 개발	
	2003~2004	고품질 쌀 생산을 위한 현미 냉각시스템 개발	
	2004~2007	쌀 산업 경쟁력 강화를 위한 RPC Remodelling 기술 개발	
	2005	RPC 가공시설 개선 연구용역	
	2005	RPC 수확 후 품질개선에 관한 연구	
	2006	안전한 고품질 쌀 생산 및 유통을 위한 도정품질 제어기술 개발	
	2006	RPC 고품질 쌀 정미가공기술 연구	
	2007~2010	클린라이스 품질기준설정 및 제조시스템 개발	
	2007~2008	정미시스템(모델 HSVJ-3-80B)의 성능평가	
	2008~2010	정미시스템(모델 CB-100, TFA-50)의 도정특성 향상에 관한 연구	
	2009~2013	RPC저에너지공정개발 및 친환경 RPC 집진시스템 개발	
	2009	도정특성 공정별 성능평가 실험 실험지원	
	2011	저수분 벼의 적정 도정배분 연구	
	2010~2013	u-IT를 융합한 제 3세대 RPC모델개발	

- 특히, 벼의 반입, 건조 및 저장과 관련해서는 정선지수 및 측정시스템 개발, 감모기준 및 재고량예측 기술 등 농민과 DSC와의 객관적인 실중량(實重量)거래체계 구축에 필요한 기술과, 단위공정 성능 및 시설기준 등 객관적인 성능체계 구축에 필요한 기술과, u-IT를 융합한 물량, 이력 및 품질관리기술 등에 관한 연구가 주를 이루고 있음
- 이와 함께 정부에서는 농림축산식품사업(14. 고품질쌀유통활성화사업)의 ① 고품질쌀브랜드육성(RPC 가공시설현대화), ② 벼 건조·저장시설지원에 대해서는 2011년부터 불요불급한 시설설치 지양, 정책지원시설의 지속적인 수준향상, 안전한 고품질쌀 생산에 적합한 시설설치 등으로 정책지원효과를 극대화하기 위해 다음 표 3-2-32와 같은 기술관련 정책을 추진하고 있음

표 3-2-32. 쌀과 관련된 농림축산식품사업(14. 고품질쌀유통활성화사업)의 주요 기술관련 정책

구 분	주요내용	비 고
DSC사업자선정	· 지자체에서 농림축산식품부	
사업비 심의	· 매년 기준모델 및 사업비기준을 개선하고, 이에 준하여 사업비지급	
주요 시설기준의 강화	· 건조는 순환식건조기 등 건조전용시설, 저온저장은 연중 15℃로 유지할 수 있는 시설 등으로 강화	
설계도서의 검토절차 강화	· 농협중앙회(농협), 한국식품연구원(민간)에서 기본설계도서 검토절차 신설	
단위기계의 성능검정제도 도입	· 정부사업에는 한국식품연구원에서 성능검정이 완료된 단위기계 및 장비 사용	
보조금 지급전 성능검사 실시	· 한국식품연구원에서 성능검사를 실시하고 문제가 없는 사업에 대해서만 보조금 지급	

- 이와 같은 벼의 RPC 및 DSC와는 달리 우리밀의 건조·저장시설지원은 2009년부터 2013년 현재까지 총 12개의 시설이 보급되었지만, 전문적인 설계, 시설기준, 단위공정별 성능기준 및 단위공정별 적정 운영기준도 없는 상태에서 주로 시공사에 의해 설계, 시공하고 있으며, 우리밀을 반입하는 농민과의 실중량거래체계의 미구축, 조선, 계량, 건조 및 저장공정의 적합한 운영조건의 미구축되어 있는 등 정책지원효과의 극대화를 위해서는 해결해야할 사항이 많음
- 따라서, 본 연구항목에서는 현재까지 구축된 벼의 RPC 및 DSC사업을 추진하면서 축적된 제반 시설 및 운영과 관련된 기술 및 기준을 토대로 하여, 현지 및 문헌조사결과를 이용하여 우리밀의 수확후 반입, 건조, 계량, 건조 및 저장공정에서 품질저해요인을 분석하고, 기술개발방향을 설정하고자 하였음

(1) 분석방법

- 수확기의 반입, 정선, 계량, 건조 및 저장과 관련된 실태조사를 위해 1차년도에는 2013. 6. 13일부터 경남 합천우리밀영농조합의 우리밀 건조·저장시설과, 충남 서천군 관내의 5농가에서 조사 및 시료를 채취하였고, 우리밀 건조저장시설에서 반입되는 우리밀의 함수율, 수량, 조선기에서의 이물질 선별정도, 건조온도 및 건조시간, 저장형태 등을 조사하였음
- 시료는 경남 합천우리밀영농조합에서 반입되는 함수율별로 10범위로 나누어서(12.5, 14.0, 16.2, 17.3, 18.8, 20.0, 22.8, 25.6, 26.2, 27.7% 수준) 조선기 전·후, 건조기 전·후에서 각각 4kg씩 3회를 채취하였으며, 조선기와 건조기에서 배출되는 이물질을 채취하였으며, 서천군관내의 5농가에는 조선기가 설치되어 있지 않았으므로 건조기 전·후에서 각각 20kg씩 시료를 채취하여 0℃ 저온저장고에 보관하면서 분석하였음

표 3-2-33. 우리밀의 반입실태분석을 위한 시료채취 및 분석현황

공정	채취 시료수		분석항목
	서천군 5농가	합천우리밀영농조합	
조선기 통과전	조선기없음	30(함수율 10구×3회)	함수율, 이물질, 이종곡립비율 등
조선기 선별후	조선기없음	30(함수율 10구×3회)	함수율, 이물질, 이종곡립비율, 정선율 등
건조전	5	6(건조기 2종류×3회)	함수율, 이물질, 이종곡립비율 등
건조후	5	6(건조기 2종류×3회)	함수율, 이물질, 이종곡립비율 등
조선기배출 이물질	-	1	정립비율, 이물질의 종류 및 수분함량
건조기배출 이물질	-	2(연속식 및 순환식)	정립비율, 이물질의 종류 및 수분함량

- 한편, 각 공정의 저해요인 분석은 현재까지 구축된 벼의 RPC 및 DSC사업을 추진하면서 축적된 제반 시설 및 운영과 관련된 기술, 기준을 문헌을 통해 조사하고, 우리밀 건조저장시설 및 가공시설 등 4개소와, 농가 5개소 등 현지조사결과와 밀에 관한 ASABE standards (2011) 등 문헌조사 결과를 이용하여 우리밀의 수확후 반입, 건조, 계량, 건조 및 저장공정에서 품질저해요인을 분석하고, 잔여기간중의 기술개발방향을 설정하였음

(2) 수확기 고수분 우리밀의 처리실태

- 경남 합천우리밀영농조합의 우리밀 건조·저장시설과, 충남 서천군 관내의 금당영농조합법인(관내의 5개 농가)에서 조사한 개괄적인 우리밀의 수확후 관리시설 및 보관실태는 앞의 1항에 정리하였으며, 본 항에서는 수확기 동안 반입되는 우리밀의 함수율분포, 1농가 반입중량, 조선키에서의 이물질의 선별정도, 건조온도 및 건조시간, 저장형태 등이었음
- 경남 합천우리밀영농조합의 밀 수매기간은 2013. 6. 13 ~ 7. 11까지 약 1개월이었으나, 고수분 밀이 반입되는 시기는 밀 수매기간 초기인 약 1주일(6. 13 ~ 6. 20)정도로서, 동일기간 동안 우리밀 건조·저장시설에서 상주하면서 우리밀의 수확후 처리실태에 대해 조사하였음

(가) 반입함수율

- 합천우리밀영농조합에서 우리밀의 수확 및 반입은 주로 기상여건을 감안하여 실시되었는데, 비가 올 경우 비가 그친 다음날 오후경에 콤바인으로 수확한 후 주로 다음날 건조·저장시설로 반입하게 되는데, 오전 8시부터 오후 10시까지 반입되는 물량이 많았으며, 주된 반입형태는 폴리콘백이었음. 반입된 우리밀의 함수율을 휴대용수분측정기로 측정하여 약 28%이상일 경우에는 투입구에 투입하지 않고, 약 5시간정도 천일건조 후 투입하는 방법을 사용하였음
- 한편, 고수분 벼의 반입기간에도 일부 농가에서 건조된 밀이 반입되었는데, 이 경우에는 투입과정에서 별도로 구분하여 바로 저장시설로 투입하였음. 건조시설을 갖춘 농가는 건조료 절약을 위해 자체적으로 건조한 후 건조된 밀을 반입하는 경우가 많은데, 합천우리밀영농조합 관내의 경우 약 50여 농가에서 건조밀을 반입하는 것으로 조사되었으며, 반입시점은 주로 모심기 준비가 끝난 6월 22일 이후부터 7월 11일까지로, 반입 밀 함수율은 약 12~15%정도 이었음
- 다음 표 3-2-34 및 3-2-35는 일별로 반입되는 우리밀의 반입중량과 평균함수율, 함수율대별 반입 농가수를 각각 나타낸 것으로, 약 1주일(6. 13 ~ 6. 20)동안 234개의 농가에서 우리밀을 반입하였는데, 소재지는 주로 김해, 창원, 고성 및 합천관내이었으며, 밀의 수분함량은 28%대부터 10%대까지 다양하였으나, 반입기간이 경과하면서 평균수분함량은 점차 감소하는 추세를 나타내었으며, 1농가당 평균 반입량은 약 1.6톤 수준이었음



<콤바인으로 밀 수확>



<폴리콘백에 충전>



<밀 수확후 밀대 태우기>



<수확이 완료된 필드에 모심기>



<우리밀 건조·저장시설에서 투입대기>



<투입구에 투입>



<28%이상의 고수분 밀 천일건조(약 5시간) 실시>



<농가 자체 건조 밀(12%이하)은 저장시설로 투입>

그림 3-2-31. 우리밀의 수확 및 투입장면

표 3-2-34. 합천우리밀영농조합의 2013년 고수분 우리밀 수매기간중 반입증량 및 평균수분

일자	외기온습도조건		반입증량(kg)	평균 수분함량(%)
	온도(℃)	습도(%)		
2013. 6. 14	비온후 흐림		4,367.5	19.6
2013. 6. 15	30.0	49	100,046.8	19.3
2013. 6. 16	33.7	37	150,922.1	15.5
2013. 6. 17	31.6	41	116,651.4	14.7
2013. 6. 18	비온후 흐림		8,008.4	15.6
2013. 6. 19	비		작업중단	-
2013. 6. 20	비		작업중단	-
계			379,996.2	16.9

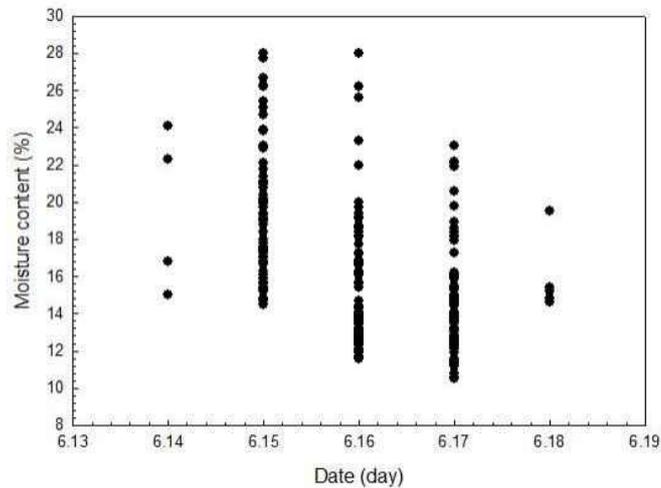


그림 3-2-32. 합천우리밀영농조합의 우리밀 반입기간중 일일 반입함수율 분포

표 3-2-35. 합천우리밀영농조합의 우리밀 반입기간중 함수율별 반입농가수 및 반입농가비율

함수율(%)	반입농가수	반입농가비율(%)	함수율(%)	반입농가수	반입농가비율(%)
10%대	3	1.28	20%대	8	3.42
11%대	13	5.56	21%대	5	2.14
12%대	30	12.82	22%대	6	2.56
13%대	25	10.68	23%대	5	2.14
14%대	26	11.11	24%대	2	0.85
15%대	27	11.54	25%대	3	1.28
16%대	21	8.97	26%대	4	1.71
17%대	19	8.12	27%대	1	0.43
18%대	18	7.69	28%대	2	0.85
19%대	16	6.84	총 반입수	234	100

- 기후영향으로 비가 오지 않았던 6. 15~17일 동안 주로 반입이 이루어졌으며, 수매일자가 늦을수록 수분함량이 점차 감소하는 경향을 나타냈었으며, 농가당 반입시 호퍼스케일의 처리량은 25회 평균 14.5ton/hr이었음
- 합천우리밀영농조합의 반입, 건조공정은 아이디알시스템(주) 및 대원GSI에서 제작된 시설로 구성된 2라인이었으며, 주요한 차이점은 건조기 종류로서 1라인은 아이디알시스템(주)에서 제작된 연속식건조기가 설치되어 있었으며, 열풍온도 55~58℃(약 15시간 소요)에서 순환식건조기와 동일한 순환형태로 사용되고 있었으며, 2번라인은 순환식건조기(30톤×4대)가 설치되어 있었으며, 열풍온도 55~58℃(약 20시간 소요)에서 건조되고 있었음
- 건조목표함수율은 12%이었으며, 건조가 완료된 밀은 외기조건으로 방냉에 한계가 있어 바로 저장사일로(호퍼식)에 저장되는데 통상 초기곡온은 약 40℃정도로 대단히 높았으며, 약 1년 내외의 저장 후 소비처로 판매되는 것으로 조사되었음. 한편, 밀 매입대금은 호퍼스케일에서 측정된 반입중량 및 함수율을 이용하여 12%기준으로 건조지수를 적용하여 중량을 환산한 후, 건조료 및 자조금을 제외한 후 정산하는 체계로서 밀 수매가는 900원/kg을 기준으로 하고 있었음



<조선기 후(밀대 등, 거친 종류)>



<조선기 후(썩정이, 먼지등 부드러운 종류)>



<연속식 건조기 후(먼지등 부드러운 종류)>



<순환식 건조기 후(먼지등 부드러운 종류)>

그림 3-2-33. 반입 및 건조시설의 이물질종류

(3) 공정별 수확후 관리체계의 저해요인

(가) 반입단계

① 우리나라 벼의 반입 및 운영기술

- (수확시기) RPC가 보급되기 시작한 1991년부터 우리나라 벼의 수확시 적정함수율은 콤바인을 사용할 때의 낙곡방지, 등숙율, 설치류 등에 의한 피해 등을 고려하여 일본에서 사용하고 있었던 24%를 그대로 적용하여 왔으며, 수확시기에 RPC에 반입되는 벼의 함수율은 약 13.6~30.5%의 범위로 대단히 높음(김 등, 2013). 그러나 최근 콤바인의 성능향상, 완전미(head rice)를 선호하는 소비형태의 변화, 단일품종의 재배로 인한 반입 및 건조능력의 부족 등의 여건변화에 따라 적정 수확시기에 대한 연구가 진행되고 있는데, 김 등(2013) 등은 수확시기별로 정립 및 미정립의 비율 및 가격, 건조료, 식미 등을 종합적으로 고려한 QI(품질지수, Quality index)에 대한 연구결과, 동할립발생의 주요 원인이 되는 서리발생시기로 인해 적정 함수율은 약 20~22%정도가 적합하다고 보고하였음
- (수확후 건조까지 소요시간 및 반입예약제) 수확후 고수분 상태를 오래 지속할 경우 호흡에 의해 발생한 열로 인한 열손실 및 건물중량손실율의 발생하는데, Seib(1990)은 건물중량손실율이 0.5%를 초과할 경우 1등급의 쌀 생산이 불가능하다고 하였음. 또한, 가수분해효소인 iso-amylase에 의한 amylopectin의 사슬이 끊겨 찰기가 저하하게 되어 수확후 6시가 이내에 건조를 시작하도록 하고 있음. 이를 위해 김 등(2006)은 산물차, 폴리콘백 및 포대로 반입되는 벼의 수확후 RPC까지의 반입시간을 측정된 결과, 산물차가 가장 빨라 산물차에 의한 반입이 필요하다고 하였으며, 한정된 투입 및 건조시설로 인해 RPC와 농가간에 반입일자를 결정하는 반입예약제의 실시가 필요하나 현재는 대부분 실시되지 않고 있음
- (반입시설) 반입시설로는 투입구가 사용되며, 투입구는 설계능력 20ton/hr 및 30ton/hr 등 2가지 형태가 보급되고 있으나, 조선기에서의 이물질선별능력의 향상, 농가당 구분 등을 위해 실 반입능력은 각각 10ton/hr 및 15ton/hr수준으로 사용하고 있으며, 1일 10시간 반입, 연간 약 20일반기준으로 연간반입능력은 2,000ton/yr 및 3,000ton/yr수준임
- (실중량거래체계) 벼의 함수율 기준은 15%(일부 RPC는 16%)이므로 고수분 벼는 건조지수에 의해 15%로 중량을 산정하고, 제현율에 의해 등급이 결정되어 전체적인 가격이 결정되나, 최근에는 객관적인 실중량(實重量)거래를 위해 현미 정립 및 비정립비율을 측정하여 가격을 지불하는 RPC가 출현하였으며, 조선기에서 선별을 한계가 발생하므로 호퍼스케일을 통과한 벼의 이물질함량을 측정하여 정산하는 정선지수측정방법(김 등, 2005)도 제안되고 있음

$$\text{중량환산지수} = 1 - \frac{M_1 - M_2}{100 - M_2} \dots\dots\dots (3-2-1)$$

여기서, M_1 : 원료 벼 함수율(% , w.b.)

M₂ : 건조 비 함수율(% , w.b.)

② 우리나라 밀의 반입중 품질저해요인

○ (수확시기가 품질에 미치는 영향) 밀알의 함수율이 35%내외가 될 때를 성숙기라 부르며, 출수 후 40~45일 즉, 성숙기 3~4일 후 함수율이 30%이하로 낮아지면 친립중, 용적중, 단백질함량, 제분율, 회분함량 등에서 우수한 특성은 물론 작업량을 절감할 수 있는 반면, 함수율이 20%이하가 되면 고숙이 되어 수확손실 및 품질저하를 야기하게 된다는 보고(표 3-2-36, 농촌진흥청)가 있으며, Brooker 등(1974)은 18~20%가 수확 최적함수율이라고 하였음

표 3-2-36. 밀 등숙 기간에 따른 품질변화(농진청)

출수후 일수	수분함량 (%)	친립중 (g)	용적중 (g)	단백질함량 (%)	회분함량 (%)	제분율 (%)	제분평점 (%)
25	60.2	18.9	646	12.1	1.01	62.8	47.3
30	53.9	27.9	743	12.7	0.81	68.8	63.4
35	45.0	35.3	788	13.1	0.61	70.2	74.5
40	31.4	38.3	801	13.6	0.52	0.52	78.9
45	22.6	39.5	799	14.1	0.45	0.45	82.5
50	17.7	39.3	801	14.1	0.44	0.44	82.7

표 3-2-37. 수확시 적정 수분함량(Brooker et al. 1974)

구분	수확 최대 함수율	손실을 최소화하기 위한 적정 수확함수율	통상 수확함수율	안전저장함수율	
				1년저장	5년저장
함수율 (%)	38	18~20	9~17	13~14	11~12

○ (수확시기가 품질에 미치는 영향 1) 전술한바와 같이 밀의 경우 품질지표중 동할율은 큰 의미가 없으며, 발아율에 대해서는 Satake(2011)는 발아율이 제분특성에 미치는 영향에 대한 연구는 찾아보기 힘들며, 다만 발아율이 저하하여 죽은 밀 곡립일 경우 식미 또는 가공가치의 저하나 미생물 번식의 용이 등이 발생되지 않을까 추측하는 수준이라고 하였음

○ (수확시기가 품질에 미치는 영향 2) 이춘기 등(2011)은 약 2년간에 걸쳐 밀의 고품질발현을 위한 수확 및 건조기술개발과제를 통해 수확시기를 조절하면서 밀의 함수율과 건조온도(45, 55, 65℃)가 발아율과 제분특성에 미치는 영향을 실험실건조기(벨크타입으로 추정)로 건조실험한 결과, 함수율이 30%이상일 경우 45℃에서도 발아율저하가 나타났으나, 30%이하에서는 큰 문제가 없었으며, 건조온도가 제분특성에는 영향을 미치지 않았다고 보고하였음. 따라서, 함수율 30% 이상일 경우 친일건조

나 통풍으로 1차건조후 2차 열풍건조하는 현행 시스템에서 수확시기에 따라 품위이외의 큰 문제는 없는 것으로 판단되었음

- (수확시기 1) 우리나라에서 밀은 그림 3-2-34과 같이 대부분 2모작으로 재배되고 있으므로 밀의 수확시기는 벼의 모내기시기에 의해 결정되는데, 벼/밀 이모작으로 인한 주변 농가의 모내기로 인한 습해로 충분하게 등숙이 이루어지지 않아 성숙기 이후 2~3일 이르게 수확하는 경향이 있음
- (수확시기 2) 전항에서 조사한 바와 같이 수확시 함수율은 최대 35.7%수준이며, 일반적으로 28%가 넘는 경우 바로 강도가 취약하거나 호화되어 덩어리가 되므로 건조하지 않고 통풍을 실시하거나, 천일건조하여 함수율 약 28%수준에서 순환식건조기로 건조하고 있었으나, 이로 인해 원활한 반입작업이 어렵고, 주로 우기가 겹칠 경우 천일건조에 한계가 발생하며, 건조가 지연될 경우 높은 수분으로 인한 호흡이 촉진되어 곡온상승, 열손립의 증가 등의 문제가 많았음. 한편 일본 북해도의 경우에는 전술한 바와 같이 우리와 작부체계가 달라 25~30%에서 수확하여 열풍온도 40~45℃에서 건조하는 등 특별한 문제는 없는 것으로 조사되었음

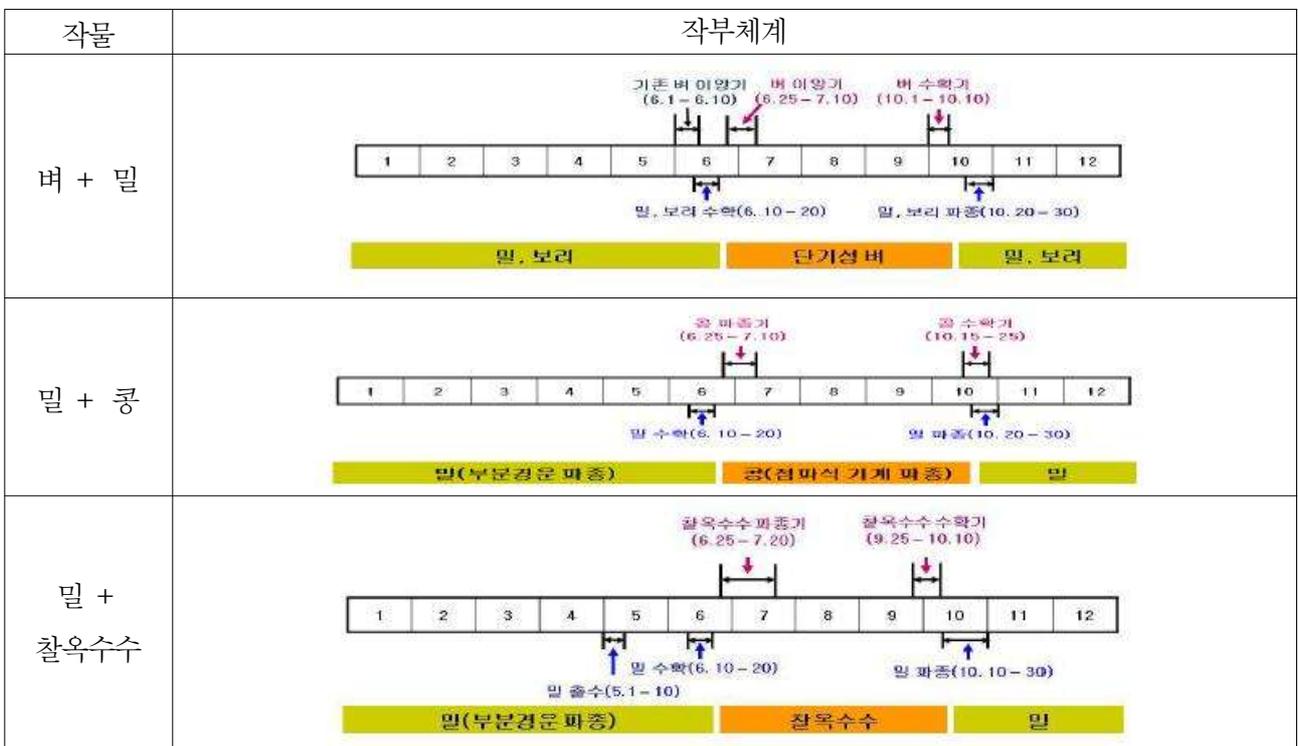


그림 3-2-34. 국내밀 수확시기(2011, 농진청)

- (반입시설) 우리밀 건조·저장시설에서 밀의 반입은 투입구에 투입되는데, 함수율이 지나치게 높을 경우 하중에 의해 파손되거나 덩어리가 되어 이송이 불가능하게 되는데, 이와 관련하여 압축시 겉보기 탄성계수는 다음 식 3-2-2과 같이 나타낼 수 있으며, 식에서 각 상수는 다음 표 3-2-37과 같았으나(ASABE standards, 2011), 이 때 사용한 곡물은 통상적인 저장곡물의 함수율보다 다소 높은 함수율로서 함수율에 따른 탄성계수로의 적용에는 한계가 있었음. 따라서 수확시기별로 탄성계수는

함수율에 따라 측정되는 것이 필요하였음

$$E = \frac{0.338F(1-\mu^2)}{D^{3/2}} \left[K_u \left(\frac{1}{R_u} + \frac{1}{R_u} \right)^{1/3} + K_L \left(\frac{1}{R_L} + \frac{1}{R_L} \right)^{1/3} \right]^{3/2} \dots\dots\dots(3-2-2)$$

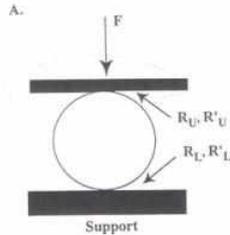


표 3-2-38. 식 3-2-2에서 θ degrees에 따른 c_1 , c_2 , K(무차원)값(Kozma and Cunningham, 1962)

θ	50	55	60	65	70	75	80	85	90
$\cos \theta$	0.6428	0.5736	0.5000	0.4226	0.3420	0.2588	0.1736	0.0872	0.0
c_1	1.754	1.611	1.486	1.378	1.378	1.202	1.128	1.061	1.000
c_2	0.641	0.678	0.717	0.759	0.802	0.846	0.893	0.944	1.000
K	1.198	1.235	1.267	1.293	1.314	1.331	1.342	1.349	1.351

- (수확후 건조까지 소요시간 및 반입예약제) 전술한바와 같이 우리밀은 수확후 건조저장시설로 반입 되거나, 농가에서 농가형 순환식건조기로 건조후에 건조저장시설로 반입되는 형태가 주를 이루고 있었음. 고수분상태에서 수확할 경우 호흡에 의해 발생한 열로 인한 착색립(열손립) 및 건물중량손실을, 수확부터 건조까지 소요되는 최저시간기준, 반입예약제 등에 대한 개념은 전혀 없는 상태이었음
- (반입시설) 반입시설로는 벼와 동일하게 투입구가 사용되고 있었으나, 투입구의 설계능력에 따른 실 반입능력, 1일 반입시간, 연중 반입일자 등 투입구의 설계에 필요한 실측자료가 전무한 상태이며, 밀의 이송시설의 설계를 위해 필요한 산물밀도는 저장함수율 범위에서 측정된 772kg/m^3 , 함수율별로는 다음 표 3-2-39(ASABE standards, 2011)과 같이 2차 다항식으로 표시가 가능하였으나, 이 산물밀도는 이물질의 혼입정도, 함수율에 따라 다르므로 실제 반입시설의 설계에 사용하기 위해서는 우리 밀에 대한 실측치로 확인이 필요하였음

표 3-2-39. 밀의 함수율에 따른 산물밀도

함수율(% w.b.)	산물밀도(kg/m^3) $M=\%/100$
15~40%(Brusewitz, 1975)	$D=885.3-1631M + 2640M^2$
3~24%(Nelson, 1980)	$D=774.4-703M + 18510M^2 - 148960M^3 + 311600M^4$

○ (실중량거래체계) 우리밀 건조·저장시설에서는 다음 그림 3-2-35와 같이 12%를 기준으로 건조지수를 적용하고 있으나, 일부 밀 건조·저장시설에서는 건조지수에 대한 개념도 없는 상태이었으며, 우리밀에 혼입된 이물질의 비율 및 조선키에서의 이물질선별율에 대한 기초자료가 전무한 상태이었으며, 정선지수 등에 대한 개념도 없는 상태로서 이에 대한 개념 및 자료정리가 필요하였음

29	0.8068	0.8057	0.8045	0.8148	0.8136	0.8125	0.8114	0.8102	0.8205	0.8193
30	0.7955	0.7943	0.7932	0.8034	0.8023	0.8011	0.8000	0.7989	0.8091	0.8080
31	0.7841	0.7830	0.7818	0.7920	0.7909	0.7898	0.7886	0.7875	0.7977	0.7966
32	0.7727	0.7716	0.7705	0.7807	0.7795	0.7784	0.7773	0.7761	0.7864	0.7852
33	0.7614	0.7602	0.7591	0.7693	0.7682	0.7670	0.7659	0.7648	0.7750	0.7739
34	0.7500	0.7489	0.7477	0.7580	0.7568	0.7557	0.7545	0.7534	0.7636	0.7625
35	0.7386	0.7375	0.7364	0.7466	0.7455	0.7443	0.7432	0.7420	0.7523	0.7511
36	0.7273	0.7261	0.7250	0.7352	0.7341	0.7330	0.7318	0.7307	0.7410	0.7398
37	0.7159	0.7148	0.7136	0.7239	0.7227	0.7216	0.7205	0.7193	0.7296	0.7284
38	0.7045	0.7034	0.7023	0.7125	0.7114	0.7102	0.7091	0.7080	0.7182	0.7171
				0.7000	0.6989	0.6977	0.6966	0.6955	0.7057	0.7046

< 건조중량 산출공식 >
 ○ 건조 중량 = 원료 중량 × 중량지수
 ○ 중량지수 = $\frac{100 - \text{당초수분\%}}{100 - \text{건조후의수분\%}}$

< 국제미작연구소(IRRI) 적용 환산표 >

그림 3-2-35. 일부 우리밀 건조·저장시설에서 사용중인 건조지수

(나) 정선 및 계량공정

① 우리나라 벼의 정선 및 계량시설 및 운영기술

○ (정선시스템 1) 벼에 혼입된 이물질의 정선을 위한 RPC의 정선시스템으로는 일반적으로 조선키(粗選機, Pre-cleaner)가 사용되는데, 김 등(2004)는 약 33개소의 RPC에 대한 측정결과, 조선키를 통과한 벼에 혼입된 이물질중량비는 평균 1.56%이었고, 이중 쪽정이 중량비가 1.37%로서 전체 이물질중량의 87.8%를 차지하였으며, 조선키의 이물질선별율은 평균 31.8%이었고, 조선키에서의 쪽정선별율 향상을 위하여 쪽정과 벼 정립의 종말속도(終末速度, terminal velocity)를 측정하였으며, 조선키의 단독집진 체계구축, 풍력선별기의 추가 설치 등 기류선별 강화를 권장하여 왔음

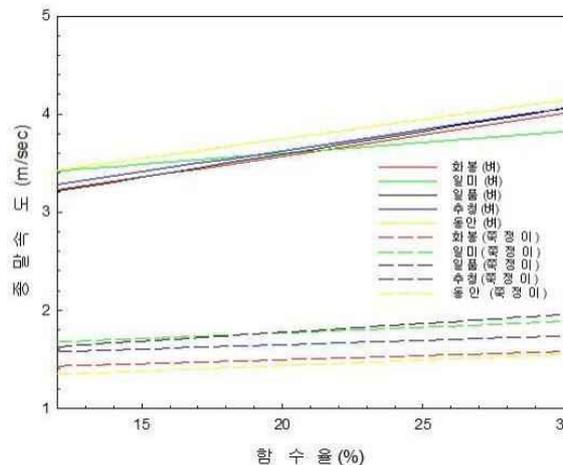


그림 3-2-36. 5개 품종의 벼와 쪽정에서 함수율에 따른 상승 종말속도 비교

- (정선시스템 2) 또한, 김 등(2013)은 2010년부터 2012년까지 3년간 총 31개소 RPC에서 측정된 벼에 혼입된 이물질중량은 0.63%수준이었으며, 풍력선별기 및 조전기 통과후 이물질중량비는 0.24%수준이라고 보고하였으며, 매년 콤바인의 성능향상 등으로 인해 벼에 혼입된 이물질의 중량비는 감소하고 조전기에서의 이물질선별율은 향상되고 있다고 보고하였음
- (계량시스템 1) 반입되는 벼의 함수율 및 중량측정은 호퍼스케일(Hopper scale)에서 이루어지는데, 호퍼스케일에서 사용하고 있는 함수율측정방법은 전기용량식과 전기저항식이며, 그동안 함수율측정치에 대하여 농민과 RPC간의 많은 분쟁이 발생하여 왔음. 이를 방지하기 위하여 낱알로 함수율을 측정하는 전기저항식으로 교체한 RPC도 많으며, 매년 검교정을 실시한 다음, 봉인하여 사용하고 있으나, 주로 1개 함수율 시료에 대해 검교정이 실시되고 있을 뿐 아니라, RPC에 설치된 제반 감속기 등에서 발생하는 노이즈 등으로 인하여 측정오차가 발생할 수 있어 논란의 여지가 많은 부분임
- (계량시스템 2) 김 등(2013)은 2010년부터 3년동안 RPC에 설치된 호퍼스케일에서 191회에 걸쳐 측정된 함수율과 표준측정법으로 측정된 함수율과는 함수율범위 13.6~30.5%(평균 22.0%)에서 호퍼스케일로 측정된 함수율이 표준측정법으로 측정된 함수율에 비해 0.80%(-0.4~0.9%) 낮게 계량되고 있었으며, 호퍼스케일에서 측정된 함수율이 표준치보다 낮은 경우가 72.8%(총 191개 측정치중 139개 측정치)에 달하여 RPC 수분계의 검교정 체계 및 전기용량식과 전기저항식의 오차차이 등 전반적인 수분측정방법에 대해서도 검토가 필요하다고 보고하였음

② 우리나라 밀의 정선 및 계량중 품질저해요인

- (정선시스템) 우리밀 건조·저장시설의 설계 및 시공을 벼의 건조·저장시설의 설치업체에서 실시하여 벼와 동일하게 정선시스템으로 조전기(풍력선별기 포함)를 사용하고 있으나, 조선전 및 조선후 밀에 혼입된 이물질의 종류 및 중량비율에 대한 연구결과가 전무한 상태이었으며, 특히, 밀 반입시 함수율이 일정하지 않으므로 밀의 함수율별 이물질의 종류 및 중량은 물론, 밀과 이물질의 체선별을 위한 기하학적 특성 및 기류선별을 위한 종말속도 등에 관한 연구는 전무한 상태로서 이에 대한 연구가 필요함
- (계량시스템) 밀의 함수율에 대하여 국립농산물품질관리원의 품위규격에서는 105℃ 건조법 및 이와 동등한 결과를 얻을 수 있는 방법에 의하여 측정된 수분을 기준으로 하고 있으며, ASABE standard (2011)에서 밀의 함수율 측정을 위한 오븐방법은 10g곡립-130℃-19시간 건조법을 표준방법으로 하고 있음. 밀의 건조·저장시설에서 반입되는 밀의 함수율 및 중량측정은 벼와 동일하게 호퍼스케일에서 이루어지는데, 호퍼스케일 측정치와 표준측정치와의 관계식은 물론, 벼에서 일부 한계함수율로 알려져 있는 28%이상의 고수분 밀의 함수율 측정결과에 대한 신뢰성은 확보되지 않은 상태임. 따라서 밀 건조·저장시설 운영자와 농민과의 신뢰성 향상을 위한 고수분 밀의 함수율 측정가능성, 수분계의 검교정 체계, 전기용량식 및 전기저항식의 오차차이 등 전반적인 밀 수분측정방법에 대해서도 검토가 필요하였음



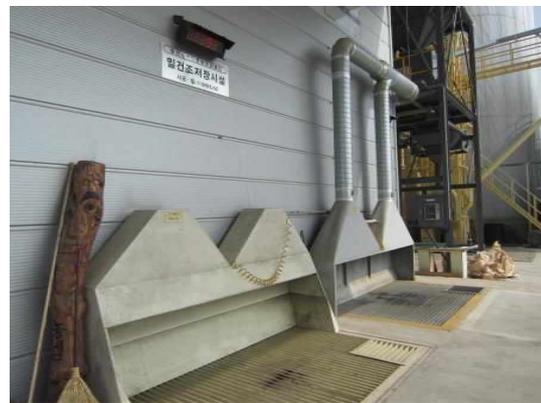
<전기저항식 수분계>



<전기용량식 수분계>



<Hopper scale의 제어시스템>



<투입구에서 수분표시>

그림 3-2-37. 밀 건조·저장시설에서 계량시스템

(다) 건조공정

① 우리나라 벼의 건조시설 및 운영기술

- (건조시스템) RPC의 보급과 함께 대용량으로 반입되는 벼의 건조를 위한 건조시스템으로는 주로 연속식건조기, 상온통풍건조기 등이 보급되었으나, 정부에서는 쌀의 품질향상 및 수확기 농가벼 매입확대를 도모하기 위하여 농림축산식품사업(14. 고품질쌀유통활성화사업)의 일환으로 건조·저장시설 신규설치를 지원하고 있으며, 2010년부터 건조시설은 “순환식건조기 등 건조전용시설”만을 지원하도록 시행지침을 변경하였음. 정부에서 2010년 12월 31일 기준으로 조사한 RPC에 설치된 건조시설의 종류 및 건조능력은 다음 표 3-2-40과 같이 전체 건조능력은 3,422,611톤이었으며, 이 중에서 상온통풍건조시설의 건조능력은 1,481,282톤으로 전체 건조능력의 43.3%에 달하고 있는 반면, 순환식건조기의 건조능력은 1,099,134톤으로 전체 건조능력의 32.1% 수준에 불과하였음

표 3-2-40. 건조시설별 건조능력 비율(2010년 12월 31일 기준, 국립농산물품질관리원)

구 분	건조시설능력				계
	순환식건조기	연속식건조기	사각빈	사일로	
건조능력(톤)	1,099,134	842,195	184,371	1,296,911	3,422,611
비율(%)	32.1	24.6	5.4	37.9	100.0

- (건조기 운영기술 1) 벼의 품질기준은 표 3-2-41과 같이 최소기준과 이상적기준으로 나누어서 적용되고 있는데, 품질인자는 통상 함수율, 동할율, 발아율, 지방산가, 이물질혼입율, 현미정립비율 등 6가지 항목이며, 이중 건조공정에 주로 영향을 받는 인자로는 동할율임. 운영기술로서는 최근까지 열풍온도 45℃, 건조후 곡물온도가 35℃이하로 유지(일본 全農施設資材部, 1973)가 건조기 운영조건의 핵심이었으나, 단위기계 성능검정제도가 도입되면서 실제 순환식건조기의 운영조건에 대한 측정치가 알려지면서 외기온도가 낮을 경우 열풍온도를 65℃로 설정하여도 벼의 품질에는 문제가 없다는 결과와, 건감율을 높여도 곡물온도는 35℃를 넘지 않으며, 35℃는 연속식건조기의 운전조건이었다는 내용이 밝혀지면서 현재는 특별한 열풍온도 및 곡물온도에 관한 기준은 없는 상태임.
- (건조기 운영기술 2) 특히, 순환식건조기는 농림축산식품사업의 보급기종으로서 투입, 건조, 템퍼링, 함수율측정 및 배출 등이 자동화가 가능하여 운영이 편리할 뿐 아니라, 열풍온도는 외기온도와 투입량을 기준으로 각 제조업체에서 설정한 프로그램에 입력되어 있어 인위적인 조작을 하지 않을 경우 품질은 큰 변화가 없는 상태로서, “RPC 단위기계 및 장비 성능검정제도”의 순환식곡물건조기의 성능인자는 표 3-2-42와 같이 건감율과 동할발생율만을 사용하고 있음

표 3-2-41. 건조저장후의 가공에 사용되는 원료 벼의 최소한의 품질관리인자 기준

구 분	품질관리인자					
	함수율(%)	동할율(%)	발아율(%)	지방산가 (mg KOH/ 100g dry matter)	이물질 혼입율(%)	현미정립 비율(%)
최소기준	15.0	5.0이하	80%이상	20이하	0.8이하	85.0이상
이상적기준	15.0	2.0이하	95%이상	10이하	0.8이하	85.0이상

표 3-2-42. 순환식곡물건조기의 성능검정 기준

성능검정항목	항목별 가중치 (A)	성능검정기준(성능가중치, B)				
		매우우수 (1.0)	우수 (0.8)	보통 (0.6)	미흡 (0.4)	매우미흡 (0.2)
건감율(%)	0.5	0.9이상	0.8	0.7	0.6	0.6미만
동할증가율(%)	0.5	0.5이하	1.0	2.0	3.5	3.5초과

② 우리나라 밀의 건조중 품질저해요인

- (건조시스템 1) 박 등(2005)은 32농가에 대한 건조방법에 대한 설문조사 결과, 천일건조 75.0%, 건조기건조 15.6%, 천일건조+ 건조기건조 혼용(천일건조를 한 후 우천시 건조기 건조) 9.4%로 조사되었으며, 천일건조일 경우 균일건조가 어렵고, 특히 우기에는 수발아가 발생하고, 이물질 혼입우려가 높다고 하였음. RPC의 보급 건조기는 순환식건조기이며, 일부 RPC에서는 과거에 설치한 연속식건조기를 반입되는 물벼의 1차 건조에 사용하고 있으나, 연속식건조기는 건조기의 특성상 연속적으로 원료가 공급되어야 하며, 함수율 차이가 발생하는 원료를 계속적으로 공급할 경우 함수율이 다른 곡물이 층을 만들어 저장됨에 따라 변질사고의 발생우려가 대단히 높아 반입되는 벼의 함수율에 따라 1차 수집하는 임시저류빈을 설치하고 있음
- (건조시스템 2) 우리밀 건조·저장시설에서 주력이 되는 건조기는 순환식건조기로서, 일부 연속식건조기가 설치되어 있는 시설도 있으나, 임시저류빈은 설치되어 있지 않았으며, 공정상 연속식건조기를 통과한 후 바로 다시 건조하도록 구성되어 순환식건조기와 동일한 형태로 운영되고 있었음(그림 3-2-38)



<연속식건조기(12톤×1대/시간)>



<순환식건조기(30톤×4대/시간)>



<연속식건조기가 설치된 반입 및 건조라인>



<순환식건조기가 설치된 반입 및 건조라인>

그림 3-2-38. 우리밀의 건조·저장시설에서 사용중인 건조기

○ **(건조온도가 품질에 미치는 영향)** 전술한바와 같이 벼의 건조중 품질지표 중 동할율은 밀에서는 큰 의미가 없으며, 발아율이 제분특성에 미치는 영향에 대한 연구는 찾아보기 힘들며, 다만 발아율이 저하하여 죽은 밀 곡립일 경우 식미 또는 가공가치의 저하나 미생물 번식의 용이 등이 발생되지 않을까 추측하는 수준(Satake, 2011)이며, 함수율이 30%이상일 경우 건조중 발아율저하가 나타났으나, 30%이하에서는 발아율에도 큰 문제가 없었으며, 초기 함수율의 차이에도 건조온도가 제분특성에는 영향을 미치지 않았으나(이춘기 등, 2011), 수확후 고수분의 밀을 방치하면 호흡열에 의해 품질저하가 초래되므로 함수율 30%이상의 밀은 수확 후 4시간 이내에 예비건조하는 것이 필요(농촌진흥청)한 것으로 조사되고 있음

○ **(건조온도 및 방법 1)** 다음 표 3-2-43은 지금까지 현장에서 실제로 조사한 밀의 건조·저장시설에서 건조기 설정 열풍온도로서, 표에서 알 수 있듯이 조사한 농가 및 시설에서 모두 달랐는데, 이는 아직까지 밀의 건조에 적절한 건조온도가 설정되지 않는 것이 주된 원인이었음. 즉, 벼의 경우 건조기 운영기준으로 동할율과 건감율의 기준이 있는 반면, 밀의 경우에는 동할발생 우려가 없는 대신, 고수분일 경우 높은 온도의 열풍에 의해 호화가 발생하여 배출구 등에서 막힘이 발생할 수 있다는

우려로 인해 열풍온도를 설정할 때 통상 60℃이하로 설정하는 것으로 조사되었음.

- (건조온도 및 방법 2) 그러나 일반적으로 순환식건조기로 벼를 건조할 때 곡물온도가 35℃이상을 초과하는 경우가 거의 없는 점을 감안할 때 밀의 경우도 호화보다는 강도저하가 주요 원인으로 판단되고 있으나, 벼는 주로 외기온도가 낮은 가을철에 건조하는 것에 비해 밀은 6월 중하순으로 외기가 높아 실제 열풍온도는 설정온도와 유사하게 나타날 것으로 예상되어 이에 대한 추가조사가 필요하였음. 아울러 밀의 함수율에 따른 강도저하와, DSC(시차주사열량계, Differential scanning calorimeter)에 의한 함수율별 호화특성에 대해서는 측정이 필요하였음

표 3-2-43. 밀의 건조·저장시설 및 농가에서 조사한 건조기 설정 열풍온도조건

구분	밀 건조저장시설명	건조기종류	건조온도	비 고
국내	한국우리밀농업협동조합	순환식	· 30%이상은 통풍 · 30%이하는 40~50℃	· 70℃이상은 호화로 기피
	합천우리밀영농조합법인	순환식	· 55~58℃	
		연속식	· 55~58℃	
	서천군관내 농가1	순환식	· 1차건조 : 48~50℃ · 2차건조 : 55~60℃	
	서천군관내 농가2	순환식	· 1차건조 : 자연건조 · 2차건조 : 55℃	
	서천군관내 농가3	순환식	· 1차건조 : 40℃ · 2차건조 : 50℃	
	서천군관내 농가4	순환식	· 55~60℃	
서천군관내 농가5	순환식	· 50℃		
일본	JA후라노 CE	순환식	· 40~45℃	· 건감율 0.8%/hr · 건조후 30분~1시간 방냉

- (건조관련 선행연구) 현재까지 연구결과를 종합해볼 때 밀의 적정 건조온도는 밀의 함수율과 열풍온도에 따른 밀의 강도저하와 호화 등의 발생으로 막힘이 발생하지 않는 제한조건하에서, 적정 건감율(%/hr)을 유지하기 위한 시뮬레이션이 필요하였으며, 이를 위한 Page의 박층건조방정식(thin layer equation, ANSI/ASAE S448.1 JUL2001)은 물론 비열(specific heat), 열전도도(thermal conductivity), 열확산율(thermal diffusivity) 등에 관해서는 ASABE standards(2011)에 잘 나타나 있어 추가적인 실험은 필요하지 않은 것으로 조사되었음

· Page's thin layer equation

$$MR = \exp(-kt^n) \dots\dots\dots (3-2-3)$$

여기서, MR : $\frac{\bar{M} - M_e}{M_o - M_e}$

\bar{M} : 평균함수율(소수, db)

M_o : 초기함수율(소수, db)

M_e : 평형함수율(소수, db)

t : 시간(sec)

k, n : 상수(O'Callaghan 등, 1971)

$$k = 2000 \exp[-5094/(T+273)] \text{ at } T(^{\circ}\text{C}) \ll 100, n = 1$$

표 3-2-44. ASABE standards(2011)에서 밀의 열물성치에 대한 기준

	Grain or Grain Product	Moisture content(% , w.b.)	Temperature Range(K)	Thermal properties
Specific heat (kJ/kg K)	Wheat, Hard	9.2	-	1.549
	Wheat, Hard Red	9.6	295 to 323	1.63
	Wheat, Hard Red	21.3	295 to 324	2.14
	Wheat, Soft White	0.1 to 33.6	-	1.240+0.0362M
	Wheat, Soft White	0.7 to 20.3	284 to 305	1.398+0.0409M
Thermal Conductivity (W/m K)	Wheat, Hard	9.2	-	0.1402
	Wheat, Hard Red	12.5	304~309	0.1281-0.1367
	Wheat, Hard Red	14.0	299~306	0.1367-0.1419
	Wheat, Soft White	23.0	300	0.1501-0.1601
	Wheat, Soft White	0.7 to 20.3	-	0.1170+0.0011M
Thermal Diffusivity ($\times 10^4$ m ² /h)	Wheat, Hard	9.2	-	4.14
	Wheat, Soft White	0.7 to 20.3	282 to 296	3.34-0.0245M

(라) 저장공정

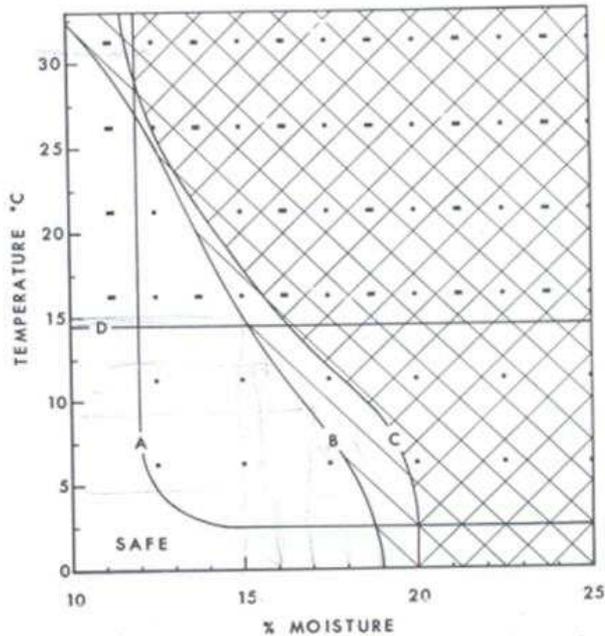
① 우리나라 벼의 저장시설 및 운영기술

○ (저장시설) RPC에서 건조된 벼는 사일로 및 사각빈과 같은 저장시설에서 산물로 저장되거나, 폴리카보네이트 배에 담겨 야적 또는 양곡창고, 간이집하장 및 저온저장고 등에 적재 저장되고 있는데, 정부에서 2010년 12월 31일 기준으로 조사한 저장시설의 종류 및 저장능력은 다음 표 3-2-45와 같았으며, 표에서 알 수 있듯이 총 저장능력은 1,808,865톤이었고, 이중에서 사일로의 저장능력이 1,182,987톤으로 전체 저장능력의 65.4%를 차지하였으며, 평창고 23.8%, 사각빈 10.8%이었음. 이 조사결과에는 야적물량이 포함되지 않았음. 한편, 농림축산식품사업(14. 고품질쌀유통활성화사업)으로 보급되는 저장시설은 산물(散物, bulk)상태로 저장할 수 있는 시설로 한정되어 있으며, 기준이 되는 저장시설은 사일로임

표 3-2-45. 저장시설별 저장능력 비율(2010년 12월 31일 기준, 국립농산물품질관리원)

구 분	저장시설능력			계
	사각빈	사일로	평창고	
저장능력(톤)	194,483	1,182,987	431,395	1,808,865
비율(%)	10.8	65.4	23.8	100.0

- (저온저장시설 1) RPC에서 벼의 냉각의 목적은 ㉠ 식미유지, ㉡ 호흡억제, ㉢ 저장시설내부 결로방지, ㉣ 미생물 및 해충의 생육억제 등이며, 특히, 벼의 경우 밀 등 다른 곡물에 비해 바구미나 화랑곡나방에 비교적 강하며, 저장기간이 가을철부터 익년 봄 또는 하절기정도까지이므로 건조후 저장시점에서 외기에 의한 방냉이 가능하며, 겨울철 외기의 이용이 가능하므로 RPC에서 냉각저장의 필요성에 대해 절실하게 인지하고 있지는 않음
- (저온저장시설 2) 벼의 냉각저장에 사용되는 저온저장시설은 저온저장고, 곡물냉각기, 냉각기부착사일로 등이며, 일반 사일로 등 산물저장고의 경우 동절기 외기를 이용하여 냉각하는 방식을 주로 사용하고 있으며, 냉각온도는 Burges and Burrell(1964) 및 독일의 냉각기생산업체인 Sulzer-Escher Wyss(1989)에서 제안한 저장온도를 기초로 벼 함수율 15%일 때 15℃를 기준으로 하여, 함수율이 1% 낮아지면 곡물온도는 5℃를 낮추어 저장하는 것을 기준으로 하고 있음



(· = mites breeding, - = insects breeding, /// = fungal growth, \\ = germination less and spoiled baking quality)

그림 3-2-39. 함수율에 따른 곡물의 안전저장온도(Burges and Burrell, 1964)

표 3-2-46. 함수율에 따른 안전저장기간(Sulzer-Escher Wyss, 1989)

구 분	종자용		식 용	
	저장온도(℃)	저장기간	저장온도(℃)	저장기간
12~15	9~12	영구	10~14	영구
15~16.5	8~10	1~1.5년	10~12	영구
16.5~18	5~7	4~6월	8~10	6~13월
18~20	5	2~3월	8~10	3~9월
20~22	5	3~4주	8~10	10~25주
22~25	5	1~2주	5~8	5~20주
25~30	4~5	2~3일	4~5	14~30일

○ (저장시설 운영기술) 대부분의 벼는 상온저장이거나, 동절기 외기로 냉각저장한 것으로서 저장중 중요관리항목은 함수율과 곡온이며, 이를 위해 국내산 벼의 경우 함수율과 저장온도에 따른 호흡식(김 등, 2000)이 개발되었으며, 호흡열의 제거를 위한 통풍조건 0.04~0.8m³/min/m³, 외기온도 변화에 따른 저장시설간 곡물의 순환 등의 운영조건과, 냄새에 의한 저장 벼의 품질예측 등이 주된 운영조건으로 거론되고 있으며, 벼의 특성 및 저장기간상 RPC에서는 저장중 훈증은 실시하지 않고 있음. 또한, 건조된 벼에서 일반적으로 함수율이 높은 이물질로 인한 저장중 부패방지를 위해 건조후 장기저장중 조선키를 다시 통과시키는 재정선의 필요성이 강조되고 있음

② 우리나라 밀의 저장시설 및 운영기술

○ (저장시설) 박 등(2005)은 약 4개소의 우리밀을 취급하는 시설의 저장시설에 대한 조사결과, 40kg P.P마대 형태로 야적 및 상온창고에 저장되고 있어 품질저하는 물론 운반비 상승을 초래한다고 보고하였는데, 본 연구와 관련하여 조사한 결과, 우리밀 건조·저장시설의 경우에는 주로 사일로에서 산물상태로 저장하였으나, 기타 소규모의 우리밀 취급 농가 및 업체에서는 평창고에서 마대 또는 폴리콘백형태로 저장하고 있었으며, 저온저장고에서 15℃이하로 저장하는 경우도 있었음

○ (밀 저장시 품질저하형태) 저장 중 품질저하 및 손실은 물리학적, 생물학적 및 생리학적 손실로 구분되며, 물리학적으로는 취급과정 중 물리적인 손상, 생물학적으로는 저장 중 발생하는 미생물, 해충, 조류, 서류 등에 의한 손실을 말하며, 생리학적 손실은 호흡에 의한 건물중량손실을 의미함. 물리적 손실로 인한 파손립과 미세분말은 해충 및 미생물의 증식에 영향을 줄 수 있으며, 밀 저장중 영향을 미치는 주요 해충으로는 바구미(학명 *Sitophilus oryzae* L), 화랑곡나방(학명 *Plodia interpuncta*), 보리나방(학명 *Sitotroga cerealella* Oliv.)등이 있으며(Satake, 2012), 밀의 저장중 가장 중요한 항목은 밀의 흡습 및 방습, 바구미 등 해충발생의 방지로써, 관련된 주요 연구는 이미 정립된 단계임

○ (밀의 평형상대습도 및 호흡특성) 먼저, 밀의 흡습 및 방습과 관련하여 평형함수율(equilibrium moisture content) 및 평형상대습도(equilibrium relative humidity)에 관한 모델은 다음 표 3-2-47

과 같았으며(ASABE standards, 2011), 이중에서 가장 일반적으로 사용되고 있는 Modified Chung-Pfost equation으로 밀(Hard Red Spring)에 대해 평형함수율을 계산한 결과는 다음 표 3-2-46과 같았음. 한편, 벼에 대해서는 Arrhenius식형태의 저장온도 및 함수율에 대한 2차 다항식을 포함한 비선형형태의 호흡식이 식 3-2-4과 같이 개발(김 등, 1999)되었으나, 밀의 경우 저장중 온도 및 함수율에 따른 건물중량손실을 등을 예측할 수 있는 유용한 호흡식을 아직까지 찾아볼 수 없는 실정임

표 3-2-47. 밀의 평형상대습도 및 평형함수율모델

a. Modified Henderson equation	$ERH = 1 - \exp[-A \times (T + C) \times (MC_D)B]$
b. Modified Chung-Pfost equation	$ERH = \exp[-\frac{A}{T+C} \exp(-B \times MC_D)]$
c. Modified Halsey equation	$ERH = \exp[-\frac{\exp(A + B \times T)}{(MC_D)^c}]$
d. Modified Owsin equation	$ERH = [(\frac{A + BT}{MC_D})^2 + 1]^{-1}$
g. Guggenheim-Anderson-deBoer (GAB) equation	$MC_D = \frac{A \times B \times CERH}{(1 - B \times ERH)(1 - B \times ERH + B \times C \times ERH)}$
여기서, ERH : 평형상대습도(%), T : 온도(°C), MC _D : 함수율(% , d.b.), A, B, C : 상수	

표 3-2-48. 저장온도 및 상대습도에 따른 밀(HRS)의 평형함수율(% , w.b.)

온도 (°C)	상대습도 (% , RH)															
	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95
10	7.1	7.8	8.5	9.1	9.7	10.2	10.8	11.4	12.0	12.6	13.3	14.0	14.8	15.8	17.1	19.0
15	7.0	7.7	8.3	8.9	9.5	10.1	10.6	11.2	11.8	12.4	13.1	13.9	14.7	15.7	16.9	18.8
20	6.7	7.4	8.1	8.7	9.3	9.9	10.5	11.0	11.7	12.3	13.0	13.7	14.5	15.5	16.8	18.8
25	6.5	7.2	7.9	8.5	9.1	9.7	10.3	10.9	11.5	12.1	12.8	13.6	14.4	15.4	16.7	18.6
30	6.4	7.1	7.7	8.3	8.9	9.5	10.1	10.7	11.3	12.0	12.7	13.4	14.2	15.3	16.6	18.5
35	6.1	6.9	7.5	8.2	8.8	9.3	9.9	10.6	11.2	11.8	12.5	13.3	14.2	15.2	16.5	18.4
40	5.9	6.6	7.3	8.0	8.6	9.2	9.7	10.4	11.0	11.7	12.4	13.1	14.0	15.0	16.3	18.3
45	5.7	6.5	7.1	7.8	8.4	9.0	9.7	10.2	10.9	11.5	12.2	13.0	13.9	14.9	16.2	18.2
50	5.6	6.3	7.0	7.7	8.3	8.8	9.5	10.1	10.7	11.4	12.1	12.9	13.8	14.8	16.1	18.2

$$R = (a+bM+cM^2) \exp\left(-\frac{d+eM+fM^2}{T}\right) \dots\dots\dots(3-2-4)$$

여기서, M : 함수율(%, d.b.)
 T : 곡물의 온도(K)
 a, b, c, d, e, f : 계수

- **(밀의 적정 저장함수율)** 밀의 적정 저장함수율은 전술한 바와 같이 Brooker 등(1974)은 1년 저장시 13~14%, 1년 이상 저장시에는 11~12%가 적당하다고 하였으며, Burges and Burrell(1964)은 발아율과 제빵특성을 고려할 때 15%는 15℃에서 저장하는 것이 적당하다고 하였음. 전술한 바와 같이 우리나라 밀 품위규격중 함수율 최고한도는 13%이며, 국내의 농가 및 건조·저장시설에서 저장밀의 함수율을 통상 12%로 유지하려고 노력하고 있었는데, 이상의 결과를 종합적으로 고려할 때 약 12% 수준으로 유지하는 것이 타당할 것으로 판단되었으며, 앞의 Modified Chung-Pfost equation로 밀의 평형상대습도를 나타낸 표와 같이 하절기 외기온도를 약 30℃수준으로 가정할 경우 상대습도 65% 이내에서는 흡습의 우려는 없을 것으로 판단되었음
- **(밀의 적정 저장온도 및 훈증 1)** 전술한바와 같이 밀은 벼보다 해충에 대단히 취약한 곡물로서 바구미, 화랑곡나방, 보리나방 등 해충의 생육을 억제하기 위해서는 곡온을 15℃이하로 유지하거나, 훈증하는 방법밖에 없는데, 우리밀의 경우 6월 중하순에 수확되어 건조된 다음 저장시설에 저장되는데, 외기 온도가 높고, 장마기간과 겹치는 경우가 많아 외기온도가 약 30~33.7℃(2013년 경남합천의 경우)로 높아 건조가 완료된 이후 방냉이 어려워 초기 곡온이 높은 상태에서 저장되고 있었고, 전술한 농가 및 건조·저장시설에서 저온저장고에서 15℃이하로 저장한 사례는 1건에 불과하였으며, 이외에 창고 및 사일로에서 하절기에는 훈증을 실시하고 있었음
- **(밀의 적정 저장온도 및 훈증 2)** 일반적으로 훈증제가 가져야 할 중요한 요소로는 ① 목표해충에 대해 고도의 독성을 가질 것, ② 사람 및 가축에는 무해할 것, ③ 고도의 휘발성 및 침투력을 가질 것, ④ 금속에 대해 부식성이 없을 것, ⑤ 발화나 폭발위험이 없을 것, ⑥ 종자발아력에 영향을 미치지 않을 것, ⑥ 경제적, 환경에 무해할 것 등이며, 이러한 조건을 만족하는 훈증제 사용을 요하며, 이러한 조건을 부분적으로 만족하는 훈증제로는 methyl bromide 및 hydrogen phosphide 등이 많이 사용되고 있음(이 등, 2010)
- **(장기저장전 재정선 및 저장중 곡물관리)** 일반적으로 저장중 호흡에 의해 발생하는 호흡열의 제거를 위해서는 통풍 또는 통기(aeration)를 통풍조건 0.04~0.8m³/min/m³에서 실시하고, 외기온도 변화에 따른 저장시설간 곡물의 순환(rotation)을 실시하여야 하나, 외기온도가 지나치게 높거나 습한 환경에서는 통풍과 순환을 실시하기 어려우므로 이에 대한 운영방법의 정립이 필요하였음. 또한, 불건전한 밀알 및 이물은 곰팡이 및 해충의 오염원으로 작용할 수 있으며, 통풍시 공기통로를 막아 공기흐름을 저해하므로 장기 저장전에 재정선을 통해 깨끗이 제거하는 것이 좋으나, 아직 재정선을 실시하는 건조·저장시설은 찾아볼 수 없었음

(마) 선별공정

① 우리나라 벼의 선별시설 및 운영기술

○ (선별시설 및 운영기술) RPC에서 건조된 벼는 사일로 및 사각빈과 같은 저장시설에서 산물로 저장되거나, 폴리카본백에 담겨 야적 또는 양곡창고, 간이집하장 및 저온저장고 등에 적재 저장되며, 저장 후 가공을 위해 이송 또는 판매될 경우에도 별도의 선별공정을 거치지 않는

② 우리나라 밀의 선별시설 및 운영기술

○ (선별시설의 필요성) 전술한 바와 같이 우리밀의 건조·저장시설 및 농가에서는 별도로 정선을 실시하지 않는 반면, 일본의 경우 CE에서 저장후 풍력선별, 진동선별, 입선별 및 비중선별을 통해 정선된 원맥을 공급하고 있음. 전술한바와 같이 우리나라 밀 소비업체에서는 정선되면서 균일한 품질의 원맥을 요구하고 있는 점을 감안할 때 장기적으로 밀 정선시설에 대한 필요성의 검토가 필요하였음

○ (선별시설의 설계 및 운영기술) 원맥의 정선에는 기류선별인자를 이용한 풍력선별, 기하학적특성을 이용한 체선별, 칼라특성을 이용한 칼라선별, 비중특성을 이용한 비중선별 등 4가지 종류의 선별을 고려할 수 있으나, 밀의 각 성상 및 이물질별 선별을 위해 필요한 선별인자에 관한 연구는 찾아보기 어려웠음. 다만, 밀의 비중에 대하여 일부 자료(ASABE standards, 2011)가 발표되어 있으나, 성상 및 이물질별 자료는 찾아보기 어려워 이에 대한 연구가 필요하였음

표 3-2-49. 밀의 비중 및 공극율(ASABE standards, 2011)

Grain	Variety	Moisture constant (%, w.b.)	Air space or voids in bulk(%)	Kernel specific gravity
Wheat, hard	Turkey, winter	9.8	42.6	1.30
Wheat, hard	Turkey, winter (yellow)	9.8	40.1	1.29
Wheat, soft	Harvest, queen	9.8	39.8	1.32
Rice	Honduras	11.9	50.4	1.11
Rice	Wataribune	12.4	46.5	1.12

(바) 기타

① 우리나라 벼의 기타 운영기술

○ (감모) RPC중 비율이 높은 농협RPC의 경우, 반입, 건조, 저장 및 가공중 발생하는 감모로 인해 개인 배상, 자살 등의 사례가 있어 감모기준에 대한 RPC 관심이 대단히 높은 상태로서, 농협중앙회에서는 한국식품연구원에 의뢰하여 2000년 및 2013년에 각각 감모량기준을 재설정하였음. 다음 표 3-2-50은 2013년에 발표된 RPC에서의 감모기준으로서, 인정감모량(안)은 약 2.94%에 달하고 있음

표 3-2-50. RPC에서 산물처리에 따라 발생하는 인정감모량(한국식품연구원, 2013)

공정	주요 감모 형태	증량감모량 측정치	이론적 증량감모량	인정감모량 (안)	비 고
① 반입	이물질배출에 의한 실증량감모	0.34%(0.03~1.31%)	-	-	비인정감모(트럭스 케일만의 계량)
② 건조	이물질배출에 의한 증량감모	0.39%(0.02~1.28%)	0.36%	0.33%	순환식건조기 기준
③ 저장	호흡 및 통풍에 의한 증량감모	1.72%(0.25~4.28%) (0.29%/월)	1.61% (0.28%/월)	1.22% (0.20%/월)	6개월 저장기준
④ 이송	수분증발 및 이물질 배출에 따른 증량감모	0.77%(0.55~1.40%)	0.77%	0.77%	건벼 이송 기준
⑤ 가공	수분증발 및 분진배출에 따른 증량감모	2.36%(0.97~3.64%)	0.99%	1.39%	
소계	②+③+④+⑤	5.24%(1.79~10.60%)	3.73	3.71	①은 제외
소계	②+③+⑤	4.47%(1.24~9.20%)	2.96	2.94	①, ④제외

○ (이력추적, 품질 및 물량관리를 위한 u-RPC모델개발) WTO체제하에서 우리나라 쌀산업의 경쟁력강화와 안전한 고품질쌀을 요구하는 소비자의 needs에 따라 규모화되면서 안전성이 확보된 RPC의 필요성이 증가하면서 정부에서는 고품질쌀브랜드육성사업을 통해 제 2세대 RPC를 2007년부터 보급하고 있으며, 2013년 현재 46개소가 보급되고 있음. 2019년까지 총 100개소를 보급할 계획으로 특징은 규모화, 안전성 및 자동화이나, 주로 가공공정에 한정되어 field와 DSC, DSC와 RPC의 이력, 물량 및 품질관리가 불가능하므로 GIS 및 LBS와 같은 IT, NIR/Machine vision 등의 기술의 융합을 통한 제3세대 RPC모델인 u-RPC모델이 개발되고 있음

② 우리나라 밀의 기타 운영기술

○ (객관적인 실증량거래체계 구축) 밀의 산물수매를 위해서는 밀의 객관적인 실증량거래를 위하여 정립 및 비정립의 가격, 이물질의 혼입량 등을 정확하게 계량하여 가격에 반영하여야 하며, 우리나라

밀 품위규격중 함수율 최고한도가 13%이므로 약 12%를 기준으로 하는 등 객관적인 실증량거래체계에 적합한 매입기준의 설정이 필요함

- (감모기준설정) 우리밀의 건조·저장시설의 운영주체가 개인인 경우는 제외하고, 농협 및 법인인 경우 계량, 건조, 저장 및 선별공정에서의 감모량에 대한 기준이 필요하며, 이를 바탕으로 재고량의 예측기술도 개발되는 것이 필요함

(사) 수확후 공정별 품질저해요인 분석 총괄

- 앞의 고찰 및 표에서 알 수 있듯이 ① 벼/밀 2모작 체계하에서 밀 반입함수율은 지나치게 높아질 수밖에 없고, ② 바구미, 흡습 등 저장성이 낮은 반면, 외기 온습도가 높은 하절기의 저장이 필수라는 점에서 밀은 벼에 비해 취약한 수확후 관리체계상의 특성을 가지고 있음
- 또한, 우리밀의 건조·저장시설과 관련하여서는 ① 우리밀은 수입밀의 일부를 대체하는 수준으로 우리밀 판매처가 한정되어 향후 벼에 비해 자체적인 품질, 가격 등의 결정권이 낮아질 수밖에 없어 시설 과대투자로 인한 채산성 악화가 우려되며, ② 약 20년에 걸쳐 장기적으로 시설 및 운영조건 등에서 문제점을 개선해 온 벼의 DSC에 비해 관련 연구개발 및 경험이 거의 없어 현재 설치되는 시설 수준에 한계가 있으며, ③ 시설수준 및 성능유지, 투자비용 효율화를 위한 객관적 제도구축도 없다는 점 등의 문제점이 있음
- 이와 같은 우리밀의 수확후 관리기술 및 건조저장모델개발을 위하여 현재까지 각 공정별로 발생 가능한 품질저해요인과 연구개발방향을 정리한 결과는 표 3-2-51과 같았음

표 3-2-51. 품질저해요인 및 향후 연구개발방향

항목	품질저해요인 및 향후 연구개발방향
주요 품질인자	<ul style="list-style-type: none"> · 벼 : 동할율, 지방산가, 발아율, 백도, 도정수율(감모)이 관심사 · 밀 : 이물질, 함수율, 단백질함량, 회분함량, 제분수율, 바구미, 변색 등이 관심사
반입공정	<ul style="list-style-type: none"> · 약 35.7%수준까지의 고수분의 반입 → 다짐 및 막힘, 손상립발생 - 이송, 정선, 계량, 건조시설의 설계에 필요한 함수율별 기초 설계자료(산물밀도, 안식각, 비중 등)측정 필요 - 반입 적정함수율 권유, 반입능력확충, 반입예약제 등 제도도입 필요
정선 및 계량공정	<ul style="list-style-type: none"> · 고수분으로 수분계측 및 정선불량 → 실중량거래 한계로 농민불만 - 함수율별 이물질선별율 조사, 정상 및 이물질별 선별인자 측정 필요 - Hopper scale 측정정도조사 및 측정방법(전기저항식, 검교정체계 등)개선 - 실중량거래체계 구축을 위한 제도도입 필요
건조공정	<ul style="list-style-type: none"> · 약 35.7%수준까지의 고수분 건조필요 → 건조지연시 변질, 다짐 및 막힘발생 - 함수율별 곡온별 호흡특성, 강도변화, 호화특성 측정 필요 - 시뮬레이션에 의한 적정건조조건(온도, 건조시간, 건감율 등) 설정 필요 - 통풍 및 임시저류빈 설치 등 시설개선방안 설정 필요
저장공정	<ul style="list-style-type: none"> · 하절기 저장 필수 → 해충, 흡습 등에 취약해 품질저하 및 손실초래 - 장기저장전 재정선 공정도입용 이물질함수율변화 등 기반실험 필요 - 저장온도별 저장실험 필요 - 냉각저장 및 훈증 등 저장방법 설정에 대한 비용검토 필요
선별공정	<ul style="list-style-type: none"> · 현재 별도 선별, 품질관리시설 없음 → 우리밀 매입자의 불만 및 품질개선요구 - 기하학적선별, 기류선별, 칼라선별 및 비중선별인자 구명 필요 - 정상별 선별인자에 따른 선별공정 재구성을 위한 비용검토
운영관리	<ul style="list-style-type: none"> · 자의적 시설설치 및 운영 → 건조·저장시설의 적자가능성 상존 - 감모기준 설정 및 재고량 예측기술개발 필요 - 효율적인 우리밀 건조·저장시설모델, 시설 및 운영기준개발 필요 - 합리적 시설수준 및 성능유지, 투자비용 효율화를 위한 제도구축 필요

2. 우리밀 건조저장시설 설계인자 구명

가. 국내외산 저장(유통)밀의 품질특성 및 성상별 선별인자 구명

- 당초에는 농가 및 우리밀 건조·저장시설에 저장된 밀을 수집하여 품질특성을 측정할 계획이었으나, 저장된 밀의 품종을 모르는 경우가 많았고, 저장물량이 적었으며, 수집된 시료수에 비해 저장형태가 다양하여 저장형태별 저장밀의 품질특성의 구명에는 한계가 있었음
- 이에 따라 품종이 확실하며, 저장량이 충분한 가공직전의 우리밀 5품종과, 우리나라에 주로 수입되고 있는 수입밀 5품종을 수집하여 품질특성을 측정하였고, 곡물의 선별에 사용되고 있는 기류선별, 비중선별, 기학적선별 및 칼라선별 등의 선별인자를 측정하였으며, 벼 및 보리 등과의 공용시설의 설치 시 사용이 용이하도록 벼 및 보리 각각 1품종에 대해서도 동일한 실험을 실시하였으며, 그 결과는 다음과 같았음

(1) 재료 및 방법

(가) 실험재료

- 실험에 사용한 우리밀은 금강(2012), 조경(2012), 백중(2012), 적중(2012) 및 찰밀(2012) 등 5품종이었고, 수입밀은 HRW(Hard Red Winter Wheat, 미국), NS(Northern Spring, 미국), SW(Soft White, 미국), CWRS(Canadian Western Red Spring, 캐나다), ASW(Austrian Standard White, 호주) 등 5품종이었으며, 기타 곡물은 벼(2012, 남평) 및 쌀보리(2012, 국내산) 등이었음
- 우리밀과 수입밀은 2013. 2 ~ 2013. 3월경에 CJ제일제당, 한국우리밀농업협동조합 및 밀다원에서 구입하였고, 쌀보리는 농협하나로마트에서 구입하였으며, 벼는 경상남도 함양에 소재하는 농협RPC에서 각각 구입하여 사용하였음
- 원료맥은 저장중 품질과 선별인자를 측정하였는데, 먼저 저장중 품질은 산물밀도, 용적중, 천립중 및 품위 등 일반물성과, 함수율, 조단백질, 회분 및 지방산가 등 이화학적 특성을 측정하였으며, 선별인자로는 체선별을 위한 장, 단축길이, 두께 등 기화학적 선별인자, 기류선별을 위한 종말속도, 칼라선별을 위한 Lab 칼라, 비중선별을 위한 비중 등을 각각 측정하였음

표 3-2-52. 실험에 사용된 원맥

구분	품 종	연산, 산지 및 주용도	구입처
우리밀	금강	2012년산(제면(건면용))	CJ제일제당
	조경	2012년산(제빵용)	CJ제일제당
	백중	2012년산(제면(생면용))	한국우리밀농업협동조합
	적중	2012년산(국수용)	한국우리밀농업협동조합
	찰밀	2012년산(국수 및 쿠키용)	한국우리밀농업협동조합
수입밀	HRW(Hard Red Winter Wheat)	2011년산, 미국(제빵용)	CJ제일제당
	NS(Northern Spring)	2011년산, 미국(제빵용)	CJ제일제당
	SW(Soft White)	2011년산, 미국(납작빵, 케익, 과자, 국수류용)	CJ제일제당
	CWRS(Canadian Western Red Spring)	2012년산, 캐나다(제빵용)	밀다윈
	ASW(Austrian Standard White)	2012년산, 호주(표준백색밀, 납작 및 찌빵용)	밀다윈
보리	쌀보리쌀	국내산(2012년산)	농협
벼	남평	국내산(2012년산)	RPC

(나) 실험방법

○ 산물밀도(散物密度, bulk density)는 김 등(2013)에서 사용한 USDA방법을 준용하여 다음 그림 3-2-40와 같은 산물밀도측정장치(Weight per bushel test apparatus, Seedburo사, USA)로 측정하였으며, 이물질의 혼입여부가 산물밀도에 미치는 영향을 확인하기 위하여 이물질이 혼입된 상태와, 이물질을 제거한 정립상태에서 각각 산물밀도를 측정하였으며, 이물질의 제거에는 다음 그림 3-2-42과 같이 제작된 풍동장치를 이용하였으며, 동일 시료에 대해 5회씩 측정하여 평균값을 사용하였음

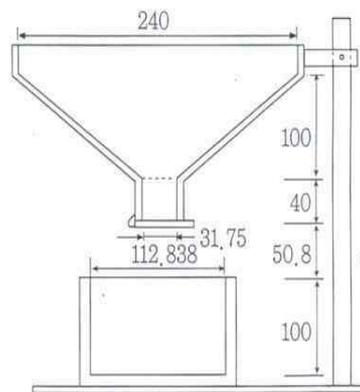


그림 3-2-40. 산물밀도 측정장치의 주요 제원(mm) 및 Seedburo사의 산물밀도 측정장치

- 함수율(% , w.b.)은 ASABE Standards(2011)의 측정방법으로 측정하였으며, 밀은 10g시료-130℃-19시간, 보리는 10g시료-130℃-20시간, 벼는 10g-135℃-24시간 건조법으로 측정하였으며, 단립 수분계(CTR-500EH, Shizuoka Seiki, Japan)로 3회 측정하여 평균값을 사용하여 비교하였음. 용적 중(g/L)은 1,000ml 메스실린더에 시료를 충전한 후 무게를 측정하였으며 3회 측정하여 평균값을 사용하였음
- 밀의 단백질함량 및 회분함량은 각각 AACCC(46-12, 08-01)방법에 준하여 측정하였으며, 시료 40g을 분쇄기(Cyclotec. 1093 sample mill, Sweden)로 분쇄한 후, 시료 1g을 분획한 후 Kjeldahl method로 단백질함량을 측정하였고, 회분은 회화료(C-FMD, Chang Shin Scientific Co., Korea)을 이용하여 3g-600℃-4시간 방법으로 측정하였음
- 지방산가(mg KOH/100g drymatter)는 AACCC방법에 준하여 시료 10g을 원통여지에 담은 후 탈지면으로 가볍게 충전하고, soxhlet추출 장치에서 용매 pet. ether를 이용하여 16시간 동안 추출한 후 회전감압농축기를 이용해 지방성분만 취한 후 0.02% BAP(Benzene Alcohol Phenolphthalen)용액 50ml로 재용해 시킨 후 표준색인 분홍색이 될 때까지 0.0178N KOH로 적정함. 얻어진 결과값은 다음 식에 의해 지방산가로 환산하며, 3회 측정 후 평균값을 사용하였음

$$Fat\ Acidity\ (mg\ KOH/100g\ drymatter) = \left(\frac{(T - B) \times 10}{100 - W} \right) \times 100 \dots\dots\dots (3-2-5)$$

여기서, T : 시료 적정 시 0.0178N KOH의 소비량
 B : 공실험 적정 시 0.0178N KOH의 소비량
 W : 시료의 함수율

- 성상별 분류는 국립농산물품질관리원(고시 제2012-64호)의 방법에 의거하여 수작업으로 발아립, 병해립, 부패립, 충해립, 파쇄립, 착색립 등 손상된 낱알인 피해립(damaged kernel)과, 밀 외의 다른 곡립인 이종곡립(other grain), 곡립외의 것인 이물(foreign material)로 분류하여 선별하였음. 피해립과 크기 및 색에서 차이를 나타내는 사립은 별도로 구분하여 선별하였으며, 정립은 대, 중, 소로 크기를 구분하여 선별하였음



수작업에 의한 선별작업 및 품위실험



정립(대, 중, 소)



피해립



사립



이중곡립(벼)



이물질(밀대 등)

그림 3-2-41. 수작업으로 정상별로 분류한 예(금강)

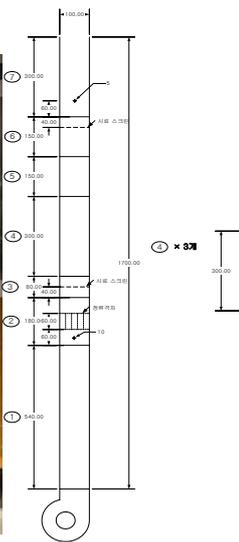
- 체선별기 설계에 필요한 기하학적특성은 각 정상별 100립을 화상분석기(Image Pre-plus ver 4.5.1.22, Hi-Rox Hi-scop compact micro vision system, KH-2200, MD3)로 장축길이(length), 단축길이(width), 면적(area) 및 원형율(roundness)을 각각 측정하였으며, 두께는 버니어캘리퍼스(Digimatic caliper CD-15CP, Mitutoyo Co., Japan)로 최대 및 최소두께를 각각 측정하였음



화상분석기



종말속도 측정용 풍동



비중계

그림 3-2-42. 기하학적선별, 기류선별용 및 비중선별을 위한 선별인자 측정장치

- 성상별 칼라선별을 위한 색도측정은 색차계(CM-700d, Konica Minolta, Japan)를 이용하였으며, 기류선별을 위한 종말속도(終末速度, terminal velocity)는 김 등(2005)이 제작한 풍동장치를 사용하였으며, 비중선별을 위한 비중은 측정도중 흡습을 방지하기 위하여 톨루엔(60%용액사용, 15℃에서의 비중 0.839)을 사용하였고, 톨루엔의 온도를 15℃로 유지하면서 전자비중계(Radwag, AS-220/x, Poland)로 측정하였으며, 다음 식 (3-2-6)와 같이 계산하였고, 밀 100립의 평균값을 사용하였음

$$p = \frac{A}{A-B} \times p_0 \dots\dots\dots (3-2-6)$$

여기서 p : 비중(-)

A : 공기중의 무게(g)

B : 물속에서의 무게(g)

p₀ : 액체의 비중(-)

- 기하학적선별, 기류선별, 칼라선별 및 비중선별을 위한 선별인자에 대한 각 성상별 비교분석 및 유의수준 분석은 통계프로그램(SAS ANOVA Proc.)으로 실시하였음

(2) 결과 및 고찰

(가) 국내외산 저장(유통) 밀의 품질특성

① 저장(유통)밀의 일반물성

- 다음 표 3-2-53은 저장(유통)중인 우리밀 5품종, 수입물 5품종 및 이중곡립 2품종의 산물밀도, 용적중, 1000립중 및 품위를 각각 나타낸 것임. 표에서 알 수 있듯이 평균적인 산물밀도는 우리밀이 약 815.6kg/m³, 수입밀이 823.2kg/m³으로서 Nelson(1980)식(ASABE standards, 2011)으로 계산한 산물밀도에 비해 다소 높게 나타났음. 한편, 쌀보리의 산물밀도는 828.1kg/m³, 벼는 575.7kg/m³으로서 쌀보리는 밀보다 다소 컸으며, 벼는 밀보다 적었으며, 수입밀이 우리밀보다 다소 높게 나타났음

표 3-2-53. 국내외산 저장(유통)밀의 일반물성

구 분	우리밀							수입밀						타 곡물	
	금강	조경	백중	적중	찰밀	평균	HRW	NS	SW	CWRS	ASW	평균	쌀보리	벼	
산물 밀도 (kg/ m ³)	정선 전***	798.6 ^g	830.8 ^a	798.6 ^g	813.1 ^c	820.5 ^b	812.3	801.7 ^f	810.6 ^d	805.1 ^e	809.2 ^d	829.4 ^a	811.2	828.1 ^a	575.7 ^h
	정선 후***	801.3 ^g	834.0 ^b	804.7 ^f	816.4 ^e	821.6 ^d	815.6	817.2 ^e	817.8 ^e	823.5 ^c	818.0 ^e	839.4 ^a	823.2	-	-
용적중 (g/l)	854.8 ^{cd}	876.5 ^a	849.4 ^d	859.6 ^{bcd}	866.5 ^{abc}	861.4	852.9 ^{cd}	859.2 ^{bcd}	855.1 ^{cd}	848.1 ^d	868.1 ^{ab}	856.7	853.1 ^{cd}	602.0 ^e	
천립중 (g)	46.26 ^b	48.22 ^a	40.58 ^d	42.58 ^c	35.25 ^f	42.58	31.68 ^h	34.40 ^g	37.75 ^e	37.21 ^e	42.48 ^c	36.70	19.88 ^j	26.17 ⁱ	
품위 (%)	정립***	88.97 ^b	86.32 ^b	84.52 ^b	79.14 ^c	84.61 ^b	84.71	95.77 ^a	94.10 ^a	96.15 ^a	84.25 ^b	97.39 ^a	93.53	73.59 ^d	97.25 ^a
	피해 립***	10.97 ^c	13.62 ^c	15.24 ^{bc}	19.74 ^b	14.66 ^c	14.85	3.66 ^d	5.64 ^d	3.62 ^d	15.66 ^{bc}	2.23 ^d	6.16	25.86 ^a	2.09 ^d
	이물***	0.05 ^c	0.06 ^c	0.24 ^{bc}	1.11 ^{ab}	0.46 ^{ab}	0.38	0.03 ^c	0.03 ^c	0.20 ^{bc}	0.09 ^c	0.24 ^{bc}	0.12	0.00 ^c	0.67 ^a
	이종곡 립***	0.01 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.27 ^a	0.06	0.54 ^a	0.19 ^a	0.03 ^a	0.01 ^a	0.11 ^a	0.18	0.55 ^a	0.00 ^a

주 1. *(p<0.05), **(p<0.01), ***(p<0.001)수준에서 유의적인 차이가 있음

주 2. abcde : column내에서 같은 알파벳은 같은 수준임

- 용적중은 우리밀(861.4g/L)>수입밀(856.7g/L)>쌀보리(853.1g/L)>벼(602.0g/L)순이었고, 천립중은 우리밀(42.58g)>수입밀(36.70g)>벼(26.17g)>쌀보리(19.88g)순으로 나타났으며, 정립비율은 벼(97.25%)>수입밀(93.53%)>우리밀(84.71%)>쌀보리(73.59%)순으로 우리밀이 수입밀에 비해 정립비율이 많이 낮았음
- 특히, 우리밀의 피해립(사립포함) 중량비율이 14.85%수준으로 수입밀 6.16%보다 2.4배 이상 높게 나타났으며, 이물질(협잡물)의 중량비율도 0.38%로서 수입밀의 0.12%에 비해 약 0.26%가 높아, 우리밀이 수입밀에 비해 이물질 정선상태는 물론, 선별도 대단히 부족한 것으로 나타났음. 그러나, 국내외산 밀속에 혼입된 이종곡립의 중량비는 우리밀이 0.06%인데 비해 수입밀의 경우 0.18%로서, 이종곡립의 혼입율은 우리밀이 적었음

표 3-2-54. 국내외산 저장(유통)밀의 일반물성

구 분		우리밀						수입밀						타 곡물	
		금강	조경	백중	적중	찰밀	평균	HRW	NS	SW	CWRS	ASW	평균	쌀보리	벼
산물 밀도 (kg/ m ³)	정선 전***	798.6 ^g	830.8 ^a	798.6 ^g	813.1 ^c	820.5 ^b	812.3	801.7 ^f	810.6 ^d	805.1 ^e	809.2 ^d	829.4 ^a	811.2	828.1 ^a	575.7 ^h
	정선 후***	801.3 ^g	834.0 ^b	804.7 ^f	816.4 ^e	821.6 ^d	815.6	817.2 ^e	817.8 ^e	823.5 ^c	818.0 ^e	839.4 ^a	823.2	-	-
용적중*** (g/l)		854.8 ^{cd}	876.5 ^a	849.4 ^d	859.6 ^{abcd}	866.5 ^{abc}	861.4	852.9 ^{cd}	859.2 ^{bcd}	855.1 ^{cd}	848.1 ^d	868.1 ^{ab}	856.7	853.1 ^{cd}	602.0 ^e
천립중*** (g)		46.26 ^b	48.22 ^a	40.58 ^d	42.58 ^c	35.25 ^f	42.58	31.68 ^h	34.40 ^g	37.75 ^e	37.21 ^e	42.48 ^c	36.70	19.88 ⁱ	26.17 ⁱ
품위 (%)	정립***	88.97 ^b	86.32 ^b	84.52 ^b	79.14 ^c	84.61 ^b	84.71	95.77 ^a	94.10 ^a	96.15 ^a	84.25 ^b	97.39 ^a	93.53	73.59 ^d	97.25 ^a
	피해립**	10.97 ^c	13.62 ^c	15.24 ^{bc}	19.74 ^b	14.66 ^c	14.85	3.66 ^d	5.64 ^d	3.62 ^d	15.66 ^{bc}	2.23 ^d	6.16	25.86 ^a	2.09 ^d
	이물***	0.05 ^c	0.06 ^c	0.24 ^{bc}	1.11 ^{ab}	0.46 ^{ab}	0.38	0.03 ^c	0.03 ^c	0.20 ^{bc}	0.09 ^c	0.24 ^{bc}	0.12	0.00 ^c	0.67 ^a
	이종곡 립***	0.01 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.27 ^a	0.06	0.54 ^a	0.19 ^a	0.03 ^a	0.01 ^a	0.11 ^a	0.18	0.55 ^a	0.00 ^a

주 1. *(p<0.05), **(p<0.01), *** (p<0.001)수준에서 유의적인 차이가 있음

주 2. abcde : row내에서 같은 알파벳은 같은 수준임

② 국내외산 저장(유통)밀의 이화학적특성

- 표 3-2-55는 국내외산 저장(유통)밀의 이화학적특성을 나타낸 것임. 전술한바와 같이 우리밀의 매입사에서 우리밀의 높은 함수율에 대한 애로가 있는 것으로 조사되었는데, 표에서 알 수 있듯이 밀의 함수율은 우리밀은 13.30%로서 수입밀의 11.49%에 1.81%정도 높았으며, 조단백질함량은 우리밀이 12.70%, 수입밀이 13.70%이었음
- 한편, 회분함량은 우리밀이 1.68%로서 수입밀 1.55%보다 다소 높았으며, 지방산가는 우리밀 25.30 mg KOH/100g drymatter로서 수입밀의 20.44mg KOH/100g drymatter보다 높았는데, 높은 함수율에 기인한 것으로 판단되었음

표 3-2-55. 국내외산 저장(유통)밀의 이화학적특성

구 분	우리밀						수입밀					
	금강	조경	백중	적중	찰밀	평균	HRW	NS	SW	CWRS	ASW	평균
함수율*** (%, w.b.)	12.71 ^d	14.10 ^b	12.48 ^e	13.06 ^{cd}	14.16 ^b	13.30	11.23 ^g	11.91 ^f	9.96 ^h	13.25 ^c	11.08 ^g	11.49
조단백질*** (%)	11.59 ^e	12.97 ^{cd}	11.61 ^e	13.88 ^b	13.46 ^c	12.70	13.27 ^{bcd}	15.93 ^a	10.33 ^f	16.21 ^a	12.74 ^d	13.70
회분*** (%)	1.71 ^a	1.71 ^a	1.68 ^a	1.65 ^a	1.66 ^a	1.68	1.61 ^a	1.75 ^a	1.36 ^b	1.28 ^b	1.75 ^a	1.55
지방산가*** (mgKOH/100g drymatter)	36.03 ^a	29.75 ^{abc}	9.27 ^f	19.94 ^{de}	31.50 ^{ab}	25.30	21.68 ^{cde}	24.08 ^{abcd}	13.43 ^{ef}	23.37 ^{bcd}	19.66 ^{de}	20.44

주 1. *(p<0.05), **(p<0.01), ***(p<0.001)수준에서 유의적인 차이가 있음

주 2. ^{abcde} : row내에서 같은 알파벳은 같은 수준임

③ 이종곡립과 이물질의 선별인자

- 국내외산 저장(유통)된 우리밀 5품종과 수입밀 5품종에 혼입되어 있는 이물질과 이종곡립을 선별하여 종류별로 분류한 결과는 다음 그림 3-2-43과 같았음. 그림에서 알 수 있듯이 우리밀에는 벼 및 풀씨가 주로 혼입되어 있는 반면, 수입밀에는 콩, 옥수수, 벼 및 풀씨 등이 혼입되어 있었으며, 이물질은 우리밀과 수입밀 모두 밀대, 밀겨 및 이물이 대부분을 차지하고 있었음
- 우리밀 및 수입밀에서 정립, 피해립(사립은 별도로 취급), 이물질간의 선별가능성을 확인하기 위하여 체선별, 기류선별 및 비중선별인자를 측정하였으며, 그 결과는 다음 표 3-2-56와 같았음. 표에서 알 수 있듯이 이물질중 밀대는 체선별이나, 밀겨는 기류선별로 선별이 가능하였으며, 이종곡립은 대부분 비중선별만이 가능하였음

구분		이종곡립 및 이물질 종류			
이종곡립	우리밀	벼 	씨앗 		
	수입밀	콩 	씨앗1 	콘 	씨앗2 
		씨앗3 	씨앗4 		
	이물질	우리밀	밀대 	지푸라기 	이물질 
수입밀		밀마디 	지푸라기 	이물 	

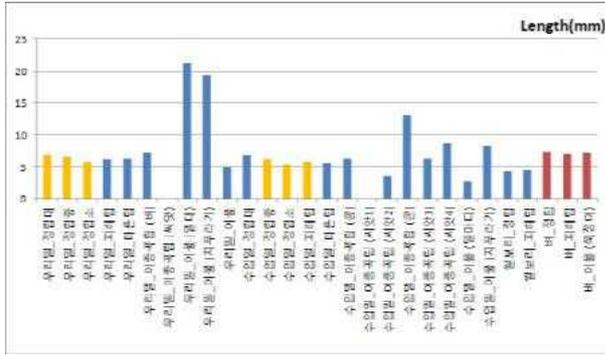
그림 3-2-43. 국내외산 저장(유통)밀에 혼입된 이종곡립 및 이물질의 종류

표 3-2-56. 국내외산 저장(유통)밀의 성상별, 이종곡립 및 이물질 종류별 선별인자

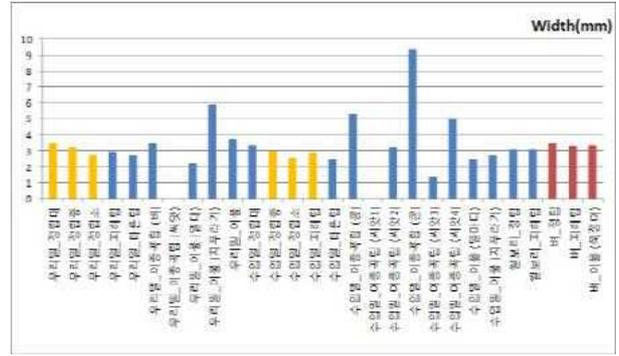
구 분		외형인자				기류인자 종말속도(m/sec)***	비중인자 비중***
		장축길이 (mm)***	단축길이 (mm)***	두께 (mm)***			
				최대	최소		
우 리 밀	정립(대)	6.74 ^{defgh}	3.42 ^{cde}	3.48 ^a	3.02 ^a	6.85 ^{cd}	1.3667 ^a
	정립(중)	6.47 ^{defghi}	3.20 ^{cde}	3.24 ^c	2.91 ^b	6.72 ^{de}	1.3810 ^a
	정립(소)	5.83 ^{efghij}	2.71 ^{cde}	2.74 ^e	2.55 ^e	6.31 ^{def}	1.3604 ^a
	피해립	6.22 ^{defghi}	2.97 ^{cde}	3.04 ^d	2.82 ^c	6.25 ^{defg}	1.3589 ^a
	사립	6.18 ^{defg}	2.67 ^{cde}	2.28 ^f	2.36 ^{fg}	5.29 ^{ij}	1.2800 ^b
	이종곡립(벼)	7.25 ^{defg}	3.42 ^{cde}	-	-	5.76 ^{gh}	1.1484 ^c
	이종곡립(씨앗)	-	-	-	-	7.32 ^b	1.2640 ^b
	이물(밀대)	21.18 ^a	2.23 ^{de}	-	-	-	-
	이물(지푸라기)	19.34 ^b	5.95 ^b	-	-	1.45 ⁿ	-
	이물	4.83 ^{ghij}	3.74 ^{cde}	-	-	-	-
수 입 밀	정립(대)	6.73 ^{defghi}	3.35 ^{cde}	3.41 ^b	2.92 ^b	6.78 ^{cde}	1.3776 ^a
	정립(중)	6.14 ^{efghi}	2.98 ^{cde}	3.05 ^d	2.68 ^d	6.66 ^{de}	1.3739 ^a
	정립(소)	5.47 ^{fghij}	2.57 ^{de}	2.64 ^e	2.36 ^f	6.22 ^{efg}	1.3713 ^a
	피해립	5.90 ^{efghi}	2.87 ^{cde}	2.79 ^e	2.50 ^e	5.92 ^{fgh}	1.3665 ^a
	사립	5.57 ^{fghij}	2.42 ^{de}	2.06 ^g	2.09 ⁱ	4.97 ^{jk}	1.3096 ^{ab}
	이종곡립(콩)	6.29 ^{defghi}	5.34 ^{bc}	-	-	7.60 ^b	1.1905 ^c
	이종곡립(씨앗2)	3.68 ^{jk}	3.24 ^{cde}	-	-	7.21 ^{bc}	1.2917 ^b
	이종곡립(옥수수)	13.11 ^c	9.35 ^a	-	-	9.93 ^a	-
	이종곡립(씨앗3)	6.23 ^{defghi}	1.42 ^e	-	-	4.63 ^k	1.2030 ^c
	이종곡립(씨앗4)	8.60 ^d	4.98 ^{bcd}	-	-	5.08 ^{ijk}	0.7863 ^e
	이물 (밀마디)	2.60 ^k	2.44 ^{de}	-	-	3.55 ^m	-
이물 (지푸라기)	8.16 ^{de}	2.67 ^{cde}	-	-	1.45 ⁿ	-	
쌀 보 리	정립	4.31 ^{ijk}	3.12 ^{cde}	3.02 ^d	2.17 ^h	6.48 ^{def}	1.3693 ^a
	피해립	4.39 ^{hijk}	3.09 ^{cde}	3.01 ^d	2.17 ^h	6.33 ^{def}	1.3711 ^a
벼	정립	7.36 ^{def}	3.46 ^{cde}	3.20 ^c	2.28 ^g	5.51 ^{hi}	1.1484 ^c
	피해립	7.11 ^{defg}	3.30 ^{cde}	2.78 ^e	1.96 ^j	4.05 ^l	1.0702 ^d
	이물 (쪽정어)	7.16 ^{defg}	3.30 ^{cde}	-	-	1.79 ⁿ	-

주 1. *(p<0.05), **(p<0.01), ***(p<0.001)수준에서 유의적인 차이가 있음

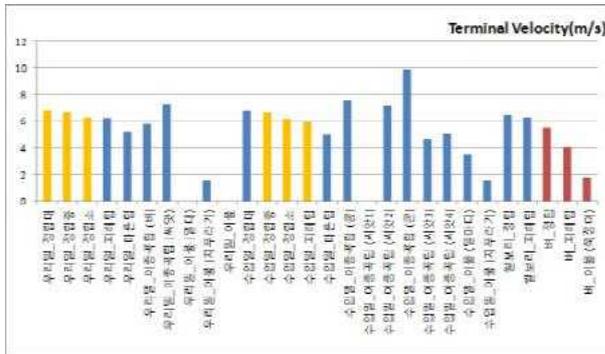
주 2. ^{abcde} : column내에서 같은 알파벳은 같은 수준임



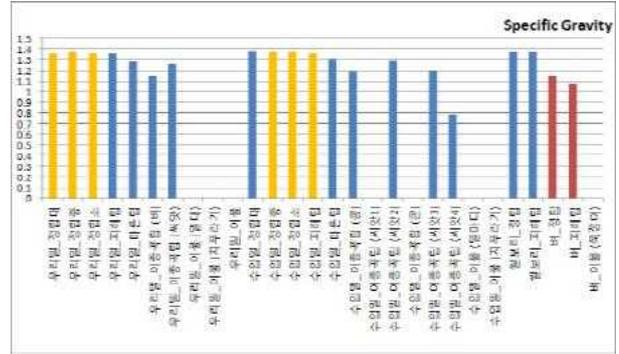
길이



폭



종말속도



비중

그림 3-2-44. 국내외산 저장(유통)밀의 성상별, 이종곡립 및 이물질 종류별 선별인자

④ 체선별을 위한 기하학적 선별인자

- 곡물의 선별에서 가장 기본인 선별기는 체선별기로서 RPC의 경우 조선기, 종합정선기, 입선별기, 로터리쉬프트, 진동체선별기, 유하식선별기 등의 선별기가 이용되고 있으며, 주요 작동원리에 따라 체를 진동하거나, 회전시키는 방법으로 구분할 수 있으며, 의도하지 않는 선별을 방지하기 위하여 주로 기하학적인자중 최소가 되는 두께가 주된 선별인자가 되고 있음(김 등, 2012)
- 국내외산 밀 각 5품종과, 벼 및 보리의 성상별 및 이종곡립의 체선별이 가능한지를 살펴보기 위하여 기하학적특성중 장축길이, 단축길이 및 두께(밀의 형상이 약간 납작하여 최대 및 최소두께로 구분하여 표기)를 측정된 결과는 다음 표 3-2-57와 같았으며, 면적과 원형율을 측정된 결과는 다음 표 3-2-58과 같았음
- 표에서 알 수 있듯이 우리밀이 수입산밀에 비해 장단축길이, 두께, 면적 및 원형율 등 모든 기하학적 특성이 크게 나타났는데, 이는 품종의 차이인지 또는 함수율의 영향인지는 분명하지 않으며, 우리밀 중에서도 금강>조경>적중>백중>찰밀 등의 순서이었음

표 3-2-57. 국내외산 밀의 성상별 장단축길이 및 두께 등 기하학적특성

구분		장축길이 (mm)													
		우리밀***						수입밀***						타 곡물*	
		금강	조경	백중	적중	찰밀	평균	HRW	NS	SW	CWRS	ASW	평균	쌀보리	벼
정립	대	6.851 ^a	6.937 ^a	6.761 ^a	6.712 ^a	6.629 ^a	6.739	6.577 ^a	6.779 ^a	6.930 ^a	6.542 ^a	6.832 ^a	6.732	-	-
	중	6.547 ^b	6.740 ^b	6.570 ^b	6.432 ^b	6.055 ^b	6.469	6.134 ^b	6.098 ^b	6.213 ^b	5.907 ^b	6.342 ^b	6.139	4.307 ^a	7.358 ^a
	소	6.002 ^e	5.987 ^d	5.721 ^e	6.050 ^d	5.435 ^d	5.839	5.569 ^d	5.445 ^d	5.361 ^d	5.230 ^d	5.745 ^d	5.470	-	-
피해립		6.398 ^c	6.359 ^c	6.161 ^c	6.451 ^b	5.738 ^c	6.211	5.937 ^c	5.618 ^c	6.032 ^c	5.853 ^b	6.066 ^c	5.901	4.385 ^a	7.111 ^b
사립		6.209 ^d	6.393 ^c	6.050 ^d	6.320 ^c	5.950 ^b	6.184	5.498 ^d	5.572 ^d	5.423 ^d	5.575 ^c	5.769 ^d	5.567	-	-
구분		단축길이(mm)													
		우리밀***						수입밀***						타 곡물	
		금강	조경	백중	적중	찰밀	평균	HRW	NS	SW	CWRS	ASW	평균	쌀보리*	벼**
정립	대	3.611 ^a	3.554 ^a	3.479 ^a	3.458 ^a	3.239 ^a	3.418	3.149 ^a	3.243 ^a	3.604 ^a	3.322 ^a	3.416 ^a	3.347	-	-
	중	3.362 ^b	3.305 ^b	3.245 ^b	3.216 ^b	2.876 ^b	3.201	2.770 ^b	2.884 ^b	3.225 ^b	2.877 ^c	3.127 ^b	2.977	3.122 ^a	3.458 ^a
	소	2.938 ^{cd}	2.808 ^d	2.625 ^d	2.775 ^e	2.407 ^d	2.711	2.343 ^c	2.545 ^d	2.679 ^c	2.530 ^d	2.769 ^d	2.573	-	-
피해립		3.017 ^c	3.100 ^c	2.930 ^c	3.121 ^c	2.704 ^c	2.974	2.779 ^b	2.798 ^c	2.713 ^c	3.051 ^b	3.021 ^c	2.872	3.100 ^a	3.298 ^b
사립		2.859 ^d	2.774 ^d	2.416 ^e	2.859 ^d	2.419 ^d	2.665	2.263 ^c	2.621 ^d	2.223 ^d	2.613 ^d	2.377 ^e	2.420	-	-
구분		최대두께(mm)													
		우리밀***						수입밀***						타 곡물	
		금강	조경	백중	적중	찰밀	평균	HRW	NS	SW	CWRS	ASW	평균	쌀보리*	벼***
정립	대	3.62 ^a	3.55 ^a	3.43 ^a	3.50 ^a	3.32 ^a	3.48	3.20 ^a	3.35 ^a	3.55 ^a	3.46 ^a	3.47 ^a	3.41	-	-
	중	3.40 ^b	3.39 ^b	3.20 ^b	3.21 ^b	3.00 ^b	3.24	2.86 ^b	3.00 ^b	3.18 ^b	3.05 ^b	3.15 ^b	3.05	3.02 ^a	3.20 ^a
	소	3.03 ^d	2.80 ^d	2.53 ^d	2.74 ^c	2.62 ^d	2.74	2.42 ^d	2.64 ^d	2.64 ^c	2.70 ^c	2.78 ^c	2.64	-	-
피해립		3.10 ^c	3.16 ^c	2.98 ^c	3.15 ^b	2.82 ^c	3.04	2.67 ^c	2.82 ^c	2.52 ^d	3.07 ^b	2.86 ^c	2.79	3.01 ^a	2.78 ^b
사립		2.45 ^e	2.35 ^e	2.10 ^e	2.39 ^d	2.12 ^e	2.28	1.91 ^e	2.32 ^e	1.75 ^e	2.34 ^d	1.98 ^d	2.06	-	-
구분		최소두께(mm)													
		우리밀***						수입밀***						타 곡물	
		금강	조경	백중	적중	찰밀	평균	HRW	NS	SW	CWRS	ASW	평균	쌀보리*	벼***
정립	대	3.17 ^a	3.16 ^a	2.93 ^a	3.08 ^a	2.76 ^a	3.02	2.73 ^a	2.93 ^a	2.94 ^a	2.96 ^a	3.04 ^a	2.92	-	-
	중	3.00 ^b	3.06 ^b	2.90 ^a	2.97 ^b	2.60 ^b	2.91	2.50 ^b	2.70 ^b	2.64 ^b	2.74 ^b	2.84 ^b	2.68	2.17 ^a	2.28 ^a
	소	2.79 ^c	2.60 ^d	2.29 ^b	2.62 ^d	2.44 ^c	2.55	2.24 ^d	2.38 ^d	2.28 ^c	2.39 ^c	2.49 ^c	2.36	-	-
피해립		2.83 ^c	2.87 ^c	2.91 ^a	2.90 ^c	2.60 ^b	2.82	2.34 ^c	2.54 ^c	2.33 ^c	2.73 ^b	2.57 ^c	2.50	2.17 ^a	1.96 ^b
사립		2.57 ^d	2.41 ^e	2.22 ^b	2.50 ^e	2.11 ^d	2.36	1.95 ^e	2.33 ^d	1.87 ^d	2.25 ^d	2.03 ^d	2.09		

주 1. *(p<0.05), **(p<0.01), ***(p<0.001)수준에서 유의적인 차이가 있음

주 2. abcde : column내에서 같은 알파벳은 같은 수준임

- 피해립(사립제외)은 정립중 중간크기의 곡립과 유사하였으며, 피해립중 사립은 정립중 작은 크기의 곡립과 장축길이, 단축길이 및 두께 등의 기하학적특성이 비교적 유사(p<0.001 수준에서 유의적인 차이가 없는 경우가 많음)하여 체선별에는 한계가 있을 것으로 판단되었으나, 정립간의 크기에 따른 대, 중, 소의 구분은 장단축길이 및 두께 중에서 최소가 되는 최소두께에 의해 주로 결정되는데, p<0.001수준에서 품종별로는 유의적인 차이는 있어, 다만 체선별기형태 등 선별기로 선별은 가능할 것으로 판단되었음
- 한편, 벼와 쌀보리의 경우에는 최소두께가 밀과 차이가 있어 체선별로도 선별가능성이 높을 것으로 판단되었음

표 3-2-58. 국내외산 밀의 성상별 면적 및 원형율 등 기하학적특성

구분		면적(mm ²)													
		우리밀***						수입밀***						타 곡물	
		금강	조경	백중	적중	찰밀	평균	HRW	NS	SW	CWRS	ASW	평균	쌀보리*	벼***
정립	대	19.621 ^a	19.568 ^a	18.195 ^a	18.298 ^a	16.892 ^a	18.515	16.525 ^a	17.643 ^a	20.213 ^a	17.286 ^a	18.639 ^a	18.061	-	-
	중	17.318 ^b	17.558 ^b	16.369 ^b	16.256 ^b	13.792 ^b	16.259	13.672 ^b	14.238 ^b	16.048 ^b	13.680 ^b	15.888 ^b	14.705	10.908 ^a	19.203 ^a
	소	13.798 ^d	13.063 ^e	11.451 ^d	13.004 ^e	10.331 ^e	12.329	10.747 ^c	11.304 ^d	11.602 ^c	10.632 ^d	12.619 ^d	11.381	-	-
피해립		14.896 ^c	15.170 ^c	13.294 ^c	15.597 ^c	12.220 ^c	14.235	13.242 ^b	12.420 ^c	13.234 ^c	13.926 ^b	14.540 ^c	13.472	10.975 ^a	17.117 ^b
사립		13.568 ^d	13.725 ^d	11.294 ^d	13.956 ^d	11.257 ^d	12.760	10.156 ^d	11.666 ^d	9.779 ^e	11.584 ^e	11.035 ^e	10.844	-	-
구분		원형율													
		우리밀***						수입밀*** (NS 제외)						타 곡물	
		금강	조경	백중	적중	찰밀	평균	HRW	NS**	SW	CWRS	ASW	평균	쌀보리*	벼***
정립	대	1.250 ^d	1.286 ^c	1.274 ^c	1.267 ^c	1.344 ^d	1.284	1.328 ^d	1.336 ^b	1.247 ^d	1.317 ^c	1.283 ^c	1.302	-	-
	중	1.270 ^{cd}	1.299 ^c	1.293 ^c	1.286 ^c	1.355 ^d	1.301	1.372 ^c	1.349 ^b	1.253 ^d	1.339 ^{bc}	1.296 ^{bc}	1.322	1.087 ^a	1.322 ^a
	소	1.307 ^c	1.347 ^b	1.370 ^b	1.358 ^b	1.416 ^c	1.360	1.426 ^b	1.347 ^b	1.287 ^c	1.332 ^{bc}	1.315 ^b	1.341	-	-
피해립		1.473 ^a	1.450 ^a	1.391 ^b	1.377 ^b	1.484 ^b	1.435	1.394 ^{bc}	1.431 ^a	1.398 ^b	1.398 ^a	1.322 ^b	1.389	1.102 ^b	1.593 ^a
사립		1.413 ^b	1.455 ^a	1.566 ^a	1.412 ^a	1.541 ^a	1.477	1.465 ^a	1.369 ^b	1.479 ^a	1.374 ^{ab}	1.470 ^a	1.431	-	-

주 1. *(p<0.05), **(p<0.01), ***(p<0.001)수준에서 유의적인 차이가 있음

주 2. abcde : column내에서 같은 알파벳은 같은 수준임

⑤ 비중선별을 위한 선별인자

- RPC에서 비중선별기는 종합석발기 및 현미석발기 등으로서 송풍기로 석발기 내부를 일부 진공상태로 유지하면서 진동을 가하여 비중이 높은 이물질은 선별판을 따라 상부로 이동하도록 하고, 비중이 낮은 곡물은 선별판의 하부로 이동하는 원리로서 단순하게 곡물과 돌만을 선별하는 비중선별기의 일종이며, 종자선별 등 세밀한 선별을 위한 보다 정밀한 성능의 비중선별기도 판매되고 있음
- 본 연구에서는 5개 RPC(나주, 강화, 충주, 무안, 음성)에서 원료석발기와 현미석발기에서 분리된 돌 61개와, 벼 및 현미를 이용하여 장단축길이, 중량 및 비중을 측정하였으며, 그 결과는 다음 표 3-2-59과 같았음. 표에서 알 수 있듯이 벼에 혼입된 돌의 비중은 1.76~5.72로서 벼와 현미의 비중 1.18~1.40보다 다소 크게 나타났으며, 측정된 비중만을 고려할 때 돌의 최소비중 1.76은 현미 비중 1.40과는 약 0.36정도의 차이를 나타내었으며, 이 때 곡물의 함수율은 벼 15.4~15.5%, 현미 15.6~15.9%이었음

표 3-2-59. RPC의 원료 및 현미석발기에서 배출된 돌의 크기, 비중 중량

구 분		장단축길이(mm)		중량(g/개)	비중(-)
		장축	단축		
돌	원료석발기	6.409	4.869	0.135(0.014~0.368)	2.43(1.76~2.91)
	현미석발기	4.929	3.637	0.067(0.007~0.459)	2.71(1.85~5.12)
	계	5.446	4.067	0.090	2.62(1.76~5.12)
벼		7.823	3.306	0.025	1.18
현미		5.183	3.123	0.021	1.40

- 표 3-2-60는 국내외산 밀 각각 5품종과, 벼 및 보리 등 이종곡립의 성상별 구성에 따른 비중을 나타낸 것으로서, 표에서 알 수 있듯이 정립과 피해립(사립제외)은 $p < 0.001$ 수준에서 유의적인 차이가 없는 반면, 정립과 사립, 피해립과 사립간에는 $p < 0.001$ 수준에서 유의적인 차이가 있었음
- 한편, 우리밀 정립의 평균 비중은 대, 중, 소가 각각 1.367, 1.373, 1.360인데 비해, 수입밀의 경우에는 1.378, 1.374, 1.371로서 국내산보다 다소 높은 값을 나타내었으며, 우리밀 정립(중) 평균적인 비중은 1.373인데 비해 벼의 비중은 1.148로서 0.33정도의 차이를 보여 비중선별로 충분하게 선별이 가능할 것으로 판단되었음
- 보다 정밀한 비중선별기에서 선별이 가능한 비중차에 대한 자료획득이 필요하였으며, 측정된 결과를 이용할 경우 각 성상별 및 이종곡립의 선별가능성에 대해 판단이 가능할 것으로 판단되었음

표 3-2-60. 국내외산 밀의 성상별 비중

구분		비중(-)													
		우리밀***						수입밀***						타 곡물	
		금강	조경	백중	적중	찰밀	평균	HRW	NS	SW	CWRS	ASW	평균	쌀보리*	벼***
정립	대	1.384 ^a	1.369 ^a	1.343 ^{ab}	1.375 ^{ab}	1.362 ^b	1.367	1.385 ^a	1.386 ^a	1.362 ^a	1.379 ^a	1.377 ^a	1.378	-	-
	중	1.384 ^a	1.382 ^a	1.333 ^{ab}	1.380 ^a	1.425 ^a	1.381	1.380 ^a	1.386 ^a	1.371 ^a	1.364 ^a	1.369 ^a	1.374	1.369 ^a	1.148 ^a
	소	1.380 ^a	1.369 ^a	1.321 ^b	1.357 ^b	1.375 ^b	1.360	1.357 ^b	1.376 ^a	1.383 ^a	1.368 ^a	1.371 ^a	1.371	-	-
피해립		1.337 ^b	1.360 ^a	1.360 ^a	1.362 ^{ab}	1.377 ^b	1.359	1.359 ^b	1.373 ^a	1.376 ^a	1.371 ^a	1.353 ^a	1.367	1.371 ^a	1.070 ^b
사립		1.291 ^c	1.264 ^b	1.282 ^c	1.284 ^c	1.277 ^c	1.280	1.315 ^c	1.348 ^b	1.338 ^b	1.298 ^b	1.248 ^b	1.310		

주1. *(p<0.05), **(p<0.01), ***(p<0.001)수준에서 유의적인 차이가 있음

주2. abcde : column내에서 같은 알파벳은 같은 수준임

⑥ 기류선별을 위한 선별인자

- 곡물을 대상으로 기류를 이용하는 선별기는 곡물과 이물질(헝잡물)을 선별하는데 이용되는 조선기, 풍력선별기, aspirator 등을 들 수 있으며, 이외에도 곡물중 머리카락과 같은 이물질을 선별하기 위한 풍력선별기가 일부 사용되고 있음
- 기류선별기는 통상 주 곡물과 선별해야하는 이물질과의 종말속도차이에 의해 선별되는데, 이와 관련하여 Bezruchkin(1949), Grochowicz(1980) 등은 기류의 유동형태에 따라 다음 식(3-2-7) 및 식(3-2-8)와 같이 선별에 필요한 풍속을 제안하였음

· 공기의 수평 또는 경사유동(horizontal and oblique air streams)

$$|u_s|_{av} = \sqrt{u_{k1} \cdot u_{k2}} \dots\dots\dots (3-2-7)$$

· 공기의 수직유동(vertical air stream)

$$u_{k1} < u_s < u_{k2} \dots\dots\dots (3-2-8)$$

여기서, u_s : 선별에 필요한 풍속(m/sec)

u_{k1} : 이물질의 종말속도(m/sec)

u_{k2} : 주 곡물의 종말속도(m/sec)

- 한편, 김 등(2004)은 조선기와 같은 통상적인 곡물의 기류선별에서 곡물층이 1립 이상의 두꺼운 형태로 기류선별되는 경우에는 주 곡물의 종말속도 이상의 풍속을 가하여 주 곡물과 이물질의 부상높이를 이용하여 선별하는 것이 필요하다고 하였음

- 다음 표 3-2-61은 국내외산 밀 각 5품종과, 벼 및 보리 등 이종곡립의 성상별 종말속도를 측정된 결과를 나타낸 것으로서, 우리밀이 수입산 밀에 비해 종말속도가 다소 컸는데 이는 전술한 기학적 특성인자가 큰 것과, 함수율이 높은 것이 주요 원인으로 판단되었음
- 밀의 정립중 소와 피해립(사립제외)은 $p < 0.001$ 수준에서 유의적인 차이가 없었으나, 피해립과 사립간에는 $p < 0.001$ 수준에서 유의적인 차이를 나타내어 기류선별가능성이 높았으며, 이종곡립중에는 벼의 종말속도가 정립은 약 5.51m/sec, 피해립(비정립)은 약 4.05수준으로 밀 정립(대, 중, 소)와의 선별가능성은 대단히 높았으나, 밀과 쌀보리의 기류선별에는 한계가 있을 것으로 판단되었음

표 3-2-61. 국내외산 밀의 성상별 종말속도

구분	종말속도(m/sec)														
	우리밀*** (적중, 찰밀제외)							수입밀***						타 곡물	
	금강	조경	백중	적중*	찰밀**	평균	HRW	NS	SW	CWRS	ASW	평균	쌀보리*	벼***	
정립	대	7.11 ^a	6.98 ^a	6.50 ^a	6.77 ^a	6.88 ^a	6.85	6.34 ^{ab}	6.64 ^a	7.15 ^a	6.76 ^a	6.99 ^a	6.78	-	-
	중	6.94 ^{ab}	6.78 ^{ab}	6.42 ^a	6.65 ^{ab}	6.80 ^a	6.72	6.64 ^a	6.55 ^{ab}	6.72 ^b	6.69 ^a	6.70 ^b	6.66	6.48 ^a	5.51 ^a
	소	6.65 ^{bc}	6.38 ^c	6.05 ^b	6.04 ^{ab}	6.42 ^a	6.31	5.75 ^c	6.30 ^b	6.24 ^c	6.41 ^a	6.40 ^c	6.22	-	-
피해립	6.44 ^c	6.58 ^{bc}	5.96 ^b	5.91 ^{ab}	6.36 ^a	6.25	6.08 ^{bc}	6.26 ^b	5.48 ^d	5.51 ^b	6.27 ^c	5.92	6.33 ^a	4.05 ^b	
사립	5.12 ^d	5.40 ^d	5.41 ^c	5.11 ^b	5.40 ^b	5.29	5.23 ^d	5.27 ^c	4.80 ^e	4.86 ^c	4.69 ^d	4.97	-	-	

주1. *($p < 0.05$), **($p < 0.01$), ***($p < 0.001$)수준에서 유의적인 차이가 있음

주2. ^{abcde} : column내에서 같은 알파벳은 같은 수준임

⑦ 칼라선별을 위한 선별인자

- 곡물의 칼라를 이용한 대표적인 선별기는 광원(LED 또는 lamp), 수광센서(CCD 카메라 또는 photo diode), 공압배출기(ejector) 및 슈트로 구성되어 반사광량을 이용하는 색채선별기(color sorter)로서 벼, 콩, 커피, 소금 등 수많은 분야에서 사용되고 있으며, 수광센서만 NIR센서가 추가되어 1,250nm 수준에서 함수율의 차이로 플라스틱 및 유리 등을 선별하는 NIR 색채선별기(또는 이물선별기라고도 함) 등이 있으며, 국내에서도 색채선별기를 생산하는 업체로는 대원GSI, 아이디알시스템, 유일기계 등 많은 업체가 있음
- 또한, RGB, Lab, XYZ 등 각 칼라시스템에서 칼라값의 차이와 화상을 이용하여 품위를 측정하는 품위측정기는 물론이며, 화상을 이용하여 찌라기를 선별하는 선별기까지 보급되고 있음
- 김 등(2006)은 RPC에서 도정기준으로 칼라중 백도를 들고 3개 품종의 벼를 대상으로 도정도에 따른 백도를 측정하고, 품종별 유의성을 분석한 결과, $p < 0.05$ 수준에서 품종별로 유의적인 차이가 없

어 도정도별 백도변화를 비선형 형태인 Sigmoid type의 모델로 표현하였으며(결정계수 0.990, RMSE 0.877), RGB, Lab, XYZ 등 여러 가지 칼라시스템으로 표현을 시도하였음

$$W = y_0 + \frac{a}{1 + \exp\left(-\frac{(x-x_0)}{b}\right)} \dots\dots\dots (3-2-9)$$

여기서, W : 백도(Whiteness)
 a, b, x_0, y_0 : 실험상수
 x : 도정도(degree of milling)

- 주지하는 바와 같이 여러가지 칼라체계(Lab, RGB, XYZ, 백도 등)는 상호간에 변환이 가능하며, 각 칼라시스템의 칼라인자 사이의 변환에는 일반적으로 다음 식(Jain, 1989 ; Yamashita, 1993)이 이용되고 있음(김 등, 2006)

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0.490 & 0.310 & 0.200 \\ 0.177 & 0.813 & 0.011 \\ 0.000 & 0.010 & 0.990 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \dots\dots\dots (3-2-10)$$

여기서, X, Y, Z : CIE Primary colors

$$L = 116 \left[\sqrt[3]{\frac{Y}{Y_0}} \right] - 16 \dots\dots\dots (3-2-11)$$

$$a = 500 \left[\sqrt[3]{\frac{X}{X_0}} - \sqrt[3]{\frac{Y}{Y_0}} \right] \dots\dots\dots (3-2-12)$$

$$b = 200 \left[\sqrt[3]{\frac{Y}{Y_0}} - \sqrt[3]{\frac{Z}{Z_0}} \right] \dots\dots\dots (3-2-13)$$

여기서, $X_0, Y_0, Z_0 = X, Y, Z$ values for standard white

$$\text{Hunter Whiteness} = 100 - \sqrt{(100 - L^2) + (a^2 + b^2)} \dots\dots\dots (3-2-14)$$

- 한편, 통상적인 색채선별기에서 선별될 곡물의 전후면에 설치된 광원의 광량과, 불량의 크기범위(1~32pixel), 반사/흡수광량의 감도범위(0~1023 등) 등과, 공압배출기의 성능, 슈트로의 낱알의 균일 공급장치 등에 따라 성능차이가 발생하게 되는데, 밀의 성상별, 이종곡립간에 이와 같은 다양한 색채선별기의 측정인자를 모두 측정하기에는 실험실 실험에서의 한계가 있으므로 향후 색채선별기에서의 선별실험을 위한 기반실험으로 각 성상별 칼라를 측정하였으며, 칼라시스템은 Lab를 기준으로 하였음

- 다음 표 3-2-62은 국내외산 밀 각 5품종과 벼 및 보리 등 이종곡립의 성상별 Lab값을 각각 나타낸 것으로서, 우리밀이 수입밀에 비해 L(100-white ↔ 0-black)은 적은 반면, a(+100-Red ↔ -80-Green) 및 b(+70-Yellow ↔ -80-blue)값은 크게 나타났으며, 우리밀의 품종별로도 차이가 있었음
- 우리밀은 성상별로는 정립, 피해립 및 사립간에 $p < 0.01$ 수준에서 유의적인 차이가 있었으며, 밀과 벼와는 a값, 밀과 보리와는 L, a값에서 차이가 있어 밀과 이종곡립, 밀의 성상별 선별은 가능할 것으로 판단되었으나, 전술한바와 같이 복잡한 색채선별기의 선별인자를 고려할 때 색채선별기에서의 선별을 위한 추가실험이 필요하였음

표 3-2-62. 국내외산 밀의 성상별 Lab value

구분	L(100-white ↔ 0-black)													
	우리밀						수입밀						타 곡물	
	금강	조경	백중	적중	찰밀	평균	HRW*	NS	SW	CWRS	ASW	평균	쌀보리	벼*
정립	55.5 ^a	48.2 ^a	57.2 ^a	62.6 ^a	49.9 ^a	54.7	56.1 ^a	59.1 ^a	66.4 ^a	48.8 ^a	58.3 ^a	57.7	73.9 ^a	58.0 ^a
피해립	48.1 ^a	47.7 ^a	54.4 ^a	48.4 ^a	53.6 ^a	50.4	55.3 ^a	50.7 ^a	60.6 ^a	54.8 ^a	60.7 ^a	56.4	72.2 ^a	49.0 ^a
사립	59.8 ^a	49.8 ^a	64.7 ^a	61.3 ^a	57.7 ^a	58.7	56.9 ^a	56.1 ^a	60.7 ^a	56.7 ^a	63.7 ^a	58.8	-	-
구분	a(+100-Red ↔ -80-Green)													
	우리밀						수입밀						타 곡물	
	금강	조경	백중*	적중	찰밀	평균	HRW	NS*	SW	CWRS	ASW	평균	쌀보리	벼
정립	8.0 ^a	9.1 ^a	9.1 ^{ab}	7.0 ^a	7.9 ^{ab}	8.2	7.6 ^a	7.0 ^a	7.3 ^a	7.6 ^a	7.5 ^a	7.4	4.9 ^a	4.6 ^a
피해립	9.6 ^a	8.6 ^a	10.7 ^a	8.2 ^a	9.5 ^a	9.3	7.0 ^a	7.2 ^a	7.2 ^a	7.3 ^a	7.8 ^a	7.3	4.8 ^a	3.2 ^a
사립	6.6 ^a	6.7 ^a	6.4 ^b	7.1 ^a	6.0 ^b	6.6	6.3 ^a	3.9 ^a	7.4 ^a	6.8 ^a	7.1 ^a	6.3	-	-
구분	b(+70-Yellow ↔ -80-blue)													
	우리밀						수입밀						타 곡물	
	금강	조경	백중	적중	찰밀*	평균	HRW	NS	SW**	CWRS	ASW	평균	쌀보리	벼***
정립	27.0 ^a	25.9 ^a	30.4 ^a	29.6 ^a	21.6 ^b	26.9	20.8 ^a	20.9 ^a	30.5 ^a	18.5 ^a	24.4 ^a	23.0	26.9 ^a	29.3 ^a
피해립	24.4 ^a	21.9 ^a	28.5 ^a	23.8 ^a	25.5 ^a	24.8	19.1 ^a	18.7 ^a	26.0 ^b	20.8 ^a	27.8 ^a	22.5	25.2 ^a	23.1 ^b
사립	25.4 ^a	20.1 ^a	27.9 ^a	28.2 ^a	21.6 ^b	24.6	19.3 ^a	19.4 ^a	23.1 ^b	21.0 ^a	26.6 ^a	21.9	-	-

주 1. *($p < 0.05$), **($p < 0.01$), ***($p < 0.001$)수준에서 유의적인 차이가 있음

주 2. ^{abcde} : column내에서 같은 알파벳은 같은 수준임

나. 우리밀 건조저장시설 공정별 설계인자구명

(1) 우리밀 건조저장시설 반입공정 설계인자

- 우리밀은 수확후 건조저장시설로의 반입, 조선, 계량 및 건조공정을 거친 후 저장되는데, 이 수확후 공정에서 밀은 투입구, 풍력선별기, 조선키, 호퍼스케일, 건조 및 사일로 등 주요 단위기계는 물론, 버킷엘리베이터, 체인컨베이어 및 스크루컨베이어와 같은 이송시설과, 이송관(슈트) 및 보조탱크를 거치게 되며, 이들 주요단위기계, 이송시설, 슈트 및 보조탱크 등의 설계에 필요한 인자는 산물밀도, 안식각, 비중, 용적중, 천립중 등을 들 수 있음
- 1차년도에는 시중에 유통되는 국내산 밀 5품종(금강, 조경, 백중, 적중, 찰밀), 외국산 밀 5품종(HRW, NS, SW, CWRS, ASW) 및 이종곡립(쌀보리, 벼) 등 총 12개 품종에 대한 설계인자를 측정하여 건밀에 대한 기초 데이터를 확보하였음
- 2차년도에는 함수율에 따른 설계인자를 확보하기 위하여 고수분 밀을 건조하면서 설계인자를 측정하였음. 전술한 바와 같이 우리밀의 반입함수율이 당해연도의 기후조건에 따라 대단히 넓으므로 건조저장시설의 설계를 위해 함수율별 우리밀에 대한 설계인자를 구명하기 위하여 노력하였음. 그러나 2013년 및 2014년 건조저장시설에서 반입되는 우리밀의 함수율을 측정한 결과, 실제로 28%이상의 고수분은 반입되지 않아, 건조저장시설을 통해 농가수준에서 가장 높은 수준의 함수율이 29.6%수준 이상의 우리밀을 함수율을 조정하여 실험에 사용하였음

(가) 재료 및 방법

① 실험재료

- 본 연구에 사용한 재료는 2013년산 백중밀과 조경밀 및 2014년산 금강밀 총 3품종이었으며, 백중밀은 광주광역시 소재 한국우리밀농업협동조합을 통해 2013. 6. 11에 수확된 초기함수율 29.6%인 밀을 농가를 통해 매입하였으며, 조경밀은 경남 합천우리밀영농조합을 통해 2013. 6. 13에 수확된 28.7%인 밀을 매입하였으며, 금강밀은 전라북도 소재 익산보석우리밀영농조합을 통해 2014. 6. 5일에 수확된 초기함수율 31.0%인 밀을 매입하였으며, 매입한 시료중량은 약 210kg 수준이었으며, 두 차례 걸쳐 실험을 진행하였음
- 매입한 시료는 연구원으로 이송하여 15kg씩 나누어서 PE으로 밀봉하여 포장한 후, -5℃ 저온저장고에 보관하면서, 이중 100kg을 건조에 사용하였으며, 함수율별로 건조된 밀시료는 PE으로 밀봉하여 포장한 후, 0℃ 저온저장고에 보관하면서 공시하였음

② 실험방법

- 고수분의 밀은 검은망천을 덮은 2개의 트레이에 3kg씩 충전한 다음, 벌크건조기(HK-DO1000F, 중합기기제작소, Korea)에서 건조온도 50℃로 건조하였으며, 1시간 간격으로 단립수분계(Single Kernel Moisture Tester, CTR-800E, Shizuoka Seiki)로 함수율을 측정하면서 밀의 함수율을 3% 간격으로 8~9단계(기준함수율 31%, 28%, 25%, 22%, 19%, 16%, 13%, 11%, 9%)수준이 되도록 건조하였으며, ASABE standards(2011)에 의해 10g-130℃-19hr건조법으로 측정된 밀의 최종함수율과, 건조에 소요된 시간은 다음 표 3-2-63와 같았음

표 3-2-63. 고수분밀 함수율별 건조소요시간 및 측정 함수율

구 분		목표 함수율 및 측정 함수율 (%w.b.)								
		9%	11%	13%	16%	19%	22%	25%	28%	31%
건조소요 시간(hr)	백중	15.5	14.5	14.5	9.5	7.0	5.5	4.5	0	-
	조경	23.0	22.0	21.5	13.5	7.0	6.0	3.0	0	-
	금강	15.0	13.0	12.5	9.5	8.5	8.0	5.5	3.5	0
함수율 (%w.b.)	백중	9.6	11.0	13.1	15.5	19.3	22.2	26.2	29.6	-
	조경	10.5	11.7	14.0	16.5	20.8	23.3	25.6	28.7	-
	금강	9.2	10.2	12.5	17.9	19.9	21.3	23.1	27.5	31.0



<고수분밀의 트레이 충전(3kg) 및 벌크건조기 내 건조(50℃)>



<단립수분계로 함수율측정>

<저온저장고 보관을 위한 시료균분>

그림 3-2-45. 고수분밀의 건조 등 전처리

- 함수율(%w.b.)은 ASABE Standards(2011)의 측정방법으로 측정하였으며, 밀은 10g시료-130°C-19시간, 보리는 10g시료-130°C-20시간, 벼는 10g-135°C-24시간 건조법으로 측정하였으며, 단립수분계(CTR-500EH, Shizuoka Seiki, Japan)로 3회 측정하여 평균값을 사용하여 비교하였음
- 산물밀도(散物密度, bulk density)는 김 등(2013)에서 사용한 USDA방법을 준용하여 산물밀도측정장치(Weight per bushel test apparatus, Seedburo사, USA)로 측정하였으며, 이물질의 혼입여부가 산물밀도에 미치는 영향을 확인하기 위하여 이물질이 혼입된 상태와, 이물질을 제거한 정립상태에서 각각 산물밀도를 측정하였으며, 동일시료에 대해 5회씩 측정하여 평균값을 사용하였음
- 안식각(安息角, repose angle)은 김 등(1998) 및 A. Tabatabaeefar(2003)와 동일한 방법으로 정안식각(static repose angle) 및 동안식각(dynamic repose angle)중에서 동안식각을 측정하였으며, 측정평판이 수평면과 0°~70° 범위로 조절이 가능한 측정장치의 시료틀(150×150×100mm)에 시료를 충전하고, 경사 조절 레버를 손으로 천천히 돌리면서 밀이 평판위에서 약 1/4정도가 미끄러지는 순간의 각을 측정하며 함수율별로 3회 반복 측정한 후 평균값을 사용하였음
- 정안식각 실험은 연구원에 기계가 보유되어 있지 않아 원리를 이용하여 실험하였음. 450g의 밀을 산물밀도 측정장치(Filling hopper and Stand Seedburo, USA)에 채워 밀로 쏘은 후 그 때 쌓여지는 퇴적물의 각을 각도계를 이용하여 측정하였음



그림 3-2-46. 동안식각 및 정안식각 측정

- 비중은 측정도중 흡습을 방지하기 위하여 톨루엔(60%용액사용, 15℃에서의 비중 0.839)을 사용하였고, 톨루엔의 온도를 15℃로 유지하면서 전자비중계(Radwag, AS-220/x, Poland)로 측정하였으며, 전항식(3-2-6)와 같이 계산하였고, 밀 100립의 측정치 평균을 사용하였음
- 용적중(g/L)은 1,000ml 메스실린더에 시료를 충전한 후 무게를 측정하였으며 3회 측정하여 평균값을 사용하였고, 천립중은 정립 1000개의 낱알을 고른 후 그 무게의 중량값으로 측정하였으며, 이 때 원 맥의 외관품위는 국립농산물품질관리원의 농산물검사규칙에 준하여 실험하였음
- 발아율은 국립농산물품질관리원의 방법에 준하여 밀 정립을 선별하여 20℃의 인큐베이터(HK-B1028, B.O.D Incubator, 한국종합기기제작소)에 넣고 4일과 8일이내에 발아한 미립수로 측정

하였음

- 단백질함량 및 회분함량은 각각 AACC(46-12, 08-01)방법에 준하여 측정하였으며, 시료 40g을 분쇄기(Cyclotec. 1093 sample mill, Sweden)로 분쇄한 후, 시료 1g을 분획한 후 Kjeldahl method로 단백질함량을 측정하였고, 회분은 회화로(C-FMD, Chang Shin Scientific Co., Korea)을 이용하여 3g-600°C-4시간 방법으로 측정하였음
- 지방산가(mg KOH/100g drymatter)는 AACC방법에 준하여 시료 10g을 원통여지에 담은 후 탈지면으로 가볍게 충전하고, soxhlet추출 장치에서 용매 pet. ether를 이용하여 16시간 동안 추출한 후 회전감압농축기를 이용해 지방성분만 취한 후 0.02% BAP(Benzene Alcohol Phenolphthalen)용액 50ml로 재용해 시킨 후 표준색인 분홍색이 될 때까지 0.0178N KOH로 적정함. 얻어진 결과 값은 전항식(3-2-5)에 의해 지방산가로 환산하며, 3회 측정 후 평균값을 사용하였음

(나) 결과 및 고찰

① 산물밀도, 안식각, 비중, 용적중 및 천립중

- 아래 표 3-2-64 및 그림 3-2-49은 백중, 조정 및 금강밀의 함수율별 산물밀도, 안식각, 비중, 용적중, 천립중 및 품위를 나타낸 것이며, 아래 표 3-2-65은 비교를 위해 1차년도 측정한 시중유통중인 국내외산 밀의 측정치를 나타낸 것임

표 3-2-64. 우리밀(백중, 조경, 금강)의 함수율별 산물밀도, 안식각, 비중, 용적중, 천립중 및 품위

구 분		산물밀도*** (kg/m ³)		동안식각*** (°)	안식각*** (°) (정안식각)	비중*** (-)	용적중*** (g/L)	천립중*** (g)	품위(%)			
품종	수분 (%w.b.)	정선전	정선후						정립	피해립	이물	이중 곡립
백중	29.6	646.6 ^f	664.1 ^g	54.0 ^a	33.3 ^a	1.2265 ^d	701.20 ^h	41.51 ^a	91.94 ^{a*}	7.55 ^{a*}	0.46 ^{a*}	0.05 ^{a*}
	26.2	660.6 ^e	670.8 ^f	54.0 ^a	31.3 ^b	1.2380 ^c	710.45 ^g	41.47 ^a	88.23 ^{a*}	11.34 ^{a*}	0.36 ^{ab*}	0.07 ^{a*}
	22.2	665.4 ^{de}	680.7 ^e	54.0 ^a	31.3 ^b	1.2667 ^b	719.09 ^f	39.65 ^b	88.63 ^{a*}	10.99 ^{a*}	0.27 ^{ab*}	0.11 ^{a*}
	19.3	668.7 ^d	693.0 ^d	54.0 ^a	31.0 ^b	1.2723 ^b	727.47 ^e	37.62 ^c	81.03 ^{a*}	18.40 ^{a*}	0.39 ^{ab*}	0.19 ^{a*}
	15.5	714.3 ^c	742.4 ^c	50.0 ^b	20.0 ^c	1.2919 ^a	764.46 ^d	35.54 ^d	84.26 ^{a*}	15.42 ^{a*}	0.21 ^{ab*}	0.11 ^{a*}
	13.1	721.1 ^b	750.1 ^b	49.7 ^b	18.7 ^d	1.2904 ^a	784.04 ^c	34.98 ^d	83.48 ^{a*}	16.38 ^{a*}	0.09 ^{b*}	0.05 ^{a*}
	11.0	726.2 ^b	751.3 ^b	48.3 ^b	18.3 ^d	1.2974 ^a	791.26 ^b	32.59 ^e	84.65 ^{a*}	14.90 ^{a*}	0.16 ^{ab*}	0.29 ^{a*}
	9.7	736.0 ^a	754.0 ^a	46.3 ^d	17.3 ^d	1.2950 ^a	801.90 ^a	32.26 ^e	88.20 ^{a*}	11.59 ^{a*}	0.09 ^{b*}	0.12 ^{a*}
조경	28.7	631.1 ^c	660.0 ^c	54.5 ^a	40.0 ^a	1.2671 ^f	657.71 ^d	63.07 ^a	83.95 ^{a*}	13.40 ^{b*}	0.56 ^{b*}	2.09 ^{a*}
	25.6	641.0 ^c	665.2 ^c	54.5 ^a	36.3 ^b	1.2921 ^e	665.80 ^d	54.79 ^b	86.57 ^{a*}	10.62 ^{b*}	1.03 ^{a*}	1.79 ^{a*}
	23.3	643.1 ^{bc}	679.3 ^{bc}	54.0 ^a	35.0 ^b	1.3035 ^d	672.06 ^d	52.89 ^c	74.39 ^{ab*}	24.06 ^{ab*}	0.39 ^{b*}	1.16 ^{a*}
	20.8	649.2 ^b	752.0 ^{ab}	54.0 ^a	33.3 ^b	1.3125 ^{cd}	702.03 ^c	48.67 ^d	73.65 ^{ab*}	24.08 ^{ab*}	0.66 ^{b*}	1.61 ^{a*}
	16.5	692.1 ^a	754.5 ^{ab}	50.3 ^b	24.0 ^c	1.3242 ^{bc}	730.29 ^b	46.55 ^e	73.44 ^{ab*}	24.53 ^{ab*}	0.52 ^{b*}	1.52 ^{a*}
	14.0	693.5 ^a	763.9 ^{ab}	49.0 ^b	22.7 ^c	1.3240 ^{bc}	731.13 ^b	45.90 ^f	69.15 ^{ab*}	28.26 ^{ab*}	0.49 ^{b*}	2.10 ^{a*}
	11.7	695.7 ^a	774.2 ^a	47.3 ^c	18.7 ^d	1.3301 ^{ab}	751.97 ^a	45.52 ^{fg}	62.15 ^{b*}	35.59 ^{a*}	0.39 ^{b*}	1.87 ^{a*}
	10.5	697.9 ^a	776.1 ^a	46.3 ^c	17.3 ^d	1.3379 ^a	754.60 ^a	45.30 ^g	74.31 ^{ab*}	23.61 ^{ab*}	0.47 ^{b*}	1.61 ^{a*}
금강	31.0	357.2 ^c	531.1 ^h	50.0 ^a	34.0 ^a	1.1860 ^f	569.97 ^f	51.70 ^a	77.92 ^{a***}	21.30 ^{c***}	0.77 ^{b***}	0.00 ^{a*}
	27.5	370.8 ^c	581.9 ^g	50.0 ^a	28.7 ^b	1.2162 ^e	626.40 ^e	49.88 ^b	71.73 ^{bc***}	27.58 ^{ab***}	0.69 ^{bc***}	0.00 ^{a*}
	23.1	369.6 ^c	593.0 ^f	50.0 ^a	27.5 ^{bc}	1.2300 ^{de}	636.63 ^e	48.93 ^c	67.84 ^{c***}	30.49 ^{a***}	1.67 ^{a***}	0.00 ^{a*}
	21.3	374.1 ^c	617.2 ^e	49.0 ^{ab}	27.5 ^{bc}	1.2427 ^d	651.40 ^d	47.79 ^d	71.59 ^{bc***}	27.11 ^{ab***}	1.30 ^{a***}	0.00 ^{a*}
	19.9	372.6 ^c	627.7 ^d	49.5 ^{ab}	28.7 ^b	1.2711 ^c	660.70 ^{cd}	46.08 ^e	78.60 ^{a***}	20.99 ^{c***}	0.41 ^{bc***}	0.00 ^{a*}
	17.9	375.8 ^c	629.9 ^d	48.5 ^b	26.0 ^c	1.2619 ^c	669.67 ^c	44.31 ^f	75.35 ^{ab***}	24.10 ^{bc***}	0.46 ^{c***}	0.09 ^{a*}
	12.5	399.6 ^b	713.9 ^c	47.0 ^c	13.0 ^d	1.2959 ^b	755.47 ^b	42.43 ^g	78.02 ^{a***}	21.96 ^{c***}	0.02 ^{c***}	0.00 ^{a*}
	10.2	408.5 ^b	726.1 ^b	45.8 ^d	11.7 ^d	1.2966 ^b	773.10 ^a	41.72 ^g	79.34 ^{a***}	20.25 ^{c***}	0.34 ^{c***}	0.07 ^{a*}
	9.2	446.1 ^a	740.3 ^a	44.5 ^e	9.3 ^e	1.3190 ^a	778.10 ^a	38.97 ^h	77.49 ^{a***}	22.27 ^{c***}	0.22 ^{c***}	0.02 ^{a*}

주 1. *(p<0.05), **(p<0.01), ***(p<0.001)수준에서 유의적인 차이가 있음

주 2. abcde : column내에서 같은 알파벳은 같은 수준임

표 3-2-65. 1차년도에 측정된 국내외산 저장(유통)밀의 일반물성

구 분	우리밀							수입밀						타 곡물	
	금강	조경	백중	적중	찰밀	평균	HRW	NS	SW	CWRS	ASW	평균	쌀보리	벼	
산물 밀도 (kg/ m ³)	정선 전***	798.6 ^g	830.8 ^a	798.6 ^g	813.1 ^c	820.5 ^b	812.3	801.7 ^f	810.6 ^d	805.1 ^e	809.2 ^d	829.4 ^a	811.2	828.1 ^a	575.7 ^h
	정선 후***	801.3 ^g	834.0 ^b	804.7 ^f	816.4 ^e	821.6 ^d	815.6	817.2 ^e	817.8 ^e	823.5 ^c	818.0 ^e	839.4 ^a	823.2	-	-
용적중*** (g/l)	854.8 ^{cd}	876.5 ^a	849.4 ^d	859.6 ^{bcd}	866.5 ^{abc}	861.4	852.9 ^{cd}	859.2 ^{bcd}	855.1 ^{cd}	848.1 ^d	868.1 ^{ab}	856.7	853.1 ^{cd}	602.0 ^e	
천립중*** (g)	46.26 ^b	48.22 ^a	40.58 ^d	42.58 ^c	35.25 ^f	42.58	31.68 ^h	34.40 ^g	37.75 ^e	37.21 ^e	42.48 ^c	36.70	19.88 ^j	26.17 ⁱ	
품위 (%)	정립* *	88.97 ^b	86.32 ^b	84.52 ^b	79.14 ^c	84.61 ^b	84.71	95.77 ^a	94.10 ^a	96.15 ^a	84.25 ^b	97.39 ^a	93.53	73.59 ^d	97.25 ^a
	피해 립***	10.97 ^c	13.62 ^c	15.24 ^{bc}	19.74 ^b	14.66 ^c	14.85	3.66 ^d	5.64 ^d	3.62 ^d	15.66 ^{bc}	2.23 ^d	6.16	25.86 ^a	2.09 ^d
	이물* *	0.05 ^c	0.06 ^c	0.24 ^{bc}	1.11 ^{ab}	0.46 ^{ab}	0.38	0.03 ^c	0.03 ^c	0.20 ^{bc}	0.09 ^c	0.24 ^{bc}	0.12	0.00 ^c	0.67 ^a
	이중 곡립***	0.01 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.27 ^a	0.06	0.54 ^a	0.19 ^a	0.03 ^a	0.01 ^a	0.11 ^a	0.18	0.55 ^a	0.00 ^a

주 1. *(p<0.05), **(p<0.01), ***(p<0.001)수준에서 유의적인 차이가 있음

주 2. abcde : column내에서 같은 알파벳은 같은 수준임

- (산물밀도) 산물밀도는 단위기계, 탱크류 및 이송시설의 용량을 결정하는 주요 설계인자임. 밀의 산물에 관하여 표 3-2-64 및 그림 3-2-48에서 알 수 있듯이 백중, 조경 및 금강의 산물밀도는 함수율이 낮아수록 증가하였는데, p<0.001수준에서 함수율의 증가에 따라 산물밀도는 유의적인 차이를 나타내었고, 1차식으로 표현이 가능하였으며, 이 때 결정계수는 백중 r²=0.929(정선전) 및 0.928(정선후), 조경 r²=0.912(정선전) 및 0.878(정선후), 금강 r²=0.757(정선전) 및 0.971(정선후)이었음
- 이 결과는 A. Tabatabaeefar(2003)는 밀 함수율(0~22%)범위에서 산물밀도는 함수율의 1차식 (r²=0.96)으로 표현이 가능하다는 보고와, Carman(1996), Dutta et al. (1988), Gupta and Prakash(1990), Sjepered and Bhardwa(1986) 및 Mohesnin(1986) 등의 보고와 유사한 경향을 나타내었음. 한편, 측정된 함수율 11.0%, 11.7% 및 12.5%인 백중 및 조경의 산물밀도는 751.3, 774.2kg/m³이었는데 이 값은 Mohesnin(1986)이 함수율 11.9% 밀의 산물밀도 측정결과인 767kg/m³와 유사하여 본 연구에서 측정된 산물밀도는 선행연구와 유사하다는 것을 알 수 있었음
- 정선된 밀의 산물밀도가 정선되지 않는 밀에 비해 다소 높은 값을 나타내었고, 품종별로는 백중이 조경에 비해서는 높은 산물밀도를 나타내었음. 한편, 시중 유통밀에서는 백중보다 조경의 산물밀도가 높게 나타났으며, 이 결과로부터 동일 품종의 밀도, 생산지역 및 생산시기에 따라 산물밀도에 차이가 발생할 수 있다는 것을 알 수 있었음

- 한편, 벼의 경우 1차년도에 측정된 산물밀도는 $575.7\text{kg}/\text{m}^3$ 이었고, 김 등(2013)의 자료에서는 함수율이 12.9%일 때 벼 품종에 따라 납핑 및 호품의 산물밀도는 각각 $589.7\text{kg}/\text{m}^3$ 및 $513.7\text{kg}/\text{m}^3$ 로 측정되어 현재까지의 측정결과로는 벼의 산물밀도는 밀보다 낮았음. 벼를 대상으로 하는 건조저장시설 설계(농협RPC설계기준, 2000)에서 산물밀도는 용도에 따라 3가지 형태로 적용하는데, 이송장치의 이송능력에는 가장 적은 비중치인 $550\text{kg}/\text{m}^3$ 을, 곡물빈의 용적계산에는 $615\text{kg}/\text{m}^3$ 을, 곡물빈의 구조계산에는 가장 높은 $625\text{kg}/\text{m}^3$ 을 각각 적용하고 있음
- 우리밀의 건조저장시설에도 고수분 밀부터 농가에서 건조된 저장가능한 함수율 13%수준의 건조밀이 반입되고, 반입된 고수분 밀은 건조기에서 건조되어 사일로에 저장되므로 건조저장시설에서는 모든 수분대의 밀을 취급하고 있음. 따라서 밀 이송능력 및 저장전 보조탱크 등에는 가장 적은 산물밀도를 적용하여 고수분 밀(약 24% 내외, 조정, 정선전)을 기준으로 하여 약 $640\text{kg}/\text{m}^3$ 수준을, 곡물빈의 저장능력산정에는 약 $750\text{kg}/\text{m}^3$ 수준(약 13%내외, 백중, 정선후)을, 곡물빈의 구조계산에는 $835\text{kg}/\text{m}^3$ (시중유통밀, 조정, 정선후)수준을 사용하는 것이 타당할 것으로 판단되었음
- **(안식각)** 안식각은 곡물이송관의 최소 설치각도에 영향을 미치므로 이송관의 관경은 물론 밀 건조저장시설의 층고 결정과, 보조탱크 및 탱크류에 밀을 충전할 때 저장가능한 체적의 결정에도 영향을 미치며, 사일로에서 밀을 배출할 때 정안식각이 적은 곡물은 일시적으로 대량으로 배출되면서 높은 산물밀도와 함께 사일로에 큰 충격을 주어 쓰러지는 원인을 제공하기도 하므로 사일로의 구조 설계에 필요한 인자임
- 안식각에는 정안식각(static repose angle)과 동안식각(dynamic repose angle)이 있는데, 정안식각은 입상재료가 자연적으로 미끄러지기 시작할 때의 경사각이며, 동안식각은 입상재료가 흘러내려 퇴적되어 생기는 경사면이 수평면과 이루는 각도를 말함. 저장탱크 또는 호퍼등에서 배출되는 곡물의 경우는 동안식각과 관계되며, 일반적으로 동안식각이 중요함(김 등, 2006)
- 백경, 조정 및 금강밀에 대하여 함수율에 따른 밀의 정 및 동안식각을 측정한 결과는 다음 표 3-2-65과, 그림 3-2-48에서 알 수 있듯이 세가지 품종 모두 안식각은 함수율 약 20%수준까지는 함수율이 증가할수록 서서히 증가하다가 백중 19.3%, 조정 20.8% 및 금강 21.3%이상의 함수율에서는 함수율이 증가하여도 안식각은 거의 변화가 없었음. $p < 0.001$ 수준에서 함수율 증가에 따라 동 및 정안식각은 유의적인 차이를 나타내었고, 비선형식으로 표현이 가능하였으며, 이 때 결정계수는 백중 ($r^2=0.948, 0.910$), 조정 ($r^2=0.929, 0.987$) 및 금강 ($r^2=0.980, 0.960$)이었음
- A. Tabatabaeefar(2003)는 밀 함수율(0~22%)범위에서 안식각은 함수율의 1차식($r^2=0.80$)으로 표현이 가능하다고 보고하였으며, 벼(김 등, 1998), 녹두(Nimkar and Chattopadyay, 2001), 콩(faba bean, Fraser *et al.*, 1978), 나무콩(완두콩, Sphered abd Bhardwaj, 1986) 등의 곡물의 안식각에 대한 측정결과에 의하면 곡물 중 밀의 안식각이 가장 컸으며, 다른 곡물도 함수율과 안식각간의 상관관계가 있음을 알 수 있었음

- 벼를 대상으로 하는 건조저장시설 설계(농협RPC설계기준, 2000)에서 안식각은 벼는 45°, 현미는 33°, 백미는 39°를 기준으로 하고 있으며, 김 등(2012)는 현미 및 백미의 경우 설치각도 27°~51°범위에서는 곡물이 이송관 단면적의 50%이상은 충전되지 않는 상태로 이송되며, 관경이 지나치게 작아지면 완충장치 및 점검창의 설치 및 엘보 등 굴곡부분의 처리가 어렵고, 현장 작업성 등이 저하되므로 현미는 6~12톤/시간에서는 125mm관, 백미는 5~10톤/시간에서는 100mm관, 포장부 등 백미 10~15톤/시간에는 125mm관을 사용하는 것을 설계기준(안)으로 제시하였음
- 우리밀의 안식각은 고수분밀(24%기준)은 54°, 건밀은 49°수준을 기준(안)으로 제시하는 것이 타당하며, 이는 벼의 45°(현미 33°, 백미 39°)보다는 고수분 밀은 약 9°, 건밀은 4°정도가 높은 값으로 우리밀의 경우 이물질의 혼입이 없다면 벼보다 동일 곡물직경의 이송관일 경우 이송량은 증가하므로 건축층고를 낮출 수 있으나, 보조탱크 및 탱크류에서의 저장공간은 감소할 것으로 예상됨



<벼 퇴적시>



<밀 퇴적시>



<벼 배출시>



<밀 배출시>

그림 3-2-47. 벼 및 밀을 동일 높이에서 퇴적 및 배출하였을 때 모습(정안식각)

- **(비중)** 백중, 조정 및 금강밀 등 우리밀의 비중은 함수율이 감소할수록 점차 증가하였고, $p < 0.001$ 수준에서 함수율에 따라 비중은 유의적인 차이를 나타내었고, 1차식으로 표현이 가능하였으며, 이 때 결정계수는 백중 $r^2=0.941$, 조정 $r^2=0.929$ 및 금강 $r^2=0.961$ 이었음
- **(용적중)** 백중, 조정 및 금강밀 등 우리밀의 용적중은 함수율이 감소할수록 점차 증가하였고, $p < 0.001$ 수준에서 함수에 따라 용적중은 유의적인 차이를 나타내었고, 1차식으로 표현이 가능하였음

며, 이 때 결정계수는 백중 $r^2=0.945$, 조경 $r^2=0.973$ 및 금강 $r^2=0.961$ 이었음

- (천립중) 백중, 조경 및 금강밀 등 우리밀의 천립중은 함수율이 감소할수록 점차 감소하였고, $p<0.001$ 수준에서 함수율에 따라 천립중은 유의적인 차이를 나타내었고, 1차식으로 표현이 가능하였으며, 결정계수는 백중 $r^2=0.967$ 조경 $r^2=0.845$ 및 금강 $r^2=0.962$ 이었음. 품종별로 유사한 함수율 (조경 28.7%, 백중 29.6% 금강 31.0%)에서 천립중은 각각 63.07g, 41.51g 및 51.70g로서 조경>금강>백중순으로 차이를 나타내었음
- A. Tabatabaeefar(2003)는 함수율 0~22%범위에서 천립중은 함수율의 1차식($r^2=0.96$)으로 표현이 가능하다고 보고하였으며, 녹두 30.15g(Nimkar and Chattopadyay, 2001), 나무콩(완두콩) 75g(Shepherd and Bhardwaj, 1986), 메주콩 117g(Kulkarni *et al.*, 1993), 이집트콩 176g(Dutta *et al.*, 1988), 벼 23.04~27.16g(B. S. Reddy *et al.*, 2004) 등 곡물 및 두류의 천립중에 관한 선행 연구와 비교할 때 우리밀의 천립중은 벼 및 녹두보다는 크지만 일반적인 두류보다는 적음을 알 수 있었음
- 함수율에 따라 백중, 조경 및 금강밀의 산물밀도, 비중, 용적중 및 천립중은 다음 식(3-2-15)과 같이 1차식으로 표현이 가능하였고, 안식각은 다음 식(3-2-16)와 같이 비선형식으로 표현이 가능하였으며, 각 모델의 상수 및 결정계수는 다음 표 3-2-66와 같았음

$$DF = aM + b \dots\dots\dots (3-2-15)$$

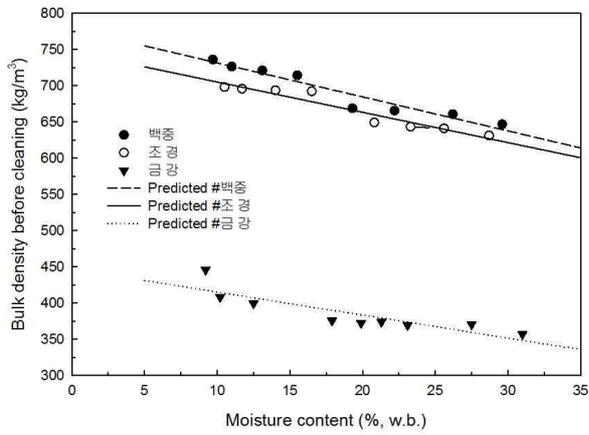
여기서, DF : 설계인자(산물밀도(kg/m^3), 비중(-), 용적중(g/L), 천립중(g))
M : 함수율(%,w.b.)
a, b : 상수(-)

$$f = \frac{a}{1 + \exp\left[\frac{-(M - x_0)}{b}\right]} \dots\dots\dots (3-2-16)$$

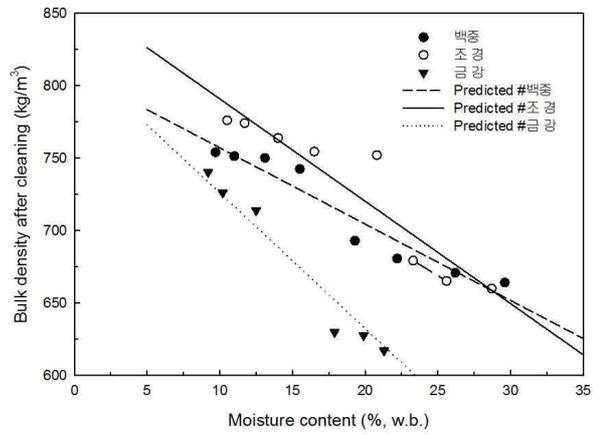
여기서, f : 안식각($^\circ$)
M : 함수율(%,w.b.)
a, b, x_0 : 상수(-)

표 3-2-66. 우리밀(백중, 조경, 금강)의 함수율별 반입공정 설계인자 예측모델의 상수 및 결정계수

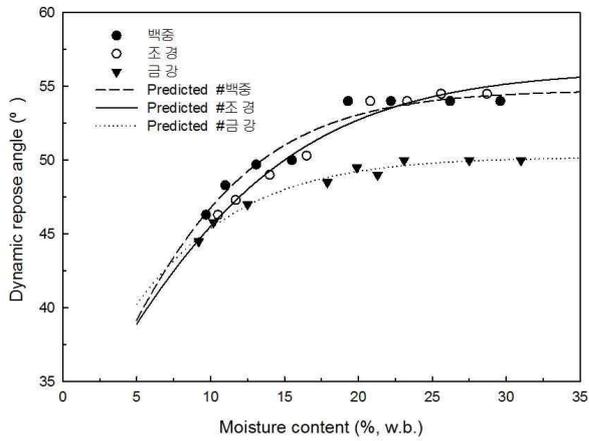
구분	산물밀도(kg/m ³)		동안식각 (°)	안식각(°) (정안식각관련)	비중 (-)	용적중 (g/L)	천립중 (g)	
	정선전	정선후						
백중	a	-4.696	-5.264	54.752	35.834	-0.004	-5.352	0.502
	b	778.409	809.761	5.908	6.614	1.339	848.069	27.762
	x _o	-	-	-0.435	11.269	-	-	-
	r ²	0.929	0.928	0.948	0.910	0.941	0.945	0.967
조경	a	-4.567	-7.062	56.138	46.625	-0.003	-5.758	0.856
	b	751.927	861.530	7.787	7.859	1.374	816.951	34.171
	x _o	-	-	-1.338	14.820	-	-	-
	r ²	0.912	0.878	0.929	0.987	0.917	0.973	0.845
금강	a	-0.239	-0.104	50.223	31.789	-0.006	-9.427	0.548
	b	111.303	85.551	5.954	4.054	1.365	860.952	35.255
	x _o	-	-	-3.301	12.933	-	-	-
	r ²	0.757	0.971	0.980	0.960	0.961	0.961	0.962



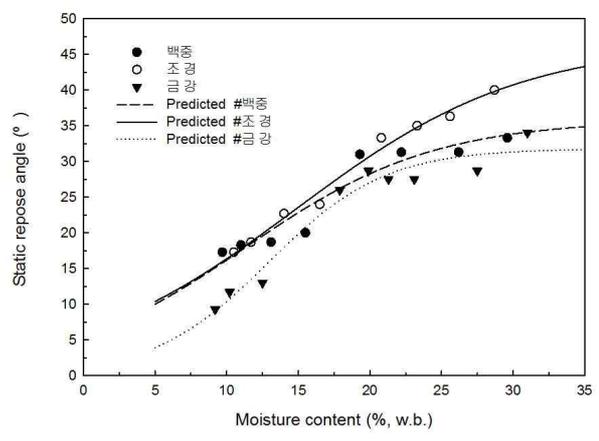
<산물밀도, 정선전>



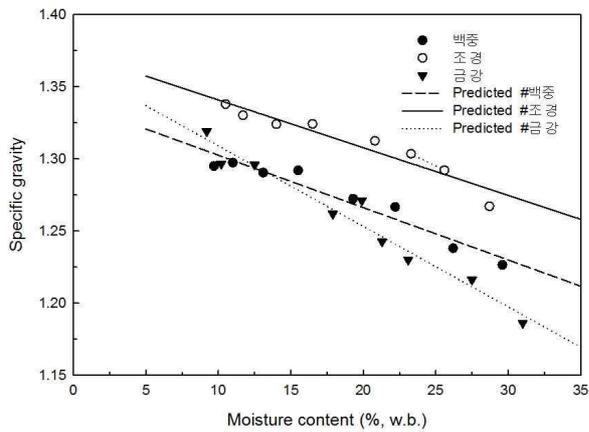
<산물밀도, 정선후>



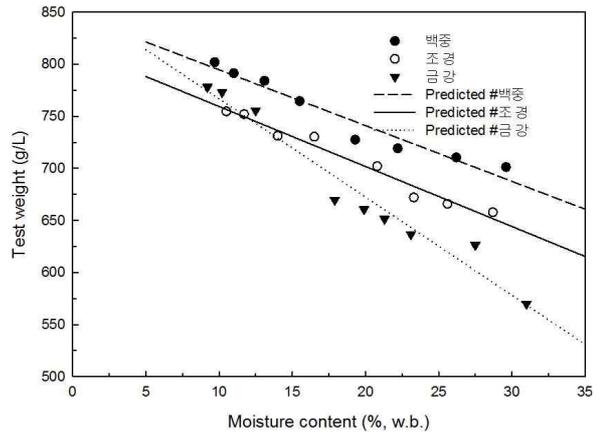
<동안식각>



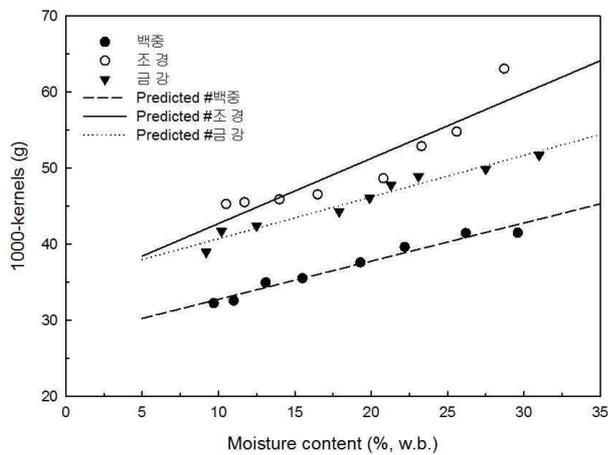
<정안식각>



<비중>



<용적중>



<천립중>

그림 3-2-48. 우리밀(백중, 조경, 금강)의 함수율이 산물밀도, 안식각, 비중, 용적중 및 천립중에 미치는 영향

③ 발아율 및 이화학적성분

- 초기 함수율 29.6%,w.b., 29.7%,w.b. 및 31.0%,w.b.인 백중, 조경 및 금강밀을 합천, 광주 및 익산에서 매입하여 차량으로 상온상태에서 연구원으로 이송한 후, 벌크건조기로 3.0~23.0시간동안 각 함수율대로 건조하여, PE포대에 충전하여 1℃저온저장고에서 저장하면서 공시하였으며, 약 9일정도 이송, 보관, 및 전처리 과정에 소요되었으며, 그 시료를 이용하여 함수율별 발아율, 단백질함량, 회분 및 지방산가를 측정된 결과는 다음 표 3-2-67 및 그림 3-2-49과 같았음
- (발아율) 백중 조경 및 금강밀의 발아율은 0~96.0%,w.b.로서 함수율이 높을수록 낮게 나타났는데, 이 결과는 ① 합천 및 광주에서 고수분 밀 매입, ② 한식연으로 상온이송, ③ 1℃ 저온저장고에 보관하면서 벌크건조기로 건조, ④ 저온저장고에서 1℃로 저장, ⑤ 상온에서 방냉 등 발아율을 측정할 때까지 함수율 및 외기온도에 많은 영향을 받았기 때문으로 판단됨
- 벼의 저장온도보다는 저장함수율이 발아율저하에 더 큰 영향을 미치며, 발아율저하는 짧은 기간동안 급격하게 발생한다는 김 등(2004)의 보고와 같이 함수율이 높을수록 낮은 발아율을 나타내었으며, 20%,w.b.이상에서의 발아율저하가 현저하였음. $p < 0.001$ 수준에서 함수율 증가에 따라 발아율은 유의적인 차이를 나타내었고, 식(3-2-18)와 같이 비선형식으로 표현되었으며, 이 때 결정계수는 백중 $r^2=0.947$ (4일) 및 0.990 (8일), 조경 $r^2=0.983$ (4일) 및 0.992 (8일), 금강 $r^2=0.806$ (4일) 및 0.927 (8일)이었음

표 3-2-67. 우리밀(백중, 조경, 금강)의 함수율별 발아율, 조단백질, 회분 및 지방산가

함수율(%w.b.)		발아율*** (%)		조단백질** (%)	회분 (%)	지방산가*** (mg KOH/100g drymatter)
		4일	8일			
백중	29.6	0.0 ^d	1.0 ^c	10.08 ^d	1.11 ^{c***}	29.72 ^a
	26.2	0.0 ^d	0.3 ^c	10.49 ^c	1.18 ^{bc***}	25.65 ^b
	22.2	14.3 ^c	36.7 ^b	10.44 ^c	1.30 ^{ab***}	23.47 ^b
	19.3	45.7 ^b	68.0 ^a	10.80 ^b	1.33 ^{ab***}	16.87 ^c
	15.5	45.7 ^b	75.0 ^a	10.93 ^{ab}	1.33 ^{ab***}	15.92 ^c
	13.1	47.7 ^b	72.7 ^a	10.94 ^{ab}	1.38 ^{a***}	11.47 ^d
	11.0	62.0 ^a	82.0 ^a	11.27 ^a	1.40 ^{a***}	11.19 ^d
	9.7	43.3 ^b	70.7 ^a	11.16 ^{ab}	1.40 ^{a***}	11.03 ^d
조경	28.7	0.0 ^d	3.0 ^d	15.56 ^c	1.59 ^{b**}	28.88 ^a
	25.6	14.0 ^c	17.3 ^c	14.76 ^e	1.59 ^{b**}	27.45 ^a
	23.3	8.3 ^{cd}	27.7 ^c	14.74 ^e	1.61 ^{b**}	18.19 ^b
	20.8	39.7 ^b	72.0 ^b	15.22 ^d	1.72 ^{ab**}	11.32 ^c
	16.5	77.7 ^a	93.7 ^a	15.46 ^c	1.76 ^{a**}	8.35 ^c
	14.0	79.7 ^a	95.7 ^a	16.14 ^b	1.78 ^{a**}	9.27 ^c
	11.7	81.0 ^a	94.3 ^a	16.24 ^b	1.74 ^{ab**}	7.54 ^c
	10.5	88.7 ^a	96.0 ^a	16.51 ^a	1.76 ^{a**}	7.24 ^c
금강	31.0	3.3 ^d	3.3 ^d	13.61 ^b	1.28 ^a	27.68 ^a
	27.5	20.0 ^c	20.7 ^c	13.65 ^b	1.33 ^a	22.35 ^a
	23.1	18.3 ^c	21.0 ^c	13.21 ^{bc}	1.20 ^a	23.49 ^a
	21.3	32.0 ^b	50.0 ^b	12.88 ^c	1.24 ^a	24.05 ^a
	19.9	40.0 ^{ab}	45.7 ^b	12.05 ^e	1.29 ^a	25.08 ^a
	17.9	49.0 ^a	66.0 ^a	13.23 ^{bc}	1.37 ^a	15.82 ^b
	12.5	43.0 ^{ab}	71.0 ^a	12.46 ^d	1.48 ^a	16.51 ^b
	10.2	40.7 ^{ab}	74.7 ^a	14.29 ^a	1.56 ^a	11.91 ^{bc}
	9.2	36.0 ^b	65.0 ^a	14.20 ^a	1.35 ^a	9.18 ^c

주 1. *(p<0.05), **(p<0.01), ***(p<0.001)수준에서 유의적인 차이가 있음

주 2. ^{abcde} : column내에서 같은 알파벳은 같은 수준임

○ (지방산가) 백중, 조경 및 금강의 지방산가는 함수율이 높을수록 증가하였으며, p<0.001수준에서 함수율 증가에 따른 유의적인 차이를 나타내었고, 2차식으로 표현되었으며, 결정계수는 백중 $r^2=0.973$, 조경 $r^2=0.923$ 및 금강 $r^2=0.850$ 이었음

- (단백질 및 회분함량) 단백질함량이 높아 빵의 원료로 적합하다는 조경의 단백질함량은 함수율 10.5~28.7%,w.b. 범위에서 15.56~16.51%수준이었으며, 면류 원료로 적합하다는 백중 및 금강의 단백질함량은 함수율 9.7~29.6%,w.b. 범위에서 10.08~11.16%수준, 9.2~31.0%,w.b. 범위에서 12.05~14.29%으로 조경보다는 낮게 나타났으며, 함수율이 높을수록 낮았음. 한편, 회분함량은 조경이 백중 및 금강보다 다소 높게 나타났으며, 함수율이 높을수록 낮았음
- 함수율에 따라 백중, 조경 및 금강밀의 단백질 및 회분은 다음 식(3-2-17)과 같이 1차식으로 표현이 가능하였고, 발아율 및 지방산가는 다음 식(3-2-18)와 같이 비선형식으로 표현이 가능하였으며, 각 모델의 상수 및 결정계수는 다음 표 3-2-68과 같았음

$$DF = aM + b \dots\dots\dots (3-2-17)$$

여기서, DF : 단백질(%), 회분(%)

M : 함수율(%,w.b.)

a, b : 상수(-)

$$f = \frac{a}{1 + \exp\left[\frac{-(M - x_0)}{b}\right]} \dots\dots\dots (3-2-18)$$

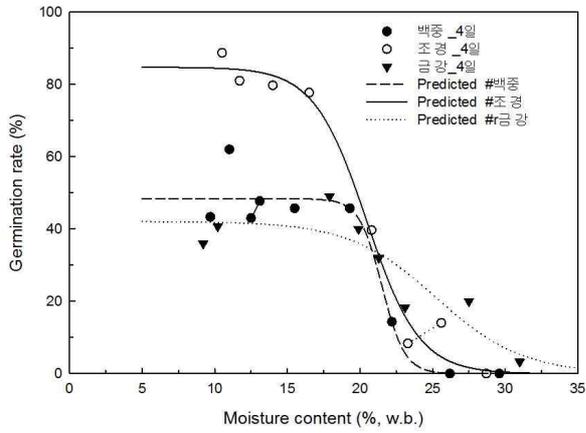
여기서, f : 발아율(%), 지방산가(mg KOH/100g drymatter)

M : 함수율(%,w.b.)

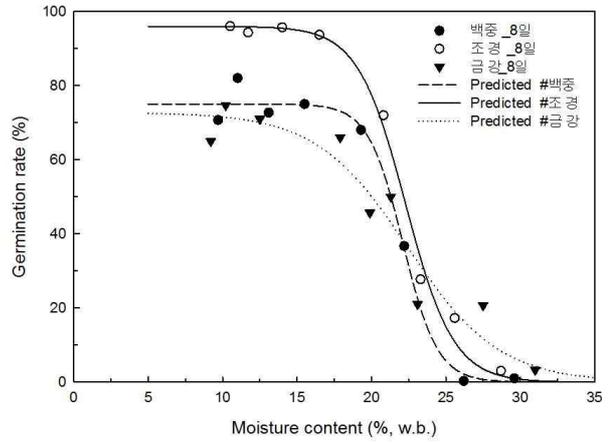
a, b, x₀ : 상수(-)

표 3-2-68. 우리밀(백중, 조경, 금강)의 함수율별 발아율 및 일반성분 예측모델의 상수 및 결정계수

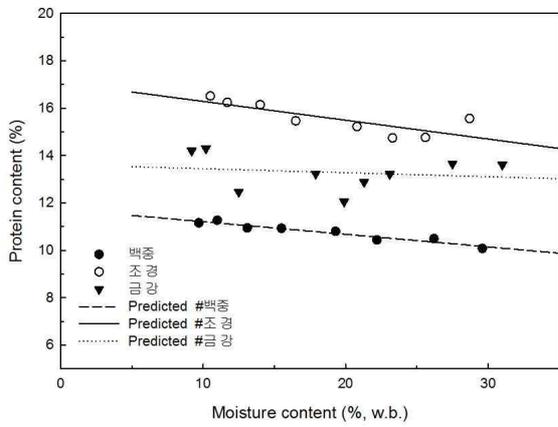
구분	발아율 (%)		조단백질 (%)	회분 (%)	지방산가 (mg KOH/100g drymatter)	
	4일	8일				
백중	a	49.720	75.003	-0.053	-0.014	51.075
	b	-0.879	-1.161	11.739	1.560	11.571
	x ₀	21.405	22.121	-	-	25.730
	r ²	0.947	0.990	0.931	0.919	0.973
조경	a	84.740	95.982	-0.079	-0.011	2529945887.523
	b	-1.806	-1.604	17.078	1.903	11.152
	x ₀	20.452	22.297	-	-	232.097
	r ²	0.983	0.992	0.635	0.815	0.924
금강	a	42.088	72.738	-0.017	-0.010	26.582
	b	-2.978	-3.071	13.612	1.540	5.454
	x ₀	25.231	22.440	-	-	11.567
	r ²	0.806	0.927	0.029	0.451	0.850



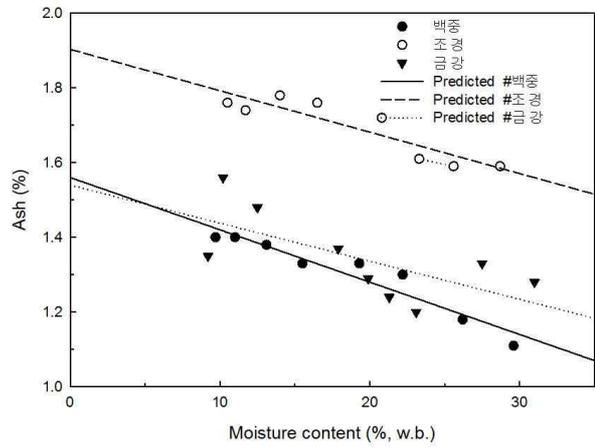
<발아율, 4일>



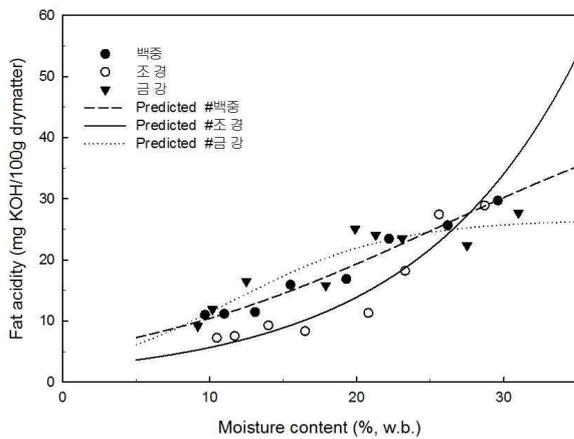
<발아율, 8일>



<조단백질>



<회분>



<지방산가>

그림 3-2-49. 우리밀(백중, 조경, 금강)의 함수율별 발아율, 조단백질, 회분, 지방산가에 미치는 영향

(2) 우리밀 건조저장시설 조선공정 설계인자 구명

- 우리밀은 콤바인(Class type)으로 수확된 후 건조저장시설로 반입되는데 이 때 밀에는 밀대, 껍질, 돌, 이물 등의 이물질이 혼입되어 있으며, 이들 이물질을 제거하지 않으면 유동성 저하, 이송시설·탱크류 및 단위기계 막힘, 저장중 변질 등의 문제발생은 물론 실증량거래의 한계(건조저장시설에서 이물질을 밀과 동일한 가격으로 매입)가 발생하므로 호퍼스케일에서 중량을 계량하기 전에 이물질을 제거하여야 함
- 이물질의 선별(제거)에는 조선기(풍력선별기 포함)가 사용되며, 투입구 이후 첫 공정임. 조선기는 통상 기하학적 및 기류선별 등이 사용되며, 이를 위해 선별체와 풍력선별부가 설치되어 있으며, 주요 설계인자로는 기하학적 특성 및 종말속도가 있으며, 본 연구에서는 밀건조저장시설의 조선기의 설치현황, 반입 밀중의 이물질함량 및 조선기에서의 선별율을 측정하였으며, 조경, 백중 및 금강밀의 함수율별 기하학적 특성 및 종말속도 등 설계인자를 측정하였음
- 밀 건조저장시설에 대해서는 1차년도에는 경남 합천의 건조저장시설 및 충남서천의 농가에서 조선기 및 건조기 전후의 이물질량을 측정하였으며, 2차년도에는 전북 익산, 군산 및 김제소재 우리밀 건조저장시설에서 시설내에 설치된 조선기로 반입되는 우리밀 중 이물질함량, 조선기의 조선율, 최종이물질혼입비율 등 설계인자를 측정하였고, 4차년도에는 전남 영광 우리밀 건조저장시설에서 조선기 및 건조기 전후의 이물질량, 조선율 등을 측정하였음
- 밀의 기하학적특성으로는 1차년도에는 시중에 유통되는 국내산 밀 5품종(금강, 조경, 백중, 적중, 찰밀), 외국산 밀 5품종(HRW, NS, SW, CWRS, ASW) 및 이종곡립(쌀보리, 밀) 등 총 12개 품종에 대하여 설계인자를 측정하여 건밀에 대한 기초 데이터를 확보하였으며, 2차년도에는 함수율에 따른 설계인자를 확보하기 위하여 반입공정과 동일하게 고수분 밀을 건조하면서 설계인자를 측정하였음

(가) 밀 건조저장시설에서의 선별인자 측정

① 재료 및 방법

- 밀 건조저장시설에서 조선기의 설치현황은 2013년에는 경남 합천우리밀영농조합에서 공정구성만을 확인하였으며, 2014년에는 전북 익산보석우리밀영농조합에서 조선기의 진동체의 사양, 집진시설의 설치현황 등에 대해 조사하였으며, 송풍기의 송풍량과 정압을 측정하였음. 송풍량 및 정압은 조선기 후단에 연결되어 있는 집진덕트에 $\Phi 12\text{mm}$ 의 측정구를 타공한 다음, 송풍량은 풍속을 풍속측정기(Velocical, TSI 9555-P, U.S.A)를 이용하여 평균풍속(덕트관경을 감안하여 최소 약 25지점 측정)을 측정하고, 덕트직경을 측정하여 환산하였고, 정압은 디지털정압측정기(Testo 526, Testo, Germany)을 이용하여 정압을 측정하였음

- 2014년도에 건설된 전북 익산보석우리밀영농조합에 설치된 조선기의 선별체의 규격 및 타공망의 사양을 조선기 제조업체를 통해 분석하였으며, 벼 및 보리와와의 차이점에 대해서도 분석하였음
- 조선기에서의 조선율은 2013년 밀 수확시기에 경남 합천우리밀영농조합에서 함수율별로 10개 시료구(12.5, 14.0, 16.2, 17.3, 18.8, 20.0, 22.8, 25.6, 26.2, 27.7% 수준)에 대하여, 2014년도 전북 익산, 전북 군산 및 전북 김제우리밀영농조합에서는 각각 10개, 3개 및 4개 함수율 실험구에 대하여 2016년도 전남 영광 우리밀건조저장시설에서는 7개 함수율 실험구에 대하여 측정하였음
- 측정방법은 조선기 전, 후에서 각각 4kg씩 시료를 채취하여 육안으로 밀 및 이물질로 선별하여 다음 식(3-2-19)로 조선기 전후의 이물질혼입율을 계산한 다음, 이들을 이용하여 다음 식(3-2-20)로 조선율을 계산하였음

$$FMR = \frac{W_F}{W_s} \times 100 \dots\dots\dots (3-2-19)$$

여기서, FMR : 이물질혼입율(%)
 W_F : 선별된 이물질 중량(g)
 W_s : 시료 벼 중량(g)

$$FMSR = \left(1 - \frac{FMR_f}{FMR_i} \right) \times 100 \dots\dots\dots (3-2-20)$$

여기서, $FMSR$: 조선율(%)
 FMR_f : 통과후 이물질혼입율(%)
 FMR_i : 통과전 이물질혼입율(%)



그림 3-2-50. 조선기 집진덕트의 타공 및 송풍량·정압 측정 장면(전북 익산보석우리밀영농조합법인)

- 또한, 조선기에서 배출된 이물질의 중량 및 이물질중 정립비율을 측정하여, 고수분 밀의 산물수매시 조선기에서 배출되는 이물질중 정립비율로 인해 고려해야할 부분에 대해 검토하였음. 이를 위해 전

북 익산보석우리밀영농조합법인에서 2014. 06. 11 ~ 12일까지 반입된 우리밀의 조선키에서 배출된 이물질을 수집하여 중량을 계량하였으며, 이물질을 수거하여 연구원에서 이물질중 정립비율을 측정하였음. 우리밀의 반입기간에 6월 10일경부터 약 1주일정도로 지나치게 짧고, 산물수매를 실시하지 않거나 그 반입량이 지나치게 적어 실험구의 증대에는 한계가 있었음



그림 3-2-51. 조선키에서 배출되는 이물질의 채취장면

(나) 결과 및 고찰

① 밀 건조저장시설의 조선키 설치현황

- 조사대상의 모든 밀 건조저장시설에서 조선키의 설치 특징은 ① 투입후 조선키가 모두 설치되어 있었고, ② 조선키 이전에는 풍력선별기가 설치되어 쭉정이, 이물 등 기류선별이 필요한 이물질의 선별에 사용되고 있었으며, ③ 집진은 cyclone집진이었고, 단독집진형태이었으며, ④ 선별체는 3단으로 벼에 비해서는 다소 다른 형태를 사용하고 있었음



<익산보석우리밀영농조합법인>



<(유)농업법인군산우리밀>



<김제우리밀영농조합법인>



<영광농협우리밀건조저장시설>

그림 3-2-52. 밀 건조저장시설의 조선기 설치현황

- 2014년에 신축하여 조선기에 대한 정보를 용이하게 취득할 수 있는 전북 익산보석우리밀영농조합의 경우, 아이디알시스템의 조선기(30ton/hr)가 사용되었으며, 조선기에서의 송풍량 및 정압측정치는 다음 표 3-2-69과 같았음. 표에서 알 수 있듯이 풍력선별기 및 조선기의 송풍량은 52.7m³/min 및 208.3m³/min으로 설계치에 비해서는 부족한 반면, 소요정압은 설계치에 비해 측정치가 높아 당초 설계에 비해 엘보우의 개수 증가 등에서 송풍저항이 컸었으며, 정밀설계가 필요함을 알 수 있었음

표 3-2-69. 전북 익산보석우리밀영농조합법인에 설치된 조선기의 송풍량 및 정압

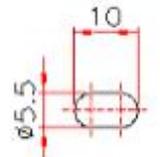
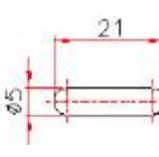
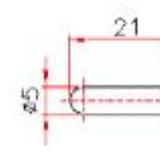
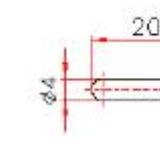
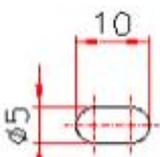
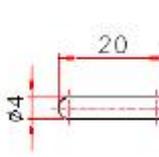
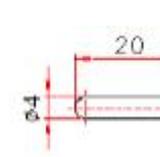
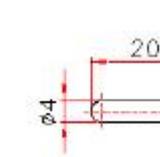
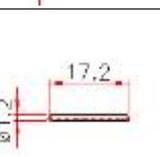
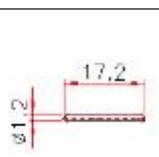
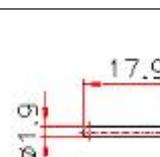
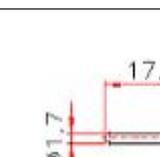
측정 지점	설계치		측정치	
	송풍량(m ³ /min)	정압(mmAq)	송풍량(m ³ /min)	정압(mmAq)
풍력선별기	130	180	52.7	233.0
조선기	210	180	153.0	232.0

- 선별체의 사양에 대해 업체에 문의한 결과는 다음 표 3-2-70~71과 같았으며, 표에서 알 수 있듯이 밀을 대상으로 하는 조선기의 선별체는 벼 및 보리를 대상으로 하는 선별체에 비하여 선별체의 크기는 같으나, 선별망의 크기에서 상부 1단망(큰 이물질선별)은 두께는 약간 크나 길이가 작았으며, 3단(하부)망은 길이 및 폭이 모두 작은 특징이 있었음. 그러나 업체에서는 경험에 의존하거나 건조저장시설의 요구에 따라 제작한 것으로 전반적인 연구결과에 따라 제작된 것은 아니었음

표 3-2-70. 아이디알시스템의 조전기(30ton/hr)의 선별체 크기 및 선별망 사양

대상 곡물	선별망	구 분	규 격	수량(개)	비고
밀(1)	상부 1차	타공망	Ø5.5 × 10mm	1	
		선별체	W1710 × L1500		
	상부 2차	타공망	Ø5 × 10mm	1	
		선별체	W1710 × L1500		
	하부	타공망	Ø1.2 × 17.2mm	1	
		선별체	W1710 × L1500		
밀(2)	상부 1차	타공망	Ø5×21mm	1	
		선별체	W1710×L1500		
	상부 2차	타공망	Ø4×20mm	1	
		선별체	W1710×L1500		
	하부	타공망	Ø1.2×17.2mm	1	
		선별체	W1710×L1500		
벼	상부 1차	타공망	Ø5 × 21mm	1	
		선별체	W1710 × L1500		
	상부 2차	타공망	Ø4 × 20mm	1	
		선별체	W1710 × L1500		
	하부	타공망	Ø1.9 × 17.9mm	2	
		선별체	W1710 × L1500		
보리	상부 1차	타공망	Ø4× 20	1	
		선별체	W1710 × L1500		
	상부 2차	타공망	Ø4 × 20mm	1	
		선별체	W1710 × L1500		
	하부	타공망	Ø1.7× 17.7	2	
		선별체	W1710 × L1500		

표 3-2-71. 아이디알시스템의 조전기(30ton/hr)의 선별망 사양 및 형태

구 분	밀(1)	밀(2)	벼	보리
상부 1차				
상부 2차				
하 부				

② 조선기의 조선율

- 김 등(2013)은 3년동안 함수율에 따라 116개 시료구에 대해 RPC의 조선기 전후의 벼에 혼입된 이물질중량비와 조선율을 측정된 결과, 조선기 전의 이물질중량비는 0.06~1.86%로서 품종, 기상여건, 콤바인 종류 및 수확방법 등에 따라 달라지나 콤바인의 성능향상에 의해 매년 감소하는 추세이며, 조선기 후의 이물질중량비는 0.00~1.05%, 조선기의 선별율은 24.7~69.9%로서 평균 54.3%에 달하였으며, 조선율은 벼의 함수율, 품종, 이물질의 종류 및 형태, 조선기의 종류, 집진방법, 운영조건 등에 따라 달라진다고 보고하였음
- 본 연구에서는 우리밀의 조선기 전후의 이물질중량비와 조선율을 측정하기 위하여 2013년 경남 합천우리밀영농조합에서 함수율별로 10개 시료구에 대해 시료를 채취하여 측정하였고, 충남 서천의 농가에서 조선기없이 바로 순환식건조기에 투입되는 우리밀과 건조기 이후에서의 이물질중량비를 측정하였으며, 2014년에 전북 익산, 군산 및 김제우리밀영농조합에서 함수율별 17개 시료, 2016년에 전남 영광 7개 시료에 대하여 시료를 채취하여 측정하였음. 전체적으로 시료수가 많지 않는 것은 우리밀의 반입기간이 지나치게 짧고, 우리밀의 산물수매를 실시하는 건조저장시설이 거의 없으며, 다양한 함수율의 밀이 반입되지 않기 때문임
- 다음 표 3-2-72은 우리밀 건조저장시설(경남합천, 전북익산, 전북군산, 전북김제, 전남영광)에 설치된 조선기 전후에서의 이물질혼입율 및 조선기에서 조선율을 나타낸 것으로서 조선기전의 이물질혼입율은 평균 1.27%(0.02~4.06%)로 벼에 비해 다소 높았고, 조선기후에는 평균 0.41%(0.00~1.38%)로서 벼에 비해 다소 낮았으며, 평균 조선기 조선율은 65.46%(0.00~100.0%)수준을 나타내어 벼보다 높게 측정되었음
- 다음 표 3-2-73은 충남 서천의 농가에서 수확한 밀을 조선기 없이 바로 건조기에 투입하여 건조할 때 건조기 전, 후의 이물질혼입율 및 건조기에서 이물질제거율을 나타낸 것으로서 표에서 알 수 있듯이 건조기전의 우리밀의 이물질혼입율은 5.19%로 대단히 높았으며, 건조기 이후에는 0.78%로 성상별 함수율 변화차이를 고려하지 않고 단순하게 이물질제거율을 나타내면 75.0%에 해당하였음
- 이상의 결과에서 우리밀의 조선기 전후 이물질혼입율과 조선율은 김 등(2013)의 벼에 대한 측정결과에서와 유사하게 수확되는 함수율, 콤바인 종류 및 작업상태, 품종 등에 따라 차이가 발생하는 것을 알 수 있었으며, 우리밀 원료의 이물질혼입율은 벼에 비해 높았으나, 조선율과 최종 이물질혼입율은 우수하였는데, 주요 원인은 벼의 이물질의 대부분은 벼 정립과 유사한 크기(두께만 차이)의 쪽정으로서 기류선별 및 기하학적선별이 용이하지 않은데 비해 우리밀의 이물질은 주로 밀대와 밀껍질로서 조선이 용이하기 때문으로 판단되었음

표 3-2-72. 경남합천 및 전북소재 우리밀 건조저장시설에 설치된 조선기 전·후에서의 이물질혼입률 및 조선율

구분	조선기 전 성장별 중량비(%)							조선기 후 성장별 중량비(%)						조선율 ((b-f)/ b× 100)
	함수율 (%)	정립	소계 (d=a+b+c)	피해립 (a)	이물질 (b)	이종 곡립(c)	함수율 (%)	정립	소계 (h=e+f+g)	피해립 (e)	이물질 (f)	이종곡 립(g)		
합천	1	12.79	87.37	12.63	12.53	0.10	0.00	12.50	81.30	18.70	18.65	0.05	0.00	50.00
	2	13.18	92.81	7.19	6.99	0.02	0.18	14.62	92.66	7.34	7.03	0.02	0.29	0.00
	3	17.83	93.96	6.04	5.96	0.08	0.00	16.95	89.53	10.47	10.41	0.06	0.00	25.00
	4	18.11	93.12	6.88	6.83	0.05	0.00	18.66	94.95	5.05	5.03	0.02	0.00	60.00
	5	18.85	92.46	7.54	7.33	0.21	0.00	19.62	94.98	5.02	5.01	0.01	0.00	95.24
	6	20.80	93.83	6.17	5.73	0.44	0.00	20.24	87.88	12.12	11.82	0.30	0.00	31.82
	7	24.26	93.57	6.43	6.34	0.09	0.00	23.20	94.20	5.80	5.76	0.04	0.00	55.56
	8	27.16	92.34	7.66	7.31	0.35	0.00	28.28	92.02	7.98	7.89	0.09	0.00	74.29
	9	26.52	88.80	11.20	10.58	0.62	0.00	26.41	89.63	10.37	9.95	0.42	0.00	32.26
	10	31.39	87.46	12.54	11.40	1.14	0.00	31.24	87.11	12.89	12.25	0.64	0.00	43.86
	평균	21.09	91.57	8.43	8.10	0.31	0.02	21.17	90.43	9.57	9.38	0.16	0.03	46.80
익산	1	19.39	82.39	17.61	15.87	1.19	0.55	19.49	80.82	19.18	18.72	0.37	0.09	68.91
	2	20.52	71.41	28.59	26.45	2.01	0.13	20.71	82.14	17.87	17.36	0.49	0.02	75.62
	3	18.13	82.78	17.22	15.09	2.13	0.00	19.80	77.38	22.61	22.46	0.15	0.00	92.96
	4	18.91	80.34	19.66	18.11	1.55	0.00	18.23	85.40	14.61	14.31	0.30	0.00	80.65
	5	19.76	80.37	19.63	18.06	1.57	0.00	18.56	76.02	23.98	23.79	0.19	0.00	87.90
	6	21.50	73.72	26.28	24.57	1.71	0.00	20.12	83.02	16.97	16.52	0.45	0.00	73.68
	7	20.29	78.83	21.17	18.21	2.96	0.00	21.71	83.94	16.06	15.91	0.15	0.00	94.93
	8	18.57	85.23	14.77	14.10	0.67	0.00	19.33	87.71	12.29	12.07	0.22	0.00	67.16
	9	17.14	69.75	30.24	28.34	1.90	0.00	19.24	73.16	26.84	26.28	0.56	0.00	70.53
	10	18.25	69.46	30.54	30.41	0.13	0.00	16.91	71.94	28.06	27.98	0.08	0.00	38.46
	평균	19.36	77.43	22.57	20.92	1.58	0.07	19.69	80.15	19.85	19.54	0.30	0.01	81.29
군산	1	26.81	77.28	22.72	19.77	2.95	0.00	26.25	74.30	25.70	24.77	0.93	0.00	68.47
	2	20.76	78.84	21.16	20.78	0.39	0.00	21.16	77.44	22.56	22.46	0.09	0.00	76.92
	평균	23.79	78.06	21.94	20.28	1.67	0.00	23.71	75.87	24.13	23.62	0.51	0.00	69.46
김제	1	14.49	85.00	15.00	13.38	1.62	0.00	13.31	91.84	8.16	8.08	0.08	0.00	95.06
	2	13.06	87.90	12.10	12.00	0.10	0.00	13.12	92.52	7.47	7.34	0.10	0.03	0.00
	3	12.96	87.29	12.70	11.31	1.39	0.00	13.04	84.89	15.11	15.00	0.00	0.11	100.00
	4	12.17	86.90	13.10	12.94	0.16	0.00	11.83	89.28	10.72	10.57	0.07	0.08	56.25
	5	11.84	84.50	15.5	15.19	0.31	0.00	11.77	81.64	18.36	18.12	0.24	0.00	22.58
	평균	12.90	86.32	13.68	12.96	0.72	0.00	12.61	87.99	11.96	11.82	0.10	0.04	86.31
영광	1	15.68	67.13	32.87	31.82	1.05	0.00	15.91	76.81	32.70	31.82	0.88	0.00	16.19
	2	17.40	68.39	31.6	29.67	1.77	0.16	17.40	82.93	17.07	15.91	1.01	0.15	42.94
	3	16.09	75.1	24.9	22.48	2.14	0.28	17.16	78.03	21.97	20.59	1.38	0.00	35.51
	4	16.49	87.26	12.75	11.40	1.35	0.00	17.20	87.03	12.96	11.84	1.12	0.00	17.04
	5	18.77	78.03	21.98	17.92	4.06	0.00	17.91	82.27	17.74	17.22	0.52	0.00	87.19
	6	17.80	74.56	25.44	23.22	1.97	0.25	17.82	79.88	20.12	18.83	1.29	0.00	34.52
	7	14.73	77.44	22.56	20.29	2.24	0.03	14.60	88.85	11.14	10.40	0.66	0.08	70.54
	평균	16.71	75.42	24.59	22.40	2.08	0.10	16.86	82.26	19.10	18.09	0.98	0.03	43.42
평균	18.77	81.76	18.24	16.93	1.27	0.04	18.81	83.34	16.92	16.49	0.41	0.02	65.46	

표 3-2-73. 충남 서천 농가에 설치된 건조기 전후에서의 이물질함량 및 이물질선별율

구분	건조기전 성상별 중량비(%)					건조기후 성상별 중량비(%)					이물질선별율 ((d-h)/d ×100)
	정립	소계 (d=a+b+c)	피해립 (a)	이물질 (b)	이종곡립 (c)	정립	소계 (h=e+f+g)	피해립 (e)	이물질 (f)	이종곡립 (g)	
1	77.80	22.20	13.64	8.56	0.00	90.8	9.20	8.97	0.17	0.06	98.0
2	84.36	15.64	9.56	6.08	0.00	88.13	11.87	10.85	1.02	0.00	83.2
3	82.96	17.04	15.47	1.57	0.00	92.6	7.40	6.05	1.06	0.29	32.5
4	85.85	14.15	8.10	6.05	0.00	87.74	12.26	11.40	0.59	0.27	90.2
5	89.32	10.68	7.00	3.68	0.00	82.3	17.70	7.11	1.07	9.52	70.9
평균	84.06	15.94	10.75	5.19	0.00	88.31	11.69	8.88	0.78	2.03	75.0

표 3-2-74. 조전기 및 건조기 전후에서의 이물질혼입율 측정에 사용한 시료의 함수율

구분	합천우리밀영농조합 조전기 전후의 밀 함수율(%)		서천 농가의 건조기 전후의 밀 함수율(%)		익산보석우리밀영농조합 조전기 전후의 밀 함수율(%)		영광농협밀건조저장시설 조전기 전후의 밀 함수율(%)	
	조전기전	조전기후	건조기전	건조기후	조전기전	조전기후	조전기전	조전기후
	1	12.79	12.50	39.26	12.11	19.39	19.49	15.68
2	13.18	14.62	38.00	13.82	20.52	20.71	17.40	17.40
3	17.83	16.95	41.94	14.17	18.13	19.80	16.09	17.16
4	18.11	18.66	36.70	15.93	18.91	18.23	16.49	17.20
5	18.85	19.62	25.25	14.02	19.76	18.56	18.77	17.91
6	20.80	20.24	-	-	21.50	20.12	17.80	17.82
7	24.26	23.20	-	-	20.29	21.71	14.73	14.60
8	27.16	28.28	-	-	18.57	19.33	-	-
9	26.52	26.41	-	-	17.14	19.24	-	-
10	31.39	31.24	-	-	18.25	16.91	-	-
평균	21.09	21.17	36.23	14.01	19.25	19.41	16.71	16.86

③ 조선기에서 선별된 이물질중 정립비율

- 전항에서 우리밀 건조저장시설 5개소에서 원료 우리밀에 함유된 이물질혼입율, 조선기에서 조선을 및 조선기를 통과하여 호퍼스케일로 계량되는 최종 우리밀의 이물질혼입율을 측정하였으며, 본 항에서는 선별체와 풍력선별로 구성된 조선기에서 기하학적선별 및 기류선별로 제거되는 이물질의 비율과, 이 때 배출된 이물질중 우리밀 정립혼입율이 어느 정도인지를 측정하였음
- 전북 익산소재 우리밀 건조저장시설에 설치된 조선기로 함유율 18.7%, 이물질혼입율 0.72%인 우리밀 29.8톤을 조선하여 선별된 이물질중량을 측정한 결과는 다음 표 3-2-75과 같았으며, 표에서 알 수 있듯이 조선기에서 제거된 이물질중 선별체에서 제거된 이물질중량비는 0.08%(총 배출된 이물질중 11.4%), 기류선별로 제거된 이물질 중량비는 0.64%(총 배출된 이물질중 88.6%)로 우리밀에서 이물질은 주로 기류선별로 제거되는 밀껍질임을 알 수 있었음

표 3-2-75. 전북 익산소재 우리밀 건조저장시설 조선기에서의 선별된 이물질 비율

구 분	조선기로 투입된 우리밀 중량(kg)(a)	조선기에서 선별된 이물질중 이물질비율					
		소 계		선별체		기류선별	
		중량(kg)(b+d)	비율(%) (c+e)	배출된 이물질중량(kg)(b)	이물질비율(%) (c=b/a×100)	배출된 이물질중량(kg)(d)	이물질비율(%) (e=d/a×100)
중량	29,840.6	216.2	0.72	24.7	0.08	191.5	0.64

- 한편, 선별된 이물질중 우리밀 정립비율을 측정하기 위하여 경남합천소재, 전북익산소재, 전북김제소재 및 전남영광소재 우리밀 건조저장시설에서도 동일하게 선별체과 기류선별에서 선별된 이물질에서 시료를 채취하여 이물질중 우리밀 정립비율을 측정한 결과는 다음 표 3-2-76과 같았음
- 표에서 알 수 있듯이 우리밀 건조저장시설 4개소의 조선기에서 선별된 이물질중 우리밀 정립비율은 선별체에서 23.80%, 기류선별에서 1.46%로서, 이물질 선별방식별 선별된 이물질중량비를 고려하면 배출된 총 이물질중 우리밀 정립비율은 4.01%수준($(11.4\% \times 23.8\% + 88.6\% \times 1.46\%) \div 100 = 4.01\%$)이 었음
- 배출된 이물질중 우리밀 정립은 주로 선별체에서 배출되는데, 농민이 육안으로 확인 가능한 이삭 또는 밀집이 붙은 형태로서 선별체 타공망의 길이 및 폭보다는 큰 것이 대부분이었으며, 선별체 타공망의 크기를 확대하여도 선별에는 한계가 발생하므로 제망기(재 탈곡기)의 설치를 검토할 필요가 있지만, 제망기를 설치하여도 우리밀 정립비율을 감소시키는 것에는 한계가 있을 것으로 판단되었음. 한편, 소량이지만 기류선별된 밀껍질에 포함된 우리밀 정립은 조선기의 송풍량 조절 등을 통해 일부 감소가 가능할 것으로 판단되었음

표 3-2-76. 조선기에서 배출된 이물질에서 채취한 시료로 분석한 이물질중 우리밀 비율

구 분	선별체에 의해 선별된 이물질중 정립비율				기류선별에 의해 선별된 이물질중 정립비율			
	총 이물질중량 (g) (a)	배출된 이물질중량 (g) (b)	정립중량 (g) (c)	정립비율 (%) (c/a×100)	총 이물질중량 (g) (d)	배출된 이물질중량 (g) (e)	정립중량 (g) (f)	정립비율 (%) (f/d×100)
합천	7.8	6.34	1.46	18.72	2.96	2.90	0.06	2.03
익산	11.55	9.22	2.32	20.09	2.76	2.67	0.09	3.26
김제	117.36	49.52	64.32	54.81	0.58	0.58	0.00	0.00
영광	15.22	14.98	0.24	1.58	13.22	13.15	0.07	0.53
평균	37.98	20.02	17.09	23.80	4.88	4.83	0.06	1.46

○ 다음 표 3-2-77은 벼를 대상으로 하는 RPC의 조선기 성능검정기준(한국식품연구원, 2012)을 나타 낸 것으로서, 우리밀의 경우 앞의 측정결과에서도 알 수 있듯이 이물질선별율 및 이물질중정립비율 모두를 벼보다는 다소 높게 선정하여 기준을 정립할 필요가 있었으나, 조선기에서 우리밀의 이물질 선별인자 구명에 대한 연구가 대단히 부족한 상태로서 지속적인 현장 및 실험실실험을 통해 시설인 자에 대한 보완할 필요가 있음

표 3-2-77. 벼를 대상으로 하는 RPC에서의 조선기 성능검정 기준

성능검정항목	항목별가 중치 (A)	성능검정기준(성능가중치, B)					비 고
		매우우수 (1.0)	우수 (0.8)	보통 (0.6)	미흡 (0.4)	매우미흡 (0.2)	
이물질선별율(%)	0.8	65.0 이상	55.0이 상	45.0 이상	35.0 이상	35.0 미만	
이물질중 정립비율(%)	0.2	1.0 이하	2.0 이하	3.0 이하	4.0 이하	4.0 초과	

(다) 선별공정설계인자 구명

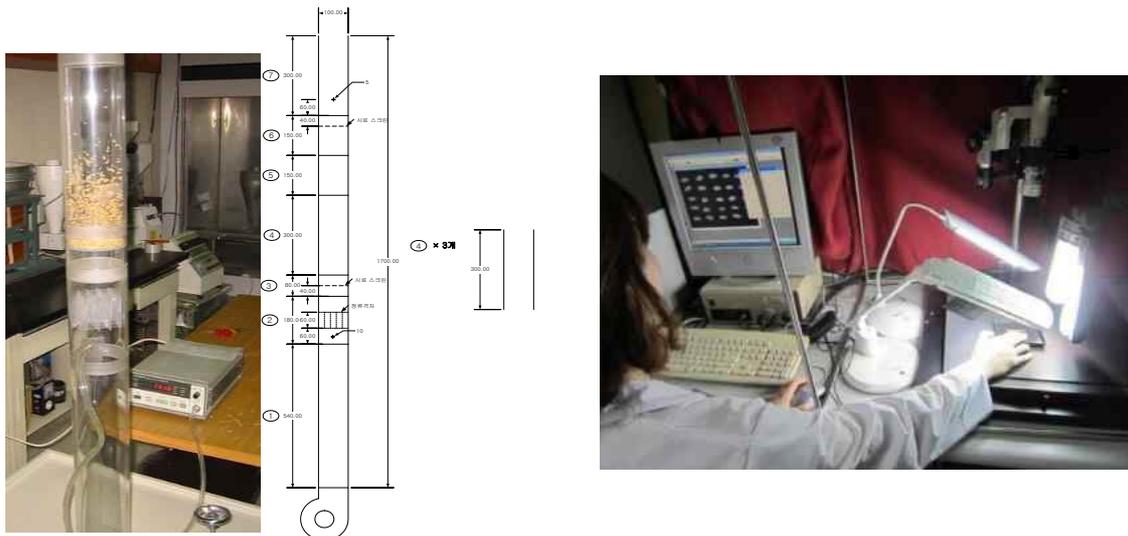
① 재료 및 방법

- 본 연구에 사용한 재료는 2013년산 백중밀과 조경밀 및 2014년산 금강밀이었음. 매입한 시료는 연구원으로 이송하여 15kg씩 나누어서 PE으로 밀봉하여 포장한 후, -5℃ 저온저장고에 보관하면서, 이중 100kg을 건조에 사용하였으며, 함수율별로 건조된 밀시료는 PE으로 밀봉하여 포장한 후, 0℃ 저온저장고에 보관하면서 공시하였음
- 고수분의 밀은 전향과 동일하게 검은망천을 덮은 2개의 트레이에 3kg씩 충전한 다음, 벌크건조기(HK-DO1000F, 종합기기제작소, Korea)에서 건조온도 50℃로 건조하였으며, 1시간 간격으로 단립수분계(Single Kernel Moisture Tester, CTR-800E, Shizuoka Seiki)로 함수율을 측정하면서 밀의 함수율을 3%간격으로 8~9단계(기준함수율 31%, 28%, 25%, 22%, 19%, 16%, 13%, 11%, 9%,w.b.)수준이 되도록 건조하여 공시하였음
- 밀에서 이물질의 선별인자는 기류선별을 위한 밀과 이물질의 종말속도와 선별체의 선별을 위한 기하학적특성 등으로 본 연구에서는 함수율별로 조제된 백중, 조경 및 금강밀 시료를 이용하여 다음과 같이 종말속도와 기하학적특성을 측정하였음
- 기류선별을 위한 종말속도(終末速度, terminal velocity)는 함수율별로 조제된 시료를 육안으로 정립과 이물질(밀대 및 껍질)로 구분한 후, 각각의 정립과 이물질에 대해 김 등(2005)이 제작한 풍동장치를 사용하여 밀 100립의 측정치 평균을 사용하여 밀알의 부유높이 중 떨어지는 점(약 30cm 위치)의 풍동을 측정하였음

표 3-2-78. 종말속도측정에서 퇴적두께 및 부유높이(뜨는점, 떨어지는 점)에서의 측정

구분	밀알 부유높이 30cm (떨어지는 점) 측정 (m/sec)			부유높이 뜨는 점 측정 (m/sec)
	100알(퇴적두께) 밀	20~30g(퇴적두께) 밀	20~30g(퇴적두께) 벼	20~30g(퇴적두께) 벼
1	7.37	7.26	5.23	2.77
2	8.15	8.14	5.66	2.71
3	8.35	8.36	5.54	3.15
4	8.41	8.24	5.37	2.95
5	8.08	7.92	5.06	2.66
평균	8.07	7.98	5.37	2.85

- 체선별기 설계에 필요한 기하학적특성은 함수율별 밀 정립 100립을 화상분석기(Image Pre-plus ver 4.5.1.22, Hi-Rox Hi-scop compact micro vision system, KH-2200, MD3)로 장축길이 (length), 단축길이(width), 면적(area) 및 원형율(roundness)을 각각 측정하였으며, 두께는 버니어캘리퍼스(Digimatic caliper CD-15CP, Mitutoyo Co., Japan)로 최대 및 최소두께를 각각 측정하였음



< 종말속도 측정용 풍동 >

< 화상분석기 >

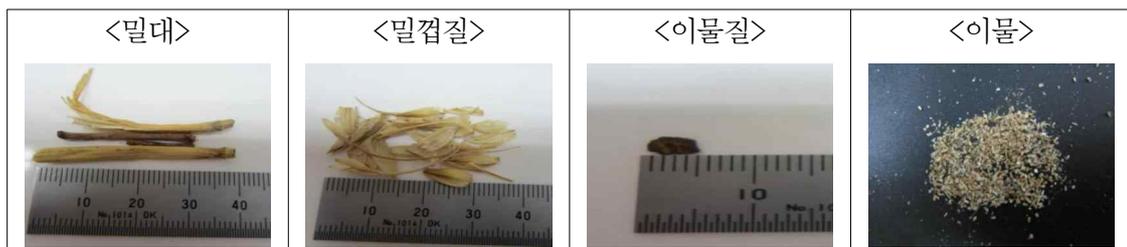


그림 3-2-53. 기류 및 기하학적선별을 위한 측정장치

② 결과 및 고찰(종말속도, 기하학적특성)

- (종말속도) 곡물을 대상으로 기류를 이용하는 선별기는 곡물과 이물질(협잡물)을 선별하는데 이용되는 조선기, 풍력선별기, aspirator 등을 들 수 있으며, 이외에도 곡물중 머리카락과 같은 이물질을 선별하기 위한 풍력선별기가 일부 사용되고 있음
- 기류선별기는 통상 주 곡물과 선별해야하는 이물질과의 종말속도차이에 의해 선별되는데, 이와 관련하여 Bezruchkin(1949), Grochowicz(1980) 등은 기류의 유동형태에 따라 다음 식(3-2-21) 및 식(3-2-22)와 같이 선별에 필요한 풍속을 제안하였음

· 공기의 수평 또는 경사유동(horizontal and oblique air streams)

$$|u_s|_{av} = \sqrt{u_{k1} \cdot u_{k2}} \dots\dots\dots (3-2-21)$$

· 공기의 수직유동(vertical air stream)

$$u_{k1} < u_s < u_{k2} \dots\dots\dots (3-2-22)$$

여기서, u_s : 선별에 필요한 풍속(m/sec)

u_{k1} : 이물질의 종말속도(m/sec)

u_{k2} : 주 곡물의 종말속도(m/sec)

- 한편, 김 등(2004)은 벼에서의 벼와 쪽정미, RPC에서 발생하는 분진의 종류별 종말속도 등을 측정하여 보고하면서 조선기와 같은 통상적인 곡물의 기류선별에서 곡물층이 1립 이상의 두꺼운 형태로 기류선별되는 경우에는 주 곡물의 종말속도 이상의 풍속을 가하여 주 곡물과 이물질의 부상높이를 이용하여 선별하는 것이 필요하다고 하였음
- M.H. Khoshtaghaza and Mehdizadeh(2006)는 밀 함수율(7~20%)범위에서 종말속도는 6.81~8.63m/sec 수준이었으며, 함수율의 1차식($r^2=0.90$)으로 표현이 가능하다고 보고하였으며, Tabak and Wolf(1998), Gupta and Das(1997), Suthar and Das(1996), H. Nalbandi *et al.*(2010) 및 Carman (1996) 등도 유사한 결과를 보고하였으며, Hauhouot O.M., *et al.*(2000)는 밀에서 벼과 식물(cheat seed)의 선별의 선별에 적합한 종말속도는 밀(7.84m/sec) 및 cheat seed(3.14m/sec)의 평균값인 5.5m/sec가 적당하다고 보고하였음
- 본 연구에서도 1차년도에 시중에 유통중인 국내외산 밀에 대한 종말속도 측정결과, 우리밀은 성상에 따라 차이가 있어 5.29~6.95m/sec수준, 수입밀은 4.97~6.78m/sec수준이었으며, 이중곡립중 벼는 5.76m/sec, 콩 및 옥수수는 7.21~9.93m/sec, 기타 이물질은 1.45~5.08m/sec로서 저장후 제품출하 단계에서 기류선별로도 이중곡립과 이물질의 선별가능성이 높다는 결과를 얻은 바 있었음
- 2차년도에는 농민이 건조저장시설에 우리밀을 반입하였을 때 조선기에서 기류선별에 의하여 밀대 및 밀껍질 등 이물질의 선별이 가능한지를 확인하기 위한 실험으로서, 함수율별로 조제된 백중 및 조정 밀에서 이물질을 육안으로 분리하여 종말속도를 측정하였으며, 그 결과는 다음 표 3-2-79 및 그림 3-2-54와 같았음
- 표 및 그림에서 알 수 있듯이 백중, 조정 및 금강밀의 종말속도는 함수율이 낮을수록 점차 감소하였으며, $p<0.001$ 수준(조정 이물질(밀껍질), 금강 정립은 $p<0.05$, 금강 피해립, 이물질(막대)은 $p<0.01$)에서 함수율의 증가에 따라 종말속도는 유의적인 차이를 나타내었고, 1차식으로 표현이 가능하였음
- 이 때, 결정계수는 백중 $r^2=0.600$ (정립), $r^2=0.927$ (피해립), $r^2=0.628$ (이물 중 막대), $r^2=0.426$ (이물 중 밀껍질), 조정 $r^2=0.969$ (정립), $r^2=0.706$ (피해립), $r^2=0.939$ (이물 중 막대), $r^2=0.033$ (이물 중 밀껍질) 및 금강 $r^2=0.710$ (정립), $r^2=0.891$ (피해립), $r^2=0.905$ (이물 중 막대), $r^2=0.774$ (이물 중 밀

겹질)이었음

- 우리밀의 성상별 함수율에 따른 종말속도는 정립>피해립>이물질(막대)>이물질(밀겹질)순으로 나타났으며, 함수율 13.1~28.7%에서 백중, 조경 및 금강밀에서 정립의 종말속도는 6.59~8.60m/sec, 피해립은 6.17~7.75m/sec, 이물질(밀대)는 2.54~5.22m/sec, 이물질(밀겹질)은 1.81~2.22m/sec수준을 나타내었음
- 다만, 조선기의 기류선별부는 전체적으로 면적이 넓어 각 부분에서 일정한 풍속을 유지하기가 현실적으로 불가능하며, 조선기의 집진은 조선기-cyclone-bag filter-송풍기로 이루어져, 백필터에서의 백의 막힘에 따라 송풍저항의 증가(70~150mmAq)로 인한 송풍량의 변화가 발생하므로 이를 감안하면 정립과 피해립은 기류선별로 선별이 불가능하지만, 정립과 이물질(밀대 및 겹질), 피해립과 이물질(밀대 및 겹질)과의 선별은 가능할 것으로 판단되었음

표 3-2-79. 우리밀(백중, 조경, 금강)의 함수율별 정립, 피해립 및 이물질 종말속도

수분범위 (%,w.b.)	백중*** (종말속도)				수분범위 (%,w.b.)	조경 (종말속도)			
	정립	피해립	이물질(막대)	이물질(밀겹질)		정립***	피해립***	이물질(막대)**	이물질(밀겹질)*
29.6	7.13 ^a	7.00 ^a	4.07 ^a	1.85 ^a	28.7	8.60 ^a	7.75 ^a	5.22 ^c	2.09 ^a
26.2	7.07 ^a	6.84 ^{ab}	4.02 ^a	1.75 ^{ab}	25.6	8.54 ^a	7.75 ^a	5.07 ^a	2.22 ^a
22.2	6.99 ^a	6.57 ^{bc}	3.93 ^a	1.67 ^b	23.3	8.42 ^{ab}	7.28 ^b	4.67 ^b	2.03 ^a
19.3	6.92 ^{ab}	6.23 ^{cd}	3.80 ^a	1.74 ^{ab}	20.8	8.08 ^{abc}	7.06 ^{bc}	4.31 ^c	2.22 ^a
15.5	6.91 ^{ab}	6.26 ^{cd}	3.93 ^a	1.84 ^a	16.5	7.92 ^{bc}	7.59 ^a	4.46 ^c	2.20 ^a
13.1	6.59 ^{bc}	6.17 ^d	3.76 ^a	1.81 ^a	14.0	7.73 ^c	6.94 ^{cd}	4.07 ^d	2.33 ^a
11.0	5.46 ^{cd}	5.91 ^d	3.42 ^b	1.07 ^c	11.7	7.64 ^c	6.48 ^e	4.03 ^d	2.22 ^a
9.7	6.20 ^d	6.07 ^d	2.92 ^c	1.13 ^c	10.5	7.48 ^c	6.71 ^{de}	3.74 ^e	2.02 ^a
수분범위 (%,w.b.)	금강 (종말속도)								
	정립*	피해립**	이물질(막대)**	이물질(밀겹질)**					
31.0	7.59 ^a	7.14 ^a	2.58 ^a	2.12 ^a					
27.5	7.20 ^{ab}	7.13 ^a	2.58 ^a	2.09 ^{ab}					
23.1	7.22 ^{ab}	6.97 ^{ab}	2.55 ^{ab}	2.01 ^{ab}					
21.3	7.20 ^{ab}	6.97 ^{ab}	2.56 ^{ab}	1.96 ^{bc}					
19.9	7.14 ^{ab}	6.86 ^{ab}	2.55 ^{ab}	1.93 ^{bc}					
17.9	7.16 ^{ab}	6.51 ^{ab}	2.54 ^{ab}	1.95 ^{bc}					
12.5	7.06 ^{ab}	6.50 ^{ab}	2.54 ^{ab}	1.95 ^{bc}					
10.2	7.08 ^{ab}	6.38 ^b	2.53 ^{ab}	1.95 ^{bc}					
9.2	6.68 ^b	6.46 ^{ab}	2.52 ^b	1.84 ^c					

주 1. *(p<0.05), **(p<0.01), ***(p<0.001)수준에서 유의적인 차이가 있음

주 2. ^{abcde} : column내에서 같은 알파벳은 같은 수준임

$$V1 = aM + b \dots\dots\dots (3-2-23)$$

여기서, V1 : 정립, 피해립, 이물질의 종말속도(m/sec)

M : 함수율(%)

a, b : 상수(-)

표 3-2-80. 우리밀(백중, 조경, 금강)의 함수율별 정립, 피해립, 이물질의 종말속도 예측모델 상수 및 결정계수

구 분		정립	피해립	이물(막대)	이물(밀겉질)
백중	a	0.061	0.051	0.042	0.029
	b	5.541	5.448	2.961	1.082
	r ²	0.600	0.927	0.628	0.426
조경	a	0.058	0.056	0.069	-0.003
	b	6.983	6.177	3.181	2.216
	r ²	0.969	0.706	0.939	0.033
금강	a	0.026	0.038	0.003	0.010
	b	6.647	6.038	2.500	1.788
	r ²	0.710	0.891	0.905	0.774

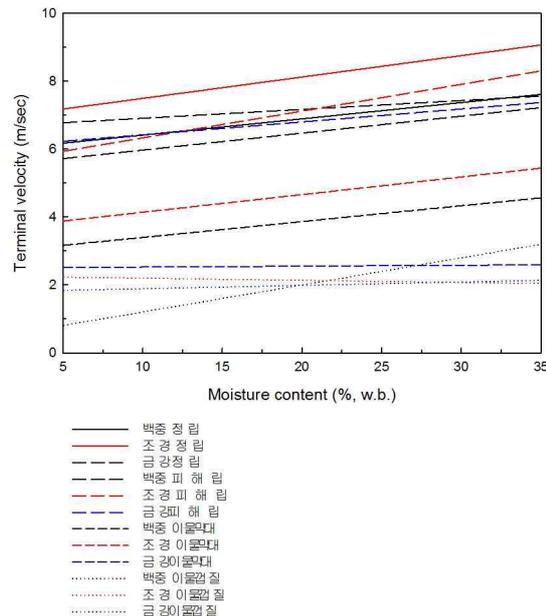


그림 3-2-54. 우리밀(백중, 조경, 금강)의 함수율별 정립, 피해립 및 이물질의 종말속도

- (기하학적특성) 밀의 기하학적 특성은 조선기 선별체의 선별망의 크기를 결정하는데 사용되나, 실제 반입되는 우리밀의 경우 밀대, 밀껍질과 같은 이물질은 물론 이삭, 이물, 돌 등 각종 이물질이 혼입되어 있고, 특히 많은 밀 낱알에서 밀껍질이 제거되지 않는 상태로 반입됨에 따라 밀에서 이물질을 기하학적 특성만으로 선별하는 것은 현실적으로 어려움
- 따라서 통상적으로 조선기에서는 밀의 성상별 선별보다는 밀보다 큰 밀대와 같은 이물질과, 밀보다 적은 이물 등 이물질의 제거가 주목적이며, 밀의 성상별로 선별은 불가능함. 본 연구에서는 1차년도에 우리나라에서 유통중인 국내외산밀의 성상별 기하학적 특성(장축길이, 단축길이, 두께, 원형율 등)을 측정하여 저장후 건밀에서의 이물질 및 성상별 선별가능성을 검토한 바 있음
- 고수분 밀을 건조하면서 함수율별로 정립의 기하학적특성을 측정하였으며, 그 결과는 다음 표 3-2-81과 같았으며, 표에서 알 수 있듯이 백중, 조경 및 금강밀의 장·단축길이, 두께 및 면적은 함수율이 낮을수록 감소하였고, 원형율은 반대로 증가하였음. $p < 0.001$ 수준에서 함수율의 증가에 따라 기하학적 특성은 유의적인 차이를 나타냈고, 1차식으로 표현이 가능하였음
- 이 때 결정계수는 백중 $r^2=0.959$ (장축길이), $r^2=0.981$ (단축길이), $r^2=0.950$, 0.791 (최대 및 최소두께), $r^2=0.975$ (면적), $r^2=0.527$ (원형율), 조경 $r^2=0.863$ (장축길이), $r^2=0.865$ (단축길이), $r^2=0.931$, 0.793 (최대 및 최소두께), $r^2=0.965$ (면적), $r^2=0.897$ (원형율) 및 금강 $r^2=0.884$ (장축길이), $r^2=0.715$ (단축길이), $r^2=0.649$, 0.519 (최대 및 최소두께), $r^2=0.926$ (면적), $r^2=0.137$ (원형율)이었음
- 밀에 대해서 Majdi A. Al-Mahasneh(2007), 타 곡물로는 헤이즐넛(Aydin, 2002), 유채씨(Calisir *et al.*, 2005), 대두(Deshpande *et al.*, 1993) 및 벼(B.S. Reddy and A. Chakraverty, 2004) 등에 대해서도 기하학적 특성은 기하학 특성 중 장·단축길이 및 두께는 함수율의 1차식으로 표현이 가능하다고 보고하였으며, 본 연구에서도 이 결과와 같았음

표 3-2-81. 우리밀(백중, 조경, 금강)의 함수율별 정립의 기하학적 특성

함수율 (%,w.b.)	장축길이*** (mm)	단축길이*** (mm)	두께*** (mm)		면적*** (mm ²)	원형율***	
			최대	최소			
백중	29.6	7.20 ^a	3.49 ^a	3.20 ^a	2.84 ^a	19.44 ^a	1.32 ^b
	26.2	7.08 ^a	3.38 ^a	3.18 ^a	2.87 ^a	18.38 ^b	1.33 ^b
	22.2	6.80 ^b	3.28 ^b	3.17 ^a	2.88 ^a	17.09 ^c	1.35 ^{ab}
	19.3	6.66 ^c	3.18 ^c	3.08 ^b	2.78 ^b	16.39 ^d	1.33 ^b
	15.5	6.51 ^d	3.00 ^d	3.02 ^c	2.75 ^b	14.74 ^e	1.35 ^{ab}
	13.1	6.50 ^d	3.01 ^d	3.01 ^c	2.73 ^b	14.84 ^e	1.34 ^{ab}
	11.0	6.42 ^d	2.96 ^{de}	2.99 ^{cd}	2.74 ^b	14.47 ^{ef}	1.34 ^{ab}
	9.7	6.42 ^d	2.90 ^e	2.94 ^d	2.67 ^c	14.13 ^f	1.37 ^a
조경	28.7	9.15 ^a	4.43 ^a	3.63 ^a	3.26 ^a	31.25 ^a	1.42 ^{ab}
	25.6	9.14 ^a	4.33 ^b	3.58 ^b	3.22 ^{ab}	30.47 ^{ab}	1.43 ^a
	23.3	9.15 ^a	4.26 ^{bc}	3.57 ^b	3.21 ^{ab}	30.25 ^{bc}	1.39 ^{bc}
	20.8	9.11 ^a	4.26 ^{bc}	3.51 ^c	3.19 ^b	30.04 ^{bc}	1.39 ^{bc}
	16.5	9.00 ^a	4.22 ^c	3.46 ^d	3.17 ^b	29.34 ^c	1.36 ^{cd}
	14.0	8.73 ^b	4.20 ^c	3.44 ^d	3.17 ^b	28.36 ^d	1.34 ^d
	11.7	8.73 ^b	4.21 ^c	3.30 ^e	3.03 ^c	28.46 ^d	1.33 ^d
	10.5	8.71 ^b	4.12 ^d	3.29 ^e	3.00 ^c	27.75 ^d	1.34 ^d
금강	31.0	7.42 ^a	3.55 ^a	3.36 ^a	3.03 ^a	19.54 ^a	1.75 ^{bc}
	27.5	7.38 ^a	3.33 ^b	3.27 ^b	2.90 ^{bc}	18.20 ^b	1.84 ^{ab}
	23.1	7.30 ^a	3.29 ^{bc}	3.26 ^b	2.95 ^b	18.01 ^b	1.96 ^a
	21.3	7.37 ^a	3.32 ^b	3.25 ^b	2.90 ^{bc}	17.82 ^b	1.94 ^a
	19.9	7.13 ^b	3.27 ^{bc}	3.25 ^b	2.87 ^{bc}	17.43 ^b	1.62 ^{cd}
	17.9	7.06 ^b	3.28 ^{bc}	3.24 ^b	2.86 ^c	17.62 ^b	1.55 ^{bc}
	12.5	6.56 ^c	3.18 ^d	3.22 ^b	2.91 ^{bc}	15.54 ^c	1.71 ^{bc}
	10.2	6.43 ^c	3.24 ^{bcd}	3.14 ^c	2.84 ^c	15.24 ^c	1.93 ^a
	9.2	6.45 ^c	3.21 ^{cd}	2.92 ^d	2.55 ^d	15.74 ^c	1.39 ^e

주 1. *(p<0.05), **(p<0.01), ***(p<0.001)수준에서 유의적인 차이가 있음

주 2. abcde : column내에서 같은 알파벳은 같은 수준임

$$V1 = aM + b \dots\dots\dots (3-2-24)$$

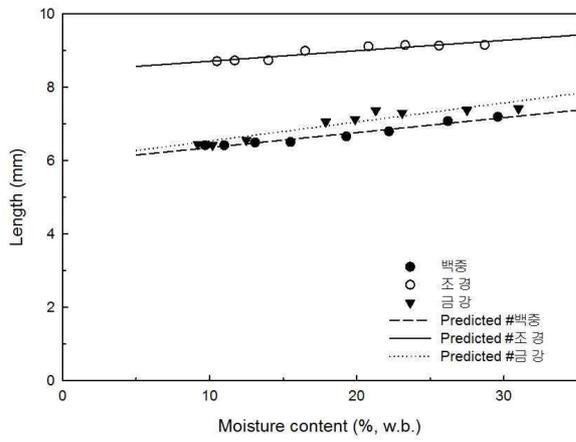
여기서, V1 : 장축길이(mm), 단축길이(mm), 두께(mm), 면적(mm²), 원형율(-)

M : 함수율(%w.b.)

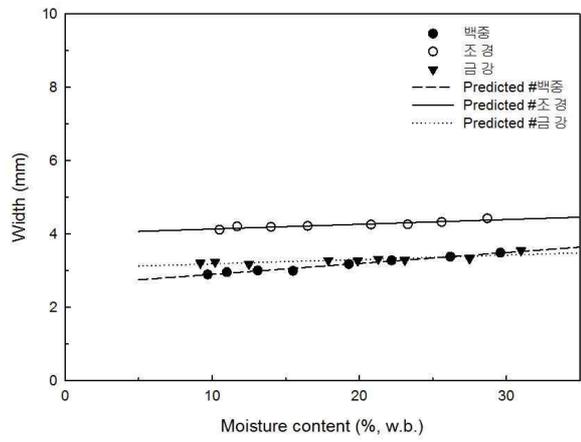
a, b : 상수(-)

표 3-2-82. 우리밀(백중, 조경, 금강)의 기하학적 특성 예측모델의 상수 및 결정계수

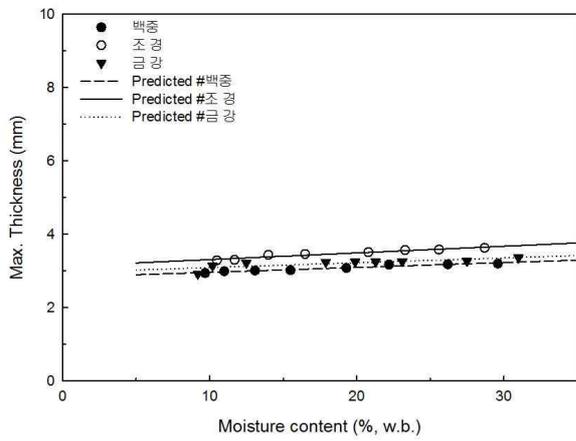
구 분		장축길이(mm)	단축길이(mm)	두께(mm)		면적(mm ²)	원형율
				최대	최소		
백 중	a	0.041	0.030	0.013	0.009	0.269	-0.002
	b	5.950	2.604	2.831	2.615	11.253	1.372
	r ²	0.959	0.981	0.950	0.791	0.975	0.527
조 경	a	0.029	0.013	0.018	0.012	0.178	0.005
	b	8.427	4.008	3.130	2.925	26.136	1.273
	r ²	0.863	0.865	0.931	0.793	0.965	0.897
금 강	a	0.052	0.012	0.013	0.013	0.183	0.010
	b	6.016	0.067	2.960	2.627	13.731	1.559
	r ²	0.884	0.715	0.649	0.519	0.926	0.137



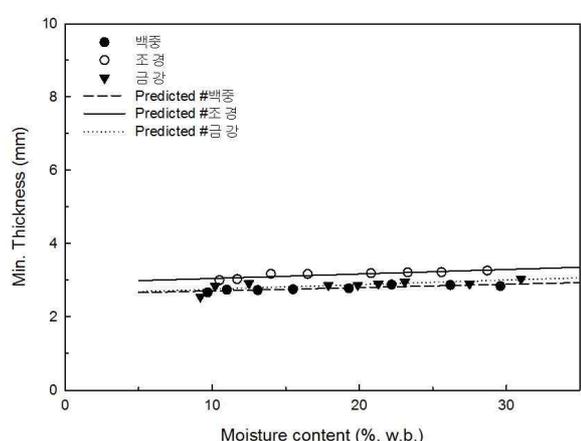
<장축길이>



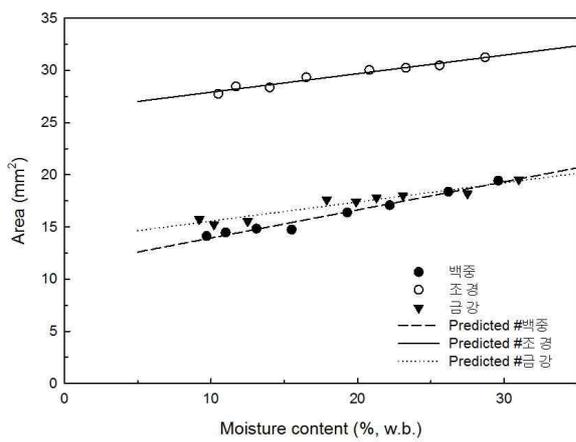
<단축길이>



<최대두께>



<최소두께>



<면적>

그림 3-2-55. 우리밀(백중, 조경, 금강)의 함수율이 기하학적 특성이 미치는 영향

(3) 우리밀 건조저장시설 계량공정 설계인자 구명

- 건조저장시설로 반입된 밀은 조선키에서 이물질이 선별된 후, 호퍼스케일(hopper scale)에서 중량 및 함수율이 측정되고, 측정 결과에 따라 밀을 반입하는 농민과 정산하게 됨. 따라서 계량과정에서 중요한 부분은 중량 및 함수율의 측정치의 정밀도와 처리능력, 고수분밀의 기준함수율(13%)까지 건조지수를 고려한 중량환산 등을 들 수 있음
- 벼의 경우 RPC 및 DSC에 설치된 모든 계량기(포장기 포함)는 매년 산물수매전에 공인기관의 검교정을 받아 검정필 스티커를 부착하도록 하고 있으나, 밀의 경우 검정여부는 아직 공식적인 제도는 없는 것으로 알려져 있어 이에 대한 제도적 보완이 필요하다고 판단됨
- 계량기의 함수율은 벼의 경우 함수율 15%대 시료를 이용하여 실시함에 따라 고수분 벼의 경우 실제 함수율과 측정함수율간의 차이가 발생하다는 보고(김 등, 2014)도 있었으며, 이러한 측정오차를 최소화하기 위하여 벌크상태로 수분을 측정하는 전기용량식에서 단립상태에서 수분을 측정하는 전기저항식으로 교체되고 있는 추세임
- 따라서 본 연구에서는 밀 반입기간인 2014년 및 2016년 6월 수확기중에 실제 밀 건조저장시설에서 측정된 밀 함수율과 표준측정법으로 측정한 측정치의 차이, 실 반입능력을 측정하였으며, 계산식에 의해 건조지수를 산출하였으며, 그 결과는 다음과 같았음

(가) 실험방법

- 경남 합천, 전북 익산보석우리밀영농조합 및 전남 영광농협밀건조저장시설에 설치된 호퍼스케일에서 함수율이 측정된 밀 시료를 채취하여 1차 보정된 단립수분계(CTR-500EH, Shizuoka Seiki, Japan)로 함수율을 3회 측정하고, 연구원으로 이송하여 ASABE Standards(2011)의 10g시료-130℃-19시간 측정방법으로 함수율을 측정하여 호퍼스케일 측정치와 비교하여 정도를 비교하였음. 이 때 표준측정법과 단립수분계와는 다음 식(3-2-25)과 같은 관계를 나타내었음

$$M_s = 0.8187 M_m + 3.1312(r^2 = 0.9870) \dots\dots\dots (3-2-25)$$

여기서, M_s : 표준측정법으로 측정한 함수율(%,w.b.)

M_m : 단립수분계로 측정한 함수율(%,w.b.)

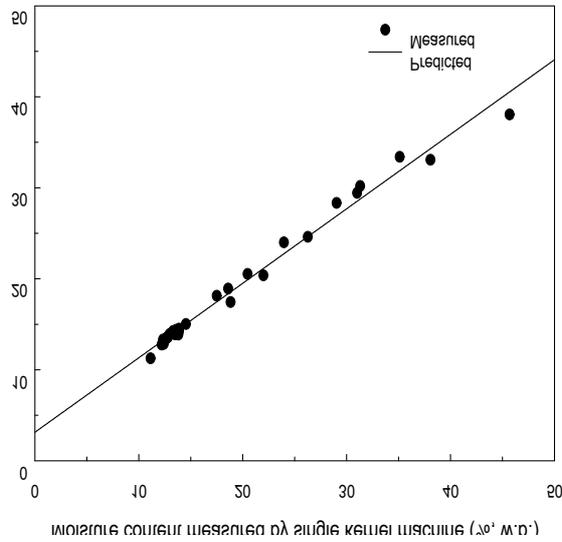


그림 3-2-56. 단립수분계와 표준측정법으로 측정한 함수율 관계

- 반입시설의 처리능력은 호퍼스케일에서 측정에 소요되는 시간과, 그 시간동안 계량된 중량값을 이용하여 시간당 처리능력으로 환산하는 방법을 사용하였는데, 호퍼스케일에서 측정에 소요되는 시간은 stop watch로 측정하였으며, 중량은 호퍼스케일에서 계량된 중량값을 사용하였음
- 고수분 밀의 건조지수는 함수율의 정의 및 상호관계식으로부터 구한 다음 식(3-2-26)과 같이 구하였음

$$\text{중량환산지수} = \frac{M_1 - M_2}{100 - M_2} \dots\dots\dots (3-2-26)$$

여기서, M_1 : 원료 밀 함수율(%,w.b.)

M_2 : 건조 밀 함수율(%,w.b.)

(나) 결과 및 고찰

- 경남 합천우리밀영농조합, 전북 익산보석우리밀영농조합 및 전남 영광농협우리밀건조저장시설에 반입되는 우리밀에 대해 호퍼스케일 및 표준측정법으로 측정한 결과는 다음 표 3-2-83 및 그림 3-2-57과 같았음
- 표 및 그림에서 알 수 있듯이 호퍼스케일에서 측정한 함수율이 표준측정법으로 측정한 함수율보다 합천우리밀영농조합 1.06, 익산보석우리밀영농조합 0.12정도 낮게 나타났고, 영광농협우리밀건조저장시설에서는 0.04 높게 나타나 전체적으로 건조저장시설에서 0.38정도의 중량손실이 발생하고 있음을 알 수 있었음

- 전술한바와 같이 벼의 경우에도 계량기 검교정은 산물수매전에 실시함에 따라 고수분 시료보관의 불가능 및 검교정 비용 등으로 인해 다양한 함수율대 시료에 대해 실시하지 못하고 있어 함수율에 의한 중량변화는 필연적으로 발생할 수밖에 없으나, 벼의 경우에도 농민에게 유리하게 약 0.8%정도가 낮게 측정(김 등, 2012)되고 있으며, 검교정은 농민의 신뢰향상에 크게 기여하고 있음
- 따라서 밀의 경우에도 벼와 동일하게 검교정을 실시할 필요가 있으나, 시기적으로 벼와 차이가 있고, 검교정 대상 계량기수가 비교적 적어 비용 등에 대해서는 검토가 필요할 것으로 판단되었음

표 3-2-83. 밀 건조저장시설에 설치된 호퍼스케일과 표준측정법으로 측정한 함수율 비교

No.	합천우리밀영농조합			익산보석우리밀영농조합			영광농협 밀건조저장시설		
	호퍼 스케일 (A)	표준 측정법 (B)	차이 (A-B)	호퍼 스케일 (A)	표준 측정법 (B)	차이 (A-B)	호퍼 스케일 (A)	표준 측정법 (B)	차이 (A-B)
1	12.50	12.50	0.00	17.80	19.24	-1.44	16.20	15.68	+0.52
2	14.00	14.62	-0.62	18.60	18.23	+0.37	17.40	19.83	-2.43
3	16.20	16.95	-0.75	18.60	16.91	+1.69	16.40	16.09	+0.31
4	17.30	18.66	-1.36	18.70	19.33	-0.63	16.80	16.49	+0.31
5	18.80	19.62	-0.82	18.90	19.8	-0.9	18.80	18.77	0.03
6	20.00	20.24	-0.24	19.10	18.56	+0.54	19.10	17.80	+1.30
7	22.80	23.2	-0.4	19.70	19.49	+0.21	15.00	14.73	+0.27
8	25.60	28.28	-2.68	19.90	21.71	-1.81	-	-	-
9	26.20	26.41	-0.21	20.30	20.71	-0.41	-	-	-
10	27.70	31.24	-3.54	21.30	20.12	+1.18	-	-	-
평균			-1.06			-0.12			+0.04

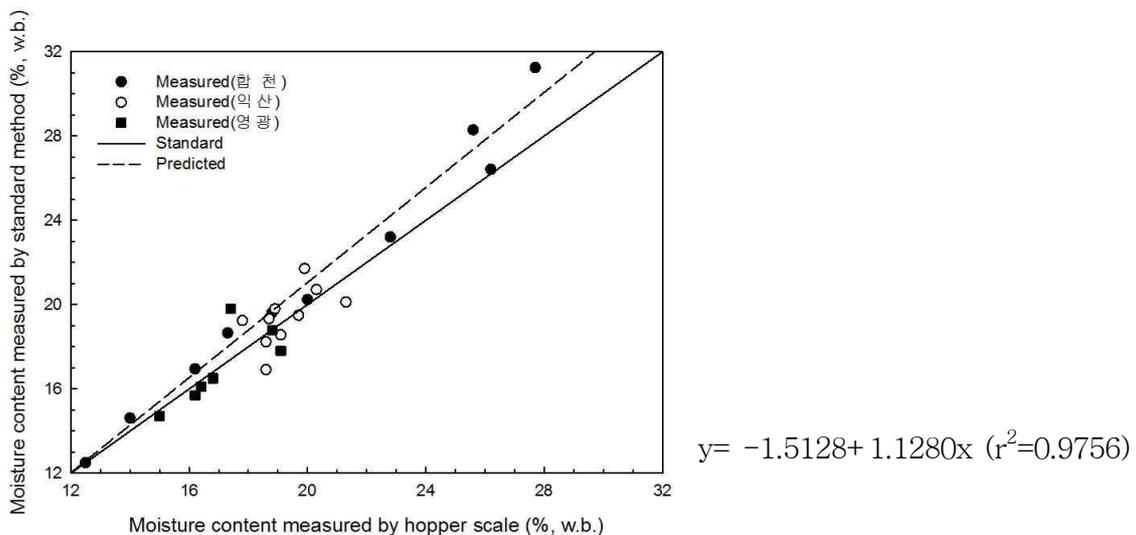


그림 3-2-57. 밀 건조저장시설에 설치된 호퍼스케일과 표준측정법으로 측정한 함수율 비교

- 밀 건조저장시설의 반입능력은 RPC와 DSC와 동일하게 통상 20ton/hr 및 30ton/hr 등 2가지 용량으로 설계하고 있으나, 실 반입능력은 건조저장시설마다 차이가 많은데 주된 이유로는 투입구이후부터의 이송시설, 조선기 및 호퍼스케일의 처리능력 등 기계적인 부분과, 조선기에서 이물질 선별율을 높이기 위한 투입량 조절이 주요 원인으로 꼽히고 있음
- 김 등(2006)은 10개의 RPC에서 설계반입능력 20ton/hr인 투입구에서 실제 투입되는 시간과 중량을 이용하여 최대 처리능력을 측정한 결과 12.7ton/hr이었으며, 농가당 구분 등을 고려할 때 실 처리능력은 10ton/hr, 1일 10시간, 연간 반입기간 20일을 기준으로 할 때 투입구 1개당 실제 반입능력은 2,000ton/hr정도에 달한다고 보고하였으며, 현재 이 결과는 RPC 투입능력 기준으로 사용되고 있음
- 본 연구에서는 산물수매기인 2014년 6월 9일부터 20일경에 전북 익산, 군산 및 김제우리밀영농조합법인 및 2016년 6월 13~15일에 전남 영광농협 우리밀건조저장시설에서 1농가당 호퍼스케일에서 계량되는 시간과 그 때의 중량을 이용하여 처리능력(반입능력, ton/hr)을 계산한 결과는 다음 표 3-2-84과 같았으며, 농가간의 구분, 조선기의 망 청소 등을 고려한 실제 반입능력(추정치로서 일반 반입능력은 시간당 최대반입능력의 약 70% 내외)와, 1일 10시간 반입시 1일 반입능력 및 1주일(연간) 반입능력을 추정된 결과는 다음 표 3-2-85과 같았음
- 표에서 알 수 있듯이 설계반입능력 30ton/hr 및 20ton/hr인 반입시설에서 현재의 운전조건하에서 실 반입능력은 17.0ton/hr 및 12ton/hr내외로서 비의 15ton/hr 및 10ton/hr(김 등, 2012)보다는 클 것으로 추정되었음. 또한, 산물수매기간을 약 1주일정도라고 가정하고, 1일 10시간동안 반입받았을 때 설계반입능력 30ton/hr 및 20ton/hr인 반입시설에서 연간 반입능력은 1,190ton/hr 및 840ton/hr수준일 것으로 판단되었음

표 3-2-84. 호퍼스케일에서 1농가당 중량계량시간 및 중량으로 계산한 처리능력

측정횟수	익산보석우리밀영농조합법인 (설계능력 30ton/hr)			김제우리밀영농조합법인 (설계능력 20ton/hr)			(유)농업법인군산우리밀 (설계능력 20ton/hr)			영광농협 밀건조저장시설 (설계능력 30ton/hr)		
	1농가당 측정시간	1농가당 반입량(kg)	반입능력 (kg/hr)	1농가당 측정시간	1농가당 반입량(kg)	반입능력 (kg/hr)	1농가당 측정시간	1농가당 반입량(kg)	반입능력 (kg/hr)	1농가당 측정시간	1농가당 반입량(kg)	반입능력 (kg/hr)
1	10분19초	4,174.5	24,277.9	5분55초	12,852.0	11,684	22분42초	2,961.0	7,826.4	5분22초	1,997.2	22,326.7
2	10분59초	4,099.6	22,854	32분39초	7,615.6	4,981.8	17분50초	2,226.0	7,489.3	6분55초	2,045.4	17,739.8
3	11분56초	3,387.9	17,034.1	16분22초	3,892.4	14,269.3				17분28초	5,508.3	18,920.6
4	7분20초	2,134.9	17,467.4	16분25초	4,445.3	16,246.6				7분41초	1,434.0	11,198.3
5	11분14초	3,643.5	19,400.8	27분28초	4,288.9	9,368.9				34분35초	6,942.0	12,044.0
6	2분55초	1,422.2	29,257	47분3초	10,762.6	13,724.9				25분16초	6,172.0	14,656.5
7	7분8초	2,547.8	21,429.7	34분9초	3,312.2	5,819.3						
8	8분35초	4,076.7	28,497.3	19분15초	4,224.0	13,165.6						
평균		3,185.9	22,477.3		6,424.1	11,153.1		2,593.5	7,657.9		4,016.3	16,147.6

표 3-2-85. 반입시설의 설계능력별 실 반입능력 추정치

구 분	설계반입능력 (ton/hr)	시간당 최대반입능력 (ton/hr)	실반입능력 (ton/hr)	1일 반입능력 (ton/day)	1주당 반입능력 (ton/week)
익산보석우리밀 영농조합법인	30	21.7	17.0	170	1,190
(유)농업법인군산우 리밀	20	7.7	5.0	50	350
김제우리밀 영농조합법인	20	15.5	12.0	120	840
영광농협 우리밀건조저장시설	30	16.1	13.0	130	910

- 한편, 고수분 밀의 반입시 함수율에 따라 기준함수율인 13%,w.b.까지 건조후의 중량을 추정하기 위해서는 건조지수를 사용하는데, 밀에서의 건조지수는 앞의 식(3-2-26)을 사용하여 계산할 수 있으며, 다음 표 3-2-86과 같음

표 3-2-86. 고수분 밀을 기준함수율(13%,w.b.)까지 건조할 때 건조지수(중간값은 보정치 사용가능)

원료밀 함수율 (%,w.b.)	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
13	1.0000	0.9989	0.9977	0.9966	0.9954	0.9943	0.9931	0.9920	0.9908	0.9897
14	0.9885	0.9874	0.9862	0.9851	0.9839	0.9828	0.9816	0.9805	0.9793	0.9782
15	0.9770	0.9759	0.9747	0.9736	0.9724	0.9713	0.9701	0.9690	0.9678	0.9667
16	0.9655	0.9644	0.9632	0.9621	0.9609	0.9598	0.9586	0.9575	0.9563	0.9552
17	0.9540	0.9529	0.9517	0.9506	0.9494	0.9483	0.9471	0.9460	0.9448	0.9437
18	0.9425	0.9414	0.9402	0.9391	0.9379	0.9368	0.9356	0.9345	0.9333	0.9322
19	0.9310	0.9299	0.9287	0.9276	0.9264	0.9253	0.9241	0.9230	0.9218	0.9207
20	0.9195	0.9184	0.9172	0.9161	0.9149	0.9138	0.9126	0.9115	0.9103	0.9092
21	0.9080	0.9069	0.9057	0.9046	0.9034	0.9023	0.9011	0.9000	0.8989	0.8977
22	0.8966	0.8954	0.8943	0.8931	0.8920	0.8908	0.8897	0.8885	0.8874	0.8862
23	0.8851	0.8839	0.8828	0.8816	0.8805	0.8793	0.8782	0.8770	0.8759	0.8747
24	0.8736	0.8724	0.8713	0.8701	0.8690	0.8678	0.8667	0.8655	0.8644	0.8632
25	0.8621	0.8609	0.8598	0.8586	0.8575	0.8563	0.8552	0.8540	0.8529	0.8517
26	0.8506	0.8494	0.8483	0.8471	0.8460	0.8448	0.8437	0.8425	0.8414	0.8402
27	0.8391	0.8379	0.8368	0.8356	0.8345	0.8333	0.8322	0.8310	0.8299	0.8287
28	0.8276	0.8264	0.8253	0.8241	0.8230	0.8218	0.8207	0.8195	0.8184	0.8172
29	0.8161	0.8149	0.8138	0.8126	0.8115	0.8103	0.8092	0.8080	0.8069	0.8057
30	0.8046	0.8034	0.8023	0.8011	0.8000	0.7989	0.7977	0.7966	0.7954	0.7943
31	0.7931	0.7920	0.7908	0.7897	0.7885	0.7874	0.7862	0.7851	0.7839	0.7828
32	0.7816	0.7805	0.7793	0.7782	0.7770	0.7759	0.7747	0.7736	0.7724	0.7713
33	0.7701	0.7690	0.7678	0.7667	0.7655	0.7644	0.7632	0.7621	0.7609	0.7598
34	0.7586	0.7575	0.7563	0.7552	0.7540	0.7529	0.7517	0.7506	0.7494	0.7483
35	0.7471	0.7460	0.7448	0.7437	0.7425	0.7414	0.7402	0.7391	0.7379	0.7368

(4) 우리밀 건조저장시설 건조공정 설계인자 구명

- 우리밀은 벼의 전작으로 재배되어 통상 6월 중순경에는 수확하게 되는데, 모내기 일정에 맞춰 수확해야 하나 통상 장마 또는 태풍시기와 일치하는 경우가 많아 수확시의 함수율이 일정하지 않으며, 건조기가 부족할 경우 밀이 썩는 경우도 많아 밀 건조저장시설에서 가장 중요하게 고려하는 단위공정 건조공정임
- 그동안 우리나라의 밀 건조공정에 대한 체계적인 구명이 없는 상태로서 여러 가지 근거 없는 낭설이 유포되어 있었는데 대표적인 예로는 ① 고수분 밀은 caking(밀이 하중으로 인해 다져지는 현상, 적합한 용어가 없어 이하 caking으로 통일하여 사용함)이 발생하여 유동성이 없어지며, ② 고수분은 건조중 건조온도를 상승시키면 호화되어 유동성이 없어지며, ③ 밀은 건조중 껍질 등에 의해 집진팬 모터의 소손이 쉽게 발생하며, ④ 종자용 밀의 발아율 저하를 막기 위해 열풍온도는 45℃이하로 유지해야 한다 등이 대표적인
- 본 연구에서는 경남 합천, 충남 서천, 전북 익산, 군산 및 김제, 전남 영광등의 농가 및 우리밀영농조합법인에서 실제 밀 건조에 사용중인 순환식건조기의 열풍온도를 조사하였으며, 약 31%,w.b.수준의 고수분 백중, 조정 및 금강밀을 함수율별로 조제하여 DSC에 의한 호화특성을 측정하였고, Texture meter를 이용하여 낱알과 산물상태에서 온도별로 caking이 발생하는지를 확인하였음
- 또한, ASABE standards(2011)의 표준 박층건조모델을 이용하여 횡류형(cross flow type)의 순환식 건조기에 대한 건조시뮬레이션 프로그램을 개발하고, 전북 익산보석우리밀영농조합에서 순환식건조기에서는 열전대(thermocouple)를 설치하여 열풍온도를 측정하고, 매시간 함수율 및 곡은 등을 조사하여 건감율을 산출하여 프로그램을 검증하고, 검증된 프로그램을 이용하여 제반조건에서의 건감율을 예측하여 건감율기준을 설정하였으며, 상세한 내용은 다음과 같음

(가) 건조공정 현장조사

① 조사방법

- 1차년도에는 경남 합천우리밀영농조합법인과 충남 서천농가를 방문하였고, 2차년도에는 전북 익산, 군산 및 김제우리밀영농조합법인을 방문 및 4차년도에는 전남 영광농협 우리밀건조저장시설을 방문하여 건조기의 설정온도, 건조전후의 함수율 등을 조사하였으며, 일부 측정이 가능한 곳에서는 곡은 및 건감율도 측정하였고, 운영자와의 문의를 통해 반입 밀의 함수율 조정가능성, 건조기 설치시 유의사항, 건조료 등에 대해서 조사하였음
- 정부에서는 농림축산식품사업(13. 고품질쌀유통활성화사업)으로 지원하는 건조기는 순환식건조기 등 건조전용시설이며, RPC 단위기계 및 장비성능검정제도를 통해 성능과 안전성이 검정된 제품만 사용하도록 규정하고 있으며, 우리밀과 관련된 농림축산식품사업(16. 주요곡물산업육성지원사업)에서도 지원하는 건조기는 순환식건조기이며, 용량은 20ton/batch이상임. 따라서 우리나라에서 순환식건조

기를 생산하는 제조업체와 성능검정결과를 이용하여 순환식건조기의 사양, 벼에서의 건감을 등을 조사하였으며, 상세한 내용은 다음과 같았음



<익산보석우리밀영농조합법인>



<<유>농업법인군산우리밀>



<김제우리밀영농조합법인>



<영광농협 밀건조저장시설>

그림 3-2-58. 밀 건조저장시설에 설치된 순환식건조기

② 조사결과

㉞ 건조기 설계에 필요한 기본사항

- (밀 수확시기) 장마철이 시작되기 이전에 수확을 완료해야 하므로 밀 수확시기는 장마철 시작시기와 해당연도의 기상상태에 따라 주로 결정되는데, 통상 장마가 시작되기 직전인 6월 중하순에 수확하는 것이 관례임. 장마가 시작되면 밀이 썩을 수 있어(일부에서는 비 맞으면 밀이 검게 변한다고 하는 경우도 있는데 곰팡이가 주원인으로 판단됨) 기상여건에 따라서는 37~38%의 고함수율 밀도 수확하는 경우도 있는 등 기상여건에 의존하는 경우가 대부분이었음. 따라서 우리밀을 2모작으로 재배하는 현재 여건하에서는 밀 건조저장시설에서 밀 수확시기 즉, 밀의 수확시 함수율의 임의조절은 어려운 것으로 조사되었음
- (밀 반입 함수율 및 반입기간) 2014년의 경우, 기상이변으로 인해 밀 수확 이전까지 날씨가 덥고 건조하여 필드에 있는 밀이 많이 건조되어 예년에 비해 약 1주일정도 빠른 6월 10일부터 약 6일 정도에 거의 수확이 마무리되었으며, 6월 10일 함수율도 20~22%정도에 불과하였으나, 이도 새들의 침입에 의해 수확을 서두른 것으로서, 당해년도와 같은 기상여건에서는 필드에서 13%수준까지 건조된 후 수확이 가능하므로 통상적으로 밀의 수확시 함수율은 13~28%범위로 넓으며, 반입기간은 고수분

밀의 경우 약 6일정도 수준으로 조사되었음

- (밀 수확시기에 대한 농민 및 건조저장시설의 인식) 밀의 고수분 수확에 대한 농민의 일반적인 의식은 “㉠ 장마로 인해 밀만 썩지 않으면 품질과도 큰 관계가 없는데 건조료를 지불하면서 굳이 일찍 수확할 이유는 없으나, ㉡ 노동력 등의 문제로 농가에서 건조하기에 한계가 있으므로 건조저장시설에서 처리해주시기를 희망함” 수준이었으며, 반면 건조저장시설에서는 약 6일정도에 불과한 산물수매기간동안 37%내외의 고수분 밀을 건조처리하는 것은 불가능하므로 이에 대한 해결방안이 도출되기를 희망하였음
- (밀의 수확후 처리에서 우려사항) 일반적으로 고수분 밀의 반입-건조에서 가장 우려할 부분은 막힘 및 caking으로 알려져 있으나, 고수분일 경우 경험적으로 건조초기에 다소 낮은 온도(40℃ 내외) 또는 통풍으로 건조하여 해결하고 있었으며, 일부 시설에서는 건조과정중 caking문제는 없다고 단언하는 곳도 있었으나, 다만 밀대 등이 많으면 유동성이 대단히 저하하므로 전체적인 이송관 등은 충분한 각도로 설치되어야 한다는 필요성을 제기하였으며, 건조저장시설의 관리자 등은 밀의 산물수매에서 가장 중요하게 생각하는 부분은 건조능력이었음
- (밀 건조능력 설계) 통상적으로 고수분 밀의 반입기간이 장마 또는 태풍 등과 겹치는 점을 감안할 때 건조능력 설계를 위해서는 기준 함수율을 설정하는 것이 필요하였는데,, 과도한 건조시설의 설치하는 투자의 효율성이 떨어지고, 지나치게 적은 건조능력은 고수분 밀의 부패 등을 초래하므로 밀 건조저장시설 운영자 및 본 연구자의 의견은 밀 초기함수율 기준을 현재 벼와 동일하게 24%로 설정하고, 후술하는 시뮬레이션 결과와, 인근 농가 및 건조저장시설에서 보유중인 농가형 건조기의 능력을 감안하여 조정하는 것이 필요하였음
- (밀 건조 및 저장함수율) 밀의 함수율기준은 13%이나, 하절기 저장중 흡습, 저장사일로 내부에서의 일부 고수분 밀 혼입 가능성고려 및 바구미발생 방지 등을 위해 12.5%까지 건조하는 경우가 많았으며, 특히 일부에서는 바구미 방지를 위해 11%까지 건조하려는 경우도 있었으나, 바구미는 함수율보다는 곡온에 영향을 많이 받으므로 건조 및 저장함수율은 약 13%정도가 적합할 것으로 판단되었음
- (밀 건조료) 김제우리밀영농조합에서는 약 6톤 규모의 농가용건조기 18대를 설치하고, 농민들이 반입하는 고수분 밀을 12%까지 건조하여 투입구에 투입하는데 건조료는 40kg당 함수율×100원(25%이면 2,500원/40kg, 30%이면 3,000원/kg 등)으로 징수하고 있었음. 소규모 건조기를 다수 설치한 주요 원인은 ㉠ 약 6일정도에 끝나는 산물수매기간중에 4,000톤정도의 물량을 산물수매하는 것은 불가능하므로 건조저장시설과 농가보유건조기를 모두 사용하기 위해서이며, ㉡ 농가별로 반입하는 물량이 4~20톤규모로서 반입물량이 30톤 대형건조기에 투입하기에는 농가당 구분이 어렵기 때문이었음

㉢ 건조기 종류 및 운영상태

- (밀 건조기) 경남 합천우리밀영농조합법인에서는 순환식건조기와 연속식건조기를 모두 사용하고 있

었으나, 그 외의 모든 우리밀 건조저장시설에서는 순환식건조기를 사용하고 있었음. 그러나 고수분 밀의 산물수매를 실시하지 않는 경우에는 농민이 자체 건조하여 건밀을 반입하는 경우가 많으나, 농가용 건조기의 부족으로 고수분 밀을 반입할 경우 농가단위로 구분하기 위해 농가용건조기를 다수 설치하는 경우가 있었으나, 향후 우리밀의산물수매를 위해서는 대형 순환식건조기의 사용이 불가피하나, 아직까지는 합천우리밀영농조합법인을 제외하고 대형 순환식건조기를 효율적으로 사용하는 곳은 아직 찾아보기 어려웠음

- (밀 건조온도) 농가당 생산량, 함수율 차이 등을 감안할 경우 건조기는 순환식건조기가 적합하였으나, 건조온도를 45℃이하로 유지한다는 건조저장시설(군산)에서는 종자용은 발아율의 저하를 방지하기 위해서라고 하였으나 이론적인 근거는 없었으며, 익산의 경우에는 55℃수준(대만 선규사의 추천 온도), 김제의 경우 55~60℃수준으로 밀 건조에 사용되는 열풍설정온도는 45~60℃로서 건조저장시설마다 다소 차이가 발생하였음. 한편, 우리밀 소비업체에 대한 문의 및 문헌조사에서는 건조온도가 밀가루에 미치는 영향에 대한 유의할만한 연구결과는 찾아보기 어려운 실정임. 통상적으로 열풍 설정온도와 실제 건조온도에는 차이가 있으며, 열풍온도가 발아율에 영향을 미치는 부분에 대해서도 명확한 자료가 없는 점 등을 감안할 경우 열풍온도는 55℃내외가 적합할 것으로 판단되었음

표 3-2-87. 우리밀 시설 및 농가에서 조사한 건조기 설정 열풍온도조건

구분	밀 건조저장시설명	건조기종류	건조온도	비고
2013 년	한국우리밀농업협동조합	순환식 대형	· 30%이상은 통풍 · 30%이하는 40~50℃	· 70℃이상은 호화로 기피
	합천우리밀영농조합법인	순환식 대형	· 55~58℃	
		연속식	· 55~58℃	
	서천군관내 농가1	순환식농가용	· 1차건조 : 48~50℃ · 2차건조 : 55~60℃	
	서천군관내 농가2	순환식농가용	· 1차건조 : 자연건조 · 2차건조 : 55℃	
	서천군관내 농가3	순환식농가용	· 1차건조 : 40℃ · 2차건조 : 50℃	
	서천군관내 농가4 서천군관내 농가5	순환식농가용 순환식농가용	· 55~60℃ · 50℃	
2014 년	익산보석우리밀 영농조합법인	순환식 대형 및 농가용	· 55℃	
	(유)농업법인군산우리밀	순환식 대형	· 종자, 유기농 : 45℃ · 일반 : 50℃	
	김제우리밀영농조합법인	순환식농가용	· 종자 : 50℃ · 일반 : 60℃	
2016 년	영광농협밀건조저장시설	순환식농가용	· 50~60℃	
일본	JA후라노 CE	순환식 대형	· 40~45℃	· 건감율 0.8%/hr · 건조후 0.5~1시간 방냉

- **(벼 건조용 순환식건조기의 성능기준)** RPC에서 벼의 건조용으로 사용되는 20~30ton/batch의 대형 순환식건조기의 성능검정기준은 다음 표 3-2-88와 같으며, 표에서 알 수 있듯이 건감율과 동할율로 성능을 평가하고 있음. 그러나 밀의 경우 동할발생의 우려가 없으며, 전술한바와 같이 건조온도에 따른 제분특성에 대한 유용한 연구결과도 찾아보기 어려운 실정으로 밀에 대해서는 별도의 성능검정기준의 작성이 필요하였음

표 3-2-88. 벼 건조용 대형 순환식곡물건조기의 성능검정 기준

성능검정항목	항목별 가중치 (A)	성능검정기준(성능가중치, B)				
		매우우수 (1.0)	우수 (0.8)	보통 (0.6)	미흡 (0.4)	매우미흡 (0.2)
건감율(%)	0.5	0.9이상	0.8	0.7	0.6	0.6미만
동할증가율(%)	0.5	0.5이하	1.0	2.0	3.5	3.5초과

- **(벼 건조용 순환식건조기의 사양)** 우리나라에서 곡물건조용 순환식건조기를 제조하는 회사로는 신흥기업사, 시즈오카한성, 대원-사타케 등 3개사이며, 대만의 선큐사에서 제작된 순환식건조기가 수입되어 설치되고 있음. 이들 제조회사에서 RPC 단위기계 및 장비 성능검정을 받아 합격된 건조기의 주요사양은 다음 표 3-2-89과 3-2-90와 같았음. 표에서 알 수 있듯이 제조사에 따라 규격은 물론 처리능력, 건감율 및 동할율 등 성능에도 다소 차이는 있으나, 어느 건조기를 채택하여도 기본적으로 성능은 일정 이상임을 알 수 있었음

표 3-2-89. 곡물건조용 순환식곡물건조기의 제원

구 분		20ton/hr 규모		30ton/hr 규모		
		A사	B사	C사	D사	E사
크기 (W×L×H, mm)		5,444×3,961× 9,945	5,444×3,961× 10,947	5,441×3,944× 11,830	4,508×6,748× 11,945	4,999×3,786× 11,629
방식 및 단수		원적외선 방열체 부착	원적외선 방열체 부착	-	일반열풍형	일반열풍형
모터동력(kW)		20.1	20.1	20.35	20.34	12.85
송풍기 제원	종류	사류	사류	사류	횡류 12단	사류
	송풍 및 구동 방식	흡출식	흡출식	흡출식	축류형 원심식	배습형
	동력(kW)	7.5×2대	7.5×2대	7.5×2대	7.5×2대	3.75×2대
	상용회전수 (rpm)	1,760	1,760	1,750	1140	-
	토출구경 (mm)	750	750	600	750	700
	규정정압 (mmAq)	45	45	60~90	45	-
	규정송풍량 (m ³ /min)	290	290	220~250	225/225	210
버너 제원	형식	건타입 분무형	건타입 분무형	건타입 (2대)	건타입 (2대)	건타입 분무형
	노즐용량 (G/hr)	4.0G/hr×2대	4.0G/hr×2대	4.5G/hr×2대	4.0G/hr×2대	4.0G/6.0G
	연료의 종류	등유	등유	등유	등유/경유	등유/고급경유
	점화방식	교류전기점화	교류전기점화	교류전기점화	자동고전압 이크 방전 점화	교류전기점화
	소화방식	타이머식	타이머식	-	-	타이머/수분계식
	온도조절 방식	자동제어식	자동제어식	-	-	자동제어식
	온도계 종류 및 개수	pt100Ω, 통풍공기·곡물·외기·과 열방지 온도계 각 1개		-	-	-
	연료탱크 용량(L)	400	400	980	-	-

표 3-2-90. 벼 건조용 순환식곡물건조기 성능검정시 조사 및 측정된 사양

구 분		20ton/hr 규모	30ton/hr 규모			
		A사	B사	C사	D사	E사
건조편차(%)		1.45	1.46	0.41	0.18	0.21
수분계오차(%) (건조기/단립수분계 측정치)		0.1 (15.7/15.8)	0.4 (15.8/16.2)	1.0 (15.0/16.0)	0.3 (15.0/15.3)	0.8 (15.0/15.8)
연료소모량(L/hr)		24.6	33.4	21.5	33.4	25.8
총연료소모량(L)		296.5	396.0	214.0	396.0	296.1
평균열풍온도(°C)		52.2 (41.9~65.4)	58.5 (46.9~76.4)	54.8 (31.5~103.3)	55.9 (36.6~79.7)	51.8 (41.3~80.5)
평균곡물온도(°C)		28.3	27.6	29.2	37.0	34.2
최고곡물온도(°C)		32.0	30.0	33.8	39.3	37.5
소요 동력(A)	송풍기	9.92	10.14	15.00	-	3.75×2
	건조기전체	22.00	27.44	20.35	-	12.85
집진송풍량 및 정압	집진송풍량 (m ³ /min)	190.9	248.5	271.2	243.4	211.0
	정압 (mmAq)	54.0	51.4	84.3	41.3	14.3
성능측정 항목	처리능력 (ton/batch)	24.9	31.5	30.5	30.0	31.2
	건감율 (%/hr)	0.77	0.68	0.71	0.67	0.6
	동할증가율 (%)	0.4	0.9	0.8	0.2	1.0

○ (고수분 밀의 건조저장시설에서 처리방식) 밀 건조저장시설에서는 충분한 건조능력이 확보되면 고수분 밀을 산물로 반입할 수 있으나, 설치비용이 과다하므로 정부지원이 필요하다고 요청하고 있음. 그러나 밀 건조용으로 1년에 6일정도 사용하는 순환식건조기를 대량으로 설치하는 것은 비경제적이므로 ㉠ 건조저장시설을 벼와 밀의 겸용사용이 가능하도록 검토, ㉡ 동일 건조기로 밀의 건조능력이 저하(초기 함수율이 높고, 최종 건조함수율이 13%이하로 낮으며, 건감율이 벼보다 적음)되므로 초기 함수율은 중간정도(벼와 유사하게 24%수준)로 설정하여 건조기를 보급하되 농가용과 2트랙으로 설정하는 것이 필요함

○ (건조시설 설치시 유의사항) 익산의 경우에는 고수분 밀의 조선중 조선기에서 배출되는 이물질에 혼

입된 밀 정립비율로 인한 농민의 항의에 대해 우려가 많아 대용량의 경우 투입-건조-조선-계량공정과, 투입-건조-조선-저장 또는 포장이 가능하도록 2-way의 설치가 필요하였으며, 고수분밀과 건밀을 모두 반입받기 위해 건조기를 통과하지 않고 바로 저장 또는 포장할 수 있는 라인의 설치도 필요하였음. 또한, 정선되지 않는 고수분 밀이 통과하는 곡물이송관의 경우 엘보우 사용억제, 이송관의 환경확보 및 적절한 각도의 유지가 필요하였음

(나) DSC에 의한 호화특성 및 함수율별 caking발생정도 측정

① 재료 및 방법

- 본 연구에 사용한 재료는 2013년산 백중밀과 조경밀 2품종 및 2014년 전북 익산보석우리밀영농조합법인에서 매입한 함수율 31%대의 고수분의 금강밀을 사용하였음
- 매입한 시료는 연구원으로 이송하여 15kg씩 나누어서 PE으로 밀봉하여 포장한 후, -5℃ 저온저장고에 보관하면서, 이중 100kg을 건조에 사용하였으며, 함수율별로 건조된 밀시료는 PE으로 밀봉하여 포장한 후, 0℃ 저온저장고에 보관하면서 공시하였음
- 고수분의 밀은 전향과 동일하게 검은망천을 덮은 2개의 트레이에 3kg씩 충전한 다음, 벌크건조기(HK-DO1000F, 종합기גיע작소, Korea)에서 건조온도 50℃로 건조하였으며, 1시간 간격으로 단립수분계(Single Kernel Moisture Tester, CTR-800E, Shizuoka Seiki)로 함수율을 측정하면서 밀의 함수율을 3%간격으로 8~9단계(기준함수율 31%, 28%, 25%, 22%, 19%, 16%, 13%, 11%, 9%,w.b.)수준이 되도록 건조하여 공시하였음
- 호화특성은 백중, 조경 및 금강밀에 대하여 시차주사열량계(Differential Scanning Calorimeter, DSC 7, Perkin-Elmer, Norwalk, CT, USA)와 Thermal Analysis Data Station(Norwalk, Conn., USA) 프로그램을 이용해 측정하였는데, 시료 : 물이 1:3이 되도록 가수하여 1시간 방치한 후, 10~130℃까지 분당 10℃씩 열을 가해 T_o (onset temperature), T_p (peak temperature), T_c (conclusion temperature) 및 ΔH (overall gelatinization enthalpy)를 각각 측정하였음

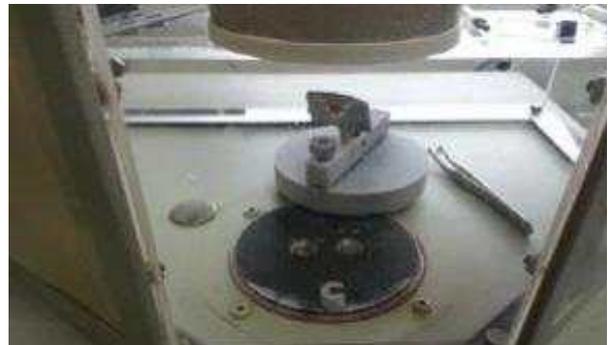
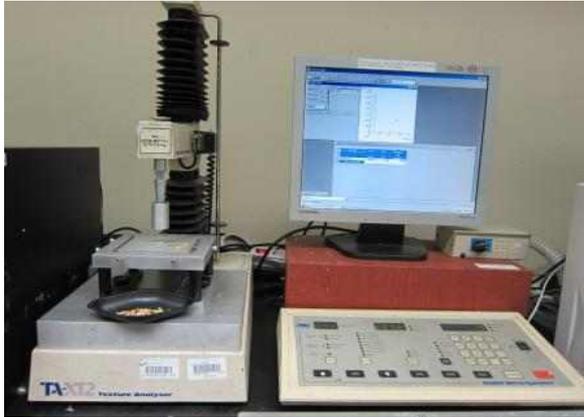


그림 3-2-59. DSC를 이용한 함수율별로 조제된 우리밀의 호화특성측정

- 백중, 조경 및 금강밀의 건조 8단계별 함수율로 조제된 밀의 낱알별 강도(hardness)를 측정하였으며, 강도 측정에는 Texture Analyzer(TA-XT2, Stable Micro Systems, Ltd., UK)를 이용하였고, 측정 조건은 probe $\phi 2\text{mm}$, test speed 0.5mm/sec 및 trigger force 5.0g이었음
- 산물(bulk)상태에서 caking발생여부를 확인하기 위하여 20, 25, 30, 35 및 40% 등 4개의 함수율별 밀을 20, 30, 40, 50 및 60°C 챔버에 넣어 곡온을 조정한 다음, 측정중 곡온변화를 억제하기 위하여 단열재로 단열한 측정용셀(L×W×H, 80×15×100mm)에 충전한 다음, Texture Analyzer(TA-XT2, Stable Micro Systems, Ltd., UK)를 이용하여 강도를 측정하였으며, 측정 조건은 probe $\phi 4\text{mm}$, test speed 0.5mm/sec 및 trigger force 5.0g이었으며 상세한 실험조건은 다음 표 3-2-91과 같았음

표 3-2-91. 밀의 산물 및 낱알별 강도측정을 위한 Texture Analyzer 작동조건

구 분	bulk	single kernel
Pre test speed(mm/sec)	1.5	1.5
Test speed(mm/sec)	0.5	0.5
Post test speed(mm/sec)	1.5	1.5
Rupture test Distance(%)	1.0	1.0
Distance(% Strain)	30	40
Force(g)	1,000	1,000
Time(sec)	5	5



< single kernel의 강도측정 >



< bulk 상태의 강도측정 >

그림 3-2-60. Texture Analyzer를 이용한 밀의 낱알 및 산물상태의 강도측정

② 결과 및 고찰

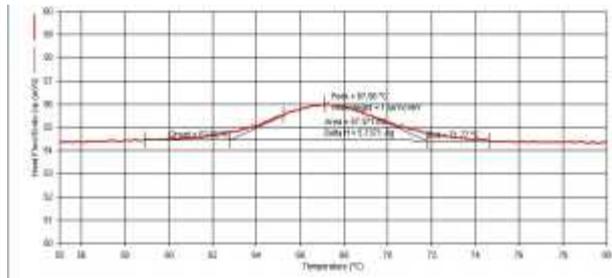
- (DSC 호화) Ayten Aylin Alsaffar(2010)는 함수율 14.6~35.9(%w.b.)범위의 터키산 밀을 DSC로 호화특성을 측정된 결과, T_o 은 45.7~47.0°C, T_p 는 51.6~52.9°C 및 T_c 는 61.2~63.8°C의 범위를 나타내었으나, 함수율에 따라 일정한 경향을 나타내지 않았다고 보고하였음
- 백중, 조경 및 금강밀 우리밀 3종류를 9.2~31.0%까지 8~9단계로 함수율별로 조제하여 DSC로 호화 특성을 측정된 결과는 다음 표 3-2-92와 같았음. 표에서 알 수 있듯이 T_o 은 59.3~66.2°C, T_p 는 64.6~69.7°C 및 T_c 는 69.8~76.1°C로서, Ayten Aylin Alsaffar(2010)의 결과와 유사하게 $p < 0.05$ 수준(금강밀 T_c 는 $p < 0.01$)에서 함수율 증가에 따른 유의적인 차이가 없었음
- 순환식건조기를 사용하여 밀을 건조할 때, 열풍온도는 55~60°C로 유지하여도 건조중 밀의 수분증발로 인해 밀 곡온은 약 40°C이상(벼의 경우 39.3°C, 앞의 성능검정결과)으로 유지되는 것은 대단히 어려우므로 건조중 호화로 인한 caking발생우려는 없는 것으로 판단되었음

표 3-2-92. 우리밀(백중, 조경, 금강)의 함수율별 DSC 호화특성

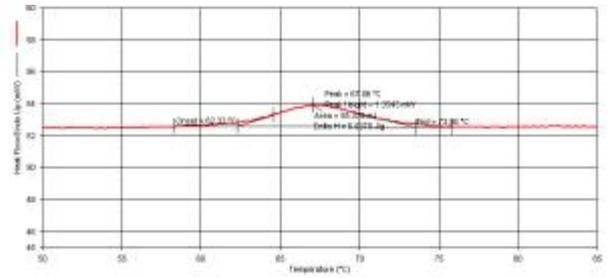
구 분	함수율 (%,w.b.)	DSC 호화특성*			
		T _o (°C)	T _p (°C)	T _c (°C)	△H(J/g)
백중	29.6	61.75 ^{a*}	66.06 ^{a*}	71.40 ^{a*}	6.33 ^{a*}
	26.2	61.94 ^{a*}	66.73 ^{a*}	72.45 ^{a*}	5.48 ^{ab*}
	22.2	61.06 ^{a*}	66.56 ^{a*}	71.46 ^{a*}	4.74 ^{ab*}
	19.3	61.07 ^{a*}	65.89 ^{a*}	71.23 ^{a*}	5.46 ^{ab*}
	15.5	62.16 ^{a*}	66.56 ^{a*}	71.49 ^{a*}	4.31 ^{b*}
	13.1	61.92 ^{a*}	66.90 ^{a*}	71.83 ^{a*}	5.72 ^{ab*}
	11.0	61.83 ^{a*}	66.39 ^{a*}	71.05 ^{a*}	4.68 ^{ab*}
	9.7	62.21 ^{a*}	66.39 ^{a*}	71.34 ^{a*}	5.82 ^{ab*}
조경	28.7	60.15 ^{a*}	65.28 ^{ab*}	70.78 ^{a*}	5.85 ^{a*}
	25.6	60.12 ^{a*}	65.10 ^{ab*}	70.07 ^{a*}	4.75 ^{a*}
	23.3	59.26 ^{a*}	64.88 ^{ab*}	70.25 ^{a*}	4.38 ^{a*}
	20.8	59.88 ^{a*}	64.55 ^{b*}	70.40 ^{a*}	4.10 ^{a*}
	16.5	59.76 ^{a*}	65.50 ^{a*}	70.75 ^{a*}	4.88 ^{a*}
	14.0	60.22 ^{a*}	65.27 ^{ab*}	70.18 ^{a*}	4.87 ^{a*}
	11.7	60.06 ^{a*}	64.89 ^{ab*}	69.79 ^{a*}	4.79 ^{a*}
	10.5	60.28 ^{a*}	65.27 ^{ab*}	70.37 ^{a*}	5.04 ^{a*}
금강	31.0	64.47 ^{a*}	69.22 ^a	74.99 ^{a**}	4.38 ^{ab*}
	27.5	63.96 ^{a*}	68.64 ^a	74.31 ^{ab**}	4.52 ^{ab*}
	23.1	63.88 ^{a*}	68.97 ^a	74.33 ^{ab**}	4.41 ^{ab*}
	21.3	66.16 ^{a*}	68.89 ^a	74.00 ^{ab**}	5.00 ^{ab*}
	19.9	65.20 ^{a*}	69.72 ^a	76.14 ^{a**}	4.78 ^{b*}
	17.9	59.62 ^{a*}	68.39 ^a	72.04 ^{b**}	2.37 ^{ab*}
	12.5	64.23 ^{a*}	68.68 ^a	73.75 ^{ab**}	4.01 ^{b*}
	10.2	56.67 ^{a*}	68.53 ^a	73.33 ^{ab**}	2.81 ^{b*}
	9.2	64.49 ^{a*}	69.13 ^a	75.24 ^{a**}	6.35 ^{a*}

주 1. *(p<0.05), **(p<0.01), ***(p<0.001)수준에서 유의적인 차이가 있음

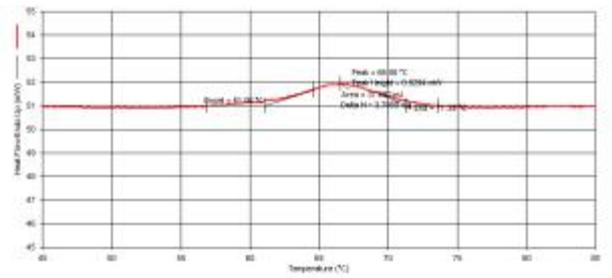
주 2. ^{abcde} : column내에서 같은 알파벳은 같은 수준임



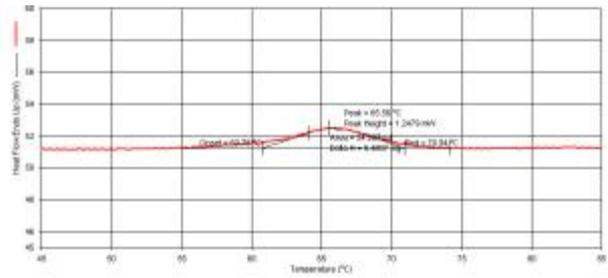
<함수율 29.6%,w.b.>



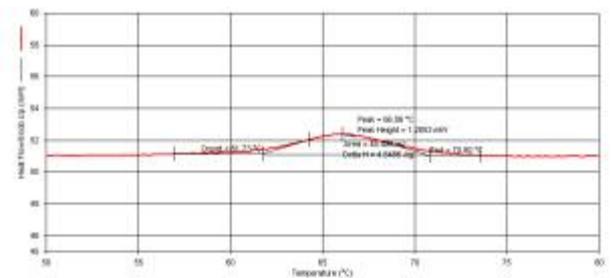
<함수율 26.2%,w.b.>



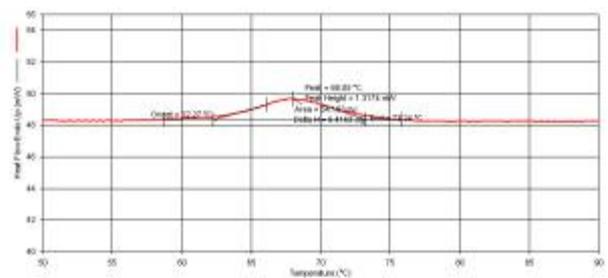
<함수율 22.2%,w.b.>



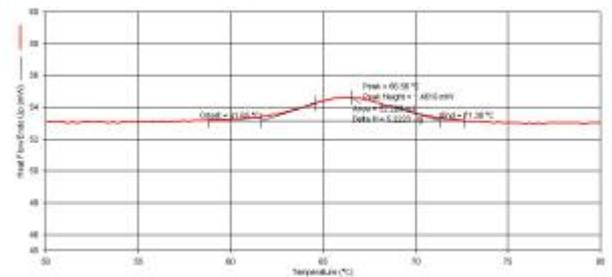
<함수율 19.3%,w.b.>



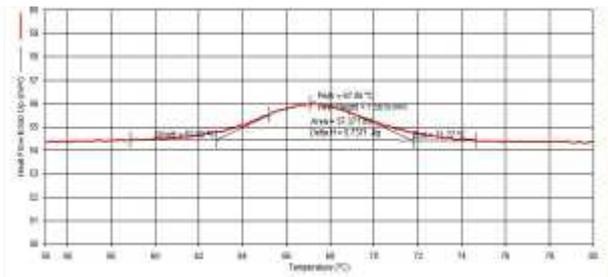
<함수율 15.5%,w.b.>



<함수율 13.1%,w.b.>



<함수율 11.0%,w.b.>



<함수율 9.7%,w.b.>

그림 3-2-61. 백중에서의 함수율별 DSC 호화특성

- (함수율이 Caking 발생에 미치는 영향특성) 백중, 조경 및 금강밀 등 우리밀 3종류를 9.2~31.0%까지 9단계로 함수율별로 조제하여 Texture Analyzer로 낱알의 강도를 측정된 결과는 다음 표 3-2-93 및 그림 3-2-62과 같았으며, 표 및 그림에서 알 수 있듯이 백중 및 조경밀의 낱알 강도는 함수율이 낮을수록 점차 증가하여 다음 식(3-2-27)과 같이 비선형으로 표기가 가능하였으며, $p < 0.001$ 수준에서 함수율의 증가에 따라 유의적인 차이를 나타내었음(백중 $r^2=0.970$, 조경 $r^2=0.913$, 금강 $r^2=0.913$)

표 3-2-93. 우리밀(백중, 조경, 금강)의 함수율별 낱알의 강도

구분	백 중		조 경		금 강	
	함수율(%w.b.)	강도*** (kg/φ2mm)	함수율(%w.b.)	강도*** (kg/φ2mm)	함수율(%w.b.)	강도*** (kg/φ2mm)
1	-	-	-	-	31.0	4.22 ^d
2	29.6	3.14 ^g	28.7	3.17 ^f	27.5	6.02 ^c
3	26.2	4.60 ^f	25.6	5.61 ^d	23.1	6.55 ^{bc}
4	22.2	7.87 ^e	23.3	4.81 ^e	21.3	6.13 ^c
5	19.3	10.56 ^d	20.8	8.30 ^c	19.9	7.25 ^{ab}
6	15.5	10.43 ^d	16.5	9.32 ^{ab}	17.9	7.91 ^a
7	13.1	11.75 ^c	14.0	8.91 ^b	12.5	7.65 ^a
8	11.0	12.65 ^b	11.7	9.47 ^a	10.2	8.00 ^a
9	9.7	13.77 ^a	10.5	9.19 ^{ab}	9.2	8.22 ^a

주 1. *(p<0.05), **(p<0.01), ***(p<0.001)수준에서 유의적인 차이가 있음

주 2. ^{abcde} : column내에서 같은 알파벳은 같은 수준임

$$f = \frac{a}{1 + \exp\left[\frac{-(M - x_0)}{b}\right]} \dots\dots\dots (3-2-27)$$

여기서, f : 강도(kg/φ2mm)

x : 함수율(%w.b.)

a, b, x₀ : 상수(-)

표 3-2-94. 우리밀(백중, 조경, 금강)의 함수율별 낱알 강도예측모델의 상수 및 결정계수

상수 및 결정계수	백중	조경	금강
a	13.805	9.662	8.356
b	-4.994	-3.959	-6.834
x ₀	23.397	25.774	31.955
r ²	0.970	0.913	0.903

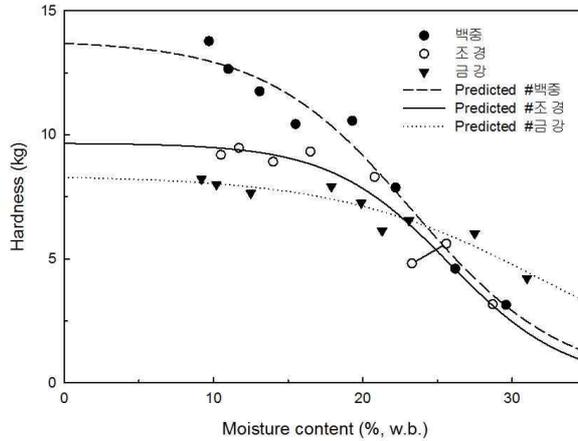


그림 3-2-62. 우리밀(백중, 조경, 금강)의 함수율이 낱알 강도에 미치는 영향

- 동일하게 산물상태에서 곡온에 따라 강도를 측정하기 위하여 금강미를 함수율별(20.86, 23.70, 28.68, 32.78, 및 39.69%)로 조제된 시료를 20, 30, 40, 50, 및 60℃로 곡온을 조정함 다음, 단열된 시료셀에 넣어 bulk상태로 강도실험을 실시하였으며, 측정중 곡온변화를 고려하지 않고 낱알상태에서도 강도를 측정하였으며, 그 결과는 다음 표 3-2-95 및 그림 3-2-63와 같이 건조온도가 낮아질수록 함수율이 높을수록 강도는 감소하였으나, 표 및 그림만으로 caking발생 여부의 판단은 불가능하였음
- 한편, 다음 다항의 순환식건조기의 건조실험 및 시뮬레이션 결과에서 알 수 있듯이 열풍온도를 55℃ 수준으로 유지하여도 고수분 상태에서는 증발잠열 및 템퍼링으로 인해 곡온이 35℃이상으로는 상승하지 않으므로 건조중에는 caking현상의 발생은 찾아보기 어려울 것으로 판단되었음. 실제 밀 건조 저장시설운영자 중에는 지나치게 고수분일 경우 이물질로 인한 막힘 등으로 유동성은 급격하게 저하하지만 순환식건조기에서 60℃이하로 건조하였을 때 caking현상은 발생하지 않았다고 주장하는 경우도 있음

표 3-2-95. 금강밀의 곡은 및 함수율이 낱알 및 산물상태 강도에 미치는 영향

곡온(°C) / 함수율 (%,w.b.)	우리밀의 bulk 및 낱알상태에서의 강도(kg)									
	bulk***					single kernel***				
	20.9%	23.7%	28.7%	32.8%	39.7%	20.9%	23.7%	28.7%	32.8%	39.7%
20°C	8.896 ^a	6.132 ^a	3.310 ^a	2.234 ^a	0.932 ^a	5.330 ^a	3.034 ^a	1.328 ^a	0.830 ^a	0.325 ^a
30°C	8.245 ^a	3.643 ^b	3.301 ^a	1.409 ^b	0.529 ^b	5.326 ^a	2.953 ^a	1.166 ^a	0.531 ^b	0.198 ^b
40°C	4.017 ^b	2.607 ^{bc}	1.842 ^b	0.922 ^c	0.483 ^b	5.402 ^a	3.080 ^a	1.386 ^a	0.583 ^b	0.225 ^b
50°C	2.475 ^b	1.938 ^c	0.967 ^c	0.826 ^c	0.475 ^b	5.442 ^a	3.033 ^a	1.220 ^a	0.779 ^a	0.291 ^a
60°C	2.464 ^b	1.741 ^c	1.182 ^c	0.900 ^c	0.457 ^b	5.577 ^a	2.918 ^a	0.162 ^b	0.096 ^c	0.042 ^c

주 1. *(p<0.05), **(p<0.01), ***(p<0.001)수준에서 유의적인 차이가 있음

주 2. ^{abcde} : column내에서 같은 알파벳은 같은 수준임

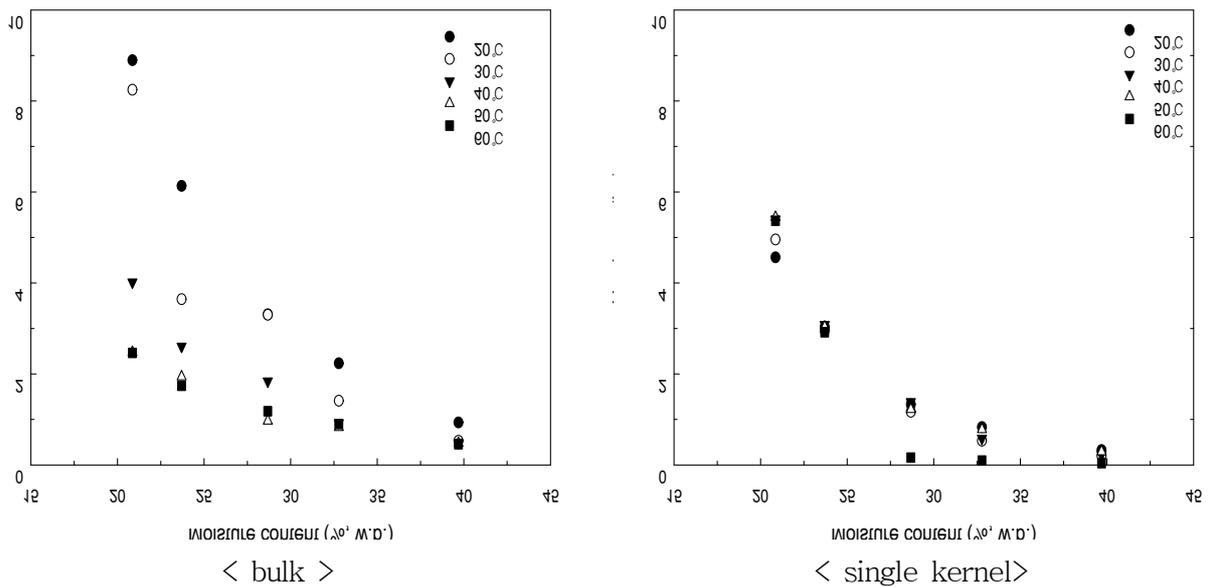


그림 3-2-63. 금강밀의 곡은 및 함수율이 낱알 및 산물상태 강도에 미치는 영향

(다) 건조 시뮬레이션

(건조시뮬레이션 1차실험)

- 일반적으로 밀의 건감율은 벼에 비해 약간 낮은 것으로 알려져 있으나, 국내에서 우리밀의 건조저장 시설설계에 사용할 수 있는 수준의 유용할만한 건조실험 결과보고는 찾아보기 어려운 실정으로서 주요 원인은 밀은 송풍량, 순환속도, 건조기의 제원, 건조공기 및 외기 조건, 물리적특성 등 건조인자에 따라 건조특성이 크게 달라지므로 이러한 건조인자를 모두 고려하여 실험으로 건조특성을 구명하기 어렵기 때문임. 따라서 본 연구에서는 시뮬레이션 방법을 이용하여 여러 가지 설계인자별 건조특성을 구명하고자 하였음
- 밀과 같은 곡물의 건감율을 나타내는 건조모델은 박층건조모델과 후층건조모델로 구분할 수 있는데, 박층건조모델은 얇은 두께의 곡물층 건조과정을 나타내고, 후층건조모델은 많은 박층으로 이루어진 건조과정을 해석할 수 있으며, 곡물건조는 일정한 퇴적을 이루고 있는 곡물층에 건조공기를 통과시키는 후층건조과정으로 건조기의 성능을 분석하거나 설계를 위해서는 후층건조과정을 해석해야 함
- 건조공기는 곡물층을 통과하는 동안 곡물로부터 수분을 흡수하여 습도는 높아지고 온도는 하강하는 반면, 곡물은 수분을 잃고 곡온은 상승하게 되는데 후층에서의 함수율, 곡온 및 건조공기의 조건들의 변화를 예측할 수 있어야 하므로, 후층건조과정을 해석하기 위해서는 곡물의 평형함수율, 수분증발잠열, 박층건조방정식, 열 및 물리적 성질 및 공기의 상태에 따른 습공기성질 등의 자료가 필요함
- 본 연구개발에서는 Keum 등(1987)과 Bakker-Arkema 등(1974)의 횡류형 후층건조모델 및 밀의 물리적특성 등을 적용하여 후층건조를 예측할 수 있는 시뮬레이션 모델을 개발하고, 밀 건조저장시설에 설치되어 있는 순환식건조기를 이용하여 우리밀의 건조실험을 통하여 그 적합성을 검증한 다음, 이를 이용하여 여러 가지 설계인자별 건조특성을 구명하였으며, 그 결과는 다음과 같았음

① 시뮬레이션 모델링

- 건조과정은 횡류형 순환식건조기에서 밀이 건조실을 통과할 때 일정한 온도를 가지는 건조공기가 밀층을 횡류방향으로 통과하면서 건조가 이루어지고, 건조실을 통과한 밀은 스크루컨베이어와 버킷엘리베이터에 의하여 템퍼링실로 이송되어 일정시간 템퍼링 과정 등 건조-순환-템퍼링 과정을 반복되면서 최종 함수율에 도달하므로 건조기에서 밀의 건조과정은 건조실 내에서의 건조과정과 템퍼링실에서의 템퍼링이 일어나는 과정으로 나누어 해석하였음
- 밀의 건조 시뮬레이션은 Keum 등(1987)과 Bakker-Arkema 등(1974)이 횡류형 간헐건조과정을 해석한 건조모델을 이용하였으며, 밀의 평형함수율, 수분증발잠열, 박층건조방정식 등은 ASABE Standards (2004)를 이용하였음

㉞ 수확모델

- 횡류건조과정을 해석하기 위한 수확모델의 기본개념은 다음 그림 3-2-65과 같고, 수확모델은 식 (3-2-28)~(3-2-31)와 다음과 같으며, 이 때 사용한 기호는 다음 표 3-2-96와 같았으며, 박층건조 방정식은 식(3-2-32)와 같이 밀의 박층건조실험 데이터를 Page 모델에 적용하여 실험상수를 개발한 ASABE Standards(2004) 자료를 이용하였음

표 3-2-96. 우리밀 건조 시뮬레이션에 사용한 기호

기 호	내 용
A_s	밀의 비표면적(m^2/m^3)
C_a	공기의 비열($kJ/kg K$)
C_g	밀의 비열($kJ/kg K$)
C_v	수증기의 비열($kJ/kg K$)
C_w	물의 비열($kJ/kg K$)
G_a	공기의 유동율($kg/hr m^2$)
G_g	밀순환율($kg/hr m^2$)
g	밀의 산물밀도(kg/m^3)
h_c	밀의 열전달계수($kJ/m^2 K hr$)
H	공기의 절대습도($kg H_2O/kg dry air$)
h_{fg}	밀의 증발잠열($kJ/kg H_2O$)
M	밀의 함수율(decimal, d.b.)
q	풍량비($m^3/min \cdot m^3$)
RH	상대습도(decimal)
t	시간(hr)
T	공기온도($^{\circ}C$)
x	송풍공기의 흐름방향의 축(m)
y	밀 흐름방향의 축(m)
θ	밀의 곡물온도($^{\circ}C$)
ρ_p	공기의 밀도(kg/m^3)

$$\frac{\partial T}{\partial x} = \frac{h_c a}{G_a(G_a + C_v H)} (T - \theta) \dots\dots\dots (3-2-28)$$

$$\frac{\partial \theta}{\partial y} = \frac{h_c a}{G_g(C_g + C_w M)} (T - \theta) + \frac{h_{fg} + C_v(T - \theta)}{G_g(C_g + C_w M)} G_a \frac{\partial H}{\partial x} \dots\dots\dots (3-2-29)$$

$$\frac{\partial H}{\partial x} = -\frac{G_g}{G_a} \cdot \frac{\partial M}{\partial y} \dots\dots\dots (3-2-30)$$

$$\frac{\partial H}{\partial x} = \text{박층건조방정식} \dots\dots\dots (3-3-31)$$

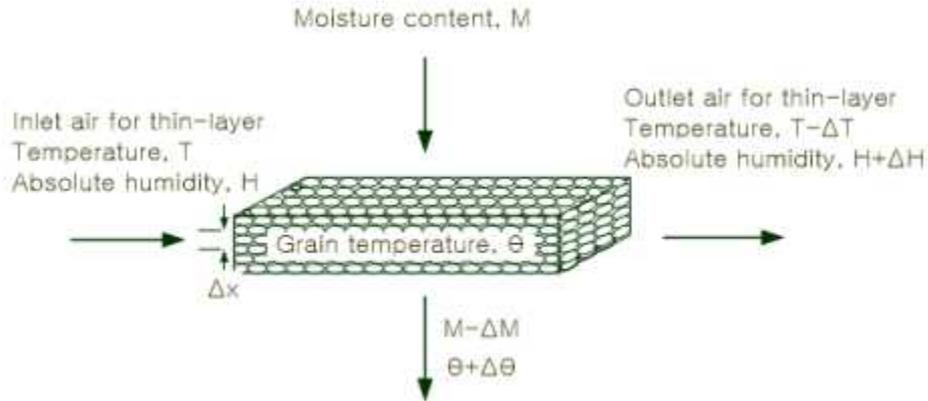


그림 3-2-64. 횡류형 건조 수확모델의 기본개념

$$\frac{M(t) - M_e}{M_o - M_e} = \exp(-Pt^Q) \dots\dots\dots (3-2-32)$$

여기서, M : 함수율(소수,d.b.)

M_e : 평형함수율(소수,d.b.)

t : 건조시간(min)

$$P = 2000 \times \exp\left[-\frac{5074}{(T+273)}\right], \quad Q = 1$$

(T : 건조온도($^{\circ}\text{C}$), RH : 상대습도(소수))

○ 위 식들의 초기 및 경계조건은 다음 식(3-2-33) 및 (3-2-34)과 같음

$$T = T_0, \quad x=0, y \geq 0 \dots\dots\dots (3-2-33)$$

$$\theta = \theta_0, \quad x \geq 0, y=0$$

$$H = H_0, \quad x=0, y \geq 0$$

$$M = M_0, \quad x \geq 0, y=0 \dots\dots\dots (3-2-34)$$

⊕ 수치해석

○ 건조모델의 수치해석을 위하여 유한차분법(finite difference method)을 적용하였으며, 건조공기의 온도변화식(3-2-28)을 임의의 점 $x + \frac{\Delta x}{2}$, $y + \Delta y$ 에 대하여 유한차분식으로 나타내면 다음 식 (3-2-35)와 같으며, $T_{x + \frac{1}{2} \Delta x, y + \Delta y}$ 는 $\frac{T_{x + \Delta x, y + \Delta y} + T_{x, y + \Delta y}}{2}$ 라고 간주하면 다음 식(3-2-36)으로 표현할 수 있음

$$\frac{T_{x+\Delta x, y+\Delta y} - T_{x, y+\Delta y}}{\Delta x} = - \frac{h_c a}{G_a \cdot (C_a + C_w H_{x+\frac{1}{2}\Delta x, y+\Delta y})} \cdot (T_{x+\frac{1}{2}\Delta x, y+\Delta y} - \theta_{x+\frac{1}{2}\Delta x, y+\Delta y}) \dots\dots\dots (3-2-35)$$

$$T_{x+\Delta x, y+\Delta y} = 2 \cdot (T_{x+\Delta x, y+\Delta y} - T_{x, y+\Delta y}) \dots\dots\dots (3-2-36)$$

○ 위의 식(3-2-35)을 식(3-2-36)에 대입하여 정리하면 다음 식(3-2-37)과 같이 표현할 수 있음

$$T_{x+\frac{\Delta x}{2}, y+\Delta y} \left[1 + \frac{h_c a}{2G_a \cdot (C_a + C_w H_{x+\frac{1}{2}\Delta x, y+\Delta y})} \cdot \Delta x \right] + \theta_{x+\frac{\Delta x}{2}, y+\Delta y} \left[\frac{-h_c a}{2G_a \cdot (C_a + C_w H_{x+\frac{1}{2}\Delta x, y+\Delta y})} \cdot \Delta x \right] = T_{x, y+\Delta y} \dots\dots\dots (3-2-37)$$

○ 식(3-2-37)을 정리하면 다음 식(3-2-38)로 표현할 수 있음

$$C_1 T_{x+\frac{\Delta x}{2}, y+\Delta y} + C_2 \theta_{x+\frac{\Delta x}{2}, y+\Delta y} = T_{x, y+\Delta y} \dots\dots\dots (3-2-38)$$

$$\text{여기서, } C_1 = 1 + \frac{h_c a}{2G_a \cdot (C_a + C_w H_{x+\frac{1}{2}\Delta x, y+\Delta y})} \cdot \Delta x$$

$$C_2 = \frac{-h_c a}{2G_a \cdot (C_a + C_w H_{x+\frac{1}{2}\Delta x, y+\Delta y})} \cdot \Delta x$$

○ 곡물의 온도변화식(3-2-29)를 $x+\frac{\Delta x}{2}$, $y+\Delta y$ 에 대하여 유한차분식으로 나타내면 다음 식

(3-2-39)과 같으며, 식(3-2-39)을 $\theta_{x+\frac{1}{2}\Delta x, y+\Delta y}$ 에 관하여 풀면 다음의 식(3-2-40)와 같음

$$\frac{\theta_{x+\frac{1}{2}\Delta x, y+\Delta y} - \theta_{x+\frac{1}{2}\Delta x, y}}{\Delta y} = \frac{h_c \cdot (T_{x+\frac{1}{2}\Delta x, y} - \theta_{x+\frac{1}{2}\Delta x, y})}{G_g \cdot (C_g + C_w M_{x+\frac{1}{2}\Delta x, y})} - \frac{h_{fg} \cdot G_a}{G_g \cdot (C_g + C_w M_{x+\frac{1}{2}\Delta x, y})} \cdot \frac{H_{x+\Delta x, y} - H_{x, y}}{\Delta x} \dots\dots\dots (3-2-39)$$

$$\theta_{x+\frac{1}{2}\Delta x, y+\Delta y} = \theta_{x+\frac{1}{2}\Delta x, y} + \left[h_c \cdot \Delta y \cdot \left(\frac{T_{x+\frac{1}{2}\Delta x, y} + T_{x, y}}{2} - \theta_{x+\frac{1}{2}\Delta x, y} \right) - h_{fg} \cdot \Delta y \cdot G_a \cdot \frac{H_{x+\Delta x, y} - H_{x, y}}{\Delta x} \right] G_g \cdot (C_g + C_w M_{x+\frac{1}{2}\Delta x, y}) \dots\dots\dots (3-2-40)$$

- 공기의 절대습도 변화식(3-2-30)을 $x + \frac{\Delta x}{2}$, $y + \Delta y$ 에 대하여 유한차분식으로 표현하면 다음의 식(3-2-41)와 같으며, $H_{x+\Delta x, y+\Delta y}$ 에 관하여 풀면 다음 식(3-2-42)으로 표현할 수 있음

$$\frac{H_{x+\Delta x, y+\Delta y} - H_{x, y+\Delta y}}{\Delta x} = -\frac{G_g}{G_a} \cdot \frac{M_{x+\frac{1}{2}\Delta x, y+\Delta y} - M_{x+\frac{1}{2}\Delta x, y}}{\Delta y} \dots\dots\dots (3-2-41)$$

$$H_{x+\Delta x, y+\Delta y} = H_{x, y+\Delta y} - \frac{G_g \cdot \Delta x}{G_a \cdot \Delta y} \cdot (M_{x+\frac{1}{2}\Delta x, y+\Delta y} - M_{x+\frac{1}{2}\Delta x, y}) \dots\dots\dots (3-2-42)$$

- 박층건조식(3-2-31)는 다음 식(3-2-43)과 같이 표현할 수 있으며, 함수율과 평형함수율로부터 주어진 상태의 함수비(MR_t)가 결정되면 건조초기의 함수율로부터 현재의 함수율에 도달하기 위한 시간(t)를 구하여 시간증분(Δt)을 더하고, 시간증분이 합산된 건조시간($t + \Delta t$)과 현재의 공기온도 및 상대습도로부터 건조시간 후의 함수비($MR_{t+\Delta t}$)을 산출하고, 이 함수비를 이용하여 건조시간($t + \Delta t$) 후의 밀 함수율($M_{x+\frac{1}{2}\Delta x, y+\Delta y}$)을 결정하였음

$$M_{x+\frac{1}{2}\Delta x, y+\Delta y} = \exp(-P \cdot (t + \Delta t)^Q) \cdot (M_0 - M_e) + M_e \dots\dots\dots (3-2-43)$$

㉔ 보조방정식

- 밀의 평형함수율모델은 정적 평형함수율 실험데이터를 Chung-Pfost 모델에 적용하여 실험상수를 개발한 다음의 식을 이용하였음(ASABE Standards, 1996)

$$EMC = b_4 - b_5 \ln[-(T + b_3) \ln(erh)] \dots\dots\dots (3-2-44)$$

$$\ln(erh) = -\frac{b_1}{(T + b_3)} \exp(-b_2 EMC) \dots\dots\dots (3-2-45)$$

여기서, EMC : 평형함수율(소수, d.b.)

erh : 평형상대습도(소수)

T : 온도(°C)

b : 실험상수(-)

b ₁	b ₂	b ₃	b ₄	b ₅
726.49	23.607	35.662	0.27908	0.042360

- 밀의 수분증발잠열은 위의 평형상대습도식을 이용하여 Othmer 방법으로 유도한 다음 식(3-2-46)을 이용하였으며(ASABE, 1996), 산물밀도는 Kim과 Koh(1981)의 식(3-2-47)을 사용하였으며, 비열은

식(3-2-48), 밀의 대류열전달계수는 Barker(1965)의 식(3-2-49), 밀층의 공기저항은 Bakker-Arkema 등(1974)의 다진 채움에 대한 식(3-2-50)를 각각 사용하였음

$$hfg = (2502.535 - 2.386T)[1 + 2.8868 \exp(-23.6263M)] \dots\dots\dots (3-2-46)$$

$$\rho = 774.4 - 703M + 18510M^2 - 148960M^3 + 311600M^4 \dots\dots\dots (3-2-47)$$

여기서, ρ : 산물밀도(kg/m^3)

M : 함수율(%,w.b., decimal)

$$c = 1.240 + 0.0362M \dots\dots\dots (3-2-48)$$

여기서, c : 비열($kJ/kg\cdot K$)

M : 함수율(%,w.b.)

$$h_c = 0.00718G_a^{1.2997} \dots\dots\dots (3-2-49)$$

여기서, h_c : 대류열전달계수($kJ/m^2\cdot K\cdot hr$)

G_a : 건공기 질량유량($kg/hr\cdot m^2$)

$$\Delta p = \frac{27000 \times V^2}{\ln(1 + 8.77V)} \dots\dots\dots (3-2-50)$$

㉔ 응축과정의 해석

- 건조과정에서 밀로부터 많은 양의 수분을 빼앗은 건조공기가 낮은 온도의 밀층을 통과하면 건조공기 중의 수분이 응축되어 함수율을 증가시키고 밀층을 통과한 공기의 온도는 더욱 하강하게 되므로 응축현상이 발생하면 각각 얻어진 공기의 온도와 밀함수율이 변화하게 되므로 이를 예측하여야 함
- 응축현상의 발생여부를 판단하기 위하여 공기의 온도와 절대습도로부터 상대습도를 구하였으며, 상대습도가 0.9999보다 클 경우, 그때의 공기를 포화상태로 보아 응축현상이 발생한 것으로 고려하였으며, 응축현상이 발생한 상태의 공기의 포화절대습도 H' 를 구한 다음 응축현상 전후의 공기중의 수분량과 밀중의 수분량의 합이 같으므로 다음 식(3-2-51)로 표현할 수 있으며, 응축현상 후의 밀 함수율은 다음 식(3-2-52)과 같이 표현이 가능함

$$G_a \cdot \Delta y \cdot H + G_g \cdot \Delta x \cdot M = G_a \cdot \Delta y \cdot H' + G_g \cdot \Delta x \cdot M' \dots\dots\dots (3-2-51)$$

$$M' = M + \frac{G_a \cdot \Delta y}{G_g \cdot \Delta x} \cdot (H - H') \dots\dots\dots (3-2-52)$$

- 또한, 에너지평형의 관계로부터 응축현상 전후의 공기와 밀의 에너지 합은 같으므로 다음 식(3-2-53)으로 표현할 수 있으며, 응축현상 전후의 곡물 온도변화를 무시($\theta = \theta'$)하면 응축현상 후의 공기온도는 다음 식(3-2-54)로 표현할 수 있음

$$T \cdot G_a \cdot \Delta y \cdot (C_a + C_v \cdot H) + \theta \cdot G_g \cdot \Delta x \cdot (C_g + C_w \cdot M) =$$

$$T' \cdot G_a \cdot \Delta y \cdot (C_a + C_v \cdot H') + \theta' \cdot G_g \cdot \Delta x \cdot (C_g + C_w \cdot M) +$$

$$G_a \cdot \Delta y \cdot h_{fg} \cdot (H - H') \dots\dots\dots (3-2-53)$$

$$T' = T \cdot \frac{C_a + C_v \cdot H}{C_a + C_v \cdot H'} - h_{fg} \cdot (H' - H) \dots\dots\dots (3-2-54)$$

㉞ 소요에너지

○ 건조기의 작동에 투입되는 에너지는 건조공기를 발생하는데 소요되는 에너지, 밀의 순환을 위한 스크류컨베이어와 버킷엘리베이터의 구동에너지로 구분하였으며, 먼저 건조공기를 발생하는데 소요되는 에너지는 건조공기의 유동율에 의해 구할 수 있으며 다음 식(3-2-55)로 표현이 가능하며, 스크류컨베이어와 버킷엘리베이터의 구동에너지는 장치의 효율을 50%로 가정하고 다음 식(3-2-56)과 식(3-2-57)로 계산하였음

$$P_a = \frac{C_a (V \times q \times \rho_p) (\Delta T)}{COP} \dots\dots\dots (3-2-55)$$

여기서, P_a : 건조공기를 발생하는데 소요되는 에너지(ps)

C_a : 공기의 비열(kJ/kg-K)

V : 체적(m^3)

q : 풍량비($m^3/min \cdot m^3$)

ρ_p : 공기의 밀도(kg/m^3)

ΔT : 온도차($^{\circ}C$)

$$P_s = \frac{c l Q}{270} \dots\dots\dots (3-2-56)$$

여기서, P_s : 스크류컨베이어의 소요동력(ps)

c : 계수(0.005)

l : 스크류컨베이어의 길이(m)

Q : 반송능력(ton/hr)

$$P_b = \frac{Q H}{270 \eta} \dots\dots\dots (3-2-57)$$

여기서, P_b : 버킷엘리베이터의 소요동력(ps)

Q : 반송능력(ton/hr)

H : 양정(m)

η : 전효율(0.4 ~ 0.5)

② 시뮬레이션 프로그램

- 시뮬레이션 프로그램의 순서도는 다음의 그림 3-2-65과 같았으며, 프로그램은 Matlab(R2012)으로 작성하였으며, 평형함수율을 계산하기 위한 부프로그램, 완전미수율을 계산하기 위한 부프로그램 및 습공기의 성질을 계산하기 위한 부프로그램으로 구성하였음
- 시뮬레이션 프로그램의 초기 입력값은 크게 건조기 제원, 건조할 밀 조건, 외기공기 조건 및 건조공기 조건으로 구분하였고, 건조기의 제원은 건조실의 주요 제원으로 하였으며, 건조할 밀 조건은 초기 투입중량, 초기함수율, 최종함수율 및 유하속도로 하였으며, 외기공기 조건은 외기온도 및 상대습도, 건조공기의 조건은 건조온도 및 송풍량 등을 입력하도록 구성하였음
- 입력값에 따라 프로그램이 실행되고 순환횟수, 템퍼링 시간, 건조공기 노출시간, 건조함수율, 건감율, 곡물온도, 완전미수율 및 소요에너지가 산출되도록 프로그램을 개발하였음. 시뮬레이션 프로그램의 입력값 및 출력값은 다음의 표 3-2-97과 같음

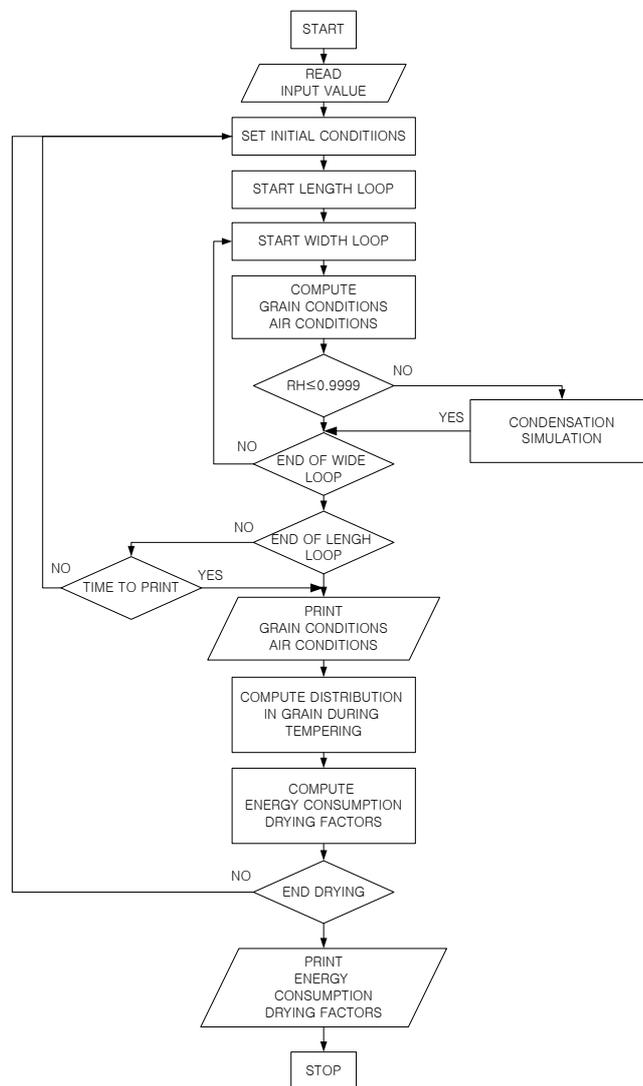


그림 3-2-65. 우리밀 건조시뮬레이션 프로그램 순서도

표 3-2-97. 우리밀 건조시뮬레이션 프로그램의 입력 및 출력값

Input values	Output values
Dryer specifications	Circulation time(hr)
Height(m)	Drying time(hr)
Length(m)	Tempering time(hr)
Width(m)	Final Moisture content(%w.b.)
Grain flow rate(kg/hr)	Moisture content during Δt
Air conditions	Drying rate(%w.b./hr)
Drying air temperature(°C),RH(%)	Grain temperature(°C)
Ambient temperature(°C),RH(%)	Head rice yield(%)
Grain conditions	Water remove rate(kg)
Initial moisture content(dec,w.b.)	Total energy(kJ/kg)
Initial grain temperature(°C)	
Final moisture content(dec,w.b.)	
Grain weight(kg)	

③ 시뮬레이션 검증

㉞ 재료 및 방법

- 우리밀 수확기인 2014년 6월 9일에 전북 익산보석우리밀영농조합법인에서 수확되어 산물상태로 건조저장시설에 반입된 밀을 조선기로 이물질을 선별한 후, 순환식건조기에 투입하여 우리밀 건조시뮬레이션 모델 검증실험을 실시하였음
- 건조기는 우리밀 건조에 가장 많이 이용되는 횡류형태로서 익산보석우리밀영농조합에 설치되어 있는 순환식곡물건조기(PRO-300, Suncue, Taiwan)을 이용하였으며, 용량은 30ton/hr로서 건조부, 탬퍼링부, 배출부, 승강기, 버너, 집진장치 및 제어부로 구성되어 있음
- 검증실험에 사용한 우리밀은 2014년 6월 9일 전북 익산지역에서 수확된 연질밀 계열의 수안품종이었으며, 초기함수율 18.7%(w.b.)이었고, 투입중량은 29.8톤이었음. 열풍온도를 55°C로 설정한 다음 건조를 실시하였으며, 건조시작 후 1시간 간격으로 버킷엘리베이터에서 일정량의 시료를 채취하여 함수율을 측정하였으며, 함수율은 단립수분계(CTR-500EH, Shizuoka Seiki, Japan)를 이용하여 200립씩 3회 반복 측정하였음
- 열풍온도, 곡온 등 온도측정은 건조공기유입부 12지점(건조공기온도 측정), 곡물배출부 1지점(곡물온도 측정), 송풍기 전에 2지점(건조실 통과후 건조공기온도 측정) 및 외기 1지점에 Thermocouple(T type, OMEGA, USA)를 설치하고, 자료수집장치(MX110, Yokogawa, Japan)를 이용하여 30초 간격

으로 PC에 저장하였음

- 또한, 전북 김제우리밀영농조합법인에서 6ton/hr규모의 농가형 순환식건조기에서 열풍온도 60℃하에서, 초기함수율 15.5%인 우리밀을 12.3%로 건조하는데 소요되는 시간과, 각 시간별 함수율만을 측정하여 건감율을 측정하였음
- 익산보석우리밀영농조합법인에서 30ton/hr규모의 순환식건조기에서 실험한 건조특성을 이용하여 앞에서 개발한 건조 시뮬레이션 프로그램을 검증하였으며, 검증에 사용한 조건은 표 3-2-47과 같이 현장실험과 같이 초기투입벼의 중량은 29.8톤, 초기곡온은 24.3℃, 평균 외기온도는 22.8℃, 평균 외기상대습도는 45.0%, 건조온도는 53.2℃, 곡물순환속도는 37.3m³/hr, 송풍량은 420m³/min이었음

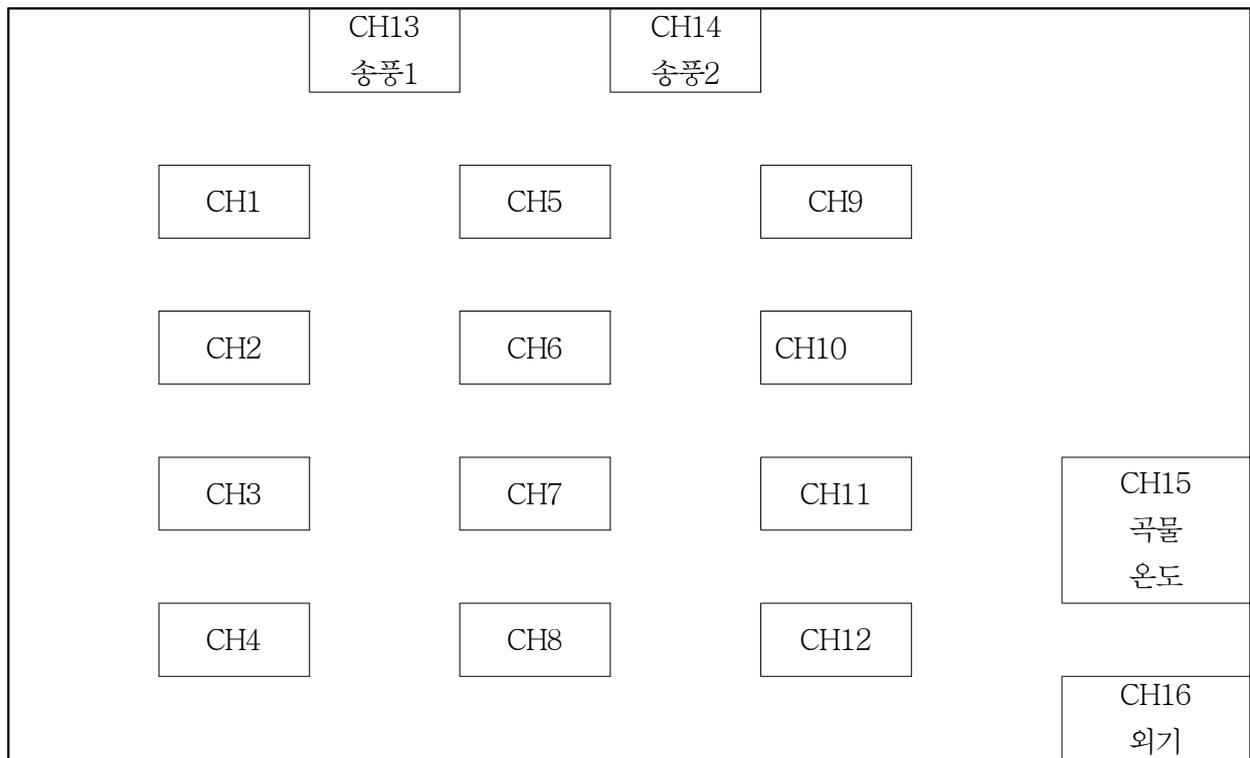


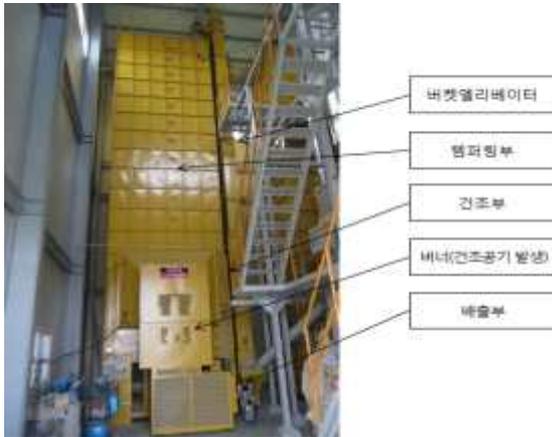
그림 3-2-66. 순환식건조기 내부의 온도센서 설치위치



<검증실험장소(보석우리밀영농조합, 익산시)>



<시뮬레이션 검증실험에 사용한 순환식건조기>



<시뮬레이션 검증실험에 사용한 순환식건조기의 구성>



<건조/곡물/외기 온도 데이터 수집>



<밀 함수율 측정>



<밀곡은 측정용 셀 및 측정기>

그림 3-2-67. 우리밀 건조시뮬레이션 프로그램 검증실험에 사용한 건조기 및 건조실험

표 3-2-98. 시뮬레이션 프로그램 검증을 위한 건조실험 조건

Variety of wheat	SooAhn
Input grain weight(ton)	29.8
Initial moisture content(%w.b.)	18.7
Initial grain temperature(°C)	24.3
Ambient temperature(°C)	22.8
Ambient relative humidity(%)	45.0
Drying air temperature(°C)	53.0
Grain flow rate(m ³ /hr)	37.3
Airflow rate(m ³ /min)	420

㉠ 결과 및 고찰

- 다음 표 3-2-99은 순환식건조기에 설치한 온도센서에서 측정된 열풍온도, 곡온 및 외기온도 등을 나타낸 것으로서 건조기 내부 지점에 따라 열풍온도는 평균 47.8~58.2°C정도를 나타내어 위치에 따라 최대 10.4°C 차이가 발생하였으나, 건조온도는 평균 53.2°C, 온도편차는 ±4.0°C로서 비교적 만족할만한 수준이었고 건조실험 중 외기온도는 평균 22.6°C(22.0~24.7°C)로서 건조에 적절한 외기조건이었음
- 밀의 곡물온도는 초기 25°C수준이었으며, 건조시간이 경과할수록 점차 증가하여 건조 5시간 후에 32°C, 건조 10시간 후에 36°C정도를 나타내었고, 건조종료 시점에는 39°C까지 증가하였음. 건조공기 배기온도도 곡물온도와 비슷한 경향으로서 배기온도의 건조공기의 온도차를 고려했을 때 건조는 비교적 효율적으로 이루어진 것으로 판단되었음

표 3-2-99. 순환식건조기의 건조시간별 각 채널에서 측정한 온도

건조시간 (hr)	채널별 경과시간에 따른 측정온도(°C)															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
0	52.9	48.8	48.6	49.6	53.5	56.2	51.9	40.0	48.9	43.8	41.4	41.4	23.5	24.2	24.3	22.5
1	52.9	49.7	49.2	49.5	53.9	53.9	51.9	46.3	52.1	46.6	44.6	43.3	31.9	28.8	28.5	22.6
2	52.9	49.7	49.0	49.4	53.8	54.3	52.2	46.5	51.9	46.6	44.6	43.1	33.0	30.2	29.5	23.3
3	53.6	50.1	49.7	50.1	54.1	55.2	52.9	46.6	52.0	47.1	44.8	43.3	33.5	31.5	31.1	22.2
4	52.7	49.2	48.2	48.7	52.9	55.0	51.3	45.1	50.7	45.6	43.3	41.9	33.2	31.6	31.4	22.0
5	53.0	49.4	48.6	49.3	53.1	55.7	51.5	45.1	50.8	45.9	43.6	42.1	33.5	32.0	31.7	22.3
6	55.3	52.5	51.6	52.3	56.1	58.0	54.7	47.5	54.5	50.1	47.8	45.6	34.3	32.5	32.3	22.4
7	55.4	52.3	50.8	51.8	60.1	58.6	55.5	49.0	62.2	57.9	54.8	50.6	34.8	33.2	33.3	22.4
8	56.9	53.3	52.0	53.0	61.8	59.9	56.4	49.8	64.2	59.5	56.2	51.6	35.6	34.3	34.3	22.5
9	57.6	54.0	52.8	54.0	62.4	60.8	57.4	50.7	64.7	60.2	56.7	52.1	36.8	35.3	35.3	22.7
10	58.2	53.7	52.7	54.0	62.1	61.0	58.0	51.1	64.4	59.8	56.5	52.1	37.1	35.9	36.0	22.3
11	57.6	52.2	51.4	52.4	61.3	59.6	56.2	49.6	63.4	58.5	55.3	51.2	38.2	37.0	36.9	22.0
12	58.0	52.8	52.1	53.6	61.7	60.7	57.8	51.4	64.2	59.9	56.5	52.3	38.9	37.6	37.6	23.1
13	58.8	53.3	52.8	53.8	62.0	60.7	57.4	51.3	64.8	60.3	57.2	53.2	39.8	38.6	38.6	24.7
종료	58.1	52.8	52.2	53.3	61.2	60.0	57.3	51.3	64.0	59.8	56.6	52.8	40.5	39.4	39.4	25.6
평균	55.6	51.6	50.8	51.7	58.0	58.0	54.8	48.1	58.2	53.4	50.7	47.8	35.0	33.5	33.4	22.8
최대	58.8	54.0	52.8	54.0	62.4	61.0	58.0	51.4	64.8	60.3	57.2	53.2	40.5	39.4	39.4	25.6
최소	52.7	48.8	48.2	48.7	52.9	53.9	51.3	40.0	48.9	43.8	41.4	41.4	23.5	24.2	24.3	22.0
차이	6.2	5.2	4.6	5.3	9.6	7.1	6.7	11.4	15.9	16.5	15.8	11.8	17.0	15.2	15.1	3.6

주) 13, 14ch : 송풍기, 15ch : 곡은, 16ch : 외기

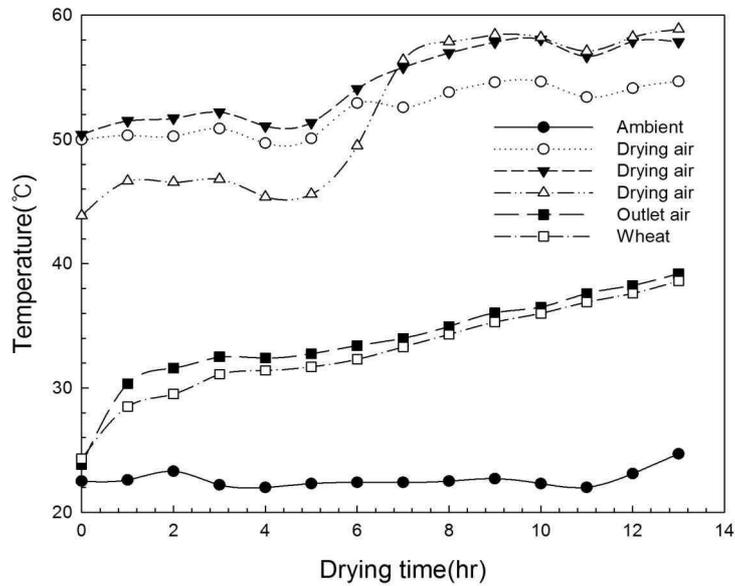


그림 3-2-68. 밀 건조시간 별 건조온도, 곡물온도 및 외기온도 변화

- 건조시간에 따른 함수율을 측정한 다음 표 3-2-100~101에서 알 수 있듯이 초기 함수율을 18.7%인 우리밀을 약 12.2%로 건조시키기 위해 13시간 22분이 소요되었으며, 건감율은 0.49%/hr로 측정되었음. 한편, 전북 김제우리밀영농조합법인에서 6ton/hr규모의 농가형 순환식건조기에서 열풍온도 60°C로 설정하여 초기 함수율 15.5%인 밀을 12.3%로 건조하는데 소요되는 시간은 5시간 45분이었으며, 이 때 건감율은 약 0.56%/hr로 측정되었음
- 벼의 경우 초기함수율 24%를 16%까지 건조하는데 건감율기준은 0.7%/hr이나, 밀의 경우는 초기함수율은 벼에 비해 다소 높을 수 있으나 건조목표함수율이 13%수준으로 벼에 비해 낮아 낮은 건감율을 나타내며, 업체에서는 약 0.6%/hr수준을 제시함. 그러나 본 연구에서 사용한 밀의 함수율은 초기 함수율이 18.7% 및 15.5%로서 낮은 상태로서 열풍온도 55 및 60°C에서 각각 0.49~0.56%/hr수준을 나타내었음

표 3-2-100. 익산보석우리밀영농조합의 대형 순환식건조기에서의 건조시간에 따른 곡온 및 함수율변화

건조시간 (hr)	곡온 (℃)	함수율(%w.b.)			
		1회	2회	3회	평균
0	24.4	18.8	18.6	18.7	18.7
1	29.3	18.7	18.5	18.3	18.5
2	29.9	18.1	18.3	18.5	18.3
3	30.4	17.6	17.0	17.2	17.3
4	30.6	16.8	16.7	16.8	16.8
5	31.3	16.1	16.3	16.1	16.2
6	31.7	15.7	16.0	15.9	15.9
7	32.2	15.6	15.7	15.5	15.6
8	33.3	14.9	15.3	15.1	15.1
9	33.4	14.5	14.6	14.6	14.6
10	32.8	14.3	14.3	14.3	14.3
11	35.5	13.5	13.2	13.9	13.7
12	36.0	13.4	13.3	13.2	13.5
13	35.2	12.8	12.9	13.0	12.9
13.5	35.4	12.4	12.6	12.3	12.4
배출	28.7	12.2	12.2	12.2	12.2

표 3-2-101. 김제우리밀영농조합의 농가용 순환식건조기에서의 건조시간에 따른 곡온 및 함수율변화

구 분	건조시간(hr)				
	초기	1	2	3	4
곡 온(℃)	29.7	32.7	36.2	38.5	39.1
함수율(%w.b.)	15.5	14.8	14.1	13.5	13.2

○ 다음 그림 3-2-69은 건조시간에 따른 함수율의 실측치(익산보석우리밀영농조합법인)와 시뮬레이션에 의한 예측치를 비교한 것이며, 그림 3-2-70은 건감율을 비교한 것으로서, 그림에서 알 수 있듯이 함수율은 예측치가 실측치에 비해 다소 낮았고, 건감율은 다소 높게 나타났는데, 함수율 및 건감

율의 예측치와 실측치가 다소 차이가 발생한 것은 건조온도는 평균 53.2°C이었으나, 건조초기에 건조온도의 상승에 다소 시간이 걸린 것이 주요 원인으로 판단되었음

- 그러나, 함수율의 RMSE가 0.286%이며, 건감율의 RMSE는 0.056%로 나타나 시뮬레이션 프로그램은 밀의 건조과정에서 함수율 및 건감율의 변화를 예측하는데 사용이 가능할 것으로 판단되었음

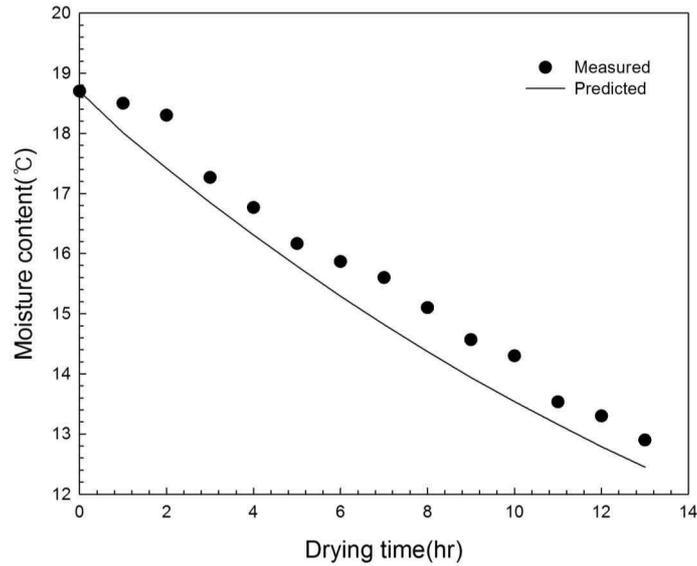


그림 3-2-69. 우리밀 건조시간별 함수율 예측치 및 실측치 비교

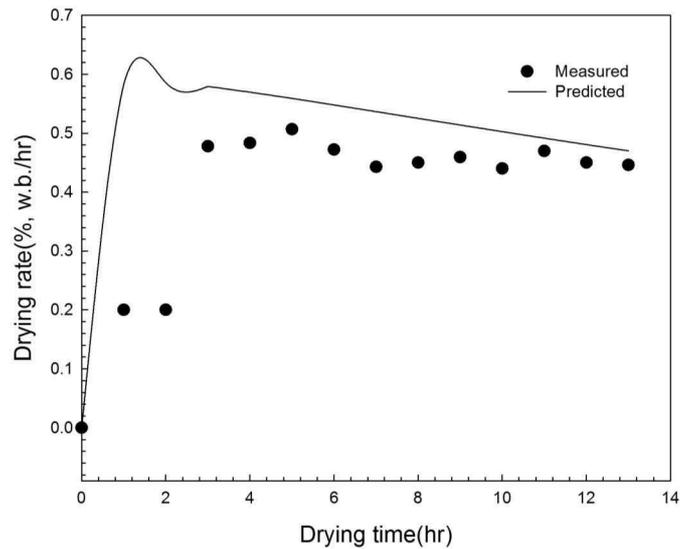


그림 3-2-70. 우리밀 건조시간별 건감율 예측치 및 실측치 비교

④ 시뮬레이션을 이용한 우리밀의 건조특성 및 작동조건 구명

㉞ 구명 방법

- 앞에서 개발한 우리밀의 건조시뮬레이션 프로그램을 이용하여 횡류형 순환식건조기에서 건조공기 온도, 송풍량 및 유하속도가 밀의 완전미수율, 건감을 및 소요에너지에 미치는 영향을 분석하였고, 이때 시뮬레이션에 사용한 건조조건은 다음 표 3-2-102과 같았으며, 표에서와 같이 건조기 용량은 30ton, 초기곡온 및 외기온도는 20.0℃이며, 초기 및 최종함수율은 26.0%(w.b.) 및 13.0%(w.b.)로 설정하였음
- 건조기는 횡류형 순환식건조기이며, 기존에 우리밀 건조저장시설에서 사용중인 제품을 토대로 건조부의 높이 및 길이는 1.8m 및 2.5m, 건조부 곡물층 두께는 0.23m, 건조열은 총 6열을 기준으로 하였으며, 건조온도는 40, 45, 50, 55, 60 및 65℃의 6수준, 곡물 유하속도는 32, 34, 36, 38, 40, 42 및 44m³/hr범위의 7수준으로 하였으며, 송풍량은 10, 14, 18, 22, 26 및 30m³/minton 범위의 6수준으로 하였음
- 시뮬레이션을 위해 설정한 기준값은 건조온도는 55℃, 곡물 유하속도는 38m³/hr, 송풍량은 18m³/minton 로 설정하여 프로그램을 분석하였음

표 3-2-102. 우리밀 건조 시뮬레이션을 위한 건조조건

Capacity of grain dryer(ton)	30
Size of drying chamber(m)	1.8×2.5×0.23(H×L×W)
Initial moisture content(%w.b.)	26.0
Final moisture content(%w.b.)	13.0
Initial grain temperature(℃)	19.0
Ambient temperature(℃)	20
Drying air temperature(℃)	40, 45, 50, 55, 60, 65
Drying air relative humidity(%)	50.0
Grain flow rate(m ³ /hr)	32, 34, 36, 38, 40, 42, 44
Airflow rate(m ³ /minton)	10, 14, 18, 22, 26, 30

㉔ 건조조건이 건조특성에 미치는 영향

- 그림 3-2-71은 건조온도에 따른 건감율, 건조시간 및 건조소요에너지를 나타낸 것으로서, 건조온도가 증가할수록 건감율은 증가하고 건조시간은 감소하였으며, 건조온도가 높을수록 건조소요에너지는 다소 감소하는 경향이었음
- 그림 3-2-72는 송풍량에 따른 건감율, 건조시간, 송풍기동력 및 소요에너지를 나타낸 것으로서, 송풍량이 증가할수록 건감율, 송풍기동력 및 소요에너지가 증가하였으며, 건조시간은 감소하는 경향을 나타내었으며, 송풍량이 증가하면 특히 건감율이 빠르게 증가하는 반면, 건조소요에너지는 다소 완만하게 증가하는 경향으로서, 건감율을 증대하기 위해서는 500m³/min이상의 높은 송풍량을 가하는 것이 효율적이나 송풍량 증대에 따른 소요전력 및 집진비용이 증가하므로 적정 송풍량 유지가 필요함
- 그림 3-2-73은 곡물유하속도에 따른 건감율, 건조시간, 순환횟수 및 건조소요에너지를 나타낸 것으로서, 곡물유하속도가 증가할수록 건조시간, 순환횟수 및 건조소요에너지가 증가하였으며, 건감율은 감소하는 경향이었으며, 반대로 곡물유하속도는 낮을수록 건감율은 빨라지는 반면, 건조소요에너지가 절감되어 가능한 유하속도를 낮게 건조하는 것이 건조효율 및 에너지 측면에서 유리한 것으로 예측되었음

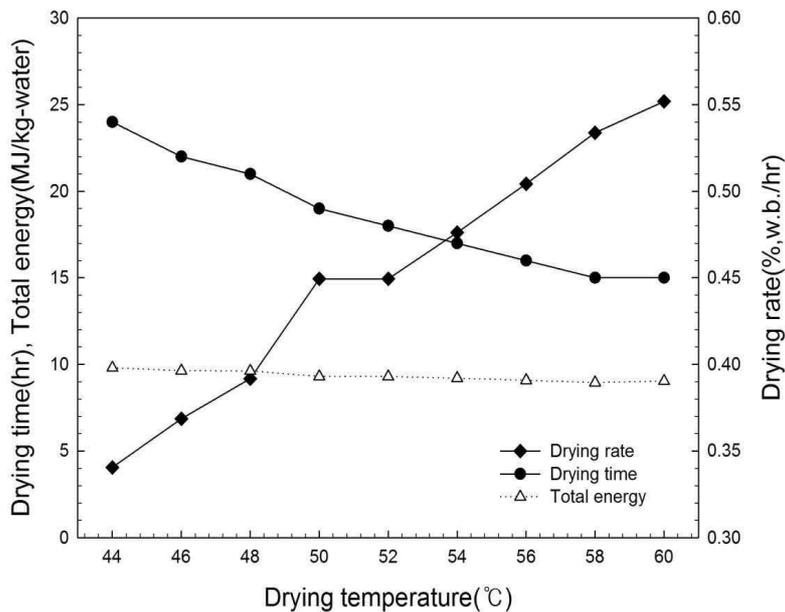


그림 3-2-71. 건조온도에 따른 순환식건조기에서의 건조특성 예측

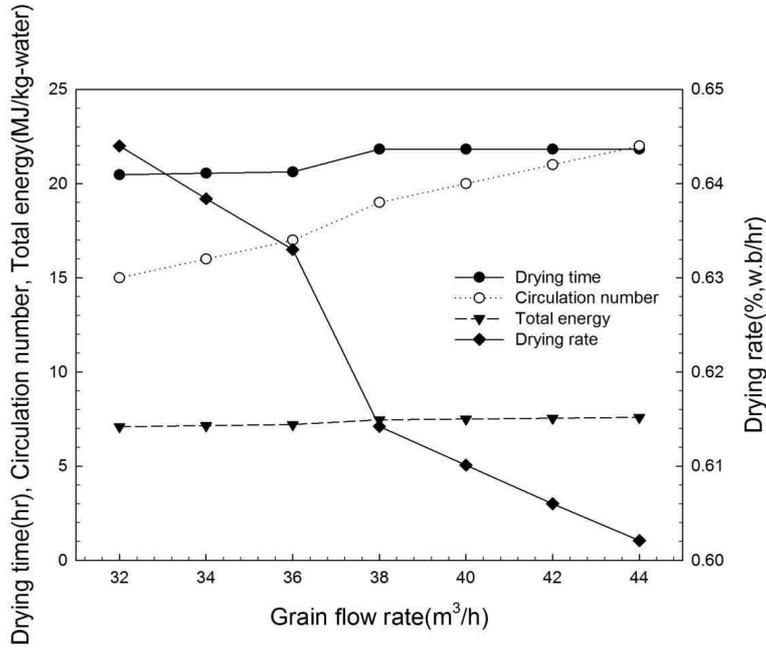


그림 3-2-72. 송풍량에 따른 순환식건조기에서의 건조특성 예측

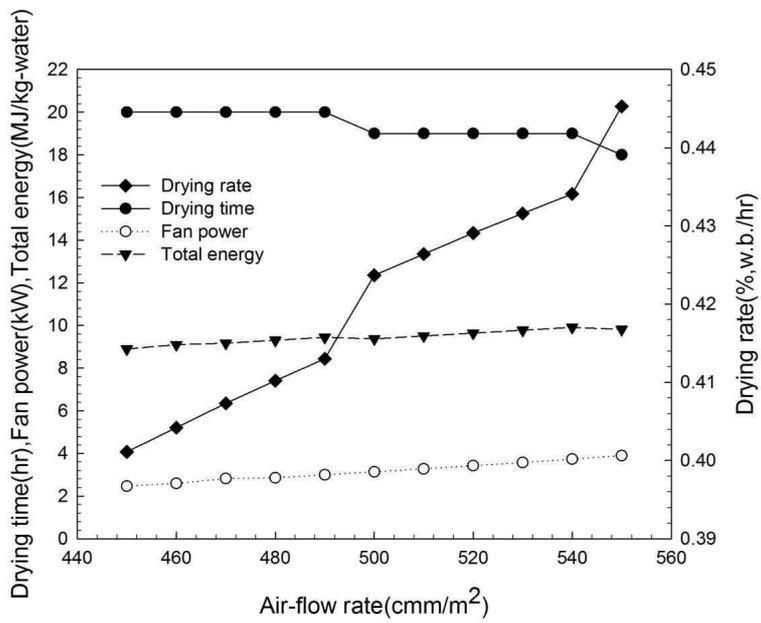


그림 3-2-73. 곡물유하속도에 따른 순환식건조기에서의 건조특성 예측

(건조시물레이션 2차실험)

① 건조시물레이션 프로그램 개발 및 검증실험

- 일반적으로 밀의 건감율은 벼에 비해 약간 낮은 것으로 알려져 있으나, 국내에서 우리밀의 건조공정 설계에 사용할 수 있는 수준의 유용할만한 건조실험결과는 찾아보기 어려운 실정으로, 현재는 벼의 건감율에 준하여 건조시설을 보급함에 따라 우리밀 건조저장시설에서는 건조능력 부족으로 산물수매가 어려운 실정임
- 본 연구에서는 2차년도(2013)에 순환식건조기의 송풍량, 순환속도, 건조기의 체원, 건조공기 및 외기 조건, 물리적특성 등 건조인자에 따라 달라지는 건조특성을 구명하기 위하여 Keum 등(1987)과 Bakker-Arkema 등(1974)의 횡류형 후층건조모델 및 밀의 물리적 특성 등을 적용하여 후층건조를 예측할 수 있는 시물레이션 모델을 Matlab을 이용하여 개발하였음
- 개발된 시물레이션 모델의 검증을 위하여 2014년 6월 9일부터 전북 익산소재 우리밀 건조저장시설에서 초기 함수율을 18.7%인 수안품중 29.8톤을 30톤 규모의 순환식건조기(PRO-300, Suncue, Taiwan)에 투입하여 건조실험을 실시하였으며, 약 12.2%로 건조시키기 위해 13시간 22분이 소요되었으며, 건감율은 0.49%/hr로 측정되었음
- 또한, 전북 김제우리밀영농조합법인에서 6ton/hr규모의 농가형 순환식건조기에서 열풍온도 60℃로 설정하여 초기 함수율 15.5%인 밀에 대해 건조실험을 실시한 결과, 12.3%로 건조하는데 소요되는 시간은 5시간 45분이었으며, 이 때 건감율은 약 0.56%/hr로 측정되었음
- 전북 익산소재 우리밀 건조저장시설에서 측정한 건조시간에 따른 함수율의 실측치와 시물레이션에 의한 예측치를 비교한 결과, 함수율의 RMSE가 0.286%이고, 건감율의 RMSE는 0.056%로 나타나 시물레이션 프로그램은 우리밀의 건조과정에서 함수율 및 건감율의 변화를 예측하는데 사용이 가능할 것으로 판단되었음

② 우리밀 건조시뮬레이션을 이용한 건조공정 설계인자 구명

㉞ 시뮬레이션에 의한 건조공정 설계인자 구명방법

- 전년도 연구에 의해 개발되고 검증된 우리밀의 건조시뮬레이션 프로그램을 이용하여 순환식건조기 (횡류형, 곡물건조용)의 용량별 건조공기 온도, 송풍량 및 유하속도가 밀의 완전미수율, 건감율 및 소요에너지에 미치는 영향을 분석하였음
- 시뮬레이션을 위한 건조조건은 다음 표 3-2-103와 같았으며, 표에서 알 수 있듯이 초기곡은 및 외기온도는 20.0℃이고, 초기 및 최종함수율은 26.0%(w.b.) 및 13.0%(w.b.)로 설정하였고, 건조기의 건조온도는 40~70℃의 수준으로 하였으며, 송풍량 및 유하속도는 건조기의 용량에 따라 변경하였음
- 시뮬레이션은 우리나라에서 보급되고 있는 순환식건조기의 모든 용량(3.5~30ton/batch)에 대해 실시하였는데, 각 건조기 용량별 건조실의 용량에 따른 건조부의 제원을 건조실 높이, 건조부 길이, 곡물층의 두께 및 column 수로 표시하면 다음 표 3-2-104와 같았음
- 시뮬레이션으로 구한 각 항목에 대한 최적치중에서 우리밀 건조에 사용되는 순환식건조기의 곡물층 두께 등 외형조건, 초기함수율 등 실제 상황을 고려하여 최종적으로 건감율을 예측하였음

표 3-2-103. 밀 건조 시뮬레이션을 위한 건조조건

Initial moisture content(%w.b.)	26.0
Final moisture content(%w.b.)	13.0
Initial grain temperature(℃)	20.0
Ambient temperature(℃)	20
Drying air temperature(℃)	40~70
Drying air relative humidity(%)	70.0

표 3-2-104. 건조실의 용량에 따른 건조부의 제원

capacity(ton)	3.5, 4.5, 5.5, 6.5, 7.5, 8.5	10, 15	20, 30
height of drying chamber	1.4	1.18	1.8
length of drying chamber	2.2	2.4	2.5
thickness of grain column	0.13	0.126	0.13
number of grain column	2	4	6

- 표 3-2-105은 건조기의 용량에 따른 시뮬레이션을 위한 설정 기준 값을 나타낸 것으로서, 건조기의 용량에 따른 송풍량, 유하속도, 건조온도 및 곡물층의 두께를 나타낸 것임

표 3-2-105. 밀 건조 시뮬레이션을 위한 건조조건

capacity(ton)	3.5	6.5	10	15	20	30
air flow rate(m ³ /min)	85	200	300	430	500	680
grain flow rate(kg/hr)	2,400	4,000	8,000	10,000	16,000	20,000
drying air temperature(°C)	50	50	50	50	50	50
Thickness of grain column(m)	0.14	0.14	0.13	0.13	0.13	0.13

㊤ 건조조건이 건조특성에 미치는 영향

- 그림 3-2-74~76은 순환식건조기의 용량별로 송풍량에 따른 건감율, 건조시간, 송풍기의 동력 및 건조소요에너지를 나타낸 것이며, 그림에서 알 수 있듯이 송풍량이 증가할수록 건감율, 송풍기동력 및 소요에너지가 증가하였음
- 건조용량 3.5톤에서 건감율이 90m³/min(이하 cmm과 혼용사용)에서 급격히 증가한 후 90m³/min 이상에는 송풍저항으로 인하여 건감율 및 소요에너지의 증가폭이 커졌으며, 이상의 시뮬레이션 결과에 의할 경우 건조용량 3.5톤의 순환식건조기에서 적정 송풍량은 90m³/min로 추정되었음
- 건조용량 6.5톤에서 송풍량 200m³/min에서 건감율이 급격히 증가하여 건조시간이 감소되었으며, 송풍기동력의 증가폭이 변화하는 것으로 나타나, 이상의 시뮬레이션 결과에 의할 경우 건조용량 6.5톤의 순환식건조기에서 적정 송풍량은 200m³/min로 추정되었음
- 한편, 건조용량 10톤 및 15톤의 순환식건조기에서 송풍량이 각각 300 및 420m³/min에서 건감율 증가 및 건조속도 감소가 현저해져 이상의 시뮬레이션 결과에 의할 경우 건조용량 10톤 및 15톤 순환식건조기에서 적정 송풍량은 300 및 420m³/min로 추정되었음

○ 건조용량 20톤 및 30톤의 순환식건조기에서 송풍량이 각각 500 및 730m³/min에서 건감율 증가 및 건조속도 감소가 현저해져 이상의 시뮬레이션 결과에 의한 경우 건조용량 20톤 및 30톤 순환식건조기에서 적정 송풍량은 500 및 7300m³/min로 추정되었으며, 송풍량의 증가에 따른 소요에너지의 변화는 미비한 것으로 나타났음

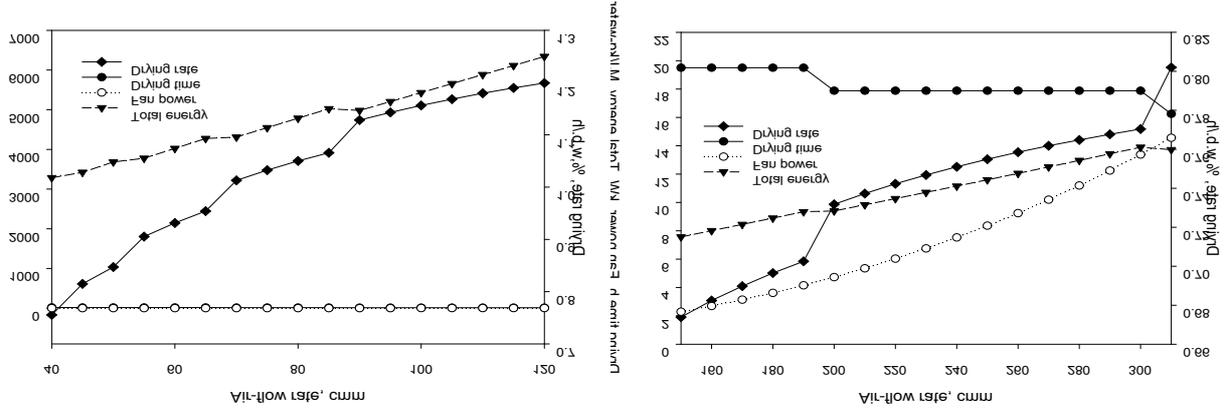


그림 3-2-74. 건조용량 3.5 및 6.5톤의 송풍량에 따른 건조특성 예측

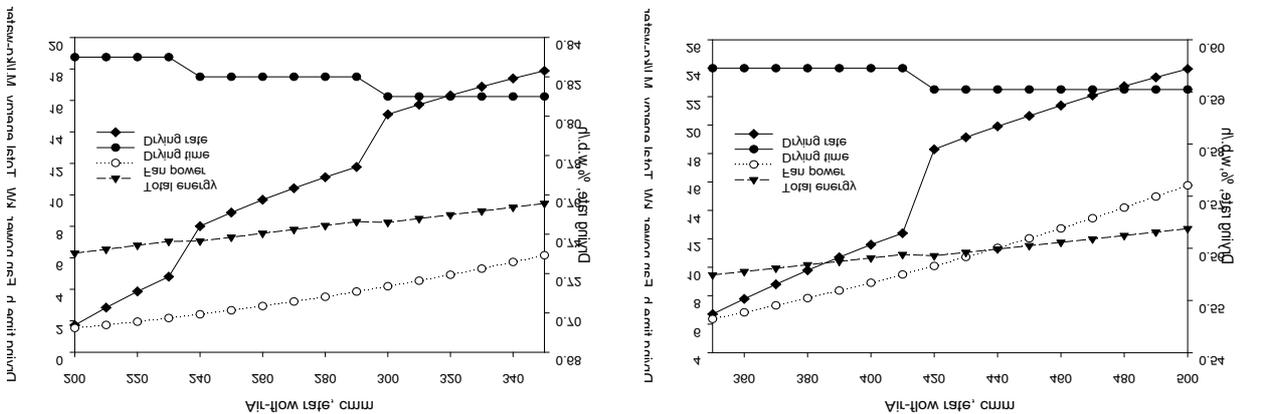


그림 3-2-75. 건조 용량 10.0 및 15.0톤의 송풍량에 따른 건조특성 예측

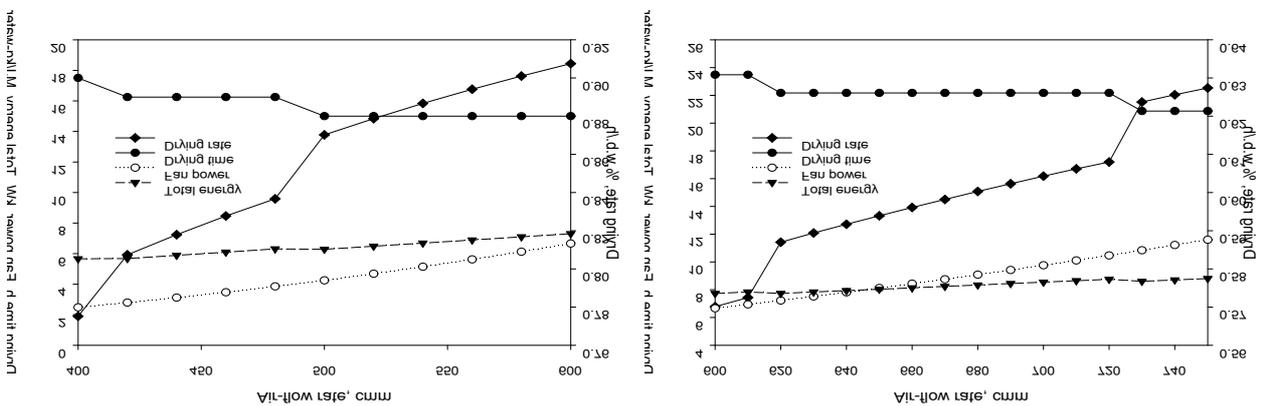


그림 3-2-76. 건조 용량 20.0 및 30.0톤의 송풍량에 따른 건조특성 예측

- 그림 3-2-77~79는 순환식건조기에서 건조온도에 따른 건감율, 건조시간 및 건조소요에너지를 나타낸 것이며, 그림에서 알 수 있듯이 건조온도가 증가할수록 건감율은 증가하고 건조시간은 감소하였으며, 건조온도가 높을수록 건조소요에너지는 감소하였음
- 일반적으로 벼의 건조에서 적정 건조온도는 함수율 24%의 벼의 건조중 발아율 저하가 0%가 되는 열풍온도 45℃(豊島 등, 1996)가 우리나라에서도 건조온도기준으로 계속 사용되었으나, 최근 성능검정 등을 통해 순환식건조기의 건조온도를 55℃로 설정하여도 동할율에는 큰 문제가 없었으며, 실제 열풍온도의 변화가 심하였고, 55℃를 유지하기가 어려웠다는 보고(김 등, 2014)가 있었음
- 우리밀의 경우 벼의 건조에서 문제가 되는 발아율저하 및 동할율증가 등 품질에 대해서는 자유스러우므로 호화가 가능한 수준의 고수분 경우를 제외할 경우 건조온도를 높여 건조하는 것이 타당할 수 있으나, 통상 순환식건조기가 벼를 기준으로 개발되어 있어 이를 감안할 때 지나친 고온으로의 건조는 불가능함
- 순환식건조기에 대한 시뮬레이션 프로그램을 이용하여 분석한 결과, 건감율 및 건조시간만을 고려할 경우 우리밀의 건조온도에 따른 적정 건조온도는 순환식건조기 용량과 관계없이 50~55℃가 적정할 것으로 판단되었음

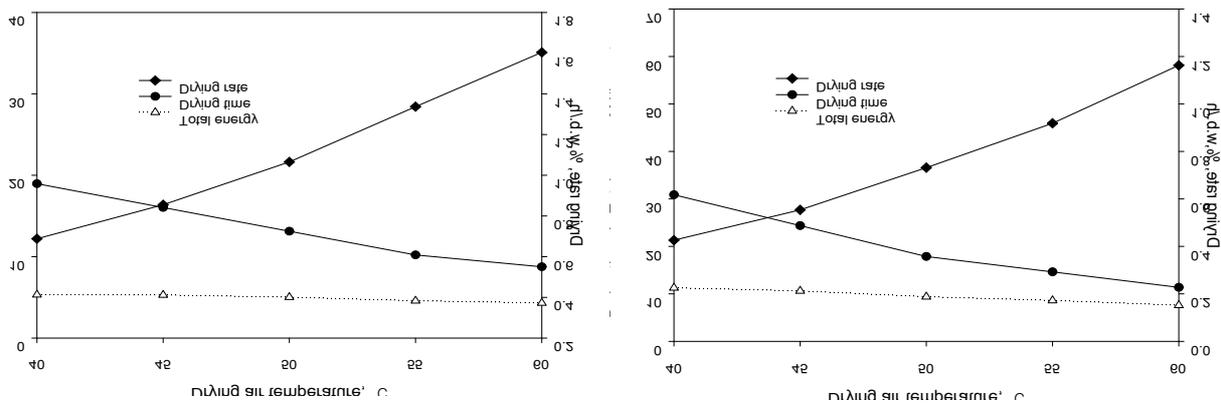


그림 3-2-77. 건조 용량 3.5 및 6.5톤의 건조온도에 건조특성 예측

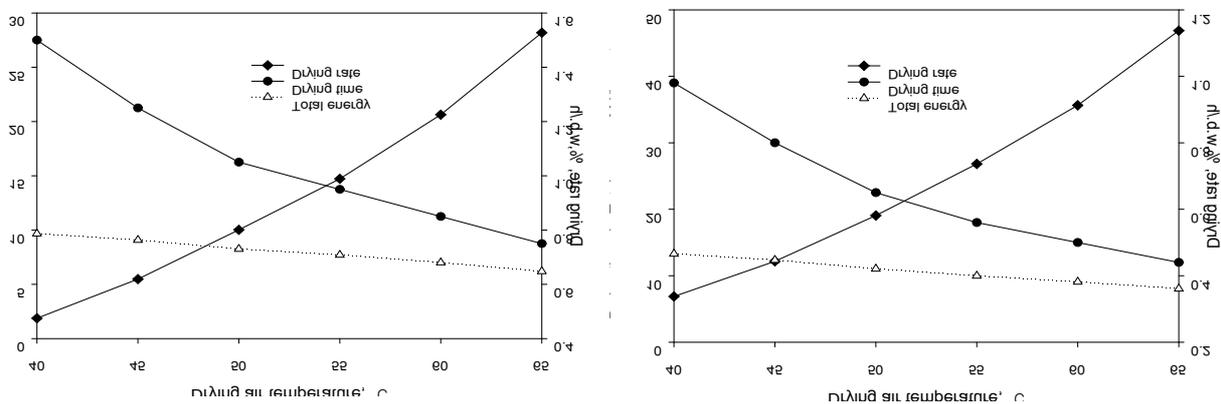


그림 3-2-78. 건조 용량 10.0 및 15.0톤의 건조온도에 건조특성 예측

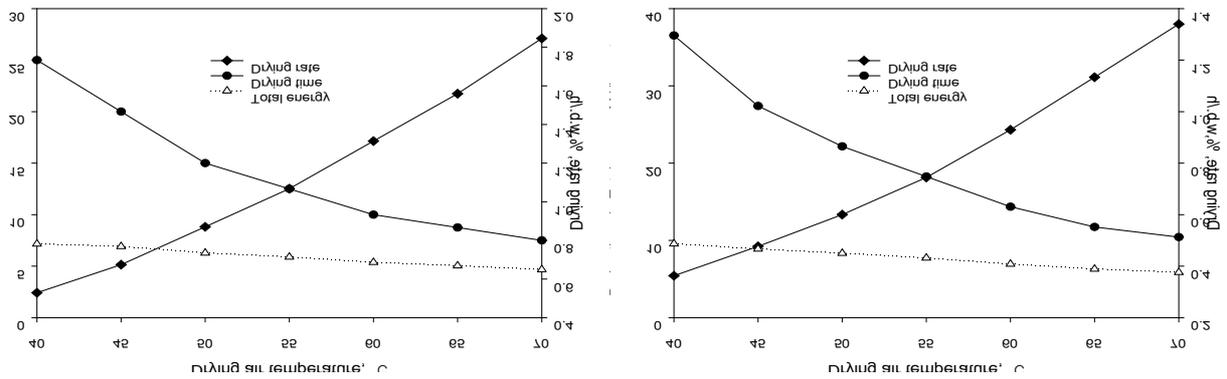


그림 3-2-79. 건조 용량 20.0 및 30.0톤의 건조온도에 건조특성 예측

- 그림 3-2-80~82은 순환식건조기에서 곡물 유하속도에 따른 건감율, 건조시간, 순환횟수 및 건조소요에너지 변화를 나타낸 것으로서, 그림에서 알 수 있듯이 곡물유하속도가 증가할수록 건조시간, 순환횟수 및 건조소요에너지는 증가하였고 건감율은 감소하는 경향을 나타내었는데, 곡물유하속도에 따라 순환횟수가 변화하여 건감율의 증가 및 감소가 반복되는 경향을 나타낸 것으로 판단되었음
- 시뮬레이션 결과, 건조용량 3.5톤의 순환식건조기에서 건감율 및 건조시간을 고려할 경우 곡물 유하속도는 2,200kg/hr가 적절하였으며, 건조용량 6.5톤에서는 곡물유하속도 4,000kg/hr에서 건감율은 0.73%/hr 이상을 유지하다가, 4,000kg/hr 이상에서는 급격히 감소하는 경향을 나타내어 곡물 유하속도는 4,000kg/hr가 적절한 것으로 판단되었음
- 또한, 건조용량 10톤의 순환식건조기에서 건감율을 고려할 경우 곡물 유하속도는 7,400kg/hr가 적절할 것으로 추정되었으며, 건조용량 15.0톤의 순환식건조기에서 곡물유하속도는 10,000kg/hr에서 순환횟수는 15회, 건감율은 0.58%/hr 이상을 유지할 수 있어 적절할 것으로 판단되었음
- 동일한 방법으로 건감율 및 순환횟수를 고려하여 적정 곡물유하속도를 추정한 결과, 건조용량 20톤 및 30톤 순환식건조기에서 각각 16,000kg/hr 및 20,000kg/hr로 추정되었으며, 곡물유하속도가 빨라지면 건감율은 낮아지고 소요에너지 또한 낮아지므로 전 건조시간을 고려할 경우 곡물유하속도에 무관하게 건조소요에너지는 전체적으로 큰 변화가 없을 것으로 추정되었음

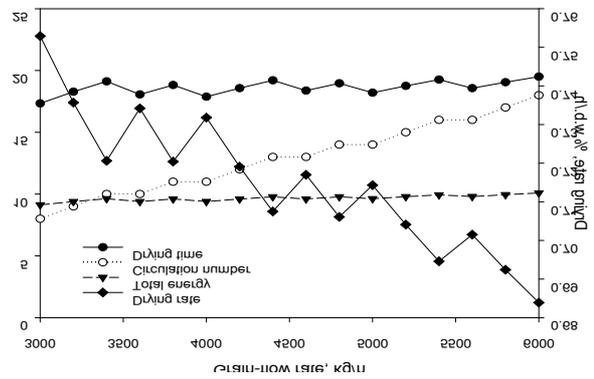
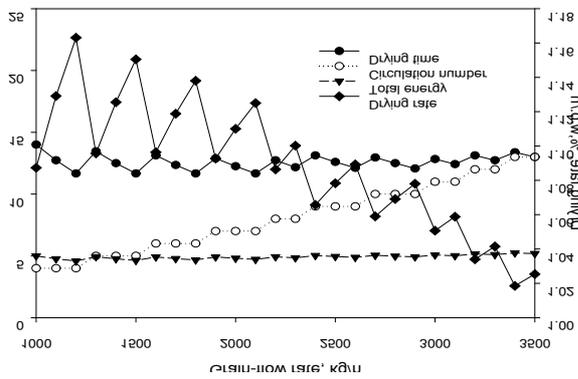


그림 3-2-80. 건조 용량 3.5 및 6.5톤의 곡물 유하속도에 따른 건조특성 예측

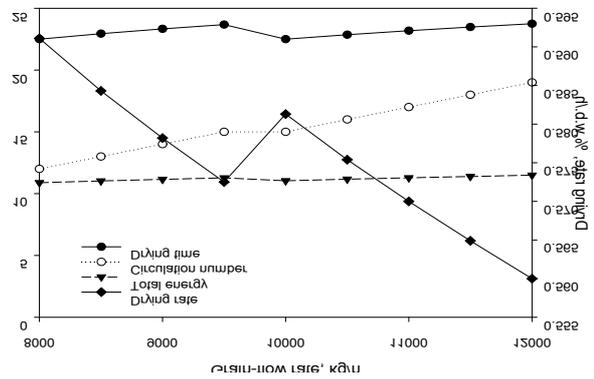
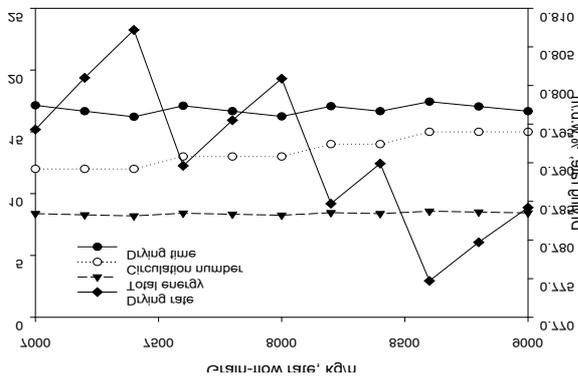


그림 3-2-81. 건조 용량 10.0 및 15.0톤의 곡물 유하속도에 따른 건조특성 예측

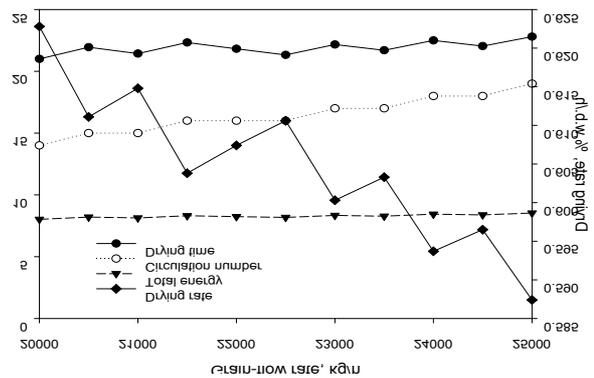
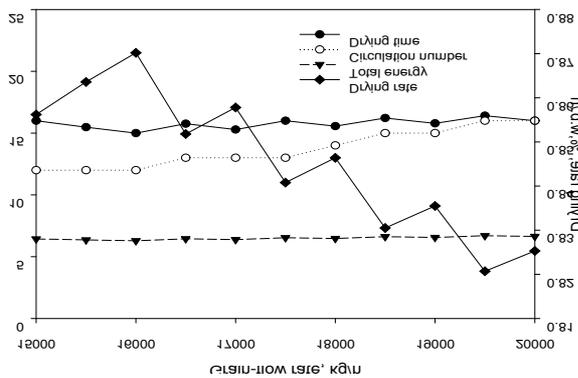


그림 3-2-82. 건조 용량 20.0 및 30.0톤의 곡물 유하속도에 따른 건조특성 예측

○ 그림 3-2-83~85는 시뮬레이션에 의해 순환식건조기의 건조실 곡물층 두께에 따른 건조특성을 나타낸 것으로서, 그림에서 알 수 있듯이 건조실 곡물층 두께범위 0.1~0.2m에서 건조시간, 순환횟수, 소요에너지 및 건감율은 변화하였음

○ 건조실 곡물층의 두께가 증가할수록 순환횟수는 감소하였고, 건감율은 증가하였으며, 곡물층에서의 송풍저항 증가로 인한 송풍기 소요동력은 증가로 건조 소요에너지는 증가하는 경향을 나타내었으며, 시뮬레이션 결과에 의하면 순환식건조기의 건조용량에 무관하게 건감율 및 송풍기의 동력만을 고려하면 건조실 곡물층두께는 0.14m가 적절한 것으로 판단되었음

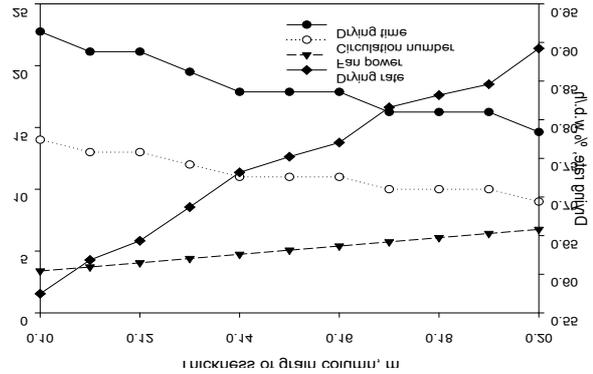
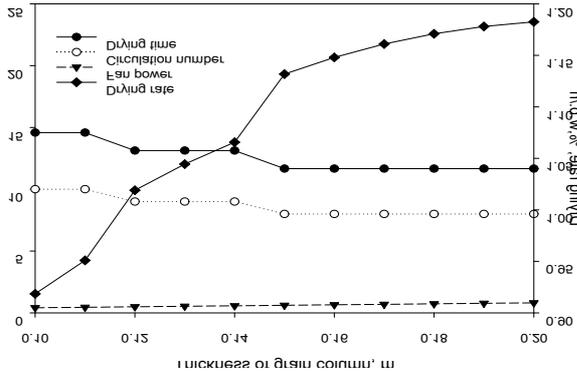


그림 3-2-83. 건조 용량 3.5 및 6.5톤의 곡물층의 두께에 따른 건조특성 예측

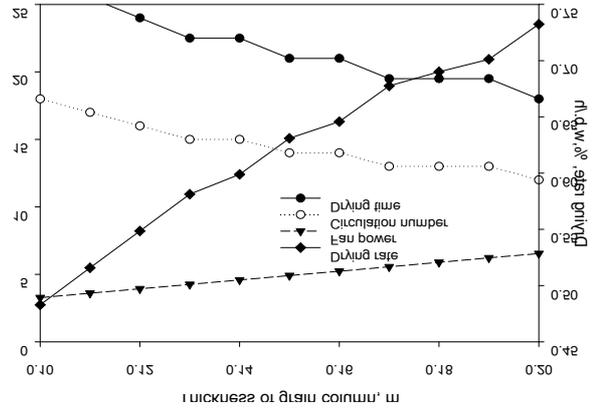
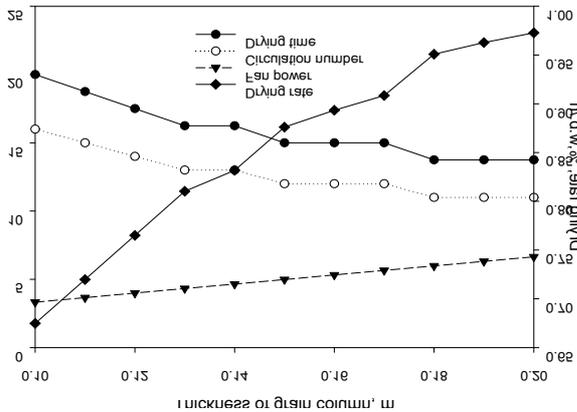


그림 3-2-84. 건조 용량 10.0 및 15.0톤의 곡물층의 두께에 따른 건조특성 예측

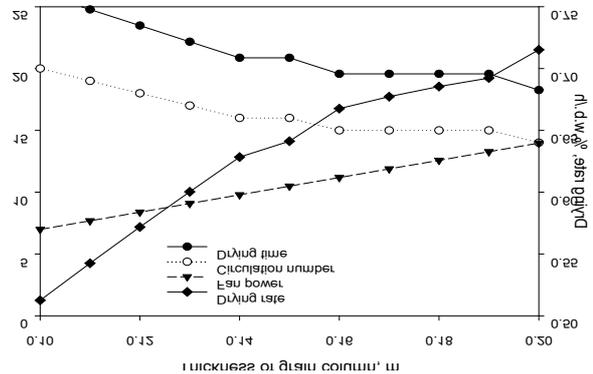
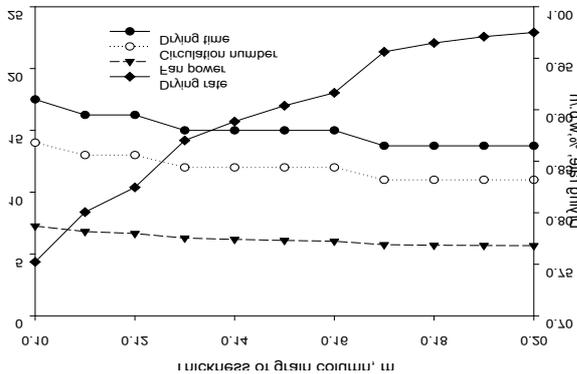


그림 3-2-85. 건조 용량 20.0 및 30.0톤의 곡물층의 두께에 따른 건조특성 예측

㉔ 시뮬레이션에 의한 건감율예측

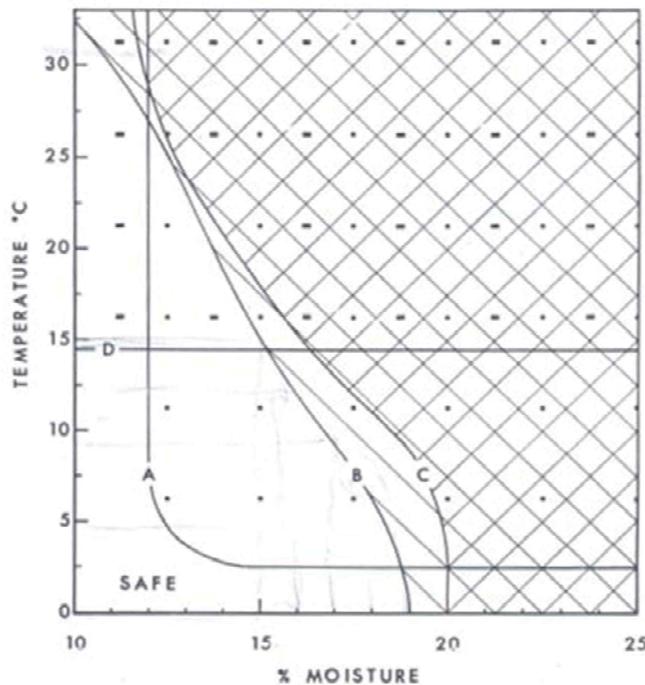
- 이상의 각 항목에 대한 시뮬레이션 결과를 이용하여 순환식건조기의 처리능력별 건감율을 재예측하였는데, 우리밀의 초기함수율 24.0%,w.b.에서 목표 함수율 13.0%,w.b.로 하였고, 외기조건은 통계청 자료를 이용하여 밀 수확 시기인 6월 중순에 중부지방의 최근 5년(2011~2015)간 평균기온 23.0℃ 및 상대습도 70.4%를 사용하였으며, 기존 순환식건조기의 건조층두께인 0.13m와, 열풍온도를 가열범위에서 안정적으로 낮은 50℃로 설정하였음
- 시뮬레이션에 사용한 제반인자 및 건감율 등은 다음 표 3-2-106과 같았으며, 표에서 알 수 있듯이 건조능력 20ton/batch 및 30ton/batch인 순환식건조기 건감율은 각각 0.8%/hr 및 0.6%/hr로 나타났는데, 현장실험결과 30ton/hr 순환식건조기의 건감율이 0.49%/hr(초기함수율 18.7%, 최종 건조함수율 12.2%), 6ton/batch 순환식건조기의 건감율이 0.56%(초기함수율 15.5%, 최종 건조함수율 12.3%)임을 감안하고, 실측치와 시뮬레이션에 의한 예측치를 비교한 결과, 함수율의 RMSE가 0.286%이고, 건감율의 RMSE는 0.056%인 점을 감안할 때 20ton/batch 및 30ton/batch인 순환식건조기 건감율은 각각 0.6%/hr 및 0.55%/hr정도로 추정되었음

표 3-2-106. 시뮬레이션에 의한 순환식건조기의 건조능력별 건감율예측 결과

capacity(ton)	3.5	6.5	10	15	20	30
height of drying chamber(m)	1.4		1.18		1.8	
length of drying chamber(m)	2.2		2.4		2.5	
number of grain column	2		4		6	
air flow rate(m ³ /min)	90	200	300	420	500	730
grain flow rate(kg/h)	2,200	4,000	7,400	10,000	16,000	20,000
drying air temperature(℃)	50.0					
Thickness of grain column(m)	0.13					
grain flow rate(kg/hr)	2,200	4,000	7,400	10,000	16,000	20,000
drying time(hr)	11.1	16.2	15.0	21.0	13.8	18.0
drying rate(%/hr)	1.1	0.7	0.8	0.6	0.8	0.6
drying pass	7	10	11	14	11	12
water removed(kg)	481	854	1325	1977	2619	3835
total energy(kJ/kg-water)	5,208	9,701	8,523	11,453	6,593	8,685

(5) 우리밀 건조저장시설 저장공정 설계인자 구명

- 우리밀 건조저장시설에 반입되어 반입-선별-계량-건조공정을 거친 함수율 13%수준의 우리밀은 산물상태로 사일로 및 저장빈과 같은 저장시설에서 산물로 저장되거나, 폴리콘백 또는 40kg포대에 담겨 평창고 또는 저온저장고에 저장되는데, 저장공정의 주요 설계인자는 저장시설의 설계에 필요한 산물밀도, 안식각 등과 같은 물성에 관련된 부분과, 부패없이 안전하게 저장하기 위한 함수율 및 곡온관리와, 바구미 등 해충관리 등임
- 1, 2차년도 현장조사를 통해 확인된 사항은 다음과 같았음. 우리밀 건조저장시설에서는 6월경에 사일로에 12~12.5%의 건밀을 반입후, 1회 훈증을 실시하며, 가을철 외기온도가 15℃이하로 낮아질 때 통풍에 의해 외기온도를 제어하는 방법을 일반적으로 사용하고 있었으며, 훈증대신 함수율을 낮추는 방법에 대해 검토하고 있다는 건조저장시설은 많았으나, 곡물냉각기로 곡온을 제어하겠다는 시설은 비교적 적은 편임
- 우리밀에서 문제가 되는 해충은 바구미와 화랑곡나방 등으로 다음 표 3-2-107 및 그림 3-2-86에서 알 수 있듯이 바구미는 적정 생육온도가 27~30℃, 최소생육온도가 13℃, 알 낳기 조건은 15~34℃, 40%RH이며, 화랑곡나방은 적정 생육온도가 28~32℃, 최소생육온도가 18℃으로 생육은 주로 온도에 의해 결정되나, 상대습도도 영향을 미쳐 저장중 평형상대습도를 감안할 때 저장곡물의 함수율도 일부 영향을 미치는 것으로 알려져 있으나, 우리밀 저장온도조건별로 해충발생에 대한 연구가 없음



(· = mites breeding, - = insects breeding, /// = fungal growth, \\ \\ = germination less and spoiled baking quality)

그림 3-2-86. 함수율에 따른 곡물의 안전저장온도(Burges and Burrell, 1964)

- 기타 품질지표로 Cole(1991)은 저장중에 lipase에 의한 중성지방이 분해되고, 유리지방산에 의해 품질저하가 발생하는데, lipoxygenase의 작용으로 지방산가의 값이 20이하일 경우 저장이 양호한 밀이라고 할 수 있으나, 100이상일 경우 변질된 밀로 취급할 수 있다고 하였는데, 지방산가 20은 벼의 경우에도 품질저하지표로 사용되고 있음
- 1, 2차년도에 우리밀 건조저장시설에서의 관행적인 저장방법을 조사한 결과, 통상 6월경에 12~13%로 건조된 우리밀을 6월중에 사일로에 투입하여 저장한 후, 훈증을 1회 실시한 다음, 외기온도가 15℃이하로 낮아지는 가을철에 외기를 통풍하여 곡온을 15℃로 낮추어서 저장한 후 배출하고 있으나, 순환식건조기로도 정확하게 12~13%로 건조하기가 어렵고, 다소 높은 함수율의 우리밀이 혼입되는 경우가 많아 이에 대한 불안감이 높았음
- 따라서 본 연구에서는 우리밀을 5kg씩 나누어서 PE포장지로 소포장한 후 10~40℃에서 저장하면서 해충의 발생 및 지방산가의 변화는 물론 기타 물성의 변화가 있는지를 구명하기 위하여 실시되었으며, 저장중 PE 포장지를 통한 건조를 감안하여 다소 높은 함수율의 우리밀을 사용하였음

표 3-2-107. 우리밀에서 문제가 되는 해충의 특징

명칭	화랑곡나방(Indian meal moth)	바구미(Rice weevil)
학명	Plodia interpunctella (Hubner)	Sitophilus oryzae (Linnaeus)
	나비목 / 명나방과	딱정벌레목 / 바구미과
유충/성충		
크기 및 형태	<ul style="list-style-type: none"> · 몸길이 : 2.5~3.5mm · 유충형태 : 납작하면서 가늘고 김 	<ul style="list-style-type: none"> · 몸길이 : 약 4mm · 형태 : 딱지날개 연노란색
수명	<ul style="list-style-type: none"> · 성충수명 평균 12일 	<ul style="list-style-type: none"> · 약 4~12개월
생육온도	<ul style="list-style-type: none"> · 적정생육온도 : 28~32℃ · 최소생육온도 : 18℃ 	<ul style="list-style-type: none"> · 적정생육온도 : 27~30℃ · 최소생육온도 : 13℃
생육조건 및 특성	<ul style="list-style-type: none"> · 우화(羽化)후 1~3일에 교미하며, 교미후 1~2일에 저장물의 포장재 등에 200여개의 알을 낳음 <ul style="list-style-type: none"> - 알낳기 조건 : 16~35℃, 30%RH이상 · 알은 3~7일후에 부화하며 유충은 4~6회 탈피함 <ul style="list-style-type: none"> - 부화율 : 온도가 낮을수록 저하 17℃ : 36.5%, 20℃ : 48.7%, 25℃ : 73.8%, 28℃ : 73.0%, 32℃ : 47.3% · 유충에서 성충으로 성장기간 : 30~60일 (온습도 등에 따라 차이) · 성충은 어두운 곳을 좋아하며 오후 9~11시가 활동적기임 	<ul style="list-style-type: none"> · 곡립속에서 월동한 후 우화(羽化)한 성충은 곡립에서 나와 3~4일이 지나면 교미를 시작하여 산란함 <ul style="list-style-type: none"> - 알낳기 조건 : 15~34℃, 습도 40% · 300~500개 정도의 알을 낳으며 알의 부화율은 온도에 따라 다름 <ul style="list-style-type: none"> - 부화율 10℃ : 부화불가, 15℃ : 59% 20℃ : 90%, 30℃ : 90% · 유충에서 성충까지 성장기간은 외부조건에 따라 다름 <ul style="list-style-type: none"> - 성장기간 : 35~56일
피해곡물 및 피해형태	<ul style="list-style-type: none"> · 곡물류, 견과류, 채과류 등 각종 저장식품에 발생하며, 더 건조한 곡물이나 식품에서도 생육함 · 유충 발생과 함께 발열로 곡온이 상승하며, 현미나 쌀의 경우에는 부화 유충이 먼저 연한 배아를 먹고 이어 표면을 갉아먹음 	<ul style="list-style-type: none"> · 쌀 바구미는 보통 쌀, 밀, 귀리, 호밀, 보리, 옥수수 등에서 생육함 · 유충은 곡립 내부에서 곡립을 갉아먹고, 성충이 되면 밖으로 나와 곡립외부를 갉아먹음
분포	<ul style="list-style-type: none"> · 세계 전역, 나방류 중 발생빈도가 가장 높음 	<ul style="list-style-type: none"> · 열대 아열대 지방, 전 세계적으로 널리 분포하며, 한국에도 전국적 분포

표 3-2-108. 곡물의 훈증에 사용되는 훈증제

구분	훈증제	비고
검역용	<ul style="list-style-type: none"> · 메틸브로마이드(methyl bromide, CH₃Br) - 1900년도 이후 검역용약제로 전 세계적으로 사용되나, 오존파괴물질로 지정되어 현재 농산물 검역용 이외에는 생산 및 수입금지 - 단, 기수입 및 생산된 제품사용은 규제하지 않음(지식경제부 화학철강과) - 나방류, 바구미류 방제용으로 주로 사용 	<ul style="list-style-type: none"> · 몬트리올 의정서에 의거하여 오존층 보호를 위해 2015년 이후에는 사용이 금지(특정물질의 제조규제 등에 관한 법률 시행령 별표 1 참조)
정부양곡	<ul style="list-style-type: none"> · 인화염 정제(Postoxin) - 대표적 제품명은 에피흠 - Aluminum phosphide(AIP)가 56%, 기타 안정제 및 증량제 44%로 구성됨 - 벼 바구미 대상으로는 4~7일, 1m³당 3g 사용 	<ul style="list-style-type: none"> · II급(고독성) 농약으로 농관원, 조달청, 국립식물검역소, 농협 등 제한된 기관에만 공급되고 있음

- 주) 1. D.B.Sauer(1992) : Storage of cereal Grains and their Products (4th Edition)
 2. “오존층 보호를 위한 특정물질의 제조규제 등에 관한 법률 시행령”(대통령령 제23189호)
 3. 금동혁(2008) : 수확후공정공학
 4. Ja Hyun Na and Mun Il Ryoo(1998): Effects of Temperature on the life History of Indian Meal Moth(Pyralidae: Lepidoptera) on Brown Rice.
 5. Canadian Grain Commission, (www.grains.canada.gc.ca)
 6. 인터넷 일반검색

(가) 저장온도 및 저장조건이 품질에 미치는 영향

① 재료 및 방법

- 본 연구에 사용한 재료는 광주광역시 소재 한국우리밀농업협동조합을 통해 매입한 2013년산 금강밀로서 초기 함수율은 14.2%(w.b.)이었으며, 연구원으로 이송한 후, 5kg씩 나누어서 PE로 밀봉하여 포장한 다음, 10℃, 20℃, 30℃ 및 40℃에 1년간 저장하면서 공시하였음
- 저장실험에 사용된 저장시설은 4개 온도대의 B.O.D Incubator(BK-B1025, 한국종합기기제작소, Korea)로서, 1개월마다 500g씩의 시료를 채취하여 바구미 발생여부 등 육안검사를 실시하였고, 이 화학적 성분변화, 기하학적 및 물리적 특성, 발아율 및 지방산기를 측정하였으며, 실험방법은 아래와 같았음
- 함수율(%w.b.)은 ASABE Standards(2011)의 측정방법으로 밀은 10g시료-130℃-19시간으로 측정하였으며, 산물밀도(散物密度, bulk density)는 김 등(2013)에서 사용한 USDA방법을 준용하여 산물 밀도측정장치(Weight per bushel test apparatus, Seedburo사, USA)로 5회씩 측정하여 평균값을 사용하였음



그림 3-2-87. 우리밀의 저장온도(10°C, 20°C, 30°C, 40°C)별 저장실험에 사용된 B.O.D Incubator

- 안식각(安息角, repose angle)은 김 등(1998) 및 A. Tabatabaeefar(2003)와 동일한 방법으로 정안식각(static repose angle) 및 동안식각(dynamic repose angle)중에서 동안식각을 측정하였으며, 측정평판이 수평면과 0°~70° 범위로 조절이 가능한 측정장치의 시료틀(150×150×100mm)에 시료를 충전하고, 경사 조절 레버를 손으로 천천히 돌리면서 밀이 평판위에서 약 1/4정도가 미끄러지는 순간의 각을 측정하며 함수율별로 3회 반복 측정한 후 평균값을 사용하였음



그림 3-2-88. 동안식각 측정

- 비중은 측정도중 흡습을 방지하기 위하여 톨루엔(60%용액사용, 15°C에서의 비중 0.839)을 사용하였고, 톨루엔의 온도를 15°C로 유지하면서 전자비중계(Radwag, AS-220/x, Poland)로 측정하였으며, 밀 100립의 측정치 평균을 사용하였으며, 전항식(3-2-6)과 같음
- 발아율은 국립농산물품질관리원의 방법에 준하여 밀 정립을 선별하여 20°C의 인큐베이터(HK-B1028, B.O.D Incubator, 한국중합기기제작소)에 넣고 4일과 8일이내에 발아한 미립수로 측정하였음
- 단백질함량 및 회분함량은 각각 AACC(46-12, 08-01)방법에 준하여 측정하였으며, 시료 40g을 분쇄기(Cyclotec, 1093 sample mill, Sweden)로 분쇄한 후, 시료 1g을 분획한 후 Kjeldahl method로 단백질함량을 측정하였고, 회분은 회화로(C-FMD, Chang Shin Scientific Co., Korea)을 이용하여

3g-600℃-4시간 방법으로 측정하였음

- 지방산가(mg KOH/100g drymatter)는 AACC방법에 준하여 시료 10g을 원통여지에 담은 후 탈지면으로 가볍게 충전하고, soxhlet추출 장치에서 용매 pet. ether를 이용하여 16시간 동안 추출한 후 회전감압농축기를 이용해 지방성분만 취한 후 0.02% BAP(Benzene Alcohol Phenolphthalein)용액 50ml로 재용해 시킨 후 표준색인 분홍색이 될 때까지 0.0178N KOH로 적정함. 얻어진 결과 값은 전항식(3-2-5)의 식으로, 3회 측정 후 평균값을 사용하였음
- 기류선별을 위한 종말속도(終末速度, terminal velocity)는 함수율별로 조제된 시료를 육안으로 정립과 이물질(밀대 및 밀껍질)로 구분한 후, 각각의 정립과 이물질에 대해 김 등(2005)이 제작한 풍동장치를 사용하여 밀 100립의 측정치 평균을 사용하여 밀알의 부유높이 중 떨어지는 점(약 30cm 위치)의 풍동을 측정하였음
- 체선별기 시설에 필요한 기하학적특성은 함수율별 밀 정립 100립을 화상분석기(Image Pre-plus ver 4.5.1.22, Hi-Rox Hi-scop compact micro vision system, KH-2200, MD3)로 장축길이(length), 단축길이(width), 면적(area) 및 원형율(roundness)을 각각 측정하였으며, 두께는 Digimatic caliper(CD-15CP, Mitutoyo Co., Japan)로 최대 및 최소두께를 각각 측정하였음

② 결과 및 고찰

- (해충발생) 전술한 바와 같이 바구미의 적정생육조건은 27~30℃이고, 최소 생육조건은 13℃, 40℃ 이상에서는 활동을 중지하고, 60~-20℃이하에서는 사멸하는 것으로 알려져 있으며, 유충에서 성충까지 성장기간은 외부조건에 따라 다르나 통상적으로 35~56일 정도로 알려져 있음
- 성장훈(2009)은 밀 함수율을 11%, 12%, 13% 및 14%대로 바구미의 증식상태를 5주 및 7주 기간 동안 밀 저장수분에 따른 중량변화 및 해충발생 정도를 측정한 결과, 저장 7주째 13%>12%>14%>11%순으로 바구미의 번식률이 높게 나타났으며, 함수율 13%대에서의 특히 왕성하게 번식하여 바구미 번식을 억제하기 위해서는 함수율 11%이하로 저장하는 것이 적합하다고 보고하였음
- 본 연구에서는 10, 20, 30, 40℃저장구에서 우리밀(금강)을 1년 동안저장하면서 바구미의 생육여부를 육안으로 확인한 결과, 1년이 경과하여도 10, 40℃저장구에서는 바구미가 발생하지 않았으나, 30℃저장구에서는 저장 4개월째부터 바구미가 급격하게 발생하여 저장말기에는 밀알이 분말상태가 될 정도로 바구미 생육으로 인한 피해가 극심하였으며, 20℃ 저장구에서는 저장 10개월째에 바구미가 나타나기 시작하였음
- 이상의 저장실험에 우리밀의 경우, 일반적인 곡물저장시험 결과 및 바구미 등 해충의 생육특성에서 알 수 있듯이 곡온을 13℃ 이하로 유지하거나, 훈증이 필요함을 알 수 있었으며, 검역 또는 정부양곡에서 사용중인 methyl bromide 및 Postoxin 등 훈증제는 고독성으로 통밀제품 등 맥강까지 사용

하는 경우에는 곡온을 낮추는 저온저장방식이 필요하였음



저장온도 30°C에서의 바구미 발생 (4달째 시점에 급격하게 증가함)



2014. 08. 04. (40°C에서의 마지막 샘플 채취)

2014. 08. 04 (30°C에서의 마지막 샘플 채취)

그림 3-2-89. 저장온도 30°C에서의 바구미가 발생한 장면

- **(함수율)** 우리밀(금강)의 온도별 및 저장기간에 따른 함수율, 산물밀도, 천립중 및 품위의 변화는 아래 표 3-2-109와 같았으며, 표에서 알 수 있듯이 온도별 및 저장기간별로 함수율은 점차 감소하였으며, 온도별 감소폭은 40°C>30°C>20°C>10°C순으로 나타났음(p<0.001)
- 저장실험에서 공기출입이 없는 포장지를 사용할 경우 MA저장형태가 되어 바구미 등 해충발생에 영향을 미치게 되어 실 사일로 등의 저장과 다른 환경이 되며, 공기출입이 있는 포장지를 사용할 경우 저장고의 종류에 따라 함수율이 변화하는 문제점이 있었으나, 본 연구에서는 바구미 생육 및 지방산가의 변화에 중점을 두어 공기출입이 있는 포장지를 사용하였으며, 이로 인해 함수율 저하가 많았다는 점을 밝혀둠
- **(산물밀도, 천립중, 품위특성)** 저장기간에 따른 우리밀 산물밀도는 함수율 저하에 따라 점차 감소하는 추세(p<0.001)를 나타내었으며, 천립중은 초기 46.22g에서 저장 11개월째에는 저장온도 10, 20, 30, 40°C에서 각각 44.62g, 44.39g, 43.45g 및 42.53g를 나타내어 저장온도가 높을수록 함수율 저하로 인해 낮은 값을 나타내었음. 한편, 품위는 큰 차이가 없었으나, 전술한 바와 같이 저장온도 30°C구에서는 저장기간 8개월째부터 낱알의 형상이 유지되기 어려워 바구미 피해가 컸음

표 3-2-109. 우리밀(금강)의 저장온도 및 저장기간에 따른 함수율, 산물밀도, 천립중 및 품위특성

저장기간 및 저장온도		함수율*** (%,w.b.)	산물밀도*** (kg/m ³)	천립중*** (g)	품위(%)			
					정립***	피해립**	이물***	이종곡립*
0	대조구	14.2 ^{abcd}	786.5 ^{ghijkl}	46.22 ^a	76.60 ^{ab}	23.36 ^{de}	0.01 ^c	0.03 ^a
1M	10℃	13.9 ^{abcde}	778.5 ^{mnp}	45.24 ^{ab}	73.90 ^{abcd}	25.95 ^{cde}	0.15 ^{bc}	0.00 ^a
	20℃	13.9 ^{abcde}	777.3 ^{nop}	43.77 ^{bc}	70.71 ^{abcde}	29.18 ^{abcde}	0.11 ^{bc}	0.00 ^a
	30℃	13.0 ^{ghi}	787.1 ^{ghijkl}	43.67 ^{bc}	71.48 ^{abcde}	28.52 ^{abcde}	0.01 ^c	0.00 ^a
	40℃	12.5 ⁱ	788.5 ^{defghij}	43.65 ^{bc}	72.62 ^{abcd}	27.35 ^{bcde}	0.04 ^c	0.00 ^a
2M	10℃	14.1 ^{abcd}	786.9 ^{ghijkl}	44.76 ^{abc}	75.70 ^{ab}	24.27 ^{de}	0.03 ^c	0.00 ^a
	20℃	14.2 ^{abcd}	790.3 ^{defg}	43.74 ^{bc}	74.48 ^{abc}	25.51 ^{cde}	0.01 ^c	0.00 ^a
	30℃	13.0 ^{ghi}	790.5 ^{defgh}	43.81 ^{bc}	74.69 ^{abc}	25.28 ^{cde}	0.03 ^c	0.00 ^a
	40℃	12.0 ^j	792.1 ^{bcdefg}	43.61 ^{bc}	73.50 ^{abcd}	26.49 ^{bcde}	0.01 ^c	0.00 ^a
3M	10℃	14.2 ^{abcd}	793.6 ^{bcdef}	44.69 ^{abc}	74.36 ^{abc}	25.47 ^{cde}	0.14 ^{bc}	0.02 ^a
	20℃	14.2 ^{abcd}	789.0 ^{defghi}	43.59 ^{bc}	71.05 ^{abcde}	28.75 ^{abcde}	0.13 ^{bc}	0.07 ^a
	30℃	13.1 ^{fghi}	781.2 ^{ijklmno}	43.71 ^{bc}	73.11 ^{abcd}	26.61 ^{bcde}	0.24 ^{abc}	0.03 ^a
	40℃	11.2 ^k	795.2 ^{bcde}	42.42 ^{bc}	72.90 ^{abcd}	26.73 ^{bcde}	0.33 ^{abc}	0.04 ^a
4M	10℃	14.2 ^{abcd}	793.3 ^{bcdef}	43.20 ^{bc}	78.34 ^a	21.45 ^e	0.21 ^{abc}	0.00 ^a
	20℃	14.1 ^{abcd}	779.9 ^{lmnop}	43.91 ^{abc}	72.86 ^{abcd}	26.91 ^{bcde}	0.20 ^{abc}	0.04 ^a
	30℃	12.9 ^{hi}	783.6 ^{hijklmni}	43.93 ^{abc}	75.04 ^{abc}	24.69 ^{de}	0.28 ^{abc}	0.00 ^a
	40℃	10.1 ^l	796.0 ^{bcd}	42.35 ^c	76.01 ^{ab}	23.90 ^{de}	0.09 ^{bc}	0.00 ^a
5M	10℃	13.8 ^{abcdef}	798.7 ^{ab}	43.32 ^{bc}	72.58 ^{abcd}	27.40 ^{bcde}	0.03 ^c	0.00 ^a
	20℃	14.0 ^{abcde}	783.1 ^{hijklmn}	43.75 ^{bc}	71.67 ^{abcde}	28.27 ^{abcde}	0.03 ^c	0.03 ^a
	30℃	12.9 ^{hi}	780.8 ^{klmno}	43.78 ^{bc}	78.73 ^a	21.12 ^e	0.15 ^{bc}	0.00 ^a
	40℃	9.7 ^{lm}	791.3 ^{cdefg}	42.86 ^{bc}	72.98 ^{abcd}	27.01 ^{bcde}	0.01 ^c	0.00 ^a
6M	10℃	13.8 ^{bcdefg}	790.8 ^{defgh}	43.55 ^{bc}	76.12 ^{ab}	23.86 ^{de}	0.00 ^c	0.02 ^a
	20℃	14.1 ^{abcde}	784.9 ^{ghijklm}	43.45 ^{bc}	76.40 ^{ab}	23.44 ^{de}	0.00 ^c	0.16 ^a
	30℃	12.9 ^{hi}	781.3 ^{ijklmno}	43.35 ^{bc}	76.21 ^{ab}	23.79 ^{de}	0.00 ^c	0.00 ^a
	40℃	9.4 ^m	798.4 ^{abc}	42.51 ^{bc}	78.29 ^a	21.71 ^e	0.00 ^c	0.00 ^a
7M	10℃	13.4 ^{defgh}	796.1 ^{bcd}	43.64 ^{bc}	76.84 ^{ab}	23.14 ^{de}	0.01 ^c	0.01 ^a
	20℃	13.9 ^{abcdef}	793.6 ^{bcdef}	43.38 ^{bc}	76.09 ^{ab}	23.68 ^{de}	0.00 ^c	0.24 ^a
	30℃	13.0 ^{ghi}	787.6 ^{efghijk}	43.69 ^{bc}	76.44 ^{ab}	23.44 ^{de}	0.04 ^c	0.08 ^a
	40℃	8.4 ⁿ	802.5 ^a	42.46 ^{bc}	78.70 ^a	21.30 ^e	0.00 ^c	0.00 ^a
8M	10℃	13.2 ^{efghi}	781.8 ^{ijklmno}	43.44 ^{bc}	75.60 ^{ab}	24.40 ^{de}	0.00 ^c	0.00 ^a
	20℃	13.8 ^{abcdef}	776.7 ^{nop}	43.53 ^{bc}	76.10 ^{ab}	23.90 ^{de}	0.00 ^c	0.00 ^a
	30℃	12.9 ^{hi}	775.0 ^{op}	42.74 ^{bc}	66.93 ^{bcde}	33.07 ^{abcd}	0.00 ^c	0.00 ^a
	40℃	7.4 ^o	783.3 ^{hijklmn}	42.57 ^{bc}	75.53 ^{ab}	24.40 ^{de}	0.05 ^c	0.02 ^a
9M	10℃	13.8 ^{abcdef}	775.0 ^{op}	44.71 ^{abc}	78.03 ^{ab}	21.50 ^e	0.38 ^{abc}	0.09 ^a
	20℃	14.5 ^{ab}	751.1 ^r	44.40 ^{abc}	74.61 ^{abc}	24.75 ^{de}	0.65 ^{ab}	0.00 ^a
	30℃	13.0 ^{ghi}	762.0 ^q	42.79 ^{bc}	70.95 ^{abcde}	28.29 ^{abcde}	0.59 ^{abc}	0.18 ^a
	40℃	8.3 ⁿ	790.5 ^{defgh}	43.31 ^{bc}	75.44 ^{ab}	23.95 ^{de}	0.56 ^{abc}	0.05 ^a
10M	10℃	13.8 ^{abcdef}	778.2 ^{mnp}	44.79 ^{abc}	76.86 ^{ab}	22.71 ^{de}	0.42 ^{abc}	0.00 ^a
	20℃	14.7 ^a	750.2 ^r	44.92 ^{abc}	76.74 ^{ab}	22.91 ^{de}	0.35 ^{abc}	0.00 ^a
	30℃	13.4 ^{defgh}	752.6 ^r	43.48 ^{bc}	70.63 ^{abcde}	28.99 ^{abcde}	0.38 ^{abc}	0.00 ^a
	40℃	7.9 ^{no}	776.2 ^{nop}	43.28 ^{bc}	76.58 ^{ab}	22.89 ^{de}	0.25 ^{abc}	0.27 ^a
11M	10℃	13.9 ^{abcde}	779.1 ^{mnp}	44.62 ^{abc}	77.66 ^{ab}	21.61 ^e	0.73 ^a	0.00 ^a
	20℃	14.4 ^{abc}	731.9 ^s	44.39 ^{abc}	72.38 ^{abcd}	27.06 ^{bcde}	0.56 ^{abc}	0.00 ^a
	30℃	13.5 ^{cdefgh}	729.6 ^s	43.45 ^{bc}	71.06 ^{abcde}	28.55 ^{abcde}	0.39 ^{abc}	0.00 ^a
	40℃	7.3 ^o	772.8 ^p	42.53 ^{bc}	69.83 ^{abcde}	29.96 ^{abcde}	0.20 ^{abc}	0.00 ^a

주) 1. *(p<0.05), **(p<0.01), ***(p<0.001)수준에서 유의적인 차이가 있음
 2. abcde : column내에서 같은 알파벳은 같은 수준임

- **(이화학특성)** 우리밀(금강)의 저장온도별 및 저장기간에 따른 이화학특성(조단백질, 회분), 발아율 및 지방산가의 변화는 아래 표 3-2-110와 같았음. 표에서 알 수 있듯이 조단백질($p < 0.001$) 및 회분($p < 0.01$) 등 주요 성분은 저장온도 및 저장기간에 따른 함수율 저하로 다소 감소($p < 0.001$)하는 경향을 나타내었음
- **(발아율)** 발아율은 일정시점에서 급격하게 저하하는 특징(김 등, 2000)을 나타내는데, 각각 다른 온도에 저장된 우리밀의 발아율도 저장온도가 높을수록 빨리 낮아졌는데, 8일내 발아율을 기준으로 할 때 저장온도 40℃저장구에서는 저장 1개월째, 저장온도 30℃저장구에서는 저장 6개월째에 현저하게 저하하였으며, 저장온도 20℃에서는 저장기간에 따라 완만하게 저하하였고, 저장온도 10℃저장구에서는 저장기간 1년후에도 비교적 높은 발아율을 유지하였음
- **(지방산가)** 지방산가는 초기 16.2(mg KOH/100g drymatter)에서 저장온도 30℃ 및 40℃저장구에서는 저장 1개월째에 20보다 높아졌고, 모든 저장온도구에서 저장온도가 높을수록 저장기간이 길어질수록 지방산가는 증가하는 경향을 나타내었으나 변질기준(Cole, 1991)인 100은 초과하지 않았음. 특이한 것은 10℃저장구의 경우에도 저장기간에 따라 지방산가가 계속 상승하여 저장 11개월째에는 37.61(mg KOH/100g drymatter)로 비교적 높은 값을 나타내었는데 이는 함수율이 다소 높은 것이 원인으로 판단되었음
- **(기하학적특성)** 우리밀(금강)의 저장온도별 및 저장기간에 따른 기하학적 특성의 변화는 아래 표 3-2-111과 같았으며, 표에서 알 수 있듯이 장축길이, 단축길이, 두께 및 면적은 저장온도 및 저장기간에 따른 함수율저하로 미미하게 감소($p < 0.001$)하는 경향을 나타내었음
- **(비중, 종말속도, 안식각, 강도 및 칼라)** 우리밀의 저장온도별 및 저장기간에 따른 비중, 종말속도, 안식각, 강도 및 칼라특성의 변화는 아래 표 3-2-112과 같았으며, 표에서 알 수 있듯이 비중 및 종말속도는 다소 감소($p < 0.001$)하고, 안식각은 증가하는 경향을 나타내었는데, 이는 저장기간별 함수율 저하에 따른 영향으로 판단되었으며, 우리밀의 저장기간 및 저장온도별 칼라인자(L, a, b)는 변화가 없었음

표 3-2-110. 우리밀(금강)의 저장온도 및 저장기간에 따른 이화학특성, 발아율 및 지방산가

저장일자 및 저장온도		이화학특성(% , dry basis)		발아율*** (%)		지방산가*** (mg KOH/100g drymatter)
		조단백질***	회분**	4일내 발아	8일내 발아	
0	대조구	14.98 ^{ijk}	2.25 ^a	61.3 ^{cdefghi}	87.7 ^{abc}	16.18 ⁿ
1M	10℃	15.21 ^{bcdefghi}	1.73 ^b	59.3 ^{fghi}	79.3ab ^{cdef}	18.90 ⁿ
	20℃	15.00 ^{hijk}	1.83 ^b	67.7 ^{abcdefghi}	86.0 ^{abcde}	19.29 ⁿ
	30℃	15.29 ^{bcdef}	1.82 ^b	62.7 ^{cdefghi}	87.3 ^{abcd}	20.99 ^{klmn}
	40℃	14.83 ^{klm}	1.73 ^b	11.7 ^{kl}	24.0 ^{ij}	22.77 ^{ijklmn}
2M	10℃	15.23 ^{bcdefgh}	1.67 ^b	79.3 ^a	83.7 ^{abcde}	20.88 ^{klmn}
	20℃	15.34 ^{bcd}	1.57 ^b	74.7 ^{abcde}	80.3 ^{abcdef}	23.22 ^{ijklmn}
	30℃	15.36 ^{bc}	1.71 ^b	57.7 ^{hi}	65.7 ^{fg}	25.58 ^{ghijklmn}
	40℃	15.01 ^{hijk}	1.60 ^b	11.3 ^{kl}	15.3 ^{jk}	27.93 ^{fghijklmn}
3M	10℃	15.09 ^{efghij}	1.72 ^b	74.0 ^{abcdef}	89.0 ^{ab}	20.13 ^{klmn}
	20℃	15.21 ^{bcdefghi}	1.80 ^b	72.3 ^{abcdefgh}	84.3 ^{abcde}	24.77 ^{ghijklmn}
	30℃	15.07 ^{fghij}	1.94 ^b	58.3 ^{ghi}	84.3 ^{abcde}	30.19 ^{efghijklmn}
	40℃	14.76 ^{lm}	1.48 ^b	5.7 ^l	26.7 ^{ij}	31.41 ^{efghijklmn}
4M	10℃	14.90 ^{ijkl}	1.66 ^b	76.3 ^{abc}	90.0 ^a	22.84 ^{ijklmn}
	20℃	15.32 ^{bcde}	1.50 ^b	75.3 ^{abcd}	80.0 ^{abcdef}	25.13 ^{ghijklmn}
	30℃	15.27 ^{bcdefg}	1.65 ^b	60.0 ^{efghi}	68.3 ^f	34.32 ^{defghijklm}
	40℃	15.00 ^{hijk}	1.62 ^b	0.7 ^l	36.0 ^{hi}	35.46 ^{defghijklm}
5M	10℃	15.14 ^{cdefghij}	1.94 ^b	79.0 ^{ab}	87.3 ^{abcd}	23.89 ^{hijklmn}
	20℃	15.41 ^b	1.79 ^b	68.7 ^{abcdefghi}	71.0 ^{ef}	26.26 ^{fghijklmn}
	30℃	15.04 ^{ghijk}	1.68 ^b	73.3 ^{abcdef}	75.0 ^{abcdef}	36.22 ^{defghijkl}
	40℃	14.74 ^{lm}	1.83 ^b	1.0 ^l	3.0 ^l	36.78 ^{defghijk}
6M	10℃	15.13 ^{cdefghij}	1.68 ^b	70.3 ^{abcdefgh}	76.7 ^{abcdef}	21.19 ^{ijklmn}
	20℃	15.43 ^b	1.81 ^b	60.3 ^{defghi}	67.3 ^{fg}	23.20 ^{ijklmn}
	30℃	15.04 ^{ghijk}	1.69 ^b	22.0 ^k	31.3 ⁱ	36.22 ^{defghijkl}
	40℃	14.69 ^m	1.72 ^b	3.0 ^l	9.3 ^{kl}	38.85 ^{defghi}
7M	10℃	15.10 ^{defghij}	1.78 ^b	68.3 ^{abcdefghi}	73.3 ^{cdef}	19.94 ^{lmn}
	20℃	15.32 ^{bcde}	1.81 ^b	65.3 ^{abcdefghi}	72.0 ^{def}	24.69 ^{ghijklmn}
	30℃	15.20 ^{bcdefghi}	1.70 ^b	19.3 ^k	29.7 ⁱ	38.17 ^{defghi}
	40℃	14.66 ^m	1.71 ^b	1.0 ^l	2.0 ^l	40.61 ^{defg}
8M	10℃	15.08 ^{efghij}	1.70 ^b	78.7 ^{ab}	84.0 ^{abcde}	23.72 ^{hijklmn}
	20℃	15.31 ^{bcdef}	1.70 ^b	62.0 ^{cdefghi}	66.0 ^{fg}	25.04 ^{ghijklmn}
	30℃	15.18 ^{cdefghi}	1.85 ^b	6.7 ^l	9.3 ^{kl}	40.42 ^{defg}
	40℃	14.51 ⁿ	1.69 ^b	0.3 ^l	1.0 ^l	44.47 ^{cde}
9M	10℃	14.53 ⁿ	1.65 ^b	64.0 ^{bcdefghi}	67.3 ^{fg}	24.93 ^{ghijklmn}
	20℃	15.12 ^{cdefghij}	1.79 ^b	55.0 ^j	55.3 ^g	25.48 ^{ghijklmn}
	30℃	15.08 ^{efghij}	1.76 ^b	14.7 ^{kl}	15.7 ^{jk}	41.72 ^{def}
	40℃	14.84 ^{klm}	1.75 ^b	0.0 ^l	0.0 ^l	48.20 ^{bcd}
10M	10℃	15.31 ^{bcde}	1.74 ^b	67.0 ^{abcdefghi}	73.7 ^{bcdef}	28.90 ^{ghijklmn}
	20℃	15.15 ^{cdefghi}	1.74 ^b	42.0 ^j	42.3 ^h	29.08 ^{ghijklmn}
	30℃	15.31 ^{bcdef}	1.85 ^b	0.0 ^l	0.0 ^l	59.52 ^{ab}
	40℃	14.27 ^o	1.63 ^b	0.0 ^l	0.0 ^l	55.21 ^{bc}
11M	10℃	15.03 ^{hijk}	1.69 ^b	65.0 ^{abcdefghi}	68.7 ^f	37.61 ^{defghij}
	20℃	15.65 ^a	1.68 ^b	42.0 ^j	43.7 ^h	39.92 ^{defgh}
	30℃	15.12 ^{cdefghij}	1.63 ^b	0.0 ^l	1.3 ^l	67.42 ^a
	40℃	14.23 ^o	1.59 ^b	0.0 ^l	1.3 ^l	53.59 ^{bc}

주) 1. *(p<0.05), **(p<0.01), ***(p<0.001)수준에서 유의적인 차이가 있음
 2. abcde : column내에서 같은 알파벳은 같은 수준임

표 3-2-111. 우리밀(금강)의 저장온도 및 저장기간에 따른 기하학적 특성

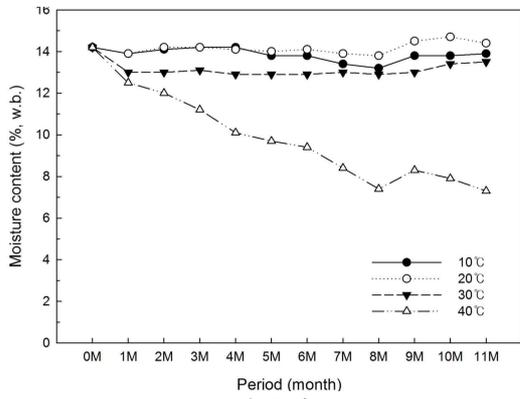
저장일자 및 저장온도		장축길이*** (mm)	단축길이*** (mm)	두께***(mm)		면적*** (mm ²)	원형을*** (-)
				최대	최소		
0	대조구	6.63 ^a	3.26 ^{ab}	3.30 ^a	3.00 ^a	16.90 ^a	1.32 ^{efghi}
1M	10℃	6.55 ^{abcd}	3.17 ^{abcdefghi}	3.23 ^{abcd}	2.95 ^{abcd}	16.18 ^{abcdef}	1.33 ^{defghi}
	20℃	6.57 ^{abc}	3.28 ^a	3.25 ^{abcd}	2.91 ^{abcdefg}	16.82 ^{ab}	1.29 ^{hi}
	30℃	6.57 ^{abc}	3.23 ^{abcdefg}	3.21 ^{abcde}	2.86 ^{cdefgh}	16.70 ^{abc}	1.30 ^{fghi}
	40℃	6.54 ^{abcde}	3.26 ^{ab}	3.25 ^{abcd}	2.84 ^{fgh}	16.77 ^{ab}	1.30 ^{fghi}
2M	10℃	6.53 ^{abcde}	3.11 ^{bcdefghi}	3.20 ^{abcde}	2.89 ^{abcdefgh}	15.74 ^{defghij}	1.37 ^{cdefghi}
	20℃	6.48 ^{abcdef}	3.13 ^{bcdefghi}	3.20 ^{abcde}	2.89 ^{bcdefgh}	15.85 ^{cdefghi}	1.35 ^{cdefghi}
	30℃	6.56 ^{ab}	3.23 ^{abcde}	3.24 ^{abcd}	2.89 ^{abcdefgh}	16.44 ^{abcde}	1.33 ^{cdefghi}
	40℃	6.44 ^{bcdefg}	3.15 ^{bcdefghi}	3.21 ^{abcde}	2.92 ^{abcdef}	15.73 ^{defghij}	1.32 ^{defghi}
3M	10℃	6.53 ^{abcdef}	3.08 ^{cdefghi}	3.14 ^{cdef}	2.80 ^{hi}	14.92 ^{kl}	1.48 ^{abc}
	20℃	6.52 ^{abcdef}	3.16 ^{bcdefghi}	3.21 ^{abcde}	2.95 ^{abcd}	15.43 ^{fghijkl}	1.44 ^{abcdefg}
	30℃	6.50 ^{abcdef}	3.14 ^{bcdefghi}	3.22 ^{abcde}	2.92 ^{abcdefg}	15.11 ^{hijkl}	1.46 ^{abcd}
	40℃	6.39 ^{bcdefg}	3.07 ^{defghi}	3.16 ^{cdef}	2.86 ^{bcdefgh}	14.72 ^l	1.43 ^{abcdefg}
4M	10℃	6.48 ^{abcdefg}	3.05 ^{hi}	3.11 ^{ef}	2.75 ⁱ	15.24 ^{ghijkl}	1.42 ^{bcdefghi}
	20℃	6.39 ^{cdefg}	3.07 ^{defghi}	3.13 ^{def}	2.85 ^{cdefgh}	15.16 ^{ghijkl}	1.40 ^{bcdefghi}
	30℃	6.36 ^{efg}	3.04 ^{bcdefghi}	3.18 ^{bcde}	2.89 ^{bcdefgh}	14.96 ^{kl}	1.40 ^a
	40℃	6.36 ^{efg}	3.03 ⁱ	3.15 ^{cdef}	2.87 ^{bcdefgh}	14.86 ^{kl}	1.41 ^{bcdefghi}
5M	10℃	6.51 ^{abcdef}	3.11 ^{bcdefghi}	3.19 ^{abcde}	2.91 ^{abcdefg}	14.93 ^{kl}	1.54 ^{ab}
	20℃	6.48 ^{abcdefg}	3.14 ^{bcdefghi}	3.22 ^{abcd}	2.97 ^{ab}	14.95 ^{ijkl}	1.46 ^{abcd}
	30℃	6.42 ^{bcdefg}	3.06 ^{fghi}	3.20 ^{abcde}	2.92 ^{abcdefg}	14.88 ^{kl}	1.45 ^{abcdef}
	40℃	6.37 ^{defg}	3.04 ⁱ	3.19 ^{abcde}	2.88 ^{bcdefgh}	14.78 ^{kl}	1.43 ^{abcdefg}
6M	10℃	6.55 ^{abcd}	3.28 ^a	3.26 ^{abc}	2.95 ^{abcde}	16.93 ^a	1.28 ^{hi}
	20℃	6.46 ^{abcdefg}	3.16 ^{bcdefghi}	3.14 ^{cdef}	2.85 ^{cdefgh}	16.00 ^{bcdefgh}	1.30 ^{ghi}
	30℃	6.54 ^{abcde}	3.27 ^{ab}	3.17 ^{cdef}	2.89 ^{bcdefgh}	16.73 ^{ab}	1.28 ^{hi}
	40℃	6.44 ^b	3.19 ^{bcdefghi}	3.11 ^{ef}	2.84 ^{defgh}	16.14 ^{abcdef}	1.28 ^{hi}
7M	10℃	6.56 ^{abc}	3.23 ^{abcdef}	3.22 ^{abcde}	2.95 ^{abc}	16.67 ^{abc}	1.28 ^{hi}
	20℃	6.51 ^{abcdef}	3.24 ^{abcd}	3.22 ^{abcde}	2.93 ^{abcdef}	16.45 ^{abcde}	1.29 ^{hi}
	30℃	6.53 ^{abcdef}	3.27 ^{ab}	3.25 ^{abc}	2.93 ^{abcdef}	16.75 ^{ab}	1.28 ^{hi}
	40℃	6.45 ^{bcdefg}	3.19 ^{bcdefghi}	3.13 ^{def}	2.84 ^{efgh}	16.17 ^{abcdef}	1.29 ^{hi}
8M	10℃	6.48 ^{abcdef}	3.23 ^{abcdefg}	3.20 ^{abcde}	2.90 ^{abcdefg}	16.39 ^{abcde}	1.28 ^{hi}
	20℃	6.54 ^{abcde}	3.23 ^{abcdefg}	3.21 ^{abcde}	2.93 ^{abcdef}	16.64 ^{abc}	1.28 ^{hi}
	30℃	6.51 ^{abcdef}	3.25 ^{abc}	3.16 ^{cdef}	2.87 ^{bcdefgh}	16.55 ^{abcd}	1.28 ^{hi}
	40℃	6.44 ^{bcdefg}	3.22 ^{abcdefgh}	3.07 ^f	2.82 ^{ghi}	16.35 ^{abcde}	1.27 ⁱ
9M	10℃	6.45 ^{bcdefg}	3.08 ^{cdefghi}	3.23 ^{abcd}	2.92 ^{abcdefg}	15.26 ^{ghijkl}	1.49 ^{abc}
	20℃	6.45 ^{bcdefg}	3.11 ^{bcdefghi}	3.23 ^{abcd}	2.94 ^{abcdef}	15.43 ^{fghijkl}	1.44 ^{abcdefg}
	30℃	6.48 ^{abcdef}	3.18 ^{bcdefghi}	3.29 ^{ab}	2.95 ^{abc}	16.04 ^{abcdefg}	1.38 ^{cdefghi}
	40℃	6.42 ^{bcdefg}	3.07 ^{efghi}	3.19 ^{abcde}	2.88 ^{bcdefgh}	15.26 ^{ghijkl}	1.42 ^{bcdefghi}
10M	10℃	6.45 ^{bcdefg}	3.06 ^{ghi}	3.21 ^{abcde}	2.93 ^{abcdef}	15.15 ^{hijkl}	1.45 ^{abcde}
	20℃	6.48 ^{abcdef}	3.17 ^{bcdefghi}	3.26 ^{abc}	2.95 ^{abc}	15.83 ^{cdefghi}	1.42 ^{bcdefghi}
	30℃	6.44 ^{bcdefg}	3.12 ^{bcdefghi}	3.20 ^{abcde}	2.94 ^{abcdef}	15.57 ^{efghijkl}	1.38 ^{cdefghi}
	40℃	6.35 ^{fg}	3.10 ^{bcdefghi}	3.22 ^{abcde}	2.93 ^{abcdef}	15.27 ^{ghijkl}	1.40 ^{cdefghi}
11M	10℃	6.45 ^{bcdefg}	3.13 ^{bcdefghi}	3.23 ^{abcd}	2.91 ^{abcdefg}	15.64 ^{efghijk}	1.43 ^{abcdefg}
	20℃	6.42 ^{bcdefg}	3.17 ^{bcdefghi}	3.23 ^{abcd}	2.96 ^{abc}	15.73 ^{defghij}	1.41 ^{bcdefghi}
	30℃	6.45 ^{bcdefg}	3.16 ^{bcdefghi}	3.25 ^{abcd}	2.94 ^{abcdef}	15.71 ^{defghij}	1.42 ^{bcdefghi}
	40℃	6.36 ^{efg}	3.08 ^{cdefghi}	3.20 ^{abcde}	2.91 ^{abcdefg}	15.14 ^{hijkl}	1.40 ^{cdefghi}

주) 1. *(p<0.05), **(p<0.01), ***(p<0.001)수준에서 유의적인 차이가 있음
 2. abcde : column내에서 같은 알파벳은 같은 수준임

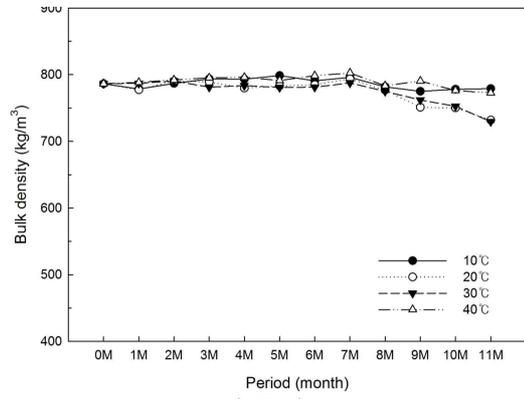
표 3-2-112. 우리밀(금강)의 저장온도 및 저장기간에 따른 비중, 기류, 안식각, 강도 및 칼라 특성

저장일자 및 저장온도		비중*** (-)	중말속도*** (m/sec)	안식각*** (°)	강도*** (kg/φ2mm)	색도		
						L	a	b**
0	대조구	1.3600 ^{abc}	7.65 ^a	42.7 ^m	11.28 ^a	61.25 ^a	9.02 ^a	27.01 ^{abc}
1M	10℃	1.3613 ^{abc}	7.43 ^{abc}	45.7 ^l	10.98 ^{ab}	60.83 ^a	8.53 ^a	26.51 ^{abc}
	20℃	1.3571 ^{abcd}	7.57 ^{ab}	46.5 ^{jkl}	11.06 ^{ab}	57.34 ^a	8.94 ^a	24.98 ^{abc}
	30℃	1.3485 ^{bcd}	7.60 ^a	46.0 ^{kl}	11.11 ^{ab}	56.39 ^a	8.83 ^a	25.51 ^{abc}
	40℃	1.3465 ^{cd}	7.46 ^{abc}	46.0 ^{kl}	10.74 ^{ab}	60.59 ^a	7.50 ^a	25.83 ^{abc}
2M	10℃	1.3576 ^{abcd}	7.16 ^{abcdef}	46.7 ^{jkl}	10.73 ^{ab}	55.89 ^a	8.44 ^a	24.61 ^{abc}
	20℃	1.3559 ^{abcd}	7.17 ^{abcdef}	47.7 ^{ij}	10.68 ^{ab}	58.70 ^a	7.82 ^a	23.67 ^{bc}
	30℃	1.3565 ^{abcd}	7.15 ^{abcdef}	46.7 ^{jkl}	10.81 ^{ab}	63.17 ^a	8.91 ^a	27.04 ^{abc}
	40℃	1.3571 ^{abcd}	7.15 ^{abcdef}	47.3 ^{jk}	10.93 ^{ab}	63.41 ^a	7.81 ^a	27.78 ^{abc}
3M	10℃	1.3583 ^{abcd}	7.38 ^{abc}	50.0 ^{efgh}	10.45 ^{ab}	56.39 ^a	8.92 ^a	26.64 ^{abc}
	20℃	1.3526 ^{abcd}	7.32 ^{abcd}	52.7 ^a	10.03 ^{ab}	54.88 ^a	9.20 ^a	27.07 ^{abc}
	30℃	1.3561 ^{abcd}	6.88 ^{cdefgh}	51.7 ^{abcde}	9.84 ^{ab}	58.85 ^a	8.76 ^a	27.79 ^{abc}
	40℃	1.3537 ^{abcd}	6.88 ^{cdefgh}	51.3 ^{abcdef}	10.23 ^{ab}	55.28 ^a	9.87 ^a	28.32 ^{ab}
4M	10℃	1.3506 ^{abcd}	7.45 ^{abc}	50.7 ^{bcdefg}	10.29 ^{ab}	55.90 ^a	8.63 ^a	26.22 ^{abc}
	20℃	1.3511 ^{abcd}	7.35 ^{abcd}	50.0 ^{efgh}	10.27 ^{ab}	56.69 ^a	9.29 ^a	26.65 ^{abc}
	30℃	1.3503 ^{abcd}	7.11 ^{abcdef}	52.3 ^{abc}	10.05 ^{ab}	56.86 ^a	8.71 ^a	26.68 ^{abc}
	40℃	1.3511 ^{abcd}	6.91 ^{cdefg}	52.3 ^{abc}	10.37 ^{ab}	57.80 ^a	9.21 ^a	29.36 ^a
5M	10℃	1.3595 ^{abcd}	6.87 ^{cdefgh}	48.7 ^{hi}	10.68 ^{ab}	58.66 ^a	9.31 ^a	26.88 ^{abc}
	20℃	1.3586 ^{abcd}	6.98 ^{bcdef}	49.3 ^{gh}	10.59 ^{ab}	52.15 ^a	9.16 ^a	24.27 ^{abc}
	30℃	1.3564 ^{abcd}	6.98 ^{bcdef}	50.0 ^{efgh}	9.95 ^{ab}	58.57 ^a	8.22 ^a	25.59 ^{abc}
	40℃	1.3684 ^{ab}	6.96 ^{cdefg}	50.0 ^{efgh}	10.31 ^{ab}	56.04 ^a	9.01 ^a	26.78 ^{abc}
6M	10℃	1.3577 ^{abcd}	6.88 ^{cdefgh}	49.3 ^{gh}	10.35 ^{ab}	55.91 ^a	9.65 ^a	25.84 ^{abc}
	20℃	1.3639 ^{abc}	7.08 ^{abcdef}	49.7 ^{fgh}	9.98 ^b	63.39 ^a	8.56 ^a	26.23 ^{abc}
	30℃	1.3640 ^{abc}	6.92 ^{cdefg}	50.0 ^{efgh}	10.23 ^{ab}	57.41 ^a	9.05 ^a	25.87 ^{abc}
	40℃	1.3696 ^a	6.74 ^{cdefgh}	50.1 ^{efgh}	10.27 ^{ab}	58.92 ^a	8.84 ^a	27.87 ^{ab}
7M	10℃	1.3636 ^{abc}	6.85 ^{cdefgh}	49.7 ^{fgh}	10.42 ^{ab}	53.01 ^a	8.46 ^a	24.24 ^{abc}
	20℃	1.3542 ^{abcd}	6.93 ^{cdefg}	49.3 ^{gh}	10.25 ^{ab}	59.06 ^a	8.90 ^a	23.27 ^{bc}
	30℃	1.3587 ^{abcd}	6.68 ^{efghi}	49.3 ^{gh}	10.26 ^{ab}	55.89 ^a	8.20 ^a	24.43 ^{abc}
	40℃	1.3571 ^{abcd}	6.66 ^{efghi}	49.7 ^{fgh}	10.75 ^{ab}	57.53 ^a	8.76 ^a	26.38 ^{abc}
8M	10℃	1.3598 ^{abc}	6.61 ^{efghi}	50.5 ^{cdefgh}	10.33 ^{ab}	60.97 ^a	9.29 ^a	26.85 ^{abc}
	20℃	1.3545 ^{abcd}	6.84 ^{cdefgh}	52.0 ^{abcd}	9.63 ^{ab}	56.24 ^a	9.40 ^a	26.59 ^{abc}
	30℃	1.3394 ^{de}	6.61 ^{efghi}	52.5 ^{ab}	10.22 ^{ab}	52.98 ^a	8.33 ^a	22.47 ^c
	40℃	1.3527 ^{abcd}	6.59 ^{efghi}	50.0 ^{efgh}	10.92 ^{ab}	57.11 ^a	8.57 ^a	25.16 ^{abc}
9M	10℃	1.3576 ^{abcd}	6.52 ^{fghi}	50.0 ^{efgh}	10.52 ^{ab}	60.20 ^a	9.31 ^a	25.83 ^{abc}
	20℃	1.3460 ^{cd}	6.73 ^{defghi}	51.0 ^{abcdefg}	9.96 ^{ab}	54.25 ^a	8.59 ^a	23.89 ^{bc}
	30℃	1.3481 ^{bcd}	6.65 ^{fghi}	52.0 ^{abcd}	10.60 ^{ab}	54.80 ^a	8.92 ^a	25.65 ^{abc}
	40℃	1.3627 ^{abc}	6.65 ^{efghi}	51.7 ^{abcde}	10.93 ^{ab}	56.81 ^a	9.26 ^a	27.21 ^{abc}
10M	10℃	1.3539 ^{abcd}	6.65 ^{efghi}	50.2 ^{defgh}	10.44 ^{ab}	52.75 ^a	7.77 ^a	25.43 ^{abc}
	20℃	1.3514 ^{abcd}	6.53 ^{fghi}	51.3 ^{abcdef}	9.81 ^{ab}	57.89 ^a	8.89 ^a	26.20 ^{abc}
	30℃	1.3325 ^e	6.56 ^{fghi}	52.0 ^{abcd}	10.26 ^{ab}	59.60 ^a	9.33 ^a	27.51 ^{abc}
	40℃	1.3683 ^{ab}	6.33 ^{ghi}	51.3 ^{abcdef}	11.10 ^{ab}	59.04 ^a	10.07 ^a	26.61 ^{abc}
11M	10℃	1.3508 ^{abcd}	6.33 ^{ghi}	50.0 ^{efgh}	10.31 ^{ab}	60.27 ^a	9.08 ^a	27.64 ^{abc}
	20℃	1.3506 ^{abcd}	6.26 ^{hi}	51.0 ^{abcdefg}	9.81 ^{ab}	66.68 ^a	8.60 ^a	26.00 ^{abc}
	30℃	1.3507 ^{abcd}	6.15 ^{ghi}	52.5 ^{ab}	10.26 ^{ab}	55.42 ^a	8.70 ^a	25.67 ^{abc}
	40℃	1.3635 ^{abc}	6.15 ⁱ	51.7 ^{abcde}	10.95 ^{ab}	57.60 ^a	10.53 ^a	27.36 ^{abc}

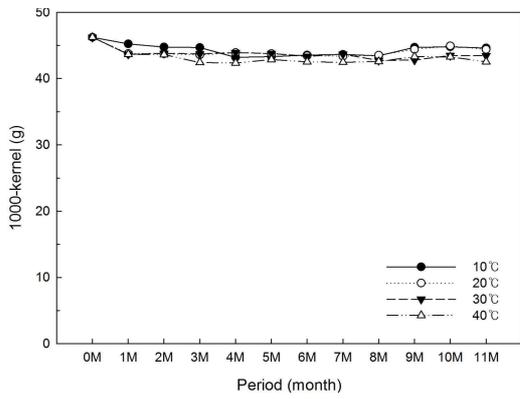
주) 1. *(p<0.05), **(p<0.01), ***(p<0.001)수준에서 유의적인 차이가 있음
 2. abcde : column내에서 같은 알파벳은 같은 수준임



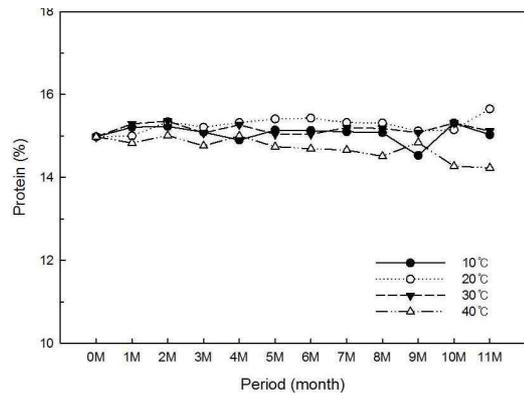
<함수율>



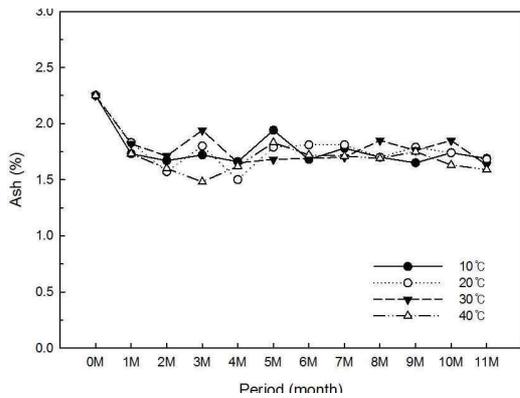
<산물밀도>



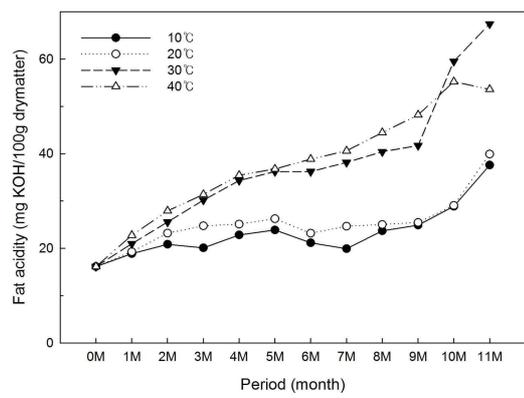
<천립중>



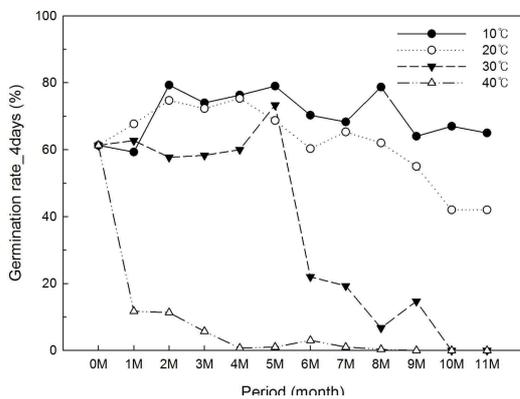
<조단백질>



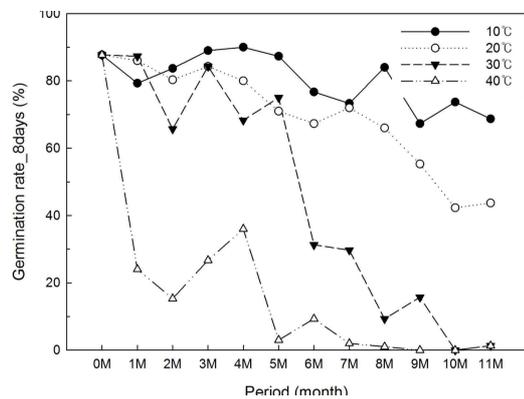
<회분>



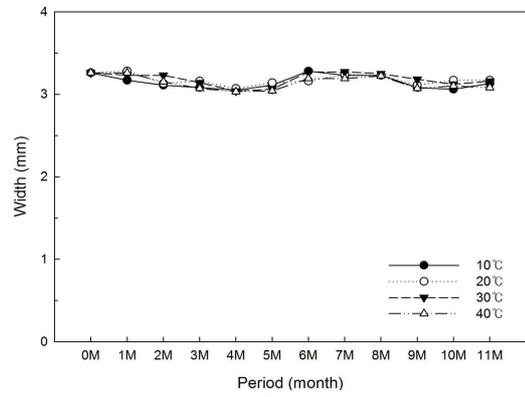
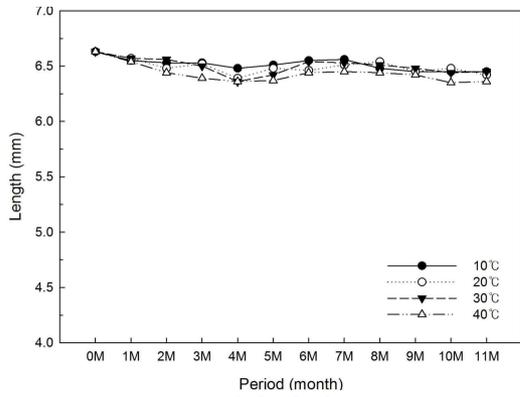
<지방산가>



<발아율_4일>

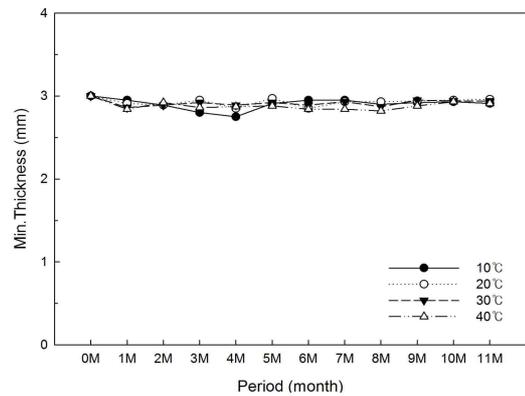
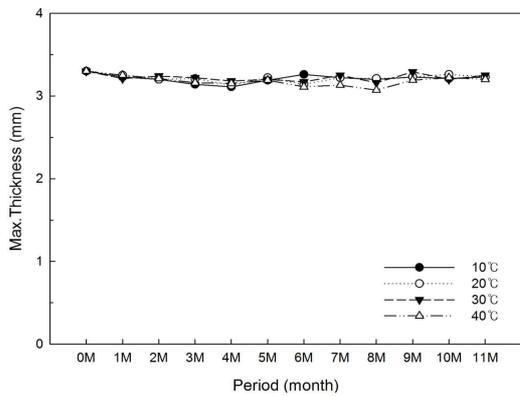


<발아율_8일>



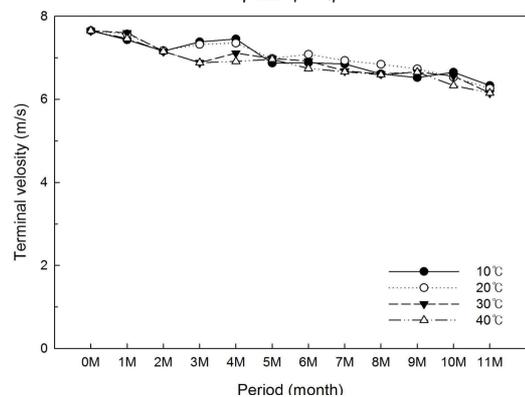
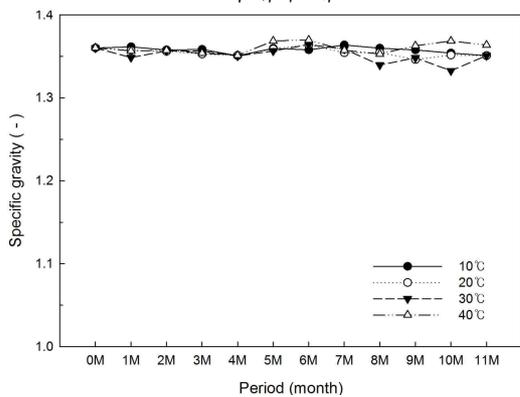
<장축길이>

<단축길이>



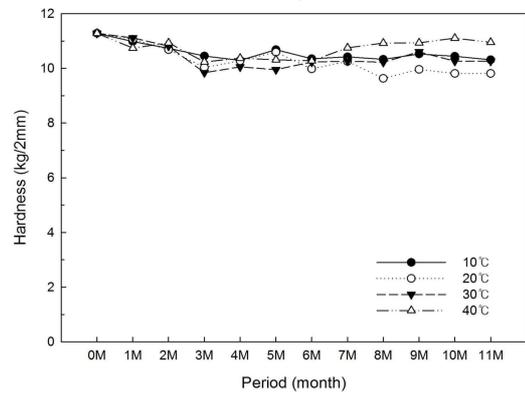
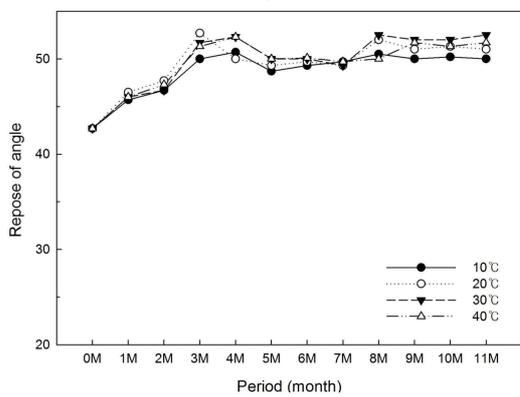
<최대두께>

<최소두께>



<비중>

<종말속도>



<안식각>

<강도>

그림 3-2-90. 우리밀(금강)의 저장온도 및 저장기간에 따른 물리적, 기하학적 등 특성

(나) 저장시설의 다짐계수 측정

- 다짐계수(compacting factor)은 부분적으로 다져진 물체와 완전히 다진 물체의 중량비를 의미하며, 저장시설의 형태, 통풍, 이물질함량에 따라 차이가 발행하는데, 주요 사용처는 사일로 등 산물저장시설의 재고량을 예측하기 위하여 사용되며, 농협의 밀 건조저장시설의 경우 감사 등에서는 필수적으로 사용되는 수치임



그림 3-2-91. 부분적으로 다져진 벼와 완전히 다져진 벼

- 우리밀의 다짐계수를 사일로에서 측정하고자 하였으나, 이 경우 사일로 내 저장체적과 산물밀도를 측정하여 부분적으로 다져진 밀 중량을 예측한 다음, 모두 배출하면서 중량을 계량하여 이 두가지 중량으로부터 다짐계수를 계산하여야 하지만 단기간에 모두 배출하는 밀 건조저장시설을 찾아보기 어렵고, 배출시 호퍼스케일을 통해 중량을 계량하면서 배출하는 시설은 더욱 찾기가 어려웠음
- 이와 같은 현장여건의 어려움으로 인해 간이적인 방법을 채택하였는데, 벼에 대한 다양한 저장시설에서의 다짐계수 측정치(1.09)를 기준으로 하고, 벼와 우리밀을 동일한 방법으로 실험실 규모에서 다짐계수를 측정한 다음, 벼의 다짐계수를 이용하여 보정하는 방법을 사용하였으며, 상세한 측정결과는 다음과 같았음

① 재료 및 방법

- 다짐계수 측정을 위하여 밀은 2012년산 백중 및 조경밀, 2013년산 금강밀로서 광주, 합천 및 익산 보석우리밀농업협동조합에서 각각 구입하였고, 비교를 위해 사용한 벼는 2013년산 신동진 및 추청으로 화성농협RPC에서 구입하여 실험에 사용하였으며, 실험에 사용한 우리밀 및 벼의 함수율은 각각 13.3 %w.b.(신동진), 및 14.9%w.b.(추청)이었으며, 간이식 정선기로 정선하여 이물질이 없는 정립만을 사용하였음
- 시료는 산물밀도측정기(Filling hopper and Stand Seedburo,USA)의 호퍼에 투입한 후, 원통에 곡물을 자유 낙하시킨 다음, 시료를 평형하게 한 다음 부분적으로 다짐된 무게를 측정하였으며, 시료를 인위적으로 완전히 다지고, 남은 공간에 다시 곡물을 채워 다진 후 최종적으로 평형하게 한 다음 완전 다짐 무게를 측정하였으며, 이 두가지 다짐 무게차이로 다짐계수 계산하였으며, 3회 반복측정하여 평균치를 사용하였음

$$CF = \frac{W_f}{W_s} \dots\dots\dots (3-2-58)$$

여기서, CF : 다짐계수(-)

W_f : 완전히 다짐 무게(kg)

W_s : 부분적 다진 무게(kg)



그림 3-2-92. 실험실규모의 다짐계수 실험

② 결과 및 고찰

- 김 등(2013)은 RPC에서 벼를 저장하는 평타입사일로 8개, 사각빈 5개, 호퍼식사일로 3개 등 총 16개의 저장시설에서 벼의 다짐계수를 측정하여 1.09(1.01~1.17)수준이었다고 보고하였으며, 품종, 함유수율, 이물질혼입량, 저장시설의 종류 및 형태, 송풍 등의 운전조건에 따라 다짐계수에 차이가 발생하므로 평균치를 사용하되 최소~최대는 오차범위로 활용하는 것이 적절할 것으로 제안하였음
- 본 연구에서는 실험실규모에서 벼 및 밀의 부분다짐무게와 완전다짐무게를 이용하여 측정한 다짐계수는 아래 표 3-2-113와 같았고, 표에서 알 수 있듯이 벼 1.10, 밀 1.05로서 우리밀의 다짐계수가 벼보다는 낮게 나타났으며, 김 등(2013)의 결과에서 실제 RPC에서 사용하고 있는 사일로의 저장시설에서 측정한 측정치와 실험실에서 측정한 측정치간의 차이가 거의 없는 점을 감안할 때 우리밀의 산물밀도는 실험실규모의 측정치인 평균 1.05의 사용가능성은 높을 것으로 판단되었음

표 3-2-113. 벼, 밀의 각각 시료의 산물밀도 및 다짐계수

품종		산물밀도(kg/m ³)		시료무게(g)		다짐계수 (-)
		부분 다짐	완전 다짐	부분 다짐	완전 다짐	
밀	금강	788.5	837.6	433.7	460.7	1.06
	백중	802.4	803.9	441.3	442.1	1.00
	조경	765.5	842.3	421.0	463.3	1.10
	평균	785.5	827.9	432.0	455.4	1.05
벼	신동진	591.7	656.6	325.4	361.1	1.11
	추청	616.4	673.1	339.0	370.2	1.09
	평균	604.0	664.8	332.2	365.7	1.10

(6) 우리밀 건조저장시설 선별(색채, 비중)공정 설계인자 구명

- 우리밀은 별도의 농약을 사용하지 않고 재배하지 않는 경우가 많으며, 외국산을 수입해오기 위한 것과 같은 장기이송을 위한 훈증 필요성이 없으므로, 저장시 훈증을 실시하지 않는다면 앞의 제1세부 과제에서와 같이 맥강을 사용하는 통밀제품의 활성화 가능성이 대단히 높으므로 곡물냉각기와 같은 냉각저장시설의 설치, 또는 대형 호퍼사각빈 의 보급도 필요한 것으로 판단되었음. 또한, 우리밀을 매입하는 밀가루제조회사의 요구사항은 균일한 품질 및 함수율, 이물질의 최소화 등이었음
- 1차년도에 일본 북해도의 밀 CE 현장조사에서도 알 수 있었듯이 일본에서는 대부분의 CE에서 밀과 벼를 공동으로 취급하므로 밀과 벼의 혼곡을 방지하기 위한 별도의 배출라인 설치, 비중선별기 설치 등 보완적인 방법을 강구하고 있었음. 우리나라의 경우에도 밀 생산량이 많아질 경우 벼와의 공동취급이 불가피하므로 이를 위한 저장후 출하되는 건밀의 선별인자 구명이 필요함
- 곡물에서 선별방법은 ㉠ 기류선별, ㉡ 기하학적특성을 이용한 선별, ㉢ 칼라선별, ㉣ 비중선별 등 4가지가 주로 이용되는데, 시중에 유동중인 국내외산 건밀에 대해서는 ㉠ 기류선별, ㉡ 기하학적특성을 이용한 선별, ㉢ 칼라선별 및 ㉣ 비중선별 부분 등 4가지 모두 1차년도에 완료하여 그 결과를 보고한바 있음
- 다만, ㉢ 칼라선별에 대해서는 1차년도에는 실험실규모에서 밀의 색상별 및 이종곡립과의 칼라(Lab) 차이를 측정하면서 실제 색채선별기에서의 칼라선별 가능성을 2차년도에 실제 색채선별기의 제조회사에 시료를 송부하여 색채선별기에서의 밀의 색상별, 이종곡립간의 선별이 가능한지를 확인하였음
- 또한, ㉣ 비중선별에 대해서는 3차년도에 우리밀과 이종곡립 중 벼의 선별가능성을 검토하기 위해 현재 비중선별기를 보유하고 있는 국립종자원 전북지원 익산에 소재하고 있는 국립종자원에서 밀 종자 선별에 사용되는 비중선별기의 각 배출구에서 선별된 불량품을 수거하여 벼의 선별가능성을 확인

하였으며, 4차년도에는 가격이 저렴한 벼의 현미와 벼를 비중으로 분리하는 현미분리기를 이용하여 밀에서 벼의 선별가능성을 확인하였음

(가) 색채선별

① 1차 색채선별실험

㉠ 재료 및 방법

- 본 연구에 사용한 재료는 함수율별 칼라측정용과, 색채선별기 선별가능성 타진용으로 2가지임. 먼저 함수율별 칼라측정용은 2013년산 백중밀과 조경밀 등 2품종 및 2014년산 금강밀이었으며, 백중밀은 광주광역시 소재 한국우리밀농업협동조합을 통해 2013. 6. 11에 매입하였고, 조경밀은 경남 함천우리밀영농조합을 통해 2013. 6. 13에 매입, 금강밀은 2014년 전북 익산우리밀영농조합에서 매입하였으며, 매입한 시료의 함수율은 각각 29.6%(w.b.), 28.7%(w.b.) 및 31.0%(w.b.)이었으며, 중량은 각각 210kg 수준이었음
- 매입한 시료는 연구원으로 이송하여 15kg씩 나누어서 PE으로 밀봉하여 포장한 후, -5℃ 저온저장고에 보관하면서, 이중 100kg을 건조에 사용하였으며, 함수율별로 건조된 밀시료는 PE으로 밀봉하여 포장한 후, 0℃ 저온저장고에 보관하면서 함수율별 칼라측정용으로 공시하였음
- 고수분의 밀은 검은망천을 덮은 2개의 트레이에 3kg씩 충전한 다음, 벌크건조기(HK-DO1000F, 종합기계제작소, Korea)에서 건조온도 50℃로 건조하였으며, 1시간 간격으로 단립수분계(Single Kernel Moisture Tester, CTR-800E, Shizuoka Seiki)로 함수율을 측정하면서 밀의 함수율을 3% 간격으로 8~9단계(기준함수율 31%, 28%, 25%, 22%, 19%, 16%, 13%, 11%, 9%,w.b.)수준이 되도록 건조하여 공시하였으며, 색도측정은 색차계(CM-700d, Konica Minolta, Japan)를 이용하여 5회 반복실험 후 최대 및 최소를 제외한 값을 평균값으로 하였음
- 색채선별기에서 정상별 선별가능성 타진용은 2013년산 금강밀 40kg을 광주광역시 소재 한국우리밀농업협동조합에서 구입한 후, (주)아이디알시스템(대구광역시 소재)에 이송하여 RPC에 사용중인 full-color모델인 색채선별기(4GR4(288채널))에서 밀중 비정립(피해립중심)의 선별가능성을 확인하였으며, 선별은 실제 색채선별기가 사용되는 형태와 동일하게 1, 2차 채널을 모두 사용하여 양품에서 배출된 1차 불량품을 2차선별채널로 이송한 다음 재선별하는 방식으로 실시하였으며, 감도(Red, Green, Blue) 등을 조정하면서 선별율을 측정하였음



그림 3-2-93. 우리밀 성상별 선별실험에 사용한 색채선별기((주)아이디알시스템, 4GR4(288채널))

㉠ 결과 및 고찰

- 1차년도에는 시중에 유통중인 국내외산 밀 총 10종과, 쌀보리 및 벼 등 이종곡립 2종류의 성상별(정립, 피해립, 사립)의 칼라(Lab)를 각각 측정하였으며, 우리밀은 성상별로는 정립, 피해립 및 사립간에 $p < 0.01$ 수준에서 유의적인 차이가 있었으며, 밀과 벼와는 a값, 밀과 보리와는 L, a값에서 차이가 있어 밀과 이종곡립, 밀의 성상별 선별은 가능할 것으로 판단되었다고 보고하였음
- 2차년도에는 우리밀의 함수율이 밀의 칼라에 미치는 영향을 살펴보기 위하여 3품종의 밀을 함수율별로 조제하여 칼라를 측정한 결과는 표 3-2-114 및 그림 3-2-94와 같았으며, 표 및 그림에서 알 수 있듯이 b(yellow) value는 백중밀은 함수율이 낮을수록 점차 감소하였으나, 조경 및 금강밀은 함수율이 낮을수록 b의 값이 약간 상승하는 경향을 나타내었음. 금강밀을 제외한 품종 중 백중밀은 $p < 0.001$ 수준에서 조경밀 $p < 0.05$ 수준에서 함수율의 증가에 따라 색도 중 b의 값은 유의적인 차이를 나타내었고 1차식으로 표현이 가능하였으며, 이 때 결정계수는 백중 $r^2=0.819$, 조경 $r^2=0.967$ 및 금강 $r^2=0.514$ 이었음

표 3-2-114. 우리밀(백중, 조경, 금강)의 함수율별 색도 특성

함수율 (%,w.b.)		색도		
		L	a	b
백중	29.6	57.89 ^{a*}	9.24 ^{ab*}	29.17 ^{a***}
	26.2	58.99 ^{a*}	9.07 ^{ab*}	28.03 ^{ab***}
	22.2	60.50 ^{a*}	8.55 ^{ab*}	28.82 ^{a***}
	19.3	57.19 ^{a*}	9.54 ^{a*}	27.38 ^{ab***}
	15.5	56.75 ^{a*}	9.24 ^{ab*}	26.69 ^{ab***}
	13.1	52.40 ^{a*}	8.85 ^{ab*}	26.12 ^{ab***}
	11.0	51.72 ^{a*}	8.66 ^{ab*}	25.18 ^{bc***}
	9.7	56.81 ^{a*}	7.51 ^{b*}	23.11 ^{c***}
조경	28.7	46.15 ^{c***}	6.91 ^{a***}	19.98 ^{c*}
	25.6	47.88 ^{bc***}	7.84 ^{a***}	20.27 ^{c*}
	23.3	48.78 ^{bc***}	8.35 ^{a***}	21.56 ^{bc*}
	20.8	54.08 ^{ab***}	8.48 ^{a***}	22.86 ^{ab*}
	16.5	59.56 ^{a***}	8.21 ^{a***}	23.76 ^{a*}
	14.0	59.14 ^{a***}	8.04 ^{a***}	24.20 ^{a*}
	11.7	59.03 ^{a***}	8.16 ^{a***}	24.81 ^{a*}
	10.5	59.82 ^{a***}	8.35 ^{a***}	24.90 ^{a*}
금강	31.4	52.08 ^a	6.39 ^{ab}	18.77 ^a
	28.6	52.73 ^a	7.06 ^{ab}	21.31 ^a
	25.3	54.21 ^a	6.38 ^{ab}	21.85 ^a
	22.6	49.01 ^a	8.00 ^a	22.61 ^a
	20.7	54.00 ^a	6.27 ^{ab}	21.69 ^a
	16.0	54.81 ^a	5.00 ^b	21.83 ^a
	13.0	52.15 ^a	5.82 ^{ab}	21.72 ^a
	11.9	50.95 ^a	6.10 ^{ab}	22.40 ^a
	10.7	49.25 ^a	6.65 ^{ab}	23.17 ^a

주 1. *(p<0.05), **(p<0.01), ***(p<0.001)수준에서 유의적인 차이가 있음

주 2. ^{abcde} : column내에서 같은 알파벳은 같은 수준임

$$V1 = aM + b \dots\dots\dots(3-2-59)$$

여기서, V1 : 색도 b(-)

M : 함수율(%,w.b.)

a, b : 상수(-)

표 3-2-115. 우리밀(백중, 조경)의 함수율별 색도 특성별 보정식의 상수(a, b) 및 결정계수

상수 및 결정계수	백중	조경	금강
a	0.251	-0.289	-0.118
b	22.219	28.243	24.057
r ²	0.819	0.967	0.514

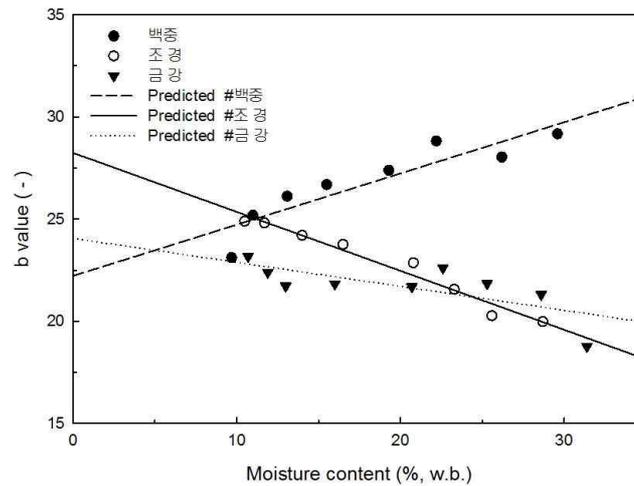


그림 3-2-94. 우리밀(백중, 조경, 금강)의 함수율이 칼라(b value)에 미치는 영향

- 우리밀인 금강밀에서 색채선별기를 이용하여 감도 등을 조정하면서 비정립(피해립 중심)의 선별가능성을 확인한 결과는 다음 표 3-2-116 및 그림 3-2-95와 같았으며, 표 및 그림에서 알 수 있듯이 1단선별로 감도 A, 감도 A에서 선별된 정품을 이용하여 감도 B로 2단선별을 실시하였으며, 2단 실시 후 최종적으로 선별한 최종불량은 2.50kg수준이었음

표 3-2-116. 금강밀의 비정립(피해립) 색채선별 결과

구 분	색채선별기의 선별 결과(kg)				
	원료	1차정품	1차불량	2차정품	2차불량
감도 A	20.00	11.22	8.78	4.50	4.28
감도 B	11.22	6.72	4.48	1.98	2.50

표 3-2-117. 금강밀의 비정립(피해립) 선별에 사용된 색채선별기 작동조건

구 분		1단 선별			2단 선별		
LED color		Red	Green	Blue	Red	Green	Blue
감 도	감도 A	410	0	180	405	0	175
	감도 B	420	0	190	415	0	185
주변광		900	100	900	900	100	700
반사광		700	100	700	700	100	700
가로사이즈		3	-	3	3	-	3
세로사이즈		2	-	2	2	-	2

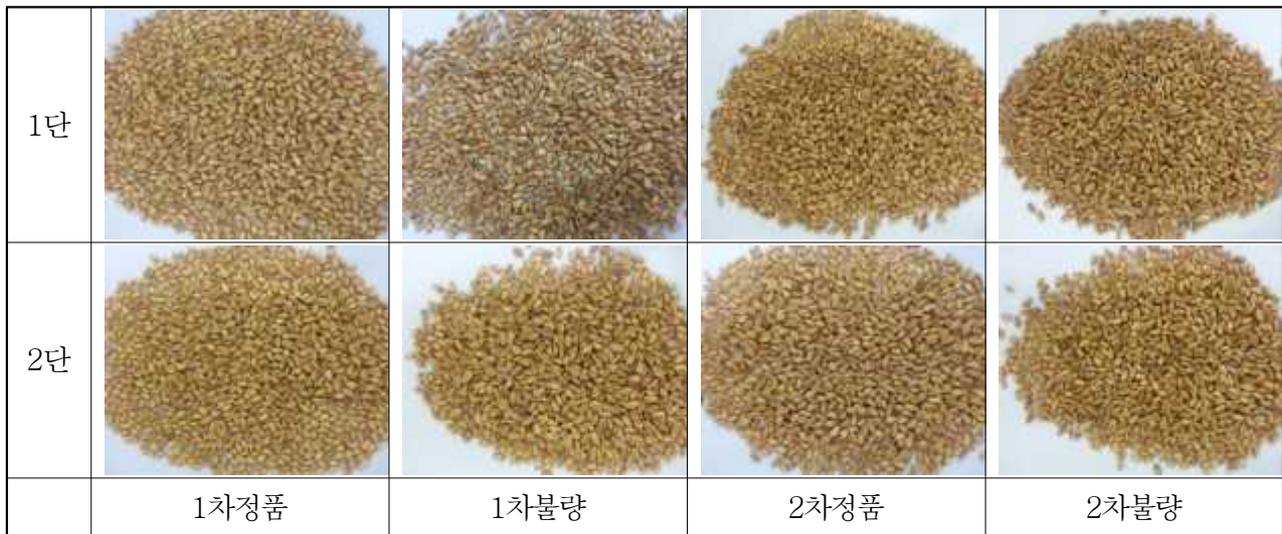


그림 3-2-95. 금강밀 비정립(피해립) 색채선별 결과

② 2차 색채선별실험

㉠ 재료 및 방법

- 우리밀과 이중곡립간의 선별가능성을 검토하기 위한 공시재료는 우리밀, 벼, 현미, 흑미 및 대두이었음. 우리밀은 2014년산 금강밀로 한국우리밀농업협동조합에서 구입하여 사용하였고, 이중곡립으로 벼와 현미는 경기과주통합RPC의 2014년산 추청을 사용하였으며, 흑미는 2014년산 신농산찰흑미로 경북예천에서 매입하였고, 대두는 2014년산 진도산으로 시중 마트에서 구입하여 공시하였음
- 우리밀의 피해립과 이중곡립의 혼입비율별로 실험하기 위하여 먼저 색채선별기를 이용하여 다음 표

3-2-118과 같은 조건으로 2~3회 우리밀의 정품과 피해립을 선별한 다음, 밀의 등급규격기준(국립 농산물품질관리원 고시 2012-64호)을 참고하여 우리밀 10kg에 피해립이 1, 2, 5, 10, 15%, 이종곡립이 0.1, 0.5, 1.0, 2.0, 3.0%가 되도록 혼입한 다음, 색채선별기를 이용하여 선별특성을 구명하였음

표 3-2-118. 우리밀(금강)에서 실험에 사용할 피해립 선별에 사용된 색채선별기 운영조건

구 분	감 도		LED color (1단선별)		
	dark	light	Red	Green	Blue
운영조건	340	560	-	-	-
주변광	-	-	100	100	900
반사광	-	-	100	100	150

- 색채선별기의 선별실험은 대구광역시 소재 iGSP(구 (주)아이디알시스템)에서 제조하여 시험용으로 설치되어 있는 색채선별기(ISORT 3G, 72채널, Full-color LED 및 Camera장착)를 이용하였으며, 감도(dark, light) 및 LED color(R, G, B) 강도 비율을 조정하면서 선별가능성을 검토하였음
- 이 때 곡물의 선별에 사용되는 형태와 같이 1차선별부에서 선별된 불량품(피해립 및 이종곡립)은 2차선별부에서 재선별하여, 2차선별부에서 선별된 불량품을 최종 불량품으로 하였고, 최종 불량품중 정품비율을 불량품중 정품비율로 하였으며, 원료 우리밀과 최종 우리밀에서의 불량품비율을 이용하여 불량품선별율로 하였음
- 또한, 각 시료의 처리에 소요되는 시간을 stop watch로 측정하여 1차선별 1채널당 처리능력(kg/hr)을 산출하였으며, 5ton/hr를 처리할 때 소요되는 채널수를 산출하였음

표 3-2-119. 우리나라 밀 등급규격

항목	최저한도		최고한도				
	형질	정립(%)	수분(%)	피해립(%)	이종곡립(%)	이물	
등급						계(%)	비린깜부기병립(1.0kg중,개)
1등	1등표준품	90.0	13.0	6.0	0.5	0.4	15
2등	2등표준품	75.0	13.0	10.0	1.0	0.6	30
등외	3등표준품	60.0	13.0	15.0	3.0	1.0	50

주) 정립은 2.4mm 줄체로 쳐서 체를 통과하지 아니하는 건전한 낱알을 말한다.



<색채선별기>



<작동장면>



<이종곡립>



<밀 정품-대두 비율별 실험>



<밀 정품-벼 비율별 실험>



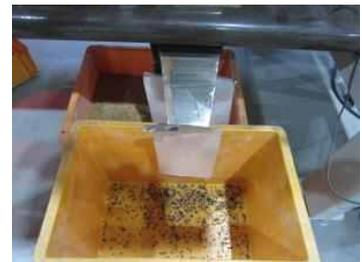
<밀 정품-흑미 비율별 실험>



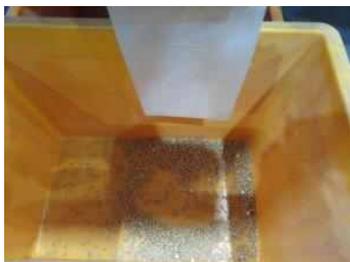
<밀 정품-현미 비율별 실험>



<피해립 선별>



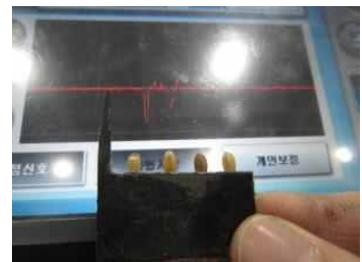
<선별장면 1>



<선별장면 2>



<선별장면 3>



<카메라 신호테스트 그래프>

그림 3-2-96. 우리밀(금강)의 색채선별기를 이용한 선별인자구명 실험장면

㉔ 결과 및 고찰

- 현재 쌀을 비롯한 곡물에 사용중인 색채선별기는 일반적으로 피더(feeder), 슈트(chute), 광원(lamp), 수광센서(주로 camera), 공압배출기(ejector) 및 제어장치로 구성되어 있으며, 피딩되는 곡물이 슈트를 통해 정량적으로 공급되면 광원으로 일정한 광을 곡물에 조사한 다음, 투과 또는 반사광을 수광센서로 검출해서 설정된 기준값과 비교하여 빛의 양이 다를 경우 공압배출기로 제거하는 선별장치임 (김 등, 2006)
- 일반적으로 선별율은 균일한 피딩, 선정된 기준값(감도), 빛 종류 및 강도, 수광센서의 분해능, 공압배출기의 성능, 노이즈방지 등이며, 이 중에서 사용자가 조정할 수 있는 운영인자는 감도, 빛의 종류 및 강도로서, 표 3-2-120는 본 연구에서 예비실험을 통해 선별실험에 사용한 감도(dark, light) 및 LED color(Red, Green, Blue) 강도비율을 1차선별부 및 2차선별부로 구분하여 나타낸 것임
- 표 3-2-121는 색채선별기를 이용하여 우리밀의 정품에 혼입된 피해립 및 이종곡립(벼, 현미, 흑미, 대두)선별특성을 나타낸 것이며, 표 3-2-122은 우리밀의 정품중 피해립 및 이종곡립의 색채선별특성 요약한 것임

표 3-2-120. 우리밀(금강) 정품과 피해립, 기타 이종곡립 선별에 사용된 색채선별기 운영조건

구 분		1단선별					2단선별				
		감도		LED color			감도		LED color		
		dark	light	Red	Green	Blue	dark	light	Red	Green	Blue
피해립	운영조건	340	560	-	-	-	340	700	-	-	-
	주변광	-	-	700	0	0	-	-	700	0	0
	반사광	-	-	350	100	100	-	-	350	100	100
벼(1차)	운영조건	0	430	-	-	-	0	445	-	-	-
	주변광	-	-	100	100	900	-	-	100	100	900
	반사광	-	-	100	100	150	-	-	100	100	150
벼(2차)	운영조건	310	470	-	-	-	310	490	-	-	-
	주변광	-	-	900	400	400	-	-	900	400	400
	반사광	-	-	350	200	200	-	-	350	200	200
현미	운영조건	0	480	-	-	-	0	490	-	-	-
	주변광	-	-	100	100	900	-	-	100	100	900
	반사광	-	-	100	100	150	-	-	100	100	150
흑미	운영조건	255	0	-	-	-	250	0	-	-	-
	주변광	-	-	700	0	0	-	-	700	0	0
	반사광	-	-	350	100	100	-	-	350	100	100
대두	운영조건	0	665	-	-	-	0	670	-	-	-
	주변광	-	-	100	100	900	-	-	100	100	900
	반사광	-	-	100	100	150	-	-	100	100	150

표 3-2-121. 색채선별기에 의한 우리밀(금강) 정품과 피해립, 기타 이종곡립 선별특성

구 분		피해립혼입비율별(%) 색채선별특성					
		1.0%	2.0%	5.0%	10.0%	15.0%	평균
피해립	실제혼입비율(%)	1.0	2.0	5.0	9.91	12.94	($r^2=0.960$)
	원료피딩량(-)	28	28	28	28	28	28
	1채널당처리능력(kg/hr)	5.43	5.49	5.55	5.55	5.55	5.51
	불량품선별율(%)	100	100	100	99.05	86.24	97.05
	불량품중정품비율(%)	3.25	3.09	3.82	2.88	3.31	3.28
구 분		이종곡립혼입비율별(%) 색채선별특성					
		0.1%	0.5%	1.0%	2.0%	3.0%	평균
벼 1차	실제혼입비율(%)	0.02	-	0.15	-	0.52	($r^2=0.929$)
	원료피딩량(-)	25	-	25	-	25	25
	1채널당처리능력(kg/hr)	5.67	-	5.83	-	5.71	5.74
	불량품선별율(%)	17.4	-	14.79	-	17.21	16.47
	불량품중정품비율(%)	3.07	-	2.32	-	1.95	2.45
벼 2차	실제혼입비율(%)	0.07	0.40	0.69	1.68	2.78	($r^2=0.921$)
	원료피딩량(-)	20	20	20	20	20	20
	1채널당처리능력(kg/hr)	4.00	4.13	4.10	3.94	3.96	4.03
	불량품선별율(%)	68	79.8	69.05	84.07	92.72	78.73
	불량품중정품비율(%)	43.8	52.7	48.0	48.0	42.0	46.9
현미	실제혼입비율(%)	0.08	0.36	0.71	1.47	2.26	($r^2=0.951$)
	원료 피딩량(-)	30	30	30	30	30	30
	1채널당처리능력(kg/hr)	8.46	8.68	8.46	8.55	8.33	8.50
	불량품선별율(%)	75.45	72.65	71.16	73.41	75.37	73.61
	불량품중정품비율(%)	2.15	2.93	1.71	2.15	2.79	2.35
흑미	실제혼입비율(%)	0.10	0.49	0.97	1.95	2.92	($r^2=0.960$)
	원료피딩량(-)	40	40	40	40	40	40
	1채널당처리능력(kg/hr)	13.12	14.49	13.89	14.88	15.43	14.36
	불량품선별율(%)	97.15	97.88	97.17	97.47	97.48	97.43
	불량품중정품비율(%)	0.16	0.56	1.09	2.16	3.46	1.46
대두	실제혼입비율(%)	0.07	0.32	0.61	1.28	1.88	($r^2=0.957$)
	원료피딩량(-)	25	25	25	25	25	25
	1채널당처리능력(kg/hr)	4.57	4.72	4.72	4.69	4.76	4.69
	불량품선별율(%)	72.65	64.02	61.33	64.11	62.65	64.95
	불량품중정품비율(%)	6.08	4.17	3.79	3.41	3.20	4.13

표 3-2-122. 우리밀의 정품중 피해립 및 이중곡립의 색채선별특성 요약

구분	피해립	이중곡립				
		벼		현미	흑미	대두
		1차	2차			
선별율(%)	97.1	16.5	78.7	73.6	97.4	65.0
불량품중 정품율(%)	3.28	2.45	46.9	2.35	1.46	4.13

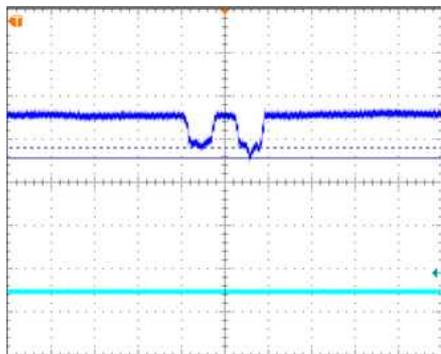
- 표에서 알 수 있듯이 우리밀 정품에 혼입된 피해립 및 이중곡립의 불량품선별율 평균치는 흑미(97.4%)>피해립(97.1%)>벼(2차, 78.7%)>현미(73.6%)>대두(65.0%)>벼(1차, 16.5%)순서이었으며, 불량품중 정품비율은 흑미(1.46%)<현미(2.35%)<벼(1차, 2.45%)<피해립(3.28%)<대두(4.13%)<벼(2차, 46.9%)순이었음
- 다음 표 3-2-123은 RPC에서 사용중인 색채선별기에 대한 성능검정기준(한국식품연구원, 2013)으로서 백미의 불량품선별율 기준은 80%, 불량품중 정품비율은 20%인 반면, 선별이 비교적 어려운 현미에서의 불량품선별율 기준은 55%, 불량품중 정품비율은 30%로 하고 있으며, 불량품선별율과 불량품중정품비율중 1항목이라도 매우미흡일 경우에는 부적합으로 판정하고 있음

표 3-2-123. RPC에서 사용중인 색채선별기의 성능검정 기준

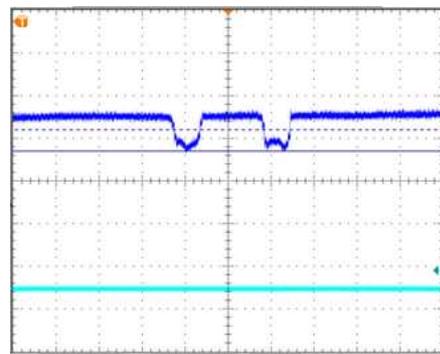
구분	성능검정항목	항목별 가중치 (A)	성능검정기준(성능가중치, B)					비 고
			매우우수 (1.0)	우수 (0.8)	보통 (0.6)	미흡 (0.4)	매우미흡 (0.2)	
현미 색채선별기	불량품선별율 (%)	0.75	85.0 이상	70.0 이상	55.0 이상	40.0 이상	40.0 미만	
	불량품중 정품비율(%)	0.25	10.0 이하	20.0 이하	30.0 이하	40.0 이하	40.0 초과	
백미 색채선별기	불량품 선별율(%)	0.75	90.0 이상	85.0 이상	80.0 이상	75.0 이상	75.0 미만	
	불량품 중 정품비율(%)	0.25	10.0 이하	15.0 이하	20.0 이하	25.0 이하	25.0 초과	

- 우리밀의 정품중 피해립과 이중곡립에 대해 백미 색채선별기 성능검정기준을 적용하면 흑미 및 피해립은 적합이상이나, 벼(1차, 2차), 현미 및 대두는 부적합으로 선별이 어려운 반면, 현미 색채선별기 기준을 적용하면 벼(1차, 2차)만이 부적합이며, 피해립, 흑미, 현미 및 대두 등은 선별이 가능할 것으로 판단되었음

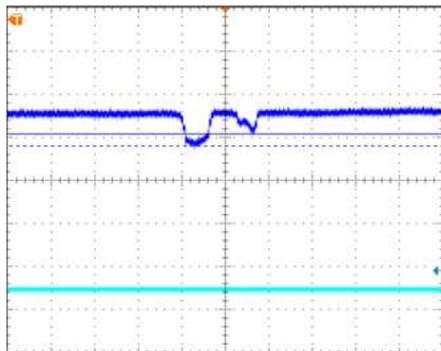
- 또한, 벼의 경우에도 1차시도는 불량품선별율이 16.5%, 불량품중 정품비율이 2.45%로서, 감도 등을 조절하여 불량품중 정품비율이 다소 높아지더라도 불량품선별율을 높이기 위한 2차시도에서 불량품 선별율은 78.7%로 높아진데 비해 불량품중 정품비율이 46.9%로 지나치게 높았음
- 그림 3-2-97은 우리밀 정품중 피해립 및 이중곡립의 선별실험에서 수광센서(camera)에서 감지된 광량차이를 전압차이로 나타낸 것으로서, 벼와 대두는 우리밀 정품과 거의 차이가 없어 피해립 (240mV), 현미(280mV), 흑미(600mV)와는 달리 선별에 한계가 있을 것으로 판단되었음
- 따라서 색채선별기를 우리밀 건조저장시설의 저장이후 선별공정에 설치할 경우, 선별이 기대되는 성상 및 이중곡립은 밀의 피해립, 현미, 흑미 등으로서 색채선별기 이외에 벼를 선별할 수 있는 선별기의 탐색이 필요하였음



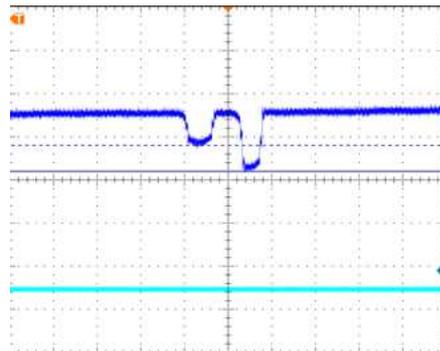
<밀 정품-밀 피해립 = 240mV>



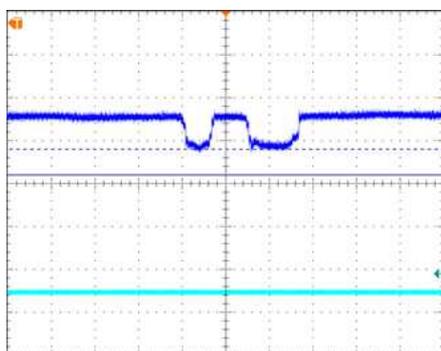
<밀 정품-벼 = 차이 없음>



<밀 정품-현미 = 280mV>



<밀 정품-흑미 = 600mV>



<밀 정품-대두 = 차이 없음>

그림 3-2-97. 우리밀의 정품과 피해립 및 이중곡립의 선별실험에서 수광센서(camera)에서의 광량(전압)차이

(나) 비중선별

① 비중선별기를 이용한 선별가능성 탐색

㉞ 재료 및 방법

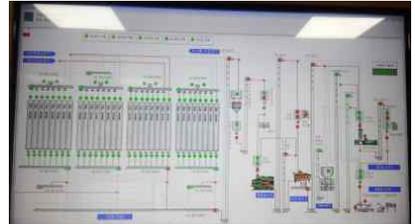
- 우리밀과 벼의 건조저장시설의 공동사용을 위해 우리밀 품종을 선별하여 보급하는 국립종자원 전북 지원(익산 소재)에서 보유중인 정밀 비중선별기를 대상으로 하여 밀에 혼입가능한 벼의 선별가능성을 탐색하였음
- 정밀 비중선별기(Forsberg Vaccum Gravity Separator Model 90-V)는 공기기류, 진동형태 및 dust free로 구성되어 있었고, 비중이 가장 큰 것부터 낮은 것까지 6단계로 선별이 가능하였으며, 정밀 비중선별기의 성능향상을 위해 비중선별 전에 정밀정선기(Model Conquest 586)을 설치하여 밀 막대 등 큰 이물질을 선별하도록 구성되어 있었음



<전북지원 국립종자원(익산)>



<전북지원 국립종자원(익산)>



<공정도>



<정밀정선기>



<정밀정선기(2.3.4번 배출구)>



<정밀정선기(휨볼량)>



<정밀정선기 매뉴얼>



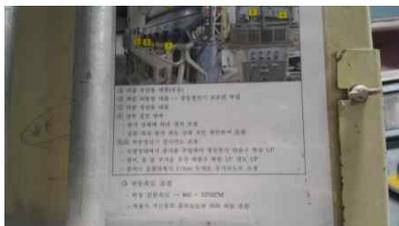
<비중선별기(정면)>



<비중선별기(옆면)>



<비중선별기(정품밀)>



<비중선별기 매뉴얼>



<비중선별기(정품밀 샘플링)>

그림 3-2-98. 국립종자원(전북지원_익산)에서의 비중선별기 우리밀(금강) 샘플링 장면

- 가능성 탐색에 사용된 원료는 국립종자원 전북지원에서 보유중인 2015년산 금강밀이었으며, 배출구 6개에서 나오는 불량품 및 정품밀을 각각 채취한 다음, 연구원으로 이송하여 혼입비율 및 비중 등 설계인자에 대해 분석하였으며, 측정방법은 전항과 동일하였음

㉔ 결과 및 고찰

- 정밀정선기 및 비중선별기에서 선별된 선별물의 종류는 다음 그림 3-2-99과 같았으며, 그림에서 알 수 있듯이 정밀정선기에서 선별된 이물질은 검은줄기, 밀막대, 덜 벗겨진 밀, 사립 및 소립이 포함되어 있었고, 비중선별기에서는 벼, 검은줄기, 밀막대, 덜 벗겨진 밀, 사립 및 소립과 정품으로 구분되어 배출되었음
- 정밀정선기 및 비중선별기에서 선별된 불량품의 비중을 측정한 결과는 다음 표 3-2-124~6와 같았고, 표에서 알 수 있듯이 덜 벗겨진 밀의 비중은 1.0262, 검은줄기는 1.2039 및 1.2193수준이었으며, 사립 및 소립의 비중은 각각 1.2191 및 1.2950수준인 반면, 정밀정선기에서 선별된 밀막대는 지나치게 가벼워 비중측정이 어려웠음
- 비중선별기에서 선별된 불량품에 대한 비중치는 밀막대가 1.0753, 덜 벗겨진 밀이 1.0482 및 1.1439, 검은줄기가 1.1986, 벼가 1.1232 및 1.2020이었고, 사립 및 소립은 1.2536 및 1.2923수준을 나타낸 반면, 이 때 정품밀의 비중은 1.3263~1.3397로서 정품밀과 불량품의 비중에는 차이가 발생하여 비중선별기를 이용할 경우 밀에 혼입된 벼의 선별가능성은 충분할 것으로 판단되었음



<정밀정선기 2.3.4번째 배출구 샘플 (검은줄기, 사립 및 소립)>



<정밀정선기 흰불량 샘플 (밀막대, 검은줄기, 덜벗겨진 밀, 사립 및 소립)>



<비중선별기 불량품중 1번째 배출구 샘플 (밀막대, 검은줄기, 벼, 덜벗겨진 밀, 사립 및 소립)>



<비중선별기 불량품 중 2번째 배출구 샘플(덜벗겨진 밀 벼, 사립 및 소립)>



<비중선별기 정품 밀>

그림 3-2-99. 국립종자원(전북지원·익산) 정밀정선기 및 비중선별기에서 채취된 샘플

표 3-2-124. 국립종자원(전북지원_익산)에서 사용중인 정밀정선기에서 채취된 샘플의 비중결과

구분	정밀정선기 (2,3,4번째 배출구)		정밀정선기 (휨불량)			
	검은줄기	사립 및 소립	밀막대	털 벗겨진 밀	검은줄기	사립 및 소립
비중(-)	1.2039	1.2950	측정불가 (가벼워서 뜸)	1.0262	1.2193	1.2191

표 3-2-125. 국립종자원(전북지원_익산)에서 사용중인 비중선별기에서 채취된 샘플(불량품)의 비중결과

구분	비중선별기 (1번째 배출구)					비중선별기 (2번째 배출구)		
	벼	검은줄기	밀막대	털 벗겨진 밀	사립 및 소립	벼	털 벗겨진 밀	사립 및 소립
비중(-)	1.2020	1.1986	1.0753	1.0482	1.2536	1.1232	1.1439	1.2923

표 3-2-126. 국립종자원(전북지원_익산)에서 사용중인 비중선별기에서 채취된 샘플(정품)의 비중결과

구분	비중선별기 (3번째 배출구)	비중선별기 (4번째 배출구)	비중선별기 (5번째 배출구)	비중선별기 (6번째 배출구)
비중(-)	1.3390	1.3286	1.3263	1.3397
	1.3263 ~ 1.3397			

② 현미분리기를 이용한 선별가능성 탐색

㉠ 재료 및 방법

- 전항에서 측정한 정밀 비중선별기는 종자용으로 사용할 우수한 밀곡립을 선별하기 위하여 사용되는 제품으로서 비교적 고가로서 우리밀과 벼의 공동 건조저장시설에 보급하기에는 다소 무리가 많은 상태로서, RPC의 현미와 벼를 선별하는 비중선별기의 일종인 저가의 현미분리기를 이용하여 선별가능성을 탐색하였음
- 실험에 사용된 현미분리기는 요동식(Ocillating type, 대구 소재 iGSP)으로 처리능력 3.0~4.5ton/hr 인 편형으로서 최상단 선별판만을 사용하였으며, 실험에 사용한 우리밀은 2016년산 금강밀(전남 영광농협 밀건조저장시설에서 구입)이었고, 벼는 실험실에서 보유한 벼(2015년산, 화성수라청농협RPC)를 사용하였음
- 우리밀 약 20kg에 빨간색 스프레이로 도색한 벼 100립을 혼합한 다음, 선별판의 경사각을 5단계로 달리하면서 투입호퍼를 통해 현미분리기로 투입하여 배출구에서 나오는 불량품 중 벼의 곡립수를 측정하여 선별율로 하였고, 그 때의 처리량 및 회전수 등을 측정하였음



- 제품명(Model) : IDPS-3500
- 처리능력(Capacity) : 3~4.5ton/hr
- 회전수(Number of revolution) 295~300RPM
- 소요동력(Power) : 1HP
- 중량(Weight) : 870kg



<현미분리기>



<금강밀 샘플>



<스프레이로 도색한 벼 샘플>



<작동장면>



<배출구 3곳>
(불량품, 되돌림, 정품)



<벼 선별장면>

그림 3-2-100. 현미분리기에서의 우리밀(금강)에서 벼선별 실험장면

㊤ 결과 및 고찰

- 다음 표 3-2-127과 같이 현미분리기에서의 5단계의 경사각 수준에서 선별율을 측정한 결과는 표 3-2-128과 같았으며, 표에서 알 수 있듯이 경사각이 2.5수준(4.5°)일 때 선별율은 88%수준이었고, 3수준(5°)에서의 선별율은 97%로 수준을 나타내었으며, 이 때 처리능력은 약 0.4ton/hr이었고, 경사각 3수준이상의 레벨에서는 원료밀이 판망체 옆으로 넘쳐 실용성이 없었음
- 이상의 결과에서 현미분리기와 같은 비교적 저가의 거친 수준의 비중선별기로도 밀에 혼입된 이중곡립인 벼의 선별 가능성을 확인하였으며, 향후 일반적인 잡곡의 선별에 사용되는 타 형식의 비중선별기를 사용할 경우 선별가능성은 더욱 높을 것으로 판단되었음

표 3-2-127. 현미분리기 경사각 수준(1~5단계)

구분	Level 1	Level 2	Level 3	Level 4	Level 5
경사각	3°	4°	5°	6°	7°

표 3-2-128. 현미분리기에서의 벼 선별결과

경사각 (°)	회전수 (rpm)	선별율(%)			중량(g, %)			처리시간 (sec)	관수 (21판)	처리능력 (ton/hr)
		불량품	되돌림	정품	불량품	되돌림	정품			
Level 3 (5°)	295	51	46	2	3,420 (20.9)	7,950 (48.6)	5,000 (30.5)	45	1	0.4
		97		-						

3. 우리밀 건조저장시설 기준개발

가. 건조저장시설기준 개발방향 설정

(1) 조사 및 설정방법

- 우리밀 건조저장시설기준 및 기본모델에 대한 유의할만한 선행연구는 찾아보기 어려운 상태로서, 우리밀 건조저장시설 등을 포함한 우리밀의 수확후 처리방법의 현황과 문제점에 대한 조사를 실시하고, 각 공정별로 실험이 필요한 사항은 실험을 통해 데이터를 확보한 다음, 약 21년째 보급되고 있는 벼 건조저장시설의 시설기준 및 기본모델을 바탕으로 우리밀 건조저장시설의 시설기준 및 기본모델을 개발하였음
- 본 연구항목에서는 1차년도(2012)부터 4차년도(2015)까지 우리밀과 관련된 농가, 건조저장시설운영자, 건조저장시설 설계 및 시공회사, 우리밀 매입업체 및 정부 등 우리밀 수확후 각 단계별로 건조저장시설에 대한 현황, 문제점 및 요구사항을 조사하였으며, 이를 바탕으로 우리밀 건조저장시설기준(안) 개발방향을 설정하였음
- 그러나 우리밀 수확후 각 단계별로 건조저장시설에 대한 현황, 문제점 및 요구사항의 조사에는 ① 우리밀 건조저장시설의 보급기간(2011년부터 시작하여 5년째)이 벼 건조저장시설(1995년부터 시작하여 21년째)에 비해 짧아 축적된 경험이 적었고, ② 건조저장시설에 필요한 기술 및 운영방법이 개발되지 않았고, ③ 수확후 처리여건이 지역별로 다소 차이가 있었으며, ④ 밀의 수확기간이 약 1주

일정도로서 벼의 약 20일에 비해 지나치게 짧았고, ⑤ 극한 제한적인 사례가 과장되게 알려져 있는 등의 원인으로 조사·분석이 어려울 뿐 아니라 중복 및 추가조사의 필요성으로 장기간이 소요되었음

- 조사내용은 현재 우리밀의 관행적인 수확후 처리방법, 산물수매방법, 고수분 및 건조밀의 판매형태, 건조저장시설의 설치 및 운영방법 등의 현황, 문제점 및 향후 우리밀 건조저장시설 방향에 관한 요구사항 등이었으며, 외국사례는 우리와 작부 및 수확체계가 비슷한 일본을 대상으로 1차년도(2012)에 주산단지인 북해도와 JA후라노를 방문 조사하여 요구사항 분석을 위한 자료로 활용하였음
- 국내의 벼 건조저장시설에 대해서는 2011년부터 매년 연구개발을 통해 발간(연구기관 : 한국식품연구원)하는 농림축산식품부의 고품질쌀유통활성화사업 기본모델을 기본으로 벼 건조저장시설 설계 및 시공사를 통해 입수한 DSC시설도서를 분석하였고, RPC를 직접 방문하여 조사하였음
- 현재까지 우리밀 수확후 단계별로 현장조사, 대면 및 설문 등을 통해 조사한 대상은 다음 표 3-2-129와 같았으며, 표에서 알 수 있듯이 조사건수는 농가 5건, 우리밀 건조저장시설 6건, 우리밀 건조저장시설 설계사 4건, 우리밀 매입회사 4건, 정부 등 총 19건이었음

표 3-2-129. 우리밀의 수확후 처리시설 및 운영방법 조사대상

구분	업체명	소재지	업체개요	밀 취급물량	비고
농가	농가1	충남서천	▪ 우리밀 건조시설보유	▪ 15톤(2013, 예정)	
	농가2	충남서천	▪ 우리밀 건조시설보유	▪ 6.5톤(2013, 예정)	
	농가3	충남서천	▪ 우리밀 건조시설보유	▪ 5톤(2013, 예정)	
	농가4	충남서천	▪ 우리밀 건조시설보유	▪ 15톤(2013, 예정)	
	농가5	충남서천	▪ 우리밀 건조시설보유	▪ 6.5톤(2013, 예정)	
건조저장 시설 및 업체 건조저장 시설	한국우리밀 농업협동조합	광주광역시	▪ 밀전용 건조저장시설 ▪ 농민자체건조 ▪ 우리밀 가공시설 지원사업(10)	▪ 12,800톤(2012) ▪ 4,300톤(2013, 예정)	
	합천우리밀 영농조합	경남합천	▪ 밀전용 건조저장시설 ▪ 우리밀살리기운동 발원지 ▪ 지역농업특성화사업(조경)	▪ 1,300톤(2012) ▪ 1,000톤(2013, 예정)	
	익산보석우리 밀영농조합	전북익산	▪ 밀전용 건조저장시설	▪ 450톤(2013) ▪ 900톤(2012)	
	(유)농업법인 군산우리밀	전북군산	▪ 밀전용 건조저장시설	▪ 650톤(2013)	
	김제우리밀 영농조합	전북김제	▪ 밀전용 건조저장시설	▪ 1000톤(2013) ▪ 4000톤(2012) ▪ 5300톤(2011)	
	영광농협밀 건조저장시설	전남영광	▪ 밀전용 건조저장시설	▪ 1,200톤(2015) ▪ 1,900톤(2016)	
시설회사	협동 엔지니어링	서울	▪ RPC 및 DSC 시설전문회사 ▪ 우리밀, 잡곡 건조저장시설, 가공시설 시설업체		
	대주종합 기술단	서울	▪ RPC 및 DSC 시설전문회사 ▪ 우리밀, 잡곡 건조저장시설, 가공시설 시설업체		
	푸른 엔지니어링	서울	▪ RPC 및 DSC 시설전문회사 ▪ 우리밀, 잡곡 건조저장시설, 가공시설 시설업체		
	보람이엔지	서울	▪ RPC 및 DSC 시설전문회사 ▪ 우리밀, 잡곡 건조저장시설, 가공시설 시설업체		
우리밀 매입업체	라이스플라자 (계화실업)	전북부안	▪ 벼, 밀 및 보리 취급 ▪ 우리밀 저온저장보관 ▪ 설립(1995), RPC인정(2012)	▪ 132톤(2011) ▪ 28톤(2012)	
	농협회사법인 청맥	전북고창	▪ 밀짚가공업체 ▪ 잡곡 가공유통업체	▪ 120톤(년)	
	CJ제일제당	서울	▪ 건강, 즐거운, 편리를 창조하 는 글로벌 생활문화기업		
	SPC(밀다원)	세종	▪ 곡물가공 전문기업		

(2) 수확후 단계별 요구사항

- 다음 표 3-2-130는 조사결과를 이용하여 우리밀 수확후 관리단계별 문제점 및 요구사항을 정리한 것으로서, 표에서 알 수 있듯이 우리밀 건조저장시설은 우리밀에 대한 체계적인 연구가 없는 상태에서 2011년부터 보급되기 시작하였으며, 특히 보급초기인 2011년부터 2013년까지는 벼 건조저장시설지원사업을 통해 지원됨에 따라 우리밀 건조저장시설의 설치 및 운영이 수확후 처리방법 및 물성에 차이가 많은 벼와 동일하게 진행되어 사일로 붕괴 등 효율적이지 못한 사례발생은 물론, 우리밀 매입회사의 불만을 초래하였음
- 수확후 각 단계별 요구사항에 대해 정리하면, 먼저 우리밀 재배농민은 ① 매년 균일하지 않는 밀 수매가격으로 인해 차기년도 재배할 작물(밀 또는 보리 등)선택의 어려움, ② 밀 수확시기(약 6월 10일에서 1주일, 기상여건별, 지역별, 재배농가별로 차이발생)가 벼 이앙시기, 태풍 및 장마철과 겹치지 않도록 조정의 어려움, ③ 밀 건조저장시설의 산물수매 미실시로 바쁜 벼 이앙기에 농가에서 우리밀을 건조해야하는 어려움 해소가 필요하다고 하였음
- 우리밀 건조저장시설에서는 ① 원료확보 및 건밀 판로확보가 가장 큰 문제로 안정적인 수급에 대한 제도적인 지원 필요성, ② 짧은 밀 수확시기에 태풍 및 장마철과 겹치는 경우가 많아 부족한 건조시설로는 반입 우리밀의 건조가 불가능하여 농민 불만해소 한계, ③ 정부사업비(6억원, 9억원 등)에 비해 실제 시설에 과다한 사업비가 소요되어 정부사업비 현실화 필요, ④ 우리밀 산물수매체계(수분측정, 정선지수 및 건조지수 등) 미구축으로 고수분 밀은 물론 건밀 수매시에도 실중량거래 한계, ⑤ 사일로 붕괴 등에 따라 시설에 대한 불신, 설치된 시설이 우리밀에 맞지 않아 잦은 보완이 필요하다는 어려움 해소가 필요하다고 하였음
- 우리밀 건조저장시설의 설계 및 시공업체는 ① 우리밀 건조저장시설의 시설설계 및 시공에 필요한 시설인자에 대한 신뢰할만한 연구결과가 없고, ② 사일로 붕괴, 잦은 시설 보완요구 등으로 사업추진에 대한 불안감 해소가 필요하다고 하였음
- 우리밀 매입업체에서는 ① 우리밀 품질이 외국산에 비해 낮은 반면 가격은 높아 우리밀 사용 확대에 한계, ② 우리밀이 생산농가가 소규모로서 원맥의 품종순도 및 품질차이가 심하고, ③ 밀 건조저장시설에서 외국산 수준의 균일하면서 높은 품질의 원맥을 제공필요, ④ 일부사례이나 현재 정부의 밀 등급규격기준보다 세부적인 등급규격기준을 제정 등이 필요하다고 하였음
- 정부에서는 우리밀 자급기반 확충 및 산업 경쟁력제고를 목표로 우리밀 건조저장시설을 지원하고 있으나, ① 당초 지원목적을 충분하게 달성할 수 있는 여건조성 지연해소, ② 지원에 필요한 기본모델 확보로 시설의 기술적 타당성 확보, ③ 사업규모별 적정 사업비기준, 시설 기준 등 실제 보급효과를 기대할 수 있는 실용적인 자료 확보 등이 필요하다고 하였음

표 3-2-130. 현재까지의 조사결과에 따른 우리밀 수확후 단계별 현재 문제점 및 개선요구사항

구분	문제점 및 개선요구사항
원맥 생산농가	<ul style="list-style-type: none"> · 밀 가격이 안정적이지 않아 품목(밀 또는 보리)선택 및 재배여부 판단에 한계 · 밀 수확시기가 벼 이앙시기와 겹쳐 수확시기, 함수율 등 건조저장시설 요구 수용 한계 · 벼 이앙시기에 지나치게 바빠 건조저장시설에서 산물수매 및 건조실시 요망
원맥 건조저장 시설	<ul style="list-style-type: none"> · 밀 및 보리가격에 따라 농민의 선택이 달라져 매년 처리물량 계획 및 조절에 한계 · 판매처가 제한되어 판로에 한계 · 기상여건에 따른 반입함수율 변동과 건조능력한계로 산물수매 한계 · 수분측정, 정선지수 및 건조지수 등 산물수매체계의 미구축으로 실중량거래 한계 · 정부지원 사업비가 실제 소요금액을 반영하지 못해 시설설치시 자부담 증가 · 반입, 건조, 저장 등에 관한 전문시설업체가 없어 시설의 효율적 설치 및 운영한계
건조저장 시설 시설, 시공업체	<ul style="list-style-type: none"> · 건조저장시설 시설 및 시공에 필요한 신뢰할만한 시설인자 확보 한계 · 건조저장시설에서의 경험에 의한 시설요구 · 체계적인 성능검정, 성능검사 등 성능위주 체계 미구축
원맥 매입회사	<ul style="list-style-type: none"> · 품질 및 수율 등이 우수한 외국산에 비해 원맥단가가 지나치게 고가 · 소규모 원맥생산체제로 산지별/농가별 단백질, 천립중 등 원맥품질 차이 심대 · 균일한 품질(수분, 변색미, 이취, 해충, 제분수율 등)의 원맥확보 한계 · 가격이 적절하면서 품질이 일정수준 이상인 원맥 구입 희망 · 보다 세부적인 우리밀 등급규격기준의 제정 필요
정 부	<ul style="list-style-type: none"> · 농림축산식품사업(9. 발작물공동경영체 육성지원)중 맥류 건조저장시설지원에 활용할 수 있는 기본모델 필요 · 시설방향, 기술적 가능성 및 투자 효율성 등에 대한 확신 필요 · 사업규모, 사업비규모, 시설구비사항, 소요동력, 소요공간 등 정책사업 추진에 필요한 기술자료 확보 필요

(3) 우리밀 건조저장시설기준(안) 설정방향

- 우리밀 건조저장시설이 벼 건조저장시설에 비해 설치 및 운영상 불리한 특성은 ① 우리밀 수확시기가 벼 이앙시기와 태풍 및 장마기간과 겹쳐 반입함수율이 높아질 가능성, ② 약 1주일에 불과한 수확기간, ③ 건조목표함수율이 13%로 낮은 등으로 과도한 건조능력이 필요하며, ④ 우리밀은 외기 온도가 높은 하절기 저장이 불가피하여 바구미 등 해충발생을 제어하기 위한 훈증 또는 냉각저장이 필요 등임
- 이와 같은 불리한 우리밀의 품질특성과 함께, 각 수확단계별 요구사항을 고려할 때 우리밀 건조저장 시설 기준설정 방향(안)은 다음 표 3-2-131과 같이 ① 고순도 원맥, ② 균일품질의 원맥, ③ 용도별 원맥, ④ 적정가격 원맥 등을 공급할 수 있는 방향으로 설정되는 것이 필요함

- 그러나 우리밀이 현재는 수입밀의 일부를 대체하는 수준으로서 우리밀 판매처가 한정되어 있어 건조 저장시설에서 자체적인 품질, 가격 등의 결정권이 낮아질 수밖에 없는 실정이며, 시설의 과대투자는 채산성악화가 발생할 우려가 있어 정부지원 건조저장시설의 시설기준 및 기본모델 개발시 이의 고려가 필요하다고 판단되었음

표 3-2-131. 우리밀의 건조저장시설 모델의 기준설정 방향(안)

구분	내 용
고순도 원맥	<ul style="list-style-type: none"> · 밀의 순도유지를 위한 종자공급 <ul style="list-style-type: none"> - 품종별 국립종자원 보급 품종을 과중 등 · 이력추적 체계구축 <ul style="list-style-type: none"> - 향후 과제로 전자지도화, RF tag, 자동반입체계 등) · 품종별 구분처리가 가능한 반입, 건조, 저장시설 확충
균일품질 원맥	<ul style="list-style-type: none"> · 산물수매가 가능한 충분하고 높은 성능의 반입, 건조, 저장시설의 확충 <ul style="list-style-type: none"> - 사용시기가 다른 반입, 건조시설은 벼와 공동활용, 저장시설은 벼와 보관주기를 고려하여 추가확충 등 · 효율적인 시설의 운영을 위해 품질관리 기술확보 및 교육 필요
용도별 원맥	<ul style="list-style-type: none"> · 밀가루 및 통밀가루제조, 밀쌀제도 등 용도별로 원맥 구분처리 <ul style="list-style-type: none"> - 맥강사용시 혼증제 사용지양을 위한 저온저장시설 설치 · 목적별 외관품질 등급화 시설설치 <ul style="list-style-type: none"> - 색채선별기, 비중선별기 등
적정 가격 원맥	<ul style="list-style-type: none"> · 품종별, 등급별로 구분처리 <ul style="list-style-type: none"> - 산물수매 및 실중량거래체계 구축 · 매입처에서 요구하는 품위 및 품질원맥 공급체계 구축 <ul style="list-style-type: none"> - 칼라 및 비중선별시 비정립의 적정 활용방법 구상 · 벼와 공동시설화 등에 의해 시설투자비 절감

나. 각 공정별 시설기준 요소인자 선정

(1) 선정방법

- 전항에서 조사한 우리밀 수확후 단계별로 19개소에 대한 조사결과, 각 공정별 설계인자 구명 등 현재까지의 연구결과와, 정부양곡의 산물수매가 시작된 1995년부터 RPC에서의 산물수매 현황 및 관련기술은 물론 농협미곡종합처리장시설기준(2001, 농협중앙회), 고품질쌀유통활성화기본모델(2015, 농림축산식품부, 붙임자료 참조) 등과 같은 기준에 대한 조사결과 등을 참고하여, 우리밀 건조저장시설의 시설·시공 및 단위기계제작, 산물수매, 건조저장시설 운영을 위해 필요한 요소인자를 정리하였음

- 약 21년에 걸쳐 보급되면서 현재까지도 관련연구가 체계적으로 진행되고 있는 벼 건조저장시설에 비해, 2011년부터 보급되기 시작하여 5년째에 불과한 우리밀 건조저장시설은 이제 시작단계로서, 본 연구에서는 정리된 요소인자중에서 현재의 우리밀의 재배여건, 건조저장시설의 설치 및 운영수준, 농민, 시설 및 업체와의 거래관행, 연구결과 및 축적된 경험 등을 종합적으로 고려하여 현시점에서 바로 적용이 필요한 우리밀 건조저장시설의 설계인자 및 산물수매에 필요한 인자중심으로 요소인자를 선정하였음

(2) 시설기준 요소인자

- 우리밀은 기상여건, 지역 및 품종별로 차이는 있으나 통상 6월 10일경부터 약 1주일 동안 콤바인으로 수확되어, 산물수매(건조저장시설로 반입되어 반입-조선-계량-건조-저장(-선별)-출하)되거나, 농가건조(농가 건조-건조저장시설 반입-조선-계량-저장(-선별)-출하)하는 방식으로 처리됨
- 저장 후의 선별공정은 현재 우리밀 건조저장시설에서는 없는 공정으로 전항에서 조사한 ① 우리밀 매입회사의 균일한 품질의 원맥제공 요청에 필요하고, ② 건조저장시설의 우리밀 및 벼의 공동사용에 필요한 공정으로 포함한 것임
- 다음 표 3-2-132는 우리밀 건조저장시설의 시설기준(안) 개발에 필요한 요소기술을 약 7개 공정에 걸쳐 정리한 것으로서 요소기술은 건조저장시설 설계인자, 산물수매에 필요한 인자 및 건조저장시설 운영에 필요한 인자 등 약 30항목에 달하고 있음
- 반입예약제는 건조저장시설의 처리능력을 최대한 확보하고, 품종별 구분처리를 위해 절대적으로 필요한 항목이나 수확기간이 지나치게 짧아 적용에 한계가 있으며, 감모기준은 우리밀 건조저장시설의 효율적인 운영 및 산물수매를 위해 절대적으로 필요한 항목이나 우리밀 건조저장시설에서 산물수매가 체계적으로 진행되지 않는 상태로서 본 연구에서는 일부 항목에 대한 측정치만을 제시할 수밖에 없어 향후 추가 연구가 필요함
- 건조공정의 호화특성 및 경도는 고수분 밀의 반입시 어려움으로 예상되었던 건조과정중의 caking발생여부를 위해 확인이 필요한 인자이며, 이 외에도 조선공정의 집진량 및 particle size는 집진기를 시설할 때의 각 집진개소별 필요한 송풍량($m^3/min/개소$)과 이 때 집진대상이 되는 분진의 크기 등도 산물수매가 정착되고 반입함수율, 조선 등의 운영조건이 정립되면 그 결과에 따라 조정 또는 추가연구가 필요한 항목임

표 3-2-132. 우리밀 건조저장시설의 시설기준설정에 필요한 요소기술

공정	대상시설	용도별 시설인자			비 고
		건조저장시설 설계인자	산물수매에 필요한 인자	건조저장시설 운영에 필요한 인자	
반입부	반입	· 투입구		· <u>반입예약제</u>	
	조선	· 풍력선별기 · 조선기 · 집진기	· 종말속도 · 기하학적선별인자	· 조선율 (정선지수) · 이물질중 정립비율	· <u>집진량</u> · <u>Particle size</u>
	계량	· 호퍼스케일	· 건조지수 · 수분측정정도	· 수분측정오차 (감도)	
건조부	· 순환식건조기	· 건감율 · 건조함수율 (등급기준)	· 건조능력		· 호화특성 · 정도
저장부	· 사일로 · 산물평창고	· 송풍저항 · 다짐계수		· 저장온도별 저장기간	
선별출하부	· 색채선별기 · 비중선별기	· 칼라선별인자 · 비중선별인자		· 불량품중 정립비율	
기타	· 탱크류 · 슈트류 · 이송시설 등	· 산물밀도 · 안식각 · 비중 · 용적중 · 천립중		· <u>감모기준</u>	

주) -친 항목은 향후 추가 연구 또는 산물수매제도의 정착이후 제도정립이 필요한 항목

참고자료 : (2015년 고품질쌀유통활성화사업 기본모델, 농림축산식품부)

벼 건조 · 저장시설 기본모델

가. 건조 · 저장시설 설치 기본방향

- 정부의 “건조 · 저장시설 지원”의 지원목적에 부합되는 시설방향
- 안전한 고품질의 원료벼를 공급할 수 있는 시설방향

참고자료 표 1. 건조, 저장된 가공 원료벼의 품질기준

항 목	최소기준	이상적 기준	근 거
함수율	15%	15%	
동할율	5%이하	2%이하	단위기계 성능검정 기준 준용
발아율	80%이상	95%이상	식품연(2004), 全農施設資財部(1973) 이상적인 발아율 : 95%
지방산가	20이하	10이하	식품연(2004), 全農施設資財部(1973) 수확후 신선한 벼 : 10이하

나. 건조 · 저장시설의 처리능력

- 실반입능력 : 10, 15톤/개소/시간으로 연간 2,000톤, 3,000톤 반입가능
 - 시설 처리능력은 20, 30톤/시간이고, 실 처리량은 10, 15톤/시간(조사결과)이며, 1일 10시간 및 연중 20일 반입 기준임
 - 실 반입능력 및 농가간 구별 등을 감안한 처리능력 수준임

참고자료 표 2. 시설능력 20톤/시간인 10개소 RPC의 반입시설의 실제 반입능력 측정결과

RPC	반입능력(ton/hr)	RPC	반입능력(ton/hr)
A	12.0	F	15.5
B	14.5	G	14.0
C	13.6	H	13.9
D	10.9	I	12.7
E	7.3	J	12.6
평균			12.7

- 조선키의 이물질선별율 등에 따라 투입속도를 조절함에 따라 반입능력에 차이가 발생함
- 최근 30톤/시간의 처리능력을 가진 시설이 설치중이나 운영조건에 따라 차이가 심함

○ 건조능력 : 순환식건조기 등 건조전용시설의 건조능력은 다음과 같이 산정함

참고자료 표 3. 순환식건조기 종류별 건조능력 계산방법

항 목	계 산 방 법				
전제조건	<ul style="list-style-type: none"> · 원료 벼의 함수율 : 24.0% · 건조 후의 함수율 : 16.0% · 연중 건조가능 일수 : 25일 				
순환식 건조기	<ul style="list-style-type: none"> · 1일 가동시간 : 20시간 · 평균 건감율 : 0.8%/hr(20톤/배치), 0.67%/hr(30톤/배치) -성능검사결과 · 곡물투입·배출시간 : 반입능력에 따라 결정 · 산출공식 : 기당용량(톤)×기기대수× X 회전×25일 · 투입시설능력별 건조기 처리능력(톤/년/기당) 				
	건조기 처리능력		반입시설능력		비 고
	용량	소요 시간	20톤/시간	30톤/시간	시설기준
	20톤/B	투입, 배출	3시간	2시간	실 처리량 기준
		건 조	10시간	10시간	함수율24%→16%
		1회전 시간	13시간	12시간	
		1일 회전수	1.5회전	1.6회전	1일 20시간 기준
		년간 건조량	750톤/년	800톤/년	25일/년
	30톤/B	투입, 배출	4.5시간	3시간	실 처리량 기준
		건 조	12시간	12시간	함수율24%→16%
		1회전 시간	16.5시간	15시간	
		1일 회전수	1.2회전	1.3회전	1일 20시간 기준
년간 건조량		900톤/년	975톤/년	25일/년	

○ 저장능력 : 실제 저장가능한 체적과 산물밀도의 곱으로 계산함

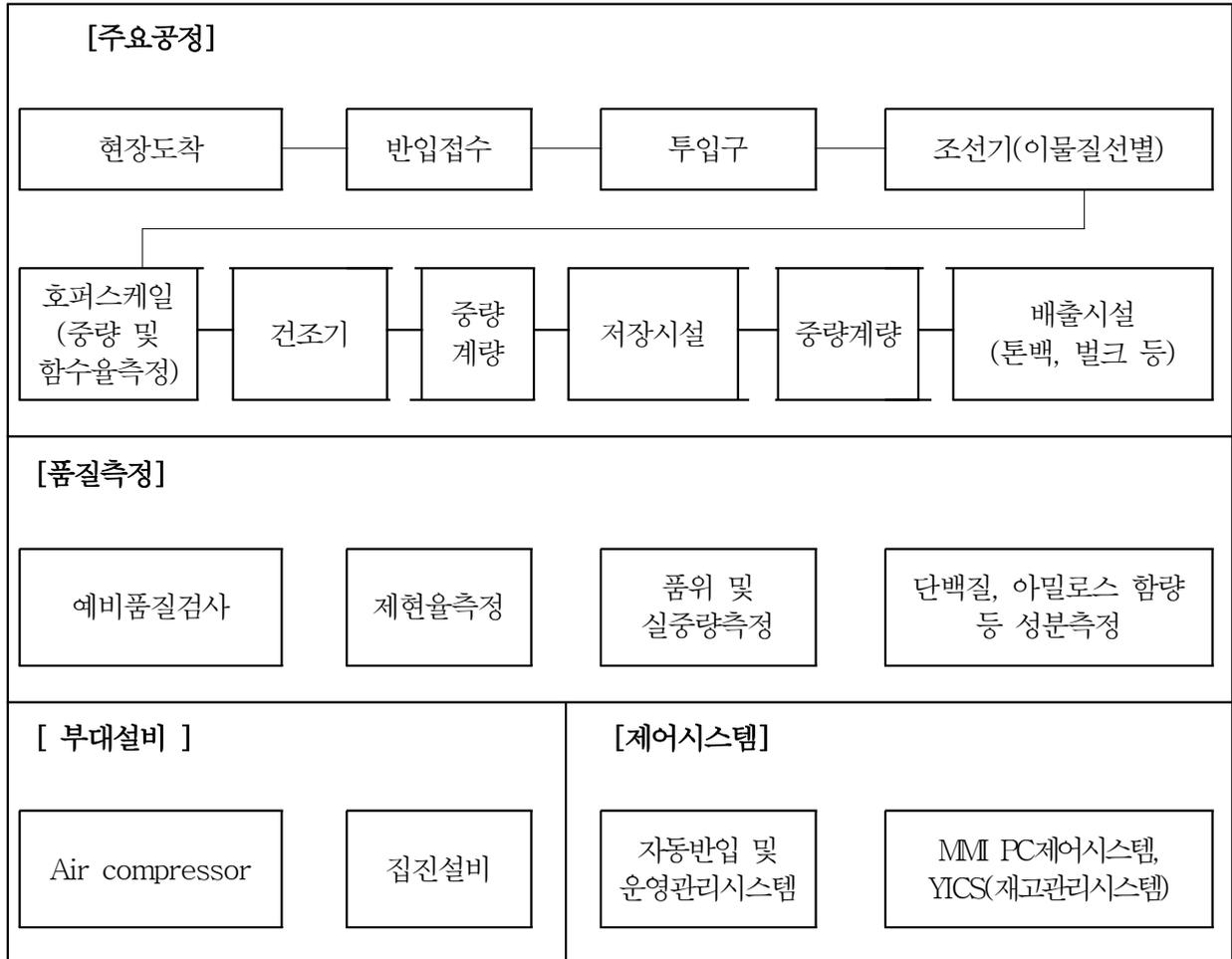
- 산물밀도는 결실율, 품종, 함수율에 따라 차이가 발생하나 현재 시설에 사용중인 산물밀도는 다음과 같음

= 615kg/m³(농협 미곡종합처리장 시설기준)

= 580kg/m³(농협 재고량 측정방법)

다. 건조·저장시설의 주요공정

- 건조·저장공정은 반입, 건조, 저장 등 5개 주요공정과, 이들을 연결하는 이송시설, 설비 및 제어시스템, 품질측정장치 등으로 구성됨



참고자료 그림 1. 기본 건조·저장공정

라. 건조·저장시설지원의 구성 및 설치

- 최소 설치규모
 - 통합 : 저장능력이 1,000톤이상 되도록 설치하되 기타시설은 필요시 설치
 - 일반 : 저장능력이 800톤이상 되도록 설치하되 기타시설은 필요시 설치
 - 저온 : 저온 저장능력이 400톤이상 되도록 설치
- 기계·장비별 설치기준
 - 입·출고시설 : 기계적으로 일괄처리가 가능하고 입고되는 산물의 중량 및 수분이 자동으로 측정되는 구조
 - 건조시설 : 순환식건조기 등 건조 전용시설

- 저장시설 : 산물형태로 연간 안전하게 저장할 수 있도록 단열처리(우레탄단열재 벽체 50mm이상 및 천장 70mm이상 또는 이와 동등효과 이상)되었고 저장 중 식미유지 및 관리가 가능한 구조
- 자동제어시설 : 입고, 건조, 저장, 출고, 곡온관리 등 일련의 작업을 자동으로 운영관리(제어)할 수 있는 구조
- 품질검사장비 : 원료투입시설과 연계되어 벼 수매과정에서 품질을 객관적으로 평가할 수 있는 장비류(품위측정기, 체현율측정장치, 시료건조기, 함수율측정기 등)
- 저온저장시설 : 단열처리(우레탄단열재 벽체 70mm이상 및 천장 100mm이상 또는 이와 동등효과 이상)와 냉각시설 또는 장치가 설치되어 벼를 연중 15℃이하로 저장할 수 있고 저장 중 식미유지 및 관리가 가능한 창고(6m이상) 또는 사일로 형태 등의 구조

○ 건조·저장시설 지원의 지원내역은 다음 표 4와 같음

참고자료 표 4. 건조·저장시설 지원의 세부지원내역

구 분	세부내용	
	기본사항	선택사항
통합	저장시설 (1,000톤 이상)	건조기, 원료투입시설, 출고시설, 냉각장치, 자동제어시설, 자동반입관리시스템, 품질검사장비(벼 수매용) 등
일반	저장시설 (800톤 이상)	건조기, 원료투입시설, 출고시설, 냉각장치, 자동제어시설, 자동반입관리시스템, 품질검사장비(벼 수매용) 등
저온	저장시설(400톤 이상), 냉각장치	-

○ 건조·저장시설의 기본내역은 다음 표 5와 같으며, 처리물량 계획에 따라 변경될수 있음

참고자료 표 5. 건조·저장시설의 기본내역

저장시설	반입시설 (시설처리능력기준)	건조시설
800톤 이상	20톤/시간	20톤/B × 2기 또는 30톤/B × 1기
	30톤/시간	20톤/B × 1기 또는 30톤/B × 1기
1000톤 이상	20톤/시간	20톤/B × 2기 또는 30톤/B × 2기
	30톤/시간	

○ 건조·저장시설의 건축/토목에 필요한 기준소요면적은 다음과 같음

참고자료 표 6. 건조·저장시설 지원에 필요한 기준소요면적

구 분		소요면적(평)	
원료반입시설	반입능력	20톤/시간	30톤/시간
	원료투입건축물	48	50
	집진시설 패드	19	19
	소 계	67	69
건조시설	건조능력	20톤/기	30톤/기
	건조기패드	12	15
	소 계	12	15
사일로(평타입)	저장능력	400톤	500톤
	사일로타워피트	3	3
	사일로기초	48	57
	송풍실	8	8
	건조출하탱크패드	10	10
	소 계	69	78
사일로(호퍼식)	저장능력	400톤	
	사일로타워피트	3	
	사일로기초	24	
	건조출하탱크패드	10	
	소 계	37	

마. 건조·저장시설지원의 지원 기준금액

○ 건조·저장시설의 설치에 필요한 지원금액의 기준은 다음과 같음

참고자료 표 7. 건조·저장시설 지원 기준금액(천원)

구 분	조사년도	2010년	2011년	2012년	2013년	2014년	비 고
	공사년도	07~09	10	11	12	13	
원료투입 시설	20톤/시간	443,447	479,371	479,371	479,371	479,371	
	연도별 증가율(%)		7.5%	0.0%	0.0%	0.0%	
	30톤/시간	519,949	544,233	572,519	572,697	573,046	
	연도별 증가율(%)		4.5%	4.9%	0.03%	0.06%	
건조시설	20톤/배치	81,121	81,121	81,121	81,121	81,121	
	연도별 증가율(%)		0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
	30톤/배치	91,234	93,926	95,735	96,082	98,051	
	연도별 증가율(%)		2.9%	1.9%	0.4%	2.0%	
저장시설	400톤(평)	248,310	260,300	260,300	256,707	254,466	
	연도별 증가율(%)		4.6%	0.0%	-1.4%	-0.9%	
	500톤(평)	291,001	282,751	299,266	295,539	295,949	
	연도별 증가율(%)		-2.9%	5.5%	-1.3%	0.1%	
	300톤(호퍼)		213,797	213,797	213,797	213,797	
	연도별 증가율(%)			0.0%	0.0%	0.0%	
	400톤(호퍼)	214,325	224,522	225,796	225,796	225,796	
	연도별 증가율(%)		4.5%	0.6%	0.0%	0.0%	
	500톤(호퍼)		225,225	226,224	226,224	226,224	
	연도별 증가율(%)			0.4%	0.0%	0.0%	

다. 각 공정별 시설기준(안)

(1) 반입공정 시설기준(안)

(가) 반입함수율

- 반입함수율 기준은· 우리밀 수확시기의 결정은 물론 건조시설의 설계기준이 되는 중요한 인자로서, 반입함수율 기준이 과도하게 높게 설정될 경우 시설의 과대투자를 초래할 수 있으며, 지나치게 낮게 설정될 경우에는 건조시설부족으로 산물수매가 불가능해짐
- 본 연구에서 우리밀 반입함수율기준(안)은 우리밀 건조저장시설에 반입되는 우리밀 함수율의 실측치, 문헌조사 및 건조저장시설운영자 의견을 종합적으로 취합하여 결정하였음
- 우리밀의 반입함수율에 대한 실측치는 2013년, 2014년 및 2016년 수확기동안 경남합천, 충남서천, 전북익산, 전북군산, 전북김제, 전남영광 등 총 6개 지역에서 우리밀 건조저장시설에 반입되는 우리 밀과, 농가에서 수확되는 우리밀을 대상으로 함수율을 측정한 결과, 반입되는 함수율은 평균 20.6%(10.5~41.9%)이었고, 이 중에서 건조저장시설에 반입되는 우리밀 함수율은 10.5~31.4%인데 비해 농가(충남서천)에서 건조되는 우리밀의 함수율은 25.3~41.9%으로서 대단히 높았음

표 3-2-133. 우리밀 건조저장시설 및 농가에 반입되는 우리밀의 반입함수율

구 분	2013년		2014년			2016년	평 균
	경남합천	충남서천	전북익산	전북군산	전북김제	전남영광	
측정시료수(-)	258	5	20	4	10	78	-
반입함수율범위(%)	10.5~31.4	25.3~41.9	16.9~21.7	20.8~26.8	11.8~14.5	11.3~24.2	-
반입함수율평균(%)	16.7	36.2	19.3	23.8	12.8	14.6	20.6

- 우리밀 건조저장시설을 장기간 운영한 운영자에 대한 면담조사 결과, 우리밀 수확기에 장마 및 태풍이 겹치는 경우와 그렇지 않는 경우가 많아 단정하기는 어렵지만 벼와 유사한 수준이 적절할 것이라는 의견이었음
- 벼의 경우 RPC가 보급되기 시작한 1992년부터 반입함수율기준을 24%로 설정하여 왔으나, 최근 콤바인의 성능개선으로 낙곡발생이 적고, 고품질 쌀 생산을 위해 VI(Value Index)가 최대가 되면서 서리에 의한 동할발생을 피할 수 있는 함수율인 20±2%정도가 적합하다는 연구보고(김 등, 2014)도 있으며, 실제 RPC에서도 24%이상의 고수분 벼의 반입을 기피하는 경우가 증가하고 있음

- 우리밀 건조저장시설 및 농가 반입밀의 함수율 조사, 문헌조사, 건조저장시설 운영자의 경험 및 의견은 물론, 벼 반입함수율 관련 현황 및 기준, 투자비용 등을 종합적으로 고려할 때 벼와 유사수준인 24%로 선정하는 것이 타당할 것으로 판단되어 24%를 우리밀 반입함수율기준(안)으로 제시함

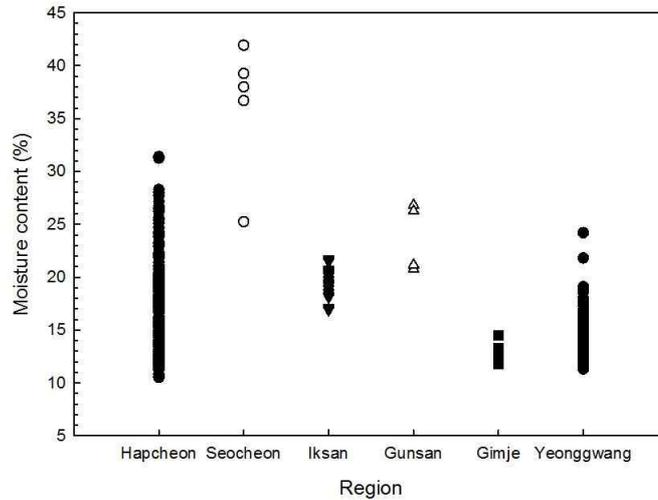


그림 3-2-101. 우리밀 건조저장시설 및 농가에 반입되는 우리밀의 반입함수율의 빈도수

(나) 실반입능력

- 투입구의 반입능력(투입능력)은 우리밀 건조저장시설의 산물수매 물량의 결정은 물론, 필요한 투입구 개소수를 결정하는데 필요한 요소인자로서, 투입구의 반입능력은 투입구와 연결된 조전기, 호퍼스케일 및 이송시설의 처리능력 및 운영조건은 물론, 농가간의 구분 및 청소 등 운영조건에 따라 차이가 발생하게 되므로 설계능력과 실제 반입능력(실반입능력)은 구분하여 사용하며, 설계기준 요소인자로는 실반입능력이 사용됨
- 우리밀 건조저장시설의 실반입능력기준(안)은 우리밀 건조저장시설에서 실반입량을 측정된 측정치를 바탕으로 벼의 실반입능력기준을 참고하여 결정하였음
- 우리밀 건조저장시설에서 실반입량은 2014년 6월 수확기동안 전북익산, 전북군산, 전북김제 및 2016년 6월 수확기동안 전남 영광 총 4개 지역에서 호퍼스케일에서 측정되는 시간과, 그 시간동안 계량된 중량값을 이용하여 시간당 최대반입능력(ton/hr)을 산정하였고, RPC에서 농가당 구분 및 청소 등을 위한 운영에 필요한 운영효율 80%를 시간당 최대반입능력에 반영하여 실반입능력(ton/hr)을 계산한 다음, 1일 10시간, 연간 7일 반입기준으로 1일당 실반입능력(ton/day) 및 연간 실반입능력(ton/yr)을 산정한 결과는 다음 표 3-2-134와 같음
- 벼의 경우 RPC 보급초기에는 설계능력 20ton/hr규모의 투입시설이 보급되었지만 쪽정이에 의한 실중량감소(김 등, 1999) 해소를 위해 조전기 처리능력이 확대되었고, 품종간 구분처리를 위해 투입시

설 확대보급이 필요해지면서 반입능력부족 해소를 위한 실반입능력 측정결과(김 등, 2013)에 따라 설계능력 30ton/hr규모가 보급되기 시작하였고, 설계능력 20ton/hr 및 30ton/hr의 투입시설의 연간 실반입능력은 각각 2,000ton/yr, 3,000ton/yr(운영효율 80%, 1일 10시간, 연간 20일 반입기준)을 기준으로 하고 있음(농림축산식품부, 2015)

- 우리밀을 산물수매하는 건조저장시설 개소수가 너무 적으며, 산물수매기간도 1년에 1주일정도에 불과하여 충분한 조사에는 한계가 있었고, 전술한바와 같이 실반입능력에 영향을 미치는 인자도 많아 측정치도 일정하지 않았지만 본 연구에서의 조사범위 내에서는 설계능력 20ton/hr 및 30ton/hr인 반입시설에서 실반입능력은 연간 700ton/yr 및 1,190ton/yr정도일 것으로 추정되었음

표 3-2-134. 우리밀 건조저장시설에서 반입시설의 시설반입능력별 실반입능력

구 분	조사개소수	평균 시간당 최대반입량 (ton/hr)	실반입능력		
			시간당(ton/hr)	1일당(ton/day)	연간(ton/yr)
시설반입능력 20ton/hr	3	11.6	10	100	700
시설반입능력 30ton/hr	2	21.7	17	170	1,190

- 따라서 본 연구에서는 우리밀 건조저장시설에서의 실반입능력 측정치와, 벼의 실반입능력 기준치 등을 참고하여 설계능력 20ton/hr 및 30ton/hr인 반입시설은 700ton/yr 및 1,190ton/yr을 실반입능력 기준(안)으로 제시하되, 향후 우리밀 건조저장시설의 보급증가 및 산물수매가 활성화 시점에서 보다 다양한 측정결과를 확보하고, 이를 토대로 실반입능력기준(안)을 보완할 필요가 있음

(2) 조선공정 시설기준(안)

(가) 조선율, 최종이물질혼입율 및 이물질중정립비율

- 콤바인으로 수확되어 건조저장시설로 반입되는 우리밀에는 밀대, 껍질, 돌, 이물 등의 이물질이 혼입되어 있어 제거하지 않을 경우에는 유동성저하, 이송시설·탱크류 및 단위기계 막힘, 저장중 변질발생 등의 문제를 발생시킬 뿐 아니라, 실중량거래 한계(건조저장시설에서 이물질을 밀과 동일한 가격으로 매입)가 발생함
- 건조저장시설에서 실중량거래 및 감모량추정 등 산물수매는 물론, 건조저장시설의 효율적인 운영 및 조선공정의 성능향상을 위해 호퍼스케일에서 계량되는 우리밀에 혼입된 최종이물질혼입비율, 조선기의 조선율 및 조선기에서 배출된 이물질중 정립비율에 대한 기준이 필요하며, 이들 기준(안)은 우리

밀 건조저장시설에서 실제 측정된 측정치를 바탕으로 벼의 기준을 참고하여 결정하였음

- 벼의 경우 김 등(2013) 등은 3년에 걸쳐 RPC에 설치된 조선기에서 벼의 함수율별 116개 시료구에 대해 측정한 결과, 조선기전의 이물질혼입율은 평균 0.63% (0.06~1.86%), 조선기 후의 최종 이물질 혼입율은 평균 0.28%(0.00~1.05%), 조선기의 선별율은 평균 54.3%(24.7~69.9%)이었으며, 이물질 혼입율은 품종, 기상여건, 콤바인 종류 및 수확방법 등에 따라 차이는 있으나 콤바인 성능향상 등으로 매년 감소하는 추세이며, 조선율은 벼의 함수율, 품종, 이물질의 종류 및 형태, 조선기의 종류, 집진방법, 운영조건 등에 따라 달라진다고 보고하였음
- 현재 벼의 조선율 및 최종이물질혼입비율에 대한 조선기의 성능검정기준은 다음 표 3-2-135과 같으며, 표에서 알 수 있듯이 조선율(이물질선별율)은 45.0%이상, 이물질중정립벼비율은 3.0%이하가 기준임

표 3-2-135. RPC에서 조선기의 성능검정 기준

성능검정항목	항목별가중치(A)	성능검정기준(성능가중치, B)					비고
		매우우수 (1.0)	우수 (0.8)	보통 (0.6)	미흡 (0.4)	매우미흡 (0.2)	
이물질선별율(%)	0.8	65.0 이상	55.0 이상	45.0 이상	35.0 이상	35.0 미만	
이물질중정립벼비율(%)	0.2	1.0 이하	2.0 이하	3.0 이하	4.0 이하	4.0 초과	

- 본 연구에서는 2013년, 2014년 및 2016년 수확기에 경남합천, 전북익산, 전북김제, 전북군산, 전남영광 등 5개 지역에 소재한 우리밀 건조저장시설의 조선기 전·후 및 배출된 이물질시료 총 37점에 대해 수작업으로 반입 우리밀에 혼입된 이물질함량, 최종이물질혼입비율을 측정하고, 조선율을 계산한 결과는 앞의 표 3-2-72과 같았음
- 표에서 알 수 있듯이 우리밀 건조저장시설의 조선기전의 이물질혼입율은 평균 1.27%(0.02~4.06%)로 벼에 비해 다소 높았고, 조선기후에는 평균 0.41%(0.00~1.38%)로서 벼에 비해 다소 낮았으며, 조선기에서의 조선율은 65.46%(0.00~100.0%)수준을 나타내어 벼보다는 높았는데, 주요 원인은 벼의 이물질의 대부분은 벼 정립과 유사한 크기(두께만 차이)의 쪽정으로서 기류선별 및 기하학적선별이 용이하지 않는데 비해 우리밀의 이물질은 주로 밀대와 밀껍질로서 조선이 용이하기 때문으로 판단되었음
- 한편, 선별된 이물질중 우리밀 정립비율은 우리밀 건조저장시설에서 실험한 앞의 표 3-2-75~76과 같이 우리밀 건조저장시설 4개소의 조선기에서 선별된 이물질중 우리밀 정립비율은 선별체에서 23.8%, 기류선별에서 1.46%로서, 이물질 선별방식별 선별된 이물질중량비를 고려하면 배출된 총 이물질중 우리밀 정립비율은 4.01%수준($(11.4\% \times 23.80\% + 88.6\% \times 1.46\%) \div 100 = 4.01\%$)이었음

- 따라서 본 연구에서는 우리밀 건조저장시설에서의 우리밀 건조저장시설에서의 실측치와 벼의 기준을 참고로 하여 조선훈은 65.5%, 이물질중정립비율은 4.0%, 조선훈 이후 최종이물질혼입비율은 0.4%를 기준(안)으로 제시하되, 향후 콤바인의 성능향상, 우리밀 건조저장시설의 보급증가 및 산물수매가 활성화시점에서 보다 다양한 측정결과를 확보 등을 토대로 기준(안)을 보완할 필요가 있음

(나) 종말속도

- 우리밀 건조저장시설의 반입되는 우리밀에 혼입된 이물질은 기하학적특성을 이용하여 이물질을 선별하는 선별체와, 기류특성을 이용하여 이물질을 선별하는 풍력선별부로 구성된 조선훈에서 선별(제거)되며, 기류선별특성은 우리밀 정립과 이물질간의 종말속도(終末速度, terminal velocity)차이를 이용하는 것임
- 벼의 경우 벼 정립 종말속도는 3.4~3.8m/sec, 쪽정이는 1.4~1.8m/sec로서, 풍구형태의 풍력선별부는 벼의 종말속도보다 높은 풍속으로, 그렇지 않는 경우에는 2.0~3.2m/sec수준(김 등, 2005)을 기준으로 하고 있음

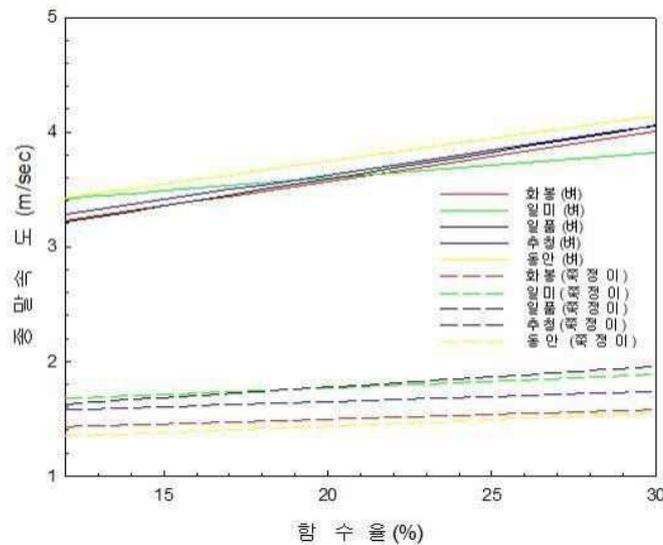


그림 3-2-102. 벼와 쪽정이에서 함수율에 따른 상승 종말속도(김 등, 2005)

- 우리밀의 기류선별인자인 종말속도 기준(안)은 고수분 밀을 건조하면서 함수율별로 정립, 피해립 및 이물질(밀대 및 밀껍질)에 대한 종말속도 실측치를 이용하고, 벼의 종말속도를 참고하여 설정하였음
- 2013년 및 2014년 수확기에 함수율이 29.6%, 28.7% 및 31.0%인 백중, 조경 및 금강밀을 광주, 합천 및 익산에서 매입하여 약 3%간격으로 8~9단계(31%, 28%, 25%, 22%, 19%, 16%, 13%, 11%, 9%, w.b.)로 건조하여 수작업으로 정립, 피해립, 밀대 및 밀껍질로 선별한 다음 풍동을 이용하여 종말속도를 측정한 결과는 다음 그림 3-2-103와 같았음

- 우리밀에서 기류선별의 주목적은 밀겉질의 제거로서 그림에서 알 수 있듯이 함수율 13.1~28.7%범위에서 백중, 조경 및 금강밀에서 정립의 종말속도는 6.59~8.60m/sec, 피해립은 6.17~7.75m/sec, 이물질(밀대)는 2.54~5.22m/sec, 이물질(밀겉질)은 1.81~2.22m/sec수준을 나타내어 우리밀에서 함수율범위(9~31%)범위의 정립은 6.20~8.60m/sec, 피해립은 5.91~7.75m/sec, 밀대는 2.52~5.22m/sec, 밀겉질은 1.07~2.33m/sec을 종말속도 기준(안)으로 제시함

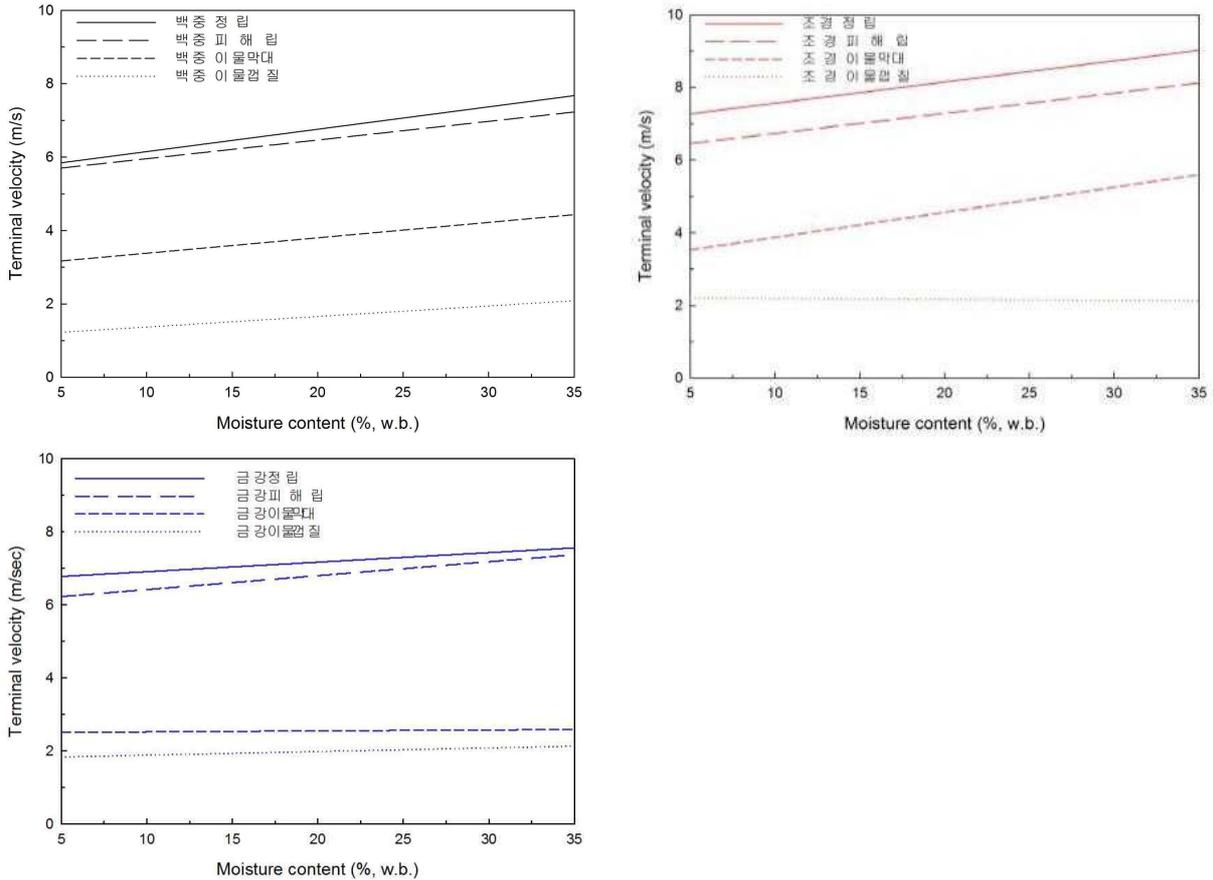


그림 3-2-103. 우리밀(백중, 조경, 금강)의 함수율별 정립, 피해립 및 이물질 종말속도

(다) 기하학적특성

- 조선기의 선별체는 크게 2단으로 구성되어 있으며, 그 중에서 1단은 우리밀보다 큰 이물질(밀대, 이삭 등)을 선별하고, 2단은 밀보다 적은 이물질(이물, 밀겉질 등)을 선별하는데 사용되므로 선별체 타공의 크기 및 형태는 1단계는 우리밀이 통과하여야 하며, 2단계는 우리밀이 통과하지 않는 크기로 결정되어야 함
- 벼의 경우는 그동안 주로 쪽정이의 기류선별에 관심이 집중되면서 선별체에 대해서는 연구는 미미한 실정으로 경험에 의해 증가 또는 감소하여 왔으며, 벼보다 큰 이물질을 선별하는 1단계의 타공에 사용될 수 있는 벼의 장축 : 단축 = 7.21 : 3.38mm(함수율 14~26%범위)(김 등, 2005) 등이 보고된 바 있음

○ 본 연구에서 우리밀의 기하학적특성 기준(안)은 우리밀에 대한 실측치를 사용하였는데, 함수율이 29.6%, 28.7% 및 31.0%인 백중, 조경 및 금강밀을 약 3%간격으로 8~9단계(31%, 28%, 25%, 22%, 19%, 16%, 13%, 11%, 9%, w.b.)로 건조하면서 화상분석기(Image Pre-plus ver 4.5.1.22, Hi-Rox Hi-scop compact micro vision system, KH-2200, MD3)와 Digimatic caliper(CD-15CP, Mitutoyo Co., Japan)로 기하학적특성을 측정한 결과는 다음 표 3-2-136와 같았음

○ 표에서 알 수 있듯이 함수율(9~31%)범위에서의 우리밀의 평균 장축 : 단축 : 두께는 7.54 : 3.56mm : 2.93mm로서 이를 기하학적특성 기준(안)으로 제시하였음

3-2-136. 우리밀(백중, 조경, 금강)의 함수율별 정립의 기하학적특성

함수율 (%, w.b.)	장축길이*** (mm)	단축길이*** (mm)	두께*** (mm)		면적*** (mm ²)	원형율***	
			최대	최소			
백중	29.6	7.20 ^a	3.49 ^a	3.20 ^a	2.84 ^a	19.44 ^a	1.32 ^b
	26.2	7.08 ^a	3.38 ^a	3.18 ^a	2.87 ^a	18.38 ^b	1.33 ^b
	22.2	6.80 ^b	3.28 ^b	3.17 ^a	2.88 ^a	17.09 ^c	1.35 ^{ab}
	19.3	6.66 ^c	3.18 ^c	3.08 ^b	2.78 ^b	16.39 ^d	1.33 ^b
	15.5	6.51 ^d	3.00 ^d	3.02 ^c	2.75 ^b	14.74 ^e	1.35 ^{ab}
	13.1	6.50 ^d	3.01 ^d	3.01 ^c	2.73 ^b	14.84 ^e	1.34 ^{ab}
	11.0	6.42 ^d	2.96 ^{de}	2.99 ^{cd}	2.74 ^b	14.47 ^{ef}	1.34 ^{ab}
	9.7	6.42 ^d	2.90 ^e	2.94 ^d	2.67 ^c	14.13 ^f	1.37 ^a
조경	28.7	9.15 ^a	4.43 ^a	3.63 ^a	3.26 ^a	31.25 ^a	1.42 ^{ab}
	25.6	9.14 ^a	4.33 ^b	3.58 ^b	3.22 ^{ab}	30.47 ^{ab}	1.43 ^a
	23.3	9.15 ^a	4.26 ^{bc}	3.57 ^b	3.21 ^{ab}	30.25 ^{bc}	1.39 ^{bc}
	20.8	9.11 ^a	4.26 ^{bc}	3.51 ^c	3.19 ^b	30.04 ^{bc}	1.39 ^{bc}
	16.5	9.00 ^a	4.22 ^c	3.46 ^d	3.17 ^b	29.34 ^c	1.36 ^{cd}
	14.0	8.73 ^b	4.20 ^c	3.44 ^d	3.17 ^b	28.36 ^d	1.34 ^d
	11.7	8.73 ^b	4.21 ^c	3.30 ^e	3.03 ^c	28.46 ^d	1.33 ^d
	10.5	8.71 ^b	4.12 ^d	3.29 ^e	3.00 ^c	27.75 ^d	1.34 ^d
금강	31.0	7.42 ^a	3.55 ^a	3.36 ^a	3.03 ^a	19.54 ^a	1.75 ^{bc}
	27.5	7.38 ^a	3.33 ^b	3.27 ^b	2.90 ^{bc}	18.20 ^b	1.84 ^{ab}
	23.1	7.30 ^a	3.29 ^{bc}	3.26 ^b	2.95 ^b	18.01 ^b	1.96 ^a
	21.3	7.37 ^a	3.32 ^b	3.25 ^b	2.90 ^{bc}	17.82 ^b	1.94 ^a
	19.9	7.13 ^b	3.27 ^{bc}	3.25 ^b	2.87 ^{bc}	17.43 ^b	1.62 ^{cd}
	17.9	7.06 ^b	3.28 ^{bc}	3.24 ^b	2.86 ^c	17.62 ^b	1.55 ^{bc}
	12.5	6.56 ^c	3.18 ^d	3.22 ^b	2.91 ^{bc}	15.54 ^c	1.71 ^{bc}
	10.2	6.43 ^c	3.24 ^{cd}	3.14 ^c	2.84 ^c	15.24 ^c	1.93 ^a
	9.2	6.45 ^c	3.21 ^{cd}	2.92 ^d	2.55 ^d	15.74 ^c	1.39 ^e
평균 (약 9~31%)	7.54	3.56	3.25	2.93	-	-	

주 1. *(p<0.05), **(p<0.01), ***(p<0.001)수준에서 유의적인 차이가 있음

주 2. ^{abcde} : column내에서 같은 알파벳은 같은 수준임

(3) 계량공정 시설기준(안)

(가) 수분측정정도

- 건조저장시설로 반입된 우리밀은 조선기에서 이물질이 선별된 후, 호퍼스케일(hopper scale)에서 중량 및 함수율이 측정되어, 그 결과에 따라 농민에게 정산하게 되며, 측정정도가 낮을 경우 농민 또는 우리밀 건조저장시설에 불이익이 발생되므로 산물수매를 위해서는 확인 필요한 요소인자임
- RPC의 경우 산물수매 초기에 호퍼스케일 및 단립수분계 측정결과차이로 인한 분쟁발생이 대단히 심하였고, 일부에서 호퍼스케일 기준의 임의조작 등의 문제가 발생하여, RPC에서 사용되는 호퍼스케일은 매년 의무적으로 정부에서 지정한 기관을 통해 검교정을 받도록 제도가 마련되어 있음
- 그러나 검교정이 모든 함수율을 대상으로 실시할 수 없어 함수율에 따라서는 차이가 발생하는데, 김등(2013)은 3년간에 걸쳐 RPC에서 함수율 13.6~30.5%범위에서 시료 191점을 채취하여 호퍼스케일과 표준측정법으로 측정한 결과, 다음 그림 3-2-104와 같이 호퍼스케일에서 측정한 함수율이 표준측정법으로 측정한 함수율에 비해 평균 0.8%정도가 낮아 RPC에서 감도가 발행하는 원인이 되었다고 보고하였음

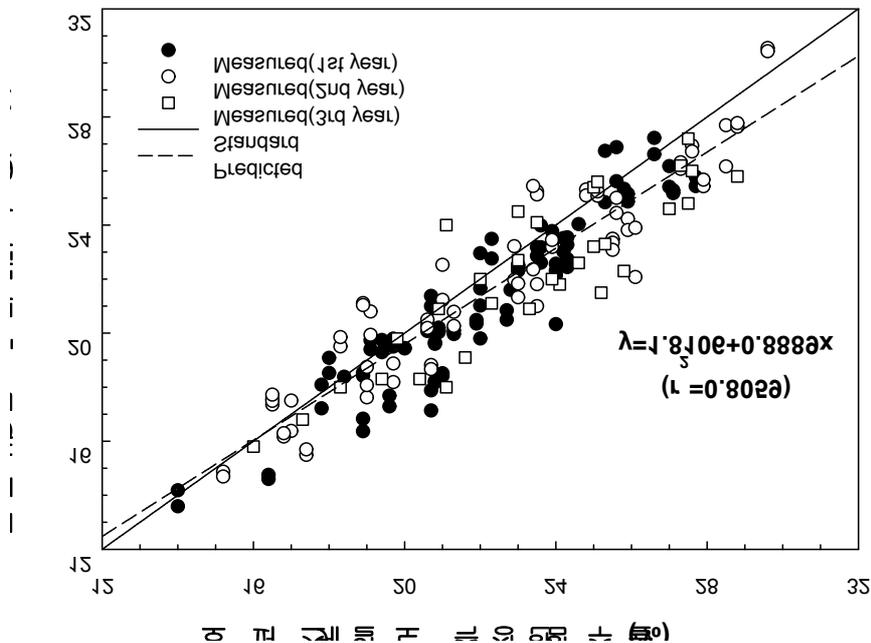


그림 3-2-104. RPC의 호퍼스케일로 측정한 함수율과 표준측정법으로 측정한 함수율 비교

- 본 연구에서 호퍼스케일에서 수분측정정도 기준(안)은 우리밀 건조저장시설의 실측결과를 사용하였는데, 이를 위해 경남합천 및 전북익산소재 우리밀 건조저장시설의 호퍼스케일에서 함수율이 측정된 밀 시료를 채취하여 표준측정법(ASABE Standards(2011), 10g시료-130℃-19시간)으로 측정하여 비교한 결과는 다음 표 3-2-137과 같았음

- 표에서 알 수 있듯이 호퍼스케일에서 측정한 함수율이 표준측정법으로 측정한 함수율보다 평균 0.38%정도 높게 나타나 건조저장시설에서 증량적으로 이득이 발생하고 있었으나, 측정대상 건조저장시설수가 너무 적어 전국적인 평균치라고는 할 수 없으므로 향후 우리밀의 건조저장시설의 확대보급시 측정대상을 늘려 보완하는 것을 전제로 현재상태에서 수분측정정도는 호퍼스케일 측정함수율 - 표준측정법 측정함수율 = -0.38%를 기준(안)으로 제시함

표 3-2-137. 밀 건조저장시설에 설치된 호퍼스케일과 표준측정법으로 측정한 함수율 비교

No.	합천우리밀영농조합			익산보석우리밀영농조합			영광농협 밀건조저장시설		
	호퍼 스케일 (A)	표준 측정법 (B)	차이 (A-B)	호퍼 스케일 (A)	표준 측정법 (B)	차이 (A-B)	호퍼 스케일 (A)	표준 측정법 (B)	차이 (A-B)
1	12.50	12.50	0.00	17.80	19.24	-1.44	16.20	15.68	+0.52
2	14.00	14.62	-0.62	18.60	18.23	+0.37	17.40	19.83	-2.43
3	16.20	16.95	-0.75	18.60	16.91	+1.69	16.40	16.09	+0.31
4	17.30	18.66	-1.36	18.70	19.33	-0.63	16.80	16.49	+0.31
5	18.80	19.62	-0.82	18.90	19.8	-0.9	18.80	18.77	0.03
6	20.00	20.24	-0.24	19.10	18.56	+0.54	19.10	17.80	+1.30
7	22.80	23.2	-0.4	19.70	19.49	+0.21	15.00	14.73	+0.27
8	25.60	28.28	-2.68	19.90	21.71	-1.81	-	-	-
9	26.20	26.41	-0.21	20.30	20.71	-0.41	-	-	-
10	27.70	31.24	-3.54	21.30	20.12	+1.18	-	-	-
평균			-1.06			-0.12			+0.04

(나) 건조지수

- 앞의 표에서 알 수 있듯이 우리나라 밀 등급규격기준에서 함수율기준은 13%이므로 산물수매시 함수율기준도 13%로 설정되는 것이 타당하며, 농민이 고수분 우리밀을 반입하였을 때 다음 식(3-2-60)와 같이 건조지수를 사용하여 증량을 환산하는 것이 필요함

$$\text{건조지수} = \frac{M_1 - M_2}{100 - M_2} \dots\dots\dots (3-2-60)$$

여기서, M₁ : 원료 밀 함수율(%,w.b.)

M₂ : 건조 밀 함수율(15%,w.b.)

- 따라서 건조지수는 앞의 식 3-2-60을 이용하여 계산하면 다음 표 3-2-138와 같으며, 이 표는 건조지수 기준으로 사용이 가능함

표 3-2-138. 고수분 밀을 기준함수율(13%,w.b.)까지 건조할 때 건조지수(중간값은 보정치 사용가능)

원료밀 함수율 (%,w.b.)	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
13	1.0000	0.9989	0.9977	0.9966	0.9954	0.9943	0.9931	0.9920	0.9908	0.9897
14	0.9885	0.9874	0.9862	0.9851	0.9839	0.9828	0.9816	0.9805	0.9793	0.9782
15	0.9770	0.9759	0.9747	0.9736	0.9724	0.9713	0.9701	0.9690	0.9678	0.9667
16	0.9655	0.9644	0.9632	0.9621	0.9609	0.9598	0.9586	0.9575	0.9563	0.9552
17	0.9540	0.9529	0.9517	0.9506	0.9494	0.9483	0.9471	0.9460	0.9448	0.9437
18	0.9425	0.9414	0.9402	0.9391	0.9379	0.9368	0.9356	0.9345	0.9333	0.9322
19	0.9310	0.9299	0.9287	0.9276	0.9264	0.9253	0.9241	0.9230	0.9218	0.9207
20	0.9195	0.9184	0.9172	0.9161	0.9149	0.9138	0.9126	0.9115	0.9103	0.9092
21	0.9080	0.9069	0.9057	0.9046	0.9034	0.9023	0.9011	0.9000	0.8989	0.8977
22	0.8966	0.8954	0.8943	0.8931	0.8920	0.8908	0.8897	0.8885	0.8874	0.8862
23	0.8851	0.8839	0.8828	0.8816	0.8805	0.8793	0.8782	0.8770	0.8759	0.8747
24	0.8736	0.8724	0.8713	0.8701	0.8690	0.8678	0.8667	0.8655	0.8644	0.8632
25	0.8621	0.8609	0.8598	0.8586	0.8575	0.8563	0.8552	0.8540	0.8529	0.8517
26	0.8506	0.8494	0.8483	0.8471	0.8460	0.8448	0.8437	0.8425	0.8414	0.8402
27	0.8391	0.8379	0.8368	0.8356	0.8345	0.8333	0.8322	0.8310	0.8299	0.8287
28	0.8276	0.8264	0.8253	0.8241	0.8230	0.8218	0.8207	0.8195	0.8184	0.8172
29	0.8161	0.8149	0.8138	0.8126	0.8115	0.8103	0.8092	0.8080	0.8069	0.8057
30	0.8046	0.8034	0.8023	0.8011	0.8000	0.7989	0.7977	0.7966	0.7954	0.7943
31	0.7931	0.7920	0.7908	0.7897	0.7885	0.7874	0.7862	0.7851	0.7839	0.7828
32	0.7816	0.7805	0.7793	0.7782	0.7770	0.7759	0.7747	0.7736	0.7724	0.7713
33	0.7701	0.7690	0.7678	0.7667	0.7655	0.7644	0.7632	0.7621	0.7609	0.7598
34	0.7586	0.7575	0.7563	0.7552	0.7540	0.7529	0.7517	0.7506	0.7494	0.7483
35	0.7471	0.7460	0.7448	0.7437	0.7425	0.7414	0.7402	0.7391	0.7379	0.7368

(4) 건조공정 시설기준(안)

(가) 건감율

- 우리밀은 벼의 전작으로 재배되어 수확시기는 통상 6월 10일경으로 모내기 일정에 맞춰 수확해야 하나 통상 장마 또는 태풍시기와 일치하는 경우가 많아 수확시의 함수율이 일정하지 않으며, 건조기가 부족할 경우 밀이 썩는 경우도 많아 건조저장시설에서 산물수매를 기피하는 가장 중요한 인자임
- 벼의 경우, 현재 30ton/batch규모의 순환식건조기가 주로 보급되고 있으며, 순환식건조기 성능검정 기준은 건감율 0.7%/hr 이상, 동할증가율 2.0%이하로 하고 있으나, 실제 순환식건조기의 설계에는 앞에 제시한 벼의 건조저장시설모델에서 알 수 있듯이 성능검정에서 측정된 실측치인 0.8%/hr (20ton/batch), 0.67%/hr(30ton/batch)를 기준으로 하고 있음

표 3-2-139. 벼 건조용 순환식곡물건조기의 성능검정 기준

성능검정항목	항목별가 중치 (A)	성능검정기준(성능가중치, B)					비 고
		매우 우수	우수	보통	미흡	매우 미흡	
		(1.0)	(0.8)	(0.6)	(0.4)	(0.2)	
건감율(%/hr)	0.5	0.9 이상	0.8 이상	0.7 이상	0.6 이상	0.6 미만	
동할증가율(%)	0.5	0.5 이하	1.0 이하	2.0 이하	3.75 이하	3.75 초과	

- 우리밀의 건감율은 전술한바와 같이 현장실험 및 시뮬레이션 결과를 토대로 하고, 벼의 성능검정기준 및 벼와 우리밀의 수확후 여건 등을 종합적으로 고려하여 건조능력 20ton/batch 및 30ton/batch 인 순환식건조기의 건감율 기준(안)을 0.60%/hr 및 0.55%/hr으로 제시하며, 향후 우리밀에 대한 순환식건조기의 성능검정제도의 도입 또는 각 업체의 건조실험 결과 등이 제시될 경우 이를 반영하여 보완하는 것이 필요하다고 판단되었음

(나) 기타특성(DSC호화특성, 강도)

- 우리밀 건조공정에 대한 체계적인 연구결과 및 설계인자 구멍이 없는 상태에서 근거 없는 소문이 유포되었는데 ① 고수분 밀은 쉽게 caking 발생, ② 고수분 밀의 건조온도가 높으면 호화발생, ③ 건조중 밀겉질에 의해 송풍기 소손발생, ④ 종자용 밀은 발아율저하 방지를 위해 45℃이하로 건조해야 한다 등임

- 본 연구에서는 이 소문대로 고수분 우리밀의 건조시 caking이나 호화발생정도를 확인하기 위하여 강도와 DSC호화특성을 측정하였으며, 향후 건조시설의 설계 및 운영에 참고하도록 설계기준(안)에 포함하였으며, 벼의 경우에는 김 등(2010)의 측정결과를 인용하여 비교하였음
- 우리밀의 caking 및 호화특성 측정을 위하여 함수율 29.6%, 28.7% 및 31.0%인 고수분 백중, 조경 및 금강밀을 약 3%간격으로 8~9단계(31%, 28%, 25%, 22%, 19%, 16%, 13%, 11%, 9%,w.b.)로 건조하여, 시차주사열량계(Differential Scanning Calorimeter, DSC 7, Perkin-Elmer, Norwalk, CT, USA)와 Thermal Analysis Data Station(Norwalk, Conn., USA) 프로그램을 이용해 T_o (onset temperature), T_p (peak temperature) 및 T_c (conclusion temperature)을 측정하였고, Texture Analyzer(TA-XT2, Stable Micro Systems, Ltd., UK)를 이용하여 probe $\phi 2\text{mm}$, test speed 0.5mm/sec 및 trigger force 5.0g조건하에서 경도를 측정하였으며, 그 결과는 다음 표 3-2-140, 3-2-141과 같았음
- 전술한바와 같이 DSC호화특성 및 강도는 건조공정의 직접설계와는 무관한 인자로서 소문의 해소와, 향후 순환식건조기 등 건조시설의 운영에 참고할 수 있는 항목으로서 활용을 위해 요소인자에 포함하여 정리함. 표에서 알 수 있듯이 DSC호화특성은 품종에 따라서는 차이가 있었지만 함수율에 따라 큰 차이는 없었으며, 함수율(9~31%)범위에서 DSC호화특성은 56.67~76.14 $^{\circ}\text{C}$ 수준을 나타내었으며, 강도는 3.14~13.77kg/ $\phi 2\text{mm}$ 수준이었음

표 3-2-140. 우리밀(백중, 조경, 금강)의 품종별 함수율별 DSC호화특성

구 분	함수율 (%,w.b.)	DSC 호화특성			
		T _o (°C)	T _p (°C)	T _c (°C)	ΔH(J/g)
백중	29.6	61.75 ^{a*}	66.06 ^{a*}	71.40 ^{a*}	6.33 ^{a*}
	26.2	61.94 ^{a*}	66.73 ^{a*}	72.45 ^{a*}	5.48 ^{ab*}
	22.2	61.06 ^{a*}	66.56 ^{a*}	71.46 ^{a*}	4.74 ^{ab*}
	19.3	61.07 ^{a*}	65.89 ^{a*}	71.23 ^{a*}	5.46 ^{ab*}
	15.5	62.16 ^{a*}	66.56 ^{a*}	71.49 ^{a*}	4.31 ^{b*}
	13.1	61.92 ^{a*}	66.90 ^{a*}	71.83 ^{a*}	5.72 ^{ab*}
	11.0	61.83 ^{a*}	66.39 ^{a*}	71.05 ^{a*}	4.68 ^{ab*}
	9.7	62.21 ^{a*}	66.39 ^{a*}	71.34 ^{a*}	5.82 ^{ab*}
조경	28.7	60.15 ^{a*}	65.28 ^{ab*}	70.78 ^{a*}	5.85 ^{a*}
	25.6	60.12 ^{a*}	65.10 ^{ab*}	70.07 ^{a*}	4.75 ^{a*}
	23.3	59.26 ^{a*}	64.88 ^{ab*}	70.25 ^{a*}	4.38 ^{a*}
	20.8	59.88 ^{a*}	64.55 ^{b*}	70.40 ^{a*}	4.10 ^{a*}
	16.5	59.76 ^{a*}	65.50 ^{a*}	70.75 ^{a*}	4.88 ^{a*}
	14.0	60.22 ^{a*}	65.27 ^{ab*}	70.18 ^{a*}	4.87 ^{a*}
	11.7	60.06 ^{a*}	64.89 ^{ab*}	69.79 ^{a*}	4.79 ^{a*}
	10.5	60.28 ^{a*}	65.27 ^{ab*}	70.37 ^{a*}	5.04 ^{a*}
금강	31.0	64.47 ^{a*}	69.22 ^a	74.99 ^{a**}	4.38 ^{ab*}
	27.5	63.96 ^{a*}	68.64 ^a	74.31 ^{ab**}	4.52 ^{ab*}
	23.1	63.88 ^{a*}	68.97 ^a	74.33 ^{ab**}	4.41 ^{ab*}
	21.3	66.16 ^{a*}	68.89 ^a	74.00 ^{ab**}	5.00 ^{ab*}
	19.9	65.20 ^{a*}	69.72 ^a	76.14 ^{a**}	4.78 ^{b*}
	17.9	59.62 ^{a*}	68.39 ^a	72.04 ^{b**}	2.37 ^{ab*}
	12.5	64.23 ^{a*}	68.68 ^a	73.75 ^{ab**}	4.01 ^{b*}
	10.2	56.67 ^{a*}	68.53 ^a	73.33 ^{ab**}	2.81 ^{b*}
	9.2	64.49 ^{a*}	69.13 ^a	75.24 ^{a**}	6.35 ^{a*}

주 1. *(p<0.05), **(p<0.01), ***(p<0.001)수준에서 유의적인 차이가 있음

주 2. abcde : column내에서 같은 알파벳은 같은 수준임

표 3-2-141. 우리밀(백중, 조경, 금강)의 품종별 함수율별 낱알의 강도

백중		조경		금강	
함수율(%w.b.)	강도***(kg/φ2mm)	함수율(%w.b.)	강도***(kg/φ2mm)	함수율(%w.b.)	강도***(kg/φ2mm)
-	-	-	-	31.0	4.22 ^d
29.6	3.14 ^g	28.7	3.17 ^f	27.5	6.02 ^c
26.2	4.60 ^f	25.6	5.61 ^d	23.1	6.55 ^{bc}
22.2	7.87 ^e	23.3	4.81 ^e	21.3	6.13 ^c
19.3	10.56 ^d	20.8	8.30 ^c	19.9	7.25 ^{ab}
15.5	10.43 ^d	16.5	9.32 ^{ab}	17.9	7.91 ^a
13.1	11.75 ^c	14.0	8.91 ^b	12.5	7.65 ^a
11.0	12.65 ^b	11.7	9.47 ^a	10.2	8.00 ^a
9.7	13.77 ^a	10.5	9.19 ^{ab}	9.2	8.22 ^a
평균(약 9~31%)	-	-	-	-	7.82

주 1. *(p<0.05), **(p<0.01), ***(p<0.001)수준에서 유의적인 차이가 있음

주 2. ^{abcde} : column내에서 같은 알파벳은 같은 수준임

(5) 저장공정 시설기준(안)

(가) 저장함수율 및 저장온도

- 저장시설의 설계에는 산물밀도, 안식각 및 다짐계수 등이, 저장시설의 통풍 및 건조 등을 위한 송풍기의 설계에는 곡물층의 송풍저항 등 요소인자 기준이 필요하며, 저장시설의 운영을 위해서는 저장함수율 및 온도조건이 필요함
- 우리밀은 건조공정을 거친 후 저장되는데 앞의 저장온도별 저장특성실험결과와, 문헌조사결과에서 확인한바와 같이 저장함수율은 우리밀 등급규격기준의 함수율기준인 13%이하이어야 하고, 저장온도는 바구미의 적정 생육온도가 27~30℃, 최소생육온도가 13℃, 알낱기 조건은 15~34℃, 40%RH임을 감안하여 최소생육온도인 13℃이하로 유지하는 것이 필요하며, 맥강을 식용으로 사용하지 않으면서 곡온을 13℃이하로 유지하기 어려울 때는 훈증이 필요함
- 한편, 벼의 경우에는 amylase, protease, peptidase, lipase 등 가수분해효소에 의한 품질저하를 방지하고, 발아율 유지, 해충방지 및 식미유지 등의 목적으로 저장함수율은 15%,w.b, 저장온도는 15℃

를 기준으로 하고 있으며, 단기간 저장시 함수율이 1%높을 경우 저장온도는 5℃정도 낮게 유지할 것을 권장(김 등, 2012)하고 있음

- 따라서 우리밀 저장함수율은 13%(w.b.)이하, 저장온도는 13℃이하를 우리밀 저장시설 운영조건(안)으로 제시하며, 맥강을 식용으로 사용하지 않으며 곡온을 낮추기 어려울 경우에는 훈증하는 것을 권장함

(나) 송풍저항

- 우리밀은 순환식건조기에서 13%수준으로 건조된 후 사일로 등에서 저장되며, 저장과정중 호흡열 및 외부침입열을 제거하기 위한 통풍이 필요하므로 비교적 적은 송풍량이 필요하며, 이 송풍량에서의 송풍저항은 ASABE Standards에 다음 식(3-2-61)과 같이 잘 나타나 있으므로 이 식을 기준으로 사용하는 것이 타당함

$$\frac{\Delta P}{L} = \frac{aQ^2}{\log_e(1+bQ)} \dots\dots\dots (3-2-61)$$

여기서, ΔP : 압력강하(Pa)
 L : 퇴적층 깊이(m)
 Q : 송풍량(m³/sec-m²)
 a = 8.41×10⁴ , b = 2.72

(다) 다짐계수

- 다짐계수(compacting factor)는 부분적으로 다져진 물체와 완전히 다진 물체의 중량비를 의미하며, 저장시설의 형태, 통풍, 이물질함량에 따라 차이가 발행하는데, 주요 사용처는 사일로 등 산물저장시설의 재고량을 예측하기 위하여 사용되며, 농협의 밀 건조저장시설의 경우 감사 등에서는 필수적으로 사용되는 수치임
- RPC에서 다짐계수기준은 김 등(2013)의 연구결과인 평타입사일로 8개, 사각빈 5개, 호퍼식사일로 3개 등 총 16개의 저장시설에서 측정된 1.09(1.01~1.17)을 기준으로 하되, 재고량을 조사할 때는 품종, 함수율, 이물질혼입량, 저장시설의 종류 및 형태, 송풍 등의 운전조건에 따라 다짐계수에 차이가 발생하므로 평균치를 사용하되 최소~최대는 오차범위로 활용하고 있음
- 우리밀에 대한 다짐계수 기준(안)은 사일로에서 일시배출 등 측정에 한계로 실험실 실험결과를 활용하였는데, 2012년산 백중 및 조경밀, 2013년산 금강밀을 산물밀도측정기(Filling hopper and Stand Seedburo, USA)의 호퍼에 투입한 후, 아래 식에 의해 다짐계수를 계산한 결과는 다음 표 3-2-142과 같았음

$$CF = \frac{W_f}{W_s} \dots\dots\dots (3-2-62)$$

여기서, CF : 다짐계수(-)

W_f : 완전히 다짐 무게(kg)

W_s : 부분적 다짐 무게(kg)

- 표에서 알 수 있듯이 함수율(12.48~14.10%,w.b.)범위에서 다짐계수 기준(안)은 1.05(1.00~1.06)로 제안하였으며, 향후 산물저장이 활성화되고, 대량배출이 가능한 시점에서 사일로 및 저장빈에서 실제 다짐계수를 실측하여 기준(안)을 보완하는 것이 필요하였음

표 3-2-142. 우리밀 시료의 산물밀도 및 다짐계수

품종	수분함량 (%,w.b.)	산물밀도(kg/m ³)		시료무게(g)		다짐계수 (-)
		부분 다짐	완전 다짐	부분 다짐	완전 다짐	
금강	12.71	788.5	837.6	433.7	460.7	1.06
백중	12.48	802.4	803.9	441.3	442.1	1.00
조경	14.10	765.5	842.3	421.0	463.3	1.10
평균		785.5	827.9	432.0	455.4	1.05

(6) 기타공정 시설기준(안)

(가) 산물밀도, 안식각, 비중, 용적중, 천립중 기준설정방법

- 우리밀은 수확후 건조저장시설로의 반입, 조선, 계량 및 건조공정을 거친 후 저장되는데, 이 수확후 공정에서 우리밀은 투입구, 풍력선별기, 조선기, 호퍼스케일, 건조 및 사일로 등 주요 단위기구는 물론, 버킷엘리베이터, 체인컨베이어 및 스크루컨베이어와 같은 이송시설과, 이송관(슈트) 및 보조탱크를 거치게 되는데, 이들 주요단위기계, 이송시설, 슈트 및 보조탱크 등의 설계에 필요한 물성은 산물 밀도, 안식각, 비중, 용적중, 천립중 등을 들 수 있음
- 산물밀도, 안식각, 비중, 용적중 및 천립중 등과 같은 물성은 품종, 재배방법, 정선여부, 함수율 등에 따라 차이가 발생하므로 일정기준을 정립하기는 대단히 어려우나, 이송시설, 슈트 및 보조탱크 등의 설계를 위해서는 기본적인 기준치는 필요함
- 따라서 본 연구에서는 우리밀을 건조하면서 함수율별로 물성변화를 측정하였고, 시중에 유통되는 국내외산 건조 밀에 대한 물성을 측정하여 물성의 기준(안)을 작성을 시도하였으며, 벼의 경우에는 미곡종합처리장설계기준(농협중앙회, 2000)을 참고하였음

- 함수율이 29.6%, 28.7% 및 31.0%인 백중, 조경 및 금강밀을 약 3%간격으로 8~9단계(31%, 28%, 25%, 22%, 19%, 16%, 13%, 11%, 9%, w.b.)로 건조하여 공시하였고, 국내산 밀 5품종(금강, 조경, 백중, 적중, 찰밀), 외국산 밀 5품종(HRW, NS, SW, CWRS, ASW) 및 이종곡립(쌀보리, 밀) 등 총 12개 품종을 매입하여 산물밀도는 김 등(2013)에서 사용한 USDA방법을 준용하였고, 안식각은 김 등(1998) 및 A. Tabatabaeefar(2003)방법으로, 비중은 톨루엔과 전자비중계(Radwag, AS-220/x, Poland)로 측정하였으며, 용적중(g/L)은 1,000ml 메스실린더에 시료를 충전한 후 무게로, 천립중은 정립 1000개의 낱알을 고른 후 그 무게의 중량값으로 측정하였으며, 그 결과는 다음 표 3-2-143~144와 같았음

(나) 산물밀도, 안식각, 비중, 용적중, 천립중

- 우리밀 건조저장시설의 설계를 위해서는 안전해야 하므로 이송장치는 반입함수율인 24%기준에서 산물밀도가 낮은 값을 사용해야하며, 저장빈(곡물빈)의 저장능력 및 구조계산은 13%의 건밀기준으로 설정해야 하며, 특히 구조계산에는 최대치를 사용해야 함. 따라서 이송장치는 640kg/m^3 , 곡물빈 저장능력산정에는 약 750kg/m^3 , 곡물빈 구조계산에는 835kg/m^3 수준을 산물밀도 물성기준(안)으로 제시하였음
- 동안식각은 24% 및 13%수분대에 대해 각가 54° 및 32° , 정안식각은 49° 및 18° 수준을 물성기준(안)으로 제시하였고, 함수율 9~31%범위에서 비중은 1.1860~1.3379, 천립중은 32.26~63.07수준으로 함수율에 맞는 비중과 천립중을 선택적으로 사용하는 것이 적합할 것으로 판단되었으며, 용적중은 제분수율과 관계가 있어 매입의 중요한 판단지표로도 사용되고 있으나 결실율 등 변수가 많아 생략함

표 3-2-143. 우리밀(백중, 조경, 금강)의 함수율별 산물밀도, 안식각, 비중, 용적중, 천립중 및 품위

구분		산물밀도*** (kg/m ³)		동안식각*** (°)	안식각*** (°) (정안식각)	비중*** (-)	용적중*** (g/L)	천립중*** (g)	품위(%)			
품종	수분 (%w.b.)	정선전	정선후						정립	피해립	이물	이중 곡립
백중	29.6	646.6 ^f	664.1 ^g	54.0 ^a	33.3 ^a	1.2265 ^d	701.20 ^h	41.51 ^a	91.94 ^{a*}	7.55 ^{a*}	0.46 ^{a*}	0.05 ^{a*}
	26.2	660.6 ^e	670.8 ^f	54.0 ^a	31.3 ^b	1.2380 ^c	710.45 ^g	41.47 ^a	88.23 ^{a*}	11.34 ^{a*}	0.36 ^{ab*}	0.07 ^{a*}
	22.2	665.4 ^{de}	680.7 ^e	54.0 ^a	31.3 ^b	1.2667 ^b	719.09 ^f	39.65 ^b	88.63 ^{a*}	10.99 ^{a*}	0.27 ^{ab*}	0.11 ^{a*}
	19.3	668.7 ^d	693.0 ^d	54.0 ^a	31.0 ^b	1.2723 ^b	727.47 ^e	37.62 ^c	81.03 ^{a*}	18.40 ^{a*}	0.39 ^{ab*}	0.19 ^{a*}
	15.5	714.3 ^c	742.4 ^c	50.0 ^b	20.0 ^c	1.2919 ^a	764.46 ^d	35.54 ^d	84.26 ^{a*}	15.42 ^{a*}	0.21 ^{ab*}	0.11 ^{a*}
	13.1	721.1 ^b	750.1 ^b	49.7 ^b	18.7 ^d	1.2904 ^a	784.04 ^c	34.98 ^d	83.48 ^{a*}	16.38 ^{a*}	0.09 ^{b*}	0.05 ^{a*}
	11.0	726.2 ^b	751.3 ^b	48.3 ^b	18.3 ^d	1.2974 ^a	791.26 ^b	32.59 ^e	84.65 ^{a*}	14.90 ^{a*}	0.16 ^{ab*}	0.29 ^{a*}
	9.7	736.0 ^a	754.0 ^a	46.3 ^d	17.3 ^d	1.2950 ^a	801.90 ^a	32.26 ^e	88.20 ^{a*}	11.59 ^{a*}	0.09 ^{b*}	0.12 ^{a*}
조경	28.7	631.1 ^c	660.0 ^c	54.5 ^a	40.0 ^a	1.2671 ^f	657.71 ^d	63.07 ^a	83.95 ^{a*}	13.40 ^{b*}	0.56 ^{b*}	2.09 ^{a*}
	25.6	641.0 ^c	665.2 ^c	54.5 ^a	36.3 ^b	1.2921 ^e	665.80 ^d	54.79 ^b	86.57 ^{a*}	10.62 ^{b*}	1.03 ^{a*}	1.79 ^{a*}
	23.3	643.1 ^{bc}	679.3 ^{bc}	54.0 ^a	35.0 ^b	1.3035 ^d	672.06 ^d	52.89 ^c	74.39 ^{ab*}	24.06 ^{ab*}	0.39 ^{b*}	1.16 ^{a*}
	20.8	649.2 ^b	752.0 ^{ab}	54.0 ^a	33.3 ^b	1.3125 ^{cd}	702.03 ^c	48.67 ^d	73.65 ^{ab*}	24.08 ^{ab*}	0.66 ^{b*}	1.61 ^{a*}
	16.5	692.1 ^a	754.5 ^{ab}	50.3 ^b	24.0 ^c	1.3242 ^{bc}	730.29 ^b	46.55 ^e	73.44 ^{ab*}	24.53 ^{ab*}	0.52 ^{b*}	1.52 ^{a*}
	14.0	693.5 ^a	763.9 ^{ab}	49.0 ^b	22.7 ^c	1.3240 ^{bc}	731.13 ^b	45.90 ^f	69.15 ^{ab*}	28.26 ^{ab*}	0.49 ^{b*}	2.10 ^{a*}
	11.7	695.7 ^a	774.2 ^a	47.3 ^c	18.7 ^d	1.3301 ^{ab}	751.97 ^a	45.52 ^{fg}	62.15 ^{b*}	35.59 ^{a*}	0.39 ^{b*}	1.87 ^{a*}
	10.5	697.9 ^a	776.1 ^a	46.3 ^c	17.3 ^d	1.3379 ^a	754.60 ^a	45.30 ^g	74.31 ^{ab*}	23.61 ^{ab*}	0.47 ^{b*}	1.61 ^{a*}
금강	31.0	357.2 ^c	531.1 ^h	50.0 ^a	34.0 ^a	1.1860 ^f	569.97 ^f	51.70 ^a	77.92 ^{a***}	21.30 ^{c***}	0.77 ^{b***}	0.00 ^{a*}
	27.5	370.8 ^c	581.9 ^g	50.0 ^a	28.7 ^b	1.2162 ^e	626.40 ^e	49.88 ^b	71.73 ^{b***}	27.58 ^{ab***}	0.69 ^{b***}	0.00 ^{a*}
	23.1	369.6 ^c	593.0 ^f	50.0 ^a	27.5 ^{bc}	1.2300 ^{de}	636.63 ^e	48.93 ^c	67.84 ^{c***}	30.49 ^{a***}	1.67 ^{a***}	0.00 ^{a*}
	21.3	374.1 ^c	617.2 ^e	49.0 ^{ab}	27.5 ^{bc}	1.2427 ^d	651.40 ^d	47.79 ^d	71.59 ^{b***}	27.11 ^{ab***}	1.30 ^{a***}	0.00 ^{a*}
	19.9	372.6 ^c	627.7 ^d	49.5 ^{ab}	28.7 ^b	1.2711 ^c	660.70 ^{cd}	46.08 ^e	78.60 ^{a***}	20.99 ^{c***}	0.41 ^{b***}	0.00 ^{a*}
	17.9	375.8 ^c	629.9 ^d	48.5 ^b	26.0 ^c	1.2619 ^c	669.67 ^c	44.31 ^f	75.35 ^{ab***}	24.10 ^{bc***}	0.46 ^{c***}	0.09 ^{a*}
	12.5	399.6 ^b	713.9 ^c	47.0 ^c	13.0 ^d	1.2959 ^b	755.47 ^b	42.43 ^g	78.02 ^{a***}	21.96 ^{c***}	0.02 ^{c***}	0.00 ^{a*}
	10.2	408.5 ^b	726.1 ^b	45.8 ^d	11.7 ^d	1.2966 ^b	773.10 ^a	41.72 ^g	79.34 ^{a***}	20.25 ^{c***}	0.34 ^{c***}	0.07 ^{a*}
	9.2	446.1 ^a	740.3 ^a	44.5 ^e	9.3 ^e	1.3190 ^a	778.10 ^a	38.97 ^h	77.49 ^{a***}	22.27 ^{c***}	0.22 ^{c***}	0.02 ^{a*}
평균	-	-	-	-	-	1.2796	711.48	44.40				

주 1. *(p<0.05), **(p<0.01), ***(p<0.001)수준에서 유의적인 차이가 있음

주 2. abcde : column내에서 같은 알파벳은 같은 수준임

표 3-2-144. 국내외산 저장(유통)밀의 일반물성

구분	우리밀							수입밀						타 곡물	
	금강	조경	백중	적중	찰밀	평균	HRW	NS	SW	CWRS	ASW	평균	쌀보리	벼	
산물 밀도 (kg/m ³)	정선전***	798.6 ^g	830.8 ^a	798.6 ^g	813.1 ^c	820.5 ^b	812.3	801.7 ^f	810.6 ^d	805.1 ^e	809.2 ^d	829.4 ^a	811.2	828.1 ^a	575.7 ^h
	정선후***	801.3 ^g	834.0 ^b	804.7 ^f	816.4 ^e	821.6 ^d	815.6	817.2 ^e	817.8 ^e	823.5 ^c	818.0 ^e	839.4 ^a	823.2	-	-
용적중*** (g/l)	854.8 ^{cd}	876.5 ^a	849.4 ^d	859.6 ^{abcd}	866.5 ^{abc}	861.4	852.9 ^{cd}	859.2 ^{abcd}	855.1 ^{cd}	848.1 ^d	868.1 ^{ab}	856.7	853.1 ^{cd}	602.0 ^e	
천립중*** (g)	46.26 ^b	48.22 ^a	40.58 ^d	42.58 ^c	35.25 ^f	42.58	31.68 ^h	34.40 ^g	37.75 ^e	37.21 ^e	42.48 ^c	36.70	19.88 ^j	26.17 ⁱ	
품위 (%)	정립***	88.97 ^b	86.32 ^b	84.52 ^b	79.14 ^c	84.61 ^b	84.71	95.77 ^a	94.10 ^a	96.15 ^a	84.25 ^b	97.39 ^a	93.53	73.59 ^d	97.25 ^a
	파쇄***	10.97 ^c	13.62 ^c	15.24 ^{bc}	19.74 ^b	14.66 ^c	14.85	3.66 ^d	5.64 ^d	3.62 ^d	15.66 ^{bc}	2.23 ^d	6.16	25.86 ^a	2.09 ^d
	이물***	0.05 ^c	0.06 ^c	0.24 ^{bc}	1.11 ^{ab}	0.46 ^{ab}	0.38	0.03 ^c	0.03 ^c	0.20 ^{bc}	0.09 ^c	0.24 ^{bc}	0.12	0.00 ^c	0.67 ^a
	이종곡립***	0.01 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.27 ^a	0.06	0.54 ^a	0.19 ^a	0.03 ^a	0.01 ^a	0.11 ^a	0.18	0.55 ^a	0.00 ^a

주 1. *(p<0.05), **(p<0.01), ***(p<0.001)수준에서 유의적인 차이가 있음

주 2. abcde : column내에서 같은 알파벳은 같은 수준임

(7) 공정별 감모 기준

- 감모(減耗, Loss)의 사전적인 의미는 “줄어들거나 닳아, 수량에 부족함이 생김, 또는 그 부족”을 의미하며, 양곡감모는 식품으로의 건전성 또는 식품의 질에 어떠한 변화를 가져와서 인간이 소비할 수 없게 만드는 것을 뜻하며, 우리밀도 살아있는 생명체로서 수확후에도 생명활동을 지속하기 때문에 호흡 및 대사작용에 의한 산화 및 성분분해가 계속되어 양적, 질적손실을 초래하고, 결국에는 상품성을 잃게 됨
- 감모에는 직접적 감모와 간접적 감모 등 2가지가 있으며, 직접적 감모는 호흡, 곤충, 쥐, 새 및 기타 원인에 의한 양적감모를 말하며, 간접적 감모는 식품으로서의 질적저하 즉, 영양가의 손실이나 이취 발생 등을 의미하는데, 본 연구에서 감모는 우리밀의 경우 건조저장시설에서 산물처리할 때 우리밀 반입에서부터 건밀을 출하할 때까지의 반입-조선-계량-건조-저장 등 제반공정에서 발생하는 양적감모를 의미함
- 우리밀 건조저장시설의 경우, 반입-조선-계량공정까지의 감모는 최종이물질혼입비율과 호퍼스케일의 수분측정정도 등 2가지이며, 건조공정중의 감모는 과건, 저장공정중의 감모는 호흡에 의한 건물중량 감소 및 함수율저하임

- 건조공정중 감모는 주로 13%이하 과건이나 아직까지 산물수매가 활성화되지 않는 상태에서 주로 농가 건조가 실시되고 있어 건조중 과건에 따른 감모기준을 정립할 수 있는 여건이 되지 않으며, 저장중 감모는 저장기준이 함수율 13%이하, 곡온 13℃이하 유지 또는 훈증 등이나 저장시설이 일반적으로 일정하지 않고 저장중 통풍주기, 통풍량 등에 대한 기준이 없는 상태로서 일반적인 감모기준을 정립하기 어려움
- 현재까지의 연구결과에 의하면 저장중 감모를 제외하고 산물수매시 발생될 수 있는 감모로서 조선공정이후의 최종이물질혼입율과, 계량공정중 수분측정정도로서, 앞의 표에서 알 수 있듯이 최종이물질 혼입율이 평균 0.4%인 반면, 수분측정정도가 0.38%(건조저장시설에서 중량이득)로서, 전체적으로는 약 0.02%정도 건조저장시설의 중량손실이 발생하는 수준으로서 산물수매과정중에는 감모는 없으며, 이를 감모기준(안)으로 제시함
- 다만, 본 연구의 진행과정중 영광농협에서 함수율이 13~14%,w.b.인 우리밀 2,000톤을 2015. 07. 01부터 2016. 06. 30일까지 저장한 결과 약 4톤정도가 부족하여, 우리밀의 저장중 감모발생 가능량에 대한 문의가 있어 벼에 사용된 기준으로 감모량을 추정함바 있으며, 그 결과는 다음 표 3-2-145와 같았으며, 개략적으로 호흡식으로 추정이 가능하였음

표 3-2-145. 영광농협 저장 밀의 저장기간 별 감모량 추정

연도	저장기간	저장물량 ¹⁾ (톤)	평균온도 ²⁾ (℃)	호흡속도 ³⁾ (g CO2/일 · 톤)	감모량 ⁴⁾ (톤)
2015	7 ~ 9월	2,000	25	7.5908	3.77
	10 ~ 12월	1,500	10	0.8351	0.078
2016	1 ~ 3월	1,000	5	0.4029	0.025
	4 ~ 6월	500	20	3.7829	0.12
합계		-	-	-	3.993

1) 분기별 500톤 반출기준

2) 기상청 영광지역 외기온도 참조

3) $R_s = R \times 24 \times W_d$ (3-2-63)

여기서, R_s : 호흡속도(CO₂ g/일 · 톤)

W_d : 건물무게(톤)

$$R = (a + bM + cM^2) \exp\left(-\frac{d + eM + fM^2}{T}\right)$$

R : 호흡속도(CO₂ mg/hr·kg-drymatter)

M : 함수율(% , d.b.)

T : 온도(K)

$$a=9.9617421 \times 10^{17}, b=-6.451326 \times 10^{16}, c=1.1005771 \times 10^{15}, \\ d=18183.170515, e=-457.9114417, f=6.6894676201$$

$$4) \text{ 감모량(톤)} = \frac{\text{저장톤수(톤)} \times \text{저장일수(일)} \times R_s}{1,470,000}$$

(8) 시설기준(안) 요약

- 이상과 같이 우리밀의 건조저장시설의 설계, 산물수매 및 효율적인 운영에 필요한 요소인자들의 기준(안)을 반입-조선-계량-건조-저장-기타공정으로 정리한 결과는 다음 표 3-2-146과 같았음
- 전술한 바와 같이 아직까지 우리밀 건조저장시설의 보급이 초기단계이고, 산물수매를 실시한 건조저장시설수가 너무 적었고, 의미있는 선행연구를 찾아보기 어려운 상태에서 본 연구가 수행되어 본 연구에서 제시된 기준(안)에 대한 보완이 필요한 부분이 많으므로 인용 및 활용에 유의할 필요가 있었음

표 3-2-146. 우리밀 건조저장시설의 공정별 시설기준(안)

공정	요소인자	시설기준(안)		
		우리밀(A)	우리 벼 (B)	비율(%) (A/B)×100
반입	반입기준함수율 (%,w.b.)	· 24%	· 24%	100
	실반입능력(ton/yr)	· 설계능력 20ton/hr : 30ton/hr = 700ton/yr : 1,190ton/yr	· 설계능력 20ton/hr : 30ton/hr = 2,000ton/yr, 3,000ton/yr	35.0 39.7
조선	조선율(%)	· 65.5	· 45.0	145.6
	최종이물질혼입율(%)	· 0.4	· 0.3	133.3
	이물질중정립비율(%)	· 4.0	· 3.0	133.3
	종말속도(m/sec)	· 정립 6.2~8.6, 껍질 1.1~2.3 (함수율 9~31%)	· 정립 3.4~3.8, 쪽정이 1.4~1.8 (함수율 14~26%)	-
	기하학적특성(mm)	· 장축 : 단축 : 두께 = 7.54 : 3.56 : 2.93(함수율 9~31%)	· 장축 : 단축 : 두께 = 7.21 : 3.38 : -(함수율 14~26%)	104.6 105.3
계량	수분측정정도(%)	· 호퍼스케일-표준측정법 =-0.38(시설 중량이득) (함수율 12.5~27.7%)	· 호퍼스케일-표준측정법 = 0.80(RPC 중량손실) (함수율 13.6~30.5%)	-
건조	건감율(%/hr)	· 건조능력 20ton/batch : 0.60 · 건조능력 30ton/batch : 0.55	· 건조능력 20ton/batch : 0.80 · 건조능력 30ton/batch : 0.67	75 82.1
	DSC 호화특성(°C)	· 56.67~76.14(함수율 9~31%)	· 58.6~77.2(함수율 약 11%)	-
	경도(kg/φ2mm)	· 3.14~13.77(함수율 9~31%)	-	-
저장	저장함수율(%,w.b)	· 13	· 15	86.7
	저장온도조건	· 13°C이하 또는 훈증	· 15°C이하	-
	송풍저항(Pa)	· $\frac{\Delta P}{L} = \frac{aQ^2}{\log_e(1+bQ)}$ (상수는 ASABE Standards 참고)	· $\frac{\Delta P}{L} = \frac{aQ^2}{\log_e(1+bQ)}$ (상수는 ASABE Standard 참고)	-
	다짐계수(-)	· 1.05(1.00~1.06) (함수율 12.4~14.1%)	· 1.09(1.01~1.17) (함수율 13.3~14.9%)	96.3
기타	산물밀도(kg/m³)	· 이송장치 : 640(24%) · 저장빈용적 : 750(13%내외) · 저장빈구조계산 : 835(14.1%)	· 이송장치 : 550 · 저장빈용적 : 615 · 저장빈구조계산 : 625	116.4 122.0 133.6
	동안식각 및 정안식각(°)	· 함수율 24% : 54, 32 · 함수율 13% : 49, 18	· 정안식각 : 45(벼), 32(현미), 39(백미)	71.1, 40
	비중(-)	· 1.1860~1.3379 (함수율 9~31%)	· 1.1823(벼),1.4010(현미) (함수율 벼 15.5%, 현미 15.8%)	108.2
	천립중(g)	· 32.26~63.07(함수율 9~31%)	· 30.5(함수율 약 24%)	145.6
	산물수매 감모(%)	· 없음	-	-

(9) 건조저장시설의 기본공정 및 시설기본요구사항 개발

(가) 개발방법

- 우리밀 건조저장시설의 설계 및 설치에 필요한 주요공정과 시설기본요구사항은 다음과 같은 방법으로 개발하였음. 먼저, 농림축산식품사업(7. 고품질쌀브랜드육성사업)의 RPC 및 DSC의 기본공정 및 시설기본요구사항에 대한 조사분석을 실시하였고, 전술에서 우리밀 건조저장시설에 대한 조사결과, 전항에서 개발한 시설기준, 설계회사에서 보유중인 우리밀 건조저장시설 설계도서류의 시방서 등을 종합적으로 검토하여 초안을 작성하였음
- 본 연구의 참여기업인 RPC 전문 설계업체이면서 우리밀 건조저장시설 설계경험이 있는 협동엔지니어링 전문가와 토론을 통해 초안을 보완하여 기본공정(안) 및 시설기본요구사항(안)을 개발하였음. 4차년도 현장적용을 통해 보완하여 최종 기본공정 및 시설기본요구사항을 완성할 것임

(나) 우리밀 건조저장시설의 주요공정

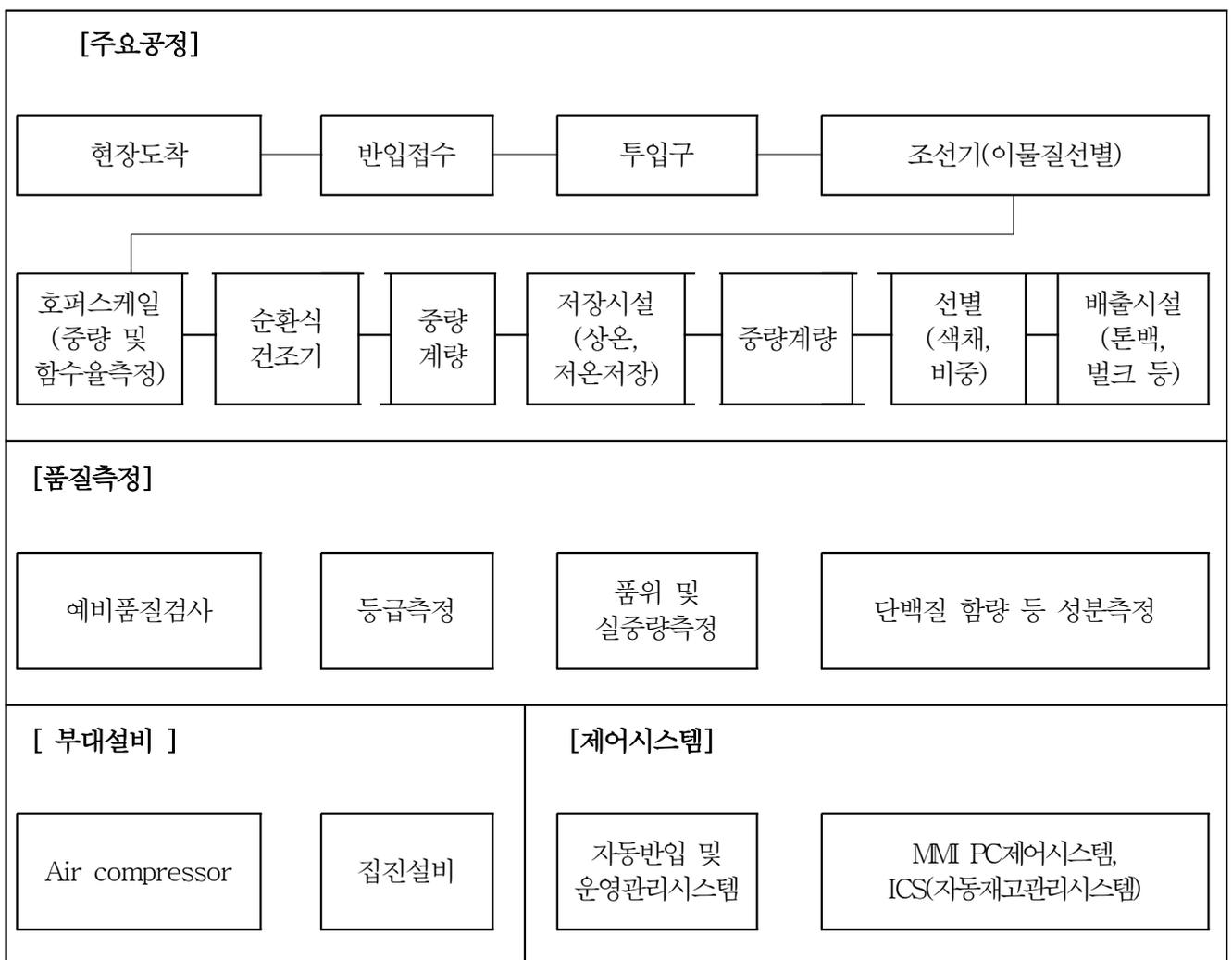


그림 3-2-105. 우리밀 건조저장시설의 기본공정(안)

- 우리밀 건조저장공정은 반입, 조선, 계량, 건조, 저장, 선별 등 6개 주요공정과, 이들을 연결하는 이송시설, 설비 및 제어시스템, 품질측정장치 등으로 구성됨
- 자동 재고 및 이력추적을 위한 ICS(Inventory Control System)의 도입 등이 필요함

(다) 우리밀 건조저장시설 시설요구사항

① 건축시설

- ㉠ 건축은 기계설비를 위한 것이므로 기본설계단계부터 기계설계회사와 기술협의를 거쳐 진행되어야 하며, 건축물의 구조와 재료는 기본적으로 건축법시행령에 따라 설계하고 선정되어야 함
- ㉡ 우리밀 건조저장시설은 지형, 주위환경, 외관, 안전성, 공해발생, 편리성 등을 종합적으로 고려하여 아름답고 효율적으로 설치되어야 하며, 전체적인 배치는 향후 추가로 설치될 관련 시설계획, 차량동선 등을 종합적으로 고려하여 결정되어야 함
- ㉢ 우리밀의 수확후 처리시설 건축물의 위치는 축산폐수·화학물질 기타 오염물질의 발생시설로부터 제품에 나쁜 영향을 주지 않도록 격리되어 있어야 함
- ㉣ 건축물의 내벽과 천장은 곡물에 나쁜 영향을 주지 않는 자재가 사용되어야 하며, 먼지 등이 쌓이거나 미생물 등이 번식하지 않게 청소가 가능한 구조로 설치되어야 함
- ㉤ 건축물의 출입문은 견고하고 밀폐가 가능하여야 하며, 시건장치를 갖추어야 함
- ㉥ 건축물의 바닥은 하중과 충격에 잘 견디는 견고한 재질이어야 하며, 파여 있거나 심하게 갈라진 틈이나 구멍이 없어야 함
- ㉦ 우리밀 건조저장시설은 설치, 운영, 유지관리 및 보수에 지장이 없는 규모이어야 하며, 향후 새로운 시설설치에 필요한 공간은 충분하게 확보되어야 하나, 불필요한 면적 및 공간이 없어야 함
- ㉧ MMI, 자동재고시스템 등이 설치되는 중앙제어실은 주요 기계설비의 운전상황을 직접 감시 및 조정할 수 있고, 분진과 배기가 유입되지 않는 곳에 위치하여야 함
- ㉨ 가공실의 내벽과 천장은 곡물에 나쁜 영향을 주지 않는 자재가 사용되어야 하며, 먼지 등이 쌓이거나 미생물 등이 번식하지 않게 청소가 가능한 구조로 설치되어야 함

② 시설 및 설비

1) 반입호퍼

- ㉠ 반입호퍼의 위치는 반입 차량의 진입 및 출입이 쉬운 곳으로 하고, 산물 상태의 밀을 투입할 때 곡물이 비산되거나 빗물이 유입되지 않는 구조이어야 하며, 반입호퍼는 바닥면과 수평으로 설치하는 것을 원칙으로 함
- ㉡ 반입시설의 반입 · 이송능력은 시간당 최대 반입량으로 하고, 반입 작업효율은 0.7수준으로 설계함
- ㉢ 이송장치와 상호 연계하여 반입량을 자동 조절할 수 있는 장치와, 반입구에서 이송시설의 고장을 유발하거나 이송능력을 저하시킬 우려가 있는 큰 이물질의 혼입을 방지할 수 있는 장치를 갖추어야 함
- ㉣ 호퍼의 용량은 7m³이상으로 하며, 호퍼의 반입구 면적은 10m² 이상이 확보되어야 함
- ㉤ 반입호퍼는 투입구는 폭 50mm, 두께 6mm이상의 철판을 격자망으로 설치하고, 반입작업이 완료되었거나 비상시에는 해체가 가능한 구조이어야 함

2) 조선키

- ㉠ 조선키능력은 함수율 24%를 기준으로 반입시설의 최대 반입능력 이상이어야 함
- ㉡ 밀의 낱알보다 큰 이물질(지푸라기, 포대 끈 등)을 95%이상 제거할 수 있어야 하며, 낱알보다 적은 모래와 먼지를 분리할 수 있어야 함
- ㉢ 조선키는 원료공급부 · 집진부 · 선별부로 구성되며, 선별방식은 3단 이상으로 하고, 선별체의 분해 조립이 용이한 구조이어야 함
- ㉣ 조선키의 집진부는 집진 및 선별능력을 향상시키기 위하여 단독 집진시설을 설치함을 원칙으로 하며, 집진기는 분진발생을 최소화하기 위하여 cyclone + bag filter 형태를 원칙으로 함
- ㉤ 조선키에서 큰 이물질을 선별하는 체의 눈의 지름은 10~14mm정도로 하고, 가능한 유공율이 최대가 되도록 제작함
- ㉥ 조선키의 받침은 150mm이상의 H형강을 이용하여 독립적으로 설치하고, 진동에 견딜 수 있도록 고정되고, 보강되어야 하며, 조선키로의 원료공급용 슈트관은 경사지지 않도록 설치되어야 함

3) 제망기(재 탈곡기)

- ㉠ 제망기는 미 탈곡된 밀을 탈곡하는 장치로서 능력은 반입능력 이상이어야 함
- ㉡ 제망기는 조선키와 연계시키거나 독립적으로 설치할 수 있으며, 재탈곡에 따른 밀 손상이 없어야 함

4) 호퍼스케일(자동계량기)

- ㉠ 산물 밀의 중량은 계량오차를 줄일 수 있는 전량계량방식으로 측정하고, 무게측정 정밀도는 1/1,000 이하이어야 함
- ㉡ 반입 밀의 함수율 측정은 한국농산물검사법의 표준함수율 측정기준에 따르며, 함수율측정장치는 측정범위 13~24%에서 오차 $\pm 0.5\%$ 의 측정정밀도를 가져야 하며, 전기저항식 단립수분측정방식을 원칙으로 하되, 유전율방식으로 측정하는 경우에는 곡물이 균일하게 충전되도록 보조탱크와 게이트를 조정할 수 있어야 함
- ㉢ 호퍼스케일의 계량능력은 반입능력은 이상이어야 하며, 1회 100~200kg의 범위에서 작동되어야 함
- ㉣ 자동계량장치(수분측정장치 포함)는 공인기관의 검증을 받아야 하며, 검증결과와 보정요령을 반드시 제출해야 함
- ㉤ 중량과 함수율 측정자료는 중앙제어반으로 전송되고 동시에 반입호퍼 상단의 전광판에 표시되어야 함

5) 색채선별기

- ㉠ 색채선별기는 밀에 포함되어 있는 이물질, 벼, 콩, 씨앗 등 불량품을 효율적으로 분리할 수 있도록 피드, 슈트, 광원, 수광센서, 공압배출기 및 제어장치 등으로 구성되어 있어야 하며, 선별방식은 면선별 또는 슈트선별 방식이어야 함
- ㉡ 광원은 우리밀과 불량품의 선별에 적합한 파장대로 특정되거나, 전파장대가 사용되어야 하며, 광원은 모노크롬보다 full color의 사용을 원칙으로 함
- ㉢ 감도, 유량, 광량, 청소시간의 제어가 가능하여야 하며, 디지털로 표시되어야 하며, one touch방식에 의한 조작 및 외부 control box와 연결이 가능하며 연계작업이 용이해야 함
- ㉣ 불량품선별 및 불량품 중 정립의 혼입이 최소가 되도록 우리밀의 운전조건이 제시되어야 함

6) 비중선별기

- ㉠ 밀에 혼입되어있는 벼, 씨앗 등 이물질은 물론 각 정상별 비중차이로 선별이 가능한 구조이어야 함
- ㉡ 요동식 선별판은 스테인리스 등 이물질 부착이 없어야 하고, 수명이 긴 재질이어야 하고, 경사각은 곡물의 기하학적 특성 및 함수율 등에 따라 손쉽게 조정할 수 있도록 함
- ㉢ 상부 선별판 및 원료 배출부 등은 외부로부터 이물질, 쥐 등이 침입할 수 없으면서, 청소가 용이하도록 개폐가 용이한 구조이어야 함

- ㉔ 요동식 비중선별기의 진동의 전달이 최소화되도록 10t이상의 방진패드를 이용하여 견고하게 고정설치되어야 하며, 각 선별판으로 공급되는 원료의 양을 조절할 수 있고, 관찰이 가능한 구조로 슈트가 설치되어야 함
- ㉕ 되돌림 물량을 최소화할 수 있도록 비중량을 3단계 이상으로 구분하여 배출할 수 있는 구조이어야 하며, 재순환 장치를 구성하여야 함
- ㉖ 먼지를 포집할 수 있는 집진구가 설치될 수 있으며, 잔량이 남아 있지 않는 구조이어야 함
- ㉗ 원료곡물 미공급시 자동정지로 되어야 함

7) 순환식건조기

- ㉘ 건조기는 순환식건조기를 원칙으로 하며, 순환식건조기는 건조부, 템퍼링부, 곡물순환용 버킷엘리베이터, 송풍기, 버너 및 제어반이 하나로 구성되어 원료 밀 투입에서 건조 밀의 배출까지 자동적으로 투입, 건조 및 배출이 가능한 구조이어야 함
- ㉙ 건조기 처리능력은 수확기간 동안 함수율 24%의 밀을 13%로 건조할 수 있어야 하며, 건감율은 약 20ton/batch는 0.6%/hr이상, 30ton/batch는 0.55%/hr이어야 함
- ㉚ 원료 벼가 만량일 때 감지하는 만량센서가 설치되어 있어야 하며, 과다투입을 방지할 수 있는 안전장치가 되어 있어야 하며, 균일한 건조를 위하여 건조기 상부에는 원료 분산장치가 있어야 함
- ㉛ 자동 수분측정장치가 있어 건조중 수분의 표시는 물론, 건조완료 희망수분을 설정하면 우리밀의 함수율이 희망수분에 도달할 때 건조기가 자동으로 정지되어야 함
- ㉜ 온도는 디지털로 표시되어야 하며, 건조온도를 수동 또는 자동으로 설정할 수 있어야 하며, 자동설정시 건조온도는 우리밀의 함수율 및 투입량 등에 의해 자동으로 계산될 수 있도록 구성되어 있어야 하며, 제어온도차는 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 를 넘지 않도록 함
- ㉝ 배출장치는 자동 혹은 수동으로 용이하게 배출될 수 있는 구조이어야 하며, 배출관은 1.0mm이상의 강판 및 합성수지 등 마모를 견딜 수 있는 재질이어야 함
- ㉞ 적정 건조 및 템퍼링속도의 유지는 물론 신속한 배출을 위한 적정 건조배출셔터 작동 및 순환속도조정이 가능한 장치가 내장되어 있어야 함
- ㉟ 다수의 건조기가 설치될 때 원료 밀의 효율적인 반입, 건조 및 배출을 위해 각 건조기를 개별 작동할 수 있으며, 각 건조기의 작동상태 및 완료상태를 감지할 수 있는 구조로 설치되어야 함
- ㊱ 백등유의 연소열을 이용한 건조가 가능한 버너장치의 점화 및 소화가 건조기의 제어에 따라 자동으로 작동할 수 있는 구조이어야 하며, 이상 연소시 연료차단 등의 안전장치가 부착된 구조이어야 함

- ㉔ 건조기의 제어패널은 아연도금 강판 등 방수가 가능한 재질로서 건조기가 외부에 설치되어도 우기에도 견딜 수 있는 구조이어야 함
- ㉕ 건조용 송풍기(소위 배습 팬)은 만량으로 원료를 충전하여도 설정된 건조온도에서 목표 건감율을 유지할 수 있는 송풍량과 정압을 갖는 송풍기이어야 하며, 송풍기는 정확한 밸런스가 유지되어 소음이 최소화되어야 함
- ㉖ 건조기에서 건조중 대기로의 분진배출을 최소화하기 위하여 송풍기 토출구에는 turbo cleaner가 부착되어 있어야 하나, 건조기용 집진실, 통합집진기 등 별도 집진시설이 설치되어 전량 재집을 실시할 경우에는 turbo cleaner의 부착이 가능한 구조이어야 함

8) 저장사일로

- ㉗ 저장중 건조가 불필요한 건조밀 저장사일로로는 자동배출이 가능한 호퍼식사일로 형태를 설치하는 것을 원칙으로 하되, 산물밀도 및 안식각 등 우리밀의 특성이 고려된 곡물의 정하중 및 동하중, 풍하중, 적설하중, 지진 및 기타외력을 고려하여 충분한 안정성과 내구성이 확보되도록 공인된 표준규격에 따라 설계, 제작 및 시공되어야 함
- ㉘ 벽체구조는 1.2t이상의 아연도강판을 사용하는 것을 원칙으로 하되 구조계산 결과에 따라 증가시키며, 벽체는 이중구조로 내부는 과상판 및 외부는 세로과형으로 하되, 판과 판의 연결부위에 코팅을 하여 분진 및 곡물 누수현상이 없어야 함
- ㉙ 우리밀의 장기저장에 사용될 사일로는 안전저장에 대비하여 벽과 지붕을 단열하여야 하며, 우레탄 단열은 지붕100mm, 벽체 70mm이상 또는 동등 단열효과 있도록 하여야 하며, 우레탄 단열시는 이중구조 중 내부구조에 현장발포를 원칙으로 하되, 발포되는 우레탄폼 단열재는 밀도 0.025~0.05g/cm³, 열전도율 0.016~0.020kcal/mh²°C, 압축강도 1.5~4.5kg/cm², 기포율 90%, 사용온도 -170~100°C 이상을 원칙으로 하며, 발포후에 단열재를 보호하기 위한 커버를 설치하고, 발포 훼손방지용 코팅을 하여야 함
- ㉚ 사일로의 개구부(맨홀, 밀 투입구, 송풍공기 유입구, 공기배출구 등)는 밀폐가 가능하도록 연결관을 단열하거나 2중구조로 하며, 바닥을 지지하는 바닥클램프는 힘을 균등히 받을 수 있도록 하여야 함
- ㉛ 사일로의 지붕에는 누수위험을 방지하기 위하여 공장에서 제작한 공기배출구 이외에는 설치할 수 없으며, 집진장치의 설치는 공기배출구를 이용함
- ㉜ 사일로 내부에는 곡온을 측정하는 곡온 측정용 센서가 사일로반경/√2 거리 떨어진 지점에 바닥으로부터 1.5m 간격으로 설치되어야 하며, 정남향을 기준으로 원주방향 120°간격으로 3열이상 설치하는 것을 원칙으로 하며, 온도센서용 배관은 벽면 상단에 설치함
- ㉝ 호퍼사일로의 경우에는 통풍 및 호퍼부분의 잔곡의 제거를 위한 송풍기를 설치하여야 하며, 송풍기

는 모든 저장부분에서 발생하는 호흡열 및 외부로부터 침입열량을 제거하는데 필요한 송풍속도가 유지될 수 있는 방법으로 설치되어야 함

- ㉠ 송풍기는 통풍 등의 목적에 맞는 충분한 송풍량과 정압을 가져야 하며, 송풍기흡입구는 이물질 투입 방지용 안전보호망이 설치되어야 하며, 저장량에 따라 송풍량을 조절할 수 있도록 댐퍼가 설치되어 있어야 함
- ㉡ 훈증을 위한 훈증구가 설치되어 있어야 하며, 훈증구는 빗물이 유입되거나, 곡물이 배출되지 않는 구조이어야 함
- ㉢ 배출능력은 다음 공정의 이송능력과 일치할 수 있도록 배출게이트는 중앙 하단부에 1개를 설치하고 배출량을 조절할 수 있어야 함

9) 저온저장시설

- ㉠ 저온저장시설은 사각빈형태 또는 사일로에 곡물냉각기를 부착한 산물저장시설을 원칙으로 함
- ㉡ 저장빈은 단열된 평창고내부에 아연도강판 등으로 사각빈을 설치한 형태로서, 호퍼식으로 바닥면적당 최대 용량의 우리밀이 저장될 수 있도록 건축의 층고 및 사각빈의 높이를 결정하고, 저장빈 상부는 작업자가 육안관리가 가능하고, 외기가 곡물에 미치는 영향이 최소화되도록 head space를 갖는 것을 원칙으로 함
- ㉢ 저장빈 벽체는 아연도강판 등 공인된 재질을 사용하되, 두께는 구조계산 결과에 따라 결정하며, 저장빈 바닥에는 강재로 보강하고 공기흐름이 원활하도록 다공판을 균등히 설치하며, 상부에는 곡물분산 저장을 위한 분산기가 설치되어야 함
- ㉣ 저장빈은 작업자가 육안으로 확인할 수 있도록 작업자 이동공간을 설치하여야 하며, 곡온측정센서, 만량측정센서, 저장빈 내부에 재고관리를 위한 저장용량 눈금을 부착하여야 하며, 배출장치를 설치하여야 함
- ㉤ 곡물냉각기는 외기를 냉각하여 사일로 및 저장빈에 저장된 우리밀을 냉각하는 시스템으로 외기를 냉각하여 우리밀 저장층을 통과시켜 대류에 의해 냉각하는 방식을 원칙으로 하며, 냉각중에는 우리밀이 흡습 또는 건조되지 않도록 냉각공기의 상대습도를 제어할 수 있어야 함
- ㉥ 곡물냉각기는 냉각부하에 따라 냉각능력제어가 가능하여야 하며, 냉각부하에 따라 압축기의 용량조절을 통한 전력사용량이 최소화되는 구조이어야 함
- ㉦ 곡물냉각기는 다수의 사일로 및 저장빈의 냉각을 위해 바퀴 등을 부착한 이동식을 원칙으로 하되, 고정식으로 설치할 경우, 곡물냉각기와 각 저장사일로 및 사각빈까지의 댐퍼가 부착된 냉각공기 송풍배관을 설치하며, 냉각공기 송풍배관은 단열하지 않는 것을 원칙으로 하나, 엘보우 등 송풍저항이 증가하는 개소수가 많거나, 송풍거리가 길어 냉각공기온도가 크게 상승할 우려가 있는 경우에는 단

열함

- ㉔ 곡물냉각기는 냉각효율을 높이기 위하여 그늘지고 통풍이 잘되는 곳과, 필터의 막힘 및 증발기의 오염을 방지하기 위하여 먼지발생이 최소가 되는 지점에 설치하여야 하며, 냉각공기 송풍배관이 최단 거리인 곳에 설치함

10) 이송시설

- ㉔ 이송시설은 설계능력에 부족하지 않는 충분한 능력이어야 하며, 곡물이 이송과정에서 손상되지 않도록 적정 이송속도를 준수하고, 내부는 이송과정에서 곡물이 충격이나 마찰로 손상되지 않는 구조이어야 함
- ㉔ 이송시설은 잔곡이 남지 않는 구조이어야 하고, 이송시설에 설치된 벨트, 스크레이퍼, 클리너, 기타 이송도구 등을 고정한 부분으로 볼트 및 너트 등의 풀림이 발생되지 않는 구조이어야 함
- ㉔ 이송되는 곡물이 정확한 방향으로 공급되도록 설치되어야 하며, 호퍼스케일 하부 등 공급되는 곡물량의 변동이 심한 곳에는 이송시설 이전 슈트관에 점검창과 수동게이트가 설치되어야 함
- ㉔ 버킷엘리베이터에 잔곡청소를 위한 공기청소기가 부착되는 경우, 각 버킷엘리베이터에 공기량 조절을 위한 수동밸브와 solenoid valve가 각각 부착되어야 함
- ㉔ 이송시설에는 곡물의 이송상태, 잔곡발생 여부를 확인할 수 있도록 작업자가 용이하게 관찰할 수 있는 위치에 점검창이 설치되어야 하며, 점검창은 작업자가 용이하게 보수점검이 가능한 구조이어야 함
- ㉔ 이송시설은 내부에서 발생하는 먼지를 효과적으로 집진할 수 있는 구조이어야 하며, 집진에 필요한 외기도입구는 효과적인 집진이 가능하면서 외부로부터 오염이 방지될 수 있는 위치에 설치되어야 함
- ㉔ 버킷엘리베이터 상부에는 점검구를 설치하여야 하며, 청소와 보수 점검을 위하여 발판과 같은 작업대를 설치하되, 버킷엘리베이터가 다른 기계설비 및 점검대 등과 함께 고정되지 않아야 함
- ㉔ 곡물과 직접 접촉하지 않는 부분 중 이송시설 내부는 이물질이 곡물에 섞이지 않도록 도색이 불필요한 재질을 사용하여야 함

11) 이송관 및 게이트

- ㉔ 곡물과 직접 접촉하는 이송관 즉, 슈트 재질은 매끄럽고 내부식성 이어야 하며, 구멍이나 균열이 없어야 함
- ㉔ 슈트관경은 곡물량에 적합한 크기이어야 하고, 경사각은 안식각 이상으로 하며, 굴곡부에는 곡물로부터의 충격과 마모에 견딜 수 있는 구조이어야 함

- ㉔ 슈트길이가 너무 길거나 유속이 빨라 곡물이 손상될 우려가 있는 경우에는 완충장치를 설치하여야 하며, 용이하게 청소할 수 있는 구조이어야 함
- ㉕ 슬라이드 게이트는 개폐시 이송되는 곡물에 손상을 주지 않고 완전 차단이 가능한 구조이어야 하고, 가능한 개폐 정도를 임의로 조정할 수 있는 실린더를 사용하며, 별도로 게이트 상단에 유량을 조절할 수 있는 수동 게이트가 설치되어야 함

12) 탱크류

- ㉔ 단위기계로 균일하게 원료를 공급하고, 고장 시 곡물의 임시저장에 사용되도록 단위기계 사이에는 호퍼형 보조탱크가 설치되는 것을 원칙으로 하며, 보조탱크 용량은 단위기계 처리능력에 적합하여야 함
- ㉕ 모든 탱크에는 잔곡 발생여부를 확인하기 위하여 점검창이 설치되어야 하며, 곡물이 충격으로 손상되지 않도록 완충장치가 부착되어야 함
- ㉖ 모든 탱크에는 집진을 위하여 집진덕트와 동일 이상 면적의 공기유입구(air vent)가 설치되어야 하며, 일반적으로 공기유입구는 엘보형을 원칙으로 하되, 공기유입구에는 용이하게 분리하여 청소할 수 있는 금망(mesh)이 설치되어 외부로부터 먼지유입이 최소가 되도록 하여야 함
- ㉗ 모든 탱크의 내부 상단과 하단에는 레벨센서를 설치하는 것을 원칙으로 하며, 하단의 배출 게이트는 레벨 센서와 연계하여 자동 또는 수동제어가 가능한 구조이어야 함

13) 집진시설

- ㉔ 집진시설을 통한 공기의 분진농도는 대기환경보전법, 산업안전보건법 등 관련법규의 허용범위이내이어야 하며, 집진시설은 작업자의 건강과 설치되는 기계의 성능과 수명에 지장을 초래하지 않는 범위에서 청결하게 유지되어야 함
- ㉕ 신규 집진시설은 동일 부지내에 설치된 원료투입구, 건조저장시설, 집진시설 등 기존시설에서 발생하는 먼지 상태를 충분히 검토하여 전체시설의 비산먼지농도가 최대한 낮아지면서 비용이 절감될 수 있는 방향으로 설치되어야 함
- ㉖ 단위기계 및 집진시설은 과대설계에 의해 곡물이 건조하거나 에너지가 낭비되지 않도록 발생하는 먼지의 집진에 적합한 집진능력으로 설치되어야 함
- ㉗ 단위기계 및 집진시설의 종류와 개수는 발생하는 분진의 종류 및 운전조건 등을 충분히 감안하여 집진효율이 높으면서 설치비용 및 에너지소요가 최소가 되는 방향으로 결정되어야 함
- ㉘ 집진시설에서 제거된 분진을 보관하는 보관함은 먼지가 비산되지 않도록 충분히 밀폐되어야 함

- ㉞ 모든 단위기계 내부는 먼지가 쌓여있지 않는 구조이어야 하고, 분진이 발생하는 모든 단위기계, 이송 시설 및 탱크에는 집진배관이 설치되는 것을 원칙으로 하며, 기류를 이용하여 곡물을 선별 및 이송 하는 단위기계에는 적정 송풍량 확보를 위해 정압계, 댐퍼 및 by-pass관을 설치하는 것을 원칙으로 함
- ㉟ 집진배관은 분진의 이동경로와 배관의 연결구조에 대한 정확한 도면이 작성된 다음, 분진의 종류와 양에 따라 집진시설의 송풍기 풍량과 정압이 결정되어야 하며, 집진배관 직경은 배관내부 풍속기준 (18m/sec 수준)범위에서 적합하게 결정되어야 함
- ㊱ 집진덕트는 쉽게 분해 조립이 가능하도록 플랜지 조립을 원칙으로 하며, 집진덕트에서 주관의 유속 변화에 따라 집진물이 합류되는 분기관으로 역류하지 않도록 분기관은 주관의 상부 또는 측면에 연결되어야 함
- ㊲ 집진덕트의 합류관은 덕트의 직경이 감소되는 부위에 30~45°경사로 부착하여야 하고, 레듀셔는 시작점의 덕트 지름의 1.5배 길이로 완만하게 감소되어야 하며, 집진배관용 90°L형 배관은 중심부의 길이가 지름의 1.5배 이상으로 하여 저항을 최소화하여야 함
- ㊳ 집진덕트의 각 분기관 등에는 집진량의 조절을 위한 댐퍼가 설치되어야 하며, 정확한 집진량 조절을 위해 필요한 곳에 by-pass관을 설치할 수 있으며, 집진덕트는 운전시 소음과 진동이 없도록 튼튼히 고정되어야 함

14) 공기압축기 및 배관

- ㉞ 공기압축기는 압축공기를 필요로 하는 단위기계, 이송시설 및 게이트 등의 압축공기 소요량을 정확하게 파악하여 과대 또는 과소가 되지 않도록 적정한 용량이 설치되어야 하며, 소요 공기압력은 다른 곳에서 감압변이 설치되어야 함
- ㉟ 공기압축기 이후에는 목적에 맞도록 공기청정기 및 오일 분리장치, 물 분리장치 및 압력조정밸브 등이 설치되어야 하며, 공기압축기는 분진이 적은 곳에 설치하여야 함
- ㊱ 공기배관은 기계의 진동으로 변형되지 않도록 고정대 또는 받침대를 설치하여야 하며, 가장 낮은 곳에 위치한 공기배관에는 응축수의 배출을 위한 드레인 밸브가 설치되어야 함

15) 제어시설, 자동재고관리시스템

- ㉞ 건조저장시설의 전 공정은 MMI(Man machine interface) PC에 의한 집중제어를 하고, 노이즈에 의한 오동작을 방지할 수 있도록 전원의 별도 및 분리공급 등의 방안이 강구되어야 함
- ㉟ 제어설비나 기계설비의 작동불량과 같은 이상이 발생할 때는 경보와 동시에 순차적으로 작동이 중단 되도록 제어 시스템이 구축되고 수동으로 조작될 수 있어야 함

- ㉔ 자동재고관리시스템(ICS, Inventory Control System)은 입고일을 기준으로 할 때 lot별 입고일자, 입고량, 잔고량 및 출하일자 등의 파악이 가능하여야 하며, 출고일을 기준으로 할때도 입고량, 잔고량 및 출하내용 등의 파악이 가능하여야 함
- ㉕ 자동재고시스템은 lot별로 투입량 및 배출량 등 전체적인 물량관리가 가능하여야 하고, 일일, 주간, 월간, 분기 및 연말보고 서식의 자동 출력이 가능하여야 함
- ㉖ 자동재고관리시스템은 중앙제어실은 물론 사무실에서 동일한 정보를 on-line으로 활용할 수 있는 체계를 구축하는 것을 원칙으로 함

③ 안전설비 및 기타 설치운영

- ㉗ 용접 등 현장시공이 최소화될 수 있도록 구조물, 각종 배관, 슈트 및 공기덕트 등은 조립식으로 설계 및 시공되는 것을 원칙으로 하며, 모든 단위기계는 일관 관찰이 가능하도록 전면을 향하도록 설치하는 것을 원칙으로 함
- ㉘ 조작 중 각종 기계설비의 감시, 조작 및 유지관리를 효과적이고 안전하게 할 수 있도록 작업동선을 고려한 작업통로가 확보되어야 하며, 모든 기계설비는 접근이 용이하고 수리에 필요한 공간이 확보되어야 함
- ㉙ 모든 단위기계에서 소음 및 진동이 최소화되고, 최적의 상태에서 운전되기 위하여 정확하게 밸런스가 유지되도록 설치되어야 함
- ㉚ 진동이 발생하는 단위기계에는 다른 기계설비나 바닥으로 진동이 전파되지 않도록 별도 구조물 및 방진패드 설치 등 충분한 방진조치가 실시되어야 하며, 진동이 건축에 전달되지 않는 구조이어야 함
- ㉛ 진동이 심한 단위기계와 슈트와의 연결부위는 반드시 신축성이 큰 재질로 연결하고 조인트는 강철퍀드로 묶는 등 충분한 방진대책이 강구되어야 함
- ㉜ 건조저장시설의 분진 및 낙곡발생을 방지하기 위해 공정별 연결부분, 집진배관 시설 및 이송시설 등은 밀폐되어야 하며, 시료 채취시 낙곡이 발생되지 않는 형태의 시료채취구가 설치되어야 함
- ㉝ 모든 기계설비는 자중, 적재하중, 작용력, 진동 및 충격 등에 대하여 안전한 구조이어야 하며, 큰 하중이나 외력이 작용하는 기계설비는 기초를 독립적으로 설계하는 것을 원칙으로 함
- ㉞ 건물에서 외부로 노출되는 기계설비는 녹슬거나 부식되는 것을 방지하기 위한 조치가 취해져야 하며, 특히 송풍기는 덮개를 설치하여 빗물이 유입되지 않게 해야 함
- ㉟ 운전자의 안전은 물론 작업의 효율성을 높이기 위해 시설 내·외부의 작업장으로 용이하게 이동할 수

있는 작업통로가 설치되어야 하며, 통로는 작업자의 안전을 보장할 수 있는 수준의 시설, 채광, 조명 및 안전 난간이 설치되어야 함

- ㉠ 기계설비의 조작 및 점검부위가 작업자의 키보다 높게 설치될 경우에는 적당한 높이의 발판이 설치되어야 하며, 기계설비의 높이가 1.5m이상인 곳에서는 작업자가 안전하게 오르내릴 수 있는 설비가 설치되어야 함
- ㉡ 각 기계설비마다 작업자가 신속히 작동을 정지시킬 수 있는 위치에 정지 또는 동력차단 장치가 설치되고, 정지 또는 동력차단 장치는 조작이 간단하고 확실하여야 하며, 일단 정지된 이후에는 작업자의 재조작 경우를 제외하고는 스스로 작동되어서는 안 되는 구조이어야 함
- ㉢ 송풍기 등 소음이 많은 기계 또는 설비는 작업자와 인근 주민의 건강을 해치지 않도록 소음방지 관계 법령에서 정하는 기준치이하로 소음이 경감 또는 차단될 수 있어야 함
- ㉣ 에너지 투입을 최소화할 수 있도록 정밀한 적정설계가 이루어져야 하며, 각종 시설이 유효하게 제어되어 에너지 낭비가 없도록 제어 및 효율적인 운전이 가능하여야 함
- ㉤ 건조저장시설에 사용되는 모든 자재와 부품은 KS규격 또는 그 이상의 품질규격제품을 사용하여야 하며, 명시되지 않는 제작, 설치 및 운영 관련사항은 관련법, 농협미곡종합처리장설계기준에 준함

4. 우리밀 건조저장시설 기본모델 개발

가. 개발방법

- 우리밀 건조저장시설의 처리능력은 농림축산식품사업(9. 발작물공동경영체 육성지원) 우리밀 건조저장시설 지원기준은 저장능력 1,000톤으로서, 향후 생산농가 및 건조저장시설이 규모화될 경우 이 지원규모의 변경이 필요할 것이나, 현재로서는 이 기준에 준하여 설계하였음
- 우리밀의 산물수매를 위한 건조저장시설의 주요공정은 전술한 그림 3-2-105과 같았으며, 맥강을 활용하는지 여부에 따라 저장시설을 상온저장하는 사일로, 냉장저장하는 저장빈형태로 구분하여 별도의 모델로 하였음
- 우리밀만을 취급하는 별도의 건조저장시설에서 과도한 건조능력의 필요 등으로 설치비용이 과다하게 소요되며, 우리밀의 수확시기가 6월인데 비해 벼의 수확시기가 10월로 벼 건조저장시설을 밀 건조저장용으로 사용하면서 혼곡방지를 위한 선별시설을 설치하는 방안이 대단히 효율적으로 이를 고려하여 모델을 개발하였음
- 따라서 우리밀 건조저장시설은 지금까지의 현장조사결과, 설계인자 구명 및 설계기준 정립 등 연구결과와, 벼의 건조저장시설 기준모델 및 설계기준 등에 대한 조사결과를 이용하여 연구 및 설계 전문가의 협의를 거쳐 총 4개의 우리밀 건조저장시설 모델(안)을 제시하였음

나. 우리밀 건조저장시설 주요 단위공정설계

(1) 투입구

- 우리밀 1,000톤을 저장할 수 있는 고수분 우리밀을 산물수매기간 중에 반입 받았을 때 투입구의 투입능력(ton/hr) 및 개소수는 다음과 같이 결정하였음
- 반입 수분함량은 전술한 반입함수율 기준인 24%를 적용하고, 조선기 통과후 우리밀에 혼입된 이물질(최종 이물질혼입율 0.27%, 정선지수 1.0027)이 건조 등의 공정에서 제거되고 13%의 건조된 1,000톤이 사일로에 저장되므로 산물수매되는 반입 우리밀의 중량은 다음 식(3-2-66)와 같음

$$\text{산물수매 반입밀의 중량(ton/hr)} = \text{저장 건조밀 중량(ton/yr)} / \text{건조지수(-)} \times \text{정선지수(-)}$$

$$= \frac{1,000}{0.8736} \times 1.0027 = 1,149.8\text{ton/yr} = 1,150\text{ton/hr} \dots\dots\dots (3-2-64)$$

- 현재 보급중인 투입구는 설계능력 20ton/hr 및 30ton/hr 등 2가지이며, 1일 10시간, 연간 7일 반입할 경우, 실반입능력(ton/year)은 전술한바와 같이 700ton/yr 및 1,190ton/yr이므로 투입구는 설계

투입능력 30ton/hr은 1개소, 설계투입능력 20ton/hr는 2개소의 설치가 필요함

- 벼의 경우 RPC보급초기 투입구의 설계능력기준을 20ton/hr로 하였으나, 투자비용의 절감으로 쪽정이 선별능력 향상, 콤바인 능력의 향상 및 대농출현 등으로 인해 농민 반입대기시간의 단축 등의 목적으로 현재는 30ton/hr를 기준으로 보급하고 있음
- 우리밀의 경우에도 벼에 비해 정선이 필요한 이물질혼입율이 낮고, 조전기 선별효율이 높은 점을 감안할 때 순환식건조기의 투입 및 품종별·등급별 구분처리의 용이성이 다소 낮더라도 설치 및 운영비용이 최소화되도록 30ton/hr 1개소의 설치가 타당할 것으로 판단되었음

(2) 순환식건조기

- 우리밀의 건조시설은 순환식건조기이며, 순환식건조기의 건조능력(ton/batch) 및 소요대수는 다음과 같이 결정하였음
- 현재 보급중인 순환식건조기는 설계능력 5~10ton/batch, 20ton/batch 및 30ton/batch 등이 있으며, 5~10ton/batch는 주로 농가용으로 보급되고 있으며, 산물처리하는 경우에는 20ton/batch 및 30ton/batch 등 2종류가 보급되고 있음

표 3-2-147. 순환식건조기 종류별 건조능력 계산방법

구 분	밀기준(안)(A)		벼기준(B)		비고 (A/B×100, %)	
	20ton/batch	30ton/batch	20ton/batch	30ton/batch		
원료함수율(%)	24	24	24	24		
건조후 함수율(%)	13	13	16	16		
연중건조가능일(day/yr)	7	7	25	25		
건감율기준(%/hr)	0.6	0.55	0.8	0.67		
1일가동시간(hr/day)	22	22	20	20		
투입능력 20ton/hr	투입시간(hr)	2	3	2	3	
	배출시간(hr)	1	1.5	1	1.5	
	건조시간(hr)	18.3	20	10	1.5	
	1회전시간(hr)	21.3	24.5	13	16.5	
	1일회전수(batch/day)	1.03	0.90	1.5	1.2	
	연간건조량(ton/yr)	145	190	750	900	19.3~21.5
투입능력 30ton/hr	투입시간(hr)	1	2	1	2	
	배출시간(hr)	1	1	1	1	
	건조시간(hr)	18.3	20	10	12	
	1회전시간(hr)	20.3	23	12	15	
	1일회전수(batch/day)	1.08	0.96	1.67	1.33	
	연간건조량(ton/yr)	150	200	800	975	18.8~20.5

- 건조기로 투입되는 고수분 우리밀의 함수율기준은 24%, 건조목표 함수율은 13%이며, 건감율은 건조 능력 20ton/batch 및 30ton/batch의 순환식건조기가 전술한바와 같이 각각 0.6%/hr 및 0.55%/hr이며, 동일한 건조능력의 순환식건조기를 설치할 때 단독 또는 다수를 설치하는 것과, 이 때 투입 또는 배출라인의 설치대소수 등에 따라 실건조능력에 차이가 발생하게 됨
- 전술한 투입능력기준, 건조능력기준 등을 활용하여 순환식건조기의 처리능력별, 투입능력별 실제 건조능력을 산정한 결과로서, 표에서 알 수 있듯이 투입구 30ton/hr의 건조저장시설에서 우리밀 1,000톤을 산물수매하기 위해 필요한 순환식건조기 대수는 건조능력 30ton/batch 5대임
- 우리밀의 경우 동일한 처리능력의 순환식건조기로 연간 처리할 수 있는 산물 밀의 중량이 벼에 비해 약 18.8~21.5%수준에 불과하므로 산물수매를 위해 순환식건조기를 다수 보유한 별도의 우리밀 건조저장시설 보급보다는 수확시기가 10월인 벼의 건조저장시설을 공동으로 사용하는 것이 타당할 것으로 판단되었음

(3) 저장사일로

- 전술한바와 같이 우리밀을 상온저장할 경우 사이로, 냉장저장할 경우에는 사이로 및 저장빈에 곡물 냉각기를 연결하여 사용하는 방법을 제시하였으며, 이에 소요되는 사이로 및 저장빈의 저장능력 및 소요개수는 다음과 같이 결정하였음
- 사이로의 경우에는 벼와 공용으로 사용하는 것을 전제로 하였으며, 벼에서 사용중인 저장능력 500ton인 사이로(호퍼식)를 구조계산을 통해 보강하는 것을 전제로 사이로에 저장되는 저장용량을 저장용적과 산물밀도를 이용하여 계산하였으며, 산물밀도는 결실율, 품종, 함수율에 따라 차이가 발생하나 전술한바와 같이 0.75ton/m³로 하였음
- 벼에서 사용중인 500ton저장능력의 사이로의 규격은 9.7×18.276m(Φ×H)이며, 총 체적은 832m³으로서 우리밀의 산물밀도 0.75ton/m³를 적용할 경우, 최대 저장능력은 624ton(벼의 경우 0.615ton/m³를 적용할 경우 저장능력은 511ton)이며, 균분기로 균분하여도 안식각으로 인해 저장이 어려운 공간의 발생, 곡온측정센서의 설치, 공기배출구 등의 설치공간을 제외할 경우 우리밀 500ton의 저장이 충분할 것으로 판단되어 벼에서 사용중인 500ton저장능력 사이로(9.7×18.276m, Φ×H) 2기로 결정하였음

- 저장체적 $V_T = V_m + V_h = 713m^3 + 119m^3 = 832m^3$

여기서, 원통부체적 $V_m = \pi r^2 h = \pi \times 4.85^2 \times 9.66 = 713m^3$

$$\text{호퍼부 체적 } V_h = \frac{\pi h}{3}(R^2 + Rr + r^2) = \frac{\pi \times 4.69}{3}(4.85^2 + (4.85 \times 0.2) + 0.2^2) = 119m^3$$

- 우리밀 저장량 $Q_{\text{밀}} = V_T \times \rho = 832m^3 \times 0.75\text{톤}/m^3 = 624\text{톤}$

- 벼 저장량 $Q_{\text{벼}} = V_T \times \rho = 832m^3 \times 0.615\text{톤}/m^3 = 511\text{톤}$

○ 한편, 저장빈의 경우에는 100ton규모의 사각빈을 연결하는 방식으로서, 아연도강판을 이용하여 제작되는 사각빈은 강판의 효율적인 활용, 제조비용의 절감을 위해 벼에서 사용중인 사각빈중에서 벼와 우리밀의 산물밀도차이를 이용하여 사양을 결정하였는데, 벼에서 약 85ton저장능력(4.225×4.225×7.82m, W×D×H)으로 보급되는 사각빈의 저장능력이 우리밀 100ton규모에 적합하였으며, 다음과 같이 계산하였음

- 저장체적 $V = a \times b \times h = 4.225 \times 4.225 \times 7.82 = 139.6m^3$

- 우리밀 저장량 $Q_{\text{밀}} = V \times \rho = 139.6m^3 \times 0.75\text{톤}/m^3 = 104\text{톤}$

- 벼 저장량 $Q_{\text{벼}} = V \times \rho = 139.6m^3 \times 0.615\text{톤}/m^3 = 85\text{톤}$

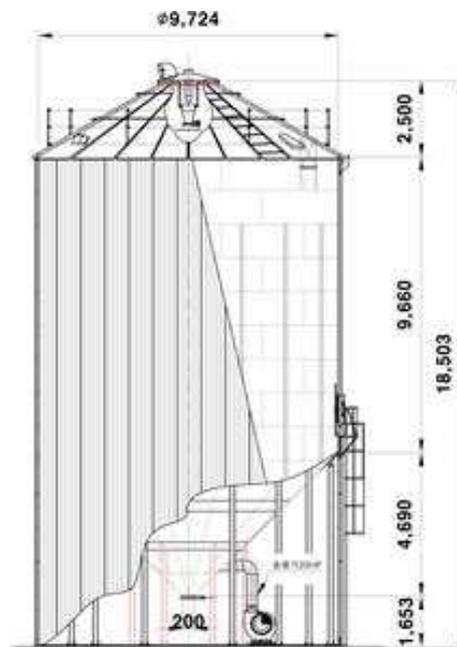


그림 3-2-106. 우리밀 저장용 사일로(저장능력 500ton)의 규격

다. 우리밀 건조저장시설 모델(안)

(1) 우리밀 건조저장시설 모델(안)

- 전술한바와 같이 맥강의 이용여부에 따른 상온저장 및 저온저장시설, 우리밀과 벼를 동일시설로 사용하거나, 우리밀을 등급별로 정선하여 출하하는 경우여부 등에 따라 총 4가지 모델을 개발하였으며, 각 모델별로 공정 및 배치도 등 기본모델(안)은 다음과 같았음
- 제 1모델은 현재와 같이 반입-건조-상온저장후 출하하는 모델로서 공정 및 설계도는 다음과 같음

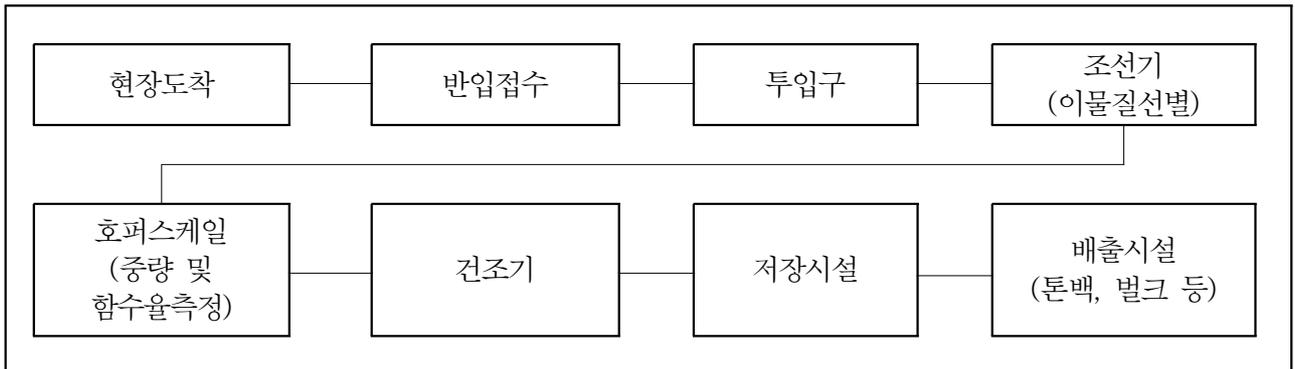
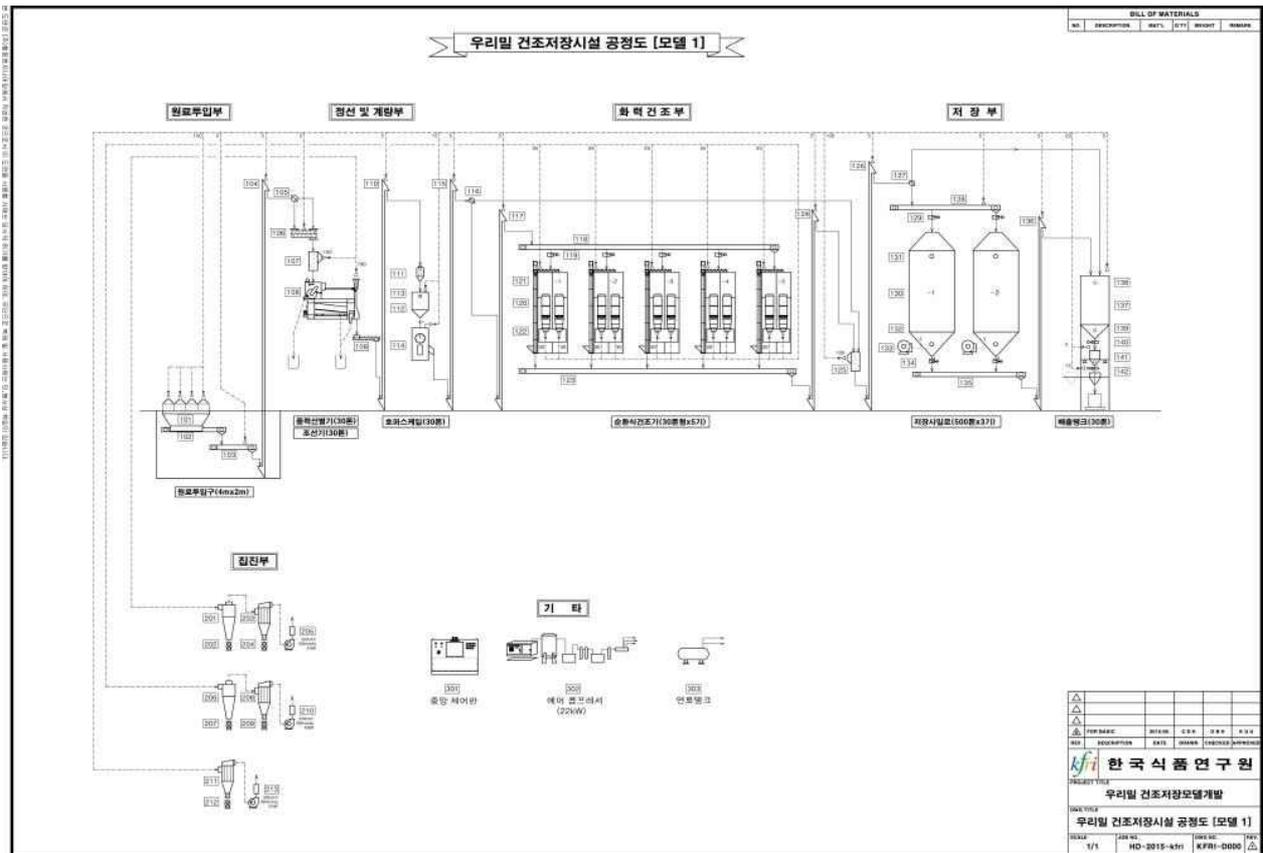


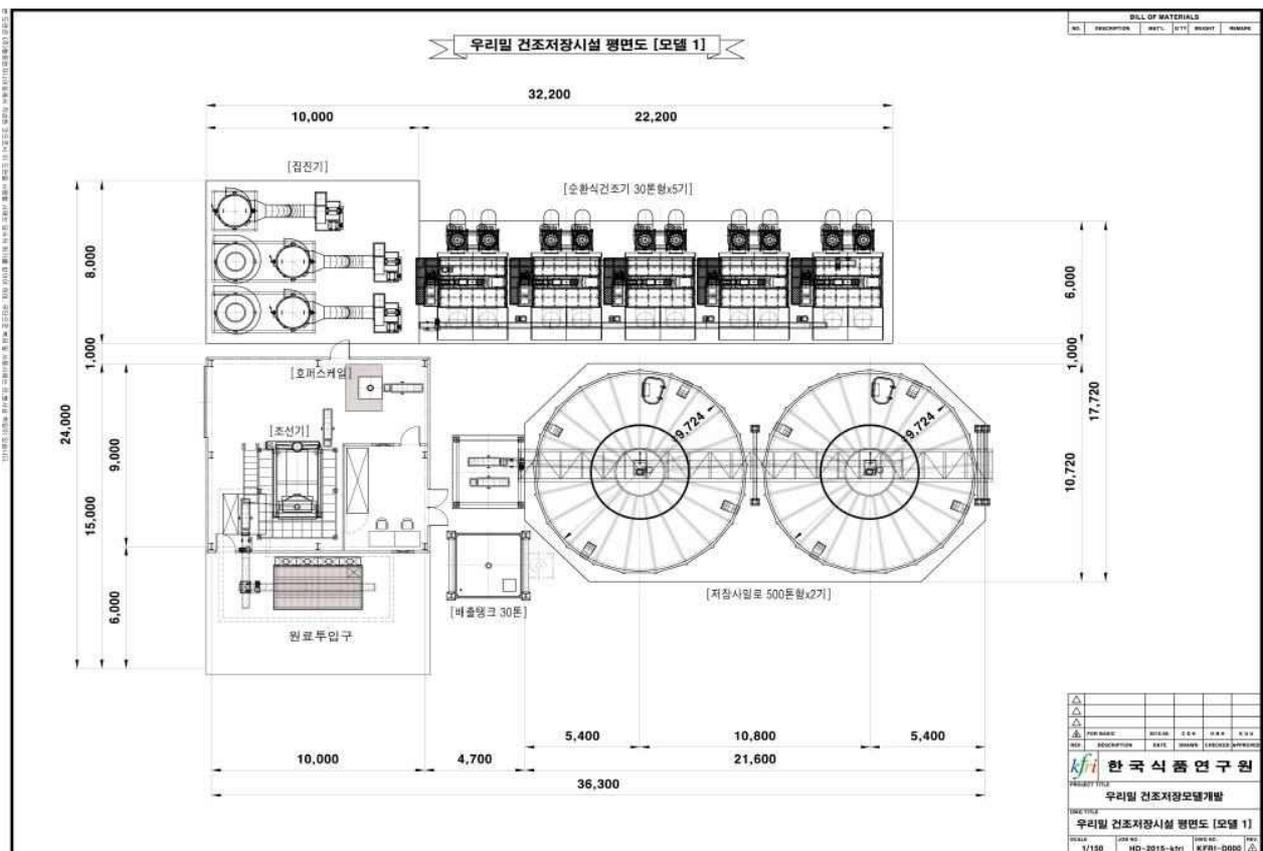
그림 3-2-107. 제 1 모델의 공정도



우리밀 건조저장시설 명세표 [모델 1]											BILL OF MATERIALS				
NO.	DESCRIPTION	QTY.	UNIT	REMARK	REMARK	NO.	DESCRIPTION	QTY.	UNIT	REMARK	NO.	DESCRIPTION	QTY.	UNIT	REMARK
1. 원료 투입, 경선, 계량부															
101	반입 호퍼	4000 x 2000		1	접전후드 포함	137	컨베이어 모터	3000x3500x5500H	30톤	1					
102	제인간베이어	W250 x 6.28mL	30톤/시간	1	3.7kW x 4P x 1/40	G.M. 인버터	138	상부 체널	SPS (STD)		1				
103	제인간베이어	W250 x 3.85mL	30톤/시간	1	1.5kW x 4P x 1/40	G.M.	139	하부 체널	SPS (STD)		1				
104	버젯 엘리베이터	10' x 6' x 16.13mH	30톤/시간	1	3.7kW x 4P x 1/20	G.M.	140	솔라이드게이트	300x300		1				A.C, L.S
105	2-방향 분배기	200x200		1		A.C, L.S	141	콘택스케일		1	1톤/계서	1			
106	체정기 (탈방)			1	11kW x 4P		142	솔라이드게이트	300x300		1				A.C, L.S
107	동력선별기	180w/min		1	1.5kW x 4P	G.M. 강제확산형									동력소계 : 39.5kW
108	조선기		30톤/시간	1	3.75kW+1.5kW	G.M.	4. 집진부								
109	스크류컨베이어	Ø250 x 3.0mL	30톤/시간	1	1.5kW x 4P x 1/20	G.M.	201	싸이클론	320w/min		1				
110	버젯 엘리베이터	10' x 6' x 11.55mH	30톤/시간	1	2.2kW x 4P x 1/20	G.M.	202	로타리밸브	Ø300		1	1.5kW x 4P x 1/20			
111	수동형 체널	Ø300 x 900L		1			203	백필터	320w/min		1				
112	보통 탱크	0.9 x 0.9 x 0.9mH		1		수동형과 포함	204	로타리밸브	Ø300		1	1.5kW x 4P x 1/20			
113	상부 체널	SPS(STD)		1		FADDLE TYPE	205	집진형	320w/minx350mmAq		1	37kW x 4P			송풍기,콘베어,밸브포함
114	호퍼 스케일	입고자무시기 포함	30톤/시간	1		전기차량식	206	싸이클론	450w/min		1				
115	버젯 엘리베이터	10' x 6' x 11.55mH	30톤/시간	1	2.2kW x 4P x 1/20	G.M.	207	로타리밸브	Ø300		1	1.5kW x 4P x 1/20			
							208	백필터	450w/min		1				
2. 환력 건조부															
116	2-방향 분배기	200x200		1		A.C, L.S	209	로타리밸브	Ø300		1	1.5kW x 4P x 1/20			
117	버젯 엘리베이터	10' x 6' x 15.32mH	30톤/시간	1	2.2kW x 4P x 1/20	G.M.	210	집진형	450w/minx300mmAq		1	45kW x 4P			송풍기,콘베어,밸브포함
118	제인간베이어	W250 x 22.0mL	30톤/시간	1	3.7kW x 4P x 1/40	G.M.	211	백필터	350w/min		1				
119	솔라이드게이트	250 x 500		5		A.C, L.S	212	로타리밸브	Ø300		1	1.5kW x 4P x 1/20			
120	순환식 건조기		30톤형	5	25kW		213	집진형	350w/minx300mmAq		1	37kW x 4P			송풍기,콘베어,밸브포함
121	상부 체널	SPS(STD)		5		FADDLE TYPE	5.기 타 시설								
122	피모 송풍기	540w/min		5	(7.5kW2ea)		301	중앙 제어방	3200x1000x2200H		1				
123	제인간베이어	W250 x 22.0mL	30톤/시간	1	3.7kW x 4P x 1/40	G.M.	302	싸이클론 세척	스프레이 타입		1	22kW			
124	버젯 엘리베이터	10' x 6' x 15.32mH	30톤/시간	1	2.2kW x 4P x 1/20	G.M.	303		연료 탱크	Ø60L		1			
125	동력선별기	180w/min		1	1.5kW x 4P	G.M. 강제확산형	* 총 소요 전력 : 360 kW								
3. 저장부															
126	버젯 엘리베이터	10' x 6' x 27.8mH	30톤/시간	1	3.7kW x 4P x 1/20	G.M.									
127	2-방향 분배기	200x200		1		A.C, L.S									
128	제인간베이어	W250 x 18.5mL	30톤/시간	1	2.2kW x 4P x 1/40	G.M.									
129	솔라이드게이트	250 x 500		2		A.C, L.S									
130	호퍼 사일로	Ø8.72 x 18.66mH	500톤형	2		입방(거름=100계차기)									
131	배출 밸브			2	0.04W(220V)										
132	상부 체널	SPS(STD)		2		FADDLE TYPE									
133	하부 체널	SPS(STD)		2		FADDLE TYPE									
134	송풍기	120w/min(A50mmAq)		2	15kW x 4P										
135	솔라이드게이트	400 x 400		2		A.C, L.S, 수동형									
136	버젯 엘리베이터	10' x 6' x 27.8mH	30톤/시간	1	3.7kW x 4P x 1/20	G.M.									

NOTE
 G.M GEARED MOTOR
 A.C AIR CYLINDER
 L.S LIMIT SWITCH

우리밀 건조저장모형개발
 한국식품연구원
 우리밀 건조저장시설 명세표 [모델 1]
 1/1 HD-2015-841 KPRI-0000



우리밀 건조저장모형개발
 한국식품연구원
 우리밀 건조저장시설 평면도 [모델 1]
 1/10 HD-2015-841 KPRI-0000

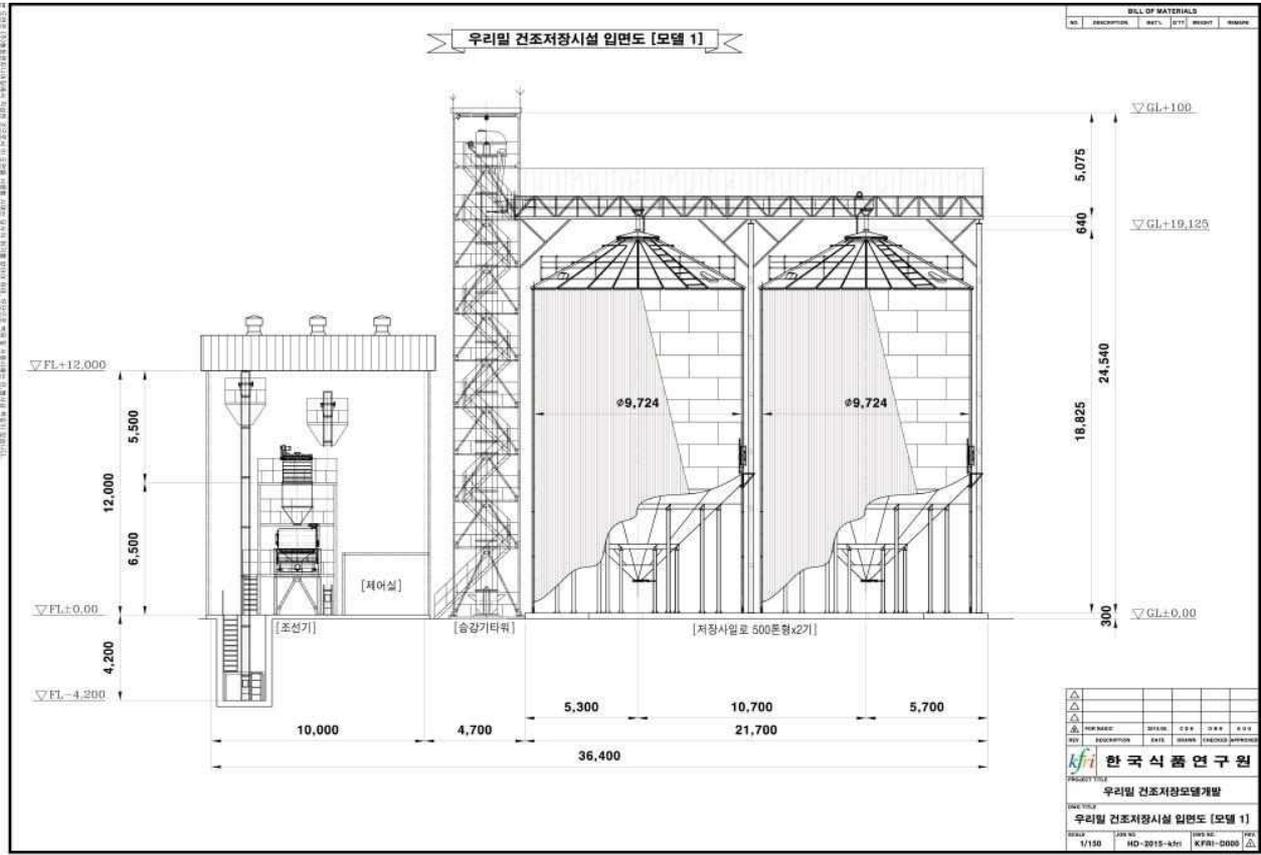


그림 3-2-108. 우리밀 건조저장시설 제 1 모델의 기본설계도 및 명세표

- 제 2모델은 반입-건조-상온저장후 선별기를 통해 등급별로 출하하는 모델로서 공정 및 설계도는 다음과 같음

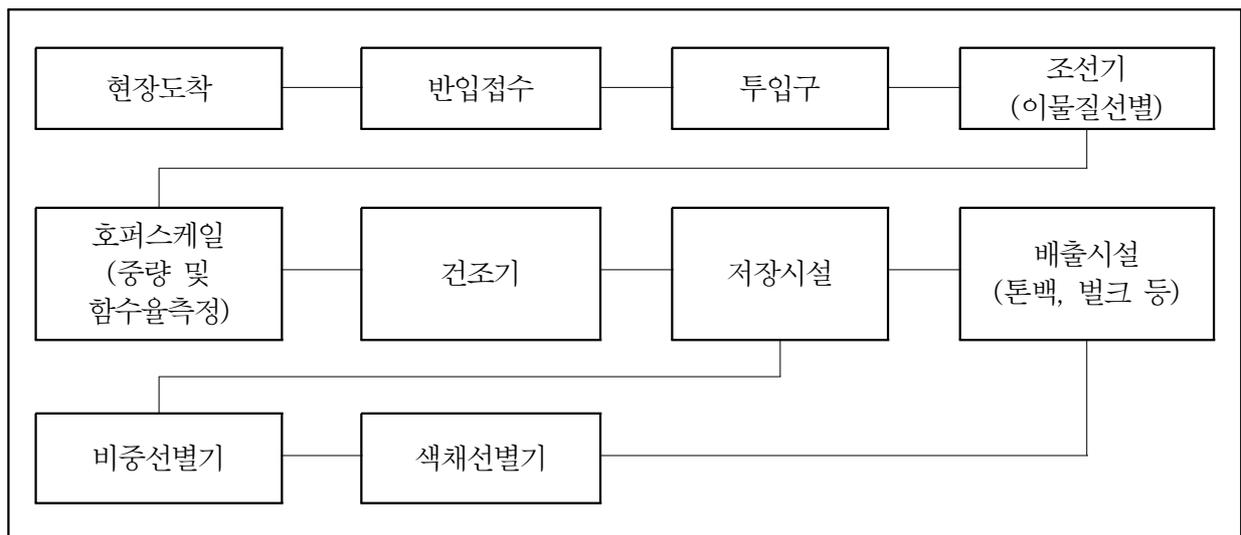
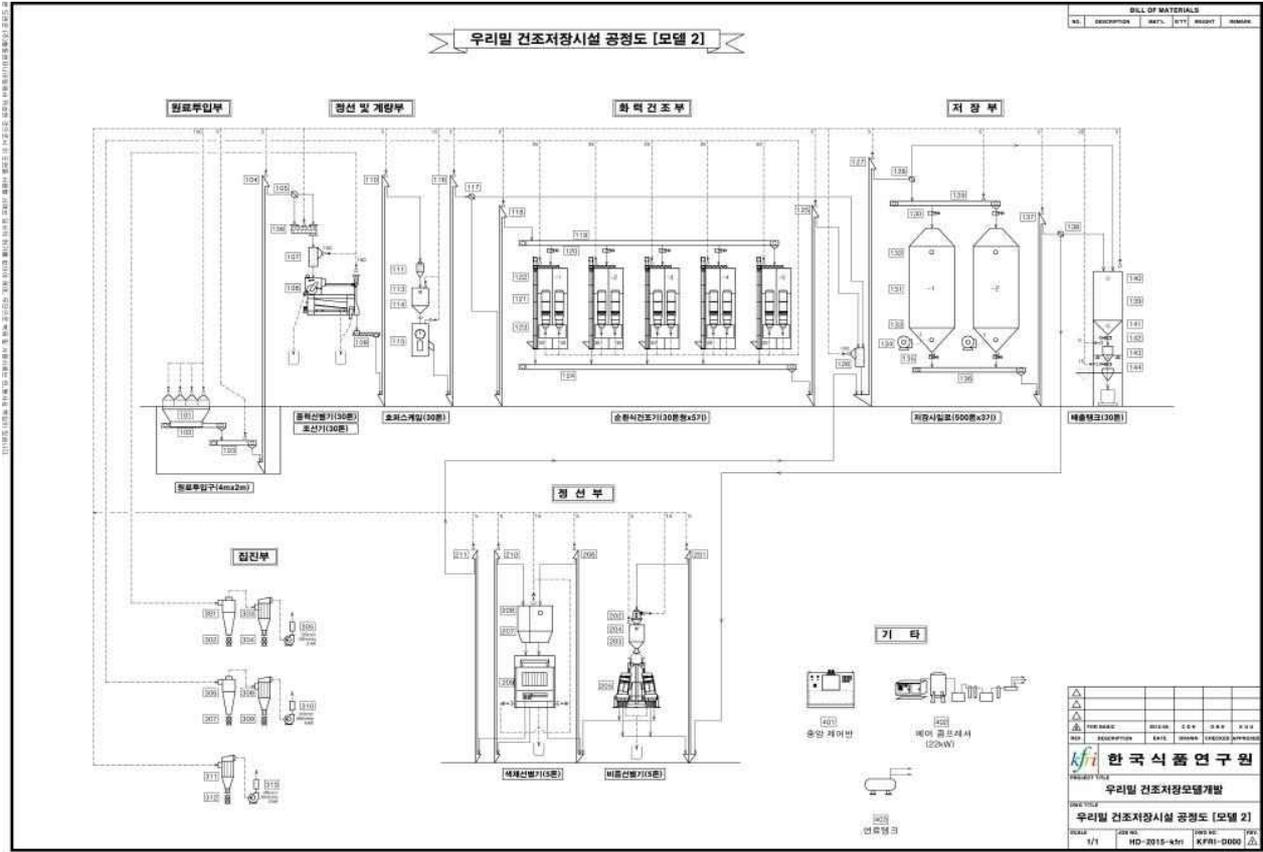


그림 3-2-109. 제 2 모델의 공정도



우리밀 건조저장시설 명세표 [모델 2]

번호	품명	규격	용량	수량	중량	비고
1. 원료 투입, 정선, 계량부						
101	원료 투입부	4000 x 2000		1		집진부 포함
102	제1안쇄기	W250 x 6.25mL	30톤/시전	1	3.7kW x 4P x 1/40	G.M. 인버터
103	제2안쇄기	W250 x 3.65mL	30톤/시전	1	1.5kW x 4P x 1/40	G.M.
104	버킷 엘리베이터	10" x 6" x 16.32mH	30톤/시전	1	3.7kW x 4P x 1/20	G.M.
105	2-방향 분배기	200x200		1		A.C., L.S.
106	계량기 (일방향)			1	11kW x 4P	
107	동력 전달기	180r/min		1	1.5kW x 4P	G.M. 강재화산형
108	조성기	30톤/시전		1	3.75kW x 1.5kW	G.M.
109	스크린 컨베이어	Ø250 x 3.0mL	30톤/시전	1	1.5kW x 4P x 1/20	G.M.
110	버킷 엘리베이터	10" x 8" x 11.55mH	30톤/시전	1	2.2kW x 4P x 1/20	G.M.
111	슈드휠 세정기	Ø300 x 900L		1		
112	보조 탱크	0.9 x 0.9 x 0.9mH		1		수동형의 포함
113	상부 배럴	SPS(STD)		1		PADDLE TYPE
114	호퍼 스케일	입고자료시거 포함	30톤/시전	1		정기정확식
115	버킷 엘리베이터	10" x 6" x 11.55mH	30톤/시전	1	2.2kW x 4P x 1/20	G.M.
						동력소모 : 39.6kW
2. 화학 건조부						
116	2-방향 분배기	200x200		1		A.C., L.S.
117	버킷 엘리베이터	10" x 6" x 16.32mH	30톤/시전	1	2.2kW x 4P x 1/20	G.M.
118	제1안쇄기	W250 x 22.00mL	30톤/시전	1	3.7kW x 4P x 1/40	G.M.
119	슬러시드 캐리어	250 x 500		5		A.C., L.S.
120	순환식 건조기	30톤용량		5	29kW	
121	상부 배럴	SPS(STD)		5		PADDLE TYPE
122	리모듈 모터	540r/min		5	(7.5kW/2sets)	
123	제2안쇄기	W250 x 22.00mL	30톤/시전	1	3.7kW x 4P x 1/40	G.M.
124	버킷 엘리베이터	10" x 6" x 15.32mH	30톤/시전	1	2.2kW x 4P x 1/20	G.M.
125	동력 전달기	180r/min		1	1.5kW x 4P	G.M. 강재화산형
						동력소모 : 138.3kW
3. 저장부						
126	버킷 엘리베이터	10" x 6" x 27.3mH	30톤/시전	1	3.7kW x 4P x 1/20	G.M.
127	2-방향 분배기	200x200		1		A.C., L.S.
128	제1안쇄기	W250 x 18.5mL	30톤/시전	1	2.2kW x 4P x 1/40	G.M.
129	슬러시드 캐리어	250 x 500		2		A.C., L.S.
130	호퍼 사일로	Ø9.72 x 18.66mH	500용량	2		단방향(100kg/회)
131	배출 밸브			2	0.04kW(220V)	
132	상부 배럴	SPS(STD)		2		PADDLE TYPE
133	하부 배럴	SPS(STD)		2		PADDLE TYPE
134	송풍기	120r/min/450mmAq		2	15kW x 4P	
135	슬러시드 캐리어	400 x 400		2		A.C., L.S. 수동형
136	버킷 엘리베이터	10" x 8" x 27.3mH	30톤/시전	1	3.7kW x 4P x 1/20	G.M.
4. 집진부						
301	세리 크론	320r/min		1		
302	로타리 밸브	Ø300		1	1.5kW x 4P x 1/20	
303	배럴 터	320r/min		1		
304	로타리 밸브	Ø300		1	1.5kW x 4P x 1/20	
305	집진 필터	320r/min/300mmAq		1	37kW x 4P	수동기, 콘베이어, 모터 포함
306	세리 크론	450r/min		1		
307	로타리 밸브	Ø300		1	1.5kW x 4P x 1/20	
308	배럴 터	450r/min		1		
309	로타리 밸브	Ø300		1	1.5kW x 4P x 1/20	
310	집진 필터	450r/min/300mmAq		1	45kW x 4P	수동기, 콘베이어 포함
311	배럴 터	400r/min		1		
312	로타리 밸브	Ø300		1	1.5kW x 4P x 1/20	
313	집진 필터	400r/min/300mmAq		1	37kW x 4P	수동기, 콘베이어, 모터 포함
5. 기타 시설						
401	송양 제어반	3200x1000x200H		1		
402	팬	팬(22kW)		1	22kW	
403	모터	모터(39.6kW)		1	39.6kW	
총 소요 전력 : 374 kW						

NO.	DESCRIPTION	UNIT	QTY	WEIGHT	REMARK
137	간베 송풍탱크	3000x3000x500H	30톤	1	
138	상부 배럴	SPS(STD)		1	
139	하부 배럴	SPS(STD)		1	
140	슬러시드 캐리어	300x300		1	A.C., L.S.
141	동력 스케일	1톤/에서	1		
142	슬러시드 캐리어	300x300		1	A.C., L.S.
					동력소모 : 39.6kW

○ 제 3모델은 반입-건조-저온저장후 출하하는 모델로서 공정 및 설계도는 다음과 같음

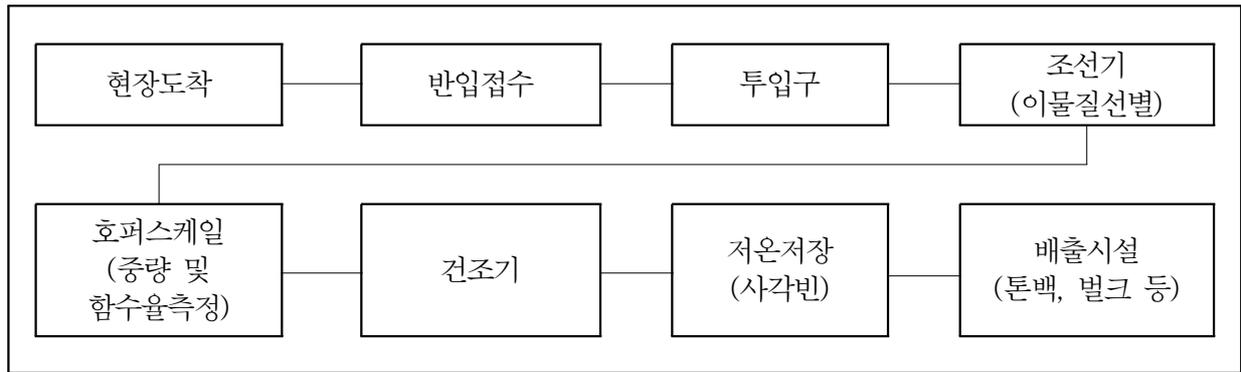
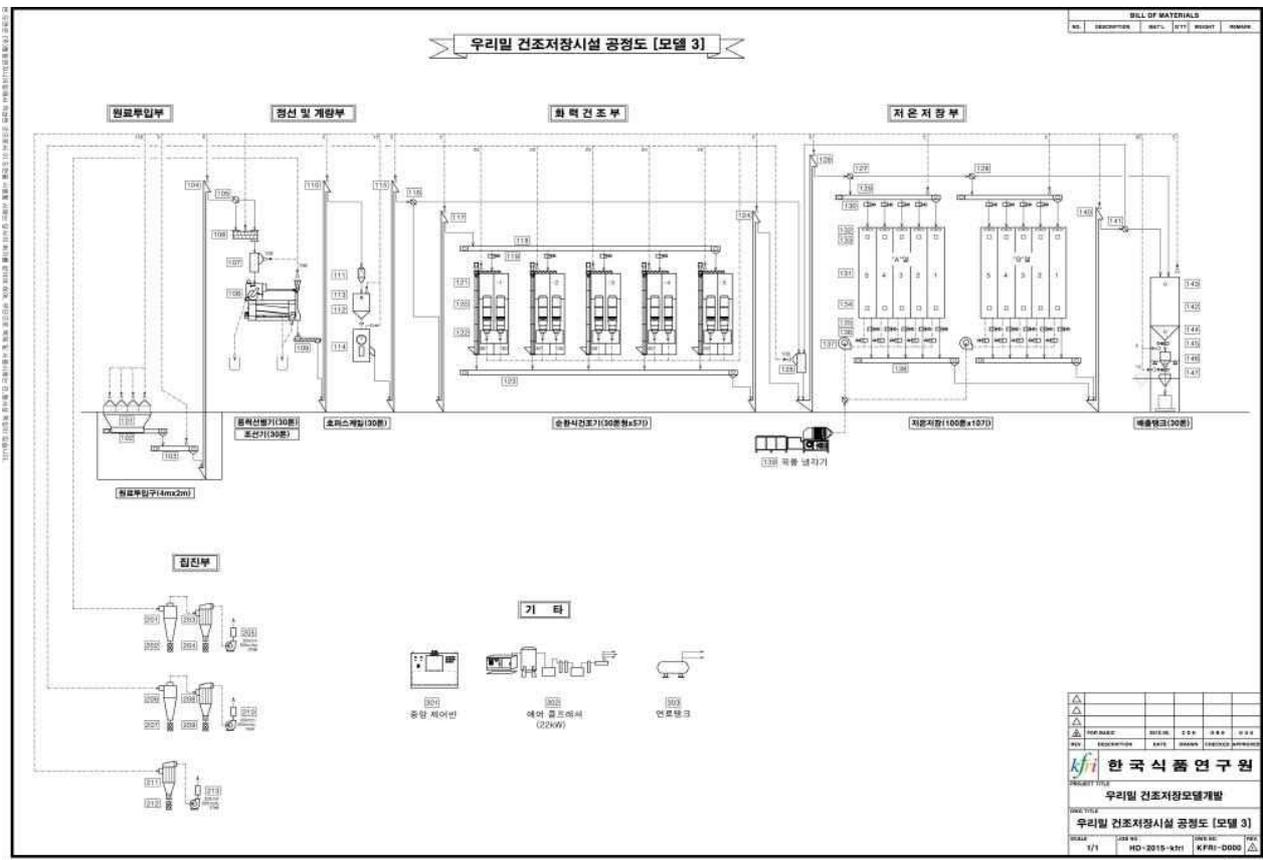


그림 3-2-111. 제 3 모델의 공정도



우리밀 건조저장시설 명세표 [모델 3]											BILL OF MATERIALS				
NO.	DESCRIPTION	QTY	UNIT	REMARK	NO.	DESCRIPTION	QTY	UNIT	REMARK	NO.	DESCRIPTION	QTY	UNIT	REMARK	
1. 원료 투입, 원선, 계량부															
101	반입 로크	4000 x 2000		1		집전부드 포함				137	송풍기	800w/min	2	45kW	
102	베인컨베이어	W250 x 3.28mL	30분/시간	1	3.7kW x 4P x 1/40	G.M. 진버터				138	베인컨베이어	W250 x 22.0mL	30분/시간	2	2.2kW x 4P x 1/40
103	베인컨베이어	W250 x 3.65mL	30분/시간	1	1.5kW x 4P x 1/40	G.M.				139	곡물날카기		1	37kW	
104	베인컨베이어	10' x 6' x 18.13mH	30분/시간	1	3.7kW x 4P x 1/20	G.M.				140	솔라이드게이트	400 x 400	2'	A.C.L.S. 수동열매	
105	2-방향분배기	200x200		1		A.C.L.S.				141	베인컨베이어	10' x 6' x 27.9mH	30분/시간	1	3.7kW x 4P x 1/20
106	세정기 (탈탈)			1	11kW x 4P					142	리버솔라임크	3000x3000x550H	30분	1	
107	동력선풍기	180w/min		1	1.5kW x 4P	G.M. 강제확산형				143	상부제벨	SPS (STD)		1	
108	조선기		30분/시간	1	3.75kW x 5kW	G.M.				144	하부제벨	SPS (STD)		1	
109	스크류컨베이어	Ø250 x 3.0mL	30분/시간	1	1.5kW x 4P x 1/20	G.M.				145	솔라이드게이트	300x300	1	1	A.C.L.S.
110	베인컨베이어	10' x 6' x 11.55mH	30분/시간	1	2.2kW x 4P x 1/20	G.M.				146	통바스캐일		1	1톤/에서	1
111	수동열매철기	Ø300 x 900L		1						147	솔라이드게이트	300x300	1	1	A.C.L.S.
112	보조탱크	0.9 x 0.9 x 0.3mH		1											동력소계 : 101.6kW
113	상부제벨	SPS(STD)		1		PADDLE TYPE				4. 집진부					
114	호퍼스캐일	입고표시기가 포함	30분/시간	1		경기회합력				201	세이큰	320w/min	1		
115	베인컨베이어	10' x 6' x 11.55mH	30분/시간	1	2.2kW x 4P x 1/20	G.M.				202	로타리벨트	Ø300	1	1.5kW x 4P x 1/20	
2. 확력 건조부															
116	2-방향분배기	200x200		1		A.C.L.S.				203	벽설타	320w/min	1		
117	베인컨베이어	10' x 6' x 15.32mH	30분/시간	1	2.2kW x 4P x 1/20	G.M.				204	로타리벨트	Ø300	1	1.5kW x 4P x 1/20	
118	베인컨베이어	W250 x 22.0mL	30분/시간	1	3.7kW x 4P x 1/40	G.M.				205	집진함	320w/minx350mmAq	1	37kW x 4P	소음기(관바스, 열매포함)
119	솔라이드게이트	250 x 500		5		A.C.L.S.				206	세이큰	450w/min	1		
120	순환식 건조기		30분형	5	25kW					207	로타리벨트	Ø300	1	1.5kW x 4P x 1/20	
121	상부제벨	SPS(STD)		5		PADDLE TYPE				208	벽설타	450w/min	1		
122	타보송풍기	Ø400mm		5	(7.5kW/2ea)					209	로타리벨트	Ø300	1	1.5kW x 4P x 1/20	
123	베인컨베이어	W250 x 22.0mL	30분/시간	1	3.7kW x 4P x 1/40	G.M.				210	집진함	450w/minx300mmAq	1	45kW x 4P	소음기(관바스, 열매포함)
124	베인컨베이어	10' x 6' x 15.32mH	30분/시간	1	2.2kW x 4P x 1/20	G.M.				211	벽설타	350w/min	1		
125	동력선풍기	180w/min		1	1.5kW x 4P	G.M. 강제확산형				212	로타리벨트	Ø300	1	1.5kW x 4P x 1/20	
3. 저온 저장부															
126	베인컨베이어	10' x 6' x 15.0mH	30분/시간	1	3.7kW x 4P x 1/20	G.M.				213	집진함	390w/minx300mmAq	1	37kW x 4P	소음기(관바스, 열매포함)
127	2-방향분배기	200x200		1		A.C.L.S.				5. 기타 시설					
128	2-방향분배기	200x200		1		A.C.L.S.				301	중앙세이먼	3200x1000x2200H	1		
129	베인컨베이어	W250 x 22.0mL	30분/시간	2	2.2kW x 4P x 1/40	G.M.				302	세이큰 프레스	스프링 타입	1	22kW	
130	솔라이드게이트	250x500		8		A.C.L.S.					(도라이어, 롤러, 풀터 포함)		1		
131	사지반	4.325x4.225x0.07	100평형	10						303	원부탱크	980L	1		
132	분산기	200 x 200 x 340		10	0.2kW					총 소요 동력 : 420 kW					
133	상부제벨	SPS(STD)		10		PADDLE TYPE				동력소계 : 22.0kW					
134	하부제벨	SPS(STD)		10		PADDLE TYPE				(도라이어, 롤러, 풀터 포함)					
135	태물게이트	200x200		10		A.C.L.S.				(도라이어, 롤러, 풀터 포함)					
136	송풍게이트	1200x600		10		A.C.L.S.				(도라이어, 롤러, 풀터 포함)					

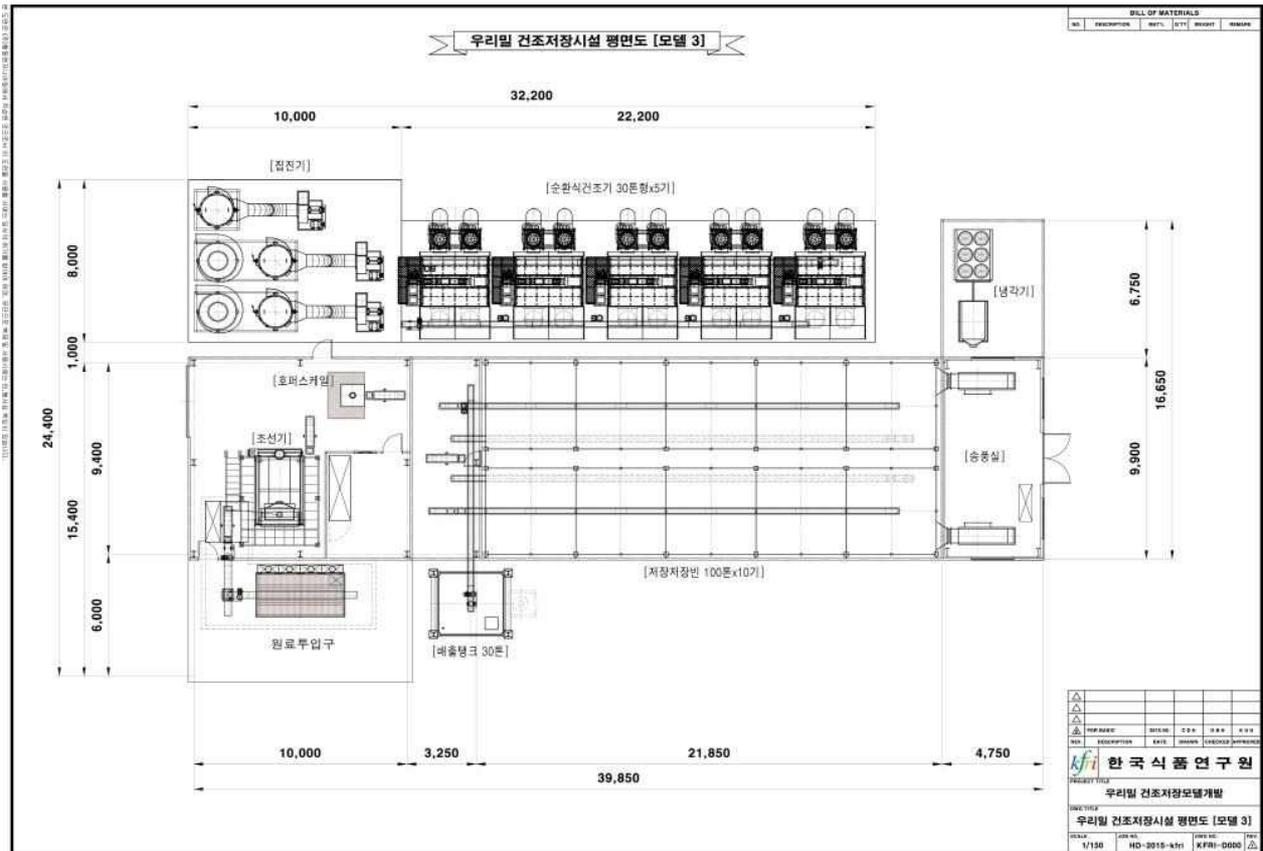
NOTE

G.M. GEARED MOTOR
A.C. AIR CYLINDER
L.S. LIMIT SWITCH

한국식품연구원
우리밀 건조저장모형개발

우리밀 건조저장시설 명세표 [모델 3]

REV: 1/13
DATE: 2015-04
DRAWN: KPRI-0000



한국식품연구원
우리밀 건조저장모형개발

우리밀 건조저장시설 평면도 [모델 3]

REV: 1/13
DATE: 2015-04
DRAWN: KPRI-0000

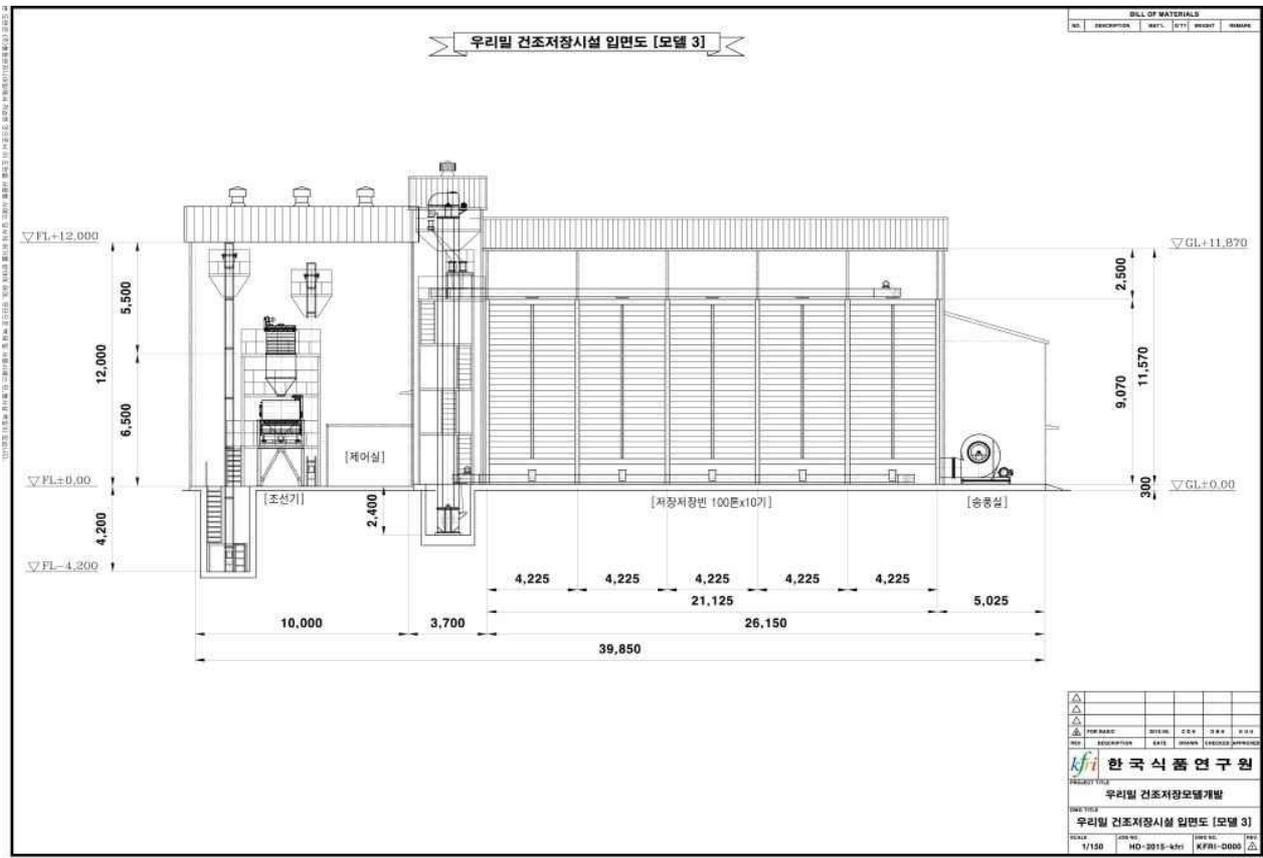


그림 3-2-112. 우리밀 건조저장시설 제 3 모델의 기본설계도 및 명세표

- 제 4모델은 반입-건조-저온저장후 선별기를 통해 등급별로 출하하는 모델로서 공정 및 설계도는 다음과 같음

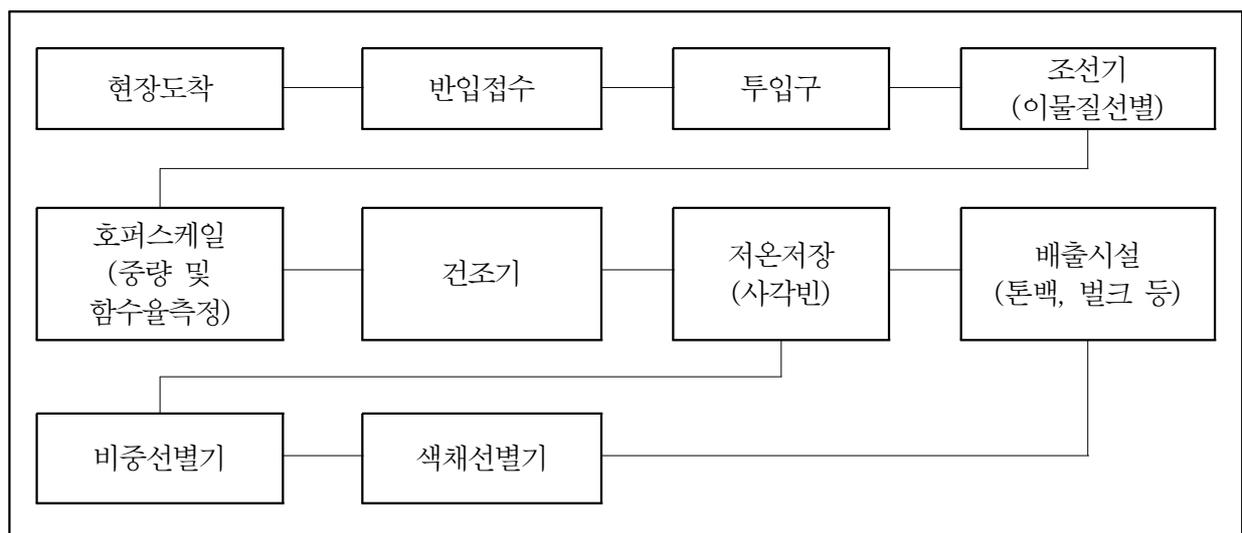
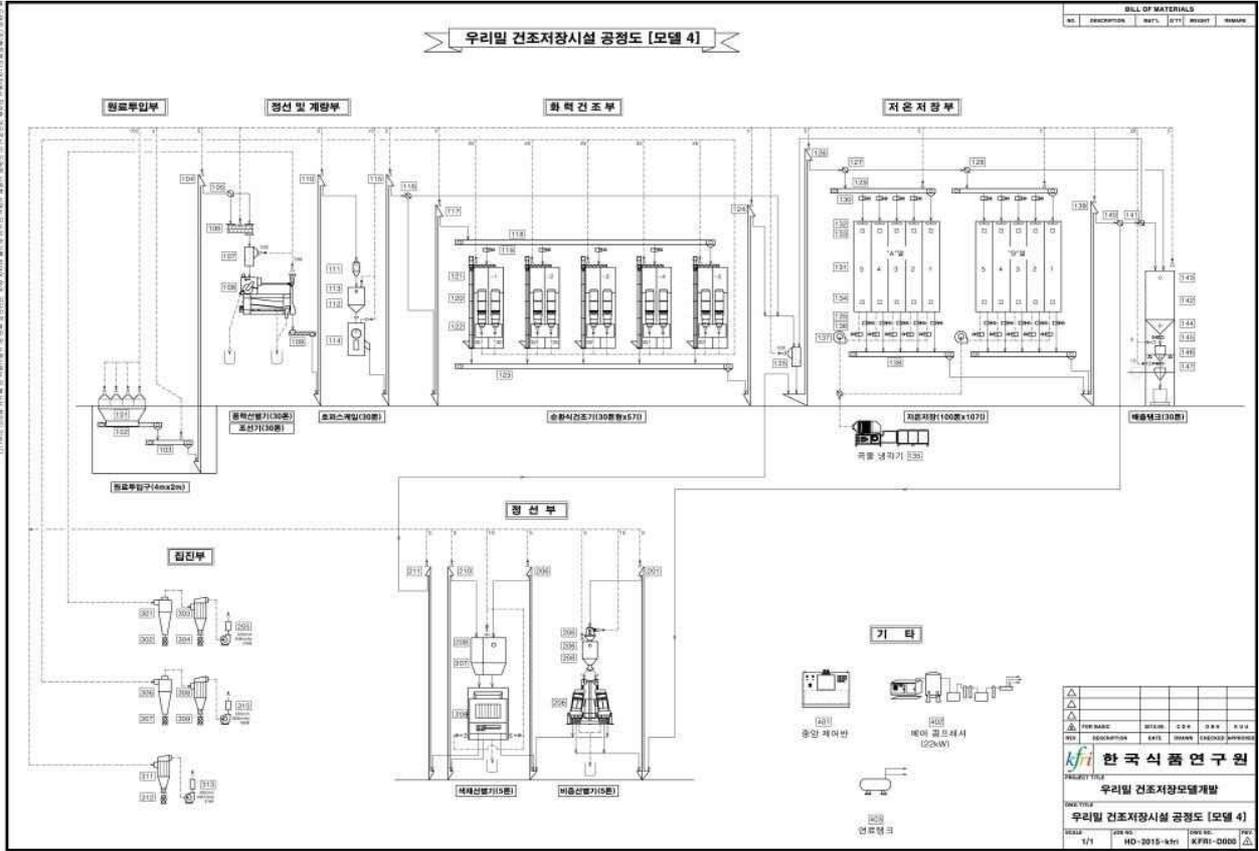


그림 3-2-113. 제 4 모델의 공정도



BILL OF MATERIALS							
NO.	DESCRIPTION	QTY.	UNIT	REMARK	REMARK		
101	반입호퍼	4000	2000				
102	제인컨베이어	W250 x 6.28mL	30분/시	1	3.7kW x 4P x 1/40	G.M.	제인부드포함
103	제인컨베이어	W250 x 3.65mL	30분/시	1	1.5kW x 4P x 1/40	G.M.	
104	버젯 엘리베이터	10' x 6' x 16.13mH	30분/시	1	3.7kW x 4P x 1/20	G.M.	
105	2-방할분배기	200x200		1		A.C, L.S	
106	확적기 (탈립)			1	11kW x 4P		
107	물리식별기	100x/min		1	1.5kW x 4P	G.M.	강제확산부
108	조성기		30분/시	1	3.75kW+1.5kW	G.M.	
109	스크류컨베이어	φ250 x 3.0mL	30분/시	1	1.5kW x 4P x 1/20	G.M.	
110	버젯 엘리베이터	10' x 6' x 11.55mH	30분/시	1	2.2kW x 4P x 1/20	G.M.	
111	유도롤체널	φ300 x 900L		1			
112	보조탱크	0.9 x 0.9 x 0.9mH		1			수동탱크 포함
113	상부레벨	SPS(STD)		1			PADDLE TYPE
114	호프스케일	입고자물자기 포함	30분/시	1			전기차량식
115	버젯 엘리베이터	10' x 6' x 11.55mH	30분/시	1	2.2kW x 4P x 1/20	G.M.	동력소개 : 32.5kW
116	2-방할분배기	260x200		1			A.C, L.S
117	버젯 엘리베이터	10' x 6' x 15.32mH	30분/시	1	2.2kW x 4P x 1/20	G.M.	
118	제인컨베이어	W250 x 22.0mL	30분/시	1	3.7kW x 4P x 1/40	G.M.	
119	슬라이드게이트	250 x 500		5			A.C, L.S
120	운할식건조기		30분/시	5	25kW		
121	상부레벨	SPS(STD)		5			PADDLE TYPE
122	피로송출기	φ40x/min		5	(7.5kW/2ea)		
123	제인컨베이어	W250 x 22.0mL	30분/시	1	3.7kW x 4P x 1/40	G.M.	
124	버젯 엘리베이터	10' x 6' x 15.32mH	30분/시	1	2.2kW x 4P x 1/20	G.M.	
125	물리식별기	100x/min		1	1.5kW x 4P	G.M.	강제확산부
126	버젯 엘리베이터	10' x 6' x 15.0mH	30분/시	1	3.7kW x 4P x 1/20	G.M.	
127	2-방할분배기	200x200		1			A.C, L.S
128	2-방할분배기	200x200		1			A.C, L.S
129	제인컨베이어	W250 x 22.0mL	30분/시	2	2.2kW x 4P x 1/40	G.M.	
130	슬라이드게이트	250x500		6			A.C, L.S
131	사각인	4.225x4.225x9.07	100회/분	10			인양(양호:100개/시)
132	혼산기	290 x 220 x 340		10	0.2kW		
133	상부레벨	SPS(STD)		10			PADDLE TYPE
134	하부레벨	SPS(STD)		10			PADDLE TYPE
135	배출게이트	260x200		10			A.C, L.S
136	송출게이트	1200x800		10			A.C, L.S
137	송출기	800x/min		2	45kW		
138	제인컨베이어	W250 x 22.0mL	30분/시	2	2.2kW x 4P x 1/40	G.M.	
139	곡물냉각기			1	37kW		
140	슬라이드게이트	400 x 400		2			A.C, L.S, 수동탱크
141	버젯 엘리베이터	10' x 6' x 27.9mH	30분/시	1	3.7kW x 4P x 1/20	G.M.	
142	컨베이어	3000x3000x900H	30분	1			
143	상부레벨	SPS (STD)		1			
144	하부레벨	SPS (STD)		1			
145	슬라이드게이트	300x300		1			A.C, L.S
146	호프스케일		1분/시	1			
147	슬라이드게이트	300x300		1			A.C, L.S
148	호프스케일			1			동력소개 : 101.6kW
201	버젯 엘리베이터	7' x 5' x 11.0mH	10분/시	1	2.2kW x 4P x 1/20	G.M.	
202	호프스케일		6분/시	1			
203	보조탱크			1			조성기 포함
204	상부레벨	SPS(STD)		1			PADDLE TYPE
205	비혼산별기		8분/시	1	2.2kW		
206	버젯 엘리베이터	7' x 5' x 11.0mH	10분/시	1	2.2kW x 4P x 1/20	G.M.	
207	보조탱크			1			조성기 포함
208	상부레벨	SPS(STD)		1			PADDLE TYPE
209	제정별기		6분/시	1	4.0kW		
210	버젯 엘리베이터	7' x 5' x 11.0mH	10분/시	1	2.2kW x 4P x 1/20	G.M.	
211	버젯 엘리베이터	7' x 5' x 11.0mH	10분/시	1	2.2kW x 4P x 1/20	G.M.	
301	피리크론	320w/min		1			
302	로타리밸브	φ300		1	1.5kW x 4P x 1/20		
303	배출차	320w/min		1			
304	로타리밸브	φ300		1	1.2kW x 4P x 1/20		
305	진진형	320w/minx300mmAx		1	37kW x 4P		송출기,콘베이어포함
306	피리크론	450w/min		1			
307	로타리밸브	φ300		1	1.5kW x 4P x 1/20		
308	배출차	450w/min		1			
309	로타리밸브	φ300		1	1.5kW x 4P x 1/20		
310	진진형	450w/minx300mmAx		1	45kW x 4P		송출기,콘베이어포함
311	배출차	400w/min		1			
312	로타리밸브	φ300		1	1.5kW x 4P x 1/20		
313	진진형	400w/minx300mmAx		1	37kW x 4P		송출기,콘베이어포함
401	중앙제어반	3200x1000x2200H		1			
402	미리콜프래세	스프링 타입		1	22kW		
403	연료탱크	(드라이버, 플러, 필터 포함)		1			
404	연료탱크	980L		1	동력소개 : 22.0kW		

우리밀 건조저장시설 명세표 [모델 4]

번호	종 명	규 격	용 량	수 량	동 력	비 고	번호	종 명	규 격	용 량	수 량	동 력	비 고	
1. 원료 투입, 정선, 계량부														
101	반입호퍼	4000	2000				140	슬라이드게이트	400 x 400		2		A.C, L.S, 수동탱크	
102	제인컨베이어	W250 x 6.28mL	30분/시	1	3.7kW x 4P x 1/40	G.M.	제인부드포함	141	버젯 엘리베이터	10' x 6' x 27.9mH	30분/시	1	3.7kW x 4P x 1/20	G.M
103	제인컨베이어	W250 x 3.65mL	30분/시	1	1.5kW x 4P x 1/40	G.M.		142	컨베이어	3000x3000x900H	30분	1		
104	버젯 엘리베이터	10' x 6' x 16.13mH	30분/시	1	3.7kW x 4P x 1/20	G.M.		143	상부레벨	SPS (STD)		1		
105	2-방할분배기	200x200		1		A.C, L.S		144	하부레벨	SPS (STD)		1		
106	확적기 (탈립)			1	11kW x 4P			145	슬라이드게이트	300x300		1		A.C, L.S
107	물리식별기	100x/min		1	1.5kW x 4P	G.M.	강제확산부	146	호프스케일		1분/시	1		
108	조성기		30분/시	1	3.75kW+1.5kW	G.M.		147	슬라이드게이트	300x300		1		A.C, L.S
109	스크류컨베이어	φ250 x 3.0mL	30분/시	1	1.5kW x 4P x 1/20	G.M.							동력소개 : 101.6kW	
110	버젯 엘리베이터	10' x 6' x 11.55mH	30분/시	1	2.2kW x 4P x 1/20	G.M.		3. 정선부						
111	유도롤체널	φ300 x 900L		1				201	버젯 엘리베이터	7' x 5' x 11.0mH	10분/시	1	2.2kW x 4P x 1/20	G.M
112	보조탱크	0.9 x 0.9 x 0.9mH		1				202	호프스케일		6분/시	1		
113	상부레벨	SPS(STD)		1				203	보조탱크			1		조성기 포함
114	호프스케일	입고자물자기 포함	30분/시	1				204	상부레벨	SPS(STD)		1		PADDLE TYPE
115	버젯 엘리베이터	10' x 6' x 11.55mH	30분/시	1	2.2kW x 4P x 1/20	G.M.		205	비혼산별기		8분/시	1	2.2kW	
								206	버젯 엘리베이터	7' x 5' x 11.0mH	10분/시	1	2.2kW x 4P x 1/20	G.M
								207	보조탱크			1		조성기 포함
2. 확적 건조부														
116	2-방할분배기	260x200		1		A.C, L.S		208	상부레벨	SPS(STD)		1		PADDLE TYPE
117	버젯 엘리베이터	10' x 6' x 15.32mH	30분/시	1	2.2kW x 4P x 1/20	G.M.		209	제정별기		6분/시	1	4.0kW	
118	제인컨베이어	W250 x 22.0mL	30분/시	1	3.7kW x 4P x 1/40	G.M.		210	버젯 엘리베이터	7' x 5' x 11.0mH	10분/시	1	2.2kW x 4P x 1/20	G.M
119	슬라이드게이트	250 x 500		5		A.C, L.S		211	버젯 엘리베이터	7' x 5' x 11.0mH	10분/시	1	2.2kW x 4P x 1/20	G.M
120	운할식건조기		30분/시	5	25kW								동력소개 : 15.0kW	
121	상부레벨	SPS(STD)		5				4. 집진부						
122	피로송출기	φ40x/min		5	(7.5kW/2ea)			301	피리크론	320w/min		1		
123	제인컨베이어	W250 x 22.0mL	30분/시	1	3.7kW x 4P x 1/40	G.M.		302	로타리밸브	φ300		1	1.5kW x 4P x 1/20	
124	버젯 엘리베이터	10' x 6' x 15.32mH	30분/시	1	2.2kW x 4P x 1/20	G.M.		303	배출차	320w/min		1		
125	물리식별기	100x/min		1	1.5kW x 4P	G.M.	동력소개 : 138.3kW	304	로타리밸브	φ300		1	1.2kW x 4P x 1/20	
3. 저온저장부														
126	버젯 엘리베이터	10' x 6' x 15.0mH	30분/시	1	3.7kW x 4P x 1/20	G.M.		305	진진형	320w/minx300mmAx		1	37kW x 4P	송출기,콘베이어포함
127	2-방할분배기	200x200		1		A.C, L.S		306	피리크론	450w/min		1		
128	2-방할분배기	200x200		1		A.C, L.S		307	로타리밸브	φ300		1	1.5kW x 4P x 1/20	
129	제인컨베이어	W250 x 22.0mL	30분/시	2	2.2kW x 4P x 1/40	G.M.		308	배출차	450w/min		1		
130	슬라이드게이트	250x500		6		A.C, L.S		309	로타리밸브	φ300		1	1.5kW x 4P x 1/20	
131	사각인	4.225x4.225x9.07	100회/분	10			인양(양호:100개/시)	310	진진형	450w/minx300mmAx		1	45kW x 4P	송출기,콘베이어포함
132	혼산기	290 x 220 x 340		10	0.2kW			311	배출차	400w/min		1		
133	상부레벨	SPS(STD)		10				312	로타리밸브	φ300		1	1.5kW x 4P x 1/20	
134	하부레벨	SPS(STD)		10				313	진진형	400w/minx300mmAx		1	37kW x 4P	송출기,콘베이어포함
135	배출게이트	260x200		10			A.C, L.S	5. 기타 시설						
136	송출게이트	1200x800		10			A.C, L.S	401	중앙제어반	3200x1000x2200H		1		
137	송출기	800x/min		2	45kW			402	미리콜프래세	스프링 타입		1	22kW	
138	제인컨베이어	W250 x 22.0mL	30분/시	2	2.2kW x 4P x 1/40	G.M.		403	연료탱크	(드라이버, 플러, 필터 포함)		1		
139	곡물냉각기			1	37kW			404	연료탱크	980L		1		

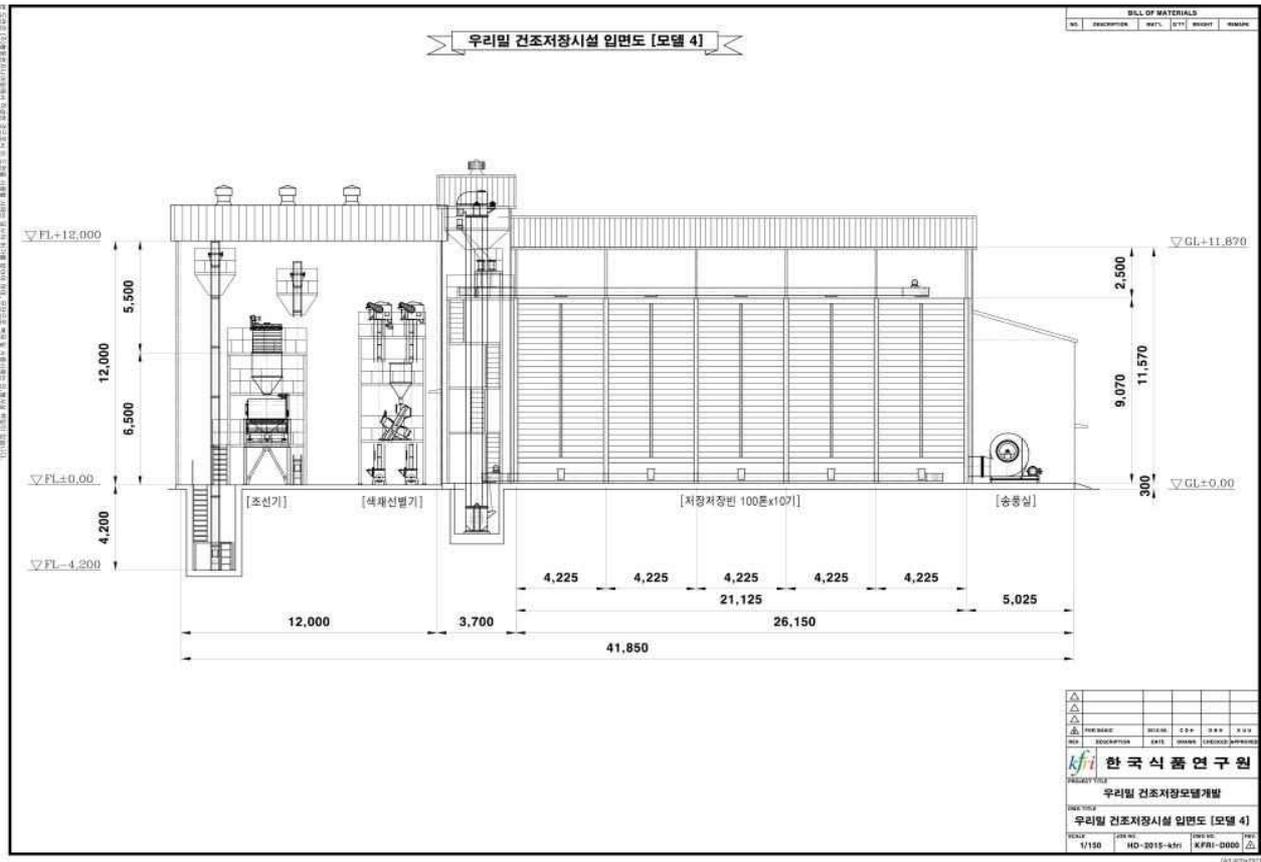
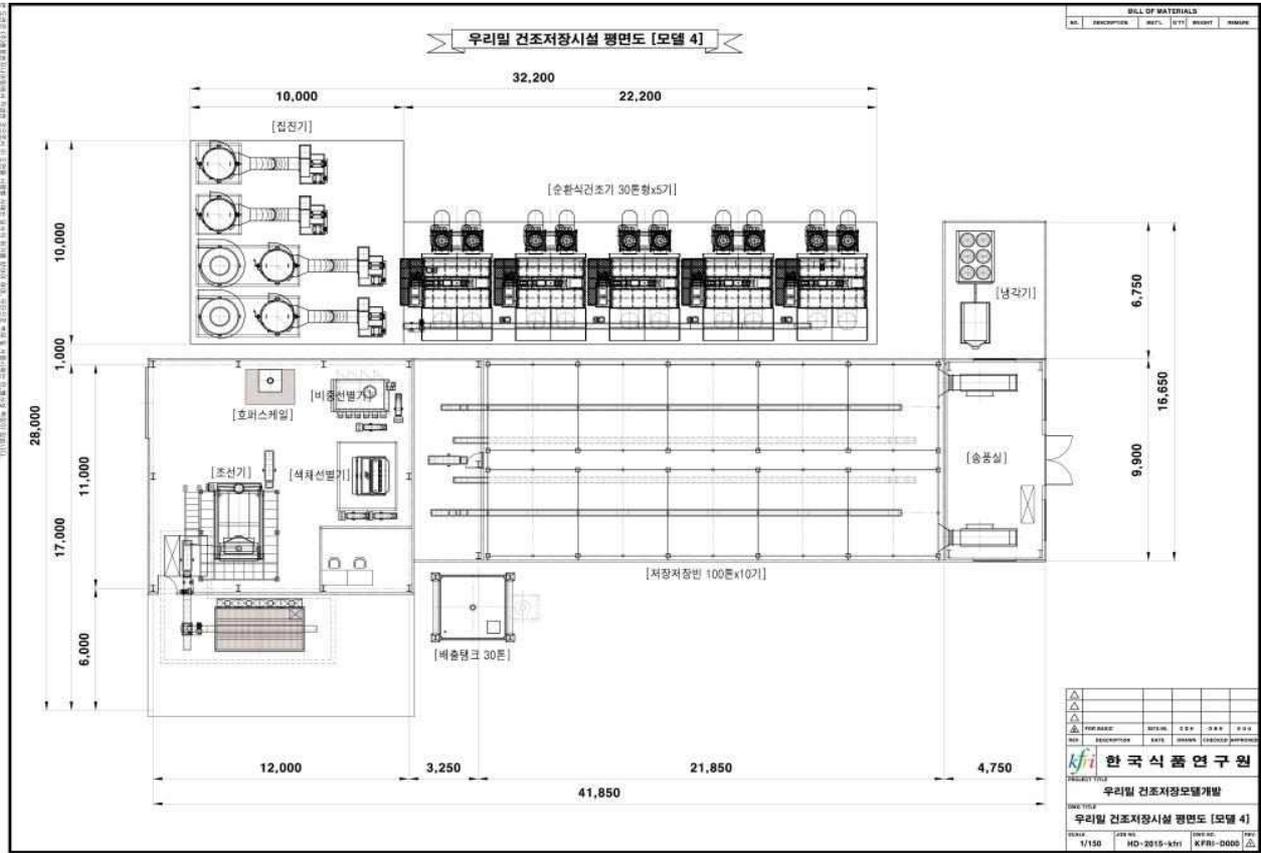


그림 3-2-114. 우리밀 건조저장시설 제 4 모델의 기본설계도 및 명세표

- 이상의 4가지 모델 이외의 모델은 각 모델에서 각 공정을 분리한 다음, 이들 요소공정을 모아서 새로운 모델을 구성할 수 있음

(2) 우리밀 건조저장시설 모델(안)의 설치기준 및 소요예산

- 우리밀 저장능력 1,000톤인 이상의 4가지 모델에서 기계·장비별 설치기준을 요약하면 다음 표 3-2-148과 같고, 각 시설별로 설치가 가능한 세부 및 부대시설은 다음 표 3-2-149과 같으며, 주요 단위시설의 설치에 필요한 소요면적은 다음 표 3-2-150와 같음

표 3-2-148. 우리밀 건조저장시설의 기계·장비별 설치기준

구 분	설치 기준
입·출고시설	· 기계적으로 일괄처리가 가능하고 입고되는 산물의 중량 및 수분이 자동으로 측정되는 구조
건조시설	· 순환식건조기
저장시설	· 산물형태로 연간 안전하게 저장할 수 있도록 단열처리(우레탄단열재 벽체 50mm 이상 및 천장 70mm이상 또는 이와 동등효과 이상) · 저장 중 품질유지 및 관리, 훈증이 가능한 구조
정선시설	· 비중선별기, 색채선별기 등의 선별기설치로 혼곡방지 및 등급별 출하가 가능
자동제어시설	· 입고, 건조, 저장, 출고, 곡은관리 등 일련의 작업을 자동으로 운영관리(제어)할 수 있는 구조
저온저장시설	· 단열처리(우레탄단열재 벽체 70mm이상 및 천장 100mm이상 또는 이와 동등효과 이상)와 곡물냉각기가 설치되어 우리밀을 연중 15℃이하로 저장 · 저장 중 품질유지 및 관리가 가능한 사일로 및 저장빈 구조

표 3-2-149. 우리밀 건조저장시설의 시설별 세부 및 부대시설

구 분		세 부 내 용
기계 및 장비	원료반입 정선·계량부	원료투입구, 풍력선별기, 조선키, 호퍼스케일, 제철기, 집진기, 이송기기 등
	건조부	순환식건조기, 집진기, 이송기기 등
	저장부	저장사일로, 배출탱크, 이송기기 등
	정선부	비중선별기, 색채선별기, 집진기, 이송기기 등
	기타시설	기계제어시설, 에어컴프레셔, 연료탱크 등
건축 및 토목	건 축	건물 신축 또는 리모델링, 제어실, 화장실 등
	토목, 소방 등 기타	토목공사, 1차 수전공사, 전기공사 등

표 3-2-150. 우리밀 건조저장시설의 주요 시설별 소요면적

구 분		소요면적(m ²)
원료반입시설	반입능력	30톤/시간
	원료투입건축물	160
	집진시설 패드	80
	소 계	240
건조시설	건조능력	30톤형/기
	건조기패드	30
	소 계	30
사일로(호퍼식)	저장능력	500톤/기
	사일로타워피트	12
	사일로기초	110
	건조출하탱크패드	15
	소 계	137
정밀정선시설	정선능력	5톤/시간
	정밀정선건축물	40
	소 계	40
저온저장시설	저장능력	1,000톤
	저장빈 건축물	300
	소 계	300

- 우리밀 건조저장시설의 각 모델별로 추정 소요면적 및 소요동력은 각각 다음 표 3-2-151~152와 같으며, 이 때 추정 소요예산은 표 3-2-153와 같으며, 이 때 적용한 각 공정별 세부적인 단가는 다음 표 3-2-154~160와 같았음

표 3-2-151. 우리밀 건조저장시설에 필요한 모델별 추정 소요면적(m²)

구 분	모델1	모델2	모델3	모델4
원료투입부	240	240	240	240
건조부	150	150	150	150
저장부	240	240	-	-
정선부	-	40	-	40
저온저장부	-	-	300	300
소 계	630	670	690	730

표 3-2-152. 우리밀 건조저장시설의 모델별 추정 소요동력(kW)

구 분	모델1	모델2	모델3	모델4
원료투입부	32.5	32.5	32.5	32.5
건조부	138.3	138.3	138.3	138.3
저장부	39.6	39.6	-	-
저온저장부	-	-	101.6	101.6
정선부	-	15.0	-	15.0
집진부	126.4	126.4	126.4	126.4
기타	22.0	22	22.0	22.0
소 계	358.8	373.8	420.8	435.8

표 3-2-153. 우리밀 건조저장시설의 모델별 추정 소요예산(천원)

구 분	모델1	모델2	모델3	모델4
원료투입부	351,000	351,000	351,000	351,000
건조부	402,000	402,000	402,000	402,000
저장부	394,500	394,500	-	-
저온저장부	-	-	520,500	520,500
정선부	-	235,000	-	235,000
건축공사	320,000	344,000	459,000	481,000
설계.감리비	95,000	113,000	114,000	124,000
소 계	1,562,500	1,839,500	1,846,500	2,113,500

표 3-2-154. 우리밀 건조저장시설의 모델별 추정 소요예산에 활용된 원료투입부 추정단가

구분	수량	단위	단가(천원)	사업비(천원)
제망기	1	30톤/시간	8,000	8,000
풍력선별기	1	30톤/시간	5,500	5,500
조선기	1	30톤/시간	37,000	37,000
제철기	1		2,500	2,500
호퍼스케일	1	30톤/시간	25,000	25,000
에어컴프레셔	1	22kW	25,000	25,000
집진기(1)	2		45,000	90,000
이송기기	6		8,000	8,000
강재류 공사	1		80,000	80,000
기계제어 공사	1		35,000	35,000
소계				351,000

표 3-2-155. 우리밀 건조저장시설의 모델별 추정 소요예산에 활용된 원료건조부 추정단가

구 분	수량	단위	단가(천원)	사업비(천원)
순환식건조기	5	30톤형	55,000	275,000
집진기	1	-	50,000	50,000
이송기기	4	-	8,000	32,000
강재류 공사	1	-	30,000	30,000
기계제어 공사	1	-	15,000	15,000
소계	-	-	-	402,000

표 3-2-156. 우리밀 건조저장시설의 모델별 추정 소요예산에 활용된 저장부 추정단가

구 분	수량	단위	단가(천원)	사업비(천원)
저장사일로(호퍼형)	2	500톤/기	120,000	240,000
건벼탱크	1	30톤	30,000	30,000
톤박스케일	1	1톤/배치	12,500	12,500
이송기기	4		8,000	32,000
강재류 공사	1		60,000	60,000
기계제어 공사	1		20,000	30,000
소계				394,500

표 3-2-157. 우리밀 건조저장시설의 모델별 추정 소요예산에 활용된 저온저장부 추정단가

구분	수량	단위	단가(천원)	사업비(천원)
사각빈	10	100톤/기	30,000	300,000
냉각장치	1		80,000	80,000
건벼탱크	1	30톤	30,000	30,000
톤박스케일	1	1톤/배치	12,500	12,500
이송기기	6		8,000	24,000
강재류 공사	1		30,000	30,000
기계제어 공사	1		20,000	30,000
소계				520,500

표 3-2-158. 우리밀 건조저장시설의 모델별 추정 소요예산에 활용된 선별부 추정단가

구 분	수량	단위	단가(천원)	사업비(천원)
비중선별기	1	5톤/시간	35,000	35,000
색채선별기	1	5톤/시간	80,000	80,000
집진기(백필터)	1		40,000	40,000
이송기기	5		8,000	40,000
강재류 공사	1		25,000	25,000
기계제어 공사	1		15,000	15,000
소계				235,000

표 3-2-159. 우리밀 건조저장시설의 모델별 추정 소요예산에 활용된 건축공사부 추정단가

구분	수량	단위	단가(천원)	사업비(천원)
기계실 건축	1	240m ²	120,000	120,000
정선부 건축	1	40m ²	20,000	20,000
저장 사일로 기초	2	120m ²	50,000	100,000
건조기 기초	5	30m ²	6,000	30,000
저온저장 건축	1	300m ²	225,000	225,000
1차수전공사	1	358kW	70,000	70,000
		373kW	74,000	80,000
		420kW	84,000	86,000
		435kW	86,000	96,000

표 3-2-160. 우리밀 건조저장시설의 모델별 추정 소요예산에 활용된 설계감리부 추정단가

기준공사비	수량	단위	단가(천원)	사업비(천원)
14억6천만원	1	-	95,000	95,000
17억2천만원	1	-	113,000	113,000
17억3천만원	1	-	114,000	115,000
19억9천만원	1	-	124,000	130,000

5. 우리밀 건조저장시설모델 운영실험 및 보급체계구축

가. 우리밀 건조저장시설모델 운영실험

- 정부지원사업으로 추진중인 우리밀 건조저장시설의 보급에서 사업비 기준이 증설 6억원, 위성 9억원으로 본 연구기간중 본연구에서 제안한 모델중 가장 소요비용이 적은 모델1의 신설에도 부족한 실정으로 2모델~4모델을 반영하여 신규로 건축한 사례는 찾아볼 수 없었음
- 따라서 본 연구에서는 본 연구에서 개발한 산물수매에 따른 제반 설계기준을 준용할 수 있는 우리밀 건조저장시설인 전남 영광농협 우리밀 건조저장시설을 대상으로 2016년 수확기동안 반입함수율에서 최종 건조후 저장까지 각 공정에 대하여 시범사업을 실시하였음
- 영광농협은 2015년에 건설되어 최초로 산물수매를 실시하는 우리밀 건조저장시설로서 산물수매시 발생하는 함수율기준, 건조지수, 호퍼스케일 계량중량중 이물질 함량, 건조온도 및 건감율, 저장함수율, 저장중 감모 등에 대해 자료제공 및 지도를 요청하였으며, 본 과제에서 도출된 자료를 제공하고 산물수매기간 약 3일간(2016. 06. 13~15일) 공동으로 현장실험을 실시하였으며, 수매기간 획득한 자료는 별도로 정리하지 않고 전항에 현장조사 결과에 포함하여 정리하였음
- 또한, 2015년 시설 설치후 2016년 현재 추가공사를 추진하고 있어 실시되는 내용에 대해 자문하였으며, 세부적인 설계내용은 다음과 같았음



<영광농협밀건조저장시설>



<산물수매현장>



<투입구에서의 샘플링>



<건조단계에서의 샘플링>



<이물질 샘플링>

그림 3-2-115. 영광농협 우리밀건조저장시설 운영실험

표 3-2-161. 우리밀 현장 운영실험을 실시한 영광농협 우리밀 건조저장시설 주요 기계설비 현황

구분	처리능력	수량	관련업체명
조선기	30톤	1	대원GSI
호퍼스케일	30톤	1	
건조기	20톤	6	신흥강판
싸이클론	Φ1900	1	대원GSI
로타리밸브	Φ300x1.5kW		
백필터	360M ³ /MIN		
로타리밸브	Φ300x1.5kW		
집진첸	37kWx300mmAQ		
백필터	300M ³ /MIN		
로타리밸브	Φ300x1.5kW		
집진첸	30kWx300mmAQ		

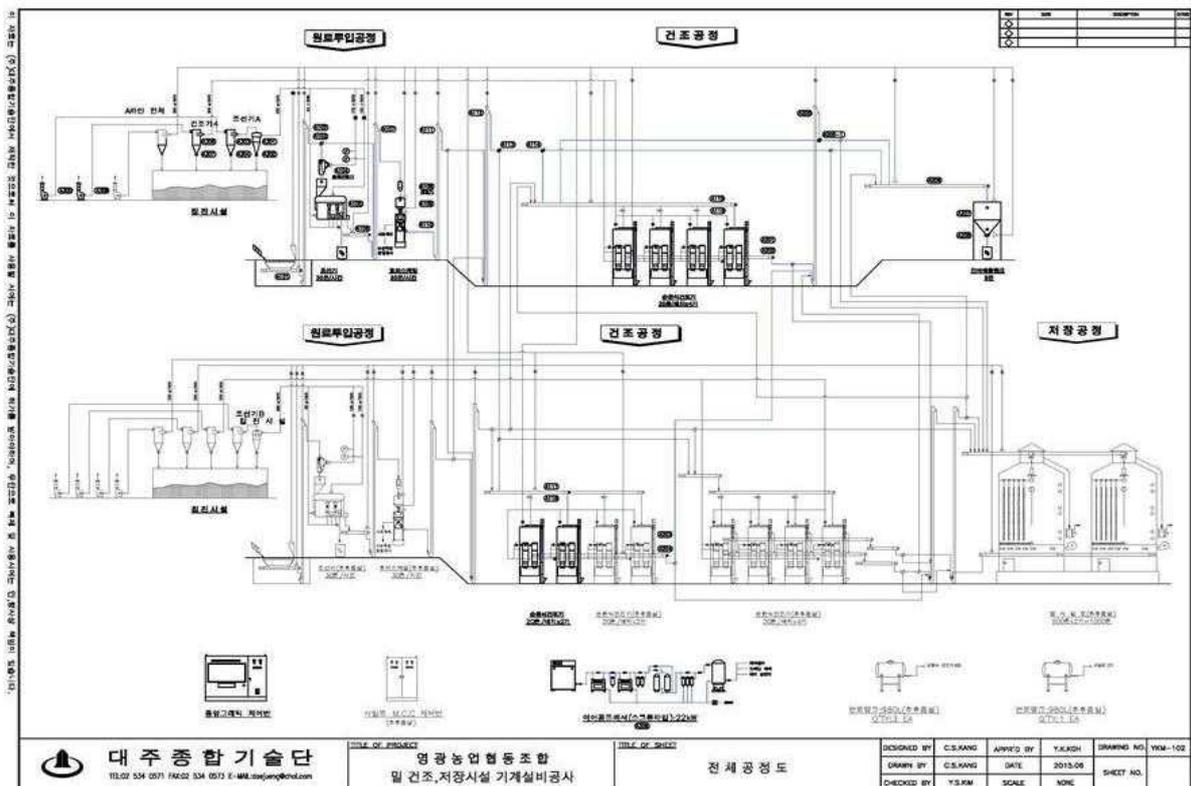


그림 3-2-116. 우리밀 현장 운영실험을 실시한 영광농협 우리밀 건조저장시설 flow chart

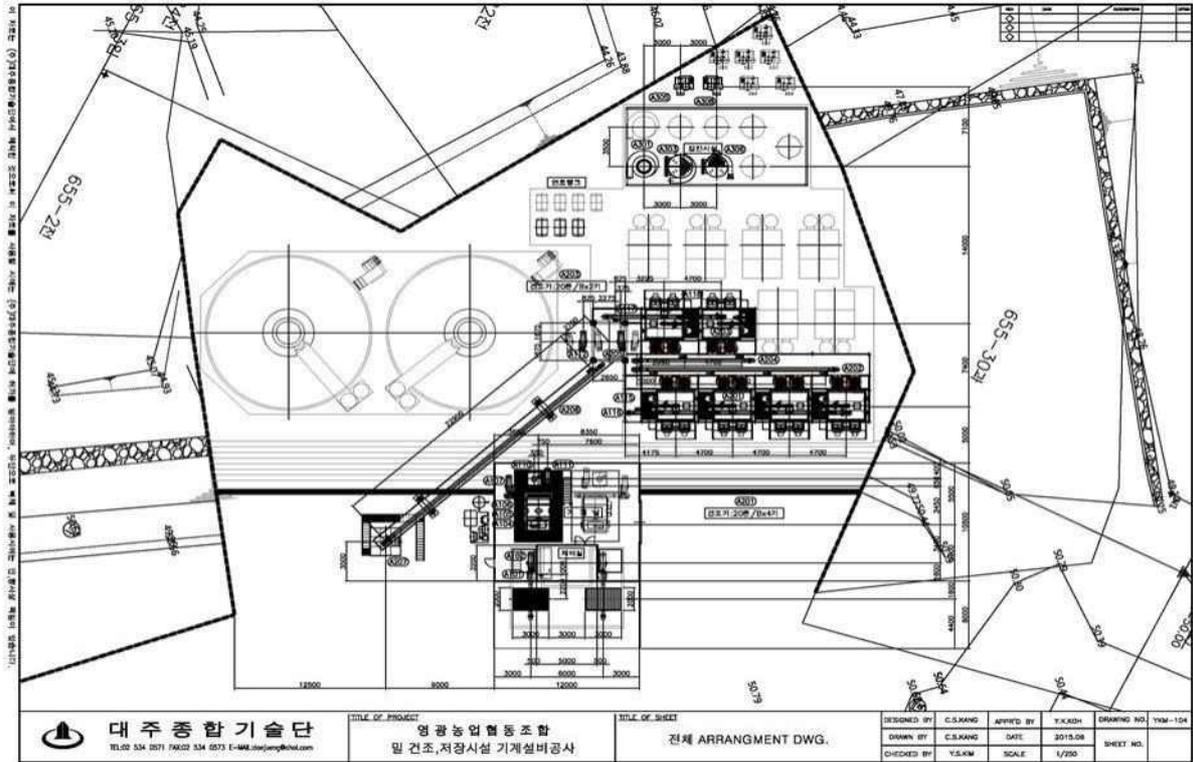


그림 3-2-117. 우리밀 현장 운영실험을 실시한 영광농협 우리밀 건조저장시설 배치현황

표 3-2-162. 영광농협 우리밀 건조저장시설의 추가 기계설비공사 내역(2016)

구분	처리능력	수량	관련업체명
풍력선별기	30톤	1	대원GSI
조선기	30톤	1	
호퍼스케일	30톤	1	
건조기	20톤	1	신흥강관
사일로	500톤	1	대원GSI
톤백계량기	1톤/백	1	
백필터	650M ³ /MIN	1	
로타리밸브	Φ300x1.5kW	1	
집진휀	55kWx350mmAQ	1	
싸이클론	Φ1900	1	
로타리밸브	Φ300x1.5kW	1	
백필터	360M ³ /MIN	1	
로타리밸브	Φ300x1.5kW	1	
집진휀	37kWx300mmAQ	1	
백필터	300M ³ /MIN	1	
로타리밸브	Φ300x1.5kW	1	
집진휀	30kWx300mmAQ	1	

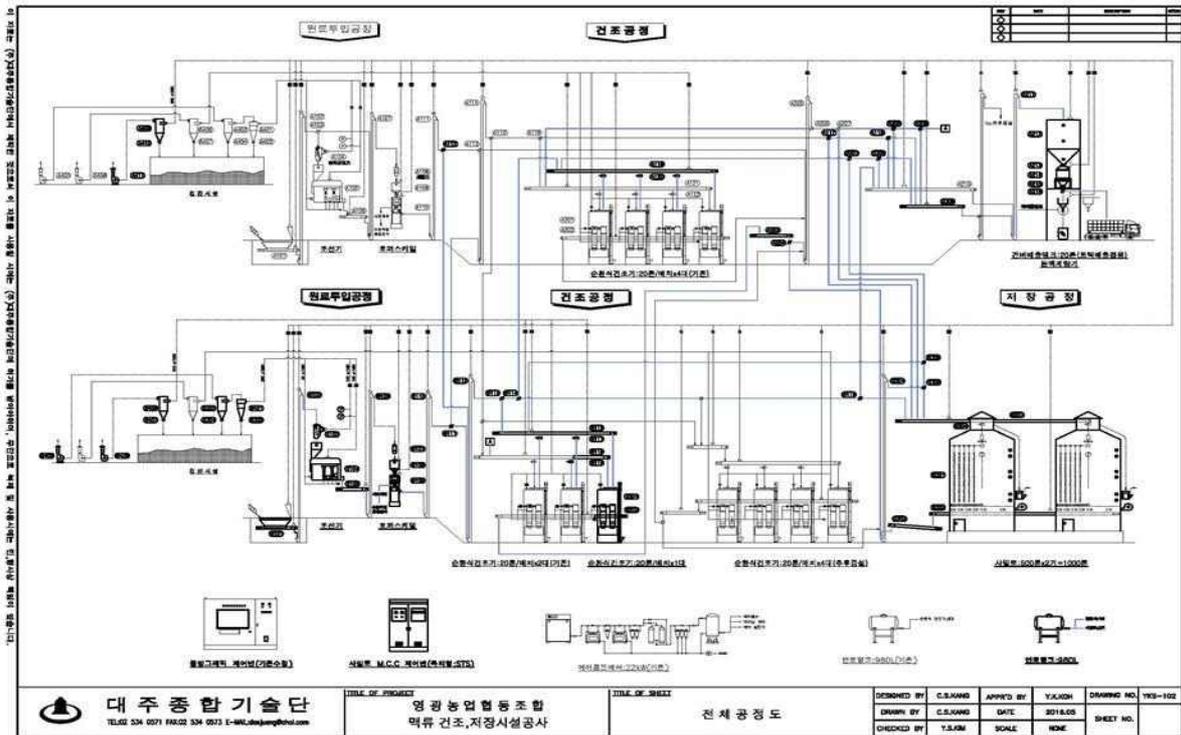


그림 3-2-118. 추가 기계설비공사중인 영광농협 우리밀 건조저장시설의 flow chart(2016년)

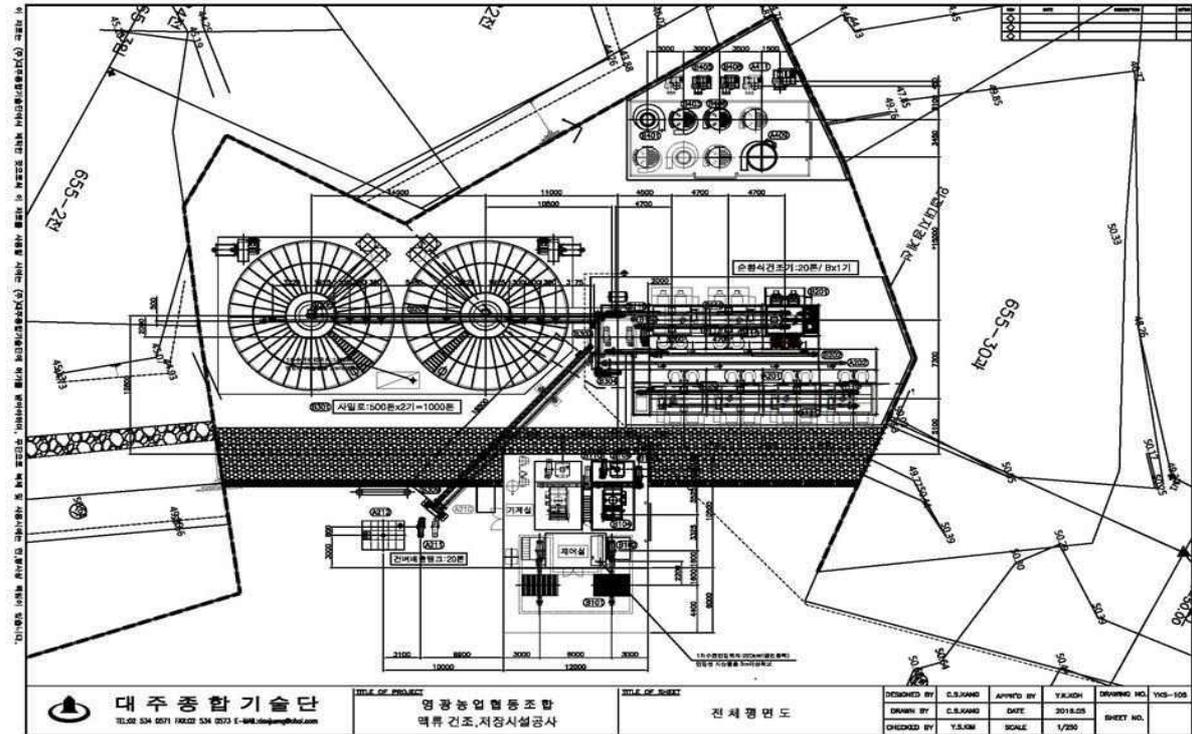


그림 3-2-119. 추가 기계설비공사중인 영광농협 우리밀 건조저장시설의 배치도(2016년)

나. 우리밀 건조저장시설모델 보급체계구축

- 전항에서 개발한 우리밀 건조저장시설모델에 대해 연구협의회를 통해 정부(농식품부 식량산업과)에 소개하였으며, 정부사업에서 현실적인 사업비 지원이 어려운 점, 우리밀의 짧은 수확기로 인해 산물 수매에 필요한 건조능력의 절대부족 해소한계, 전체적인 예산의 효율적인 활용의 측면, 건조저장시설을 운영하는 운영주체의 연간 가동율 증진 등의 측면에서 수확시기가 다른 벼와 우리밀의 건조저장시설의 공동사용의 필요성에 대해 설명하였음
- 또한, 우리밀의 수입밀과의 가공특성 등을 고려할 때 농약살포 및 훈증 등 위해요소의 제어시 맥강 활용이 가능하여 이 부분에서 외국산에 비해 경쟁력이 있을 것으로 판단하여 저온저장시설의 추가를 건의하였으며, 일본의 대부분의 CE가 벼와 맥류를 공동으로 취급하고 있으며, 혼곡방지를 위해 청소와 비중선별기 등의 선별시스템의 설치상태 등 해외사례에 대해서도 설명하였음
- 본 연구에서 조사하고 개발한 우리밀의 수확후 반입실태, 설계인자 및 모델 등은 우리밀 건조저장시설에서 효율적으로 활용이 가능할 것으로 판단되며, 개발된 모델은 정부정책에 반영되기를 희망함

3절. 우리밀 및 수입밀의 제분 특성 분석

1. 수입밀에 비교한 우리밀 품종별 제분 특성 분석

가. 원맥의 분쇄 특성 분석

(1) 수입밀의 원맥별 분쇄특성 분석

(가) 시료

- ① 수입 원맥 6종
 - ㉠ 미국산 박력 SW (Soft Wheat)
 - ㉡ 호주산 중력 ASW (Australian Standard Wheat)
 - ㉢ 호주산 중강력 AH (Australian Hard)
 - ㉣ 미국산 중강력 HRW (Hard Red Winter)
 - ㉤ 캐나다산 강력 CWRS (Canadian Western Red Spring)
 - ㉥ 미국산 강력 DNS (Dark Northern Spring)

(나) 방법

- ① 원맥의 평가 (세부 Test 방법은 별첨 참조)
 - ㉠ 용중 : 원맥 1L 당의 무게 측정 (g)
 - ㉡ 상립 : 맥 이외의 다른 곡물의 비율 (% , 귀리, 옥수수 등)
 - ㉢ 천립중 : 완전한 정상맥 1,000개의 중량
 - ㉣ Falling Number : 끓는 물 속에서, 밀가루의 현탁액이 Alpha-Amylase에 의한 액화정도를 측정(sec, AACC Method 56-81B)
- ② 품질 분석
 - ㉠ 수분 : 시료속에 함유된 수분의 함량 측정 (% , AACC Method 44-15A)
 - ㉡ 회분 : 시료를 태우고 남은 성분의 함량 측정 (% , AACC Method 08-01)
 - ㉢ 단백질 : 시료 내에 함유된 단백질의 함량 측정 (% , AACC Method 46-12)
 - ㉣ 입도 : 분말의 입자 크기 및 입자 분포를 측정 (μm)
 - ㉤ 백도 : 분말의 흰 정도를 측정
 - ㉥ Farino Gram : 일정 온도에서 반죽 교반시 Plasticity(可塑性), Mobility(移動性) 측정
 - ㉦ Visco Gram : 밀가루 소화점도를 파악하여 Alpha-Amylase의 활성도를 측정
 - ㉧ Extenso Gram : 반죽된 밀가루를 잡아당겨서 신장성과 저항도를 측정

③ 시험 제분

㉔ 소량의 원맥 특성을 파악하기 위하여 소형 실험 제분기를 이용, 3개의 조쇄 공정과, 3개의 분쇄 공정을 이용하여 Sample을 제조

(다) 결과

① 원맥 분석 결과

○ 각각의 원맥은 생육 계절, 단백질 / 회분 함량 등의 특성에 의해 다른 용도로 사용되어지며, 그 중 가장 중요한 인자는 단백질이다. 밀은 단백질의 함량에 따라 강력/중력/박력으로 구분이 되며, 이 중 SW는 박력, ASW, AH, HRW는 중력, CWRS, DNS는 강력분의 특성을 보이고 있음

표 3-3-1. 수입원맥 6종의 분석 결과¹

원맥명		SW	ASW	AH	HRW	CWRS	DNS	
원맥	수분 (%) [*]	9.1 ^a	10 ^b	9.9 ^b	9.3 ^a	12.6 ^c	9.9 ^b	
	회분 (%) [*]	1.39 ^b	1.23 ^a	1.43 ^{bc}	1.48 ^c	1.67 ^e	1.58 ^d	
	단백질 (%) [*]	9.77 ^a	10.14 ^b	11.29 ^c	11.14 ^c	13.87 ^d	13.8 ^d	
	입도 (μm) [*]	160.4 ^a	200.8 ^b	199.9 ^b	194 ^b	221.1 ^c	205.1 ^b	
	백도 [*]	67.9 ^d	59.8 ^c	59.1 ^c	54.8 ^b	52.1 ^a	54.7 ^b	
	Farino	흡수율(%) [*]	55.3 ^a	56.1 ^a	60.5 ^b	60.5 ^b	67.9 ^d	62.9 ^c
		P/T ^{2,*}	1.5 ^a	5.9 ^c	5.8 ^b	6.8 ^b	7.2 ^b	9.2 ^b
		안정도(min) ^{3,*}	5.8 ^a	11.2 ^{bc}	12.8 ^{cd}	14 ^d	9.8 ^b	14.6 ^d
		연화도(Bu) ^{4,*}	81 ^c	54 ^b	43 ^b	76 ^c	58 ^b	0 ^a
	Visco	최고점도(Bu) [*]	559 ^a	552 ^a	590 ^{ab}	665 ^b	625 ^{ab}	791 ^c
	Extenso	신장도(cm) ^{5,*}	12.8 ^a	18.8 ^b	21.4 ^{cd}	20.2 ^c	22.1 ^d	22.8 ^d
		저항도(Bu) [*]	127 ^b	161 ^c	158 ^c	183 ^d	110 ^a	140 ^b
	용중 (g) ^{**}		815 ^a	815 ^a	822 ^{ab}	828 ^{abc}	842 ^c	836 ^{bc}
	이중곡립 (%) [*]		0.46 ^e	0.41 ^d	0.36 ^c	0.23 ^b	0.59 ^f	0.15 ^a
천립중 (g) [*]		38.7 ^c	40.2 ^{cd}	40.3 ^{cd}	35.4 ^b	42 ^d	32.1 ^a	
F/N (sec) ^{***}		372 ^a	392 ^b	415 ^b	412 ^b	454 ^c	433 ^{bc}	

1 2번 반복실험한 평균값
 2 반죽이 최고 Bu를 나타내는 시간
 3 반죽이 500Bu를 유지하는 시간
 4 반죽시작 후 20분 시점에서 BU중앙값과 500과의 편차
 5 시작점부터 끝까지의 거리
 abc Column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임
 ,* 시료가 p=0.001, p=0.01, p=0.005 수준에서 유의적인 차이가 있음

② Test Mill 수율

- Test Mill을 진행하여 나오는 분의 수율로 원맥의 제분특성을 파악할 수가 있음, 부드러운 성격의 밀일수록 B분과 M분의 출량이 높게 나타남

표 3-3-2. 수입원맥 6종의 Test Mill 수율

원맥명		SW	ASW	AH	HRW	CWRS	DNS	
TEST MILL	가공 조건	T/TIME	24HR	24HR	36HR	36HR	48HR	48HR
		1B수분	15.5	15.9	16.0	15.1	17.0	15.6
	수율 (%)	B분	14.94	11.79	9.49	9.13	8.51	9.61
		M분	43.11	46.56	36.77	40.96	38.11	45.83
		V분	11.48	12.48	21.82	15.31	21.40	15.33
		분수율	69.54	70.83	68.09	65.4	68.02	70.77
		부산물	26.39	27.38	28.35	33.91	29.99	24.71
		제분효율	50.19	45.31	46.46	41.31	46.76	47.92
		세모리나 생성율	61.52	63.56	67.22	68.20	66.64	68.94
		세모리나 분쇄율	70.08	73.26	54.70	60.06	57.20	66.48

③ 원맥별 Test Mill 紛 분석 결과

- 각 STOCK 별 분석데이터는 아래와 같으며 세부 항목에 대해서는 별도로 해석

표 3-3-3. 수입 원맥 6종의 STOCK 분석 결과

원맥명		SW	ASW	AH	HRW	CWRS	DNS	
TEST MILL 품질	1B	수분(%)	11.3	11.6	11.8	11.9	12.4	10.8
		회분(%)	0.384	0.416	0.438	0.488	0.487	0.515
		단백질(%)	6.39	7.87	11.60	10.46	14.32	14.67
		입도(μm)	54.5	69.2	82.5	84.3	90.8	85.1
		백도	87.7	84.8	80.3	78.0	78.2	79.5
	2B	수분(%)	10.9	11.1	11.6	11.1	11.8	10.3
		회분(%)	0.417	0.464	0.466	0.518	0.518	0.546
		단백질(%)	8.05	9.34	12.95	12.7	17.09	15.86
		입도(μm)	55.3	65.7	77.3	79.3	86.2	80.1
		백도	86.1	83.0	79.1	76.7	74.7	78.1
	3B	수분(%)	9.6	10.3	11.4	10.3	10.7	10.1
		회분(%)	0.563	0.633	0.615	0.720	0.757	0.701
		단백질(%)	8.74	9.46	11.71	12.76	15.79	14.18
		입도(μm)	58.2	101.8	201.7	95.9	163.6	191.9
		백도	84.4	78.7	71.5	73.3	69.3	70.0
	1M	수분(%)	11.6	12.0	12.7	11.5	13.3	11.0
		회분(%)	0.369	0.436	0.351	0.410	0.394	0.388
		단백질(%)	8.08	8.51	9.70	9.75	12.80	11.89
		입도(μm)	84.2	94.6	87.6	93.8	96.4	101.0
		백도	83.9	81.0	81.3	78.9	79.5	79.8
	2M	수분(%)	10.5	10.8	11.4	10.8	11.1	10.0
		회분(%)	0.395	0.422	0.427	0.455	0.473	0.421
		단백질(%)	7.98	8.36	9.58	9.63	12.49	11.83
		입도(μm)	72.8	78.4	78.4	79.3	84.9	84.2
		백도	85.0	83.7	82.0	80.9	79.7	80.8
3M	수분(%)	10.2	10.0	11.4	10.4	12.0	9.8	
	회분(%)	0.457	0.490	0.433	0.489	0.467	0.683	
	단백질(%)	8.43	8.73	10.26	9.73	13.31	12.03	
	입도(μm)	89.5	88.1	97.5	96.0	108.9	186.6	
	백도	82.5	82.1	79.5	76.8	77.7	76.5	
V분	수분(%)	11.9	11.8	12.2	12.1	13.0	11.1	
	회분(%)	1.073	1.104	0.701	1.085	0.865	0.991	
	단백질(%)	11.07	11.03	11.31	12.27	14.42	14.10	
	입도(μm)	84.2	93.6	117.5	103.4	116.1	120.8	
	백도	69.6	68.4	71.4	65.1	68.7	64.9	

(표 3-3-3 계속)

원맥명		SW	ASW	AH	HRW	CWRS	DNS	
TEST MILL 품질	말분	수분(%)	10.4	10.1	11.5	11.4	12.5	9.9
		회분(%)	2.129	1.734	0.975	1.836	1.682	2.478
		단백질(%)	10.00	9.94	10.41	10.20	12.60	12.86
		입도(μm)	562.1	500.4	437.7	517.1	387.1	473.4
		백도	40.7	40.3	39.7	35.0	42.5	33.8
	맥피	수분(%)	11.8	12.4	12.9	12.4	13.4	12.1
		회분(%)	4.181	3.529	3.148	4.167	5.589	4.241
		단백질(%)	13.9	12.85	13.47	14.00	15.31	15.67
		입도(μm)	-	-	-	-	-	-
		백도	29.2	27.5	26.5	24.3	31.4	22.0

* 맥피의 입도는 측정 불가능

④ 분쇄 공정별 수분 함량 변화

○ 순수한 배유부(1B, 1M)와 맥피부분의 수분함량이 높음

표 3-3-4. 수입밀 원맥 6종의 STOCK 별 수분 분석

원맥명		SW	ASW	AH	HRW	CWRS	DNS
수분(%)	1B	11.3	11.6	11.8	11.9	12.4	10.8
	2B	10.9	11.1	11.6	11.1	11.8	10.3
	3B	9.6	10.3	11.4	10.3	10.7	10.1
	1M	11.6	12	12.7	11.5	13.3	11.0
	2M	10.5	10.8	11.4	10.8	11.1	10.0
	3M	10.2	10.0	11.4	10.4	12.0	9.8
	V분	11.9	11.8	12.2	12.1	13.0	11.1
	말분	10.4	10.1	11.5	11.4	12.5	9.9
	맥피	11.8	12.4	12.9	12.4	13.4	12.1

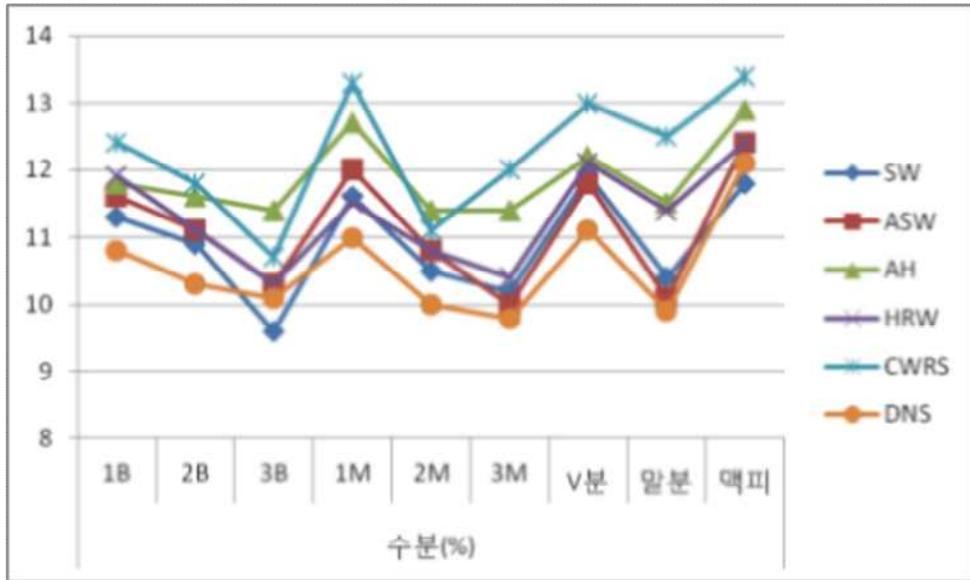


그림 3-3-1. 수입 원맥 6종의 STOCK별 수분

⑤ 분쇄 공정별 회분 함량 변화

○ 1M 부분의 회분이 가장 낮으며 M분이 B분보다 품질이 좋음

표 3-3-5. 수입 원맥 6종의 STOCK별 회분 분석

원맥명	SW	ASW	AH	HRW	CWRS	DNS	
회분(%)	1B	0.384	0.416	0.438	0.488	0.487	0.515
	2B	0.417	0.464	0.466	0.518	0.518	0.546
	3B	0.563	0.633	0.615	0.720	0.757	0.701
	1M	0.369	0.436	0.351	0.410	0.394	0.388
	2M	0.395	0.422	0.427	0.455	0.473	0.421
	3M	0.457	0.490	0.433	0.489	0.467	0.683
	V분	1.073	1.104	0.701	1.085	0.865	0.991
	말분	2.129	1.734	0.975	1.836	1.682	2.478
	맥피	4.181	3.529	3.148	4.167	5.589	4.241

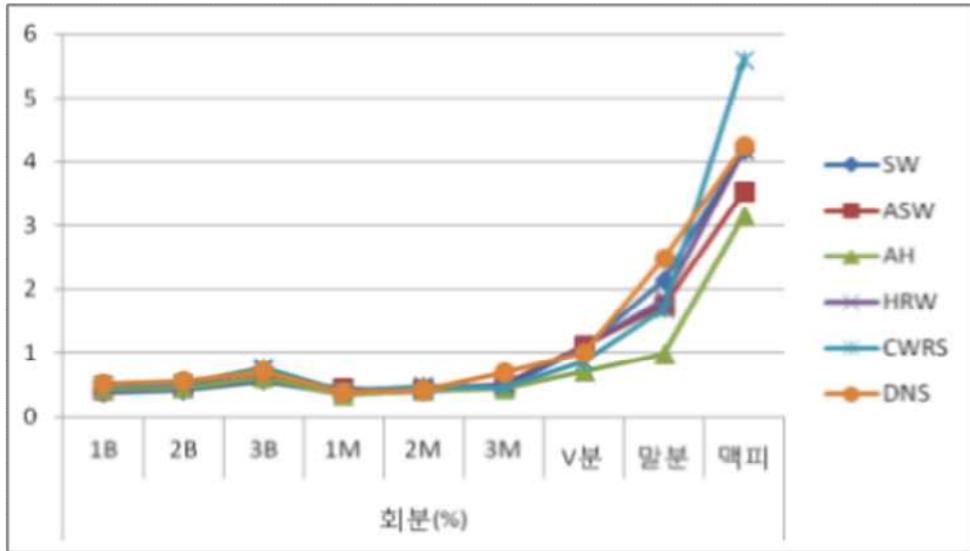


그림 3-3-2. 수입 원맥 6종의 STOCK별 회분

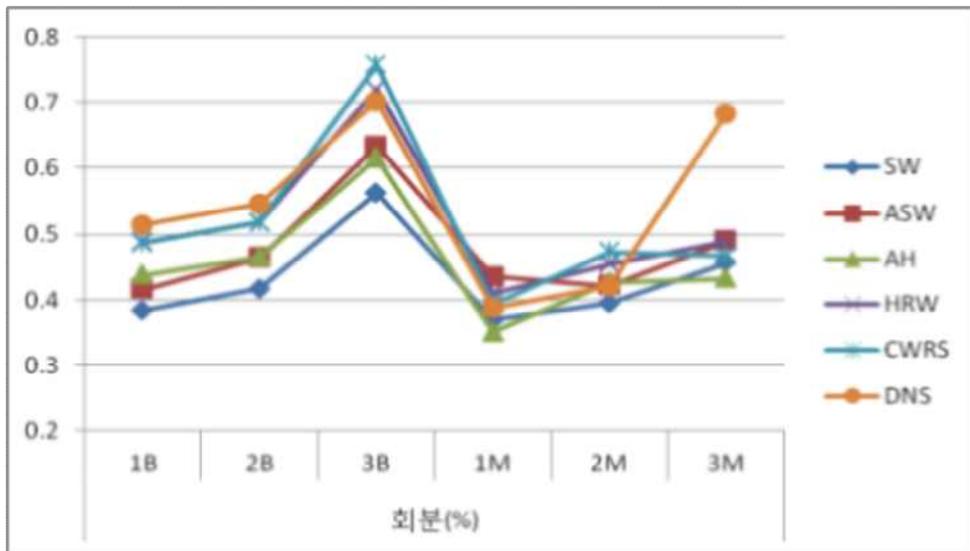


그림 3-3-3. 수입 원맥 6종의 STOCK별 회분(가식부)

⑥ 분쇄 공정별 단백질 함량 변화

- 전반적으로 M분, B분, V분으로 갈수록 단백질 함량이 높아짐

표 3-3-6. 수입 원맥 6종의 STOCK별 단백질 분석

원맥명	SW	ASW	AH	HRW	CWRS	DNS	
단백질(%)	1B	6.39	7.87	11.60	10.46	14.32	14.67
	2B	8.05	9.34	12.95	12.7	17.09	15.86
	3B	8.74	9.46	11.71	12.76	15.79	14.18
	1M	8.08	8.51	9.70	9.75	12.80	11.89
	2M	7.98	8.36	9.58	9.63	12.49	11.83
	3M	8.43	8.73	10.26	9.73	13.31	12.03
	V분	11.07	11.03	11.31	12.27	14.42	14.10
	말분	10.00	9.94	10.41	10.20	12.60	12.86
	맥피	13.9	12.85	13.47	14.00	15.31	15.67

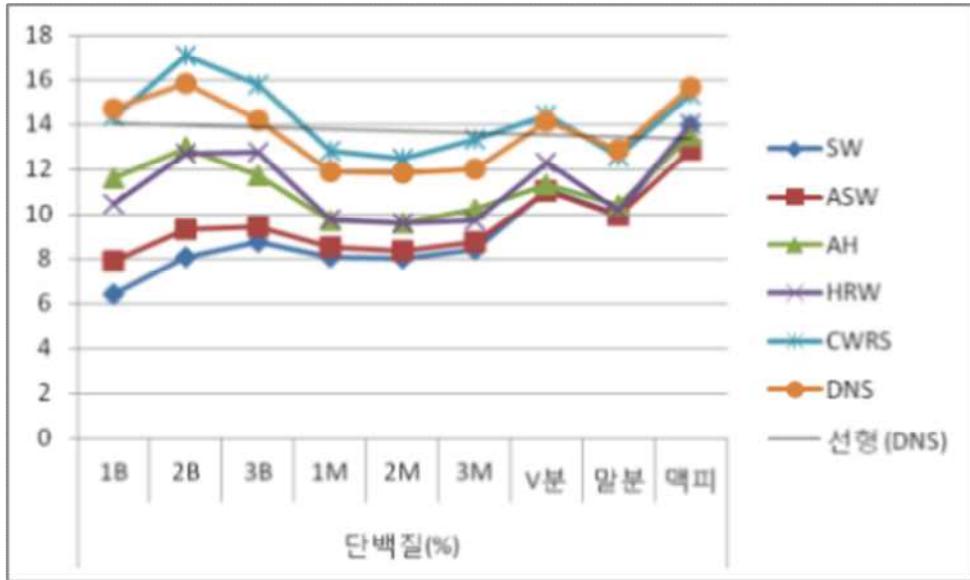


그림 3-3-4. 수입 원맥 6종의 STOCK별 단백질 분석

⑦ 분쇄 공정별 입도 변화

○ B분 M분에서는 고른 입도를 보이다가 V분에서 입도가 매우 높아짐

표 3-3-7. 수입 원맥 6종의 STOCK별 입도 분석

원맥명	SW	ASW	AH	HRW	CWRS	DNS	
입도(μm)	1B	54.5	69.2	82.5	84.3	90.8	85.1
	2B	55.3	65.7	77.3	79.3	86.2	80.1
	3B	58.2	101.8	201.7	95.9	163.6	191.9
	1M	84.2	94.6	87.6	93.8	96.4	101.0
	2M	72.8	78.4	78.4	79.3	84.9	84.2
	3M	89.5	88.1	97.5	96.0	108.9	186.6
	V분	84.2	93.6	117.5	103.4	116.1	120.8
	말분	562.1	500.4	437.7	517.1	387.1	473.4

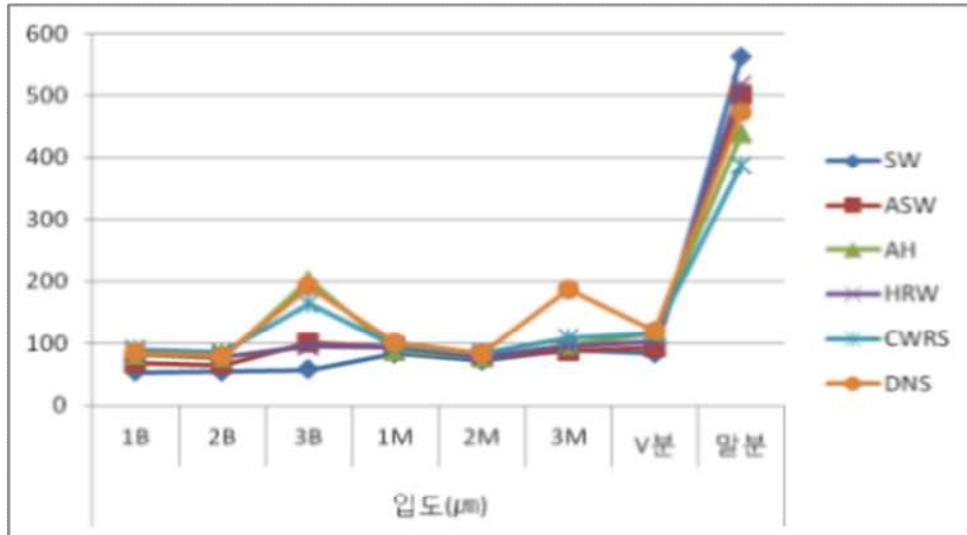


그림 3-3-5. 수입 원맥 6종의 STOCK별 입도 분석

⑧ 분쇄 공정별 백도 변화

○ B분,M분에서는 앞의 숫자가 커질수록 백도가 낮아지며, V분에서는 수치가 급격히 하락함

표 3-3-8. 수입 원맥 6종의 STOCK별 백도 분석

원맥명	SW	ASW	AH	HRW	CWRS	DNS	
백도	1B	87.7	84.8	80.3	98.0	78.2	79.5
	2B	86.1	83.0	79.1	76.7	74.7	78.1
	3B	84.4	78.7	71.5	73.3	69.3	70.0
	1M	83.9	81.0	81.3	78.9	79.5	79.8
	2M	85.0	83.7	82.0	80.9	79.7	80.8
	3M	82.5	82.1	79.5	76.8	77.7	76.5
	V분	69.6	68.4	71.4	65.1	68.7	64.9
	말분	40.7	40.3	39.7	35.0	42.5	33.8
맥피	29.2	27.5	26.5	24.3	31.4	22.0	

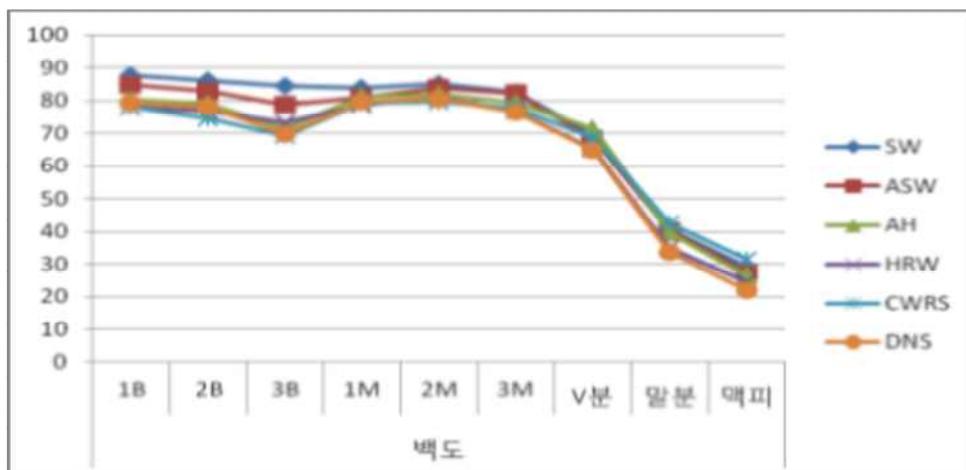


그림 3-3-6. 수입밀 6종의 STOCK별 백도 분석

(2) 국산밀의 원맥별 분쇄특성 분석

(가) 시료

- ① 국산 원맥 4종
 - ㉠ 금강밀 (경남 합천 산)
 - ㉡ 금강밀 (전남 광주 산)
 - ㉢ 금강밀 (전북 정읍 산)
 - ㉣ 조경밀 (경남 합천 산)

(나)방법

① 원맥의 평가 (세부 Test 방법은 별첨 참조)

- ㉠ 용중 : 원맥 1L 당의 무게 측정 (g)
- ㉡ 상립 : 맥 이외의 다른 곡물의 비율 (% , 귀리,옥수수 등)
- ㉢ 천립중 : 완전한 정상맥 1,000개의 중량
- ㉣ Falling Number : 끓는 물 속에서, 밀가루의 현탁액이 Alpha-Amylase에 의한 액화정도를 측정(sec, AACC Method 56-81B)

② 품질 분석

- ㉠ 수분 : 시료 속에 함유된 수분의 함량 측정 (% , AACC Method 44-15A)
- ㉡ 회분 : 시료를 태우고 남은 성분의 함량 측정 (% , AACC Method 08-01)
- ㉢ 단백질 : 시료 내에 함유된 단백질의 함량 측정 (% , AACC Method 46-12)
- ㉣ 입도 : 분말의 입자 크기 및 입자 분포를 측정 (μm)
- ㉤ 백도 : 분말의 흰 정도를 측정
- ㉥ Farino Gram : 일정 온도에서 반죽 교반시 Plasticity(可塑性), Mobility(移動性) 측정
- ㉦ Visco Gram : 밀가루 호화점도를 파악하여 Alpha-Amylase의 활성도를 측정
- ㉧ Extensio Gram : 반죽된 밀가루를 잡아당겨서 신장성과 저항도를 측정

③ 시험 제분

- ㉠ 소량의 원맥 특성을 파악하기 위하여 소형 실험 제분기를 이용, 3개의 조쇄 공정과, 3개의 분쇄 공정을 이용하여 Sample을 제조

(다)결과

① 원맥 분석 결과

- 국산 원맥은 같은 품질이라도 생산 지역에 따라 품질이 많이 흔들림, 지역별 단백질 함량이 3% 가까이 벌어지게 되면 제분산업에서는 상업적 가치가 매우 낮음

표 3-3-9. 국산밀 4종의 원맥 분석¹

원맥명(우리밀)		합천(금강)	광주(금강)	정읍(금강)	합천(조경)
원맥	수분 (%)	12.3 ^{ab}	11.3 ^a	12.2 ^{ab}	12.3 ^b
	회분 (%) [*]	1.32 ^a	1.41 ^a	1.37 ^a	1.52 ^b
	단백질 (%) ^{**}	12.84 ^c	10 ^a	12.9 ^c	11.37 ^b
	입도 (μm) ^{**}	224.3 ^a	187 ^b	171.6 ^a	224.3 ^c
	용중	850 ^a	833 ^a	852 ^a	861 ^a
	상립 [*]	0.58 ^a	0.76 ^b	0.75 ^b	0.5 ^a
	천립중 (g)	43.5 ^a	42.9 ^a	43.4 ^a	44.1 ^a
	F/N (sec) ^{***}	481 ^c	448 ^b	443 ^b	416 ^a

¹ 2번 반복실험한 평균값

abc Column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임

***, ** 시료가 p=0.01, p=0.001, p=0.005 수준에서 유의적인 차이가 있음

② Test Mill 수율

○ 국산밀은 전반적으로 비슷한 분쇄 경향을 보임

표 3-3-10. 국산밀 4종의 Test Mill 수율

원맥명(우리밀)		합천(금강)	광주(금강)	정읍(금강)	합천(조경)	
TEST MILL분	가공조건	T/TIME	24	24	24	24
		1B수분	16.9	15.8	15.0	16.2
	수율 (%)	B분	9.30	11.45	10.41	11.74
		M분	39.48	42.44	41.73	37.95
		V분	19.01	16.96	18.91	19.42
		분수율	67.79	70.85	71.04	69.12
		부산물	29.09	25.61	28.56	28.86
		제분효율	43.67	47.60	42.97	47.49
		세모리나 생성율	67.03	66.69	65.86	64.22
		세모리나 분쇄율	58.90	63.63	63.36	59.10

③ 원맥별 Test Mill 紛 분석 결과

○ 각 STOCK 별 분석데이터는 아래와 같으며 세부 항목에 대해서는 별도로 해석

표 3-3-11. 국산밀 4종의 STOCK별 분석 결과

원맥명(우리밀)		합천(금강)	광주(금강)	정읍(금강)	합천(조경)	
TEST MILL 품질	1B	수분	11.7	11.8	11.8	12.0
		회분	0.408	0.463	0.422	0.456
		단백질	11.14	8.08	12.07	10.11
		입도	87.1	76.36	86.3	72.7
		백도	79.8	79.9	79.5	80.8
		출량	478.9	644.9	493.0	373.3
	2B	수분	11.1	11.3	11.4	11.2
		회분	0.459	0.509	0.46	0.494
		단백질	12.16	10.87	14.46	11.82
		입도	81.4	71.4	82.1	68.7
		백도	78.7	80.9	78.9	80.8
		출량	326.4	351.9	330.9	373.3
	3B	수분	10.7	10.7	11.3	11.2
		회분	0.653	0.688	0.644	0.660
		단백질	13.33	10.57	13.04	10.81
		입도	158.7	138.8	228.6	172.6
		백도	73.3	75.7	75.5	75.6
		출량	124.3	148.1	217.3	198.5
	1M	수분	12.2	12.5	12.5	11.6
		회분	0.375	0.396	0.526	0.390
		단백질	10.79	8.89	10.71	9.40
		입도	89.0	82.6	103.7	79.4
		백도	81.0	82.4	79.3	82.3
		출량	2971.3	3240.7	3273.6	2877.5
	2M	수분	10.9	11.2	11.3	11.1
		회분	0.401	0.416	0.492	0.446
		단백질	10.16	8.79	10.75	9.29
		입도	81.2	78.5	146.0	73.1
		백도	82.0	82.3	80.4	80.3
		출량	286.7	290.7	299.7	224.4
	3M	수분	11.2	11.6	11.2	11.5
		회분	0.475	0.544	0.554	0.441
		단백질	11.22	9.45	11.28	10.01
		입도	135.3	168.5	119.2	102.8
		백도	77.7	77.5	78.2	79.5
		출량	690.2	712.4	635.4	693.2
	V분	수분	12.0	12.1	11.8	12.1
		회분	0.797	0.782	0.698	0.747
		단백질	12.69	9.97	12.09	11.09
		입도	114.4	114.7	121.1	113.7
		백도	69.8	70.8	68.2	72.9
		출량	1900.7	1695.8	1890.5	1942.3

원맥명(우리밀)		합천(금강)	광주(금강)	정읍(금강)	합천(조경)
말분	수분	11.4	11.2	11.4	11.5
	회분	1.247	1.558	1.337	1.537
	단백질	11.51	9.61	11.14	10.07
	입도	375.4	455.4	348.2	367.2
	백도	47.6	40.3	68.2	48.3
	출량	542.0	374.8	483.2	482.3
맥피	수분	12.4	12.2	12.2	12.6
	회분	3.660	4.803	3.916	4.376
	단백질	15.28	9.879	15.36	13.45
	입도	-	-	-	-
	백도	26.1	26.7	24.5	24.8
	출량	2367.3	2186.1	2372.8	2403.6

* 맥피의 입도는 측정 불가능

④ 분쇄 공정별 수분 함량 변화

○ 순수한 배유부(1B, 1M)와 맥피부분의 수분함량이 높음

표 3-3-12. 국산밀 4종의 STOCK별 수분 분석

원맥명(우리밀)		합천(금강)	광주(금강)	정읍(금강)	합천(조경)
수분(%)	1B	11.7	11.8	11.8	12.0
	2B	11.1	11.3	11.4	11.2
	3B	10.7	10.7	11.3	11.2
	1M	12.2	12.5	12.5	11.6
	2M	10.9	11.2	11.3	11.1
	3M	11.2	11.6	11.2	11.5
	V분	12.0	12.1	11.8	12.1
	말분	11.4	11.2	11.4	11.5
	맥피	12.4	12.2	12.2	12.6

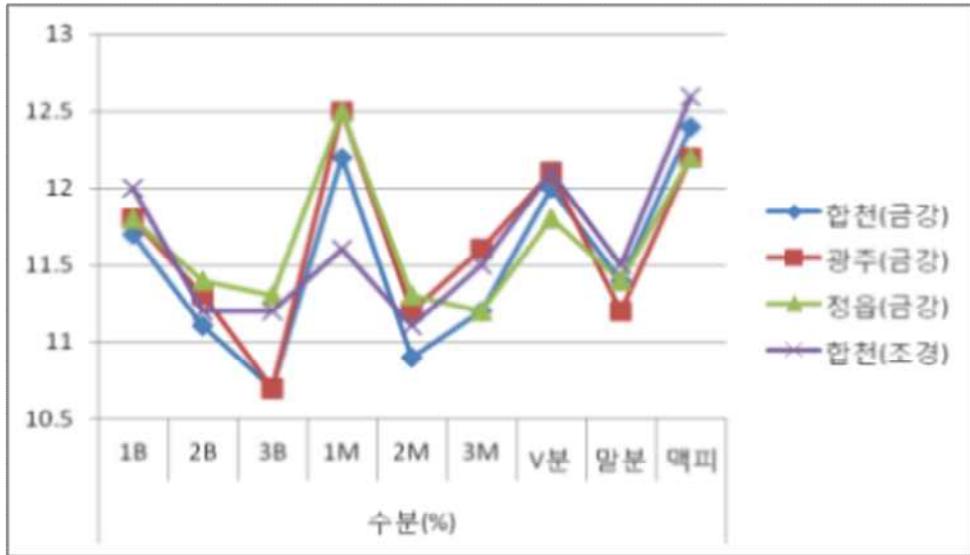


그림 3-3-7. 국산밀 4종의 STOCK별 수분 분석

⑤ 분쇄 공정별 회분 함량 변화

- 1M 부분의 회분이 가장 낮으며 M분이 B분보다 품질이 좋음, 정읍 금강밀의 경우 타 원맥과는 조금 다른 경향을 띠며, 품질이 미흡함

표 3-3-13. 국산밀 4종의 STOCK별 회분 분석

원맥명(우리밀)	합천(금강)	광주(금강)	정읍(금강)	합천(조경)	
회분(%)	1B	0.408	0.463	0.422	0.456
	2B	0.459	0.509	0.46	0.494
	3B	0.653	0.688	0.644	0.660
	1M	0.375	0.396	0.526	0.390
	2M	0.401	0.416	0.492	0.446
	3M	0.475	0.544	0.554	0.441
	V분	0.797	0.782	0.698	0.747
	말분	1.247	1.558	1.337	1.537
	맥피	3.660	4.803	3.916	4.376

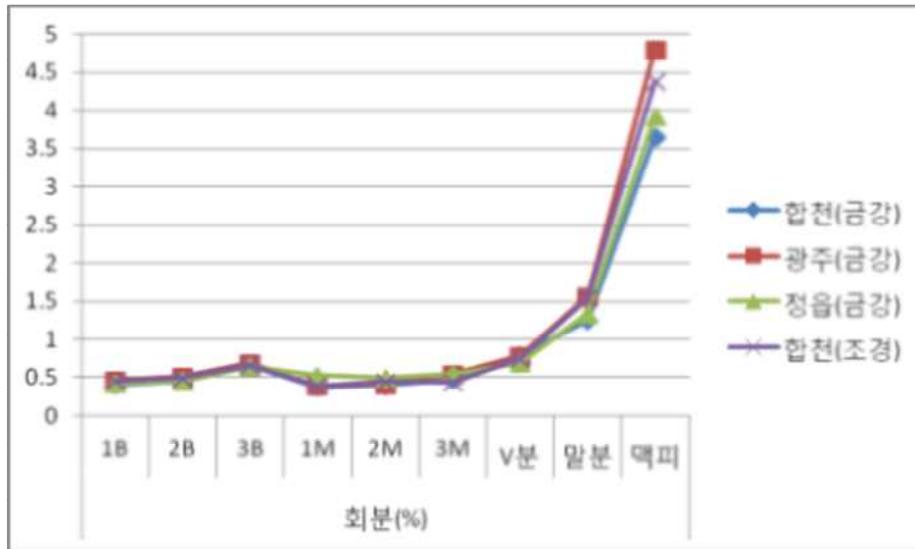


그림 3-3-8. 국산밀 4종의 STOCK별 회분 분석

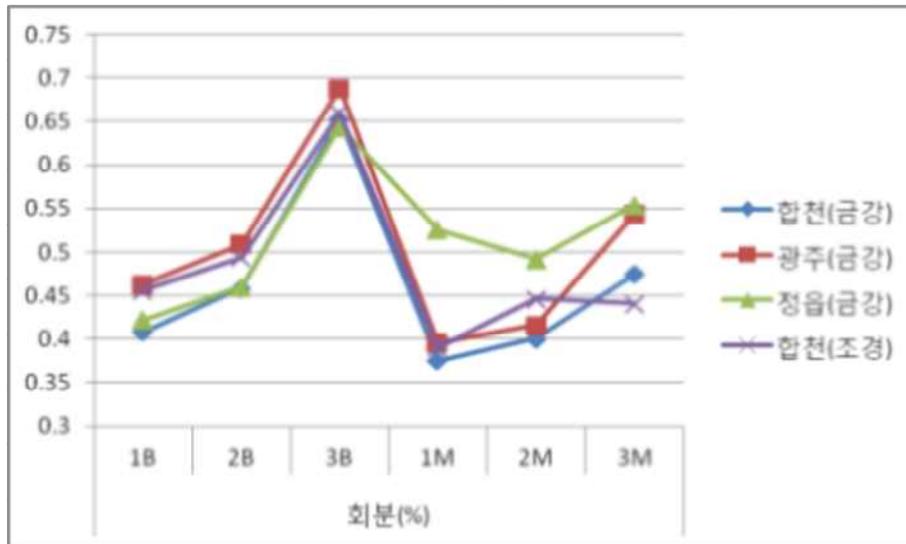


그림 3-3-9. 국산밀 4종의 STOCK별 회분 분석(가식부)

⑥ 분쇄 공정별 단백질 함량 변화

○ 단백질은 지역별, STOCK별로 편차가 크게 나타남

표 3-3-14. 국산밀 4종의 STOCK별 단백질 분석

원맥명(우리밀)	합천(금강)	광주(금강)	정읍(금강)	합천(조경)	
단백질(%)	1B	11.14	8.08	12.07	10.11
	2B	12.16	10.87	14.46	11.82
	3B	13.33	10.57	13.04	10.81
	1M	10.79	8.89	10.71	9.40
	2M	10.16	8.79	10.75	9.29
	3M	11.22	9.45	11.28	10.01
	V분	12.69	9.97	12.09	11.09
	말분	11.51	9.61	11.14	10.07
	맥피	15.28	9.879	15.36	13.45

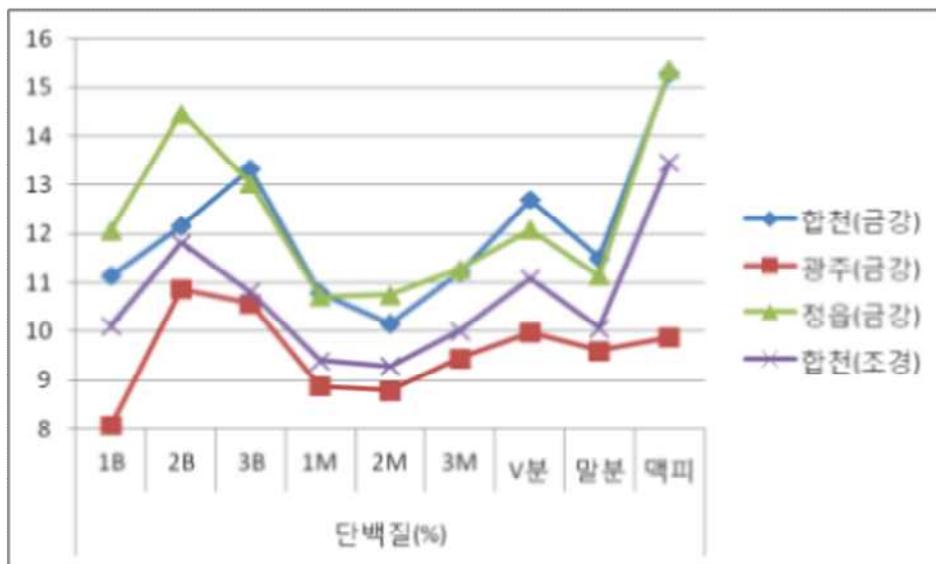


그림 3-3-10. 국산밀 4종의 STOCK별 단백질 분석

⑦ 분쇄 공정별 입도 변화

○ B분 M분에서는 고른 입도를 보이다가 V분에서 입도가 매우 높아짐

표 3-3-15. 국산밀 4종의 STOCK별 입도 분석

원맥명(우리밀)	합천(금강)	광주(금강)	정읍(금강)	합천(조경)	
입도(μm)	1B	87.1	76.36	86.3	72.7
	2B	81.4	71.4	82.1	68.7
	3B	158.7	138.8	228.6	172.6
	1M	89.0	82.6	103.7	79.4
	2M	81.2	78.5	146.0	73.1
	3M	135.3	168.5	119.2	102.8
	V분	114.4	114.7	121.1	113.7
	말분	375.4	455.4	348.2	367.2

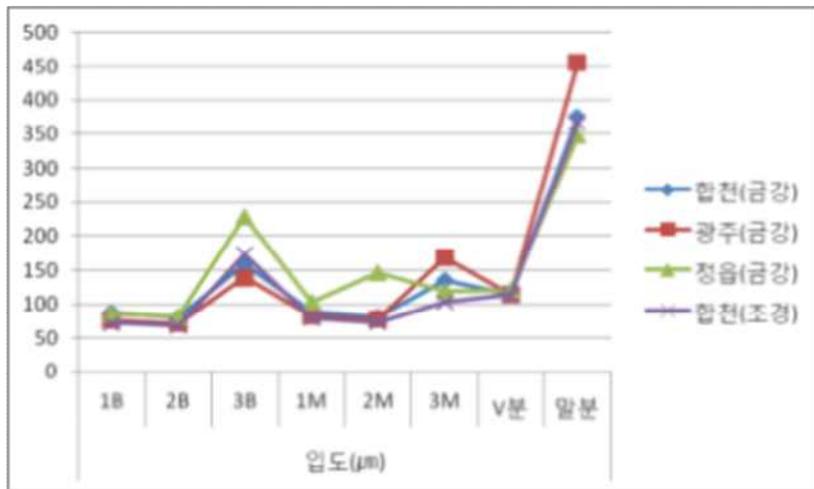


그림 3-3-11. 국산밀 4종의 STOCK별 입도 분석

⑧ 분쇄 공정별 백도 변화

○ B분,M분에서는 앞의 숫자가 커질수록 백도가 낮아지며, V분에서는 수치가 급격히 하락함

표 3-3-16. 국산밀 4종의 STOCK별 백도 분석

원맥명(우리밀)	합천(금강)	광주(금강)	정읍(금강)	합천(조경)	
백도	1B	79.8	79.9	79.5	80.8
	2B	78.7	80.9	78.9	80.8
	3B	73.3	75.7	75.5	75.6
	1M	81.0	82.4	79.3	82.3
	2M	82.0	82.3	80.4	80.3
	3M	77.7	77.5	78.2	79.5
	V분	69.8	70.8	68.2	72.9
	말분	47.6	40.3	68.2	48.3
	맥피	26.1	26.7	24.5	24.8

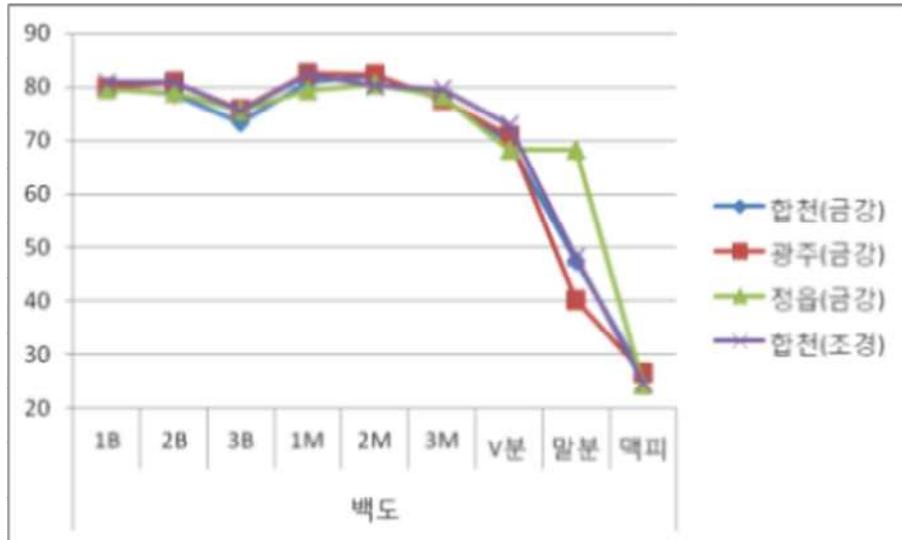


그림 3-3-12. 국산밀 4종의 STOCK별 백도 분석

(라) 결론 : 국산밀은 같은 품종이라도 지역별로 많은 품질 편차를 보임

2. 전압처리 원맥의 제분 특성 분석

가. 전압처리밀의 원맥별 분쇄 특성 분석(예비 Test)

(1) 시료

(가) 국산밀 2종 (CTRL 원맥/전압처리원맥)

- ① 금강밀 CTRL
- ② 금강밀 전압처리
- ③ 조경밀 CTRL
- ④ 조경밀 전압처리

(2) 방법

(가) 전압 처리

- ① 소량의 원맥 특성을 파악하기 위하여 소형 실험 제분기를 이용, 3개의 조쇄 공정과, 3개의 분쇄 공정을 이용하여 Sample을 제조

(나) 원맥의 평가 (세부 Test 방법은 별첨 참조)

- ① 용중 : 원맥 1L 당의 무게 측정 (g)
- ② 상립 : 맥 이외의 다른 곡물의 비율 (% , 귀리, 옥수수 등)
- ③ 천립중 : 완전한 정상맥 1,000개의 중량
- ④ Falling Number : 끓는 물 속에서, 밀가루의 현탁액이 Alpha-Amylase에 의한 액화정도를 측정(sec, AACC Method 56-81B)

(다) 품질 분석

- ① 수분 : 시료 속에 함유된 수분의 함량 측정 (% , AACC Method 44-15A)
- ② 회분 : 시료를 태우고 남은 성분의 함량 측정 (% , AACC Method 08-01)
- ③ 단백질 : 시료 내에 함유된 단백질의 함량 측정 (% , AACC Method 46-12)
- ④ 입도 : 분말의 입자 크기 및 입자 분포를 측정 (μm)
- ⑤ 백도 : 분말의 흰 정도를 측정
- ⑥ Farino Gram : 일정 온도에서 반죽 교반시 Plasticity(可塑性), Mobility(移動性) 측정
- ⑦ Visco Gram : 밀가루 호화점도를 파악하여 Alpha-Amylase의 활성도를 측정
- ⑧ Extensio Gram : 반죽된 밀가루를 잡아당겨서 신장성과 저항도를 측정

(라) 시험 제분

- ① 소량의 원맥 특성을 파악하기 위하여 소형 실험 제분기를 이용, 3개의 조쇄 공정과, 3개의 분쇄 공정을 이용하여 Sample을 제조

(3) 결과

(가) 원맥 분석 결과

○ 전압처리시 뚜렷한 변화는 관찰되지 않음 (금강밀에서의 F/N 증가 재확인필요)

표 3-3-17. 전압처리밀의 원맥분석 결과¹

	원맥명(우리밀)	금강CTRL	금강전압	조경CTRL	조경전압
원맥	수분 (%)	12.2 ^a	12.1 ^a	13 ^a	12.9 ^a
	회분 (%)	1.51 ^a	1.5 ^a	1.49 ^a	1.48 ^a
	단백질 (%) [*]	8.41 ^a	9.94 ^b	11.51 ^c	11.07 ^c
	입도 (μm) ^{**}	208.2 ^a	206.3 ^a	218.1 ^a	241.6 ^b
	백도	59.3 ^a	59.4 ^a	57.3 ^a	58.4 ^a
	용중 ^{**}	841 ^a	841 ^a	859 ^b	862 ^b
	상립	0.45 ^b	0.37 ^a	0.4 ^{ab}	0.4 ^{ab}
	천립중 (g) [*]	44.2 ^a	43.8 ^a	48.8 ^c	45.9 ^b
	F/N (sec) [*]	441 ^a	507 ^b	409 ^a	410 ^a

¹ 2번 반복실험한 평균값

abc Column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임

*** 시료가 p=0.001, p=0.005 수준에서 유의적인 차이가 있음

(나) 60%분 분석 결과

○ 전압처리시 뚜렷한 변화는 관찰되지 않음

표 3-3-18. 전압처리밀의 60%분 분석 결과¹

원맥명(우리밀)		금강CTRL	금강전압	조경CTRL	조경전압	
60%분 일반성분	수분 (%)	12.3 ^a	12.4 ^a	12.1 ^a	13.3 ^a	
	회분 (%) [*]	0.467 ^b	0.471 ^b	0.441 ^{ab}	0.432 ^a	
	단백질 (%) ^{**}	8.86 ^a	9.09 ^a	9.88 ^b	9.8 ^b	
	백도	80 ^a	79.9 ^a	81 ^a	81.5 ^a	
	Farino	흡수율(%)	57.8 ^a	57.4 ^a	57.9 ^a	56.6 ^a
		P/T ^{**}	2 ^a	2 ^a	2.2 ^a	11.7 ^b
		안정도(min)	15.3 ^a	16 ^a	18.1 ^a	18.7 ^a
		연화도(Bu)	30 ^a	27 ^a	12 ^a	0 ^a
	Visco	최고점도(Bu) ^{**}	1108 ^b	1111 ^b	844 ^a	740 ^a
	Extenso	신장도 ^{**}	45/135(분)	45/135(분)	45/135(분)	45/135(분)
			95 ^b /102 ^a	111 ^{bc} /120 ^b	126 ^c /106 ^{ab}	53 ^a /111 ^{ab}
		저항력 ^{**}	211 ^c /180 ^a	280 ^d /250 ^b	200 ^b /162 ^a	185 ^a /186 ^a
최고저항 ^{**}		501 ^a /413 ^a	550 ^b /582 ^b	510 ^a /380 ^a	530 ^{ab} /440 ^a	

¹ 2번 반복실험한 평균값
abc Column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임
^{**} 시료가 p=0.01, p=0.001 수준에서 유의적인 차이가 있음

(다) Test Mill 수율

○ 전압처리시 뚜렷한 변화는 관찰되지 않음

표 3-3-19. 전압처리밀의 Test Mill 수율

원맥명(우리밀)		금강CTRL	금강전압	조경CTRL	조경전압	
TEST MILL분	가공조건	T/TIME	24	24	24	24
		1B수분	15.6	15.7	16.9	17.0
	수율 (%)	B분	12.14	9.33	9.29	9.5
		M분	36.54	39.3	35.54	33.5
		V분	22.09	21.26	22.03	25.4
		분수율	70.77	69.88	66.87	68.4
		부산물	25.86	25.14	26.42	27.0
		제분효율	48.88	47.93	47.10	48.6
		세모리나 생성율	65.86	68.8	67.46	66.8
		세모리나 분쇄율	55.48	57.12	52.69	50.18

(라) 원맥별 Test Mill 粉 분석 결과

○ 각 STOCK 별 분석데이터는 아래와 같으며 세부 항목에 대해서는 별도로 해석

표 3-3-20. 전압처리밀의 STOCK별 분석 결과

원맥명(우리밀)		금강CTRL	금강전압	조경CTRL	조경전압	
TEST MILL 품질	1B	수분	12.4	12.4	12.1	13.3
		회분	0.43	0.41	0.38	0.38
		단백질	8.27	8.08	8.98	8.38
		입도	74.9	73.36	72.7	73.72
		백도	83.5	83.60	84.8	85.00
		출량	550.8	500.9	429.4	412.50
	2B	수분	12.0	12.0	11.7	13.5
		회분	0.48	0.47	0.43	0.42
		단백질	10.33	10.69	11.10	11.28
		입도	69.1	69.8	71.6	67.8
		백도	82.4	82.4	80.1	82.3
		출량	376.0	239.7	297.9	335.1
	3B	수분	11.5	11.5	10.9	13.2
		회분	0.63	0.67	0.61	0.57
		단백질	10.24	10.63	11.73	12.00
		입도	147.6	78.9	68.9	71.6
		백도	80.1	81.1	78.8	80.7
		출량	166.2	98.7	10.9	104.1

(계속 표 3-3-20)

원맥명(우리밀)		금강CTRL	금강전압	조경CTRL	조경전압	
TEST MILL 품질	1M	수분	12.9	12.80	12.3	12.3
		회분	0.40	0.41	0.36	0.36
		단백질	8.94	9.07	9.45	9.36
		입도	81.7	80.3	77.3	80.2
		백도	83.0	83.3	84.0	84.5
		출량	2435.3	2290.5	2129.6	1851.9
	2M	수분	11.4	11.60	11.1	13.6
		회분	0.43	0.43	0.39	0.38
		단백질	8.64	8.68	9.17	9.14
		입도	73.4	70.8	71.4	72.1
		백도	81.1	82.0	83.1	83.8
		출량	179.7	197.7	180.1	178.5
	3M	수분	11.8	12.10	11.6	12.7
		회분	0.43	0.42	0.39	0.38
		단백질	9.40	9.50	10.90	9.75
		입도	106.9	114.7	100.2	98.9
		백도	78.5	79.4	78.0	80.2
		출량	673.5	1048.5	888.6	985.1
	V분	수분	12.4	12.50	12.1	13.3
		회분	3.70	0.77	0.67	0.60
		단백질	9.80	10.12	10.90	10.81
		입도	112.9	105.9	107.9	107.2
		백도	73.2	74.5	74.6	76.1
		출량	1988.0	1913.6	1983.0	2286.9
	말분	수분	11.7	11.60	11.3	12.7
		회분	1.55	1.91	1.58	1.70
		단백질	9.76	10.2	10.64	11.09
		입도	389.8	388.8	345.3	402.4
백도		40.5	40.9	46.7	47.2	
출량		348.0	294.3	268.0	291.7	
맥피	수분	12.5	12.3	12.2	13.6	
	회분	4.84	5.19	4.57	4.89	
	단백질	11.96	12.13	13.63	13.79	
	백도	25.90	25.80	25.50	26.00	
	출량	1979.6	1968.5	2092.1	2139.0	

* 맥피의 입도는 측정 불가능

(마) 분쇄 공정별 수분 함량 변화

○ 순수한 배유부와 맥피부분의 수분함량이 높음

표 3-3-21. 전압처리밀의 STOCK별 수분 분석

원맥명(우리밀)		금강CTRL	금강전압	조경CTRL	조경전압
수분(%)	1B	12.4	12.4	12.1	13.3
	2B	12.0	12.0	11.7	13.5
	3B	11.5	11.5	10.9	13.2
	1M	12.9	12.80	12.3	12.3
	2M	11.4	11.60	11.1	13.6
	3M	11.8	12.10	11.6	12.7
	V분	12.4	12.50	12.1	13.3
	말분	11.7	11.60	11.3	12.7
	맥피	12.5	12.3	12.2	13.6

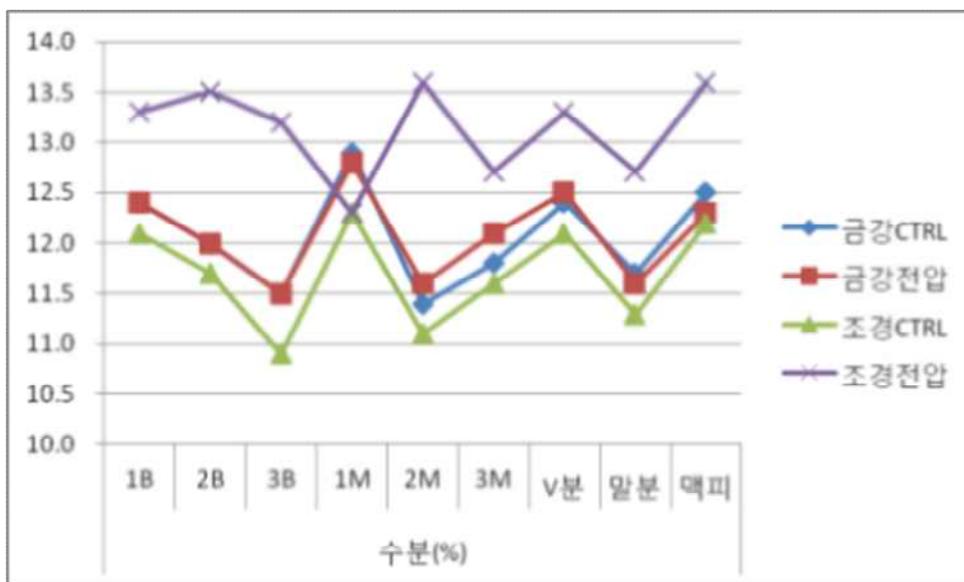


그림 3-3-13. 전압처리밀의 STOCK별 수분 분석

(바) 분쇄 공정별 회분 함량 변화

○ 1M 부분의 회분이 가장 낮으며 M분이 B분보다 품질이 좋음

표 3-3-22. 전압처리밀의 STOCK별 회분 분석

원액명(우리밀)	금강CTRL	금강전압	조경CTRL	조경전압	
회분(%)	1B	0.43	0.41	0.38	0.38
	2B	0.48	0.47	0.43	0.42
	3B	0.63	0.67	0.61	0.57
	1M	0.40	0.41	0.36	0.36
	2M	0.43	0.43	0.39	0.38
	3M	0.43	0.42	0.39	0.38
	V분	3.70	0.77	0.67	0.60
	말분	1.55	1.91	1.58	1.70
	맥피	4.84	5.19	4.57	4.89

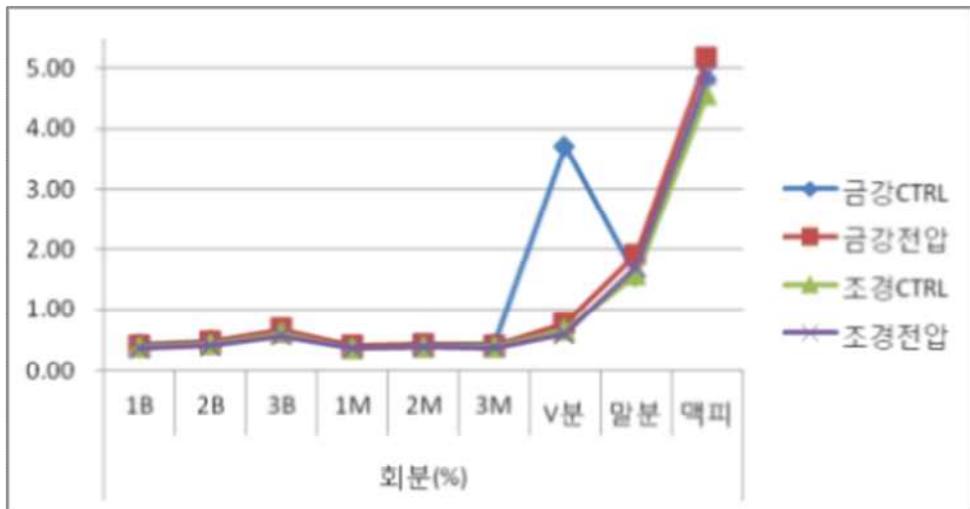


그림 3-3-14. 전압처리밀의 STOCK별 회분 분석

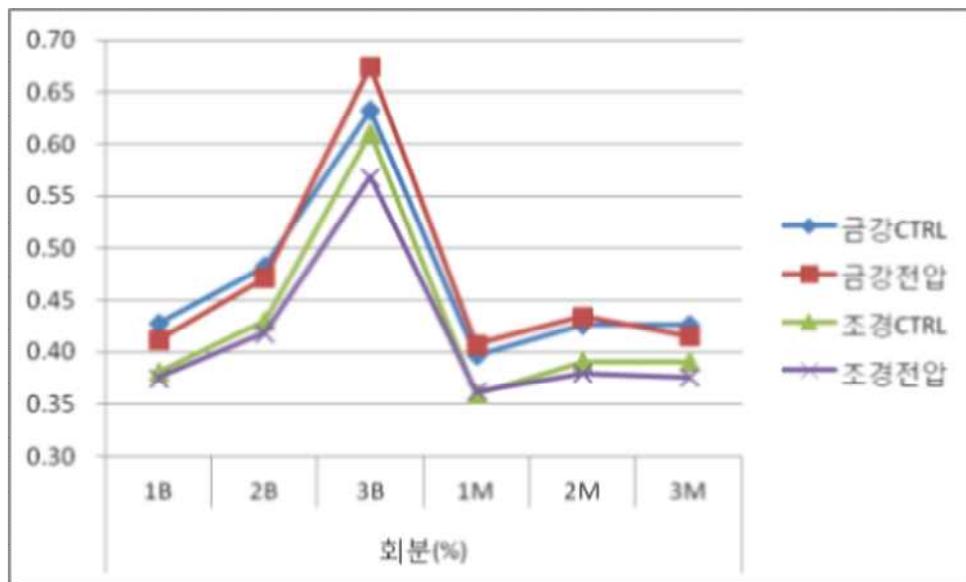


그림 3-3-15. 전압처리밀의 STOCK별 회분 분석(가식부)

(사)분쇄 공정별 단백질 함량 변화

○ 전압처리밀의 뚜렷한 차이점은 보이지 않음

표 3-3-23. 전압처리밀의 STOCK별 단백질 분석

원맥명(우리밀)		금강CTRL	금강전압	조경CTRL	조경전압
단백질(%)	1B	8.27	8.08	8.98	8.38
	2B	10.33	10.69	11.10	11.28
	3B	10.24	10.63	11.73	12.00
	1M	8.94	9.07	9.45	9.36
	2M	8.64	8.68	9.17	9.14
	3M	9.40	9.50	10.90	9.75
	V분	9.80	10.12	10.90	10.81
	말분	9.76	10.2	10.64	11.09
	맥피	11.96	12.13	13.63	13.79

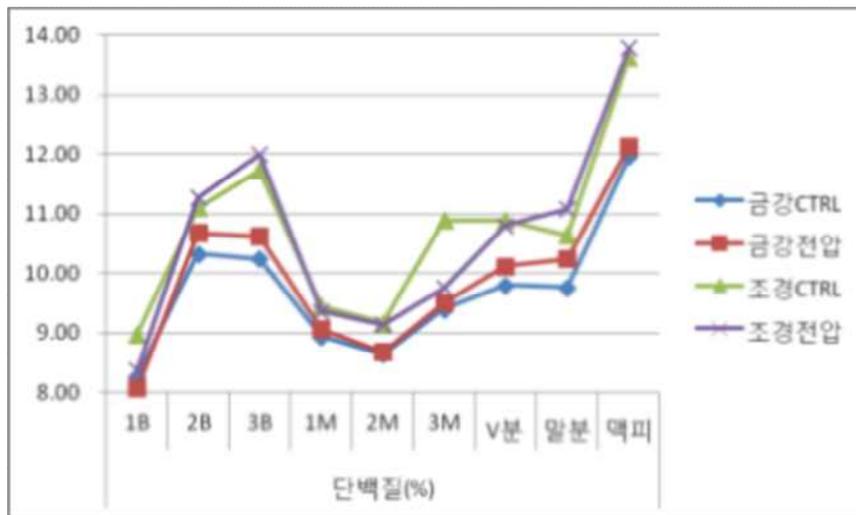


그림 3-3-16. 전압처리밀의 STOCK별 단백질 분석

(아) 분쇄 공정별 입도 변화

○ 전압처리밀의 뚜렷한 차이점은 보이지 않음

표 3-3-24. 전압처리밀의 STOCK별 입도 분석

원맥명(우리밀)		금강CTRL	금강전압	조경CTRL	조경전압
입도(μm)	1B	74.9	73.36	72.7	73.72
	2B	69.1	69.8	71.6	67.8
	3B	147.6	78.9	68.9	71.6
	1M	81.7	80.3	77.3	80.2
	2M	73.4	70.8	71.4	72.1
	3M	106.9	114.7	100.2	98.9
	V분	112.9	105.9	107.9	107.2
	말분	389.8	388.8	345.3	402.4

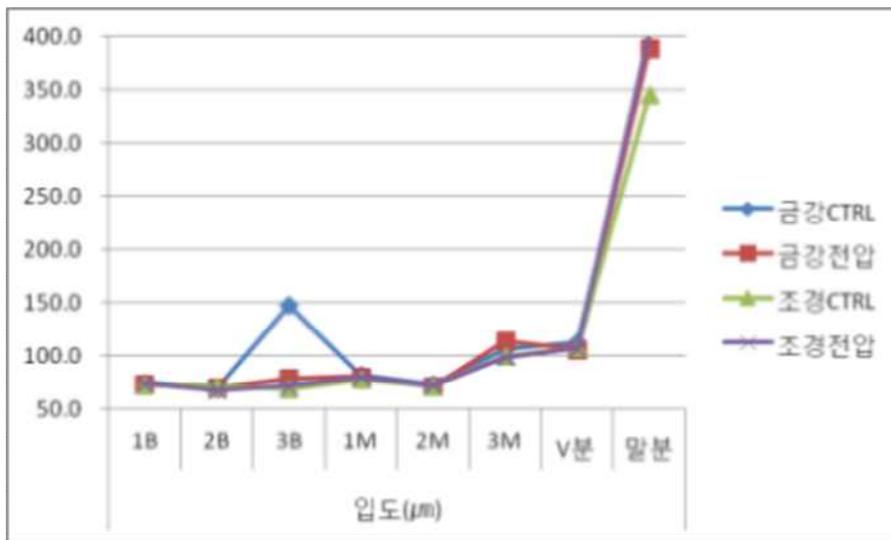


그림 3-3-17. 전압처리밀의 STOCK별 입도 분석

(자) 분쇄 공정별 백도 변화

○ 전압처리밀의 뚜렷한 차이점은 보이지 않음

표 3-3-25. 전압처리밀의 STOCK별 백도 분석

원맥명(우리밀)		금강CTRL	금강전압	조경CTRL	조경전압
백도	1B	83.5	83.60	84.8	85.00
	2B	82.4	82.4	80.1	82.3
	3B	80.1	81.1	78.8	80.7
	1M	83.0	83.3	84.0	84.5
	2M	81.1	82.0	83.1	83.8
	3M	78.5	79.4	78.0	80.2
	V분	73.2	74.5	74.6	76.1
	말분	40.5	40.9	46.7	47.2
	맥피	25.90	25.80	25.50	26.00

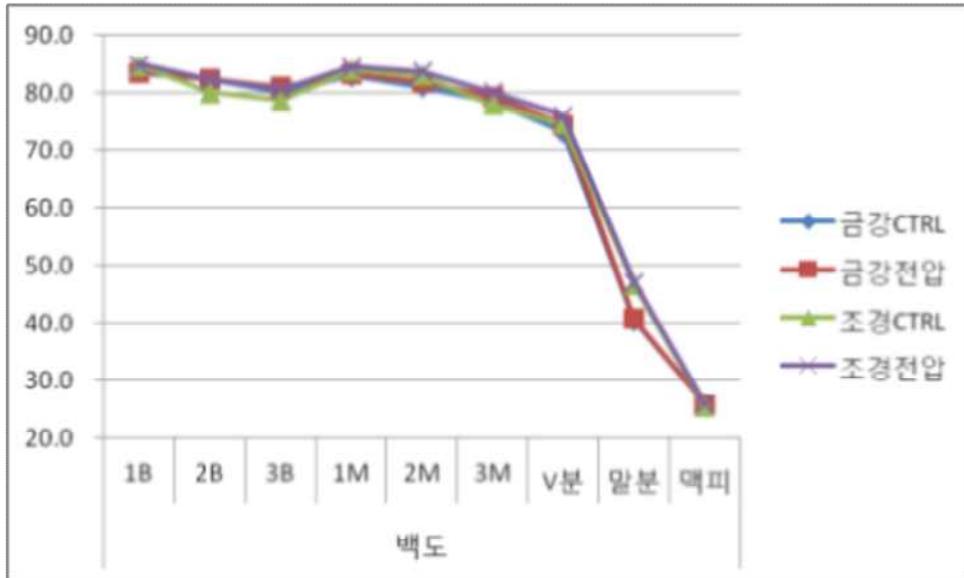


그림 3-3-18. 전압처리밀의 STOCK별 입도 분석

- (4) 결론 : 초기 전압처리 조건에서는 뚜렷한 차이점을 찾을 수 없었으나, 전압처리 조건 및 전압봉의 운용 조건에 따른 체분 특성 변화에 대한 추가적인 연구 필요

나. 1차 전압처리 조건별 밀의 분쇄 특성 분석

(1) 시료

(가) 금강밀 Control 및 전압처리밀 4종

- ① 금강밀 Control
- ② 금강밀 전압처리 3시간
- ③ 금강밀 전압처리 6시간
- ④ 금강밀 전압처리 12시간
- ⑤ 금강밀 전압처리 24시간

(2) 방법

(가) 전압처리

- ① PVC 고전압봉 (20,000V 이상)을 이용하여 해당 원맥에 대해 일정시간 전압처리 실시

(나) 원맥의 평가(세부 Test 방법은 별첨 참조)

- 원맥의 평가는 앞서 기술한 가. 전압처리밀의 원맥별 분쇄 특성 분석(예비 Test) (2)방법 (나)원맥의 평가 와 같은 방법으로 평가하였음

(다) 품질 분석

- 품질 분석은 앞서 기술한 가. 전압처리밀의 원맥별 분쇄 특성 분석(예비 Test) (2)방법 (다)품질분석 과 같은 방법으로 분석하였음

(라) 시험 제분

- 소량의 원맥 특성을 파악하기 위하여 소형 실험 제분기를 이용, 3개의 조쇄 공정과, 3개의 분쇄 공정을 이용하여 Sample을 제조

(3) 결과

(가) 원맥/Test Mill粉 분석 결과

- 각각의 원맥은 외관상, 원맥분석 Data 상 뚜렷한 차이점은 발견되지 않음

표 3-3-26. 전압처리밀(1차)의 원맥 및 Test Mill 분석 결과¹

구분		Control	3hr	6hr	12hr	24hr	
원맥	수분 (%)	12.6 ^a	12.3 ^a	12.2 ^a	12.3 ^a	12.1 ^a	
	회분 (%)	1.5 ^a	1.61 ^a	1.42 ^a	1.64 ^a	1.66 ^a	
	단백질 (%)	11.93 ^a	11.91 ^a	11.95 ^a	12.14 ^{ab}	12.26 ^b	
	용중 (g)	827 ^a	820 ^a	815 ^a	818 ^a	815 ^a	
	상립 (%) [*]	0.24 ^a	0.39 ^b	0.41 ^b	0.33 ^{ab}	0.59 ^c	
	천립중 (g) [*]	37.4 ^a	39.5 ^b	41.1 ^b	40.4 ^b	40 ^b	
	F/N (sec)	407 ^a	399 ^a	401 ^a	398 ^a	405 ^a	
	입도 (μm) ^{**}	187.9 ^a	184.5 ^a	251.4 ^b	307.8 ^d	282.5 ^c	
백도		55.7 ^a	56.7 ^a	54.9 ^a	52.9 ^a	54.3 ^a	
TEST MILL	60%분	수분(%)	12 ^a	12.2 ^a	11.5 ^a	12 ^a	12.1 ^a
		회분(%) [*]	0.504 ^a	0.536 ^b	0.539 ^b	0.492 ^a	0.485 ^a
		단백질(%)	10.46 ^a	10.34 ^a	10.59 ^a	10.37 ^a	10.33 ^a
		입도(μm)	92.29 ^a	94 ^a	94.48 ^a	97.17 ^a	91.69 ^a
		백도	79.3 ^a	78.7 ^a	79.2 ^a	79.3 ^a	80.2 ^a
	Farino	흡수율(%)	56.5 ^a	56.6 ^a	56.2 ^a	55.9 ^a	55.7 ^a
		P/T ²	5.7 ^a	5 ^a	2.5 ^a	3 ^a	6.3 ^a
		안정도(min) ³	9.9	9.2	9	10.7	12.2
		연화도(Bu) ⁴	65	71	65	46	48
	Visco	최고점도(Bu)	630	516	500	520	666
	Extenso	신장도(Cm) ⁵	45/135(분)	45/135(분)	45/135(분)	45/135(분)	45/135(분)
			20.7/20.8	19.6/20.1	21.5/20.8	18.6/20.3	20.5/19.7
		저항력(Bu)	230/250	230/240	240/220	250/220	270/250
		최고저항(Bu)	350/350	350/360	360/340	370/250	320/340

1 2번 반복실험한 평균값
 2 반죽이 최고 Bu를 나타내는 시간
 3 반죽이 500Bu를 유지하는 시간
 4 반죽시작 후 20분 시점에서 BU중앙값과 500과의 편차
 5 시작점부터 끝까지의 거리
 abc Column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임
 , 시료가 p=0.01, p=0.001 수준에서 유의적인 차이가 있음

(나) Test Mill 수율

○ 전압처리시 뚜렷한 변화는 관찰되지 않음

표 3-3-27. 전압처리밀(1차)의 Test Mill 수율

원액명		Control	3hr	6hr	12hr	24hr	
TEST MILL	가공 조건	T/TIME	24	24	24	24	24
		1B수분	14.9	15.9	16.4	14.7	15.9
	수율 (%)	B분	10.33	10.52	10.52	8.56	9.43
		M분	40.73	42.01	41.27	37.09	43.02
		V분	12.71	14.24	12.91	15.23	15.11
		분수율	63.77	66.78	64.7	60.88	67.55
		부산물	29.21	29.93	29.14	29.5	29.07
		제분효율	66.43	48.23	45.83	43.87	48.54
		세모리나 생성율	62.61	61.99	61.84	63.7	63.48
		세모리나 분쇄율	65.04	67.77	66.74	58.23	67.77

(다) 원액별 Test Mill 紛 분석 결과

○ 각 Stock 별 분석데이터는 표 3-3-28와 같으며, 세부 항목에 대해서는 별도로 해석

표 3-3-28. 전압처리밀(1차)의 STOCK 분석 결과

원맥명		Control	3hr	6hr	12hr	24hr	
TEST MILL 품질	1B	수분(%)	12.3	12.9	11.6	12.0	12.2
		회분(%)	0.402	0.389	0.415	0.401	0.407
		단백질(%)	9.85	9.85	9.79	9.73	9.61
		입도(μm)	73.22	76.42	72.83	77.87	73.50
		백도	82.8	82.7	83.00	82.60	83.00
	2B	수분(%)	11.4	12.4	10.9	11.7	11.8
		회분(%)	0.479	0.447	0.480	0.454	0.451
		단백질(%)	11.84	11.59	11.81	11.99	11.68
		입도(μm)	73.92	68.58	69.11	71.17	69.32
		백도	81.4	81.6	81.1	81.3	81.7
	3B	수분(%)	10.7	11.8	10.3	11.1	10.9
		회분(%)	0.690	0.638	0.689	0.643	0.666
		단백질(%)	12.06	12.04	12.21	12.04	12.04
		입도(μm)	163.10	159.10	150.20	171.30	123.30
		백도	73.6	74.8	74.7	74.3	77.0
	1M	수분(%)	12.9	13.2	11.90	12.30	12.70
		회분(%)	0.395	0.371	0.429	0.393	0.410
		단백질(%)	10.32	10.46	10.56	10.48	10.35
		입도(μm)	97.72	97.98	95.27	93.99	93.85
		백도	80.3	80.6	80.3	80.9	80.9
	2M	수분(%)	10.9	11.9	10.60	11.00	11.40
		회분(%)	0.428	0.413	0.454	0.415	0.426
		단백질(%)	10.34	10.43	10.72	10.39	10.32
		입도(μm)	74.76	73.75	87.53	83.46	76.37
		백도	82.9	83.1	81.9	82.8	83.3
	3M	수분(%)	10.3	10.9	9.90	11.00	10.70
		회분(%)	0.512	0.521	0.582	0.524	0.517
		단백질(%)	10.65	10.75	11.12	10.79	10.77
입도(μm)		94.21	81.29	117.90	90.57	103.60	
백도		78.6	81.4	77.8	80.0	80.4	
V분	수분(%)	11.6	12.1	11.60	11.80	12.10	
	회분(%)	0.954	0.892	1.096	0.780	0.964	
	단백질(%)	11.93	12.31	13.15	11.96	12.35	
	입도(μm)	117.20	121.80	105.00	123.90	116.20	
	백도	67.8	68.5	68.3	69.2	69.4	
말분	수분(%)	10.3	11.2	9.80	10.70	10.90	
	회분(%)	2.346	2.346	2.410	2.413	2.328	
	단백질(%)	13.59	13.88	14.06	13.99	13.69	
	입도(μm)	476.10	496.70	509.50	558.80	467.00	
	백도	36.2	36.2	39.2	38.7	36.4	
맥피	수분(%)	12.9	13.4	13.0	13.1	13.5	
	회분(%)	4.639	4.647	4.740	3.751	4.054	
	단백질(%)	15.02	16.01	16.26	16.26	15.24	
	입도(μm)	23.30	24.40	25.20	23.90	24.70	
	백도	13.59	13.88	14.06	13.99	13.69	

* 맥피의 입도는 측정 불가능

(라) 분쇄 공정별 수분 함량 변화

○ 전압처리에 따른 뚜렷한 변화는 관찰되지 않음

표 3-3-29. 전압처리밀(1차)의 STOCK 별 수분 분석

원맥명		Control	3hr	6hr	12hr	24hr
수분(%)	1B	12.3	12.9	11.6	12.0	12.2
	2B	11.4	12.4	10.9	11.7	11.8
	3B	10.7	11.8	10.3	11.1	10.9
	1M	12.9	13.2	11.90	12.30	12.70
	2M	10.9	11.9	10.60	11.00	11.40
	3M	10.3	10.9	9.90	11.00	10.70
	V분	11.6	12.1	11.60	11.80	12.10
	말분	10.3	11.2	9.80	10.70	10.90
	맥피	12.9	13.4	13.0	13.1	13.5

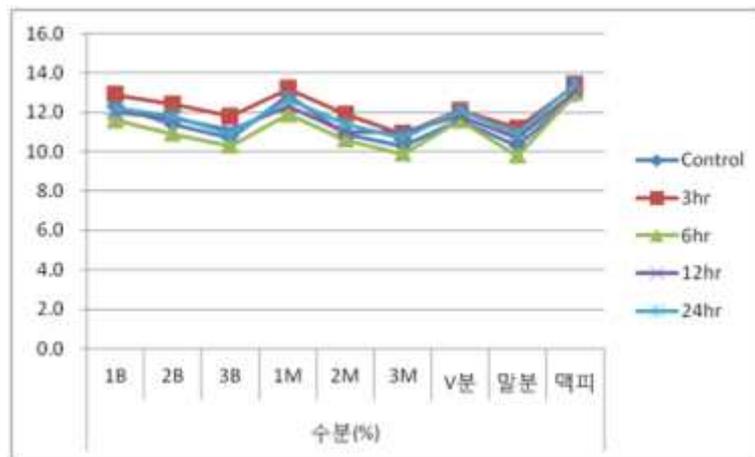


그림 3-3-19. 전압처리밀(1차)의 STOCK별 수분

(마) 분쇄 공정별 회분 함량 변화

○ 전압처리에 따른 뚜렷한 변화는 관찰되지 않음

표 3-3-30. 전압처리밀(1차)의 STOCK별 회분 분석

원맥명		Control	3hr	6hr	12hr	24hr
회분(%)	1B	0.402	0.389	0.415	0.401	0.407
	2B	0.479	0.447	0.480	0.454	0.451
	3B	0.690	0.638	0.689	0.643	0.666
	1M	0.395	0.371	0.429	0.393	0.410
	2M	0.428	0.413	0.454	0.415	0.426
	3M	0.512	0.521	0.582	0.524	0.517
	V분	0.954	0.892	1.096	0.780	0.964
	말분	2.346	2.346	2.410	2.413	2.328
	맥피	4.639	4.647	4.740	3.751	4.054

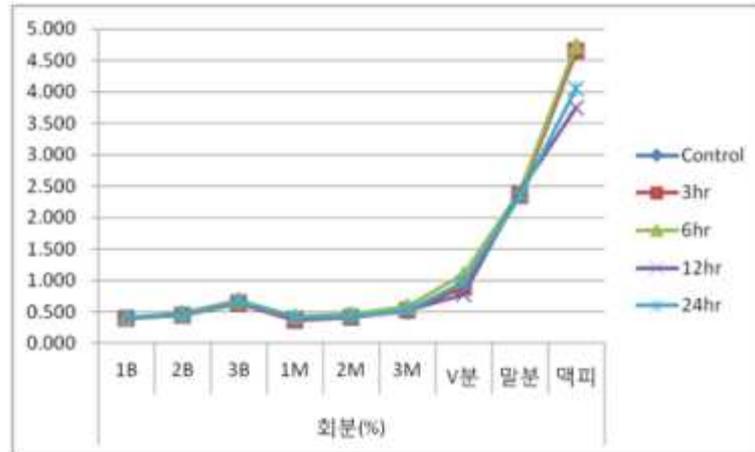


그림 3-3-20. 전압처리밀(1차)의 STOCK별 회분

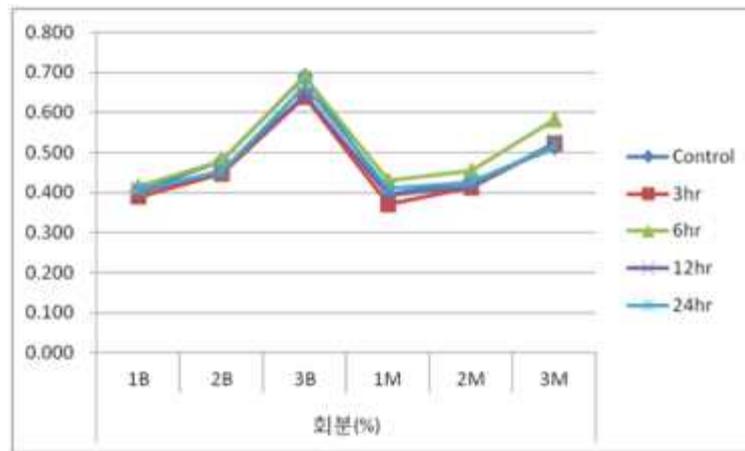


그림 3-3-21. 전압처리밀(1차)의 STOCK별 회분(가식부)

(바) 분쇄 공정별 단백질 함량 변화

○ 전압처리에 따른 뚜렷한 변화는 관찰되지 않음

표 3-3-31. 전압처리밀(1차)의 STOCK별 단백질 분석

원맥명		Control	3hr	6hr	12hr	24hr
단백질(%)	1B	9.85	9.85	9.79	9.73	9.61
	2B	11.84	11.59	11.81	11.99	11.68
	3B	12.06	12.04	12.21	12.04	12.04
	1M	10.32	10.46	10.56	10.48	10.35
	2M	10.34	10.43	10.72	10.39	10.32
	3M	10.65	10.75	11.12	10.79	10.77
	V분	11.93	12.31	13.15	11.96	12.35
	말분	13.59	13.88	14.06	13.99	13.69
	맥피	15.02	16.01	16.26	16.26	15.24



그림 3-3-22. 전압처리밀(1차)의 STOCK별 단백질 분석

(사) 분쇄 공정별 입도 변화

○ 전압처리에 따른 뚜렷한 변화는 관찰되지 않음

표 3-3-32. 전압처리밀(1차)의 STOCK별 입도 분석

원맥명	Control	3hr	6hr	12hr	24hr	
입도(μm)	1B	73.22	76.42	72.83	77.87	73.50
	2B	73.92	68.58	69.11	71.17	69.32
	3B	163.10	159.10	150.20	171.30	123.30
	1M	97.72	97.98	95.27	93.99	93.85
	2M	74.76	73.75	87.53	83.46	76.37
	3M	94.21	81.29	117.90	90.57	103.60
	V분	117.20	121.80	105.00	123.90	116.20
	말분	476.10	496.70	509.50	558.80	467.00

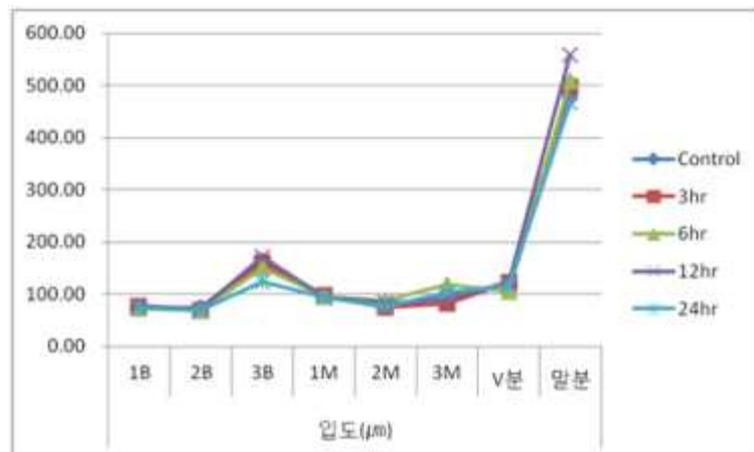


그림 3-3-23. 전압처리밀(1차)의 STOCK별 입도 분석

(아) 분쇄 공정별 백도 변화

○ 전압처리에 따른 뚜렷한 변화는 관찰되지 않음

표 3-3-33. 전압처리밀(1차)의 STOCK별 백도 분석

원맥명		Control	3hr	6hr	12hr	24hr
백도	1B	82.8	82.7	83.00	82.60	83.00
	2B	81.4	81.6	81.1	81.3	81.7
	3B	73.6	74.8	74.7	74.3	77.0
	1M	80.3	80.6	80.3	80.9	80.9
	2M	82.9	83.1	81.9	82.8	83.3
	3M	78.6	81.4	77.8	80.0	80.4
	V분	67.8	68.5	68.3	69.2	69.4
	말분	36.2	36.2	39.2	38.7	36.4
	맥피	23.30	24.40	25.20	23.90	24.70

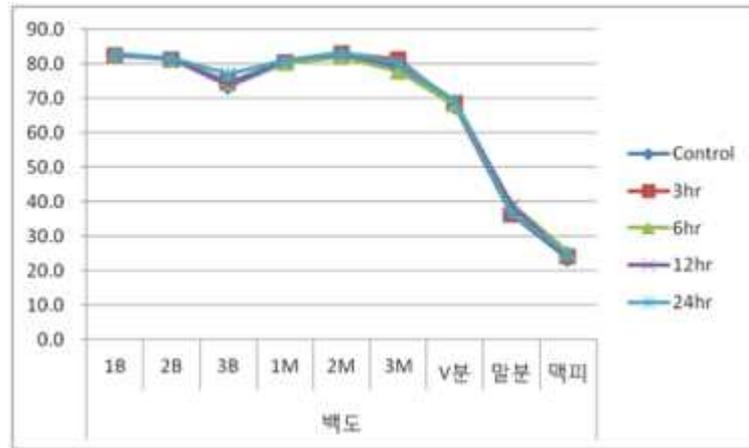


그림 3-3-24. 전압처리밀(1차)의 STOCK별 백도 분석

다. 2차 전압처리 조건별 밀의 분쇄 특성 분석

(1) 시료

(가) 금강밀 Control 및 전압처리밀 3종

- ① 금강밀 Control
- ② 금강밀 전압처리 30분
- ③ 금강밀 전압처리 60분
- ④ 금강밀 전압처리 90분

(2) 방법

(가) 전압 처리

- ① PVC 고전압봉 (20,000V 이상)을 이용하여 해당 원맥에 대해 일정시간 전압처리 실시

(나) 원맥의 평가(세부 Test 방법은 별첨 참조)

- 원맥의 평가는 앞서 기술한 가. 전압처리밀의 원맥별 분쇄 특성 분석(예비 Test) (2)방법 (나)원맥의 평가 와 같은 방법으로 평가하였음

(다) 품질 분석

- 품질 분석은 앞서 기술한 가. 전압처리밀의 원맥별 분쇄 특성 분석(예비 Test) (2)방법 (다)품질분석 과 같은 방법으로 분석하였음

(라) 시험 제분

- 소량의 원맥 특성을 파악하기 위하여 소형 실험 제분기를 이용, 3개의 조쇄 공정과, 3개의 분쇄 공정을 이용하여 Sample을 제조

(3) 결과

(가) 원맥/Test Mill粉 분석 결과

- 각각의 원맥은 외관상, 원맥분석 Data 상 뚜렷한 차이점은 발견되지 않음

표 3-3-34. 전압처리밀(2차)의 원맥 및 Test Mill 분석 결과¹

구분		CTRL	30min	60min	90min	
원맥	수분 (%)	15.8 ^a	16.4 ^a	16.4 ^a	16.4 ^a	
	회분 (%)	1.43 ^a	1.52 ^a	1.53 ^a	1.5 ^a	
	단백질 (%)	11.71 ^a	11.77 ^a	11.84 ^a	11.81 ^a	
	용중 (g)	740 ^a	754 ^a	753 ^a	754 ^a	
	상립 (%)*	0.37 ^a	0.42 ^b	0.45 ^b	0.38 ^a	
	천립중 (g)**	38.2 ^{ab}	38.9 ^{ab}	37.9 ^a	40.1 ^b	
	F/N (sec)*	441 ^b	414 ^b	418 ^b	379 ^a	
	입도 (μm)***	194.1 ^a	197.7 ^a	212.8 ^b	198.5 ^a	
	백도***	55.9 ^c	54.7 ^b	53.4 ^a	53.5 ^a	
TEST MILL	60%분	수분(%)****	10.8 ^a	11.9 ^b	12.2 ^c	12.5 ^d
		회분(%)**	0.483 ^{ab}	0.471 ^a	0.481 ^{ab}	0.49 ^b
		단백질(%)****	10.89 ^b	10.85 ^b	10.89 ^b	10.53 ^a
		입도(μm)	96.13 ^a	96.94 ^a	93.57 ^a	93.24 ^a
		백도	79.2 ^a	78.9 ^a	79 ^a	79 ^a
	Farino	흡수율(%)	57 ^a	56.5 ^a	56.3 ^a	56.1 ^a
		P/T ^{2,****}	6.9 ^b	6.7 ^b	7 ^b	2.5 ^a
		안정도(min) ³	10.4	11.9	10.9	13.2
		연화도(Bu) ⁴	73	57	69	30
	Visco	최고점도(Bu)	739	711	676	659
	Extenso	신장도(Cm) ⁵	45/135(분)	45/135(분)	45/135(분)	45/135(분)
			20.3/21.7	24.5/24.2	23.0/20.9	20.9/21.7
		저항력(Bu)	230/230	230/230	240/220	260/250
		최고저항(Bu)	380/360	390/330	390/360	440/400

- 1 2번 반복실험한 평균값
- 2 반죽이 최고 Bu를 나타내는 시간
- 3 반죽이 500Bu를 유지하는 시간
- 4 반죽시작 후 20분 시점에서 BU중앙값과 500과의 편차
- 5 시작점부터 끝까지의 거리
- abc Column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임
- ***,***,*** 시료가 p=0.01, p=0.05, p=0.005, p=0.001 수준에서 유의적인 차이가 있음

(나) Test Mill 수율

○ 전압처리에 따른 뚜렷한 변화는 관찰되지 않음

표 3-3-35. 전압처리밀(2차)의 Test Mill 수율

원맥명(우리밀)		CTRL	30min	60min	90min	
TEST MILL분	가공조건	T/TIME	24H	24H	24H	24H
		1B수분	15.8	16.4	16.4	16.4
	수율 (%)	B분	10.60	11.71	11.56	9.49
		M분	39.79	38.58	33.25	35.22
		V분	14.01	15.23	18.28	19.97
		분수율	64.4	65.52	63.09	64.68
		부산물	28.21	30.11	31.58	30.64
		제분효율	42.24	43.74	40.88	43.97
		세모리나 생성율	62.97	59.7	58.66	61.85
		세모리나 분쇄율	63.19	64.62	56.68	56.93

(다) 원맥별 Test Mill 紛 분석 결과

○ 각 STOCK 별 분석데이터는 아래와 같으며 세부 항목에 대해서는 별도로 해석

표 3-3-36. 전압처리밀(2차)의 test mill 분석결과

구분		CTRL	30min	60min	90min	
TEST MILL 품질	1B	수분(%)	11.7	12.7	13.0	14.0
		회분(%)	0.441	0.449	0.458	0.410
		단백질(%)	9.68	10.20	9.44	9.40
		입도(μm)	75.80	77.15	70.70	73.03
		백도	83.1	82.5	82.6	83.10
		출량(g)	441.1	349.8	342.4	324.5
	2B	수분(%)	11.1	12.3	12.8	13.2
		회분(%)	0.509	0.473	0.483	0.457
		단백질(%)	11.81	11.71	11.21	11.37
		입도(μm)	69.62	73.19	69.90	69.25
		백도	81.7	81.4	81.5	81.6
		출량(g)	317.5	306.2	316.8	246.3
	3B	수분(%)	9.8	12.6	12.9	12.8
		회분(%)	0.760	0.519	0.517	0.509
		단백질(%)	12.26	12.04	11.40	11.46
		입도(μm)	136.80	234.80	142.30	167.30
		백도	75.7	70.3	72.8	75.1
		출량(g)	89.4	280.4	265.4	188.7
	1M	수분(%)	11.8	12.9	12.3	13.10
		회분(%)	0.396	0.437	0.420	0.397
		단백질(%)	10.56	10.55	10.34	10.33
		입도(μm)	91.03	90.06	89.91	86.48
		백도	79.7	81.3	81.5	81.7
		출량(g)	2355.0	2289.9	2089.7	2266.6
2M	수분(%)	10.2	12.2	12.2	12.50	
	회분(%)	0.445	0.439	0.445	0.415	
	단백질(%)	10.46	10.32	10.18	10.15	
	입도(μm)	82.78	94.93	77.96	74.10	
	백도	82.6	82.1	82.7	83.7	
	출량(g)	434.6	476.8	362.5	389.4	
3M	수분(%)	9.9	11.7	12.0	12.50	
	회분(%)	0.538	0.630	0.588	0.444	
	단백질(%)	10.92	10.81	10.13	10.47	
	입도(μm)	126.60	202.30	96.34	75.23	
	백도	76.5	76.8	81.5	84.4	
	출량(g)	393.3	319.7	207.9	161.3	

(표 3-3-36 계속)

구분		CTRL	30min	60min	90min	
TEST MILL 품질	V분	수분(%)	11.8	12.3	12.6	12.50
		회분(%)	1.188	0.881	0.817	0.754
		단백질(%)	12.95	12.15	11.89	11.71
		입도(μm)	140.90	123.20	117.40	117.00
		백도	66.1	68.5	70.7	70.7
		출량(g)	1147.9	1218.7	1462.5	1597.4
	말분	수분(%)	10.1	11.2	11.4	12.10
		회분(%)	2.632	2.344	2.455	2.596
		단백질(%)	13.97	13.57	13.78	13.6
		입도(μm)	571.10	586.10	596.40	478.10
		백도	34.6	32.4	34.0	34.0
		출량(g)	142.1	121.0	143.6	158.6
	맥피	수분(%)	12.8	13.4	13.7	14.4
		회분(%)	3.980	4.043	3.738	4.507
		단백질(%)	16.04	14.38	15.45	16.12
		입도(μm)	24.20	23.90	24.20	24.70
		백도	2114.7	2287.5	2382.6	2292.2

* 맥피의 입도는 측정 불가능

(라) 분쇄 공정별 수분 함량 변화

○ 전압처리밀의 경우 Stock에 관계없이 일정한 경향을 보임

표 3-3-37. 전압처리밀(2차)의 STOCK별 수분 분석

구분		CTRL	30min	60min	90min
수분(%)	1B	11.7	12.7	13.0	14.0
	2B	11.1	12.3	12.8	13.2
	3B	9.8	12.6	12.9	12.8
	1M	11.8	12.9	12.3	13.10
	2M	10.2	12.2	12.2	12.50
	3M	9.9	11.7	12.0	12.50
	V분	11.8	12.3	12.6	12.50
	말분	10.1	11.2	11.4	12.10
	맥피	12.8	13.4	13.7	14.4

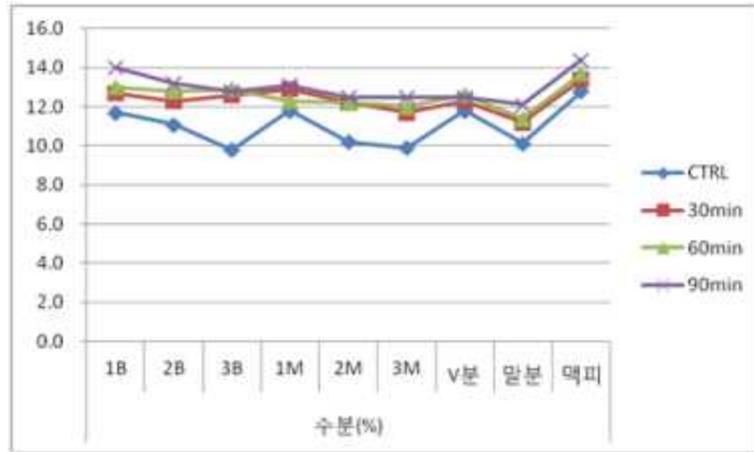


그림 3-3-25. 전압처리밀(2차)의 STOCK별 수분 분석

(마) 분쇄 공정별 회분 함량 변화

○ 전압처리에 따른 뚜렷한 변화는 관찰되지 않음

표 3-3-38. 전압처리밀(2차)의 STOCK별 회분 분석

원맥명(우리밀)		CTRL	30min	60min	90min
회분(%)	1B	0.441	0.449	0.458	0.410
	2B	0.509	0.473	0.483	0.457
	3B	0.760	0.519	0.517	0.509
	1M	0.396	0.437	0.420	0.397
	2M	0.445	0.439	0.445	0.415
	3M	0.538	0.630	0.588	0.444
	V분	1.188	0.881	0.817	0.754
	말분	2.632	2.344	2.455	2.596
	맥피	3.980	4.043	3.738	4.507

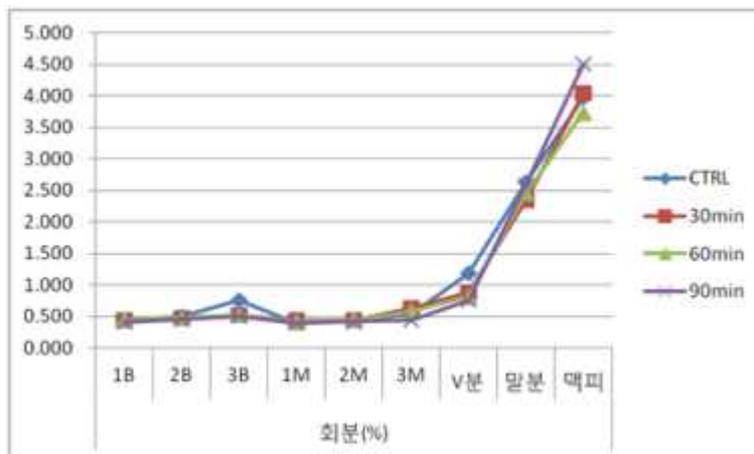


그림 3-3-26. 전압처리밀(2차)의 STOCK별 회분 분석

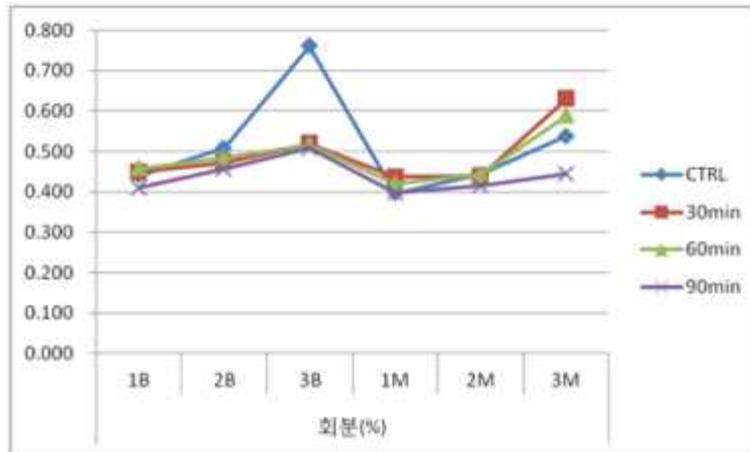


그림 3-3-27. 전압처리밀(2차)의 STOCK별 회분 분석(가식부)

(바) 분쇄 공정별 단백질 함량 변화

○ 전압처리에 따른 뚜렷한 변화는 관찰되지 않음

표 3-3-39. 전압처리밀(2차)의 STOCK별 단백질 분석

원백명(우리밀)	CTRL	30min	60min	90min	
단백질(%)	1B	9.68	10.20	9.44	9.40
	2B	11.81	11.71	11.21	11.37
	3B	12.26	12.04	11.40	11.46
	1M	10.56	10.55	10.34	10.33
	2M	10.46	10.32	10.18	10.15
	3M	10.92	10.81	10.13	10.47
	V분	12.95	12.15	11.89	11.71
	말분	13.97	13.57	13.78	13.6
	맥피	16.04	14.38	15.45	16.12



그림 3-3-28. 전압처리밀(2차)의 STOCK별 단백질 분석

(사) 분쇄 공정별 입도 변화

○ 전압처리에 따른 뚜렷한 변화는 관찰되지 않음

표 3-3-40. 전압처리밀(2차)의 STOCK별 입도 분석

원맥명(우리밀)		CTRL	30min	60min	90min
입도(μm)	1B	75.80	77.15	70.70	73.03
	2B	69.62	73.19	69.90	69.25
	3B	136.80	234.80	142.30	167.30
	1M	91.03	90.06	89.91	86.48
	2M	82.78	94.93	77.96	74.10
	3M	126.60	202.30	96.34	75.23
	V분	140.90	123.20	117.40	117.00
	말분	571.10	586.10	596.40	478.10

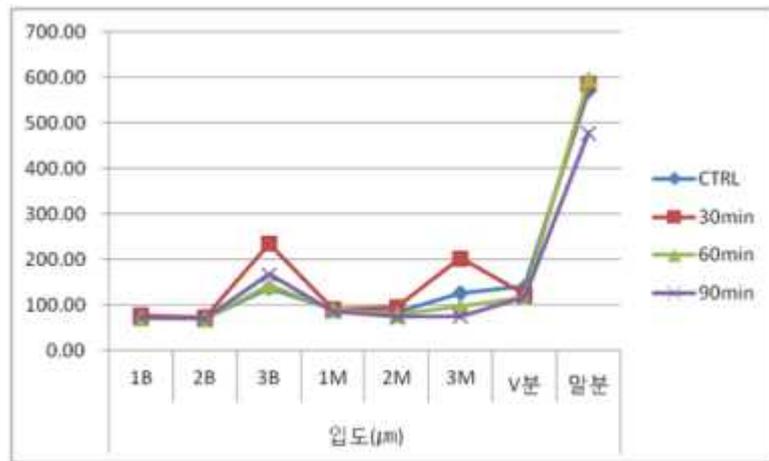


그림 3-3-29. 전압처리밀(2차)의 STOCK별 입도 분석

(아) 분쇄 공정별 백도 변화

○ 전압처리에 따른 뚜렷한 변화는 관찰되지 않음

표 3-3-41. 전압처리밀(2차)의 STOCK별 백도 분석

원맥명(우리밀)		CTRL	30min	60min	90min
백도	1B	83.1	82.5	82.6	83.10
	2B	81.7	81.4	81.5	81.6
	3B	75.7	70.3	72.8	75.1
	1M	79.7	81.3	81.5	81.7
	2M	82.6	82.1	82.7	83.7
	3M	76.5	76.8	81.5	84.4
	V분	66.1	68.5	70.7	70.7
	말분	34.6	32.4	34.0	34.0
	맥피	24.20	23.90	24.20	24.70

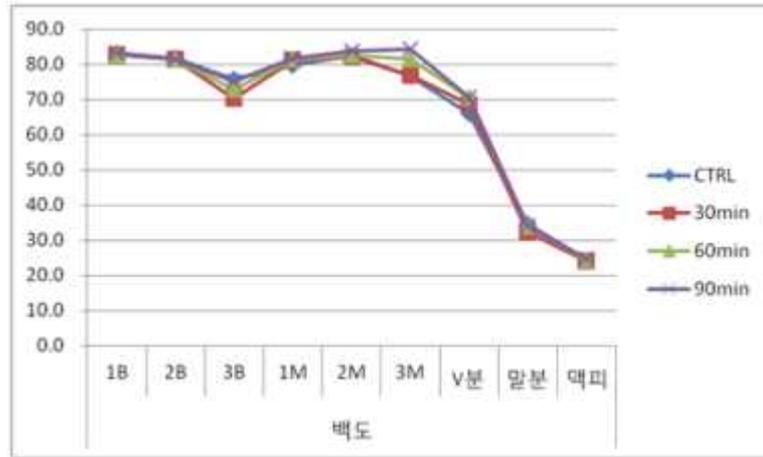


그림 3-3-30. 전압처리밀(2차)의 STOCK별 백도 분석

(4) 결론

○ 수분을 제외한 다른 항목에서는 전압처리에 따른 뚜렷한 차이점은 보이지 않음

라. 2차 전압처리 조건별 밀의 제빵 특성 비교

(1) 시료

(가) 1차 : 금강밀 Control 및 전압처리밀 4종

- ① 금강밀 Control
- ② 금강밀 전압처리 3시간
- ③ 금강밀 전압처리 6시간
- ④ 금강밀 전압처리 12시간
- ⑤ 금강밀 전압처리 24시간

(나) 2차 : 금강밀 Control 및 전압처리밀 3종

- ① 금강밀 Control
- ② 금강밀 전압처리 30분
- ③ 금강밀 전압처리 60분
- ④ 금강밀 전압처리 90분

(2) 제빵 제조 방법

(가) 식빵 제품의 제조

- ① 식빵 제조 원료의 배합은 표 3-3-42와 같으며 직접법(straight dough method)으로 진행하였음. 반죽은 전 재료를 반죽기(HL200, Hobart, USA)에 투입하여 저속 2분, 중속 5분 반죽 후 유지 투입, 다시 저속 2분, 중속 5분, 고속 1분 반죽하여 글루텐을 완전히 형성시켰고, 완성된 반죽은 발효기(AU1X24V, PANEM, France)에서 반죽 온도와 상대습도를 $27\pm 1^{\circ}\text{C}$, 75%로 조정하여 1시간 발효시킨 후 꺼내 생지를 370g씩 분할함. 이 후 가스를 뺀 다음 성형하여 판에 넣고 $38\pm 1^{\circ}\text{C}$, 상대습도 85% 2차 발효실에서 1시간 proofing 시킨 후, 예열된 전기 오븐(Deck Oven, MIWE, Germany)에 넣고 아랫불 210°C , 윗불 180°C 에서 30분간 진행함. 이 후 완성된 제품을 꺼내 실온(20°C)에서 90분 동안 냉각시킨 후 포장 백에 넣어 상온에서 보관하며 시료로 사용함

표 3-3-42. 식빵 원료 배합비

원료	배합비(%)	원료	배합비(%)
밀가루	100.0	설탕	7.0
물	61.0	버터	3.0
생이스트	3.0	소금	1.6

(나) 제품의 품질 분석

① 비용적 특성

- 빵의 무게는 저울로 측정하였으며, 부피는 Volume Scanner(VolScan Profier, Stable Micro Systems, USA)으로 측정한 후 비용적(cc/g)은 부피를 무게로 나누어 산출하였으며 3회 반복 측정하여 평균값을 사용함

② 조직감 측정

- 식빵의 조직감은 시료를 17 mm의 높이로 자른 후 Texture Analyzer(TA XT Plus, Stable Micro Systems, USA)를 이용하여 25 mm cylinder probe를 장착하고 시료를 2회 연속적으로 진행시켰을 때 얻어지는 force-time curve로부터 견고성(hardness), 응집성(cohesiveness), 탄력성(springiness), 씹힘성(chewiness), 복원성(resilience)을 측정하였으며, 분석 조건은 표 3-3-43과 같음

표 3-3-43. 수입산 제품과 국내산 제품의 조직감 측정 조건

T.A. Settings	TPA	
종 류	식빵	단위
Direction	Compression	
Load cell	10	kg
Probe(Cylinder)	25	mm
Sample height	17	mm
Preload/stress	5	gf
Preload/stress speed	2	mm/s
Compression rate	75	%
Test speed	2	mm/s
Wait time after first bite action	3	s

(3)1차 전압처리 조건별 밀의 식빵 제품 품질 분석 결과

① 식빵제품의 제조 조건

○ 각 조건별로 큰 편차 없는 작업성을 보임

표 3-3-44. 1차 전압처리 조건별 밀의 식빵 Test 조건

실험목적	전압처리 시간에 따른 제빵성 비교 테스트				
	Control	전압처리 3hr	전압처리 6hr	전압처리 9hr	전압처리 12hr
배합(Baker's %)	밀가루 100, 설탕 7, 소금 1.6, 생이스트 3, 유지 3, 물 61				
1차배합온도(°C)	26.1°C	26°C	26.8°C	26.4°C	26.8°C
성형시반죽성 (신장성/끈적임/탄력)	4/4/3	4/4/3.5	4/4.5/3	4/4/3.5	4/4/3.5
370g분할 (신장성/끈적임/탄력)	4/2/2.5	4/2/2.5	4/2/3	4/2/3	4/2/2.5
2차발효 (팬높이까지의발효시간)	56분	58분	60분	54분	56분

② 기기분석

- 전압처리에 따른 반죽성 및 발효시간에 유의적인 변화는 없음
- 전압처리에 따른 외관 및 비용적의 영향 없음
- 제빵 후 1일차에서의 hardness는 전압처리 밀가루로 만든 식빵과 비처리군인 control이 큰 차이 없으나, 제빵 후 3일차에는 control이 약 2배 이상 hardness가 높아진 반면, 전압처리한 밀가루로 만든 식빵들은 모두 1.3~1.5배 높아졌음

표 3-3-45. 1차 전압처리 조건별 밀의 식빵 기기분석 결과¹

구분		Control	전압처리 3hr	전압처리 6hr	전압처리 9hr	전압처리 12hr
질량(g)		326.37 ^a	323.38 ^a	324.72 ^a	324.79 ^a	321 ^a
부피(ml)*		1428.67 ^a	1519 ^b	1436.33 ^a	1474 ^a	1577 ^c
굽기손실률(%)		11.79 ^a	12.7 ^a	12.24 ^a	12.22 ^a	13.24 ^a
비용적(ml/g)*		4.38 ^a	4.7 ^b	4.42 ^a	4.54 ^a	4.91 ^c
Hardness	1일차	497.9 ^a	492.6 ^a	479.6 ^a	470.1 ^a	490.8 ^a
Hardness	3일차*	1146.6 ^b	668 ^a	671.3 ^a	706.9 ^a	642.4 ^a

¹ 2번 반복실험한 평균값

abc Column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임

* 시료가 p=0.001 수준에서 유의적인 차이가 있음

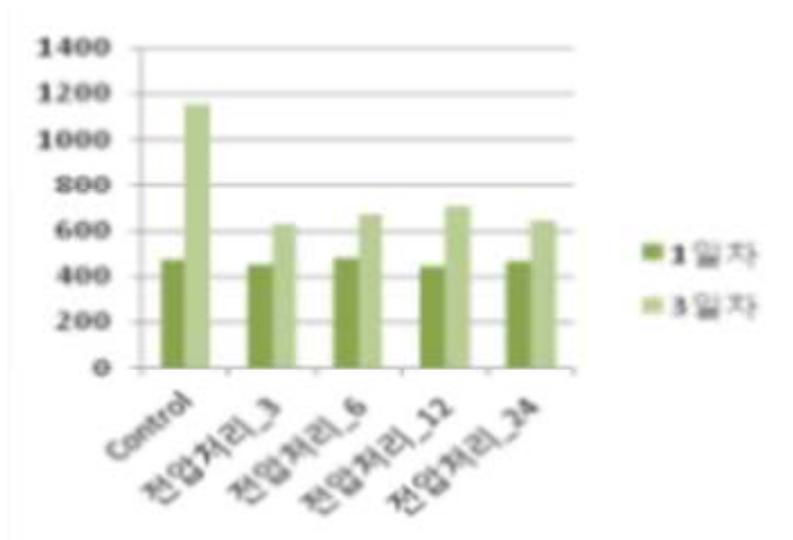
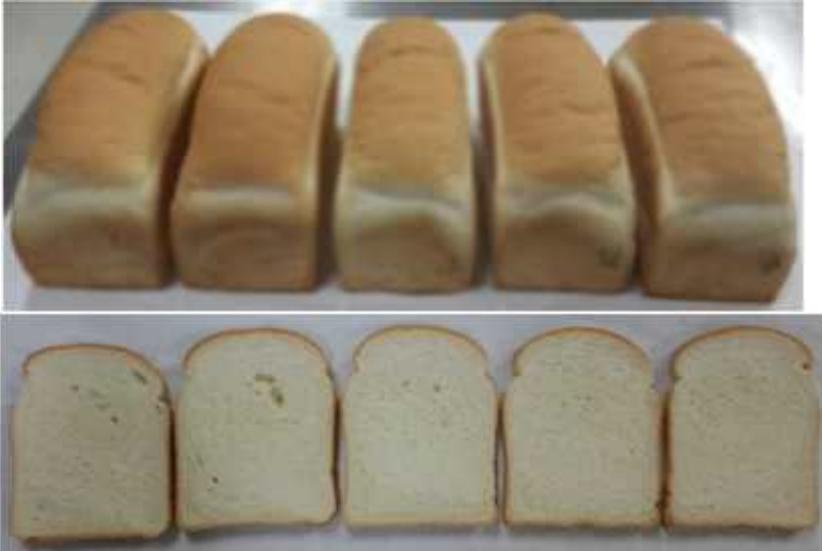


그림 3-3-31. 1차 전압처리 조건별 밀의 식빵 기기분석 결과

③ 관능 분석

- 밀가루 전압처리가 제빵시 반죽성, 발효시간, 비용적에는 영향이 없음
- Control 대비 전압처리 밀가루 빵은 노화지연에 효과가 있는것으로 보이며 전압처리 시간에 따른 유의적인 차이는 없음
- 전압처리 3시간, 6시간일때 control대비 부드러운 식감을 보였으나 12시간, 24시간 처리시에는 딱지
는듯한 식감을 나타내며, 이는 전압처리에 의한 글루텐 파괴 정도가 12, 24시간일때보다 3,6 시간일
때가 적당한 것으로 보임
- 즉, 밀가루의 전압처리는 제빵시 노화지연 및 식감에 다소 영향을 미치는 것으로 보이며, 전압처리
시간은 3시간, 6시간이 적당한 것으로 보임

표 3-3-46. 1차 전압처리 조건별 밀의 식빵 관능분석 결과

구분	Control	전압처리 3hr	전압처리 6hr	전압처리 9hr	전압처리 12hr
식감	△	○	○	△	△
색상	△	△	△	△	△
맛(풍미)	△	△	△	△	△
제품사진					

(4) 2차 전압처리 조건별 밀의 식빵 제품 품질 분석 결과

① 식빵제품의 제조 조건

- 각 조건별로 큰 편차 없는 작업성을 보임

표 3-3-47. 2차 전압처리 조건별 밀의 식빵 제조 조건

실험 목적	전압처리 시간에 따른 제빵성 비교 테스트			
	Control	전압처리 30min	전압처리 60min	전압처리 90min
배합(Baker's %)	밀가루 100, 설탕 7, 소금 1.6, 생이스트 3, 유지 3, 물 60			
1차배합온도(°C)	27.1°C	27°C	26.8°C	27.1°C
성형시반죽성 (신장성/끈적임/탄력)	3/2/3.5	3.5/3.5/2	4/4/2	4/4/2
390g분할 (신장성/끈적임/탄력)	3/2/3.5	3.5/2/3	3.5/2/3	3.5/2/3
2차발효 (팬높이까지의발효시간)	55분	55분	55분	55분

② 기기분석

- 믹싱 후 대조군에 비해 전압처리 밀가루의 경우 신장성이 좋고 끈적였으며 전압처리 시간에 따른 유의적인 차이는 없음
- 전압처리에 따른 발효시간 영향 없음
- 전압처리 밀가루 적용 식빵이 대조군보다 전체적으로 큰 비용적을 나타내었으며 90분 처리 식빵이 가장 큰 비용적을 보였음
- 제빵 후 1일차에서의 hardness는 대조군에 비해 전압처리 밀가루 적용 식빵의 hardness가 낮았으며, 3일차의 hardenss도 대조군 대비 증가 폭이 적었으나 유의적인 차이는 없음

표 3-3-48. 2차 전압처리 조건별 밀의 식빵 기기분석 결과¹

구분	Control	전압처리 30min	전압처리 60min	전압처리 90min	
질량(g)	345.7 ^a	343 ^a	346.3 ^a	345.1 ^a	
부피(ml)*	1508 ^a	1550.7 ^a	1568.7 ^a	1633.3 ^b	
굽기손실률(%)	11.36 ^a	12.06 ^a	11.21 ^a	11.5 ^a	
비용적(ml/g)*	4.36 ^a	4.52 ^a	4.53 ^a	4.73 ^b	
Hardness	1일차**	502.03 ^c	439.06 ^b	473.77 ^{bc}	389.31 ^a
Hardness	3일차**	691.36 ^b	599.91 ^a	548.72 ^a	532.76 ^a

¹ 2번 반복실험한 평균값
abc Column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임
*,** 시료가 p=0.01, p=0.005 수준에서 유의적인 차이가 있음

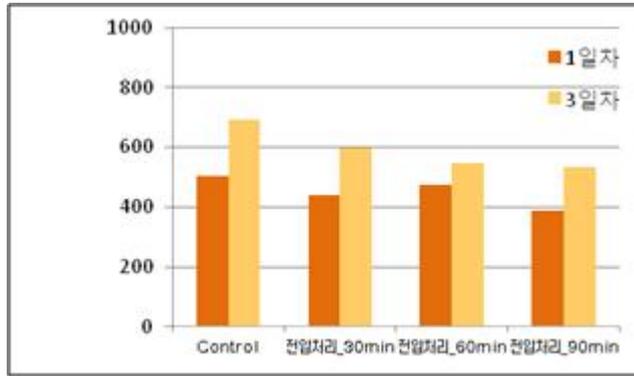


그림 3-3-32. 2차 전압처리 조건별 밀의 식빵 기기분석 결과

③ 관능 분석

- 대조군 대비 90분 전압처리 밀가루 적용 식빵의 비용적이 가장 컸음
- 대조군 대비 전압처리 밀가루 적용 식빵의 제조 후 1일차, 3일차 hardness가 전반적으로 낮았음
- 대조군은 매우 건조하고 딱딱한 식감인 반면, 전압처리 밀가루 적용 식빵은 부드럽고 촉촉한 식감임
- 즉, 밀가루의 전압처리는 제빵시 비용적 및 식감에 다소 영향을 미치는 것으로 보이며, 90분 처리 밀가루의 식빵 비용적, 식감이 가장 우수함

표 3-3-49. 2차 전압처리 조건별 밀의 식빵 관능분석 결과

구분	Control	전압처리 30min	전압처리 60min	전압처리 90min
식감	△	○	○	○
색상	△	△	△	△
맛(풍미)	△	△	△	△
제품사진				

(5) 전압처리 조건별 밀의 과제 수행 결론

- 전압처리 밀의 경우 제분특성에서는 유의차가 검증되지 않았으나, 제빵성 Test시에는 유의차가 검증되므로, 유의차 발생 요인에 대한 규명이 추가적으로 필요하며, 유의차를 극대화 시킬 수 있는 조건의 설정이 필요함

마. 3차 전압처리조건별 밀의 분쇄 특성 분석

(1) 시료

(가) 금강밀 Control 및 전압처리밀 4종

- ① 수분 14%_ Control
- ② 수분 16% _Control
- ③ 수분 18% _Control
- ④ 수분 20% _Control
- ⑤ 수분 14% _전압처리
- ⑥ 수분 16% _전압처리
- ⑦ 수분 18% _전압처리
- ⑧ 수분 20% _전압처리

(2) 방법

(가) 전압처리

- ① PVC 고전압봉 (20,000V 이상)을 이용하여 해당 원맥에 대해 30분간전압처리 실시

(나) 원맥의 평가(세부 Test 방법은 별첨 참조)

- 원맥의 평가는 앞서 기술한 가. 전압처리밀의 원맥별 분쇄 특성 분석(예비 Test) (2)방법 (나)원맥의 평가 와 같은 방법으로 평가하였음

(다) 품질 분석

- 품질 분석은 앞서 기술한 가. 전압처리밀의 원맥별 분쇄 특성 분석(예비 Test) (2)방법 (다)품질분석 과 같은 방법으로 분석하였음

(라) 시험 제분

- 소량의 원맥 특성을 파악하기 위하여 소형 실험 제분기를 이용, 3개의 조쇄 공정과, 3개의 분쇄 공정을 이용하여 Sample을 제조

(3) 결과

(가) 원맥/Test Mill粉 분석 결과

○ 3차 전압처리 조건(초기 수분 함량 조건(14/16/18/20) 및 전압처리 유무)별 원맥 및 밀가루의 특성 분석 결과(표 3-3-50) 원맥의 전압처리 유무 및 초기 수분 함량 조건에 따른 원맥 특성에의 영향은 크지 않지만 전압처리 여부 및 초기수분 함량 조건에 따른 일부 변경 경향은 확인할 수 있었음

- 외관상, 원맥 분석 결과 초기수분함량이 많을수록 Amylograph에 의한 최고점도 측정시 초기 수분 함량이 높아질수록 최고점도가 높아지는 경향을 보였음.

- 60%분에서는 원맥의 수분함량이 높을수록 회분이 감소하는 경향이 있었으며 분수율이 감소하였음

표 3-3-50. 전압처리밀(3차)의 원맥 및 Test Mill 분석 결과¹

구분		14_C	16_C	18_C	20_C	14_T	16_T	18_T	20_T	
원맥	수분 (%)*	13.6 ^a	15.5 ^b	16.6 ^c	17.8 ^d	13.6 ^a	15.7 ^b	17 ^c	18.2 ^d	
	회분 (%)*	1.29 ^b	1.17 ^a	1.27 ^b	1.3 ^b	1.3 ^b	1.14 ^a	1.34 ^b	1.11 ^a	
	단백질 (%)*	13.73 ^b	13.23 ^b	13.48 ^b	12.56 ^a	13.81 ^b	13.57 ^b	12.3 ^a	13.19 ^b	
	용중 (g)	706 ^a	718 ^a	721 ^a	710 ^a	710 ^a	712 ^a	718 ^a	712 ^a	
	상립 (%)	0.6 ^a	0.5 ^a	0.5 ^a	0.9 ^a	0.5 ^a	0.6 ^a	0.6 ^a	0.7 ^a	
	천립중 (g)	44 ^a	42 ^a	45 ^a	48 ^a	42 ^a	43 ^a	48 ^a	48 ^a	
	F/N (sec)*	424 ^b	447 ^{bc}	419 ^b	420 ^b	339 ^a	465 ^{bc}	430 ^b	490 ^c	
	입도 (μm)*	226.8 ^a	236.7 ^a	236.1 ^a	262.7 ^a	240.9 ^a	232 ^a	262 ^a	318.9 ^b	
	백도*	56.4 ^b	55.9 ^b	54.7 ^b	53.1 ^b	55.1 ^b	55.9 ^b	53.5 ^b	48.2 ^a	
Test mill	60% 분	수분(%)*	12.4 ^b	12.7 ^b	12.7 ^b	11.5 ^a	12.2 ^b	12.5 ^b	12.7 ^b	11.2 ^a
		회분(%)*	0.523 ^c	0.514 ^{bc}	0.485 ^{ab}	0.461 ^a	0.503 ^{bc}	0.6 ^d	0.463 ^a	0.498 ^{bc}
		단백질(%)*	13.92 ^e	13.66 ^{de}	13.38 ^{cd}	12.83 ^{ab}	13.64 ^{de}	14.94 ^f	13.05 ^{bc}	12.55 ^a
		입도(μm)	81.7 ^a	85.54 ^a	82.9 ^a	81.84 ^a	76.7 ^a	76.18 ^a	78.96 ^a	85.81 ^a
		백도	78.8 ^a	80.3 ^a	81.8 ^a	82.4 ^a	80.4 ^a	80.6 ^a	83 ^a	82.9 ^a
	Fari no	흡수율(%)	58.8 ^a	58.2 ^a	57 ^a	55.3 ^a	58 ^a	58.1 ^a	54.7 ^a	55.4 ^a
		P/T ^{2,**}	9.7 ^b	8.2 ^b	9.9 ^b	8.7 ^b	9.7 ^b	9.2 ^b	9 ^b	6.7 ^a
		안정도(min) ³	12	12.9	14.2	13.1	11.9	12.6	15.5	12
		연화도(Bu) ⁴	0	0	0	0	0	0	0	59
	Visco	최고점도(Bu)	645	623	750	884	667	778	795	927
	Exten so	신장도	45 / 135 (분)							
		(Cm) ⁵	30.9/29.9	30.7/29.7	30.1/29.5	30.6/27.7	29.7/29.3	30.8/26.7	30.0/26.7	30.6/27.5
		저항력(Bu)	200/190	190/180	190/190	200/190	250/250	210/240	210/210	190/190
		최고저항(Bu)	360/340	390/290	320/310	350/320	500/450	480/410	430/350	360/300

¹ 2번 반복실험한 평균값

² 반죽이 최고 Bu를 나타내는 시간

³ 반죽이 500Bu를 유지하는 시간

⁴ 반죽시작 후 20분 시점에서 BU증양값과 500과의 편차

⁵ 시작점부터 끝까지의 거리

abc Column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임

*,** 시료가 p=0.001, p=0.005 수준에서 유의적인 차이가 있음

(나) Test Mill 수율

○ 3차 전압처리 조건(초기 수분 함량 조건(14/16/18/20) 및 전압처리 유무)에 따른 제분수율 분석결과를 표 3-3-51에 나타내었음

- 전압처리시 수분함량이 높을수록 수율은 낮아지나, 이는 Control 에서도 동일한 경향을 보임

표 3-3-51. 전압처리밀(3차)의 Test Mill 수율

원맥명		14_C	16_C	18_C	20_C	14_T	16_T	18_T	20_T	
Test mill	가공 조건	T/TIME	-	-	-	-	-	-	-	
		1B수분	14.2	16.8	19.1	20.5	15.1	16.80	18.8	20.9
	수율 (%)	B분	16.42	12.29	9.45	11.87	15.76	14.63	12.11	10.27
		M분	36.33	34.11	35.65	33.02	34.96	36.45	34.76	31.79
		V분	22.26	17.52	16.83	16.83	21.75	19.44	21.15	14.89
		분수율	75.01	63.92	61.93	61.71	72.47	70.52	68.02	56.95
		부산물	18.03	18.87	20.68	20.65	18.11	17.67	11.53	25.55
		제분효율	50.14	37.88	42.81	41.05	47.78	47.97	46.24	30.76
		세모리나 생성율	71.85	71.86	72.48	68.64	71.97	71.66	79.19	65.02
		세모리나 분쇄율	50.56	47.47	49.18	48.11	48.58	50.87	43.89	48.89

(다) 원맥별 Test Mill 紛 분석 결과

○ 3차 전압처리 조건(초기 수분 함량 조건(14/16/18/20) 및 전압처리 유무)에 따른 Stock 별 분석결과는 표 3-3-52에 있으며 각 특성별 자세한 내용은 하기 기술된 각 특성별 내용을 참고바람

표 3-3-52. 전압처리밀(3차)의 STOCK 분석 결과

원맥명		14_C	16_C	18_C	20_C	14_T	16_T	18_T	20_T	
Test mill 품질	1B	수분(%)	13.7	14.5	13.4	11.0	13.9	14.1	14.7	11.6
		회분(%)	0.448	0.410	0.422	0.415	0.461	0.427	0.441	0.494
		단백질(%)	14.64	13.32	11.85	10.32	14.76	13.61	11.04	10.38
		입도(μm)	77.82	75.33	71.56	77.10	73.85	74.6	78.21	79.22
		백도	82.3	84.0	84.7	85.30	82.00	83.4	85.6	86.0
	2B	수분(%)	13.4	14.1	13.5	11.7	13.3	13.2	14.6	12.0
		회분(%)	0.567	0.471	0.459	0.420	0.565	0.556	0.475	0.526
		단백질(%)	16.60	16.06	15.05	12.77	16.59	16.46	14.55	12.7
		입도(μm)	71.57	73.95	70.42	63.49	76.58	69.70	70.11	67.0
		백도	80.0	82.0	83.6	85.6	79.9	80.6	84.1	85.7
	3B	수분(%)	11.3	12.7	12.9	10.7	11.9	11.2	13.8	11.4
		회분(%)	0.992	0.600	0.557	0.454	0.937	0.867	0.591	0.597
		단백질(%)	19.63	17.10	16.71	13.33	19.23	19.09	16.10	15.0
		입도(μm)	64.68	70.67	72.54	75.33	67.66	64.71	70.62	68.6
		백도	76.0	79.9	81.4	84.2	75.9	76.7	82.0	84.7
	1M	수분(%)	11.3	13.2	13.9	11.60	12.9	12.8	13.8	11.9
		회분(%)	0.445	0.439	0.441	0.398	0.470	0.450	0.495	0.528
		단백질(%)	12.69	12.96	12.36	11.96	12.71	12.86	12.03	12.68
		입도(μm)	85.72	89.72	86.30	93.84	86.59	86.28	93.4	98.28
		백도	80.5	81.6	83.5	84.2	80.6	81.20	83.1	84.1
	2M	수분(%)	11.9	13.1	13.2	10.40	11.7	10.9	13.3	10.9
		회분(%)	0.486	0.424	0.433	0.415	0.520	0.489	0.480	0.492
		단백질(%)	12.78	12.76	11.39	12.17	12.6	12.84	12.43	12.64
		입도(μm)	68.20	78.76	83.50	84.70	72.65	86.08	89.77	81.89
		백도	81.9	83.2	83.5	85.1	81.5	82.3	84.6	85.5
3M	수분(%)	11.2	12.1	9.8	9.80	11.1	10.2	12.4	9.8	
	회분(%)	0.513	0.450	0.446	0.449	0.542	0.535	0.501	0.534	
	단백질(%)	13.08	12.98	12.73	17.18	13.10	13.21	12.87	13.22	
	입도(μm)	80.79	91.62	93.86	97.29	84.06	89.73	94.23	99.09	
	백도	80.6	81.3	83.5	83.3	80.3	79.9	83.5	84.1	
V분	수분(%)	11.8	12.4	13.4	12.90	11.4	11.6	13.0	12.2	
	회분(%)	1.010	0.932	0.839	0.775	0.963	1.024	0.846	0.964	
	단백질(%)	14.19	14.96	15.33	13.94	14.19	16.13	13.47	16.43	
	입도(μm)	116.6	97.18	93.52	81.32	112.7	110.4	94.23	82.44	
	백도	66.6	70.5	73.7	75.8	66.8	67.4	74.9	74.7	
말분	수분(%)	10.8	11.5	11.9	9.40	10.5	10.1	12.0	9.3	
	회분(%)	2.869	2.178	1.877	2.123	2.830	2.599	2.062	2.124	
	단백질(%)	16.25	15.57	16.89	15.5	16.18	15.5	16.0	15.41	
	입도(μm)	490.5	460.6	395.7	558.2	467.1	465.9	395.1	446	
	백도	31.6	40.6	45.9	37.9	34	36.1	45.1	41.4	
맥피	수분(%)	11.0	12.6	14.2	14.2	11.1	10.7	13.8	13.4	
	회분(%)	5.098	4.798	4.668	3.414	5.250	5.016	4.658	4.227	
	단백질(%)	16.48	17.43	17.49	18.85	16.77	17.3	18.19	17.73	
	입도(μm)	-	-	-	-	-	-	-	-	
	백도	24.40	24.50	24.00	27.70	26.6	23.8	24.6	27.3	

* 맥피의 입도는 측정 불가능

(라) 분쇄 공정별 수분 함량 변화

○ 3차 전압처리 조건(초기 수분 함량 조건(14/16/18/20) 및 전압처리 유무)에 따른 각 제분 회분별 수분함량(표 3-3-53, 그림 3-3-33)의 분석결과 뚜렷한 변화는 관찰되지 않았음

- 초기 수분함량에 기본적으로 형성하는 평균 선에는 차이가 있었음

표 3-3-53. 전압처리밀(3차)의 STOCK 별 수분 분석

원맥명	14_C	16_C	18_C	20_C	14_T	16_T	18_T	20_T	
수분(%)	1B	13.7	14.5	13.4	11	13.9	14.1	14.7	11.6
	2B	13.4	14.1	13.5	11.7	13.3	13.2	14.6	12
	3B	11.3	12.7	12.9	10.7	11.9	11.2	13.8	11.4
	1M	11.3	13.2	13.9	11.6	12.9	12.8	13.8	11.9
	2M	11.9	13.1	13.2	10.4	11.7	10.9	13.3	10.9
	3M	11.2	12.1	9.8	9.8	11.1	10.2	12.4	9.8
	V분	11.8	12.4	13.4	12.9	11.4	11.6	13	12.2
	말분	10.8	11.5	11.9	9.4	10.5	10.1	12	9.3
	맥피	11	12.6	14.2	14.2	11.1	10.7	13.8	13.4

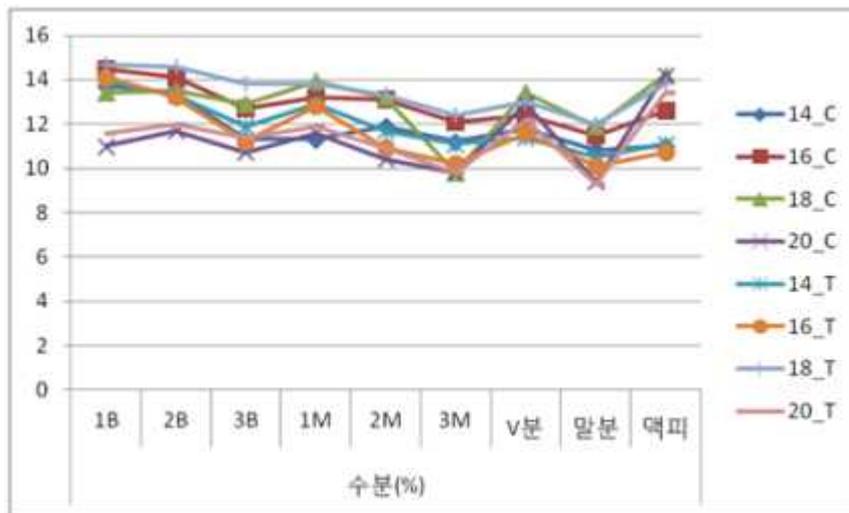


그림 3-3-33. 전압처리밀(3차)의 STOCK별 수분

(마) 분쇄 공정별 회분 함량 변화

○ 3차 전압처리 조건(초기 수분 함량 조건(14/16/18/20) 및 전압처리 유무)에 따른 각 제분 회분별 회분함량(표 3-3-54, 그림 3-3-34)의 분석결과 전반적으로 뚜렷한 변화는 관찰되지 않았음

- 초기 수분 함량이 높을수록 3B 부분의 회분함량이 낮게 나타나는 모습은 보여주었음(그림 3-3-35)

표 3-3-54. 전압처리밀(3차)의 STOCK별 회분분석

원맥명		14_C	16_C	18_C	20_C	14_T	16_T	18_T	20_T
회분(%)	1B	0.448	0.41	0.422	0.415	0.461	0.427	0.441	0.494
	2B	0.567	0.471	0.459	0.42	0.565	0.556	0.475	0.526
	3B	0.992	0.6	0.557	0.454	0.937	0.867	0.591	0.597
	1M	0.445	0.439	0.441	0.398	0.47	0.45	0.495	0.528
	2M	0.486	0.424	0.433	0.415	0.52	0.489	0.48	0.492
	3M	0.513	0.45	0.446	0.449	0.542	0.535	0.501	0.534
	V분	1.01	0.932	0.839	0.775	0.963	1.024	0.846	0.964
	말분	2.869	2.178	1.877	2.123	2.83	2.599	2.062	2.124
	맥피	5.098	4.798	4.668	3.414	5.25	5.016	4.658	4.227

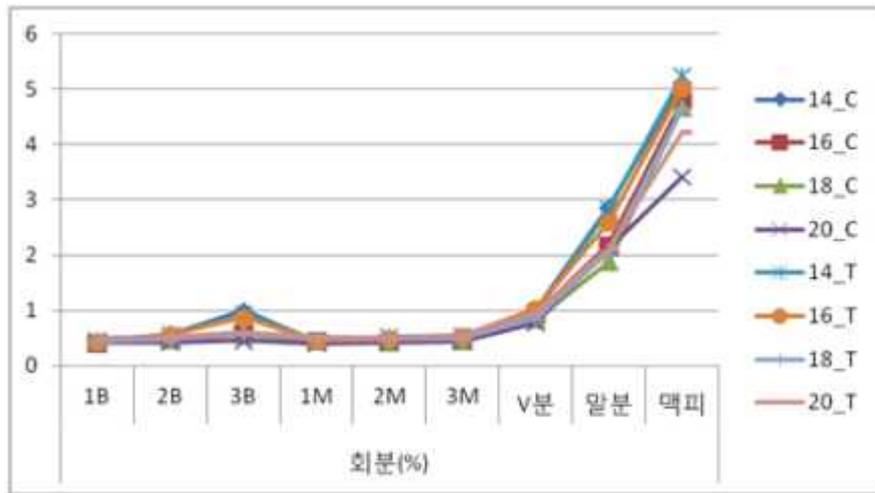


그림 3-3-34. 전압처리밀(3차)의 STOCK별 회분

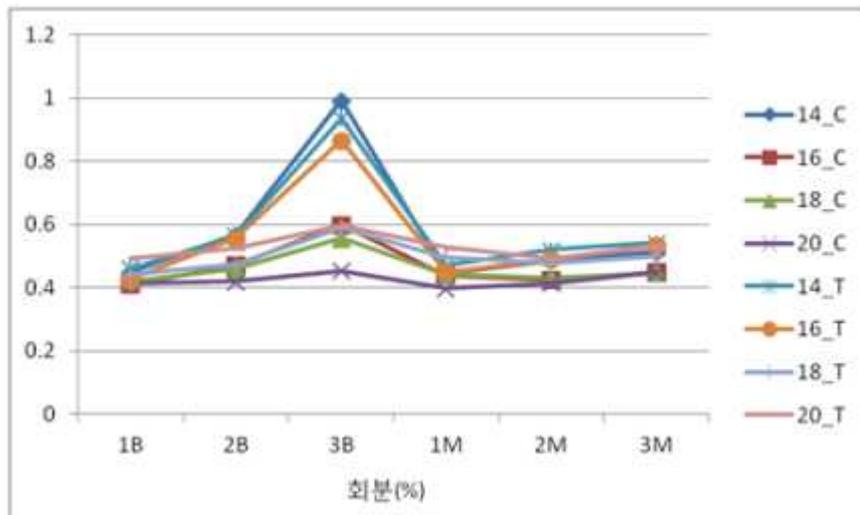


그림 3-3-35. 전압처리밀(3차)의 STOCK별 회분(가식부)

(바) 분쇄 공정별 단백질 함량 변화

○ 3차 전압처리 조건(초기 수분 함량 조건(14/16/18/20) 및 전압처리 유무)에 따른 각 제분 회분별 단백질함량(표 3-3-55, 그림 3-3-36)의 분석결과 총 단백질 함량 분포에는 큰 차이가 없었음

- 초기 수분 함량이 늘어날수록 B 공정에서는 단백질 함량이 낮게 나왔으나 M공정 및 이후 공정에서는 큰 차이없이 나오는 모습을 보였음

표 3-3-55. 전압처리밀(3차)의 STOCK별 단백질 분석

원맥명	14_C	16_C	18_C	20_C	14_T	16_T	18_T	20_T	
단백질 (%)	1B	14.64	13.32	11.85	10.32	14.76	13.61	11.04	10.38
	2B	16.6	16.06	15.05	12.77	16.59	16.46	14.55	12.7
	3B	19.63	17.1	16.71	13.33	19.23	19.09	16.1	15
	1M	12.69	12.96	12.36	11.96	12.71	12.86	12.03	12.68
	2M	12.78	12.76	11.39	12.17	12.6	12.84	12.43	12.64
	3M	13.08	12.98	12.73	17.18	13.1	13.21	12.87	13.22
	V분	14.19	14.96	15.33	13.94	14.19	16.13	13.47	16.43
	말분	16.25	15.57	16.89	15.5	16.18	15.5	16	15.41
	맥피	16.48	17.43	17.49	18.85	16.77	17.3	18.19	17.73

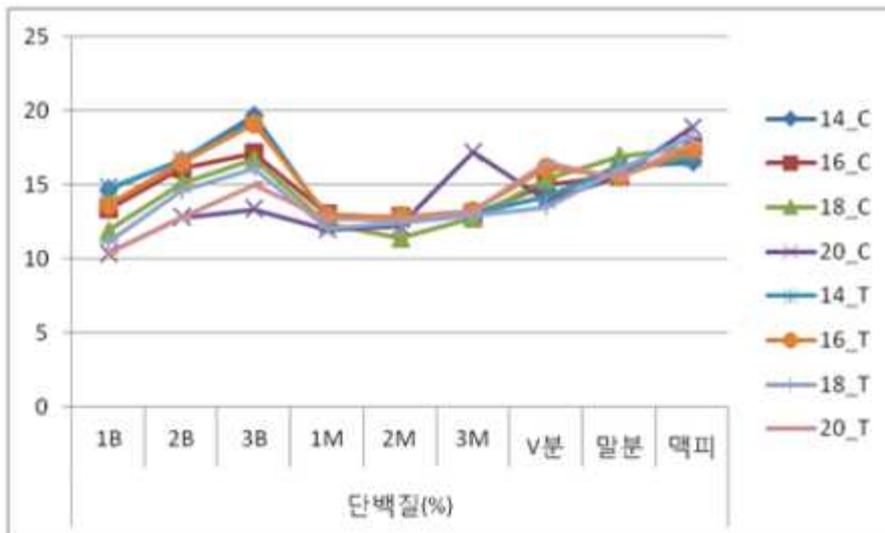


그림 3-3-36. 전압처리밀(3차)의 STOCK별 단백질 분석

(사) 분쇄 공정별 입도 변화

○ 3차 전압처리 조건(초기 수분 함량 조건(14/16/18/20) 및 전압처리 유무)에 따른 각 제분 회분별 입도(표 3-3-56, 그림 3-3-37)의 분석결과 뚜렷한 변화는 관찰되지 않음

표 3-3-56. 전압처리밀(3차)의 STOCK별 입도 분석

원액명		14_C	16_C	18_C	20_C	14_T	16_T	18_T	20_T
입도(μm)	1B	77.82	75.33	71.56	77.10	73.85	74.6	78.21	79.22
	2B	71.57	73.95	70.42	63.49	76.58	69.70	70.11	67.0
	3B	64.68	70.67	72.54	75.33	67.66	64.71	70.62	68.6
	1M	85.72	89.72	86.30	93.84	86.59	86.28	93.4	98.28
	2M	68.20	78.76	83.50	84.70	72.65	86.08	89.77	81.89
	3M	80.79	91.62	93.86	97.29	84.06	89.73	94.23	99.09
	V분	116.6	97.18	93.52	81.32	112.7	110.4	94.23	82.44
	말분	490.5	460.6	395.7	558.2	467.1	465.9	395.1	446

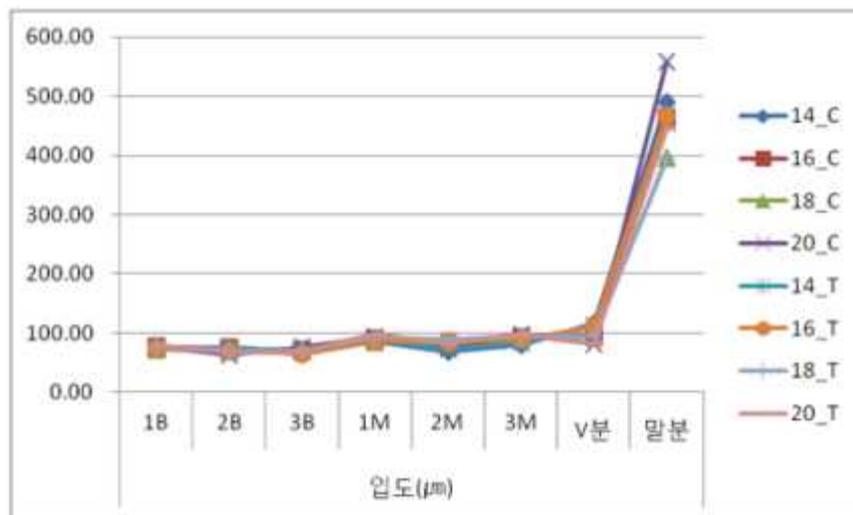


그림 3-3-37. 전압처리밀(3차)의 STOCK별 입도 분석

(아) 분쇄 공정별 백도 변화

- 3차 전압처리 조건(초기 수분 함량 조건(14/16/18/20) 및 전압처리 유무)에 따른 각 체분 획분별 백도(표 3-3-57, 그림 3-3-38)의 분석결과 전반적으로 초기 수분함량이 증가할수록 백도가 증가하는 모습을 보였음

표 3-3-57. 전압처리밀(3차)의 STOCK별 백도 분석

원맥명		14_C	16_C	18_C	20_C	14_T	16_T	18_T	20_T
백도	1B	82.3	84.0	84.7	85.3	82.0	83.4	85.6	86.0
	2B	80.0	82.0	83.6	85.6	79.9	80.6	84.1	85.7
	3B	76.0	79.9	81.4	84.2	75.9	76.7	82.0	84.7
	1M	80.5	81.6	83.5	84.2	80.6	81.2	83.1	84.1
	2M	81.9	83.2	83.5	84.7	81.5	82.3	84.6	85.5
	3M	80.6	81.3	83.5	83.3	80.3	79.9	83.5	84.1
	V분	66.6	70.5	73.7	75.8	66.8	67.4	74.9	74.7
	말분	31.6	40.6	45.9	37.9	34.0	36.1	45.1	41.4
	맥피	24.4	24.5	24.0	27.7	26.6	23.8	24.6	27.3

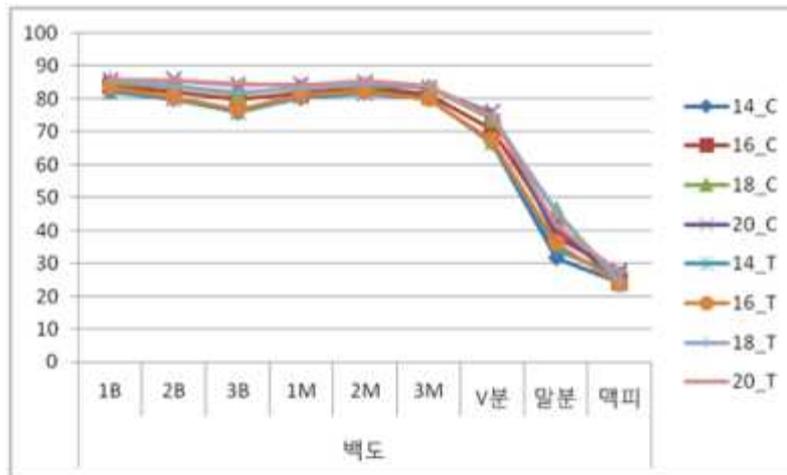


그림 3-3-38. 전압처리밀(3차)의 STOCK별 백도 분석

바. 4차 전압/오존처리조건별 밀의 분쇄 특성 분석

- 앞서 기술한 3차 전압처리 조건(초기 수분 함량 조건(14/16/18/20) 및 전압처리 유무)에 따른 제분 특성 결과 및 주관기관에서의 3차 전압처리 조건(초기 수분 함량 조건(14/16/18/20) 및 전압처리 유무)에 따른 밀가루의 물성분석 및 제 2협동기관인 밀다원(주)에서의 3차 전압처리 조건(초기 수분 함량 조건(14/16/18/20) 및 전압처리 유무) 원맥으로 제조한 밀가루의 제빵특성결과를 종합적으로 분석하여, 전압처리 및 초기 수분함량 조건으로만은 차별화 포인트 도출이 어렵다고 판단되었음
- 이를 참고로, 4차 전압처리 제분특성 실험은 전압처리 및 추가로 오존가스처리를 하여 오존가스 처리 농도별 원맥이 제분특성에 미치는 영향을 고찰해 보고자 하였음

(1) 시료

(가) 금강밀 Control 및 오존처리밀 4종

- ① Control
- ② 전압처리 및 오존처리30%
- ③ 전압처리 및 오존처리50%
- ④ 전압처리 및 오존처리70%
- ⑤ 전압처리 및 오존처리90%

(2) 방법

(가) 전압처리 및 오존처리

- ① PVC 고전압봉 (20,000V 이상)을 이용하여 해당 원맥에 대해 30분간 전압처리 실시
- ② 유리로 제작된 용기에 일정 농도의 오존가스를 발생시켜 처리한 후 60분간 flushing 실시

(나) 원맥의 평가(세부 Test 방법은 별첨 참조)

- 원맥의 평가는 앞서 기술한 가. 전압처리밀의 원맥별 분쇄 특성 분석(예비 Test) (2)방법 (나)원맥의 평가 와 같은 방법으로 평가하였음

(다) 품질 분석

- 품질 분석은 앞서 기술한 가. 전압처리밀의 원맥별 분쇄 특성 분석(예비 Test) (2)방법 (다)품질분석 과 같은 방법으로 분석하였음

(라) 시험 제분

- 소량의 원맥 특성을 파악하기 위하여 소형 실험 제분기를 이용, 3개의 조쇄 공정과, 3개의 분쇄 공정을 이용하여 Sample을 제조

(3) 결과

(가) 원맥/Test Mill粉 분석 결과

- 오존 처리 농도에 따른 고전압처리 원맥 및 밀가루의 특성 분석 결과 (표 3-3-58), 원맥의 품질 및 밀가루의 품질에 대해 미치는 영향은 미미하였음

- 다만, 50% 처리 시료의 경우 오차 범위 내에 있긴 하나, 타 시료 대비 조금 품질에 있어 다른 경향을 보여주고 있었으나 처리농도에 대한 경향성과의 상관관계를 밝힐 수 있는 편차는 아닌 것으로 판단됨

표 3-3-58. 전압/오존처리밀(4차)의 원맥 및 Test Mill 분석 결과¹

구분		CTRL	30%	50%	70%	90%	
원맥	수분 (%)	13.6 ^a	13.1 ^a	13 ^a	12.9 ^a	13.1 ^a	
	회분 (%)	1.45 ^a	1.52 ^a	1.49 ^a	1.51 ^a	1.51 ^a	
	단백질 (%)	12.11 ^a	12.26 ^a	12.2 ^a	12.18 ^a	12.22 ^a	
	입도 (μm)	234.3 ^b	213.3 ^a	221.3 ^a	219.9 ^a	237.8 ^b	
Test mill	60% 분	수분(%)	9.4 ^a	11.3 ^b	11.5 ^b	11.7 ^b	11 ^b
		회분(%)	0.569 ^d	0.542 ^c	0.513 ^{ab}	0.503 ^a	0.528 ^{bc}
		단백질(%)	11.86 ^c	11.69 ^b	11.38 ^a	11.51 ^{ab}	11.7 ^b
		입도(μm)	91.44 ^b	85.93 ^a	89.12 ^{ab}	86.51 ^a	86.88 ^a
		백도	79.7 ^a	80.3 ^a	80.8 ^a	81 ^a	80.4 ^a
	Farino	흡수율(%)	56.2 ^a	55.6 ^a	60.6 ^b	56.3 ^a	55.5 ^a
		P/T ²	5.9 ^c	2.7 ^a	4 ^b	7.2 ^d	6.2 ^c
		안정도(min) ³	9.6 ^a	11.1 ^b	10.7 ^{ab}	11.8 ^b	9.7 ^a
		연화도(Bu) ⁴	75 ^b	48 ^a	53 ^a	52 ^a	73 ^b
	Visco	최고점도(Bu)	810 ^a	830 ^a	879 ^a	814 ^a	841 ^a
	Exten so	신장도(Cm) ⁵	45/135(분)	45/135(분)	45/135(분)	45/135(분)	45/135(분)
			26.6 ^a /25.7	25.2 ^a /26.4	28.3 ^a /28.7	29.2 ^a /29.6	26.5 ^a /28.8
		저항력(Bu)	220 ^a /180	220 ^a /200	210 ^a /190	210 ^a /280	180 ^a /200
		최고저항(Bu)	380/280	400/320	390/330	400/320	370/410

1 2번 반복실험한 평균값

2 반죽이 최고 Bu를 나타내는 시간

3 반죽이 500Bu를 유지하는 시간

4 반죽시작 후 20분 시점에서 BU중앙값과 500과의 편차

5 시작점부터 끝까지의 거리

abc Column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임

***, ** 시료가 p=0.001, p=0.01, p=0.05 수준에서 유의적인 차이가 있음

(나) Test Mill 수율

○ 오존 처리 농도에 따른 고전압처리 원맥 및 밀가루의 특성 분석 결과를 표 3-3-59에 나타내었음. 전압/오존 처리에 따른 뚜렷한 변화는 관찰되지 않았음

표 3-3-59. 전압/오존처리밀(4차)의 Test Mill 수율

원액명(우리밀)		CTRL	30%	50%	70%	90%	
Test mill	가공조건	T/TIME	24	24	24	24	24
		1B수분	14.4	14.3	14.4	14.6	14.7
	수율 (%)	B분	15.78	15.23	16.32	17.72	14.36
		M분	51.39	52.53	50.14	50.02	51.97
		분수율	67.18	67.76	66.46	67.75	66.33
		부산물	17.35	18.7	18.72	18.84	18.76
		제분효율	36.08	37.31	38.05	38.94	39.42
		세모리나 생성율	74.55	73.7	72.39	70.7	74.05
		세모리나 분쇄율	68.94	71.27	69.27	70.76	70.17

(다) 원액별 Test Mill 紛 분석 결과

- 원액의 오존 처리 농도 및 고전압처리에 따른 각 획분별 분석결과는 표 3-60에 있으며, 각 특성별 자세한 내용은 하기 기술된 각 특성별 자료에 기술하였음

표 3-3-60. 전압/오존처리밀(4차)의 test mill 분석결과

구분		CTRL	30%	50%	70%	90%	
Test mill	1B	수분(%)	8.5	10.6	10.8	11.5	10.7
		회분(%)	0.470	0.493	0.423	0.459	0.432
		단백질(%)	12.28	12.29	11.65	11.56	12.33
		입도(μm)	93.39	95.74	90.82	85.08	91.01
		백도	84.4	81.0	81.8	81.90	80.60
		출량(g)	778.4	687.5	652.2	657.2	645.53
	2B	수분(%)	8.2	10.7	11.0	10.9	10.4
		회분(%)	0.677	0.633	0.596	0.578	0.616
		단백질(%)	14.15	13.31	13.66	13.67	13.99
		입도(μm)	85.55	85.99	85.56	75.46	80.38
		백도	78.2	77.6	79.3	79.5	78
		출량(g)	359.2	367.1	440.9	540.7	355.47
	3B	수분(%)	8.1	10.3	10.6	10.4	10.3
		회분(%)	1.008	0.914	0.952	0.956	0.884
		단백질(%)	14.33	14.61	14.47	14.69	14.46
		입도(μm)	70.00	76.81	71.15	71.54	70.22
		백도	75.8	76.7	76.7	76.5	76.8
		출량(g)	125.0	164.1	212.2	220.0	148.04
	1M	수분(%)	9.0	10.9	11.5	11.40	11.2
		회분(%)	0.486	0.500	0.490	0.480	0.455
		단백질(%)	11.16	11.18	11.31	11.05	11.27
		입도(μm)	84.65	85.87	89.29	88.12	93.12
		백도	79.4	80.5	80.9	81.0	80.3
		출량(g)	2776.8	2978.3	3054.6	3082.5	3068.93
2M	수분(%)	8.4	10.6	11.1	11.20	11	
	회분(%)	0.790	0.735	0.781	0.785	0.692	
	단백질(%)	12.06	11.82	11.92	11.57	11.74	
	입도(μm)	72.61	72.33	75.99	72.78	74.18	
	백도	75.9	77.7	77.9	77.9	78.2	
	출량(g)	720.2	880.7	679.2	644.2	809.53	
3M	수분(%)	7.9	10.1	10.3	10.50	10.2	
	회분(%)	1.590	1.421	1.480	1.535	1.47	
	단백질(%)	12.70	13.45	13.34	13.42	13.44	
	입도(μm)	61.39	75.16	67.27	68.45	64.67	
	백도	68.5	71.4	70.6	70.9	70.9	
	출량(g)	614.3	343.4	277.8	275.2	278.81	

(표 3-3-60 계속)

구분		CTRL	30%	50%	70%	90%	
Test mill	말분	수분(%)	7.9	9.9	10.0	10.10	10
		회분(%)	4.086	3.822	3.971	3.709	3.860
		단백질(%)	14.51	15.09	14.84	15.0	15
		입도(μm)	599.90	667.60	671.70	667.50	619.9
		백도	35.8	36.0	37.6	36.0	35.5
		출량(g)	614.3	610.8	594.4	580.6	573.71
	맥피	수분(%)	9.8	11.3	11.3	10.4	10.8
		회분(%)	5.401	5.154	5.190	5.191	5.264
		단백질(%)	14.98	14.50	14.53	14.46	14.78
		백도	27.20	26.20	27.10	27.10	27.4
출량(g)		773.3	885.0	903.3	926.5	926.78	

* 맥피의 입도는 측정 불가능

(라) 분쇄 공정별 수분 함량 변화

○ 원맥의 오존 처리 농도 및 고전압처리에 따른 각 회분별 수분함량 분석결과(표 3-3-61, 그림 3-3-39),전압/오존 처리 원맥과 일반 원맥의 경향 차이를 발견할 수 있었음.

- 전반적으로 전압/오존처리를 실시한 원맥의 회분별 수분함량이 Control 대비 일정 수준에서 고르게 분포되어있는 것을 확인할 수 있었음

표 3-3-61. 전압/오존처리밀(4차)의 STOCK별 수분 분석

구분		CTRL	30%	50%	70%	90%
수분(%)	1B	8.5	10.6	10.8	11.5	10.7
	2B	8.2	10.7	11.0	10.9	10.4
	3B	8.1	10.3	10.6	10.4	10.3
	1M	9.0	10.9	11.5	11.40	11.2
	2M	8.4	10.6	11.1	11.20	11
	3M	7.9	10.1	10.3	10.50	10.2
	말분	7.9	9.9	10.0	10.10	10
	맥피	9.8	11.3	11.3	10.4	10.8

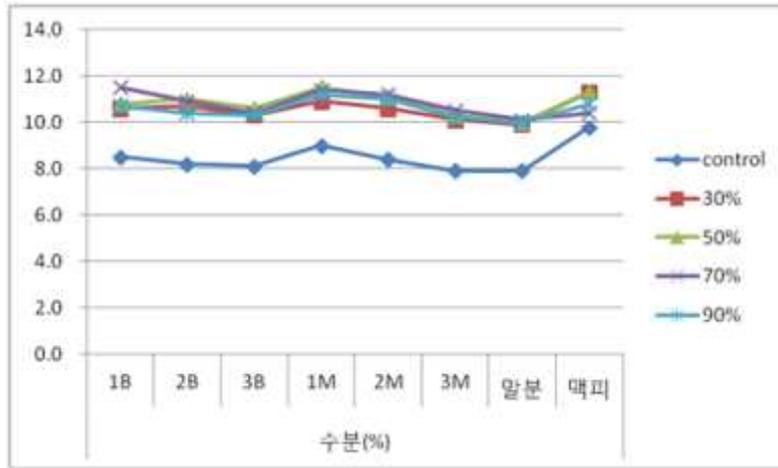


그림 3-3-39. 전압/오존처리밀(4차)의 STOCK별 수분 분석

(마) 분쇄 공정별 회분 함량 변화

- 원맥의 오존 처리 농도 및 고전압처리에 따른 각 회분별 회분함량 분석결과(표3-3-62, 그림 3-3-40, 그림 3-3-41), 전압 및 오존처리시 회분함량의 경향 변화는 관찰되지 않았음
- 다만 전압/오존처리 원맥의 경우 일반 원맥대비 Stock별 회분함량이 조금 낮게 관찰되었는데, 이는 전압/오존처리 원맥이 각 회분별 수분함량이 높고 고르게 분포되어 발생한 현상으로 생각됨

표 3-3-62. 전압/오존처리밀(4차)의 STOCK별 회분 분석

원맥명(우리밀)		CTRL	30%	50%	70%	90%
회분(%)	1B	0.470	0.493	0.423	0.459	0.432
	2B	0.677	0.633	0.596	0.578	0.616
	3B	1.008	0.914	0.952	0.956	0.884
	1M	0.486	0.500	0.490	0.480	0.455
	2M	0.790	0.735	0.781	0.785	0.692
	3M	1.590	1.421	1.480	1.535	1.47
	말분	4.086	3.822	3.971	3.709	3.860
	맥피	5.401	5.154	5.190	5.191	5.264

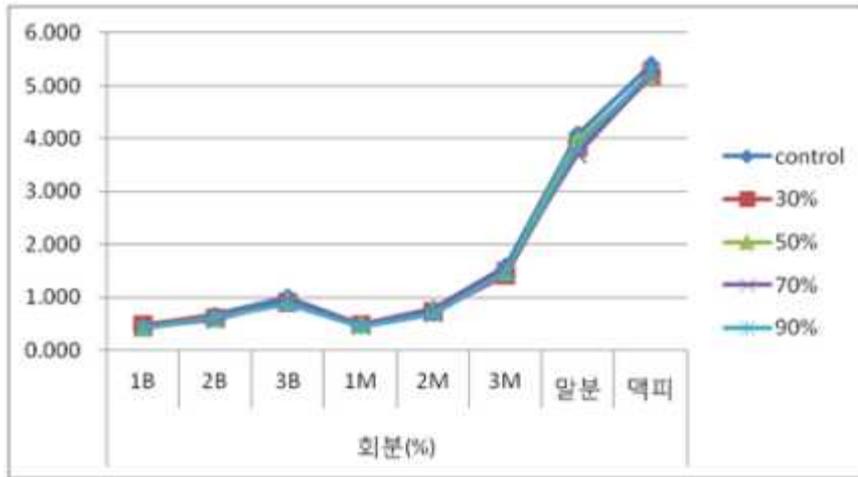


그림 3-3-40. 전압/오존처리밀(4차)의 STOCK별 회분 분석

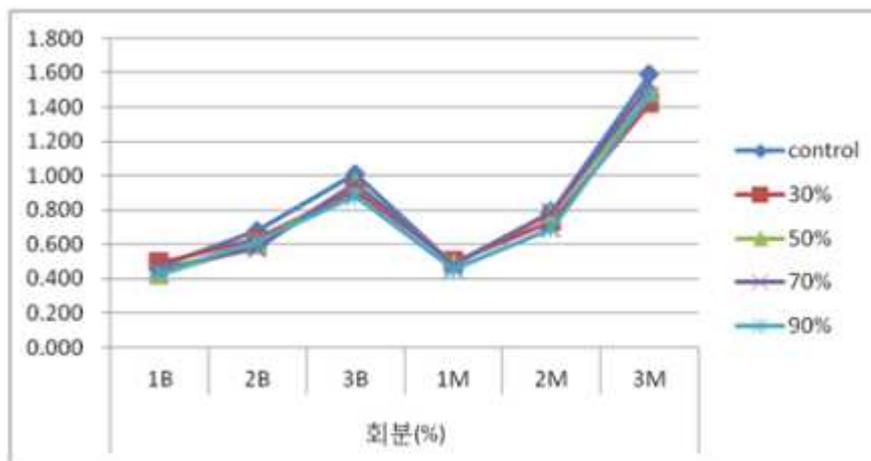


그림 3-3-41. 전압/오존처리밀(4차)의 STOCK별 회분 분석(가식부)

(바) 분쇄 공정별 단백질 함량 변화

- 원맥의 오존 처리 농도 및 고전압처리에 따른 각 획분별 단백질함량 분석결과(표3-3-63, 그림 3-3-42), 전반적으로 전압 및 오존 처리에 대한 뚜렷한 변화는 관찰되지 않았음

표 3-3-63. 전압/오존처리밀(4차)의 STOCK별 단백질 분석

원맥명(우리밀)		CTRL	30%	50%	70%	90%
단백질(%)	1B	12.28	12.29	11.65	11.56	12.33
	2B	14.15	13.31	13.66	13.67	13.99
	3B	14.33	14.61	14.47	14.69	14.46
	1M	11.16	11.18	11.31	11.05	11.27
	2M	12.06	11.82	11.92	11.57	11.74
	3M	12.70	13.45	13.34	13.42	13.44
	말분	14.51	15.09	14.84	15.0	15
	맥피	14.98	14.50	14.53	14.46	14.78



그림 3-3-42. 전압/오존처리밀(4차)의 STOCK별 단백질 분석

(사) 분쇄 공정별 입도 변화

- 원맥의 오존 처리 농도 및 고전압처리에 따른 각 획분별 입도 분석결과(표3-3-64, 그림 3-3-43), 전압 및 오존처리에 따른 뚜렷한 변화는 관찰되지 않았음

표 3-3-64. 전압/오존처리밀(4차)의 STOCK별 입도 분석

원맥명(우리밀)	CTRL	30%	50%	70%	90%	
입도(μm)	1B	93.39	95.74	90.82	85.08	91.01
	2B	85.55	85.99	85.56	75.46	80.38
	3B	70.00	76.81	71.15	71.54	70.22
	1M	84.65	85.87	89.29	88.12	93.12
	2M	72.61	72.33	75.99	72.78	74.18
	3M	61.39	75.16	67.27	68.45	64.67
	말분	599.90	667.60	671.70	667.50	619.9

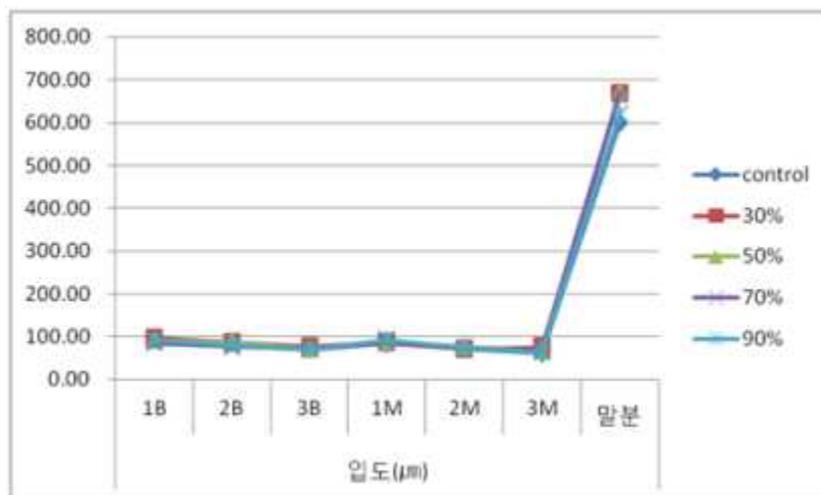


그림 3-3-43. 전압/오존처리밀(4차)의 STOCK별 입도 분석

(아) 분쇄 공정별 백도 변화

- 원맥의 오존 처리 농도 및 고전압처리에 따른 각 획분별 백도 분석결과(표3-3-65, 그림 3-3-44), 전압 및 오존처리에 따른 뚜렷한 변화는 관찰되지 않았음

표 3-3-65. 전압/오존처리밀(4차)의 STOCK별 백도 분석

원맥명(우리밀)		CTRL	30%	50%	70%	90%
백도	1B	84.4	81.0	81.8	81.90	80.60
	2B	78.2	77.6	79.3	79.5	78
	3B	75.8	76.7	76.7	76.5	76.8
	1M	79.4	80.5	80.9	81.0	80.3
	2M	75.9	77.7	77.9	77.9	78.2
	3M	68.5	71.4	70.6	70.9	70.9
	말분	35.8	36.0	37.6	36.0	35.5
	맥피	27.20	26.20	27.10	27.10	27.4

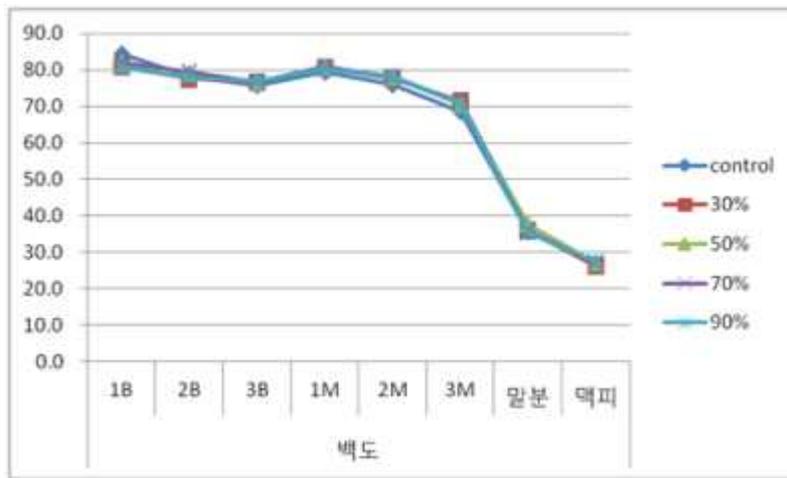


그림 3-3-44. 전압/오존처리밀(4차)의 STOCK별 백도 분석

(4) 결론

- 원맥의 오존 처리 농도 및 고전압처리에 따른 제분 특성 분석결과, 전반적으로 전압/오존 처리에 따른 뚜렷한 변화는 관찰되지 않았으나 각 획분별 수분 함량 분포에 대해서는 Control 시료와 차이가 있는 모습을 보여주었음
 - 전압/오존 처리에 따라 각 획분별 수분 함량은 일정한 수치를 나타내었으며, 이는 전압/오존 처리시 조직의 안정화로 인한 수분의 이탈이 어느정도 제어되었기 때문으로 볼 수 있음
- 전압/오존처리에 따른 전반적인 분석결과, 처리를 하지 않은 Control 시료 대비 품질의 차이점을 규명할 수 있는 큰 수치의 차이는 발생하지 않았으며 전압/오존처리 밀의 제분 효과는 미미한 것으로 판단하여 실험을 종결하고자 함

3. 청밀의 분쇄 특성 분석

가. 백중밀 청밀의 열수처리 분쇄 특성

(1) 시료

(가) 국산밀 3종 (백중밀Control원맥/청밀(백중)/열수처리청밀(백중))

- ① 백중밀 CTRL
- ② 청밀(백중밀)
- ③ 열수처리청밀(백중밀)

(2) 방법

(가) 열수(Steam)처리

- ① 청밀에 스팀을 가한 후 일정시간 건조

(나) 원맥의 평가 (세부 Test 방법은 부록 참조)

- ① 용중 : 원맥 1L 당의 무게 측정 (g)
- ② 상립 : 맥 이외의 다른 곡물의 비율 (% , 귀리,옥수수 등)
- ③ 천립중 : 완전한 정상맥 1,000개의 중량
- ④ Falling Number : 끓는 물 속에서, 밀가루의 현탁액이 Alpha-Amylase에 의한 액화정도를 측정(sec, AACC Method 56-81B)

(다) 품질 분석

- ① 수분 : 시료속에 함유된 수분의 함량 측정 (% , AACC Method 44-15A)
- ② 회분 : 시료를 태우고 남은 성분의 함량 측정 (% , AACC Method 08-01)
- ③ 단백질 : 시료 내에 함유된 단백질의 함량 측정 (% , AACC Method 46-12)
- ④ 입도 : 분말의 입자 크기 및 입자 분포를 측정 (μm)
- ⑤ 백도 : 분말의 흰 정도를 측정
- ⑥ Farino Gram : 일정 온도에서 반죽 교반시 Plasticity(可塑性), Mobility(移動性) 측정
- ⑦ Visco Gram : 밀가루 호화점도를 파악하여 Alpha-Amylase의 활성도를 측정
- ⑧ Extenso Gram : 반죽된 밀가루를 잡아당겨서 신장성과 저항도를 측정

(라) 시험 제분

- ① 소량의 원맥 특성을 파악하기 위하여 소형 실험 제분기를 이용, 3개의 조쇄 공정과, 3개의 분쇄 공정을 이용하여 Sample을 제조

(3) 결과

(가) 원맥 분석 결과

- 원맥 자체 품위에서는 청밀과 일반밀의 큰 유의차 없음

표 3-3-66. 백중밀 청밀의 원맥분석 결과¹

구분		백중CTRL	청밀CTRL	열수처리청밀
원맥	수분 (%) [*]	15.8 ^a	16.4 ^b	16.4 ^b
	회분 (%) ^{**}	1.43 ^a	1.52 ^b	1.53 ^b
	단백질 (%)	11.71 ^a	11.77 ^a	11.84 ^a
	용중 (g) ^{**}	740 ^a	754 ^b	753 ^b
	상립 (%)	0.37 ^a	0.42 ^a	0.45 ^a
	천립중 (g)	38.2 ^a	38.9 ^a	37.9 ^a
	F/N (sec)	441 ^a	414 ^a	418 ^a
	입도 (μm)	194.1 ^a	197.7 ^a	212.8 ^a
	백도 ^{**}	55.9 ^b	54.7 ^{ab}	53.4 ^a

¹ 2번 반복실험한 평균값

abc Column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임

** 시료가 p=0.01, p=0.05 수준에서 유의적인 차이가 있음

(나) 60%분 분석 결과

- 열수처리 청밀의 경우 Viscograph를 제외한 2차물성의 측정이 불가능하였으며, 청밀의 회분함량이 일반밀 대비 높게 나타남

표 3-3-67. 백중밀 청밀의 60%분 분석 결과¹

구분		백중CTRL	청밀CTRL	열수처리청밀	
TEST MILL	60%분	수분(%)*	11.5 ^b	11.5 ^b	10 ^a
		회분(%)*	0.501 ^a	0.874 ^b	1.376 ^c
		단백질(%)*	10.35 ^a	10.33 ^b	10.76 ^c
		입도(μm)*	90 ^c	99.29 ^b	119.3 ^a
		백도*	74.3 ^a	70.4 ^a	62.3 ^a
	Farino	흡수율(%)	59.3 ^a	57.7 ^a	-
		P/T ²	2.7 ^a	2.5 ^b	-
		안정도(min) ^{3,**}	2.8 ^a	4.4 ^a	-
		연화도(Bu) ⁴	151 ^a	113 ^a	-
	Visco	최고점도(Bu)	492 ^a	666 ^a	1149 ^a
	Extenso	신장도(Cm) ⁵	45/135(분)	45/135(분)	45/135(분)
			16.6 ^a /16.2 ^a	18.4 ^a /14.5 ^a	-
		저항력(Bu)**	120 ^a /120 ^a	230 ^b /420 ^b	-
		최고저항(Bu)**	200 ^a /170 ^a	270 ^b /470 ^b	-

- 1 2번 반복실험한 평균값
 2 반죽이 최고 Bu를 나타내는 시간
 3 반죽이 500Bu를 유지하는 시간
 4 반죽시작 후 20분 시점에서 BU중앙값과 500과의 편차 시작점부터 끝까지의 거리
 5 시작점부터 끝까지의 거리
 abc Column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임
 ,* 시료가 p=0.001, p=0.01 수준에서 유의적인 차이가 있음

(다) Test Mill 수율

- 열수처리 청밀의 경우 일반밀 대비 약 25%의 수율 저하가, 일반 청밀의 경우 일반밀 대비 약 5% 수율 저하가 나타남

표 3-3-68. 백중밀 청밀의 Test Mill 수율

원맥명(우리밀)		백중CTRL	청밀CTRL	열수처리청밀	
TEST MILL분	가공조건	T/TIME	24	24	24
		1B수분	16.6	16	15.7
	수율 (%)	B분	9.29	7.27	5.49
		M분	41.02	31.48	20.91
		V분	15.64	20.85	15.59
		분수율	65.96	59.6	41.99
		부산물	28.36	32.94	51.58
		제분효율	39.07	24.53	13.92
		세모리나 생성율	65.64	62.77	52.59
		세모리나 분쇄율	62.50	50.15	39.76

(라) 원맥별 Test mill 粉 분석 결과

○ 각 STOCK 별 분석데이터는 아래와 같으며 세부 항목에 대해서는 별도로 해석

표 3-3-69. 백중밀 청밀의 STOCK별 분석 결과

원맥명(우리밀)		백중CTRL	청밀CTRL	열수처리청밀	
TEST MILL 품질	1B	수분	11.9	11.8	9.7
		회분	0.486	0.934	1.321
		단백질	7.93	8.27	12.03
		입도	74.0	76.06	100.3
		백도	78.1	73.1	56.8
		출량	355.3	236.6	86.5
	2B	수분	11.3	11.5	10.2
		회분	0.539	0.988	1.073
		단백질	9.95	10.64	11.20
		입도	68.7	137.20	96.1
		백도	76.2	69.3	63.7
		출량	288.1	258.3	257.2
	3B	수분	10.6	10.9	9.3
		회분	0.709	1.062	1.115
		단백질	11.03	10.22	11.19
		입도	125.0	137.20	132.0
		백도	71.0	69.3	62.2
		출량	99.9	86.5	95.2
	1M	수분	11.8	12.0	9.8
		회분	0.436	0.865	0.814
		단백질	9.69	10.22	10.48
		입도	86.8	90.67	109.6
		백도	77.7	72.2	68.0
		출량	2626.7	2074.3	1336.6
2M	수분	10.8	11.1	9.1	
	회분	0.482	0.926	0.932	
	단백질	9.65	12.13	10.99	
	입도	78.9	64.42	99.9	
	백도	77.4	76.0	67.7	
	출량	386.1	298.5	195.5	
3M	수분	10.4	10.6	8.9	
	회분	0.503	0.931	0.947	
	단백질	10.18	10.39	10.65	
	입도	96.8	86.21	167.5	
	백도	76.0	73.8	65.4	
	출량	269.1	145.6	140.8	

원맥명(우리밀)		백중CTRL	청밀CTRL	열수처리청밀	
TEST MILL 품질	V분	수분	11.4	11.4	10.6
		회분	0.818	1.115	2.184
		단백질	11.64	11.40	11.02
		입도	120.2	124.60	133.0
		백도	63.3	63.1	57.9
		출량	1251.2	1668.0	1247.0
	말분	수분	10.2	10.8	12.5
		회분	1.850	1.727	1.500
		단백질	12.47	12.71	10.25
		입도	408.4	466.30	633.5
		백도	33.4	63.1	33.4
		출량	263.4	238.4	773.1
	맥피	수분	12.2	12.6	11.9
		회분	3.034	2.604	1.983
		단백질	13.67	13.38	10.89
백도		21.30	36.80	25.40	
출량		2005.3	2396.7	3353.6	

* 맥피의 입도는 측정 불가능

(마) 분쇄 공정별 수분 함량 변화

○ 일반밀과 일반 청밀은 비슷한 분포를 나타내나, 열수처리 청밀은 상대적으로 낮은 분포를 보임

표 3-3-70. 백중밀 청밀의 STOCK별 수분 분석

원맥명(우리밀)		백중CTRL	청밀CTRL	열수처리청밀
수분(%)	1B	11.9	11.8	9.7
	2B	11.3	11.5	10.2
	3B	10.6	10.9	9.3
	1M	11.8	12.0	9.8
	2M	10.8	11.1	9.1
	3M	10.4	10.6	8.9
	V분	11.4	11.4	10.6
	말분	10.2	10.8	12.5
	맥피	12.2	12.6	11.9

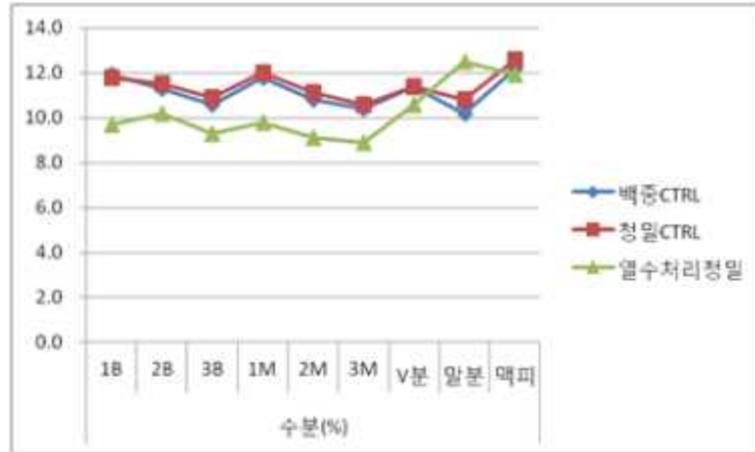


그림 3-3-45. 백중밀 청밀의 STOCK별 수분 분석

(바) 분쇄 공정별 회분 함량 변화

○ 일반밀 대비 두 청밀 시료의 회분함량이 높게 나타남 (3등급 수준)

표 3-3-71. 백중밀 청밀의 STOCK별 회분 분석

원맥명(우리밀)	백중CTRL	청밀CTRL	열수처리청밀	
회분(%)	1B	0.486	0.934	1.321
	2B	0.539	0.988	1.073
	3B	0.709	1.062	1.115
	1M	0.436	0.865	0.814
	2M	0.482	0.926	0.932
	3M	0.503	0.931	0.947
	V분	0.818	1.115	2.184
	말분	1.850	1.727	1.500
	맥피	3.034	2.604	1.983

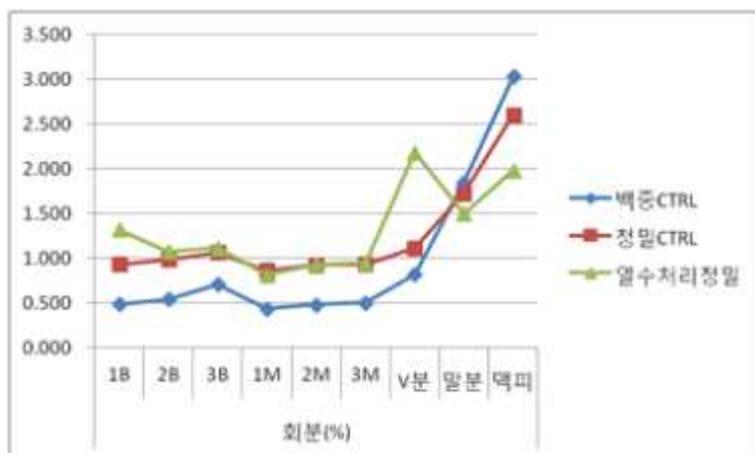


그림 3-3-46. 백중밀 청밀의 STOCK별 회분 분석

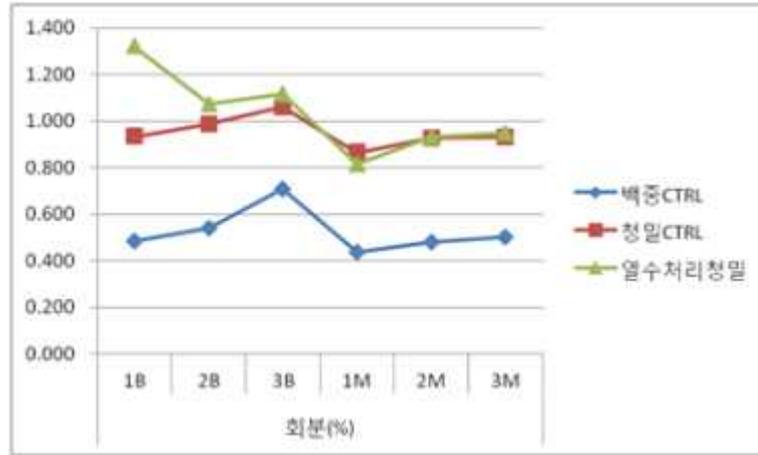


그림 3-3-47. 백중밀 청밀의 STOCK별 회분 분석(가식부)

(사) 분쇄 공정별 단백질 함량 변화

○ 열수처리 청밀은 Stock별로 단백질분포가 고르게 나타남

표 3-3-72. 백중밀 청밀의 STOCK별 단백질 분석

원맥명(우리밀)	백중CTRL	청밀CTRL	열수처리청밀
1B	7.93	8.27	12.03
2B	9.95	10.64	11.20
3B	11.03	10.22	11.19
1M	9.69	10.22	10.48
2M	9.65	12.13	10.99
3M	10.18	10.39	10.65
V분	11.64	11.40	11.02
말분	12.47	12.71	10.25
맥피	13.67	13.38	10.89

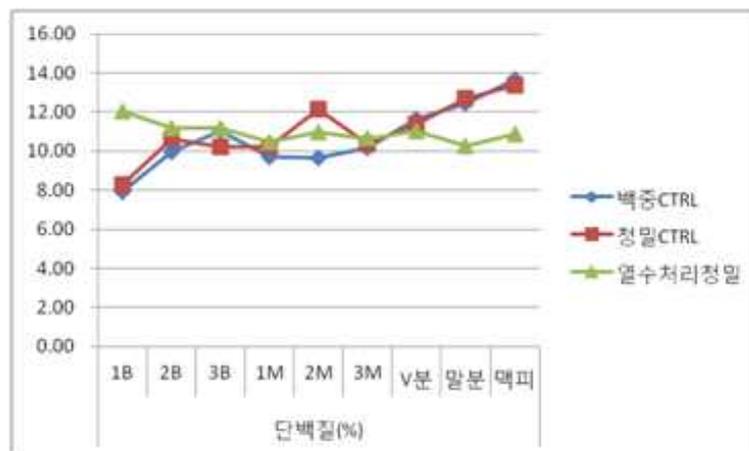


그림 3-3-48. 백중밀 청밀의 STOCK별 단백질 분석

(아) 분쇄 공정별 입도 변화

○ 입도 분포는 비슷하게 나타남

표 3-3-73. 백중밀 청밀의 STOCK별 입도 분석

원맥명(우리밀)	백중CTRL	청밀CTRL	열수처리청밀	
입도(μm)	1B	74.0	76.06	100.3
	2B	68.7	137.20	96.1
	3B	125.0	137.20	132.0
	1M	86.8	90.67	109.6
	2M	78.9	64.42	99.9
	3M	96.8	86.21	167.5
	V분	120.2	124.60	133.0
	말분	408.4	466.30	633.5

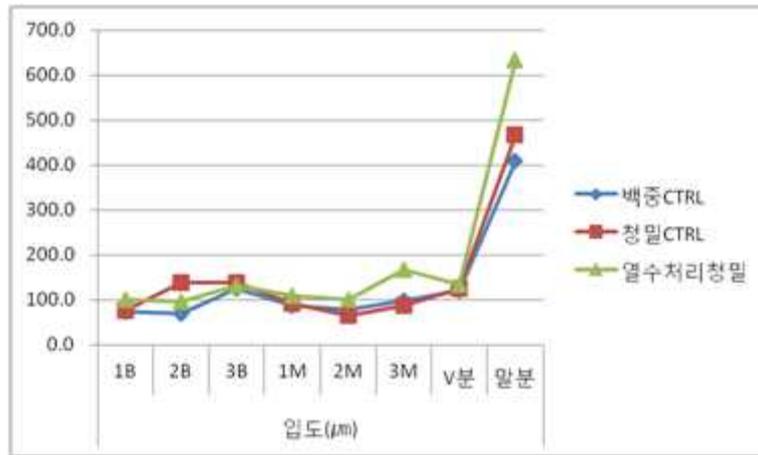


그림 3-3-49. 백중밀 청밀의 STOCK별 입도 분석

(자) 분쇄 공정별 백도 변화

○ 백도 분포 곡선은 비슷하나, 열수처리 청밀이 가장 낮게 나타남

표 3-3-74. 백중밀 청밀의 STOCK별 백도 분석

원맥명(우리밀)	백중CTRL	청밀CTRL	열수처리청밀	
백도	1B	78.1	73.1	56.8
	2B	76.2	69.3	63.7
	3B	71.0	69.3	62.2
	1M	77.7	72.2	68.0
	2M	77.4	76.0	67.7
	3M	76.0	73.8	65.4
	V분	63.3	63.1	57.9
	말분	33.4	63.1	33.4
	맥피	21.30	36.80	25.40

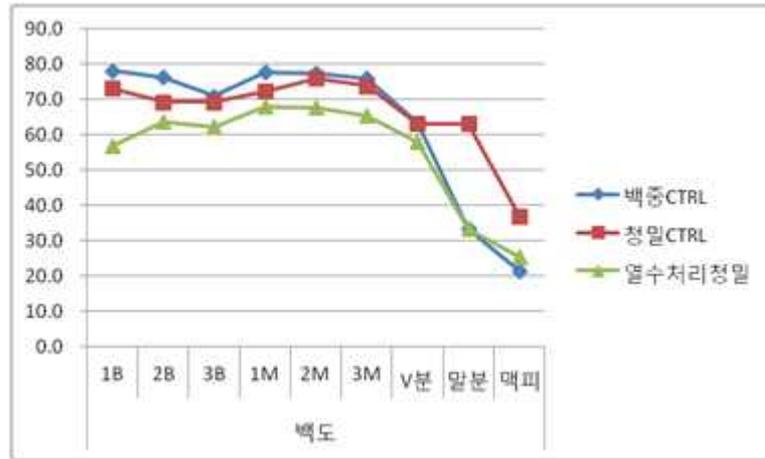


그림 3-3-50. 백중밀 청밀의 STOCK별 백도 분석

(4) 결론

- 청밀은 일반밀 대비 미숙성한 특성을 보여주며, 제분 수율이 낮게 나타남.
- 열수처리 청밀의 경우 Stock별로 수분/단백질 분포가 고르게 나타나는 특성이 있음

나. 금강밀 청밀의 열수처리 분쇄 특성

(1) 시료

(가) 국산밀 3종 (청밀(금강)/열수처리청밀(금강) 2종)

- ① 청밀(금강밀)
- ② 열수처리청밀(금강) 30 sec
- ③ 열수처리청밀(금강) 60 sec

(2) 방법

(가) 열수(Steam)처리

- ① 청밀에 스팀을 가한 후 일정시간 건조

(나) 원맥의 평가(세부 Test 방법은 별첨 참조)

- 원맥의 평가는 앞서 기술한 가. 백중밀 청밀의 열수처리 분쇄 특성 (2)방법 (나)원맥의 평가 와 같은 방법으로 평가하였음

(다) 품질 분석

- 품질 분석은 앞서 기술한 가. 백중밀 청밀의 열수처리 분쇄 특성 (2)방법 (다)품질분석과 같은 방법으로 분석하였음

(라) 시험 제분

- 소량의 원맥 특성을 파악하기 위하여 소형 실험 제분기를 이용, 3개의 조쇄 공정과, 3개의 분쇄 공정을 이용하여 Sample을 제조

(3) 결과

(가) 원맥 분석 결과

- 원맥 품위에서는 F/N를 제외하고 열수처리에 따른 특징이 나타나지 않음. 열수처리 시간이 늘어날수록 F/N가 증가하는 경향을 보임

표 3-3-75. 금강밀 청밀의 원맥분석 결과¹

구분		청밀(금강)CTRL	열수 30sec	열수 60sec
원맥	수분 (%) [*]	9.1 ^a	10 ^b	8.8 ^a
	회분 (%)	1.58 ^a	1.57 ^a	1.56 ^a
	단백질 (%)	11.65 ^a	11.66 ^a	11.56 ^a
	용중 (g)	747 ^a	734 ^a	723 ^a
	상립 (%)	0.9 ^a	0.6 ^a	0.8 ^a
	천립중 (g)	32.6 ^a	32.5 ^a	32.5 ^a
	F/N (sec)	115 ^a	227 ^b	442 ^c
	입도 (μm)	200.2 ^a	205.1 ^a	218.4 ^a
	백도	49.4 ^c	45.5 ^b	42.1 ^a

구분		DNS ²	금강밀 ²	청밀
원맥	수분 (%) [*]	9.9 ^a	15.8 ^c	11.6 ^b
	회분 (%) ^{**}	1.58 ^b	1.43 ^a	1.57 ^b
	단백질 (%) [*]	13.8 ^c	11.71 ^a	12.27 ^b
	용중 (g) [*]	836 ^c	740 ^a	798 ^b
	상립 (%)	0.15 ^a	0.37 ^a	0.6 ^a
	천립중 (g) [*]	32.1 ^a	38.2 ^b	37 ^b
	F/N (sec) [*]	433 ^b	441 ^b	233 ^a
	입도 (μm)	205.1 ^a	194 ^a	200.2 ^a
	백도 ^{***}	54.7 ^b	55.9 ^b	49.4 ^a

¹ 2번 반복실험한 평균값
^{abc} Column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임
^{*} 시료가 p=0.005 수준에서 유의적인 차이가 있음

(나) 60%분 분석 결과

- 열수처리 청밀의 경우 Viscograph를 제외한 2차물성 측정이 불가능함. 일반 청밀 대비 회분함량이 높고, 입도가 크게 나타남 (제분 수율의 영향)

표 3-3-76. 금강밀 청밀의 60%분 분석 결과¹

구분		청밀(금강)CTRL	열수 30sec	열수 60sec	
TEST MILL	60%분	수분(%)*	13.1 ^b	13 ^b	11.7 ^a
		회분(%)**	0.78 ^a	1.092 ^b	1.195 ^c
		단백질(%)**	10.94 ^a	11.41 ^b	11.95 ^c
		입도(μm)*	91.94 ^a	112.8 ^b	113.7 ^b
		백도*	72.4 ^b	66.8 ^{ab}	62.4 ^a
	Farino	흡수율(%)	58.3	분석불가	분석불가
		P/T ²	2.4	분석불가	분석불가
		안정도(min) ³	3.8	분석불가	분석불가
		연화도(Bu) ⁴	124	분석불가	분석불가
	Visco	최고점도(Bu)**	446 ^a	430 ^a	903 ^b
	Extenso	신장도(Cm) ⁵	45/135(분)	분석불가	분석불가
			13.3/12.4	분석불가	분석불가
		저항력(Bu)	280/340	분석불가	분석불가
		최고저항(Bu)	290/370	분석불가	분석불가

1 2번 반복실험한 평균값
 2 반죽이 최고 Bu를 나타내는 시간
 3 반죽이 500Bu를 유지하는 시간
 4 반죽시작 후 20분 시점에서 BU중앙값과 500과의 편차
 5 시작점부터 끝까지의 거리
 abc Column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임
 ** 시료가 p=0.05, p=0.001 수준에서 유의적인 차이가 있음

(다) Test Mill 수율

- 열수처리 시간이 늘어날수록 제분 수율은 감소함

표 3-3-77. 금강밀 청밀의 Test Mill 수율

원맥명(우리밀)		청밀(금강) CTRL	열수 30sec	열수 60sec
TEST MILL분	가공조건	T/TIME	24	24
		1B수분	15.5	15.4
	수율 (%)	B분	4.49	3.84
		M분	28.13	21.35
		V분	22.4	22.68
		분수율	55.02	47.87
		부산물	35.18	47.89
		제분효율	29.27	17.41
		세모리나 생성율	62.86	53.64
		세모리나 분쇄율	44.75	39.81

(라) 원맥별 Test mill 粉 분석 결과

○ 각 STOCK 별 분석데이터는 아래와 같으며 세부 항목에 대해서는 별도로 해석

표 3-3-78. 금강밀 청밀의 STOCK별 분석 결과

원맥명(우리밀)		청밀(금강)CTRL	열수 30sec	열수 60sec	
TEST MILL 품질	1B	수분	13.3	13.3	11.7
		회분	0.804	1.195	1.351
		단백질	10.33	11.29	11.92
		입도	76.19	80.14	80.13
		백도	74.6	68.3	63.0
		출량	129.1	84.5	67.2
	2B	수분	13.4	13.3	11.8
		회분	0.759	1.129	1.168
		단백질	11.02	11.88	12.36
		입도	61.94	73.42	82.55
		백도	76.0	70.0	66.8
		출량	160.7	161.2	152.2
	3B	수분	13.2	13.4	11.4
		회분	0.550	1.138	1.163
		단백질	11.31	12.01	12.32
		입도	72.07	82.88	93.95
		백도	74.5	69.2	66.0
		출량	69.2	61.5	60.5
	1M	수분	13.2	13.2	12.0
		회분	0.619	0.920	1.004
		단백질	10.52	11.35	11.70
		입도	91.09	92.02	102.40
		백도	76.1	72.0	68.7
		출량	1555.7	1328.4	1094.9
2M	수분	13.0	12.9	11.4	
	회분	0.627	1.003	1.082	
	단백질	10.46	11.01	11.62	
	입도	70.90	72.36	87.47	
	백도	78.5	74.8	69.6	
	출량	513.3	265.7	176.7	
3M	수분	12.8	12.7	11.2	
	회분	0.671	0.990	1.080	
	단백질	10.61	10.99	11.55	
	입도	75.07	77.54	95.08	
	백도	77.6	74.6	68.6	
	출량	181.2	114.2	67.9	

(표 3-3-78 계속)

원맥명(우리밀)		청밀(금강)CTRL	열수 30sec	열수 60sec	
TEST MILL 품질	V분	수분	13.4	13.0	11.9
		회분	0.906	1.054	1.357
		단백질	11.31	11.65	12.07
		입도	113.70	131.60	136.10
		백도	64.7	61.8	57.0
		출량	1792.3	1814.0	1612.1
	말분	수분	12.5	12.5	11.3
		회분	1.753	1.474	1.525
		단백질	12.79	11.96	11.82
		입도	598.00	460.00	430.30
		백도	34.8	38.5	33.4
		출량	202.3	429.5	491.2
	맥피	수분	13.2	13.2	12.3
		회분	3.093	2.302	1.808
		단백질	14.45	13.07	12.82
백도		20.10	22.30	22.60	
출량		2612.1	3401.9	3821.6	

* 맥피의 입도는 측정 불가능

(마) 분쇄 공정별 수분 함량 변화

○ 30초 처리한 시료는 일반 청밀과 비슷하나, 60초 처리한 시료는 수분이 고르게 낮게 나타남

표 3-3-79. 금강밀 청밀의 STOCK별 수분 분석

원맥명(우리밀)		청밀(금강)CTRL	열수 30sec	열수 60sec
수분(%)	1B	13.3	13.3	11.7
	2B	13.4	13.3	11.8
	3B	13.2	13.4	11.4
	1M	13.2	13.2	12.0
	2M	13.0	12.9	11.4
	3M	12.8	12.7	11.2
	V분	13.4	13.0	11.9
	말분	12.5	12.5	11.3
	맥피	13.2	13.2	12.3

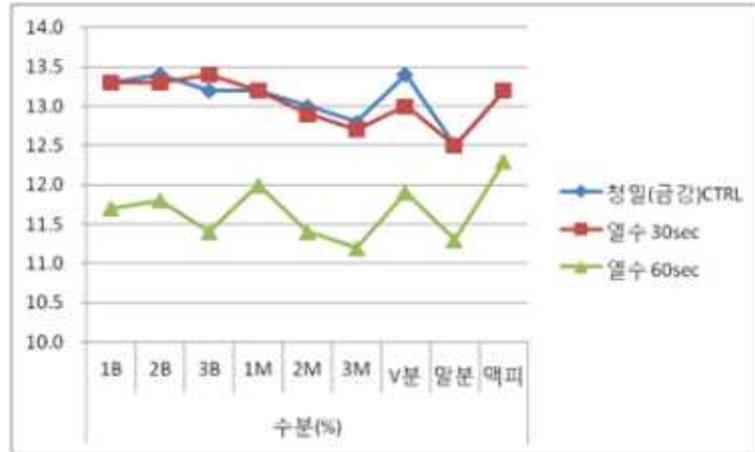


그림 3-3-51. 금강밀 청밀의 STOCK별 수분 분석

(바) 분쇄 공정별 회분 함량 변화

○ 열수처리 청밀의 회분이 일반청밀보다 높게 나타남

표 3-3-80. 금강밀 청밀의 STOCK별 회분 분석

원맥명(우리밀)	청밀(금강)CTRL	열수 30sec	열수 60sec	
회분(%)	1B	0.804	1.195	1.351
	2B	0.759	1.129	1.168
	3B	0.550	1.138	1.163
	1M	0.619	0.920	1.004
	2M	0.627	1.003	1.082
	3M	0.671	0.990	1.080
	V분	0.906	1.054	1.357
	말분	1.753	1.474	1.525
	맥피	3.093	2.302	1.808

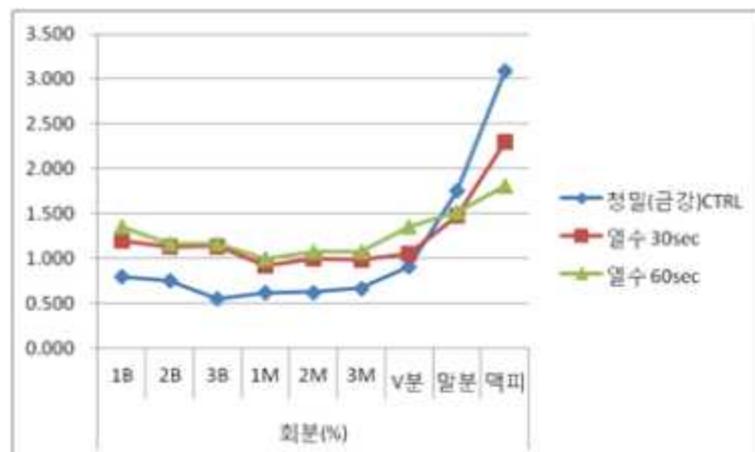


그림 3-3-52. 금강밀 청밀의 STOCK별 회분 분석

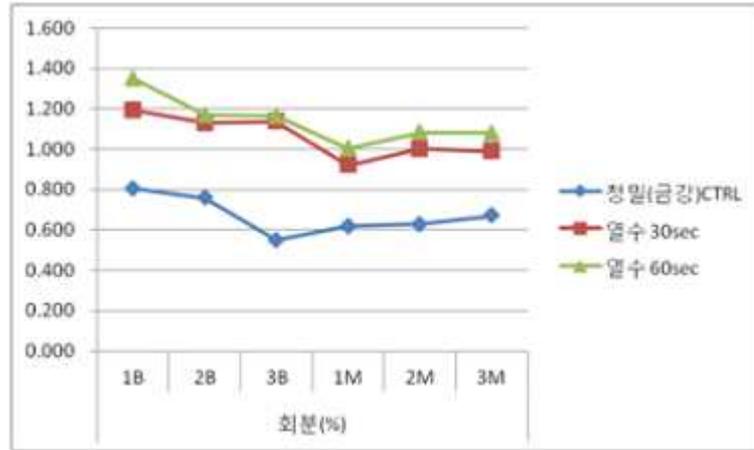


그림 3-3-53. 금강밀 청밀의 STOCK별 회분 분석(가식부)

(사) 분쇄 공정별 단백질 함량 변화

○ 단백질 함량은 비슷한 분포를 보임

표 3-3-81. 금강밀 청밀의 STOCK별 단백질 분석

원맥명(우리밀)	청밀(금강)CTRL	열수 30sec	열수 60sec
1B	10.33	11.29	11.92
2B	11.02	11.88	12.36
3B	11.31	12.01	12.32
1M	10.52	11.35	11.70
2M	10.46	11.01	11.62
3M	10.61	10.99	11.55
V분	11.31	11.65	12.07
말분	12.79	11.96	11.82
맥피	14.45	13.07	12.82

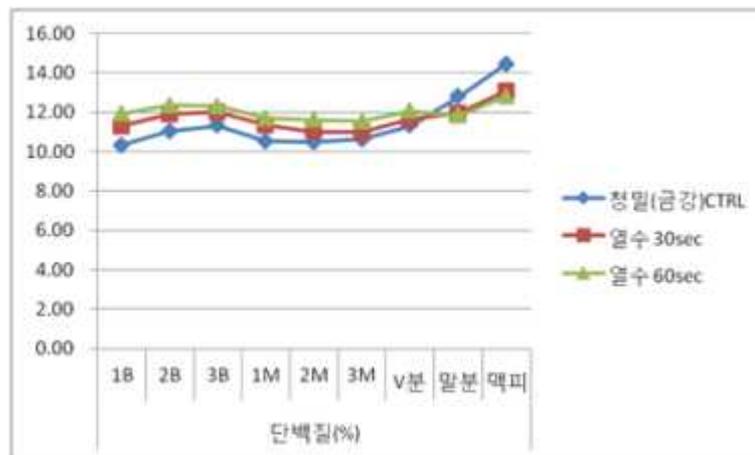


그림 3-3-54. 금강밀 청밀의 STOCK별 단백질 분석

(아) 분쇄 공정별 입도 변화

○ 입도 분포는 비슷한 경향을 보임

표 3-3-82. 금강밀 청밀의 STOCK별 입도 분석

원맥명(우리밀)	청밀(금강)CTRL	열수 30sec	열수 60sec	
입도(μm)	1B	76.19	80.14	80.13
	2B	61.94	73.42	82.55
	3B	72.07	82.88	93.95
	1M	91.09	92.02	102.40
	2M	70.90	72.36	87.47
	3M	75.07	77.54	95.08
	V분	113.70	131.60	136.10
	말분	598.00	460.00	430.30

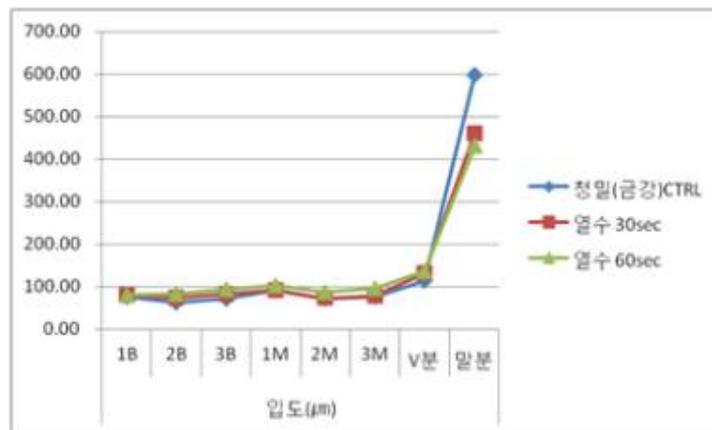


그림 3-3-55. 금강밀 청밀의 STOCK별 입도 분석

(자) 분쇄 공정별 백도 변화

○ 백도분포는 비슷한 경향을 보이며, 열수처리를 할수록 백도가 낮아지

표 3-3-83. 금강밀 청밀의 STOCK별 백도 분석

원맥명(우리밀)	청밀(금강)CTRL	열수 30sec	열수 60sec	
백도	1B	74.6	68.3	63.0
	2B	76.0	70.0	66.8
	3B	74.5	69.2	66.0
	1M	76.1	72.0	68.7
	2M	78.5	74.8	69.6
	3M	77.6	74.6	68.6
	V분	64.7	61.8	57.0
	말분	34.8	38.5	33.4
	맥피	20.10	22.30	22.60

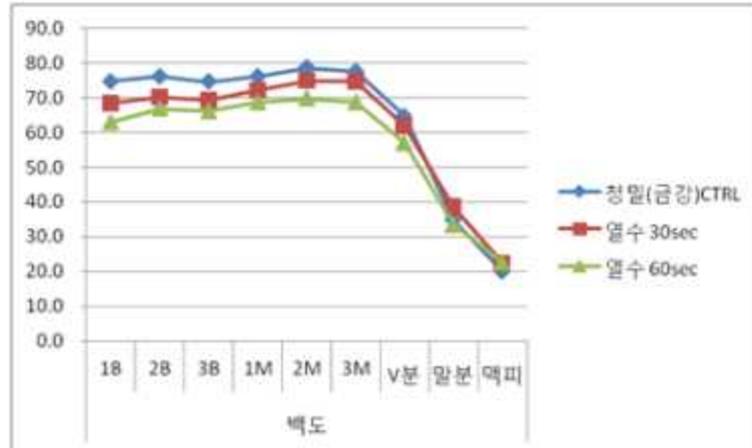


그림 3-3-56. 금강밀 청밀의 STOCK별 백도 분석

(4) 결론

- 열수처리 시간이 늘어날수록 밀가루의 성분 변화가 크게 나타나며, 통상적 관념에서의 품질 저하가 일어남

다. 백중밀, 청밀, 열수 처리 청밀의 제품 적용시 특성 비교

(1) 시료

(가) 우리밀 3종

- ① 백중밀(control)
- ② 청밀(백중밀)
- ③ 열수처리 청밀

(2) 제품 제조 방법

(가) 수제미의 제조

- ① 밀가루 200g에 물 120~130g을 넣어 충분히 반죽 후 비닐봉지에 싸서 20~30분 정도 숙성해 준다.
- ② 숙성된 반죽을 Pie Roller 를 이용하여 3mm 두께로 편다.
- ③ 가로 5cm 세로 5cm 크기로 잘라낸 후 끓는 육수에 넣어 6분간 조리해준다.

(나) 부침개의 제조

① 밀가루 100g에 물 160g을 넣어 충분히 섞어준다.

② 후라이팬에 반죽을 일정량 넣고 중불에서 2분간 익힌 후 뒤집어 2분 익힌다..

(3) 제품의 품질 분석

(가) Consistometer 측정

① Consistometer의 수평을 맞춘 후 반죽을 75g 넣어 일정 시간(30초) 후에 반죽이 흘러간 길이를 측정한다.

(4) 제품 품질 분석 결과

(가) 백중밀, 청밀, 열수처리 청밀의 수제비 적용 품질 비교

표 3-3-84. 청밀의 수제비 적용 실험 결과

구분		백중밀 CTRL	청밀 CTRL	청밀열수처리
가수량 (%)		55	55	70
반죽성	부드러움	◎	○	X
	탄성	○	◎	-
반죽사진				
작업성	부드러움	◎	○	X
	탄성	◎	◎	X
식감	부드러움	◎	○	-
	쫄깃함	○	◎	-
	이미/이취	X	X	-
제품사진				
관능총평 및 특이사항		<ul style="list-style-type: none"> - 백중밀 반죽은 부드럽고 탄력이 있는 반면, 청밀은 다소 강하고 질긴 반죽이 형성되고, 열수처리 청밀은 가수를 더하여도 단단하며 잘 뭉치지 않음 - 백중밀 수제비는 쫄깃하고 부드러운 식감이려, 청밀 수제비는 색은 진하나 이미 이취가 없으며 쫄깃한 식감임 - 열수처리 청밀은 반죽 형성이 되지 않아 수제비 불가 		

(나) 백중밀, 청밀, 열수처리 청밀의 부침개 적용 품질 비교

표 3-3-85. 청밀의 부침개 적용 실험 결과

구분		백중밀CTRL	청밀CTRL	청밀열수
가수량 (g)		160	160	360
Consistometer (cm)		7.5	7	4.5
외관	모양형성	★★★★★	★★★★☆	★
	색(노릿한 정도)	★★★★☆	★★★★★	★
	흡유(기름진 정도)	★★★	★★★	★
식감	쫄깃함	★★★	★★	★
	바삭함	★★★	★★☆	★
	씹힘성	★★★	★★	★
제품사진				
관능총평 및 특이사항		-. 백중밀 부침개는 쫄깃하고 바삭한 식감인 반면 청밀 부침개는 색은 노릿하나 무너지는 식감을 보임 -. 열수처리 청밀은 부침개 형성 불가		

(5) 백중밀, 청밀, 열수처리청밀의 제품 적용성 과제 수행 결론

- 백중밀은 수제비, 부침개에서 우수한 품질(반죽성, 식감, 외형)을 보였으며, 청밀은 백중밀에 비해 단단하고 질긴 식감이며 이미, 이취가 많지 않고 색이 진해 적합한 용도 모색이 필요함.
- 열수 처리 청밀은 반죽시 가수량이 많고 반죽 형성이 용이하지 않아 제품 적용에 적합하지 않음

다. 금강밀 청밀의 전밀 1차 분쇄 특성

(1) 실험 재료

(가) 금강밀 청밀 3종(동일 원맥을 분급조건을 달리하여 3종으로 분쇄함)

- ① 금강밀 청밀1차_900 (입도 大)
- ② 금강밀 청밀1차_1200 (입도 中)
- ③ 금강밀 청밀1차_1500 (입도 小)

(2) 실험 방법

(가) 원맥의 평가 (세부 Test 방법은 부록 참조)

○ 원맥의 평가는 앞서 기술한 가. 1차 전압처리조건별 밀의 분쇄 특성 분석 (2)방법 (나)원맥의 평가와 같은 방법으로 평가하였음

(나) 품질 분석

- ① 수분 : 시료속에 함유된 수분의 함량 측정 (%)
- ② 회분 : 시료를 태우고 남은 성분의 함량 측정 (%)
- ③ 단백질 : 시료 내에 함유된 단백질의 함량 측정 (%)
- ④ 입도 : 분말의 입자 크기 및 입자 분포를 측정 (μm)
- ⑤ 백도 : 분말의 흰 정도를 측정
- ⑥ Farino Gram : 일정 온도에서 반죽 교반시 Plasticity(可塑性), Mobility(移動性) 측정
- ⑦ Visco Gram : 밀가루 호화점도를 파악하여 Alpha-Amylase의 활성도를 측정
- ⑧ Extenso Gram : 반죽된 밀가루를 잡아당겨서 신장성과 저항도를 측정
- ⑨ 습부글루텐 : 밀가루에 물을 첨가하여 글루텐 형성 후 형성된 글루텐의 양 측정
- ⑩ 침강시험 : 밀가루를 지시약에 반응시켜 침강된 부피를 측정

(다) 시험 제분

○ 제분 특성을 파악하기 위하여 기류분쇄기 *를 이용, 3개의 분급 조건을 달리하여 Sample을 제조 (분급강도 900RPM, 1200RPM, 1500RPM)

* 기존 Roll-mill 제분설비는 Bran 부분을 벗겨내어 분리하는 공정으로 되어있어 전밀 제조가 어려우며, Bran 부위도 미세하게 분쇄할 수 있는 기류분쇄기를 전밀제조의 우선조건으로 검토함



그림 3-3-57. 기류분쇄기 (호소카와미크론社 제작, CJ제일제당 보유)

(3) 분석결과

(가) 원맥 분석 결과

- 금강밀 청밀의 원맥 분석 결과(표 3-3-86), 청밀은 일반 원맥 대비 낮은 F/N 및 백도를 보이며, 이는 밀이 덜 숙성되어 발생한 결과로 판단됨
- 통상적으로 강력계열 밀의 F/N의 경우 350 sec를 넘어야 신선한 밀로 평가를 받지만, 청밀의 경우에는 덜 숙성되고 효소가 많이 존재할 수 밖에 없어 F/N이 낮아 품질이 좋지 않다고 평가하기에는 어려움이 있음

표 3-3-86. 금강밀 청밀의 원맥분석 결과 및 일반 원맥과의 비교¹

구분		DNS ²	금강밀 ²	청밀
원맥	수분 (%) [*]	9.9 ^a	15.8 ^c	11.6 ^b
	회분 (%) ^{**}	1.58 ^b	1.43 ^a	1.57 ^b
	단백질 (%) [*]	13.8 ^c	11.71 ^a	12.27 ^b
	용중 (g) [*]	836 ^c	740 ^a	798 ^b
	상립 (%)	0.15 ^a	0.37 ^a	0.6 ^a
	천립중 (g) [*]	32.1 ^a	38.2 ^b	37 ^b
	F/N (sec) [*]	433 ^b	441 ^b	233 ^a
	입도 (μm)	205.1 ^a	194 ^a	200.2 ^a
	백도 ^{***}	54.7 ^b	55.9 ^b	49.4 ^a

¹ 2번 반복실험한 평균값

² DNS 및 금강밀 원맥은 1,2차년도 통계자료 활용

abc Column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임

, 시료가 p=0.001, p=0.01, p=0.05 수준에서 유의적인 차이가 있음

(나) 제분 분석 결과

- 금강밀 청밀의 전밀 분석 결과(표 3-3-87), 일반 Roll-mill 분쇄한 획분과는 큰 수치적 차이를 나타내었고, 전밀 분쇄조건별로는 분쇄 강도에 따른 입도 차이가 분명하게 나타났으며, 입도를 제외한 타 항목에서는 큰 수치적 차이가 발견되지 않았음
- 청밀 전밀의 분말 분석결과 Roll-mill로 분쇄한 시료 대비 회분, 단백질, 입도는 높은 수치를 나타내었으며, 백도의 경우 낮은 수치를 나타내었음
- 청밀 전밀의 Farinograph를 이용하여 분석한 흡수율의 경우 Roll-mill분쇄 시료 대비 약 10% 정도 높게 나타났으며 안정도는 감소하고 연화도는 증가하는 경향을 나타내었음, 이는 전밀 획분에 포함된 비 가식부(Bran 말분 등) 부위가 수치에 미치는 영향으로 보여짐

- 청밀 전밀의 Amylograph를 이용하여 분석한 최고점도의 경우 Roll-mill분쇄 시료 대비 12~13% 수준으로 매우 낮은 수치를 나타내었으며, 이 역시 전밀 획득에 포함된 비 가식부 부위가 전분질의 점도 발현에 영향을 미쳤기 때문으로 판단됨
- 청밀 전밀의 Extensograpp를 이용하여 분석한 신장도의 경우 Roll-mill 분쇄분 대비 감소하는 경향을, 저항력 및 최고저항은 증가하는 경향을 나타내었으며 청밀전밀의 반죽은 전반적으로 단단하고 신장성이 부족한 반죽이 형성됨을 유추할 수 있음

표 3-87. 금강밀 청밀의 전밀 분석 결과¹

구분		금강밀	청밀1차 _900	청밀1차 _1200	청밀1차 _1500	
기류 분쇄	분말	수분(%)*	9.4 ^a	11.9 ^d	11 ^c	10.4 ^b
		회분(%)*	0.569 ^a	1.4 ^b	1.48 ^c	1.48 ^c
		단백질(%)**	11.86 ^{ab}	11.76 ^a	11.81 ^a	11.96 ^b
		입도(μm)*	91.44 ^a	448.1 ^c	319.8 ^b	158.6 ^a
		백도*	79.7 ^b	61.6 ^a	62.9 ^a	63.7 ^a
	Farino	흡수율(%)*	56.2 ^a	65.9 ^b	65.7 ^b	68.2 ^b
		P/T ²	5.9 ^a	7.4 ^a	6.7 ^a	6.5 ^a
		안정도(min) ^{3,*}	9.6 ^b	4 ^a	4.8 ^a	4.4 ^a
		연화도(Bu) ^{4,*}	75 ^a	150 ^b	134 ^b	170 ^b
	Visco	최고점도(Bu)*	810 ^b	69 ^a	77 ^a	72 ^a
	Extenso	신장도(Cm) ^{5,*}	45분/135분	45분/135분	45분/135분	45분/135분
			26.6 ^b /25.7 ^b	9.5 ^a /9.2 ^a	9.1 ^a /8.3 ^a	10.8 ^a /9.8 ^a
		저항력(Bu)*	220 ^a /180 ^a	500 ^d /480 ^c	480 ^c /490 ^c	390 ^b /340 ^b
최고저항(Bu)*		380 ^a /280 ^a	500 ^b /480 ^c	480 ^b /490 ^c	390 ^a /340 ^b	

1 2번 반복실험한 평균값
 2 반죽이 최고 Bu를 나타내는 시간
 3 반죽이 500Bu를 유지하는 시간
 4 반죽시작 후 20분 시점에서 BU중앙값과 500과의 편차
 5 시작점부터 끝까지의 거리
 abc Column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임
 *,** 시료가 p=0.001, p=0.05 수준에서 유의적인 차이가 있음

(다) 침강도분석 및 습부글루텐 분석 결과

- 금강밀 청밀의 전밀의 침강도 및 습부글루텐 분석 결과(표 3-3-88) 기류분쇄 청밀의 경우 맥피가 많아 습부분석 Data의 신뢰성이 떨어지며, 침강시험의 경우 3개 전밀분쇄 시료 모두 기존 우리밀 밀가루 제품 대비 낮은 수치를 보임
- 통상적으로 침강도는 반죽의 물성 및 힘을 수치적으로 확인할 수 있는 간단하고 효율적인 방법으로 이용하고 있으며, 우리밀 고급제품 대비 절반 이하의 수치를 나타낸 부분은 청밀 전밀 분쇄 시료들의 반죽이 우리밀 고급 대비 잘 형성되지 않고 약하다는 것을 알 수 있음

- 습부글루텐 함량의 경우 밀가루 내에 순수 함유된 글루텐 함량을 추출하여 밀가루의 품질 특성을 규명해 낼 수 있는 방법이나, 청밀 전밀 분쇄 시료의 경우 맥피부분이 글루텐과 결합하여 정확한 수치 도출이 불가능하였음

표 3-88. 금강밀 청밀의 침강도, 습부글루텐 분석결과

구분		우리밀고급	청밀1차_900	청밀1차_1200	청밀1차_1500
기류 분쇄	침강도(ml)	43	16	15	22
					
	습부글루텐(%)	25.4	67.6*	81.0*	80.0*
					

* 맥피 성분들이 글루텐과 같이 응집되어 신뢰성 있는 수치 도출이 어려움

(4) 식빵 가공성 Test 결과

(가) 식빵 제품의 제조

- ① 식빵 제조 원료의 배합은 표 3-3-89과 같으며 직접법(straight dough method)으로 진행하였음. 반죽은 전 재료를 반죽기(HL200, Hobart, USA)에 투입하여 저속 2분, 중속 5분 반죽 후 유지 투입, 다시 저속 2분, 중속 5분, 고속 1분 반죽하여 글루텐을 완전히 형성시켰고, 완성된 반죽은 발효기(AU1X24V, PANEM, France)에서 반죽 온도와 상대습도를 $27\pm 1^{\circ}\text{C}$, 75%로 조정하여 1시간 발효시킨 후 꺼내 생지를 390g씩 분할함. 이 후 가스를 뺀 다음 성형하여 팬에 넣고 $38\pm 1^{\circ}\text{C}$, 상대습도 85% 2차 발효실에서 1시간 proofing 시킨 후, 예열된 전기 오븐(Deck Oven, MIWE, Germany)에 넣고 아랫불 210°C , 윗불 180°C 에서 30분간 진행함. 이 후 완성된 제품을 꺼내 실온(20°C)에서 90분 동안 냉각시킨 후 포장 백에 넣어 상온에서 보관하며 시료로 사용함

표 3-3-89. 식빵 원료 배합비

원료	배합비(%)	원료	배합비(%)
밀가루	100.0	설탕	7.0
물	60.0	버터	3.0
생이스트	3.0	소금	1.6

(나) 제품의 품질 분석

① 비용적 특성

- 빵의 무게는 저울로 측정하였으며, 부피는 Volume Scanner(VolScan Profier, Stable Micro Systems, USA)으로 측정한 후 비용적(cc/g)은 부피를 무게로 나누어 산출하였으며 3회 반복 측정하여 평균값을 사용함

② 조직감 측정

- 식빵의 조직감은 시료를 17 mm의 높이로 자른 후 Texture Analyzer(TA XT Plus, Stable Micro Systems, USA)를 이용하여 25 mm cylinder probe를 장착하고 시료를 2회 연속적으로 진행시켰을 때 얻어지는 force-time curve로부터 견고성(hardness), 응집성(cohesiveness), 탄력성(springiness), 씹힘성(chewiness), 복원성(resilience)을 측정하였으며, 분석 조건은 표 3-18과 같음

표 3-3-90. 조직감 측정 조건

T.A. Settings	TPA	
	식빵	단위
종 류		
Direction	Compression	
Load cell	10	kg
Probe(Cylinder)	25	mm
Sample height	17	mm
Preload/stress	5	gf
Preload/stress speed	2	mm/s
Compression rate	75	%
Test speed	2	mm/s
Wait time after first bite action	3	s

(다)청밀 전밀의 식빵 제조 결과

① 식빵제품의 제조 조건

- 청밀 전밀 분쇄분의 식빵 제조조건별 가공 특성을 표 3-3-91에 나타내었음. 전반적으로 대조군에 비해 믹싱 조건의 차이를 보임

: 대조구인 강력분과 비교하여 믹싱단계에서 물과 반죽에 섞이는 시간이 더 소요됨. 강력분의 경우 믹싱 저속 단계에서 거의 모든 원료가 섞여 반죽이 형성되나, 청밀 Sample들의 경우 저속단계에서 반죽형성이 되지 않음. 물과 원료들이 혼합되어 반죽이 치대지며 글루텐이 발전되는데, 청밀 Sample은 혼합이 잘 되지 않다보니 글루텐 발전이 원활치 않음. 믹싱 완료 후 청밀 Sample은 거칠고 군데 군데 찢어진 반죽을 보임

표 3-3-91. 청밀 1차 전밀 분쇄 밀의 식빵 제조 조건

구분	Control (강력)	청밀1차_900	청밀1차_1200	청밀1차_1500
배합(Baker's%)	밀가루100,설탕7,소금1.6,생이스트3,유지3,물60			
1차배합온도(°C)	26°C	26°C	26.3°C	26.1°C
성형시 반죽성 (신장성/끈적임/탄력)	5/4/4	2/3/2	3/3/2	2/3/2
370g분할 (신장성/끈적임/탄력)	5/4/4	2/2/2	2/2/2.5	2/2/2
2차발효 (팬높이까지의발효시간)	55분	도달못함 60분	도달못함 60분	도달못함 60분
믹싱 후 외관	부드러운 느낌의 빵 반죽 표면	수제비와 반죽유사	일반빵반죽보다 단단한느낌	표면찢어지고건조한 느낌
반죽특성	찰기 좋음 적당한신장성	단단하고 건조한 느낌		

② 기기분석

- 청밀 전밀 분쇄분의 식빵 제조조건별 기기분석 특성을 표 3-3-92에 나타내었음. 믹싱 후 대조군과 청밀의 경우 반죽표면이나 상태에서 유의적 차이를 보임
 - 육안으로도 반죽 색상이나 표면 느낌으로 대조군과 구별 가능하며 반죽의 벤치타임시에도 퍼지는 모습이나 부피에서 확연한 차이를 나타냄
 - 동일 발효시간에서 대조군 대비 발효가 미흡함
 - 제빵 후 1일차의 Hardness 측정결과, 대조군에 비해 높은 수치를 나타냄, 청밀 중에서는 1200 분쇄 Sample이 가장 낮은 수치를 보이거나 대조군 대비 유의차가 심함

표 3-3-92. 청밀 1차 전밀 분쇄 밀의 식빵 기기분석 결과¹

구분	Control	청밀1차_900	청밀1차_1200	청밀1차_1500	
질량(g)	345 ^a	349 ^a	346 ^a	340 ^a	
굽기손실률(%)	11.5 ^a	10.5 ^a	11.2 ^a	12.8 ^a	
Hardness	1일차*	499.08 ^a	3942.38 ^d	1830.42 ^b	2574.2 ^c

¹ 2번 반복실험한 평균값

abc Column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임

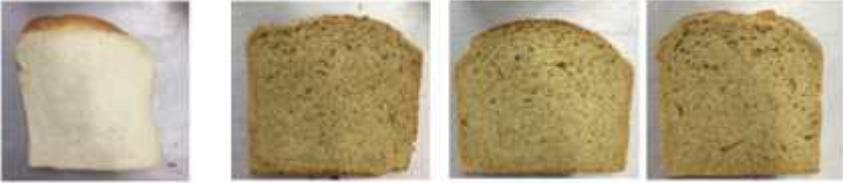
* 시료가 p=0.001 수준에서 유의적인 차이가 있음

③ 관능 분석

○ 청밀 전밀 분쇄분의 식빵 관능 특성을 표 3-3-93에 나타내었음

- 대조군은 촉촉하고 부드러운 식감을 보이나, 청밀은 딱딱하고 단단한 식감을 보임
- 대조군 대비 청밀의 내상 단면조직은 단단하게 뭉쳐있으며, 조직이 거칠게 형성되어있음

표 3-3-93. 청밀 1차 전밀 분쇄 밀의 식빵 관능분석 결과

구분	Control	청밀1차_900	청밀1차_1200	청밀1차_1500
외관	◎	X	△	X
반죽 후 외관	◎	△	△	△
조리 후 외관	◎	X	△	X
색상	◎	△	△	△
내상	◎	X	△	△
부드러움	◎	X	X	X
쫄깃함	◎	X	X	X
응집성	◎	X	△	△
맛(풍미)	◎	X	△	△
제품사진				

(5) 케익 가공성 Test 결과

(가) 케익 제품의 제조

- ① 각 원료를 표3-3-94와 같이 계량해준다
- ② 전란,정백,기포유화제를 믹서(Kitchen aid)에 넣고 저속 1단에서 1분간 믹싱한다
- ③ 전란과 정백이 잘 섞이면 고속 7단에서 6분간 믹싱한다
- ④ 중속 3단에서 체에 친 밀가루,소금,베이킹파우더를 2~3회에 나눠 천천히 섞어준다
- ⑤ 가루원료를 다 넣은 후 대두유를 섞어 반죽을 완료한다
- ⑥ 믹싱 완료된 반죽의 비중을 비중컵을 이용하여 측정한다
- ⑦ 케익 2호팬(직경 21cm)에 베이킹용 케익 떡지를 두른 후 400g씩 팬닝한다
- ⑧ 데크오븐에 넣고 오븐조건(상부/하부 180℃)을 맞춘 후 35분간 굽는다
- ⑨ 구워진 케익을 실온에서 60분간 냉각 후 포장하고 상온에 보관해준다

표 3-3-94. 케익 원료 배합비

원료	배합비(g)	원료	배합비(g)
밀가루	250	설탕	250
전란	420	버터	30
기포유화제	6	대두유	41
베이킹파우더	3.5	소금	3.5

(나) 제품의 품질 분석

① 비중 특성

- 케익반죽의 비중은 비중컵을 활용하여 물 대비의 무게 비율로 측정하였음

(다) 청밀 전밀의 케익 제조 결과

① 케익제품의 제조 조건

- 청밀 전밀 분쇄분의 케익시트 제조조건별 가공 특성을 표 3-95에 나타내었음. 대조군은 믹싱 완료 후 힘있고 윤기나며 Ribborn stage 반죽이 완성되나, 청밀1차_900의 경우 반죽의 비중과 상태는 대조군과 유사하나 약간 흐르는 특성을 보임, 청밀1차_1200/청밀1차_1500의 경우 반죽의 힘이 없고 흐르는 물성이 강함

표 3-3-95. 청밀 1차 전밀분쇄 밀의 케익 제조 조건

구분	Control (박력)	청밀1차_900	청밀1차_1200	청밀1차_1500
배합(Baker's%)	전란420 , 정백 250, 베이킹파우더 3.5, 소금3.5,기포유화제6,밀가루250,물50,식용유41			
비중	0.46	0.71	0.65	0.59
흐름성	3	4	4	5
반죽상태	좋음	약간 흐르는 물성	흐르는 물성	흐르는 물성

② 관능 분석

○ 청밀 전밀 분쇄분의 케익시트 제조조건별 가공 특성을 표 3-3-96에 나타내었음

- 대조군 대비 케익 외관의 부풀어 오르는 모양과 제품 색상의 차이가 발생함

: 대조군의 케익은 중앙이 약간 부풀어오른 부드러운 느낌의 케익인 반면, 청밀의 케익은 윗면이 평평하며 외관은 좀더 어두운 경향을 보임

- 케익 단면의 경우 대조군은 부슬거림이 덜하고 기공이 잘 열려있는 반면, 청밀의 경우 케익 단면의 부슬거림이 심함

- 대조군은 부드러운 식감을 보이는 반면, 청밀은 특유의 취(푹취,풀취)가 발생하며 관능시 끝맛에 씹슬한 맛이 강하게 올라오는 경향을 보임

표 3-3-96. 청밀 1차 전밀 분쇄 밀의 케익 Test 관능분석 결과

구분	Control	청밀1차_900	청밀1차_1200	청밀1차_1500
외관	○	△	△	X
부드러움	○	X	X	X
부슬거림	○	X	X	X
색상	○	△	△	△
맛(풍미)	○	X	X	X
제품사진				

(6) 수제비 가공성 Test 결과

(가) 수제비 제품의 제조

- ① 밀가루 200g에 물 120~130g을 넣어 충분히 반죽 후 비닐봉지에 싸서 20~30분 정도 숙성해 준다
- ② 숙성된 반죽을 Pie Roller 를 이용하여 3mm 두께로 편다
- ③ 가로 5cm 세로 5cm 크기로 잘라낸 후 끓는 옥수에 넣어 10분간 조리해준다

(나) 청밀 전밀의 수제비 제조 결과

① 수제비 제품의 제조 조건

○ 청밀 전밀 분쇄분의 수제비 제조조건별 가공 특성을 표 3-3-97에 나타내었음

- 물과 섞어 반죽하는데 소요되는 시간 및 물과 섞이는 상태에서 유의차를 보임
: 대조군의 경우 자연스럽게 물이 가루에 섞이며 반죽으로 뭉쳐지는 반면, 청밀의 경우 자연스럽게 뭉쳐지지 않아 반죽시간이 더 오래 걸리고 강한 힘이 들어감
- 대조군 대비 반죽의 신장성에서 유의차를 보임. 특히 수제비 반죽을 자를 때 탄력성과 신장성이 약해 끊어지는 경향을 보임
- 청밀 수제비의 색은 케익이나 식빵 가공성 테스트 시보다 좀 더 진하고 어두운 청녹색 색상을 보임

표 3-3-97. 청밀 1차 전밀분쇄 밀의 수제비 제조 조건

구분	Control (강력)	청밀1차_900	청밀1차_1200	청밀1차_1500
배합(Baker's%)	밀가루 100, 물 60			
반죽성	적정 (약간부드러움)	Hard, 탄성없음	Hard, 탄성없음	Hard, 탄성없음
반죽성 (신장성/끈적임/탄력)	4/3/4	1/2/1	2/2/1	1/2/1
작업성 (신장성/끈적임/탄력)	찰기 좋음 적당한신장성	신장성 없음	신장성 없음	신장성 없음

② 관능 분석

○ 청밀 전밀 분쇄분의 수제비 제조조건별 관능 특성을 표 3-3-98에 나타내었음

- 10분간 끓이게 되면 대조군은 투명하게 익어 쫄깃한 식감을 보여주며, 청밀은 익는데 시간이 더 소요되며 익은 후에도 끓어지며 뭉개지는 식감을 보임

표 3-3-98. 청밀 1차 전밀 분쇄 밀의 수제비 Test 관능분석 결과

구분		Control (우리밀고급)	청밀1차_900	청밀1차_1200	청밀1차_1500
외관	색상	★★★★★	★★	★★	★★
	반죽느낌	★★★★★	★	★	★
	반죽후외관	★★★★★	★	★★	★
	조리후외관	★★★★★	★	★	★
식감	부드러움	★★★★★	★	★★	★
	탄성	★★★★★	★	★	★
	쫄깃함	★★★★★	★	★	★
	응집성	★	★★★★★	★★★★	★★★★★
맛	맛(풍미)	★★★★★	★	★	★
관능평가 및 특이사항	<ul style="list-style-type: none"> - 청밀샘플 반죽들은 반죽시 신장성 및 탄력성이 현저히 떨어짐 - 반죽 초기시 물과 섞이는 정도가 우리밀과 비교하여 가수량이 더 필요 - 반죽뭉치는 느낌이나 겉표면에서 신장성 전혀 없음 - 신장성이 없다 보니 수제비 만들 때 늘어지면서 떨어지지 않고 뚝뚝 덩어리로 끓김 				
제품사진					

(7) 결론

- 통밀 분쇄 가능성 검증을 위해 별도 템퍼링 작업 없이 분쇄를 진행하였으며, 입자 크기별 제분특성 및 가공성 검증을 진행하고자 3가지 조건으로 분쇄를 진행하였음. 분급 강도를 강하게 하여 입자크기를 작게 만든 제품이 가공성, 식감 등에서 좋게 나타날 것으로 예상하였으나, 청밀1차_1200 조건이 가장 우수한 경향을 보였음

라. 금강밀 청밀의 전밀 2차 분쇄 특성

(1) 시료

(가) 금강밀 청밀 2종(동일 원맥을 분급조건을 달리하여 2종으로 분쇄함)

- ① 금강밀 청밀2차_1200 (입도 中)
- ② 금강밀 청밀2차_1500 (입도 小)

(2) 방법

(가) 원맥의 평가 (세부 Test 방법은 부록 참조)

- 원맥의 평가는 앞서 기술한 가. 백중밀 청밀의 열수처리 분쇄 특성 (2)방법 (가)원맥의 평가 와 같은 방법으로 평가하였음

(나) 품질 분석

- 원맥의 평가는 앞서 기술한 가. 백중밀 청밀의 열수처리 분쇄 특성 (2)방법 (나)품질 분석 과 같은 방법으로 평가하였음

(다) 시험 제분

- 제분 특성을 파악하기 위하여 분쇄 전날 Tempering 실시(목표 수분량만큼 가수,하여 24시간동안 보관), 기류분쇄기를 이용, 2개의 분급 조건을 달리하여 Sample을 제조(분급강도 1200RPM, 1500RPM)

(3) 분석결과

(가) 원맥 분석 결과

- 청밀의 원맥 분석 결과는 가. 금강밀 청밀의 전밀 1차 분쇄 특성 분석 (3)분석결과 (가)원맥 분석 결과 와 같음

(나) 제분 분석 결과

- 2차 금강밀 청밀의 전밀 분석 결과(표 3-3-99), 일반 Roll-mill 분쇄한 흰분과는 큰 수치적 차이를 나타내었고, 전밀 분쇄조건별로는 분쇄 강도에 따른 입도 차이가 분명하게 나타났으며, 입도를 제외한 타 항목에서는 큰 수치적 차이가 발견되지 않았음
- 청밀 전밀의 분말 분석결과 Roll-mill로 분쇄한 시료 대비 회분, 입도는 높은 수치를 나타내었으며, 백도의 경우 낮은 수치를, 단백질의 경우 비슷한 수치를 나타내었음
- 청밀 전밀의 Farinograph를 이용하여 분석한 흡수율의 경우 Roll-mill분쇄 시료 대비 약 10% 정도 높게 나타났으며 안정도는 감소하고 연화도는 증가하는 경향을 나타내었음, 이는 전밀 흰분에 포함된 비 가식부(Bran 말분 등) 부위가 수치에 미치는 영향으로 보여짐
- 청밀 전밀의 Amylograph를 이용하여 분석한 최고점도의 경우 Roll-mill분쇄 시료 대비 16~17% 수준으로 매우 낮은 수치를 나타내었으나 1차 전밀 분쇄 시료대비는 소폭 증가한 경향을 보임, 이 역시 전밀 흰분에 포함된 비 가식부 부위가 전분질의 점도 발현에 영향을 미쳤기 때문으로 판단됨
- 청밀 전밀의 Extensograpp를 이용하여 분석한 신장도의 경우 Roll-mill 분쇄분 대비 감소하는 경향을, 저항력 및 최고저항은 증가하는 경향을 나타내었으며 청밀전밀의 반죽은 전반적으로 단단하고 신장성이 부족한 반죽이 형성됨을 유추할 수 있음

표 3-3-99. 금강밀 청밀의 전밀 분석 결과

구분		금강밀	청밀2차_1200	청밀2차_1500	
기류 분쇄	분말	수분(%)*	9.4 ^a	12.3 ^b	11.4 ^c
		회분(%)*	0.569 ^a	1.52 ^b	1.55 ^b
		단백질(%)	11.86 ^a	11.88 ^a	11.85 ^a
		입도(μm)**	91.44 ^a	305.5 ^b	170.6 ^c
		백도*	79.7 ^b	63.1 ^a	62.9 ^a
	Farino	흡수율(%)**	56.2 ^a	68.5 ^b	68.1 ^b
		P/T ²	5.9 ^a	7.7 ^a	8.2 ^a
		안정도(min) ^{3,***}	9.6 ^b	5 ^a	4.8 ^a
		연화도(Bu) ^{4,***}	75 ^a	124 ^b	136 ^b
	Visco	최고점도(Bu)*	810 ^b	145 ^a	127 ^a
	Extenso	신장도(Cm) ^{5,*}	45분/135분	45분/135분	45분/135분
			26.6 ^b /25.7 ^b	10.4 ^a / 9.8 ^a	10.0 ^a / 8.8 ^a
		저항력(Bu)*	220 ^a /180 ^a	520 ^b / 540 ^b	540 ^b / 520 ^b
		최고저항(Bu)*	380 ^a /280 ^a	530 ^b / 550 ^b	550 ^b / 520 ^b

1 2번 반복실험한 평균값
 2 반죽이 최고 Bu를 나타내는 시간
 3 반죽이 500Bu를 유지하는 시간
 4 반죽시작 후 20분 시점에서 BU중앙값과 500과의 편차
 5 시작점부터 끝까지의 거리
 abc Column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임
 , 시료가 p=0.001, p=0.005, p=0.01 수준에서 유의적인 차이가 있음

(다) 침강도분석 및 습부글루텐 분석 결과

- 2차 금강밀 청밀 전밀의 침강도 및 습부글루텐 분석 결과(표 3-3-100) 2차 기류분쇄 청밀의 경우 맥피가 많아 습부분석 Data의 신뢰성이 떨어지며, 침강시험의 경우 2개 전밀분쇄 시료 모두 기존 우리밀 밀가루 제품 대비 낮은 수치를 보임
 - 통상적으로 침강도는 반죽의 물성 및 힘을 수치적으로 확인할 수 있는 간단하고 효율적인 방법으로 이용하고 있으며, 우리밀 고급제품 대비 절반 이하의 수치를 나타낸 부분은 청밀 전밀 분쇄 시료들의 반죽이 우리밀 고급 대비 잘 형성되지 않고 약하다는 것을 알 수 있음
 - 습부글루텐 함량의 경우 밀가루 내에 순수 함유된 글루텐 함량을 추출하여 밀가루의 품질 특성을 규명해 낼 수 있는 방법이나, 청밀 전밀 분쇄 시료의 경우 맥피부분이 글루텐과 결합하여 정확한 수치 도출이 불가능하였음

표 3-3-100. 금강밀 청밀의 침강도, 습부글루텐 분석결과

구분		우리밀고급	청밀2차_1200	청밀2차_1500
기류 분쇄	침강도 (ml)	43	14	24
				
	습부글루텐 (%)	25.4	66.0*	62.2*
				

* 맥피 성분들이 글루텐과 같이 응집되어 신뢰성 있는 수치 도출이 어려움

(4) 식빵 가공성 Test 결과

(가) 식빵 제품의 제조

- 식빵 제품의 제조는 가. 금강밀 청밀의 전밀 1차 분쇄 특성 분석 4)식빵 가공성 Test 결과 가)식빵 제품의 제조와 같음

(나) 제품의 품질 분석

- 제품의 품질 분석은 가. 금강밀 청밀의 전밀 1차 분쇄 특성 분석 4)식빵 가공성 Test 결과 나)제품의 품질 분석과 같음

(다) 청밀 전밀의 식빵 제조 결과

① 식빵제품의 제조 조건

- 2차 청밀 전밀 분쇄분의 식빵 제조조건 가공 특성을 표 3-3-101에 나타내었음
 - 대조군 강력분과 국산밀 제품의 경향을 비교하기 위하여 시판중인 우리밀통밀가루(우리밀 통밀 영양 가득 곱게 빻은 밀가루,CJ제일제당)를 함께 비교함
 - 대조군과 우리밀통밀가루의 경우 저속에서 반죽형성이 되는 반면, 청밀은 여전히 반죽형성이 미흡함. 반죽 완료 후 대조군의 외관은 표면이 부드럽고 매끄러운 반면, 청밀의 경우 거칠고 곳곳에 찢어진 부분이 보임. 건조하고 단단한 느낌의 반죽으로 신장성과 탄력이 전혀 보이지 않음

표 3-3-101. 청밀 2차 전밀 분쇄 밀의 식빵 제조 조건

구분	Control (강력)	우리밀 통밀가루	청밀2차_1200	청밀2차_1500
배합(Baker's%)	밀가루100,설탕7,소금1.6,생이스트3,유지3,물60			
1차배합온도(°C)	28.9°C	27.9°C	27.5°C	27.7°C
성형시반죽성 (신장성/끈적임/탄력)	5/4/4	4/3/4	3/3/2	2/3/2
370g분할 (신장성/끈적임/탄력)	5/4/4	4/3/4	1/2/1	1/2/1
2차발효 (팬높이까지의발효시간)	55분	60분	도달못함 60분	도달못함 60분
믹싱후 외관	부드러운 느낌의 빵 반죽 표면	부드러운 느낌의 빵 반죽 표면	일반빵반죽보다 단단한느낌	표면찢어지고건조 한느낌
반죽특성	찰기 좋음 적당한신장성	신장성 적당함	단단하고 건조함	

② 기기분석

○ 2차 청밀 전밀 분쇄분의 식빵 기기분석 특성을 표 3-3-102에 나타내었음

- 청밀의 경우 발효시간을 더 주어도 더 이상 부피가 증가하지 않으며, 60분 이상시 과발효 증상 우려되어 60분에서 2차 발효 종료함
- 굽기손실률의 경우 청밀2차_1500의 손실률이 낮게 나타나나 기본 부피 및 비용적 자체가 미흡하기 때문에 큰 의미를 부여하기 어려움

표 3-3-102. 청밀 2차 전밀 분쇄 밀의 식빵 기기분석 결과¹

구분	Control (강력)	우리밀 통밀가루	청밀2차_1200	청밀2차_1500
질량(g)	344.61 ^a	349.15 ^a	348.75 ^a	364.89 ^a
부피(ml)*	1643 ^d	1471 ^c	1072 ^b	741 ^a
굽기손실률(%)	11.63 ^a	10.47 ^a	10.57 ^a	6.43 ^a
비용적(ml/g)*	4.32 ^d	3.67 ^c	2.82 ^b	1.95 ^a

¹ 2번 반복실험한 평균값

abc Column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임

* 시료가 p=0.001 수준에서 유의적인 차이가 있음

③ 관능 분석

○ 2차 청밀 전밀 분쇄분의 식빵 관능 특성을 표 3-3-103에 나타내었음

- 대조군은 부드럽고 쫄깃한 식감인 반면, 청밀의 경우 딱딱하고 끊어지는 식감을 보임. 제품의 외형에서도 큰 차이를 보이며 식감에서 가장 큰 차이를 나타냄. 시판 우리밀 통밀가루도 식감은 대조군과 유사하며 비용적 및 부피에서는 조금 미흡한 경향을 보임

표 3-3-103. 청밀 2차 전밀 분쇄 밀의 식빵 관능분석 결과

구분	Control (강력)	우리밀 통밀가루	청밀2차_1200	청밀2차_1500
외관	◎	○	X	X
반죽후외관	◎	○	X	X
조리후외관	◎	○	X	X
색상	◎	○	X	X
내상	◎	○	X	X
부드러움	◎	○	X	X
쫄깃함	◎	○	X	X
응집성	◎	○	X	X
맛(풍미)	◎	○	△	△

제품사진



(5) 케익 가공성 Test 결과

(가) 케익 제품의 제조

- 케익 제품의 제조는 다. 금강밀 청밀의 전밀 1차 분쇄 특성 분석 (5)케익 가공성 Test 결과 (가)케익 제품의 제조와 같음

(나) 제품의 품질 분석

- 제품의 품질 분석은 다. 금강밀 청밀의 전밀 1차 분쇄 특성 분석 (5)케익 가공성 Test 결과 (나)제품의 품질 분석과 같음

(다) 청밀 전밀의 케익 제조 결과

① 케익제품의 제조 조건

- 2차 청밀 전밀 분쇄분의 케익 제조 조건별 가공 특성을 표 3-3-104에 나타내었음

- 대조군 대비 청밀 제품의 비중이 높게 형성되며 흐르는 물성이 강하게 나타남

표 3-3-104. 청밀 2차 전밀분쇄 밀의 케익 제조 조건

구분	Control (박력)	우리밀 통밀가루	청밀2차_1200	청밀2차_1500
배합(Baker's%)	전란420 , 정백 250, 베이킹파우더 3.5, 소금3.5,기포유화제6,밀가루250,물50,식용유41			
비중	0.47	0.59	0.68	0.55
반죽성 (흐름성)	3	3	5	5
반죽상태	반죽힘있고 적정	약간 흐르는 물성	흐르는 물성	흐르는 물성

② 관능 분석

- 2차 청밀 전밀 분쇄분의 케익 제조 조건별 관능 특성을 표 3-3-105에 나타내었음

- 대조군은 부드러운 식감을 보이나, 청밀의 경우 딱딱한 식감을 보이며 입안에서 응집성이 강해져 목 넘김이 좋지 않음

표 3-3-105. 청밀 2차 전밀 분쇄 밀의 케익 Test 관능분석 결과

구분	Control (박력)	우리밀 통밀가루	청밀2차_1200	청밀2차_1500
외관	◎	○	△	△
부드러움	◎	○	X	X
부슬거림	◎	○	X	X
색상	◎	○	△	△
맛(풍미)	◎	○	△	△
제품사진				

(6) 결론

- 템퍼링 진행 후 분쇄 시 좀 더 원활한 분쇄 및 고른 입도 분포가 나타날 것으로 기대했으나 실제 테스트 결과 큰 유의차는 나타나지 않았음. 템퍼링보다는 분쇄 후 껍질이나 입자가 큰 가루를 걸러줄 수 있는 체가 필요한 것으로 판단됨

마. 금강밀 청밀의 전밀 3차 분쇄 특성

(1) 시료

(가) 금강밀 청밀 2종(경북 예천의 우리밀에 영농조합법인에서 분쇄)

- ① 금강밀 청밀3차_2014 (2014년산 청밀)
- ② 금강밀 청밀3차_2015 (2015년산 청밀)

(2) 방법

(가) 원맥의 평가 (세부 Test 방법은 부록 참조)

- 원맥의 평가는 앞서 기술한 가. 백중밀 청밀의 열수처리 분쇄 특성 (2)방법 (가)원맥의 평가 와 같은 방법으로 평가하였음

(나) 품질 분석

- 원맥의 평가는 앞서 기술한 가. 백중밀 청밀의 열수처리 분쇄 특성 (2)방법 (나)품질 분석 과 같은 방법으로 평가하였음

(다) 시험 제분

- ① 제분 특성을 파악하기 위하여 분쇄 경북 예천에 위치한 우리밀에 영농조합법인의 기류분쇄기를 이

용, Sample 제조 (Pilot 공정이 아닌 실제 제품 생산 공정으로 시프터(80,50 mesh)가 구비되어 품질 저하를 유도하는 큰 맥피들을 분리 가능, 사전 도정 공정이 있어 맥피 걸부분 제거 가능)



그림 3-3-58. 기류분쇄기 (신영하이텍社 제작, 우리밀에 영농조합법인 보유)

(3) 분석결과

(가) 원맥 분석 결과

○ 금강밀 청밀의 3차 전밀 분석 결과를 표 3-3-106에 나타내었음

- 2014년, 2015년 청밀의 경우 도정 전/후의 회분 및 단백질 수치가 감소하였음

표 3-3-106. 금강밀 청밀의 원맥분석 결과

구분		청밀3차_2014	청밀3차_2015
원맥	수분 (%) - 도정 전	12.2	11.5
	회분 (%) - 도정 전	1.47	1.74
	단백질 (%) - 도정 전	12.23	11.05
	백도 - 도정 전	55.6	43.2
	수분 (%) - 도정 후	12.2	11.3
	회분 (%) - 도정 후	1.17	1.45
	단백질 (%) - 도정 후	11.88	10.75
	백도 - 도정 후	65.1	52.5

(나) 제분 분석 결과

○ 금강밀 청밀의 3차 전밀 분석 결과를 표 3-3-107에 나타내었음

- 14년도 청밀과 15년도 청밀 분쇄시 입도 차이가 발생하며, 단백질 및 회분에서도 일부 차이를 보임. 이는 연간 작물인 밀의 특성상 재배 및 생육 조건의 차에서 발생한 것으로 보임

표 3-3-107. 금강밀 청밀의 전밀 3차분쇄 분석 결과

구분		청밀3차_2014	청밀3차_2015	
기류 분쇄	분말	수분(%)	10.00	9.50
		회분(%)	1.36	1.46
		단백질(%)	13.51	11.10
		입도(μm)	44.07	114.60
		백도	75.40	62.00
	Farino	흡수율(%)	73.10	66.40
		P/T*	8.20	7.50
		안정도(min)**	5.20	10.10
		연화도(Bu)***	0.00	36.00
	Visco	최고점도(Bu)	292.00	76.00
	Extenso	신장도(Cm)****	45분/135분	45분/135분
			104 / 96	39 / 34
		저항력(Bu)	380 / 440	450 / 0
		최고저항(Bu)	550 / 530	600 / 640

* P/T : 반죽이 최고 Bu를 나타내는 시간
 ** 안정도 : 반죽이 500Bu를 유지하는 시간
 *** 연화도 : 반죽시작 후 20분 시점에서 BU증양값과 500과의 편차
 **** 신장도 : 시작점부터 끝까지의 거리

(4) 식빵 가공성 Test 결과

(가) 식빵 제품의 제조

- 식빵 제품의 제조는 다. 금강밀 청밀의 전밀 1차 분쇄 특성 분석 (4)식빵 가공성 Test 결과 (가)식빵 제품의 제조와 같음

(나) 제품의 품질 분석

- 제품의 품질 분석은 다. 금강밀 청밀의 전밀 1차 분쇄 특성 분석 (4)식빵 가공성 Test 결과 (나)제품의 품질 분석과 같음

(다)청밀 전밀의 식빵 제조 결과

① 식빵제품의 제조 조건

- 3차 청밀 전밀 분쇄분의 식빵 제조조건별 가공 특성을 표 3-3-108에 나타내었음. 대조군 대비 15년산 샘플의 경우 믹싱과 발효에서 확연한 차이를 나타냄, 14년도 샘플의 경우 믹싱이 수월하지 않

으며, 반죽이 매우 건조함

표 3-3-108. 청밀 3차 전밀 분쇄 밀의 식빵 제조 조건

구분	Control(강력)	청밀3차_2014	청밀3차_2015
배합(Baker's%)	밀가루100,설탕7,소금1.6,생이스트3,유지3,물60		
1차배합온도(°C)	26°C	26°C	26.3°C
성형시반죽성 (신장성/끈적임/탄력)	5/4/4	2/2/3.5	2/2/3.5
300g분할 (신장성/끈적임/탄력)	5/4/3	2/2/2	2/2/1
2차발효 (팬높이까지의발효시간)	50분	도달못함 60분	도달못함 60분

② 기기분석

- 3차 청밀 전밀 분쇄분의 식빵 기기분석 특성을 표 3-3-109에 나타내었음. 대조군 대비 청밀 제품들의 부피 및 비용적이 미흡하게 나타남

표 3-3-109. 청밀 3차 전밀 분쇄 밀의 식빵 기기분석 결과¹

구분	Control(강력)	청밀3차_2014	청밀3차_2015
질량(g)*	326.37 ^a	347.26 ^b	355.4 ^b
부피(ml)**	1429 ^c	1031 ^b	432 ^a
굽기손실률(%)*	11.79 ^b	11 ^a	8.9 ^a
비용적(ml/g)**	4.38 ^c	2.97 ^b	1.22 ^a

¹ 2번 반복실험한 평균값

abc Column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임

, 시료가 p=0.005, p=0.001 수준에서 유의적인 차이가 있음

③ 관능 분석

- 3차 청밀 전밀 분쇄분의 식빵 관능 특성을 표 3-3-110에 나타내었음. 대조군은 부드러운 식감을 보이지만, 청밀3차_2014의 경우 약간 딱지는 식감, 청밀3차_2015의 경우 입안에서 뭉개지는 식감을 보임. 특유의 풀취가 여전히 강하게 나타나며 뒷맛에 쓴맛이 나타남.

표 3-3-110. 청밀 3차 전밀 분쇄 밀의 식빵 관능분석 결과

구분	Control(강력)	청밀3차_2014	청밀3차_2015
외관	◎	X	X
반죽후외관	◎	X	X
조리후외관	◎	X	X
색상	◎	△	X
내상	◎	X	X
부드러움	◎	X	X
쫄깃함	◎	X	X
응집성	◎	X	X
맛(풍미)	◎	X	X
제품사진			

(5) 케익 가공성 Test 결과

(가) 케익 제품의 제조

- 케익 제품의 제조는 다. 금강밀 청밀의 전밀 1차 분쇄 특성 분석 (5)케익 가공성 Test 결과 (가)케익 제품의 제조와 같음

(나) 제품의 품질 분석

- 제품의 품질 분석은 다. 금강밀 청밀의 전밀 1차 분쇄 특성 분석 (5)케익 가공성 Test 결과 (나)제품의 품질 분석과 같음

(다)청밀 전밀의 케익 제조 결과

① 케익제품의 제조 조건

- 3차 청밀 전밀 분쇄분의 케익 제조 조건 가공 특성을 표 3-3-111에 나타내었음

- 청밀제품의 비중은 대조군 대비 무거운 경향을 보임

표 3-3-111. 청밀 3차 전밀분쇄 밀의 케익 제조 조건

구분	박력1등	청밀3차_2014	청밀3차_2015
배합(Baker's%)	전란 420 , 정백 250, 베이킹파우더 3.5, 소금3.5,기포유화제60,밀가루250,물50,식용유41		
비중	0.47	0.58	0.60
반죽성(흐름성)	4	3	2
반죽상태	매끈한 반죽	반죽양호	반죽양호

② 관능 분석

○ 3차 청밀 전밀 분쇄분의 케익 관능 특성을 표 3-3-112에 나타내었음

- 이전 청밀 전밀 1,2차 분쇄제품 대비 외관의 부풀어 오르는 정도가 균일하고 개선된 모습을 보임
- 청밀3차_2014 제품의 경우 1,2차 분쇄제품 대비 외관 및 식감에서 품질이 많이 개선되었으나 대조군 대비 표면의 색이 약간 짙게 발생하고 부슬거림이 심함

표 3-3-112. 청밀 3차 전밀 분쇄 밀의 케익 Test 관능분석 결과

구분	박력1등	청밀3차_2014	청밀3차_2015
외관	◎	○	○
부드러움	○	△	X
부슬거림	○	△	△
색상	○	△	X
맛(풍미)	○	△	X
제품사진			

(6) 압연면 가공성 Test 결과

(가) 면 제품의 제조

- ① 각 원료를 표 3-3-113와 같이 계량 후 반죽해준다
- ② 반죽을 제면기의 Roller를 이용하여 원통 모양의 반죽 덩어리로 만들어 준다
- ③ 압착된 반죽을 비닐로 밀봉 후 상온에서 2시간 숙성시켜준다

- ④ 원통모양의 반죽을 4cm정도 두께로 평평하게 눌러주고 제면기 Roller에 투입하여 면대를 형성한다
- ⑤ 형성된 면대를 압연 Roller를 이용하여 압연해준다
- ⑥ 면대를 절출기를 이용하여 절출 후 면에 덧가루를 뿌려준다
- ⑦ 절출된 면 200g을 끓는물에 6.5분정도 삶아준다

표 3-3-113. 면 배합비

원료	배합비(%)	원료	배합비(%)
밀가루	100	식염수*(5보오메)	49

* 식염수 함량은 제품의 반죽 정도에 따라 일부 변동됨

(나) 제품의 품질 분석

① 색도 분석

- 면대의 색도는 두께 0.4cm의 면대를 제조하여, 불특정부위 3군데를 미놀타 색도계를 이용하여 측정하였음

(다)청밀 전밀의 압연면 제조 결과

① 압연면의 제조 조건

- 3차 청밀 전밀 분쇄분의 압연면 제조 조건 가공 특성을 표 3-3-114에 나타내었음

- 대조군 대비 청밀의 반죽은 좀 더 강한 힘이 필요하며 반죽 형성에 오랜 시간이 소요됨. 청밀 반죽은 단단하고 건조한 특징을 보임

표 3-3-114. 청밀 3차 전밀분쇄 밀의 암연면 제조 조건

구분	우리밀 고급	청밀3차_2014	청밀3차_2015
배합	밀가루500,물200	밀가루500,물288	밀가루500,물300
공정	 <p>믹싱 -> 숙성 -> 면대형성 -> 압연 -> 절출</p>		
부드러움	적정(부드러움)	Hard	Hard
탄성	적정	탄성없음	탄성없음
반죽성 (신장성/끈적임/탄력)	4/2/3.5	2/2/2.5	2/2/2
작업성	찰기 좋음, 적당한 신장성	반죽 잘 안 됨	반죽 찢어짐
면 삶는 시간	6분30초	6분30초	6분30초
가공성평가 및 특이사항	<p>-청밀의 작업성 안 좋고 반죽 치달 때 많은 힘들어감 -면을 끓일 때 용출의 느낌이 조금 다름 -6분30초 끓인 결과 약간 덜익은 느낌이 남</p>		

② 면대 색상 분석

○ 3차 청밀 전밀 분쇄분의 면대 색상 분석을 표 3-3-115에 나타내었음

- 대조군 대비 어두운 색상을 나타내며, 청밀3차_2015 샘플이 가장 어두운 경향을 보임

표 3-3-115. 청밀 3차 전밀분쇄 밀의 압연 면대 색상 분석¹

구분	우리밀 고급	청밀3차_2014	청밀3차_2015
공정			
조건	백도 측정용 면대 두께 0.4cm		
반죽사진			
L*	82.45 ^c	74.93 ^b	68.69 ^a
a*	-0.6 ^b	0.83 ^c	-4.87 ^a
b*	22.39 ^b	21.61 ^a	25.18 ^c
평가 및 특이사항	면발에서의 색상 차이는 밝기 차이가 있음		

¹ 3번 반복실험한 평균값
abc Column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임
* 시료가 p=0.001 수준에서 유의적인 차이가 있음

③ 관능 분석

○ 3차 청밀 전밀 분쇄분의 압연면 관능 특성을 표 3-3-116에 나타내었음

- 대조군의 경우 약간 Hard하나 쫄깃한 특성을 나타내며 청밀의 경우 조리 후에도 어두운 색상 및 특유의 쓴맛 특성을 나타내며 면발이 딱딱 끊어짐

표 3-3-116. 청밀 3차 전밀 분쇄 밀의 압연면 관능분석 결과

구분		우리밀 고급	청밀3차_2014	청밀3차_2015
외관		★★★★★	★★★★★	★★★★★
식감	씹힘성	★★★★	★★	★
	쫄깃함	★★★★	★★	★
	부드러움	★★★★	★★	★
외관	색상	★★★★	★★★	★★★
	맛(풍미)	★★★★★	★★	★★
제품사진				
관능평가 및 특이사항		-청밀제품은특유의맛과색이조리후에도지속됨 -식감은뚝뚝끓어지는경향이강함 -청밀제품은반죽의가수량및끓이는시간들이새롭게새팅되어야함		

(7) 압출면 가공성 Test 결과

(가) 면 제품의 제조

- ① 각 원료를 표 3-3-117과 같이 계량 후 반죽해준다
- ② 반죽을 제면기의 Roller를 이용하여 원통 모양의 반죽 덩어리로 만들어 준다
- ③ 압착된 반죽을 비닐로 밀봉 후 상온에서 2시간 숙성시켜준다
- ④ 숙성된 반죽을 압출기에 넣어 뽑아 면을 만들어준다.
- ⑤ 면 200g을 끓는물에 8분정도 삶아준다

표 3-3-117. 면 배합비

원료	배합비(%)	원료	배합비(%)
밀가루	100	식염수 (5보오메)	49

(나) 청밀 전밀의 압출면 제조 결과

① 압출면의 제조 조건

○ 3차 청밀 전밀 분쇄분의 압출면 제조 조건 가공 특성을 표 3-118에 나타내었음

- 청밀의 경우 가수율을 높이고 반죽과정에서 주의를 기울이면 면대 제조는 가능하나, 작업성이 매우 뛰어나지는 않음

표 3-3-118. 청밀 3차 전밀분쇄 밀의 압출면 제조 조건

구분	우리밀 고급	청밀3차_2014	청밀3차_2015
배합	밀가루500,물200	밀가루500,물288	밀가루500,물300
공정	 <p>믹싱 → 숙성 → 압출</p>		
부드러움	적정 (부드러움)	Hard	Hard
탄성	○	X	X
반죽성 (신장성/끈적임/탄력)	○	△	X
작업성	○	△	X
면 삶는 시간	8분	8분	8분
가공성평가 및 특이사항	-청밀의작업성안좋고반죽치델때많은힘들어감 -면을끓일 때 용출의 느낌이 조금 다름 -6분30초끓인결과 약간 덜익은느낌이 남		

② 관능 분석

○ 3차 청밀 전밀 분쇄분의 압출면 관능 특성을 표 3-3-119에 나타내었음

- 청밀3차_2015의 경우 딱딱 끊어지는 식감을 나타내며, 고유의 쓴맛이 나타남. 청밀3차_2014의 경우 1,2차 분쇄 샘플 대비 부드러우나, 일부 끊어지는 특성을 보임

표 3-3-119. 청밀 3차 전밀 분쇄 밀의 압출면 관능분석 결과

구분		우리밀 고급	청밀3차_2014	청밀3차_2015
외관		★★★★★	★★★★★	★★★★★
식감	씹힘성	★★★★★	★★	★
	졸깃함	★★★★★	★★	★
	부드러움	★★★★★	★★	★
외관	색상	★★★★★	★★★	★★★
	맛(풍미)	★★★★★	★★	★★
제품사진				
평가 및 특이사항		soft하며 졸깃한 식감 양호	Soft하며 졸깃한 식감 보통(씹었을 시 다소 끊어지는 식감)	삶은 후 면이 전체가 다 끊어지며 고유의 향이 발생 (풀 냄새) 식감은 Soft하며 졸깃한 식감 미흡함.(씹었을 시 뭉개져버림)

(8) 결론

○ 시프터가 구비된 기기로 분쇄 Test 진행 결과, 기존대비 물성 및 가공성에서 개선된 효과를 보임(청밀3차_2014), 청밀3차_2015의 경우 숙성도가 청밀3차_2014대비 미흡하고 물성에 차이를 보였으며, 가공성은 더 미흡하게 나타남

바. 청밀 전밀 분쇄 테스트 결론

○ 청밀의 3차례에 걸친 제분 결과, 시프터가 구비된 제분 설비에서 분쇄시 품질에 있어 개선된 효과를 보였음

- 발효빵류 적용 결과, 글루텐의 함량과 질이 품질에 미치는 영향이 매우 커서 청밀로는 제조에 적합하지 않음. 품질 개선 및 제품 적용을 위해서는 프리믹스화가 필요함
- 비발효빵류 적용결과 글루텐의 영향이 상대적으로 적긴 하나, 청밀 제품 사용시 식감이 딱딱한 경향이 있었으며 대조구인 밀가루 사용 제품과 외관은 유사하게 나오나 딱딱한 식감과 특유의 취가 개선되어야 할 것으로 보임. 비발효제품 중 가루사용이 적고 유지 사용하는 제품에는 적용 가능할 것으로 보이나. 청밀 특유의 맛이 어떻게 발현되는지 좀 더 실험이 필요할 것으로 사료됨
- 면 제품의 경우 압연면과 압출면에서 대조군과 유의차를 보였으며 압연면의 경우 면 반죽 작업성이 떨어지고 식감이 끊어져서 적용이 어려움. 작업성 및 식감 개선 원료를 첨가하여 프리믹스로 제품개발이 필요하며, 압출면의 경우 조리 후 바로 취식하기 때문에 상대적으로는 압연면 대비 품질 격차는 적으나 좋은 식감 구현을 위해서는 프리믹스화가 필요할 것으로 보임
- 제품의 외형, 식감, 맛 세 가지 요소를 모두 만족시켜야 하는데 현재 다양한 제품의 가공 성 테스트 결과 발효 제품은 외관, 식감, 맛이 좋게 구현되지 않으며, 비발효 제품과 면의 경우 외관은 유사하게 구현 가능할 것으로 보이나 식감과 맛 구현이 어려울 것으로 보임. 부드럽지 않고 입속에서 침과 응집이 강하게 되는 경향과 청밀 특유의 씹쓸한 맛을 어떻게 마스킹 할 수 있을지에 대한 연구가 필요할 것으로 보임. 외형이 대조군과 비슷하게 구현 되는 것 뿐만 아니라 식감과 맛도 일정 수준 대조군과 유사하게 구현되어야 함

4. 국산밀의 3개년간(2010-2013) 품질 변화 추이 분석

가. 연도별 품질 변화 추이 분석

(1) 시료

- (가) 2010~2013 년도 CJ제일제당에 입고된 우리밀 원맥 (총 679회)
: 2010년 (236회), 2011년 (183회), 2012년 (215회), 2013년 (45회)

(2)방법

(가) 원맥의 평가 (세부 Test 방법은 별첨 참조)

- ① 용중 : 원맥 1L 당의 무게 측정 (g)
- ② Falling Number : 끓는 물 속에서, 밀가루의 현탁액이 Alpha-Amylase에 의한 액화정도를 측정(sec, AACC Method 56-81B)
- ③ 상립 : 맥 이외의 다른 곡물 및 피해를 입은 원맥의 비율 (% , 귀리, 옥수수 등)
- ④ 협잡물 : 맥 이외의 이물질의 비율(%)

(나) 품질 분석

- ① 수분 : 시료 속에 함유된 수분의 함량 측정 (% , AACC Method 44-15A)
- ② 회분 : 시료를 태우고 남은 성분의 함량 측정 (% , AACC Method 08-01)
- ③ 단백질 : 시료 내에 함유된 단백질의 함량 측정 (% , AACC Method 46-12)

(다) 통계 분석

- ① 연도별, 생산 지역별 데이터를 통하여, 연간 편차, 연내 편차, 품질 지속성 등에 대해 조사

(3) 결과

(가) 연도별 원맥 품질 데이터

- 최근 3년간 우리밀 원맥의 평균 품질은 아래와 같음

표 3-3-120. 우리밀 원맥의 최근 3년간 품질 현황

구분		수분(%)	회분(%)	단백질(%)	용중(g)	F/N(sec)	상립(%)	협잡물(%)
2010	최대치	13.00	1.81	15.50	848.00	593.00	0.41	1.96
	최소치	10.90	1.41	10.13	789.00	390.00	0.02	0.10
	평균	12.13	1.58	12.77	828.84	446.91	0.22	0.24
	표준편차	0.37	0.07	1.16	12.90	35.19	0.06	0.15
	개수	236	236	236	236	236	236	236
2011	최대치	13.90	1.78	16.09	855.00	551.00	5.65	1.66
	최소치	10.30	1.36	9.34	766.00	301.00	0.06	0.06
	평균	11.99	1.59	12.60	820.26	461.92	0.48	0.35
	표준편차	0.53	0.08	1.23	16.10	48.39	0.51	0.25
	개수	183	183	183	183	183	183	183
2012	최대치	13.40	1.89	16.04	859.00	822.00	1.57	1.43
	최소치	10.90	1.28	10.12	512.00	147.00	0.02	0.01
	평균	12.17	1.58	13.38	805.44	461.09	0.45	0.31
	표준편차	0.48	0.11	0.97	43.42	94.76	0.23	0.17
	개수	215	215	215	215	215	214	214
2013	최대치	12.80	1.69	14.43	844.00	632.00	0.80	0.82
	최소치	11.00	1.43	11.24	811.00	417.00	0.17	0.05
	평균	11.85	1.55	12.22	828.24	496.80	0.39	0.31
	표준편차	0.43	0.06	0.85	9.35	39.00	0.11	0.15
	개수	45	45	45	45	45	45	45

(나) 연도별 원맥 수분 평균 및 표준편차

- 수분 함량은 비교적 균일한 수준으로 나타남

표 3-3-121. 우리밀 원맥의 최근 3년간 수분 함량

항목/연도		평균(%)	표준편차
수분	2010	12.13	0.37
	2011	11.99	0.53
	2012	12.17	0.48
	2013	11.85	0.43

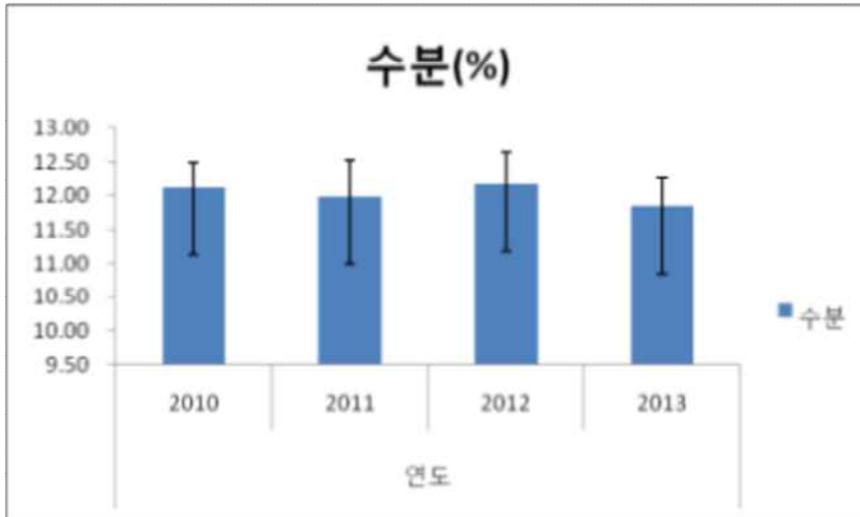


그림 3-3-59. 우리밀 원맥의 최근 3년간 수분 함량

(다) 연도별 원맥 회분 평균 및 표준편차

○ 회분 함량은 비교적 균일한 수준으로 나타남

표 3-3-122. 우리밀 원맥의 최근 3년간 회분 함량

항목 / 연도		평균(%)	표준편차
회분	2010	1.58	0.07
	2011	1.59	0.08
	2012	1.58	0.11
	2013	1.55	0.06

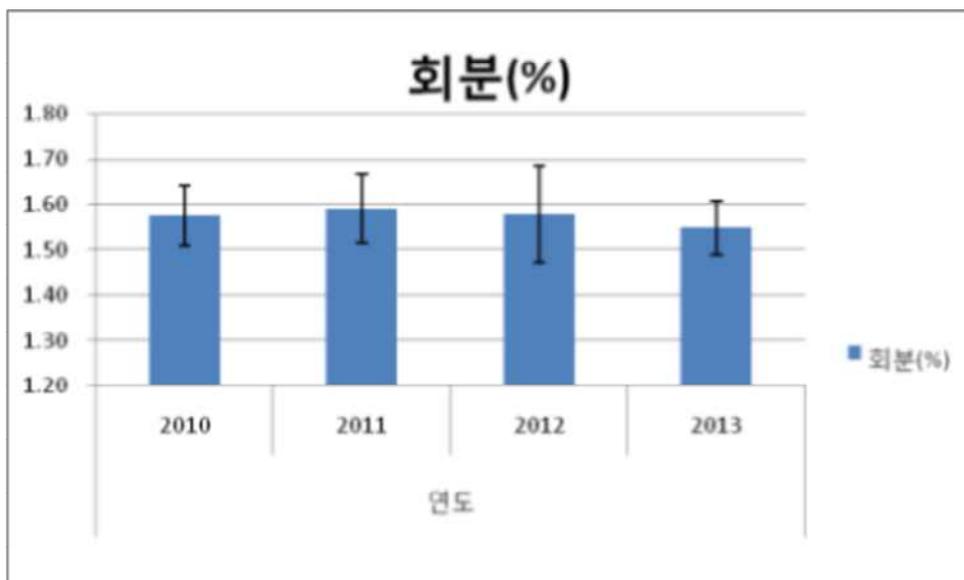


그림 3-3-60. 우리밀 원맥의 최근 3년간 회분 함량

(라) 연도별 원맥 단백질 평균 및 표준편차

○ 연도별 단백질 함량의 차이 및 동일 년도에서도 단백질 함량의 표준편차가 높게 나타남

표 3-3-123. 우리밀 원맥의 최근 3년간 단백질 함량

항목 / 연도		평균(%)	표준편차
단백질	2010	12.77	1.16
	2011	12.60	1.23
	2012	13.38	0.97
	2013	12.22	0.85

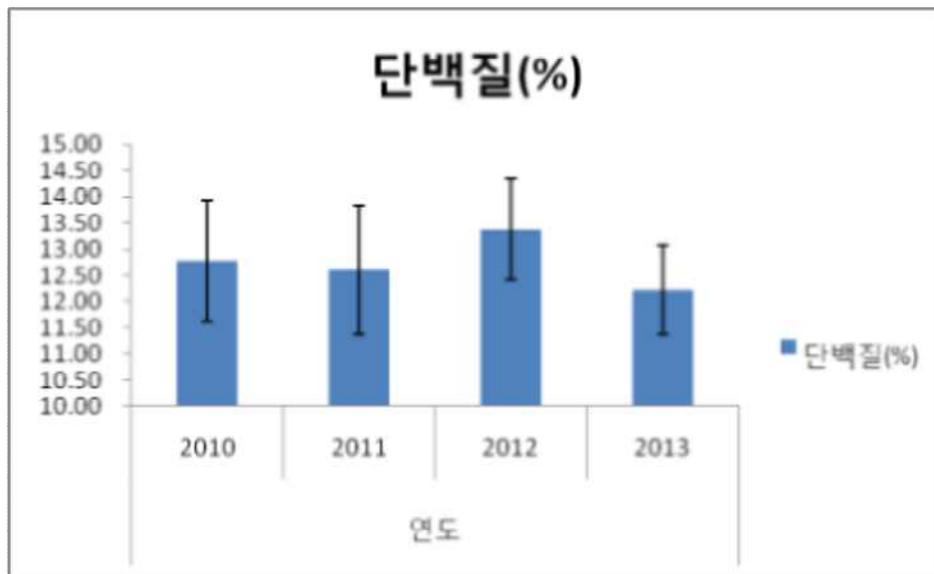


그림 3-3-61. 우리밀 원맥의 최근 3년간 단백질 함량

(마) 연도별 원맥 용중 평균 및 표준편차

○ 연도별 용중 차 및 표준편차가 크게 나타나며, 원맥 충실도가 균일하지 않음

표 3-3-124. 우리밀 원맥의 최근 3년간 용중

항목 / 연도		평균(g)	표준편차
용중	2010	828.84	12.90
	2011	820.26	16.10
	2012	805.44	43.42
	2013	828.24	9.35

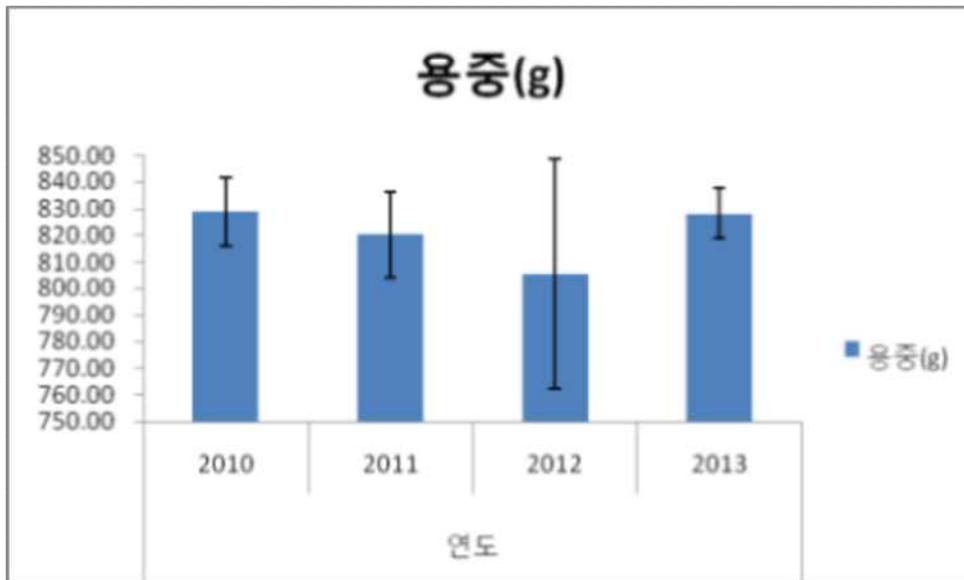


그림 3-3-62. 우리밀 원맥의 최근 3년간 용중

(바) 연도별 원맥 F/N 평균 및 표준편차

○ 전반적으로 400 이상의 우수한 품질이나 2012년의 경우는 편차가 매우 심함

표 3-3-125. 우리밀 원맥의 최근 3년간 F/N

항목 / 연도		평균(sec)	표준편차
F/N	2010	446.91	35.19
	2011	461.92	48.39
	2012	461.09	94.76
	2013	496.80	39.00

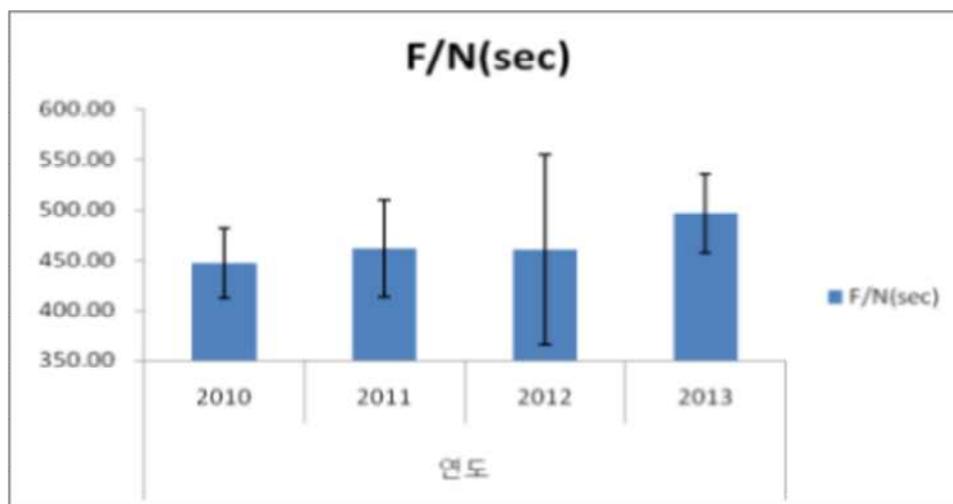


그림 3-3-63. 우리밀 원맥의 최근 3년간 F/N

(사) 연도별 원맥 상립 평균 및 표준편차

○ 전반적으로 무난한 수준이나 2011년은 편차가 벌어짐

표 3-3-126. 우리밀 원맥의 최근 3년간 상립

항목 / 연도	평균(sec)	표준편차
상립	2010	0.22
	2011	0.48
	2012	0.45
	2013	0.39

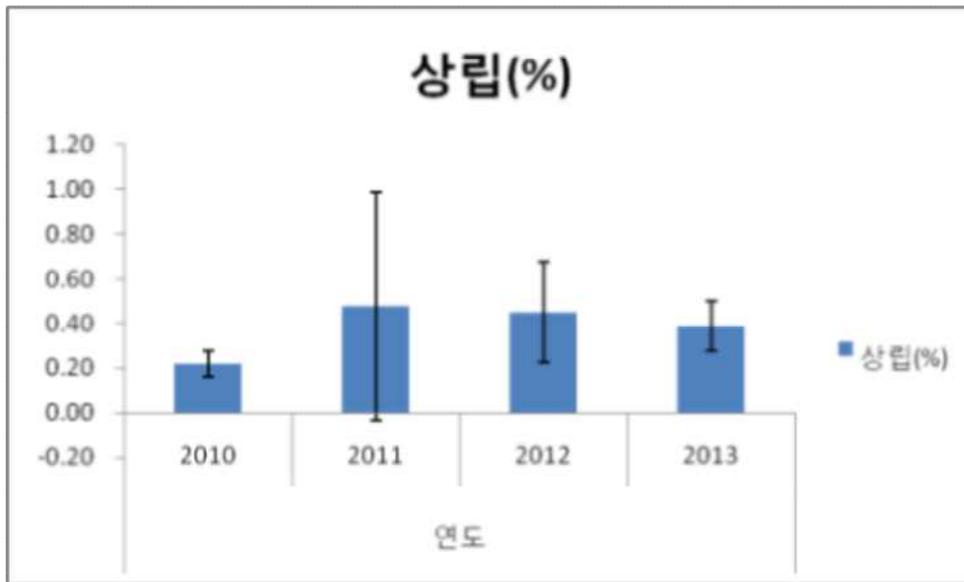


그림 3-3-64. 우리밀 원맥의 최근 3년간 상립

(아) 연도별 원맥 협잡물 평균 및 표준편차

○ 전반적으로 무난한 수준이나 2011년에는 편차가 크게 나타남

표 3-3-127. 우리밀 원맥의 최근 3년간 협잡물

항목 / 연도	평균(sec)	표준편차
협잡물	2010	0.24
	2011	0.35
	2012	0.31
	2013	0.31

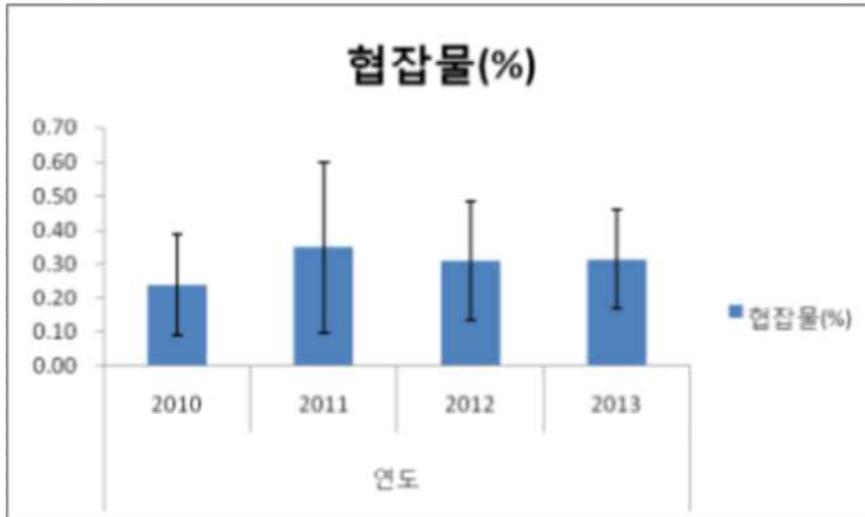


그림 3-3-65. 우리밀 원맥의 최근 3년간 협잡물

(4) 결론 : 단백질, 용중, F/N 등 원맥의 품질에 중요한 요소들이 연도별로 편차가 있어 일정 품질을 유지하기에 어려움이 있음

나. 2010년도 지역별 품질 편차 분석

(1) 시료

(가) 2010년도 CJ제일제당에 입고된 우리밀 원맥 (13개 지역, 236회)

: 전남 광주(70), 전북 익산(19), 전북 고창(9), 전남 장성(23), 경남 합천(17), 전북 김제(9), 전북 정읍(32), 경남 사천(6), 전북 부안(24), 경남 밀양(13), 경남 고성(6), 제주도(5), 전남 함평(3)

(2)방법

(가) 원맥의 평가 (세부 Test 방법은 부록 참조)

○ 원맥의 평가는 앞서 기술한 가. 연도별 품질 변화 추이 분석 (2)방법 (가)원맥의 평가 와 같은 방법으로 평가하였음

(나) 품질 분석

○ 원맥의 평가는 앞서 기술한 가. 연도별 품질 변화 추이 분석 (2)방법 (나)품질 분석 과 같은 방법으로 평가하였음

(다) 통계 분석

① 연도별, 생산 지역별 데이터를 통하여, 연간 편차, 연내 편차, 품질 지속성 등에 대해 조사

(3) 결과

(가) 2010년도 지역별 원맥 품질 데이터

○ 2010년도 지역별 원맥 품질 데이터는 아래와 같음

표 3-3-128. 우리밀 원맥의 2010년도 지역별 품질 데이터

도입지역	구분	수분(%)	회분(%)	단백질(%)	용중(g)	F/N(sec)	상립(%)	협잡물(%)
전남광주	최대치	13	1.71	15.5	848	593	0.41	0.46
	최소치	11.5	1.5	11.5	790.0	407.0	0.0	0.1
	평 균	12.14	1.58	13.52	831.83	469.59	0.23	0.23
	표준편차	0.3	0.1	1.0	12.9	44.7	0.1	0.1
	개 수	70	70	70	70	70	70	70
전북익산	최대치	12.3	1.66	13.2	848	456	0.37	0.46
	최소치	11.8	1.5	10.9	798.0	399.0	0.2	0.1
	평 균	12.02	1.56	11.80	830.74	422.89	0.24	0.28
	표준편차	0.2	0.0	0.7	14.3	16.7	0.1	0.1
	개 수	19	19	19	19	19	19	19
전북고창	최대치	12.3	1.65	13.76	846	456	0.31	0.33
	최소치	11.7	1.6	13.2	838.0	424.0	0.2	0.2
	평 균	12.06	1.61	13.58	841.67	441.00	0.27	0.26
	표준편차	0.2	0.0	0.2	3.0	9.8	0.0	0.1
	개 수	9	9	9	9	9	9	9
전남장성	최대치	12.7	1.66	13.71	841	469	0.3	0.4
	최소치	11.4	1.5	12.3	827.0	402.0	0.2	0.2
	평 균	11.95	1.59	12.70	833.74	434.61	0.22	0.24
	표준편차	0.3	0.0	0.4	4.0	17.2	0.0	0.1
	개 수	23	23	23	23	23	23	23
경남합천	최대치	12.9	1.64	14.51	835	472	0.29	0.34
	최소치	11.6	1.5	10.7	815.0	402.0	0.1	0.1
	평 균	12.01	1.53	11.71	824.47	443.29	0.20	0.21
	표준편차	0.4	0.1	1.4	6.0	21.7	0.1	0.1
	개 수	17	17	17	17	17	17	17
전북김제	최대치	12.4	1.6	13.1	831.0	466.0	0.3	0.3
	최소치	11.7	1.4	11.1	814.0	402.0	0.1	0.1
	평 균	12.10	1.50	12.22	823.78	436.67	0.22	0.19
	표준편차	0.2	0.1	0.9	6.5	23.1	0.1	0.0
	개 수	9	9	9	9	9	9	9
전북정읍	최대치	13.0	1.8	15.3	843.0	525.0	0.3	2.0
	최소치	11.8	1.4	11.3	789.0	409.0	0.1	0.1
	평 균	12.32	1.60	13.16	823.50	456.09	0.20	0.32
	표준편차	0.3	0.1	1.2	16.1	32.7	0.0	0.4
	개 수	32	32	32	32	32	32	32

(표 3-3-128 계속)

도입지역	구분	수분(%)	회분(%)	단백질(%)	용중(g)	F/N(sec)	상립(%)	협잡물(%)
경남사천	최대치	11.8	1.6	11.5	848.0	438.0	0.2	0.2
	최소치	11.5	1.5	10.5	839.0	392.0	0.1	0.2
	평 균	11.62	1.53	11.04	843.67	418.00	0.18	0.19
	표준편차	0.1	0.0	0.4	3.2	15.4	0.0	0.0
	개 수	6	6	6	6	6	6	6
전북부안	최대치	13.0	1.6	13.0	830.0	469.0	0.3	0.5
	최소치	11.5	1.4	10.9	815.0	399.0	0.1	0.1
	평 균	12.3	1.6	12.3	822.7	437.9	0.2	0.2
	표준편차	0.4	0.1	0.4	3.9	20.0	0.0	0.1
	개 수	24	24	24	24	24	24	24
경남밀양	최대치	13.0	1.6	13.3	843.0	462.0	0.3	0.4
	최소치	11.6	1.5	11.9	797.0	403.0	0.1	0.1
	평 균	12.2	1.5	12.5	832.5	432.5	0.2	0.2
	표준편차	0.5	0.0	0.5	15.9	21.4	0.0	0.1
	개 수	13	13	13	13	13	13	13
경남고성	최대치	12.3	1.7	13.2	839.0	463.0	0.4	0.2
	최소치	10.9	1.5	10.1	814.0	390.0	0.2	0.2
	평 균	11.7	1.6	11.2	829.0	416.2	0.3	0.2
	표준편차	0.6	0.1	1.3	9.7	26.9	0.1	0.0
	개 수	6	6	6	6	6	6	6
제주도	최대치	12.7	1.8	13.8	814.0	442.0	0.2	0.2
	최소치	12.4	1.7	13.2	810.0	404.0	0.1	0.1
	평 균	12.6	1.7	13.5	812.4	421.4	0.2	0.2
	표준편차	0.1	0.0	0.2	1.7	16.8	0.0	0.0
	개 수	5	5	5	5	5	5	5
전남함평	최대치	12.1	1.7	13.5	801.0	451.0	0.3	0.3
	최소치	11.9	1.6	12.9	797.0	404.0	0.2	0.2
	평 균	12.0	1.6	13.2	799.0	431.3	0.2	0.2
	표준편차	0.1	0.1	0.3	2.0	24.4	0.0	0.0
	개 수	3	3	3	3	3	3	3
2010 TOTAL	최대치	13.00	1.81	15.50	848.00	593.00	0.41	1.96
	최소치	10.90	1.41	10.13	789.00	390.00	0.02	0.10
	평 균	12.13	1.58	12.77	828.84	446.91	0.22	0.24
	표준편차	0.37	0.07	1.16	12.90	35.19	0.06	0.15
	개 수	236	236	236	236	236	236	236

(나) 2010년도 지역별 원맥 수분 평균 및 표준편차

○ 수분 함량은 전반적으로 비슷한 수준을 나타냄

표 3-3-129. 우리밀 원맥의 2010년도 지역별 수분 데이터

항목	지역	평균(%)	표준편차
수분	전남광주	12.14	0.3
	전북익산	12.02	0.2
	전북고창	12.06	0.2
	전남장성	11.95	0.3
	경남합천	12.01	0.4
	전북김제	12.10	0.2
	전북정읍	12.32	0.3
	경남사천	11.62	0.1
	전북부안	12.3	0.4
	경남밀양	12.2	0.5
	경남고성	11.7	0.6
	제주	12.6	0.1
	전남함평	12.0	0.1

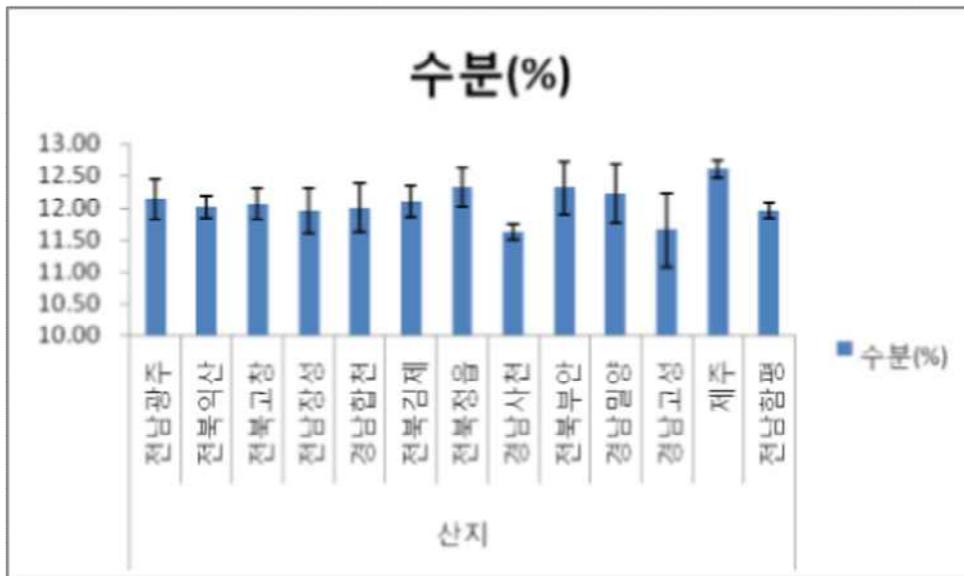


그림 3-3-66. 우리밀 원맥의 2010년도 지역별 수분 데이터

(다) 2010년도 지역별 원맥 회분 평균 및 표준편차

○ 회분함량은 전반적으로 고른 분포를 보임

표 3-3-130. 우리밀 원맥의 2010년도 지역별 회분데이터

항목	지역	평균(%)	표준편차
회분	전남광주	1.58	0.1
	전북익산	1.56	0.0
	전북고창	1.61	0.0
	전남장성	1.59	0.0
	경남합천	1.53	0.1
	전북김제	1.50	0.1
	전북정읍	1.60	0.1
	경남사천	1.53	0.0
	전북부안	1.6	0.1
	경남밀양	1.5	0.0
	경남고성	1.6	0.1
	제주	1.7	0.0
	전남함평	1.6	0.1



그림 3-3-67. 우리밀 원맥의 2010년도 지역별 회분 데이터

(라) 2010년도 지역별 원맥 단백질 평균 및 표준편차

○ 단백질 함량은 지역별로 편차가 크게 나타나며, 동일 지역간 편차도 심함

표 3-3-131. 우리밀 원맥의 2010년도 지역별 단백질 데이터

항목	지역	평균(%)	표준편차
단백질	전남광주	13.52	1.0
	전북익산	11.80	0.7
	전북고창	13.58	0.2
	전남장성	12.70	0.4
	경남합천	11.71	1.4
	전북김제	12.22	0.9
	전북정읍	13.16	1.2
	경남사천	11.04	0.4
	전북부안	12.3	0.4
	경남밀양	12.5	0.5
	경남고성	11.2	1.3
	제주	13.5	0.2
	전남함평	13.2	0.3

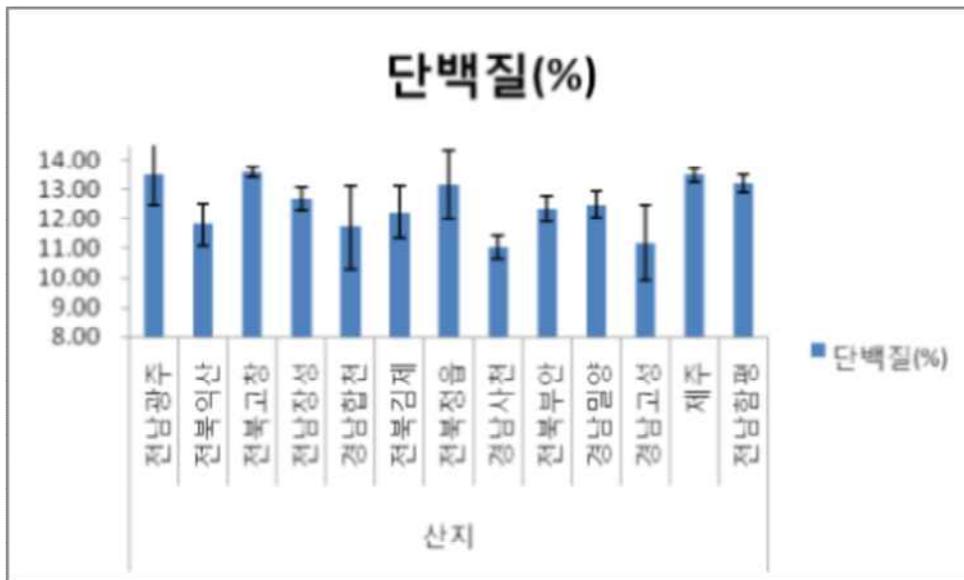


그림 3-3-68. 우리밀 원맥의 2010년도 지역별 단백질 데이터

(마) 2010년도 지역별 원맥 용중 평균 및 표준편차

- 용중은 전반적으로 비슷한 수준을 보이며 지역별로 균일한 수준을 보임

표 3-3-132. 우리밀 원맥의 2010년도 지역별 용중 데이터

항목	지역	평균(g)	표준편차
용중	전남광주	831.83	12.9
	전북익산	830.74	14.3
	전북고창	841.67	3.0
	전남장성	833.74	4.0
	경남합천	824.47	6.0
	전북김제	823.78	6.5
	전북정읍	823.50	16.1
	경남사천	843.67	3.2
	전북부안	822.7	3.9
	경남밀양	832.5	15.9
	경남고성	829.0	9.7
	제주	812.4	1.7
	전남함평	799.0	2.0



그림 3-3-69. 우리밀 원맥의 2010년도 지역별 용중 데이터

(바) 2010년도 지역별 원맥 F/N 평균 및 표준편차

- 전반적으로 400이상의 우수한 품질을 보이나, 일부 지역은 편차가 심함

표 3-3-133. 우리밀 원맥의 2010년도 지역별 F/N

항목	지역	평균(sec)	표준편차
F/N	전남광주	469.59	44.7
	전북익산	422.89	16.7
	전북고창	441.00	9.8
	전남장성	434.61	17.2
	경남합천	443.29	21.7
	전북김제	436.67	23.1
	전북정읍	456.09	32.7
	경남사천	418.00	15.4
	전북부안	437.9	20.0
	경남밀양	432.5	21.4
	경남고성	416.2	26.9
	제주	421.4	16.8
	전남함평	431.3	24.4

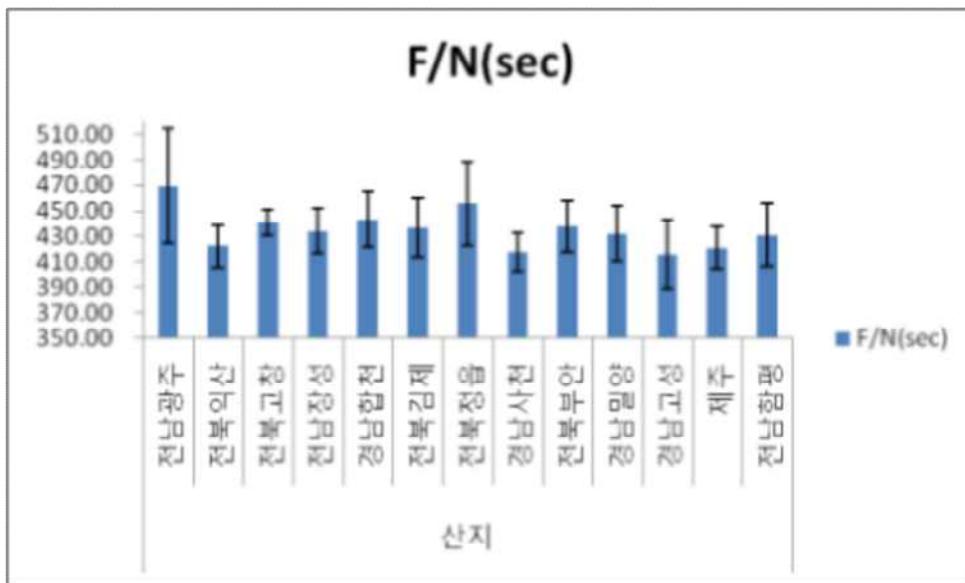


그림 3-3-70. 우리밀 원맥의 2010년도 지역별 F/N 데이터

(사) 2010년도 지역별 원맥 상립 평균 및 표준편차

○ 전반적으로 우수한 품질을 보이며, 편차도 작게 나타남

표 3-3-134. 우리밀 원맥의 2010년도 지역별 상립 데이터

항목	지역	평균(%)	표준편차
상립	전남광주	0.23	0.1
	전북익산	0.24	0.1
	전북고창	0.27	0.0
	전남장성	0.22	0.0
	경남합천	0.20	0.1
	전북김제	0.22	0.1
	전북정읍	0.20	0.0
	경남사천	0.18	0.0
	전북부안	0.2	0.0
	경남밀양	0.2	0.0
	경남고성	0.3	0.1
	제주	0.2	0.0
	전남함평	0.2	0.0

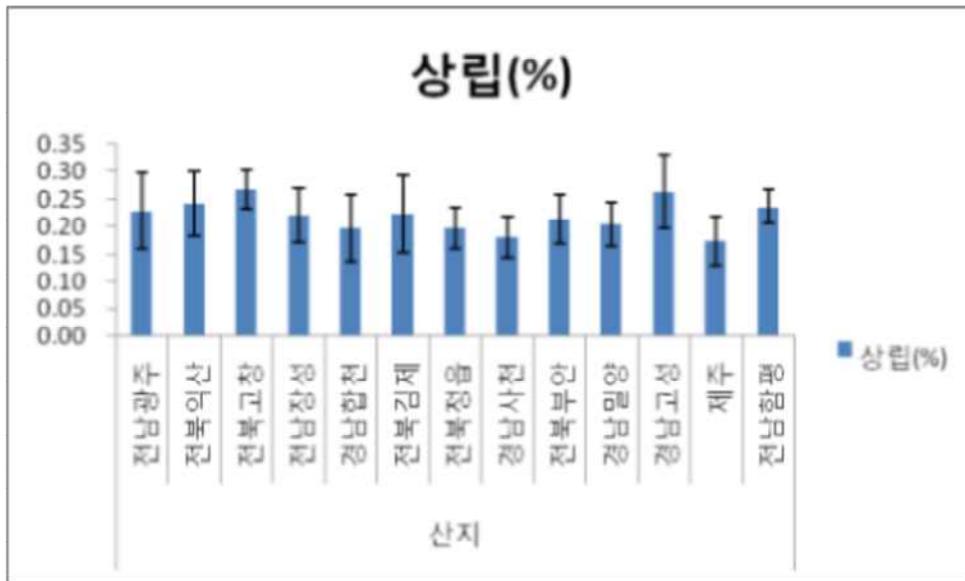


그림 3-3-71. 우리밀 원맥의 2010년도 지역별 상립 데이터

(아) 2010년도 지역별 원맥 협잡물 평균 및 표준편차

○ 전반적으로 우수한 품질이며 정읍지역만 편차가 크게 나타남

표 3-3-135. 우리밀 원맥의 2010년도 지역별 협잡물 데이터

항목	지역	평균(%)	표준편차
협잡물	전남광주	0.23	0.1
	전북익산	0.28	0.1
	전북고창	0.26	0.1
	전남장성	0.24	0.1
	경남합천	0.21	0.1
	전북김제	0.19	0.0
	전북정읍	0.32	0.4
	경남사천	0.19	0.0
	전북부안	0.2	0.1
	경남밀양	0.2	0.1
	경남고성	0.2	0.0
	제주	0.2	0.0
	전남함평	0.2	0.0

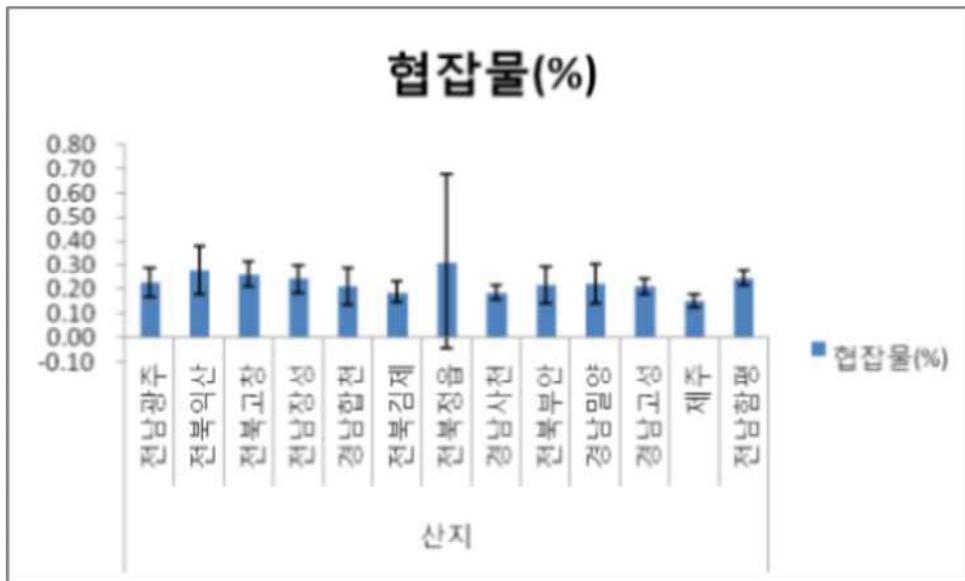


그림 3-3-72. 우리밀 원맥의 2010년도 지역별 협잡물 데이터

(4) 결론 : 지역별 단백질 편차가 심하여, 품질 관리에 어려움이 있음

다. 2011년도 지역별 품질 편차 분석

(1) 시료

(가) 2011년도 CJ제일제당에 입고된 우리밀 원맥 (15개 지역, 183회)

: 경남 창녕(20), 전북 부안(14), 경남 합천(5), 전남 장성(28), 전남 장흥(4), 전남 광주(60), 전북 고창(16), 경남 사천(8), 경남 고성(5), 경남 밀양(4), 경남 남지(6), 전북 익산(2), 전남 영광(4), 전남 보성(3), 경남 마산(4)

(2) 방법

(가) 원맥의 평가

- ① 용중 : 원맥 1L 당의 무게 측정 (g)
- ② Falling Number : 끓는 물 속에서, 밀가루의 현탁액이 Alpha-Amylase에 의한 액화정도를 측정(sec)
- ③ 상립 : 맥 이외의 다른 곡물 및 피해를 입은 원맥의 비율 (% , 귀리, 옥수수 등)
- ④ 협잡물 : 맥 이외의 이물질의 비율(%)

(나) 품질 분석

- ① 수분 : 시료 속에 함유된 수분의 함량 측정 (%)
- ② 회분 : 시료를 태우고 남은 성분의 함량 측정 (%)
- ③ 단백질 : 시료 내에 함유된 단백질의 함량 측정 (%)

(다) 통계 분석

- ① 연도별, 생산 지역별 데이터를 통하여, 연간 편차, 연내 편차, 품질 지속성 등에 대해 조사

(3) 결과

(가) 2011년도 지역별 원맥 품질 데이터

○ 2011년도 지역별 원맥 품질 데이터는 아래와 같음

표 3-3-136. 우리밀 원맥의 2011년도 지역별 데이터

도입지역	입고량	수분(%)	회분(%)	단백질 (%)	용중(g)	F/N(sec)	상립(%)	협잡물 (%)
경남창녕	최대치	13.0	1.7	14.8	855.0	525.0	1.1	1.7
	최소치	10.9	1.5	10.2	803.0	411.0	0.2	0.1
	평 균	11.8	1.6	11.9	828.0	460.4	0.4	0.4
	표준편차	0.62	0.07	1.64	15.74	31.34	0.26	0.43
	개 수	20	20	20	20	20	20	20
전북부안	최대치	13.3	1.7	13.8	841.0	551.0	0.7	0.6
	최소치	11.2	1.4	11.0	806.0	428.0	0.2	0.1
	평 균	12.2	1.6	13.0	824.6	493.9	0.4	0.3
	표준편차	0.70	0.08	0.76	9.20	33.68	0.15	0.15
	개 수	14	14	14	14	14	14	14
경남합천	최대치	11.8	1.52	11.24	824	437	5.65	0.64
	최소치	11.3	1.48	10.92	814	388	1.68	0.21
	평 균	11.5	1.49	11.04	819	407	2.71	0.36
	표준편차	0.2	0.02	0.13	3.8	19.3	1.67	0.17
	개 수	5	5	5	5	5	5	5
전남장성	최대치	12.6	1.6	14.4	833.0	518.0	1.4	0.7
	최소치	11.3	1.5	12.1	777.0	301.0	0.1	0.1
	평 균	12.0	1.6	13.3	818.5	436.5	0.5	0.3
	표준편차	0.38	0.03	0.66	11.11	65.68	0.38	0.12
	개 수	28	28	28	28	28	28	28
전남장흥	최대치	11.9	1.68	12.60	823	469	0.96	0.63
	최소치	11.6	1.62	11.98	808	401	0.77	0.42
	평 균	11.7	1.66	12.23	816	440	0.90	0.55
	표준편차	0.1	0.03	0.29	6.99	29.51	0.09	0.09
	개 수	4	4	4	4	4	4	4
전남광주	최대치	12.9	1.8	14.6	854.0	544.0	0.8	0.9
	최소치	11.0	1.5	10.6	780.0	337.0	0.1	0.1
	평 균	12.1	1.6	12.4	819.9	472.0	0.3	0.3
	표준편차	0.42	0.07	0.95	15.89	39.25	0.19	0.19
	개 수	60	60	60	60	60	60	60
전북고창	최대치	12.7	1.7	14.0	837.0	538.0	0.8	0.5
	최소치	11.4	1.6	12.7	807.0	403.0	0.2	0.1
	평 균	11.9	1.6	13.3	821.9	491.8	0.4	0.2
	표준편차	0.37	0.05	0.33	8.10	34.07	0.16	0.09
	개 수	16	16	16	16	16	16	16
경남사천	최대치	12.4	1.6	11.0	849.0	501.0	0.4	0.4
	최소치	11.2	1.5	9.3	816.0	418.0	0.2	0.1
	평 균	11.7	1.5	10.0	835.3	461.9	0.3	0.1
	표준편차	0.45	0.06	0.61	9.63	28.82	0.08	0.11
	개 수	8	8	8	8	8	8	8
경남고성	최대치	13.9	1.78	14.16	852	534	0.41	1.03
	최소치	11.2	1.54	11.32	766	427	0.24	0.58
	평 균	12.0	1.68	12.98	800	468	0.30	0.82
	표준편차	1.13	0.09	1.11	35.62	40.54	0.07	0.19
	개 수	5	5	5	5	5	5	5

경남밀양	최대치	13.0	1.8	16.1	847.0	409.0	0.4	1.2
	최소치	10.3	1.5	13.3	766.0	302.0	0.1	0.4
	평 균	11.5	1.6	14.4	797.3	346.0	0.3	0.9
	표준편차	1.12	0.09	1.21	34.90	52.69	0.16	0.40
	개 수	4	4	4	4	4	4	4
경남남지	최대치	12.9	1.6	13.5	848.0	493.0	0.6	0.8
	최소치	10.9	1.5	11.4	823.0	407.0	0.2	0.1
	평 균	12.3	1.5	12.2	832.2	453.3	0.3	0.4
	표준편차	0.80	0.05	0.73	8.73	27.67	0.13	0.26
	개 수	6	6	6	6	6	6	6
전북익산	최대치	12.5	1.47	14.25	832	475	0.63	0.53
	최소치	11.8	1.36	13.80	821	419	0.39	0.16
	평 균	12.2	1.42	14.03	827	447	0.51	0.35
	표준편차	0.49	0.08	0.32	7.78	39.60	0.17	0.26
	개 수	2	2	2	2	2	2	2
전남영광	최대치	12.7	1.77	13.60	808	518	0.44	0.60
	최소치	12.1	1.69	12.97	795	470	0.29	0.43
	평 균	12.4	1.74	13.31	801	493	0.39	0.49
	표준편차	0.28	0.04	0.27	5.62	25.79	0.07	0.08
	개 수	4	4	4	4	4	4	4
전남보성	최대치	12.4	1.73	13.66	802	516	0.83	0.96
	최소치	11.4	1.60	13.51	790	432	0.39	0.48
	평 균	11.8	1.65	13.61	797	466	0.60	0.69
	표준편차	0.51	0.07	0.08	6.11	44.41	0.22	0.24
	개 수	3	3	3	3	3	3	3
경남마산	최대치	12.3	1.60	14.22	827	475	0.71	0.28
	최소치	11.5	1.56	13.14	809	423	0.24	0.16
	평 균	11.8	1.58	13.56	817	450	0.43	0.23
	표준편차	0.36	0.02	0.47	7.76	27.29	0.20	0.06
	개 수	4	4	4	4	4	4	4
2011 TOTAL	최대치	13.90	1.78	16.09	855.00	551.00	5.65	1.66
	최소치	10.30	1.36	9.34	766.00	301.00	0.06	0.06
	평 균	11.99	1.59	12.60	820.26	461.92	0.48	0.35
	표준편차	0.53	0.08	1.23	16.10	48.39	0.51	0.25
	개 수	183	183	183	183	183	183	183

(나) 2011년도 지역별 원맥 수분 평균 및 표준편차

○ 전반적으로 수분함량은 고른 분포를 보임

표 3-3-137. 우리밀 원맥의 2011년도 지역별 수분 데이터

항목	지역	평균(%)	표준편차
수분	경남 창녕	11.8	0.62
	전북 부안	12.2	0.70
	경남 합천	11.5	0.2
	전남 장성	12.0	0.38
	전남 장흥	11.7	0.1
	전남 광주	12.1	0.42
	전북 고창	11.9	0.37
	경남 사천	11.7	0.45
	경남 고성	12.0	1.13
	경남 밀양	11.5	1.12
	경남 남지	12.3	0.80
	전북 익산	12.2	0.49
	전남 영광	12.4	0.28
	전남 보성	11.8	0.51
	경남 마산	11.8	0.36

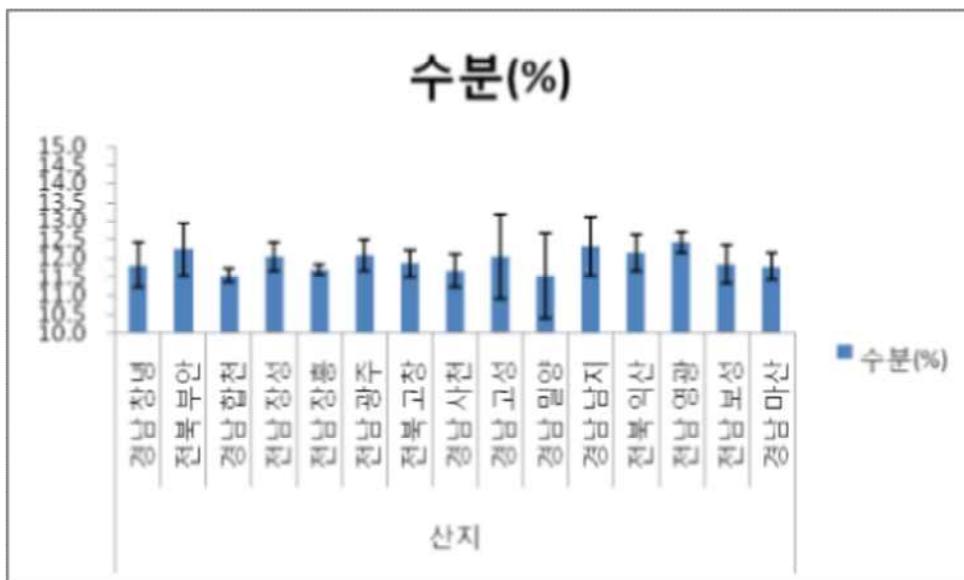


그림 3-3-73. 우리밀 원맥의 2011년도 지역별 수분 데이터

(다) 2011년도 지역별 원맥 회분 평균 및 표준편차

○ 회분함량은 지역별 편차는 조금 있으나, 지역 내 편차는 적음

표 3-3-138. 우리밀 원맥의 2011년도 지역별 회분 데이터

항목	지역	평균(%)	표준편차
회분	경남 창녕	1.6	0.07
	전북 부안	1.6	0.08
	경남 합천	1.49	0.02
	전남 장성	1.6	0.03
	전남 장흥	1.66	0.03
	전남 광주	1.6	0.07
	전북 고창	1.6	0.05
	경남 사천	1.5	0.06
	경남 고성	1.68	0.09
	경남 밀양	1.6	0.09
	경남 남지	1.5	0.05
	전북 익산	1.42	0.08
	전남 영광	1.74	0.04
	전남 보성	1.65	0.07
	경남 마산	1.58	0.02



그림 3-3-74. 우리밀 원맥의 2011년도 지역별 회분 데이터

(라) 2011년도 지역별 원맥 단백질 평균 및 표준편차

○ 단백질 함량은 지역별로 편차가 크게 나타나며, 지역 내에서도 편차가 크게 나타남

표 3-3-139. 우리밀 원맥의 2011년도 지역별 단백질 데이터

항목	지역	평균(%)	표준편차
단백질	경남 창녕	11.9	1.64
	전북 부안	13.0	0.76
	경남 합천	11.04	0.13
	전남 장성	13.3	0.66
	전남 장흥	12.23	0.29
	전남 광주	12.4	0.95
	전북 고창	13.3	0.33
	경남 사천	10.0	0.61
	경남 고성	12.98	1.11
	경남 밀양	14.4	1.21
	경남 남지	12.2	0.73
	전북 익산	14.03	0.32
	전남 영광	13.31	0.27
	전남 보성	13.61	0.08
	경남 마산	13.56	0.47



그림 3-3-75. 우리밀 원맥의 2011년도 지역별 단백질 데이터

(마) 2011년도 지역별 원맥 용중 평균 및 표준편차

○ 용중은 지역 간 편차가 있으며 일부 지역에서는 표준편차가 크게 나타남

표 3-3-140. 우리밀 원맥의 2011년도 지역별 용중 데이터

항목	지역	평균(g)	표준편차
용중	경남 창녕	828.0	15.74
	전북 부안	824.6	9.20
	경남 합천	819	3.8
	전남 장성	818.5	11.11
	전남 장흥	816	6.99
	전남 광주	819.9	15.89
	전북 고창	821.9	8.10
	경남 사천	835.3	9.63
	경남 고성	800	35.62
	경남 밀양	797.3	34.90
	경남 남지	832.2	8.73
	전북 익산	827	7.78
	전남 영광	801	5.62
	전남 보성	797	6.11
	경남 마산	817	7.76

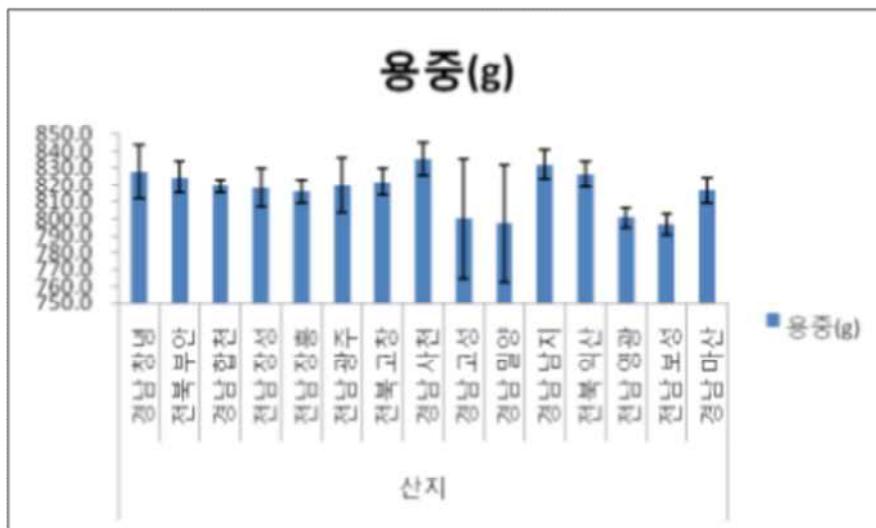


그림 3-3-76. 우리밀 원맥의 2011년도 지역별 용중 데이터

(바) 2011년도 지역별 원맥 F/N 평균 및 표준편차

○ 밀양의 경우 매우 낮은 값을 보이며, 전반적으로 지역 내에서도 편차가 크게 나타남

표 3-3-141. 우리밀 원맥의 2011년도 지역별 F/N 데이터

항목	지역	평균(sec)	표준편차
F/N	경남 창녕	460.4	31.34
	전북 부안	493.9	33.68
	경남 합천	407	19.3
	전남 장성	436.5	65.68
	전남 장흥	440	29.51
	전남 광주	472.0	39.25
	전북 고창	491.8	34.07
	경남 사천	461.9	28.82
	경남 고성	468	40.54
	경남 밀양	346.0	52.69
	경남 남지	453.3	27.67
	전북 익산	447	39.60
	전남 영광	493	25.79
	전남 보성	466	44.41
	경남 마산	450	27.29

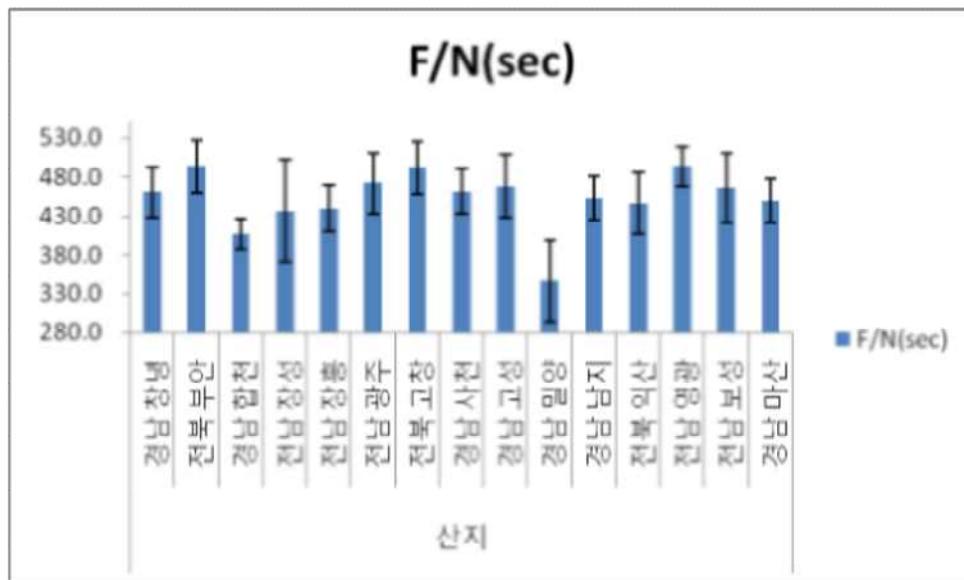


그림 3-3-77. 우리밀 원맥의 2011년도 지역별 F/N 데이터

(사) 2011년도 지역별 원맥 상립 평균 및 표준편차

○ 합천을 제외하고는 고르게 나타남, 합천의 경우는 편차가 크게 나타남

표 3-3-142. 우리밀 원맥의 2011년도 지역별 상립 데이터

항목	지역	평균(%)	표준편차
상립	경남 창녕	0.4	0.26
	전북 부안	0.4	0.15
	경남 합천	2.71	1.67
	전남 장성	0.5	0.38
	전남 장흥	0.90	0.09
	전남 광주	0.3	0.19
	전북 고창	0.4	0.16
	경남 사천	0.3	0.08
	경남 고성	0.30	0.07
	경남 밀양	0.3	0.16
	경남 남지	0.3	0.13
	전북 익산	0.51	0.17
	전남 영광	0.39	0.07
	전남 보성	0.60	0.22
	경남 마산	0.43	0.20



그림 3-3-78. 우리밀 원맥의 2011년도 지역별 상립 데이터

(아) 2011년도 지역별 원맥 협잡물 평균 및 표준편차

○ 1% 내에 전부 위치하나, 일부 지역에서는 지역 내 편차가 크게 나타남

표 3-3-143. 우리밀 원맥의 2011년도 지역별 협잡물 데이터

항목	지역	평균(%)	표준편차
협잡물	경남 창녕	0.4	0.43
	전북 부안	0.3	0.15
	경남 합천	0.36	0.17
	전남 장성	0.3	0.12
	전남 장흥	0.55	0.09
	전남 광주	0.3	0.19
	전북 고창	0.2	0.09
	경남 사천	0.1	0.11
	경남 고성	0.82	0.19
	경남 밀양	0.9	0.40
	경남 남지	0.4	0.26
	전북 익산	0.35	0.26
	전남 영광	0.49	0.08
	전남 보성	0.69	0.24
	경남 마산	0.23	0.06



그림 3-3-79. 우리밀 원맥의 2011년도 지역별 협잡물 데이터

(4) 결론 : 지역별로 회분, 단백질, 용중, F/N 등의 편차가 크게 나타나며 지역 내의 품질 편차도 심하여 전반적으로 고른 품질의 구현이 어려움

라. 2012년도 지역별 품질 편차 분석

(1) 시료

(가) 2012년도 CJ제일제당에 입고된 우리밀 원맥 (14개 지역, 215회)

: 전남 광주(65), 경남 사천(22), 경남 합천(15), 전북 김제(2), 전남 영암(6), 전남 보성(2), 전남 장흥(7), 전남 장성(4), 전북 고창(18), 경남 밀양(4), 전북 부안(18), 전북 익산(47), 전남 영광(2), 전남 함평(4)

(2)방법

(가) 원맥의 평가 (세부 Test 방법은 별첨 참조)

- ① 용중 : 원맥 1L 당의 무게 측정 (g)
- ② Falling Number : 끓는 물 속에서, 밀가루의 현탁액이 Alpha-Amylase에 의한 액화정도를 측정(sec, AACC Method 56-81B)
- ③ 상립 : 맥 이외의 다른 곡물 및 피해를 입은 원맥의 비율 (% , 귀리, 옥수수 등)
- ④ 협잡물 : 맥 이외의 이물질의 비율(%)

(나) 품질 분석

- ① 수분 : 시료속에 함유된 수분의 함량 측정 (% , AACC Method 44-15A)
- ② 회분 : 시료를 태우고 남은 성분의 함량 측정 (% , AACC Method 08-01)
- ③ 단백질 : 시료 내에 함유된 단백질의 함량 측정 (% , AACC Method 46-12)

(다) 통계 분석

① 연도별, 생산 지역별 데이터를 통하여, 연간 편차, 연내 편차, 품질 지속성 등에 대해 조사

(3) 결과

(가) 2012년도 지역별 원맥 품질 데이터

○ 2012년도 지역별 원맥 품질 데이터는 아래와 같음

표 3-3-144. 우리밀 원맥의 2012년도 지역별 분석 데이터

도입지역	입고량	수분(%)	회분(%)	단백질(%)	용중(g)	F/N(sec)	상립(%)	협잡물(%)
전남광주	최대치	13.0	1.8	15.2	825.0	536.0	1.6	0.9
	최소치	11.2	1.4	11.3	778.0	170.0	0.1	0.1
	평균	12.2	1.6	13.5	802.0	398.4	0.6	0.3
	표준편차	0.45	0.07	0.87	10.61	101.33	0.26	0.20
	개수	65	65	65	65	65	65	65
경남사천	최대치	12.4	1.8	13.1	812.0	534.0	0.6	0.3
	최소치	11.8	1.5	12.0	741.0	446.0	0.2	0.1
	평균	12.1	1.6	12.6	800.3	487.3	0.3	0.2
	표준편차	0.17	0.06	0.34	13.81	22.61	0.11	0.06
	개수	22	22	22	22	22	22	22
경남합천	최대치	12.2	1.7	13.7	833.0	534.0	0.6	0.5
	최소치	10.9	1.5	13.0	813.0	419.0	0.2	0.1
	평균	11.6	1.6	13.3	823.0	474.0	0.4	0.2
	표준편차	0.48	0.06	0.20	7.74	32.95	0.12	0.12
	개수	15	15	15	15	15	15	15
전북김제	최대치	12.7	1.44	15.25	819	480	0.33	0.41
	최소치	12.0	1.41	14.72	812	337	0.24	0.33
	평균	12.4	1.43	14.99	816	409	0.29	0.37
	표준편차	0.49	0.02	0.37	4.95	101.12	0.06	0.06
	개수	2	2	2	2	2	2	2
전남영암	최대치	12.4	1.7	14.1	810.0	388.0	1.0	0.5
	최소치	12.1	1.5	13.9	795.0	309.0	0.4	0.2
	평균	12.3	1.6	14.0	802.7	342.5	0.6	0.4
	표준편차	0.12	0.07	0.10	4.93	29.50	0.19	0.12
	개수	6	6	6	6	6	6	6
전남보성	최대치	12.8	1.67	14.14	796	468	0.55	0.45
	최소치	12.7	1.59	14.01	784	416	0.24	0.34
	평균	12.8	1.63	14.08	790	442	0.40	0.40
	표준편차	0.07	0.06	0.09	8.49	36.77	0.22	0.08
	개수	2	2	2	2	2	2	2
전남장흥	최대치	12.2	1.77	13.58	815	505	0.49	0.45
	최소치	11.4	1.70	12.61	794	416	0.17	0.19
	평균	11.9	1.73	12.98	804	474	0.32	0.30
	표준편차	0.26	0.03	0.34	7.76	32.72	0.12	0.08
	개수	7	7	7	7	7	7	7
전남장성	최대치	12.6	1.53	14.49	817	496	0.70	0.28
	최소치	12.1	1.45	13.99	803	470	0.34	0.17
	평균	12.3	1.49	14.24	811	483	0.58	0.20
	표준편차	0.21	0.04	0.26	7.05	10.81	0.16	0.06
	개수	4	4	4	4	4	4	4
전북고창	최대치	13.4	1.9	16.0	821.0	822.0	0.9	0.7
	최소치	11.7	1.5	10.2	512.0	147.0	0.2	0.1
	평균	12.6	1.7	13.3	740.0	530.4	0.4	0.4
	표준편차	0.58	0.10	1.77	123.68	178.88	0.19	0.16
	개수	18	18	18	18	18	18	18
경남밀양	최대치	12.5	1.5	13.0	841.0	494.0	0.9	0.6

	최소치	12.0	1.5	10.1	806.0	457.0	0.4	0.3
	평균	12.2	1.5	12.1	826.0	479.5	0.6	0.4
	표준편차	0.22	0.03	1.33	16.91	16.22	0.22	0.12
	개수	4	4	4	4	4	4	4
전북부안	최대치	13.4	1.6	15.3	845.0	545.0	1.0	1.4
	최소치	12.0	1.4	13.3	741.0	447.0	0.3	0.2
	평균	12.5	1.5	14.0	808.7	502.2	0.6	0.4
	표준편차	0.40	0.06	0.56	20.25	27.52	0.20	0.28
	개수	18	18	18	18	18	18	18
전북익산	최대치	12.7	1.7	14.2	859.0	565.0	0.5	0.7
	최소치	11.2	1.3	11.2	809.0	401.0	0.0	0.0
	평균	12.0	1.5	13.3	829.2	495.1	0.3	0.3
	표준편차	0.40	0.10	0.95	13.76	46.08	0.12	0.14
	개수	47	47	47	47	47	47	47
전남영광	최대치	12.9	1.71	13.86	836	501	0.50	0.45
	최소치	12.5	1.66	13.22	832	498	0.47	0.44
	평균	12.7	1.69	13.54	834	500	0.49	0.45
	표준편차	0.28	0.04	0.45	2.83	2.12	0.02	0.01
	개수	2	2	2	2	2	2	2
전남함평	최대치	12.8	1.74	13.54	805	554	0.41	0.45
	최소치	12.2	1.53	12.78	791	479	0.11	0.23
	평균	12.6	1.6	13.1	797.8	525.8	0.3	0.3
	표준편차	0.27	0.09	0.33	6.40	32.52	0.12	0.10
	개수	4	4	4	4	4	4	4
2012 Total	최대치	13.40	1.89	16.04	859.00	822.00	1.57	1.43
	최소치	10.90	1.28	10.12	512.00	147.00	0.02	0.01
	평균	12.17	1.58	13.38	805.44	461.09	0.45	0.31
	표준편차	0.48	0.11	0.97	43.42	94.76	0.23	0.17
	개수	215	215	215	215	215	214	214

(나) 2012년도 지역별 원맥 수분 평균 및 표준편차

○ 전 지역에서 고른 수분 분포를 보임

표 3-3-145. 우리밀 원맥의 2012년도 지역별 수분 데이터

항목	지역	평균(%)	표준편차
수분	전남 광주	12.2	0.45
	경남 사천	12.1	0.17
	경남 합천	11.6	0.48
	전북 김제	12.4	0.49
	전남 영암	12.3	0.12
	전남 보성	12.8	0.07
	전남 장흥	11.9	0.26
	전남 장성	12.3	0.21
	전북 고창	12.6	0.58
	경남 밀양	12.2	0.22
	전북 부안	12.5	0.40
	전북 익산	12.0	0.40
	전남 영광	12.7	0.28
	전남 함평	12.6	0.27
	2012년 평균	12.17	0.48

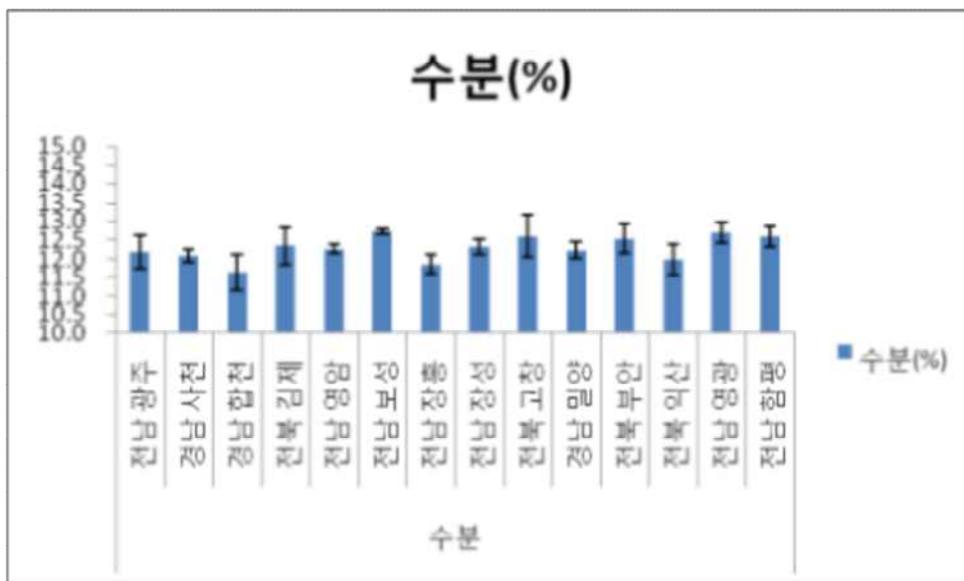


그림 3-3-80. 우리밀 원맥의 2012년도 지역별 수분 데이터

(다) 2012년도 지역별 원맥 회분 평균 및 표준편차

○ 지역간 편차는 있으나, 지역 내에서는 일정한 경향을 보임

표 3-3-146. 우리밀 원맥의 2012년도 지역별 회분 데이터

항목	지역	평균(%)	표준편차
회분	전남 광주	1.6	0.07
	경남 사천	1.6	0.06
	경남 합천	1.6	0.06
	전북 김제	1.43	0.02
	전남 영암	1.6	0.07
	전남 보성	1.63	0.06
	전남 장흥	1.73	0.03
	전남 장성	1.49	0.04
	전북 고창	1.7	0.10
	경남 밀양	1.5	0.03
	전북 부안	1.5	0.06
	전북 익산	1.5	0.10
	전남 영광	1.69	0.04
	전남 함평	1.6	0.09
	2012년평균	1.58	0.11



그림 3-3-81. 우리밀 원맥의 2012년도 지역별 회분 데이터

(라) 2012년도 지역별 원맥 단백질 평균 및 표준편차

○ 지역간 편차가 크며, 지역 내에서도 편차가 크게 나타남

표 3-3-147. 우리밀 원맥의 2012년도 지역별 단백질 데이터

항목	지역	평균(%)	표준편차
단백질	전남 광주	13.5	0.87
	경남 사천	12.6	0.34
	경남 합천	13.3	0.20
	전북 김제	14.99	0.37
	전남 영암	14.0	0.10
	전남 보성	14.08	0.09
	전남 장흥	12.98	0.34
	전남 장성	14.24	0.26
	전북 고창	13.3	1.77
	경남 밀양	12.1	1.33
	전북 부안	14.0	0.56
	전북 익산	13.3	0.95
	전남 영광	13.54	0.45
	전남 함평	13.1	0.33
	2012년평균	13.38	0.97

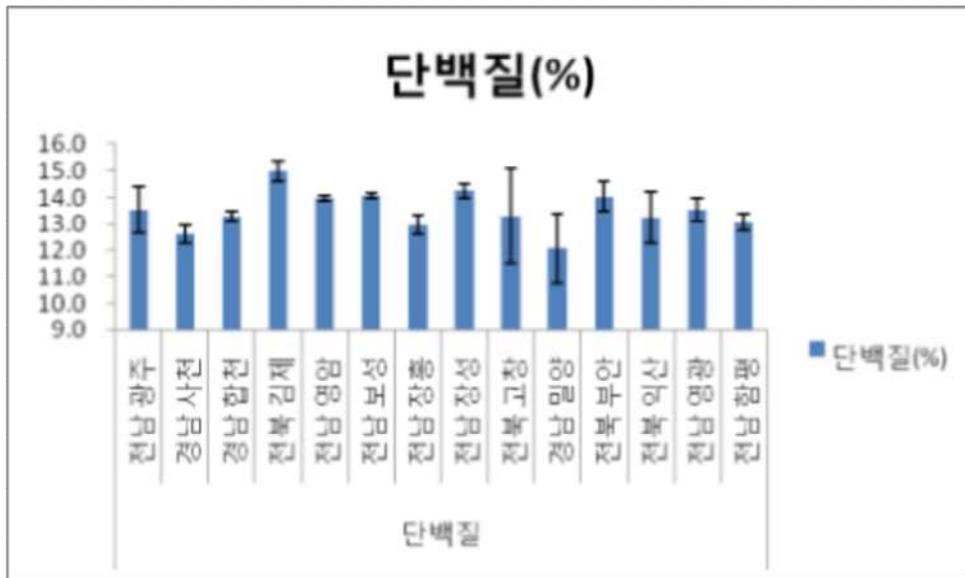


그림 3-3-82. 우리밀 원맥의 2012년도 지역별 단백질 데이터

(마) 2012년도 지역별 원맥 용중 평균 및 표준편차

○ 고창은 평균 용중도 낮고 표준편차도 매우 크게 나타남

표 3-3-148. 우리밀 원맥의 2012년도 지역별 용중 데이터

항목	지역	평균(g)	표준편차
용중	전남 광주	802.0	10.61
	경남 사천	800.3	13.81
	경남 합천	823.0	7.74
	전북 김제	816	4.95
	전남 영암	802.7	4.93
	전남 보성	790	8.49
	전남 장흥	804	7.76
	전남 장성	811	7.05
	전북 고창	740.0	123.68
	경남 밀양	826.0	16.91
	전북 부안	808.7	20.25
	전북 익산	829.2	13.76
	전남 영광	834	2.83
	전남 함평	797.8	6.40
	2012년평균	805.44	43.42



그림 3-3-83. 우리밀 원맥의 2012년도 지역별 용중 데이터

(바) 2012년도 지역별 원맥 F/N 평균 및 표준편차

○ 일부 지역은 수준 이하의 값을 보이며, 고창은 편차가 매우 크게 나타남

표 3-3-149. 우리밀 원맥의 2012년도 지역별 F/N 데이터

항목	지역	평균(sec)	표준편차
F/N	전남 광주	398.4	101.33
	경남 사천	487.3	22.61
	경남 합천	474.0	32.95
	전북 김제	409	101.12
	전남 영암	342.5	29.50
	전남 보성	442	36.77
	전남 장흥	474	32.72
	전남 장성	483	10.81
	전북 고창	530.4	178.88
	경남 밀양	479.5	16.22
	전북 부안	502.2	27.52
	전북 익산	495.1	46.08
	전남 영광	500	2.12
	전남 함평	525.8	32.52
	2012년평균	461.09	94.76

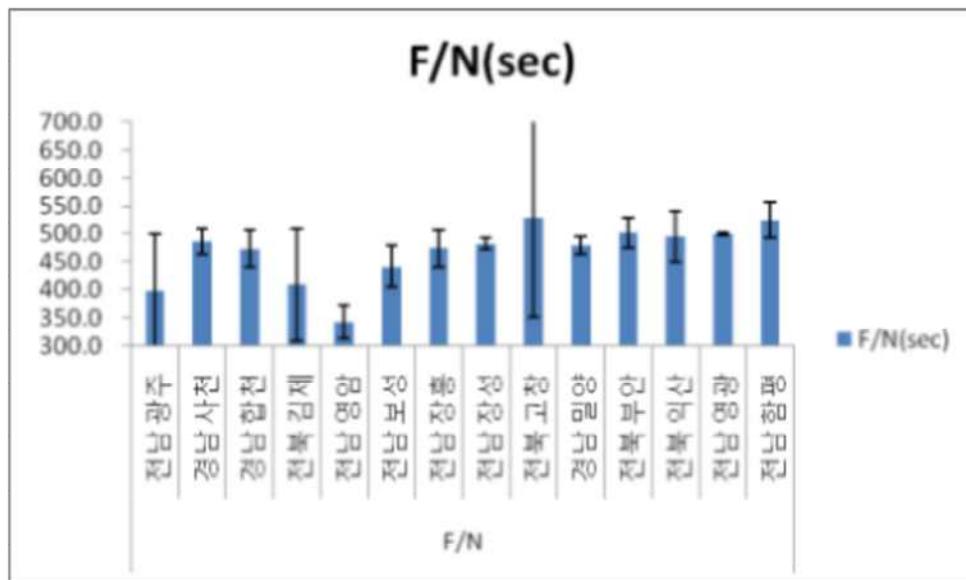


그림 3-3-84. 우리밀 원맥의 2012년도 지역별 F/N 데이터

(사) 2012년도 지역별 원맥 상립 평균 및 표준편차

○ 전반적으로 무난한 수준으로 나타남

표 3-3-150. 우리밀 원맥의 2012년도 지역별 상립 데이터

항목	지역	평균(%)	표준편차
상립	전남 광주	0.6	0.26
	경남 사천	0.3	0.11
	경남 합천	0.4	0.12
	전북 김제	0.29	0.06
	전남 영암	0.6	0.19
	전남 보성	0.40	0.22
	전남 장흥	0.32	0.12
	전남 장성	0.58	0.16
	전북 고창	0.4	0.19
	경남 밀양	0.6	0.22
	전북 부안	0.6	0.20
	전북 익산	0.3	0.12
	전남 영광	0.49	0.02
	전남 함평	0.3	0.12
	2012년평균	0.45	0.23

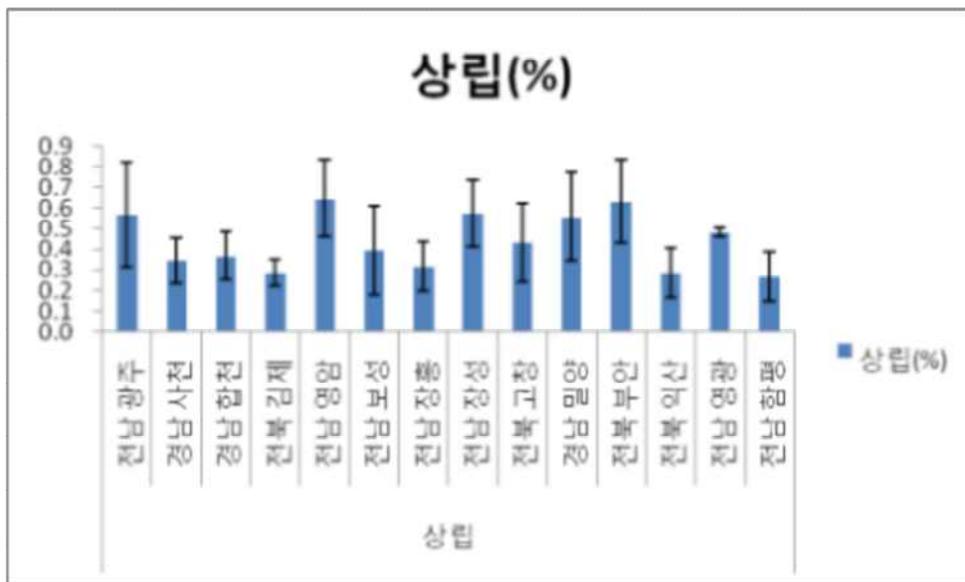


그림 3-3-85. 우리밀 원맥의 2012년도 지역별 상립 데이터

(아) 2012년도 지역별 원맥 협잡물 평균 및 표준편차

○ 전반적으로 무난하나, 일부지역은 편차가 크게 나타남

표 3-3-151. 우리밀 원맥의 2012년도 지역별 협잡물 데이터

항목	지역	평균(%)	표준편차
협잡물	전남 광주	0.3	0.20
	경남 사천	0.2	0.06
	경남 합천	0.2	0.12
	전북 김제	0.37	0.06
	전남 영암	0.4	0.12
	전남 보성	0.40	0.08
	전남 장흥	0.30	0.08
	전남 장성	0.20	0.06
	전북 고창	0.4	0.16
	경남 밀양	0.4	0.12
	전북 부안	0.4	0.28
	전북 익산	0.3	0.14
	전남 영광	0.45	0.01
	전남 함평	0.3	0.10
	2012년평균	0.31	0.17

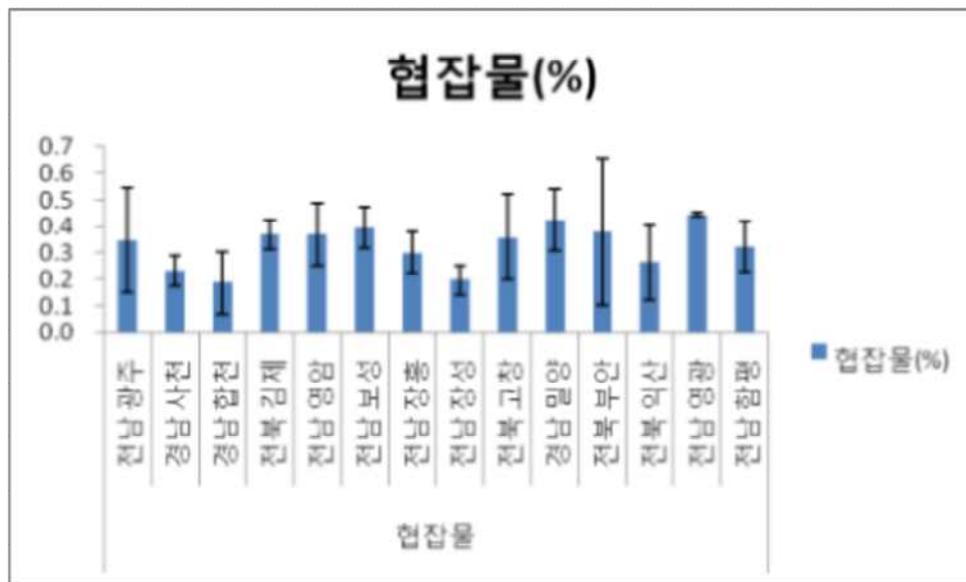


그림 3-3-86. 우리밀 원맥의 2012년도 지역별 협잡물 데이터

(4) 결론 : 지역별로 단백질, F/N 값의 편차가 크게 벌어져 품질 유지에 어려움이 있음

마. 2013년도 지역별 품질 편차 분석

(1) 시료

(가) 2013년도 CJ제일제당에 입고된 우리밀 원맥 (2개 지역, 45회)

- 전남 광주(42), 경남 합천(3)

(2)방법

(가) 원맥의 평가 (세부 Test 방법은 별첨 참조)

① 용중 : 원맥 1L 당의 무게 측정 (g)

② Falling Number : 끓는 물 속에서, 밀가루의 현탁액이 Alpha-Amylase에 의한 액화정도를 측정(sec, AACC Method 56-81B)

③ 상립 : 맥 이외의 다른 곡물 및 피해를 입은 원맥의 비율 (% , 귀리,옥수수 등)

④ 헝잡물 : 맥 이외의 이물질의 비율(%)

(나) 품질 분석

① 수분 : 시료속에 함유된 수분의 함량 측정 (% , AACC Method 44-15A)

② 회분 : 시료를 태우고 남은 성분의 함량 측정 (% , AACC Method 08-01)

③ 단백질 : 시료 내에 함유된 단백질의 함량 측정 (% , AACC Method 46-12)

(다) 통계 분석

① 연도별, 생산 지역별 데이터를 통하여, 연간 편차, 연내 편차, 품질 지속성 등에 대해 조사

(3) 결과

(가) 2013년도 지역별 원맥 품질 데이터

○ 2013년도 지역별 원맥 품질 데이터는 아래와 같음

표 3-3-152. 우리밀 원맥의 2013년도 지역별 분석 데이터

지역	입고량	수분(%)	회분(%)	단백질(%)	용중(g)	F/N(sec)	상립(%)	협잡물(%)
경남합천	최대치	12.2	1.53	13.30	820	488	0.80	0.25
	최소치	11.8	1.48	12.44	818	417	0.47	0.15
	평 균	12.0	1.50	12.88	819	453	0.61	0.21
	표준편차	0.20	0.03	0.43	1.00	35.50	0.17	0.06
	개 수	3	3	3	3	3	3	3
전남광주	최대치	12.8	1.7	12.1	830.0	632.0	0.6	0.8
	최소치	11.0	1.4	11.7	825.0	512.0	0.3	0.3
	평 균	11.8	1.5	11.9	826.9	556.1	0.4	0.5
	표준편차	0.44	0.06	0.86	9.34	37.66	0.09	0.15
	개 수	42	42	42	42	42	42	42
2013 TOTAL	최대치	12.80	1.69	14.43	844.00	632.00	0.80	0.82
	최소치	11.00	1.43	11.24	811.00	417.00	0.17	0.05
	평 균	11.85	1.55	12.22	828.24	496.80	0.39	0.31
	표준편차	0.43	0.06	0.85	9.35	39.00	0.11	0.15
	개 수	45	45	45	45	45	45	45

(4) 결론 : 예년에 비해서는 품질이 안정적이나 단백질 함량은 편차가 있음

5. 원맥의 연도별(2011년~2013년) 품질 변화 분석

가. 수입밀 5종과 우리밀 1종의 연도별 원맥 특성 분석

(1) 시료

(가) 수입원맥 6종 및 국산원맥 1종

- ① 미국산 강력 DNS (Dark Northern Spring)
- ② 미국산 중강력 HRW (Hard Red Winter)
- ③ 미국산 박력 SW (Soft Wheat)
- ④ 캐나다산 강력 CWRS (Canadian Western Red Spring)
- ⑤ 호주산 중력 ASW (Australian Standard Wheat)
- ⑥ 국산 중강력 금강밀

(2) 방법

(가) 원맥의 평가 (세부 Test 방법은 별첨 참조)

- ① 용중 : 원맥 1L 당의 무게 측정 (g)
- ② 상립 : 맥 이외의 다른 곡물의 비율 (% , 귀리, 옥수수 등)
- ③ 천립중 : 완전한 정상맥 1,000개의 중량
- ④ Falling Number : 끓는물 속에서, 밀가루의 현탁액이 Alpha-Amylase에 의한 액화정도를 측정 (sec, AACC Method 56-81B)

(나) 품질 분석

- ① 수분 : 시료 속에 함유된 수분의 함량 측정 (% , AACC Method 44-15A)
- ② 회분 : 시료를 태우고 남은 성분의 함량 측정 (% , AACC Method 08-01)
- ③ 단백질 : 시료 내에 함유된 단백질의 함량 측정 (% , AACC Method 46-12)
- ④ 입도 : 분말의 입자 크기 및 입자 분포를 측정 (μm)
- ⑤ 백도 : 분말의 흰 정도를 측정
- ⑥ Farino Gram : 일정 온도에서 반죽 교반시 Plasticity(可塑性), Mobility(移動性) 측정
- ⑦ Visco Gram : 밀가루 호화점도를 파악하여 Alpha-Amylase의 활성도를 측정
- ⑧ Extenso Gram : 반죽된 밀가루를 잡아당겨서 신장성과 저항도를 측정

(다) 시험 제분

- 소량의 원맥 특성을 파악하기 위하여 소형 실험 제분기를 이용, 3개의 조쇄 공정과, 3개의 분쇄 공정을 이용하여 Sample을 제조

(3) 결과

(가) 2011년도 원맥 분석 결과

○ 2011년도 원맥 분석 결과는 아래와 같음

표 3-3-153. 2011년도 입고원맥 품질 분석

원맥명		SW	ASW	HRW	CWRS	DNS	우리밀
원맥	수분 (%)	9.34	9.57	10.28	12.33	10.96	11.99
	회분 (%)	1.43	1.31	1.48	1.66	1.59	1.59
	단백질 (%)	9.84	10.39	11.36	13.81	14.04	12.6
	용중 (g)	817.79	819.5	819.25	815.83	816.32	820.26
	F/N (sec)	379.71	428.06	421.08	417.83	402.95	461.92
	상립(%)	0.4	0.52	0.28	0.44	0.54	0.48
	협작물(%)	0.43	0.42	0.37	0.17	0.35	0.35

(나) 2012년도 원맥 분석 결과

○ 2012년도 원맥 분석 결과는 아래와 같음

표 3-3-154. 2012년도 입고원맥 품질 분석

원맥명		SW	ASW	HRW	CWRS	DNS	우리밀
원맥	수분 (%)	9.21	9.83	9.77	11.87	10.51	12.17
	회분 (%)	1.41	1.33	1.46	1.63	1.58	1.58
	단백질 (%)	9.68	10.09	11.44	13.84	13.88	13.38
	용중 (g)	826.07	814.42	824.08	833.67	821.62	805.44
	F/N (sec)	372.29	391.33	438.25	420.5	422.77	461.09
	상립(%)	0.63	0.53	0.42	0.64	0.51	0.45
	협작물(%)	0.42	0.45	0.34	0.27	0.32	0.31

(다) 2013년도 원맥 분석 결과

○ 2013년도 원맥 분석 결과는 아래와 같음

표 3-3-155. 2013년도 입고원맥 품질 분석

원맥명		SW	ASW	HRW	CWRS	DNS	우리밀
원맥	수분 (%)	9.14	10.35	9.75	12.7	10.06	11.85
	회분 (%)	1.4	1.28	1.48	1.54	1.57	1.55
	단백질 (%)	10.01	10.14	11.66	13.97	13.96	12.22
	용중 (g)	824.22	827.27	821.5	826.33	822.9	828.24
	F/N (sec)	387.73	412.27	430.7	431.67	432.7	496.8
	상립(%)	0.36	0.28	0.28	0.5	0.32	0.39
	협작물(%)	0.4	0.44	0.42	0.35	0.41	0.31

(라) 원맥별 연도에 따른 수분 함량 변화 추이 분석

○ 원맥별 연도에 따른 수분 함량 변화는 크지 않음

표 3-3-156. 원맥의 연도별 수분함량 및 표준편차 변화

구분	2011년		2012년		2013년	
	평균(%)	표준편차	평균(%)	표준편차	평균(%)	표준편차
SW	9.34	0.3	9.21	0.48	9.14	0.42
ASW	9.57	0.71	9.83	0.37	10.35	0.57
HRW	10.28	0.58	9.77	0.59	9.75	0.37
CWRS	12.33	0.17	11.87	0.66	12.7	0.17
DNS	10.96	0.77	10.51	0.72	10.06	0.69
우리밀	11.99	0.53	12.17	0.48	11.85	0.43

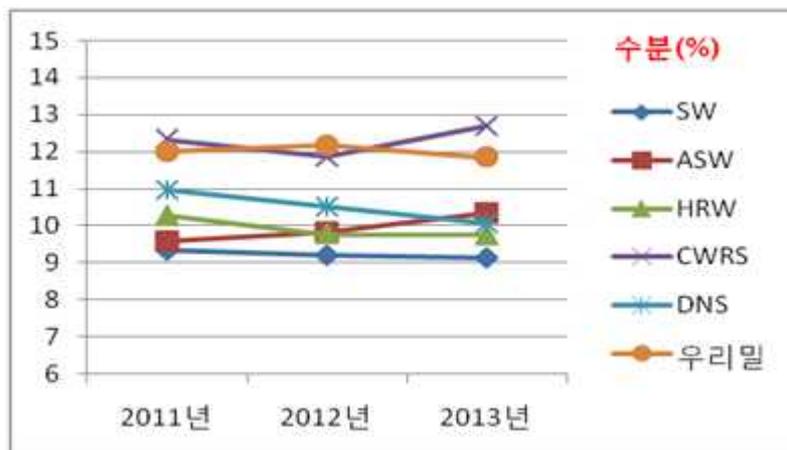


그림 3-3-87. 원맥의 연도별 수분함량 변화

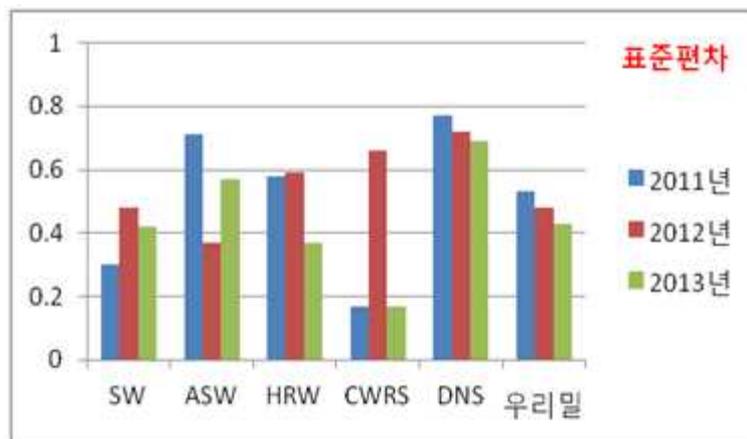


그림 3-3-88. 원맥의 연도별 수분함량 표준편차 변화

(마) 원맥별 연도에 따른 회분 함량 변화 추이 분석

○ 원맥별로 회분 함량 차이는 있으나 원맥에 따른 연도별 차이는 크지 않음

표 3-3-158. 원맥의 연도별 회분함량 및 표준편차 변화

구분	2011년		2012년		2013년	
	평균(%)	표준편차	평균(%)	표준편차	평균(%)	표준편차
SW	1.43	0.06	1.41	0.07	1.4	0.07
ASW	1.31	0.07	1.33	0.06	1.28	0.08
HRW	1.48	0.06	1.46	0.07	1.48	0.09
CWRS	1.66	0.07	1.63	0.05	1.54	0.06
DNS	1.59	0.05	1.58	0.07	1.57	0.07
우리밀	1.59	0.07	1.58	0.08	1.55	0.06

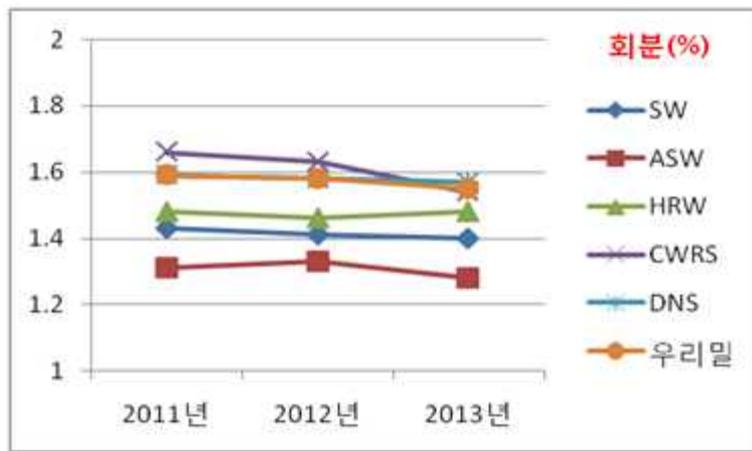


그림 3-3-89. 원맥의 연도별 회분함량 변화



그림 3-3-90. 원맥의 연도별 회분함량 표준편차 변화

(바) 원맥별 연도에 따른 단백질 함량 변화 추이 분석

- 수입밀의 경우 연도별 단백질 변화가 크지 않으나, 우리밀은 단백질 함량의 변화가 큼
- 우리밀은 매년 표준편차도 크게 나타나, 입고되는 단백질 함량이 일정치 않음을 알 수 있음

표 3-3-160. 원맥의 연도별 단백질함량 및 표준편차 변화

구분	2011년		2012년		2013년	
	평균(%)	표준편차	평균(%)	표준편차	평균(%)	표준편차
SW	9.84	0.42	9.68	0.41	10.01	0.63
ASW	10.39	0.69	10.09	0.33	10.14	0.67
HRW	11.36	0.26	11.44	0.34	11.66	0.27
CWRS	13.81	0.18	13.84	0.24	13.97	0.59
DNS	14.04	0.27	13.88	0.33	13.96	0.36
우리밀	12.6	1.23	13.38	0.97	12.22	0.85

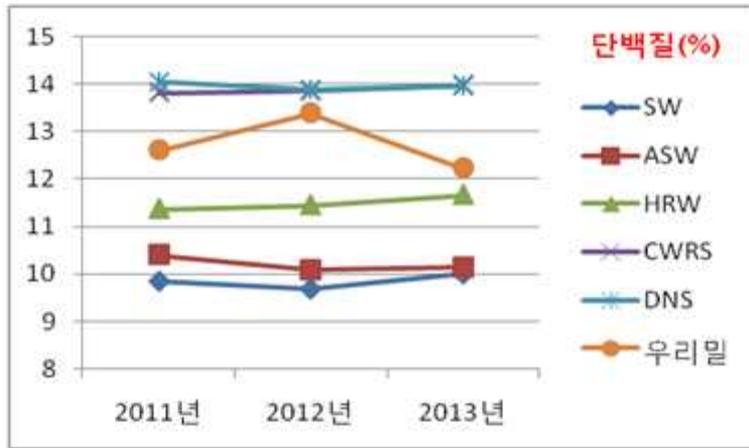


그림 3-3-91. 원맥의 연도별 단백질함량 변화

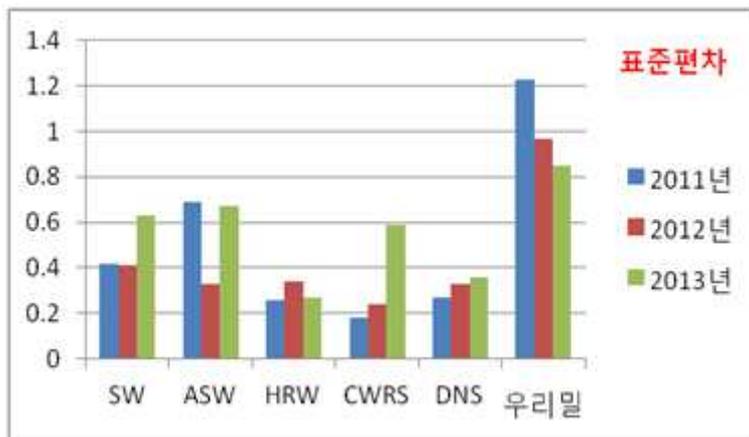


그림 3-3-92. 원맥의 연도별 단백질함량 표준편차 변화

(사) 원맥별 연도에 따른 용중 변화 추이 분석

- 원맥별 연도에 따른 용중의 변화는 크지 않음
- 수입밀은 모두 균일한 수준의 표준편차를 보이는 반면, 우리밀은 2012년도 품질이 균일하지 못하여 표준편차가 매우 큼

표 3-3-161. 원맥의 연도별 용중 및 표준편차 변화

구분	2011년		2012년		2013년	
	평균(%)	표준편차	평균(%)	표준편차	평균(%)	표준편차
SW	817.79	10.17	826.07	7.85	824.22	10.92
ASW	819.5	19.71	814.42	10.64	827.27	11.46
HRW	819.25	11.29	824.08	8.26	821.5	14.11
CWRS	815.83	16.13	833.67	9.31	826.33	8.5
DNS	816.32	11.47	821.62	10.34	822.9	12.53
우리밀	820.26	16.1	805.44	43.42	828.24	9.35

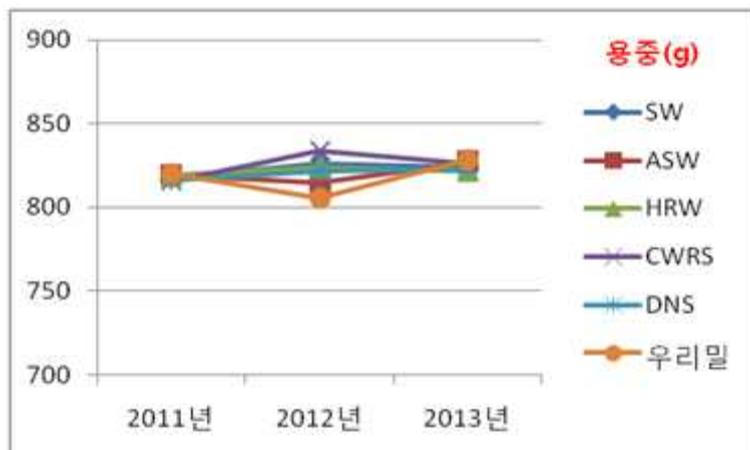


그림 3-3-93. 원맥의 연도별 용중 변화

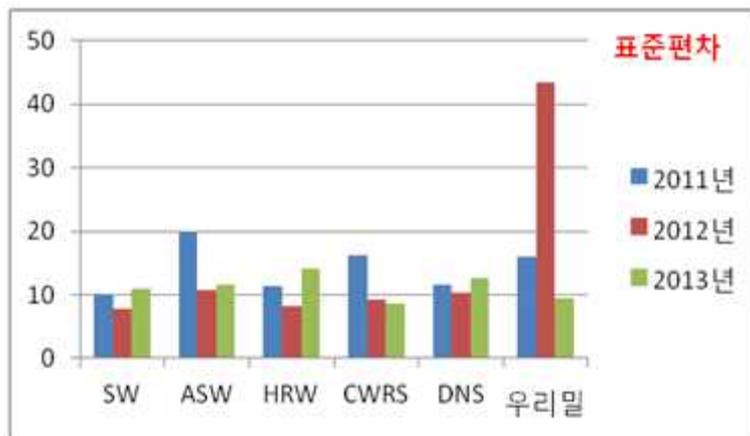


그림 3-3-94. 원맥의 연도별 용중 표준편차 변화

(아) 원맥별 연도에 따른 F/N 변화 추이 분석

- ASW와 우리밀은 연도에 따른 F/N 변화가 컸으며, 특히 우리밀은 2012년도 표준편차가 매우 커 같은 해에도 품질이 일정치 않았음을 알 수 있음

표 3-3-162. 원맥의 연도별 F/N 및 표준편차변화

구분	2011년		2012년		2013년	
	평균(%)	표준편차	평균(%)	표준편차	평균(%)	표준편차
SW	379.71	38.65	372.29	24.28	387.73	12.81
ASW	428.06	55.89	391.33	23.18	412.27	17.43
HRW	421.08	19.59	438.25	19.44	430.7	14.77
CWRS	417.83	33.04	420.5	39.26	431.67	15.28
DNS	402.95	43.54	422.77	16.06	432.7	18.02
우리밀	461.92	48.39	461.09	94.76	496.8	39

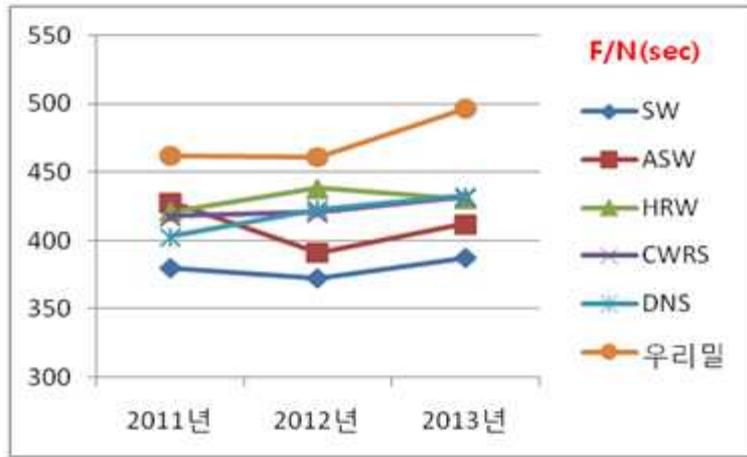


그림 3-3-95. 원맥의 연도별 F/N 변화

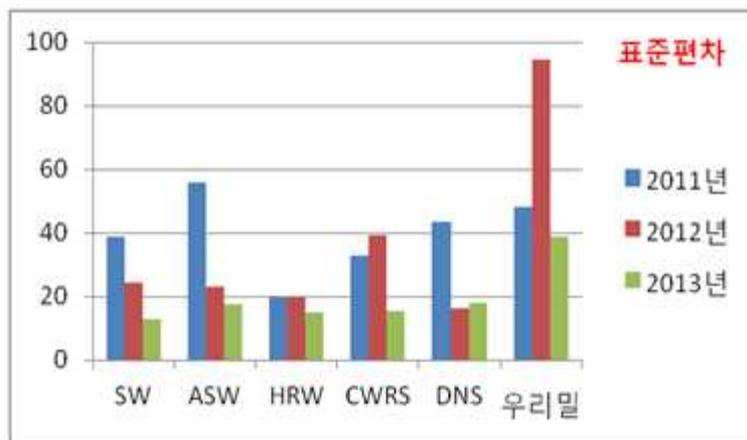


그림 3-3-96. 원맥의 연도별 F/N 표준편차 변화

(4) 결론

- 우리밀은 수입밀 대비 품질 편차가 많이 발생하여 품질의 안정성이 떨어지며, 결론적으로 수입밀 수준의 품질 안정성이 확보되어야 경쟁력을 높일 수 있음

6. 저장조건별 금강밀의 품질 특성 분석

가. 저장조건별 금강밀의 품질 특성 (4개월차)

(1) 시료

(가) 국산밀 5종 (금강밀CTRL/10℃/20℃/30℃/40℃ 보관)

- ① CTRL(금강밀)
- ② 10℃ 보관 금강밀_4개월차
- ③ 20℃ 보관 금강밀_4개월차
- ④ 30℃ 보관 금강밀_4개월차
- ⑤ 40℃ 보관 금강밀_4개월차

(2) 방법

(가) 원맥의 보관

- ① 금강밀 원맥을 5Kg 씩 나누어 온도조건을 달리한 인큐베이터에 보관

(나) 원맥의 평가 (세부 Test 방법은 부록 참조)

- ① 용중 : 원맥 1L 당의 무게 측정 (g)
- ② 상립 : 맥 이외의 다른 곡물의 비율 (% , 귀리, 옥수수 등)
- ③ 천립중 : 완전한 정상맥 1,000개의 중량
- ④ Falling Number : 끓는 물 속에서, 밀가루의 현탁액이 Alpha-Amylase에 의한 액화정도를 측정(sec, AACC Method 56-81B)

(다) 품질 분석

- ① 수분 : 시료 속에 함유된 수분의 함량 측정 (% , AACC Method 44-15A)
- ② 회분 : 시료를 태우고 남은 성분의 함량 측정 (% , AACC Method 08-01)
- ③ 단백질 : 시료 내에 함유된 단백질의 함량 측정 (% , AACC Method 46-12)
- ④ 입도 : 분말의 입자 크기 및 입자 분포를 측정 (μm)
- ⑤ 백도 : 분말의 흰 정도를 측정
- ⑥ Farino Gram : 일정 온도에서 반죽 교반시 Plasticity(可塑性), Mobility(移動性) 측정
- ⑦ Visco Gram : 밀가루 호화점도를 파악하여 Alpha-Amylase의 활성도를 측정
- ⑧ Extenso Gram : 반죽된 밀가루를 잡아당겨서 신장성과 저항도를 측정

(라) 시험 제분

- 소량의 원맥 특성을 파악하기 위하여 소형 실험 제분기를 이용, 3개의 조쇄 공정과, 3개의 분쇄 공정을 이용하여 Sample을 제조

(3) 결과

(가) 원맥 분석 결과

○ 저장 온도가 높을수록 F/N 가 높아지는 경향을 보임

표 3-3-163. 저장조건별 금강밀(4개월차)의 원맥분석 결과¹

구분		Control	10도	20도	30도	40도
원맥	수분 (%)*	13 ^b	13.1 ^b	12 ^a	12.8 ^b	11.7 ^a
	회분 (%)*	1.48 ^{ab}	1.51 ^b	1.57 ^c	1.59 ^c	1.45 ^a
	단백질 (%)**	12.76 ^a	12.99 ^b	13 ^b	12.91 ^{ab}	12.79 ^a
	용중 (g)	804 ^a	801 ^a	801 ^a	804 ^a	803 ^a
	상립 (%)*	0.31 ^a	0.69 ^b	0.72 ^c	0.88 ^d	0.86 ^d
	친립중 (g)***	38.2 ^b	38.1 ^b	37.6 ^b	36.8 ^a	36.6 ^a
	F/N (sec)*	478 ^b	432 ^a	507 ^b	568 ^c	614 ^d
	입도 (μm)	186.8 ^a	185.9 ^a	184.7 ^a	188.2 ^a	189.6 ^a
백도	55.3 ^a	55.9 ^a	56.2 ^a	54.8 ^a	55 ^a	

¹ 2번 반복실험 한 평균값

abc Row 내에서 같은 alphabet은 같은 수준임

,* 시료가 p=0.001, p=0.01, p=0.005 수준에서 유의적인 차이가 있음

(나) 60%분 분석 결과

○ 저장온도가 올라갈수록 최고점도가 높게 나타남

표 3-3-164. 저장조건별 금강밀(4개월차)의 60%분 분석 결과¹

구분		Control	10도	20도	30도	40도	
TEST MILL	60%분	수분(%)*	12.4 ^{ab}	14.1 ^d	13.1 ^c	12.6 ^b	12.1 ^a
		회분(%)*	0.471 ^b	0.458 ^a	0.474 ^b	0.462 ^a	0.483 ^c
		단백질(%)*	11.58 ^b	11.88 ^d	11.94 ^e	10.76 ^a	11.72 ^c
		입도(μm)**	78.3 ^{ab}	86.65 ^b	76.59 ^a	81.61 ^{ab}	79.6 ^{ab}
		백도	81.1 ^a	78.7 ^a	80.2 ^a	80 ^a	79.3 ^a
	Farino	흡수율(%)**	57.9 ^b	56.8 ^{ab}	56.5 ^{ab}	56.1 ^{ab}	53.8 ^a
		P/T ^{2,*}	14.6 ^c	7.5 ^b	2.5 ^a	2.7 ^a	13.7 ^c
		안정도(min) ^{3,***}	9.7 ^a	12.9 ^a	12.1 ^a	12.2 ^a	17 ^b
		연화도(Bu) ^{4,*}	0 ^a	65 ^c	42 ^b	41 ^b	0 ^a
	Visco	최고점도(Bu)*	906 ^a	973 ^a	1115 ^b	1153 ^b	1309 ^c
	Extenso	신장도(Cm) ^{5,**}	45/135 (분)	45/135 (분)	45/135 (분)	45/135 (분)	45/135 (분)
			17.6 ^b /22.3 ^a	20.2 ^d /21.6 ^a	23.9 ^d /21.9 ^a	17.8 ^b /20.3 ^a	15.7 ^a /18.3 ^a
		저항력(Bu)*	220 ^a /220 ^a	260 ^a /250 ^a	240 ^a /250 ^a	330 ^b /340 ^b	420 ^c /470 ^c
		최고저항(Bu*)	540 ^c /530 ^b	470 ^b /390 ^a	390 ^c /390 ^a	610 ^d /570 ^c	730 ^c /780 ^d

¹ 2번 반복실험한 평균값

² 반죽이 최고 Bu를 나타내는 시간

³ 반죽이 500Bu를 유지하는 시간

⁴ 반죽시작 후 20분 시점에서 BU중앙값과 500과의 편차

⁵ 시작점부터 끝까지의 거리

abc Row 내에서 같은 alphabet은 같은 수준임

,* 시료가 p=0.001, p=0.05, p=0.01 수준에서 유의적인 차이가 있음

(다) Test Mill 수율

○ 제분 수율은 비슷하게 나타남

표 3-3-165. 저장조건별 금강밀(4개월차)의 Test Mill 수율

원맥명(우리밀)		Control	10도	20도	30도	40도	
TEST MILL분	가공조건	T/TIME	24	24	24	24	
		1B수분	17.0	15.2	16.9	16.8	16.8
	수율 (%)	B분	8.23	10.34	9.40	10.69	12.48
		M분	43.35	41.28	39.25	40.46	46.2
		V분	16.06	14.67	18.95	15.29	16.73
		분수율	67.64	66.28	67.6	66.43	75.41
		부산물	27.54	25.93	25.09	25.29	25.79
		제분효율	46.25	45.92	45.69	47.13	50.49
		세모리나 생성율	67.01	66.47	67.97	66.13	64
		세모리나 분쇄율	64.70	62.10	57.75	61.17	72.19

(라) 원맥별 Test mill 紛 분석 결과

○ 각 STOCK 별 분석데이터는 아래와 같으며 세부 항목에 대해서는 별도로 해석

표 3-3-166. 저장조건별 금강밀(4개월차)의 STOCK별 분석 결과

원맥명(우리밀)		Control	10도	20도	30도	40도	
TEST MILL 품질	1B	수분	12.3	14.5	12.8	12.8	12.6
		회분	0.442	0.465	0.475	0.477	0.507
		단백질	10.18	11.75	10.11	10.92	11.32
		입도	73.2	70.11	68.07	68.34	65.97
		백도	81.2	82.1	82.4	80.90	81.10
		출량	333.0	444.5	371.1	396.7	428.2
	2B	수분	12.1	13.9	12.5	12.3	12.1
		회분	0.478	0.499	0.521	0.503	0.544
		단백질	13.05	14.32	12.43	13.04	13.71
		입도	68.8	66.81	64.34	60.45	59.97
		백도	81.3	80.8	81.5	80.5	80.1
		출량	234.5	273.9	288.8	292.4	274.3
	3B	수분	11.4	12.9	12.1	11.4	11.3
		회분	0.636	0.710	0.707	1.011	0.694
		단백질	12.96	14.01	12.90	13.09	13.07
		입도	64.0	95.27	62.58	65.73	133.50
		백도	77.8	76.1	78.1	76.8	75.4
		출량	90.9	90.0	92.0	96.6	92.9
	1M	수분	12.5	14.2	12.9	12.90	12.50
		회분	0.415	0.419	0.457	0.415	0.451
		단백질	10.95	11.69	11.30	11.17	11.01
		입도	71.9	85.48	80.32	88.71	84.02
		백도	83.0	80.2	81.2	80.8	79.9
		출량	2551.2	2531.1	2357.8	2456.2	2489.9
	2M	수분	11.5	13.6	12.4	12.00	11.80
		회분	0.450	0.432	0.465	0.420	0.469
		단백질	10.55	10.66	11.05	11.03	11.38
입도		67.0	70.68	72.80	74.72	72.06	
백도		80.5	82.1	82.9	82.3	81.2	
출량		184.9	348.4	435.4	404.6	391.8	
3M	수분	11.9	13.1	11.8	11.40	11.20	
	회분	0.432	0.492	0.505	0.804	0.827	
	단백질	11.43	11.76	11.55	11.51	11.44	
	입도	90.2	90.45	94.46	88.50	98.76	
	백도	81.0	80.0	80.7	79.7	77.5	
	출량	732.1	238.4	326.8	322.5	313.9	

(표 3-3-166 계속)

원맥명(우리밀)		Control	10도	20도	30도	40도	
TEST MILL 품질	V분	수분	12.2	13.6	12.1	12.30	12.10
		회분	0.852	0.800	0.829	0.804	0.827
		단백질	12.94	13.19	12.87	12.93	13.67
		입도	90.5	112.50	107.70	104.80	105.80
		백도	72.5	69.2	72.2	70.9	69.4
		출량	1284.5	1253.6	1619.7	1484.0	1450.0
	말분	수분	11.4	12.8	11.4	11.10	11.00
		회분	1.956	2.510	2.207	2.525	2.424
		단백질	12.58	13.25	13.08	13.1	13.2
		입도	466.3	521.80	562.40	448.30	527.20
		백도	40.5	37.0	39.0	37.7	36.2
		출량	222.3	171.9	170.8	173.6	731.5
	맥피	수분	12.5	14.1	13.3	13.5	13.5
		회분	4.753	4.637	4.845	4.860	4.793
		단백질	15.50	17.46	15.92	15.77	17.12
		백도	23.50	23.50	25.10	24.30	25.80
		출량	1981.2	2130.4	2230.8	2170.8	1081.9

* 맥피의 입도는 측정 불가능

나. 저장조건별 금강밀의 품질 특성 (8개월차)

(1) 시료

(가) 국산밀 5종 (금강밀CTRL/10℃/20℃/30℃/40℃ 보관)

- ① CTRL(금강밀)
- ② 10℃ 보관 금강밀_8개월차
- ③ 20℃ 보관 금강밀_8개월차
- ④ 30℃ 보관 금강밀_8개월차
- ⑤ 40℃ 보관 금강밀_8개월차

(2) 방법

(가) 원맥의 보관

- 원맥의 보관은 앞서 기술한 가.저장조건별 금강밀의 품질 특성 (4개월차) (2)방법 (가)원맥의 보관과 같은 방법으로 평가하였음

(나) 원맥의 평가 (세부 Test 방법은 부록 참조)

- 원맥의 평가는 앞서 기술한 가.저장조건별 금강밀의 품질 특성 (4개월차) (2)방법 (나)원맥의 평가와 같은 방법으로 평가하였음

(다) 품질 분석

- 품질 분석은 앞서 기술한 가.저장조건별 금강밀의 품질 특성 (4개월차) (2)방법 (다)품질분석과 같은 방법으로 평가하였음

(라) 시험 제분

- ① 소량의 원맥 특성을 파악하기 위하여 소형 실험 제분기를 이용, 3개의 조쇄 공정과, 3개의 분쇄 공정을 이용하여 Sample을 제조

(3) 결과

(가) 원맥 분석 결과

○ 40도의 F/N가 비정상적으로 높게 나타났으며 30도 시료의 경우 부패되어 정상 분석이 어려움

표 3-3-167. 저장조건별 금강밀(8개월차)의 원맥분석 결과¹

구분		Control	10도	20도	30도	40도
원맥	수분 (%)*	13 ^d	12.2 ^c	12.3 ^c	8.9 ^a	11.2 ^b
	회분 (%)*	1.48 ^a	1.62 ^b	1.57 ^{ab}	2.118 ^c	1.56 ^{ab}
	단백질 (%)*	12.76 ^a	12.82 ^a	13.05 ^{ab}	15.88 ^c	13.28 ^b
	용중 (g)	804 ^a	803 ^a	780 ^a	796 ^a	791 ^a
	상립 (%)*	0.31 ^a	3.5 ^{bc}	3.2 ^b	측정불가	3.8 ^c
	천립중 (g)	38.2 ^a	40 ^a	41 ^a	29 ^a	38 ^a
	F/N (sec)*	478 ^a	468 ^a	563 ^a	375 ^a	983 ^b
	입도 (μm)	186.8 ^a	188.2 ^a	219.8 ^a	201.7 ^a	160.7 ^a
백도	55.3 ^a	58.7 ^a	57.1 ^a	48.6 ^a	57.3 ^a	

¹ 2번 반복실험한 평균값
abc Row 내에서 같은 alphabet은 같은 수준임
* 시료가 p=0.001 수준에서 유의적인 차이가 있음

(나) 60%분 분석 결과

○ 30도 저장 시료는 부패되어 제분이 불가능하였으며, 저장온도가 높아질수록 최고점도가 높아지는 경향을 보임

표 3-3-168. 저장조건별 금강밀(8개월차)의 60%분 분석 결과¹

구분		Control	10도	20도	30도	40도	
TEST MILL	60%분	수분(%)*	12.4 ^a	12.6 ^a	13.1 ^b	-	11.9 ^a
		회분(%)**	0.471 ^a	0.559 ^b	0.6 ^c	-	0.662 ^d
		단백질(%)	11.58 ^a	11.58 ^a	11.53 ^a	-	11.53 ^a
		입도(μm)	78.3 ^a	86.43 ^a	84.56 ^a	-	86.73 ^a
		백도	81.1 ^a	78.9 ^a	78.5 ^a	-	76.5 ^a
	Farino	흡수율(%)	57.9 ^a	55 ^a	55.8 ^a	-	56.1 ^a
		P/T ²	14.6 ^a	10 ^a	10.2 ^a	-	14.2 ^a
		안정도(min) ³	9.7 ^a	13.9 ^a	13.6 ^a	-	18.8 ^b
		연화도(Bu) ^{4,**}	0	0	0	-	24
	Visco	최고점도(Bu)**	906 ^a	1161 ^b	1161 ^b	-	1581 ^c
	Extenso	신장도(Cm) ^{5,**}	45/135(분)	45/135(분)	45/135(분)	45/136(분)	45/135(분)
			17.6 ^b /22.3 ^b	21.2 ^c /19.0 ^b	20.6 ^b /20.8 ^b	-	14.7 ^a /14.1 ^a
		저항력(Bu) ^{***}	220 ^a /220 ^a	300 ^a /300 ^a	290 ^a /220 ^a	-	480 ^b /630 ^b
최고저항(Bu) ^{**}	540 ^a /530 ^b	520 ^a /460 ^a	540 ^a /460 ^b	-	730 ^b /900 ^c		

¹ 2번 반복실험한 평균값
² 반죽이 최고 Bu를 나타내는 시간
³ 반죽이 500Bu를 유지하는 시간
⁴ 반죽시작 후 20분 시점에서 BU중앙값과 500과의 편차
⁵ 시작점부터 끝까지의 거리
abc Row 내에서 같은 alphabet은 같은 수준임
***, ** 시료가 p=0.01, p=0.001, p=0.005 수준에서 유의적인 차이가 있음

(다) Test Mill 수율

- 제분수율은 비슷한 수준을 보임

표 3-3-169. 저장조건별 금강밀(8개월차)의 Test Mill 수율

원맥명(우리밀)		Control	10도	20도	30도	40도	
TEST MILL분	가공조건	T/TIME	24	24	24	-	24
		1B수분	17.0	17.2	17.22	-	16.34
	수율 (%)	B분	8.23	7.22	8.15	-	8.36
		M분	43.35	34.62	28.95	-	36.57
		V분	16.06	17.02	16.57	-	17.91
		분수율	67.64	58.86	53.67	-	62.84
		부산물	27.54	29.34	29.5	-	29.05
		제분효율	46.25	39.59	36.29	-	39.87
		세모리나 생성율	67.01	64.78	63.53	-	64.34
		세모리나 분쇄율	64.70	53.44	45.57	-	56.84

(라) 원맥별 Test mill 紛 분석 결과

- 각 STOCK 별 분석데이터는 아래와 같으며 세부 항목에 대해서는 별도로 해석

표 3-3-170. 저장조건별 금강밀(8개월차)의 STOCK별 분석 결과

원맥명(우리밀)		Control	10도	20도	30도	40도	
TEST MILL 품질	1B	수분	12.3	13.0	13.0	-	11.8
		회분	0.442	0.489	0.482	-	0.579
		단백질	10.18	11.05	10.08	-	10.19
		입도	73.2	73.57	69.85	-	67.03
		백도	81.2	81.8	81.9	-	80.20
		출량	333.0	281.7	332.2	-	300.0
	2B	수분	12.1	12.4	12.6	-	11.9
		회분	0.478	0.516	0.521	-	0.636
		단백질	13.05	12.91	12.39	-	12.17
		입도	68.8	68.28	65.27	-	58.40
		백도	81.3	80.8	81.6	-	79.7
		출량	234.5	271.7	326.9	-	253.1
	3B	수분	11.4	12.0	12.2	-	11.6
		회분	0.636	0.578	0.572	-	0.680
		단백질	12.96	13.01	12.87	-	12.69
		입도	64.0	72.23	71.95	-	68.13
		백도	77.8	79.8	79.6	-	77.2
		출량	90.9	168.5	155.6	-	115.3
	1M	수분	12.5	12.4	12.6	-	11.70
		회분	0.415	0.430	0.444	-	0.522
		단백질	10.95	15.37	11.04	-	11.14
		입도	71.9	89.80	93.55	-	81.46
		백도	83.0	81.2	81.1	-	78.8
		출량	2551.2	2793.4	2017.2	-	2276.3
	2M	수분	11.5	11.7	12.2	-	11.40
		회분	0.450	0.463	0.460	-	0.532
		단백질	10.55	10.24	11.00	-	10.84
입도		67.0	73.97	77.89	-	72.68	
백도		80.5	83.2	82.3	-	80.4	
출량		184.9	485.3	652.0	-	454.3	
3M	수분	11.9	11.5	11.7	-	11.10	
	회분	0.432	0.477	0.447	-	0.540	
	단백질	11.43	12.30	11.08	-	10.55	
	입도	90.2	81.82	87.78	-	69.00	
	백도	81.0	82.9	81.9	-	79.1	
	출량	732.1	183.4	226.0	-	194.8	

(표 3-3-170 계속)

원맥명(우리밀)		Control	10도	20도	30도	40도	
TEST MILL 품질	V분	수분	12.2	12.7	12.6	-	12.70
		회분	0.852	0.806	0.676	-	0.789
		단백질	12.94	12.56	12.35	-	12.75
		입도	90.5	105.40	101.00	-	103.10
		백도	72.5	71.4	71.4	-	67.3
		출량	1284.5	1701.6	1656.7	-	1433.0
	말분	수분	11.4	11.3	11.6	-	10.70
		회분	1.956	2.321	2.395	-	2.386
		단백질	12.58	14.20	14.09	-	14.4
		입도	466.3	490.40	510.20	-	487.10
		백도	40.5	36.9	36.4	-	35.3
		출량	222.3	133.6	117.3	-	139.7
	맥피	수분	12.5	13.8	14.4	-	12.6
		회분	4.753	4.235	4.099	-	4.065
		단백질	15.50	16.64	14.09	-	17.76
		백도	23.50	24.40	25.20	-	26.10
		출량	1981.2	2800.0	2832.2	-	2184.6

* 맥피의 입도는 측정 불가능

다. 저장조건별 금강밀의 품질 특성 (12개월차)

(1) 시료

(가) 국산밀 5종 (금강밀CTRL/10℃/20℃/30℃/40℃ 보관)

- ① CTRL(금강밀)
- ② 10℃ 보관 금강밀_12개월차
- ③ 20℃ 보관 금강밀_12개월차
- ④ 30℃ 보관 금강밀_12개월차 (벌레 발생 및 부패로 인해 Test 불가)
- ⑤ 40℃ 보관 금강밀_12개월차

(2) 방법

(가) 원맥의 보관

- 원맥의 보관은 앞서 기술한 가.저장조건별 금강밀의 품질 특성 (4개월차) (2)방법 (가)원맥의 보관과 같은 방법으로 평가하였음

(나) 원맥의 평가 (세부 Test 방법은 부록 참조)

- 원맥의 평가는 앞서 기술한 가.저장조건별 금강밀의 품질 특성 (4개월차) (2)방법 (나)원맥의 평가와 같은 방법으로 평가하였음

(다) 품질 분석

- 품질 분석은 앞서 기술한 가.저장조건별 금강밀의 품질 특성 (4개월차) (2)방법 (다)품질분석과 같은 방법으로 평가하였음

(라) 시험 제분

- 소량의 원맥 특성을 파악하기 위하여 소형 실험 제분기를 이용, 3개의 조쇄 공정과, 3개의 분쇄 공정을 이용하여 Sample을 제조

(3) 결과

(가) 원맥 분석 결과

- 국내산 금강밀의 저장조건별 원맥 품질 특성을 분석한 결과는 표 3-3-171에 나타내었음
 - 저장 온도가 높을수록 F/N 가 높아지는 경향을 보임
 - 30도 보관 시료의 경우 원맥이 부패하고 곰팡이가 발생하여 측정이 불가능한 항목이 있었음
 - 30도, 40도 보관 시료의 경우 수분 함량이 큰 폭으로 감소하였음
 - 30도 보관 시료의 경우 단백질 함량이 타 시료 대비 높고 용중, 천립중이 낮게 측정되었음. 이는 시료 내 발생한 벌레(비구미)의 영향으로 발생한 결과로 보임

표 3-3-171. 저장조건별 금강밀(12개월차)의 원맥분석 결과¹

구분		Control	10도	20도	30도	40도
원맥	수분 (%)*	13 ^c	12.7 ^c	13 ^c	10.3 ^b	9.9 ^a
	회분 (%)*	1.48 ^a	1.64 ^b	1.65 ^b	1.76 ^c	1.55 ^a
	단백질 (%)*	12.76 ^a	12.89 ^a	13.17 ^b	14.36 ^c	13.18 ^a
	용중 (g)*	804 ^b	806 ^b	785 ^b	499 ^a	802 ^b
	상립 (%)**	0.31 ^a	2.7 ^b	1.6 ^a	측정불가	1.7 ^a
	천립중 (g)	38.2 ^a	36 ^a	40 ^a	17 ^a	36 ^a
	F/N (sec)*	478 ^a	479 ^a	533 ^a	447 ^a	860 ^b
	입도 (μm)	186.8 ^a	194.8 ^a	209.3 ^a	202.2 ^a	214 ^a
백도***	55.3 ^a	58.6 ^a	58.9 ^a	52.7 ^a	56.8 ^a	

¹ 2번 반복실험 한 평균값

abc Row 내에서 같은 alphabet은 같은 수준임

,* 시료가 p=0.001, p=0.01, p=0.05 수준에서 유의적인 차이가 있음

(나) 60%분 분석 결과

○ 국내산 금강밀의 저장조건별 Test Mill 60%분 밀가루의 품질 특성을 분석한 결과는 (표 3-52)

- Amylograph를 통해 측정한 최고점도의 경우 저장온도가 올라갈수록 60%분의 최고점도가 높게 나타남

표 3-3-172. 저장조건별 금강밀(12개월차)의 60%분 분석 결과¹

구분		Control	10도	20도	30도	40도	
Test mill	60%분	수분(%)*	12.4 ^b	12.3 ^b	13.6 ^c	-	12.5 ^a
		회분(%)**	0.471 ^a	0.562 ^b	0.539 ^b	-	0.609 ^c
		단백질(%)	11.58 ^a	11.88 ^a	11.52 ^a	-	11.63 ^a
		입도(μm)	78.3 ^a	88.01 ^a	88.92 ^a	-	87.68 ^a
		백도	81.1 ^a	78.3 ^a	79.3 ^a	-	77.2 ^a
	Farino	흡수율(%)	57.9 ^a	58.1 ^a	56 ^a	-	56.8 ^a
		P/T ²	14.6 ^a	8.2 ^a	8.4 ^a	-	12.5 ^a
		안정도(min) ³	9.7 ^a	13.5 ^a	12.3 ^a	-	15.9 ^a
		연화도(Bu) ⁴	0 ^a	0 ^a	0 ^a	-	81 ^a
	Visco	최고점도(Bu) ^{***}	906 ^a	977 ^a	921 ^a	-	1153 ^b
	Extenso	신장도(Cm) ^{5*}	45/135 (분)	45/135 (분)	45/135 (분)	45/135 (분)	45/135 (분)
			17.6 ^b /22.3 ^b	23.4 ^c /25.3 ^b	20.5 ^b /22.7 ^b	-	14.7 ^a /16.4 ^a
		저항력(Bu) ^{**}	220 ^a /220 ^a	230 ^a /260 ^a	365 ^b /385 ^b	-	520 ^c /510 ^c
	최고저항(Bu) ^{**}	540 ^b /530 ^a	398 ^a /470 ^a	678 ^{bc} /650 ^b	-	762 ^c /810 ^c	

¹ 2번 반복실험한 평균값

² 반죽이 최고 Bu를 나타내는 시간

³ 반죽이 500Bu를 유지하는 시간

⁴ 반죽시작 후 20분 시점에서 BU중앙값과 500과의 편차

⁵ 시작점부터 끝까지의 거리

abc Column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임

,* 시료가 p=0.005, p=0.001, p=0.01 수준에서 유의적인 차이가 있음

(다) Test Mill 수율

- 국내산 금강밀의 저장조건별 Test Mill 수율 결과는 표 3-3-173에 나타내었음. 제분 수율은 Control 시료대비 조금씩 낮게 나타나며, 각 저장온도별로는 유사한 결과를 보였음

표 3-3-173. 저장조건별 금강밀(12개월차)의 Test Mill 수율

원맥명(우리밀)		Control	10도	20도	30도	40도	
Test mill	가공조건	T/TIME	24	24	24	-	24
		1B수분	17.0	16.8	16.8	-	14.5
	수율 (%)	B분	8.23	9.98	9.99	-	9.25
		M분	43.35	32.69	32.31	-	32.85
		V분	16.06	18.94	20.25	-	17.95
		분수율	67.64	61.61	62.54	-	60.05
		부산물	27.54	26.55	27.19	-	25.89
		제분효율	46.25	41.73	40.93	-	37.74
		세모리나 생성율	67.01	65.53	64.64	-	67.17
		세모리나 분쇄율	64.70	49.88	49.98	-	48.9

(라) 원맥별 Test mill 粉 분석 결과

- 국내산 금강밀의 저장조건별 Test Mill 각 획분의 품질특성 분석은 표 3-3-174에 나타냄. 세부 항목은 마. 저장조건별 금강밀의 제분 품질 변화 분석, (3)결과 부분에 별도 기술하였음.

표 3-3-174. 저장조건별 금강밀(12개월차)의 STOCK별 분석 결과

원맥명(우리밀)		Control	10도	20도	30도	40도	
Test mill	1B	수분	12.3	13.2	14.2	-	12.9
		회분	0.442	0.472	0.532	-	0.583
		단백질	10.18	10.60	10.59	-	11.70
		입도	73.2	72.14	66.53	-	64.61
		백도	81.2	82.9	81.4	-	80.50
		출량	333.0	314.4	303.1	-	367.4
	2B	수분	12.1	13.0	14.0	-	12.7
		회분	0.478	0.523	0.552	-	0.600
		단백질	13.05	13.06	12.77	-	13.84
		입도	68.8	66.74	68.38	-	67.21
		백도	81.3	81.8	81.2	-	79.3
		출량	234.5	329.8	341.2	-	263.3
	3B	수분	11.4	12.1	13.7	-	12.3
		회분	0.636	0.580	0.615	-	0.683
		단백질	12.96	13.60	13.13	-	14.17
		입도	64.0	71.68	71.54	-	70.54
		백도	77.8	79.7	78.9	-	77.3
		출량	90.9	154.3	154.5	-	109.6
	1M	수분	12.5	13.2	14.1	-	13.00
		회분	0.415	0.452	0.493	-	0.503
		단백질	10.95	11.21	11.28	-	11.31
		입도	71.9	86.16	87.06	-	84.54
		백도	83.0	81.7	81.5	-	79.2
		출량	2551.2	1427.2	1414.3	-	1491.0
2M	수분	11.5	12.5	13.7	-	12.40	
	회분	0.450	0.465	0.485	-	0.529	
	단백질	10.55	11.15	11.12	-	11.24	
	입도	67.0	77.61	83.79	-	73.33	
	백도	80.5	82.7	82.4	-	80.9	
	출량	184.9	786.6	806.2	-	806.2	
3M	수분	11.9	11.8	13.6	-	12.10	
	회분	0.432	0.478	0.514	-	0.500	
	단백질	11.43	11.58	10.79	-	11.46	
	입도	90.2	96.55	94.64	-	91.78	
	백도	81.0	80.9	81.3	-	78.9	
	출량	732.1	401.4	380.5	-	330.5	

(표 3-3-174 계속)

원맥명(우리밀)		Control	10도	20도	30도	40도	
Test mill	V분	수분	12.2	12.3	13.9	-	12.20
		회분	0.852	0.809	0.799	-	0.827
		단백질	12.94	13.03	12.80	-	12.96
		입도	90.5	99.87	104.20	-	107.20
		백도	72.5	71.3	71.5	-	67.3
		출량	1284.5	1515.2	1619.8	-	1436.1
	말분	수분	11.4	11.1	12.5	-	11.30
		회분	1.956	2.165	2.308	-	2.560
		단백질	12.58	14.23	13.91	-	13.0
		입도	466.3	486.10	444.30	-	503.40
		백도	40.5	36.3	38.2	-	33.0
		출량	222.3	165.3	145.0	-	185.3
	맥피	수분	12.5	12.8	14.1	-	11.9
		회분	4.753	4.246	4.476	-	4.738
		단백질	15.50	17.12	17.23	-	15.88
		백도	23.50	25.90	25.20	-	24.70
		출량	1981.2	1958.9	1885.9	-	1885.9

* 맥피의 입도는 측정 불가능

라. 저장조건별 금강밀의 제분 품질 변화 분석

(1) 시료

(가) 저장조건별 국산밀 4종 (10℃/20℃/30℃/40℃ 보관)

- ① 10℃ 보관 금강밀
- ② 20℃ 보관 금강밀
- ③ 30℃ 보관 금강밀
- ④ 40℃ 보관 금강밀

(2) 방법

(가) 원맥의 보관

- 원맥의 보관은 앞서 기술한 가.저장조건별 금강밀의 품질 특성 (4개월차) (2)방법 (가)원맥의 보관과 같은 방법으로 평가하였음

(나) 원맥의 평가 (세부 Test 방법은 부록 참조)

- 원맥의 평가는 앞서 기술한 가.저장조건별 금강밀의 품질 특성 (4개월차) (2)방법 (나)원맥의 평가와 같은 방법으로 평가하였음

(다) 품질 분석

- 품질 분석은 앞서 기술한 가.저장조건별 금강밀의 품질 특성 (4개월차) (2)방법 (다)품질분석과 같은 방법으로 평가하였음

(라) 시험 제분

- 소량의 원맥 특성을 파악하기 위하여 소형 실험 제분기를 이용, 3개의 조쇄 공정과, 3개의 분쇄 공정을 이용하여 Sample을 제조

(3) 결과

(가) 원맥 분석 결과

- 저장조건별(저장시간, 저장온도) 원맥 품질 분석결과는 표-3-3-175에 나타내었음
- 저장기간이 길어짐에 따라 회분과 단백질 함량, 상립의 비율은 증가하는 경향을 보임. 또한, F/N는 저장기간이 늘어남에 따라 증가하며, 이는 원맥의 신선도가 떨어지는 것을 나타냄. 단, 30도 저장시료의 경우 F/N이 저장 기간이 길어짐에 따라 감소하였으나 이미 부패가 진행되어 분석의 의미가 없음

표 3-3-175. 저장조건별 금강밀의 원맥분석 결과 변화

구분		Control	10도			20도		
			4M	8M	12M	4M	8M	12M
원맥	수분(%)*	13 ^b	13.1 ^b	12.2 ^b	12.7 ^b	12 ^b	12.3 ^b	13 ^b
	회분(%)*	1.48 ^a	1.51 ^a	1.62 ^a	1.64 ^a	1.57 ^a	1.57 ^a	1.65 ^a
	단백질(%)*	12.76 ^a	12.99 ^a	12.82 ^a	12.89 ^a	13 ^a	13.05 ^a	13.17 ^a
	용중(g) ^{***}	804 ^a	801 ^a	803 ^a	806 ^a	801 ^a	780 ^a	785 ^a
	상립(%)*	0.31 ^a	0.69 ^c	3.5 ^c	2.7 ^c	0.72 ^c	3.2 ^c	1.6 ^c
	천립중(g) ^{**}	38.2 ^a	38.1 ^b	40 ^b	36 ^b	37.6 ^b	41 ^b	40 ^b
	F/N (sec)*	478 ^a	432 ^a	468 ^a	479 ^a	507 ^a	563 ^a	533 ^a
	입도(μm)	186.8 ^a	185.9 ^a	188.2 ^a	194.8 ^a	184.7 ^a	219.8 ^a	209.3 ^a
	백도*	55.3 ^b	55.9 ^b	58.7 ^b	58.6 ^b	56.2 ^b	57.1 ^b	58.9 ^b

구분		Control	30도			40도		
			4M	8M	12M	4M	8M	12M
원맥	수분(%)*	13 ^b	12.8 ^a	8.9 ^a	10.3 ^a	11.7 ^a	11.2 ^a	9.9 ^a
	회분(%)*	1.48 ^a	1.59 ^b	2.118 ^b	1.76 ^b	1.45 ^a	1.56 ^a	1.55 ^a
	단백질(%)*	12.76 ^a	12.91 ^b	15.88 ^b	14.36 ^b	12.79 ^a	13.28 ^a	13.18 ^a
	용중(g) ^{***}	804 ^a	804 ^a	796 ^a	499 ^a	803 ^a	791 ^a	802 ^a
	상립(%)*	0.31 ^a	0.88 ^b	-	-	0.86 ^c	3.8 ^c	1.7 ^c
	천립중(g) ^{**}	38.2 ^a	36.8 ^a	29 ^a	17 ^a	36.6 ^b	38 ^b	36 ^b
	F/N (sec)*	478 ^a	568 ^a	375 ^a	447 ^a	614 ^b	983 ^b	860 ^b
	입도(μm)	186.8 ^a	188.2 ^a	201.7 ^a	202.2 ^a	189.6 ^a	160.7 ^a	214 ^a
	백도*	55.3 ^b	54.8 ^a	48.6 ^a	52.7 ^a	55 ^b	57.3 ^b	56.8 ^b

¹ 2번 반복실험한 평균값
abc Column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임
, 시료가 p=0.001, p=0.01, p=0.05 수준에서 유의적인 차이가 있음

(나) Test Mill 수율

- 저장기간, 저장온도별 Test Mill 60%분 밀가루의 수율을 분석한 결과는 표 3-3-176에 나타내었음. 각 저장온도에서 저장기간에 따른 밀의 60%분 밀가루의 제분효율은 저장기간이 늘어나면서 감소하였음

표 3-3-176. 저장조건별 금강밀의 Test Mill 수율 변화

원맥명(우리밀)			Control	10도			20도		
				4M	8M	12M	4M	8M	12M
TEST MILL 분	가공 조건	T/TIME	24	24	24	24	24	24	24
		1B수분	17	15.2	17.2	16.8	16.9	17.22	16.8
	수율 (%)	B분	8.23	10.34	7.22	9.98	9.4	8.15	9.99
		M분	43.35	41.28	34.62	32.69	39.25	28.95	32.31
		V분	16.06	14.67	17.02	18.94	18.95	16.57	20.25
		분수율	67.64	66.28	58.86	61.61	67.6	53.67	62.54
		부산물	27.54	25.93	29.34	26.55	25.09	29.5	27.19
		제분효율	46.25	45.92	39.59	41.73	45.69	36.29	40.93
		세모리나 생성율	67.01	66.47	64.78	65.53	67.97	63.53	64.64
		세모리나 분쇄율	64.7	62.1	53.44	49.88	57.75	45.57	49.98

원맥명(우리밀)			Control	30도			40도		
				4M	8M	12M	4M	8M	12M
TEST MILL 분	가공 조건	T/TIME	24	24	-	-	24	24	24
		1B수분	17	16.8	-	-	16.8	16.34	14.5
	수율 (%)	B분	8.23	10.69	-	-	12.48	8.36	9.25
		M분	43.35	40.46	-	-	46.2	36.57	32.85
		V분	16.06	15.29	-	-	16.73	17.91	17.95
		분수율	67.64	66.43	-	-	75.41	62.84	60.05
		부산물	27.54	25.29	-	-	25.79	29.05	25.89
		제분효율	46.25	47.13	-	-	50.49	39.87	37.74
		세모리나 생성율	67.01	66.13	-	-	64	64.34	67.17
		세모리나 분쇄율	64.7	61.17	-	-	72.19	56.84	48.9

(다) 저장조건별 원맥 수분 함량 변화

- 저장기간, 저장온도별 원맥 수분 함량을 분석한 결과는 표 3-3-177, 그림 3-3-97에 나타내었음
- 저장기간이 길어짐에 따라 수분함량은 30도 이상 저장 시료의 경우 지속적으로 감소하는 경향을 나타내었으며 20도 이하 저장 시료의 경우 일정 수준을 유지하였음

표 3-3-177. 저장조건별 금강밀(원맥)의 수분 함량 변화

구분	원맥수분(%)			
	0M	4M	8M	12M
10℃	13.0	13.1	12.2	12.7
20℃	13.0	12.0	12.3	13.0
30℃	13.0	12.8	8.9	10.3
40℃	13.0	11.7	11.2	9.9

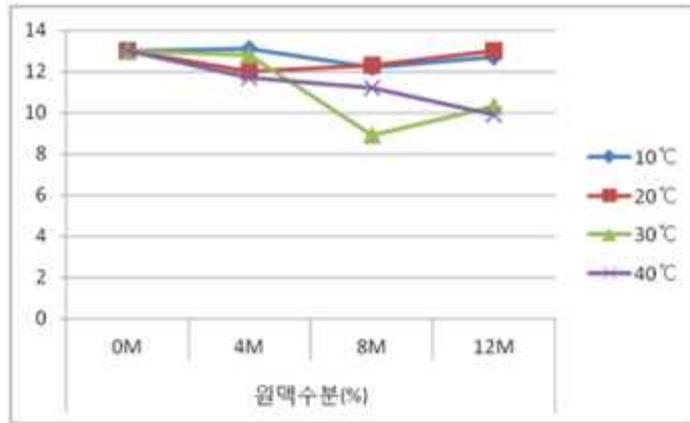


그림 3-3-97. 저장조건별 금강밀(원맥)의 수분 함량 변화

(라) 저장조건별 원맥 회분 함량 변화

- 저장조건별 원맥 회분 함량을 분석한 결과는 표 3-3-178, 그림 3-3-98에 나타내었음. 저장기간이 길어짐에 따라 회분함량 일정한 수준을 나타냄. 그러나 30도 저장 시료의 경우 부패가 진행되어 8개월 및 12개월차 시료의 회분함량이 증가하였음

표 3-3-178. 저장조건별 금강밀(원맥)의 회분 함량 변화

구분	회분 (%)			
	0M	4M	8M	12M
10℃	1.48	1.51	1.62	1.64
20℃	1.48	1.57	1.57	1.65
30℃	1.48	1.59	2.12	1.76
40℃	1.48	1.45	1.56	1.55

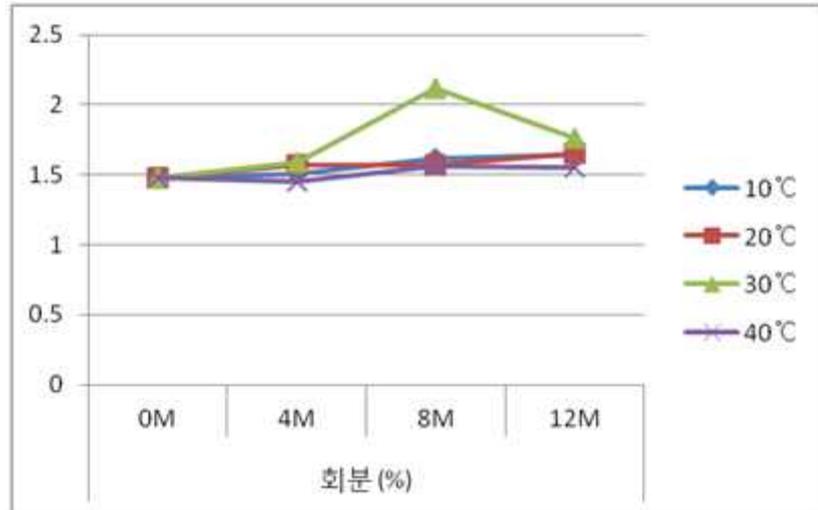


그림 3-3-98. 저장조건별 금강밀(원맥)의 회분 함량 변화

(마) 저장조건별 원맥 단백질 함량 변화

- 저장조건별 원맥 단백질 함량을 분석한 결과는 표 3-3-179, 그림 3-3-99에 나타내었음. 저장기간이 길어짐에 따라 단백질 함량은 유사한 값을 나타냄. 그러나 30도 저장 시료의 경우 부패가 진행되어 8개월 및 12개월간 저장한 단백질 함량은 신빙성이 떨어짐

표 3-3-179. 저장조건별 금강밀(원맥)의 단백질 함량 변화

구분	단백질 (%)			
	0M	4M	8M	12M
10°C	12.76	12.99	12.82	12.89
20°C	12.76	13.00	13.05	13.17
30°C	12.76	12.91	15.88	14.36
40°C	12.76	12.79	13.28	13.18

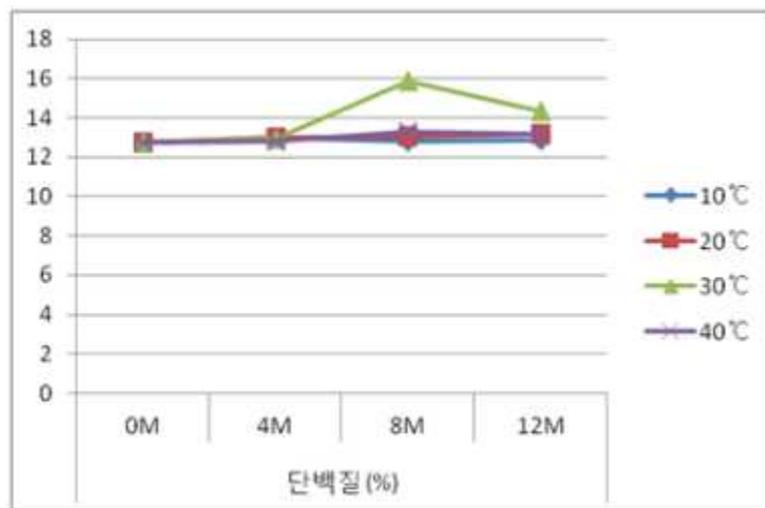


그림 3-3-99. 저장조건별 금강밀(원맥)의 단백질 함량 변화

(바) 저장조건별 원맥 용중 변화

- 저장조건별 원맥 용중 변화를 분석한 결과는 표 3-3-180, 그림 3-3-100에 나타냄. 저장기간별 용중은 비슷한 수준으로 나타나나, 12개월차에 30도 저장시료의 경우 급격히 감소하는 모습을 나타내었음, 이는 부패 및 벌레의 영향으로 맥의 충실도가 떨어졌음을 의미함

표 3-3-180. 저장조건별 금강밀(원맥)의 용중 변화

구분	용중(g)			
	0M	4M	8M	12M
10℃	804	801	803	806
20℃	804	801	780	785
30℃	804	804	796	499
40℃	804	803	791	802

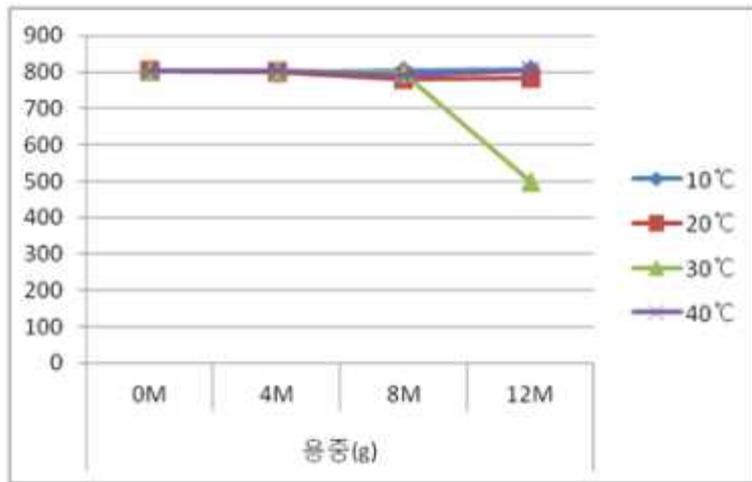


그림 3-3-100. 저장조건별 금강밀(원맥)의 용중 변화

(사) 저장조건별 원맥 상립 변화

- 저장조건별 원맥 상립 변화를 분석한 결과는 표 3-3-181, 그림 3-3-101에 나타냄. 저장기간별 상립의 결과는 8개월 이후 급속도로 증가하는 모습을 나타냄

표 3-3-181. 저장조건별 금강밀(원맥)의 상립 변화

구분	상립(g)			
	0M	4M	8M	12M
10℃	0.31	0.69	3.50	2.7
20℃	0.31	0.72	3.20	1.6
30℃	0.31	0.88		
40℃	0.31	0.86	3.80	1.7

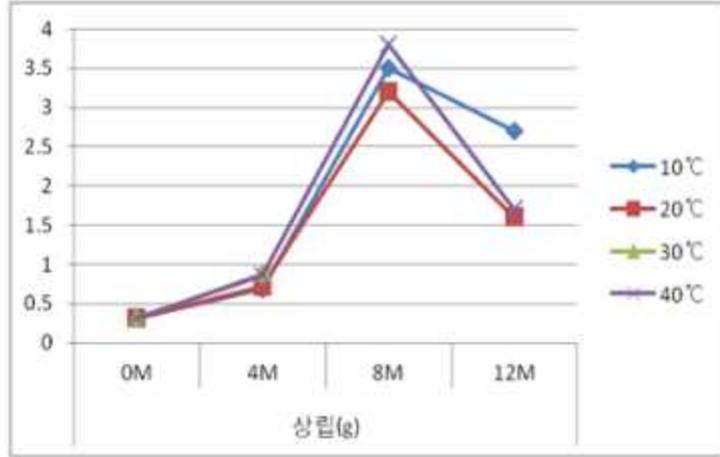


그림 3-3-101. 저장조건별 금강밀(원맥)의 상립 변화

(아) 저장조건별 원맥 천립중 변화

- 저장조건별 원맥 천립중 변화를 분석한 결과는 표 3-3-182, 그림 3-3-102에 나타냄. 천립중의 경우 30도 저장시료를 제외하고는 균일하게 나타나며, 30도 저장시료의 경우 바구미의 영향으로 배유 부가 줄어들어 천립중이 떨어진 것으로 보임

표 3-3-182. 저장조건별 금강밀(원맥)의 천립중 변화

구분	천립중(g)			
	0M	4M	8M	12M
10°C	38.2	38.1	40.0	36.0
20°C	38.2	37.6	41.0	40.0
30°C	38.2	36.8	29.0	17.0
40°C	38.2	36.6	38.0	36.0

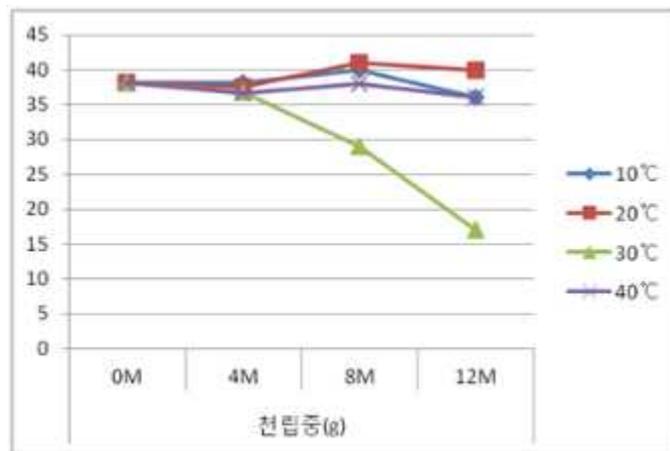


그림 3-3-102. 저장조건별 금강밀(원맥)의 천립중 변화

(자) 저장조건별 원맥 F/N 변화

- 저장조건별 원맥 F/N 변화를 분석한 결과는 표 3-3-183, 그림 3-3-103에 나타냄. 온도가 높고 저장기간이 길어질수록 F/N값은 높게 나타났음. 즉, 저장온도가 높아지고 저장기간이 길어지면 원맥의 신선도가 떨어짐을 의미함

표 3-3-183. 저장조건별 금강밀(원맥)의 F/N 변화

구분	F/N(sec)			
	0M	4M	8M	12M
10℃	478	432	468	479
20℃	478	507	563	533
30℃	478	568	375	447
40℃	478	614	983	860

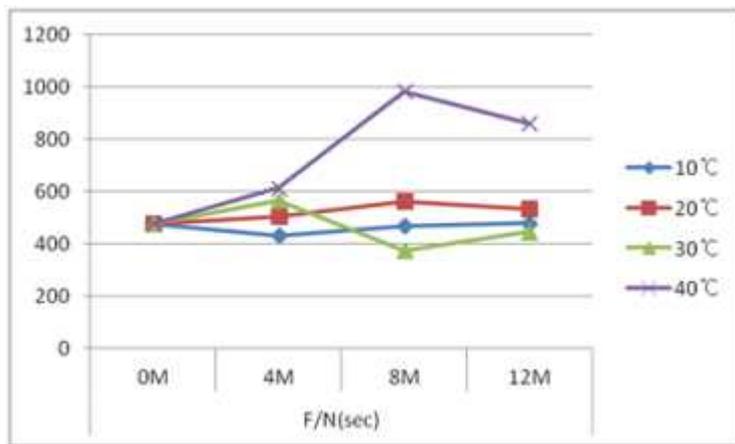


그림 3-3-103. 저장조건별 금강밀(원맥)의 F/N 변화

(4) 결론

- 전반적으로 20도 이하의 저장조건에서는 큰 변화 없이 유지가 되었으나, 30도 이상 저장시료의 경우 정상 제품으로서의 가치를 상실하였음
- 40도 저장시료보다 30도 저장시료에서 벌레 및 곰팡이 등에 의한 품질 저하 요인이 더 활발하게 발생하였으며, 원맥의 경우 20도 이하의 서늘한 곳에 보관을 해야 오래 사용할 수 있음을 알 수 있었음

마. 저장조건별 금강밀의 제분 품질 변화 분석

(1) 실험 재료 및 방법

○ 저장조건별 금강밀 품질 특성 분석을 위해 앞서 기술한 금강밀 저장 12개월 차 연구에 대해 원맥 및 제분 회분에 대한 특성을 비교 분석하였음

(2) 결과

(가) 60%분 분석 결과

○ 저장조건별 금강밀의 60%분 분석 결과(표 3-3-184) 저장기간이 늘어남에 따라 회분 함량은 약간 증가하였고 단백질 함량은 큰 변화가 없었음

- 단백질 함량의 경우 온도 변화에 따른 차이도 미미하게 나타남. 흡수율의 경우 저장기간이 길어질수록 40도에서 수치가 크게 증가하였고 그 외의 온도에서는 약간씩 감소하는 경향이 보였음

- Amylograph를 이용하여 최고점도를 분석한 결과 저장 기간이 경과할수록 최고점도가 증가하는 경향을 보였으며, 이는 분말 내의 효소가 활성을 잃어 발생한 결과로 보여짐

표 3-3-184. 저장조건별 금강밀(粉)의 60%분 분석 결과¹

원맥명(우리밀)		Ctrl	10도			20도			
			4M	8M	12M	4M	8M	12M	
60%분	일반 성분	수분(%)	12.4 ^a	14.1 ^b	12.6 ^b	12.3 ^b	13.1 ^b	13.1 ^b	13.6 ^b
		회분(%)	0.471 ^a	0.458 ^b	0.559 ^b	0.562 ^b	0.474 ^b	0.6 ^b	0.539 ^b
		단백질(%)	11.58 ^b	11.88 ^b	11.58 ^b	11.88 ^b	11.94 ^b	11.53 ^b	11.52 ^b
		입도(μm)	78.3 ^a	86.65 ^b	86.43 ^b	88.01 ^b	76.59 ^{ab}	84.56 ^{ab}	88.92 ^{ab}
		백도	81.1 ^a	78.7 ^a	78.9 ^a	78.3 ^a	80.2 ^a	78.5 ^a	79.3 ^a
	Fari no	흡수율(%)	57.9 ^a	56.8 ^a	55 ^a	58.1 ^a	56.5 ^a	55.8 ^a	56 ^a
		P/T ²	14.6 ^c	7.5 ^b	10 ^b	8.2 ^b	2.5 ^b	10.2 ^b	8.4 ^b
		안정도 (min) ³	9.7 ^a	12.9 ^b	13.9 ^b	13.5 ^b	12.1 ^b	13.6 ^b	12.3 ^b
		연화도 (Bu) ⁴	0 ^a	65 ^a	0 ^a	0 ^a	42 ^a	0 ^a	0 ^a
	Visco	최고점도 (Bu)	906 ^a	973 ^b	1161 ^b	977 ^b	1115 ^b	1161 ^b	921 ^b
	Exten so	신장도 (Cm) ⁵	45/135 (분)						
			17.6 ^b /22.3 ^b	20.2 ^c /21.6 ^b	21.2 ^c /19.0 ^b	23.4 ^c /25.3 ^b	23.9 ^c /21.9 ^b	20.6 ^c /20.8 ^b	20.5 ^c /22.7 ^b
		저항력(Bu)	220 ^a /220 ^a	260 ^{ab} /250 ^{ab}	300 ^{ab} /300 ^{ab}	230 ^{ab} /260 ^{ab}	240 ^b /250 ^{ab}	290 ^b /220 ^{ab}	365 ^b /385 ^{ab}
		최고저항 (Bu)	540 ^a /530	470 ^a /390	520 ^a /460	398 ^a /470	390 ^a /390	540 ^a /460	678 ^a /650

원액명(우리밀)			Ctrl	30도			40도		
				4M	8M	12M	4M	8M	12M
60 %분	일반 성분	수분(%)*	12.4 ^a	12.6 ^{ab}	-	-	12.1 ^a	11.9 ^a	12.5 ^a
		회분(%)*	0.471 ^a	0.462 ^a	-	-	0.483 ^b	0.662 ^b	0.609 ^b
		단백질(%)*	11.58 ^b	10.76 ^a	-	-	11.72 ^b	11.53 ^b	11.63 ^b
		입도(μm)**	78.3 ^a	81.61 ^{ab}	-	-	79.6 ^{ab}	86.73 ^{ab}	87.68 ^{ab}
		백도	81.1 ^a	80 ^a	-	-	79.3 ^a	76.5 ^a	77.2 ^a
	Fari no	흡수율(%)	57.9 ^a	56.1 ^a	-	-	53.8 ^a	56.1 ^a	56.8 ^a
		P/T ^{2,*}	14.6 ^c	2.7 ^a	-	-	13.7 ^c	14.2 ^c	12.5 ^c
		안정도(min) ^{3,*}	9.7 ^a	12.2 ^{ab}	-	-	17 ^c	18.8 ^c	15.9 ^c
	Visco	연화도(Bu) ⁴	0 ^a	41 ^a	-	-	0 ^a	24 ^a	81 ^a
		최고점도 (Bu)*	906 ^a	1153 ^b	-	-	1309 ^c	1581 ^c	1153 ^c
	Exten so	신장도 (Cm) ^{5,*}	45/135(분)						
			17.6 ^b /22.3 ^b	17.8 ^b /20.3 ^b	-	-	15.7 ^a /18.3 ^a	14.7 ^a /14.1 ^a	14.7 ^a /16.4 ^a
		저항력(Bu)*	220 ^a /220 ^a	330 ^b /340 ^b	-	-	420 ^c /470 ^c	480 ^c /630 ^c	520 ^c /510 ^c
	최고저항 (Bu)*	540 ^a /530	610 ^a /570	-	-	730 ^b /780	730 ^b /900	762 ^b /810	

- 1 2번 반복실험한 평균값
2 반죽이 최고 Bu를 나타내는 시간
3 반죽이 500Bu를 유지하는 시간
4 반죽시작 후 20분 시점에서 BU중앙값과 500과의 편차
5 시작점부터 끝까지의 거리
abc Column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임
*** 시료가 p=0.001, p=0.05 수준에서 유의적인 차이가 있음

(나) 저장조건별 제분 수분 함량 변화

○ 저장조건별 금강밀(粉)의 수분 함량 측정 결과(표 3-3-185, 그림 3-3-103) 대체적으로 저장기간에 따른 수분 함량은 비슷한 경향을 보이며 Risk 없는 범위 내에서 움직임

표 3-3-185. 저장조건별 금강밀(粉)의 수분 함량 변화

구분	수분(%)			
	0M	4M	8M	12M
10℃	12.4	14.1	12.6	12.3
20℃	12.4	13.1	13.1	13.6
30℃	12.4	12.6	-	-
40℃	12.4	12.1	11.9	12.5

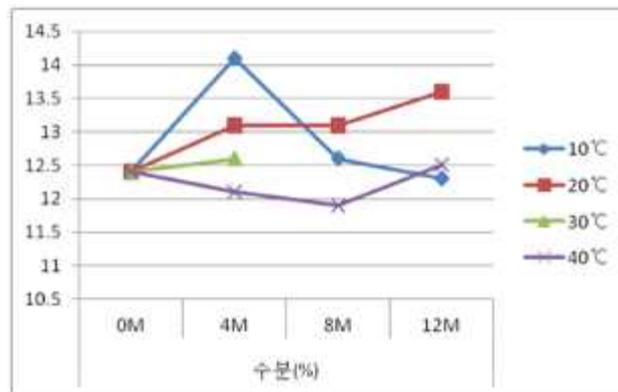


그림 3-3-103. 저장조건별 금강밀(粉)의 수분 함량 변화

(다) 저장조건별 원맥 회분 함량 변화

○ 저장조건별 금강밀(粉)의 회분 함량 측정 결과를 표 3-3-186, 그림 3-3-104에 나타내었음

- 0M과 4M에서는 회분함량이 비슷했으나 8M,12M에서는 약간 증가한 수준을 보임. 10℃, 20℃, 30℃, 40℃ 저장온도에 따른 회분 함량의 차이는 온도가 높아질수록 조금씩 증가하는 경향을 보였음. 이는 30도 이상 저장시료의 벌레등의 품질 저해 인자가 배유부를 갉아먹어서 생긴 영향으로 판단됨

표 3-3-186. 저장조건별 금강밀(粉)의 회분 함량 변화

구분	수분(%)			
	0M	4M	8M	12M
10℃	0.471	0.46	0.56	0.562
20℃	0.471	0.47	0.60	0.539
30℃	0.471	0.46		
40℃	0.471	0.48	0.66	0.609

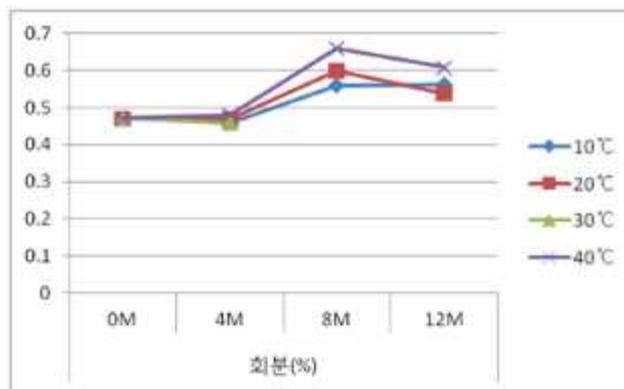


그림 3-3-104. 저장조건별 금강밀(粉)의 회분 함량 변화

(라) 저장조건별 제분 단백질 함량 변화

○ 저장조건별 금강밀(粉)의 단백질 함량 측정 결과를 표 3-3-187, 그림 3-3-105에 나타내었음. 저장 기간이 길어졌을 때 30℃ 저장시료를 제외한 10℃, 20℃, 40℃의 저장시료가 단백질 함량 약 11%로 비슷한 값을 나타내고 일정한 경향을 보였음. 30℃ 저장시료의 경우 단백질 함량이 10%대로 낮아졌는데 이는 30℃ 저장시료에는 바구미의 영향으로 배유부의 단백질이 줄어들었음을 나타냄

표 3-3-187. 저장조건별 금강밀(粉)의 단백질 함량 변화

구분	단백질(%)			
	0M	4M	8M	12M
10℃	11.6	11.9	11.6	11.9
20℃	11.6	11.9	11.5	11.5
30℃	11.6	10.8	-	
40℃	11.6	11.7	11.5	11.6

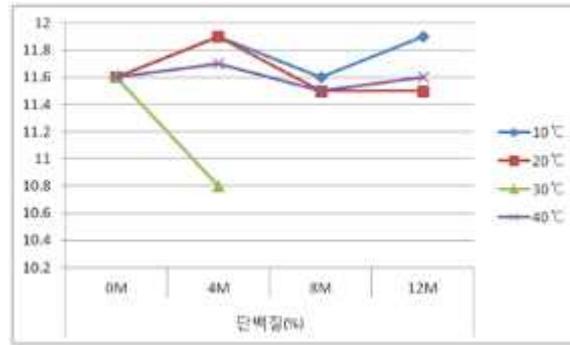


그림 3-3-105. 저장조건별 금강밀(粉)의 단백질 함량 변화

(마) 저장조건별 제분 입도 변화

- 저장조건별 금강밀(粉)의 입도 측정 결과(표 3-3-188, 그림 3-3-106), 0M에서 4M 기간 동안의 입도 증가율은 온도별로 차이가 있지만 8M,12M에서의 입도 값은 비슷한 수준을 나타내었음. 20℃일 때는 10℃, 30℃, 40℃와 다르게 저장기간이 늘어날수록 입도 값이 감소하였다가 증가하는 경향을 보였음 전반적으로는 저장기간이 길어질수록 입도도 높아지는 경향을 보임

표 3-3-188. 저장조건별 금강밀(粉)의 입도 변화

구분	입도(μm)			
	0M	4M	8M	12M
10℃	78.3	86.7	86.4	88.01
20℃	78.3	76.6	84.6	88.92
30℃	78.3	81.6	-	
40℃	78.3	79.6	86.7	87.68

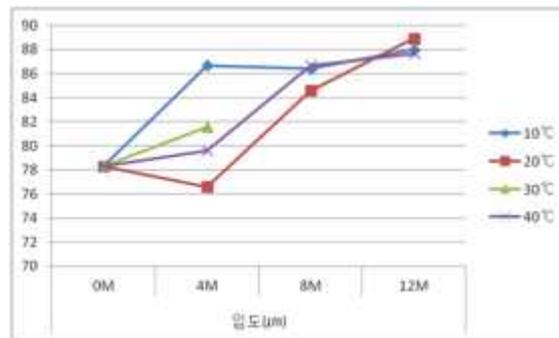


그림 3-3-106. 저장조건별 금강밀(粉)의 입도 변화

(바) 저장조건별 제분 백도 변화

- 저장조건별 금강밀(粉)의 백도 측정 결과(표 3-3-189, 그림 3-3-107), 저장기간이 증가할수록 백도 값이 감소하는 경향을 보임. 특히 40℃에서 저장기간이 늘어날수록 백도 값의 감소율이 크게 나타남. 10℃, 20℃, 30℃, 40℃ 온도에 따른 백도 값은 비슷한 수준을 보였음

표 3-3-189. 저장조건별 금강밀(粉)의 백도 변화

구분	백도			
	0M	4M	8M	12M
10℃	81.1	78.7	78.9	78.30
20℃	81.1	80.2	78.5	79.30
30℃	81.1	80.0	-	
40℃	81.1	79.3	76.5	77.20

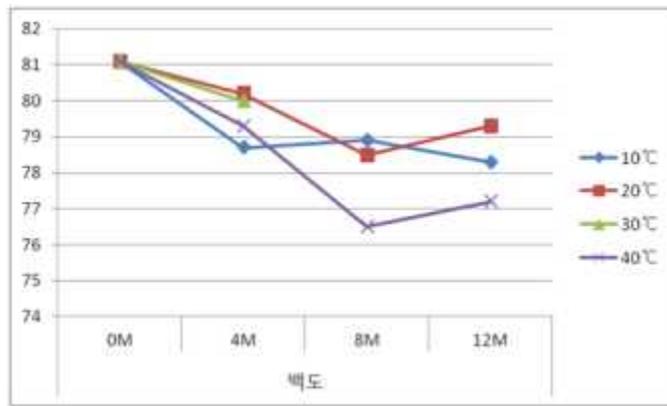


그림 3-3-107. 저장조건별 금강밀(粉)의 백도 변화

(사) 저장조건별 제분 흡수율 변화

- 저장조건별 금강밀(粉)의 흡수율 측정 결과(표 3-3-190, 그림 3-3-108), 저장기간이 늘어날수록 밀의 흡수율이 조금씩 감소하는 경향을 보임. 그러나 40℃의 경우 0M에서 4M 기간 동안은 흡수율이 크게 감소하였다가 8M 기간까지 다시 증가하는 추세를 보였으며, 8M과 12M은 일정한 수준으로 유지되는 것을 관찰할 수 있었음

표 3-3-190. 저장조건별 금강밀(粉)의 흡수율 변화

구분	흡수율(%)			
	0M	4M	8M	12M
10℃	57.9	56.8	55.0	58.1
20℃	57.9	56.5	55.8	56
30℃	57.9	56.1		
40℃	57.9	53.8	56.1	56.8

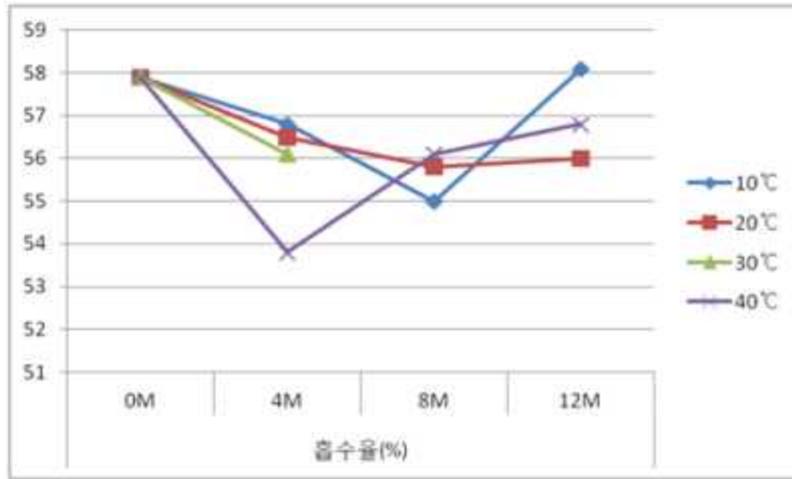


그림 3-3-108. 저장조건별 금강밀(粉)의 흡수율 변화

(아) 저장조건별 제분 P/T 변화

- 저장조건별 금강밀(粉)의 P/T 측정 결과(표 3-3-191, 그림 3-3-109) 0M에서 4M 기간 동안 급격히 감소하였다가 8M 기간까지 다시 증가하는 모습을 보였으며, 전반적으로 완만하게 감소하는 곡선을 나타냄. 각 시료별로 편차가 크게 나타나며 4M의 결과는 추세분석에 반하는 결과임

표 3-3-191. 저장조건별 금강밀(粉)의 P/T 변화

구분	P/T(min)			
	0M	4M	8M	12M
10°C	14.6	7.5	10.0	8.2
20°C	14.6	2.5	10.2	8.4
30°C	14.6	2.7		
40°C	14.6	13.7	14.2	12.5

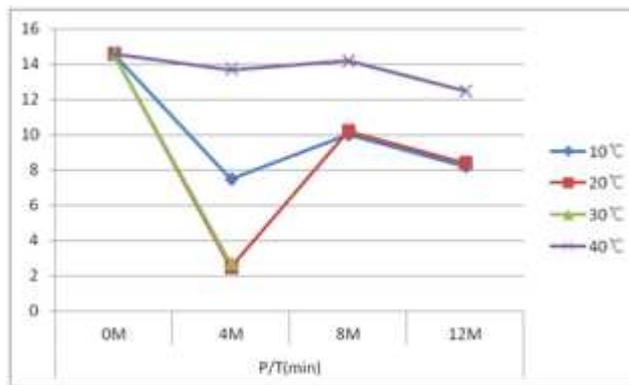


그림 3-3-109. 저장조건별 금강밀(粉)의 P/T 변화

(자) 저장조건별 제분 안정도 변화

- 저장조건별 금강밀(粉)의 안정도 측정 결과(표 3-3-192, 그림 3-3-110) 10℃, 20℃, 30℃, 40℃ 각 온도마다 저장기간에 따른 안정도의 변화가 비슷한 경향을 보임. 저장기간이 길어질수록 안정도는 약간 증가하는 양상을 보이며 특히 40℃의 경우 저장기간이 길어질수록 안정도의 증가율이 가장 크게 나타났으나, 실제로는 전분의 노화로 인해 발생한 결과로 예상됨

표 3-3-192. 저장조건별 금강밀(粉)의 안정도 변화

구분	안정도(min)			
	0M	4M	8M	12M
10℃	9.7	12.9	13.9	13.5
20℃	9.7	12.1	13.6	12.3
30℃	9.7	12.2		
40℃	9.7	17.0	18.8	15.9

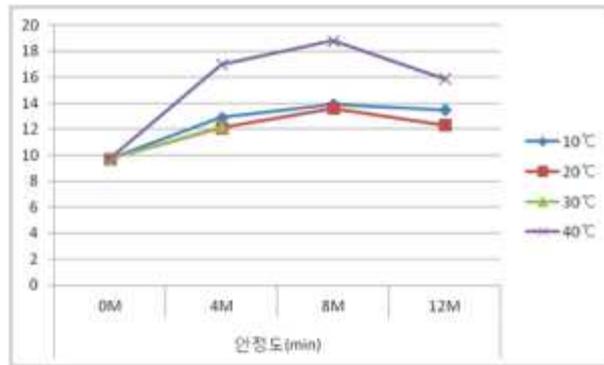


그림 3-3-110. 저장조건별 금강밀(粉)의 안정도 변화

(차) 저장조건별 제분 최고점도 변화

- 저장조건별 금강밀(粉)의 최고점도 측정 결과(표 3-3-193, 그림 3-3-111) 최고점도는 저장온도가 높아질수록 높게 나타나며, 이는 제품의 신선도가 떨어지고 있음을 의미함 12개월 경과 시료들은 다시 원래 수준으로 떨어졌으며, 이는 제품 노화 진행된 결과로 보임.

표 3-3-193. 저장조건별 금강밀(粉)의 최고점도 변화

구분	최고점도(BU)			
	0M	4M	8M	12M
10℃	906.0	973.0	1161.0	977
20℃	906.0	1115.0	1161.0	921
30℃	906.0	1153.0		
40℃	906.0	1309.0	1581.0	1153

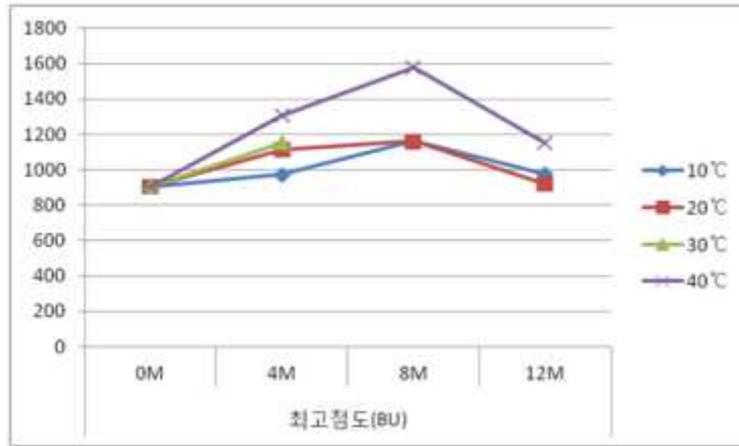


그림 3-3-111. 저장조건별 금강밀(粉)의 최고점도 변화

(4) 결론

- 저온 저장 시료의 경우 비교적 안정적인 값을 보이나, 고온 저장 시료의 경우 불안정한 수치 및 제품의 신선도가 떨어져서 상품의 가치가 미흡함. 안정적인 보관 및 제품 생산을 위해서는 최소 20도 이하에서의 저온 저장이 필요함

7. 저장조건별 우리밀 밀가루의 품질 특성 분석

- 저장조건별 우리밀 밀가루의 품질 특성 분석 실험은 당초 3차년도 실험계획에 들어있었으나, 실험기기의 고장에 따른 조건 유지 실패로 정상적 데이터의 추출이 어려워 4차년도에 재 실험을 편성하여 진행하였음

가. 저장조건별 우리밀 밀가루의 품질 특성 (4개월차)

(1) 시료

(가) 국산밀 5종 (금강밀CTRL/15°C/25°C/35°C/45°C 보관)

- ① CTRL(백설 우리밀밀가루 고급)
- ② 15°C 보관 우리밀밀가루_4개월차
- ③ 25°C 보관 우리밀밀가루_4개월차
- ④ 35°C 보관 우리밀밀가루_4개월차
- ⑤ 45°C 보관 우리밀밀가루_4개월차

(2) 방법

(가) 밀가루 제품의 보관

- ① 우리밀 밀가루 제품을 750g 씩 나누어 온도조건을 달리한 인큐베이터에 보관

(나) 품질 분석

- 품질 분석은 앞서 기술한 6. 저장조건별 금강밀의 품질 특성 분석 가.저장조건별 금강밀의 품질 특성 (4개월차) (2)방법 (다)품질분석과 같은 방법으로 평가하였음

(3) 결과

(가) 저장조건별 밀가루 품질 변화

- 저장조건별 우리밀밀가루 제품 분석 결과(표 3-3-194) 저장온도가 높아질수록 최고점도는 증가하는 경향을 보였으며, 기타 항목의 경우 처음 수준을 유지하였음

표 3-3-194. 저장조건별 우리밀밀가루의 품질 분석 결과

구분		CONTROL	4개월			
			15도	25도	35도	45도
수분 (%) [*]		14.1 ^e	13.3 ^d	9.5 ^a	11.8 ^c	10.3 ^b
회분 (%) [*]		0.381 ^b	0.373 ^a	0.398 ^d	0.382 ^b	0.391 ^c
단백질 (%) [*]		8.14 ^a	8.44 ^b	8.78 ^d	8.55 ^c	8.71 ^d
백도 ^{**}		82.6 ^b	83.4 ^b	80.7 ^a	83.1 ^b	82.1 ^b
Farino	흡수율(%) [*]	56.6 ^b	57.1 ^{bc}	53.9 ^a	57.9 ^c	56.8 ^{bc}
	P/T ^{2,***}	1.1 ^a	1.7 ^{bc}	1.9 ^c	2 ^c	1.3 ^{ab}
	안정도(min) ^{3,*}	4.3 ^a	2.4 ^a	19.2 ^b	4.4 ^a	3.6 ^a
	연화도(Bu) ^{4,*}	100 ^c	111 ^c	16 ^a	40 ^b	49 ^b
Visco	최고점도(Bu) [*]	830 ^a	909 ^a	1500 ^c	1060 ^b	1422 ^c
Extenso	신장도(Cm) ^{5,**}	45/135(분)	45/135(분)	45/135(분)	45/135(분)	45/135(분)
		15.5 ^c /15.6 ^b	16.7 ^d /15.5 ^b	12.7 ^a /11.7 ^a	17.0 ^d /15.7 ^b	13.6 ^b /13.5 ^b
	저항력(Bu) [*]	340 ^b /420 ^b	290 ^a /330 ^a	460 ^d /830 ^d	330 ^b /400 ^b	430 ^c /480 ^c
	최고저항(Bu) [*]	420 ^b /520 ^{ab}	380 ^a /470 ^a	500 ^c /930 ^c	440 ^b /530 ^{ab}	510 ^c /580 ^b

1 2번 반복실험한 평균값
 2 반죽이 최고 Bu를 나타내는 시간
 3 반죽이 500Bu를 유지하는 시간
 4 반죽시작 후 20분 시점에서 BU중앙값과 500과의 편차
 5 시작점부터 끝까지의 거리
 abc Column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임
 , 시료가 p=0.001, p=0.005, p=0.01 수준에서 유의적인 차이가 있음

나. 저장조건별 우리밀 밀가루의 품질 특성 (8개월차)

(1) 시료

(가) 국산밀 5종 (우리밀밀가루CTRL/15℃/25℃/35℃/45℃ 보관)

- ① CTRL(백설 우리밀밀가루 고급)
- ② 15℃ 보관 우리밀밀가루_8개월차
- ③ 25℃ 보관 우리밀밀가루_8개월차
- ④ 35℃ 보관 우리밀밀가루_8개월차
- ⑤ 45℃ 보관 우리밀밀가루_8개월차

(2) 방법

(가) 밀가루 제품의 보관

- ① 우리밀 밀가루 제품을 750g 씩 나누어 온도조건을 달리한 인큐베이터에 보관

(나) 품질 분석

- 품질 분석은 앞서 기술한 6. 저장조건별 금강밀의 품질 특성 분석 가.저장조건별 금강밀의 품질 특성 (4개월차) (2)방법 (다)품질분석과 같은 방법으로 평가하였음

(3) 결과

(가) 저장조건별 밀가루 품질 변화

○ 저장조건별 우리밀밀가루 제품 분석 결과(표 3-3-195) 저장기간이 늘어남에 따라 수분이 감소하며, 최고점도

- 8개월차 저장 시료의 경우 제품의 고화로 인하여 2차물성 분석이 안되는 경우가 발생하였음

표 3-3-195. 저장조건별 우리밀밀가루의 품질 분석 결과(8개월차)¹

구분		CONTROL	8개월			
			15도	25도	35도	45도
수분 (%) [*]		14.1 ^e	12.6 ^d	9.9 ^b	10.8 ^c	8.2 ^a
회분 (%) [*]		0.381 ^a	0.394 ^b	0.419 ^c	0.415 ^c	0.424 ^c
단백질 (%) [*]		8.14 ^a	8.49 ^b	8.75 ^d	8.61 ^c	8.81 ^d
백도 [*]		82.6 ^{bc}	83.5 ^c	81.3 ^{ab}	83.2 ^{bc}	82.3 ^a
Farino	흡수율(%) ^{**}	56.6 ^{abc}	57.9 ^c	56.3 ^{ab}	57.2 ^{bc}	55.3 ^a
	P/T ^{2,*}	1.1 ^a	1.4 ^a	1.5 ^a	1.5 ^a	11.5 ^b
	안정도 (min) ^{3,*}	4.3 ^a	1.9 ^a	3.8 ^a	2.2 ^a	17.7 ^b
	연화도 (Bu) ^{4,*}	100 ^c	132 ^d	49 ^b	94 ^c	0 ^a
Visco	최고점도(Bu) [*]	830 ^a	1073 ^b	1561 ^{cd}	1376 ^c	1788 ^d
Extenso	신장도(Cm) ^{5,*}	45/135(분)	45/135(분)	45/135(분)	45/135(분)	45/135(분)
		15.5 ^b /15.6 ^c	16.9 ^b /16.8 ^c	11.6 ^a /11.8 ^b	17.0 ^b /16.2 ^c	11.4 ^a /10.1 ^a
	저항력(Bu) [*]	340 ^b /420 ^{ab}	280 ^a /400 ^a	560 ^c /990 ^d	330 ^b /470 ^b	560 ^c /820 ^c
	최고저항(Bu) [*]	420 ^a /520 ^a	400 ^a /540 ^a	590 ^b /1000 ^c	450 ^a /600 ^a	590 ^b /860 ^b

1 2번 반복실험한 평균값
 2 반죽이 최고 Bu를 나타내는 시간
 3 반죽이 500Bu를 유지하는 시간
 4 반죽시작 후 20분 시점에서 BU중앙값과 500과의 편차 시작점부터 끝까지의 거리
 5 Row내에서 같은 alphabet은 같은 수준임
 abc 시료가 p=0.05, 0.01 수준에서 유의적인 차이가 있음
 **,*

다. 저장조건별 우리밀 밀가루의 품질 특성 (12개월차)

(1) 시료

(가) 국산밀 5종 (우리밀밀가루CTRL/15℃/25℃/35℃/45℃ 보관)

- ① CTRL(백설 우리밀밀가루 고급)
- ② 15℃ 보관 우리밀밀가루_12개월차
- ③ 25℃ 보관 우리밀밀가루_12개월차
- ④ 35℃ 보관 우리밀밀가루_12개월차
- ⑤ 45℃ 보관 우리밀밀가루_12개월차

(2) 방법

(가) 밀가루 제품의 보관

- ① 우리밀 밀가루 제품을 750g 씩 나누어 온도조건을 달리한 인큐베이터에 보관

(나) 품질 분석

- 품질 분석은 앞서 기술한 6. 저장조건별 금강밀의 품질 특성 분석 가.저장조건별 금강밀의 품질 특성 (4개월차) (2)방법 (다)품질분석과 같은 방법으로 평가하였음

(3) 결과

(가) 저장조건별 밀가루 품질 변화

- 저장조건별 우리밀밀가루 제품 분석 결과(표 3-3-196) 저장기간이 늘어남에 따라 수분이 감소하며, 온도조건이 높을수록 최고점도의 증가가 발생하였음
- 12개월차 저장 시료의 경우 제품의 고화 및 품질 저하로 인하여 2차물성 분석이 안되는 경우가 발생하였음

표 3-3-196. 저장조건별 우리밀 밀가루의 품질 분석 결과(12개월차)¹

구분		CONTROL	12개월			
			15도	25도	35도	45도
수분 (%) [*]		14.1 ^d	12 ^c	10 ^b	9.7 ^b	7.8 ^a
회분 (%) [*]		0.381 ^a	0.463 ^b	0.469 ^{bc}	0.475 ^{bc}	0.486 ^c
단백질 (%) ^{**}		8.14 ^a	8.61 ^b	8.71 ^b	8.83 ^b	9 ^b
백도		82.6 ^a	84.3 ^a	82.2 ^a	84.7 ^a	83.4 ^a
Farino	흡수율 (%)	56.6 ^a	57.3 ^a	56.8 ^a	56.8 ^a	57.4 ^a
	P/T ^{2,*}	1.1 ^a	1.7 ^a	1.5 ^a	1.7 ^a	13.5 ^b
	안정도 (min) ^{3,*}	4.3 ^a	3.3 ^a	2.3 ^a	9.4 ^b	17.2 ^c
	연화도 (Bu) ^{4,*}	100 ^c	60 ^b	48 ^b	64 ^b	0 ^a
Visco	최고점도(Bu) [*]	830 ^a	901 ^a	1423 ^b	1310 ^b	1821 ^c
Extenso	신장도(Cm) ^{5,*}	45/135(분)	45/135(분)	45/135(분)	45/135(분)	45/135(분)
		15.5 ^c /15.6 ^c	19.7 ^d /17.0 ^d	11.3 ^b /12.6 ^b	15.9 ^c /14.7 ^c	7.7 ^a /8.5 ^a
	저항력(Bu) [*]	340 ^b /420 ^b	210 ^a /280 ^a	350 ^b /680 ^c	360 ^b /480 ^b	710 ^c /불가 ^b
	최고저항(Bu) [*]	420 ^b /520 ^{ab}	300 ^a /410 ^a	370 ^{ab} /780 ^c	430 ^b /620 ^b	710 ^c /불가 ^{ab}

1 2번 반복실험한 평균값
 2 반죽이 최고 Bu를 나타내는 시간
 3 반죽이 500Bu를 유지하는 시간
 4 반죽시작 후 20분 시점에서 BU중앙값과 500과의 편차
 5 시작점부터 끝까지의 거리
 abc Row 내에서 같은 alphabet은 같은 수준임
 **, * 시료가 p=0.05, 0.01 수준에서 유의적인 차이가 있음

라. 저장조건별 우리밀 밀가루의 품질 변화 분석

(1) 시료

(가) 국산밀 5종 (우리밀밀가루CTRL/15℃/25℃/35℃/45℃ 보관)

- ① CTRL(백설 우리밀밀가루 고급)
- ② 15℃ 보관 우리밀밀가루
- ③ 25℃ 보관 우리밀밀가루
- ④ 35℃ 보관 우리밀밀가루
- ⑤ 45℃ 보관 우리밀밀가루

(2) 방법

(가) 밀가루 제품의 보관

- ① 우리밀 밀가루 제품을 750g 씩 나누어 온도조건을 달리한 인큐베이터에 보관

(나) 품질 분석

- 품질 분석은 앞서 기술한 6. 저장조건별 금강밀의 품질 특성 분석 가.저장조건별 금강밀의 품질 특성 (4개월차) (2)방법 (다)품질분석과 같은 방법으로 평가하였음

(3) 결과

(가) 저장조건별 밀가루 품질 변화

○ 저장조건별 우리밀밀가루 제품 분석 결과(표 3-3-197) 저장기간이 늘어날수록 수분 함량이 감소하고, 및 회분 함량이 증가하였으며, 최고점도의 경우는 저온 보관 시료는 상승폭이 적은데 반해, 실온 보관 이상의 시료는 상대적으로 높게 상승하는 경향을 보였음

표 3-3-197. 저장조건별 우리밀 밀가루의 품질 변화¹

구분	CTRL	15도			25도			
		4M	8M	12M	4M	8M	12M	
수분 (%)*	14.1 ^e	13.3 ^d	12.6 ^d	12 ^d	9.5 ^b	9.9 ^c	10 ^b	
회분 (%)*	0.381 ^a	0.373 ^b	0.394 ^b	0.463 ^b	0.398 ^c	0.419 ^c	0.469 ^c	
단백질 (%)*	8.14 ^a	8.44 ^b	8.49 ^b	8.61 ^b	8.78 ^c	8.75 ^c	8.71 ^c	
백도*	82.6 ^{ab}	83.4 ^b	83.5 ^b	84.3 ^b	80.7 ^a	81.3 ^a	82.2 ^a	
Farino	흡수율(%)	56.6 ^a	57.1 ^a	57.9 ^a	57.3 ^c	53.9 ^a	56.3 ^c	
	P/T*	1.1 ^a	1.7 ^a	1.4 ^a	1.7 ^a	1.9 ^a	1.5 ^a	
	안정도(min)	4.3 ^a	2.4 ^a	1.9 ^a	3.3 ^a	19.2 ^a	3.8 ^a	
	연화도(Bu)*	100 ^c	111 ^c	132 ^c	60 ^c	16 ^{ab}	49 ^{ab}	
Visco	최고점도(Bu)*	830 ^a	909 ^a	1073 ^a	901 ^a	1500 ^c	1561 ^c	
Exten -so	신장도(Cm)*	45/135(분)	45/135(분)	45/135(분)	45/135(분)	45/135(분)	45/135(분)	
		15.5 ^b /15.6 ^b	16.7 ^b /15.5 ^b	16.9 ^b /16.8 ^b	19.7 ^b /17.0 ^b	12.7 ^a /11.7 ^a	11.6 ^a /11.8 ^a	11.3 ^a /12.6 ^a
	저항력(Bu)*	340 ^a /420 ^a	290 ^a /330 ^a	280 ^a /400 ^a	210 ^a /280 ^a	460 ^b /830 ^c	560 ^b /990 ^c	350 ^b /680 ^c
	최고저항(Bu)*	420 ^a /520 ^a	380 ^a /470 ^a	400 ^a /540 ^a	300 ^a /410 ^a	500 ^a /930 ^c	590 ^a /1000 ^c	370 ^a /780 ^c

구분	CTRL	35도			45도			
		4M	8M	12M	4M	8M	12M	
수분 (%)*	14.1 ^e	11.8 ^c	10.8 ^c	9.7 ^c	10.3 ^a	8.2 ^a	7.8 ^a	
회분 (%)*	0.381 ^a	0.382 ^c	0.415 ^c	0.475 ^c	0.391 ^c	0.424 ^c	0.486 ^c	
단백질 (%)*	8.14 ^a	8.55 ^{bc}	8.61 ^{bc}	8.83 ^{bc}	8.71 ^c	8.81 ^c	9 ^c	
백도*	82.6 ^{ab}	83.1 ^b	83.2 ^b	84.7 ^b	82.1 ^{ab}	82.3 ^{ab}	83.4 ^{ab}	
Farino	흡수율(%)	56.6 ^a	57.9 ^a	57.2 ^a	56.8 ^a	56.8 ^a	55.3 ^a	
	P/T*	1.1 ^a	2 ^a	1.5 ^a	1.7 ^a	1.3 ^b	11.5 ^b	
	안정도(min)	4.3 ^a	4.4 ^a	2.2 ^a	9.4 ^a	3.6 ^a	17.7 ^a	
	연화도(Bu)*	100 ^c	40 ^{bc}	94 ^{bc}	64 ^{bc}	49 ^a	0 ^a	
Visco	최고점도(Bu)*	830 ^a	1060 ^b	1376 ^b	1310 ^b	1422 ^d	1788 ^d	
Exten -so	신장도(Cm)*	45/135(분)	45/135(분)	45/135(분)	45/135(분)	45/135(분)	45/135(분)	
		15.5 ^b /15.6 ^b	17.0 ^b /15.7 ^b	17.0 ^b /16.2 ^b	15.9 ^b /14.7 ^b	13.6 ^a /13.5 ^a	11.4 ^a /10.1 ^a	7.7 ^a /8.5 ^a
	저항력(Bu)*	340 ^a /420 ^a	330 ^a /400 ^a	330 ^a /470 ^a	360 ^a /480 ^a	430 ^b /480 ^b	560 ^b /820 ^b	710 ^b /불가
	최고저항(Bu)*	420 ^a /520 ^a	440 ^a /530 ^a	450 ^a /600 ^a	430 ^a /620 ^a	510 ^b /580 ^b	590 ^b /860 ^b	710 ^b /불가

¹ 2번 반복실험한 평균값
abc Row 내에서 같은 alphabet은 같은 수준임
* 시료가 p=0.01 수준에서 유의적인 차이가 있음

(나) 저장조건별 수분 함량 변화

- 저장조건별 우리밀밀가루 제품 분석 결과(표 3-3-198, 그림 3-3-112) 수분 함량의 경우 지속적으로 감소하는 경향을 보였음

표 3-3-198. 저장조건별 우리밀 밀가루의 수분 함량 변화

구분	수분 (%)			
	0M	4M	8M	12M
15℃	14.1	13.3	12.6	12
25℃	14.1	9.5	9.9	10
35℃	14.1	11.8	10.8	9.7
45℃	14.1	10.3	8.2	7.8

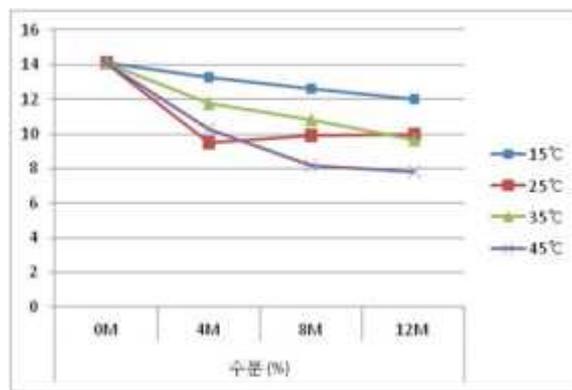


그림 3-3-112. 저장조건별 우리밀밀가루의 수분 함량 변화

(다) 저장조건별 회분 함량 변화

- 저장조건별 우리밀밀가루 제품 분석 결과(표 3-3-199, 그림 3-3-113) 회분 함량의 경우 저장온도 별로는 비슷한 경향을 보이며 저장 기간 별로는 8개월차부터 증가하는 경향을 보임 (수분 함량의 감소와 연관됨)

표 3-3-199. 저장조건별 우리밀밀가루의 회분 함량 변화

구분	회분 (%)			
	0M	4M	8M	12M
15℃	0.381	0.373	0.394	0.463
25℃	0.381	0.398	0.419	0.469
35℃	0.381	0.382	0.415	0.475
45℃	0.381	0.391	0.424	0.486

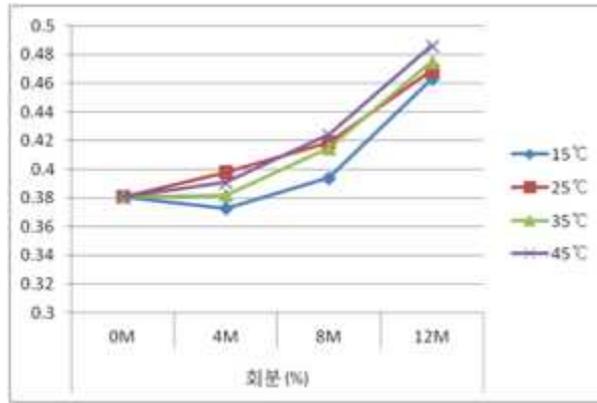


그림 3-3-113. 저장조건별 우리밀밀가루의 회분 함량 변화

(라) 저장조건별 단백질 함량 변화

- 저장조건별 우리밀밀가루 제품 분석 결과(표 3-3-200, 그림 3-3-114), 단백질 함량은 오차 범위 내에서 증가함

표 3-3-200. 저장조건별 우리밀밀가루의 단백질 함량 변화

구분	단백질 (%)			
	0M	4M	8M	12M
15°C	8.14	8.44	8.49	8.61
25°C	8.14	8.78	8.75	8.71
35°C	8.14	8.55	8.61	8.83
45°C	8.14	8.71	8.81	9

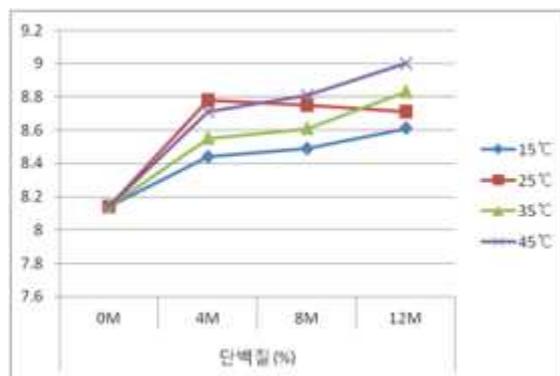


그림 3-3-114. 저장조건별 우리밀밀가루의 단백질 함량 변화

(마) 저장조건별 백도 변화

- 저장조건별 우리밀밀가루 제품 분석 결과(표 3-3-201, 그림 3-3-115), 백도는 일정기간 변화는 있으나 처음 수준 오차 범위 내에서 변화함

표 3-3-201. 저장조건별 우리밀밀가루의 백도 변화

구분	백도			
	0M	4M	8M	12M
15℃	82.6	83.4	83.5	84.3
25℃	82.6	80.7	81.3	82.2
35℃	82.6	83.1	83.2	84.7
45℃	82.6	82.1	82.3	83.4

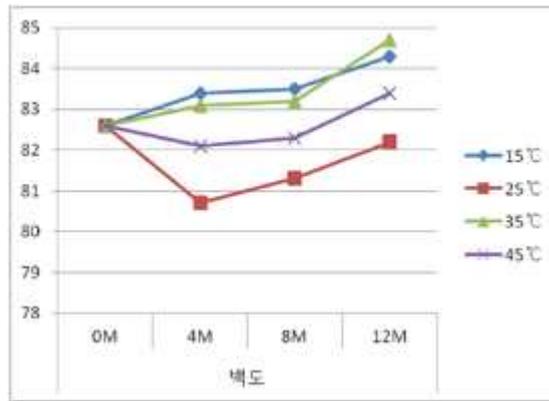


그림 3-3-115. 저장조건별 우리밀밀가루의 백도 변화

(바) 저장조건별 흡수율 변화

- 저장조건별 우리밀밀가루 제품 분석 결과(표 3-3-202, 그림 3-3-116), 흡수율은 25도 저장시료 4개월차를 제외하고 모두 오차범위 내에서 변화함 (4개월차는 데이터가 비정상적으로 발생)

표 3-3-202. 저장조건별 우리밀밀가루의 흡수율 변화

구분	흡수율 (%)			
	0M	4M	8M	12M
15℃	56.6	57.1	57.9	57.3
25℃	56.6	53.9	56.3	56.8
35℃	56.6	57.9	57.2	56.8
45℃	56.6	56.8	55.3	57.4

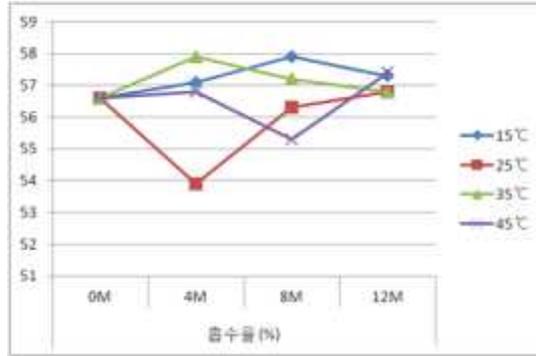


그림 3-3-116. 저장조건별 우리밀밀가루의 흡수율 변화

(사) 저장조건별 P/T 변화

- 저장조건별 우리밀밀가루 제품 분석 결과(표 3-3-203, 그림 3-3-117), P/T의 경우 오차범위 내에서 나타나나, 45도 보관 시료의 경우 급격하게 증가하는 경향을 보임

표 3-3-203. 저장조건별 우리밀밀가루의 P/T 변화

구분	P/T (min)			
	0M	4M	8M	12M
15°C	1.1	1.7	1.4	1.7
25°C	1.1	1.9	1.5	1.5
35°C	1.1	2	1.5	1.7
45°C	1.1	1.3	11.5	13.5

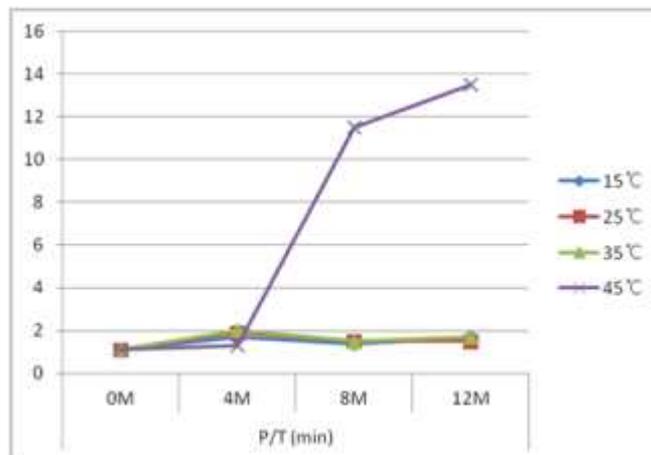


그림 3-3-117. 저장조건별 우리밀밀가루의 P/T 변화

(아) 저장조건별 안정도 변화

- 저장조건별 우리밀밀가루 제품 분석 결과(표 3-3-204, 그림 3-3-118),안정도의 경우 저온보관 시료를 제외하고는 증가하는 경향을 보임 (25도 보관시료 4개월차 데이터는 비정상적으로 도출)

표 3-3-204. 저장조건별 우리밀밀가루의 안정도 변화

구분	안정도 (min)			
	0M	4M	8M	12M
15℃	4.3	2.4	1.9	3.3
25℃	4.3	19.2	3.8	2.3
35℃	4.3	4.4	2.2	9.4
45℃	4.3	3.6	17.7	17.2

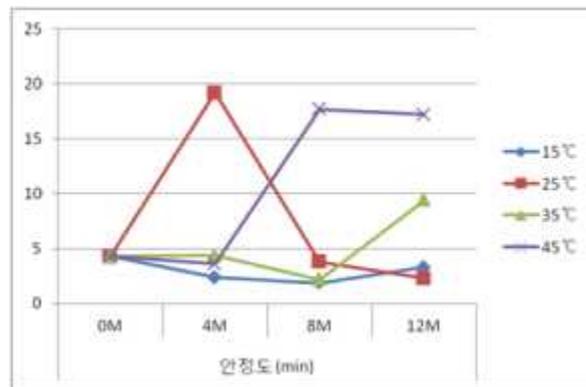


그림 3-3-118. 저장조건별 우리밀밀가루의 안정도 변화

(자) 저장조건별 최고점도 변화

- 저장조건별 우리밀밀가루 제품 분석 결과(표 3-3-205, 그림 3-3-119),최고점도는 15도 보관시료를 제외하고는 모두 증가하는 경향을 보임

표 3-3-205. 저장조건별 우리밀밀가루의 최고점도 변화

구분	최고점도 (Bu)			
	0M	4M	8M	12M
15℃	830	909	1073	901
25℃	830	1500	1561	1423
35℃	830	1060	1376	1310
45℃	830	1422	1788	1821

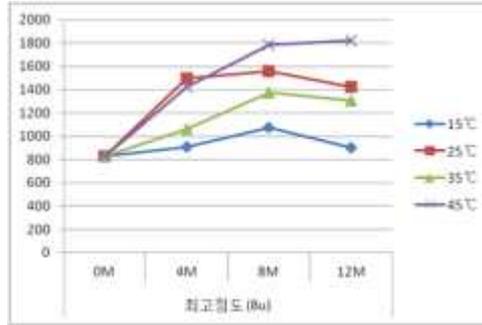


그림 3-3-119. 저장조건별 우리밀밀가루의 최고점도 변화

마. 결론

- 저온 저장 시료의 경우 비교적 안정적인 값을 보이거나, 고온 저장 시료의 경우 불안정한 수치 및 제품의 신선도가 떨어져서 상품의 가치가 미흡함. 안정적인 보관 및 제품 생산을 위해서는 최소 25도 이하에서의 저장이 필요함.

8. 분쇄조건별 우리밀 전밀의 제분 특성 분석

가. 금강밀 전밀의 분쇄 특성

(1) 시료

(가) 전밀 분쇄기기

- ① CTRL(밥스 레드밀 통밀가루)*
- ② 금강밀 - 해머밀-A (평균입도 250 μ m, 유성식품)
- ③ 금강밀 - 해머밀-B (평균입도 100 μ m, 유성식품)
- ④ 금강밀 - ACM기류분쇄-C (평균입도 600 μ m, CJ양산공장)
- ⑤ 금강밀 - ACM기류분쇄-D (평균입도 100 μ m, CJ양산공장)
- ⑥ 금강밀 - 스톤밀-E (평균입도 100 μ m, 삼양밀맥스)

- 사전 시판 제품 Test 결과, 국산밀을 활용한 전밀제품은 순수한 전밀이 아닌 혼합 등의 공정이 포함된 제품으로 판단되어 순수 전밀로 판단되는 밥스레드밀 제품을 선정하였음. 본 연구에서 전밀가루는 밀기울을 분리하기 전 통밀을 제분기에서 제분한 밀가루로 통밀가루 대신 전밀가루로 표기하였음

(2) 분쇄방법

(가) 시험제분

○ 제분 특성을 달리하기 위하여 표 3-3-206. 과 같이 조건을 달리하여 시료를 제조하였음

표 3-3-206. 우리밀 전밀 분쇄조건 및 특징

	해머밀	기류분쇄기	스톤밀
분쇄 방법			
제조	세창기계 (한국)	호소카와 미크론(일본)	BUHLER (스위스)
분쇄조건	1200rpm회전 50,150meshshifter장착	500 rpm 회전 100,300micron분쇄	600 rpm 회전 분쇄 후, 말분 이하 재분쇄 후 혼입
수율	80%	98%	98%
특징	고속으로회전하는 hammer와liner 사이에서분쇄, 고운 입자 분 쇄에 적합	분쇄시효율높음	입자조정어려움

(나) 품질 분석

○ 품질 분석은 앞서 기술한 6. 저장조건별 금강밀의 품질 특성 분석 가.저장조건별 금강밀의 품질 특성 (4개월차) (2)방법 (다)품질분석과 같은 방법으로 평가하였음

(3) 결과

(가) 분쇄 품질 분석 결과

- 우리밀 전밀 분쇄 결과(표 3-3-207) 전밀은 분쇄 강도 및 사별 조건에 기인한 입도 분포에 따른 물성의 편차가 크게 나타났으며, 전반적으로 평균입도가 높을수록 품질이 감소하는 경향을 보임
- 회분함량은 1.5 전후에서 움직이고 있는데, 이는 전밀 분쇄 후 사별 공정에서 일부 분(紛)이 체에 걸러지기 때문으로 사료됨
- 단백질 함량은 금강밀에서는 큰 편차 없이 나타나며, 밥스레드밀 제품은 원맥의 차이로 인해 발생한 부분임
- 최고점도는 입도가 가늘수록 높게 나타나는 특성을 보임
- 해머밀로 분쇄 테스트 결과 shifter 장착에 따라 입도 조정은 어느 정도 가능하나, 제분 수율 및 작업시간은 기류분쇄에 비하여 떨어지는 것을 알 수 있었음
- ACM 분쇄 결과 RPM 조정 및 shifter 장착에 따라 입도 조정 가능하며, 제분 수율 및 작업시간이 해머밀 대비 좋고 균일 분쇄 경향도 해머밀 보다 좋은 것을 알 수 있었음
- 스톤밀은 RPM과 입도 조정이 가능하나 이미 세팅되어 있는 RPM에서만 테스트 진행하여 정확한 경향 파악은 못했으며, 수율 비교적 좋고 작업시간도 좋으나, 입도 조정 특히 작은 입도를 가진 통밀 제품의 제분에는 적합해 보이지 않음. 굵은 입자의 통밀 제품 분쇄에 적합해 보임

표3-3-207. 우리밀 전밀 분쇄기별 분석 결과 ¹

구분	Control	해머밀-A	해머밀-B	ACM-C	ACM-D	스톤밀-E	
수분(%)*	10 ^a	11.6 ^{ab}	9.8 ^a	12.5 ^b	10.7 ^{ab}	11.4 ^{ab}	
회분(%)	1.75 ^a	1.47 ^a	1.48 ^a	1.42 ^a	1.46 ^a	1.59 ^a	
단백질(%)**	15.21 ^c	12.3 ^b	12.66 ^b	12.16 ^b	12.3 ^b	10.04 ^a	
백도**	61.6 ^d	59.7 ^e	67 ^b	57.5 ^f	68.4 ^a	64.2 ^c	
입도(μm)**	229.2 ^{bc}	239 ^b	102.1 ^c	583.3 ^b	83.57 ^c	123.5 ^a	
F/G	흡수율(%)**	69.5 ^b	64.5 ^b	65.3 ^b	64.8 ^a	68.2 ^b	62.9 ^b
	가수율(%)	77.4	69.1	73.4	67.7	74.7	67.8
	P/T(min)**	7.8 ^c	4.9 ^a	5.5 ^{ab}	8.2 ^c	6.3 ^b	4.2 ^a
	안정도(min)**	14.3 ^b	4.1 ^a	4.1 ^a	5.8 ^a	4.1 ^a	3.9 ^a
	연화도(BU)**	40 ^a	60 ^b	118 ^d	78 ^c	116 ^d	108 ^d
V/G	최고점도(BU)**	658 ^c	522 ^a	633 ^c	509 ^a	588 ^b	834 ^d
E/G	신장도	45/135(분)	45/135(분)	45/135(분)	45/135(분)	45/135(분)	45/135(분)
		17.8 ^a /15.0 ^a	15.6 ^a /15.1 ^a	17.7 ^a /16.0 ^a	14.7 ^a /15.6 ^a	14.9 ^a /15.0 ^a	11.1 ^a /9.8 ^a
	저항력**	360 ^c /520 ^b	170 ^a /230 ^a	270 ^b /240 ^a	220 ^{ab} /230 ^a	200 ^{ab} /240 ^a	250 ^b /340 ^a
	최고저항**	440 ^b /715 ^b	180 ^a /240 ^a	200 ^a /280 ^a	220 ^a /240 ^a	210 ^a /270 ^a	250 ^a /340 ^a

¹ 2번 반복실험한 평균값
 abc Row 내에서 같은 alphabet은 같은 수준임
 *, ** 시료가 p=0.05, p=0.001 수준에서 유의적인 차이가 있음

나. 우리밀 전밀의 부침 적용 특성 평가

(1) 시료

(가) 시료정보

- ① CTRL(밥스 레드밀 통밀가루)*
- ② 금강밀 - 해머밀-A (평균입도 250 μ m, 유성식품)
- ③ 금강밀 - 해머밀-B (평균입도 100 μ m, 유성식품)
- ④ 금강밀 - ACM기류분쇄-C (평균입도 600 μ m, CJ양산공장)
- ⑤ 금강밀 - ACM기류분쇄-D (평균입도 100 μ m, CJ양산공장)
- ⑥ 금강밀 - 스톤밀-E (평균입도 100 μ m, 삼양밀맥스)

(2) 제조방법

(가) 부침개의 제조

- ① 밀가루 100g에 물 160g을 넣어 가루가 보이지 않을 만큼 충분히 섞어준다.
- ② 후라이팬에 반죽을 일정량 넣고 기름을 두른 후 중불에서 2분간 익힌 후 뒤집어 2분 익힌다.

(3) 제품의 품질 분석

(가) 반죽 물성

- ① 흐름성 : Consistometer의 수평을 맞춘 후 반죽을 75g 넣어 일정 시간(30초) 후에 반죽이 흘러간 길이를 측정
- ② 반죽 pH : 반죽 pH는 Metler toledo 회사의 pH meter를 이용하여 측정
- ③ 점도 : 부침 반죽을 200ml 비커에 담아 점도측정기 (Viscometer DV-II+Pro, Brookfield)를 이용 10 rpm 조건에서 SPINDLE 3번 사용하여 측정함

(나) 완제품

- ① 조직감 측정 : 시료를 직경 50mm 원형 커터로 커팅 후 Texture Analyzer (TA-XT2, Stable Microsystem Ltd., Surrey, UK)를 이용하여 TPA (texture profile analysis) 방법으로 측정하였다. probe로는 25mm cylinder probe를 장착하고 시료를 2회 연속 진행시켰을 때 얻어지는 force time curve 로부터 견고성 (hardness), 응집성 (cohesiveness), 탄력성 (springiness), 씹힘성 (chewiness), 복원성 (resilience)을 측정하였으며, 분석조건은 표3-3-208. 과 같음

표 3-3-208. 전밀 부침 조직감 측정 조건

종류	부침	단위
Direction	Compression	
load cell	10	kg
Probe(Cylinder)	25	mm
Sample직경	50	mm
Preload/stress speed	5	gf
Preload/stress	1	mm/s
Compression rate	50	%
Test speed	1	mm/s
Wait time after first bite action	5	s

② 색도 : 색도는 색차계 (CR-300, Minolta Co., Tokyo, Japan)를 이용하여 L값 (lightness), a값 (redness), b값(yellowness) 을 3회 반복하여 평균값을 도출하였음

(4) 제품 품질 분석 결과

(가) 우리밀 전밀의 부침 적용 물성 품질 비교

- 육안으로 관찰한 반죽의 특성은 해머밀-A는 묽은 반죽으로 생취가 약간 있으며, 해머밀-B는 반죽의 점도 약간 되고 침과 엉겨붙는 경향 있음
- ACM-D는 해머밀 샘플보다는 치아에 엉겨붙는 느낌 약함. 부침에서 생맛은 있음. ACM-C는 가루상 태에서도 굵은 입자가 보이며 죽같은 물성, 반죽의 물성은 스톤밀-E 샘플도 유사함
- 부침 반죽의 pH, 흐름성, 점도를 측정한 결과는 표 3-3-209.에 나타내었으며, 반죽의 흐름성은 입자 크기에 따라 경향이 다르게 나타남. 흐름성의 수치를 비교 시 분쇄기별 입자 크기에 따라 흐름성에서 차이를 보이며 흐름성과 점도의 상관관계를 추정하기는 어려우나, 스톤밀과 레드밥스밀은 점도가 100 이상으로, SPINDLE 3 이용하여 측정이 불가하였음

표 3-3-209. 우리밀 전밀 부침반죽의 물성 측정 결과¹

구분	Control	해머밀-A	해머밀-B	ACM-C	ACM-D	스톤밀-E
반죽pH*	6.39±0.01 ^d	6.17±0.02 ^b	6.40±0.04 ^d	6.13±0.02 ^a	6.24±0.01 ^c	6.38±0.01 ^d
흐름성(cm)*	5.77±0.25 ^a	11.2±0.50 ^e	8.77±0.25 ^c	6.30±0.20 ^a	10.10±0.36 ^d	7.93±0.12 ^b
점도(%)*	측정불가 (100이상)	40±1.53 ^a	62.5±2.00 ^c	67.6±2.08 ^d	52.7±2.00 ^b	측정불가 (100이상)

¹ 3번 반복실험한 평균값
abc Row 내에서 같은 alphabet은 같은 수준임
* 시료가 p=0.05 수준에서 유의적인 차이가 있음

- 부침의 조직감 측정 결과는 표 3-3-210.에 나타내었으며, ACM-C 시료의 조직감이 대조군과 유사한 경향을 보였음

표 3-3-210. 우리밀 전밀 부침 제품의 조직감 측정 결과¹

구분	Control	해머밀-A	해머밀-B	ACM-C	ACM-D	스톤밀-E
Hardness*	1064±582 ^a	3413±679 ^{bc}	4213±1490 ^c	1785±217 ^a	3285±454 ^{bc}	2718±352 ^{ab}
Springiness	0.81±0.05 ^a	0.97±0.35 ^a	0.22±0.81 ^a	0.67±0.12 ^a	0.92±0.06 ^a	0.76±0.07 ^a
Cohesiveness	0.64±0.12 ^a	0.23±0.06 ^a	0.61±0.13 ^a	0.40±0.03 ^a	0.60±0.02 ^a	0.57±0.09 ^a
Gumminess*	1122±385 ^{ab}	1715±370 ^{bc}	2401±918 ^d	727±132 ^a	1981±285 ^{cd}	1565±250 ^{bc}
Chewiness*	923±364 ^a	1852±851 ^a	3148±2276 ^b	496±137 ^a	1843±308 ^a	1187±234 ^a
Resilience	0.18±0.08 ^a	0.01±0.02 ^a	0.199±0.16 ^a	0.08±0.01 ^a	0.11±0.02 ^a	0.14±0.02 ^a

¹ 3번 반복실험한 평균값
^{abc} Row내에서 같은 alphabet은 같은 수준임
^{*} 시료가 p=0.05 수준에서 유의적인 차이가 있음

- 부침의 색은 소비자의 기호도 평가에 중요한 인자로 분쇄기별 샘플로 제조한 부침개 색을 측정한 결과는 표 3-3-211.에 나타내었으며, ACM-C시료의 색도가 대조군과 유사한 경향을 보임

표 3-3-211. 우리밀 전밀 부침 제품의 색도 측정 결과¹

구분	Control	해머밀-A	해머밀-B	ACM-C	ACM-D	스톤밀-E
L*	85.66±1.02 ^a	84.56±4.75 ^a	86.03±4.75 ^{ab}	93.72±2.64 ^b	87.83±1.30 ^{ab}	82.26±3.02 ^a
a**	2.42±0.72 ^b	0.38±0.43 ^a	0.25±1.05 ^a	0.88±0.27 ^a	0.47±0.32 ^a	1.90±0.57 ^b
b	7.23±1.52 ^a	6.05±9.78 ^a	9.94±3.61 ^a	11.97±2.57 ^a	8.07±4.85 ^a	7.41±1.75 ^a

¹ 3번 반복실험한 평균값
^{abc} Row내에서 같은 alphabet은 같은 수준임
^{**,*} 시료가 p=0.05, 0.01 수준에서 유의적인 차이가 있음

(나) 우리밀 전밀의 부침 적용 관능 품질 비교

- 우리밀 통밀 분쇄밀의 분쇄 조건별 가공 특성을 표 3-3-212.에 나타내었으며, 대조군 밥스레드밀은 가수량이 약간 부족한 느낌으로 가공 테스트 후에도 직경이 비교적 작은 부침 경향을 보임

표 3-3-212. 우리밀 전밀 부침 제품의 관능 측정 결과¹

구분	Control	해머밀-A	해머밀-B	ACM-C	ACM-D	스톤밀-E
관능특성	가장자리 바삭 한식감 및 느 낌유사	끊어지고 침과 엉겨 붙으면서 진득 한식감	진득한식감, 침과엉겨붙는 정도는덜함	굵은입자가썩 혀 식감 호불호있음	침과엉기는 식감있음	Control과 유사, 퍼짐성 약함
외형*	5 ^{ab}	6 ^b	5 ^{ab}	4 ^a	6 ^b	5 ^{ab}
색상*	6 ^c	4.5 ^a	4.5 ^a	5.5 ^{bc}	5 ^{ab}	5.5 ^{bc}
부드러움*	3 ^a	4 ^b	4.5 ^b	3 ^a	4 ^b	3 ^a
쫄깃함**	4 ^b	3 ^{ab}	3 ^{ab}	4 ^b	2.5 ^a	3.5 ^{ab}
곡물취*	5 ^b	3.5 ^a	3.5 ^a	5 ^b	4 ^a	4.5 ^{ab}
맛(풍미)*	6 ^c	3 ^a	3 ^a	5.5 ^b	3 ^a	5 ^b
전반기호도*	4.83 ^c	4 ^a	3.92 ^a	4.5 ^b	4.08 ^a	4.03 ^b
사진						

¹ 자사 연구원 10명 대상 간이 관능평가(관능은 9점 만점 척도로, 숫자가 높을수록 좋은 경향을 보임)

abc Row 내에서 같은 alphabet은 같은 수준임

*, ** 시료가 p=0.05, p=0.01 수준에서 유의적인 차이가 있음

(다) 우리밀 전밀 부침 Test 결과

- 전반적으로 전밀 부침은 일반밀 대비는 작업성, 관능 등 품질에서 열위를 나타내며, 대조군과 비교 분석시, 기류분쇄를 활용한 제품이 비교적 전반 기호도가 높게 나타남
- 해머밀의 경우 곡물취가 많이 발생하고, 풍미가 매우 열악하며 제분 수율도 좋지 않으며, 스톤밀의 경우 긍정적인 결과가 나타났으나, 말분 재분쇄 공정이 들어가 있어 분쇄조건의 컨트롤이 쉽지 않으며 순수한 스톤밀의 품질 특성을 평가하기가 어려운 점이 있음

다. 우리밀 전밀의 부침 프리믹스 적용 특성 평가

(1) 시료

(가) 시료정보

- ① CTRL(밥스 레드밀 통밀가루)*
- ② 금강밀 - ACM기류분쇄-C (평균입도 600 μ m, CJ양산공장)
- ③ 금강밀 - ACM기류분쇄-C Pre-Mix

(2) 제조방법

(가) 부침개의 제조

- ① 밀가루 100g에 물 160g을 넣어 가루가 보이지 않을 만큼 충분히 섞어준다.
- ② 후라이팬에 반죽을 일정량 넣고 기름을 두른 후 중불에서 2분간 익힌 후 뒤집어 2분 익힌다.

(나) 부침 Pre-mix의 제조

- ① 각 원료를 표 3-3-213과 같이 계량함.
- ② homogenizer mixer에 원료를 넣고 1분 30초간 혼합 후, 유지 투입하여 30초간 혼합하여 전밀 부침 프리믹스 완성

표3-3-213 . 우리밀 전밀 프리믹스 배합비

원료	배합비 (%)
우리밀 전밀	93
참쌀	3.5
전분	1
팽창제	0.5
하얀설탕	2

(3) 제품의 품질 분석

(가) 반죽 물성

- 반죽 물성은 나. 우리밀 전밀의 부침 적용 특성 평가 (3)제품의 품질분석 (가)반죽물성과 동일한 방법으로 측정하였음

(나) 완제품

- 완제품은 나. 우리밀 전밀의 부침 적용 특성 평가 (3)제품의 품질분석 (나)완제품과 동일한 방법으로 측정하였음

(4) 제품 품질 분석 결과

(가) 우리밀 전밀 Pre-mix의 부침 적용 물성 품질 비교

- 육안으로 관찰한 반죽의 특성은 CTRL 대비 ACM-C, ACM-C Pre-mix 반죽 상태가 흐름성이 강한 경향을 보임.
- 프리믹스로 제조한 반죽의 흐름성이 다소 높게 측정되는데 이는 식감의 속성을 좋게 하기 위해 첨가한 원료들의 영향으로 보임.

표3-3-214. 우리밀 전밀 부침 프리믹스의 물성 비교

구분	Control	ACM-C	ACM-C MIX
반죽pH*	6.39±0.01 ^{ab}	6.13±0.02 ^a	6.66±0.24 ^b
흐름성(cm)**	5.77±0.25 ^a	6.30±0.20 ^b	9.26±0.25 ^c
점도(%)**	측정불가(100이상)	67.6±2.08 ^a	98±0.62 ^b

¹ 3번 반복실험한 평균값
^{abc} Row 내에서 같은 alphabet은 같은 수준임
^{*, **} 시료가 p=0.05, p=0.01 수준에서 유의적인 차이가 있음

- 부침 프리믹스의 조직감 측정 결과는 표3-3-215. 에 나타내었음. Hardness 속성은 대조군의 값이 낮게 측정되는 경향이 있으며, Springness, Cohesiveness, Chewiness 값의 경향은 대조군과 ACM-C Pre-mix와 유사한 경향을 보임.

표 3-3-215. 우리밀 전밀 부침 프리믹스제품의 조직감 측정 결과¹

구분	Control	ACM-C	ACM-C MIX
Hardness	1064±582 ^a	1785±217 ^a	1980±342 ^a
Springiness*	0.81±0.05 ^b	0.67±0.12 ^a	0.84±0.10 ^b
Cohesiveness**	0.64±0.12 ^c	0.40±0.03 ^a	0.52±0.11 ^b
Gumminess*	1122±385 ^b	727±132 ^a	1021±133 ^b
Chewiness*	923±364 ^b	496±137 ^a	861±120 ^b
Resilience**	0.18±0.08 ^b	0.08±0.01 ^a	0.11±0.02 ^a

¹ 3번 반복실험한 평균값
^{abc} Row 내에서 같은 alphabet은 같은 수준임
^{*, **} 시료가 p=0.05, p=0.01 수준에서 유의적인 차이가 있음

- 기호도 평가에 중요한 부침개 색을 측정된 결과는 표3-3-216. 에 나타내었으며, 전밀 프리믹스 대비 Pre-mix 시료의 색도 속성 중 a,b값이 다소 낮아지며, 이는 Mix에 들어간 보조 원료들의 영향으로 사료됨,

표 3-3-216. 우리밀 전밀 부침 프리믹스 제품의 색도 측정 결과¹

구분	Control	ACM-C	ACM-C MIX
L*	85.66±1.02 ^a	93.72±2.64 ^a	95.33±4.45 ^a
a*	2.42±0.72 ^a	0.88±0.27 ^a	0.59±0.46 ^a
b*	7.23±1.52 ^a	11.97±2.57 ^b	6.15±1.44 ^a

¹ 3번 반복실험한 평균값
^{abc} Row 내에서 같은 alphabet은 같은 수준임
^{*} 시료가 p=0.05 수준에서 유의적인 차이가 있음

(나) 우리밀 전밀 Pre-Mix의 부침 적용 관능 품질 비교

- 우리밀 전밀 부침 프리믹스의 가공 특성을 표3-3-217에 나타내었으며, Pre-Mix 제품의 관능시 가장자리의 바삭한 식감이 유사한 경향을 보이며 제품색 속성에서는 대조군보다 선호되는 경향을 보임. 이는 대조군의 색이 다크 브라운인데 반해 프리믹스 제품의 색은 골든 브라운 색으로 나와 선호도가 상승한 것으로 보여짐

표3-3-217 우리밀 전밀 부침 Pre-Mix 제품의 관능 측정 결과¹

구분	Control	ACM-C	ACM-C MIX
관능특성	가장자리 바삭한 식감 및 느낌 유사	굵은입자가 씹혀 식감호불호있음	가장자리바삭함 식감 대조군과 유사.
외형	5 ^a	4 ^a	4.5 ^a
색상	6 ^a	5.5 ^a	6 ^a
부드러움*	3 ^a	3 ^a	4 ^b
쫄깃함*	4 ^a	4 ^a	5 ^a
곡물취*	5 ^a	5 ^a	6 ^b
맛(풍미)	6 ^a	5.5 ^a	5.5 ^a
전반기호도**	4.83 ^b	4.5 ^a	5.17 ^c
사진			

¹ 자사 연구원 10명 대상 간이 관능평가(관능은 9점 만점 척도로, 숫자가 높을수록 좋은 경향을 보임)
^{abc} Row 내에서 같은 alphabet은 같은 수준임
^{*, **} 시료가 p=0.05, p=0.01 수준에서 유의적인 차이가 있음

(다) 우리밀 전밀 Pre-Mix의 부침 적용 Test 결과

- 전밀 부침 테스트 시 작업성에서는 대조군 대비 부침 완성 후의 외형이나 조리중의 퍼짐성에서 차이를 보였으며, 관능 결과 대조군 대비 식감과 풍미에 대한 개선이 필요하여, 부침 프리믹스 배합을 만들어 본 결과 전반적으로 대조군과 유사한 외형과 퍼짐성과 동등 우위수준의 경향을 구현할 수 있었음
- 다만 식감과 풍미의 경우는 여전히 대조군 대비 곡물취와 맛이 좀 더 강하기는 하나, 전반적으로 대조군 제품과 색상을 제외하고 유사한 식감과 맛을 보이며 프리믹스 상품화시, 통밀의 일반 밀가루 대비 떨어지는 가공성이나 관능 속성에 대해 보완이 가능할 것으로 보여지며 통밀의 짧은 유통기한에 대한 연구는 병행되어야 할 것으로 판단됨

라. 우리밀 전밀의 식빵 Test

(1) 시료

(가) 시료정보

- ① CTRL(밥스 레드밀 통밀가루)*
- ② 금강밀 - ACM기류분쇄-C (평균입도 600 μ m, CJ양산공장)
- ③ 금강밀 - ACM기류분쇄-D (평균입도 100 μ m, CJ양산공장)

(2) 제조방법

(가) 식빵의 제조

- 원료의 배합은 표 3-3-218.과 같으며 직접법(straight dough method)으로 진행하였음. 반죽은 전 재료를 반죽기(HL200, Hobart, USA) 에 투입하여 저속 2분, 중속 5분 반죽 후 유지 투입, 다시 저속 2분, 중속 5분, 고속 1분 반죽하여 글루텐을 완전히 형성시켰고, 완성된 반죽은 발효기(AU1X24V, PANEM, France)에서 반죽 온도와 상대습도를 27 \pm 1 $^{\circ}$ C, 75%로 조정하여 1시간 발효 시킨 후 꺼내 생지를 250g씩 분할함. 이 후 가스를 뺀 다음 성형하여 팬에 넣고 38 \pm 1 $^{\circ}$ C, 상대습도 85% 2차 발효실에서 1시간 발효 시킨 후, 예열된 전기 오븐(Deck Oven, MIWE, Germany)에 넣고 아랫불 210 $^{\circ}$ C, 윗불 180 $^{\circ}$ C에서 30분간 베이킹함. 이 후 완성된 제품을 꺼내 실온(20 $^{\circ}$ C)에서 90분 동안 냉각시킨 후 포장백에 넣어 상온에서 보관하며 시료로 사용함

표 3-3-218. 식빵 원료 배합비

원료	배합비(%)	원료	배합비(%)
밀가루	100.0	설탕	7.0
물	60.0	버터	3.0
생이스트	3.0	소금	1.6

(나) 제품의 품질 분석

① 비용적 특성

- 빵의 무게는 저울로 측정하였으며, 부피는 Volume Scanner(BVM 6640, Patern, Sweden)으로 측정한 후 비용적(cc/g)은 부피를 무게로 나누어 산출하였으며 3회 반복 측정하여 평균값을 사용함

② 조직감 측정

- 식빵의 조직감은 시료를 17 mm의 높이로 자른 후 Texture Analyzer(TA XT Plus, Stable Micro Systems, USA)를 이용하여 25 mm cylinder probe를 장착하고 시료를 2회 연속적으로 진행시켰을 때 얻어지는 force-time curve로부터 견고성(hardness), 응집성(cohesiveness), 탄력성(springiness), 씹힘성(chewiness), 복원성(resilience)을 측정하였으며, 분석 조건은 표 3-3-219.와 같음

표 3-3-219. 조직감 측정 조건

T.A. Settings	TPA	
종 류	식빵	단위
Direction	Compression	
Load cell	10	kg
Probe(Cylinder)	25	mm
Sample height	17	mm
Preload/stress	5	gf
Preload/stress speed	2	mm/s
Compression rate	75	%
Test speed	2	mm/s
Wait time after first bite action	3	s

(다)우리밀 전밀의 식빵 품질 비교

① 작업성

- 대조구인 밥스레드밀 통밀 과 비교하여 ACM-C 샘플의 믹싱 단계에서의 반죽 형성 및 발효 후 상태 정도 유사하며, 반죽 표면의 거친 정도와 반죽 부피 정도 유사함. 자세한 우리밀 전밀 식빵 제조 조건은 표 3-3-220에 나타내었음

표 3-3-220. 우리밀 전밀 식빵 제조 조건

구분	Control	ACM-C	ACM-D
배합(Baker's%)	밀가루100,설탕7,소금1.6,생이스트3,버터3,물6		
1차배합온도(°C)	29.1°C	28.6°C	28.9°C
성형시반죽성 (신장성/끈적임/탄력)	3/2/3	3/2/3	4/4.5/4
500g분할 (신장성/끈적임/탄력)	3/3/3	3/3/3	4/3/3
2차발효 (팬높이까지의발효시간)	60분	60분	도달못함 60분

② 기기분석

- 우리밀 전밀 식빵의 비용적을 측정한 결과는 표 3-3-221 과 같으며, ACM-C > 밥스레드밀 > ACM-D 순으로 비용적이 높게 나타남

표 3-3-221. 우리밀 전밀 식빵 비용적 비교¹

구분	Control	ACM-C	ACM-D
질량(g)	441±1.25 ^b	439±1.32 ^b	438±3.12 ^a
부피(ml)*	1480±51 ^a	1502±3 ^a	1395±25 ^a
비용적(ml/g)*	3.35±0.11 ^b	3.43±0.01 ^b	3.18±0.07 ^a

¹ 3번 반복실험한 평균값
^{abc} Row 내에서 같은 alphabet은 같은 수준임
^{*} 시료가 p=0.05 수준에서 유의적인 차이가 있음

- 우리밀 전밀 식빵의 색도를 측정된 결과는 표 3-3-222와 같으며, 대조구와 통밀과 유사한 명도값과 황도값을 보인 시료는 ACM-C 였음

표 3-3-222. 우리밀 전밀 식빵 색도 비교¹

구분	Control	ACM-C	ACM-D
L	797.72±2.16 ^a	77.8±0.33 ^a	81.29±1.22 ^a
a*	-1.33±0.29 ^b	-0.45±0.07 ^a	-0.7±0.18 ^a
b*	4.42±0.78 ^a	4.49±0.41 ^a	6.45±0.13 ^b

¹ 3번 반복실험한 평균값
^{abc} Row 내에서 같은 alphabet은 같은 수준임
^{*} 시료가 p=0.05 수준에서 유의적인 차이가 있음

③ 조직감

- 우리밀 전밀 식빵의 조직감을 측정된 결과는 표 3-3-223 과 같으며, ACM-C가 컨트롤과 유사한 단단함(Hardness)을 나타내었으나, ACM-D는 더 부드러운 식감을 나타내었음

표 3-3-223. 우리밀 전밀 식빵 TA 비교

구분	Control	ACM-C	ACM-D
Hardness	1606.7±677.06	1613.93±208.37	1358.6±319.04
Springiness	0.83±0.02	0.81±0.02	0.76±0.04
Cohesiveness	0.62±0.02	0.49±0.03	0.52±0.03
Gumminess	997.80±412.86	808.26±137.36	706.06±137.83
Chewiness	829.06±329.18	655.61±113.57	536.95±102.26
Resilience	0.19±0.17	0.14±0.01	0.16±0.01

④ 관능 평가

- 우리밀 전밀 식빵의 관능을 측정된 결과는 표 3-3-224 와 같으며, 대조구인 밥스레드밀 식빵은 통밀 특유의 퍽퍽한 식감을, ACM-D 시료의 식감은 침과 뭉쳐 응집성이 강해지고 생맛 및 이취가 강해지는 경향을, ACM-C 샘플의 외형 및 식감이 대조군 통밀 제품과 유사함

표 3-3-224. 우리밀 전밀 식빵 관능 비교¹

구분	Control	ACM-C	ACM-D
외형*	8 ^b	7 ^b	5 ^a
색상	7 ^a	6.5 ^a	6 ^a
내상	7 ^b	7 ^b	5 ^a
부드러움**	5 ^a	4.5 ^a	4 ^a
쫄깃함**	4 ^b	4 ^b	3 ^a
맛(풍미)***	5 ^b	5.5 ^b	3 ^a
전반기호도**	6 ^b	5.75 ^b	4.33 ^a
제품 사진			
			

¹ 자사 연구원 10명 대상 간이 관능평가(관능은 9점 만점 척도로, 숫자가 높을수록 좋은 경향을 보임)

abc Row 내에서 같은 alphabet은 같은 수준임

*, **,*** 시료가 p=0.05, 0.01, 0.001 수준에서 유의적인 차이가 있음

(라) 우리밀 전밀의 식빵 제조 결과

- 전반적으로 전밀 식빵은 일반밀 대비는 작업성, 관능 등 품질에서 열위를 나타내며, 대조군과 비교 분석시, 결과 ACM-C 시료가 대조군과 유사 경향을 나타냄
- 기본배합이 아닌 품질 향상을 할 수 있는 배합(개량제 및 증점제 등)을 통해 어느정도 품질 향상이 가능할 것으로 보임

라. 우리밀 전밀의 핫케익 Test 결과

(1) 시료

(가) 시료정보

- ① CTRL(밥스 레드밀 통밀가루)*
- ② 금강밀 - ACM기류분쇄-C 핫케익믹스
- ③ 금강밀 - ACM기류분쇄-D 핫케익믹스

(2) 제조방법

(가) 핫케익의 제조

- ① 핫케익 제조 원료의 배합은 표 3-3-225와 같음

표 3-3-225. 핫케익 원료 배합비

원료	Control	ACM-C	ACM-D
통밀	84	84	84
유지	3	3	3
설탕	7	7	7
분유	3	3	3
식용유	2	2	2
팽창제	0.5	0.5	0.5
바닐라향	0.5	0.5	0.5

- ② 핫케익 제조를 위한 조리 배합은 표 3-3-226과 같음

표 3-3-226. 핫케익 조리 배합비

원료	배합(g)	배합비 (%)
우리밀 전밀 핫케익 프리믹스	200	36.4
전란	100	18.2
우유	250	45.5

(나) 제품의 품질 분석

① 조직감 측정

- 핫케익의 조직감은 시료를 직경 50mm 원형 커터로 커팅 후 Texture Analyzer (TA=XT2, Stable Microsystem Ltd., Surrey, UK)를 이용하여 TPA (texture profile analysis) 방법으로 측정하였다. probe로는 25mm cylinder probe를 장착하고 시료를 2회 연속 진행시켰을 때 얻어지는 force time curve로부터 견고성 (hardness), 응집성(cohesiveness), 탄력성 (springiness), 씹힘성 (chewiness), 복원성(resilience)을 측정하였으며, 분석조건은 표3-3-227 과 같음

표 3-3-227. 핫케익믹스 조직감 측정 조건

종류	핫케익	단위
Direction	Compression	
load cell	10	kg
Probe(Cylinder)	25	mm
Sample 직경	50	mm
Preload/stress speed	5	gf
Preload/stress	1	mm/s
Compression rate	50	%
Test speed	1	mm/s
Wait time after first bite action	5	s

② 흐름성 : Consistometer의 수평을 맞춘 후 반죽을 75g 넣어 일정 시간(30초) 후에 반죽이 흘러간 길이를 측정한다.

(다) 우리밀 전밀의 핫케익 품질 비교

① 작업성

- 대조구와 비교하여 반죽의 흐름성이 있는 반죽이며, 자세한 우리밀 전밀 핫케익 작업성은 표 3-3-228에 나타내었음. 대조군 대비 ACM-C 핫케익 믹스와 ACM-D 핫케익 믹스 반죽 흐름성 강화

표 3-3-228. 우리밀 전밀 핫케익 작업성

구분	Control	ACM-C	ACM-D
반죽성 (신장성/끈적임/탄력)	3/3/3	4/3/3	4/3/5
흐름성(cm)	10cm	13.5cm	13.5cm

② 기기분석

- 우리밀 전밀 핫케익의 색도를 측정한 결과는 표 3-3-229와 같음

표 3-3-229. 우리밀 전밀 핫케익 색도 비교

구분	Control	ACM-C	ACM-D
L	94.38±2.36	101.72±0.87	102.62±58.75
a	3.13±0.17	2.45±1.17	0.32±0.53
b	12.25±1.27	11.99±0.16	23.36±13.45

③ 조직감

- 우리밀 전밀 핫케익의 조직감을 측정된 결과는 표 3-3-230과 같으며, Hardness는 ACM-D 핫케익 믹스가 유사한 경향을 보임

표 3-3-230. 우리밀 전밀 핫케익 TA 비교

구분	Control	ACM-C	ACM-D
Hardness	3088±92	4040±461	3469±323
Springiness	0.84±0.04	0.84±0.08	0.92±0.05
Cohesiveness	0.64±0.02	0.60±0.03	0.64±0.03
Gumminess	1979±98	2451±384	2239±309
Chewiness	1675±19	2084±439	2067±169
Resilience	0.14±0.01	0.14±0.01	0.19±0.02

④ 관능 평가

- 우리밀 전밀 핫케익의 관능을 측정된 결과는 표 3-3-231과 같으며, 대조군 대비 약간 퍼짐성 있는 경향이 있음. 대조군 대비 색상의 선호도가 좋았으며 ACM-D의 부드러움과 쫄깃한 식감이 좋게 나타났으며, 전반기호도로는 세 제품 모두 유사한 경향을 보임

표 3-3-231. 우리밀 전밀 핫케익 관능 비교¹

구분	Control	ACM-C	ACM-D
외형*	7 ^a	6 ^a	6 ^a
색상	6 ^a	6.5 ^a	6.5 ^a
내상	6 ^a	6 ^a	6 ^a
부드러움**	7 ^a	6.5 ^a	7.5 ^b
쫄깃함**	5 ^a	5 ^a	6 ^b
맛(풍미)***	6 ^b	5.5 ^a	5.5 ^a
전반기호도**	6.17 ^b	5.9 ^a	6.25 ^b
제품 사진			

¹ 자사 연구원 10명 대상 간이 관능평가(관능은 9점 만점 척도로, 숫자가 높을수록 좋은 경향을 보임)

abc Row 내에서 같은 alphabet은 같은 수준임

, 시료가 p=0.05, 0.01, 0.001 수준에서 유의적인 차이가 있음

(라) 우리밀 전밀의 핫케익 제조 결과

- 우리밀 전밀 핫케익은 대조군 대비 도통함 외형에서는 점수가 낮지만 식감이나 제품 색은 좋은 경향을 나타냄
- 우리밀 전밀 핫케익 테스트 결과 ACM-D 샘플이 식감의 부드러움이나 가공 중 퍼짐성 등의 속성 고려시 핫케익 프리믹스 배합에 적당한 것으로 보임

마. 결론

- 실험결과 금번에 실험한 3가지 분쇄조건의 전밀제품에서는 기류분쇄를 활용한 제품이 생산성, 품질, 가공성 등 종합적 측면에서 가장 우수한 것으로 확인되었으며, 가공 제품별 최적 입도는 제품별 편차가 있어, 이를 아우를 수 있는 최적 입도의 제품 세팅이 필요함. 추가적으로 기류분쇄 후 사별공정 추가를 통해 전밀제품의 전반적 품질을 상향하는 방법에 대해서도 검토 필요
- 우리밀 전밀은 브랜을 함께 분쇄하는 공정에 대한 연구 및 가공성에 대한 연구가 동시에 이루어져야 함
- 지금의 통밀은 유통기한 3-6 개월로 설정되어 있어 유통기한 연장에 대한 연구가 필요하며, 공정, 포장, 용기 등에 대한 다각적인 연구를 통한 유통기한 연장법의 도출 필요함
- 우리밀 전밀의 소비 촉진을 위해서는 일정한 품질을 낼 수 있는 전밀 최적화된 우리밀 원맥의 개발이 필요함
- 통밀 분쇄방식에 대한 추가 연구가 필요하며, 대부분의 통밀 분쇄는 통곡물용 분쇄기를 이용하여 단순 분쇄만 거치고 있어 밀에 적합한 분쇄기 연구 및 공정 연구가 필요함
- 통밀 특유의 브랜취는 가공성에 있어 품질 저하요인으로 작용하므로, 브랜취 마스크킹에 대한 연구도 진행되어야 함
- 통밀 제품에 대한 최적 상품화 연구 및 배합비 연구가 필요함. 일반 밀가루 이용 제품의 제조법과 통밀제품의 제조법은 같이 적용이 불가하므로,
- 가공성 테스트를 통한 통밀 최적화 어플리케이션이 필요함

제 4절 우리밀 제빵 특성 분석

1. 수입밀에 비교한 우리밀 품종의 제빵특성 분석

가. 수입밀과 우리밀 품종의 맥분 분석

(1) 실험 재료 및 방법

(가) 사용 원료

- 본 실험에 사용된 원맥은 캐나다산 CWRS(2012년산), 미국산으로 DNS(2012년산), HRW(2012년산), SWW(2012년산), 호주산은 ASW(2012년산)이었으며, 국내산 밀로써 조정밀(2011년산), 백중밀(2012년산), 금강밀(2011년산), 유기농 우리밀(2012년산)임. (주)블러 제조 테스트밀 기기((MLU 202, Switzerland) 를 사용하여 맥분을 제조. 테스트밀 맥분 60%분을 취하여 제빵, 제과 제조에 사용함

(나) 분석 방법

① 이물, 이종곡립, 이종맥, 피해립, 초자율, 천립중 (김희갑 외, 1997)

- 이물은 밀 이외의 모든 물질 (foreign material)로써 약 50 g을 채취하여 2.4 mm 세로는 체로 쳐서 체 밑으로 빠진 물질과 체위에 남은 것 중에서 곡립을 제외한 물질을 합하여 이물로 하고 그 무게를 계량해서 시료 무게에 대한 백분비율로 이물함유율을 구함
- 이종곡립은 밀 이외의 모든 곡립(콩, 옥수수)을 말하며, 50g의 시료를 채취하고 육안감정 (Visual inspection)으로 행하는데 감정된 이종곡립의 무게를 저울에 달고 이것을 시료무게에 대한 백분비로 산출함
- 이종맥은 다른 종류의 원맥 측정으로 50g의 시료를 채취하고 설정된 기준에 따라 감정된 이종맥의 무게를 달고 이것을 시료 무게에 대한 백분비율로 산출함
- 피해립(damaged kernel) 측정은 50g의 시료를 채취하고 설정된 기준에 따라 육안감정(Visual inspection)으로 행하는데 감정된 피해립의 무게를 달고 이를 시료 무게에 대한 백분비율로 산출함
- 초자율 측정은 곡립 절단기를 사용하여 맥립 고정판에 밀알 50粒을 세워서 놓도록 되어 있어 여기에 밀알을 넣고 덮개를 덮은 뒤, 절단 칼로 밀을 자름. 밀 100粒을 1측정 단위로 하여 두 번 반복하여 진행하였으며, 곡립절단기로 잘려진 밀의 절단면을 조사하여 다음과 같이 구분함

초자질립 : 절단면의 70% 이상이 초자질인것

반초자질립 : 절단면의 30% - 70% 초자질인것

분상질립 : 절단면이 분상질인 것

$$\text{초자율(\%)} = \frac{\text{초자질립수} + (\text{반초자질립수} \times 0.5)}{\text{밀알 개수}} \times 100$$

- 천립중은 밀에서 매우 중요한 품위항목임. 초자질 밀은 분상질 밀에 비하여 씨젓의 조직이 치밀하기 때문에 상대적으로 천립중이 무거우며, 밀 알맹이의 크기도 영향을 받는데 큰 밀알일수록 천립중이 더 나감. 밀알 1,000개를 채취해 그 무게를 3회 이상 반복 측정하여 산술평균치로 산출

② 수분

- 시료의 수분함량은 직접 가열 heater방식의 수분측정기(FD-720, KETT, Japan)를 사용하여 시료 3g을 135℃에서 12분간 상압 건조하는 방법으로 측정 (김희갑 외, 1997)

③ 단백질

- 시료 1 g을 분해촉매제(Kjeltabs S/3.5, Sweden) 2 tablet(1 tablet K₂SO₄ 3.5 g + Se 3.5 mg), 진한 황산 12 mL와 함께 분해 플라스크에 넣고 단백질 분해장치(Tecator™Digestor, Foss, Denmark)로 420℃에서 40분간 가열. 분해튜브의 내용액이 투명한 노란색으로 변해지면 실온으로 냉각하고 증류 적정장치(Kjeltec™8400, Foss, Denmark)를 사용하여 0.1 N-HCl 적정량을 구한 다음 아래와 같은 계산식으로 단백질 함량을 구함. 이 때 원맥과 밀가루의 질소계수는 각각 5.83, 5.7로 적용하여 계산함(김희갑 외, 1997)

$$\text{▶ 단백질(\%)} = \frac{(A - B) \times F \times C \times 0.0014}{S} \times 100$$

A : 적정에 소요된 0.1N-HCl용액의 mL수

B : Blank test에 소비된 0.1N-HCl용액의 mL수

C : 질소계수

F : 0.1N-HCl용액의 factor

S : 시료의 중량

0.0014 : 0.1N-HCl용액 1mL에 상당하는 질소량(g)

④ 회분

- 시료 3 g을 분쇄하여 항량이 되어 있는 도가니에 취하고 회화로(KT41-13C)에 넣어 600℃에서 4시간 동안 가열하여 분석. 회화가 끝난 후 도가니를 데시케이터 넣어 실온으로 방냉한 다음 무게를 측정(김희갑 외, 1997)

$$\blacktriangleright \text{회분}(\%) = \frac{a-b}{c} \times 100$$

a : 회분 후 무게(도가니+ 시료)

b : 도가니 무게

c : 회분 전 시료무게

⑤ 입도 및 손상전분

- 입도는 입도 분석기(LS 13 320, Beckman Coulter, USA)로 측정하였으며, 손상 전분은 손상 전분 분석기(SDmatic, CHOPIN, France)를 사용하였으며, AACC 76-33 방법(2000)에 따라 분석함

⑥ 색도 측정

- 밀가루 및 제빵 제과 제품을 직경 2 cm, 높이 1 cm의 cell에 넣어 색차계(Chroma Meter, CR-400, Konica Minolta Sensing, Japan)를 사용하였으며, L(명도), a(+ 적색도/-녹색도), +b(황색도)값으로 표현. 이 때 사용된 표준색판은 L=97.10, a=+0.13, b=+1.88 이었음

⑦ Farinogram 측정

- Farinograph는 밀가루와 물을 넣고 반죽기로 회전시켜 반죽될 때, 소요되는 힘을 그래프 위에서 가소성 및 이동성을 자동적으로 기록하는 것으로 강력분, 중력분, 박력분의 판별 및 물의 양과 흡수율을 측정함. Farinogram의 흡수율, 반죽형성시간, 안정도, 연화도는 Farinograph-E(827504, Brabender Co. Ltd., Duisburg, Germany)를 이용하여 AACC 54-21(2000)의 방법에 따라 측정하였으며, 300 g의 밀가루를 30 ℃로 항온한 믹서에 반죽의 경도가 500±20 BU(Brabender Unit)에 도달하도록 물을 가함

⑧ Amylogram 측정

- Amylograph는 제빵에 큰 역할을 하는 알파 아밀라제 효소 활성도를 측정하기 위한 일종의 회전 점도계로서 밀가루-물 현탁액을 일정한 속도(1분간 1.5℃)로 온도가 상승할 때 시료의 점도 변화를 자동으로 기록하는 장치임. Amylogram의 호화개시온도, 최고점도 온도, 최고점도는 Amylograph-E(800250, Brabender Co. Ltd., Duisburg, Germany)를 이용하여 AACC 22-10(2000)의 방법에 따

라 측정하였으며, 65 g 밀가루와 450 mL 의 물을 가해 교반해서 만든 현탁액을 bowl 에 넣고, 1분 간 1.5℃로 30℃에서 95℃까지 가열하며 측정함

⑨ Extensogram 측정

- Extensograph는 일정하게 굳기를 가진 반죽을 원통형으로 만들어 이것을 일정 온도에서 일정시간 정지하였다가 일정속도로 잡아당겨서 반죽의 신장도나 신장 저항성을 시간에 따른 변화를 그래프에 기록하는 장치임. 이 장치는 시간 경과에 따른 요소가 포함되어 있으므로 밀가루의 발효나 산화 환원제의 영향을 farinograh보다 자세히 알 수 있으며, Extensogram의 면적, 신장도, 저항도, 최고저항도, R/E의 비율은 Extensograph-E(860723, Brabender Co. Ltd., Duisburg, Germany)를 이용하여 AACC 54-10(2000)의 방법에 따라 측정함. 300 g의 시료와 6 g의 소금을 첨가하였고, 물의 양은 farinogram 흡수량보다 2% 적은 양을 사용하여, 1분 동안 반죽을 하고, 이 후 5분간 방치한 후 다시 2분간 반죽을 하면서 farinogram의 중심이 500 ± 20 BU에 도달하도록 흡수량을 조절함. 반죽이 끝난 후 150 g 으로 무게를 측정하여 라운더에서 둥글리기를 하고 원형으로 성형함. 성형된 반죽을 30℃ 항온조에서 45분간 방치하고 1차 측정을 완료함. 변형된 반죽을 다시 라운더에서 원형 모양으로 성형한 후 30℃ 항온조에서 45분간 방치하고 2차 측정함. 이와 같은 방법으로 45분, 90분, 135분까지 반복하여 측정함

(2) 실험 결과

(가) 수입산 원맥과 국내산 원맥의 특성

- 본 연구에 사용된 수입산 및 국내산 원맥의 일반성분은 Table 표 3-4-1에 나타냄. 국내산 조경밀 품종의 단백질 함량은 제빵용인 강력분으로 사용되는 수입원맥 DNS, CWRS 원맥과 유사한 함량을 나타냈으며, 국내산 금강밀과 백중밀 품종은 중력분으로 사용되는 수입원맥 HRW, ASW와 유사한 함량을 나타냄. 그러나, 스펀지 케이크 및 쿠키용으로 사용되는 수입산 원맥 SWW과 유사한 품종은 본 연구에 사용된 국내산 원맥에는 관찰되지 않음

표 3-4-1. 수입산 밀과 국내산 밀의 품질 분석

종 류	D.N.S	C.W.R.S	S.W.W	H.R.W	A.S.W	조경밀	금강밀	백중밀	유기농 우리밀
수매	2012	2012	2012	2012	2012	2011	2011	2012	2012
원산지	미국	캐나다	미국	미국	호주	군산	군산	-	군산
수분(%) ^{1***}	9.6 ^f	11.0 ^{cd}	9.2 ^f	10.8 ^{de}	10.4 ^d	11.7 ^b	11.0 ^{bc}	12.7 ^a	12.8 ^a
회분 ^{1***}	1.55 ^f	1.57 ^{cd}	1.47 ^{abc}	1.39 ^{de}	1.28 ^d	1.45 ^{bc}	1.30 ^d	1.38 ^{cd}	1.55 ^{ab}
단백질 ^{1***}	14.3 ^a	14.1 ^a	10.8 ^c	11.7 ^b	10.8 ^c	14.5 ^a	11.2 ^{bc}	11.3 ^{bc}	14.5 ^a
이중곡립 ^{1***}	0.2 ^b	0.4 ^a	0.2 ^b	0.2 ^b	0.2 ^b	0.2 ^b	0.2 ^b	0.2 ^b	0.2 ^b
이중맥 ^{1***}	0.4 ^b	0.4 ^b	0.21 ^b	1.2 ^a	0.2 ^b	0.3 ^b	0.2 ^b	0.2 ^b	0.2 ^b
피해립 ^{1***}	0.6 ^{bc}	0.5 ^{bc}	1.6 ^a	0.6 ^{bc}	0.6 ^{bc}	0.2 ^{bc}	0.2 ^c	0.9 ^b	0.3 ^{bc}
이물 ^{1***}	0.8 ^c	0.9 ^c	0.4 ^d	1.4 ^b	1.4 ^b	1.0 ^c	1.2 ^b	0.2 ^d	2.4 ^a
천립중 ^{1***}	30 ^{ab}	37 ^a	38 ^f	27 ^c	40 ^d	32 ^{ab}	36 ^{ab}	34 ^d	36 ^{bc}
추자율 ^{1***}	80±2 ^d	80 ^a	0 ^f	70 ^c	63 ^d	80 ^{ab}	53 ^e	16 ^d	75 ^{bc}

¹ 2번 빈복 실험의 평균값

abc column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임

*** 시료가 p=0.001수준에서 유의적인 차이가 있음

(나) 수입산 밀가루와 국내산 밀가루의 이화학적 물성

- 밀가루의 이용성을 결정하는 가장 중요한 특성인 단백질 함량은 유전성보다는 환경적 조건의 영향을 더 받지만, 단백질의 질은 유전성의 영향이 강한 것으로 알려져 있음(Chang HG 외, 2004). 단백질의 함량과 질은 가공 이용 시 반죽의 리오로지 특성에 중요한 영향을 미치게 되며, 이러한 리오로지 특성을 측정하기 위해 주로 farinograph와 extensograph 가 사용되고 있음(Finney KF 외, 1972). 따라서 본 연구에서는 수입산과 국내산 품종별 밀가루를 테스트밀기기를 이용하여 제조한 후 원맥별 밀가루의 특성을 비교 분석함. 테스트밀 작업 후, 60% 맥분을 수취하여 분석한 결과는 표 3-4-2와 같음. 강력분으로 사용되는 수입산 CWRS, DNS 밀가루의 단백질 함량은 각각 $13.7\pm 0.1\%$, $13.9\pm 0.2\%$ 이었으며, 국내산 품종인 조정밀과 유기농 우리밀 밀가루가 각각 13.4 ± 0.2 , $13.5\pm 0.2\%$ 로써 유사한 함량을 나타냈으나, 수입산 밀가루보다 약간 낮은 값을 나타냄. 중력분으로 사용되는 수입산 HRW, ASW 밀가루의 단백질 함량은 각각 $10.6\pm 0.2\%$, $10.5\pm 0.3\%$ 로써, 국내산 금강밀, 백중밀 품종과 유사한 값을 나타내었으며, SWW 밀가루와 유사한 값을 나타낸 국내산 품종은 앞서 언급한 원맥과 동일한 결과를 나타냄

표 3-4-2. 수입산 밀가루와 국내산 밀가루의 일반성분 분석

Sample	수분(%) ^{1****}	회분(%) ^{1****}	단백질(%) ^{1****}	손상진분 ^{1****}	
				(AACC)	입도 ^{1****}
CWRS	11.2 ^d	0.648 ^a	13.9 ^a	6.76 ^b	Mean 91.6 ^b
DNS	12.2 ^{abc}	0.634 ^a	13.7 ^a	6.30 ^{bc}	94.5 ^{bc}
HRW	12.5 ^{ab}	0.572 ^a	10.6 ^b	7.54 ^a	81.9 ^a
ASW	12.1 ^{abcd}	0.589 ^a	10.5 ^b	7.48 ^a	86.2 ^c
SWW	9.6 ^e	0.596 ^a	9.5 ^c	5.78 ^c	79.0 ^g
조경밀	11.8 ^{bcd}	0.572 ^a	13.4 ^a	6.12 ^{bc}	85.3 ^d
금강밀	13.0 ^a	0.479 ^b	10.6 ^b	6.54 ^b	73.3 ^h
백중밀	11.7 ^{bcd}	0.644 ^a	10.2 ^b	6.02 ^{bc}	80.8 ^f
유기농우리밀	11.3 ^{cd}	0.592 ^a	13.5 ^a	6.25 ^{bc}	68.0 ⁱ

1 2번 반복 실험의 평균값
abc column내에서 같은 수준임
**** 시료가 p=0.001수준에서 유의적인 차이가 있음

○ 수입산과 국내산 밀가루의 색도 결과는 표 3-4-3과 같음. 명도인 L 값은 수입산 SWW가 93.67로 가장 높았으며, 수입산 CWRS의 L 값이 가장 낮음. 국내산 조경밀, 금강밀, 백중밀은 92.97~93.48의 L 값으로, 수입산 DNS, HRW, ASW와 유사한 값을 나타냄. 녹색도(a)는 수입산 ASW가 -0.66으로 가장 높았으며, 국내산 금강밀이 가장 낮은 -0.26값을 나타내었음. 적색도(b)는 수입산 CWRS, DNS 가 각각 9.92, 9.27로 높은 값을 나타냈으며, 국내산 유기농 우리밀이 가장 낮은 적색도(b) 값을 나타냄.

표 3-4-3. 수입산 밀가루와 국내산 밀가루의 색도 비교

Sample	Crumb color ¹		
	L*(lightness) ^{***}	a* (redness) ^{***}	b*(yellowness) ^{***}
CWRS	91.77 ^c	-0.31 ^{ab}	9.92 ^a
DNS	92.08 ^{bc}	-0.34 ^{abc}	9.27 ^b
HRW	92.84 ^{abc}	-0.49 ^{cd}	8.70 ^c
ASW	92.07 ^{bc}	-0.66 ^e	7.98 ^e
SWW	93.67 ^a	-0.50 ^{cd}	7.48 ^g
조경밀	93.48 ^{ab}	-0.45 ^{bcd}	8.0 ^e
금강밀	93.27 ^{ab}	-0.26 ^a	8.25 ^d
백중밀	92.97 ^{abc}	-0.61 ^{de}	8.77 ^c
유기농우리밀	92.17 ^{bc}	-0.51 ^d	7.73 ^f

¹ 2번 반복 실험의 평균값

^{abc} column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임

^{***} 시료가 p= 0.001수준에서 유의적인 차이가 있음

○ 수입산 밀가루와 국내산 밀가루에 대한 farinogram 결과는 표 3-4-4 와 같음. 흡수율은 캐나다산 CWRS 밀가루가 가장 65.6%로 높았으며, 백중밀이 54.8%로 낮은 값을 나타냄. 밀가루의 흡수율은 밀의 종류, 밀가루의 입도, 손상전분 및 단백질 함량에 영향을 받으며, 강력분으로 사용되는 CWRS 와 DNS의 흡수율이 높고, SWW의 흡수율이 낮은 것은 위의 성분에 기인한 것으로 판단됨. 반죽 형성시간은 단백질의 품질과 흡수율에 따라 영향을 받으며, 일반적으로 글루텐 함량이 높은 강력분이 박력분보다 흡수율이 높고 반죽시간이 길어 제빵 적성에 적합함(김성곤 외, 2009). 본 실험 결과 국내산 밀은 조경밀이 반죽시간이 길게 나타났으며, 실험에 사용된 국내산 품종 중 제빵 적성에 유사하다고 판단되며, 안정도는 국내산으로는 조경밀 밀가루가 17.3분으로 가장 높았고, SWW 밀가루가 4.3분으로 낮게 나타냄. 제빵용 밀가루는 반죽의 안정성이 클수록 반죽시간을 길게 할 수 있어 충분한 믹싱이 가능하며 이 때 형성된 글루텐은 빵의 부피를 좋게 함

표 3-4-4. 수입산 밀가루와 국내산 밀가루의 파리노그램 비교

	Water absorption(%) ^{1***}	Dough development time(min) ^{1**}	Stability(min) ^{1***}	Weakness(BU) ^{1***}
CWRS	65.6 ^a	9.2 ^{ab}	15.7 ^a	11 ^d
DNS	62.0 ^{bc}	9.3 ^{ab}	13.8 ^a	10 ^d
HRW	58.6 ^f	5.7 ^{abc}	11.5 ^{ab}	21 ^c
ASW	62.3 ^b	4.5 ^{bc}	7.0 ^b	41 ^b
WW	52.3 ^h	2.0 ^c	4.3 ^b	63 ^a
조경밀	61.6 ^c	10.3 ^a	17.3 ^a	14 ^{cd}
금강밀	59.5 ^e	6.2 ^{abc}	15.5 ^a	15 ^{cd}
백중밀	54.8 ^g	1.8 ^c	5.9 ^a	56 ^a
유기농우리밀	60.5 ^d	5.2 ^{abc}	6.5 ^a	46 ^b

¹ 2번 반복 실험의 평균값
abc column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임
, * 시료가 p= 0.01, 0.001수준에서 유의적인 차이가 있음

○ 수입산 밀가루와 국내산 밀가루의 amylogram 결과는 표 3-4-5에 나타냄. 호화개시 온도는 국내산 중 조경밀이 60.6℃로 가장 낮았으며, 금강밀, 백중밀, 유기농 우리밀은 62.6~63.1℃이었으며, 수입산 중에는 DNS 밀가루의 호화 개시 온도가 63.4℃로 가장 낮음. 호화개시 온도는 전분의 함량, 아밀로스과 아밀로펙틴 함량, 전분 현탁액의 pH와 온도 등에 따라 달라짐. 또한 최고 점도는 밀가루와 물의 현탁액이 호화 과정 중 최대의 점도를 나타내는 것으로 효소의 활성 이외에도 전분의 함량과 질에 크게 영향을 받음. 최고 점도는 제빵 과정 중 효소 활성도를 예측하는 지표로 사용되는데 최고 점도 값이 너무 높으면 효소활성이 약해서 제빵성 특히 발효력이 떨어짐으로 가스 발생력이 약해 빵의 volume 이 좋지 않음. 조경밀을 제외한 국내산 밀가루의 최고점도는 수입산 밀가루에 비해 높은 값을 나타냄(장학길 외, 2012).

표 3-4-5. 수입산 밀가루와 국내산 밀가루의 아밀로그래프 비교

	Gelatinization temperature(°C) ¹	Temperature of peak viscosity(°C) ¹	Peak viscosity(BU) ^{1***}
CWRS	62.8 ^a	91.6 ^a	807 ^b
DNS	63.4 ^a	90.1 ^a	810 ^b
HRW	63.0 ^a	91.1 ^a	622 ^c
ASW	62.9 ^a	90.3 ^a	646 ^c
WW	63.1 ^a	91.6 ^a	791 ^b
조경밀	60.6 ^a	87.8 ^a	800 ^b
금강밀	62.6 ^a	91.1 ^a	832 ^b
백중밀	62.6 ^a	93.0 ^a	921 ^a
유기농우리밀	63.1 ^a	91.1 ^a	877 ^{ab}

¹ 2번 반복 실험의 평균값
abc column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임
*** 시료가 p=0.001수준에서 유의적인 차이가 있음

- 수입산 밀가루와 국내산 밀가루의 extensogram 결과는 표 3-4-6과 같음. 면적은 백중밀이 92 cm² 로 가장 낮았으며 조경밀의 면적이 213 cm² 로써 수입밀 DNS(220 cm²) 다음으로 높게 나타냄. 신장성은 CWRS 밀가루가 215 mm 로 높은 값을 나타내었고, 백중밀이 123 mm 로 가장 낮은 값을 나타냄. 저항도/신장도에 있어서 그 값이 적을수록 반죽은 박력인 경향이 있으나, 본 실험 결과 SWW 밀가루와 백중밀의 저항도/신장도의 값이 높은 것은 잡아당길 때 바로 끊어지는 현상이 있어 순간적으로 강한 힘이 가해지기 때문인 것으로 판단됨.

표 3-4-6. 수입산 밀가루와 국내산 밀가루의 익스텐소그램 비교

	Area(cm ²) ^{1***}	Resistance (BU) ^{1***}	Extensibility (mm) ^{1***}	R/E ratio ^{1***}
CWRS	210 ^a	537 ^a	215 ^a	2.5 ^b
DNS	220 ^a	553 ^a	207 ^{ab}	2.7 ^b
HRW	146 ^{bc}	447 ^{bc}	174 ^b	2.6 ^b
ASW	122 ^b	317 ^e	194 ^{ab}	1.6 ^c
SWW	115 ^{bc}	507 ^{ab}	140 ^c	3.6 ^a
조경밀	213 ^a	495 ^{ab}	195 ^{ab}	2.5 ^b
금강밀	211 ^a	396 ^{cd}	208 ^{ab}	1.9 ^{bc}
백중밀	92 ^c	508 ^{ab}	123 ^c	4.1 ^a
유기농우리밀	133 ^b	348 ^{de}	211 ^{ab}	1.7 ^c

¹ 2번 반복 실험의 평균값
^{abc} column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임
^{***} 시료가 p=0.001수준에서 유의적인 차이가 있음

나. 수입밀과 우리밀의 제빵 적성 비교 분석

(1) 실험 재료 및 방법

(가) 사용 원료

- 본 실험에 사용된 원맥은 캐나다산으로 CWRS, 미국산으로 DNS, HRW, SWW, 호주산인 ASW, 국내산 밀로써 조경밀, 백중밀, 금강밀, 유기농우리밀이며, (주)블러 제조 테스트밀 기기(MLU 202, Switzerland) 를 사용하여 맥분을 제조함. 테스트밀 맥분 60%분을 취하여 제빵, 제과 제조에 사용하였음

(나) 제빵 및 제과 제조 방법

① 제품 제조

㉠ 식빵의 제조

- 식빵 제조 원료의 배합은 표 3-4-7과 같으며 AACCC 10-10b 의 방법을 수정하여 직접법(straight dough method)으로 진행하였으며, 반죽은 전 재료를 반죽기(SK-25, SK Mixer Co., Ltd., Japan)에 투입하여 저속 2분, 고속 10분 반죽하여 글루텐을 완전히 형성시켰고, 완성된 반죽은 발효기

(SDPD-2-2, 성동기업, Korea)에서 반죽 온도와 상대습도를 $27\pm 1^{\circ}\text{C}$, 80%로 조정하여 1차 발효실에서 2시간 발효시킨 후 꺼내 생지를 286g씩 분할함. 이 후 가스를 뺀 다음 성형하여 팬에 넣고 $38\pm 1^{\circ}\text{C}$, 상대습도 85% 2차 발효실에서 1시간 proofing 시킨 후, 예열된 전기 오븐(Deck Oven, Eurofours, France)에 넣고 아랫불 220°C , 윗불 210°C 에서 30분간 진행함. 이 후 완성된 제품을 꺼내 실온(20°C)에서 90분 동안 냉각시킨 후 지퍼 백에 넣어 상온에서 보관하며 시료로 사용함

표 3-4-7. 식빵 원료 배합비

원료	배합비(%)
밀가루	100.0
물	64.0
생이스트	2.0
설탕	8.0
우유	3.0
버터	3.0
소금	2.0

㊤ 스폰지 케이크 제조

- 스폰지 케이크는 AACC 10-90(2000)방법을 변형하여 제조함(표 3-4-8). 우유를 제외한 모든 원료를 반죽기(K5SS, Kitchen Aid Co., Joseph, MI, USA)의 믹싱볼에 넣고 2단 에서 1분간 완전하게 섞은 다음 3단에서 8분간 혼합한 후 우유를 첨가하여 2단에서 1분간 믹싱 하였음. 이 때 사용된 소맥분은 체로 쳐 커다란 밀가루 덩어리를 완전히 분쇄하였음. 비중은 0.48을 기준으로 진행했으며 완료된 반죽은 나무 케이크 틀($490*320*80$)에 전량 사용하였음. 윗불 170°C , 아랫불 180°C 로 미리 예열한 오븐(Deck Oven, Eurofours, France)에서 70분간 구운 후 꺼내 실온(20°C)에서 1시간 30분간 냉각한 다음 지퍼 백에 넣어 상온에 보관하며 시료로 사용함

표 3-4-8. 스펀지 케이크 원료 배합비

원료	배합비(%)
밀가루	750.0
계란	700.0
난황	135.0
설탕	375.0
고과당	250.0
우유	3.0
베이킹파우더	15.0
에스텔	25.0

㊤ 쿠키 제조

- 쿠키는 AACC 표준 쿠키 제조 방법(AACC 2000)을 변형하여 제조함(표 3-4-9). 반죽기(SK-25, SK Mixer Co., Ltd., Japan)를 사용하여 쇼트닝, 설탕, 소금, 베이킹 소다를 넣어 혼합한 다음 저속에서 1분, 중속에서 1분 반죽한 후, 추가 밀가루를 넣어 저속에서 2분간 혼합함. 완성된 반죽은 실온(20℃)에서 30분간 휴지 시켰으며, 파이롤러(LAM510, Tekno Stamap, Italy)를 사용하여 두께 40mm로 균일하게 편 다음, 직경 35mm인 원형 커터기로 절단함. 예열한 오븐(Deck Oven, Eurofours, France)에 윗불 190℃, 아랫불 180℃에서 15분간 진행함. 완성된 쿠키는 실온(20℃)에서 1시간 방냉한 후, 지퍼 백에 넣어 상온에 보관하며 시료로 사용함

표 3-4-9. 쿠키 원료 배합비

원료	배합비(%)
밀가루	338.0
설탕	196.0
쇼트닝	96.0
소금	3.0
베이킹파우더	4.0
물	64.0

② 제품의 품질 분석

㉞ pH 및 산도

- pH는 시료 10 g을 증류수로 10배 희석하여 pH Benchtop meter(Orion Star A211, Thermo Scientific, USA)로 측정하였고, 총 산도는 AOAC 942.15 방법(AOAC 2012)으로 0.1 N NaOH를 이용하여 pH 8.3까지 적정한 후 소비된 0.1 N NaOH의 양을 mL 수로 나타냄

㉟ 비용적 특성

- 빵의 무게는 저울로 측정하였으며, 부피는 종자치환법으로 측정한 후 비용적(cc/g)은 부피를 무게로 나누어 산출하였으며 3회 반복 측정하여 평균값을 사용함

㊱ 조직감 측정

- 식빵 및 스펀지 케이크의 조직감은 시료를 25 mm의 높이로 자른 후 Texture Analyzer (TA1, Lloyd Instruments an AMETEK Company, USA)를 이용하여 25 mm cylinder probe를 장착하고 시료를 2회 연속적으로 진행시켰을 때 얻어지는 force-time curve로부터 견고성(hardness), 응집성(cohesiveness), 탄력성(springiness), 씹힘성(chewiness), 복원성(resilience)을 측정하였으며, 분석 조건은 표 3-4-10과 같음
- 쿠키의 경도는 Texture Analyzer(TA1, Lloyd Instruments an AMETEK Company, USA)를 사용하여 측정함. 쿠키는 probe가 통과한 후에 쉽게 깨지고 복원력이 없는 제품으로 one cycle test를 이용하여 결과 값을 얻었으며, 중심에서 부러질 때 받는 최대힘(Maximum force)을 경도(hardness)로 나타냄. Probe는 3 Point Bend Jig probe를 사용하였으며, 분석조건은 preload/stress speed 2.0 mm/s, test speed 2.0 mm/s, return speed 3.0 mm/s, preload/stress 5 gf 로 함

표 3-4-10. 수입산 제품과 국내산 제품의 조직감 측정 조건

T.A. Settings	TPA		
종 류	식빵	스펀지케이크	단위
Direction	Compression		
Load cell	10	10	kg
Probe(Cylinder)	25	25	mm
Sample height	25	25	mm
Preload/stress	5	5	gf
Preload/stress speed	2	2	mm/s
Compression rate	80	65	%
Test speed	2	2	mm/s
Wait time after first bite action	3	3	s

㉔ 퍼짐성 측정

- 쿠키의 퍼짐성은 직경에 대한 두께의 비로 나타낸 것으로 AACC method 10-50D(2000)의 방법을 이용하여 아래와 같이 측정한 후 평균값을 사용함

$$\text{쿠키의 퍼짐성} = \frac{\text{쿠키 6개의 평균 직경}(mm/\text{개})}{\text{쿠키 6개의 평균 높이}(mm/\text{개})} \times 100$$

- 쿠키의 직경은 쿠키 6개를 가로로 정렬한 후 전체 길이를 측정하고, 다시 각각의 쿠키를 90° 회전시켜 같은 방법으로 측정하여 각각 6으로 나누어 쿠키 한 개의 평균값을 계산함. 두께는 6개의 쿠키를 수직으로 쌓아올려 높이를 측정하고 무작위로 순서를 바꾸어 다시 쌓아올려 높이를 측정해 얻은 수치를 6으로 나누어 쿠키 한 개의 평균값을 얻었으며, 3회 반복 측정하여 평균 직경과 두께를 구함

(2) 제품 결과 분석

(가) 식빵 제품 분석

① 반죽 적성

- 수입산과 국내산 밀가루의 종류별 반죽 적성은 강함을 1점, 조금 강함 2점, 보통 3점, 조금 약함 4점, 약함을 5점으로 하여 분석함. 평가자는 (주)밀다윈 제빵개발 담당자 2인으로 진행하였음. 반죽 적성은 제빵용으로 사용되는 DNS 밀가루를 기준으로 비교분석 함. 표 3-4-11 에 나타난 바와 같이 제빵에 관련된 탄성은 DNS, HRW 의 밀가루가 강한 현상을 보였으며, SWW와 국내산 밀가루는 탄성이 약한 현상을 나타냄. 반면 끈적임 현상은 국내산 밀가루에서 매우 끈적이는 현상을 나타냄

표 3-4-11. 수입산과 국내산의 반죽 적성 비교

	Dough Property (1:강함, 2:조금 강함, 3:보통, 4:조금 약함, 5:약함)		
	탄성	신장	끈적임
CWRS	2	3	4
DNS	1	4	4
HRW	3	5	2
ASW	4	2	1
SWW	5	5	1
조경밀	5	3	2
금강밀	5	3	2
백중밀	5	2	1
유기농우리밀	5	3	1

② pH 와 총산도 (Total titratable acidity)

- 수입산과 국내산 밀가루의 반죽 및 식빵 pH를 측정한 결과는 표 3-4-12에 나타냄. 제빵용으로 사용되는 DNS 를 기준으로 pH와 총산도를 비교 분석함. 반죽 직후의 pH는 DNS가 6.09 이었으며, 국내산 조경밀 품종(pH 6.11)보다 약간 낮은 값을 나타내었음. 1차 발효의 경우 수입산과 국내산 반죽 모두 pH 5.7 ~ 5.85 로 유사한 경향을 나타내었으나, 2차 발효 후 pH는 국내산과 SWW 모두 수입산 반죽에 비해 급격한 pH 저하를 나타냄. 이는 단백질의 함량이 많으면 효모에 의한 발효가 지연 (김유진 외, 2013) 되는 것에 기인한 것으로 판단됨. 수입산과 국내산 밀가루의 1차 발효 및 2차 발효까지는 pH 가 감소하다가 오븐에서 굽기 완료 후 pH는 다소 증가한 결과를 나타냄

③ 비용적 측정 및 외관

- 수입산과 국내산 식빵의 비용적을 측정한 결과는 표 3-4-13와 같음. 빵의 부피는 단백질 함량, glutenin과 gliadin의 비율이 중요하며 그 이외에 밀가루에 함유된 전분, 극성지질과 가스 팽창제 등에 의해 영향을 받음. 단백질이 많은 경우 글루텐 함량이 많아 보유력이 크기 때문에 부피가 크지만 단백질이 적은 경우 글루텐 함량이 적어 가스 보유력이 적기 때문에 부피가 작게 나타남(김성곤 외, 2009). 본 실험에서는 제빵용으로 사용되는 대표적인 수입산 DNS 식빵을 기준으로 비용적을 비교 분석 한 결과, 수입산 제빵용으로 사용되는 DNS, HRW 밀가루의 비용적은 국내산 금강밀, 백중밀, 유기농 우리밀 보다 높은 반면 조경밀의 경우, DNS, CWRS와 유사한 비용적을 나타내었으며, 이는 단백질의 함량의 차이에 따른 결과로 판단됨. 수입산 식빵과 국내산 식빵의 외관 사진은 그림 4-1 과 같음

표 3-4-12. 수입산과 국내산 식품의 pH 및 총산도 비교

	Dough		1 st fermentation		2 nd fermentation		Bread	
	pH ¹	산도	pH ¹	산도 ^{1***}	pH ¹	산도 ^{1***}	pH ^{1***}	산도 ^{1***}
CWRS	6.20 ^a	2.1 ^a	5.70 ^a	3.75 ^{ab}	5.60 ^a	3.8 ^{bc}	5.65 ^b	2.0 ^{cd}
DNS	6.30 ^a	1.7 ^a	5.79 ^a	2.80 ^c	5.62 ^a	3.8 ^{bc}	5.80 ^{ab}	2.2 ^{bc}
HRW	6.37 ^a	1.7 ^a	5.81 ^a	3.50 ^{ab}	5.81 ^a	3.5 ^c	5.86 ^a	1.7 ^{de}
ASW	6.26 ^a	2.0 ^a	5.85 ^a	2.50 ^c	5.63 ^a	3.7 ^{bc}	5.82 ^{ab}	1.7 ^{de}
SWW	6.13 ^a	1.7 ^a	5.66 ^a	3.70 ^{ab}	5.48 ^a	4.0 ^b	5.68 ^{ab}	1.6 ^e
조경밀	6.18 ^a	2.5 ^a	5.72 ^a	3.40 ^b	5.63 ^a	3.7 ^{bc}	5.79 ^{ab}	1.7 ^{de}
금강밀	6.21 ^a	2.0 ^a	5.72 ^a	3.50 ^{ab}	5.51 ^a	3.4 ^c	5.83 ^{ab}	2.5 ^{ab}
백중밀	6.30 ^a	2.3 ^a	5.73 ^a	4.0 ^a	5.57 ^a	4.4 ^a	5.65 ^b	2.6 ^a
유기농우리밀	6.24 ^a	1.9 ^a	5.75 ^a	3.0 ^c	5.55 ^a	4.1 ^b	5.61 ^b	2.3 ^{bc}

¹ 2번 반복 실험의 평균값

abc column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임

*** 시료가 p=0.001수준에서 유의적인 차이가 있음

표 3-4-13. 수입산과 국내산 식빵의 비용적 비교

	SLV(Specific Loaf Volume) ^{1**}
CWRS	4.93 ^a
DNS	5.09 ^a
HRW	5.05 ^a
ASW	4.29 ^{bc}
SWW	4.90 ^a
조경밀	4.90 ^a
금강밀	4.63 ^{abc}
백중밀	4.16 ^c
유기농우리밀	4.78 ^{ab}

¹ 2번 반복 실험의 평균값
abc column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임
** 시료가 p=0.01수준에서 유의적인 차이가 있음



그림 3-4-1 수입산과 국내산 식빵의 제품 외관 사진

④ 색도 측정

- 수입산과 국내산 식빵의 색도를 측정한 결과는 표 3-4-14와 같음. 색도는 제빵용으로 사용되는 대표적인 수입산 DNS 식빵을 기준으로 비교분석함. 명도인 L 값은 제빵용으로 사용되는 DNS, CWRS 가 국내산 식빵보다 높은 값을 나타냈으며, 특히 금강밀 식빵은 사용된 시료 중 가장 낮은 값을 나타냄. 이와 같은 결과는 단백질 함량이 많은 경우 얇은 세포벽을 갖게 되고 그림자 효과의 영향을 덜 받는 반면, 단백질 함량이 적은 경우 두꺼운 세포벽과 기공이 열려있어 그림자 효과의 영향을 받아 어둡게 나타난 것(김성곤 외, 2009)으로 판단됨

표 3-4-14. 수입산과 국내산 식빵의 색도 비교

	Crumb color ¹		
	L* (lightness)**	a* (redness)***	b* (yellowness)***
CWRS	72.29 ^a	-0.64 ^a	11.22 ^{ef}
DNS	75.15 ^a	-0.47 ^c	11.93 ^d
HRW	76.45 ^a	-0.41 ^b	12.40 ^b
ASW	75.35 ^a	-0.67 ^e	12.19 ^c
SWW	74.43 ^a	-0.56 ^d	11.11 ^f
조경밀	73.18 ^a	-0.74 ^f	12.38 ^b
금강밀	71.79 ^a	-0.38 ^b	12.82 ^a
백중밀	72.76 ^a	-0.58 ^d	12.28 ^{bc}
유기농우리밀	71.93 ^a	-0.01 ^a	11.26 ^e

¹ 2번 반복 실험의 평균값
abc column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임
,* 시료가 p=0.01, 0.001 수준에서 유의적인 차이가 있음

⑤ 식빵의 조직감

- 수입산과 국내산 밀가루로 제조한 식빵의 조직감은 각각 1, 3, 5일 경도를 측정하여 그림 3-4-2에 나타냄. 저장 기간의 경과에 따른 경도 변화는 제빵용으로 사용되는 대표적인 수입산 DNS 식빵을 기준으로 비교분석 하였음. 수입산 DNS 식빵 저장 1일차 경도는 1,208 gf, 저장 5일에 1,340.35 gf 을 나타낸 반면, 국내산 유기농 우리밀 식빵의 경도는 저장 1일에 1,949.58 gf, 저장 5일에 4,007 gf 을 나타냄. 수입산 DNS 식빵은 저장 기간이 경과할수록 값의 증가폭이 크지 않았으나, 국내산 유기농 우리밀 밀가루로 제조한 식빵은 저장 기간이 경과할수록 값의 증가폭이 큼. 이와 같은 현상은 국내산 금강밀, 백중밀의 경도가 저장 5일차에 급격한 증가하는 현상과 유사한 경향을 나타내었

으며, 수입산과 국내산의 단백질 함량의 차이로 인한 것으로, 글루텐이 적거나 부족한 밀가루로 만든 빵은 부피가 작고 껍질과 내상이 견고하고 조밀하여 노화가 빠르게 진행된 결과(김유진 외, 2013)로 판단됨

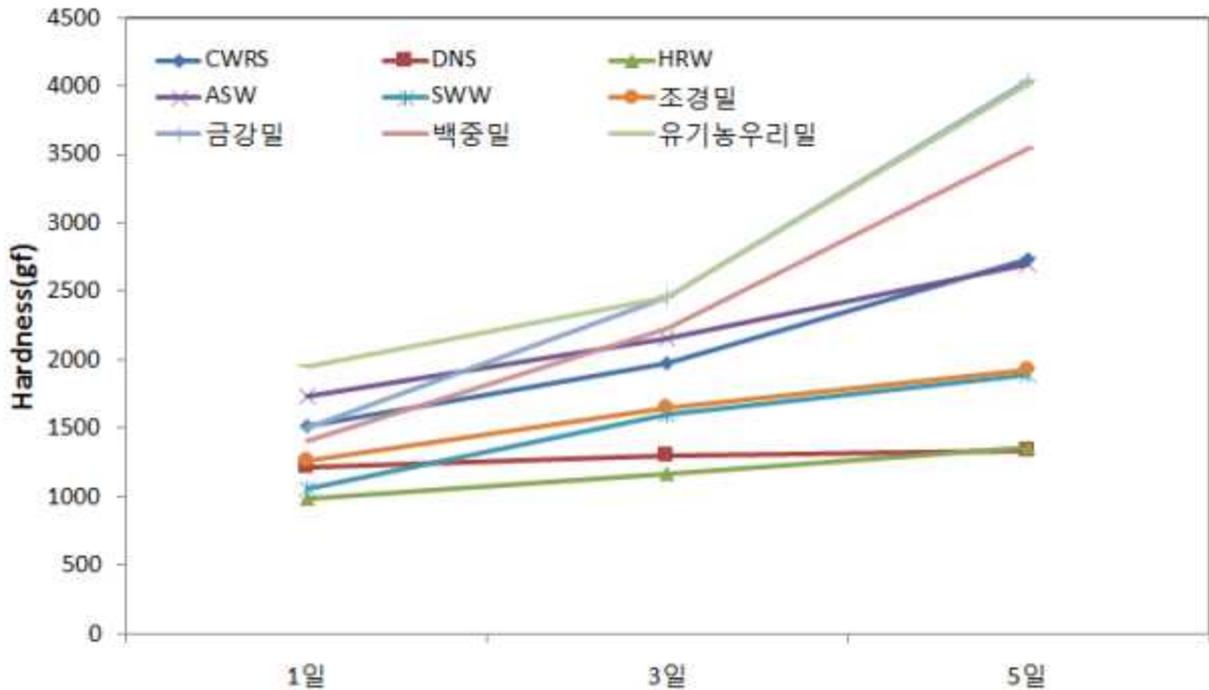


그림 3-4-2 수입산과 국내산 식빵의 시간의 변화에 따른 조직감 비교

(나) 스펀지 케이크 제품 분석

① pH 및 산도 측정

- 수입산과 국내산 밀가루의 반죽 및 스펀지 케이크의 pH를 측정한 결과는 표 3-4-15에 나타냄. 스펀지 케이크용으로 사용되는 SWW 밀가루를 기준으로 pH와 총산도를 비교분석 한 결과, 반죽과 제품의 pH는 큰 폭의 변화는 없었으나, SWW를 포함한 수입산과 국내산 밀가루로 제조한 스펀지 케이크 모두 반죽 pH보다 제품의 pH가 높게 나타나는 경향을 나타냄. 스펀지 케이크 반죽의 pH에 관해 Oldham 등(2000)은 케이크의 반죽이 고유의 pH 범위를 벗어나 산성 쪽으로 치우치게 되면 기공이 미세하고 옅은 표피의 색깔, 약한 향과 작은 부피 등을 나타내며, 알칼리성 쪽에 가까우면 기공이 거칠고, 진한 표피의 색상 및 강한 향과 소다맛이 난다고 보고하였음. Song 과 Park(2000)은 스펀지 케이크의 반죽의 pH는 7.3~7.6 이어야만 케이크의 특성을 잘 살릴 수 있다고 하였으며, 이러한 사실로 볼 때, 본 실험에 사용된 수입산과 국내산 밀가루의 반죽 pH는 케이크 제조의 적정 값을 나타낸 것으로 판단됨

표 3-4-15. 수입산과 국내산 스펀지케이크의 pH 및 총산도 비교

	Dough ¹		Bread ¹	
	pH ^{***}	산도 ^{***}	pH ^{***}	산도 ^{***}
CWRS	7.66 ^b	0.7 ^b	7.75 ^a	0.3 ^b
DNS	7.64 ^b	0.7 ^b	8.04 ^d	0.1 ^a
HRW	7.71 ^c	0.6 ^a	7.79 ^{ab}	0.2 ^a
ASW	7.58 ^b	0.9 ^c	7.99 ^{cd}	0.1 ^a
SWW	7.71 ^c	0.7 ^b	7.80 ^{ab}	1.3 ^c
조경밀	7.57 ^b	0.7 ^c	8.04 ^d	0.1 ^a
금강밀	7.63 ^b	0.8 ^c	7.86 ^{abc}	0.3 ^b
백중밀	7.63 ^b	0.6 ^{ab}	7.94 ^{bcd}	0.1 ^a
유기농우리밀	7.46 ^a	0.9 ^c	7.82 ^{abc}	0.2 ^a

¹ 2번 반복 실험의 평균값
abc column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임
*** 시료가 p=0.001 수준에서 유의적인 차이가 있음

② 비용적 측정 및 외관 관찰

○ 케이크는 일반적으로 원재료 중에 밀가루가 차지하는 비율이 식빵에 비해 적을 뿐만 아니라 반죽을 혼합할 때도 글루텐을 충분하게 발전시키지 않음. 케이크를 만들 때에는 글루텐의 탄성보다는 전분의 질과 양이 중요하므로 대부분의 경우 단백질 함량이 적은 박력분을 사용함(장학길 외, 2012). 케이크에 사용되는 밀가루는 입도가 작고 단백질 함량이 낮아서 글루텐의 질이 부드러운 박력분이 반죽의 유동성이 좋음. 케이크용 밀가루의 기능은 내부구조를 형성하고 다른 재료들을 결합시키는 역할을 담당하며(장학길 외, 2012), 또한 경화제로 작용하여 케이크의 구조를 만드는 역할을 하며 전분의 호화를 통하여 구조를 유지한다. 밀가루 전분인자는 굵기 초기에 수분을 흡수하며 전분 본래 크기의 몇 배로 팽창함. 일단 케이크가 구워지면 팽창된 전분 입자는 최종 제품의 기공과 조직에 기여함(김유진 외, 2013). 본 연구에 사용된 밀가루는 수입산과 국내산 밀가루를 원료로 하여 스펀지 케이크의 차이를 비교 분석 하였음. 케이크용으로 사용되는 밀가루는 주로 수입산 SWW으로써, SWW 스펀지 케이크를 기준으로 비용적을 비교 분석한 결과(표 4-16), 국내산 금강밀의 비용적이 4.7±0.13 ml/g으로 SWW의 비용적(4.5 ml/g) 과 유사한 값을 나타내었으며, 수입산 DNS, CWRS, HRW, ASW 과 국내산 조경밀, 유기농 우리밀의 비용적은 3.7~4.1 ml/g로 낮게 나타남. 케이크는 단백질 함량이 높고, 비용적이 작을수록 더 단단하며 수분함량이 높을수록 부드러운 케이크가 만들어진다고 하였음(Chun SS et al, 2003, Ju JE et al, 2006). 본 연구에서는 수입산 DNS, CWRS, HRW, ASW과 국내산 조경밀, 유기농 우리밀은 단백질 함량이 높고 비용적이 낮은 결과를 나타냈으

며, 이는 부피와 조직감 및 관능적 특성에 의해 평가되는 스펀지 케이크의 품질 특성을 살리는 밀가루 소재로는 적합하지 못한 것으로 판단됨. 수입산 스펀지 케이크와 국내산 스펀지 케이크의 외관 및 단면 사진은 그림 3-4-3 에 나타냄

표 3-4-16. 수입산과 국내산 스펀지 케이크의 비용적 비교

Samples	SLV (Specific Loaf Volume) ^{1**}
CWRS	3.7 ^a
DNS	4.0 ^{ab}
HRW	4.1 ^{abc}
ASW	4.1 ^{abc}
SWW	4.5 ^{bc}
조경밀	3.8 ^{ab}
금강밀	4.7 ^c
백중밀	4.3 ^{abc}
유기농 우리밀	3.8 ^{ab}

¹ 2번 반복 실험의 평균값
^{abc} column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임
^{**} 시료가 p=0.01 수준에서 유의적인 차이가 있음

③ 색도 측정

- 수입산과 국내산 스펀지 케이크의 표면 색도를 측정한 결과는 표 3-4-17에 나타냄. 수입산 SWW의 스펀지 케이크는 명도를 나타내는 L값이 73.08로 가장 높았으며, ASW의 L 값이 68.83으로 낮아 어두운 것으로 나타남. 녹색도를 나타내는 a 값은 수입산 DNS 가 -3.19로 가장 높았고, HRW, SWW 가 각각 -2.21, -2.27로 낮았으며, 황색도 역시 수입산 DNS가 19.44로 가장 높았으며, SWW와 CWRS 두 품종 모두 17.04, 17.04로 낮음. 본 연구 결과 수입산 SWW로 제조한 스펀지 케이크의 명도가 수입산, DNS, CWRS, HRW, ASW와 국내산 조경밀, 금강밀 백중밀, 유기농 우리밀 밀가루로 제조한 스펀지 케이크보다 밝음이 관찰됨

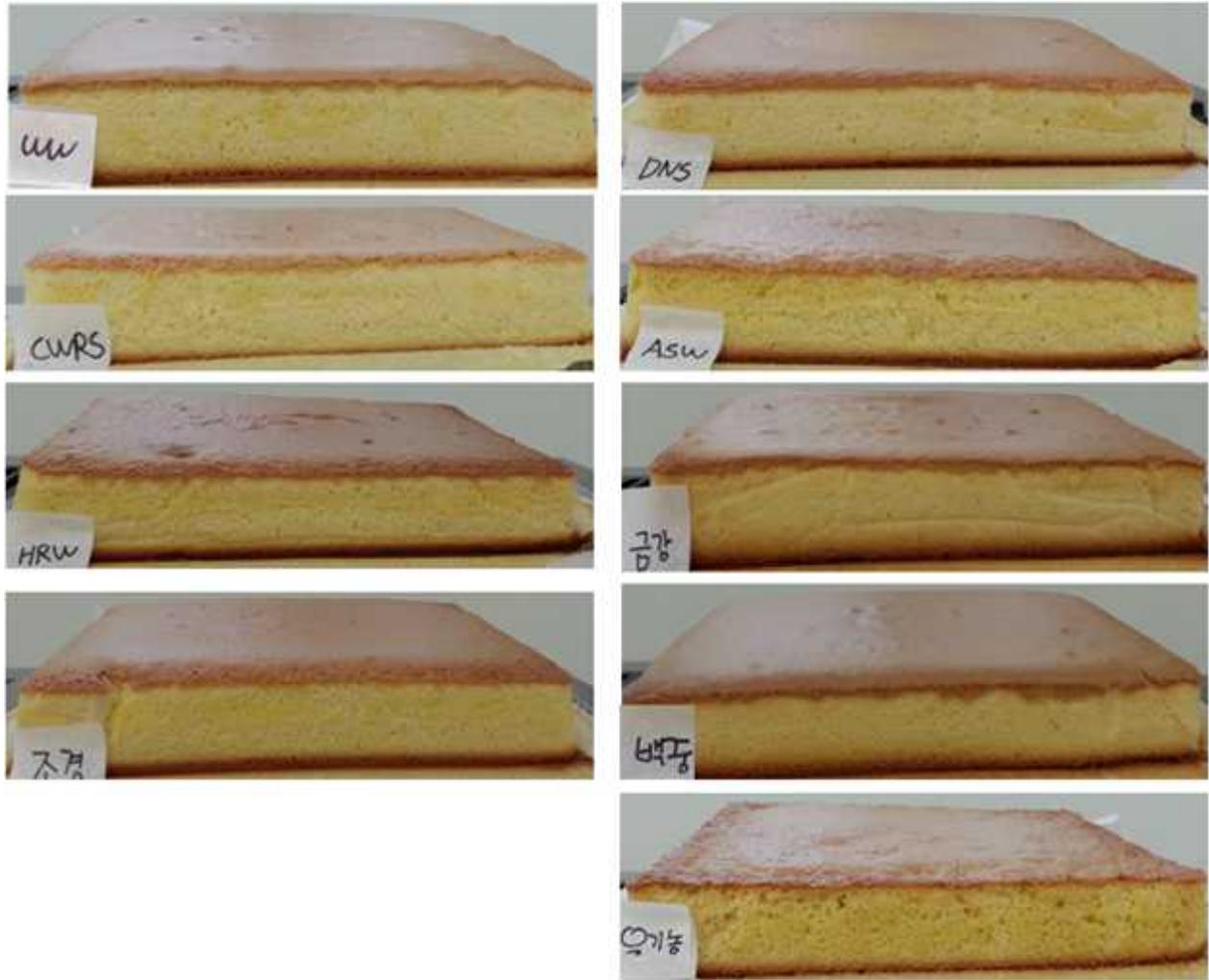


그림 3-4-3 수입산과 국내산 스폰지케이크의 외관 사진

표 3-4-17. 수입산과 국내산 스폰지 케이크의 색도 측정

	Crumb color ¹		
	L* (lightness)*	a* (redness)***	b* (yellowness)***
CWRS	72.11 ^a	-2.60 ^d	17.04 ^b
DNS	70.42 ^a	-3.19 ^b	19.44 ^d
HRW	71.98 ^a	-2.21 ^e	17.35 ^b
ASW	68.83 ^a	-2.89 ^c	18.15 ^c
SWW	73.08 ^a	-2.27 ^e	17.04 ^b
조경밀	71.68 ^a	-3.37 ^a	19.36 ^d
금강밀	69.99 ^a	-2.76 ^{cd}	16.14 ^a
백중밀	71.72 ^a	-3.14 ^b	17.29 ^b
유기농우리밀	69.63 ^a	-2.76 ^{cd}	18.91 ^d

¹ 2번 반복 실험의 평균값
abc column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임
**** 시료가 p=0.05, 0.001 수준에서 유의적인 차이가 있음

④ 스폰지 케이크의 조직감

○ 수입산과 국내산 밀가루로 제조한 스폰지 케이크의 조직감은 각각 1, 3, 5일 경도를 측정하여 그림 3-4-4 에 나타냄. 일반적으로 케이크의 경도는 부피, 수분함량, air cell 등에 의해 영향을 받아서 air cell 이 발달될수록 부피가 커지고 경도는 낮아진다고 하였음(Ahn et al, 2002), 또한 Gaines 와 Donelson(1985)은 angel food cake의 부드러운 정도는 단백질의 양이 많아짐에 따라 그 값은 감소함. 본 연구 결과 수입산 CWRS, DNS 의 경도가 시간이 지남에 따라 점차로 증가하였으며, 반면 수입산 SWW와 국내산으로 금강밀의 경도가 낮게 나타남. 이는 CWRS, DNS 는 강력분으로 케이크에 적합하지 않은 품종으로 판단됨. 스폰지 케이크의 제조 후 1일 경과된 제품의 경도는 수입산 CWRS 를 제외한 수입산과 국내산 모두 유사한 경도를 나타냈으나, 5일이 경과 된 후의 경도는 유의적인 차이를 나타냈으며, 또한 수입산과 국내산 모두 저장기간이 길어짐에 따라 경도와 같이 씹힘성과 점착성이 증가하는 경향을 나타내었는데(data not shown), 이는 케이크를 저장하는 동안 수분이 손실됨으로써 뭉침이 강해지기 때문에 씹힘성이 다소 질겨지는 것으로 판단됨. Park 등(2008)은 케이크 제조시 콩섬유 복합분을 첨가하였을 때, 단백질 함량이 많을수록 탄성과 응집성이 감소한다고 보고하였으며, 저장할수록 응집성, 탄성, 복원성이 감소하는 이유는 수분 손실과 전분의 노화로 인하여 내부는 단단해지면서 말랑거림이 적어지므로 탄성도 감소되고 조직감이 푸석해지면서 복원성도 감소된다고 보고함(Kim CH, 2010)

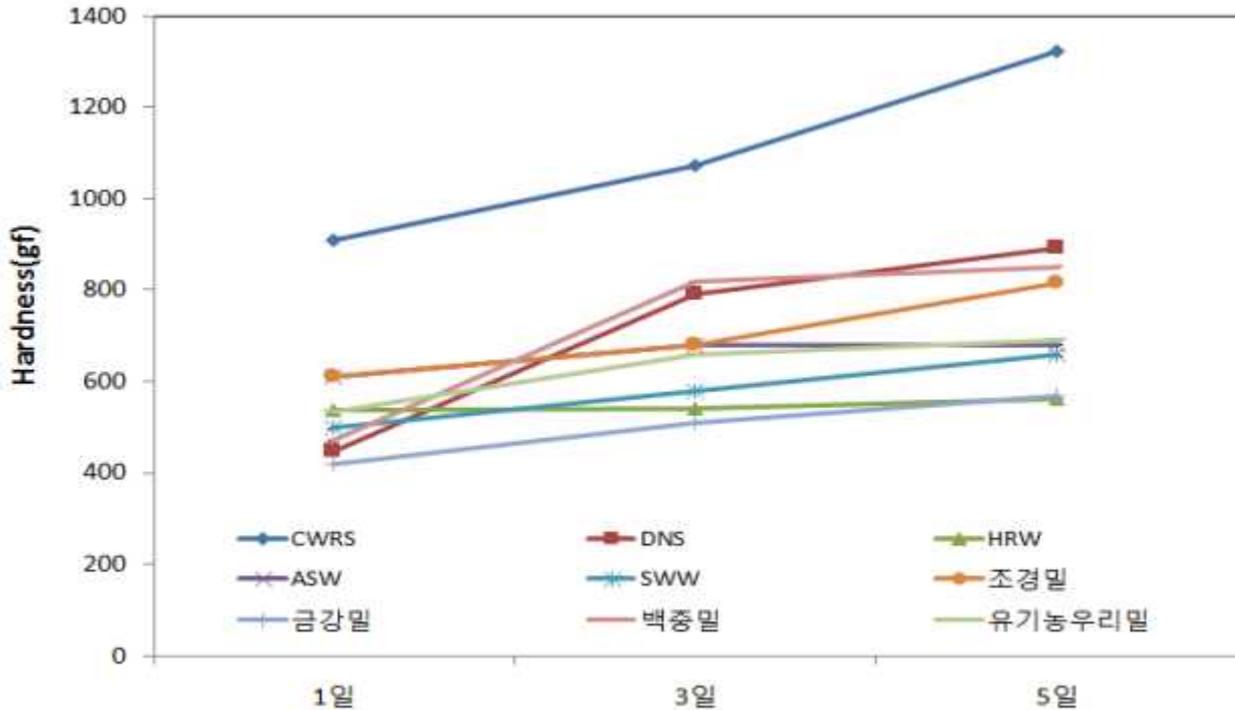


그림 3-4-4. 수입산과 국내산 스폰지케이크의 시간에 따른 경도 변화

(다) 쿠키 제품 분석

- 쿠키는 기본적으로 밀가루, 설탕, 쇼트닝 및 화학팽창제로 구분되며, 제품의 특성은 주재료의 이화학적 특성과 배합비율에 따라 결정된다(Matiz Sa et al, 1968). 일반적으로 바삭거리면서 부드러운 쿠키를 생산하기 위해서는 밀가루의 단백질 함량이 낮고 점성이 낮은 연질 밀가루가 적합한 것으로 알려져(Chang 등, 2004). 연질밀에 대한 밀가루의 조성과 그 기능적 특성이 쿠키 제조에 얼마나 영향을 미치는가에 대해 연구는 진행 되어 왔으나 국내산 밀에 대한 이화학적 품질특성 및 쿠키 제조 적성에 대한 연구는 미비한 실정임. 본 연구는 수입산 밀과 국내산 밀에 대한 쿠키제조 적성을 조사하고자 실시하였음

① pH 및 산도 측정

- 쿠키 반죽 및 제품의 pH 결과는 표 3-4-18에 나타냄. 반죽의 pH는 쿠키의 향, 외관 및 색도에 영향을 주며 pH가 높을수록 쿠키의 색을 약간 어둡게 하고 쿠키의 향미에 영향을 줌(In-Duck Park, 2012, JM Lim 등, 2013). 본 실험에서 반죽 pH는 수입산과 국내산에서 pH 6.69~6.77을 보였으며, 제품 pH는 6.39~6.65로 다소 감소하는 경향을 보임

표 3-4-18. 수입산과 국내산 쿠키의 pH 및 총산도 비교

	Dough ¹		Cookie ¹	
	pH	산도**	pH***	산도*
CWRS	6.71 ^a	1.9 ^{bc}	6.57 ^{bc}	1.0 ^b
DNS	6.71 ^a	2.1 ^c	6.62 ^{bc}	0.8 ^{ab}
HRW	6.75 ^a	1.5 ^b	6.68 ^c	0.9 ^{ab}
ASW	6.69 ^a	1.7 ^{bc}	6.56 ^{bc}	0.8 ^{ab}
SWW	6.76 ^a	1.2 ^a	6.46 ^{ab}	1.1 ^b
조경밀	6.66 ^a	1.7 ^{bc}	6.50 ^{ab}	0.9 ^{ab}
금강밀	6.77 ^a	1.9 ^{bc}	6.41 ^a	1.0 ^{ab}
백중밀	6.70 ^a	1.7 ^b	6.65 ^c	0.7 ^a
유기농우리밀	6.69 ^a	1.9 ^{bc}	6.39 ^a	0.9 ^{ab}

¹ 2번 반복 실험의 평균값
abc column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임
, 시료가 p=0.05, 0.01, 0.001 수준에서 유의적인 차이가 있음

② 색도 및 외관 측정

○ 수입산과 국내산 밀로 제조한 쿠키의 색도를 측정한 결과는 표 3-4-19에 나타냄. 쿠키의 색은 일정한 조건하에서 주로 당에 의한 영향이 크고, 환원당에 의한 비효소적 maillard 반응, 열에 불안정한 당에 의한 카라멜화 반응에 의해 큰 영향을 받음(Kim & Park, 2008). 또한 재료 자체의 색소에 의한 영향이 색도의 차이를 나타내는데(Lee, 2006), 본 연구 결과 쿠키의 밝기를 나타내는 L값은 수입산 SWW에서 73.95±0.21로 높은 값을 보였으며, 국내산 중에서 백중밀이 L 값 73.87±0.19로 높은 값을 나타내어 SWW 대응으로 사용 가능성을 보여줌.

표 3-4-19. 수입산과 국내산 쿠키의 색도 측정

	Crumb color ¹		
	L* (lightness)***	a* (redness)***	b* (yellowness)***
CWRS	71.79 ^d	-0.56 ^a	15.93 ^c
DNS	70.49 ^b	0.81 ^d	16.01 ^c
HRW	69.83 ^a	0.79 ^d	17.85 ^f
ASW	70.69 ^{bc}	0.06 ^b	17.54 ^e
SWW	73.95 ^f	2.93 ^e	18.83 ^g
조경밀	72.85 ^e	0.02 ^b	16.79 ^d
금강밀	71.65 ^d	0.19 ^d	15.41 ^b
백중밀	73.87 ^f	-0.56 ^a	15.93 ^c
유기농우리밀	70.84 ^c	0.05 ^b	14.75 ^a

¹ 2번 반복 실험의 평균값
abc column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임
*** 시료가 p=0.001 수준에서 유의적인 차이가 있음

③ 퍼짐성 측정

○ 쿠키의 퍼짐성은 평균직경에 대한 두께의 비로 나타내며 쿠키용 밀가루의 품질 지표로서 사용되며, 퍼짐성이 높은 쿠키가 품질이 좋은 것이며(Lee 등, 2008), 또한 반죽의 단백질 함량, 설탕과 버터의 함량, 수분함량 및 반죽의 점도에 의해 영향을 받음(Choi 2009). 수입산과 국내산의 쿠키 퍼짐성을 측정한 결과는 표 3-4-20 과 같음. 수입산 SWW 쿠키의 퍼짐성은 7.0%으로 측정되었으며, 수입산 HRW 쿠키의 퍼짐성이 4.9%로 가장 낮은 값을 나타냄. 수입산 SWW는 표 4-2 에서 보는 바와 같이 단백질이 9.6%로써 다른 수입산과 국내산 밀가루보다 낮은 값을 나타내었음. 또한, 국내산 밀 중 금강밀은 단백질이 10.3%로 Choi 등의 연구결과와 같이 단백질의 함량이 쿠키의 퍼짐성에 영향을 받는 것으로 판단됨. 쿠키의 외관 사진은 그림 3-4-5 에 나타내었음

표 3-4-20. 수입산과 국내산 쿠키의 퍼짐성 측정

	CWRS	DNS	HRW	ASW	SWW	조경밀	금강밀	백중밀	유기농 우리밀
Widthless (cm) ¹	4.0 ^a	4.0 ^a	3.9 ^a	4.2 ^a	4.2 ^a	4.2 ^a	4.2 ^a	4.1 ^a	4.1 ^a
Thickness (cm) ^{1***}	0.8 ^b	0.8 ^b	0.8 ^b	0.7 ^a	0.6 ^a	0.7 ^{ab}	0.6 ^a	0.6 ^a	0.8 ^b
Spread ratio (%) ^{1***}	5.0 ^a	5.0 ^a	4.9 ^a	6.0 ^b	7.0 ^c	6.0 ^b	7.0 ^c	6.8 ^c	5.1 ^a

¹ 2번 반복 실험의 평균값
abc column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임
*** 시료가 p=0.001 수준에서 유의적인 차이가 있음



그림 3-4-5 수입산과 국내산 쿠키의 외관사진

④ 조직감 측정

○ 수입산과 국내산 밀가루로 제조한 쿠키의 조직감은 각각 1, 3, 5일 경도를 측정하여 그림 3-4-6에 나타내었음. 수입산 SWW 쿠키의 경도는 제조 1일 후 2,233 gf 로써 5일이 경과한 후에도 수입산 SWW 쿠키의 경도가 2,300 gf 로 낮게 나타남. 수입산 CWRS의 쿠키의 경도는 5일 경과 후 8,557 gf로 높은 값을 나타내었으며, 또한 국내산 조경밀도 8,083 gf 로 높은 값을 나타냈으나, 국내산 백중밀의 경도는 5일이 경과한 후 4,585 gf 로 낮은 값을 나타냄. 국내산 밀 중 백중밀이 좋은 품질의 쿠키 원료로 사용 가능할 것으로 판단됨. 쿠키의 경도는 여러 인자의 영향을 받는데 부재료의 수분 함량이 적을 경우, 부재료의 첨가량이 많을 경우, 반죽의 밀도가 낮을 경우 경도는 상승한다고 보고 (Park & Cho, 2010)되었으나 본 연구 결과, 단백질의 함량이 높을수록 경도는 상승하는 것으로 판단됨

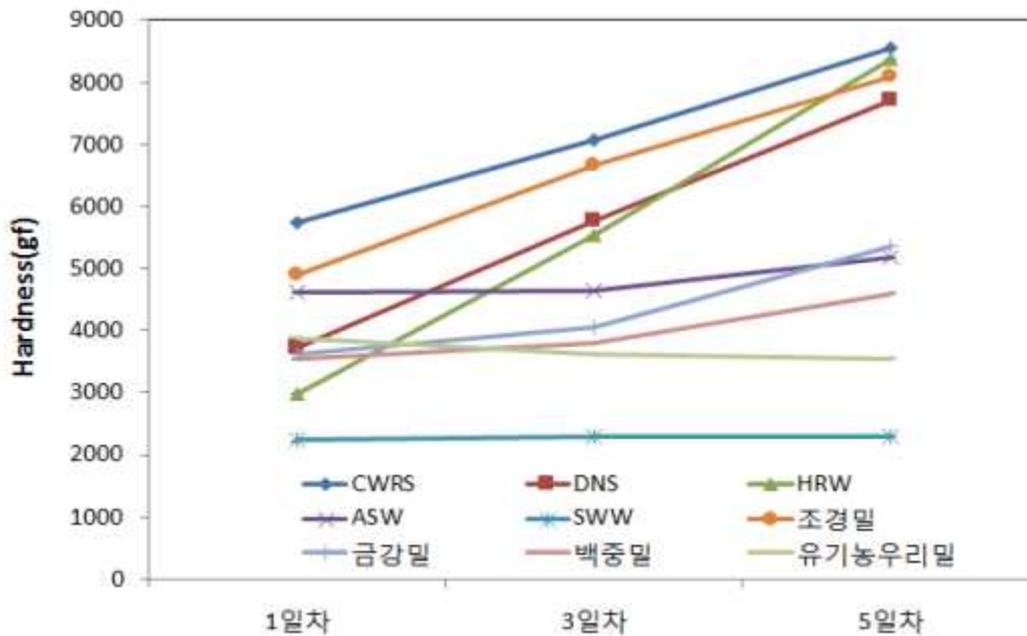


그림 3-4-6. 수입산과 국내산 쿠키의 시간에 따른 경도 변화

(라) 수입밀과 우리밀의 식빵 관능테스트 비교 분석

① 관능 테스트

- 관능테스트는 본 연구과제 주관기관인 한국식품연구원의 제 1세부과제에 의뢰하여 진행하였으며, 제품은 수입밀과 우리밀 식빵을 사용하였고, 대상은 일반인 74명으로 진행하였음. 관능테스트는 blind test로 진행하여 설문지 평가를 진행했으며, 이 후, 수입밀 또는 우리밀로 제조한 식빵임을 알려준 후, 다시 설문지 평가를 진행함
- 기호도는 9점 척도법을 이용하였으며, 내부적 특성강도는 7점 척도법을 이용하였음. 기호도 평가항목은 표 3-4-21에 나타내었으며, 내부적 특성강도는 빵 겉과 안의 색상(1점 : 많이 연하다↔ 7점 : 많이 강하다), 기공의 크기(1점 : 많이 작다↔7점 : 많이크다), 기공의 균일성(1점 : 많이 균일성이 높다↔7점 : 많이 균일성이 낮다) 등을 사용하였음. 소비자 기호도의 평가항목은 우유 향미, 버터 향미, 촉촉함, 부드러움, 응집성, 부착성, 씹힘성, 삼킨후 후미의 정도를 평가하였으며, 표 3-4-22과 같음. 종합적인 기호도는 식빵의 구입의향으로 확실히 구입하겠다 : 5점, 확실히 구입하지 않겠다 를 1점으로 나타내었으며, 관련 설문지 조사표는 표 3-4-23에 나타내었음
- 시료의 준비는 검사 전에 시료의 crumb 부분을 2 cm * 2 cm 크기로 썰어 임의의 숫자를 적은 접시에 3개씩 담아 제시하였으며, 모든 시료의 평가 사이에 입가심을 할 수 있도록 물을 제시함

표 3-4-21. 식빵의 기호도 측정을 위한 검사표

	향	외관	맛	조직감	전반적인 기호도
대단히 좋아한다(9)					
많이 좋아한다					
보통 좋아한다					
약간 좋아한다					
좋아하지도 싫어하지도 않는다					
약간 싫어한다					
보통 싫어한다					
많이 싫어한다					
대단히 싫어한다(1)					

표 3-4-22. 식빵의 다양한 특성강도 측정을 위한 검사표

식빵 겉의 색 연한(하얀)	<input type="checkbox"/>	색이 강함(갈색)						
식빵 속의 색 연한(하얀)	<input type="checkbox"/>	색이 강함(갈색)						
기공의 크기가 작은	<input type="checkbox"/>	기공의 크기가 큰						
기공 균일성이 낮은	<input type="checkbox"/>	기공 균일성이 높은						
우유 향미가 적은	<input type="checkbox"/>	우유 향미가 강한						
버터 향미가 적은	<input type="checkbox"/>	버터 향미가 강한						
촉촉함성이 적은	<input type="checkbox"/>	촉촉함성이 높은						
부드러운정도가 약한	<input type="checkbox"/>	아주 부드러운						
응집성이 약한	<input type="checkbox"/>	응집성이 강한						
부착성이 약한	<input type="checkbox"/>	부착성이 강한						
씹힘성이 약한	<input type="checkbox"/>	씹힘성이 강한						
삼킴후 후미가 없는	<input type="checkbox"/>	후미가 강한						

표 3-4-23. 구입 의사 분석 표

확실히 구입하겠다.(5)	
아마도 구입할 것이다.	
구입할지 안할지 모르겠다.	
아마도 구입안할 것이다.	
확실히 구입하지 않겠다. (1)	

② 관능 테스트 결과 분석

- 수입밀과 우리밀 식빵을 blind test로 진행하여 기호도 측정 결과(표 3-4-24), 향, 외관, 맛, 조직감에서 제빵용 수입밀인 DNS 식빵이 높은 기호도를 나타냈으며, 우리밀의 품종 중 백중밀은 가장 낮은 기호도를 나타냄. 전반적인 기호도는 제빵용 수입밀인 DNS, CWRS, HRW에서 각각 5.96, 5.14, 5.81로 높게 나타났으며, 우리밀의 기호도는 조경밀, 금강밀, 백중밀, 유기농우리밀에서 각각 4.96, 5.04, 4.01, 4.38로 전체적으로 낮게 나타남

표 3-4-24 기호도 측정 결과

품종	향	외관	맛	조직감	전반적인 기호도
CWRS	5.24	5.19	5.03	4.64	5.14
DNS	5.97	6.05	6.07	5.89	5.96
HRW	5.69	6.12	5.81	5.69	5.81
ASW	5.22	5.37	5.14	4.55	5.00
SWW	4.99	5.57	4.30	4.47	4.38
조경	5.12	5.48	4.88	4.84	4.96
금강	5.26	5.04	5.15	4.82	5.04
백중	4.82	5.00	4.36	3.76	4.01
유기농	4.62	4.31	4.51	4.46	4.38

- 식빵의 원료인 밀가루의 원산지(수입밀, 우리밀)에 대한 정보를 제공한 후 기호도 측정을 진행한 결과(표 3-4-25), 향, 외관, 맛, 조직감에서 제빵용 수입밀인 DNS, HRW 식빵이 각각 6.16, 6.26의 높은 기호도를 나타냈으며, 스펀지 케이크용 수입밀 SWW 식빵이 4.47로 낮은 기호도를 나타내었음. 시중에 판매할 경우 구입의향은 수입밀인 DNS, HRW 식빵이 50, 55.4%로 가장 높았으며, SWW 식빵이 17.6%로 낮은 구입의향을 나타냄. 우리밀은 수입밀에 비해 전체적으로 낮은 구입의사를 나타내었음

표 3-4-25 기호도 측정 결과 2

	향2	외관2	맛2	조직감2	전반적인 기호도2	구입의향(%)
CWRS	5.43	5.36	5.11	4.89	5.01	31.1
DNS	6.00	6.32	6.28	6.16	6.24	50.0
HRW	6.04	6.50	6.23	6.18	6.26	55.4
ASW	5.60	5.73	5.11	4.88	5.04	33.8
SWW	5.09	5.58	4.43	4.26	4.47	17.6
조경	5.52	5.85	5.18	5.26	5.34	35.1
금강	5.70	5.74	5.45	5.16	5.39	36.5
백중	5.46	5.23	4.57	4.00	4.35	20.3
유기농	5.00	5.03	4.89	4.64	4.72	28.4

○ 수입밀과 우리밀 식빵의 특성 강도를 분석 한 결과(표 3-4-26), 색은 제빵용 수입밀 DNS, CWRS, HRW 식빵이 어두운 반면, 우리밀 품종은 전반적으로 밝은 색을 나타냄. 기공의 균일성은 수입밀인 DNS와 HRW가 균일성이 높게 나타났으며, 우리밀 품종은 전반적으로 기공의 균일성이 낮은 값을 나타냄. 향미에 대한 기호도에서는 수입밀 DNS, HRW 식빵이 각각 4.01, 4.05로 우리밀 품종보다 높은 값을 보였음. 부드러운 정도 역시 수입밀 DNS, HRW 식빵이 각각 4.50, 4.45로 높게 나타났으며, 우리밀 품종은 3점대로 낮은 값을 나타냄

표 3-4-26. 특성 강도 분석표

품종	CWRS	DNS	HRW	ASW	WW	조경	금강	백중	유기농
색	3.91	2.93	3.35	3.82	3.15	3.7	4.32	4.24	5.32
기공의 크기	4.28	3.34	3.36	3.75	3.93	3.71	4.14	4	4.99
기공의 균일성	3.38	3.34	4.35	4.08	3.93	4.16	3.74	3.86	3.46
우유 향미	3.57	4.01	4.05	3.47	3.41	3.26	3.26	3.34	2.89
이스트 향미	2.73	3.05	3.3	2.95	2.77	3.07	3.12	2.84	2.93
촉촉함성	3.82	3.95	3.88	3.74	3.76	3.88	4.04	3.8	3.85
부드러운 정도	3.38	4.5	4.45	3.37	3.22	3.34	3.47	3.03	3.15
응집성	3.54	4.42	4.34	3.15	3.19	3.42	3.47	2.78	3.09
부착성	4.23	4.28	4.51	3.67	3.68	3.55	3.81	3.3	3.51
씹힘성	4.09	4.03	4.3	3.86	3.68	3.55	3.95	3.55	3.84
후미	4.49	4.16	4.22	4.25	4.01	4.08	4.15	3.73	4.59

(3) 1차년도 실험 요약

- 수입산과 국내산 밀의 제과 제빵 적성의 차이를 분석하기 위해 수입산 밀, DNS, CWRS, HRW, ASW, SWW의 5 종류와 국내산 조경밀, 금강밀, 백중밀, 유기농 우리밀 4품종을 본 연구에서 검토하였음
- 밀가루의 이용성을 결정하는 가장 중요한 특성인 밀가루에 함유된 단백질 함량은 유전성보다는 환경적 조건의 영향을 더 받지만, 단백질의 질은 유전성의 영향이 강한 것으로 알려져 있음 (Chang HG 외, 2004). 단백질의 함량과 질은 가공 이용 시 반죽의 리오로지 특성에 중요한 영향을 미치게 되며, 이러한 리오로지 특성을 측정하기 위해 주로 farinograph와 extensograph 가 사용되고 있음 (Finney KF 외, 1972)
- 본 연구에서는 수입산과 국내산 품종별 밀가루를 테스트밀기기를 이용하여 제조한 후 원맥별 밀가루의 특성을 비교분석 후 식빵, 스폰지 케이크, 쿠키로 제조하여 비교 분석 하였음
- 식빵의 경도는 제조 후 1일이 경과 된 후 수입산과 국내산 모두 유사한 경향을 나타내었으나, 5일이 경과된 후 식빵의 경도는 수입산 DNS, HRW, 국내산으로 조경밀을 제외한 품종에서 높게 낮게 나타남. 제빵용으로는 수입산 DNS, HRW, CWRS, 국내산으로는 조경밀 품종이 적합하다고 판단됨
- 스폰지 케이크는 수입산 SWW의 명도 값인 L 값이 가장 높아 색상의 밝음을 나타냈으며, 경도 역시 제조 5일 후 수입산 SWW가 다른 수입산과 국내산보다 낮은 값을 나타냄. 이는 단백질 함량이 높고, 비용적이 작을수록 더 단단한 경향을 나타낸 연구 결과와 유사한 경향임. 스폰지 케이크로 수입산 SWW와 국내산 금강밀 품종이 적합하다고 판단됨
- 쿠키 역시 수입산 SWW가 밝기와 경도 모두 다른 수입산과 국내산보다 좋은 쿠키의 품질경향을 나타내었다. 쿠키의 경도는 여러 인자의 영향을 받는데 부재료의 수분함량이 적을 경우, 부재료의 첨가량이 많을 경우, 반죽의 밀도가 낮을 경우 경도는 상승한다고 보고(Park & Cho 2010)되었으나 본 연구 결과, 단백질의 함량이 높을수록 경도는 상승하는 것으로 나타남. 쿠키용으로 수입산 SWW와 국내산 금강밀, 백중밀 품종이 적합하다고 판단됨
- 수입밀과 우리밀의 식빵의 관능테스트 결과 제빵용 수입밀인 DNS, HRW 의 기호도가 전반적으로 높았으며, 우리밀 품종은 낮은 기호도를 나타내었음

2. 전처리에 의한 제빵특성분석

가. 고전압 처리에 의한 제빵 및 제과 제조 물성 비교

(1) 실험 재료 및 방법

(가) 사용 원료

- 고전압처리를 3hr, 6hr, 12hr, 24hr 으로 진행된 각각의 맥분을 주관기관인 한국식품연구원의 제 1 세부과제로부터 공급받아 식빵용 맥분 DNS(Dark northern spring winter wheat), 스펀지케이크 및 쿠키 제조용 맥분 SWW(Soft white winter wheat)를 비교군으로 사용하여 제빵 및 제과 제조 물성 비교 분석함

(나) 분석 방법

- 일반성분 (수분, 단백질, 회분, 입도, 손상전분, 색도) 는 1차년도 실험 방법과 동일하게 측정하였음
- 2차 물성 (farinogram, amylogram, extensogram) 은 1차년도 실험 방법과 동일하게 측정하였음
- 제빵 및 제과 (식빵, 스펀지 케이크, 쿠키) 는 1차년도 실험 방법과 동일하게 측정하였음
- 제품의 품질분석 (pH, 산도, 비용적, 조직감, 퍼짐성) 은 1차년도 실험 방법과 동일하게 수행하였음

(2) 실험 결과

(가) 고전압처리 밀가루의 이화학적 물성 비교

- 고전압처리 밀가루의 일반성분에 대하여 표 3-4-27에 나타내었음
 - 강력분으로 사용되는 미국산 DNS 밀가루의 단백질 함량은 $12.5\pm 0.2\%$ 이었으며, CJ 우리밀 밀가루가 $11.6\pm 0.30\%$ 로써, 수입산 DNS 밀가루보다 낮은 값을 나타냄
 - 중력분으로 사용되는 수입산 HRW, ASW 밀가루의 단백질 함량(1차년도 실험결과 참조)은 각각 $10.6\pm 0.2\%$, $10.5\pm 0.3\%$ 로, 본 실험에 사용된 CJ 우리밀 밀가루 단백질이 높은 값을 나타내었으며, 회분 함량은 $0.395\pm 0.019\%$ 로써, 미국산 DNS 밀가루보다 낮은 값을 나타냄
 - 이는 제분수율의 영향으로 판단되며 제분회사의 제분 방법에 따라 다르게 나타난 것으로 판단됨
- 미국산 DNS 밀가루와 CJ 우리밀 밀가루 및 고전압 처리군 밀가루에 대한 farinogram 결과는 표 3-4-28과 같음

- 흡수율은 미국산 DNS 밀가루가 가장 65.7%로 높았으며, CJ 우리밀 밀가루는 55.2%로써, 1차년도 우리밀 맥분 2차 물성 결과와 유사한 값을 나타냄(백중밀 54.8%)
- 밀가루의 흡수율은 밀의 종류, 밀가루의 입도, 손상전분 및 단백질 함량에 영향을 받으며, 일반적으로 글루텐 함량이 높은 강력분이 중력분보다 흡수율이 높고 반죽시간이 길어 제빵 적성에 적합함(김성곤 외, 2009)

표 3-4-27. 고전압처리 밀가루의 일반성분 품질 분석

구분	수분(%) ^{1***}	회분(%) ^{1***}	단백질(%) ^{1***}	손상전분	입도
				(AACC) ^{1***}	(mean) ^{1***}
DNS	14.3 ^c	0.44 ^b	12.5 ^d	7.45 ^e	76.7 ^e
SWW	13.8 ^b	0.40 ^a	8.1 ^a	5.75 ^c	52.7 ^a
CJ 우리밀 비교군	14.2 ^c	0.40 ^a	11.6 ^b	5.47 ^a	60.4 ^c
CJ 우리밀 3hr	13.6 ^b	0.39 ^a	11.6 ^b	5.78 ^c	70.0 ^d
CJ 우리밀 6hr	13.2 ^a	0.39 ^a	11.6 ^b	5.93 ^d	59.3 ^b
CJ 우리밀 12hr	13.2 ^a	0.39 ^a	11.6 ^b	5.91 ^d	59.5 ^b
CJ 우리밀 24hr	13.2 ^a	0.40 ^a	11.8 ^c	5.65 ^b	59.3 ^b

¹ 2번 반복 실험의 평균값
abc column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임
*** 시료가 p=0.001 수준에서 유의적인 차이가 있음

표 3-4-28. 고전압처리 밀가루의 2차 물성 비교 분석

구분	Farino Graph ¹				Amylo Graph ¹
	흡수율(%) ^{***}	생성(분) ^{***}	안정도(분) ^{***}	연화도(FU) ^{***}	최고점도(BU) ^{***}
DNS	65.7 ^d	8.1 ^b	14.1 ^b	7±2.1	572 ^a
SWW	51.7 ^a	1.4 ^a	4.9 ^a	65.0 ^c	639 ^b
CJ 우리밀 비교군	55.2 ^c	1.7 ^d	19.1 ^{de}	55 ^a	961 ^a
CJ 우리밀 3hr	56.4 ^b	12.5 ^a	18.8 ^e	11 ^b	557 ^c
CJ 우리밀 6hr	56.2 ^c	13.5 ^c	18.6 ^{de}	12 ^a	573 ^a
CJ 우리밀 12hr	56.0 ^c	12.3 ^c	17.3 ^c	9 ^a	580 ^a
CJ 우리밀 24hr	55.9 ^c	12.5 ^c	18.1 ^d	8 ^a	554 ^a

¹ 2번 반복 실험의 평균값
abc column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임
*** 시료가 p=0.001 수준에서 유의적인 차이가 있음

(나) 고전압처리 밀가루와 비교군의 제빵 적성 비교 분석

① 식빵

㉞ pH와 총산도 (Total titratable acidity)

- 미국산 DNS와 CJ 우리밀 밀가루 및 고전압처리군 밀가루의 반죽 및 식빵 pH를 측정한 결과는 표 3-4-29에 나타냄
- 제빵용으로 사용되는 DNS 를 기준으로 pH와 총산도를 비교 분석한 결과, 반죽 직후의 pH는 DNS가 5.93이었으며, CJ 우리밀 밀가루 비교군(pH 6.08)보다 약간 낮은 값을 나타내었으나, 3시간, 6시간, 12시간, 24시간 고전압처리 된 반죽은 pH 5.59~5.75로 낮은 값을 나타냄
- 1차 발효의 경우 미국산 DNS와 CJ 우리밀 밀가루 비교군 반죽 모두 pH 5.7~5.85 로 유사한 경향을 나타내었으나, 고전압처리군 모두 5.27~5.36으로 낮은 값을 나타내었음
- 2차 발효 후 pH는 고전압 처리군에서 급격한 pH 저하를 나타냄. 미국산 DNS 와 CJ 우리밀 밀가루의 1차 발효 및 2차 발효까지는 pH 가 감소하다가 오븐에서 굽기 완료 후 pH는 다소 증가한 결과를 나타냄

표 3-4-29. 고전압처리 식빵의 pH 및 산도표

구분	Dough ¹		1 st fermentation ¹		2 nd fermentation ¹		Bread ¹	
	pH ^{***}	산도 ^{***}	pH ^{***}	산도 ^{***}	pH ^{***}	산도 ^{***}	pH ^{**}	산도 [*]
DNS	5.93 ^d	2.0 ^a	5.46 ^c	3.2 ^a	5.37 ^c	3.4 ^{ab}	5.70 ^{ab}	2.2 ^{bc}
CJ우리밀	6.08 ^e	1.9 ^a	5.49 ^c	3.3 ^a	5.24 ^b	3.7 ^b	5.76 ^{ab}	1.8 ^{bc}
3hr	5.7 ^{bc}	2.5 ^b	5.27 ^a	3.5 ^b	5.16 ^a	3.2 ^a	5.81 ^b	1.1 ^a
6hr	5.59 ^a	2.6 ^{bc}	5.31 ^a	3.3 ^a	5.14 ^a	3.6 ^b	5.62 ^a	1.6 ^b
12hr	5.67 ^b	2.7 ^c	5.31 ^a	3.6 ^b	5.16 ^a	3.5 ^{ab}	5.67 ^{ab}	1.7 ^b
24hr	5.75 ^c	2.6 ^b	5.36 ^b	3.8 ^c	5.16 ^a	3.7 ^b	5.71 ^{ab}	2.1 ^c

¹ 2번 반복 실험의 평균값
abc column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임
*, **, *** 시료가 p=0.05, 0.01, 0.001수준에서 유의적인 차이가 있음

㉟ 비용적 측정 및 외관

- 미국산 DNS와 CJ 우리밀 밀가루 및 고전압처리군 밀가루의 비용적을 측정한 결과는 표 3-4-30과 같음. 빵의 부피는 단백질 함량, glutenin과 gliadin의 비율이 중요하며, 단백질이 많은 경우 글루텐 함량이 많아 보유력이 크기 때문에 부피가 크지만 단백질이 적은 경우 글루텐 함량이 적어 가스 보유력이 적기 때문에 부피가 작게 나타남(김성곤 외, 2009)

- 본 실험에서는 제빵용으로 사용되는 대표적인 미국산 DNS 식빵을 기준으로 비용적을 비교분석한 결과, CJ 우리밀 밀가루 비교군은 미국산 DNS 식빵 비용적과 유사한 결과를 나타내었으나, 고전압 처리군은 낮은 값을 나타내었음. 미국산 DNS와 CJ 우리밀 밀가루 비교군과 고전압처리군 식빵의 외관 사진은 그림 3-4-7과 같음

표 3-4-30. 고전압처리 비용적 비교

Sample	SLV (Specific Loaf Volume) (ml/g) ^{1***}
DNS	4.70 ^b
CJ우리밀	4.65 ^b
CJ 우리밀 3hr	3.70 ^a
CJ 우리밀 6hr	3.63 ^a
CJ 우리밀 12hr	3.66 ^a
CJ 우리밀 24hr	3.68 ^a

¹ 2번 반복 실험의 평균값
abc column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임
*** 시료가 p=0.001 수준에서 유의적인 차이가 있음

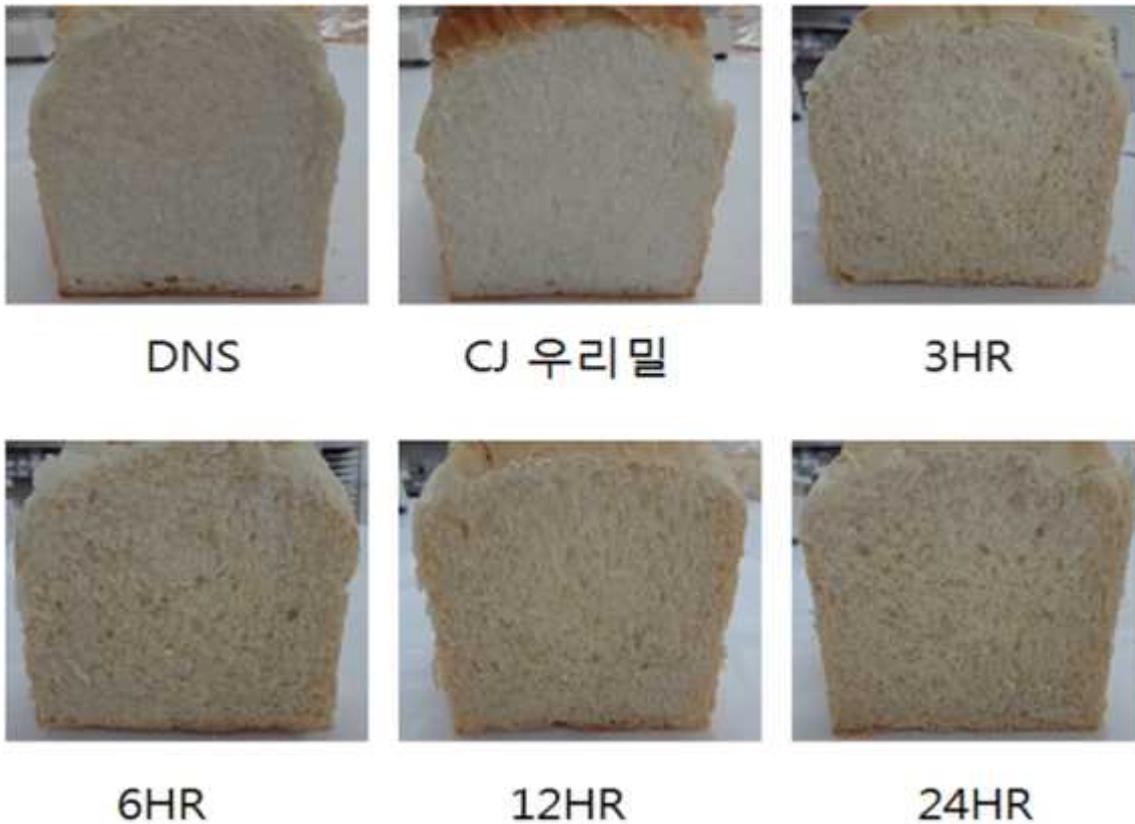


그림 3-4-7. 식빵 제품 내상 사진

㉔ 색도 측정

○ 미국산 DNS와 CJ 우리밀 및 고전압처리균 식빵의 색도를 측정한 결과는 표 3-4-31과 같음

- 미국산 DNS 식빵을 기준으로 비교분석한 결과, 명도인 L 값은 CJ 우리밀 비교군 식빵이 미국산 DNS와 유사한 결과를 나타내었으나, 고전압 처리균에서 최소 70.55, 최대 75.19로 낮은 값을 나타냄. 이와 같은 결과는 고전압처리로 인한 제품 형성에 영향을 받은 것으로 판단됨

표 3-4-31. 고전압처리 식빵 제품의 색도

구 분	Crumb color ¹		
	L* (lightness)*	a* (redness)***	b* (yellowness)***
DNS	79.8 ^a	-2.38 ^a	14.0 ^b
CJ우리밀	78.2 ^a	-1.96 ^b	11.2 ^a
CJ 우리밀 3hr	70.6 ^a	-1.28 ^e	16.0 ^c
CJ 우리밀 6hr	72.0 ^a	-0.97 ^f	15.3 ^{bc}
CJ 우리밀 12hr	75.2 ^a	-1.61 ^c	16.1 ^c
CJ 우리밀 24hr	74.6 ^a	-1.51 ^d	17.1 ^d

¹ 2번 반복 실험의 평균값
abc column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임
*, *** 시료가 p=0.05, 0.001 수준에서 유의적인 차이가 있음

㉕ 식빵의 조직감 측정

○ 미국산 DNS와 CJ 우리밀 및 고전압처리균 식빵의 조직감은 각각 1, 3, 5, 7일 경도를 측정하여 그림 3-4-8에 나타냄. 저장 기간의 경과에 따른 경도 변화는 제빵용으로 사용되는 대표적인 미국산 DNS 식빵을 기준으로 비교분석 하였음

- 미국산 DNS 식빵 저장 1일차 경도는 1,078 g force, 저장 7일에 1,452 g force 을 나타낸 반면, CJ 우리밀 비교군 식빵의 경도는 저장 1일에 1,318 g force, 저장 7일에 2,955 g force 을 나타냄
- 6시간 고전압 처리된 식빵은 고전압처리하지 않은 식빵보다 낮은 값(1,648 g force)을 나타냄. 이는 고전압처리가 저장기간에 영향을 미친 것으로 판단됨

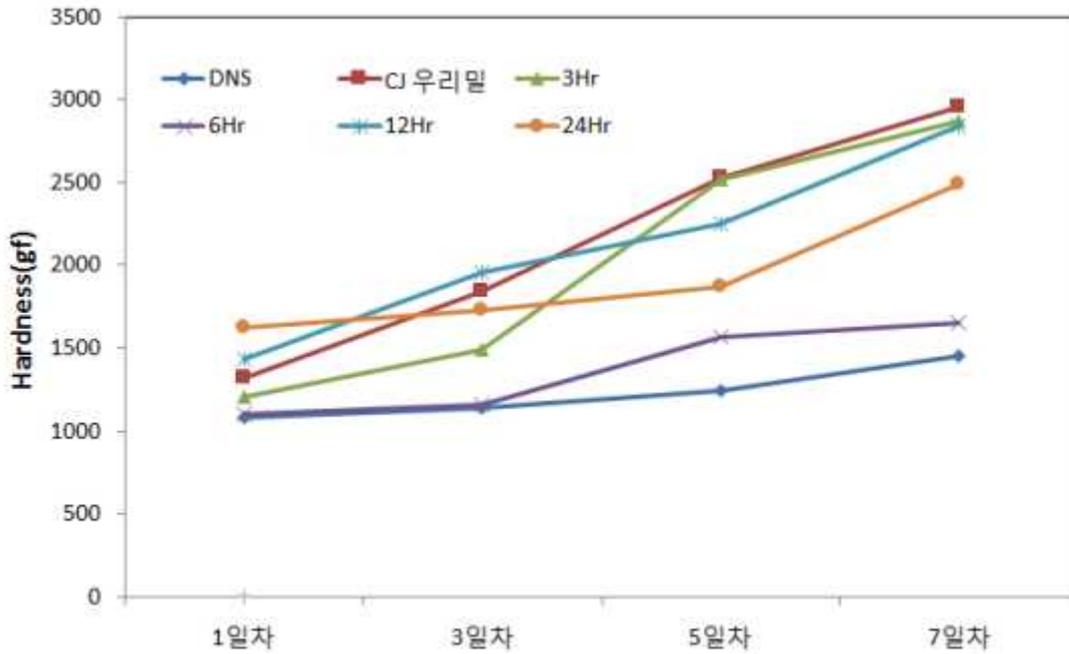


그림 3-4-8. 고전압처리 제품에 대한 시간의 변화에 따른 경도 비교

② 스펀지 케이크

㉞ pH와 총산도(Total titratable acidity)

- 미국산 SWW와 CJ 우리밀 밀가루 및 고전압처리군의 밀가루 반죽 및 스펀지케이크의 pH를 측정한 결과는 표 3-4-32에 나타냄
- 스펀지케이크용으로 사용되는 SWW 밀가루를 기준으로 pH와 총산도를 비교분석 한 결과, 반죽과 제품의 pH는 미국산 DNS에서 큰 폭의 변화는 없었으나, CJ 우리밀 밀가루 비교군과 고전압 처리군 밀가루로 제조한 스펀지케이크 모두 반죽 pH보다 제품의 pH가 높게 나타나는 경향을 나타냈음

표 3-4-32. 고전압처리 스펀지케이크 pH 및 산도표

Sample	Dough ¹		Bread ¹	
	pH ^{***}	산도 ^{***}	pH ^{***}	산도 ^{***}
SWW	7.71 ^a	0.7 ^c	7.76 ^b	0.5 ^d
CJ우리밀 비교군	7.39 ^b	0.9 ^b	8.08 ^a	0.1 ^c
CJ 우리밀 3hr	7.37 ^b	1.2 ^d	7.82 ^d	0.4 ^b
CJ 우리밀 6hr	7.37 ^b	1.0 ^b	7.81 ^d	0.5 ^c
CJ 우리밀 12hr	7.28 ^b	1.1 ^b	7.6 ^e	0.8 ^a
CJ 우리밀 24hr	7.40 ^c	0.9 ^a	7.59 ^c	0.5 ^c

¹ 2번 반복 실험의 평균값
abc column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임
*** 시료가 p=0.05, 0.001 수준에서 유의적인 차이가 있음

㉞ 비용적 측정 및 외관 관찰

- 케이크를 만들 때에는 글루텐의 탄성보다는 전분의 질과 양이 중요하므로 대부분의 경우 단백질 함량이 적은 박력분을 사용함(장학길 외, 2012). 스펀지케이크용으로 사용되는 SWW 밀가루를 기준으로 비용적을 비교 분석한 결과를 표 3-4-33에 나타내었음
- 고전압 처리군은 2.6~2.9 ml/g으로 SWW의 비용적(3.306 ml/g) 보다 낮은 값을 나타내었으며, 고전압 처리군과 처리하지 않은 비교군과의 비용적은 고전압 처리군이 낮은 값(2.6~2.7 ml/g)을 나타냄. 미국산 SWW와 CJ 우리밀 밀가루 및 고전압처리군의 외관 사진은 그림 3-4-9에 나타냄

표 3-4-33. 고전압처리 스펀지케이크 제품의 비용적

Sample	SLV (Specific Loaf Volume) (ml/g) ^{1***}
SWW	3.31 ^a
CJ우리밀	3.15 ^a
3hr	2.94 ^c
6hr	2.75 ^b
12hr	2.63 ^d
24hr	2.60 ^e

¹ 2번 반복 실험의 평균값
abc column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임
*** 시료가 p=0.001 수준에서 유의적인 차이가 있음

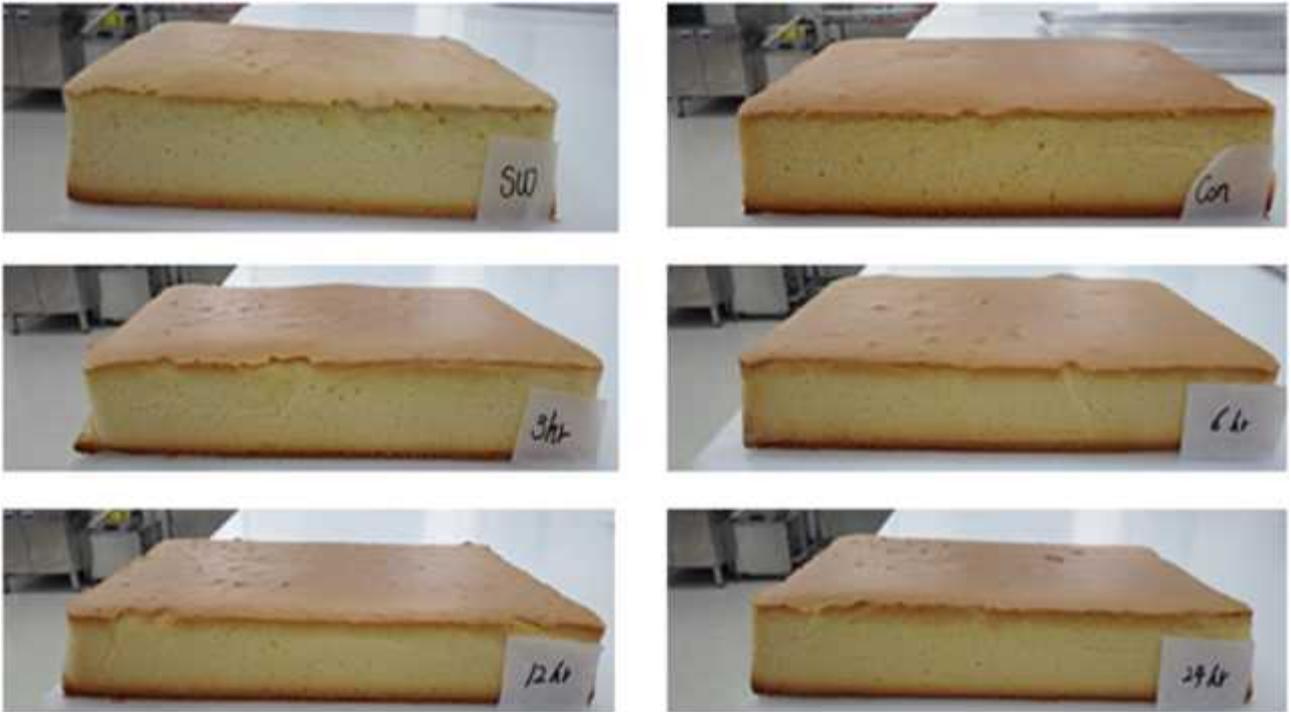


그림 3-4-9. 스펀지케이크 제품 사진

㊤ 색도 측정

- 미국산 SWW와 CJ 우리밀 비교군 및 고전압처리군의 표면 색도를 측정한 결과는 표 3-4-34에 나타내었음
- 미국산 SWW의 스펀지케이크는 명도를 나타내는 L 값이 75.35 이었으며, 고전압 처리군은 24시간 처리된 스펀지케이크의 L 값이 81.16 로 가장 높은 값을 나타냄
- 녹색도를 나타내는 a 값은 수입산 SWW가 -2.81 ± 0.21 이었으며, 고전압 처리군은 비교군에 비해 약간 낮은 값을 나타냄(3.43~3.82)
- 본 연구 결과 수입산 SWW로 제조한 스펀지케이크의 명도가 24시간 고전압처리군 제품이 CJ 우리밀 밀가루 비교군과 미국산 SWW 밀가루로 제조한 스펀지케이크보다 밝음이 관찰되었음

표 3-4-34. 고전압처리 스펀지케이크 제품의 색도

Sample	Crumb color ¹		
	L* (lightness) ^{***}	a* (redness) ^{***}	b* (yellowness) ^{***}
SWW	75.35 ^e	-2.81 ^b	27.52 ^c
CJ우리밀	74.05 ^f	-3.70 ^b	27.11 ^b
3hr	73.74 ^a	-3.43 ^c	23.85 ^a
6hr	79.46 ^d	-3.82 ^a	26.63 ^c
12hr	80.18 ^b	-3.67 ^a	26.61 ^d
24hr	81.16 ^c	-3.62 ^c	25.95 ^e

¹ 2번 반복 실험의 평균값
^{abc} column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임
^{***} 시료가 p=0.001 수준에서 유의적인 차이가 있음

㉔ 스펀지케이크의 조직감

- 미국산 SWW 와 CJ 우리밀 비교군 및 고전압 처리군의 스펀지케이크 조직감은 각각 1, 3, 5, 7일 경도를 측정하여 그림 3-4-10에 나타내었음
- 일반적으로 케이크의 경도는 부피, 수분함량, air cell 등에 의해 영향을 받아서 air cell 이 발달될수록 부피가 커지고 경도는 낮아진다고 하였음(Ahn et al, 2002)
- 본 연구 결과 미국산 SWW와 CJ 밀가루 비교군의 경도가 낮게 나타났으며, 고전압 처리군은 12시간 처리된 스펀지케이크의 경도가 가장 높게 나타남

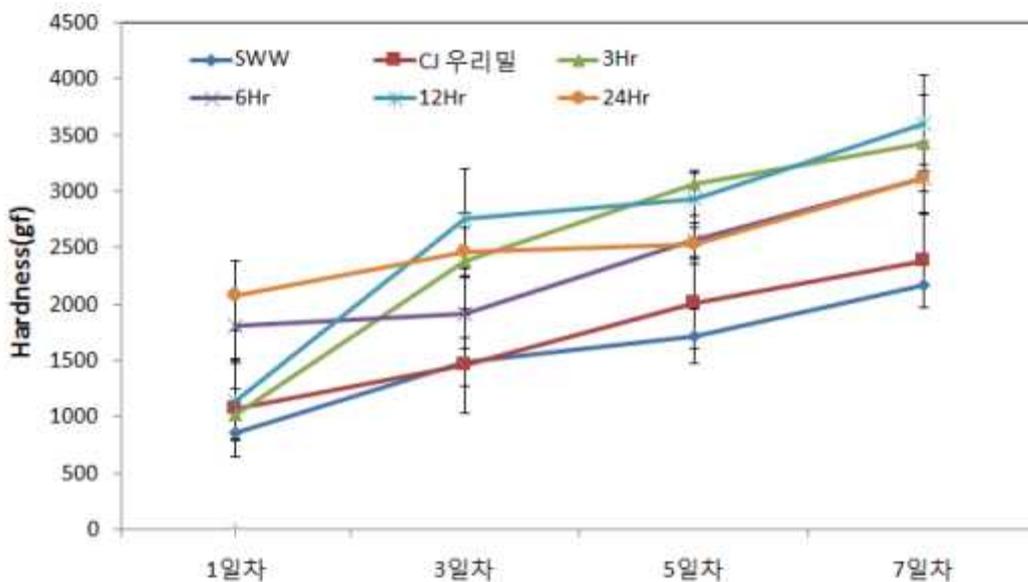


그림 3-4-10. 고전압처리 스펀지케이크 제품에 대한 시간의 변화에 따른 경도 비교

③ 쿠키 제조

㉞ pH와 총산도(Total titratable acidity)

- 미국산 SWW 밀가루와 CJ 우리밀 밀가루 및 고전압처리 밀가루에 대한 쿠키 반죽 및 제품의 pH 결과는 표 3-4-35에 나타내었음
- 반죽의 pH는 쿠키의 향, 외관 및 색도에 영향을 주며 pH가 높을수록 쿠키의 색을 약간 어둡게 하고 쿠키의 향미에 영향을 주는 것으로 알려져 있음(In-Duck Park, 2012; JM Lim 외, 2013)
- 본 실험에서 반죽 pH는 미국산 SWW와 CJ 우리밀 밀가루에서 pH 6.64~6.79를 나타냈으며, 제품 pH는 CJ 우리밀 밀가루 비교군을 제외한 모든 제품에서 최대 7.05로 다소 증가하는 경향을 나타냄

표 3-4-35. 고전압처리 쿠키의 반죽 pH 및 산도

Sample	Dough ¹		Cookie ¹	
	pH ^{**}	산도 [*]	pH ^{***}	산도 [*]
WW	6.77 ^b	1.4 ^a	6.99 ^e	1.6 ^a
CJ우리밀	6.75 ^b	2.0 ^b	6.52 ^a	2.0 ^b
3hr	6.64 ^a	2.0 ^b	7.05 ^e	1.4 ^a
6hr	6.74 ^b	2.0 ^b	6.66 ^b	1.8 ^a
12hr	6.75 ^b	2.0 ^b	6.76 ^c	1.7 ^a
24hr	6.79 ^b	2.0 ^b	6.93 ^d	1.6 ^a

¹ 2번 반복 실험의 평균값
abc column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임
, 시료가 p=0.05, 0.01, 0.001 수준에서 유의적인 차이가 있음

㉟ 퍼짐성 측정

- 쿠키의 외관 사진은 그림 3-4-11에 나타내었음. 쿠키의 퍼짐성은 평균직경에 대한 두께의 비로 나타내며 쿠키용 밀가루의 품질 지표로서 사용되며, 퍼짐성이 높은 쿠키가 품질이 좋은 것으로 알려져 있음(Lee 등, 2006)
- 미국산 SWW 밀가루와 CJ 우리밀 비교군 및 고전압 처리군의 쿠키 퍼짐성을 측정한 결과는 표 3-4-36와 같음. 미국산 SWW 쿠키의 퍼짐성은 5.03±0.19%으로 측정되었으며, CJ 우리밀 비교군은 4.95±0.17%로 유사한 값을 나타내었으나, 고전압 처리군은 4.64~4.90으로 낮은 값을 나타냄
- 1차년도 연구결과 및 참고 문헌에서는 단백질의 함량이 쿠키의 퍼짐성에 영향을 받는 것으로 판단되었으나, 본 연구에서 나타난 바와 같이 단백질의 함량은 변함없으나 고전압처리의 전처리 과정에서 일부 맥분의 품질 변화를 초래한 것으로 판단되며 이후 더 추가 연구가 필요하다고 판단됨

표 3-4-36. 고전압 처리 쿠키의 퍼짐성 측정

Sample	SWW	CJ우리밀	3hr	6hr	12hr	24hr
Widthness(cm) ^{1***}	4.28 ^d	3.97 ^a	4.08 ^b	3.95 ^a	4.17 ^c	3.95 ^a
Thickness(cm) ^{1*}	0.85 ^a	0.80 ^a	0.85 ^a	0.85 ^a	0.85 ^a	0.83 ^a
Spread ratio(%) ^{1**}	5.03 ^c	4.95 ^{bc}	4.64 ^a	4.64 ^a	4.90 ^{bc}	4.76 ^{ab}

¹ 2번 반복 실험의 평균값

abc column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임

, 시료가 p=0.05, 0.01, 0.001 수준에서 유의적인 차이가 있음



그림 3-4-11. 쿠키 제품 사진

다) 조직감 측정

- 미국산 SWW 밀가루와 CJ 우리밀 비교군 및 고전압 처리군의 쿠키의 조직감을 각각 제조 후 1, 3, 5, 7일마다 쿠키의 경도를 측정하여 그림 3-4-12에 나타내었음
- 미국산 SWW 밀가루와 CJ 우리밀 쿠키의 경도는 제조 1일 후 1,808 g force로 제조 후 7일이 경과한 후에도 미국산 SWW 쿠키의 경도가 2,031 g force 로 낮게 나타남
- CJ 우리밀 밀가루 비교군 역시 1,886 g force 로 7일 경과한 후 2,104 g force로 유사한 결과를 나타냈으나, 3시간 고전압 처리군에서는 최대 2,019 g force 로 높은 값을 나타내어 고전압 처리로 인한 쿠키의 경도 감소효과는 나타나지 않았음

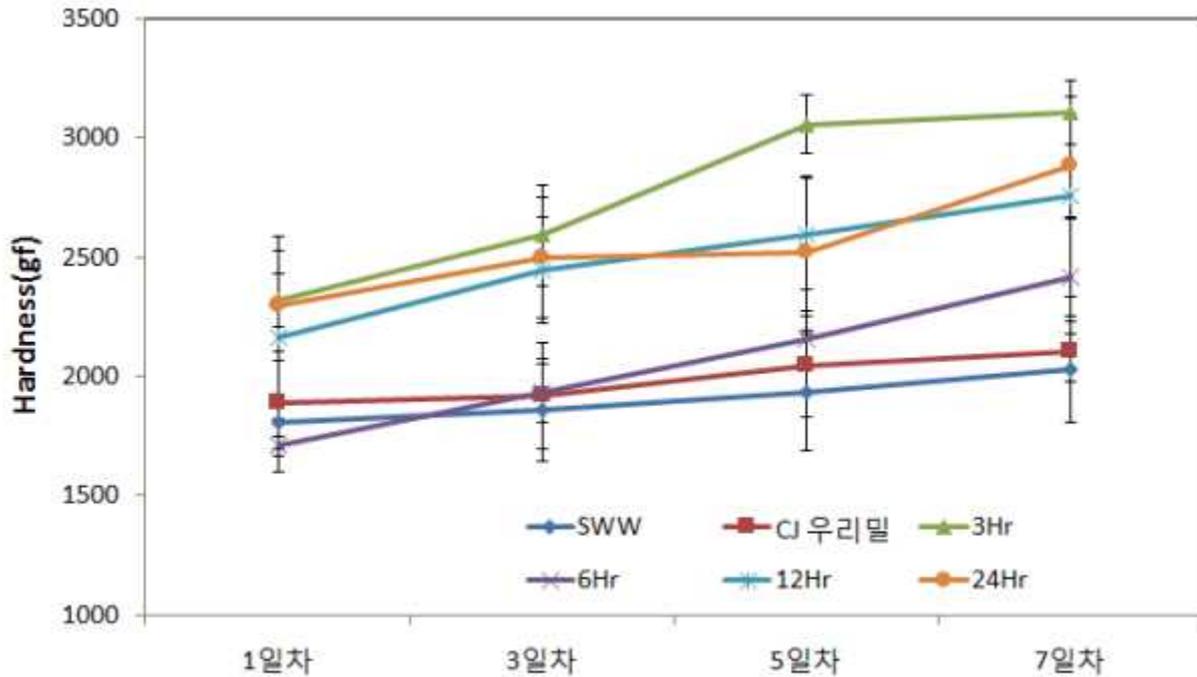


그림 3-4-12. 고전압 처리 쿠키에 대한 시간의 변화에 따른 경도 비교

(다) 밀의 저장온도에 따른 제빵 제조 비교 분석

① 실험 재료 및 방법

㉠ 사용 원료

○ CJ 제일제당으로부터 저장온도가 10, 20, 30, 40 °C인 우리밀 원맥을 제분한 맥분을 공급받아 식빵용 맥분 DNS(Dark northern spring winter wheat)을 비교군으로 사용하여 제빵 물성 비교 분석함

㉡ 분석 방법

○ 분석방법은 고전압처리에 의한 제빵 및 제과 제조 물성 실험과 동일하게 진행함

① 실험 결과

㉠ 일반성분 분석

○ CJ 제일제당으로부터 저장온도가 10, 20, 30, 40 °C인 우리밀 원맥을 제분한 맥분을 공급받아 분석한 결과는 표 3-4-37과 같음. 10 °C에 저장한 맥분의 수분이 14.1±0.2로 가장 높았으며 높은 온도에 저장된 맥분일수록 수분함량이 낮게 나타남

표 3-4-37. 저장온도에 따른 밀가루 특성

구분		10도	20도	30도	40도
수분 ^{1**}		14.1 ^c	13.1 ^b	12.6 ^{ab}	12.1 ^a
회분 ^{1**}		0.458 ^a	0.474 ^b	0.462 ^a	0.483 ^b
단백질 ^{1**}		11.88 ^b	11.94 ^b	11.76 ^a	11.72 ^a
입도 ^{1***}		86.65 ^d	76.59 ^a	81.61 ^c	79.6 ^d
백도 ^{1***}		78.7 ^b	80.2 ^a	80.0 ^a	79.3 ^a
Farino Graph	흡수율(%) ^{1**}	57.9 ^b	56.8 ^b	56.5 ^b	53.8 ^a
	안정도(분) ^{1**}	9.7 ^a	7.5 ^a	12.1 ^{ab}	17 ^b
	연화도(FU) ^{1***}	2 ^a	13 ^b	42 ^c	2 ^a
Amylo Graph	최고점도(BU) ^{1***}	906 ^b	650 ^a	1115 ^c	1309 ^d

¹ 2번 반복 실험의 평균값
abc column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임
, 시료가 p=0.05, 0.01, 0.001 수준에서 유의적인 차이가 있음

⊕ pH와 총산도(Total titratable acidity)

- 미국산 DNS와 및 저장온도에 별 우리밀 밀가루의 반죽 및 식빵의 pH 측정결과는 표 3-4-38에 나타냄
- 제빵용으로 사용되는 DNS를 기준으로 pH와 총산도를 비교 분석한 결과, 반죽 직후의 pH는 DNS가 5.87 이었으며, 저장온도에 따른 밀가루(5.88~6.02)보다 약간 낮은 값을 나타내었음
- 1차 발효의 경우 미국산 DNS와 저장온도에 따른 밀가루 반죽 모두 pH 5.41~5.44 로 유사한 경향을 나타내었으나, 2차 발효 후 pH는 국내산과 SWW 모두 수입산 반죽에 비해 pH가 매우 낮았음. 미국산 DNS와 저장온도에 따른 밀가루의 1차 발효 및 2차 발효까지는 pH 가 감소하다가 오븐에서 굽기 완료 후 pH는 다소 증가하였음

표 3-4-38. 저장온도에 따른 반죽 및 제품의 pH 및 산도

구분	Dough ¹		1 st fermentation ¹		2 nd fermentation ¹		Bread ¹	
	pH ^{**}	산도 ^{***}	pH ^{**}	산도 ^{**}	pH [*]	산도 ^{***}	pH ^{**}	산도 ^{**}
DNS	5.87 ^a	2.8 ^c	5.41 ^a	4.1 ^a	5.31 ^a	4.2 ^b	5.51 ^b	2.5 ^a
10℃	6.00 ^b	2.1 ^a	5.41 ^a	4.4 ^b	5.27 ^a	4.4 ^d	5.46 ^a	3.0 ^c
20℃	6.02 ^b	2.3 ^b	5.44 ^a	4.2 ^a	5.35 ^a	4.3 ^c	5.50 ^b	2.8 ^b
30℃	5.92 ^a	2.7 ^c	5.41 ^a	4.1 ^a	5.26 ^a	4.5 ^e	5.44 ^a	3.0 ^c
40℃	5.88 ^a	2.8 ^c	5.44 ^a	4 ^a	5.32 ^a	4.0 ^a	5.49 ^b	2.9 ^{bc}

¹ 2번 반복 실험의 평균값
abc column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임
, 시료가 p=0.05, 0.01, 0.001 수준에서 유의적인 차이가 있음

㊤ 비용적 측정 및 외관

○ 미국산 DNS와 저장온도에 따른 우리밀 밀가루 식빵의 비용적을 측정한 결과는 표 3-4-39에 나타내었으며 외관 사진은 그림 3-4-13에 나타냄

- 본 실험에서는 제빵용으로 사용되는 대표적인 수입산 DNS 식빵을 기준으로 비용적을 비교분석한 결과, 10°C에서 저장 후 제분된 밀가루의 비용적이 높게 나타났으며, 40°C에서 저장된 후 제분된 밀가루의 비용적이 가장 낮았음

- 일반적으로 저장온도가 높을수록 농산물의 호흡속도가 증가하고 품질이 빠르게 나빠지므로 저장력 향상을 위해서는 저온 유지가 중요함을 보고한 연구결과와 유사하였음(최정희 외, 2013)

표 3-4-39. 저장온도에 따른 식빵의 비용적 비교

Samples	SLV (Specific Loaf Volume) (ml/g) ^{1***}
Control(DNS)	4.57 ^d
10°C	4.47 ^c
20°C	4.46 ^c
30°C	4.35 ^b
40°C	3.71 ^a

¹ 2번 반복 실험의 평균값
abc column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임
*** 시료가 p=0.001 수준에서 유의적인 차이가 있음

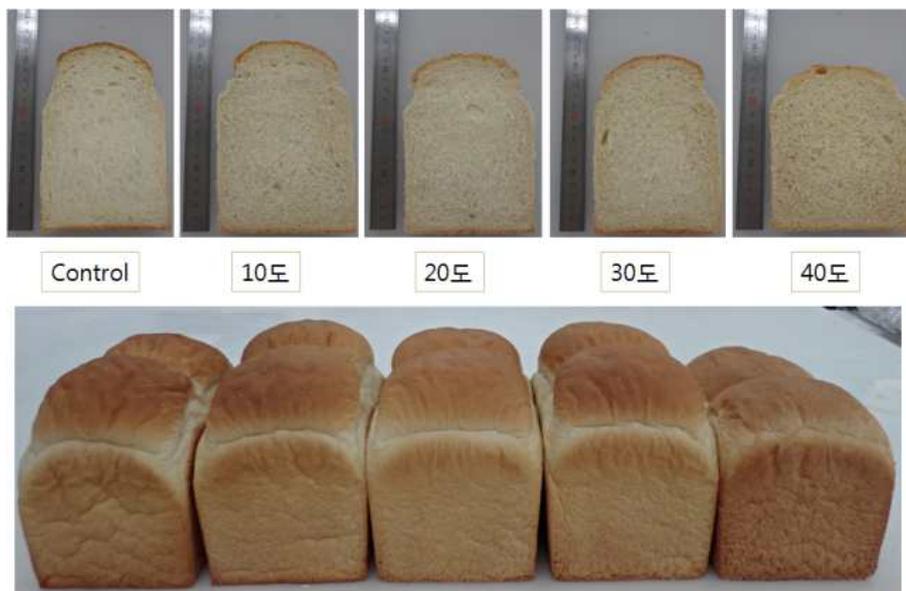


그림 3-4-13. 저장온도에 따른 식빵의 제품 사진

㉔ 색도 측정

- 미국산 DNS와 저장온도에 따른 우리밀 밀가루 식빵의 색도를 측정한 결과는 표 3-4-40에 나타내었음
- 색도는 제빵용으로 사용되는 대표적인 수입산 DNS 식빵을 기준으로 비교한 결과, 명도인 L 값은 제빵용으로 사용되는 DNS와 10℃에서 저장된 밀가루로 제조한 식빵에서 높은 값을 나타냈으며, 특히 저장온도 40℃의 밀가루로 사용된 식빵이 가장 낮았음

표 3-4-40. 수입산과 국내산 식빵의 색도 비교

구 분	Crumb color ¹		
	L* (lightness) ^{***}	a* (redness) ^{***}	b* (yellowness) ^{***}
Control(DNS)	78.7 ^e	2.47 ^d	11.5 ^a
10℃	77.6 ^d	2.02 ^c	13.1 ^c
20℃	75.4 ^c	1.86 ^b	12.7 ^b
30℃	74.2 ^b	1.93 ^{bc}	12.5 ^b
40℃	70.6 ^a	1.70 ^a	14.7 ^d

¹ 2번 반복 실험의 평균값
abc column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임
*** 시료가 p=0.001 수준에서 유의적인 차이가 있음

㉕ 식빵의 조직감

- 원뿔을 저온저장한 후 제분한 미국산 DNS와 우리밀밀가루 식빵의 조직감은 제조 후 각각 1, 3, 5, 7일 마다 식빵의 경도를 측정하여 그림 3-4-14에 나타내었음
- 제조 후 식빵의 저장기간이 지날수록 식빵의 경도가 증가하는 경향이 나타났음. DNS 식빵 저장 1일차 경도는 1,466 g force, 저장 7일차에는 1,982 g force로 다소 증가하였으며, 10℃에 저장된 우리밀 식빵의 경도 또한 저장 1일차에는 1,5581 g force, 저장 7일차에는 2,014 g force 로 증가하였으며, 컨트롤 DNS와 유사한 결과를 나타냄. 이는 저온 저장이 우리밀 식빵의 노화 억제 효과가 있음을 확인함
- 전반적으로 저온보다는 고온에 저장한 밀가루로 식빵을 제조하였을 때 식빵의 경도가 높게 나타나는 경향이 있었음

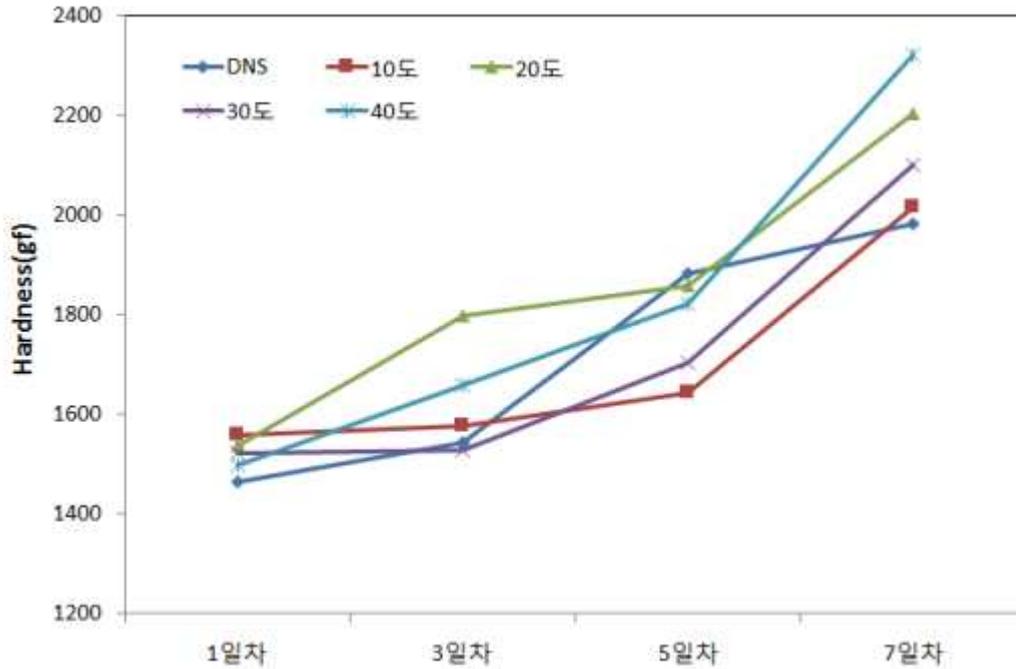


그림 3-4-14. 저장온도에 따른 경도 비교

㉞ SEM 관찰을 통한 반죽의 특성

○ 미국산 DNS와 저장온도에 따른 우리밀밀가루 식빵의 반죽 직후의 구조는 그림 3-4-15와 같음

- 반죽 직후의 구조는 전체적으로 재료들이 조밀하게 분포되어 있음. 1 차 발효 후 반죽의 구조는 전체적으로 배열이 잘 어우러져 있으며, 기공의 모양도 완만하고 부드러운 형태를 나타냄
- 저온저장일수록 작은 크기의 기공이 많이 조밀하게 분포되어 있으며, 고온 저장일수록 크기가 큰 기공의 수가 많이 나타냄. 그러나 비교군인 DNS의 기공은 저온저장이 아님에도 불구하고 저온저장의 기공과 유사한 배열 및 크기를 나타냄

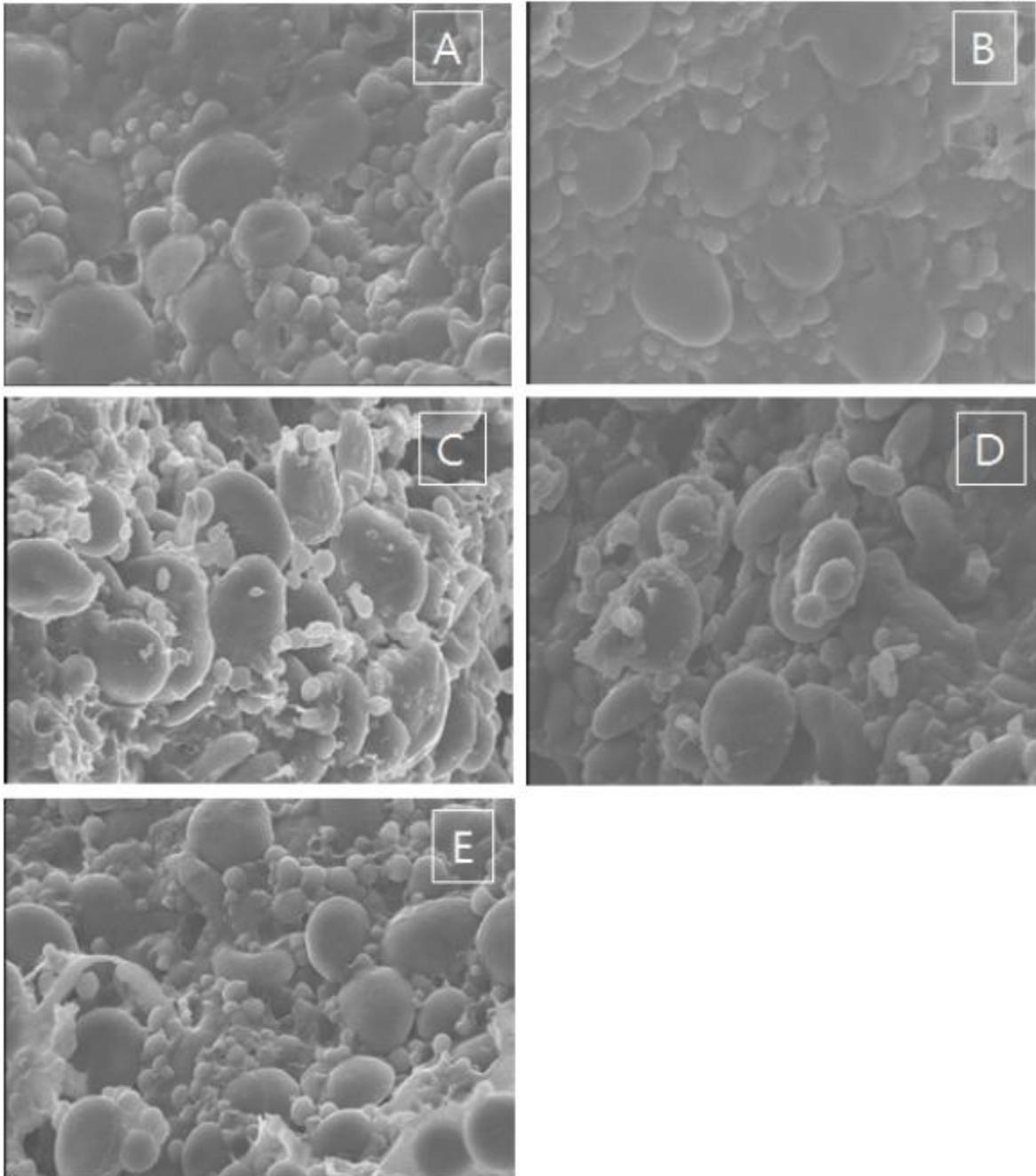


그림 3-4-15. SEM(Scanning electron microscope)에 의한 저장온도에 따른 식빵의 반죽 직후 단면의 미세 구조 관찰 ($\times 1000$ 배율)(A: 10°C; B: 20°C; C: 30°C; D: 40°C; E: DNS)

(3) 2차년도 실험 요약

- 본 연구에서는 가)밀가루의 고전압 처리 효과에 따른 밀가루의 일반성분 및 물성 특성을 분석하고 이를 식빵, 스펀지케이크, 쿠키로 제조하여 고전압 처리 효과 등에 대해 분석 하고 나)밀의 저장 온도에 따른 제분 밀가루의 일반성분 및 식빵을 제조하여 이를 분석하였음
- 밀가루의 고전압 처리 효과에 관한 연구에서는 식빵의 경도는 고전압 처리군이 고전압 미처리군보다 시간이 경과할수록 낮은 값을 나타내었음. 이는 미국산 DNS 식빵 저장 1일차 경도 1,078 g force, 저장 7일에 1,452 g force 를 나타낸 값과 유사한 값(1,648 g force)을 나타내었으며 고전압처리가 저장기간에 영향을 미친 것으로 판단됨
 - 미국산 SWW 와 CJ 우리밀 비교군 및 고전압 처리군의 스펀지케이크 조직감은 각각 1, 3, 5, 7일 경도를 측정된 결과, 미국산 SWW 와 CJ 밀가루 비교군의 경도가 낮게 나타났으며, 고전압 처리군은 12시간 처리된 스펀지케이크의 경도가 가장 높았음
 - 고전압처리를 한 밀가루를 통해 진행된 쿠키 제조 결과, 퍼짐성은 기존 사용된 SWW 밀가루에서 높은 값을 나타내었으며, 고전압처리 밀가루에서는 낮은 값을 나타내었음. 노화도 측정 역시 시간이 지날수록 고전압처리 밀가루로 제조한 쿠키가 더 단단하였음
 - 고전압 처리로 인한 전처리 공정 후 식빵, 스펀지케이크, 쿠키에 적용하여 실험한 결과, 식빵의 저장기간에 유효한 값을 나타내었음
- 밀의 저장온도에 따른 밀가루의 특성 및 제빵 적성 관련 연구에서는 미국산 DNS와 우리밀 밀가루 식빵의 조직감에 대하여 각각 제조 후 1, 3, 5, 7일차에 경도를 측정된 결과, 10℃에 저장된 우리밀 식빵의 경도가 저장 1일에 1,558 g force, 저장 7일에 2,014 g force 을 나타내어 고온에 저장하여 제조한 제품보다 낮았음
 - 미국산 DNS와 저장온도에 따른 우리밀밀가루 식빵의 반죽 직후의 구조는 전체적으로 재료들이 조밀하게 분포되어 있음. 저온저장일수록 작은 크기의 기공이 많이 조밀하게 분포되어 있으며, 고온 저장일수록 크기가 큰 기공의 수가 많게 나타냄. 비교군인 DNS 의 기공은 저온저장이 아님에도 불구하고 저온저장의 기공과 유사한 배열 및 크기를 나타내었으며, 이는 제빵 제조용 우리밀 사용 시 저온저장을 통한 제품적용을 고려하고자 함

3. 우리밀 전처리공정에 따른 제빵 적성 향상 가공기술개발

가. 전처리에 의한 밀가루 및 제빵 제조 물성 비교

(1) 실험 재료 및 방법

(가) 사용 원료

- 고전압처리 조건에서 조경밀 원맥의 템퍼링 수분을 14%, 16%, 18%, 20% 로 하여 분쇄된 각각의 맥분을 주관기관인 한국식품연구원의 제 1세부과제로부터 공급받아 식빵용 맥분 DNS(Dark northern spring winter wheat) 를 비교군으로 사용하여 식빵을 제조하여 물성을 비교 분석하였음
- Transglutaminase(TG) 0.01%, 0.05%, 0.1%, 0.5%, 1% 의 총 5점의 맥분을 주관기관인 한국식품연구원의 제 1세부과제로부터 공급받아 식빵을 제조하여 물성을 비교 분석하였음
- 오존처리 30%, 50%, 70%, 90% 의 총 4점의 맥분을 주관기관인 한국식품연구원의 제 1세부과제로부터 공급받아 식빵을 제조하여 물성을 비교 분석하였음
- Transglutaminase(TG), Hemicellulase(HC), L-Ascorbic acid(L-AA)의 혼합처리 총 15점 맥분을 주관기관인 한국식품연구원의 제 1세부과제로부터 공급받아 식빵을 제조하여 물성을 비교 분석하였음
- 제분 획분 조합을 이용한 제빵 실험은 2015년산 금강 청밀 전밀가루를 주관기관인 한국식품연구원의 제 1세부과제로부터 공급받아 5%, 7%, 10%, 15% 함량으로 혼합 후 식빵 및 쿠키를 제조하여 물성을 비교 분석하였음

(나) 분석 방법

- 일반성분 (수분, 단백질, 회분, 입도, 손상전분, 색도) 는 1차년도 실험 방법과 동일하게 측정하였음
- 2차 물성 (farinogram, amylogram, extensogram) 은 1차년도 실험 방법과 동일하게 측정하였음
- 제빵 및 제과 (식빵, 스펀지 케이크, 쿠키) 는 1차년도 실험 방법과 동일하게 측정하였음
- 제품의 품질분석 (pH, 산도, 비용적, 조직감, 퍼짐성) 은 1차년도 실험 방법과 동일하게 수행하였음
- 사용 효소로는 Transglutaminase (TG), Hemicellulase (HC)와 산화제로써 L-ascorbic acid (L-AA) 이며, 사용 농도 및 처리군은 각각 표 3-4-41, 표 3-4-42 와 같음

표 3-4-41. TG 와 HC 및 L-AA 의 농도 구분

Variables	Coded level	Con. (%)
Transglutaminase (TG)	-1	0
	0	0.1
	1	0.5
Hemicellulase (HC)	-1	0
	0	0.01
	1	0.05
L-ascorbic acid (L-AA)	-1	0
	0	0.005
	1	0.025

표 3-4-42. TG 와 HC 및 L-AA 의 처리군

Treatment no.	Coded level		
	TG	HC	L-AA
1	1	1	0
2	-1	1	0
3	1	-1	0
4	-1	-1	0
5	0	1	1
6	0	1	-1
7	0	-1	1
8	0	-1	-1
9	1	0	1
10	1	0	-1
11	-1	0	1
12	-1	0	-1
13	0	0	0
14	0	0	0
15	0	0	0

(1) 실험 결과

(가) 고전압처리 밀가루와 비교군의 식빵 적성 비교 분석

① pH 와 총 산도 (Total titratable acidity)

○ 미국산 DNS와 조경밀 밀가루 고전압처리군 및 비처리군 반죽 및 식빵 pH를 측정한 결과는 표 3-4-43 에 나타내었음

- 반죽 pH는 템퍼링 수분과 상관없이 고전압 처리군이 비 처리군보다 낮은 값을 나타내었으나, 유의적인 차이는 없음. 1차와 2차 발효 및 제품에서 pH는 DNS와 고전압 처리군 및 비 처리군과의 유의적인 차이 없으며, 템퍼링 수분 차이는 pH 값에 영향을 주지 못한 것으로 판단됨

표 3-4-43. 고전압처리 식빵의 pH 및 산도

구분	Dough ¹		1st fermentation ¹		2nd fermentation ¹		Bread ¹	
	pH ^{***}	산도 ^{***}	pH ^{**}	산도 ^{***}	pH ^{***}	산도 ^{***}	pH ^{***}	산도 ^{***}
DNS	5.93 ^d	2.0 ^a	5.46 ^b	3.2 ^a	5.37 ^d	3.4 ^b	5.67 ^a	2.9 ^c
Control 14%	5.81 ^c	2.5 ^b	5.46 ^b	3.4 ^{bcd}	5.26 ^{bc}	3.8 ^{bcd}	5.70 ^b	2.5 ^{ab}
고전압 14%	5.74 ^b	2.6 ^b	5.46 ^b	3.7 ^{de}	5.28 ^{bc}	3.8 ^d	5.72 ^a	2.3 ^a
Control 16%	5.70 ^b	3.1 ^c	5.45 ^b	3.7 ^e	5.24 ^{bc}	4.1 ^e	5.67 ^a	2.6 ^b
고전압 16%	5.62 ^a	3.2 ^c	5.42 ^b	3.7 ^{de}	5.29 ^c	5.3 ^f	5.70 ^a	2.5 ^b
Control 18%	6.08 ^e	1.9 ^a	5.49 ^b	3.3 ^{ab}	5.24 ^{bc}	3.7 ^{cd}	5.66 ^a	2.6 ^b
고전압 18%	5.73 ^b	2.5 ^b	5.27 ^a	3.5 ^{cde}	5.20 ^b	3.2 ^a	5.66 ^a	2.4 ^{ab}
Control 20%	5.91 ^d	2.6 ^b	5.31 ^a	3.3 ^{abc}	5.25 ^{bc}	3.6 ^b	5.68 ^a	2.4 ^{ab}
고전압 20%	5.82 ^c	2.7 ^b	5.31 ^a	3.6 ^{cde}	5.16 ^a	3.5 ^{bc}	5.70 ^a	2.2 ^a

¹ 2번 반복 실험의 평균값

abc column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임

,* 시료가 p=0.001, 0.001 수준에서 유의적인 차이가 있음

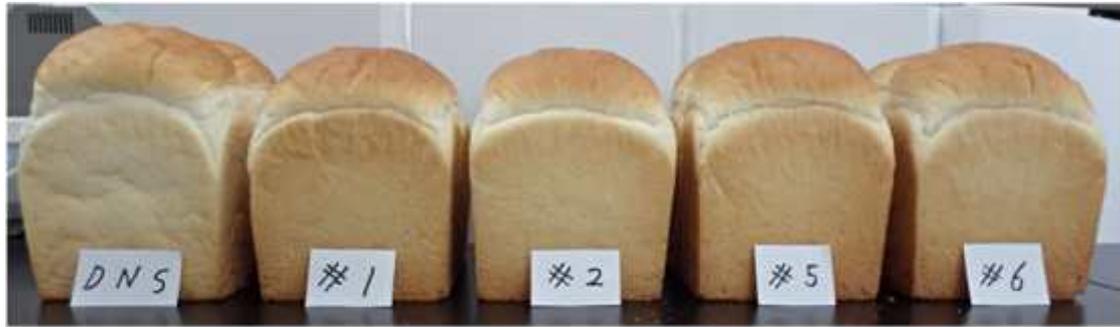
② 비용적 측정 및 외관

- 미국산 DNS와 조경밀 밀가루 고전압 처리/비처리 군의 비용적을 측정한 결과는 표 3-4-44와 같음
- 템퍼링 수분이 16%인 고전압 처리군 및 비 처리군에서 비용적이 높게 나타났음
- 고전압 처리군과 비 처리군을 비교한 결과, 템퍼링 14% 인 고전압 처리 및 비처리군을 제외하고 모든 조건에서 고전압 처리군이 비 처리군보다 비용적이 높게 나타남
- 미국산 DNS와 조경밀 밀가루 고전압 처리군 및 비 처리군의 식빵 외관 사진은 그림 3-4-16과 같음

표 3-4-44. 고전압처리 비용적 비교

	무게(g) ^{1***}	부피(ml) ^{1***}	비용적(ml/g) ^{1***}
DNS	502 ^a	2368 ^b	4.71 ^e
Control 14%	520 ^c	2375 ^b	4.56 ^b
고전압 14%	525 ^d	2370 ^b	4.50 ^a
Control 16%	527 ^d	2503 ^f	4.74 ^f
고전압 16%	524 ^d	2500 ^f	4.76 ^f
Control 18%	520 ^c	2393 ^d	4.60 ^c
고전압 18%	508 ^b	2385 ^c	4.69 ^{de}
Control 20%	508 ^b	2329 ^a	4.58 ^c
고전압 20%	518 ^c	2424 ^e	4.68 ^d

¹ 2번 반복 실험의 평균값
abc column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임
*** 시료가 p=0.001, 0.001 수준에서 유의적인 차이가 있음



DNS Control 14% Control 16% 고전압 14% 고전압 16%



DNS Control 18% Control 20% 고전압 18% 고전압 20%

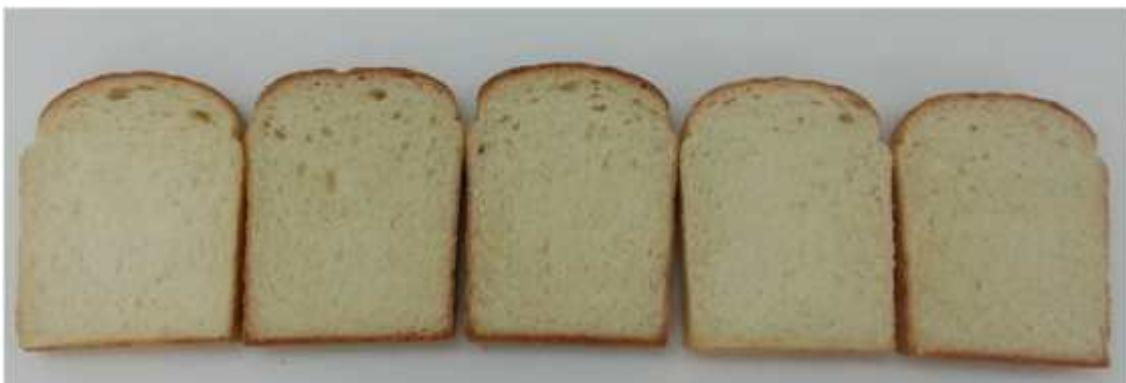


그림 3-4-16. 고전압처리 식빵 제품 내상 사진

③ 색도 측정

- 미국산 DNS와 조경밀 밀가루 고전압처리군 및 비처리군의 색도 측정한 결과는 표 3-4-45와 같음
- 미국산 DNS 제품의 백도가 우리밀 백도보다 높은 값을 나타냄. 템퍼링 수분이 18%, 20% 제품에서 L(명도)값은 고전압 처리 유무와 상관없이 낮았음
- a값은 14%, 16% tempering 시 낮았으며, b값은 18%, 20% tempering 시 낮았음

표 3-4-45. 고전압처리 식빵 제품의 색도

Sample	Crumb color ¹		
	L* (lightness) ^{***}	a*(redness) ^{***}	b* (yellowness) ^{***}
DNS	84.8 ^g	-1.53 ^b	14.3 ^d
Control 14%	82.5 ^f	-1.19 ^g	14.4 ^d
고전압 14%	80.2 ^e	-1.03 ^h	15.1 ^f
Control 16%	82.6 ^f	-1.29 ^e	16.0 ^g
고전압 16%	82.5 ^f	-1.21 ^g	14.9 ^e
Control 18%	72.3 ^a	-1.25 ^f	10.5 ^a
고전압 18%	78.2 ^d	-1.57 ^a	12.4 ^c
Control 20%	75.0 ^b	-1.39 ^d	12.5 ^c
고전압 20%	75.4 ^c	-1.43 ^c	11.3 ^b

¹ 2번 반복 실험의 평균값
abc column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임
*** 시료가 p=0.001 수준에서 유의적인 차이가 있음

④ 식빵의 경도 측정

- 미국산 DNS와 조경밀 밀가루 고전압 처리군 및 비 처리군의 식빵은 제조 후 1, 3, 5일 후에 경도를 측정하여 그림 3-4-17에 나타냄
- 고전압 처리군과 비 처리군 식빵의 경도를 1일차부터 5일차까지 비교한 결과, 고전압 처리군이 비 처리군에 비해 노화가 지연됨을 나타냄. 그러나 미국산 DNS의 제품과 경도 변화를 비교한 결과, 경도는 고전압 처리군 및 비 처리군이 DNS 제품에 비해 모두 높은 값을 나타냄

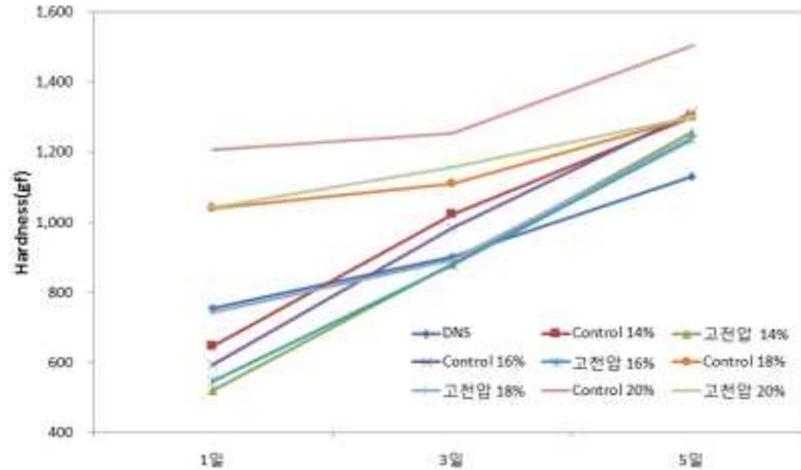


그림 3-4-17. 고전압처리 제품에 대한 시간의 변화에 따른 경도 비교

(나) Transglutaminase (TG) 처리 밀가루 물성 및 식빵 적성 비교 분석

① 밀가루 일반성분

○ TG 농도 처리군의 밀가루 수분 등의 일반성분은 표 3-4-46에 나타내었음

- TG 농도 처리군의 밀가루 수분 및 회분은 유의적인 차이가 없음. 반면 단백질의 함량은 컨트롤 군에 비해 TG 처리군이 8.72%로 낮은 값을 나타냄
- 입도 값은 컨트롤 군(64.6 μm)에 비해 62.7 μm로 낮은 값을 나타냄

표 3-4-46. TG 처리 맥분의 일반성분

Sample	수분(%)	회분(%) ^{1*}	단백질(%) ^{1***}	손상전분 (AACC) ^{1***}	입도(μm)
Control	14.3 ^a	0.43 ^{ab}	8.91 ^d	6.53 ^b	64.6 ^a
0.01%	14.2 ^a	0.43 ^b	8.81 ^c	6.47 ^a	63.6 ^a
0.05%	14.3 ^a	0.43 ^{ab}	8.70 ^a	6.51 ^{ab}	63.0 ^a
0.1%	14.3 ^a	0.42 ^{ab}	8.74 ^{ab}	6.51 ^b	63.0 ^a
0.5%	14.1 ^a	0.43 ^a	8.73 ^b	6.53 ^{ab}	62.6 ^a
1%	14.1 ^a	0.42 ^{ab}	8.72 ^{ab}	6.66 ^c	62.7 ^a

¹ 2번 반복 실험의 평균값
abc column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임
*** 시료가 p=0.05, 0.001 수준에서 유의적인 차이가 있음

② 밀가루 2차 물성 파리노그램 비교

○ TG 첨가 맥분과 컨트롤 군과의 2차 물성 파리노그램은 표 3-4-47에 나타내었음

- TG 컨트롤 맥분과 비교한 결과 흡수율은 58~60.4 %로 큰 유의적인 차이는 없으며, TG가 1% 첨가된 맥분의 안정도가 컨트롤군 5.7분보다 10.8분으로 약 1.9배 길게 나타남

표 3-4-47. TG 처리 맥분의 파리노그램

Sample	Water absorption (%)	Dough development time (min)	Stability (min)	Weakness (BU)
Control	58.0	1.9	5.7	61
0.01%	60.6	1.0	2.2	89
0.05%	58.6	2.0	5.8	51
0.1%	60.4	1.0	2.5	81
0.5%	60.5	1.0	2.6	82
1%	58.3	1.7	10.8	25

③ 밀가루 2차물성 아밀로그래프 비교

○ TG 첨가 맥분과 컨트롤 군과의 2차 물성 아밀로그래프 값은 표 3-4-48과 같음

- TG 컨트롤 맥분과 비교한 결과 호화온도는 큰 변화가 없으나, 호화도는 TG가 1 % 첨가된 맥분에서 컨트롤군 120 BU 보다 높은 205 BU 를 나타냄

표 3-4-48. TG 처리 맥분의 아밀로그래프

	Gelatinization temperature(°C)	Temperature of peak viscosity(°C)	Peak viscosity(BU)
Control	64.3	80.3	120
0.01%	63.9	79.6	129
0.05%	63.8	79.6	137
0.1%	64.1	79.1	120
0.5%	63.4	78.9	133
1%	62.1	78.5	205

④ 식빵 pH 와 총산도 (Total titratable acidity)

- TG 첨가에 따른 우리밀 밀가루의 반죽 및 식빵 pH를 측정한 결과는 표 3-4-49와 같음
- TG 첨가군과 컨트롤군은 초기 반죽, 1차 및 2차 반죽의 pH 변화가 유사한 경향을 나타냄. TG 첨가가 반죽 pH 에 영향을 미치지 않는 것으로 판단됨

표 3-4-49. TG 에 따른 반죽 및 제품의 pH 및 산도

구분	반죽 ¹		1차 ¹		2차 ¹		제품 ¹	
	pH ^{***}	산도 ^{**}	pH ^{**}	산도 ^{***}	pH ^{***}	산도 ^{**}	pH ^{**}	산도 [*]
Control	5.99 ^a	2.3 ^a	5.46 ^a	3.3 ^a	5.31 ^{bc}	3.2 ^a	5.26 ^a	3.5 ^a
0.01%	5.95 ^a	2.3 ^a	5.41 ^a	3.3 ^b	5.28 ^b	3.2 ^a	5.38 ^{ab}	3.5 ^a
0.05%	5.95 ^a	2.7 ^b	5.48 ^a	3.5 ^c	5.42 ^d	3.5 ^a	5.46 ^b	3.4 ^a
0.1%	5.96 ^c	2.6 ^b	5.56 ^a	3.1 ^b	5.35 ^b	3.3 ^b	5.46 ^{ab}	3.3 ^a
0.5%	6.12 ^a	2.6 ^b	5.46 ^a	3.6 ^a	5.29 ^c	3.8 ^a	5.37 ^b	3.3 ^a
1%	6.03 ^b	2.6 ^b	5.57 ^a	3.5 ^b	5.21 ^a	3.4 ^a	5.54 ^c	3.0 ^a

¹ 2번 반복 실험의 평균값
abc column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임
***, ** 시료가 p=0.05, 0.001, 0.001 수준에서 유의적인 차이가 있음

⑤ 비용적 측정 및 외관

- TG 첨가에 따른 우리밀 밀가루의 반죽 및 식빵 비용적을 측정한 결과는 표 3-4-50 에 나타내었으며, 외관사진은 그림 4-18과 같음
- TG 를 0.01%에서 0.1% 첨가한 식빵과 컨트롤군 식빵과의 비용적 차이는 나타나지 않았으나, 1.0% 이상 첨가될 경우 비용적이 현저히 감소하는 경향을 나타냄. 0.5 % 첨가군의 비용적은 실험상 오차로 판단되어 데이터 입력하지 않았음

표 3-4-50. TG에 따른 식빵의 비용적 비교

	Volume (ml) ^{1***}	Weight (g)	Specific Volume (ml/g) ^{1***}
Control	2179 ^d	515 ^a	4.24 ^b
0.01%	2143 ^b	506 ^a	4.24 ^b
0.05%	2161 ^c	514 ^a	4.22 ^b
0.1%	2231 ^d	523 ^a	4.27 ^b
0.5%	-	-	-
1.0%	1902 ^a	522 ^a	3.65 ^a

¹ 2번 반복 실험의 평균값
abc column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임
*** 시료가 p=0.001 수준에서 유의적인 차이가 있음



DNS TG Control TG 0.01% TG 0.05% TG 0.1% TG 0.5% TG 1%

그림 3-4-18 TG 에 따른 식빵의 제품 사진

⑥ 색도 측정

○ TG 함량에 따른 식빵의 색도를 측정한 결과는 표 3-4-51과 같음

- TG 컨트롤 군에 비해 TG 0.5 % 이상 첨가된 군에서 L(명도)값이 낮게 나타냄
- a(+ 적색도/-녹색도)값은 컨트롤 군에 비해 다소 낮은 값을 나타내었으며, b(황색도)값은 0.5 % 첨가 군에서 높은 값을 나타냄

표 3-4-51. 수입산과 국내산 식빵의 색도 비교

구 분	Crumb color		
	L* (lightness) ^{1*}	a* (redness)	b* (yellowness)
Control	73.7 ^{ab}	1.75 ^a	9.46 ^a
0.01%	72.3 ^{ab}	1.69 ^a	9.70 ^a
0.05%	74.3 ^{ab}	1.80 ^a	9.74 ^a
0.10%	76.2 ^{ab}	1.74 ^a	9.08 ^a
0.50%	68.9 ^b	1.62 ^a	10.6 ^a
1%	69.3 ^a	1.57 ^a	9.39 ^a

¹ 2번 반복 실험의 평균값
abc column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임
* 시료가 p=0.05 수준에서 유의적인 차이가 있음

⑦ 식빵의 경도 측정

- TG 첨가 농도에 따른 우리밀 밀가루 식빵을 1, 3, 5, 7일 경도를 측정하여 그림 3-4-19에 나타냄
- TG 첨가 0.1%, 0.05%의 경도는 높은 값을 나타내어 노화속도가 빠르게 진행되었으며, 0.01%는 TG 컨트롤 식빵보다 낮은 값을 나타내어 노화 지연 효과를 나타냄

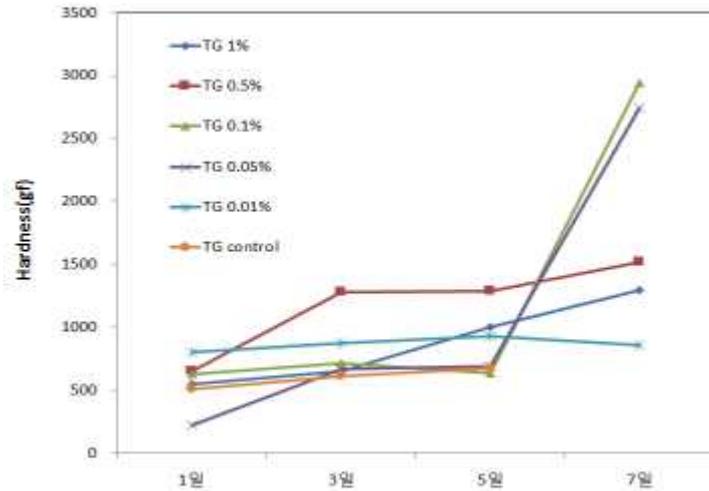


그림 3-4-19. TG 첨가 농도에 따른 경도 비교

(다) 오존 처리 밀가루 물성 및 식빵 적성 비교 분석

① 밀가루 일반성분

- 오존 30%, 50%, 70%, 90%¹⁾ 처리된 밀가루의 일반성분은 표 3-4-52와 같음
- 오존 처리군의 밀가루 수분, 회분, 단백질의 값은 유의적인 차이가 없으며, 이는 동일 맥분의 오존처리 밀가루 일반성분에 영향을 미치지 않는 것으로 판단됨

3-4-52. 수입산과 국내산 식빵의 색도 비교

Sample	수분(%) ^{1*}	회분(%) ^{1*}	단백질(%) ^{1*}	손상전분 (AACC) ^{1*}	입도(μm) ^{1**}
Control	14.4 ^a	0.43 ^a	8.87 ^a	6.37 ^{ab}	63.3 ^a
Ozone 30%	14.5 ^a	0.42 ^a	8.88 ^a	6.36 ^{ab}	65.5 ^c
Ozone 50%	14.9 ^a	0.42 ^a	8.85 ^a	6.26 ^a	64.5 ^a
Ozone 70%	14.4 ^a	0.40 ^a	8.83 ^{ab}	6.44 ^a	62.7 ^a
Ozone 90%	14.3 ^a	0.41 ^a	8.95 ^a	6.37 ^{ab}	63.4 ^a

¹ 2번 반복 실험의 평균값

abc column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임

*** 시료가 p=0.05, 0.01 수준에서 유의적인 차이가 있음

1) 오존가스 농도 30%=120ppm, 50%=1640ppm, 70%=2490ppm, 90%=2690ppm에 해당함

② 밀가루 2차 물성 파리노그램 비교

○ 오존 처리 밀가루와 컨트롤 군의 2차 물성 파리노그램은 표 3-4-53 에 나타내었음

- 오존 처리 밀가루와 비교한 결과 흡수율은 58.1~60.4 % 로 큰 유의적인 차이는 없으며, 오존 처리 밀가루는 50% 처리군에서 가장 낮은 1.7분을 나타내었고, 약화도 역시 높은 값을 나타냄

표 3-4-53. 오존 처리 맥분의 파리노그램

	Water absorption(%)	Dough development time(min)	Stability(min)	Weakness(BU)
Control	58.3	1.5	3.5	82
Ozone 30%	58.9	2.0	6.4	70
Ozone 50%	60.4	0.9	1.7	113
Ozone 70%	58.1	1.5	2.4	75
Ozone 90%	58.8	1.7	5.0	77

③ 밀가루 2차 물성 아밀로그램 비교

○ 오존 처리 밀가루와 컨트롤 군의 2차 물성 아밀로그램 값은 표 3-4-54와 같음

- 오존 처리 밀가루와 컨트롤 맥분을 비교한 결과 호화 온도와 최고 온도 및 호화도는 유의적인 차이가 없음. 이는 동일 맥분의 오존 처리로 인한 밀가루 적성에 영향을 주지 않는 것으로 판단됨

표 3-4-54. 오존 처리 맥분의 아밀로그램

	Gelatinization temperature(°C)	Temperature of peak viscosity(°C)	Peak viscosity (BU)
Control	63.6	80.0	138
Ozone 30%	63.8	80.9	132
Ozone 50%	64.1	81.3	135
Ozone 70%	63.5	80.4	137
Ozone 90%	63.3	80.4	135

④ pH 와 총산도 (Total titratable acidity)

- 오존 처리 밀가루와 컨트롤 군의 반죽 및 식빵 pH를 측정한 결과는 표 3-4-55와 같음
- 오존 처리 밀가루는 반죽부터 1차 및 2차의 pH 값이 컨트롤 군과 비교한 결과 낮은 값을 나타냄. 그러나 산도 값은 유사한 경향을 나타냄. 변화가 모든 제품 유사한 경향을 나타냄

표 3-4-55. 오존처리에 따른 반죽 및 제품의 pH 및 산도

구분	반죽 ¹		1차 ¹		2차 ¹		제품 ¹	
	pH	산도 ^{***}	pH [*]	산도 ^{**}	pH ^{**}	산도 [*]	pH [*]	산도 [*]
Control	6.07 ^a	2.2 ^a	5.57 ^a	3.7 ^b	5.48 ^b	3.2 ^b	5.54 ^a	3.3 ^a
Ozone 30%	5.84 ^a	2.6 ^b	5.44 ^a	3.8 ^b	5.35 ^a	3.1 ^a	5.37 ^a	3.5 ^a
Ozone 50%	5.77 ^a	3.3 ^c	5.47 ^a	3.4 ^a	5.33 ^a	3.4 ^b	5.4 ^a	3.5 ^a
Ozone 70%	5.62 ^a	3.8 ^d	5.45 ^a	3.2 ^a	5.31 ^a	3.5 ^b	5.32 ^a	3.4 ^a
Ozone 90%	5.68 ^a	3.6 ^c	5.64 ^a	3.2 ^a	5.35 ^a	3.2 ^b	5.41 ^a	3.4 ^a

¹ 2번 반복 실험의 평균값
abc column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임
, 시료가 p=0.05, 0.01, 0.001 수준에서 유의적인 차이가 있음

⑤ 비용적 측정 및 외관

- 오존처리에 따른 우리밀 밀가루의 반죽 및 식빵 비용적을 측정한 결과는 표 3-4-56과 같으며, 외관 사진은 그림 3-4-20에 나타냄
- 오존처리 및 컨트롤군의 비용적은 유의적인 차이가 나타나지 않았으나, 오존처리 하지 않은 컨트롤군 보다 볼륨이 높게 나타났음 오존처리 50% 된 제품에서 가장 높은 비용적 값을 나타냄
- 오존처리 맥분은 제빵 제조 과정 중 전 제품군에서 오존취가 남으로 인해 오존 전처리 공정 적용 시 오존취 제거 방법을 고려할 필요가 있다고 판단됨

표 3-4-56. 오존처리에 따른 식빵의 비용적 비교

	Volume (ml) ^{1**}	Weight (g) ¹	Specific Volume (ml/g) ¹
Control	2136 ^a	511 ^a	4.18 ^a
Ozone 30%	2223 ^c	510 ^a	4.36 ^a
Ozone 50%	2150 ^a	509 ^a	4.23 ^a
Ozone 70%	2193 ^b	514 ^a	4.27 ^a
Ozone 90%	2145 ^a	503 ^a	4.27 ^a

¹ 2번 반복 실험의 평균값
abc column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임
* 시료가 p=0.05 수준에서 유의적인 차이가 있음



그림 3-4-20. 오존처리에 따른 식빵의 제품 사진

⑥ 색도 측정

- 오존 처리 농도에 따른 식빵의 색도를 측정한 결과는 표 3-4-57과 같음
- 오존 처리 및 컨트롤 군의 색도는 L 값, a(+ 적색도/-녹색도)값, b(황색도)값의 유의적인 차이는 없음
- 이는 오존처리가 제품 색도에 영향을 주지 않는 것으로 판단됨

표 3-4-57. 오존 처리 식빵의 색도 비교

구 분	Crumb color ¹		
	L* (lightness)	a* (redness)	b* (yellowness)
Control	74.0 ^a	1.94 ^a	9.26 ^a
Ozone 30%	72.3 ^a	1.66 ^a	9.11 ^a
Ozone 50%	74.6 ^a	1.72 ^a	9.00 ^a
Ozone 70%	74.7 ^a	1.98 ^a	9.61 ^a
Ozone 90%	73.2 ^a	1.78 ^a	9.41 ^a

¹ 2번 반복 실험의 평균값

⑦ 식빵의 경도 측정

- 오존 처리 및 컨트롤군의 식빵 조직감은 각각 1, 3, 5, 7일 경도를 측정하여 그림 3-4-21에 나타냄
- 오존 30 %, 70 %, 90 % 처리 밀가루는 컨트롤 군에 비해 높은 경도 값을 나타내어 노화속도가 빠르게 진행되었지만, 오존 50% 처리 밀가루의 경도는 컨트롤 군보다 경도 값이 낮았으며, 이는 노화 지연 효과를 나타낸 것으로 판단됨

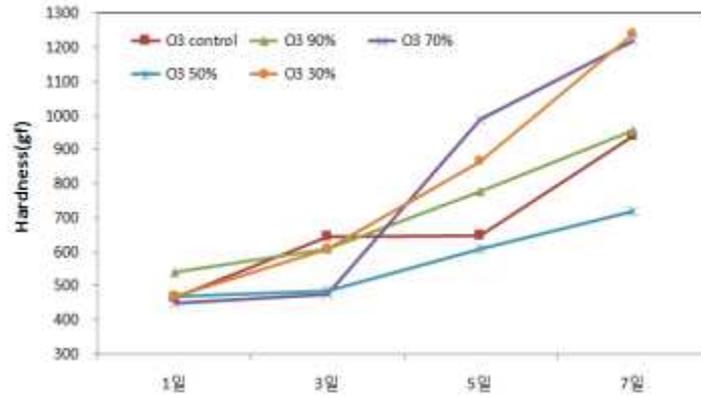


그림 3-4-21. 오존처리에 따른 경도 비교

(라) 효소 및 산화제 혼합제품 밀가루와 비교군의 식빵 적성 비교 분석

① 밀가루 일반성분

○ 효소 및 산화제 혼합 밀가루 일반성분은 표 3-4-58과 같음

- 효소 및 산화제 혼합 밀가루 수분 및 회분은 유의적인 차이가 없으나, 입도크기는 13번, 14번, 15번 혼합 처리군에서 낮은 값을 나타냄

표 3-4-58. TG 처리 맥분의 일반성분

Sample	수분 (%) ^{1*}	회분 (%) ¹	단백질 (%) ¹	손상전분(AACC) ¹	입도(μm) ^{1**}
1	14.2 ^a	0.44 ^a	8.61 ^{ab}	6.43 ^a	66.4 ^b
2	14.2 ^a	0.44 ^a	8.76 ^{ab}	6.42 ^a	66.5 ^b
3	14.4 ^a	0.44 ^a	8.74 ^{ab}	6.24 ^a	65.6 ^{ab}
4	14.8 ^a	0.45 ^a	8.66 ^{ab}	6.39 ^a	66.5 ^b
5	14.5 ^a	0.44 ^a	8.84 ^{ab}	6.31 ^a	63.4 ^a
6	14.7 ^a	0.44 ^a	8.92 ^b	6.23 ^a	63.5 ^a
7	14.5 ^a	0.44 ^a	8.92 ^{ab}	6.24 ^a	66.6 ^b
8	14.6 ^a	0.45 ^a	8.22 ^a	6.16 ^a	64.5 ^{ab}
9	14.6 ^a	0.45 ^a	8.89 ^{ab}	6.24 ^a	65.5 ^{ab}
10	14.7 ^a	0.44 ^a	8.83 ^{ab}	6.33 ^a	66.6 ^b
11	14.1 ^a	0.45 ^a	8.90 ^{ab}	6.22 ^a	64.5 ^{ab}
12	14.7 ^a	0.45 ^a	8.80 ^{ab}	6.24 ^a	65.6 ^{ab}
13	14.2 ^a	0.45 ^a	8.81 ^{ab}	6.39 ^a	64.5 ^{ab}
14	14.2 ^a	0.44 ^a	8.87 ^{ab}	6.36 ^a	64.7 ^{ab}
15	14.6 ^a	0.44 ^a	8.87 ^{ab}	6.31 ^a	64.6 ^{ab}

¹ 2번 반복 실험의 평균값

abc column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임

, 시료가 p=0.05, 0.01 수준에서 유의적인 차이가 있음

② 밀가루 2차 물성 파리노그램 비교

○ 효소 및 산화제 혼합 밀가루 군의 2차 물성 파리노그램은 표 3-4-59 에 나타내었음

- 효소 및 산화제 혼합 밀가루군의 흡수율은 57.8 ~ 58.8 % 유사한 값을 나타내었으며, 발전 시간 및 안정도 그리고 약화도 역시 유의적인 차이가 없음. 효소 및 산화제 처리로 인한 2차물성에 영향을 미치지 않는 것으로 판단됨

표 3-4-59. 효소 및 산화제 혼합 밀가루의 파리노그램

	Water absorption(%)	Dough development time(min)	Stability(min)	Weakness(BU)
1	58.2	1.5	3.9	78
2	58.5	1.8	5.3	82
3	58.2	2.0	6.0	60
4	58.3	1.8	5.2	72
5	57.9	1.9	3.1	80
6	58.5	1.5	3.2	80
7	58.8	2.3	7.2	45
8	58.3	2.2	5.8	64
9	57.8	1.7	3.4	66
10	58.3	1.8	5.4	71
11	58.2	1.8	5.1	78
12	58.5	2.0	4.8	80
13	58.2	1.8	5.8	74
14	58.0	1.9	5.9	68
15	58.5	2.0	4.2	74

③ 밀가루 2차물성 아밀로그래프 비교

○ 효소 및 산화제 혼합 밀가루 군의 2차 물성 아밀로그래프는 표 3-4-60에 나타내었음

- 효소 및 산화제 혼합 밀가루군의 호화온도, 최고온도 및 호화도는 모든 처리군에서 유사한 값을 나타내었으며, 이는 효소 및 산화제 처리로 인한 2차 물성은 영향을 미치지 않는 것으로 위에서 언급한 파리노그래프의 결과와 유사함

표 3-4-60. 효소 및 산화제 혼합 밀가루의 아밀로그래프

	Gelatinization temperature(°C)	Temperature of peak viscosity(°C)	Peak viscosity(BU)
1	64.6	79.9	132
2	64.5	81.0	124
3	64.0	80.6	131
4	63.8	80.4	131
5	64.8	80.1	121
6	64.1	80.1	125
7	64.1	80.5	128
8	63.4	80.3	138
9	63.1	80.1	141
10	63.6	81.0	138
11	63.8	81.0	127
12	63.8	80.1	136
13	64.1	80.4	134
14	64.5	81.0	132
15	64.0	80.0	127

④ pH와 총산도(Total titratable acidity)

○ 효소 및 산화제 혼합제품 밀가루의 반죽 및 식빵 pH를 측정한 결과는 표 3-4-61 에 나타냄

- 효소 및 산화제 혼합제품군의 반죽, 1차발효, 2차발효 및 제품에서 pH의 값은 유의적 차이가 없음
- 산도는 13번, 14번, 15번 혼합처리군에서 DNS 비교군과 유사한 값을 나타냄

표 3-4-61. 효소 및 산화제 혼합제품 밀가루에 따른 반죽 및 제품의 pH 및 산도

구분	반죽		1차		2차		제품	
	pH	산도	pH	산도	pH	산도	pH	산도
1	6.14	2.1	5.63	2.9	5.52	3.0	5.40	3.0
2	6.03	2.2	5.60	3.2	5.31	3.5	5.72	2.2
3	6.02	2.1	5.53	3.2	5.41	3.0	5.60	2.4
4	5.84	2.8	5.42	3.6	5.33	3.0	5.53	2.7
5	5.7	3.4	5.48	4.0	5.35	3.2	5.41	3.0
6	5.75	3.3	5.46	4.0	5.35	3.3	5.36	3.0
7	5.67	3.5	5.47	4.0	5.44	3.4	5.47	2.7
8	5.64	3.3	5.59	2.5	5.33	3.4	5.38	3.1
9	6.10	2.3	5.6	4.0	5.38	4.0	5.45	2.8
10	5.98	2.2	5.58	4.2	5.41	3.5	5.48	2.8
11	5.87	2.7	5.42	4.4	5.33	3.7	5.34	3.0
12	5.82	2.9	5.49	4.1	5.36	3.8	5.46	2.8
13	5.66	3.7	5.51	4.0	5.33	3.7	5.45	3.0
14	5.76	3.3	5.41	4.6	5.32	4.0	5.44	2.9
15	5.53	4.7	5.43	4.3	5.35	4.0	5.48	2.9
DNS	5.59	3.3	5.51	4.5	5.5	3.7	5.62	2.9

⑤ 비용적 측정 및 외관

- 효소 및 산화제 혼합처리 식빵 비용적을 측정한 결과는 표 3-4-62와 같으며, 외관사진은 그림 3-4-22에 나타냄
- 효소 및 산화제 혼합처리 식빵의 비용적은 11번 혼합처리군과 15번 혼합처리군에서 가장 높은 비용적값을 나타내었으며, 특히 15번 처리군에서는 DNS 비교군(4.43 ml/g)보다 높은 값(4.65 ml/g)을 나타냄. 2번 혼합 처리군은 비용적이 4.2 ml/g으로 가장 낮은 값을 나타냄

표 3-4-62. 효소 및 산화제 혼합제품 밀가루에 따른 식빵의 비용적 비교

	Volume (ml)	Weight (g)	Specific Volume (ml/g)
1	2270	508	4.47
2	2130	507	4.20
3	2201	511	4.31
4	2192	514	4.26
5	2208	511	4.32
6	2234	510	4.38
7	2122	506	4.20
8	2198	515	4.27
9	2319	511	4.55
10	2233	512	4.36
11	2331	502	4.64
12	2320	509	4.56
13	2271	510	4.45
14	2236	514	4.35
15	2380	512	4.65
DNS	2282	515	4.43

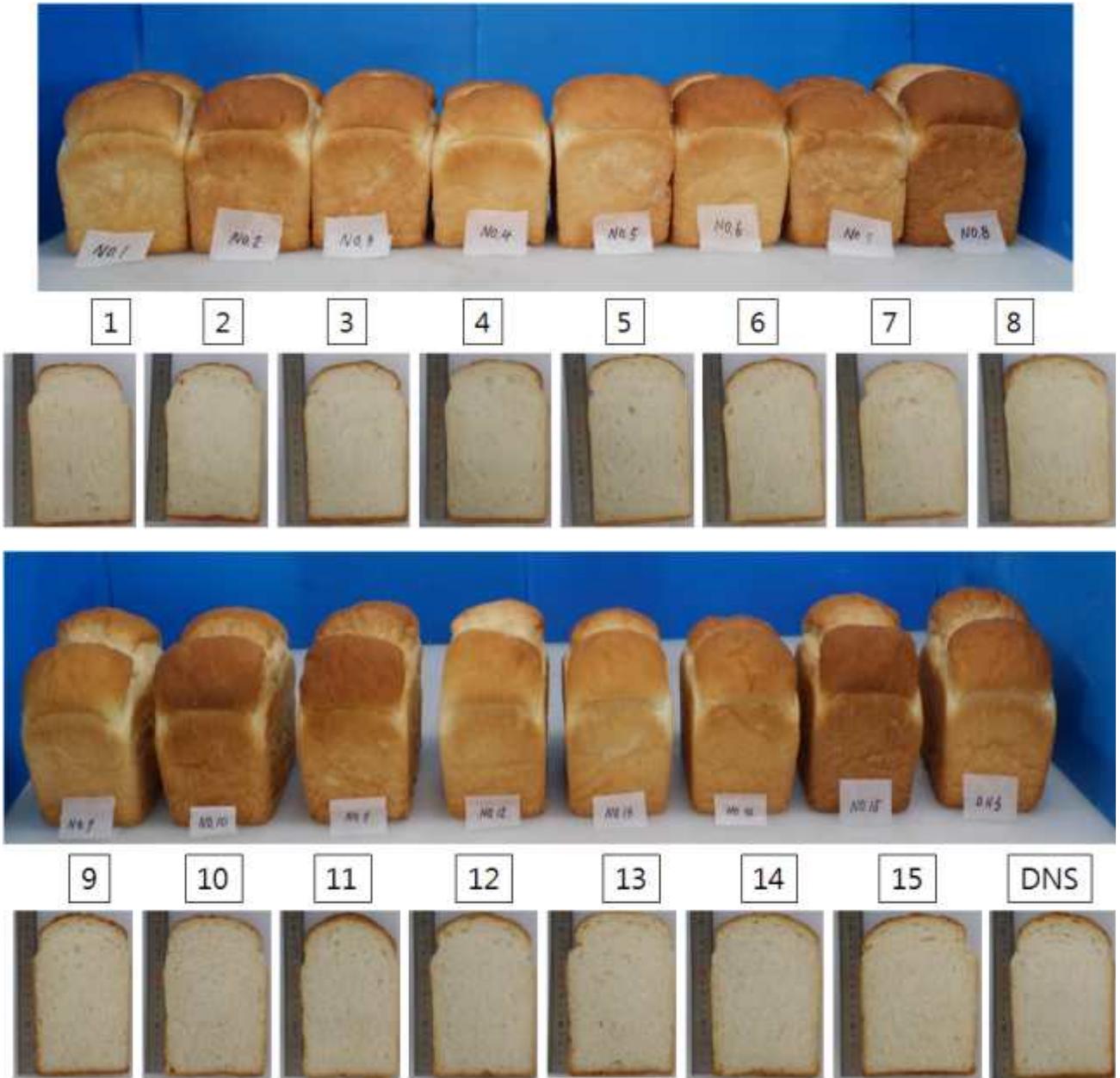


그림 3-4-22. 효소 및 산화제 혼합제품에 따른 식빵의 제품 사진

⑥ 색도 측정

○ 효소 및 산화제 혼합제품 식빵의 색도를 측정한 결과는 표 3-4-63과 같음

- 효소 및 산화제 혼합제품 식빵의 색도는 10번 혼합군에서 L(명도)값이 낮았으며, a(+ 적색도/-녹색도) 값은 5번 혼합군에서 가장 높게 나타남. 또한 15번 혼합군에서 b(황색도)값이 가장 높게 나타났으며, 혼합 처리로 인한 색도 영향은 크게 나타나지 않는 것으로 판단됨

표 3-4-63. 효소 및 산화제 혼합제품 식빵의 색도 비교

구분	Crumb color		
	L* (lightness)	a* (redness)	b* (yellowness)
1	83.1	1.89	15.1
2	84.2	1.92	14.7
3	83.2	1.95	14.9
4	82.8	1.94	14.8
5	83.2	2.07	14.3
6	83.0	1.85	14.7
7	82.4	1.94	14.7
8	82.4	1.94	14.9
9	82.4	1.75	14.0
10	82.1	1.79	15.1
11	80.5	1.85	15.9
12	82.0	1.94	15.2
13	82.1	1.85	15.0
14	80.4	1.86	14.2
15	82.0	2.02	15.7
DNS	84.3	1.72	15.0

⑦ 식빵의 경도변화

- 효소 및 산화제 혼합제품 식빵의 조직감은 각각 1, 3, 5, 7일 경도를 측정하여 그림 3-4-23과 같음
- 효소 및 산화제 혼합제품군 3번은 7일차 경도값이 가장 낮았으며, 1번 처리군에서 가장 높았음. 효소 처리군의 경도 변화는 데이터를 통한 분석이 어려워 보완 실험이 필요할 것으로 판단됨. 그러나 제빵적성은 13번~15번 혼합군이 DNS 와 유사하였음

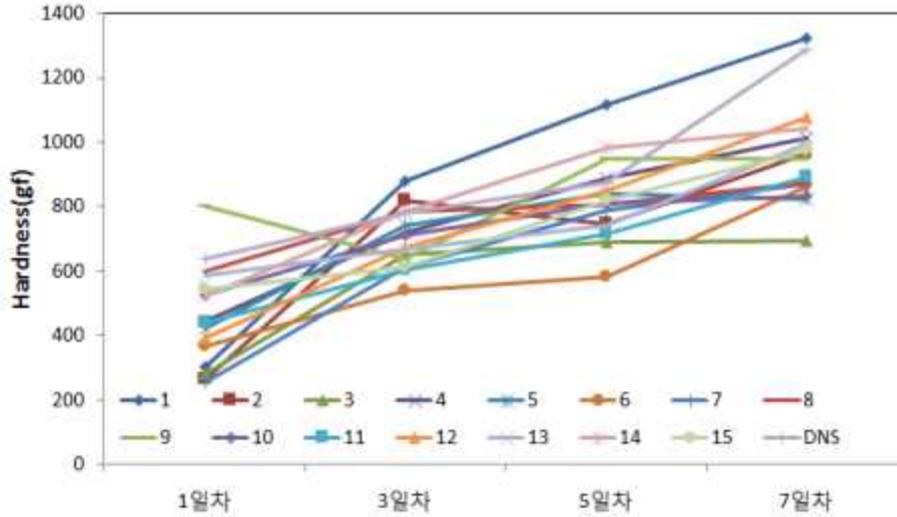


그림 3-4-23. 효소 및 산화제 혼합제품 식빵의 조직감에 따른 경도 비교

(마) 분획 첨가 밀가루 물성 및 식빵 적성 비교 분석

① 밀가루 일반성분

- 청밀 전밀가루 함유 밀가루 수분, 회분, 단백질 등의 일반성분은 표 3-4-64에 나타내었음
- 청밀 전밀가루는 입도가 185.1 μ m 이며, 회분이 1.49% 인 통밀가루로써, 미숙된 원맥을 제분한 결과 밀가루에서 꺾대를 뺐
- 분획별 함량 검토를 통한 제빵 검증을 위한 청밀 전밀가루 함량별 분석 맥분은 함량이 증가할수록 입도값은 높게 나타났으며, 회분 역시 높은 값을 나타냄

표 3-4-64. 청밀 전밀가루 분획별 밀가루의 일반성분

Sample	수분(%)	회분(%)	단백질(%)	손상전분 (AACC)	입도(μ m)
청밀 전밀가루	9.72	1.49	10.74	7.18	185
우리밀 Control	13.3	0.53	8.57	7.40	51.9
5%	13.3	0.57	8.60	7.61	53.7
7%	13.1	0.59	8.67	7.44	52.8
10%	13.1	0.62	8.76	7.39	54.5
15%	12.6	0.67	8.80	7.47	69.4

② 밀가루 2차 물성 파리노그램 비교

- 청밀 전밀가루 분획별 밀가루 파리노그램은 표 3-4-65와 같음
- 청밀 전밀가루 분획별 밀가루 흡수율은 청밀 전밀가루 15 %에서 61.6 %로 높은 값을 나타내었으며, 그 외 5%, 7%, 10% 는 컨트롤군과 유사한 값을 나타냄. 발전시간과 안정도 및 약화도는 큰 차이가 없었음

표 3-4-65. 청밀 전밀가루 분획별 밀가루의 파리노그램

	Water absorption(%)	Dough development time (min)	Stability(min)	Weakness(BU)
청밀 전밀가루	65.8	7.3	3.0	41
Control	60.6	1.8	5.9	60
5%	60.9	1.5	6.1	66
7%	60.9	1.5	6.1	69
10%	60.8	1.7	6.4	60
15%	61.6	1.9	5.7	79

③ 밀가루 2차물성 아밀로그램 비교

- 청밀 전밀가루 분획별 밀가루 아밀로그램은 표 3-4-66과 같음
- 청밀 전밀가루는 호화온도가 67.3℃이며, 호화도는 87 BU 로 낮은 값을 나타냄
- 분획별 함량에 따라 15%에서 호화도는 315 BU 로 가장 낮았으며, 이는 청밀 전밀가루 함량이 높을 수록 알파아밀라제 활성이 높은 것으로 판단됨. 알파 아밀라제 활성이 높으면 제빵적성에 영향을 미칠 것으로 판단됨

표 3-4-66. 청밀 전밀가루 분획별 밀가루의 아밀로그램

	Gelatinization temperature(℃)	Temperature of peak viscosity(℃)	Peak viscosity(BU)
청밀 전밀가루	67.3	77.8	87
Control	62.4	89.8	534
5%	64.1	90.5	432
7%	63.5	89.5	411
10%	63.1	88.4	366
15%	63.1	87.3	315

④ 식빵 pH와 총산도(Total titratable acidity)

- 청밀 전밀가루 분획별 반죽 및 식빵 pH를 측정한 결과는 표 3-4-67 에 나타냄
- 청밀 전밀가루 분획별 반죽 및 식빵 pH는 반죽, 1차 발효, 2차 발효 및 제품에서 pH의 값은 유의적 차이가 없으나, 산도가 반죽, 1차 발효, 2차 발효 모두 분획별 함량이 많을수록 높은 값을 나타냄

표 3-4-67. 청밀 전밀가루 분획별 식빵 제품의 pH 및 산도

구분	반죽 ¹		1차 ¹		2차 ¹		제품 ¹	
	pH ^{***}	산도 ^{***}	pH ^{***}	산도 ^{***}	pH	산도 ^{***}	pH ^{***}	산도 [*]
Control	6.01 ^b	2.3 ^a	5.95 ^d	2.7 ^a	5.55 ^a	4.2 ^b	5.74 ^d	3.0 ^a
5%	5.98 ^{ab}	3.4 ^b	5.55 ^a	4.7 ^b	5.60 ^a	4.1 ^a	5.66 ^b	3.2 ^a
7%	5.89 ^a	3.5 ^b	5.59 ^{ab}	4.5 ^b	5.49 ^a	4.5 ^d	5.62 ^a	3.0 ^a
10%	5.82 ^c	3.7 ^c	5.66 ^c	4.7 ^b	5.55 ^a	4.4 ^c	5.61 ^a	3.1 ^a
15%	5.88 ^a	3.9 ^d	5.51 ^b	5.8 ^c	5.47 ^a	5.4 ^e	5.63 ^c	3.4 ^b

¹ 2번 반복 실험의 평균값
abc column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임
*** 시료가 p=0.05, 0.001 수준에서 유의적인 차이가 있음

⑤ 식빵 비용적 측정 및 외관

○ 청밀 전밀가루 분획별 반죽 및 식빵 비용적을 측정한 결과는 표 3-4-68과 같음.

- 청밀 전밀가루 분획별 식빵 비용적은 분획함량이 많을수록 식빵 볼륨은 작아지며, 풍미 역시 풋내가 심하게 나타남
- 청밀 혼합비율에 따른 우리밀 식빵의 제품 사진은 그림 3-4-24와 같음.

표 3-4-68. 청밀 전밀가루 분획별 식빵의 비용적 비교

	Volume (ml) ^{1***}	Weight (g) ^{1*}	Specific Volume (ml/g) ¹
Control	2124 ^c	516 ^a	4.12 ^a
5%	1961 ^a	525 ^{ab}	3.73 ^a
7%	1980 ^b	533 ^b	3.71 ^a
10%	1978 ^b	531 ^b	3.72 ^a
15%	1976 ^b	533 ^b	3.70 ^a

¹ 2번 반복 실험의 평균값
abc column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임
*** 시료가 p=0.05, 0.001 수준에서 유의적인 차이가 있음

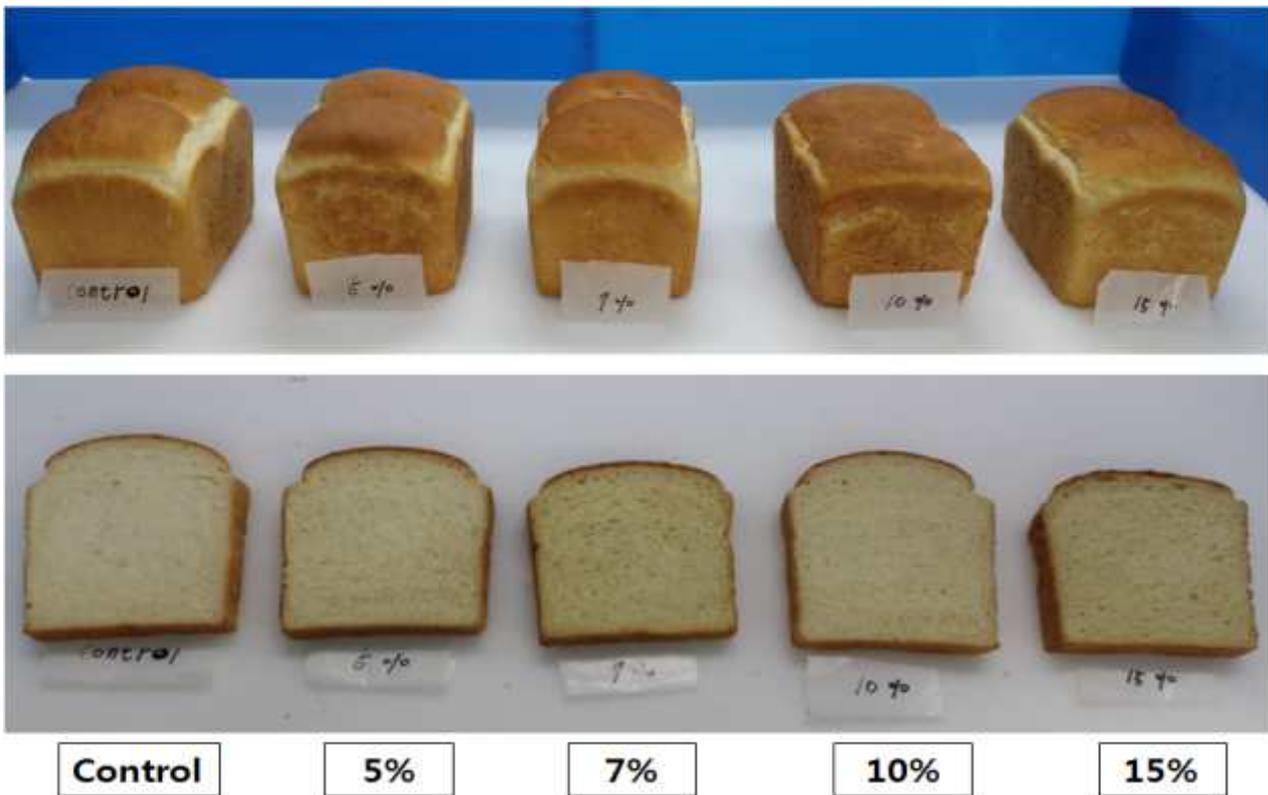


그림 3-4-24 청밀 혼합비율에 따른 우리밀 식빵의 제품 사진

⑥ 식빵 색도 측정

- 청밀 전밀가루 분획별 혼합비율에 따른 우리밀 식빵의 색도를 측정한 결과는 표 3-4-69과 같음
- 청밀 혼합비율에 따른 우리밀 밀가루 식빵의 색도는 분획별 함량이 많을수록 L(명도) 값이 낮았으며, a(+ 적색도/-녹색도)값 및 b(황색도)값 역시 함량이 많을수록 높았음. 분획별 함량이 높을수록 식빵의 색도에 영향을 미치며, 이는 청밀 전밀가루 자체 푸른빛의 색도에 영향을 미친 것으로 판단됨

표 3-4-69. 청밀 전밀가루 분획별 혼합비율에 따른 우리밀 밀가루 식빵의 색도 비교

	Crumb color [*]		
	L* (lightness) ^{1***}	a* (redness) ^{1***}	b* (yellowness) ^{1***}
Control	76.3 ^b	2.03 ^a	9.23 ^a
5%	76.2 ^b	2.33 ^c	14.4 ^b
7%	75.9 ^b	2.16 ^b	15.2 ^c
10%	75.4 ^b	2.66 ^e	15.3 ^c
15%	71.6 ^a	2.42 ^d	19.0 ^d

¹ 2번 반복 실험의 평균값
abc column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임
*** 시료가 p=0.001 수준에서 유의적인 차이가 있음

⑦ 식빵의 조직감

- 청밀 전밀가루 분획별 혼합 비율에 따른 우리밀 밀가루 식빵의 조직감은 각각 1, 3, 5일 경도를 측정하여 그림 3-4-25 에 나타냄
- 청밀 전밀가루 분획별 혼합비율이 10% 와 15% 에서 경도 값이 낮은 경향을 나타내었으며, 이는 청 밀 전밀가루에 함유된 식이섬유의 영향으로 노화지연효과를 나타낸 것으로 판단됨

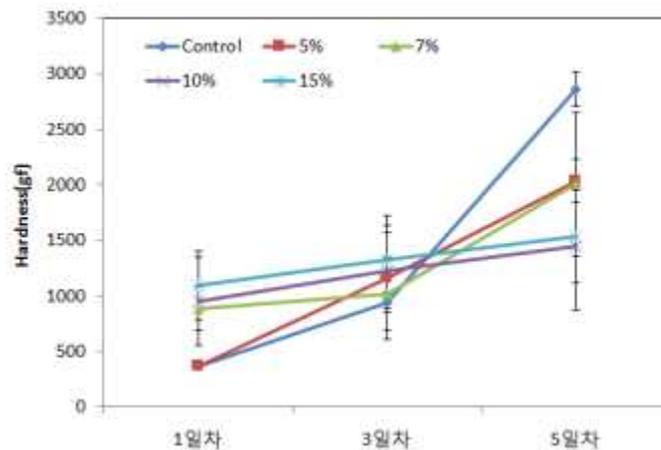


그림 3-4-25 청밀 전밀가루 분획별 혼합비율에 따른 밀가루의 시간에 따른 경도 비교

⑧ 쿠키의 퍼짐성 측정

- 청밀 전밀가루 분획별 반죽 및 쿠키의 퍼짐성을 측정한 결과는 표 3-4-70과 같음
- 청밀 전밀가루 분획별 쿠키의 퍼짐성은 분획 함량이 높을수록 낮은 값을 나타내었음. 청밀 전밀가루로 분획 첨가는 제품의 품질 보다 기능성 부분을 강화하여 기능성 쿠키 제조 연구개발이 적합하다고 판단됨
- 청밀 전밀가루 분획별 반죽 및 쿠키의 외관사진은 그림 3-4-26 에 나타냈음

표 3-4-70. 청밀 전밀가루 분획별 쿠키의 퍼짐성 비교

Sample	Control	5%	7%	10%	15%
Widthless (cm) ^{1***}	3.95 ^c	3.85 ^b	3.83 ^b	3.81 ^{ab}	3.77 ^a
Thickness (cm)	0.80 ^a	0.82 ^a	0.84 ^a	0.84 ^a	0.83 ^a
Spread ratio (%) ^{1***}	4.92 ^c	4.71 ^b	4.55 ^a	4.55 ^a	4.54 ^a

¹ 2번 반복 실험의 평균값
abc column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임
*** 시료가 p=0.001 수준에서 유의적인 차이가 있음



그림 3-4-26. 청밀 전밀가루 분획별 쿠키의 제품 사진

⑨ 쿠키의 경도 변화

- 청밀 전밀가루 분획별 혼합비율에 따른 밀가루 쿠키의 조직감은 각각 1, 3, 5, 7일 경도를 측정하여 그림 3-4-27 에 나타냄
- 쿠키의 경도 변화는 컨트롤 군과 비교 시 분획별 혼합비율이 증가할수록 점점 낮은 값을 나타내었으며, 이는 전밀가루 분획 첨가가 노화 지연 효과가 있는 것으로 판단됨

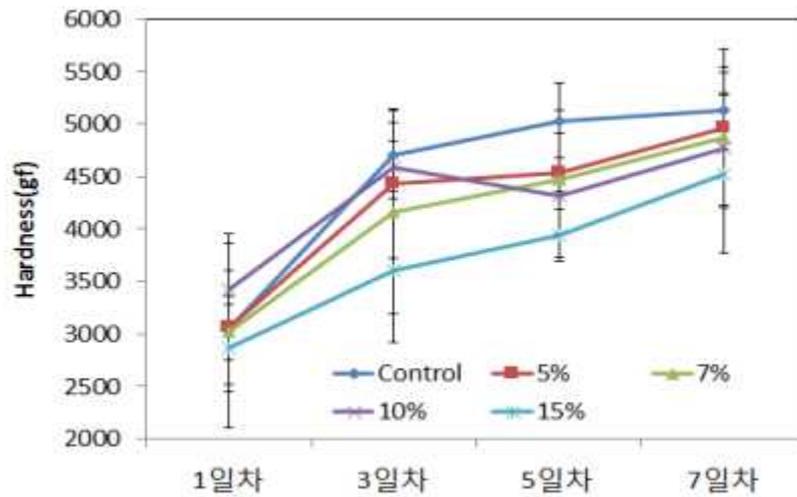


그림 3-4-27. 청밀 전밀가루 분획별 혼합비율에 따른 우리밀 밀가루의 시간에 따른 경도 비교

(3) 3차년도 실험 요약

- 수입밀과 차별화된 우리밀만의 장점을 지닌 기능성 신제품 개발을 위해, 제분 후처리에 의한 제빵물성 개선방법으로 산화 환원 방법 및 전처리 가공기술을 적용하였음. 또한 수입밀에는 없는 우리밀 청밀 분획제품을 추가한 제품 제조 이용한 우리밀 제빵적성향상 기술을 수행하였음
- 원맥의 템퍼링 수분을 14%, 16%, 18%, 20% 로 1차 처리 후, 20,000 volt에서 30분간 고전압 처리 한 밀가루의 특성을 비교분석 후 식빵을 제조하여 비교 분석한 결과, 반죽 및 1차 발효, 2차 발효 제품의 pH 는 유의적인 차이가 없었으나, 식빵의 비용적은 고전압 처리군이 비처리군보다 높게 나타났으며, 또한 제품의 노화가 지연되었음. 그러나 수입밀인 DNS 식빵과 비교할 때, 경도값은 고전압처리군, 비처리군 모두 높게 나타남
- Trans-glutaminase 효소 첨가 밀가루의 일반 성분은 유의적인 차이는 없었으나, 2차 물성인 파리노그램에서의 안정도가 1% 첨가군에서 10.8분으로 컨트롤 군보다 약 1.9배 길게 나타남. 아밀로그래프의 호화도 역시 205 BU 로 컨트롤군 120 BU 보다 약 1.7배 높은 값을 나타냄. 식빵 제조 후 비용적은 0.5% 이상 첨가된 밀가루에서 낮은 값을 나타내었으며, 색도의 L값 역시 낮았음
- 오존 처리 밀가루는 함량에 따라 일반성분의 차이는 없었으나, 식빵의 비용적은 오존 30% 처리된 제품에서 가장 높게 나타났으나, 노화도는 50% 오존 처리된 식빵에서 가장 낮은 값을 보임. 그러나 제품 제조 과정 및 제품에서 오존취가 강하였음
- 효소 혼합 처리군에 사용된 효소는 Trans-glutaminase(TG), Hemicellulase(HC), L-ascorbic acid (L-AA)이었으며, TG 는 글루텐 형성의 도움, HC 는 식감을 개선, L-AA 는 산화제로써의 역할을 기대하였음. 농도별 구분하여 제빵 제조에 적용한 결과, 식빵의 비용적은 11번 혼합 처리군과 15번 혼합 처리군에서 가장 높은 값을 나타내었으며, 특히 15번 처리군에서는 DNS 비교군(4.43 ml/g)보다 높은 값(4.65 ml/g)을 나타냄. 2번 혼합 처리군은 비용적이 4.2 ml/g으로 가장 낮은 값을 나타냄
- 청밀 전밀가루를 분획별 밀가루 제빵 제조 효과를 확인한 결과, 밀가루의 일반성분에서 회분의 함량은 15% 분획 밀가루에서 높은 값을 나타내었으며, 입도 역시 69.4 ± 0.25 로 높은 값을 나타냄. 밀가루 2차물성의 파리노그램에서 흡수율 및 안정도는 유의적인 차이가 없었으나, 아밀로그래프의 호화도는 컨트롤군 534 BU 보다 낮은 315 BU 를 나타냄. 식빵 비용적은 15% 분획 밀가루에서 가장 낮은 3.70 ml/g 을 나타냈으며, 색도 L값 역시 낮은 값을 나타냄

4. 바게트 제품제조 중 반죽물성 및 제빵특성 분석

- 바게트는 밀가루와 물을 위주로 만든 빵으로 껍질은 딱딱하고, 내부조직은 기공이 많고 부드러우며, 쫄깃한 식감을 지님 (Monthly Cake & Bread, 2000). 우리나라에서도 젊은 층이 좋아하는 각종 조리빵으로서 바게트의 소비량이 증가하고 있음(Lim 외, 2003). 본 연구에서는 우리나라 밀의 특성이 바게트 제조에 사용되는 프랑스 밀의 일반 특성과 유사함을 확인하였으나, 현재 우리밀 밀가루로 만든 바게트 제품이 극히 적고 연구개발 역시 미비하여 우리밀 밀가루를 사용한 바게트 제품 제조 연구개발을 진행하였음. 프랑스 밀가루로 제조한 바게트와 우리밀 밀가루로 제조한 바게트 제품의 반죽 적성 및 제품을 비교 분석하여 바게트 적용 가능성을 검토함

가. 효소 무처리군 및 효소 처리군에 의한 우리밀의 제빵 특성 분석

(1) 실험 재료 및 방법

(가) 사용 원료

- 회분 0.5% 프랑스 밀가루, 0.5% 우리밀 밀가루, 0.8% 우리밀 통밀가루, 1.0% 우리밀 통밀가루, 1.0%청밀밀가루의 총 5점 맥분으로 바게트를 제조하여 물성을 비교 분석하였으며, 효소 첨가군은 회분 0.5% 프랑스 밀가루와 회분 0.5% 우리밀 밀가루 총 2종류의 맥분을 사용하여 효소 첨가량 (표 3-4-71)에 따른 총 12 종류를 바게트 제조에 사용하였음
- Transglutaminase(TG), Hemicellulase(HC), L-Ascorbic acid(L-AA)의 혼합효소를 주관기관인 한국식품연구원의 제 1세부과제로부터 공급받아 효소 첨가량에 따른 밀가루 물성 및 바게트 제빵 물성을 비교 분석하였으며, 비교군은 기존 사용 효소인 malt 첨가군으로 하였음

표 3-4-71 프랑스 밀가루와 우리밀 밀가루의 효소 첨가량

샘플	NO.	malt 효소(%)	한식연 효소 (%)
프랑스밀가루	1	0	
	2	0.1	
	3	0.05	0.05
	4		0.05
	5		0.1
	12	0.05	0.025
우리밀(회분 0.5%)	6	0	
	7	0.1	
	8	0.05	0.05
	9		0.05
	10		0.1
	14	0.05	0.025

(나) 분석 방법

- 일반성분 (수분, 단백질, 회분, 입도, 손상전분, 색도) 는 1차년도 실험 방법과 동일하게 측정하였음
- 2차 물성 (farinogram, amylogram, extensogram) 은 1차년도 실험 방법과 동일하게 측정하였음
- 바게트 제조 원료의 배합은 표 3-4-72에 나타내었음. 반죽은 전 재료를 반죽기(SK-25, SK Mixer Co., Ltd., Japan) 에 투입하여 저속에서 8 분 동안 반죽한 후 편칭을 진행함. 이 후 실온에 20분 보관 후 동일 작업을 3회 반복함. 완성된 반죽은 발효기(SDPD-2-2, 성동기업, Korea)에서 온도 10℃에서 15시간 동안 발효 시킨 후 꺼내 생지를 350 g씩 분할하여 긴 타원형으로 제품을 성형함. 이 후 예열된 전기 오븐(Deck Oven, Eurofours, France)에 넣고 아랫불 245℃, 윗불 245℃에서 27분간 진행하였으며, 완성된 제품을 꺼내 실온(20℃)에서 60분 동안 냉각시킨 후 1 일 동안 상온에서 보관하며 시료로 사용함

표 3-4-72 . 바게트 원료 배합비

원료	투입량(g)
밀가루	4,000
물	2,800
저당 이스트	16
소금	72

- 제품의 품질분석 (pH, 산도, 비용적, 퍼짐성) 은 1차년도 실험 방법과 동일하게 수행하였음
- 바트의 조직감은 30 mm의 높이로 자른 후 Texture Analyzer(TA1, Lloyd Instruments an AMETEK Company, USA)를 이용하여 25 mm cylinder probe를 장착하고 시료를 2회 연속적으로 진행시켰을 때 얻어지는 force-time curve로부터 견고성(hardness), 응집성(cohesiveness), 탄력성(springiness), 씹힘성(chewiness), 복원성(resilience)을 측정하였으며, 분석 조건은 1 차 년도 실험 방법과 동일
- 효소 별 농도 및 처리군 별 농도 : 표 4-71에 나타내었음

(2) 실험 결과

(가) 효소 무처리군의 밀가루 반죽 물성 및 제빵 특성 분석

○ 국내산 밀가루의 바게트 제품 적성을 확인하기 위해 효소를 첨가 하지 않고 바게트를 제조 하여 프랑스 밀가루의 바게트와 비교 분석함. 사용된 맥분은 회분 0.5% 프랑스 밀가루, 회분 0.5%, 0.8% 우리밀 밀가루, 회분 1% 우리밀 통밀가루의 총 4종과 주관연구기관인 한국식품연구원 제 1세부 연구(우리밀의 제빵품질 향상기술 및 기능성신제품 개발)팀으로부터 전달받은 1.0% 회분 청밀 밀가루로 제조하였음

(나) 프랑스 밀가루와 효소 무처리군 우리밀 밀가루의 이화학적 물성 비교

○ 사용된 맥분의 일반성분은 표 3-4-73 과 같음. 프랑스 밀가루의 단백질 함량은 8.4%이었으며, 우리밀 밀가루는 회분 0.5%, 0.8%, 1.0%에서 각각 8.7, 10.5, 11.0%을 나타내었으며, 청밀 밀가루 회분 1.0% 에서 9.9%를 나타내어 프랑스 밀가루보다 국내산 밀가루 0.5% 회분을 제외한 모든 밀가루에서 높은 값을 나타냄. 입도는 프랑스 밀가루보다 약 10 μm 낮게 나타났으며, 청밀 밀가루는 78.59 μm 로 프랑스 밀가루(77.67 μm)와 유사한 값을 나타냄

표 3-4-73. 프랑스 밀가루와 우리밀 밀가루의 일반성분 분석

Sample	수분(%)	회분(%)	단백질 (%)	손상전분	입도
				(AACC)	μm
Control (프랑스밀가루)	14	0.511	8.4	7.2	77.67
우리밀 밀가루 (회분 0.5%)	13.9	0.509	8.7	7.47	67.80
우리밀 통밀가루 (회분 0.8%)	13.3	0.882	10.5	7.34	68.75
우리밀 통밀가루 (회분 1.0 %)	13.1	1.012	11.0	7.09	69.03
청밀 밀가루 (회분 1.0 %)	12.1	1.045	9.9	7.36	78.59

○ 프랑스 밀가루와 효소 무처리군 우리밀 밀가루에 대한 farinogram 결과는 표 3-4-74와 같음. 흡수율은 프랑스 밀가루에서 62.4%로 높았으며, 우리밀 밀가루는 58.8 ~ 60.8% 로 낮은 값을 나타냄. 반죽 형성시간은 1.7~2.2 분으로 유사한 값을 나타내었으며, 안정도는 프랑스 밀가루에서 2.1분으로 나타났으나, 청밀 밀가루 외 우리밀 밀가루의 안정도는 7.2 ~ 9.4 분으로 길게 나타남

표 3-4-74. 프랑스 밀가루와 우리밀 밀가루의 파리노그램 비교

	Water absorption(%)	Dough development time(min)	Stability(min)	Weakness(BU)
Control (프랑스밀가루)	62.4	1.7	2.1	101
우리밀밀가루 (회분0.5%)	58.8	2	9.2	39
우리밀 통밀가루 (회분 0.8%)	60.8	2.2	9.4	28
우리밀통밀가루 (회분1.0%)	60.6	2.2	7.2	61
청밀밀가루(회분1.0%)	64.6	1.8	2.7	63

○ 프랑스 밀가루와 효소 무처리군의 우리밀 밀가루 amylogram 결과는 표 3-4-75 에 나타냄. 호화개시 온도는 프랑스 밀가루에서 63.8℃로 가장 낮았으며, 우리밀 밀가루 및 청밀 밀가루는 64.3 ~ 70.5 ℃ 로 높게 나타남. 호화개시 온도는 전분의 함량, 아밀로스와 아밀로펙틴 함량, 전분 현탁액의 pH와 온도 등에 따라 달라짐. 호화도는 프랑스 밀가루에서 91 BU를 나타냈으며, 우리밀 밀가루 및 청밀 밀가루(497~790 BU) 보다 현저히 낮게 나타남. 이는 프랑스 밀가루는 malt 효소 첨가된 상용 제품으로 첨가된 효소 영향으로 판단됨. 이 후, 우리밀 밀가루에 효소를 첨가한 결과 비교 분석함

표 3-4-75. 수입산 밀가루와 우리밀 밀가루의 아밀로그래프 비교

	Gelatinization temperature(℃)	Temperature of peak viscosity(℃)	Peak viscosity(BU)
Control (프랑스밀가루)	63.8	74.8	91
우리밀밀가루 (회분0.5%)	64.3	94.3	790
우리밀 통밀가루 (회분 0.8%)	70.5	97.1	521
우리밀통밀가루 (회분1.0%)	64.9	89.6	497
청밀밀가루(회분1.0%)	66.8	89.8	517

① 바게트 제품의 pH와 총산도(Total titratable acidity)

○ 프랑스 밀가루와 효소 무처리군의 우리밀 밀가루 반죽 및 식빵 pH를 측정한 결과는 표 3-4-76 에 나타냄. 바게트 전용으로 사용되는 프랑스 밀가루는 우리밀 밀가루와 비교 시 발효 후 pH 와 총산도가 우리밀 밀가루 및 청밀 밀가루 제조 제품보다 낮게 나타났으며, 제품 역시 낮은 값을 나타냄

표 3-4-76. 프랑스 밀가루와 우리밀 밀가루의 pH 및 총산도 비교

	발효 전 ¹		발효 후 ¹		바게트 ¹	
	pH ^{**}	산도 ^{***}	pH ^{***}	산도 ^{***}	pH ^{***}	산도
Control (프랑스밀가루)	6.18 ^a	1.6 ^a	5.89 ^a	2.3 ^a	5.96 ^a	2.0 ^b
우리밀 밀가루(회분 0.5%)	6.05 ^a	1.5 ^a	6.11 ^c	3.2 ^b	5.85 ^a	2.2 ^a
우리밀 통밀가루 (회분 0.8%)	6.39 ^b	2.5 ^b	6.26 ^d	4.1 ^c	6.37 ^c	3.7 ^d
우리밀 통밀가루 (회분 1.0%)	6.15 ^a	3.4 ^d	6.04 ^b	3.7 ^c	6.27 ^c	3.9 ^c
청밀 밀가루 (회분 1.0%)	6.36 ^b	2.9 ^c	6.00 ^c	3.8 ^c	6.23 ^c	3.4 ^c

¹ 2번 반복 실험의 평균값
abc column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임
,,*** 시료가 p=0.01, 0.001 수준에서 유의적인 차이가 있음

② 비용적 측정 및 외관

○ 프랑스 밀가루와 효소 무처리군 우리밀 밀가루 및 청밀 밀가루의 비용적을 측정한 결과는 표 3-4-77 에 나타내었음

- 프랑스 밀가루의 비용적은 3.73±1.1 ml/g 로 우리밀 밀가루 회분 0.5% 군과 유사한 결과를 나타냈으며, 이 외의 군에서는 낮게 나타남
- 프랑스 밀가루와 우리밀 밀가루, 청밀밀가루의 바게트 외상, 내상 사진은 각각 그림 4-28, 29와 같음

표 3-4-77 . 바게트 제품 비용적 비교

	Volume (ml) ¹	Weight (g) ^{1***}	Specific Volume (ml/g) ^{1***}
Control(프랑스밀가루)	1,140 ^a	306 ^b	3.73 ^c
우리밀 밀가루(회분 0.5%)	1,138 ^a	290 ^a	3.92 ^d
우리밀 통밀가루 (회분 0.8%)	1,115 ^a	312 ^c	3.57 ^b
우리밀 통밀가루(회분 1.0 %)	1,103 ^a	308 ^b	3.58 ^b
청밀 밀가루(회분 1.0 %)	978 ^a	322 ^d	3.04 ^a

¹ 2번 반복 실험의 평균값
abc column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임
*** 시료가 p=0.01, 0.001 수준에서 유의적인 차이가 있음



그림 3-4-28. 바게트 제품 - 외상 사진



그림 3-4-29. 바게트 제품 내상 사진

③ 색도 측정

- 프랑스 밀가루와 효소 무처리군 우리밀 밀가루, 청밀 밀가루 색도 결과는 외상과 내상 모두 각각 표 3-4-78, 79에 나타내었음
- 외상 색도는 청밀 밀가루에서 백도(L)값이 43.52 ± 0.75 로 낮게 나타났으며, a^* 값은 17.11 ± 0.39 높게 나타냄. b^* 값은 16.19 ± 0.25 낮은 값을 나타냈으며, 프랑스 밀가루 및 우리밀 밀가루는 모두 유사한 값을 나타내었음
- 내상 색도는 프랑스 밀가루가 우리밀 밀가루 및 청밀 밀가루에 비교하여 낮은 값을 나타냈으며, b^* 값은 18.72 ± 0.22 로 높은 값을 나타냄

표 3-4-78. 프랑스 밀가루와 우리밀 밀가루 바게트 제품의 crust color

구 분	Crust color ¹		
	L* (lightness) ^{***}	a* (redness) ^{***}	b* (yellowness) ^{***}
Control (프랑스밀가루)	54.2 ^b	11.8 ^d	23.4 ^b
우리밀 밀가루 (회분 0.5%)	55.7 ^c	9.9 ^a	25.1 ^c
우리밀 통밀가루 (회분 0.8%)	56.1 ^d	10.8 ^c	25.7 ^d
우리밀 통밀가루 (회분 1.0 %)	57.1 ^e	10.2 ^b	26.0 ^e
청밀 밀가루 (회분 1.0 %)	43.5 ^a	17.1 ^e	16.1 ^a

¹ 2번 반복 실험의 평균값
abc column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임
*** 시료가 p=0.01, 0.001 수준에서 유의적인 차이가 있음

표 3-4-79. 프랑스 밀가루와 우리밀 밀가루 바게트 제품의 crumb color

구 분	Crumb color ¹		
	L* (lightness) ^{***}	a* (redness) ^{***}	b* (yellowness) ^{***}
Control (프랑스밀가루)	62.3 ^a	1.1 ^c	11.4 ^a
우리밀 밀가루 (회분 0.5%)	64.9 ^d	1.5 ^e	11.9 ^b
우리밀 통밀가루 (회분 0.8%)	65.0 ^e	0.5 ^b	14.2 ^c
우리밀 통밀가루 (회분 1.0 %)	64.3 ^e	0.2 ^a	15.1 ^d
청밀 밀가루 (회분 1.0 %)	64.6 ^c	1.3 ^d	18.2 ^e

¹ 2번 반복 실험의 평균값
abc column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임
*** 시료가 p=0.001 수준에서 유의적인 차이가 있음

④ 바게트의 경도 측정

- 프랑스 밀가루와 효소 무처리군 우리밀 밀가루, 청밀 밀가루 바게트 제조 1일 후에 경도를 측정하여 표 3-4-80 에 나타냄
- 프랑스 밀가루 및 우리밀 밀가루 경도를 1일차 비교 분석한 결과, 우리밀 밀가루 및 청밀 밀가루에서 프랑스 밀가루보다 경도 값이 높게 나타남

표 3-4-80. 프랑스 밀가루와 우리밀 밀가루 바게트 제품의 경도 비교

	Hardness(gf) ^{1***}	Cohesiveness ^{1**}	Springiness ^{1**}	Gumminess (gf) ^{1***}	Chewiness (gf) ^{1***}
Control (프랑스밀가루)	1,154 ^a	0.30 ^a	0.95 ^b	346 ^a	329 ^a
우리밀 밀가루 (회분 0.5%)	2,010 ^{ab}	0.30 ^{ab}	0.93 ^a	60 ^b	563 ^b
우리밀 통밀가루 (회분 0.8%)	1,832 ^b	0.47 ^b	0.91 ^a	768 ^c	693 ^c
우리밀 통밀가루 (회분 1.0 %)	2,145 ^e	0.47 ^b	0.97 ^b	989 ^e	956 ^e
청밀 밀가루 (회분 1.0 %)	2,781 ^{ab}	0.33 ^{ab}	0.96 ^b	923 ^d	889 ^d

¹ 2번 반복 실험의 평균값
abc column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임
, 시료가 p=0.01, 0.001 수준에서 유의적인 차이가 있음

(다) 효소 함량에 따른 바게트 제빵 특성 비교 분석

○ 우리밀 밀가루의 바게트 제조 적성을 확인한 결과, 효소 첨가에 따른 맥분 및 제품 물성의 차이가 확인 되어 효소 첨가 실험을 진행함. 효소는 한국식품연구원에서 개발된 혼합효소를 사용하였으며, 비교군으로 실제 제품에 적용 되는 malt 효소를 사용하였음. 프랑스 밀가루와 우리밀 밀가루 회분 0.5% 총 2종류에 효소첨가량에 따른 밀가루 이화학적 물성 및 바게트 제품을 비교 분석함

① 프랑스 밀가루와 우리밀 밀가루의 이화학적 물성 비교

○ 효소 첨가군 밀가루의 일반성분은 표 3-4-81과 같음. 프랑스 밀가루의 단백질 함량은 8.63~9.15% 이었으며, 우리밀 밀가루는 9.56~9.73% 로 우리밀 밀가루가 효소첨가량에 차이 없이 높은 값을 나타냄. 입도는 우리밀 밀가루가 프랑스 밀가루보다 약 20 μm 낮게 나타났으며, 이는 회분 값의 차이로 인한 결과로 판단됨

표 3-4-81. 프랑스 밀가루와 우리밀 밀가루의 일반성분 분석

샘플	NO	Malt(%)	혼합효소(%)	수분(%)	회분(%)	단백질(%)	손상	입도(μm)
프랑스밀가루	1	0	-	13.9	0.56	9.15	7.98	70.1
	2	0.1	-	13.8	0.573	9.05	8.23	73.3
	3	0.05	0.05	14.0	0.514	8.63	8.17	74.9
	4	-	0.05	14.0	0.565	8.83	8.27	76.2
	5	-	0.1	14.1	0.546	8.93	8.14	74.9
우리밀 (회분 0.5%)	6	0	-	12.9	0.467	9.56	7.09	53.3
	7	0.1	-	13.0	0.474	9.59	7.23	52.8
	8	0.05	0.05	12.9	0.466	9.59	7.10	53.7
	9	-	0.05	12.9	0.485	9.55	7.09	53.2
	10	-	0.1	12.6	0.462	9.73	7.24	51.7

○ 효소 첨가군 프랑스 밀가루와 우리밀 밀가루에 대한 farinogram 결과는 표 3-4-82와 같음. 흡수율은 효소량에 상관없이 프랑스 밀가루에서 60.5~61.5%를 나타내었으며, 우리밀 밀가루는 58.2~59.2%를 나타내어 우리밀 밀가루에서 약 2% 낮은 흡수율을 보임

- 프랑스 밀가루에서 효소첨가량에 따른 반죽 형성시간을 비교한 결과, 효소 무처리군과 malt, 혼합효소 처리한 모든 군에서 1.7~19분으로 유사한 값을 나타내었음. 안정도는 malt 0.1% 첨가된 프랑스 밀가루에서 2.9분을 나타내었으며, 한국식품연구원 김상숙 박사 연구팀에서 개발한 혼합 효소 0.1%가 첨가된 5 번군 에서 1.8분으로 가장 낮게 나타남. 그러나, malt 와 혼합효소 각 0.5% 혼합하여 첨가한 3 번군 에서 5.0분으로 길게 나타남

- 우리밀 밀가루에서는 발전시간이 malt 0.1% 첨가된 밀가루 군에서 1.5분으로 가장 빠르게 나타났으며, 약화도는 프랑스 밀가루와 우리밀 밀가루는 효소 첨가량에 따른 차이는 나타나지 않음

표 3-4-82. 효소 처리된 프랑스 밀가루와 우리밀 밀가루의 파리노그램 비교

샘플	NO	Malt(%)	혼합효소(%)	Water absorption (%)	Dough development time(min)	Stability (min)	Weakness (BU)
프랑스밀가루	1	0	-	60.5	1.7	5.6	48
	2	0.1	-	60.8	1.7	2.9	87
	3	0.05	0.05	60.8	1.9	5.0	50
	4	-	0.05	60.9	1.9	4.9	59
	5	-	0.1	61.5	1.7	1.8	66
우리밀 (회분 0.5%)	6	0	-	58.2	1.7	4.6	51
	7	0.1	-	58.4	1.5	3.1	67
	8	0.05	0.05	58.5	2.0	2.5	57
	9	-	0.05	59.2	2.0	2.4	62
	10	-	0.1	58.2	1.8	3.7	54

○ 효소 첨가된 프랑스 밀가루와 우리밀 밀가루의 amylogram 결과는 표 3-4-83에 나타냄. 호화개시 온도는 효소가 첨가된 프랑스 밀가루 모든 군 에서 60℃로 낮은 반면, 우리밀 밀가루는 모든 군에서 평균 62.7 ℃ 로 높게 나타남. 호화도는 프랑스 밀가루와 우리밀 밀가루 모두 효소 처리 하지 않은 군(1번, 6번)에서 효소처리한 군보다 높은 값을 나타냄

- 효소 첨가된 프랑스 밀가루에서는 malt 0.1% 첨가된 2번 군에서 75 BU를 나타냈으며, 혼합효소 처리군 0.05%, 0.1%에서 499 BU, 469 BU로 높은 값을 나타냄. 이는 개발된 혼합효소가 α-amylase 활성도가 malt 비해 낮은 혼합 효소로 판단됨

- 효소 첨가된 우리밀 밀가루도 효소 첨가하지 않을 때보다 호화도가 낮게 나타났으나, malt 첨가군 보다는 높은 값으로 프랑스 밀가루 군과 유사한 경향을 나타냄. 우리밀 밀가루 malt 0.1% 첨가한 7 번 군은 동량의 malt 첨가된 프랑스 밀가루 2 번 군에 비해 약 2.2배 높게 나타남

표 3-4-83. 효소 첨가된 프랑스 밀가루와 우리밀 밀가루의 아밀로그래프 비교

샘플	NO	Malt(%)	혼합효소(%)	Gelatinization temperature(℃)	Temperature of peak viscosity(℃)	Peak viscosity (BU)
프랑스밀가루	1	0	-	60.0	90.6	596
	2	0.1	-	60.3	69.9	75
	3	0.05	0.05	60.0	79.1	120
	4	-	0.05	60.4	90.5	499
	5	-	0.1	60.9	90.5	469
우리밀 (회분 0.5%)	6	0	-	62.8	88.5	559
	7	0.1	-	62.9	79.6	163
	8	0.05	0.05	62.6	84.4	212
	9	-	0.05	62.6	89.1	514
	10	-	0.1	62.9	92.4	474

- 효소 첨가된 프랑스 밀가루와 우리밀 밀가루의 extensogram 결과는 표 3-4-84와 같음. 효소 첨가된 프랑스 밀가루는 우리밀 밀가루보다 신장저항이 낮은 값을 나타내었으며, 신장도는 프랑스 밀가루와 우리밀 밀가루에서 차이가 없었음
- 프랑스 밀가루는 malt 와 혼합효소 각각 0.5% 첨가된 3 번 군에서 가장 낮은 R/E 값을 나타내었으며, 혼합효소 0.05%, 0.1% 가 각각 첨가된 4 번, 5 번 군에서 높은 R/E 값을 나타냄. 이는 혼합효소 처리군으로 반죽 물성에 영향을 준 것으로 판단됨
- 우리밀 밀가루에서는 malt와 혼합효소 모두 첨가하지 않은 6번 군에서 가장 낮은 R/E 값을 나타내었으며, 프랑스 밀가루 효소 처리군과 동일한 경향으로 혼합효소 처리군에서 R/E 값이 높게 나타남

표 3-4-84. 효소 첨가된 프랑스 밀가루와 우리밀 밀가루의 익스텐소그램 비교

샘플	NO	Malt(%)	혼합효소(%)	Resistance	Extensibility	R/E	Energy (cm ²)
프랑스밀가루	1	0	-	461	141	3.3	84
	2	0.1	-	446	157	2.8	91
	3	0.05	0.05	337	143	2.4	59
	4	-	0.05	647	115	5.6	89
	5	-	0.1	544	113	4.8	74
우리밀 (회분 0.5%)	6	0	-	516	179	2.9	114
	7	0.1	-	693	164	4.2	129
	8	0.05	0.05	659	157	4.2	129
	9	-	0.05	733	123	6.0	110
	10	-	0.1	598	129	4.6	86

② 비용적 측정 및 외관

- 효소 첨가된 프랑스 밀가루와 우리밀 밀가루의 비용적을 측정한 결과는 표 3-4-85과 같음
- 프랑스 밀가루에서는 malt 0.1% 첨가된 2 번 군에서 5.22 ml/g 로 높은 값을 나타내었으며, 혼합효소 처리군 3 번, 4 번, 5 번 처리군 모두 낮은 값을 나타냄
- 우리밀 밀가루에서는 malt 0.1% 첨가된 7 번군에서 4.55 ml/g 로 높은 값을 나타내었으며, 혼합효소 0.5%가 첨가된 9 번 군에서 3.29 ml/g 로 낮은 값을 나타냄. 이 후, 한국식품연구원 개발 혼합 효소량이 과량으로 진행 된 것으로 판단되어 이후 효소 첨가량을 조정하여 실험을 진행하였음
- 효소가 첨가된 프랑스 밀가루와 우리밀 밀가루의 바케트 외관 및 내상 사진은 그림 4-30 에 나타내었음

표 3-4-85. 효소 첨가된 프랑스 밀가루와 우리밀 밀가루의 비용적

샘플	NO	Malt(%)	혼합효소(%)	Volume (ml)	Weight (g)	Specific Volume (ml/g)
프랑스밀가루	1	0	-	1,100	258	4.26
	2	0.1	-	1,400	268	5.22
	3	0.05	0.05	1,020	276	3.70
	4	-	0.05	1,200	274	4.38
	5	-	0.1	900	272	3.31
우리밀 (회분 0.5%)	6	0	-	1,100	254	4.33
	7	0.1	-	1,200	264	4.55
	8	0.05	0.05	1,200	274	4.38
	9	-	0.05	900	273	3.29
	10	-	0.1	1,300	276	4.71



프랑스 밀가루



우리밀 밀가루 회분0.5%



프랑스 밀가루



우리밀 밀가루 회분0.5%

그림 3-4-30. 바게트 제품 - 외상 및 내상

③ 색도 측정

- 효소 첨가된 프랑스 밀가루와 우리밀 밀가루 색도 측정은 외상과 내상으로 분리하여 분석하여 각각 표 4-86과 4-87에 나타냄
- 외상 색도는 프랑스 밀가루에서는 malt 첨가된 2 번, 3 번 군에서 백도(L) 값이 낮게 나타났으며, 혼합 효소처리군에서는 높은 값을 나타냄
- 우리밀 밀가루에서도 프랑스 밀가루 효소 처리군과 동일한 결과를 나타내었음
- 프랑스 밀가루 효소 첨가군은 우리밀 밀가루 효소 첨가군보다 백도(L)값이 낮게 나타났으며, a* 값은 프랑스 밀가루 효소 첨가군 에서 높게 나타남. b* 값은 프랑스 밀가루 효소 첨가군이 21 ~ 28 로 우리밀 효소 첨가군보다 낮게 나타남(4-86)

표 3-4-86. 프랑스 밀가루와 우리밀 밀가루 마케트 제품의 crust color

샘플	NO	Malt(%)	혼합효소(%)	Crust color		
				L* (lightness)	a* (redness)	b* (yellowness)
프랑스밀가루	1	0	-	43.16	14.70	21.37
	2	0.1	-	44.38	13.72	21.29
	3	0.05	0.05	44.18	13.88	22.37
	4	-	0.05	47.96	14.25	26.89
	5	-	0.1	47.87	13.18	28.16
우리밀 (회분 0.5%)	6	0	-	43.89	13.29	20.74
	7	0.1	-	51.13	13.79	28.66
	8	0.05	0.05	49.59	14.16	31.82
	9	-	0.05	46.40	14.41	27.36
	10	-	0.1	53.18	12.62	31.96

- 내상 색도는 프랑스 밀가루 효소 처리군에서 malt 0.1% 첨가된 2 번 군에서 가장 낮은 값을 나타내었으며, 혼합효소 처리군 모두 높은 값을 나타냄
- 우리밀 밀가루 효소 처리군에서는 효소를 첨가하지 않은 6번 군에서 가장 낮은 값을 나타내었음
- 프랑스 밀가루와 우리밀 밀가루의 내상 색도 비교는 프랑스 밀가루가 우리밀 밀가루보다 백도(L) 값이 낮게 나타남을 알 수 있었음. 그러나, b* 값은 프랑스 밀가루와 우리밀 밀가루 모두 유사한 결과를 나타냄

표 3-4- 87. 프랑스 밀가루와 우리밀 밀가루 바게트 제품의 crumb color

샘플	NO	Malt(%)	혼합효소(%)	Crumb color		
				L* (lightness)	a* (redness)	b* (yellowness)
프랑스밀가루	1	0	-	62.67	1.93	15.11
	2	0.1	-	60.25	1.42	16.82
	3	0.05	0.05	64.73	2.20	15.94
	4	-	0.05	64.37	2.15	17.24
	5	-	0.1	65.92	2.15	16.83
우리밀 (회분 0.5%)	6	0	-	59.46	1.86	13.44
	7	0.1	-	66.08	2.04	13.99
	8	0.05	0.05	65.48	2.17	14.07
	9	-	0.05	63.87	2.03	15.79
	10	-	0.1	67.93	2.32	15.91

④ 바게트의 경도 측정

- 프랑스 밀가루와 우리밀 밀가루 및 청밀 밀가루 바게트 제조 1 일 후에 경도를 측정하여 표 3-4-88에 나타냄
- 프랑스 밀가루 및 우리밀 밀가루 경도를 1일차 비교 분석한 결과, 우리밀 밀가루가 프랑스 밀가루보다 경도가 높게 나타남. 프랑스 밀가루 효소처리군은 malt 0.1% 첨가된 2 번군에서 가장 낮은 경도를 나타내었으며, 혼합 효소 처리된 4번 군에서 가장 높은 경도 값을 나타냄
- 우리밀 밀가루 효소처리군은 프랑스 밀가루 효소처리군과 유사한 경향을 나타내어 malt 0.1% 첨가된 7 번 군에서 가장 낮은 경도를 나타냄

표 3-4-88. 프랑스 밀가루와 우리밀 밀가루 바게트 제품의 경도 비교

샘플	NO	Malt(%)	혼합효소 (%)	Hardness (gf)	Cohesiveness	Springiness	Gumminess (gf)	Chewiness (gf)
프랑스 밀가루	1	0	-	999.331	0.56	0.92	555.49	515.08
	2	0.1	-	975.90	0.36	0.85	431.33	367.05
	3	0.05	0.05	996.97	0.58	0.85	578.65	493.96
	4	-	0.05	1168.09	0.68	0.80	788.07	626.08
	5	-	0.1	916.36	0.59	0.85	551.37	460.77
우리밀 (회분 0.5%)	6	0	-	899.72	0.42	0.87	388.02	345.65
	7	0.1	-	796.90	0.39	0.83	296.75	253.28
	8	0.05	0.05	1147.37	0.39	0.81	455.15	368.82
	9	-	0.05	968.10	0.52	0.83	508.31	434.60
	10	-	0.1	1023.93	0.62	0.82	574.11	498.20

(라) 개발된 혼합 효소 함량 조절에 따른 바게트 제빵 특성 비교 분석

- 바게트 물성 및 제빵 적성을 비교 실험한 결과 혼합효소 함량이 과량으로 첨가되어 물성 개선이 되지 못한 것으로 판단되어 혼합 효소 0.05%를 0.025%로 줄였으며, 우리밀 바게트 풍미 개선을 위해 기존 사용된 malt를 0.05% 추가하여 효소 무처리군과 바게트 반죽 물성 및 제빵 적성을 분석하였음

① 밀가루의 이화학적 물성 비교

- 혼합효소 함량 조절하여 첨가된 맥분의 일반성분은 표 3-4-89와 같음. 프랑스 밀가루의 단백질 함량은 8.88~9.14%이었으며, 우리밀 밀가루는 9.60~9.67% 로 우리밀 밀가루가 효소첨가량에 차이 없이 높은 값을 나타냄. 입도는 우리밀 밀가루가 프랑스 밀가루 보다 약 20 μ m 낮은 값을 나타냄. 이는 회분 값의 영향으로 판단됨

표 3-4-89. 혼합효소 함량 조절한 프랑스 밀가루와 국내산 밀가루의 일반성분 분석

샘플	NO	Malt(%)	혼합효소(%)	수분 (%)	회분 (%)	단백질 (%)	손상	입도 (μ m)
프랑스 밀가루	11	0	-	14.0	0.553	9.14	7.90	71.1
	12	0.05	0.025	14.2	0.553	8.88	7.99	71.6
우리밀 (회분 0.5%)	13	0	-	12.9	0.475	9.60	7.00	54.3
	14	0.05	0.025	12.9	0.481	9.67	7.14	52.0

- 혼합효소 함량 조절한 프랑스 밀가루와 우리밀 밀가루에 대한 farinogram 결과는 표 3-4-90과 같음. 흡수율은 효소 첨가량에 상관없이 프랑스 밀가루에서 60.5~61.7%를 나타내었으며, 우리밀 밀가루는 58.2~58.8% 로 프랑스 밀가루에 비해 낮은 값을 나타냄. 안정도는 프랑스 밀가루와 우리밀 밀가루 모두 효소 무처리 군보다 효소 처리군에서 낮게 나타남.

표 3-4-90. 혼합효소 함량 조절한 프랑스 밀가루와 우리밀 밀가루의 파리노그램 비교

샘플	NO	Malt (%)	혼합효소 (%)	Water absorption (%)	Dough development time(min)	Stability (min)	Weakness (BU)
프랑스 밀가루	11	0	-	60.5	1.6	5.0	50
	12	0.05	0.025	61.7	1.9	3.9	72
우리밀 (회분0.5%)	13	0	-	58.2	1.5	4.0	55
	14	0.05	0.025	58.8	1.8	2.7	56

- 혼합효소 함량 조절한 프랑스 밀가루와 우리밀 밀가루의 amylogram 결과는 표 3-4-91과 같음.
 - 프랑스 밀가루에서는 효소 무첨가군인 11 번과 효소처리군 12 번 모두 동일한 호화개시 온도를 나타내었으나, 호화도는 효소 처리군에서 낮은 값을 나타내었다
 - 우리밀 밀가루 역시 프랑스 밀가루와 유사한 경향을 나타내어 효소처리 전보다 낮아짐이 관찰되었음
 - 프랑스 밀가루와 우리밀 밀가루의 호화도를 비교할 때, 효소처리군의 호화도가 우리밀 밀가루 효소 처리군보다 낮게 나타남을 알 수 있었음

표 3-4-91. 혼합효소 함량 조절한 프랑스 밀가루와 우리밀 밀가루의 아밀로그래프 비교

샘플	NO	Malt (%)	혼합효소 (%)	Gelatinization temperature(°C)	Temperature of peak viscosity (°C)	Peak viscosity (BU)
프랑스 밀가루	11	0	-	60.0	91.6	590
	12	0.05	0.025	60.0	79.8	123
우리밀 (회분 0.5%)	13	0	-	62.8	88.5	559
	14	0.05	0.025	62.5	85.0	256

- 효소량을 조절하여 첨가된 프랑스 밀가루와 국내산 밀가루의 extensogram 결과는 표 3-4-92와 같음. 프랑스 밀가루에서는 효소 처리된 12 번 군에서 효소 무처리군 11 번 보다 신장저항이 높게 나타났으며, R/E 값 역시 효소 처리군에서 높은 값을 나타냄. 우리밀 밀가루 역시 프랑스 밀가루와 유사한 경향을 나타냄

표 3-4-92. 혼합 효소 함량 조절한 프랑스 밀가루와 우리밀 밀가루의 익스텐소그램 비교

샘플	NO	Malt(%)	혼합효소 (%)	Resistance	Extensibility	R/E	Energy (cm ²)
프랑스 밀가루	11	0	-	450	130	3.5	80
	12	0.05	0.025	559	144	4.2	101
우리밀 (회분 0.5%)	13	0	-	510	169	3.0	120
	14	0.05	0.025	635	160	4.0	126

② 비용적 측정 및 외관

○ 혼합 효소 함량 조절된 프랑스 밀가루와 우리밀 밀가루의 비용적을 측정한 결과는 표 3-4-93 에 나타내었음

- 프랑스 밀가루와 우리밀 밀가루 모두 효소 무처리군과 비교한 결과, 비용적은 효소 처리군에서 높게 나타남. 프랑스 밀가루와 우리밀 밀가루에서는 우리밀 밀가루에서 다소 높은 값을 나타내었으나, 유의적인 차이는 없음.
- 효소량 조절된 프랑스 밀가루와 우리밀 밀가루 바게트 외상, 내상 사진은 그림 4-31과 같음

표 3-4-93. 혼합효소 함량 조절한 프랑스 밀가루와 우리밀 밀가루의 비용적

샘플	NO	Malt (%)	혼합효소 (%)	Volume (ml)	Weight (g)	Specific Volume (ml/g)
프랑스 밀가루	11	0	-	1,090	254	4.29
	12	0.05	0.025	1,190	270	4.41
우리밀 (회분 0.5%)	13	0	-	1,088	250	4.35
	14	0.05	0.025	1,200	264	4.55

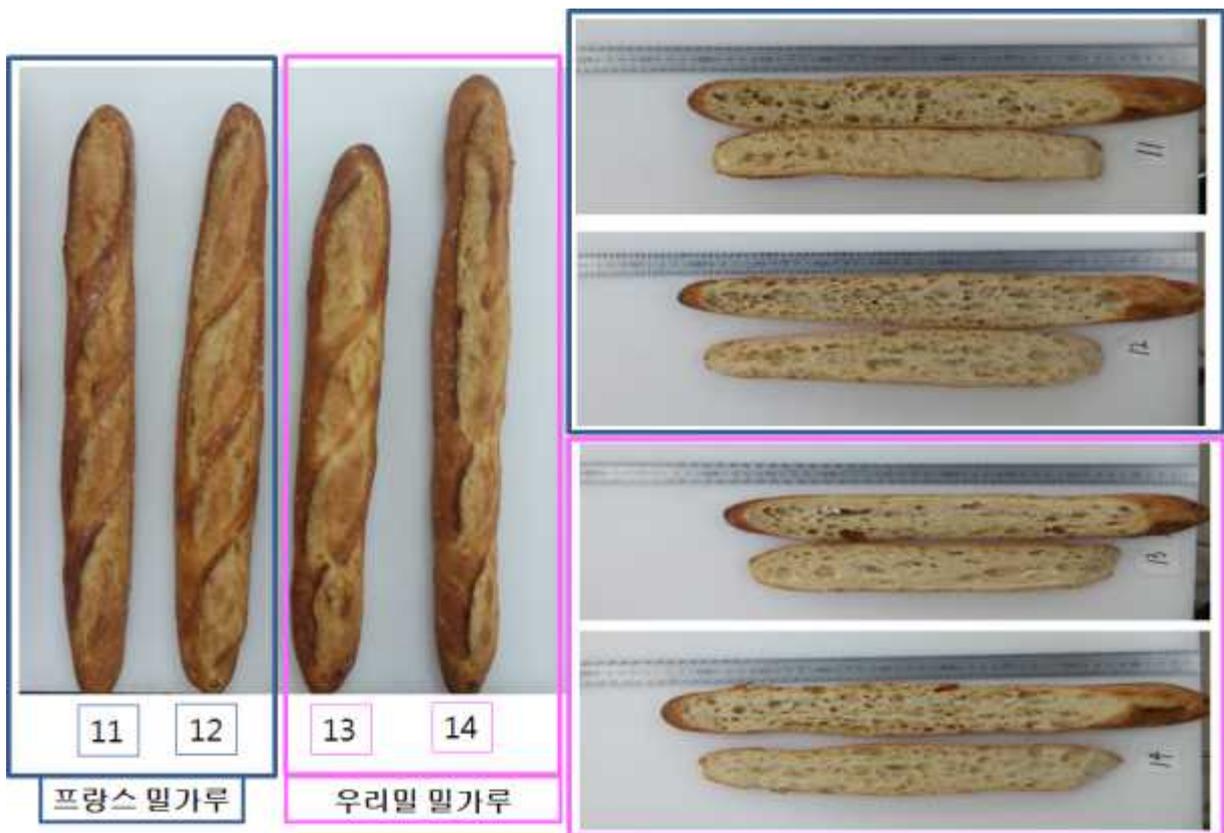


그림 3-4-31. 바게트 제품 - 외상 및 내상

③ 바게트의 경도 측정

○ 혼합효소 함량 조절한 바게트 제품이 경도는 제조 1 일후 측정하여 표 3-4-94에 나타냄.

- 혼합 효소 함량이 조절된 프랑스 밀가루 및 우리밀 밀가루 경도를 1일차 비교 분석한 결과, 프랑스 밀가루와 우리밀 밀가루 모두 효소 무 처리군 보다 경도가 낮게 나타냄.

표 4-94. 혼합효소 함량 첨가된 프랑스 밀가루와 우리밀 밀가루의 경도

샘플	NO	Malt (%)	혼합효소 (%)	Hardness1(gf)	Cohesiveness	Springiness	Gumminess (gf)	Chewiness (gf)
프랑스 밀가루	11	0	-	1,394	0.56	0.76	742	572
	12	0.05	0.025	993	0.27	0.74	264	199
우리밀 (회분 0.5%)	13	0	-	1,016	0.66	0.78	637	498
	14	0.05	0.025	748	0.28	0.82	402	332

(3) 4차년도 실험 요약

□ 효소 무처리군의 밀가루 반죽 물성(Farinograph, Amylograph 등) 및 제빵 특성

- 효소 무처리군의 밀가루 파리노그램에서 발전시간은 회분 0.8, 1.0% 우리밀 밀가루의 발전시간이 2.2분으로 프랑스 밀가루에 비해 늦게 나타남(Con. 1.7분). 우리밀 껍질 함량 증가로 밀가루 수화속도 지연, 글루텐형성 방해 인자로 작용한 것으로 판단됨. 안정도는 Control 군 2.1 분으로 가장 낮은 값을 나타냈으며, 회분 0.8% 우리밀 통밀가루 9.4 분으로 가장 높음
- 효소 무처리군의 밀가루 아밀로그래프 최고점도는 프랑스 밀가루에서 91BU 로 가장 낮은 값을 나타냄. 이는 α -amylase 활성이 효소처리 제품에서 높게 나타남을 알 수 있었음. 이후 실험에서 우리밀 밀가루에 효소를 첨가하여 비교 분석하였음
- 효소 무처리군의 밀가루 바게트 제품 비교 분석 결과, 색도는 Crust에서 L*(lightness) , b*(yellowness)값이 청밀 밀가루에서 낮았으며, a*(redness) 값은 높게 나타남. Crumb는 L* 값이 프랑스 밀가루보다 모든 제품이 높았으며, 특히 b* 값은 청밀 밀가루에서 가장 높았음
- 효소 무처리군의 밀가루 바게트 제조 1일 후 경도는 청밀 밀가루에서 가장 높은 값 ($2,781.32 \pm 308.7$ gf)을 나타냄. 바게트빵의 비용적이 클수록 경도와 점착성 및 씹힘성 감소되었음

□ 효소 함량에 따른 바게트 제빵 특성 비교 분석

- 제품 물성 개선을 위해 한국식품연구원 개발 효소 및 기존 사용 효소 malt를 첨가하여 바게트를 제조한 결과, 맥분의 흡수율 및 안정도는 프랑스 밀가루에 비해 우리밀 밀가루의 흡수율이 1% 낮게 나타나며, 안정도는 malt 첨가군 외 프랑스밀가루 및 우리밀 밀가루 모두 길게 나타남
- 효소 첨가된 밀가루의 아밀로그래프 최고점도는 malt를 첨가한 프랑스밀가루, 우리밀 밀가루에서 혼합효소 첨가한 밀가루 보다 낮은 값을 나타냄
- 효소 첨가된 밀가루 바게트 제품 비교 분석 결과, 색도는 malt 첨가된 프랑스 밀가루에서Crust 와 Crumb 모두 L* (lightness) 값이 낮게 나타남
- 효소 첨가된 밀가루 바게트 제품 제조 1일 후 경도는 malt 첨가된 프랑스 밀가루와 malt 첨가된 우리밀 밀가루와 유사한 경향을 나타내었으며, 혼합효소 처리군은 프랑스 및 우리밀 밀가루 모두 높은 값을 나타냄
- 한식연 효소 첨가량에 따른 제품 비교 분석한 결과, 한식연 개발 효소는 우리밀 바게트 제품 외관 개선에 도움을 줄 수 있으나, 풍미 및 씹힘성과 제빵적성에 개선에 맞는 추가 연구개발이 필요할 것으로 판단됨

제 4 장 목표달성도 및 관련분야 기여도

제 1절. 목표 달성도

- 본 연구에서는 우리밀 및 수입밀의 체분 및 제빵특성 분석을, 우리밀에 적합한 수확 후 관리기술 및 건조저장 모델 개발을 통해 제빵품질을 개선하고 고부가가치 소재 및 신제품을 개발을 수행하였음
- 본 연구기간은 4년으로서, 연구개발 성과 목표는 표 4-1에 표시되어 있듯이 논문 10건 (SCI:4건, 비 SCI:6건), 교육지도 10건, 정책 활용 1건, 홍보전시 2건, 특허출원 6건, 특허등록 4건, 기술이전 2건 및 제품화 8건 이었음

표 4-1. 연구개발 성과목표 대비 실적 (단위 : 건수)

성과목표	사업화지표								연구기반지표								
	지식 재산권		기술이전	사업화					기술인증	학술성과			교육지도	인력양성	정책활용·홍보		기타 (타연구용 등)
	출원	등록		제품화	기술창업	매출창출	고용창출	투자유치		논문		학술발표			정채활용	홍보전시	
										SCI	비 SCI						
최종목표	6	4	2	8					4	6		10			1	2	3
1차 년도	목표									1							
	실적											5	2				
2차 년도	목표	1							1	1							
	실적	1							1	1	7	2			1	2	
3차 년도	목표	3	1						1	2							
	실적	1	1						1	3	9	4				1	
4차 년도	목표	2	3	2	8				2	2		10			1	2	3
	실적	1(1) ^a		1	8				2(3) ^b	2(1) ^c	4	2	2		10		3 ^d
소 계	목표	6	4	2	8				4	6		10			1	2	3
	실적	3(1) ^a	1	1	8				4(3) ^b	6(1) ^c	25	10	2		1	13	3 ^d

^a 11월 출원 준비 중

^b 투고 후 심사 중

^c 논문심사 통과 후 게재 예정 (2017년 1월)

^d 우리밀 관련 연구제안 1건, 중소기업 기술지원 2건 (우리다운, Transilo)

- 연구기간 중 성과로, 특허 출원 3건, 특허 등록 1건, 기술이전 1건, 논문게재 10건 (SCI:4건, 비 SCI:5건), 학술발표 25건, 교육 10건, 정책 활용 1건, 홍보 13건, 타연구에 활용 3건, 제품화 8건 등의 성과가 있었음. 현재 게재 확정 논문 2편 (비SCI) 및 3편의 논문(SCI)이 심사 중에 있으며 향후 특허 2건, 논문 2건, 기술이전 1건 등이 계획 중에 있어 본 연구의 성과목표 대비 목표치를 달성하였다고 판단되어짐

- 본 연구는 1차 년도에는 수입밀에 비교한 우리밀 품종의 제분특성, 제빵특성 분석을 통한 우리밀 제빵품질 저해요인구명 및 우리밀 수확 후 관리시설 기술 분석에 관한 연구, 2차 년도에는 제분 전처리에 의한 제분특성, 제빵특성 분석을 통한 물성개선 및 우리밀 건조저장 시설 설계인자 구명에 관한 연구, 3차 년도에는 우리밀 제빵적성 향상 가공기술 개발 및 우리밀 건조저장 시설 기준개발, 4차 년도에는 우리밀을 활용한 기능성 소재 밀 제빵 신제품 개발 및 우리밀 건조저장 모델개발 및 보급체계 구축에 관한 연구를 진행하였음. 구체적인 연도별 연구개발목표의 달성도는 아래에 기술하였음
- 1차년도에는 시판 우리밀 및 수입밀 밀가루제품의 품질차이를 분석하여 우리나라에서 유통되는 시판 우리밀 밀가루의 문제점을 분석하였으며, 수입밀 및 우리밀 원곡의 품질차이, 제분특성, 제빵별 관능적 특성 및 소비자 인지도 분석을 통해 우리밀의 품종별 제빵품질저해요인 분석 및 품질개선 방향을 정립함으로 1차년도 연구목표인 우리밀 제빵품질 저해요인 구명에 관한 목표를 달성하였음. 우리밀 및 수입밀의 품질차이 분석에 의한 연구결과물들은 논문제목 “수확 연도별 우리밀과 수입밀의 품질변이 비교”로 한국식품영양과학회지 제 46권 제 1호에 게재예정임
- 추가적으로, 1차년도에는 우리밀 수확 후 관리시설의 분석을 통한 품질저해요인을 분석하기 위하여 국내의 수확 후 품질관리시설 및 보관 실태를 조사하였고, 현지조사, 문헌 및 실험을 통해 수확 후 각 공정별 품질저해요인을 분석하였으며, 1차 년도의 연구목표인 우리밀 수확 후 관리시설 기술 분석에 관한 목표를 달성하였음
- 2차년도에는 제빵 용도별 물성 및 제빵품질 개선을 위한 제분 전처리로 고전압, 열수처리 및 오존수처리 후 제분 및 제빵특성 분석을 수행하였으며, 고전압과 같은 전처리는 반죽의 물성 및 식빵과 같은 제빵제품의 노화를 억제하는 결과를 도출함으로 제빵품질 개선에 관한 목표를 달성하였음. 그 결과 “고전압 처리 장치 및 이를 이용한 밀가루의 반죽특성개선 방법 (등록번호: 10-14-78021)”으로 특허를 등록하였음
- 2차년도와 3차년도에 걸쳐 수입밀과 차별화된 우리밀 기능성탐색은 청밀의 생리활성물질, 항산화력 및 암세포 증식억제 등의 분석을 통해 청밀은 정상수확밀보다 건강관련 기능이 우수함을 밝힘으로 우리밀만의 고유한 장점으로 청밀의 활용가능성을 연구하였음. 이러한 연구결과들은 논문제목 (“Antioxidant and antiproliferative activities in immature and mature wheat kernels”)로 국제 학술지인 Food Chemistry 제 196권, 논문제목 (“Phytochemical compositions of immature wheat bran, and its antioxidant capacity, cell growth inhibition, and apoptosis induction through tumor suppressor gene”)로 국제 학술지인 Molecules 제 21권에 게재하였으며, “청밀 추출물을 유효성분으로 함유하는 항산화 또는 항암활성을 가지는 약학 조성물 및 건강기능식품 (출원번호: 10-2015-0048619)”으로 특허 출원함으로 목표를 충분히 달성하였음
- 추가적으로, 2차년도에는 우리밀의 반입-선별-계량-건조-저장 등 수확 후 공정별 설계인자를 구명하였으며, 2차년도의 연구목표인 우리밀 건조저장시설 설계인자구명에 관한 목표를 달성하였음 우리밀 수확 후 공정별 설계인자 구명에 대한 연구결과물들은 논문 3건 게재하였음. 논문제목 “함수율에

따른 우리밀의 물리적 특성”로 한국식품저장유통학회지 제 22권 제 5호 및 “Simulation of wheat circulating cross-flow dryer”로 한국농업기계학회지 제 40권 제 3호에 게재되었고 또한, “함수율에 따른 우리밀과 이물의 종말속도에 미치는 영향”로 한국식품저장유통학회지 제 23권 제 5호에 게재되었음

- 3차년도에는 제빵 용도별 물성 및 제빵품질 개선을 위한 제분 및 후처리기술개발로 제1 협동인 CJ 제일제당에서는 저장온도 및 기간에 따른 제분특성분석, 제1세부 (한국식품연구원) 및 제 2 협동 (밀다원)에서는 산화제 및 제빵효소의 복합사용에 의한 물성개선 실험 및 관능적 특성을 통해 우리밀에 적합한 물성개선을 도출하였음. 이러한 결과물들은 Food Sci. Biotechnol. (vol, 25(S))에 게재되었으며, 식빵 premix 제품화에 기여함으로 목표를 충분히 달성하였음
- 3차년도에는 정부사업 우리밀 건조저장시설의 시설기준 및 기본모델 개발을 목표로 하여 1, 2차년도 연구결과 및 3차년도에 실시한 조선, 건조, 저장, 선별공정에 대한 보완실험 결과를 바탕으로 반입, 조선, 계량, 건조, 저장, 선별공정의 시설기준(안)을 개발하였고, 4가지 우리밀 건조저장시설 기본모델을 개발하였으며, 3차년도 연구목표인 우리밀 건조저장시설 기준개발 및 모델개발에 관한 목표를 충분히 달성하였음. 그 결과, 우리밀 건조저장시설 모델은 정책사업의 기본모델로 반영되도록 정책 건의할 예정이며, 세부적인 모델 관련기술은 참여기업인 협동엔지니어링에 기술이전하였고, 밀 건조저장시설(출원번호: 10-2016-0025773)로 특허를 출원하였음
- 4차년도에는 이 과제의 최종 목표인 우리밀에 적합한 수확 후 관리기술 및 건조저장 모델 개발을 통해 제빵품질을 개선하고 고부가가치 소재 및 신제품을 개발을 수행을 위해, 기능성 소재를 포함하고 있는 청밀 전밀가루 및 밀기울을 이용하여 밀기울을 포함하는 식빵믹스, 청밀 전밀가루, 청밀 마들렌 및 청밀 무스케익 등의 제품들을 제안함으로 목표를 달성하였음. 청밀 전밀가루로 만든 마들렌의 가공특성 및 항산화관련 결과물들은 현재 논문제목 “Utilisation of immature wheat flour as an alternative flour with antioxidant activity and consumer perception on its baked product”로 국제 학술지인 Food Chemistry에 투고 후 심사 중에 있음. 또한, 제1 협동인 CJ 제일제당에서는 전 밀 밀가루 생산을 위한 제분기별 제분 조건을 확립하였으며, 우리밀 전밀 밀가루를 이용한 부침 및 핫케익 믹스를 개발하여 상품화 추진 중에 있어 4차년도 목표를 충분히 달성하였음
- 4차년도에는 개발된 건조저장시설 기본모델을 실제 사업에 최대한 적용하여 보완하고, 최종모델을 개발하여 보급체계를 구축하였으며, 이는 4차년도 목표인 우리밀 건조저장시설모델 운영실험 및 보급체계구축으로 연구목표를 달성하였음

1. 논문게재 성과

게재연도	논문명	저자			학술지명	Vol.(No.)	국내외 구분	SCI구분
		주저자	교신저자	공동저자				
2014	시판중인 우리밀 및 수입밀 밀가루의 품질 및 특성비교분석	김상숙	정혜영		한국식품영양학회	27(2)	국내	비SCI
2014	Effects of rice flour size fractions on gluten free rice bread	박지혜	김상숙	김동철, 이세은, 김의웅, 김훈, 임승택	Food Sci Biotechnol	23(6)	국내	SCIE
2015	함수율에 따른 우리밀의 물리적 특성	김의웅	최은정	김훈, 김상숙	한국식품저장유통학회	22(5)	국내	비SCI
2015	옥수수 전분과 찰옥수수 전분 첨가 비율에 따른 Gluten-free 제빵 특성	김상숙	정혜영		한국식품영양학회지	28(4)	국내	비SCI
2015	Simulation of wheat circulating	김의웅	한재웅	김훈, 김웅, 이효재	Journal of Biosystems Engineering	40(3)	국내	비SCI
2015	교반 조건에 따른 Gluten-free 쌀빵 반죽의 동적점탄성과 제빵 특성	김상숙	정혜영		한국식품영양학회지	28(6)	국내	비SCI
2016	Antioxidant and antiproliferative activities in immature and mature wheat kernels	김미정	김상숙		Food Chemistry	196	국외	SCI

(계속)

계재연도	논문명	저자			학술지명	Vol.(No.)	국내외 구분	SCI구분
		주저자	교신저자	공동저자				
2016	Determination of the optimum mixture of transglutaminase , L-ascorbic acid and xylanase for the quality and consumer acceptability of bread using response surface methodology	김미정	김상숙		Food Sci Biotechnol	25(S)	국내	SCIE
2016	Phytochemical compositions of immature wheat bran, and its antioxidant capacity, cell growth inhibition, and apoptosis induction through tumor suppressor gene	김미정	김상숙	윤원진	Molecules	21	국외	SCIE
2016	함수율에 따른 우리밀과 이물의 종말속도에 미치는 영향	최은정	김의용	김훈, 김상숙	한국식품저장유통학회	23(5)	국내	비SCI
2017	수확 연도별 우리밀과 수입밀의 품질변이 비교	곽한섭	김상숙	김태중, 주은영, 차장훈, 김아진, 김미정	한국식품영양과학회지	2017년 1월호 발간 예정	국내	비SCI

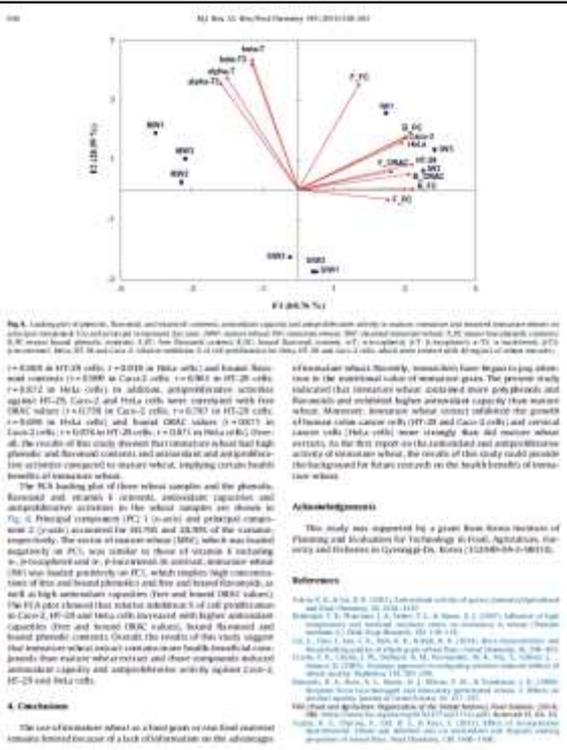
(계속)

게재연도	논문명	저자			학술지명	Vol.(No.)	국내외 구분	SCI구분
		주저자	교신저자	공동저자				
2017	Consumer perception of bread depending on wheat origin in relation to physicochemical characteristics of wheat flour	김미정, 곽한섭	김상숙	정희연, 이민정, 김의웅, 김훈	Emirates Journal of Food and Agriculture	리뷰중	국외	SCIE
2017	Immature wheat flour as an alternative flour: Baking-induced changes in the antioxidant properties and consumer perception on baked product	김미정	김상숙		Food Chemistry	리뷰중	국외	SCI
2017	Effect of ozone gas on properties of starch and protein in wheat flour	이민정	김상숙	김미정, 곽한섭, 임승택	Food Sci Biotechnol	리뷰중	국외	SCIE

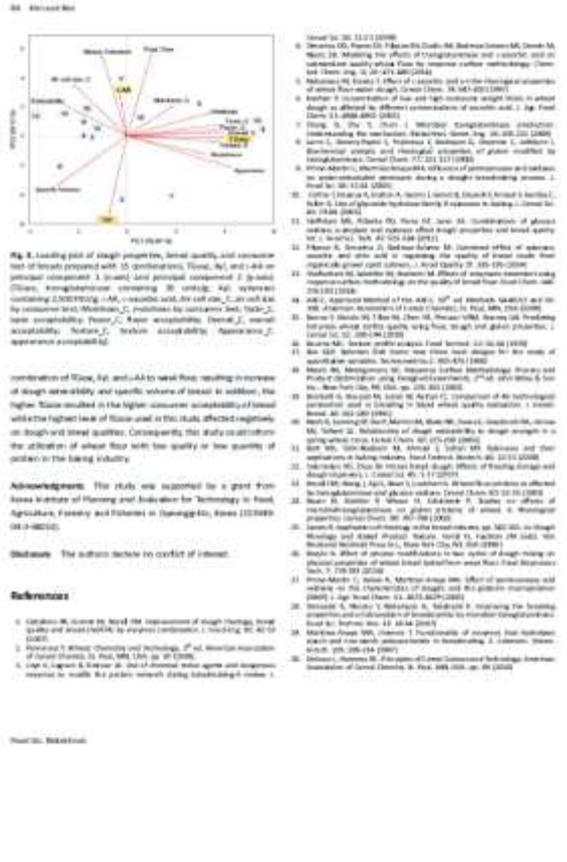
논문 표지

감사의 글

7



8



	논문 표지	감사의 글
9	 <p>Phytochemical Compositions of Immature Wheat Bran, and Its Antioxidant Capacity, Cell Growth Inhibition, and Apoptosis Induction through Tumor Suppressor Gene</p> <p>Mi Jeong Kim ¹, Woo-Jin Yoon ² and Sang Seok Kim ^{1,*}</p> <p>Abstract: The purpose of this study was to investigate the phytochemical compositions and antioxidant capacity, cell growth inhibition, and apoptosis induction in extracts of immature wheat bran. Immature wheat bran (IWB) was obtained from immature wheat harvested 10 days earlier than mature wheat. The phytochemical compositions of bran extract samples were analyzed by ultra-high performance liquid chromatography. The total ferulic acid (5.56 mg/g) and p-coumaric acid (5.5 mg/g) in IWB were significantly higher than in mature wheat bran (MWB). Ferulic acid (1.79 mg/g), p-coumaric acid (31.81 μg/g), the oxygen radical absorbance capacity (ORAC) (327 μM Trolox equivalents (TE)/g) and cellular antioxidant activity (CAA; 4.59 μM Quercetin equivalents (QE)/g) of the IWB were higher than those of the MWB (ORAC, 281 μM TE/g; CAA, 0.43 μM QE/g). When assessing cell proliferation, the IWB extracts resulted in the lowest EC₅₀ values against HT-29 (18.9 mg/mL), Caco-2 (2.74 mg/mL), and HeLa cells (8.37 mg/mL) among bran extract samples. Additionally, the IWB extracts increased the gene expression of p53 and PTEN (tumor suppressor genes) in HT-29 cells, indicating inhibited cell growth and induced apoptosis through tumor suppressor genes.</p> <p>Keywords: immature wheat bran; phytochemical composition; antioxidant capacity; cell growth inhibition; tumor suppressor genes; apoptotic cell death</p> <p>1. Introduction</p> <p>Wheat (<i>Triticum aestivum</i> L.) accounts for approximately 30% of global cereal production [1] and is used as an energy source in the human diet [2]. Recently, epidemiological studies have suggested that the consumption of whole-grain products reduces the risk of heart disease [3], various types of cancer [4], and type 2 diabetes [5]. Bioactive phytochemicals, vitamins, minerals, and fiber present in the bran fraction of the grain have been reported to be responsible for most of the beneficial health effects of whole grains [6].</p> <p>For these reasons, numerous studies have investigated the beneficial health effects of wheat bran in recent years [2,6–9]. These studies have focused on the beneficial health effects regarding the antioxidant activities and phenolic acid composition of wheat bran. Among the identified compounds in wheat bran, ferulic acid was the most abundant phenolic acid, followed by p-coumaric, vanillic, sinapic, syringic, and caffeic acids [6]. In addition, the phenolic compounds derived from wheat bran extract showed antiproliferative effects on cancer cells [6]. The cellular mechanisms underlying</p>	<p>Molecules 2016, 11, 1262</p> <p>13 of 20</p> <p>3.16. Apoptotic Cell Morphology by Green Fluorescent Protein</p> <p>HT-29 cells were seeded into four chamber slide (NIP, Gyeonggi-do, Korea) at a density of 1×10^6 cells/chamber. The attached cells were then treated with 50 mg/mL bran extracts for 24 h, and then the slides were washed with PBS. After the chambers were washed, each slide received 50 μL of Dual Detection Reagent containing apoptosis detection reagent (Green Fluorescent Protein/Fluorescein isothiocyanate, GFP/FITC) and necrosis detection reagent (7-AAD) in 1\times binding buffer. The samples were incubated at room temperature for 15 min under dark conditions. After staining, the cells were washed with binding buffer and covered with a glass coverslip. The stained cells were observed using a fluorescence microscope (Olympus IX71) at a magnification of 40\times with a filter set for detecting the apoptosis (Excitation/Emission wavelength: 375/427 nm) and necrosis reagent (Excitation/Emission wavelength: 546/647 nm).</p> <p>3.17. Statistical Analysis</p> <p>Three replicates of experiments were performed, and all data are presented as the mean \pm standard deviation. An analysis of variance (ANOVA) and a Student Newman-Keuls (SNK) multiple comparison were performed using Statistical Analysis System ver. 9.2 (SAS Institute, Cary, NC, USA) to identify differences between samples. Pearson's correlation analysis was performed to determine the relationships between the various phenolic acid compositions and antioxidant capacities, cellular antioxidant activities, cell proliferation, and apoptotic cell death of the bran wheat samples.</p> <p>4. Conclusions</p> <p>Wheat bran is generally considered a by-product of the flour milling industry, and its phenolic acids are sources of antioxidants that inhibit various diseases, including cancer. The use of IWB as a functional ingredient remains limited because of a lack of information regarding the advantages of IWB. Recently, researchers have begun to focus on the functionality of ingredients conveying health benefits. The present study indicated that IWB contained more phenolic acids and exhibited higher antioxidant properties than MWB. Moreover, IWB extracts inhibited the proliferation of cancer cells and induced apoptosis more strongly than MWB extracts. As the first report on the cellular antioxidant capacity and activation of tumor suppressor genes related to the beneficial health effects of IWB, the results of this study could provide a foundation for future research on the health benefits of IWB and its utilization.</p> <p>Acknowledgments: This work was supported by Korea Institute of Planning and Evaluation for Technology in Food, Agriculture, Forestry and Fisheries (IPET) through High Value-added Food Technology Development Program, funded by Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs (MAFRA)/Grant number: 312049-04.</p> <p>Author Contributions: S.S.K. and M.J.K. conceived and designed the experiments. M.J.K. performed the experiments and analyzed the data. The first draft of the paper was written by M.J.K. and reviewed by S.S.K. W.-J.Y. contributed to the analysis of phenolic compositions. All authors read and approved the final version.</p> <p>Conflicts of Interest: The authors declare no conflict of interest.</p> <p>References</p> <ol style="list-style-type: none"> FAO. Global Supply and Demand Brief, Food and Agriculture Organization of the United Nations. Available online: http://www.fao.org/worldfoodsituation/csb/cry/ (accessed on 7 June 2016). Younis, B.; Huel, P.; Chabot, K.N. Phenolic content and antioxidant properties of bran in 31 wheat cultivars. <i>Cereal Chem.</i> 2008, <i>85</i>, 544–549. [CrossRef] Anderson, J.W.; Turner, T.J.; Peng, X.J.; Keyes, E.J. Whole grain foods and heart disease risk. <i>J. Am. Coll. Nutr.</i> 2008, <i>18</i> (Suppl. 3), S295–S299. [CrossRef] Chamone, L.; Tzavara, A.; La Vecchia, C.; Jacobs, D.R.; Maggi, E.; Levi, F.; Traverso, B. Whole grain food intake and cancer risk. <i>Int. J. Cancer</i> 1998, <i>77</i>, 24–28. [CrossRef]

3. 논문게재 예정 증빙자료

	논문제목	게재 예정 증명서						
1	함수율에 따른 우리밀과 이물의 종말속도에 미치는 영향	<p style="text-align: center;">게재 예정 증명서</p> <p style="text-align: center;">본 한국식품저장유통학회지에 아래의 논문이 23권 5호(2016년 10월 30일 발행)에 게재될 예정임을 증명합니다.</p> <p style="text-align: center;">- 아 래 -</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td style="text-align: center;">제 목</td> <td>함수율에 따른 우리밀과 이물의 종말속도에 미치는 영향</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">저 자</td> <td>최은경¹ · 김훈¹ · 김상훈² · 김의봉¹</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">소 속</td> <td>¹한국식품연구원 안전유통연구본부, ²한국식품연구원 기능성식품연구본부</td> </tr> </table> <p style="text-align: center;">2016년 9월 27일</p> <p style="text-align: center;">사 단 법 인 한국식품저장유통학회장 </p>	제 목	함수율에 따른 우리밀과 이물의 종말속도에 미치는 영향	저 자	최은경 ¹ · 김훈 ¹ · 김상훈 ² · 김의봉 ¹	소 속	¹ 한국식품연구원 안전유통연구본부, ² 한국식품연구원 기능성식품연구본부
제 목	함수율에 따른 우리밀과 이물의 종말속도에 미치는 영향							
저 자	최은경 ¹ · 김훈 ¹ · 김상훈 ² · 김의봉 ¹							
소 속	¹ 한국식품연구원 안전유통연구본부, ² 한국식품연구원 기능성식품연구본부							
2	수확 연도별 우리밀과 수입밀의 품질 변이 비교	<p style="text-align: center;">게재 (예정) 증명서</p> <p style="text-align: center;">47209 부산시 부산진구 중앙대로 993, 1010호 (양정동) 1003, 993, Juangang-daero, Busanjin-gu, Busan 47209, Korea TEL: 051-866-3693, 4 FAX: 051-866-3695</p> <p style="text-align: right;">2016. 9. 30</p> <p>접수번호 : K16-08-24</p> <p>논문제목 : 수확 연도별 우리밀과 수입밀의 품질 변이 비교</p> <p>저 자 : 채한섭¹ · 김태훈² · 주은영² · 차정훈² · 김아연² · 김비정¹ · 김상숙¹ (¹한국식품연구원 감자인지연구단, ²□제일제당 소재연구소)</p> <p>위 논문은 본 학회지에 투고하여 게재를 위한 모든 심사과정을 거쳤으므로 한국식품영양과학회지 제46권 제1호(2017년 1호, 2017년 1월말 발간 예정)에 게재될 것임을 증명합니다.</p> <p style="text-align: center;">한국식품영양과학회장 </p>						

4. 학술발표

번호	발표일시	장소/국명	발표명
1	2013.08.30	천안/대한민국	The physicochemical characteristics of commercial wheat flour and consumer perception on bread by wheat origin(Domestic vs. Imported)
2	2013.08.30	천안/대한민국	Relationship between quality characteristics of domestic wheat cultivar Kungang with different cultivated region and year
3	2013.08.30	천안/대한민국	The study of baking properties from domestic wheat flour and imported wheat flour
4	2013.10.25	서울/대한민국	밀의 특성: 우리밀 vs. 수입밀
5	2013.10.01	Albuquerque/ USA	The characteristics of commercial wheat flour made of Korean wheat compared to those made of imported wheat in Korea
6	2014.08.26	광주/대한민국	Quality characteristics of domestic wheat in comparison to imported wheat in Korea depending on year
7	2014.08.26	광주/대한민국	Physicochemical characteristics of domestic wheat kernels in comparison to those of imported ones depending on cultivars
8	2014.08.26	광주/대한민국	Domestic wheat cultivar in comparison to imported wheat cultivar in physicochemical characteristics of wheat flour
9	2014.08.26	광주/대한민국	Consumer perception on bread made of domestic wheat cultivars in comparison to those of imported wheat cultivars
10	2014.08.26	광주/대한민국	Investigation on quality characteristics of domestic wheat cultivars in comparison to those of imported wheat for processing equipment design
11	2014.08.26	광주/대한민국	Selected geometric and aerodynamic properties of wheat
12	2014.08.26	광주/대한민국	The Study of Baking Properties from Domestic Wheat
13	2015.06.04	부산/대한민국	Antioxidant and Antiproliferative Activities of Immature Wheat in Comparison to Mature Wheat in Korea
14	2015.06.04	부산/대한민국	Effects of Ozone Gas on Properties of Wheat Flour
15	2015.06.04	부산/대한민국	Effect of Moisture Content on Some Physical Properties of Wheat

(계속)

번호	발표일시	장소/국명	발표명
16	2015.06.04	부산/대한민국	Effect of Moisture Content on Terminal Velocity of Wheat Kernel and Foreign Materials
17	2015.06.04	부산/대한민국	Effects of Storage Temperature on Quality of Wheat with Time
18	2015.06.04	부산/대한민국	Study of Baking Properties from Domestic Wheat Flour Depending on High Voltage Treatment
19	2015.10.22	제주/대한민국	Quality of wheat according to storage temperature
20	2015.11.23	서울/대한민국	Phytochemical composition, antioxidant and anticancer properties by immature wheat bran in comparison to mature wheat bran
21	2015.11.23	서울/대한민국	Optimum mixture of transglutaminase, L-ascorbic acid and xylanase for baking properties of wheat flour using response surface methodology
22	2016.08.17	대구/대한민국	Design factor analysis for color separator among wheat and other grains
23	2016.08.17	대구/대한민국	Effects of ozone gas on properties of major components in wheat flour
24	2016.08.17	대구/대한민국	Antioxidant changes by baking and consumer perception of madeleines made with immature wheat flour
25	2016.08.17	대구/대한민국	Influence of mill type for bran on antioxidant and baking properties of breads substituted with various levels of bran

5. 특허

출원/등록일	특허명	출원인/등록인	출원국/등록국	출원/등록번호
2013	고전압 처리 장치 및 이를 이용한 밀가루의 반죽특성개선 방법	김상숙 등 8명	대한민국	10-2013-0090242
2014	고전압 처리 장치 및 이를 이용한 밀가루의 반죽특성개선 방법*	김상숙 등 8명	대한민국	10-14-78021
2015	청밀추출물을 유효성분으로 함유하는 향산화 또는 항암활성을 가지는 약학 조성물 및 건강기능식품	김상숙 등 10명	대한민국	10-2015-0048619
2016	밀 건조저장 시설	김의웅 등 6명	대한민국	10-2016-0025773
2016	우리밀의 가공성 향상을 위한 건조 및 저장방법	김의웅 등 5명	대한민국	출원예정

* 본 특허는 ㈜더비엔아이에 의해 수행된 “IPET 농식품R&D사업 성과조사연구”의 가장 우수한 성과(smart특허점수기준)로 선정되어 인터뷰(2015년 06월)한 바 있음

6. 특허 증빙자료

	특허제목	증빙서류
1	고전압 처리 장치 및 이를 이용한 밀가루의 반죽 특성개선 방법	<p>출원번호통지서</p> <p>출원 일자 2013.07.30 출원인 명칭 한국식품연구원(3-1998-007755-3) 대표인 명칭 특허법인 송진(9-2010-100021-9) 발명자 명칭 김상숙 이세은 김동형 김의웅 김춘 박영준 권종태 발명의 명칭 고전압처리 장치 및 이를 이용한 밀가루의 반죽 특성개선 방법</p> <p>특 허 청 장</p> <p>«안내»</p> <ol style="list-style-type: none"> 귀하의 출원은 위와 같이 정상적으로 접수되었으며, 이후의 심사 진행상황은 출원번호를 통해 확인하실 수 있습니다. 출원에 따른 수수료는 접수일로부터 다음날까지 통보된 납입영수증에 해당, 납부자번호 등을 기재하여 귀국 또는 외국으로의 은행에 납부하여야 합니다. * 납부자번호 : 013(보가공코드) + 접수번호 귀하의 주소, 연락처 등의 변경사항이 있을 경우, 즉시 [출원연락처 정보변경(결정), 결결신 고사]를 제출하여야 출원 이후의 각종 통지서를 정상적으로 받을 수 있습니다. * 특허청(jpatent.go.kr) 문의 - 신청서작성도우미 - 특허청 신청금액 표기 참조 사이트 특허(실용신안 등) 출원은 명세서 또는 도면의 명칭이 필요한 경우, 등록결정 미전 또는 특허 심사 제출기간 이내에 출원서에 최종명칭 명세서 또는 도면에 기재된 사항의 범위 안에서 변경할 수 있습니다. 외국으로 출원하고자 하는 경우 PCT 제도(특허-실용신안)나 마드리드 제도(상표)를 이용할 수 있습니다. 국내 출원일로부터 12개월 이내로 출원하여야 하는 경우에는 국내 출원일로부터 일정한 기간 내에 외국에 출원하여야 우선권을 인정받을 수 있습니다. * 제도 안내 : http://www.kipo.go.kr/특허/마드리드/PCT/마드리드 * 우선권 인정기간 : 특허-실용신안은 12개월, 상표-디자인은 6개월 이내 * 마드리드상표청의 선출국을 기초로 우리나라에 우선권 주장할 시, 선출국이 마드리드상표청이면, 우선권일부터 16개월 이내에 마드리드상표청에 [관차청공한서(PCT/NT/99)]를 제출하거나 우리나라에 우선권 증명서류를 제출하여야 합니다. 본 출원사항을 일부에 표시하고자 하는 경우에는 마래와 같이 하여야 하며, 이를 위반할 경우 권리범위에 미치지 못할 수 있습니다. * 특허출원 10-2010-0000000, 실용등록출원 01-2010-0000000 기타 심사 절차에 관한 사항은 통보된 안내서를 참조하시기 바랍니다.

	특허제목	증빙서류
4	우리밀의 가공성 향상을 위한 건조 및 저장방법	<p style="text-align: center;">관인생략</p> <p style="text-align: center;">출원번호통지서</p> <p>출원 일자 2016.03.03 특기사항 심사청구(특) 공개신청(무) 출원번호(16p3014) 출원 번호 10-2016-0025773 (출원번호 1-1-2016-0208672-28) 출원인 명칭 한국식품연구원(3-1998-007755-3) 대리의 성명 특허법인 다래(9-2003-100021-7) 발명자 성명 김의도 김은 김상욱 최은경 이희연 최동하 발명의 명칭 밀 건조 저장 방법</p> <p style="text-align: center;">특 허 칭 장</p> <p style="text-align: center;"><< 안내 >></p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>1. 귀하의 출원을 취한 날이 정상적으로 접수되었으며, 이후의 심사 진행사항은 출원번호를 통해 확인하실 수 있습니다.</p> <p>2. 출원에 따른 수수료를 접수일로부터 다음날까지 동봉된 납입영수증에 영표, 납부자번호 등을 기재하여 가까운 우체국 또는 출원에 납부하여야 합니다. * 납부자번호 : 0131(이영호도) + 접수번호</p> <p>3. 귀하의 주소, 연락처 등의 변경사항이 있을 경우, 즉시 [출원인코드정보명칭(영표), 영표신고서]를 제출하여야 출원 이후의 각종 통지서를 정상적으로 발송할 수 있습니다. * 특허포털(patent.go.kr) 접속 > 민원서비스 > 신고 > 특허법 시행규칙 별지 제5호 서식</p> <p>4. 특허(실용신안등록)출원용 영세서 또는 도면의 보장이 필요한 경우, 특허명칭 이전 또는 의견서 제출기간 이내에 출원서에 최초로 첨부된 영세서 또는 도면에 기재된 사항의 범위 안에서 보장할 수 있습니다.</p> <p>5. 외국으로 출원하고자 하는 경우 PCT 제도(특허·실용신안)나 마드리드 제도(상표)를 이용할 수 있습니다. 국내 출원일을 원점에서 인정하고자 하는 경우에는 국내 출원일로부터 일정한 기간 내에 외국에 출원하여야 우선권을 인정받을 수 있습니다. * 제도 안내 : http://www.kipo.go.kr - 특허이양 - PCT/마드리드 * 우선권 인정기간 : 특허 * 심사일은 12개월, 실용신안 * 심사일은 6개월 이내 * 미국특허출원용 영표 제출을 기초로 우리나라에 출원할 수 있을 경우 시, 영문본이 미리 작성되어 있으면, 우선권으로부터 16개월 이내에 미국특허출원용 [문자적고용허가서(PTO-SB/39)]를 제출하거나 우리나라에 우선권 증명서를 제출하여야 합니다.</p> </div>

5. 정책자료

담당기관	정책자료 내용
농림축산식품부 식량산업과	농림축산식품부의 정책사업인 농림축산식품사업과 관련하여 “주요곡물산업 육성지원사업(16항)”의 맥류 건조저장시설 지원한도액 기준 및 범위에 본 연구결과가 활용되었음

16 주요곡물산업육성지원사업

▶ 이 사업시행지원에 대한 해석기관은 농림축산식품부 식량산업과입니다.

담당기관	담당과	담당자	전화번호
농림축산식품부	식량산업과	과장 이재희	044-200-1831
한국농수산식품유통공사	유통조사과 산지유통팀	팀장 신영민	02-6300-1471
지자체 (시·도 및 시·군)	관원농업과 등 (지자체 따름)	사무분장 규정에 따름	-

※ 동 지원에서의 '주요곡물'이란 밭작물(벼·콩, 곡수수, 밀, 수수, 고구마, 전곡류)를 일함

I. 사업개요

1. 목적

- FTA, IFA 등 시장개방 확대에 대응해 낙후된 주요곡물의 생산·유통·소비문 제개혁으로 활성화함으로써 자급기반을 확충하고 경쟁력 향상 도모
- 주요곡물 개량·조성(기존 품종만 브랜드)은 농기조치회를 통한 생산개면 확보·관리 하고 수확 후 건조·저장·가공 등을 알뜰 관리토록해 산업의 경쟁력 제고 도모
- 유통시설은 수확 후 건조·저장·치리를 알뜰케리려 유통여용 절감과 유통 혁신을 통한 경쟁력 제고 도모

2. 근거법령

- 농어업·농어촌 및 식품산업기본법 제7조(농수산물과 식품의 안정적 공급)

3. 성과목표 및 지표

- 주요곡물 기반조성, 건조·선별·저장 등 유통시설 현저를 통해 곡물자급 기반확충 및 경쟁력향상 도모

성과지표	2014 목표치	최근 3개년 실적			육성산식 부은 육성합합	자료수입 발급처
		'11	'12	'13		
①주요곡물 우수경영체 생산량(천톤)	34.2	-	21.3	31.1	(주요곡물우수 경영체(40 개소) 생산량 + 전국생산 량)×100	통계청 및 농림축산

· 최근 3년간 생산량 점유율 증가율(8~12%) 및 '14년 브랜드 경영체 48개소를 반영 하여 '14년 생산량 점유율 34.2%를 목표로 설정

나. 맥류 건조·저장시설 지원

- 재 원 : 농어촌구조개선특별회계
- 지원조건 : 국고 30%, 지방비 30%, 자부담 40%
- 지자체 여건에 따라 지방비 비율을 상향조정하여 자부담을 대체할 수 있음
- 사업기간 : 1년

5. 지원한도액 기준 및 범위

가. 기반조성

- 생산기반 시설·장비 및 종합처리시설 등 : 10억원/개소
- 개소당 사업비 한도는 경영체별 사업특성에 따라 사업 규모 및 사업비 감액 조 정

나. 맥류 건조·저장시설 지원 : 시설은 9억원, 증설은 6억원 지원

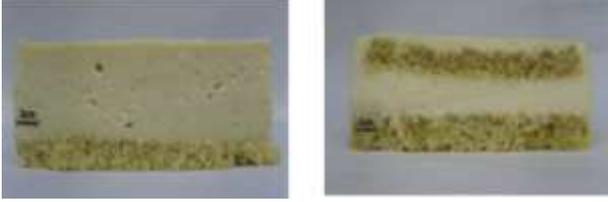
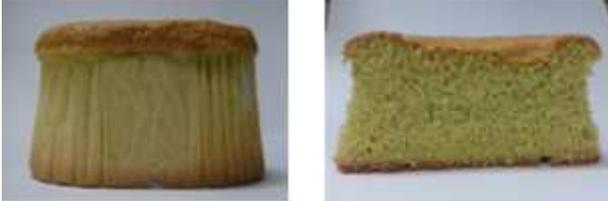
종 류	단위	정		보		지원규모	
		평균실적 대수(개)	평균소요 농비(₩)	평균실적 대수(개)	평균소요 농비(₩)	처리용량	지원금액 (백만원)
원도 투입 및 생산 계량부	중형선별기	1	13	1	13	-30톤/기 -30톤/기	470 372
	원도분리기	1	37	1	37		
	통과조절기	1	-	-	-		
	피킹라인레이어	3	356	3	117		
	세면컨베이어	1	76	3	59		
소 계		184		259			
확대 건조부	순환이전조기	15	251	3	513	-30톤/대 -30톤/대	81 96
	피킹라인레이어	65	28	2	92		
	세면컨베이어	1	30	2	44		
	소 계		309		649		
건조·가공 사업도부	가공시설도	3	231	4	687	-80톤(1명) -80톤(1명) -30톤(1명) -80톤(1명) -80톤(1명)	257 286 314 226 226
	피킹라인레이어	2	92	2	11		
	세면컨베이어	3	355	3	96		
	소 계		378		693		
	제이프로출조기	15	251	3	693		
정선부	제이프로출조기	1	35	-	-	※ 원도투입시설, 건조기 및 저장시설에 지원금액에 포함	
	제이프로출조기	1	35	-	-		
	소 계		403		693		
기타 시설	제이프로출조기	1	118	1	15		
	제이프로출조기	1	118	1	15		
	소 계		118		15		
총 소요농비		292		298			

· 지원규모는 예시로 활용, 세부사업별·지역별 특성에 따라 조정 가능

6. 제품화

번호	제품명	제품사진	제품설명
1	복합효소 premix flour		식감 및 제빵적성 향상을 위해 transglutaminase , xylanase, L-ascorbic acid이 포함된 밀가루 pre-mix 생산
2	밀기울 함유 premix flour		식이섬유를 다량 함유하고 있는 밀기울을 hammer mill로 전처리 후 5-10%를 밀가루로 대체하여 밀가루 pre-mix생산
3	청밀		출수 후 28일에 수확한 청밀을 상품화 계획에 있음
4	청밀 전밀 밀가루		청밀을 기류분쇄로 제분하여 전밀 밀가루 생산
5	부침 pre-mix		우리밀을 기류분쇄로 제분하여 전밀 밀가루 생산 후 찹쌀 및 전분을 첨가 후 pre-mix생산
6	핫케이크 pre-mix		우리밀을 기류분쇄로 제분하여 전밀 밀가루 생산 후 바닐라향 및 유지를 첨가 후 pre-mix생산

(계속)

번호	제품명	제품사진	제품설명
7	마들렌		청밀 전밀 밀가루를 이용한 마들렌 제품
8	스폰지 케이크		청밀 전밀 밀가루를 이용한 스폰지 케이크 제품
9	무스 케이크		청밀 전밀 밀가루를 이용한 무스 케이크 제품
10	카스테라		청밀 전밀 밀가루를 이용한 카스테라 제품
11	머핀		청밀 전밀 밀가루를 이용한 머핀 제품들

제 2절. 관련분야 기여도

- 국산 밀가루에 대한 긍정적인 인식 증가 및 식량 자급률에 대한 정부 정책의 변화로 국산밀 재배 및 품종의 연구가 많이 이루어지고 있지만, 실제 제빵 생산업체에서는 수입밀에 비교하여 우리밀의 제빵 적용성이 낮아 우리밀 사용을 꺼리고 있는 실정임. 이러한 문제를 해결하기 위해, 국산 밀 품종의 제분제빵 특성을 체계적으로 분석하여 우리밀의 낮은 제빵 적용성 요인을 구명하고 이를 극복하기 위한 방법은 무엇인지에 대한 연구가 부족한 실정임. 이에, 1차년도 연구내용인 수입밀 및 우리밀의 품질차이 분석을 통해 국내에서 생산되는 밀은 같은 품종 내에 단백질함량이 일정하지 않았으며, 향후 한국식품영양과학회지에 게재예정인 “수확 연도별 우리밀과 수입밀의 품질 변이 비교”는 우리밀 연구의 기초 자료로 활용 가능함
- 우리밀의 제빵 적성을 향상시키기 위해 우리밀 제분 전처리 및 제분 후처리 기술개발을 수행하였으며, 연구수행 결과 특허 “고전압 처리 장치 및 이를 이용한 밀가루의 반죽특성개선 방법 (등록번호: 10-14-78021)” 및 다수의 우리밀 가공에 관련된 논문들을 게재하였음. 이러한 연구성과들은 제빵 적성이 낮은 우리밀 가공 산업에 기여할 것으로 예상되어짐. 특히, Food Sci Biotechnol에 게재되었던 “Determination of the optimum mixture of transglutaminas, L-ascorbic acid and xylanase for the quality and consumer acceptability of bread using response surface methodology”은 제빵적성이 낮은 우리나라 시판 밀가루에 맞는 premix개발의 기초자료 제공에 기여할 것임
- 또한, 우리밀 장점을 살린 소재를 중심으로 신제품 개발 수행을 통해 특허 “청밀 추출물을 유효성분으로 함유하는 향산화 또는 항암활성을 가지는 약학 조성물 및 건강기능식품” 및 두건의 국제저널 (Food Chemistry, Molecules) 논문게재는 건강기능성을 내포하고 있는 우리밀의 제품개발 기여할 것으로 예상되어짐
- 최근 건강을 고려한 통밀가루와 같은 다양한 밀 가공품에 대한 소비자 요구는 높아지고 있으나, 실제 이에 대한 정의 및 품질기준이 부족한 실정임. 예를 들어, 미국의 경우 통밀가루에 대한 정의는 “whole wheat flour must contain the whole grain – the bran, the germ, and the endosperm – in the naturally occurring proportions”로 우리나라의 통밀가루와는 차이가 있음. 제 1, 2 협동과제에서 적정 전밀 제조를 위한 제분 및 제빵특성을 수입밀과 비교 연구한 결과 현재 국내에서 유통되고 있는 통밀가루의 식이섬유나 제빵적성들이 수입밀과 차이가 있었음을 제시하였음. 우리나라의 경우 통밀가루는 기타 밀가루로 분류가 되며, 몇몇 식품기업에서 생산하고 있지만 밀가루에 맥분이나 밀기울을 섞어 일정 회분함량 (약 1%)로 맞춰서 제품화 하고 있는 실정임. 이는 정책적으로 통밀가루에 대한 정의 및 품질기준이 없기 때문인 것으로 사료됨. 이 연구의 결과들은 통밀가루에 대한 정의 및 기준을 제시하기 위한 기초자료 확립에 기여할 뿐 아니라 전밀가루를 제조하기 위한 다양한 제분방법은 향후 제분산업에 전밀 밀가루 제품화를 위한 중요한 가이드라인이 될 것으로 예상됨
- 우리밀 건조저장시설의 경우 관련연구를 거의 찾아볼 수 없는 실정으로 체계적인 모델, 시설기준 및 운영기술은 확립되지 않은 상태로서 주로 벼의 건조저장시설인 DSC(Drying & Storage Center) 모

델을 그대로 준용하고 있으며, DSC에 사용되는 기준금액을 그대로 준용하는 등 정책사업의 효율적인 추진에 애로가 많았음

- 따라서 본 연구에서는 우리밀 건조저장시설의 설계 및 운영에 필요한 기준 및 운영기술은 물론 우리밀 건조저장시설의 시설기준 및 모델을 개발하여 우리밀 건조저장시설의 보급을 확대하려는 정부 정책사업이 비의 DSC수준으로 효율적으로 추진되는데 기여하기 위하여 수행되었음
- 본 연구에서의 관련분야 기여도는 우리밀의 수확 후 관리기술, 건조저장시설 설계기준 및 모델을 제시하였으며 이는, 우리밀 건조저장시설의 운영과 정책사업(예 : 농림축산식품사업(9. 발작물공동경영체 육성지원))의 추진에 활용될 것으로 기대됨
- 우리밀 건조저장시설의 설계기준은 4개 설계회사(대주종합기술단, 보람ENG, 푸른엔지니어링 및 협동엔지니어링)를 통해 향후 우리밀 건조저장시설의 설계 및 시공에 활용할 예정이며, 우리밀의 산물 수매, 건조 및 저장에 필요한 수확 후 관리기술은 교육 등을 통해 우리밀 건조저장시설에서 활용할 수 있도록 할 예정임
- 우리밀 건조저장시설 모델은 정책사업의 기본모델로 반영되도록 정책건의 할 예정이며, 세부적인 모델 관련기술은 참여기업인 협동엔지니어링에 기술이전하였고, 밀건조저장시설(10-2016-0025773)로 1건의 특허출원하였음

제 5 장 연구결과의 활용계획

○ 우리밀 및 수입밀의 제분 및 제빵특성 분석을, 우리밀에 적합한 수확 후 관리기술 및 건조저장 모델 개발을 통해 제빵품질을 개선하고 고부가가치 소재 및 신제품을 개발 관련 연구결과는 향후 우리밀 사업 방향 및 밀 자급률을 늘리기 위한 정부 정책 추진에 활용될 것으로 기대하며, 주요 연구성과는 특허, 논문발표 및 게재, 홍보 등 다양하게 성과를 활용할 계획임

- 1차 년도의 연구내용인 우리밀 품질 저해요인 분석 결과, 동일 품종 내 커다란 변이가 주된 품질 저해 요인으로 분석되었음. 이 결과는 대량수요처에서 원하는 ‘동일한 품종의 경우 일관성 있는 특성의 우리밀’ 생산을 위한 기초자료로 활용될 예정임.

: ‘동일한 품종의 경우 일관성 있는 특성의 우리밀’ 생산을 위해 종자단계부터, 생산, 수확 후 관리에 대한 생산자 교육 및 관리가 필요하며, 이를 위한 기초자료로 활용예정임

- 우리밀 원곡의 품질향상을 위해 “고전압 처리 장치 및 이를 이용한 밀가루의 반죽특성개선 방법”에 대한 국내 특허 등록 (등록번호:10-14-78021)을 완료하였으며, 이는 우리밀 제빵제품 물성개선을 위해 활용할 예정임

- 우리밀 제분 후 제빵 물성개선을 위한 연구결과의 일부는 국내 학술지 3건, 국외 학술지 1건을 게재하였으며, 특히 Food Sci Biotechnol에 게재되었던 “Determination of the optimum mixture of transglutaminas, L-ascorbic acid and xylanase for the quality and consumer acceptability of bread using response surface methodology”은 제빵적성이 낮은 우리나라 시판 밀가루에 맞는 premix개발에 활용할 계획임

- 우리밀만의 장점을 지닌 기능성 소재로 미숙 청밀의 건강 기능성 및 활용에 대한 특허 “청밀 추출물을 유효성분으로 함유하는 향산화 또는 항암활성을 가지는 약학 조성물 및 건강기능식품(출원번호: 10-2015-0048619)”를 출원하였으며, 이 소재는 건강기능성을 지닌 우리밀을 활용한 제품개발에 활용할 계획임

- 청밀 및 청밀 밀기울의 향산화 및 항암활성 관련 연구결과들은 국외 학술지에 2건 (Food Chemistry, Molecules)을 게재하였으며, 청밀 전밀가루를 이용한 제품개발은 현재 Journal of Cereal Chemistry에 투고 후 심사 중에 있음

: 우리밀 미숙 청밀은 정상수확된 상태로 수입되는 수입밀에는 없는 우리밀만의 장점을 지닌 청밀 전 밀가루나 밀기울을 밀가루양의 일부를 대신 사용하는 제품개발에 활용할 계획임

- 백밀에 비교한 전밀가루 혹은 청밀 전밀가루에 대한 건강기능성을 확인하였으나, 실제 우리밀 전밀가루 제품은 전무한 실정임 이는 미국, 캐나다와 달리 국내 전밀가루에 대한 정의는 없는 실정으로 전밀가루에 대한 정의를 포함한 규격 및 품질 기준 조정에 대한 정책건의를 하였음
- : 건의된 내용은 우리밀 규격 및 품질 기준 조정에 관한 선행 연구과정을 거쳐 개정에 활용될 예정이며, 향후 제분산업에 전밀 밀가루 제품화를 위한 중요한 가이드라인으로 활용할 계획임
- 전밀 제조를 위한 제분 및 제빵 특성 연구결과를 바탕으로 전밀 밀가루 제조 및 물성개선을 위한 밀 기술 제조에 관한 특허를 출원할 예정이며, 본 연구결과는 우리밀 생산 수요 확대를 위한 다양한 제품 개발을 위한 후속 연구과제 도출에 활용할 계획임
- 우리밀 건조저장시설의 설계기준은 4개 설계회사(대주종합기술단, 보람ENG, 푸른엔지니어링 및 협동엔지니어링)를 통해 향후 우리밀 건조저장시설의 설계 및 시공에 활용할 예정임
- 우리밀의 산물수매, 건조 및 저장에 필요한 수확 후 관리기술은 교육 등을 통해 우리밀 건조저장시설에서 활용할 수 있도록 할 예정임
- 세부적인 모델 관련기술은 참여기업인 협동엔지니어링에 기술이전 하였으며, 우리밀 건조저장시설 모델은 정책사업의 기본모델로 반영되도록 정책건의(예: 농림축산식품사업(9. 발작물공동경영체 육성지원)에 활용할 예정임

제 6 장 연구과정에서 수집한 해외과학기술정보

- 본 연구에서 획득한 해외 자료는 주로 밀의 품질기준 및 규격과 관련된 국내외 참고문헌이며, 자료의 출처는 CODEX(CODEX STAN 1 9 9 - 1 9 9 5), 우리나라(국립농산물품질관리원), 미국(미국 곡물규격법(United States Grain Standards Act)의 US(Grain Inspection Handbook), 호주(Wheat Quality Australia, 2011), 캐나다(Canadian Grain Commission) 및 일본(Satake) 등이었음
- 이러한 자료는 본 연구에 충분하게 활용되었을 뿐 아니라 향후 우리나라 밀 산업 관련 부분의 필수적인 연구에 활용이 가능할 것으로 기대되었음

제 7 장 연구개발결과의 보안등급

공개

제 8 장 국가과학기술종합정보시스템에 등록된 연구장비 현황

해당사항 없음

제 9 장 연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전조치 이행실적

해당사항 없음

제 10 장 연구개발과제의 대표적 연구실적

번호	구분 (논문/ 특허/ 기타)	논문명/특허명/기타	소속 기관명	역할	논문게재지/ 특허등록국 가	Impact Factor	논문게재일 /특허등록일	사사여부 (단독사사 또는 중복사사)	특기사항 (SCI여부/인 용횟수 등)
1	기술 이전	우리밀 건조저장시설모델	한국식품 연구원	책임	대한민국		2016.03.30	단독	협동엔지니어링 유상기술이 전
2	특허	고전압 처리 장치 및 이를 이용한 밀가루의 반죽특성개선 방법	한국식품 연구원	책임	대한민국		2016.03.03	단독	등록번호: 10-14-780 21
3	논문	Antioxidant and antiproliferative activities in immature and mature wheat kernels	한국식품 연구원	책임	Food Chemistry , 196 (2016) 638-645	4.052	2015.09.03	단독	SCI
4	논문	Determination of the optimum mixture of transglutaminase, L-ascorbic acid and xylanase for the quality and consumer acceptability of bread using response surface methodology	한국식품 연구원	책임	Food Sci. Biotechnol. 25(S), (2016) 77-84	0.699	2016.03.31	단독	SCIE
5	논문	Phytochemical compositions of immature wheat bran, and its antioxidant capacity, cell growth inhibition, and apoptosis induction through tumor suppressor gene	한국식품 연구원	책임	Molecules, 21, (2016) 1292	2.465	2016.09.27	단독	SCIE

제 11 장 기타사항

- 본 연구의 목적은 ‘우리밀의 제빵 품질 향상 및 기능성 신제품 개발’로 본 연구결과 우리밀의 제품개발 방향은 소비자들이 원하는 건강기능성 과 안정성이 겸비된 전밀 제품으로 판단되나, 실제, 전밀가루에 대한 정의가 없어 다양한 우리밀 제품 개발에 제한이 되고 있음
 - : 현재 대부분의 제분업계에서 출시하고 있는 통밀가루 제품에 대해 소비자들은 whole wheat flour 라고 생각하고 있으나, 실제 이들 제품은 백밀가루에 밀기울을 일부 첨가한 제품임
 - : 전밀가루에 대한 정의가 없기 때문에 생산업계에서는 유사제품인 ‘통밀가루’가 있는데, 굳이 전밀가루를 생산할 이유가 없는 실정임
 - : 전밀가루에 대한 정의를 포함한 우리밀 품질에 대한 규격 및 품질 기준에 대한 개정이 요구됨

- 우리밀의 자급율은 겨우 2% 이내로 우리밀 시장 규모는 작으나, 본 연구기관 참여기관은 대기업으로 기대 매출액이 5억 이상의 경우에만 출시가 가능하여, 본 연구결과 개발된 제품들의 시장 진입이 어려운 실정임
 - : 향후 이러한 결과를 유연하게 활용할 기업과의 협업이 요구됨

제 12 장 참고문헌

1. 강기갑 의원실, 2011. (사)우리밀살리기 운동본부, 제2의 주식 우리밀 산업의 발전방향과 정책적 과제, 우리밀 살리기 운동 20주년 기념 심포지엄.
2. 강천식, 김학신, 정영근, 김정근, 박기훈, 박철수. 2008. 시판 국내산 및 수입산 밀가루 특성과 가공적성 평가. 한국식품저장학회. 15:687-693
3. 강태환, 녕효봉, 한충수, 조성찬. 2010. 정백공정 중 연삭공정이 쌀 품질에 미치는 영향. 바이오시스템 공학 35(3) : 169-174
4. 고헌균, 금동혁, 김동철 등. 1995. 미국종합처리시설 -이론과 실제-. 문운당
5. 고헌균, 금동혁, 김동철 등. 2000. 농협미국종합처리장 설계기준. 농협중앙회 미국종합처리장 자문단
6. 고헌균, 금동혁, 김동철, 김명환, 노재선, 박호석. 2003. 쌀 산업 경쟁력 제고를 위한 RPC 종합 발전 방안. 한국 RPC연구회
7. 고헌균, 금동혁, 김만수, 노상하, 문성홍, 박경규, 장동일. 1990. 농산가공기계학. 향문사
8. 국립농산물품질관리원 등. 2004. 양곡 안전보관 관리기술
9. 국립농산물품질관리원 등. 2006. RPC의 우수농산물시설기준
10. 국립농산물품질관리원 고시 제2012-64호. <http://www.naqs.go.kr>
11. 국산밀 품질향상 및 생산비절감을 위한 [밀 산물처리 시스템 구축 방안 포럼 2010.8]. 농촌진흥청 I. 국산 밀 생산기반 확충방안, 서호석, 농림수산식품부, 발간등록번호(11-1390803-000063-01)
12. 국산밀 품질향상 및 생산비절감을 위한 [밀 산물처리 시스템 구축 방안 포럼 2010.8]. 농촌진흥청 II. 국산 밀 품질향상을 위한 수확 후 관리방안, 이춘기, 국립식량과학원, 발간등록번호 (11-1390803-000063-01)
13. 국산밀 품질향상 및 생산비절감을 위한 [밀 산물처리 시스템 구축 방안 포럼 2010.8]. 농촌진흥청 III. RPC의 미백겸용 산물수매의 효율화 방안, 한전수, 군산 대야농협, 발간등록번호 (11-1390803-000063-01)
14. 국산밀 품질향상 및 생산비절감을 위한 [밀 산물처리 시스템 구축 방안 포럼 2010.8]. 농촌진흥청 IV. (사례) 장성통합 RPC벼 밀 겸용 산물처리 현황, 김영성, 장성군농협조합공동사업법인, 발간등록번호(11-1390803-000063-01)
15. 국산밀 품질향상 및 생산비절감을 위한 [밀 산물처리 시스템 구축 방안 포럼 2010.8]. 농촌진흥청 V. (사례) CJ의 우리밀 사업 현황 및 향후계획, 안택준, CJ제일제당 Solution 센터, 발간등록번호 (11-1390803-000063-01)
16. 국산밀 품질향상 및 생산비절감을 위한 [밀 산물처리 시스템 구축 방안 포럼 2010.8]. 농촌진흥청 밀연구성과 자료, 용도별 밀 품종 및 재배기술 화관, 국립식량과학원, 발간등록번호 (11-1390803-000063-01)
17. 금동혁, 김동철, 김의웅, 김훈 등. 2002. 시뮬레이션에 의한 저장 벼의 곡온 예측. 한국농업기계학회 하계학술대회

18. 금동혁, 김동철, 김의웅, 김훈, 김명환, 한충수 등. 2003. RPC시설 및 경영진단 연구. 한국RPC연구회 연구보고서
19. 금동혁, 김동철, 박호석, 한충수 등. 1994. 미곡종합처리장 이론과 실무. 농협전문대학
20. 금동혁, 김훈, 김동철. 2000. 벼의 공기 밀폐저장 특성. 한국농업기계학회 25(1) : 33-38
21. 금동혁, 김훈, 홍상진. 2002. 벼의 원적외선 건조특성. 한국농업기계학회 27(1) : 45-50
22. 금동혁, 알 폴 썩. 1986. 시뮬레이션에 의한 순환식 건조. 한국농업기계학회 11(2) : 41-54
23. 금동혁, 이왕석. 1988. 벼의 순환병류건조의 시뮬레이션. 한국농업기계학회 13(3) : 59-70
24. 금동혁, 최창현. 1995. 호퍼스케일의 성능분석 및 개선에 관한 연구. 성균관대학교 연구보고서
25. 금동혁. 1998. 원형 철제빈을 이용한 벼의 건조 및 저장 핸드북. 성균관대학교 연구보고서
26. 김경탁, 김성수, 이영춘 고전압 펄스 전기장 처리된 사과주스의 저장 중 품질 변화, Korean J. Food Sci. Technol. 1999, 31(2), 375-379
27. 김동철, 금준석, 김훈, 박종대 등. 2007. 쌀 경쟁력 제고를 위한 기초조사. 한국식품연구원 연구보고서. E070205-07087
28. 김동철, 김의웅 등. 2004. 곡물냉각기를 이용한 벼 건조 및 저장시스템의 최적화. 한국식품저장유통학회지 11(2) : 269-275
29. 김동철, 김의웅, 금동혁, 한종규. 2004. 곡물냉각기의 개발. 한국식품저장유통학회지 11(2) : 250-256
30. 김동철, 김의웅, 금동혁. 1998. 벼의 호흡특성. 한국농업기계학회지 23(4) : 335-342
31. 김동철, 김의웅, 금동혁. 1999. 벼퇴적층 냉각시뮬레이션. 한국농업기계학회지 24(1) : 31-40
32. 김동철, 김의웅, 김상숙, 이세은 등. 2000. 벼의 수확후 처리가공기술개발 -현미의 품온조정을 통한 가공기술개발-. 한국식품연구원 연구보고서. GA0141-0001
33. 김동철, 김의웅, 김훈 등 2010. 고품질쌀 브랜드육성사업. 가공시설 현대화사업 성능검사방향. 한국식품연구원 연구보고서
34. 김동철, 김의웅, 김훈, 이세은 등. 2005. RPC 가공시설 개선연구. 한국식품연구원 연구보고서. G01515-05079
35. 김동철, 김의웅, 김훈, 이세은 등. 2005. RPC의 건조저장 시설 및 운영기술 현황 조사분석 연구사업. 한국식품연구원 연구보고서. GA01503-05043
36. 김동철, 김의웅, 김훈, 이세은, 김상숙 등. 2004. 농협 쌀 품질개선을 위한 RPC 프로세스 개발. 한국식품연구원 연구보고서. I01633-0450
37. 김동철, 김의웅, 김훈, 이세은, 김상숙 등. 2005. RPC수확후 품질개선에관한연구.한국식품연구원보고서. I01671-05027
38. 김동철, 김의웅, 김훈, 이세은, 김상숙 등. 2005. RPC의 건조저장시설 및 운영기술현황조사 분석 연구사업. 한국식품연구원 연구보고서. 농림부. G01503-05043
39. 김동철, 김의웅, 김훈, 이세은, 김상숙 등. 2005. 통합RPC 시설 및 기술 컨설팅(I). 한국식품연구원 연구보고서. I01679-05047

40. 김동철, 김의웅, 김훈, 이세은, 김상숙 등. 2006. 통합RPC 시설 및 기술 컨설팅(II). 한국식품연구원 연구보고서. I01742-06078
41. 김동철, 김의웅, 김훈, 이세은, 김상숙 등. 2007. 통합RPC 시설 및 기술 컨설팅(III). 한국식품연구원 연구보고서. I01781-07061
42. 김동철, 김의웅, 김훈, 이세은, 김상숙 등. 2008. 통합RPC 시설 및 기술 컨설팅(IV). 한국식품연구원 연구보고서. I01826-08049
43. 김동철, 김의웅, 김훈, 이세은, 김상숙 등. 2009. 통합RPC 시설 및 기술 컨설팅(V). 한국식품연구원 연구보고서. I01856-09054
44. 김동철, 김의웅, 김훈, 이세은, 김상숙 등. 2010. 통합RPC 시설 및 기술 컨설팅(VI). 한국식품연구원 연구보고서. I01875-10053
45. 김동철, 김의웅, 김훈, 이세은, 김상숙 등. 2011. 통합RPC 시설 및 기술 컨설팅(VII). 한국식품연구원 연구보고서. I01893-11062
46. 김동철, 김의웅, 김훈, 이세은, 김상숙 등. 2012. 통합RPC 시설 및 기술 컨설팅(VIII). 한국식품연구원 연구보고서. IS21207-11107
47. 김동철, 김의웅, 김훈. 2006. RPC 시설 및 운영기술 매뉴얼. 농림부, 한국식품연구원
48. 김동철, 김의웅, 이세은 등. 1997. 도정시스템의 운영실험. 한국식품연구원 연구보고서. I1369-9921
49. 김동철, 김의웅, 이세은 등. 1998. 벼의 조내기 및 연속식건조기 운영시험. 한국식품연구원 연구보고서. I1279-0925
50. 김동철, 김의웅, 이세은 등. 1998. 중저온 건조저장기법을 활용한 고품위 쌀 생산기술 개발. 한국식품연구원 연구보고서. GA0062-0984
51. 김동철, 김의웅, 이세은, 김상숙 등. 2000. 벼 및 보리의 산물저장에 따른 감모량 예측기술 개발. 한국식품연구원 연구보고서. I1404-0022
52. 김동철, 김의웅, 이세은, 김상숙. 1999. 도정시스템의 운영시험. 한국식품연구원보고서. I1369-9921
53. 김동철, 이세은, 김의웅, 김상숙, 김훈 등. 2005. 벼의 저온건조저장특성 및 건조기 최적운영 조건 확립. 한국식품연구원 연구보고서. GA0429
54. 김동철, 이세은, 김의웅, 김훈. 2002. 전자냉동을 이용한 가정용 쌀통의 성능시험. 한국식품연구원 연구보고서. I01477
55. 김명환, 고학균, 박동규, 박문호, 김철민, 정종훈 등. 2001. 물벼 건조저장시설의 모델 개발, 경제성 분석, 전국적 배치 정책지원 방향. 한국농촌경제연구원 보고서
56. 김상숙, 정혜영, Comparison of Quality Analyses of Domestic and Imported Wheat Flour Products Marketed in Korea, 2014, 27(2), 287-293
57. 김상숙. 2006. 미국의 벼 수확후 처리시설. RPC 기술과 경영. 한국RPC연구회
58. 김성. 2014. 국산밀의 산업육성정책방향. In: 국산밀의 재도약을 위한 자급을 제고방안 심포지움. 농촌진흥청 국립식량과학원
59. 김성근, 1986, 미국밀의 생산과 이용 제3장 밀의 품질요인, pp51-63, 사단법인 한국제분공업협회,

미국소맥협회

60. 김성곤, 조남지, 김영호, 윤성준, 이재진, 정순경, 채동진. 2009. 제과제빵 과학. 비앤씨월드. 서울.
61. 김연주, 주종찬, 김래영, 김원태, 박재희, 전순실. 2011. 우리밀 semolina 부분 대체에 의한 생면 파스타의 조리특성. 한국식품영양과학회지. 40:1017-1024
62. 김영모. 2002. 빵 케이크 쿠키 동아일보사
63. 김유진, 이정훈, 최미정, 최두리, 이시경, 활성글루텐이 저항전분을 함유한 식빵의 품질 특성에 미치는 영향, 2013, J. Korean Soc Food Sci Nutr. 42(1), 76~82.
64. 김유호, 조영길, 한충수. 1998. 벼의 기하학적·기계적 성질 측정. 1998년 동계 학술대회 논문집 3권 1호 261-268
65. 김의웅, 김동철, 김상숙, 이세은, 김훈. 2003. 가정용 냉각쌀통의 성능평가에 관한 연구. 한국식품연구원 연구보고서. I01571-0307
66. 김의웅, 김동철, 김훈 등. 2004. 농협RPC 산물벼 품질분석. 한국식품연구원 연구보고서(농협중앙회). S01861
67. 김의웅, 김동철, 김훈 등. 2012. 에너지절감형 RPC 가공공정모델개발. 한국식품연구원 연구보고서. GA096001-12003
68. 김의웅, 김동철, 김훈, 이세은, 김상숙 등. 2007. 양곡 보관시설기준 및 농협 창고 활용방안 연구. 한국식품연구원 연구보고서. I01776-07046
69. 김의웅, 김동철, 김훈, 이세은, 김상숙 등. 2009. RPC의 수율관리 및 이력추적시스템 모델 개발. 한국식품연구원 연구보고서. I01819
70. 김의웅, 김동철, 이세은, 김상숙, 김훈. 2003. 연속식건조기 운영실험. 한국식품연구원 보고서. I01565
71. 김의웅, 김동철, 이세은, 김상숙, 김훈. 2007. 쌀 산업 경쟁력 강화를 위한 RPC remodeling 기술 개발. 한국식품연구원 보고서. GA0679-07020
72. 김의웅, 김동철, 이세은, 김훈 등. 2004. 병류형 곡물건조기 최적 운영조건 확립. 한국식품연구원 연구보고서. GA0554
73. 김의웅, 김동철, 이세은, 김훈. 2004. 고품질 쌀 생산을 위한 현미냉각시스템 개발. 한국식품연구원 보고서. G0145108
74. 김의웅, 김동철. 2004. 곡물냉각기를 이용한 철제 원형빈에서의 벼 냉각. 한국식품저장유통학회지 11(2) : 263-268
75. 김의웅, 김동철. 2004. 벼의 안전저장기간. 한국식품저장유통학회지 11(2) : 257-262
76. 김의웅, 김상숙, 김동철, 김훈, 이세은 등. 2005. 산물벼의 실증량 거래를 위한 정선지수 측정시스템 개발. GA0574-05072
77. 김종태, 김철진, 박동준, 황재관, 구경형, 조성자, 남수진, 김승오. 1995. 우리밀의 종합적 활용을 위한 가공공정 기술의 개발. ARPC
78. 김진현. 1996. 건축기계설비, 공조냉동기계 기술사. 보문당

79. 김행하. 1990. 곡물저장의 이론과 실제. 평화사
80. 김혜영, 오명석, Comparisons of Bread Baking Properties Using Domestic and Imported Flour and Quality Changes During Storage, 2001, 16(1), 27-32
81. 김효경. 1988. 공기조화. 동명사
82. 김훈. 2005. 일본의 벼수확 후 처리시설. RPC 기술과 경영, 한국RPC연구회
83. 김희갑, 김인숙, 밀과 밀가루, 1997, 한국제분공업협회
84. 남재경, 한영숙 2000 국내산 밀의 제빵 적성에 관한 연구. 한국조리과학회지. 16(1):1-8
85. 농림부. 정부양곡안전 보관요령. 2005, 2006
86. 농림수산물식품 주요통계 2011. 농림수산물식품부 발간 등록번호 11-1541000-000314-1012
87. 농림수산물식품 주요통계 2012. 농림수산물식품부 발간 등록번호 11-1541000-000314-10
88. 농림축산식품 주요통계 2015. 농림축산식품부 발간 등록번호
89. 농협중앙회 양곡부. 2005. RPC 수확후 품질관리 및 시설개선방향
90. 미곡종합처리장 사업추진방향. 2002. 농협중앙회
91. 밀. 2011. 농촌진흥청, 04. 밀 수확 후 관리, pp194~196. 발간등록번호 11-1390000-002906-01, 04
92. 박남규, 이상양, 허한순, 정현상, 이명렬, 정만재. 1999. 밀 품종간 물리화학적 특성과 제분특성 변이. 한국육종학회지, 31(2) : 160-167
93. 박정화, 이춘기, 손영구, 이영호, 남중현. 2005. 국산 밀 및 밀가루의 수확 후 관리실태 및 품질 특성 조사. 작물과학연구논문(Treat. of Crop Sci.), 6(6) : 597~605
94. 박진호, 정종훈. 2001. 곡물냉각기의 성능해석을 위한 시뮬레이션. 한국농업기계학회 26(5) : 449-460
95. 발식량산업중장기발전대책 2016. 농림수산물식품부 발간 등록번호
96. 성장훈. 2009. 밀, 콩의 품질보존 및 해충방제 기술 개발. 농진청
97. 식품의약품안전처 실험 가이드라인
98. 오후규. 1991. 냉동기술편람. 한미
99. 왕숙자, 이정훈, 최미정, 이시경. 2012. 숙성 흑마늘 추출액 첨가가 빵용 밀가루 반죽의 레올로지 특성에 미치는 영향. 한국식품영양과학회지. 41:430-435
100. 원모, 이규희. 2015. Comparison of Imported Wheat Flour Bread Making Properties and Korean Wheat Flour Bread Making Properties Made by Various Bread Making, 한국식품영양과학회지 44(3), 434 ~ 441
101. 위계평, 고봉경, 2013 Xylanase와 Transglutaminase로 처리한 밀가루 반죽의 물성연구, Korean Society of Food & Cookery Science, 146,
102. 육홍선, 정영진, 김정옥, 권오진, 변명우, 육홍선, 변명우, 1997, Effects of Gamma Irradiation and Ozone Treatment on Microbial Decontamination and Fatty Acid Compositions of Aloe and Pollen Powders, 한국식품과학회지,29(3), 527-532

103. 윤명중, 조권형, 김의웅. 2003. 일본의 고품질 쌀 생산동향. RPC 기술과 경영 창간호. 한국RPC연구회
104. 윤홍선, 고학균, 한충수, 전경우, 이중희, 조영길. 2000. 벼의 도정수율 자동판정기 개발. 한국농업기계학회 동계학술대회 4(1) : 484-489
105. 윤홍선, 정훈, 조영길, 박원규. 2000. 곡물 순환식의 상온통풍 건조기 개발. 한국농업기계학회 25(3) : 227-232
106. 이춘기, 남중현, 강문석, 구본철, 김재철, 박광근, 박문응, 김용호. 2002. 밀 품질평가 현황과 검사제도. 한국작물학회, 47(S) : 63-94
107. 이춘기, 손종록, 남중현. 주요 밀 생산국의 품질향상을 위한 밀 수확 후 관리실태. 작물 시험장
108. 이춘기. 2011. 밀, 콩의 고품질 발현을 위한 수확 및 건조기술 개발. 농진청
109. 임정교, 박인경, 김영희, 김순동, 2003. Effect of Pigmented Rice on the Quality Characteristics of Baguette. Journal of the East Asian Society of Dietary Life, 13(2), 130 - 135
110. 장학길 이영택. 2012. 밀과 밀가루. 제분협회
111. 장학길, 이영택, 2012, 밀과 밀가루, 한국제분협회, 서울.
112. 정동식, 2008. Quality and breadmaking properties of flour milled from wheat treated with carbohydrases, 학위논문(박사), 전남대학교
113. 정성현, 1997. 우리밀 살리기 운동 5년 성과와 전망, 한국맥류학회지, 4, 24-26
114. 정영근. 2009. 맥류 대규모 산물처리기술 개발. 맥류 사료 작물과, 농진청
115. 제일제당(CJ) 소재연구개발센터 자료제공
116. 조명기, 조경출, 2003. 농산물 산지저온 저장시설의 이용 실태 분석, 한국농촌경제연구원 연구자료 D182.
117. 조영길, 김유호, 조광환, 금동혁, 한충수, 김훈 등. 2000. 미국종합처리장 시설, 자재표준화 및 연속식 건조기 개발. 농림부연구보고서
118. 최정희, 정문철, 김동만, 2013. 수확시의 숙도에 따른 저온저장 중 토마토의 품질인자의 변화, Korean J. Food. Preserv. 20(2), 151-157
119. 품목별 농업소득 향상 운영메뉴얼(밀). 2011. 농촌진흥청
120. 한국RPC연구회. 2003. RPC 시설 및 경영진단 연구. 농협중앙회
121. 한국농업기계학회. 1998. 농업기계핸드북. 문운당
122. 한국식품연구원. 2008. 가공시설 현대화를 위한 설계방향
123. 한국식품연구원. 2012. RPC 단위기계 및 장비 성능 검정(檢定) 방법 및 기준(농림부 고품질쌀유통 활성화사업)
124. 한인화, 박병건, 2014, Antioxidant activity and in vitro protein digestibility of bakery products prepared from Korean Wheat with Functional Ingredients, J. East Asian Soc Dietary Life, 24(6), 853-861

125. 한충수, 이재석, 이호필, 함택모. 2001. 겨울철 냉기를 이용한 냉각후 벼 저장특성. 한국농업기계학회 하계학술대회 6(2) : 196-201
126. AACC International. Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists, 2010. 11 ed. The American Association of Cereal Chemists, Inc., ST. Paul, MN. USA
127. AACC. Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists. 2000. 10th ed. The American Association of Cereal Chemists, Inc.. St. Paul, MN, USA
128. AACC. Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists. 2000. Method 44-15A, 08-01, 46-12, 32-07, 56-11A, 76-21. The American Association of Cereal Chemists, Inc., 10th edition, St. Paul, MN, USA
129. AACC. Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists. 2000. Method 44-15A, 08-01, 46-12, 32-07, 76-31, 76-21, 56-11A, 54-21. 82-23, 10-10B. The American Association of Cereal Chemists, Inc., 10th edition
130. Adom K.K., Sorrells M.E., Liu R.H. 2003. Phytochemical profiles and antioxidant activity of wheat varieties. J. Agric. Food Chem. 51: 7825-7834
131. Adom. K.K., Liu R.H. 2002 Antioxidant activity of grains. J. Agric. Food Chem. 50: 6182-6187
132. Anderson R. A. 1982. Water absorption and solubility and amylograph characteristics of roll-cooked small grain products. Cereal Chem. 59:265-269
133. AOAC. 2012. Official Methods of AOAC International. 19th ed. AOAC International Gaithersburg, MD, USA
134. Aprodu. I., Banu. I. 2012. Antioxidant properties of wheat mill streams. J. Cereal Sci. 56:189-195
135. Artz, W.E., Warren, C.C., Mohring, A.E., & Villota, R. (1990). Incorporation of corn fiber into sugar snap cookies. Cereal Chemistry, 67, 303-305.
136. ASABE Standards. American Society of Agricultural Engineers. 1994. Joseph, MI, USA
137. ASABE Standards. American Society of Agricultural Engineers. 2004. Joseph, MI, USA
138. ASABE Standards. American Society of Agricultural Engineers. 2011. Joseph, MI, USA
139. Ayten Aylin Alsaffar. 2010. Effect of thermal processing and storage on digestibility of starch in whole wheat grains. Journal of Cereal Science. 52 : 480-485
140. Barros F, Alviola JN, Tilley M, Chen YR, Pierucci VRM, Rooney LW. 2010 Predicting hot-press wheat tortilla quality using flour, dough and gluten properties. J. Cereal Sci. 52:288-294
141. Basman A, Koxsel H, Ng PKW. 2002. Effects of increasing levels of transglutaminase on the rheological properties and bread quality characteristics of two wheat flours. Eur Food Res Technol. 215: 419-424

142. Bender. D. A 2012 Chapter 9. The aromatic amino acids: phenylalanine, tyrosine and tryptophan. In: Amino acid metabolism. Bender. D. A 3rd ed. pp 344 Wiley-Blackwell. ChichesterWest Sussex, UK
143. Bian Y-Y, Guo J, Zhu K-X, Guo X-N, Peng W, Zhou H-M. 2015. Resistance investigation of wheat bran polyphenols extracts on HEK293
144. Birkmayer. W. 1975 Biochemical post-mortem findings in depressed patients. J. Neural Transmission 37:95-109
145. Bourne. H. R. 1968 Noradrenaline, 5-hydroxytryptamine and 5-hydroxyindoleacetic acid in hidbrains of suicidal patients. Lancet 2:805-808
146. Bradford et al., Anal. Biochem., 1976, 72, 248
147. Bradford MM. 1976. Rapid and sensitive method for quantitation of microgram quantities of protein utilizing principle of protein-dye binding. Anal. Biochem. 72:248-254
148. Brand-Williams. W., Cuvelier. M. E., Berset. C. 1995. Use of free radical method to evaluate antioxidant activity. Lebensm-Wiss u-Technol. 28:25-30
149. Chang H.G, Kim J.Y. 2004. Physicochemical Characteristics and Sugar-snap Cookie Potentialities of Korean Wheats, Korean J Food SCI. Technol, 36(5), 754~760
150. Choi HY. 2009. Antioxidant activity and quality characteristics of pine needle cookies. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr., 38(10), 1414-1421
151. Choi UK, Yoo BH, Son DH, Kwon DJ, Kim MH, Kim YH. 2005. Rheological Properties of Dough Added with Barley Bran, Korean J. Food Sci. Technol. 37(5): 751-756.
152. Chuck Kowalski, <http://commodities.about.com/od/researchcommodities/a/wheat-seasons.html> (Wheat Planting and Harvest Seasons)
153. Chun SS. 2003. Development of functional sponge cakes with onion powder. J. Korean Soc Food Sci Nutri.. 32, 62-66
154. Chung, H-J., Cho, A., & Lim, S-T. 2014. Utilization of germinated and heat-moisture treated brown rices in sugar-snap cookies. LWT-Food Science and Technology, 57, 260-266.
155. Codex Standard for Wheat and Durum wheat. CODEX STAN 199-1995
156. Cooper. J. R et al. 1986 신경 약리학의 생화학적 기초. 서유헌(역) p301-311. 한국학술진흥재단
157. Dunn MS, Smart BW. 1950 DL-Aspartic acid. Org. Synth. Coll 30: 7
158. Dunn MS, Smart BW. 1963 DL-Aspartic acid. Org. Synth. Coll 4: 55
159. Duyvejonck. A. E., Lagrain. B., Pareyt. B., Courtin. C. M., Delcour. J. A. 2011. Relative contribution of wheat flour constituents to solvent retention capacity profiles of european wheats. J. Cereal Sci. 53:312-318
160. Fathallah-Sahykh SA, Cramer MT. 2014 Uric acid and kidney. Pediatric Nephrology 29(6):

161. Finney KF, Shogren MD. 1972. A ten-gram mixograph for determining and predicting functional properties of wheat flour Bakers Dig, 46, 32-364).
162. Fu. L., Tian. J., Sun. C., Li. C. 2008. RVA and farinograph properties study on blends of resistant starch and wheat flour. *Agricultural Sciences in China*. 7:812-822
163. Grain Inspection Handbook. Wheat, U.S. Department of Agriculture Grain Inspection, Packers and Stockyards Administration Federal Grain Inspection Service
164. Grosch W, Wieser H. 1999. Redox reactions in wheat dough as affected by ascorbic acid. *J Cereal Science*. 29(1):1-16
165. Gutierrez M. C., Delgado-Coello. B. A. 1989 Influence of pipercolic acid on the release and uptake of [3H] GABA from brain slices of mouse cerebral cortex. *Neurochem Res* 14:405-408
166. Hardeep Singh, Paras Sharma, Balmeet Singh Gill, Sumandeep Kaur. 2013. Effect of incorporating hydrothermal, kilned and defatted oats on antioxidant and chapatti making properties of wheat flour. *Food Chemistry* 138:1400-1406
167. Hauhouot O.M., Criner B.R., Bruswitz G.H., and Solie J.B.,. 2000. Selected physical characteristics and aerodynamic properties of cheat seed for separation from wheat. 2010. *Agricultural Engineering International: the CIGR Journal of Scientific Research and Development*. Vol. II.
168. Hill. C. A., Harris. R. C., Kim. H. J., Harris. B. D., Sale. C., Boobis. L. H., Kim. C. K., Wise. J. A. 2007 Influence of beta-alanine supplementation on skeletal muscle carnosine concentrations and high intensity cycling capacity. *Amino Acids*. 32(2):225-233
169. Hung PV, Morita MN. 2007. Dough and bread qualities of flours with whole waxy wheat flour substitution. *Food Res. Int.* 40:273-279
170. Ju J.E, Nam Y.H, Lee K.A. 2006. Quality characteristics of Sponge cakes with wheat-rice composite flour, *Korean J. Food Cookery Sci.*, 22(6), 923-929
171. Kang CS, Kim KH, Choi ID, Son JH, Park CS. 2014. Effects of transglutaminase on the quality of white salted noodles made from Korean wheat cultivars. *Int. Food Res. J.* 21(1):195-202
172. Kaplan J. H., Pitot H. C. 1970 The regulation of intermediary amino acid metabolism in animal tissues. In: *Mammalian protein metabolism* Munro. H. N 4th ed. pp409-474. Academic press. NY, USA
173. Kasarda D. D., Nimmo C. C., Kohler G. O. 1971. Chapter 6 Proteins and the amino acid composition of wheat fractions. In: *Wheat Chemistry and Technology*. Pomeranz Y. ed. pp 227-299. American Association of Cereal Chemists. St Paul, MN, USA.

174. Kety S. S. 1960 A biologist examines the mind and behaviors. *Science* 132:1861-1870
175. Khoshtaghaza M.H. and Mehdizadeh R. 2006. Aerodynamic properties of wheat kernel and straw materials. *Agricultural Engineering International; the CIGR Ejournal*. 8 : 1-10
176. Kim GS, Park GS, 2008. Quality characteristics of cookies prepared with lotus leaf powder. *Korean J. Food Cookery Sci*, 24(3) 398~404
177. Kim, S. S., Cho, J.S., Kim, Y.J. and Sung, N.K. 1997. Authentication of rice with three sides of rice image. *Cereal Chem*. 74(3) : 212
178. Lee JY, Ju JC, Park HJ, Heu ES, Choi SY, Shin JH. 2006. Quality characteristics of cookies with bamboo leaves powder. *Korean J. Food & Nutr*, 19(1)1-7
179. Lee JY, Ju JC, Park HJ, Heu ES, Choi SY, Shin JH. 2006. Quality characteristics of cookies with bamboo leaves powder. *Korean J. Food & Nutr.*, 19(1)1-7
180. Li. M., Peng. J., Zhu. K. X., Guo. X. N., Zhang. M., Peng. W., Zhou. H. M. 2013 Delineating the microbial and physical-chemical changes during storage of ozone treated wheat flour. *Innovative Food Sci and Emerging Tech* 20; 223-229
181. Li. M., Zhu. K. X., Wang. B. W., Guo. X. N., Peng. W., Zhou. H. M. 2012 Evaluation the quality characteristics of wheat flour and shelf-life of fresh noodles as affected by ozone treatment. *Food Chem* 135; 2163-2169
182. Lim J.M., Kwon HJ, Yong S.E, Choi J.H, Lee C.H, Kim T.J. 2013. Antioxidant activity and quality characteristics of Rice wine cakes cookies with different ratio of astragalus membranaceus, *Korean J. Food Cookery Sci.*, 29(1), 11-18
183. Liu R.H. 2007. Whole grain phytochemicals and health. *J. Cereal Sci*. 46: 207-219
184. Liyana-Pathirana. C. M., Shahidi. F. 2007. The antioxidant potential of milling fractions from breadwheat and durum. *J. Cereal Sci*. 45:238-247
185. Locasale. J. W. 2013 Serine, glycine and one-carbon units: cancer metabolism in full circle. *Nat. Rev. Cancer*. 13:572-583
186. Lu Y, Lv J, Yu L, Fletcher A, Costa J, Yu L, Luthria D. 2014. Phytochemical composition and antiproliferative activities of bran fraction of ten Maryland-grown soft winter wheat cultivars: Composition of different radical scavenging assays. *J. Food Comp. Anal*. 36: 51-58
187. Lv J. L., Yu. L., Lu Y. J., Niu. Y. G., Liu. L. W., Costa. J. 2012 Phytochemical compositions, and antioxidant properties, and antiproliferative activities of wheat flour. *Food Chem* 135(2): 325-331
188. Lv. J., Yu. L., Lu. Y., Niu. Y., Liu L., Costa J., Yu. L. 2012. Phytochemical compositions, and antioxidant properties, and antiproliferative activities of wheat flour. *Food Chem*. 135: 325-331

189. Majdi A. Al-Mahasneh, Taha M. Rababah. 2007. Effect of moisture content on some physical properties of green wheat, *Journal of Food Engineering* 79 : 1467-147
190. Matz SA. 1968. Base cakes and plain cookies, *Cookies and Cracker Technology*. AVI Publishing Co., Westport, CT, USA., 119-136
191. Monthly Cake and Bread. 2000. : *Encyclopaedia dictionary of bread and cake*. pp 489-491 B and C World(Ltd) Seoul.
192. Moore J, Hao Z, Zhou K, Luther M, Costa J, Yu L. 2005. Carotenoid, tocopherol, phenolic acid, and antioxidant properties of Maryland-grown soft wheat. *J. Agric Food Chem.* 53(17): 6649-6657
193. Murphy, N., Norat, T., Ferrari, P. et al. 2012. Dietary fibre intake and risk of cancers of the colon and rectum in the European prospective investigation into cancer and nutrition (EPIC). *PLoS One*, 7(6), e39361.
194. Nalbandi H, Seiedlou S, and Ghassemzadeh H.R.. 2010. *Int. Agrophysics*, 24 : 57-61
195. Nam JK, Hahn YS. 2000. Bread-Making Production of Domestic Wheats Cultivars. *Korean J. SOC. Food Sci.*, 16(1), 1-8
196. Ndlo. V. U., Beta. T. 2013. Distribution of carotenoids endosperm, germ, and aleurone fractions of cereal grain kernels. *Food Chem.* 139:663-671
197. Neacsu. M., McMonagle. J., Fletcher. R. J., Scobbie. L., Duncan. G. J., Cantlay. L., de Roos. B., Duthie. G. G., Russell. W. R. 2013 Bound phytophenols from ready-to-eat cereals: Comparison with other plant-based foods. *Food Chem* 141(3): 2880-2886
198. Netto LES, de Oliveira MA, Monteiro G, Demasi APD, Cussiol JRR, Discola KF, Demasi M, Silva GM, Alves SV, Faria VG, Horta BB. 2007 Reactive cysteine in proteins: Protein folding, antioxidant. defense, redox signaling and more. *Comparative Biochemistry and Physiology, Part C* 146: 180-193
199. Niren NM. 2006 Pharmacologic doses of nicotinamide in the treatment of inflammatory skin conditions: a review. *Cutis* 77: 6-11
200. Okarter N, Liu CS, Sorrells ME, Liu RH. 2010. Phytochemical content and antioxidant activity of six diverse varieties of whole wheat. *Food Chem.* 119(1):249-252
201. Oldham AM, McComber DR. 2000. Cox DF. Effect of tartar level and egg white temperature on angel food cake quality. *Family and Consumer Sciences Research Journal*, 29, 111-124
202. Overview of U.S. Wheat Inspection, U.S. Wheat Association in cooperation with the United States Department of Agriculture
203. Papathanasopoulos, A. & Camilleri, M. 2010. Dietary fibre supplements: effects in obesity and metabolic syndrome and relationship to gastrointestinal functions. *Gastroenterology*,

138, 65-72.

204. Park I.-D., 2012. Effects of sweet pumpkin powder on quality characteristics of cookies, Korean J. Food Culture, 27(1), 89-94
205. Park ID, Cho HS. 2010. Quality characteristics of Maejakgwas containing various levels of Enteromorpha intestinalis powder. Korean J Food Culture. 25(4) 473~479
206. Pham Van Hung, Tomoko Maeda, Kazutaka Miyatake, Naofumi Morita. 2009. Total phenolic compounds and antioxidant capacity of wheat graded by polishing method. Food Research International 42:185-190
207. Pomeranz Y. 1978. Wheat chemistry and technology (3th ed.). St. Paul, MN: American Association of Cereal Chemist Inc..
208. Product insights series Bakery and cereals in Japan. Datamonitor. 2010 (July) Reference code: DMCM4755
209. Robert. K. T., Cui. S. W., Chang. Y. H., Ng. P. K. W., Graham. T. 2012. The influence of fenugreek gum and extrusion modified fenugreek gum on bread. Food Hydrocolloids. 26:350-358
210. Rosa N. N, Barron C, Gaiani C, Dufour C, Micard V. 2013 Ultra-fine grinding increases the antioxidant capacity of wheat bran. J. Cereal Science 57(1):84-90
211. Salter. M., Knowles. R. G., Pogson. C. I. 1986 Quantification of the importance of individual steps in the control of aromatic amino acid metabolism. Biochem. J. 234:635-647
212. Sam McNeill and Doug Overhults, Harvesting, Drying and Storing Wheat [www.ca.uky.edu/agc/pubs/id/id125/10.pdf]
213. Sandhu. H. PS., Manthey. F. A., Simsek. S. 2011 Quality of bread made from ozonated wheat(*Triticum aestivum* L.) flour. J. Sci Food Agric 91: 1576-1584
214. Sasse, J. and Gallagher, S. R. 1991. Isolation and analysis of proteins. In Coilgan, J. E., Kruisbeek, A. M., Marguiles, D. H., Shevach, E. M. and Strober, W. (Ed.) Current Protocols in Immunology. NIH. USA. p 8.9.1-8.9.8
215. Satake, 외국산 소맥의 성장, Satake자료
216. Sauer. D. B. Storage of cereal grains and their products, American Association of Cereal Chemists, Inc. 276
217. Shim Y. S., Kim K. J., Seo D. W. 2012 Rapid method for determination of vitamins A and E in foods using Ultra-High-Performance Liquid Chromatography. J. AOAC International 95(2):517-522
218. Shim YS, Yoon WJ, Ha JH, Sea DW, Lee KW, Lee WY, Kwon KI, Kang TS, Lee JH, Kim HJ, Kwak HJ, Lee SP, Kim, SJ, Yun WK, Lee JS, Hwang JB. 2013. Method validation of 16 types of structural amino acids using an automated amino acid analyser. Food Sci

Biotechnol. 2(6): 1567–1671

219. Show D. M. 1967 5-HT in the hindbrain of depressive suicides. *Brit. J. Psychiat.* 113:1407–1411
220. Singh. S., Singh. N., Macritchie. F. 2011. Relationship of polymeric proteins with pasting, gel dynamic-and dough empirical-rheology in different Indian wheat varieties. *Food Hydrocolloids.* 25:19–24
221. Soga. T., Heiger. D. N. 2000 Amino acid analysis by capillary electrophoresis electrospray ionization mass spectrometry. *Anal. Chem.* 72:1236–1241
222. Soga. T., Ohashi. Y., Ueno. Y., Naraoka. H., Tomita. M. 2003 Quantitative metabolome analysis using capillary electrophoresis mass spectrometry. *J. Proteome Res.* 2:488–494
223. Soga. T., Ueno. Y., Naraoka. H., Ohashi. Y., Tomita. M. 2002 Simultaneous determination of anionic intermediates for *Bacillus subtilis* metabolic pathways by capillary electrophoresis electrospray ionization mass spectrometry. *Anal. Chem* 74:2233–2239
224. Song JC, Park HJ. 2000. Physical, Functional, Textural and Rheological Properties of Foods. 3rd ed. Ulsan, Korea., 47~51
225. Stasolla C, Katahira R, Thorpe TA, Ashihara H. 2003 Purine and pyrimidine nucleotide metabolism in higher plants. *J. Plant Physiol* 160: 1271–1295
226. Steffolani ME, Ribotta PD, Perez GT, Leon AE, 2010. Effect of glucose oxidase, transglutaminase, and pentosanase on wheat proteins: Relationship with dough properties and bread making quality. *J Cereal Science* 51: 366–373
227. Stevenson L, Phillips F, O'sullivan K, Walton J. 2012. Wheat bran: its composition and benefits to health, a European perspective. *Int. J. Food Sci. Nutr.* 63(8): 1001–1013
228. Tabatabaeefar. A. 2003. Moisture-dependent physical properties of wheat, *Int. Agrophysics*, 17, 207–211
229. Threapleton, D.E., Greenwood, D.C., Evans, C.E.L. et al. 2013. Dietary fibre intake and risk of cardiovascular disease: systematic review and meta-analysis. *British Medical Journal*, 347, f6876.
230. USDA, Visual Reference Library_wheat, http://www.gipsa.usda.gov/VRI/Wheat/wheat_1.0.html
231. Vaher. M., Matso. K., Levanyk. T., Helmja. K., Kaljurand. M. 2010. Phenolic compounds and the antioxidant activity of bran, flour and whole grain of different wheat varieties. *Procedia Chem.* 2:76–82
232. Varastegani, B., Zzaman, W., & Yang, T.A. 2015. Investigation on physicochemical and sensory evaluation of cookies substituted with papaya pulp flour. *Journal of Food Quality*, 38, 175–183.
233. Verma, B., Hucl, P. & Chibbar, R.N. 2009. Phenolic acid composition and antioxidant

- capacity of acid and alkali hydrolysed wheat bran fractions. *Food Chemistry* 116: 947–954.
234. Wang L. F., Chen J. Y., Xie H. H., Ju X. R., Liu R. H. 2013 Phytochemical profiles and antioxidant activity of Adlay varieties. *J. Agric. Food Chem* 61(21): 5103–5113
235. Watabane. M., Maemura. K., Kanbara. K., Tamayama. T., Hayasaki. H. 2002 GABA and GABA receptors in the central nervous system and other organs. *Int. Rev. Cytol.* 213:1–47
236. Wheat harvest, drying and storage, 2008, University of Missouri Extension
237. Wheat Quality Australia, Wheat classification guidelines, version 4. 2011, <http://www.wheatquality.com.au/>
238. Whent M, Huang H, Xie Z, Lutterodt H, Yu L, Fuerst E.P, Morris CF., Yu L, Luthria D. 2012. Phytochemical composition, anti-inflammatory, and antiproliferative activity of whole wheat flour. *J. Agric Food Chem.* 60(9): 2129–2135
239. Wrigley. C.W. *Wheat: A Unique Grain for the world, Chemistry and Technology*, 4th : 1–17
240. Xu. H., Andi. B., Qian. J., West. A. H., Cook. P. F. 2006 The α -amino adipate pathway for lysine biosynthesis in fungi, *Cell Biochem. Biophys.* 46:43–64
241. Yang, D., Shin, J.A., Gan, L.J., Zhu, X.M., Hong, S.T., Sung, C.K., Cho, J.W., Ku, J.H. & Lee, K.T. 2012. Comparison of nutritional compounds in premature green and mature yellow whole wheat in Korea. *Cereal Chemistry*, 89, 284–289.
242. Yu. L., Zhou. K. 2004. Antioxidant properties of bran extracts from 'platte' wheat grown at different locations. *Food Chem.* 90:311–316
243. Zabriskie. T. M., Jackson. M. D. 2000 Lysine biosynthesis and metabolism in fungi, *Nat. Prod. Rep.* 17:85–97
244. Zia-ur Rehman and W.H. Shah. 1999. Biochemical changes in wheat during storage at three temperatures. *Plant Foods for Human Nutrition* 54 : 109–111
245. Zielinski. H., Kozłowska. H. 2000. Antioxidant activity and total phenolics in selected creal grains and their different morphological fractions. *J. Agric. Food Chem.* 48: 2008–2016
246. Zilic. S., Serpen. A., Akillioglu. G., Jankovic. M., Gokmen. V. 2012. Distribution of phenolic compounds, yellow pigments and oxidative enzymes in wheat grains and their relation to antioxidant of bran an debranned flour. *J. Cereal Sci.* 56:652–658
247. Zucco, F., Borsuk, Y., & Arntfield, S.D. 2011. Physical and nutritional evaluation of wheat cookies supplemented with pulse flours of different particle sizes. *LWT-Food Science and Technology*, 44, 2070–2076