

보안 과제(), 일반 과제(O) / 공개(O), 비공개()발간등록번호(O)

맞춤형혁신식품 및 천연안심소재 기술개발사업

2021년도 최종보고서

발간등록번호

11-1543000-003888-01

국산 밀 신수요 창출을 위한 국산 밀 전용 제분기술 및 응용기술 개발

2022.04.04

주관연구기관 / 사조동아원(주)

협동연구기관 / (주)크라운제과

롯데제과(주)

(주)동성식품

국립종자원

서울대학교 산학협력단

농림축산식품부

(전문기관)농림식품기술기획평가원

제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “국산 밀 신수요 창출을 위한 국산 밀 전용 제분기술 및 응용기술 개발”
(개발기간 : 2020. 04. 20 ~ 2021. 12. 31)과제의 최종보고서로 제출합니다.

2022.04.04

| | |
|-----------------|-----------------|
| 주관연구기관명 : 사조동아원 | (대표자) 노 동 환 (인) |
| 협동연구기관명 : 크라운제과 | (대표자) 윤 석 빈 (인) |
| 롯데제과 | (대표자) 이 영 구 (인) |
| 동성식품 | (대표자) 이 용 택 (인) |
| 서울대학교 산학협력단 | (대표자) 최 해 천 (인) |
| 국립종자원 | (대표자) 김 병 준 (인) |

주관연구책임자 : 최 용 석

협동연구책임자 : 남 필 우

조 현

윤 용 석

박 지 영

정 진 기

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

| 최종보고서 | | | | | | | | | | 보안등급 | |
|-------------------------|----------------|-----------------|--|------------------------------------|--------------------------|--------------------|------------|-------------------------|---------|---|----------------|
| | | | | | | | | | | 일반[<input checked="" type="checkbox"/>], 보안[<input type="checkbox"/>] | |
| 중앙행정기관명 | | 농림축산식품부 | | | 사업명 | 사업명 | | 맞춤형혁신식품 및 천연안심소재 기술개발사업 | | | |
| 전문기관명 (해당 시 작성) | | 농림식품기술기획평가원 | | | | 내역사업명 (해당 시 작성) | | | | | |
| 공고번호 | | 농축 2020-39호 | | | 총괄연구개발 식별번호 (해당 시 작성) | | 2020300142 | | | | |
| | | | | | 연구개발과제번호 | | 320010-2 | | | | |
| 기술분류 | 국가과학기술 표준분류 | LB1704 | 50% | LB1705 | 20% | LB1707 | | 30% | | | |
| | 농림식품과학기술분류 | PA0103 | 50% | PA0104 | 20% | AA0104 | | 30% | | | |
| 총괄연구개발명 (해당 시 작성) | | 국문 | 국산 밀 신수요 창출을 위한 국산 밀 전용 제분기술 및 응용기술 개발 | | | | | | | | |
| | | 영문 | Development of milling technology and various application products for domestic wheat to create new demand of domestic wheat | | | | | | | | |
| 연구개발과제명 | | 국문 | 국산 밀 신수요 창출을 위한 국산 밀 전용 제분기술 및 다양한 응용기술 개발 | | | | | | | | |
| | | 영문 | Development of milling technology and various application products for domestic wheat to create new demand of domestic wheat | | | | | | | | |
| 주관연구개발기관 | | 기관명 | 사조동아원(주) | | | 사업자등록번호 | | 136-81-01103 | | | |
| | | 주소 | (우)06693 서울시 서초구 방배천로2길 12, 사조빌딩 5층 | | | 법인등록번호 | | 124411-0000662 | | | |
| 연구책임자 | | 성명 | 최용석 | | | 직위 | | 이사 | | | |
| | | 연락처 | 직장전화 | | | 휴대전화 | | | | | |
| 연구개발기간 | | 전체 | 2020. 04. 20 - 2021. 12. 31(1년 9개월) | | | | | | | | |
| | | 단계 (해당 시 작성) | 1단계 | YYYY. MM. DD - YYYY. MM. DD(년 개월) | | | | | | | |
| | | 2단계 | YYYY. MM. DD - YYYY. MM. DD(년 개월) | | | | | | | | |
| 연구개발비 (단위: 천원) | | 정부지원 연구개발비 | 기관부담 연구개발비 | | 그 외 기관 등의 지원금 | | | | 합계 | | 연구개발비 외 지원금 |
| | | 현금 | 현금 | 현물 | 현금 | 현물 | 현금 | 현물 | 현금 | 현물 | |
| 총계 | | 560,000 | 48,600 | 324,800 | | | | | 608,600 | 324,800 | 933,400 |
| 1단계 | | 1년차 | 240,000 | 20,800 | 139,200 | | | | 260,800 | 139,200 | 400,000 |
| | | 2년차 | 320,000 | 27,800 | 185,600 | | | | 347,800 | 185,600 | 533,400 |
| 공동연구개발기관 등 (해당 시 작성) | | 기관명 | 책임자 | 직위 | 휴대전화 | | 전자우편 | | 비고 | | |
| | | 역할 | 기관유형 | | | | | | | | |
| 공동연구개발기관 | | 크라운제과 | 남필우 | 부장 | | | | | 수요 | 중견기업 | |
| | | 롯데제과 | 조현 | 팀장 | | | | | 수요 | 대기업 | |
| | | 동성식품 | 윤용석 | 팀장 | | | | | 수요 | 중소기업 | |
| | | 서울대학교 산학협력단 | 박지영 | 교수 | | | | | 공동 | 대학 | |
| | | 국립중자원 | 정진기 | 팀장 | | | | | 공동 | 국립연 | |
| 위탁연구개발기관 연구개발기관 외 기관 | | | | | | | | | | | |
| 연구개발담당자 실무담당자 | | 성명 | 이재강 | | | 직위 | | 차장 | | | |
| | | 연락처 | 직장전화 | 041-412-1182 | | 휴대전화 | | | | | |
| | | 전자우편 | | | 국가연구자번호 | | 11134674 | | | | |

이 최종보고서에 기재된 내용이 사실임을 확인하며, 만약 사실이 아닌 경우 관련 법령 및 규정에 따라 제재처분 등의 불이익도 감수하겠습니다.

2022 년 04 월 04 일
연구책임자: 최 용 석 (인)

주관연구개발기관의 장: 노 동 환 (직인) 공동연구개발기관의 장: 윤 석 빈 (직인)

공동연구개발기관의 장: 이 영 구 (직인) 공동연구개발기관의 장: 이 용 택 (직인)

공동연구개발기관의 장: 김 병 준 (직인) 공동연구개발기관의 장: 최 해 천 (직인)

농림축산식품부장관·농림식품기술기획평가원장 귀하

< 요약 문 >

※ 요약문은 5쪽 이내로 작성합니다.

| | | | | | | | |
|------------------------|---|--------|--|--------------------------|------------------------------|------------|-----|
| 사업명 | 맞춤형혁신식품 및 천연안심소재 기술개발사업 | | | 총괄연구개발 식별번호 (해당 시 작성) | | 2020300142 | |
| 내역사업명 (해당 시 작성) | | | | 연구개발과제번호 | | 320010 | |
| 기술 분류 | 국가과학기술 표준분류 | LB1704 | 50 % | LB1705 | 20 % | LB1707 | 30% |
| | 농림식품 과학기술분류 | PA0103 | 50 % | PA0104 | 20 % | AA0104 | 30% |
| 총괄연구개발명 (해당 시 작성) | 국산 밀 신수요 창출을 위한 국산 밀 전용 제분기술 및 응용기술 개발 | | | | | | |
| 연구개발과제명 | 국산 밀 신수요 창출을 위한 국산 밀 전용 제분기술 및 응용기술 개발 | | | | | | |
| 전체 연구개발기간 | 2020.04.20 - 2021.12.31 | | | | | | |
| 총 연구개발비 | 총 933,400 천원 (정부지원연구개발비: 560,000 천원, 기관부담연구개발비 : 373,400 천원, 지방자치단체: 천원, 그 외 지원금: 천원) | | | | | | |
| 연구개발단계 | 기초[] 응용[] 개발[<input checked="" type="checkbox"/>] 기타(위 3가지에 해당되지 않는 경우)[] | | 기술성숙도 (해당 시 기재) | | 착수시점 기준(3) 종료시점 목표(9) | | |
| 연구개발과제 유형 (해당 시 작성) | 지정공모 | | | | | | |
| 연구개발과제 특성 (해당 시 작성) | | | | | | | |
| 연구개발 목표 및 내용 | 최종 목표 | | <ol style="list-style-type: none"> 1. 국산 밀 가공 밀가루와 그 응용제품 개발 및 사업화 <ul style="list-style-type: none"> - 국산 비축밀의 상업적 제분기술 개발 및 생산제품의 사업화 - 국산 비축밀을 활용한 제면·제과·제빵 신제품 개발 및 생산 제품의 사업화 2. 국산 밀 순도 확인 기술 개발 및 적용 <ul style="list-style-type: none"> - 원맥 순도 신속 시험법 개발 - 생산 원맥 품종별 순도 확인 - SNP기반의 분자바코드 기술을 활용한 국제 수준의 밀 품종 식별체계 확립 | | | | |
| | 전체 내용 | | <ol style="list-style-type: none"> 1. 국산 밀 가공 제품 개발 <ul style="list-style-type: none"> 가. 국산 비축밀 3종의 pilot 제분 및 품질 수준 평가 나. 국산 비축밀 3종의 상업적 scale 시험제분 및 품질 평가 다. 시험제분 샘플의 가공 용도 평가 라. 국산 비축밀 3종의 원맥 혼합 기술 개발 마. 국산 비축밀 활용한 프리믹스 제품 개발 및 품질 평가 바. 국산 비축밀을 적용한 제과·제빵·제면 신제품 개발 및 품질 평가 사. 정부 비축 국산 밀 활용한 제분제품 및 2차 가공제품의 사업화 마. 개발 제품의 품질 관리 및 개선 바. 개발 제품의 마케팅 활동을 통한 국산 밀 관련 시장 형성 2. 국산 밀 순도 확인 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> 가. 국내 7개 주요품종중에 대한 염색체 및 핵기반 TaqMan 마커 개발로 신속 정확한 구별 나. 원맥 품종별 순도 확인 관련 대규모 실용화 연구기반 구축 다. 국산밀 품종순도 확인을 위한 분자바코드를 이용한 품종 식별법 개발 및 사업화 실시 | | | | |
| | 1단계 (해당 시 작성) | 목표 | | | | | |
| | | 내용 | | | | | |
| n단계 (해당 시 작성) | 목표 | | | | | | |
| | 내용 | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------|--|----------|-------------------|----------|--------------------|----------------------|----------|-----------|----------------|-----|-----|-----------|--|
| 연구개발성과 | <p>1. 국산 비축 밀 관련제품의 사업화</p> <ul style="list-style-type: none"> - 본 연구개발의 주요 성과물로 국산 비축밀을 제분하여 품질특성을 조사하고, 물리적 특성 및 2차 가공적성의 연구를 완료하였으며, 원맥 블렌딩 및 프리믹스개발함 - 2차 가공식품(제과·제빵·제면)의 신제품 개발 및 기존제품의 개선 등 연구로 일부 제품의 산업화 완료함 - 주요 성과물로 기술실시(2건), 기술료(6.3백만원)납부, 제품화(10건), 매출액 발생(237.7백만원), 고용창출(6명)을 달성함 <p>2. 국산밀 품종 판별 기술</p> <ul style="list-style-type: none"> - 본 연구개발의 주요 성과물로 국산밀 35품종을 신속정확하게 분석이 가능한 SNP기반의 품종식별기술 개발 및 전국 밀 생산단지 시료분석 완료 하였으며, 관련기술은 키트로 제품화 되어 국가기관 및 민간분석회사의 품종순도 확인용 활용함 - 대용량 고효율 분석기술 개발하였으며, 이를 활용하여 품종보호 및 종자 유통조사 활용함 - 국내 7개 주요 밀 품종의 엽록체 완전장 서열 확보하였고 엽록체 및 핵 기반의 8개 TaqMan 마커로 품종간의 구별 및 유연관계 확인함 - 주요 성과물로 특허출원(3건), 기술이전(2건), 통상실시(3.78백만원), 학술발표(4건), 인력양성(석사1명), 홍보실적(1건) 달성함 | | | | | | | | | | | | |
| 연구개발성과 활용계획 및 기대 효과 | <p>1. 국산 비축 밀 관련제품의 사업화</p> <ul style="list-style-type: none"> - 국산 비축밀 관련 사업화 관련 2건의 기술 직접 실시로 8건의 신제품 개발 및 2건의 기존제품 개선에 활용 중임. 식품업체의 과제 참여로 직접 제품 생산 과제 수행 기간 중 매출 발생 시작하였으며, 향후 지속적인 관련 제품 판매를 통한 매출액 발생이 기대됨 <p>2. 국산밀 품종 판별 기술</p> <ul style="list-style-type: none"> - 개발된 기술의 통상실시를 통한 기술이전을 하였으며, 과제 2년차부터 전국적 품종순도확인 및 종자분쟁 등에 이용을 하고 있으며, 새로운 품종이 육성될 시 지속적인 업그레이드를 통하여 국산 밀 산업 육성 사업에 적용될 예정임 - 국가 보급종 밀의 품종순도 확인, 유통종자에 대한 품종 분쟁 및 침해 발생 시 유전 분석을 통한 해결로 품종보호 및 종자유통관리에 기여 | | | | | | | | | | | | |
| 연구개발성과의 비공개여부 및 사유 | | | | | | | | | | | | | |
| 연구개발성과의 등록·기탁 건수 | 논문 | 특허 | 보고서 원문 | 연구 시설·장비 | 기술 요약 정보 | 소프트웨어 | 표준 | 생명자원 | | 화합물 | 신품종 | | |
| | | 3(출원) | | | | | | 생명 정보 | 생물 자원 | | 정보 | 실물 | |
| 연구시설·장비 종합정보시스템 등록 현황 | 구입 기관 | 연구시설·장비명 | 규격 (모델명) | 수량 | 구입 연월일 | 구입가격 (천원) | 구입처 (전화) | 비고 (설치장소) | | | | ZEUS 등록번호 | |
| 국문핵심어 (5개 이내) | 국산 밀 | | 제분기술 | | 가공적성 | 밀가공식품 | | | 종자순도 | | | | |
| 영문핵심어 (5개 이내) | domestic wheat | | milling technique | | processing quality | wheat processed food | | | purity of seed | | | | |

< 목 차 >

| | |
|-----------------------------------|-----|
| 1. 연구개발과제의 개요 | 1 |
| 2. 연구개발과제의 수행 과정 및 수행내용 | 6 |
| 3. 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 정도 | 123 |
| 4. 목표 미달 시 원인분석 | 131 |
| 5. 연구개발성과 및 관련 분야에 대한 기여 정도 | 133 |
| 6. 연구개발성과의 관리 및 활용 계획 | 134 |
| 별첨 자료 (참고 문헌) | 136 |

1. 연구개발과제의 개요

1-1. 연구개발의 개요

○ 연구개발 목표 및 주요 내용

가. 상업적 제분

(1) 목표: AT센터의 정부비축 국산 밀 품종 수매 후 반복 제분 생산·밀가루 품질 확인 및 신제품 출시

(2) 주요내용

(가) AT센터 보관중인 정부비축 국산 밀 재고의 대량 제분 생산 기술 개발 및 생산 제품 물성 분석을 통한 제품 세분화

(나) 원맥 블렌딩 기술 개발을 통한 국산 밀의 특정 목적 제품 개발 및 프리믹스 제품 개발

(다) 생산 제품의 2차 가공업체 개별 제품 개발을 통한 국산 밀 관련 제품 공급 다양화와 정부비축 국산밀 사용을 통한 원가 절감을 통한 시장 확대

(라) 구곡인 정부비축 원맥의 가공제품 개발 기술 개발 적용으로 상품성 확보

나. 우리밀 2차 가공식품 시장 개척

(1) 제면 제품: 국산 밀을 활용한 제면 신제품 개발 및 출시(동성식품)

(2) 제과 제품: 국산 밀 발효 크래커 신제품 개발 및 출시(크라운제과)

(3) 제빵 제품: 국산 밀 활용한 제빵 및 아이스크림콘 과자등 신제품 개발 및 출시(롯데제과)

다. 우리밀 순도 향상을 통한 원맥 품질 안정화

(1) 원맥 순도 신속 시험법 개발

(2) 생산 원맥 품종별 순도 확인

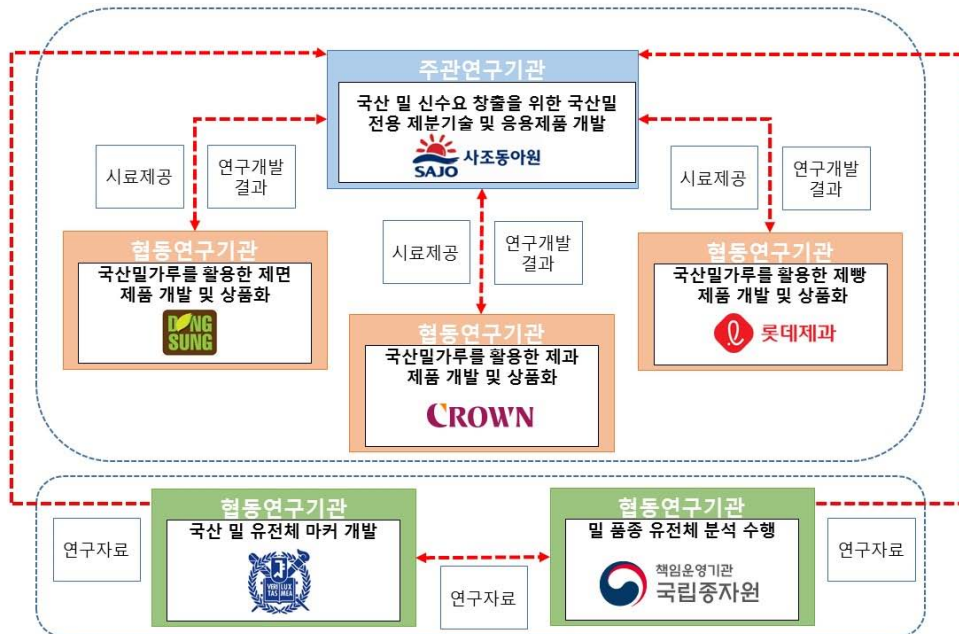


그림 1-1-1. 연구기관 구성 및 연구 범위

○ 연구개발의 필요성

가. 세계 3대 주요 작물 중 하나인 밀은 국내 1인당 1일 소비량이 87.11 g 으로 197.83 g 인 쌀에 이어 우리나라의 제 2주식인 곡물이며 최근 외식산업의 발달로 인하여 그 소비량이 증가하고 있다. 그러나 80만톤의 국내산 밀을 소비하는 일본의 자급률 14%와 비교하여 우리나라의 자급률은 1.1%

에 불과하며 대부분 수입에 의존하고 있다.

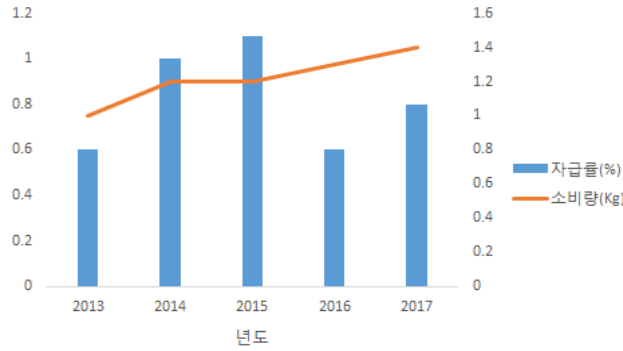


그림 1-1-2. 연도별 밀 자급률 및 1인당 소비량(농림축산식품부, 통계청)

나. 국내에서 수입 가공되고 밀의 주요 산지인 호주와 미국의 수입량은 2013년에 급격히 감소 후 1,000~1,500천톤으로 유지되고 있으며 원맥의 톤당 가격은 지속적으로 감소 후 2017년부터 서서히 상승하고 있다. 특히 최근 이상기온 현상으로 인한 여름철 폭염과 고온 건조한 날씨 등의 자연적 요인과, 미·중 무역 갈등 및 미국의 보유 재고량 감소와 경기 회복세 둔화로 등 경제적 요인으로 인하여 가격 및 대외 수출량 조절등에 대응하기 위하여 밀 식량자원의 자급화가 필요한 실정이다.

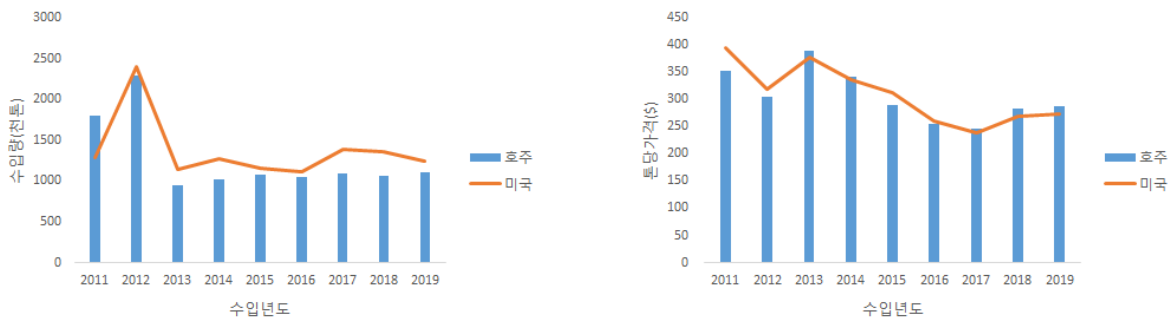


그림 1-1-3. 수입년도별 밀 수입량 및 톤당 가격

다. 국내 식품 업계에서 2010년대 초반 차별화된 식자재 원재료로 우리밀 관련 제품들이 출시 되었다. 그러나, 2013년 생산량 급감 이후 생산량은 꾸준히 증가하고 있지만 원재료의 안정적인 수급·가격·품질 등의 이유로 수입밀 사용이 선호되고 있어 국산밀의 재고량을 정부에서 구매하여 보관하고 있다. 특히 수입밀 대비 2.5~3 배 높은 가격대를 형성하고 있어 주로 소량 특화 베이커리 제품에 이용되고 있는 실정이다. 따라서, 신곡에 비하여 상대적으로 가격이 저렴한 비축미를 활용하여 대량 생산 제품 적용을 통한 원재료가 절감으로 국산밀 소비 진작이 필요하며, 이를 통해 국내산 곡류의 자급을 향상에 기여할 필요가 있다. 이를 위해서 구곡으로 생산된 밀가루의 품질 확인 및 생산공정 조절과 블렌딩 기술을 통하여 신곡 또는 수입산 원맥을 대체할 수 있는 기술 개발이 필요한 실정이다.

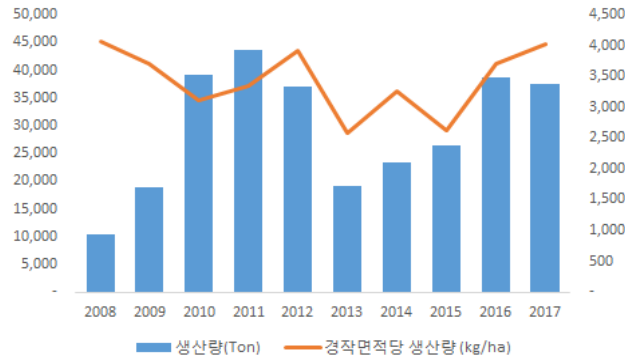


그림 1-1-4. 년도별 우리밀 생산량 및 경작면적당 생산량

수입밀 사용 이유

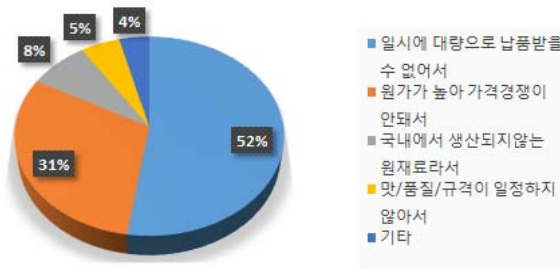


그림 1-1-5. 수입밀 사용 이유 설문조사(2017년도)

라. 정부에서는 2020년 2월부터 우리밀 산업의 성장을 위해 밀 산업 육성법을 제정하여 밀 비축제도 운영·밀 품질관리 강화로 안정적인 국내산 밀 공급과 공공기관에 국산 밀 제품 우선 구매 요청 등 국산 밀 소비 확대, 그리고 밀 산업 육성 기본계획 수립을 통한 체계적인 우리밀 관리 등 우리밀 자급률 향상을 위한 정책들이 시행되고 있어 식품 가공 업체의 우리밀 시장 형성에 필요한 기반이 형성될 것으로 예측된다. 그러므로, 산업체는 국산 밀 가공제품의 시장형성을 위한 제품개발 및 마케팅 활동 등의 상품화 노력, 학계에서는 밀 종류·산지·생산 년도 별 품질 균일화와 관련된 체계적인 연구가 필요한 실정이다.

마. 국산 밀 품종 순도 확인 (NGS와 유전체정보를 이용한 국산 밀 품종 판별용 고효율 DNA 분석 시스템 구축

- Next Generation Sequencing (NGS) 기술과 유전체 정보를 이용한 국산 밀 품종 판별 DNA 마커 개발 및 국산 밀 품종 간 및 외국 밀 식별에 효율적으로 대규모 샘플 분석 현장에 적용할 수 있는 SNP 마커 셋을 이용한 국산 밀 품종 순도 검정 시스템 구축
- 국내 밀 산업의 성장을 위해서는 고품질 밀 종자가 생산 되어야한다. 정부는 고품질 보급종(벼, 보리 등) 생산을 위하여 기본 식물-> 원원종-> 원종-> 보급종 단계를 거쳐서 최종단계인 보급종을 농가에 공급하고 있다. 이 과정에서 종자의 혼입 및 오염을 방지하고자 유전자검사를 통해 생산 품종을 식별하고 동일 품종 생산을 확인하고 있다. 또한, 정부는 유통되는 종자의 품종 진위 및 순도를 확인함으로써 투명한 유통종자 관리 체계 구축하고 있다. 밀 분자표지 개발은 균일하고 안정적인 종자를 제공 받아야하는 식품 가공 업체에는 필수적인 요소이다. 더불어 품종별 재배 특성 정보와 유전체 결과를 종합하여 형질 마커를 개발한다면 우수 밀 계통 선발에 도움을 줄 수 있다
- 고품질 종자생산을 위해 우리원에서는 철저한 단계(생산·공급계획 수립-> 종자생산농가 선정-> 생산포장관리-> 포장/종자검사 -> 종자수매 -> 정선)로 보급종을 생산하고 있다. 생산단계에서

종자 혼입여부 확인을 위해 유전자 검사를 실시하고 있으며, 생산이 완료된 후 수매과정에서도 품종진위여부 및 순도확인을 위해 유전자 검사를 실시하여 고품질 종자생산하고 있다. 국내산 밀 산업의 성장을 위해서는 고순도 고품질의 밀 종자 생산을 위한 순도 및 품종확인 필수 요소이다.

-국립종자원은 핵내 DNA를 이용하여 GBS(Genotyping By sequencing) 유전체 분석 기법을 통해 SNP개발 예정이며 서울대는 cpDNA(Chloroplast DNA)를 이용하여 KASP 마커 개발 예정이다. rnDNA와 cpDNA는 식물의 종간이나 속간의 유연관계와 진화경향성 파악에 널리 사용되며 GBS 기술은 저렴한 비용으로 정확한 SNP마커 선별이 가능한 효율적인 방법으로 많은 유전체 분석 연구에서 사용되고 있다. ‘종자산업 육성을 위한 차세대 품종식별 기술 개발 및 사업화’ 과제에서도 GBS를 활용하여 상추, 양배추 등의 작물 마커 개발 중에 있다. 핵내 DNA와 cpDNA를 통하여 확보된 SNP pool에서 최종적으로 품종식별의 활용에 최적화된 핵심 SNP를 선별한후 이를 이용하여 품종식별법 개발을 추진할 예정이다.

○ 핵심기술

- 소규모 차세대유전체 분석기술(dnaLCW): 소규모 NGS 데이터를 이용해 완전한 엽록체 서열과 핵 내 rDNA 서열을 완성할 수 있는 기술(그림 1-1-6)

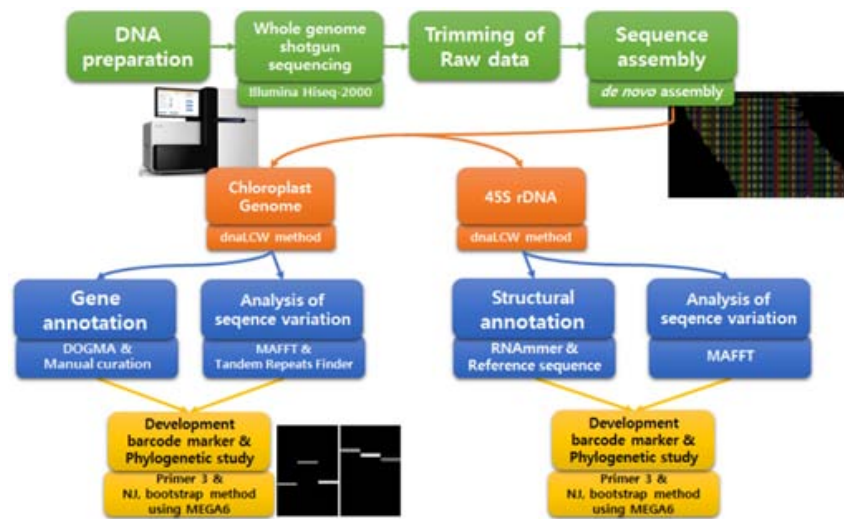


그림 1-1-6. NGS를 이용한 엽록체 및 nrDNA 서열 완성과 다양성 분석 전략 모식도

- 공개된 유전체 정보 이용 SNP 변이지역 발굴: 논문이나 데이터베이스 등에 공개되어 있는 밀 유전체 정보를 분석하여 우리밀 품종에 바로 적용할 수 있는 SNP 변이지역 발굴 및 마커 개발
- 변이지역 기반 TaqMan 마커개발기술: 식물자원의 고품질, 고효율 SNP를 기반으로 한 쌍의 프라이머 set 이외에 SNP 특이적으로 증폭하는 제3의 프라이머(프로브)를 이용한 정성분석 마커 개발 (그림 1-1-7)
- 핵과 엽록체 유전체에 존재하는 SNP 마커 set 개발: 우리밀 품종간 다형성을 이용하여 식별력이 있는 SNP marker를 약 24개 정도 개발하고, 이 중 우리밀 주요 품종을 식별하는 약 10개 정도의 적절한 SNP 조합을 선정하여 SNP set을 개발해 대량분석기관에 기술이전 하고자 함.

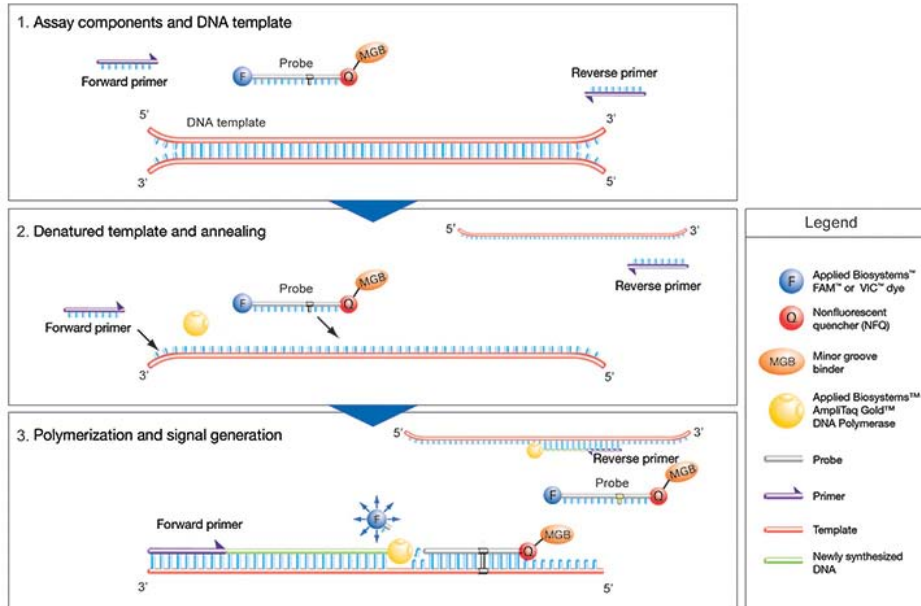


그림 1-1-7. TaqMan 마커 작용 기작

○ 연구개발 범위

가. 본 연구는 총 1년 9개월(2020. 03 ~ 2021. 12)동안 진행하며, 국산 밀의 제분 및 밀가루 품질 확인 및 국산 밀가루를 활용한 가공식품 개발 위주의 4개 협동과제와 안정적인 품질의 원맥 공급관련 순도 확인시험법 개발을 위한 2개의 협동과제로 구성하였음. 사조동아원(주)이 주관연구기관이 되며, 크라운제과·롯데리아·동성식품이 2차 가공제품의 개발 연구를 수행 예정임. 또한 농림축산식품부 국립종자원과 서울대학교 식물유전체육종연구소가 국산 밀 원맥 품종의 순도 향상 관련 분석법 개발 및 AT센터 구매 원맥의 품질 분석을 통하여 품종 순도 확인 연구를 수행함

2. 연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

2-1. 국산 밀 제분기술 개발

2-1-1. 정부비축밀 품종별 품질 확인 실험

가. 입고 원맥 분석

(1) 실험 재료

본 연구에 사용된 국산밀은 한국농수산물유통공사 비축 농산물로 농림축산식품부에서 연구용에 한하여 가격이 결정되고, 차후 산업화 시 안정적인 공급 물량이 확보된 금강밀, 조경밀, 수안밀을 사용하였다. 국산 비축 밀의 품질 비교에 사용된 수입밀은 2019~2020년에 수확된 미국맥(SW, HRW, NS), 호주맥(ASW, AH), 캐나다맥(2CWRS)를 사용하였다.



그림 2-1-1. 정부 비축 국산밀 상·하차

(2) 실험 방법

(가) 일반 품질 분석: 입고 원맥의 수분, 단백질, 회분을 식품공전법에 의하여 각각 3회 분석하였고, Falling number(FN 1500, Perten instrument, Sweden)를 사용하여 Falling number를 3회 측정하여 평균과 표준편차를 계산하였다.



그림 2-1-2. Falling number 측정기

(나) 천립중: Automatic seed counter(SLY-C, Bante instrument, China)를 사용하여 원맥 낱알 1,000개를 계수한 다음 중량을 5회 측정 후 평균과 표준편차를 계산하였다.



그림 2-1-3. 자동 낱알 계수기

(다) 리터중: 1L 메스실린더에 원맥 낱알을 넣어 1L가 되도록 한 다음 중량을 5회 측정 후 평균과 표준편차를 계산하였다.

(라) 정립율: Dockage tester(XT3, Carter-Day Co., USA)에 원맥 3 Kg을 투입하고 각각의 체반을 통과한 분획의 무게를 5회 측정하고, 투입된 원맥 중량에 대한 백분율의 평균과 표준편차를 계산하였다.



그림 2-1-4. Dockage 실험 장비

(마) 통계분석: 반복 측정된 실험 결과는 미니탭(Minitab17, Minitab Inc., University Park, PA, USA)을 이용하여 분산분석(ANOVA)을 실시하였고 $p < 0.05$ 수준에서 평균간 차이에 대한 Tukey 동시 검정을 실시하였다.

(3) 실험 결과

(가) 일반 품질 분석

국산밀 원맥의 일반 품질 분석 결과는 표 2-1-1과 같다.

표 2-1-1. 일반 품질 분석 결과¹

| | 수분(%) | 단백질(%) | 회분(%) | F/N(sec) |
|-------|--------------------------|-------------------------|------------------------|---------------------------|
| 조경밀 | 11.87±0.06 ^{bc} | 10.49±0.01 ^e | 1.42±0.01 ^a | 476.67±1.53 ^b |
| 금강밀 | 12.27±0.15 ^{bc} | 14.21±0.01 ^a | 1.65±0.01 ^a | 573.00±2.00 ^a |
| 수안밀 | 12.43±0.12 ^b | 12.25±0.01 ^c | 1.61±0.01 ^a | 469.33±1.15 ^b |
| SW | 9.57±0.70 ^{de} | 9.95±0.24 ^f | 2.08±2.26 ^a | 344.70±5.12 ^f |
| HRW | 10.12±0.43 ^d | 11.65±0.17 ^d | 2.23±2.56 ^a | 418.50±2.42 ^d |
| HRS | 11.68±0.52 ^c | 14.10±0.17 ^a | 2.57±3.42 ^a | 418.70±3.13 ^d |
| 2CWRS | 13.47±0.12 ^a | 13.66±0.23 ^b | 2.69±3.87 ^a | 387.60±11.77 ^e |
| ASW | 9.08±0.78 ^e | 10.57±0.14 ^e | 1.91±2.17 ^a | 428.00±8.19 ^d |
| AH | 9.61±0.79 ^{de} | 11.58±0.26 ^d | 2.12±2.66 ^a | 453.30±30.80 ^c |

¹ 3번 반복 실험한 평균값과 표준편차

^{a-c} column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임

본 연구에 사용된 국산 밀은 2017년 수확 후 비축물자로 비축된 원맥으로 입고 원맥의 수분함량 분석 결과 수입 밀 보다 높으나, 11~12%로 유지되고 있어 장기간 보관에 따르는 수분 증발 또는 습한 날씨의 영향으로 인한 과도한 흡습이 억제되어 양호한 보관 상태를 유지하고 있는 것으로 생각되어진다. 반죽 시 글루텐 형성과 식감에 영향을 주며, 2차 가공제품의 결정에 관여하는 단백질 함량의 분석 결과 조경밀은 제면 용도의 호주산 ASW 원맥과 유의성이 있으며, 금강밀은 제빵 용도의 미국산 HRS 원맥의 수준으로 나타났다. 수안밀의 경우 유의적으로 인정되는 원맥은 없으나, 단백질 함량 범위에서 면용제품의 단단한 식감을 보완을 위해 사용되는 미국산 HRW와 호주산 AH와 유사하였다. Falling number는 원맥 내 효소활성 정도를 나타내 주는 지표로, 2020년 입고 수입밀의 경우 300~490 sec 수준을 나타내고 있어 호액의 점도가 높지 않아 원맥의 효소활성이 증가하지 않았으며 장기 보관에 따르는 품질 저하의 우려는 없는 것으로 나타났다.

(나) 입고 원맥 시험제분(Test mill)

① 실험 재료 및 방법: 입고 원맥의 제분 특성을 평가하기 위하여 밀 원맥 시료 4 Kg을 수분함량 14%가 되도록 tempering 한 후 시험제분기(CH/MLU-202, Buhler, Swiss)를 사용하여 제분 하였다. 시험제분기의 분쇄 및 체질을 통하여 1B, 2B, 3B, 1M, 2M, 3M, 말분, 소맥피로 각각의 제분 밀가루 및 부산물을 취득 후 각각의 중량을 측정하여 고형분 수율, 소맥분 수율, 제분 수율을 백분율로 각각 계산하였다. 취득된 밀가루 중 1B, 2B, 1M을 혼합한 다음 총 생산된 시료의 60% 중량이 되도록 2M을 혼합하여 60% flour를 제조하여 시험제분 품질 평가용 시료로 사용하였다. 시험제분 밀가루의 분석은 수분, 회분, 단백질과 파리노그래프(흡수율, 발전시간, 안정도), 아밀로그래프(최고점도), RVA(호화 및 노화 점도), 입자 크기, 손상전분 함량을 분석하였다.



그림 2-1-5. 시험제분 장비

㉔ 시험제분 결과

㉕ 시험제분 수율

국산 밀 3종의 시험제분 결과 수율은 표 2-1-2와 같이 계산되었다.

표 2-1-2. 국산 밀 3종 시험제분 수율

| | 고형분 수율(%) | 소맥분 수율(%) | 제분 수율(%) |
|-----|-----------|-----------|----------|
| 조경밀 | 87.05 | 55.75 | 66.85 |
| 금강밀 | 87.02 | 57.59 | 69.79 |
| 수안밀 | 85.82 | 56.88 | 69.39 |

대량 생산 라인 생산 시 시험제분 실험 결과 및 원맥 수분함량을 참고하여 시제품 제분에 활용하였다.

㉖ 60% flour 밀가루 분석

시험제분 생산된 60% flour의 분석결과는 표 2-1-3과 같으며, 2020년 입고 수입 밀 및 60% flour의 분석결과는 표 2-1-4와 같다.

표 2-1-3. 국산 밀 3종 60% flour 일반분석 및 기기분석 결과

| | 일반분석 | | | RVA(RVU) | | | | |
|-----|--------|--------|---------|----------|-------|------------|--------|----------|
| | 수분 (%) | 회분 (%) | 단백질 (%) | Peak | Hold | Break down | Final | Set back |
| 조경밀 | 14.3 | 0.37 | 8.64 | 123.92 | 88.42 | 35.50 | 172.50 | 84.08 |
| 금강밀 | 14.2 | 0.46 | 12.31 | 137.25 | 92.58 | 44.67 | 184.92 | 92.33 |
| 수안밀 | 14.0 | 0.44 | 11.36 | 133.67 | 86.25 | 47.42 | 168.92 | 82.67 |

60% flour의 수분함량은 14.0~14.3으로 tempering 시 목표수분함량과 유사하게 시험 제분 밀가루가 생산 되었다. 조경밀은 제빵용으로 적합하게 개발된 원맥이지만 생산된 원맥 분석과 시험 제분 결과 제면용으로 적합한 것으로 나타났으며, 밀의 파종에서 수확 과정 중 외부 요인에 의해 단백질 함량이 낮게 생산된 것으로 생각되어 진다. 금강밀은 원맥 분석과 동일하게 제빵용도에 적합한 높은 단백질 함량을 나타내고 있으며, 수안밀은 미국산 HRW 또는 호주산 AH와 같이 면류의 원맥과 함께 배합하여 식감을 향상시키는 용도로 사용이 적합할 것으로 판단되어 진다. 국산밀 3종의 호화 및 노화 패턴은 유사하였다.

표 2-1-4. 국산 밀 3종 및 수입밀 60% flour 물성 분석 결과

| | 흡수율 (%) | 안정도 (min) | 최고점도 (BU) |
|-------|--------------------------|--------------------------|-----------------------------|
| 조경밀 | 55.87±1.05 ^d | 1.80±0.26 ^d | 730.67±28.75 ^{cd} |
| 금강밀 | 60.83±1.10 ^b | 12.60±1.08 ^c | 854.33±23.50 ^{ab} |
| 수안밀 | 63.40±0.92 ^a | 10.27±1.15 ^c | 839.33±30.73 ^{bc} |
| SW | 49.89±2.47 ^f | 2.83±0.83 ^d | 657.80±117.75 ^d |
| HRW | 53.61±1.39 ^e | 26.41±4.55 ^a | 732.50±116.85 ^{cd} |
| HRS | 57.89±1.32 ^c | 20.05±4.47 ^b | 495.70±83.12 ^e |
| 2CWRS | 60.53±1.08 ^b | 12.38±1.65 ^c | 456.60±77.39 ^e |
| ASW | 53.86±0.81 ^e | 25.75±2.72 ^a | 963.90±71.69 ^a |
| AH | 55.34±1.59 ^{de} | 23.43±4.91 ^{ab} | 942.00±86.52 ^{ab} |

¹ 3번 반복 실험한 평균값과 표준편차

^{a-f} column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임

흡수율은 수입밀과 비교하여 국산밀이 높은 수준이었으며, 안정도는 유사한 단백질 함량의 수입밀 보다 상대적으로 낮게 나타났다. 최고점도는 2차 가공제품의 식감에 영향을 주는 지표로 호주산 원맥의 점도가 가장 높았으며, 국산밀은 미국산 원맥보다 높게 형성되었다. 반죽물성과 점도를 비교한 결과 제빵 및 제면 시 수입밀 보다 완제품의 품질이 상대적으로 낮을 것으로 예상되어 수입밀과 국산밀의 원맥 블렌딩 등을 통하여 보완할 필요성이 제기된다.

2-1-2 생산 공장 선정·반복 시험 생산

가. 생산 공장 선정

현재 주관연구기관인 사조동아원(주)은 당진과 부산에서 제분공장을 운영 중이며 현재 우리밀 밀가루 생산은 당진공장에서 생산하고 있으나, 원맥 사일로의 한계 및 최대 생산물량 소화 등으로 추가적인 국산밀 제품 생산이 어려운 실정이다. 따라서, 본 연구과제의 제분기술 개발 연구는 생산 물량에 여유가 있는 부산공장에서 진행하였다.

나. 시제품 시험 생산

(1) 원료의 수급

시제품 시험 생산에 사용된 국산밀 원맥은 모두 한국농수산식품유통공사에서 보관중인 정부비축국산밀을 연구용으로 구입하여 사용하였다. 조경밀은 부산 비축기지에서도 이고 하였으며, 금강밀과 수안밀은 청주 비축기지에서도 이고하여 시험 생산을 하였다.

(2) 시험 생산

시험 생산에 사용된 조경밀, 금강밀, 수안밀의 투입 중량은 각각 20Ton/회 였으며, 시험 생산 공정은 그림 2-1-6.과 같다.



그림 2-1-6. 제분 공정

원맥 분석결과를 바탕으로 원맥의 용도를 설정하였으며, 원가에 영향을 주는 회분 규격은 표 2-1-5와 같다

표 2-1-5. 국산 밀 원맥의 용도 설정 및 생산 회분 규격

| 원맥 | 생산 회분 규격 | 시제품명 | 용도 | 시험 생산량 (20Kg/대) |
|-----|----------|---------|---------|--------------------|
| 조경밀 | 0.44 이하 | 우리밀 전용분 | 제과, 제빵용 | 334대 |
| 금강밀 | 0.44 이하 | 일품 우리밀 | 제빵용 등 | 398대 |
| 수안밀 | 0.39 이하 | 진품 우리밀 | 면용 등 | 277대 |

각 원맥의 시험제분 결과 생산 규격 시제품 1등급 밀가루 기준 27.7~39.8%의 수율로 시험 생산되었으며, 자체 연구 및 협동 연구기관(롯데제과, 크라운제과, 동성식품) 신제품 개발을 위한 샘플 무상제공 진행하였음



그림 2-1-7. 국산 밀 3종 밀가루 시제품 사진



그림 2-1-8. 국산 밀 3종 밀가루 품목제조보고서

2-1-3 시험 생산 제품 분석

가. 영양성분 분석 및 안전성 분석

국산 밀 3종 밀가루 영양성분 및 안전성 확인 분석 결과는 표 2-1-6과 같으며, 잔류농약은 320개 성분을 분석하였다.

나. 품질 지표 분석

정부 비축 밀 3종을 활용하여 시험 생산된 밀가루와 수입원맥 가공 밀가루의 품질 지표 분석 결과는 표 2-1-7과 같으며, 물리적 특성은 표 2-1-8과 같으며, SRC 분석은 표 2-1-9와 같다. 이러한 분석 결과 값들은 2차 가공제품의 품질을 예상할 수 있는 지표로 2차 가공테스트 시 분석 결과를 참고하였다. Solvent retention capacity(이하 SRC)는 밀가루의 2차가공 품질 지표로 water SRC는 밀가루의 수분 흡수 능력을 나타내고, sucrose SRC는 펜토산 형성 지표를 나타내며, lactic acid SRC는 글루텐 형성하는 강도를 나타내고, sodium carbonate SRC는 밀가루 전분 손상전분의 양을 나타낸다. 실험방법은 AACC method 56-11.02(AACC 2010)방법으로 측정하였으며, gluten performance index(이하 GPI)는 아래의 식. 1.과 같이 계산하였다.

$$\text{식. 1. GPI} = \frac{\text{Lactic acid SRC}}{(\text{Sodium carbonate SRC} + \text{Sucrose SRC})}$$

시제품 분석 결과 시험제분기 실험 결과와 유사한 분석 결과를 나타내었으나, 수안밀의 경우 제분 과정 중 다른 원맥과 비교하여 가수량 증가가 필요하였음

표 2-1-8. 시험 생산 제품과 수입밀 가공 밀가루의 물리적 특성 분석 결과

| 원맥 | RVA(RVU) | | | | 평균입자 (μm) | 손상전분 (%) |
|------|--------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|---------------------------|------------------------|
| | Peak | Break down | Final | Set back | | |
| 조경밀 | 141.25±0.02 ^e | 56.92±0.01 ^b | 184.52±0.03 ^e | 91.25±0.00 ^c | 47.70±36.22 ^f | 6.70±0.02 ^g |
| 금강밀 | 145.17±0.02 ^d | 58.42±0.01 ^a | 13.07±0.03 ^a | 90.42±0.00 ^a | 53.37±36.28 ^d | 6.07±0.02 ^h |
| 수안밀 | 155.83±0.02 ^c | 40.93±0.02 ^g | 189.10±0.08 ^c | 76.92±0.00 ^g | 47.00±32.67 ^g | 7.32±0.01 ^d |
| AH | 171.42±0.01 ^a | 54.92±0.01 ^c | 191.83±0.01 ^b | 77.33±0.00 ^f | 42.06±30.78 ^h | 8.66±0.01 ^a |
| ASW | 168.33±0.02 ^b | 45.33±0.02 ^f | 188.51±0.01 ^d | 78.58±0.00 ^d | 51.51±36.84 ^e | 7.53±0.02 ^c |
| SW | 130.51±0.01 ^f | 47.01±0.03 ^d | 167.57±0.01 ^f | 78.01±0.01 ^e | 41.36±35.54 ⁱ | 5.44±0.01 ⁱ |
| NS | 125.25±0.02 ^g | 38.02±0.02 ^h | 138.82±0.01 ^h | 68.50±0.00 ^h | 62.87±39.10 ^b | 7.00±0.02 ^e |
| HRW | 122.17±0.02 ^h | 42.51±0.03 ^f | 160.83±0.01 ^g | 84.01±0.00 ^b | 62.97±40.84 ^a | 6.73±0.02 ^f |
| CWRS | 117.16±0.09 ⁱ | 43.74±0.01 ^e | 117.16±0.01 ⁱ | 50.33±0.00 ⁱ | 60.04±37.08 ^c | 8.08±0.04 ^b |

¹ 3번 반복 실험한 평균값과 표준편차

^{a-i} column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임

표 2-1-9. 시험 생산 제품과 수입밀 가공 밀가루의 SRC 분석

| 원맥 | Water SRC | Sucrose SRC | Lactic acid SRC | Sodium carbonate SRC | GPI |
|------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|----------------------------|------------------------|
| 조경밀 | 64.95±0.89 ^g | 95.61±0.28 ^g | 117.03±1.91 ^f | 83.45±0.06 ^g | 0.65±0.01 ^d |
| 금강밀 | 66.71±0.72 ^f | 95.94±0.04 ^g | 137.99±1.41 ^c | 81.28±0.22 ^h | 0.78±0.01 ^a |
| 수안밀 | 72.77±0.86 ^c | 104.77±0.12 ^d | 136.03±1.07 ^c | 93.89±0.11 ^d | 0.68±0.01 ^c |
| AH | 78.46±0.58 ^a | 114.84±0.57 ^a | 151.78±0.65 ^b | 115.84±0.58 ^a | 0.66±0.00 ^d |
| ASW | 69.08±0.48 ^e | 98.95±0.48 ^f | 124.25±1.04 ^e | 92.04±0.13 ^e | 0.65±0.00 ^d |
| SW | 55.79±0.07 ^h | 84.60±0.43 ^h | 95.19±2.92 ^g | 61.75±1.63 ⁱ | 0.65±0.02 ^d |
| NS | 75.59±0.26 ^b | 107.80±0.15 ^c | 154.06±0.17 ^b | 95.7±0.12 ^c | 0.76±0.00 ^b |
| HRW | 71.69±0.51 ^d | 101.56±1.15 ^e | 132.96±0.15 ^d | 89.24±0.14 ^f | 0.70±0.01 ^c |
| CWRS | 78.74±0.58 ^a | 110.80±0.22 ^b | 164.13±1.57 ^a | 105.51±0.07 ^b | 0.76±0.01 ^b |

¹ 3번 반복 실험한 평균값과 표준편차

^{a-i} column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임

다. 2차 가공성 연구

(1) 생면 가공 실험

(가) 실험 재료

시험 생산 국산밀 밀가루와 시중 제면용으로 주로 사용중인 호주산 ASW 밀가루의 생면 가공 비교 테스트를 실시 하였다. ASW 밀가루는 조경밀과 금강밀의 제품 회분을 고려하여 회분 함량 0.38%와 0.44%의 생산 제품을 사용하였다.

(나) 실험 방법

① 생면의 제조: 생면의 제조는 실험용 제면기(noodle pilot, 재영푸드텍, Korea)를 사용하였다. 제면 가공에 사용된 배합은 밀가루 1 Kg과 소금 20 g을 물 380 mL에 녹인 후 반죽수로 사용 하였다. 제면 가공은 배합→반죽→복합→숙성(30분)→압연→절출의 순서로 진행하였다.

② 제조된 면대는 6시간, 12시간, 24시간 실온 보관하며 Hunter 색차계(CR-300, Minolta, Japan)으로 색차값을 측정하였으며 변화된 L 값(명도)으로 면대의 갈변을 관찰하였고, L값, a값(적색도), b값(황색도) 전체의 변화를 나타내는 색도차는 식. 2와 같이 계산하였다.

③ 텍스처 분석: 조리면의 물성 변화는 TA(TA XT plus, Stable micro systems, England)를 사용하여 TPA법으로 측정하였으며, 면 조리 후 70°C 항온수조에서 보관하며 증숙면 3가닥을 보관시간 0분, 4분, 7분, 10분에 TA 분석을 실시하였다.

④ 관능평가: 제조된 생면은 끓는물에서 5분간 조리 후 면수와 함께 10분간 보관하며 미리 숙련된 관능평가 요원 15명이 초기식감과 10분 후 식감을 평가하였으며, 관능평가는 부재료의 함량은 동일하고 밀의 품종을 달리한 평가로 맛, 향을 제외하였으며, 평가 항목으로는 면색상, 점탄성, 퍼짐성, 선호도를 조사하였다.

식. 2. Color difference = $\sqrt{(L_0 - L_n)^2 + (a_0 - a_n)^2 + (b_0 - b_n)^2}$

L₀, L_n : 면대 보관 0시간과 n시간의 L 값

a₀, a_n : 면대 보관 0시간과 n시간의 a 값

b₀, b_n : 면대 보관 0시간과 n시간의 b 값



그림 2-1-9. 제면용 pilot



그림 2-1-10. Hunter 색차계와 Texture analyser

(다) 실험결과

① 색상 변화

보관 시간의 경과에 의한 면대의 갈변을 L값 변화로 측정된 결과와, L값, a값, b값의 종합적인

변화는 그림 2-1-11.과 같으며, 면대 형상은 표 2-1-10과 같다.

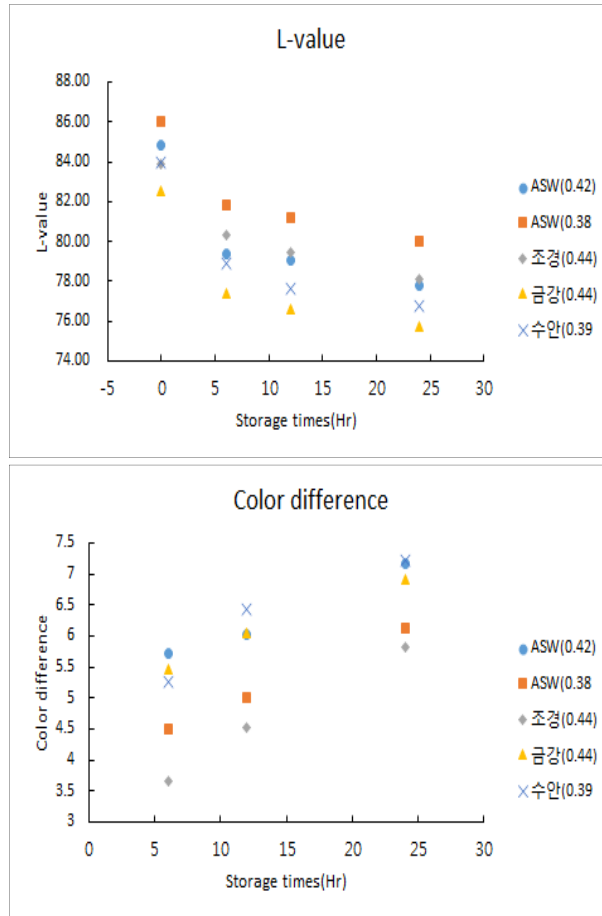







그림 2-1-11. 보관시간 경과에 따르는 L값 변화 및 색도차

표 2-1-10. 제조 면대 형상

| ASW(0.38) | ASW(0.42) | 조경(0.44) | 금강(0.44) | 수안(0.39) |
|---|---|---|--|---|
|  |  |  |  |  |

회분 규격을 달리 한 ASW의 초기 L값을 비교 했을 때 회분 함량이 높을수록 소맥 피 혼입율이 높아 명도가 낮아지는 것을 확인할 수 있다. 수안밀의 경우 낮은 회분 함량으로 초기 L값이 다른 국산밀 보다 높았으며, 회분함량이 유사한 조경밀과 금강밀 중 조경밀의 명도가 높게 나타났다. 시간 경과에 따라 산화효소의 작용으로 모든 면대의 갈변현상이 발생하여 면대의 L값이 낮아졌다. 시간 경과에 따르는 L값과 색도차의 변화를 회귀분석 한 결과는 표 2-1-11과 같다. 국산 밀의 경우 수안밀, 금강밀, 조경밀 순으로 갈변 속도가 빠른 것으로 나타났으며, R²값이 낮을수록 보관 초기에 급격하게 명도가 낮아진 것을 알수 있었다. 색도차의 경우 전체적인 색상 변화가 조경밀이 가장 높았으며, 금강밀은 가장 변화 폭이 낮았으나 금강밀의 경우 면대의 초기 명도가 낮아 전체적인 색상 변화에 영향을 준 것으로 판단된다.

표 2-1-11. 시간경과에 따르는 L값과 색도차 변화 회귀식

| | L-value | | Color difference | |
|-----------|-------------------|----------------|------------------|----------------|
| | 회귀식 | R ² | 회귀식 | R ² |
| ASW(0.38) | y=-0.2185x+84.652 | 0.75 | y=0.0915x+3.925 | 1.00 |
| ASW(0.42) | y=-0.2537x+82.914 | 0.69 | y=0.0817x+5.16 | 0.98 |
| 조경(0.44) | y=-0.22x+82.752 | 0.82 | y=0.1183x+3.02 | 0.99 |
| 금강(0.44) | y=0.2461x+80.642 | 0.69 | y=0.0792x+5.035 | 0.99 |
| 수안(0.39) | y=-0.2661x+82.104 | 0.71 | y=0.1032x+4.865 | 0.91 |

② 속면 텍스처 변화

조리된 면의 TPA 분석결과는 표 2-1-12와 같으며, 면을 70°C 항온수조에 보관하며 시간 경과에 따르는 면대의 경도 변화를 측정한 결과 그림 2-1-12와 같다.

표 2-1-12. 생면 조리 시 초기 TPA 분석결과

| | Hardness (g) | Adhesiveness (g.sec) | Springiness | Cohesiveness | Gumminess | Chewiness | Resilience |
|-----------|--------------|----------------------|-------------|--------------|-----------|-----------|------------|
| ASW(0.38) | 5,637.837 | -98.357 | 0.857 | 0.802 | 4,518.949 | 3,873.385 | 0.546 |
| ASW(0.42) | 5,230.217 | -100.615 | 0.753 | 0.734 | 3,837.340 | 2,890.327 | 0.459 |
| 조경(0.44) | 6,155.915 | -85.373 | 0.926 | 0.775 | 4,773.619 | 4,421.980 | 0.539 |
| 금강(0.44) | 6,224.639 | -73.662 | 0.843 | 0.819 | 5,100.142 | 4,301.732 | 0.589 |
| 수안(0.39) | 6,222.527 | -72.216 | 0.881 | 0.814 | 5,062.960 | 4,460.824 | 0.591 |

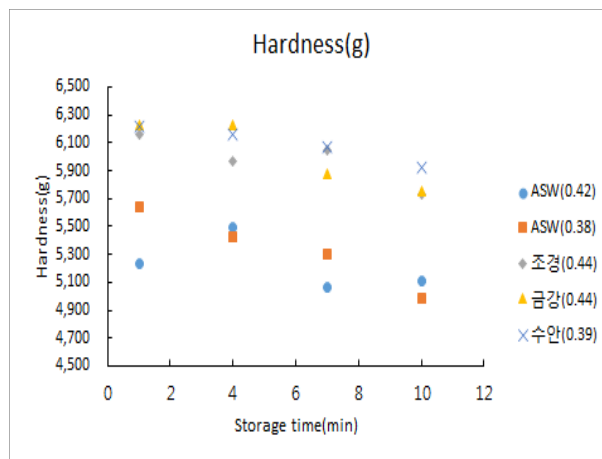


그림 2-1-12. 생면 조리 후 70°C 시 경도 변화

조리면의 초기 경도는 수안밀과 금강밀이 단단한 식감을 나타내고, 부착성은 ASW(0.42)가 가장 높았으며, 탄력성은 조경밀, 수안밀, ASW(0.38)이 비교적 높게 나타났다. 뭉침성은 금강밀과 수안밀이 상대적으로 높게 나타났으며, 씹힘성은 조경밀, 금강밀, 수안밀이 높게 나타났다. ASW는 쫄깃한 식감과 퍼짐성이 낮아 국내 면 시장에서 가장 많이 사용되고 있으며, 생면 시장에서는 갈변의 문제로 회분함량 0.38%의 제품이 주로 사용된다. 보관 조리면의 경도변화는 초기 경도가 높은 국산밀이 ASW보다 높게 형성되어 있으며, 조경밀의 경도 변화가 가장 낮은 것으로 나타나 퍼짐성이 가장 적을 것으로 예상되어진다.

③ 관능 평가 결과

조리면의 관능평가 결과는 그림 2-1-13.과 같다.

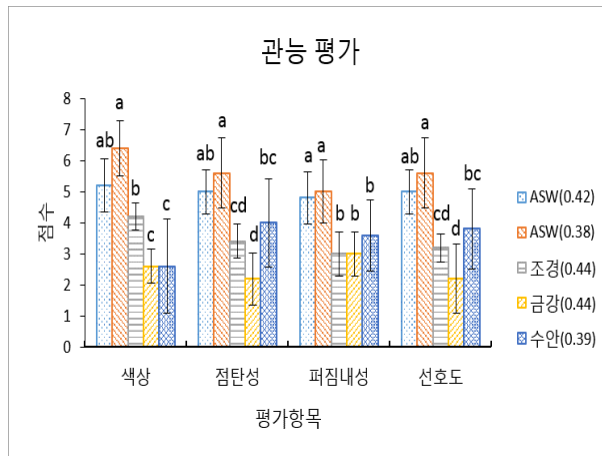


그림 2-1-13. 생면 관능평가 결과

^{a-d} alphabet은 그룹간 유사한 수준임

색상, 점탄성, 퍼짐내성, 선호도 모두 ASW(0.38)이 가장 우수한 것으로 나타났다. 국산 밀의 경우 점탄성, 퍼짐내성, 선호도 등이 수안밀이 우수하게 평가되어 면류에 적합한 것으로 나타났으며, 이는 면류에 적합한 품종 특성과 수안밀의 경우 저회분으로 생산되어 관능평가에 영향을 준 것으로 판단된다. 차후 연구를 통하여 타 품종과의 혼합으로 수입밀과의 관능 편차를 줄이는 연구가 필요할 것으로 생각되어진다.

(2) 건면 가공 실험

(가) 실험 재료

실험 재료는 생면 가공과 동일한 밀가루를 사용하였다.

(나) 실험 방법

- ① 건면의 제조: 생면의 제조는 실험용 제면기(noodle pilot, 재영푸드텍, Korea)를 사용하였다. 제면 가공에 사용된 배합은 밀가루 1 Kg과 소금 20 g을 물 330 mL에 녹인 후 반죽수로 사용하였다. 제면 가공은 배합→반죽→복합→숙성(30분)→압연→절출의 순서로 진행하였다. 절출된 면은 항온항습실에 넣은 후 건조 온도 45°C, 상대습도 60%에서 5시간 동안 1차 건조하고, 12시간 동안 자연 건조 후 면 길이를 250 mm로 절단하여 제조하였다.
- ② 건면의 두께: 버니어캘리퍼스를 사용하여 건면 10 가닥의 두께를 측정한 다음 평균과 표준편차를 계산 후 ANOVA를 실시하였다.
- ③ 텍스처 분석: 건면의 물성 변화는 건면 5가닥을 5분간 삶은 후 생면과 동일하게 TA측정하였다.
- ④ 관능평가: 제조된 생면의 관능평가는 생면과 동일하게 실시하였다. 부재료의 함량은 동일하며 밀 품종을 달리한 평가로 맛, 향은 제외하였다.

(다) 실험 결과

① 건면의 두께

제조된 건면의 두께를 측정한 결과 그림 2-1-14과 같이 측정되었다.

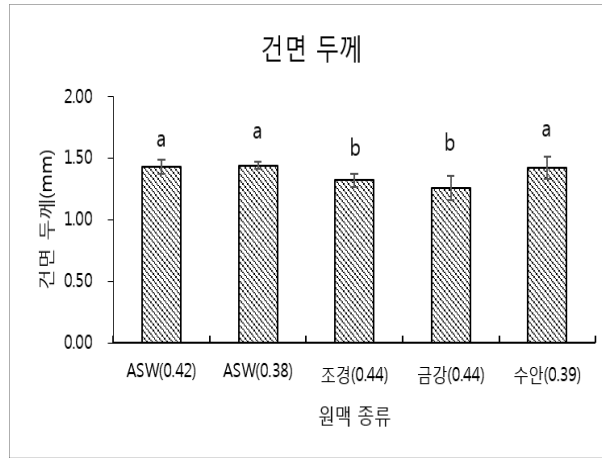


그림 2-1-14. 건면의 두께

^{a-b} alphabet은 그룹간 유사한 수준임

건면의 두께는 밀가루 반죽 제조 시 반죽의 점도에 따라 건조 시 늘어지는 현상이 다르게 나타나며, 반죽의 점도는 급수량과 관계가 있다. 동일한 중량의 물을 가할 때 급수량이 높은 시료는 된 반죽으로 되며, 급수량이 낮은 시료는 진 반죽의 형태로 나타난다. 반죽의 급수량은 단백질 함량, 손상전분 함량, 소맥피의 함량이 결정하며, 회분 0.44%로 생산된 시료가 호주맥과 회분 0.39%로 생산된 수안밀에 비해 면 건조 시 면 중량에 의해 늘어지는 현상이 관찰되었다.

② 속면 텍스처 변화

조리된 건면의 TPA 분석결과는 표 2-1-13과 같으며, 면을 70°C 항온수조에 보관하며 시간 경과에 따르는 면대의 경도 변화를 측정된 결과 그림 2-1-15와 같다.

표 2-1-13. 건면 조리 시 초기 TPA 분석결과

| | Hardness (g) | Adhesiveness (g.sec) | Springiness | Cohesiveness | Gumminess | Chewiness | Resilience |
|-----------|-----------------|-------------------------|-------------|--------------|-----------|-----------|------------|
| ASW(0.38) | 3,659.011 | -54.591 | 0.821 | 0.680 | 2,489.575 | 2,043.947 | 0.472 |
| ASW(0.42) | 3,450.674 | -27.908 | 0.864 | 0.701 | 2,419.998 | 2,089.868 | 0.480 |
| 조경(0.44) | 4,032.887 | -35.096 | 0.816 | 0.663 | 2,673.687 | 2,182.409 | 0.484 |
| 금강(0.44) | 4,183.259 | -33.623 | 0.797 | 0.661 | 2,766.649 | 2,205.395 | 0.495 |
| 수안(0.39) | 4,272.214 | -42.313 | 0.828 | 0.681 | 2,910.266 | 2,410.172 | 0.485 |

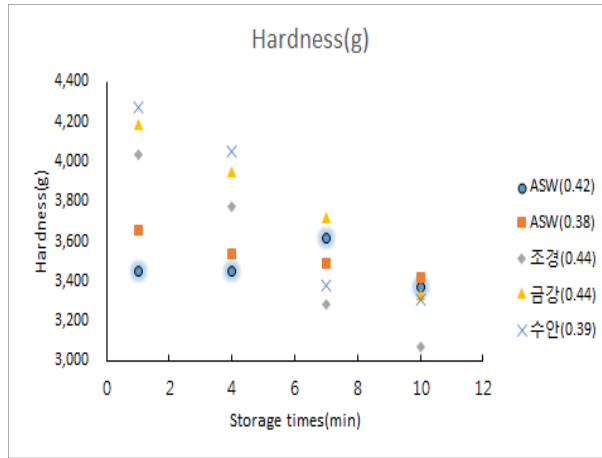


그림 2-1-15. 건면 조리 후 70°C 시 경도 변화

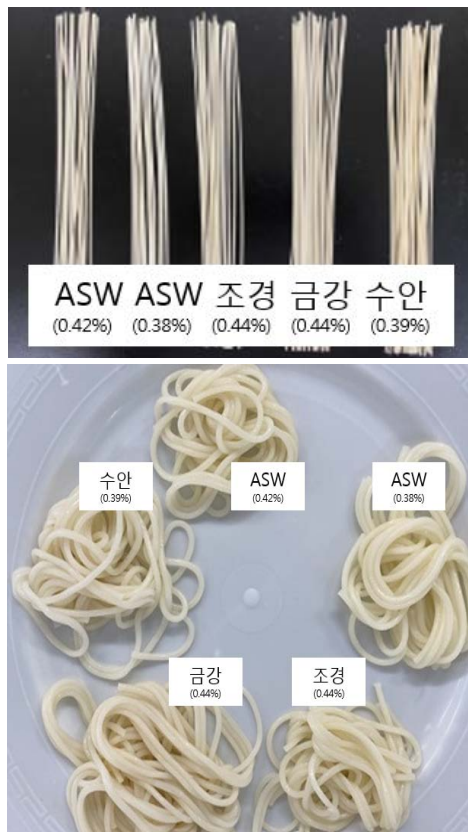


그림 2-1-16. 건면의 조리 전 후

조리면의 초기 경도는 조경, 금강, 수안밀이 단단한 식감을 나타냈고, 부착성은 ASW(0.38)가 가장 높았으며, 탄력성은 ASW, 조경밀이 비교적 높게 나타났다. 뭉침성은 ASW가 국산밀 보다 높게 나타났으며, 씹힘성은 수안밀이 높게 나타났다. 건면에서도 ASW의 뭉침성이 높아 부드러운 식감을 나타냈으며, 탄력성이 높아 가장 우수한 식감을 가지고 있을 것으로 예상되었다. 건면의 경우 면 시장에서 갈변 문제에서 자유로워 제조원가의 이유로 비교적 회분함량이 높은 (0.42~0.45%) 밀가루가 사용되고 있다. 70°C에서 10분간 보관하며 경도를 측정한 결과 수안밀, 조경밀과 금강밀 모두 호주산 밀가루 보다 비교적 급격하게 감소하여 국산밀이 호주산 밀 보다 퍼짐성이 빠를 것으로 예상되었다.

③ 관능 평가 결과

조리면의 관능평가 결과는 그림 2-1-17.과 같다.

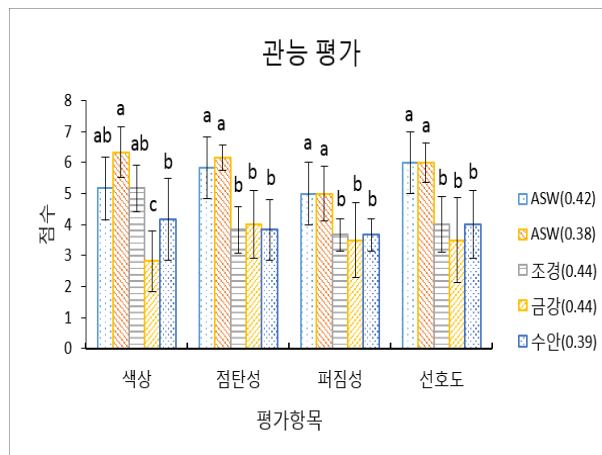


그림 2-1-17. 건면 관능평가 결과

^{a-b} alphabet은 그룹간 유사한 수준임

색상, 점탄성, 선호도 모두 ASW(0.38)이 가장 우수한 것으로 나타났다. 국산 밀의 경우 점탄성, 퍼짐내성, 선호도 등이 조경밀과 수안밀이 우수하게 평가되어 면류에 적합한 것으로 나타났다. 건면의 경우 낮은 수분함량으로 갈변에 영향을 주는 산화효소의 활성이 낮고, 원가부담이 낮은 고회분(회분함량 0.42~0.45%)의 밀가루가 사용되고 있다. 관능평가 결과 조경밀과 수안밀의 단독 또는 혼합 및 수입밀과의 혼합 연구가 추가적으로 진행할 필요가 있을 것으로 판단된다.

(3) 압출면 가공 실험

(가) 실험 재료

실험 재료는 생면 가공과 동일한 밀가루를 사용하였다.

(나) 실험 방법

① 압출면의 제조: 압출면의 제조(그림 2-1-18)는 실험용 싱글 스크류 압출면기(SS-1992, SAMSUNG MACHINERY Co., Korea)를 사용하였다. 제면 가공에 사용된 배합은 밀가루 1.5 Kg과 소금 30 g을 물 855 mL에 녹인 후 반죽수로 사용하였다. 압출면 가공은 배합→반죽→압출→건조의 순서로 진행하였다.

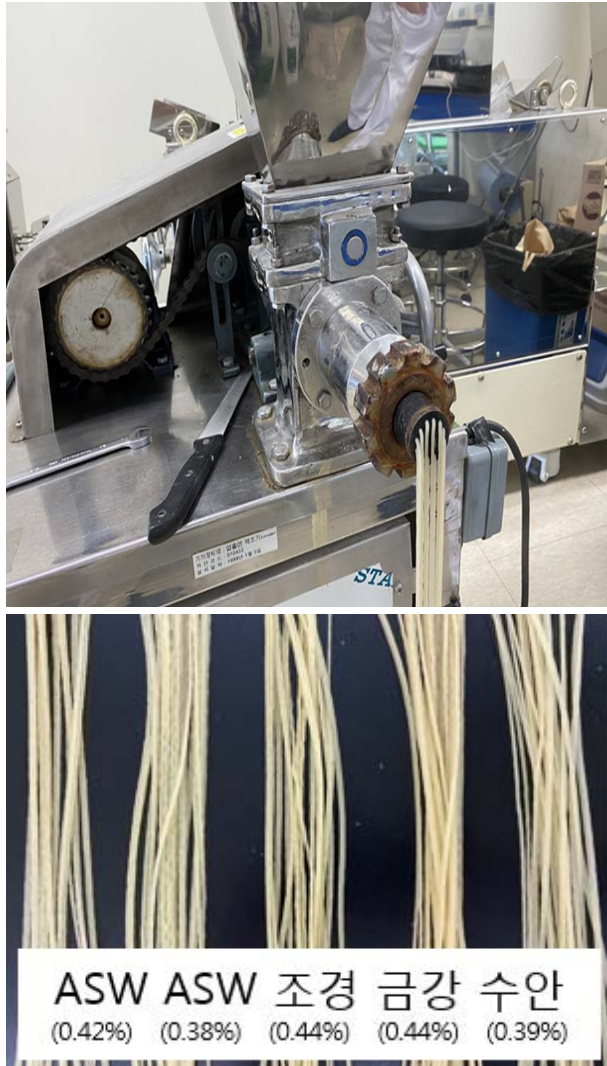


그림 2-1-18. 압출면의 제조

② 건면의 두께: 버니어캘리퍼스를 사용하여 건면과 동일한 방법으로 측정하였다.

③ 관능평가: 제조된 압출면의 관능평가는 생면과 동일하게 실시하였다.

(다) 실험 결과

① 압출면의 두께

제조된 건면의 두께를 측정한 결과 그림 2-1-19와 같이 측정되었다.

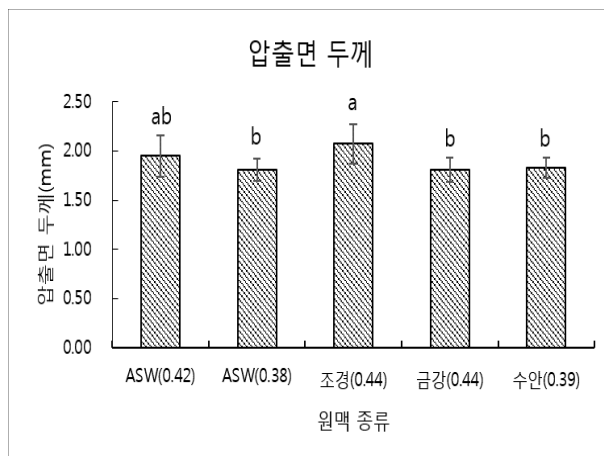


그림 2-1-19. 압출면의 두께

^{a-b} alphabet은 그룹간 유사한 수준임

압출면의 두께는 압출기 배럴 내부에서 회전하고 있는 스크류에 시료가 이송 및 반죽되며 증가하는 압력과 열에 의해 시료 내부의 수분이 압출기 홀을 통과하여 상압의 환경에서 급격하게 대기중으로 방출되며 면의 두께를 증가시킨다. 분석 결과 조경밀이 가장 두꺼웠으며, ASW(0.38%), 금강밀, 수안밀이 유사한 수준으로 측정되어 조경밀의 수분 이동이 가장 활발하였으며, 조리 시 식감에 영향을 줄 것으로 판단된다.

② 관능 평가 결과

조리된 압출면의 관능평가 결과는 그림 2-1-20.과 같다.

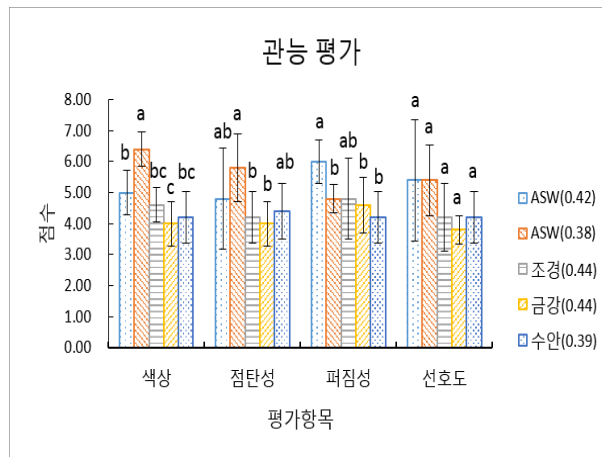


그림 2-1-20. 압출면 관능평가 결과

^{a-c} alphabet은 그룹간 유사한 수준임

색상과 점탄성은 ASW(0.38%)이 가장 우수했으나 저회분 밀가루의 특성으로 판단되어지며, 유사한 회분함량의 압출면 가공 시 국산밀 중 조경밀의 색상이 가장 우수했으며, 수안밀의 점탄성이 높은 것으로 나타났다. 퍼짐성과 선호도 역시 조경밀이 유사한 회분 함량 제품 중 가장 우수하여 압출면의 경우 조경밀이 가장 적합할 것으로 나타났다.

(4) 만두피 가공 실험

(가) 실험 재료

실험 재료는 생면 가공과 동일한 밀가루를 사용하였다.

(나) 실험 방법

① 생면의 제조: 만두피의 제조(그림 2-1-21)는 수타식 제면기(K-563A405, 대화제작소, Japan)를 사용하였다. 만두피 가공에 사용된 배합은 밀가루 1 Kg과 소금 20 g을 물 420 mL에 녹인 후 반죽수로 사용하였다. 만두의 가공은 배합→반죽→압연→원형절단→만두소 넣기→만두 성형의 순서로 진행 하였으며, 만두피 원형 절단 시 절단 틀을 사용하여 일정한 크기로 절단 하였다.

② 만두피 색차값 측정: 만두피의 색차값 측정은 생면의 방법과 동일하게 실시하였다.

③ 관능평가: 제조된 만두를 15분간 증숙(그림 2-1-22) 후 색상, 점탄성, 선호도를 미리 숙련된 관능평가 요원 15명이 평가하였다. 만두소는 모두 동일하며, 만두피 제조 조건도 동일하여 맛, 향은 제외하였고, 식감 위주의 평가를 진행하였다.



그림 2-1-21. 만두의 제조

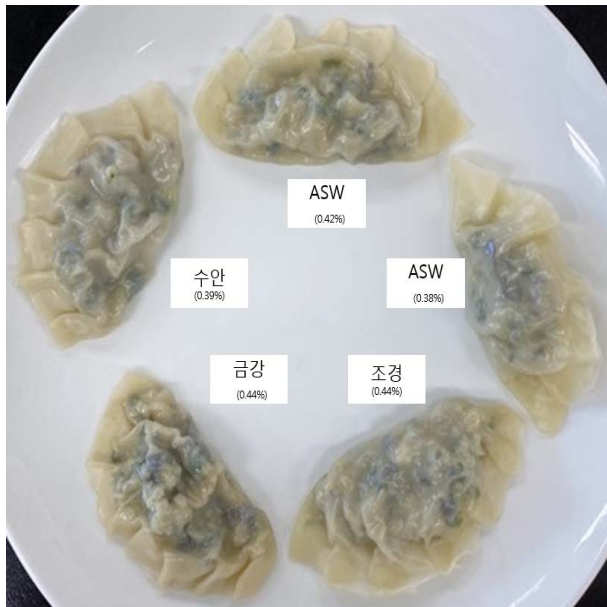


그림 2-1-22. 증숙 조리 만두

(다) 실험 결과

① 만두피 색차값

제조된 만두피의 색차를 측정된 결과 그림 2-1-23과 같이 측정되었다.

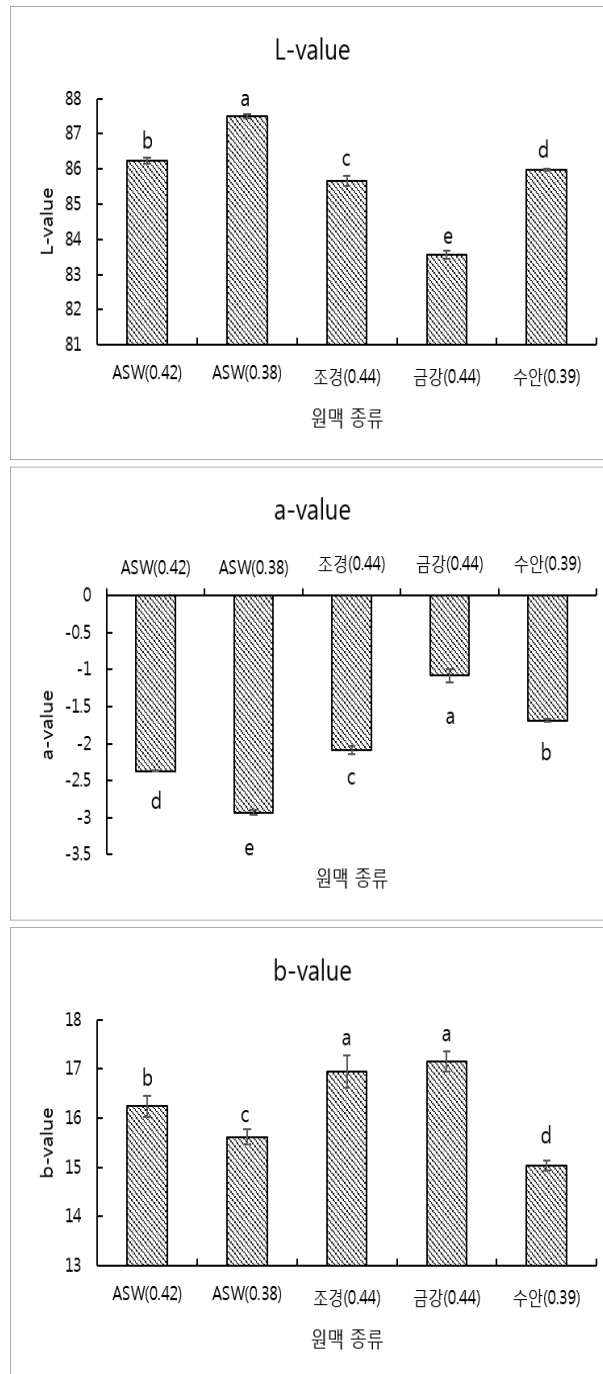


그림 2-1-23. 만두피 색차 측정 결과

a-e alphabet은 그룹간 유사한 수준임

회분 함량이 낮은 ASW(0.38%)가 가장 밝은 색상을 나타냈으며, ASW(0.42), 수안밀, 조경밀, 금강밀의 순서로 밝기가 감소하였다. 특히 금강밀은 다른 국산밀과 비교하여 명도의 차이가 크게 나타났으며, 적색도는 명도와 반대 현상이 나타났다. 황색도는 조경밀과 금강밀이 유사한 수준이며 수안밀이 가장 낮게 측정되었다.

② 관능평가 결과

제조 후 증숙된 만두의 관능평가 결과 그림 2-1-24과 같이 조사되었다.

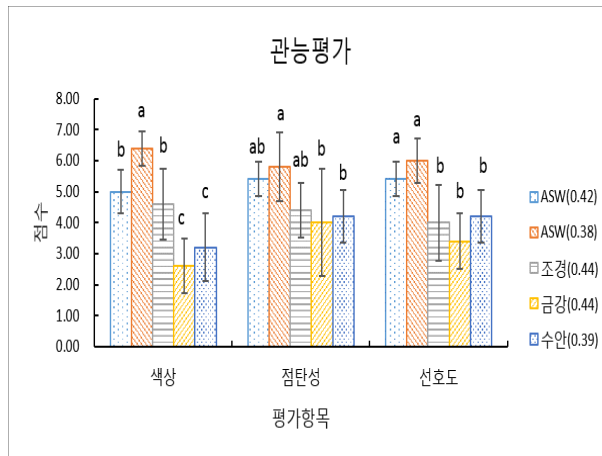


그림 2-1-24. 증숙 만두 관능평가 결과

^{a-c} alphabet은 그룹간 유사한 수준임

만두피의 색상은 색차값의 명도와 적색도 측정 결과와 유사한 형태를 나타내 밝고 적색도가 낮은 만두를 선호하였으며, 점탄성과 선호도가 유사한 형태로 측정되었다. ASW를 제외하여 조경밀과 수안밀의 관능평가 결과가 유사하였으며, 금강밀은 상대적으로 낮은 점수를 기록하여 만두피 용도로 사용이 부적합할 것으로 판단된다.

(5) 제빵 가공 실험

(가) 실험 재료

수입밀과의 제빵 가공성 비교 평가를 위하여 대조구로 제빵 전용으로 개발된 수입밀 블렌딩 밀가루(미국, 캐나다산)를 사용하였으며, 시험 생산된 조경밀, 금강밀, 수안밀 밀가루를 제빵 평가에 사용하였다.

(나) 실험 방법

① 식빵의 제조: 식빵의 제조를 위한 배합과 제조 공정은 표 2-1-14와 같으며, 밀가루 종류에 따라 파리노그래프 흡수율을 참고하여 급수량과 반죽시간을 표 2-1-15와 같이 달리하여 제조하였다.

표 2-1-14. 제빵 배합비 및 공정과정

| 항목 | 배합비(Baker's %) | 공정 | 비고 |
|---------|----------------|--------|--------------------------------|
| 밀가루 | 100 | 반죽 | L1M2 ↓ L2MnHn (표 2-1-15 참조) |
| 설탕 | 6 | 1차 발효 | 70 min(28°C, RH 85%) |
| 소금 | 2 | 분할 | 430 g |
| 이스트 | 3 | 휴지 기간 | 20 min |
| 유지(마가린) | 6 | 성형 | One loaf |
| 탈지분유 | 2 | 2차 발효 | 70 min(38°C, RH 85%) |
| 물 | 표 2-1-15 참조 | Baking | 180°C/190°C, 23 min |

표 2-1-15. 원맥 종류에 따르는 급수량과 반죽 시간

| 구분 | 급수량 | 반죽 |
|-----|-----------|---------------|
| | Baker's % | 반죽시간(min) |
| 수입밀 | 67 | L1M2 ↓ L2M6H2 |
| 조경밀 | 60 | L1M2 ↓ L2M5H1 |
| 금강밀 | 65 | L1M2 ↓ L2M5H1 |
| 수안밀 | 65 | L1M2 ↓ L2M5 |

※믹싱: L(저속), M(중속), H(고속), ↓(유지첨가)

반죽은 버티컬 믹서(HPi-300M, Kento kongkogo, Japan)에 모든 원재료를 넣고 저속 1분, 중속 2분 후 유지(마가린)를 첨가하고 저속 2분, 중속 및 고속은 표 2-1-15와 같이 원맥에 따라 달리하였다. 이 때 반죽온도는 27°C가 되도록 유지하였다. 형성된 반죽은 온도와 상대습도를 28°C, 85%에서 1차 발효를 70분간 실시 후, 430 g 으로 분할하여 20분의 벤치타임을 가졌다. 분할 한 생지를 자동 반죽 성형기(SHK-300, 대흥소프트밀, 한국)를 사용하여 가스 빼기와 성형을 진행 하였다. 그 후 발효기 온도 38°C, 상대습도 85%에서 70분간 2차 발효를 한 다음, 전기 오븐의 윗 온도 180°C와 아래 온도 190°C에서 23분간 구운 후 꺼내 실온에서 냉각 후 평가 시료로 사용하였다.



그림 2-1-25. 자동 반죽 성형기와 자동 부피 측정기

② 관능평가: 제조된 식빵의 관능 평가는 제조 후 24시간 경과한 시료를 자동 슬라이서로 일정한 두께로 절단하여 사용하였으며, 미리 숙련된 관능평가 요원 15명이 색상, 내상, 쫄깃함, 부드러움, 선호도를 5점 척도법으로 평가하였다. 원맥 종류에 따르는 관능 비교로 향, 맛은 제외하였다.

③ 식빵의 부피 측정: 완전하게 냉각된 식빵을 자동 부피 측정기(BVM6640, Perten Instruments, USA)를 사용하여 각 제조된 식빵 8개의 부피, 높이, 길이, 무게를 측정하고, 비체적, 밀도, 형상비율을 계산하였다.

④ 색차 분석: 완전하게 냉각된 식빵의 표면(crust)을 식빵칼로 떼어내고, 남은 빵의 내부(crumb)는 자동 슬라이서로 일정한 두께로 절단하였다. Hunter 색차계(CR-300, Minolta,

Japan)을 사용하여 crust는 표면을 측정하였고, crumb는 빵 두쪽을 포개어 중앙을 측정하였다. 원맥 종류별로 각각 10회 측정 후 평균과 표준편차를 계산하고 집단간 차이를 분석하였다.

⑤ 기계적 강도 측정: Texture analyser(TA-XT Plus, Stable micro system, UK)을 사용하여 식빵의 기계적 강도를 측정하였다. 식빵은 식빵 슬라이서로 일정한 두께로 절단된 식빵 2개를 포개어 측정 하였으며, 식빵 보관 시간을 24시간과 48시간을 측정하여 식빵의 노화를 계산 하였다. TA 측정 조건은 표 2-1-16과 같으며, 이 때 사용된 Rig는 그림 2-1-26과 같다.

표 2-1-16. AACC Bread firmness project

| 항목 | 설정값 |
|-----------------|------------------------------|
| Test mode | Measure Force in Compression |
| Test speed | 1.0 mm/s |
| Target mode | Force |
| Distance | 8 mm |
| Advanced option | off |

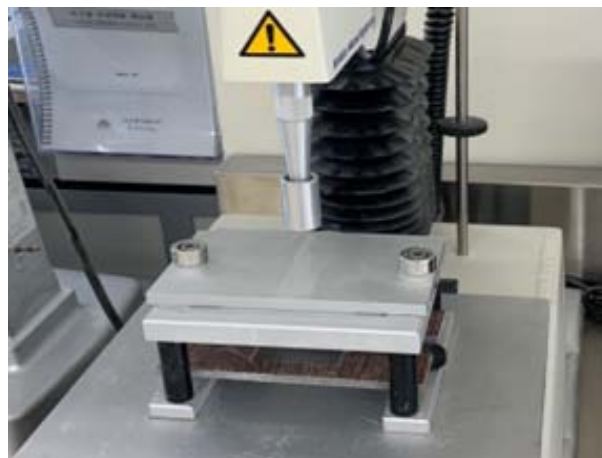


그림 2-1-26. 36 mm cylinder probe rig

(다) 실험 결과

① 반죽 특성: 밀가루의 제빵 반죽 특성 중 하나인 파리노그래프의 흡수율은 표 2-1-7와 같으며, 가공 실험 시 반죽의 급수율은 표 2-1-15와 같았다. 파리노그래프의 흡수율은 반죽 급수량과 양의 상관관계를 가진다. 흡수율이 높은 수입밀에 비해 국산밀 3종은 흡수율이 상대적으로 낮아서 수입밀 대비 급수량이 낮았다. 수입밀과 국산밀 3종은 반죽형성시간의 차이를 나타내었고(표 2-1-15), 수입밀과 비교하여 국산밀 3종의 반죽형성 시간이 짧았다. 이는 국산밀 3종이 단백질 함량 중 글루텐 형성에 관여하는 단백질 함량이 상대적으로 낮을 것이라고 생각할 수 있다.

반죽 형성 단계에서의 수입밀과 국산밀 3종의 반죽의 끈적임은 관찰되지 않았으며, 형성된 반죽의 탄성은 수입밀과 비교하여 금강밀이 비슷한 수준이고, 조경밀과 수안밀의 탄성은 상대적으로 약하게 나타났다. 이는 글루텐 형성 단백질 함량 차이로 보여진다. 형성된 반죽의 탄성과 비교하여 성형단계에서의 수입밀과 국산밀 3종은 모두 탄성을 유지하였다.

굽기 단계에서의 오븐스프링의 정도는 수입밀, 금강밀, 조경밀, 수안밀 순이었다. 이 중 수안밀의 오븐스프링은 거의 일어나지 않은 수준 이었으며, 이는 수안밀의 단백질에 포함된 글루텐의 품질이 다른 원맥과 비교하여 낮음을 알 수 있다.

② 관능 평가 결과: 식빵 완제품의 관능 평가 결과는 그림 2-1-27과 같다.

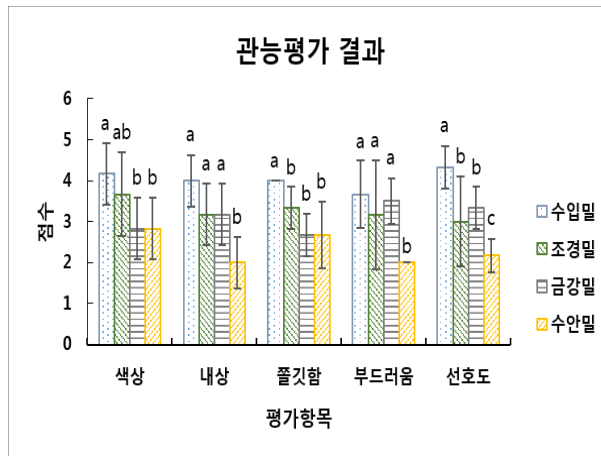


그림 2-1-27. 수입밀과 국산밀 3종 제빵 관능평가 결과

^{a-c} alphabet은 그룹간 유사한 수준임

제조된 식빵의 색상은 수입밀의 경우 조경밀과 유의적으로 비슷한 색상이 나타났지만, 금강밀과 수안밀은 차이가 있는 것으로 조사되었다. 내상은 수입밀, 조경밀, 금강밀은 유사한 형태를 나타내었으나, 수안밀은 차이가 있는 것으로 나타났다. 수안밀은 다른 원맥과 다르게 부피가 현저하게 낮으며, 기공의 분포가 불균일 하고, 열린 구조를 가진 것으로 관찰 되었다. 색상과 내상을 종합적으로 보았을 때 조경밀이 다른 우리밀 제품과 비교하여 가장 우수하였다. 식빵의 식감 특성인 쫄깃함은 수입밀과 비교하여 국산밀 3종이 약한 식감을 나타내었고, 부드러움은 수입밀과 비교하여 조경밀, 금강밀이 유의적으로 비슷한 수준을 나타내었으며, 수안밀은 차이를 나타내었다. 조경밀은 주로 쫄깃한 식감을 나타내고, 금강밀은 부드러운 식감이 우세한 것으로 판단된다. 종합적인 선호도는 수입밀이 국산밀 3종보다 높았으며, 국산밀 중 수안밀은 선호도가 가장 떨어졌다. 수안밀은 금강밀에 비해 단백질 함량이 낮으며, 조경밀은 제빵용으로 개발된 원맥이지만, 수확 과정 중 여러 가지 이유로 인하여 단백질 함량이 낮게 생산된 것으로 보여진다. 따라서 글루텐을 형성하는 단백질의 품질이 수안밀 보다 우세할 것으로 판단된다.





그림 2-1-28. 식빵 완제품 crust, crumb, 내상 사진

③ 부피 측정 결과

식빵 완제품의 부피, 높이, 길이, 무게를 레이저로 측정한 3D 모델 형상은 표 2-1-17과 같고, 비체적, 밀도, 형상비율을 아래의 식 3으로 계산한 결과는 그림 2-1-29와 같다.

표 2-1-17. 빵 부피 측정 3D 모델

| | 수입밀 | 조경밀 | 금강밀 | 수안밀 |
|----|-----|-----|-----|-----|
| 윗면 | | | | |
| 측면 | | | | |
| 전면 | | | | |

$$\text{식. 3 비체적} = \frac{\text{식빵의 부피 (mL)}}{\text{식빵의 중량 (g)}}$$

$$\text{밀도} = \frac{\text{식빵의 중량 (g)}}{\text{식빵의 부피 (mL)}}$$

$$\text{형상 비율} = \frac{\text{식빵의 높이 (mm)}}{\text{식빵의 길이 (mm)}}$$

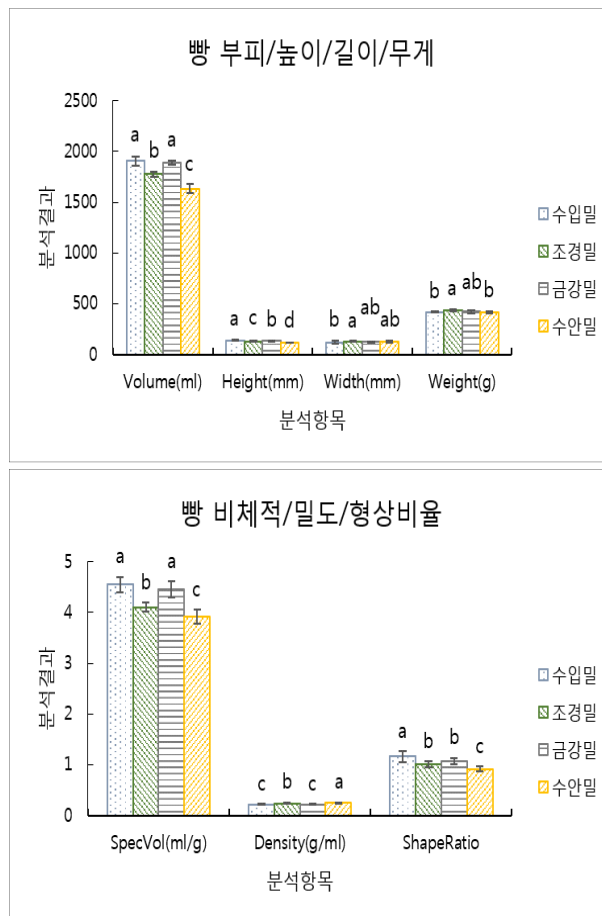


그림 2-1-29. 수입밀과 국산밀 부피측정기 측정 결과

^{a-c} alphabet은 그룹간 유사한 수준임

부피는 수입밀과 금강밀이 유의적으로 동일한 것으로 측정되었으며, 수안밀이 가장 낮은 부피가 측정되었다. 높이는 수입밀이 가장 높게 측정 되었으며, 수안밀이 가장 낮게 측정되었다. 이는 글루텐 품질에 의한 2차 발효와 오븐스프링의 정도 차이로 보여지며, 수입밀과 금강밀의 경우 반죽의 팽창이 위로 발생 하였으나, 조경밀과 수안밀은 반죽의 팽창이 좌우 방향으로도 발생하여 상대적으로 높이가 낮고 폭이 높아진 것으로 보여진다.

비체적은 수입밀과 비교하여 금강밀이 유의수준에서 유사하며, 조경밀, 수안밀 순으로 밀도 값이 높아진다. 비체적과 밀도는 음의 상관관계를 가지며, 밀도가 작을수록 비체적 값이 높아졌다. 형상비율의 값은 수입밀이 국산밀 3종과 비교하여 가장 높고, 국산밀 3종 중 조경밀과 금강밀이 유의적으로 비슷하였다. 밀도가 높고, 비체적이 낮은 수안밀은 상대적으로 형상비율이 낮다. 이는 글루텐 품질에 의한 2차 발효와 오븐스프링의 정도 차이로 보여지는데, 수입밀과 금강밀의 경우 반죽의 팽창이 중심에서 일어났지만, 조경밀과 수안밀은 반죽의 발효 팽창이 낮은 방향에서 일어나 상대적으로 부피와 높이, 길이, 비체적, 형상비율의 값이 낮고, 밀도 값이 높다. 무게는 2차 발효와 오븐스프링과 상관관계를 가지지 않는 요소이다.

④ 색차 분석 결과

Crust와 crumb를 측정된 명도, 적색도, 황색도의 종합적인 결과는 그림 2-1-30과 같다.

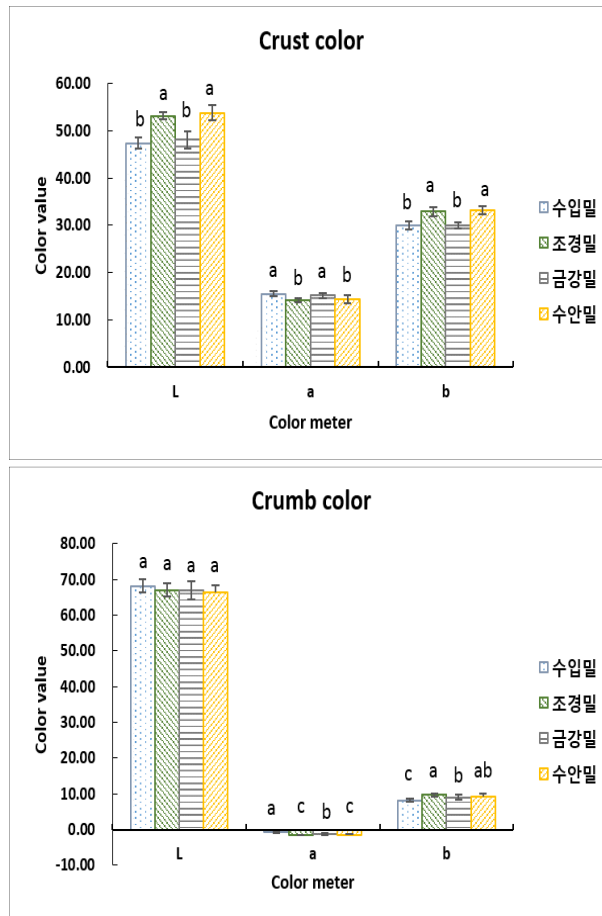


그림 2-1-30. Crust, crumb 색차 분석 결과

^{a-b} alphabet은 그룹간 유사한 수준임

Crust의 색차 특성은 수입밀과 금강밀은 조경밀과 수안밀 대비 명도와 황색도가 낮고, 적색도가 높다. 이는 밀가루의 회분 함량 차이로 보이며, 특히 수안밀은 나머지 제품과 비교하여 회분이 낮고 crust의 색상이 밝다. Crumb의 색차 특성은 수입밀과 비교하여 우리밀 3종의 명도와 적색도가 낮고, 황색도가 높게 나타났다. 우리밀 3종에서는 조경밀의 명도와 황색도가 가장 높으며, 이는 원맥의 단백질에 함유된 글루텐의 품질에 따른 발효력 차이로 생각되어 진다.

⑤ 노화도 분석

식빵의 완제품 노화도는 TA 를 사용하여 제조 후 1일차와 2일차의 기계적 강도를 측정 후 차이 값을 계산하였으며, 분석결과는 그림 2-1-31. 과 같다

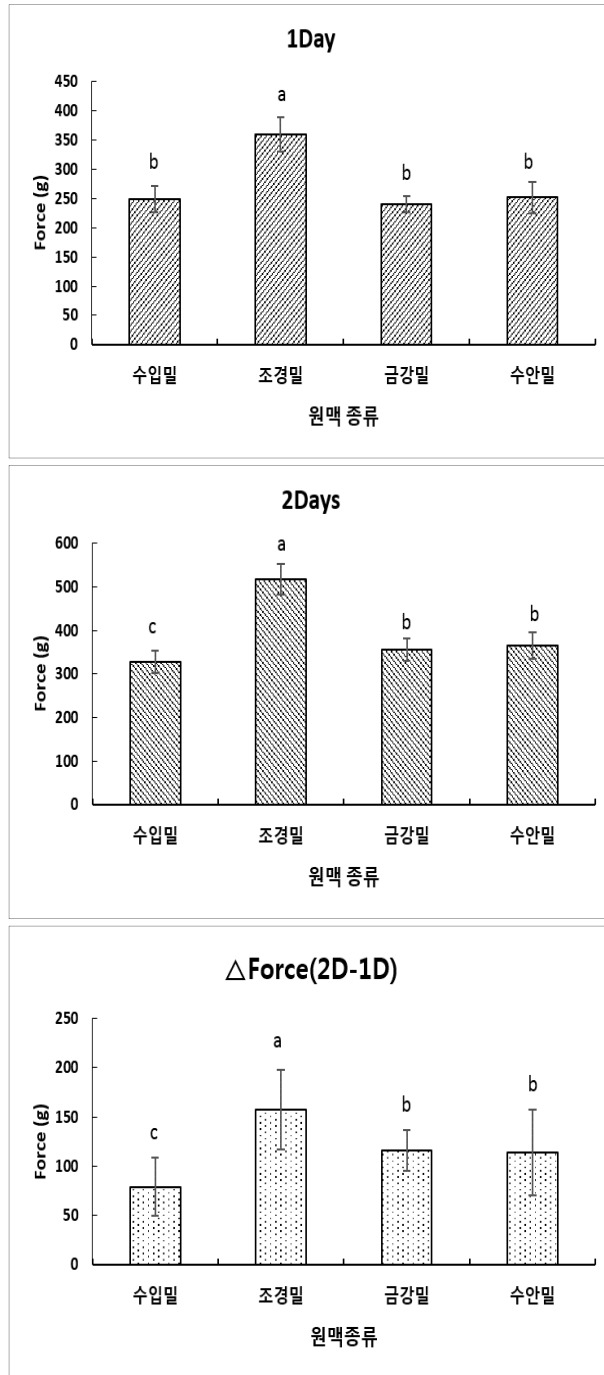


그림 2-1-31. 식빵의 기계적 강도 측정 결과 및 노화 정도 계산

^{a-c} alphabet은 그룹간 유사한 수준임

각 빵 실험 일자에 해당하는 firmness 값은 저작작용을 함에 있어서 그 값이 크면 단단하고, 값이 작으면 부드러움으로 표현할 수 있다. 조경밀의 1일차, 2일차 firmness 값이 가장 높은 것으로 보아, 다른 세 원맥보다 단단한 식감을 가지는 것으로 나타났다. 보관일이 경과할수록 firmness 값이 큰 것은 식빵의 노화 정도가 큰 것이며, 우리밀 3종과 비교하여 수입밀 제품의 노화가 낮게 나타났다. 우리밀 3종 중 조경밀의 노화가 가장 크게 나타났으며, 금강밀과 수안밀의 노화도는 유의적인 차이가 관찰되지 않았다. 이는 식빵의 운송, 보관 시간의 경과를 거치며 발생하는 식감 차이를 불러오며, 식감 차이는 조경밀이 가장 크게 나타난 것으로 생각되어 진다.

2-1-4 국산 밀 블렌딩 기술 연구

가. 국산 밀 3종 혼합물 실험 설계

국산 밀 3종의 혼합물 실험 설계는 심플렉스 격자 설계법 으로 중심점을 추가하여 시행하였다. 혼합물실험계획법(mixture experimental design)은 실험 수행과 계획을 세우는 통계적 실험 설계법의 하나로 각각의 재료 혼합비를 최적화 하는데 사용되는 실험 방법이다. 혼합비율은 심플렉스 격자설계법에 따라 설계하였다. 연구에 사용된 국산 밀 일맥의 단백질 함량이 대부분 중력 위주로 생면과 건면 제조를 위한 최적화 연구를 수행하였다. 최적화 목적으로는 수입밀로 제조한 중력분의 관능 및 분석항목으로 설정하였다. 혼합비와 반응변수의 회귀 함수에 근거하여 최적화 목적에 근접하는 혼합비를 결정하였다.

(1) 국산 밀 혼합 밀가루

(가) 실험 재료

본 연구에 사용된 국산 밀은 상업적 생산 설비로 생산된 비축 조경밀, 수안밀, 금강밀 밀가루 3종을 사용하였으며, 대조구로 호주산 ASW100%로 생산된 밀가루를 사용하였다.

(나) 실험 방법

- ① 가공실험 및 분석방법: 본 연구의 제면 가공은 생면 및 건면으로 제조하였으며, 국산 밀 제면 가공실험과 동일한 방법으로 제면가공 실험 및 시료의 분석을 수행하였다.
- ② 실험계획법: 실험계획에 사용된 밀가루 혼합비는 조경밀, 수안밀 및 금강밀 밀가루를 심플렉스 격자설계 방식으로 설계 하였으며, 혼합비의 합이 100%가 되도록 제약을 두었다. 독립변수로 밀가루의 혼합비, 반응변수로서 관능 또는 레올로지 특성치를 각각 정하였다. 회귀함수식을 결정한 후 독립변수의 최속 혼합비를 구하기 위하여 최적화 목적으로 전체 기호도는 최대화, 각 레올로지 특성치의 조건을 부여하였다.
- ③ 실험 시료의 제조: 본 연구에 사용된 국산 밀 밀가루는 표 2-1-18.과 같이 제조하였다. 각각의 국산밀 밀가루를 배합비율로 리본믹서(RBM150SU3, 성창기계, 대한민국)에 넣은 후 30 rpm으로 30분간 혼합하여 골고루 섞어준 다음 개별 포장하여 실험용으로 준비하였다(그림 2-1-32).

표 2-1-18. 혼합물설계법에 의한 국산밀 밀가루 혼합 비율

| 시료번호 | 조경밀(%) | 수안밀(%) | 금강밀(%) |
|------|--------|--------|--------|
| 1 | 33.33 | 0 | 66.67 |
| 2 | 100 | 0 | 0 |
| 3 | 0 | 0 | 100 |
| 4 | 0 | 33.33 | 66.67 |
| 5 | 33.33 | 66.67 | 0 |
| 6 | 33.33 | 33.33 | 33.33 |
| 7 | 0 | 66.67 | 33.33 |
| 8 | 0 | 100 | 0 |
| 9 | 66.67 | 0 | 33.33 |
| 10 | 66.67 | 33.33 | 0 |



그림 2-1-32. 밀가루 시료의 혼합

④ 통계처리: 혼합물설계법에 사용된 통계처리는 미니탭(Minitab17, Minitab Inc., University Park, PA, USA) 소프트웨어를 사용하였다. 분석 항목간의 상관관계는 Pearson상관분석을 실시하였으며, 관능검사 결과와 각 레올로지 분석결과의 상관성 및 요인간의 상관성을 분석하였다.

(다) 실험 결과

① 국산밀 혼합 밀가루 분석결과

대조구를 포함한 국산밀 밀가루 혼합분의 품질 지표 분석결과는 표 2-1-19와 같으며, 호화 특성 및 반죽의 물성은 표 2-1-20, 표 2-1-21 그리고 표 2-1-22와 같다.

표 2-1-19. 국산밀 혼합밀가루 품질 지표 분석결과

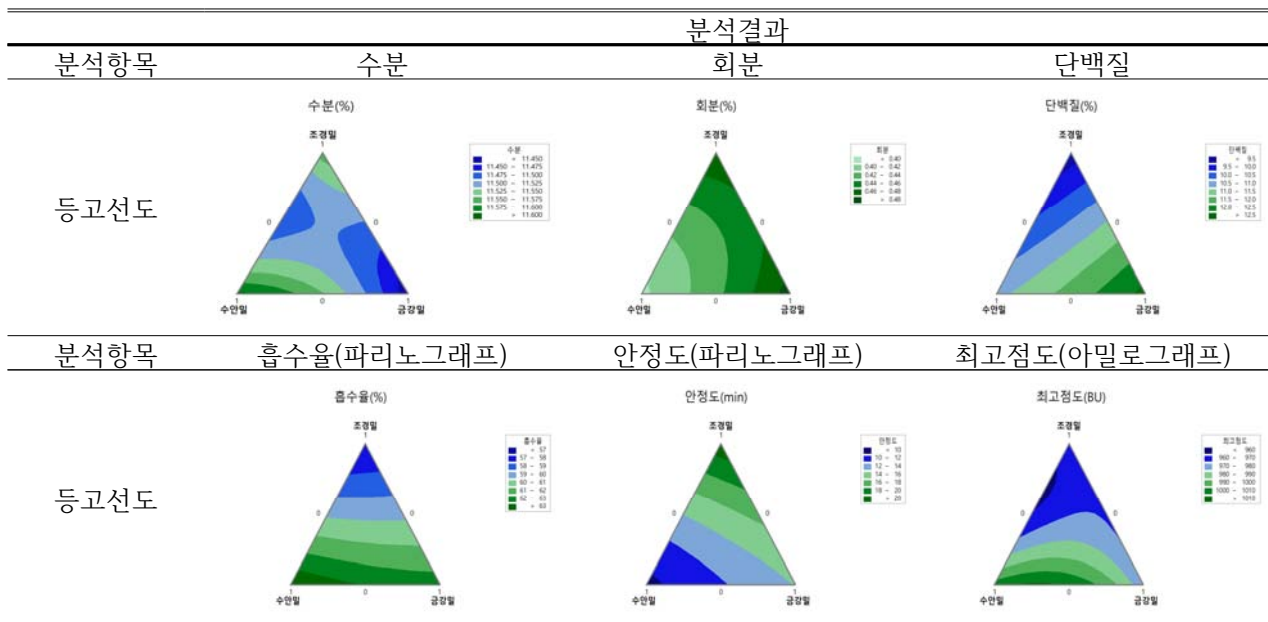
| 시료 번호 | 수분 (%) | 회분 (%) | 단백질 (%) | 파리노그래프 | | 아밀로그래프 |
|----------|---------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|-----------------------------|
| | | | | 흡수율 (%) | 안정도 (min) | 최고점도 (BU) |
| 대조구 | 12.70±0.07 ^f | 0.47±0.01 ^{ef} | 9.94±0.07 ^b | 58.89±0.47 ^b | 12.46±0.28 ^c | 791.90±19.20 ^a |
| 1 | 11.32±0.06 ^a | 0.47±0.00 ^e | 11.63±0.04 ^h | 60.97±0.64 ^c | 15.74±0.46 ^f | 960.64±80.71 ^b |
| 2 | 11.49±0.08 ^{bc} | 0.48±0.01 ^f | 9.21±0.02 ^a | 56.85±0.47 ^a | 21.72±0.36 ^h | 950.72±47.08 ^b |
| 3 | 11.51±0.03 ^{bc} | 0.49±0.00 ^g | 12.67±0.04 ⁱ | 62.36±0.40 ^d | 14.1±0.23 ^d | 960.57±56.73 ^b |
| 4 | 11.49±0.03 ^{bc} | 0.44±0.00 ^d | 11.98±0.06 ⁱ | 62.86±0.46 ^d | 12.52±0.32 ^c | 989.35±55.01 ^b |
| 5 | 11.52±0.05 ^{bcd} | 0.41±0.01 ^b | 10.26±0.05 ^c | 60.97±0.65 ^c | 13.85±0.48 ^d | 956.29±33.35 ^b |
| 6 | 11.48±0.05 ^b | 0.44±0.01 ^d | 11.00±0.06 ^f | 60.77±0.50 ^c | 13.61±0.22 ^d | 972.89±21.53 ^b |
| 7 | 11.62±0.04 ^d | 0.42±0.00 ^c | 11.43±0.06 ^g | 63.04±0.70 ^{de} | 11.45±0.44 ^b | 989.14±55.55 ^b |
| 8 | 11.58±0.07 ^{cd} | 0.39±0.01 ^a | 10.88±0.03 ^e | 63.93±0.45 ^e | 8.90±0.63 ^a | 1,017.98±39.76 ^b |
| 9 | 11.72±0.04 ^e | 0.45±0.01 ^d | 10.40±0.02 ^d | 58.08±0.55 ^b | 18.00±0.23 ^g | 953.32±41.75 ^b |
| 10 | 11.49±0.04 ^{bc} | 0.44±0.00 ^d | 9.86±0.04 ^b | 58.44±0.65 ^b | 14.90±0.65 ^e | 957.83±54.76 ^b |

¹ 3번 반복 실험한 평균값과 표준편차

^{a-i} column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임

혼합 시료는 회분함량 0.41~0.49%로 다양하게 생산 되었으며, 상업적 제분 제품으로 1등급 밀가루에 해당하는 회분 함량을 가지고 있지만 원맥 블렌딩으로 단백질 함량이 모두 통계적으로 유의적인 차이를 나타내고 있으며, 물을 흡수하는 성질을 가지고 있는 단백질로 인해 흡수율도 유의적인 차이를 나타내고 있으나, 최고점도는 국산밀 혼합분의 경우 큰 차이를 나타내지 않았다.

표 2-1-20. 국산밀 혼합밀가루 품질지표 등고선도



생산된 밀가루의 회분함량은 수안밀이 조경밀과 금강밀에 비해 낮아 수안밀 배합비율이 높아질 수록 회분함량이 감소하였다. 단백질 함량은 제빵용 품종인 금강밀이 가장 높았으며, 면용으로 개발된 수안밀과 과자용으로 개발된 박력분 순이었다. 그러나 흡수율은 금강밀 보다 단백질 함량

이 낮은 수안밀이 높았으며, 조경밀 함량이 증가할수록 흡수율의 감소가 나타났다. 안정도는 금강밀 보다 조경밀이 높게 측정되어 반죽시 형성되는 글루텐의 성질이 수안밀과 상이한 결과를 나타냈다. 최고점도는 수안밀과 금강밀이 높아 제면 특성에 적합한 것으로 나타났다.

표 2-1-21. 국산밀 혼합밀가루의 물리적 특성 분석 결과

| 원맥 | RVA(RVU) | | | | 평균입자 (μm) | 손상전분 (%) |
|-----|-----------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| | Peak | Break down | Final | Set back | | |
| 대조구 | 159.98 \pm 8.37 ^a | 56.85 \pm 6.47 ^{ab} | 176.08 \pm 8.23 ^a | 72.5 \pm 3.63 ^a | 49.02 \pm 0.06 ^a | 7.63 \pm 0.04 ^f |
| 1 | 167.08 \pm 7.90 ^{abc} | 56.99 \pm 4.82 ^{ab} | 217.08 \pm 6.71 ^{bc} | 108.98 \pm 4.59 ^{cd} | 55.74 \pm 0.05 ^j | 6.37 \pm 0.07 ^a |
| 2 | 162.95 \pm 4.31 ^{ab} | 50.62 \pm 5.91 ^a | 214.32 \pm 4.78 ^b | 104.64 \pm 4.01 ^{bcd} | 53.32 \pm 0.05 ^f | 6.67 \pm 0.02 ^b |
| 3 | 167.88 \pm 4.82 ^{abcd} | 59.43 \pm 1.19 ^{ab} | 227.79 \pm 1.92 ^c | 117.72 \pm 4.86 ^e | 54.82 \pm 0.06 ^h | 6.36 \pm 0.02 ^a |
| 4 | 180.12 \pm 3.61 ^e | 62.81 \pm 5.41 ^b | 228.85 \pm 6.54 ^c | 111.24 \pm 3.96 ^{de} | 56.00 \pm 0.05 ^k | 6.66 \pm 0.06 ^b |
| 5 | 178.19 \pm 2.80 ^{de} | 61.01 \pm 4.65 ^{ab} | 217.11 \pm 7.87 ^{bc} | 102.37 \pm 5.92 ^{bc} | 52.40 \pm 0.06 ^d | 7.09 \pm 0.03 ^d |
| 6 | 169.42 \pm 3.63 ^{abcd} | 58.4 \pm 6.37 ^{ab} | 220.33 \pm 7.90 ^{bc} | 106.98 \pm 4.59 ^{bcd} | 55.29 \pm 0.05 ⁱ | 6.65 \pm 0.08 ^b |
| 7 | 173.92 \pm 4.75 ^{cde} | 58 \pm 7.75 ^{ab} | 218.16 \pm 5.48 ^{bc} | 103.28 \pm 3.60 ^{bc} | 54.37 \pm 0.04 ^g | 6.84 \pm 0.06 ^{bc} |
| 8 | 177.15 \pm 7.33 ^{cde} | 64.02 \pm 4.84 ^b | 215.06 \pm 5.93 ^b | 100.85 \pm 1.29 ^b | 50.77 \pm 0.06 ^c | 7.34 \pm 0.08 ^e |
| 9 | 171.12 \pm 1.69 ^{bcde} | 58.2 \pm 6.16 ^{ab} | 224.68 \pm 3.98 ^{bc} | 112.06 \pm 4.16 ^{de} | 52.84 \pm 0.06 ^e | 6.64 \pm 0.39 ^b |
| 10 | 169.02 \pm 5.72 ^{abcd} | 58.16 \pm 3.35 ^{ab} | 214.83 \pm 5.85 ^b | 104.75 \pm 3.77 ^{bcd} | 50.27 \pm 0.06 ^b | 7.04 \pm 0.04 ^{cd} |

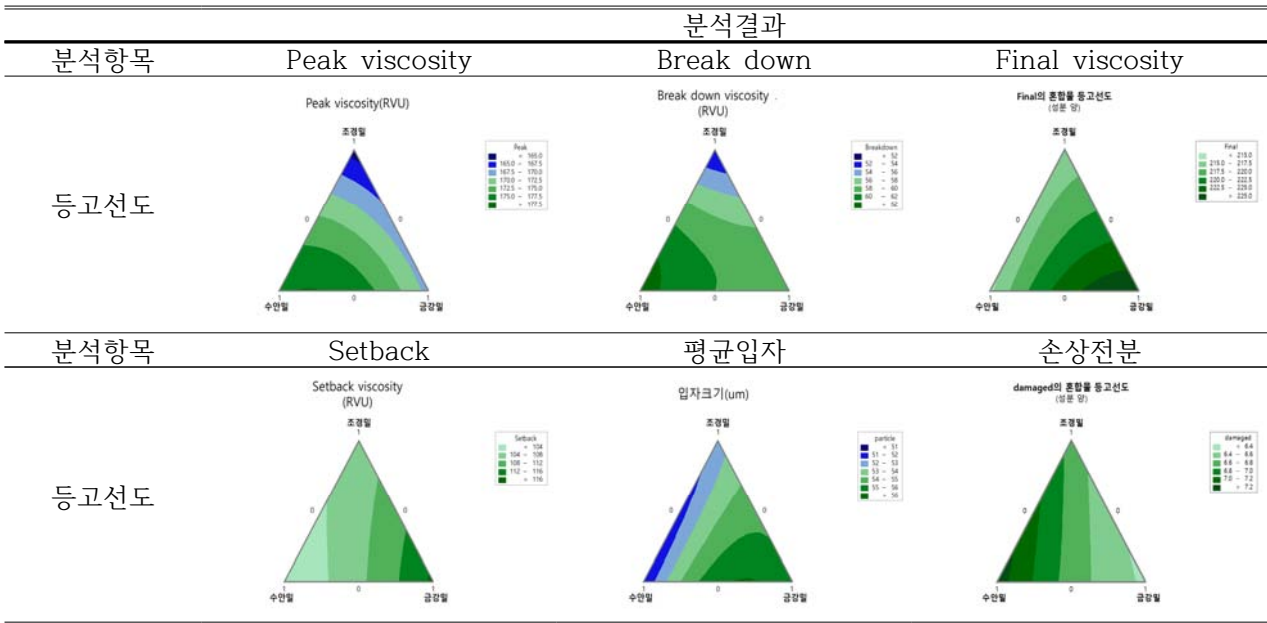
¹ 3번 반복 실험한 평균값과 표준편차

^{a-i} column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임

원맥의 혼합으로 인해 최고점도는 유사한 경향이 없었지만, 구조파괴 점도와 최종점도는 모든 시료가 유사한 경향을 나타냈다. 평균입자는 모두 다른 경향을 나타냈으나 제분과정 중 손상전분 함량에 큰 영향을 주지 않는 것으로 조사되었다.

RVA는 전분의 호화 특성과 노화 특성을 동시에 측정한다. 아밀로그래프의 최고점도와 동일한 호화 패턴을 나타냈으며, 전분의 호화 후에 계속 가열 시 팽윤된 전분 입자가 파괴되는 정도를 나타내는 Breakdown에서 수안밀이 가장 높게 나타나 면을 삶은 후 계속 가열 시 퍼짐성 현상인 두드러질 것으로 생각되어 진다. 호화된 전분을 냉각하여 노화되는 정도를 나타내는 Setback 값은 금강밀 함량이 높을수록 노화가 많을 것으로 나타났다. 평균입자와 손상전분은 경질맥인 금강밀이 가장 높았으며, 중력계열인 수안밀이 가장 낮게 나타나 수안밀과 상이한 패턴을 나타냈다. 원맥 혼합비율과 혼합 밀가루의 물리적 특성을 등고선도로 확인한 결과 최고점도는 아밀로그래프 최고점도와 유사한 특성을 나타냈으며, Break down은 최고점도와 동일한 순서로 원맥 배합비율에 따라 차이를 나타냈다. 그러나 노화 특성을 나타내는 최종점도는 금강밀 비율이 높을수록 높게 나타났으며 수안밀과 조경밀의 함량증가는 유사한 수준으로 나타났다.

표 2-1-22. 국산밀 혼합 밀가루의 물리적 특징 등고선



(2) 국산밀 혼합 밀가루 생면 가공실험

(가) 면대 색상변화

면대 제조 후 보관 시간 경과에 의한 면대의 갈변을 L값 변화로 측정된 결과와, L값, a값, b값의 종합적인 변화는 그림 2-1-33.와 같으며, 보관시간 경과에 따르는 L값의 변화와 색도차는 표 2-1-23과 같다. 초기 면대 형상은 표 2-1-24와 같다.

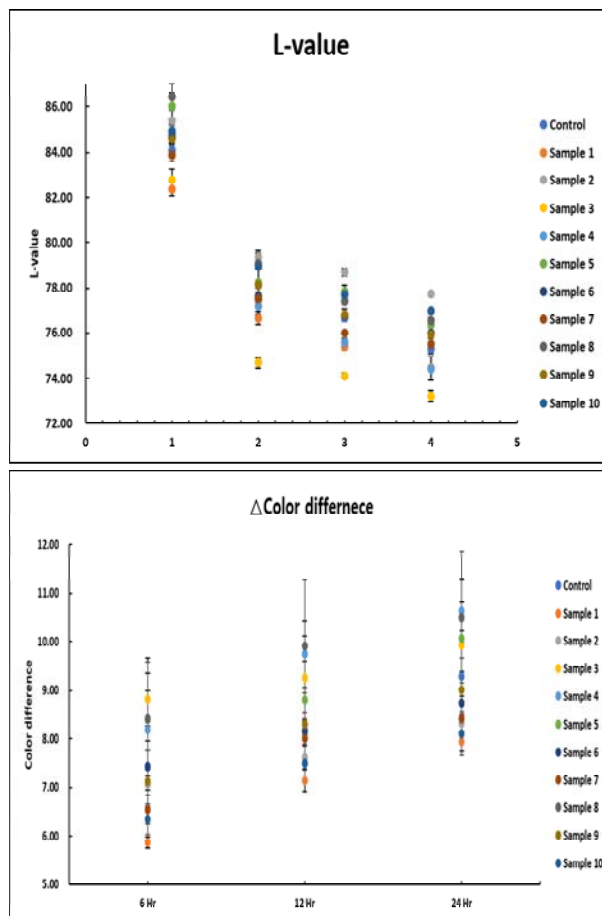


그림 2-1-33. 보관시간 경과에 따르는 L값 변화 및 색도차

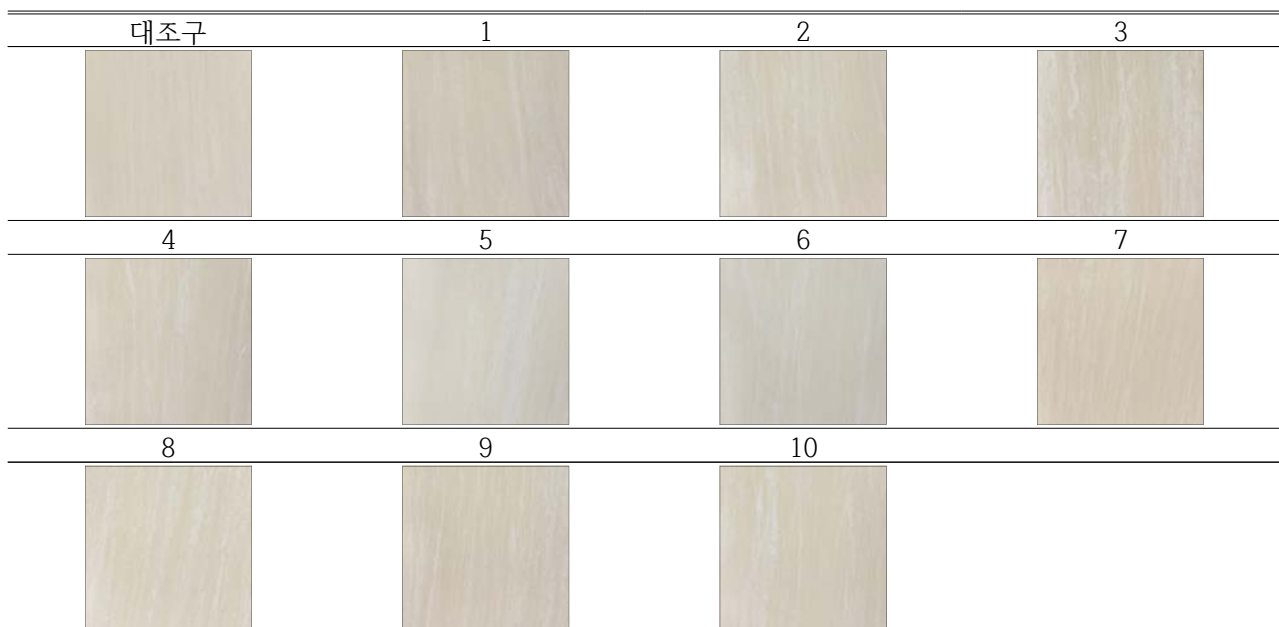
초기 명도는 대조구와 비교하여 대부분 밝은 색상을 나타내었으며, 상온 보관 24시간 경과 까지 유사한 경향을 나타내었으며, 시료번호 2번, 5번, 8번의 명도가 상대적으로 우수하였으며, 시료번호 3번, 4번, 1번이 대체로 어두운 색상을 나타내었다. 시간 경과에 따르는 명도값의 변화 속도는 시료번호 4번, 8번, 9번이 상대적으로 빠르게 증가하여 갈변이 빠른 것으로 나타났으며, 시료번호 3번, 2번, 6번은 느리게 증가하였다. 초기 명도가 높으며 갈변속도가 느린 시료는 2번 시료로 밝은 색상에 느린 갈변속도를 나타내어 색상 품질은 가장 우수 하였으며, 수입밀 밀가루보다 우수한 것으로 나타났다. 보관시간 경과에 따라 명도, 적색도, 황색도의 변화를 종합적으로 나타내는

색도차는 시료번호 3번, 8번, 5번이 가장 많은 변화를 나타냈으며, 시료번호 1번, 10번, 2번이 가장 낮은 변화를 나타내었다. 면대 제조 초기의 밝기와 보관시간에 따르는 명도의 변화 및 색도차의 변화가 가장 낮은 값을 모두 만족하는 시료는 2번 시료로 시간 경과에 따라 면대의 외형 변화는 가장 우수한 것으로 나타났다.

표 2-1-23. 시간경과에 따르는 L값과 색도차 변화 회귀식

| | L-value | | Color difference | |
|-----|---------------------|----------------|--------------------|----------------|
| | 회귀식 | R ² | 회귀식 | R ² |
| 대조구 | $y=-2.7243x+85.202$ | 0.8076 | $y=0.9316x+6.417$ | 0.9767 |
| 1 | $y=-2.4937x+83.462$ | 0.8283 | $y=1.0356x+4.9117$ | 0.9833 |
| 2 | $y=-2.3643x+86.202$ | 0.7765 | $y=0.5603x+8.2082$ | 0.9853 |
| 3 | $y=-2.9213x+85.512$ | 0.7273 | $y=1.048x+7.5118$ | 0.9457 |
| 4 | $y=-3.2703x+86.18$ | 0.8204 | $y=1.2292x+7.0639$ | 0.9767 |
| 5 | $y=-2.9337x+86.95$ | 0.76 | $y=0.8392x+7.4144$ | 0.9184 |
| 6 | $y=-2.694x+85.513$ | 0.7581 | $y=0.6489x+6.8099$ | 0.9957 |
| 7 | $y=-2.6703x+84.903$ | 0.7938 | $y=0.9367x+5.7777$ | 0.9041 |
| 8 | $y=-3.1313x+87.695$ | 0.8067 | $y=0.6269x+6.4053$ | 0.9968 |
| 9 | $y=-2.7347x+85.697$ | 0.8084 | $y=0.9413x+6.264$ | 0.9818 |
| 10 | $y=-2.505x+85.913$ | 0.7981 | $y=0.8836x+5.547$ | 0.9684 |

표 2-1-24. 제조 면대 형상



(나) 속면 텍스처 변화

조리된 면의 형상은 표 2-1-25와 같다. TPA 분석결과는 표 2-1-26과 같으며 표 2-1-26에 등고선으로 시각화 하였다. 면을 70°C 항온수조에서 보관하며 시간 경과에 따르는 면대의 경도 변화를 측정된 결과는 그림 2-1-34와 같다.

표 2-1-25. 생면 조리 후 형상



표 2-1-26. 생면 조리 시 초기 TPA 분석결과

| | Hardness (g) | Adhesiveness (g.sec) | Springiness | Cohesiveness | Gumminess | Chewiness | Resilience |
|-----|-----------------|-------------------------|-------------|--------------|-----------|-----------|------------|
| 대조구 | 3997.619 | -84.991 | 0.796 | 0.802 | 3204.839 | 2551.624 | 0.532 |
| 1 | 6053.549 | -163.181 | 0.854 | 0.806 | 4880.190 | 4167.103 | 0.584 |
| 2 | 5360.367 | -121.002 | 0.913 | 0.794 | 4257.581 | 3887.714 | 0.556 |
| 3 | 6071.117 | -130.450 | 0.904 | 0.812 | 4927.866 | 4453.770 | 0.560 |
| 4 | 5478.146 | -84.781 | 0.844 | 0.803 | 4400.259 | 3715.505 | 0.563 |
| 5 | 5311.699 | -81.501 | 0.882 | 0.800 | 4249.924 | 3747.245 | 0.554 |
| 6 | 5775.062 | -116.751 | 0.882 | 0.795 | 4593.410 | 4052.504 | 0.566 |
| 7 | 6123.577 | -122.002 | 0.850 | 0.799 | 4891.012 | 4156.093 | 0.560 |
| 8 | 5627.798 | -137.839 | 0.941 | 0.795 | 4472.763 | 4206.972 | 0.546 |
| 9 | 5780.800 | -116.715 | 0.877 | 0.780 | 4510.409 | 3953.413 | 0.544 |
| 10 | 5873.294 | -92.230 | 0.890 | 0.773 | 4542.071 | 4042.185 | 0.539 |

조리면의 초기 경도는 시료번호 7번, 3번, 1번이 높은 것으로 나타났으며, 시료번호 5번, 2번, 4번이 낮은 것으로 나타났고, 대조구의 초기 경도가 가장 낮은 것으로 나타나 국산밀 혼합 시료의 경도가 대조군보다 모두 높게 측정되었다. 조리 후 70°C에서 10분간 보관 후 경도 측정된 결과 초기 경도에서 감소가 많은 시료는 시료번호 1번, 7번, 2번 이었으며, 감소가 낮은 시료는 시료번호 8번, 대조구, 4번으로 나타났다. 시료번호 8번, 2번, 3번의 탄력성이 높게 나타났으며,

몽침성은 시료번호 3번, 7번, 1번이 높게 측정되었다. 씹힘성은 시료번호 3번, 6번, 4번이 상대적으로 높은 수치를 나타내어 각각의 원맥 100%로 제조한 밀가루의 실험 결과와 유사하게 나타났다. 유사한 회분 함량의 국산밀 혼합 밀가루 단백질 함량이 면용으로 사용되는 호주산 밀가루 보다 대체적으로 단백질 함량이 높아 초기 경도가 높고, 이로 인하여 탄력성·몽침성·씹힘성 등에 영향을 준 것으로 생각되어 진다.

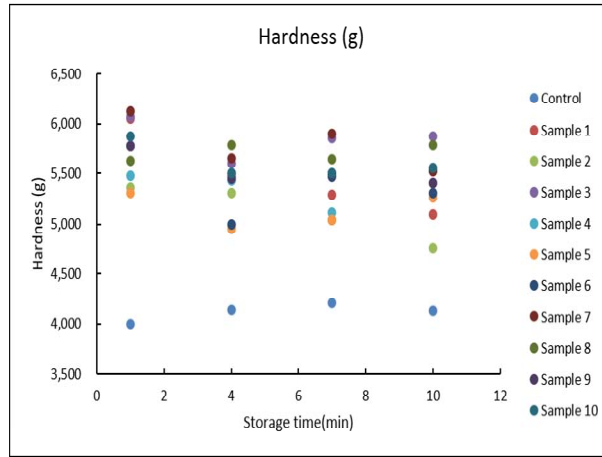
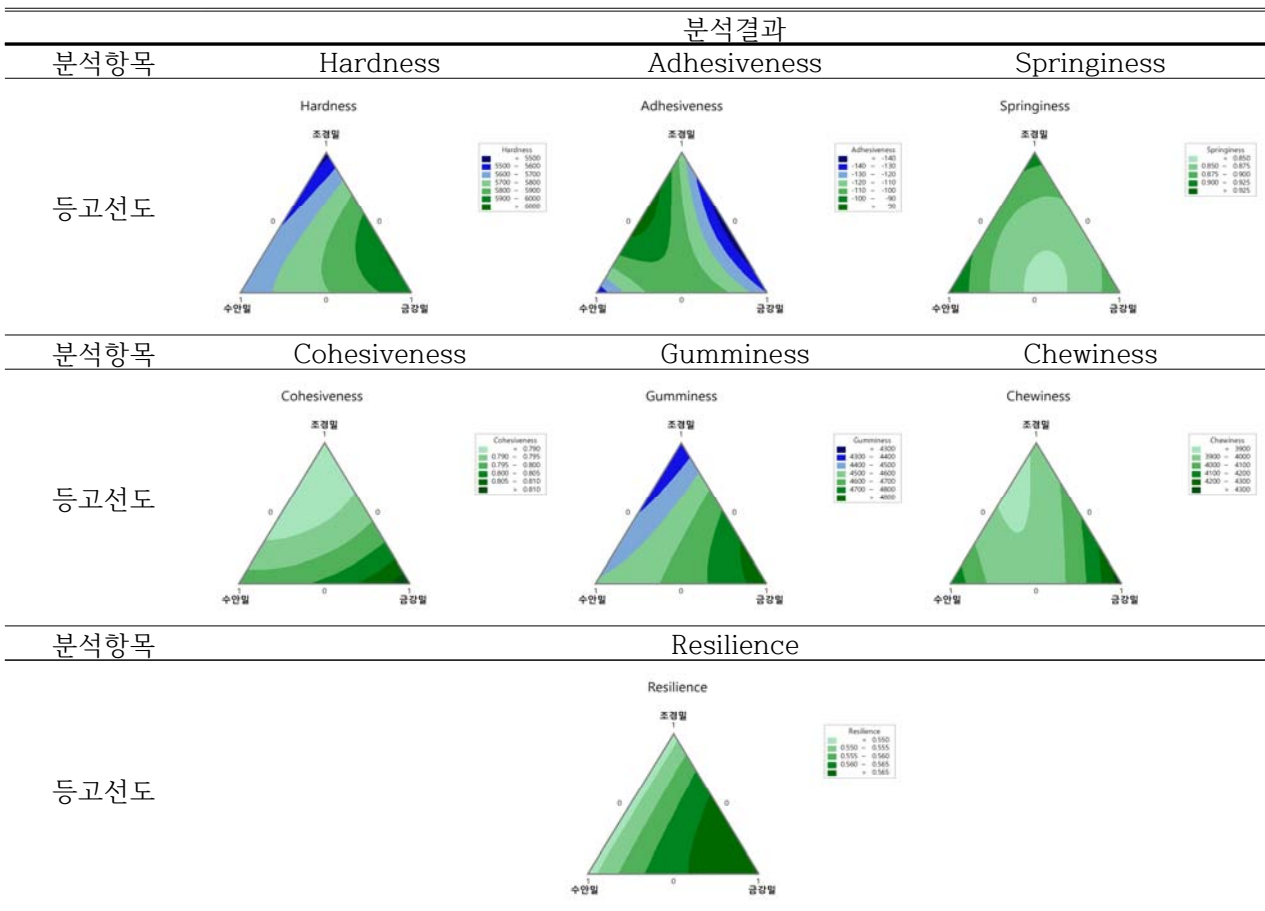


그림 2-1-34. 생면 조리 후 70°C 시 경도 변화

표 2-1-27. 생면 조리 시 초기 TPA 등고선도



국산밀 혼합비율에 따라 제조된 생면의 TPA 결과를 분석한 결과 견고성은 단백질 함량이 높은 금강밀 함량이 많을수록 단단한 특성을 나타냈으며, 조경밀과 수안밀은 유사한 특성을 나타내었다. 점착성은 조경밀과 수안밀이 약 50%씩 혼합되었을 때 가장 높은 점착성을 나타냈으며, 금강

밀 함량이 높을수록 점착성은 떨어지는 것으로 조사되었다. 탄력성은 각 밀가루가 혼합 되었을 때 보다 단독으로 사용하였을 때 높게 나타났으며, 응집성과 뭉침성은 금강밀과 수안밀 함량 순으로 높게 나타났다. 씹힘성은 수안밀 또는 금강밀이 단독으로 사용되었을 때 높은 것으로 나타났으며, 복원성은 금강밀 함량이 높을 때 높게 나타났으며, 조경밀과 수안밀 함량이 높으면 낮은 것으로 조사되었다.

(다) 관능 평가 결과

조리면의 관능평가 결과는 그림 2-1-35와 같으며, 국산밀 혼합 밀가루로 제조한 생면의 관능평가 결과를 표 2-1-28에 등고선으로 시각화 하였다.

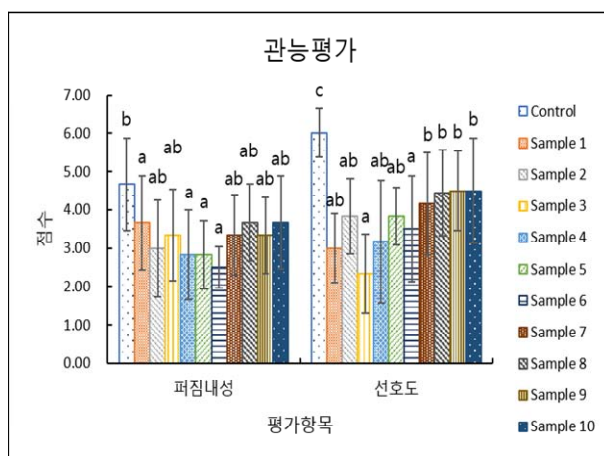
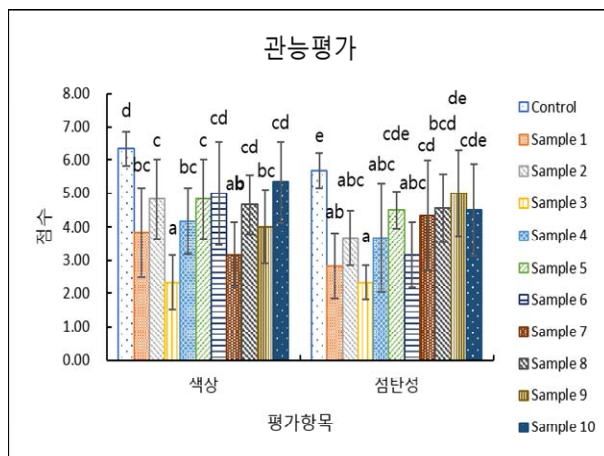


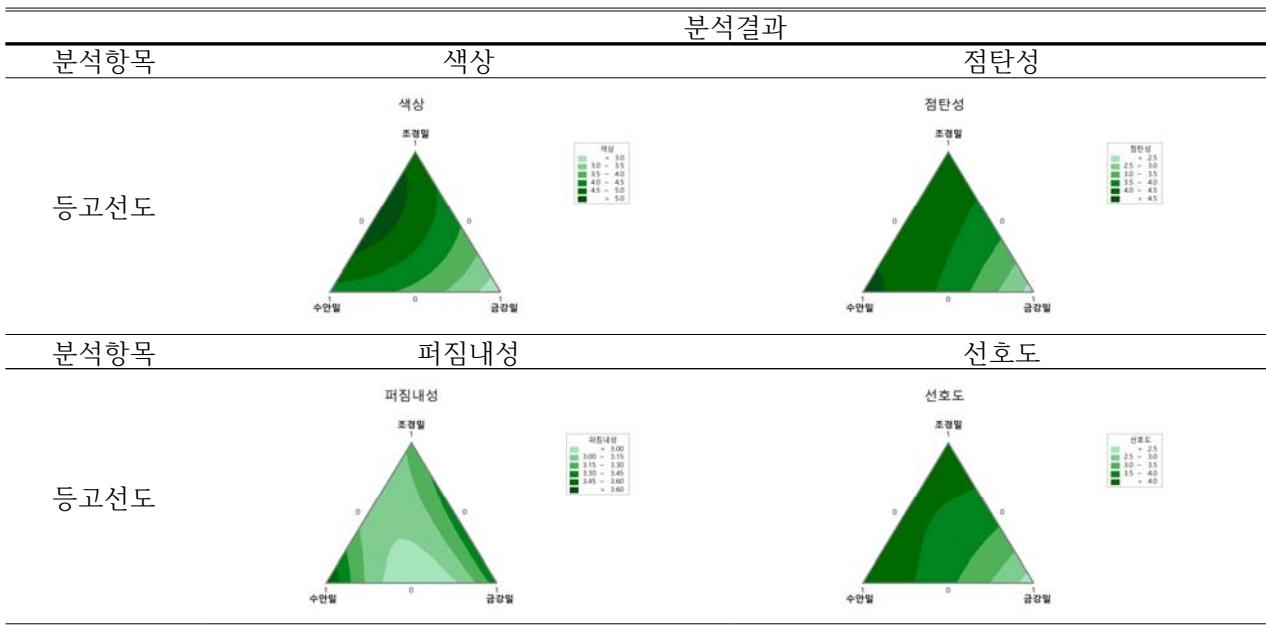
그림 2-1-35. 생면 관능평가 결과

^{a-e} alphabet은 그룹간 유사한 수준임

관능평가 결과는 색상, 점탄성, 퍼짐내성, 선호도에서 모두 수입밀 밀가루로 제조한 생면이 우수한 평가를 받았다. 색상은 시료번호 10번, 6번, 2번이 높은 점수를 받았으며, 시료번호 3번, 7번, 1번이 가장 낮은 점수를 받았다. 점탄성은 시료번호 9번, 8번, 10번이 높은 점수를 받았으며, 시료번호 3번, 1번, 6번이 낮은 점수를 받았다. 퍼짐내성은 시료번호 1번, 10번, 8번이 높은 점수를 받았고, 시료번호 6번, 4번, 5번이 낮은 점수를 받았다. 전체적인 선호도는 시료번호 9번, 10번, 8번이 높은 점수를 받았고, 시료번호 3번, 10번, 4번이 낮은 점수를 받았다. TA 분석 결과와 관능평가 결과를 종합적으로 고려할 때 8번 시료의 점탄성이 높으며, 1번과 8번 시료는 10분간 보관 후 경도 차이 결과와 유사하게 나타났다. 점탄성은 시료번호 9번, 3번, 4번이 높게 평가되었다.

TA와 관능평가를 고려한 결과 시료번호 8번의 관능평가 결과가 가장 우수한 것으로 보여진다.

표 2-1-28. 국산밀 혼합분 생면의 관능평가 등고선도



국산밀 혼합비율로 제조된 생면의 관능평가 결과를 분석한 결과 색상은 조경밀과 수안밀이 각각 50% 혼합 되었을 때 가장 좋은 점수를 받았으며, 금강밀 100%가 가장 좋지 않은 점수를 받았다. 점탄성은 수안밀 함량이 높을수록 가장 좋은 점수를 받았으며, 금강밀 함량이 높을수록 낮은 점수를 받았다. 퍼짐내성은 수안밀 100%일 때 가장 좋은 점수를 받았으며 조경밀 함량이 증가할수록 낮은 점수를 받았다. 선호도는 조경밀과 수안밀이 높은 점수를 받았으며, 금강밀이 가장 좋지 않은 점수를 받았다.

(라) 통계분석

전통적인 밀가루의 품질 지표에 사용되는 회분, 단백질, 평균입자크기, 손상전분함량, 흡수율, 안정도, 최고점도와 국산 밀 혼합분으로 가공한 생면의 분석 결과간의 상관분석을 실시하였다(표 2-1-29). 동일한 원맥으로 제분할 때 회분함량에 따라 일반적으로 단백질 함량이 증가한다. 이는 밀가루를 선별하는 과정에서 발생하는 현상으로 회분 함량이 증가할 때 파리노그래프의 안정도는 양의 상관관계를 나타낸 것으로 생각되어 지며, 단백질 함량이 증가할수록 원맥이 경질인 성질을 나타내 평균입자크기가 양의 상관관계이며, 반죽 시 글루텐 함량의 증가로 흡수율이 높게 나타난다. 흡수율과 안정도는 강한 음의 상관관계를 나타냈다. 이는 단백질 함량이 아닌 회분함량의 증가로 반죽의 안정성이 떨어지는 것으로 생각되어 진다.

밀가루의 품질 지표와 관능적 지표의 상관관계에서 면의 색상은 단백질 함량과 음의 상관관계를 나타냈으며 손상전분함량은 양의 상관관계를 나타냈다. 단백질 함량이 높을수록 회분함량이 높아 면대의 탁도가 증가하였으며 손상전분이 높을수록 면 색상의 선호도가 유의적으로 증가하였다. 점탄성의 경우 단백질 함량, 평균입자크기와 음의 상관관계를 가지고 있는 것으로 나타났으며, 손상전분함량과 양의 상관관계를 가지고 있는 것으로 나타났다. 면대의 글루텐 형성이 많을수록 단단해지는 식감을 나타내며, 밀가루의 입자가 고울수록 매끈한 표면의 면을 생산할 수 있다. 손상전분이 높으면 면의 처짐 현상이 발생하지만 전분 내 당분의 방출로 삶았을 때 면의 끈적이는 현상이 증가한 것으로 생각되어 진다. 퍼짐내성은 평균입자크기와 최고점도 에서 음의 상관관계를 나타냈다. 퍼짐내성은 면을 뜨거운 면수에 보관 시 퍼짐성을 억제하는 성질을 말한다.

평균입자가 작을수록 면을 제조 시 전분의 배열이 촘촘해지며, 최고점도는 전분의 호화 시 점도값으로 호화 점도가 높을수록 생면의 퍼짐성을 억제하는 것으로 나타났다. 선히도는 단백질 함량, 평균입자크기, 최고점도와 음의 상관관계를 나타냈으며, 손상전분함량과 양의 상관관계를 나타냈다. 이는 위에서 설명한 색상, 점탄성, 퍼짐내성을 종합적으로 판단하여 주관적인 선히도를 측정하는 것으로 다른 관능평가 결과와 동일한 해석이 가능한 것으로 판단된다.

RVA는 전분의 호화 및 노화 특성을 측정한다. 최고점도는 회분함량과 음의 상관관계가 있으며, 흡수율과 아밀로그래프 최고점도와 양의 상관관계를 나타내었다. 회분은 밀가루에서 밀의 내피층이 어느정도 혼입되어있는지 확인하는 지표로 내피에 있는 α -amylase의 활성 정도를 유추할 수 있다. 최고점도는 밀가루가 호화 되었을 때 점도를 측정하므로 아밀로그래프와 동일한 역할을 한다. 따라서 동일한 원액으로 제분한 밀가루의 회분함량을 달리 하였을 때 점도는 음의 상관관계를 나타내며, RVA의 최고점도와 아밀로그래프의 최고점도는 양의 상관관계를 나타낸다. RVA의 최고점도에서 계속 가열하면 전분의 구조가 파괴되어 구조파괴점도까지 점도가 감소하는데 최고점도와 구조파괴점도의 차이가 Hold 점도이다. 구조파괴점도와 Hold 모두 회분함량과 음의 상관관계를 나타내며 이는 전분 호화액 사이에 비전분 물질의 존재로 인해 점도가 낮아지기 때문이다. 구조파괴점도는 흡수율과 양의 상관관계를 나타냈으며 안정도와 음의 상관관계가 나타났다. 흡수율이 높을수록 전분 구조 내 침투하는 물의 양이 증가하여 구조 파괴 시 수분의 방출이 높은 것으로 생각되어지며, 파리노그래프의 안정도는 전분을 호화시키지 않고 반죽의 안정성을 확인하므로 RVA 분석에서는 큰 연관성을 찾지 못하였다. 최종점도와 Setback은 전분이 호화 후에도 계속 열을 가하여 구조를 파괴시킨 다음 냉각하여 전분의 노화 정도를 알 수 있다. 구조파괴점도와 최종점도의 차이를 Setback 이라고 한다. 최종점도와 Setback 모두 평균입자크기와 아밀로그래프 최고점도에서 양의 상관관계를 나타냈으며, 손상전분함량은 음의 상관관계를 나타냈다. TA는 TPA 실험법을 사용하였으며 이는 면을 두 번 압착하여 걸리는 기계적 에너지를 측정하고 이를 각 분석항목으로 수치화 시켜준다. Hardness는 첫 번째 압착 시 걸리는 기계적 에너지로 조리된 면을 씹었을 때 처음 걸리는 저항력을 의미한다. Hardness는 평균입자크기와 아밀로그래프 최고점도와 양의 상관관계를 나타냈으며 손상전분함량과 음의 상관관계를 나타낸다. 평균입자가 클수록 호화된 전분의 면적의 증가와 경질맥 특성의 글루텐 결합력의 강화 등으로 단단한 식감을 나타내고, 손상전분 함량이 높을수록 호화 시 전분의 풀어짐 현상에 기인한 것으로 생각되어 진다. Springiness는 탄력성(Elasticity)라고도 하며 TA로 압착한 다음 변형된 샘플이 힘이 제거된 후 원래의 상태로 돌아가려는 힘을 말한다. 탄력성은 아밀로그래프 최고점도와 양의 상관관계를 나타냈으며, 호화된 전분의 점탄성 때문으로 판단된다. Cohesiveness는 응집성으로 물체가 있는 그대로의 형태를 유지하는 힘으로 값이 높을수록 부드러운 성질을 나타낸다. 본 연구에서 상관관계가 없는 것으로 나타났다. Gumminess는 뭉침성으로 식품을 혀와 입천정으로 비벼 부서지기까지 필요한 힘의 크기로 힘이 높을수록 뭉치는 성질이 큰 것을 의미한다. 손상전분함량과 음의 상관관계를 나타냈으며 아밀로그래프 최고점도와 양의 상관관계를 나타냈다. Chewiness는 씹힘성으로 일정한 크기의 시료를 일정한 힘과 속도로 삼킬수 있을 때 까지 씹는 횟수를 측정하는 것으로 쫄깃하다 또는 질기다 라고 관능적으로 표현된다. 본 연구에서 손상전분함량과 음의 상관관계를 나타냈으며 아밀로그래프 최고점도와 양의 상관관계를 나타냈다. 일반적으로 손상전분 함량이 높으면 면의 쫄깃함이 떨어지는 현상과 동일하였으며, 최고점도가 높을수록 점탄성이 증가하여 씹힘성이 증가한 것으로 판단된다. Resilience는 복원성으로 시료를 눌렀을 때 원 상태로 돌아가는 힘으로 탄력성과 일부 유사한 개념이며 탄력성은 TA 피크의 길이만 측정하는 1차적 측정요소이지만 복원성은 피크의 넓이로 계산하는 2차적 측정요소이다. 본 연구에서는 평균입자크기와 양의 상관관계를 나타냈으며, 손상전분함량과 음의 상관관계를 나타내었다.

표 2-1-29. 국산밀 혼합분 생면의 상관분석 결과(n=33)

| | | 회분 | 단백질 | 평균입자 크기 | 손상전분 함량 | 흡수율 | 안정도 | 아밀로 그래프 |
|------------------|------|----------|----------|------------|------------|----------|----------|------------|
| 회분 | 상관계수 | 1 | 0.070 | 0.217 | -0.460 | -0.501 | 0.623* | -0.477 |
| | 유의확률 | | 0.839 | 0.522 | 0.155 | 0.116 | 0.040 | 0.138 |
| 단백질 | 상관계수 | 0.070 | 1 | 0.666* | -0.528 | 0.770** | -0.447 | 0.387 |
| | 유의확률 | 0.839 | | 0.025 | 0.095 | 0.006 | 0.168 | 0.239 |
| 평균입자 크기 | 상관계수 | 0.217 | 0.666* | 1 | -0.872** | 0.347 | 0.157 | 0.527 |
| | 유의확률 | 0.522 | 0.025 | | 0.000 | 0.296 | 0.645 | 0.096 |
| 손상전분 함량 | 상관계수 | -0.460 | -0.528 | -0.872** | 1 | -0.038 | -0.466 | -0.483 |
| | 유의확률 | 0.155 | 0.095 | 0.000 | | 0.913 | 0.148 | 0.132 |
| 흡수율 | 상관계수 | -0.501 | 0.770** | 0.347 | -0.038 | 1 | -0.818** | 0.509 |
| | 유의확률 | 0.116 | 0.006 | 0.296 | 0.913 | | 0.002 | 0.110 |
| 안정도 | 상관계수 | 0.623* | -0.447 | 0.157 | -0.466 | -0.818** | 1 | -0.123 |
| | 유의확률 | 0.040 | 0.168 | 0.645 | 0.148 | 0.002 | | 0.720 |
| 아밀로 그래프 | 상관계수 | -0.477 | 0.387 | 0.527 | -0.483 | 0.509 | -0.123 | 1 |
| | 유의확률 | 0.138 | 0.239 | 0.096 | 0.132 | 0.110 | 0.720 | |
| 색상 | 상관계수 | -0.155 | -0.766** | -0.676* | 0.735** | -0.484 | 0.004 | -0.559 |
| | 유의확률 | 0.648 | 0.006 | 0.022 | 0.010 | 0.131 | 0.990 | 0.074 |
| 점탄성 | 상관계수 | -0.403 | -0.634* | -0.797** | 0.831** | -0.290 | -0.175 | -0.466 |
| | 유의확률 | 0.219 | 0.036 | 0.003 | 0.002 | 0.387 | 0.606 | 0.148 |
| 퍼짐내성 | 상관계수 | 0.189 | -0.188 | -0.676* | 0.567 | -0.147 | -0.219 | -0.666* |
| | 유의확률 | 0.578 | 0.581 | 0.022 | 0.069 | 0.666 | 0.518 | 0.025 |
| 선호도 | 상관계수 | -0.239 | -0.688* | -0.847** | 0.859** | -0.379 | -0.147 | -0.613* |
| | 유의확률 | 0.479 | 0.019 | 0.001 | 0.001 | 0.250 | 0.666 | 0.045 |
| 수분 | 상관계수 | 0.160 | -0.324 | -0.646* | 0.705* | -0.249 | -0.198 | -0.883** |
| | 유의확률 | 0.638 | 0.331 | 0.032 | 0.015 | 0.459 | 0.560 | 0.000 |
| 최고점도 (RVA) | 상관계수 | -0.765** | 0.371 | 0.274 | -0.035 | 0.664* | -0.490 | 0.705* |
| | 유의확률 | 0.006 | 0.262 | 0.415 | 0.919 | 0.026 | 0.126 | 0.015 |
| Hold (RVA) | 상관계수 | -0.787** | 0.146 | 0.187 | -0.025 | 0.514 | -0.313 | 0.800** |
| | 유의확률 | 0.004 | 0.668 | 0.582 | 0.941 | 0.106 | 0.349 | 0.003 |
| 구조파괴 (RVA) | 상관계수 | -0.659* | 0.515 | 0.007 | 0.210 | 0.771** | -0.804** | 0.384 |
| | 유의확률 | 0.027 | 0.105 | 0.983 | 0.536 | 0.006 | 0.003 | 0.244 |
| 최종점도 (RVA) | 상관계수 | -0.132 | 0.510 | 0.714* | -0.763** | 0.332 | 0.133 | 0.870** |
| | 유의확률 | 0.698 | 0.109 | 0.014 | 0.006 | 0.318 | 0.696 | 0.001 |
| Setback (RVA) | 상관계수 | 0.059 | 0.512 | 0.719* | -0.855** | 0.222 | 0.259 | 0.792** |
| | 유의확률 | 0.864 | 0.107 | 0.013 | 0.001 | 0.513 | 0.442 | 0.004 |
| Hard ness | 상관계수 | -0.115 | 0.500 | 0.606* | -0.726* | 0.334 | 0.056 | 0.831** |
| | 유의확률 | 0.737 | 0.117 | 0.048 | 0.011 | 0.315 | 0.869 | 0.002 |
| Springi ness | 상관계수 | -0.255 | -0.051 | 0.018 | -0.203 | 0.100 | 0.128 | 0.674* |
| | 유의확률 | 0.449 | 0.882 | 0.958 | 0.549 | 0.769 | 0.708 | 0.023 |
| Cohesiv eness | 상관계수 | 0.259 | 0.622 | 0.453 | -0.209 | 0.540 | -0.274 | -0.092 |
| | 유의확률 | 0.442 | 0.042 | 0.162 | 0.537 | 0.086 | 0.415 | 0.788 |
| Gummi ness | 상관계수 | -0.078 | 0.586 | 0.672* | -0.760** | 0.407 | 0.023 | 0.822** |
| | 유의확률 | 0.819 | 0.058 | 0.024 | 0.007 | 0.214 | 0.948 | 0.002 |
| Chewi ness | 상관계수 | -0.136 | 0.462 | 0.536 | -0.671* | 0.364 | 0.050 | 0.870** |
| | 유의확률 | 0.690 | 0.152 | 0.089 | 0.024 | 0.271 | 0.883 | 0.000 |
| Resili ence | 상관계수 | 0.169 | 0.579 | 0.895** | -0.768** | 0.359 | 0.109 | 0.480 |
| | 유의확률 | 0.620 | 0.062 | 0.000 | 0.006 | 0.279 | 0.750 | 0.135 |

*. 상관관계가 0.05 수준에서 유의함(양측)

**. 상관관계가 0.01 수준에서 유의함(양측)

(3) 국산밀 혼합 밀가루 건면 가공실험

(가) 실험 재료

실험 재료는 생면 가공과 동일한 밀가루를 사용하였다.












(나) 실험 방법

국산밀 건면 가공실험과 동일한 방법으로 건면을 제조하였으며, 동일한 방법으로 두께, TA 및 관능평가를 실시하였다.



그림 2-1-36. 건면 제조 공정

표 2-1-30. 건면 제조 형상

| 대조구 | 1 | 2 | 3 |
|---|---|--|---|
|  |  |  |  |
| 4 | 5 | 6 | 7 |
|  |  |  |  |
| 8 | 9 | 10 | |
|  |  |  | |
| | | | |

(다) 실험 결과

① 건면의 두께

제조된 건면의 두께를 측정한 결과 그림 2-1-37과 같이 측정되었다.

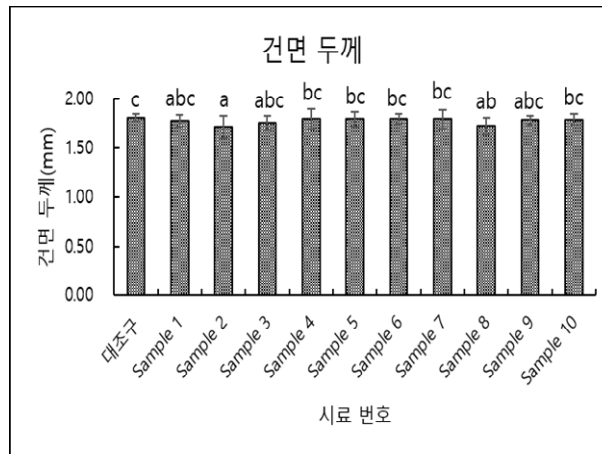


그림 2-1-37. 건면의 두께

^{a-c} alphabet은 그룹간 유사한 수준임

대조구와 국산밀 혼합 밀가루로 제조한 건면의 두께를 측정한 결과 대조구가 가장 두꺼웠으며, 시료 2번이 가장 얇은 두께를 나타냈다. 그 외 대부분의 시료는 유사한 결과를 나타냈다. 건면의 두께는 동일한 가수량으로 반죽을 할 때의 반죽 점도와 압연하고 절출할 때 반죽의 탄력성으로 결정된다. 대조구에 비해 국산밀이 반죽이 진 반죽이며, 탄성도 낮은 것으로 생각되어진다.

② 속면 텍스처 변화

조리된 건면의 TPA 분석 결과는 표 2-1-31과 같으며, 국산밀 혼합분 배합비율에 따르는 TPA 결과를 표 2-1-32에 등고선으로 시각화 하였다. 면을 70°C 향온수조에 보관하며 시간 경과에 따르는 면대의 경도 변화를 측정한 결과는 그림 2-1-37과 같다.

건면의 조리 후 TPA 측정한 결과 대조구보다 국산밀 혼합분의 경도, 탄력성, 뭉침성, 씹힘성이 높은 것으로 나타났다. 경도의 경우 시료번호 7번, 10번, 1번이 높은 것으로 나타났으며, 대조구와 시료번호 2번, 9번이 낮은 것으로 측정되었다. 경도의 차이는 생면과 일부 유사한 결과로 나타났다. 70°C에서 10분간 보관하며 경도를 측정한 결과 시료번호 7번, 10번 8번이 가장 큰 경도 변화가 있어 퍼짐성이 높은 것으로 조사되었다. 부착성이 높은 시료는 시료번호 3번, 9번, 4번이었으며, 탄력성은 시료번호 9번, 10번, 5번이 높은 것으로 측정되었다. 뭉침성은 시료번호 7번, 10번, 1번이 높으며 씹힘성은 시료번호 10번, 7번, 1번이 높게 측정되었다.

표 2-1-31. 건면 조리 시 초기 TPA 분석결과

| | Hardness (g) | Adhesiveness (g.sec) | Springiness | Cohesiveness | Gumminess | Chewiness | Resilience |
|-----|-----------------|-------------------------|-------------|--------------|-----------|-----------|------------|
| 대조구 | 4,119.09 | -50.59 | 0.77 | 0.77 | 3,187.43 | 2,454.28 | 0.61 |
| 1 | 5,486.98 | -92.86 | 0.83 | 0.76 | 4,170.96 | 3,445.78 | 0.58 |
| 2 | 4,778.15 | -67.11 | 0.78 | 0.74 | 3,553.60 | 2,787.14 | 0.58 |
| 3 | 5,250.93 | -33.01 | 0.83 | 0.77 | 4,037.30 | 3,338.73 | 0.62 |
| 4 | 5,340.96 | -45.10 | 0.80 | 0.78 | 4,156.48 | 3,319.13 | 0.64 |
| 5 | 5,052.45 | -49.15 | 0.87 | 0.77 | 3,889.31 | 3,382.46 | 0.63 |
| 6 | 4,895.24 | -61.13 | 0.84 | 0.78 | 3,805.09 | 3,177.97 | 0.62 |
| 7 | 5,983.31 | -73.91 | 0.80 | 0.77 | 4,629.40 | 3,693.49 | 0.63 |
| 8 | 5,212.55 | -82.08 | 0.78 | 0.77 | 3,999.75 | 3,106.98 | 0.59 |
| 9 | 4,796.63 | -36.92 | 0.90 | 0.73 | 3,483.37 | 3,135.46 | 0.55 |
| 10 | 5,661.26 | -74.06 | 0.87 | 0.80 | 4,538.06 | 3,949.80 | 0.63 |

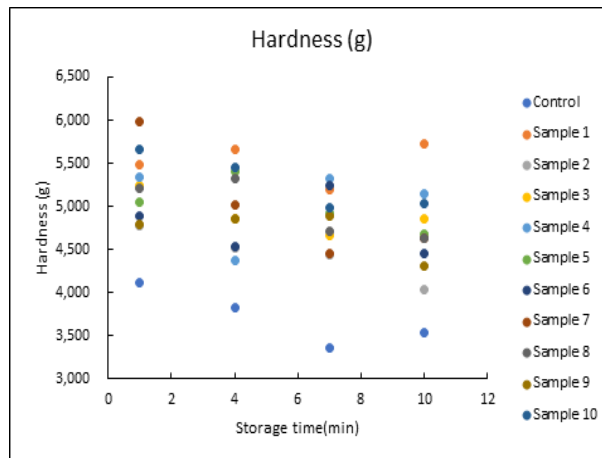


그림 2-1-38. 건면 조리 후 70°C 시 경도 변화

국산밀 혼합비율과 건면의 TPA 결과를 등고선도로 확인한 결과 견고성은 수안밀과 금강밀을 혼합할 경우 가장 높았으며, 조경밀 함량이 높을수록 낮았다. 부착성은 금강밀 100%일 때 가장 높았으며 수안밀 함량이 증가할수록 낮는 결과가 나타났다. 탄력성은 원맥 단독 사용시 보다 세가지 원맥이 고루 혼합되었을 때 가장 높은 결과를 나타냈다. 응집성은 조경밀과 수안밀이 각각 50% 혼합되어 있을 때 가장 높았지만, 조경밀 단독 사용 시 가장 낮은 결과를 나타냈다. 뭉침성은 수안밀과 금강밀이 각각 50%씩 혼합되었을 때 가장 높았으며, 조경밀 혼합비율이 높아질수록 낮게 측정되었다. 씹힘성은 수안밀과 조경밀이 각각 50%씩 혼합되었을 때 가장 높았으며, 조경밀 혼합비율이 높아질수록 낮게 측정되었다. 복원성은 조경밀과 수안밀 또는 금강밀과 수안밀이 각각 50%씩 혼합되었을 때 가장 높은 결과를 나타냈다.

표 2-1-32. 건면 조리 시 초기 TPA 등고선도

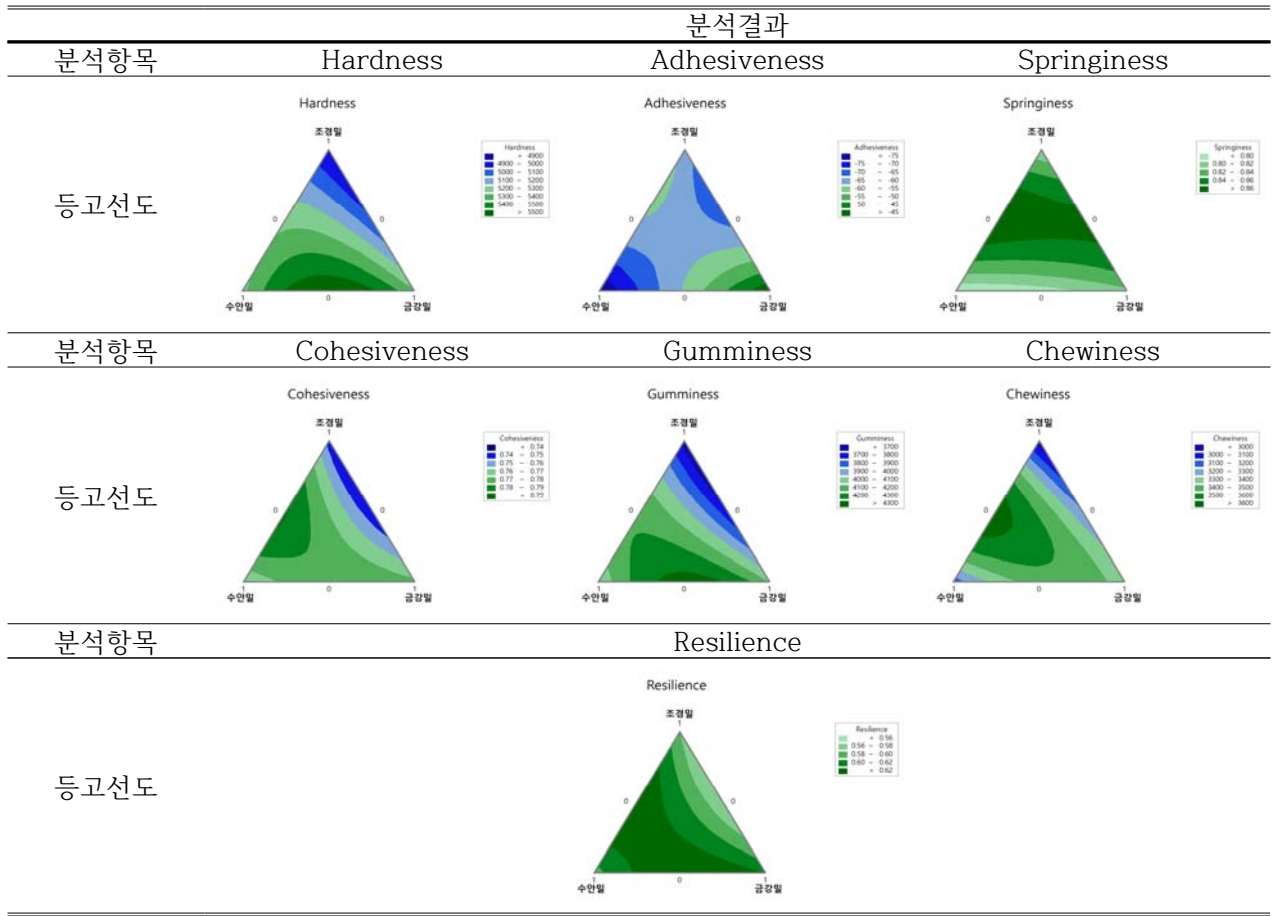


표 2-1-33. 건면 조리 후 형상



③ 관능 평가 결과

조리면의 관능평가 결과는 그림 2-1-39와 같으며, 국산밀 혼합비율에 따르는 관능평가 결과를 표 2-1-34에 등고선으로 시각화 하였다.

색상, 점탄성, 퍼짐내성은 대조구인 수입산 밀가루가 가장 우수하였다. 색상은 대조구와 시료번호 9번, 8번 건면이 우수한 평가를 받았으며, 시료번호 1번, 2번, 3번이 낮은 점수를 받았다. 점탄성은 대조구와 시료번호 9번, 8번이 높은 점수를 받았으며, 시료번호 1번, 2번, 5번이 낮은 점수를 받았다. 퍼짐내성은 시료번호 6번, 9번, 3번이 높은 점수를 받았으며, 시료번호 3번, 4번, 1번이 낮은 점수를 받았다. 선호도는 대조구와 시료번호 9번, 8번이 높은 점수를 받았으며, 시료번호 1번, 2번, 3번이 낮은 점수를 받았다.

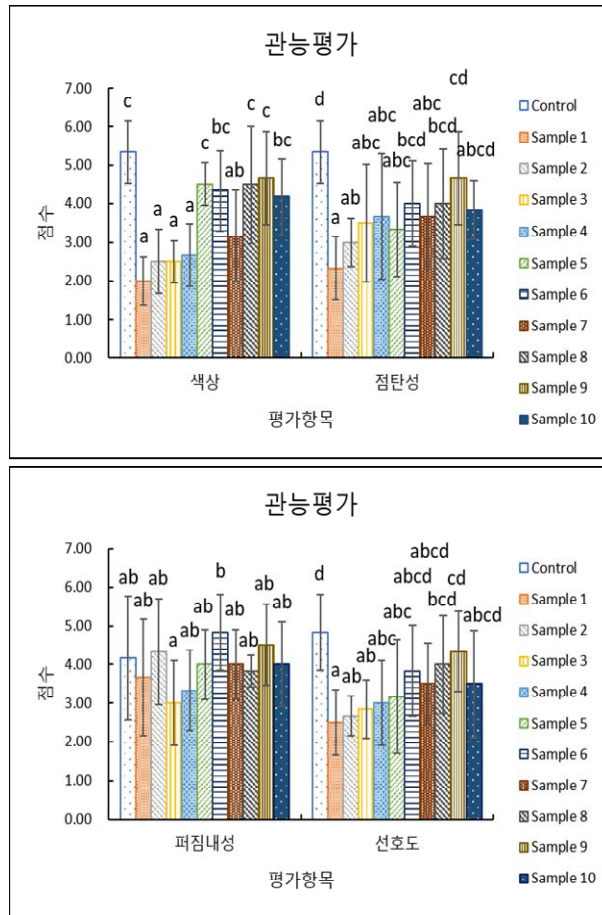
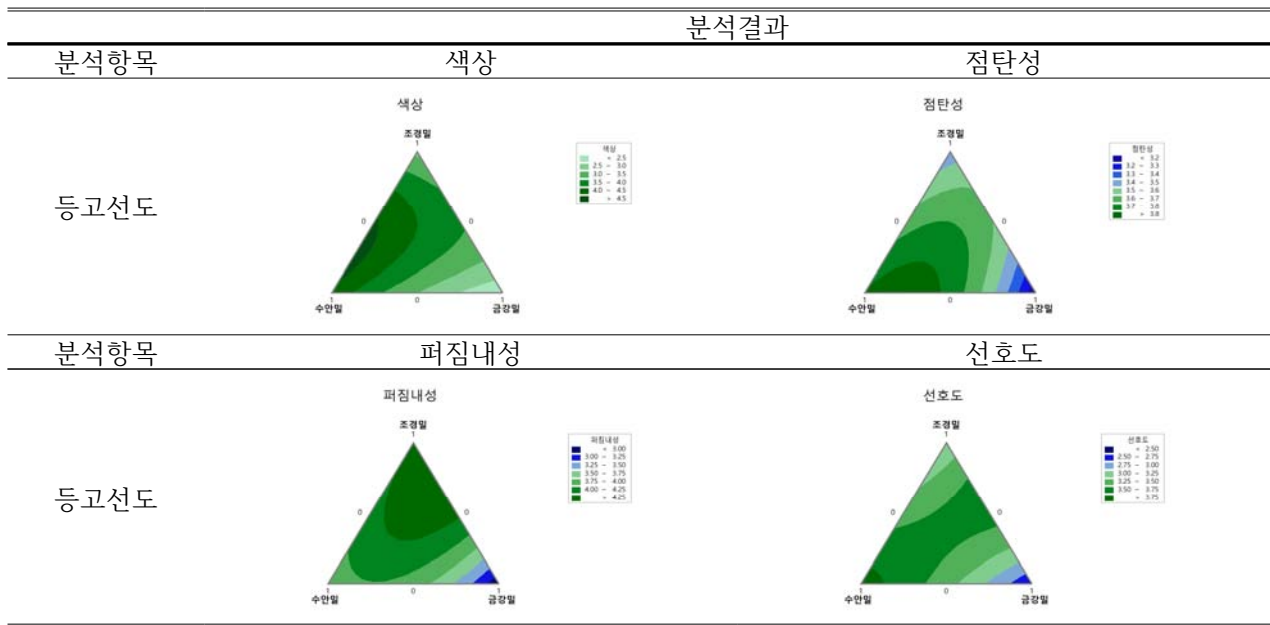


그림 2-1-39. 건면 관능평가 결과

^{a-d} alphabet은 그룹간 유사한 수준임

국산밀 혼합비율에 따라 제조된 건면의 관능평가 결과를 확인한 결과 색상은 조경밀과 수안밀이 혼합될 때 높은 점수를 나타냈으며 금강밀 혼합비율이 증가할수록 낮은 점수를 나타냈다. 점탄성은 수안밀 함량이 높을수록 높은 점수를 받았으며 금강밀 및 조경밀 함량이 높을수록 낮은 점수를 받았다. 퍼짐내성은 조경밀 함량이 높을수록 높은 점수를 받았으며, 금강밀 혼합비율이 높아 질수록 낮은 점수를 받았다. 선호도는 수안밀 함량이 높을 때 가장 높은 점수를 받았으며, 조경 밀과 금강밀이 혼합될 때 낮은 점수를 나타냈다. 관능평가 결과 생면과 건면의 품질 평가가 유사한 형태로 나타났다.

표 2-1-34. 국산밀 혼합분 건면의 관능평가 등고선도



④ 통계분석

생면과 동일하게 전통적인 밀가루의 품질 지표와 건면 품질 지표간의 상관관계를 분석하였다 (2-1-35). 밀가루 품질지표간의 상관관계와, RVA 분석결과의 상관관계는 동일한 밀가루를 사용하여 생략하였다.

밀가루의 품질 지표와 관능적 지표의 상관관계에서 면의 색상은 평균입자크기와 음의 상관관계를 나타냈으며, 손상전분과 양의 상관관계를 나타냈다. 건면은 건조 시 면이 수축한다. 이 때 전분 입자의 크기가 작을수록 공극이 줄어들어 면의 색상이 발게 나타난다. 점탄성의 경우 평균입자 크기와 음의 상관관계를 나타냈으며, 손상전분과 양의 상관관계를 나타냈다.

평균입자크기와 손상 전분 함량은 생면의 경우와 일치하였다. 퍼짐내성은 단백질 함량과 음의 상관관계를 나타냈다. 건면은 제조 시 형성된 글루텐이 건조하면서 면이 단단해지며 끊어짐 현상을 억제한다. 따라서 조리 시 단단한 성질을 유지하여 퍼짐성을 방지하는 것으로 판단된다. 선호도는 평균입자와 음의 상관관계를 나타냈으며, 손상전분 함량과 양의 상관관계를 나타내어 생면과 유사한 결과를 나타냈다.

표 2-1-35. 국산밀 혼합분 건면의 상관분석 결과(n=33)

| | | 회분 | 단백질 | 평균입자 | 손상전분 | 흡수율 | 안정도 | 아밀로 그래프 |
|--------------|------|--------|---------|----------|---------|--------|---------|----------|
| 색상 | 상관계수 | -0.440 | -0.498 | -0.747** | 0.773** | -0.193 | -0.315 | -0.414 |
| | 유의확률 | 0.176 | 0.119 | 0.008 | 0.005 | 0.569 | 0.346 | 0.206 |
| 점탄성 | 상관계수 | -0.111 | -0.258 | -0.607* | 0.631* | -0.164 | -0.295 | -0.548 |
| | 유의확률 | 0.744 | 0.444 | 0.048 | 0.037 | 0.631 | 0.378 | 0.081 |
| 퍼짐내성 | 상관계수 | -0.166 | -0.686* | -0.251 | 0.242 | -0.553 | 0.299 | -0.190 |
| | 유의확률 | 0.627 | 0.020 | 0.456 | 0.474 | 0.078 | 0.371 | 0.576 |
| 선호도 | 상관계수 | -0.275 | -0.337 | -0.657* | 0.699* | -0.137 | -0.352 | -0.486 |
| | 유의확률 | 0.412 | 0.310 | 0.028 | 0.017 | 0.687 | 0.288 | 0.129 |
| 건면두께 | 상관계수 | -0.128 | 0.131 | 0.009 | 0.191 | 0.075 | -0.340 | -0.354 |
| | 유의확률 | 0.708 | 0.702 | 0.979 | 0.573 | 0.827 | 0.306 | 0.286 |
| 수분 | 상관계수 | 0.160 | -0.324 | -0.646* | 0.705* | -0.249 | -0.198 | -0.883** |
| | 유의확률 | 0.638 | 0.331 | 0.032 | 0.015 | 0.459 | 0.560 | 0.000 |
| Hardness | 상관계수 | -0.328 | 0.458 | 0.408 | -0.385 | 0.503 | -0.248 | 0.719* |
| | 유의확률 | 0.325 | 0.157 | 0.213 | 0.243 | 0.115 | 0.463 | 0.013 |
| Springiness | 상관계수 | -0.066 | -0.022 | 0.091 | -0.332 | -0.264 | 0.279 | 0.203 |
| | 유의확률 | 0.846 | 0.948 | 0.790 | 0.319 | 0.434 | 0.406 | 0.550 |
| Cohesiveness | 상관계수 | -0.297 | 0.216 | -0.122 | 0.269 | 0.388 | -0.606* | 0.067 |
| | 유의확률 | 0.376 | 0.524 | 0.721 | 0.424 | 0.239 | 0.048 | 0.845 |
| Gumminess | 상관계수 | -0.349 | 0.435 | 0.321 | -0.273 | 0.514 | -0.342 | 0.642* |
| | 유의확률 | 0.293 | 0.182 | 0.336 | 0.416 | 0.105 | 0.303 | 0.033 |
| Chewiness | 상관계수 | -0.314 | 0.335 | 0.284 | -0.349 | 0.309 | -0.169 | 0.611* |
| | 유의확률 | 0.347 | 0.314 | 0.397 | 0.293 | 0.355 | 0.619 | 0.046 |
| Resilience | 상관계수 | -0.234 | 0.293 | 0.089 | 0.163 | 0.439 | -0.515 | 0.050 |
| | 유의확률 | 0.489 | 0.381 | 0.795 | 0.632 | 0.177 | 0.105 | 0.884 |

*. 상관관계가 0.05 수준에서 유의함(양측)

**. 상관관계가 0.01 수준에서 유의함(양측)

(4) 국산밀 혼합분 실험설계법에 의한 제면용 밀가루 제조의 최적화

(가) 통계 분석

혼합물 실험설계법을 통해 도출된 각 분석결과 중 제분과정 중 제어가 가능하고, 생면 및 건면 공통 이화학적 품질 지표인 회분함량, 단백질함량, 흡수율로 최적 배합비를 도출하였다. 혼합물 설계법은 다양한 분석법이 존재한다. 가장 단순화된 모델로 적합 시킨 다음 필요한 항목 추가시키는 전진선택법, 전체 모델로 적합 시킨 후 유의하지 않은 항목 제거하는 후진제거법, 적절한 모델로 적합 후 필요한 항목 추가시키거나 제거시키는 단계적 회귀방법, 그리고 위의 방법을 포함한 혼합회귀방법이 있다. 본 연구에서는 후진제거법을 통하여 적합한 모델식을 표 2-1-36으로 도출하였다.

표 2-1-36. 국산밀 혼합분 공정최적화 모델

| 반응 | 모델 | Prob<F | 회귀식 | R ² (%) |
|-----|-----------|--------|---|--------------------|
| 회분 | Quadratic | 0.008 | 0.4781x ₁ +0.3963x ₂ +0.4893x ₃ -0.1080x ₁ x ₂ | 82.61 |
| 단백질 | Linear | 0.078 | 9.2091x ₁ +10.8620x ₂ +12.6606x ₃ | 98.36 |
| 흡수율 | Linear | 0.368 | 56.866x ₁ +63.966x ₂ +62.494x ₃ | 83.97 |

¹ x₁: 조경밀, x₂: 수안밀, x₃: 금강밀

후진 제거법을 통하여 도출된 회분 반응값의 모델은 quadratic이며, 단백질과 흡수율은 linear 이었다. 각각의 R²는 82.61~98.36% 수준으로 나타났다. 이를 활용하여 제면 품질을 위한 각각의 목적과 상·하한값을 표 2-1-37과 같이 설정하여 반응최적화를 예측하였다.

표 2-1-37. 국산밀 혼합분 반응최적화 조건

| 반응 | 목적 | 하한값 | 목표값 | 상한값 |
|-----|-----|-------|-------|-------|
| 회분 | 최소값 | 0.40 | 0.40 | 0.45 |
| 단백질 | 목표값 | 8.50 | 9.50 | 10.5 |
| 흡수율 | 목표값 | 45.00 | 55.00 | 65.00 |

(나) 분석 결과

회분함량은 낮을수록 면의 색상 및 갈변 품질에 유리하다. 따라서 목적을 최소값으로 설정하였으며, 단백질함량과 흡수율은 면용 적정 범위를 설정 후 미니탭17의 최적화를 실시한 결과 그림 2-1-40과 같다.

도출된 배합비율은 조경밀 54.55%, 수안밀 45.45% 으로 예측되었다. 이 때 회분 함량은 0.4320%였으며, 만족도는 0.36038 이었다. 단백질 함량은 10.0035였으며 만족도는 0.49652 이었다. 흡수율은 59.5033였으며 만족도는 0.54967 이었다. 종합 만족도는 0.4616으로 나타났다. 각 원맥의 단백질 함량 범위가 높아 서로 중첩되는 범위가 낮아 종합만족도는 낮은 것으로 나타났다. 그러나 제분 공정 중 흡수율 조정 및 stock 선별 등으로 목표값에 도달하도록 생산이 가능한 범위이다. 본 기술을 원맥 배합비율을 제외한 제분 공정을 일부 적용하여 기존 생산제품에 적용하였다 (그림 2-1-41). 현재 비축밀의 가공 및 일반 판매는 농림부의 허가가 필요하여 비축밀을 적용이 불가능 하며, 향후 일반판매가 가능할 경우 지속적인 생산이 가능할 것으로 생각되어 진다.

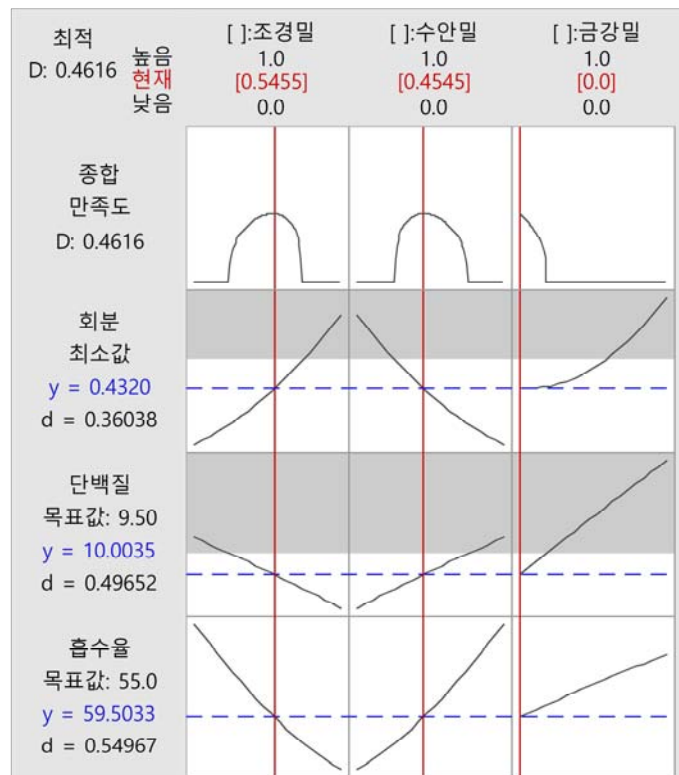


그림 2-1-40. 국산밀 혼합분 최적 배합비 결과



그림 2-1-41. 최적화 기술 일부 적용 개선 제품

(5) 국산 밀 밀가루를 활용한 프리믹스 신제품 개발

(가) 국산 밀 부침가루

① 실험재료

대량생산으로 시험생산된 국산밀 밀가루와 시중용 호주산 ASW 밀가루로 부침가루를 제조하였으며, 사전 실험에 의해 준비된 부침가루 배합비율은 표 2-1-38과 같다.

표 2-1-38. 부침가루 배합 비율

| 항목 | 함량(%) |
|--------|-------|
| 밀가루 | 92.9 |
| 양파분말 | 0.8 |
| 마늘분말 | 0.4 |
| 백후추가루 | 0.1 |
| 소금 | 2.6 |
| 설탕 | 2.2 |
| 베이킹파우더 | 1 |
| 합계 | 100 |

② 실험방법

㉠ 점조도 분석

부침가루 배터반죽의 흐름성을 보스트윅 점조도계(Bostwick consistometer, CSC scientific Co., 대한민국)를 사용하여 측정하였다. 보스트윅 점조도계(그림 2-1-42)는 현탁액의 점성이나 조밀한 정도를 측정하는데 사용되는 장치이다. 보스트윅 점조도계의 수평을 맞춘 후, 부침가루 500g에 물 600mL을 넣어 믹서기 중속에서 3분간 혼합하여 뭉침이 없도록 한 다음 배터반죽을

40°C 항온수조에 넣어 보관하며 30초간 흘러내린 길이를 측정하였다.

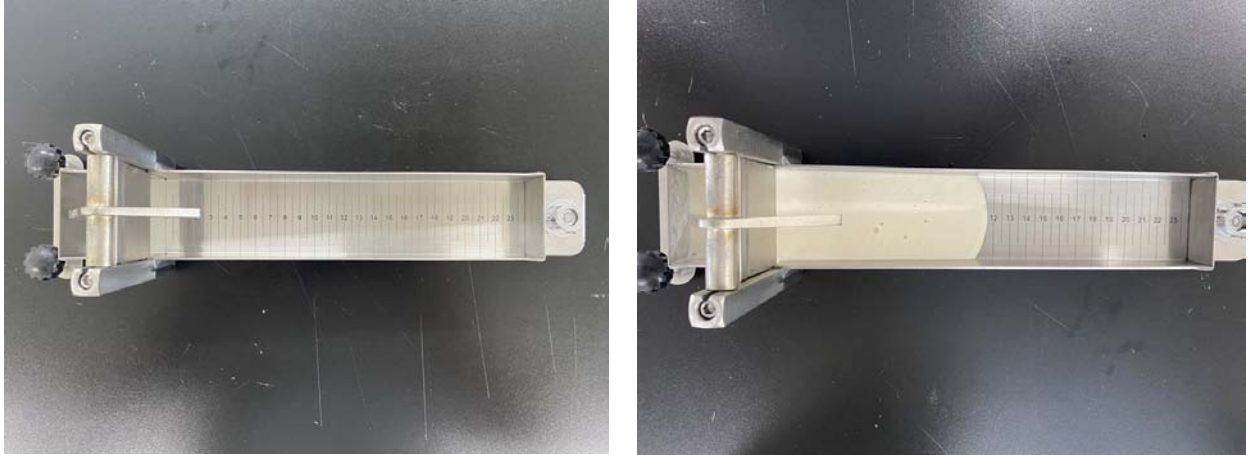


그림 2-1-42. 보스트워크 점조도계

㉔ 부침개의 조리

부침개의 조리는 국산밀 부침개 프리믹스 1Kg에 물 1.7L를 넣고 3분간 믹싱 후 중불에서 가열된 팬에 도말한 다음 앞뒤로 각각 3분간 조리하였다(그림 2-1-43)

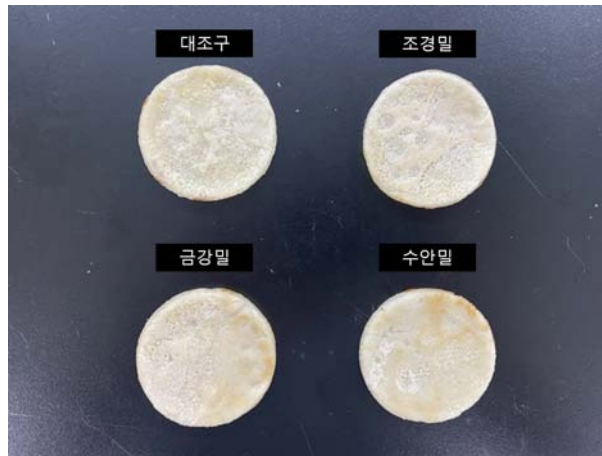


그림 2-1-43. 대조구 및 국산밀 부침프리믹스 부침개 조리 성상

㉕ 부침개 완제품의 분석

색차계를 사용하여 부침개 색상을 측정하였으며, TA를 사용하여 TPA를 분석하였으며, 관능평가로 색·냄새·맛·질감·기호도 평가를 실시하였다.

③ 실험결과

㉖ 점조도 분석 결과

동일한 가수량 조건으로 점조도를 분석하였다(그림 2-1-44). 대조구인 수입밀에 비해 점조도가 유의적인 차이를 나타냈다. 점조도는 유동성을 나타내는 성질로서 유체를 이동시키려 할 때 나타나는 내부 저항을 말한다. 부침가루의 점조도를 분석한 결과 대조구, 조경밀과 금강밀은 유사한 수준을 나타냈으며 수안밀은 유의적인 차이를 나타내었다. 부침가루의 점조도는 조리시 반죽이 프라이팬에 퍼지는 정도를 나타낸다. 수안밀의 경우 다른 원맥에 비해 조리시 반죽이 펼쳐지는 정도가 낮을 것으로 생각되어지며 부침의 두께 및 식감에 영향을 줄 것으로 예상되었다.

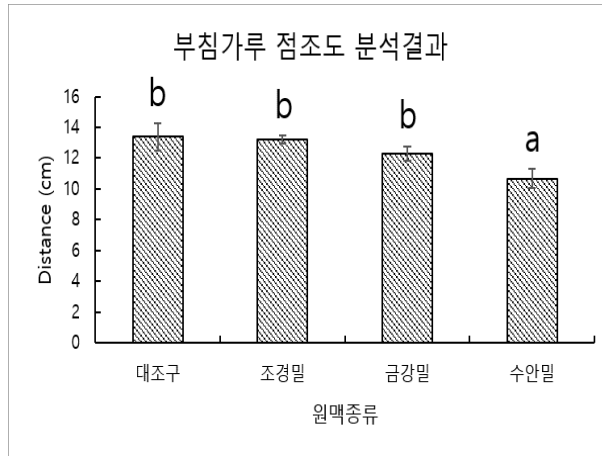


그림 2-1-44. 대조구 및 국산밀 부침프리믹스 점조도 분석결과
^{a-b} alphabet은 그룹간 유사한 수준임

㉔ 조리된 부침의 색차값

동일한 가수량으로 조리된 부침개 표면의 색상을 색차계로 측정된 결과 그림 2-1-45와 같이 분석되었다.

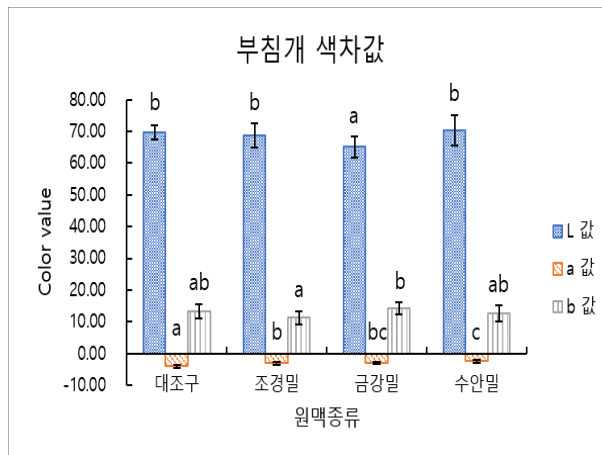


그림 2-1-45. 조리된 대조구 및 국산밀 부침개 표면의 색차분석 결과
^{a-b} alphabet은 그룹간 유사한 수준임

밝기를 나타내는 L값은 금강밀이 다른 원맥들과 유의적인 차이를 나타냈으며, 적색도의 경우 수안밀이 가장 높았으며 조경밀·금강밀과 일부 유사한 것으로 나타났지만 대조구와는 유의적인 차이를 나타냈다. 황색도는 네가지 샘플 모두 서로간의 일부 유사성이 나타났지만 조경밀과 금강밀은 유의적인 차이를 나타냈다. 색상은 식품 섭취 시 관능적인 부분을 보조하여 준다. 따라서 선호도에 영향을 줄 것으로 판단된다.

㉔ 부침개 TA 분석

각각의 시료를 조리한 다음 TPA를 분석한 결과 표 2-1-39와 같이 분석되었다.

표 2-1-39. 대조구 및 국산밀 부침프리믹스 조리 후 TPA 분석결과

| | Hardness (g) | Adhesiveness (g.sec) | Sprigniness | Cohesiveness | Gumminess | Chewiness | Resilience |
|-----|----------------------------------|-------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------|
| 대조구 | 4103.11± 679.59 ^{ab} | -10.01± 6.98 ^a | 0.97± 0.07 ^a | 0.79± 0.03 ^a | 3230.61± 531.38 ^{ab} | 3134.14± 465.67 ^a | 0.63± 0.06 ^b |
| 조경밀 | 3674.99± 1257.57 ^a | -2.39± 2.10 ^b | 1.31± 0.80 ^a | 0.78± 0.05 ^a | 2893.86± 1044.21 ^a | 3269.70± 894.28 ^a | 0.69± 0.12 ^b |
| 금강밀 | 4612.52± 811.24 ^b | -6.74± 10.36 ^{ab} | 1.30± 1.15 ^a | 0.83± 0.03 ^b | 3834.12± 686.96 ^b | 5361.77± 5967.22 ^a | 0.63± 0.09 ^b |
| 수안밀 | 4672.79± 653.16 ^b | -2.09± 2.56 ^b | 0.92± 0.11 ^a | 0.76± 0.06 ^a | 3556.68± 612.09 ^{ab} | 3282.77± 677.78 ^a | 0.52± 0.07 ^a |

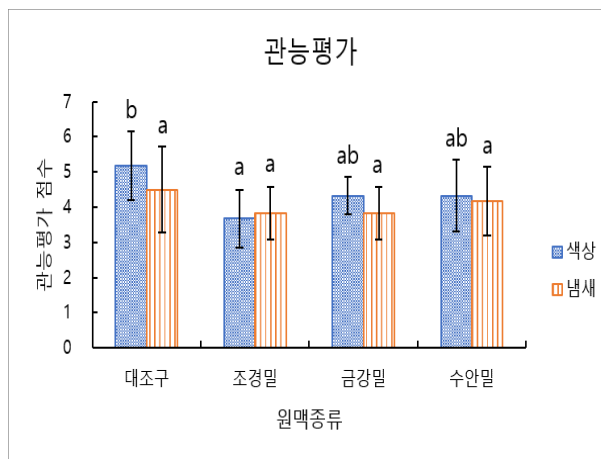
¹ 3번 반복 실험한 평균값과 표준편차

^{a-b} column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임

견고성은 조경밀이 가장 낮았고 금강밀 및 수안밀과 통계적으로 유의한 차이를 나타냈으며 세가지 국산밀 그룹이 대조구와 일부 유사한 값을 나타냈다. 부착성은 조경밀과 수안밀은 대조구와 차이를 나타내었지만 금강밀은 일부 유의성이 나타났으며, 탄력성은 대조구와 국산밀 모두 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 응집성은 금강밀이 다른 원맥보다 높게 나타났으며 뭉침성은 조경밀과 금강밀이 유의적인 차이를 나타내었지만 대조구와 수안밀이 일부 유사성을 나타냈다. 씹힘성은 유의적인 차이가 나타나지 않았으며, 복원성은 수안밀이 다른 원맥과 차이가 있는 것으로 나타났다. TPA 분석결과 각 분석항목의 값이 그룹간 차이가 크게 나타나지 않는 것으로 조사되었다.

㊤ 부침개 관능평가

미리 훈련된 패널에게 조리 후 5분후 관능평가를 동시에 실시한 결과 그림 2-1-46과 같이 조사되었다.



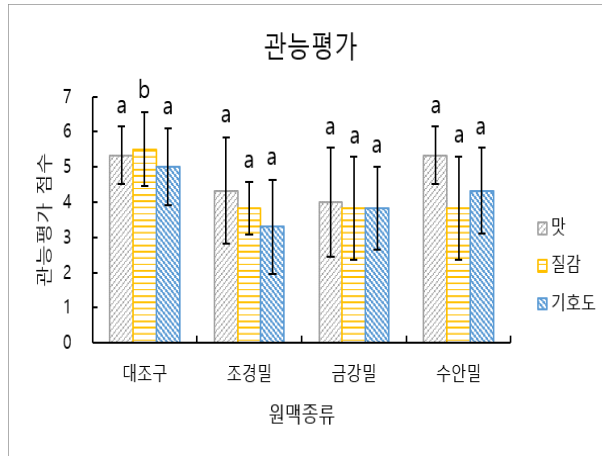


그림 2-1-46. 대조구 및 국산밀 부침개 관능평가 결과

부침개 외관 색상은 대조구가 가장 우수하였으며 조경밀이 가장 낮은 점수를 받았고, 금강밀과 수안밀은 대조구와 조경밀 그룹과 모두 유사한 것으로 조사되었다. 냄새와 맛은 네가지 원맥 모두 유의성이 있는 것으로 나타났다. 질감은 대조구와 국산밀간의 차이가 있었으나 기호도는 모두 유사한 수준에서 관찰되었다. 종합적으로 판단할 때 각 관능평가 결과값의 평균값이 수안밀이 다른 국산밀 보다 우수하여 부침가루 프리믹스 제조에 가장 적합할 것으로 판단 되었다.

(나) 국산밀 튀김가루

① 실험재료

대량생산으로 시험생산된 국산밀 밀가루와 시중용 미국산 SW 밀가루로 튀김가루를 제조하였으며, 사전 실험에 의해 준비된 부침가루 배합비율은 표 2-1-40과 같다.

표 2-1-40. 튀김가루 배합 비율

| 항목 | 함량(%) |
|-------|-------|
| 밀가루 | 75 |
| 옥수수전분 | 20 |
| 소금 | 4 |
| 후추 | 1 |
| 합계 | 100 |

② 실험방법

㉠ 점조도 분석

튀김가루 배터반죽의 흐름성을 보스트윅 점조도계(Bostwick consistometer, CSC scientific Co., 대한민국)를 사용하여 측정하였으며, 부침가루와 동일한 실험 방법으로 분석하였다.

㉡ 튀김의 조리

튀김의 조리는 국산밀 튀김 프리믹스 1Kg에 물 1.5L를 넣고 3분간 믹싱하여 배터반죽을 만들었다. 튀김에 사용된 채소는 고구마(국내산)으로 흐르는 물에 1분간 세척한 다음 물기가 없도록

건조시킨 후, 채칼을 사용하여 동일한 직경으로 잘라 준비하였다. 고구마를 튀김용 배터반죽에 5초간 담가 튀김옷을 입힌 다음 꺼내어 1초간 drain한 다음 160°C로 예열된 튀김기에서 5분간 튀기고 15분간 식혀 평가에 사용하였다(그림 2-1-47).



그림 2-1-47. 대조구 및 국산밀 튀김프리믹스 튀김 조리 성상

㉔ 튀김 완제품의 분석

튀김은 관능평가로 외관·냄새·맛·조직감·기호도 평가를 실시하였다.

③ 실험결과

㉕ 점조도 분석 결과

동일한 가수량 조건으로 점조도를 분석하였다(그림 2-1-48). 튀김가루 프리믹스의 점조도는 대조구와 국산밀의 유의적인 차이가 있었으며, 이는 튀김옷을 입힐 때 대조구 보다 국산밀의 튀김옷이 두껍게 입혀질수 있을 것으로 예상되어진다.

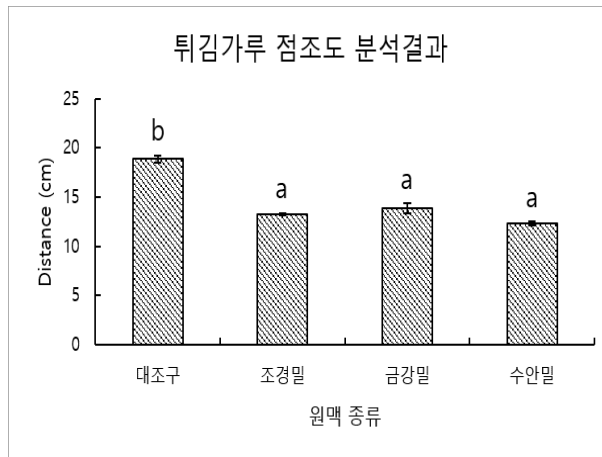


그림 2-1-48. 대조구 및 국산밀 튀김프리믹스 점조도 분석결과

㉔ 튀김 관능평가

미리 훈련된 패널에게 조리 후 5분후 관능평가를 동시에 실시한 결과 그림 4-1-49와 같이 조사 되었다.

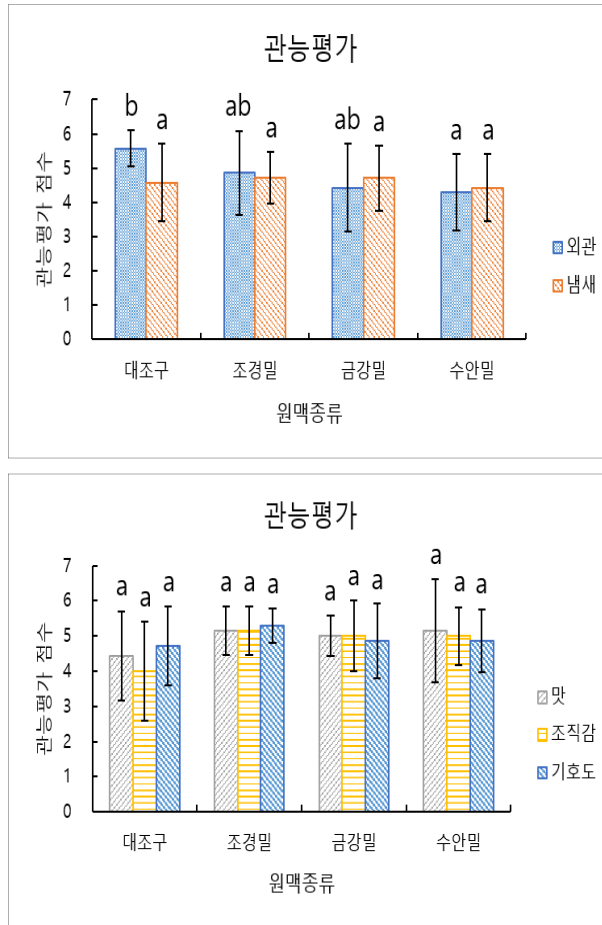


그림 2-1-49. 대조구 및 국산밀 튀김 관능평가 결과

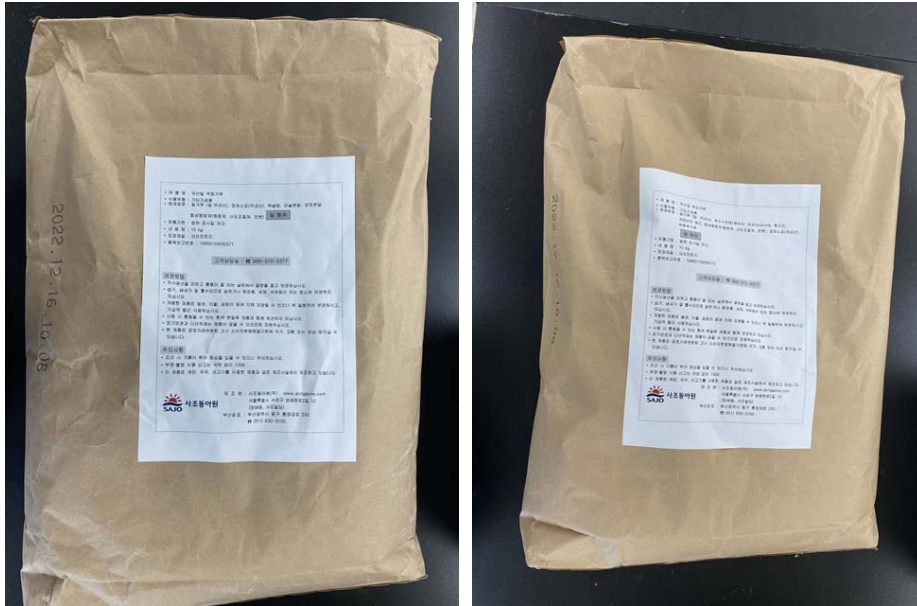
튀김의 외관은 대조구가 가장 높은 점수를 받았으며 수안밀이 가장 낮은 점수를 받았다. 조경밀과 금강밀은 대조구와 수안밀 모두 유의성이 있는 것으로 나타났으며 조경밀의 평균점수가 다른 국산밀보다 높게 나타났다. 그 외 냄새, 맛, 조직감, 기호도 모두 원맥간 유사한 것으로 나타났으며 전체적으로 수안밀의 평균 점수가 높게 형성되었다.

④ 관련 제품의 사업화

본 과제에 사용된 비축 국산밀은 농림부의 일반 판매용의 허가가 필요한 상태로 완제품의 개발은 완료 하였으나 시중 판매가 어려운 실정이다. 따라서 일반 판매 허가 또는 군납용 프리믹스 입찰 등을 통하여 상품 판매 및 매출 발생이 기대된다.

(6) 비축 밀 관련 추가 연구 필요성

- 본 과제는 총 연구기간 1년 9개월의 단기 과제로 2017년도에 생산된 국산 비축밀을 한정으로 연구가 진행하였으나, 본 연구는 농림부와 농수산물 유통공사에서 제공하는 비축밀이 활용되었다. 기존 생산년도별 밀의 품질 평가는 농촌진흥청 등에서 진행하고 있으나 비축밀의 품질안정성 평가에 대한 연구는 전무한 상황이다. 따라서 향후 관련 연구가 필요한 상황이다.



발급번호 : MAAMB-SMBL-NON-CN2D-YGAD

식품·식품첨가물 품목제조보고서

| | | |
|-----|-----------------------------|------------------------------|
| 영양 | 영양물질 | 영양물질 |
| 보고인 | 이인우 | 1969년 12월 14일 |
| 주소 | 서울특별시 서초구 방배천로길 12 (방배동, 서초 | 전화번호 02-4780-3100 |
| | 출판점동 | 팩스번호 02-4780-6625 |
| 영양소 | 영양(영양소) | 영양특성분석 |
| | 식품첨가물(유기) | 1990/12/26 |
| | 소보리 | |
| | 부산물에서 물기 총량(물기 2001) (물기총량) | |
| | 비율의 한계 | 기준가치 |
| | 제품명 | 국산밀 부침가루 |
| | 유용기능 | 제조일로부터 365일 까지 |
| | 품질유지기한 | |
| | 제조방법 또는 성분명 | 분장에 가다 |
| | 및 제조방법 | |
| | 제조 방법 | 분장에 가다 |
| | 보관방법 및 포장재질 | 분장에 가다 |
| | 포장방법 및 포장타워 | 분장에 가다 |
| | 생산 | 인원, 인원 이름이 없으면 고용의 현황을 지난 분말 |
| | 품질의 특성 | |
| | ■ 고열량·저지방 식품 해당 여부 | [] 예 [] 아니오 [0] 해당 없음 |
| | ■ 전·중·후에 첨가된 식품 첨가물 표시 | [] 예 [] 아니오 |
| | ■ 고함량 함유 식품 표시 | [] 예 [] 아니오 |
| | ■ 고함량 함유 식품 표시 | [] 예 [] 아니오 |
| | ■ 알코올 함유 식품 표시 | [] 예 [] 아니오 |
| | ■ 알코올 함유 식품 표시 | [] 예 [] 아니오 |
| 기타 | | |

「식품위생법」 제37조 제5항 및 같은 법 시행규칙 제45조 제1항에 따라 식품(식품첨가물) 품목제조 사항을 보고합니다.

2021년 12월 14일
보고인 이인우

부산광역시 동구청장 귀하

| | |
|--------|----------------|
| 품목보고번호 | 1990/12/26/271 |
| 제출부서 | 발달사업과 |
| 제출일자 | 2021년 12월 14일 |

발급번호 : MAAMB-SMBL-DVYS-GFD-BBYI

식품·식품첨가물 품목제조보고서

| | | |
|-----|-----------------------------|------------------------------|
| 영양 | 영양물질 | 영양물질 |
| 보고인 | 이인우 | 1969년 12월 14일 |
| 주소 | 서울특별시 서초구 방배천로길 12 (방배동, 서초 | 전화번호 02-4780-3100 |
| | 출판점동 | 팩스번호 02-4780-6625 |
| 영양소 | 영양(영양소) | 영양특성분석 |
| | 식품첨가물(유기) | 1990/12/26 |
| | 소보리 | |
| | 부산물에서 물기 총량(물기 2001) (물기총량) | |
| | 비율의 한계 | 기준가치 |
| | 제품명 | 국산밀 부침가루 |
| | 유용기능 | 제조일로부터 365일 까지 |
| | 품질유지기한 | |
| | 제조방법 또는 성분명 | 분장에 가다 |
| | 및 제조방법 | |
| | 제조 방법 | 분장에 가다 |
| | 보관방법 및 포장재질 | 분장에 가다 |
| | 포장방법 및 포장타워 | 분장에 가다 |
| | 생산 | 인원, 인원 이름이 없으면 고용의 현황을 지난 분말 |
| | 품질의 특성 | |
| | ■ 고열량·저지방 식품 해당 여부 | [] 예 [] 아니오 [0] 해당 없음 |
| | ■ 전·중·후에 첨가된 식품 첨가물 표시 | [] 예 [] 아니오 |
| | ■ 고함량 함유 식품 표시 | [] 예 [] 아니오 |
| | ■ 고함량 함유 식품 표시 | [] 예 [] 아니오 |
| | ■ 알코올 함유 식품 표시 | [] 예 [] 아니오 |
| | ■ 알코올 함유 식품 표시 | [] 예 [] 아니오 |
| 기타 | | |

「식품위생법」 제37조 제5항 및 같은 법 시행규칙 제45조 제1항에 따라 식품(식품첨가물) 품목제조 사항을 보고합니다.

2021년 12월 14일
보고인 이인우

부산광역시 동구청장 귀하

| | |
|--------|----------------|
| 품목보고번호 | 1990/12/26/272 |
| 제출부서 | 발달사업과 |
| 제출일자 | 2021년 12월 14일 |

그림 2-1-50. 국산밀 프리믹스 2종 시제품 및 품목제조보고서

(7) 국산 밀 시장 확대를 위한 홍보 세미나

(가) 국산 밀 제빵 세미나 실시

- (1) 세미나 기간: 2021년 12월 07일 ~ 12월 10일
- (2) 세미나 장소: 광주제과협회, 대구제과협회, 대한제과학교

(나) 세미나 내용

지역 베이커리 제빵사 초청 후 금강밀을 활용하여 다양한 제빵 레시피 제공 및 시연 후 질의응답 하였으며 설문조사를 실시함.



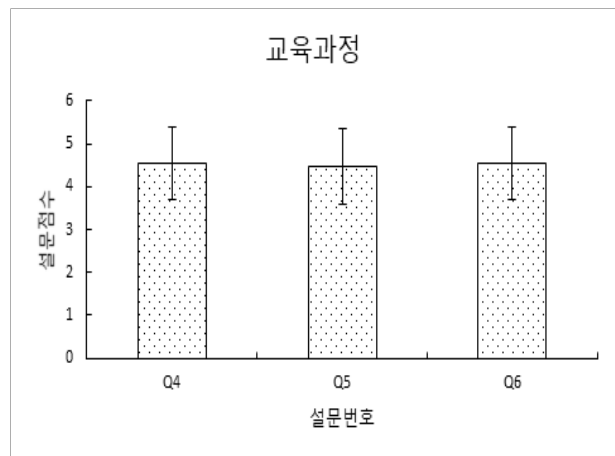
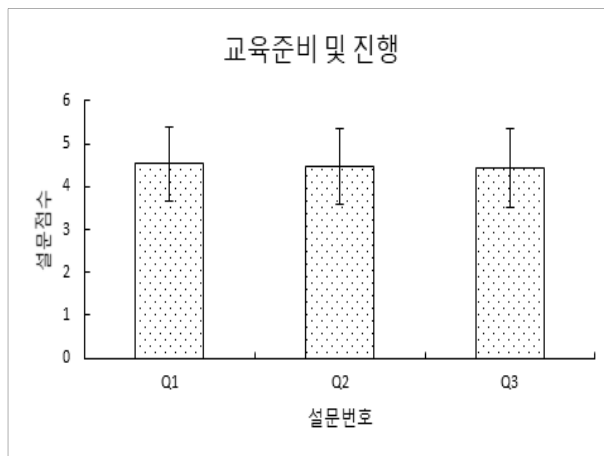
그림 2-1-51. 제빵 세미나 사진

(다) 세미나 설문조사

참석자를 대상으로 전반적인 세미나 준비과정과 진행 중 편의사항, 세미나 교육과정, 국산 밀로 제조한 빵(제품)의 만족도 등을 설문조사 하였으며 설문 내용은 표 2-1-40과 같으며, 설문결과는 그림 2-1-52과 같았다.

표 2-1-40. 세미나 설문내용

| 항목 | 설문번호 | 설문내용 |
|-----------|------|-----------------------------------|
| 교육준비 및 진행 | 1 | 세미나는 차질없이 진행되었습니까? |
| | 2 | 세미나 환경 시설 등은 만족스러웠습니까? |
| | 3 | 세미나 중 사용한 장비 및 시스템은 원활하게 진행되었습니까? |
| 교육과정 | 4 | 세미나 내용은 적절하게 구성되었습니까? |
| | 5 | 세미나의 난이도는 참석자의 수준에 맞게 구성되었습니까? |
| | 6 | 세미나 시간은 적절하게 배정되었다고 생각하십니까? |
| 제품 및 종합평가 | 7 | 전반적인 제품의 구성은 만족스러웠습니까? |
| | 8 | ‘국산밀’ 시연 제품은 만족스러웠습니까? |
| | 9 | 본 세미나의 전체적인 만족도는 어떠신가요? |



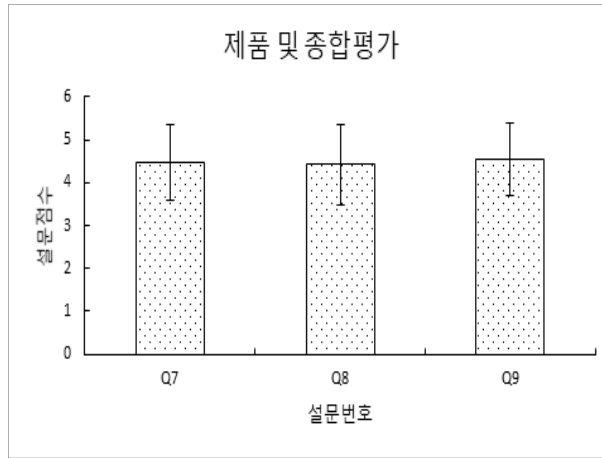


그림 2-1-52. 세미나 설문결과

세미나 참석자 총 351명에게 설문조사한 결과 5점 만점 중 교육준비 및 진행에서 4.48 ± 0.04 점, 교육과정에서 4.52 ± 0.05 점, 제품평가에서 4.48 ± 0.04 점, 전 항목을 종합한 평균 점수가 4.49 ± 0.05 점으로 세미나 참석인원의 만족도가 우수한 것으로 평가 되었으며, 국산밀 활용한 자영 베이커리의 활발한 제품개발 및 출시가 기대되어진다.

2-1-5. 정부비축밀 가공 밀가루 활용한 발효 크래커 제품 개발

가. 국산 밀 분석

(1) 실험 재료

본 실험에 국산밀은 2017년 수확한 금강밀, 조경밀, 수안밀 3가지를 사조동아원 으로부터 제공받아 사용하였으며, 수입밀은 2019~2020년 수확한 미국산 SW로 가공된 밀가루를 사용하였다.

(2) 실험 방법


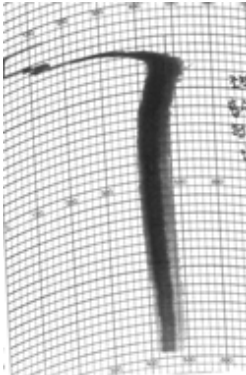
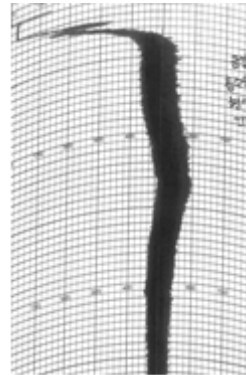
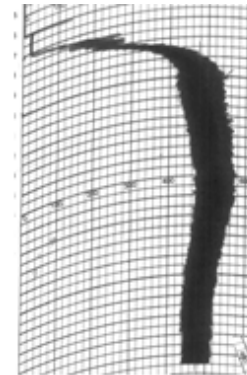
Farinograph 측정: 제공받은 3가지 국산밀에 물을 첨가하며 반죽할 때 생기는 점성을 측정하여 각 국산밀의 흡수율과 안정성을 측정하였다.

(3) 실험 결과

Fariongraph 결과값 해석

국산밀 3종과 수입밀(중력분)의 Farinograph 측정 결과는 표 2-1-41과 같다.

표 2-1-41. 국산밀 Farino graph 측정 결과

| 구분 | 수입(중력분) | 조경밀 | 금강밀 | 수안밀 |
|------|---|---|--|---|
| 측정값 |  |  |  |  |
| 흡수율 | 56~58% | 58.5% | 61.5% | 62.5% |
| 형성시간 | 2.0~2.5 min | 1.9 min | 3.2 min | 3.0 min |
| 안정도 | 8~9 min | 17 min 이상 | 18 min | 15 min |

위 그래프를 해석해보면 조경밀은 중력분과 유사하며, 금강밀과 수안밀은 강력분과 유사할 것으로 판단되어진다.

나. 국산밀 제품화 (발효크래커)

(1) 실험 재료

본 실험에 국산밀은 금강밀, 조경밀, 수안밀 3가지를 사조 동아원으로부터 제공받아 사용하였다.

(2) 실험 방법

(가) 제조 방법 : 아래 표 2-1-42의 방식으로 제품을 제조하였으며, 밀가루 모두 숙성 조건은 같도록 진행하였다.

표 2-1-42. 발효 크래커 제조방법

| 항목 | 비고 |
|-----|--|
| 밀가루 | 원료 혼합 후 믹싱 ↓ 숙성 ↓ 성형 ↓ 베이킹 |
| 유지류 | |
| 소금 | |
| 이스트 | |
| 당류 | |
| 분유류 | |
| 배합수 | |

(나) 관능 평가 : 제조된 완제품은 색상, 맛, 풍미, 식감, 종합선호도 5가지로 평가하였다.

(3) 실험결과

(가) 반죽 및 작업성 검증 : 국산밀을 활용한 제품 반죽시 그림 2-1-53과 같이 반죽 물성은 수안밀과 조경밀이 가장 양호하였고, 금강밀은 반죽이 질어 성형 등에 적합하지 못하였다. 발효 후 pH는 기준에 적합하였고, 종합적인 판단으로는 조경밀이 가장 양호한 것으로 판단되었다.

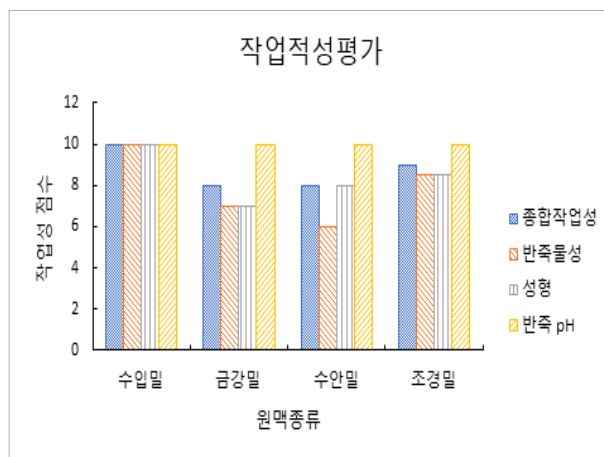


그림 2-1-53. 밀가루 작업적성 비교

(나) 관능 평가 : 종합적으로 가장 좋은 평가를 받은 종은 조경밀이었으나, 밀가루 특유의 느낌이 강하게 발현되는 부분은 추가 개선이 필요하다는 의견이 있었다.

(다) 현장(공장) 실험

① 실험 재료

현장 적용 실험에 사용한 조경밀은 동아원에서 시험 생산한 우리밀 전용분을 제공받아 실험하였다.

② 실험 방법

발효크래커 제조공정에 맞추어 배합-숙성-성형-베이킹-포장 각 단계를 적용시켜 보았다. 각 공정의 세부내용은 아래 그림 2-1-54와 같다.

③ 실험결과

현장 설비를 이용하여 전체공정에 대한 라인 테스트를 진행하였으며, 배합-숙성-성형-베이킹-포장까지의 전 공정에 이상 없이 진행되었다. 완제품에 대한 스펙은 아래 표 2-1-43과 같다. 제품은 설정한 크래커 규격에 맞게 결과가 나왔으며, 중량대비 사이즈가 좀더 작고, 색상이 좀더 밝게 나왔으나, 추가 개선을 통해 보완할 수 있는 결과이다.

표 2-1-43. 국산밀 발효 크래커 라인 테스트 결과

| 구분 | 수분 | Aw | 중량 | 사이즈 | 색상 |
|-----|---------|--------|----------|-------------|-------|
| 기준 | 2.0% 미만 | 0.2 미만 | 3.0±0.1g | 45.0×45.0mm | 밝은 갈색 |
| 수입밀 | 1.87% | 0.128 | 3.1g | 45.1×45.0mm | 밝은 갈색 |
| 조경밀 | 1.91% | 0.173 | 3.0g | 44.3×44.5mm | 엷은 갈색 |

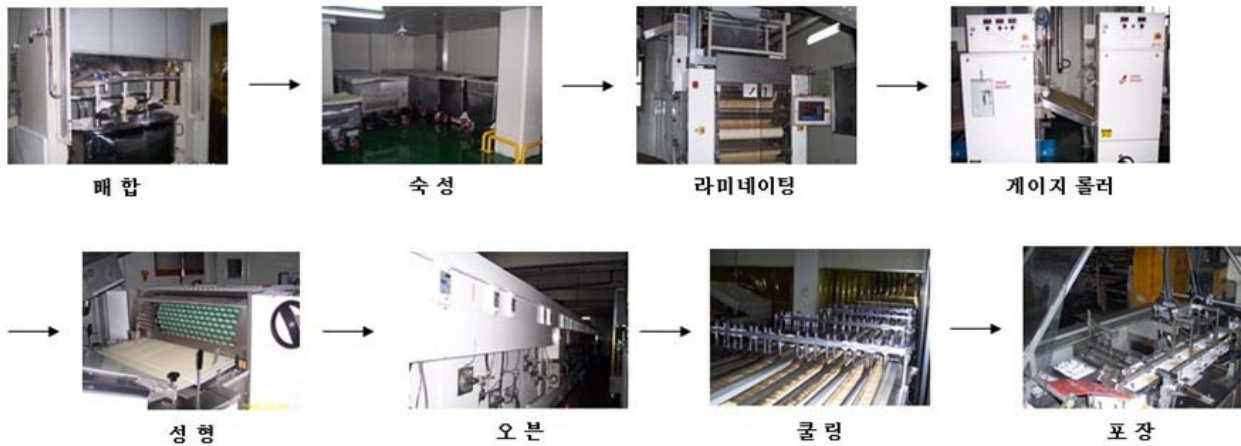


그림 2-1-54. 국산밀 발효 크래커 제조공정

다. 국산 밀 발효 크래커 제품 품질개선 연구

1) 실험재료

나. 항에서 개발에 사용된 밀가루는 사조동아원에서 초도 시험생산용 제품으로, 본 대량생산의 비축 국산밀 밀가루를 추가 제공받아 원료의 재검토가 필요하였다. 발효 크래커 제품의 품질 개선에 필요한 원료는 표 1과 같이 사전 검토를 참고로 실험 재료를 선정하였다. 파리노그래프 분석을 통하여 대조군과 실험군을 분석한 다음 대조군과 유사한 성질의 비축 국산밀인 조경밀 밀가루로 원료를 확정 하였다(표. 2-1-44).

표. 2-1-44. 비축 국산밀의 분석 결과와 사전 실험 결과

| 구분 | 단백질 함량(%) | 회분 함량(%) | 종류 | 특징 |
|-----|-----------|---------------------|------|------------------------------------|
| 중력분 | 9~10 | 0.45 | | |
| 금강밀 | 11 | 생면 0.42 다목적 0.46 | 경질맥 | crispy한 식감 구현 |
| 조경밀 | 12 | 빵용 0.42 | 경질맥 | 금강밀 대비 hard한 식감 구현 |
| 수안밀 | 9~10 | 생면 0.42 다목적 0.46 | 준경질맥 | 호주맥의 유전자접종하여 개발됨 점도 높고, 밀가루향 높음 |

표. 4-1-45. 비축 국산밀의 파리노 그래프 분석결과

| 구분 | 흡수율(%) | 형성시간(min) | 안정도(min) | 분석결과 |
|-----|--------|-----------|----------|----------------------------|
| 중력분 | 57.00 | 2.3 | 8.5 | - |
| 금강밀 | 61.50 | 3.2 | 18 | 흡수율, 형성시간, 안정도 강력분과 유사함 |
| 조경밀 | 58.50 | 1.9 | 17 이상 | 중력분과 가장 유사함 |
| 수안밀 | 62.50 | 3.0 | 15 이상 | 흡수율, 형성시간, 안정도 강력분과 유사함 |

파리노그래프 분석 및 반죽물성을 확인한 결과 제품 개선에 ‘조경밀’을 사용하여 제품 테스트하는 것이 가장 적합한 것으로 판단되었다. 바삭한 식감을 강조하기 위하여 부분적으로 금강밀을 혼합하여 사용하는 추가적인 연구가 필요할 것으로 생각되어진다. 상기 내용을 바탕으로 제품 적성에 가장 적합한 조경밀을 선택하여 개발 제품의 개선에 사용하였다.

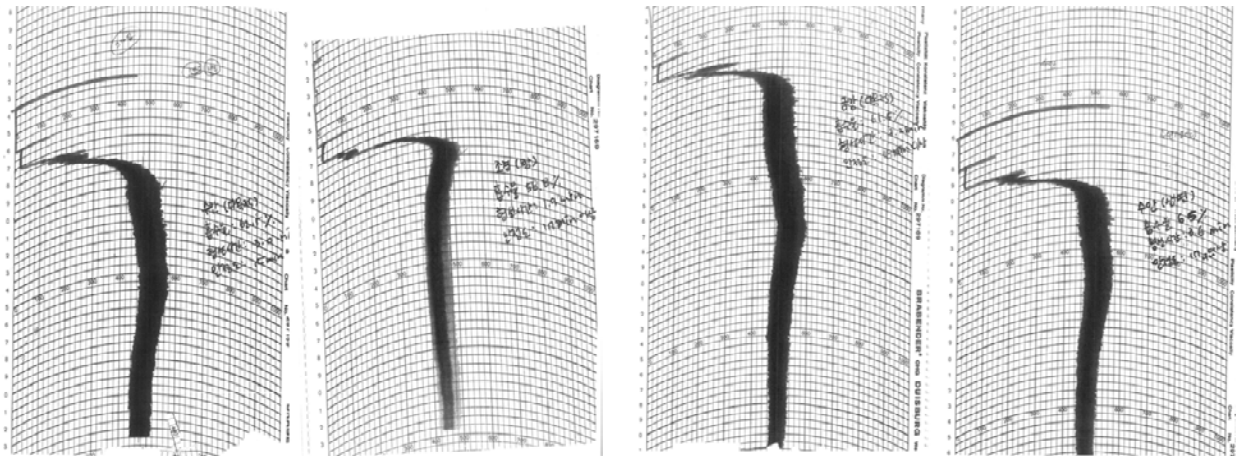


그림. 2-1-55. 국산밀 파리노그래피 결과

2) 원료 적용 및 제품 개선

대조구와 본 생산된 비축 국산밀 밀가루 3종으로 발효크래커를 제조하며 반죽의 pH와 완제품의 품질평가를 비교하였다(표. 2-1-46, 그림. 2-1-56)

완제품 적용한 결과 식감은 조경밀이 가장 양호하였으며, 금강밀과 수안밀은 단단한 느낌이 강하게 나타났다. 크리스피한식감의 강조가 필요할 때 부분적인 금강밀의 혼합도 가능할 것으로 예상된다.

표. 2-1-46. 본 생산 밀가루 적용 발효크래커의 제품 품질

| 구분 | 반죽pH | 최종평가 |
|-----|------|-------------------------|
| 대조구 | 4.7 | - |
| 금강밀 | 4.8 | 단단하나, 크리스피하며, 밀가루 풍미 강함 |
| 수안밀 | 4.7 | 단단한 식감이 구현되며, 밀가루 풍미 강함 |
| 조경밀 | 4.7 | 입풀림 부드러우며, 밀가루 풍미 강함 |

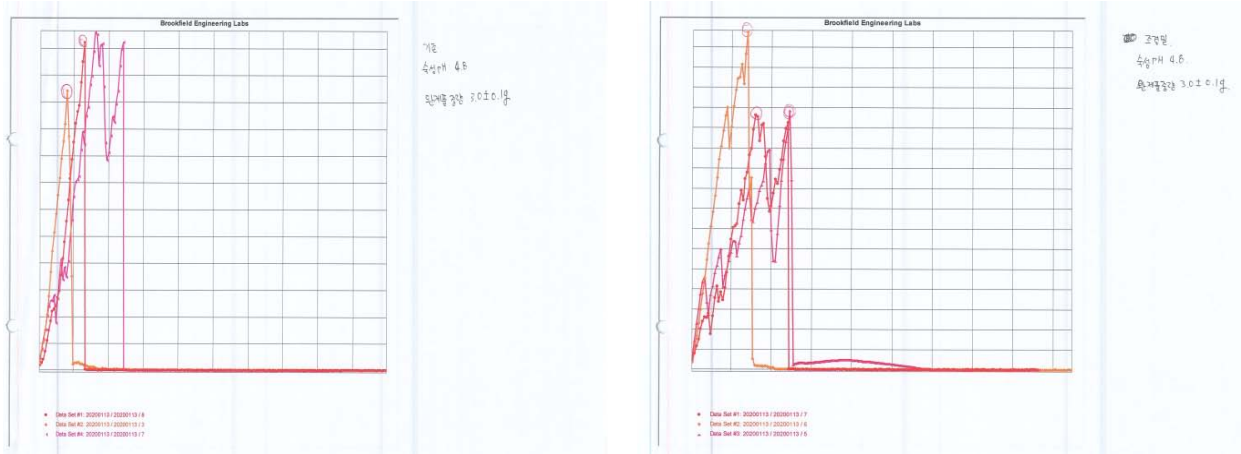


그림 2-1-56. 중력분 및 조경밀 강도 측정 결과

3) 발효 크래커 풍미 개선

크래커의 풍미 개선을 위하여 발효종을 적용하여 완제품을 제조한 다음 제품 분석을 실시한 결과 표 2-1-47와 같다

표. 2-1-47. 발효종 적용 크래커의 품질 분석

| 발효종 | 적용량 | 완제품 강도 | 풍미 평가 |
|-------|---------|-----------|-----------------|
| 메디아 | | | 산뜻한 느낌 발현됨 |
| 오베르토 | 밀가루 총량의 | 발효종 첨가 전후 | 썩쓸한 향이 강하게 발현됨 |
| 리골레토 | 2% | 유사한 결과 | 고소하며 깔끔한 풍미 |
| 트라이아타 | | | 호밀 풍미가 부드럽게 발현됨 |

발효종 적용시 단순 향만 사용한 배합보다 깊은 풍미가 있으며, 기존의 밀가루 느낌 사라지는 것을 확인할수 있었다. 자체 페널 테스트 결과 리골레토의 고소하며 깔끔한 풍미를 가장 선호하는 것으로 확인었다. 발효 크래커의 개선 최종 제품에 가장 적합한 원료는 조경밀이었으며, 풍미개선을 위한 발효종 적용의 효과가 있음을 확인할 수 있었다.

4) 개선 제품의 시험생산

개선 배합비로 대량생산을 위한 시험생산을 진행하였다. 대량생산에 사용된 설비는 그림 2-1-57과 같다.

▶ 배합설비



- 반죽배합, 반죽공급, 금속검출기

▶ 성형설비



- 반죽 두께 조정 및 제품 모양 성형

▶ 오븐설비



- 제품 굽기, 오일 도포, 이동CON'V, 일매포장기

그림. 2-1-57. 비축 국산밀 적용 발효 크래커 시험생산 설비

4) 반복 시험생산

비축 국산밀을 적용하여 5회 반복 시험생산을 진행하였다. 생산된 시제품을 샘플링 하여 품질 모니터링을 실시하였다. 첨가되는 발효종 및 조경밀에 대한 원재료 규격(식품공전상 식품유형에 해당하는 규격)을 검사하였으며, 미생물 검사 등을 통해 품질관리를 진행하였다. 또한, 완제품의 실온보관 및 향온 향습기 가속테스트를 진행하였으며, 이를 통해 제품의 관능 및 보관 상태를 지속적으로 관리 하였다.

2-1-6. 정부비축밀 가공 밀가루 활용한 제빵 적성 및 대량생산 연구

가. 정부 비축밀 제빵 특성 연구

(1) 실험 재료

(가) 품질분석결과 : 현재 협동연구기관인 롯데제과(주)에서 사용 중인 수입밀과 사조동아원(주)에서 선정한 2017년 수확한 금강밀, 조경밀, 수안밀의 생산 제품(밀가루) 품질분석결과는 표 2-1-48과 같다. 2019~2020년 수확한 수입밀인 미국산 HRS와 캐나다산 CWRS를 블렌딩한 제빵 강력분(회분함량 0.47%, 단백질 함량 12.50%)의 품질특성과 유사한 품질을 나타내는 금강밀(회분함량 0.44%, 단백질 함량 12.35%)을 사용하였다. 조경밀과 수안밀은 단백질 함량

(나) 부피 분석: 식빵의 부피는 3D 스캐너(Volscan profiler 300, Stable Micro Systems, England)를 사용하여 측정하였으며, 식빵 소성→냉각2시간→밀봉포장→12시간 후 부피 분석을 실시하였다.

(다) 텍스처 분석 : 식빵의 물성 변화는 TA(TA-XT plus, Stable micro systems, England)를 사용하여 TPA법으로 측정하였으며, 식빵 제조 후 밀봉 포장 하여 25°C 실온에 보관하며 제조일로부터 2일에 TA 분석을 실시하였다.

(라) 수분 분석 : 식빵의 수분 함량은 할로겐 수분 측정기(HX-204, Mettler Toledo, Switzerland)를 사용하여 측정하였으며, 식빵 소성→냉각2시간→밀봉포장→12시간 후 수분 분석을 실시하였다.

(마) 단면 분석 : 식빵의 단면은 SEM(Phenom Pro, Thermo Fisher, USA)을 사용하여 측정하였으며, 두께 3mm 슬라이스, 건조 후, -20°C냉동하여 단면 분석(170배 확대)을 실시 하였다.

(바) 관능평가 : 제조된 식빵은 밀봉 포장하여 25°C 실온에 보관하며 연구원 22명이 제조일로부터 2일에 식감을 평가하였으며, 관능평가 항목으로는 부드러움 기호도, 선호도를 조사하였다.



그림 2-1-59. 버티컬 믹서기와 발효기, 데크오븐



그림 2-1-60. 3D 스캐너와 Texture Analyzer, 할로겐 수분 측정기, SEM 전자현미경

(3) 실험 결과

(가) 식빵의 부피

제조된 식빵의 부피를 측정한 결과 그림 2-1-60과 같이 측정되었다. 식빵의 부피는 밀가루의 흡수율과 효소의 강도, 반죽의 가스 보유력 등에 따라 다르게 나타나며, 반죽의 가스 보유력은 관계가 있는 여러 요인 중에서도 글루텐(gluten)을 생성하는 성질을 갖고 있는 밀가루의 단백질 함량 및 조성과 관계가 있다. 미국산 HRS와 캐나다산 CWRS를 블렌딩한 수입밀(흡수율 65.9%, 최고점도 600, 회분함량 0.47%, 단백질 함량 12.50%)이 금강밀(흡수율 60.7%, 최고점도 782, 회분함량 0.44%, 단백질 함량 12.35%)보다 부피가 큰 것으로 관찰되었다. 수입밀과 금강밀을 블렌딩시 금강밀의 혼합비율이 높아질수록 부피가 작아지는 것으로 관찰되었다. 이는 금강밀의

효소활성(최고점도 782)이 수입밀(최고점도600)보다 낮아 금강밀의 가스 발생력이 약해지는 것과 금강밀의 글루텐(gluten) 발전도가 낮아 금강밀의 가스 보유력이 약하기 때문에 식빵의 부피가 작아지는 것으로 판단된다.

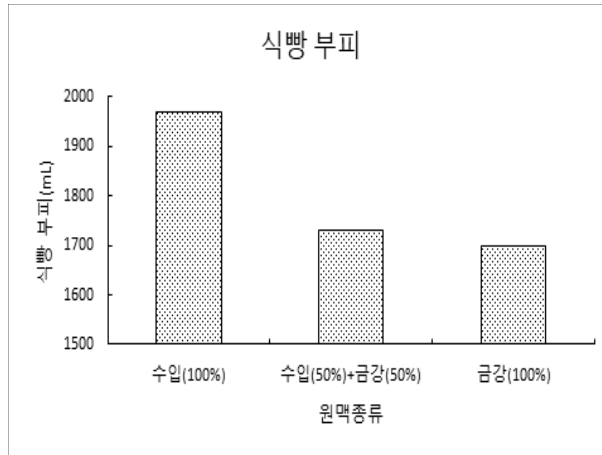


그림 2-1-61. 식빵의 부피

(나) 식빵 텍스처 변화

제조된 식빵을 밀봉 포장 하여 25°C 실온에 보관하며 제조일로부터 2일에 식빵의 경도를 측정한 결과 그림 2-1-62와 같다.

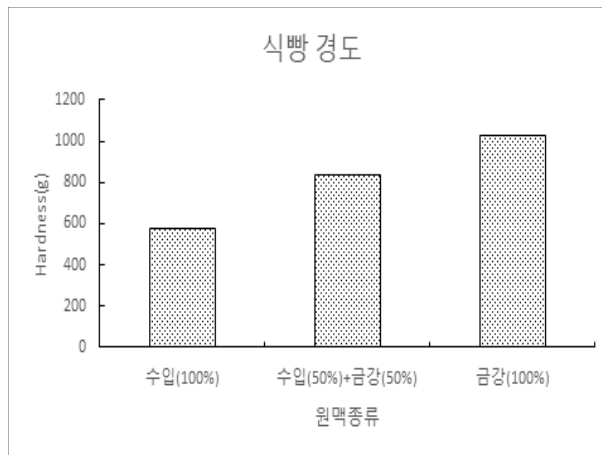


그림 2-1-62. 식빵 제조 후 경도

식빵의 경도는 금강밀의 함량이 높아질수록 단단한 식감을 나타냈다. 이는 식빵의 부피와 관련이 있다고 판단된다. 부피가 커질수록 밀도는 낮아지고 스펀지와 같은 가벼운 식감을 나타내게 된다. 금강밀의 함량이 높아질수록 부피가 낮아지고 밀도는 조밀해지며 단단한 구조를 가지게 된 것으로 판단된다.

(다) 식빵의 수분

식빵의 수분 분석 결과는 그림 2-1-63과 같다. 식빵의 수분 함량은 금강밀의 함량이 높아질수록 낮은 함량을 나타냈다. 밀가루의 흡수율 차이로 수분 편차가 발생된 것으로 판단된다.

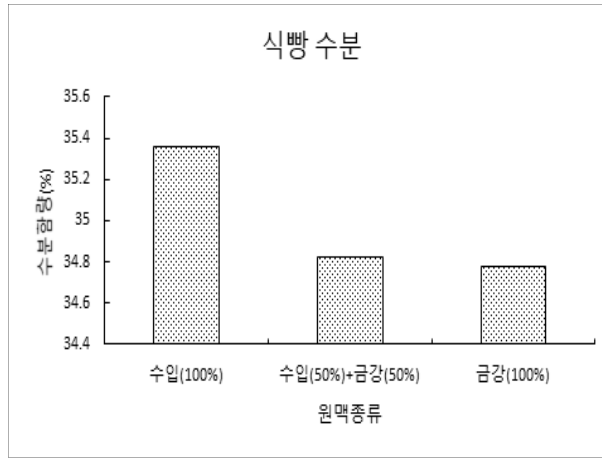
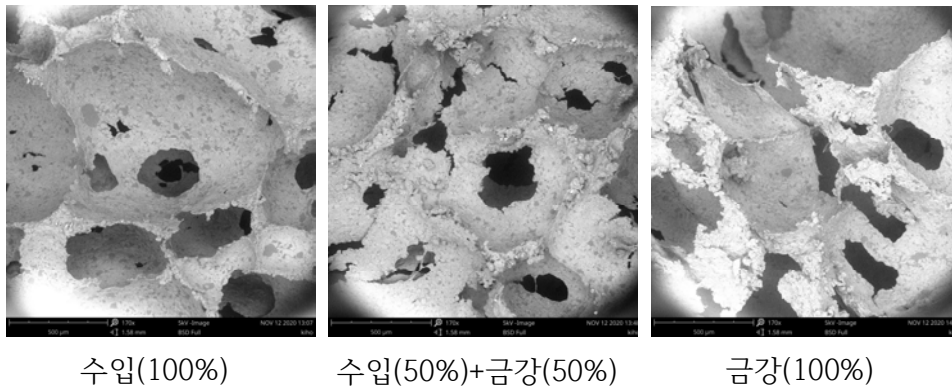


그림 2-1-63. 식빵의 수분

(라) 식빵의 단면

식빵의 단면 분석 결과는 그림 2-1-64와 같다.



수입(100%)

수입(50%)+금강(50%)

금강(100%)

그림 2-1-64. 식빵의 단면

식빵의 단면은 금강밀의 함량이 높아질수록 가스가 차있던 공간과 내벽이 거칠고, 여러 군데 불규칙하게 찢겨져 나간 구멍의 흔적이 보인다. 수입밀은 금강밀보다 가스가 차있던 원형의 공간이 매끈하고 연속적으로 이어져 있다. 글루텐(gluten) 발전도의 차이로 인해 반죽의 가스 보유력 차이가 발생하고, 소성 후 식빵의 부피와 경도의 편차로 이어진 것으로 판단된다.

(마) 관능 평가 결과

식빵의 관능평가 결과는 그림 2-1-65와 같다.

부드러움, 선호도 모두 수입밀(100%)이 가장 우수한 것으로 나타났다. 금강밀의 혼합 비율이 높아질수록 식빵의 부피 감소로 이어지며, 관능평가에 영향을 준 것으로 판단된다. 차후 연구를 통하여 수입밀과의 적정비율 혼합으로 수입밀과의 관능 편차를 줄이는 연구가 필요할 것으로 생각되어진다.

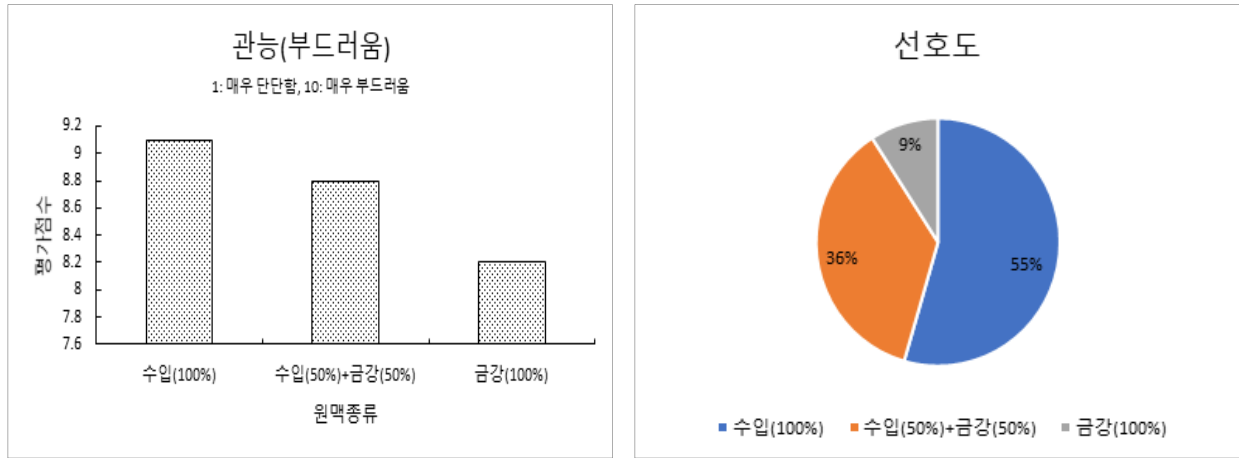


그림 2-1-65. 식빵 관능평가 결과

나. 국산밀 적용 시제품 평가

(1) 국산밀 투입 비율 선정

정부비축밀 생산 제품(밀가루) 제빵 적성 확인 실험을 통해 국산밀(금강밀)의 함량이 높아질수록 제빵 적성에 부정적 영향을 미친다는 것을 확인 하였다. 이후 지속적인 실험을 통해 제품 판매가 가능한 품질 수준을 얻기 위해서는 금강밀 투입비율 2%(Baker's Percentage)가 적정하다는 결론을 내렸다.

(2) 품목 선정

롯데제과(주)에서 단기간에 국산밀 사용량을 늘릴 수 있는 호빵시리즈를 국산밀 적용 시제품 품목으로 선정하였다. 시제품을 대량 생산 후 다양한 시제품 평가에 사용되어 진다

(3) 호빵 생산

롯데제과(주)에서 보유중인 호빵 배합(대외비)을 적용하였고, 기존 사용중인 국산밀 호빵의 포장재를 적용하여 시험생산을 완료하였다. 호빵 생산 공정은 그림 2-1-66과 같다.



그림 2-1-66. 호빵 제조 공정

국산밀(금강밀) 적용 생산된 호빵 신제품은 롯데제과(주) 제품 규격(대외비)에 부합하였으며, 팔 호빵 출시를 시작으로 야채, 옥수수, 고구마 시리즈를 추가로 시제품을 대량생산 하였다. 추후 시장 환경을 고려하여 비축 국산밀을 적용한 다양한 맛의 호빵 출시를 준비할 예정이다. 생산된 시제품의 품질을 바탕으로 제빵 적성 품질 개선 연구를 진행하였다.

다. 정부 비축밀 가공 밀가루를 활용한 제빵 적성 품질개선 연구

(1) 제빵 적성 결과

가~나. 항의 제빵 적성 확인 실험을 통해 국산밀(금강밀)의 함량이 높아질수록 제빵 적성에 부정적 영향을 미친다는 것을 확인 하였다. 이는 여러 요인 중에 수입밀과 금강밀의 단백질 함량은 비슷하나 글루텐 함량 또는 글루테닌과 글리아딘의 비율 차이로 인해 제빵 적성에 영향을 미친 것으로 판단된다.

(2) 글루텐 비교 실험방법

(가) 건조 글루텐(Dry gluten)의 제조 : 건조 글루텐(Dry gluten)의 제조는 드라이 오븐(WFO-52 0W, EYELA, Japan)을 사용 하였다. 건조 글루텐(Dry gluten)의 제조는 AACC-38-10.01 Gluten-Hand Washing Method로 실시하였으며, 밀가루 25g+물15g→믹싱→반죽형성→흐르는 물로 세척→전분제거→젖은 글루텐(Wet gluten)→105°C, 8시간 이상 건조→항량→건조 글루텐(Dry gluten)의 순서로 진행하였다.

(나) 건조 글루텐(Dry gluten) 건부율 분석 : 건조 글루텐(Dry gluten)의 건부율은 Balance(ML 3002T, METTLER TOLEDO, Switzerland)를 사용하여 측정하였으며, 계산방식은 다음과 같다.
 건조 글루텐(Dry gluten) 건부율 = 건조 글루텐(Dry gluten) 무게/밀가루 무게 x 100



그림. 2-1-67. 드라이 오븐과 Balance

(3) 글루텐 비교 실험 결과

(가) 제조된 건조 글루텐(Dry gluten)의 함량 및 밀가루 흡수율(1차 년도 품질분석 결과)은 표. 2-1-49와 같이 측정되었다.

표. 2-1-49. 건조 글루텐 및 밀가루 흡수율 분석 결과

| 원맥 | Dry gluten (%) | 파리노그래프 | 비고 |
|-----|----------------|--------|--------|
| | | 흡수율(%) | |
| 수입밀 | 16.0 | 65.9 | 제빵 강력분 |
| 금강밀 | 15.7 | 60.7 | 일품 우리밀 |

수입밀과 국산밀(금강밀)의 글루텐 함량 차이는 미비하였다. 밀가루 흡수율은 약 5% 이상의 차이를 보였다. 글루텐 함량의 차이보다 글루텐 질적 차이 및 밀가루 흡수율 차이로 인한 품질 차이(제빵 적성 차이)로 판단된다.

(4) 식빵 실험 방법

(가) 글루텐 및 밀가루 흡수율 보완 소재 적용 연구를 통해 식빵 부피 및 식감 개선을 할 수 있을 것으로 보여 국산밀(금강밀) 적용 식빵 배합에는 표. 2-1-50과 같은 보완 원료를 첨가 하여 실험을 진행 하였다. 표. 2-1-50에 나온 함량은 Baker's percentage 기준으로 설정하였다.

표. 2-1-50. 국산밀(금강밀) 제빵 적성 보완 소재 적용

| 보완 원료 | 수입밀 | 금강밀 | 비고 |
|--------|-----|------|----------------|
| 활성 글루텐 | - | 0.3 | 글루텐 강화 |
| 정제수 | - | 0.48 | 활성글루텐 흡수율 1.6배 |
| 증점제 | - | 0.2 | 밀가루 흡수율 보완 |

(나) 식빵의 제조: 식빵의 제조는 버티컬 믹서기(SK-20, S.K.Mixer, Japan), 발효기(AA24B1DC, PANEM, France), 데크오븐(COMPO, SANKO, Japan)을 사용하였다. 롯데제과(주)에서 생산·판매중인 식빵 배합(대외비)을 식빵 제조에 사용하였다. 식빵 제조는 중종배합→중종반죽→중종발효→본종배합→본종반죽→분할→성형→팬닝→2차발효→소성→냉각→포장의 순서로 진행하였다.

(다) 비용적 분석: 식빵의 비용적은 3D 스캐너(Volscan profiler 300, Stable Micro Systems, England)를 사용하여 측정하였으며, 식빵 소성→냉각2시간→밀봉포장→12시간 후 비용적 분석을 실시하였다.

(라) 텍스처 분석 : 식빵의 물성 변화는 TA(TA-XT plus, Stable micro systems, England)를 사용하여 TPA법으로 측정하였으며, 식빵 제조 후 밀봉 포장 하여 25°C 실온에 보관하며 제조일로부터 2일에 TA 분석을 실시하였다.



그림. 2-1-68. 버티컬 믹서기와 발효기, 데크오븐

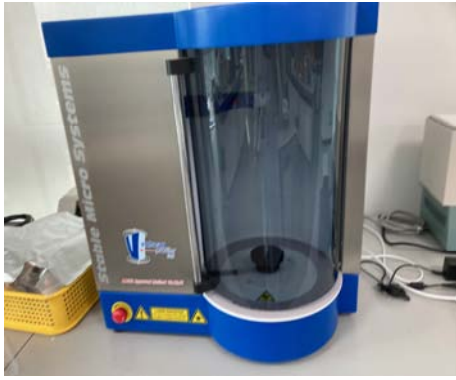


그림. 2-1-69. 3D 스캐너와 Texture Analyzer

(5) 식빵 실험 결과

(가) 제조된 식빵의 비용적을 측정된 결과 그림. 2-1-70과 같이 측정되었다.

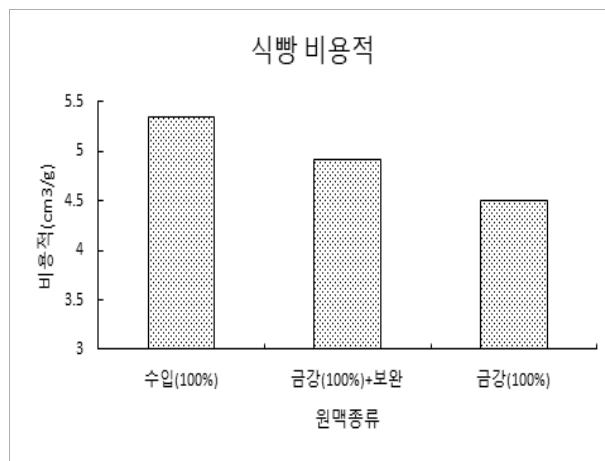





그림. 2-1-70. 식빵의 비용적

표.2-1-51. 식빵 제조 형상

| 구분 | 수입밀 | 금강밀 + 보완원료 | 금강밀 |
|----|---|---|---|
| 외관 |  |  |  |

금강밀과 보완원료 적용시 약 7%의 비용적 증가를 보였다.(금강밀 100% 대비) 부피증가가 미비한 수준으로 수입밀 대비 가스 보유력이 여전히 약한 것으로 판단된다. 보완 원료 중 활성 글루텐 함량이 증가가 필요할 것으로 생각되어진다.

(나) 식빵 텍스처 변화

제조된 식빵을 밀봉 포장 하여 25°C 실온에 보관하며 제조일로부터 2일에 식빵의 경도를 측정된 결과 그림. 2-1-71과 같다.

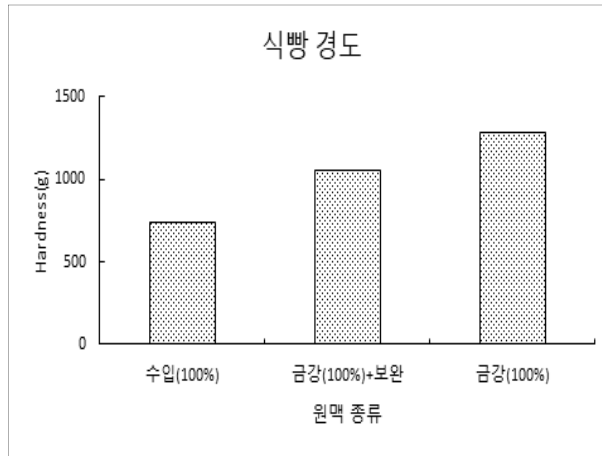


그림. 2-1-71. 식빵 제조 후 경도

금강밀과 보완원료 적용 시 약 17%의 경도 감소를 보였다.(금강밀 100% 대비) 비용적이 약 7% 증가를 하면서 금강밀 100% 대비 부드러운 구조를 나타낸 것으로 보인다. 차후 연구를 통하여 글루텐 품질에 영향을 미치는 글루테닌과 글리아딘 비율 분석을 통하여 수입밀과 국산밀(금강밀)의 제빵 적성 편차를 줄이는 소재 연구가 추가적으로 필요할 것으로 생각되어진다.

2-1-7. 정부비축밀 가공 밀가루 활용한 제면 품질 확인 및 대량생산 연구

가. 비축 국산밀을 활용한 제면 신제품 개발

(1) 실험 재료

본 연구에 사용된 국산밀은 한국농수산물유통공사 2017년 비축 농산물로 농림축산식품부에서 연구용에 한하여 가격이 결정되고, 차후 산업화 시 안정적인 공급 물량이 확보된 금강밀, 조경밀, 수안밀을 사용하여 주관 연구기관인 사조동아원에서 가공한 밀가루를 사용하였다. 대조구로 사용된 수입밀은 2019~2020년 수확된 호주산 ASW로 가공한 밀가루를 사용하였다.

(2) 실험 방법

(가) 품종별 제품 제면 실험

실험용 제면 파일럿으로 조경밀, 금강밀, 수안밀 밀가루로 반죽하고 제면하여 면 가닥을 성형한다.



그림 2-1-72. 제면 파일럿 설비

(나) 각 시제품의 물리적 특성 측정

기계적 특성은 Texture Analyzer (CT310K, BROOKFIELD)를 이용하여 표 2-1-52와 같은 조건으로 측정하였다. 시료는 면을 조리한 다음 체에 받쳐 5초 동안 찬물에 헹구고 물기를 제거한 후 조직감을 측정하였다. 5회 정도 반복 측정하여 경도(hardness), 응집성(cohesiveness), 씹힘성(chewiness)을 평균값으로 나타냈다.



그림 2-1-73. Texture Analyzer

표 2-1-52. Texture Analyzer 측정조건

| | |
|-------------------------|------------------|
| Sample Dimensions | Block |
| Test Type | TPA |
| Target Load | Load 2,000g |
| General Test Parameters | Trigger Load 7 g |

(다) 각 시제품의 색도 측정
 색차계를 사용하여 각 시료별 색도를 분석하였다.



그림. 2-1-74. 색차계

(3) 실험결과
 (가) 국산 밀 3종 제면 테스트 일반 분석 결과

표 2-1-53. 국산밀 3종 제면테스트 결과

| 원맥 품종 | 제품명 | 구분 | | | 분석결과 | | | |
|----------|------------|-----------|-----|------------|---------------------|------------------|--------------------------------------|----------------------------------|
| | | 두께 | 가수율 | 조리 시간 | Cohesiveness (%) | Chewiness (m) | Deformation at hardness (%) | Color |
| 조경밀 | 우리밀 전용분 | | | | 0.59 | 21.6 | 68.1 | L* 70.32 a* -2.21 b* 13.78 |
| 금강밀 | 일 품 우리밀 | 2.7m m | 33% | 끓는 물 8분 | 0.61 | 26 | 63.4 | L* 69.38 a* -0.76 b* 12.98 |
| 수안밀 | 진 품 우리밀 | | | | 0.65 | 23.1 | 62.5 | L* 72.5 a* -1.43 b* 12.33 |

(나) 국산밀 3종 제면 샘플 관능평가 결과

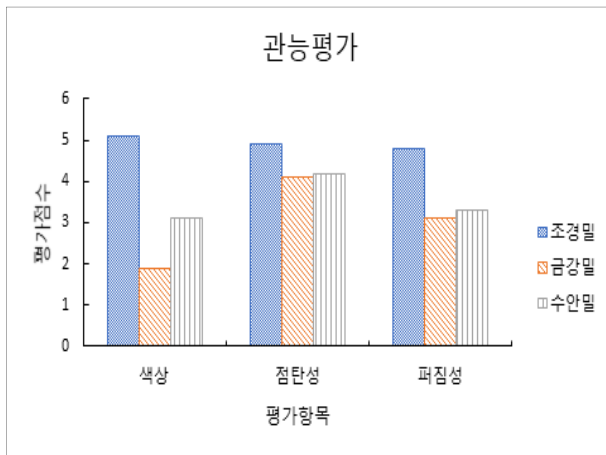


그림. 2-1-75. 제면 관능평가 결과

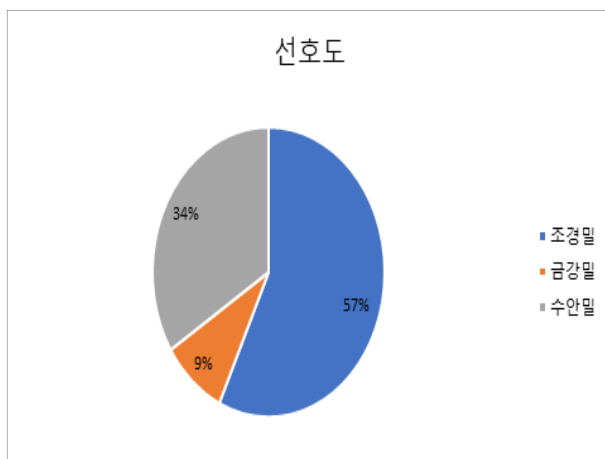


그림. 2-1-76. 제면 선호도 평가 결과

: 조경밀은 금강밀, 수안밀 보다 반죽, 조리 후의 색상이 밝고 물성 및 관능평가에서 좋은 지표를 나타내고 있어 제면 제품의 개발 및 상품화 원료로 선택하였다.

(4) 시제품 생산

(가) 제조공정도(냉동면)

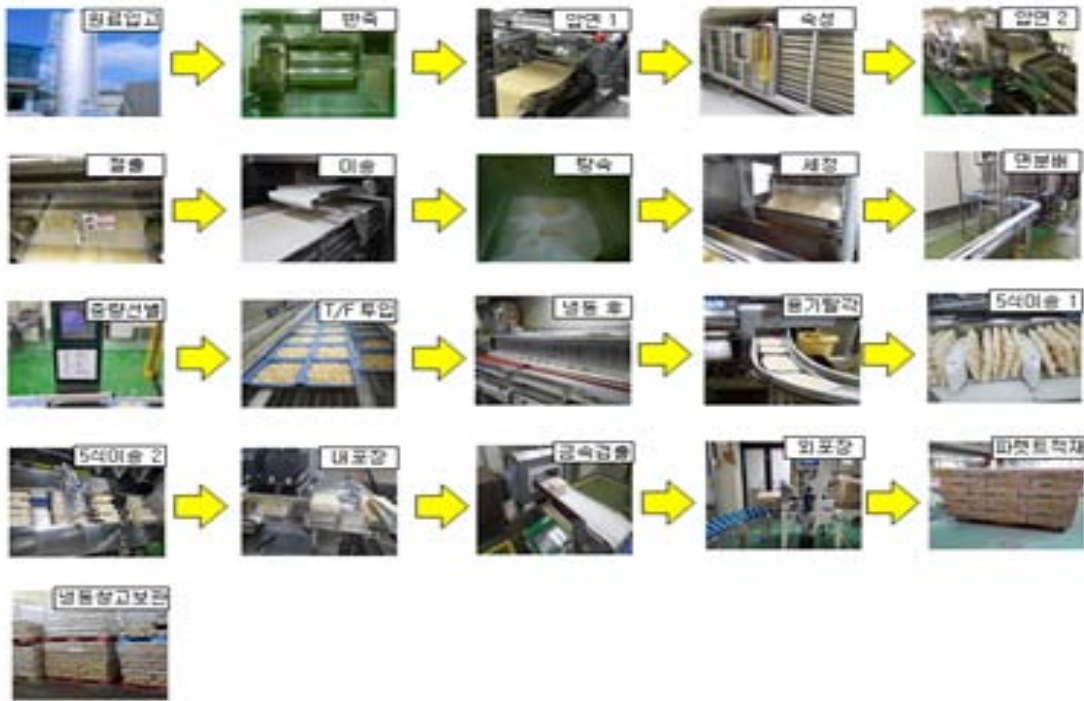


그림 2-1-77. 냉동면 제조공정도

(나) 제조공정도(압출면)

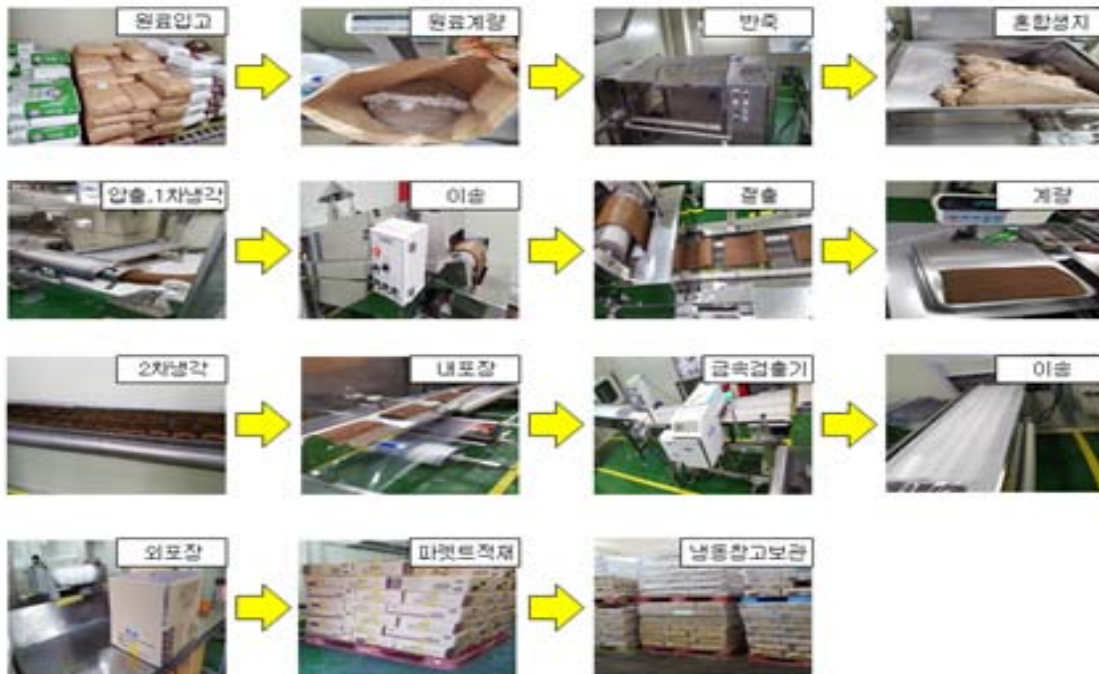


그림 2-1-78. 압출면 제조공정도

(다) 프리미엄 우리밀 냉동우동면 시제품 사진 및 품목제조보고서

등록번호 : 1129-0009-0394-TYJL-N004

식품(식품첨가물) 품목제조보고서

| | | | | |
|------|---|--|-----------|---------------|
| 보고인 | 성명(법인명) | 생원식품(법인명) | | |
| | 주소 | 1975년 05월 10일 | | |
| | 경기도 용인시 처인구 용원로 135(유방동) | 전화번호 031-3352212 | | |
| 영업소 | 대표이사 | 최대준 | | |
| | 주소지 | 010-62711765 | | |
| | 경기도 용인시 처인구 용원로 135(유방동) | | | |
| 제품정보 | 식품의 유형 | 죽면 | 영양분석 항목코드 | 1986034700252 |
| | 제품명 | 프리미엄 우리밀 냉동우동면 | | |
| | 유형기호 | 02조식류(우동) 02 | | |
| | 유통유지기한 | 제조일로부터 30개월 | | |
| | 주요재료 | 국산밀, 국산밀, 국산밀 | | |
| | 제조방법 | 냉동해 가열 | | |
| | 제조장소 | 냉동해 가열 | | |
| | 포장방법 및 포장단위 | 100g~100kg 범위내에서 1g 단위로 포장 | | |
| | 성상 | 국산밀 국산밀을 가하고 이, 이, 이가 없음(2무식면) | | |
| | 품질의 특징 | <ul style="list-style-type: none"> ■ 국산밀, 국산밀 사용 해당 여부 []제 []0나오 []0제외 없음 ■ 02 조식류에 속하지 않음으로 표시 관례하는 식품 해당 여부 []제 []0나오 ■ 02 조식류 - 02 조식류의 해당 여부 []0나오 []0제외 | | |
| 기타 | *식품위생법 제37조제5항 및 같은 법 시행규칙 제45조제1항에 따라 식품(식품첨가물) 품목제조 사항을 보고합니다. 2020년 10월 13일 경기도 용인시장 권역 보고인 인공복 | | | |

등록번호 : 19860347002-552

신고번호 : 19860347002-552

신고일자 : 2020년 10월 14일

본 증명서는 전자신고로 발급되었으며 식품안전정보포털(<http://www.foodsafetykorea.go.kr>) 홈페이지에서 확인할 수 있습니다.



그림 2-1-79. 시제품(국산밀 냉동 우동면)

(라) 프리미엄 우리밀 쫄면 시제품 사진 및 품목제조보고서



등록번호 : 010-7908-0394-273L-3009

식품(식품첨가물) 품목제조보고서

| | | | | |
|------|---|--|-----------|-------------|
| 보고인 | 성명(법인명) | 생원식품(법인명) | | |
| | 주소 | 1975년 05월 10일 | | |
| | 경기도 용인시 처인구 용원로 135(유방동) | 전화번호 031-3352212 | | |
| 영업소 | 대표이사 | 최대준 | | |
| | 주소지 | 010-62711765 | | |
| | 경기도 용인시 처인구 용원로 135(유방동) | | | |
| 제품정보 | 식품의 유형 | 죽면 | 영양분석 항목코드 | 19860347002 |
| | 제품명 | 프리미엄 우리밀 쫄면 | | |
| | 유형기호 | 02조식류(죽면) | | |
| | 유통유지기한 | 제조일로부터 30개월 | | |
| | 주요재료 | 국산밀, 국산밀, 국산밀 | | |
| | 제조방법 | 냉동해 가열 | | |
| | 제조장소 | 냉동해 가열 | | |
| | 포장방법 및 포장단위 | 100g~100kg | | |
| | 성상 | 국산밀 국산밀을 가하고 이, 이, 이가 없음 | | |
| | 품질의 특징 | <ul style="list-style-type: none"> ■ 국산밀, 국산밀 사용 해당 여부 []제 []0나오 []0제외 없음 ■ 02 조식류에 속하지 않음으로 표시 관례하는 식품 해당 여부 []제 []0나오 ■ 02 조식류 - 02 조식류의 해당 여부 []0나오 []0제외 | | |
| 기타 | *식품위생법 제37조제5항 및 같은 법 시행규칙 제45조제1항에 따라 식품(식품첨가물) 품목제조 사항을 보고합니다. 2020년 10월 13일 경기도 용인시장 권역 | | | |

등록번호 : 19860347002-551

신고번호 : 19860347002-551

신고일자 : 2020년 10월 16일

본 증명서는 전자신고로 발급되었으며 식품안전정보포털(<http://www.foodsafetykorea.go.kr>) 홈페이지에서 확인할 수 있습니다.

그림 2-1-80. 시제품(국산밀 쫄면)

나. 비축 국산밀을 활용한 건라면(증숙면) 제품 상업적 생산공정 기준 확립

(1) 실험 재료

가. 항의 연구결과를 통하여 제면 적성에 가장 적합한 조경밀 밀가루를 사조동아원으로부터 제공받아 사용하였다

(2) 사용 원료의 확정

시판 타사 제품 원부재료 비교는 표 2-1-54와 같다. 조사된 원부재료를 바탕으로 밀가루, 변성전분, 글루텐, 정제소금 등을 첨가하여 자사 기준에 적합한 원료 및 배합 비율을 설정하였다.

(3) 공정 중 증숙·건조 조건

라면 제조 시 가장 중요한 공정인 증숙 및 건조 조건을 확립하기 위하여 사전 pilot 실험 이후 대량생산 시험생산을 진행하였다(그림. 2-1-81).



그림. 2-1-81. 라면 증숙·건조 공정

표. 2-1-54. 시판 라면 원부재료

| | A 사 사리면 | B 사 사리면 | C 사 사리면 | 개발제품 |
|-------|-------------------------------|-------------------------------|------------------------------------|---------------|
| 원부재료명 | 1. 소맥분(밀:호주산) | 1. 소맥분(밀:호주산, 미국산) | 1. 소맥분(밀:호주산, 미국산) | 1. 소맥분(밀:국내산) |
| | 2. 변성전분 | 2. 감자전분(독일산) | 2. 변성전분 | 2. 감자전분 |
| | 3. 글루텐(밀:프랑스산) | 3. 변성전분 | 3. 정제염 | 3. 주정 |
| | 4. 정제소금 | 4. 글루텐(호주산) | 4. 식물성크림 | 4. 글루텐 |
| | 5. 주정 | 5. 정제소금 | 5. 면류첨가알칼리제 | 5. 정제소금 |
| | 6. 콜라겐 | 6. 유화유지 (서도비앤아이) | 6. 혼합제제 | 6. 후리물 |
| | 7. 채소조미액 | 7. 표고버섯베이스 | 7. 복합엑상토코페롤 (글리세린, D-토코페롤, 유화제) | 7. 면류첨가알칼리제 |
| | 8. 참기름 | 8. 해바라기혼합유 (코팅용 스프레이 다인소재) | 8. 마리골드색소 | 8. 알긴산프로필렌글리콜 |
| | 9. 혼합제제(탄산칼륨, 탄산나트륨, 피로인산나트륨) | 9. 면류첨가알칼리제 (탄산칼륨, 탄산나트륨) | | 9. 치자황색소 |
| | 10. 알긴산프로필렌글리콜 | 10. 허브추출물 | | |
| | 11. 치자황색소 | 11. 치자황색소 | | |
| | 12. 젤란검 | | | |
| | 13. 허브추출물 : 산화방지제(다인소재) | | | |

최적의 증숙 및 건조 조건 확립을 위한 시험생산 결과는 표 2-1-55와 같았다.

표. 2-1-55. 증숙 및 건조 실험 결과

| 시료번호 | 가수량 (%) | 반죽 수분함량 (%) | 증숙 전 수분함량 (%) | 증숙 시간 | 증숙 후 수분함량 (%) | 증숙 수분증가량 (%) | 건조 조건 | 건조 후 수분함량 (%) | 건조 수분감소량 (%) |
|------|---------|-------------|---------------|---------|---------------|--------------|--------------|---------------|--------------|
| 1 | | | 34.9 | 5m 53s | 37.2 | 2.3 | 80°C 30분 | 25.5 | 11.7 |
| 2 | | 34.6 | 33.9 | 9m 13s | 37.3 | 3.4 | 80°C 30분 | 24.0 | 13.3 |
| 3 | 35 | | 33.8 | 12m 41s | 37.5 | 3.7 | 80°C 30분 | 23.8 | 13.7 |
| 4 | | | 34.4 | 5m 53s | 37.6 | 3.2 | 120°C 30분 | 20.0 | 17.6 |
| 5 | | 35.1 | 33.2 | 5m 53s | 35.7 | 2.5 | 120°C 10분 | 28.7 | 7.0 |

비축 국산 밀에 가수량 35% 기준으로 면을 제조한 다음 증숙 시간을 다르게 하였을 때(1~3번 시료) 증숙 시간이 5분 53초 이상 증숙 시 시료의 증숙 수분 증가량이 1% 이상 증가하였으며, 동일 조건으로 건조 시 약 2% 더 감소한 것으로 나타났다. 이는 증숙 시간이 증가할수록 흡수와 건조가 빠르게 증가하는 것을 나타내며, 빠른 흡수와 건조는 면 표면의 형상을 변화시킬 수 있다. 증숙 시간을 5분 53초로 고정한 다음 건조조건을 다르게 하여 추가 실험으로 비교한 결과(1번, 4번, 5번 시료)

건조 후 수분함량이 25% 이하의 시료는 시료번호 4번이 가장 적합한 것으로 나타났다. 수분함량 25% 이하의 제품의 안정적인 유통을 위한 자체 규격이다. 4번 시료는 건조시간의 증가로 제품 제조 원가가 증가하며, 시료번호 5번 조건으로 생산 시 생산설비 최대 capacity인 시간당 6,000식에 가까운 수량으로 생산이 가능하였다. 따라서 반죽 수분함량을 감소시켜 건조 후 제품의 수분함량을 25%까지 낮추어야 안정적인 유통이 가능할 것으로 판단되었다. 또한 관능평가 상 증속시간은 5분 53초가 적정하였다. 상기 실험조건 중 가수량을 감소하여 반죽 수분함량을 감소시키고, 건조 온도를 150°C로 증가시켜 건조시간을 감소한 다음 건조 시간별 제품의 수분함량 확인하였다(표 2-1-56). 6분 건조 시 7.3%의 수분 감소가 되었으며, 12분 건조 시 12% 수분함량이 감소하였으나, 장시간 건조기에 노출되어 제품의 걸마름 현상이 발생하는 문제가 발생하였다.

표. 2-1-56. 건조시간별 제품 수분함량 확인 실험 결과

| 건조시간 | 가수량(%) | 반죽 수분함량 (%) | 절출 후 수분함량 (%) | 증속 후 수분함량 (%) | 건조 전 수분함량 (%) | 건조 후 수분함량 (%) | 제품 수분함량 (%) |
|------|--------|-------------|---------------|---------------|---------------|---------------|-------------|
| 6분 | 34.2 | 35.0 | 34.5 | 37.1 | 35.3 | 28.0 | 31.9 |
| 12분 | | 34.8 | 34.3 | 35.6 | 36.2 | 24.1 | 22.2 |

제조된 시료의 안전성을 확인하기 위하여 상기 실험조건으로 생산된 제품을 각 10개씩 샘플링 하여 25°C 인큐베이터에 9일간 보관하며 곰팡이 발생 여부를 육안으로 확인하였다. 9일 경과 시 6분 건조제품 10개 시료 중 7개의 샘플에서 곰팡이가 발생 하였고, 12분 건조제품에서는 곰팡이가 발생하지 않았다. 제품의 시간당 생산량은 제조원가에 영향을 주는 인자로 건조시간 단축은 생산성을 향상시킨다. 따라서 6분 이상 12분 이하의 최적 건조시간의 탐색이 필요하여 최적 건조시간 설정 실험을 진행하였다(표. 2-1-57).

표. 2-1-57. 건조시간 증가와 수분함량 변화

| 건조시간 (분) | 0 | 6 | 8 | 10 | 12 | 14 |
|-------------|------|-------|-------|-------|------|-------|
| 건조 후 중량 (g) | 100 | 93.46 | 91.65 | 92.93 | 88.3 | 92.61 |
| 수분함량 (%) | 33.8 | 29.2 | 29.0 | 28.2 | 26.9 | 26.1 |

실험 결과 6분~10분 건조 시 수분함량의 차이가 크지 않았으며 건조시간이 증가할수록 제품 걸마름으로 인한 성상의 변화로 인하여 완제품 품질의 저하가 발생하였으며, 완제품의 수분함량이 25% 이상으로 미생물에 의한 변질이 예상되었다. 따라서 성상변화가 없고 생산성이 높은 6분 건조를 기준으로 주정침지를 통한 살균 공정 연구를 진행하였다.

(4) 주정침지 공정

건조조건이 설정된 완제품 수분함량이 30% 내외로 미생물의 안전성 확보가 어려워 주정처리 공정 기준 확립이 필요하였다. 주정처리 방법은 비살균 식품의 생산에 활용되는 에탄올의 살균효과를 이용한 것으로 주로 미생물의 생장 억제를 목적으로 이용되고 있다. 주정처리는 분무 방식과 침지 방식이 있다. 건라면의 경우 면이 굴곡진 형태로 분무시 주정이 누락되는 가능성이 있어 침지 방식으로 실험을 진행하였다(그림. 2-1-82).



그림. 2-1-82. 주정침지 공정

건조된 라면 40개를 컨베이어체인을 통하여 주정에 침지시킨 후 중량변화는 표 2-1-58과 같다

표. 2-1-58. 주정 침지 전·후 면 중량 변화

| 시료번호 | 침지 전 중량(g) | 침지 후 중량(g) | 중량변화(g) |
|------|------------|------------|---------|
| 1 | 112.5 | 119.5 | 7.0 |
| 2 | 106.5 | 112.5 | 6.0 |
| 3 | 105.5 | 111.5 | 6.0 |
| 4 | 106 | 112 | 6.0 |
| 5 | 101 | 107 | 6.0 |
| 6 | 103.5 | 109 | 5.5 |
| 7 | 102 | 108 | 6.0 |
| 8 | 105 | 111 | 6.0 |
| 9 | 104 | 111.5 | 7.5 |
| 10 | 103 | 109 | 6.0 |
| 11 | 101 | 107.5 | 6.5 |
| 12 | 103.5 | 110.5 | 7.0 |
| 13 | 103 | 108.5 | 5.5 |
| 14 | 111 | 117.5 | 6.5 |
| 15 | 107 | 114 | 7.0 |
| 16 | 103.5 | 110 | 6.5 |
| 17 | 99 | 106 | 7.0 |
| 18 | 103 | 109 | 6.0 |
| 19 | 105 | 111.5 | 6.5 |
| 20 | 108.5 | 116 | 7.5 |
| 21 | 106 | 113 | 7.0 |
| 22 | 103 | 110 | 7.0 |
| 23 | 105 | 111.5 | 6.5 |
| 24 | 99 | 107 | 8.0 |
| 25 | 101 | 109.5 | 8.5 |
| 26 | 103.5 | 110.5 | 7.0 |
| 27 | 107 | 114.5 | 7.5 |
| 28 | 106 | 113 | 7.0 |
| 29 | 105 | 112 | 7.0 |
| 30 | 110.5 | 119 | 8.5 |
| 31 | 108 | 114.5 | 6.5 |
| 32 | 110.5 | 117 | 6.5 |
| 33 | 102 | 109 | 7.0 |
| 34 | 109 | 117.5 | 8.5 |
| 35 | 107.5 | 115.5 | 8.0 |

| | | | |
|------------------|-------------|-------------|-----------|
| 36 | 108.5 | 116 | 7.5 |
| 37 | 99 | 105.5 | 6.5 |
| 38 | 104 | 111.5 | 7.5 |
| 39 | 106.5 | 114 | 7.5 |
| 40 | 104 | 112.5 | 8.5 |
| 평균 ¹⁾ | 104.96±3.31 | 111.86±3.55 | 6.90±0.83 |

¹⁾ Mean±SD

주정 침지 시 라면 1개당 사용되는 주정의 양은 6.9±0.83 g 으로 확인되었다.

주정침지 후 포장한 라면을 실온에서 9일간 보관하며 미생물 검사를 실시하였다. 미생물 실험은 건조필름법으로 실험하였다. 실험결과 일반세균, 대장균, 대장균군, 진균은 모두 발생하지 않았다.

(5) 라면(증숙면) 제조 공정의 확정

실험 결과를 바탕으로 그림. 2-1-83와 같이 제조공정을 확정하였다.



그림. 2-1-83. 증숙면 제조 공정도

(6) 국산 비축밀 활용한 제면 제품의 판매 활성화

개발 제품의 판매 활성화를 위하여 제품 소개서를 작성하여 동성식품의 유통채널에 배포하였다(그림. 2-1-84).

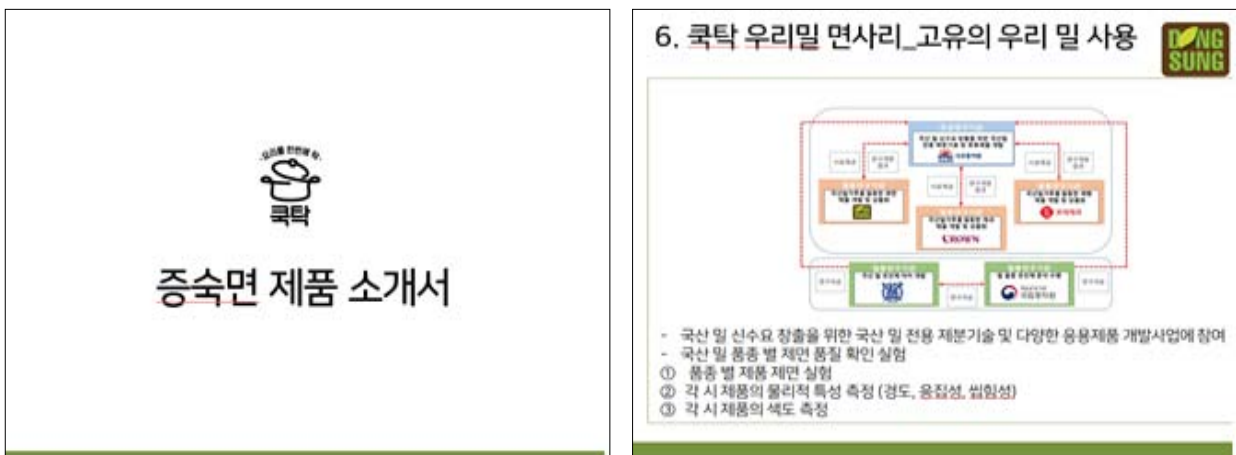




그림. 2-1-84. 증숙면 제조 공정도

동성식품 유통채널에 제품 홍보물과 함께 제품 테스트한 결과 표 2-1-59와 같은 피드백을 확인할 수 있었다. 품질에 긍정적인 평가를 받아 향후 매출액 향상이 기대된다.

표. 2-1-59. 유통채널 제품 품질 평가

| 항 목 | 평 가 내 용 |
|-----------|--|
| 유당면과 비교 시 | 튀기지 않아 맛이 깔끔(국물 고유의 맛을 유지함)하고, 열량이 낮아 건강한 느낌 조리 시 기름 분리 불필요하고, 면이 쉽게 퍼지지 않음 |
| 건면과 비교 시 | 쫄깃하고 탱탱한 식감. 외부 충격에 쉽게 부서지지 않음. 밀가루 냄새가 느껴지지 않음 |
| 생면과 비교 시 | 타분이 없고, 조리시간 짧아 간편함 실온 보관 시 유통기한 6개월 확보로 보관 용이함 |

(7) 비축 국산밀 활용한 밀 제면 제품의 품질 모니터링

현재 동성식품에서 생산되고 있는 주요 제품과 비축 국산밀을 사용한 제품의 품질 비교 모니터링을 지속적으로 실시하고 있다. 2021년 생산된 제품의 품질 자체 모니터링 결과 전체제품을 실온 보관 하며 외관, 관능, 미생물, 수분함량 검사를 진행하고 있으며, 유통기한 경과 제품을 비롯한 모든 제품의 품질 이상은 발견되지 않아 제품이 안정적으로 관리되고 있다.



그림. 2-1-85. 국산 비축밀을 활용한 제면 신제품 출시

2-1-8. 정부 비축 밀 사업화를 위한 연구기관 성과 연계



그림. 2-1-86. 연구기관 성과 연계 순서도

- 협동연구기관인 서울대학교와 국립 종자원의 품종 판별 기술의 보급으로 농가 생산 밀의 품질 안정화로 주관연구기관인 사조동아원에서 일정한 품질의 원료 확보와 함께 2차 가공제품 적용 시 불량률 감소 등으로 가공제품의 품질 안정화에 기여할 것으로 생각되어 짐
- 주관연구기관인 사조동아원은 비축 국산밀을 농수산물유통공사를 통하여 공급받아 제분 제품으로 가공하여 협동연구기관에 판매한다. 현재 기술실시 완료로 제품화를 완료함
- 협동 연구기관인 크라운제과, 롯데제과, 동성식품은 주관연구기관에서 생산한 비축밀 밀가루를 활용한 제과·제빵·제면 제품을 출시한다. 현재 일부 산업화는 완료 하였으며, 향후 영업환경 변화에 따라 추가적인 사업화를 진행할 예정임

2-2. 국산 밀 품종 확인 시험법 개발

2-2-1. 유전체 정보와 NGS 분석기술을 이용한 우리밀 품종의 유전체 서열 비교분석 및 품종 특이 마커 개발

가. 연구 내용

(1) 유전체 정보와 NGS 분석기술을 이용한 국산밀 품종의 유전체 서열 비교분석 및 품종 특이 마커 개발

(가) 국산밀 주요 7품종 선발

- 국립 종자원으로부터 국산밀 35품종의 종자를 분양받아, 이중 주요 7품종(새금강, 백강, 고소, 수안, 백중, 조경, 금강) 간 비교가 가능한 SNP 마커를 개발하기 위해 7개 품종에 대해 Illumina Miseq platform을 이용하여 NGS 분석을 수행하고 각 957 Mb ~ 1.37 Gb의 데이터를 생산하였다 (표2-2-1).

표 2-2-1. 실험에 이용된 35개 국산밀 품종

| 연번 | 품종명 | 영문 약자 | 비고 | 연번 | 품종명 | 영문 약자 | 비고 |
|----|---------|--------|-----------|----|--------|-------|-----------|
| 1 | 태중 | TJ | 품종보호 | 19 | 한백 | HB | 품종보호 |
| 2 | 백찰 | BC | 생판신고 | 20 | 적중 | JJ | 품종보호 |
| 3 | 조중 | JoJ | 품종보호 | 21 | 백중* | BJ | 품종보호, 보급종 |
| 4 | 새금강* | SKK | 품종보호, 보급종 | 22 | 다분 | DB | 품종보호 |
| 5 | 백강* | BK | 품종보호, 보급종 | 23 | 신미찰 1호 | SMC1 | 품종보호 |
| 6 | 조아 | JA | 품종보호 | 24 | 조경* | JK | 품종보호, 보급종 |
| 7 | 중모 2012 | JM2012 | 품종보호 | 25 | 조농 | JN | 품종보호 |
| 8 | 호중 | HJ | 품종보호 | 26 | 신미찰 | SMC | 품종보호 |
| 9 | 중모 2004 | JM2004 | 품종보호 | 27 | 조품 | JP | 품종보호 |
| 10 | 중모 2008 | JM2008 | 품종보호 | 28 | 안백 | AB | 품종보호 |
| 11 | 다중 | DJ | 품종보호 | 29 | 조은 | JE | 품종보호 |
| 12 | 고소* | GS | 품종보호, 보급종 | 30 | 밀성 | MS | 품종보호 |
| 13 | 트랜스 | Trans | 품종보호 | 31 | 진품 | JP | 품종보호 |
| 14 | 중모 2003 | JM2003 | 품종보호 | 32 | 금강* | KK | 품종보호, 보급종 |
| 15 | 수안* | SA | 품종보호, 보급종 | 33 | 고분 | GB | 품종보호 |
| 16 | 청우 | CW | 품종보호 | 34 | 새울 | SO | 품종보호 |
| 17 | 연백 | YB | 품종보호 | 35 | 서둔 | SD | 품종보호 |
| 18 | 수강 | SG | 품종보호 | | | | |

* 국산밀 주요 7품종

(나) 엽록체 유전체 내 변이 분석

- 본 연구실에서 개발한 *de novo* assembly of low-coverage whole-genome sequence (dnaLCW) 방법을 이용하여 7개 주요 품종의 엽록체 서열을 완성하였다. 완성된 7개 품종의 엽록체 서열을 비교 분석하여 변이를 발굴하였다.

(다) 핵 유전체 유래 단일카피 SNP 발굴

- 밀 핵 유전체로부터 국산밀 주요 7개 품종 간 비교가 가능한 SNP를 발굴하기 위해 웹 기반 데이터베이스 'CerealsDB'(<https://www.cerealsdb.uk.net/cerealgenomics/CerealsDB/>)를 이용하였다 (그림 2-1-1).
- 단일카피 SNP를 선별하기 위해 데이터베이스 내 모든 SNP와 해당 SNP의 주변 서열정보를 수집하였다.
- BLAST 프로그램을 이용하여 각 SNP 주변 150bp 서열을 밀 핵 유전체 서열에 비교하고, 단

일차피로 존재하는 SNP들을 선별하였다.

- 국립종자원으로부터 제공받은 국산밀 품종 GBS 데이터를 활용하여 추가 SNP를 탐색하였다.

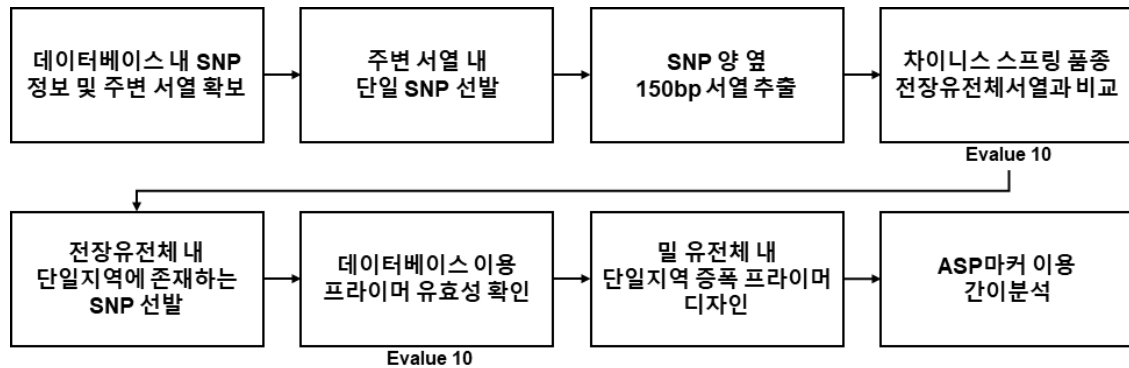


그림 2-2-1. 웹 기반 밀 데이터베이스 'CerealsDB' 이용 SNP 선별 파이프라인

(라) 국산밀 품종 판별 SNP 마커 개발 및 적용

- 엽록체와 핵 유전체로부터 발굴된 후보 SNP들을 검증하기 위해 allele-specific PCR(ASP) 마커로 개발하여 간이분석을 수행하였다.
- 분석에 이용된 국산밀 품종의 DNA는 7개 개체를 pooling하여 추출하였다.
- 간이분석 결과 단일지역에서만 증폭되고 7개 주요 품종 간 다형성을 보이는 SNP에 대해 고효율 유전자형 분석 마커인 TaqMan마커로 개발하였다.
- 개발된 TaqMan마커는 품종보호출원 된 35개 품종에 확대 적용하여 유효성을 검증하였다.

(마) 국산밀 다양성 분석

- TaqMan마커를 통해 얻어진 35개 국산밀 품종의 유전자형과, 데이터베이스 'CerealsDB'에 공개된 외국밀의 유전자형을 이용해 다양성 분석을 수행하였다.

나. 연구 결과

(1) 유전체 정보와 NGS 분석기술을 이용한 우리밀 품종의 유전체 서열 비교분석 및 품종 특이 마커 개발

(가) 국산밀 엽록체 유전체 내 변이 발굴

- 국산밀 7개 주요 품종에 대해 엽록체 서열 완전장을 완성하였다(표 2-2-2, 그림 2-2-2). 7개 주요 품종 모두 1개의 large single copy (LSC)와 small single copy (SSC), 2개의 inverted repeat (IR)으로 구성되었고, LSC 구역에서 크기 차이를 보이는 것을 확인하였다.
- 완성된 7개 주요 품종의 엽록체 유전체를 비교하여 4개의 SNP와 4개의 InDel을 발굴하였다(표 2-2-3).

표 2-2-2. 국산밀 주요 7개 품종 NGS 분석 결과 및 엽록체 유전체 정보

| 품종 | NGS information | | Average coverage (x) | Plastome (bp) | | | | GenBank Acc. No. |
|----|-----------------------|-------------|----------------------|---------------|--------|--------|--------|------------------|
| | Total read bases (bp) | Total reads | | Total | LSC | SSC | IR | |
| 백중 | 957,761,332 | 3,241,732 | 90.4 | 135,909 | 80,014 | 12,791 | 21,552 | MW889054 |
| 백강 | 1,139,847,268 | 3,786,868 | 152.3 | 135,900 | 80,005 | 12,791 | 21,552 | MW889055 |
| 고소 | 1,315,569,262 | 4,370,662 | 231.0 | 135,909 | 80,014 | 12,791 | 21,552 | MW889056 |
| 조경 | 1,134,534,618 | 3,769,218 | 204.1 | 135,900 | 80,005 | 12,791 | 21,552 | MW889057 |
| 금강 | 1,371,467,972 | 4,556,372 | 133.5 | 135,909 | 80,014 | 12,791 | 21,552 | MW889058 |

| | | | | | | | | |
|-----|---------------|-----------|-------|---------|--------|--------|--------|----------|
| 새금강 | 1,191,377,866 | 3,958,066 | 125.1 | 135,909 | 80,014 | 12,791 | 21,552 | MW889059 |
| 수안 | 1,298,377,948 | 4,313,548 | 103.8 | 135,909 | 80,014 | 12,791 | 21,552 | MW889060 |

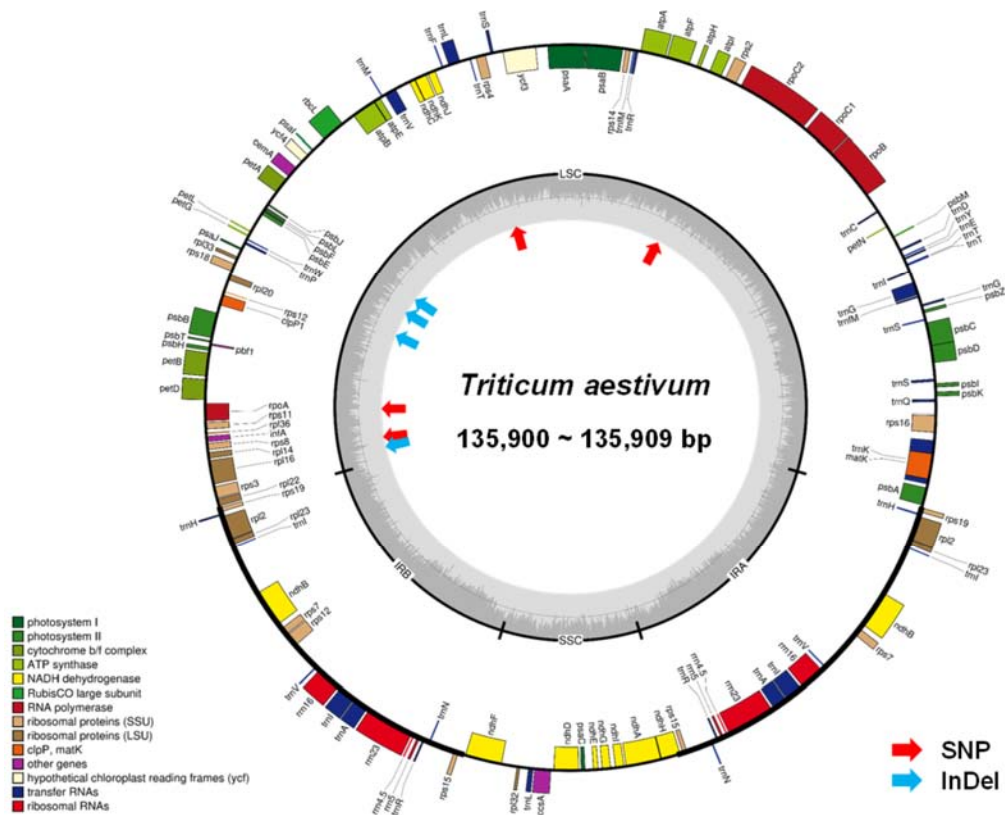


그림 2-2-2. 7개 주요 국산밀 품종의 엽록체 유전체 구조 및 변이 위치

표 2-2-3. 국산밀 주요 7개 품종의 엽록체 유전체 내 변이탐색 결과

| Variant type | Position ^a | 수안 | 백중 | 고소 | 금강 | 새금강 | 조경 | 백강 |
|--------------|-----------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| SNP | 29,539 | T | T | T | T | T | C | C |
| | 46,215 | A | A | A | A | A | T | T |
| | 74,336 | A | A | A | A | A | G | G |
| | 77,287 | T | T | T | T | T | C | C |
| InDel | 60,785 | (T) ₁₆ | (T) ₁₆ | (T) ₁₆ | (T) ₁₆ | (T) ₁₆ | (T) ₁₇ | (T) ₁₇ |
| | 62,666 | (T) ₁₁ | (T) ₁₁ | (T) ₁₁ | (T) ₁₁ | (T) ₁₁ | (T) ₁₂ | (T) ₁₂ |
| | 65,666 | 5x2 | 5x2 | 5x2 | 5x2 | 5x2 | 5x1 | 5x1 |
| | 78,601 | (A) ₁₄ | (A) ₁₄ | (A) ₁₄ | (A) ₁₄ | (A) ₁₄ | (A) ₈ | (A) ₈ |

a 백강 엽록체 유전체 서열 기준.

(나) 핵 유전체 유래 단일카피 SNP 발굴

- 핵 유전체 내 paralogous 서열로 인한 결과해석의 오류를 제외하기 위해 아래와 같은 필터링 과정을 거쳐 907개의 단일카피로 존재하는 SNP를 선별하였다. 그중 55개 SNP에 대해 ASP마커로 제작하여 7개 주요 품종에 대해 간이분석을 수행하였다.

- ① 데이터베이스 내 93,363개 SNP 정보 및 주변 서열 확보
- ② 서열 내 단일로 존재하는 SNP 7,772개 선별
- ③ 7,772개 SNP 주변 150bp 서열 추출
- ④ 밀 레퍼런스 서열과의 비교를 통해 전장유전체 내 단일카피로만 존재하는 907개 SNP 선

발

⑤ 907개 SNP 중 55개를 랜덤으로 선발하여 ASP마커로 제작

(다) 국산밀 품종 판별 SNP 마커 개발 및 적용

- 엽록체에서 발굴한 4개의 SNP와 핵에서 발굴한 907개 중 55개 SNP에 대해 간이분석을 수행하기 위해 ASP마커로 제작하였다.
- 7개 주요 품종을 이용해 간이분석을 수행한 결과, 4개의 엽록체 유전체 유래, 6개의 핵 유전체 유래 SNP에서 단일지역 특이적으로 증폭하며 7개 주요 품종 간 다형성을 보이는 것을 확인하였다(표 2-2-4, 그림 2-2-3).
- whASP018, whASP026 마커에서 조경 품종이 heterogeneous한 유전자형을 보이는 것을 확인하여, 이후 추가 분석을 수행하였다.
- 엽록체 유전체 유래 SNP의 경우, 4개의 SNP가 7개 주요 품종에서 모두 같은 유전자형 패턴을 보이기 때문에 2개를 선발하여 고효율 TaqMan마커로 전환하였다(표 2-2-5).
- 핵 유전체 유래 6개 SNP 모두 TaqMan마커로 전환하였다(표 2-2-5).

표 2-2-4. 제작된 10개의 ASP마커 정보

| Genome | ASP marker ID | Genotype | Forward primer sequence (5'→3') ^a | Reverse primer sequence (5'→3') | Product size (bp) | |
|----------|---------------|-----------------------|--|---------------------------------|----------------------|-----|
| Plastid | whcpASP001 | C | R ^b AAACAATTTTATGAGACATAAGAACGC | ATTGTTCCGAGAGAACCTGTAC | 247 | |
| | | T | A ^c CAAACAATTTTATGAGACATAAGAACGT | | 248 | |
| | whcpASP002 | A | R AGCATATCAAGCTAACTTTATCTTTAAGTA | GATGACCCTCGCATTACAAATG | 222 | |
| | | T | A AGCATATCAAGCTAACTTTATCTTTAAGTT | | 222 | |
| | whcpASP003 | G | R CTGAGTCTGTCTGATATCCAGG | CTCTATGGAGTTAGAGACGCATC | 188 | |
| | | A | A TCTGAGTCTGTCTGATATCCAGA | | 189 | |
| | whcpASP004 | G | R GGGTATCCGTTGTTAAACCTCG | CGAGCTCCACTATTATCTGCTAC | 296 | |
| | | A | A GGGTATCCGTTGTTAAACCTCA | | 296 | |
| | Nuclear | whASP010 | A | R GAACAGGGATCTTGTTTCATATGCA | CTACGGGGAAGCAGATGAGA | 112 |
| | | | G | A GAACAGGGATCTTGTTTCATATGCG | | 112 |
| whASP015 | | C | R ACGCGGAGATAAACGCATCAIAC | CTTGTGCTTCTGGCATTGAATT | 116 | |
| | | T | A ACGCGGAGATAAACGCATCAIAT | | 116 | |
| whASP018 | | A | R CAGCGAACAAGGAAGTTAAACICA | GGAGGGAAATGCAATGGACTAT | 101 | |
| | | G | A CAGCGAACAAGGAAGTTAAACICG | | 101 | |
| whASP019 | | C | R TTCAACAGATGGCTTATAAGGTATCTIAC | GCAGCTTAGGCAAAGTTCAAACT | 144 | |
| | | G | A TTCAACAGATGGCTTATAAGGTATCTIAG | | 144 | |
| whASP026 | | A | R GCCACAGGCTCTTAATAAACAGTIA | GCTATGGTACATCAATCTAGCTACAGT | 176 | |
| | | C | A GCCACAGGCTCTTAATAAACAGTIC | | 176 | |
| whASP034 | G | R TGATCACCTTGACGAGCG | TGCCATTGATAGGGTTCACCT | 173 | | |
| | A | A ATGATCACCTTGACGAGCA | | 174 | | |

a 밑줄이 쳐진 염기서열은 인위적으로 만든 미스매치를 의미함.

b Reference

c Alternative

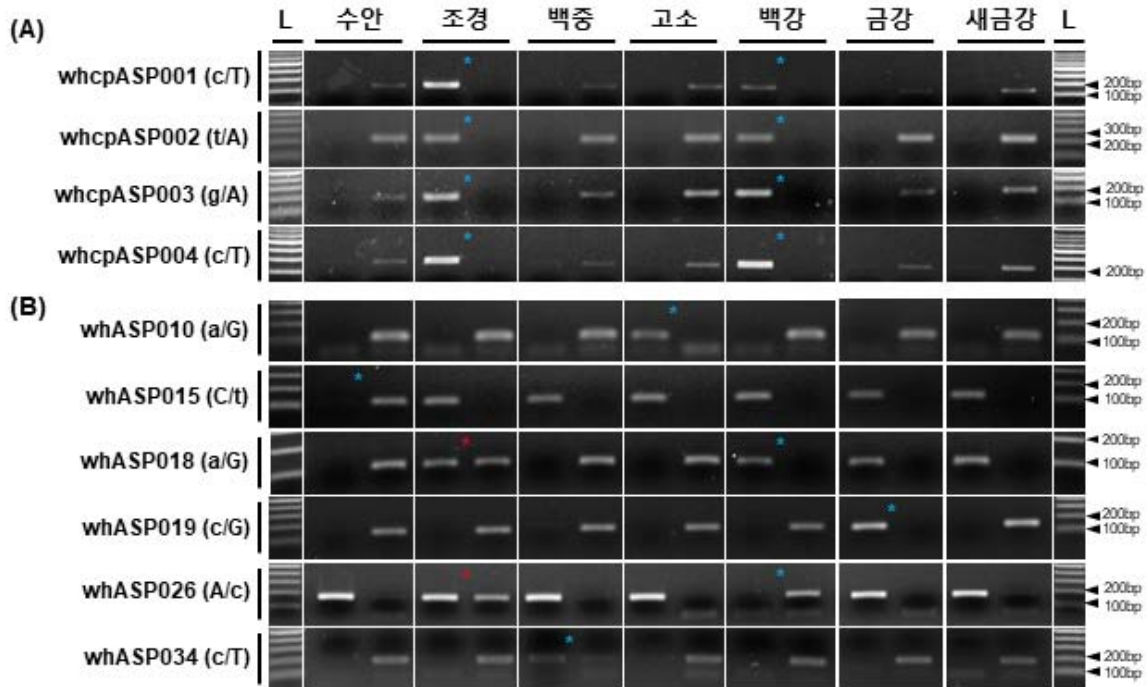


그림 2-2-3. 엽록체(A) 및 핵(B) 유전체 기반 ASP 마커 적용 결과

- 제작된 8개의 TaqMan마커를 35개의 국산밀 품종에 확대 적용한 결과, 8개 마커에서 명확한 유전자형 판별이 가능한 것을 확인하였다(그림 2-2-4, 그림 2-2-5).
- 조경 품종이 heterogeneous한 유전자형을 보였던 ASP마커에 해당하는 whTM001, whTM003 마커에서 여전히 조경 품종이 heterogeneous한 유전자형을 보이는 것을 확인하였다.

표 2-2-5. 제작된 8개의 TaqMan마커 정보

| Genome | TaqMan ID | ASP marker ID | VIC | FAM | Forward Primer Sequence (5'→3') | Reverse Primer Sequence (5'→3') | Reporter Sequence (5'→3') |
|---------|-----------|---------------|-----|---------------------------|----------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|
| Plastid | whTM004 | whcpASP003 | A | G | CTTGATAGTTCCTTCTG AGTCTGTCTGA | TGACAGAGCCCATTTGAT TTCTG | V ATCCACAATCTCTCTT |
| | | | | | | | F ATCCACGATCTCTC |
| Plastid | whTM005 | whcpASP004 | T | C | CAGATACTCCCCCAT TTCATAAA | GGGTCCCCGAATATTG G | V ATACGATCAGGTTTAAC |
| | | | | | | | F TATACGACCAGGTTTAACAA |
| Nuclear | whTM001 | whASP018 | G | A | TGACATTGGCAGCGAA CAAG | TTATGCATGCTCTGTAT GTGTATTGC | V AAGTTAAACACGATGACC |
| | | | | | | | F AAGTTAAACACAATGACC |
| | whTM002 | whASP019 | G | C | GCAAGTTTACGAATCG AGTTCAA | GCAATGCTTCTCTTGCA AAGTT | V ATGGCTTATAAGGTATCTAAGT T |
| | | | | | | | F TGGCTTATAAGGTATCTAACTT |
| | whTM003 | whASP026 | C | A | TCCGTCAAGCCCAAAC CA | ACAGTTTCCGAGGCTA CAACTA | V CTCTTAATAAACAGTACGCC |
| | | | | | | | F CTCTTAATAAACAGTAAGCC |
| | whTM006 | whASP010 | G | A | CATGTCTTTGGTGGTG GAACTAAG | GCTTGGATTCAACGGGA ACA | V ATCTTGTTATATCCGTC A |
| | | | | | | | F ATCTTGTTATATCCATC |
| whTM007 | whASP015 | T | C | CCGTCCGCTGATGCTA GATC | CCACCCACACTCCACA CA | V CGCATCAAATGCTTGA | |
| | | | | | | F CGCATCAAACGCT | |
| whTM008 | whASP034 | T | C | CCAGCAGGAGACGTGA ACTCT | CTGGAGAAGGGTATGT GATGATCA | V CTCCACCATCCTC | |
| | | | | | | F CTCCACCACCTC | |

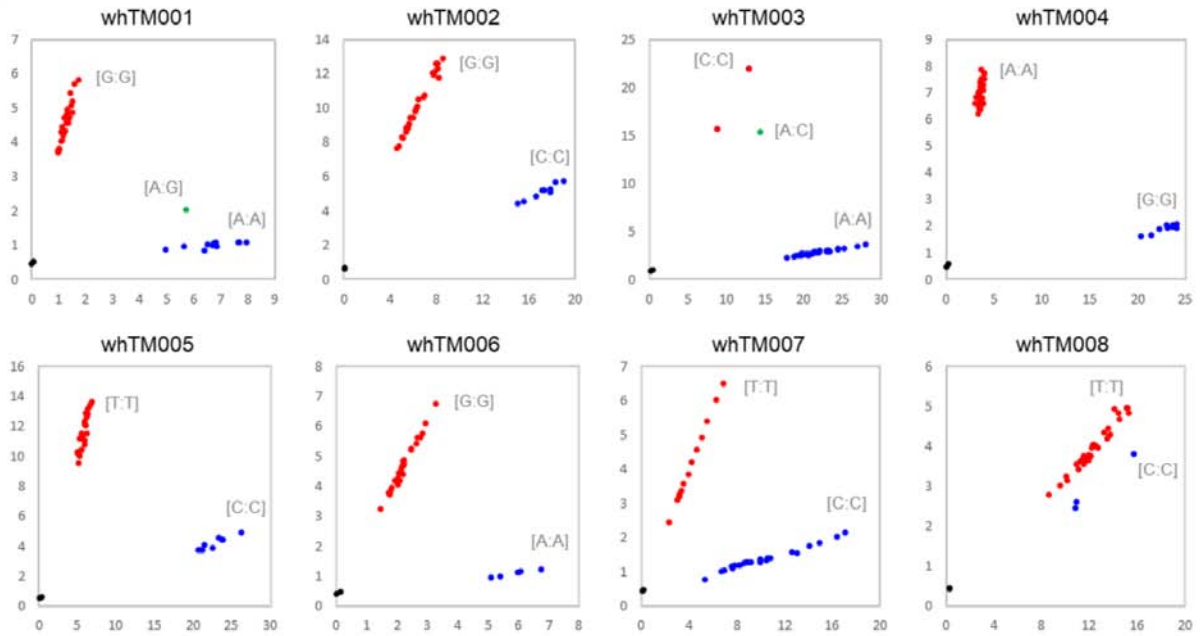


그림 2-2-4. 국산밀 35개 품종에 적용된 8개 TaqMan마커 결과

| 국산밀 명명 | TaqMan marker | | | | | | | |
|--------|---------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | wh TM001 | wh TM002 | wh TM003 | wh TM004 | wh TM005 | wh TM006 | wh TM007 | wh TM008 |
| 보령 | A | C | A | A | T | G | C | T |
| 조아 | A | G | A | A | T | A | C | T |
| 영도2012 | A | G | A | A | T | G | C | T |
| 서문 | A | G | A | A | T | G | C | T |
| 신미합 | A | G | A | A | T | G | C | T |
| 백합 | A | G | A | A | T | G | C | T |
| 진해 | A | G | A | A | T | G | C | T |
| 다부 | G | C | A | A | T | G | C | T |
| 파랑 | G | C | A | A | T | G | C | T |
| 고부 | G | C | A | A | T | G | T | T |
| 조은 | G | C | A | A | T | G | T | T |
| 영도2003 | G | C | A | A | T | G | T | T |
| 청우 | G | C | A | A | T | G | T | T |
| 다행 | G | C | A | A | T | G | T | T |
| 고소 | G | G | A | A | T | A | C | T |
| 연포 | G | G | A | A | T | G | C | C |
| 백령 | G | G | A | A | T | G | C | C |
| 정령 | G | G | A | A | T | G | C | C |
| 신미합1 | G | G | A | A | T | G | C | T |
| 영도2008 | G | G | A | A | T | G | C | T |
| 새금강 | G | G | A | A | T | G | C | T |
| 조령 | G | G | A | A | T | G | T | T |
| 수안 | G | G | A | A | T | G | T | T |
| 트렌스 | G | G | A | A | T | G | T | T |
| 조영 | G | G | A | A | T | G | T | T |
| 안복 | N | G | A | A | T | G | T | T |
| 민성 | A | G | A | G | C | A | C | T |
| 새물 | A | G | A | G | C | A | C | T |
| 백강 | A | G | C | G | C | G | C | T |
| 조영 | H | G | H | G | C | G | C | T |
| 조령 | A | G | C | G | C | G | T | T |
| 태령 | G | C | A | G | C | G | T | T |
| 수강 | G | G | A | G | C | A | C | T |
| 한복 | G | G | A | G | C | A | T | T |
| 영도2004 | G | G | A | G | C | G | C | T |

그림 2-2-5. 8개 TaqMan 마커에 대한 국산밀 35개 품종 유전자형 정보

(라) 국산밀 다양성 분석

- 데이터베이스 'CerealsDB'로부터 발굴한 핵 유전체 유래 SNP 5개에 대한 112개 외국밀의 유전자형 정보를 수집하였다. 외국밀과 국산밀의 whTM001, whTM002, whTM003, whTM006, whTM007 마커에 대한 유전자형을 이용하여 다양성 분석을 수행하였다(그림 2-2-6A).
- 112개 외국밀이 계통수 전반에 골고루 분포해있는 반면, 35개 국산밀 품종은 두 개의 그룹으로 형성되는 제한된 다양성을 보였다. 백강과 조중 품종은 33개의 다른 국산밀 품종으로부터 멀리 떨어져 위치하는 것을 확인하였다.

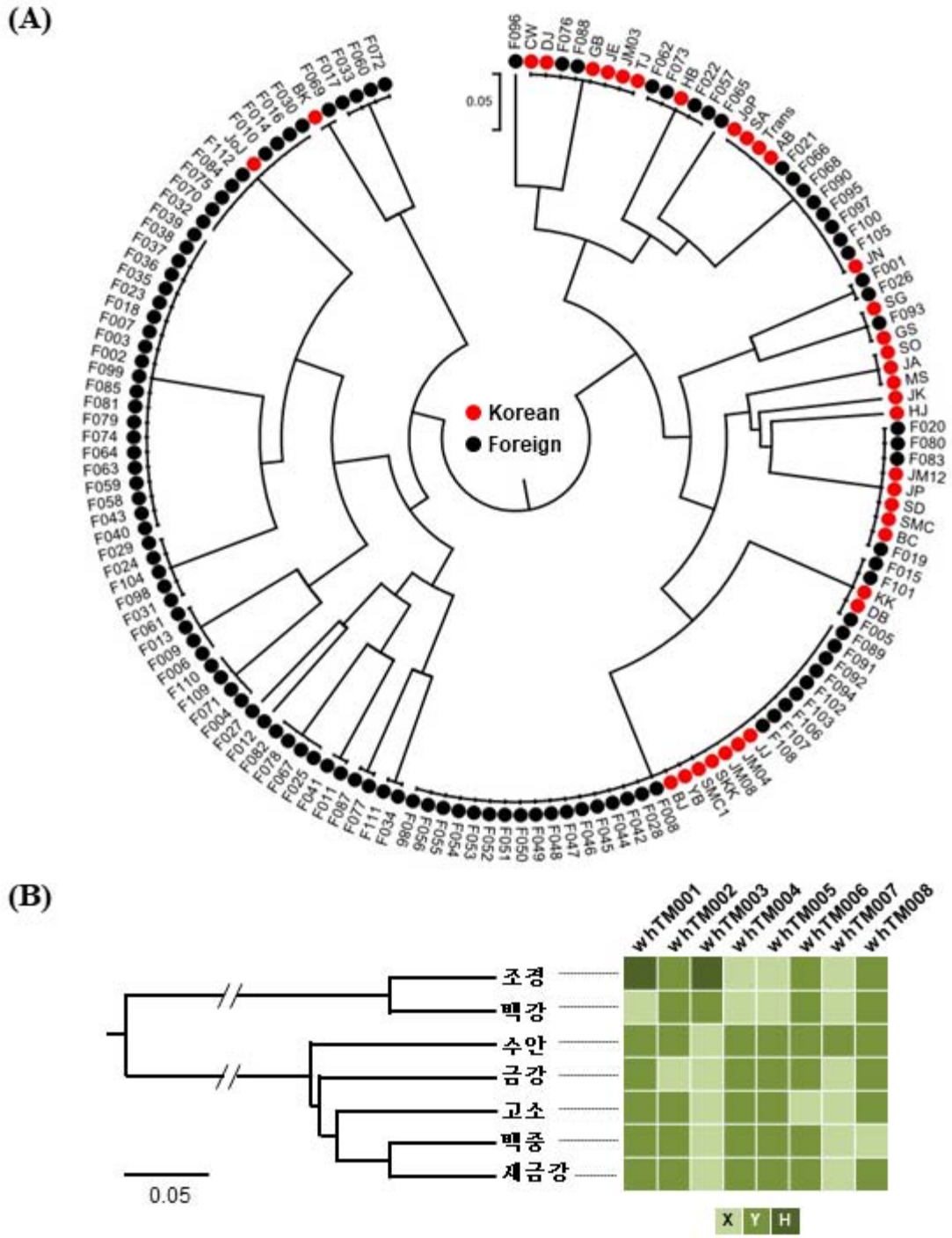


그림 2-2-6. 국산밀 품종의 다양성 확인을 위한 계통수 분석

- 8개 마커에 대한 유전자형을 이용해 7개 주요 국산밀 품종 간의 유연관계를 분석하였다(그림

2-2-6B). 조경, 백강으로 구성된 하나의 그룹과 나머지 5개 품종으로 구성된 나머지 그룹으로, 총 두 개의 그룹으로 나뉘는 것을 확인하였다. 또한, 8개 TaqMan마커를 이용해 7개 주요 품종을 모두 판별할 수 있는 것을 확인하였다.

(마) 국산밀 품종 판별 유효성 검증

- 국립종자원으로부터 제공받은 조경 품종의 7개체를 pooling하여 추출한 DNA에 마커를 적용했을 때, whASP018, whASP026 마커에서 heterogeneous한 유전자형을 보이는 것을 확인하였다.
- 개체 별 유전자형을 확인하기 위해 종자원으로부터 받은 개체 중 8개체의 DNA를 개별적으로 추출하여, heterogeneous한 유전자형을 보였던 두 개의 마커를 적용하였다(그림. 2-2-7A). Pooling한 DNA와 달리 개체별 DNA는 모두 homozygous한 유전자형을 보였고, 이로써 조경 품종의 혼입에 의한 heterogeneity를 추측할 수 있다.
- 종자원 외의 다른 기관의 조경 품종의 상태를 확인하기 위해 고려대학교로부터 조경 품종을 제공받아 약 30개체를 pooling하여 DNA를 추출하였고, whASP026마커를 적용하여 유전자형을 확인하였다(그림 2-2-7B). 고려대에서 보유한 조경 품종 또한 heterogeneity한 것을 확인할 수 있다.
- 본 연구에서 개발된 마커를 이용해 국산밀 품종 간 혼입 여부 확인이 가능하며, 품종의 판별이 가능한 유용한 마커라는 것을 검증하였다.

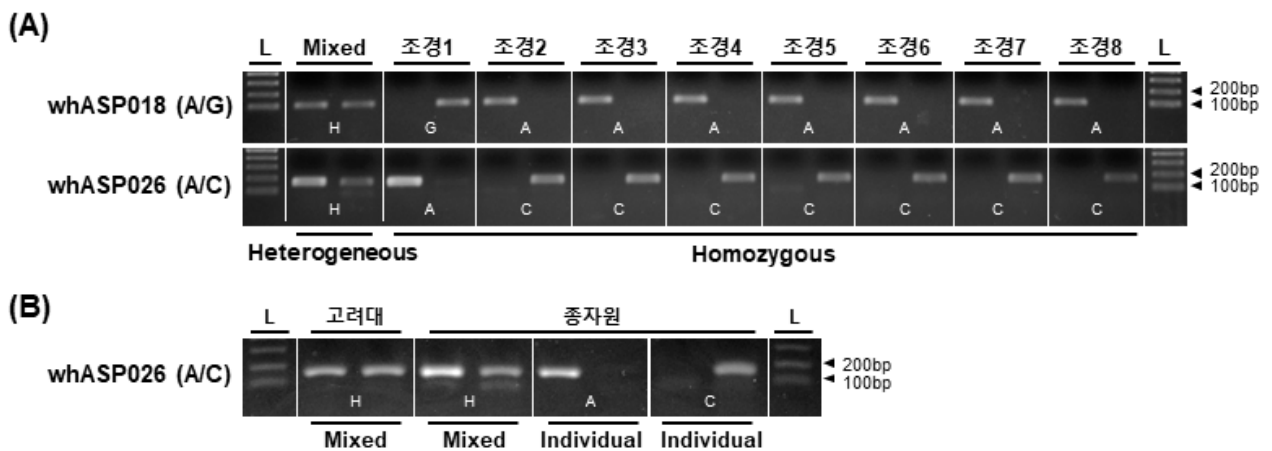


그림 2-2-7. 조경 품종의 heterogeneity 검증

2-2-2. SNP 분자바코드를 이용한 밀 DNA profile database 구축

가. 서론

밀(*Triticum aestivum* L. X=7)은 오래전부터 전 세계인구의 3분의 1 이상이 주식으로 삼았던 중요 작물이나, 밀 계놈은 2018년에서야 해독이 완료되었다. 그 이유는 계놈의 크기가 1.8=1010bp(18Ga) 정도로 사람(3.23Ga), 옥수수(2.3Ga), 벼(0.4Ga)만 비교해도 밀 계놈은 거대한 계놈의 소유자이다. 밀 계놈은 6배체(2N=6X=42,AABBDD)의 염색체를 갖고 있으며 각각의 A·B·D계놈을 갖고 있다.

국제 밀 계놈 시퀀싱 컨소시엄(ISGSC: International Wheat Genome Sequencing Consortium)은 2018년 과학저널 사이언스지를 통해 밀 계놈 지도 완성을 발표했다. 세계 20개국이 참여한 국제공동

연구가 시작된 이후 13년만의 쾌거이다. 밀 게놈 지도에는 밀 염색체 21개와 10만7891개의 유전자를 나타내었다. 또한, 470만 여 유형의 분자표지를 규명했으며, 밀 생육 과정에 큰 영향을 미치는 유전자와 분자표지 간의 정보도 함께 밝혀내는데 성공하였다.

정부는 2020년 기준 1.0% 수준의 밀 자급률을 2025년까지 5%로 높이기 위해 생산단지 확대, 품질 관리제도, 원산지 표시제 등을 도입할 예정이며, 이를 위해 R&D 투자를 강화하는 ‘밀산업 육성법(2020.2.28. 시행) 발표하였다. 밀 종자순도를 높여 고품질 국산 밀 생산을 위해서는 품종식별 가능한 분자표지 개발이 우선되어야 한다. 따라서, 1차년도에는 밀 게놈 서열을 기초로 하여 국내산 밀 34품종(보급종 7품종 포함)을 이용한 GBS(Genotyping By sequencing) 유전체 분석을 실시하였다. 또한, 농촌진흥청에서 분양받은 11개 품종을 추가하여 총 45품종 이용한 품종식별 분자표지를 개발하여 특허 출원하였다. 또한 언론보도를 통하여 국산밀 품종식별법 개발을 홍보하였다.

2차년도 연구에서는 1차년도에서 개발한 분자표지의 출원중 기술이전을 통하여 국산밀 순도분석을 위한 보급종 7종과 국산밀 35종을 분석할 수 있는 2set의 다중분석용 SNP마커 키트를 제작하여 국산밀 육성사업을 위한 종자 순도분석, 품종보호 출원의 신품종 육성가의 권리보호 등에 활용을 하였다. 또한 대량의 시료분석에 적합한 Fluidigm 분석기기를 활용한 고효율·대용량의 밀 순도분석법을 개발하여 특허 출원을 완료한 상태이다. 개발된 분석법은 국산밀 육성법에 따른 밀 생산단지의 품종순도 분석에 활용을 하여 저비용으로 신속하게 품종검정이 가능하도록 지원을 할 예정이다.

나. 재료 및 방법

(1) 공시품종

본 연구를 위하여 ‘20년이후 현재까지 품종보호출원 품종 및 생산판매신고 품종 34종, 농촌진흥청 유전자원센터에서 분양 받은 육성품종 11종 등 총 45품종을 사용하였고 NGS분석을 위하여 34품종을 GBS분석에 활용하였으며, 최종 validation을 위하여 추가로 농촌진흥청에서 분양 11종의 품종을 추가로 사용하였다(표 2-2-6, 그림 2-2-8)

표 2-2-6. 본 연구에 사용된 밀 공시품종(품종보호, 생판신고, 육성품종)

| 연번 | 품종명 | 비고 | 연번 | 품종명 | 비고 |
|----|--------|----------------------|----|-----|-----------------------|
| 1 | 태중 | 품종보호 | 24 | 조경 | 품종보호, 보급종('15, - '20) |
| 2 | 백찰 | 생판신고 | 25 | 조농 | 품종보호 |
| 3 | 조중 | 품종보호 | 26 | 신미찰 | 품종보호 |
| 4 | 새금강 | 품종보호, 보급종('20) | 27 | 조품 | 품종보호 |
| 5 | 백강 | 품종보호, 보급종('20) | 28 | 안백 | 품종보호 |
| 6 | 조아 | 품종보호 | 29 | 조은 | 품종보호 |
| 7 | 중모2012 | 품종보호 | 30 | 밀성 | 품종보호 |
| 8 | 호중 | 품종보호 | 31 | 진품 | 품종보호 |
| 9 | 중모2004 | 품종보호 | 32 | 금강 | 품종보호, 보급종('15, - '20) |
| 10 | 중모2008 | 품종보호 | 33 | 고분 | 품종보호 |
| 11 | 다중 | 품종보호 | 34 | 새울 | 품종보호 |
| 12 | 고소 | 품종보호, 보급종('19) | 35 | 내밀 | 육성품종 |
| 13 | 트랜스 | 품종보호 | 36 | 진광 | 육성품종 |
| 14 | 중모2003 | 품종보호 | 37 | 남광 | 육성품종 |
| 15 | 수안 | 품종보호, 보급종('15, -'17) | 38 | 신광 | 육성품종 |
| 16 | 청우 | 품종보호 | 39 | 그루 | 육성품종 |
| 17 | 연백 | 품종보호 | 40 | 은파 | 육성품종 |
| 18 | 수강 | 품종보호 | 41 | 청계 | 육성품종 |
| 19 | 한백 | 품종보호 | 42 | 올밀 | 육성품종 |

| | | | | | |
|----|-------|--------------------|------|-----|------|
| 20 | 적중 | 품종보호 | 43 | 탑동 | 육성품종 |
| 21 | 백중 | 품종보호, 보급종('15,'16) | 44 | 우리 | 육성품종 |
| 22 | 다분 | 품종보호 | 45 | 올그루 | 육성품종 |
| 23 | 신미찰1호 | 품종보호 | 총 45 | 품종 | |

(2) 품종식별용 SNP마커 개발을 위한 SNP 탐색

밀 34품종 (표 2-2-6)의 GBS는 기존에 알려진 whole genome sequencing을 reference를 참조하여 수행을 하였다(표 2-2-15). GBS분석을 위하여 Barcode sequence를 이용하여 demultiplexing을 수행하고, adapter sequence 제거 및 equence quality trimming을 수행하였다. Adapter trimming은 cutadapt (version 1.8.3) [1] 프로그램을 사용하고, sequence qualitytrimming은 SolexaQA (v.1.13) package [2]의 DynamicTrim과 LengthSort 프로그램을 사용하였다. DynamicTrim은 phred score에 따라 short read의 양쪽 끝의 bad quality base를 잘라내고 양질의 cleaned read로 정제하는 과정을 수행하며, LengthSort는 DynamicTrim에서 너무 많은base가 잘린 read를 제거하는 과정을 수행하였다.

DynamicTrim의 phred score ≥ 20 을, LengthSort 과정은 short read length ≥ 25 bp 사용하였다. 전처리 과정을 통과한 cleaned reads를 BWA (0.6.1-r104) [3] 프로그램을 사용하여 표준유전체에 mapping을 수행함. mapping은 표준유전체와 시퀀싱한 샘플간의 raw SNP (In/Del)을 detection하기 위한 선행 과정으로서 BAM format의 파일을 생성하며, 다음의 옵션 이외에는 기본값을 사용하였다.

- seed length (-l) = 30
- maximum differences in the seed (-k) = 1
- number of threads (-t) = 16
- mismatch penalty (-M) = 6
- gap open penalty (-O) = 15
- gap extension penalty (-E) = 8

Raw SNP detection 및 consensus sequence 추출을 위하여 Clean reads를 표준유전체에 mapping 하여 생성된 BAM format의 파일을 SAMtools (0.1.16)[4] 프로그램을 사용하여 raw SNP (In/Del)을 detection하고, consensus sequence를 추출하였다. 이때, SNP detection 하는 과정 전에 SEEDERS in-house script [5]를 사용하여 SNP validation을 거친 후, raw SNP (In/Del) detection을 수행함. 다음의 옵션 이외에는 기본값을 사용하였다.

- minimum mapping quality for SNPs (-Q) = 30
- minimum mapping quality for gaps (-q) = 15
- minimum read depth (-d) = 3
- maximum read depth (-D) = 80
- min indel score for nearby SNP filtering (-G) = 30
- SNP within INT bp around a gap to be filtered (-w) = 15
- window size for filtering dense SNPs (-W) = 30

분석대상 간의 SNP 비교분석을 수행하기 위해 샘플간 통합 SNP matrix를 작성하고 각 샘플을 표준유전체 서열과 비교하여 얻은 raw SNP position을 후보로 하여 합집합의 리스트를 구축하였다. 이때, 빈 영역(non-SNP loci)은 샘플의 consensus sequence로부터 채워 넣는 filling 과정을 거쳐 matrix를 작성하고 샘플 간의 SNP비교를 통해 mis-calling된 SNP좌를

필터하여 final SNP matrix를 작성하였다. 해당 좌를 기반으로 SNP을 유형 구분 기준에 따라 분류를 하였다.

밀 샘플의 통합 SNP matrix를 사용하여 유연관계 분석을 수행하기에 앞서 아래 표의 조건으로 SNP 필터 과정을 수행하였다(표 2-2-7).

표 2-2-7. 필터링 항목 및 단계별 확보된 SNP

| 필터단계 | 필터항목 | Individuals | SNPs |
|------|--|-------------|-----------|
| 1 | Total SNP matrix | 96 | 1,723,245 |
| 2 | SNP missing data <30% | | 99,063 |
| 3 | Individuals missing data (low genotyping) <40% | 93 | 99,033 |
| 4 | MAF (minor allele frequency) >5% | | 67,443 |
| 5 | Chromosome 1 to 7 of A, B and D subgenome | | 66,200 |
| 6 | 5000 SNP random sampling (3 회 수행) | | 5,000 |

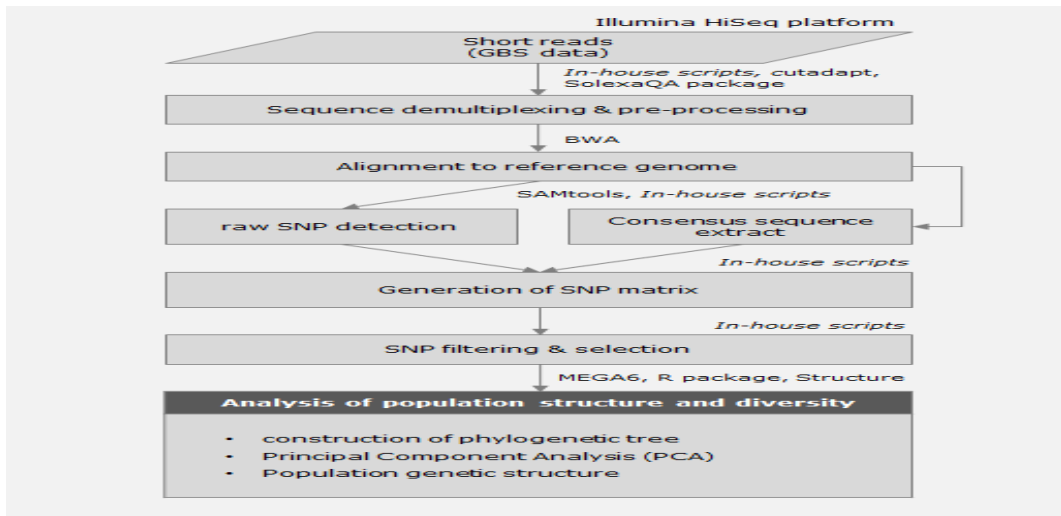


그림 2-2-8. Genotyping by sequencing 분석방법 모식도

표 2-2-8. 밀 Reference genome 염기서열

| Chr# | Chromosome Length (bp) | No. of Gene | Gene Length (bp) | No. of mRNA | mRNALength (bp) | CDS length(bp) |
|-------|------------------------|-------------|------------------|-------------|-----------------|----------------|
| chr1A | 594,102,056 | 4,461 | 13,871,010 | 5,509 | 7,499,908 | 7,132,506 |
| chr1B | 689,851,870 | 4,816 | 15,300,202 | 5,938 | 8,340,748 | 7,957,762 |
| chr1D | 495,453,186 | 4,549 | 13,758,221 | 5,653 | 7,904,453 | 7,520,649 |
| chr2A | 780,798,557 | 5,939 | 18,170,830 | 7,359 | 10,294,062 | 9,780,669 |
| chr2B | 801,256,715 | 6,302 | 19,709,696 | 7,753 | 11,044,916 | 10,540,646 |
| chr2D | 651,852,609 | 6,018 | 18,204,463 | 7,429 | 10,651,881 | 10,127,213 |
| chr3A | 750,843,639 | 5,397 | 16,444,654 | 6,836 | 9,358,137 | 8,943,963 |
| chr3B | 830,829,764 | 6,129 | 18,674,713 | 7,602 | 10,509,695 | 10,037,277 |
| chr3D | 615,552,423 | 5,458 | 16,769,855 | 7,029 | 10,014,352 | 9,489,639 |
| chr4A | 744,588,157 | 4,999 | 15,878,736 | 6,219 | 8,679,075 | 8,264,142 |
| chr4B | 673,617,499 | 3,995 | 13,156,112 | 5,065 | 7,174,702 | 6,841,505 |
| chr4D | 509,857,067 | 3,664 | 11,889,639 | 4,739 | 6,744,657 | 6,442,101 |

| | | | | | | |
|-------|----------------|---------|-------------|---------|-------------|-------------|
| chr5A | 709,773,743 | 5,589 | 16,571,556 | 6,811 | 9,092,798 | 8,643,686 |
| chr5B | 713,149,757 | 5,734 | 17,878,870 | 7,066 | 9,954,131 | 9,459,702 |
| chr5D | 566,080,677 | 5,698 | 17,091,941 | 7,040 | 9,933,928 | 9,413,889 |
| chr6A | 618,079,260 | 4,217 | 12,907,856 | 5,168 | 7,085,554 | 6,713,787 |
| chr6B | 720,988,478 | 4,739 | 15,159,277 | 5,792 | 8,081,830 | 7,715,211 |
| chr6D | 473,592,718 | 4,081 | 12,806,597 | 5,063 | 7,204,404 | 6,842,892 |
| chr7A | 736,706,236 | 5,700 | 17,156,609 | 6,894 | 9,314,022 | 8,858,523 |
| chr7B | 750,620,385 | 5,023 | 16,123,468 | 6,247 | 8,795,783 | 8,339,091 |
| chr7D | 638,686,055 | 5,553 | 16,572,203 | 6,801 | 9,549,142 | 9,033,021 |
| chrUn | 480,980,714 | 2,729 | 5,487,053 | 3,043 | 3,529,157 | 3,332,394 |
| Total | 14,547,261,565 | 110,790 | 339,583,561 | 137,056 | 190,757,335 | 181,430,268 |

GBS 수행은 Illumina HiSeq 2500 sequencing 플랫폼을 사용하였으며 paired-end로 염기 서열 분석을 하였고 No. of demultiplexed reads는 약 745백만 염기이며 약 95%를 나타내었다 (표 2-2-9).

표 2-2-9. Sequencing raw data 정리

| Short read file | No. of barcode | No. of sample | No. of reads | Avg. length (bp) | Total length (bp) | No. of demultiplexed reads (%) |
|------------------------|----------------|---------------|---------------|------------------|-------------------|--------------------------------|
| wheat-GBS2_1.fastq | | | 391,674,913 | 151 | 59,142,911,863 | 745,919,094 (95.22%) |
| wheat-GBS2_2.fastq | | | 391,674,913 | 151 | 59,142,911,863 | |
| wheat-GBS2_2nd_1.fastq | 96 | 96 | 390,215,908 | 151 | 58,922,602,108 | 735,363,592 (94.23%) |
| wheat-GBS2_2nd_2.fastq | | | 390,215,908 | 151 | 58,922,602,108 | |
| Total | 96 | 96 | 1,563,781,642 | | 236,131,027,942 | |

분석된 염기서열의 reference genome에 Alignment는 Demultiplexing과 sequence quality trimming을 통해 확보된 각 샘플의 clean reads를 reference genome에 mapping하고 통계치를 추출하였으며 (그림 2-2-9), GBS로 생산된 read들이 reference genome에 균일하게 분포하는지를 확인하기 위해 임의의 시료(태중)를 선정하여 분포도를 확인하였다(그림 2-2-10).

| AVG | | 7.715,014 | 1,154,067,112 | 7,016,435 | 782,440,340 | 112.04 | 90.81% | 7,016,435 | 6,520,379 | 93.01% | 338,678 | 8.81 | 5.67 | 60,762,801 | 176.51 | 0.4177% | |
|-----------|-----------|---------------|--------------------|-------------------------|--------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------------------|--------------------|--------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------|
| SUM | | 1,481,282,686 | 223,673,685,596 | 1,347,153,518 | 150,228,545,209 | | | 1,347,153,518 | 1,251,912,800 | | 65,026,748 | | | 11,666,474,983 | | | |
| Q.085 no. | 1.BarCode | 2.Sample name | 3.Sum of raw reads | 4.Total length of raw n | 5.Sum of trimmed n | 6.Total length of trimmed reads (bp) | 7.Avg. length of trimmed reads (bp) | 8.Trimmed (Raw, %) | 9.Sum of trimmed n | 10.No. of mapped n | 11.Percent of mapped reads (%) | 12.No. of mapped n | 13.Avg. depth of mapped region | 14.median depth of mapped n (#) | 15.Total length of mapped region (b) | 16.Avg. length of mapped region (l) | 17.Reference Genome coverage |
| BS, 1 | CTCC | 1-1 | 7,313,610 | 1,104,355,110 | 6,380,476 | 751,547,716 | 117.62 | 87.36% | 6,380,476 | 6,027,151 | 94.31% | 331,993 | 7.67 | 5.31 | 64,036,728 | 195.61 | 0.4464% |
| BS, 1 | TGCA | 1-2 | 9,180,052 | 1,387,546,852 | 8,214,840 | 920,053,537 | 113.01 | 89.40% | 8,214,840 | 7,669,959 | 93.25% | 300,273 | 9.55 | 5.07 | 72,706,602 | 186.31 | 0.4989% |
| BS, 1 | ACTA | 2-1 | 5,611,636 | 847,387,236 | 5,018,516 | 564,438,234 | 112.47 | 89.49% | 5,018,516 | 4,788,886 | 95.38% | 281,869 | 7.91 | 5.58 | 50,425,178 | 178.01 | 0.3466% |
| BS, 1 | CAGA | 2-2 | 4,200,034 | 635,700,034 | 3,726,316 | 431,372,962 | 116.42 | 88.91% | 3,726,316 | 3,498,541 | 94.14% | 211,540 | 6.65 | 5.01 | 30,655,714 | 187.45 | 0.2726% |
| BS, 1 | AACF | 3-1 | 8,693,050 | 1,307,348,450 | 7,777,036 | 876,890,236 | 112.75 | 89.85% | 7,777,036 | 7,294,123 | 93.79% | 441,108 | 7.79 | 5.43 | 79,684,400 | 180.65 | 0.5478% |
| BS, 1 | GCCT | 3-2 | 7,690,172 | 1,156,534,072 | 6,882,538 | 786,465,259 | 114.27 | 89.86% | 6,882,538 | 6,391,799 | 92.87% | 381,117 | 7.70 | 5.38 | 60,707,051 | 182.01 | 0.4702% |
| BS, 1 | CGAT | 4-1 | 6,221,036 | 929,512,336 | 5,352,172 | 630,735,140 | 117.85 | 86.02% | 5,352,172 | 5,102,884 | 95.34% | 288,429 | 6.70 | 5.01 | 56,738,123 | 196.78 | 0.3902% |
| BS, 1 | GTAA | 4-2 | 6,365,534 | 961,719,634 | 5,714,882 | 646,050,825 | 113.05 | 89.78% | 5,714,882 | 5,464,299 | 95.62% | 325,772 | 7.03 | 5.52 | 58,328,410 | 179.32 | 0.4076% |
| BS, 1 | AGGC | 4-3 | 9,740,654 | 1,470,838,754 | 8,662,322 | 986,656,777 | 113.01 | 88.93% | 8,662,322 | 8,067,717 | 93.14% | 437,562 | 8.58 | 5.61 | 82,620,126 | 188.84 | 0.5983% |
| BS, 1 | GATC | 4-4 | 5,971,468 | 901,691,668 | 5,373,868 | 607,073,781 | 112.07 | 89.89% | 5,373,868 | 5,085,101 | 94.61% | 304,656 | 7.85 | 5.51 | 54,209,736 | 178.23 | 0.3733% |
| BS, 1 | TCAC | 4-5 | 7,414,404 | 1,119,588,914 | 6,698,610 | 753,413,401 | 112.98 | 90.94% | 6,698,610 | 6,377,572 | 95.34% | 370,933 | 8.17 | 5.54 | 66,034,540 | 180.61 | 0.4801% |
| BS, 1 | TGCGA | 5-1 | 4,808,046 | 730,740,846 | 4,403,704 | 495,400,073 | 112.52 | 90.89% | 4,403,704 | 4,138,303 | 93.99% | 290,006 | 7.38 | 5.37 | 45,134,348 | 174.21 | 0.3103% |
| BS, 1 | CGCTT | 5-2 | 2,421,636 | 365,667,036 | 2,093,738 | 245,623,711 | 117.31 | 86.46% | 2,093,738 | 1,971,854 | 94.18% | 112,016 | 5.31 | 4.12 | 20,181,340 | 181.16 | 0.1387% |
| BS, 1 | TCACC | 5-3 | 11,530,110 | 1,741,046,610 | 10,332,658 | 1,167,270,056 | 112.07 | 89.61% | 10,332,658 | 9,777,172 | 94.62% | 409,656 | 9.42 | 5.84 | 94,274,658 | 188.68 | 0.6481% |
| BS, 1 | CTAGC | 5-4 | 4,381,570 | 662,825,070 | 3,854,760 | 451,466,501 | 117.12 | 87.82% | 3,854,760 | 3,592,787 | 93.20% | 218,481 | 6.53 | 4.92 | 41,229,220 | 188.71 | 0.2834% |
| BS, 1 | ACAAA | 5-5 | 7,676,444 | 1,191,143,044 | 6,875,628 | 774,423,456 | 112.63 | 89.57% | 6,875,628 | 6,528,666 | 94.95% | 388,340 | 7.84 | 5.44 | 69,027,761 | 180.08 | 0.4807% |
| BS, 1 | TCTC | 6-1 | 6,803,306 | 1,038,846,206 | 6,090,468 | 686,570,895 | 112.56 | 89.69% | 6,090,468 | 5,794,610 | 94.31% | 336,579 | 8.08 | 5.61 | 60,652,488 | 180.21 | 0.4769% |
| BS, 1 | AGCCC | 6-2 | 10,966,388 | 1,655,034,588 | 9,783,250 | 1,104,664,723 | 112.07 | 89.21% | 9,783,250 | 9,342,389 | 91.41% | 460,462 | 9.26 | 5.81 | 86,552,888 | 187.07 | 0.5959% |
| BS, 1 | GTATT | 7-1 | 8,441,646 | 1,274,688,546 | 7,598,586 | 854,209,026 | 112.42 | 90.01% | 7,598,586 | 7,138,762 | 93.92% | 415,408 | 8.08 | 5.53 | 75,540,785 | 181.87 | 0.5192% |

그림 2-2-9. 밀 시료별 mapping 통계치

Trimming 과정을 거쳐 확보된 reads를 reference genome에 mapping을 수행한 결과, read들이 reference genome에 균일하게 분포됨을 확인하였다(그림 2-2-9).

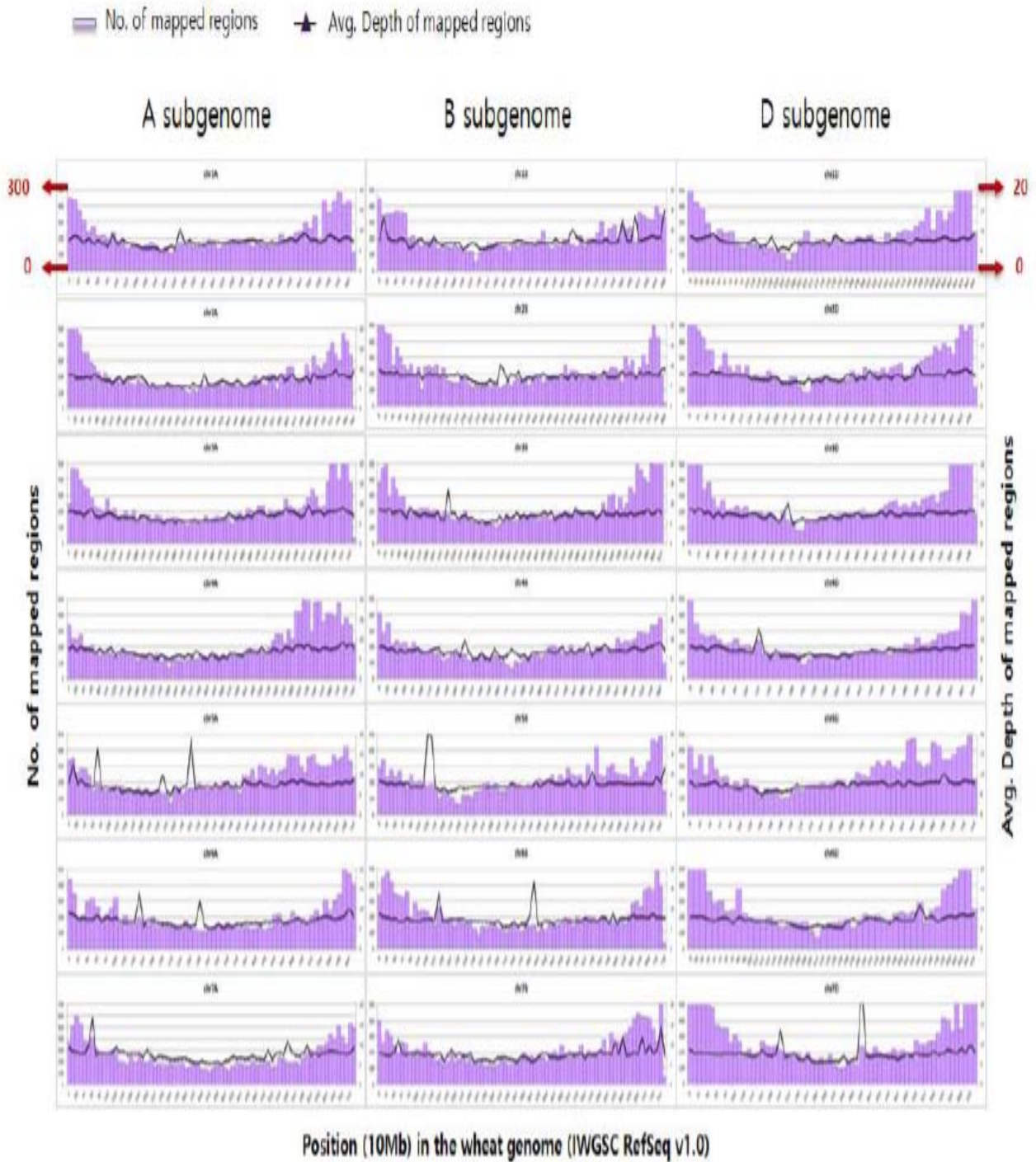


그림 2-2-10. 태중 품종의 Mappedread distribution

각 샘플의 raw SNP를 이용하여 샘플 간의 통한 SNP matrix를 작성하고, 필터 기준을 통과한 SNP 들을 homozygous/heterozygous/Etc 유형으로 구분한 결과 homozygous 수가 많음을 알 수 있었다(표 2-2-10).

표 2-2-10. 시료별 homozygous와 heterozygous SNP

| Sample | No. of Total SNP | No. of homozygous SNP (read depth \geq 90%) | No. of heterozygous SNP (40% \leq read depth \leq 60%) | No. of Etc. SNP (homo/heterozygous로 구분할 수 없는 경우) |
|--------|------------------|---|--|--|
| 1-1 | 109,973 | 92,296 | 6,336 | 11,341 |
| 1-2 | 113,258 | 95,207 | 6,251 | 11,800 |
| 2-1 | 72,018 | 59,800 | 4,253 | 7,965 |
| 2-2 | 62,447 | 51,666 | 3,791 | 6,990 |
| 3-1 | 120,792 | 99,389 | 7,346 | 14,057 |
| 3-2 | 108,346 | 89,405 | 6,526 | 12,415 |
| 4-1 | 90,490 | 75,347 | 5,439 | 9,704 |
| 4-2 | 84,913 | 70,629 | 4,903 | 9,381 |
| 4-3 | 121,969 | 100,720 | 7,265 | 13,984 |
| 4-4 | 78,821 | 65,720 | 4,658 | 8,443 |
| 4-5 | 97,580 | 80,813 | 5,966 | 10,801 |
| 5-1 | 69,806 | 58,110 | 3,925 | 7,771 |
| 5-2 | 41,565 | 34,385 | 2,753 | 4,427 |
| 5-3 | 142,981 | 118,874 | 8,274 | 15,833 |
| 5-4 | 71,697 | 59,680 | 4,182 | 7,835 |
| 5-5 | 109,885 | 90,992 | 6,578 | 12,315 |
| 6-1 | 86,471 | 71,243 | 5,336 | 9,892 |
| 6-2 | 123,515 | 101,646 | 7,584 | 14,285 |
| 7-1 | 100,846 | 82,225 | 6,573 | 12,048 |
| 7-2 | 112,876 | 92,845 | 7,161 | 12,870 |
| 8-1 | 95,180 | 76,898 | 6,296 | 11,986 |
| 8-2 | 88,767 | 71,544 | 5,931 | 11,292 |
| 9-1 | 88,354 | 73,622 | 5,237 | 9,495 |
| 9-2 | 95,261 | 79,358 | 5,464 | 10,439 |
| 10-1 | 246,291 | 198,795 | 15,573 | 31,923 |
| 10-2 | 99,295 | 80,582 | 6,677 | 12,036 |
| 11-1 | 95,820 | 78,956 | 5,909 | 10,955 |
| 11-2 | 133,699 | 109,272 | 8,369 | 16,058 |
| 12-1 | 125,368 | 102,741 | 7,685 | 14,942 |
| 12-2 | 90,322 | 74,200 | 5,517 | 10,605 |
| 12-3 | 53,597 | 44,330 | 3,225 | 6,042 |
| 12-4 | 171,248 | 140,155 | 10,123 | 20,970 |
| 13-1 | 99,175 | 83,733 | 5,353 | 10,089 |
| 13-2 | 92,198 | 77,237 | 5,166 | 9,795 |
| 14-1 | 84,531 | 70,217 | 5,006 | 9,308 |
| 14-2 | 149,281 | 122,968 | 9,089 | 17,224 |
| 15-1 | 107,821 | 88,413 | 6,783 | 12,625 |
| 15-2 | 179,306 | 146,599 | 10,997 | 21,710 |
| 15-3 | 90,981 | 74,972 | 5,692 | 10,317 |
| 15-4 | 107,140 | 88,476 | 6,595 | 12,069 |
| 15-5 | 97,399 | 80,249 | 6,084 | 11,066 |
| 16-1 | 72,425 | 59,888 | 4,249 | 8,288 |
| 16-2 | 133,460 | 109,377 | 8,376 | 15,707 |
| 17-1 | 192,721 | 157,766 | 11,958 | 22,997 |
| 17-2 | 87,991 | 72,161 | 5,654 | 10,176 |

| | | | | |
|------|---------|---------|--------|--------|
| 18-1 | 90,099 | 75,238 | 5,180 | 9,681 |
| 18-2 | 111,836 | 93,595 | 6,390 | 11,851 |
| 19-1 | 35,160 | 28,659 | 2,344 | 4,157 |
| 19-2 | 68,123 | 56,305 | 4,197 | 7,621 |
| 20-1 | 87,050 | 71,929 | 5,208 | 9,913 |
| 20-2 | 121,105 | 99,446 | 7,605 | 14,054 |
| 21-1 | 1,201 | 1,054 | 54 | 93 |
| 21-2 | 106,838 | 87,907 | 6,641 | 12,290 |
| 21-3 | 60,234 | 49,987 | 3,519 | 6,728 |
| 21-4 | 85,667 | 70,349 | 5,340 | 9,978 |
| 21-5 | 67,313 | 55,367 | 4,220 | 7,726 |
| 22-1 | 51,486 | 41,923 | 3,454 | 6,109 |
| 22-2 | 92,522 | 74,675 | 6,138 | 11,709 |
| 23-1 | 45,177 | 36,479 | 2,962 | 5,736 |
| 23-2 | 38,288 | 30,860 | 2,517 | 4,911 |
| 24-1 | 114,329 | 94,637 | 6,925 | 12,767 |
| 24-2 | 99,684 | 82,564 | 5,861 | 11,259 |
| 24-3 | 75,088 | 62,097 | 4,501 | 8,490 |
| 24-4 | 90,029 | 74,891 | 5,253 | 9,885 |
| 24-5 | 98,548 | 81,369 | 5,998 | 11,181 |
| 25-1 | 91,759 | 75,137 | 5,643 | 10,979 |
| 25-2 | 93,635 | 76,429 | 6,136 | 11,070 |
| 26-1 | 53,432 | 43,589 | 3,482 | 6,361 |
| 26-2 | 7,001 | 5,870 | 445 | 686 |
| 27-1 | 31,197 | 25,276 | 2,121 | 3,800 |
| 27-2 | 29,357 | 23,560 | 2,121 | 3,676 |
| 28-1 | 50,125 | 41,731 | 3,001 | 5,393 |
| 28-2 | 68,237 | 56,647 | 4,104 | 7,486 |
| 29-1 | 39,205 | 31,670 | 2,659 | 4,876 |
| 29-2 | 74,468 | 60,984 | 4,817 | 8,667 |
| 30-1 | 115,383 | 94,004 | 7,363 | 14,016 |
| 30-2 | 141,420 | 114,226 | 9,235 | 17,959 |
| 31-1 | 95,462 | 79,553 | 5,592 | 10,317 |
| 31-2 | 131,039 | 108,616 | 7,604 | 14,819 |
| 32-1 | 45,675 | 36,744 | 3,024 | 5,907 |
| 32-2 | 54,850 | 44,021 | 3,680 | 7,149 |
| 33-1 | 90,900 | 73,388 | 6,064 | 11,448 |
| 33-2 | 13,643 | 10,852 | 1,007 | 1,784 |
| 34-1 | 37,191 | 30,026 | 2,529 | 4,636 |
| 34-2 | 35,789 | 28,931 | 2,323 | 4,535 |
| 35-1 | 135,087 | 111,933 | 8,021 | 15,133 |
| 35-2 | 169,772 | 140,392 | 10,081 | 19,299 |
| 35-3 | 92,503 | 76,936 | 5,477 | 10,090 |
| 35-4 | 83,012 | 69,055 | 5,180 | 8,777 |
| 35-5 | 30,798 | 25,542 | 1,844 | 3,412 |
| 36-1 | 29,891 | 24,247 | 2,052 | 3,592 |
| 36-2 | 55,697 | 45,416 | 3,513 | 6,768 |
| 37-1 | 34,419 | 27,780 | 2,263 | 4,376 |
| 37-2 | 65,395 | 52,569 | 4,376 | 8,450 |
| 38-1 | 97,645 | 79,614 | 6,235 | 11,796 |
| 38-2 | 107,362 | 86,738 | 6,970 | 13,654 |

샘플의 통합 SNP matrix를 사용하여 유연관계 분석 수행에 앞서 SNP 필터 과정을 수행하였고, 전체 SNP matrix 1,723,245 중 filtered 66,200 SNP에 대한 염색체 분포도를 얻을 수 있었다(그림 2-2-11).

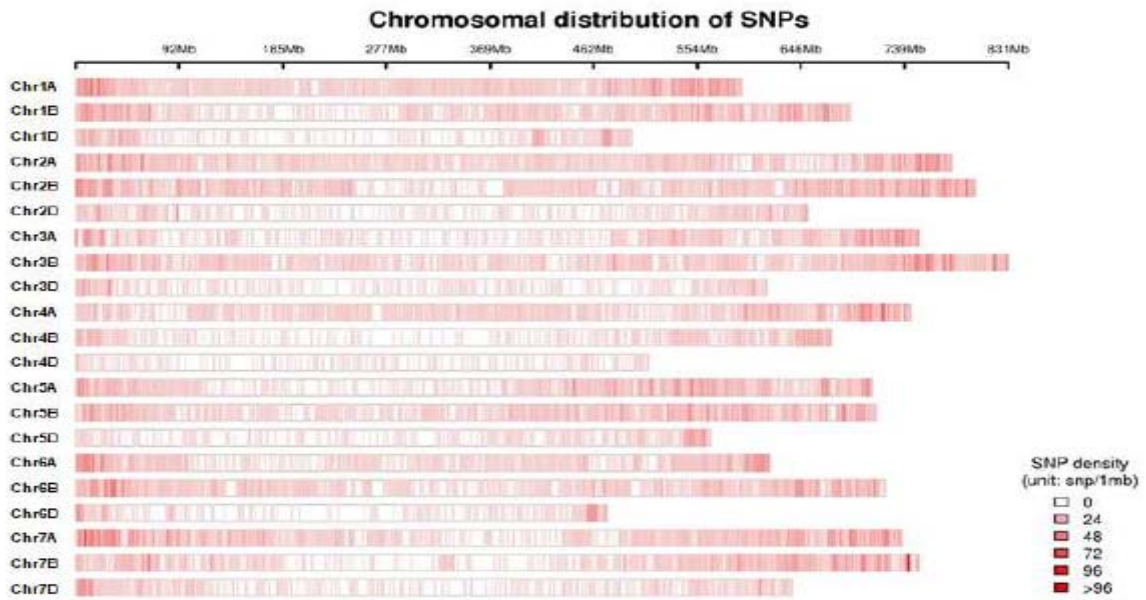


그림 2-2-11. 밀 66,200개의 SNP를 이용한 염색체별 SNP density

GBS를 분석을 통하여 최종 발굴한 SNP 66,200 loci를 이용하여 품종별 유전적 연관관계를 확인하고자 하였다. 그 결과, 34품종간의 다양한 유전적 유사도가 나타남을 확인하였으며, 5-24번, 17-20-21번이 매우 유사함을 알 수 있었다(그림 2-2-12, 그림 2-2-13).

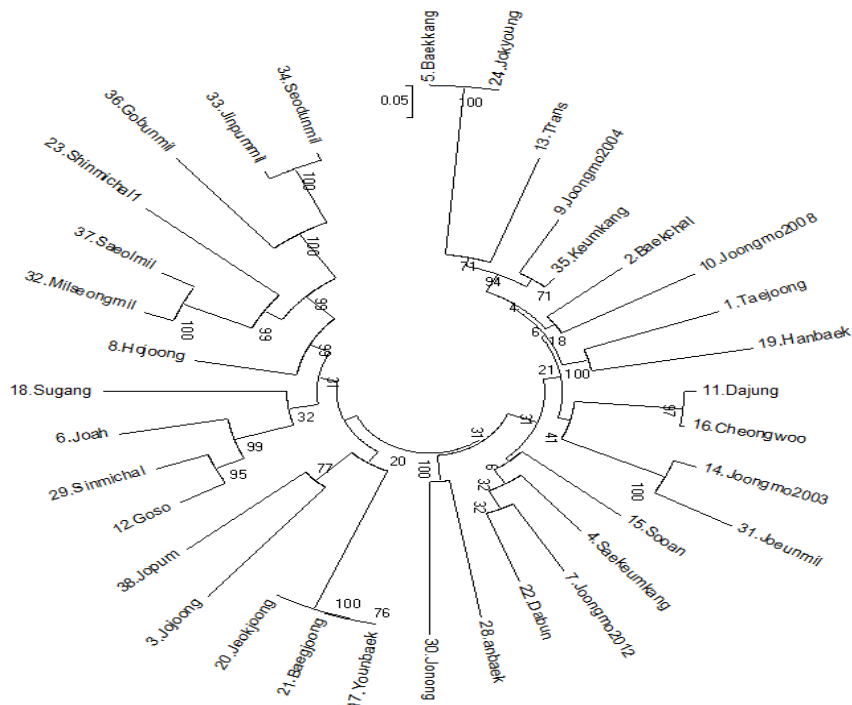


그림 2-2-12. 밀 34품종의 SNP 66,200 loci를 이용한 phylogenetic tree

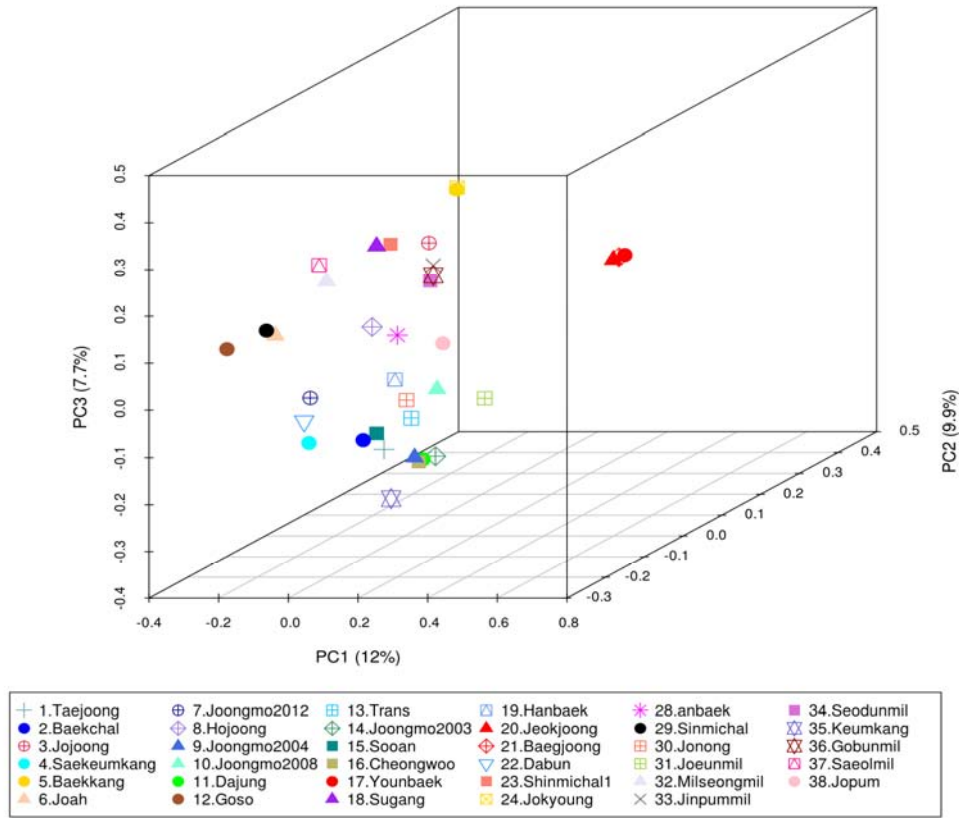


그림 2-2-13. 밀 샘플의 SNP 66,200 loci를 이용한 PCA 결과

Population genetic structure 분석을 위하여 Filtered SNP 66,200 loci에서 분석에 이용 가능한 수준의 SNP 5,000좌를 random selection 3회 수행하였다. 적정 K value (population)를 찾기 위해 여러 K값으로 반복 수행하면서 delta-Kmethod (an ad hoc quantity (ΔK) described by Evanno et al. 2005.)를 통해 적정 K value를 계산하였다. 분석 결과 모두 반복성 있는 결과를 얻는지 확인하고 structure 반복 수행 횟수는 10회로 설정하여 분석하였다 (그림 2-2-14).

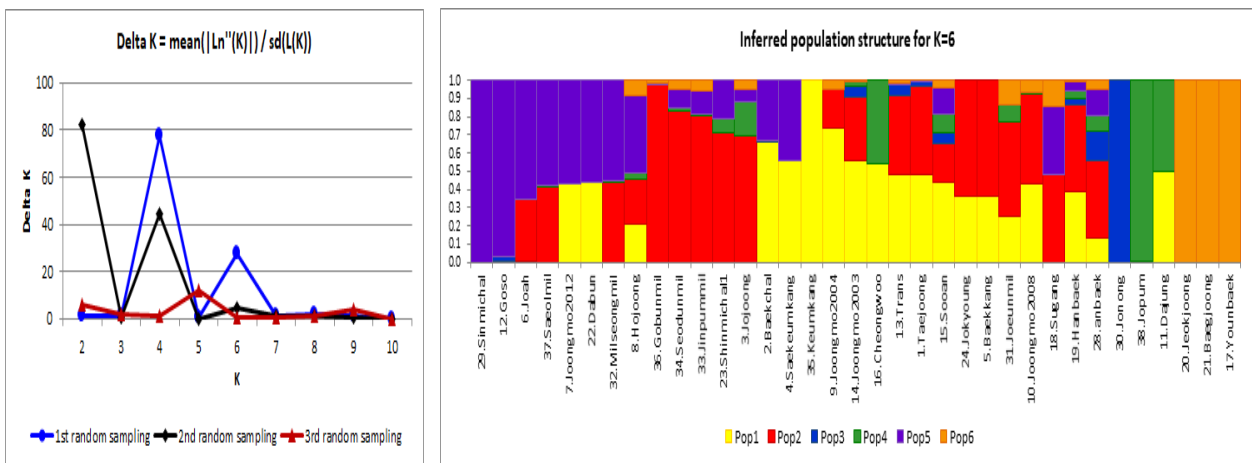


그림 2-2-14. SNP 5,000개를 이용한 population structure (K=6)

밀 34품종의 SNP matrix 84,743 loci를 대상으로 품종 식별용 분자표지 세트 탐색을 위한 필터를 수행하였다. 이 때, A, B, D subgenome 상에 같은 위치에 존재하는 SNP를 우선 확보한 후, 같은 위치에서 염기서열이 동일한 공통 SNP를 최종선발하여 품종 식별용 분자표지 세트에 이용하였다.(표 2-2-11)

표 2-2-11. 주요 품종별 필터된 SNP 내역

| 필터 단계 | 필터 항목 | 백강/조경 | 연백/조경/백강 |
|-------|--|-------|-----------------|
| 1 | Polymorphic SNP | 8 | 148 |
| 2 | Chromosome 1 to 7 of A, B and D subgenome | 8 | 145 |
| 3 | A, B, D subgenome 상 같은 위치에 존재하는 SNP* ¹ 선발 | 0 | 7* ³ |
| 4 | A, B, D subgenome 상 같은 위치에서의 공통 SNP* ² 선발 | 0 | 2* ⁴ |

*1) A, B, D subgenome 상 같은 위치에 존재하는 SNP: Flanking sequence 150bp를 게놈 서열에 blast하여 A, B, D subgenome에서 각각 한 번씩만 alignment (필터기준: identity≥90%, query coverage≥50%) 하는 영역 내에 위치하는 SNP좌를 의미함

*2) A, B, D subgenome 상 같은 위치에서의 공통 SNP: A, B, D subgenome에서 각각 한 번씩만 alignment하는 영역 내에 위치하는 SNP를 대상으로 A, B, D subgenome의 같은 위치에서 염기서열이 모두 동일한 SNP좌를 의미함

*3) A, B, D subgenome 상 같은 위치에 존재하는 SNP 7개 좌

*4) A, B, D subgenome 상 같은 위치에서의 공통 SNP로 선발된 2개 좌

다. 연구수행 결과

(1) 공시품종가. 품종식별용 SNP마커 개발 및 품종식별능 확인

밀 34품종의 SNP matrix 84,743 loci를 대상으로 품종 식별용 분자표지 세트 탐색을 위한 필터를 수행하였다. 이 때, A, B, D subgenome 상에 같은 위치에 존재하는 SNP를 우선 확보한 후, 같은 위치에서 염기서열이 동일한 공통 SNP를 최종선발하여 품종 식별용 분자표지 세트에 이용하였다. SNP유전자 후보군에서 품종식별을 위한 유전자형변이(SNP) 26개의 위치를 선별하여 SNP분자 표지 후보군을 디자인하고, 최종적으로 품종별 유전자형 분석 결과 품종식별에 활용이 가능한 핵심 SNP분자표지 10개를 개발하였다. 개발된 10개의 SNP분자표지는 국산밀 45품종(품종보호등록 34품종, 일반육성 11품종)에 대한 품종간 유전적 연관관계 분석(Phylogenic tree 작성)을 NTSYSp2.10b 프로그램을 사용하여 1-Jaccard similarity coefficient를 활용하여 유전적 유사도 분석에서 45품종 식별 가능함을 확인하였다(그림 2-2-21)

* Jaccard distance (d_J):
$$d_J = \frac{M_{01} + M_{10}}{M_{01} + M_{10} + M_{11}} = 1 - J.$$

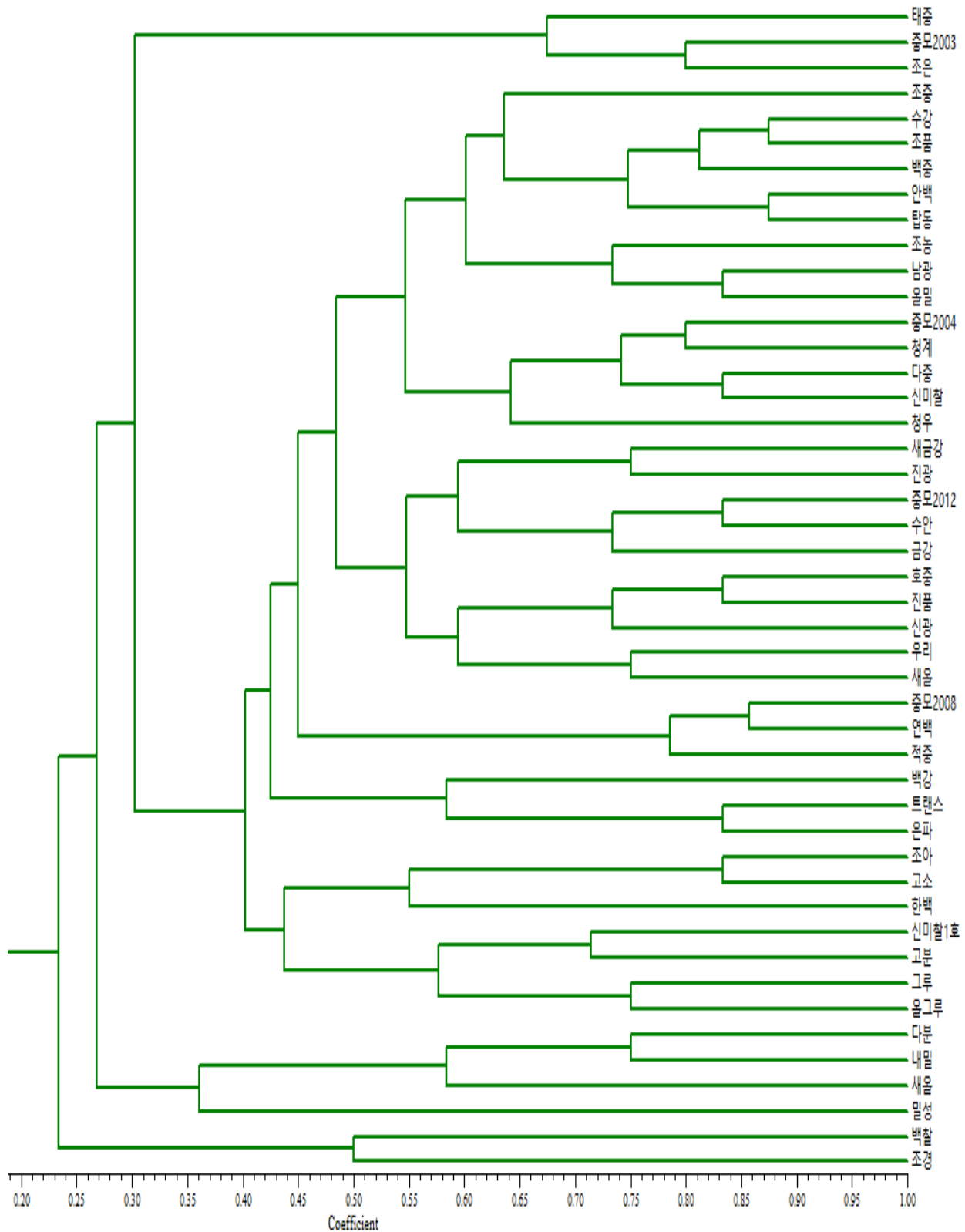


그림 2-2-15. 핵심 SNP 분자표지 10개를 이용한 45품종 품종식별

개발된 마커 10종에 대한 GENEALLEX분석 결과 Shannon's Information Index는 0.224 - 0.691의 결과를 보였으며, PCA분석 결과도 표 2-2-12, 그림 2-2-16에 제시를 하였다.

표 2-2-12. 개발된 분자표지 10종에 대한 GENEALEX분석 결과

| Locus | Band Freq. | p | q | N | Na | Ne | I | He | UHe |
|-------------|------------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Wheatsom 1 | 0.543 | 0.324 | 0.676 | 35.000 | 2.000 | 1.779 | 0.630 | 0.438 | 0.444 |
| Wheatsom 2 | 0.457 | 0.263 | 0.737 | 35.000 | 2.000 | 1.634 | 0.576 | 0.388 | 0.393 |
| Wheatsom 3 | 0.371 | 0.207 | 0.793 | 35.000 | 2.000 | 1.489 | 0.510 | 0.329 | 0.333 |
| Wheatsom 4 | 0.371 | 0.207 | 0.793 | 35.000 | 2.000 | 1.489 | 0.510 | 0.329 | 0.333 |
| Wheatsom 5 | 0.714 | 0.465 | 0.535 | 35.000 | 2.000 | 1.991 | 0.691 | 0.498 | 0.505 |
| Wheatsom 6 | 0.657 | 0.414 | 0.586 | 35.000 | 2.000 | 1.943 | 0.678 | 0.485 | 0.492 |
| Wheatsom 7 | 0.543 | 0.324 | 0.676 | 35.000 | 2.000 | 1.779 | 0.630 | 0.438 | 0.444 |
| Wheatsom 8 | 0.114 | 0.059 | 0.941 | 35.000 | 2.000 | 1.125 | 0.224 | 0.111 | 0.112 |
| Wheatsom 9 | 0.486 | 0.283 | 0.717 | 35.000 | 2.000 | 1.683 | 0.596 | 0.406 | 0.412 |
| Wheatsom 10 | 0.971 | 0.831 | 0.169 | 35.000 | 2.000 | 1.391 | 0.454 | 0.281 | 0.285 |

Na = No. of Different Alleles

Ne = No. of Effective Alleles = $1 / (p^2 + q^2)$

I = Shannon's Information Index = $-1 * (p * \ln(p) + q * \ln(q))$

He = Expected Heterozygosity = $2 * p * q$

UHe = Unbiased Expected Heterozygosity = $(2N / (2N-1)) * He$

Where for Diploid Binary data and assuming Hardy-Weinberg Equilibrium, $q = (1 - \text{Band Freq.})^{0.5}$ and $p = 1 - q$.

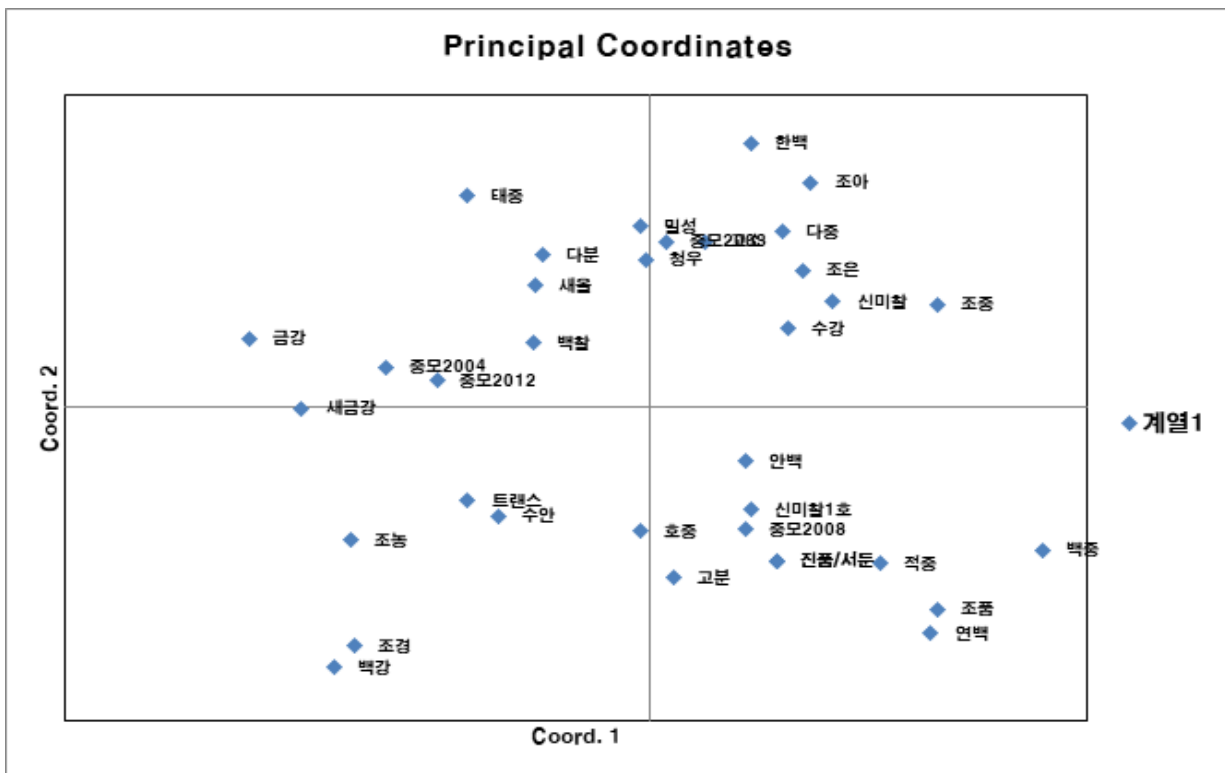


그림 2-2-16. 국산밀 35종에 대한 PCA분석 결과

품종식별용 총 10개의 SNP 분자표지는 9개 SNP 및 1개 InDel로 구성되어 있다. SNP는 단일 SNP 9개이며, InDel은 Wheat_DSom5마커에서 8개의 염기서열(GCATTAG)의 삽입 및 결실의 변이를 이용하였다. PCR반응의 신뢰성 확보를 위하여 내재유전자(Internal STD)로 곡류의 CCS(Cereal Centromeric Sequece)유전자 마커를 제작하여 분석에 활용하였다(표 2-2-13). 우선적으로 보급종 7품종을 대상으로 검증 결과 10개 분자표지로 품종식별이 가능함을 확인하였다.

표 2-2-13. 품종식별을 위한 SNP 분자표지

| 번호 | 마커명 | Forward | Size (bp) | Amplicon size | Annealing Temp | Genotype | 새금량 | 백량 | 고소 | 수안 | 백중 | 조정 | 금량 |
|----|--------------|------------------------------|-----------|---------------|----------------|----------|-----|----|----|----|----|----|----|
| 1 | Wheat_DSom1 | AGCGATTCAGCGGGATAGCC | 20 | 291 | 60 | C/T | | | | | | | |
| | | TAAACTGCAGCTTCCACAAGAAGG | 25 | | | | | | | | | | |
| 2 | Wheat_DSom2 | TCGTACTIONTCTGATTGGTTGTGTGTG | 29 | 165 | 60 | G/C | | | | | | | |
| | | TGACGCCGAACCTGTCCAAG | 20 | | | | | | | | | | |
| 3 | Wheat_DSom3 | CGGTCGCGGAGTGAAGTTTAC | 21 | 399 | 60 | A/C | | | | | | | |
| | | ACAGATCAGTATCAACGGATGATGG | 25 | | | | | | | | | | |
| 4 | Wheat_DSom4 | TGTCACATTTGAGCATTTGTACCTGTAC | 29 | 444 | 60 | C/A | | | | | | | |
| | | TTCTGCAACGTTCCCAACAC | 21 | | | | | | | | | | |
| 5 | Wheat_DSom5 | TCCAGTACGGGAGTATTTAGGCATTTAG | 28 | 328 | 60 | GCATTAG | | | | | | | |
| | | TCATATGAATCTCTCGTGTCTTTGGC | 26 | | | | | | | | | | |
| 6 | Wheat_DSom6 | CACCTTCACTACTCCGAAGGGTCTTAC | 27 | 182 | 60 | C/G | | | | | | | |
| | | TTCCGAATGCTCACAATAATGTAGTTG | 27 | | | | | | | | | | |
| 7 | Wheat_DSom7 | TTCACATACCTGATCAAGCACAG | 25 | 319 | 60 | G/C | | | | | | | |
| | | ATGGCCGGGCACTTCGAC | 18 | | | | | | | | | | |
| 8 | Wheat_DSom8 | CCAAAACGCCTGAAAGAATCG | 21 | 197 | 60 | G/A | | | | | | | |
| | | ACACGCAGAAGTGAACACAGAATG | 24 | | | | | | | | | | |
| 9 | Wheat_DSom9 | AATGCAACTGTTTTGTATTGATACGTG | 28 | 447 | 60 | G/T | | | | | | | |
| | | ACTTGAACAGCTGCTTAGTGATGG | 25 | | | | | | | | | | |
| 10 | Wheat_DSom10 | CCGTTGTCCATTGATCCCAG | 21 | 324 | 60 | G/T | | | | | | | |
| | | AGACATAATTGCACTAGGGATTTCTGC | 27 | | | | | | | | | | |
| 11 | Internal STD | CAACGCAACGCTTGTATGG | 20 | 123 | 60 | | | | | | | | |
| | | TGAACCCTGAGTTCCTCTCG | 20 | | | | | | | | | | |

보급종 7품종을 대상으로 개발된 핵심 SNP 분자표지의 추가 검증을 위해 국산밀 45품종을 대상으로 10개 마커를 이용하여 검증 결과 품종식별이 가능함을 확인하였다(그림 2-2-17, 그림 2-2-18)

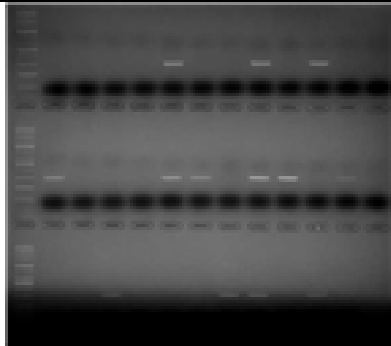
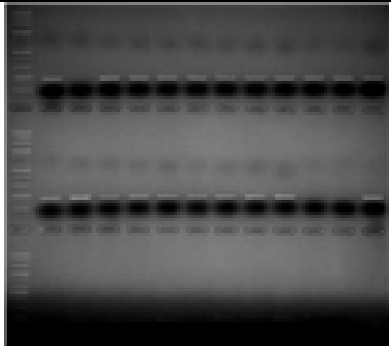
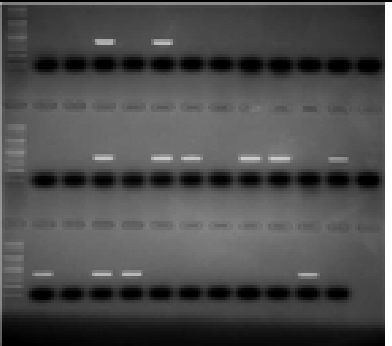
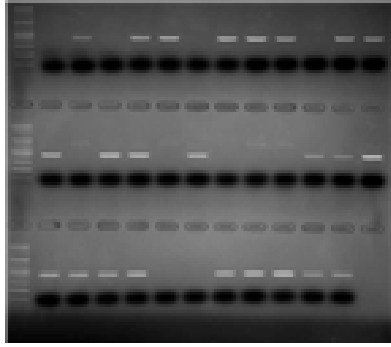
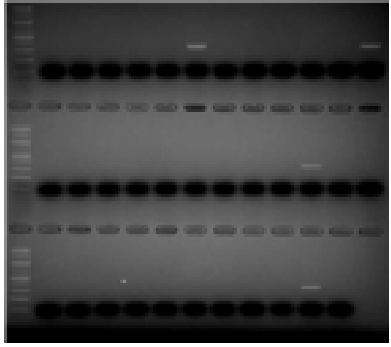
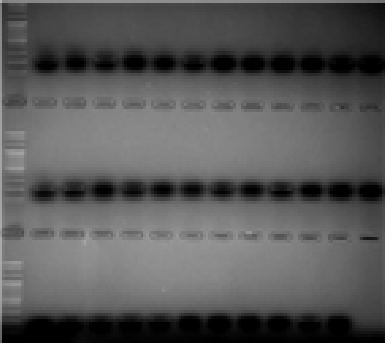

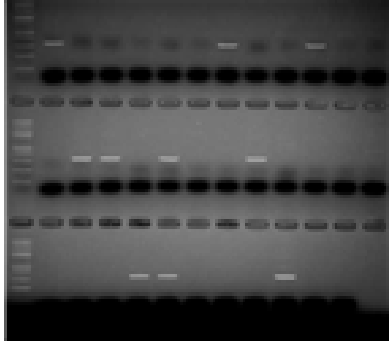
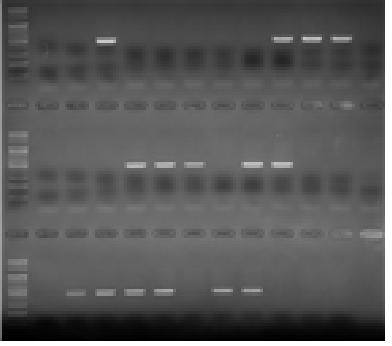
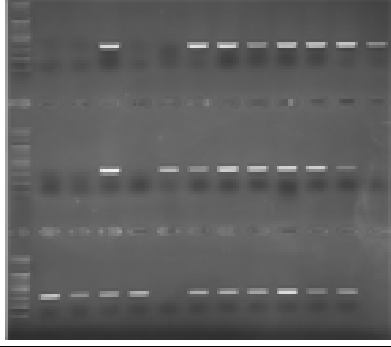

| | | |
|---|---|--|
|  |  |  |
| Wheat_DSom1 | Wheat_DSom2 | Wheat_DSom3 |
|  |  |  |
| Wheat_DSom4 | Wheat_DSom5 | Wheat_DSom6 |
|  |  |  |
| Wheat_DSom7 | Wheat_DSom8 | Wheat_DSom9 |
|  |  | |
| Wheat_DSom10 | 내재유전자 (DCS) | |

그림 2-2-17. 핵심 SNP 분자표지 검증 실험 및 내재유전자 확인 실험 결과

| 번호 | SCORE | SNP marker명 | CCS | Wheat_DSom1 | Wheat_DSom2 | Wheat_DSom3 | Wheat_DSom4 | Wheat_DSom5 | Wheat_DSom6 | Wheat_DSom7 | Wheat_DSom8 | Wheat_DSom9 | Wheat_DSom10 |
|----|-----------|-------------|-----|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|
| | | 품종명 | 123 | 291 | 165 | 399 | 444 | 328 | 182 | 197 | 319 | 447 | 413 |
| 1 | 8650768 | 태중 | | 0 | 16 | 0 | 0 | 0 | 262144 | 0 | 8388608 | 0 | 0 |
| 2 | 256 | 백길 | | 0 | 0 | 0 | 256 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3 | 335806608 | 조중 | | 0 | 16 | 128 | 0 | 0 | 262144 | 0 | 0 | 67108864 | 268435456 |
| 4 | 33554704 | 새금강 | | 0 | 16 | 0 | 256 | 0 | 0 | 33554432 | 0 | 0 | 0 |
| 5 | 404 | 백강 | | 4 | 16 | 128 | 256 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6 | 302253072 | 조이 | | 0 | 16 | 0 | 0 | 1024 | 262144 | 33554432 | 0 | 0 | 268435456 |
| 7 | 310378768 | 종오2012 | | 0 | 16 | 0 | 256 | 0 | 0 | 33554432 | 8388608 | 0 | 268435456 |
| 8 | 301990164 | 오중 | | 4 | 16 | 0 | 256 | 0 | 0 | 33554432 | 0 | 0 | 268435456 |
| 9 | 335544592 | 종오2004 | | 0 | 16 | 0 | 256 | 0 | 0 | 0 | 0 | 67108864 | 268435456 |
| 10 | 377487380 | 종오2008 | | 4 | 16 | 0 | 0 | 0 | 0 | 33554432 | 8388608 | 67108864 | 268435456 |
| 11 | 335806736 | 다중 | | 0 | 16 | 0 | 256 | 0 | 262144 | 0 | 0 | 67108864 | 268435456 |
| 12 | 302253328 | 고소 | | 0 | 16 | 0 | 256 | 1024 | 262144 | 33554432 | 0 | 0 | 268435456 |
| 13 | 33816852 | 조연스 | | 4 | 16 | 0 | 256 | 0 | 262144 | 33554432 | 0 | 0 | 0 |
| 14 | 42205200 | 종오2003 | | 0 | 16 | 0 | 0 | 0 | 262144 | 33554432 | 8388608 | 0 | 0 |
| 15 | 310378896 | 수안 | | 0 | 16 | 128 | 256 | 0 | 0 | 33554432 | 8388608 | 0 | 268435456 |
| 16 | 67371280 | 청우 | | 0 | 16 | 0 | 256 | 0 | 262144 | 0 | 0 | 67108864 | 0 |
| 17 | 377487508 | 연백 | | 4 | 16 | 128 | 0 | 0 | 0 | 33554432 | 8388608 | 67108864 | 268435456 |
| 18 | 368099156 | 수강 | | 4 | 16 | 128 | 256 | 0 | 0 | 33554432 | 0 | 67108864 | 268435456 |
| 19 | 268697616 | 연백 | | 0 | 16 | 0 | 0 | 0 | 262144 | 0 | 0 | 0 | 268435456 |
| 20 | 343933076 | 작중 | | 4 | 16 | 128 | 0 | 0 | 0 | 0 | 8388608 | 67108864 | 268435456 |
| 21 | 369361044 | 백중 | | 4 | 16 | 128 | 0 | 0 | 262144 | 33554432 | 0 | 67108864 | 268435456 |
| 22 | 268436736 | 다분 | | 0 | 0 | 0 | 256 | 1024 | 0 | 0 | 0 | 0 | 268435456 |
| 23 | 268697988 | 신미칠1호 | | 4 | 0 | 128 | 256 | 0 | 262144 | 0 | 0 | 0 | 268435456 |
| 24 | 272 | 조경 | | 0 | 16 | 0 | 256 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 25 | 301990272 | 조중 | | 0 | 0 | 128 | 256 | 0 | 0 | 33554432 | 0 | 0 | 268435456 |
| 26 | 369361168 | 신미칠 | | 0 | 16 | 0 | 256 | 0 | 262144 | 33554432 | 0 | 67108864 | 268435456 |
| 27 | 369361300 | 조중 | | 4 | 16 | 128 | 256 | 0 | 262144 | 33554432 | 0 | 67108864 | 268435456 |
| 28 | 377749904 | 연백 | | 0 | 16 | 128 | 256 | 0 | 262144 | 33554432 | 8388608 | 67108864 | 268435456 |
| 29 | 109314064 | 조중 | | 0 | 16 | 0 | 0 | 0 | 262144 | 33554432 | 8388608 | 67108864 | 0 |
| 30 | 268435456 | 연성 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 268435456 |
| 31 | 368099028 | 진중 | | 4 | 16 | 0 | 256 | 0 | 0 | 33554432 | 0 | 67108864 | 268435456 |
| 32 | 276824336 | 금강 | | 0 | 16 | 0 | 256 | 0 | 0 | 0 | 8388608 | 0 | 268435456 |
| 33 | 302253444 | 고분 | | 4 | 0 | 128 | 256 | 1024 | 262144 | 33554432 | 0 | 0 | 268435456 |
| 34 | 268435712 | 새올 | | 0 | 0 | 0 | 256 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 268435456 |
| 35 | 301991168 | 백길 | | 0 | 0 | 0 | 256 | 1024 | 0 | 33554432 | 0 | 0 | 268435456 |
| 36 | 301990160 | 연방 | | 0 | 16 | 0 | 256 | 0 | 0 | 33554432 | 0 | 0 | 268435456 |
| 37 | 368099152 | 남방 | | 0 | 16 | 128 | 256 | 0 | 0 | 33554432 | 0 | 67108864 | 268435456 |
| 38 | 301990148 | 신방 | | 4 | 0 | 0 | 256 | 0 | 0 | 33554432 | 0 | 0 | 268435456 |
| 39 | 277087616 | 고소 | | 0 | 0 | 128 | 256 | 1024 | 262144 | 0 | 8388608 | 0 | 268435456 |
| 40 | 33816980 | 조중 | | 4 | 16 | 128 | 256 | 0 | 262144 | 33554432 | 0 | 0 | 0 |
| 41 | 368099024 | 다계 | | 0 | 16 | 0 | 256 | 0 | 0 | 33554432 | 0 | 67108864 | 268435456 |
| 42 | 301990288 | 종오 | | 0 | 16 | 128 | 256 | 0 | 0 | 33554432 | 0 | 0 | 268435456 |
| 43 | 369361296 | 금중 | | 0 | 16 | 128 | 256 | 0 | 262144 | 33554432 | 0 | 67108864 | 268435456 |
| 44 | 268435728 | 백길 | | 0 | 16 | 0 | 256 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 268435456 |
| 45 | 310642064 | 고소 | | 0 | 16 | 128 | 256 | 1024 | 262144 | 33554432 | 8388608 | 0 | 268435456 |

그림 2-2-18. 핵심 SNP 분자표지 검증 실험 및 내재유전자 확인 실험 결과 정리

(2) 국산밀 품종순도 분석을 위한 다중PCR분석법 개발 및 제품화

본 연구를 통하여 개발된 분자마커를 이용하여 품종순도 분석에 활용이 용이한 멀티플렉스 분석 시스템을 개발하였다. 먼저 '00년 이후 정부 보급종으로 선정되어 보급되고 있는 7품종(새금강, 백강, 고소, 수안, 백중, 조경, 금강)에 대한 분석법을 정립하였다. 먼저 멀티플렉스 반응의 annealing 온도 조건설정을 위한 실험에서 62°C에서 반응 시 가장 안정적인 결과를 보였고, 60°C의 경우에는 일부 마커에서 밴드의 강도가 약하게 반응을 하였다. 또한 각각의 프라이머 농도에 따른 멀티플렉스의 온도 조건도 확립을 하였다 (그림 2-2-19, 그림2-2-20)

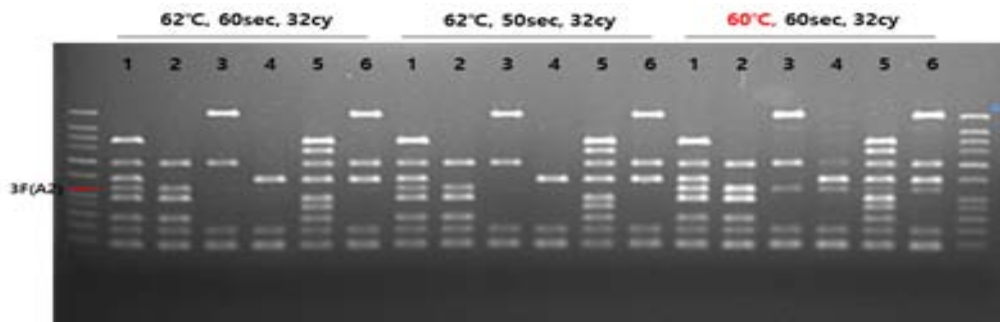


그림 2-2-19. annealing 온도 조건설정을 위한 실험 결과

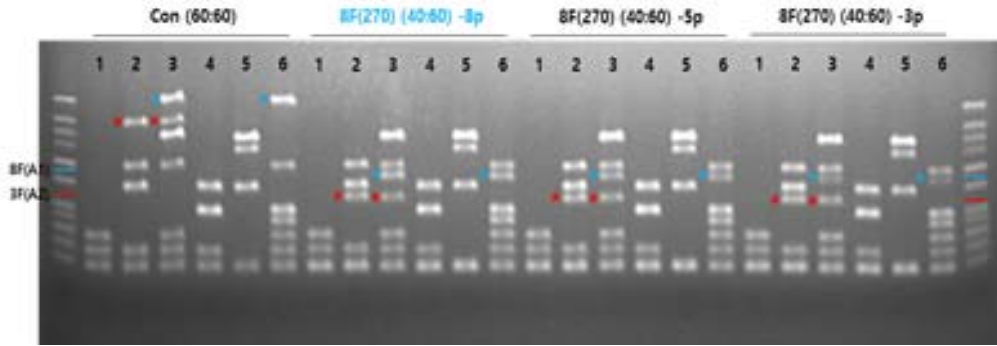


그림 2-2-20. 프라이머 농도에 따른 멀티플렉스의 온도조건 실험 결과

PCR분석 기기의 종류에 따른 멀티플렉스 반응 차이 여부를 확인하고자 시중에서 주로 사용을 하는 7종의 PCR기기(SimpliAmp, Veriti, C100, PTC200, ABI 9700)을 활용하여 분석의 정확도를 확인 하였으며, 이때 사용된 반응 조건으로 50°C 5분, 95°C 15분, 95°C 20초 · 62°C 60초 · 72°C 60초에서 32cycle, 72°C 3분에서 반응을 하였다. 전체적 반응결과 PCR기기별 결과의 차이는 미미한 것으로 확인되었다(그림 2-2-21).

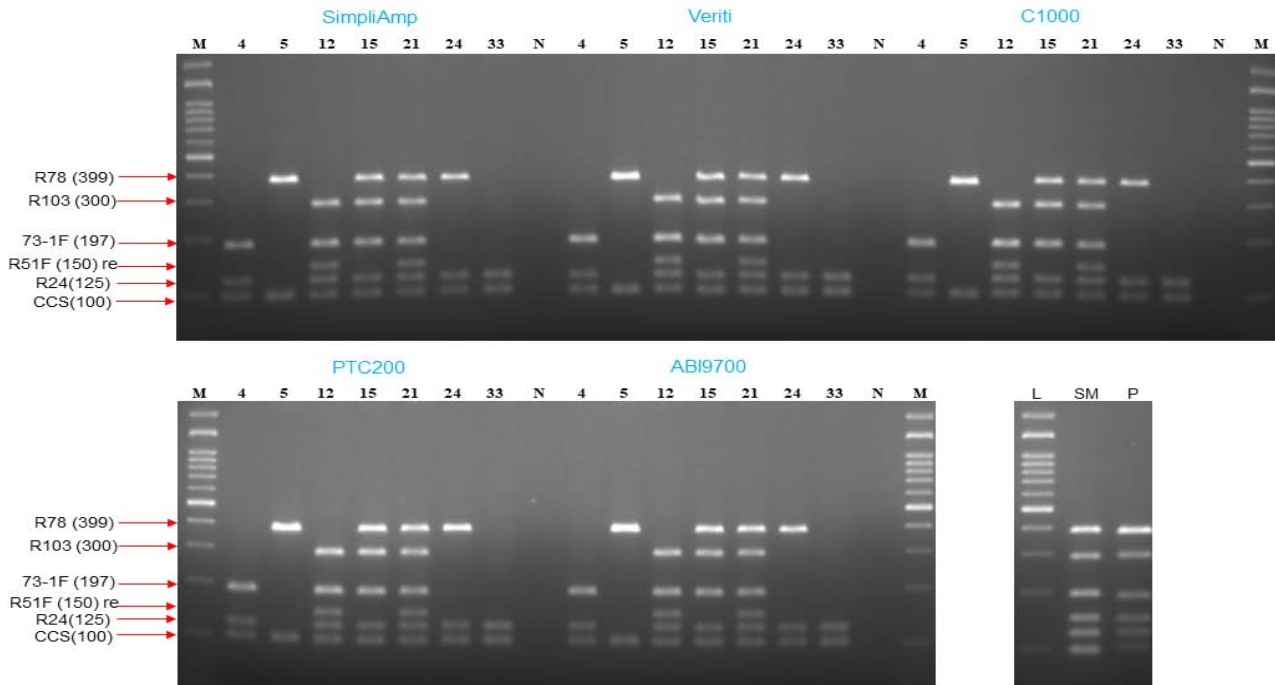


그림 2-2-21. 기기별 멀티플렉스의 온도조건 실험 결과

최종적으로 보급종 7종에 대한 품종순도 분석을 위한 조건을 확립하였으며(그림 2-2-28), 보급종만을 분석대상으로 하였을시 5개의 마커(원마커 R78, R103, 73-1F, R51F)만으로 순도분석이 가능하였고, 분석의 신뢰도 확보를 위한 내재유전자로는 CCS(Cereal, Centromeric Sequence) 유전자 부위를 사용하였다(그림 2-2-22).

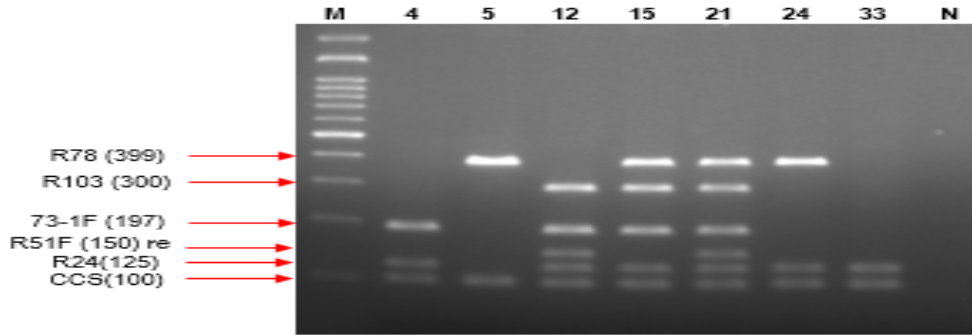


그림 2-2-22. 보급종 7종 분석용 멀티플렉스결과. 4(새금강), 5(백강), 12(고소), 15(수안), 21(백중), 24(조경), 33(금강), N(NTC)

또한 국산밀 품종순도 분석의 정확도 향상을 위하여 보급종 7종을 포함한 35종의 품종('00년 이후, 품종보호출원 품종, 생산판매신고 품종, 육성품종)에 대한 멀티플렉스 분석법을 확립하였다. 보급종 7종 분석용 유전자 분석법 개발시와 마찬가지로 시중에서 시판되는 4종의 PCR 기기별 (SimpliAmp, Veriti, C100, ABI 9700)을 활용하여 내재유전자를 포함한 총 10종의 프라이머 조합에 대한 분석의 정확도를 확인하였으며, 이때 사용된 반응 조건으로 50°C 5분, 95°C 15분, 95°C 20초 · 62°C 40초 · 72°C 60초에서 32cycle, 72°C 3분에서 반응을 하였다. 전체적 반응 결과 PCR기기별 결과의 차이는 미미한 것으로 확인되었다(그림 2-2-23).

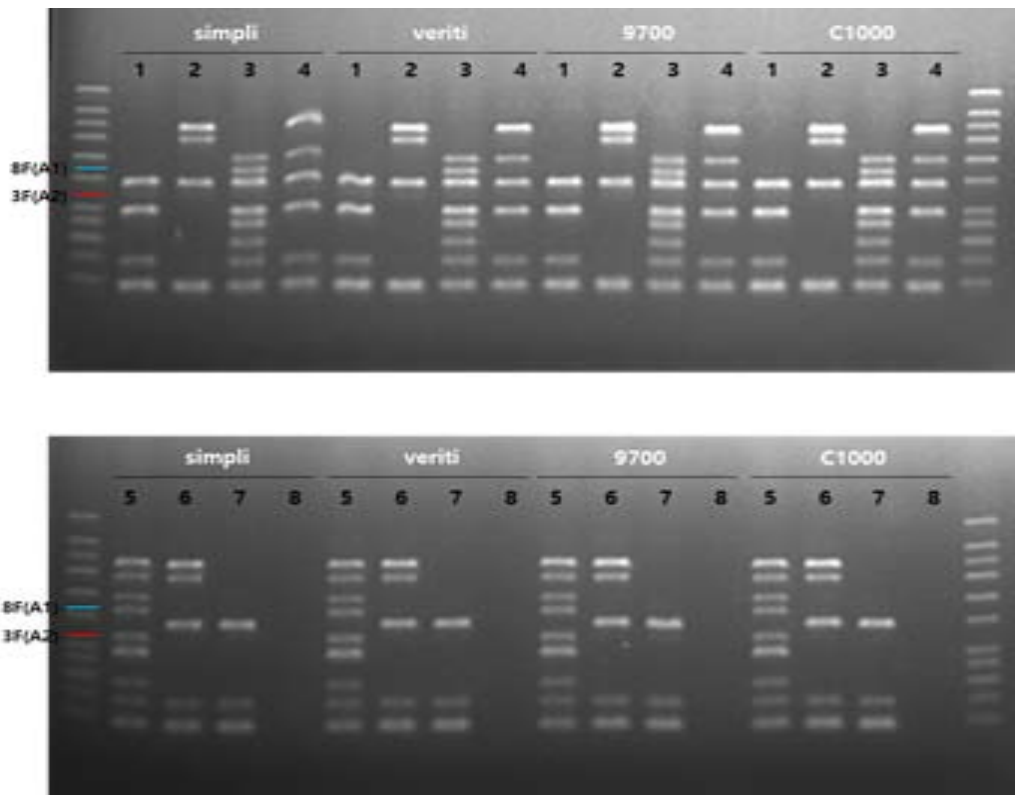


그림 2-2-23. PCR 기기별 국산밀 35종 분석용 멀티플렉스 test 결과.

최종적으로 보급종 7종이 포함된 국산밀 35종('00년 이후, 품종보호출원 품종, 생산판매신고 품종, 육성품종)대한 품종순도 분석을 위한 조건을 확립하였으며, 내재유전자를 포함한 11개의 마커 (WheatSome1-11)만으로 순도분석이 가능하였고, 분석의 신뢰도 확보를 위한 내재유전자로는 밀에서 특이적으로 반응하는 ITS유전자 부위를 사용하였다. 종자에서 반응 조건으로 50°C 5분, 95°C 15분, 95°C 40초 · 62°C 60초 · 72°C 60초에서 32cycle, 72°C 3분에서 반응을 하였으며 밀 식물체 분

석 시는 50°C 5분, 95°C 15분, 95°C 40초 · 62°C 60초 · 72°C 60초에서 35cycle, 72°C 3분에서 반응을 하였다. 식물체는 종자와 달리PCR 저해물질이 다소 많은 관계로 annealing시 온도를 20초, 3 cycle을 증가한 상태에서 진행을 하였다(그림 2-2-24).

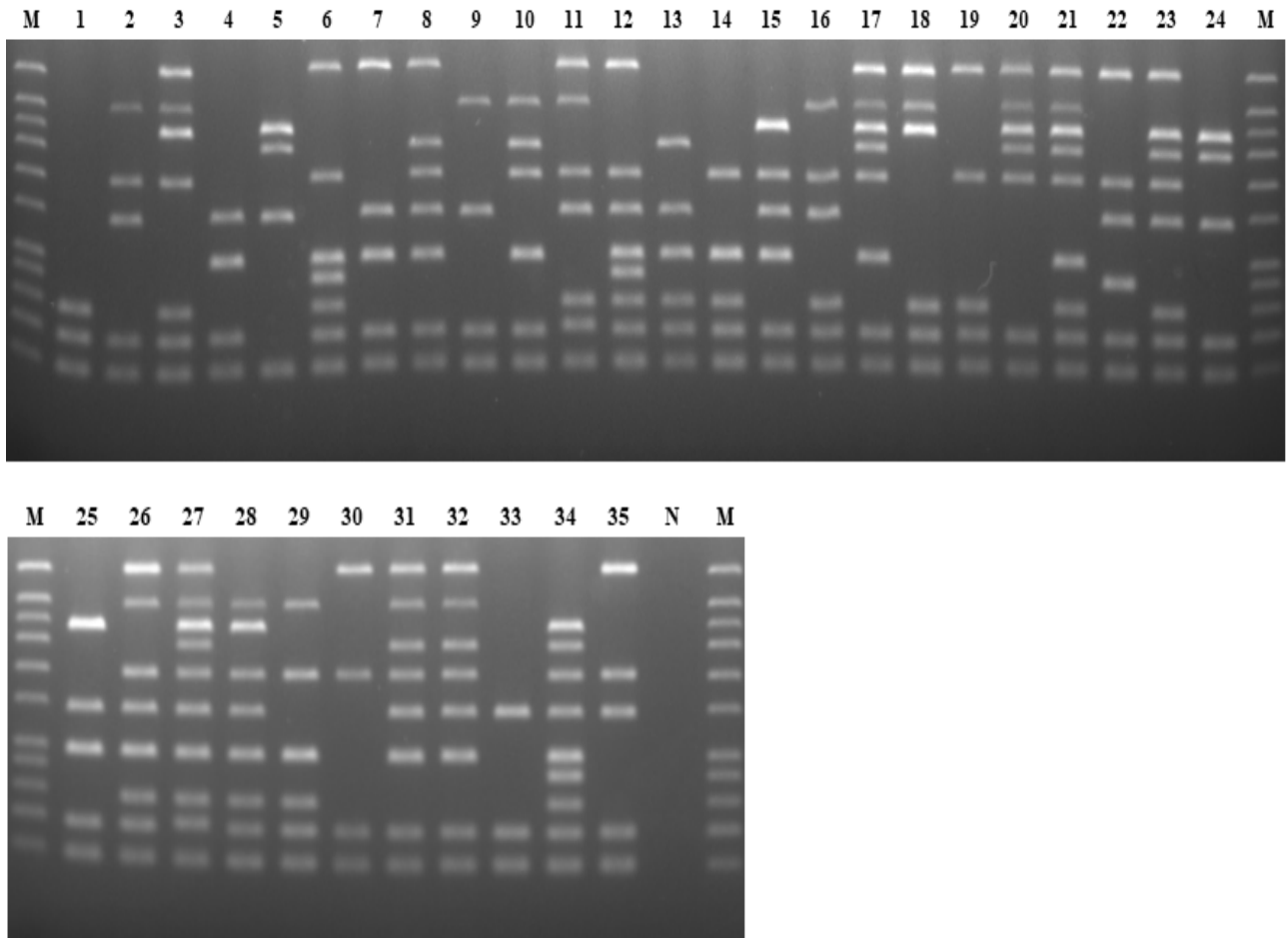


그림 2-2-24. 국산밀 35종 분석용 멀티플렉스 최종 결과.

개발된 국산밀 35종 분석법에 대한 검증을 위하여 종자원에서 보관중인 표준종자에 대한 분석을 실시하였으며, 트랜스, 안백 품종에서는 일부 종자의 혼입이 나타났으나 다른 품종에서는 본 연구에서 제시한 대로 동일한 결과를 보였으며 확립된 분석법을 키트화 하여 제품화 실시를 하였다(그림 2-2-25, 그림 2-2-26).

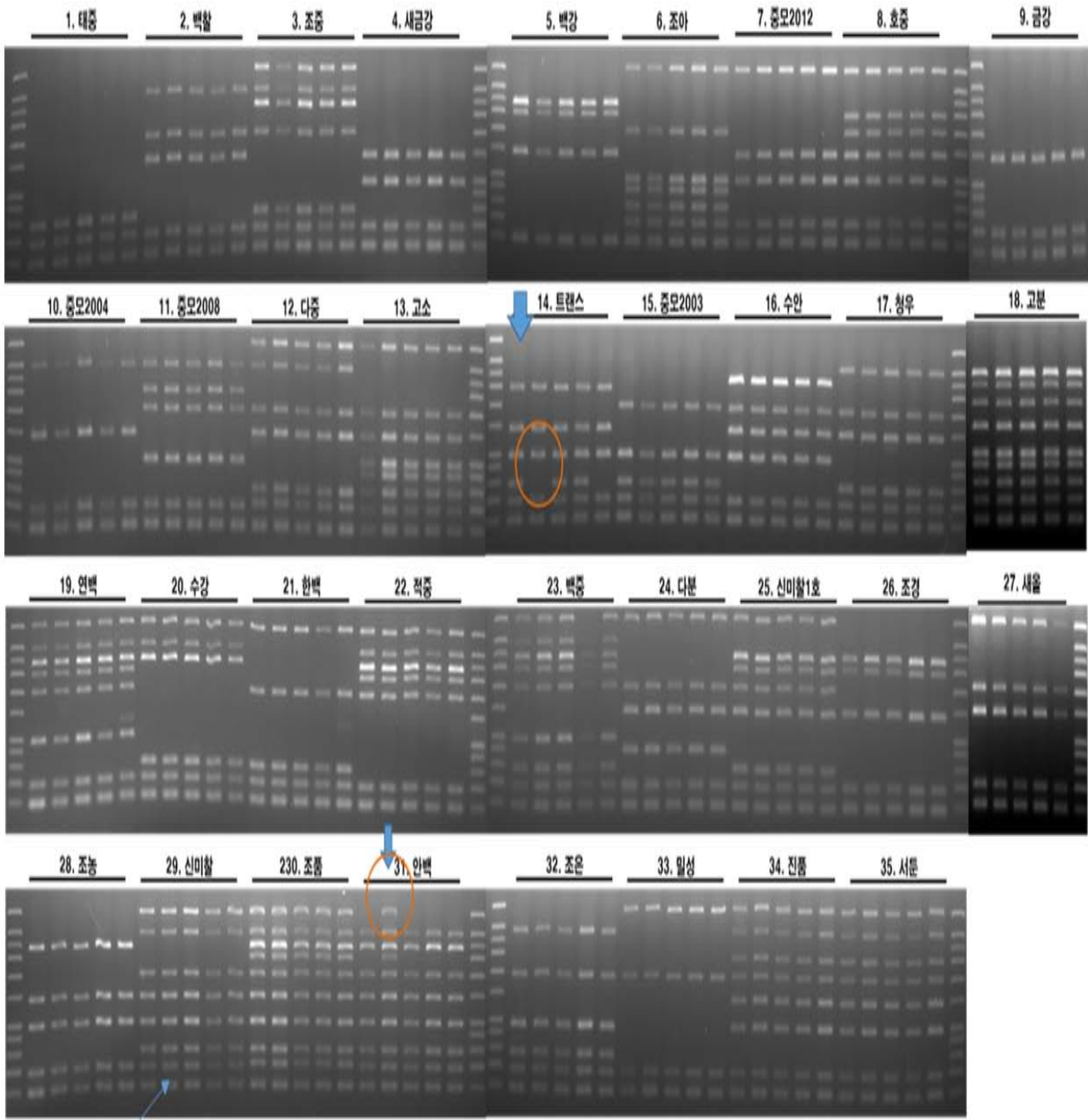


그림 2-2-25. 국산밀 35종 분석용 멀티플렉스의 validation 결과



그림 2-2-26. 국산밀 품종순도분석을 위한 유전자분석용 키트

라. 국산밀 품종식별을 위한 대용량·고효율 분석을 위한 Fluidigm 마커 개발

밀의 품종식별을 위한 대용량 고효율의 SNP 마커를 탐색하기 위해, 1차년도 수행된 GBS 분석을 통하여 확보된 유전체 정보를 사용하였다. SNP matrix 84,743좌를 대상으로 MAF (minor allele

frequency) >5%, missing data = 0% 기준으로 필터링을 진행하였다. 또한, A, B, D subgenome 상 같은 위치에서 염기서열이 모두 동일한 SNP를 선발하여 총 429개의 SNP를 확보하였다. 확보된 429 SNP 중에서 26개 품종식별이 가능한 SNP 마커 조합을 탐색하여 최종 10개 SNP 조합을 선발하였다.

대용량 고효율 분석을 위한 Fluidigm SNP assay를 수행하기 위해 최종 선발된 10개 SNP의 Flanking sequence를 이용하여 플루이다임사에 주문하여 D3 assay design 툴을 이용하여 제작되었다. 각 Assay는 allele-specific primer(ASP), locus-specific primer(LSP)와 Specific amplification primer(STA) 세 가지로 구성되었다 (표 2-2-14).

표 2-2-14. 대용량 고효율 품종식별을 위한 Fluidigm genotyping 마커 염기서열

| Marker Name | Allele | ASP1_Seq (Allele Specific Primer 1) | ASP2_Seq (Allele Specific Primer 2) | LSP_Seq (Locus Specific Primer) | STA_Seq (Specific Target Amplification Primer) |
|-------------------|--------|--|--|--------------------------------------|--|
| SNP_R172021_85F | G/C | CTTCACATACACC TGATCAAGCAAAG | CTTCACATACACC TGATCAAGCAAAC | CTCCCGGTCTCTAG TTCCTTGAT | CCGTGCACTCCTTGCC |
| SNP_R58 | A/T | GCGCCAGAAATAC CAAACCAA | GCGCCAGAAATAC CAAACCAT | CCGTCAAGTTGGCT GCCAT | GCCCTGCTCATACTTGG |
| SNP_R17 | C/T | AGCGATTTCAGCGG GATATCC | CAGCGATTTCAGCG GGATATCT | GCCCCTGTGAACT GACCATC | AGCTCATTGAAGTGTAT AGAACTCCA |
| SNP_R172021_73-1F | G/A | CCAAAACGCCTGA AAGAAGCG | CCAAAACGCCTGA AAGAAGCA | CCTTGCCAGCAGG CCC | AGGATAATCTCCTTGAC CATCGG |
| SNP_R172021_51F | C/G | CACTACTCCGAAG GGTCTGAC | CACTACTCCGAAG GGTCTGAG | ACATCCTCAGCAG CCTTCCAT | CGCTGCAGGTCCCACTT |
| SNP_R104_2 | C/T | CTGTATGTTGTAG GTTTTAGCAGAAC AATC | CTGTATGTTGTAG GTTTTAGCAGAAC AATT | ACCGCAATTCCAC AGATACATAGCA | CGCTACTACTTAGCAGTG AAGCTAT |
| SNP_R97 | G/T | CTGGTTCGATCTTC AGGATTTGC | GCTGGTTCGATCTT CAGGATTTGA | GAGGGAACGTCTC CTGCTCA | GTGGAGCAGAGTTACAG TC |
| SNP_R172021_52F | G/A | GGTCCTCTACTCA CTCCAGAGATAC | GGTCCTCTACTCA CTCCAGAGATAT | CAACCGAGGACAG TGTTGCA | CCGACCAGACTGAAGA AGG |
| SNP_R86 | A/C | CACATTTGAGCAT TTGTACCTTGAA | ACATTTGAGCATT TGTACCTTGAC | GATCATCCCGGAC ATATAGCTAGCTA AC | CACTACTGATTACTCAC CGTGTC |
| SNP_R24_2F | T/C | TCTTAACTGTGAT GGCATGGCT | CTTAACTGTGATG GCATGGCC | TGTCGACGCTAGC CGCC | GCAGCTTTTGGAGAAGC GA |

선발된 Fluidigm 분석용 마커를 사용하여 선발된 마커에 대한 검증실험은 다음과 같이 실시하였다. Assay Mix를 조제하기 위하여 각 Primer 별로 ASP assay 1.5ul와 LSP assay 4.0ul 씩 분주한 후 dilution reagent를 14.5ul씩 첨가하여 50X assay mix를 제작한다. 각 Primer별로 50X assay mix 1.0ul 씩 분주한 후 dilution reagent를 24ul씩 첨가하여 2X assay mix를 제작한다. 각 Primer 별로 SNP type GT master mix 2.66ul, 60X SNP Type reagent 0.09ul, 2X SNP Type assay를 각각 2.75 µL씩 각 well에 분주하여 혼합하였다. Sample Mix의 조제를 위하여 STA 및 LSP assay를 각 Primer별로 200uM이 되도록 혼합하여 200nM primer pool를 제작하였다. 200nM primer pool 1.4ul과 Juno GT Preamp Master Mix 1.1ul와 각 시료의 genomic DNA 3ul (최소 10ng/ul 이상)를 각 well에 분주하여 혼합하고 NTC(No template control)는 최소 1개 포함하였다. 장비 구동을 위한 Fluidigm integrated fluidic circuit(IFC)의 정해진 위치에 Control line fluid 및 Juno GT Flux Fluid 15µL씩을 각각 주입하고 IFC의 assay inlet에 각 assay mix 4µL씩 넣고, sample inlet에 각 sample mix 4µL씩 넣었다. 최종적으로 Juno system에서 Juno 96.96 SNP Typing을 실행한 후 EP1으로 end-point reads를 스캔하여 각 시료별 유전자형 결과를 분석하였다. 분석 결과, 선발된 10개 마커는 모두 XX 또는 YY로 명확히 구분이 되는 Scatter Plot를 얻을 수 있었다 (그림 2-2-27). 또한, 분석 결과를 토대로 유전형을 작성하여 아래와 같은 결과를 관찰하였다 (표

2-2-15). 유전형 데이터를 이용하여 유전적 유사도를 분석한 결과 26개 품종이 모두 품종식별이 가능함을 확인하였다(그림 2-2-28).

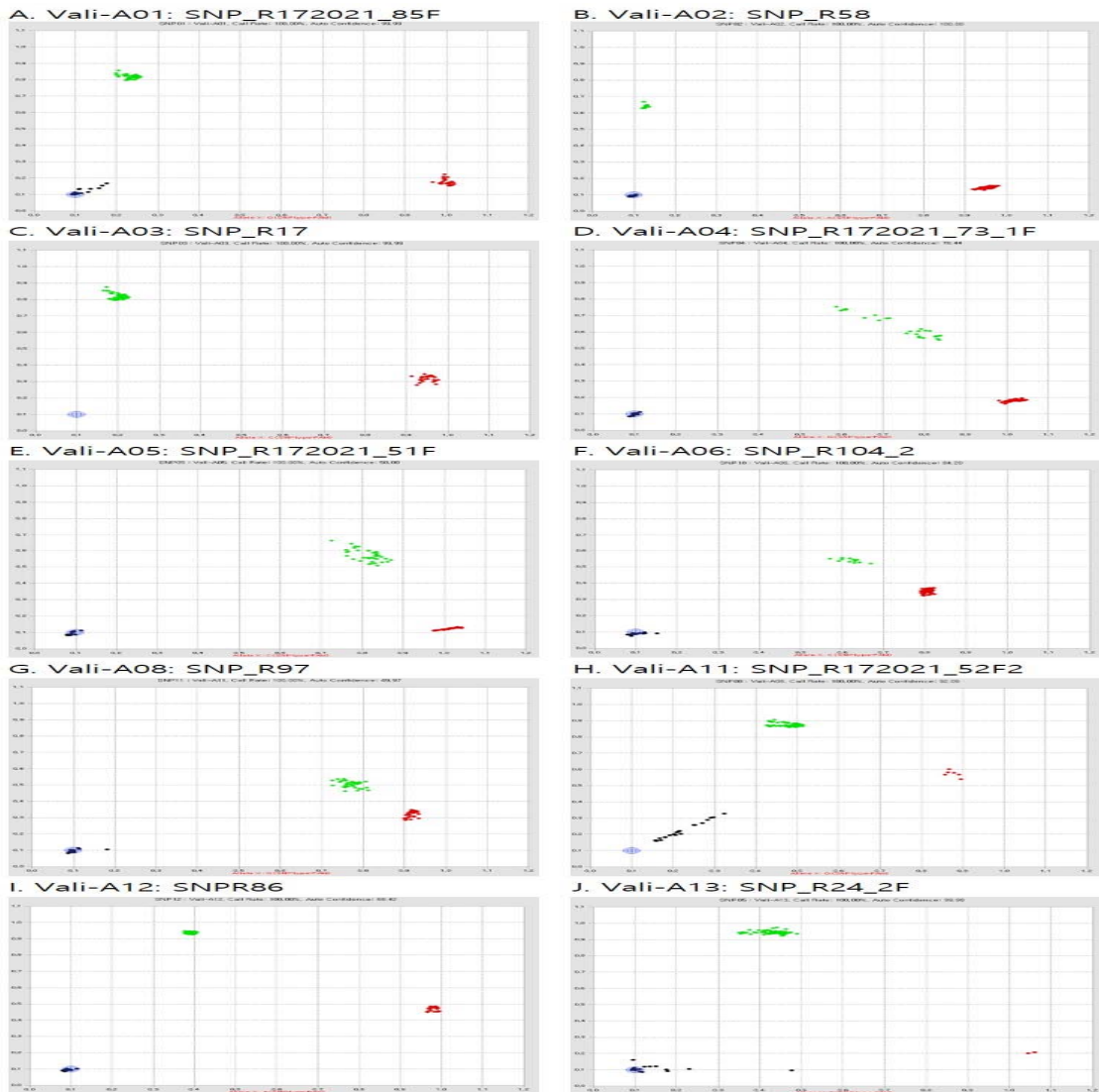


그림 2-2-27. 선발된 10개 마커 이용한 Fluidigm assay의 Scatter Plot

표 2-2-15. 대용량 고효율 품종식별을 위한 Fluidigm genotyping을 통한 유전형

| 품종/SNP | SNP_R1720_21_85F | SNP_R58 | SNP_R17 | SNP_R1720_21_73_1F | SNP_R1720_21_51F | SNP_R104_2 | SNP_R97 | SNP_R1720_21_52F2 | SNPR86 | SNP_R24_2F |
|--------|------------------|---------|---------|--------------------|------------------|------------|---------|-------------------|--------|------------|
| Allele | G/C | A/T | C/T | G/A | C/G | C/T | G/T | G/A | A/C | T/C |
| 태중 | GG | AA | TT | AA | CC | CC | TT | GG | AA | CC |
| 조중 | CC | TT | TT | AA | CC | CC | TT | GG | AA | CC |
| 새금강 | CC | AA | TT | GG | GG | CC | TT | AA | CC | CC |
| 백강 | CC | TT | CC | AA | GG | CC | TT | AA | CC | TT |
| 조아 | CC | AA | TT | GG | CC | TT | TT | GG | AA | CC |
| 중모2012 | GG | AA | TT | GG | GG | CC | TT | AA | CC | CC |
| 중모2004 | CC | AA | TT | AA | GG | CC | TT | AA | CC | CC |
| 중모2008 | GG | AA | CC | GG | GG | CC | TT | AA | AA | CC |
| 다중 | CC | AA | TT | AA | CC | CC | TT | GG | CC | CC |
| 고소 | CC | AA | TT | GG | CC | TT | TT | GG | CC | CC |
| 중모2003 | GG | AA | TT | GG | CC | CC | TT | GG | AA | CC |
| 수안 | GG | AA | TT | GG | GG | TT | TT | AA | CC | CC |
| 연백 | GG | AA | CC | GG | GG | CC | GG | AA | AA | CC |
| 수강 | CC | TT | TT | GG | CC | CC | TT | GG | AA | CC |
| 한백 | CC | AA | TT | AA | CC | TT | TT | GG | AA | CC |
| 적중 | GG | AA | CC | AA | GG | CC | GG | AA | AA | CC |
| 백중 | CC | AA | CC | GG | CC | CC | GG | GG | AA | CC |
| 다분 | GG | AA | TT | AA | GG | TT | TT | AA | CC | CC |

| | | | | | | | | | | |
|-------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 신미찰1호 | CC | TT | CC | AA | CC | CC | TT | GG | CC | CC |
| 조경 | CC | TT | CC | AA | GG | CC | TT | AA | CC | CC |
| 신미찰 | CC | AA | TT | GG | CC | CC | TT | GG | CC | CC |
| 조품 | CC | AA | CC | GG | CC | CC | TT | GG | CC | CC |
| 안백 | GG | TT | TT | GG | CC | TT | TT | GG | CC | CC |
| 밀성 | CC | AA | TT | GG | GG | CC | TT | AA | AA | CC |
| 진품 | CC | AA | CC | GG | GG | CC | TT | AA | CC | CC |
| 금강밀 | GG | AA | TT | AA | GG | CC | TT | AA | CC | CC |

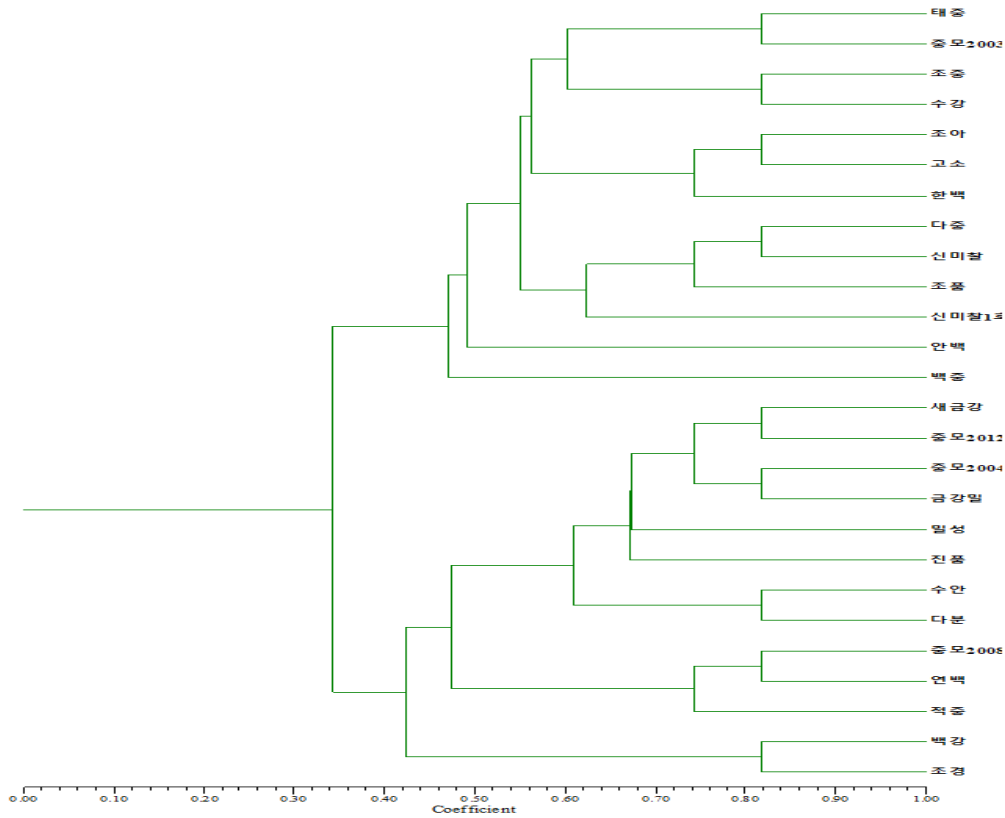


그림 2-2-28. 선발된 10개 마커 이용한 품종식별 결과

또한, 7개 보급종인 새금강, 수안, 금강, 백강, 조경, 고소 및 백종을 품종식별 할 수 있는 마커를 선발하였다. 10개 마커 중에서 SNP_R172021_85F, SNP_R58, SNP_R17, SNP_R172021_73_1F, SNP_R172021_51F, SNP_R172021_52F2, SNPR86, 및 SNP_R24_2F 8개 사용시 7개 보급종 품종식별이 가능함을 확인하였다(그림 2-2-29).

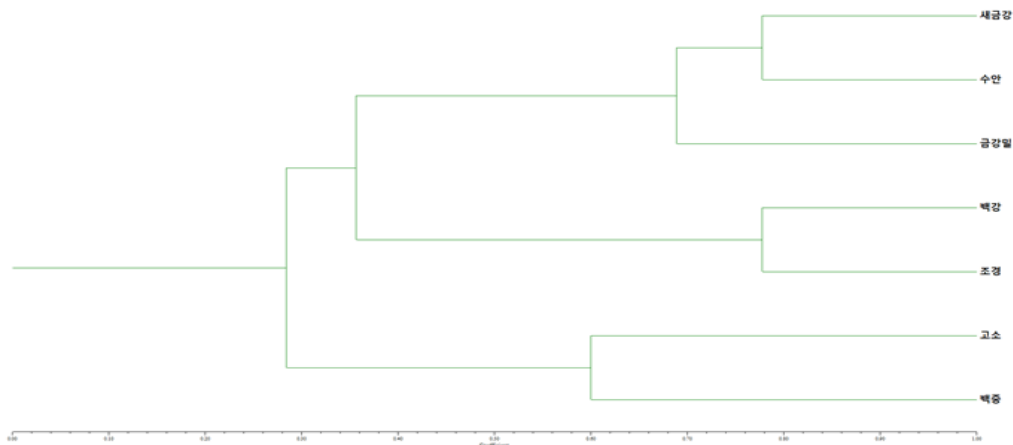


그림 2-2-29. 8개 마커 이용한 7개 보급종 품종식별 결과

마. 국산밀 품종식별을 위한 품종식별 프로토콜 제작

국산밀 품종순도 분석을 위하여 개발된 SNP 마커세트의 분석방법에 대한 프로토콜 작성을 하였다. 프로토콜에는 시료의 전처리, genomic DNA추출, DNA순도 및 농도의 적합도 확인, 한 유전형분석, 결과 해석으로 구성하였다. 시료의 경우 검정 결과에 영향을 주지 않기 위한 세오염방지방법, 전처리 방법에 대하여 설명하였다. 각각의 방법에 대하여 사용기기 및 시약, 실험방법에 대하여 자세히 서술하였으며 마커 개발 연구에 사용된 품종들의 유전형에 대한 정보 역시 첨부하여 품종식별을 위한 유전적 연관도 분석에 활용이 가능하도록 하였다(그림 2-2-30)

The image shows a two-page protocol document from the Korea Seed & Variety Service. The left page is titled '국립종자원 밀 품종(35종) 검정 Protocol' and contains sections for '1. Preparation', '2. One-Step Prep', and '3. Agarose Gel Electrophoresis'. The right page is titled '국립종자원 밀 품종(35종) 검정 Protocol' and contains sections for 'PCR amplicon (STD.)' and 'Data Analysis'. The 'Data Analysis' section includes a table with columns for Lane, Code, Size, and Marker, listing 35 wheat varieties and their corresponding marker sizes.

그림 2-2-30. 국산밀 순도검정을 위한 유전자분석 프로토콜(국립종자원)

바. 국내 채종단지 품종의 식물체 분석

국산밀 생산단지의 체계적 관리 및 고품질 생산을 유도하기 위한 종자 순도 유전자분석을 위해 1차년도에 개발된 국산밀 다중분석법을 활용하였다. 7개 생산단지의 158건을 실시하였으며, 1건당 20개 식물체 잎을 유전자분석에 이용하였다. 신선한 식물체 잎의 5mmX5mm 크기로 잘라서 소맥 밀품종 검정 키트 매뉴얼에 따라 실험을 진행하였다. 잎을 1.5ml 튜브에 담아 1X One-step solution 버퍼 400µl를 넣고 vortexing 후 상온에서 10분간 반응시켰다. 반응액은 10분간 원심분리를 수행한 후 PCR를 진행하였다. PCR 조건은 95°C 20초, 62°C 30초, 72°C 30초, 32반복으로 수행하였다. 겔 로딩을 통해 결과를 확인하였다.

분석 결과를 보면, 시료 1-14는 100% 금강 품종으로 판정되었으며, 시료 1-17은 65% 새금강, 30% 금강, 및 5% 미확인품종으로 판정되었다. 시료 2-8과 2-10는 모두 100% 금강 품종으로 분석되었다(그림 2-2-31)

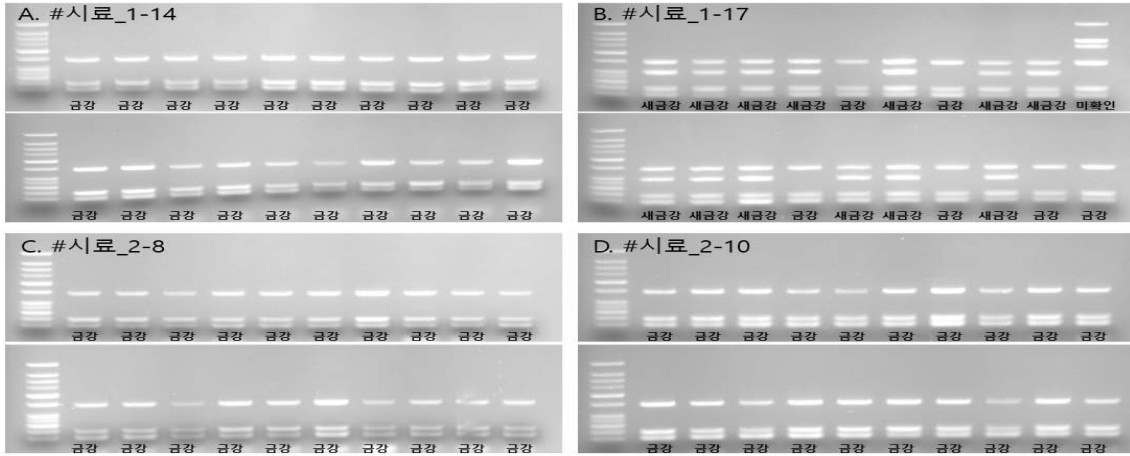


그림 2-2-31. 시료 1 및 시료 2의 유전자분석 결과

시료 3-19의 유전자분석 결과 60% 새금강, 15% 수안, 25% 기타품종으로 판정되었고, 시료 3-28은 100% 새금강으로 분석되었다. 시료 4-2은 100% 조경 품종으로 판정되었으며, 시료 4-34는 95% 조경, 5% 미확인품종으로 분석되었다 (그림 2-2-32).

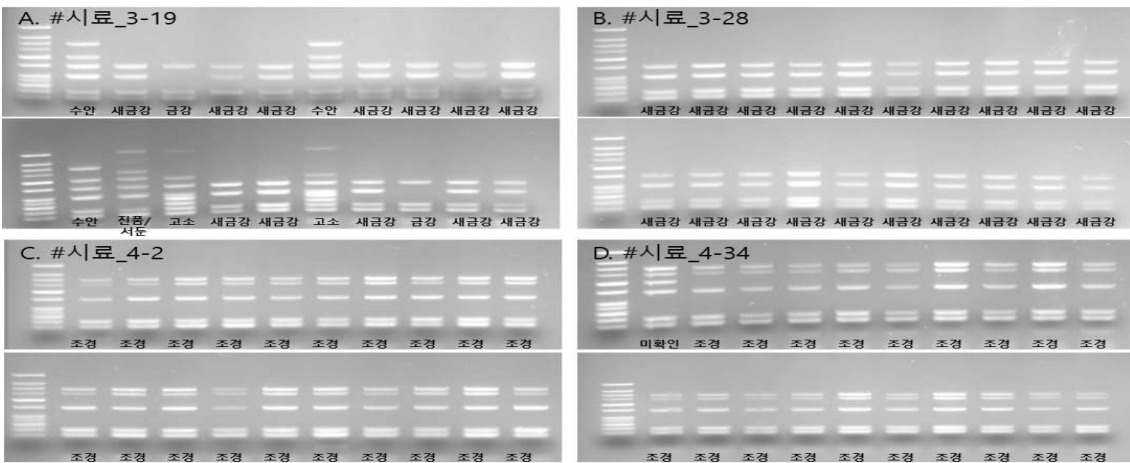


그림 2-2-32. 시료 3 및 시료 4의 유전자분석 결과

시료 5-5의 유전자분석 결과 95% 백강, 5% 조경 품종으로 판정되었고, 시료 5-7은 100% 백강 품종으로 분석되었다. 시료 6-1은 95% 금강, 5% 미확인품종으로 판정되었으며, 시료 6-3은 100% 새금강 품종으로 분석되었다 (그림 2-2-33).

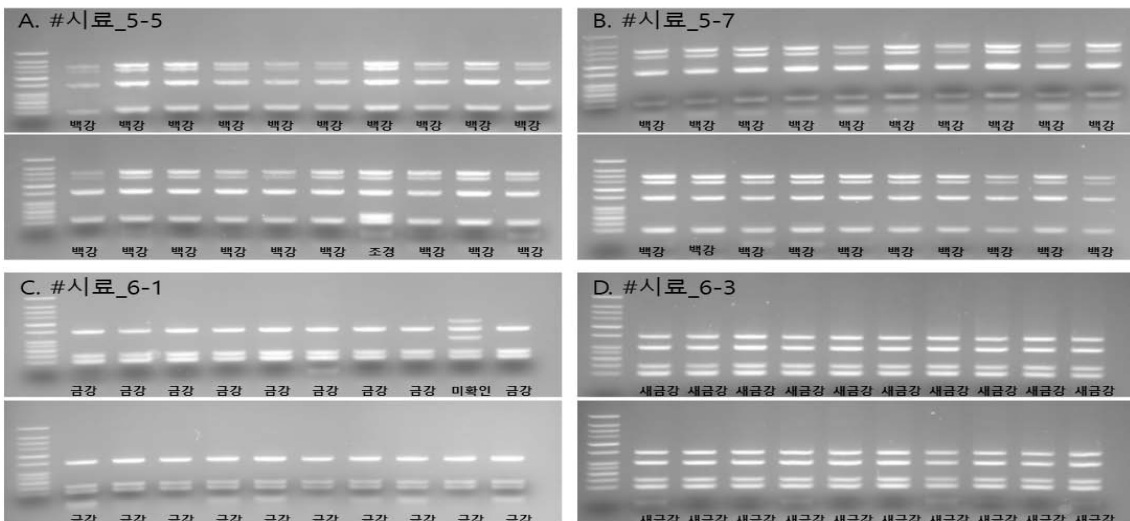


그림 2-2-33. 시료 5 및 시료 6의 유전자분석 결과

시료 7-11의 유전자분석 결과 45% 수안, 45% 조경, 및 10% 미확인 품종으로 판정되었고, 시료 7-13은 95% 조경, 5% 백강 품종으로 분석되었다 (그림 2-2-34).

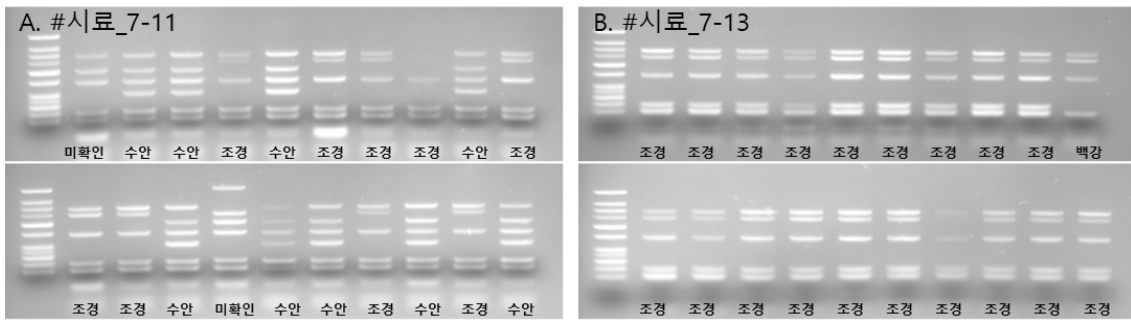


그림 2-2-34. 시료 7의 유전자분석 결과

유전자분석을 수행하면서 밴드가 나타나지 않는 현상이 발견되기도 했다. 실험상의 문제인지 확인하기 위해 여러 번 수행하였으나 결국 밴드가 검출되지 않았다 (그림 2-2-35. A). 울무, 보리, 옥수수, 벼, 밀 작물 각각의 특이 분자표지를 이용하여 실험한 결과, 보리 특이 분자표지에서 밴드가 검출되었다(그림 2-2-35. B). 최종적으로 158건의 분석 중 3건이 보리 작물로 판정되었다.

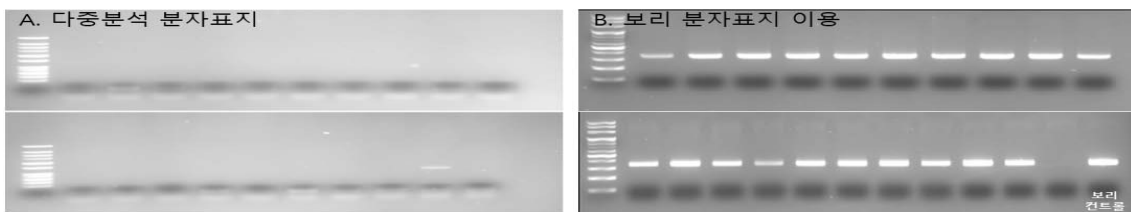


그림 2-2-35. 시료 7-23의 보리 판정 결과

2-2-3. 국산 밀 품종 판별 기술 사업화를 위한 연구기관 성과 연계

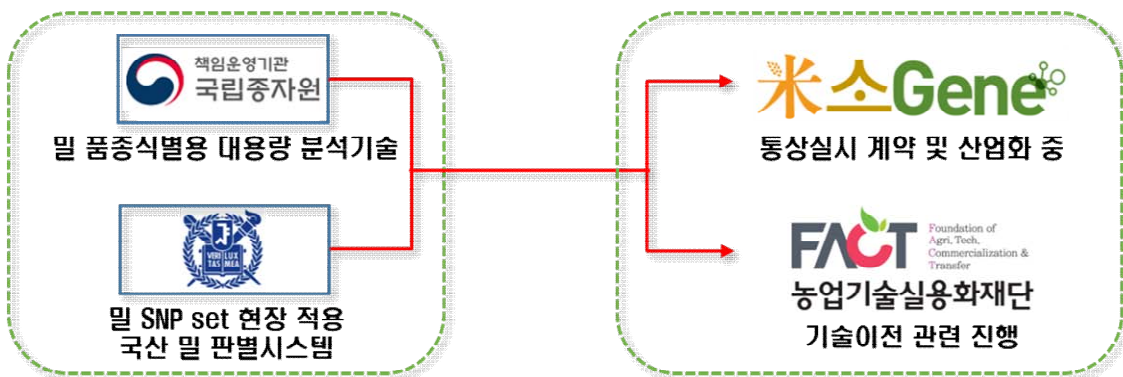


그림 2-2-36. 연구기관 성과 연계 순서도

- 협동연구기관인 국립종자원에서 개발한 밀 품종 식별용 대용량 분석기술을 (주)미소진에서 통상실시 계약을 통한 사업화를 진행하고 있으며, 서울대에서 개발한 밀 SNP set 현장적용 국산 밀 판별 시스템은 농업기술실용화재단을 통한 기술이전을 진행할 예정임

3. 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 정도

1) 연구수행 결과

(1) 정성적 연구개발성과

1. 국산 밀 가공 제품의 개발 및 산업화
 - 국산 비축밀 3종의 품질 수준 평가 및 상업적 scale 시험제분 제품의 가공 용도 평가
 - 국산 비축밀 3종의 원맥 혼합 기술 개발
 - 국산 비축밀 활용한 프리믹스 제품 개발 및 품질 평가
 - 국산 비축밀을 적용한 제과·제빵·제면 신제품 개발 및 품질 평가
 - 정부 비축 국산 밀 활용한 제분제품 및 2차 가공제품의 산업화
2. 국산 밀 순도 확인 기술 개발
 - 국내 7개 주요 품종중에 대한 염록체 및 핵기반 TaqMan 마커 개발로 신속 정확한 구별
 - 원맥 품종별 순도 확인 관련 대규모 실용화 연구기반 구축
 - 국산밀 품종순도 확인을 위한 분자바코드를 이용한 품종 식별법 개발 및 사업화 실시

(2) 정량적 연구개발성과(해당 시 작성하며, 연구개발과제의 특성에 따라 수정이 가능합니다)

< 정량적 연구개발성과표 >

(단위 : 건, 천원)

| 성과지표명 | | | 연도 | 2020년 | 2021년 | 계 | 가중치 (%) |
|-------------------------------|-----------|---------|---------|-----------|-----------|-----------|---------|
| 전담기관 등록·기탁 지표 ¹⁾ | 특허출원 | 목표(단계별) | | 0 | 2 | 2 | 12.5 |
| | | 실적(누적) | | 0 | 3 | 3 | 12.5 |
| | 비SCI논문 | 목표(단계별) | | 0 | 1 | 1 | 0 |
| | | 실적(누적) | | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 학술발표 | 목표(단계별) | | 1 | 1 | 2 | 12.5 |
| | | 실적(누적) | | 1 | 3 | 4 | 12.5 |
| 연구개발과제 특성 반영 지표 ²⁾ | 기술실시 (이전) | 목표(단계별) | | 1 | 1 | 2 | 12.5 |
| | | 실적(누적) | | 1 | 3 | 4 | 12.5 |
| | 기술료 | 목표(단계별) | | 0 | 16,000 | 16,000 | 12.5 |
| | | 실적(누적) | | 1,080 | 9,000 | 10,080 | 8.1 |
| | 제품화 | 목표(단계별) | | 4 | 3 | 7 | 12.5 |
| | | 실적(누적) | | 5 | 5 | 10 | 12.5 |
| | 매출액 | 목표(단계별) | | 670,000 | 1,480,000 | 2,150,000 | 12.5 |
| | | 실적(누적) | | 2,735 | 234,964 | 258,698 | 1.4 |
| | 고용창출 | 목표(단계별) | | 3 | 0 | 3 | 12.5 |
| | | 실적(누적) | | 3 | 3 | 6 | 12.5 |
| | 인력양성 | 목표(단계별) | | 0 | 1 | 1 | 12.5 |
| | | 실적(누적) | | 0 | 1 | 1 | 12.5 |
| 계 | 목표(단계별) | | 670,009 | 1,496,009 | 2,166,018 | 100 | |
| | 실적(누적) | | 3,825 | 243,982 | 247,807 | 84.5 | |

* 1) 전담기관 등록·기탁 지표: 논문[에스시아이 Expanded(SCIE), 비SCIE, 평균Impact Factor(IF)], 특허, 보고서원문, 연구시설·장비, 기술요약정보, 저작권(소프트웨어, 서적 등), 생명자원(생명정보, 생물자원), 표준화(국내, 국제), 화합물, 신제품 등을 말하며, 논문, 학술발표, 특허의 경우 목표 대비 실적은 기재하지 않아도 됩니다.

* 2) 연구개발과제 특성 반영 지표: 기술실시(이전), 기술료, 사업화(투자실적, 제품화, 매출액, 수출액, 고용창출, 고용효과, 투자유치), 비용 절감, 기술(제품)인증, 시제품 제작 및 인증, 신기술지정, 무역수지개선, 경제적 파급효과, 산업지원(기술지도), 교육지도, 인력양성(전문 연구인력, 산업연구인력, 졸업자수, 취업, 연수프로그램 등), 법령 반영, 정책활용, 설계 기준 반영, 타 연구개발사업에의 활용, 기술무역, 홍보(전시), 국제화 협력, 포상 및 수상, 기타 연구개발 활용 중 선택하여 기재합니다 (연구개발과제 특성별로 고유한 성과지표를 추가할 수 있습니다).

(3) 세부 정량적 연구개발성과(해당되는 항목만 선택하여 작성하되, 증빙자료를 별도 첨부해야 합니다)

[과학적 성과]

논문(국내외 전문 학술지) 게재

| 번호 | 논문명 | 학술지명 | 주저자명 | 호 | 국명 | 발행기관 | SCIE 여부 (SCIE/비SCIE) | 게재일 | 등록번호 (ISSN) | 기여율 |
|----|-----|------|------|---|----|------|-------------------------|-----|----------------|-----|
|----|-----|------|------|---|----|------|-------------------------|-----|----------------|-----|

국내 및 국제 학술회의 발표

| 번호 | 회의 명칭 | 발표자 | 발표 일시 | 장소 | 국명 |
|----|--|-------------------------------|------------|----------------|------|
| 1 | 유전체기반 디지털육종의 연구와 실용화 전략 | 조우현, 박지영, 정진기, 양태진 | 2020.08.18 | 대전ICC | 대한민국 |
| 2 | 디지털 농업 시대에 직면한 식물 육종의 현재와 미래 | 조우현, 박지영, 정진기, 강민영, 양태진 | 2021.06.30 | 라마다플라자제주 호텔 | 대한민국 |
| 3 | 2021 한국생물공학회 추계학술대회 및 국제 심포지엄 | 박지수, 정진기 | 2021.10.07 | 경주화백컨벤션센터 | 대한민국 |
| 4 | 2021 International conference of the korean society for molecular and cellular biology | 박지수, 강민영, 정진기 | 2021.11.05 | 제주국제컨벤션센터 | 대한민국 |

기술 요약 정보

| 연도 | 기술명 | 요약 내용 | 기술 완성도 | 등록 번호 | 활용 여부 | 미활용사유 | 연구개발기관 외 활용여부 | 허용방식 |
|----|-----|-------|--------|-------|-------|-------|------------------|------|
|----|-----|-------|--------|-------|-------|-------|------------------|------|

보고서 원문

| 연도 | 보고서 구분 | 발간일 | 등록 번호 |
|----|--------|-----|-------|
|----|--------|-----|-------|

생명자원(생물자원, 생명정보)/화합물

| 번호 | 생명자원(생물자원, 생명정보)/화합물 명 | 등록/기탁 번호 | 등록/기탁 기관 | 발생 연도 |
|----|------------------------|----------|----------|-------|
|----|------------------------|----------|----------|-------|

[기술적 성과]

지식재산권(특허, 실용신안, 의장, 디자인, 상표, 규격, 신제품, 프로그램)

| 번호 | 지식재산권 등 명칭 (건별 각각 기재) | 국명 | 출원 | | | | 등록 | | | 기여율 | 활용 여부 |
|----|--|------|----------------------|----------------|-------------------------|----------|-----|-----|-------|------|----------|
| | | | 출원인 | 출원일 | 출원 번호 | 등록 번호 | 등록인 | 등록일 | 등록 번호 | | |
| 1 | 국산 밀 품종 판별을 위한 SNP 유전자 마커와 프라이머 세트 및 이의 용도 | 대한민국 | 대한민국 (국립종 자원장) | 2020.10 .23 | 10-2020 -013581 0 | | | | | 100% | 활용 |
| 2 | 국산밀 품종 판별을 위한 분자마커 및 이의 용도 | 대한민국 | 서울대학 교산학협 력단 | 2021.11 .25 | 10-2021 -016397 1 | | | | | 100% | 미활용 |
| 3 | 대용량 고효율의 밀 품종 식별을 위한 SNP 마커, 프라이머 세트, 및 이의 용도 | 대한민국 | 대한민국 (국립종 자원장) | 2022.01 .14 | 10-2022 -000576 1 | | | | | 100% | 미활용 |

○ 지식재산권 활용 유형

※ 활용의 경우 현재 활용 유형에 √ 표시, 미활용의 경우 향후 활용 예정 유형에 √ 표시합니다(최대 3개 중복선택 가능).

| 번호 | 제품화 | 방어 | 전용실시 | 통상실시 | 무상실시 | 매매/양도 | 상호실시 | 담보대출 | 투자 | 기타 |
|----|-----|----|------|------|------|-------|------|------|----|----|
| 1 | | | | √ | | | | | | |

저작권(소프트웨어, 서적 등)

| 번호 | 저작권명 | 창작일 | 저작자명 | 등록일 | 등록 번호 | 저작권자명 | 기여율 |
|----|------|-----|------|-----|-------|-------|-----|
| | | | | | | | |

신기술 지정

| 번호 | 명칭 | 출원일 | 고시일 | 보호 기간 | 지정 번호 |
|----|----|-----|-----|-------|-------|
| | | | | | |

기술 및 제품 인증

| 번호 | 인증 분야 | 인증 기관 | 인증 내용 | | 인증 획득일 | 국가명 |
|----|-------|-------|-------|-------|--------|-----|
| | | | 인증명 | 인증 번호 | | |
| | | | | | | |

표준화

○ 국내표준

| 번호 | 인증구분 ¹⁾ | 인증여부 ²⁾ | 표준명 | 표준인증기구명 | 제안주체 | 표준종류 ³⁾ | 제안/인증일자 |
|----|--------------------|--------------------|-----|---------|------|--------------------|---------|
| | | | | | | | |

- * 1) 한국산업규격(KS) 표준, 단체규격 등에서 해당하는 사항을 기재합니다.
- * 2) 제안 또는 인증 중 해당하는 사항을 기재합니다.
- * 3) 신규 또는 개정 중 해당하는 사항을 기재합니다.

○ 국제표준

| 번호 | 표준화단계구분 ¹⁾ | 표준명 | 표준기구명 ²⁾ | 표준분과명 | 의장단 활동여부 | 표준특허 추진여부 | 표준개발 방식 ³⁾ | 제안자 | 표준화 번호 | 제안일자 |
|----|-----------------------|-----|---------------------|-------|----------|-----------|-----------------------|-----|--------|------|
| | | | | | | | | | | |

- * 1) 국제표준 단계 중 신규 작업항목 제안(NP), 국제표준초안(WD), 위원회안(CD), 국제표준안(DIS), 최종국제표준안(FDIS), 국제표준(IS) 중 해당하는 사항을 기재합니다.
- * 2) 국제표준화기구(ISO), 국제전기기술위원회(IEC), 공동기술위원회1(JTC1) 중 해당하는 사항을 기재합니다.
- * 3) 국제표준(IS), 기술시방서(TS), 기술보고서(TR), 공개활용규격(PAS), 기타 중 해당하는 사항을 기재합니다.

[경제적 성과]

시제품 제작

| 번호 | 시제품명 | 출시/제작일 | 제작 업체명 | 설치 장소 | 이용 분야 | 사업화 소요 기간 | 인증기관 (해당 시) | 인증일 (해당 시) |
|----|------|--------|--------|-------|-------|-----------|-------------|------------|
| | | | | | | | | |

□ 기술 실시(이전)

| 번호 | 기술 이전 유형 | 기술 실시 계약명 | 기술 실시 대상 기관 | 기술 실시 발생일 | 기술료 (해당 연도 발생액) | 누적 징수 현황 |
|----|----------|--|-------------|------------|-----------------|-----------|
| 1 | 통상실시권 | '출원중인 직무발명'의 통상실시권 | 국립중자원 | 2020.11.27 | 1,080,000 | 1,080,000 |
| 2 | 직접실시 | 국산 밀 제분기술 개발 및 이를 활용한 제품 개발 및 산업화 | 사조동아원 | 2021.12.15 | 5,040,000 | 5,040,000 |
| 3 | 직접실시 | 국산 밀 제면기술 개발 및 이를 활용한 제품 개발 및 산업화 | 동성식품 | 2021.12.31 | 1,260,000 | 1,260,000 |
| 4 | 통상실시권 | 공무원의 직무발명 및 국유특허권에 관한 통상실시 허락 및 통상실시권 설정 | 국립중자원 | 2021.12.30 | 2,700,000 | 2,700,000 |

* 내부 자금, 신용 대출, 담보 대출, 투자 유치, 기타 등

□ 사업화 투자실적

| 번호 | 추가 연구개발 투자 | 설비 투자 | 기타 투자 | 합계 | 투자 자금 성격* |
|----|------------|-------|-------|----|-----------|
| | | | | | |

□ 사업화 현황

| 번호 | 사업화 방식 ¹⁾ | 사업화 형태 ²⁾ | 지역 ³⁾ | 사업화명 | 내용 | 업체명 | 매출액 | | 매출 발생 연도 | 기술 수명 |
|----|----------------------|----------------------|------------------|---------------|-------------|--------|-----------|---------|------------|-------|
| | | | | | | | 국내 (천원) | 국외 (달러) | | |
| 1 | 자가실시 | 신제품 개발 | 국내 | 국산밀 부침가루 | 국산밀 부침가루 개발 | 사조 동아원 | - | - | - | 8 |
| 2 | 자가실시 | 신제품 개발 | 국내 | 국산밀 튀김가루 | 국산밀 튀김가루 개발 | 사조 동아원 | - | - | - | 8 |
| 3 | 자가실시 | 신제품 개발 | 국내 | 우리밀 전용분 | 국산밀 밀가루 개발 | 사조 동아원 | 73,422.69 | - | 2021 | 8 |
| 4 | 자가실시 | 기존 공정 개선 | 국내 | 우리밀 | 기존공정 개선 | 사조 동아원 | 15,097.58 | - | 2021 | 8 |
| 5 | 자가실시 | 신제품 개발 | 국내 | 일품 우리밀 | 국산밀 밀가루 개발 | 사조 동아원 | 24,043.77 | - | 2020, 2021 | 8 |
| 6 | 자가실시 | 신제품 개발 | 국내 | 진품우리밀 | 국산밀 밀가루 개발 | 사조 동아원 | - | - | - | 8 |
| 7 | 자가실시 | 신제품 개발 | 국내 | 쿱탁우리밀 면사리 | 국산밀유 탕면개발 | 동성식품 | - | - | - | 8 |
| 8 | 자가실시 | 신제품 개발 | 국내 | 프리미엄 우리밀 냉동우동 | 국산밀 우동면 개발 | 동성식품 | - | - | - | 8 |
| 9 | 자가실시 | 신제품 개발 | 국내 | 프리미엄 우리밀 쫄면 | 국산밀 쫄면 개발 | 동성식품 | 129,710.7 | - | 2021 | 8 |

* 1) 기술이전 또는 자기실시

* 2) 신제품 개발, 기존 제품 개선, 신공정 개발, 기존 공정 개선 등

* 3) 국내 또는 국외

□ 매출 실적(누적)

| 사업화명 | 발생 연도 | 매출액 | | 합계 | 산정 방법 |
|-----------|-------|-----------|--------|-----------|--------|
| | | 국내(천원) | 국외(달러) | | |
| 일품 우리밀 | 2020 | 2,734.5 | - | 2,734.5 | 매출액 기준 |
| 일품 우리밀 | 2021 | 21,488.9 | - | 21,488.9 | 매출액 기준 |
| 우리밀 전용분 | 2020 | 51,933.8 | - | 51,933.8 | 매출액 기준 |
| 우리밀 전용분 | 2021 | 15,097.6 | - | 15,097.6 | 매출액 기준 |
| 우리밀 | 2021 | 129,710.7 | - | 129,710.7 | 매출액 기준 |
| 우리밀 감자수제비 | 2021 | 16,732.8 | - | 16,732.8 | 매출액 기준 |
| 합계 | | 237,698.3 | - | 237,698.3 | |

□ 사업화 계획 및 무역 수지 개선 효과

| 성과 | | - 비축 국산밀을 활용한 제분·프리믹스·제면 제품 산업화 - 국산밀 품종 판별 기술 통상실시권 징수 | | |
|--------------------------------|-------------|--|---------|---------|
| 사업화 계획 | 사업화 소요기간(년) | 사업화 중 | | |
| | 소요예산(천원) | - | | |
| | 예상 매출규모(천원) | 현재까지 | 3년 후 | 5년 후 |
| | | 258,968 | 400,000 | 500,000 |
| | 시장 점유율 | 단위(%) | 현재까지 | 3년 후 |
| 국내 | | | | |
| 국외 | | | | |
| 향후 관련기술, 제품을 응용한 타 모델, 제품 개발계획 | | 비축밀은 농식품부 정책과 관련되어 있어 신제품 판매 루트는 정책 변화에 따라 개발 방향이 설정됨 | | |
| 무역 수지 개선 효과(천원) | 수입대체(내수) | 현재 | 3년 후 | 5년 후 |
| | 수출 | | | |

□ 고용 창출

| 순번 | 사업화명 | 사업화 업체 | 고용창출 인원(명) | | | 합계 |
|----|-----------------------------------|--------|------------|-------|-------|----|
| | | | 2019년 | 2020년 | 2021년 | |
| 1 | 국산 밀 제분기술 개발 및 이를 활용한 제품 개발 및 산업화 | 사조동아원 | 0 | 1 | 3 | 4 |
| 2 | 국산 밀 제면기술 개발 및 이를 활용한 제품 개발 및 산업화 | 동성식품 | 2 | 0 | 0 | 2 |
| 합계 | | | 2 | 1 | 3 | 6 |

□ 고용 효과

| 구분 | | 고용 효과(명) | |
|-------|------|----------|---|
| 고용 효과 | 개발 전 | 연구인력 | 0 |
| | | 생산인력 | 0 |
| | 개발 후 | 연구인력 | 6 |
| | | 생산인력 | 0 |

□ 비용 절감(누적)

| 순번 | 사업화명 | 발생연도 | 산정 방법 | 비용 절감액(천원) |
|----|------|------|-------|------------|
| | | | | |
| 합계 | | | | |

경제적 파급 효과

(단위: 천원/년)

| 구분 | 사업화명 | 수입 대체 | 수출 증대 | 매출 증대 | 생산성 향상 | 고용 창출 (인력 양성 수) | 기타 |
|-------|------|-------|-------|-------------|--------|--------------------|----|
| 해당 연도 | | | | 23,770,000 | | 6(1) | |
| 기대 목표 | | | | 215,000,000 | | 3(1) | |

산업 지원(기술지도)

| 순번 | 내용 | 기간 | 참석 대상 | 장소 | 인원 |
|----|----|----|-------|----|----|
| | | | | | |

기술 무역

(단위: 천원)

| 번호 | 계약 연월 | 계약 기술명 | 계약 업체명 | 계약업체 국가 | 기 징수액 | 총 계약액 | 해당 연도 징수액 | 향후 예정액 | 수출/ 수입 |
|----|-------|--------|--------|------------|-------|-------|--------------|-----------|-----------|
| | | | | | | | | | |

[사회적 성과]

법령 반영

| 번호 | 구분 (법률/시행령) | 활용 구분 (제정/개정) | 명 칭 | 해당 조항 | 시행일 | 관리 부처 | 제정/개정 내용 |
|----|----------------|------------------|-----|-------|-----|-------|-------------|
| | | | | | | | |

정책활용 내용

| 번호 | 구분 (제안/채택) | 정책명 | 관련 기관 (담당 부서) | 활용 연도 | 채택 내용 |
|----|---------------|-----|------------------|-------|-------|
| | | | | | |

설계 기준/설명서(시방서)/지침/안내서에 반영

| 번호 | 구분 (설계 기준/설명서/지침/안내서) | 활용 구분 (신규/개선) | 설계 기준/설명서/ 지침/안내서 명칭 | 반영일 | 반영 내용 |
|----|--------------------------|------------------|-------------------------|-----|-------|
| | | | | | |

전문 연구 인력 양성

| 번호 | 분류 | 기준 연도 | 현황 | | | | | | | | | | |
|----|----|-------|-----|----|----|----|----|---|-----|-----|-----|-----|----|
| | | | 학위별 | | | | 성별 | | 지역별 | | | | |
| | | | 박사 | 석사 | 학사 | 기타 | 남 | 여 | 수도권 | 충청권 | 영남권 | 호남권 | 기타 |
| 1 | 학위 | 2021 | | 1 | | | | 1 | 1 | | | | |

산업 기술 인력 양성

| 번호 | 프로그램명 | 프로그램 내용 | 교육 기관 | 교육 개최 횟수 | 총 교육 시간 | 총 교육 인원 |
|----|-------|---------|-------|----------|---------|---------|
| | | | | | | |

다른 국가연구개발사업에의 활용

| 번호 | 중앙행정기관명 | 사업명 | 연구개발과제명 | 연구책임자 | 연구개발비 |
|----|---------|-----|---------|-------|-------|
| | | | | | |

국제화 협력성과

| 번호 | 구분 (유치/파견) | 기간 | 국가 | 학위 | 전공 | 내용 |
|----|---------------|----|----|----|----|----|
| | | | | | | |

홍보 실적

| 번호 | 홍보 유형 | 매체명 | 제목 | 홍보일 |
|----|-------|----------|--------------------------------|------------|
| 1 | 지방일간지 | 한국농업신문 외 | 최첨단 DNA지문 기술을 이용한 국산밀 품종식별법 개발 | 2020.10.29 |

포상 및 수상 실적

| 번호 | 종류 | 포상명 | 포상 내용 | 포상 대상 | 포상일 | 포상 기관 |
|----|----|-----|-------|-------|-----|-------|
| | | | | | | |

[인프라 성과]

연구시설·장비

| 구축기관 | 연구시설/ 연구장비명 | 규격 (모델명) | 개발여부 (○/×) | 연구시설·장비 종합정보시스템* 등록여부 | 연구시설·장비 종합정보시스템* 등록번호 | 구축일자 (YY.MM.DD) | 구축비용 (천원) | 비고 (설치 장소) |
|------|----------------|-------------|---------------|-----------------------------|-----------------------------|--------------------|--------------|---------------|
| | | | | | | | | |

* 「과학기술기초법 시행령」 제42조제4항제2호에 따른 연구시설·장비 종합정보시스템을 의미합니다.

[그 밖의 성과](해당 시 작성합니다)

해당 없음

(4) 계획하지 않은 성과 및 관련 분야 기여사항(해당 시 작성합니다)

해당 없음

2) 목표 달성 수준

| 추진 목표 | 달성 내용 | 달성도(%) |
|--|---|--------|
| ○ 정부비축 국산 밀 활용한 제분 기술 개발과 밀가루 및 관련제품 사업화 | ○ 정부비축 국산밀 활용한 3종의 밀가루 제품 개발 및 2종 밀가루 사업화 완료, 2종 프리믹스 개발 및 향후 사업화 예정 | ○ 100 |
| ○ 국산 밀 밀가루 활용한 제면 신제품 개발 및 사업화 | ○ 비축 국산밀 밀가루를 활용한 3종의 제면제품 개발 및 사업화 완료 | ○ 100 |
| ○ 국산 밀 밀가루 활용한 제과 신제품 개발 및 사업화 | ○ 국산 밀 밀가루 활용한 제과 신제품 개발 완료 및 향후 사업화 검토 | ○ 90 |
| ○ 국산 밀 밀가루 활용한 제빵 신제품 개발 및 사업화 | ○ 국산 밀 밀가루 활용한 제빵 신제품 개발 및 사업화 | ○ 90 |
| ○ 개발 제품의 품질 관리 및 개선 | ○ 개발 및 사업화 완료 제품의 상업적 품질관리 및 기존 제품 개선제품 2종 사업화 | ○ 100 |
| ○ 개발 제품의 마케팅 활동을 통한 국산 밀 관련 시장 형성 | ○ 개발 및 사업화 완료 제품의 세미나 개최 등 마케팅 활동 및 국산 밀 시장 형성 기여 | ○ 100 |
| ○ 유전체 분석기술을 이용한 마커 개발 등 기초·기반 기술 개발 | ○ 국산밀 35종의 유전체 분석을 통한 품종식별용 SNP마커 개발 및 사업화 | ○ 100 |
| ○ 밀 품종 유전체 분석 | ○ 소규모유전체 정보를 이용한 7개 주요 품종에 대한 엽록체 서열 완전장 완성 엽축체 및 핵기반 서열을 이용한 7품종 구별 마커 개발 | ○ 100 |

4. 목표 미달 시 원인분석

1) 목표 미달 원인(사유) 자체분석 내용

1. 매출액 목표미달 원인 분석

- 가. 본 연구과제의 핵심인 정부비축밀 관련 연구는 재고 소진 및 국산밀 시장 활성화를 위하여 농식품부의 관리 및 한국농수산물유통공사를 통하여 공급받게 되어있음.
- 나. 한국농수산물유통공사의 '정부비축 밀 농기평 R&D 선정업체 공급안내' (식량관리처 -6498) 중 '정부비축 밀 농기평 R&D 선정업체 공급계획'에 의거하여 비축밀의 사용은 주관연구기관인 사조동아원(주)와 R&D 연구용역 주관사(협동연구기관)에만 한정하여 유통이 가능한 구조로 **판매 채널 다변화에 제약**이 있음.
- 다. 협동연구기관의 매출이 저조할 경우 연구과제 매출 목표액 달성이 어려운 구조임.
- 라. 협동연구기관 중 동성식품은 고속도로 휴게소용 면류를 출시하였으나 팬데믹 상황으로 인하여 기존 판매 제품의 매출감소로 인하여 신규제품 출시가 어려움.
- 라. 그 외 협동연구기관의 사업화는 제품 개발을 완료 후 출시 검토 진행 중 비축밀의 대기업 사용과 관련된 농민단체의 항의와 관련 기사의 집중 보도로 인하여 **기업 이미지에 악영향**을 줄 수 있어 출시를 보류하고 있음.
 - 관련기사: '비축밀, 대기업에 수입밀 가격으로 공급...우리밀업계 뿔났다, 21.04.13', '4년 전 큰 손실 보며 비축한 밀...혈값에 대기업 주다니 실망, 21.04.27', '우리밀업계가 공분하고 있는 이유, 21.04.27', '만능 아닌 정부비축...소비 확대·신수요 창출 절실, 21.05.23'

2. 기술료:

- 특허 출원(국산밀 품종 판별을 위한 분자마커 및 이의 용도, 10-2021-0163971)에 대하여 농업기술실용화재단에 기술이전 의뢰를 한 상태이며, 내부 논의중임

3. 논문(비SCI)

- 협약당시 논문성과를 비SCI로 협약 되었으나, 해당 연구결과의 중요성 및 영향력을 고려하여 SCI 논문(Food Science and Biotechnology, IF 2.391)으로 상향 투고하였고, 현재 Minor Revision 중임. 논문심사기간이 예상보다 길어져 지연되고 있음
-

2) 자체 보완활동

1. 매출액

- 가. 기존 국산밀 제품(밀가루, 밀가루를 적용한 2차 가공제품)에 본 연구 성과의 공정 기술을 적용한 개선제품의 생산 및 판매로 매출액 증대
- 나. 농식품부 및 한국농수산물유통공사와의 커뮤니케이션 으로 판매 다변화 노력
- 다. 본 연구 성과를 적용한 제품의 군납(비축밀 적용 판매 가능) 입찰의 적극 참여로 매출액 증대 기여 예정

2. 기술료 및 기술이전

- 가. 국산밀 품종식별법 개발 및 관련기술 이전을 통하여 품종 분석용 키트 제품 생산 및 판매
- 나. 국산 및 품종식별용 제품을 이용하여 2021년 전국 밀 재배생산 단지의 식물체 전수분석 (1,410건)을 진행하여 국산밀 산업 활성화에 기여
- 다. 본 연구의 개발된 키트를 사용하여 2022년에도 국산밀 재배농가의 품종식별 분석을 진행 예정(통상실시)
- 라. 농업기술실용화재단에 지속적인 기술이전 협의를 할 예정임

3. 논문(비SCI)

- 기존 비SCI에서 SCI 논문으로 상향달성 예정임. 심사기간이 예상보다 늘어난 관계로 연구 기간 내 달성은 어려우나 종료 후 게재는 될 것으로 예상됨
-

3) 연구개발 과정의 성실성

본 연구과제의 성실한 수행을 위하여 연구개발계획서에서 제시한 계획대로 성실히 수행하였음. 특히 본 과제는 국산밀의 활성화와 재고 소진을 위하여 관련기관의 비축 국산 밀 임가공 대행 등 농식품부의 사업에 뜻을 같이하여 적극적으로 참여 하는 과정 중 비축 국산밀의 재고소진 및 대량유통을 목적으로 하는 농식품부의 과제 설명회 제안으로 시작 되었음.

주관 및 협동연구기관은 연구계획서 상 계획한 연구를 성실하게 수행하였으며 성공적인 사업을 위하여 여러 가지 노력을 하였으나, 대외적인 문제로 인하여 매출 등 일부 목표를 달성하지 못하였음. 그러나 기술실시(목표 2건, 실적 4건), 고용창출(목표 3명, 실적 6명), 학술발표(목표 2건, 실적 4건)는 목표대비 200%를 달성하였으며, 특허출원(목표 2건, 실적 3건)은 목표대비 150%, 신제품 개발(목표 7건, 실적 10건)은 목표대비 143%를 달성 하여 주어진 환경에서 최대의 연구 성과물을 창출하였음.

과제 종료 후에도 완제품 판매 루트의 다변화 등이 요구되며, 시장 환경에 따라 신제품의 적극적인 출시로 매출 증대에 기여할 것으로 예상됨

5. 연구개발성과의 관련 분야에 대한 기여 정도

농림축산식품부의 제1차 밀 산업 육성 기본계획(2020.11.18., 농림축산식품부 식량정책관)에 따르면 국산밀의 수급 안정과 식량안보 차원에서 2025년까지 전체 밀 생산량의 25% 수준을 비축하며, 비축물량은 2021년 10천톤, 2022년 14천톤, 2023년 20천톤, 2024년 24천톤, 2025년 30천톤으로 단계적으로 비축밀이 증가할 예정임. 따라서 비축밀의 상업적인 제분과 이를 활용한 2차 가공제품의 산업화는 추후 비축밀의 소비 시점에 반드시 선행되어야 하는 연구임. 또한 총 6명의 정규직을 고용하여 국가 청년 고용률 향상에 기여하였음.

또한, 밀 산업 육성 기본계획에 따르면 정부는 보급종 종자순도를 높여 고품질 국산 밀 생산을 유도하기 위해 보급종 공급물량을 확대하는 계획이 있으며 보급종 공급 계획으로 2021년 1,330톤, 2022년 1,900톤, 2023년 2,280톤, 2024년 2,850톤, 2025년 3,230톤으로 증가하고, 보급종의 순도관리를 강화하기 위해 저비용으로 신속하게 품종검정이 가능한 대용량 분석법을 개발·보급할 계획임.

따라서, 본 연구 성과물로 비축밀의 상업적인 제분과 이를 활용한 2차 가공제품의 산업화는 추후 비축밀 소비 시점이 도래할 때를 대비하여 반드시 선행되어야 하는 연구이며, 국산 밀 품종 관리에 적용 할 수 있으므로 국가 식량안보에 기여할 수 있음.

6. 연구개발성과의 관리 및 활용 계획

1. 국산 비축밀의 산업화

- 본 연구과제의 산물인 비축밀의 가공기술과 그 2차 가공제품의 개발제품은 관련기술을 적용하여 계속 판매를 진행할 예정이며, 매출액 증대를 위하여 관련 기술을 다양한 국산밀 제품에 적용할 예정임.
- 또한 현재 주관연구기관에서 실시하고 있는 전국 제빵세미나에 본 연구 결과물을 적용한 제빵 레시피를 제빵업 종사자에게 소개하는 마케팅을 실시하여 국산밀 시장확대에 기여할 예정임.
- 사조동아원은 비축 국산 밀을 활용한 제분 제품을 제조·판매 하며 협동연구기관인 크라운제과, 롯데제과, 동성식품은 이를 활용한 제과·제빵·제면 제품을 상품화에 활용 예정임.

2. 국산밀 품종판별 기술

- 본 연구과제의 성과물인 국산밀 품종식별용 키트를 사용하여 농식품부 주관의 전국의 밀 생산단지에 대한 밀 품종분석을 2021년 이후 진행하고 있으며 매년 생산단지의 밀에 대한 유전자 분석을 실시할 예정임
- 또한 국가 보급종 밀의 품종순도 확인, 유통종자에 대한 품종 분쟁 및 침해 발생 시 유전자 분석을 통한 해결로 품종보호 및 종자유통관리에 기여할 예정임
- 본 연구과제를 통해 개발된 품종판별 마커는 기술이전을 통해 국가 밀 품종의 종자 순도 및 품질관리에 지속적으로 이용될 예정임

< 연구개발성과 활용계획표 >

| 구분(정량 및 정성적 성과 항목) | | 연구개발 종료 후 5년 이내 | |
|---------------------|-------|--|--|
| 국외논문 | SCIE | 1 | |
| | 비SCIE | | |
| | 계 | | |
| 국내논문 | SCIE | | |
| | 비SCIE | | |
| | 계 | | |
| 특허출원 | 국내 | | |
| | 국외 | | |
| | 계 | | |
| 특허등록 | 국내 | 2 | |
| | 국외 | | |
| | 계 | 2 | |
| 인력양성 | 학사 | | |
| | 석사 | | |
| | 박사 | | |
| | 계 | | |
| 사업화 | 상품출시 | 국산밀 관련 개발제품의 판매 매년 200키트(품종식별용 키트), 개발제품의 매출 발생(연 500백만원 이상 목표) | |
| | 기술이전 | 매년 1건 (품종식별용 키트) | |
| | 공정개발 | | |
| 제품개발 | 시제품개발 | | |
| 비임상시험 실시 | | | |
| 임상시험 실시 (IND 승인) | 의약품 | 1상 | |
| | | 2상 | |
| | | 3상 | |
| | 의료기기 | | |
| 진료지침개발 | | | |
| 신의료기술개발 | | | |
| 성과홍보 | | | |
| 포상 및 수상실적 | | | |
| 정성적 성과 주요 내용 | | | |

< 별첨 자료 >

| 중앙행정기관 요구사항 | 별첨 자료 |
|-------------|---------------|
| 1. | 1) 자체평가의견서 |
| | 2) 연구성과 활용계획서 |
| 2. | 1) |
| | 2) |

참고문헌

1. Cox, M.P., D.A. Peterson, and P.J. Biggs. (2010) SolexaQA: At-a-glance quality assessment of Illumina second-generation sequencing data. *Bioinformatics*, 11:485.
2. Kim JE, Oh SK, Lee JH, Lee BM, Jo SH. (2014) Genome-Wide SNP Calling Using Next Generation Sequencing Data in Tomato. *Mol. Cells*, 37:36-42.
3. Kim KM, Kim KH, Kang CS, Jeong HY, Choi CH, Park JH, Son JH, Yang JW, Kim YJ, Park TI, Kweon MR. (2019) Analysis of quality and processing suitability of mixed seeding and flour blending between wheat varieties. *Korean J. Crop Sci.* 64(3): 225-233.
4. Kwak HS, Kim MJ, Kim H, Kim SS. (2017) Quality characteristics of domestic and imported commercial plain wheat flour. *Korean J. Food Sci. Tech.* 49(3): 304-310.
5. Li H, Durbin R. (2009) Fast and accurate short read alignment with Burrows-Wheeler transform. *Bioinformatics*, 25:1754-1760.
6. Li H, Handsaker B, Wysoker A, Fennell T, Ruan J, et al. (2009) The Sequence Alignment/ Map format and SAMtools. *Bioinformatics*, 25:2078-2079.
7. Martin M. (2011) Cutadapt removes adapter sequences from high-throughput sequencing reads. *EMBnet.journal*, 17.
8. Park HR and Lee SJ. (2011) Optimization of ramen flour formulation by mixture experimental design. *Food Eng Prog*, 15(4): 297-304.
9. Park HR, Lee SJ. (2011) Optimization of ramen flour formulation by mixture experimental design. *Food Eng. Prog.* 15(4): 297-304.
10. Park NK, Song JC, Kim KJ, Lee CK, Jeong HS and Chung MJ. (1999) Noodle-making characteristics of Korean wheat. *Korean J. Postharvest Sci. Tech*, 6(2): 167-172.
11. Pritchard JK, Stephens M, Donnelly P. (2000) Inference of population structure using multilocus genotype data. *Genetics*, 155: 945-959.
12. Shin EJ, Kim NG, Chung CH, Kim HS. (2014) Quality characteristics of wheat flour suitable for wet noodle. *Korean J. Food Cook. Sci.* 30(5): 540-546
13. Tamura K, Stecher G, Peterson D, Filipski A, and Kumar S. (2013) MEGA6: Molecular Evolutionary Genetics Analysis Version 6.0. *Molecular Biology and Evolution*, 30:2725-2729.
14. Wang X, Kweon MR. (2021) Quality of US soft red wheat flours and their suitability for making fresh noodles. *Korean J Food Cook Sci.* 37(2): 134-143.
15. Yoo JS, Hong ES, Hong KW, Toon WB. (2016) Optimization and quality characteristic of noodles with hydrolysate of sea cucumber using a mixture design. *Food Eng. Prog.* 20(2): 143-151.
16. Zheng X, Levine D, Shen J, Gogarten S, Laurie C and Weir B. (2012) A High-performance Computing Toolset for Relatedness and Principal Component Analysis of SNP Data. *Bioinformatics*, 28(24): 3326-3328.
17. Choi HY, Kim JS, Go ES, Woo HE, Park JD, Sung JM. (2021) Quality characteristics of Tteokbokki Tteok after ethanol and heat moisture treatments during the storage periods. *J. Korean Soc. Food Cult.* 36(3): 325-332.