119030-3

쌀 가공식품 부산물을 이용한 기능성 소재 개발 및 이를 활용한 식품의 산업화 최종보고서

2022

농림식품기술기획평가원

농림축산식품부

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

미래형혁신식품기술연구개발사업 2021년도 최종보고서

발간등록번호
11-1543000-004000-01

쌀 가공식품 부산물을 이용한 기능성 소재 개발 및 이를 활용한 식품의 산업화

2022.03.25

주관연구기관 / ㈜엄지식품
협동연구기관 / (재)베리앤바이오식품연구소
협동연구기관 / 순천향대학교 산학협력단

농 림 축 산 식 품 부
(전문기관)농림식품기술기획평가원

제출문

제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “쌀 가공식품 부산물을 이용한 기능성 소재 개발 및 이를 활용한 식품의 산업화”(개발기간 : 2019. 5. 20 ~ 2021. 12. 31)과제의 최종보고서로 제출합니다.

2022.03.25

주관연구기관명 : ㈜엄지식품 (대표자) 마 영 모 (인)

협동연구기관명 : (재)베리앤바이오식품연구소 (대표자) 유 기 상 (인)

협동연구기관명 : 순천향대학교 산학협력단 (대표자) 전 창 완 (인)

주관연구책임자 : 서 병 철
협동연구책임자 : 송 지 영
협동연구책임자 : 문 세 훈

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

■ 농림축산식품연구개발사업 관리기준 [별지 제17호 서식] <제23조제3호 관련>

최종보고서

보안등급
일반[√], 보안[ ]

중앙행정기관명	농림축산식품부	사업명	사업명	미래형혁식식품기술개발사업	
전문기관명 (해당 시 작성)	농림식품기술기획평가원		내역사업명 (해당 시 작성)		
공고번호		총괄연구개발 식별번호 (해당 시 작성)			
		연구개발과제번호		119030-3	

기술분류	국가과학기술표준분류	LB1704	60%	LB1801	20%	LB1701	20%	
	농림식품과학기술분류	PA0103	60%	PA0201	20%	PA0101	20%	

총괄연구개발명 (해당 시 작성)	국문				
	영문				
연구개발과제명	국문	쌀 가공식품 부산물을 이용한 기능성 소재 개발 및 이를 활용한 식품의 산업화			
	영문	Development and industrialization of functional materials from by-product of rice processed food			
주관연구개발기관	기관명	㈜엄지식품	사업자등록번호	403-85-11682	
	주소	(54363)전북 김제시 봉황공단 2길 107	법인등록번호	131411-0146996	
연구책임자	성명	서○○	직위		
	연락처 직장전화		휴대전화		
	연락처 전자우편		국가연구자번호		

연구개발기간	전체		2019. 05. 20 - 2021.12. 31 (2년 8개월)
	단계 (해당 시 작성)	1단계	YYYY. MM. DD - YYYY. MM. DD(년 개월)
		n단계	YYYY. MM. DD - YYYY. MM. DD(년 개월)

연구개발비 (단위: 천원)		정부지원 연구개발비	기관부담 연구개발비		그 외 기관 등의 지원금				합계			연구개발비 외 지원금
					지방자치단체		기타( )					
		현금	현금	현물	현금	현물	현금	현물	현금	현물	합계	
총계		613,000	20,800	187,200					633,800	187,200	821,000	
1단계	1년차	156,000	5,200	46,800					161,200	46,800	208,000	
	2년차	223,000	7,800	70,200					230,800	70,200	301,000	
	3년차	234,000	7,800	70,200					241,800	70,200	312,000	
n단계	1년차											
	n년차											

공동연구개발기관 등 (해당 시 작성)	기관명	책임자	직위	휴대전화	전자우편	비고	
						역할	기관유형
공동연구개발기관	(재)베리&바이오식품연구소	송○○				공동	공립연
	순천향대학교	문○○				공동	대학
위탁연구개발기관							
연구개발기관 외 기관							

연구개발담당자 실무담당자	성명	백○○	직위		
	연락처 직장전화		휴대전화		
	연락처 전자우편		국가연구자번호		

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

2022년 2월 7일

연구책임자: 서 ○ ○ (인)

주관연구개발기관의 장: ㈜ 엄지식품 (직인)
공동연구개발기관의 장: (재)베리앤바이오식품연구소 (직인)
공동연구개발기관의 장: 순천향대학교 (직인)

농림축산식품부장관·농림식품기술기획평가원장 귀하

< 요 약 문 >

※ 요약문은 5쪽 이내로 작성합니다.

사업명	미래형혁식식품기술개발사업	총괄연구개발 식별번호 (해당 시 작성)	
내역사업명 (해당 시 작성)		연구개발과제번호	119030-3

기술분류								
	국가과학기술 표준분류	LB1704	60 %	LB1801	20 %	LB1701	20%
	농림식품 과학기술분류	PA0103	60 %	PA0201	20 %	PA0101	20%

총괄연구개발명 (해당 시 작성)	
연구개발과제명	쌀 가공식품 부산물을 이용한 기능성 소재 개발 및 이를 활용한 식품의 산업화
전체 연구개발기간	2019. 05. 20 - 2021.12. 31 (2년 8개월)
총 연구개발비	총 821,000천원 (정부지원연구개발비: 613,000천원, 기관부담연구개발비 : 208,000천원, 지방자치단체: 천원, 그 외 지원금: 천원)

연구개발단계	기초[ ] 응용[ ] 개발[√] 기타(위 3가지에 해당되지 않는 경우)[ ]	기술성숙도 (해당 시 기재)	착수시점 기준(3) 종료시점 목표(5)
연구개발과제 유형 (해당 시 작성)			
연구개발과제 특성 (해당 시 작성)			

연구개발 목표 및 내용			
	최종 목표		○ 쌀 세정수 농축, 정제 및 쌀전분과 쌀단백질의 분리공정 개발 1건 ○ 쌀 세정수 및 쌀 활용 기능성 소재 개발 및 상품화 4건
	전체 내용		○ 쌀 가공 부산물인 쌀 세정수로부터 쌀전분과 쌀단백질의 분리공정 확립 ○ 고미와 고고미로부터 식물성 쌀 단백질 분리 기술 개발 ○ 쌀 세정수 및 고미 이용 유용 기능성 단백질 소재 개발 - 유화제와 캡슐제로 활용가능한 기능성 단백질 소재 개발 - 식품용 바이오필름으로 활용가능한 기능성 단백질 소재 개발 ○ 쌀 세정수 이용 유용 기능성 전분 소재 개발 - 쌀세정수로부터 전분 분리 기술 개발 - 쌀전분을 이용한 식품용 안정제 제조 - 제조한 쌀전분을 이용한 식품용 바이오필름 제조기술 개발 ○ 베리로부터 안정한 추출물 제조 ○ 쌀 세정수 및 고미과 고고미 유래 쌀단백질과 쌀전분을 활용한 소스베이스 개발 - 기존의 유화제 및 안정제를 쌀단백질로 대체한 식품의 개발 - 베리추출물 포집 - 쌀단백질 캡슐 제조기술 개발 및 이를 이용한 소스 개발 ○ 쌀 세정수 및 고미와 고고미 유래 쌀단백질과 쌀전분을 활용한 냉동HMR식품 개발 ○ 쌀 세정수 및 고미와 고고미 유래 쌀단백질과 쌀전분을 활용한 바이오필름 제조기술 개발
	1단계 (해당 시 작성)	목표	
		내용	
	n단계 (해당 시 작성)	목표	
		내용	

연구개발성과	○ 쌀 가공 부산물인 쌀 세정수로부터 전분과 단백질의 분리정제공정을 확립하였음. ○ 쌀 세정수 및 쌀에서 분리된 전분으로 어닐링과 OSA처리 등의 방법으로 유화안정성 및 냉해동 안정성이 우수한 변성전분을 개발하여 냉동 만두피의 첨가제로 사용

	하여 식감을 개선하였고, 가식성 바이오필름을 개발하였음. ○ 각각 pH 2와 pH 12에서 순도 90%이상의 쌀단백질을 분리 정제하였으며 용해도, 단백질 분자량 분포도 및 아미노산 조성 등을 분석하여 pH 조건에 따른 가공식품 제조에 활용할 수 있음. ○ 쌀단백질의 용해도를 향상시켜 안정한 유화액을 제조할 수 있는 조건을 확립하였음 ○ 분리한 쌀단백질을 첨가하여 만두피 등의 단백질 강화 식품 제조 및 특성을 확인하였고,쌀단백질에 pullulan과 가소제를 첨가하여 가식성 필름을 제조하였음 ○ 복분자로부터 citric acid를 사용하여 안정한 추출물을 제조하고 변성전분 또는 단백질로 캡슐화하여 제품에 적용할수 있도록 하였음 ○ 쌀 세정수 및 쌀 분리성분을 활용한 시제품 개발 연구결과 4건의 제품을 사업화하였음 ○ 사업화성과로 특허출원 2건, 기술실시 2건, 제품화 4건, 매출 1,175백만원, 고용창출 3명과, 연구성과로 논문 5건, 학술발표 8건, 교육지도 5건, 홍보전시 8건을 달성하였음
연구개발성과 활용계획 및 기대 효과	○ 쌀 가공산업 활성화 및 소비 확대로 쌀의 수요 공급 불균형 문제 해결 및 농가 소득 증대 ○ 쌀 가공 부산물의 2차 가공으로 인한 경제적 이득. ○ 버려지는 쌀 세정수로 고부가가치 유효성분을 소재화함으로써 경제적 이익 창출. ○ 기존에 보편적으로 사용되는 동물성 유화제와 합성유화제를 식물성 쌀단백질로 대체할 수 있음 ○ 알레르기 반응을 나타내지 않고 다른 식물성 단백질에 비해 필수아미노산 함량이 높은 쌀 단백질의 활용가능성과 산업화 가능성을 극대화할 수 있음. ○ 베리추출물 및 다양한 기능성 물질을 포집한 쌀단백질 기반 캡슐의 활용으로 기존의 소스류와 차별된 다양한 특성의 소스류를 제조할 수 있음
연구개발성과의 비공개여부 및 사유	

연구개발성과의 등록・기탁 건수	논문	특허	보고서 원문	연구시설・장비	기술요약정보	소프트웨어	표준	생명자원		화합물	신품종	
								생명정보	생물자원		정보	실물
	5	2										

연구시설・장비 종합정보시스템 등록 현황	구입기관	연구시설・장비명	규격(모델명)	수량	구입연월일	구입가격(천원)	구입처(전화)	비고(설치장소)	ZEUS 등록번호

국문핵심어 (5개 이내)	쌀 세정수	고미	쌀단백질	유화제	소스
영문핵심어 (5개 이내)	rice washing water	stored rice	functional rice protein	emulsifier	sauce

210mm×297mm[(백상지(80g/m^2) 또는 중질지(80g/m^2)

〈 목 차 〉

1. 연구개발과제의 개요.....4

2. 연구개발과제의 수행 과정 및 수행내용.....5

3. 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 정도.....146

4. 목표 미달 시 원인분석(해당 시 작성).....155

5. 연구개발성과 및 관련 분야에 대한 기여 정도.....156

6. 연구개발성과의 관리 및 활용 계획.....157

별첨 자료 (참고 문헌 등)

210mm×297mm[(백상지(80g/m^2) 또는 중질지(80g/m^2)

1. 연구개발과제의 개요

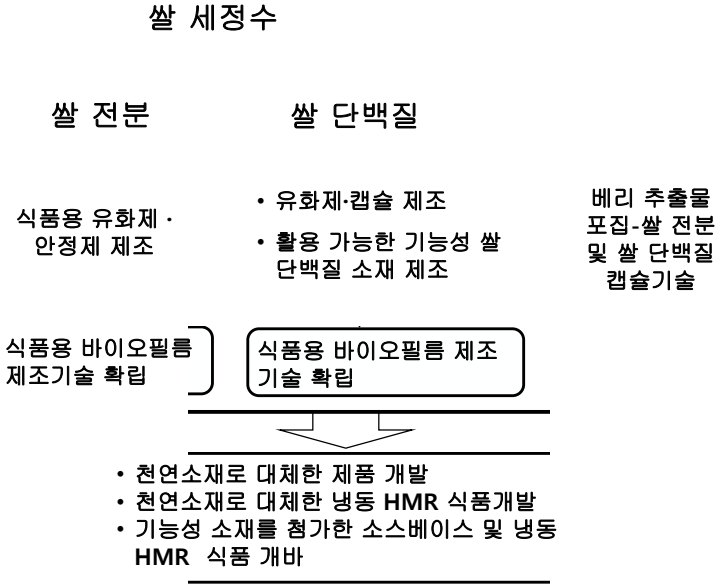
가. 연구개발 개요 :

○ 쌀 가공식품 생산과정에서 발생하는 쌀 세정수 등을 활용하여 쌀단백질과 쌀전분과 같은 천연원료를 얻어내며 이를 기능성 소재로 개발하고 제품생산에 활용함으로써 부가가치 증진.

○ 쌀 가공식품 생산시 발생하는 세정수 등의 처리 비용을 절감하여 쌀 가공산업의 애로사항을 해결하고 가공산업을 활성화 시키고자 함.

○ 개발한 소재를 식품에 활용하여 기존 제품과 다른 새로운 제품을 개발하고 이익을 창출하고자 함.

○ 개발하고자 하는 제품은 쌀단백질과 쌀전분을 활용한 건강기능 소스베이스와 냉동 HMR 식품(만두, 즉석조리식품)임.



나. 핵심기술(핵심기술의 내용, 용도 등에 대해 세부내용 기술)

○ **쌀 세정수의 농축 및 유효성분 분리공정 확립**: 쌀 세정수의 불순물 제거 및 농축과정, 분리과정을 통해 유용한 소재로 활용가능한 쌀단백질과 쌀전분 분리

○ **쌀 세정수로부터 분리한 쌀단백질의 소재화**:

- 기존의 유화제를 대체할 수 있는 쌀단백질 기반 천연유화제 제조기술
- 외부환경에 취약한 생리활성물질을 보호할 수 있는 캡슐제 제조기술 개발
- 식품용 바이오필름으로 활용가능한 쌀단백질 소재 개발

○ **쌀 세정수로부터 분리한 쌀전분의 소재화**:

- 기존의 식품용 안정제를 대체할 수 있는 전분소재 개발
- 식품용 바이오필름으로 활용가능한 쌀전분 소재 개발

○ **쌀 세정수로부터 생산된 소재를 활용한 식품 제조기술 :**

- 쌀단백질과 쌀전분을 활용한 건강기능 소스베이스 제조
- 쌀단백질과 쌀전분을 활용한 건강기능 즉석조리식품 제조
- 쌀단백질과 쌀전분을 활용한 건강기능 만두 제조
- 기존 밀단백질과 합성첨가제를 쌀단백질과 쌀전분으로 대체한 소스베이스와 즉석조리식품 제조

2. 연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

가. 연구개발과제의 수행 과정

가-1. 제1세부과제 - ㈜엄지식품

: 쌀 세정수로부터 분리한 단백질과 전분을 원료로 기존 안정제 대체한 소스제품 개발

<1차년도>: 쌀단백질 및 쌀전분으로 기존 유화제와 안정제를 대체한 소스제품 개발

◦ 증점제 또는 유화제를 대체한 제품의 레시피 개발

◦ 증점제 또는 유화제를 대체한 제품 특성 조사를 통한 제조방법 확립

◦ 증점제 또는 유화제를 대체한 제품 생산공정 확립 및 제품화

◦ 증점제 또는 유화제를 대체한 제품 대량생산 테스트 및 품질 규격 설정

◦ 증점제 또는 유화제를 대체한 제품 상품화 및 포장기준 설정

<2차년도>: 쌀단백질 및 쌀전분으로 기존 유화제와 안정제를 대체한 냉동 HMR 식품 개발

◦ 냉동 HMR 제품의 레시피 개발

◦ 냉동 HMR 제품 특성 조사를 통한 제조방법 확립

◦ 냉동 HMR 제품 생산공정 확립 및 제품화

◦ 냉동 HMR 제품 대량생산 테스트 및 품질 규격 설정

◦ 냉동 HMR 응용 제품 상품화 및 포장기준 설정

<3차년도>: 쌀단백질과 쌀전분 기반 유화제, 캡슐제를 활용한 소스베이스 및 냉동 HMR 식품 개발 및 사업화

◦ 건강기능성 소스제품 사업화

- 쌀단백질과 쌀전분 기반 유화제, 캡슐제를 활용한 소스베이스

◦ 건강기능성 냉동 HMR 식품 개발 및 상품화

- 쌀단백질과 쌀전분 기반 유화제, 캡슐제를 활용한 냉동 HMR 식품
- 쌀로 빚은 찐만두, 군만두 개발을 통한 사업화 매출 실적 달성

가-2. 제1협동과제 - (재)베리앤바이오식품연구소

:

<1차년도>: 쌀 세정수로부터 쌀단백질과 쌀전분의 분리공정 개발

◦ 쌀 세정수의 이물질 제거 및 농축을 위한 막 적합성 검토

◦ 농축 쌀 세정수의 정제 및 분리 조건 확립

· 세정수에 함유된 단백질, 전분 함량 분석 등 특성 조사

· 중금속 및 농약 성분 분석

. 유효성분을 분리하기 위한 최적조건 확립

· 분리된 단백질 및 전분의 특성 조사

◦ 농축 쌀 세정수의 단백질 함량 증가 공정 개발

<2차년도>:쌀 세정수로부터 분리한 전분의 기능성 소재화 /

쌀단백질로 캡슐화할 베리추출물 제조 조건 확립

◦ 쌀 세정수로부터 분리한 전분의 기능성 소재화

- 전분의 유화안정제로의 개발
  : OSA전분 및 가수분해 전분 등 제조
  : 개발된 유화안정제의 특성 조사

◦ 쌀단백질로 캡슐화할 베리추출물 제조 조건 확립

- 추출 조건별 항산화활성 및 유효성분 확인
  : DPPH, ABTS 라디칼소거능, 페놀 화합물 동정
  - 캡슐화를 위한 농축 조건 확립

<3차년도>: 쌀 세정수 유래 기능성 전분을 이용한 가식성 바이오필름 제조

◦ 쌀 세정수 유래 기능성 전분을 이용한 가식성 바이오필름 제조

- 쌀 세정수를 이용한 난소화성 전분 제조
- 전분 필름의 제조에 미치는 영향인자들 분석
- 필름형성용액의 PH와 온도의 영향
- 가소제 종류 및 농도의 영향
- 가식성 필름의 특성 평가
  : 필름의 두께 측정, 기계적 특성 측정, 필름의 수분투과도 측정, 용해도 측정 등

◦ 캡슐화된 베리추출물의 항산화활성 비교

◦ 세정수 전분의 유화액 적성 확인

- 유화액 제조 및 물성특성 조사

가-3. 제2협동과제 - 순천향대학교

: 고미와 고고미로부터 쌀단백질 분리 및 정제 방법 개발/분리한 쌀단백질 특성 개선

<1차년도>: 고미와 고고미로부터 쌀단백질 분리 및 정제 방법 개발

◦ 고미와 고고미로부터 쌀단백질 분리방법 확립

◦ 분리한 쌀단백질의 특성 분석

- pH별 용해도 분석 및 Hydrophobicity 분석
- 아미노산 조성 분석
- 에멀션 제조 효율 분석
- 단백질 구조 분석

◦ 쌀단백질의 함량을 향상 공정 개발

<2차년도>: 쌀 세정수 유래 쌀단백질과 고미와 고고미에서 분리한 쌀단백질의 소재화 / 베리추출물을 이용하여 쌀단백질로 캡슐화

◦ 쌀 세정수 유래 쌀단백질과 고미와 고고미에서 분리한 쌀단백질의 소재화
: 단백질의 유화제, 캡슐제로의 활용방법 개발

◦ 제1협동에서 제공하는 베리추출물을 이용하여 쌀단백질로 캡슐화
: 베리추출물을 포집한 쌀단백질 캡슐 제조

<3차년도>: 쌀단백질 이용 가식성 바이오필름 제조

◦ 분리한 쌀단백질의 변성안정성

- 환경적 요인에 의한 쌀단백질 변성안정성 분석

◦ 쌀단백질 활용 캡슐제 개발

- 베리추출물을 포함하여 생리활성물질로 알려진 기능소재 캡슐화
- 쌀단백질 분산액에 캡슐화하고자 하는 기능소재를 첨가하여 파우더 제조
- 쌀단백질-다른 식물성단백질 또는 쌀단백질-다당류 혼합분산액을 활용하여 기능소재 캡슐화

◦ 쌀단백질 이용 가식성 바이오필름 제조

- 단백질 필름의 제조에 미치는 영향인자들 분석
- 가식성 필름의 특성 평가 : 필름의 두께 측정, 기계적 특성 측정, 필름의 수분투과도 측정, 용해도 측정 등

나. 연구개발과제의 수행 내용

나-1. 제1세부과제 - ㈜엄지식품

<1차년도>

1) 변성전분을 대체한 쌀만두 제품의 레시피 개발

가) 변성전분을 대체한 쌀만두 제품 개발

- 기존 만두피에 사용된 변성전분을 쌀전분으로 대체하기 위해 쌀전분의 첨가량을 달리한 만두피로 만두를 제조하고 관능평가를 실시하였음. 전분첨가량은 표 1과 같았고 관능평가 결과는 표 2와 같이 쌀전분을 첨가한 D 제품의 기호도가 기존 제품(A)보다 높았으며 쌀전분 첨가시료 중 가장 높았음

표1. 쌀전분의 함량을 달리한 레시피

성분명	A	B	C	D
변성전분	6.00	0	0	0
쌀전분	0	10.00	13.00	16.00

표2. 쌀전분의 함량을 달리한 제품의 관능평가

Group	외관	맛	질감	전체적인 기호도
A	4.312	4.187	4.125	4.250
B	4.125	4.333	4.208	4.458
C	4.250	4.062	4.187	4.125
D	4.875	4.500	4.750	4.750

2) 변성전분을 대체한 쌀만두 특성 조사를 통한 제조방법 확립

가) 변성전분을 쌀전분으로 대체한 만두피의 특성조사

- 기존 만두피에 사용된 변성전분을 쌀전분으로 대체하여 만두피를 제조하고 색도와 텍스쳐를 측정하였음

표3. 쌀전분의 함량을 달리한 만두피의 색도

Group	L	a	b
A	73.68 ± 0.16	-0.16 ± 0.08	16.87 ± 0.15
D	70.43 ± 0.14	-0.44 ± 0.11	14.15 ± 0.07

표4. 쌀전분의 함량을 달리한 만두피의 텍스쳐

Group	Hardness
A	0.0644±0.02
D	0.0752±0.03

나) 변성전분을 쌀전분으로 대체한 만두의 제조방법

- 변성전분을 쌀전분으로 대체한 만두의 레시피는 표 5와 같았음. 만두피용 분말을 혼합한 후 나머지 재료를 혼합하여 16분 반죽한 만두피로 사용하여 만두를 제조하였음

표 5 . 변성전분을 대체한 만두의 레시피 및 제조방법

원재료명	1 B/T	처리방법	비고
엄지전용분A	120.00	Pre-Mix	
쌀가루	16.00	2분	
정제염	1.20	Mix 4분 진공 Mix 12분	
대두유	1.20		
정제수	54.00		
합계	192.40	Kg	

3) 변성전분을 쌀전분으로 대체한 만두 제품 생산공정 확립 및 제품화

- 변성전분을 쌀전분으로 대체한 만두피와 만두 제조공정은 아래 그림 1과 같았음. 쌀전분을 첨가하는 레시피의 변경으로 만두피와 만두 제조공정은 기존 공정과 크게 다르지 않음.

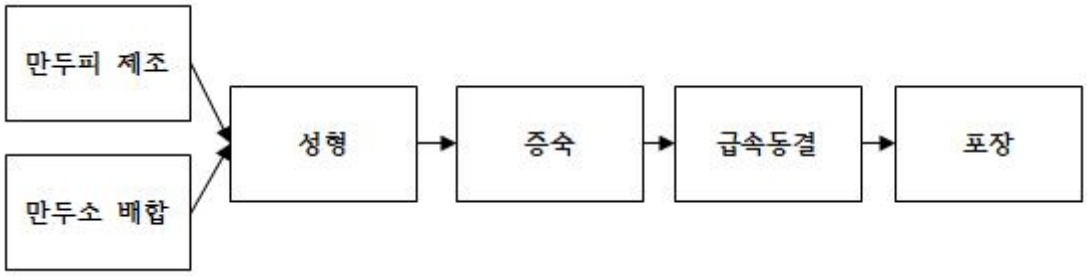


그림 1. 변성전분을 대체한 쌀가루 제품 제조공정도

4) 변성전분을 쌀전분으로 대체한 만두 제품 대량생산 테스트 및 품질 규격 설정

- 기존 만두 제조방법에 따라 쌀전분을 첨가한 제품으로 생산라인에서 대량생산을 위한 테스트를 실시함

그림 2. 변성전분을 쌀전분으로 대체한 만두 제품 대량생산 테스트

5) 변성전분을 쌀전분으로 대체한 만두 제품 상품화 및 포장기준 설정

가) 변성전분을 쌀전분으로 대체한 만두제품 포장디자인

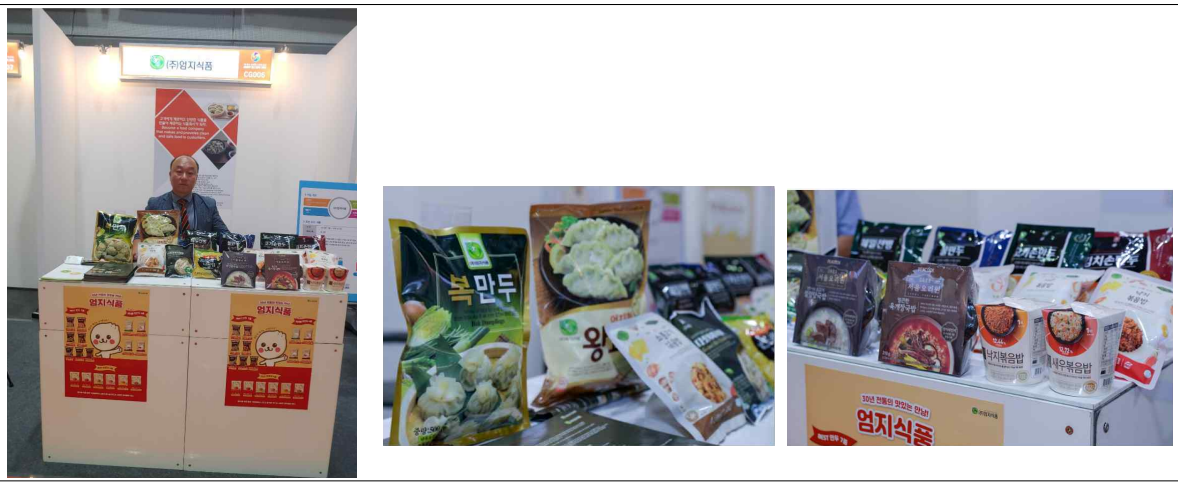
- 쌀전분으로 대체한 만두 제품의 상품화를 위한 포장디자인을 실시함

그림 3. 변성전분을 대체한 만두 제품 포장디자인 시안

나) 변성전분을 쌀전분으로 대체한 만두피 응용

그림 4. 변성전분을 쌀전분으로 대체한 만두피 응용 제품

다) 변성전분을 쌀전분으로 대체한 만두 사업화를 위한 홍보 활동



코엑스 비즈엑스포 (2019.10.08.~11)

그림 5. 제품 사업화를 위한 홍보 활동

<2차년도>

1) 쌀단백질 및 쌀전분으로 기존 유화제와 안정제를 대체한 냉동 HMR 식품 개발

가) 냉동 HMR 제품의 레시피 개발 및 특성조사

(1) 냉동 HMR 제품 제조 및 특성 조사 / 제조방법 확립

(가)교자배합 적용

교자배합 적용 테스트

<프로젝트 과제 TEST>							가용범위
A	0%	10%	20%	30%	40%	50%	
샘플시료 (g)	0	10	20	30	40	50	
감미유 0.90%	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	* 증량적용
정제수 23.70%	47.40	47.40	47.40	47.40	47.40	47.40	

<프로젝트 과제 TEST>							
B	0%	10%	20%	30%	40%	50%	
샘플시료 (g)	0	10	20	30	40	50	
감미유 0.70%	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	* 감량적용
정제수 23.70%	47.40	47.40	47.40	47.40	47.40	47.40	

<프로젝트 과제 TEST>							
C(기본)	0%	10%	20%	30%	40%	50%	
샘플시료 (g)	0	10	20	30	40	50	
감미유 0.80%	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	동일적용
정제수 23.70%	47.40	47.40	47.40	47.40	47.40	47.40	

<프로젝트 과제 TEST>							
D	0%	10%	20%	30%	40%	50%	
샘플시료 (g)	0	10	20	30	40	50	
감미유 0.80%	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	
정제수 24.00%	48.00	48.00	48.00	48.00	48.00	48.00	* 증량적용

※엄지전용분C, 정제염은 동일 조건임

구 분	결 과	비 고
A	·A4까지 반죽 가능(덩어리로 뭉쳐짐) ·A3까지 사용가능 예상	·A의 1%와 2%의 사이에서 진행할 예정 / ·Max 2%
B	·B3까지 반죽 가능 ·B1까지 사용 가능 예상	·B의 2% 넘어가면 불가능. 거칠게 일어남 ·B(감미유 0.7% 적용)이하로는 사용 불가능
C	·C3까지 반죽 가능 ·C2까지 사용 가능 예상	·C의 3%까지 양호
D	·D3까지 반죽 가능 ·D2까지 사용 가능 예상	·D의 3%까지 괜찮으나 일어남

(나) 왕교자배합 적용

<프로젝트 과제 TEST>	왕교자배합 적용_1주차 실험						가용범위
A(기본) / (g)	0%	5%	10%	15%	20%	25%	
엄지전용분C	100	95	90	85	80	75	
샘플시료 (g)	0	5	10	15	20	25	
변성전분 13%	13	13	13	13	13	13	
정제염1%	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
감미유 1%	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
정제수 45.1%	48.00	48.00	48.00	48.00	48.00	48.00	45.10

<프로젝트 과제 TEST>	왕교자배합 적용_2주차 실험						
B / (g)	0%	5%	10%	15%	20%	25%	
엄지전용분C	100	95	90	85	80	75	
샘플시료 (g)	0	5	10	15	20	25	
변성전분	13	13	13	13	13	13	
정제염 1%	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
감미유 0.9%	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	* 감량적용
정제수 45.1%	48.00	48.00	48.00	48.00	48.00	48.00	45.10

<프로젝트 과제 TEST>	왕교자배합 적용_3주차 실험						
C / (g)	0%	5%	10%	15%	20%	25%	
엄지전용분C	100	95	90	85	80	75	
샘플시료 (g)	0	5	10	15	20	25	
변성전분	13	13	13	13	13	13	
정제염 1%	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
감미유 1.1%	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	* 증량적용
정제수 45.1%	48.00	48.00	48.00	48.00	48.00	48.00	45.10

<프로젝트 과제 TEST>	왕교자배합 적용_4주차 실험						
D / (g)	0%	5%	10%	15%	20%	25%	
엄지전용분C	100	95	90	85	80	75	
샘플시료 (g)	0	5	10	15	20	25	
변성전분	13	13	13	13	13	13	
정제염 1%	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
감미유 1%	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
정제수 50%	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	* 증량적용

구 분	내 용	결 과
내 용	·교자실험결과 샘플시료를 밀가루기준 30%이상 투입할 경우 반죽이 좋지않아 차실험부터감량적용함 ·성상 배합에 따라 변성전분 추가됨 ·밀가루양은 샘플시료에 맞게 변동비율로 적용함 ·변성전분의 양은 가수량에 고려하지 않음 ·가수량 증량	·숙성시간 2~2.5시간 ·A,B,C 가수량 48 / D 가수량 50 ·D15% - 가용범위이나 사용시 물 증량 필요 ·감미유와 물 투입에 있어서 각각 일정량씩 증가할 경우 같은 물성 증가폭을 보임

(다) 전병배합 적용

전병배합 적용 테스트

<프로젝트 과제 TEST>							
A(기본) / (g)	0%	3%	6%	9%	12%	15%	
샘플시료 (g)	0	3	6	9	12	15	
감미유 2%	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	
<프로젝트 과제 TEST>							
B / (g)	0%	3%	6%	9%	12%	15%	
샘플시료 (g)	0	3	6	9	12	15	
감미유 1.9%	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	* 감량적용
<프로젝트 과제 TEST>							
C / (g)	0%	3%	6%	9%	12%	15%	
샘플시료 (g)	0	3	6	9	12	15	
감미유 2.1%	2.10	2.10	2.10	2.10	2.10	2.10	* 증량적용
<프로젝트 과제 TEST>							
D / (g)	0%	3%	6%	9%	12%	15%	
샘플시료 (g)	0	3	6	9	12	15	
감미유 2%	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	

※전병믹스, 강력제면용, 메밀가루, 글루텐, 정제염, 정제수는 동일 조건임.

구 분	결 과
A	·A3까지 사용 가능
B	·B3까지 사용 고려할 수 있음
C	·C6까지 사용 가능
D	·D9까지 사용 가능

(라) 손만두 적용

<프로젝트 과제 TEST> 손만두 배합 적용_1주차 실험 * 기존 유화제 비율 0.65%를 제외 (수치상:1.08g)

	A(기본) / (g)	0%	2%	4%	6%	8%	10%
	엄지전용분A	100.00	98.00	96.00	94.00	92.00	90.00
	변성전분	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00
	SS-50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
	정제염	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08
	샘플시료 (g)	0.00	2.00	4.00	6.00	8.00	10.00
*기존비율	정제수	47.00	47.00	47.00	47.00	47.00	47.00

<프로젝트 과제 TEST> 손만두 배합 적용_2주차 실험 * 기존 유화제 비율 0.65%를 제외 (수치상:1.08g)

	B / (g)	0%	2%	4%	6%	8%	10%
	엄지전용분A	100.00	98.00	96.00	94.00	92.00	90.00
	변성전분	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00
	SS-50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
	정제염	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08
	샘플시료 (g)	0.00	2.00	4.00	6.00	8.00	10.00
*증량비율	정제수	48.00	48.00	48.00	48.00	48.00	48.00

<프로젝트 과제 TEST> 손만두 배합 적용_3주차 실험 * 기존 유화제 비율 0.65%를 제외 (수치상:1.08g)

	C / (g)	0%	2%	4%	6%	8%	10%
	엄지전용분A	100.00	98.00	96.00	94.00	92.00	90.00
	변성전분	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00
	SS-50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
	정제염	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08
	샘플시료 (g)	0.00	2.00	4.00	6.00	8.00	10.00
*증량비율	정제수	49.00	49.00	49.00	49.00	49.00	49.00

<프로젝트 과제 TEST> 손만두 배합 적용_4주차 실험 * 기존 유화제 비율 0.65%를 제외 (수치상:1.08g)

	D / (g)	0%	2%	4%	6%	8%	10%
	엄지전용분A	100.00	98.00	96.00	94.00	92.00	90.00
	변성전분	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00
	SS-50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
	정제염	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08
	샘플시료 (g)	0.00	2.00	4.00	6.00	8.00	10.00
*가증량비율	정제수	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00

※ 손만두는 피물성에 탄력이 있어야 하므로 가수량을 전체적으로 상향 조정해서 적용

※ 감미유를 대신 샘플시료 적용(감미유제외)

구 분	결 과
A	·A2~A4 까지 사용 가능, A6은 정제수 추가 후 사용 가능
B	·B2~B6 까지 사용 가능
C	·C4~C6 까지 사용 가능
D	·D4~D8 까지 사용 가능

(마) 왕만두 적용

	<프로젝트 과제 TEST>	왕만두 배합 적용_1주차 실험			* 기존 유화제 비율 0.62%를 제외 (수치상:1.2g)		
	A(기본) / (g)	0%	2%	4%	6%	8%	10%
	엄지전용분A	100.00	98.00	96.00	94.00	92.00	90.00
	KMU-2	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00
	정제염	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	샘플시료 (g)	0.00	2.00	4.00	6.00	8.00	10.00
*기존비율+유화제	정제수	46.00	46.00	46.00	46.00	46.00	46.00

	<프로젝트 과제 TEST>	왕만두 배합 적용_2주차 실험			* 기존 유화제 비율 0.62%를 제외 (수치상:1.2g)		
	B / (g)	0%	2%	4%	6%	8%	10%
	엄지전용분A	100.00	98.00	96.00	94.00	92.00	90.00
	KMU-2	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00
	정제염	1.00	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08
	샘플시료 (g)	0.00	2.00	4.00	6.00	8.00	10.00
*유화제제외비율	정제수	45.00	45.00	45.00	45.00	45.00	45.00

	<프로젝트 과제 TEST>	왕만두 배합 적용_3주차 실험			* 기존 유화제 비율 0.62%를 제외 (수치상:1.2g)		
	C / (g)	0%	2%	4%	6%	8%	10%
	엄지전용분A	100.00	98.00	96.00	94.00	92.00	90.00
	KMU-2	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00
	정제염	1.00	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08
	샘플시료 (g)	0.00	2.00	4.00	6.00	8.00	10.00
*기존감량+유화제 제외비율	정제수	44.00	44.00	44.00	44.00	44.00	44.00

	<프로젝트 과제 TEST>	왕만두 배합 적용_4주차 실험			* 기존 유화제 비율 0.62%를 제외 (수치상:1.2g)		
	D / (g)	0%	2%	4%	6%	8%	10%
	엄지전용분A	100.00	98.00	96.00	94.00	92.00	90.00
	KMU-2	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00
	정제염	1.00	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08
	샘플시료 (g)	0.00	2.00	4.00	6.00	8.00	10.00
*기존가수+유화제재외비율+가증량비율	정제수	47.00	47.00	47.00	47.00	47.00	47.00

※ 왕만두는 피물성에 탄력이 있어야 하므로 가수량을 전체적으로 상향 조정해서 적용

※ 감미유를 대신 샘플시료 적용(감미유제외+정제수량으로 포함)

구 분	결 과
A	·A2~A4 까지 사용 가능, A6은 정제수 추가 후 사용 가능
B	·B2~B4 까지 사용 가능
C	·C2 까지 사용 가능
D	·D4~D8 까지 사용 가능

(바) 찐만두 적용

	<프로젝트 과제 TEST>	찐만두 배합 적용_1주차 실험			* 기존 유화제 비율 0.42%를 제외 (수치상 : 0.6g)		
	A(기본) / (g)	0%	2%	4%	6%	8%	10%
	엄지전용분A	100.00	98.00	96.00	94.00	92.00	90.00
	변성전분	5.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00
	정제염	0.60	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	SS-50	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33
	샘플시료 (g)	0.00	2.00	4.00	6.00	8.00	10.00
*기존비율+유화제	정제수	38.60	38.60	38.60	38.60	38.60	38.60

	<프로젝트 과제 TEST>	찐만두 배합 적용_2주차 실험			* 기존 유화제 비율 0.42%를 제외 (수치상 : 0.6g)		
	B / (g)	0%	2%	4%	6%	8%	10%
	엄지전용분A	100.00	98.00	96.00	94.00	92.00	90.00
	변성전분	5.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00
	정제염	0.60	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08
	SS-50	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33
	샘플시료 (g)	0.00	2.00	4.00	6.00	8.00	10.00
*유화제제외비율	정제수	38.00	38.00	38.00	38.00	38.00	38.00

	<프로젝트 과제 TEST>	찐만두 배합 적용_3주차 실험			* 기존 유화제 비율 0.42%를 제외 (수치상 : 0.6g)		
	C / (g)	0%	2%	4%	6%	8%	10%
	엄지전용분A	100.00	98.00	96.00	94.00	92.00	90.00
	변성전분	5.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00
	정제염	0.60	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08
	SS-50	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33
	샘플시료 (g)	0.00	2.00	4.00	6.00	8.00	10.00
*기존감량+유화제 제외비율	정제수	37.00	37.00	37.00	37.00	37.00	37.00

	<프로젝트 과제 TEST>	찐만두 배합 적용_4주차 실험			* 기존 유화제 비율 0.42%를 제외 (수치상 : 0.6g)		
	D / (g)	0%	2%	4%	6%	8%	10%
	엄지전용분A	100.00	98.00	96.00	94.00	92.00	90.00
	변성전분	5.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00
	정제염	0.60	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08
	SS-50	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33
	샘플시료 (g)	0.00	2.00	4.00	6.00	8.00	10.00
*기존가수+유화제재외비율+가증량(+2)비율	정제수	40.60	40.60	40.60	40.60	40.60	40.60

※ 찐만두는 피물성이 묽어야 하므로 가수량을 전체적으로 상향 조정해서 적용

※ 감미유를 대신 샘플시료 적용(감미유제외+정제수량으로 포함)

구 분	결 과
A	·A2~A4 까지 사용 가능
B	·B2 까지 사용 가능
C	·사용불가능
D	·D2~D4 까지 사용 가능

(사) 군만두 적용

- TEST1

프로젝트과제 피test.1(쌀단백질.현장적용) : 군만두

구분	원재료명	2020.09.25(금) 현장(1B/T)	실험실test	현장샘플	비율(%)	처리방법	비고	
만두피	엄지전용분B	140.00	0.6879	**20.00**	68.79	PreMix 3분 무진공 Mix 10분		
	쌀단백질분말	2.80	0.0138	**0.40**	1.38		140kg/2%	
	옥수수전분	2.35	0.0115	**0.34**	1.15			
	정제염	0.84	0.0041	**0.12**	0.41			
	유화제	1.26	0.0062	**0.18**	0.62			
	정제수(온수)	56.26	0.2765	**8.04**	27.65		65~75℃	39.40%
	합계	**203.51**	1.0000	**29.07**	100.00			

구 분	관 능 결 과
내 용	·Test 1, 2 차이 없다. ·피터짐이 거의 없음 ·약간의 쌀단백질 향이 있으니, 미미하여 확인하기 어렵다 ·식감은 바삭하다. 성형시에도 무리 없었다.

- 반죽 및 성형

반죽상태

블럭성형

튀김 전

튀김 후(터짐 1)

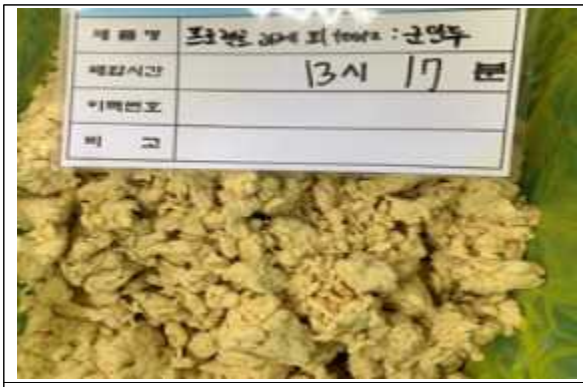
- TEST2

프로젝트과제 피test.2(쌀단백질.현장적용) : 군만두

구분	원재료명	2020.09.25(금) 현장(1B/T)	실험실test	현장샘플	비율(%)	처리방법	비고	
만두피	엄 지 전 용 분 B	140.00	0.6960	**20.00**	69.60	PreMix 3분 무진공 Mix 10분		
	쌀 단 백 질 분 말	2.80	0.0139	**0.40**	1.39		140kg/2%	
	정 제 염	0.84	0.0042	**0.12**	0.42			
	유 화 제	1.26	0.0063	**0.18**	0.63			
	정 제 수 (온 수)	56.26	0.2797	**8.04**	27.97		65~75℃	
	합 계	**201.16**	1.0000	**28.74**	100.00			39.40%

구 분	관 능 결 과
내 용	·Test 1, 2 차이 없다. 피터짐이 거의 없음 ·약간의 쌀단백질 향이 있으니, 미미하여 확인하기 어렵다 ·식감은 바삭하다. 성형시에도 무리 없었다.

- 반죽 및 성형



반죽상태

블럭성형

튀김 전

튀김 후(터짐 0)

- TEST3

프로젝트과제 피test.3(쌀단백질.현장적용) : 군만두								못쓰는 배합
구분	원재료명	2020.10.09(금)						
		현장(1B/T)	실험실test	현장샘플	비율(%)	처리방법	비고	
두	백설)다목적면용	120.00	0.6923	**17.14**	69.23	PreMix 3분 무진공 Mix 10분		
	쌀단백질분말	2.40	0.0138	**0.34**	1.38		120kg/2%	
	정제염	0.90	0.0052	**0.13**	0.52			
	유화제	1.20	0.0069	**0.17**	0.69			
	대두유	0.60	0.0035	**0.09**	0.35			
	정제수(온수)	48.23	0.2783	**6.89**	27.83		65~75℃	39.40%
	합계	**173.33**	1.0000	**24.76**	100.00			

구 분	관 능 결 과
내 용	·튀겼을때, 대두유 영향으로 만두 접합부분이 벌어지는 것으로 예상됨

- 반죽 및 성형

반죽상태

블럭성형

튀김 전

튀김 후(벌어지는 현상)

나) 냉동 HMR 제품 생산공정 확립 및 제품화

(1) 만두피와 만두 제조 공정은 기존 생산 공정과 동일함.

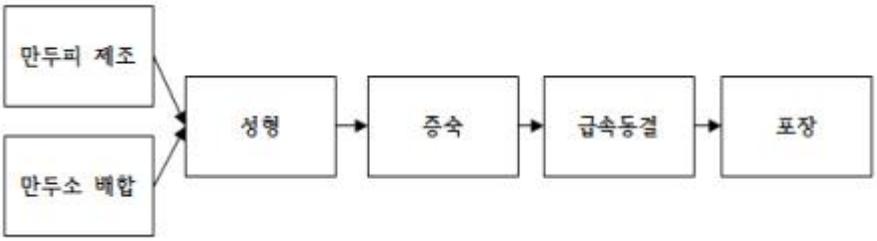


그림 1. 변성전분을 대체한 쌀가루 제품 제조공정도

(2) 제품화

- 쌀단백질을 활용한 만두피 배합 샘플 작업 및 관능평가 결과 군만두로 최종 선정함.

→ 단백질 파우더의 특유 향을 최소화할 수 있으며(이미이취), 조리방법 선택시 바삭함을 부여함

→ 군만두 특성상 만두피 표면에 단백질 색을 감출 수 있으며, 만두피는 신장성을 요구하나 단백질 반죽으로 인한 신장성 저하로 군만두에 적합하며 오히려 견고성을 요하는 군만두에 적합하다고 판단됨.

→ 타피오카 및 감자전분에 비해 쌀 단백질 함유에 따른 원가상승이 이루어지나 약 2% 배합 비율에 따른 첨가 양을 고려하였을 경우 군만두의 바삭한 식감을 더할 수 있는 품질 개선 효과에 따른 품질 경쟁력 향상과 대비했을 경우 가격상승분은 미미하다고 판담되며, 이에 따른 쌀 단백질 첨가 문구 등 포장개선 등 추가적인 마케팅 활용이 필요하다고 판단됨.

다) 냉동 HMR 제품 대량생산 테스트 및 품질 규격 설정

(1) 만두 종류별 레시피 및 제조방법 확립 후 관능평가를 통한 최종 제품 선정

- 교자, 왕교자, 전병, 군만두 등 관능 : 군만두 선정

라) 냉동 HMR 응용 제품 상품화 및 포장기준 설정

(1) 포장디자인 개발

- 쌀로 빚은 찐만두 디자인 완료
- 관능평가를 통한 군만두 디자인 진행 중

(2) 박람회 참가 등을 통한 제품 홍보

- 코로나 19로 인한 박람회 참석제한에 따른 일정 연기 및 조율
- 코로나 19로 인한 지역단체 기부 등 나눔 행사를 통한 제품 홍보

·대상 : 대구 동구청 등 3개소
·물품 : 쌀로 빚은 찐만두 등 5품목(약 3천만원 상당)
·목적 : 코로나 19 극복을 위한 나눔 및 홍보

<3차년도>

1) 건강기능성 소스제품 사업화

가) 쌀단백질과 쌀전분 기반 유화제, 캡슐제를 활용한 소스베이스

(1)쌀단백질 활용 가능 소스 베이스 선정

구 분	소 스 명	특 성	비 고
1	다용도양념장	비빔냉면 , 쫄면장 (다용도 소스)	
2	낙지볶음소스	고추장과 해물맛 의 조합	
3	비빔간장소스	간장베이스소스 나물류 볶음밥의 풍미 올려줌	
4	비빔고추장소스	고추장베이스소스 비빔밥 풍미 올려줌	
5	볶음고추장소스	냉동볶음밥 기본베이스 에 적용하는 소스	
6	굴소스	볶음밥의 감칠맛 및 굴향 올려줌	
7	양밥용소스	고추장베이스 매운맛과 감칠맛 올려줌	
8	짜장소스	춘장베이스 볶음밥적용 짜장 풍미 올려줌	

- 1인 가족의 확산, 간편한 식생활의 요구 증대 등의 다양한 시장 요구에 따라 HMR형 간편식은 그 분야와 시장 규모가 급성장하고 있으며, 세부적으로 비건 및 다이어트와 관련된 식물성 단백질 섭취 수요가 증가하고 있음. 이에 따른 당사의 소스베이스 개발에 있어서 본 연구개발 세정수에서 분리한 식물성 단백질인 쌀 쌀단백질을 첨가함으로서 밥, 샐러리, 떡볶이 등과 같이 섭취할 수 있는 식물성 단백질을 첨가한 소스베이스를 구성하기로 함.

(2)소스베이스 품목 선정 사유

구 분	배합사항	내 용
볶음고추장소스	기존 배합비 활용	쌀단백질 함량(%) 샘플Test 및 관능
낙지볶음소스	기존 배합비 활용	쌀단백질 함량(%) 샘플Test 및 관능

- 소스의 특성 및 점도와 소비자 수요, 활용도를 고려하여 쌀 단백질을 첨가하였음.

2) 건강기능성 냉동 HMR 식품 개발 및 상품화

가) 쌀단백질과 쌀전분 기반 유화제, 캡슐제를 활용한 냉동 HMR 식품

(1) 쌀 단백질 분말의 흡습성 실험

구 분		A(기본)/(g)	10%	20%	30%	40%	50%	60%
100%	쌀단백질분말	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
추가증량	정제수	0.00	10.00	20.00	30.00	40.00	50.00	60.00

※기존에서 단순비율 추가(실제 비율상 10%씩 늘어나지 않음)

(가)결과A : 수분 50%까지 흡수 / A50% 이상은 물을 흡수하지 못함.

- 쌀단백질 분말 100g에 가수하여 상태변화 관찰 / 수분 50%까지 완전히 흡수 가능 이후 60% 부터는 흡수되지 않음.

(2)쌀 단백질을 활용한 소 배합 실험

(가)손만두 배합 적용(1차)

구 분		A(기본)/(g)	0.1%	0.2%	0.3%	0.4%	0.5%	0.6%
100%	고기	18.68	18.68	18.68	18.68	18.68	18.68	18.68
	분조	3.41	3.41	3.41	3.41	3.41	3.41	3.41
	액조	1.97	1.97	1.97	1.97	1.97	1.97	1.97
	TVP,당면, 두부,건무	40.87	40.87	40.87	40.87	40.87	40.87	40.87
	채소류	35.08	35.08	35.08	35.08	35.08	35.08	35.08
추가 증량	쌀단백질분말	0.00	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60

-엄지고기 손만두에 쌀단백질 분말을 증량하여 만두소 테스트

-실험결과 A0.1 ~ 0.3% 까지 가용범위로 판단됨.

-A0.4 이상부터 물성이 되직해졌으며 향이 강해져 사용 불가함.

기존	0.1%	0.2%	0.3%	0.4%

• 쌀 단백질 추가 할수록 되직해지는 양상임.

(나)손만두 배합 적용(2차)

구 분		B(기본)/(g)	0.1%	0.2%	0.3%	0.4%	0.5%	0.6%
100%	고기	18.68	18.68	18.68	18.68	18.68	18.68	18.68
	분조	3.41	3.31	3.21	3.11	3.01	2.91	2.81
	액조	1.97	1.97	1.97	1.97	1.97	1.97	1.97
	TVP,당면 두부,건무	40.87	40.87	40.87	40.87	40.87	40.87	40.87
	채소류	35.08	35.08	35.08	35.08	35.08	35.08	35.08
	쌀단백질분말	0.00	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60

-쌀단백질이 분말로써, 맛에 영향을 미치지 않을 정도로 적용 가능 범위 측정
-실험결과 0.2% 이상부터 만두으 맛이 크게 달라져 사용불가
-0.1% 적용 가능 범위라 하더라도 단가가 비싸 적용하기에 적합하지 못함.

기존	0.1%	0.2%	0.3%	0.4%

• 0.5%부터는 실험 중단(이취가 심해짐)

(다)손만두 배합 적용(3차)

구 분		C(기본)/(g)	0.1%	0.2%	0.3%	0.4%	0.5%	0.6%
100%	고기	18.68	18.68	18.68	18.68	18.68	18.68	18.68
	분조	3.41	3.31	3.21	3.11	3.01	2.91	2.81
	액조	1.97	1.97	1.97	1.97	1.97	1.97	1.97
	TVP,당면 두부,건무	40.87	40.77	40.67	40.57	40.47	40.37	40.27
	채소류	35.08	35.08	35.08	35.08	35.08	35.08	35.08
	쌀단백질분말	0.00	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60

-TVP대체 실험 테스트

-0.3%까지 가용 범위로 측정됨

-0.4%이상부터 향이 강해져 사용 불가

기존	0.1%	0.2%	0.3%	0.4%

(라)야채 사각만두 배합 적용(1차)

구 분		A(기본)/(g)	0.3%	0.6%	0.9%	1.2%	1.5%	1.8%
100%	불린건무,불린당면 TVP,두부1	54.13	54.13	54.13	54.13	54.13	54.13	54.13
	분조	1.93	1.93	1.93	1.93	1.93	1.93	1.93
	액조	4.53	4.53	4.53	4.53	4.53	4.53	4.53
	채소류	37.13	37.13	37.13	37.13	37.13	37.13	37.13
	감자전분	2.29	1.99	1.69	1.39	1.09	0.79	0.49
추가증량	쌀단백질분말	0.00	0.30	0.60	0.90	1.20	1.50	1.80

-야채사각군만두에 들어가는 감자전분 대체 적용가능 여부 테스트

-0.3%씩 쌀단백질 분말로 대체 → 0.9%까지 사용 가능, 이후부터 특유의 향이 심해짐

-가격면에서 대체 불가능 판단

(마)야채 사각만두 배합 적용(2차)

구 분		B(기본 0.9%)	0.1%	0.2%	0.3%	0.4%	0.5%	0.6%
100%	불린건무,불린당면 TVP,두부1	54.13	54.13	54.13	54.13	54.13	54.13	54.13
	분조	1.93	1.93	1.93	1.93	1.93	1.93	1.93
	액조	4.53	4.53	4.53	4.53	4.53	4.53	4.53
	채소류	37.13	37.13	37.13	37.13	37.13	37.13	37.13
	감자전분	1.39	1.39	1.39	1.39	1.39	1.39	1.39
0.9% 고정	쌀단백질분말	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
추가증량	정제수	0.00	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60

-1차 실험에서 정제수만 적용(0.1%씩 추가)

-0.3%까지 정제수 흡수 가능하고 이후부터는 소 물성이 무너짐

-가격면에서 대체 불가능

(바)우리밀 왕교자 배합 적용

-위 손만두 배합적용 1~3차에 따른 실제 제품 적용 실험

-제품명 : 하송)우리당면 우리밀 왕교자(배합비 미공개)

① 1차 실험 결과에 따라 0.1% 적용

- 현장배합을 기준으로 하여 소비율 0.13% 적용함
- 관능결과 : 이취가 느껴지지 않았고 타사 곡류가공품이 들어간 만두의 느낌을 살렸음.

② 2차 실험 결과에 따라 가수량 50% 적용

- 소 비율상 정제수 0.07% 적용(쌀 단백질 분말의 50% 수준)
- 관능결과 : 소 물성에 영향 없음, 단가 인하에 일정 부분 효과가 있음

③ 3차 실험 결과에 따라 TVP 일부를 대체 적용하였음

- 이미 쌀 단백질 분말의 비율이 있음으로 2배만 증량하고 증량 비율에 따라 TVP감량, 정제수 50%(쌀단백질과 비교하여) 맞춤
- 관능결과 : 앞 전 치수와 비교 관능시 차이없음. 표기사항에서 MSG보다 상단에 기재되는 이점이 있음.

(3) 쌀 단백질을 활용한 만두피 물성 실험

(가) 왕교자 배합 적용(1차)

A(기본) / (g)	AO	BO	CO	DO
엄지전용분C	80	80	80	80
엄지전용분A	40	40	40	40
샘플시료 (g)	0	1	1	1
변성전분	16	16	16	16
정제염	1.20	1.20	1.20	1.20
유화제	12.00	12.00	12.00	12.00
정제수	54.12	54.52	55.02	56.52

-숙성시간 2-2.5시간

-BO, CO, DO 가수량 500g씩 증량

-정제수 투입에 있어 물성 증가폭을 보임

-DO부터 피가 질어져 사용 불가

AO	BO	CO	DO

(나) 왕교자 배합 적용(2차)

B / (g)	AO	BO	CO	DO
엄지전용분C	80	80	80	80
엄지전용분A	40	40	40	40
샘플시료 (g)	1	1	2	3
변성전분	16	15	14	13
정제염	1.20	1.20	1.20	1.20
유화제	12.00	12.00	12.00	12.00
정제수	54.52	54.72	55.02	55.32

-숙성시간 2-2.5시간

-변성전분 대신 샘플시료 추가시 정제수 추가 투입 필요

→샘풀시료가 변성전분보다 흡습성이 크다는 것을 알 수 있음.

-DO부터 피가 질어져 사용 불가

AO	BO	CO	DO

(다) 에어프라이기용 피 배합 적용(1차)

-엄지복만두 피가 5단 롤러를 사용하고 에어프라이기로 관능시 피가 바삭함

→전년도 실험시(복만두 피에 쌀 단백질 추가)단 롤러 사용이 힘들었으므로(신장성X)프로필렌글리클 추가하여 배합

→5단 롤러 가능하나 성형이 불안정함(피찢어짐)

→좀 더 피에 신장성을 줄 수 있도록 다음 배합시 유화제를 교체

(라) 에어프라이기용 피 배합 적용(2차)

-에어프라이기용인 만큼 버터를 넣어 바삭하고 맛있는 피 샘플 방향으로 실험

→기름과 버터의 분리

→반죽상태는 말랑말랑하며 기름으로 인해 부드어운 듯 하지만 5단 롤러 후 신장성 부족해지는 현상이 있음

→관능시 버터 향이 거의 없음

(마) 에어프라이기용 피 배합 적용(3차)

-버터향이 부족하여 버터 증량 후 실험

→물과 버터의 성질상 성형이 어려움.

(바) 구움만두 피 배합 적용

-유화제(기존 감미유-S)에서 유화유지 C로 변경 → 성형 불가능

-현 생산중인 진리구움 피에서 타피오카파워 제거

→엄지전용분 A, C - 눅눅함

→다목적면용 - 딱딱함

※성형은 가능하지만, 불안정해짐

-타피오카파워 제거, 찹쌀가루 추가

→기존보다 신장성이 떨어지거나 차이가 거의 없음

-타이오카파워 제거, 쌀단백질 증가

→더욱 바삭하지만 이취가 너무 심해져 사용 불가

나) 쌀단백질을 적용한 만두 개발을 통한 사업화 매출 실적 달성

제품명	제품사진	내 용
엄지군만두		• 제품 출시일 : 2020.08.17 • 제품 매출액 : 1,006,644,256원 • 제품 특징 - 쌀 단백질 분말을 첨가하여 군만두의 바삭바삭한 식감을 더하였으며 군만두 피의 튀김 후 색감도 노릇해져 소비자의 군만두에 대한 니즈를 충족 하였음. • 주요 수요처 : 식자재 마트 및 개인사업자
진리구움 만두		• 제품 출시일 : 2021.01.18 • 제품 매출액 : 13,830,960원 • 제품 특징 - 쌀 단백질 분말을 첨가하여 군만두의 바삭바삭한 식감을 더하였으며 군만두 피의 튀김 후 색감도 노릇해져 소비자의 군만두에 대한 니즈를 충족 하였음. • 주요 수요처 : 온라인 마켓
연탄불고기 만두		• 제품 출시일 : 2021.05.27 • 제품 매출액 : 17,449,344원 • 제품 특징 - 쌀 단백질, 콜라겐, 식이섬유 등 혼합해 겉은 바삭하고 속은 촉촉하게 소비자들의 니즈를 충족하여 지속적인 매출향상이 이루어지고 있음. - 에어프라이어 활용도를 높임 • 주요 수요처 : 온라인 마켓
매운불김치 만두		• 제품 출시일 : 2021.05.27 • 제품 매출액 : 12,013,056원 • 제품 특징 - 쌀 단백질, 콜라겐, 식이섬유 등 혼합해 겉은 바삭하고 속은 촉촉하게 소비자들의 니즈를 충족하여 지속적인 매출향상이 이루어지고 있음. - 에어프라이어 활용도를 높임 • 주요 수요처 : 온라인 마켓

다) 기술개발 제품에 대한 성과활용 방안

(1) 상품화된 개발 제품의 경쟁력 강화

- 주관기관인 ㈜엄지식품은 본 과제를 통해 개발된 제품에 대해 상품화 하여 목표대비 매출을 초과 달성하였으며, 이를 바탕으로 향후 보다 다양한 고부가가치 만두 가공제품 개발을 통해 새로운 성장 동력으로 삼고자 함.

(2) 해외 시장 진출

- 외국인을 대상으로 개발제품의 관능평가 및 소비자 조사 실시
- 식품관련 박람회의 지속적인 참가 및 교류 프로그램의 활용으로 수출시장 진출을 도모함
- 자사 홈페이지의 다국어 활용을 통한 바이어와 접촉할 수 있는 채널을 상시 운용하도록 함

라) 쌀 세정수 유효물질 분리 활용에 따른 산업화를 위한 원가검토(예상)

구 분	쌀 세정수		비 고
유효물질명	쌀 전분	쌀 단백질	
수율(%)	0.08%	0.007%	1TON당 수율임
수율(g)	800	70	
일일 세정수 배출량	100T	100T	2, 4공장 소극적 배출량
일일 유효물질 획득량(Kg)	80	7	
연간 평균 가동일수	280	280	
연간 유효물질 획득량(Kg)	22,400	1,960	
유효물질 시세가격(Kg)	13,000	7,000	
연간 환산이익(원)	291,200,000	13,720,000	
연간 환산이익 합계	304,920,000		

(1) 배출되는 쌀 세정수를 쌀 전분과 쌀 단백질의 활용 가능한 유효물질로 분리하였을 경우 연간 약 3억원의 재료비를 도출할 것으로 판단되며 세정수 분리과정 중 낮아지는 BDI지수를 고려할 때 폐수처리 환경 부담금도 일정부분 감소할 것으로 예상됨.

나-2. 제1협동과제 - (재)베리앤바이오식품연구소

<1차년도>

1) 쌀 세정수의 이물질 제거 및 농축을 위한 막 적합성 검토

가) 세정수 분리를 위한 세정수 성분 분석

(1) 실험방법

(가) 세정수 제조

주관기관에서 사용하고 있는 김제 동진벼 9.5분도미 쌀을 김제농협으로부터 구입하였다. 쌀 무게와 동량의 물로 3번 반복해서 세척한 후 세정수를 모아 세정수 분석에 사용하였다.

(나) 세정수 시료의 성분 분석

세정수 성분분석을 위해 원심분리 후 침전물을 건조시키고 상등액은 동결건조하여 성분분석을 실시하였다. 일반성분은 AOAC방법으로 수분함량은 105℃ 건조기에서 상압가열건조법으로, 회분은 550℃ 회화로에서 직접회화법으로, 단백질은 질소자동분석장치를 사용, 지질은 자동속실렛장치를 사용하였다.

세정수 건조물의 총전분은 total starch assay kit(Megazyme Int., Wicklow, Ireland)를 이용하여 AACC의 방법에 준하여 분석하였고, 손상전분은 starch damage assay kit(Megazyme Int., Wicklow, Ireland)를 사용하여 분석하였다.

세정수의 구성아미노산은 6N HCl 30 mL을 넣고 130℃에서 24시간 가수분해하였고, 유리아미노산은 세정수 시료를 추출 Buffer에 넣어 추출하여 HPLC (Dionex Ultimate 3000)로 측정하였다.

(다) 세정수 시료의 결정양상 및 열적 특성 측정

세정수 시료의 결정양상은 X-ray diffractometer (3D High Resolution X-Ray Diffractometer, Empyrean, PANalytical Co., Almelo, Netherlands)를 이용하여 분석하였다. 모든 시료는 데시케이터에 넣어 수분함량을 일정하게 유지시킨 후 결정형과 결정도 분석에 사용하였고, 측정조건은 target, Cu-Kα; filter, Ni; full-scale range, 3000 첸; scanning speed 8°/min; diffraction angle(2Θ) 5-40°; 20 mA; 40 kV이었다.

세정수 시료의 열적특성은 시차주사열량기(DSC-Q1000, Universal V.3.6C TA Instuments, Olivia Gibson, UK)를 이용하여 측정하였다. 시료 3.0 mg(db)과 증류수 6.0 mg을 알루미늄 팬에 넣어 밀봉하여 수분평형이 되도록 하룻밤 방치한 후 10℃/min으로 30℃～130℃ 까지 가열하였다. Reference로는 빈 팬을 사용하였고 얻어진 용융피크로부터 열적 특성치인 호화개시온도(T_o), 호화피크온도(T_p), 호화종료온도(T_c), 호화온도범위(ΔT)와 호화엔탈피(ΔH)를 분석하였다.

(라) 세정수 시료의 형태적 특성

세정수 시료의 입자형태는 주사전자현미경(Scanning electron microscope, SEM, Gemini SEM 500, Zeiss, Oberkochen, Germany)을 이용하여 관찰하였다. 데시케이터에서 수분함량을 조절한 시료를 이중셀로판 테이프를 붙인 SEM stub에 붙이고 백금코팅을 한 후 입자표면을 2,000배와 7,000배로 확대하여 관찰하였다.

(2) 세정수의 성분

쌀 10 kg을 물 10L로 세척하여 얻은 세정수를 원심분리하여 침전물은 상온건조하고 상등액은 동결건조하였다. 침전물은 343.68 g을 얻었고 상등액 동결건조(FD)는 65.04 g 이었다. 각각의 일반성분 분석 결과 모두 단백질 함량이 높았으며 상등액 FD에 단백질과 회분 함량이 더 높았다. 세정수 침전물과 상등액 건조물의 총전분과 손상전분을 측정한 결과 침전 건조물은 총전분이 73.39%, 손상전분 8.58%로 주성분이 전분임을 확인하였고 상등액 FD는 단백질이 62.36%로 단백질이 주성분으로 함유되어 있었고 전분도 상당량 함유하고 있으며 손상전분 함량이 높아 쌀 표면에 붙어있던 쌀겨 성분과 손상된 전분 일부가 세척과정에서 상등액으로 이행되었을 것으로 추측하였다.

세정수 건조물의 구성아미노산 및 유리아미노산 분석 결과는 표 1-4와 1-5와 같았다. 구성아미노산은 침전 건조물에서 Glu, Arg, Leu 순서로 상등액 FD에서는 Glu, Asp, Ala 순서로 많이 함유되어 있었다. 유리아미노산은 침전건조물에 비해 상등액 FD에서 많이 검출되어 쌀 세척과정에서 세정수로 녹아서 이행된 것으로 판단되었고, Glu, Asn, Asp, Ala 함량이 높게 검출되었다.

표 1-1. 세정수 건조물 수율

	쌀	침전 건조물	상등액 FD
무게 (g)	10 kg	343.68±42.28	65.04±9.91

표 1-2. 세정수의 일반성분

	수분(%)	단백질(%)	지질(g)	회분(%)
침전 건조물	8.91±0.07	31.90±0.15	1.64±0.08	2.77±0.04
상등액 FD	8.54±0.56	62.36±0.17	-	13.82±0.49

표 1-3. 세정수 건조물의 총전분 및 손상전분 함량

	총전분(%)	손상전분(%)
침전 건조물	73.39±0.82	8.58±0.59
상등액 FD	17.66±0.32	14.92±0.60

표 1-4. 세정수 건조물의 구성아미노산

	침전 건조물 (nM)	상등액 FD (nM)
Aspartic acid	2170.49±82.78	**6870.13±353.17**
Glutamic acid	**6983.81±441.40**	**12738.75±272.34**
Asparagine	-	-
Serine	2609.14±108.69	3998.92±172.48
Glutamine	-	-
Histidine	2031.94±94.33	2456.20±37.06
Glycine	2924.99±53.71	5319.54±61.66
Threonine	2010.33±110.94	3981.82±142.94
Arginine	**6086.27±324.00**	8204.71±5.37
Alanine	2687.55±109.04	**6494.11±157.25**
GABA	-	1325.38±30.01
Tyrosine	1843.76±60.07	2510.18±74.48
Valine	2086.94±138.62	3192.00±21.71
Methionine	-	-
Phenylalanine	2475.59±80.39	2450.28±63.15
Isoleucine	1601.33±46.71	1846.11±34.25
Leucine	**3659.07±154.45**	4424.36±75.63
Lysine	342.05±22.49	1016.69±53.68

표 1-5. 세정수의 유리아미노산

	침전 건조물 (nM)	상등액 FD (nM)
Aspartic acid	26.31±1.11	**3301.77±34.95**
Glutamic acid	**403.46±1.91**	**5179.74±40.57**
Asparagine	13.10±0.34	**5006.53±40.82**
Serine	20.43±1.90	1229.96±11.02
Glutamine	-	196.26±26.84
Histidine	40.19±5.26	256.24±30.02
Glycine	58.76±1.69	905.55±32.89
Threonine	36.52±1.32	395.53±2.09
Arginine	47.14±1.49	994.89±12.01
Alanine	190.52±0.72	**3007.25±26.99**
GABA	9.89±0.14	2191.26±0.47
Tyrosine	206.59±9.50	276.43±4.69
Valine	166.64±1.03	447.49±2.82
Methionine	43.91±0.10	80.39±2.82
Phenylalanine	125.52±1.04	264.29±9.27
Isoleucine	53.78±0.30	178.79±2.65
Leucine	134.57±1.37	242.63±13.87
Lysine	16.62±1.79	338.31±35.96

(3) 세정수 성분의 결정양상

X-선 회절기를 이용하여 침전건조물과 상등액FD의 결정패턴을 분석한 결과 침전 건조물은 15°, 17°, 23°에서 강한 피크를 나타내어 전형적인 곡류의 결정형인 A형의 결정형을 보였고 상등액 FD의 경우 28.3° 근처에서 강한 피크를 나타냈다. 침전 건조물은 주 성분이 전분으로 전분의 특성을 가지지만 상등액 FD는 전분함량이 낮아 결정양상에 나타나지 않은 것으로 생각하였다.

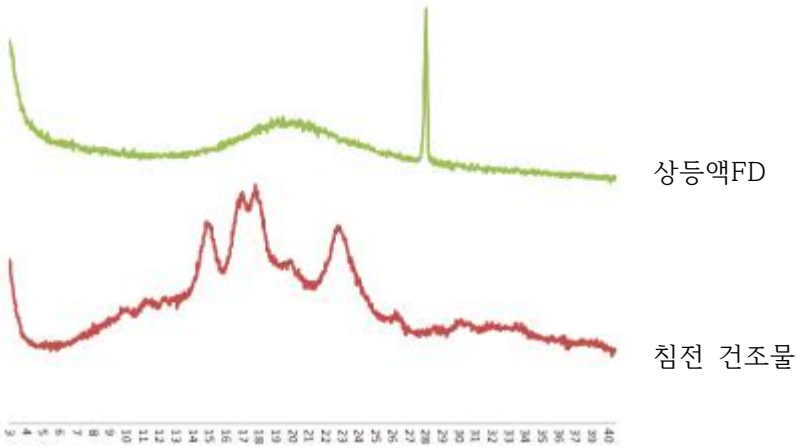


그림 1-1. 세정수로부터 분리한 물질의 결정패턴

(4) 세정수 성분의 열적 특성

시차주사열량계(DSC)로 측정한 침전 건조물의 열적 특성 분석결과 60.40~76.98℃에서 endotherm이 나타났고 용융엔탈피는 2.49 J/g로 보통 전분 특성과 큰 차이가 없었다. 상등액 FD의 경우 39.95~54.32℃에서 endotherm이 나타났고 용융엔탈피는 0.42 J/g로 단백질의 영향이 큰 것으로 판단하였다.

표 1-6. 쌀 세정수에서 분리한 건조물의 열적 특성

	To (℃)	Tp (℃)	Tc (℃)	ΔH (J/g)
침전 건조물	60.40±0.09	69.09±0.12	76.98±0.18	2.49±0.30
상등액 FD	39.95±0.72	47.42±0.35	54.32±0.23	0.42±0.12

(5) 세정수 성분의 형태적 특성

주사전자현미경(SEM)으로 침전건조물과 상등액 FD의 형태를 관찰한 결과 침전 건조물은 쌀 전분입자의 전형적인 형태인 다각형 모양의 입자로 이루어진 것을 확인하였다. 상등액 FD는 얇은 편상 형태의 물질이 대부분 차지하였고 부분적으로 손상된 전분입자로 추측되는 형태가 관찰되었다.

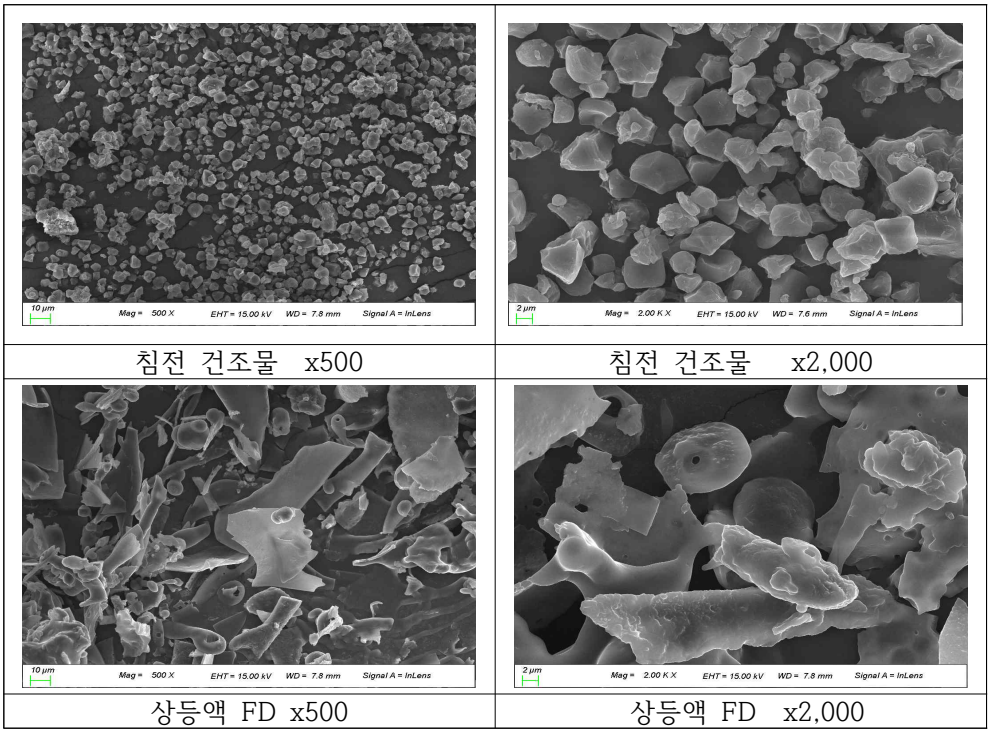


그림 1-2. 주사전자현미경(SEM)으로 관찰한 입자 형태관찰

나) 세정수로부터 침전물질 분리

(1) 실험 방법

쌀 세정수의 농축을 위한 막 적합성 검토를 위해 주관기관에서 발생한 쌀 세정수로부터 연속원심분리기(AF-2000, Alfa Lavarl), 진동막분리장치(Pallsep VMF 400)를 이용한 마이크로여과(0.2 ㎛) 방법으로 전분 등의 침전물과 상등액을 분리하였다.

(2) 연속 원심분리에 의한 침전

연속원심분리기의 경우 세정수 400 L에서 침전물 부유액 30,560 g과 상등액 369,440 g으로 분리되었음. 침전물 현탁액을 다시 원심분리하여 침전물을 0.2 N NaOH로 정제하여 분리한 결과 325 g의 정제된 전분 14 g의 정제된 단백질을 얻었다.

표 1-7. 연속원심분리기를 이용한 침전물 분리 수율

세정수 (g)	침전물 (g)	상등액 (g)
현탁액	30,560	369,440
정제된 전분 또는 단백질	325.54	14.53

(3) 진동막분리장치를 사용한 마이크로 여과에 의한 여과박 분리

진동막분리장치에 0.2 μm 사이즈의 필터를 사용하여 분리한 경우 세정수 400 L에서 여과박 현탁액 26,630 g과 여과액 373,370 g 으로 분리되었다. 침전물 현탁액을 다시 원심분리하여 침전물을 0. 2 N NaOH로 정제 분리한 결과 308 g의 전분을 얻었고 여과액을 등전점에서 침전시켜 정제한 결과 28 g의 단백질을 얻었다.

표 1-8. 마이크로 여과에 의한 여과박 분리 수율

세정수 (g)	여과박 (g)	여과액 (g)
현탁액	26,630	373,370
정제된 전분 또는 단백질	308.75	28.31

2) 농축 쌀 세정수의 정제 및 분리 조건 확립

가) 주관기관 세정수에 함유된 단백질, 전분 함량 분석 등 특성 조사

(1) 실험방법

(가) 세정수 분리농축 방법

주관기관에서 발생하는 세정수의 처리방법을 확립하기 위해 다음과 같이 세정수를 처리하여 단백질과 전분을 분리하였다. 엄지식품에서 발생한 세정수 400 L를 연속원심분리기와 마이크로 여과장치를 사용하여 여과액(단백질층)과 여과박(전분층)을 분리하였다. 단백질 함량이 높은 여과액은 진공농축(45℃, 70℃), 가열농축(70℃) 하였고, 농축액에 1N HCl을 가하여 pH 4.3으로 조절한 후 침전된 단백질을 원심분리하여 수용성 단백질을 분리하였으며, 여과박은 0.2 N NaOH 용액으로 정제하여 전분을 분리하였다. 상등액 또는 여과액의 분리방법과 농축조건에 따라 분리된 수용성단백질은 아래 표와 같이 약어으로 명명하였다.

분리 방법	상등액 또는 여과액 농축 조건	수용성 단백질 약어
연속 원심분리	진공농축 45℃	CV45SP
마이크로 여과	진공농축 45℃	FV45SP
	진공농축 70℃	FV70SP
	가열농축 70℃	FH70SP

(나) 세정수에서 분리된 단백질의 특성 조사

회수량과 시차주사열량계(DSC)로 열적특성을 분석하였다. DSC 분석조건은 알루미늄 팬에 시료 3 mg을 취하여 밀봉한 후 20℃에서부터 110℃ 범위까지 10℃/분의 가열속도로 측정하였다.

(다) 세정수에서 분리된 전분의 특성 조사

원심분리 침전물 도는 여과박에서 분리한 전분의 특성은 총전분, 손상전분, 물결합능력, 팽윤력 및 용해도를 측정하였고 결정양상과 입자형태를 관찰하였다. 총전분은 total starch assay kit (Megazymes Pty, Ltd, Wicklow, Ireland)를, 손상전분은 starch damage assay kit (Megazymes Pty)를 사용하여 분석하였다. 물결합능력은 Medcalf DG & Gilles KA(1965)의 방법에 따라 측정하였다. 전분 0.5 g(db)에 증류수 20 mL을 가하여 상온에서 1시간동안 교반시킨 후 원심분리기(Supra 22K, Hanil Sciece Industrial Co., Seoul, Korea)로 5,000 rpm에서 30분간 원심분리하였다. 상층액을 제거하고 침전물의 무게를 측정하여 처음 시료와의 중량비로부터 계산하여 물결합능력(%)을 나타냈다. 팽윤력과 용해도는 Schoch TJ(1964) 방법을 응용하여 80℃에서 측정하였다. 원심분리관에 전분 0.5g(db)와 증류수 20 mL을 넣어 80℃에서 30분간 교반하고 얼음물에 넣어 냉각시킨 후 8,000 rpm에서 30분간 원심분리(Hanil Sciece Industrial Co.)하였다. 상등액의 건조무게

와 침전물의 무게를 측정하여 팽윤력과 용해도를 계산하였다.

전분의 결정양상은 X-ray diffractometer (3D High Resolution X-Ray Diffractometer, Empyrean, PANalytical Co., Almelo, Netherlands)를 이용하여 분석하였다. 모든 시료는 데시케이터에 넣어 수분함량을 일정하게 유지시킨 후 결정형과 결정도 분석에 사용하였고, 측정조건은 target, Cu-Kα; filter, Ni; full-scale range, 3000 쳰; scanning speed 8°/min; diffraction angle(2Θ) 5-40°; 20 mA; 40 kV이었다.

전분의 입자형태는 주사전자현미경(Scanning electron microscope, SEM, Gemini SEM 500, Zeiss, Oberkochen, Germany)을 이용하여 관찰하였다. 데시케이터에서 수분함량을 조절한 시료를 이중셀로판 테이프를 붙인 SEM stub에 붙이고 백금코팅을 한 후 입자표면을 2,000배와 7,000배로 확대하여 관찰하였다.

(라) 세정수 시료의 화학구조 분석

세정수에서 분리한 단백질의 화학적 구조 확인을 위해 프리에변환 적외/근적외선 분광계(FT-IR/NIR, Frontier FT-IR/NIR, PerkinElmer, Waltham, MA, USA)로 FT-IR 스펙트럼을 다음과 같은 방법으로 분석하였다. 적외선 스펙트럼을 100% 투과하는 성질을 가지고 있는 브로민화포타슘(KBr)에 입자모양의 분말을 갈아서 고체상의 얇은 판을 제조하고, KBr 판을 레퍼런스로 측정하였다. 분리 농축 방법에 따른 화학 구조의 차이를 확인하기 위해 FT-IR/NIR spectrometer를 이용하여 상온에서 분석하였ek. 시료는 400-4,000 cm^{-1}범위의 파장에서 4 cm^{-1} 리졸루션으로 분석하였다.

(2) 농축 방법에 따른 주관기관 세정수의 전분 및 단백질 회수량

엄지식품에서 취수한 세정수의 전분 및 단백질 회수량은 표 2-1과 같았다. 분말 분리방법에 따라 연속원심분리의 침전물로부터 분리한 전분은 313.78 g, 마이크로 여과박으로부터 분리한 전분은 364.13 g 이었다. 원심분리 상등액 또는 여과액의 농축방법에 따라 정제된 단백질은 2.64~9.29 g으로 단백질 함량에 차이가 있었다.

표 2-1. 분리 농축방법에 따른 전분 및 단백질의 회수량

시료		무게 (g)
침전분말 또는 여과박	연속원심분리	313.78
	마이크로 여과	364.13
상등액 또는 여과액	CV45SP	2.64
	FV45SP	4.99
	FV70SP	5.39
	FH70SP	9.29

(3) 분리방법 및 농축조건이 다른 단백질의 특성

(가) DSC로 측정한 열적 특성

DSC로 측정한 열적특성 분석결과는 아래 표와 같았다. 분리방법과 관계없이 세정수 상등액을 45℃로 농축한 경우 약 38~65℃ 사이에서 endotherm이 나타났고 70℃에서 농축한 경우 약 52~

72℃ 사이에서 endotherm이 나타나 농축온도에서 변성된 단백질이 영향을 주었다고 판단하였다.

표 2-2. 분리정제 방법이 다른 쌀단백질의 열적 특성

	To (℃)	Tp (℃)	Tc (℃)	ΔH (J/g)
CV45SP	39.44±0.15	49.75±0.35	58.73±0.51	0.54±0.01
FV45SP	38.00±2.55	50.42±1.29	64.97±0.94	0.26±0.05
FV70SP	52.19±2.83	59.25±6.25	71.14±1.75	0.33±0.07

(나) 단백질의 구조분석

분리 농축이 다른 세정수 단백질은 FT-IR 스펙트럼 상 3700~3280 cm^{-1}, 1750~1580 cm^{-1}, 1490~1300 cm^{-1}, 1180~1000 cm^{-1}에서 질적, 양적 차이가 크게 나타났다. 시료간 차이가 크게 나타나는 FT-IR 스펙트럼의 각 영역은 아미노산 및 단백질 계열의 화합물에 존재하는 amide Ⅰ과 Ⅱ bond (1750~1580 cm^{-1}), 핵산 및 인지질의 phosphodiester bond (1490~1300 cm^{-1}) 그리고 단당류나 복합 다당류를 포함하는 carbohydrates 계열의 화합물들의 질적, 양적 정보를 반영하는 부위 (1180~1000 cm^{-1})에서 주로 나타남을 알 수 있었다. 원심분리에 의해 분리되어 45℃에서 농축된 단백질은 amide Ⅰ과 Ⅱ bond를 나타내는 1750~1580 cm^{-1}와 phosphodiester bond를 반영하는 1490~1300 cm^{-1}에서 여러개의 피크를 나타냈으나 마이크로여과에 의해 분리된 단백질들은 1750~1580 cm^{-1}에서의 피크 수와 강도가 감소하였고 phosphodiester bond를 반영하는 1490~1300 cm^{-1}에서는 피크수가 감소하고 피크 강도는 강해졌다. 70℃에서 농축한 단백질의 경우 전체적으로 피크 강도가 약해졌다.

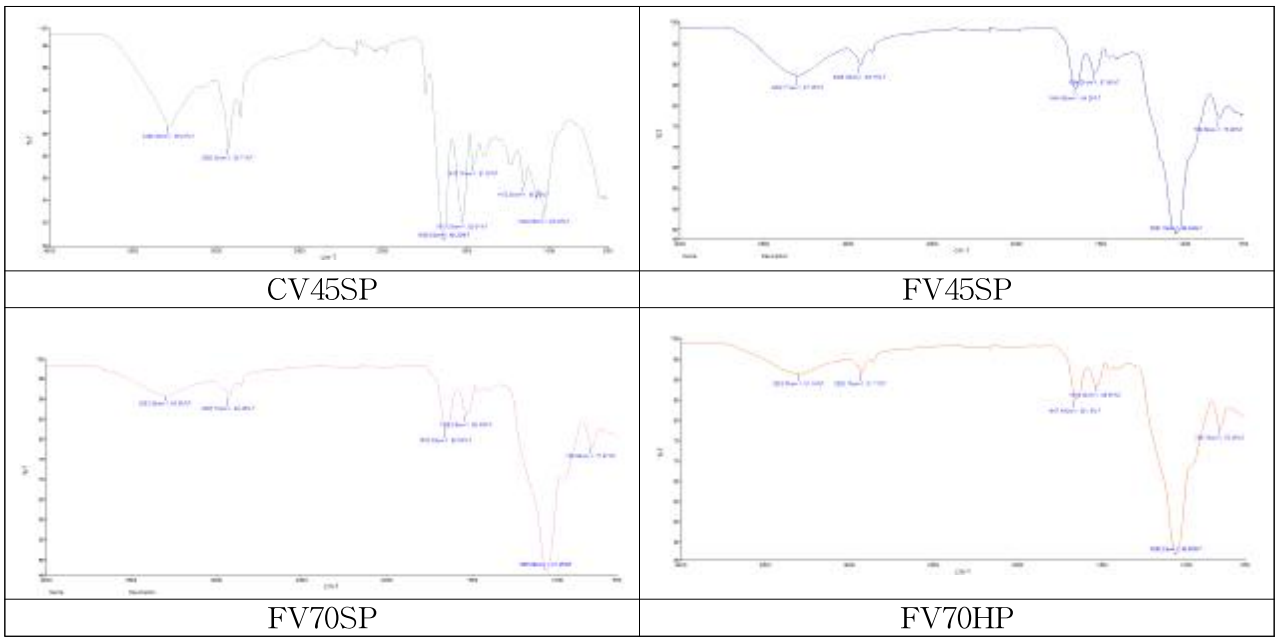


그림 2-1. 세정수에서 분리한 쌀단백질의 FTIR 스펙트럼

(4) 주관기관 세정수로부터 분리한 전분의 특성

엄지식품에서 취수한 세정수로부터 분리한 분말의 특성을 조사한 결과 총전분은 42.67~51.34%, 손상전분은 16.22~17.97%로 난알에서 분리한 생전분보다 총전분함량은 낮고 손상전분 함량은 높았다. 세정수 분말의 물결합능력은 326.12~367.01%로 생전분보다 높았으나 팽윤력은

낮고 용해도는 높았다. 엄지세정수 분말에는 전분 이외에 단백질, 손상전분 등의 함량이 높아 물결합능력은 높지만 전분의 특성으로 나타나는 팽윤력은 낮고 용해도는 증가한 것으로 판단하였다.

표 2-3. 쌀 세정수에서 분리한 전분의 특성

		총전분(%)	손상전분(%)	물결합능력(%)	팽윤력	용해도
엄지 세정수 전분	연속 원심분리	42.69±0.50	17.97±0.72	326.12±7.16	4.69±0.09	16.10±3.93
	마이크로 여과	51.34±3.52	16.22±1.66	367.01±82.32	6.22±0.80	14.77±2.74
신동진 생전분		93.74±0.62	9.67±0.66	209.71±5.94	9.58±0.16	4.73±0.24

세정수로부터 다른 방법으로 분리된 전분의 결정패턴을 분석한 결과 모든 시료에서 A형의 결정형을 보이나 진공농축과정에서 분리한 전분은 결정피크가 약해진 것을 확인하였다. 연속원심분리기로 분리된 전분의 수율이 마이크로 여과로 분리된 전분보다 약간 낮았으나 전분의 특성이 원심분리로 한 경우 더 바람직했고, 원가 비용 측면에서 산업체에서의 활용하기에는 연속원심분리기로 전분을 분리하는 것이 더 적절하다고 판단하였다.

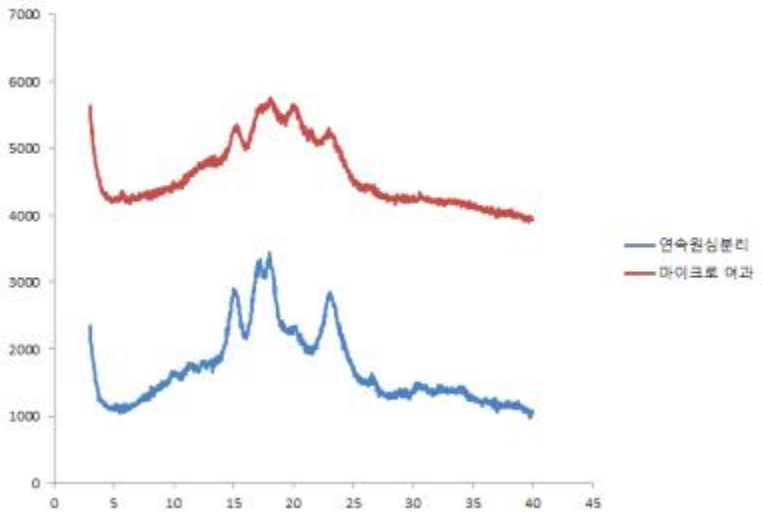


그림 2-1. 쌀 세정수에서 분리한 전분의 결정패턴

다른 방법으로 분리된 세정수 전분은 난알에서 분리한 쌀전분입자와 같이 다각형 입자 형태로 관찰되었다. 그러나 입자 표면에 작은 알갱이들이 일부 관찰되어 정제가 더 필요할 것으로 판단하였다.

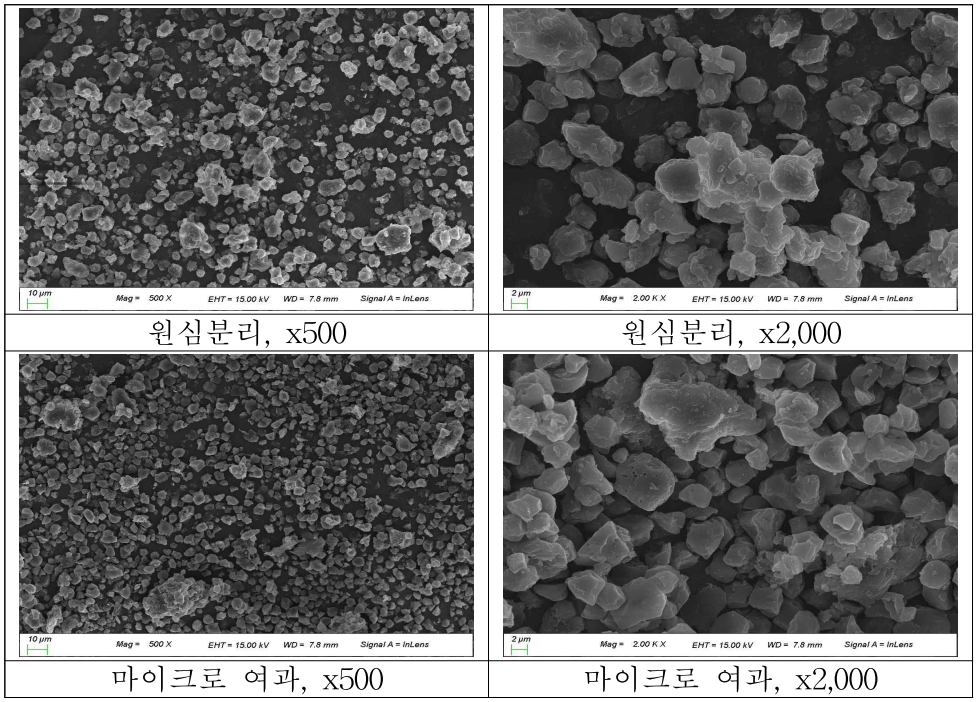


그림 2-2. 쌀 세정수에서 분리한 전분의 입자모양

나) 유효성분을 분리하기 위한 최적조건 확립

위 실험 결과에 따라 세정수로부터 유효성분인 단백질과 전분을 분리하기 위해서는 원심분리로 전분을 회수하는 것이 적합하다고 판단하였음. 여과를 하는 경우 전분의 회수량을 증가시키지만 전분의 특성은 원심분리를 하여 회수된 전분의 경우 더 바람직하였다. 전분의 순도를 높이기 위해 0.2 N NaOH 용액으로 정제하고 중화하여 전분을 분리한다. 단백질을 분리하는 경우 마이크로 여과를 하는 방법이 수율을 증가시켰으며 농축온도는 45℃에서 진공농축 하는 것이 바람직하였다.

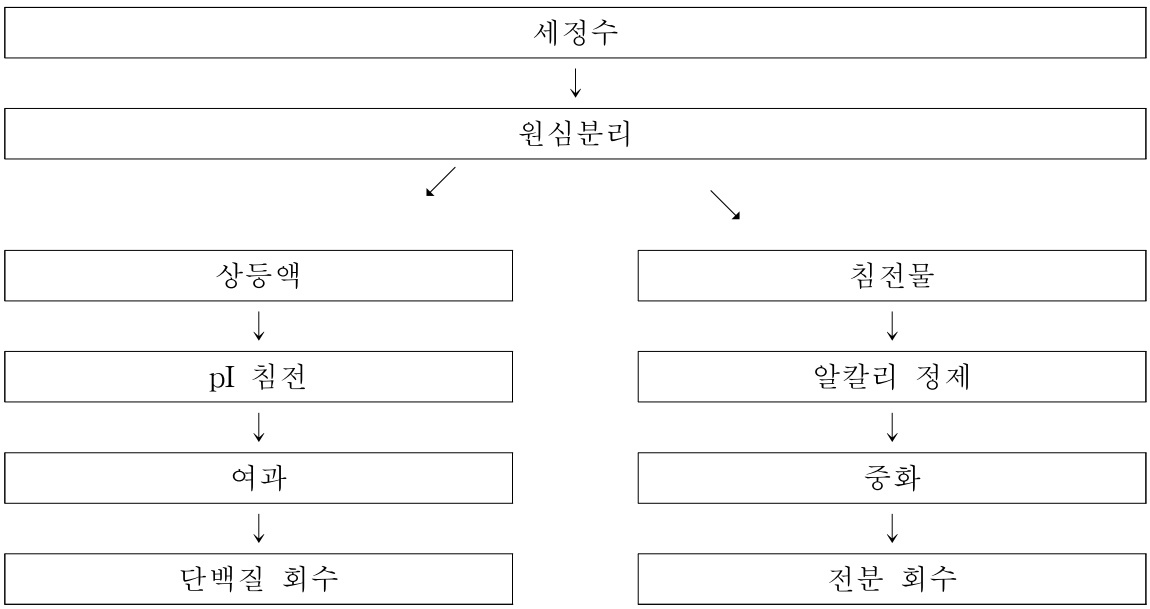


그림 2-3. 쌀 세정수로부터 단백질 및 전분 분리 공정 확립

다) 정제정도가 다른 전분의 특성

(1) 실험 방법

(가) 세정수로부터 정제정도를 다른 전분 분리

그림 2-4와 같이 세정수로부터 정제단계별로 전분을 분리하고 정제방법에 따라 약칭으로 명명하였다. 쌀가루(Rice flour)는 신동진벼 백미를 분쇄하여 제조하였고, 생전분(PS-G)는 백미 낟알로부터 0.2 N NaOH를 사용하여 알칼리 침지법으로 분리하였다. 세정수 전분은 3종으로 분리하였다. 세정수를 원심분리한 후 침전물을 정제하지 않고 실온건조 한 침전분말(CS-W), 세정수 원심분리 침전물을 0.2 N NaOH를 사용하여 알칼리 침지법으로 정제한 세정수 정제전분(PS-W), PS-W의 정제과정에서 발생하는 tailing starch(TS-RW)로 구분하였다.

(나) 정제정도가 다른 세정수 전분의 일반성분 및 이화학적 특성 분석

전분의 일반성분은 1) 가)와 같은 방법으로 수분, 회분, 단백질, 지질을 분석하였다. 전분의 이화학적 특성은 2) 가)와 같은 방법으로 총전분, 물결합능력, 팽윤력과 용해도를 측정하였다. 전분의 입자형태, 결정양상, 열적특성은 2) 가)와 같은 방법으로 분석하였다.

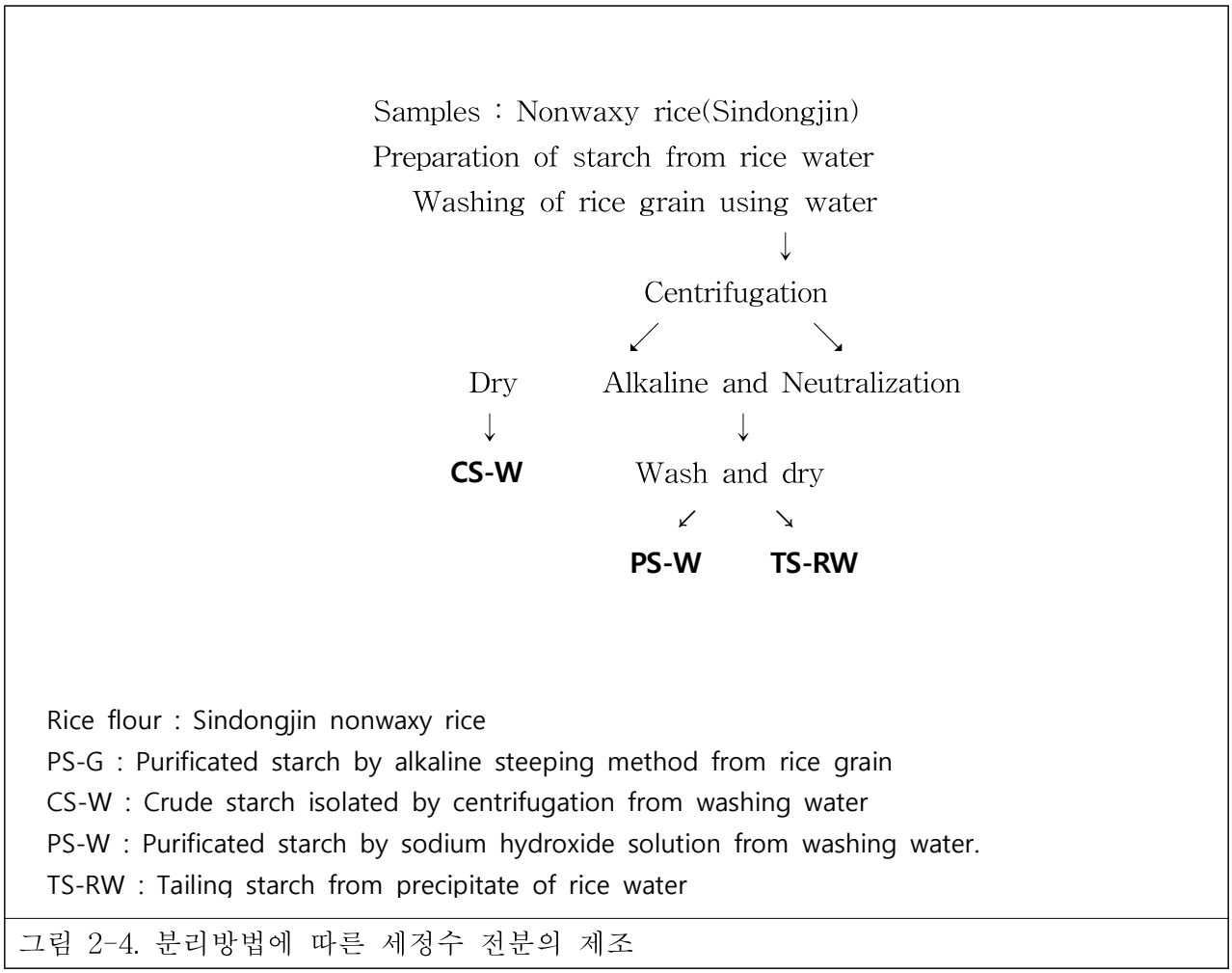


그림 2-4. 분리방법에 따른 세정수 전분의 제조

(2) 쌀세정수로부터 분리한 전분의 특성

(가) 쌀세정수로부터 분리한 전분의 일반성분

쌀가루와 분리 정제 방법이 다른 전분의 일반성분을 측정한 결과는 아래 표 2-4와 같이 수분, 회분, 단백질, 지질이 각각 8.56~11.04%, 0.52~2.77%, 0.50~31.90%, 0.26~1.64% 이었다. 세정수에서 정제하지 않은 침전분말(CS-W)은 단백질 함량이 31.9%로 매우 높았으며 세정수 침전물을

0.2 N NaOH로 정제한 전분(PS-W)의 경우 11.16%로 단백질이 제거되었음을 확인하였다. 그러나 백미 낟알을 0.2 N NaOH로 처리하여 정제한 생전분(PS-G)보다는 단백질 함량이 매우 높았다.

표 2-4. 분리정제 방법이 다른 쌀전분의 일반성분

	Moisture(%)	Ash(%)	Crude protein(%)	Crude lipid(%)
Rice flour	10.21±0.45	0.52±0.05	6.25±0.03	0.43±0.06
PS-G	8.56±0.42	0.69±0.03	0.50±0.03	0.26±0.11
CS-W	8.91±0.07	2.77±0.04	31.90±0.15	1.64±0.08
PS-W	10.24±0.78	0.66±0.08	11.16±0.03	0.06±0.10
TS-RW	11.04±1.45	1.88±0.10	20.31±0.24	0.51±0.94

(나) 쌀세정수로부터 분리한 전분의 이화학적 특성

쌀가루와 분리 정제 방법이 다른 전분의 총전분, 물결합능력, 80℃에서의 팽윤력과 용해도를 측정하였다(표 2-5). 총전분, 물결합능력, 80℃에서의 팽윤력과 용해도는 각각 71.61～93.74%, 209.71～364.59%, 5.56～16.97, 4.72～18.41% 였다. 세정수에서 정제하지 않은 침전분말(CS-W)의 물결합 능력이 세정수 침전물을 정제한 전분(PS-W)보다 물결합능력이 높았고 팽윤력과 용해도는 낮았다. 세정수 정제전분인 PS-W는 생전분인 PS-G과 총전분함량은 비슷했으나 물결합능력, 팽윤력, 용해도는 모두 더 높았다.

표 2-5. 분리정제 방법이 다른 쌀전분의 이화학적 특성

	Total starch(%)	WBC(%)	Swelling power at 80℃	Solubility(%) at 80℃
Rice flour	88.88±2.42	263.06±0.79	8.28±0.07	6.26±0.02
PS-G	93.74±0.62	209.71±5.94	9.54±0.11	4.72±0.28
CS-W	73.39±0.82	235.73±0.34	5.56±0.23	8.42±0.25
PS-W	90.80±1.69	213.45±6.33	16.97±0.99	10.07±0.40
TS-RW	71.61±0.57	364.59±3.16	8.77±0.04	18.41±0.50

WBC means water binding capacity

(다) 쌀세정수로부터 분리한 전분의 입자형태

주사전자현미경(SEM)을 이용하여 세정수로부터 분리한 전분 및 분말의 형태를 관찰한 결과 그림 2-5와 같이 모두 전형적인 쌀 전분입자 형태인 다각형 입자들이 관찰되었다. 쌀가루는 제분과정에서 부서진 불규칙적인 형태의 입자모양이 관찰되었고 TS-RW는 세정수 전분과 유사한 전분입자들이 관찰되었으나 불규칙적인 형태의 덩어리들도 함께 관찰되었다.

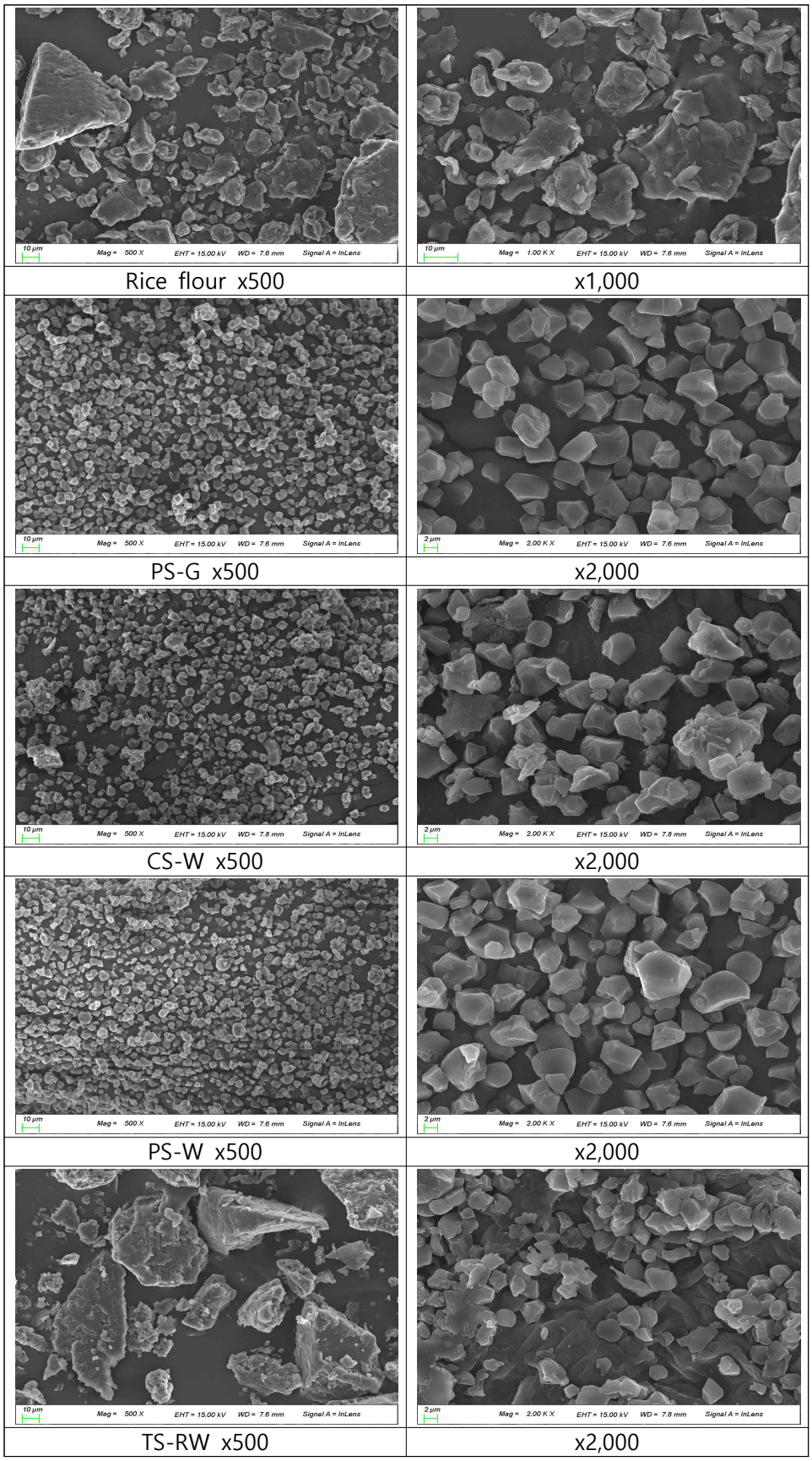


그림 2-5. 세정수로부터 분리 정제한 전분의 입자형태

(라) 쌀세정수로부터 분리한 전분의 결정양상

· X-선 회절기를 이용하여 세정수로부터 분리한 전분 및 분말의 결정패턴을 분석한 결과 모두 전형적인 곡류의 결정형인 A형의 결정형을 나타냈다(그림 2-6). 세정수 침전물에서 정제하지 않은 침전분말 (CS-W)과 tailing starch인 TS-RW는 정제된 전분에 비해 결정강도가 약해져 더 완만한 형태의 피크를 나타냈다.

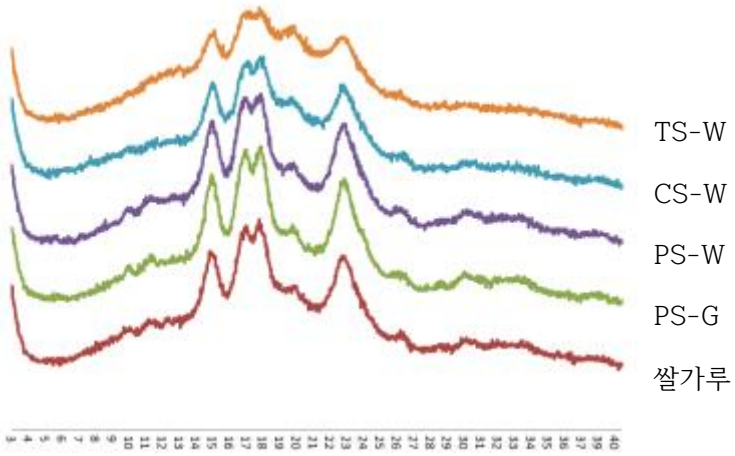


그림 2-6. 세정수로부터 분리 정제한 전분의 결정패턴

(마) 쌀세정수로부터 분리한 전분의 열적 특성

세정수로부터 분리한 전분 및 분말의 열적 특성을 시차주사열량계(DSC)로 측정한 결과(표 2-6), 용융피크는 52.83~78.60℃ 사이에서 나타났고 용융엔탈피는 1.70~4.84 J/g로 곡류전분의 호화피크 양상을 나타냈다. 세정수 침전물에서 정제하지 않은 침전분말(CS-W)은 난알로부터 정제한 전분(PS-G)과 유사한 호화온도 범위를 나타냈으나 용융 엔탈피는 낮았다. 세정수 정제전분인 PS-W는 PS-G와 CS-W보다 호화 개시온도가 낮았고 피크의 범위가 넓게 나타났으나 비슷한 용융엔탈피를 나타냈다.

표 2-6. 분리정제 방법이 다른 쌀전분의 열적 특성

	To (℃)	Tp (℃)	Tc (℃)	ΔH (J/g)
쌀가루	59.83	67.00	78.60	2.73
PS-G	60.06	66.83	76.45	4.84
CS-W	60.46	69.17	77.10	2.70
PS-W	56.60	64.84	77.58	4.29
TS-RW	52.83	63.51	77.11	1.70

라) 중금속 및 농약 성분 분석

(1) 실험방법

주관기관에서 취수한 세정수와 분리농축액의 중금속 및 곰팡이 독소, 잔류 농약을 분석하였다. 식품공전에 의하면 곡류가공품의 곰팡이독소 중 총 아플라톡신은 15.0 μg/kg 이하이며, 중금속이나 잔류농약기준은 없었고, 찐 쌀의 경우 납 0.2 mg/kg 이하, 카드뮴 0.2 mg/kg 이하였다.

(2) 시료별 중금속 및 곰팡이독소, 잔류농약 분석

주관기관 세정수의 분리농축 방법에 따라 중금속 및 곰팡이독소, 잔류농약을 분석한 결과는 표 2-7과 같이 중금속 중 카드뮴, 납, 무기비소가 일부 검출되었다. 세정수에서 분리된 시료는 식품공전상 곡류가공품에 해당되지만 곡류가공품의 중금속에 대한 기준이 없어 안전성 유무를 판단할 근거는 없었다. 다만 유통되는 쌀에 함유된 중금속 함량에 비해 매우 극소량 함유되어 있어 안전성에 문제가 없을 것으로 생각하였다. 세정수의 각 성분에서 곰팡이 독소인 아플라톡신과 잔류농약 320종을 분석한 결과 세정수 침전분말(여과박)이나 상등액(여과액)에서 모두 검출되지 않았다.

표 2-7. 시료별 중금속 및 아플라톡신 분석

		중금속(mg/kg)			아플라톡신
		카드뮴	납	무기비소	
쌀(신동진)		0.018	0.030	0.11	-
연속원심분리	침전액	0.00084	0.0068	0.011	-
	상등액 농축액	-	0.0067	0.0069	-
마이크로 여과	여과액	0.00016	0.018	-	-
	여과농축액	0.00012	0.019	-	-
역삼투 여과	여과액(단백)	-	0.0028	0.016	-
	정수(배출수)	-	0.0091	0.010	-

표 2-8. 시료별 잔류농약 분석

		잔류농약 320종
쌀(신동진)		Tricyclazole 0.016(mg/kg) 외 319종 전성분 불검출
연속원심분리	침전액	불검출
	상등액 농축액	불검출
마이크로 여과	여과박액	불검출
	여과농축액	불검출
역삼투 여과	여과액(단백)	불검출
	정수(배출수)	불검출

3) 농축 쌀 세정수의 단백질 함량 증가 공정 개발

가) 실험방법

(1) 쌀 세정수를 활용한 GABA 생산

쌀 세정수 농축액, 쌀겨 현탁액(10%) 각각 10 mL 에 glutamate 0~40 mM과 pyridoxal 5'-phospahte (PLP) 10 μM을 혼합하였다. 혼합액을 30℃에서 12시간 반응시킨 후 80℃에서 20분간 가열하여 효소반응을 불활성화 시키고 원심분리 후 상등액은 GABA 정량에 사용하였다.

(2) GABA 정량

쌀 세정수를 활용하여 생산한 GABA 정량은 1차년도 1) 가)의 세정수 아미노산 분석법과 같은 방법으로 HPLC로 실시하였다.

나) 쌀 세정수를 활용한 GABA 생산

농축 된 쌀 세정수의 단백질 함량을 증가하기 위한 공정을 개발하기 위해 쌀 세정수에 포함된 아미노산 및 기능성 아미노산 함량을 증가시키는 방안을 강구하였다. 미강단백질의 조성은 백미의 배유 단백질과 달라서 albumin과 globulin 과 같은 수용성 단백질이 약 2/3정도를 차지하며 추출될 경우 유화성, 거품성 등 수용성 단백질이 보이는 특성을 나타낸다.

쌀 단백질은 다른 곡류의 단백질에 비해 함량이 높은 편은 아니지만 콩, 밀, 우유 등에서 유래한 다른 중요 식품 단백질들과는 다르게 hypoallegenic한 특성을 가지고 있다. 쌀단백질은 소화율이 높아 단백질 이용률이 높으며, 아미노산가는 약 65로 알려져 있다.

본 연구에서는 쌀 세정수 내의 기능성 아미노산 함량을 증가시키기 위한 방법으로 세정수를 효소원으로 사용해서 GABA를 생성시키고자 하였다. 아래 표와 같이 쌀 세정수 농축액의 가바 생성량은 0.35 mM 로 약 3배 증가하였으나 쌀겨의 경우 GABA 생성량은 약 5배 증가하였다. 쌀 세정수를 활용하여 GABA 생산량을 증가시킬 수는 있으나 쌀겨에 비해 활성이 떨어지는 것을 확인하였다.

Jin WJ(2013)에 의하면 쌀겨를 효소원으로 사용하여 GABA를 생산한 연구에서는 glutamate와 PLP를 첨가량, 반응온도와 시간을 조절하여 최적조건으로 반응시킨 경우 glutamate로부터 GABA 전환율이 51%를 나타냈다고 보고하였다. 본 연구에서도 GABA 생산량을 증가시키기 위해 반응조건 조절을 통해 GABA 생산량을 더 증가시킬 수 있을 것으로 예상되므로 추가적인 연구가 필요할 것이다.

표 2-9. 쌀 세정수 및 쌀겨로부터 GABA 생산량

	0h (mM)	12h (mM)
쌀 세정수 농축액	0.11	0.31
쌀겨 현탁액	0.42	1.93

<2차년도>

1) 쌀 세정수로부터 분리한 전분의 기능성 소재화

가) 전분의 유화안정제로의 개발

(1)실험방법

(가) 주관기관 쌀세정수 특성조사

주관기관의 쌀세정수를 5일간 매일 취수하여 생산라인에서의 세정수의 상태를 파악하기 위해 당도, 산도, pH, 색도를 측정하였다.

(나) 세정수 분말 및 정제전분의 분리

엄지 세정수와 같은 방법으로 실험실에서 세정수를 제조한 후 전분을 분리한 결과 전분 수율은 8.56±1.01%였고 전분 소재로 활용 가능함을 확인하였다. 세정수는 및 백미는 아래와 같이 정제하여 세정수 분말 및 전분을 제조한 후 100 mesh에 통과시켜 시료로 사용하였다.

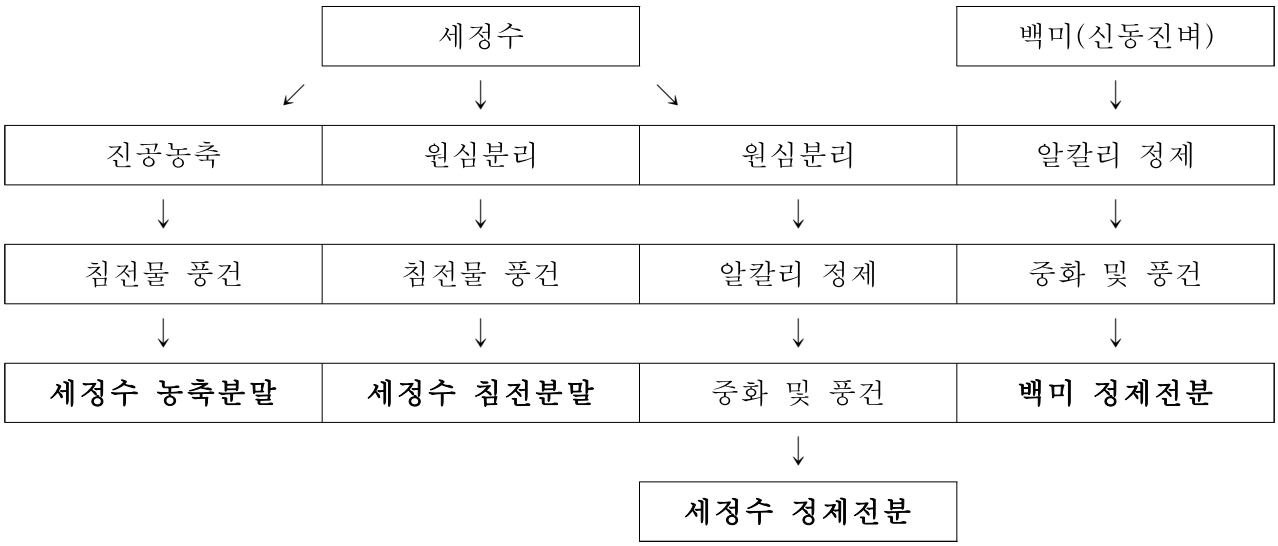


그림 1-1. 세정수 분말 및 전분 제조

(다) 세정수 분말 및 정제전분의 특성조사

전분의 일반성분은 1차년도 - 1) 가)와 같은 방법으로 수분, 회분, 단백질, 지질을 분석하였다. 전분의 이화학적 특성은 1차년도 - 2) 가)와 같은 방법으로 총전분, 물결합능력, 팽윤력과 용해도를 측정하였다. 전분의 입자형태, 결정양상, 열적특성은 1차년도 - 2) 가)와 같은 방법으로 분석하였다.

세정수 분말 및 전분의 온도에 따른 점도변화는 신속점도측정기(RVA 4500, Perten, Hägersten, Sweden)을 이용하여 측정하였다. 알루미늄 용기에 시료(3 g, 12% 수분함량기준)을 증류수 25 mL로 잘 분산시키고 50℃에서 1분간, 95℃까지 3.12분간 가열, 95℃에서 2.92분간 유지, 50℃까지 3.97분간 냉각, 50℃에서 2분간 유지하면서 점도를 측정하였다. 측정한 데이터로부터 호화개시온도(℃), 피크타임(분), 최고점도(peak viscosity, P), 최저점도(trough viscosity, T), 최종점도(final viscosity, F), 치반점도(setback viscosity, F-T), 강하점도(breakdown viscosity, P-T)를 구하였다.

세정수 시료의 결정양상은 1차년도 1) 가)에서와 같이 X-ray diffractometer를 이용하여 분석하였다.

(라) 변성전분의 제조

① OSA전분 제조

세정수에서 분리한 시료를 식품첨가물인 유화제로의 활용을 검토하기 위해 정제전분으로 유화 특성을 나타내는 OSA전분을 다음과 같이 제조하였다. 전분 50 g에 증류수 90 mL을 가한 후 1 N NaOH를 사용하여 pH 8.5를 유지하면서 OSA 용액을 전분 무게의 3%를 첨가하였다. 6시간 반응 후 1 N HCl을 사용하여 pH 7.0으로 중화한 후 원심분리기로 5,000 rpm에서 10분간 침전시키고 증류수로 4회 세척, 풍건하여 시료로 사용하였다.

② 산처리-OSA 전분 제조

세정수 시료의 소재화를 위해 백미 정제전분의 산처리전분 및 산처리 OSA전분을 제조하였다. 산처리 전분은 정제전분에 2.2 N HCl을 가하여 35℃에서 7일간 처리한 후 원심분리기로 8,000 rpm에서 15분간 침전시키고 증류수로 3회 세척하여 제조하였다. 산처리 OSA 전분은 앞의 조건과 같이 2.2 N HCl로 산처리 한 후 원심분리하고 증류수를 가하고 NaOH로 pH 8.5로 조정하여 ①의 방법에 따라 OSA전분을 제조하였다.

③ 어닐링-OSA 전분

전분을 어닐닝하면 전분 입자 내 분자간 배열 변화로 전분의 이화학적 특성이 달라질 수 있어 OSA 전분의 특성을 변화시킬 수 있다고 생각되어 어닐링 OSA 전분을 다음과 같이 제조하였다. 백미 정제전분 50 g에 증류수 150 mL을 가하고 30, 40, 50, 60℃에서 4, 12, 24, 48 hr 동안 어닐링 시킨 후 OSA 전분을 제조하였다.

(2) 주관기관의 쌀세정수 특성

(가) 취수 시기별 특성

엄지식품에서 즉석냉동밥 생산라인에서 배출되는 쌀 세정수의 활용을 위해 세정수를 취하여 상태를 분석하였다. 아래 표와 같이 날짜별 배수라인에서 취한 세정수는 당도는 0.15 °Bx 이하였고, 산도는 0.02~0.04%, pH 6.45~6.76 이었다. 5일차까지 특성의 변화는 거의 없었고 냄새와 육안으로 볼 때 선도에 큰 문제가 없어 식품 소재로 활용이 가능하다고 판단하였다.

표 1-1. 엄지식품 세정수의 상태 분석

취수시기	당도	산도	pH	색도		
				L	a	b
1일차	-0.15±0.07	0.02±0.00	6.46±0.01	103.30±0.01	0.57±0.00	1.31±0.01
2일차	-0.20±0.00	0.03±0.01	6.61±0.01	103.01±0.03	0.68±0.00	1.79±0.01
3일차	-0.10±0.00	0.03±0.01	6.76±0.01	97.54±0.01	0.25±0.00	0.75±0.01
4일차	0.15±0.07	0.04±0.01	6.72±0.00	94.50±0.11	1.00±0.01	3.28±0.02
5일차	0.05±0.07	0.03±.01	6.45±0.00	97.56±0.04	0.60±0.01	1.67±0.01

(나) 세정수 분말 및 전분의 특성조사

① 일반성분

세정수를 식품소재로 활용하기 위해 세정수를 단계별로 정제하고 백미에서 분리한 전분과 특성을 비교하였다. 각 시료의 수분, 회분, 단백질, 지질, 총전분은 아래 표와 같이 수분 8.56~11.17%, 회분 0.66~12.02%, 조단백질 0.50~31.91%, 조지질 0.06~10.84%, 총전분 63.19~93.74% 였다. 세정수가 정제될수록 단백질과 지질, 회분 함량이 감소하고 전분함량은 증가하였다. 세정수를 취수하여 바로 침전시킨 분말과 진공농축한 후 분리한 분말에서도 일반성분의 차이가 발생하였다. 농축과정에서 열처리에 의해 성분의 변화가 발생한 것으로 판단하였다.

Kim MJ 등(2011)은 쌀뜨물 동결 건조물의 회분 및 단백질, 지질, 탄수화물 함량은 각각 16.37%, 22.91%, 19.64%, 40.92%로 쌀뜨물에 단백질, 탄수화물이 다량 함유되어 있다고 보고하였다. 본 연구결과와 구성성분 함량의 차이가 있는 것은 쌀의 품종과 도정도, 세정수 제조조건이 다르기 때문으로 판단하였다.

표 1-2. 세정수 시료의 일반성분

시료	Moisture(%)	Ash(%)	Crude protein(%)	Crude lipid(%)	Total starch(%)
백미 정제전분	8.56±0.42	0.69±0.03	0.50±0.03	0.26±0.11	93.74±0.62
세정수 정제전분	10.24±0.78	0.66±0.08	11.16±0.03	0.06±0.10	90.80±1.69
세정수 침전분말	8.91±0.07	2.77±0.04	31.90±0.15	1.64±0.08	73.39±0.82
세정수 농축분말	11.17±0.44	12.02±0.31	20.76±0.28	10.84±0.85	63.19±2.38

② 이화학적 특성

세정수 시료의 물결합능력을 측정한 결과는 아래 표와 같이 213.45~261.79% 였다. 세정수를 농축한 후 분리한 분말의 물결합능력이 261.79%로 가장 높았고 정제된 전분의 물결합능력은 감소하였다. 세정수가 정제될수록 전분의 팽윤력이 증가하였다.

표 1-3. 세정수 시료의 물결합능력

시료	물결합능력(%)	Swelling power at 80℃	Solubility(%) at 80℃
백미 정제전분	221.69±1.88	9.54±0.11	4.72±0.28
세정수 정제전분	213.45±6.33	16.97±0.99	10.07±0.40
세정수 침전분말	257.91±0.64	5.56±0.23	8.42±0.25
세정수 농축분말	261.79±2.62	5.37±0.17	13.38±0.08

③ 호화특성 측정 (RVA)

세정수에서 분리한 전분 및 분말의 호화특성을 신속점도측정계(RVA)로 측정한 결과는 표 1-4와 같았다. 낟알에서 분리한 정제전분(RGPS)의 호화 특성은 호화개시온도, 피크타임, 최고점도, 최저점도, 최종점도, 치반점도, 강하점도를 분석한 결과 74.08℃, 6.10분, 3645 cP, 2643 cP, 4268 cP, 1626 cP, 1003 cP였다. 세정수 정제전분은 호화개시온도가 약간 증가하였으나 점도는 낮아졌다. 정제도가 낮은 세정수 침전분말은 호화개시온도와 피크타임이 93.63℃와 7분으로 매우 증가하였으며 세정수 정제전분보다 높은 점도를 유지했다. 그러나 세정수 농축분말은 세정수 침전분말과 호화개시온도는 유사했으나 피크타임과 전체적인 점도값이 더 낮게 나타나 농축과정에서 전분의 호화가 일부 일어났거나 가열과정에서 함께 침전된 성분들이 호화점도에 영향을 주었다고 생각하였다.

세정수에서 분리된 전분의 호화점도에는 입자크기, 호화과정 중 용출된 아밀로스의 분자량 등이 점도에 영향을 주었을 것으로 판단하였고 세정수 정제전분과 정제하지 않는 분말의 호화양상은 세정수로 이행된 백미표면에 붙어있는 쌀겨와 표면에서 용출된 성분들이 영향을 준 것이라고 생각하였다. Singh TP & Sogi DS (2018)도 배유부분의 전분과 쌀겨부분의 전분은 구성성분이 다르고 그 영향으로 이화학적 및 호화특성이 달라지며 시차주사열량계로 측정한 호화온도가 쌀겨 전분에서 더 높았다고 보고하였다.

표 1-4. 세정수 시료의 호화특성

	Pasting Temp (℃)	Peak time (min)	Peak (RVU)	Trough (RVU)	Final (RVU)	Setback (RVU)	Break down (RVU)
백미 정제전분	74.08 ±0.04	6.10 ±.04	3645.00 ±60.81	2642.50 ±70.00	4268.00 ±21.21	1625.50 ±48.79	1002.50 ±9.19
세정수 정제전분	79.70 ±4.10	4.57 ±0.05	946.00 ±89.10	458.50 ±45.96	1126.00 ±207.89	667.50 ±161.93	487.50 ±43.13
세정수 침전분말	93.63 ±0.60	7.00 ±0.00	2589.00 ±7.07	2193.50 ±57.28	3916.50 ±4.95	1723.00 ±52.33	395.50 ±50.20
세정수 농축분말	94.88 ±0.46	6.07 ±0.00	809.00 ±18.38	714.00 ±14.14	1510.50 ±30.41	796.50 ±16.26	95.00 ±4.24

④ 결정양상 측정 (XRD)

X-선 회절기를 사용하여 세정수에서 분리한 전분 및 분말의 결정형을 관찰하였다(그림 1-2) 모든 시료에서 15°, 17~18°, 23°에서 강한 피크를 나타내어 전형적인 곡류전분의 결정형인 A형의 결정형을 관찰할 수 있었다. 세정수 침전분말의 결정패턴은 두 전분의 결정패턴에 비해 결정강도가 낮게 측정되었으며 세정수 농축분말은 피크가 매우 약하게 나타났다. 이는 세정수 침전분말에 전분함량이 낮고 단백질 및 지질, 회분 함량이 높아 결정형에 영향을 주었으며 농축분말은 가열에 의해 전분의 결정형이 일부 소실된 것으로 판단하였다. Singh TP & Sogi DS (2018)도 배유에서 분리한 전분보다 쌀겨에서 분리된 전분의 결정패턴이 더 약하게 나타났으며 이는 염류와 전분간의 상호작용이 영향을 주었기 때문이라고 보고하였다.

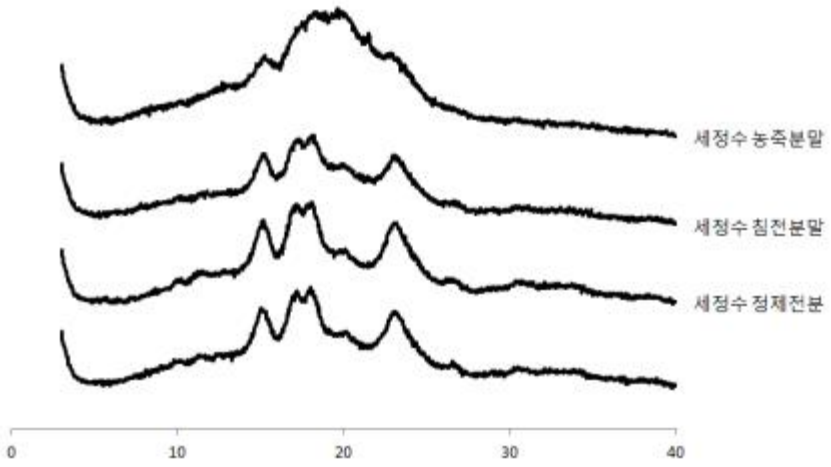


그림 1-2. 세정수에서 분리한 전분 및 분말의 X-ray diffractogram

나) 변성전분의 특성

(1) OSA전분의 특성 조사

(가) 실험방법

① OSA 치환도 측정

변성전분의 옥테닐 석시닐기의 치환도(DS, degree of substitution)는 전분의 포도당 분자당 치환된 평균 수로 나타내며, Bhosale과 Singhal의 적정법을 이용한 Liu 등 방법으로 측정하였다. OSA 변성전분 5 g을 삼각플라스크에 넣고 50 mL의 증류수를 가하여 잘 혼합한 다음 0.5 N 수산화소듐 용액 25 mL를 가하였다. 마그네틱 바를 이용하여 상온에서 24시간 계속 저었다. 이 때 치환된 옥테닐석실산이 수산화소듐과 반응하고 남은 알칼리양을 0.5 N 염산으로 적정하여 치환도를 계산하였다. 지시약은 페놀프탈레인을 사용하였고 blank로는 생 찹쌀녹말(OSA 0%)을 사용하여 동시에 적정한 후 다음 식(a)으로 OSA 치환 %를 구하고 이를 아래 식(b)로 계산하였다.

$$\% \text{ OSA substitution} = \{(V_{blank} - V_{sample}) \times 0.1 \times N \times 100\} / W$$

V_{blank} = 바탕시료(생전분)의 적정에 요구된 0.5 N HCl용액의 부피

V_{sample} = 시료(OSA전분)의 적정에 요구된 0.5 N HCl용액의 부피

W = 초기 시료의 무게 (g)

N = 0.5 N HCl용액의 normality

$$DS = \{162 \times \% \text{ OSA substitution}\} / \{21{,}000-(209 \times \% \text{ substitution})\}$$

162 = 포도당 단위의 분자량

21,000 = 옥테닐 석시닐기의 분자량 × 100

209 = 옥테닐 석시닐기의 분자량 - 수소 원자량

② 유지흡착력(oil absorption capacity)

유지흡착력을 측정하기 위해 OSA 전분 0.5 g과 카놀라유 15 mL를 볼텍스믹서로 30초간 혼합하였다. 30분간 정치시킨 후 2730×g에서 20분간 원심분리하였고 상등액은 버린 후 침전물의 무게를 측정하였다.

Oil absorption capacity (%)

= [Precipitated starch weight (g) - Initial starch weight (g)] × 100 / Starch weight (g)

③ 결정양상 및 형태학적 특성 관찰

OSA전분의 결정양상 및 입자의 형태학적 특성 관찰은 1차년도 1) 가)에서와 같이 X-ray difractometer와 SEM으로 관찰하였다.

④ 열적특성 관찰

OSA전분의 열적특성 관찰은 1차년도 1) 가)에서와 같이 시차주사열량기(DSC)를 사용하여 측정하였다.

⑤ FT-IR을 이용한 OSA 전분의 구조분석

OSA전분의 화학적 구조 확인을 위해 1차년도 2) 가)에서와 같이 프리에변환 적외/근적외선 분광계(FT-IR/NIR, PerkinElmer)로 FT-IR 스펙트럼을 관찰하였다.

(4) OSA전분의 특성

(가) OSA전분의 OSA 치환도 및 유지흡착력

① 정제정도가 다른 세정수 전분으로 제조한 OSA 전분

세정수에서 분리한 시료로 OSA 전분을 제조한 후 OSA 치환도와 유지흡착력을 측정한 결과는 아래 표와 같았다. 각 시료의 OSA 치환도는 0.0140~0.0875이었고 유지흡착력은 122.08~132.12%였다. 세정수에서 분리한 전분으로 제조한 OSA 전분은 백미 정제전분 OSA보다 치환도가 높고 유지흡착력이 높았고 특히 세정수 농축분말로 제조한 OSA 전분은 치환도와 유지흡착력이 매우 높아서 유화제로써의 활용 가능성을 확인하였다.

찹쌀전분에 OSA를 1~3% 처리한 경우 0.0062~0.0214, 쌀전분을 OSA 2~12%로 처리한 경우 0.0180~0.0452, 밀전분의 경우 0.025~0.0431, 감자전분의 경우 0.0171~0.0397, 카사바전분에 OSA 1~3% 처리하여 제조한 경우 0.002~0.021 이었다(No J & Shin M 2017, Bao J 등 2003, Athira GK & Jyothi AN 2015). OSA전분 제조시 OSA 치환도는 전분의 종류, 반응 조건 등에 따라 차이를 보이는 것을 알 수 있었다.

No J(2017)는 아밀로스 함량이 다른 쌀전분에 OSA 1~3%를 처리한 변성전분의 유지흡착력이 118.56~146.40%로 OSA 치환도에 따라 유지흡착력이 증가하였으며 전분의 종류에 따라 차이가 있었으며 소수성기를 가진 OSA 전분은 마이크로캡슐 소재로 사용할 수 있다고 보고하였다. 전분의 사슬구조는 기름방울 주변에 두꺼운 층을 형성할 수 있게 도와주어 유화액의 안정성에 기여할 수 있기 때문에(Hu H 등 2016) 세정수 시료로 제조한 OSA 전분은 유화안정제로써 활용 가능성이 높다고 판단하였다.

표 1-5. 세정수 OSA 전분의 OSA 치환도 및 유지흡착력

	OSA 치환도	유지흡착력 (%)
백미 정제전분 OSA	0.0140±0.0017	122.08±1.50
세정수 정제전분 OSA	0.0363±0.0054	123.26±2.26
세정수 침전분말 OSA	0.0283±0.0010	123.68±0.45
세정수 농축분말 OSA	0.0875±0.0208	132.12±2.23

② 산처리 조건이 다른 전분으로 제조한 OSA 전분

2.2N HCl로 35℃에서 7일간 산처리한 전분과 산처리 후 OSA를 제조한 전분의 OSA 치환도와 유지흡착력을 측정하였다. 표 1-6과 같이 산처리 후 OSA 전분을 제조한 경우 OSA 치환도는 0.0165~0.0187였고 유지흡착력은 106.49~129.30% 였다. 산처리 1일 후 OSA를 제조한 경우 백미 정제전분 OSA보다 높은 치환도를 나타냈으며 유지흡착력도 더 높았으나 산처리 기간이 길어질수록 OSA 유지흡착력이 감소하는 것을 관찰할 수 있었다.

③ 어닐링 조건이 다른 전분으로 제조한 OSA전분(AnOSA)

정제전분으로 30~60℃에서 48시간까지 어닐링한 후 제조한 OSA전분의 OSA 치환도와 유지흡착력 측정결과는 아래 표 1-7과 같았다. OSA 치환도는 0.0116~0.0184이었고 40℃ 이상의 어닐링 처리에 의해 OSA 치환도가 약간 증가하였다. 전반적으로 어닐링 시간이 증가할수록 치환도가 증가하였다. 어닐링 OSA전분의 유지흡착력은 100.94~133.34%였고 40℃에서 어닐링 한 경우 유지흡착력이 가장 높았다. 따라서 40℃에서 어닐링 처리가 OSA 치환도와 유지흡착력을 증가시킬 수 있는 것을 확인하였다. 60 ℃ 이상에서 처리하는 경우 OSA 치환도가 높으나 유지흡착력이 낮은 것은 전분입자가 호화되어 점도가 높아 OSA가 갖혀진 상태로 존재하여 치환도가 높게 측정된 것으로 생각되며 OSA 에스터화가 일어나지 않아 유지를 흡착하기에 적합하지 않았다고 생각하였다.

표 1-6. 산처리 OSA 전분의 OSA 치환도 및 유지흡착력

	OSA 치환도	유지흡착력 (%)
산처리 1d	-	127.14±8.46
산처리 3d	-	119.39±8.50
산처리 7d	-	106.49±2.59
산처리 1d OSA	0.0165±0.0019	129.30±5.66
산처리 3d OSA	0.0176±0.0038	126.94±3.03
산처리 7d OSA	0.0187±0.0019	109.31±7.37

표 1-7. 어닐링 OSA 전분의 OSA 치환도 및 유지흡착력

어닐링 조건		OSA 치환도	유지흡착력 (%)
온도	시간 (hr)		
30℃	4	0.0144±0.0003	124.40±1.56
	12	0.0116±0.0027	122.55±1.54
	24	0.0159±0.0023	115.81±3.13
	48	0.0158±0.0027	116.77±1.57
40℃	4	0.0155±0.0030	131.78±1.47
	12	0.0142±0.0006	133.18±1.61
	24	0.0155±0.0028	133.33±1.26
	48	0.0168±0.0030	132.37±5.31
50℃	4	0.0164±0.0018	133.34±0.14
	12	0.0148±0.0009	132.56±5.80
	24	0.0159±0.0016	128.35±12.47
	48	0.0169±0.0006	126.19±0.01
60℃	4	0.0168±0.0018	107.36±0.17
	12	0.0163±0.0002	100.94±0.62
	24	0.0184±0.0011	102.11±0.55
	48	0.0184±0.0001	105.95±2.02

(나) OSA 전분의 호화특성 (RVA)

① 정제정도가 다른 세정수 시료로 제조한 OSA 전분

세정수에서 분리한 전분으로 제조한 OSA 전분의 호화특성을 신속점도 측정기(RVA)로 측정한 결과는 아래 표와 같았다. 낟알과 세정수에서 분리한 전분으로 제조한 백미 정제전분 OSA와 세정수 정제전분 OSA는 각각의 무처리 시료보다 호화온도와 피크타임이 감소하였으나 치반점도를 제외한 점도는 모두 증가하였으며 세정수 침전분말 OSA는 무처리군과 유사한 호화양상을 나타냈다. 전분의 호화특성과 같이 세정수 소재로 제조한 OSA전분의 호화온도는 높고 점도는 감소하였다. 세정수 침전분말 OSA전분의 호화온도가 92.05℃로 가장 높았고 Breakdown 점도가 가장 낮았으며, 농축분말 OSA전분은 피크점도, 최저점도, 최종점도와 같은 호화점도가 가장 낮았다.

No J & Shin M(2017)는 찹쌀전분으로 제조한 OSA 전분의 호화특성을 측정한 결과 생전분보다 OSA전분에서 초기호화온도는 감소하였고 최고점도와 최종점도, 강하점도, 치반점도가 증가하였으며 최저점도는 변화되지 않았다는 결과를 보고하였고, Bao J 등(2003)도 쌀전분과 밀전분의 경우 OSA전분으로 제조하였을 때 신속점도측정계로 측정한 모든 호화점도가 증가했으나, 감자전분의 경우에는 최고점도와 최종점도, 강하점도, 치반점도는 증가하지만 최저점도는 감소했다는 결과를 보고하였다. OSA 처리에 의해 전반적으로 호화점도가 증가하지만 전분의 종류와 OSA 첨가량 및 치환도에 따라 호화특성치의 증감 양상이 달라지며 최고점도와 최저점도, 최종점도의 변화양상에 따라 치반점도와 강하점도도 달라질 수 있음을 알 수 있었다.

표 1-8. 세정수 OSA 전분의 호화특성

	Pasting Temp (℃)	Peak time (min)	Peak (cP)	Trough (cP)	Final (cP)	Setback (cP)	Break down (cP)
백미 정제전분 OSA	65.73 ±0.04	3.53 ±0.00	11631.50 ±605.99	3863.50 ±102.53	4648.00 ±148.49	784.50 ±251.02	7768.00 ±503.46
세정수 정제전분 OSA	65.48 ±0.67	4.17 ±0.05	3508.00 ±19.80	1192.00 ±36.77	3261.00 ±5.66	2069.00 ±42.43	2316.00 ±56.57
세정수 침전분말 OSA	92.05 ±1.20	6.80 ±0.00	2167.50 ±112.43	1923.00 ±96.17	3657.50 ±26.16	1734.50 ±70.00	244.50 ±16.26
세정수 농축분말 OSA	91.58 ±0.39	6.17 ±0.05	1760.50 ±6.36	1504.50 ±12.02	3238.50 ±23.33	1734.00 ±35.36	256.00 ±18.38

② 어닐링 조건이 다른 전분으로 제조한 OSA전분(AnOSA)

30~60℃에서 12시간 어닐링 시킨 후 제조한 OSA전분(AnOSA)의 호화특성을 측정한 결과는 표 1-9와 같았다. 50℃ 까지 어닐링 시킨 경우에는 어닐링 온도가 높을수록 호화개시온도가 증가하였고 피크타임도 약간 증가하였으며, 피크점도는 유사했으나 최저점도는 증가하고 최종점도는 감소하여 setback 점도가 감소하였다. 60℃에서 어닐링 시킨 후 OSA를 제조한 경우에는 다른 시료보다 전반적인 점도가 낮게 측정되었고 호화양상이 다르게 나타나 어닐링 처리 동안 전분의 호화가 일어나 호화점도가 달라졌음을 알 수 있었다.

표 1-9. 어닐링 후 제조한 OSA 전분의 호화특성

	Pasting Temp (℃)	Peak time (min)	Peak (cP)	Trough (cP)	Final (cP)	Setback (cP)	Break down (cP)
30℃ AnOSA	68.925 ±0.04	3.67 ±0.00	14364.50 ±36.06	3919.00 ±39.60	6273.00 ±141.42	2354.00 ±101.82	10445.50 ±75.66
40℃ AnOSA	69.85 ±0.14	3.70 ±0.04	14281.00 ±50.91	3828.00 ±24.04	5805.00 ±284.26	1977.00 ±308.30	10453.00 ±74.95
50℃ AnOSA	72.85 ±0.07	3.87 ±0.00	14604.00 ±16.97	4337.50 ±17.68	5392.50 ±293.45	1055.00 ±275.77	10266.50 ±0.71
60℃ AnOSA	50.20 ±0.00	4.03 ±0.14	7866.50 ±3510.79	3621.00 ±2011.01	7391.50 ±601.75	3770.50 ±2612.76	4247.00 ±1497.65

③ 산처리 조건이 다른 전분으로 제조한 OSA 전분

2.2 N HCl 용액으로 1, 3, 7일간 산처리한 전분과 산처리후 제조한 OSA전분의 호화특성을 측정한 결과는 표 1-9와 같았다. 모든 시료에서 호화개시온도가 측정되지 않았고 호화점도 또한 60 cp 미만으로 측정되어 호화가 일어나지 않음을 알 수 있었다. 산처리에 의해 전분의 가수분해가 일어나 가열에 따른 전분의 호화양상이 관찰되지 않았다고 판단하였다.

표 1-9. 산처리 후 제조한 OSA 전분의 호화특성

	Pasting Temp (℃)	Peak time (min)	Peak (cP)	Trough (cP)	Final (cP)	Setback (cP)	Break down (cP)
Ln 1d	-	4.20	18.00	10.00	13.00	3.00	8.00
Ln 3d	-	7.13	14.00	8.00	10.00	2.00	6.00
Ln 7d	-	2.47	23.00	6.00	8.00	2.00	17.00
LnOSA 1d	-	2.67	13.00	7.00	12.00	5.00	6.00
LnOSA 3d	-	1.07	16.00	4.00	8.00	4.00	12.00
LnOSA 7d	-	2.33	57.00	5.00	8.00	3.00	52.00

(다) 결정패턴 관찰 (XRD)

① 정제정도가 다른 세정수 전분으로 제조한 OSA 전분

X-선 회절기를 사용하여 세정수에서 분리한 전분 및 분말로 제조한 OSA전분의 결정형을 관찰하였다(그림 1-3). 대부분 시료에서 15°, 17~18°, 23°에서 강한 피크를 나타내어 전형적인 곡류전분의 결정형인 A형의 결정형을 관찰할 수 있었고 농축분말 OSA의 경우 결정형이 나타나지 않았으며, OSA 에스터결합이 전분 자체의 결정패턴에는 영향을 주지 않았음을 알 수 있었다. 인디카형의 쌀전분으로 제조한 OSA전분과 찹쌀전분으로 제조한 OSA전분의 경우에서도 모두 A형의 결정형이 관찰되었다고 보고되었다(Song X 등 2006, No J & Shin M 2017). 본 연구에서 세정수 침전분말 OSA의 결정패턴은 두 전분의 결정패턴에 비해 결정강도가 낮게 측정되었으며 피크면적이 두 시료의 비해 50% 미만으로 나타났다. 이는 전분함량이 낮고 단백질 및 지질, 회분 함량이 높아 결정형에 영향을 주었을 것으로 판단하였다. Singh TP & Sogi DS (2018)도 배유에서 분리한 전분보다 쌀겨에서 분리된 전분의 결정패턴이 더 약하게 나타났으며 이는 염류와 전분간의 상호작용이 영향을 주었기 때문이라고 보고하였다.

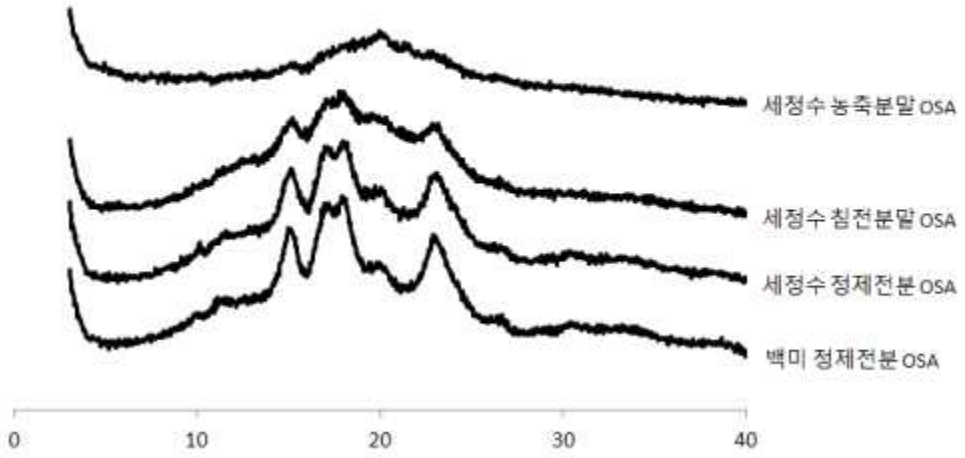


그림 1-3. 세정수 전분 및 분말로 제조한 OSA 전분

② 어닐링 조건이 다른 전분으로 제조한 OSA 전분(AnOSA)

30~60℃에서 4~48시간 어닐링 처리를 한 후 제조한 OSA 전분의 결정형을 관찰한 결과는 아래 그림과 같았다. 30~50℃에서 어닐링 한 OSA 전분은 어닐링 처리를 하지 않은 시료에서와 같이 모두 A형의 결정형을 나타냈다. 그러나 60℃에서 어닐링한 경우 4시간 처리군은 A형의 결정형이 유지되었으나 처리시간이 길어질수록 호화가 일어나 결정형이 소실되는 것을 확인하였다.

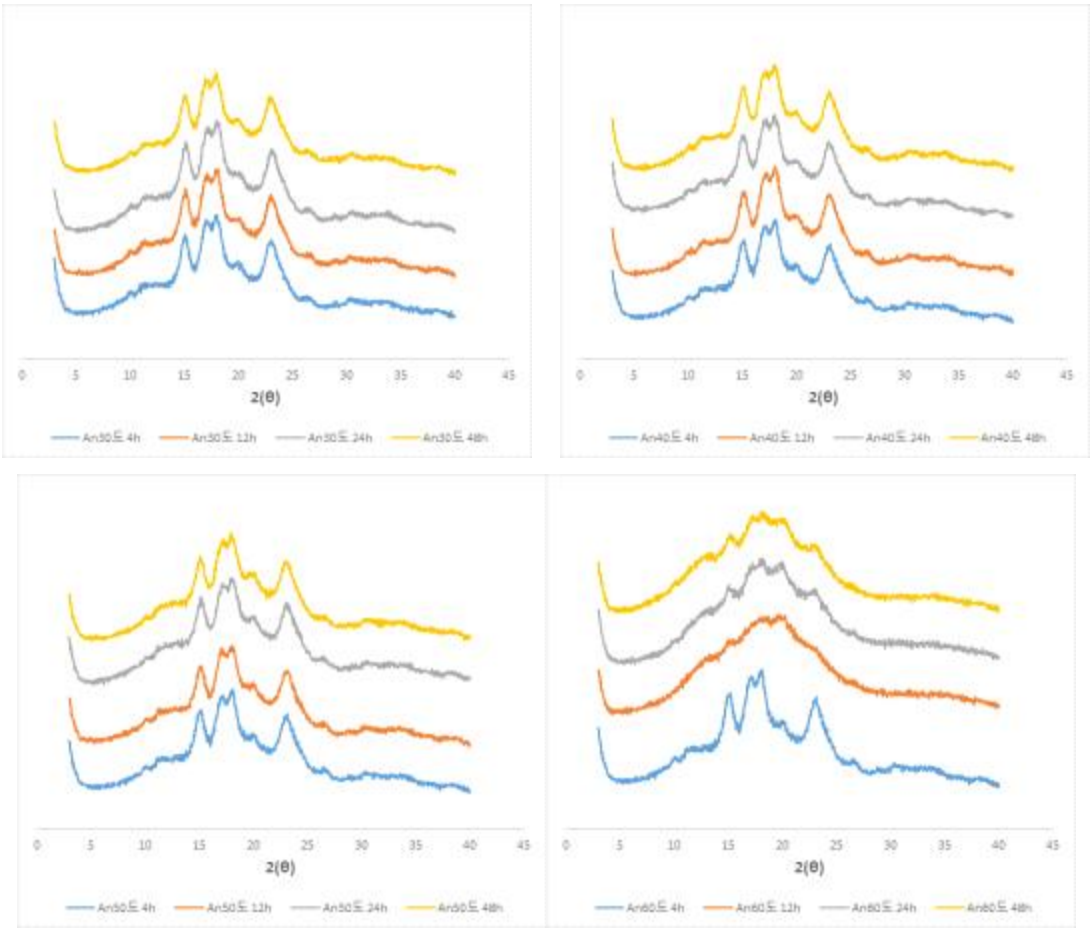


그림 1-4. 어닐링 처리 후 제조한 OSA 전분의 결정패턴

(라) 형태적 특성 관찰 (SEM)

① 정제정도가 다른 세정수 전분으로 제조한 OSA 전분

세정수 전분 및 분말로 제조한 OSA 전분의 입자모양을 주사전자현미경(SEM)으로 2,000배와 7,000에서 관찰하였다. 쌀 낟알에서 분리정제한 전분입자는 다각형의 모양으로(Song JY 등 2011) 아래 그림과 같이 OSA로 에스터화 시킨 후에도 모든 시료에서 다각형의 쌀전분 입자형태가 유지되었고 세정수의 정제도가 낮을수록 전분입자 외에 전분보다 더 작은 입자들이 존재하는 것을 확인했다. Bhosale R & Singhal R(2006)도 찰옥수수전분과 아마란스 전분에 OSA 3%를 처리한 경우 전분입자 형태는 변화하지 않았고, 이는 OSA 에스터화가 구조적 특성에 영향을 미치는 것은 아니라고 보고하였다. 본 연구결과와 다르게 인디카형 쌀전분으로 제조한 OSA는 전분입자 모서리가 부드러워지고 표면에 다공성 구조가 관찰되었다는 보고도 있었다(Song X 등 2006). OSA전분입자 형태과 구조는 전분의 특성과 OSA전분 제조시 OSA 농도와 반응시간에 따라 달라질 수 있을 것이다.

② 어닐링 조건이 다른 전분으로 제조한 OSA 전분(AnOSA)

어닐링 온도와 시간을 다르게 하여 제조한 OSA 전분의 입자모양을 관찰한 결과는 아래 그림과 같이 다각형의 쌀전분 입자모양이 모두 유지되어 있었다. 40℃이하에서 어닐링한 경우 OSA 전분 입자 표면이 매끄럿웠으나 50℃에서 어닐링한 경우 표면이 거칠어졌으며 어닐링 시간이 길어질수록 표면에 손상된 부분이 관찰되었다. 60℃에서 어닐링 한 OSA 전분은 호화에 의해 입자가 완전히 붕괴되었다가 건조과정에서 형성된 덩어리가 분쇄기에 의해 분쇄된 형태로 전분입자 형태는 관찰할 수 없었으며 입자크기가 매우 커진 것을 알 수 있었다.

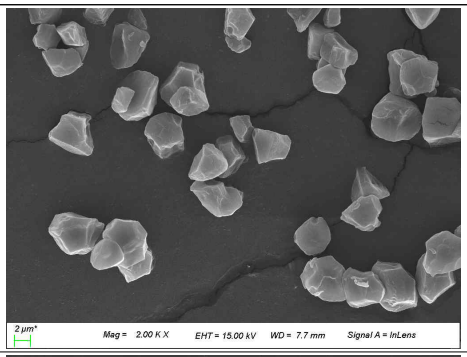
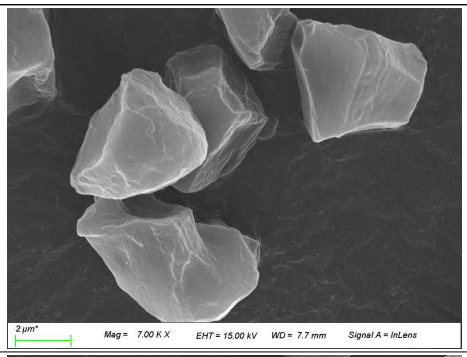
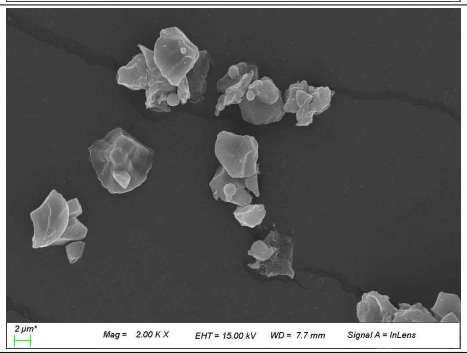
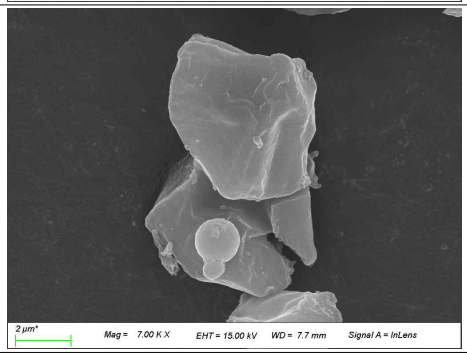
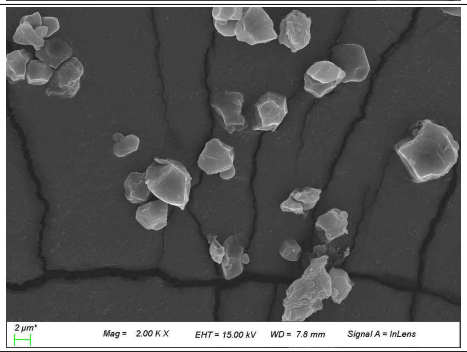
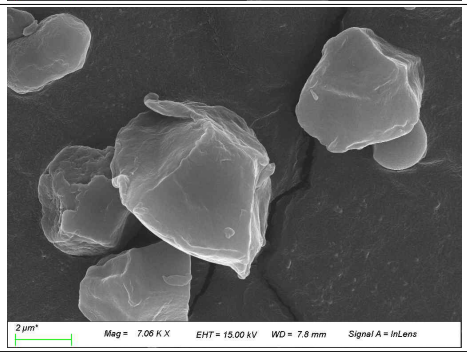
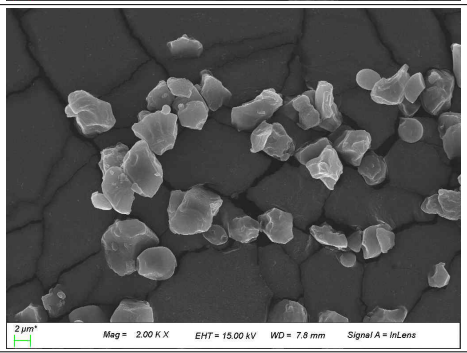
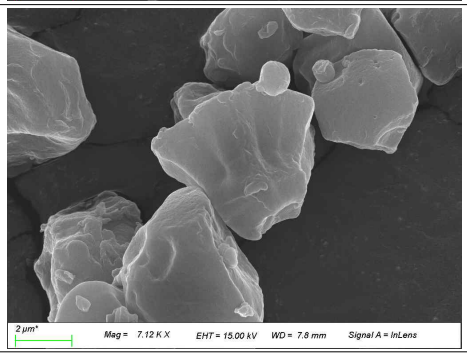
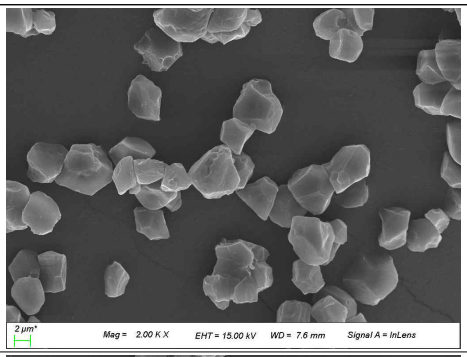
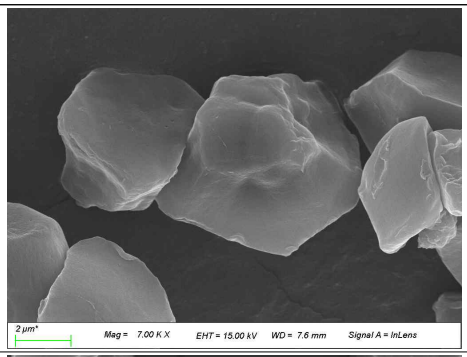
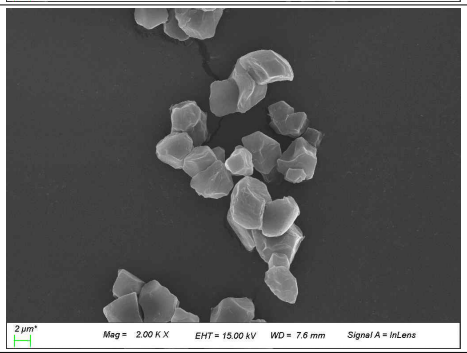
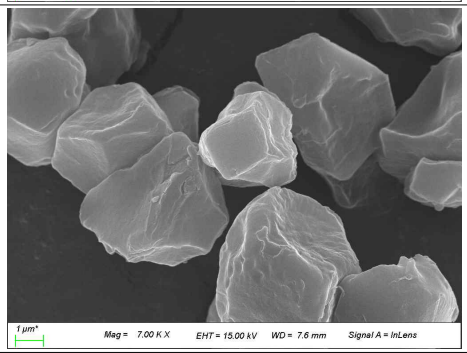
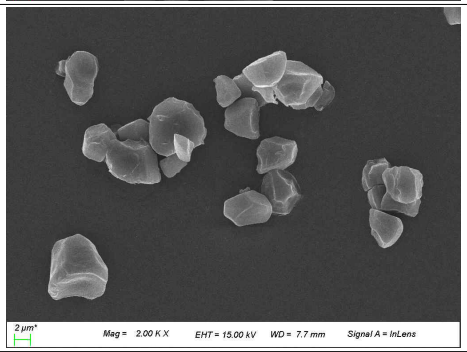
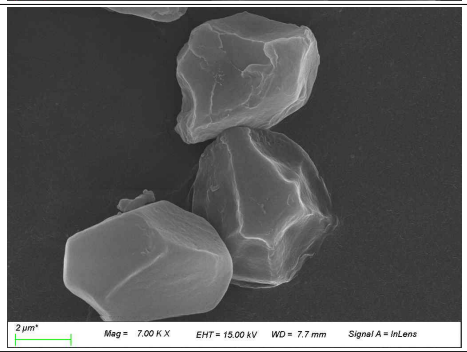
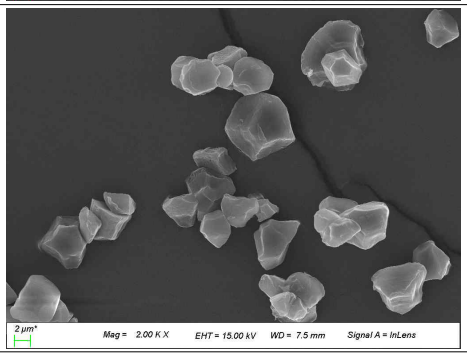
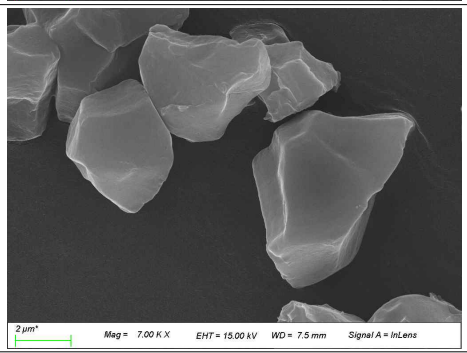
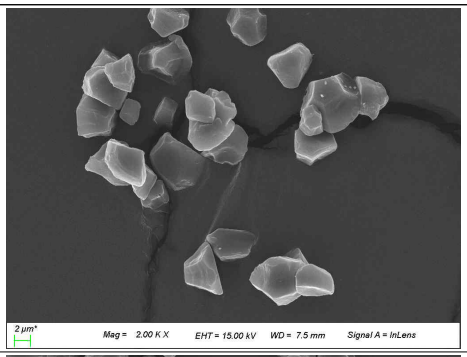
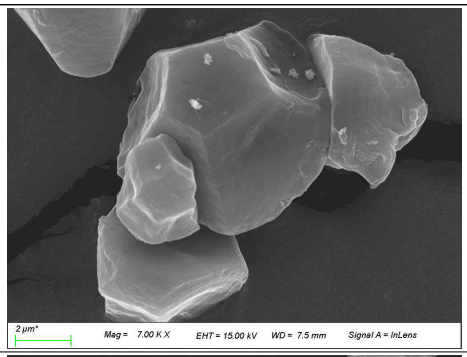
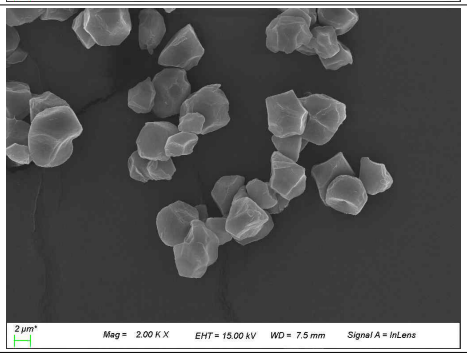
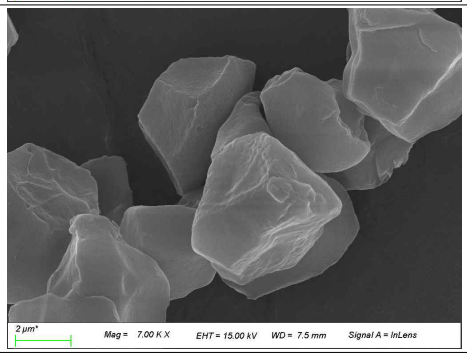
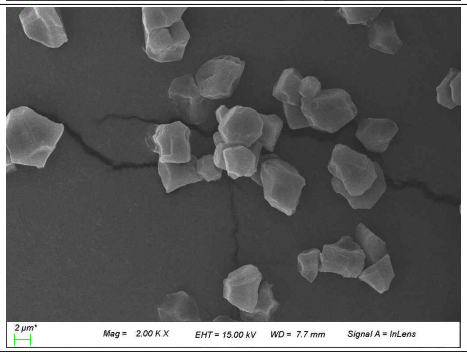
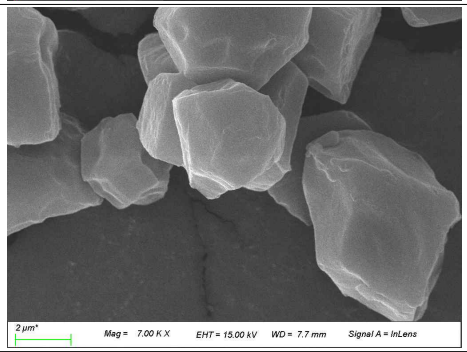
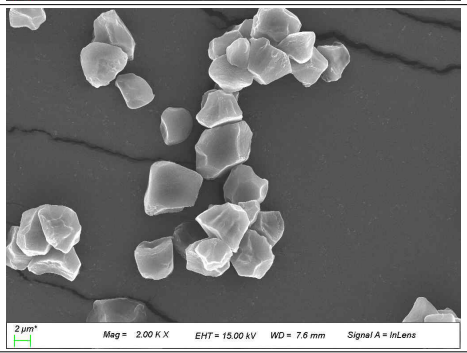
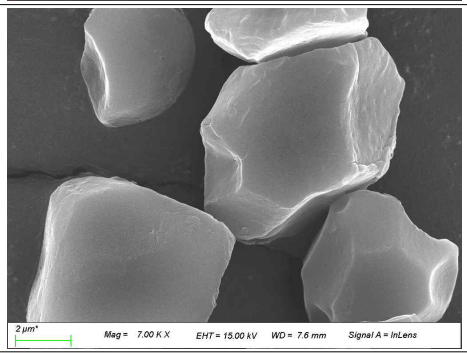
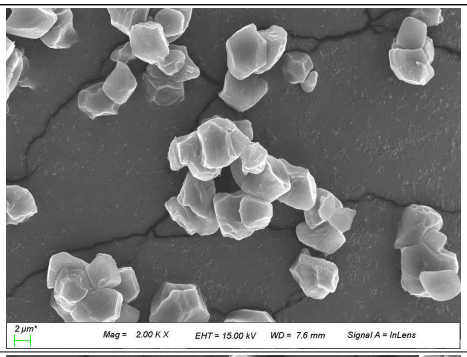
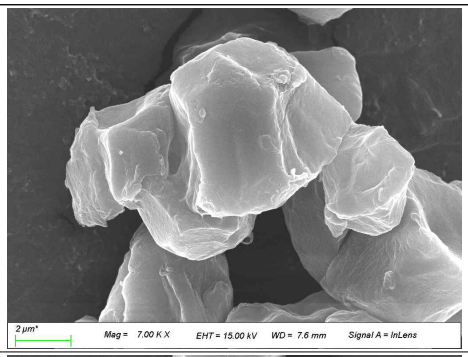
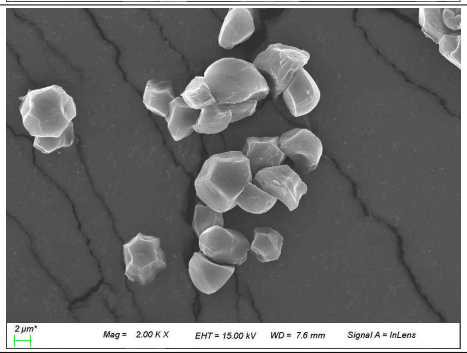
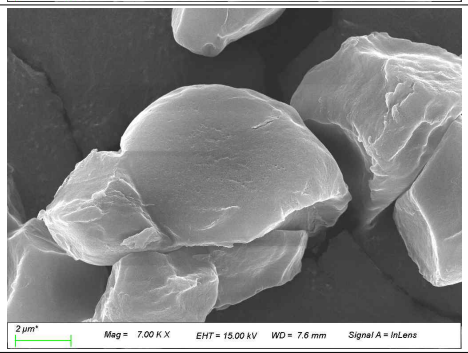
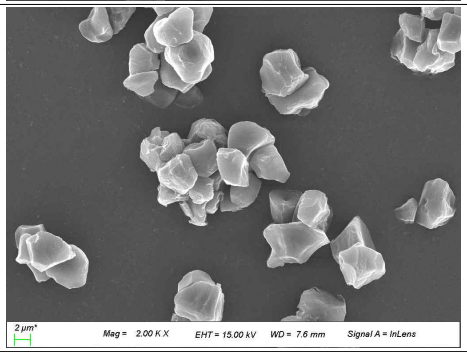
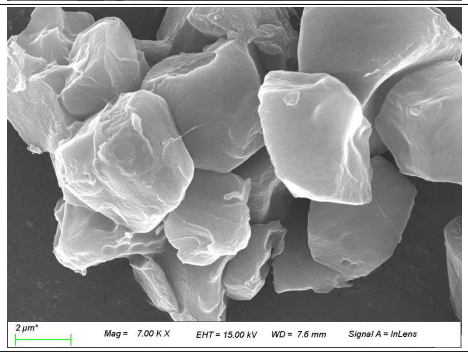
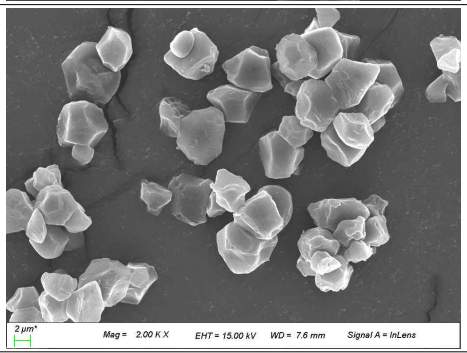
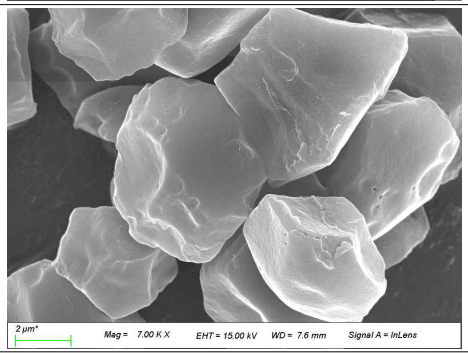
백미 정제전분 OSA		
세정수 정제전분 OSA		
세정수 침전분말 OSA		
세정수 농축분말 OSA		
	×2,000	×7,000

그림 1-5. 세정수 OSA 전분의 입자모양

AnOSA 30℃4h		
AnOSA 30℃12h		
AnOSA 30℃24h		
AnOSA 30℃48h		
	×2,000	×7,000

AnOSA 40℃4h		
AnOSA 40℃12h		
AnOSA 40℃24h		
AnOSA 40℃48h		
	×2,000	×7,000

AnOSA 50℃4h		
AnOSA 50℃12h		
AnOSA 50℃24h		
AnOSA 50℃48h		
	×2,000	×7,000

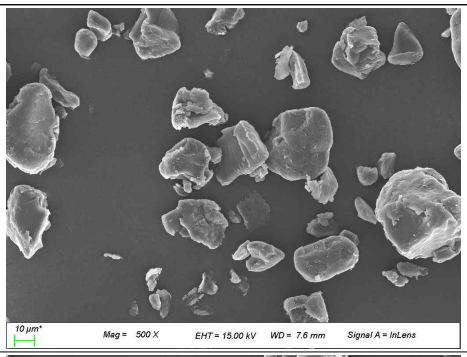
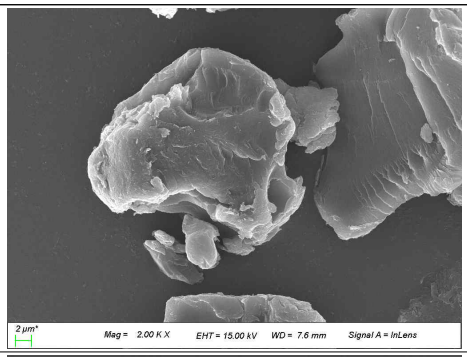
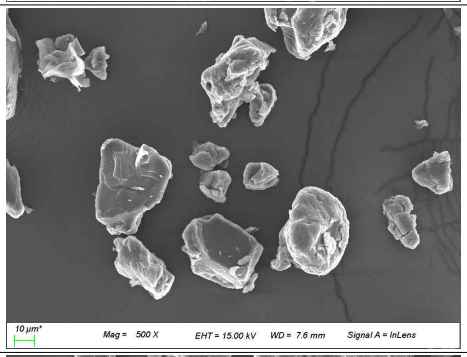
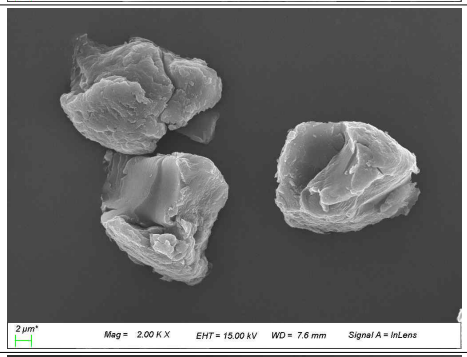
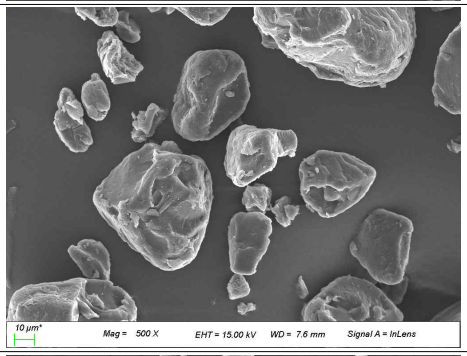
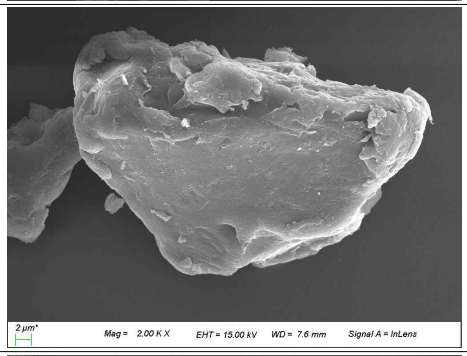
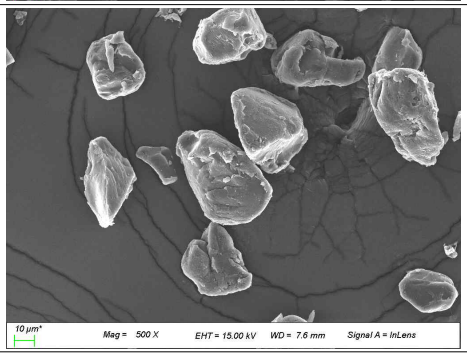
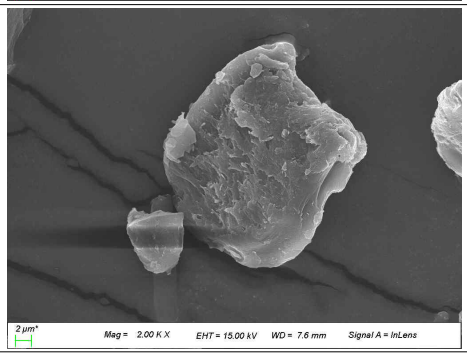
AnOSA 60℃4h		
AnOSA 60℃12h		
AnOSA 60℃24h		
AnOSA 60℃48h		
	×500	×2,000

그림 1-6. 어닐링 OSA 전분의 입자모양

(마) 시차주사열량기(DSC)에 의한 열적 특성 관찰

① 정제정도가 다른 세정수 전분으로 제조한 OSA 전분

시차주사열량기(DSC)를 사용하여 세정수에서 분리한 전분 및 분말로 제조한 OSA 전분의 열적 특성을 측정한 결과(표 1-10) 55.29~76.00℃ 범위에서 호화피크가 관찰되었다. 백미 정제전분 OSA 전분에 비해 세정수 정제전분 OSA는 피크호화온도가 유의적으로 높았으며 용융엔탈피는 낮았고($p<0.05$), 세정수 침전분말 OSA는 세정수 정제전분 OSA에 비해 용융엔탈피가 유의적으로 증가하였다($p<0.05$). 세정수 농축분말로 제조한 OSA전분의 경우 호화개시온도와 호화피크온도는 가장 높았고 용융엔탈피는 가장 낮았다.

DSC로 측정한 찹쌀전분의 OSA전분은 호화온도범위가 56.94~70.32℃였고(No J & Shin M 2017) 인디카쌀전분의 OSA전분은 50.8~73.9℃, 밀전분으로 제조한 OSA전분은 57.1~70.8℃였다(Bao J 등(2003)으로 DSC에 의한 호화온도와 엔탈피변화는 전분의 종류에 따라 달라졌다(Shih FF & Daigle KW 2003). DSC로 측정한 호화개시온도는 전분입자의 결정성과 관련이 있으며 일반적으로 에스테르전분이나 에테르전분은 치환된 작용기에 의해 입자내 분자간의 수소결합을 약화시켜 호화개시온도를 감소시켜 전분입자의 팽윤을 촉진시키고 용융엔탈피를 감소시키는 것을 알려져 있다(Chung MG & Lim BS 1999, Bao J 등 2003). 따라서 동일한 전분으로 OSA전분을 제조한 경우 OSA 치환도가 증가함에 따라 호화엔탈피가 감소하고 DSC로 측정한 호화개시온도와 RVA로 측정한 호화온도가 감소하는 경향이 보고되었다(Bao J 등 2003, No J & Shin M 2017). 본 연구에서는 분리정제된 전분인 RGPS와 RWPS는 OSA치환도가 높은 RWPS가 호화엔탈피가 더 낮았지만 RVA에 의한 호화개시온도에는 영향을 주지 않았고, 이는 두 전분의 입자크기와 점도가 달라 호화점도를 직접적으로 비교하는 것은 한계가 있다고 판단하였다. 또한 세정수 침전분말인 RWDF도 단백질 및 지질의 함량이 호화온도와 점도에 영향을 주므로 두 종류의 분리된 전분과의 비교하는 것은 한계가 있었다.

표 1-10. 세정수 OSA 전분의 열적 특성

	To (℃)	Tp (℃)	Tc (℃)	ΔH (J/g)
백미 정제전분 OSA	56.16±0.25	64.83±0.00	73.97±0.37	-2.66±0.33
세정수 정제전분 OSA	55.29±6.68	66.59±0.83	74.18±0.30	-1.06±0.02
세정수 침전분말 OSA	57.91±0.09	67.75±0.11	76.00±0.76	-2.74±0.25
세정수 농축분말 OSA	61.58±0.30	68.75±0.35	74.57±0.33	-0.40±0.01

② 어닐링 조건이 다른 전분으로 제조한 OSA 전분 (AnOSA)

어닐링 온도와 시간을 다르게 처리한 후 제조한 OSA전분의 열적특성을 시차주사열량기로 측정한 결과는 아래 표와 같았다. 30~50℃에서 어닐링한 OSA 전분은 호화온도 범위가 57.01~77.36℃였고, 어닐링 온도가 높아질수록 호화개시온도와 호화피크온도가 높아졌다. 60℃에서 어닐링한 경우 호화피크가 72.81~82.07℃로 전체적으로 높은 온도로 이동하였으며 호화엔탈피는 크게 감소하여 어닐링처리 동안 전분의 호화가 일어난 것으로 추측하였다.

표 1-11. 어닐링 OSA 전분의 열적 특성

어닐링 조건		To (℃)	Tp (℃)	Tc (℃)	ΔH (J/g)
온도	시간 (hr)				
30℃	4	58.47±0.46	65.92±0.12	75.76±2.29	-3.70±0.67
	12	58.39±0.06	66.00±0.24	74.57±0.30	-3.25±0.01
	24	57.01±0.63	66.08±0.35	74.63±0.04	-3.43±0.37
	48	59.97±0.13	66.75±0.11	74.19±0.05	-3.10±0.06
40℃	4	60.26±0.20	67.09±0.12	75.05±0.28	-3.56±0.18
	12	60.61±0.11	67.72±0.12	74.34±0.40	-3.35±0.19
	24	60.96±0.04	67.75±0.11	74.15±0.15	-3.02±0.11
	48	62.13±0.02	68.50±0.00	74.50±0.45	-3.27±0.13
50℃	4	63.31±0.06	70.09±0.12	75.94±0.38	-2.59±0.21
	12	63.96±0.08	70.59±0.12	76.44±0.53	-3.09±0.22
	24	66.99±0.02	72.09±0.12	75.94±0.38	-2.59±0.21
	48	68.59±0.06	72.92±0.12	77.36±0.16	-2.95±0.11
60℃	4	72.81±0.69	76.33±0.71	79.43±0.76	-0.50±0.07
	12	75.51±0.06	78.59±0.12	81.06±0.28	-0.19±0.02
	24	74.98±0.26	78.50±0.24	81.59±0.29	-0.75±0.04
	48	75.35±0.06	79.17±0.00	82.07±0.08	-0.76±0.05

(바) FT-IR에 의한 OSA 전분의 구조분석

세정수 시료로 제조한 OSA 전분의 화학적 구조를 확인하기 위해 측정한 FT-IR 스펙트럼은 아래 그림과 같았다. OSA의 카보닐기와 전분의 하이드록시기의 치환에 의해 석실산의 에스터 결합이 나타나므로 하이드록시기 밴드의 감소와 에스터기의 밴드가 생긴 것으로 OSA 변성처리가 이루어졌는지 확인할 수 있다. FT-IR 스펙트럼으로 나타나는 특징적인 밴드는 stretching 과 bending으로 O-H 3400 cm^{-1}와, C-H 2930 cm^{-1}의 stretching과 HOH 1640 cm^{-1}, C-H 1370 cm^{-1}, O-H 1420 cm^{-1}의 bending, 및 complex 밴드인 ɣ(C-O), ɣ(C-C) 1200～1000 cm^{-1}, ɣ(C-H) 1000～700 cm^{-1}이 있다.

모든 시료에서 OH group을 의미하는 3300 cm^{-1}에서의 넓은 피크와 complex 밴드인 ɣ(C-O), ɣ(C-C) 1200～1000 cm^{-1}, ɣ(C-H) 1000～700 cm^{-1}에서 피크들이 주로 나타냈다. 특히 백미 정제전분과 세정수 정제전분에 비해 세정수 침전분말과 농축분말은 아미노산과 단백질 계열의 화합물에 존재하는 amide Ⅰ과 Ⅱ bond (1750～1580 cm^{-1}), 핵산 및 인지질의 phosphodiester bond (1490～1300 cm^{-1}), 단당류나 복합다당류를 포함하는 carbohydrates 계열의 화합물들을 나타내는 부위(1180～1000 cm^{-1})에서 더 많은 피크가 나타났다.

백미 정제전분과 세정수 정제전분으로 OSA전분을 제조한 경우 에스터 결합의 카보닐기에 의해 나타나는 피크인 1723-1725 cm^{-1}에서 피크와 carbonyl stretching을 나타내는 1572 cm^{-1} 에서의 피크 크기가 약간 증가하였고, 1180～1000 cm^{-1}에서의 피크 수와 크기가 증가하였으며 OH기의 치환에 의해 3300 cm－1에서의 넓은 피크는 감소하였다. 세정수 침전분말과 농축분말에서는 OSA 전분 제조시 phosphodiester bond (1490～1300 cm^{-1})와 ɣ(C-H) 1000～700 cm^{-1}에서에서의 피크 수와 크기가 감소하여 OSA 변성전분 제조시 구조변화가 나타났음을 확인하였다.

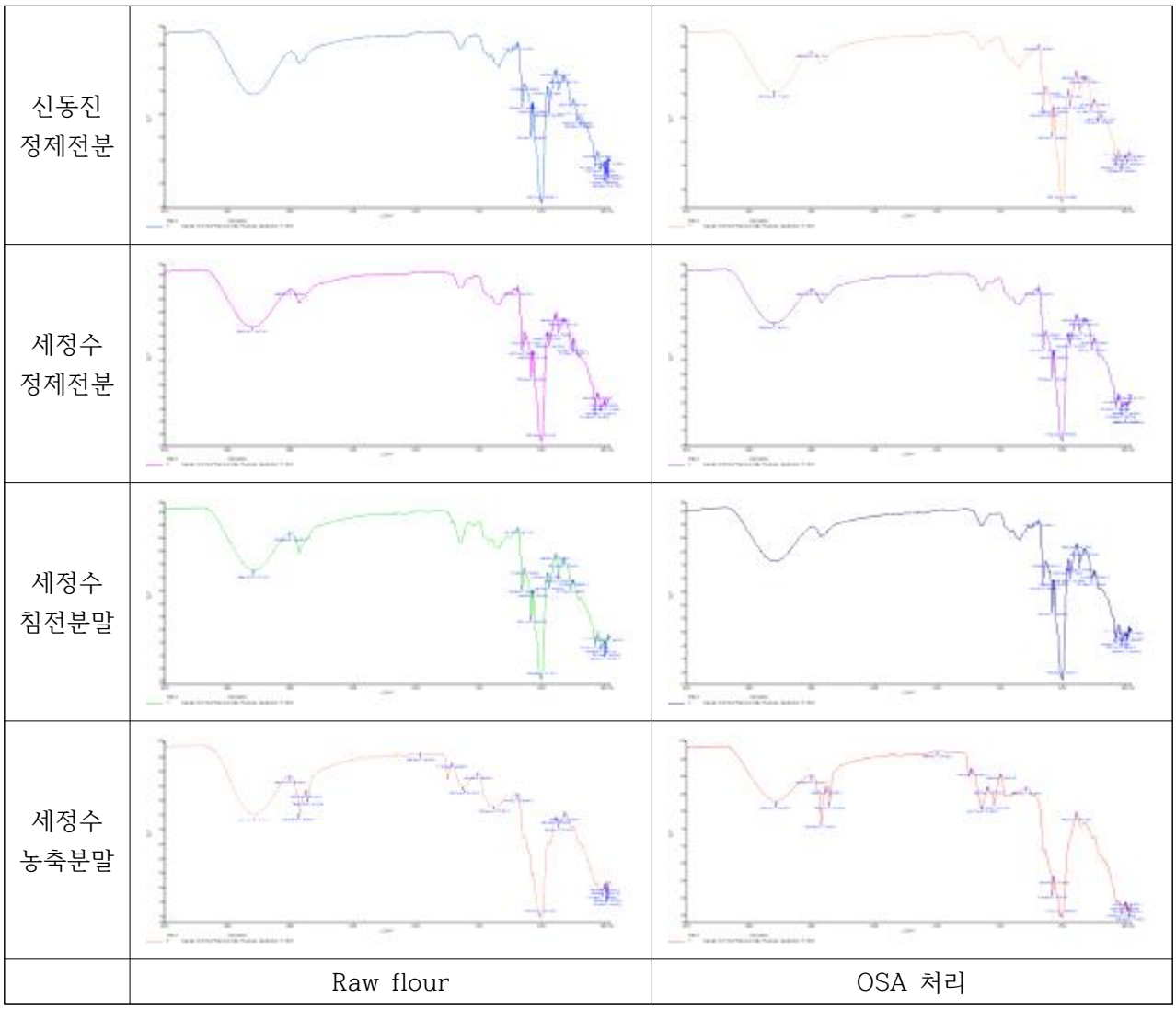


그림 1-7. 세정수 OSA 전분의 FTIR 스펙트럼

2) 쌀단백질로 캡슐화할 베리추출물 제조 조건 확립

가) 추출 조건별 항산화활성 및 유효성분 확인

(1) 실험방법

(가) 복분자 추출물 제조

복분자는 안토시아닌과 같은 색소성분과 다양한 폴리페놀 화합물을 다량 함유하고 있어 착즙한 후 착즙박에도 유용성분이 다량 함유되어 있다. 착즙박으로 버려지는 성분을 활용하기 위해 복분자와 복분자 착즙박으로 부터 쌀단백질로 캡슐화할 베리추출물을 제조하였다. 선행연구를 통해 용매는 75% 에탄올 추출물에서 페놀화합물 함량이 가장 높았으므로 추출용매로 선정하였고 40℃에서의 초음파추출과 80℃에서의 환류추출 후 농축하고 동결건조하여 시료로 사용하였다.

(나) 당도, 산도, pH, 색도 측정

추출 조건에 따른 복분자 추출물의 특성을 조사하기 위해 당도, 산도, pH, 색도를 측정하였다. 당도는 상온에서 당도계(PAL-1 Pocket Refractometer, ATAGO, Tokyo, Japan)를 이용하여 측정하였고, 산도는 시료 용액 10 mL가 pH 8.3까지 도달하는데 필요한 0.1 N NaOH 용액(Showa

Chemical, Tokyo, Japan)의 소비량 (mL)으로 정의하였으며 젖산(%, w/w)함량으로 환산하여 나타내었다. pH는 pH meter(S20K, Mettler Toledo, Greifensee, Switzerland)로 측정하였으며, 색도는 분광색차계(CM-5, Minolta, Osaka, Japan)를 사용하여 Hunter's value L(lightness, 명도), a(redness, 적 색도) 및 b(yellowness, 황색도)값을 3회 측정하였다.

(다) 항산화활성

복분자 추출물의 DPPH 라디칼 소거능은 다음과 같이 측정하였다. 농도별(5, 10, 25, 50, 100, 200 uL/mL)로 시료를 증류수에 희석 후, 각 시료 100 μL에 200μL의 에탄올과 0.2mM DPPH용액 300 μL를 가한 후 교반하였고, 실온에서 30분간 반응시키고 ELISA reader를 사용하여 517 nm에서 흡광도를 측정하였으며 대조구는 시료 대신에 에탄올을 첨가하여 실험하였다.

ABTS 라디칼소거능은 Arts MJTJ 등(2004)의 방법으로 다음과 같이 측정하였다. 농도별로 조제한 각각의 시료 0.05 mL에 ABTS 라디칼 용액(Sigma-Aldrich) 0.195 mL를 첨가하여 7분간 반응 시킨 후 마이크로플레이트 리더(Bio Tec)를 사용하여 734 nm에서 흡광도를 측정하였고, 대조구는 시료 대신에 에 탄올을 첨가하여 측정하였다.

(2) 베리 추출물의 특성조사 및 항산화활성 분석

(가) 복분자 추출물의 특성

복분자 추출물의 당도, 산도, pH, 색도는 각각 당도계, pH meter, 분광 측색계를 사용하여 측정하였고 결과는 아래 표와 같았다. 복분자 생과나 착즙박의 당도, 산도, pH는 각각 24.60~26.50%, 0.63~0.66%, 4.64~4.71로 시료간에 유사했으나 색도값에는 차이가 있었다. 복분자 생과 추출물이 착즙박보다 명도, 적색도, 황색도 값이 모두 높았고 추출 조건에 따라서는 두 시료 모두 고온에서 환류 추출한 경우 초음파추출에 비해 명도값, 적색도, 황색도가 모두 낮아졌다.

표 1-12. 복분자 추출물의 추출조건에 따른 이화학적 특성

시료	추출조건	당도(%)	산도(%)	pH	색도		
					L	a	b
복분자 생과	40℃ sonication	24.60±0.00	0.66	4.71±0.00	17.35±0.02	50.33±0.01	28.86±0.02
	80℃ 환류 추출	25.55±0.07	0.63	4.71±0.00	14.56±0.01	47.04±0.06	25.10±0.01
복분자 착즙박	40℃ sonication	24.70±0.00	0.64	4.64±0.01	8.58±0.01	39.27±0.02	14.79±0.02
	80℃ 환류 추출	26.50±0.14	0.65	4.73±0.01	6.52±0.01	35.78±0.01	11.24±0.01

(나) 복분자 추출물의 항산화 활성

복분자 생과 및 착즙박 추출물의 항산화활성을 조사하기 위하여 DPPH 라디칼 소거능과 ABTS 라디칼 소거능을 측정하였다. DPPH 라디칼 소거능으로 측정한 항산화활성은 복분자 생과보다 착즙박의 항산화활성이 높았으며 저농도에서는 저온 초음파 추출이나 고온 환류추출의 항산화활성이 유사하였으나 고농도에서는 고온으로 환류추출하였을 때 항산화활성이 더 높았다.

ABTS로 측정한 항산화활성은 착즙박보다 생과의 활성이 더 높았으며 추출방법에 따라서는 고온 환류추출한 경우의 항산화활성이 약간 더 높았다.

그림 1-8. 복분자 생과 및 착즙박의 DPPH 라디칼 소거능

그림 1-9. 복분자 생과 및 착즙박의 ABTS 라디칼 소거능

<3차년도>

1) 쌀 세정수 유래 기능성 전분을 이용한 가식성 바이오필름 제조

가) 실험방법

(1) 변성전분 제조

필름 제조를 위해 어닐링전분, 어닐링 후 제조한 OSA전분(AnOSA), 저항전분(RS4), 어닐링 후 제조한 RS4(AnRS4) 전분을 제조하였다. 어닐링처리는 전분 50g과 증류수 100 mL을 혼합하여 40℃와 50℃에서 24시간 처리하였고 AnOSA전분은 40℃에서 24시간 어닐링 처리한 후 2차년도에서와 같은 방법으로 OSA 전분을 제조하였다.

RS4는 전분 50 g을 증류수 100 mL에 분산시켜 45℃ 항온수조에서 마그네틱바를 이용하여 10분간 교반하였다. 10% sodium sulfate를 혼합하고 10분간 교반한 다음 가교결합제인 sodium trimetaphosphate (STMP, 99.0~99.9%)와 sodium tripolyphophate (STPP, 0.1~1.0%)를 전분기준으로 12% 첨가하였다. 가교결합제를 첨가한 후 20분간 교반한 다음 1 N NaOH를 첨가하여 pH 11.5가 되도록 한 후 일정시간 반응시켰다. 반응이 끝난 전분액은 1 N HCl을 사용하여 pH 6.0으로 중화시킨 후 원심분리기를 이용하여 반응이 되지 않은 가교결합제와 염을 증류수로 4회 이상 반복하여 씻어내고 실온에서 건조시키고 분쇄하여 100 메쉬 체를 통과시켜 시료로 사용하였다.

AnRS4는 전분과 증류수 1:2 현탁액을 제조하고 40℃에서 24시간 어닐링 한 후 위와 같은 방법으로 RS4를 제조하였다.

(2) 변성전분용액의 pH 및 점도 측정

증류수 50 mL에 전분 2.5 g, 플룰란 1.7 g을 넣고 서서히 가열하면서 교반하여 완전히 용해시킨 후 Homogenizer를 사용하여 2분간 처리하고 끓는 물에서 20분간 가열하면서 전분을 호화시킨 후 상온으로 냉각시켜 pH와 점도를 측정하였다. 점도 측정용 컵에 시료액을 40 mL 넣고 점도가 낮은 시료액은 No. 62 spindle을, 점도가 높은 시료액은 No. 64 spindle을 사용하여 회전수를 50 rpm으로 변화시키면서 점도를 측정하였다.

(3) 전분필름 제조

증류수 50 mL에 전분과 풀룰란 g을 넣고 서서히 가열하면서 교반하여 완전히 용해시킨 후 Homogenizer를 사용하여 2분간 처리하고 끓는 물에서 20분간 가열하면서 전분을 호화시킨 후 glycerin을 0, 0.6, 1.2g을 첨가하여 필름 용액을 제조하였다. 이 용액을 8겹의 cheese cloth(grade 50, 무표백)로 걸러서 거품을 제거한 후 120 mL를 취하여 수평의 아크릴판(21×30 cm)에 부어 자동도포기(피케이랩, 한국)를 이용하여 40 μm 두께로 도포한 후 항온항습기(50℃, 50% RH)에서 약 2시간 건조하였다. 건조가 끝난 후에는 전분 필름을 떼어내어 실험용 필름으로 사용하였다.

(4) Conditioning

모든 필름 시료는 사용하기 전에 25℃, 50% 상대습도로 조절된 항온항습기에서 48시간 이상동안 수분함량을 조절한 후 필름의 특성 측정에 사용하였다.

(5) 필름의 두께

각 필름의 두께는 0.01 mm의 정밀도를 같는 마이크로메터를 사용하여 측정하였다. 투습도 측정용 시료는 중심부와 주변 4부위의 두께를 측정하고 그 평균값을 사용하여 투습계수의 계산에 사용하였으며 인장강도 측정용 시료 역시 길이방향으로 5부위의 두께를 측정하여 그 평균값을 사용하여 필름의 인장강도 계산에 사용하였다.

(6) 색도

필름의 색도는 색차계를 사용하여 L, a 및 b 값을 측정하였다. 색도 측정은 표준백색판위에 필름을 놓고 필름 중심과 주변 4부위를 포함하여 다섯부위의 색도를 측정하여 평균값으로 표시하였다. 이들 L, a 및 b 값으로부터 색차(Total Color Difference; E)를 다음 식에 의하여 계산하였다.

$$\Delta E = [(L_{film}-L_{standard})^2+(a_{film}-a_{standard})^2+(b_{film}-b_{standard})^2]^{0.5}$$

(7) 용해도

필름의 용해도는 Gontard 등의 방법에 따라 측정하였다. 먼저 수분용해도 측정용 필름 3매를 취하여 105℃의 건조기에서 24시간 건조하여 초기의 건물함량을 측정하고 수분용해도 측정용 필름 3매를 따로 취하여 50 mL 용량의 비이커에 증류수 약 30 mL과 함께 넣고 입구를 parafilm으로 밀봉한 후 25℃의 정온기에 넣고 가끔 흔들어 주면서 24시간 동안 저장하였다. 24시간 후에 물에 용해되지 않은 필름을 꺼내어 105℃의 건조기에서 24시간 동안 건조시켜 건물함량을 측정하였다.

필름의 용해도 = 물에 용해된 양 × 100 / 필름의 초기 건물

(8) 인장강도 측정

필름의 인장강도는 물성측정기(Zwick/Roell Texture analyzer, USA)를 사용하여 측정하였다. 시료 크기는 1.2×4.5 cm, grip간의 거리는 3 cm이고 cross head의 속도는 1 mm/sec 였다. 필름의 인장강도는 필름이 끊어질 때까지 기록된 최대의 장력으로 계산하였다.

나) 시판 변성전분 용액의 필름 제조적성

(1) 시판 변성전분 용액의 pH 및 점도 측정

시판 변성전분 용액의 pH 및 점도를 측정한 결과 표 1-1과 같이 각각 5.46~7.79, 19.20~3,551 cP 범위에 있었다. 시판 변성전분 중 분자량이 가장 작은 난소화성 말토덱스트린은 점도가 가장 낮았고 옥수수전분과 아세틸아디핀산 전분의 점도가 3,491과 3,551로 가장 높았다.

표 1-1. 시판 변성전분 용액의 pH 및 점도

변성전분	pH	점도(cP)
옥수수전분	7.21±0.01	3,491.26
난소화성 말토덱스트린	5.46±0.01	19.20
알파미분	7.79±0.01	191.96
아세틸아디핀산 전분	6.15±0.01	3,551.24
썬프리젤	7.26±0.01	2,483.47
썬프리젤E	6.91±0.01	537.49
썬스낵	6.45±0.01	247.15
썬슈퍼젤	5.70±0.01	208.16

(2) 시판 변성전분으로 제조한 필름의 형태

시판 변성전분으로 필름을 제조하였다. 그림 1-1과 같이 난소화성 말토덱스트린과 알파미분, 아세틸아디핀산 전분은 필름이 형성되지 않아 필름에 적합하지 않은 변성전분으로 확인되었다. 반면에 옥수수 전분으로 변성된 썬프리젤, 썬프리젤E, 썬스낵, 썬슈퍼젤과 옥수수전분은 상태가 필름을 형성하는 것을 확인할 수 있었고 그중 썬스낵과 썬슈퍼젤 필름이 가장 양호하였다.

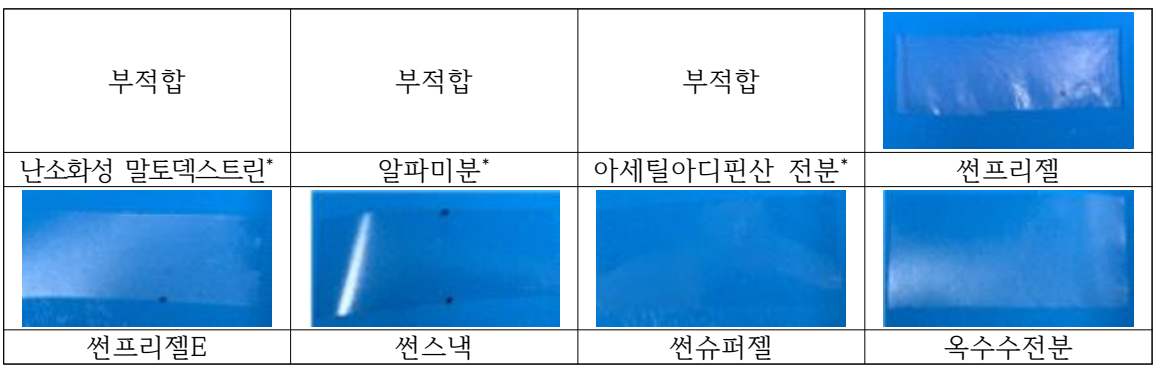


그림 1-1. 시판 변성전분으로 제조한 필름의 형태. *는 필름이 형성되지 않았음.

(3) 시판 변성전분으로 제조한 필름의 두께 및 색도

필름 형성이 가능한 5종의 시판 변성전분으로 제조한 필름의 두께와 색도를 측정하였다. 표 1-2와 같이 필름 두께는 0.03~0.08이었으며 색도는 L, a, b값이 각각 30.82~34.28, -0.38~-0.05, -0.74~-0.38 였다. 필름은 모두 투명한 상태 였으며 육안으로 보는 필름의 색은 큰 차이가 없었다. 옥수수전분으로 제조한 필름을 기준으로 옥수수 변성전분들의 총 색차는 1.71~2.67로 썬프리젤로 제조한 필름의 색차가 가장 컸다.

표 1-2. 시판 변성전분으로 제조한 필름의 두께 및 색도

변성전분	두께 (mm)	색도			
		L	a	b	ΔE**
옥수수전분	0.05±0.01	32.51±0.91	-0.11±0.10	-0.38±0.10	control
난소화성 말토덱스트린*	-	-	-	-	-
알파미분*	-	-	-	-	-
아세틸아디핀산 전분*	-	-	-	-	-
썬프리젤	0.05±0.01	35.18±2.57	-0.12±0.08	-0.44±0.09	2.67
썬프리젤E	0.08±0.04	30.82±17.40	-0.05±0.02	-0.74±0.61	1.73
썬스낵	0.03±0.01	34.18±0.20	-0.38±0.02	-0.63±0.01	1.71
썬슈퍼젤	0.05±0.02	34.28±1.36	-0.31±0.09	-0.55±0.16	1.79

*는 필름이 형성되지 않았음.
** 옥수수전분 기준

(4) 시판 변성전분으로 제조한 필름의 용해도 및 인장강도

시판 변성전분으로 제조한 필름 5종의 용해도 및 인장강도는 표 1-3과 같았다. 시판 변성전분으로 제조한 필름의 용해도는 46.37~99.95%로 변성전분의 종류에 따라 다양하게 측정되었다. 옥수수전분으로 제조한 필름의 용해도가 가장 낮았고 썬스낵과 썬슈퍼젤 필름이 80% 이상의 높은 용해도를 나타냈다. 필름의 인장강도 는 5.53~12.49 범위에 있었고 썬스낵과 썬슈퍼젤로 제조한 필름의 강도가 10.27과 12.49로 변성되지 않은 옥수수전분으로 제조한 필름의 강도보다 2배정도 컸다. 필름의 부착성은 0.18~0.80 범위였고 썬스낵과 썬프리젤로 제조한 필름이 0.74와 0.80으로 부착성이 매우 컸다. 시판 변성전분으로 제조한 필름의 상태가 가장 양호하고 인장강도가 좋은 썬스낵과 썬슈퍼젤 전분필름은 점도가 200~300 사이였으며 전분의 점도가 너무 높거나 낮은 경우에는 필름 형성에 좋지 않았다.

나) 백미 및 세정수 변성전분의 필름 제조적성

(1) 백미 및 세정수 변성전분 용액의 pH 및 점도 측정

백미 및 세정수 전분 및 전분으로 제조한 변성전분들의 pH 및 점도를 측정한 결과는 표 1-4와 같이 5.72~8.86, 17.40~7,642 cP 범위에 있었다. 백미 및 세정수에서 분리한 전분 및 변성전분은 pH와 점도 범위가 시판 전분보다 더 넓은 범위에 있었다. 세정수 농축분말의 점도가 17.40으로 가장 낮았고 백미 전분으로 제조한 40℃에서 어닐링한 전분(An40) 및 어닐링OSA전분(AnOSA40)

의 점도가 5,147 cP, 7,642 cP로 점도가 가장 높았으며 백미전분으로 제조한 RS4전분과 세정수전분 및 세정수 변성전분은 점도가 모두 낮았다.

표 1-3. 시판 변성전분으로 제조한 필름의 용해도 및 인장강도

변성전분	용해도 (%)	경도 (N)	부착성 (mJ)
옥수수전분	46.37±0.58	6.77±1.53	0.19±0.37
난소화성 말토덱스트린*	-	-	-
알파미분*	-	-	-
아세틸아디핀산 전분*	-	-	-
썬프리젤	59.04±3.48	6.37±2.34	0.80±0.87
썬프리젤E	58.97±0.48	5.53±3.18	0.34±0.21
썬스낵	81.35±1.19	12.49±3.23	0.74±1.36
썬슈퍼젤	99.95±0.07	10.27±3.98	0.18±0.13

*는 필름이 형성되지 않았음.

표 1-4. 백미 및 세정수 변성전분 용액의 pH 및 점도

변성전분	pH	점도(cP)
대조군(백미전분)	8.51±0.01	1,631.65
백미 An40	8.07±0.01	5,146.90
백미 An50	7.79±0.03	1,835.61
백미 AnOSA40	5.72±0.01	7,642.37
백미 AnOSA50*	5.95±0.03	-
백미 RS4	7.10±0.06	107.98
백미 AnRS4	6.58±0.01	221.35
세정수 정제전분	8.86±0.01	396.52
세정수 농축분말	5.72±0.01	17.40
세정수 농축분말 RS4	6.61±0.01	338.93
세정수 농축분말 AnRS4	6.58±0.01	221.35

*는 점도가 너무 높아 점도를 측정할 수 없음

(2) 백미 및 세정수 변성전분으로 제조한 필름의 형태

백미 및 세정수 전분 및 변성전분 용액으로 필름을 제조한 결과 백미전분을 변성시킨 어닐링전분(An40, An50), 어닐링OSA전분(AnOSA40, AnOSA50)은 투명한 필름이 형성되었고 세정수 정제전분과 세정수 농축분말로 제조한 RS4, 어닐링RS4(AnRS4)는 노란색을 띄는 반투명한 필름이 형성되었다. 옥수수전분과 다르게 변성되지 않은 백미전분은 필름형성에 적합하지 않았고 점도가 너무 낮은 백미 RS4, AnRS4, 세정수 농축분말도 필름을 형성하지 않았다. 백미전분을 어닐링 처리한 백미An40과 백미An50의 필름상태가 가장 양호했고 그 중 백미An50의 필름 상태가 가장 좋

았다. 세정수 농축분말은 필름형성이 되지 않았으나 세정수 농축분말을 가교결합시킨 세정수농축분말RS4, 세정수농축AnRS4는 필름을 형성하였고 세정수농축RS4보다는 세정수농축AnRS4가 더 잘 형성되었다.

부적합			
대조군(백미전분)*	백미 An40	**백미 An50**	
		부적합	부적합
백미 AnOSA40	백미 AnOSA50	백미 RS4*	백미 AnRS4*
	부적합		
세정수 정제전분	세정수 농축분말*	세정수농축분말 RS4	세정수농축분말 AnRS4

그림 1-2. 백미 및 세정수 변성전분으로 제조한 필름의 형태. *는 필름이 형성되지 않았음.

(3) 백미 및 세정수 변성전분으로 제조한 필름의 두께 및 색도

백미 및 세정수 변성전분으로 제조한 필름의 두께는 0.03~0.10으로 시판 변성전분을 제조한 필름과 유사하게 측정되었다. 표 1-5와 같이 백미전분으로 50℃에서 어닐링한 백미 An50이 가장 얇은 필름이 형성되었고 세정수 농축분말로 제조한 가교결합전분인 세정수 농축분말 RS4가 가장 두꺼웠으며 나머지는 유사한 두께의 필름이 형성되었다. 필름의 색도 L, a, b는 각각 33.59~37.56, -0.56~-0.12, -0.68~0.80 범위의 값을 나타냈다(표 1-5). 명도값인 L값은 모두 비슷했으나 백미전분으로 제조한 경우 세정수전분과 농축분말 변성전분보다 적색도(a)는 크고 황색도(b)는 더 낮게 나타났다. 이는 변성전분의 원료인 백미전분과 세정수 전분 및 농축분말의 색도가 영향을 준 것으로 판단했다. 총색차를 계산했을 때에도 옥수수전분으로 제조한 필름대비 백미전분으로 제조한 필름의 색차는 크지 않았으나 세정수 농축분말로 제조한 필름은 색차가 컸다.

(4) 백미 및 세정수 변성전분으로 제조한 필름의 용해도 및 인장강도

백미 및 세정수 변성전분으로 제조한 필름의 용해도 및 인장강도를 측정한 결과는 표 1-6과 같았다. 백미 및 세정수 변성전분으로 제조한 필름의 용해도는 37.07~74.30%로 다양하게 나타났다. 백미보다 세정수 변성전분으로 제조한 필름의 용해도가 더 높았고 특히 세정수 농축분말 AnOSA가 가장 높은 용해도를 나타냈다. 필름의 인장강도는 2.98~10.42, 부착성은 0.14~0.42 범위에서 나타났다. 필름의 인장강도는 옥수수변성전분의 경우와 유사했으나 백미전분으로 제조한 변성전분의 경우가 세정수 농축분말로 제조한 필름보다 경도가 높았으며, 특히 필름의 상태가 가장 양호했던 백미전분을 어닐링처리한 전분(백미An40, 백미An50)의 경우 경도가 가장 높았다. 부착성은 대부분 0.15 내외의 값을 나타냈으나 백미 An50과 세정수농축분말 AnRS4로 제조한 필름의 부착성이 높은 값을 나타냈다.

표 1-5. 백미 및 세정수 변성전분으로 제조한 필름의 두께 및 색도

변성전분	두께 (mm)	색도			
		L	a	b	ΔE**
대조군(백미전분)*	-	-	-	-	-
백미 An40	0.04±0.01	35.15±1.93	-0.16±0.23	-0.40±0.26	2.64
백미 An50	0.03±0.01	34.10±0.22	-0.33±0.01	-0.68±0.08	1.63
백미 AnOSA40	0.05±0.02	33.59±0.32	-0.26±0.04	-0.63±0.03	1.12
백미 AnOSA50	0.05±0.01	34.62±1.21	-0.12±0.17	-0.53±0.04	2.12
백미 RS4*	-	-	-	-	-
백미 AnRS4*	-	-	-	-	-
세정수 정제전분	0.05±0.01	34.77±0.78	-0.31±0.13	-0.53±0.12	2.27
세정수 농축분말*	-	-	-	-	-
세정수 농축분말 RS4	0.10±0.01	37.56±0.97	-0.56±0.08	0.80±0.03	5.21
세정수 농축분말 AnRS4	0.05±0.01	35.47±1.31	-0.33±0.12	0.25±0.36	3.03

*는 필름이 형성되지 않았음.

** 옥수수전분 기준

표 1-6. 백미 및 세정수 변성전분으로 제조한 필름의 용해도 및 인장강도

변성전분	용해도 (%)	경도 (N)	부착성 (mJ)
대조군(백미전분)*	-	-	-
백미 An40	40.36±6.32	10.21±4.07	0.17±0.07
백미 An50	41.36±9.38	10.42±6.59	0.42±0.52
백미 AnOSA40	37.07±4.19	7.12±5.57	0.14±0.28
백미 AnOSA50	40.51±5.74	9.55±7.21	0.16±0.09
백미 RS4*	-	-	-
백미 AnRS4*	-	-	-
세정수 정제전분	39.62±8.52	6.84±2.55	0.14±0.04
세정수 농축분말*	-	-	-
세정수 농축분말 RS4	54.00±13.00	2.98±0.86	0.15±0.08
세정수 농축분말 AnRS4	74.30±14.49	3.09±1.36	0.27±0.19

*는 필름이 형성되지 않았음.

다) glycerin 첨가가 필름형성에 미치는 영향

전분필름의 특성은 glycerin이나 sorbitol같은 첨가물에 따라 다른 물성을 나타내는 것을 알려져 있다. 백미 및 세정수 변성전분으로 제조한 필름은 단단한 특성을 나타내므로 유연성을 부여하기 위해 glycerin을 첨가하여 특성 변화를 알아보고자 하였다.

이상의 실험결과 필름의 상태가 가장 우수한 백미 An50과 세정수농축분말 AnRS4 전분용액에

glycein을 0~1.2 g 첨가하여 제조한 필름의 특성을 조사하였다.

(1) glycerin 첨가에 따른 전분용액의 pH 및 점도 측정

glycerin 첨가량이 다른 전분용액의 pH 및 점도는 아래 표와 같이 각각 6.58~8.35 및 197~1836 cP 범위에서 나타났다. 백미 An50의 경우 글리세린 첨가량이 증가할수록 전분용액의 점도가 감소하였으나 세정수농축분말 AnRS4 용액에서는 글리세린 첨가량에 따른 일정한 경향은 나타나지 않았다.

표 1-7. glycerin 첨가에 따른 백미 및 세정수 변성전분 용액의 pH 및 점도

변성전분	glycerin (g)	pH	점도(cP)
백미 An50	0	7.79±0.03	1,835.61
	0.6	8.35±0.01	1,583.66
	1.2	8.15±0.01	1,559.67
세정수농축분말 AnRS4	0	6.58±0.01	221.35
	0.6	6.64±0.01	196.76
	1.2	6.65±0.02	265.74

(2) glycerin 첨가량이 다른 필름의 형태

glycerin 첨가량이 다른 필름은 아래 그림 1-3과 같았다. glycerin 첨가량이 증가할수록 유연한 필름이 형성되었고 특히 백미An50에 glycerin을 1.2 g 첨가한 경우 필름의 상태가 가장 우수했다. 세정수 농축분말AnRS4의 경우에도 glycerin 첨가량이 증가할수록 필름의 품질이 좋아지는 것을 확인하였다.

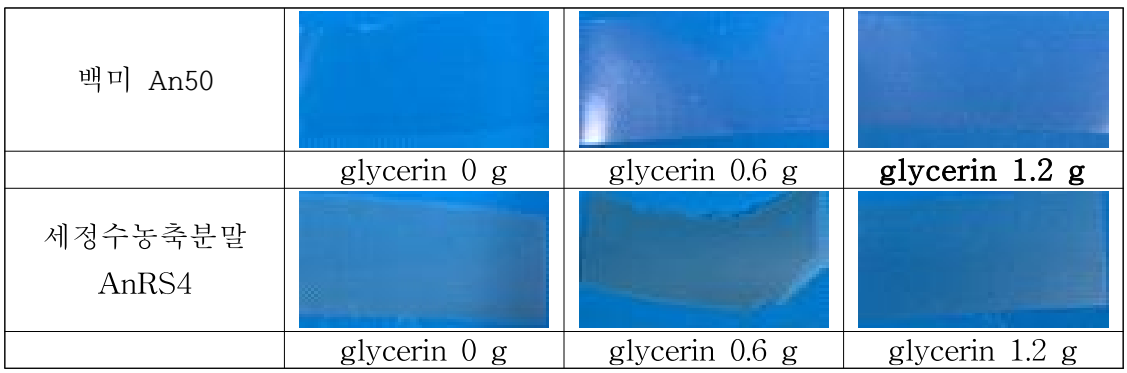


그림 1-3. glycerin 첨가량이 다른 필름의 형태

(3) glycerin 첨가량이 다른 필름의 두께 및 색도

glycerin 첨가량이 다른 변성전분 필름의 두께는 0.03~0.12 였고 glycerin 첨가량이 증가할수록 필름의 두께가 두꺼워졌고, 필름의 색도 L, a, b 값은 각각 34.10~39.57, -0.75~-0.33, -0.68~1.83 이었다(표 1-8). 백미전분으로 제조한 변성전분의 경우 glycerin 첨가량에 따라 적색도가 약간 감소하였으나 전체적인 색도에 큰 차이가 없었고, 세정수 농축분말로 제조한 변성전분의 경우

glycerin 첨가량에 따라 명도와 황색도는 증가하였고 적색도는 감소하였다. 총색차를 계산하였을 때에도 백미 변성전분은 총색차값이 매우 낮아 색도의 변화가 거의 없었고 세정수 농축분말의 경우 총색차값이 3.26~4.41으로 큰 값을 나타내어 glycerin 첨가에 의해 색도의 변화가 일어났음을 알 수 있었다.

표 1-8. glycerin 첨가량이 다른 백미 및 세정수 변성전분으로 제조한 필름의 두께 및 색도

변성전분	glycerin (g)	두께 (mm)	색도			
			L	a	b	ΔE
백미 An50	0	0.03±0.01	34.10±0.22	-0.33±0.01	-0.68±0.08	-
	0.6	0.03±0.01	34.16±0.02	-0.37±0.01	-0.64±0.03	0.08*
	1.2	0.09±0.02	34.05±0.02	-0.37±0.01	-0.67±0.03	0.06*
세정수 농축분말 AnRS4	0	0.05±0.01	35.47±1.31	-0.33±0.12	0.25±0.36	-
	0.6	0.11±0.01	39.57±0.46	-0.74±0.04	1.83±0.34	4.41**
	1.2	0.12±0.01	38.40±0.55	-0.75±0.10	1.62±0.51	3.26**

* glycerin을 첨가하지 않은 백미 An50 기준
** glycerin을 첨가하지 않은 세정수농축분말 AnRS4 기준

(4) glycerin 첨가량이 다른 필름의 용해도 및 인장강도

glycerin 첨가량이 다른 필름의 용해도와 인장강도를 측정한 결과는 표 1-9와 같았다. glycerin 첨가량을 다르게하여 제조한 필름의 용해도는 41.36~91.46%로 glycerin 첨가량에 따라 다르게 나타났다. 백미보다 세정수 변성전분으로 제조한 필름의 용해도가 더 높았고 glycerin 첨가량이 증가할수록 용해도가 증가하였으며 특히 세정수 농축분말 AnOSA에 글리세린을 첨가한 경우 필름의 유연성이 증가하고 시판 변성전분만큼 용해도가 높아 가식성 바이오필름에 좋은 소재가 될 수 있음을 확인하였다. 백미 An50으로 제조한 필름의 경우 glycerin 첨가량이 증가할수록 유연성이 증가되면서 경도는 증가하고 부착성은 감소하였다. 백미An50 전분에 glycerin을 1.2 g 첨가하여 제조한 필름의 인장강도가 가장 높았고 필름의 품질도 가장 우수했다. 세정수농축분말 AnRS4의 경우에도 glycerin 첨가량 1.2 g일 때 필름의 품질이 향상되었으나 경도의 차이는 크지 않았고 부착성은 감소하였다. 따라서 전분필름 제조시 glycerin 첨가량을 조절하면 필름형성능력과 필름의 품질을 향상시킬 수 있음을 확인하였다.

표 1-9. glycerin 첨가량이 다른 필름의 용해도 및 인장강도

변성전분	glycerin (g)	용해도 (%)	경도 (N)	부착성 (mJ)
백미 An50	0	41.36±9.38	10.42±6.59	0.42±0.52
	0.6	45.50±5.25	14.91±4.60	0.17±0.15
	1.2	59.33±7.24	**22.84±3.48**	**0.23±0.16**
세정수 농축분말 AnRS4	0	74.30±14.49	3.09±1.36	0.27±0.19
	0.6	91.46±10.48	2.38±0.48	0.25±0.27
	1.2	89.00±15.56	3.24±0.55	0.04±0.28

라) pullulan 및 변성전분 농도에 따른 필름 제조적성

변성전분의 점도가 높아 필름형성 능력이 좋지 않은 변성전분의 경우 농도 조절에 의해 점도를 변화시키면 필름 형성능력이 향상되는지를 확인하기 위해 위의 실험조건보다 전분의 함량을 낮추고 pullulan과 변성전분의 비율을 다르게 하여 필름을 제조하였다.

(1) pullulan과 변성전분 비율이 다른 전분 용액의 pH 및 점도 측정

위의 실험에서 점도가 가장 높아 필름이 형성되지 않은 백미 AnOSA50의 농도를 감소시켜 필름을 제조하였다. pullulan과 백미 AnOSA50의 비율을 표 1-10과 같이 혼합하였을 때 전분용액의 pH와 점도는 각각 5.88~6.03과 598~25,555 이었다. 백미 AnOSA50 전분농도가 증가에 따라 pH의 변화는 크지 않았으나 점도는 크게 증가하였다.

표 1-10. 플룰란과 백미 AnOSA50 비율이 다른 전분용액의 pH 및 점도

변성전분	플룰란:전분	pH	점도(cP)
백미 AnOSA50	1.7:1	6.00±0.02	598.07
	1.7:1.5	5.88±0.01	2,591.45
	1:2	5.92±0.08	5,122.91
	0:2.5	6.03±0.02	25,554.55

(2) pullulan과 변성전분 비율이 다른 필름의 형태

pullulan과 변성전분의 비율이 다른 필름은 그림 1-4와 같았고 pulluan의 비율이 감소하여도 필름은 형성되었으나 pulluan을 첨가하지 않고 변성전분으로만 필름을 제조한 경우에는 필름이 형성되지 않았다. 필름형성능력은 pulluan과 백미 AnOSA50 비율이 1.7:1 일 때 가장 좋았다.

그림 1-4. 플룰란과 백미 AnOSA50 비율이 다른 필름의 형태. *는 필름이 형성되지 않았음.

(3) pullulan과 변성전분 비율이 다른 필름의 두께 및 색도

pullulan과 변성전분 비율이 다른 필름의 두께와 색도는 아래 표 1-11과 같이 0.04~0.07 mm로 앞의 다른 필름과 유사하였다. 색도값 L, a, b값은 각각 34.09~34.22, -0.37~-0.29, -0.67~-0.65로pullulan과 변성전분 비율에 따라 큰 차이는 없었고 총색차를 계산했을 때에도 시료간의 차이가 없음을 알 수 있었다.

표 1-11. 플룰란과 백미 AnOSA50 비율이 다른 필름의 두께 및 색도

변성전분	플룰란:전분	두께 (mm)	색도			
			L	a	b	ΔE
신동진 AnOSA50	1.7:1	0.04±0.01	34.22±0.08	-0.37±0.01	-0.67±0.03	-
	1.7:1.5	0.07±0.01	34.28±0.12	-0.32±0.01	-0.66±0.05	0.08
	1:2	0.05±0.01	34.09±0.81	-0.29±0.04	-0.65±0.01	0.15
	0:2.5	-	-	-	-	

*는 필름이 형성되지 않았음.

(3) pullulan과 전분 비율이 다른 필름의 용해도 및 인장강도

pullulan과 변성전분 비율이 다른 필름의 용해도 및 인장강도는 표 1-12와 같았다. pullulan과 변성전분 비율을 다르게하여 제조한 필름의 용해도는 55.36~64.52%로 변성전분 비율이 증가할수록 용해도가 약간 증가하였으나 큰 차이는 없었다. pullulan과 백미AnOSA50의 비율이 1.7:2.5일 경우 필름이 형성되지 않았으나 변성전분의 농도를 감소시킨 경우 필름이 형성되었고 필름의 인장강도는 10.52~23.11였으며 특히 pullulan과 백미AnOSA50의 비율이 1.7:1 이었을 때 인장강도가 2배 이상 증가하였으며 부착성은 모든 시료에서 측정되지 않았다. 따라서 높은 점도로 인해 필름형성이 되지 않을 경우에는 전분농도의 조절로 필름형성능력을 향상시키고 필름의 품질을 증가시킬 수 있음을 확인하였다.

표 1-12. 플룰란과 백미 AnOSA50 비율이 다른 필름의 용해도 및 인장강도

변성전분	플룰란:전분	용해도 (%)	경도 (N)	부착성 (mJ)
백미 AnOSA50	1.7:1	55.36±13.59	23.11±8.29	-
	1.7:1.5	57.81±13.84	19.51±7.44	-
	1:2	64.52±5.36	10.52±8.54	-
	0:2.5	-	-	-

*는 필름이 형성되지 않았음.

2) 캡슐화된 베리추출물의 항산화활성 비교

가) 실험방법

(1) 복분자 추출물 제조

복분자 생과 50 g에 각각의 용매 500 mL (용매 A: 0.2% citric acid + 75% Ethanol, 용매 B: 75% Ethanol)를 이용하여 상온에서 3시간씩 2회 교반추출한 후 whatman No. 2 filter paper 용지와 감압여과기를 이용하여 여과하였다. evaporator를 이용하여 용매를 모두 제거한 후 동결건조하여 시료로 사용하였다.

(2) encapsulation 제조

동견건조한 복분자 추출물 0.5 g을 각각의 전분 용액(백미 전분 0.8g(db) + DW 5 mL), (세정수 농축분말 0.8g(db) + DW 5 mL), (세정수 농축분말AnOSA 0.8g(db) + DW 5 mL), (신동진 전분 AnOSA 0.8g(db) + DW 5 mL) 에 넣은 후 voltex mixer로 30초 혼합하였다. 혼합액은 어두운곳에서 20시간 저장하였고 저장 후 혼합액을 45℃에서 10 분간 초음파 처리(700 W, 40 KHz) 하였다. 초음파 처리한 혼합액은 homogenizer를 사용하여 에서 3분간 균질화 한 후 동결건조 하였고 100 mesh 체에 통과시켜 데시케이터에 보관하였다.

(3) 사진 및 색도 측정

0, 1, 3, 5, 10 일간 실온에 저장하면서 encapsulated 추출물 0.05 g(db)을 20 mL glss flask에 넣고 증류수 5 mL에 분산시킨 후 사진 및 색도를 측정하였다.

(4) encapsulation 안정성

encapsulated 추출물 0.05 g(db)을 20 mL glss flask에 넣고 증류수 5 mL에 분산시킨 후 99% EtOH 5 mL을 넣어 실온에서 1 시간 동안 교반추출한 후 DPPH 라디칼 소거능을 측정하였다.

나) encapsulated 복분자 추출물의 사진 및 색도 측정

복분자를 용매 A(0.2% citric acid를 함유한 75% ethanol 용액)와 용매 B(75% ethanol 용액)으로 추출하여 복분자 추출물을 제조하였다. 추출물의 색은 육안으로 보기에는 비슷하게 보였으나 추출물의 최대흡수파장을 측정하였을 때 용매 A 추출물은 532 nm에서 3.326, 용매 B 추출물은 535 nm에서 1.747의 흡광도를 나타냈다.

(1) encapsulated 복분자 추출물의 사진

두 가지 용매로 추출한 추출물을 물에 녹인 후 백미전분, 세정수 농축분말, 백미전분 AnOSA, 세정수분말AnOSA로 캡슐화하여 24일간 저장하면서 색의 변화를 관찰하였다. 그림 2-1~2-6과 같이 육안으로 관찰하였을 때 전반적으로 용매 A 추출물의 색이 더 선명한 붉은색이었고 용매 B의 경우는 탁한 색상을 나타냈다. 용매 A 추출물의 경우 세정수분말 AnOSA로 캡슐화한 경우 색의 유지가 가장 잘 되었고 백미전분AnOSA로 캡슐화한 경우 색이 저장 10일부터 눈에 띄게 갈변화 되었다. 용매 B 추출물의 경우 백미전분과 세정수분말 AnOSA로 캡슐화한 추출물이 색의 유지가 잘 되는 것으로 관찰되었다.

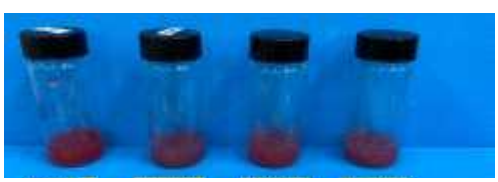
		
	백미 전분 세정수 농축분말 백미전분 AnOSA 세정수 AnOSA	백미 전분 세정수 농축분말 백미전분 AnOSA 세정수 AnOSA
추출용매	A (0.2% citric acid +75% EtOH)	B (75% EtOH)

그림 2-1. 백미 및 세정수 농축분말로 캡슐화한 추출물의 0 day 사진

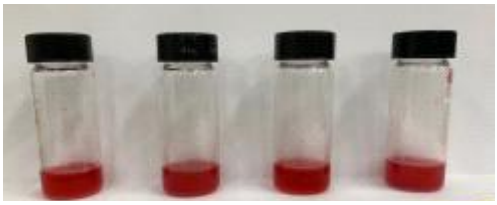
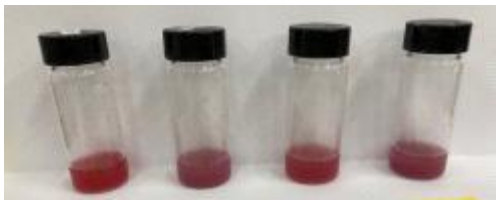
		
	백미 전분 세정수 농축분말 백미전분 AnOSA 세정수 AnOSA	백미 전분 세정수 농축분말 백미전분 AnOSA 세정수 AnOSA
추출용매	A (0.2% citric acid +75% EtOH)	B (75% EtOH)

그림 2-2. 백미 및 세정수 농축분말로 캡슐화한 추출물의 1 day 사진

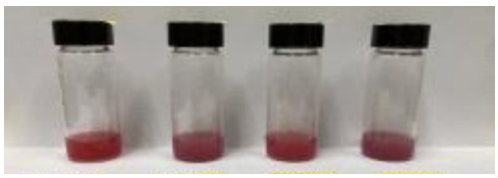
		
	백미 전분 세정수 농축분말 백미전분 AnOSA 세정수 AnOSA	백미 전분 세정수 농축분말 백미전분 AnOSA 세정수 AnOSA
추출용매	A (0.2% citric acid +75% EtOH)	B (75% EtOH)

그림 2-3. 백미 및 세정수 농축분말로 캡슐화한 추출물의 3 day 사진

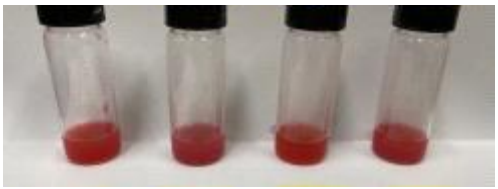
		
	백미 전분 세정수 농축분말 백미전분 AnOSA 세정수 AnOSA	백미 전분 세정수 농축분말 백미전분 AnOSA 세정수 AnOSA
추출용매	A (0.2% citric acid +75% EtOH)	B (75% EtOH)

그림 2-4. 백미 및 세정수 농축분말로 캡슐화한 추출물의 5 day 사진

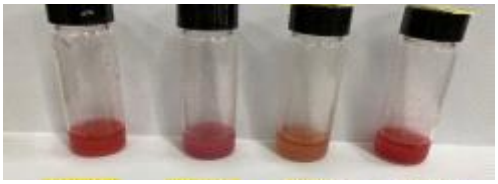
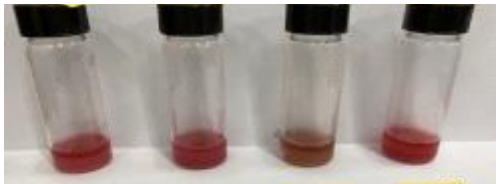
		
	백미 전분 세정수 농축분말 백미전분 AnOSA 세정수 AnOSA	백미 전분 세정수 농축분말 백미전분 AnOSA 세정수 AnOSA
추출용매	A (0.2% citric acid +75% EtOH)	75% EtOH

그림 2-5. 백미 및 세정수 농축분말로 캡슐화한 추출물의 10 day 사진

(2) encapsulated 복분자 추출물의 색도

두 가지 용매로 추출한 추출물을 물에 녹인 후 백미전분, 세정수 농축분말, 백미전분 AnOSA, 세정수분말AnOSA로 캡슐화하여 24일간 저장하면서 색도를 측정하였다. 용매 A 추출물이 용매 B보다 적색도와 황색도가 높아 안토시아닌 색소가 citric acid에 의해 더 안정화 되어있음을 알 수 있었다.

백미전분으로 캡슐화한 경우 용매 A추출물은 저장에 따라 명도, 적색도, 황색도가 약간씩 감소하였고 용매 B 추출물은 명도와 적색도는 약간 감소하나 황색도는 증가하였다.

표 2-1. 백미전분으로 캡슐화한 추출물의 색도 변화

저장 기간	0.2% citric acid+75% EtOH				75% EtOH			
	L	a	b	ΔE	L	a	b	ΔE
0일	73.31±1.71	42.11±0.97	11.24±.82	36.60±1.86	74.29±0.13	26.00±0.28	4.57±0.04	32.62±0.30
1일	69.69±1.79	42.14±1.02	12.06±0.83	34.56±1.85	73.38±0.43	26.12±0.04	4.76±0.05	32.07±0.23
3일	69.16±1.56	42.10±0.98	12.10±0.75	34.36±1.68	73.39±1.17	26.09±0.34	4.83±0.17	32.08±0.84
5일	67.44±0.98	41.96±1.09	12.41±0.70	33.67±1.48	73.83±0.20	25.88±0.06	4.85±0.02	32.44±0.13
10일	69.81±0.40	39.20±0.06	10.71±0.53	37.37±0.47	73.21±1.46	25.16±0.04	5.57±0.50	32.65±0.71

세정수 농축분말로 캡슐화한 경우 용매 A추출물은 저장에 따라 명도는 증가하고, 적색도, 황색도는 감소하였고 용매 B 추출물은 명도는 감소하고 적색도와 황색도는 증가하였다.

표 2-2. 세정수 농축분말로 캡슐화한 추출물의 색도 변화

저장 기간	0.2% citric acid+75% EtOH				75% EtOH			
	L	a	b	ΔE	L	a	b	ΔE
0일	72.65±0.80	34.60±0.82	7.64±0.37	43.42±1.06	76.70±0.30	15.25±0.05	3.56±0.02	43.28±0.14
1일	70.96±0.73	34.89±0.57	7.86±0.22	42.51±0.76	75.42±0.21	15.51±0.17	3.86±0.02	42.48±0.23
3일	68.53±0.37	35.62±0.42	8.10±0.17	41.14±0.50	73.88±0.06	17.83±0.07	4.29±0.01	39.73±0.06
5일	70.15±1.84	33.15±1.29	7.40±0.35	43.76±1.65	69.32±2.09	31.35±0.98	7.05±0.40	25.27±1.77
10일	73.91±0.67	21.98±1.34	5.73±0.32	54.05±1.41	69.63±0.11	27.47±0.44	7.49±0.08	28.76±0.45

백미전분 AnOSA로 캡슐화한 경우 용매 A추출물은 저장에 따라 명도와 적색도는 감소하고 황색도는 약간 증가하였으며, 용매 B 추출물은 적색도는 감소하고 황색도는 증가하였다.

표 2-3. 백미전분 AnOSA로 캡슐화한 추출물의 색도 변화

저장 기간	0.2% citric acid+75% EtOH				75% EtOH			
	L	a	b	ΔE	L	a	b	ΔE
0일	76.02±1.45	39.41±0.56	9.02±0.71	40.87±1.47	80.49±3.56	18.41±1.42	2.85±0.36	42.44±3.03
1일	75.49±1.16	39.08±0.25	9.13±0.41	40.75±0.94	79.15±1.85	18.53±0.92	3.12±0.16	41.59±1.69
3일	71.39±0.31	39.42±0.12	10.13±0.11	38.18±0.26	77.67±0.38	18.91±0.65	3.37±0.04	40.52±0.73
5일	71.07±0.48	39.37±0.04	10.14±.10	38.10±0.26	80.05±1.35	18.34±0.26	3.31±0.13	42.14±0.47
10일	71.82±0.27	37.67±0.02	9.60±0.14	39.72±0.27	82.16±3.24	9.09±1.07	10.75±0.58	50.21±2.11

세정수농축분말 AnOSA로 캡슐화한 경우 용매 A추출물은 저장에 따라 명도와 적색도는 약간 감소하고 황색도가 유지되어 캡슐화한 추출물의 색도가 유지되는 효과가 가장 좋았으며, 용매 B 명도는 감소하고 적색도와 황색도는 증가하였다.

Citric acid를 함유한 에탄올로 추출한 추출물이 에탄올로만 추출한 경우보다 더 선명한 붉은색을 띠고 전분으로 캡슐화 했을때에도 저장기간이 증가했을 때 색도의 변화가 크지 않았고 에탄올로만 추출한 경우 캡슐화 시료에 따라 불안정한 변화를 보이는 것을 알 수 있었다.

표 2-4. 세정수농축분말 AnOSA로 캡슐화한 추출물의 색도 변화

저장 기간	0.2% citric acid+75% EtOH				75% EtOH			
	L	a	b	ΔE	L	a	b	ΔE
0일	71.87±3.84	36.41±0.69	9.51±0.94	40.81±2.44	75.63±0.92	16.23±0.35	3.64±0.10	41.97±0.69
1일	69.64±1.10	36.27±0.37	10.00±0.33	39.74±0.81	77.03±1.41	15.80±0.47	3.78±0.17	42.88±1.03
3일	68.03±0.22	36.61±0.14	10.35±0.09	38.79±0.21	71.78±0.34	17.26±0.18	4.31±0.06	39.55±0.28
5일	67.26±0.08	36.80±0.13	10.53±0.05	38.33±0.12	65.13±0.61	33.17±0.34	8.29±0.19	21.94±0.51
10일	67.03±0.31	34.82±0.43	10.46±0.06	39.72±0.27	65.65±0.37	32.65±0.23	9.12±0.14	22.39±0.34

다) encapsulated 복분자 추출물의 안정성

캡슐화된 추출물 중 붉은색이 유지된 용매A(0.2% citric acid+75% EtOH) 추출물의 항산화활성 변화를 DPPH 라디칼 소거능으로 관찰하였다. 모든 시료에서 1일까지는 항산화활성이 유지되었으나 그 이후 항산화활성이 감소하는 것을 확인하였다.

백미전분으로 캡슐화한 경우 DPPH 라디칼 소거능으로 측정한 항산화활성이 10일간 저장하였을 때 65.72%에서 49.74% 까지 감소하였다.

표 2-5. 백미 전분으로 캡슐화한 추출물의 DPPH 소거능 변화

저장 기간	DPPH 라디칼 소거능(%)
0일	65.72±1.04
1일	65.63±1.39
3일	52.91±1.88
5일	51.28±1.06
10일	49.74±0.37

백미전분 AnOSA로 캡슐화한 추출물의 경우 초기 항산화활성은 58.32%로 백미전분보다 약간 낮았으나 10일간 저장하였을 때 51.76%로 항산화활성 감소가 더 서서히 일어났음을 확인하였다.

표 2-6. 백미 전분 AnOSA로 캡슐화한 추출물의 DPPH 소거능 변화

저장 기간	DPPH 라디칼 소거능(%)
0일	58.32±0.94
1일	58.18±1.34
3일	51.41±0.96
5일	51.59±0.26
10일	51.76±1.31

세정수 농축분말로 캡슐화한 추출물의 경우 초기 항산화활성은 62.51%로 백미전분과 유사했으며 10일간 저장하였을 때 47.52%로 항산화활성 감소도 유사하게 일아났다.

표 2-7. 세정수 농축분말로 캡슐화한 추출물의 DPPH 소거능 변화

저장 기간	DPPH 라디칼 소거능(%)
0일	62.51±0.36
1일	62.46±0.90
3일	48.76±0.59
5일	47.71±0.47
10일	47.52±0.52

세정수 농축분말 AnOSA로 캡슐화한 추출물의 경우 초기 항산화활성은 56.05%로 캡슐화한 시료중 가장 낮은 값을 보였으며 10일간 저장한 후에도 가장 낮은 활성을 나타냈다. 캡슐화한 시료의 색상과 색도값은 저장에 따라 붉게 유지되었으나 항산화활성은 낮게 측정되었고 백미 전분 AnOSA로 캡슐화한 경우 색의 갈변화 정도는 가장 컸으나 저장후 항산화활성이 가장 높은 것으로 보아 안토시아닌색소 이외에 다른 성분들이 항산화활성에 더 크게 관여했다고 추측하였다.

표 2-8. 세정수 농축분말 AnOSA로 캡슐화한 추출물의 DPPH 소거능 변화

저장 기간	DPPH 라디칼 소거능(%)
0일	56.05±1.35
1일	56.08±1.61
3일	46.23±3.73
5일	44.76±1.15
10일	42.68±1.96

3) 세정수 전분의 유화액 적성 확인

가) 실험방법

(1) 유화액 제조

Krstonošić V 등 (2015)과 Zhao S 등 (2018)의 방법을 응용하여 유화액은 50 g 카놀라유, 50 g continuous phase를 혼합하여 제조하였다. continuous phase 50 g은 1g 세정수 시료, 0.02 g xanthan gum, 0.01 g sodium azide, 44.97 g water로 구성되었고, OSA 전분은 미리 80℃에서 30분 호화시켰고 xanthan gum은 48시간동안 교반하여 균질화하였다. 전분호화액을 실온으로 식힌 후 카놀라유와 continuous phase를 혼합한 후 2분간 고속 homogenizer로 균질화 한 후 sonicator로 amplitude 40%에서 1 분간 처리하여 유화액을 제조하였다.

(2) 유화액의 점도 및 안정성 조사

유화액의 점도는 Brookfield 점도계를 사용하여 측정하였고, 10 mL 메스실린더에 유화액을 채우고 저장하면서 사진과 분리되는 부피를 측정하여 안정성을 조사하였다.

Creaming Index (%) = H_C / H_E × 100

H_E = 유화액의 총 부피

H_C = 하단부 분리된 부분의 부피

나) 유화액의 점도 및 안정성

세정수분말 및 세정수전분으로 제조한 OSA전분, 어닐링 OSA전분을 제조한 유화액은 그림 3과 같았고 유화액의 점도를 측정한 결과는 표 6과 같이 71.39~381.52 cp를 나타냈다. 이를 21일간 상온에서 저장하면서 유화액의 안정성을 측정한 결과를 그림 4와 같이 크리밍인덱스로 나타냈다. 날알에서 분리한 전분의 경우 유화액 제조 2시간이 지났을 때 29%가 분리되었으나 세정수에서 분리한 전분은 2일 이후 서서히 분리되었고 21일이 지난 후 13%정도 분리되었다. 세정수 정제전분으로 OSA를 제조하여 유화액을 제조한 경우 21일까지 전혀 분리되지 않았다. 어닐링처리를 한 경우에도 21일까지 약 9%정도 분리되었으나 어닐링 처리와 OSA처리를 병행한 경우 유화액이 분리되지 않았다. 따라서 세정수에서 분리한 전분은 백미에서 분리한 전분이 비하여 유화안정성이 증가되며 OSA전분과 어닐링처리를 병행한 OSA전분 제조시 유화안정성이 크게 증가되었음을 알 수 있었다.

표 3-1. 세정수 시료로 제조한 유화액의 점도

시료	점도 (cps)
백미 정제전분	112.45±13.10
어닐링전분(40℃)	79.18±5.09
어닐링전분(50℃)	71.39±7.63
어닐링OSA전분(40℃)	169.16±5.09
어닐링OSA전분(50℃)	248.95±38.18
세정수정제전분	89.98±16.97
세정수정제전분OSA	381.52±28.84
세정수 침전분말	77.38±5.94
세정수침전분말OSA	152.97±17.81

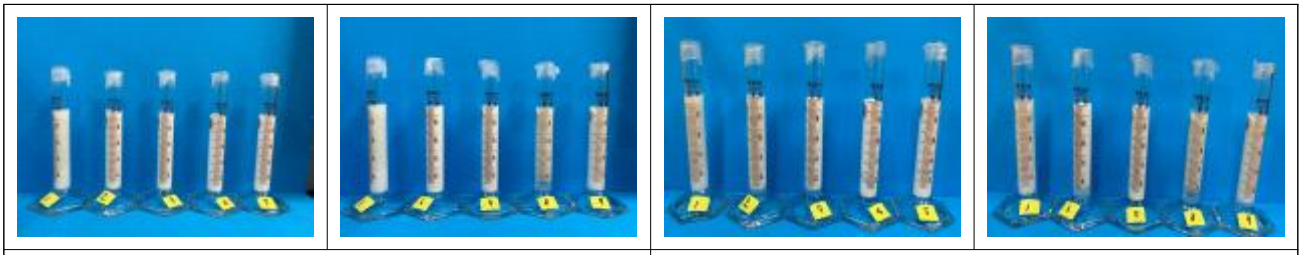


그림 3-1. 세정수 전분 및 OSA전분, 어닐링 OSA전분(AnOSA)으로 제조한 유화액
1:백미 정제전분, 2:40℃어닐링전분, 3:50℃어닐링전분, 4:40℃어닐링OSA전분 5:50℃
어닐링OSA전분, 6:세정수정제전분, 7:세정수정제OSA전분, 8:세정수침전분말, 9:침전분말OSA

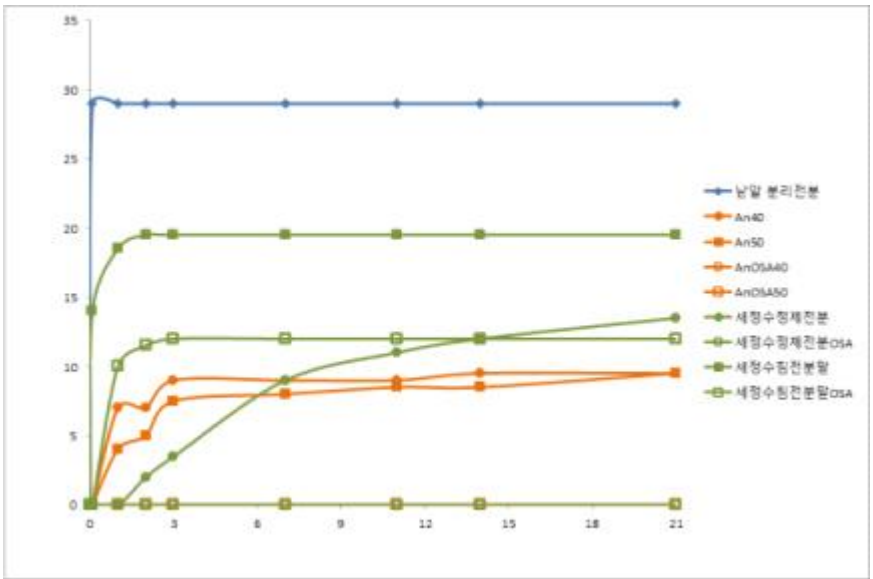


그림 3-2. 세정수 전분 및 OSA전분, 어닐링 OSA전분(AnOSA)의 유화안정성

4) 세정수 전분 및 알파미분의 만두 적성 조사

가) 실험방법

(1) 만두피 제조

찐만두용 만두피는 타피오카전분 68%, 감자전분 32%, 감미유와 소금을 혼합하여 95℃의 물을 첨가하여 반죽하였다. 이 중 타피오카 전분중 일부를 알파미분과 세정수전분, 변성전분으로 대체한 분말을 제조하여 기존만두피와 비교하였다. 기존 찐만두피 분말인 감자떡가루, 타피오카전분, 감미유는 엄지식품에서 공급받았다.

(가) 타피오카전분을 알파미분으로 대체

아래 표와 같이 타피오카전분의 0~14.6% 범위에서 알파미분으로 대체하여 만두피를 제조하였고 알파미분을 4.6% 대체(B)하였을 때 대조군(A)와 텍스쳐가 유사하였다.

표 4-1. 타피오카전분을 알파미분으로 대체한 만두피 조성

	만두피 A (대조군)	만두피 B	만두피 C	만두피 D
타피오카전분	68	64.85	61.2	58.05
감자전분	32	32	32	32
알파미분	0	3.15	6.8	9.95
소금	0.581	0.581	0.581	0.581
감미유S	0.974	0.974	0.974	0.974
물	110	110	110	110

(나) 타피오카전분을 알파미분과 세정수 정제전분으로 대체

위에서 가장 질감이 적합했던 B를 기준으로 알파미분과 세정수 정제전분을 아래 비율에 따라 대체하여 만두피를 제조하였다.

표 4-2. 타피오카전분을 알파미분과 세정수 정제전분으로 대체한 만두피 조성

	만두피 E	만두피 F	만두피 G	만두피 H(B)
타피오카전분	64.85	64.85	64.85	64.85
감자전분	32	32	32	32
알파미분	0	1.05	2.10	3.15
세정수 정제전분	3.15	2.10	1.05	0
소금	0.581	0.581	0.581	0.581
감미유S	0.974	0.974	0.974	0.974
물	110	110	110	110

(다) 타피오카전분을 OSA전분으로 대체

위에서 가장 질감이 적합했던 B를 기준으로 아래 표와 같이 타피오카 전분을 세정수 분말 및 OSA전분으로 4.6% 대체하여 만두피를 제조하였다.

(2) 이화학적 특성, 호화특성 측정

만두피 원료 분말의 이화학적 특성과 물결합능력과 80℃에서의 팽윤력 및 용해도를 측정하였다. 만두피 분말의 호화특성은 신속점도측정기(RVA)로 측정하였다.

(3) 세정수 분말 및 OSA 전분을 함유한 찐만두용 만두피의 냉해동안정성 측정

만두피 분말 조성 중 감미유와 소금을 제외한 분말로 냉해동안정성을 측정하였다. 타피오카전분카 전분을 알파미분, 세정수 분말 및 전분, OSA전분으로 대체한 만두피 분말로 6% 농도의 현탁액을 만들고 교반 가열하면서 호화액을 제조하여 마이크로 튜브에 1 g씩 넣어 상온에 냉각 후 4℃에서 24시간 저장하였다. -20℃ 냉동고에 20시간 동결하였으며 상온에서 4시간동안 해동한 후 원심분리기에서 3,000 rpm 속도로 10분간 원심분리하였다. 분리된 물을 버리고 남은 겔의 무게를 측정하여 이수율을 계산하였다. 냉동-해동 사이클은 1, 2, 3, 4, 5회까지 반복하였으며 그 때 분리된 물의 양을 측정하여 이수율을 비교하였다.

4) 세정수 분말 및 OSA 전분을 함유한 찐만두용 만두피의 물성 측정

세정수 분말 및 전분, 이로 제조한 OSA전분을 함유하는 찐만두용 만두피 분말을 혼합하여 엄지식품 찐만두 제조공정에 따라 95℃의 뜨거운 물을 부어 반죽한 후 증기가 오른 찜기에 넣어 30분간 가열하여 만두피를 제조하였고 1.0×1.0×1.0 cm로 성형하여 TA로 텍스쳐를 측정하였다.

5) 세정수 분말 및 OSA 전분을 함유한 찐만두용 만두피의 관능평가

세정수 분말 및 전분, 이로 제조한 OSA전분을 함유하는 찐만두용 만두피는 위와 같은 방법으로 제조하여 냉동보관 한 후 시판제품과 같은 방법으로 전자레인지에 가열하여 관능평가를 실시하였다. 관능평가는 (재)베리앤바이오식품연구소 직원 10명을 대상으로 색, 향, 단단함에 대하여 특성차이조사를 실시하고 전체적인 기호도를 평가하였으며 5점만점으로 점수법을 사용하였다.

나) 이화학적 특성 및 호화특성

(1) 만두피 분말의 이화학적 특성

타피오카전분을 알파미분으로 대체한 만두피 분말의 물결합능력과 80℃에서의 팽윤력과 용해도를 측정한 결과 알파미분 함량이 증가할수록 물결합능력과 용해도는 증가하였으나 팽윤력은 큰 차이가 없었다. 타피오카전분을 세정수 정제전분과 알파미분으로 대체한 결과 세정수 정제전분을 함께 대체한 경우가 알파미분만 대체한 경우보다 물결합능력, 팽윤력과 용해도가 모두 낮아졌다. 타피오카전분을 어닐링전분이나 어닐링OSA전분으로 대체한 경우 대조군인 만두피 A와 이화학적 특성치가 매우 유사한 결과를 확인하였다.

표 4-3. 타피오카전분을 알파미분으로 대체한 만두피의 이화학적 특성

	물결합능력	팽윤력	용해도
만두피A(대조군)	213.98±11.01	24.60±0.76	11.39±0.57
만두피B	230.93±13.53	25.03±0.89	12.56±0.24
만두피C	237.49±8.01	25.53±1.39	13.87±0.16
만두피D	250.32±13.44	24.62±0.34	14.15±0.67

표 4-4. 타피오카전분을 알파미분과 세정수 정제전분으로 대체한 만두피의 이화학적 특성

	물결합능력	팽윤력	용해도
만두피E	218.31±5.53	22.55±0.36	9.39±0.39
만두피F	224.12±10.02	22.63±0.25	9.84±0.18
만두피G	224.63±8.19	22.92±2.20	10.73±0.40
만두피H(B)	230.93±13.53	25.03±0.89	12.56±0.24

표 4-5. 타피오카전분을 OSA전분으로 대체한 만두피의 이화학적 특성

	물결합능력	팽윤력	용해도
만두피 어닐링전분	226.43±11.55	24.31±1.07	11.67±0.75
만두피 어닐링OSA40	217.76±2.48	26.26±0.97	11.69±0.36
만두피 어닐링OSA50	222.19±4.13	26.20±0.65	11.39±0.48
만두피 어닐링OSA60	230.69±2.28	25.21±0.19	12.87±0.20

(2) 만두피 분말의 호화특성

만두피분말의 타피오카전분을 알파미분, 세정수 정제전분으로 대체하여 호화특성을 측정하였다. 알파미분으로 4.6~14.6% 대체했을 때 호화온도는 큰 차이가 없었으나 점도값이 모두 감소하였고 피크타임은 조금 늦어졌다. 알파미분과 세정수 정제전분을 혼합하여 4.6% 대체하였을 경우에는 대조군인 분말 A에 비하여 호화온도가 약간 상승하였고 피크타임은 약간 증가하였으며 피크점도와 최종점도가 감소하였고 setback점도가 감소하여 노화가 억제될 수 있을 것으로 추측하였다.

표 4-6. 타피오카전분을 알파미분과 알파미분 및 세정수 정제전분으로 대체한 만두피의 호화특성

	Peak	Trough	Break-down	Final	Setback	Peak Time	Pasting Temp
분말 A (대조군)	11580.05 ±26.16	4812.00 ±33.94	6768.50 ±7.78	6955.00 ±49.50	2143.00 ±15.56	3.57 ±0.05	69.60 ±0.71
분말 B	10807.00 ±62.23	4755.00 ±0.00	6052.00 ±62.23	6844.50 ±60.10	2089.50 ±60.10	3.73 ±0.00	70.55 ±0.71
분말 C	10131.00 ±14.14	4532.00 ±45.25	5599.00 ±59.40	6412.00 ±52.33	1880.00 ±7.07	3.77 ±0.05	70.08 ±0.11
분말 D	9328.00 ±138.59	4365.50 ±54.45	4962.50 ±84.15	6115.50 ±84.15	1750.00 ±29.70	3.90 ±0.04	69.95 ±0.07
분말 E	10595.50 ±96.87	5006.50 ±21.92	5589.00 ±74.95	6718.00 ±65.05	1711.50 ±43.13	3.60 ±0.00	71.00 ±0.07
분말 F	10595.50 ±74.25	4934.50 ±9.19	5661.00 ±83.44	6744.50 ±17.68	1810.00 ±26.87	3.77 ±0.05	71.15 ±0.07
분말 G	10760.00 ±490.73	4503.00 ±557.20	6257.00 ±66.47	6465.50 ±430.63	1962.50 ±126.57	3.73 ±0.00	70.15 ±0.07

다) 만두피 분말 냉해동 안정성

만두피 분말 조성 중 감미유와 소금을 제외한 분말로 냉해동 사이클을 1~5회 반복하여 냉해동 안정성을 측정하였다. 위 만두피 분말의 조성과 같이 기존 만두피 분말의 타피오카전분의 0~14.6% 범위에서 알파미분으로 대체(분말A~D)하였고 타피오카 전분을 세정수 분말 및 OSA전분으로 4.6% 대체(분말E~G)한 분말의 냉해동 안정성 결과는 아래 그림과 같았다.

그림 5와 같이 냉해동 사이클 2회까지는 시료간에 큰 차이가 없었으나 3회차부터 이수율에 차이가 커졌다. 대조군 분말A는 냉해동 사이클 5회 반복시 약 20%의 이수율을 나타냈으며 알파미분 함량이 증가할수록(분말B→D) 이수율이 감소하여 냉해동 안정성이 증가하는 것을 알수 있었다. 알파미분과 세정수 정제전분을 혼합하여 대체하였을 때 이수율이 기존 만두피 대비 35.4~50.1% 감소하여 **세정수 정제전분이 포함된 경우**(분말 E,F,G)가 알파미분만 첨가한 경우보다(분말B) 냉해동 안정성이 더 높은 결과를 보여주었다. **대체비율이 4.6% 였음에도 불구하고 알파미분을 다량 대체한 분말D(14.6% 대체)와 냉해동 안정성이 유사**한 결과를 확인하였다.

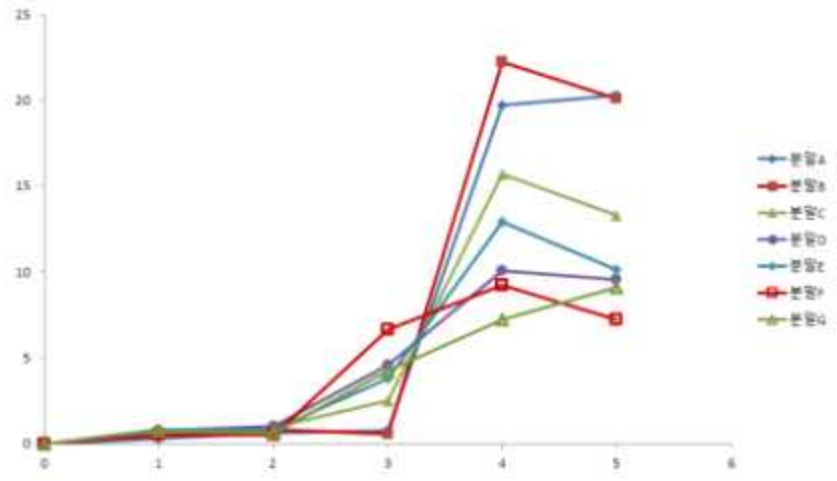


그림 4-1. 알파미분 및 세정수 정제전분을 포함한 만두피 분말의 냉해동 안정성

기존 만두피분말의 타피오카 전분 4.6%를 어닐링처리와 OSA 치환을 병행한 전분으로 대체하여 만두피분말의 냉해동안정성을 측정한 결과는 아래 그림과 같았다. **어닐링과 OSA를 병행처리한 전분을 대체한 경우 모두 이수율이 8.5% 이하**로 크게 감소하였다. 특히 **40℃에서 어닐링한 후 제조한 OSA전분은 이수율 3% 이하로 감소하여 냉해동 안정성을 가장 크게 증가**시켰다. 세정수에서 분리한 전분 자체도 냉해동 안정성이 개선에 효과가 있으나 어닐링 처리와 OSA 처리를 병행하여 전분을 제조하여 만두피에 첨가할 경우 냉해동 안정성이 크게 개선될 수 있음을 알 수 있었다.

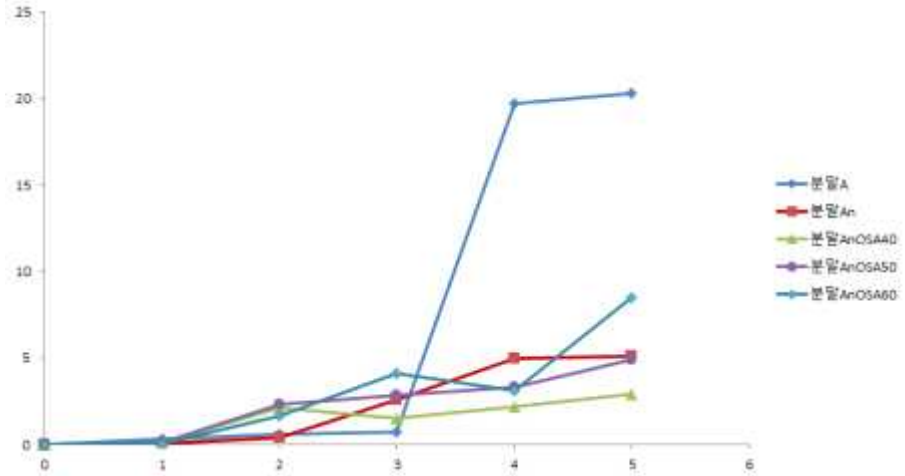


그림 4-2. 어닐링전분 어닐링OSA를 포함한 만두피 분말의 냉해동 안정성

라) 만두피의 물성 측정

(1) 증자 후 물성

알파미분 및 세정수 시료로 대체된 만두피를 엄지식품의 찐만두 제조공정에 따라 30분간 찐 후 물성을 측정하였다. 알파미분으로 대체한 경우(만두피B~D) 모두 경도와 씹힘성이 낮아졌고 알파미분으로 14.6% 대체(만두피D)한 경우 부착성도 감소하였다. 알파미분과 세정수 정제전분을 혼합하여 대체한 경우(만두피E~G)에도 경도와 씹힘성, 회복력이 감소하였으나 세정수 정제전분만 첨가한 경우 대조군보다 경도와 부착성이 높았고 나머지 특성은 대조군과 유사했다.

다양한 변성전분으로 제조한 세정수 시료로 타피오카전분 4.6%를 대체한 만두피의 물성을 측정한 결과는 표 7과 같았다. 세정수 정제전분과 침전분말, 어닐링OSA전분을 첨가한 만두피는 기존 만두피에 비해 경도와 부착성이 증가하고 응집성은 약간 감소하였다. 대체한 시료의 종류에 따라 경도와 부착성 등의 특성이 달라졌으나 만두피의 탄성은 거의 유사했다.

표 4-7. 알파미분과 알파미분 및 세정수 정제전분으로 대체한 만두피의 텍스쳐 특성

시료	경도	부착성	탄성	응집성	씹힘성	회복력
만두피A(대조군)	1206.41 ±235.81	-174.29 ±35.52	0.93 ±0.01	0.81 ±0.03	903.03 ±161.83	0.61 ±0.02
만두피B	997.24 ±144.52	-178.28 ±37.31	0.92 ±0.01	0.81 ±0.02	745.60 ±103.99	0.59 ±0.01
만두피C	1111.21 ±108.82	-187.89 ±23.00	0.92 ±0.01	0.80 ±0.01	822.25 ±79.89	0.58 ±0.01
만두피D	1013.13 ±157.29	-135.67 ±17.97	0.93 ±0.01	0.78 ±0.01	739.17 ±110.10	0.57 ±0.01
만두피E	1444.82 ±153.46	-224.58 ±32.23	0.92 ±0.01	0.72 ±0.02	959.44 ±0.28	0.50 ±0.01
만두피F	1109.72 ±301.00	-201.65 ±53.71	0.92 ±0.01	0.69 ±0.02	700.27 ±181.91	0.47 ±0.02
만두피G	1124.17 ±80.26	-194.51 ±27.07	0.93 ±0.01	0.67 ±0.01	701.29 ±48.08	0.45 ±0.01

표 4-8. 타피오카전분을 세정수 변성전분으로 대체한 만두피의 텍스쳐 특성

만두피 대체시료	경도	부착성	탄성	응집성	씹힘성	회복력
생전분	1474.46 ±162.17	-252.91 ±25.85	0.91 ±0.01	0.65 ±0.03	965.87 ±124.50	881.63 ±111.24
세정수 정제전분	1444.82 ±153.46	-224.58 ±32.23	0.92 ±0.01	0.72 ±0.02	959.44 ±0.28	0.50 ±0.01
세정수 침전분말	1485.09 ±229.57	-336.69 ±115.21	0.90 ±0.02	0.72 ±0.01	964.24 ±139.20	0.49 ±0.01
어닐링전분(40℃)	1324.62 ±205.57	-239.22 ±38.46	0.91 ±0.01	0.74 ±0.02	887.58 ±124.95	0.52 ±0.02
어닐링전분(50℃)	1262.50 ±209.27	-215.82 ±56.36	0.91 ±0.02	0.74 ±0.03	849.07 ±116.40	0.51 ±0.02
어닐링OSA전분(40℃)	1375.68 ±107.65	-251.37 ±39.57	0.91 ±0.01	0.72 ±0.02	892.43 ±76.30	0.49 ±0.02
어닐링OSA전분(50℃)	1065.93 ±146.33	-168.72 ±26.68	0.92 ±0.01	0.71 ±0.02	685.38 ±127.96	0.47 ±0.01

(2) 냉동 재가열 후 물성

찐만두용 만두피는 찐만두 유통과정과 같이 만두피를 -70℃에서 급속동결 후 냉동저장하였고 찐만두를 취식하는 방법대로 전자레인지로 재가열하여 물성을 측정하였다. 표 8과 같이 기존 만두피는 경도가 약 3배 증가하였고 첨가물에 따라 경도증가가 6배까지 증가하였으나 **세정수 침전분말과 어닐링OSA전분을 첨가한 경우에는 경도가 유지되거나 감소**하므로, **세정수 분말이나 어닐링OSA 전분은 냉동 찐만두의 식감을 개선시킬 수 있는 첨가제로 활용이 가능**하다고 판단하였다.

표 4-9. 냉동저장 후 전자레인지로 재가열한 찐만두피의 물성

만두피 대체시료	경도	부착성	탄성	응집성	씹힘성	회복력
대조군(A)	3521.112±940.28	-213.65±96.48	0.89±0.04	0.77±0.11	2204.60±1601.01	0.43±0.12
알파미분(B)	12954.78±0.06	-411.44±0.00	0.00±0.00	-0.05±0.05	0.00±0.00	3.22±1.68
알파미분+세정수 정제전분(F)	3389.41±770.18	-581.56±108.19	0.88±0.01	0.91±0.04	2717.04±571.63	0.60±0.04
세정수 정제전분	9251.60±3546.10	-41.72±37.48	0.51±0.35	0.42±0.31	2290.27±1917.85	1.09±1.35
세정수 침전분말	**1720.57±370.26**	-422.91±147.91	0.89±0.01	0.95±0.05	1446.71±33.69	0.59±0.04
어닐링전분(40℃)	2258.28±818.09	-216.85±200.27	0.089±0.03	0.87±0.05	1740.26±655.23	0.49±0.03
어닐링전분(50℃)	1812.76±436.75	-156.47±155.90	0.89±0.07	0.86±0.07	1367.09±313.69	0.51±0.04
어닐링OSA전분(40℃)	**747.15±104.08**	-201.12±63.92	0.89±0.02	0.95±0.04	628.00±85.71	0.65±0.03
어닐링OSA전분(50℃)	**914.12±344.79**	-254.17±87.46	0.88±0.01	0.97±0.03	776.02±272.04	0.65±0.04

마) 만두피의 관능적 특성

찐만두용 만두피의 관능평가는 색, 향, 단단함에 대한 특성차이조사와 전체적인 기호도를 실시하였고, 그 결과는 표 4-10과 같았다. 세정수 전분 및 분말, 어닐링전분과 어닐링OSA전분을 첨가하여 만두피를 제조한 결과 색과 향은 시료간에 큰 차이가 없었으나 단단함과 기호도는 큰 차이를 나타냈다. 기존 만두피 조건인 대조군은 단단함이 가장 컸고 기호도는 가장 낮았으며 세정수 전분을 포함하여 변성전분을 첨가한 경우 모두 만두피의 질감이 부드러워지고 기호도가 증가하였음을 확인하였다.

표 4-9. 냉동저장 후 전자레인지로 재가열한 찐만두피의 관능검사

만두피 대체시료	색	향	텍스쳐 (단단함)	전체적인 기호도
대조군(A)	2.00±1.00	2.00±0.71	4.60±0.55	1.20±0.45
세정수 정제전분	3.00±0.71	2.00±0.71	1.80±0.45	3.40±1.14
세정수 침전분말	3.00±0.71	2.00±0.71	2.80±0.84	3.00±1.22
어닐링전분(50℃)	2.00±0.71	2.00±0.71	2.20±0.45	3.80±0.84
어닐링OSA전분(40℃)	2.00±1.22	2.00±0.71	2.00±0.71	3.60±1.14
어닐링OSA전분(50℃)	2.40±0.89	2.00±1.00	2.20±1.10	3.00±1.87

나-3. 제2협동과제 - 순천향대학교

<1차년도>

1) 쌀단백질 분리 시 용액의 pH에 따른 단백질 수율 및 특성

가) 실험방법

(1) 쌀로부터 단백질 분리

- pH에 따른 단백질 수율 및 특성을 분석하기 위하여 신동진 멥쌀(9.5분도미)을 가지고 다음과 같은 방법으로 단백질을 분리하였음 (그림 1-1).

- 신동진 쌀알을 씻고 난알 상태로 2시간 수침한 후 쌀의 중량의 약 2배 정도의 NaOH 또는 HCl 수용액을 넣어 pH를 조건별로 조정하고 1시간 수침하였음. 실온에서 수침 후 푸드 믹서기로 마쇄하여 100 mesh, 270 mesh 체를 차례로 통과시켰고, 원심분리기를 이용하여 상층액을 따로 분리하였음. 모아진 상층액은 1 N HCl 용액을 사용하여 pH 4.5로 등전점을 맞춘 다음, 증류수로 씻어 원심분리하여 단백질을 얻었음. 분리된 단백질은 - 80℃ 냉동고에 넣어 얼린 다음 동결건조기로 건조하였고, 이를 분쇄하여 100 mesh 체를 통과시켜 시료로 사용하였음.

- 쌀단백질은 등전점 부근인 pH 4-5 범위에서 용해도가 가장 낮고, 알칼리나 산성이 증가할수록 용해도가 증가하는데, 이는 쌀 구성단백질의 대부분을 차지하는 글루텔린 단백질의 용해도가 알칼리와 산성에서 높기 때문이라고 알려져 있음.

- 용해도가 가장 높은 알칼리에서 분리한 단백질의 용해도를 pH 조건별로 분석한 결과, pH 2에서 30%, pH 3, 4, 5, 6에서 각각 9.2%, 2.7%, 3.7%, 3.0%였으며, pH 10에서 67.3%, pH 11에서 75%로 알칼리 조건에서 용해도가 증가하였음.

- 알칼리 추출법을 사용하여 단백질을 분리하는 것이 일반적이기 때문에 보통 알칼리 범주인 pH 9-11 범위에서 단백질을 분리하기는 하지만 구조의 변화, 어두운 색깔 등 단점들이 있어, 본 연구에서는 pH 범위를 다양화하여 단백질을 분리해보고, 수율과 특성을 비교하였음. pH 2에서 분리한 경우 수율이 1.7%, pH 7과 9에서는 약 0.25%, pH 12에서는 3.6%를 나타내어 용해도와 마찬가지로 알칼리 조건에서 분리수율이 가장 높았고, 그 다음이 산성조건 이었음.

- 일반적으로 백미에서의 단백질 함량은 6-7% 범위라고 알려져 있으나 본 연구에서는 약 4% 수율의 단백질을 분리할 수 있었음.

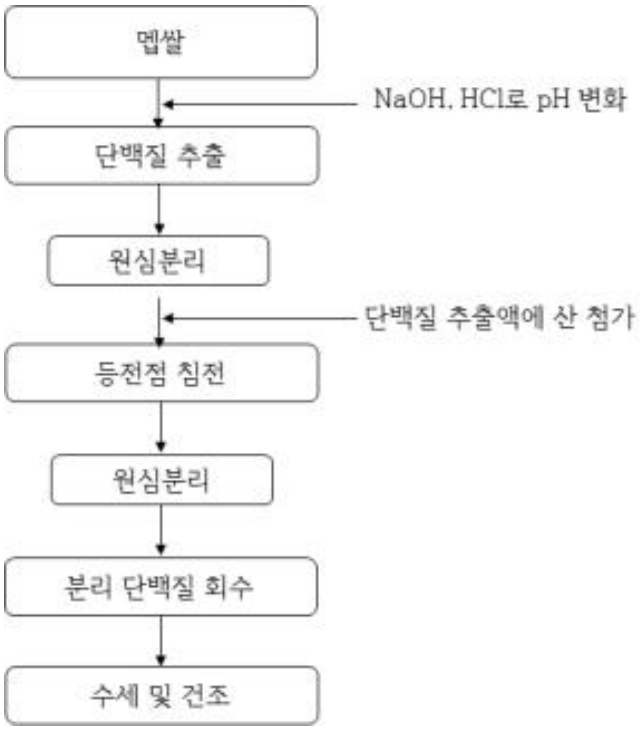


그림 1-1. 백미로부터 쌀단백질 분리과정

(2) 분리한 단백질의 단백질 함량 및 열적 특성

- Kjeldahl 분해법을 이용하여 단백질 함량을 분석하였음.
- 시차주사열량계(DSC)를 이용하여 단백질의 변성온도를 측정하였음.

(3) 분리한 단백질의 Sodium dodecyl sulphate polyacrylamide gel electrophoresis (SDS-PAGE)에 의한 분자량 분포 측정

- pH 조건을 달리하여 분리 정제한 단백질 분자량 분포는 SDS를 포함하는 polyacrylamide gel(Mini-protean TGX precast gels, Bio-rad laboratories, Inc., USA)을 이용한 전기영동으로 확인하였음.
- 단백질 시료를 pH 2 또는 pH 12 citrate-phosphate buffer와 섞어서 5분간 끓인 다음 gel에 loading하였음. 표준 분자량 물질로는 Prosi Prestained Protein Marker(Broad range P8500, GenDEPOT, USA)를 사용하였고, 전기영동은 180 mA로 시행하였으며, staining buffer(Brilliant Blue G 1g, Methanol 450mL, Glacial acetic acid 100mL, H_20 450mL)와 destaining buffer(Methanol 100mL, Glacial acetic acid 100mL, H_20 800mL)로 염색 및 탈색을 하였음.

(4) Circular Dichroism Spectrometer (CD)에 의한 단백질의 2차구조 분석

- CD 검출기(Chirascan plus, UK)로 190~250nm 파장 범위에서 Far-ultraviolet circular dichroism (far-UV CD)을 측정하여 시료의 2차 구조를 분석했음.

나) 실험결과

(1) 분리한 단백질의 단백질 함량 및 열적 특성

- pH 조건별로 분리한 쌀단백질들의 단백질 함량은 pH 9를 제외하고 80% 이상의 높은 순도를 나타내었음. 시차주사열량계(DSC)로 분석한 단백질의 변성온도는 67℃였으며, 조건에 따른 차이는 나타나지 않았음 (표 1-1과 표 1-2).

표 1-1. pH 12 조건에서 분리한 쌀단백질의 열적특성

	To (℃)	Tp (℃)	Tc (℃)	ΔH (J/g)
단백질	60.43	67.27	76.2	1.41

표 1-2. pH 조건을 달리하여 분리한 쌀단백질의 단백질 함량

pH 조건	단백질 함량
pH2	96.1±4.81
pH9	63.3±2.36
pH12	82.46±0.06

(2) SDS-PAGE에 의한 분자량 분포 측정결과

- SDS-PAGE를 활용하여 용해도가 높은 조건인 pH 2와 pH 12 에서 분리한 쌀단백질을 각각 분리조건과 같은 pH 또는 다른 pH에 용해시켰을 때 모든 pH 조건에서 쌀단백질의 주요 단백질인 글루텔린이 확인되었으며, pH에 따라 용해되는 단백질의 band 위치가 달라짐을 확인할 수 있었음. (그림 1-2)

- pH 2에서 분리한 쌀단백질을 pH 2에서 용해(A)시키면 19-23 kDa에서 band가 가장 진하게 나타났고, 각 분자량마다 흐린 band가 나타남을 확인할 수 있는 반면, pH 2에서 분리한 쌀단백질을 pH 12에서 용해(B)시키면 19-23 kDa에서 A시료와는 다른 위치의 band가 진하게 나타났으며, 분자량이 큰 band는 검출되지 않았음

- pH 12에서 분리한 쌀단백질을 pH 2에서 용해(C)시키면 A시료와 같은 위치인19-23 kDa에서 band가 가장 진하게 나타났고, 각 분자량마다 흐린 band가 나타남을 확인할 수 있는 반면, pH 12에서 분리한 쌀단백질을 pH 12에서 용해(D)시키면 β-subunit (19-23 kDa) 뿐만 아니라 α-subunit (30-40 kDa)에서도 진한 밴드가 나타났고, 51-57 kDa 글루텔린 전구체에서 밴드가 확인되었음.

- 이 결과를 통해 단백질을 분리하는 pH 조건에 따라 용출되는 단백질의 분자량 크기가 달라짐을 확인할 수 있었는데, 이는 pH 2 용액에서 용해시키는 동안 일부 수소결합, disulfie결합이 분해되어 분자 크기가 작아지면서 분자량에 따른 고른 분포를 보였고, 특히 β-subunit (19-23 kDa)이 가장 많은 양이 존재하는 것을 확인할 수 있었음. 또한, 단백질의 용해조건을 분리조건과 달리할 경우 얻어지는 단백질의 분자량이 달라짐으로써 유화액 형성, 겔화, 가식성필름 제조 등에 활용 시 단백질을 용해시키는 pH 조건은 중요한 요인으로 작용할 수 있음을 확인하였음.

- 그러나, pH 2나 pH 12와 같은 강산, 강알칼리에 용해된 상태로는 식품 가공식품을 제조할 수 없으므로 pH 7조건에서 쌀단백질을 식품가공에 사용하려면 일단 용해도를 높이는 것이 중요함.

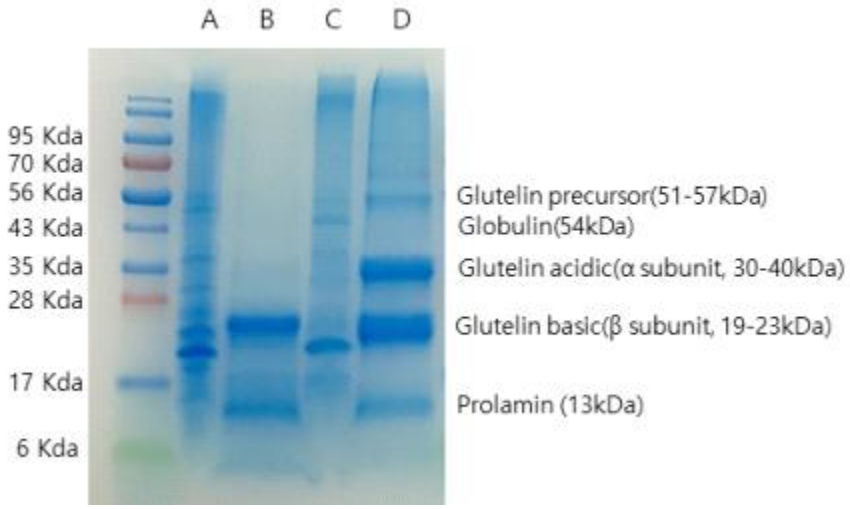


그림 1-2. pH 조건을 달리하여 분리한 쌀단백질의 SDS-PAGE
A : pH 2에서 분리한 쌀단백질을 pH 2에서 용해
B : pH 2에서 분리한 쌀단백질을 pH 12에서 용해
C : pH 12에서 분리한 쌀단백질을 pH 2에서 용해
D : pH 12에서 분리한 쌀단백질을 pH 12에서 용해

- pH 조건을 달리하여 용해도 상승효과를 확인한 결과는 그림 1-3에 나타내었음. pH 12에서 용해시킨 시료(A)는 뚜렷한 band를 보였으므로, 먼저 pH 12에서 용해시킨 후 다시 pH 7로 중화(B)시키면 pH 12에서 용해되었던 35 kDa, 56 kDa에서 보였던 band가 나타나지 않아 pH 7에서는 큰 분자량의 단백질은 용해되지 않고 작은 분자량의 단백질만 용해됨을 확인하였음.

- pH 7에 바로 용해시키는 시료(C)의 경우 용해된 band가 확인되지 않았으므로 pH 12에서 용해시킨 후 다시 pH 7로 중화시키는 방법이 용해도를 증가시킬 수 있는 좋은 방법임을 확인할 수 있었음.

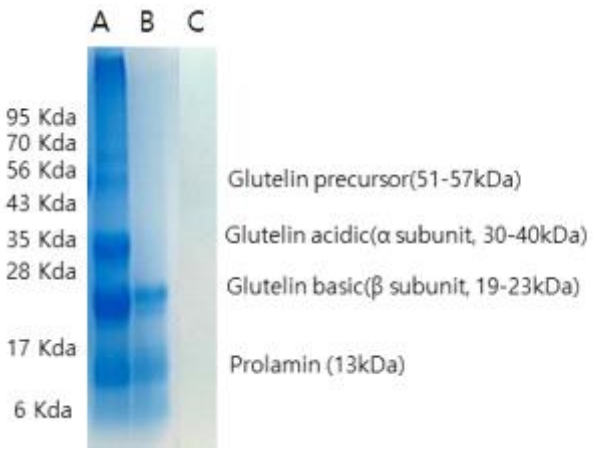


그림 1-3. pH 12에 용해시킨 다음 pH 7로 재중화시킨 쌀단백질의 SDS-PAGE
A : pH 12에서 분리한 쌀단백질을 pH 12에서 용해
B : pH 12에서 분리한 쌀단백질을 pH 12에서 용해시킨 다음 pH 7로 중화
C : pH 12에서 분리한 쌀단백질을 pH 7에 용해

(3) Circular Dichroism Spectrometer (CD)에 의한 단백질의 2차구조 분석

- pH 2와 pH 12에서 분리한 쌀단백질을 CD로 분석한 결과는 그림 1-4에 나타내었음.

- pH 2와 pH 12에서 분리한 쌀단백질을 가장 용해도가 높았던 알칼리 조건에서 용해하여 2차 구조를 분석한 결과, 192 nm에서 positive하고 209 nm와 222 nm에서 negative한 피크를 나타내는 α-helix 구조를 나타내었음.

- pH 2에서 분리한 쌀단백질의 경우는 분리에 사용되었던 pH 2에서 용해하여 2차 구조를 분석하였는데, 198 nm에서 negative한 피크를 나타내는 randon coil한 구조를 나타내었음. pH 2에서 분리한 단백질의 경우, 용해시키는 pH에 따라 단백질의 구조가 차이가 나타났고 이유를 밝히기 위하여 계속 연구를 진행중임.

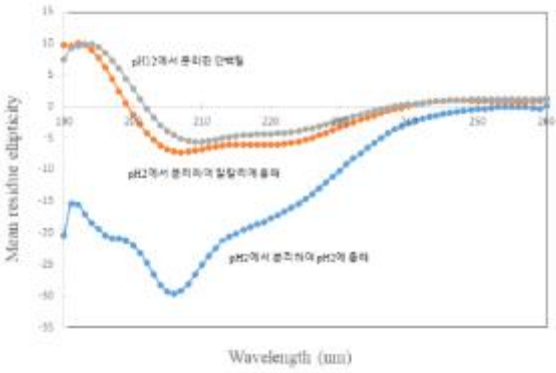


그림 1-4. Circular dichroism spectrometer에 의한 단백질의 2차 구조 분석

2) 쌀단백질 분획별 분리 및 특성 분석

- 현미와 백미에서보다 단백질 함량이 높다고 알려진 쌀겨를 이용하여 쌀 단백질의 구성단백질인 물에 녹는 알부민(albumin), 염용액에 용해되는 글로블린(globulin), 약산과 알칼리에서 용해되는 글루텔린(glutelin), 알콜에 녹는 프롤라민(prolamin)을 분리하여 함량과 각 분획의 특성을 분석하였음.

가) 실험방법

(1) 쌀단백질의 분획별 분리

- 분획별 쌀단백질은 다음과 같은 방법으로 분리하였음 (그림 1-5).

(2) 쌀겨의 안정화

- 쌀겨를 안정화하는 방법은 다음과 같았음. 현미를 도정하여 싸라기가 함유된 미강을 얻는 후, 비중 분리에 의해 미강으로부터 싸라기를 제거한 후, 싸라기가 제거된 상기 미강을 30~40 mesh의 진동체를 통해 쌀눈과 쌀겨로 분획하였음.
- 분획된 쌀겨를 110~130℃에서 5~20분동안 건열처리한 후 냉각시켜 지방분해효소의 활성이 억제되어 안정화된 쌀겨를 얻었음.

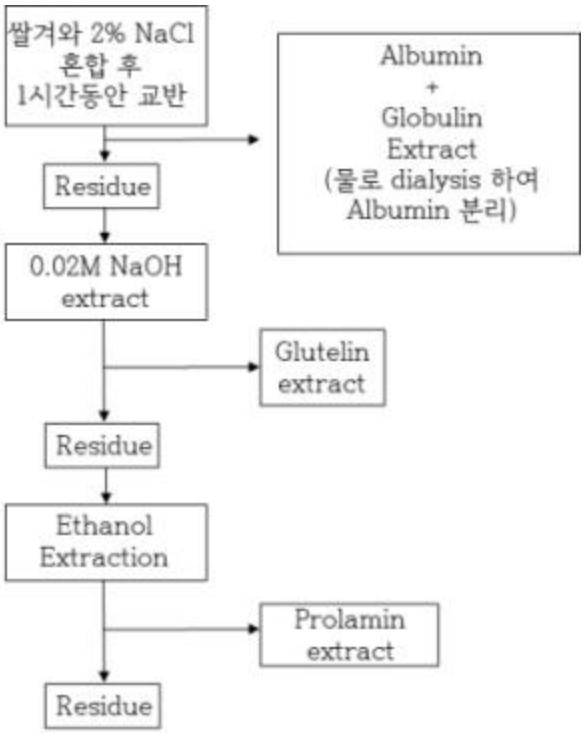


그림 1-5. 분획별 쌀단백질 분리

(3) 분리한 단백질의 단백질 함량 및 열적 특성

- Kjeldahl 분해법을 이용하여 단백질 함량을 분석하였음.
- 시차주사열량계(DSC)를 이용하여 단백질의 변성온도를 측정하였음.

(4) SDS-PAGE에 의한 단백질의 분자량 분포 측정

- 쌀겨로부터 분리한 분획별 단백질 분자량 분포는 SDS를 포함하는 polyacrylamide gel(Mini-protean TGX precast gels, Bio-rad laboratories, Inc., USA)을 이용한 전기영동으로 확인하였음.
- 단백질 시료를 pH 12 citrate-phosphate buffer와 섞어서 5분간 끓인 다음 gel에 loading하였음. 표준 분자량 물질로는 Prosi Prestained Protein Marker(Broad range P8500, GenDEPOT, USA)를 사용하였고, 전기영동은 180 mA로 시행하였으며, staining buffer(Brilliant Blue G 1g, Methanol 450mL, Glacial acetic acid 100mL, H_20 450mL)와 destaining buffer(Methanol 100mL, Glacial acetic acid 100mL, H_20 800mL)로 염색 및 탈색을 하였음.

나) 실험결과

(1) 분리된 분획별 단백질의 함량

- 위와 같은 방법으로 분획별로 단백질을 분리했을 때, 분리된 총단백질 함량은 분리에 사용된 쌀겨의 10.1%였으며, 그 중 알부민 함량이 29.8%, 글로블린은 27.3%, 글루텔린이 42.0%, 프롤라민이 1.0%로 백미에서의 단백질 함량이 약 4% 수준으로 분리되었고, 그 중 70%가 글루텔린인 것과 비교했을 때 쌀겨에서 분리한 단백질이 함량이나 구성면에서 백미 단백질과 차이가 있음을 알 수 있었음.
- 요약하면 쌀겨에서 분리한 단백질의 수율은 10%였으며, 백미보다 높은 약 30% 비율의 수용성 단백질을 분리할 수 있었음.

(2) 분리한 분획별 단백질의 열적 특성

- 분획별 단백질의 변성온도와 이에 따른 엔탈피 값은 표 1-3에 나타내었음. 변성온도는 64~67℃ 범위로 분획별 단백질간 차이는 없었음.

표 1-3. 쌀겨로부터 분리한 분획별 단백질들의 변성온도와 엔탈피

	Denaturation Temp.(℃)	Enthalpy of denaturation(J/g)
알부민	66.8	5.31
글로블린	65.1	4.18
글루텔린	64.7	3.52
프롤라민	ND	ND

(3) SDS-PAGE에 의한 단백질의 분자량 분포 측정결과

- 쌀겨로부터 분리된 글루텔린은 56 kDa, 25-28 kDa, 17 kDa에서 흐린 band가 확인되었고, 알부민의 경우는 43 kDa, 35 kDa, 17-28 kDa, 17 kDa에서 band가 확인되었으며, 글로블린은 56 kDa, 35 kDa, 28-35 kDa, 17-28 kDa에서 뚜렷한 band가 확인되었음(그림 1-6).

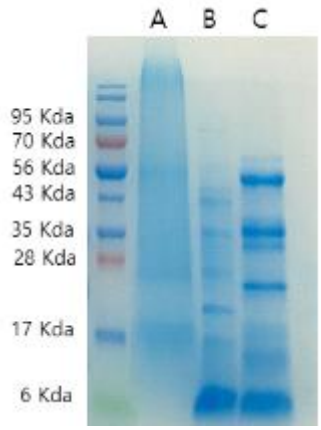


그림 1-6. 쌀겨로부터 분리한 쌀단백질의 SDS-PAGE 분석결과
A:글루텔린 B:알부민 C:글로블린

(4) 분리한 분획별 단백질의 아미노산 조성

- 백미에서 알칼리추출법으로 분리한 쌀단백질과 쌀겨로부터 분리한 분획별 쌀단백질 알부민, 글로블린, 글루텔린의 아미노산 조성을 분석하여 비교한 결과는 그림 1-7과 그림 1-8에 나타내었음.

- 백미와 쌀겨에서 단백질들의 구성아미노산을 분석한 결과, glutamic acid, arginine, aspartic acid의 함량이 높았음. 그 외에도 백미로부터 분리한 단백질의 경우 leucine과 phenylalanine 함량이 그 다음으로 높았으며, serine, alanine, valine, tyrosine 함량이 그 뒤를 따랐음. 쌀겨에서 분리한 분획별 단백질들의 경우 glutamic acid, arginine, aspartic acid 다음으로 alanine과 lysine 함량이 높았으며, glycine 함량도 낮지 않았음. 글로블린은 알부민과 달리 valine, leucine, histidine 함량이 높았으며 글루텔린은 알부민과 크게 다르지 않았음(그림 1-7).

- 유리아미노산의 경우는 분석방법 상 물에 녹는 시료에 한하여 분석이 가능하여 쌀겨의 알부민 단백질을 유리아미노산을 분석한 결과 Alanine, cystine, tyrosine, ɣ-amino-n-butyric acid, tryptopan 등이 높게 검출되었음 (그림 1-8).

그림 1-7. 백미와 쌀겨에서 분리한 쌀단백질의 구성아미노산 조성

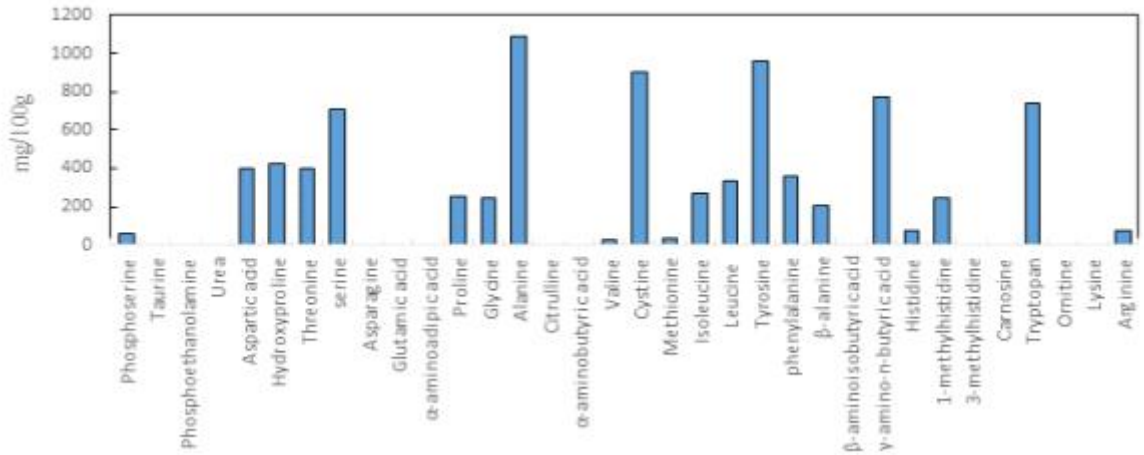


그림 1-8. 쌀겨에서 분리한 알부민의 유리아미노산 조성

3) 쌀단백질의 용해도를 향상시킬 수 있는 방법시도

가) 쌀단백질에 분리대두단백질(Isolate of soy protein, ISP)을 첨가하여 제조된 혼합물의 특성 연구

- 용해도는 단백질의 기능 특성을 나타내는 중요한 지표 중의 하나로서, 알칼리영역에서 용해도가 증가하는 이유는 알칼리에서 단백질 분자의 구조가 다소 유연해지고 풀어지기(unfolding) 때문으로, 단백질 구조가 유연해지면 단백질 내부에 있는 극성과 비극성 아미노산기가 단백질 표면으로 이동하고, 표면에 나타난 극성 아미노산은 물 분자의 수소결합과 전기적 상호작용을 통하여 단백질 용해성이 증가한다고 함.
- 쌀단백질의 특성 연구를 통해 pH 조건을 달리하여 분리한 쌀단백질을 용해조건을 달리하여 SDS-PAGE를 실시한 결과 pH 12에서 용해시킨 후 다시 pH 7로 중화시키는 방법이 용해도를 증가시킬 수 있는 좋은 방법임을 확인하였으며, RP 단독사용 보다는 다른 첨가물을 이용해서 복합체를 형성한 경우 용해도 향상 효과가 있었으므로, 식물성단백질인 분리대두단백질(Isolate of soy protein, ISP)을 첨가하여 복합체를 형성시킴으로써 용해도 상승효과를 확인해보고자 하였음.

(1) 실험방법

① RP-ISP 혼합물의 제조

- 쌀 단백질 분말(1%, w/w)을 증류수에 분산시킨 후 1N NaOH를 첨가해서 pH 12로 조정하였음. 다양한 RP/ISP 비율(R/I, w/w)의 단백질 혼합물을 얻기 위해 ISP 0.1%, 0.2%, 0.3%를 각각 RP 현탁액에 첨가한 다음 pH 12로 재조정하였고, RP-ISP 혼합액을 하룻밤 동안 교반한 후 1N HCl를 첨가해서 pH 7로 재조정하였음.

- 원심분리(1925 ×g, 10분) 후 상등액을 채취하여 -80℃ 냉동고에 넣어 얼린 다음 동결건조하였고, 이를 분쇄하여 100 mesh 체를 통과시켜 시료로 사용하였음. 침전물은 단백질 함량 분석에 사용하였음. RP only와 ISP only는 각각 ISP 또는 RP만 함유하는 단독시료로 위의 실험방법과 동일한 방법으로 제조하였음.

② 단백질 용해도 함량 측정

- 시료는 pH 7 용액에서 1 hr 동안 분산시킨 다음 1925 ×g에서 10분간 원심분리 후 얻은 침전물을 동결건조한 후 무게를 측정해서 다음과 같은 계산식에 의해 용해도를 측정하였음.

$$\text{Solubility} = \frac{P_{RP} - P_P}{P_{RP}} \times 100\%$$

이때, P_{RP}는 측정에 사용한 중량(g), Pp는 침전물의 중량(g)을 나타냄.

③ RP-ISP 혼합물의 입자형태 관찰

- 상등액 중에 RP와 ISP가 어떤 형태로 용해되어 있는지를 확인하기 위해서 RP-ISP 혼합물의 상등액 중 일부를 동결건조하였음. 솜털 같은 형태 그대로 전도성을 띤 stub 위에 얹은 후 백금으로 코팅하였음. Scanning Electron Microscope (SUPRA 55VP, Carl Zeiss, Germany)을 이용하여 5kV 가속전압에서 1000배로 확대하여 입자의 표면을 관찰하였음.

④ Circular Dichroism Spectrometer (CD)에 의한 단백질의 2차 구조 분석

- CD 검출기(Chirascan plus, UK)로 190~250nm 파장 범위에서 Far-ultraviolet circular dichroism (far-UV CD)을 측정하여 시료의 2차 구조를 분석했음.

⑤ Sodium dodecyl sulphate polyacrylamide gel electrophoresis (SDS-PAGE)에 의한 RP-ISP 혼합물의 단백질 분자량 분포 측정

- RP-ISP 혼합물의 상등액에 분산되어 있는 단백질 분자량 분포는 SDS를 포함하는 polyacrylamide gel(Mini-protean TGX precast gels, Bio-rad laboratories, Inc., USA)을 이용한 전기영동으로 확인하였음.

- 단백질 시료는 5분간 끓인 다음 gel에 loading하였음. 표준 분자량 물질로는 Prosi Prestained Protein Marker(Broad range P8500, GenDEPOT, USA)를 사용하였고, 전기영동은 180 mA로 시행하였으며, staining buffer(Brilliant Blue G 1g, Methanol 450mL, Glacial acetic acid 100mL, H_20 450mL)와 destaining buffer(Methanol 100mL, Glacial acetic acid 100mL, H_20

800mL)로 염색 및 탈색을 하였음.

⑥ 입자크기 분포도와 제타전위 측정

- RP-ISP 혼합물의 평균 입자크기와 입자 크기 분포도, 제타전위는 Zetasizer Nano instrument (Malvern Instruments Ltd, Malvern, UK)를 이용하여 분석하였으며, 분석시료는 증류수(pH 7)로 희석한 후 사용하였음.

⑦ 표면소수성(Surface hydrophobicity) 측정

- RP-ISP 혼합물의 표면소수성은 1-anilinonapthalene-8-sulphonic acid (ANS)를 형광 탐침으로 사용하여 측정하였음. RP 용액(5 mL)에 0.1~0.5%(w/w)의 ISP를 각각 첨가한 후 ANS(8 mM) 25 μL와 혼합하였음. 형광 강도는 들뜬 파장이 380 nm이고, 방출 파장이 470 nm인 Multimode microplate reader (Spark, Tecan Corp., Switzerland)를 사용하여 측정하였음. 시료의 표면소수성 값은 형광 강도와 단백질 농도 사이의 관계를 바탕으로 회귀 방정식의 초기 기울기를 계산하여 얻었음.

(2) 실험결과

① 용해도 측정 결과

- 쌀 단백질을 pH 12에서 분산시킨 후 pH 7로 조정한 경우, RP의 용해도는 31.59%를 보였음. RP에 ISP를 01%~0.5%까지 첨가함에 따라 45.16%, 60.76%, 75%, 76.14%, 78.14% 순으로 용해도가 증가하였으며, 0.3% 첨가 시까지는 급격한 증가를 보였고, 그 이후는 완만한 증가패턴을 보였음. 실험결과는 그림 1-9에 나타내었음.

- RP를 증류수에서 1시간 동안 수화시킨 후 pH 12로 조정하고 충분한 용해가 이루어질 수 있도록 하였으며, 이후 ISP를 첨가한 시료의 경우는 ISP를 첨가한 후에 다시 pH 12로 조정함으로써 ISP 첨가로 인해 낮아진 pH를 재조정해 줌으로써 충분한 용해가 이루어질 수 있도록 하였는데, 이 과정에서 RP 단독시료는 pH 7로 재조정 시 침전이 일어났으나, ISP가 첨가된 시료는 ISP 첨가량이 많을수록 분산된 형태를 유지하였음.

- 이 결과로부터 알칼리 조건에서 쌀단백질에 ISP를 첨가하면 RP와 ISP간의 사슬간 수소결합으로 인해 구조적인 변화가 일어나 RP와 ISP간에 복합체가 형성되었고, 이로 인해 쌀단백질의 구조적인 패턴을 변화됨으로써 pH 7로 재조정했을 때도 알칼리 조건에서와 같은 특성을 갖는 작은 분자량의 단백질은 침전되지 않고 용해된 상태를 유지하였으며, 용해도의 증가 효과는 ISP 첨가량이 많을수록 크게 나타남을 알 수 있었음.

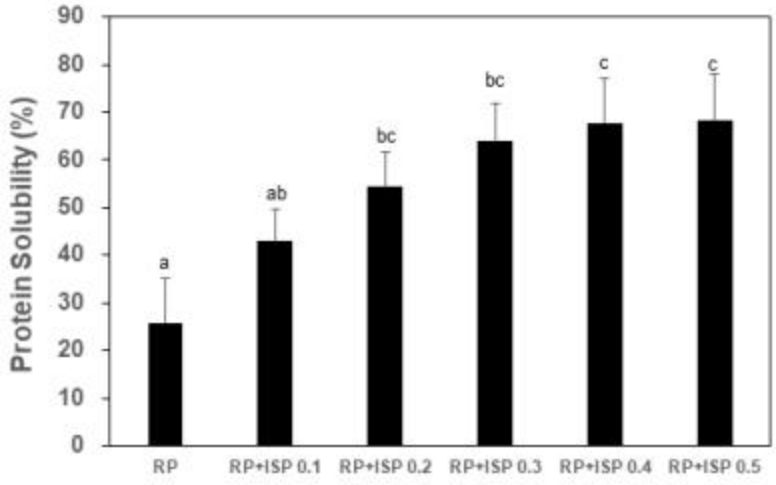


그림 1-9. RP+ISP 비율을 달리하여 제조된 혼합물의 용해도 변화
오차막대 위의 작은 글씨는 유의적인 차이를 나타냄($p< 0.05$).

② 주사전자현미경에 의한 입자모양

- RP는 원형이나 타원형 모양의 입자 형태와 얇게 펼쳐진 판이 뒤엉킨 구조도 있었음.
- ISP는 끝이 둥글고 긴 형태였음.
- RP에 ISP를 첨가하면 쌀 단백질로 형성된 넓은 필름 안에 ISP가 박혀 있고, 펼쳐진 막의 끝부분에 ISP의 둥근 모양이 보여 RP와 ISP의 결합이 이루어졌음을 확인할 수 있었음.
- 또한 ISP을 첨가하면 구조가 더 느슨하게 분산되고, ISP를 0.5% 첨가하면 RP-ISP간의 결합이 균일하게 형성된 그물망구조를 형성하였음(그림 1-10).

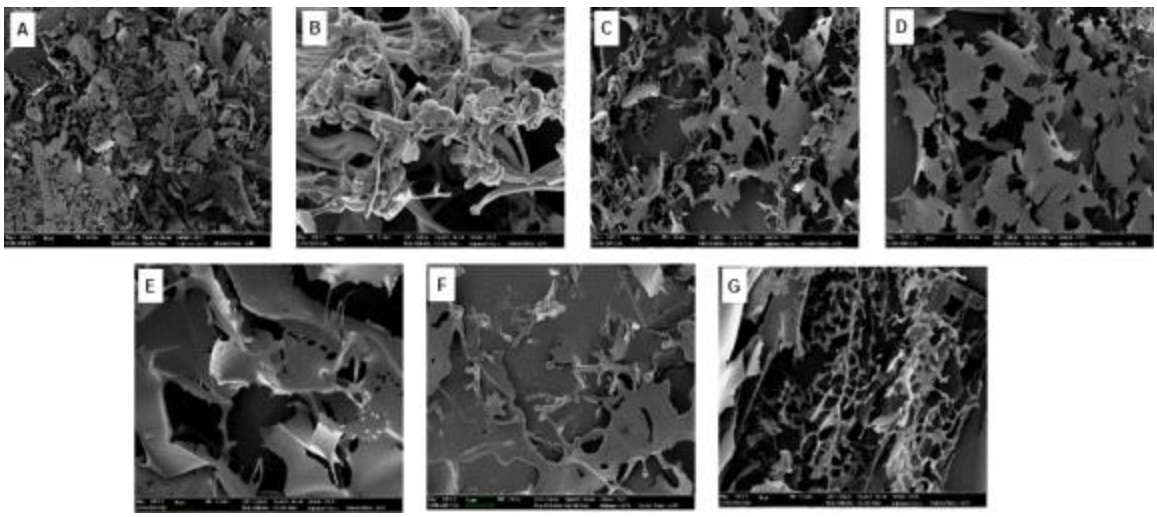


그림 1-10. 주사전자현미경을 이용한 RP-ISP 혼합물의 구조 관찰
RP(A), ISP(B), R/I비율 1:0.1(C), 1:0.2(D), 1:0.3(E), 1:0.4(F), 1:0.5(G)

③ 2차 구조분석결과

- 쌀단백질과 ISP의 비율을 달리하여 pH12에서 반응시킨 후 pH7로 재조정한 상등액을 이용하여 circular dichroism spectra로 이차구조를 분석한 결과 쌀단백질 단독과 ISP단독시료에 비해 쌀단백질-ISP 혼합시료에서는 unordered한 random coil 패턴을 보여서 복합체 형성이 이루어졌음을 확인할 수 있었음.

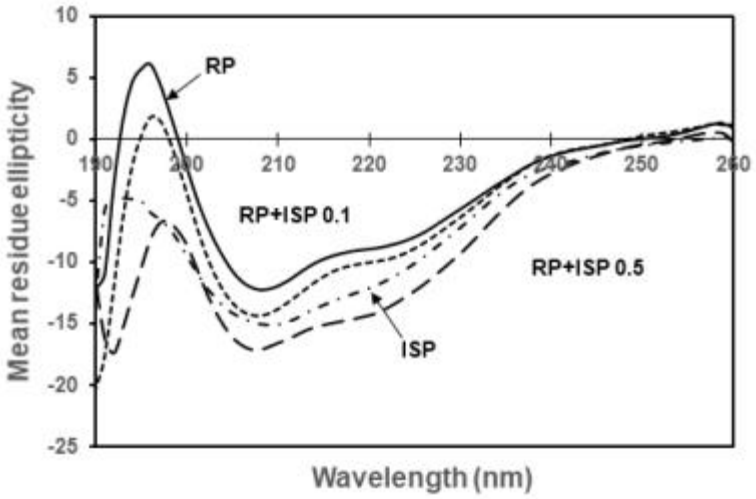


그림 1-11. RP-ISP 혼합물의 2차 구조

④ SDS-PAGE를 이용하여 분석한 RP-ISP 혼합물의 분자량분포
- pH 12에서 용해시킨 시료(A)는 56 kDa, 35 kDa, 17-28 kDa, 6-17 kD에서 뚜렷한 band를 보였음. (그림 1-12)

- 그러나, 먼저 pH 12에서 용해시킨 후 다시 pH 7로 중화(B)시키면 pH 12에서 용해시켰을 때 나타났던 56 kDa에서의 band는 거의 나타나지 않았고, 35 kDa, 17-28 kDa, 6-17 kD에서 흐릿한 band가 확인되었음. 이 결과로부터 pH 7에서는 큰 분자량의 단백질은 용해되지 않고 작은 분자량의 단백질만 용해됨을 확인하였음.

- ISP 단독시료(C)의 경우 70 kDa, 35 kDa, 17-28 kDa에서 band가 나타났으며, RP+ISP0.1 시료(D)의 경우, 시료 B와 C에서 나타났던 band가 모두 나타나 RP와 ISP간에 복합체가 형성되었음을 확인할 수 있었음.

- 또한, ISP 첨가량에 따른 변화를 동일한 희석배수(4배)에서 비교한 결과 RP-ISP혼합물(E-I)시료는 ISP 함량이 증가할수록 35 kDa과 17-28 kDa의 band가 진해짐을 확인할 수 있었으며, 이 결과는 ISP 첨가량이 증가함에 따라 용해도가 상승되었다는 결과와 일치하였음.

⑤ 입자크기분포도 (particle size distribution) 분석 결과
- RP-ISP 혼합물의 입자크기를 측정한 결과 ISP첨가량이 증가할수록 약간씩 감소하는 양상을 보였음. 이 결과로부터 쌀단백질-ISP 복합체가 용해되어 있는 상등액 중 작은 입자 형태로 분산되어 있음을 알 수 있었음(그림 1-13).

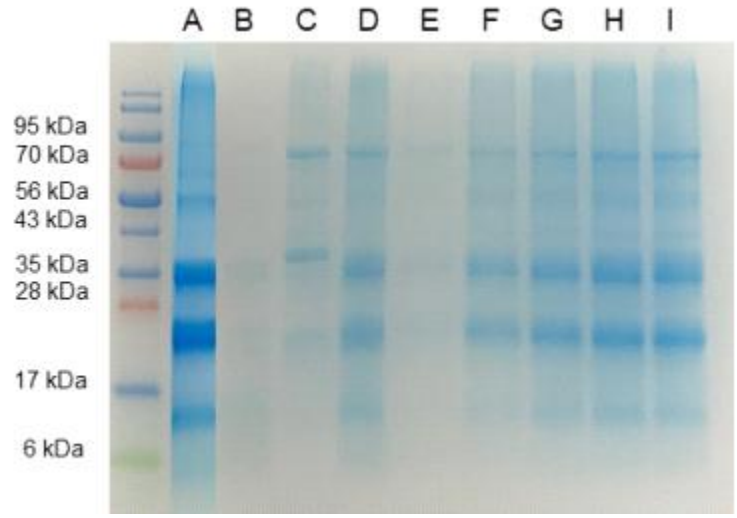


그림 1-12. SDS-PAGE를 이용한 RP-ISP 혼합물의 분자량분포

(원액) A: pH 12에 용해시킨 쌀단백질(RP), B: pH 12에 용해시킨 후 pH 7로 재중화시킨 쌀단백질, C: ISP, D: RP+ISP 0.1; (4배 희석) E: RP+ISP 0.1, F: RP+ISP 0.2, G: RP+ ISP 0.3, H: RP+ISP 0.4, I: RP+ISP 0.5

⑥ 제타전위 (Zeta potential) 분석 결과

- ISP단독시료는 함량에 따라 제타전위값에 변화가 없었으나, 쌀단백질과 ISP의 비율을 달리하여 제조된 시료는 ISP첨가량이 증가할수록 약간씩 증가하는 양상을 보이고 있는데, 이는 쌀단백질과 ISP와의 복합체 형성을 통해 전하를 띄던 그룹의 종류와 수가 달라졌기 때문으로 생각되었음(그림 1-14).

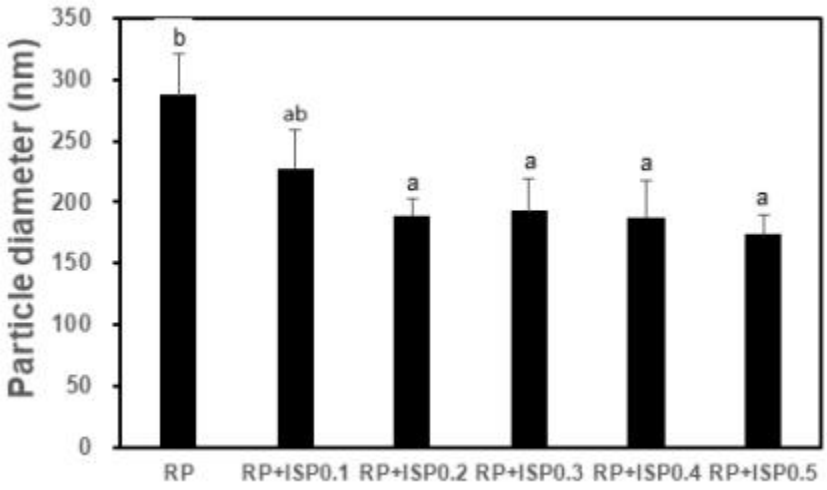


그림 1-13. RP-ISP 혼합물의 입자크기 분포도,

오차막대 위의 작은 글씨는 유의적인 차이를 나타냄($p< 0.05$).

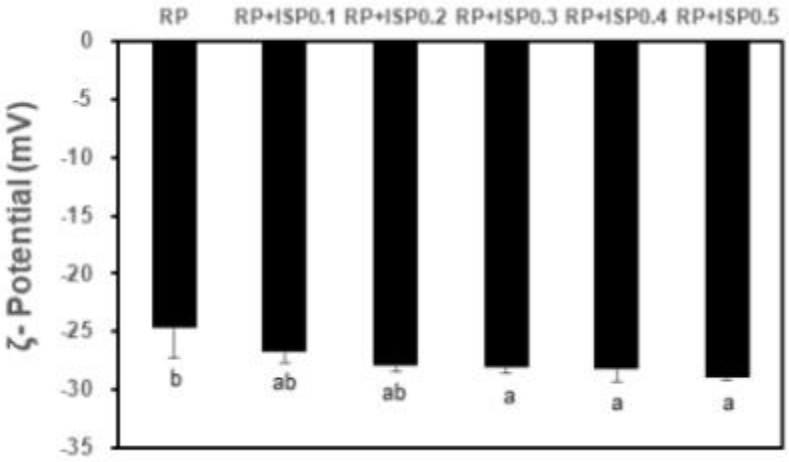


그림 1-14. RP-ISP 혼합물의 제타전위 측정결과
오차막대 위의 작은 글씨는 유의적인 차이를 나타냄($p< 0.05$).

⑦ 표면소수성 분석결과

- 단백질 성질과 구조를 관계하는 입체적 인력, 정전기적 결합 및 주변환경과의 수소결합 등은 단백질의 소수성에 영향을 미치며, 이 소수성은 또한 단백질의 여러 기능성에 영향을 미치는 것으로 알려져 있음.
- RP 단독시료는 1979를 보였고, ISP 단독시료는 0.1%~0.5%로 증가 시 427.3에서 1551로 증가 양상을 보였으며, RP와 ISP복합체의 경우 ISP 첨가량이 0.1%~0.5%로 증가 시 3165에서 4261로 증가되었음. 실험결과는 그림 1-15에 나타냄.
- 이는 RP-ISP 복합체로 인해 단백질의 재배열이 용이하게 되어 소수성 영역이 표면으로 드러나기 때문에 ISP 첨가량이 증가함에 따라 표면소수성값이 증가된 것으로 생각되었음.

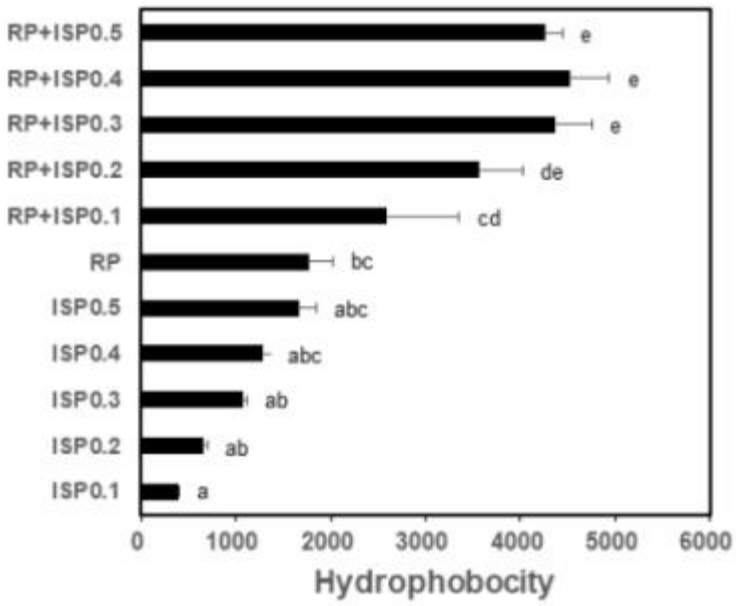


그림 1-15. RP-ISP 혼합물의 표면소수성 측정결과

오차막대 위의 작은 글씨는 유의적인 차이를 나타냄($p< 0.05$).

4) 쌀단백질 종류에 따른 쌀국수 생면의 제조 및 품질특성

가) 쌀국수 제조 방법

- 쌀국수 생면을 제조하기 위하여 신동진 쌀로부터 알칼리 추출법으로 단백질을 분리하였고, 국수 제조를 위해 호평쌀로 제분한 쌀가루를 사용하였음.
- 쌀국수 생면의 혼합 비율은 표 1-4와 같았고, 동량의 쌀가루에 검물질, 트랜스글루타미네이즈, 소금 등을 혼합하고 단백질은 쌀단백질과 분리대두단백질을 비율에 맞춰 첨가한 후, 물을 첨가하여 반죽을 만들고 40℃ 항온기에서 1시간 휴지하였음. 휴지한 반죽은 제면기를 5-6회 통과시켜 면대를 만들고 면(width × length × thickness, 0.5 × 10× 0.3 cm)의 일정한 크기로 잘랐음. 생면은 10 g을 끓는 물 200 g에 넣고 5분 동안 삶았고, 삶은 후 흐르는 차가운 물에 냉각시킨 후 조리용 체에 건져 1분간 방치하여 물기 제거 후 실험에 사용하였음. 제조한 반죽은 -5℃ 냉동고에 넣어 한 달간 보관한 후 해동하여 면을 제면기를 이용해서 만든 후 반죽 직후의 면과 냉동된 반죽을 이용한 면의 특성을 비교하였음.

표 1-4. 쌀단백질 함량별 쌀단백질 함유 쌀국수 생면의 배합율

	Rice flour (g)	SPI (g)	Rice protein (g)	PGA (g)	Transglutaminase (g)	Water (mL)	salt (g)
Rice100	60	0	2	2	0.1	40	2
Rice75		0.5	1.5				
Rice50		1	1				
Rice0		2	0				

Rice100 : 쌀단백질 100%, Rice75 : 쌀단백질 75%와 대두단백질 25% 혼합사용, Rice50 : 쌀단백질 50%와 대두단백질 50% 혼합사용, Rice0 : 대두단백질 100% 사용

나) 제조한 쌀 생면과 반죽의 색

- 쌀에는 밀가루에 함유된 글루텐을 형성할 수 있는 단백질이 없기 때문에 반죽하는 과정에서 만들어진 그물망 구조를 형성하기 어려워서 쌀가루만을 이용하여 생면을 제조하기는 어려움. 따라서 밀가루 면과 유사한 쌀 생면을 제조하기 위해서는 글루텐을 대신할 구조물을 형성해야 하며, 하이드로콜로이드, 전분, 단백질, 효소, 지방질 또는 유사곡류를 사용하여 그물망 구조를 생성시킨 글루텐 프리 쌀국수를 제조하는 연구가 이루어지고 있음. 단백질의 리신 잔기의 입실론 아미노기(ε-amino group)와 글루타미닐(glutamyl)기 사이의 가교결합 형성을 촉매하는 효소를 첨가하면 쌀 단백질간 또는 첨가한 단백질과의 그물망 구조의 형성이 가능함. 본 실험에서는 분리대두단백질과 쌀단백질을 이용하여 쌀가루와 함께 트랜스글루타미네이스 효소를 이용하여 가교결합을 형성하고, 검물질인 알긴산프로필렌글리콜을 이용하여 겔 형성 능력을 높여 쌀국수 반죽을 제조하였음. 또한 반죽을 만들어 냉동하여 보관한 후 이를 해동해 생면으로 밀어 펴서 생면을 제조하였을 때의 특성을 비교하여 냉동생지 제조 가능성을 확인하였음.

- 쌀 단백질과 분리대두단백질을 100:0, 75:25, 50:50, 0:100으로 혼합하여 쌀 생면을 제조하여 반죽, 조리된 생면, 반죽을 냉동보관한 후 조리한 생면의 색도 측정 결과는 표 1-5와 같았음. 측정한 쌀 생면 반죽의 명도 L 값은 84.70-87.41로 쌀 단백질의 혼합정도에 따른 차이는 나타나지 않았고, 적색도 a 값과, 청색도 b 값은 분리대두단백질의 혼합비율이 증가할수록 값이 증가하는

특성을 보였음.
- 쌀 단백질과 분리대두단백질을 혼합하여 제조한 쌀 생면의 명도 L 값은 63.82-68.35로 분리대두단백질 첨가량이 증가할수록 색도가 어두워지는 특성을 보였고, 청색도 b 값도 분리대두단백질이 100% 첨가된 Rice0에서 2.71로 가장 높은 값을 보였음.
- 반죽을 제조한 후 냉동시켜 보관한 다음 반죽을 해동하여 조리한 면대의 명도 L 값은 64.99-67.71로, 제조 직후 반죽을 조리한 생면과 비교하여 Rice75, Rice0에서 색도가 감소함을 알 수 있었음. 색도 b 값과 △E 값에서도 Rice75와 Rice0의 제조 직후 반죽으로 조리한 생면과 비교하였을 때 차이를 나타내었으나, 수치의 차이는 미미하였고, 외관상으로 보았을 때 반죽 제조 직후 조리한 생면과 냉동시킨 반죽으로 조리한 생면 간의 차이는 나타나지 않았음.
- 본 실험결과 냉동반죽을 이용한 생면과 제조 직후의 생면 간에 색도의 차이가 나타나지 않음을 알 수 있었고, 냉동반죽이 쌀국수의 외관상 색 특성에 영향을 미치지 않아 품질을 저하시키지 않음을 알 수 있었음.

다) 생면과 조리면의 외관 특성
- 외관의 측정은 디지털 카메라(Kento, Canon, Tokyo, Japan)를 이용하여 30 cm 높이 위에서 생면과 조리면의 외관을 촬영하여 비교하였음.
- 쌀단백질과 분리대두단백질을 혼합하여 제조한 쌀 생면과 냉동반죽 생면 면대의 외관 특성은 그림 1-16과 같았음. 쌀 생면은 그림 9와 같이 쌀 생면을 반죽기로 밀어 펴서 제조하였을 때 국수의 면발이 균일하게 제조되었음. 쌀단백질과 분리대두단백질의 혼합비율과 관계없이 유사한 품질을 나타내었으며, 면발의 형태가 균일하게 유지되는 특성을 보였음. 외관상 색은 단백질 함량과 관계없이 유사한 특성을 보였음. 냉동반죽을 이용하여 면발을 제조하였을 때 외관상으로 다소 더 노란빛깔을 나타내었으나 제조 직후 반죽으로 제조한 면발과 유사한 특성을 보이고 차이를 나타내지는 않았음.
- 쌀단백질과 분리대두단백질을 혼합하여 제조한 국수를 10 g로 분리하여 200 g의 물에 5분간 조리하여 건져낸 국수의 외관 특성은 그림 1-17과 같았음. 조리된 생면은 쌀단백질과 분리대두단백질의 혼합 정도와 관계없이 면발이 유지되는 것을 확인할 수 있었음. 이를 통해 쌀가루의 단백질과 분리대두단백질, 쌀단백질의 단백질이 가교결합 효소인 트랜스글루타미네이스에 의해 가교결합이 형성되었음을 알 수 있었고, 쌀 생면은 삶을 때 익을 때까지 면을 저어주지 않아야 탄탄한 텍스처 특성을 가지는 면으로 제조할 수 있음을 알 수 있었음.
- 냉동한 반죽을 이용하여 제조한 쌀국수의 면발은 조리과정에서 일반 생면에 비해서 잘 끊어져서 10 cm로 자른 면을 그대로 얻어내는 것이 다소 어려웠음. 냉동 과정에서 수분의 얼음 결정 형성과정에서 단백질 네트워크의 구조에 영향을 미쳐 생반죽으로 바로 국수를 제조할 때보다 더 반죽이 끊어지는 것으로 생각됨.

표 1-5. 쌀 생면 반죽, 조리된 생면, 반죽을 냉동보관한 후 조리한 생면의 색도 측정 결과

		L	a	b	△E
Dough	Rice100	87.09±0.74^{a}	-1.24±0.04^{b}	6.61±0.69^{b}	11.88±0.73
	Rice75	84.70±1.32^{b}	-1.22±0.07^{b}	6.33±0.24^{c}	13.78±1.13
	Rice50	85.32±1.00^{b}	-1.03±0.11^{a}	7.24±0.39^{b}	13.69±0.87
	Rice0	87.41±0.41^{a}	-0.94±0.02^{a}	9.58±0.02^{a}	13.53±0.29
Rice noodles	Rice100	67.09±0.40^{ab}	-1.40±0.18	1.67±0.40^{b}	29.80±0.42^{ab}
	Rice75	68.35±0.46^{a}	-1.43±0.14	2.08±0.27^{b}	28.58±0.46^{b}
	Rice50	66.38±1.28^{b}	-1.39±0.27	2.07±0.25^{b}	30.54±1.27^{a}
	Rice0	63.82±1.40^{c}	-1.18±0.07	2.71±0.35^{a}	33.13±1.37^{a}
Frozen rice noodle	Rice100	66.61±0.18^{b}	-1.43±0.14^{ab}	1.26±0.23^{b}	30.26±0.18^{d}
	Rice75	65.94±0.03^{c*}	-1.26±0.02^{a}	1.31±0.21^{b*}	30.93±0.04^{b*}
	Rice50	67.71±0.05^{a}	-1.54±0.11^{b}	1.57±0.44^{b}	29.18±0.03^{c}
	Rice0	64.99±0.06^{d*}	-1.28±0.12^{a}	3.22±0.36^{a*}	32.02±0.04^{a*}

Data represents mean±SD

$^{a-d}$Values in the same column with different letters are significantly different at $p<0.05$ by Duncan's multiple range test

*Significantly different between cooked noodle and frozen rice noodle with same substitution of rice protein by t-test($^{*}p<0.05$)

Rice100 : 쌀단백질 100%, Rice75 : 쌀단백질 75%와 대두단백질 25% 혼합사용, Rice50 : 쌀단백질 50%와 대두단백질 50% 혼합사용, Rice0 : 대두단백질 100% 사용

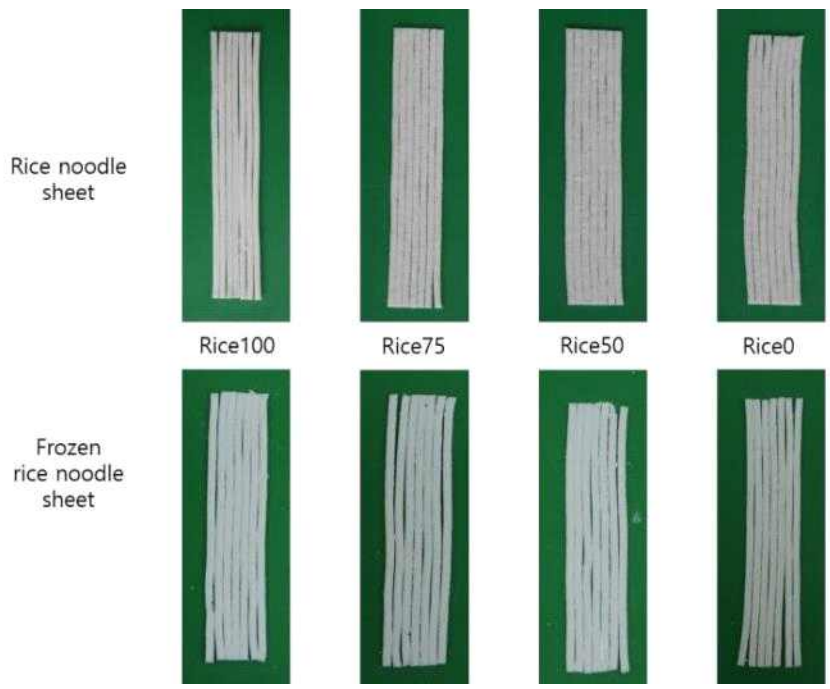


그림 1-16. 쌀단백질과 분리대두단백질을 혼합하여 제조한 쌀 생면과 냉동반죽 생면 면대의 외관 특성. Rice100 : 쌀단백질 100%, Rice75 : 쌀단백질 75%와 대두단백질 25% 혼합사용, Rice50 : 쌀단백질 50%와 대두단백질 50% 혼합사용, Rice0 : 대두단백질 100% 사용.

그림 1-17. 쌀단백질과 분리대두단백질을 혼합하여 제조한 국수의 조리 후 외관 특성. Rice100 : 쌀단백질 100%, Rice75 : 쌀단백질 75%와 대두단백질 25% 혼합사용, Rice50 : 쌀단백질 50%와 대두단백질 50% 혼합사용, Rice0 : 대두단백질 100% 사용.

라) 쌀 생면과 냉동면의 조리 특성

- 쌀단백질과 분리대두단백질을 혼합한 쌀 생면과 냉동반죽으로 조리한 면의 조리 특성을 비교한 결과는 표 1-6에 나타내었음. 조리면의 수분흡수율은 생면에서 분리대두단백질을 100% 첨가한 Rice0에서 64.84%로 가장 높은 값을 보였으며, 냉동반죽에서는 단백질 혼합량에 따른 차이는 나타나지 않았음. 수분흡수율은 단백질 종류에 따른 영향을 받았으며, 냉동반죽의 경우 혼합에 따른 차이가 나타나지 않음을 알 수 있었음.
- 쌀 생면 10 g을 기준으로 하였을 때 쌀 생면의 부피 측정 결과 13.67-14.83 mL/ 10 g raw noodle이었으며, 단백질 혼합에 따른 차이는 나타나지 않았음.

- 일반적으로 조리손실율은 가열 과정에서 쌀가루에 존재하는 전분이 용출되어 나오면 증가하는 특성을 보이기 때문에, 품질이 좋은 쌀 생면을 제조하기 위해서는 조리 손실율을 낮추는 것이 필요함. 밀가루 면의 조리 손실율은 10% 이하로 10 g의 생면 기준으로 1을 넘지 않아야 한다는 보고가 있는데, 본 실험에서도 조리손실율은 4.89~5.12%로 10%을 넘지않아 전분의 용출이 많지 않은 것으로 판단되며, 쌀생면이 밀가루 생면과 비교하여 품질을 유지할 수 있음을 나타내주는 결과라고 판단됨.
- 냉동반죽을 이용하여 제조한 쌀 면의 조리손실율은 6.21~7.73%으로 반죽 직후 조리한 쌀 생면에 비해서 높은 값을 보였지만 10%을 넘지 않아 여전히 품질이 유지됨을 알 수 있었음.
- Gum류의 첨가는 반죽의 냉동저장 시 동결장해나 해동 시 생기는 글루텐 손상을 방지하는데 기여한다고 알려짐. 냉동반죽하여 저장하였을 때 반죽에 첨가된 검류인 알긴산프로필렌글리콜이 냉동저장 시의 단백질 네트워크 손상을 방지하는데 기여한 것으로 생각됨.

마) 쌀국수의 텍스쳐 특성

- 생면과 냉동반죽을 이용하여 면을 제조하고 압축시험을 통해 얻어진 텍스쳐 특성치는 표 1-7과 같았음. TPA 조건을 이용하여 얻어진 텍스쳐 특성치는 경도(hardness), 부착성(adhesiveness), 탄성(springiness), 응집성(cohesiveness), 씹힘성(chewiness), 회복력(resilience)이었음.
- 텍스쳐 특성치는 제조 직후 반죽으로 조리한 쌀 생면에서 경도, 응집성, 씹힘성, 회복력에서 단백질 혼합에 따른 차이를 보였음. 경도, 응집성과 씹힘성에서 분리대두단백질의 첨가량이 가

장 높은 Rice0에서 유의적으로 높은 값을 나타내었음(p<0.05). 힘을 주어 면을 변형시켰을 때의 회복성을 측정한 결과도 분리대두단백질 첨가군에서 가장 유의적으로 높은 값을 보여, 분리대두단백질로 제조한 쌀 생면이 더 단단한 구조물을 형성함을 알 수 있었음.

- 쌀 생면과 비교하였을 때 Rice75와 Rice50에서 냉동반죽의 경도 값이 유의적으로 높아 냉동반죽에서 상대적으로 더 단단한 텍스쳐를 나타냄을 알 수 있었음. 부착성은 -4.79- -1.00으로 Rice100에서 부착성이 가장 낮게 나타났고, 탄성은 0.84-0.91로 Rice50과 Rice0에서 높게 나타나, 분리대두단백질의 비율이 높을수록 탄성이 더 나타남을 알 수 있었음. 냉동반죽으로 제조한 쌀 면의 회복성도 분리대두단백질을 100% 첨가한 Rice0에서 높게 나타나 쌀 면의 제조 시에 분리대두단백질을 첨가한 경우 더 품질이 좋음을 알 수 있었음. 냉동면의 경우 쌀생면과 텍스처 품질을 비교했을 때, 동일한 단백질 혼합량을 가지고 있을 때 품질 차이가 나타나지 않고, 품질 저하가 나타나지 않아 냉동반죽을 이용한 면 제조가 가능할 수 있음을 시사해주었음.

표 1-6. 쌀 생면과 냉동반죽으로 조리한 면의 조리 특성

		Volume of cooked noodle (mL/ 10 g raw noodle)	Cooking loss of rice noodles (%)	Water absorption of noodle after cooking (%)
Rice noodles	Rice100	14.33±0.58	4.89±0.12	57.38±4.27^{b}
	Rice75	13.67±0.29	4.96±0.38	49.75±0.55^{c}
	Rice50	14.23±0.87	5.24±0.26	49.55±1.53^{c}
	Rice0	14.83±0.76	5.12±0.20	64.84±2.77^{a}
Frozen rice noodle	Rice100	15.67±0.58	7.73±0.56^{a}	49.17±6.57
	Rice75	14.50±0.50	6.59±0.16^{b}	59.14±3.78
	Rice50	15.00±0.00	6.46±0.43^{b}	58.93±3.30
	Rice0	15.00±0.50	6.21±0.29^{b}	59.15±5.27

Data represents mean±SD

$^{a-d}$Values in the same column with different letters are significantly different at p<0.05 by Duncan's multiple range test

표 1-7. 생면과 냉동반죽을 이용하여 제조한 면의 조리 후 텍스쳐 특성

		TPA test					
		Hardness (g)	Adhesiveness	Springness	Cohesiveness	Chewiness	Resilience
Rice noodles	Rice100	848.45±44.43^{b}	-2.28±0.73	0.89±0.02	0.59±0.03^{b}	445.69±51.62^{b}	0.34±0.02^{c}
	Rice75	816.70±41.32^{b}	-3.38±1.40	0.92±0.02	0.58±0.04^{b}	437.64±23.45^{b}	0.34±0.03^{c}
	Rice50	872.06±32.67^{ab}	-2.04±0.97	0.89±0.06	0.64±0.01^{a}	494.13±44.06^{ab}	0.38±0.01^{b}
	Rice0	931.05±52.40^{a}	-1.50±0.90	0.90±0.04	0.65±0.02^{a}	546.58±60.14^{a}	0.41±0.01^{a}
Frozen rice noodle	Rice100	885.56±6.29^{b}	-1.00±1.05^{a}	0.87±0.02^{bc}	0.62±0.02	475.32±24.42	0.34±0.01^{c}
	Rice75	886.30±8.89^{b*}	-4.79±1.11^{b}	0.84±0.02^{c*}	0.64±0.02*	476.36±18.30*	0.36±0.02^{ab}
	Rice50	933.46±21.24^{a*}	-3.95±1.90^{b}	0.89±0.03^{ab}	0.60±0.02*	502.36±27.64	0.35±0.01^{bc*}
	Rice0	953.41±28.00^{a}	-3.14±0.56^{b*}	0.91±0.03^{a}	0.60±0.02*	524.39±45.24	0.38±0.01^{a*}

Data represents mean±SD

$^{a-d}$Values in the same column with different letters are significantly different at $p<0.05$ by Duncan's multiple range test

*Significantly different between cooked noodle and frozen rice noodle with same substitution of rice protein by t-test($^{*}p<0.05$); 100%, 75%, 50%, and 0% refer to the substitution percentages of rice protein in noodle dough

바) 쌀국수의 신장력

- 쌀 생면과 냉동반죽을 이용하여 면을 제조하고 조리한 후, 신장시험을 통해 얻어진 신장력(g)과 끊어질 때까지의 거리(mm)를 측정한 특성치는 표 1-8에 나타내었음. Tensile rig를 이용하여 조리된 면을 rig의 양쪽에 두 바퀴씩 감아 면이 미끄러져서 빠지는 것을 방지하여 양끝으로 잡아당겨 신장력을 측정하였음. 반죽 직후 제조한 조리한 쌀 생면에서 신장력은 43.93-47.00 g으로 단백질 혼합비율에 따른 유의적인 차이가 나타나지 않았음. 반면 냉동반죽으로 조리한 쌀 면은 25.54-37.56 g로 신장력이 감소하는 특성을 보였음. 쌀 생면에서 신장력이 높은 것은 겔 구조가 그물망 구조이며 배열이 비교적 일정하여 안정적인 구조를 나타내기 때문으로, 냉동 과정에서는 그물망 구조의 영향으로 생 반죽에 비하여 빠르게 끊어지는 특성을 보임을 알 수 있었음.

- 끊어질 때까지의 거리를 측정하였을 때 생 반죽은 35.68-39.63 mm으로 단백질 첨가량 간의 차이는 나타나지 않았음. 냉동반죽은 끊어질 때까지의 거리가 31.07-35.94 mm로 쌀 단백질의 첨가량이 높은 반죽에서 더 빠르게 끊어지는 특성을 보였음. 쌀 단백질이 분리대두단백질에 비해 단백질 네트워크 형성에 있어서 품질이 떨어지지만, 그 차이가 크지 않으며 혼합하여 사용 시에는 분리대두단백질과 거의 유사한 특성을 보이고 있어, 쌀 단백질도 쌀국수 생면 제조에 사용할 수 있을 것으로 사료됨. 또한 냉동반죽을 활용하여 쌀 생면을 제조하기 위해서는 냉동 시에 반죽의 단백질 가교결합 구조의 안정성을 증진시키기 위해서, 추가적인 검 물질의 첨가 등을 통해서 품질 보완을 할 수 있을 것으로 생각됨.

표 1-8. 생면과 냉동반죽을 이용하여 제조한 면의 조리 후 텍스쳐 특성

		Tensile test	
		Elastic Limit/Tensile Strength (g)	Distance (mm)
Rice noodles	Rice100	44.33±3.48	39.63±5.38
	Rice75	46.89±1.39	37.28±1.32
	Rice50	43.93±7.13	37.38±2.51
	Rice0	47.00±5.35	35.68±4.93
Frozen rice noodle	Rice100	26.38±1.37^{c*}	32.12±1.24^{b}
	Rice75	25.54±1.98^{c*}	31.07±1.52^{b*}
	Rice50	32.15±1.02^{b*}	35.94±2.67^{a}
	Rice0	37.56±3.67^{a}	35.41±0.61^{a}

Data represents mean±SD

$^{a-d}$Values in the same column with different letters are significantly different at $p<0.05$ by Duncan's multiple range test

*Significantly different between cooked noodle and frozen rice noodle with same substitution of rice protein by t-test($^{*}p<0.05$); 100%, 75%, 50%, and 0% refer to the substitution percentages of rice protein in noodle dough

<2차년도>

1) 분리된 쌀단백질(Rice protein, RP)의 소재화

가) 쌀에서 분리한 쌀단백질의 유화능 분석

(1) 쌀단백질로 안정화한 유화액의 안정성

- 그림 2-1과 같은 방법으로 분리한 쌀단백질은 강산과 강알칼리 조건에서만 용해되고 식품에서 활용 가능한 중성부근의 pH에서는 거의 용해되지 않는다는 제한점을 갖고 있음. 그러므로 중성의 pH에서 유화액을 제조하기 위하여 쌀단백질을 용해하는 경우, 단백질은 분산되지 못하고 거의 가라앉게 됨.

- 결국 분리된 쌀단백질 자체로는 중성 pH에서 유화액을 제조하는 것은 어렵고, 용해된 부분만을 갖고 유화액을 제조한다고 하더라도 안정성을 유지하기 어려움.

- 그러므로 본 연구에서 쌀단백질로 안정화한 유화액을 제조하기 위하여 즉 쌀단백질의 용해도를 향상시키기 위한 여러 가지 방법을 시도하던 중, 쌀단백질을 먼저 분리과정에서 사용한 pH 즉 pH 12에서 용해시키고 pH를 다시 7로 재조정하는 경우, 쌀단백질이 완전히 가라앉지 않고 분산액을 유지할 수 있음을 확인하였음.

- 그 결과, pH 7 조건에서도 유화액의 안정성을 높이는 효과를 얻을 수 있었고, 이 결과로부터 천연 유화제로서의 쌀 단백질의 활용가능성을 확인할 수 있었음.
- 이후에 기술되는 연구결과에서 쌀단백질(RP)만으로 안정화한 유화액은 pH 12에서 먼저 용해시키고 pH를 다시 7로 재조정하여 사용한 것임.

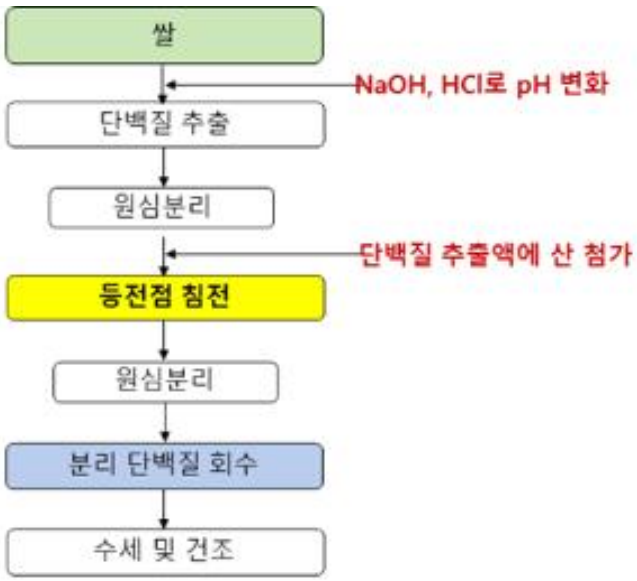


그림 2-1. 쌀단백질 분리방법

나) 쌀단백질의 유화능을 향상시킬 수 있는 방법시도

(1) 쌀단백질에 분리대두단백질을 첨가하여 제조한 유화액의 안정성

(가) 실험방법

① RP-ISP(Isolate of soy protein, ISP) 혼합물의 제조

- 쌀 단백질 분말(1%, w/w)을 증류수에 분산시킨 후 1N NaOH를 첨가해서 pH 12로 조정하였음. 다양한 RP/ISP 비율(R/I, w/w)의 단백질 혼합물을 얻기 위해 ISP 0.1%, 0.2%, 0.3%를 각각 RP 현탁액에 첨가한 다음 pH 12로 재조정하였고, RP-ISP 혼합액을 하룻밤 동안 교반한 후 1N HCl를 첨가해서 pH 7로 재조정하였음. 원심분리(1925 ×g, 10분) 후 상등액을 채취하여 유화제 시료로 사용하였고, 침전물은 단백질 함량 분석에 사용하였음. RP only와 ISP only는 각각 ISP 또는 RP만 함유하는 단독시료로 위의 실험방법과 동일한 방법으로 제조하였음.

② RP-ISP 혼합물을 이용한 유화액의 제조

- RP-ISP 혼합액과 콩기름을 이용하여 수중유적형 유화액을 제조하였고, 유화액 제조시 콩기름의 첨가량은 ISP 첨가량을 달리하여 제조된 RP-ISP 혼합액의 용해도를 기준으로 실제 용해된 시료의 양과 동량(1:1) 또는 3배(1:3)의 양을 첨가하였음. 유화액을 제조하기 위하여 먼저 단백질 혼합액과 콩기름을 분량대로 혼합하였고, 먼저 고속 블렌더(ULTRA-TURRAX model T25 digital, IKA, Germany)를 사용하여 7000 rpm에서 1분간 균질화시킨 다음 microfluidizer(Picomax MN 250A, Micronox, Seongnam, Korea)를 이용하여 0.5 MPa에서 3번 통과시킴으로써 나노 크기의 유화액을 제조하였음. 유화액은 4°C에서 0, 2, 4, 6주간 저장하면서 유화액 안정성의 변화를 측정하였음.

③ 유화액의 입자크기 분포도와 제타전위 측정

- 유화액의 평균 입자크기와 입자 크기 분포도, 제타전위는 Zetasizer Nano instrument (Malvern Instruments Ltd, Malvern, UK)를 이용하여 분석하였으며, 분석시료는 증류수(pH 7)로 희석한 후 사용하였음.

(나) 실험결과

① 입자크기분포도 (particle size distribution)

- RP-ISP 혼합액을 유화제로 활용하여 제조한 유화액의 입자크기 분포도는 그림 2-2에 나타내었음. 사용된 오일 함량이 증가하면 입자 크기가 증가하였고, ISP 첨가량이 증가함에 따라 입자크기가 증가하였음. 그러나 모든 유화액의 평균입자크기가 300 nm이하로 ISP가 첨가되더라도 안정한 유화액이 제조되었음.

- RP-ISP 혼합물 및 오일 비율이 1:1 또는 1:3인 경우, 저장 4주까지 모든 샘플에서 큰 변화가 없었으나, 6주 동안 저장하면 1:1 비율에서는 RP 단독 유화액과 ISP 0.1% 첨가 유화액에서 입자크기가 증가한 반면, ISP 0.2%와 0.3% 첨가된 유화액은 입자크기에 큰 변화가 없었음. 즉, RP만을 유화제로 하여 제조한 유화액의 경우, 제조한 직후에는 안정한 유화액이 형성되는 것처럼 보이나, 저장함에 따라 유화액이 불안정해지는 것을 확인할 수 있었고, ISP를 RP와 함께 사용한 경우는 저장 6주에도 입자크기가 유지되어 안정한 유화액이 형성됨을 알 수 있었음.
- RP-ISP 혼합물 및 오일 비율이 1:3 비율에서는 RP 단독 유화액에서 입자크기가 급격히 커지고 유화액의 분리가 일어났고, ISP를 첨가한 유화액에서는 입자크기에 큰 변화가 없었음.

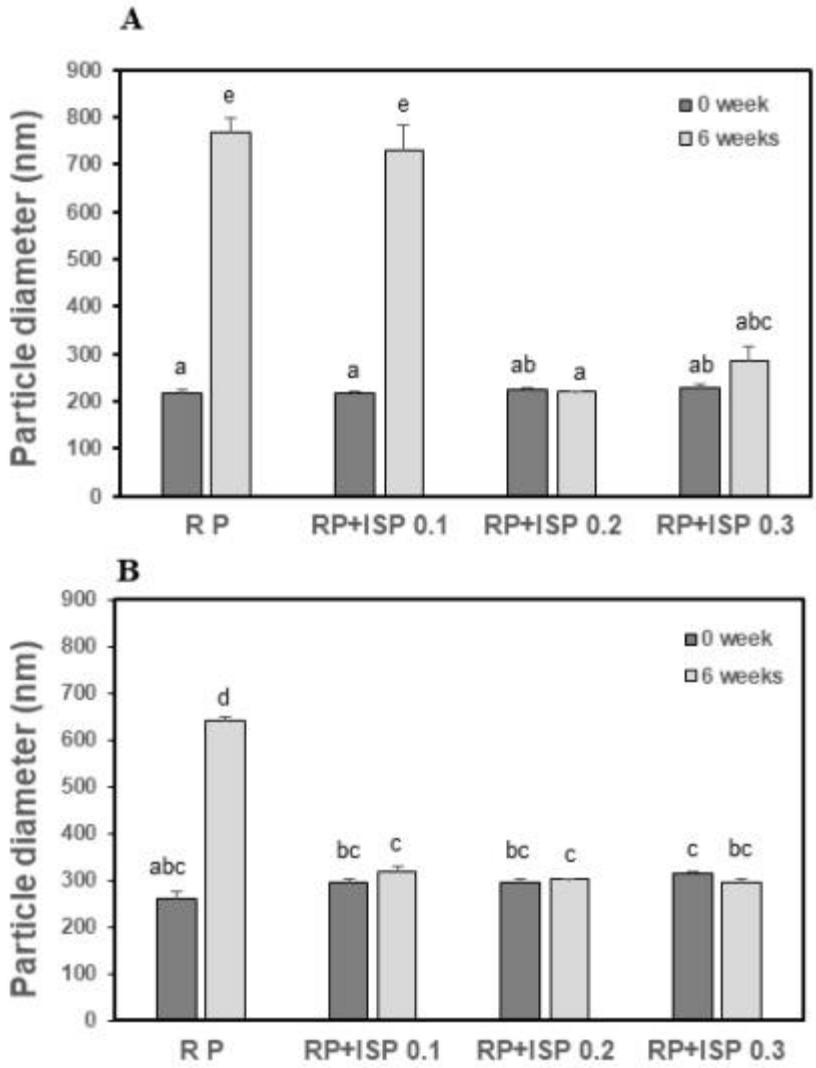


그림. 2-2. RP-ISP 혼합물을 이용하여 R/I 1:0, 1:0.1, 1:0.2, 1:0.3 비율로 제조한 유화액을 6주동안 저장 중 입자크기분포도의 변화. A. R/I 혼합물:오일비율(1:1); B. R/I 혼합물:오일비율(1:3) * 오차막대 위의 다른 윗첨자는 유의적인 차이를 보임(p<0.05).

② 제타전위 (Zeta potential) 분석 결과

- 모든 시료에서 오일 함량이 1배에서 3배로 증가하면 제타 전위는 감소하였음. 동일한 오일농도에서 RP에 첨가된 ISP양이 증가하더라도 제타 전위값이 크게 변하지는 않았지만 RP 단독시료보다는 음전하가 줄어드는 경향을 나타내었음.
- 그러나, 6주 저장하는 동안 제타 전위값의 음전하가 모두 감소하는 경향이었고, 단백질간 반발력에 영향을 주었을 것으로 예측되었으며 유화액의 안정성이 저하될 것으로 추측하였으나, 입자크기 결과로 보아 RP와 ISP 혼합액을 유화액으로 사용하는 경우 안정한 유화액에 제조됨을 알 수 있었고, 본 연구결과에서 나타나는 제타전위값의 차이 정도는 유화액의 안정성에 영향을 주지 않는다고 판단하였음(그림 2-3).

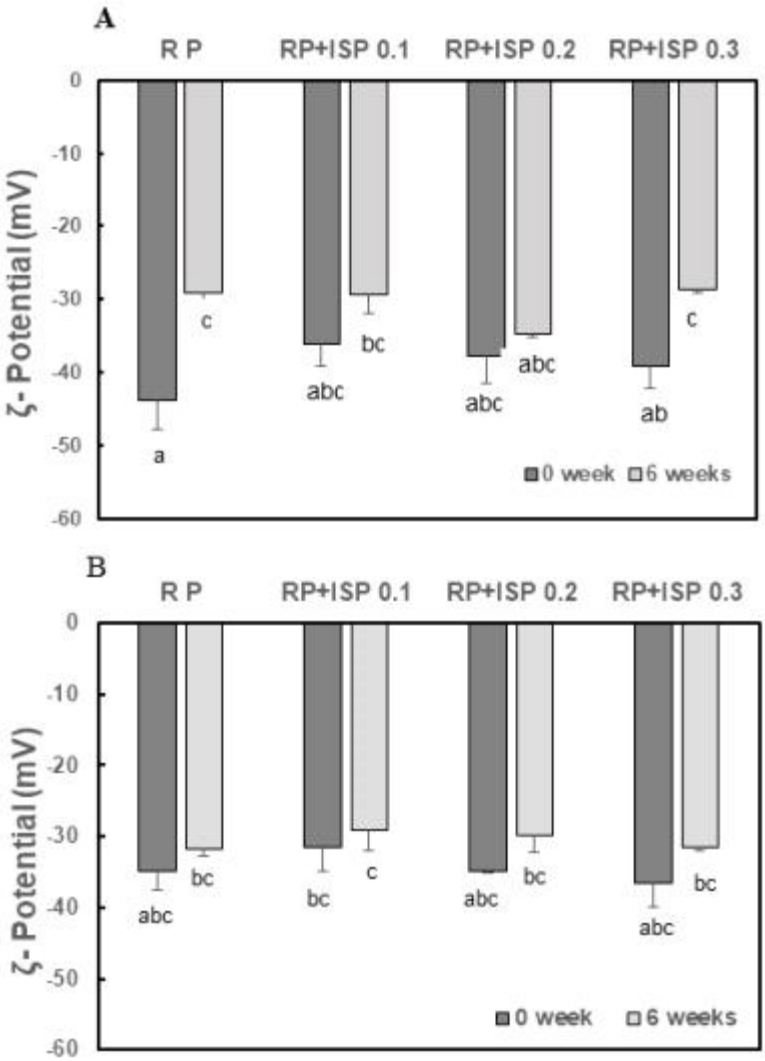


그림 2-3. RP-ISP 혼합물을 이용하여 R/I 1:0, 1:0.1, 1:0.2, 1:0.3 비율로 제조한 유화액을 6주동안 저장 중 제타전위의 변화. A. R/I 혼합물:오일비율(1:1); B. R/I 혼합물:오일비율(1:3)
* 오차막대 위의 다른 윗첨자는 유의적인 차이를 보임($p<0.05$).

③ 유화액의 안정성

- 쌀단백질의 유화제로서의 활용 가능성을 확인하기 위해 쌀단백질로 제조된 유화액을 저장하면서 유화액의 안정성을 관찰하였음(그림 2-4).

- 6주 동안 저장했을 때 1:1 비율의 유화액에서는 RP만을 유화제로 사용한 시료와 ISP 0.1%를 RP와 첨가한 경우 투명한 액체가 생성되면서 유화액의 분리가 일어났으나 다른 유화액들은 우유빛의 유화액 상태를 유지하였음. 한편, 단백질 혼합물과 오일 1:3 비율의 유화액에서는 RP만을 유화제로 사용한 시료에서 기름층이 떠오르는 형태로 층분리가 발생하였으나, 쌀 단백질에 ISP를 첨가해 제조한 유화액은 ISP 첨가량이 증가함에 따라 안정성이 향상되었으며,특히 ISP 0.2% 이상 첨가할 경우 유화액의 안정성이 향상됨을 알 수 있었음.

- 이러한 결과들을 통해 RP와 ISP의 상호작용을 통한 유화제로서의 상승효과를 확인하였는데, ISP 첨가량이 증가함에 따라 유화액의 안정성이 향상되는 이유는 RP-ISP 혼합물이 형성되면서 발생하는 구조적 변화로 인해 단백질 표면에 더 많은 소수성 부위가 노출되고, 단백질이 기름과

물의 계면으로 쉽게 흡착되어 계면장력을 빠르게 감소시키고 유화 용량을 증가시킨 결과라고 설명할 수 있음.

그림 2-4. RP-ISP 혼합물을 이용하여 R/I 1:0, 1:0.1, 1:0.2, 1:0.3 비율로 제조한 유화액의 저장 중 외관 변화

다) 쌀단백질을 첨가한 모델 식품으로써 쌀단백질이 첨가된 단백질 강화 만두피 제조

(1) 쌀단백질 또는 쌀가루가 함유된 만두피 제조 및 특성 연구

(가) 실험방법

- 쌀단백질이 첨가된 단백질 강화 만두피를 제조하고 특성을 분석함에 있어 비교 실험군이 필요하여 쌀단백질 첨가 만두피와 더불어 쌀가루(Rice Flour, RF)를 첨가한 만두피를 함께 제조하고 쌀단백질 만두피와 특성을 비교하였음.
- 쌀가루 중의 단백질 함량은 6~8% 범위이고, 분리한 쌀단백질의 단백질 함량은 80% 였으므로 동량의 쌀단백질이 포함될 수 있도록 쌀단백질과 쌀가루 첨가량을 결정하였음.
- 만두피 제조시 쌀가루는 밀가루 양에 대해 12.5%, 25%, 50%, 75% 대체하여 첨가되었고, 각각의 쌀가루 첨가량의 단백질 수준은 분리한 쌀단백질로 환산했을 때, RP 1%, 2%, 4%, 6%첨가와 동일한 수준이었으므로 이에 따라 쌀가루와 쌀단백질 대체량을 정하여 만두피를 제조하고 텍스쳐 특성을 비교하였음.

① 쌀단백질(RP)을 첨가한 만두피 제조

- 밀가루(Beksul, CJ CheilJedang, Korea)는 강력분과 중력분의 혼합비율을 100:0, 75:25, 50:50으로 하여 만두피를 제조한 후, 시판 만두 제조용 밀가루로 제조한 만두피의 텍스쳐 특성과 비교한 결과, 강력분과 중력분의 혼합비율을 50:50로 했을 때 시판 만두피에 가장 유사한 텍스처를 보여 이 혼합비율을 만두피 제조비율로 사용하였음.
- RP는 밀가루 중량의 1, 2, 4, 6%를 대체하여 첨가되었고, 물의 함량은 밀가루 무게의 42%를 사용하였는데, 이때 각 시료의 수분함량을 측정해서 밀가루 수분함량에 맞춰 보정하였음. 밀가루, 쌀가루(RF), 쌀단백질(RP)의 수분함량은 각각 13.7%, 14.5%, 5.7%였으며, RP는 밀가루보다 낮은 수분함량만큼 0.091/g의 수분을 추가로 첨가했고, RF는 밀가루보다 높은 수분함량만큼 0.0069/g을 빼서 동일한 수분조건으로 보정하였음.
- 소금은 밀가루의 점탄성을 보완해주고 우수한 식감을 부여하는 역할을 하므로, 전체 배합무

게 중 0.4%를 첨가하였고, 감미유(D-솔비톨액, 대두유35%, 글리세린지방산에스테르, 레시틴, 정제수 혼합액)는 쌀 도우 조성물의 롤러 가공적성을 향상시키기 위하여 부가되는 물질로서, 전체 배합무게 중 0.67%를 첨가하였고, 옥수수전분은 만두피의 점도를 증가시키기 위해서 전체 배합무게 중 1.2%를 첨가하였음(표 2-1).

- 전분은 70-75℃의 온도에서 호화가 시작되므로 첨가된 옥수수 전분을 호화시켜서 점성을 더 부여하기 위해 70 내지 75℃ 온수를 사용해서 익반죽하였으며, 밀가루를 제외한 모든 재료는 온수에 섞은 후 밀가루에 조금씩 부으면서 반죽에 고루 스며들게 한 다음 5분간 치대면서 반죽을 하였음. 반죽은 비닐에 싸서 실온에서 1시간 동안 숙성시킨 다음 가정용 제면기(Marcato ATLAS, Italy)를 이용해서 두께 1 mm, 직경 9 cm의 만두피를 제조하였음.

② 쌀가루(RF)를 첨가한 만두피 제조

- 쌀가루는 신동진 쌀을 사용하였으며, 밀가루와 유사한 입경을 갖도록 분쇄기로서 Planetary Mono Mill Pulverisette 6(Fritsch, Germany)을 이용하여 rotational speed 300rpm에서 10분씩 반복 사용하여 분말화한 다음 100 mesh 체를 통과시켜서 시료로 사용하였음.

- 위에서 언급한 바와 같이 쌀가루는 밀가루 양의 12.5%, 25%, 50%, 75%를 대체하여 첨가하였음(표 2-1). 쌀은 70-80% 이상이 전분으로 구성되어 있어 그 가공적성이 주로 전분의 특성에 크게 영향을 받는데, 쌀가루에는 밀가루의 글루텐처럼 망상구조를 발달시킬 수 있는 물질이 없기 때문에 전분의 호화가 시작되는 70-75℃의 물로 익반죽을 실시하여 쌀가루 중 전분과 첨가된 옥수수전분의 일부를 호화시킴으로써 점성을 부여하였음. 밀가루와 쌀가루를 제외한 모든 재료는 온수에 섞은 후 조금씩 부으면서 반죽에 고루 스며들게 한 다음 5분간 치대면서 반죽을 하였음. 반죽은 비닐에 싸서 실온에서 1시간 동안 숙성시킨 다음 가정용 제면기(Marcato ATLAS, Italy)를 이용해서 두께 1 mm, 직경 9 cm의 만두피를 제조하였음.

표 2-1. 쌀단백질 또는 쌀가루를 첨가한 만두피 제조 배합비 (unit : g)

Ingredients	Samples[1)]								
	CON	RP1	RP2	RP4	RP6	RF12.5	RF25	RF50	RF75
Wheat flour(strong)	50	49.5	49	48	47	43.75	37.5	25	12.5
Wheat flour(medium)	50	49.5	49	48	47	43.75	37.5	25	12.5
Rice Protein(RP) or Rice Flour(RF)	0	1	2	4	6	12.5	25	50	75
Water	42	42.091	42.182	42.364	42.546	41.914	41.827	41.655	41.482
Salt	0.581	0.581	0.581	0.581	0.581	0.581	0.581	0.581	0.581
D-Sorbitol solution, soybean oil 35%, glycerin fatty acid ester, lecithin, water)	0.974	0.974	0.974	0.974	0.974	0.974	0.974	0.974	0.974
Corn starch	1.744	1.744	1.744	1.744	1.744	1.744	1.744	1.744	1.744
Total	145.3	145.3	145.3	145.3	145.3	145.3	145.3	145.3	145.3

[1)] CON : RP & RF를 첨가하지 않은 배합비
RP 0, 1, 2 ,4 ,6 : 0%, 1%, 2%, 4%, 6% 쌀단백질로 밀가루를 대체하여 첨가한 배합비
RF 0, 12.5, 25, 50, 75 : 0%, 12.5%, 25%, 50%, 75% 쌀가루로 밀가루를 대체하여 첨가한 배합비

③ 만두피의 품질특성 분석

- TA.XT*plus100* Texture Analyser(Stable Micro Systems, UK)를 이용하여 경도(hardness), 응집성(cohesiveness), 부착성(Adhesiveness), 탄력성(Springiness), 껌성(Gumminess), 씹힘성(Chewiness), 탄성력(Resilience)을 측정하였음.
- 분석을 위하여 반죽을 이용하여 면대를 형성하고 이를 절단하여 두께 2mm, 지름 20mm의 원형 만두피를 제조한 후, Φ36mm 원형 프로브(probe)를 이용하여 분석하였음.
- 구체적인 측정조건은 60% deformation, pre-test, test speed와 post-test speed는 1mm/sec, trigger force는 5g으로 하였음.

④ 주사전자현미경에 의한 만두피 반죽의 미세구조 관찰

- 배합비에 따라 제조된 만두피는 동결건조기(ILSHINBIOBASE Co. Ltd., Dongducheon-si, Korea)를 이용하여 건조하였음. 반죽된 상태의 구조를 관찰하기 위해 손가락으로 만두피를 부러뜨린 다음 부러진 측면이 위쪽으로 향하도록 양면테이프를 이용하여 스터브(stub)에 고정시켜서 백금(platinum)으로 코팅처리 후 주사전자현미경(Scanning Electron Microscope, SUPRA 55VP, Carl Zeiss, Oberkochen, Germany)을 이용하여 5 kV의 가속 전압조건에서 1000배로 확대해서 만두피 반죽물의 표면 미세구조를 관찰하였음.

⑤ 공초점 레이저 주사현미경에 의한 만두피 반죽의 미세구조 관찰

- 공초점 레이저 주사현미경(Confocal Laser Scanning Microscope, CLSM 780, Carl Zeiss, Hamburg, Germany)을 활용하여 만두피 반죽의 내부 구조를 관찰하였음. 반죽 시료를 10 mm x 2 mm x 0.7 mm 크기로 잘라 슬라이드 글라스 위에 놓고 형광염료 용액(fluorescein isothiocyanate solution)을 떨어뜨려 30℃에서 15분간 반응시켜 반죽 내부의 단백질에 염료가 착색되도록 하였음.
- 95% 에탄올용액으로 3회 세척하여 단백질과 반응하지 않은 염료를 제거한 후 공초점 레이저 주사 현미경으로 excitation 488nm/ emission 493-634 nm에서 형광염료가 착색된 단백질의 구조를 분석하였음.

⑥ 만두를 제조한 모습과 구운 후 외형

- RP 또는 RF의 첨가비율에 따라 만두피를 제조 후 시판용 만두 속(Crispy Dumplings, No brand, Seoul, Korea)을 이용하여 만두로 빚은 다음 에어프라이어(CAR9L, Guangdong Tredy Electrical Co., Ltd, Guangdong, China)를 이용하여 180℃에서 15분간 구운 후 외형 및 색을 비교하였음.
- 또한, RP 또는 RF의 첨가비율에 따른 반죽 상태와 구운 후 외형비교를 통해 만두피의 배합비 중 밀가루를 대체할 수 있는 RP 또는 RF의 적절한 비율에 대해서도 살펴보았음.

⑦ 쌀단백질을 첨가하여 제조한 만두의 관능적 특성

- 쌀단백질 첨가량이 다른 군만두를 제조하여 식품영양학과 재학생을 대상으로 관능검사를 실시하였음.
- 관능검사는 군만두 껍질의 표면의 색(surface color)과 매끈한 정도(smoothness). 쌀단백질 냄새(rice protein odor), 쌀단백질 맛(rice protein taste), 바삭한 정도(crispness), 씹힘성(chewiness) 그리고 전반적인 기호도(overall acceptability)에 대해 7점 척도법으로 평가하도록 하였음.

(나) 실험결과

① 쌀단백질(RP)을 첨가한 만두피의 텍스처 특성

- 만두피를 2mm 두께로 제조한 후 Texture Analyser를 이용하여 측정한 텍스처 측정값은 표 2-2와 그림 2-5에 나타내었음. RP 첨가량이 증가할수록 경도는 증가하였고, 부착성은 감소하였으며, 응집성은 RP 4%이상 첨가 시부터 증가하였음.

표 2-2. 쌀단백질 첨가량을 달리하여 제조한 만두피의 텍스처 특성

	Hardness (g)	Adhesiveness (-g.sec)	Springi -ness	Cohesive -ness	Gumminess	Chewiness	Resilience
RP0	26694.57±1273.65^{a}	-360.56±81.04^{a}	0.73±0.13^{a}	0.54±0.02^{a}	14489.42±968.86^{a}	10537.06±2116.24^{a}	0.45±0.02^{a}
RP1	29318.41±932.52^{b}	-284.31±79.78^{b}	0.67±0.09^{a}	0.55±0.02^{a}	16010.33±838.34^{b}	10795.99±1762.83^{a}	0.47±0.02^{a}
RP2	31369.63±1584.45^{C}	-275.72±78.07^{b}	0.71±0.15^{a}	0.55±0.03^{a}	17323.59±1564.67^{b}	12321.21±2795.53^{ab}	0.47±0.03^{a}
RP4	33507.42±1350.59^{d}	-210.33±39.33^{c}	0.71±0.09^{a}	0.60±0.06^{b}	20215.37±2776.49^{c}	14474.40±3918.35^{b}	0.55±0.08^{b}
RP6	36984.44±1400.95^{e}	-184.97±45.09^{c}	0.74±0.08^{a}	0.63±0.02^{b}	23154.17±1513.46^{d}	17267.79±2530.47^{c}	0.57±0.03^{b}

* RP 0, 1, 2 ,4 ,6 : 0%, 1%, 2%, 4%, 6% 쌀단백질로 밀가루를 대체하여 첨가한 시료

* Mean value ± SD with different small letters in the same column are significantly different ($p<0.05$).

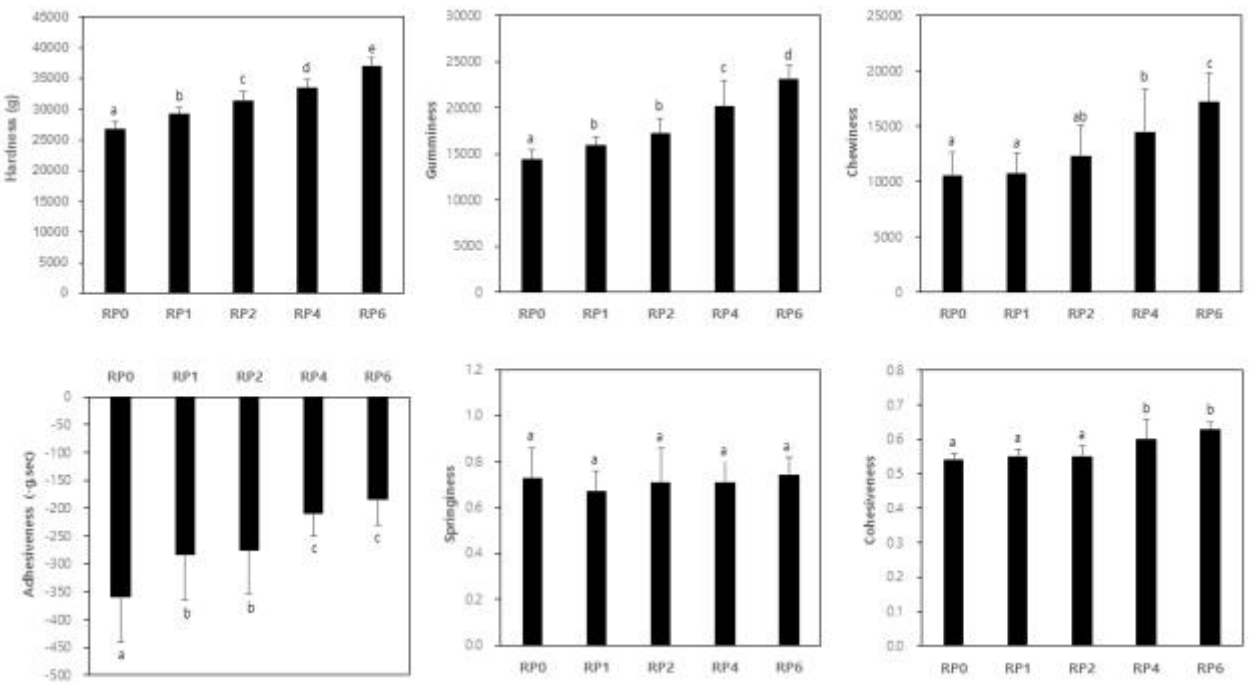


그림 2-5. 쌀단백질 첨가량을 달리하여 제조한 만두피의 텍스처 특성

② 쌀가루(RF)를 첨가한 만두피의 텍스처 특성

- RP를 첨가한 만두피의 비교군으로 동량의 RP를 함유하도록 RF의 첨가량을 조정하여 만두피를 제조했을 때 RF 12.5%와 25%를 첨가한 시료는 밀가루 만두피와 비슷하게 반죽이 잘 형성되었음. RF 50% 첨가시료는 점탄성이 떨어져 만두피를 만들었을 때 반죽이 찢어지기 시작했고, RF 75% 첨가시료는 점성이 없어서 부스러지고 반죽 형성이 어려웠으며, 반죽을 만두피로 만드

는 과정에서 반죽이 조각조각 부서져서 만두피를 형성하는 것조차 힘들었음.

- 만두피를 2mm 두께로 제조한 후 Texture Analyser를 이용하여 측정한 텍스쳐 측정값은 표 2-3과 그림 2-6에 나타내었음. RF첨가량이 증가할수록, 특히 50%, 75% 첨가시 경도는 증가하였고, 부착성은 감소했는데, 특히, RF 75% 첨가시료에서 감소폭이 매우 크게 나타났음. 응집성은 RF 50%와 RF 75% 첨가 시료에서 뚜렷하게 증가되었음.

표 2-3. 쌀가루 첨가량을 달리하여 제조한 만두피의 텍스쳐 특성

	Hardness(g)	Adhesiveness (-g.sec)	Springiness	Cohesiveness	Gumminess	Chewiness	Resilience
RF0	26694.57±1273.65^{a}	-360.56±81.04^{a}	0.73±0.13^{ab}	0.54±0.02^{a}	14489.42±968.86^{a}	10537.06±2116.24^{a}	0.45±0.02^{a}
RF12.5	27880.04±742.03^{a}	-321.54±35.61^{ab}	0.68±0.07^{a}	0.55±0.01^{a}	15446.08±593.29^{a}	10489.04±1195.24^{a}	0.48±0.02^{b}
RF25	28135.99±813.79^{a}	-273.12±35.16^{b}	0.67±0.07^{a}	0.56±0.01^{a}	15664.02±629.54^{a}	10513.69±1227.37^{a}	0.50±0.01^{c}
RF50	36206.35±2143.14^{b}	-211.26±28.78^{c}	0.83±0.11^{bc}	0.70±0.03^{b}	25405.34±2502.23^{b}	21135.33±4386.49^{b}	0.68±0.04^{d}
RF75	36956.63±1854.44^{b}	-79.608±27.11^{d}	0.89±0.08^{c}	0.90±0.03^{c}	33066.67±1213.36^{c}	29375.27±2997.81^{c}	0.91±0.03^{e}

* RF 0, 12.5, 25, 50, 75 : 0%, 12.5%, 25%, 50%, 75% 쌀가루로 밀가루를 대체하여 첨가한 시료

* Mean value ± SD with different small letters in the same column are significantly different (p<0.05).

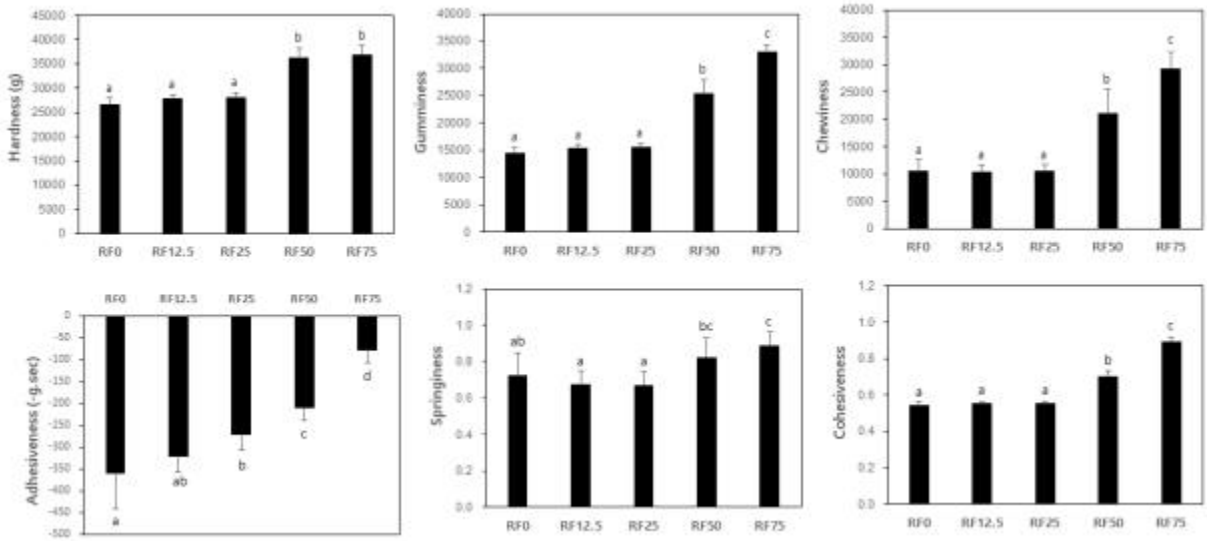


그림 2-6. 쌀가루 첨가량을 달리하여 제조한 만두피의 텍스쳐 특성

③ 주사전자현미경에 의한 만두피 반죽의 구조

- 주사전자현미경을 이용하여 관찰된 만두피의 표면 미세구조는 그림 2-7과 같음.

- 강력분과 중력분을 1:1로 섞은 밀가루로 제조한 만두피(control)는 균일한 글루텐 망상(network)구조 속에 전분 입자들이 채워진 형태를 이루고 있었음.

- 쌀단백질(RP) 첨가 만두피의 경우, RP 첨가량 4%까지는 큰 원형 형태의 망상구조를 이루면서 그 안에 전분 입자가 갇혀있는 형태를 볼 수 있었지만, RP 6% 첨가 시 망상구조의 형성이 억제되고 전분 입자들이 흩어져 있는 모습을 보였음.

- 쌀가루(RF) 첨가 만두피의 경우 RF 첨가량이 증가할수록 망상구조가 얇고 균일하지 못하고 필름막처럼 위에 도포되어 있는 모습을 보이고 있는데, 이는 만두피 반죽 시 밀가루 중의 글루텐 형성 단백질, 쌀단백질 및 전분이 경쟁적으로 물과 결합함으로써 충분한 수화가 일어나지 못해 글루텐 망상구조를 제대로 형성하지 못했기 때문으로 생각됨. RF 50% 첨가 만두피의 경우 점탄성이 떨어져서 반죽 형성이 어려웠고, RF 75% 첨가 만두피는 반죽이 조각조각 부서져서 만두피를 형성하는 것조차 힘들었는데, 미세구조를 통해 글루텐 형성이 제대로 일어나지 않은 영향으로 생각되었음.

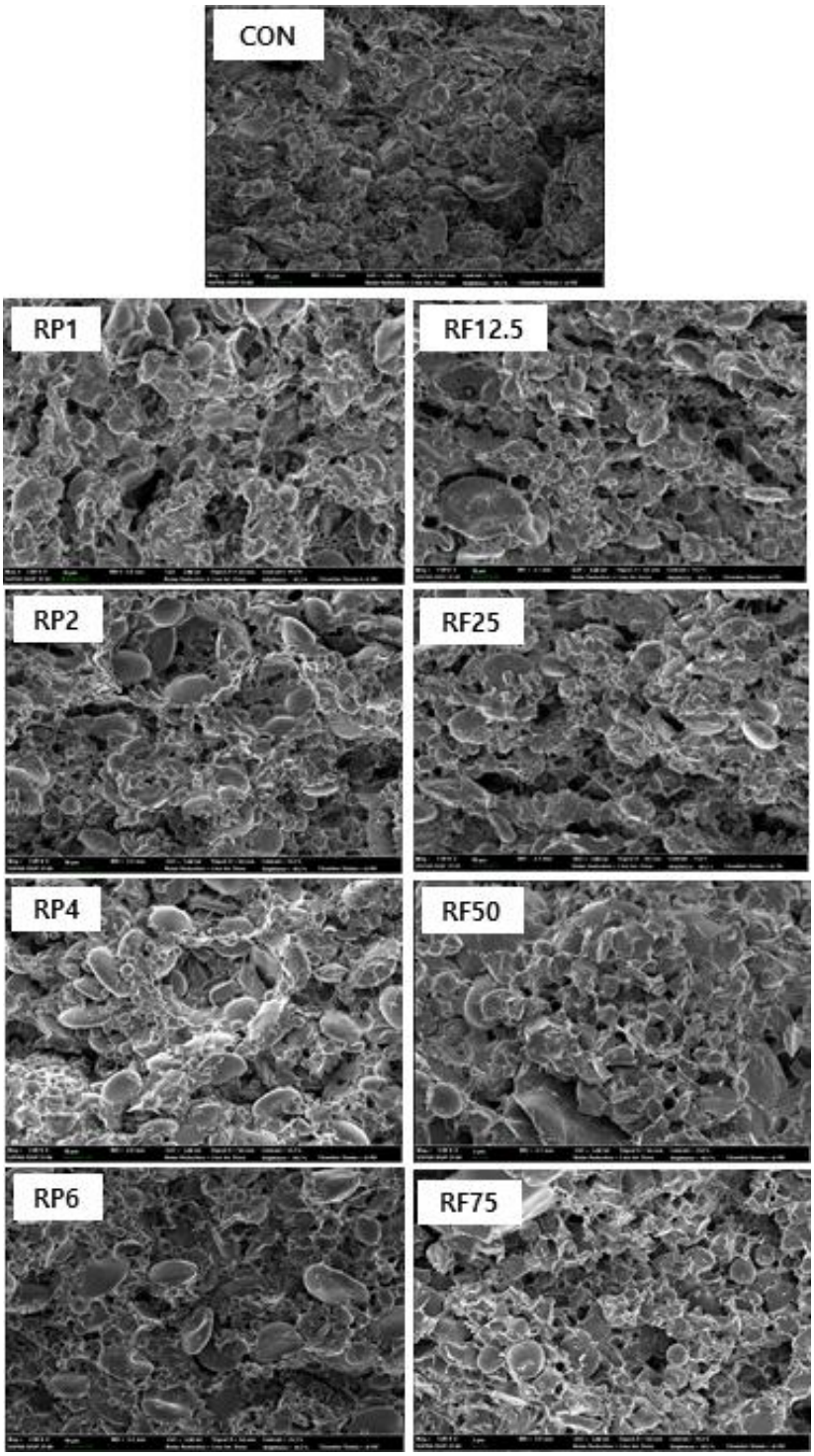


그림 2-7. 주사전자현미경으로 관찰한 쌀단백질(RP) 또는 쌀가루(RF)의 첨가량에 따른 만두피 반죽의 구조

④ 공초점 레이저 주사현미경에 의한 만두피 반죽의 미세구조 관찰

- 공초점 레이저 주사현미경을 이용하여 형광염료에 착색된 반죽 내부의 글루텐의 망상구조를 관찰한 결과는 그림 2-8과 같음.

- 밀가루만 사용한 만두피는 균일한 글루텐 망상구조를 형성한 반면, RP를 첨가한 만두피 반죽은 RP 4% 첨가한 경우 글루텐 형성이 잘 이루어졌으나, RP 6% 첨가 시 망상구조가 불완전하고 빈 공간의 크기가 불균일해져서 RP 첨가에 의해 글루텐 형성이 억제되었음을 알 수 있었음.

- RF 첨가 만두피 반죽의 경우 RF 25% 첨가까지는 균일한 망상구조를 형성하지만, RF 50% 첨가 만두피에서는 불균일한 글루텐 망상구조를 형성하였고, RF 75% 첨가 만두피에서는 망상구조가 잘 형성되지 않았음을 확인할 수 있었음.

- 미세구조 관찰로부터, 동일한 단백질 함량을 함유하고 있는 RP 4%와 RF 50%, RP 6%와 RF 75%의 글루텐 망상구조를 비교해 봤을 때 RF 보다는 RP 형태로 첨가하는 것이 글루텐 망상구조에는 큰 변화가 없으면서 고단백질 만두피를 제조할 수 있는 방법이고, RP 4% 첨가가 적절한 함량임을 확인할 수 있었음.

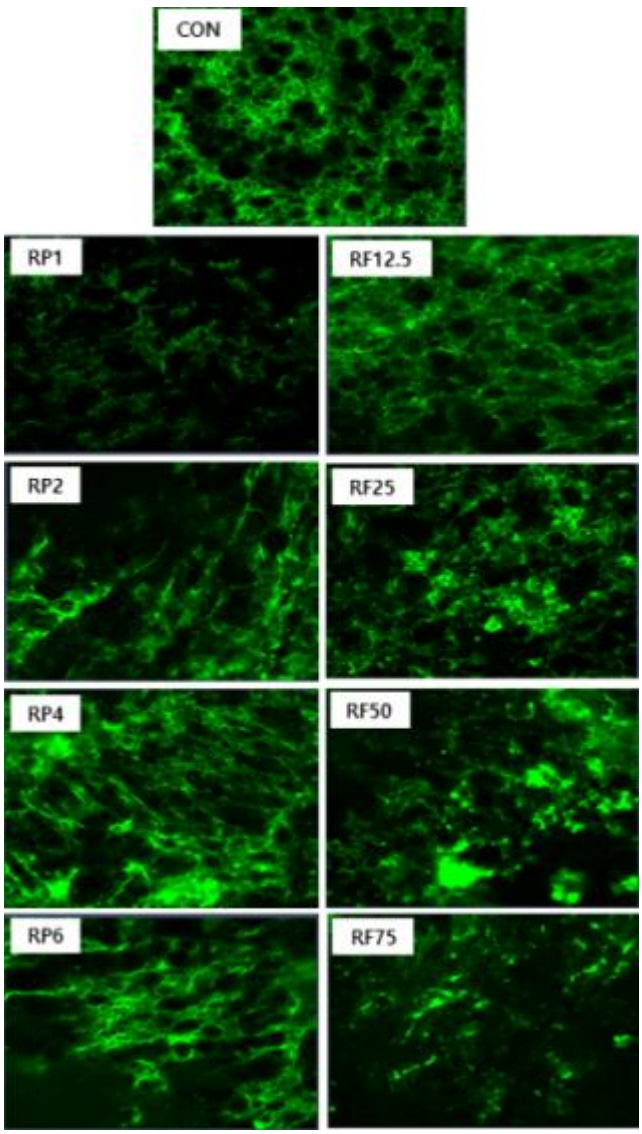


그림 2-8. 공초점 레이저 주사현미경으로 관찰한 쌀단백질(RP) 또는 쌀가루(RF)의 첨가량에 따른 만두피 반죽의 구조

⑤ 만두를 제조한 모습과 구운 후 외형
- 쌀단백질(RP)을 첨가한 만두피의 외관 사진은 그림 2-9와 같았음.

- RP의 색이 담황색을 띠므로 RP첨가량이 증가할수록 만두피의 색상은 노르스름(yellowish)해졌고, 만두피가 딱딱해져서 만두속을 넣고 만두를 빚을 때 점착성이 떨어졌음. 제조한 만두피는 시판 만두속을 넣고 만두로 빚은 다음 air fryer를 이용하여 180℃, 15분간 구웠을 때 RP첨가량이 높은 만두피일수록 발색이 빨리 일어나서 좀 더 진한 갈색을 띠었음.

그림 2-9. 쌀단백질 첨가량을 달리하여 제조(A) 및 조리(B)한 만두피의 모습

- 쌀가루(RF)를 첨가한 만두피의 외관 사진은 그림 2-10과 같았음.
- 제조한 만두피는 시판 만두속을 넣고 만두로 빚었는데, RF 12.5와 RF2 5% 첨가 만두피는 밀가루 만두피와 비슷한 형태를 유지하였으나, RF 50% 첨가시부터 만두피가 딱딱하고 점탄성이 없어서 만두속을 넣고 만두를 빚으면 반죽이 찢어지기 시작했고, RF 75% 첨가 만두피는 여러 군데가 찢어지면서 만두를 빚는 것조차 힘들었다. 이렇게 빚은 만두를 air fryer를 이용하여 180℃, 15분간 구웠을 때 RF함량이 높은 만두일수록 발색이 고르게 일어나지 않았음.

⑥ 쌀단백질(RP)과 쌀가루(RF)를 첨가한 만두피의 품질 비교
- RP 또는 RF첨가량에 따른 경도(hardness)는 RF 50% 첨가 만두피가 RP 4%첨가 만두피에 비해 높은 경도를 보였으나, RF 75% 첨가 만두피는 RP 6%첨가 만두피와 비슷한 경도값을 보여서 경도의 증가양상은 비슷한 경향을 보였음.
- 부착성(Adhesiveness)의 특성에서는 쌀단백질 첨가와 쌀가루 첨가 만두피 모두 감소하는 경향이었으나, RF 75% 첨가 만두피가 RP 6%첨가 만두피에 비해 부착성(Adhesiveness)의 감소폭이 매우 크게 나타났음. 탄력성(Springiness)과 응집성(Cohesiveness) 특성에서는 RF 50%와 RF 75% 첨가만두피에서 RP 4%, RP 6%첨가 만두피에 비해 뚜렷하게 증가되었음. 이들 텍스쳐 특성분석을 통해 RF 50%이상 첨가시 만두피의 특성의 변화가 크게 나타남을 알 수 있었음.

- 또한, 동일한 양의 RP를 함유한 만두피로 제조했을 때 RP첨가 만두피의 경우 RP첨가량이 증가할수록 반죽의 단단함은 증가되었지만, 만두피는 잘 제조되었음.
- 반면 RF 50%(=RP 4%)첨가 시 글루텐형성이 일어나지 않아 점탄성이 떨어져서 반죽형성이 어려웠고, RF 75%(=RP 6%)첨가 시에는 반죽이 조각조각 부서져서 만두피를 형성하는 것조차 힘들었음.
- 이 결과로부터 동일한 RP를 함유한 만두피를 제조하기 위해서는 RF자체보다는 RP형태로 밀가루를 대체하는 것이 글루텐 함량은 줄이면서 알러지가 없고, 영양적으로 우수한 단백질강화 만두피를 제조할 수 있는 효율적인 방법이 될 수 있음을 확인하였음.
- 또한 RP첨가량이 증가할수록 경도(hardness)가 증가됨으로써 만두를 air fryer를 이용해서 굽거나 pan-frying(기름에 지지기) 또는 deep fat-frying(기름에 튀기기)조리를 할 경우 만두피가 터지는 현상을 막을 수 있는 장점이 있으며, 그 효과는 RP 4%이상 첨가 시 뚜렷하게 나타났음.

그림 2-10. 쌀가루 첨가량을 달리하여 제조(A) 및 조리(B)한 만두피의 모습

⑦ 쌀단백질 첨가 만두피의 관능적 특성

- 쌀단백질(RP)을 첨가한 만두피로 군만두를 제조 후 실시한 관능검사 결과는 표 2-4와 같았음.
- 만두피의 표면의 색과 매끈한 정도, RP 냄새와 맛, 씹힘성, 바삭한 정도는 시료 간에 유의적 차이가 없었음. 군만두 껍질의 표면색은 RP 첨가량에 따라 진해지는 경향을 보였으나 군만두 시료 간 유의적인 차이는 보이지 않았음.
- 군만두 껍질에 대한 전반적인 기호도는 RP 첨가 군만두와 밀가루로만 제조된 대조군 간에 유의적 차이가 보이지 않았음.

표 2-4. 쌀단백질 첨가량을 달리하여 제조한 만두피의 관능적 특성

	Surface color	Surface smoothness	Rice protein odor	Rice protein taste	Chewiness	Crispness	Overall acceptability
RP0	3.29±0.95[a]	3.86±1.07[a]	2.43±1.40[a]	4.29±0.95[a]	4.14±0.69[a]	3.00±0.58[a]	4.14±0.69[a]
RP1	3.43±0.79[a]	3.71±0.95[a]	2.00±1.41[a]	4.57±1.13[a]	4.00±1.00[a]	3.57±1.27[a]	4.29±0.49[a]
RP2	4.00±1.16[a]	4.14±0.69[a]	2.86±1.34[a]	4.29±0.95[a]	3.86±1.07[a]	3.64±1.43[a]	4.00±0.58[a]
RP4	3.86±0.69[b]	3.86±0.90[a]	3.71±1.50[a]	4.00±1.53[a]	4.43±0.98[a]	3.93±2.13[a]	3.86±1.35[a]
RP6	4.43±0.54[b]	3.00±1.00[a]	4.00±1.73[a]	3.43±1.51[a]	4.29±1.25[a]	4.07±1.43[a]	3.29±1.11[a]

* RP 0, 1, 2 ,4 ,6 : 0%, 1%, 2%, 4%, 6% 쌀단백질로 밀가루를 대체하여 첨가한 시료
* Mean value ± SD with different small letters in the same column are significantly different ($p<0.05$).

2) 쌀단백질의 캡슐제로의 활용

가) 쌀단백질로 커큐민(curcumin) 캡슐화 및 쌀단백질 캡슐화 효율 증진방법 연구

(1) 실험방법

- RP 0.4%를 증류수(pH 7)에 분산시킨 후 하룻밤 교반하여 분산액을 제조하고, 5000 rpm에서 10분간 원심분리한 후, 상층액만 취하여 RP만 분산되어 있는 분산액을 분리하였음.
- 분리한 분산액에 커큐민 2 mg을 첨가하고 고속 블렌더(ULTRA-TURRAX model T25 digital, IKA, Germany)를 사용하여 7000 rpm에서 1분간 균질화하였음. 커큐민이 첨가된 RP 분산액을 커큐민과 RP 복합체가 잘 형성되도록 하룻밤 교반한 후, 5000 rpm에서 10분간 원심분리하여 복합체를 형성하지 않은, 즉 RP 분산액에 녹지 않은 커큐민을 제거하였음.
- 녹지 않은 커큐민을 제거하고 커큐민이 녹아 있는 RP 분산액을 동결건조하여 RP-커큐민 복합체 파우더를 제조하였음.
- 제조한 파우더에 메탄올을 넣어 캡슐화되어 있는 커큐민을 추출하고, 커큐민-메탄올 calibration curve를 활용하여, RP-커큐민 복합체 파우더에 캡슐화되어 있는 커큐민 함량을 분석하였음.
- RP 캡슐화 효율을 증진시키기 위하여 sodium alginate(SA)를 RP 분산액(증류수, pH 7)에 첨가하여 RP 용해도를 상승시킨 후, 커큐민을 첨가하여 용해되는 커큐민 함량을 증진시킬 수 있는지 확인하였음. RP와 SA 혼합 비율은 RP:SA=0.4:0.1, 0.4:0.2 이었음.

(2) 실험결과

- 인체에서 유익한 생리활성을 나타내는 기능성분들 중에는 물에 녹지 않는 지용성인 것들이 많은데, 지용성 기능성분들은 수용성 기반의 식품에 직접적으로 첨가하는 것은 불가능하며 첨가되었다 하더라도 식품을 저장하고 유통하는 중 활성이 소실된다고 할 수 있음. 그러므로 이를 캡슐화하여 식품에 첨가하는 것이 필요함.
- 그러므로 본 연구팀에서 분리한 쌀단백질를 활용하여 기능성 성분 중 하나인 커큐민 캡슐화를 시도해보았음. 이를 더 발전시켜 남은 연구기간과 3차년도에 계속적으로 베리 추출물 등 기능성분의 캡슐화 연구를 진행하고자 함.
- RP와 RP-SA 혼합 분산액에 커큐민을 첨가하여 용해시킨 후, 용해되지 않은 커큐민을 원심분리로 제거하고, RP 분산액 또는 RP-SA 혼합 분산액에서 커큐민이 용해되어 복합체를 형성하고 캡슐화되어 있다고 판단되는 분산액은 외관은 그림 2-11과 같았음. 커큐민이 용해되어 노란색의 맑은 용액의 외관을 나타내었고, RP만 사용했던 분산액보다는 SA가 함께 사용된 경우 노란색이 더 진하게 나타났음.

- 커큐민이 캡슐화된 파우더에서 메탄올로 커큐민을 추출한 후, 처음 첨가된 커큐민 양에 대해 파우더에 캡슐화된 커큐민 함량을 분석한 결과, RP만을 캡슐제로 사용한 경우에도 커큐민 약 70%가 그대로 유지된 것을 확인할 수 있었음 (그림 2-12).
- RP의 용해도를 향상시키기 위하여 SA를 첨가하여 제조한 RP-SA 혼합 분산액에 커큐민을 캡슐화한 경우 90%보다 높은 커큐민 유지력을 나타내어, 캡슐제 활용으로의 가능성을 확인할 수 있었음.
- 이러한 결과를 통하여 쌀단백질의 유화제로써 뿐만 아니라 캡슐제 활용으로의 가능성을 확인할 수 있었음.

그림 2-11. 커큐민이 첨가된 쌀단백질과 쌀단백질-소듐알지네이트 혼합액의 외관

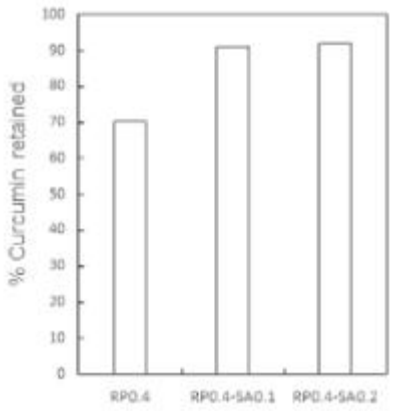


그림 2-12. 쌀단백질과 쌀단백질-소듐알지네이트 혼합액에 캡슐화된 커큐민의 캡슐화율

<3차년도>

1) 쌀단백질의 열변성에 따른 특성 변화

- 단백질은 다양한 변성 요인에 의해 구조와 기능을 잃게 되는데, 열은 변성 요인의 하나로서식품을 조리할 때 일부 단백질이 변성됨.
- 쌀단백질을 첨가하여 단백질을 강화시킨 두부 스테이크를 제조 후 Air fryer에서 굽는 동안 쌀단백질의 열변성에 따른 특성 변화를 조사하였음.

가) 실험방법

(1) 실험재료

- 두부(풀무원), 빵가루, 감자전분, 식용유, 소금, 당근, 양파, 실파는 인근 마켓에서 구입하였음.
- 밀글루텐은 Roquegtte Freres Co., Ltd.(Lestrem, France)로부터 구입하여 사용하였음.
- 쌀단백질은 신동진쌀로부터 분리하여 사용하였음.

(2) 두부 스테이크 제조방법 및 굽는 조건

- 두부 스테이크 제조에 사용한 재료 배합비는 표 3-1에 나타냈고, 다음과 같은 방법으로 제조하였음.

- 물기를 제거한 두부에 다진 당근, 다진 양파, 다진 실파, 감자전분, 소금을 넣고 반죽을 잘 섞어준 후 시료의 종류에 따라 빵가루와 RP 또는 WG를 첨가하였고, 여기에 두부 스테이크의 텍스처 향상을 위해 대두유를 넣고 10분간 반죽하였음.

- 이때 RP와 WG는 반죽 무게의 3%, 6%, 9%를 빵가루를 대체하여 첨가하였으며, 첨가된 대두유의 양은 두부 스테이크 내부가 촉촉하면서도 기름이 흐르지 않는 외관 상태를 보였던 15%로 첨가량을 결정하였음.

- 반죽은 70 g으로 분할 후 원형틀과 누름판를 이용하여 지름 8 cm x 1.2 cm 두께로 성형한 다음 예열된 에어프라이어(INIC airfryer oven OA-16L, Tenjin, China)를 이용하여 200℃에서 14분간 구웠음.

표 3-1. 단백질 강화 두부 스테이크의 제조 배합비

(unit : g)

Ingredients	Samples[1)]						
	Con	RP3	RP6	RP9	WG3	WG6	WG9
Tofu	125	125	125	125	125	125	125
Bread crumb	36.5	30.5	24.5	18.5	30.5	24.5	18.5
Rice protein(RP) or Wheat gluten(WG)	0	6	12	18	6	12	18
Carrot	10	10	10	10	10	10	10
Onion	15	15	15	15	15	15	15
Green onion	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
Potato starch	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5
Salt	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45
Soybean oil	30	30	30	30	30	30	30
Total	225.95	225.95	225.95	225.95	225.95	225.95	225.95

[1)]CON : 0% RP(Rice protein) or WG(Wheat gluten) added to tofu steak; RP3, RP6, RP9 : 3, 6, 9% RP added to tofu steak, respectively; WG3, WG6, WG9 : 3, 6, 9% WG added to tofu steak, respectively.

(3) 두부 스테이크의 단백질 함량 분석

- 제조된 두부 스테이크의 조단백질 함량은 Kjeldahl법을 이용하여 분석하였음.

(4) 두부 스테이크의 텍스처 특성 분석

- CT3 Texture Analyser(AMETEK Brookfield Inc., MA, USA)로 TPA(texture profile analysis) test를 실시하여 경도(hardness), 응집성(cohesiveness), 탄력성(springiness), 씹힘성(chewiness)을 측정하였음.

- 구체적인 측정조건은 Φ5.08 cm 원형 프로브(probe)를 이용하여 test distance 5 mm, pre-test, test and post-test speed는 각각 1 mm/sec, trigger force는 10 g으로 하였음.

(5) 두부 스테이크의 굽기전 후의 색도 측정

- RP 또는 WG 첨가 두부 스테이크 굽기 전후의 색도를 분석하기 위해 colorimeter(JX777, C.T.S. Co., Tokyo, Japan)를 이용하여 L값(명도), a값(+적색도/-녹색도), b값(+황색도/-청색도)을 측정하였고, 표준 색판은 L값 93.26, a값 0.58, b값 1.03이었음.
- 또한, 굽기 전후의 색깔 차이를 ΔL(굽기 전과 후의 명도의 변화), Δa(굽기 전과 후의 적색도의 변화), Δb(굽기 전과 후의 황색도의 변화)로 나타내었음.

(6) 두부 스테이크의 굽기 전후의 외형

- RP 또는 WG의 첨가비율에 따라 제조된 두부 스테이크의 굽기 전후의 외형 및 색을 비교함으로써 두부 스테이크의 배합비 중 빵가루를 대체할 수 있는 RP 또는 WG의 적절한 비율에 대해서도 살펴보았음.

나) 실험결과

(1) 두부 스테이크의 단백질 함량 변화

- 제조된 두부 스테이크의 단백질 함량 측정결과는 표3-2에 나타냄. 대조군의 단백질 함량은 16.33%이었고, RP 3%, 6%, 9% 첨가 시 단백질 함량은 각각 22.54%, 27.28%, 32.76%를 보여 RP 첨가량이 증가할수록 단백질 함량이 유의적으로 증가함($p<0.05$).
- WG 3%, 6%, 9% 첨가 시에도 단백질 함량은 각각 22.45%, 28.78%, 34.40%를 보여 WG 첨가량이 증가할수록 시료 간에 유의적인 차이가 뚜렷하게 나타남($p<0.05$).
- 이 분석 결과로부터 RP 또는 WG 첨가를 통해 단백질이 강화된 두부 스테이크가 제조되었음을 확인할 수 있었음.

(2) 두부 스테이크의 텍스처 특성

- Texture analyzer를 이용하여 두부 스테이크의 경도(hardness), 응집성(cohesiveness), 탄력성(springiness), 씹힘성(chewiness)을 측정한 텍스처 측정결과는 표 3-3에 나타냈음.
- 경도의 측정결과 대조군과 RP 3%, WG 3% 첨가 시료는 유사한 경도값을 보였고, RP와 WG 첨가량이 증가함에 따라 경도가 증가하였는데, 특히 WG 9% 시료는 유의적으로 가장 높은 값을 보였음($p<0.05$).
- 본 실험에서는 동일한 두부를 사용하였으므로 RP 또는 WG의 첨가량이 증가함에 따라 제조된 두부 스테이크의 단백질 함량이 높아져서 경도가 높은 값을 나타낸 것으로 생각되었음.
- 씹힘성(chewiness)은 RP첨가군<대조군<WG첨가군 순으로 시료 간에 유의적인 차이가 뚜렷하게 나타났는데($p<0.05$), RP 첨가량이 증가할수록 씹힘성은 감소하였고, RP 9% 첨가 시 모든 시료 중 가장 낮은 값을 보여서 내부조직이 무르고 쉽게 저작 가능함을 알 수 있었음.
- 반면 WG 첨가량이 증가할수록 씹힘성은 뚜렷한 증가 양상을 보였으며, WG 9% 첨가 시 가장 높은 값을 보여 내부조직이 단단하고 저작하는 데 힘이 많이 필요함을 알 수 있었음.
- 응집성(cohesiveness)과 탄력성(springiness) 또한 RP첨가군<대조군<WG첨가군 순으로 시료 간에 유의적인 차이가 뚜렷하게 나타났는데($p<0.05$), RP첨가군은 첨가량이 증가할수록 응집성과 탄력성이 감소한 반면, WG첨가군은 첨가량이 증가할수록 응집성과 탄력성 모두 뚜렷한 증가 양상을 보였음.

표 3-2. 단백질 강화 두부 스테이크의 단백질 함량

Sample[1)]	Crude protein (g/100g)
CON	16.33±0.09[a]
RP3	22.54±0.16[b]
RP6	27.28±0.18[c]
RP9	32.76±0.28[e]
WG3	22.45±0.18[b]
WG6	28.78±0.11[d]
WG9	34.40±0.37[f]

[1)]CON : 0% RP(Rice protein) or WG(Wheat gluten) added to tofu steak; RP3, RP6, RP9 : 3, 6, 9% RP added to tofu steak, respectively; WG3, WG6, WG9 : 3, 6, 9% WG added to tofu steak, respectively.

[2)]Mean±SD with different superscript letters within the same column are significantly different($p<0.05$) by Tukey's HSD test.

표 3-3. 단백질 강화 두부 스테이크의 텍스처 특성

Samples[1)]	Hardness (g)	Cohesiveness	Springiness (mm)	Chewiness (mJ)
CON	7563.82±858.36[a]	0.44±0.05[bc]	3.88±0.13[c]	126.74±19.38[bc]
RP3	7397.83±461.10[a]	0.40±0.02[ab]	3.79±0.22[bc]	110.13±8.25[ab]
RP6	8129.50±958.36[ab]	0.39±0.05[ab]	3.61±0.14[b]	111.39±10.65[ab]
RP9	8324.13±620.39[ab]	0.34±0.05[a]	3.34±0.16[a]	91.55±12.35[a]
WG3	7757.83±715.97[a]	0.49±0.02[cd]	3.95±0.12[cd]	146.83±16.04[cd]
WG6	8139.08±863.66[ab]	0.50±0.06[cd]	3.97±0.23[cd]	158.39±28.13[d]
WG9	8959.17±1119.49[b]	0.55±0.06[d]	4.12±0.12[e]	201.70±43.90[e]

[1)]CON : 0% RP(Rice protein) or WG(Wheat gluten) added to tofu steak; RP3, RP6, RP9 : 3, 6, 9% RP added to tofu steak, respectively; WG3, WG6, WG9 : 3, 6, 9% WG added to tofu steak, respectively.

[2)]Mean±SD with different superscript letters within the same column are significantly different($p<0.05$) by Tukey's HSD test.

(3) 두부 스테이크의 색도 측정

- RP 또는 WG 첨가한 두부 스테이크의 굽기 전후의 색도를 분석하기 위해 색차계를 이용하여 L(lightness), a(+redness), b(+yellowness) 값을 측정한 결과는 표 3-4에 나타냄.
- 굽지 않은 두부 스테이크 반죽의 L값은 시료 간 유의적 차이를 보였음($p<0.05$). 대조군 두부 스테이크 반죽의 L값은 69.11이고 RP첨가군의 L값은 69.77-72.12, WG첨가군의 L값은 67.30-68.62를 보여 WG첨가군<대조군<RP첨가군 순으로 높은 L값을 보였음.
- 특히 WG 9% 첨가 두부 스테이크 반죽이 가장 낮은 L값을 보였고, RP 9% 첨가 두부 스테이크 반죽이 가장 높은 L값을 보였음($p<0.05$).
- b값은 대조군 반죽이 20.10이며 RP첨가군은 15.62-18.16, WG첨가군은 17.83-18.41을 보여 RP첨가군<WG첨가군<대조군 순으로 유의적으로 높은 값을 보였음($p<0.05$).
- 이 결과는 빵가루와 밀글루텐은 노르스름한 색깔을 띠고 RP은 흰색을 띠는데 RP 3%는 빵가

루의 16.4%, RP 6%는 빵가루의 약 33%, RP 9%는 빵가루의 약 50%를 대체한 시료이므로 특히, RP 9% 두부 스테이크의 색은 RP 시료 자체 색깔의 영향이 큰 것으로 생각되었음.

- 구운 두부 스테이크의 L값은 RP 또는 WG 첨가량이 증가할수록 감소 경향을 보였으며, WG 9% 첨가 시 유의적으로 가장 낮은 값을 보였음($p<0.05$). a값은 RP시료간에 유의적인 차이를 보였고, WG시료간에는 유의적인 차이를 보이지 않았음.

- 또한, 굽기 전후 색의 차이를 나타낸 ΔL값, Δa값, Δb값을 비교했을 때 ΔL값과 Δb값의 변화가 크면 굽는 과정동안 갈변현상이 많이 일어났음을 의미하는데, 두부 스테이크의 ΔL값의 경우 WG 첨가군은 -16.62~ -21.61를 보인 반면 대조군은 -14.12를 보였고, RP 첨가군은 -14.48 ~ -15.53을 보여 WG 첨가군에서 굽는 과정동안 갈변현상이 많이 일어났음을 알 수 있었으며, 그 효과는 WG 첨가량이 증가할수록 크게 나타났음.

- Δa값의 경우는 RP 첨가군이 대조군과 WG 첨가군에 비해 높은 값을 보였으며, 그 효과는 RP 첨가량이 증가할수록 크게 나타난 반면, Δb의 경우는 WG 첨가군이 대조군과 RP 첨가시료에 비해 높은 값을 보였음.

표 3-4. 단백질 강화 두부 스테이크의 색차계 특성

Samples[1]	Color values[2]			Color values[3]			Changes in color values[4]		
	L	a	b	L	a	b	ΔL	Δa	Δb
CON	69.11±0.96^{bc}	-0.31±1.33^{a}	20.10±0.85^{c}	54.99±1.87^{c}	4.34±1.21^{a}	32.74±1.35^{b}	-14.12	4.65	12.64
RP3	69.77±0.92^{cd}	-0.34±1.19^{a}	18.16±0.94^{b}	54.14±2.15^{bc}	3.70±1.24^{a}	30.27±1.28^{a}	-14.48	3.48	12.44
RP6	70.72±0.66^{d}	-0.92±1.11^{a}	17.53±0.55^{b}	52.93±2.00^{abc}	6.50±1.44^{ab}	33.00±1.36^{ab}	-15.44	6.76	14.78
RP9	72.12±0.85^{e}	-1.12±0.45^{a}	15.62±0.29^{a}	51.77±1.49^{ab}	7.59±2.82^{b}	32.18±0.41^{ab}	-15.53	7.17	13.77
WG3	68.62±0.46^{abc}	0.22±1.04^{a}	17.83±0.25^{b}	53.14±1.71^{abc}	5.32±1.34^{ab}	32.16±1.92^{ab}	-16.62	5.66	14.00
WG6	68.38±0.33^{ab}	-0.26±1.07^{a}	18.22±0.62^{b}	51.21±1.77^{ab}	5.73±0.69^{ab}	31.76±1.52^{ab}	-19.51	6.65	14.23
WG9	67.30±0.79^{a}	0.42±0.71^{a}	18.41±1.05^{b}	50.50±0.82^{a}	5.50±0.64^{ab}	31.75±0.50^{ab}	-21.61	6.62	16.13

[1]CON : 0% RP(Rice protein) or WG(Wheat gluten) added to tofu steak; RP3, RP6, RP9 : 3, 6, 9% RP added to tofu steak, respectively; WG3, WG6, WG9 : 3, 6, 9% WG added to tofu steak, respectively.

[2]Before baking, [3]After Baking at 200℃ for 14min using air fryer.

[4]ΔL, Δa, Δb means the difference in lightness, redness and yellowness before and after baking of tofu steaks, respectively.

[5]Mean±SD with different superscript letters within the same column are significantly different($p<0.05$) by Tukey's HSD test.

(4) 두부 스테이크의 외형사진

- RP를 첨가한 두부 스테이크의 외형사진은 그림 3-1과 같음. 굽기 전의 외형에서는 RP 첨가량이 증가할수록 두부 스테이크의 색상은 하얘지는 반면, 밀글루텐 첨가량이 증가할수록 노르스름해졌음.

- 이는 쌀로부터 분리한 쌀단백질은 흰색 가루인데 비해 빵가루와 밀글루텐은 노르스름한 색을 띠고 있기 때문에 빵가루만 함유된 대조군이 RP첨가군에 비해 갈색을 띠고, WG 첨가군에서는 더 진한 갈색을 나타낸 것으로 생각됨.

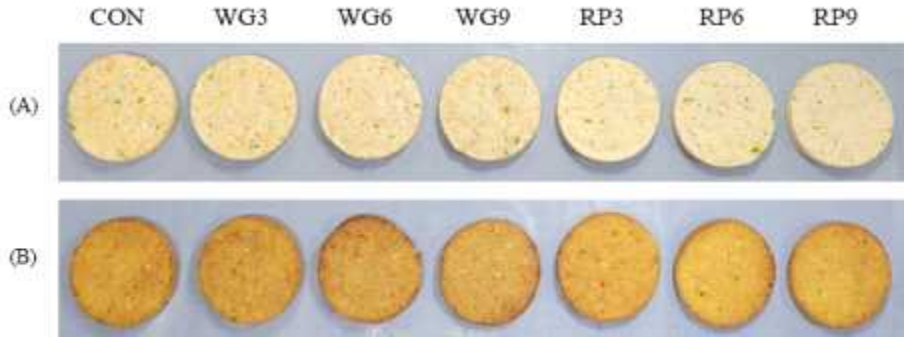


그림 3-1. 단백질 강화 두부 스테이크의 굽기 전후의 외형 사진 비교 (air fryer, 200℃, 14분)
CON : 쌀단백질(RP) 또는 밀글루텐(WG) 무첨가; RP3, RP6, RP9 : 두부스테이크에 3, 6, 9% RP 첨가; WG3, WG6, WG9 : 두부스테이크에 3, 6, 9% WG 첨가

2) 쌀단백질 활용 캡슐제 개발

- 쌀단백질을 활용한 베리추출물 캡슐화 및 파우더 제조
- 쌀단백질-다당류 혼합분산액을 활용한 캡슐화 증진방법 연구

가) 실험방법

(1) RP 분산액 (RP 0.4%)의 제조

- 중성 pH에서 RP의 용해도를 높이기 위하여 이전에 설명한 바와 같이 먼저 pH 11에 RP를 분산시키고 sonication을 실시하여 RP 분산액을 제조한 후, 다시 분산액의 pH를 7로 재조정하였음. 이런 경우 RP를 직접 pH 7에 분산시키는 경우 용해도가 3% 미만인 것과 대조적으로 용해도를 약 30%까지 향상시킬 수 있었음.

(2) 베리추출물의 캡슐화 및 파우더 제조

- RP 분산액의 pH를 7로 조정한 다음, 분리한 RP 분산액에 베리추출물 20 mg을 첨가하고 하룻밤 교반한 후, 3000 rpm에서 10분간 원심분리하여 베리추출물을 포함한 분산되지 않은 침전물을 제거하였음.
- 침전물을 제거하고 분산된 베리추출물 함유 RP 분산액을 동결건조하여 RP-베리추출물 파우더를 제조하였음.

(3) RP-다당류 혼합분산액을 활용한 베리추출물의 캡슐화

- RP 캡슐화 효율을 증진시키기 위하여 sodium alginate (SA)와 xanthan gum (XG)을 pH 11의 RP 분산액에 첨가하여 RP 용해도를 상승시킨 후, 베리추출물을 첨가하여 캡슐화하였음. RP와 SA, RP와 XG 혼합비율은 RP:SA=4:1, 2:1과 RP:XG=4:0.5 이었음.

(4) 캡슐화된 베리추출물의 항산화 활성 비교

- 항산화활성은 DPPH 라디칼 소거활성으로 측정하였음. 베리추출물이 20 mg 함유되도록 제조한 각 파우더를 증류수에 희석한 후, 100 µL에 200µL의 에탄올과 0.2mM DPPH 용액 300 µL를 가한 후 교반하였고, 실온에서 30분간 반응시켰으며 517 nm에서 흡광도를 측정하였음(A_1). 대조구는 시료 대신에 에탄올을 첨가하여 실험하였음(A_0). DPPH 라디칼 소거활성(%)은 대조구 대비 시료에 의해 감소된 흡광도의 % (DPPH 라디칼 소거능(%) = (A_0-A_1/A_0) x 100)로 나타내었음.

(5) 열처리가 캡슐화된 베리추출물의 항산화 활성이 미치는 영향

- 베리추출물이 20 mg 함유되도록 제조한 각 파우더를 증류수에 희석한 후, 80℃에서 15분간 교반하며 각각의 시료들을 열처리하였음. 열처리 후 (4)의 방법과 동일하게 DPPH 라디칼 소거 활성(%)을 분석하였음.

나) 실험결과

(1) 캡슐화한 베리추출물의 파우더

- RP와 RP-다당류 혼합분산액을 활용하여 베리추출물을 캡슐화하고 건조하여 제조한 파우더는 그림 3-2와 같았음. 베리추출물을 물에 녹여 건조한 경우는 작은 결정같은 외관을 나타내었고, 그 밖에 RP와 RP-다당류 혼합분산액으로 캡슐화한 베리추출물의 경우는 분홍색의 솜털같은 외관을 나타내었음.

- 제조한 파우더를 다시 물에 재수화했을 때 그림 3-3(좌)와 같이 모든 재분산되었음. RP만으로 캡슐화한 경우와 RP와 XG 혼합분산액으로 캡슐화한 경우, 재수화하였을 때 베리추출물만을 물에 녹인 수화액의 색깔과 유사하게 짙은 분홍색을 나타내었음.

- RP와 SA 혼합분산액으로 캡슐화한 경우는 재수화하였을 때 다른 색깔을 나타내었음. 베리추출물을 완전히 코팅한 상태라고 여겨짐.

- 캡슐화하지 않은 베리추출물과 캡슐화한 베리추출물의 항산화 활성은 DPPH 라디칼 소거능으로 분석하였음 (그림 3-3(우)). RP-XG 분산액을 제외하고 70% 이상의 라디칼 소거능을 나타내었는데 이는 베리추출물에 함유된 안토사이아닌 때문이라고 할 수 있음.

- 이를 열처리하여 베리추출물의 열안정성에 대한 RP와 RP-다당류 혼합분산액의 효과를 분석하였음. 80℃에서 15분 열처리한 후, 각 시료의 DPPH 라디칼 소거능을 분석하였을 때, 캡슐화하지 않은 베리추출물은 열처리 전 74%에서 열처리 후 47%로 DPPH 라디칼 소거능이 감소하여 베리추출물의 항산화 활성이 열에 의해 감소함을 알 수 있었음.

- RP와 RP-XG 분산액으로 캡슐화한 경우는 10% 이하로 감소한 반면, RP-SA 분산액으로 캡슐화한 경우는 캡슐화하지 않은 베리추출물보다 더 높은 값을 나타내어 열처리 과정 중 베리추출물의 변화를 막아주는 효과를 나타내주었음. 본 실험에 사용된 RP-SA 분산액의 농도와 비율이 베리추출물을 완전히 코팅하는데 효과적이었다고 생각되며, RP와 RP-XG 분산액의 경우는 베리추출물을 완전히 코팅하기 어려운 조건이었다고 추측됨. XG의 경우는 농도에 따라 점도증가가 크게 나타나 본 실험에서 사용한 RP:XG (4:0.5) 비율보다 높은 농도를 사용한 경우 캡슐화하는데 어려움이 있었음. 추후 기전을 밝히기 위한 연구를 진행할 계획임.

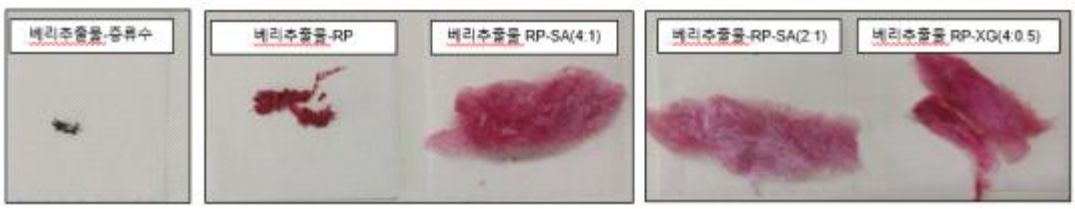


그림 3-2. RP와 RP-다당류 분산액을 활용하여 베리추출물의 캡슐화한 파우더

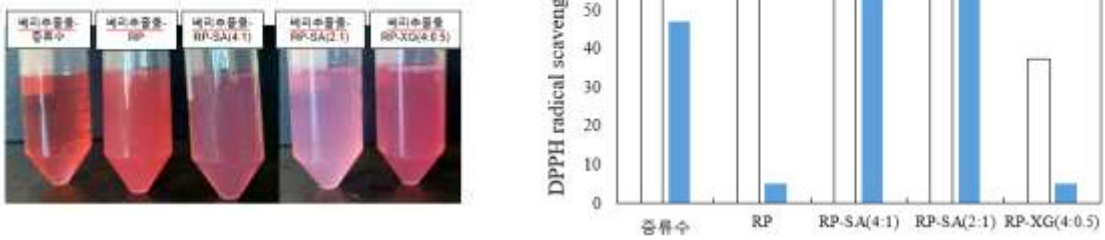


그림 3-3. 캡슐화한 베리추출물 파우더를 물에 재수화했을 때의 외관(좌)와 열처리 전후의 DPPH 라디칼 소거능 (%) (우)

3) 쌀단백질을 이용한 가식성 필름의 제조

- 가식성 필름은 식품 표면을 코팅하거나 식품의 내부에 사용하여 식품을 외부의 충격으로부터 보호하고 식품의 저장 수명을 증가시키는 동시에 수분, 기체 및 용질의 이동을 방지하는 기능을 함.
- 가식성 필름 중 단백질 필름으로써 젤라틴(gelatin), 옥수수 제인(Zein), 밀글루텐, 대두단백질, 콜라겐 및 카제인 등을 소재로 한 연구보고들이 있음.
- 이에 쌀단백질(Rice Protein, RP)을 이용한 가식성 필름의 제조 가능성을 살펴보기 위해 먼저 RP 농도별로 필름을 제조해 보았음. 그러나, RP만으로 필름제조가 어려우므로 다른 단백질 또는 다당류 첨가, 점도 상승을 위해서 검류 첨가를 시도해보았고, 필름의 유연성을 높이기 위해 가소제를 첨가하여 필름을 제조해서 인장강도를 측정하였음.

가) 실험방법

(1) pH 2와 pH 11에서 쌀단백질(Rice protein, RP)의 분리

- 쌀로부터 단백질을 분리하기 위해 쌀알을 씻고 낟알 상태로 pH 2 또는 pH 11 용액을 넣어 푸드 믹서기로 마쇄하여 45 mesh, 100 mesh 체를 차례로 통과시켰으며, 단백질의 용해도를 높이기 위해서 용액의 pH를 측정 후 pH 2 또는 pH 11로 재조정하였음.
- 원심분리기를 이용하여 3000 rpm에서 10분간 원심분리 후 상층액을 따로 분리함. 모아진 상층액은 1N NaOH 용액을 사용하여 pH 4.5로 등전점을 맞춰 단백질을 얻은 다음 pH 7로 재조정하여 원심분리하고, 증류수로 씻어 단백질을 얻었음.
- 분리된 단백질은 동결건조기로 건조하고, 이를 분쇄하여 100 mesh 체를 통과시켜 시료로 사용함.

(2) 가식성필름 제조용 RP 시료의 선택기준

(가) RP의 분리조건과 분산 pH에 따른 용해도

- 가식성 필름 제조를 위해서는 용해도가 높은 조건이 필수적임.
- 쌀단백질은 물에 불용성이므로 필름 제조 시 물을 용매로 사용하기 힘든 반면, 산성 또는 알칼리용액에서는 용해도가 높기 때문에 산성(pH 2) 또는 알칼리(pH 11)에서 분리한 RP를 pH 2 또는 pH 11에 분산시켜서 사용할 경우 필름제조가 가능할 것으로 생각됨.
- 산성(pH 2) 또는 알칼리(pH 11)에서 분리한 RP의 pH 조건(pH 2 또는 pH 11)에 따른 용해도 분석결과 RP를 분리한 pH 조건에서 각각 용해도가 높게 나타남을 확인할 수 있었음(표3-5).

- 가식성 필름을 제조 후 섭취하기 위해서는 강알칼리 상태로는 섭취가 불가능하므로, pH 2에서 제조된 RP를 pH 2 용액에 분산시켜서 가식성 필름을 제조하였음.

표 3-5. pH 조건을 달리하여 제조된 쌀단백질의 분산 pH에 따른 용해도의 변화

시료	Solubility (%)	
	pH 2	pH 11
pH 2에서 분리한 RP	74.75±3.12	33.00±1.28
pH 11에서 분리한 RP	29.95±0.07	75.42±1.16

(나) RP의 분리조건에 따른 구성 아미노산 분석

- 필름 제조시 산, 알칼리, 가열 등을 통해 변성된 단백질은 수소결합, 소수성 상호작용, 공유결합을 통해 단백질이 중합하며 필름이 형성되는데, 특히 필름 그물망에서 단백질 분자들은 이황화결합(disulfide)에 의해 재회합한다고 알려짐.

- 이황화결합은 함황아미노산인 메티오닌과 시스테인 함량의 영향을 받으므로, 산성(pH 2) 또는 알칼리(pH 11)에서 분리한 RP의 구성아미노산 조성을 분석하였음.

- 구성 아미노산 분석결과 pH 2에서 분리한 RP와 pH 7에서 분리한 RP 모두 glutamic acid, aspartic acid, arginine의 비율이 높았음(그림 3-4).

- pH 2에서 분리한 RP 중의 시스틴 함량은 1241.53mg/100g으로 pH 11에서 분리한 RP 중의 시스틴 함량인 814.17mg/100g보다 높은 값을 보였음.

- 반면, pH 2에서 분리한 RP중의 메티오닌 함량은 1645.14mg/100g으로 pH 11에서 분리한 RP 중의 메티오닌 함량인 1742.48mg/100g과 비슷한 값을 보여서 pH 2에서 분리한 RP가 pH 11에서 분리한 RP보다 필름제조에 더 유리할 것으로 판단되었음.

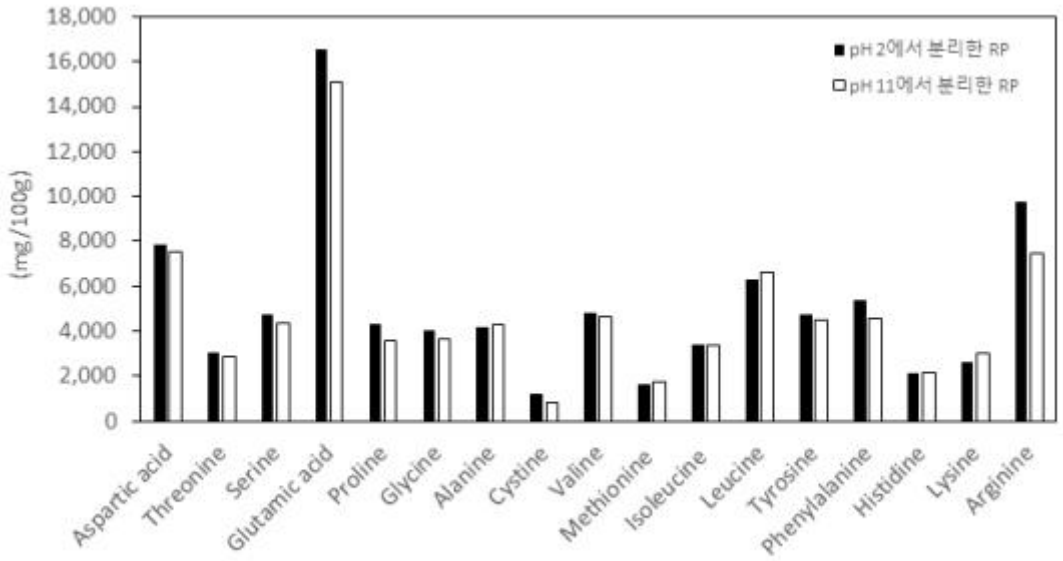


그림 3-4. pH 2 또는 pH 11에서 분리한 쌀단백질의 구성아미노산 조성

(3) RP 필름제조

- RP를 증류수에 분산시킨 후 1N HCl을 사용하여 pH 2로 조정한 다음 80℃에서 20분간 가열 교반하면서 필름제조용 용액을 제조하였음.

- 제조된 RP 용액은 homogenizer(ULTRA-TURRAX model T25 digital, IKA, Germany)를 이용하여 8000rpm에서 2분간 균질화시킨 후 거품을 제거하기 위해서 실온에서 약 10분간 방치시켰음.

- 제조된 용액은 applicator를 이용하여 베이스 필름인 OHP 필름(21 X 29.7cm) 위에 캐스팅(casting) 후 실온에서 1일간 건조하여 RP 필름을 제조하였음.

- Pullulan은 농도별(5~20%)로 제조한 다음 쌀단백질 용액과 일정 비율(1~10%)로 혼합한 다음 Pullulan-RP 혼합필름을 제조하였음.

- 가소제로는 glycerol과 sorbitol을 RP용액 또는 Pullulan-RP혼합용액에 각각 농도별로 첨가해서 필름을 제조하였음.

(4) 인장강도 측정

- 제조된 가식성 필름은 상대습도가 일정하게 유지되는 데시케이터에 보관하면서 인장강도 측정에 사용하였음.

- 인장강도(tensile strength) 측정을 위해 제조된 필름을 100 mm x 10 mm로 자른 다음 CT3 Texture Analyser(AMETEK Brookfield Inc., MA, USA)를 이용하여 필름의 인장강도를 측정하였음. 구체적인 측정조건은 grip assembly를 이용하여 test distance 20 mm, test speed 0.5 mm/sec, trigger force 5 g로 하였음.

이때, 인장강도는 필름을 잡아 늘릴 때, 필름이 절단될 때까지 작용한 가장 큰 힘을 의미함.

나) 실험결과

(1) 단백질 필름의 제조에 미치는 영향 인자들 분석

- 필름 특성에 영향을 주는 요인으로서 단백질농도, 첨가물의 종류 및 농도, 가소제 종류 및 농도, 가열온도 및 가열시간, 균질화 유무 및 균질화 정도 등에 대한 비교 실험을 실시하였음.

(가) 단백질농도

- 가식성 필름이 생성될 수 있는 RP의 농도를 결정하기 위해 RP 6%, 8%, 10%로 용액을 제조함.

- 모든 RP 농도에서 필름형성이 제대로 이루어지지 않았는데, 이는 점도가 너무 낮기 때문으로 점도상승을 위한 증점제의 첨가 필요성을 확인할 수 있었음.

그림 3-5. 농도를 달리하여 제조된 RP용액의 외관사진

(나) 첨가물의 종류 및 특징

- RP에 첨가하여 농도를 높임으로써 필름 제조에 활용할 수 있는 소재를 스크리닝하기 위해 kappa(k)-카라기난, 산탄검, 펙틴, 키토산 2% 용액을 제조 후 농도를 비교해 본 결과 k-카라기난>>산탄검>키토산>펙틴 순으로 농도가 높았음.
- 카라기난은 투명한 겔을 형성됐으나 고르게 분산되지 않았음. 이를 85℃에서 20분간 가열한 결과 점도감소가 뚜렷하게 나타났음.
- 산탄검은 고르게 분산되지 않고 뭉친 덩어리가 보였음. 이를 85℃에서 20분간 가열한 결과 점도감소가 나타났음

- 키토산은 작은 입자 형태로 분산상태를 유지했고. 가열에 따른 변화는 없었음
- 펙틴은 불투명한 용액을 형성했으며, 작은 입자 형태들이 있었고, 가열에 따른 변화는 없었음.

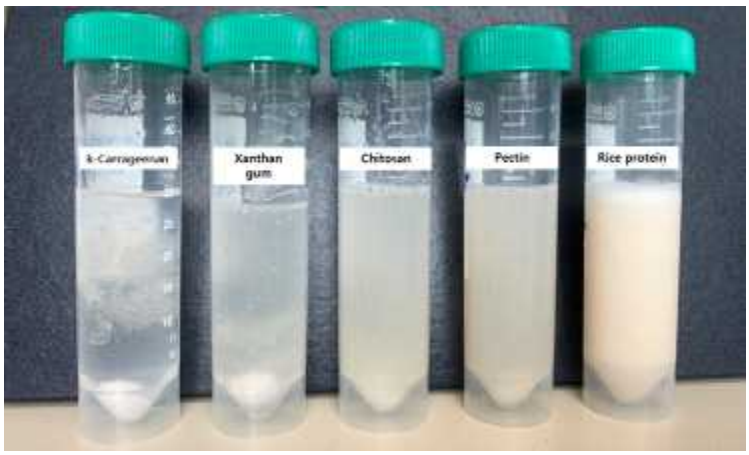


그림 3-6. 다양한 필름제조용 소재의 분산상태

- 제조된 k-카라기난, 산탄검, 펙틴, 키토산 용액을 applicator를 이용해서 테프론 시트 또는 OHP 필름 위에 캐스팅(casting)했을 때 부착되지 않아서 필름제조가 안 됨.
- RP의 경우 테프론 시트와 OHP 필름 위에서 캐스팅은 되지만, 건조 후 필름이 테프론 시트로부터 분리되지 않은 문제점이 있어서 최종적으로 OHP필름을 이용하여 캐스팅하기로 결정함.
- 위의 필름제조에 활용할 수 있는 소재들 중에서 산탄검(Xanthan gum, XG)을 첨가하여 점도상승 효과를 확인해보기로 함.

(다) RP + XG의 농도별 첨가 효과

- RP용액을 pH 2로 조정하면 단백질이 변성되어 점성이 있는 졸(sol) 상태를 유지함. 농도를 높이기 위해 XG을 첨가하여 필름을 제조하였음.
- XG를 첨가하면 점성이 높아지지만 XG 첨가량이 많을수록 균질화과정(5000rpm, 30sec)을 거치더라도 XG이 고르게 분산되지 않는 문제점이 있었음.
- 이에 XG (0.5%) stock solution 제조 후 희석해서 사용함으로써 XG이 고르게 분산되도록 하였음.
- 또한, XG 첨가로 점도상승 효과는 있었으나, RP와 XG만 첨가한 시료 모두 부서지는 문제가 있어서 가소제 첨가 필요성을 확인할 수 있었음.

① RP 6%에 XG 0.05% 첨가

- 두껍게 부어진 부분에서만 필름이 형성되었으나, 건조과정에서 부서짐.
- RP농도와 XG 농도가 낮아서 흐름성이 높았음.

그림 3-7. RP 6%에 XG 0.05%를 첨가하여 제조된 필름

② RP 8%에 XG 0.05~0.15% 첨가

- XG 0.05%와 XG 0.1% 첨가했을 때 전체적으로 필름이 형성됐으나 건조과정에서 부서짐. 또한 RP농도를 더 높였지만 점도가 낮아서 XG첨가량 늘려야 함.
- XG 0.15% 첨가 시 점도가 상승되어 전체적으로 필름 형태가 만들어졌으나, 두껍고 불투명한 필름이 형성됐으며, 부서짐을 방지하기 위해서 가소제 첨가해야 함.

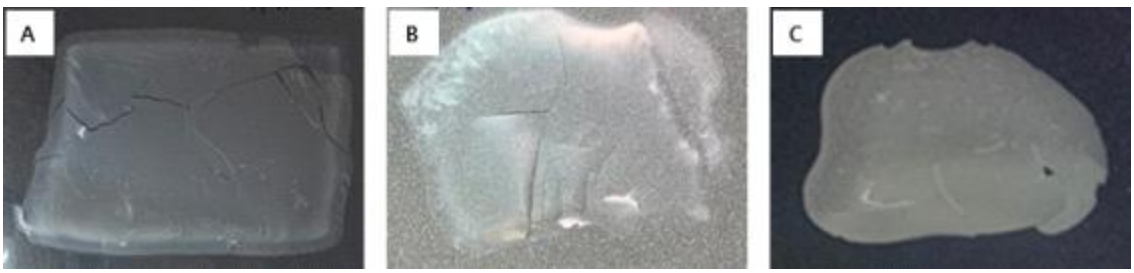


그림 3-8. RP 8%에 XG 0.05%(A), XG 0.1%(B), XG 0.15%(C)를 첨가하여 제조된 필름

③ RP 10%에 XG 0.1~0.15% 첨가

- XG 0.1% 첨가 시 가열과정에서 XG의 뭉침 현상이 일어나 균질화(5000rpm, 30초)를 실시했으나 XG이 균일하게 풀어지지 않아 필름형성이 제대로 이루어지지 않음.
- 뭉침현상을 방지하기 위해서는 XG stock solution 제조 후 희석해서 사용함으로써 고르게 분산되도록 해야 함.

- XG 0.15% 첨가 시 부서짐없는 투명한 필름이 제조되었으나, 건조과정 중 튀틀림 현상이 일어남.
- 0.5% XG stock solution 제조 후 희석해서 사용함으로써 고르게 분산된 필름이 형성됨.
- 가장 최상의 필름을 형성할 수 있는 실험조건이므로 앞으로 필름제조의 제조조건으로 잡음. 단, 필름에 유연성을 부여하기 위해 가소제 첨가하기로 함.

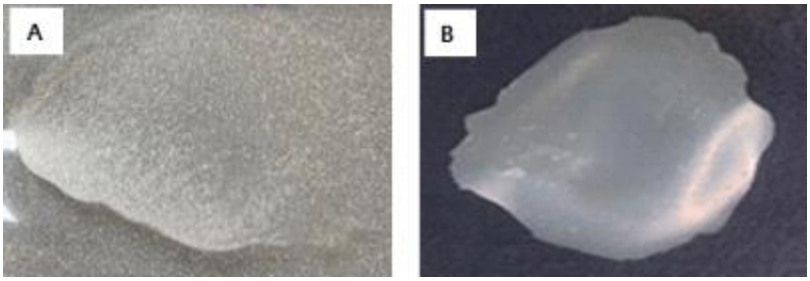


그림 3-9. RP 10%에 XG 0.1%(A), XG 0.15%(B)를 첨가하여 제조된 필름

(라) 가소제 첨가 효과
- 지금까지의 실험결과에서 부서지고 유연성이 떨어지는 필름이 제조되었음.
- 가소제는 무정형 영역 내 고분자사슬 간의 수소결합과 같은 이차결합을 감소시켜 인장강도를 감소시키고, 유리전이온도를 낮추어 유연성을 부여하는 것으로 알려져 있음. 단백질 필름에 널리 사용되는 가소제는 glycerol과 sorbitol이 있으므로 이들 가소제를 농도별로 첨가하여 필름형성 상태를 확인하였음.

① 가소제(sorbitol) 첨가량에 따른 가열 효과 비교
- RP에 XG을 첨가하면 점성이 높아지지만 가열할 경우 덩어리가 생기는 문제가 있으므로, 가열(85℃, 20분) 또는 비가열에 따른 필름품질의 변화를 확인하기 위해서 실험을 실시하였음.
- 시료는 RP 10%에 XG 0.15%와 sorbitol 0, 0,2, 0.4g/g protein을 각각 첨가하여 분산시킨 다음 pH 2로 조정하였고, 가열 여부에 따라 6개의 시료를 제조 후 필름의 품질을 평가하였음.
- 가열하면 필름의 투명도가 증가하고 부서짐성이 감소하였으며, 필름 표면이 좀 더 매끄러운 상태를 유지하였음.
- sorbitol을 0.2g 첨가 시 가열하면 투명도가 향상되고 두껍고 단단한 필름을 형성하는 반면, 부서지는 경향을 보였음.
- sorbitol첨가량이 0.4g로 증가하면 불투명해지고 부분적으로 OHP 필름에 부착되어 억지로 떼어내면 조각으로 부서지는 필름이 형성됨.

표 3-6. 필름제조 용액의 가열 효과

RP 및 XG농도 (w/w)	Sorbitol 함량 (g/g protein)	가열 유무에 따른 필름사진	
		비가열	가열
RP 10 (XG 0.15)	0		
	0.2		
	0.4		

② 균질화(homogenizing) 효과 비교

- RP 용액에 XG을 가루 형태로 첨가하면 뭉치므로 XG을 stock solution으로 제조한 다음 희석해서 첨가하면 뭉치는 현상없이 잘 분산됨.
- 그러나, 가열하면 다시 덩어리가 생기는 문제가 있으므로 5000rpm에서 30초 동안 균질화를 실시하였음. 균질화 후 거품이 생성되므로 실온에 방치 후 거품을 제거하고 필름을 제조하여 균질화 효과를 비교하였음.
- 균질화하면 투명도가 향상되고 부서짐성이 감소된 필름이 형성됨을 확인함.

표 3-7. 필름제조 용액의 균질화 효과 비교

RP 및 XG농도 (w/w)	Sorbitol 함량 (g/g protein)	균질화여부에 따른 필름사진	
		비균질화	균질화
RP 10 (XG 0.15)	0.2		

③ 가소제 종류에 따른 필름의 특성 비교

- sorbitol을 0.1~0.4g/g protein 첨가하면 RP+XG 필름에 비해 투명도가 향상되고 부서짐성이 감소된 필름이 형성되었으나, sorbitol 첨가량이 증가할수록 불투명하고 단단하면서 부서짐성이 큰 필름이 형성됨.
- glycerol을 0.1~0.4g/g protein 첨가하면 RP+XG 필름에비해 투명하고 신장력이 큰 필름이 형성되었으나, glycerol 첨가량이 증가할수록 부착성이 강해서 OHP 필름으로부터 떼어내지지 않음.

- sorbitol과 glycerol을 1:1로 혼합해서 필름을 제조하면 부서짐이 적고 신장력이 있는 필름을 제조할 수 있을 것으로 생각되었음. 그러나 sorbitol과 glycerol을 1:1로 혼합해서 0.2g/g protein 첨가했을 때 반투명하고, 부착성이 강해서 OHP 필름으로부터 떼어 내지지 않는 문제점이 있었음.

표 3-8. 가소제 첨가비율에 따른 필름제조 특성

RP 및 XG농도 (w/w)	Sorbitol(S)/glycerol(G) ratio		
	S/G ratio (100:0)	S/G ratio (0:100)	S/G ratio (50:50)
RP 10 (XG 0.15)			

(2) Pullulan을 이용한 Pullulan-RP 혼합필름 제조

- pullulan은 진균류의 일종인 Aureobasidium pullulans가 생성하는 수용성 다당류로서 maltotriose 단위가 α-1, 6 결합으로 연결된 구조임.
- 다른 다당류에 비해 물에 녹기 쉽고 저점도이지만 부착성과 실같이 잡아끌리는 느낌이 강해 안정한 필름을 만들기 쉬워서 식품의 포장재, 피막제 등으로 널리 이용되고 있음.
- 또한, pullulan의 점도는 열이나 pH의 변화에 영향을 받지 않는 특이성이 있으므로 pH 2 조건에서 제조되는 필름제조에 적합할 것으로 생각됨.

(가) Pullulan 농도에 따른 필름제조

- pullulan만으로 필름을 제조할 수 있는 농도를 결정하기 위해 pullulan 5%, 10%, 15%, 20% 필름제조용 용액을 제조하였음.
- pullulan 5%는 점도가 너무 낮고, pullulan 20%는 점도가 너무 높아서 필름형성이 안 됨.
- RP 10% 필름이 부서지고 OHP 필름으로부터 떼어내지지 않는 것에 반해, pullulan 10% 필름과 pullulan 15% 필름은 부서지지 않고 OHP 필름으로부터 분리가 잘 되는 특성을 나타냄을 확인하였음(그림 3-10).

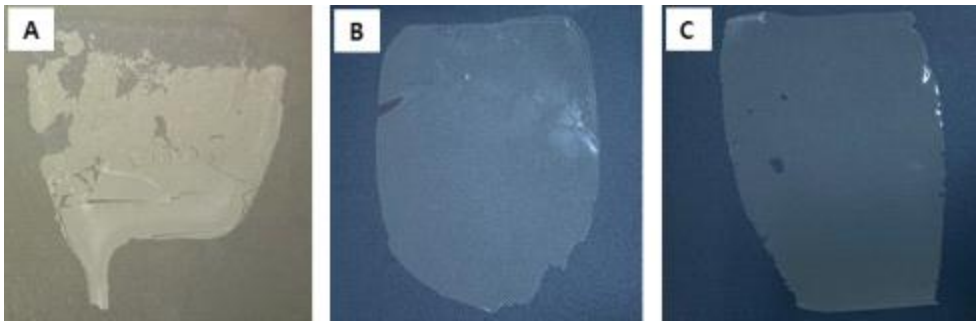


그림 3-10. RP 10%(A), pullulan 10%(B), pullulan 15%(C)로 제조된 필름

(나) Pullulan-RP 혼합필름 제조

- pullulan의 특성이 RP 필름제조 시의 문제점을 보완할 수 있을 것으로 생각되어 pullulan과 RP를 일정 비율로 혼합해서 필름을 제조함.

① pullulan 10%에 RP 1~10% 첨가 효과

- RP 1% 첨가 시 신축성이 없고 투명하며 찢어짐.
- RP 3% 첨가 시 불투명해지고 필름이 큰 조각으로 깨짐
- RP 5% 첨가 시 불투명도 매우 커지고 필름이 잘게 부서짐
- RP 10% 첨가 시 불투명도 매우 커지고 필름이 더 잘게 부서짐
- RP 첨가량이 많아질수록 불투명도와 부서짐성이 더 커짐을 알 수 있었으며, 부서짐성을 감소시키기 위해서는 가소제의 첨가가 필요함을 확인하였음.

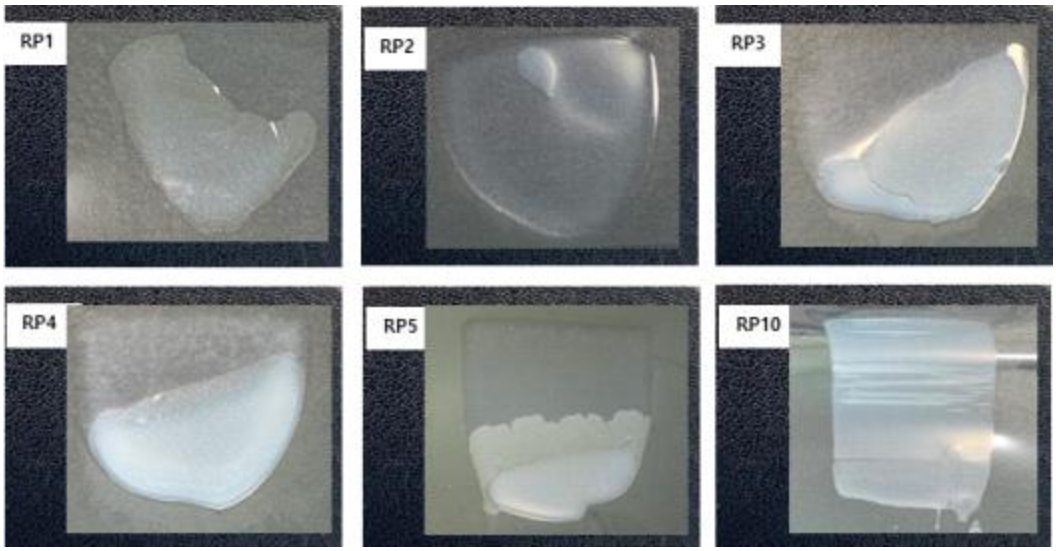


그림 3-11. Pullulan 10%에 RP 첨가량을 달리하여 제조된 필름의 외관사진

② pullulan 10% + RP 1~3% 혼합 용액에 glycerol 농도별 첨가 효과

- 실험을 통해 필름의 신장성을 증가시켰던 glycerol을 가소제로 첨가하기로 함.
- glycerol 0.1, 0.2, 0.3, 0.4 g/g protein을 첨가한 결과 첨가량이 증가할수록 신장성은 증가되었으나, 부착성 또한 증가되어 OHP 필름에서 떼어 내지지 않아서, 이후 실험에서는 glycerol 0.1g/g protein을 첨가해서 필름을 제조함.
- Pullulan 10%에 RP 1%, RP 2%, RP 3%를 각각 혼합하고 glycerol 0.1g/g protein을 첨가해서 필름을 제조한 결과 RP 1% 첨가 필름은 매우 투명한 필름을 형성하였고, RP 첨가량이 증가할수록 불투명도가 높아졌음.

그림 3-12. Pullulan 10%-RP 혼합용액에 glycerol을 첨가하여 casting한 모습

③ pullulan 15% + RP 1-3% 혼합 용액에 glycerol 첨가 효과

- Pullulan 15%에 RP 1%, RP 2%, RP 3%를 각각 혼합하고 glycerol 0.1g/g protein을 첨가해서 필름을 제조한 결과 RP 1% 첨가 시 필름 형성이 잘 안 되고, 2% 첨가 시 투명한 필름을 형성하였고, 3% 첨가 시 불투명한 필름을 형성하였음. RP 첨가량이 증가할수록 불투명도가 높아졌음

그림 3-13. Pullulan 15%-RP 혼합 용액에 glycerol을 첨가하여 casting한 모습

④ pullulan 농도별/RP 농도별 + glycerol 첨가해서 제조된 필름사진들

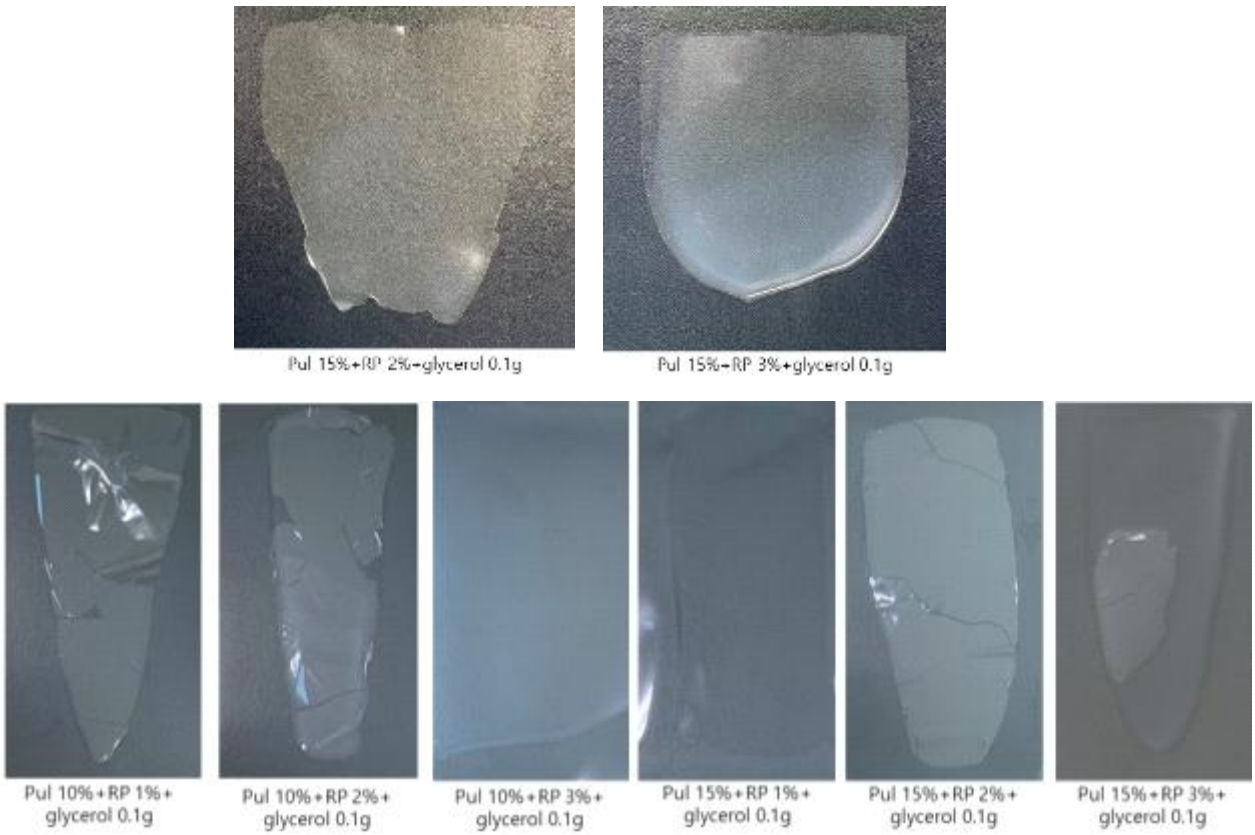


그림 3-14. Pullulan/RP 농도별 혼합 용액에 glycerol을 첨가하여 제조된 필름사진

- Pullulan 10%에 RP 첨가 시 RP 1-2%가 적당하고, Pullulan 15%에 RP 첨가시 RP 2-3%가 적당한 양임을 알 수 있었음. 다만, glycerol 양이 적으면 필름이 부서지고 양이 많으면 부착성이 강해 OHP 필름에서 떼어 내지지 않으므로 적절한 농도의 glycerol 첨가량에 대한 추가 연구가 필요함.

(3) Pullulan-RP 혼합필름의 인장강도 측정결과

① 가소제 첨가 유무에 따른 인장강도

- 인장강도는 필름을 양쪽으로 잡아당길 때, 필름이 절단될 때까지 작용한 가장 큰 힘을 의미함.

- 가소제를 첨가 시 필름의 신장성이 증가되고, 인장강도가 더 높은 값을 보임

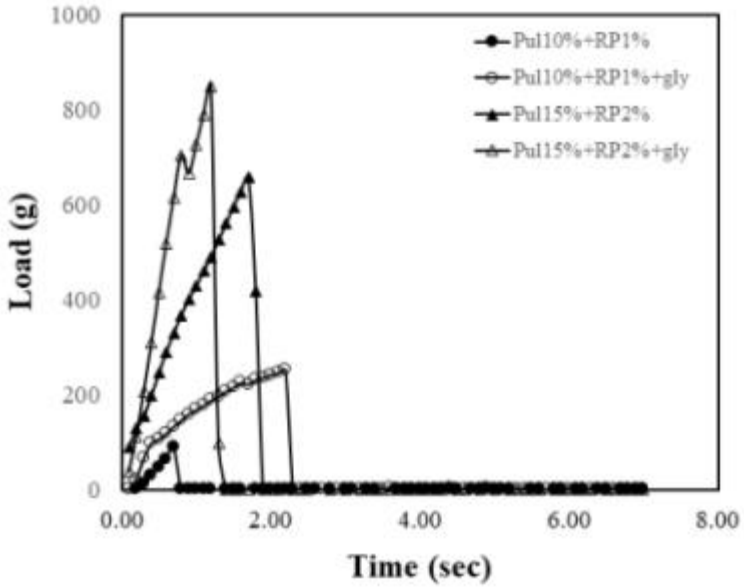


그림 3-15. 가소제(glycerol) 첨가 유무에 따른 인장강도

② Pullulan 10% + RP 첨가비율에 따른 인장강도

- Pullulan 10% 단독시료는 신장성과 인장강도가 매우 높은 값을 보였음.

- Pullulan에 RP 1% 첨가 시 pullulan 단독시료와 비슷한 필름 절단 패턴을 나타냈음.

- RP 첨가량이 증가할수록 신장성이 떨어져서 필름을 양쪽으로 잡아당기자 마자 필름이 절단되는 특징을 보였음.

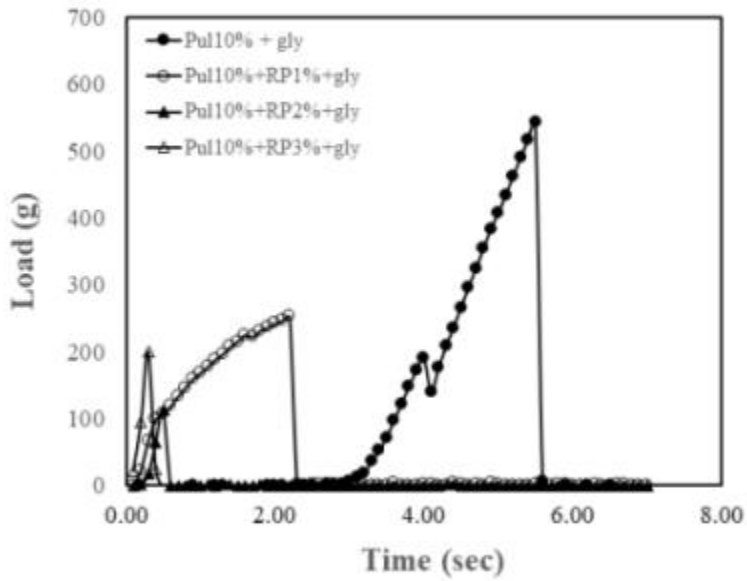


그림 3-16. Pullulan 10%-RP-Glycerol 혼합 필름의 인장강도

③ Pullulan 15% + RP 첨가비율에 따른 인장강도

- pullulan 15% 단독시료는 신장성과 인장강도가 매우 높은 값을 보였음.
- pullulan에 RP를 첨가하면 신장성이 떨어져서 필름을 양쪽으로 잡아당기자 마자 필름이 절단되고 인장강도가 급격히 감소됨. 그러나, RP 첨가량이 증가할수록 인장강도가 약간 증가하는 경향을 보였음.
- pullulan 10%에 RP 1~3% 첨가 시 112~252 g의 인장강도를 보인데 반해, pullulan 15%에 RP 1~3%를 첨가하면 212~1006 g로 더 높은 인장강도를 보였음.
- RP를 이용한 가식성 필름 제조를 위해서는 Pullulan 15%에 RP 2~3% 첨가하고, 가소제로서 glycerol 0.1g/ g protein 첨가했을 때 가장 적합한 제조조건임을 알 수 있었음.

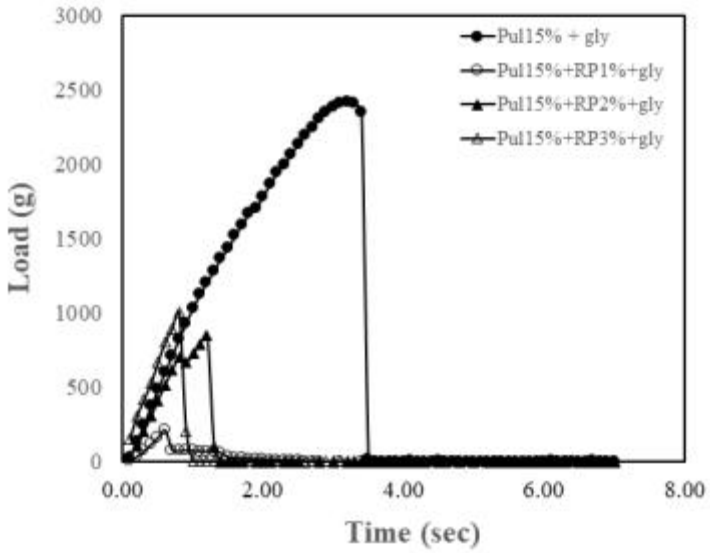


그림 3-17. Pullulan 15%-RP-Glycerol 혼합 필름의 인장강도

3. 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 정도

1) 연구수행 결과

(1) 정성적 연구개발성과

○ 쌀 세정수로부터 단백질 및 전분 분리 정제 공정을 확립하여 쌀 가공업체 및 RPC에서 쌀 세정수 처리에 적용할 수 있음

○ 쌀 및 세정수로부터 분리된 전분으로 어닐링, OSA 처리 등의 방법으로 유화안정성 및 냉해동 안정성이 우수한 변성전분을 개발하였으며 냉동 찐만두피 등의 제품에 식감 개선용 첨가물로 적용할 수 있음. 또한 pullulan과 가소제를 첨가하여 가식성 필름을 제조하였음

○ 각 pH 2와 pH 12에서 순도 90%이상의 쌀단백질을 분리 정제하였으며 용해도, 단백질 분자량 분포도 및 아미노산 조성 등을 분석하였음. 이 결과를 토대로 pH 조건에 따른 가공식품 제조에 활용할 수 있음

○ 쌀단백질의 용해도를 향상시켜 안정한 유화액을 제조할 수 있는 조건을 확립하였음

○ 분리한 쌀단백질을 첨가하여 만두피 등의 단백질 강화 식품 제조 및 특성을 확인하였고, 쌀단백질에 pullulan과 가소제를 첨가하여 가식성 필름을 제조하였음

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

<사업화 성과>
특허출원 2건(100%), 기술실시 2건(100%), 제품화 4건(100%),
매출 1,175백만원(168%), 고용창출 3명(100%)

<연구성과>
SCI 논문 1건(100%), 비SCI 논문 4건(100%), 학술발표 8건(133%),
교육지도 5건(167%), 홍보전시 8건(133%)

< 정량적 연구개발성과표 >

(단위 : 건, 백만원)

성과지표명 \ 연도			1차년도 (2019.5.20~ 2019.12.31)	2차년도 (2020.1.1.~ 2020.12.31)	3차년도 (2021.1.1.~ 2021.12.31)	계	가중치 (%)
전담기관 등록·기탁 지표[1]	논문	목표(단계별)	1	1	3	5	
		실적(누적)	1	1(2)	3(5)	5	
	지적재산권 (특허출원)	목표(단계별)		1	1	2	10
		실적(누적)		1	1(2)	2	
	지적재산권 (특허등록)	목표(단계별)			1	1	5
		실적(누적)			0	0	
	학술발표	목표(단계별)	2	2	2	6	10
		실적(누적)	2	2(4)	4(8)	8	
연구개발과제 특성 반영 지표[2]	기술실시 (이전)	목표(단계별)		1	1	2	5
		실적(누적)		1	1(2)	2	
	사업화 (제품화)	목표(단계별)	1	1	2	4	40
		실적(누적)	1(1)	1(2)	2(4)	4	
	사업화 (매출액)	목표(단계별)	100	200	400	700	10
		실적(누적)		127	1,050(1,177)	1,177	
	사업화 (고용창출)	목표(단계별)	1	1	1	3	10
		실적(누적)	1(1)	1(2)	1(3)	3	
	교육지도	목표(단계별)	1	1	1	3	5
		실적(누적)	1(1)	1(2)	1(3)	3	
	홍보전시	목표(단계별)	2	2	2	6	5
		실적(누적)	3(3)	3(6)	2(8)	8	
계							100

(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
1	쌀단백질이 첨가된 냉동 반죽으로 제조한 쌀 생면의 품질특성	한국식품 조리과학 회지	노준희	35(6)	대한민국	한국식품조 리과학회	비SCIE	2019. 12	2287-1780	100%
2	복합프로바이오틱 스 처리 새청무 쌀가루로 제조한 쌀 컵케이크의 품질	한국식품 조리과학 회지	문세훈	36(6)	대한민국	한국식품조 리과학회	비SCIE	2020.12	2287-1780	100%
3	쌀단백질을 첨가한 만두피의 특성 연구	한국식품 조리과학 회지	백만희	37(1)	대한민국	한국식품조 리과학회	비SCIE	2021. 2	2287-1780	90%
4	Effect of different degrees of milling on the protein composition in brown rice brans	Journal of Food Measurement and Characterization	Saehun Mun	16	Germany	Springer	SCIE	2021. 9	2193-4126	60%
5	쌀세정주에서 분리한 전분과 이로 제조한 옥테닐호박산전분의 특성	한국식품 조리과학 회지	정소희	37(6)	대한민국	한국식품조 리과학회	비SCIE	2021.12	2287-1780	100%

□ 국내 및 국제 학술회의 발표

번호	회의 명칭	발표자	발표 일시	장소	국명
1	2019한국식품조리과학회	이주리	2019-10-18	서울교육대학교	국내
2	한국식품영양과학회 2019년도 국제심포지엄, 정기학술대회 및 정기총회	박희전	2019-10-24	제주국제컨벤션센터	국내
3	2020한국식품과학회	정소희	2020-07-02	김대중컨벤션센터	국내
4	2020한국식품영양과학 심포지엄 및 정기학술대회	정소희	2020-10-23	제주국제컨벤션센터	국내
5	2021 한국식품과학회 국제학술대회 및 정기총회	정소희	2021-07-07	대전컨벤션센터	국내
6	2021 한국식품과학회 국제학술대회 및 정기총회	백만희	2021-07-09	대전컨벤션센터	국내
7	2021 한국식품과학회 국제학술대회 및 정기총회	문세훈	2021-07-09	대전컨벤션센터	국내
8	2021 한국환경생물학회 40주년 기념 정기학술대회	정소희	2021-10-28	제주도 휘닉스 섭지코지	국내

□ 기술 요약 정보 - 해당없음

□ 보고서 원문 - 해당없음

□ 생명자원(생물자원, 생명정보)/화합물 - 해당없음

[기술적 성과]

□ 지식재산권(특허, 실용신안, 의장, 디자인, 상표, 규격, 신품종, 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	쌀단백질이 함유된 만두피의 제조방법	대한민국	베리앤바이오식품연구소, 순천향대학교, 엄지식품	2020.12.17	10-2020-0177656					100%	
2	쌀세정수를 이용한 전분의 제조방법	대한민국	베리앤바이오식품연구소, 순천향대학교, 엄지식품	2021.12.17	10-2021-0181481					100%	

o 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	√									
2	√									

□ 저작권(소프트웨어, 서적 등) - 해당없음

□ 신기술 지정 - 해당없음

□ 기술 및 제품 인증 - 해당없음

□ 표준화 - 해당없음

[경제적 성과]

□ 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	자기실시	쌀단백질을 첨가한 만두피 제조	엄지식품	2021.12.31	무상	
2	자기실시	쌀세정수를 이용한 전분의 제조방법	엄지식품	2021.12.31	무상	

* 내부 자금, 신용 대출, 담보 대출, 투자 유치, 기타 등

□ 사업화 투자실적

번호	추가 연구개발 투자	설비 투자	기타 투자	합계	투자 자금 성격*
1	130,000,000	36,000,000,000	-	36,130,000,000	

□ 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	자기실시	신제품 개발	국내	엄지군만두	쌀단백질 활용	엄지식품	1,006,644	-	2021	5
2	자기실시	신제품 개발	국내	진리구움만두	쌀단백질 활용	엄지식품	13,830	-	2021	3
3	자기실시	신제품 개발	국내	연탄불고기만두	쌀단백질 활용	엄지식품	17,449	-	2021	3
4	자기실시	신제품 개발	국내	매운불김치만두	쌀단백질 활용	엄지식품	12,013	-	2021	3

* 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)		
엄지군만두	2020	126,998	-	126,998	세금계산서
엄지군만두 등	2021	1,049,937	-	1,049,937	세금계산서
합계		1,176,935	-	1,176,935	

□ 사업화 계획 및 무역 수지 개선 효과

성과			쌀 단백질을 첨가한 더 바삭한 군만두 개발		
사업화 계획	사업화 소요기간(년)		1		
	소요예산(천원)		50,000		
	예상 매출규모(천원)		현재까지	3년 후	5년 후
			1,176,935	5,000,000	8,000,000
	시장 점유율	단위(%)	현재까지	3년 후	5년 후
		국내	-	0.1	0.1
		국외	-	-	-
	향후 관련기술, 제품을 응용한 타 모델, 제품 개발계획		군만두 신제품(자사 및 oem) 개발시 쌀 단백질을 첨가한 만두 개발		
무역 수지 개선 효과(천원)	수입대체(내수)		현재	3년 후	5년 후
			-	-	-
	수출		-	100,000	200,000

□ 고용 창출

순번	사업화명	사업화 업체	고용창출 인원(명)		합계
			2020년	2021년	
1	쌀가공부산물을 이용한 기능성 소재 개발 및 이를 활용한 식품의 산업화	엄지식품	2	1	3
합계			2	1	3

□ 고용 효과

구분			고용 효과(명)
고용 효과	개발 전	연구인력	-
		생산인력	-
	개발 후	연구인력	-
		생산인력	3

□ 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							
기대 목표							

□ 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 - 해당없음

□ 정책활용 내용 - 해당없음

□ 설계 기준/설명서(시방서)/지침/안내서에 반영 - 해당없음

□ 전문 연구 인력 양성 - 해당없음

□ 산업 기술 인력 양성

번호	프로그램명	프로그램 내용	교육 기관	교육 개최 횟수	총 교육 시간	총 교육 인원
1	농산물의 가공 부산물 활용을 위한 설비 교육	농산물을 활용한 가공설비 교육 등	베리&바이오식품 연구소	1	4시간	20명
2	쌀단백질을 활용한 만두피 제조	밀가루 대체 쌀단백질 첨가 효과 실험	순천향대학교	1	6시간	10명
3	쌀로부터 단백질 분리 및 정제방법의 이해	쌀 단백질 분리 및 정제, 특성조사 실험	순천향대학교	1	6시간	7명
4	쌀단백질을 첨가한 두부스테이크 제조	쌀단백질을 첨가한 두부스테이크 제조 및 평가	순천향대학교	1	6시간	7명
5	쌀단백질을 이용한 베이커리 제품 개발	쌀가루와 쌀단백질을 이용한 머핀과 쿠키제조	순천향대학교	1	4시간	25명

□ 다른 국가연구개발사업에의 활용 - 해당없음

□ 국제화 협력성과 - 해당없음

□ 홍보 실적

번호	홍보 유형	매체명	제목	홍보일
1	박람회	서울 코엑스	비즈엑스포	2019.10.08~11.
2	박람회	김대중컨벤션센터	광주맘아랑베이비페어	2019.10.25
3	박람회	김대중컨벤션센터	2019광주미래식품전	2019.11.14~17.
4	기타	대구광역시 동구청	코로나 19, 힘내세요. 엄지그룹이 함께합니다	2020.03.18
5	기타	베리앤바이오식품연구소 홍보관	베리앤바이오식품연구소 홍보전시관 상설전시	2020.10.26~ 12.31
6	전시회	고창군 문화의 전당	2020식초문화도시'고창'기념행사 및 컨퍼런스	2020.11.03~05
7	박람회	대구엑스코 1층 전시장	제20회 대구국제식품산업전	2021.09.02~05
8	박람회	김대중컨벤션센터	2021광주미래식품전	2021.11.04~07

□ 포상 및 수상 실적 - 해당없음

번호	종류	포상명	포상 내용	포상 대상	포상일	포상 기관
1	수상	제31회 과학기술우수논문상		문세훈	2021.09.01	한국과학기술단체총연합회

[인프라 성과]

□ 연구시설・장비 - 해당없음

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

* 「과학기술기본법 시행령」 제42조제4항제2호에 따른 연구시설・장비 종합정보시스템을 의미합니다.

[그 밖의 성과](해당 시 작성합니다) - 해당사항 없음

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

2) 목표 달성 수준

추 진 목 표	달 성 내 용	달성도(%)
<엄지식품>	**<엄지식품>**	
○ **천연소재로 대체한 제품 개발**	○ 쌀 부산물을 활용한 천연소재(쌀 단백질) 분리를 통해 밀가루 등의 사용을 줄이고 쌀 단백질을 첨가하여 제품 특성에 부합하는 레시피를 개발 하였음.	○100
○ **천연소재로 대체한 냉동 HMR 식품 개발**	○ 엄지군만두 등 천연소재를 활용한 HMR 식품을 개발 및 제품화 하였으며 더욱 바삭하고 식감 있는 소비자의 니즈를 충족시킬 수 있었음.	○100
○ **기능성 소재를 첨가한 소스베이스 및 냉동 HMR 식품 개발**	○ 최적의 소스베이스 2종 선정 및 개발을 완료하였으며 기능성 소재를 첨가한 구움만두 등 4종 HMR제품 출시를 통해 매출화 하였음.	○100
<베리앤바이오식품연구소>	**<베리앤바이오식품연구소>**	
○ **쌀 세정수로부터 단백질 및 전분 분리기술 개발**	○ 세정수를 원심분리하여 전분과 수용성 단백질을 정제하는 공정을 확립하였음. 세정수 정제 전분은 총전분 함량 91%였고 단백질 함량은 62%이상으로 목표달성을 하였음	○100
○ **쌀 세정수 소재 유화 안정제 개발**	○ 세정수에서 분리한 전분으로 어닐링 및 OSA 처리 등의 방법으로 변성전분을 개발하고 유화안정제와 냉해동안정제를 개발하여 냉동 찐만두피의 물성을 개선하였음	○100
○ **쌀 전분을 이용한 가식성 바이오필름 개발**	○ 쌀전분 및 세정수농축분말을 이용하여 변성전분을 제조하고 이를 이용하여 유연성이 있는 가식성바이오필름을 제조하였음	○100
<순천향대학교>	**<순천향대학교>**	
○ **고미와 고고미로부터 쌀단백질 분리 및 정제 방법 개발**	○ 각각 pH 2와 pH 12에서 순도 90% 이상인 쌀단백질을 분리 정제하여 용해도, 단백질 분자량 분포도 및 아미노산 조성 등을 분석하였으며, 이 결과를 토대로 pH 조건에 따른 가공식품 제조에 활용할 수 있음을 확인하였음	○100
○ **쌀 세정수 유래 쌀단백질과 고미에서 분리한 쌀단백질을 유화제로 개발**	○ 중성 pH에서 3% 수준의 용해도를 갖는 쌀단백질의 용해도를 향상시켜 안정한 유화액을 제조할 수 있는 조건을 확립하였음	○100
○ **쌀단백질 이용 가식성 바이오필름 개발**	○ 쌀단백질에 pullulan과 가소제를 첨가하여 가식성 필름을 제조하였음	○100

※ 협약서 2-2. 평가 착안점 및 기준 참고(아래 표)

기관명	평가항목	가중치(%)	개발 목표치	평가 방법
주관기관(㈜엄지식품)	천연소재로 대체한 소스제품 개발	15	▸ 기존 증점제와 유화제를 천연소재로 대체한 제품 개발 및 시험생산	상품화 및 포장재 개발 1건 기존 첨가물 대체 20% 이상
	천연소재로 대체한 냉동 HMR 식품 개발	15	▸ 쌀 소재 기능성 캡슐을 첨가한 소스 제품 개발 및 시험생산	상품화 및 포장재 개발 1건 기존 첨가물 대체 20% 이상
	기능성 소재를 첨가한 소스베이스 및 냉동 HMR 식품 개발	10	▸ 기능성 소스 응용제품 개발 및 시험생산	상품화 및 포장재 개발 2건 기존 첨가물 대체 20% 이상
제 1 협동((재)베리&바이오식품연구소)	쌀 세정수로부터 단백질 및 전분 분리 기술 개발	10	▸ 쌀 세정수 농축 및 성분 분리 조건 확립	전분 정제도 90%이상 단백질 정제도 50% 이상
	쌀 세정수 소재 유화 안정제 개발	10	▸ OSA전분 등 유화안정제 개발	유화안정제 개발 2건
	쌀 전분을 이용한 가식성 바이오필름 개발	10	▸ 쌀전분 소재 가식성 바이오필름 개발	바이오필름 개발 1건
제 2 협동(서울대학교)	고미와 고고미로부터 쌀단백질 분리 및 정제 방법 개발	10	▸고미와 고고미로부터 쌀단백질 분리방법 확립	단백질 정제도 50% 이상
	쌀 세정수 유래 쌀단백질과 고미에서 분리한 쌀단백질을 유화제로 개발	10	▸쌀단백질로 유화제 개발	유화제 개발 2건
	쌀단백질 이용 가식성 바이오필름 개발	10	▸쌀단백질 소재 가식성 바이오필름 개발	바이오필름 개발 1건
합계		100		

4. 목표 미달 시 원인분석

1) 목표 미달 원인(사유) 자체분석 내용

○ 특허등록 지연
특허출원을 연차별 목표에 따라 2, 3차년에 각각 1건씩 실시하였고 2차년도에 출원한 특허가 3차년도내에 등록될 것으로 예상하여 1건 등록으로 목표를 설정하였으나 심사 지연에 따라 특허등록이 지연되고 있는 상황임

2) 자체 보완활동

○ 현재는 심사결과를 대기하고 있는 상태이며 올해 상반기에 결과가 나올 것으로 예상함. 등록 가능할 것으로 예상하고 있으나, 심사결과가 나오는 즉시 보정작업 등을 통해 반드시 등록될 수 있도록 대비할 것임.

3) 연구개발 과정의 성실성

○ 본 사업의 목표는 쌀세정수의 주성분인 단백질과 전분을 소재화하기 위한 연구로 대학과 연구소를 협동기관으로 하여 소재가공 및 특성연구를 실시하고 그 결과를 활용하여 주관기관에서는 사업화하였음
○ 기관별 연구결과를 상호 공유하고 연계될 수 있도록 사업기간동안 지속적으로 기관간 회의를 실시하여 연구진행에 대하여 협의를 실시하였음
○ 주관기관인 엄지식품에서는 쌀단백질 소재 등을 활용하여 기술실시를 통해 4개 제품으로 사업화하였고, 1협동기관인 베리앤바이오식품연구소에서는 사업계획에 따라 세정수로부터 쌀 전분을 분리하고 OSA전분, RS 등으로 가공하여 찐만두피에 적용가능한 유화안정제, 냉해동안정제로 개발하였으며 전분소재로 가식성 바이오필름 개발연구를 진행하였다. 2협동기관인 순천향대학교에서는 쌀단백질을 안정제, 캡슐제로 소재화하였으며 쌀단백질을 활용하여 군만두의 식감을 개선하였음.
○ 기관간 협업을 통해 논문5건(100%), 학술발표 8건(133%), 교육지도 5건(167%) 홍보전시 8건(133%)의 연구성과 목표를 초과달성하였고, 이를 이용한 사업화성과로 특허출원 2건(100%), 기술실시 2건(100%), 제품화 4건(100%)을 실시하여 1,175백만원의 매출(168%)을 달성하였고 고용창출 3명(100%)을 달성하였음

5. 연구개발성과의 관련 분야에 대한 기여 정도

○ 과학기술 분야

- 쌀 가공식품 생산시 발생하는 쌀 세정수 처리 기술 개발 및 기능성 소재화 기술개발로 신소재 개발 기술 발달
- 쌀로부터 용해성 및 불용성 단백질 분리 정제기술, 기능성 전분 제조기술 등의 쌀 소재화 기술은 쌀 세정수 뿐만 아니라 도정부산물 및 곡류가공기술에도 적용 가능
- 쌀단백질 및 전분소재를 유화제와 안정제, 물성개선제로써 활용 범위 확대 및 새로운 첨가소재로 기술 개발

○ 간편식 산업분야

- 쌀을 활용한 기능성 소재 개발로 기능성 소재시장, 간편식 시장 확대를 통한 쌀 소비 촉진에 기여
- 쌀을 이용한 기능성 소재시장 및 가정 간편식 시장 확대로 쌀 가공산업 활성화를 통한 농업인 소득 증대
- 유화제, 안정제 등 기존 첨가물을 천연 첨가물로 대체함으로써 소비자들이 건강한 제품, 바른 먹거리 섭취로 국민건강 증진에 기여 및 소비자의 식품에 대한 인식 변화
- 쌀을 활용한 기능성 소재를 화장품 및 세제 등에 적용하므로써 농업에서 향장 등 소재산업으로 산업군 확장
- 쌀 가공식품 생산으로 발생하는 세정수 처리기술 개발로 폐수처리 비용 절감 및 환경오염 억제
- 쌀 세정수로부터 단백질 및 전분 분리 정제기술 및 기능성 전분 제조기술 개발로 쌀단백질 및 전분의 수입 대체 효과
- 알레르기가 적은 쌀 단백질 및 기능성 전분은 해외에서 관심이 더 높으므로 수출 가능
- 제품 품목 확대 등 신규 사업 확장을 통한 일자리 창출

6. 연구개발성과의 관리 및 활용 계획

1) 교육, 지도, 홍보 등 기술확산 계획

○ 세정수로부터 쌀 단백질 및 전분 분리기술 및 단백질 및 변성전분 소재화 기술에 대하여 세정수 발생량이 많은 HMR식품 제조업체, 농협 RPC 등에 홍보하고자 함

○ 주관기관인 엄지식품에서 만두 등 냉동 HMR 제품을 생산하는 유통업체 및 엄지식품의 직영 외식업체 등을 통해 쌀단백질 및 전분 소재와 개발제품에 대한 홍보물 배포 및 시식행사를 통해 소비자에게 지속적으로 상품을 홍보하고자 함

○ 기능성 쌀 변성전분 및 단백질을 유화제, 안정제, 물성개선제 등 식품 첨가물로 활용함으로써 만두류 등 냉동 HMR 신제품 개발에 활용

○ 대학생을 대상으로 연구모임을 활성화하여 쌀단백질 및 전분소재 첨가물 제조 및 가공제품 활용에 대한 교육을 계획함

○ 지역 축제 및 박람회, 지자체 교류행사 등에 참여하여 개발제품 홍보 및 바이어 발굴

2) 특허, 품종, 논문 등 지식재산권 확보 계획 등

○ 현재 쌀단백질 소재화와 쌀전분 소재화 관련 특허 2건을 이미 출원하여 심사 중이며 보완사항이 나올 경우 보정작업을 통해 등록이 완료되도록 할 것임
○ 쌀단백질의 용해도를 증가시키고 유화제로 개발하기 위하여 수행한 연구를 통해 얻은 결과를 SCIE 논문에 투고하였으며 심사 중에 있음

○ 세정수를 활용하여 기능성 아미노산을 생산하는 연구와 본 사업을 통해 연구를 진행한 기능성 변성전분에 대한 연구를 추가적으로 진행하여 논문을 게재할 예정임

3) 추가 연구 및 타 연구에 활용 계획 등

○ 쌀 세정수 및 쌀로부터 분리된 단백질 및 전분 소재를 동물성 단백질 대체제로 개발하여 비건푸드 첨가소재로 활용하는 연구를 신규 연구개발사업을 통해 진행할 계획임

< 별첨 자료 >

중앙행정기관 요구사항	별첨 자료
1.	1) 자체평가의견서
	2) 연구성과 활용계획서
	3) 참고문헌
2.	1)
	2)

210mm×297mm[(백상지(80g/m^2) 또는 중질지(80g/m^2)

자체평가의견서

1. 과제현황

		과제번호		119030-3	
사업구분	농식품기술개발사업				
연구분야				과제구분	단위
사 업 명	미래형혁신식품기술개발사업				주관
총괄과제	기재하지 않음			총괄책임자	기재하지 않음
과 제 명	쌀 가공식품 부산물을 이용한 기능성 소재개발 및 이를 활용한 식품의 산업화			과제유형	(개발)
연구개발기관	㈜엄지식품			연구책임자	서병철
연구기간 연구개발비 (천원)	연차	기간	정부	민간	계
	1차년도	2019. 05. 20 - 2019. 12. 31	156,000	52,000	208,000
	2차년도	2020. 01.01 - 2020. 12. 31	223,000	78,000	301,000
	3차년도	2021. 01.01 - 2021. 12. 31	234,000	78,000	312,000
	4차년도				
	5차년도				
	계		613,000	208,000	821,000
참여기업	㈜엄지식품				
상 대 국		상대국연구개발기관			

※ 총 연구기간이 5차년도 이상인 경우 셀을 추가하여 작성 요망

2. 평가일 : 2022.02.07

3. 평가자(연구책임자) :

소속	직위	성명
㈜엄지식품	기업부설연구소장	서 병 철

4. 평가자(연구책임자) 확인 :

본인은 평가대상 과제에 대한 연구결과에 대하여 객관적으로 기술하였으며, 공정하게 평가하였음을 확약하며, 본 자료가 전문가 및 전문기관 평가 시에 기초자료로 활용되기를 바랍니다.

확 약	

Ⅰ. 연구개발실적

※ 다음 각 평가항목에 따라 자체평가한 등급 및 실적을 간략하게 기술(200자 이내)

1. 연구개발결과의 우수성/창의성

■ 등급 : 우수

○ 쌀가공 폐기물로 버려지는 쌀 세정수로부터 단백질과 전분을 회수하여 식품첨가소재로 활용할 수 있는 기술을 개발함으로써 환경오염을 줄이고 부가가치를 높일 수 있는 연구결과임. 세정수로부터 분리된 전분 및 분말은 유화안정성, 냉해동 안정성을 증가시켜 냉동 찐만두에서 전자레인지 조리시 식감을 개선할 수 있으며 가식성 바이오필름 소재로도 활용 가능성을 제시하였음.
○ 중성 pH에서 불용인 쌀단백질의 용해도를 향상시켰으며 이를 통하여 쌀단백질이 유화제로 활용될 수 있음을 검증하였음.
○ 쌀세정수로부터 분리한 쌀단백질을 첨가하여 만두피 등의 단백질 강화 식품을 제조하고 특성을 확인하였으며 단백질 강화 식품의 식물성 단백질 소재로써의 상용화를 위한 조건을 확립하였음
○ 쌀단백질에 pullulan과 가소제를 첨가하여 가식성 필름을 제조하였으며, 이를 통하여 HMR식품 제조시 개별포장형태로 활용하여 단백질 강화효과를 줄 수 있는 가능성을 시사하였음.

2. 연구개발결과의 파급효과

■ 등급 : 우수

○ 세정수 및 쌀에서 분리된 단백질 및 전분은 쌀가공제품의 품질을 개선할 수 있는 유화제 및 안정제 등으로 활용이 가능해졌음. 향후 쌀단백질을 소재로한 유화제를 개발할 수 있을 것임. 가정간편식 시장이 확대되면서 다양한 제품이 요구되고 있어 쌀 유래 소재 첨가물을 활용한 다양한 제품개발과 품질 개선이 가능해짐. 쌀소재 첨가물 및 개발 제품은 HMR 생산기업으로의 기술이전을 통해 다양한 제품으로 활용될 것이며, 쌀 소비 촉진 및 쌀 재배 농가의 소득 증대에 기여할 것임

3. 연구개발결과에 대한 활용가능성

■ 등급 : 우수

○ 세정수 및 쌀에서 분리된 단백질 및 전분소재 연구결과는 주관기관에서 생산하고 있는 기존 제품과 신제품 개발에 다양하게 적용할 것임.
○ 연구 개발의 결과로 얻어진 단백질강화 식품, 가식성필름 제조 및 특성에 관한 결과는 고단백 가공식품 및 HMR식품의 제조 등을 적용할 수 있을 것임.
○ 동물성 단백질 대체재로 개발하여 비건푸드 첨가소재로 활용하는 연구를 신규 연구개발사업을 통해 추진할 계획임
○ 천연소재와 동물성 단백질 대체 소재는 해외시장에서도 관심이 증가하는 소재로 수출제품 개발에도 활용 가능함

4. 연구개발 수행노력의 성실도

■ 등급 : 우수

○ 본 사업의 목표는 쌀세정수의 주성분인 단백질과 전분을 소재화하기 위한 연구로 대학과 연구소를 협동기관으로 하여 소재가공을 위한 특성연구를 실시하고 그 결과를 활용하여 주관기관에서는 사업화하였음 ○ 기관별 연구결과를 상호 공유하고 연계될 수 있도록 사업기간동안 지속적으로 기관간 회의를 실시하여 연구진행에 대하여 협의를 실시하였음 ○ 주관기관인 엄지식품에서는 쌀단백질 소재 등을 활용하여 기술실시를 통해 4개 제품으로 사업화하였고 협동기관인 베리앤바이오식품연구소와 순천향대학교에서는 쌀단백질과 전분소재 개발에 대한 연구를 진행하였음 ○ 기관간 협업을 통해 논문5건(100%), 학술발표 8건(133%), 교육지도 5건(167%) 홍보전시 8건(133%)의 연구성과 목표를 초과달성하였고, 이를 이용한 사업화성과로 특허출원 2건(100%), 기술실시 2건(100%), 제품화 4건(100%)을 실시하여 1,175백만원의 매출(168%)을 달성하였고 고용창출 3명(100%)을 달성하였음

5. 공개발표된 연구개발성과(논문, 지적소유권, 발표회 개최 등)

■ 등급 : 우수

○ 2년 6개월간 진행된 연구결과 특허출원 2건(100%), SCI논문 1건(100%), KCI 논문 4건(100%), 학술발표 8건(133%), 교육지도 5건(167%) 홍보전시 8건(133%)으로 연구성과 목표를 초과달성하였음

210mm×297mm[(백상지(80g/m^2) 또는 중질지(80g/m^2)

Ⅱ. 연구목표 달성도

세부연구목표 (연구계획서상의 목표)	비중 (%)	달성도 (%)	자체평가
기존 증점제와 유화제를 천연소재로 대체한 제품 개발 및 시험생산	15	100	쌀 부산물을 활용한 천연소재(쌀 단백질) 분리를 통해 밀가루 등의 사용을 줄이고 쌀 단백질을 첨가하여 제품 특성에 부합하는 레시피를 개발하였음.
천연소재로 대체한 냉동 HMR 식품 개발	15	100	엄지군만두 등 천연소재를 활용한 HMR 식품을 개발 및 제품화 하였으며 더욱 바삭하고 식감있는 소비자의 니즈를 충족시킬 수 있었음.
기능성 소재를 첨가한 소스베이스 및 냉동 HMR 식품 개발	10	100	최적의 소스베이스 2종 선정 및 개발을 완료하였으며 기능성 소재를 첨가한 구움만두 등 4종 HMR제품 출시를 통해 매출화 하였음.
쌀 세정수로부터 단백질 및 전분 분리 기술 개발	10	100	세정수를 원심분리하여 전분과 수용성 단백질을 정제하는 공정을 확립하였음. 세정수 정제 전분은 총전분 함량 91%였고 단백질 함량은 62%이상으로 목표달성을 하였음
쌀 세정수 소재 유화 안정제 개발	10	100	세정수에서 분리한 전분으로 유화안정제와 냉해동안정제를 개발하여 찐만두피의 물성을 개선하였음. 분리한 단백질의 용해도를 증가시켜 유화제로 활용할 수 있는 방법을 제시하였음
쌀 전분을 이용한 가식성 바이오필름 개발	10	100	쌀전분 및 세정수농축분말을 이용한 유연성이 있는 가식성바이오필름을 개발하였음
고미와 고고미로부터 쌀단백질 분리 및 정제 방법 개발	10	100	각각 pH 2와 pH 12에서 순도 90% 이상인 쌀단백질을 분리 정제하여 용해도, 단백질 분자량 분포도 및 아미노산 조성 등을 분석하였으며, 이 결과를 토대로 pH 조건에 따른 가공식품 제조에 활용할 수 있음을 확인하였음
쌀 세정수 유래 쌀단백질과 고미에서 분리한 쌀단백질을 유화제로 개발	10	100	중성 pH에서 3% 수준의 용해도를 갖는 쌀단백질의 용해도를 향상시켜 안정한 유화액을 제조할 수 있는 조건을 확인하였음
쌀단백질 이용 가식성 바이오필름 개발	10	100	쌀단백질에 pullulan과 가소제를 첨가하여 가식성 필름을 제조하였으며, 이는 HMR식품 제조 시 개별포장형태로 활용하여 단백질 강화효과를 줄 수 있을 것임
합계	100점		

Ⅲ. 종합의견

1. 연구개발결과에 대한 종합의견

본 연구사업은 쌀 세정수로부터 단백질과 전분을 회수하여 식품첨가소재로 활용할 수 있는 기술을 개발하여 환경오염을 억제하고 부가가치를 높이고자 수행하였음. 기관간 협업을 통해 세정수와 쌀로부터 유화안정제, 냉해동 안정제를 개발하여 군만두와 찐만두피의 식감을 개선하여 기업의 애로사항을 해결하였음. 협동기관의 연구결과를 활용하여 주관기관에서는 기존 만두제품에 쌀 소재를 적용하였고 신제품을 개발하여 사업화여 매출 목표를 168% 초과달성하는 등 성과목표 달성에 최선을 다하였음. 향후 개발된 쌀소재를 활용하여 다양한 HMR 제품을 개발할 것이며 이는 쌀 가공산업 활성화와 쌀재배 농가 소득 증대에 기여할 수 있을 것이라고 생각함

2. 평가시 고려할 사항 또는 요구사항

특허출원을 2건 하였으나 심사 지연으로 특허등록이 지연되었으나 수개월내에 충분히 등록될 가능성이 있다고 판단되며, 코로나 시국으로 시장경제가 둔화되는 상황에서 신기술 홍보 등을 지속적으로 추진한 결과 매출을 비롯하여 다른 성과는 초과달성하였으므로 평가시 고려해주시기 바람

3. 연구결과의 활용방안 및 향후조치에 대한 의견

세정수 및 쌀에서 분리된 단백질 및 전분 소재 연구결과는 주관기관에서 생산하고 있는 기존 제품과 신제품 개발에 다양하게 적용할 것이며 쌀 단백질을 동물성 단백질 대체재로 개발하여 비건푸드 첨가소재로 활용하는 연구를 신규 연구개발사업을 통해 추진할 계획임 또한 식물성 식품을 선호하는 해외시장 추세에 따라 비건용 HMR 제품을 개발하여 수출을 추진하고자 함 쌀 가공 부산물의 2차 가공을 통해 제조된 단백질 및 전분 소재는 유화제와 캡슐제, 식품용 바이오필름으로 제조 후 기능성 소재로서의 활용이 가능할 것

210mm×297mm[(백상지(80g/m^2) 또는 중질지(80g/m^2)

[별첨 1] (22쪽 중 19쪽)

Ⅳ. 보안성 검토 - 해당사항 없음

연구성과 활용계획서

1. 연구과제 개요

사업추진형태	■자유응모과제 □지정공모과제		분 야	
연 구 과 제 명	쌀 가공식품 부산물을 이용한 기능성 소재개발 및 이를 활용한 식품의 산업화			
주관연구개발기관	㈜엄지식품		주관연구책임자	서병철
연 구 개 발 비	정부지원 연구개발비	기관부담연구개발비	기타	총연구개발비
	613,000,000	208,000,000		821,000,000
연구개발기간	2019. 05. 20 - 2021. 12. 31 (32개월)			
주요활용유형	□산업체이전 □교육 및 지도 □정책자료 □기타( ) □미활용 (사유:)			

2. 연구목표 대비 결과

당초목표	당초연구목표 대비 연구결과
① 쌀 세정수로부터 분리한 단백질과 전분을 원료로 기존 안정제 대체한 제품 개발 및 사업화	○ 쌀 부산물을 활용한 천연소재(쌀 단백질) 분리를 통해 밀가루 등의 사용을 줄이고 쌀 단백질을 첨가하여 제품 특성에 부합하는 레시피를 개발 하였음. ○ 엄지군만두 등 천연소재를 활용한 HMR 식품을 개발 및 제품화 하였으며 더욱 바삭하고 식감있는 소비자의 니즈를 충족시킬 수 있었음. ○ 최적의 소스베이스 2종 선정 및 개발을 완료하였으며 기능성 소재를 첨가한 구움만두 등 4종 HMR제품 출시를 통해 매출화 하였음.추후 만두 신제품 개발에 있어 제품 종류에 따라 지속 활용 가능할 것임.
②쌀 세정수로부터 쌀단백질과 쌀전분의 분리공정 개발 및 소재화	○ 세정수를 원심분리하여 전분과 수용성 단백질을 정제하는 공정을 확립하였음. 세정수 정제전분은 총전분 함량 91%였고 단백질 함량은 62%이상으로 목표달성을 하였음 ○ 세정수에서 분리한 전분으로 변성전분을 개발하고 유화안정제와 냉해동안정제를 개발하여 찐만두피의 물성을 개선하였음 ○ 쌀전분 및 세정수농축분말을 이용하여 변성전분을 제조하고 이를 이용하여 유연성이 있는 가식성바이오필름을 개발하였음
③ 고미와 고고미로부터 쌀단백질 분리 및 정제 방법 개발/분리한 쌀단백질 특성 개선 및 소재화	○ 각각 pH 2와 pH 12에서 순도 90% 이상인 쌀단백질을 분리 정제하여 용해도, 단백질 분자량 분포도 및 아미노산 조성 등을 분석하였으며, 이 결과를 토대로 pH 조건에 따른 가공식품 제조에 활용할 수 있음을 확인하였음 ○ 중성 pH에서 3% 수준의 용해도를 갖는 쌀단백질의 용해도를 향상시켜 안정한 유화액을 제조할 수 있는 조건을 확립하였음 ○ 쌀단백질에 pullulan과 가소제를 첨가하여 가식성 필름을 제조하였음

* 결과에 대한 의견 첨부 가능

3. 연구목표 대비 성과

(단위 : 건수, 백만원, 명)

성과목표		사업화지표												연구기반지표								
		지식재산권				기술실시(이전)		사업화					기술인증	학술성과				교육지도	인력양성	정책활용·홍보		기타(타연구활용등)
														논문								
		특허출원	특허등록	품종등록	SMART	건수	기술료	제품화	매출액	수출액	고용창출	투자유치		SCI	비SCI	논문평균IF	학술발표			정책활용	홍보전시	
단위		건	건	건	평균등급	건	백만원	건	백만원	백만원	명	백만원	건	건	건		건		명	건	건	
가중치		10	5			5		40	10		10						10	5			5	
최종목표		2	2			2		4	3,500		3			1	4		6	3			9	
당해년도	목표	2	1			2		4	700		3			1	4		6	3			6	
	실적	2	0			2		4	1,175		3			1	4		8	5			8	
달성률(%)		100	0			100		100	168		100			100	100		133	167			133	

210mm×297mm[(백상지(80g/m^2) 또는 중질지(80g/m^2)

[별첨 2] (22쪽 중 21쪽)

4. 핵심기술

구분	핵 심 기 술 명
①	쌀 세정수 농축, 정제 및 분리 기술
②	쌀 세정수 유용성분 소재화 기술
③	쌀 세정수 유래 기능성 소재 활용 식품 제조기술

5. 연구결과별 기술적 수준

구분	핵심기술 수준					기술의 활용유형(복수표기 가능)				
	세계최초	국내최초	외국기술복제	외국기술소화·흡수	외국기술개선·개량	특허출원	산업체이전(상품화)	현장애로해결	정책자료	기타
①의 기술					√	√		√		
②의 기술					√	√		√		
③의 기술		√					√			

* 각 해당란에 v 표시

6. 각 연구결과별 구체적 활용계획

핵심기술명	핵심기술별 연구결과활용계획 및 기대효과
①의 기술	쌀 세정수 처리 기술은 냉동밥 등 쌀가공업체 및 씻어나오는 쌀을 생산하는 RPC 등에서 활용할 수 있는 기술로 환경오염을 줄이고 부가가치를 높여 업체 매출 증대에 기여할 것임
②의 기술	쌀 세정수 유용성분 소재화 기술은 쌀 뿐만아니라 다른 곡류에도 적용가능한 기술로 동물성 식품을 대체할 수 있는 대체소재로 활용이 가능하여 다양한 식물성 식품 개발과 생산을 가능하게 하는 기술임
③의 기술	쌀 세정수 뿐만 아니라 다양한 곡류제품에 응용하여 식물성 HMR 식품으로 개발이 가능한 기술임. 동물성소재 대체와 HMR 식품시장의 성장은 세계적인 추세로 국내 HMR 식품 수출 증대에 기여할 것임

7. 연구종료 후 성과창출 계획

(단위 : 건수, 백만원, 명)

성과목표	사업화지표												연구기반지표								
	지식재산권				기술실시(이전)		사업화					기술인증	학술성과				교육지도	인력양성	정책활용·홍보		기타(타연구활용등)
													논문								
	특허출원	특허등록	품종등록	SMART평균등급	건수	기술료	제품화	매출액	수출액	고용창출	투자유치		SCI	비SCI	논문평균IF	학술발표			정책활용	홍보전시	
단위	건	건	건		건	백만원	건	백만원	백만원	명	백만원	건	건	건		건		명	건	건	
가중치	10	5			5		40	10		10						10	5			5	
최종목표	2	2			2		4	3,500		3			1	4		6	3			9	
연구기간내 달성실적	2	0			2		4	1,175		3			1	4		8	5			8	
연구종료후 성과창출 계획		2						2,800												3	

210mm×297mm[(백상지(80g/m^2) 또는 중질지(80g/m^2)

8. 연구결과의 기술이전조건(산업체이전 및 상품화연구결과에 한함)

핵심기술명[1]	쌀 세정수 농축, 정제 및 분리 기술		
이전형태	□무상 ■유상	기술료 예정액	20,000천원
이전방식[2]	□소유권이전 □전용실시권 □통상실시권 ■협의결정 □기타( )		
이전소요기간	3년	실용화예상시기[3]	2025
기술이전시 선행조건[4]	세정수 소재화를 위한 처리시설 구축		

핵심기술명[1]	쌀 세정수 유용성분 소재화 기술		
이전형태	□무상 ■유상	기술료 예정액	20,000천원
이전방식[2]	□소유권이전 □전용실시권 □통상실시권 ■협의결정 □기타( )		
이전소요기간	3년	실용화예상시기[3]	2025
기술이전시 선행조건[4]	세정수 소재화를 위한 처리시설 구축		

핵심기술명[1]	쌀 세정수 유래 기능성 소재 활용 식품 제조기술		
이전형태	□무상 ■유상	기술료 예정액	20,000천원
이전방식[2]	□소유권이전 □전용실시권 □통상실시권 ■협의결정 □기타( )		
이전소요기간	3년	실용화예상시기[3]	2025
기술이전시 선행조건[4]	세정수 소재화를 위한 처리시설 구축		

1) 핵심기술이 2개 이상일 경우에는 각 핵심기술별로 위의 표를 별도로 작성
2) 전용실시 : 특허권자가 그 발명에 대해 기간·장소 및 내용을 제한하여 다른 1인에게 독점적으로 허락한 권리
   통상실시 : 특허권자가 그 발명에 대해 기간·장소 및 내용을 제한하여 제3자에게 중복적으로 허락한 권리
3) 실용화예상시기 : 상품화인 경우 상품의 최초 출시 시기, 공정개선인 경우 공정개선 완료시기 등
4) 기술 이전 시 선행요건 : 기술실시계약을 체결하기 위한 제반 사전협의사항(기술지도, 설비 및 장비 등 기술이전 전에 실시기업에서 갖추어야 할 조건을 기재)

210mm×297mm[(백상지(80g/m^2) 또는 중질지(80g/m^2)

[별첨 3]

참 고 문 헌

AACCI. 2012. Approved method of the AACCI. 11th ed. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN, USA. Method 44-15.02. 46-13.01, 30-10.01, 08-01.01.

Amagliani L, O'Regan J, Kelly AL, O'Mahony JA. 2017. The composition, extraction, functionality and applications of rice proteins: A review. Trends in food science & technology 64: 1-12.

Athira GK, Jyothi AN. 2015. Octenyl succinate cassava starch as an excipient for controlled release of theophylline: Microwave-assisted synthesis, characterization and in-vitro drug release studies. Int J Pharm Sci RES 5: 200-211.

Bao J, Xing J, Phillips DL, Corke H. 2003. Physical properties of octenyl succinic anhydride modifed rice, wheat, and potato starches. J Agr Food Chem 51(8): 2283-2287.

Bello-Pérez LA, Contreras-Ramos SM, Jimenez-Aparicio A. 2000. Acetylation and characterization of banana (Musa paradisiaca) starch. Acta Clentifica Venezolana 51: 143-149.

Bhosale R, Singhal R. 2006. Process optimization for the synthesis of octenyl succinyl derivatives of waxy corn and amaranth starches. Carbohyd Polym 66: 521-527.

Cho JI, Jung HJ, Ha SD, Kim KS. 2004. Growth pattern of lactic acid bacteria during fermentation of radish with rice water and rice bran. Korean J Food Sci Technol 36(5): 837-841.

Chou DH, Morr CV. 1979. Protein-water interactions and functional properties. J Am Oil Chem Soc 56: A53-A62.

Chung KY, Park SH. 2002. Recovery of useful components from rice-washing water using membranes. Membrane J 12(3): 165-170.

Day L. 2013. Proteins from land plants - Potential resources for human nutrition and food security. Trends in food science & technology 32(1):25-42.

Fabian C, Ju YH. 2011. A review on rice bran protein: Its properties and extraction methods. Critical Reviews in Food Science and Nutrition 51(9):816-827.

Hamada JS. 1997. Characterization of protein fractions of rice bran to devise effective methods of protein solubilization. Cereal Chemistry 74:662-668.

Han SW, Chee KM, Cho SJ. 2015. Nutritional quality of rice bran protein in comparison to animal and vegetable protein. Food Chem 172:766-769.

Hu H, Liu W, Shi J, Huang Z, Zhang Y, Huang A, Yang M, Qin X, Shen F. 2016. Structure and functional properties of octenyl succinic anhydride modified starch prepared by a non-conventional technology. Starch 68: 151-159.

Jane J, Chen YY, Lee LF, McPherson AE, Wong KS, Radosavljevic R, Kasemsuwan T. 1999. Effects of amylopectin branch chain length and amylose content on the gelatinization and pasting properties of starch. Cereal Chem 76(5): 629-637.

Juliano BO. 1985. Polysaccharides, proteins, and lipids of rice, In BO Juliano (Ed.), Rice: Chemistry and technology (2nd ed.) St. Paul, MN: American Association of Cereal Chemists. pp. 59-174.

Kim MJ, Park SS, Kim DH, Kim KS. 2011. Proximate composions changed before and after fermentation of rice spent water. J Fd Hyg Safety 26(3): 192-197.

Korea Agro-Fisheries & Food Trade Corporation. 2021. Current status of segmented market of processed foods 2020: Rice processed food. Food Information Statistics System. pp 37-42.

Lee D. 2014. Studies on development of bioactive materials using rice bran and rice rinsing water. Master's Thesis. Yeungnam University, Gyeongsan, Korea. pp 106-107.

Li D, Zhao Y, Wang X, Tang H, Wu N, Wu F, Yu D, Elfalleh W. 2020. Effects of (+)-catechin on a rice bran protein oil-in-water emulsion: Droplet size, zeta-potential, emulsifying properties, and rheological behavior. Food Hydrocolloids 98:105306.

Liu Z, Li Y, Cui F, Ping L, Song J, Raniv R, Jin L, Xue Y, Xu J, Li G, Wang Y, Zheng Y. 2008. Production of octenyl succinic anhydride-modified waxy corn starch and its characterization. J Agr Food Chem 56: 11499-11506.

Medcalf DG, Gilles KA. 1965. Wheat starches. Ⅰ. Comparison of physicochemical properties. Cereal Chem 42: 558-568.

Ministry of Environment. 2021. Emission and treatment of industrial wastewater 2021: Investigation of pollution discharge industries(2019). Ministry of Environment, Sejong, Korea. pp 25-44.

Mun S, Shin M, Kim YR. 2016. Emulsifying properties of proteins isolated from various rice cultivars. Food and bioprocess technology 9:813-821.

Nilsson L, Bergenstahl B. 2006. Adsorption of hydrophobically modified starch at oil/water interfaces during emulsification. Langmuir 22: 8770-8776.

Nilsson L, Bergenstahl B. 2007. Adsorption of hydrophobically modified anionic starch at oppositely charged oil/water interfaces. J Colloid Interface Sci 308(2): 508-513.

No J. 2017. Formation of octenyl succinylated rice starch and its application for microencapsulation. Doctorate dissertation. Chonnam National University, Gwangju, Korea. p 70.

No J, Shin M. 2017. Physicochemical, pasting, and emulsification properties of octenyl succinic anhydride modified waxy rice starch. Korean J Food Sci Technol 49(5): 463-468.

Oh SM, Shin M. 2015. Physicochemical properties and molecular structures of Korean waxy rice starches. Food Sci Biotechnol 24: 791-798.

O'Sullivan J, Murray B, Flynn C, Norton I. 2016. The effect of ultrasound treatment on the structural, physical and emulsifying properties of animal and vegetable proteins. Food Hydrocoll. 53:141-154.

Pinciroli M, Vidal AA, An˜o´n M, Martı´nez EN. 2009. Comparison between protein functional properties of two rice cultivars. LWT-Food Sci. Technol 42:1605-1610.

Schoch TJ. 1964. Swelling power and solubility. Vol Ⅳ. pp 106-108. In: Methods in carbohydrate chemistry. Whistler RI, Smith RJ, BeMiller JN, Wolfrom ML(eds). Academic Press, New York, NY, USA.

Shih FF, Daigle KW. 2003. Gelatinization and pasting properties of rice starch modified with 2-octen-1-ylsuccinic anhydride. Die Nahrung 47(1): 64-67.

Shin DH. 1997. Total waste water at rice washing for rice cooking, its composition and cost analysis. Korean J Dietary Culture 12(4): 419-421.

Shin M, Lee KA, Kim MJ, Kim JS, Hwang JY, Lee SM. 2021. Food Science. Powerbook,

Goyang, Korea. pp 68-82.
Singh TP, Sogi DS. 2018. Comparison of physico-chemical properties of starch isolated from bran and endosperm of rice (*Oryza sativa* L.). Starch 70: 1-8.
Song JY, Park JH, Shin M. 2011. The effects of annealing and acid hydrolysis on resistant starch level and the properties of cross-linked RS4 rice starch. Starch 63: 147-153.
Song X, He G, Ruan H, Chen Q. 2006. Preparation and properties of octenyl succinic anhydride modified early indica rice starch. Starch 58: 109-117.
Tian SJ, Rickard JE, Blanshard JMV. 1991. Physicochemical properties of sweet potato starch. J Sci Food Agric 57(4): 459-491.
Yildiz G, Andrade J, Engeseth NE, Feng H. 2017. Functionalizing soy protein nano-aggregates with pH-shifting and mano-thermo┐sonication. J Colloid Interface Sci 505:836-846.

주 의

1. 이 보고서는 농림축산식품부에서 시행한 미래형혁식식품기술개발사업의 연구보고서입니다.

2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 농림축산식품부에서 시행한 미래형혁식식품기술개발사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.

3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 됩니다.