

발간등록번호

11-1543000-002742-01

**생물-물리적 전환에 의한
면역활성 및 항비만효능 강화
즉석섭취 · 편의 비지죽 개발
최종보고서**

2019. 3. 29.

주관연구기관 / (주)약선푸드 농업회사법인
협동연구기관 / 안동대학교 산학협력단
// 경기대학교 산학협력단

농림축산식품부

제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “생물-물리적 전환에 의한 면역활성 및 항비만효능 강화 즉석섭취·편의 비지죽 개발”(개발기간 : 2015.12.11. ~ 2018.12.10)과제의 최종보고서로 제출합니다.

2019. 3. .

주관연구기관명 : (주)약선푸드 농업회사법인 (대표자) 김 태 은 (인)

협동연구기관명 : 안동대학교 산학협력단 (대표자) 이 현 재 (인)

협동연구기관명 : 경기대학교 산학협력단 (대표자) 이 준 성 (인)

주관연구책임자 : 김 태 은

협동연구책임자 : 정 진 부

참여기관책임자 : 김 현 석

국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 제18조에 따라 보고서 열람에 동의합니다.

보고서 요약서

과제고유번호	115042-3	해당단계 연구기간	2015.12.11. - 2018.12.10	단계구분	(총단계)
연구사업명	단위사업	농식품기술개발사업			
	사업명	고부가가치식품기술개발사업			
연구과제명	대과제명	(해당 없음)			
	세부과제명	생물-물리적 전환에 의한 면역활성 및 항비만효능 강화 즉석섭취·편의 비지죽 개발			
연구책임자	김태은	해당단계 참여연구원 수	총: 9명 내부: 4명 외부: 5명	해당단계 연구개발비	정부: 140,000천원 민간: 35,000천원 계: 175,000천원
		총연구기간 참여연구원 수	총: 31명 내부: 13명 외부: 18명	총연구개발비	정부: 420,000천원 민간: 105,000천원 계: 525,000천원
연구기관명 및 소속부서명	안동대학교 산학협력단(생약자원학과) 경기대학교 산학협력단(식품생물공학과)			참여기업명 (주)약선푸드 농업회사법인	
국제공동연구	상대국명: (해당 없음)			상대국 연구기관명: (해당 없음)	
위탁연구	연구기관명: (해당 없음)			연구책임자: (해당 없음)	

※ 국내외의 기술개발 현황은 연구개발계획서에 기재한 내용으로 같음

연구개발성과의 보안등급 및 사유	「국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정」 제24조의 4에 따라 일반과제로 분류
-------------------------	---

9대 성과 등록·기탁번호

구분	논문	특허	보고서 원문	연구시설 ·장비	기술요약 정보	소프트 웨어	화합물	생명자원		신품종	
								생명 정보	생물 자원	정보	실물
등록·기탁 번호											

국가과학기술종합정보시스템에 등록된 연구시설·장비 현황

구입기관	연구시설· 장비명	규격 (모델명)	수량	구입연월일	구입가격 (천원)	구입처 (전화)	비고 (설치장소)	NTIS 등록번호

요약(연구개발성과를 중심으로 개조식으로 작성하되, 500자 이내로 작성합니다)

보고서 면수

요 약 문

<p>연구의 목적 및 내용</p>	<p><연구의 목적></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ 버섯균사체 발효공정, 연속순환식 동적뒤움공정 및 고압균질기술을 활용한 비지의 불용성 단백질 및 탄수화물 성분들의 가용화 및 가공적성 개선 기술 개발 ▪ 발효 및 가공 처리된 비지 소재들의 면역증진 및 항비만 효능들의 검증을 통한 고부가 생리활성 효능 강화 비지 소재 개발 ▪ 이를 활용하여 면역조절 및 항비만 효능이 강화된 즉석섭취·편의 죽(약선죽과 비지죽)을 개발 <p><연구내용></p> <p>[1차년도]</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ 전처리 방법에 따른 비지의 영양성분 및 가공적성 탐색 ▪ 비지를 활용한 즉석섭취 죽 제품 개발 및 시제품 생산 ▪ 버섯균사체발효 및 복합효소처리를 이용한 비지의 기능성 식품 소재화 기술 개발 ▪ 비지의 기호도 및 물성 향상을 위한 연속순환식 동적뒤움공정 개발 <p>[2차년도]</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ 비지 소재를 활용한 편의조리 죽 및 죽 프리믹스 제품 개발 및 시제품 생산 ▪ 기능성 비지 소재들(생비지, 발효비지와 복합효소처리 비지)의 항비만 및 면역증강 효능 검증 ▪ 비지의 가용화 및 가공적성에 대한 고압균질처리 공정변수들의 영향 탐색 및 최적화 <p>[3차년도]</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ 개발될 기능성 비지 소재를 활용한 죽 제품 개발 및 시제품 생산 ▪ 고압균질 및 동적뒤움처리 비지 소재들(발효비지와 복합효소처리 비지)의 항비만 및 면역증강 효능 검증 ▪ 개발될 기능성 비지 소재들의 가공적성 개선을 위한 동적뒤움처리 및 고압균질처리 최적조건 적용연구
<p>연구개발성과</p>	<p><연구개발결과></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ 건조비지분말의 입도는 60 mesh 이상의 체를 통과시켜 사용하는 것이 물성을 풍부하게 함. ▪ 스팀처리는 건조비지분말의 물성을 더욱 낮추는 효과를 보이나, 생비지의 습열처리 후 건조를 통한 건조비지분말은 물성이 향상되었음. ▪ 습열처리 건조비지분말은 생비지를 120℃에서 3시간 동안 습열처리한 후 60℃에서 21시간 건조하여 제조하며, 이와 관련된 결과들은 특허출원 되었음. ▪ 일반적인 방식으로 건조비지분말을 뒤움처리할 경우 뒤움시간이 길어질수록 건조비지분말의 물성은 급격히 낮아짐. ▪ 비지죽 제조 시 개발된 비지분말은 정제수의 25% 수준으로 첨가하는 것이 가장 좋은 효과를 나타냄. ▪ 인스턴트 죽 프리믹스는 습열처리 비지분말, 멥쌀가루, 찹쌀가루를 각각 36%, 11%, 53%로, 또는 30%, 16%, 54%로 혼합하는 것이 최적이었음. ▪ 생명콩죽과 습열처리 비지가 첨가된 검은콩죽 제품들을 개발하여 상업화하였음. ▪ 건조비지분말은 120 mesh 이상의 선별체망이 장착된 해머식 분쇄기로 분쇄하여 제조하는 것이 적절하였음. ▪ 건조비지분말의 물성 저하는 비지의 단백질 성분들의 건조 시 가교 매트릭스 형성에 의한 것이며, 비지의 식이섬유 함량의 증가는 건조비지분말의 물성을 향상시킴. ▪ 건조비지분말의 제조 시 비지는 단백질 함량이 적은 비지를 선택하여 가능한 낮은 온도에서 건조하는 것이 건조비지분말의 물성을 담보할 수 있음. ▪ 건조비지분말에 대한 연속순환식 동적뒤움공정은 수분함량 25%, 배럴온도 130℃, 스크류 회전속도 150 rpm으로 수행하는 것이 건조비지분말의 물성을 향상시킬 수 있었음. ▪ 연속순환식 동적뒤움공정에 의한 건조비지분말은 교반하면서 가열할 때 점도를 풍부하게 발달시킬 수 있음. ▪ 건조비지분말의 고압균질처리는 건조비지분말-물 분산물을 7.5-10.0%의 고형분 함량으로 하여 선균질하고, 15,000 psi의 고압균질기에 1회 통과시키는 것이 물

	<p>성을 풍부하게 하였으며, 이때 형성된 크림상의 비지 페이스트는 더 이상 sandiness를 나타내지 않았음.</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 습열처리 비지, 맵쌀가루, 찰쌀가루를 펙틴가수분해효소에 의해 저분자화된 펙틴용액에 가하여 호화시키고, 이를 밀폐된 가압솥에서 85℃ 이상에서 24시간 추가 열처리를 하여 제조된 비지죽 베이스는 노화가 지연되는 효과를 얻었음. ■ 비지 추출물은 AMPK의 활성화를 통해 지방전구세포의 differentiation과 adipogenesis와 관련된 전사인자인 C/EBP-α, C/EBP-β, FAS의 발현을 억제하여 지방전구세포의 differentiation과 adipogenesis을 억제하고 지방세포의 지질축적을 억제하였음. ■ 비지 추출물은 고지방식이에 의해 유도되는 마우스의 체중증가, 지방세포의 크기증가, epididymal fat 및 perianal fat의 증가, liver 및 spleen의 무게증가, total-cholesterol의 증가 및 glucose와 triglyceride의 증가를 억제하였음. 비지추출물은 고지방식이에 의해 감소되는 HDL-cholesterol을 양을 증가시킴. 따라서 비지추출물의 항비만 활성을 확인함. ■ 비지추출물은 NF-kB와 MAPK 신호전달을 활성화시켜 면역활성 증진 매개체인 IL-1β와 TNF-α의 생성을 유도함으로써 면역증진활성을 보유한 것을 확인함. ■ 비지추출물은 LPS로 자극된 대식세포에서 NF-kB와 MAPK의 활성화를 억제함으로써 만성염증 유발인자 인 NO, PGE2, iNOS, COX-2, TNF-α, IL-1β의 과발현을 억제하였음. 따라서 비지추출물은 NF-kB와 MAPK 활성화 억제를 통해 항염증활성을 나타내는 것을 확인함. ■ 비지추출물은 ROS를 증가시키고, 연속적으로 GSK3β를 증가시켜 p38의 활성화를 유도하여 HO-1의 발현을 증가시키는 것을 확인함. <p><연구개발성과></p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 특허출원(국내) : 2건 / 기술이전 : 1건 ■ 제품화 : 2건(생명콩죽, 검은콩죽) ■ 매출 : 50,919,542원(국내 : 16,959,810원, 수출 : 33,959,732원) ■ SCI논문 : 4건 / 비SCI 논문 : 3건 / 학술발표 : 15건 ■ 전문인력양성 : 3명 				
<p>연구개발성과의 활용계획 (기대효과)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■ 본 연구개발로부터 얻은 결과들은 추가적인 특허출원/등록, 논문발표 및 기술이전의 근거로 활용 ■ 건조비지분말의 관능특성 및 물성 개선을 위해 본 연구개발에서 개발된 가공기술들은 다른 농산물가공 및 식품가공부산물들에 적용이 가능하며, 이로부터 새로운 식품원료 및 식품소재의 개발에 활용 가능 ■ 농산가공부산물로부터 기능성 식품 소재 개발을 위한 대량생산 기반 확보 ■ 농산가공부산물을 활용한 면역증진, 항염증 효능 및 항비만 효능 강화 기능성 소재를 개발할 수 있는 가공기술 확보 및 기존의 화학적 합성 의약품을 대체할 수 있는 기반을 구축에 활용 ■ 비지의 폐기비용 절감 및 비지의 식품소재화로 부가가치 창출이 기대 ■ 비지의 생리활성 검증을 통해 본 연구개발로부터 개발된 식이섬유 강화 비지죽은 최근 다이어트 및 건강증진/유지 가공식품 트렌드에 부합하여 국민건강 및 보건 증진에 기여 ■ 개발된 제품들의 매출과 수익증대로 안동시를 포함한 경북북부지역의 산업발전과 이에 따른 신규 고용창출에 기여 ■ 경북지역 농산물을 활용한 제품개발로 인한 지역 홍보효과 극대화에 기여 				
<p>국문핵심어 (5개 이내)</p>	<p>죽</p>	<p>비지</p>	<p>버섯균사체 발효</p>	<p>고압균질 및 동적덕움</p>	<p>면역증진 및 항비만 효능</p>
<p>영문핵심어 (5개 이내)</p>	<p>Porridge</p>	<p>Biji</p>	<p>Mushroom mycelium fermentation</p>	<p>High pressure homogenization and dynamic roasting</p>	<p>Immune-enhancing and antiobesity activities</p>

※ 국문으로 작성(영문 핵심어 제외)

< 목 차 >

제1장. 연구개발과제의 개요	1
제2장. 연구수행 내용 및 결과	10
제3장. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도	168
제4장. 연구결과의 활용 계획 등	171
붙임. 참고문헌	172
<별첨> 주관연구기관의 자체평가의견서	

제1장. 연구개발과제의 개요

제1절. 연구개발 목적

- 버섯균사체 발효공정, 연속순환식 동적뒤움공정 및 고압균질기술을 활용한 비지의 불용성 단백질 및 탄수화물 성분들의 가용화 및 가공적성 개선 기술 개발
- 발효 및 가공 처리된 비지 소재들의 면역증진 및 항비만 효능들의 검증을 통한 고부가 생리활성 효능 강화 비지 소재 개발
- 이를 활용하여 면역조절 및 항비만 효능이 강화된 즉석섭취·편의 죽(약선죽과 비지죽)을 개발

제2절. 연구개발의 필요성

1. 기능성 식품 관련 산업 및 기술동향

- International Food Information Council에 따르면 건강 기능성식품이란 일반적인 식품보다 건강에 유익함(Health Benefit)을 주는 식품으로 정의하고 있다.
- 1994년에 제정된 DSHEA(Dietary Supplement Health and Education Act)에 의하면 Dietary Supplement를 ‘특정성분(비타민, 미네랄, Herb or Botanicals, 아미노산과 효소 등)이 포함되어 건강, 미용 등을 위한 보조식품으로 입으로 섭취하는 제품’으로 규정하고 있다.
- 연구개발 기술에 따라 심혈관계, 소화기계, 면역관련, 대사계 등으로 구분할 수 있으며, 기능성에 따라 고시형 기능성 클레임과 개별인정형 클레임으로 구분하며, 식약처장이 고시한 원료 또는 성분으로는 2013년 01월 현재 영양소 28종, 터핀류 5종, 페놀류 10종, 지방산 및 지질류 14종, 당 및 탄수화물류 21종, 발효미생물류 2종, 아미노산 및 단백질류 2종, 기타 1종으로 총 83종이 등록되어 있다. 개별 인정형의 경우 2012년 12월 31일 현황으로 150종의 원료가 등록되어 있다.
- 미국과 일본 등의 선진국은 고혈압, 혈당강하, 고지혈증 개선 및 관절기능개선에 관련된 기능성 식품들을 주로 생산하고 있는 실정인데, 이는 수명연장에 의한 노인인구의 증가와 국민소득이 증대됨에 따라 식생활의 서구화 따른 당뇨병 및 비만환자의 수가 선진국 및 개발도상국에서도 급증하기 때문으로 생각된다.
- 국내의 경우 현재 식품의약품안전처에 등록된 건강기능식품 관련업체는 2010년 기준 누적 401개소에 달하였으며, 이들 업체는 육상생물 및 육상생물 이외의 원료도 제조하고 있는 다품목 제조업체이다.

〈건강기능성 식품업체 현황〉

('12. 12. 31. 기준, 단위:개소, 출처:식약처)

년도	총 계	건강기능식품 제조업			수입업	건강기능식품 판매업		
		소계	전문	벤처		소계	일반	유동전문
'08년	58,570	356	328	28	2,395	55,819	54,538	1,281
'09년	63,458	385	349	36	2,528	60,545	59,234	1,311
'10년	75,449	397	361	36	2,818	72,234	70,753	1,481
'11년	83,377	424	386	38	2,772	80,181	78,591	1,590
'12년	87,343	435	396	39	2,926	83,982	82,246	1,736
'12/'11년(%)	4.9	2.6	2.6	2.6	5.6	4.7	4.7	9.2

※ 건강기능식품제조업 : 지방청 허가
 건강기능식품수입업, 판매업 : 해당 시군구 신고

- 2010년 기준 건강기능식품 생산액이 2004년에 제도 도입 후 처음으로 1조원 규모를 넘었으며, 식품의약품안전청이 2011년 4월 15일 발표한 2010 건강기능식품 생산 실적을 분석한 결과, 총 생산액이 1조 671억 원으로 1조원 시장에 진입하였으며 전년도 대비 11% 가량 증가하였다.

〈건강기능식품 연구개발 기술에 따른 분류〉

분류	기능성	성분	제품
심혈관계	혈행개선	피크노제놀-프랑세해안송겉질추출물	EPA 함유제품, 감마리놀렌산함유제품, 레시틴제품, 버섯제품
	고지혈증 개선	알로에추출물분말, 유니벡스대나무잎추출물, 스피루리나 원말, 공액 리놀레산, 폴리코사놀-사탕수수 왁스 알코올, 식물스타놀에스테르	레시틴제품, 키토산함유제품, 키토올리고당함유제품, 대두단백함유제품, 식물스테롤함유제품, 홍국제품
	고혈압 개선	Hordein, Tryptophane, 글루탐산, 게르마늄, 엽록소, 에르고스테롤	정어리펩타이드 제품
소화기계	간기능개선, 숙취해소, 위장관기능개선	이눌린, 아데닌, 루틴, 만니톨, 캠페스테롤, 아스파라긴산	울금엑기스 분말, 쿠르쿠민 분말, 가막조개 엑기스, 굴엑기스, 간펩티드 제품, 폴리코사놀 함유제품
면역관련	면역기능개선, 항알러지	구연산, 비타민, 쿠마린류, S.O.D	홍삼제품, 다래추출물 제품, 표고버섯균사체
대사계	혈당조절개선, 체중조절	난소화성말토덱스트린, 바나바주정추출물, 피니톨, 씨제이 홍경천 등 복합추출물, 구아바잎	마름추출물 제품, 혈당발효유, 피니톨 함유 제품
기타	뼈건강개선	초록잎홍합추출오일복합물, 유니벡스틴케이 황금등 복합물, 로즈힙분말	글루코사민함유제품
	인지기능	씨제이테아닌등 복합추출물, 참당귀주정추출분말, 피브로인추출물, 대두유래 포스파티딜세린	레시틴제품

- 다양한 건강기능성 식품들이 범람하고 있지만 소비자들은 건강기능성 식품으로부터 주로 항비만, 면역력 증진 및 아토피 증상 개선 효능을 선호하고 있으며 이러한 효능들의 비율은 전체의 약 80%를 차지하는 것으로 조사되었다.



〈소비자의 기능성 선호 경향〉

2. 연구개발 대상제품(약선죽)의 개요 및 동향

- 약선식품은 예로부터 식품에 한약재를 첨가하여 질병의 예방 및 치료 또는 건강증진효능을 개선하는 먹거리로서 동양전통의학의 사상과 이론에 근거하여 식품이 가지고 있는 영양적 특징과 한약재의 기능적 특징을 조화롭게 만든 식품을 의미한다.
- 약선식품은 중국 서주시대(기원전 11-7세기)부터 궁중에 식의가 있어 황제의 음식, 보건, 영양을 관리하며 질병을 예방하였으며, 한의학을 기초이론인 음양오행설을 기본으로 상생원리로서 질병의 예방, 체질개선 및 노화방지를 하는 전통적인 건강식이며 영양식이다.
- 죽은 예부터 우리나라에 전통적으로 내려오는 음식으로 누구나 집에서 한번쯤은 만들어 봤을 만큼 친숙한 음식중 하나이다. 어린아이나 노인, 환자들이 주 고객이었으나, 건강에 대한 관심이 증가하면서 불과 몇 년 사이 대표적인 웰빙 메뉴로 큰 사랑을 받고 있다.
- 죽은 곡물음식에서 가장 원초적인 형태라고 할 수 있으며, 초기 농경시대는 우선 수확한 곡물을 끓여 죽을 쑤고 여기에서 사냥한 수조육류와 산나물 등을 섞어 끓여 먹는 등 다양하게 활용하였다. 한국 문헌에 수록되어 있는 죽만도 40여 종의 죽 요리들이 등장함. 재료, 조리법 등에 따라 보양음식, 별미음식, 구황음식 등으로 구분된다.

- 죽의 주원료인 쌀의 주요성분은 탄수화물로 사람이 생활하는데 필요한 열량을 공급하는 주요 성분이나 이의 과도한 섭취는 비만을 유발하여 대사성 질환으로 발전할 수 있는 가능성을 보유한다.
- 죽의 부재료인 야채류 및 버섯류는 뿌리, 잎, 줄기, 열매 등의 다양한 식물을 섭취함이 중요하며, 수분이 많고 섬유질과 펙틴질을 함유하여 신체조절작용에 없어서는 안 되는 식품소재들이다.
- 또한 이들 야채류 및 버섯류의 특성은 조혈작용, 세포재생작용, 해독작용, 항알레르기 작용을 하는 엽록소가 많이 들어 있을 뿐만 아니라 항암, 항균, 항산화, 면역, 혈압, 콜레스테롤, 혈당조절, 소화 등의 약리작용을 하는 식물성 생리활성물질을 함유하고 있다. 그러나 이들 부재료들은 상대적으로 소량 첨가되어 이들로부터 현대인들이 선호하는 건강유지 및 증진 효능을 기대하기 어려운 실정이다.
- 2013년 국내 죽석죽 전체 시장은 342억 원 정도이며, 2012년 국내 죽석죽 전체시장 371억원에 비해 시장 성장세는 더딘 상황이나 최근 죽석죽을 찾는 소비자들이 점차 많아지면서 아침대용식 시장의 높은 성장성이 전망되면서 최근 죽석죽 시장이 증가하고 있는 추세이다.
- 최근 현대인들의 건강기능성에 대한 관심 증대와 인식개선으로 환자들이나 보양식으로 인식되던 죽이 아침식사대용으로부터 다이어트식, 별미식으로 인식되면서 젊은 층들의 소비가 크게 늘어나고 있으며, 기존의 죽제품과 차별화된 기능성 죽 제품개발이 증가하는 추세이다. 죽석 죽은 동원 F&B, 오투기, 한국야쿠르트(비락) 등이 일찌감치 참여하여 시장을 석권하고 있는 가운데 CJ가 신규 진출하면서 시장판도가 변화되고 있다.

<국내 기능성 죽 제품 관련 특허출원 현황>

지식재산권명	지식재산권출원인	출원국/출원번호
① 발아유도 곡물 종자를 이용한 기능성 죽의 제조 방법	가천의과학대학교 산학협력단, 이혜정	한국/1020060064985
② 기능성이 강화된 발아곡물죽 재료의 제조방법	이숙영 외 7 명	한국/1020060064963
③ 제 2형 당뇨 및 당뇨합병증의 예방 및 치료용 조성물 및 이를 포함하는 건강보조 식품	이행우	한국/10-2005-0097421

3. 연구개발 대상소재의 개요 및 식품소재로서의 중요성

- 안동을 중심으로 하는 경북 북부지역은 전국 대두 생산량의 30% 이상을 차지하고 있다. 특히 안동시는 청정지역에서 생산한 청자콩을 ‘안동생명의 콩’이라는 브랜드화에 성공함에 따라 지방자치단체 관련부서(농정과, 농축산유통과, 기술보급과)의 주도하에 지역대학 및 연구원, 농협, 가공공장, 생산농가가 유기적으로 협력하여 “안동 생명의 콩” 브랜드 정착을 유도하고 있다.

- 우리나라 대두 총 소비량은 2013년을 기준으로 160만 톤이고, 그 중 순수 식용은 40만 톤으로 우리나라 콩 생산량은 115천톤으로 식용자급율의 28%가 생산되고 있다.
- 예전부터 우리 서민들의 단백질 급원으로 중요한 자리를 차지해 왔던 대두(콩)은 단백질, 무기질, 비타민 및 곡류의 제한 아미노산인 라이신이 풍부하며 포화지방산과 콜레스테롤이 적고 다른 단백질 급원에 비해 상대적으로 값이 싸서 쉽게 이용할 수 있다.
- 최근 대두는 양질의 단백질 이외에 루나신, 이소플라본, 피토스테롤, 사포닌 등과 같은 생리 활성 물질들과 식이섬유 등을 함유하고 있어 각종 암, 골다공증, 고지혈증을 예방할 뿐만 아니라 비만, 혈당 및 콜레스테롤을 조절하는 효과가 많은 연구자들에 의해 증명되고 있다.
- 대두의 건강증진 효능들에 대한 다양한 연구결과들의 발표로 일반 소비자들에게도 대두의 유용성이 널리 알려지게 되면서 미국을 비롯한 세계 각국에서 대두 가공품 시장이 크게 성장하고 있는 실정이다.
- 대두는 주로 우리나라를 중심으로 중국, 일본 등 아시아의 여러 나라에서 다양한 방법으로 이용되고 있으며 대두가공품은 크게 비 발효제품들(두유, 두부, 유바 등)과 발효제품들(된장, 간장, 고추장, 청국장)로 분류할 수 있다. 현재 대두가 가장 많이 이용되고 있는 품목은 2013년 기준 콩나물 33.2% (5,000억원), 장류 31.2%(4,705억원), 두부 26.6%(4,000억원), 두유 9%(1,360억원)이다.
- 대표적인 비 발효 대두 가공품인 두부는 예로부터 중국을 비롯하여 한국, 일본 등지에서 제조되어 소비되어온 전통식품으로 곡류 위주의 식생활에서 부족 되기 쉬운 라이신과 같은 필수아미노산 및 칼슘, 철분 등의 무기질을 다량 함유하고 있으며 인체에서 소화흡수율이 높고 값이 저렴하면서 간편하게 이용할 수 있는 가공식품 중의 하나이다.
- 두부는 대두로부터 수용성 단백질 및 기타 가용성 성분들을 함유한 두유액을 얻고 여기에 응고제(칼슘과 마그네슘의 염화물 또는 황산염)를 가하여 수용성 단백질 성분을 침전, 응고시킨 후 탈수, 성형으로부터 제조된다.
- 대두로부터 두부 가공 시 두유액 추출과정과 콩 단백질의 농축 및 압착과정에서 각각 다량의 비지와 콩유청(순물)이 부산물로 생성된다. 건조대두 1 kg으로부터 두부를 제조할 경우 약 1.1~1.2 kg의 콩비지가 배출된다.
- 비지의 성분은 콩의 품종, 두유 추출 및 분리방법에 따라 다양한 수준을 나타내지만 일반적으로 건부량을 기준으로 할 때 단백질이 20~35%, 지방이 10~18%, 탄수화물이 42~66%, 회분이 4~5% 수준이다. 국내산 콩과 이로부터 생산된 두유, 두부 및 비지의 일반성분은 아래 표에 제시하였다.

<콩, 두부, 비지의 성분조성(2007 식품성분표, 한국식품연구원)>

식품명	가식부 100 g당 (건부량)						
	에너지 (kcal)	수분 (g)	단백질 (g)	지질 (g)	회분 (g)	탄수화물 (g)	섬유소 (g)
콩(국내산)	400	9.7 (-)	36.2 (40.1)	17.8 (19.7)	5.6 (6.2)	30.7 (34.0)	5.0 (5.5)
두부	84	82.8 (-)	9.3 (54.1)	5.6 (32.6)	0.9 (5.2)	1.4 (8.1)	0.2 (1.2)
두유	70	86.6 (-)	4.4 (32.8)	3.6 (26.9)	0.7 (5.2)	4.7 (35.1)	0 (-)
비지	58	82.8 (-)	3.5 (20.3)	1.5 (8.7)	0.5 (2.9)	11.7 (68.1)	3.4 (19.8)

- 비지의 단백질은 다른 식품의 단백질에서 결핍되기 쉬운 황 함유 아미노산(메티오닌, 시스테인)과 라이신의 함량이 두부와 필적할 만큼 풍부하여 단백질 이용률이 높은 양질의 단백질로 평가되고 있다.
- 비지의 단백질 품질은 2.71로서 두유 단백질의 2.11보다 높고 우유 카제인의 2.86에 근접할 만큼 뛰어나다. 또한 비지의 필수아미노산(발린, 루신, 이소루신, 메티오닌, 트레오닌, 라이신, 페닐알라닌, 트립토판) 조성 비율도 전체 아미노산의 35.5%로서 콩의 32.6%, 두유의 30.3%보다 높은 수준을 나타낸다.
- 따라서 상대적으로 높은 단백질 함량과 높은 필수아미노산 비율을 나타내는 비지는 곡류 위주의 식생활과 동물성 육단백질을 다량 섭취하는(동시에 다량의 지방성분 섭취유발) 현대인들에게 지방섭취를 낮추면서 풍부한 양질의 단백질을 공급할 수 있는 단백질 급원으로서 역할을 할 수 있다.

<콩, 두부, 두유 및 비지의 아미노산 조성(2007 식품분석표, 한국식품연구원)>

식품명	단백질 (g/100g 가식부)	아미노산 mg/100g 식품가식부																	자료처	
		이소루신	루신	라이신	메티오닌	시스테인	페닐알라닌	티로신	트레오닌	트립토판	발린	히스티딘	아르기닌	알라닌	아스파르트산	글루탐산	글리신	프롤린		세린
대두	32.7	1364	2285	1499	351	234	1464	375	1017	454	1362	1034	2356	1779	2987	5525	983	1310	711	보산진('04)
두부	7.3	315	560	298	63	103	351	258	289	76	358	135	333	336	802	1315	298	230	369	보산진('04)
두유	3.0	118	195	134	45	35	125	94	94	61	124	149	193	127	257	321	57	174	104	보산진('04)
비지	4.9	245	421	321	77	88	254	161	189	63	241	132	402	218	521	811	202	215	238	농진청('01)

- 비지는 다른 대두 및 대두유래 식품들(두부 및 두유)에 비해 상대적으로 높은 탄수화물 함량을 나타내며 대부분 식이섬유로 구성되어 있다. 선행연구결과에서 농협 더햇 식품사업소(안동시 생산 청자콩을 이용한 두부생산업체)에서 배출되는 비지의 식이섬유함량은 비지 건조중량 100 g당 55.5~58.2 g의 식이섬유를 나타내며 조섬유는 20.5~21.8 g을 나타내었다.
- 식이섬유는 과도한 위산/위액과 결합하여 체외 배출을 통해 위염 및 위궤양 증상을 완화시키고, 포만감을 지속시키며, 중성지방과 콜레스테롤 재흡수를 억제하여 혈중 지질 및 콜레스테롤 수치를 낮추고, 급격한 혈당 상승을 억제하여 당뇨증상을 완화시킬 수 있으며, 또한 변의 부피를 증가시켜 변비 증상을 개선하고, 장내 유용미생물의 증식을 촉진시켜 면역활성 강화에 도움을 주는 것으로 알려져 있다.
- 그래서 비지는 식습관의 서구화로 높은 지방섭취로부터 오는 성인병을 예방하고 최근 slim-body와 다이어트 및 건강증진에 관심이 많은 현대인들을 위한 훌륭한 식이섬유 급원으로서 역할을 할 수 있을 것으로 기대된다.
- 게다가 비지는 두유액 추출 이후에도 여전히 상당량의 항산화효능을 보이는 폴리페놀성 화합물과 골다공증 및 고지혈증을 예방하는 이소플라본을 함유하고 있다. 선행연구결과로써 안동시 농협 더햇 식품사업소 두부공장의 콩비지로부터 열수 및 70% 에탄올 수용액에 의한 추출물의 총 폴리페놀성 화합물과 이소플라본 함량을 보여 준다.

<두부가공부산물 비지로부터 제조된 추출물의 총 폴리페놀성 화합물과 이소플라본 함량>

Extract solvent	Total phenolic compound (mg/g) ¹⁾	Isoflavone Contents (mg/g)			
		Glycoside		Aglycone	
		Daidzin	Genistin	Daidzein	Genistein
Water	8.93±0.08	263.23	282.65	8.59	3.68
70% EtOH	0.47±0.12	644.98	1230.51	67.84	73.79

¹⁾mg of total polyphenol content per gram each dried extract as equivalent of tannic acid.

- 비지는 가공식품의 원가상승 요인을 제공하지 않으면서 단백질과 식이섬유를 강화할 수 있는 영양기능성 식품소재로서의 잠재력이 높다.

4. 영양 및 생리활성 강화 가공식품소재로서 비지 활용의 제한점

- 국내에서 두부 제조 시 사용되는 콩의 양은 약 13만 톤으로 두부 제조과정 중에 부산물로 얻어지는 비지는 콩 중량의 약 120% 정도(건부량 기준 약 2만 톤)의 수율로 발생한다.
- 생비지는 약 80% 정도의 수분을 포함하고 있어 미생물들에 의한 오염이 용이하며 부피가 커 저장에 어려워 일부 가축의 사료로 이용되는 것 이외에 전량 폐기처분되는 실정이다.

- 경북 안동시의 두부 제조업체인 D사의 경우 두부 생산 시 발생한 비지를 탈수기 또는 유압 압착기를 이용하여 비지가 함유하고 있는 수분의 약 75%를 제거한 후 폐기하거나 사료생산 업체에 판매하고 있다. 그럼에도 여름철에는 2일 내에 부패되는 등 변질이 용이하여 식품원료로 활용하기에 어려움이 있다.
- 비지를 가공식품소재로 활용 및 개발하기 위해서는 건조공정을 통한 적정수분함량으로 조정하는 것이 필수적이다.
- 건조비지의 주성분은 단백질과 탄수화물(식이섬유)이나 이들은 대부분 불용성 특성을 나타냄. 비지의 탄수화물은 대두의 세포벽 구성물질들(셀룰로오스, 헤미셀룰로오스 등)로 셀룰로오스 결정과 개별 탄수화물 고분자들 사이의 상호엉킴(inter-entanglement)에 의한 밀집된 응집체(tight aggregate)를 형성하고 있다.
- 단백질들은 일부 결정구조를 형성하고 있으며 아르기닌과 아스파르트산 등 일차아민(primary amine) 잔기를 보유하는 아미노산들이 인접하는 카르복실기와 아마이드(amide)결합을 통해 복합체를 형성하고 있다.
- 이와 같이 비지의 불용성 단백질과 탄수화물들은 수용액 상에서 개별 분자들로 용해되기 어려워 비지를 가공식품소재로 이용하거나 가공하여 식품으로 섭취할 경우 영양성분의 소화흡수율을 낮추는 결과를 초래한다.
- 또한 불용성 단백질과 탄수화물들은 건조비지입자들의 수분흡수를 통한 수화와 팽윤을 억제하여 가공적성을 저하시키며 비지소재를 첨가하여 제조된 식품에 거친 식감(불완전 수화와 팽윤된 비지로부터 기인함)을 부여하는 등 식품의 물성 및 관능특성을 저해하는 요인으로서 작용한다.
- 따라서 비지를 산업적 활용도가 높고 부가가치를 창출할 수 있는 영양기능성 가공식품소재로 개발하기 위해서는 비지의 불용성 단백질과 탄수화물의 용해도와 가공적성을 개선 및 향상시키고 가공식품 내에서 관능적 특성에 영향을 미치지 않도록 구조를 가지도록 하는 가공 및 소재화 기술개발이 절실히 필요한 실정이다.
- 게다가 비지의 영양적, 물리적 및 관능적 특성이 개선된 식품소재로 개발하기 위해 다양한 가공기술을 적용하여도 비지 자체의 가치가 거의 없기 때문에 기존의 식품소재들에 비해 현저히 낮은 생산원가로 높은 가격경쟁력을 보일 것이고, 비지를 식품소재의 원료로 사용하면 비지의 폐기에 따른 폐기비용과 환경부담금과 같은 추가적인 비용의 발생을 제거할 수 있어 대두가공업체의 체산성을 향상시킬 수 있을 것이다.

제3절. 연구개발 범위

[1차년도]

- 전처리 방법에 따른 비지의 영양성분 및 가공적성 탐색
- 비지를 활용한 즉석섭취 죽 제품 개발 및 시제품 생산
- 버섯균사체발효 및 복합효소처리를 이용한 비지의 기능성 식품 소재화 기술 개발
- 비지의 기호도 및 물성 향상을 위한 연속순환식 동적뒤움공정 개발

[2차년도]

- 비지 소재를 활용한 편의조리 죽 및 죽 프리믹스 제품 개발 및 시제품 생산
- 기능성 비지 소재들(생비지, 발효비지와 복합효소처리 비지)의 항비만 및 면역증강 효능 검증
- 비지의 가용화 및 가공적성에 대한 고압균질처리 공정변수들의 영향 탐색 및 최적화

[3차년도]

- 개발될 기능성 비지 소재를 활용한 죽 제품 개발 및 시제품 생산
- 고압균질처리 및 동적뒤움처리 비지 소재들(발효비지와 복합효소처리 비지)의 항비만 및 면역증강 효능 검증
- 개발될 기능성 비지 소재들의 가공적성 개선을 위한 동적뒤움처리 및 고압균질처리 최적조건 적용연구

제2장. 연구수행 내용 및 결과

제1절. 전처리에 따른 비지의 가공적성 및 비지죽 제품화

1. 연구방법

가. 재료

콩 비지는 안동농협더햇식품사업소(경북 안동)에서 국내산 청자콩(안동생명콩, 경북 안동)을 이용하여 두부 생산 공정 중 두유와 비지를 분리하는 작업이 완료된 즉시 1차 탈수된 비지를 수거하여 연구의 재료로 사용하였다. 멥쌀, 찹쌀과 죽 제조를 위한 부재료는 시중에서 구입하여 사용하였다. 이외의 본 연구에 사용된 시약 및 용매들과 재료들은 각각 ACS 등급 및 식품첨가물등급의 것을 사용하였다.

나. 비지의 처리

(1) 생비지의 수분함량 측정

두부 제조공장에서 수거된 생비지의 수분함량은 적외선수분측정기(LJ16, Mettler-Toledo AG, Greifensee, Switzerland)를 이용하여 150℃에서 3회 반복하여 측정하였다. 수거된 생비지의 수분함량은 78.58~82.12%의 범위에 있었다.

(2) 생비지의 처리

(가) 동결저장 및 진공동결건조

수거된 생비지는 1 kg 단위로 폴리프로필렌지퍼백에 담아 -45℃의 냉동고(WSM-1300UC, 우성기업, 천안, 충남)에서 48시간 동안 급속동결한 후 일부는 진공동결건조기(SFD-SM24, 삼원산업, 서울)를 이용하여 동결건조 비지를 제조하였고, 나머지는 -20℃의 냉동고에서 저장하였다. 진공동결건조된 비지는 다른 전처리를 거쳐 제조된 비지 소재들의 대조군으로 사용하였다.

(나) 생비지의 살균처리

수거된 생비지는 폴리프로필렌 원형트레이에 300 g (w.b)씩 담아 폴리프로필렌 필름으로 열접착한 후 레토르트 살균기에 넣어 121℃에서 30분간 살균하였다. 살균공정의 come-up-time은 40분이었고, 총 운전시간은 2시간이었다. 생비지의 살균과 관련된 모든 공정은 (주)약선푸드 농업회사법인의 레토르트 시설을 이용하여 수행하였다. 살균된 비지 시료들은 찬물 수욕조로 옮겨 폼온을 빠르게 낮추고 표면의 수분을 제거하여 4℃에서 저장하였다. 살균처리가 완료된 콩비지의 외관을 Fig. 1-1에 제시하였다.



Fig. 1-1. Appearance of biji subjected to sterilization.

(다) 생비지의 열풍건조

수거된 생비지는 80℃의 농산물건조기(DY-110H, 대영E&B, 안산, 경기)를 이용하여 24시간 동안 건조하였다.

(라) 생비지의 습열처리 및 건조

수거된 생비지는 스테인레스강 개무बाट(530×430×80 mm)의 2/3 높이까지 담고 컨백션오븐(FDO-7102, Daeyung Bakery Machinery Ind. Co., Ltd., Seoul, Korea)에 넣어 120℃, 140℃, 160℃에서 3시간 동안 습열처리를 수행하였다. 생비지를 습열처리 하는 동안 매 시간마다 생비지를 휘저어 섞어주었다. 습열처리 후 비지는 곡물건조기로 옮겨 60℃에서 18시간 동안 건조하여 습열처리 건조비지로 하였다.

(마) 건조비지의 분쇄 및 선별

처리된 건조비지는 가정용 믹서기(HMF-3450S, Hanil Electric, Seoul, Korea)를 이용하여 “분쇄” setting에서 2분간 분쇄한 후 60 mesh 표준체망(No. 60, Chunggye, Seoul, Korea)을 통과시켜 분석용 및 가공용 시료로 하였다. 또한 건조비지분말 입도의 영향을 조사하기 위해 80℃의 열풍건조 공정으로부터 얻은 건조비지는 가정용 믹서기로 동일한 조건에서 분쇄한 후 60와 100 mesh 표준체망을 연속하여 통과시켜 입도를 달리한 시료를 제조하였다.

(바) 건조비지분말의 뒤움

건조비지분말 100 g을 들러붙지 않는 팬(non-stick pan)에 넣고 전기레인지 setting “2”에서 2.5, 5.0, 7.5 분 동안 열을 가해 뒤었다.

다. 쌀가루 제조

멥쌀과 찰쌀은 흐르는 물로 3회 세척하고 쌀알 무게의 3배가량의 물을 가하여 3시간 동안 상온에서 침지한 후 30분간 체반 위에서 탈수하였다. 탈수된 불린 쌀은 롤 사이의 간격을 5, 3, 1 mm로 조정한 롤밀에 순차적으로 통과시켜 거친 쌀가루를 제조하고 50℃의 열풍건조기를 이용하여 18시간 동안 건조하였다. 건조된 거친 쌀가루는 가정용 믹서를 이용하여 분쇄한 후 60 mesh와 100 mesh 표준체망이 설치된 진동체를 이용하여 100 mesh와 60 mesh 사이의 쌀가루를 선별하여 쌀가루를 제조하였다.

라. 쌀가루-비지 혼합물의 제조

제조된 쌀가루와 건조비지분말들은 70:30의 건조중량 비율로 혼합하고 50 mesh 표준체망을 이용하여 3회 반복하여 체질하여 쌀가루-비지 혼합물을 제조하였다. 이때 대조군은 혼합물의 100%를 쌀가루로(RF(HL)) 또는 70%를 쌀가루로(RF(LL))만으로 이루어진 것으로 하였다.

마. 건조비지분말 소재들의 특성 평가

(1) 일반성분

건조비지분말 소재들의 일반성분은 AOAC법(2000)에 준하여 분석하였다. 수분은 105℃에서 상압가열건조법을, 조단백질은 Kjeldahl법(질소계수 5.7)을, 조지방은 Soxhlet법을, 조회분은 건식회화법을 이용하여 분석하였다. 탄수화물 함량은 시료의 건조중량 100 g 중에서 조단백질, 조지방과 조회분의 건조중량을 차감하여 계산하였다.

(2) 식이섬유

비지소재들의 식이섬유는 AOAC법(2000)에 따라 total dietary fiber assay kit (Megazyme, Wicknow, Ireland)를 이용하여 정량하였다. 건조비지분말 1 g (d.b)을 뚜껑달린 시약병(500 mL)에 넣고 MES-Tris buffer (pH 8.2)를 40 mL를 가한 후 철저히 혼합하고 내열성 α -amylase 용액(50 μ L)를 첨가하여 끓는 물 수욕조($\sim 96^{\circ}\text{C}$)에서 30분간 반응시켰다. 30분 반응 후에 반응혼합물의 온도를 60°C 의 수욕조에서 온도를 조정하고 protease 용액(100 μ L)을 가하여 60°C 에서 30분간 반응시켰다. 단백질 분해가 종결된 후 0.56 N HCl (5 mL)를 가하고 1 N HCl과 1 N NaOH를 이용하여 pH를 4.0-4.7 범위로 조정하고 amyloglucosidase 용액(300 μ L)를 첨가하여 60°C 에서 30분간 반응시켰다. 모든 효소반응이 종결된 후 반응혼합물은 celite를 포함하고 있는 fritted-glass filtered crucible을 이용하여 여과하고 효소분해 잔류물을 포함하는 fritted-glass filtered crucible은 105°C 에서 항량을 구하였다(불용성 식이섬유 분획). 여과를 통해 얻어진 여액은 95% ethanol (240 mL)를 가하여 상온에서 1시간 방치한 후 celite를 포함하고 있는 fritted-glass filtered crucible을 통과시켜 침전물을 회수하고 75% ethanol (30 mL), 95% ethanol (10 mL)과 acetone (10 mL)을 연속적으로 통과시켜 침전물을 세척한 후 105°C 에서 건조시켜 항량을 구하였다(수용성 식이섬유 분획). 항량을 구한 불용성 및 수용성 식이섬유 분획들의 단백질과 회분함량을 Kjeldahl법과 건식회화법을 이용하여 정량하였다. 총 식이섬유는 불용성 및 식이섬유 분획들의 항량 합에서 그들의 단백질과 회분함량을 차감하여 계산하였다.

(3) 수분흡수지수(WAI, water absorption index)와 수분용해지수(WSI, water solubility index)

건조비지분말(0.5 g, d.b; S)을 50 mL conical centrifuge tube 안에 직접 칭량하고 증류수 25 g을 가하여 vortexing mixer로 분산시켰다. 분산용액을 포함하는 conical centrifuge tube는 wrist-action shaker를 이용하여 상온($\sim 24^{\circ}\text{C}$)에서 30분간 진탕시킨 후 항량을 측정된 fritted-glass filtered crucible (W_1) 위에서 감압여과하였다. Glass filter와 crucible 표면의 과도한 수분을 제거하기 위해 여액이 배출되지 않을 때부터 10분간 추가로 감압여과 조작을 수행하고 그 무게(W_2)를 측정하였다. 수분용해지수를 계산하기 위해 감압여과로부터 회수된 여액은 100 mL 정용플라스크로 옮겨 증류수를 첨가하여 100 mL로 정용하여 희석하였다. 10 mL의 희석된 여액은 수분측정용 알루미늄 디쉬에 옮겨 105°C 에서 항량에 도달할 때까지 건조하여 무게(W_3)를 측정하였다. 수분흡수지수와 수분용해지수는 아래 식에 의해 계산되었다.

$$WAI (g/g) = \frac{W_2 - W_1}{S - (W_3 \times 20)}$$

$$WSI (\%) = \frac{W_3 \times 20}{S} \times 100$$

(4) 팽윤력과 용해도

건조비지분말 시료(0.5 g, d.b; S)를 50 mL conical centrifuge tube 안에 직접 칭량하고 증류수 25 g을 가하여 vortexing mixer로 분산시켜 85°C의 수욕조에서 30분간 가열한 후 찬물 수욕조에서 20분간 냉각하였다. 이를 원심분리(2,500×g, 20분)하여 상등액은 100 mL 정용플라스크로 옮겨 증류수를 가하여 정용하였다. 정용한 상등액 10 mL을 알루미늄 디쉬에 넣고 105°C에서 항량이 될 때까지 건조하여 무게를 측정하여 가용성 고형분함량을 구하고 이를 초기 비지 시료의 건조중량에 대한 백분비율로 용해도를 계산하였다. 침전물은 무게를 측정하여 아래의 식에 의해 팽윤력을 계산하였다.

$$\text{팽윤력 (g/g)} = \frac{\text{침전물의 무게(g)}}{\text{초기 비지의 건조중량(g, d.b)} \times \left(1 - \frac{\text{가용성 고형분 함량(\%)}}{100}\right)}$$

(5) 가용성 탄수화물과 가용성 단백질 함량

팽윤력과 용해도 분석 중 회수되어 회석된 상등액 내의 가용성 단백질 및 가용성 탄수화물 함량은 각각 Lowry법(Lowry et al., 1951)과 페놀-황산법(Dubois et al., 1956)을 이용하여 정량하고 건조비지분말 원시료의 단백질분획과 탄수화물분획의 무게에 대한 증량비로 나타내었다.

(6) 색 특성

건조비지분말 시료들의 색 특성은 색차계(CR-300D, Minolta Co. Ltd., Osaka, Japan)를 사용하여 Hunter's color system에 의해 측정하였다. 각 색의 값은 명도(L, lightness), 적색도(a, redness) 및 황색도(b, yellowness)로 나타내었다. 이때 사용한 색차계의 표준백판의 값은 L 98.07, a -0.18, b 1.57이었다. 각 처리군의 대조군에 대한 처리군의 총 색차(ΔE)는 다음의 식으로 계산하였다.

$$\Delta E = \sqrt{(L_0 - L)^2 + (a_0 - a)^2 + (b_0 - b)^2}$$

바. 쌀가루-비지 혼합물의 물리적 특성 평가

(1) Solvent retention capacity (SRC)

제조된 쌀가루 및 쌀가루-비지 혼합물의 solvent retention capacity (SRC)는 AACC Approved method 56-11 (2000)에 준하여 측정되었다. SRC 측정에 사용한 용매들은 증류수, 5% (w/w) lactic acid 수용액, 5%(w/w) Na₂CO₃ 수용액과 50%(w/w) sucrose 수용액이었다. 시료 5 g (d.b)을 50 mL conical 원심분리관에 직접 칭량하고 SRC 용매 25 g을 가하여 혼합하고 상온(~24°C)에서 20분간 방치하였다. 수화과정 중 침전된 시료의 재분산을 위해 5분 간격으로 혼합물을 hand-shaking 하였다. 20분 후에 시료 분산액은 1,000×g에서 15분간 원심분리하여 상등액을 제거하고 원심분리관은 뒤집어 10분간 여분의 SRC 용매를 제거하고 팽윤된 분말시료의 무게를 측정하여 다음의 식에 의해 SRC를 결정하였다. SRC 측정치는 분말시료의 수분함량을 14%로 하여 보정하여 백분율로 나타내었다.

$$SRC(\%) = \left[\frac{\text{수화된 시료의 무게}(g)}{\text{시료의 초기 무게}(g)} \right] \times \left[\frac{100 - 14}{100 - \text{초기 시료의 수분함량}(\%)} \right] \times 100$$

(2) 팽윤력과 용해도

제조된 쌀가루 또는 쌀가루-비지 혼합물 0.5 g (d.b)는 50 mL 원심분리관에 직접 칭량하고 25 mL의 탈이온수를 가하여 혼합하고 85°C의 항온수욕조에서 30분간 가열하였다. 침전한 시료를 재분산하기 위해 5분 간격으로 vortexing하였다. 30분 후에 원심분리관은 냉수욕조에서 20분간 냉각한 후 2,500×g에서 20분간 원심분리하여 상등액과 침전물을 분리하였다. 상등액은 100 mL 정용플라스크로 옮기고 탈이온수를 가하여 100 mL로 정용하였으며 침전물을 함유한 원심분리관은 뒤집어 10분간 여분의 용매를 제거한 후 무게를 칭량하였다. 100 mL로 희석된 상등액의 총당을 황산-페놀법(Dubois et al., 1956)으로 결정하여 팽윤력 계산의 용해도로 하였고, 팽윤력과 용해도는 아래 계산식을 이용하여 계산하였다.

$$\text{팽윤력}(g/g) = \frac{\text{팽윤된 시료의 무게}(g)}{\text{시료의 초기 무게}(g) - \text{상등액 내의 총당}(g)}$$

$$\text{용해도}(\%) = \frac{\text{상등액 내의 총당 무게}(g)}{\text{시료의 초기 무게}(g, d.b)} \times 100$$

(3) 가용성 탄수화물 및 가용성 단백질 함량)

상등액 내의 용해된 가용성 탄수화물은 황산-페놀법(Dubois et al., 1956)으로 측정하였다. 100 mL로 희석된 상등액 1 mL은 유리시험관에 넣고 5% (w/v) phenol 수용액 1 mL과 진한황산 5 mL을 차례로 가한 후 vortexing 하였다. 반응물은 상온에서 20분간 발색시킨 후 냉수욕조(약 15°C)에서 20분간 냉각하여 분광광도계를 이용하여 490 nm에서 흡광도를 측정하였다. 측정된 흡광도는 glucose를 표준물질로 하여 작성된 표준곡선으로부터 상등액 내의 총당 함량을 계산하였다. 한편 상등액 내의 용해된 가용성 단백질은 Lowry법(Lowry et al., 1951)으로 측정하였다. 100 mL로 희석된 상등액 100 μ L에 Lowry 시약을 가하여 발색시킨 후 분광광도계를 이용하여 750 nm에서 흡광도를 측정하였다. 측정된 흡광도는 표준물질로 bovine serum albumine (BSA)를 이용하여 작성된 표준곡선으로부터 상등액 내의 단백질 함량을 계산하였다.

(4) 페이스팅 점도 특성

제조된 쌀가루 및 쌀가루-비지 혼합물의 쌀가루의 페이스팅 점도 특성은 신속점도분석기(Rapid Visco Analyzer; RVA-3D, Newport Scientific, NSW, Australia)를 이용하여 조사하였다. 시료(2.8 g, d.b)을 알루미늄 용기에 직접 칭량하고 총 28 g이 되도록 증류수를 가한 후 spatula와 플라스틱 회전축을 이용하여 시료들을 완전하게 분산시켜 분석시료를 제조하였다. 50°C로 조정된 신속점도분석기에서 2분간 교반한 다음, 12°C/min 속도로 95°C까지 가열하고 95°C에서 2.5분간 유지시킨 후 12°C/min의 속도로 50°C까지 냉각하고 50°C에서 2분간 유지시켜 페이스팅 점도 프로파일을 얻었다. 플라스틱 회전축은 분석하는 동안 160 rpm으로 일정하게 회전시켰다.

사. 건조비지분말, 멬쌀가루 및 찰쌀가루의 최적 혼합비율 탐색

(1) 실험디자인 및 통계적 모델링

모든 실험의 디자인, 데이터 분석 및 최적화는 Design Expert 7.0을 이용하였고, constraint의 값으로는 120°C에서 습열처리로부터 제조된 건조비지분말-멬쌀가루-찰쌀가루 혼합물의 페이스팅 점도 특성치들과 마이크로웨이브 가열을 통한 혼합물의 점도 특성치들로 정하였다. 총 100%의 혼합반죽 내에서 modified distance mixture design을 위한 건조비지분말, 멬쌀가루, 찰쌀가루의 최소 및 최대 비율은 각각 10-40%, 10-30%, 50-70%로 정하였다(Table 1-1). 혼합물 실험계획법에 따라 설정된 실험점들은 Table 1-2와 같다. 설정된 혼합물디자인 속에서 성분들 간의 상호작용을 알아보기 위해서 2차항 회귀모델(quadratic regression model)을 적용하였다. 회귀모델을 나타내는 coefficient 값들은 Scheffe의 polynomial form에 근거를 두고 계산하였고, 선형과 canonical 형태의 2차항 회귀모델은 modified least square regression에 의해 만들어졌다. 이때 full quadratic model은 stepwise regression 방법($\alpha=0.1$)으로 데이터 선택의 폭을 넓혔으며, 그 model과 coefficient 값들은 F-test와 lack of fit test로 그 유의성을 검증하였다. 각 모형에 따른 성분들의 반응은 response surface plot과 trace plot을 이용하였다.

Table 1-1. Factors and levels of modified distance mixture design for the formulation of the biji porridge premix

Pseudo component ¹⁾	Mixture limit	
	Low actual (Low coded)	High actual (High coded)
A: Biji (% , d.b)	10.0 (0.000)	40.0 (1.000)
B: Normal rice flour (NRF; % , d.b)	10.0 (0.000)	30.0 (0.667)
C: Waxy rice flour (WRF; % , d.b)	50.0 (0.000)	70.0 (0.667)

¹⁾Pseudo components: $x_i = \frac{(x_i - l_i)}{\left(1 - \sum_{j=0}^p l_j\right)}, x_1 + x_2 + \dots + x_p = 1$

Table 1-2. Formulations preparing the biji porridge premix, constructed by modified distance mixture design

Run	Biji (% , d.b)	Normal rice flour (% , d.b)	Waxy rice flour (% , d.b)	Total ¹⁾ (%)
1	10.5	19.5	70.0	100
2	10.4	29.7	59.8	100
3	10.4	29.7	59.8	100
4	22.1	23.2	54.7	100
5	38.5	11.5	50.0	100
6	32.7	10.0	57.3	100
7	27.7	18.3	54.0	100
8	10.5	19.5	70.0	100
9	25.8	10.0	64.2	100
10	17.8	12.2	70.0	100
11	38.5	11.5	50.0	100
12	15.8	29.2	55.1	100
13	20.9	29.1	50.0	100
14	18.3	20.8	60.9	100
15	20.9	29.1	50.0	100
16	17.8	12.2	70.0	100

¹⁾100% = biji (% , d.b) + normal rice flour (% , d.b) + waxy rice flour (% , d.b).

(2) 최적 성분비

Canonical 모형의 수치 최적화(numerical optimization)를 통하여 성분의 혼합비율을 선정하였고, 이때의 점을 예측하였다. 수치 최적화는 canonical 모형의 근간으로 하는 모델의 계수에 각 반응에 대한 목표 범위(goal area)를 설정하고 다음 식에 의하여 구하였다.

$$D = (d_1 \times d_2 \times \dots \times d_n)^{\frac{1}{n}} = \left(\prod_{i=1}^n d_i \right)^{\frac{1}{n}}$$

여기서 D는 overall desirability, d는 각각의 desirability, n은 response의 수이다.

(3) 페이스팅 점도 특성

건조비지분말-멧쌀가루-참쌀가루 혼합물의 페이스팅 점도 특성은 RVA를 이용하여 측정하였다. 혼합물은 Table 1-2에 제시된 각 성분의 비율에 따라 제조되었고, RVA 분석을 위한 분석시료의 총 고형분 함량은 5%로 하였다. 혼합물 1.4 g(d.b)을 알루미늄 canister에 직접 칭량하고 증류수를 가하여 총 28 g이 되도록 한 후 spatula와 plastic paddle을 이용하여 분산시켜 RVA에 사입하여 분석하였다. RVA 운전조건은 상기에서 전술한 바와 동일한 조건으로 하였다.

(4) 마이크로웨이브 가열 혼합물 페이스트의 점도 특성

즉석조리 인스턴트 죽 제품의 베이스를 모사하기 위해 건조비지분말-멧쌀가루-참쌀가루 혼합물을 고형분 함량 5%(w/w)되도록 증류수와 비이커 안에서 혼합하여 분산시킨 후 시계접시로 덮고 마이크로웨이브 오븐에서 1000 W로 1분 20초 간 가열하여 혼합물 페이스트를 제조하였다. 제조된 혼합물 페이스트는 제조 즉시 spatular로 1분간 휘저어 RVA canister에 25 g을 담고 RVA에 사입하여 전술한 RVA 운전조건에 따라 점도변화를 분석하였다. 또한 제조된 혼합물 페이스트는 상온에서 20분간 교반한 후 RVA canister에 25 g을 넣어 RVA를 이용하여 점도변화를 측정하였다. RVA 분석 프로파일로부터 최적 배합비 결정을 위한 response를 η -00 (마이크로웨이브 가열 즉시 50°C에서 측정된 점도), η -A20 (혼합물 페이스트를 20분간 상온에서 방치한 후 50°C에서 측정된 점도), $\Delta \eta$ (20분간 방치 전후의 혼합물 페이스트의 50°C에서 측정된 점도 차이), η -00-RH (마이크로웨이브 가열 후 재가열하고 50°C로 냉각된 혼합물 페이스트의 점도), η -A20-RH (혼합물 페이스트를 20분간 상온에서 방치한 후 재가열하고 50°C로 냉각된 혼합물 페이스트의 점도), $\Delta \eta$ -RH (재가열된 후 50°C로 냉각된 혼합물 페이스트의 점도 차이)로 하였다(Fig. 1-2).

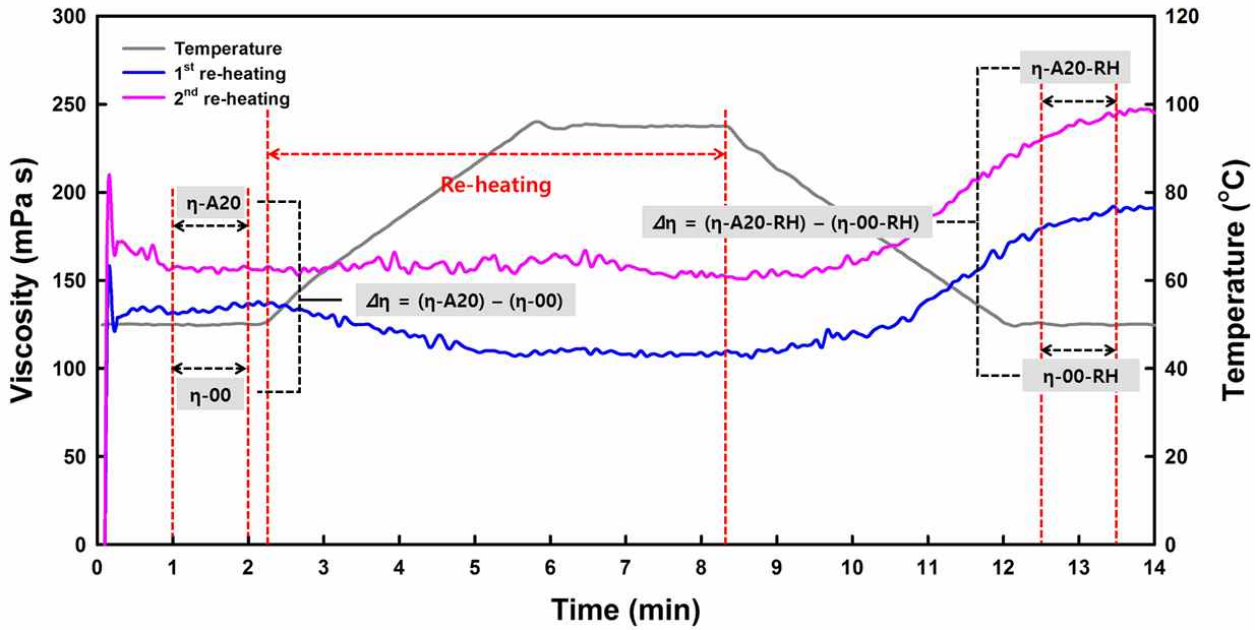


Fig. 1-2. Viscosity characteristics describing responses of modified distance mixture design. The viscosity profiles provided in a figure were produced with the formulation of Run 13 in Table 1-2.

아. 비지죽 개발 및 평가

(1) 비지죽 제조

살균처리된 비지의 수분함량을 적외선수분측정기를 이용하여 측정하여 고형분함량 기준으로 75 g의 살균처리된 비지를 non-stick 냄비에 넣고 총량이 500 g이 되도록 정제수를 가한다. 살균처리된 비지 분산물의 고형분 함량은 15% (w/w) 이었다. 냄비를 전기레인지에 올리고 setting 3으로 설정하여 15분간 교반하면서 가열하였다. 팽윤된 비지 분산물과 이의 중량대비 2배의 정제수를 가정용 믹서에 넣고 setting “강” 에서 2분간 분쇄한 후 120 mesh 여과망을 통과시켜 비지 페이스트를 제조하였다. 제조된 비지 페이스트의 공형분함량을 적외선수분측정기를 이용하여 계산하고 비지 페이스트의 고형분함량이 4% (w/w)가 되도록 정제수를 가하였다. 멍쌀(백진주 품종, 경북 안동)은 3회 세척하여 3배가량의 정제수(약 15°C)를 가하여 3시간 동안 상온(~23°C)에서 침지시켰다. 3시간 후 불린 멍쌀을 체반에 받쳐 30분간 탈수하였다. 준비된 불린 멍쌀과 참기름을 non-stick 냄비에 넣고 setting 3의 전기레인지 위에서 5분간 볶은 후 정제수와 비지 페이스트를 Table 1-3과 같이 넣고 8분간 저어주면서 끓인다. 8분 후 소금을 가한 후 전기레인지를 setting 2로 낮추고 추가로 2분간 끓여 비지죽을 완성하였다. 완성된 비지죽은 폴리프로필렌 트레이에 200 g 단위로 넣고 폴리프로필렌 필름으로 실링하여 4°C에서 저장하면서 분석을 수행하였다.

Table 1-3. Formula of biji porridge

Treatment	Hydrated rice grain ¹⁾ (g)	Water (g)	Biji paste ²⁾ (g)	Sesame oil (g)	Salt (g)
T1	75	600	-	5	0.5
T2	75	450	150	5	0.5
T3	75	300	300	5	0.5
T4	75	150	450	5	0.5
T5	75	-	600	5	0.5

¹⁾The moisture content of the hydrated rice grain was 33.5% (w.b).

²⁾The total solid content of Biji paste was 4% (w.b).

(2) 퍼짐성 측정

60°C의 항온수욕조에서 보관된 비지죽은 지름 20 mm, 높이 20 mm인 알루미늄 원통에 넣고 2분 후 원통을 들어 올려 5분간 퍼지게 하였다. 퍼진 부분의 지름은 3군데에서 버니어캘리퍼스로 측정한 후 평균치를 구하였다. 퍼짐성은 알루미늄 원통의 지름에 대한 퍼진 죽의 지름의 백분비율로 나타내었다.

(3) 색도

비지죽은 60°C의 항온수욕조에서 보관된 비지죽 시료들은 색 특성은 색차계(CR-300D, Minolta Co. Ltd., Osaka, Japan)를 사용하여 Hunter's color system 하에서 측정하였다. 각 색의 값은 명도(L , lightness), 적색도(a , redness) 및 황색도(b , yellowness)로 나타내었다. 이때 사용한 색차계의 표준백판의 값은 L 98.07, a -0.18, b 1.57이었다. 각 처리군의 대조군에 대한 처리군의 총 색차(ΔE)는 다음의 식으로 계산하였다.

$$\Delta E = \sqrt{(L_0 - L)^2 + (a_0 - a)^2 + (b_0 - b)^2}$$

(4) 점도

제조된 비지죽은 60°C의 항온수욕조에서 보관하여 내부온도가 60°C에 도달하였을 때, 비지죽 20 g을 aluminum canister에 넣고 plastic paddle를 이용하여 30초간 손으로 교반하여 신속 점도분석기(RVA-3D, Newport Scientific, NSW, Australia)에 넣어 10분간 60°C에서 160 rpm으로 교반하여 비지죽의 점도를 측정하였다. 비지죽의 점도는 최종점도(Final viscosity)로 하였다.

(5) 기호도 검사

4℃에 저장된 비지죽은 전자레인지(800 W)를 이용하여 1분 30초간 가열한 후 기호도 검사 패널에게 제공하였다. 5종의 처리군은 일정량을 1회용 그릇에 담아 기호도 검사 시 동시에 제공하였으며, 처리군들의 기호도 검사 사이에 입을 행굴 수 있도록 생수를 제공하였다. 기호도 검사는 총 25명의 경북 안동시에 거주하는 일반인을 대상으로 수행하였으며, 평가항목은 색, 향, 맛, 조지감 및 전체적인 기호도로 하여 9점 척도법으로 평가하였다.

자. 통계처리

설계된 실험계획에 따라 특성치들을 적어도 3회 반복하여 측정하였고, 그 평균값은 평균±표준편차로 표현하였다. 처리조건에 따른 특성치들의 통계적 유의성은 one-way 분산분석을 수행한 후 Tukey's HSD test ($p < 0.05$)를 Minitab 16 (Minitab Inc., State College, PA, USA)에 의해 분석하였다. 또한 혼합물실험계획에 따른 반응표면분석은 Design Expert 7.0 (Stat-Ease Inc., Minneapolis, MN, USA)를 이용하여 수행하였다.

2. 연구결과

가. 건조비지분말의 입도분포에 따른 특성

두부제조 과정 중 배출된 생비지를 80℃에서 24시간 건조한 건조비지를 분쇄하여 60 mesh와 100 mesh 표준체를 이용하여 입도를 달리한(100 mesh 초과, 60-100 mesh, 60 mesh 미만) 건조비지분말을 제조하였다. 입도별로 분류된 건조비지분말의 일반성분(조단백, 조지방, 조회분, 총 탄수화물)과 식이섬유 함량을 분석하여 Table 1-4에 나타내었다. 입도를 달리한 건조비지분말의 조단백은 21.7-24.9%, 조지방은 7.6-9.7%, 조회분은 3.6-3.9%, 탄수화물은 61.7-67.1%의 범위에 있었다. 60 mesh 미만의 건조비지분말의 조단백과 조지방 함량은 처리군들 중 가장 낮은 수준을 나타내었으며, 탄수화물 함량은 가장 높았다. 입도를 달리한 건조비지분말의 식이섬유함량은 57.3-59.9%의 범위에 있었으며, 처리군들 사이에서 유의적인 차이를 보이지는 않았지만 가장 큰 입도를 보유한 건조비지분말이 가장 높은 수준을 나타내었다. 익히 알려진 것과 같이 건조비지분말은 단백질과 식이섬유를 강화할 수 있는 식품소재로서의 잠재력을 보유한 것으로 판단된다.

Table 1-4. Proximate compositions and total dietary fiber content of dried biji powders with different particle size distributions

Sieving (mesh)	Proximate compositions ¹⁾ (% , d.b)				Dietary fiber ¹⁾ (% , d.b)
	Crude protein	Crude fat	Crude ash	Carbohydrate ²⁾	
100<	24.9±0.7 ^a	9.7±0.0 ^a	3.9±0.0 ^a	61.7±0.4 ^b	58.1±1.1 ^{ab}
60-100	23.8±0.9 ^a	9.3±0.1 ^b	3.7±0.1 ^b	63.2±1.0 ^b	57.3±0.8 ^b
60>	21.7±2.0 ^{ab}	7.6±0.0 ^c	3.6±0.0 ^b	67.1±1.9 ^a	59.9±0.5 ^a

¹⁾Mean values of three replicate measurements; values sharing the same lowercase letters are not significantly different $p<0.05$.

²⁾100-(crude protein + crude fat + crude ash).

입도를 달리하여 제조된 건조비지분말의 수분흡수지수와 수분용해지수를 분석하여 Fig. 1-3에 나타내었다. 건조비지분말들의 수분흡수지수는 처리군들 사이에서 유의적인 차이를 나타내지 않는 것으로 판단된다. 그럼에도 60-100 mesh 범위의 건조비지분말이 가장 높은 수분흡수지수를 나타내었다. 수분용해지수와 관련하여 100 mesh 초과 및 60-100 mesh 범위의 건조비지분말들은 유사한 수분용해지수를 나타내었으나, 60 mesh 미만의 건조비지분말은 다른 처리군들에 비해 약 1.8배 높은 수분용해지수를 보유하고 있다. 이와 같은 결과는 수분용해지수를 상온에서 용출된 가용성 성분으로 정의하였기 때문에 불용화도가 높다고 알려진 비지의 단백질 함량이 가장 적고, 수분흡수를 방해하는 지방성분이 가장 적기 때문에 60 mesh 미만의 건조비지분말에서 관찰된 것으로 판단된다.

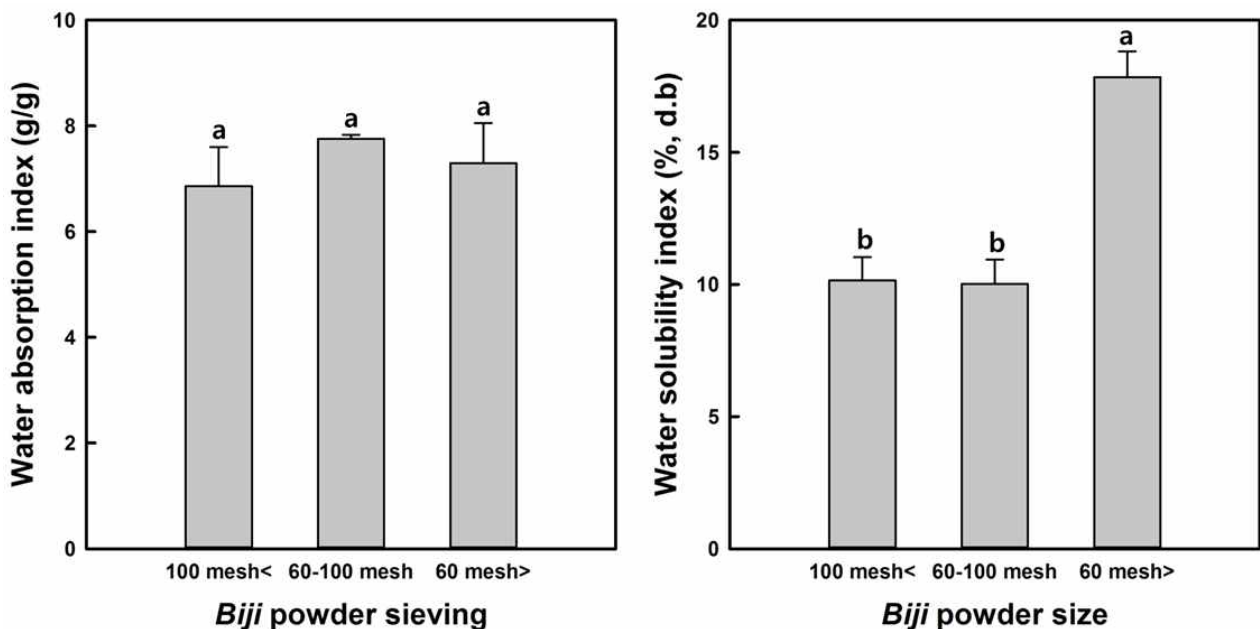


Fig. 1-3. Water absorption index and water solubility index of dried biji powders with different particle size distributions. Bars sharing the same lowercase letters are not significantly different at $p<0.05$.

입도를 달리하여 제조된 건조비지분말들의 팽윤력과 용해도를 85°C에서 분석하여 그 결과를 Fig. 1-4에 나타내었다. 팽윤력은 60-100 mesh > 60 mesh 미만 > 100 mesh 초과 입도를 가지는 건조비지분말들의 순서로 증가하였으며, 유의적인 차이를 나타내었다. 이 결과는 상온에서 측정된 건조비지분말들의 수분흡수지수와 유사한 경향을 나타내었다. 또한 60 mesh 미만 및 100 mesh 초과 건조비지분말들의 팽윤력들은 평균값에서 차이가 없는 것처럼 보이나 통계적으로 유의적이었다. 입도를 달리한 건조비지분말의 용해도는 100 mesh 미만 > 60-100 mesh = 60 mesh 미만의 입도분포를 보이는 건조비지분말들의 순서로 증가하였다. 85°C에서 측정된 건조비지분말의 용해도는 상온에서 측정된 수분용해지수와는 반대의 경향을 나타내었다.

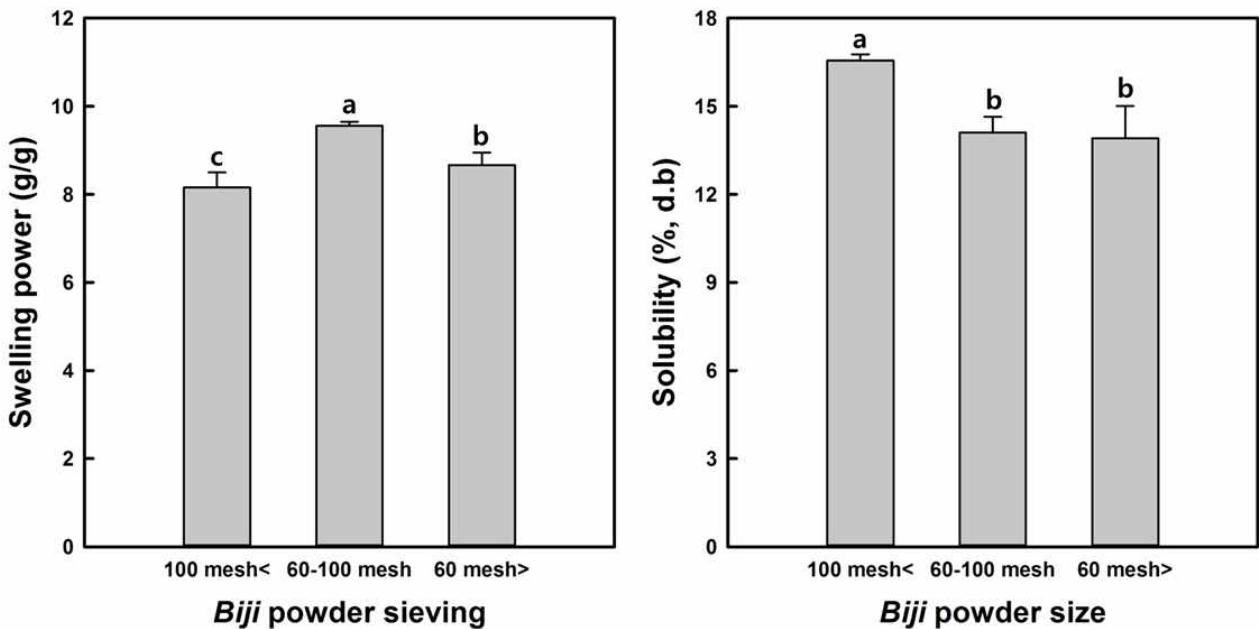


Fig. 1-4. Swelling power and solubility of dried biji powders with different particle size distributions. Bars sharing the same lowercase letters are not significantly different at $p < 0.05$.

입도를 달리한 건조비지분말들을 85°C에서 팽윤력 측정 후 회수된 상등액 내의 가용성 탄수화물과 가용성 단백질 함량을 Fig. 1-5에 나타내었다. 가용성 탄수화물 함량은 100 mesh 초과 = 60-100 mesh < 60 mesh 미만의 순서로 증가하는 경향을 나타내었다. 이와 같은 현상은 60 mesh 미만의 건조비지분말의 탄수화물 함량이 가장 높은 것과 연계된 것 같음(Table 1-4). 입도를 달리한 건조비지분말들을 85°C에서 팽윤력 측정 후 회수된 상등액 내의 가용성 단백질 함량과 관련하여 100 mesh 미만 > 60-100 mesh > 60 mesh 초과 순서로 감소하는 것을 알 수 있었다(Fig. 1-5). 이와 같은 결과는 용해도에서 관찰된 결과와 유사하였다(Fig. 1-4). 주어진 입도별 건조비지분말의 가용성 탄수화물과 가용성 단백질 함량의 합은 해당하는 건조비지분말의 용해도의 약 75-85%를 차지하고 있었다. 따라서 건조비지분말의 용해도는 이의 가용성 탄수화물과 가용성 단백질이 건조비지분말 입자로부터 용해되어 용출되는 양에 의해 결정되는 것을 알 수 있었다.

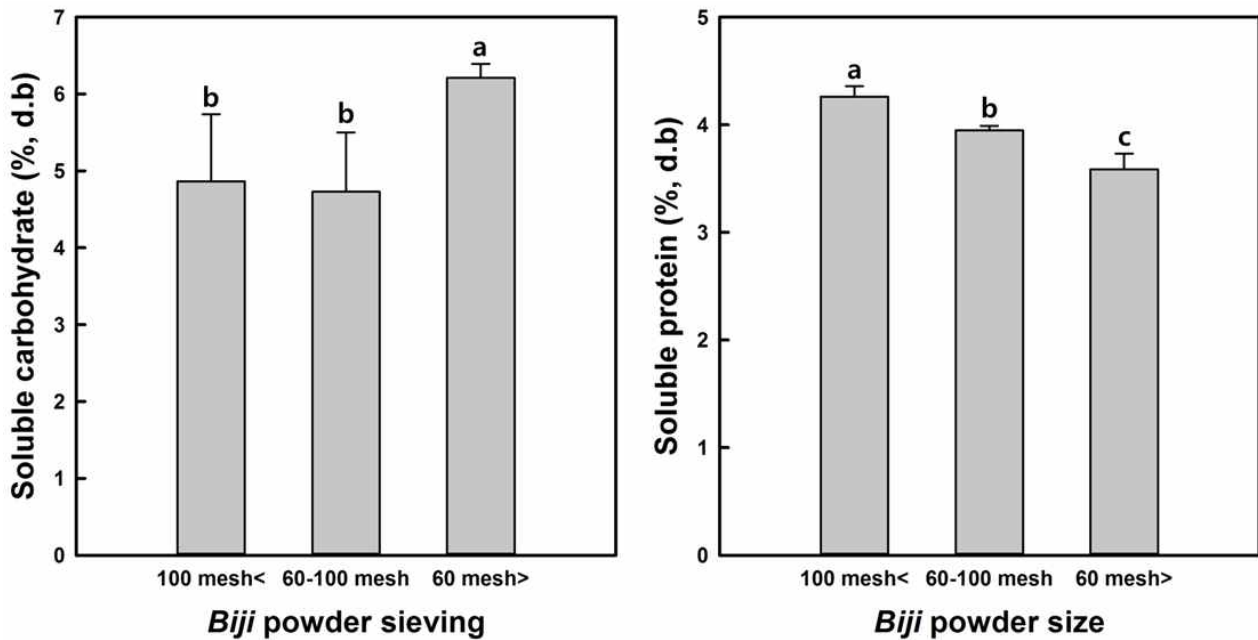


Fig. 1-5. Soluble carbohydrate and protein contents of dried biji powders with different particle size distributions. Bars sharing the same lowercase letters are not significantly different at $p < 0.05$.

입도를 달리한 건조비지분말들의 색 특성을 조사하여 Table 1-5에 나타내었다. 건조비지분말들의 명도(L)는 80.2-90.4, 적색도(a)는 -0.3-2.4, 황색도(b)는 12.0-21.9의 범위에 있었다. 건조비지분말의 입도가 증가면서 명도는 감소하고, 적색도와 황색도는 증가하는 경향을 나타내었다. 이와 같은 결과는 열풍건조에 의해 생비지가 건조되면서 건조비지의 표면은 부분적으로 갈변이 진행되어 어두워지지만 내부는 산소와 접촉되지 않아 갈변되지 않기 때문에 건조비지의 입도가 작아질수록 내부의 밝은 색의 비지 매트릭스가 외부로 노출되면서 건조비지분말의 색이 전체적으로 밝아지는 것으로 생각된다. 따라서 비지죽의 원료로 밝은 황색을 나타내는 100 mesh 미만의 건조비지분말을 사용하는 것이 적절할 것으로 판단된다.

Table 1-5. Mean¹⁾ values of color characteristics of dried biji powders with different particle size distributions

Sieving (mesh)	$L^{2)}$	$a^{2)}$	$b^{2)}$
100<	90.4±0.2 ^a	-0.3±0.0 ^c	12.0±0.1 ^c
60-100	86.7±0.1 ^b	0.7±0.0 ^b	16.3±0.1 ^b
60>	80.2±0.1 ^c	2.4±0.1 ^a	21.9±0.2 ^a

¹⁾Mean values of three replicate measurements; values sharing the same lowercase letters are not significantly different $p < 0.05$.

²⁾ L , a , and b correspond to lightness, redness, and yellowness, respectively.

나. 습열처리된 비지로부터 제조된 건조비지분말의 특성

생비지는 콩 비린내를 나타내기 때문에 콩 비린내를 저감하기 위해 스팀처리한 후 열풍건조하여 건조비지분말을 제조하였으나 이 건조비지분말이 물과 함께 혼합되어 가열되면 여전히 콩 비린내를 발생시켰다. 이는 아마도 생비지에 함유되어 있는 lipoxygenase가 스팀처리에도 여전히 실활되지 않기 때문으로 생각되었다. 따라서 lipoxygenase나 peroxidase와 같은 산화효소를 실활시키기 위해 공급받은 생비지를 열풍건조하기 전에 120°C (T2), 140°C (T3), 160°C (T4)의 컨벡션오븐 안에서 3시간 동안 가열하여 생비지를 습열처리한 후 60°C에서 18시간 동안 열풍건조하여 건조비지를 제조하였다. 계속해서 건조비지는 분쇄하여 60 mesh 표준체망을 통과시켜 습열처리된 건조비지분말로 제조하였다. 또한 80°C에서 24시간 동안 열풍건조하여 제조된 건조비지분말을 처리대조군(T1)으로 하였으며, 진공동결건조법에 의해 제조된 비지 시료를 대조군(control)로 하였다.

Table 1-6. Mean¹⁾ values of proximate composition and total dietary fiber content of dried biji powders subjected to heat-moisture treatments

<i>Biji</i> ²⁾	Proximate compositions (% , d.b)				Dietary fiber (% , d.b)
	Crude protein	Crude fat	Crude ash	Carbohydrate ³⁾	
T1	21.6±0.1 ^c	9.1±0.2 ^a	3.7±0.0 ^a	65.3±0.3 ^a	60.1±0.6 ^b
T2	24.5±0.2 ^a	8.6±0.1 ^b	3.7±0.0 ^a	63.2±0.1 ^b	59.8±0.2 ^b
T3	24.9±0.3 ^a	9.1±0.1 ^a	3.7±0.0 ^a	62.3±0.4 ^c	57.2±0.4 ^c
T4	23.0±0.8 ^b	8.0±0.0 ^c	3.8±0.0 ^a	65.2±0.8 ^a	61.2±0.3 ^a

¹⁾Mean values of three replicate measurements; values sharing the same lowercase letters are not significantly different $p < 0.05$.

²⁾T1, dried Biji powder subjected to hot-air drying at 80°C; T2, Biji subjected to moisture-heat treatment for 3 h at 120°C, followed by hot-air drying at 60°C; T3, Biji subjected to moisture-heat treatment for 3 h at 140°C, followed by hot-air drying at 60°C; T4, Biji subjected to moisture-heat treatment for 3 h at 160°C, followed by hot-air drying at 60°C.

³⁾100-(crude protein + crude fat + crude ash)

습열처리 후 건조된 건조비지분말의 일반성분 및 식이섬유 함량을 조사하여 Table 1-6에 나타내었다. 처리대조군(T1)에 비해 처리군들의 조단백질 함량은 유의적으로 증가하였으며, 조지방은 처리대조군과 T3가 유사하였으며 T2와 T4는 처리대조군보다 낮은 함량을 나타내었다. 반면 처리대조군과 처리군들의 조회분 함량은 유의적인 차이가 관찰되지 않았다. 탄수화물 함량은 조단백, 조지방, 및 조회분 함량에 따라 변하였다. 탄수화물 함량은 처리대조군(T1)과 T4와 유사하였으며, T2 > T3의 순서로 증가하였고, 식이섬유 함량도 유사한 경향을 보였다.

대조군(진공동결건조 비지분말), 처리대조군(T1)과 처리군들(T2, T3, T4)의 수분흡수지수와 수분용해지수를 측정하여 Fig. 1-6에 나타내었다. 수분흡수지수는 T2 > T4 > 대조군 ≈ T3 > T1의 순서로 증가하였다. 120°C, 140°C, 160°C에서 3시간 습열처리한 후 60°C에서 건조한 T2, T3 및 T4는 진공동결건조된 대조군보다 유사하거나 높은 수분흡수지수를 나타내어, 생비지의 습열처리는 진공동결건조법을 대체할 수 있는 새로운 처리방법이 될 것으로 예상된다. 한편 수분용해지수는 대조군 > T1 > T2 > T3 > T4의 순서로 증가하였다. 상온에서 측정된 수분용해지수는 진공동결건조법에 의해 제조된 건조비지분말이 가장 높았으며, 진공동결건조법이 비지 내의 단백질의 불용화를 최소화할 수 있는 방법인 것 같다. 또한 열처리 정도가 증가할수록 건조 비지분말의 수분용해지수는 감소하는 것으로 나타나 비지의 추가적인 열처리는 비지 내의 단백질들 사이의 이황화결합을 촉진시켜 불용화되기 때문에 건조비지분말의 가용화를 저하시키는 것으로 생각된다.

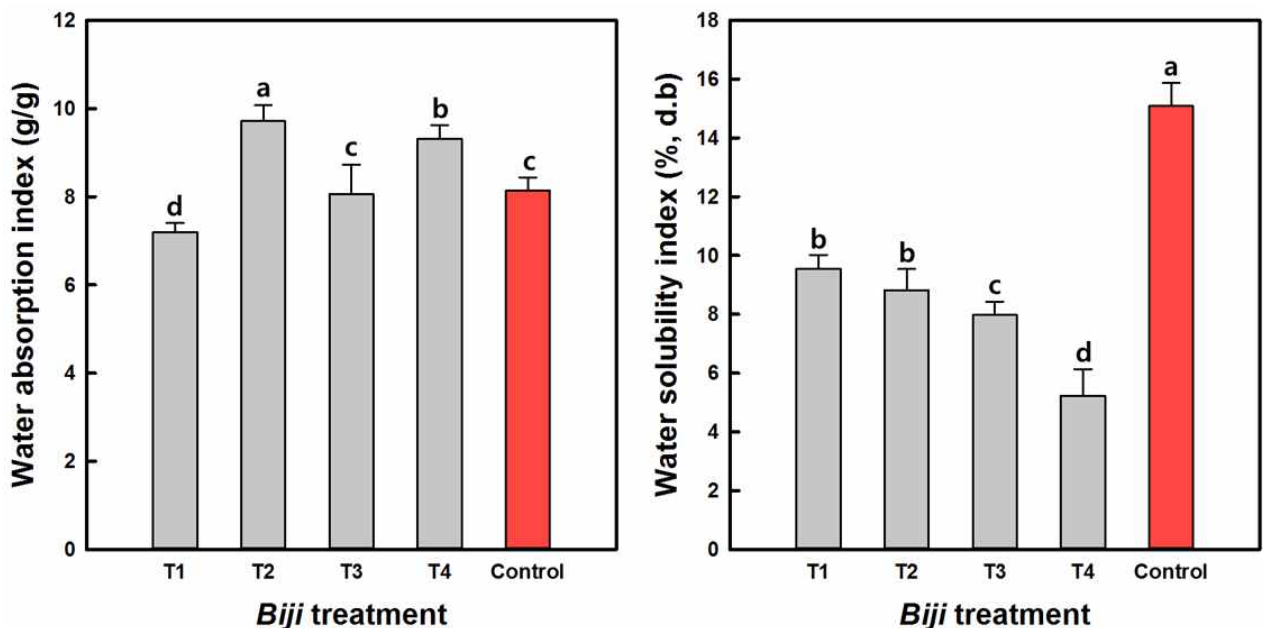


Fig. 1-6. Water absorption index and water solubility index of freeze-dried (control), hot-air dried (T1), and heat-moisture treated (T2-T4) biji powders (T1, dried Biji powder subjected to hot-air drying at 80°C; T2, Biji subjected to moisture-heat treatment for 3 h at 120°C, followed by hot-air drying at 60°C; T3, Biji subjected to moisture-heat treatment for 3 h at 140°C, followed by hot-air drying at 60°C; T4, Biji subjected to moisture-heat treatment for 3 h at 160°C, followed by hot-air drying at 60°C). Bars sharing the same lowercase letters are not significantly different at $p < 0.05$.

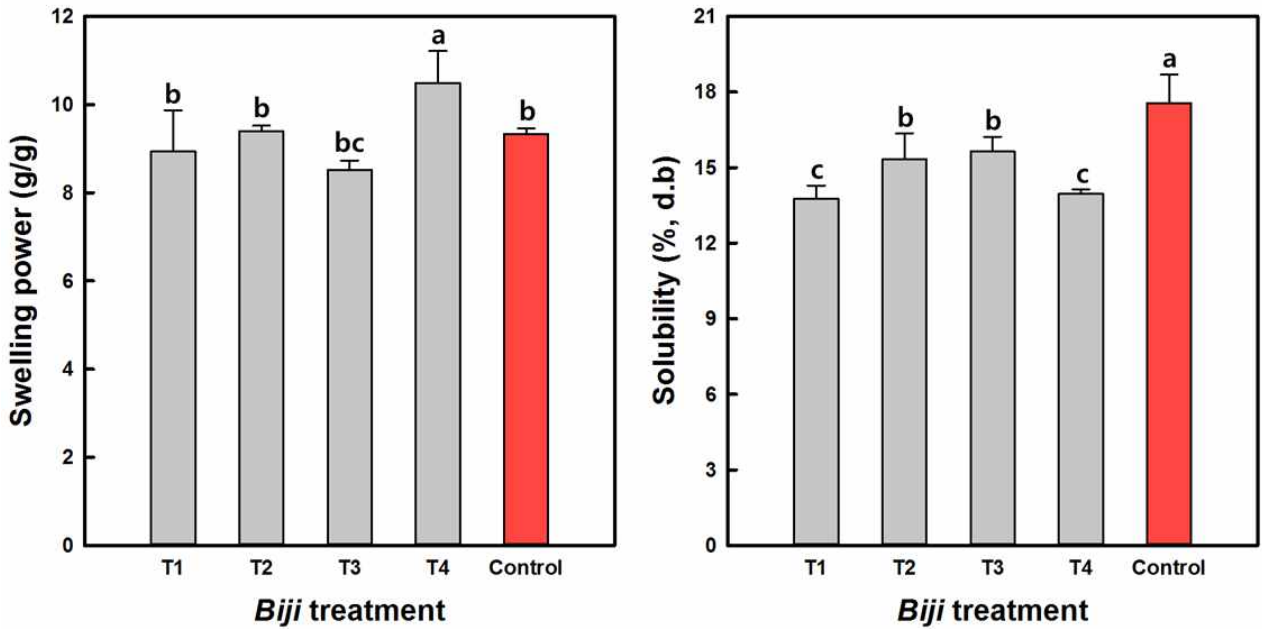


Fig. 1-7. Swelling power and solubility of freeze-dried (control), hot-air dried (T1), and heat-moisture treated (T2-T4) biji powders (T1, dried Biji powder subjected to hot-air drying at 80°C; T2, Biji subjected to moisture-heat treatment for 3 h at 120°C, followed by hot-air drying at 60°C; T3, Biji subjected to moisture-heat treatment for 3 h at 140°C, followed by hot-air drying at 60°C; T4, Biji subjected to moisture-heat treatment for 3 h at 160°C, followed by hot-air drying at 60°C). Bars sharing the same lowercase letters are not significantly different at $p < 0.05$.

대조군(진공동결건조 비지분말), 처리대조군(T1)과 처리군들(T2, T3, T4)의 팽윤력과 용해도를 85°C에서 측정하여 Fig. 1-7에 나타내었다. 팽윤력은 비지죽 제조 시 죽의 점도를 높이고 수율을 상승시키기 때문에 중요한 요인이다. 처리된 비지들의 팽윤력은 T4 > T2 > 대조군 > T1 > T3의 순서로 증가하였다. 그러나 T1, T2, T3와 대조군들은 통계적으로 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 한편 건조비지분말의 용해도는 비지죽의 점도 발달에 기여할 수 있으며, 단백질 및 탄수화물 등의 영양성분의 섭취에 기여할 수 있기 때문에 팽윤력과 함께 중요한 요인으로 작용할 수 있다. 처리된 건조비지분말의 용해도는 대조군 > T3 > T2 > T1 ≈ T4의 순서로 증가하였다(Table 1-7). 지금까지의 연구결과에서 관찰된 것과 같이 건조비지분말 제조 시 투입된 열에너지는 비지의 가용성 성분의 용해도 및 가용성을 낮추는 것으로 판단된다.

대조군(진공동결건조 비지분말), 처리대조군(T1)과 처리군들(T2, T3, T4)의 팽윤력을 85°C에서 측정할 때 회수된 상등액 내의 가용성 단백질과 가용성 탄수화물 함량을 조사하여 Fig. 1-8에 나타내었다. 가용성 탄수화물 함량은 대조군 > T1 > T3 > T4 > T2의 순서로 증가하였으나, 습열처리를 수반하여 제조된 건조비지분말들(T2, T3, T4)은 통계적으로 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 처리된 건조비지분말의 85°C의 용해도와 관련하여 대조군 > T3 > T2 > T1 > T4의 순서로 증가하였다. T1과 T2는 통계적으로 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 선행된 연구에서 지속적으로 관찰되는 것과 같이 비지 내의 단백질 성분은 열처리에 의해 불용화도가 진행되는 것으로 판단된다.

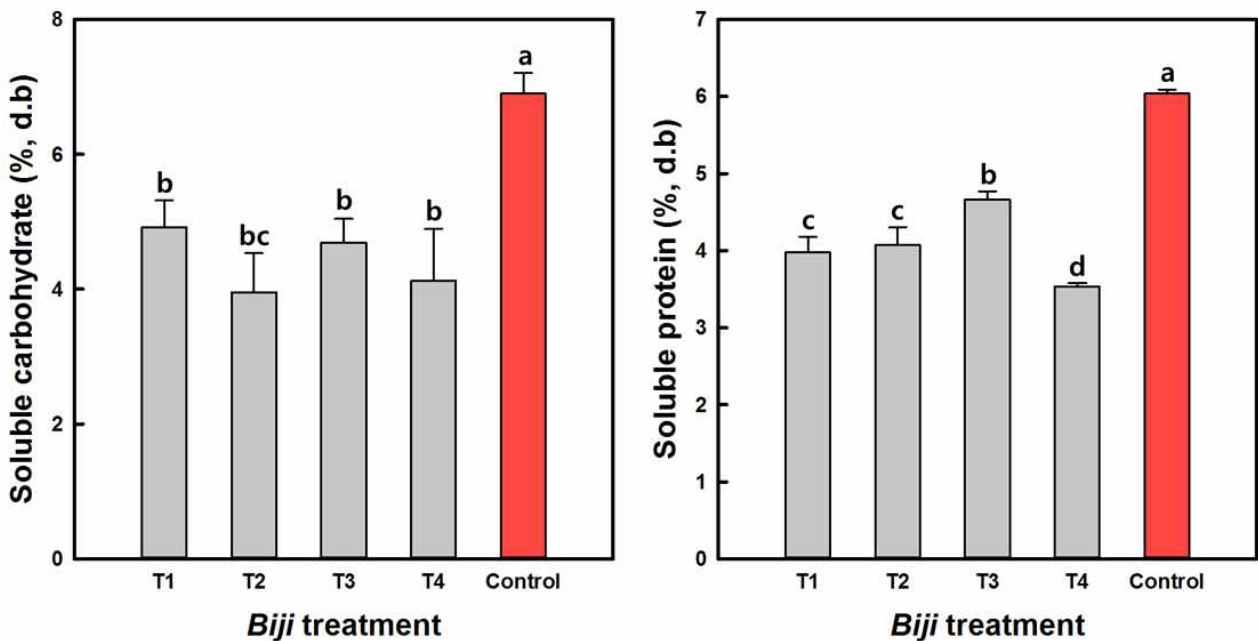


Fig. 1-8. Soluble carbohydrate and protein contents of freeze-dried (control), hot-air dried (T1), and heat-moisture treated (T2-T4) biji powders (T1, dried Biji powder subjected to hot-air drying at 80°C; T2, Biji subjected to moisture-heat treatment for 3 h at 120°C, followed by hot-air drying at 60°C; T3, Biji subjected to moisture-heat treatment for 3 h at 140°C, followed by hot-air drying at 60°C; T4, Biji subjected to moisture-heat treatment for 3 h at 160°C, followed by hot-air drying at 60°C). Bars sharing the same lowercase letters are not significantly different at $p < 0.05$.

대조군(진공동결건조 비지분말), 처리대조군(T1)과 처리군들(T2, T3, T4)의 색 특성을 조사하여 Table 1-7에 나타내었다. 진공동결건조에 의한 건조비지분말인 대조군에 비해 T1, T2, T3의 명도는 증가하였으나, 160°C에서 습열처리를 한 T4의 경우에는 명도가 대조군에 비해 감소하였다. 적색도와 관련하여 대조군에 비해 T1과 T2는 유의적으로 낮은 수준을 나타내었으나, T3와 T4는 높은 수준을 나타내었다. 황색도와 관련하여 대조군에 비해 T1, T2, T3는 유의적으로 낮은 수준을 나타내었으며, T4는 높은 수준을 나타내었다. 총 색차이를 대조군과 비교할 때, 모든 처리군들은 높은 수준을 나타내었으나, T1, T2, T3는 대조군에 비해 밝은 황색을 나타내었으며, T4만이 대조군보다 어두운 황색을 나타내는 것으로 판단된다.

Table 1-7. Mean¹⁾ values of color characteristics of freeze-dried (control), hot-air dried (T1), and heat-moisture treated (T2-T4) biji powders

<i>Biji</i> ²⁾	<i>L</i> ³⁾	<i>a</i> ³⁾	<i>b</i> ³⁾	ΔE ³⁾
Control ⁴⁾	87.2±0.1 ^d	0.7±0.0 ^b	14.7±0.0 ^b	-
T1	88.6±0.1 ^b	0.2±0.0 ^d	13.9±0.1 ^c	1.7±0.0 ^b
T2	88.9±0.0 ^a	0.5±0.0 ^c	13.3±0.3 ^d	2.2±0.1 ^a
T3	87.8±0.0 ^c	0.8±0.0 ^b	14.1±0.2 ^c	0.8±0.2 ^d
T4	86.7±0.2 ^e	1.3±0.0 ^a	15.3±0.0 ^a	1.02±0.0 ^c

¹⁾Mean values of three replicate measurements; values sharing the same lowercase letters are not significantly different $p < 0.05$.

²⁾T1, dried Biji powder subjected to hot-air drying at 80°C; T2, Biji subjected to moisture-heat treatment for 3 h at 120°C, followed by hot-air drying at 60°C; T3, Biji subjected to moisture-heat treatment for 3 h at 140°C, followed by hot-air drying at 60°C; T4, Biji subjected to moisture-heat treatment for 3 h at 160°C, followed by hot-air drying at 60°C.

³⁾*L*, *a*, *b*, and ΔE correspond to lightness, redness, yellowness, and total color deviation, respectively.

⁴⁾Dried Biji powder prepared through freeze-drying.

한편 처리된 건조비지분말의 향 및 이취에 대한 관능평가를 수행하였을 때, 대조군에서는 콩 비린내가 약간 검출되었으며, T1(처리대조군, 80°C에서 24시간 건조한 건조비지분말)은 콩 특유의 냄새보다는 플라스틱 냄새와 같은 이취가 관능평가 패널들에 의해 검출되었다. 그러나 습열처리 후 건조된 T2, T3, T4의 경우에는 콩 비린내와 이취는 검출되지 않았으며, 습열처리 온도가 증가할수록 고소한 향의 강도가 증가하는 것으로 밝혀졌다.

다. 볶음시간에 따른 건조비지분말의 특성

선행된 연구에서 80°C에서 24시간 동안 건조된 건조비지분말에서는 이취가 발생하였다. 그래서 이취를 제거하고 건조비지분말의 풍미를 향상시키기 위한 방법으로 볶음처리를 채택하여 볶음 처리 시간에 따른 건조비지분말의 물리적 특성을 조사하였다. 처리된 건조비지분말의 수분흡수지수는 볶음시간이 증가하면서 감소하는 양상을 나타내었으나, 2.5분 볶은 건조비지분말은 대조군에 비해 높은 수분흡수지수를 나타내었다. 수분용해지수와 관련하여 볶음 시간에 따른 특정 경향은 관찰되지 않았다. 또한 처리군들 사이에서 통계적으로 유의적인 차이를 나타내지 않았으나 2.5분 > 대조군 ≈ 75분 > 5분 처리군 순서로 수분용해지수의 평균값이 증가하였다(Table 1-9).

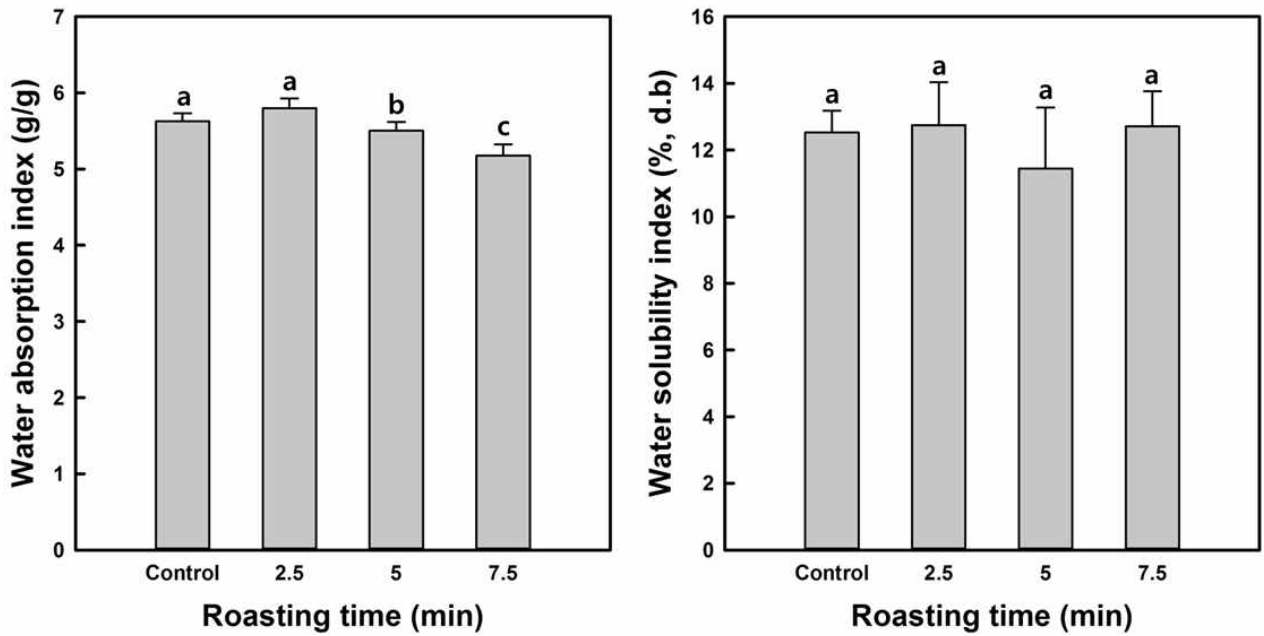


Fig. 1-9. Water absorption index and water solubility index of control (hot-air dried biji) and roasted biji powder treated for different roasting time. Bars sharing the same lowercase letters are not different at $p < 0.05$.

뒤음 시간을 달리하여 제조된 건조비지분말의 85°C 에서 팽윤력과 용해도를 측정하여 Fig. 1-10에 나타내었다. 팽윤력은 뒤음시간이 증가하면서 감소하는 양상을 나타내었으며, 대조군과 2.5분 뒤음 건조비지분말은 통계적으로 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 마찬가지로 용해도 역시 수분용해지수와 유사한 경향을 나타내었으며, 대조군 \approx 2.5 분 > 7.5분 > 5분의 순서로 용해도가 증가하였으며, 대조군, 2.5분, 7.5분 처리군들은 유의적 차이를 보이지 않았다.

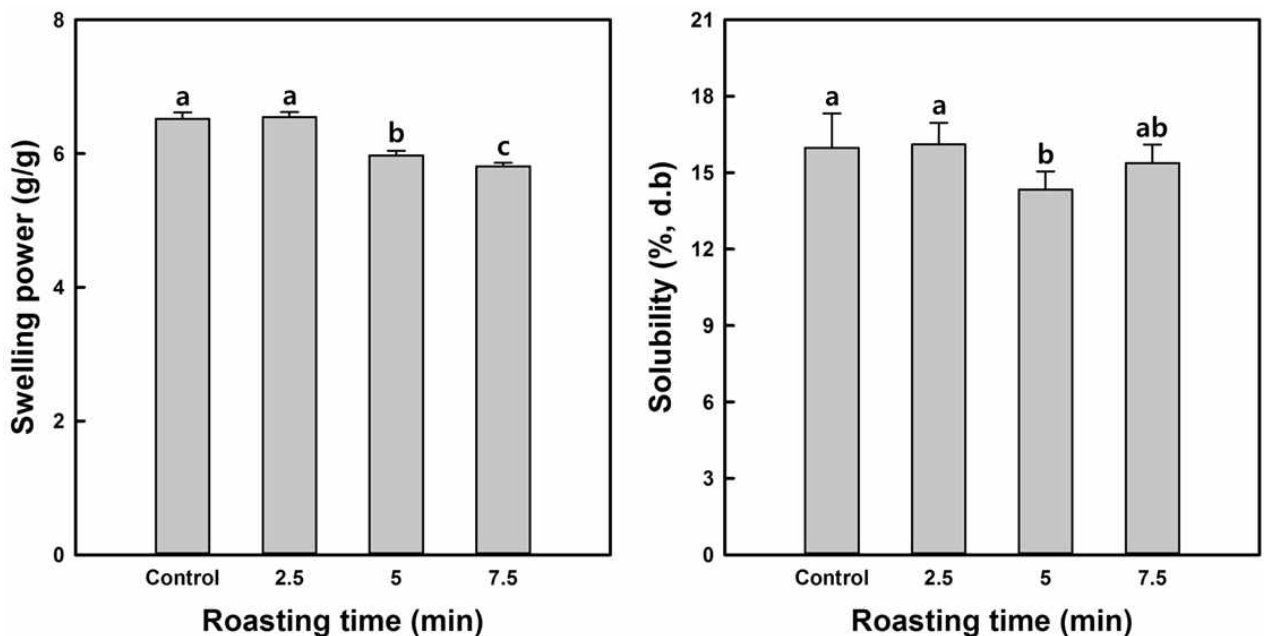


Fig. 1-10. Swelling power and solubility of control (hot-air dried biji) and roasted biji powder treated for different roasting time. Bars sharing the same lowercase letters are not different at $p < 0.05$.

볶음 시간을 달리하여 제조된 건조비지분말의 85℃에서 팽윤력 측정 시 회수된 상등액 내의 가용성 탄수화물 및 가용성 단백질 함량을 측정하여 Fig. 1-11에 나타내었다. 가용성 탄수화물 함량은 볶음 시간이 증가하면서 증가하는 경향을 나타내었으나, 가용성 단백질 함량은 볶음 시간이 증가하면서 감소하는 경향을 나타내었다.

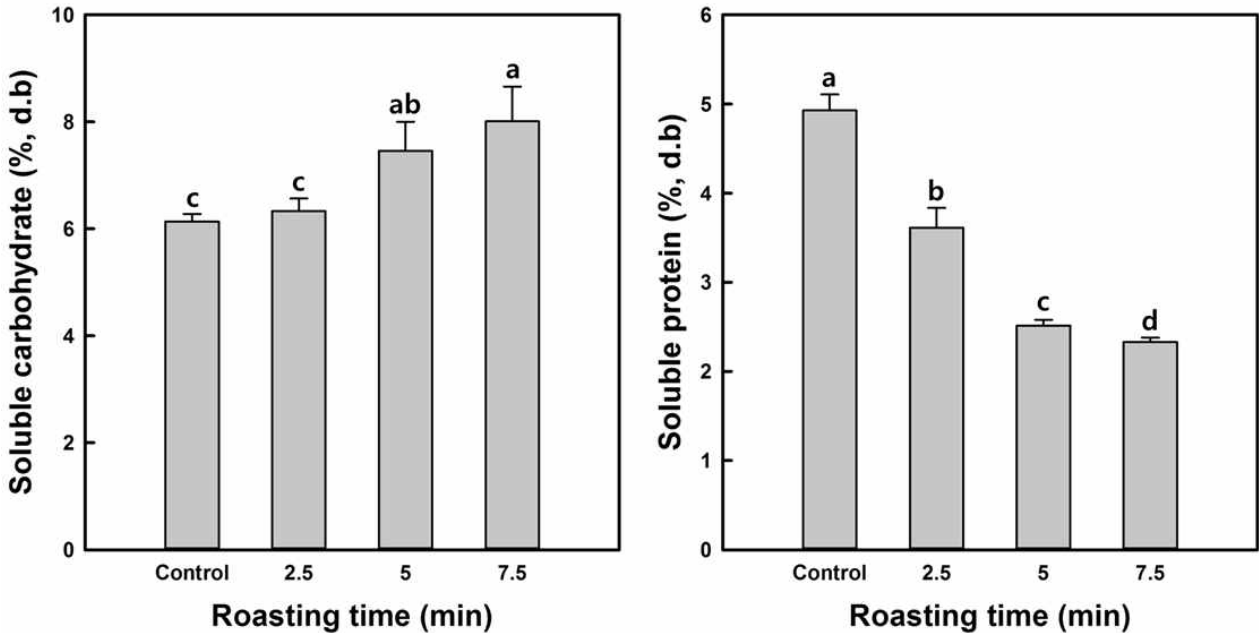


Fig. 1-11. Soluble carbohydrate and protein contents of control (hot-air dried biji) and roasted biji powder treated for different roasting time. Bars sharing the same lowercase letters are not different at $p < 0.05$.

볶음 시간을 달리하여 제조된 건조비지분말의 색 특성을 측정하여 Table 1-8에 나타내었다. 예상했던 것과 같이 볶음 시간이 증가하면서 건조비지분말의 명도는 감소하는 경향을 나타내었으며, 이는 볶음 온도(약 200℃)에서 건조비지분말이 갈변되었기 때문으로 판단된다. 적색도의 경우에도 건조비지분말의 볶음 시간이 증가할수록 증가하였으며, 황색도 역시 적색도와 유사한 경향을 나타내었다. 명도, 적색도, 황색도의 증가에 따라 총 색 차이는 대조군에 비해 어두운 갈색으로 증가하는 경향을 나타내었다. 이러한 결과들은 건조비지분말의 건열처리(볶음 처리)에 따른 갈변 및 탄화현상의 결과인 것으로 판단된다. 한편 볶음 처리된 건조비지분말들의 풍미를 검사하였을 때, 볶음 처리된 건조비지분말들에서는 대조군에서 검출되던 이취는 발생하지 않았다. 또한 7.5분 동안 볶음 처리한 것은 탄 냄새와 맛이 검출되었다. 그러나 2.5분과 5분 처리군들에서는 탄내 등의 악영향이 나타나지 않았다.

Table 1-8. Mean¹⁾ values of color characteristics of control (hot-air dried biji) and roasted biji powder treated for different roasting time

Roasting time (min)	$L^{2)}$	$a^{2)}$	$b^{2)}$	$\Delta E^{2)}$
Control ³⁾	87.6±0.3 ^a	0.4±0.0 ^d	12.9±0.2 ^d	-
2.5	86.2±0.1 ^b	1.0±0.1 ^c	17.2±0.4 ^c	4.6±0.4 ^c
5.0	81.6±0.1 ^c	3.1±0.0 ^b	23.9±0.4 ^b	12.8±0.3 ^b
7.5	68.8±0.1 ^d	7.2±0.1 ^a	30.1±0.2 ^a	26.4±0.3 ^a

¹⁾Mean values of three replicate measurements; values sharing the same lowercase letters are not significantly different $p < 0.05$.

²⁾ L , a , b , and ΔE correspond to lightness, redness, yellowness, and total color deviation, respectively.

³⁾Untreated Biji powder.

라. 쌀가루-비지 혼합물의 물리적 특성에 대한 쌀가루 및 비지소재의 종류의 영향

습열처리 비지소재들과 멍쌀가루 및 찰쌀가루 혼합물의 물리적 특성을 조사하였다. 선행된 연구에서 습열처리 비지소재들은 쌀 대비 30%까지 죽에 첨가하였을 때 관능적으로 악영향을 미치지 않았기 때문에 비지소재들과 쌀가루의 혼합비율은 건조중량 대비 70:30의 비율로 고정하였다.

(1) 쌀가루-비지 혼합물의 Solvent retention capacity (SRC)

쌀가루-비지 혼합물의 solvent retention capacity (SRC)를 측정하였다. SRC는 분말소재들의 보수력을 측정하는 방법으로써 4종류의 용매(H_2O , lactic acid, sodium carbonate, sucrose)를 사용하여 물을 흡수할 수 있는 성분들의 기여도를 측정하는 방법이며, 간접적으로 그러한 성분들의 존재여부 및 함량을 유추할 수 있는 측정방법이다. H_2O -SRC는 용매를 물을 사용하여 SRC를 측정하는 것으로써 분말소재들의 평균적인 수분흡수율과 보유율을 나타낸다(Table 1-9). 쌀가루-비지 혼합물의 H_2O -SRC와 관련하여, 멍쌀가루를 이용하였을 때, 멍쌀가루 단독일 때보다 쌀가루-비지 혼합물들이 유의적으로 높은 H_2O -SRC를 나타내었다. 쌀가루-비지 혼합물들에 있어 대조군(control) 비지를 첨가한 혼합물보다 습열처리 비지를 첨가한 혼합물들이 유의적으로 높은 H_2O -SRC를 나타내었다. 습열처리 비지 혼합물에 대해서 습열처리 온도가 증가하면서 H_2O -SRC는 증가하는 양상을 나타내었다. 따라서 습열처리 비지를 이용하여 멍쌀가루를 대체하는 것이 멍쌀가루-비지 혼합물의 보수력을 향상시킬 수 있는 것 같다. 한편, 찰쌀가루-비지 혼합물에 있어, 멍쌀가루-비지 혼합물의 H_2O -SRC에서 관찰된 경향들과 유사한 경향을 나타내었다.

Table 1-9. Mean¹⁾ values for Water (H₂O)-solvent retention capacity (SRC) of mixtures of rice flours (normal & waxy) and HMT-treated biji

Sample	H ₂ O-SRC (%)	
	Normal rice	Waxy rice
Rice flour (RF)	247.6±1.0 ^d	229.8±3.2 ^d
Control ³⁾	288.2±0.3 ^c	298.8±2.4 ^c
RF-biji mixture ²⁾		
HMT12 ⁴⁾	299.8±2.3 ^b	311.4±2.1 ^a
HMT14 ⁴⁾	301.0±1.8 ^a	308.6±0.7 ^{ab}
HMT16 ⁴⁾	309.9±0.1 ^a	314.1±2.7 ^a

¹⁾Mean values of three replicate measurements; values sharing the same lowercase letters are not significantly different at $p < 0.05$.

²⁾The mixing ratio of rice flour and biji was 70:30 (w/w, d.b).

³⁾Biji powder prepared through hot-air drying at 80°C.

⁴⁾HMT12, HMT14, and HMT16 indicated biji powders prepared through heat-moisture treatment (HMT) at 120, 140, and 160°C.

5% Lactic acid 수용액을 용매로 사용하여 SRC를 측정하는 것(LA-SRC)은 분말소재 내의 단백질 성분에 의한 수분흡수율과 보유율을 설명한다. 쌀가루-비지 혼합물의 LA-SRC와 관련하여 (Table 1-10), 멍쌀가루를 이용하였을 때, 멍쌀가루 단독일 때보다 쌀가루-비지 혼합물들이 유의적으로 높은 LA-SRC를 나타내었다. 쌀가루-비지 혼합물들에 있어 대조군(control) 비지를 첨가한 혼합물보다 습열처리 비지를 첨가한 혼합물들이 유의적으로 높은 LA-SRC를 나타내어 습열처리가 일반적인 열풍건조보다 비지의 단백질의 보수력을 향상시킬 수 있었다. 습열처리 비지 혼합물에 대해서 LA-SRC는 HMT16 > HMT12 > HMT14의 순서로 증가하였다. 특히 HMT16 (160°C 에서 습열처리한 비지)의 경우 가장 높은 LA-SRC를 나타내었는데, 이는 160°C 의 온도에서 비지의 단백질이 부분적으로 가용화되어 수분을 보유할 수 있는 능력이 증가하였기 때문으로 판단된다. 한편 찹쌀가루-비지 혼합물에 있어, 멍쌀가루-비지 혼합물의 LA-SRC에서 관찰된 경향들과 유사한 경향을 나타내었다.

Table 1-10. Mean¹⁾ values for lactic acid (LA)-solvent retention capacity (SRC) of mixtures of rice flours (normal & waxy) and HMT-treated biji

Sample	LA-SRC (%)	
	Normal rice	Waxy rice
Rice flour (RF)	241.6±0.9 ^e	217.1±0.7 ^e
Control ³⁾	298.0±0.2 ^d	288.8±0.6 ^d
RF-biji mixture ²⁾		
HMT12 ⁴⁾	313.1±0.2 ^b	315.1±0.4 ^b
HMT14 ⁴⁾	303.4±0.1 ^c	311.2±0.5 ^c
HMT16 ⁴⁾	325.9±0.4 ^a	321.8±0.4 ^a

¹⁾Mean values of three replicate measurements; values sharing the same lowercase letters are not significantly different at $p < 0.05$.

²⁾The mixing ratio of rice flour and biji was 70:30 (w/w, d.b).

³⁾Biji powder prepared through hot-air drying at 80°C.

⁴⁾HMT12, HMT14, and HMT16 indicated biji powders prepared through heat-moisture treatment (HMT) at 120, 140, and 160°C.

5% sodium carbonate 수용액을 용매로 사용하여 SRC를 측정하는 것(Na_2CO_3 -SRC)은 분말소재 내의 손상전분(damaged starch)에 의한 수분흡수율과 보유율을 설명한다. 쌀가루-비지 혼합물의 Na_2CO_3 -SRC와 관련하여(Table 1-11), 멍쌀가루를 이용하였을 때, 멍쌀가루 단독일 때보다 쌀가루-비지 혼합물들이 유의적으로 높은 Na_2CO_3 -SRC를 나타내었다. 쌀가루-비지 혼합물의 쌀 전분 함량은 쌀가루의 첨가량이 감소하면서 감소되었음에도 Na_2CO_3 -SRC가 멍쌀가루 단독일 경우보다 높은 것은 비지 내의 식이섬유 계통의 탄수화물고분자들이 다량 함유되어 있기 때문으로 생각된다. 쌀가루-비지 혼합물들에 있어 대조군(control) 비지를 첨가한 혼합물보다 습열처리 비지를 첨가한 혼합물들이 유의적으로 높은 Na_2CO_3 -SRC를 나타내어 습열처리가 일반적인 열풍건조보다 비지의 탄수화물의 보수력을 향상시키는 방법인 것으로 판단되었다. 습열처리 비지 혼합물 내에서 습열처리 온도가 증가하면서 Na_2CO_3 -SRC는 유의적으로 증가하는 경향을 나타내었다. 한편 찰쌀가루-비지 혼합물에 있어, 멍쌀가루-비지 혼합물의 Na_2CO_3 -SRC에서 관찰된 경향들과 대체적으로 유사한 경향을 나타내었다. 그러나 습열처리 비지를 첨가한 혼합물 내에서는 HMT16 > HMT12 > HMT14의 순서로 Na_2CO_3 -SRC가 증가하여 멍쌀가루-비지 혼합물과는 다른 양상을 나타내었다.

Table 1-11. Mean¹⁾ values for sodium carbonate (Na₂CO₃)-solvent retention capacity (SRC) of mixtures of rice flours (normal & waxy) and HMT-treated biji

Sample	Na ₂ CO ₃ -SRC (%)	
	Normal rice	Waxy rice
Rice flour (RF)	244.2±1.5 ^e	229.0±3.2 ^e
Control ³⁾	319.2±0.8 ^d	310.7±0.8 ^d
RF-biji mixture ²⁾		
HMT12 ⁴⁾	321.6±0.1 ^c	329.9±0.4 ^b
HMT14 ⁴⁾	341.1±0.5 ^b	321.3±0.9 ^c
HMT16 ⁴⁾	349.5±3.1 ^a	333.6±0.1 ^a

¹⁾Mean values of three replicate measurements; values sharing the same lowercase letters are not significantly different at $p < 0.05$.

²⁾The mixing ratio of rice flour and biji was 70:30 (w/w, d.b).

³⁾Biji powder prepared through hot-air drying at 80°C.

⁴⁾HMT12, HMT14, and HMT16 indicated biji powders prepared through heat-moisture treatment (HMT) at 120, 140, and 160°C.

50% sucrose 수용액을 용매로 사용하여 SRC를 측정하는 것(sucrose-SRC)은 분말소재 내의 비전분성 탄수화물 고분자에 의한 수분흡수율과 보유율을 설명한다. 쌀가루-비지 혼합물의 sucrose-SRC와 관련하여(Table 1-12), 멍쌀가루를 이용하였을 때, 멍쌀가루 단독일 때보다 쌀가루-비지 혼합물들이 유의적으로 높은 sucrose-SRC를 나타내었다. 쌀가루-비지 혼합물들에 있어 sucrose-SRC는 HMT16 > HMT12 > Control > HMT14의 순서로 증가하였지만, sucrose-SRC는 341.9-354.0%의 범위로 처리군들 사이에서 유의적인 차이는 관찰되었지만 전반적으로 큰 차이를 나타내지는 않았다. 이는 비지소재들 내에 함유되어 있는 비전분성 탄수화물 고분자들의 함량이 유사하기 때문인 것으로 판단된다(습열처리 비지들과 열풍건조 비지의 탄수화물 함량 참조, Table 1-6). 한편, 찹쌀가루-비지 혼합물에 있어, 멍쌀가루-비지 혼합물의 sucrose-SRC에서 관찰된 경향들과 전반적으로 유사한 경향을 나타내었지만, 찹쌀가루-비지 혼합물은 HMT16 = HMT12 > HMT14 = Control의 순서로 sucrose-SRC가 증가하여, 멍쌀가루-비지 혼합물과는 상이한 경향을 나타내었다.

Table 1-12. Mean¹⁾ values for sucrose-solvent retention capacity (SRC) of mixtures of rice flours (normal & waxy) and HMT-treated biji

Sample	Sucrose-SRC (%)	
	Normal rice	Waxy rice
Rice flour (RF)	323.3±1.1 ^e	306.0±1.1 ^c
Control ³⁾	345.0±0.2 ^c	336.0±1.4 ^b
RF-biji mixture ²⁾	HMT12 ⁴⁾	350.3±0.5 ^b
	HMT14 ⁴⁾	341.9±0.6 ^d
	HMT16 ⁴⁾	354.0±0.0 ^a

¹⁾Mean values of three replicate measurements; values sharing the same lowercase letters are not significantly different at $p < 0.05$.

²⁾The mixing ratio of rice flour and biji was 70:30 (w/w, d.b).

³⁾Biji powder prepared through hot-air drying at 80°C.

⁴⁾HMT12, HMT14, and HMT16 indicated biji powders prepared through heat-moisture treatment (HMT) at 120, 140, and 160°C.

(2) 쌀가루-비지 혼합물의 용해도

쌀가루-비지 혼합물의 용해도와 팽윤력을 분석하였다(Table 1-13과 Table 1-14). 혼합물의 용해도는 가용성 탄수화물 및 가용성 단백질 함량들로 나타내었다. 찹쌀가루가 첨가된 처리군들은 끓는 물에서 가열 후 냉각하여 원심분리하였을 때, 침전물과 상등액이 명확히 구분되지 않아 85°C에서 용해도와 팽윤력을 측정하였다. 멥쌀가루-비지 혼합물의 용해도와 팽윤력은 Table 1-13에 나타내었다. 멥쌀가루-비지 혼합물의 100%에 해당하는 멥쌀가루만을 이용한 팽윤력은 9.7 g/g 이었으며, 혼합물 내에서 멥쌀가루에 해당하는 부분만을 이용하여 측정한 팽윤력은 9.3 g/g 이었다. 그러나 멥쌀가루-비지 혼합물들의 경우 멥쌀가루만을 이용하였을 때의 팽윤력보다 유의적으로 낮은 수준을 나타내었다. 심지어 혼합물의 70%에 해당하는 멥쌀가루만의 팽윤력보다 낮았다. 따라서 비지소재들은 멥쌀가루의 팽윤력을 저하시키는 역할을 하는 것으로 판단된다. 특히 HMT16이 첨가된 혼합물의 팽윤력이 가장 낮은 수준을 나타내었다. 멥쌀가루-비지 혼합물의 가용성 탄수화물 함량은 멥쌀가루만을 이용하였을 때보다 유의적으로 높은 수준을 나타내었고, 멥쌀가루-비지 혼합물 내에서 가용성 탄수화물 함량은 첨가된 비지소재의 종류에 상관없이 유의적으로 차이를 나타내지 않았다. 이는 첨가된 비지 소재로부터 가용성 탄수화물이 용출되었기 때문으로 판단된다(Table 1-13). 멥쌀가루-비지 혼합물의 가용성 단백질 함량은 멥쌀가루만을 이용하였을 때보다(0.2-0.6%) 유의적으로 높은 수준을 나타내었고, 멥쌀가루-비지 혼합물 내에서 가용성 단백질 함량은 HMT16을 제외하고 첨가된 비지 소재의 종류에 상관없이 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 이는 첨가된 비지 소재로부터 가용성 단백질이 용해되었기 때문이다. HMT16의 경우 여전히 멥쌀가루만을 이용하였을 때보다 유의적으로 높은 수준이었다(Table 1-13).

Table 1-13. Mean¹⁾ values for solubility (carbohydrate & protein) and swelling power of mixtures of normal rice flours and HMT-treated biji

Sample		Solubility (%, d.b)		Swelling power (g/g)
		Carbohydrate	Protein	
Normal rice flour (NRF)	HL ²⁾	6.5±0.0 ^c	0.6±0.0 ^c	9.7±0.2 ^a
	LL ²⁾	5.8±0.0 ^d	0.2±0.1 ^d	9.3±0.1 ^b
NRF-biji mixture ³⁾	Control ⁴⁾	7.2±0.1 ^a	2.2±0.1 ^a	9.1±0.0 ^c
	HMT12 ⁵⁾	6.9±0.0 ^{ab}	2.0±0.2 ^a	9.0±0.1 ^c
	HMT14 ⁵⁾	7.0±0.1 ^a	2.1±0.3 ^a	8.8±0.2 ^c
	HMT16 ⁵⁾	6.8±0.2 ^{ab}	1.4±0.3 ^b	8.5±0.1 ^d

¹⁾Mean values of three replicate measurements; values sharing the same lowercase letters are not significantly different at $p < 0.05$.

²⁾HL and LL indicate normal rice flour alone corresponding to NRF-biji mixture of 100% and 70%, respectively.

³⁾The mixing ratio of rice flour and biji was 70:30 (w/w, d.b).

⁴⁾Biji powder prepared through hot-air drying at 80°C.

⁵⁾HMT12, HMT14, and HMT16 indicated biji powders prepared through heat-moisture treatment (HMT) at 120, 140, and 160°C.

참쌀가루-비지 혼합물의 용해도와 팽윤력은 Table 1-14에 나타내었다. 참쌀가루-비지 혼합물의 100%에 해당하는 참쌀가루만을 이용한 팽윤력은 16.5 g/g 이었으며, 혼합물 내에서 참쌀가루에 해당하는 부분만을 이용하여 측정된 팽윤력은 14.7 g/g 이었다. 그러나 참쌀가루-비지 혼합물들의 경우 참쌀가루만을 이용하였을 때의 팽윤력 보다 유의적으로 낮은 수준을 나타내었다. 심지어 혼합물의 70%에 해당하는 참쌀가루만의 팽윤력 보다도 낮았다. 따라서 비지소재들은 멥쌀가루의 팽윤력과 마찬가지로 참쌀가루의 팽윤력을 저하시키는 역할을 하였다. 한편 참쌀가루-비지 혼합물의 경우에 있어 팽윤력은 습열처리 비지소재들을 첨가한 혼합물보다 대조군 비지를 첨가한 혼합물이 유의적으로 높았고, 습열처리 비지소재들 내에서 HMT14가 가장 낮은 팽윤력을 나타내었지만 습열처리 비지소재들의 팽윤력 범위가 8.8-9.3 g/g으로 미미한 차이를 나타내었다(Table 1-14). 참쌀가루-비지 혼합물의 가용성 탄수화물 함량은 참쌀가루만을 이용하였을 때보다 유의적으로 낮은 수준을 나타내었고, 참쌀가루-비지 혼합물 내에서 가용성 탄수화물 함량은 HMT14 > HMT12 = HMT16 > Control의 순서로 증가하였다. 멥쌀가루-비지 혼합물의 경우와는 상반된 결과를 얻었다. 참쌀가루-혼합물에 있어 첨가된 비지소재들은 참쌀가루의 용해도를 억제하는 역할을 하는 것으로 판단된다(Table 1-14).

Table 1-14. Mean¹⁾ values for solubility (carbohydrate & protein) and swelling power of mixtures of waxy rice flours and HMT-treated biji

Sample		Solubility (%, d.b)		Swelling power (g/g)
		Carbohydrate	Protein	
Waxy rice flour (WRF)	HL ²⁾	39.0±0.7 ^a	0.9±0.0 ^c	16.5±0.1 ^a
	LL ²⁾	34.5±0.4 ^b	0.5±0.0 ^d	14.7±0.3 ^b
WRF-biji mixture ³⁾	Control ⁴⁾	31.1±0.4 ^e	1.7±0.0 ^b	11.3±0.3 ^c
	HMT12 ⁵⁾	32.4±0.1 ^d	1.9±0.1 ^a	9.2±0.1 ^d
	HMT14 ⁵⁾	33.6±0.1 ^c	2.1±0.2 ^a	8.8±0.1 ^e
	HMT16 ⁵⁾	32.4±0.2 ^d	2.1±0.0 ^a	9.3±0.1 ^d

¹⁾Mean values of three replicate measurements; values sharing the same lowercase letters are not significantly different at $p < 0.05$.

²⁾HL and LL indicate waxy rice flour alone corresponding to WRF-biji mixture of 100% and 70%, respectively.

³⁾The mixing ratio of rice flour and biji was 70:30 (w/w, d.b).

⁴⁾Biji powder prepared through hot-air drying at 80°C.

⁵⁾HMT12, HMT14, and HMT16 indicated biji powders prepared through heat-moisture treatment (HMT) at 120, 140, and 160°C, respectively.

찹쌀가루-비지 혼합물의 가용성 단백질 함량은 찹쌀가루만을 이용하였을 때보다(0.5-0.9%) 유의적으로 높은 수준을 나타내었고, 찹쌀가루-비지 혼합물 내에서 가용성 단백질 함량은 대조군 비지를 첨가하였을 때보다 습열처리 비지들을 첨가하는 경우가 유의적으로 높은 수준을 나타내었다. 또한 습열처리 비지를 첨가한 경우에는 습열처리 비지들의 종류에 상관없이 가용성 단백질 함량이 유의적인 차이를 나타내지 않았다(Table 1-14).

(3) 쌀가루-비지 혼합물의 페이스팅 점도 특성

멥쌀가루-비지 혼합물의 페이스팅 점도 특성을 분석하여 그 결과들을 Table 1-15와 Fig. 1-12에 나타내었다. 멥쌀가루-비지 혼합물의 100%에 해당되는 멥쌀가루만을(NRF(HL)) 이용한 페이스팅 점도 프로파일 및 페이스팅 점도 특성치들은 처리군들 중 가장 높았으며, 70%에 해당되는 멥쌀가루만을(NRF(LL)) 이용한 경우에는 가장 낮은 수준이었다. 멥쌀가루-비지 혼합물들의 경우 NRF(HL)와 NRF(LL)의 페이스팅 점도 프로파일과 페이스팅 점도 특성치들 사이에 존재하였다. 멥쌀가루-비지 혼합물들에 있어 대조군 비지를 첨가한 멥쌀가루-비지 혼합물이 습열처리 비지 첨가군보다 유의적으로 낮은 수준을 나타내었다. 습열처리 비지소재들을 첨가한 멥쌀가루-비지 혼합물들에 있어 습열처리 온도가 낮아질수록 페이스팅 점도 프로파일과 페이스팅 점도 특성치가 증가하는 양상을 나타내었다.

Table 1-15. Mean¹⁾ values for pasting viscosity characteristics of mixtures of normal rice flour (NRF) and HMT-treated biji

Sample	T _p ²⁾ (°C)	Pasting viscosity (mPa · s)				
		Peak	Trough	Breakdown	Final	Setback
NRF(HL) ³⁾	68.7±0.0 ^e	3069.5±36.5 ^a	1615.0±16.0 ^a	1454.5±20.5 ^a	2921.0±29.0 ^a	1606.0±13.0 ^a
NRF(LL) ³⁾	90.5±0.0 ^a	776.0±4.0 ^f	526.5±0.5 ^f	249.5±3.5 ^e	1231.0±4.0 ^f	704.5±3.5 ^e
NRF-Control ⁴⁾	84.7±0.0 ^b	1454.0±4.0 ^e	829.5±4.5 ^e	624.5±8.5 ^d	1530.0±6.0 ^e	700.5±1.5 ^e
NRF-HMT12 ⁴⁾	71.4±0.4 ^d	1620.5±5.5 ^b	936.0±5.0 ^b	684.5±10.5 ^b	1677.5±3.5 ^b	741.5±1.5 ^b
NRF-HMT14 ⁴⁾	82.3±0.9 ^c	1569.0±6.0 ^d	897.5±0.5 ^d	671.5±5.5 ^c	1619.0±1.0 ^d	721.5±0.5 ^c
NRF-HMT16 ⁴⁾	84.3±0.4 ^b	1581.0±8.0 ^c	911.0±7.0 ^c	670.0±1.0 ^c	1629.5±1.5 ^c	718.5±3.5 ^c

¹⁾Mean values of three replicate measurements; values sharing the same lowercase letters are not significantly different at $p < 0.05$.

²⁾Pasting temperature.

³⁾NRF(HL) and NRF(LL) indicate normal rice flour (NRF) alone corresponding to NRF-biji mixture of 100% and 70%, respectively.

⁴⁾NRF-Control, NRF-HMT12, NRF-HMT14, and NRF-HMT16 indicate the mixtures (mixing ratio = 7:3, w/w) of NRF and biji powders prepared through heat-moisture treatment (HMT) at 120, 140, and 160°C, respectively.

한편 멥쌀가루-비지 혼합물 페이스트들의 노화특성을 설명하는 치반점도(setback viscosity)에 있어 대조군 비지를 첨가한 것이 가장 낮았으며, 습열처리 온도가 낮아질수록 증가하는 현상이 관찰되었고, 멥쌀가루만을 사용하였을 때보다 비지소재의 첨가군들이 전반적으로 낮은 치반점도를 나타내어 비지소재의 첨가는 멥쌀가루 페이스트의 노화를 억제할 수 있었다(Table 1-15와 Fig. 1-12).

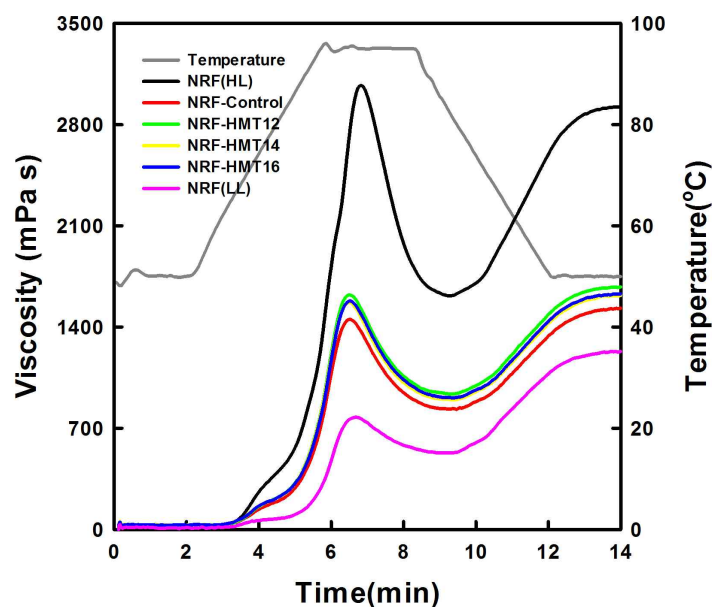


Fig. 1-12. Pasting viscosity profiles of mixtures of normal rice flour (NRF) and HMT-treated biji. NRF(HL) and NRF(LL) indicate normal rice flour (NRF) alone corresponding to NRF-biji mixture of 100% and 70%, respectively. NRF-Control, NRF-HMT12, NRF-HMT14, and NRF-HMT16 indicate the mixtures (mixing ratio = 7:3, w/w) of NRF and biji powders prepared through heat-moisture treatment (HMT) at 120, 140, and 160°C, respectively.

Table 1-16. Mean¹⁾ values for pasting viscosity characteristics of mixtures of waxy rice flour (WRF) and HMT-treated biji

Sample	T_p ²⁾ (°C)	Pasting viscosity (mPa · s)				
		Peak	Trough	Breakdown	Final	Setback
WRF(HL) ³⁾	66.8±0.3 ^c	3074.0±48.0 ^a	1415.0±16.0 ^a	1659.0±32.0 ^a	1817.5±14.5 ^a	402.5±1.5 ^a
WRF(LL) ³⁾	68.6±0.0 ^a	1285.0±5.0 ^f	801.0±0.0 ^f	484.0±5.0 ^e	944.5±1.5 ^f	143.5±1.5 ^f
WRF-Control ⁴⁾	67.5±0.4 ^b	1770.5±17.5 ^e	1022.5±12.5 ^e	748.0±5.0 ^d	1211.0±14.0 ^e	188.5±1.5 ^e
WRF-HMT12 ⁴⁾	67.4±0.2 ^b	1909.0±11.5 ^b	1119.0±15.0 ^b	790.0±3.5 ^b	1337.5±13.3 ^b	218.5±1.8 ^b
WRF-HMT14 ⁴⁾	67.6±0.0 ^b	1874.5±0.5 ^d	1106.0±1.0 ^b	768.5±1.5 ^c	1315.5±7.5 ^c	209.5±6.5 ^c
WRF-HMT16 ⁴⁾	67.9±0.0 ^b	1882.5±18.5 ^c	1088.5±10.5 ^c	794.0±8.0 ^b	1292.5±10.5 ^d	204.0±0.0 ^d

¹⁾Mean values of three replicate measurements; values sharing the same lowercase letters are not significantly different at $p < 0.05$.

²⁾Pasting temperature.

³⁾WRF(HL) and WRF(LL) indicate waxy rice flour (WRF) alone corresponding to WRF-biji mixture of 100% and 70%, respectively.

⁴⁾WRF-Control, WRF-HMT12, WRF-HMT14, and WRF-HMT16 indicate the mixtures (mixing ratio = 7:3, w/w) of WRF and biji powders prepared through heat-moisture treatment (HMT) at 120, 140, and 160°C, respectively.

찰쌀가루-비지 혼합물의 페이스팅 점도 특성을 분석하여 그 결과들을 Table 1-16과 Fig. 1-13에 나타내었다. 찰쌀가루-비지 혼합물의 100%에 해당되는 찰쌀가루만을(WRF(HL)) 이용한 페이스팅 점도 프로파일 및 페이스팅 점도 특성치들은 처리군들 중 가장 높았으며, 70%에 해당되는 찰쌀가루만을(WRF(LL)) 이용한 경우에는 가장 낮은 수준이었다. 찰쌀가루-비지 혼합물들의 경우 WRF(HL)와 WRF(LL)의 페이스팅 점도 프로파일과 페이스팅 점도 특성치들 사이에 존재하였다. 찰쌀가루-비지 혼합물들에 있어 대조군 비지를 첨가한 찰쌀가루-비지 혼합물이 습열처리 비지 첨가군보다 유의적으로 낮은 수준을 나타내었다. 습열처리 비지소재들을 첨가한 찰쌀가루-비지 혼합물들에 있어 습열처리 온도가 낮아질수록 페이스팅 점도 프로파일과 페이스팅 점도 특성치가 증가하는 양상을 나타내었다. 한편 찰쌀가루-비지 혼합물 페이스트들의 노화특성을 설명하는 치반점도(setback viscosity)에 있어 대조군 비지를 첨가한 것이 가장 낮았으며, 습열처리 온도가 낮아질수록 증가하는 현상이 관찰되었고, 멧쌀가루만을 사용하였을 때보다 비지소재의 첨가군들이 전반적으로 낮은 치반점도를 나타내어 비지소재의 첨가는 찰쌀가루 페이스트의 노화를 억제할 수 있었다.

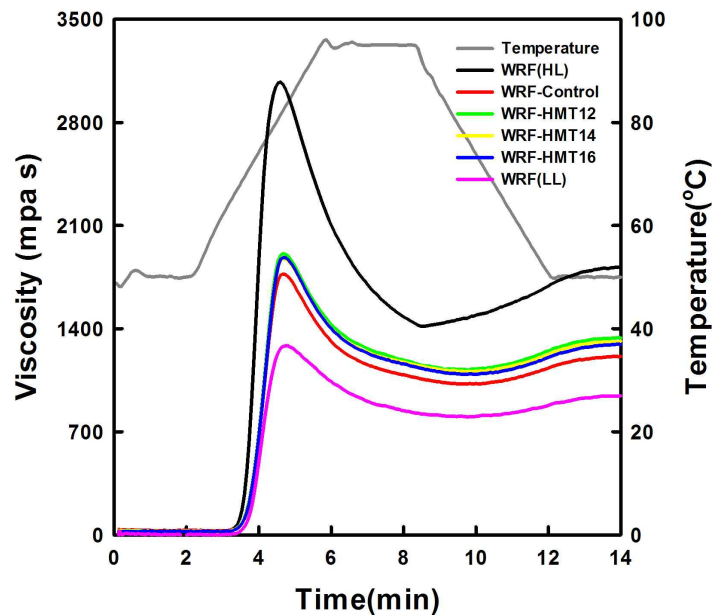


Fig. 1-13. Pasting viscosity profiles of mixtures of waxy rice flour (WRF) and HMT-treated biji. WRF(HL) and WRF(LL) indicate waxy rice flour (WRF) alone corresponding to WRF-biji mixture of 100% and 70%, respectively. WRF-Control, WRF-HMT12, WRF-HMT14, and WRF-HMT16 indicate the mixtures (mixing ratio = 7:3, w/w) of WRF and biji powders prepared through heat-moisture treatment (HMT) at 120, 140, and 160°C, respectively.

마. 인스턴트 죽 프리믹스를 위한 건조비지분말, 멥쌀가루 및 찹쌀가루의 최적 혼합비율 결정

인스턴트 죽 프리믹스 개발을 위해 건조비지분말, 멥쌀가루 및 찹쌀가루의 최적 혼합비율을 혼합물 실험계획법과 반응표면분석을 이용하여 조사하여 최적 혼합비율을 결정하고자 하였다. 선행된 연구에서 멥쌀가루-비지 혼합물, 찹쌀가루-비지 혼합물의 물리적 특성에 대해 조사하였다. 개발하고자 하는 인스턴트 죽 프리믹스에서는 호화 전후의 점도특성이 가장 중요한 품질측정 요인이었고, 각 혼합물의 최고점도와 치반점도가 상당한 수준이었다. 최고점도가 높을 경우 최종 죽이 수분이 많은 떡반죽과 같은 현상이 발생하고, 치반점도가 높을 경우 죽의 관능적 특성이 좋지 못하다. 따라서 멥쌀가루나 찹쌀가루 단독으로 사용하는 것은 인스턴트 죽 프리믹스의 개발을 어렵게 할 수 있어 비지가루, 멥쌀가루, 찹쌀가루를 혼합하여 사용할 수 있는 최적의 혼합비율이 요구된다. 또한 비지분말은 120℃에서 습열처리하여 제조된 HMT12가 죽의 풍미를 해치지 않을 수 있으며, 가열교반 중 쌀가루의 점도발달에 대한 저해효과를 최소화할 수 있을 것으로 생각하여 선택되었다.

Table 1-17. Mean¹⁾ values for pasting viscosity characteristics of the biji porridge premixes prepared according to the formulation constructed by modified distance mixture design

Run	Pasting viscosity (mPa · s)				
	Peak	Trough	Breakdown	Final	Setback
1	271.0	236.5	34.5	364.0	127.5
2	267.5	224.5	43.0	355.0	130.5
3	258.0	221.0	37.0	360.5	139.5
4	198.0	179.5	18.5	277.5	98.0
5	85.5	79.5	6.0	123.0	43.5
6	132.0	122.5	9.5	186.0	63.5
7	108.5	97.0	11.5	176.5	79.5
8	215.0	172.5	42.5	285.0	112.5
9	249.0	232.5	16.5	299.5	67.0
10	208.0	177.5	30.5	260.0	82.5
11	107.0	100.0	7.0	146.5	46.5
12	232.0	208.0	24.0	342.5	134.5
13	157.0	133.0	24.0	229.0	96.0
14	175.0	148.0	27.0	242.0	94.0
15	149.0	125.5	23.5	224.0	98.5
16	199.5	169.0	30.5	250.5	81.5

¹⁾Mean values of three triplicate measurements.

선회화 멥쌀가루와 찹쌀가루의 사용은 배제되었다. 선회화 멥쌀가루와 찹쌀가루를 이용하여 혼합물을 제조하였을 때, 혼합물에 물을 첨가는 선회화 멥쌀가루와 찹쌀가루가 즉시 응집하여 가열처리에도 풀어지지 않는 등 제품의 외관상에도 좋지 않으며, 비지가루와 혼합 시에도 가루가 심하게 비산하는 등 가공적성이 좋지 않았다. 그래서 호화되지 않은 멥쌀가루와 찹쌀가루를 사용하였다.

Table 1-18. Mean¹⁾ values for apparent viscosities of porridge pastes prepared by microwave-heating with the biji porridge premixes according to the formulation constructed by modified distance mixture design

Run	η -00 ²⁾	η -A20 ³⁾	$\Delta \eta$ ⁴⁾	η -00-RH ⁵⁾	η -A20-RH ⁶⁾	$\Delta \eta$ -RH ⁷⁾
1	223.4	253.8	30.4	262.1	266.9	4.8
2	157.6	191.3	33.7	211.6	242.4	30.9
3	165.4	220.8	55.4	215.2	265.8	50.6
4	163.0	192.4	29.4	194.7	211.3	16.6
5	77.7	115.9	38.2	85.9	129.3	43.4
6	131.8	151.4	19.6	151.1	162.4	11.3
7	161.2	175.4	14.2	177.6	179.1	1.4
8	247.4	256.6	9.2	268.5	269.9	1.4
9	170.5	269.6	99.1	183.2	306.3	123.1
10	150.6	259.8	109.2	177.1	326.9	149.8
11	80.2	118.8	38.6	87.1	132.5	45.4
12	211.2	216.4	5.2	232.0	277.3	45.3
13	132.6	161.8	29.2	189.1	243.8	54.8
14	179.3	200.7	21.4	225.6	266.5	40.9
15	142.6	175.2	32.6	174.6	229.3	54.8
16	155.5	247.9	92.4	177.0	277.0	100.0

¹⁾Mean values of three triplicate measurements.

²⁾Apparent viscosity immediately measured at 50°C after microwave-heating of the biji porridge premix.

³⁾Apparent viscosity measured at 50°C after holding for 20 min at ambient temperature of the biji porridge pastes by microwave-heating.

⁴⁾ $\Delta \eta = (\eta -A20) - (\eta -00)$

⁵⁾Apparent viscosity measured at 50°C after re-heating of the biji porridge pastes prepared by microwave-heating.

⁶⁾Apparent viscosity measured at 50°C after re-heating of the biji porridge pastes (initially prepared by microwave-heating) hold for 20 min at ambient temperature

⁷⁾ $\Delta \eta -RH = (\eta -A20-RH) - (\eta -00-RH)$

혼합물 실험계획법에 따라 계획된 배합비율(Table 1-2)에 따라 비지분말, 멍쌀가루, 찰쌀가루를 혼합하여 페이스팅 점도 특성치를 분석한 결과를 Table 1-17에 제시하였다. 또한 Table 1-2에서 제시된 배합비율에 따라 혼합물을 제조하고 5% (w/w) 고형분 함량이 되도록 물 분산물을 제조하여 마이크로웨이브 오븐에서 가열하여 혼합물 페이스트들의 점도 특성치들을 Fig. 1-2의 정의 따라 측정하여 Table 1-18에 제시하였다.

Table 1-19. Significance of the regression models (*F* values) and the effects of pseudo components on pasting viscosity characteristics of the biji porridge premix constructed by modified distance mixture design

Source	<i>F</i> -value				
	Peak	Trough	Breakdown	Final	Setback
Regression	18.6 ^{**1)}	10.7 ^{**}	70.3 ^{**}	22.3 ^{**}	86.8 ^{**}
Linear mixture ²⁾	18.6 ^{**}	10.7 ^{**}	70.3 ^{**}	22.3 ^{**}	86.8 ^{**}
Lack of Fit	4.0	3.4	1.6	2.9	3.0
<i>r</i> ²	0.7413	0.6228	0.9154	0.7742	0.9304

¹⁾*; *p*<0.05, **; *p*<0.01.

²⁾The term, Linear mixture, indicates pseudo components, corresponding to HMT-treated biji (A), normal rice flour (B), and waxy rice flour (C).

혼합물 실험계획법에 따라 설계된 배합비율(Table 1-2)에 따라 제조된 혼합물의 페이스팅 점도 특성치들(Table 1-17)을 이용하여 반응표면분석법으로 분석한 결과를 Table 1-19에 나타내었다. 최고점도(peak viscosity), 최저점도(trough viscosity), 붕괴점도(breakdown viscosity), 최종점도(final viscosity), 치반점도(setback viscosity)들 모두 1차항 요인들에 있어서만 유의적이였다. 유의적인 요인들을 이용하여 각 response에 대한 예측식들을 Table 1-21에 나타내었다. 예측된 회기식들은 유의적이였으나, 적합결여성(lack of fit)은 유의적이지 않아 예측된 회기식들은 비지분말, 멍쌀가루, 찰쌀가루들의 사용량에 따라 원하는 페이스팅 점도 특성치들을 예측하는데 적합한 것으로 생각된다. 한편 혼합물 실험계획법에 따라 설계된 배합비율(Table 1-2)에 따라 제조된 혼합물을 마이크로웨이브 오븐에서 가열하여 페이스트를 제조하여 Fig. 1-2의 정의에 따라 측정한 점도 특성치들(Table 1-18)을 이용하여 반응표면분석법으로 분석한 결과를 Table 1-20에 나타내었다. η -00 (마이크로웨이브 가열 즉시 50°C에서 측정된 점도)와 η -A20 (혼합물 페이스트를 20분간 상온에서 방치한 후 50°C에서 측정된 점도)은 1차항(linear) 회기식에서 유의적이였다. $\Delta \eta$ (20분간 방치 전후의 혼합물 페이스트의 50°C에서 측정된 점도 차이), η -00-RH (마이크로웨이브 가열 후 재가열하고 50°C로 냉각된 혼합물 페이스트의 점도)와 $\Delta \eta$ -RH (재가열된 후 50°C로 냉각된 혼합물 페이스트의 점도 차이)은 3차항(cubic) 회기식에서 유의적이였으며, η -A20-RH (혼합물 페이스트를 20분간 상온에서 방치한 후 재가열하고 50°C로 냉각된 혼합물 페이스트의 점도)은 2차항(quadratic) 회기식에서 유의적이였다.

반응표면분석에 의해 유의적인 요인들을 이용하여 도출된 response 예측식들은 Table 1-21에 나타내었다. 각 response들은 주어진 모델에서 유의적이었으나, η -00, η -A20과 η -00-RH은 적합결여성이 유의적이어서 비지분말, 멍쌀가루, 찰쌀가루들의 사용량에 따라 원하는 예측치를 도출하는데 애로사항이 있는 것 같다.

Table 1-20. Significance of the regression models (F values) and the effects of pseudo components on apparent viscosities of porridge pastes prepared by microwave-heating with the biji porridge premixes according to the formulation constructed by modified distance mixture design

Source	F -value					
	η -00 ²⁾	η -A20 ²⁾	$\Delta \eta$ ²⁾	η -00-RH ²⁾	η -A20-RH ²⁾	$\Delta \eta$ -RH ²⁾
Regression	13.3 ^{**1)}	30.8 ^{**}	14.8 ^{**}	22.1 ^{**}	14.5 ^{**}	11.2 ^{**}
Linear Mixture ⁸⁾	13.3 ^{**}	30.8 ^{**}	22.7 ^{**}	83.9 ^{**}	28.5 ^{**}	7.4 [*]
AB	-	-	4.0	0.0	0.3	0.0
AC	-	-	1.0	0.5	1.2	2.7
BC	-	-	4.1	0.2	3.6	0.2
ABC	-	-	9.7 [*]	0.1	-	0.9
AB(A-B)	-	-	1.5	0.0	-	0.1
AC(A-C)	-	-	11.4 [*]	0.6	-	12.4 [*]
BC(B-C)	-	-	2.9	0.3	-	0.0
Lack of Fit	15.4 ^{**}	5.9 [*]	0.4	38.2 ^{**}	2.9	0.4
r^2	0.6715	0.8259	0.9570	0.9707	0.8787	0.9436

¹⁾*; $p < 0.05$, **; $p < 0.01$.

²⁾For the detailed and clear definition of responses, see the footnote of Table 1-18 and Fig. 1-2.

Table 1-21. Analysis of selected models and regression at polynomial equations for eleven responses

Response	Model	Prob>F	Lack of fit	Equation in terms of pseudo component
Peak η ¹⁾	Linear	0.0002	0.0728	86.80A+223.02B+275.29C
Trough η ¹⁾	Linear	0.0018	0.0984	85.56A+187.76B+235.15C
Breakdown η ¹⁾	Linear	<0.0001	0.3106	1.24A+35.26B+40.14C
Final η ¹⁾	Linear	<0.0001	0.1304	123.82A+336.16B+337.48C
Setback η ¹⁾	Linear	<0.0001	0.1192	38.26A+148.40B+102.33C
η -00 ²⁾	Linear	0.0007	0.0040	88.30A+180.85B+223.39C
η -A20 ²⁾	Linear	<0.0001	0.0328	129.61A+179.36B+309.63C
$\Delta \eta$ ²⁾	Cubic	0.0019	0.5515	34.33A-448.57B+49.07C+1143.88AB+288.98AC+1047.37BC-3800.04ABC-603.99AB(A-B)-788.86AC(A-C)+1276.74BC(C-C)
η -00-RH ²⁾	Cubic	0.0006	0.0016	83.43A+222.45B+117.59C+19.45AB+259.91AC+316.42BC+500.33ABC-145.45AB(A-B)+246.91AC(A-C)-558.52BC(B-C)
η -A20-RH ²⁾	Quadratic	0.0003	0.1362	112.15A+347.91B+371.44C-92.35AB+156.15AC-424.47BC
$\Delta \eta$ -RH ²⁾	Cubic	0.0041	0.5435	53.23A+9.13B-148.48C+67.72AB+711.41AC+394.50BC-1764.05ABC-240.99AB(A-B)-1271.67AC(A-C)-37.26BC(B-C)

¹⁾Viscosity.

²⁾For the detailed and clear definition of responses, see the footnote of **Table 1-18** and **Fig. 1-2**.

*The terms, pseudo components, correspond to HMT-treated biji (A), normal rice flour (B), and waxy rice flour (C).

조사된 response들 각각에서 비지분말, 멍쌀가루, 찰쌀가루들이 미치는 영향을 알아보기 위해서 성분에 대한 response의 반응표면곡선과 trace 곡선을 이용하여 조사하였다. 설계된 혼합물의 최고점도에 대한 반응표면곡선과 trace 곡선은 Fig. 1-14에 나타내었다. 비지(A-A)의 함량이 증가하면서 최고점도는 유의적으로 감소하였으며, 찰쌀가루(C-C)의 함량이 증가하면서 최고점도는 증가하였다. 그러나 멍쌀가루(B-B)는 혼합물의 최고점도의 증감에 유의적인 영향을 미치지 않았다.

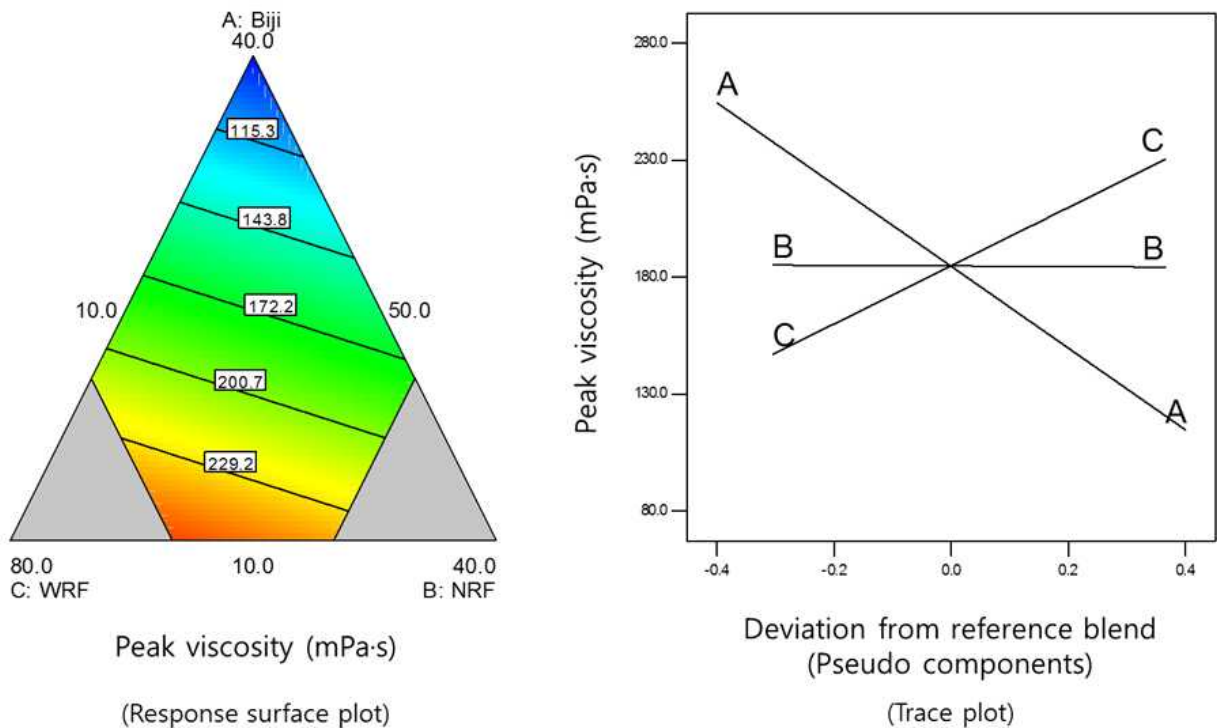
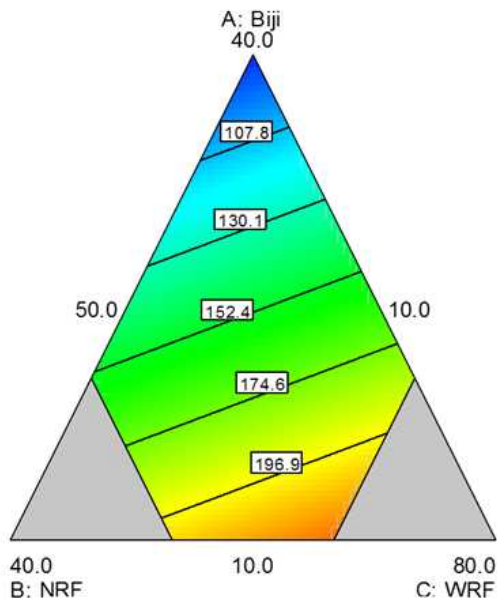
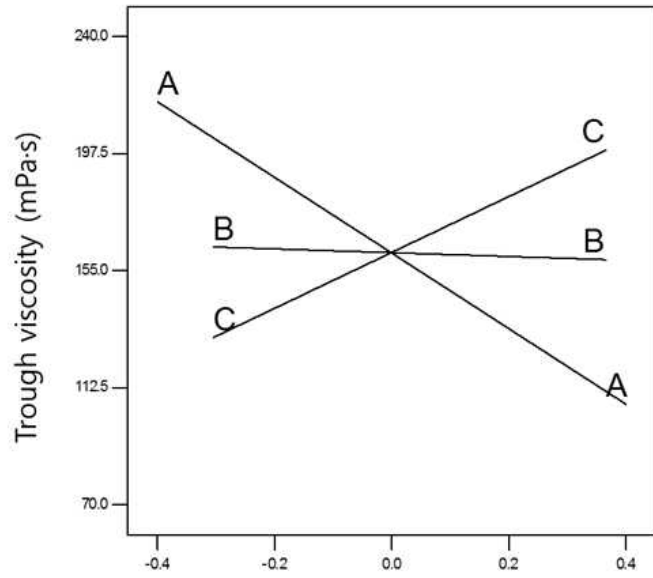


Fig. 1-14. Response surface and trace plots describing the effects of HMT-treated biji (A), normal rice flour (NRF, B), and waxy rice flour (WRF, C) on peak viscosities of biji porridge pastes.

설계된 혼합물의 최저점도에 대한 반응표면곡선과 trace 곡선은 Fig. 1-15에 나타내었다. 비지(A-A)의 함량이 증가하면서 최저점도는 유의적으로 감소하였으며, 찰쌀가루(C-C)의 함량이 증가하면서 최저점도는 증가하였다. 그러나 멍쌀가루(B-B)는 혼합물의 최저점도의 증감에 유의적인 영향을 미치지 않았다. 한편 설계된 혼합물의 붕괴점도에 대한 반응표면곡선과 trace 곡선은 Fig. 1-16에 나타내었다. 비지(A-A)의 함량이 증가하면서 붕괴점도는 유의적으로 감소하였으나, 멍쌀가루(B-B)와 찰쌀가루(C-C)의 함량의 증가하면서 붕괴점도를 유의적으로 증가시켰다. 그럼에도 찰쌀가루(C-C)가 멍쌀가루(B-B)보다 가파른 기울기를 나타내는 것을 고려할 때 붕괴점도의 증가에는 찰쌀가루가 멍쌀가루보다 주도적인 역할을 하는 것 같다. 게다가 붕괴점도의 증감에 대한 영향은 비지의 역할이 쌀가루보다 주도적인 것을 생각된다.

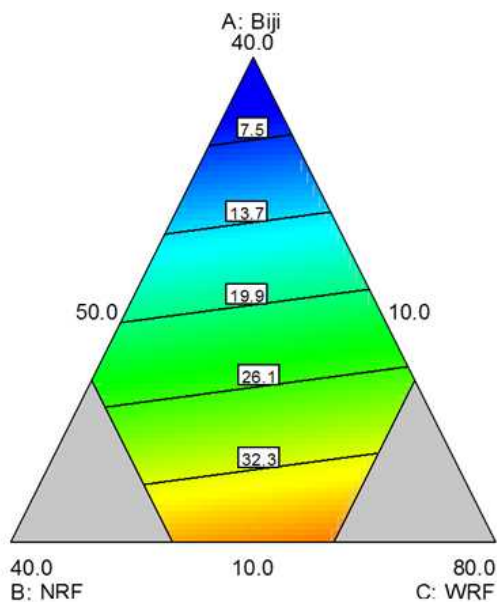


Trough viscosity (mPa-s)
(Response surface plot)

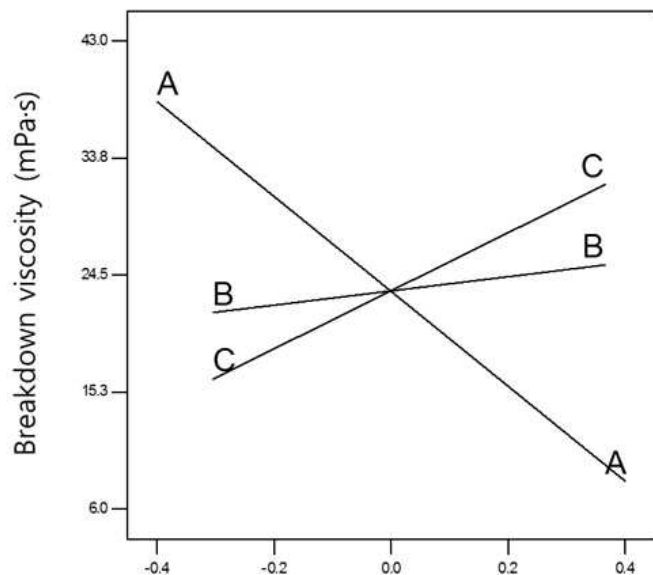


Deviation from reference blend
(Pseudo components)
(Trace plot)

Fig. 1-15. Response surface and trace plots describing the effects of HMT-treated biji (A), normal rice flour (NRF, B), and waxy rice flour (WRF, C) on trough viscosities of biji porridge pastes.



Breakdown viscosity (mPa-s)
(Response surface plot)



Deviation from reference blend
(Pseudo components)
(Trace plot)

Fig. 1-16. Response surface and trace plots describing the effects of HMT-treated biji (A), normal rice flour (NRF, B), and waxy rice flour (WRF, C) on breakdown viscosities of biji porridge pastes.

설계된 혼합물의 최종점도에 대한 반응표면곡선과 trace 곡선은 Fig. 1-17에 나타내었다. 비지(A-A)의 함량이 증가하면서 최종점도는 유의적으로 감소하였으나, 멥쌀가루(B-B)와 찰쌀가루(C-C)의 함량의 증가하면서 최종점도를 유의적으로 증가시켰다. 그럼에도 찰쌀가루(C-C)가 멥쌀가루(B-B)보다 가파른 기울기를 나타내는 것을 고려할 때 최종점도의 증가에는 찰쌀가루가 멥쌀가루보다 주도적인 역할을 하는 것 같다. 게다가 최종점도의 증감에 대한 영향은 비지의 역할이 쌀가루보다 주도적인 것을 생각된다.

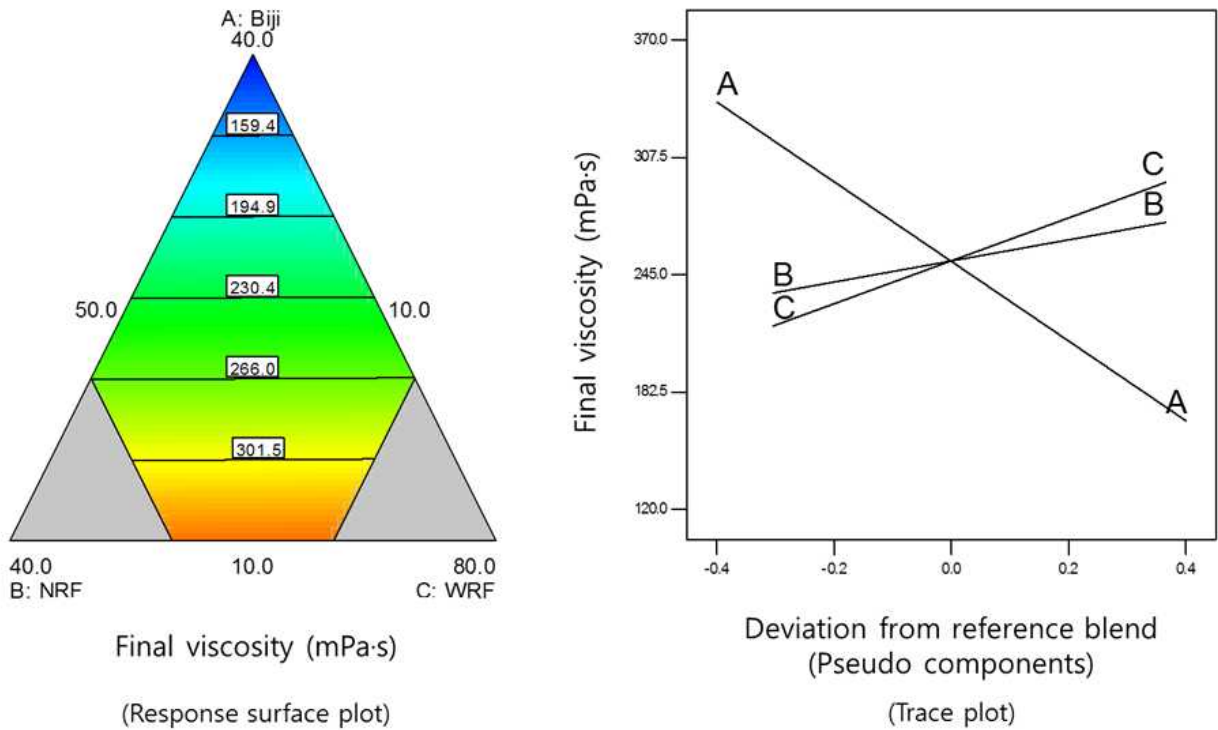
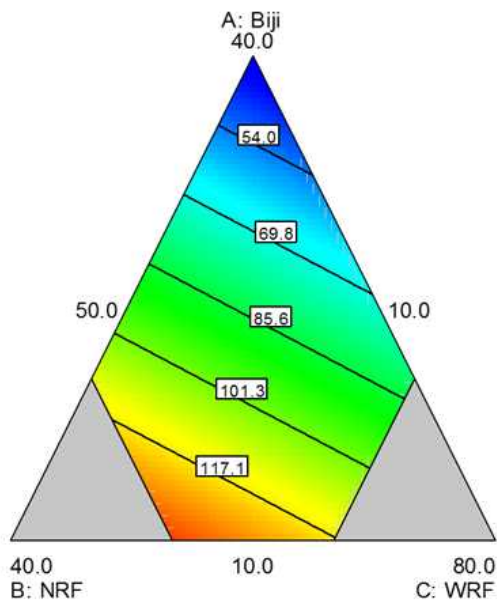


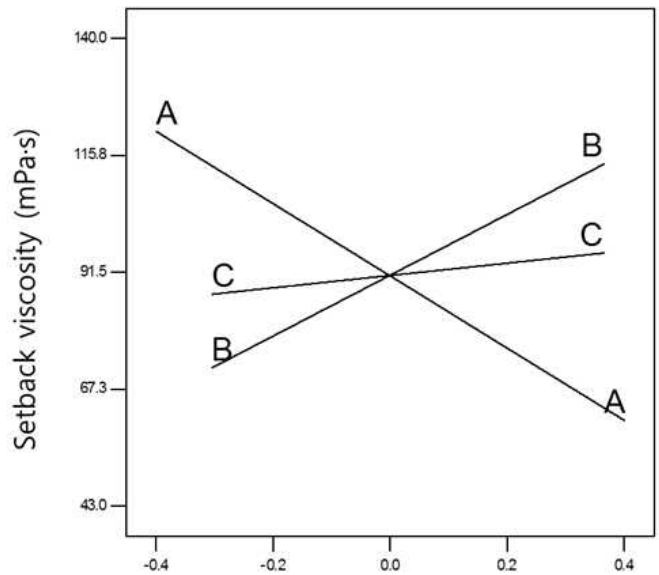
Fig. 1-17. Response surface and trace plots describing the effects of HMT-treated biji (A), normal rice flour (NRF, B), and waxy rice flour (WRF, C) on final viscosities of biji porridge pastes.

설계된 혼합물의 치반점도(setback viscosity)에 대한 반응표면곡선과 trace 곡선은 Fig. 1-18에 나타내었다. 비지(A-A)의 함량이 증가하면서 치반점도는 유의적으로 감소하였으나, 멥쌀가루(B-B)와 찰쌀가루(C-C)의 함량의 증가하면서 치반점도를 유의적으로 증가시켰다. 그럼에도 멥쌀가루(C-C)가 찰쌀가루(B-B)보다 가파른 기울기를 나타내는 것을 고려할 때 치반점도의 증가에는 멥쌀가루가 찰쌀가루보다 주도적인 역할을 하는 것 같다. 게다가 치반점도의 증감에 대한 영향은 비지의 역할이 쌀가루보다 주도적인 것을 생각된다.



Setback viscosity (mPa·s)

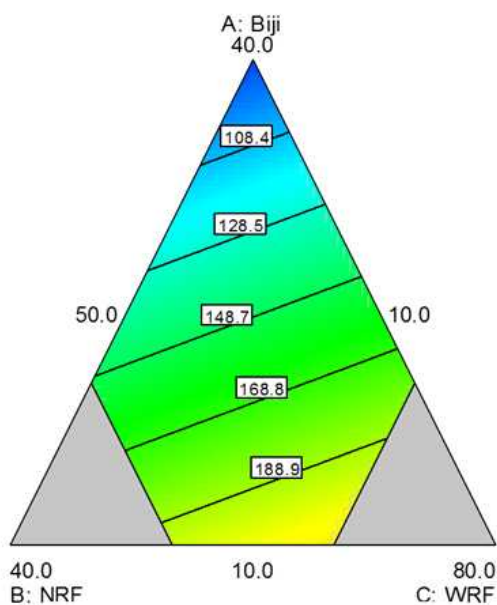
(Response surface plot)



Deviation from reference blend (Pseudo components)

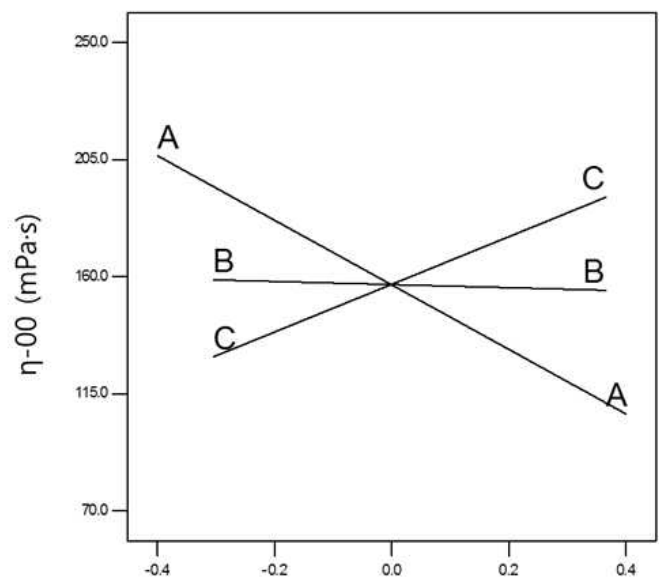
(Trace plot)

Fig. 1-18. Response surface and trace plots describing the effects of HMT-treated biji (A), normal rice flour (NRF, B), and waxy rice flour (WRF, C) on setback viscosities of biji porridge pastes.



η -00 (mPa·s)

(Response surface plot)



Deviation from reference blend (Pseudo components)

(Trace plot)

Fig. 1-19. Response surface and trace plots describing the effects of HMT-treated biji (A), normal rice flour (NRF, B), and waxy rice flour (WRF, C) on initial apparent viscosities (η -00; measured at 50°C) of biji porridge pastes.

설계된 혼합물의 η -00 (마이크로웨이브 가열 즉시 50°C 에서 측정된 점도)에 대한 반응표면 곡선과 trace 곡선은 Fig. 1-19에 나타내었다. 비지(A-A)의 함량이 증가하면서 η -00는 유의적으로 감소하였으며, 찹쌀가루(C-C)의 함량이 증가하면서 η -00는 증가하였다. 그러나 멥쌀가루(B-B)는 혼합물의 η -00의 증감에 유의적인 영향을 미치지 않았다.

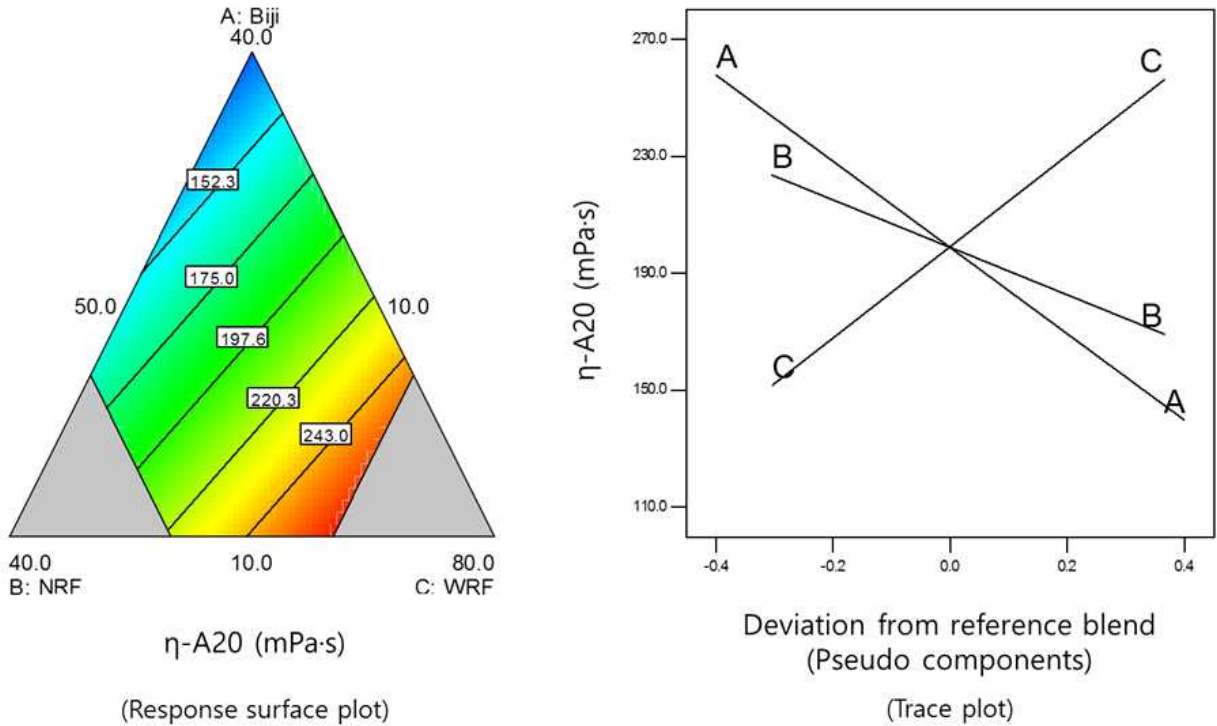
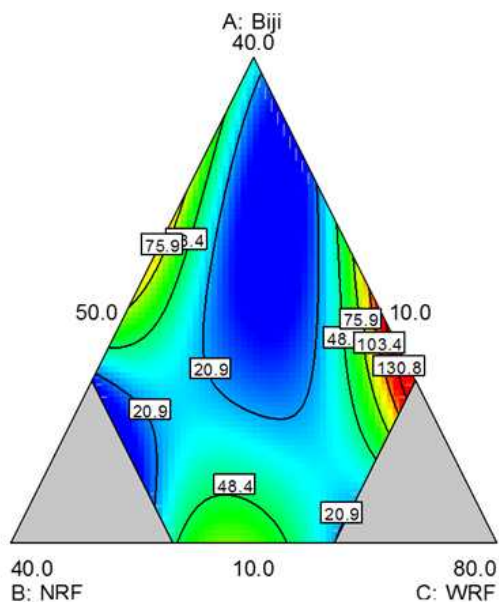


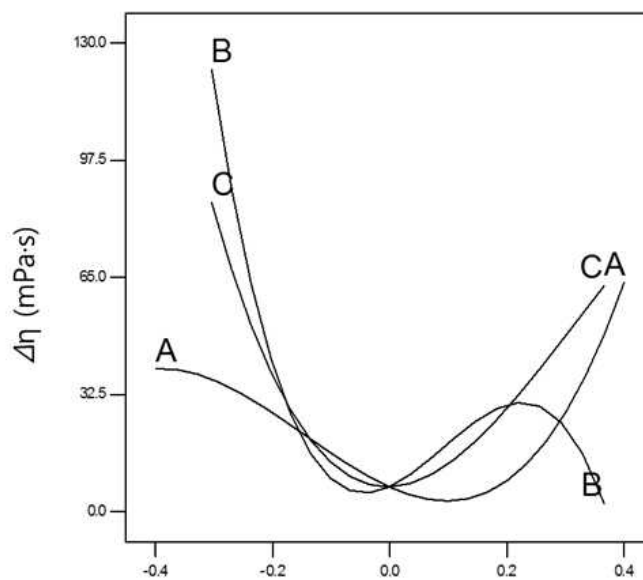
Fig. 1-20. Response surface and trace plots describing the effects of HMT-treated biji (A), normal rice flour (NRF, B), and waxy rice flour (WRF, C) on apparent viscosities (η -A20; measured at 50°C) of biji porridge pastes after holding at ambient temperature for 20 min.

설계된 혼합물의 η -A20 (혼합물 페이스트를 20분간 상온에서 방치한 후 50°C 에서 측정된 점도)에 대한 반응표면곡선과 trace 곡선은 Fig. 1-20에 나타내었다. 비지(A-A)와 멥쌀(B-B)의 함량이 증가하면서 η -A20는 유의적으로 감소하였으며, 찹쌀가루(C-C)의 함량이 증가하면서 η -A20는 유의적으로 증가하였다. 그러나 멥쌀가루(B-B)의 기울기가 비지(A-A)보다 완만하여 η -A20의 감소에는 비지의 영향이 더욱 주도적일 수 있으나, 찹쌀가루(C-C)의 기울기가 비지(A-A)의 것과 유사하고 비지(A-A)와는 반대의 경향을 나타내기 때문에 η -A20있어서는 멥쌀가루(B-B)의 영향이 주도적인 것을 판단된다. 한편 설계된 혼합물의 $\Delta\eta$ (20분간 방치 전후의 혼합물 페이스트의 50°C 에서 측정된 점도 차이)에 대한 반응표면곡선과 trace 곡선은 Fig. 1-21에 나타내었다. 각 원료들의 제한범위의 중간점을 기준으로 중간점 이하에서는 비지(A-A), 멥쌀가루(B-B), 찹쌀가루(C-C)가 이들의 제한범위의 중간점을 향해 증가할 때 $\Delta\eta$ 은 감소하였으며, 멥쌀가루 > 찹쌀가루 > 비지의 순서로 $\Delta\eta$ 에 주도적인 영향을 미쳤다. 그러나 각 원료들의 중간점을 초과할 경우에는 비지(A-A)와 찹쌀가루(C-C)는 증가하면서 $\Delta\eta$ 을 증가시켰고, 그 영향 또한 유사하였지만, 멥쌀가루(B-B)의 경우에는 $\Delta\eta$ 을 증가시키다 감소시키는 현상이 관찰되었다.



$\Delta\eta$ (mPa·s)

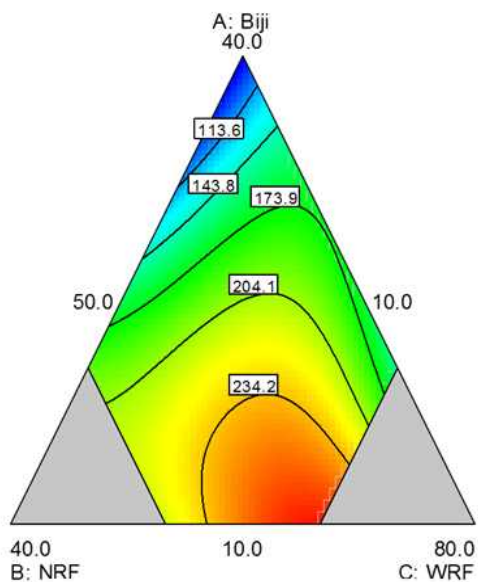
(Response surface plot)



Deviation from reference blend
(Pseudo components)

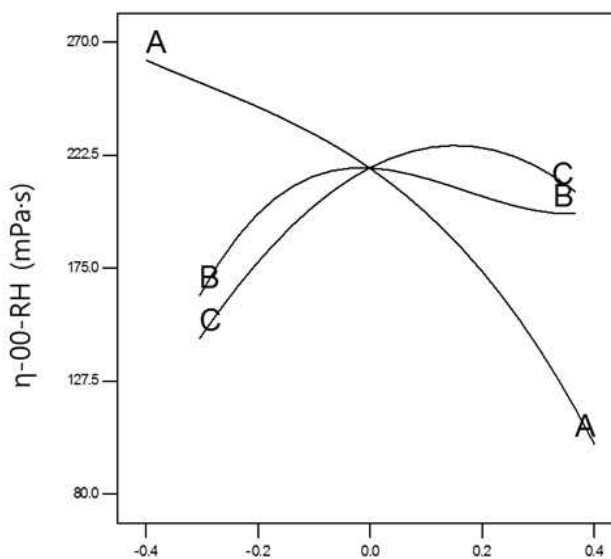
(Trace plot)

Fig. 1-21. Response surface and trace plots describing the effects of HMT-treated biji (A), normal rice flour (NRF, B), and waxy rice flour (WRF, C) on differences in apparent viscosity ($\Delta\eta$) between initial biji porridge pastes and after holding at ambient temperature for 20 min.



η_{-00-RH} (mPa·s)

(Response surface plot)



Deviation from reference blend
(Pseudo components)

(Trace plot)

Fig. 1-22. Response surface and trace plots describing the effects of HMT-treated biji (A), normal rice flour (NRF, B), and waxy rice flour (WRF, C) on apparent viscosities (η_{-00-RH} ; measured at 50°C) of initial biji porridge pastes subjected to re-heating.

설계된 혼합물의 η -00-RH (마이크로웨이브 가열 후 재가열하고 50°C로 냉각된 혼합물 페이스트의 점도)에 대한 반응표면곡선과 trace 곡선은 Fig. 1-22에 나타내었다. 비지(A-A)의 함량이 증가하면서 η -00-RH은 감소하였다. 그러나 멥쌀가루(B-B)와 찰쌀가루(C-C)는 이들의 제한범위의 중간점까지는 η -00-RH을 증가시켰으나 중간점 이후에는 멥쌀가루(B-B)는 η -00-RH을 완만히 감소시켰고, 찰쌀가루(C-C)는 η -00-RH을 평균적으로 일정한 수준을 나타내었다.

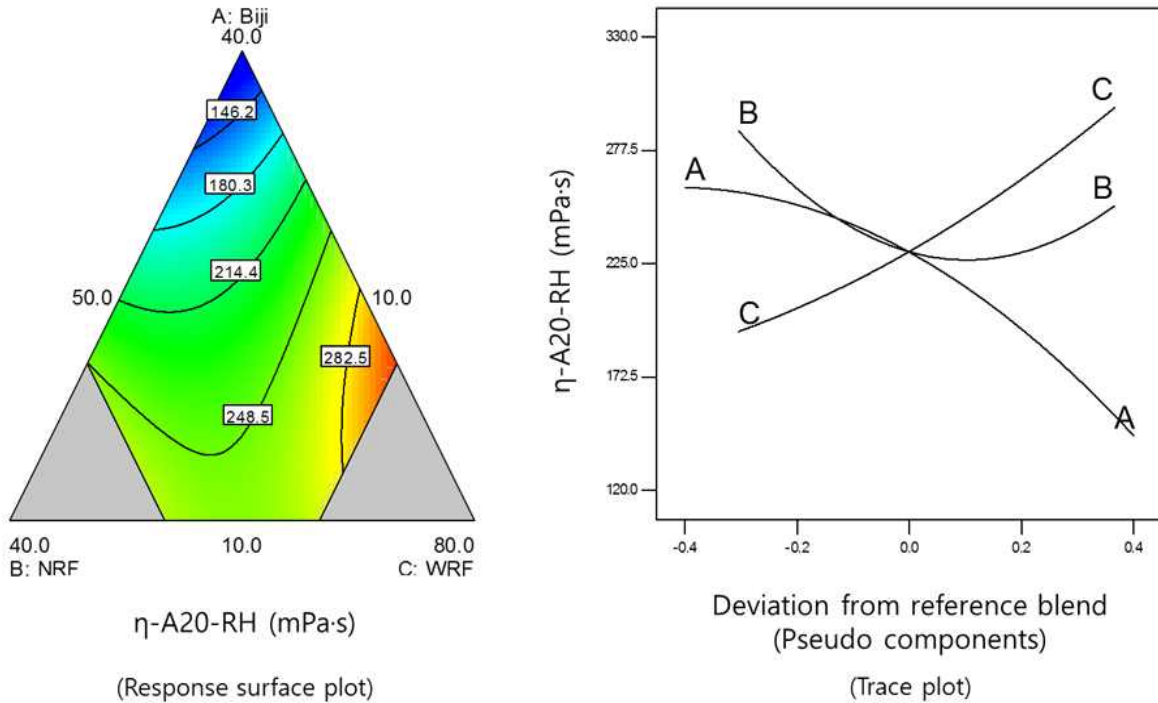


Fig. 1-23. Response surface and trace plots describing the effects of HMT-treated biji (A), normal rice flour (NRF, B), and waxy rice flour (WRF, C) on apparent viscosities (η -A00-RH; measured at 50°C) of initial biji porridge pastes after holding at ambient temperature for 20 min, subjected to re-heating.

설계된 혼합물의 η -A20-RH (혼합물 페이스트를 20분간 상온에서 방치한 후 재가열하고 50°C로 냉각된 혼합물 페이스트의 점도)에 대한 반응표면곡선과 trace 곡선은 Fig. 1-23에 나타내었다. 비지(A-A)와 찰쌀가루(C-C)는 증가하면서 η -A20-RH을 각각 감소시키고 증가시켰다. 그러나 멥쌀가루(B-B)는 제한범위의 중간점을 기준으로 중간점까지 감소할 때 η -A20-RH을 감소시켰으나, 중간점을 초과할 때는 η -A20-RH을 증가시켰다. 한편 설계된 혼합물의 $\Delta\eta$ -RH (재가열된 후 50°C로 냉각된 혼합물 페이스트의 점도 차이)에 대한 반응표면곡선과 trace 곡선은 Fig. 1-24에 나타내었다. 비지(A-A), 멥쌀가루(B-B), 찰쌀가루(C-C)들은 $\Delta\eta$ -RH에 대해서 복잡한 상호작용을 나타내었다.

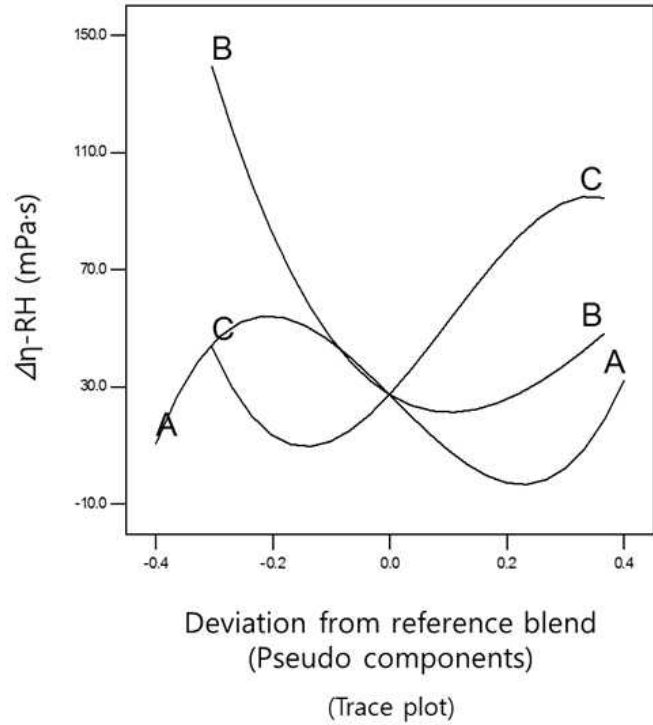
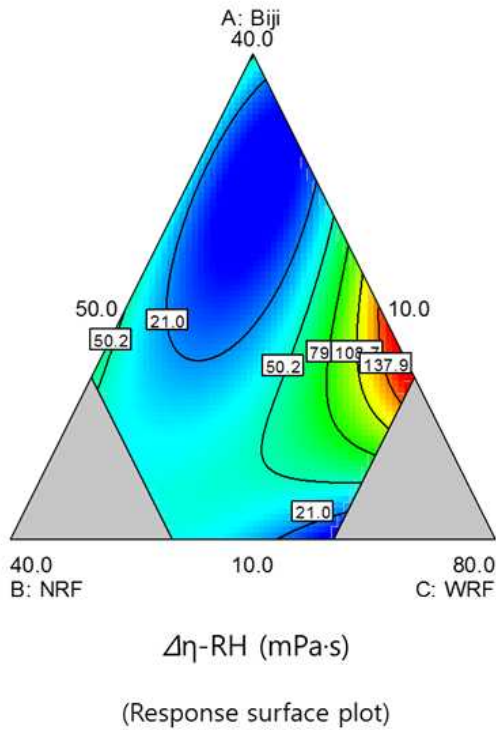


Fig. 1-24. Response surface and trace plots describing the effects of HMT-treated biji (A), normal rice flour (NRF, B), and waxy rice flour (WRF, C) on differences in apparent viscosity ($\Delta \eta$ -RH) between initial biji porridge pastes and after holding at ambient temperature for 20 min, subjected to re-heating.

Table 1-2에서 설계된 실험점들을 이용하여 비지분말-멥쌀가루-찹쌀가루 혼합물들의 페이스팅 점도 특성치와 마이크로웨이브 가열에 의한 혼합물 페이스트들의 점도 특성치들의 반응 표면분석 결과에 기초하여 수치 최적화 기법을 이용하여 인스턴트 죽 프리믹스의 최적 혼합비율을 도출하였다(Table 1-22). 인스턴트 죽 프리믹스의 response들의 제약조건은 비지분말-멥쌀가루-찹쌀가루 혼합물의 최고점도는 최소로, 최저점도는 최고로, 붕괴점도는 최소로, 최종점도는 최소로, 치반점도는 최소로, η -00는 측정된 값 범위 내에서, η -A20는 최소로, $\Delta \eta$ 는 최소로, η -00-RH는 측정된 값 범위 내에서, η -A20-RH는 최소로, $\Delta \eta$ -RH는 최소로 하였다. 각 원료들의 제한범위는 본 실험에서 설정된 범위 내로 하였다. 이와 같은 조건하에서 수치 최적화에 의한 비지분말, 멥쌀가루, 찹쌀가루의 최적 혼합비는 각각 36.0%, 11.0%, 53.0%로 도출되었고, desirability는 0.751이었다. 추가로 각 원료의 제한범위에 있어 비지분말을 30%로 고정하며, 멥쌀가루와 찹쌀가루는 본 실험에서 설정된 범위 내로하고, response들의 제약조건은 동일하게 설정하여 수치 최적화에 의해 각 원료들의 최적 혼합비율을 도출하였을 때, 비지분말, 멥쌀가루, 찹쌀가루는 각각 30.0%, 16.0%, 54.0%이었고, 이때의 desirability는 0.738이었다 (Table 1-22). 결정된 최적 혼합비에서 동일한 방법으로 인스턴트 죽 프리믹스를 제조하여 수치최적화 기법에 의한 각 특성치들과 비교하였을 때 대부분의 특성치들이 그 차이가 적은 것을 알 수 있었다. 따라서 본 연구에서 결정된 최적 혼합비는 적절한 것으로 판단된다.

Table 1-22. Optimum constraint values using numerical optimization solution

Constraint		Optimization I			Optimization II		
		Goal	Optimal solution	Confirmed	Goal	Optimal solution	Confirmed
Pseudo component (%)	Biji	In range	36.0	36.0	30	30.0	30.0
	Normal rice flour	In range	11.0	11.0	In range	16.0	16.0
	Waxy rice flour	In range	53.0	53.0	In range	54.0	54.0
Response (mPa · s)	Peak	Minimize	109.9	108.5	Minimize	139.2	122.0
	Trough	Maximize	103.7	100.4	Maximize	126.0	115.0
	Breakdown	Minimize	6.2	8.1	Minimize	13.2	7.0
	Final	Minimize	151.9	141.0	Minimize	194.8	167.0
	Setback	Minimize	48.2	40.6	Minimize	68.8	42.0
	η -00	In range	104.7	106.8	In range	124.9	118.0
	η -A20	Minimize	149.0	145.0	Minimize	163.7	154.0
	$\Delta \eta$	Minimize	3.3	38.2	Minimize	5.2	36.0
	η -00-RH	In range	129.6	132.8	In range	160.7	127.5
	η -A20-RH	Minimize	154.9	142.1	Minimize	184.3	160.5
$\Delta \eta$ -RH	Minimize	1.4	9.3	Minimize	-6.5	33.0	
Desirability		0.751			0.738		

바. 비지죽 개발 및 특성 평가

비지를 이용한 죽 제품의 비지 첨가량을 결정하기 위해 Table 1-3에 제시된 배합비에 따라 살균처리된 비지를 이용하여 비지죽을 제조하여 그 특성을 평가하였다. 비지죽 개발 시 사용된 비지원료는 생비지를 얻자마자 살균처리한 것을 이용하였다. 그 이유는 건조비지분말 보다는 생비지를 사용하는 것이 관능적 특성(콩 비린내 또는 sandiness)에 유리하기 때문이다. Table 1-3의 배합비에 따라 전술한 제조방법에 따라 제조된 비지죽의 퍼짐성을 평가하여 Table 1-23에 나타내었다. 멥쌀만을 이용한 쌀죽(T1)을 비지죽의 대조군으로 하였다. 대조군의 퍼짐성에 비해 비지의 첨가량이 증가할수록 비지죽의 퍼짐성은 감소하는 경향을 나타내었다. 점도의 경우 비지 첨가량이 증가할수록 비지죽의 점도는 증가하였으며 T5의 경우 점도 측정장치인 신속 점도분석기의 최대 측정 용량을 초과하여 구체적인 결과치를 제시하지 못했다.

Table 1-23. Mean¹⁾ values of spreadability and viscosity of biji porridge

Treatment	Spreadability (%)	Viscosity (mPa·s)
T1	1,703.5 ± 88.2 ^a	693.5 ± 61.5 ^d
T2	1,005.3 ± 45.2 ^b	1785.5 ± 57.3 ^c
T3	611.8 ± 59.8 ^c	2618.0 ± 18.4 ^b
T4	376.4 ± 8.8 ^d	4628.0 ± 0.0 ^a
T5	338.9 ± 12.5 ^e	>6,000 ¹⁾

¹⁾Mean values of three replicate measurements; values sharing the same lowercase letters within a column are not significantly different at $p < 0.05$.

²⁾The final viscosity of *Biji* porridge was over the maximum limit of viscosity of RVA.

Table 1-3의 배합비에 따라 전술한 제조방법에 따라 제조된 비지죽의 색도를 측정하여 Table 1-24에 나타내었다. 비지죽의 명도는 T5를 제외하고 비지 첨가량에 따라 큰 차이를 나타내지 않았으나, 모든 처리군들이 대조군인 멧쌀죽보다 높은 명도를 나타내었다. 적색도와 황색도는 대조군에 비해 비지 첨가량이 증가하면서 증가하는 양상을 나타내었다. 대조군의 색 특성을 기준으로 계산한 비지죽의 총 색 차이는 비지 첨가량이 증가하면서 증가하는 양상을 나타내었다.

Table 1-24. Mean¹⁾ values of color characteristics of biji porridge

Treatment	$L^{2)}$	$a^{2)}$	$b^{2)}$	$\Delta E^{2)}$
T1	70.2 ± 0.9 ^b	-1.9 ± 0.0 ^e	2.5 ± 0.4 ^e	-
T2	73.3 ± 0.1 ^a	-1.1 ± 0.0 ^d	10.6 ± 0.4 ^d	8.7 ± 0.3 ^d
T3	73.4 ± 0.0 ^a	0.3 ± 0.2 ^c	14.6 ± 0.3 ^c	12.6 ± 1.0 ^c
T4	73.1 ± 0.3 ^a	1.4 ± 0.1 ^b	16.9 ± 0.1 ^b	14.9 ± 0.6 ^b
T5	72.8 ± 0.0 ^a	2.4 ± 0.3 ^a	18.6 ± 0.3 ^a	16.8 ± 0.4 ^a

¹⁾Mean values of three replicate measurements; values sharing the same lowercase letters within a column are not significantly different at $p < 0.05$.

²⁾ L , a , b , and ΔE correspond to lightness, redness, yellowness, and total color deviation, respectively.

Table 1-3의 배합비에 따라 전술한 제조방법에 따라 제조된 비지죽의 관능평가를 수행하여 그 결과를 Table 1-25에 나타내었다. 색 특성에서 T2가 대조군(T1)보다 높은 점수를 획득하였으며, 비지 첨가량이 증가할수록 감소하는 경향을 나타내었다. 풍미에서는 모든 처리군들이 대조군에 비해 낮은 점수를 나타내었으나 T2가 대조군과 가장 근접한 점수를 나타내었다. 맛과 조직감은 T2가 대조군보다 높은 점수를 획득하였으며, 비지 첨가량이 증가하면서 감소하였다. 전반적인 기호도에 있어 T2가 대조군보다 높은 선호도를 나타내었다.

Table 1-25. Mean¹⁾ values of preference parameters of biji porridge (n=25)

Treatment	Color	Flavor	Taste	Texture	Overall acceptability
T1	6.3 ^a	6.6 ^a	6.2 ^a	5.9 ^a	6.4 ^a
T2	6.5 ^a	6.2 ^a	6.4 ^a	6.3 ^a	6.8 ^a
T3	5.1 ^b	5.8 ^a	5.2 ^b	4.4 ^b	5.2 ^{ab}
T4	3.9 ^c	4.4 ^b	3.6 ^c	3.1 ^c	3.2 ^b
T5	3.3 ^c	3.9 ^c	3.1 ^c	2.4 ^c	2.5 ^c

¹⁾Mean values of 25 replicate measurements; values sharing the same lowercase letters within a column are not significantly different at $p < 0.05$.

사. 비지죽의 제품화

(1) 제품화 : 생명콩죽

본 연구과제를 수행하면서 “생명콩죽”을 개발하여 2016년 9월에 출시하였다(Fig. 1-25과 Fig. 1-26).



Fig. 1-25. Labeling of “생명콩죽.”

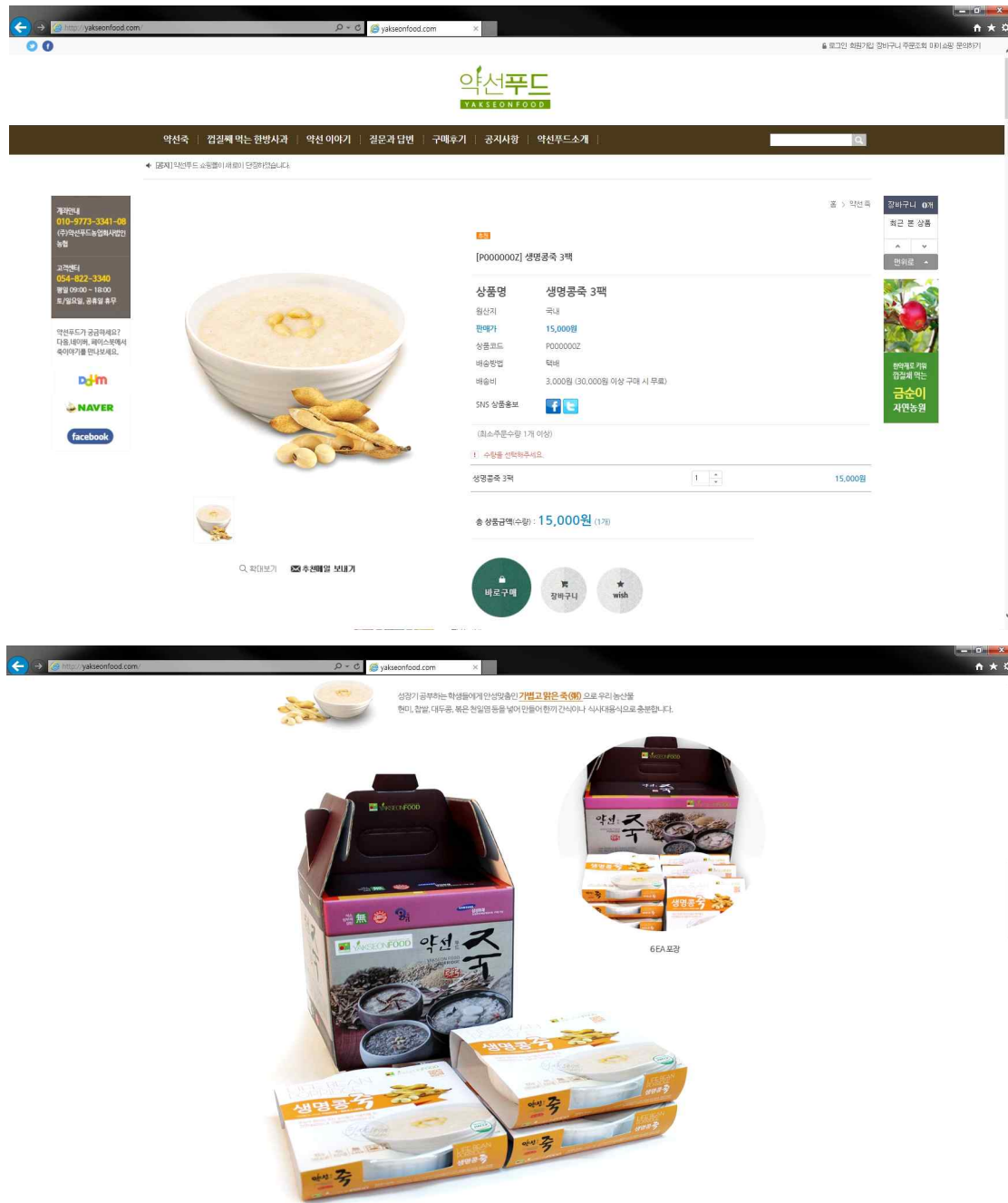


Fig. 1-26. Images of both webpage and product of “생명콩죽.”

(2) 제품 : 검은콩죽

본 연구과제의 주관연구기관인 (주)약선푸드 농업회사법인(<http://yakseonfood.com>)은 연구개발을 수행하면서 “검은콩죽”을 개발하여 2017년 9월에 출시하였다(Fig. 1-27과 Fig. 1-28). 기 개발되어 시판중인 “생명콩죽”은 수출에 있어 콩의 사용량이 높아 관세에 대한 부담이 있었다. 그래서 이후 개발된 “검은콩죽”은 검은콩 함량을 대폭 감소시켰으며, 낮아진 콩 함량에 따른 식이섬유 및 lunasin과 BBI를 보강하기 위해 습열처리 비지를 원료로 첨가하였다.

개발된 습열처리 비지를 원료로 첨가한 결과로 검은콩죽 300 g 기준으로 할 때, 식이섬유 함량이 3 g을 함유하였으며, 이는 1일 영양성분 기준치 대비 13%에 해당하였고, 300 g 죽 내의 탄수화물 9 g의 약 30%에 해당하는 함량을 달성하였다.

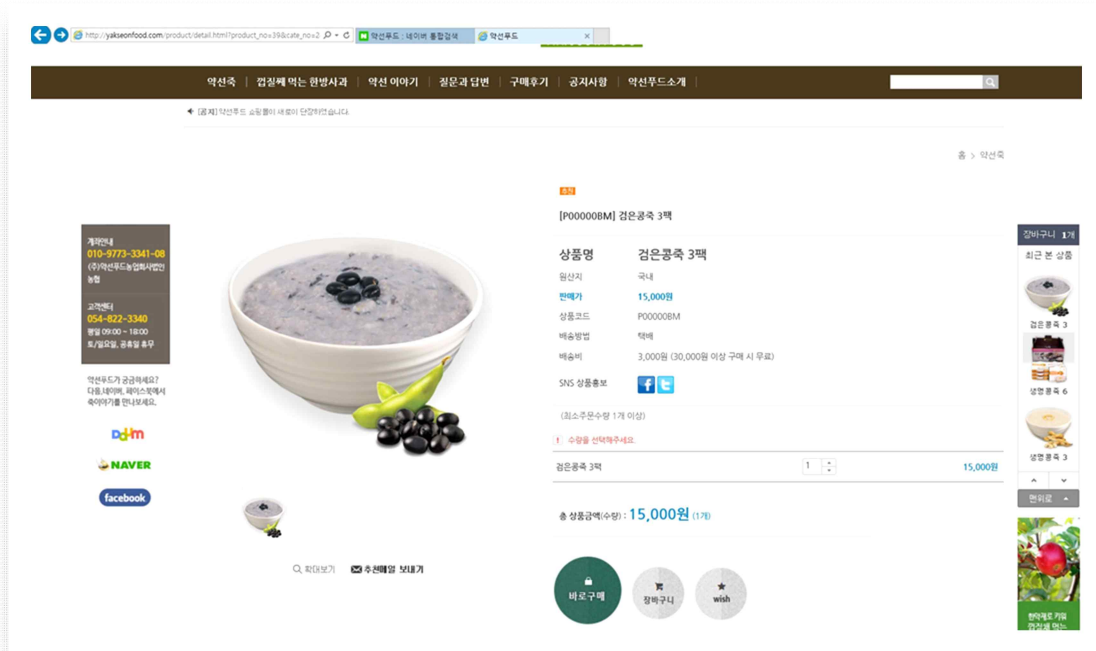


Fig. 1-27. Commercialization of “검은콩죽” adding HMT-treated biji powders.

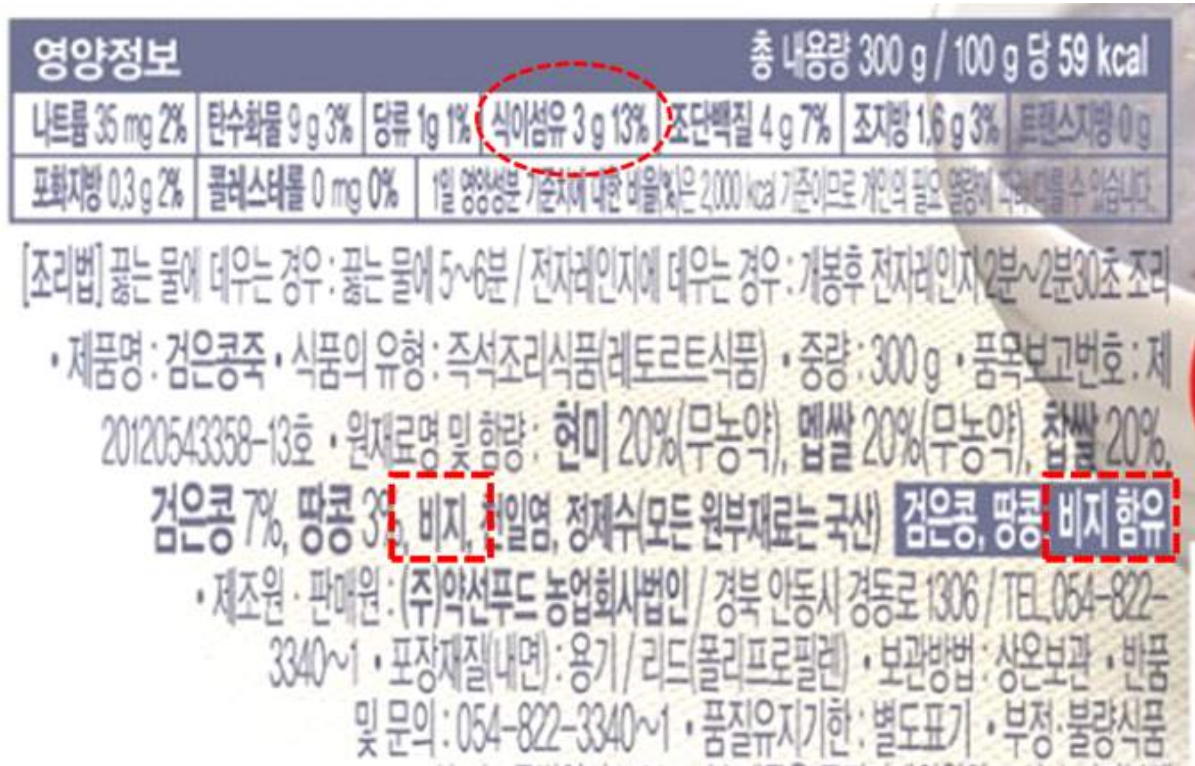


Fig. 1-28. Nutrition information and labeling of the developed “검은콩죽.”

3. 요약 및 결론

- 건조비지분말의 입도는 다른 처리군에 비해 60 mesh 미만이 전반적으로 물리적 특성이 좋았으나 건조비지분말의 입도가 클 경우 식감에 영향을 미칠 것으로 판단된다. 따라서 60 mesh 이상으로 제조하는 것이 적절한 것으로 판단된다.
- 건조비지분말의 스팀처리는 공정이 추가되며, 건조비지분말의 물리적 특성을 더욱 낮추는 효과를 보이기 때문에 습열처리 후 건조하는 것이 가장 적절한 것으로 판단된다. 특히 120℃에서 3시간 습열처리 후 60℃에서 21시간 건조하는 것이 가장 좋은 효과를 나타내는 것으로 판단된다.
- 건조비지분말의 뒤움처리 시 뒤움 시간이 증가할수록 건조비지분말의 물리적 특성은 감소시켰음. 그러나 건조비지분말에서 발생하는 이취는 제거가 가능하였다.
- 비지죽을 제조하기 위한 비지 첨가량이 결정되었음. 비지는 4% 고형분 함량으로 하여 죽 제조 시 첨가되는 정제수의 25% 수준으로 대체하는 것이 가장 좋은 효과를 나타내었다.
- 인스턴트 죽 프리믹스 개발을 위해 쌀가루와 비지소재들을 혼합한 혼합물의 물리적 특성을 조사하였다. 쌀가루와 혼합할 비지소재는 120도에서 습열처리하여 제조된 건조비지분말이 적합하였다.

- 인스턴트 죽 프리믹스의 원료배합비율을 최적화하기 위해 혼합물 실험계획법과 반응표면분석법을 이용하여 최적화하였을 때, 인스턴트 죽 프리믹스를 위한 비지분말, 멥쌀가루, 찹쌀가루의 최적 배합비율은 36.0%, 11.0%, 53.0%이었으며, 비지분말을 30%로 고정하였을 때는 멥쌀가루와 찹쌀가루는 각각 16.0%와 54.0%로 혼합하는 것이 최적이었다.
- “생명콩죽” 제품을 개발하여 제품화하였다.
- 습열처리 비지 소재를 첨가하여 “검은콩죽”을 개발하여 제품화 및 산업화를 달성하였다. 개발된 “검은콩죽”은 개발된 비지 소재를 첨가함으로써 식이섬유를 강화되었다.

제2절. 비지의 가공적성 개선을 위한 열기계적 가공기술 개발

1. 연구방법

가. 재료

생비지는 안동농협더햇식품사업소(Andong, Gyeongsangbuk, Korea)에서 국내산 청자콩을 이용하여 두부 제조 시 발생한 비지를 스크류 착즙기로 1차 탈수한 것을 공급받아 사용하였다. 공급받은 비지의 수분함량은 80.5% 이었다. 본 연구에서 사용된 시약 및 용매들은 ACS 등급의 것을 사용하였다.

나. 건조비지분말 제조

공급받은 생비지는 48시간 동안 -45°C 의 냉동고(WSM-1300UC, Woosung Co., Cheonan, Chungcheongnam, Korea)에서 동결한 후 진공동결건조기(SFD-SM24, Samwon Industry, Seoul, Korea)를 이용하여 동결건조 비지를 제조하여 대조군으로 하였다. 또한 생비지는 농산물건조기(DY-110H, Daeyong E&B, Ansan, Gyeonggi, Korea)를 이용하여 80°C 에서 24시간 열풍건조하였다(무처리군). 건조된 비지 소재들은 100 mesh 선별체망이 설치된 해머식 중형분쇄기(MHK Trading Co., Bucheon, Gyeonggi, Korea)를 이용하여 분쇄하여 PET 시료병에 넣어 4°C 에서 보관하면서 사용하였다.

다. 탈지비지 및 탈단백비지 제조

(1) 탈지비지

열풍건조 비지분말(무처리군) 100 g (d.b)은 n-hexane 300 g과 혼합하여 상온에서 3시간 동안 교반하고 뷰크너칼때기를 이용하여 감압여과한 후 뷰크너칼때기 위의 비지에 새로운 n-hexane 100 g을 가하여 2차 감압여과하였다. 회수된 탈지비지의 n-hexane 잔류물을 제거하기 위하여 50°C 에서 24시간 동안 진공건조기(OV-11, Jeio Tech Co., Ltd., Daejeon, Korea)를 이용하여 건조하고 해머식 중형분쇄기를 이용하여 분쇄하여 PET 시료병에 넣어 4°C 에서 보관하면서 사용하였다.

(2) 탈단백비지

열풍건조 비지분말(무처리군) 40 g (d.b)은 1.0% (w/v) NaOH 용액 550 g과 혼합하여 상온에서 기계식 교반기를 이용하여 교반한 후 400 mesh 표준체망(No. 400, Cheonggye Co., Seoul, Korea)에 부어 비지를 회수하였다. 체망 위의 비지는 흐르는 물로 5분간 세척하고 비이커로 옮겨 탈이온수를 가하여 분산시킨 후 1 N HCl을 가하여 pH 7.0으로 조정하였다. 중화된 비지 분산물을 원심분리(2,500×g, 20 min)하여 비지와 상등액을 분리하고 탈이온수로 3회 세척하고 무수에탄올로 탈수하여 감압여과한 후 50°C에서 건조하여 탈단백비지를 제조하였다. 건조된 탈단백비지는 해머식 중형분쇄기를 이용하여 분쇄하여 PET 시료병에 넣어 4°C에서 보관하면서 사용하였다.

라. 건조비지분말의 열기계적 가공처리

(1) 쌍축압출성형기를 이용한 연속순환식 동적볶음처리

건조비지분말의 연속순환식 동적볶음 처리는 배럴개폐형 완전맛물림 동방향이축압출성형기(Incheon Machinery, Incheon, Korea)를 이용하여 수행하였다(Fig. 2-1). 공정변수는 스크류 속도(100-200 rpm), 배럴온도(130-170°C)와 건조비지분말의 수분함량(25-35%)로 하였다. 건조비지분말은 압출성형기의 호퍼를 통해 100 g/min의 속도로 압출성형기 안으로 투입되었으며, 동시에 목표수분함량에 따라 추가적인 수분이 공급되었다. 압출성형 시 사출구는 4 mm 지름의 원형다이(die)를 장착하였고, 사출된 비지 펠릿은 60°C에서 24시간 동안 건조한 후 100 mesh 선별체망이 설치된 해머식 중형분쇄기를 이용하여 분쇄하여 건조비지분말을 제조하였다.



Fig. 2-1. An extruder using for a continuously-circulating roasting process.

(2) 고압균질처리

건조비지분말은 미리 결정된 고형분 함량으로 증류수를 가하여 분산시킨 후 상압과 상온에서 회전식 균질기(Ultra-Turrax Model T-25D, IKA®Labortechnik, Staufen, Germany)를 이용하여 선균질(pre-homogenization) 처리(15,000 rpm, 5 min)하였다. 선균질된 비지분말-증류수 분산물은 고압균질기(M-110L Microfluidizer Processor, Microfluidic Corporation, Newton, ME, USA)를 이용하여 다양한 압력수준 및 고형분 함량에 따라 처리하였다. 고압균질처리 동안 시료의 온도는 25-30°C 수준으로 유지되었다. 고압균질처리된 비지 페이스트는 4°C 에서 보관하면서 물리적 특성분석에 사용하였다.

마. 처리된 비지소재들의 특성

(1) 일반성분

비지소재들의 수분함량은 130°C 의 적외선수분측정기(LP16, Mettler-Toledo AG, Greifensee, Switzerland)를 이용하여 정량하였다. 조단백질, 조지방, 조회분 함량은 AOAC법에 따라 각각 Kjeldahl법(질소계수 5.7), Soxhlet법과 건식회화법에 의해 정량하였다(AOAC, 2000). 탄수화물 함량은 건조시료 100 g 중 조단백질, 조지방 및 조회분 함량들을 차감하여 계산하였다.

(2) 식이섬유

처리된 비지 소재들의 식이섬유는 AOAC법(2000)에 따라 Total dietary fiber assay kit (Megazyme, Wicknow, Ireland)를 이용하여 정량하였다. 건조비지분말 1 g (d.b)을 뚜껑달린 시약병(500 mL)에 넣고 MES-Tris buffer(pH 8.2)를 40 mL를 가한 후 철저히 혼합하고 내열성 α -amylase 용액(50 μ L)를 첨가하여 끓는 물 수욕조(~96°C)에서 30분간 반응시켰다. 30분 반응 후에 반응혼합물의 온도를 60°C 의 수욕조에서 온도를 조정하고 protease 용액(100 μ L)을 가하여 60°C 에서 30분간 반응시켰다. 단백질 분해가 종결된 후 0.56 N HCl (5 mL)를 가하고 1 N HCl과 1 N NaOH를 이용하여 pH를 4.0-4.7 범위로 조정하고 amyloglucosidase 용액(300 μ L)를 첨가하여 60°C 에서 30분간 반응시켰다. 모든 효소반응이 종결된 후 반응혼합물은 celite를 포함하고 있는 fritted-glass filtered crucible을 이용하여 여과하고 분해잔류물을 포함하는 fritted-glass filtered crucible은 105°C 에서 항량을 구하였다(불용성 식이섬유 분획). 여과를 통해 얻어진 여액은 95% ethanol (240 mL)를 가하여 상온에서 1시간 방치한 후 celite를 포함하고 있는 fritted-glass filtered crucible을 통과시켜 침전물을 회수하고 75% ethanol (30 mL), 95% ethanol (10 mL)과 acetone (10 mL)을 연속적으로 통과시켜 침전물을 세척한 후 105°C 에서 건조시켜 항량을 구하였다(수용성 식이섬유 분획). 항량을 구한 불용성 및 수용성 식이섬유 분획들의 단백질과 회분함량을 Kjeldahl법과 건식회화법을 이용하여 정량하였다. 총 식이섬유는 불용성 및 식이섬유 분획들의 항량의 합에서 그들의 단백질과 회분함량을 차감하여 계산하였다.

(3) 입도분포

처리된 비지소재들의 입도분포는 Mastersizer 2000 입도분석기(Malvern, England)를 이용하여 분석하였다. 시료 0.5 g은 95% ethanol (500 mL)에서 20분간 분산시켜 분산물 1 mL를 취하여 95% ethanol (500 mL)에 가하여 입도분석기로 주입하여 비지소재들의 입도분포를 조사하였다. 건조비지분말의 입도분석은 3회 반복 측정하였다.

(4) 수분흡수지수(water absorption index, WAI) 및 수분용해지수(water solubility index, WSI)

건조비지분말(0.5 g, d.b; S)을 50 mL 원심분리관 안에 직접 칭량한 후 증류수 25 mL를 가하고 wrist-action shaker (600 strokes/min; Ingenieurbüro CAT M. Zipperer GmbH, Wettelbrunner, Ballrechten-Dottingen, Germany)를 이용하여 상온(~24°C)에서 30분간 진탕하였다. 30분 후 비지 분산물은 항량을 측정된 fritted-glass filtered crucible (W_1)위에서 감압여과하였고, 여액이 배출되지 않을 때부터 10분간 추가로 감압여과 조작을 수행한 후 무게(W_2)를 측정하였다. 수분용해지수를 위해 회수된 여액은 100 mL 정용플라스크로 옮기고 탈이온수를 가하여 정용한 후 10 mL를 취하여 항량을 측정된 수분측정용 알루미늄 디쉬에 넣고 105°C에서 항량에 도달할 때까지 건조하여 회석된 여액의 고형분의 무게(W_3)를 측정하였다. 수분흡수지수와 수분용해지수는 다음 식에 의해 계산되었다(Lee et al., 2014).

$$WAI (g/g) = \frac{W_2 - W_1}{S - (W_3 \times 10)}$$

$$WSI (\%) = \frac{W_3 \times 10}{S} \times 100$$

여기서 10은 회석된 여액 100 mL 내의 총 고형분의 무게를 계산하기 위해 사용되었다.

(5) 유지흡착지수(OAI, oil adsorption index)

건조비지분말(0.5 g, d.b; S)을 50 mL conical centrifuge tube 안에 직접 칭량하고 대두유 25 g을 가하여 vortexing mixer로 분산시켰다. 분산용액을 포함하는 conical centrifuge tube는 wrist-action shaker를 이용하여 상온(~24°C)에서 30분간 진탕시킨 후 항량을 측정된 fritted-glass filtered crucible (W_1) 위에서 감압여과시켰다. Glass filter와 crucible 표면의 과도한 유지를 제거하기 위해 여과되는 유지가 더 이상 관찰되지 않을 때부터 10분간 추가로 감압여과조작을 수행하고 그 무게(W_2)를 측정하였다. 유지흡착지수는 아래 식에 의해 계산되었다.

$$OAI (g/g) = \frac{W_2 - W_1}{S}$$

(6) 가용성 단백질 및 탄수화물 함량(상온)

건조비지분말(0.5 g)과 증류수(200 mL)를 혼합하여 상온에서 45분간 교반한 후 1 N HCl과 1 N NaOH를 이용하여 건조비지분말 분산액의 pH를 7.0으로 조정하고 20분간 추가로 교반하였다. 교반 후 모든 혼합물들은 250 mL 정용플라스크로 옮기고 증류수를 가해 250 mL로 정용하여 5분간 교반한 후 불용성 성분들이 침전하도록 10분간 정치하였다. 250 mL로 희석된 용액 40 mL를 취해 50 mL 원심분리관으로 옮기고 1,500×g에서 15분간 원심분리한 후 상등액의 단백질과 총당함량을 각각 Lowry법(Lowry et al., 1951)과 페놀-황산법(Dubois et al., 1956)을 이용하여 정량하고 건조비지분말 원시료의 단백질분획과 탄수화물분획의 무게에 대한 중량비로 나타내었다.

(7) 팽윤력과 용해도

건조비지분말 시료(0.5 g, d.b; S)를 50 mL conical centrifuge tube 안에 직접 칭량하고 증류수 25 g을 가하여 vortexing mixer로 분산시켜 85°C의 수욕조에서 30분간 가열한 후 찬물 수욕조에서 20분간 냉각하였다. 이를 원심분리(2,500×g, 20분)하여 상등액은 100 mL 정용플라스크로 옮겨 증류수를 가하여 정용하였다. 정용한 상등액 10 mL을 알루미늄 디쉬에 넣고 105°C에서 항량이 될 때까지 건조하여 무게를 측정하여 가용성 고형분함량을 구하고 이를 초기 비지 시료의 건조중량에 대한 백분비율로 용해도를 계산하였다. 침전물은 무게를 측정하여 아래의 식에 의해 팽윤력을 계산하였다.

$$\text{용해도}(\%) = \frac{\text{회수된 상등액 내의 총 고형분의 중량}(g)}{\text{초기 건조비지분말의 중량}(g)} \times 100$$

$$\text{팽윤력}(g/g) = \frac{\text{침전물의 무게}(g)}{\text{초기 비지의 건조중량}(g, d.b) \times \left(1 - \frac{\text{가용성 고형분 함량}(\%)}{100}\right)}$$

(8) 가용성 탄수화물과 가용성 단백질 함량

팽윤력과 용해도 분석 중 회수되어 희석된 상등액 내의 가용성 단백질 및 가용성 탄수화물 함량은 각각 Lowry법(Lowry et al., 1951)과 페놀-황산법(Dubois et al., 1956)을 이용하여 정량하고 건조비지분말 원시료의 단백질분획과 탄수화물분획의 무게에 대한 중량비로 나타내었다.

(9) 색도

비지분말 시료들의 색 특성은 색차계(CR-300D, Minolta Co. Ltd., Osaka, Japan)를 사용하여 Hunter's color system 하에서 측정하였다. 각 색의 값은 명도(L ; lightness/darkness), 적색도(a ; redness/greenness) 및 황색도(b , yellowness/blueness)로 나타내었다. 이때 사용한 색차계의 표준 백판의 값은 L 98.07, a -0.18, b 1.57이었다. 각 처리군의 대조군에 대한 처리군의 총 색차 (ΔE)는 다음의 식으로 계산하였다.

$$\Delta E = \sqrt{(L_0 - L)^2 + (a_0 - a)^2 + (b_0 - b)^2}$$

(10) 비지분산물의 점도측정

비지분산물의 수화속도 또는 팽윤정도는 신속점도분석기(RVA-3D, Newport Scientific, NSW, Australia)를 이용하여 점도의 변화에 온도, 시간, 가열속도에 대한 영향을 조사하였다. 온도 및 시간에 따른 비지소재들의 수화 및 팽윤 정도는 30, 45, 60, 75, 90도로 15분간 일정한 속도(160 rpm)로 전단력을 가하면서 비지소재 분산물들의 점도변화를 측정하였다. 가열속도에 대한 영향은 비지분산물들을 일정한 속도(160 rpm)로 전단력을 가하면서 30도에서 90도까지 4°C/min, 8°C/min, 12°C/min의 가열하면서 점도의 변화량을 측정하였다. 이때 비지소재 분산물들의 균일한 혼합과 최종 점도발달의 정도를 평가하기 위해 각각 30°C에서 2분 동안, 90°C에서 2분 동안 유지하였다. 비지분산물들의 점도변화를 조사하기 위한 분석시료의 고형분 함량은 10% (w/w)로 하였으며, 탈단백비지소재의 경우에는 5% (w/w)로 하였다.

(11) 제타전위차

고압균질처리된 비지소재들의 분산안정성은 제타전위차를 이용하여 결정하였다. 처리된 비지 시료를 희석배수 1000배가 되도록 증류수와 혼합하여 희석한 후 Zeta sizer nano NS (Malvern instruments Ltd. Worcestershire, UK)를 이용하여 제타전위차를 측정하였다. 전기장은 자동으로 설정한 후 희석한 비지 시료 0.8 mL를 제타전위차 전용 큐벳에 넣어 3회 측정하여 평균값으로 나타내었다.

(12) 걸보기 점도 및 유동특성 측정

고압균질처리된 비지소재들의 걸보기점도는 small sampler adaptor가 장착되었거나 장착되지 않은 Brookfield 회전점도계를 이용하여 4°C 또는 25°C에서 측정하였다. 이때 사용한 spindle은 No. 4, 6, 18, 31과 같이 분석시료의 상태에 맞게 선택하여 사용하였다. Spindle의 회전속도에 따라 걸보기점도를 직접 측정하거나 spindle의 회전속도에 따른 %spring torque값을 읽어 Power Law Model에 의해 점조도지수(K), 유동지수(n)와 걸보기점도(100 s⁻¹)를, Herschel-Bulkely model에 의해 항복응력, 점조도지수(K), 유동지수(n)와 걸보기점도(100 s⁻¹)를 계산하였다.

(13) 동적 점탄 특성

고압균질처리된 비지소재들의 일정량은 dynamic rheometer (DHR1; TA Instruments, New Castle, DE, USA)의 peltier에 놓고 5분 동안 비지소재들의 온도를 25°C로 조정하였다. Plate-plate system (diameter 40 mm, gap 1,000 또는 500 μm)을 이용하여 1% strain (선행된 strain sweep test로부터 결정된 선형 점탄성 영역)에서 0.1-10 rad/s의 진동수 범위에서 frequency sweep test를 수행하였다. 시험 중 비지시료로부터의 수분손실은 solvent trap module을 이용하여 방지하였다. 저장탄성률(storage modulus, G'), 손실탄성률(loss modulus, G'')과 $\tan \delta$ 를 Rheology Advantage Data Analysis Software (version 5.7.1, TA Instruments, New Castle, DE, USA)로부터 얻었다.

(14) 보수력(water holding capacity; WHC)

고압균질처리된 비지시료들을 알루미늄디쉬에 약 2-3 g을 칭량하고, 이를 105°C에서 항량이 될 때까지 건조하여 항량을 결정한 후 다음의 계산식을 이용하여 보수력을 계산하였다.

$$WHC(\%) = \frac{W_1 - W_2}{W_2} \times 100$$

여기서 W_1 의 고압균질처리된 비지시료의 무게(g), W_2 은 고압균질처리된 비지시료의 건조항량(g, d.b)이다.

(15) 이수율(syneresis)

고압균질처리된 비지시료들의 이수율은 시료 10 g을 50 mL 원심분리관에 넣어 밀봉하고 4°C에서 저장하면서 0, 3, 6, 9일에 저장시료를 취하여 2,000g에서 20분간 원심분리한 후 상등액을 제거하고 무게를 측정하였다. 이수율은 아래 식에 의해 계산되었다.

$$Syneresis(\%) = 100 - \left[\frac{W_1}{W_0} \times 100 \right]$$

여기서 W_0 은 고압균질처리된 비지시료의 초기 무게(g), W_1 은 고압균질처리된 비지시료의 원심분리 후 상등액을 제거한 무게(g)이다.

바. 통계처리

모든 비지시료들은 적어도 3회 반복하여 처리조건별로 처리하였으며, 처리군들의 특성은 처리군당 적어도 3회 반복 측정하였다. 측정된 특성치들은 one-way ANOVA 분석을 수행하여, 평균±표준편차로 나타내었으며, 평균값들 사이의 통계적 유의성은 95% 신뢰수준에서 Tukey's HSD test를 이용하여 분석하였다. 모든 통계적 계산과 분석은 Minitab 16 (Minitab Inc., State College, PA, USA)에 의해 수행되었다.

2. 연구결과

가. 건조비지분말의 입도분포에 따른 특성

건조비지분말의 물리적 특성에 대한 건조비지분말의 입도의 영향을 조사하기 위해 80°C에서 열풍건조된 건조비지를 다른 크기의 선별체망이 설치된 해머식 분쇄기를 이용하여 3가지의 입도가 다른 건조비지분말을 제조하였다. 제조된 건조비지분말의 입도분포는 Fig. 2-2에 나타내었다. 건조비지분말들의 입도분포는 80 mesh 처리군에 있어 0.4-524.8 μm , 100 mesh 처리군은 0.4-436.5 μm , 120 mesh 처리군은 0.4-302.0 μm 의 범위를 나타내었으며, 이들의 평균입자크기는 각각 113.0 μm , 58.1 μm , 36.9 μm 이었다. 예상했던 것과 같이 선별체망 공극의 크기가 작아질수록 건조비지분말의 입도분포는 좁아졌으며, 평균입자크기는 작아졌다.

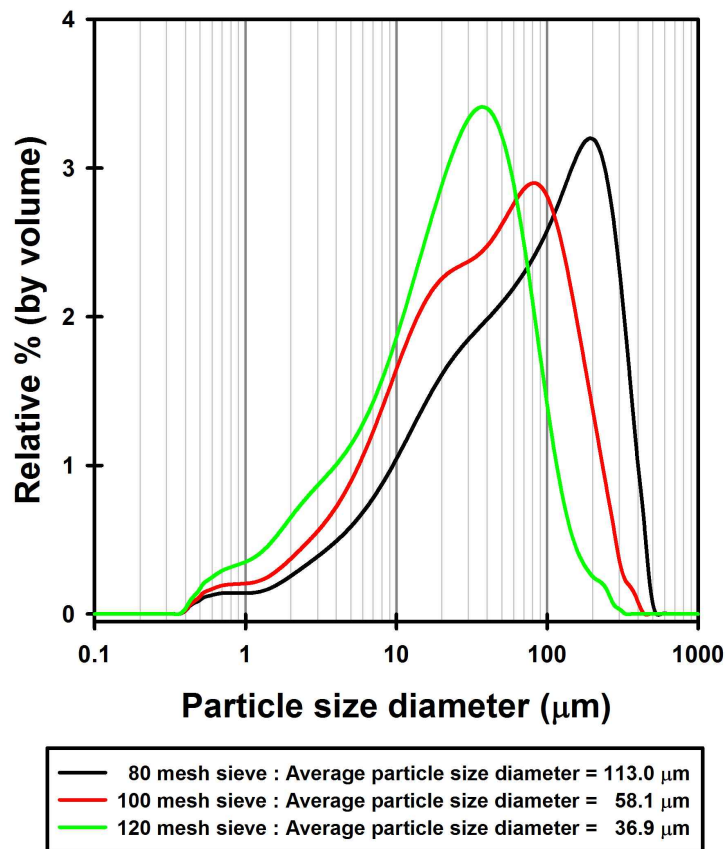


Fig. 2-2. Particle size distributions and average particle sizes of dried biji powders.

제조된 건조비지분말의 일반성분과 식이섬유 함량들에 대한 건조비지분말 입도분포의 영향을 조사하여 Table 2-1에 나타내었다. 80, 100 및 120 mesh 처리군들의 조단백질은 18.9-20.2%의 범위에 있었으며, 처리군들 사이에서 유의적인 차이를 보이지 않았으나 건조비지분말의 입도가 작아질수록 조단백질 함량이 감소하는 경향을 나타내었다. 처리군들의 조지방 및 조회분 함량은 각각 10.4-10.7%와 3.6-3.8%의 범위에 있었으며, 처리군들 사이에서 통계적으로 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 탄수화물 함량은 각 처리군들의 조단백질, 조지방, 조회분 함량의 차이에 따른 결과로 65.5-67.1%의 범위에 있었고, 건조비지분말의 입도가 작아질수록 탄수화물 함량이 증가하는 경향을 나타내었다. 한편 식이섬유 함량은 59.0-62.6%의 범위에 있었으며 120 mesh 처리군들이 가장 낮은 식이섬유 함량을 나타내었으나, 처리군들 사이에서 통계적으로 유의적인 차이를 보이지 않았다.

Table 2-1. Mean¹⁾ values of proximate composition and total dietary fiber content of dried biji powders with different particle size distributions

Sieve size (mesh)	Proximate compositions (% , d.b)				Dietary fiber (%, d.b)
	Crude protein	Crude fat	Crude ash	Carbohydrate ²⁾	
80	20.2±0.1 ^a	10.5±0.2 ^a	3.8±0.1 ^a	65.5±0.3 ^b	61.7±0.5 ^a
100	19.9±1.0 ^a	10.7±0.0 ^a	3.7±0.2 ^a	65.7±0.1 ^a	62.6±0.3 ^a
120	18.9±0.9 ^{ab}	10.4±0.4 ^a	3.6±0.1 ^a	67.1±0.3 ^a	59.0±1.3 ^a

¹⁾Mean values of three replicate measurements; values with the same lowercase letters within columns are not significantly different at $p < 0.05$.

²⁾100-(crude protein + crude fat + crude ash)

입도를 달리한 건조비지분말들의 수분흡수지수(water absorption index)와 수분용해지수(water solubility index)를 측정하여 Fig. 2-3에 나타내었다. 건조비지분말의 입도가 증가할수록 수분흡수지수는 3.9 g/g에서 5.1 g/g으로 증가하는 경향을 나타내었다. 그러나 100 mesh와 120 mesh 처리군들 사이에서는 통계적으로 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 수분용해지수는 건조비지분말의 입도가 작아지면서 0.7%에서 1.2%로 증가하는 경향을 나타내었으며, 처리군들 사이에서 유의적인 차이를 보이지 않았으나, 80 mesh 처리군과 120 mesh 처리군 사이에서는 유의적인 차이가 관찰되었다. 이러한 결과들을 종합할 때, 건조비지분말의 입도는 작을수록 수화(hydration)가 용이하고, 좀더 물에 잘 녹는 것으로 판단된다. 그러나 가공식품에 적용하기에는 여전히 적절치 않은 수준의 수분흡수지수와 수분용해지수를 나타내는 것으로 판단된다.

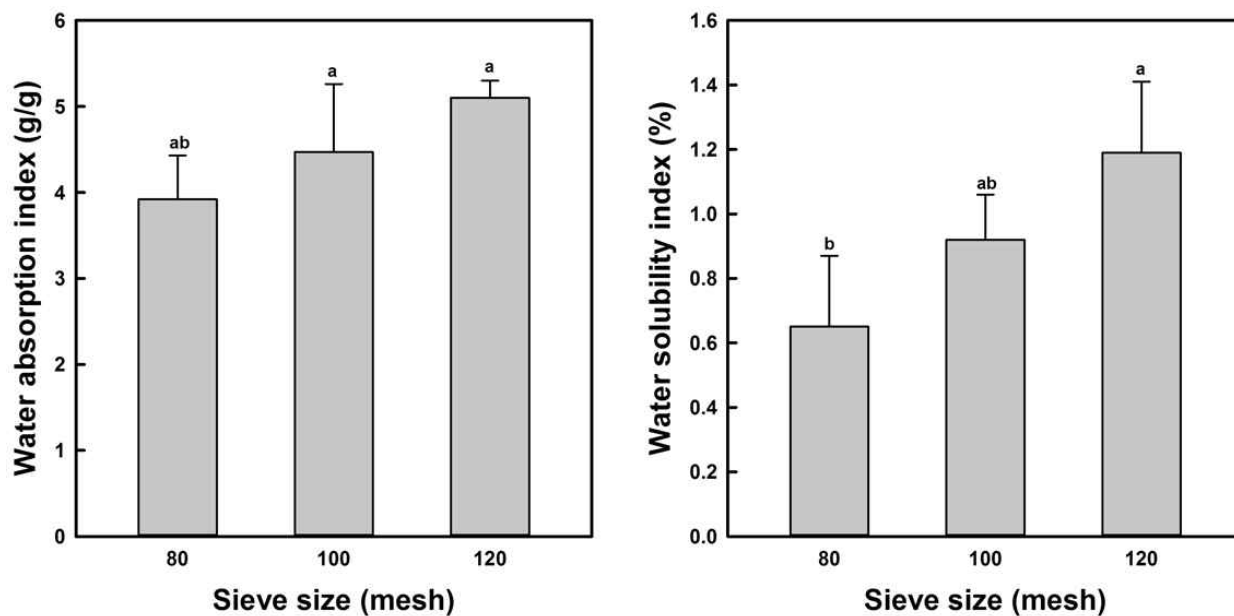


Fig. 2-3. Water absorption index and water solubility index of dried biji powders with different particle size distributions. Bars sharing the same lowercase letters are not significantly different at $p < 0.05$.

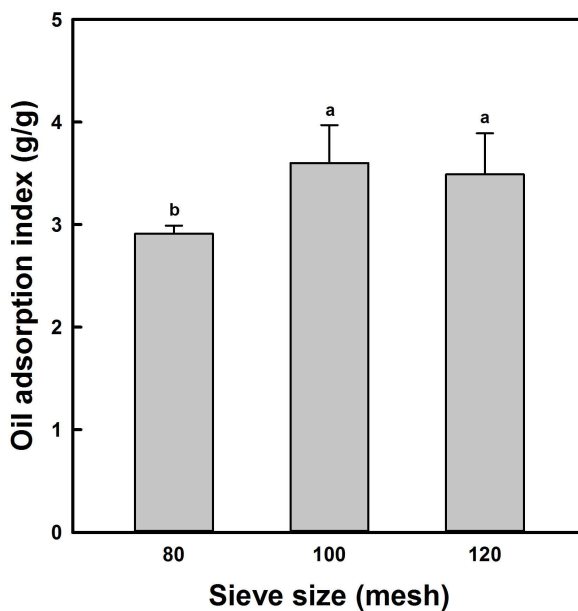


Fig. 2-4. Oil adsorption index of dried biji powders with different particle size distributions. Bars sharing the same lowercase letters are not significantly different at $p < 0.05$.

입도를 달리하여 제조된 건조비지분말들의 유지흡착지수를 측정하여 Fig. 2-4에 나타내었다. 본 연구에서 건조비지분말의 죽 제품의 원료로 사용할 때, 유지를 흡착하여 유지하는 능력이 요구된다. 건조비지분말의 유지 흡착력이 낮으면, 최종 죽 제품의 표면에 기름 방울들이 떠 있게 되어 관능적으로 좋지 못한 효과를 나타낼 수 있기 때문이다. 그러나 본 연구의 결과에 의하면 건조비지분말의 입도가 작아질수록 유지흡착지수는 증가하는 경향을 나타내었고, 100 mesh와 120 mesh 처리군들 사이에서는 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 또한 유의적인 차이를 나타낸 80 mesh 처리군과 100 mesh 처리군들 사이의 유지흡착지수의 차이는 0.7 g/g이었고, 이와 같은 미미한 차이는 단백질 함량이 처리군들 사이에서 유의적인 차이를 나타내지 않았기 때문으로 생각된다. 그래서 이후의 건조비지분말 및 다양하게 처리된 건조비지분말의 물리적 특성 분석항목에서 유지흡착지수는 제외하였다.

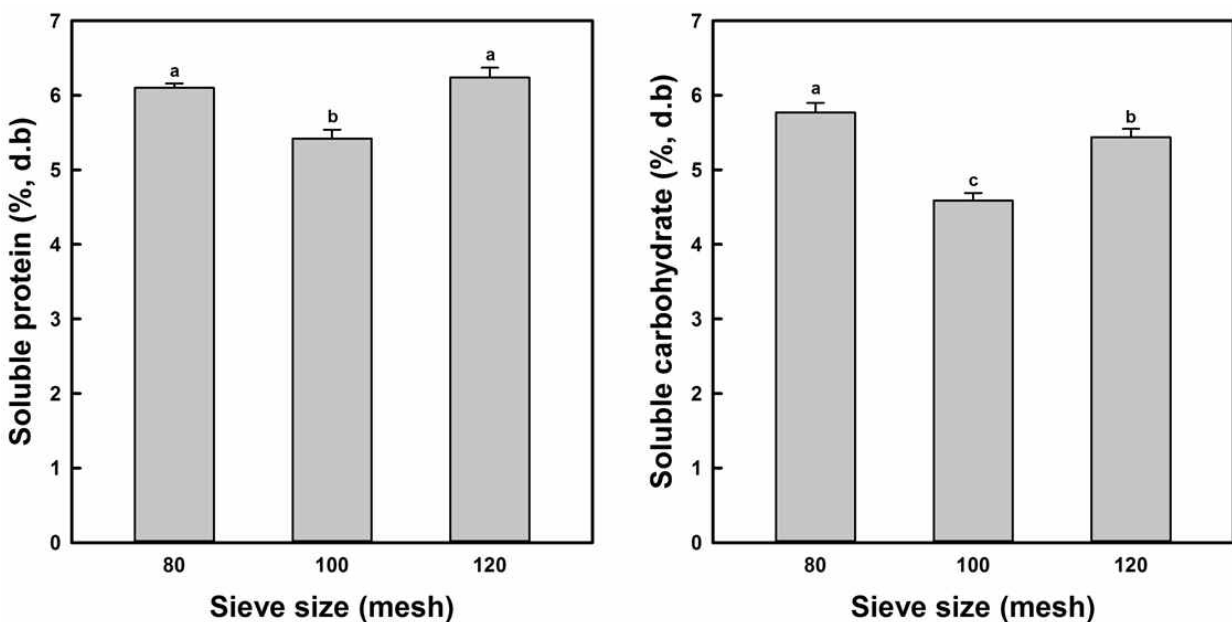


Fig. 2-5. Soluble protein and carbohydrate contents (measured at an ambient temperature) of dried biji powders with different particle size distributions. Bars sharing the same lowercase letters are not significantly different at $p < 0.05$.

입도를 달리한 건조비지분말의 상온에서의 단백질 및 탄수화물 성분들의 가용성을 각각 가용성 단백질 및 가용성 탄수화물 함량으로 하여 분석하여 Fig. 2-5에 제시하였다. 가용성 단백질 함량에 있어 100 mesh 처리군이 80 mesh와 120 mesh 처리군들에 비해 유의적으로 낮은 수준을 나타내었고, 80 mesh 처리군과 120 mesh 처리군들 사이에는 통계적으로 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 한편 건조비지분말의 가용성 탄수화물 함량은 처리군들 사이에서 통계적으로 유의적인 차이를 나타내었고, 80 mesh 처리군 > 120 mesh 처리군 > 100 mesh 처리군의 순서로 가용성 탄수화물 함량이 증가하는 양상을 나타내었다. 그러나 가용성 단백질과 가용성 탄수화물의 최대 함량은 건조비지분말의 건조중량 대비 각각 6.2%와 5.8%로, 건조비지분말의 단백질 및 탄수화물 함량(Table 2-1)에 비하면 극히 적은 수준이었다. 따라서 건조비지분말의 단백질과 탄수화물은 불용화도가 상당히 높은 것을 확인하였다.

전반적인 결과를 종합하여 볼 때, 건조비지분말의 식품소제화, 특히 죽 제품에 적용하기 위해서는 건조비지분말의 입도가 작을수록 수화율, 용해도 및 관능적인 측면에서 적합할 것으로 판단된다. 따라서 이후의 연구는 건조비지를 120 mesh 선별체망을 장착한 해머식 분쇄기로 분쇄한 건조비지분말을 본 연구의 원료로 사용하였다.

나. 건조비지분말의 물리적 특성에 대한 단백질, 지질과 식이섬유 함량의 영향

(1) 비지소재들의 일반성분과 식이섬유 함량

진공동결건조에 의한 비지(대조군), 열풍건조에 의한 비지(무처리군), 열풍건조비지에 대해 각각 탈지와 탈단백 처리된 탈지비지와 탈단백비지의 일반성분과 총 식이섬유 함량들을 조사하여 Table 2-2에 나타내었다. 대조군과 무처리군들은 18.9~19.9% 조단백질, 10.4~10.7% 조지방, 3.7~3.9% 조회분과 65.8~66.8% 탄수화물 함량을 나타내었으며, 대조군과 무처리군들 사이에서 일반성분에 대한 유의적인 차이는 관찰되지 않았다(Table 2-2). 총 식이섬유 함량은 대조군(61.2%)이 무처리군(60.3%)보다 유의적으로 높은 수준이었으나 그 차이는 미미하였다(Table 2-2). 대조군과 무처리군들의 일반성분과 총 식이섬유 함량들은 선행된 연구들에서 보고된 두부 제조 시 배출된 비지의 것들과 유사한 수준이었다(Lee et al., 1992; Lee et al., 2014). 탈지비지는 17.8% 조단백질, 0.2% 조지방, 4.4% 조회분, 77.6% 탄수화물과 73.2% 총 식이섬유 함량을 보유하고, 조단백질 함량은 대조군과 무처리군들의 것보다 유의적인 차이를 보이지 않았다(Table 2-2). 그러나 조회분, 탄수화물과 총 식이섬유함량은 대조군과 무처리군들의 것보다 유의적으로 높았고, 이는 무처리군으로부터 지방 성분의 제거로 상대적으로 증가하였기 때문이다(Table 2-2).

Table 2-2. Mean¹⁾ values for proximate compositions and total dietary fiber of native, defatted, and deproteinated biji powders

Biji powder	Proximate composition (% , d.b)				Total dietary fiber (% , d.b)
	Crude protein	Crude fat	Crude ash	Carbohydrate	
Control ²⁾	19.9±1.0 ^a	10.7±0.0 ^a	3.7±0.0 ^b	65.8±1.0 ^c	61.2±0.5 ^c
Untreated	18.9±0.5 ^a	10.4±0.4 ^a	3.9±0.0 ^b	66.8±0.2 ^c	60.3±0.3 ^d
Defatted	17.8±0.7 ^{ab}	0.2±0.0 ^c	4.4±0.1 ^a	77.6±0.1 ^b	73.2±1.6 ^b
Deproteinated	0.9±0.0 ^c	0.6±0.1 ^b	3.8±0.1 ^b	94.7±0.1 ^a	93.8±0.6 ^a

¹⁾Mean values of three replicate measurements; Values sharing the same uppercase letters are not significantly different at $p < 0.05$.

²⁾Freeze-dried biji powder.

탈단백비지는 0.9% 조단백질, 0.6% 조지방, 3.8% 조회분, 94.7% 탄수화물과 93.8% 총 식이 섬유 함량들을 나타내었다(Table 2-2). 탈단백비지에 있어 탄수화물과 총 식이섬유 함량이 증가한 것은 조단백질과 조지방의 감소로 인한 상대적인 결과이다. 따라서 본 연구의 탈단백비지는 단백질과 지방질이 모두 제거되어 탄수화물 고분자가 주성분인 비지 식이섬유라 할 수 있다. 한편 NaOH 용액을 이용하여 비지의 단백질을 제거하는 처리는 비지의 지방도 함께 제거하였는데(Table 2-2), 이는 단백질 추출용매인 NaOH와 비지의 지방성분들(중성지방, 자유지방산 등) 사이에 탈에스테르화 반응과 비누화 반응(saponification)이 일어나 탈단백비지를 세척하는 동안 제거되었기 때문이다. 그럼에도 본 연구에서 비지의 단백질을 제거하기 위해 NaOH 용액을 사용한 것은 식품첨가물 등급의 단백질분해효소를 최적 반응 조건에서 16시간 동안 비지를 처리한 경우 12.1%의 조단백질이 잔류하였고, 반응시간을 24시간까지 연장하여도 10% 이상의 조단백질 함량이 여전히 존재하여 건조비지분말의 물리적 특성에 대한 단백질의 영향을 명확히 조사할 수 없었기 때문이다.

(2) 비지소재들의 수분흡수지수와 수분용해지수

건조비지분말들의 수분흡수지수와 수분용해지수를 분석하여 Fig. 2-6에 나타내었다. 수분흡수지수는 대조군 8.1 g/g, 무처리군 5.6 g/g, 탈지비지 6.8 g/g, 탈단백비지 13.3 g/g이었고, 처리군들 사이에서 유의적인 차이를 나타내었다(Fig. 2-6A). 무처리군의 수분흡수지수는 Lee et al. (2014)이 보고한 건조비지분말의 것(3.9 g/g)보다 높은 수준을 나타내었고, 이러한 차이는 건조비지분말의 입도의 차이 때문인 것 같다. Guillon and Champ (2000)은 식물 유래 식이섬유의 입도가 작아질수록 수분흡수율이 증가한다고 보고하였다. 따라서 Lee et al. (2014)이 사용한 건조비지분말(<40 mesh)보다 작은 입도 분포를 가지는 본 연구의 무처리군(<100 mesh)의 수분흡수지수가 높은 수준을 나타낸 것으로 생각된다. 한편 대조군과 무처리군은 일반성분들에 있어 유의적인 차이가 없으며 총 식이섬유 함량에 있어서도 미미한 차이만 있지만(Table 2-2), 수분흡수지수는 대조군에 비해 무처리군이 유의적으로 낮았다(Fig. 2-6A). 곡물, 두류, 채소류 가루들의 수분흡수력이나 수분보유력은 이들의 고분자 성분들(전분, 비전분성 탄수화물 고분자와 단백질 등)의 구조, 조성 및 함량 등에 영향을 받는다고 알려져 있다(Guillon & Champ, 2000; Kweon et al., 2011; Ullah et al., 2018). 그래서 대조군과 무처리군 사이의 수분흡수지수 차이는 건조 중 투입된 열에 의한 이들 단백질의 구조적인 변화의 차이 때문인 것으로 생각된다. Hashizume and Watanabe (1979)는 대두단백질 용액에 대한 열처리 온도의 증가는 이황화결합(disulfide bond)의 형성을 용이하게 하여 대두단백질의 응집이 촉진된다고 보고하였고, 이는 60~70°C 범위에서 급격히 발생한다고 하였다. 따라서 본 연구에서 동결건공건조된 대조군에 비해 80°C에서 열풍건조된 무처리군은 높은 빈도로 형성된 이황화결합에 의해 가교된 단백질 매트릭스를 함유하기 때문에 수분을 흡수하여 보유하는 능력이 적은 것으로 생각된다. 또한 무처리군으로부터 제조된 탈지비지는 무처리군의 조단백질 함량과 유의적인 차이가 없으나(Table 2-2) 수분흡수지수는 유의적으로 높은 수준을 나타내었다(Fig. 2-6A). 이것은 비지 조직의 전반에 걸쳐 분포하는 지질 성분들(Preece et al., 2015)이 탈지 과정에 의해 비지에서 제거되어 수분의 흡수가 용이 해졌을 뿐만 아니라 상대적으로 식이섬유 함량이 증가했기 때문으로 생각된다.

Ullah et al. (2018)은 비지의 불용성 식이섬유 함량의 증가는 비지의 수분보유력과 팽윤력을 증가시킨다고 보고하였다. 그럼에도 대조군에 비해 탈지비지가 낮은 수분흡수지수를 보이는 것은 이황화결합에 의해 가교된 단백질 매트릭스를 탈지비지가 여전히 함유하고 있기 때문인 것 같다. 마지막으로 탈단백비지는 다른 비지 소재들에 비해 월등히 높은 수분흡수지수를 나타내었는데(Fig. 2-6A), 탈단백비지는 수분흡수지수를 낮추는 조단백질과 조지방을 거의 함유하지 않고 대부분 식이섬유로 구성되어 있기 때문이다(Ullah et al., 2018). 이상의 결과를 종합하면 비지의 단백질이 이황화결합에 의해 가교되는 정도가 낮을수록, 지질 성분이 적을수록 건조비지분말의 수분흡수지수가 향상되는 것 같다.

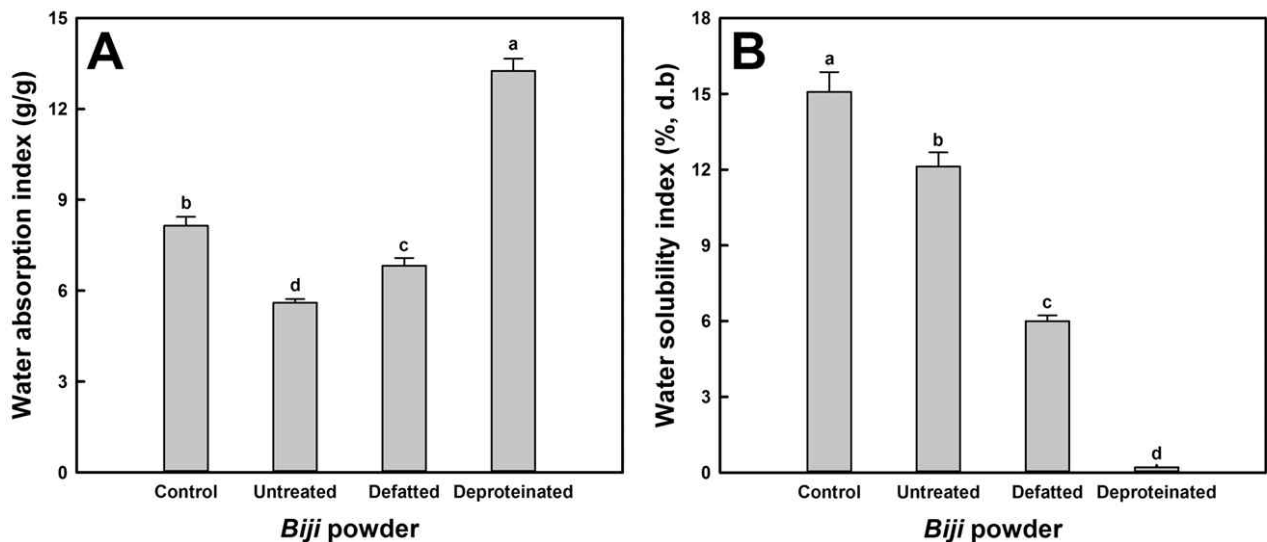


Fig. 2-6. Water absorption index (WAD) and water solubility index (WSI) of control (freeze-dried), untreated (hot-air dried), defatted, and deproteinated biji powders. Bars sharing the same lowercase letters are not significantly different at $p < 0.05$.

건조비지분말들의 수분용해지수는 Fig. 2-6B에 제시하였다. 수분용해지수는 대조군이 15.1%, 무처리군이 12.1%, 탈지비지가 6.0%, 탈단백비지가 0.2%를 나타내었으며, 처리군들 사이에 유의적인 차이를 나타내었다(Fig. 2-6B). 대두가공부산물 및 대두 유래 소재(단백질과 식이섬유)들의 수분용해지수나 용해도는 이들이 함유하고 있는 가용성 탄수화물과 단백질의 함량에 영향을 받는다고 보고한 기존 연구들(Chan & Ma, 1999; Ma et al., 1997; Ullah et al., 2018)에 따르면, 본 연구에서 제시된 수분용해지수는 건조비지분말들로부터 상온의 물에 용해되어 용출된 가용성 탄수화물(가용성 식이섬유 포함)과 단백질의 총량을 반영하는 것이라 할 수 있다. 그래서 본 연구와 유사한 비지를 사용한 Lee et al. (2014)이 보고한 총 식이섬유에 대한 가용성 식이섬유의 비율(약 3.8%)를 적용하고, 본 연구의 총 탄수화물과 총 식이섬유 함량의 차를 가용성 탄수화물로 가정하면, 대조군, 무처리군과 탈지비지의 가용성 탄수화물 함량은 각각 약 6.9, 8.8과 7.2%를 나타내고, 처리군들 사이에서 큰 차이를 나타내지 않았다. 따라서 본 연구에서 관찰된 수분용해지수의 차이는 처리군들의 가용성 단백질 함량의 차이에 의해 주로 영향 받는 것으로 생각되며, 대조군, 무처리군과 탈지비지의 순서로 가용성 단백질 함량이 증가하는 것으로 예상된다.

이와 같이 예측된 현상은 대조군에 비해 무처리군은 80℃에서 건조되었고, 탈지비지는 80℃에서 건조된 무처리군으로부터 탈지 후 50℃에서 추가로 진공건조되었기 때문에 대조군, 무처리군, 탈지비지의 순서로 이황화결합에 의한 단백질 분자들 사이의 가교가 높은 빈도로 일어나 단백질의 가용성이 저하되었기 때문으로 생각된다. 탈단백비지의 경우 수분흡수지수가 거의 측정되지 않았는데 이는 수산화나트륨 용액을 이용하여 단백질을 제거하고 물로 세척하는 과정에서 가용성 성분들이 모두 제거되었기 때문이다.

(3) 비지소재들의 팽윤력과 용해도

건조비지분말 소재들의 팽윤력과 용해도를 85℃에서 측정하여 Fig. 2-7에 나타내었다. 팽윤력은 대조군이 9.3 g/g, 무처리군이 6.5 g/g, 탈지비지가 7.0 g/g, 탈단백비지가 15.2 g/g이었으며, 처리군들 사이에서 유의적인 차이를 나타내었고(Fig. 2-7A), 수분흡수지수에서 관찰된 양상(Fig. 2-6A)과 동일 하였다. 따라서 이러한 현상은 수분흡수지수에서 설명한 것과 같이 건조비지분말들의 단백질 분자들이 이황화결합에 의해 가교된 단백질 매트릭스로 존재하기 때문인 것으로 생각된다(Hashizume & Watanabe, 1979). 한편 팽윤력은 85℃에서, 수분흡수지수는 상온(~24℃)에서 측정되었음에도 주어진 건조비지분말들에 있어 수분흡수지수와 팽윤력의 차이는 미미한 수준이었다. 이는 건조비지분말 내의 가교된 단백질 매트릭스가 비지가 수화되면서 부피가 증가되는 것을 제한한다는 것을 암시하는 것 같다. 또한 비지의 팽윤력이 증가하기 위해서는 흡수된 물을 보유할 수 있는 공간, 예를 들어 손상되지 않은 자엽(cotyledon) 세포층이 필요한데, 본 연구에서는 비지의 건조와 분쇄를 통해 분말로 제조하면서 자엽 세포층들이 파괴되어(Preece et al., 2015) 흡수된 물을 비지 조직 내에 보유할 수 없었기 때문일 수 있다.

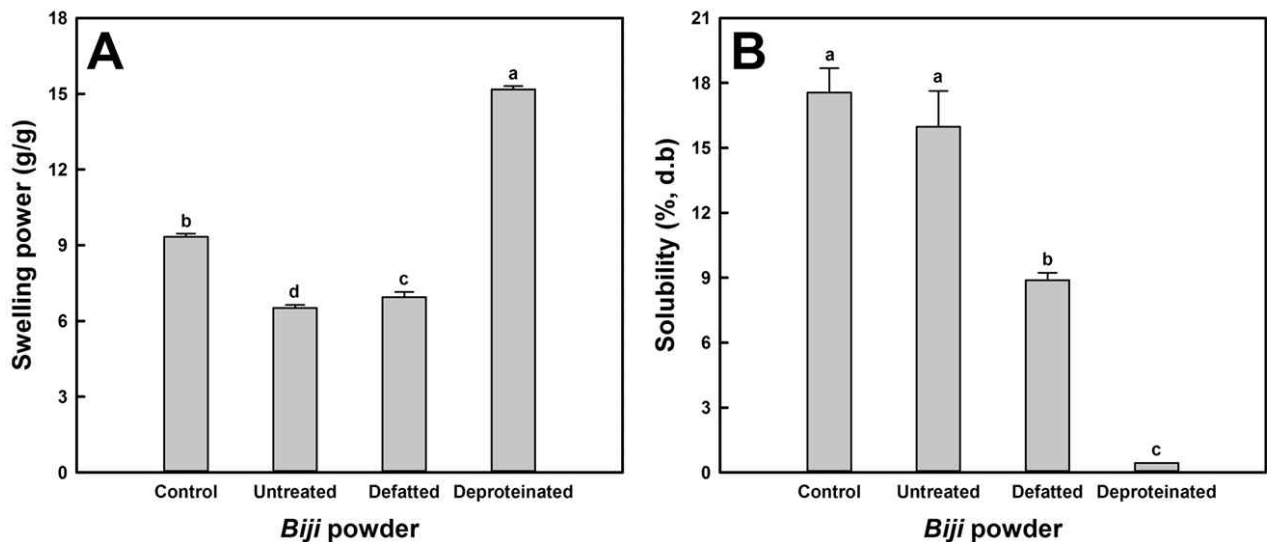


Fig. 2-7. Swelling power and solubility of control (freeze-dried), untreated (hot-air dried), defatted, and deproteinated biji powders. Bars sharing the same lowercase letters are not significantly different at $p < 0.05$.

용해도는 대조군이 17.6%, 무처리군이 16.0%, 탈지비지가 8.9%, 탈단백비지가 0.4%이었으며 (Fig. 2-7B), 수분용해지수와 유사한 양상(Fig. 2-6B)을 나타내었다. 팽윤력과 마찬가지로 용해도도 수분용해지수보다 높은 수준을 나타내었고, 이는 비지 조직들이 팽윤되면서 비지 조직 내에 갇혀 있던 가용성 성분들이 용출되었기 때문으로 생각된다. 그럼에도 수분용해지수에 비해 용해도는 약 0.2~4.0% 포인트 정도 증가하였고, 이와 같은 현상은 수분용해지수에서 설명한 바와 같이 이황화결합에 의한 단백질 분자들의 가교로 단백질이 불용화되었기 때문으로 생각된다(Hashizume & Watanabe, 1979).

(3) 비지소재들의 가용성 탄수화물과 단백질 함량

건조비지분말들의 팽윤력 분석 시 회수된 상층액 내에 함유된 가용성 탄수화물과 단백질 함량을 분석하여 Fig. 2-8에 제시하였다. 가용성 탄수화물은 대조군이 6.9%, 무처리군이 6.2%, 탈지비지가 3.5%, 탈단백비지가 0.3%이었고, 처리군들 사이에서 유의적인 차이를 나타내었다(Fig. 2-8A). 가용성 단백질은 대조군이 6.0%, 무처리군이 4.8%, 탈지비지가 2.0%, 탈단백비지가 0.02%이었고, 처리군들 사이에서 유의적인 차이를 나타내었다(Fig. 2-8B). 가용성 탄수화물과 단백질 함량의 합계는 대조군이 12.9%, 무처리군이 11.0%, 탈지비지가 5.5%, 탈단백비지가 0.32%로, 이들 각각의 용해도보다 낮은 수준이었다. 그럼에도 계산된 가용성 탄수화물과 단백질 함량의 합은 용해도의 약 73~80%를 차지하고 있었고, 이는 수분용해지수에서 제안한 바와 같이 비지의 수분용해지수나 용해도는 비지의 가용성 탄수화물과 단백질들의 함량의 합계를 반영한 것이라는 점을 설명하는 것 같다. 한편 용해도와 가용성 탄수화물과 단백질의 총량의 차이는 건조비지분말-물 분산물을 85°C에서 가열 시 건조비지분말의 염 성분들이 용해되었거나 지질성분들이 녹아 상층액에 포함되었기 때문으로 생각된다.

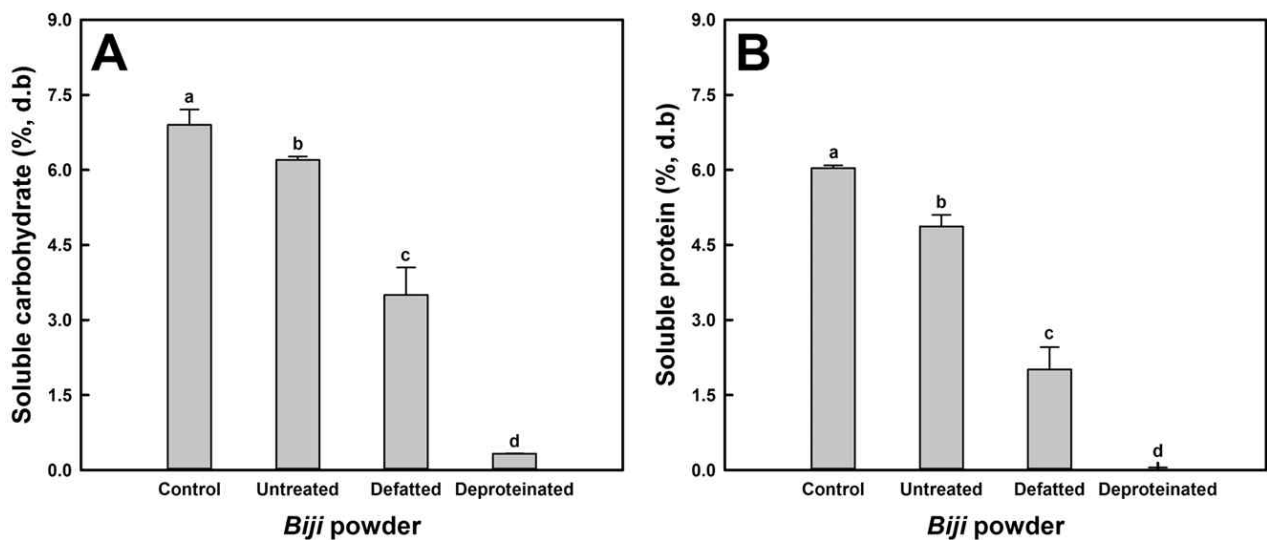


Fig. 2-8. Soluble carbohydrate and protein contents of control (freeze-dried), untreated (hot-air dried), defatted, and deproteinated biji powders. Bars sharing the same lowercase letters are not significantly different at $p < 0.05$.

(4) 비지소재 분산물들의 점도

건조비지분말들의 점도는 건조비지분말-물 분산물을 제조하여 신속점도분석기를 이용하여 분석하고 주어진 온도에서의 최종점도로 나타내었다(Fig. 2-9). 건조비지분말 소재들의 최종점도를 분석하기 위해 모든 시료들을 고휘분 함량 7.5% (30 g 건조비지분말-물 분산물 내에 2.25 g 건조비지분말)의 RVA 분석용 시료를 제조하여 분석하였을 때, 대조군과 탈단백비지분말은 유의적인 수준의 점도를 발달시켰으나, 무처리군과 탈지비지는 점도를 발달시키지 못하였다. 그래서 무처리군과 탈지비지는 이들 물 분산물의 점도를 측정할 수 있는 가능한 최소농도 (10%, 30 g 건조비지분말-물 분산물 내에 3.0 g 무처리군 또는 탈지비지)에서 분석하였다. 대조군은 30°C 에서 90°C 로 증가하면서 점도가 155.8 mPa·s에서 686.0 mPa·s로 유의적으로 증가하였고(Fig. 2-9A), 주어진 온도에서 분석하는 동안 점도는 점진적으로 증가하다 14분경부터는 일정한 수준을 유지하였다(Fig. 2-9B). 이러한 점도의 증가 양상은 대조군이 물을 흡수하여 팽윤되면서 비지분말 입자가 팽윤하였기 때문이다. 반면에 무처리군과 탈지비지는 30°C 와 40°C 에서만 점도가 발달하였고, 이상의 온도에서는 점도가 측정되지 않았으며, 대조군과 탈단백비지에 비해 극히 낮은 점도 수준을 나타내었다(Fig. 2-9A). 또한 주어진 온도에서 점도를 측정하는 동안 일정한 수준의 점도를 유지하여(Fig. 2-9B), 무처리군과 탈지비지는 점도를 측정하는 동안 팽윤이 일어나지 않은 것으로 판단된다. 게다가 탈지비지가 무처리군보다 주어진 온도에서 유의적으로 높은 점도를 나타내었고(Fig. 2-9A), 이들의 수분흡수지수(Fig. 2-6A)와 팽윤력(Fig. 2-7A)의 양상과 동일하였다. 따라서 대조군보다 무처리군과 탈지비지가 낮은 점도를 나타내는 것은 수분흡수와 팽윤을 억제하는 이황화결합에 의해 가교된 단백질의 존재와 가교된 정도의 차이 때문인 것으로 생각된다(Hashizume & Watanabe, 1979). 한편 수분흡수지수(Fig. 2-6A)와 팽윤력(Fig. 2-7A)에서 가장 높은 수준을 보인 탈단백비지는 조사된 비지 소재들 중에서 가장 높은 점도를 나타내었고, 온도에 따른 점도의 유의적인 차이는 관찰되지 않았다(Fig. 2-9A). 이는 수분흡수를 억제하거나 지연시켜 팽윤을 제한할 수 있는 가교된 단백질과 지질 성분이 각각 1.0% 미만으로 존재하기(Table 2-2) 때문으로 생각된다. 또한 주어진 온도에서 탈단백비지의 점도는 시간에 따라 대체로 증가하는 양상을 보였으나 대조군에서 관찰된 양상과 같이 명확하지 않았다. 탈단백비지에서 관찰된 양상은 주어진 모든 온도에서 유사하게 관찰되었으며, 온도가 상승할수록 점도의 증가율은 감소하였다(data not shown). Ullah et al. (2018)은 비지로부터 제조된 식이섬유에 있어 불용성 분획이 많을수록 전단속도에 대한 비지 식이섬유의 점도 변화가 적어진다고 하였다. 그래서 탈단백비지의 점도가 온도에 따라 큰 차이를 보이지 않으며, 주어진 온도에서 시간에 따라 점도의 증가율이 적은 것은 탈단백비지의 식이섬유가 대부분 불용성 식이섬유로 구성되어 있기 때문인 것 같다.

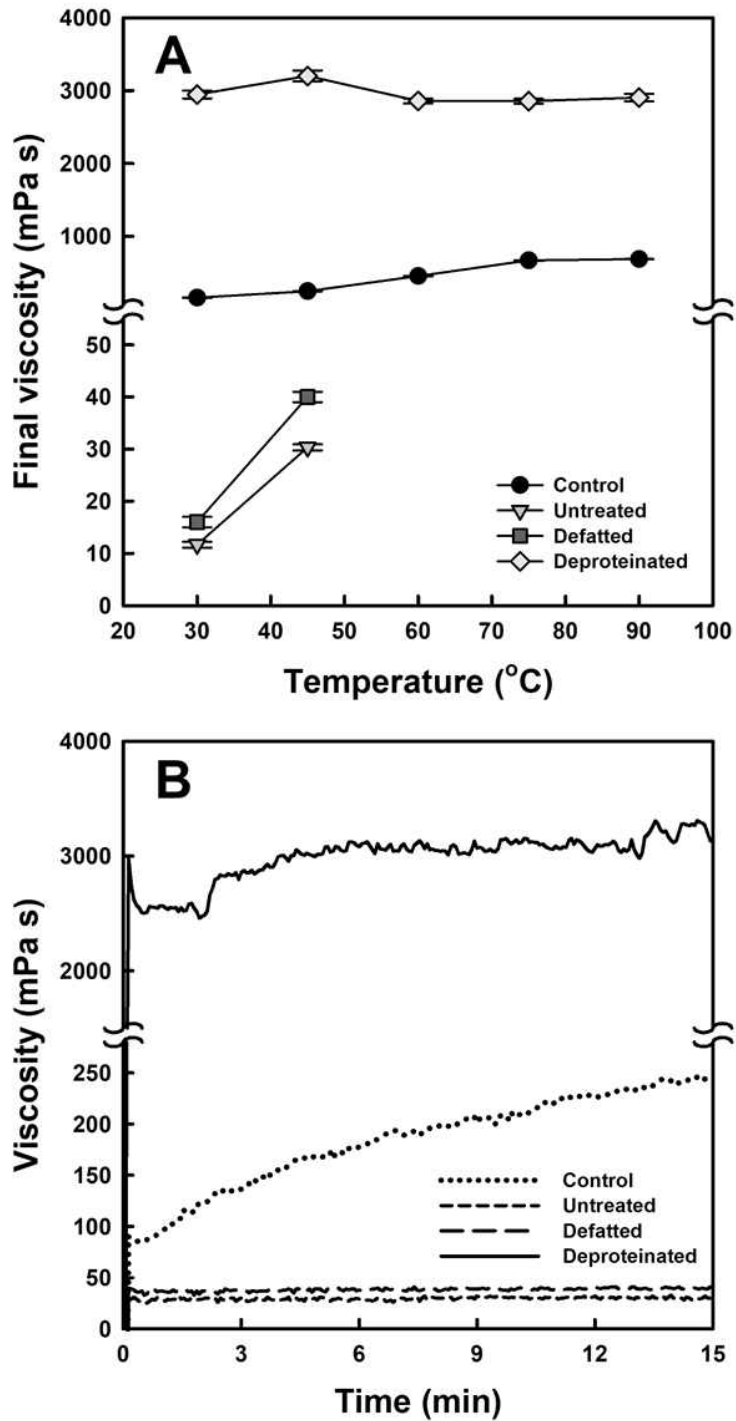


Fig. 2-9. Final viscosity (A) and viscosity profile (B; analyzed at 45°C) of aqueous dispersions from control (freeze-dried), untreated (hot-air dried), defatted, and deproteinated biji powders depending on temperatures. Bars sharing the same lowercase letters are not significantly different at $p < 0.05$.

다. 연속순환식 동적뒤움공정에 의한 건조비지분말의 특성

건조비지분말의 수화율, 용해도, 팽윤력 등과 같은 물리적 특성들을 개선하여 죽 제품의 원료로 사용가능한 가공적성을 부여하기 위해 뒤움처리를 하기로 계획하였다. 그러나 선행연구의 결과에서 수분이 10% 미만인 상태에서 뒤움처리하였을 때, 비지의 단백질의 불용화도는 더욱 증가하여 수분흡수지수와 수분용해지수는 급격히 낮아지는 결과를 얻었다. 따라서 높은 수분함량에서 비지분말의 처리가 필요한 것으로 판단되었다. 그래서 쌍축압출성형기를 기반으로 한 연속순환식 동적뒤움공정을 압출성형공정으로 대체하여 압출성형 공정요인인 스크류속도, 배럴 온도 및 용융물의 수분함량에 대한 건조비지분말의 물리적 특성에 대한 영향을 조사하였다.

(1) 스크류속도의 영향

건조비지분말의 압출성형 공정요인 중 스크류속도에 대한 영향을 조사하였다. 건조비지분말의 수분함량은 25%로 조정하여 배럴온도를 150℃로 일정하게 유지한 후 스크류속도를 100, 150, 200 rpm으로 변화하여 건조비지분말을 처리하였고, 이들의 수분흡수지수와 수분용해지수를 조사하여 Fig. 2-10에 제시하였다. Fig. 2-10에서 untreated는 선행된 연구에서 80℃로 건조하여 120 mesh 선별체망을 장착한 해머식 분쇄기로 분쇄한 건조비지분말로 이를 대조군으로 사용하였다. 압출성형 비지분말의 수분흡수지수와 관련하여 스크류속도가 100 rpm에서 200 rpm으로 빨라질수록 수분흡수지수는 9.5 g/g에서 5.0 g/g으로 감소하였고, 200 rpm으로 압출성형한 비지는 대조군(5.2 g/g)과 통계적으로 유의적인 차이를 나타내지 않았다.

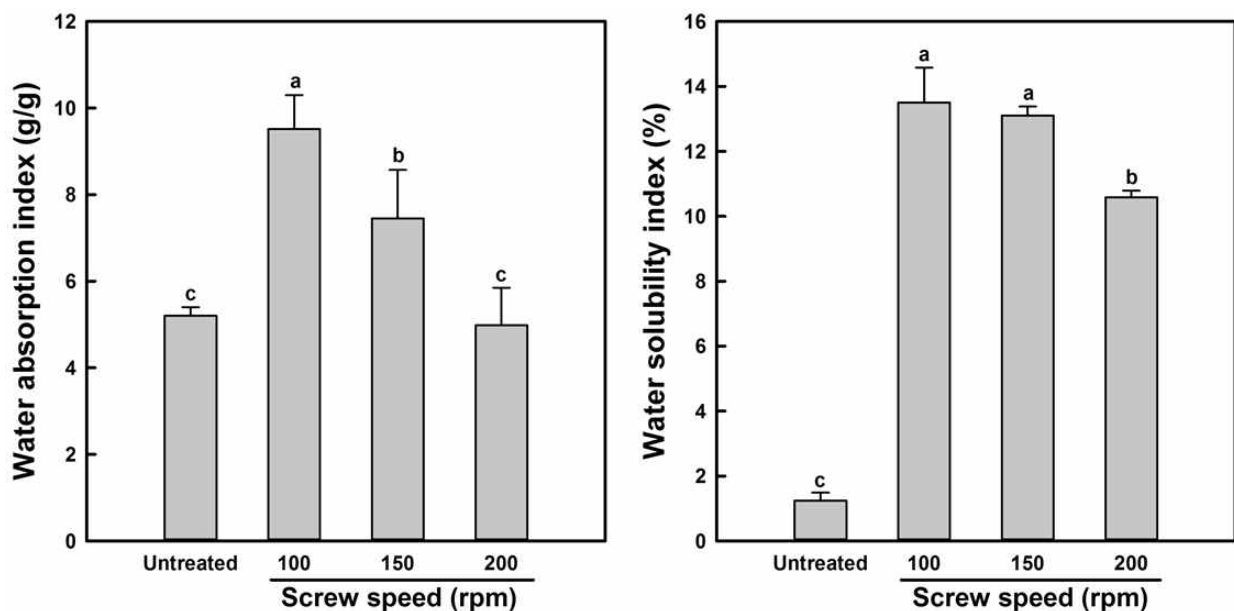


Fig. 2-10. Effects of screw speed on water absorption index and water solubility index of dried biji powders. Bars sharing the same lowercase letters are not significantly different at $p < 0.05$.

이와 같은 결과는 건조비지분말을 빠른 속도로 사출시킬 때 압출성형공정의 열처리와 전단력이 건조비지분말의 수화력(수분흡수지수로 평가)에 큰 영향을 미치지 않는 것을 생각된다. 한편 압출성형공정의 스크류속도가 100 rpm에서 200 rpm으로 빨라지면서 압출성형 비지의 수분용해지수는 13.5%에서 10.6%로 감소하는 경향을 나타내었으며, 100 rpm과 150 rpm으로 처리한 압출성형 비지들은 통계적으로 유의적이지 않은 수분흡수지수를 나타내었다. 그러나 모든 처리군들이 대조군에 비해 약 9-12.5배 높은 수분용해지수를 나타내었다. 특히 대조군과 유사한 수분흡수지수를 나타내었던 200 rpm 처리군은 대조군에 비해 약 9배 높은 수분용해지수를 나타내었다. 이는 200 rpm의 빠른 스크류회전속도는 압출성형 비지의 수화력에는 큰 영향을 주지 않았지만, 높은 전단력을 발생시켜, 건조비지분말의 탄수화물 및 단백질 성분들을 가용화시킨 것으로 생각된다.

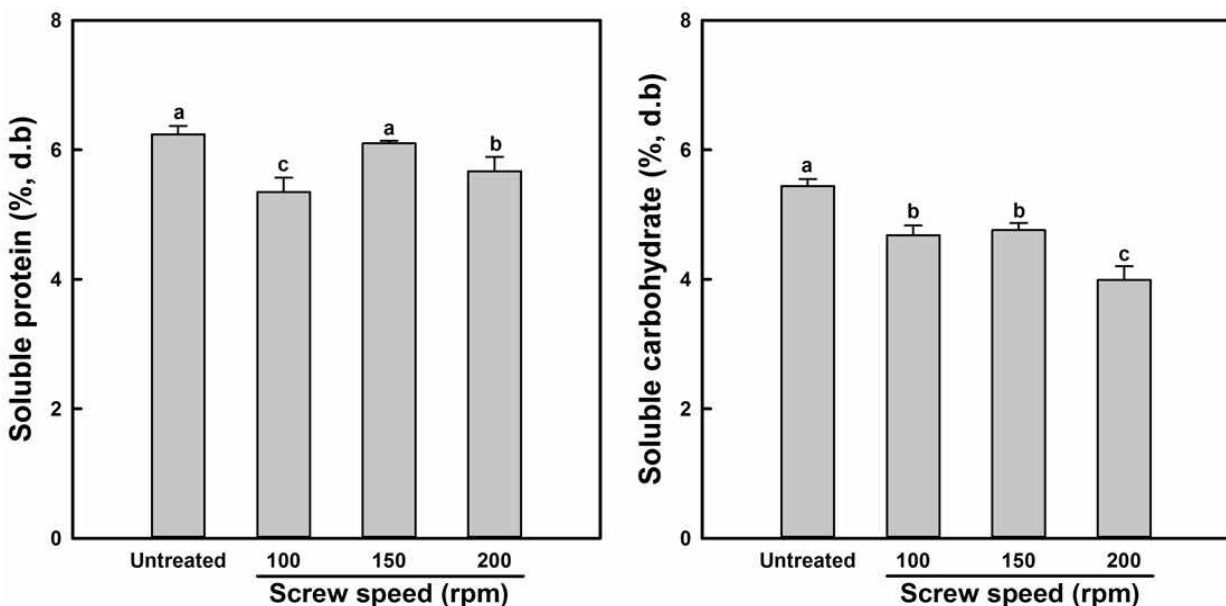


Fig. 2-11. Effects of screw speed on soluble protein and carbohydrate contents (measured at ambient temperature) of dried biji powders. Bars sharing the same lowercase letters are not significantly different at $p < 0.05$.

압출성형공정에 의해 건조비지분말의 수분용해지수가 증가하는 것을 Fig. 2-10에서 확인할 수 있었다. 그래서 상온에서 압출성형 비지의 가용성 고형분들 중 단백질과 탄수화물의 함량을 분석하여 Fig. 2-11에 나타내었다. 압출성형 비지의 가용성 단백질은 스크류속도가 100 rpm에서 150 rpm으로 상승하면서 5.4%에서 6.1%로 증가하였다가 150 rpm에서 200 rpm으로 더욱 빨라지면서 다시 6.1%에서 5.7%로 감소하였다. 150 rpm 처리군의 가용성 단백질 함량이 대조군과 유의적인 차이를 나타내지 않았으나 전반적으로 압출성형처리는 튀음공정과 마찬가지로 대조군보다 낮은 수준을 나타내었다. 압출성형 비지의 가용성 탄수화물은 스크류속도가 100 rpm에서 200 rpm으로 증가하면서 4.7%에서 4.0%로 감소하는 경향을 나타내었으나 대조군에 비해 모든 처리군들이 유의적으로 낮은 수준의 가용성 탄수화물 함량을 나타내었다. 모든 결과들을 종합해볼 때 압출성형 공정요인들 중 스크류속도는 건조비지분말의 수분용해지수에 유의적인 영향을 미쳤으나 탄수화물과 단백질의 불용화 또한 진행시키는 것으로 판단된다.

그럼에도 150 rpm의 스크류속도가 수분용해지수, 가용성 단백질 함량 및 가용성 탄수화물 함량에 가장 좋은 효과를 나타내는 것으로 판단되었다.

(2) 배럴온도의 영향

선행된 연구에서 압출성형 공정요인들 중 스크류속도에 의한 건조비지분말의 물리적 성질의 변화를 조사하였고, 150 rpm의 스크류속도가 적절한 것으로 판단하였다. 그래서 건조비지분말의 수분함량을 25%로, 스크류속도를 150 rpm으로 고정하고 배럴온도를 130, 150, 170°C로 달리하여 압출성형 비지를 제조하고, 이들의 수분흡수지수, 수분용해지수, 가용성 단백질 및 탄수화물 함량을 조사하였다. 배럴온도를 달리하여 압출성형한 비지의 수분흡수지수와 수분용해지수를 Fig. 2-12에 제시하였다. 압출성형 비지의 수분흡수지수는 배럴온도가 130°C에서 170°C로 증가하면서 10.5 g/g에서 7.4 g/g으로 감소하는 경향을 나타내었다. 그러나 대조군에 비해 모든 처리군들이 유의적으로 높은 수준의 수분흡수지수를 나타내었다. 특히 배럴온도 130°C의 압출성형 비지는 대조군에 비해 약 2배 정도의 수분흡수지수 상승을 달성하였고, 150°C와 170°C 처리군들은 통계적으로 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 또한 건조비지분말의 과도한 열처리는 오히려 수화력을 감소시키는 것으로 생각되었다. 한편 수분용해지수는 모든 적용된 배럴온도에서 대조군에 비해 유의적으로 높은 수준의 값을 나타내었다. 특히 130°C 처리군은 20.2%로 가장 높은 수분용해지수를 나타내었으며, 대조군에 비해 약 20배 정도 높은 수준을 나타내었다. 게다가 130°C를 초과하는 경우에는 130°C보다 유의적으로 낮은 수준의 수분용해지수를 나타내었다.

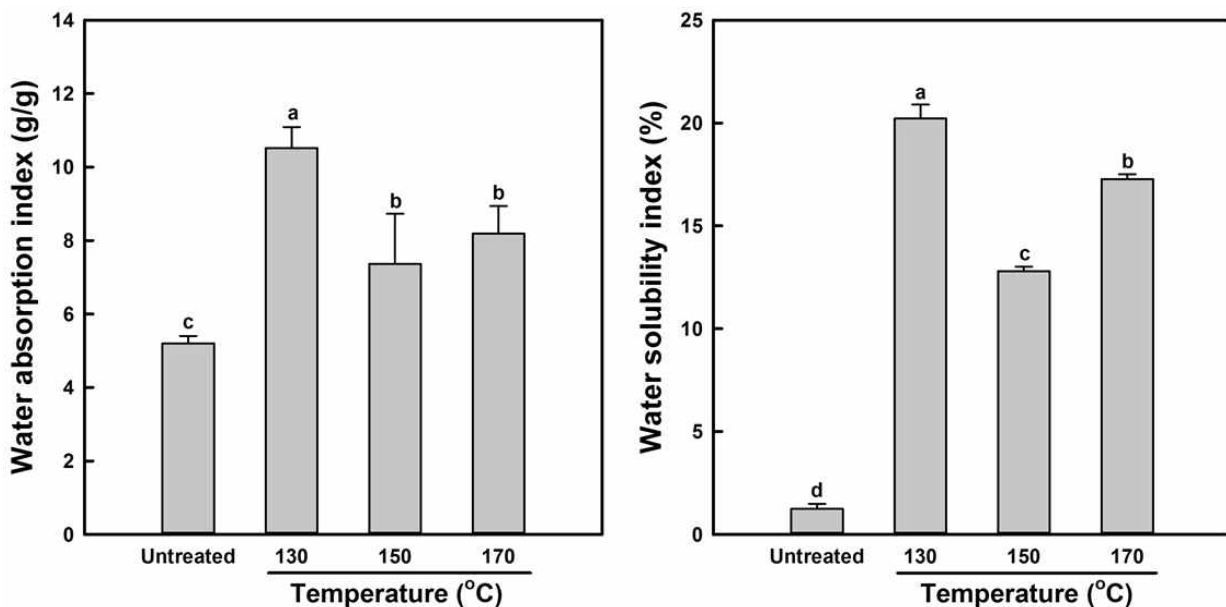


Fig. 2-12. Effects of barrel temperature on water absorption index and water solubility index of dried biji powders. Bars sharing the same lowercase letters are not significantly different at $p < 0.05$.

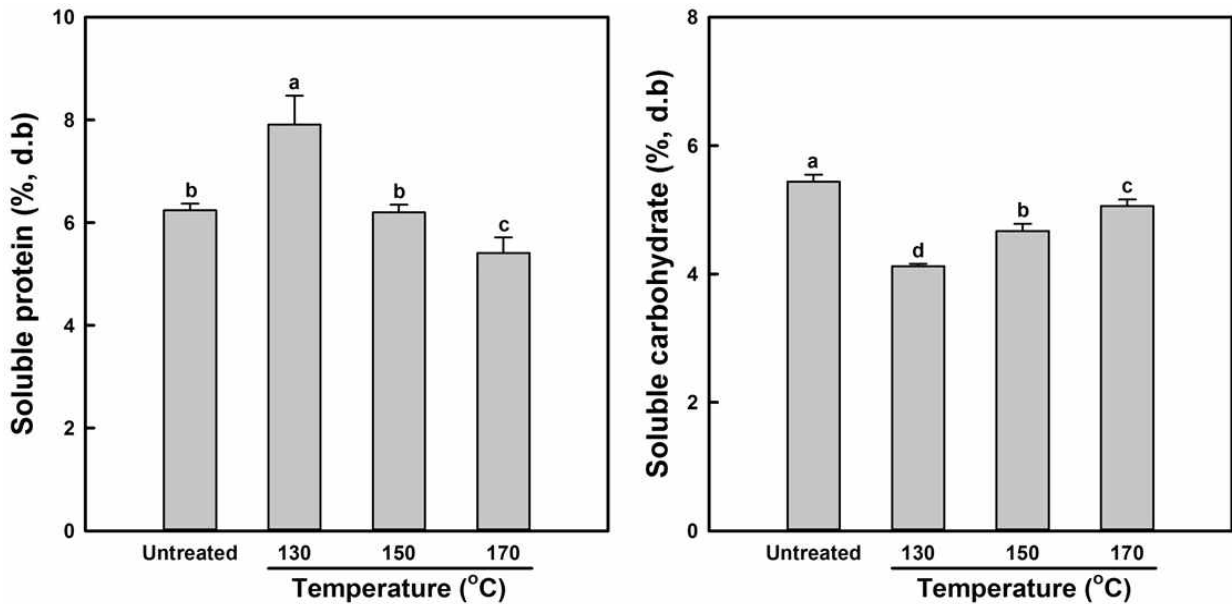


Fig. 2-13. Effects of barrel temperature on soluble protein and carbohydrate contents (measured at ambient temperature) of dried biji powders. Bars sharing the same lowercase letters are not significantly different at $p < 0.05$.

상온에서 배럴온도를 달리하여 압출성형 처리한 건조비지분말의 가용성 단백질과 가용성 탄수화물 함량을 조사하여 Fig. 2-13에 나타내었다. 압출성형 비지의 가용성 단백질은 배럴온도가 130°C에서 170°C로 상승하면서 7.9%에서 5.4%로 감소하는 양상을 보였다. 130°C 처리군이 가장 높은 가용성 단백질 함량을 나타내었으며, 150°C 처리군은 대조군과 유사한 경향을 나타내었고, 170°C 처리군은 대조군보다 유의적으로 낮은 수준을 보였다. 이와 같은 결과는 과도한 열처리는 비지 내의 단백질들의 불용화도를 높이는 효과를 부여하는 것으로 생각된다. 한편 가용성 탄수화물 함량과 관련하여 조사된 모든 배럴온도에서 대조군에 비해 유의적으로 낮은 수준을 나타내었다. 압출성형 비지들 내에서는 배럴온도가 130°C에서 170°C로 상승하면서 압출성형 비지의 가용성 탄수화물 함량이 4.1%에서 5.1%로 유의적으로 상승하였다. 모든 결과를 볼 때 압출성형을 통한 열처리는 비지 내의 단백질 성분들 사이의 amidation 반응을 촉진하고, 이 amidation 반응은 단백질 분자들 사이의 가교화시켜 불용화도가 증가하는 것으로 판단된다. 또한 비지의 탄수화물은 단백질 사이에 분포하고 있어 단백질의 가교화로 탄수화물 성분들이 비지 입자로부터 용출되는 것을 억제하는 것으로 판단된다.

(3) 용융물의 수분함량의 영향

선행된 연구들에서 압출성형 공정요인들 중 스크류속도와 배럴온도에 대한 건조비지분말의 수화력과 용해성을 조사하였다. 마지막으로 건조비지분말의 수분흡수지수 및 수분용해지수와 가용성 단백질 및 탄수화물 함량에 압출성형 시 비지 용융물의 수분함량에 대한 영향을 조사하여 각각 Fig. 2-14와 Fig. 2-15에 나타내었다.

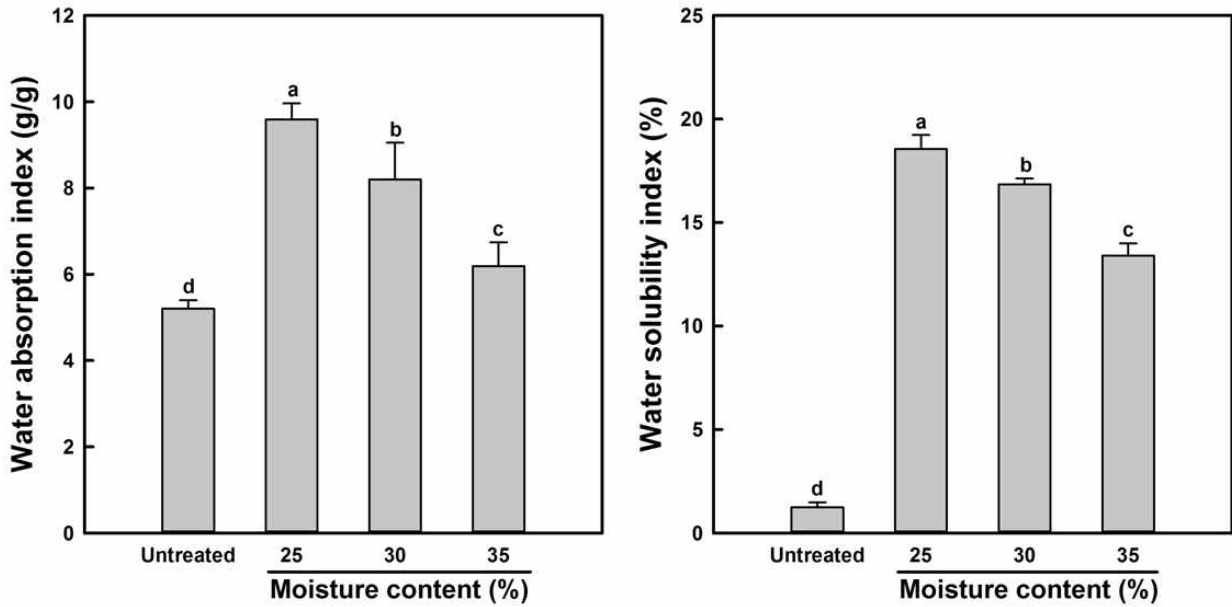


Fig. 2-14. Effects of moisture contents on water absorption index and water solubility index of dried biji powders. Bars sharing the same lowercase letters are not significantly different at $p < 0.05$.

비지 용융물의 수분함량이 25%에서 35%로 증가하면서 수분흡수지수는 9.6 g/g에서 6.2 g/g으로 감소하였으나, 모든 처리군들에서 대조군보다 유의적으로 높은 수준을 나타내었다(Fig. 2-14). 또한 수분용해지수도 수분흡수지수와 마찬가지로 비지 용융물의 수분함량이 25%에서 35%로 증가하면서 18.6%에서 13.4%로 감소하였으나, 모든 처리군들이 대조군보다 유의적으로 높은 수준을 나타내었다(Fig. 2-14). 그럼에도 비지 용융물의 수분함량 증가는 건조비지분말의 수화력과 용해력을 상승시키는데 큰 역할을 하지 않는 것 같다. 한편 비지 용융물의 수분함량을 달리하여 압출시킨 건조비지분말의 가용성 단백질 함량과 가용성 탄수화물 함량을 조사하여 Fig. 2-15에 나타내었다. 가용성 단백질 함량에 있어 비지 용융물의 수분함량 25%에서 가장 높은 가용성 단백질 함량을 나타내었고, 수분함량 30%와 35%의 경우에는 대조군보다 유의적으로 낮은 수준을 나타내었다. 가용성 탄수화물 함량은 수분함량을 달리하였을 때 대조군보다 모든 처리군들이 유의적으로 낮은 수준을 나타내었으며, 비지 용융물의 수분함량이 증가하면서 낮아지는 경향을 나타내었다.

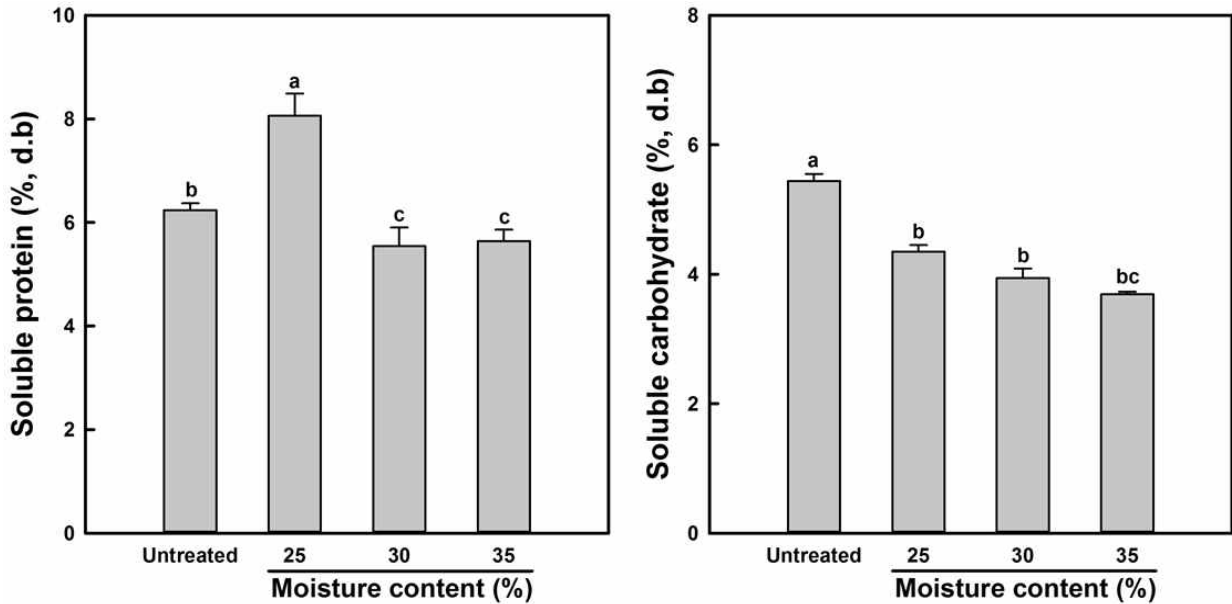


Fig. 2-15. Effects of moisture content on soluble protein and carbohydrate contents (measured at ambient temperature) of dried biji powders. Bars sharing the same lowercase letters are not significantly different at $p < 0.05$.

라. 건조비지, 탈지비지 및 탈단백비지의 특성에 대한 연속순환식 동적뒤움(압출성형)공정의 영향

선행된 연구에서 건조비지분말의 물리적 특성의 저하는 비지 내의 단백질 성분들의 열처리를 통한 amidation 반응으로 가교화가 되기 때문으로 생각되었다. 또한 건조비지분말의 이취는 비지 내의 지질성분의 산패로 인한 것으로 판단되었다. 그래서 비지의 주요성분들인 지질과 단백질을 제거하였을 때 건조비지분말의 물리적 특성에 대한 영향을 조사하였다. 탈지비지분말은 n-hexane을 이용하여 건조비지분말로부터 탈지하여 제조하였고, 탈단백비지분말은 NaOH 용액으로 건조비지분말의 단백질을 제거한 후 중화하여 제조하였다. 생건조비지(무처리 비지), 탈지비지, 및 탈단백비지의 일반성분과 식이섬유 함량을 Table 2-2에 이미 제시되어 있다. 무처리비지, 탈지비지 및 탈단백비지는 선행된 연구에서 결정된 압출성형조건 하에 압출성형하여 건조비지분말의 물리적 특성에 대한 영양성분의 영향과 압출성형처리의 영향을 조사하였다. 압출성형 전후의 비지소재들의 수분흡수지수와 수분용해지수를 조사하여 Fig. 2-16에 나타내었다. 압출성형 전 비지소재들의 수분흡수지수는 탈단백비지(13.3 g/g) > 탈지비지(6.8 g/g) > 무처리비지(5.6 g/g)의 순으로 증가하였다. 무처리 비지의 수분흡수지수가 가장 낮은 것은 비지의 지방성분에 의한 물 흡수의 방해 때문인 것으로 생각된다. 또한 비지의 단백질 성분 또한 비지의 수분흡수를 억제하는 요인인 것으로 판단된다. 한편 압출성형 후 비지소재들의 수분흡수지수는 무처리비지(9.7 g/g) > 탈단백비지(8.0 g/g) > 탈지비지(5.8 g/g)의 순서로 증가하였다. 건조비지분말로부터 지방과 단백질의 제거는 압출성형 비지들의 수분흡수지수의 향상에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 생각된다. 특히 탈지비지에서 압출성형 전이 후보다 높은 수분흡수지수를 나타내는 것으로 볼 때 지방성분의 제거로 비지 내의 단백질 성분들 사이의 불용화가 더욱 용이해진 결과로 해석된다.

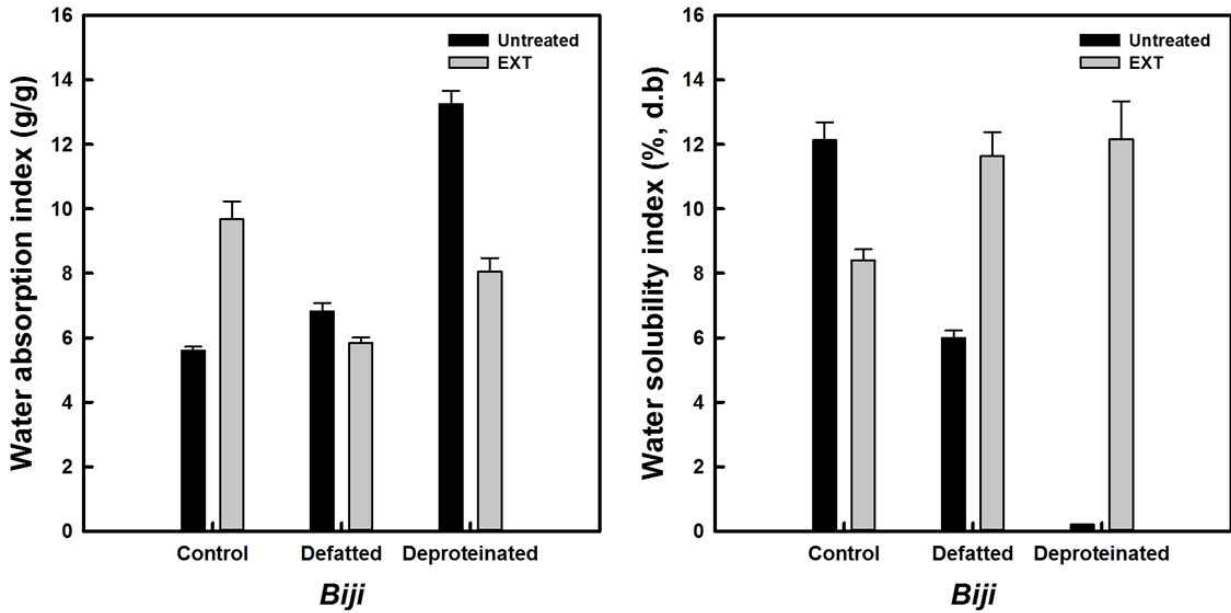


Fig. 2-16. Water absorption index and water solubility index of biji materials before and after extrusion.

압출성형 전후의 비지소재들의 수분용해지수와 관련하여 압출성형 전 비지소재들은 무처리 비지(12.1%)>탈지비지(6.0%)>탈단백비지(0.2%)의 순서로 증가하였다. 반면 압출성형 후 비지소재들은 탈단백비지(12.2%)>탈지비지(11.6%)>무처리 비지(8.4%)의 순서로 증가하였다. 압출성형 후 탈지와 탈단백 처리는 건조비지분말의 수화력을 낮추지만 가용화를 촉진시키는 것으로 생각된다(Fig. 2-16).

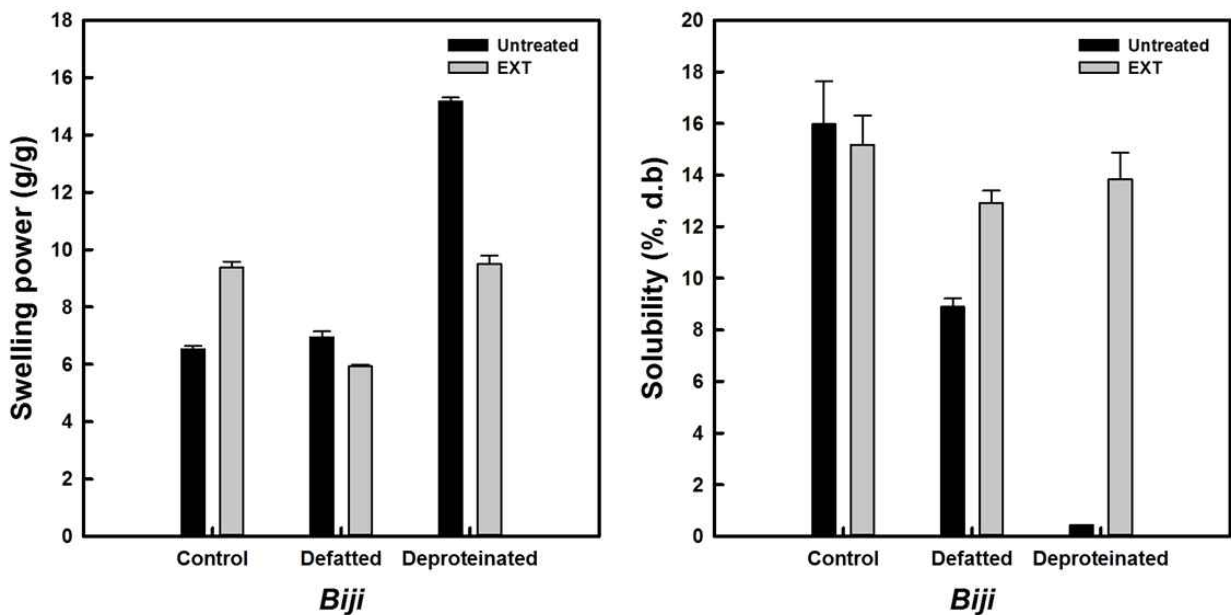


Fig. 2-17. Swelling power and solubility of biji materials before and after extrusion.

압출성형 전후의 비지소재들의 85°C에서의 팽윤력과 용해도를 측정하여 Fig. 2-17에 나타내었다. 압출성형 전 비지소재들의 팽윤력은 탈단백비지(15.2 g/g)>탈지비지(6.9 g/g)>무처리 비지(6.5 g/g)의 순서로 증가하였다. 그러나 압출성형 후 비지소재들은 탈단백비지(9.5 g/g)≈무처리 비지(9.4 g/g)>탈지비지(5.9 g/g)의 순서로 증가하였으며, 이와 같은 양상은 상온에서 측정된 수분흡수지수의 양상과 유사하였다. 또한 주어진 비지소재에서 무처리 비지를 제외하고 탈지비지와 탈단백비지에 있어 압출성형처리는 팽윤력을 낮추는 효과를 나타내었다. 한편 압출성형 전후의 비지소재들의 용해도와 관련하여 압출성형 전 비지소재들은 무처리 비지(16.0%)>탈지비지(8.9%)>탈단백비지(0.4%)의 순서로 증가하였으며, 압출성형 후 비지소재들은 무처리 비지(15.2%)>탈단백비지(13.8%)>탈지비지(12.9%)의 순서로 증가하였다. 주어진 비지소재들에 있어 무처리 비지는 압출성형 전후 통계적으로 유의적인 차이를 보이지 않았으나, 탈지비지와 탈단백 비지는 압출성형 전보다 유의적으로 높은 수준의 용해도를 나타내었다. 따라서 압출성형처리는 비지소재들의 수화력 보다는 용해도에 더 효과적인 것으로 판단되며, 이는 죽 제조 시 압출성형 후 비지소재들을 원료로 사용하였을 때 가용화된 단백질과 탄수화물을 제공할 수 있는 장점을 보유한 것으로 보인다.

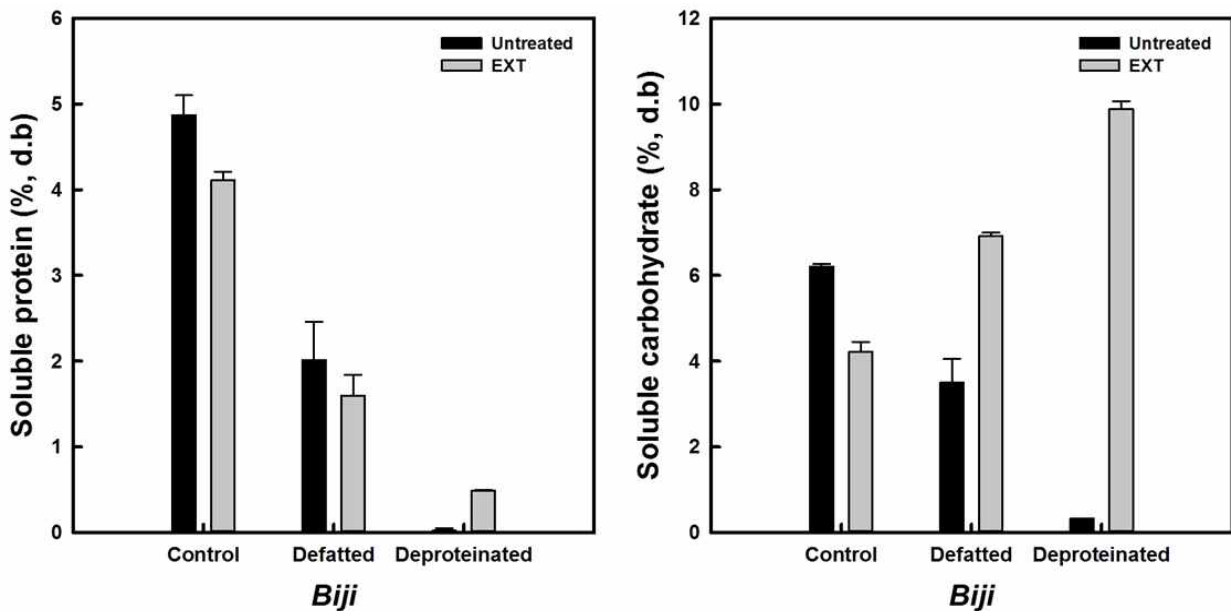


Fig. 2-18. Soluble protein and carbohydrate contents of biji materials before and after extrusion.

압출성형 전후의 비지소재들의 85°C에서 가용성 단백질과 가용성 탄수화물의 함량을 분석하여 Fig. 2-18에 나타내었다. 가용성 단백질 함량은 무처리 비지(4.9%)>탈지비지(2.0%)>탈단백비지(0.02%) 순서로 증가하였다. 건조비지분말로부터 지질성분을 제거하였을 때 가용성 단백질의 용출이 용이할 것으로 예상하였지만, 오히려 무처리 비지보다 낮은 수준을 나타내었다. 압출성형 후 비지소재들의 가용성 단백질 함량은 무처리 비지(4.1%)>탈지비지(1.6%)>탈단백비지(0.5%)의 순서로 증가하였다. 지금까지의 연구결과와 유사하게 압출성형 후 가용성 단백질의 함량은 압출성형 전보다 감소하는 경향을 나타내었다.

그러나 탈단백비지의 경우 압출성형 후 가용성 단백질 함량은 증가하였으나 그 함량이 너무 작아 가용성 단백질이 유용한 성분으로 역할할 수 없을 것 같다. 한편 가용성 탄수화물의 경우 압출성형 전 무처리 비지(6.2%)>탈지비지(3.5%)>탈단백비지(0.3%)의 순서로 증가하였고 가용성 단백질에서 관찰된 경향과 유사하였다. 그러나 압출성형 후 무처리 비지의 경우에는 압출성형 전보다 유의적으로 낮은 수준의 가용성 탄수화물 함량을 나타내었지만 탈지비지와 탈단백비지의 경우 각각 6.9%와 9.9%로, 이들의 압출성형 전 비지소재들의 가용성 탄수화물 함량보다 높은 수준을 나타내었다. 따라서 압출성형 후 탈지비지와 탈단백비지가 이들의 압출성형 전 비지소재들 보다 낮은 수준의 수분흡수지수 및 팽윤력을 나타내는 것은 압출성형 후 비지소재들의 가용화되었기 때문으로 생각된다(Fig. 2-18) .

Table 2-3. Mean¹⁾ values of color characteristics of biji materials before and after extrusion

<i>Biji</i>	Treatment	$L^2)$	$a^2)$	$b^2)$	$\Delta E^2)$
Native	Untreated	88.7±0.2 ^a	0.3±0.2 ^a	13.6±0.7 ^a	-
	EXT	87.3±0.7 ^a	0.4±0.1 ^a	13.2±0.3 ^a	1.7±0.6
Defatted	Untreated	85.7±0.2 ^a	0.7±0.0 ^b	12.3±0.2 ^b	-
	EXT	83.6±0.1 ^b	1.2±0.0 ^a	17.8±0.0 ^a	5.9±0.2
Deproteinized	Untreated	83.8±0.1 ^b	1.8±0.0 ^a	12.5±0.2 ^b	-
	EXT	84.5±0.0 ^a	0.8±0.0 ^b	15.6±0.2 ^a	3.3±0.0

¹⁾Mean values of three replicate measurements; Values sharing the same uppercase letters within columns are not significantly different at $p < 0.05$.

²⁾ L , a , b , and ΔE correspond to lightness, redness, yellowness, and total color deviation, respectively.

압출성형 전후의 무처리 비지, 탈지비지 및 탈단백비지의 색 특성을 조사하여 Table 2-3에 나타내었다. 비지소재들의 색 특성은 죽의 주원료가 쌀이기 때문에 처리된 비지소재의 색이 어두울 경우 비지죽의 외관을 저하시킬 수 있기 때문에 중요한 요인으로 고려된다. 압출성형 전 무처리 비지에 비해 탈지비지와 탈단백비지의 명도(L)는 감소하였고, 적색도(a)는 증가하였으며, 황색도(b)는 감소하여 탈지처리와 탈단백처리는 건조비지분말의 색을 어둡게 하는 것으로 판단되었다. 한편 주어진 비지소재들에서 압출성형 전보다 압출성형 후 비지소재의 명도는 감소하였지만, 적색도는 무처리 비지와 탈지비지에 있어 증가한 반면 탈단백비지는 감소하였다. 또한 무처리 비지의 황색도는 압출성형 전후 큰 차이를 나타내지 않았으나 탈지비지와 탈단백비지는 유의적으로 증가하는 현상을 나타내었다. 각 비지소재들의 색 차이를 그들의 압출성형 전 색 특성을 기준으로 계산하였을 때 압출성형 후 비지소재들의 색 차이는 증가하였다.

압출성형 전후 비지소재들의 색 특성의 변화는 탈지비지>탈단백비지>무처리 비지 순서로 증가하였다. 지금까지의 결과를 종합해볼 때, 압출성형처리는 비지소재의 성분에 따라 상이하지만 전반적으로 비지소재들의 색을 어둡게 하는 효과를 나타내는 것으로 판단된다(Table 2-3).

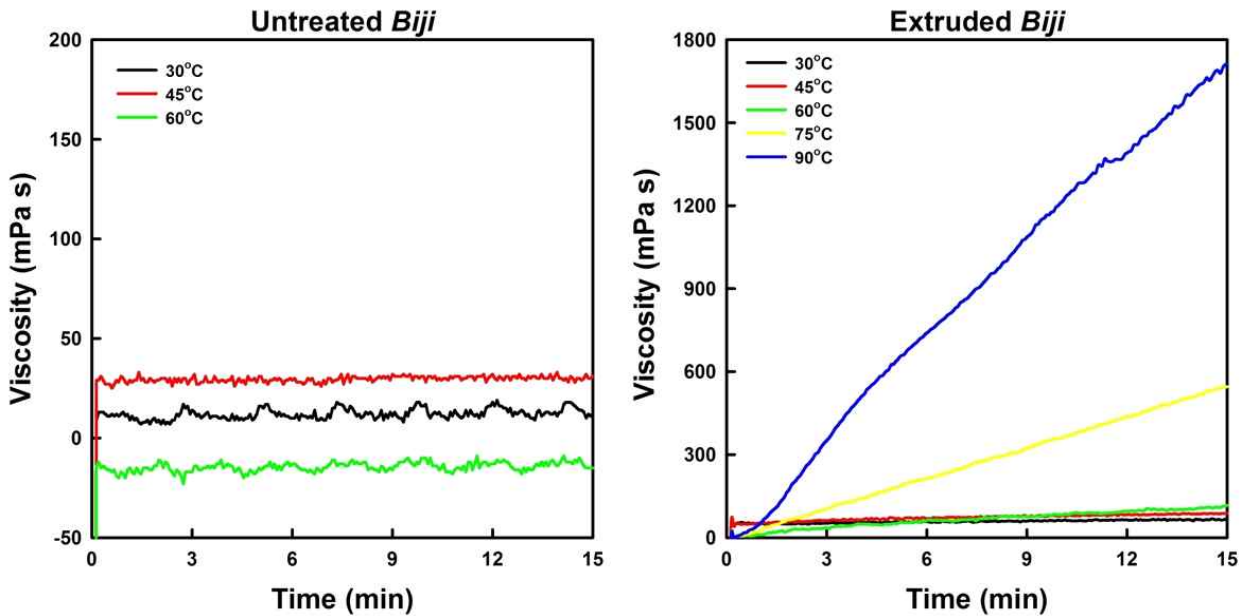


Fig. 2-19. Changes in viscosity of untreated and extruded biji powders at a given temperature depending on time.

비지소재들이 수화가 진행될수록 팽윤된 비지소재들의 입도가 증대하여 점도를 올리는 효과를 나타낸다. 그래서 압출성형 전후 비지소재들의 수화속도를 비지소재 분산물들의 점도변화를 측정하여 조사하였다. 점도를 측정하는 동안 비지입자들이 바닥에 침강하기 때문에 일반회전점도계의 사용은 불가능하여 프로펠러 모양의 plastic paddle로 회전시켜 입자들을 점도측정하는 동안 균일하게 분산시키는 신속점도분석기를 이용하여 측정하였다. 압출성형 전후 무처리 비지를 이용하여 고형분 함량이 10%가 되도록 비지 분산물을 제조하여 주어진 온도에서 비지 분산물의 점도변화를 15분간 추적하였다(Fig. 2-19). 압출성형 전 무처리 비지 분산물은 30°C와 45°C에서 시간의 변화에 따라 점도의 증감없이 일정한 수준으로 지속되었다. 점도 수준은 45°C에서가 30°C보다 높은 수준을 나타내었다. 그러나 60°C 이상에서는 무처리 비지 분산물의 점도가 (-) 값을 나타내어 신속점도분석기로 측정이 불가능하였다. 반면 압출성형 후 무처리 비지 분산물의 경우 주어진 온도에서 신속점도분석기에 의한 점도측정 시간이 증가하면서 점도가 선형으로 증가하는 특이한 양상을 나타내었으며, 점도측정 온도가 증가할수록 단위시간 당 점도변화율은 급격히 증가하는 양상을 나타내었다. 단위시간당 점도 변화율은 90°C>75°C>60°C>45°C>30°C의 순서로 증가하였다. 일반적으로 유동성 식품의 점도는 텍소트로픽성 유체거동(일정한 전단속도에서 시간이 연장되면서 점도가 감소하는 유체)을 나타내지만 본 연구에서 압출성형 후 무처리 비지는 160 rpm의 plastic paddle 회전에 의해 시간이 경과하면서 점도가 증가하는 리오펙틱성 유체거동을 나타내었다.

따라서 압출성형 후 무처리 비지의 경우 추가적인 전단력에 의해 용출된 가용성 단백질, 가용성 탄수화물 및 팽윤된 비지입자들 사이에 겔화 또는 물리적 결합이 형성되는 것으로 판단된다. 또한 실험결과로 제시할 수는 없지만 15분간의 점도측정 후 압출성형 후 무처리 비지 분산물은 거친식감을 나타내지 않았다. 따라서 압출성형 비지는 비지죽의 점도를 향상시킬 수 있는 증점제로서 역할을 할 수 있을 것으로 판단된다.

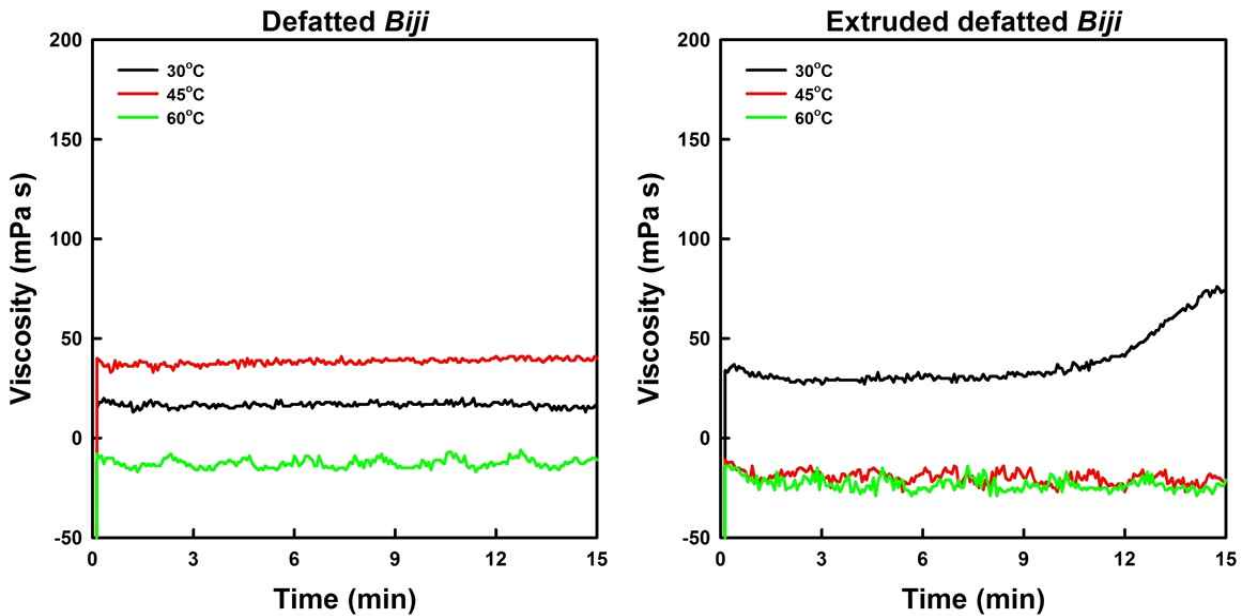


Fig. 2-20. Changes in viscosity of untreated and extruded defatted biji powders at a given temperature depending on time.

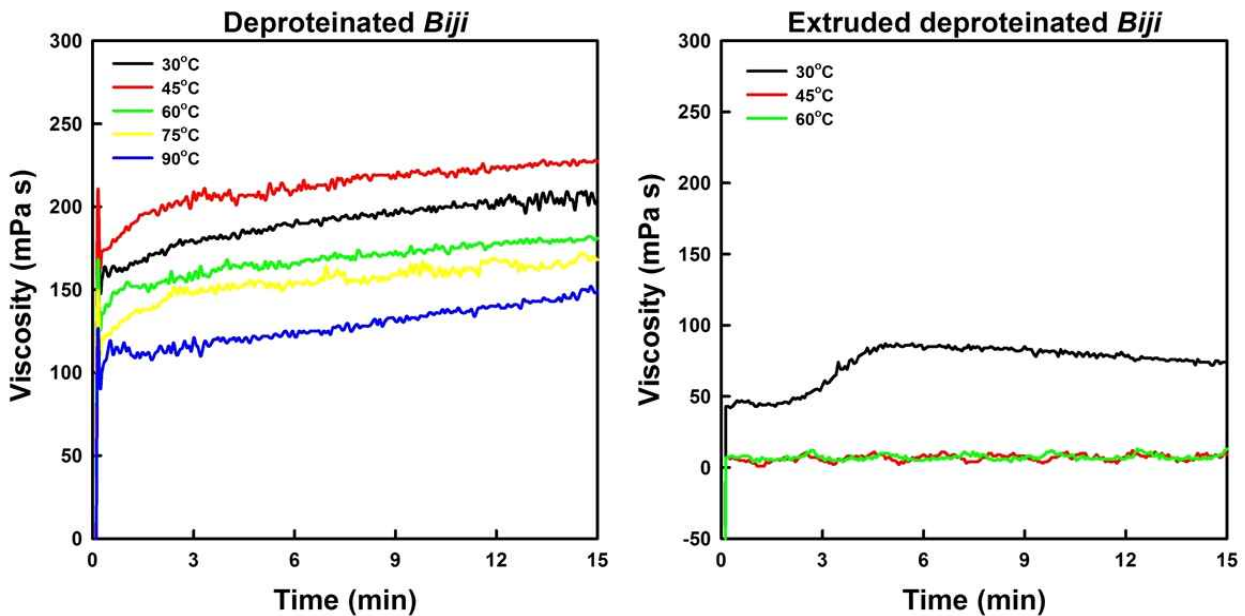


Fig. 2-21. Changes in viscosity of untreated and extruded deproteinated biji powders at a given temperature depending on time.

탈지비지 역시 비지 분산물의 고형분 함량을 10%에서 탈지비지 분산물의 점도의 경시변화를 측정하였다(Fig. 2-20). 압출성형 전 탈지비지의 점도는 무처리 비지와 점도수준은 다르지만 유사한 경향을 나타내었다. 점도의 수준은 45°C가 30°C보다 높았으나 60°C 이상에서는 점도가 발달하지 않았다. 특히 45°C에서는 시간이 연장될수록 탈지비지 분산물의 점도가 미미하지만 증가하는 양상을 나타내었다. 압출성형 후 탈지비지 분산물은 30°C에서 약 10분경까지 일정한 수준의 점도를 유지하다 10분 이후부터는 증가하는 양상을 나타내었다(Fig. 2-20). 반면 45°C와 60°C에서는 점도발달에 실패하였다. 이와 같은 현상들은 아마도 탈지비지 분산물의 온도가 증가하면서 탈지비지로부터 가용성 성분들의 용출이 높아지기 때문으로 판단된다.

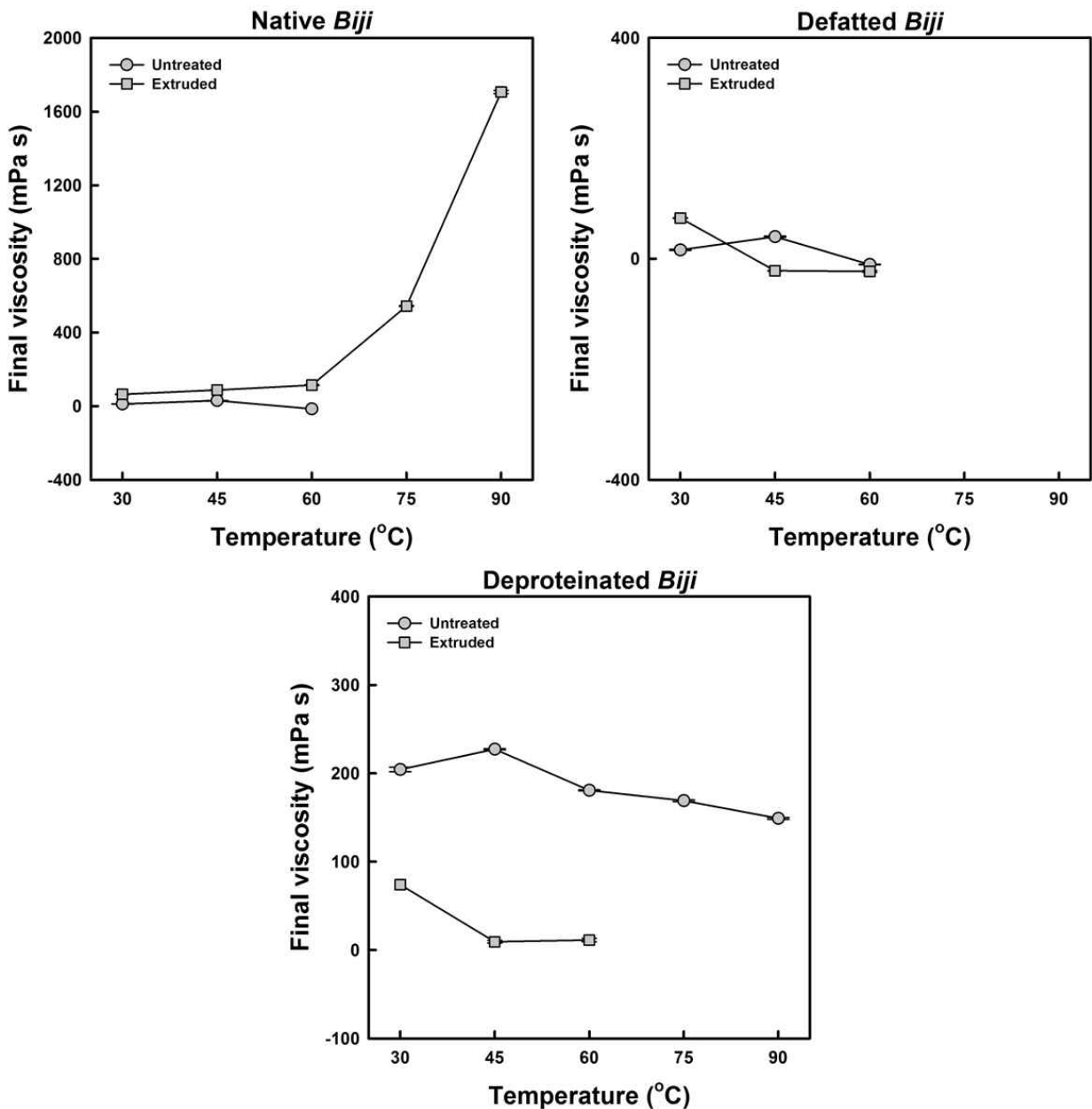


Fig. 2-22. Effects of temperatures on final viscosities of biji materials before and after extrusion.

한편 압출성형 전 탈단백비지는 5% 고형분 함량으로, 압출성형 후 탈단백비지는 10% 고형분 함량으로 분산물을 제조하여 점도를 측정하였다(Fig. 2-21). 압출성형 전 탈단백비지를 10% 고형분 함량으로 분산물을 제조하였을 때, 비지소재가 가해진 모든 물을 흡수하여 점도를 측정할 수 없었다. 압출성형 전 탈단백비지 분산물의 점도는 온도가 30°C에서 45°C로 증가할 때 증가하였다가 60°C 이상에서 온도가 증가하면서 온도가 감소하는 양상을 나타내었다. 반면에 압출성형 후 탈단백비지 분산물의 점도는 30°C를 제외하고 모든 온도에서 (-) 값을 나타내어 신속점도분석기로 측정하는 것이 불가능하였다. Fig. 2-19, Fig. 2-20, Fig. 2-21에서 압출성형 전 후 각 비지소재별 최종점도를 취하여 비지소재 분산물의 최종점도를 Fig. 2-22에 정리하여 나타내었다.

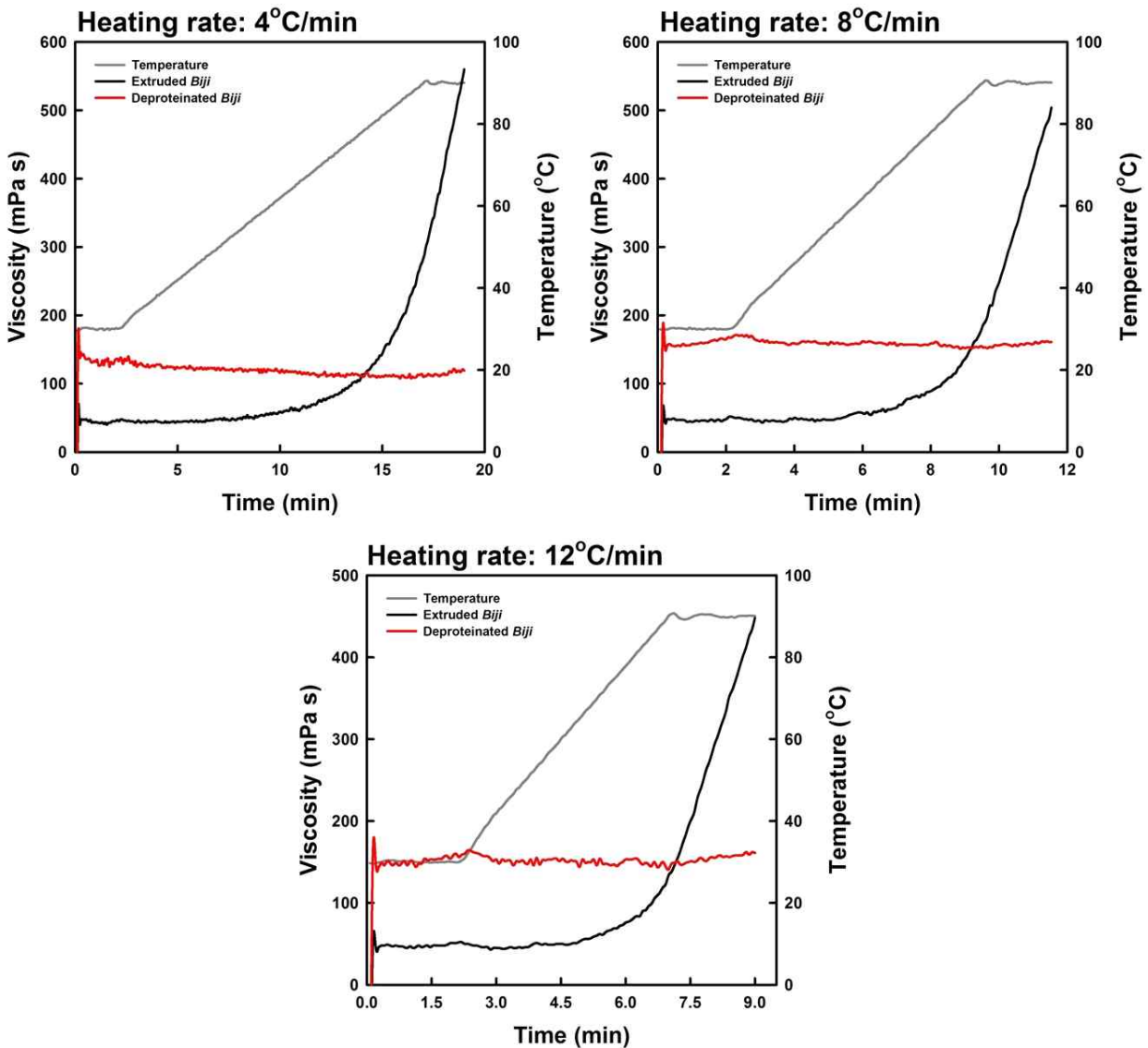


Fig. 2-23. Influence of heating rate on viscosities of untreated and deproteinated biji powder subjected to extrusion.

압출성형 전후의 각 비지소재들 중 비지 분산물의 점도가 유의적으로 발달하는 압출성형 무처리 비지와 탈단백비지를 선택하여 이들의 분산물 점도 변화에 대한 가열속도의 영향을 조사하여 Fig. 2-23에 나타내었다. 탈단백비지의 분산물은 가열속도와 관계없이 일정한 수준의 점도를 유지하였다. 그러나 압출성형 무처리 비지는 가열속도가 12°C/min에서 4°C/min으로 늦어질수록 최종적으로 발달하는 점도가 높아지는 것을 알 수 있었다. 따라서 비지죽 제조 시 압출성형 무처리 비지를 사용할 때 비지죽의 가열은 낮은 온도에서 장시간 하는 것이 유리할 것으로 판단된다.

마. 건조비지분말의 특성에 대한 고압균질처리의 효과

(1) 고압균질처리 비지소재의 물리적 특성에 대한 처리압력 수준의 영향

고압균질처리의 압력수준과 건조비지분말-물 분산물의 고형분 함량을 조합으로 본 연구에 사용된 고압균질기의 적용가능성을 탐색하여 적정 가용조건을 설정하였다(Table 2-4). 5,000-10,000 psi의 적용된 압력범위에서 고형분 함량이 10.0-12.5% 범위의 건조비지분말-물 분산물들은 고압균질기의 막힘(clogging) 현상이 발생하여 작업이 불가능하였다. 5% 고형분 함량일 때, 조사된 모든 압력범위에서 고압균질기의 운전이 원활하였지만, 고압균질 처리하는 동안 시료통안의 건조비지분말-물 분산물에 있어 건조비지분말의 침전현상이 발생하여 초기에는 크림상과 같은 비지 페이스트가 고압균질기로부터 배출되지만 후에는 물과 같은 액체만 배출되는 현상이 발생하여 5% 고형분 함량은 본 연구에 적합하지 않았다.

Table 2-4. Suitability on operating the high pressure homogenization (HPH) depending on applied pressure levels and total solid contents of biji-water dispersions

Applied pressure \ Total solid content	Applied pressure			
	5,000 psi	10,000 psi	15,000 psi	25,000 psi
5.0%(w/w)	○	○	○	○
7.5%(w/w)	○	○	○	○
10.0%(w/w)	×	×	○	○
12.5%(w/w)	×	×	△	○

*○ : Suitable, × : not available due to clogging of HPH system, △ : sometimes occurrence of clogging of HPH system.

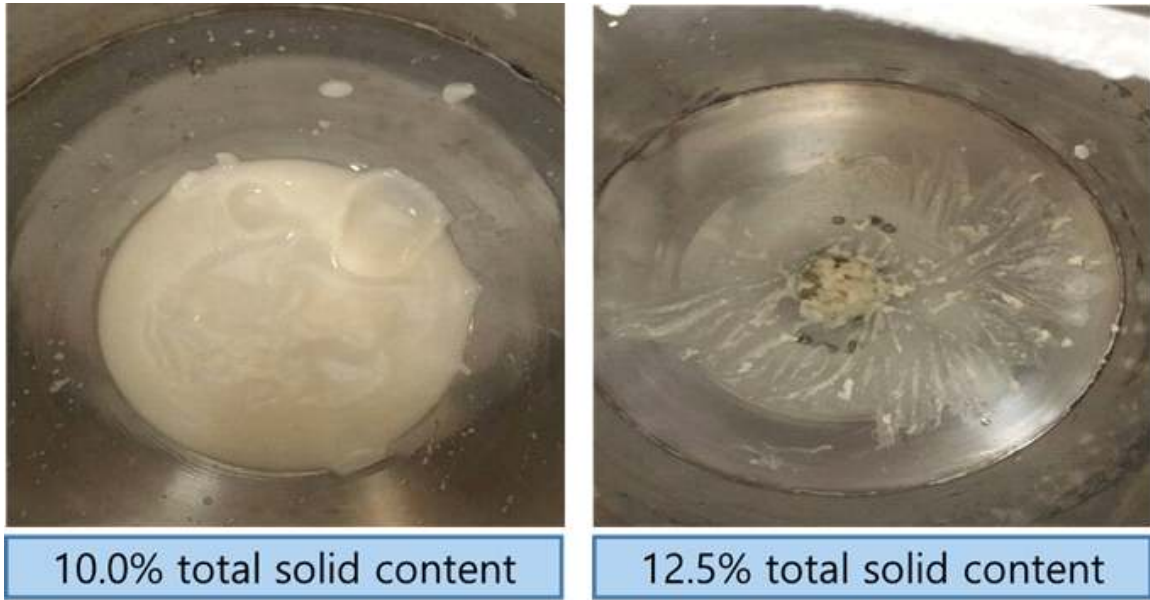


Fig. 2-24. Appearance of sample jars while treating biji-water dispersions with 10.0% and 12.5% total solid contents by high pressure homogenization (HPH).

15,000-25,000 psi의 적용된 압력 범위에서 고형분 함량이 10.0%일 경우에는 고압균질기가 작동하는 동안 비지-물 분산물이 자발적으로 고압균질기 내로 주입이 되지만, 고형분 함량 12.5%에서는 비지-물 분산물이 자발적으로 고압균질기 내로 주입이 되지 않아 시약스폰을 이용하여 비지-물 분산물을 긁어 시료 주입부분으로 수동적으로 밀어 넣어 주는 경우가 발생하였다. 또한 25,000 psi에서 고압균질기를 작동시킬 때, 시스템 내에서 기계마찰음이 발생하였고, 비지-물 분산물의 농도가 증가할수록 기계마찰음은 더욱 커지는 현상이 발생되었다(Fig. 2-24). 또한 건조비지분말 대신 생비지의 고형분 함량을 기준으로 생비지-물 분산물을 제조하여 고압균질처리 하여 보았다. 그러나 생비지를 사용할 경우 생비지의 고형분 함량을 사용하기 전에 결정하여야 하며, 생비지의 입도가 균일하지 않고 대두의 파편 등이 존재하여 고압균질처리 시료 제조 시 시료의 균일성을 담보하기 어려웠다. 또한 생비지-물 분산물을 상압의 회전식 균질기로 선균질할 때 생비지의 큰 파편 및 덩어리들의 분쇄가 원활하지 않았으며 고압균질기의 내부를 막는 현상이 자주 발생하였다. 따라서 생비지를 고압균질처리를 위한 시료로 사용하는 것은 적절치 않았다. 따라서 7.5% 고형분 함량의 건조비지분말-물 분산물을 제조한 후 5,000-25,000 psi의 압력범위에서 고압균질처리하였다. 5,000 및 10,000 psi에서는 균일한 상태의 비지 페이스트가 생산되지 않았다. 그래서 15,000 및 25,000 psi에서 처리된 비지 페이스트와 대조군(상압에서 선균질 후 고압균질기를 통과시키지 않은 것)에 대해서만 물리적 특성을 분석하였다.

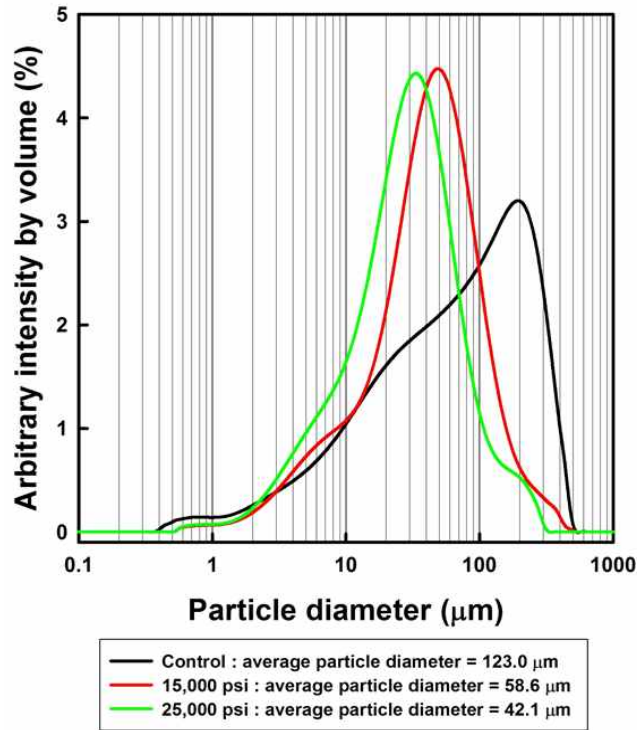


Fig. 2-25. Particle size distribution of control (14.7 psi) and biji pastes treated with high pressure homogenization at 15,000 and 25,000 psi.

대조군과 고압균질처리에 의해 제조된 비지 페이스트들의 입도분포를 Fig. 2-25에 나타내었다. 상압에서 회전식 균질기를 이용하여 선균질한 대조군이 고압균질처리군 보다 입도분포가 넓고, 큰 평균입도를 나타내었다. 고압균질처리 비지 페이스트에 있어서 압력수준이 증가할수록 평균입도는 감소하였다. 따라서 고압균질처리는 비지분말의 입도를 감소시키는 기능을 하는 것으로 보인다.

Table 2-5. Mean¹⁾ values for ζ -Potential, water holding capacity (WHC), and apparent viscosity of biji pastes treated by high pressure homogenization at 14.7 (control), 15,000, and 25,000 psi

Biji paste	ζ -Potential (mV)	WHC (%)	Apparent viscosity ²⁾ (Pa · s)
14.7 psi (Control)	-24.8 ± 2.8 ^b	1353.3 ± 9.4 ^c	4.8 ± 0.6 ^c
15,000 psi	-57.5 ± 3.4 ^a	1464.3 ± 10.1 ^a	9.6 ± 1.7 ^b
25,000 psi	-54.7 ± 1.8 ^a	1435.7 ± 10.1 ^b	27.2 ± 2.7 ^a

¹⁾Mean values of three replicate measurements; values sharing the same lowercase letters within columns are not significantly different at $p < 0.05$.

²⁾Measured at 25°C and 0.1 rpm with the spindle of No. 31 using a Brookfield rotational viscometer.

고압균질처리에 의해 제조된 비지 페이스트의 제타전위차는 -54.7 -- -57.5 mV의 범위로 적용된 압력이 증가하면서 감소하였으나 통계학적으로 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 반면에 대조군의 경우 -24.8 mV를 보였으며, 비지 페이스트들 보다 높은 수준이었다. 결과적으로 -30 mV 이하의 수준을 나타내는 비지 페이스트들 내의 비지의 미세입자들의 분산안전성은 대조군에 비해 높은 것으로 생각된다(Table 2-5). 또한 고압균질처리에 의해 제조된 비지 페이스트의 보수력은 대조군에 비해 유의적으로 높은 수준을 나타내었으며, 적용된 압력수준이 높을수록 보수력이 증가할 것으로 기대하였으나 15,000 psi에서 처리된 비지 페이스트가 가장 높은 보수력을 나타내었다(Table 2-5). 한편 대조군과 고압균질처리 비지 페이스트들의 겉보기 점도는 회전점도계를 이용하여 측정하였다(Table 2-5). 적용된 압력수준이 증가하면서 겉보기 점도가 증가하는 양상을 나타내었다. 또한 고압균질처리된 비지 페이스트들이 무처리군(대조군)보다 유의적으로 높은 수준의 겉보기 점도를 나타내어 고압균질처리가 비지의 물리적 특성을 개선하는데 유효한 것으로 판단되었다.

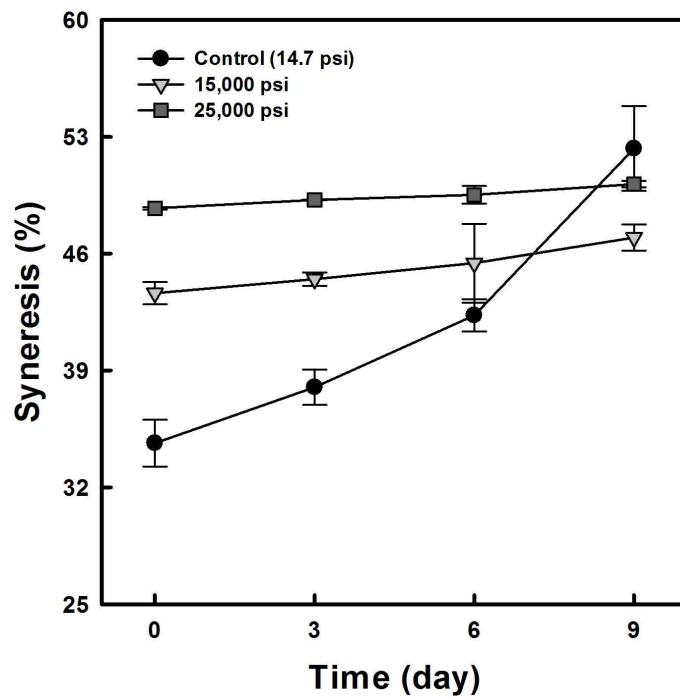


Fig. 2-26. Syneresis of biji pastes treated by high pressure homogenization at 14.7, 15,000, and 25,000 psi.

대조군과 고압균질처리 비지 페이스트들의 이수율을 측정하였다(Fig. 2-26). 고압균질처리 직후 비지 페이스트들은 대조군에 비해 높은 이수율을 나타내었으며, 압력수준이 증가할수록 높은 이수율을 나타내었다. 그러나 4°C에서 9일간 저장하였을 때, 고압균질처리 비지 페이스트들은 이수율이 증가하기는 하였으나 유의미한 변화를 나타내지 않은 반면에 대조군은 급격한 이수율을 증가를 나타내었다.

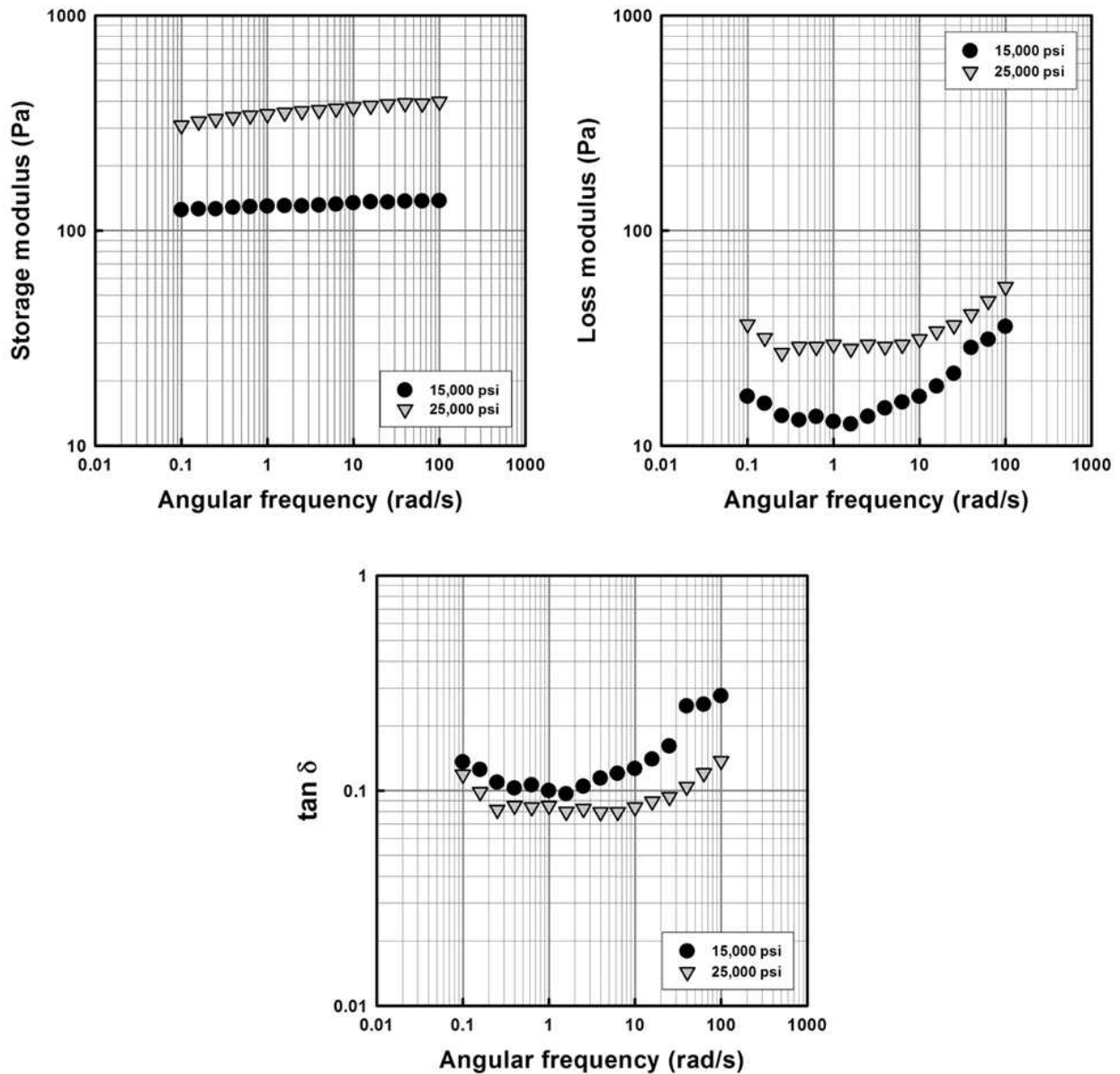


Fig. 2-27. Plots of dynamic rheological characteristics versus angular frequency of biji pastes treated by high pressure homogenization at 15,000 and 25,000 psi.

Table 2-6. Mean¹⁾ values for dynamic rheological characteristics (at 6.3 rad/s) of biji pastes treated by high pressure homogenization at 15,000 and 25,000 psi

Pressure (psi)	G' (Pa)	G'' (Pa)	$\eta^{*2)}$ (Pa · s)	tan δ
15,000	132.5 ± 18.2 ^b	15.9 ± 2.2 ^b	21.2 ± 2.9 ^b	0.12 ± 0.00 ^a
25,000	369.6 ± 2.4 ^a	29.5 ± 0.2 ^a	58.8 ± 0.4 ^a	0.08 ± 0.00 ^b

¹⁾Mean values of three replicate measurements; values sharing the same lowercase letters within columns are not significantly different at $p < 0.05$.

²⁾Complexed viscosity.

고압균질처리 비지 페이스트들의 점탄특성을 측정하였다(Fig. 2-27과 Table 2-6). 대조군의 경우 측정된 점탄특성의 편차가 너무 커 나타내지 않았다. 이는 선균질된 건조비지분말들 사이의 어떤 구조적인 형성이 이루어지지 않았기 때문으로 판단된다. 적용된 압력수준이 증가하는 탄성특성과 점성특성을 동시에 증가시켰다. 25,000 psi에서 처리된 비지 페이스트가 15,000 psi에서 처리된 것보다 더욱 고체와 같은 특성을 나타내었다. 이러한 비지 페이스트들의 점탄특성은 고압균질처리에 의해 건조비지분말들의 구조적 변형으로 비지분말들 사이의 약한 결합에 의해 3차원 망상구조와 같은 구조체를 형성하였기 때문으로 생각된다. 고압균질처리 비지 페이스트들의 탄성 및 점성 특성치들을 이용하여 계산한 복소점도의 변화는 Table 2-5에 제시된 회전식 점도계에 의한 겉보기 점도와 유사한 경향을 나타내었다.

Table 2-7. Mean¹⁾ values for steady shear parameters of biji pastes treated by high pressure homogenization at 15,000 and 25,000 psi

Pressure (psi)	Power law model parameter			Apparent viscosity ³⁾ (Pa · s)
	K ²⁾ (Pa · s ⁿ)	n ²⁾	r ²	
15,000	1.23±0.06 ^b	0.46±0.01 ^a	0.9885	0.10±0.00 ^b
25,000	7.20±0.56 ^a	0.23±0.04 ^b	0.9574	0.21±0.02 ^a

¹⁾Mean values of three replicate measurements; values sharing the same lowercase letters within columns are not significantly different at $p < 0.05$.

²⁾K; consistency index, n; flow index.

³⁾At 25°C and 100 s⁻¹

Table 2-8. Mean¹⁾ values for steady shear parameters of biji pastes treated by high pressure homogenization at 15,000 and 25,000 psi

Pressure (psi)	Herschel-Bulkley Model				Apparent viscosity ³⁾ (Pa · s)
	Yield stress (Pa)	K ²⁾ (Pa · s ⁿ)	n ²⁾	r ²	
15,000	0.16±0.01 ^b	1.06±0.02 ^b	0.49±0.00 ^a	0.9985	0.10±0.00 ^b
25,000	8.06±0.09 ^a	1.30±0.06 ^a	0.49±0.00 ^a	0.9857	0.20±0.00 ^a

¹⁾Mean values of three replicate measurements; values sharing the same lowercase letters within columns are not significantly different at $p < 0.05$.

²⁾K; consistency index, n; flow index.

³⁾At 25°C and 100 s⁻¹

고압균질처리 비지 페이스트들의 유체거동을 Power law model (Table 2-7)과 Herschel-Bulkley model (Table 2-8)을 이용하여 분석하였다. Power law model에 의하면 고압균질처리 비지 페이스트들은 의가소성(pseudoplastic) 유체와 같은 거동을 나타내었고, 압력이 증가하면서 점조도지수는 증가하고, 유동지수는 감소하는 현상을 나타내었다(Table 2-7). 한편 Herschel-Bulkley model로 분석하였을 때, 고압균질처리 비지 페이스트들은 Power law model과 달리 압력수준의 증가율에 비해 점조도지수는 거의 유사하였으며, 유동지수는 차이를 보이지 않았다. 그러나 압력수준이 증가하면서 비지 페이스트의 항복응력은 유의적으로 급격한 증가를 나타내었다(Table 2-8). 결과적으로 고압균질처리 비지 페이스트는 항복응력을 가지고 있는 의가소성 유체와 같은 거동을 나타내었다. 따라서 적용된 압력수준에 따른 비지 페이스트들의 Power law model 인자들의 차이는 비지 페이스트들의 항복응력의 차이로부터 초래된 것으로 생각된다.

(2) 고압균질처리 비지 페이스트의 물리적 특성에 대한 고형분 함량의 영향

선행된 연구에서 고압균질기에 과도한 로드를 줄이면서 안정적으로 건조비지분말을 처리할 수 있는 압력조건은 15,000 psi이었다. 15,000 psi로 건조비지분말-물 분산물을 처리할 때, 형성된 비지 페이스트의 물리적 특성에 대한 분산물의 고형분 함량에 대한 영향을 조사하였다. 건조비지분말-물 분산물은 5.0-12.5%(w/w)의 고형분 함량으로 제조하여 선균질 후 15,000 psi의 고압균질기로 처리하였다. 이때 5% 고형분 함량의 분산물은 선행된 연구에서와 마찬가지로 고압균질처리 동안 균일한 비지 페이스트를 얻을 수 없어 물리적 특성 분석에서 제외하였다.

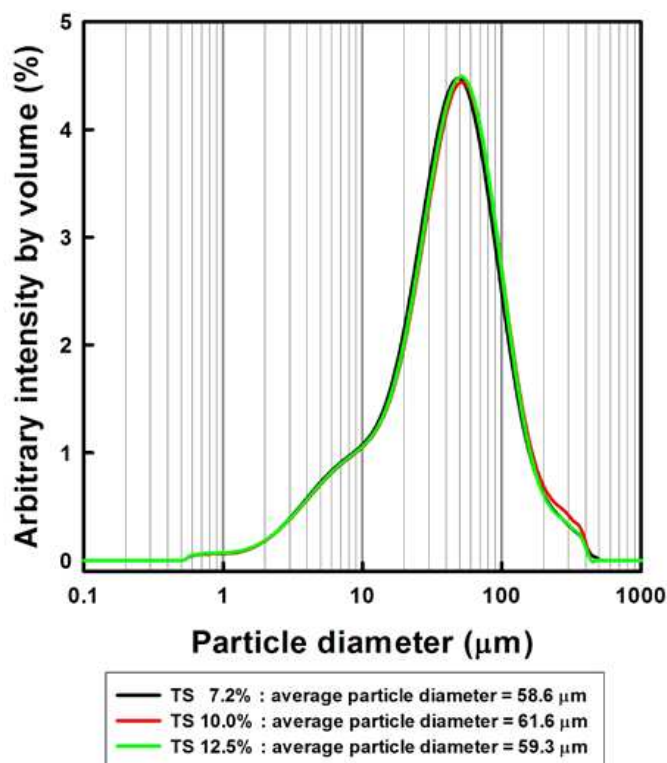


Fig. 2-28. Particle size distribution of biji pastes (treated with high pressure homogenization at 15,000 psi) with different total solid contents of 7.5-12.5%.

고형분 함량을 달리하여 고압균질처리된 비지 페이스트들의 입도분포와 평균입도를 측정하였다(Fig. 2-28). 건조비지분말-물 분산물의 고형분 함량에 따라 평균입도는 58.6-61.6 μm 의 범위를 나타내었고, 7.5% 고형분의 비지 페이스트가 58.6 μm 로 가장 작았다. 그러나 전체적인 입도분포를 고려할 때, 고형분 함량에 관계없이 입도분포는 거의 유사하였다. 따라서 고압균질처리에 의해 형성된 비지 페이스트들의 입도분포에 대한 고압균질처리의 영향은 건조비지분말-물 분산물의 고형분 함량과 관계가 없는 것으로 생각된다.

Table 2-9. Mean¹⁾ values for ζ -Potential, water holding capacity (WHC), and apparent viscosity of biji pastes (treated with high pressure homogenization at 15,000 psi) with different total solid contents of 7.5-12.5%.

Total solid content (%, w/w)	ζ -Potential (mV)	WHC (%)	Apparent viscosity ²⁾ (Pa · s)
7.5	-57.5 ± 3.4 ^a	1364.3 ± 20.2 ^a	9.6 ± 1.7 ^c
10.0	-51.7 ± 0.3 ^b	1003.4 ± 34.5 ^b	39.7 ± 0.7 ^b
12.5	-48.1 ± 0.8 ^c	752.8 ± 23.7 ^c	228.9 ± 6.2 ^a

¹⁾Mean values of three replicate measurements; values sharing the same lowercase letters within columns are not significantly different at $p < 0.05$.

²⁾Measured at 25°C and 0.1 rpm with the spindle of No. 31 using a Brookfield rotational viscometer.

고형분을 달리하여 고압균질처리에 의해 제조된 비지 페이스트들의 분산안정성을 측정하였다(Table 2-9). 건조비지분말-물 분산물의 고형분 함량이 증가하면서 비지 페이스트들의 제타 전위차는 -57.5 mV에서 -48.1 mV로 유의적으로 증가하였다. 그럼에서 조사된 모든 고형분 함량의 비지 페이스트들의 제타전위차가 -30 mV보다 작아 분산안정성은 여전히 좋은 것으로 판단된다. 또한 처리된 비지 페이스트들의 보수력을 측정하였을 때(Table 2-9), 고형분 함량이 증가하면서 보수력이 감소하는 결과를 나타내었다. 이와 같은 결과는 고형분 함량이 증가하면서 비지 페이스트 내의 불용성 단백질과 지방 함량이 상대적으로 증가하였기 때문으로 판단된다. 게다가 처리된 비지 페이스트들의 겔보기 점도를 측정하였을 때(Table 2-9), 고형분 함량이 증가하면서 겔보기 점도의 급격한 증가가 관찰되었다. 특히 12.5%의 고형분 함량의 비지 페이스트의 겔보기 점도는 7.5%의 고형분 함량의 것보다 약 24배 높은 수준을 나타내었다. 한편 고형분을 달리하여 고압균질처리에 의해 제조된 비지 페이스트들의 이수율을 4°C에서 9일간 저장하면서 측정하였다(Fig. 2-29). 고형분 함량이 증가할수록 비지 페이스트들의 이수율은 유의적으로 감소하였으며, 저장기간이 연장되면서 이수율이 점진적으로 증가하였으나, 초기의 이수율과 거의 차이를 보이지 않았다.

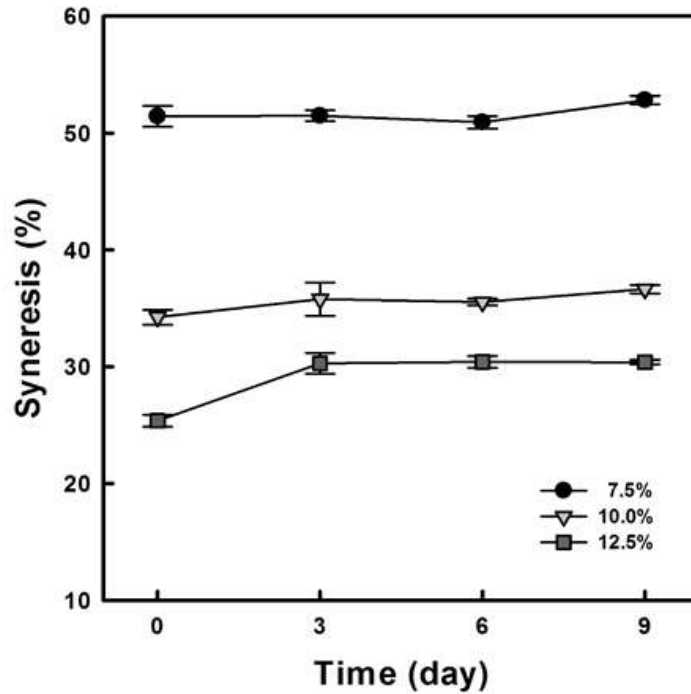


Fig. 2-29. Syneresis of biji pastes (treated with high pressure homogenization at 15,000 psi) with different total solid contents of 7.5-12.5%.

고형분 함량을 달리한 건조비지분말-물 분산물의 고압균질처리를 통해 제조된 비지 페이스트들의 점탄특성을 측정하였다(Fig. 2-30과 Table 2-10). 고형분 함량이 증가하면서 동적 점탄 특성 인자들인 저장탄성률, 손실탄성률, 복소점도가 급격히 증가하였고, 이러한 현상은 비지 페이스트들 내의 고형분 함량의 증가와 관련되어진 것으로 판단되지만, 고형분 함량의 증가율에 비해 동적 점탄특성 인자들의 급격한 증가를 전적으로 고형분 함량의 증가로 설명하지 못하는 것 같다. 또한 $\tan \delta$ 는 모든 처리군들에서 0.12로 유의적인 차이를 나타내지 않았고, 이는 모든 처리군들이 고체와 같은 거동을 한다는 것을 설명한다.

Table 2-10. Mean¹⁾ values for dynamic rheological characteristics (at 6.3 rad/s) of biji pastes (treated with high pressure homogenization at 15,000 psi) with different total solid contents of 7.5-12.5%

Total solid content (%, w/w)	G' (Pa)	G'' (Pa)	$\eta^{*2)}$ (Pa · s)	$\tan \delta$
7.5	132.5 ± 18.2 ^c	15.9 ± 2.2 ^c	21.2 ± 2.9 ^c	0.12 ± 0.00 ^a
10.0	2348.3 ± 29.9 ^b	285.2 ± 19.8 ^b	375.5 ± 5.1 ^b	0.12 ± 0.01 ^a
12.5	5013.5 ± 5.6 ^a	545.9 ± 2.9 ^a	800.5 ± 0.9 ^a	0.12 ± 0.00 ^a

¹⁾Mean values of three replicate measurements; values sharing the same lowercase letters within columns are not significantly different at $p < 0.05$.

²⁾Complexed viscosity.

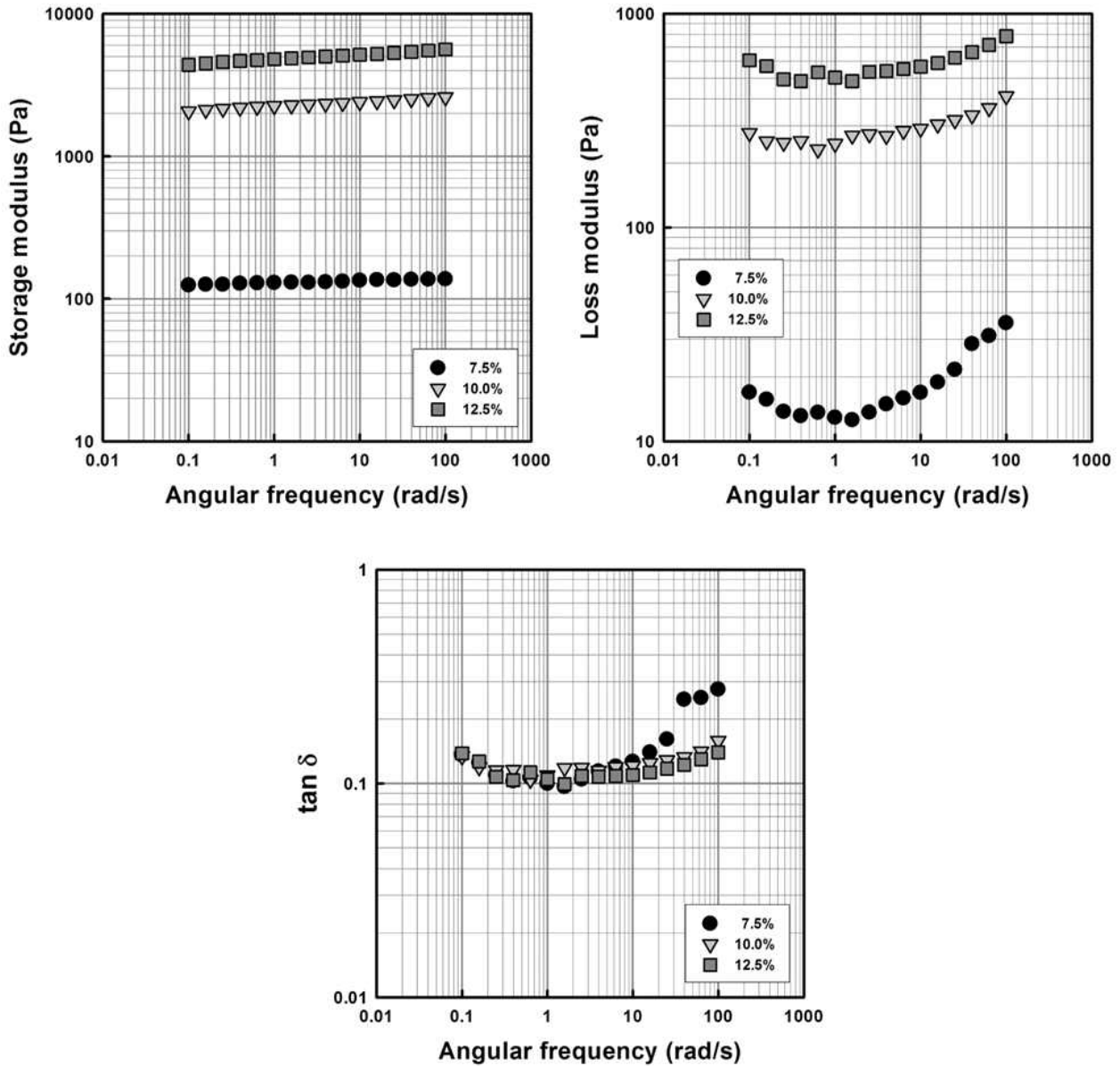


Fig. 2-30. Plots of dynamic rheological characteristics versus angular frequency of bijji pastes (treated with high pressure homogenization at 15,000 psi) with different total solid contents of 7.5-12.5%.

고형분 함량을 달리하여 고압균질처리를 통해 제조된 비지 페이스트들의 유체거동을 Power law model (Table 2-11)과 Herschel-Bulkley model (Table 2-12)을 이용하여 분석하였다. Power law model에 의하면 고압균질처리 비지 페이스트들은 의가소성(pseudoplastic) 유체와 같은 거동을 나타내었고, 고형분 함량이 증가하면서 점조도지수는 증가하고, 유동지수는 감소하는 현상을 나타내었다. 이의 결과로부터 계산된 겔보기 점도는 고형분 함량의 증가와 함께 증가하는 결과를 나타내었다(Table 2-11).

Table 2-11. Mean¹⁾ values for steady shear parameters of biji pastes (treated with high pressure homogenization at 15,000 psi) with different total solid contents of 7.5-12.5%.

Total solid content (%, w/w)	Power law model parameter			Apparent viscosity ³⁾ (Pa · s)
	K ²⁾ (Pa · s ⁿ)	n ²⁾	r ²	
7.5	1.23±0.06 ^c	0.46±0.01 ^a	0.9885	0.10±0.00 ^c
10.0	34.75±0.45 ^b	0.19±0.00 ^b	0.8773	0.83±0.01 ^b
12.5	87.65±1.01 ^a	0.17±0.01 ^c	0.9135	1.94±0.05 ^a

¹⁾Mean values of three replicate measurements; values sharing the same lowercase letters within columns are not significantly different at $p < 0.05$.

²⁾K; consistency index, n; flow index.

³⁾At 25°C and 100 s⁻¹

한편 Herschel-Bulkley model로 분석하였을 때(Table 2-12), 고압균질처리 비지 페이스트들은 Power law model과 달리 고형분 함량의 증가율과 점조도지수와 유동지수 사이에는 특정 경향이 관찰되지 않았다. 그러나 고형분 함량이 증가하면서 비지 페이스트의 항복응력은 유의적으로 급격한 증가를 나타내었다. 결과적으로 고압균질처리 비지 페이스트는 항복응력을 가지고 있는 의가소성 유체와 같은 거동을 나타내었다.

Table 2-12. Mean¹⁾ values for steady shear parameters of biji pastes (treated with high pressure homogenization at 15,000 psi) with different total solid contents of 7.5-12.5%.

Total solid content (%, w/w)	Herschel-Bulkley Model				Apparent viscosity ³⁾ (Pa · s)
	Yield stress (Pa)	K ²⁾ (Pa · s ⁿ)	n ²⁾	r ²	
7.5	0.16±0.01 ^c	1.06±0.02 ^c	0.49±0.00 ^c	0.9985	0.10±0.00 ^c
10.0	46.87±0.96 ^b	0.39±0.01 ^b	0.86±0.03 ^a	0.9906	0.68±0.02 ^b
12.5	113.65±2.26 ^a	2.20±0.04 ^a	0.71±0.02 ^b	0.9911	1.73±0.02 ^a

¹⁾Mean values of three replicate measurements; values sharing the same lowercase letters within columns are not significantly different at $p < 0.05$.

²⁾K; consistency index, n; flow index.

³⁾At 25°C and 100 s⁻¹

(3) 고압균질처리 비지 페이스트의 물리적 특성에 대한 건조비지분말의 지방 함량의 영향

안정적으로 물리적 특성이 개선된 비지 페이스트를 제조하기 위해서는 건조비지분말-물 분산물의 고형분 함량을 7.5-10.0%(w/w) 범위로 하는 것이 적절하였고, 고형분 함량의 증가는 비지 페이스트의 점탄특성, 유체거동, 및 이수율의 향상을 가지는 것으로 결론되었다. 한편 건조비지분말은 상당량의 지방함량을 보유하고 있기 때문에 고압균질처리에 의해 형성된 비지 페이스트의 물리적 특성에 대한 건조비지분말의 지방 함량의 영향을 조사하였다. 건조비지분말의 지방은 hexane을 이용하여 상온에서 3시간 교반하여 제거하였고, 대조군(건조비지분말)과 탈지비지의 단백질 및 지방함량을 정량하여 **Table 2-13**에 나타내었다. 선행연구에 의하면 건조비지분말의 탈지처리 후 단백질함량은 미미한 정도로 감소하고, 제거된 지방함량은 조회분과 탄수화물 함량의 증가를 초래하였다. 이 현상은 본 연구에서도 관찰되었다. 대조군의 탈지 후 지방함량은 0.7%로 감소하였고, 단백질 함량은 21.6%에서 19.8%로 유의적이지만 미미한 수준의 감소를 나타내었다.

Table 2-13. Protein and fat contents¹⁾ of biji and defatted biji

Biji	Protein content (%, d.b)	Fat content (%, d.b)
Control	21.6±0.2 ^a	10.8±0.6 ^a
Defatted	19.8±0.8 ^b	0.7±0.1 ^b

¹⁾Mean values of three replicate measurements; values sharing the same lowercase letters within columns are not significantly different at $p < 0.05$.

대조군(건조비지분말)과 탈지비지를 7.5%의 고형분 함량으로 비지-물 분산물을 제조한 후 선균질하고 15,000 psi에서 고압균질처리하여 비지 페이스트들을 제조하였고, 이들의 입도분포 및 평균입도를 조사하였다. 평균입도는 대조군이 58.6 μm , 탈지비지가 61.8 μm 로 탈지비지가 유의적으로 컸으나, 입도분포는 두 처리군이 거의 일치하였다. 따라서 고압균질처리에 의한 건조비지분말의 입자크기 변화에는 지방함량은 영향을 미치지 않는 것으로 판단된다(**Fig. 2-30**).

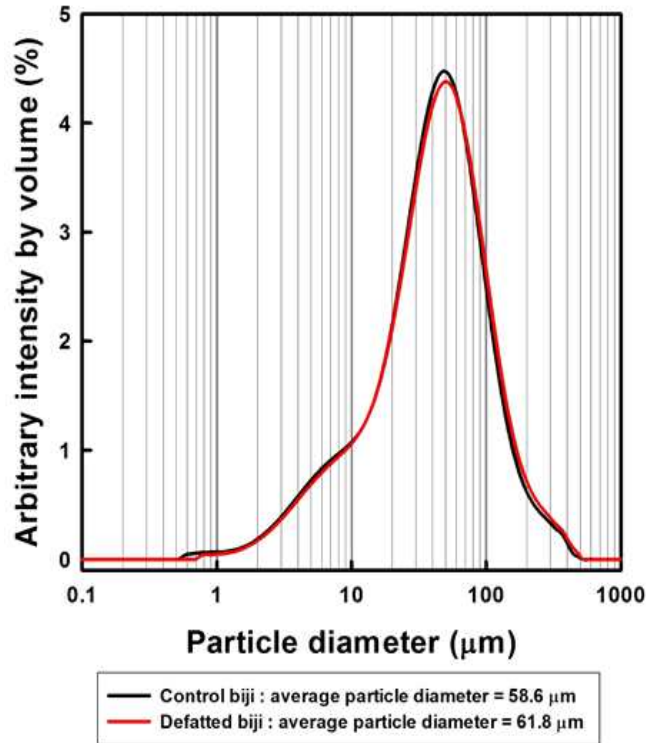


Fig. 2-31. Particle size distribution of control and defatted biji pastes treated at 7.5% total solid content with high pressure homogenization at 15,000 psi.

대조군(건조비지분말)과 탈지비지의 고압균질처리 페이스트의 분산안정성을 측정하였다 (Table 2-14). 대조군에 비해 탈지비지의 제타전위차가 유의적으로 감소하여, 분산안정성은 대조군이 뛰어난 것으로 판단된다. 그럼에도 처리군들 모두 -30 mV 미만의 제타전위차를 나타내기 때문에 비지 페이스트 내의 비지 입자들의 분산안정성은 높은 것으로 판단된다.

Table 2-14. Mean¹⁾ values for ζ -Potential, water holding capacity (WHC), and apparent viscosity of control and defatted biji pastes treated at 7.5% total solid content with high pressure homogenization at 15,000 psi.

Biji	ζ -Potential (mV)	WHC (%)	Apparent viscosity ²⁾ (Pa · s)
Control	-57.5 ± 3.4 ^a	1364.3 ± 20.2 ^a	9.6 ± 1.7 ^b
Defatted	-47.5 ± 0.4 ^b	1311.4 ± 44.5 ^a	24.3 ± 3.8 ^a

¹⁾Mean values of three replicate measurements; values sharing the same lowercase letters within columns are not significantly different at $p < 0.05$.

²⁾Measured at 25°C and 0.1 rpm with the spindle of No. 31 using a Brookfield rotational viscometer.

또한 대조군(건조비지분말)과 탈지비지의 고압균질처리 페이스트들의 보수력을 측정하였다 (Table 2-14). 보수력의 평균치는 대조군이 탈지비지보다 높은 수준이었으나, 통계적으로는 대조군과 탈지비지 사이에 보수력의 차이는 관찰되지 않았다. 게다가 대조군(건조비지분말)과 탈지비지의 고압균질처리 페이스트들의 겔보기 점도를 측정하였다(Table 2-14). 탈지비지가 대조군에 비해 유의적으로 높은 수준의 겔보기 점도를 나타내었다.

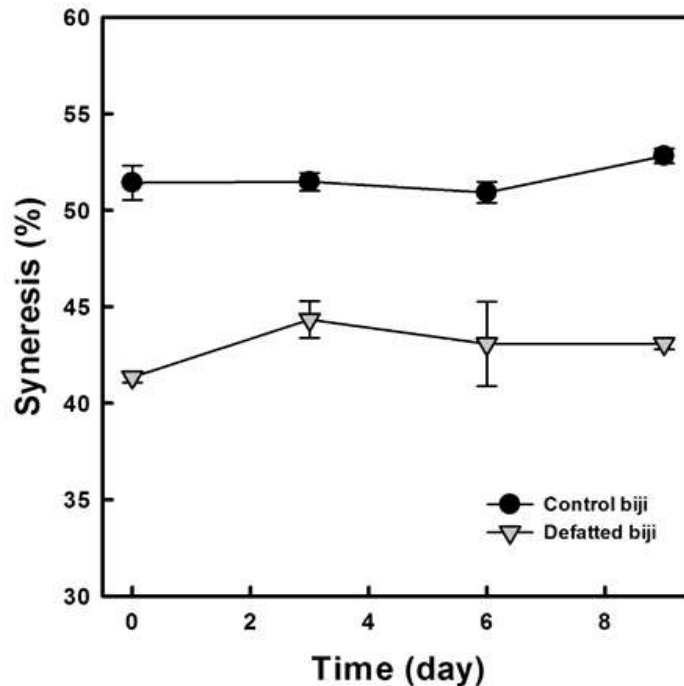


Fig. 2-32. Syneresis of control and defatted biji pastes treated at 7.5% total solid content with high pressure homogenization at 15,000 psi.

대조군(건조비지분말) 및 탈지비지를 이용하여 제조된 비지 페이스트들의 이수율을 분석하였다(Fig. 2-32). 탈지비지 페이스트가 저장기간 동안 이수율의 변동은 있었으나, 대조군 비지 페이스트에 비해 유의적으로 낮은 수준의 이수율을 나타내었다. 이는 건조비지분말로부터 지방 성분이 제거됨으로써 수분이 탈지비지의 단백질과 탄수화물 영역에 더욱 오래 머물 수 있는 것으로 생각된다.

Table 2-15. Mean¹⁾ values for dynamic rheological characteristics (at 6.3 rad/s) of control and defatted biji pastes treated at 7.5% total solid content with high pressure homogenization at 15,000 psi

Biji	G' (Pa)	G'' (Pa)	$\eta^{*2)}$ (Pa · s)	tan δ
Control	132.5 ± 18.2 ^b	15.9 ± 2.2 ^b	21.2 ± 2.9 ^b	0.12 ± 0.00 ^b
Defatted	795.1 ± 4.7 ^a	126.5 ± 3.9 ^a	127.8 ± 0.6 ^a	0.16 ± 0.00 ^a

¹⁾Mean values of three replicate measurements; values sharing the same lowercase letters within columns are not significantly different at $p < 0.05$. ²⁾Complexed viscosity.

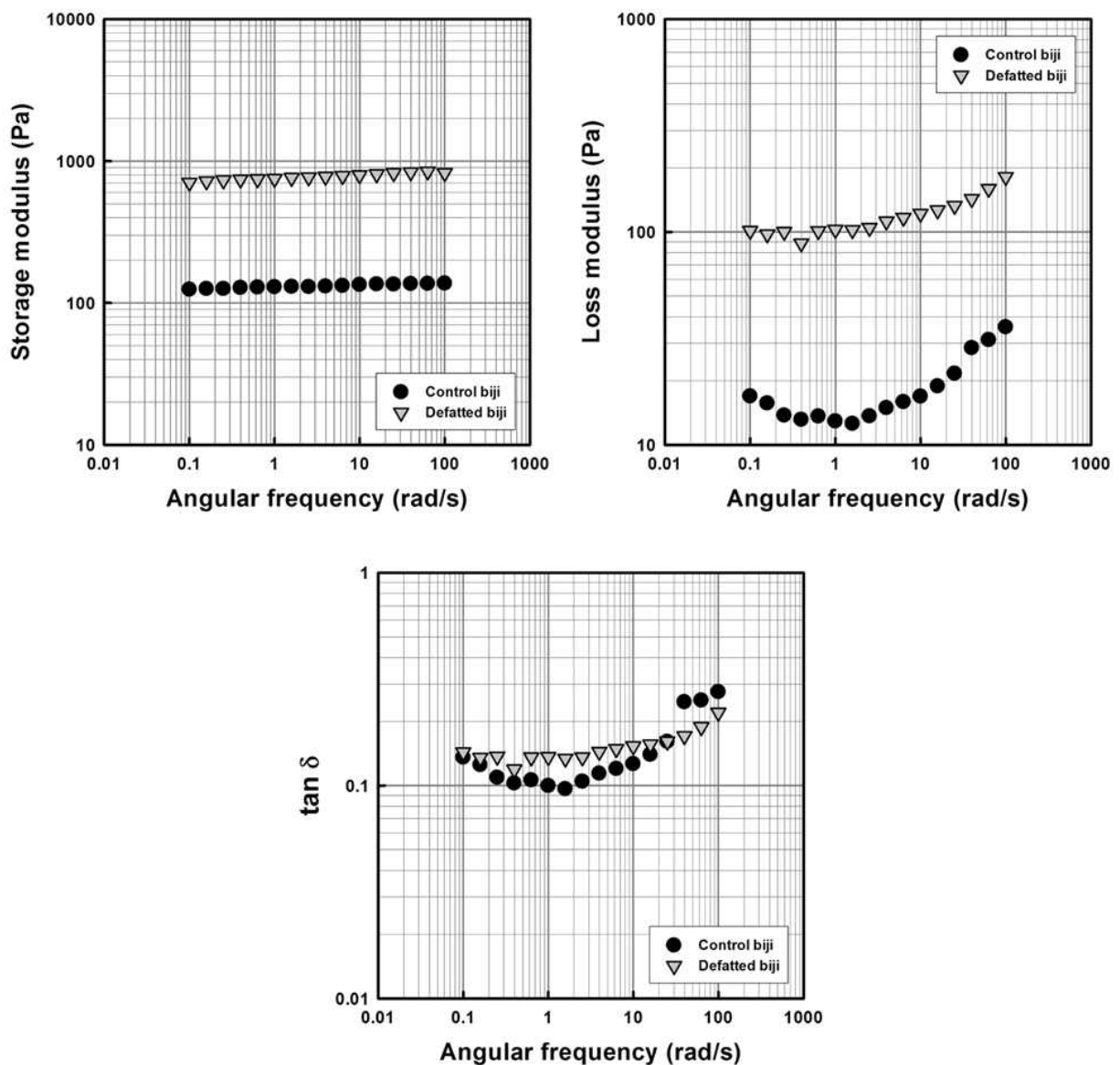


Fig. 2-33. Plots of dynamic rheological characteristics versus angular frequency of control and defatted biji pastes treated at 7.5% total solid content with high pressure homogenization at 15,000 psi.

대조군(건조비지분말)과 탈지비지를 이용하여 제조된 비지 페이스트들의 점탄특성을 측정하였다(Fig. 2-33과 Table 2-15). 건조비지분말로부터 지방이 제거됨으로써 동적 점탄특성 인자들인 저장탄성률, 손실탄성율, 복소점도가 급격히 증가하였고, 이러한 현상은 건조비지분말 내의 지방이 고압균질처리에 의해 비지들 사이에 어떤 구조체의 형성을 방해하는 인자이거나 지방의 제거로 비지 페이스트 내의 입자들 사이의 마찰 저항성이 증가하였기 때문으로 생각된다. 또한 $\tan \delta$ 는 탈지비지 페이스트가 대조군 비지 페이스트보다 유의적으로 높은 수준을 나타내었으나, 여전히 모든 처리군들은 고체와 같은 거동을 한다는 것을 설명한다.

Table 2-16. Mean¹⁾ values for steady shear parameters of control and defatted biji pastes treated at 7.5% total solid content with high pressure homogenization at 15,000 psi

Biji	Power law model parameter			Apparent viscosity ³⁾ (Pa · s)
	K ²⁾ (Pa · s ⁿ)	n ²⁾	r ²	
Control	1.23 ± 0.06 ^b	0.46 ± 0.01 ^a	0.9885	0.10 ± 0.00 ^b
Defatted	5.76 ± 0.24 ^a	0.44 ± 0.01 ^a	0.9529	0.44 ± 0.01 ^a

¹⁾Mean values of three replicate measurements; values sharing the same lowercase letters within columns are not significantly different at $p < 0.05$.

²⁾K; consistency index, n; flow index.

³⁾At 25°C and 100 s⁻¹

대조군(건조비지분말)과 탈지비지를 이용하여 고압균질처리를 통해 제조된 비지 페이스트들의 유체거동을 Power law model (Table 2-16)과 Herschel-Bulkley model (Table 2-17)을 이용하여 분석하였다. Power law model에 의하면 고압균질처리 비지 페이스트들은 의가소성 (pseudoplastic) 유체와 같은 거동을 나타내었고, 지방함량이 감소하면서 점조도지수는 증가하였지만, 유동지수는 대조군과 유의적인 차이를 보이지 않았다. 이의 결과로부터 계산된 겉보기 점도는 고형분 함량의 증가와 함께 증가하는 결과를 나타내었다(Table 2-16). 한편 Herschel-Bulkley model로 분석하였을 때(Table 2-17), 탈지비지 페이스트의 점조도지수와 유동지수는 대조군에 비해 각각 감소하고 증가하는 양상을 나타내어 Power law model의 경우와 반대의 결과를 보였다. 그러나 탈지비지 페이스트는 대조군에 비해 약 10배가량 높은 항복응력을 나타내었다. 결과적으로 고압균질처리 비지 페이스트는 항복응력을 가지고 있는 의가소성 유체와 같은 거동을 나타내었다.

Table 2-17. Mean¹⁾ values for steady shear parameters of control and defatted biji pastes treated at 7.5% total solid content with high pressure homogenization at 15,000 psi

Biji	Herschel-Bulkley Model				Apparent viscosity ³⁾ (Pa · s)
	Yield stress (Pa)	K ²⁾ (Pa · s ⁿ)	n ²⁾	r ²	
Control	0.16 ± 0.01 ^b	1.06 ± 0.02 ^b	0.49 ± 0.00 ^a	0.9985	0.10 ± 0.00 ^b
Defatted	10.54 ± 0.39 ^a	0.70 ± 0.00 ^a	0.80 ± 0.02 ^a	0.9975	0.39 ± 0.02 ^a

¹⁾Mean values of three replicate measurements; values sharing the same lowercase letters within columns are not significantly different at $p < 0.05$.

²⁾K; consistency index, n; flow index.

³⁾At 25°C and 100 s⁻¹

(4) 고압균질처리 비지 페이스트의 물리적 특성에 대한 건조비지분말의 단백질 함량의 영향

선행된 연구에서 건조비지분말 내의 지방함량의 존재유무에 따라 비지 페이스트의 물리적 특성이 변화하는(개선되는) 것을 알 수 있었다. 그래서 건조비지분말의 주요성분 중 하나인 단백질의 함량이 고압균질처리 비지 페이스트의 물리적 특성에 미치는 영향을 분석하기 위해 건조비지분말의 단백질을 알칼리 용액을 제거한 후 고압균질처리한 비지 페이스트들의 물성을 분석하였다. NaOH 용액을 이용하여 3시간과 21시간 동안 단백질을 용해시켜 제조한 비지분말의 단백질 및 지방 함량들은 **Table 2-18**에 나타내었다. 3시간 동안 처리 시 단백질 함량은 15.6% 이었고, 21시간 처리군은 10.2%이었다. 동시에 지방함량도 감소하였는데, 가수분해시간에 관계없이 약 2.0%의 수준으로 지방함량은 감소하였다. 이는 알칼리 용액 내에서 건조비지분말의 지방의 비누화 반응으로 인한 지방성분의 손실 때문이다.

Table 2-18. Protein and fat contents¹⁾ of control and deproteinized biji

Biji	Protein content (%, d.b)	Fat content (%, d.b)
Control	21.6 ± 0.2 ^a	10.8 ± 0.6 ^a
Deproteinized (3 h)	15.6 ± 0.0 ^b	2.1 ± 0.1 ^b
Deproteinized (21 h)	10.2 ± 0.1 ^c	2.0 ± 0.0 ^b

¹⁾Mean values of three replicate measurements; values sharing the same lowercase letters within columns are not significantly different at $p < 0.05$.

대조군과 탈단백비지로부터 제조된 비지 페이스트의 입도분포와 평균입도를 분석하였다 (Fig. 2-34). 비지 페이스트들 내의 단백질 함량이 감소할수록 평균입도는 58.6 μm 에서 48.2 μm 로 감소하였다. 입도분포는 탈단백 비지에서 대조군에 비해 좀 더 균일한 형태를 가지고 있었다. 선행된 연구에서 탈지비지로부터 제조된 비지 페이스트의 평균입도가 대조군과 차이를 보이지 않은 것으로 볼 때 탈단백비지 페이스트의 평균입도가 감소하는 것은 전적으로 단백질의 감소와 연관있는 것으로 생각된다.

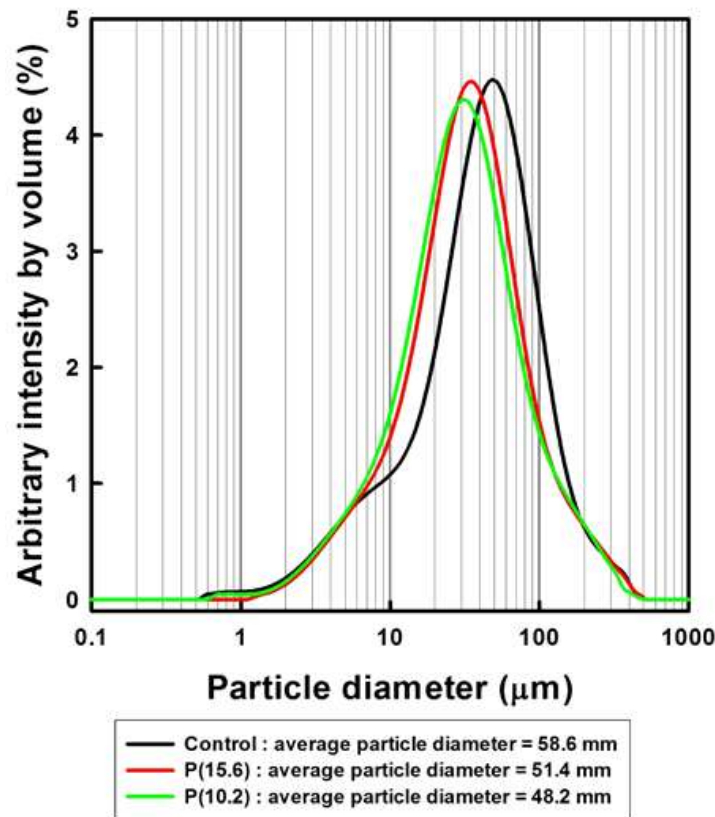


Fig. 2-34. Particle size distribution of control and deproteinized biji pastes with different protein contents of 15.6% (P(15.6)) and 10.2% (P(10.2)), treated at 7.5% total solid content with high pressure homogenization at 15,000 psi.

대조군과 탈단백 비지 페이스트의 분산안정성을 측정하였다(Table 2-19). 대조군과 15.6% 단백질 함량의 비지 페이스트의 제타전위차는 유의적인 차이를 나타내지 않았고, 10.2% 단백질 함량의 비지 페이스트는 다른 처리군들에 비해 유의적으로 낮은 제타전위차를 나타내었지만, 그들과 큰 차이를 나타내지 않았다. 또한 모든 처리군들이 -30 mV 미만의 제타전위차를 나타내어 분산안정성이 높은 것으로 조사되었다. 또한 대조군과 탈단백 비지 페이스트들의 보수력을 측정하였다. 대조군에 비해 탈단백 비지 페이스트들은 유의적으로 높은 보수력을 나타내었으나, 탈단백 비지 페이스트들 중 단백질 함량이 감소 정도는 보수력에 유의적인 차이를 나타내지 않았다(Fig. 2-19). 한편 대조군과 탈단백 비지 페이스트들의 겔보기 점도를 측정하였을 때(Table 2-19), 대조군에 비해 탈단백 비지 페이스트들이 더욱 높은 겔보기 점도를 나타내었다. 탈단백 비지 페이스트 내에서 단백질 함량이 적은 것이 겔보기 점도가 더욱 낮았다.

이와 같은 탈단백 비지 페이스트들과 대조군 비지 페이스트들 사이의 차이는 단백질 함량의 차이도 있을 수 있지만, 건조비지분말로부터 단백질을 제거하면서 동시에 지방도 함께 제거되어 지방함량의 감소에 따른 영향도 탈단백 비지 페이스트들의 물리적 특성에 미친 것으로 생각된다.

Table 2-19. Mean¹⁾ values for ζ -Potential, water holding capacity (WHC), and apparent viscosity of control and deproteinized biji pastes with different protein contents of 15.6% (P(15.6)) and 10.2% (P(10.2)), treated at 7.5% total solid content with high pressure homogenization at 15,000 psi

Biji	ζ -Potential (mV)	WHC (%)	Apparent viscosity ²⁾ (Pa · s)
Control	-57.5 ± 3.4 ^a	1364.3 ± 20.2 ^b	9.6 ± 1.7 ^c
P(15.6)	-57.3 ± 0.6 ^a	1426.9 ± 38.1 ^a	245.0 ± 29.7 ^a
P(10.2)	-56.4 ± 0.4 ^a	1457.7 ± 5.4 ^a	158.5 ± 19.1 ^b

¹⁾Mean values of three replicate measurements; values sharing the same lowercase letters within columns are not significantly different at $p < 0.05$.

²⁾Measured at 25°C and 0.1 rpm with the spindle of No. 31 using a Brookfield rotational viscometer.

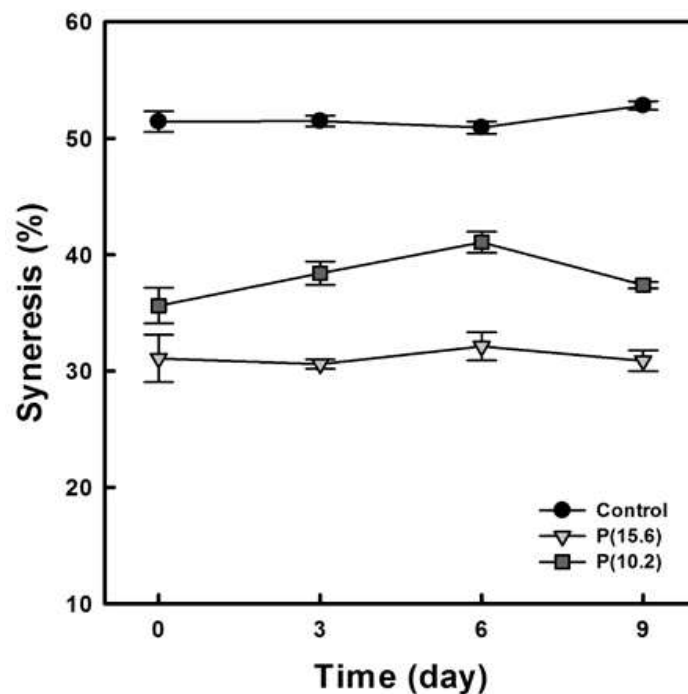


Fig. 2-35. Syneresis of control and deproteinized biji pastes with different protein contents of 15.6% (P(15.6)) and 10.2% (P(10.2)), treated at 7.5% total solid content with high pressure homogenization at 15,000 psi.

대조군과 탈단백 비지 페이스트들의 이수율을 조사하였다(Fig. 2-35). 대조군에 비해 탈단백 비지 페이스트들의 이수율이 유의적으로 낮은 수준을 나타내었고, 15.6% 단백질 함량의 비지 페이스트가 가장 낮은 이수율을 나타내었다. 탈단백 비지 페이스트의 낮은 이수율은 이들의 높은 보수력과 관계가 있는 것으로 판단된다.

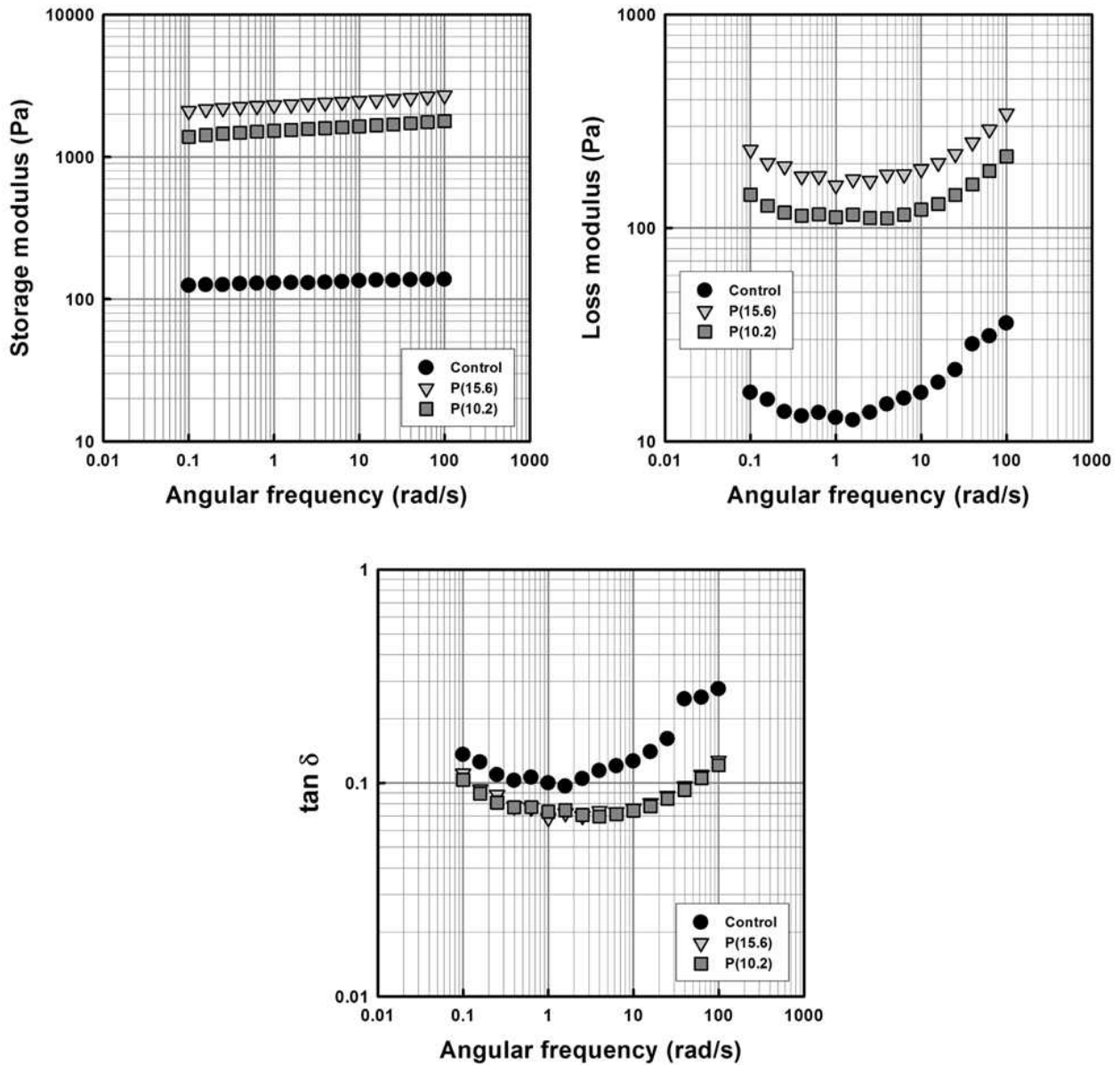


Fig. 2-36. Plots of dynamic rheological characteristics versus angular frequency of control and deproteinized biji pastes with different protein contents of 15.6% (P(15.6)) and 10.2% (P10.2)), treated at 7.5% total solid content with high pressure homogenization at 15,000 psi.

대조군과 탈단백 비지들을 이용하여 제조된 비지 페이스트들의 점탄특성을 측정하였다(Fig. 2-36과 Table 2-19). 건조비지분말로부터 단백질과 지방이 제거됨으로써 동적 점탄특성 인자들인 저장탄성률, 손실탄성율, 복소점도가 급격히 증가하였다. 또한 $\tan \delta$ 는 탈지비지 페이스트가 대조군 비지 페이스트보다 유의적으로 높은 수준을 나타내었으나, 여전히 모든 처리군들은 고체와 같은 거동을 한다는 것을 설명한다.

Table 2-19. Mean¹⁾ values for dynamic rheological characteristics (at 6.3 rad/s) of control and deproteinized biji pastes with different protein contents of 15.6% (P(15.6)) and 10.2% (P10.2)), treated at 7.5% total solid content with high pressure homogenization at 15,000 psi

Biji	G'	G''	$\eta^{*2)}$	tan δ
	(Pa)	(Pa)	(Pa · s)	
Control	132.5 ± 18.2 ^c	15.9 ± 2.2 ^c	21.2 ± 2.9 ^c	0.12 ± 0.00 ^b
P(15.6)	2492.9 ± 20.7 ^a	183.5 ± 7.9 ^a	396.8 ± 3.4 ^a	0.08 ± 0.01 ^a
P(10.2)	1592.7 ± 14.8 ^b	111.5 ± 1.0 ^b	253.4 ± 2.3 ^b	0.07 ± 0.00 ^a

¹⁾Mean values of three replicate measurements; values sharing the same lowercase letters within columns are not significantly different at $p < 0.05$.

²⁾Complexed viscosity.

대조군과 탈단백 비지를 이용하여 고압균질처리를 통해 제조된 비지 페이스트들의 유체 거동을 Power law model (Table 2-20)과 Herschel-Bulkley model (Table 2-21)을 이용하여 분석하였다. Power law model에 의하면 고압균질처리 비지 페이스트들은 의가소성(pseudoplastic) 유체와 같은 거동을 나타내었고, 단백질 함량이 감소하면서(지방함량도 동시에 감소) 점조도지수는 증가하고, 유동지수는 감소하는 현상을 나타내었다. 이의 결과로부터 계산된 겔보기 점도는 단백질 함량의 감소와 함께 증가하는 결과를 나타내었다(Table 2-20). 한편 Herschel-Bulkley model로 분석하였을 때(Table 2-21), 점조도지수와 유동지수에 관해 Power law model에서 관찰된 경향과 유사하였다. 그러나 단백질 함량이 감소하면서 비지 페이스트의 항복응력은 유의적으로 급격한 증가하였다.

Table 2-20. Mean¹⁾ values for steady shear parameters of control and deproteinized biji pastes with different protein contents of 15.6% (P(15.6)) and 10.2% (P10.2)), treated at 7.5% total solid content with high pressure homogenization at 15,000 psi

Biji	Power law model parameter			Apparent viscosity ³⁾ (Pa · s)
	$K^{2)}$ (Pa · s ⁿ)	$n^{2)}$	r^2	
Control	1.23 ± 0.06 ^c	0.46 ± 0.01 ^a	0.9885	0.10 ± 0.00 ^c
P(15.6)	47.02 ± 2.91 ^b	0.23 ± 0.02 ^b	0.9859	1.34 ± 0.05 ^a
P(10.2)	38.06 ± 1.46 ^a	0.23 ± 0.01 ^b	0.9682	1.09 ± 0.01 ^b

¹⁾Mean values of three replicate measurements; values sharing the same lowercase letters within columns are not significantly different at $p < 0.05$.

²⁾K; consistency index, n; flow index.

³⁾At 25°C and 100 s⁻¹

Table 2-21. Mean¹⁾ values for steady shear parameters of control and deproteinized biji pastes with different protein contents of 15.6% (P(15.6)) and 10.2% (P10.2)), treated at 7.5% total solid content with high pressure homogenization at 15,000 psi

Biji	Herschel-Bulkley Model				Apparent viscosity ³⁾ (Pa · s)
	Yield stress (Pa)	K ²⁾ (Pa · s ⁿ)	n ²⁾	r ²	
Control	0.16 ± 0.01 ^c	1.06 ± 0.02 ^c	0.49 ± 0.00 ^a	0.9985	0.10 ± 0.00 ^c
P(15.6)	36.07 ± 0.85 ^a	23.39 ± 0.79 ^a	0.34 ± 0.02 ^c	0.9904	1.47 ± 0.04 ^a
P(10.2)	32.85 ± 0.52 ^b	14.35 ± 0.74 ^b	0.41 ± 0.01 ^b	0.9839	1.28 ± 0.09 ^b

¹⁾Mean values of three replicate measurements; values sharing the same lowercase letters within columns are not significantly different at $p < 0.05$.

²⁾K; consistency index, n; flow index.

³⁾At 25°C and 100 s⁻¹

바. 노화현상이 지연된 비지죽(짜먹는 형식) 개발

선행된 연구들에서 생비지의 습열처리 후 건조하여 제조한 건조비지분말, 연속순환식 동적 뒤움공정에 의한 건조비지분말, 고압균질처리를 통한 비지 페이스트의 개발을 통해 기존의 건조비지분말에서 관찰되었던 좋지 않은 관능특성과 낮은 물리적 기능성을 개선하였다. 개발된 기술들은 건조비지분말의 물리적 기능성 개선에 효과적이었으나 건조비지분말의 연속순환식 동적뒤움공정과 고압균질처리는 각각 고가의 쌍축압출성형기와 고압균질기를 설비하여야 하는 문제점이 있어 주관연구기관에 직접적으로 적용하기 어려운 점이 있다. 그러나 건조비지분말의 제조 시 생비지를 습열처리하는 것은 상대적으로 설비비용 및 운전비용이 저렴한 컨백션 오븐만이 필요하여 주관연구기관에 즉각적으로 적용이 가능하였다. 그래서 습열처리 비지 소재를 이용한 짜먹는 형태의 비지죽 제품의 시제품을 개발하였다. 그럼에도 개발된 짜먹는 형태의 비지죽은 페이스트 형태의 비지죽을 스텐딩 파우치에 담아 저장 및 유통시키는 제품으로 원료인 찹쌀과 멥쌀의 쌀전분들이 호화되어 페이스트의 형태로 존재하게 된다. 이러한 제품은 상온 및 저온 저장하였을 때 저장 및 유통 기간이 연장되면서 노화현상이 발생하게 되어 소비자들에 의한 사용상의 불편함(스텐딩 파우치의 입구로 비지죽이 배출되지 않는 현상)이나 관능적으로 나쁘게(노화되어 떡과 같은 질감을 형성) 될 수 있다. 따라서 짜먹는 형태의 비지죽의 노화현상을 지연시킬 수 있는 비지죽을 개발하였다. 선행된 연구에서 찹쌀, 멥쌀과 습열처리 비지를 이용하여 비지죽 베이스의 제조를 위해 최적화된 찹쌀, 멥쌀과 습열처리 비지의 혼합비율에 따라 비지죽 베이스를 제조하였다(대조군). Low methoxy pectin (LM 펙틴)을 비지죽 베이스의 노화지연 소재로 사용하였다. LM 펙틴은 쉽게 시중에서 구할 수 있으며, 식품첨가물 등급의 펙틴가수분해효소에 의해 LM 펙틴을 쉽게 저분자할 수 있기 때문에 LM 펙틴을 비지죽 베이스의 노화지연 소재로 결정하였다.

무처리 펙틴(0.5%, w/w)과 저분자 펙틴(2%, w/w) 용액에 찹쌀, 멥쌀과 습열처리 비지 소재를 최적 혼합비율로 혼합한 후 15분간 교반하면서 비지죽 베이스를 제조하였다. 또한 저분자 펙틴 용액을 이용한 비지죽은 밀폐된 가압솥에 넣어 85°C에서 24시간 동안 가열처리하였다. 제조된 비지죽 베이스들(대조군, 무처리 펙틴, 저분자 펙틴, 열처리 저분자 펙틴)은 경시적 겔화 패턴, melting enthalpy와 냉·해동 안정성을 평가하여 제조된 비지죽 베이스들의 노화현상을 추적하였다.

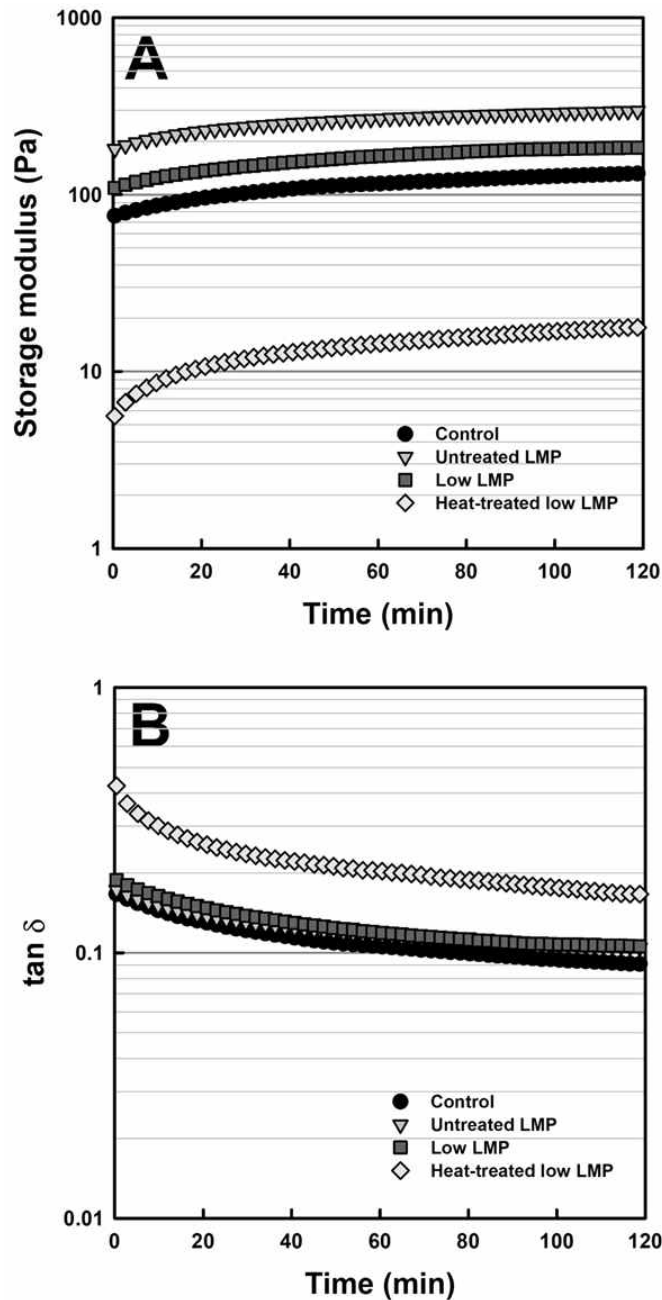


Fig. 2-37. Changes in storage modulus and $\tan \delta$ of biji porridge bases prepared with water (control) and pectin solutions of untreated low-methoxy pectin (untreated LMP) and low-molecular weight low-methoxy pectin (low LMP), and biji porridge base prepared with low LMP solution, followed by heat treatment at 85°C for 24 h (heat-treated low LMP).

비지죽 베이스들을 제조한 직후 동적점탄성 분석기를 이용하여 25℃에서 비지죽 베이스들이 겔화(노화)되는 경향을 120분에 걸쳐 추적하여 Fig. 2-37에 나타내었다. 저분자 펙틴 용액을 이용할 경우 펙틴의 농도는 2% (w/w)이었으나 무처리 펙틴 용액을 이용하여 비지죽 베이스를 제조하는 경우의 펙틴 용액의 농도는 0.5% (w/w)로 하였는데 이것은 무처리 펙틴의 경우 2% 농도로 용액을 제조할 때 펙틴 용액의 점도가 급격히 증가하여 쌀가루와 습열처리 비지가 균일하게 분산되지 않았기 때문에 농도를 낮추었다. 비지죽 베이스의 탄성계수는 무처리 펙틴 > 저분자 펙틴 > 대조군 > 열처리 저분자 펙틴 처리군의 순서로 증가하였다(Fig. 2-27A). 무처리 펙틴과 저분자 펙틴 용액을 이용하여 제조한 비지죽 베이스의 점도가 더욱 높은 것을 알 수 있었다. 반면에 저분자 펙틴 용액을 이용하여 비지죽 베이스를 제조한 후 85℃에서 24시간 동안 열처리한 비지죽 베이스는 처리군들 중에 가장 낮은 탄성계수를 나타내었다(Fig. 2-27A). 이와 같은 현상들은 비지죽 베이스의 $\tan \delta$ 의 변화에서도 유사하게 관찰되었다(Fig. 2-28B). 대조군, 무처리 펙틴, 저분자 펙틴 처리군들은 고체와 같은 거동이 높은 경향으로 나타내었고, 이에 반해 열처리 저분자 펙틴 처리군은 다른 처리군들보다는 고체와 같은 거동의 경향이 적은 수준이었다. 따라서 저분자 펙틴 용액을 이용하여 제조한 비지죽 베이스를 추가로 열처리 하는 것이 비지죽 베이스의 겔화(노화) 경향을 지연시키는 것을 알 수 있었다.

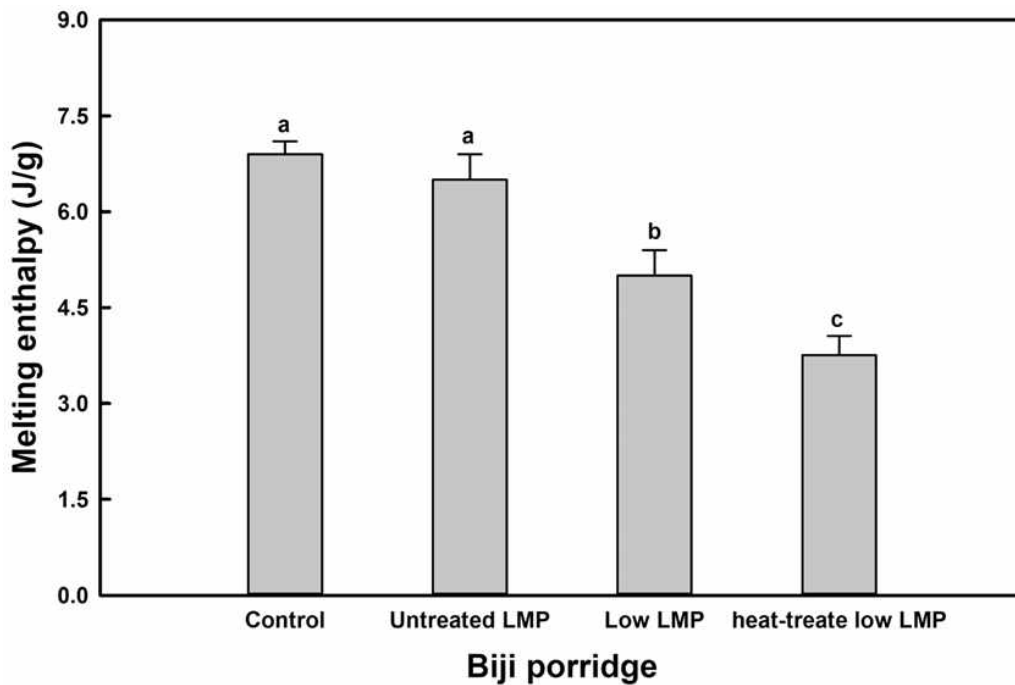


Fig. 2-38. Melting enthalpy (measured after storage at 4℃ for 4 weeks) of biji porridge bases prepared with water (control) and pectin solutions of untreated low-methoxy pectin (untreated LMP) and low-molecular weight low-methoxy pectin (low LMP), and biji porridge base prepared with low LMP solution, followed by heat treatment at 85℃ for 24 h (heat-treated low LMP).

비지죽 베이스들을 제조한 직후 시차주사열량계의 고압팬에 일정량을 담아 밀봉한 후 4°C에서 4주간 저장하여 노화를 진행시켰다. 4주 후에 시차주사열량계를 이용하여 노화된 비지죽 베이스들의 melting enthalpy를 조사하여 Fig. 2-38에 나타내었다. 대조군, 무처리 펙틴, 저분자 펙틴과 열처리 저분자 펙틴 처리군들의 melting enthalpy는 각각 6.9 ± 0.2 J/g, 6.5 ± 0.4 J/g, 5.0 ± 0.4 J/g과 3.8 ± 0.3 J/g이었고, 열처리 저분자 펙틴 처리군의 쌀전분들의 melting enthalpy가 가장 적은 수준이었다. 따라서 저분자 펙틴 용액을 이용하여 비지죽 베이스를 제조하고 계속해서 열처리하는 것이 비지죽 베이스의 노화를 지연시키는 효과가 우수한 것을 알 수 있었다.

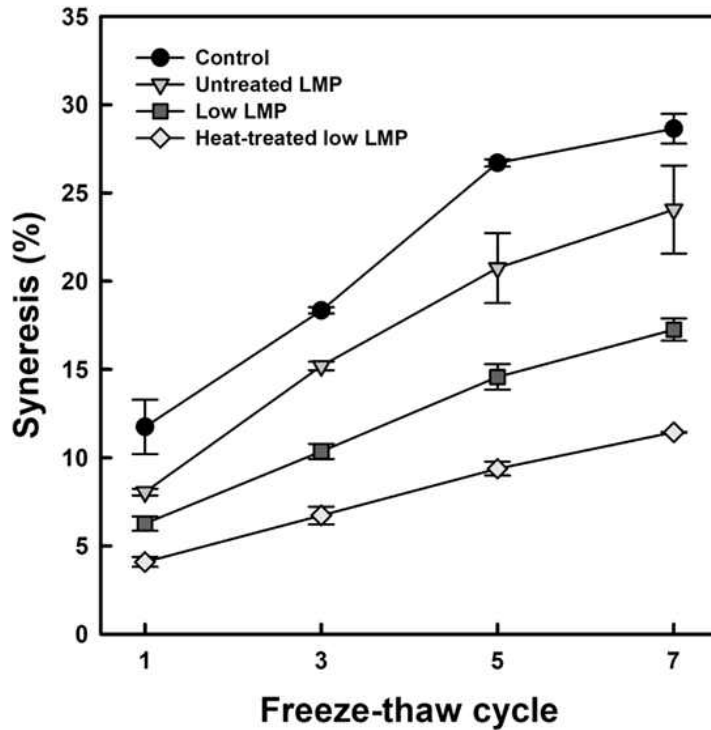


Fig. 2-39. Syneresis (according to freeze-thaw cycles) of biji porridge bases prepared with water (control) and pectin solutions of untreated low-methoxy pectin (untreated LMP) and low-molecular weight low-methoxy pectin (low LMP), and biji porridge base prepared with low LMP solution, followed by heat treatment at 85°C for 24 h (heat-treated low LMP).

비지죽 베이스들을 제조하여 일정량을 원심분리관에 넣어 -20°C에서 동결하였다가 상온(25°C)에서 해동한 후 이수되는 물의 양을 측정하여 Fig. 2-39에 제시하였다. 모든 처리군들이 냉해동 사이클이 증가하면서 이수되는 물의 양이 증가하는 것을 알 수 있었다. 이수율(syneresis)은 대조군 > 무처리 펙틴 > 저분자 펙틴 > 열처리 저분자 펙틴 처리군들 순서로 증가하였다. 그럼에도 저분자 펙틴과 열처리 저분자 펙틴 처리군들의 이수되는 정도는 대조군과 무처리 펙틴 처리군보다 점진적으로 증가하였으며, 열처리 저분자 펙틴 처리군들이 더욱 점진적으로 증가하는 양상을 나타내었다. 전반적인 결과들을 종합할 때 저분자 펙틴 용액을 이용하여 비지죽 베이스를 제조하고 추가로 열처리하는 것이 비지죽 베이스의 노화를 지연시키는 효과가 좋은 것을 알 수 있었다.

3. 요약 및 결론

- 건조비지분말은 120 mesh 선별체망이 장착된 해머식 분쇄기로 분쇄하여 제조하는 것이 적절한 것으로 보인다.
- 건조비지분말의 물리적 특성에 대한 비지 소재의 화학적 성분들(조단백질, 조지방, 식이섬유)의 영향을 조사하였다. 동결건조된 비지(대조군)과 열풍건조된 비지(무처리군)의 일반성분과 식이섬유 함량들은 유의적인 차이를 보이지 않았으나, 탈지비지는 조단백질 함량은 대조군 및 무처리군과 유의적인 차이가 없었으나 조지방 함량이 감소한 만큼 상대적으로 총 탄수화물 및 식이섬유 함량이 증가하였다. 탈단백비지는 조단백질과 조지방이 1% 미만이었으며 대부분 식이섬유로 구성되어 있었다. 수분흡수지수는 탈단백비지, 대조군, 탈지비지, 무처리군의 순서로 높았으며, 수분용해지수는 대조군, 무처리군, 탈지비지, 탈단백비지의 순서로 높았다. 팽윤력과 용해도는 건조비지분말의 각각의 수분흡수지수와 수분용해지수보다 높은 값을 나타내었고, 수분흡수지수와 수분용해지수에서 관찰된 양상과 동일하였다. 85°C에서의 가용성 탄수화물과 단백질 함량은 용해도에서 관찰된 양상과 동일 하였으며, 건조비지분말로부터 용해된 가용성 성분들의 대부분은 가용성 탄수화물과 단백질로 구성되어 있었다. 건조비지분말-물 분산물의 점도는 탈단백비지, 대조군, 탈지비지, 무처리군의 순서로 증가하였으나, 무처리군과 대조군의 경우 45°C까지만 점도를 발달시켰다. 또한 탈단백비지는 조사된 온도 범위에서 점도가 유의적으로 다르지 않았으나, 대조군은 온도가 증가하면서 점도가 증가하였다. 이상의 결과를 종합할 때, 이황화결합에 의해 가교된 단백질, 불용성 단백질의 존재와 함량은 건조비지분말의 물리적 특성을 저하시켰으며, 지질 성분에 의한 물리적 특성의 저하는 미미한 수준이었다. 또한 건조비지분말의 식이섬유 함량의 증가는 물리적 특성을 향상시키는 효과를 나타내었다. 따라서 대두가공과정 중 배출된 비지를 식품원료로 사용하기 위해서는 단백질 함량이 적은 비지를 선택하여 가능한 낮은 온도에서 건조하여야 할 것이다.
- 건조비지분말의 수화력, 용해도 및 주요성분의 가용화에 대한 압출성형 공정요인들(스크류 속도, 배럴온도, 비지 용융물의 수분함량)의 영향을 조사하였다. 모든 결과를 종합해볼 때, 건조비지분말의 수분함량을 25%로 하여 130°C에서 150 rpm의 스크류 속도로 압출하는 것이 건조비지분말의 수화력(수분흡수지수), 용해도(수분용해지수) 및 주요성분의 가용화에 가장 적절한 것으로 결정되었다. 또한 건조비지분말에 대한 추가적인 열처리는 향 및 맛 등의 관능적 요인들은 개선할 수 있는 것으로 보이나 물리적 특성들은 낮추는 안 좋은 효과를 나타내어, 최소한의 열처리가 필요할 것으로 생각된다.
- 압출성형 비지는 가열속도를 낮춰서 천천히 가열하는 것이 비지 분산물의 점도를 높일 수 있는 방안인 것으로 판단된다.
- 건조비지분말의 sandiness 제거를 통한 관능적 특성 개선과 물리적 특성 개선을 위해 고압 균질기술을 적용하여 건조비지분말-물 분산물을 크림상의 비지 페이스트로 전환하기 위한 공정변수와 원료변수들에 대해 조사하였다. 건조비지분말을 비지 페이스트로 안정적으로 전

환하기 위해서는 건조비지분말-물 분산물을 7.5-10.0%의 고형분 함량이 되도록 제조한 후 회전식 균질기를 이용하여 선균질하고 15,000 psi에서 고압균질기를 통과시키는 것이었다. 이때 건조비지분말-물 분산물의 고형분 함량의 증가는 비지 페이스트의 보수력, 이수율, 점탄특성 등과 같은 물리적 특성이 급격히 개선되었다. 비지 페이스트의 물리적 특성에 대한 지방함량의 영향을 조사하였을 때, 건조비지분말로부터 지방함량의 감소는 탈지비지 페이스트의 물리적 특성을 향상시켰다. 비지 페이스트의 물리적 특성에 대한 단백질 함량의 영향을 조사하였을 때, 건조비지분말로부터 단백질 함량의 감소는 탈지비지 페이스트의 물리적 특성을 향상시켰다. 이상의 결과를 종합할 때, 고압균질처리기술은 건조비지분말의 관능적 특성 및 물리적 특성의 개선에 효과적인 가공기술인 것이었다. 그럼에도 고압균질처리를 통해 형성된 비지 페이스트의 저장안전성에 대한 확보방안의 연구가 추가로 필요할 것으로 생각된다.

- 찹쌀가루, 멥쌀가루와 습열처리 비지 소재의 최적 혼합비율에 따라 비지죽 베이스를 제조할 때, 비지죽 베이스의 노화를 지연시키기 위해서는 찹쌀가루, 멥쌀가루와 습열처리 비지 소재들을 저분자 펙틴 용액 안에서 호화시키고, 이를 밀폐된 가압솥에 넣어 추가로 열처리하는 것이 노화가 지연된 비지죽 베이스를 제조하는 방법이었다.

제3절. 비지 소재들의 항비만 및 면역증강 효능 검증

1. 연구방법

가. 재료

(1) 비지 (Tofu by-products, Biji)

본 실험에 사용한 비지는 안동시에서 생산되는 청자콩을 이용하여 두부를 생산하는 농협 더햇식품사업소에서 두부를 생산하는 날짜에 배출되는 비지를 제공받아 비닐 포장지에 개별 포장한 후 -18℃에서 보관하여 실험재료로 사용하였다.

나. 버섯균사체 발효

(1) 버섯균사체

사용된 버섯 균사체는 한국생명공학 연구원 생물자원센터(Korea biological resource center, KBRC)와 한국미생물보존센터(Korean culture center of microorganisms, KCCM)에서 5종의 균주를 분양 받아 사용하였다(Table 3-1).

Table 3-1. List of mycelial mushrooms for fermentation

Common name		Scientific name	Stain number
<i>Gureum</i>	(구름버섯)	<i>Coriolus versicola</i>	KCCM ¹⁾ 11502
<i>White button</i>	(양송이버섯)	<i>Agaricus bisporus</i>	KCCM 60151
<i>Lacquer top</i>	(영지버섯)	<i>Ganoderma lucidum</i>	KCCM 60229
<i>King oyster</i>	(새송이버섯)	<i>Pleurotus eryngii</i>	KCCM 60407
<i>Chima</i>	(치마버섯)	<i>Schizophyllum commune</i>	ATCC 6482

¹⁾KCCM: Korea culture center of microorganisms

²⁾ACTC: American type culture collection

(2) 버섯균사체 배양 방법 및 조건

각 버섯들에 Table 3-2에 제시된 배지에 각각 접종하여 균사체 평판배양을 실시하였다. 버섯 균사체 1차 예비배양은 배양된 버섯균의 가장자리 일정부위를 5 mm 크기로 절단하여 액체 배양의 접종원으로 사용하였고 250 mL 삼각 플라스크에 100 mL 액체 배지를 넣고 분리한 균사체를 접종하여 Table 3-2와 같은 조건에서 각각 맞는 최적의 배양일까지 진탕 배양하였다. 버섯균사체 2차 예비배양은 진탕배양 된 액체 배양물을 균질기로 균질화한 후, 5% (v/v)의 비율로 액체배지에 접종하여 28℃, 180 rpm에서 최적배양일 까지 2차 진탕 배양한 후 비지에 버섯균사체 발효 시 접종원으로 사용하였다.

Table 3-2. Culture condition of different mushroom hyphae

Common name	Scientific name	Culture condition		
		Medium	Temperature (°C)	Agitating (rpm)
<i>Gureum</i> (구름버섯)	<i>Coriolus vericola</i>	PDA ¹⁾	24	160
White button (양송이버섯)	<i>Agaricus bisporus</i>	PDA	24	160
Lacquer top (영지버섯)	<i>Ganoderma lucidum</i>	PDA	24	160
King oyster (새송이버섯)	<i>Pleurotus eryngii</i>	YM ²⁾	24	180
<i>Chima</i> (치마버섯)	<i>Schizophyllum commune</i>	Malt	24	180

¹⁾ PDA: Potato dextrose agar

²⁾ YM: Yeast, malt

(3) 버섯균사체 선발을 위한 생육활성 측정

비지에 잘 적응하는 버섯균주를 선별하기 위하여 보관중인 버섯균을 지름 10 mm 크기로 잘라서 각각의 배지 중앙에 올려놓고 28℃ 항온기에서 배양하였다. 3, 5, 7일 간격으로 생육정도를 관찰하여 균의 성장 속도를 조사하였다.

(4) 비지의 복합효소 처리

일정량 비지 분말 5 g에 증류수를 50 mL를 가하여 현탁시킨 후 가수분해효소(protease: EC 3.4.24.32, from *Bacillus polymyxa*)를 건물량 기준으로 0.5% 첨가하여 12시간 동안 가수 분해시켰다. 가수분해 후 4℃에서 13,000×g으로 15분간 원심분리한 후 상등액을 동결건조하여 시료로 사용하였다.

다. 비지의 일반성분 및 유효성분 분석

(1) 일반성분

비지의 일반성분 분석은 AOAC법(2000)에 준하여 분석함. 수분은 105°C 상압가열건조법, 조회분은 직접회화법, 조지방은 Soxhlet 추출법, 조단백질은 Kjeldahl법을 이용하고, 조섬유는 Henneberg-Stohmann법을 개량한 AOAC법(2000)으로 측정하였다. 총 탄수화물 함량은 100 g 중에서 수분, 단백질, 지질, 조섬유, 회분 함량을 감한 값으로 나타내었다.

(2) 단백질 및 아미노산

단백질 함량분석은 Lowry법(Lowry et al., 1951)을 이용한 분광분석법을 활용하였다. 아미노산 분석을 위한 전처리는 분말화한 시료 0.2 g을 6 N HCl 5 mL로 125°C에서 14시간 분해하고 6 N NaOH 5 mL로 중화한 후 0.45 μ m membrane filter로 여과하여 시료액을 조제하였다. AQC reagent powder (6-aminoquinolyl-N-hydroxysuccinimidyl carbonate)를 AQC reagent 희석제 1 mL에 용해하여 AQC reagent를 제조하였다. 아미노산 표준액 및 시험용액 각 20 μ L를 각각의 반응관에 넣은 후 AQC 0.2 M borate buffer 140 mL를 넣고 10초간 반응시킨 다음 AQC reagent 40 μ L를 넣고 혼합, 밀봉한 후 2분간 정치하고 55°C에서 10분간 반응시킨 다음 냉각하여 분석시료로 하였다. 이 분석시료 5 μ L를 HPLC에 주입하고 용액 A (acetate/phosphate buffer, pH 5.02)와 용액 B (60% acetonitrile)를 순차 혼합하여 흘려주면서 형광검출기를 이용하여 검출하고 data system으로 각 아미노산 함량을 확인하였다.

(3) 총당 및 환원당

총당 변화를 측정하기 위하여 페놀-황산법(Dubois et al., 1956)을 이용하여 측정하였다. 시약은 concentrated sulfuric acid와 5% phenol을 사용하였다. Tube에 sample 500 μ L, 5% phenol 500 μ L, 2.5 mL concentrated sulfuric acid를 넣고 잘 섞은 후 끓는 물에 10분간 반응시켜 아이스에서 15분간 식힌 후 분광광도계(UV/VIS spectrometer, Jasco, Hachioji, Japan)를 사용하여 490 nm에서 흡광도를 측정하였다. Standard로는 sucrose를 사용하여 정량하였다. 환원당 변화를 측정하기 위하여 DNS법을 응용하여 측정하였다. 시약은 DNS시약 (dinitrosalicylic acid reagent solution 1% [dinitrosalicylic acid: 10 g, Phenol: 2 g, Sodium sulfite: 0.5 g, Sodium hydroxide: 10 g, add water to: 1 liter]), potassium sodium tartrate solution 40%를 사용하였다. Tube에 sample 1 mL, DNS 3 mL를 넣은 후 40% potassium sodium tartrate solution을 첨가하고 끓는 물에 5분간 반응을 시킨 후 꺼내어 얼음에 넣어서 급냉각을 시키고 분광광도계(UV/VIS spectrometer, Jasco, Hachioji, Japan)를 사용하여 575 nm에서 값을 확인하였다. Standard로는 glucose (Dextrin)를 사용하여 정량하였다.

(4) 유리당

유리당의 분석은 HPLC를 사용하여 분석하였다. 먼저 시료를 membrane filter (0.45 μ m)로 여과한 후 분석시료로 이용하고 사용한 column은 Shodex SUGAR KS-801 column (8.0 mm \times 300 mm)을 장착한 LC-20A Prominence HPLC system (SHIMADZU, Japan)을 이용하고 column 온도는 80 $^{\circ}$ C로 유지하고 이동상은 H₂O 이용하였으며 용매의 흐름 속도는 0.7 mL/min로 하여 40분간 분리하였다. 검출기는 RID-10A (SHIMADZU, Japan)로 측정하였으며 표준용액으로는 nystose, kestose, sucrose, glucose, fructose (Sigma, St. Louis, MO, USA)을 사용하여 유리당의 정량에 이용하였다.

(5) Isoflavone

시료를 methanol로 추출한 후 원심분리하고 상등액을 syringe filter로 여과 후 HPLC로 분석하였다. Column은 C18역상 column을 사용하였고 온도는 30 $^{\circ}$ C로 유지하면서 분석하였다. 이동상 용매는 0.1% acetic acid를 함유한 acetonitrile과 0.1% acetic acid를 포함하는 water를 초기 농도 0%에서 100%로 증가시키는 농도구배방식으로 분석하였다. 검출기는 UV 검출기를 사용하였고 표준품으로는 genistein, daidzein을 사용하였다.

(6) 총 페놀성 물질

Folin-Denis 법을 이용하여 건조 시료 0.1 g을 75% methanol 용액 20 mL로 3회 반복 추출하고 추출액을 혼합하여 40 $^{\circ}$ C에서 감압농축하였다. 다시 75% methanol 용액 20 mL로 정용하여 분석시료를 조제하고 제조한 시료 추출용액 1 mL에 증류수 5 mL와 10% Folin-Cioaltheaus 2 mL를 넣고 3분간 방치하였다. 여기에 7.5% Na₂CO₃ 용액 2 mL를 가한 후 증류수로 희석하여 20 mL로 정용한 후 실온에서 1시간 방치하여 760 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준품으로 tannin acid를 사용하여 표준곡선을 작성하여 총 페놀 함량을 구하였다. 추출된 폴리페놀성 물질의 정성 및 정량적 분석은 HPLC를 이용하여 표준품과 비교분석 하였다.

(7) 아미노산 구성

구성아미노산 분석은 건조시료 0.1 g에 6 N HCl 10 mL 을 넣고 110 $^{\circ}$ C 에서 12시간 가수분해 시키고, 시료를 최종 부피가 100 mL이 되도록 증류수를 이용하여 희석하였다. 시료 200 μ L에 100 mM phenyl isothiocyanate (in acetonitrile) 100 μ L 와 1 M triethylamine (in acetonitrile) 100 μ L를 혼합하여 1시간 정도 상온에서 반응시켰다. 시료의 추출을 위하여 400 μ L hexane 용액을 첨가한 후 용액이 분리되도록 10분간 방치 후 바닥의 시료를 실린지 필터를 이용하여 여과하였다. Column온도는 25 $^{\circ}$ C로 유지하고 용매 조성은 A용매는 10 mM sodium phosphate buffer (pH 7.0)이고 B용매는 acetonitrile를 사용였으며, 이동상의 유속은 1.0 mL/min로 하여 A / B = 95 / 5 \rightarrow 65 / 35 (v/v)의 용매 구배로 40분간 흘리며 검출기는 SPD-20A UV detector (SHIMADZU, Japan)로 254 nm에서 측정하였다.

(8) Lunasin 및 BBI

비지시료의 lunasin 및 BBI 함량은 Western blotting 기법을 이용하여 측정하였다. 비지시료 1 g에 증류수 10 mL을 넣고 4°C에서 24시간 교반하면서 추출하고, 추출액을 4°C에서 13,000×g으로 15분간 원심분리 후 BCA법에 따라 총 단백질량을 정량하였다. 단백질을 30 µg으로 SDS-polyacrylamide gel에서 전기영동 후 nitrocellulose membrane으로 전이시키고, 5% non-fat milk가 첨가된 용액으로 1시간 실온에서 blocking 시켰다. Lunasin 및 BBI의 1차 항체를 1:1000으로 희석하여 4°C 냉장고에서 overnight시킨 후 TBST 완충액으로 10분간 3회 세척하여 ECL Plus (Amersham, USA)로 1분간 반응시킨 뒤 X-ray film (Kodak, NY)을 이용하여 현상시켰다.

다. 기능성 검증을 위한 비지추출

비지추출물은 lunasin과 BBI 그리고 isoflavone 함량 최적조건을 고려하여 제조되었다. 간단히 120°C에서 24시간 건조된 비지를 증류수를 비지 무게 당 20배 첨가하여 4°C에서 48시간 교반하면서 추출하였다. 추출 후 상등액을 동결건조 하여 실험재료로 사용하였다.

라. 비지 추출물의 전지방세포의 분화 억제능 및 지질합성 저감효능에 대한 작용기전 구명

(1) 3T3-L1 세포배양과 분화

비지 추출물의 항비만 활성을 평가하기 위해 사용된 마우스 3T3-L1세포는 ATCC (American Type Culture Collection)로부터 구입하였고, 마우스 지방전구세포인 3T3-L1 세포는 10% BCS DMEM 배지를 넣고 37°C, 5% CO₂의 조건에서 배양하였다. 3T3-L1 지방전구세포를 12 well plate에 분주한 후 100% confluency 시점이 되면 2일 동안 더 유지시켰다. 지방전구세포는 DMI (1 µM Dexamethasone, 0.5 mM IBMX, 1 µg/mL insulin)를 포함하는 10% FBS DMEM배지로 지방세포 분화를 2일 동안 유도하였고, 배양 48시간 후 1 µg/mL insulin이 함유된 10% FBS DMEM으로 2일 동안 배양하였다. 그 후 2일마다 1 µg/mL insulin이 함유된 10% FBS DMEM로 총 4회 교체하였다. 지방세포 분화 유도 동안 비지추출물을 농도별로 처리하였고, 분화가 완성되는 시점인 8일째에 지방세포 분화 정도를 관찰하였다.

(2) Oil-Red O staining

8일 동안 분화 후에 배지를 제거한 뒤 10% formaldehyde용액으로 세포를 고정하였다. 상온에서 30분 동안 고정한 뒤 용액을 제거하고 PBS로 2번 세척하고 70% ethanol로 2번 세척한 후 Oil Red O 용액을 이용하여 염색하였다. 염색된 세포는 현미경 관찰 후 isopropyl alcohol에 4% NP-40이 첨가된 용액을 이용하여 용해 한 후 510 nm에서 흡광도를 측정하였다.

(3) RT-PCR

Total RNA 추출은 비지추출물과 DMI가 처리된 3T3-L1 세포로부터 RNeasy Mini kit (Qiagen, Valencia, CA, USA)를 이용하여 수행되었고, cDNA는 1 µg의 total RNA를 Verso cDNA kit (Thermo Scientific, Pittsburgh, PA, USA)를 이용하여 제조되었다. PCR은 PCR master mix kit (Promega, Madison, WI, USA)를 이용하여 수행하였다.

(4) SDS-PAGE와 Western analysis

비지추출물과 DMI가 처리된 3T3-L1 세포에서 단백질을 추출하기 위해서 세포를 1× phosphate-buffered saline (PBS)로 3회 세척한 후, protease inhibitor cocktail (Sigma-Aldrich)과 phosphatase inhibitor cocktail (Sigma-Aldrich)이 포함된 radioimmunoprecipitation assay (RIPA) buffer (Boston Bio Products, Ashland, MA, USA)를 4°C에서 30분간 처리하여 lysis시켜 단백질을 얻었다. Bicinchoninic acid (BCA) protein assay (Pierce, Rockford, IL, USA)로 단백질 정량 후 동일량의 단백질을 12% SDS-acrylamide에 loading하고 PVDF membrane (Bio-Rad Laboratories, Inc., Hercules, CA, USA)에 이동시킨 후 5% non-fat dry milk로 상온에서 1시간 동안 blocking 하였다. 1시간 후 1차 항체를 5% non-fat dry milk에 용해시켜 4°C에서 14시간 동안 반응시킨 후 membrane을 0.05% Tween 20이 포함된 Tris-buffered saline (TBS-T)로 5분간 3회 세척하였다. 그 후 2차 항체는 5% non-fat dry milk에 용해시켜 membrane에 상온에서 1시간 처리하였고, TBS-T로 5분간 3회 세척 후 membrane은 ECL western blotting substrate (Amersham Biosciences, Piscataway, NJ, USA)를 이용하여 단백질을 확인하였다.

마. 마우스 모델을 이용한 기능성 비지 추출물의 in vivo 항비만 효능

(1) 실험동물

2주령의 ICR 생쥐를 구입(중앙실험동물)하여 1주일간 적응한 후에, 조제된 standard diet을 섭취한 그룹과 high fat diet (HFD)를 섭취한 그룹으로 나누어 한 cage에 10마리를 넣어 동물실에서 6주간 비만유도를 하고, 체중은 일주일에 한번 씩 확인하였다. 5주 후에 HFD를 섭취한 그룹에서 체중이 증가된 실험동물을 선택적으로 취하여, 그룹을 3그룹(그룹당 6마리)으로 나누었다. Control, HFD, HFD+비지추출물로 나누어 실험하였다. 대조군으로는 처음부터 standard diet을 섭취한 그룹을 사용하였다.

(2) 혈액소견 측정 (glucose, total-cholesterol, HLD-cholesterol, Triglyceride)

각각의 혈액 소견은 상업적으로 판매하는 kit을 이용하여 발색법으로 ELISA reader을 이용하여 측정하였다.

바. 기능성 비지 소재에 대한 면역증진 효능 검증

(1) 세포주 및 세포배양

항염증효과 분석에는 대식세포주인 murine mouse macrophage cell line인 RAW264.7세포를 한국세포주은행으로부터 분양받아 사용하였다. 세포배양은 DMEM에 10% FBS를 첨가한 것을 사용하였으며, 배양기를 이용하여 37°C와 5% CO₂를 유지하였다.

(2) IL-1 β 와 TNF- α 생성 유도 효과

비지추출물의 IL-1 β 와 TNF- α 생성 유도 효과 RAW264.7세포를 12-well plate에 분주하고 16시간 배양하였다. 배양 후 비지추출물을 농도별로 48시간 처리하였다. 배양 후 세포상층액을 상업으로 판매하는 ELISA Kit를 활용하여 IL-1 β 와 TNF- α 를 측정하였다.

(3) RT-PCR

Total RNA 추출은 비지추출물이 처리된 RAW264.7세포로부터 RNeasy Mini kit (Qiagen, Valencia, CA, USA)를 이용하여 수행되었고, cDNA는 1 μ g의 total RNA를 Verso cDNA kit (Thermo Scientific, Pittsburgh, PA, USA)를 이용하여 제조되었다. PCR은 PCR master mix kit (Promega, Madison, WI, USA)를 이용하여 수행하였다.

(4) SDS-PAGE와 Western analysis

비지추출물이 처리된 RAW264.7세포에서 단백질을 추출하기 위해서 세포를 1 \times phosphate-buffered saline (PBS)로 3회 세척한 후 protease inhibitor cocktail (Sigma-Aldrich)과 phosphatase inhibitor cocktail (Sigma-Aldrich)이 포함된 radioimmunoprecipitation assay (RIPA) buffer (Boston Bio Products, Ashland, MA, USA)를 4°C에서 30분간 처리하여 lysis시켜 단백질을 얻었다. Bicinchoninic acid (BCA) protein assay (Pierce, Rockford, IL, USA)로 단백질 정량 후 동일량의 단백질을 12% SDS-acrylamide에 loading하고 PVDF membrane (Bio-Rad Laboratories, Inc., Hercules, CA, USA)에 이동시킨 후 5% non-fat dry milk로 상온에서 1시간 동안 blocking하였다. 1시간 후 1차 항체를 5% non-fat dry milk에 용해시켜 4°C에서 14시간 동안 반응시킨 후 membrane을 0.05% Tween 20이 포함된 Tris-buffered saline (TBS-T)로 5분간 3회 세척하였다. 그 후 2차 항체는 5% non-fat dry milk에 용해시켜 membrane에 상온에서 1시간 처리하였고, TBS-T로 5분간 3회 세척 후 membrane은 ECL western blotting substrate (Amersham Biosciences, Piscataway, NJ, USA)를 이용하여 단백질을 확인하였다.

사. 기능성 비지 소재에 따른 항염증 효능 검증

(1) 세포주 및 세포배양

항염증 효과 분석에는 대식세포주인 murine mouse macrophage cell line인 RAW264.7세포를 한국세포주은행으로부터 분양받아 사용하였다. 세포배양은 DMEM에 10% FBS를 첨가한 것을 사용하였으며, 배양기를 이용하여 37°C와 5% CO₂를 유지하였다.

(2) NO와 PGE2 생성 저해 효과

비지추출물의 NO 생성 저해 정도는 RAW264.7세포를 12-well plate에 분주하고 16시간 배양하였다. 배양 후 비지추출물을 농도별로 3시간 전처리하고 1 µg/mL 농도의 LPS로 18시간 자극하면서 배양하였다. 배양 후 세포상층액을 Griess reagent system을 이용하여 측정하였고, 비지추출물의 PGE2 생성 저해 정도는 상업으로 판매하는 ELISA Kit를 활용하여 측정하였다.

(3) RT-PCR

Total RNA 추출은 비지추출물이 처리된 RAW264.7세포로부터 RNeasy Mini kit (Qiagen, Valencia, CA, USA)를 이용하여 수행되었고, cDNA는 1 µg의 total RNA를 Verso cDNA kit (Thermo Scientific, Pittsburgh, PA, USA)를 이용하여 제조되었다. PCR은 PCR master mix kit (Promega, Madison, WI, USA)를 이용하여 수행하였다.

(4) SDS-PAGE와 Western analysis

비지추출물이 처리된 RAW264.7세포에서 단백질을 추출하기 위해서 세포를 1×phosphate-buffered saline (PBS)로 3회 세척한 후, protease inhibitor cocktail (Sigma-Aldrich)과 phosphatase inhibitor cocktail (Sigma-Aldrich)이 포함된 radioimmunoprecipitation assay (RIPA) buffer (Boston Bio Products, Ashland, MA, USA)를 4°C에서 30분간 처리하여 lysis시켜 단백질을 얻었다. Bicinchoninic acid (BCA) protein assay (Pierce, Rockford, IL, USA)로 단백질 정량 후 동일량의 단백질을 12% SDS-acrylamide에 loading하고 PVDF membrane (Bio-Rad Laboratories, Inc., Hercules, CA, USA)에 이동시킨 후 5% non-fat dry milk로 상온에서 1시간 동안 blocking하였다. 1시간 후, 1차 항체를 5% non-fat dry milk에 용해시켜 4°C에서 14시간 동안 반응시킨 후 membrane을 0.05% tween-20이 포함된 tris-buffered saline (TBS-T)로 5분간 3회 세척하였다. 그 후 2차 항체는 5% non-fat dry milk에 용해시켜 membrane에 상온에서 1시간 처리하였고, TBS-T로 5분간 3회 세척 후 membrane은 ECL western blotting substrate (Amersham Biosciences, Piscataway, NJ, USA)를 이용하여 단백질을 확인하였다.

2. 연구결과

가. 비지를 이용한 버섯균사체 발효공정 최적화

(1) 버섯균사체 생육 활성

버섯균주의 생육 활성을 측정하기 위하여 버섯균을 지름 10 mm 크기로 잘라서 각각의 배지 중앙에 올려놓고 28℃ 항온기에서 배양하고, 3, 5, 7 일 간격으로 생육정도를 관찰하여 균의 성장 속도를 조사하였다. 그 결과, 모든 버섯균사체들이 7일에 plate 최대 크기인 90 mm로 자랐다. 생육속도는 치마 버섯이 가장 빨랐고 구름 > 양송이 > 새송이 > 영지 순으로 자랐다 (Table 3-3).

Table 3-3. Growth of some mushroom mycelia (mm) in Tofu by-products (*Biji*)

Mushroom	Incubation period (days) ²⁾		
	3	5	7
<i>Gureum</i> (구름버섯)	26±0.5 ¹⁾	65±2.9	90
<i>Lacquer top</i> (영지버섯)	21±2.5	59±4.5	90
<i>King Oyster</i> (새송이버섯)	22±3.5	60±3.6	90
<i>White button</i> (양송이버섯)	24±1.7	63±1.2	90
<i>Chima</i> (치마버섯)	35±2.1	66±2.6	90

¹⁾ Average ± S.D. of triplicae.

²⁾ This mean is maximum possible size

(2) 버섯 균사체 발효물의 최적 수분함량

비지의 수분함량에 따라 잘 적응하는 균주를 선발하기 위하여 70% 수분함량을 가진 비지에 수분 5%, 10%, 15%, 20%를 첨가하여 생육정도를 3, 5, 7 일 간격으로 관찰한 결과(Table 3-4), 모든 버섯균사체들이 수분 10% 첨가한 비지에서 가장 빠른 균사 성장을 보였고 7일에 plate 최대 크기인 90 mm로 자라는 것을 확인하였다. 5% 비지에서는 7일 배양하는 동안 비지에 건조 되어 버섯 균사체의 생육이 극히 부진하였고 수분 20% 첨가한 비지에서는 버섯균사체 외에 박테리아 오염이 유발되었다.

Table 3-4. Effect of moisture contents on the some mushroom mycelia (mm) in Tofu by-products (*Biji*)

Sample	Moisture Contents (%)	Hyper size (mm)		
		3	5	7
CV	5	22±0.5	57±2.9	*
	10	26±2.2	70±1.2	90
	15	25±2.1	68±4.5	90
	20	17±3.5	-	-
GL	5	19±1.2	*	*
	10	21±3.1	67±2.0	90
	15	20±2.1	66±1.2	88
	20	21±1.4	59±1.4	-
PE	5	22±2.3	66±1.9	*
	10	23±1.4	69±3.0	90
	15	21±1.2	68±2.1	90
	20	21±0.8	-	-
AB	5	20±2.0	66±1.2	*
	10	23±1.9	69±1.6	90
	15	22±1.4	69±1.7	86
	20	21±1.3	59±1.5	-
SC	5	27±0.03	55±1.2	*
	10	34±1.6	73±2.0	90
	15	31±1.2	69±0.1	90
	20	24±0.9	-	-

* : Dry, - : Contamination

(3) 버섯 균사체 발효물의 최적 온도

배양기의 온도에 따라 잘 적응하는 균주를 선발하기 위하여 70% 수분함량을 가진 비지에 수분 10%를 첨가하여 각각 20℃, 25℃, 30℃, 35℃ 온도를 다르게 하여 생육정도를 3, 5, 7 일 간격으로 관찰한 결과(Table 3-5), 모든 버섯균사체들이 25℃ 온도에서 가장 빠른 균사 성장을 보였고 7일에 plate 최대 크기인 90 mm로 자라는 것을 확인하였다. 25℃ 이하의 온도에서는 버섯 균사체 생육 활성이 부진하였고 25℃ 이상의 온도에서는 박테리아 오염이 발견되었다.

Table 3-5. Effect of temperature on the mushroom mycelia growth in Tofu by-products (Biji)

Sample	Temperature (°C)	hyper size(mm)		
		3	5	7
CV	20	25±1.2	66±1.1	79±1.8
	25	28±2.1	67±0.9	90
	30	26±1.9	66±2.2	90
	35	25±2.0	-	-
GL	20	21±2.3	60±2.4	84±0.2
	25	22±1.7	61±0.7	90
	30	21±0.6	59±2.5	-
	35	23±1.6	-	-
PE	20	21±2.3	60±0.8	88±0.23
	25	24±1.4	61±0.5	90
	30	23±2.6	60±1.2	-
	35	-	-	-
AB	20	25±1.6	62±1.1	77±1.4
	25	25±1.5	66±2.6	90
	30	25±1.3	64±0.6	-
	35	24±1.2	-	-
SC	20	31±2.5	62±1.3	88±2.1
	25	35±1.0	68±0.7	90
	30	34±0.8	66±0.4	90
	35	30±1.1	-	-

* : Dry, - : Contamination

(4) 버섯균사체 발효물의 육안 관찰 결과

발효물의 육안관찰 결과를 얻기 위하여 5종류(구름, 영지, 양송이, 새송이, 치마)의 버섯 균사체를 이용하여 비지발효를 진행하였고, 28°C의 B.O.D incubator에서 7일간 발효를 진행한 후 그 결과를 육안으로 관찰하였다. 버섯균사 배양액을 처리한 균에서는 2일 후 버섯균사의 생장을 확인할 수 있었고 치마버섯 균사가 가장 빠른 생장을 확인할 수 있었고 향에 있어서는 버섯 냄새를 느낄 수 있었다(Fig. 3-1).







The differences of <i>Biji</i> by mushroom fermentation.		
NF	CV	GL
		
PE	AB	SC
		

Fig. 3-1. The differences of *Biji* by mushroom fermentation.

나. 발효비지의 영양성분 분석

(1) 버섯균사체 발효비지의 추출수율

천연 생리활성 물질을 추출하는데 있어서 가장 우선적으로 고려해야 할 것은 추출 수율 및 생리활성 물질의 활성도가 가장 높은 추출방법을 선택하는 것이다. 비지 버섯균사체 발효물의 물 추출물과 에탄올 추출물의 추출 수율을 알아본 결과(Fig. 3-2) 에탄올 추출보다 물 추출물에서 추출 수율이 높은 것을 확인 할 수 있었다. 비지 및 비지 버섯균사체 발효물의 추출 수율 측정 시 발효를 하지 않은 비지의 경우 물 추출물과 에탄올 추출물에서 각각 13.5 %, 5.2%로 낮은 추출 수율을 보였으나 발효 과정을 거친 후 모든 발효물에서 추출 수율이 증가하였다. 그 중에서 영지(GL) 버섯균사체 발효물이 물 추출과 에탄올 추출 모두에서 가장 높은 추출 수율을 나타내었다. 추출 수율의 증가는 균체량 증가와 함께 균사체로부터 amylase, protease 등의 분해효소 분비가 증가 되고 세포벽 또는 세포막의 다당류와 단백다당류를 붕괴시킬 수 있어 이로 인해 기질로부터 고분자물질의 추출이 촉진된 것으로 판단된다.

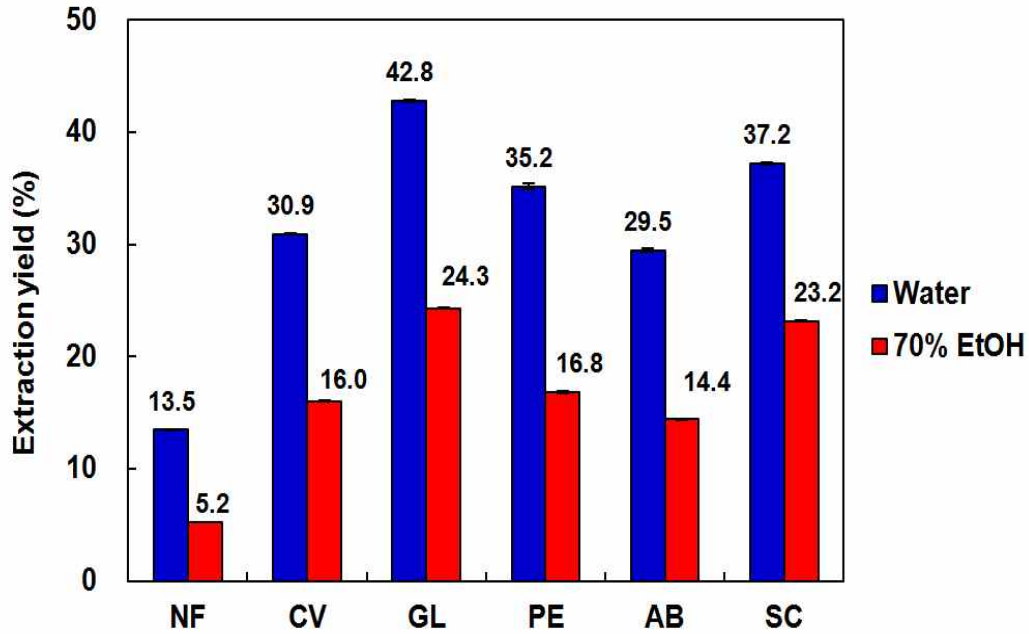


Fig. 3-2. Extraction yield from Tofu by-products (Biji) through mushroom fermentation. NF: None fermentation (비지), CV: *Coriolus vericola* (구름), GL: *Ganoderma lucidum* (영지), PE: *Pleurotus eryngii* (새송이), AB: *Agaricus bisporus* (양송이), SC: *Schizophyllum commune* (치마). Values are mean \pm SD. Values are mean of triplicates.

(2) 버섯균사체 발효비지의 단백질 및 유리 아미노산 함량

비지 버섯균사체 발효 추출물의 단백질(Fig. 3-3A)과 유리 아미노산의 함량(Figure 3-3B)을 분석한 결과 발효하지 않은 비지보다 버섯균사체를 이용하여 발효한 추출물들이 단백질과 유리 아미노산 함량이 모두 높았으며 에탄올 추출물보다 물 추출물에서 높은 함량을 나타내었다. 물 추출물에서 단백질 함량은 영지버섯이 37.2 \pm 0.01 mg/g로 가장 높았고 에탄올 추출물에서 단백질 함량은 영지버섯이 20.9 \pm 0.01 mg/g로 가장 높았다. 유리 아미노산도 영지버섯의 물 에탄올 추출물에서는 각각 6.9 \pm 0.08 mg/g, 1.7 \pm 0.09 mg/g으로 가장 높은 함량을 보였다.

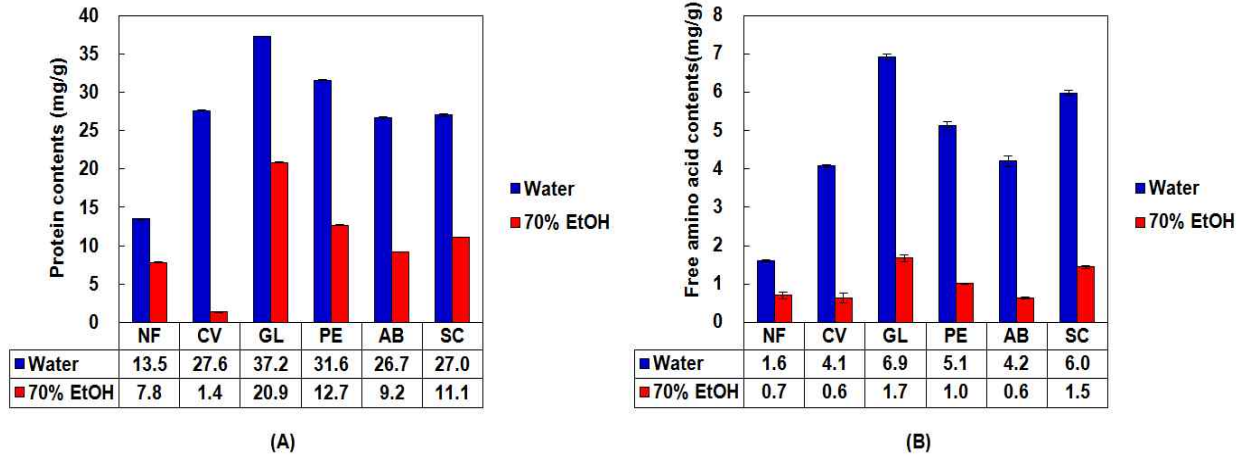


Fig. 3-3. The protein contents (A) and The free amino acid contents (B) of Tofu by-products (Biji) through mushroom fermentation. NF: None fermentation (비지), CV: *Coriolus vericola* (구름), GL: *Ganoderma lucidum* (영지), PE: *Pleurotus eryngii* (새송이), AB: *Agaricus bisporus* (양송이), SC: *Schizophyllum commune* (치마). Values are mean±SD. Values are mean of triplicates.

(3) 버섯균사체 발효비지의 총 당 및 환원당 함량

당은 환원당과 비환원당으로 나눌 수 있으며 이를 합하여 총 당이라고 한다. 비지와 비지 버섯균사체 발효물의 총당 함량 측정 결과(Fig. 3-4A) 비지(NF) 물 추출물과 에탄올 추출물은 각각 1.35 ± 0.21 mg/g, 0.89 ± 0.82 mg/g 으로 낮은 총당 함량을 나타내었으며 발효 시 총 당의 함량은 모두 증가하는 것으로 나타났다. 물 추출물과 에탄올 추출물의 경우 모두 영지(GL) 버섯균사체 발효물이 각각 15.45 ± 0.05 mg/g, 23.19 ± 0.45 mg/g 으로 높은 함량을 나타내었다. 버섯 균사체 별로 발효 시 총 당의 함량의 차이가 매우 다른 양상으로 나타내는 것을 알 수 있었다. 환원당 함량(Fig. 3-4B)도 비지(NF) 물 추출물과 에탄올 추출물이 각각 0.48 ± 1.34 mg/g, 0.24 ± 0.23 mg/g 으로 함량이 가장 낮게 나타났다. 총당 함량이 높은 발효물에서 환원당의 함량이 높음을 알 수 있었다. 일반적으로 균사체나 탄수화물은 주로 다당류로서 환원당 함량이 낮으나 버섯균사체를 이용한 발효물의 경우 발효과정 중 탄수화물이 더 활발히 분해되어 짧은 당쇄의 탄수화물 또는 환원당이 많이 생성됨으로써 이러한 결과가 도출된 것으로 추정된다.

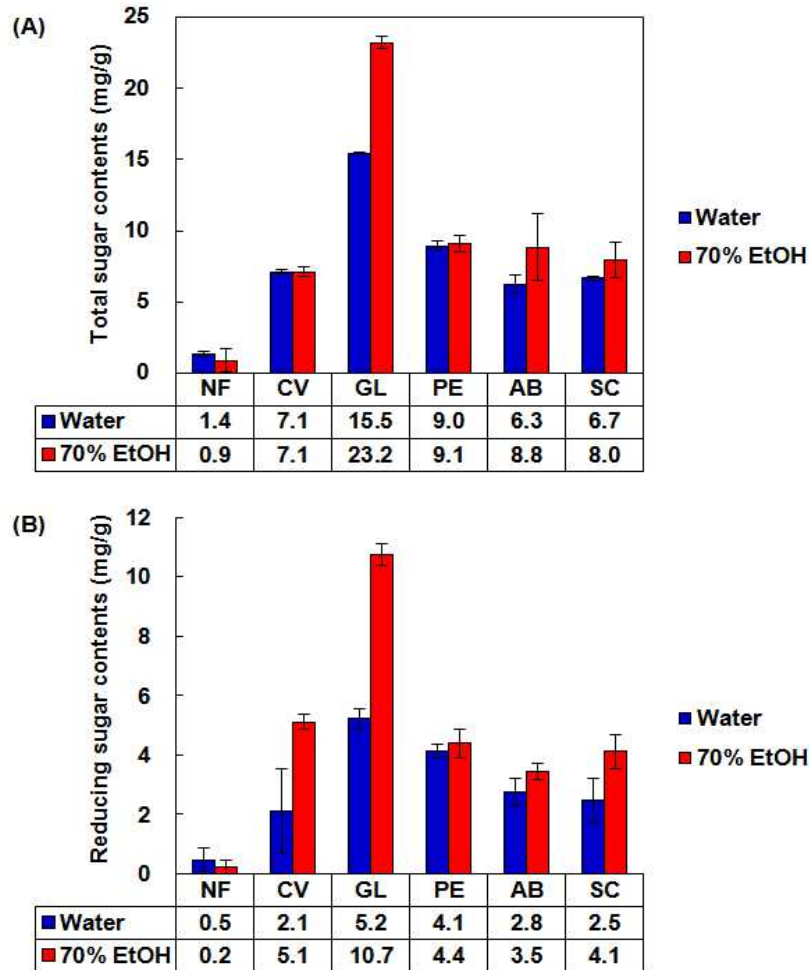


Fig. 3-4. Total sugar contents (A) and reducing sugar contents (B) of Tofu by-products (Biji) through mushroom fermentation. NF: None fermentation (비지), CV: *Coriolus vericola* (구름), GL: *Ganoderma lucidum* (영지), PE: *Pleurotus eryngii* (새송이), AB: *Agaricus bisporus* (양송이), SC: *Schizophyllum commune* (치마). Values are mean±SD. Values are mean of triplicates.

(4) 버섯균사체 발효비지의 총 폴리페놀 함량

천연식물의 페놀성 화합물은 단순한 페놀류, phenolic acid, phenylprophanoid류, flavonoid류 등이 대부분으로서, 항균, 항알러지, 항산화, 항염증의 효과가 있는 것으로 보고되고 있다. 비지와 비지 버섯 균사체 발효물의 총 폴리페놀 함량을 측정한 결과(Fig. 3-5), 대조군인 비지에 비하여 발효추출물이 전체적으로 총 폴리페놀 함량이 높게 나타났으며, 물 추출물이 에탄올 추출물보다 총 폴리페놀 함량이 높았다. 비지의 버섯 균사체 발효물 중 영지(GL) 발효물이 각각 물 추출물에서 24.21 ± 0.04 mg/g, 에탄올 추출물에서 3.40 ± 0.04 mg/g으로 가장 높은 함량을 보였다. 모든 비지 버섯 균사체 발효물이 비지보다 높은 총 폴리페놀 함량을 보여 발효에 의한 유효 성분의 추출이 더 효과적인 것으로 사료된다. 이 결과는 균사체의 종류에 따른 차이는 있지만 균사체가 발효되는 과정에서 결합된 고분자 페놀화합물이 저분자로 분해 또는 파괴되거나 새로운 페놀화합물들이 생성되었기 때문이다.

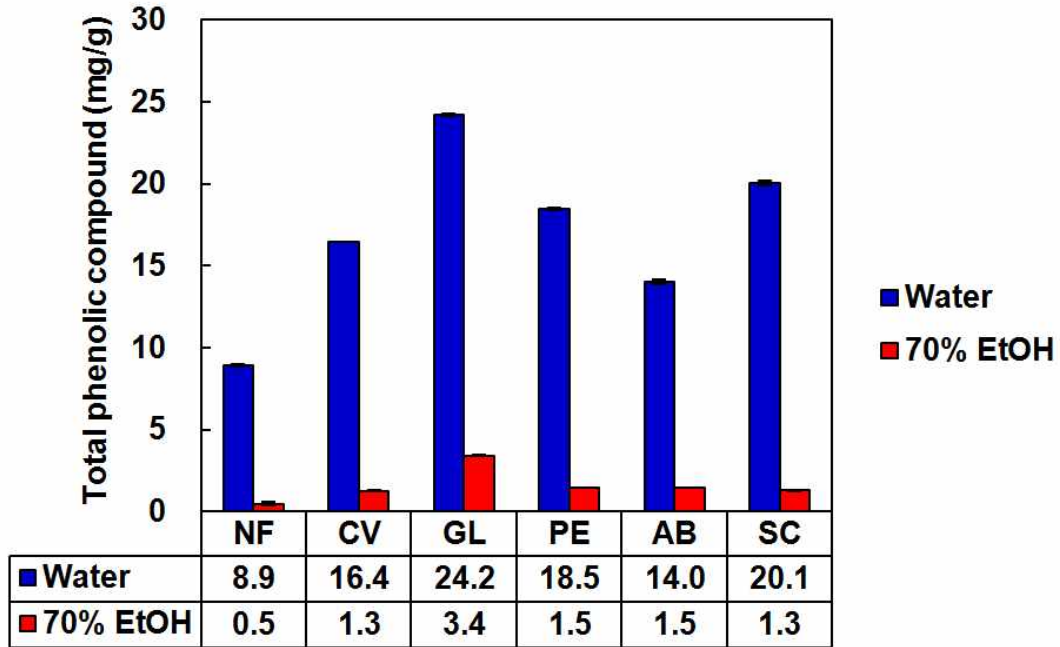


Fig. 3-5. Total phenolic compound of the extracts from Tofu by-products (Biji) through mushroom fermentation. NF: None fermentation (비지), CV: *Coriolus vericolor* (구름), GL: *Ganoderma lucidum* (영지), PE: *Pleurotus eryngii* (새송이), AB: *Agaricus bisporus* (양송이), SC: *Schizophyllum commune* (치마). Values are mean \pm SD. Values are mean of triplicates.

(5) 버섯균사체 발효비지의 β -glucan 함량

β -glucan은 버섯, 곡물류 및 효모의 세포내에 존재하는 것으로 알려져 있으며 다양한 동물 실험에서 면역 반응에 긍정적인 효과와 다양한 기능성이 있는 것으로 알려져 있다. 특히 버섯류에 함유되어 있는 α -glucan 또는 β -glucan은 natural killer cell (NK 세포)를 활성화시켜 항암효과를 나타내며, 혈중 콜레스테롤 및 LDL-cholesterol의 함량을 감소시키는 것으로 보고되고 있다. 버섯균사체 발효 비지의 β -glucan 함량 측정 결과(Fig. 3-6), 비 발효 비지에서는 함량이 나타나지 않았고 버섯균사체 발효 비지에서는 모두 높은 함량을 나타내었다. 그 중에서 치마버섯 균사체 발효 비지에서 7635.79 μ g/g으로 가장 높은 함량을 보였다.

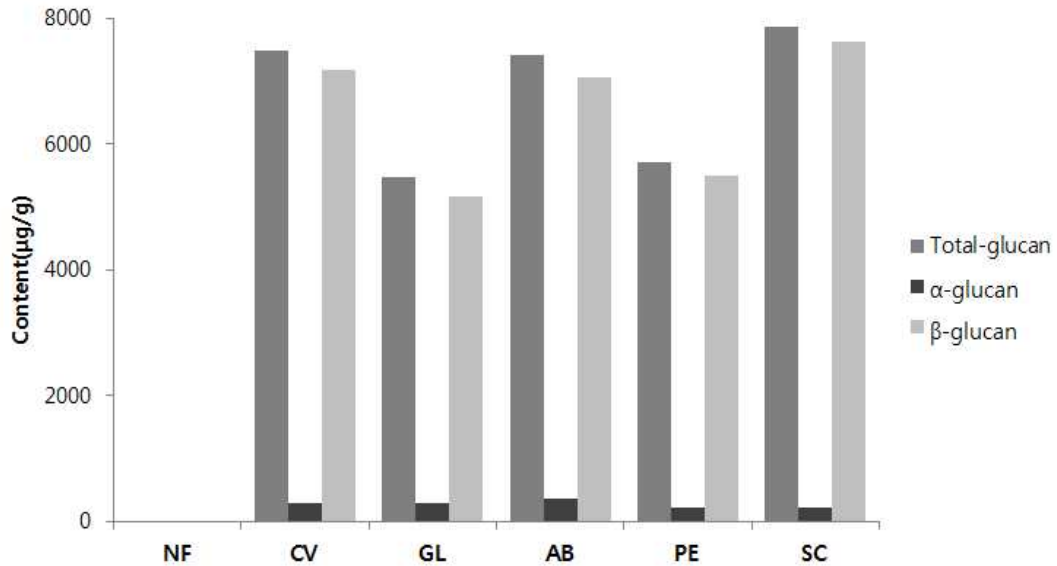


Fig. 3-6. Contents of total-glucan, α -glucan and β -glucan of Tofu by-products (Biji) through mushroom fermentation. NF: None fermentation (비지), CV: *Coriolus vericolor* (구름), GL: *Ganoderma lucidum* (영지), PE: *Pleurotus eryngii* (새송이), AB: *Agaricus bisporus* (양송이), SC: *Schizophyllum commune* (치마). Values are mean \pm SD. Values are mean of triplicates.

(5) 버섯균사체 발효비지의 lunasin 및 BBI 함량

대두(*Glycine max*)에서 유래된 peptide 인 lunasin은 대두의 코틸레돈-특이성(cotyledon-specific) cDNA인 Gm2S-1이 코드화하는 2S 알부민의 small subunit peptide로써, 43개의 아미노산으로 구성되며, 구조적으로 C말단에 8개의 poly aspartic acid를 가지고 있다고 알려져 있다. Lunasin은 중앙세포에 쉽게 부착할 수 있는 adhesion motif Arg-Gly-Asp (RGD)와 나선구조(helix)에 의해 세포 내의 chromatin에 결합하는 특징이 있어 암세포의 유사분열을 저해함으로써 세포사멸을 유도하는 항암 활성이 보고되어져 왔다. 그 외 효능연구에서 lunasin은 histone H3-lysine 14의 PCAF acetylation을 억제하여 HMG Co-A reductase의 발현억제를 통한 LDL cholesterol을 낮춘다고 보고되어져 왔다. 또한 Fe^{2+} chelating을 통한 hydroxyl radical 생성 억제제로 보고되고 있다. 그리고 lunasin은 항염증효능과 면역증진효능이 보고되었다. 대두에 존재하는 가수분해효소저해제인 Bowman Birk inhibitor (BBI)는 항암, 항염증, 항산화, 콜레스테롤 저하효능 및 면역증진효능이 보고되고 있다. 본 연구에서 사용된 비지는 청자콩 활용 두부 부산물인 비지이나, lunasin 함량에 따른 비지 활용 대두를 탐색하고자, 주요 국산 대두 종류별 lunasin 함량을 분석한 결과 lunasin 함유량은 황금콩 > 청자콩 > 풍산나물콩 순이었으며, BBI 함량은 안동검정콩 > 청자콩 > 풍산나물콩 순이었다 (Table 3-6). 본 결과는 향후 lunasin 및 BBI 고 함유 대두제품 활용에 중요한 기초자료로 활용될 수 있다고 판단된다.

Table 3-6. Lunasin content of protein extracts from Korean soybean

Varieties of soybean	Lunasin contents (mg/g seed)	BBI contents (mg/g seed)	Lunasin/BBI ratio based on µg of protein
<i>Sowonkong</i>	0.50	2.87	0.15
<i>Seritae</i>	0.95	5.84	0.18
<i>Andongkumjungkong</i>	1.61	19.78	0.08
<i>Hwangkumkong</i>	8.13	9.99	0.78
<i>Chungjakong</i>	5.65	16.24	0.34
<i>Pungsagnamulkong</i>	3.68	10.54	0.37
<i>Milyang-139</i>	2.26	7.41	0.33
<i>Juinunikong</i>	1.99	8.38	0.24

청자콩을 활용한 두부제조 공정에 따른 lunasin 및 BBI의 함량을 측정된 결과, 대두에서 lunasin 240 µg/g, BBI 3.5 mg/g으로 가장 높았고, 두부 > 비지 > 슨물 > 침지액 순으로 높았다 (Table 3-7). 본 결과를 기초할 때 두부부산물인 비지에 lunasin과 BBI 함량이 높기 때문에 이를 활용한 기능성 식품소재로 가치가 있다고 판단된다.

Table 3-7. The contents of lunasin and BBI from the tofu and its residual products

Sample	Contents (mg/g)	
	Lunasin	BBI
Soybean	5.32	15.97
Chimjjaek	0.11	1.83
Biji	0.67	3.63
Summul	0.31	2.00
Tofu	0.59	3.22

비지의 건조별 lunasin 및 BBI 함량변화를 확인하기 위해, 비지를 동결건조, 80°C, 120°C, 140°C, 160°C에서 24시간 건조 후 함량을 측정된 결과(Fig. 3-7), 비지건조 조건 별 lunasin 함량은 변화가 없었으나, 비지건조 조건 별 BBI함량은 동결건조에서 가장 높았으며, 건조온도 상승에 따라 BBI 함량이 감소하는 것을 확인하였다. 비지건조 조건 별 lunasin과 BBI 함량변화 결과를 기초하여 120°C에서 건조된 비지샘플을 활용하여 추후 연구를 진행하였다.

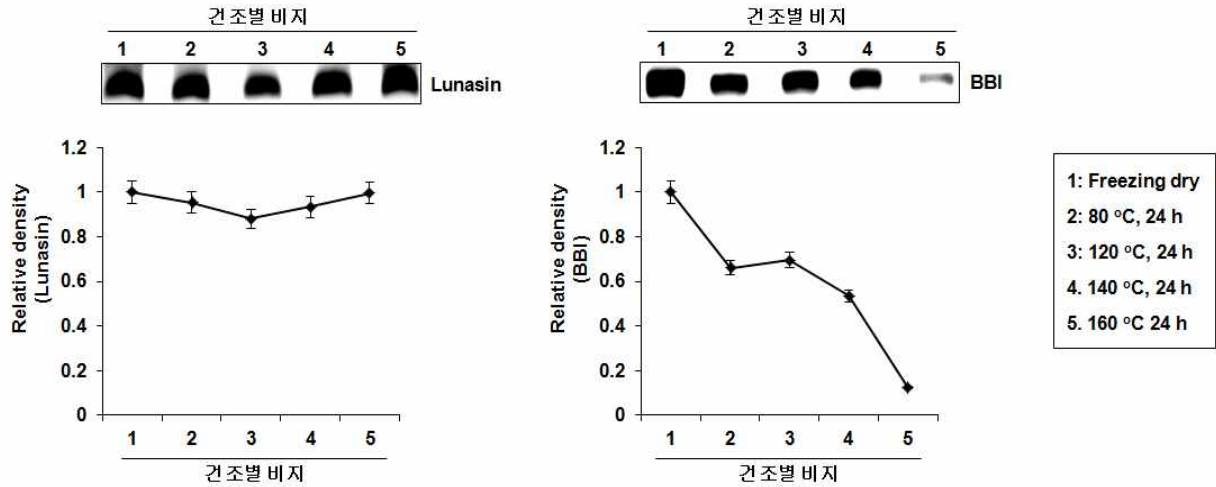


Fig. 3-7. The contents of lunasin and BBI in Tofu by-products (Biji) by dry condition.

120°C 에서 건조된 비지의 버섯균사체 발효 비지의 lunasin과 BBI 함량을 분석한 결과, 무발효비지에서 lunasin과 BBI는 검출되었으나, 버섯균사체로 발효된 발효비지에서는 lunasin과 BBI가 검출되지 않았다(Table 3-8과 Fig. 3-8). 본 결과는 발효 시 버섯균사체에 의해 lunasin과 BBI가 파괴된 것으로 사료된다. 그리하여 타 대두 발효산물인 된장, 간장, 청국장, 나토의 lunasin과 BBI의 함량을 측정 한 결과, 모두 검출되지 않았다(Table 3-9).

Table 3-8. The contents of luansin and BBI from Tofu by-products (Biji) through mushroom fermentation

Sample	Contents (mg/g)	
	Lunasin	BBI
NF	0.62	3.41
CV	-	-
GL	-	-
PE	-	-
AB	-	-
SC	-	-

NF: None fermentation (비지), CV: *Coriolus vericola* (구름), GL: *Ganoderma lucidum* (영지), PE: *Pleurotus eryngii* (새송이), AB: *Agaricus bisporus* (양송이), SC: *Schizophyllum commune* (치마).

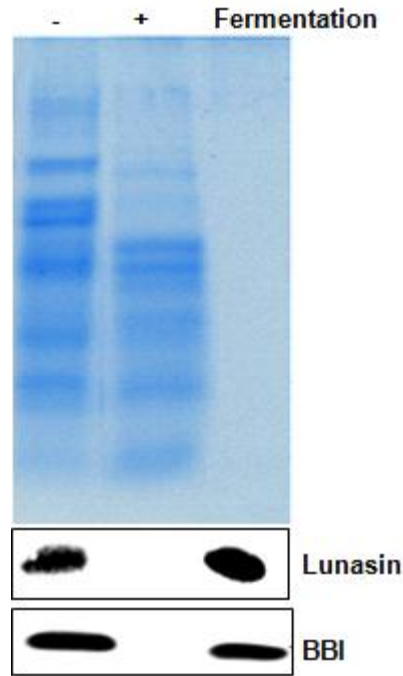


Fig. 3-8. SDS-PAGE and Western blot of lunasin and BBI from Tofu by-products (Biji) through mushroom fermentation using *Coriolus vericola* (CV).

Table 3-9. The contents of lunasin and BBI from soybean foods by fermentation

Sample	Contents (mg/g)	
	Lunasin	BBI
Doenjang	-	-
Soy sauce	-	-
Tofu	0.63	3.12
Cheonggukjang	-	-
Natto	-	-

Lunasin과 BBI은 세포 핵 내로의 localization하여 histone에 결합하여 다양한 질병의 원인이 되는 타겟 유전자의 발현을 조절하는 것으로 보고되어지고 있어, 비지 함유 lunasin과 BBI의 동물세포 핵내로의 전이를 평가한 결과, 무발효 비지 추출물을 비만관련 세포인 3T3-L1세포 처리 18시간 쯤 lunasin과 BBI의 핵 내 localization이 관찰되었다(Fig. 3-9).

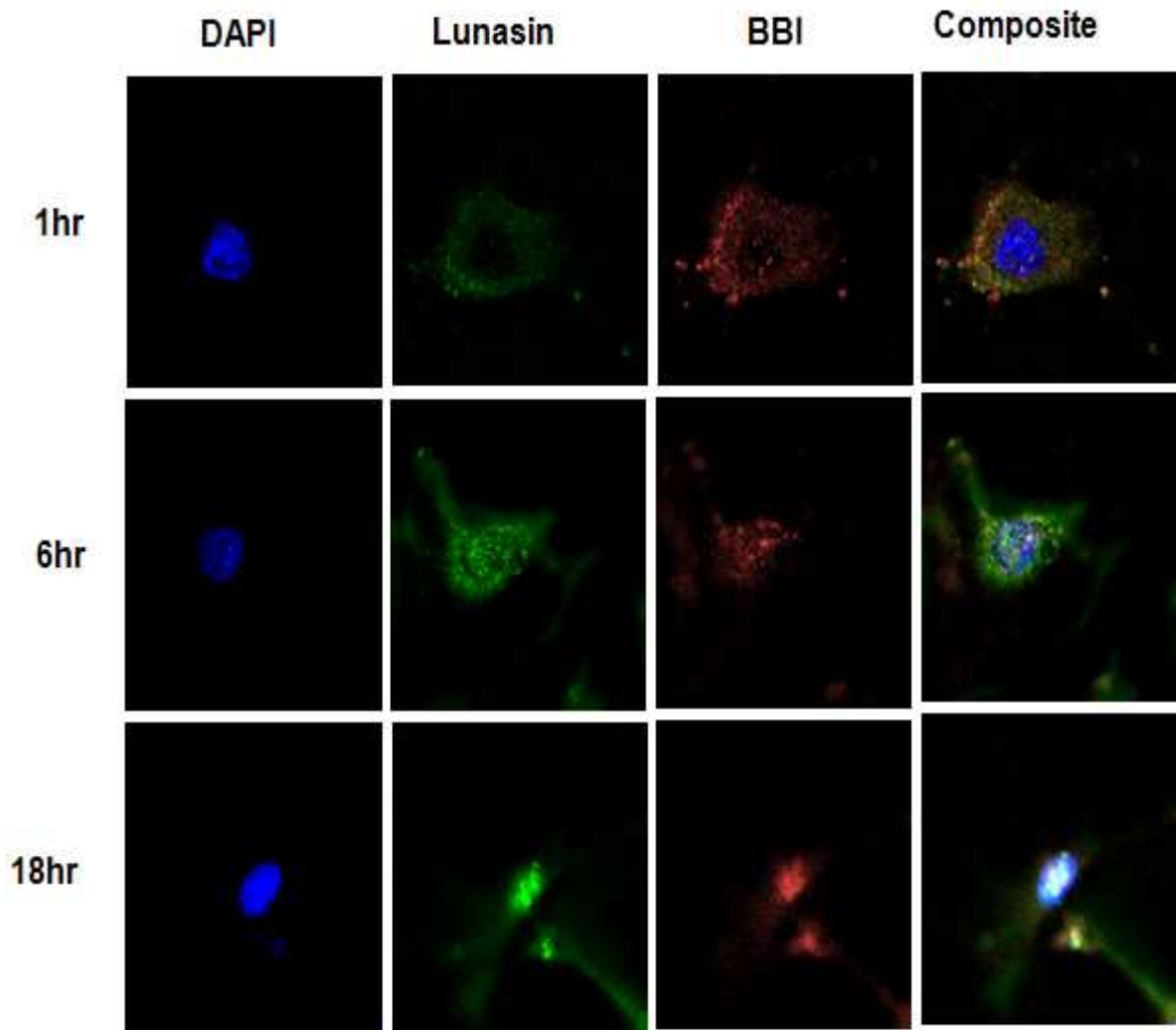


Fig. 3-9. Localization of lunasin and BBI from the Tofu by-products (Biji) without mushroom fermentation in 3T3-L1 cells.

합성 lunasin은 경구투여 시 위 소화효소인 pepsin과 장 소화효소인 pancreatin에 의해 분해 분해되어 그 활용성이 떨어지는 측면이 있다. 그러나 BBI과 함께 투여시 BBI가 lunasin을 소화 효소에 의한 분해를 억제한다고 알려져 있다. 그리하여 lunasin과 BBI를 동시에 함유하고 있는 무발효비지 내 lunasin의 pepsin에 대한 소화안정성을 검증한 결과, 비지 내 lunasin이 pepsin처리 2시간 후에도 안정한 것으로 나타났다(Fig. 3-10). 따라서 본 결과를 미루어볼 때, lunasin과 BBI 함유 비지 제품을 개발을 위해 발효는 적절하지 않은 것으로 판단된다.

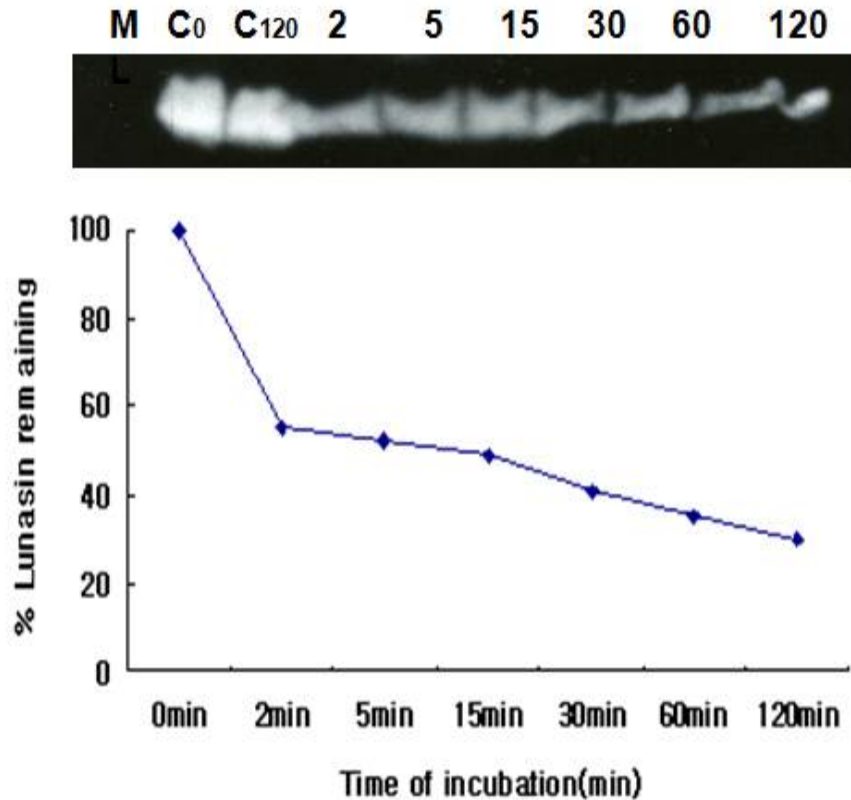
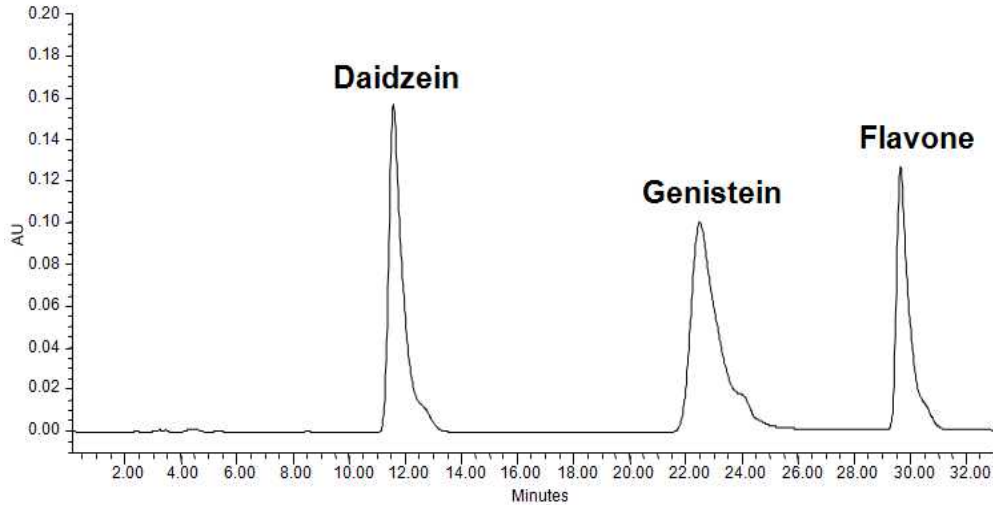


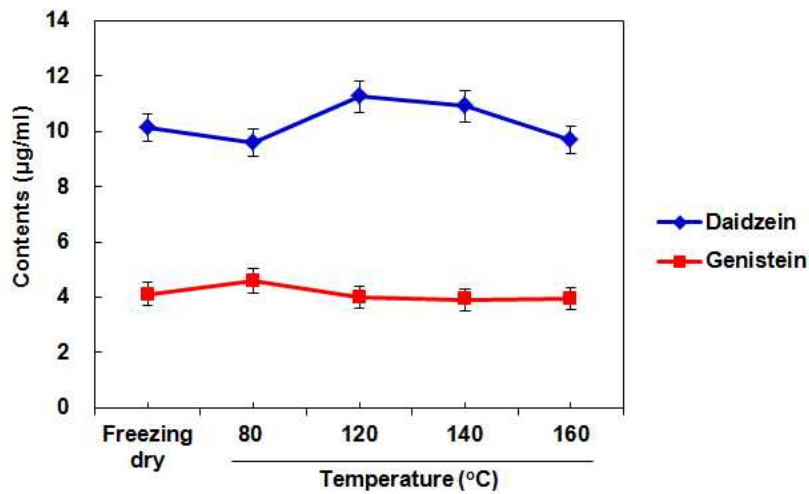
Fig. 3-10. Stability of lunasin from the Tofu by-products (Biji) without mushroom fermentation. The numbers above the blot indicate the min of incubation.

(6) 버섯균사체 발효비지의 daidzein 및 genistein 함량

Genistein은 항산화 기능, 항암작용, 아테롬성동맥경화완화, 골다공증완화, 항염증활성을 가지고 있고, daidzein은 항암 효과와 항산화 효과로 주목을 받아 왔으며 유방암과 전립선암, 난소암, 대장암뿐만 아니라 혈중 콜레스테롤을 낮춰 주어 각종 만성 질환의 예방과 치료에 효과적인 것으로 알려져 있다. 두부 제조 시 발생하는 부산물인 비지는 daidzein과 genistein을 풍부하게 함유하고 있다고 보고되고 있다. 이들 성분들은 peroxisome-proliferator activated receptor의 agonist로 지방대사를 촉진할 뿐만 아니라 지방산의 생합성을 억제하는 동시에 β -oxidation을 촉진하며 특히 genistein은 지방세포의 분화를 억제함으로써 항비만 효과가 있는 것으로 보고되고 있다. 비지의 건조별 daidzein 및 genistein 함량변화를 확인하기 위해, 비지를 동결건조, 80°C, 120°C, 140°C, 160°C에서 24시간 건조 후 함량을 측정한 결과, 비지건조 조건별 daidzein 및 genistein 함량은 변화가 없음을 확인하였다(Fig. 3-11).



(A)



(B)

Fig. 3-11. The contents of daidzein and genistein from Tofu by-products (Biji) through the dry condition. Daidzein and genistein were analyzed using HPLC. (A) Chromatogram of standard isoflavone by HPLC. (B) The contents of daidzein and genistein from Tofu by-products (Biji) through the dry condition.

버섯균사체 발효 비지의 daidzein 및 genistein 함량을 분석한 결과(Fig. 3-12), 무발효 비지에 비해 버섯균사체를 활용하여 발효된 비지에서 daidzein의 함량이 증가하는 것이 확인되었다. 그러나 genistein의 함량은 무발효비지에 비해 모두 감소하는 것으로 나타났다. 물추출과 70% 에탄올 추출의 발효 비지의 daidzein 및 genistein 함량을 분석한 결과(Fig. 3-13), 물 추출보다 70% 에탄올 추출 시 daidzein 및 genistein 함량이 증가하는 것으로 나타났다.

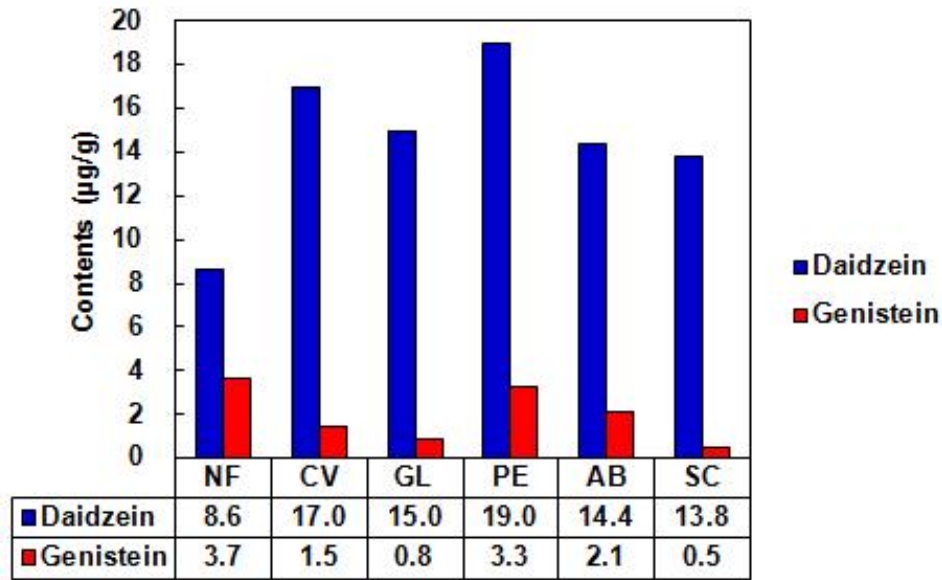


Fig. 3-12. The contents of daidzein and genistein from the water extracts of Tofu by-products (Biji) through mushroom fermentation. NF: None fermentation (비지), CV: *Coriolus vericola* (구름), GL: *Ganoderma lucidum* (영지), PE: *Pleurotus eryngii* (새송이), AB: *Agaricus bisporus* (양송이), SC: *Schizophyllum commune* (치마).

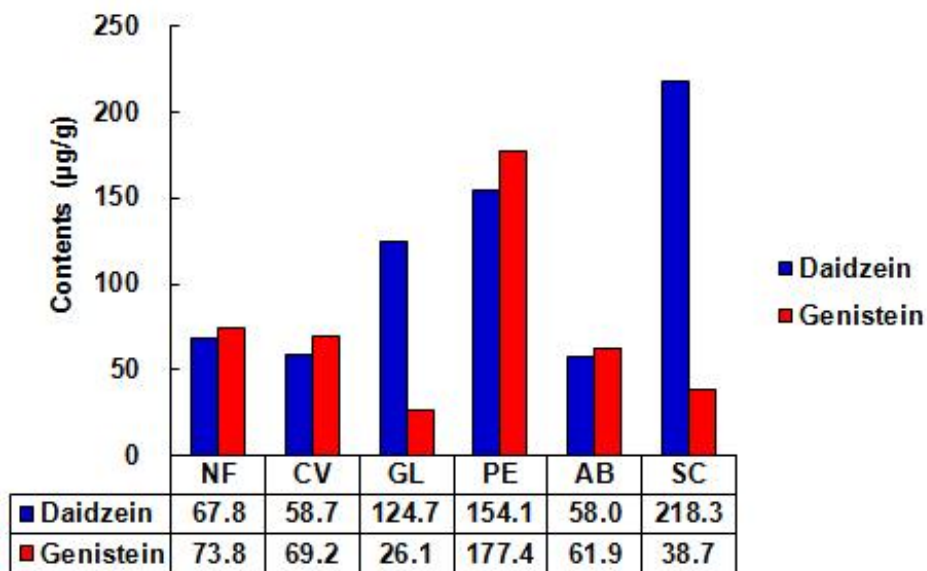


Fig. 3-13. The contents of daidzein and genistein from the 70% ethanol extracts of Tofu by-products (Biji) through mushroom fermentation. NF: None fermentation (비지), CV: *Coriolus vericola* (구름), GL: *Ganoderma lucidum* (영지), PE: *Pleurotus eryngii* (새송이), AB: *Agaricus bisporus* (양송이), SC: *Schizophyllum commune* (치마).

다. 비지의 복합효소 처리 공정 최적화

(1) Protease 처리에 따른 비지의 lunasin 및 BBI함량 변화

비지에 protease 처리 후 비지의 lunasin 및 BBI 함량을 측정된 결과, protease가 처리된 비지에서 lunasin과 BBI의 검출이 되지 않았다(Table 3-10). 따라서 lunasin과 BBI 비지소재의 개발에 있어서 protease 처리는 적절하지 않은 것으로 판단된다.

Table 3-10. The contents of lunasin and BBI from Tofu by-products (Biji) through protease treatment

Sample	Contents (mg/g)	
	Lunasin	BBI
Biji	0.61	3.51
Protease-Biji	-	-

라. 전지방세포의 분화 억제능 및 지질합성 저감효능에 대한 작용기전 구명

체내에 지방 조직이 과다하게 축적된 상태를 의미하는 비만(obesity)은 열량의 섭취와 소비의 불균형으로 발생하는 대사질환이다. 비만은 그 자체로도 문제가 되나 특히 당뇨병, 고혈압, 고지혈증, 관절염, 심장병, 뇌졸중, 동맥경화, 지방간 등 각종 대사성 질환과 심혈관계 질환 발생의 직접적인 요인으로 밝혀지고 있다. 서구화된 식습관의 증가에 따라 국내 비만 인구 급증하고 있다. 전 세계적으로 비만 치료제의 개발을 위한 다양한 연구가 수행되고 있으며 현재 시판되고 있는 비만치료제들의 부작용으로 인해 우수한 효능과 함께 안전성이 높은 물질의 개발이 요구된다. 이에 특히 천연소재로부터 부작용이 없는 항비만 효능 보유 소재를 발굴하기 위한 노력이 집중되고 있다. 비만은 지방전구세포의 분화 및 adipogenesis 과정에 의하여 지방세포의 세포 내 중성지방(triglyceride, TG)의 축적으로 발생하며 이러한 기작을 조절하는 것이 비만 억제의 효과적인 치료방법으로 알려져 있다. 비지추출물의 항비만 활성을 평가하기 위해 Oil Red O staining assay로 지방전구세포의 adipogenesis과정에서 형성되는 지질 생성 억제효능 평가한 결과, 비지 추출물은 농도 의존적으로 지질 생성을 억제하는 것으로 나타났다(Fig. 3-14).

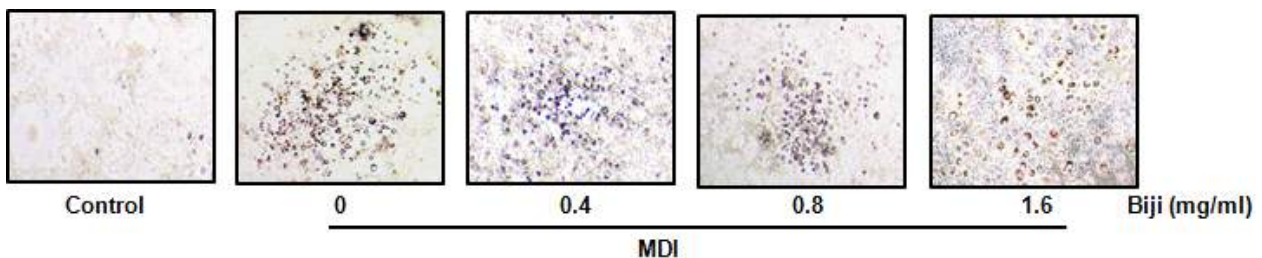


Fig. 3-14. Effect of biji extracts on lipid accumulation in MDI-treated 3T3-L1.

Adipogenesis의 분자적인 기전으로는 peroxisome proliferator-activated receptor γ (PPAR γ) 및 cytidine-cytidine-adenosine-adenosine-thymidine(CCAAT)/enhancer binding protein (C/EBP α , C/EBP β , C/EBP δ)등과 같은 adipogenic transcription factor 등이 중요한 조절자로서 관여하는 것으로 알려져 있다. 그리하여 비지 추출물의 항비만 활성과 관련된 전사인자의 발현 조절 효능을 분석한 결과, 비지 추출물은 농도의존적으로 비만관련 전사인자의 발현을 억제하는 것으로 나타났다(Fig. 3-15).

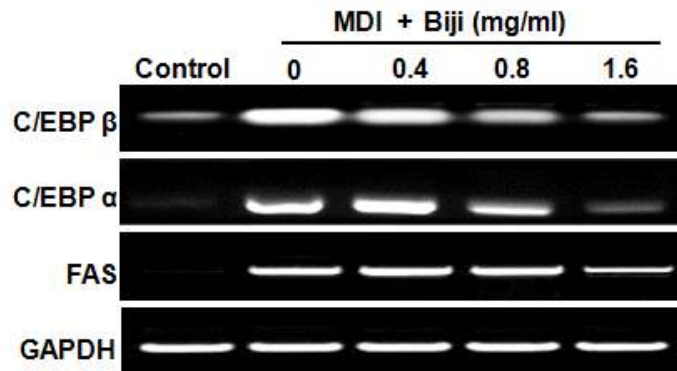


Fig. 3-15. Effect of biji extracts on C/EBP- β , C/EBP- α and FAS in MDI-treated 3T3-L1.

5' -adenosine monophosphate-activated protein kinase (AMPK) 신호전달은 당과 지질 대사에 중요한 역할을 한다고 알려져 있다. AMPK의 활성화는 당 수송을 증가시키고 lipogenesis를 억제한다. 또한 AMPK는 지방전구세포의 분화를 조절한다. 그리하여 AMPK는 비만을 포함한 대사질환 치료에 있어서 중요한 분자 타겟으로 여겨지고 있다. 비지 추출물의 항비만 활성 작용기전을 구명하기 위해 비지 추출물 처리에 따른 AMPK 활성화를 분석한 결과, 비지 추출물은 AMPK의 활성화 형태인 AMPK threonine-172의 인산화를 농도의존적으로 유도 하는 것으로 나타났다 (Fig. 3-16). 따라서 비지추출물은 AMPK의 활성화를 통해 비만관련 전사인자인 C/EBP- α , CEBP- β , FAS의 발현을 조절하여 지방세포의 지질축적을 억제함으로써 항비만 활성을 나타내는 것으로 사료 된다.

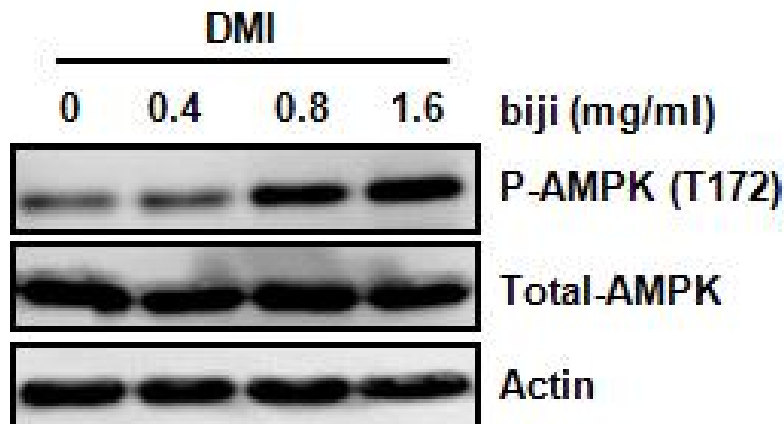


Fig. 3-16. Effect of biji extracts on AMPK activation in DMI-treated 3T3-L1.

마. 마우스 모델을 이용한 기능성 비지 추출물의 in vivo 항비만 효능

비지 추출물의 세포기반 항비만 활성이 동물적용 시 동일한 활성을 나타내는지 확인하기 위해 고지방 식이가 처리된 마우스를 활용하여 동물기반 항비만 활성을 평가한 결과, 고지방 식이만 투여된 마우스에서는 체중증가가 유도되었으나, 비지추출물이 처리된 마우스에서는 고지방 식이에 의해 유도되는 마우스의 체중증가가 농도의존적으로 억제되는 것으로 나타났다 (Table 3-11).

Table 3-11. Body weight gain of mice fed experimental diets for 5 weeks

	Control	HFD	HFD + Xenical	HFD+ biji (4 mg/kg)	HFD+ biji (8 mg/kg)	HFD+ biji (16 mg/kg)
0 주차	23.4±0.6	28.8±1.3	28.7±1.3	28.8±1.1	28.8±0.8	28.8±0.8
1 주차	24.9±0.8	30.0±0.8	28.3±0.8	27.9±0.6	27.5±0.6	27.5±0.8
2 주차	25.9±0.7	30.2±0.9	28.1±0.9	28.8±0.6	27.8±1.0	28.2±0.6
3 주차	26.1±0.7	31.4±0.7	27.7±0.7	28.7±0.7	28.6±0.5	29.1±0.8
4 주차	26.4±0.5	32.5±1.0	27.7±1.0	29.0±0.9	29.1±0.7	28.9±1.1
5 주차	26.8±0.6	34.0±0.9	27.8±0.9	29.3±0.7	29.5±0.9	28.9±0.8

또한 지방세포의 크기를 비교한 결과 고지방식이 대조군은 정상군에 비하여 세포크기가 크게 증가하였으나 비지 추출물은 대조군에 비하여 감소하였다. 따라서 비지추출물은 고지방 식이를 섭취한 마우스에서 항비만 효과가 있는 것으로 확인되었다(Fig. 3-17). 그리고 비지추출물은 고지방식이에 따른 체지방 및 내장지방 지표인 Epididymal fat과 perianal fat의 무게를 감소시켰고, 복부비만 지표인 spleen의 무게도 감소시키는 것으로 확인 되었다(Fig. 3-18).

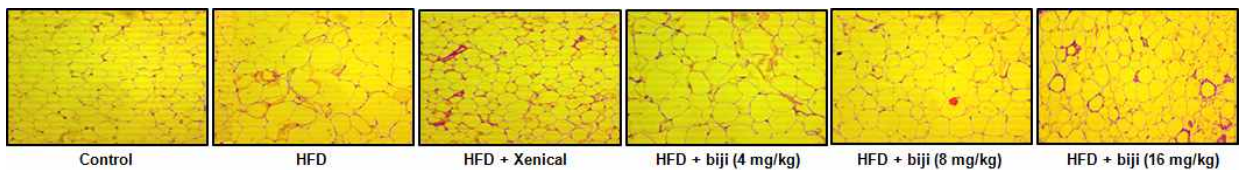


Fig. 3-17. Effect of biji extracts on the light micrography of epididymal adipocytes

고지방 식이를 섭취한 대조군의 총 콜레스테롤 함량은 정상군에 비하여 유의하게 증가하였으나 비지추출물은 대조군에 비하여 총 콜레스테롤 함량을 감소시키는 것으로 나타났다. HDL-콜레스테롤은 고지방식이 대조군에 비하여 비지추출물은 증가시키는 것으로 나타났다(Fig. 3-19).

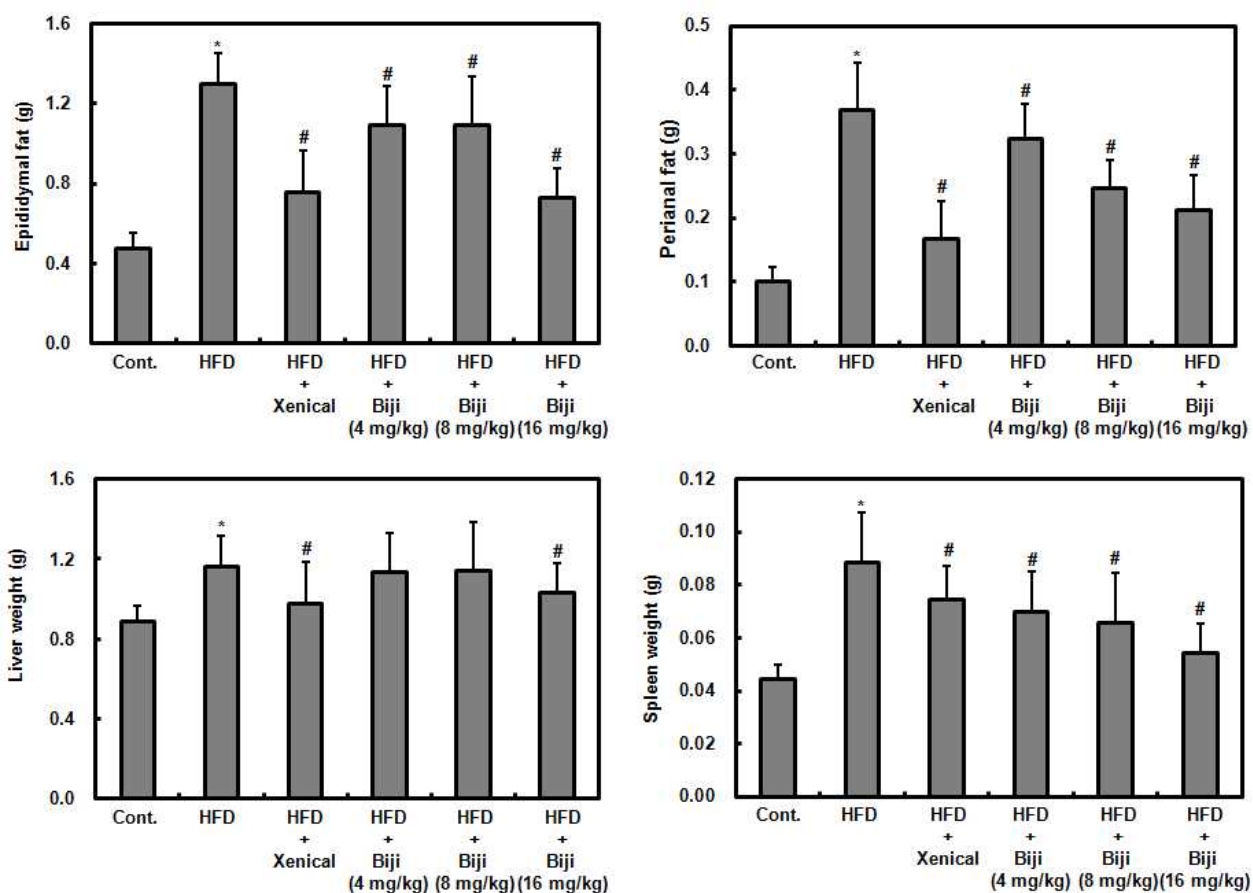


Fig. 3-18. Effect of biji extracts on the weights of epididymal fat, perianal fat, liver and spleen in HFD-fed mice.

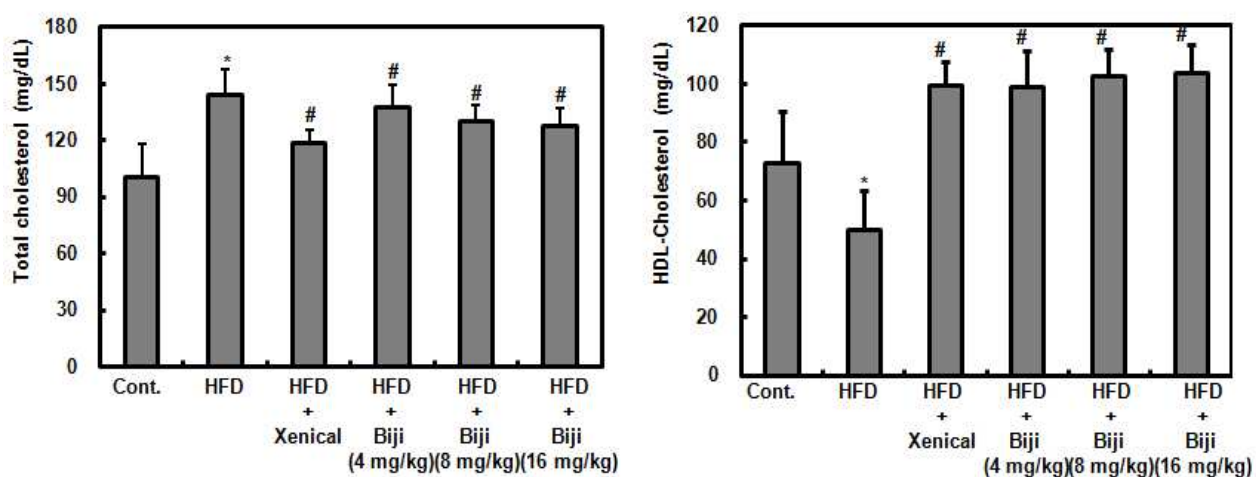


Fig. 3-19. Effect of biji extracts on the contents of total cholesterol and HDL-cholesterol in HFD-fed mice.

중성지방은 정상군에 비하여 대조군에서 증가하였으나 비지 추출물은 대조군에 비하여 감소하는 경향을 보였다. 혈중 glucose 농도는 정상군에 비하여 고지방 식이를 섭취한 대조군에서는 약 1.5배 정도 증가하였으며 비지추출물은 대조군에 비하여 혈중 glucose의 함량을 감소시켰다 (Fig. 3-20). 따라서 본 결과를 미루어 볼 때, 비지추출물 항비만 활성이 있는 것으로 사료된다.

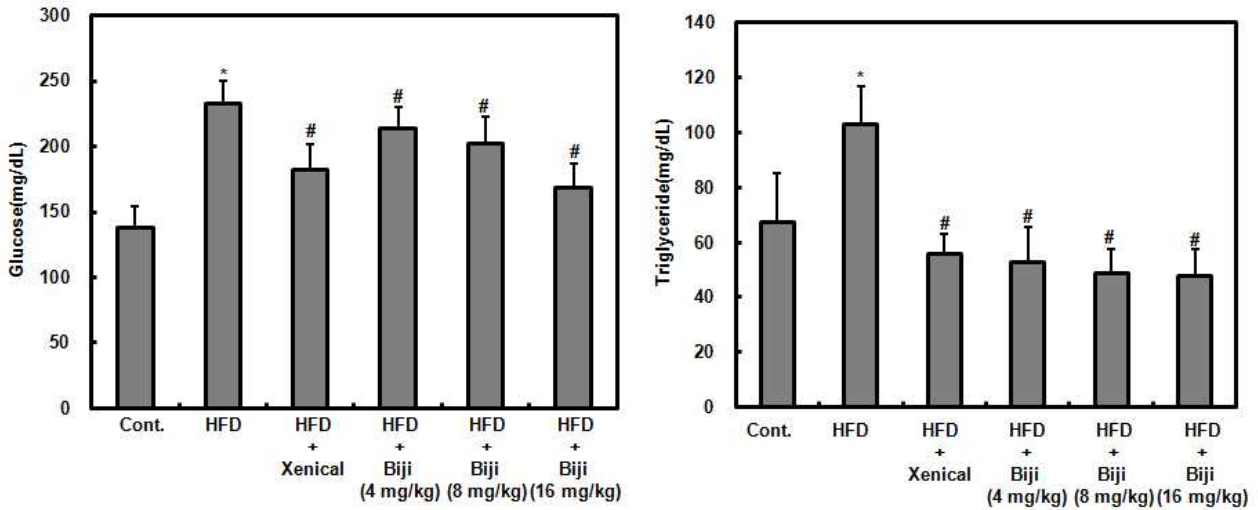


Fig. 3-20. Effect of biji extracts on the contents of glucose and triglyceride in HFD-fed mice.

동물모델을 이용한 비지 추출물의 항비만 활성 시 투여된 비지의 lunasin과 BBI의 함량을 분석 한 결과, lunasin은 비지 추출물 1 mg 당 460 ng 이었으며, BBI는 비지 추출물 1 mg당 3.5 μ g인 것으로 확인되었다(Table 3-12).

Table 3-12. The contents of lunasin and BBI from biji extracts applied to animal-based experiment

Sample	Contents (μ g/mg)	
	Lunasin	BBI
Biji	0.46	3.5

바. 기능성 비지 소재에 대한 면역증진 효능 검증

면역반응은 자기성분 이외의 외부 감염물질의 침입으로부터 유도되는 질병환경을 제거하고 수복하는 중요한 생체적 방어 작용의 하나로 선천성 면역반응과 후천성 면역반응으로 구분 된다. 선천 면역계에서 생체 방어 기구의 최전선을 담당하는 대식세포는 체내의 모든 조직에 분포하면서 1차적으로 세균이나 바이러스 등의 감염성 병원체뿐만 아니라 노화된 정상세포와 암 세포 등에 대해 탐식작용을 일으켜 제거하는 방어능력을 가지고 있다. 활성화된 대식세포는 증식과 확산능력의 향상 등과 같은 세포의 형태적 변화뿐만 아니라 대식능력의 증가, NO와 인터루킨 계열, TNF- α 등의 다양한 사이토카인 생성의 향상으로 면역반응을 극대화시키는 중요 매개체 역할을 한다. 최근 신체 면역체계의 기능저하가 감기와 같은 바이러스성 호흡기 질환은 물론 대상포진, 갑상선 질환 등에 대한 저항력을 떨어뜨릴 수 있다는 보고가 있어 식품섭취를 통해 인체의 면역반응을 증진시킬 수 있는 다양한 연구가 요구되고 있으며, 특히 천연물을 대상으로 면역증진에 우수한 건강기능식품의 소재연구도 활발하게 이루어지고 있다. 콩은 면역작용이 뛰어나 몸 속의 독을 해독하고 바이러스를 몸 밖으로 밀어내는 효능이 있다고 알려져 있어 본 연구에서는 비지의 면역증진 활성을 평가하였다. 비지추출물의 면역증진 활성을 평가하기 위해 대식세포인 RAW264.7세포에 비지추출물을 48시간 처리 후 면역반응을 극대화시키는 대표적 매개체인 IL-1 β 와 TNF- α 의 함량을 측정한 결과, 비지추출물은 농도의존적으로 IL-1 β 와 TNF- α 의 함량을 증가시키는 것으로 나타남(Fig. 3-21).

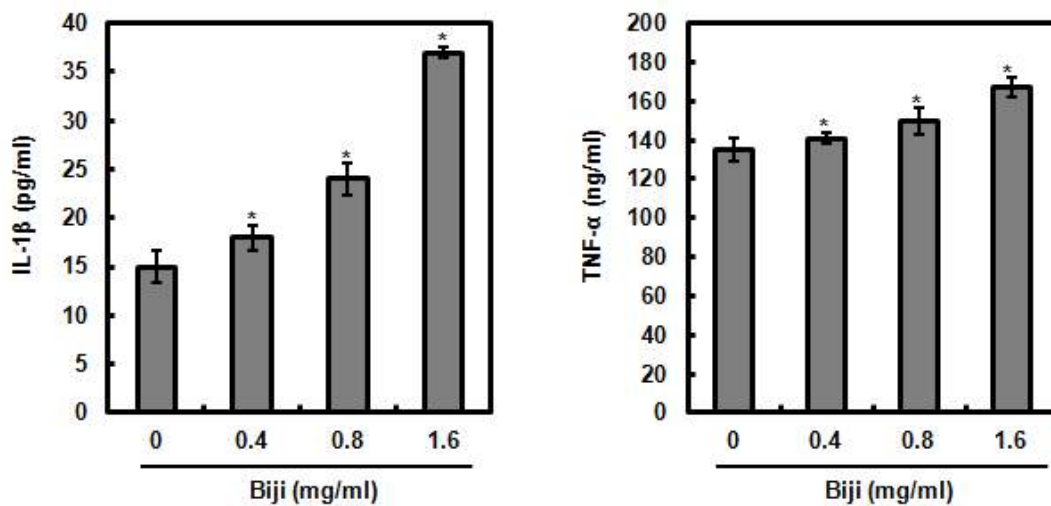


Fig. 3-21. Effect of biji extracts on IL-1 β and TNF- α production associated with enhancing the immunity in RAW264.7 cells.

비지추출물 유도 IL-1 β 와 TNF- α 의 증가가 이들의 전사활성에 기인 한 것인지 검증하기 위해 IL-1 β 와 TNF- α 의 mRNA 발현을 측정 한 결과, 비지추출물은 농도의존적으로 IL-1 β 와 TNF- α 의 mRNA 발현을 증가시키는 것으로 나타났다(Fig. 3-22).

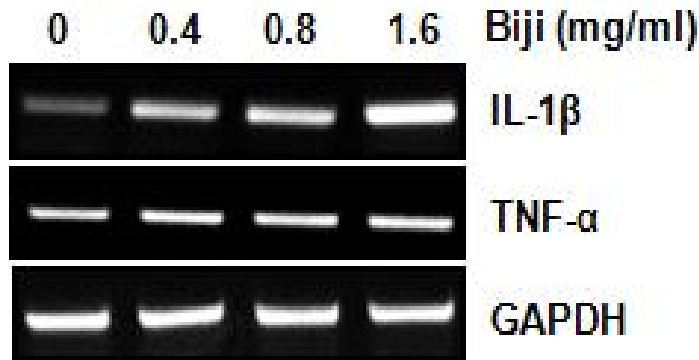


Fig. 3-22. Effect of biji extracts on IL-1 β and TNF- α expression associated with enhancing the immunity in RAW264.7 cells.

비지추출물 유도 IL-1 β 와 TNF- α 의 증가와 관련된 신호전달을 분석하기 위해 비지추출물 유도 NF- κ B의 핵내 전이와 MAPK 활성화를 측정 한 결과 비지추출물은 NF- κ B 구성요소인 p65의 핵내 전이를 유도하고, MAPK의 활성화 형태인 p38과 JNK의 인산화를 유도하는 것으로 나타났다(Fig. 3-23). 본 연구결과를 통해 비지추출물은 NF- κ B와 MAPK의 활성화를 통해 면역증진과 관련된 IL-1 β 와 TNF- α 의 발현을 증진시킴으로써 면역증진활성을 나타내는 것으로 사료된다.

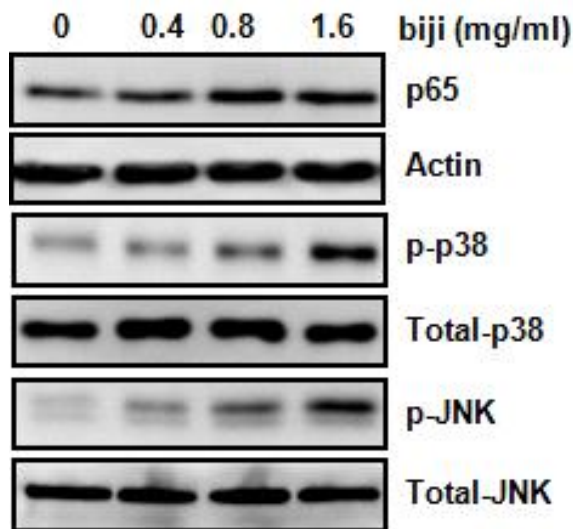


Fig. 3-23. Effect of biji extracts on p65 nuclear translocation and MAPK activation.

사. 기능성 비지 소재에 따른 항염증 효능 검증

근래에 이르러 건강과 장수에 대한 관심증가로 인해 소비자들의 건강기능성 소재나 제품에 대한 수요가 많아지고 있으며, 이는 건강기능성 소재 시장의 규모 확대 등으로 이어지고 있어 새로운 기능성 소재를 발굴하려는 연구가 활발한 상태이다. 연구가 이루어지고 있는 기능성 분야도 매우 다양화되고 있는 추세인데, 그 중 염증으로 인하여 생길 수 있는 질병을 파악하고 이를 예방하거나 치료하는 데 목적을 둔 항염증효능 소재 발굴 연구도 한 부분을 차지하고 있다. 염증은 생체 혹은 조직에 물리적 자극이나 화학적 물질, 세균감염 등의 기질적 변화를 가져오는 침습이 가해질 때 그 손상부위를 수복재생하려는 복구기전으로서 자극이 가해지면 국소적으로 염성 성분이 증가되면서 염증이 유발되며, 염증반응이 만성화되면 류마티스 관절염, 동맥경화증, 위염, 천식 등의 염증성 질환을 유발할 수 있다. 이러한 염증반응에는 cytokines, prostaglandin E2 (PGE2) 등 다양한 매개물질이 관여하고 있는 데, 특히 대식세포에서 cytokines, tumor necrosis factor- α , lipopolysaccharide (LPS)와 같은 자극에 의해 inducible nitric oxide synthase (iNOS), cyclooxygenase-2 (COX-2)를 발현시켜 과량의 nitric oxide (NO)와 PGE2를 생성하여 염증을 유발한다. iNOS는 염증반응을 조절하는데 중요한 역할을 담당하고 있으며, iNOS에 의해 증가된 NO는 패혈성 쇼크, 조직 손상, 류마티스 관절염 등과 같은 질병을 유발하는 원인물질의 하나이며, COX-2는 성장인자, 사이토가인 등과 같은 요인에 의해 발현이 증가되어 다량의 PGE2를 생성함으로써, 염증관련 질병을 유발하는 것으로 알려져 있다. 그리하여 비지추출물을 항염증활성을 평가하기 위해 비지 추출물의 LPS로 자극된 대식세포에서의 NO와 PGE2 생성 억제활성을 분석한 결과, 비지추출물은 농도의존적으로 유의적으로 NO와 PGE2의 생성을 억제하는 것으로 나타났다(Fig. 3-24). NO와 PGE2는 iNOS와 COX-2에 의해 조절되기 때문에, 비지 추출물의 NO와 PGE2 생성 억제가 iNOS와 COX-2의 발현억제에 기인한 것인지 분석한 결과, 비지추출물은 농도의존적으로 LPS에 의해 유도되는 iNOS와 COX-2의 과발현을 억제하는 것으로 나타났다(Fig. 3-25).

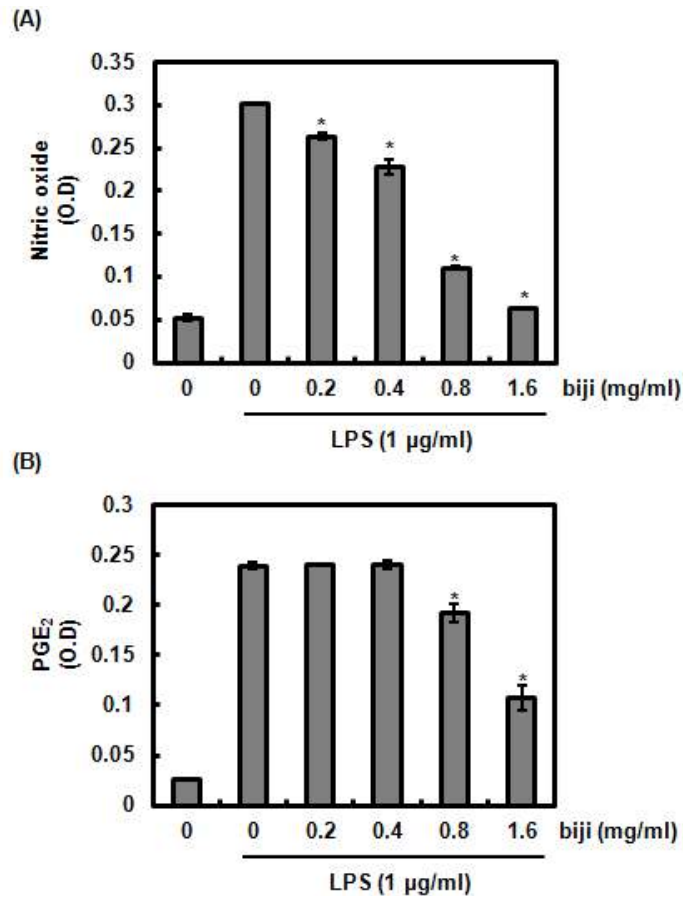


Fig. 3-24. Inhibitory effect of biji extracts on the production of NO (A) and PGE₂ (B) in LPS-stimulated RAW264.7 cells.

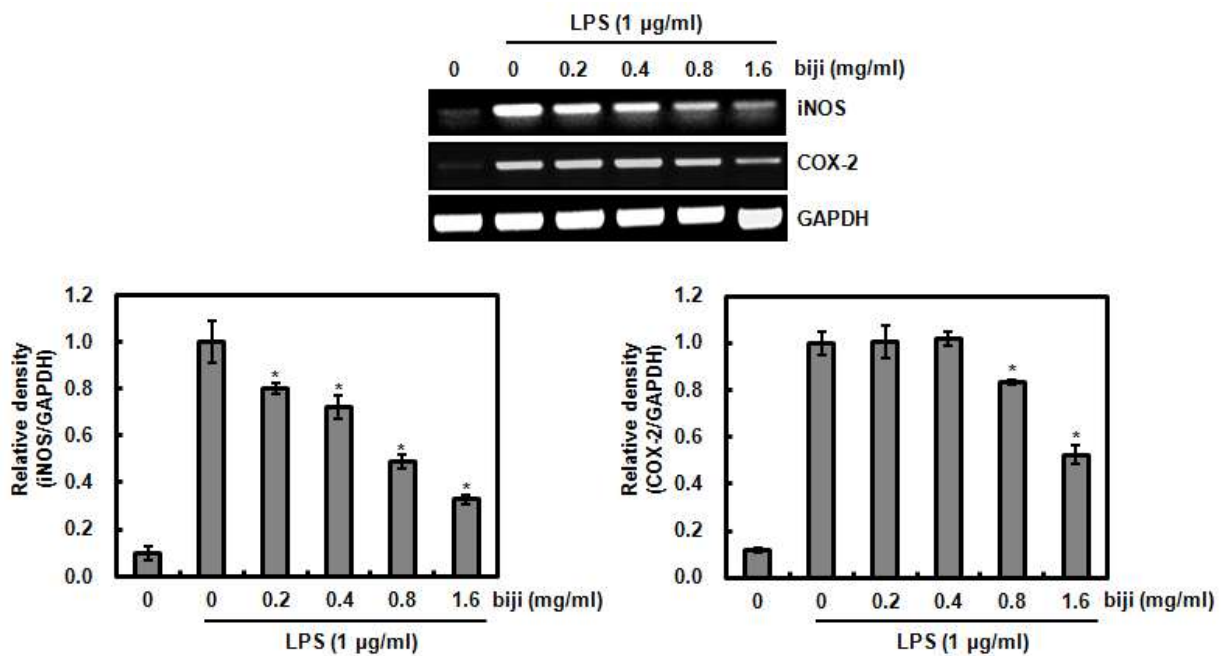


Fig. 3-25. Effect of biji extracts on the expression of iNOS and COX-2 in LPS-stimulated RAW264.7 cells.

TNF- α 와 IL-1 β 등의 사이토카인은 만성염증을 유발하는 것으로 알려져 있기 때문에 비지 추출물의 LPS로 유도되는 TNF- α 와 IL-1 β 발현 억제활성을 평가하였다. 그 결과 비지추출물은 LPS로 자극된 대식세포의 TNF- α 와 IL-1 β 의 과대발현을 농도의존적으로 억제하는 것으로 나타났다(Fig. 3-26).

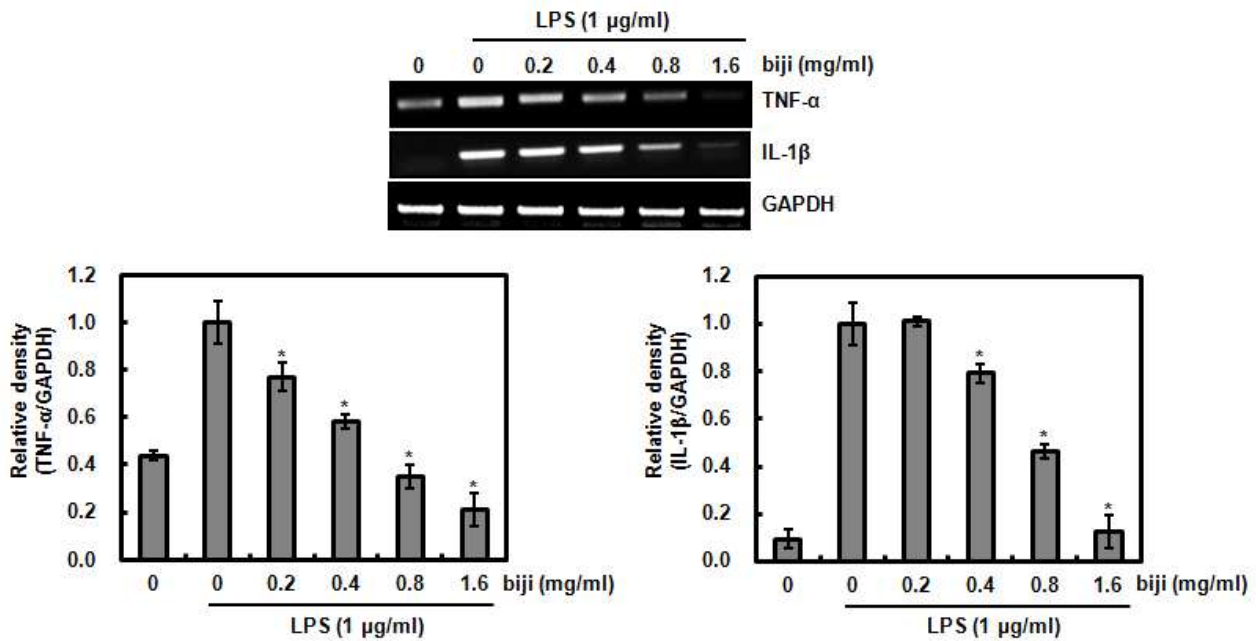


Figure 3-26. Effect of biji extracts on the expression of TNF- α 와 IL-1 β in LPS-stimulated RAW264.7 cells.

염증반응에서 만성염증 유발인자의 발현은 NF- κ B와 MAPK신호전달에 의해 조절된다. 따라서 NF- κ B와 MAPK 신호전달은 만성염증조절을 위한 중요한 분자적 타겟으로 여겨지고 있다. 특히 NF- κ B는 p50 subunit family(p50, p52)와 p65 subunit family(p65, c-Rel, RelB)의 동종이합체(homodimer) 또는 다종이합체(heterodimer)로 구성되며, 보통 상태에서는 세포질에서 그 억제제(inhibitor)인 I κ B 단백질(I κ B α , I κ B β , I κ B γ , I κ B ϵ , Bcl3)들과 결합하고 있어 활성화된 상태로 세포질에 존재한다. 그러나 cytokine(TNF- α , IL-1), 세균/바이러스 감염(LPS, dsRNA), 스트레스(ROI, UV, adriamycin, 방사선) 등의 다양한 자극에 의해 I κ B 단백질이 인산화되어 분해됨으로서 유리된 NF- κ B는 핵으로 들어가 표적 유전자의 NF- κ B 결합부위에 결합하여 염증관련 유전자, anti-apoptosis 유전자 등의 발현을 유도한다. I κ B 단백질의 인산화는 I κ B 활성화 효소로 알려진 IKK (IKK α , β)가 다양한 자극에 의해 활성화되어 I κ B 단백질의 세린잔기(serine residue)를 인산화시키고, 인산화된 I κ B 단백질은 26S proteasome에 의해서 분해된다. 전사인자 NF- κ B는 TNF- α , IL-1 β 등의 proinflammatory cytokine과 LPS 등에 의해 활성화가 유도되어 염증 효소 iNOS와 COX-2 등의 발현을 증가시켜 염증 반응을 가속화함으로써 조직손상을 유도한다. 따라서 NF- κ B 신호전달의 효과적인 억제는 염증 예방에 있어 중요한 역할을 한다고 알려져 있다. 비지 추출물은 염증반응에서 NF- κ B의 핵내 전이의 필수적인 I κ B- α 의 분해를 농도 의존적으로 억제하였다(Fig. 3-27A). 그리고 비지추출은 염증반응에서 NF- κ B p65의 핵내 전이를 억제하였다(Fig. 3-27B).

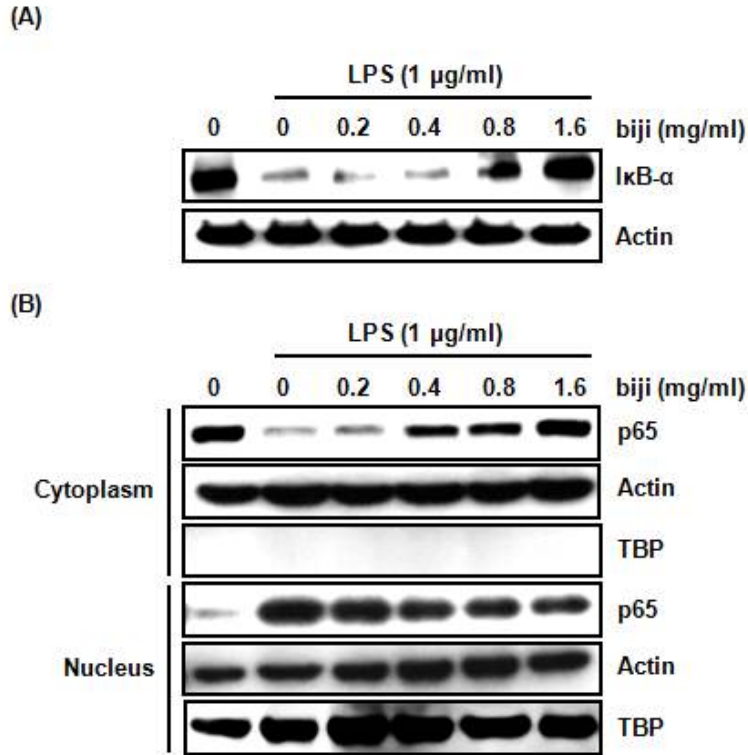


Fig. 3-27. Effect of biiji extracts on I κ B- α degradation and p65 nuclear translocation in LPS-stimulated RAW264.7 cells.

MAPK는 NF- κ B의 활성화에 따른 염증반응, 노화 및 발암과정에 중요한 역할을 하며, 대표적인 MAPK로서 ERK1/2, p38 그리고 JNK가 있다. 이러한 이유로 MAPK signaling pathway는 항염증제 및 염증성 피부염 예방 및 치료에 새로운 표적물질로 부각되고 있으며, MAPK signaling pathway 억제 및 조절기전에 대한 연구가 중요하게 대두되고 있다. MAPK 효소의 활성화를 위해서 Try/Thr에서의 인산화가 필요하다. 염증발현인자들의 세포자극에 의해서 효소의 활성화가 일어나고 이러한 정보는 활성화된 MAPK에 의한 기질 단백질의 Ser/Thr 인산화로 전달된다. 그러나 MAPK의 활성화는 수용체 인산화 효소에 의해 직접적으로 일어나는 것이 아니라, MAPK kinase, MAPK kinase kinase 등 수용체와 MAPK 사이의 또 다른 인산화 효소들을 매개로 일어나고, 최종적으로 활성화된 MAPK는 핵 내로 이동한다. 핵 내로 이동한 MAPK는 pro-inflammatory gene expression (TNF- α , IL-1,6, iNOS, COX-2 및 여러 adhesion molecule)의 유도에 중요한 전사조절인자의 역할을 한다고 보고되고 있다. 비지 추출물은 MAPK 구성인자인 ERK1/2와 p38의 활성화를 억제하는 것으로 나타남(Fig. 3-28). 본 결과를 미루어 볼 때, 비지 추출물은 NF- κ B와 MAPK 신호전달을 억제하여 항염증 효능을 나타내는 것으로 사료된다.

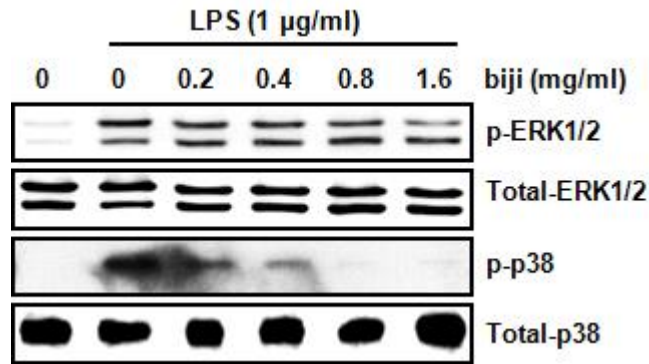
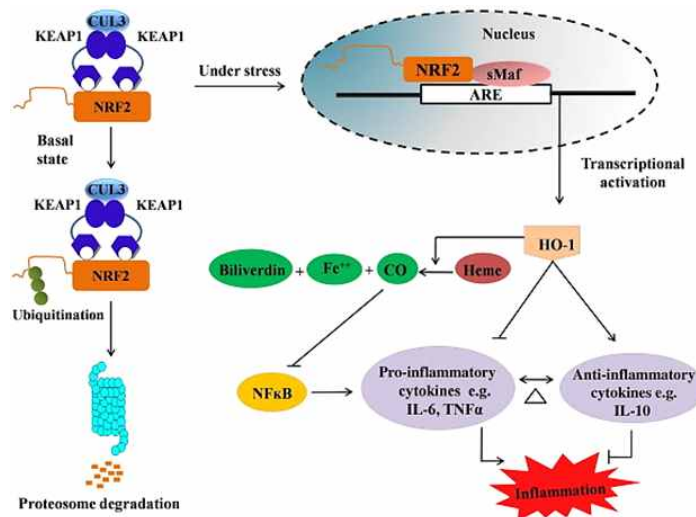


Fig. 3-28. Effect of biji extracts on MAPK activation in LPS-stimulated RAW264.7 cells.



Heme oxygenase-1 (HO-1)은 혈액 구성성분 중 하나인 heme을 CO, Fe²⁺ 및 biliverdin으로의 분해를 촉진하는 효소로서 HO-1의 발현촉진은 항염증활성과 관련이 있으며, HO-1의 발현은 Nrf2의 핵내 축적을 통한 활성화에 기인하다고 알려져 있다. 그리하여, Nrf2/HO-1 신호전달은 항염증활성 관련 주요한 작용기전으로 알려져 있다. 그리하여 비지추출물 HO-1의 발현에 미치는 영향을 평가하기 위해, 대식세포에 비지 추출물을 농도별로 처리하고, Western blot analysis로 HO-1 단백질을 발현정도를 확인한 결과 비지 추출물은 농도의존적으로 HO-1 단백질을 증가시키고 (Fig. 3-29A), HO-1 단백질은 비지 추출물 처리 1시간부터 증가하기 시작하였다 (Fig. 3-29B). 비지 추출물의 항염증 활성과 HO-1 발현과의 연관성을 검증하기 위해, HO-1 억제제인 ZnPP를 처리하고 비지 추출물에 의한 NO 생성억제활성을 검증한 결과, ZnPP로 HO-1을 억제하였을 때, 비지 추출물에 의한 NO 생성 억제활성이 감소하는 것을 확인함 (Fig. 3-29C). 본 결과를 미루어 볼 때, HO-1은 비지 추출물의 항염증활성과 관련된 주요한 인자로 판단된다.

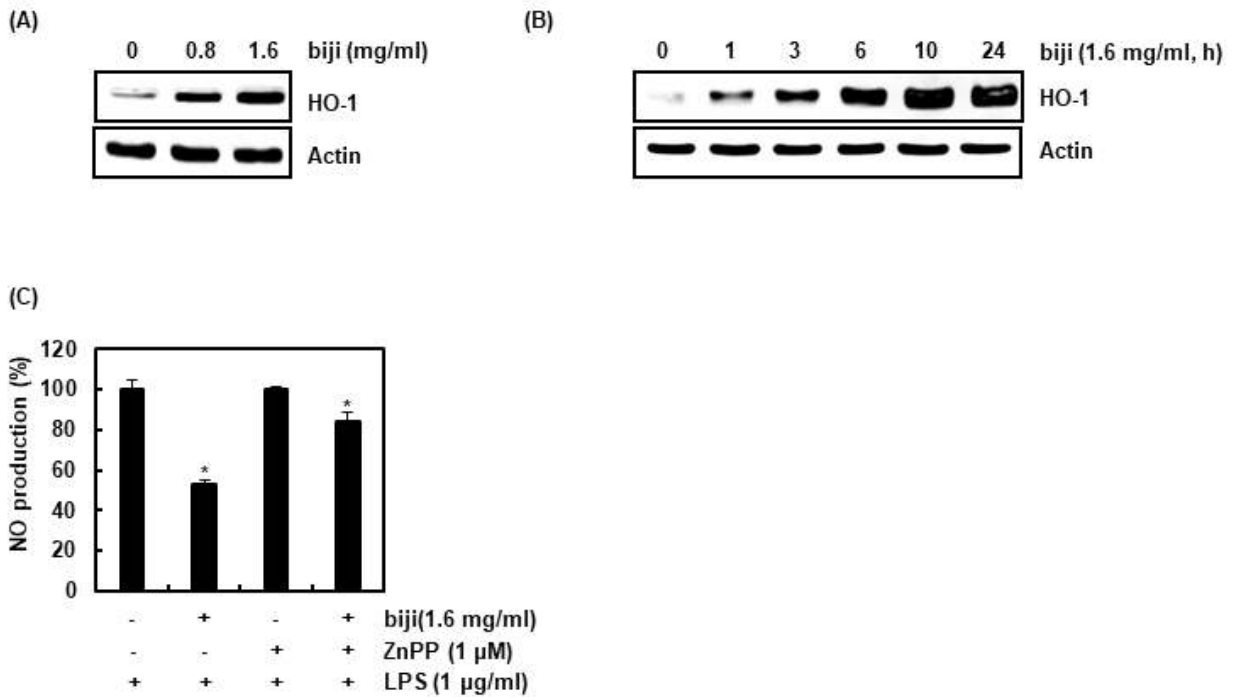


Fig. 3-29. Effect of biji extracts on HO-1 expression in RAW264.7 cells.

HO-1의 발현과 관련된 주요한 upstream factor는 활성산소 (ROS)와 MAPK (ERK1/2, p38, JNK) 신호전달의 활성화로 알려져 있기 때문에, ROS 억제제인 NAC, ERK1/2 억제제인 PD98059, p38 억제제인 SB203580 그리고 JNK 억제제인 SP600125를 처리한 후 비지 추출물에 의한 HO-1 발현을 확인하였다. 그 결과 NAC로 ROS가 억제되었을 때와 SB203580으로 p38이 억제되었을 때, 비지 추출물에 의한 HO-1의 발현이 감소되었으나, PD98059로 ERK1/2가 억제되었을 때와 SP600125로 JNK가 억제되었을 때는 비지 추출물에 의한 HO-1의 발현이 유지되는 것을 확인하였다(Fig. 3-30A-D). 본 결과를 미루어 볼 때, 비지 추출물은 ROS를 증가시키고, p38을 활성화 시켜 HO-1의 발현을 증가시키는 것으로 판단된다. 그리하여 비지 추출물의 p38 활성화 유도를 검증한 결과, 비지 추출물은 p38의 활성형인 p38의 인산화를 유도하고(Fig. 3-30E), NAC로 ROS가 억제되었을 때 비지 추출물은 p38의 인산화를 유도하지 못하였다(Fig. 3-30F). 본 결과를 미루어 볼 때, 비지 추출물은 ROS를 증가시키고, 연속적으로 p38을 활성화 시켜 HO-1의 발현을 증가시키는 것으로 판단된다.

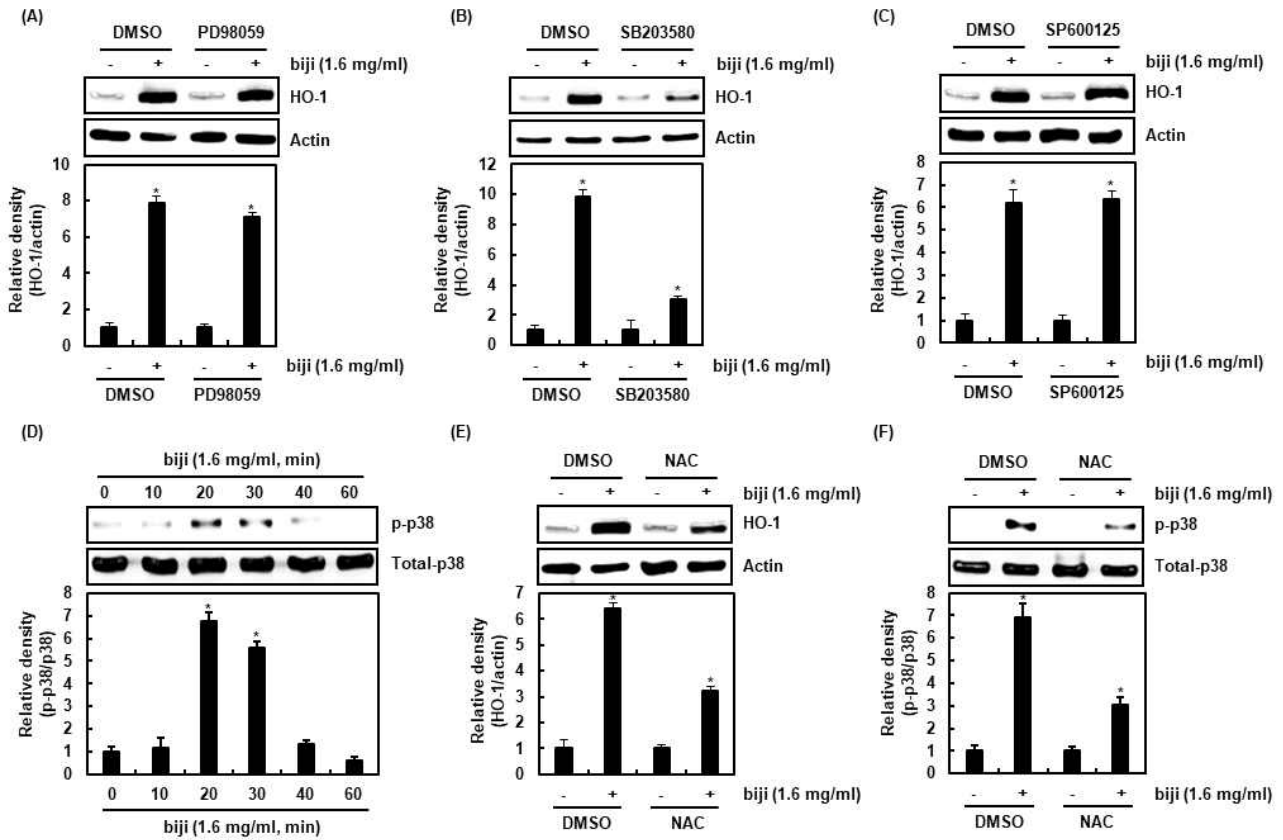


Fig. 3-30. Identification of the upstream kinases associated with biji-mediated HO-1 expression in RAW264.7 cells.

또한 PI3K, GSK3 β 그리고 I κ K도 HO-1 발현과 관련이 있다고 알려져 있다. 그리하여 PI3K 억제제인 LY294002, GSK3 β 억제제인 LiCl 그리고 I κ K 억제제인 BAY 11-7082를 처리 한 후 비지 추출물에 의한 HO-1 발현을 확인하였다. 그 결과, LiCl로 GSK3 β 가 억제되었을 때 비지 추출물에 의한 HO-1의 발현이 감소되었으나, LY294002로 PI3K가 억제되었을 때와 BAY 11-7082로 I κ K가 억제되었을 때는 비지 추출물에 의한 HO-1의 발현이 유지되는 것을 확인하였다 (Fig. 3-31A-C). 본 결과를 미루어 볼 때, 비지 추출물은 GSK3 β 를 활성화시켜 HO-1의 발현을 증가시키는 것으로 판단된다. 그리하여 비지 추출물의 GSK3 β 활성화 유도를 검증한 결과, 비지 추출물은 GSK3 β 단백질의 발현을 증가시키는 것으로 나타났다 (Fig. 3-31D). 비지 추출물에 의해 유도되는 ROS와 GSK3 β 의 증가에 대한 연관성을 검증하기 위해, NAC로 ROS를 억제시킨 후 비지 추출물에 의해 유도되는 GSK3 β 의 증가를 평가한 결과, NAC로 ROS를 억제시켰을 때, 비지 추출물에 의해 유도되는 GSK3 β 의 증가가 감소되었다 (Fig. 3-31E). 또한 비지추출물에 의해 유도되는 p38의 활성화와 GSK3 β 의 증가와의 연관성을 검증하기 위해, SB203580으로 p38의 활성화를 억제시키고 GSK3 β 의 증가를 확인하고, LiCl로 GSK3 β 를 억제시키고, p38의 활성화를 확인한 결과, p38의 활성화를 억제시켰을 때 비지 추출물에 의해 유도되는 GSK3 β 의 증가는 변화가 없었으나, LiCl로 GSK3 β 를 억제시켰을 때는 비지추출물에 의해 유도되는 p38의 활성화가 억제되는 것을 확인하였다 (Fig. 3-31F). 본 결과를 미루어 볼 때, 비지추출물은 ROS를 증가시키고, 연속적으로 GSK3 β 를 증가시켜 p38의 활성화를 유도하여 HO-1의 발현을 증가시키는 것으로 판단된다.

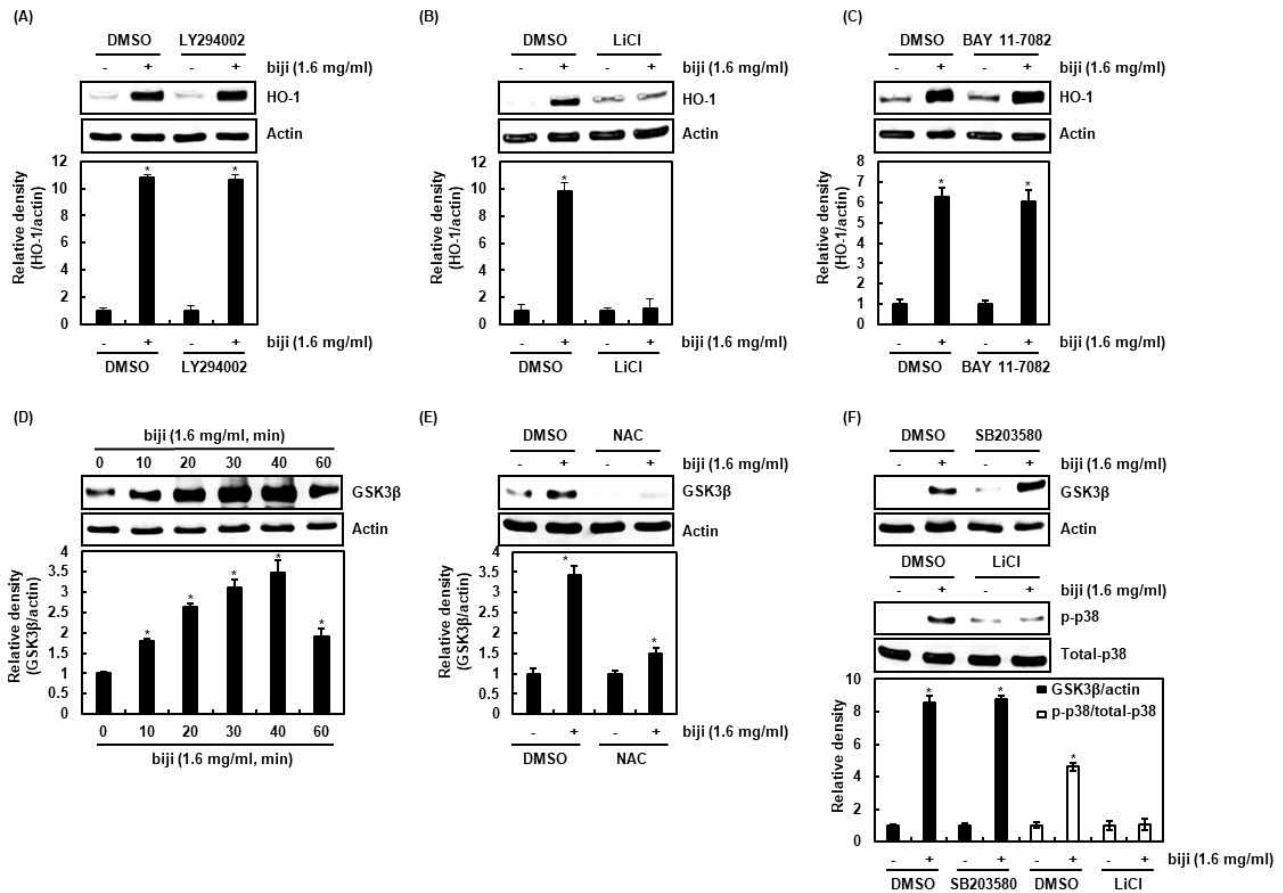


Fig. 3-31. Identification of the upstream kinases associated with bijii-mediated HO-1 expression in RAW264.7 cells.

3. 요약 및 결론

○ 비지 발효를 위한 버섯 균사체들의 최적 시간, 최적 수분함량, 최적온도는 Table 3-13과 같다.

Table 3-13. Optimal conditions for the mushroom mycelia fermentation

Time	Moisture content	Temperature
7 days	10%	25°C

○ 비지 버섯 균사체 발효물의 최적 추출은 증류수에 의한 추출이며, 추출수율은 Table 3-14와 같다.

Table 3-14. Extraction yields (%) of Tofu by-products (Biji) through mushroom mycelia fermentation

GL	SC	PE	CV	AB	NF
42.8	37.2	35.2	30.9	29.5	13.5

NF: None fermentation (비지), CV: *Coriolus vericola* (구름), GL: *Ganoderma lucidum* (영지), PE: *Pleurotus eryngii* (새송이), AB: *Agaricus bisporus* (양송이), SC: *Schizophyllum commune* (치마). Values are mean. Values are mean of triplicates.

○ 버섯 균사체로 발효된 발효비지의 단백질 함량(Table 3-15)과 유리아미노산(Table 3-16)은 다음과 같다.

Table 3-15. Protein content (mg/g) of Tofu by-products (Biji) through mushroom mycelia fermentation

GL	PE	CV	SC	AB	NF
37.2	31.6	27.6	27.0	26.7	13.5

NF: None fermentation (비지), CV: *Coriolus vericola* (구름), GL: *Ganoderma lucidum* (영지), PE: *Pleurotus eryngii* (새송이), AB: *Agaricus bisporus* (양송이), SC: *Schizophyllum commune* (치마). Values are mean. Values are mean of triplicates.

Table 3-16. Amino acid content (mg/g) of Tofu by-products (Biji) through mushroom mycelia fermentation

GL	SC	PE	AB	CV	NF
6.9	6.0	5.1	5.2	4.1	1.6

NF: None fermentation (비지), CV: *Coriolus vericola* (구름), GL: *Ganoderma lucidum* (영지), PE: *Pleurotus eryngii* (새송이), AB: *Agaricus bisporus* (양송이), SC: *Schizophyllum commune* (치마). Values are mean. Values are mean of triplicates.

○ 버섯 균사체로 발효된 발효비지의 총 당(Table 3-17)과 환원당(Table 3-18)은 다음과 같다.

Table 3-17. Total carbohydrate content (mg/g) of Tofu by-products (Biji) through mushroom mycelia fermentation

GL	PE	AB	SC	CV	NF
23.2	9.1	8.8	8.0	7.1	0.9

NF: None fermentation (비지), CV: *Coriolus vericola* (구름), GL: *Ganoderma lucidum* (영지), PE: *Pleurotus eryngii* (새송이), AB: *Agaricus bisporus* (양송이), SC: *Schizophyllum commune* (치마). Values are mean. Values are mean of triplicates.

Table 3-18. Reducing sugar content (mg/g) of Tofu by-products (Biji) through mushroom mycelia fermentation

GL	CV	PE	SC	AB	NF
10.7	5.1	4.4	4.1	3.5	0.2

NF: None fermentation (비지), CV: *Coriolus vericola* (구름), GL: *Ganoderma lucidum* (영지), PE: *Pleurotus eryngii* (새송이), AB: *Agaricus bisporus* (양송이), SC: *Schizophyllum commune* (치마). Values are mean. Values are mean of triplicates.

○ 버섯 균사체로 발효된 발효비지의 폴리페놀 함량은 Table 3-19와 같다.

Table 3-19. Contents (mg/g) of polyphenolic compounds of Tofu by-products (Biji) through mushroom mycelia fermentation

GL	SC	PE	CV	AB	NF
24.2	20.1	18.5	16.4	14.0	8.9

NF: None fermentation (비지), CV: *Coriolus vericola* (구름), GL: *Ganoderma lucidum* (영지), PE: *Pleurotus eryngii* (새송이), AB: *Agaricus bisporus* (양송이), SC: *Schizophyllum commune* (치마). Values are mean. Values are mean of triplicates.

○ 버섯 균사체로 발효된 발효비지의 β -glucan 함량은 치마 > 구름 > 양송이 > 새송이 > 영지 > 무발효 순으로 나타났다.

○ 버섯 균사체로 발효된 발효비지의 lunasin과 BBI는 무발효 비지에서는 검출되었으나 버섯 균사체 발효 시 모두 분해되는 것으로 나타났다.

○ 버섯 균사체로 발효된 발효비지 daidzein과 genistein 함량은 Table 3-20과 Table 3-21과 같다.

Table 3-20. Contents ($\mu\text{g/g}$) of daidzein of Tofu by-products (Biji) through mushroom mycelia fermentation

PE	CV	GL	AB	SC	NF
19.0	17.0	15.0	14.4	13.8	8.6

NF: None fermentation (비지), CV: *Coriolus vericola* (구름), GL: *Ganoderma lucidum* (영지), PE: *Pleurotus eryngii* (새송이), AB: *Agaricus bisporus* (양송이), SC: *Schizophyllum commune* (치마). Values are mean. Values are mean of triplicates.

Table 3-21. Content ($\mu\text{g/g}$) of genistein of Tofu by-products (Biji) through mushroom mycelia fermentation

NF	PE	AB	CV	GL	SC
3.7	3.3	2.1	1.5	0.8	0.5

NF: None fermentation (비지), CV: *Coriolus vericola* (구름), GL: *Ganoderma lucidum* (영지), PE: *Pleurotus eryngii* (새송이), AB: *Agaricus bisporus* (양송이), SC: *Schizophyllum commune* (치마). Values are mean. Values are mean of triplicates.

○ 무발효비지와 버섯균사체 발효비지의 주요 기능성(항비만 및 면역증진효능)에 관련된 유용 물질의 유무관계는 Table 3-22와 같다.

Table 3-22. Functional compound from Tofu by-products (Biji) through fermentation

	Not-fermented biji	Fermented biji
Lunasin	+	-
BBI	+	-
Daidzein	+	+
Genistein	+	+
β -glucan	-	+

○ 비지 추출물은 AMPK의 활성화를 통해 지방전구세포의 differentiation과 adipogenesis와 관련된 전사인자인 C/EBP- α , C/EBP- β , FAS의 발현을 억제하여 지방전구세포의 differentiation과 adipogenesis을 억제하고 지방세포의 지질축적을 억제하였다.

○ 비지 추출물은 고지방식이에 의해 유도되는 마우스의 체중증가, 지방세포의 크기증가, epididymal fat 및 perianal fat의 증가, liver 및 spleen의 무게증가, total-cholesterol의 증가 및 glucose와 triglyceride의 증가를 억제하였다. 따라서 비지추출물은 항비만 활성이 있는 것으로 판단된다.

- 비지추출물은 고지방식이에 의해 감소되는 HDL-cholesterol을 양을 증가시켰다.
- 비지추출물은 NF- κ B와 MAPK 신호전달을 활성화시켜 면역활성 증진 매개체인 IL-1 β 와 TNF- α 의 생성을 유도함으로써 면역증진활성을 나타내는 것으로 나타났다.
- 비지추출물은 LPS로 자극된 대식세포에서 NF- κ B와 MAPK의 활성화를 억제함으로써 만성염증 유발인자인 NO, PGE2, iNOS, COX-2, TNF- α , IL-1 β 의 과대발현을 억제하였다. 따라서 비지추출물은 NF- κ B와 MAPK 활성화 억제를 통해 항염증활성을 나타내는 것으로 사료된다. 또한 비지추출물은 ROS를 증가시키고, 연속적으로 GSK3 β 를 증가시켜 p38의 활성화를 유도하여 HO-1의 발현을 증가시키는 것으로 판단된다.

제4절. 연구개발성과

1. 논문게재 성과

번호	논문명	저자명	학술지명	Vol.(No.)	국내외 구분	논문게재일	SCI여부
1	In vitro anticancer activity of pholorofucofuroeckol A via upregulation of activating transcription factor 3 against human colorectal cancer cells	어현지 권태형 박광훈 송훈민 이수진 박년호 정진부	Marine Drugs	14(4)	국외	2016.03.29	SCI
2	Anti-cancer activity of Bacillus amyloliquefaciens AK-0 through cyclin D1 proteasomal degradation via GSK3 β -dependent phosphorylation of threonine-286	박광훈 송훈민 김영수 전영호 구진숙 정형진 정진부	Die Pharmazie	72	국외	2017.06.01	SCI
3	Ethanol extracts from the branch of Taxillus yadoriki parasitic to Neolitsea sericea induces cyclin D1 proteasomal degradation through cyclin D1 nuclear export	박수빈 박광훈 김하나 송훈민 손호준 박지애 김현석 정진부	BMC Complementary and Alternative Medicine	18	국외	218.06.01	SCI
4	Wood-cultivated ginseng exerts anti-inflammatory effect in LPS-stimulated RAW264.7 cells	박수빈 박광훈 엄유리 김하나 송훈민 김나현 김현석 정진부	International Journal of Biological Macromolecules	116	국외	2018.09.01	SCI
5	대장균과 효모를 이용한 lunasin peptide의 생산 및 histone acetylation 억제활성	박재호 박광훈 송훈민 정진부	한국자원식물학회지	30	국내	2017.02.01	비SCI

6	마우스 RAW264.7 세포에 대한 비지 추출물의 항염증 활성	박수빈 송훈민 김하나 박광훈 손호준 엄유리 박지애 정진부	한국자원식물 학회지	31(2)	국내	2018.04.30	비SCI
7	건조비지분말의 물리적 특성에 대한 단백질과 지질 함량의 영향	김재현 정진부 김현석	산업식품공학	22(4)	국내	2018.11.30	비SCI

2. 특허성과

번호	특허명	출원인	출원번호	출원일	출원국
1	습열처리를 통한 레오펙틱성을 갖는 비지분말의 제조방법	(주)약선푸드 농업회사법 인	10-2017-0119569	2017.09.18	대한민국
2	전분 노화가 지연된 비지죽 조성물 및 이의 제조방법	(주)약선푸드 농업회사법 인	10-2018-0152448	2018.11.30	대한민국

3. 기술거래(이전) 성과

번호	기술이전 유형	기술실시계약명	기술실시 대상기관	기술실시 발생일자	기술료 (2017)
1	Know-how 이전	비지의 발효 및 기능성 성분 분석 기술	(주)약선푸드 농업회사법 인	2016.09.08	무상

4. 사업화성과 및 매출실적

○ 사업화 성과 : 죽제품 2건 사업화 달성

항목	세부항목			성 과	
사업화 성과	매출액	개발제품	개발후 현재까지	50.92백만원	
			향후 3년간 매출	억원	
		관련제품	개발후 현재까지	억원	
			향후 3년간 매출	억원	
	시장 점유율	개발제품	개발후 현재까지	국내 : % 국외 : %	
			향후 3년간 매출	국내 : % 국외 : %	
		관련제품	개발후 현재까지	국내 : % 국외 : %	
			향후 3년간 매출	국내 : % 국외 : %	
	세계시장 경쟁력 순위	현재 제품 세계시장 경쟁력 순위			위
		3년 후 제품 세계 시장경쟁력 순위			위

5. 학술발표

번호	회의명칭	발표자	발표일시	장소	국명
1	2016년 한국자원식물학회 정기총회 및 춘계학술발표회(대두공정별 기능성 성분 함량 분석 및 향산화활성평가)	박광훈 송훈민 박수빈 정진부	2016.04.28.	제주도 상효수목원	대한민국
2	천연물 산업 국제심포지엄 및 2016년 한국자원식물학회 추계학술대회(The production of lunasin peptide and biological properties)	박광훈 송훈민 박수빈 정진부	2016.09.29.	제천한방바이 오 엑스포 공원	대한민국
3	2016 KoSFoST International Symposium and Annual Meeting (Hydration and solubilization of dried Biji powder treated with a twin-screw extruder)	김현석, 박운문, 정구민	2016.08.18.	대구EXCO	대한민국
4	2016년 한국식품영양과학회 국제심포지엄 및 정기학술대회(압출성형 비지와 쌀가루 혼합물의 물리적 특성)	김현석, 정구민, 박운문	2016.11.01.	제주국제컨벤 션센터	대한민국

5	2016년 한국식품영양과학회 국제심포지엄 및 정기학술대회(비지의 물리적 특성에 대한 비지의 영양성분의 영향)	이현정, 김현석	2016.11.01.	제주국제컨벤 션센터	대한민국
6	2017 한국자원식물학회 정기총회 및 춘계 학술발표회(Anti-inflammato ry Effect of Biji (Tofu residue) Through Inhibition of NF-kB and p38 in LPS-stimulated RAW264.7 cells)	박광훈 송훈민 박수빈 엄유리 박윤미 전권석 정진부	2017.04.21.	국립생물자원 관	대한민국
7	2017 한국자원식물학회 정기총회 및 춘계 학술발표회(Bacillus amyloliquefaciens AK-0 Mediated GSK-3b Dependent Cyclin D1 Proteasomal Degradation in Human Colon Cancer Cells)	박광훈 송훈민 박수빈 엄유리 박윤미 전권석 정진부	2017.04.21.	국립생물자원 관	대한민국
8	2017 KoSFoST International Symposium and Annual Meeting(Fluid behavior of aqueous suspension from dried biji powder by heat-moisture treatment)	김현석, 이현정, 김이재, 정영란, 배상준	2017.06.22.	제주국제컨벤 션센터(ICC Jeju)	대한민국
9	International Symposium on Strategy for the Future of Natural Product Resources(Anti-inflammatory effect of the stem of <i>Taxillus yadoriki</i> (Siebold) Danser being parasitic in <i>Neolitsea sericea</i> in LPS-stimulated RAW264.7 cells)	송훈민, 박광훈, 박수빈, 신명수, 손호준, 엄유리, 정형진, 정진부	2017.09.28.	세명대학교	대한민국
10	2018년 한국약용작물학회 춘계 학술발표회(Anti-Inflammato ry Activity of the root of <i>Hibiscus syriacus</i> in LPS-Stimulated RAW264.7 Cells)	박수빈 김하나 박광훈 엄유리 정형진 정진부	2018.05.17.	경상북도 청송군 임업인종합연 수원	대한민국
11	2018년 한국약용작물학회 춘계 학술발표회(Anti-Inflammato ry Activity of Wood-Cultivated Ginseng Through the Inhibition of NF-kB and MAPK/ATF2 signaling in LPS-Stimulated RAW264.7 Cells)	박수빈 김하나 박광훈 엄유리 정형진 정진부	2018.05.17.	경상북도 청송군 임업인종합연 수원	대한민국

12	2018년 한국약용작물학회 춘계학술발표회(Anti-Inflammatory Activity of Vaccinium oldhami in LPS-Stimulated RAW264.7 Cells)	박수빈 김하나 박광훈 손호준 정형진 정진부	2018.05.17.	경상북도 청송군 임업인종합연 수원	대한민국
13	2018년 한국약용작물학회 춘계학술발표회(Anti-Inflammatory Activity of Taxillus yadoriki by Regulation of NF-kB, MAPK and ATF3 in LPS-Stimulated RAW264.7 Cells)	박수빈 김하나 박광훈 손호준 정형진 정진부	2018.05.17.	경상북도 청송군 임업인종합연 수원	대한민국
14	2018년 한국약용작물학회 춘계학술발표회(Anti-Cancer Activity of Taxillus yadoriki by Induction of Cyclin D1 Proteasomal Degradation in Human Cancer Cells)	박수빈 김하나 박광훈 손호준 정형진 정진부	2018.05.17.	경상북도 청송군 임업인종합연 수원	대한민국
15	2018 KoSFoST International Symposium and Annual Meeting (Physical properties of mixtures of rice flour and biji powder subjected to heat-moisture treatment (HMT))	김현석 정영란 정진부	2018.06.28.	부산 BEXCO	대한민국

6. 연구인력양성 성과

번호	분류	기준 년도	현 황											
			학위별				성별		지역별					
			박사	석사	학사	기타	남	여	수도권	충청권	영남권	호남권	기타	
1	전문연구인력 (박광훈)	2017	1				1					1		
2	전문연구인력 (어현지)	2017	1					1				1		
3	박사연구인력 (송훈민)	2018	1				1					1		

제3장. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도

제1절. 목표달성여부

1. 정성목표

구분	세부연구개발 목표	달성도
1차년도 (2015년)	▪ 전처리 방법에 따른 비지의 영양성분 및 가공적성 탐색	100%
	▪ 비지를 활용한 즉석섭취 죽 제품 개발 및 시제품 생산	100%
	▪ 버섯균사체발효 및 복합효소처리를 이용한 비지의 기능성 식품 소재화 기술 개발	100%
	▪ 비지의 기호도 및 물성 향상을 위한 연속순환식 동적덕움공정 개발	100%
2차년도 (2016년)	▪ 비지 소재를 활용한 편의조리 죽 및 죽 프리믹스 제품 개발 및 시제품 생산	100%
	▪ 기능성 비지 소재들(생비지, 발효비지와 복합효소처리 비지의 항비만 및 면역증강 효능 검증	100%
	▪ 비지의 가용화 및 가공적성에 대한 고압균질처리 공정변수들의 영향 탐색 및 최적화	100%
3차년도 (2017년)	▪ 개발된 기능성 비지 소재를 활용한 죽 제품 개발 및 시제품 생산	90%
	▪ 고압균질처리 및 동적덕움처리 비지 소재들(발효비지와 복합효소처리 비지)의 항비만 및 면역증강효능 검증	100%
	▪ 개발될 기능성 비지 소재들의 가공적성 개선을 위한 동적덕움처리 및 고압균질처리 최적조건 적용연구	100%

2. 정량목표

성과 목표	사업화지표											연구기반지표							
	지식 재산권			기술 실시 (이전)		사업화					기술 인증	학술성과			교육 지도	인력 양성	정책 활용·홍 보		기 타 (타 연 구 활 용 등)
	특 허 출 원	특 허 등 록	품 종 등 록	건 수	기 술 료	제 품 화	매 출 액	수 출 액	고 용 창 출	투 자 유 치		논문		학 술 발 표			정 책 활 용	홍 보 전 시	
												SCI	비 SCI						
단위	건	건	건	건	백만원	건	백만원	백만원	명	백만원	건	건	건	건	명	건	건		
가중치	15%	5%		20%		60%													
최종목표	2	1		1		4						4	3		9		2		
연구 기간 내	목표	2		1		3						3	3		9		2		
	실적	2		1		2	50.9	33.9				4	3		15		3		
연구 종료 후	목표		1			1						1							
	실적																		
최 종	목표	2	1	1		4						4	3		9		2		
	실적	2		1		2	50.9	33.9				4	3		15		3		

제2절. 목표 미달성 시 원인(사유) 및 차후대책

○ 3차년도의 제품화 실적 1건 미달성

- 연구개발 종료 시까지 2건의 시제품들(짜먹는 비지죽, 비지죽 프리믹스)의 개발을 완료하였다. 그러나 연구개발 2차년도 종료시점 이후부터 개발된 형태의 시제품들에 대한 소비자들의 선호도가 낮아졌고, 유사제품들의 범람으로 시장상황이 악화되어 시제품들에 대한 출시가 지연되고 있는 상황이다.
- (주)약선푸드 농업회사법인(주관연구기관)에서는 국내외 식품박람회 등에 참가하여 홍보를 하면서 국내외 시장상황에 따라 개발된 시제품들을 순차적으로 출시할 계획을 수립하였다. 또한 국내 시장상황을 고려할 때 국내보다는 해외 수출이 더욱 가능성이 있다는 판단 하에 해외 구매자들에게 시제품들을 제공하여 홍보하면서 개발된 시제품들의 수출을 지속적으로 타진하고 있다.

제3절. 관련분야 기여도

- 두유, 두부, 콩국물 등 비발효 대두가공제품 제조 시 배출되는 가공부산물인 비지의 식품원료화 기술의 제공에 기여
- 현재 거의 전량 폐기되는 비지의 식품소재화 기술의 개발로 비지의 폐기비용 절감 및 부가가치 창출에 기여
- 비지와 같은 단백질을 다량 함유하고 있는 농산가공부산물을 식품소재화할 경우 전처리조건과 건조방법의 선정 및 조건 결정에 기여
- 본 연구개발에서 적용되어 그 효과가 입증된 습열처리기술, 연속순환식 동적덕음공정, 고압균질처리공정들은 다른 농산가공부산물들의 관능특성 및 물성의 개선에 기여
- 노화가 지연된 비지죽 제조 기술은 전분질을 다량 함유하는 유동성 제품에 제품에 적용이 가능하여 전분성 유동성 제품의 저장기간 연장 및 유통의 편의성에 기여
- 콩과 비지의 기능성 성분들(lunasin과 BBI)의 함량 평가와 이들의 생리활성(항비만, 면역활성강화)의 증명으로 비발효 대두가공제품들(두유, 두부 등)의 기능성 식품 시장 창출 및 매출증진에 기여
- 국내 농산 가공부산물 유래 소재들의 기능성 소재로서의 생리적 효능 평가를 위한 기술의 확립에 기여
- 국내 농산 가공부산물의 기능성 검증을 통한 국내 농산 가공부산물의 부가가치 상승 및 수입대체 효과로 인한 경제적, 산업적 경쟁력 증진 및 발전에 기여
- 국내 농산 가공 부산물 유래 기능성식품 소재의 산업화에 의한 면역/염증/비만 관련 질환 발생의 의료비용 감소에 기여
- 본 연구개발의 기술적인 결과산물들은 다양한 농산물 기반 가공업체들에 적용가능성이 높아 그들이 새로운 산업 아이템을 창출하는데 기여
- 본 연구개발로부터 개발된 가공식품소재들과 면역증진 및 항비만 효능 증 제품들의 개발로 인한 (주)약선푸드 농업회사법인의 매출과 수익증대로 안동시를 포함한 경북북부지역의 산업발전과 이에 따른 신규 고용창출에 기여
- 경북지역 농산물을 활용한 제품개발로 인한 지역 홍보효과 극대화에 기여

제4장. 연구결과의 활용 계획 등

- 본 연구개발을 통해 개발된 습열처리, 연속순환식 동적뒤움공정, 고압균질처리의 기술들을 통해 건조비지분말의 낮은 가공적성 및 관능특성과 영양기능성을 개선 및 향상할 수 있는 적절한 가공기술의 제공에 활용
- 비발효 대두가공부산물로부터 가공식품에 거친 식감을 부여하지 않고 수용성 단백질 및 가용성 식이섬유의 함량을 강화할 수 있는 다기능성 소재개발에 활용 가능
- 본 과제에서 개발될 건조비지분말 및 비지 페이스트들은 기존 가공식품들의 단백질 및 식이섬유를 강화할 수 있는 영양기능성 소재로서 제공할 수 있으며 대부분 수입에 의존하던 식이섬유 강화 소재들에 대한 수입대체소재로서 활용
- 건조비지분말과 고압균질처리 비지 페이스트 소재들은 이들을 활용 또는 첨가하여 제조한 가공식품에 면역증진 및 항비만 효능을 부여할 수 있을 것으로 기대
- 본 연구개발을 통해 구축된 건조비지분말의 습열처리, 연속순환식 동적뒤움공정, 고압균질처리 등은 다른 농산물가공 및 식품가공부산물들(미강, 옥수수단백피, 커피박, 주박 등)에 적용되어 이들을 기능성 소재로 전환하는 기술로 활용이 가능
- 본 연구개발을 통해 개발될 비지 소재 개발 기술들과 개발된 기능성 비지 소재들 및 가공제품들에 대한 특허가 출원·등록에 활용
- 본 연구개발로부터 개발될 식이섬유 강화 즉 가공제품들은 최근 다이어트 및 건강증진/유지 가공식품 트렌드에 부합하여 국민건강 및 보건 증진에 기여
- 관능특성과 기능성이 개선된 비지 소재를 기존의 죽 생산시설을 활용한 약선죽 및 일반죽 제품들에 적용하여 면역증진 및 항비만 효능을 보유한 편의조리 및 즉석섭취 죽 제품들은 기존의 죽 제품과 차별화되며 가격 경쟁력을 보유하고 있어 생산업체의 매출 증대에 기여
- (주)약선푸드 농업회사법인은 본 연구개발을 통해 개발될 기능성 비지 소재들을 생산하여 가공식품첨가물 소재로 공급·판매하는 식품소재가공회사를 자회사 형태로 설립·운영하여 기업의 사세 확장 및 추가적인 부가가치 창출을 달성할 수 있을 것으로 예상
- 본 연구개발을 통해 개발된 가공기술들과 기능성 평가기술들은 농산가공부산물을 기능성 소재로 개발하고자 하는 업체들에 본 연구개발을 통해 개발된 기술들을 이전에 활용
- 본 연구개발을 통해 개발된 가공기술들과 기능성 평가기술들은 농산가공부산물의 기능성 가공식품 소재화 분야의 전문가 인력양성을 통해 핵심연구력 향상

붙임. 참고문헌

- Alexander RJ. Carbohydrate used as fat replacers. pp. 343-370. In: Developments in Carbohydrate Chemistry. Alexander RJ & Zobel HF(Eds.). AACC Press, St. Paul, MN, USA (1992)
- Anderson KA. Micro-digestion and ICP-AES analysis for the determination of macro and micro elements in plant tissues. *Atom. Spec.* 17: 30-33 (1996)
- AACC. Approved methods of the AACC International. 10th ed: American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN, USA (2000)
- AOAC. Official method of analysis. 17th ed: AOAC International, Gaithersberg, MD, USA (2000)
- Bogdan C. Nitric oxide and the immune response. *Nat. Immunol.* 2: 2907-2916 (2001)
- Chan WM, Ma CY. Acid modification of proteins from soymilk residue (okara). *Food Res. Int.* 32: 119-127 (1999)
- Choi AM, Alam J. Heme oxygenase-1: function, regulation, and implication of a novel stress-inducible protein in oxidant-induced lung injury. *Am. J. Respir. Cell Mol. Biol.* 15: 9-19 (1996)
- Choi MS, Kim JI, Jeong SB, Lee SB, Jeong JN, Jeong HJ, Seo EW, Kim TY, Kwon OJ, Lim JH. Suppressive effect of by-product extracts from soybean on adipocyte differentiation and expression of obesity-related genes in 3T3-L1 adipocytes. *J. Life Sci.* 21: 358-367 (2011)
- Delgado AV, McManus AT. Chambers. Production of tumor necrosis factor- α , Interleukin 1- β , interleukin 2, and interleukin 6 by rat leukocyte subpopulations after exposure to substance. *Proc. Neuropeptides.* 37: 355-361 (2003)
- Dogne JM, Hanson J, Supuran C, Pratico D. Coxibs and cardiovascular side-effects: from light to shadow. *Curr. Pharm. Des.* 12: 917-975 (2006)
- Dong C, Davis RJ, Flavell RA. MAP kinases in the immune response. *Annu. Rev. Immunol.* 20: 55-72 (2002)
- Dubois M, Gilles KA, Hamilton JK, Rebers PA, Smith F. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Anal. Chem.* 28: 350-356 (1956)

- Galvez AF, Chen N, Macasieb J, de Lumen BO. Chemopreventive property of soybean peptide (lunasin) that binds to deacetylated histones and inhibits histone acetylation. *Cancer Res.* 61: 7473-7478 (2001)
- Gi X, Liang X, Luo G, Yu Q, Li H, Wang D, Li R, Deng X. Regulation of inflammatory mediators in lipopolysaccharide-stimulated RAW 264.7 cells by 2 “-hydroxy-3” -en-anhydroicaritin involves down-regulation of NF-kappa B and MAPK expression. *Int. Immunopharmacol.* 10: 995-1002 (2010)
- Gracie JA, Forsey RJ, Chan WL, Gilmour A, Leung BP, Greer MR, Kennedy K, Carter R, Wei XO, Xu D, Field M, Foulis A, Liew FJ, McInnes IB. A proinflammatory role for IL-18 in rheumatoid arthritis. *J. Clin. Invest.* 104:1393-1401 (1999)
- Guillon F, Champ M. Structural and physical properties of dietary fibres, and consequences of processing on human physiology. *Food Res. Int.* 33: 233-245 (2000)
- Harris SG, Padilla J, Koumas L, Ray D, Phipps RP. Prostaglandins as modulators of immunity. *Trends Immunol.* 23: 144-150 (2002)
- Hashizume K, Watanabe T. Influence of heating temperature on conformational changes of soybean proteins. *Agr. Biol. Chem. Tokyo* 43: 683-690 (1979)
- Hyung JH, Ahn CB, Il Kim B, Kim K, Je JY. Involvement of Nrf2-mediated heme oxygenase-1 expression in anti-inflammatory action of chitosan oligosaccharides through MAPK activation in murine macrophages. *Eur. J. Pharmacol.* 793: 43-48 (2006)
- Kennedy AR. The Bowman Birk inhibitor from soybean as an anticarcinogenic agent. *Am. J. Clin. Nutr.* 68: 1406S-1412S (1998)
- Kim DS, Seol MH, Kim DH. Changes in quality of soybean curd residue as affected by different drying methods. *J. Korean Soc. Food Nutr.* 25: 453-459 (1996)
- Kim SY, Jeon MG, Lee SY. Isolation of the tofu-residue solubilization microorganism and optimization for solubilization of tufu-residue. *Food Eng. Prog.* 8: 189-195 (2004)
- Kim DS, Seol MH, Kim HD. Changes in quality of soybean curd residue as affected by different drying methods. *J. Korean Soc. Food Nutr.* 25: 453-459 (1996)
- Kinne RW, Bruer R, Stuhlmiller B, Palombo-Kinne E, Burmester GR. Macrophages in rheumatoid arthritis. *Arthritis Res.* 2: 189-202 (2000)

- Kweon M, Slade L, Levine H. Solvent retention capacity (SRC) testing of wheat flour: principles and value in predicting flour functionality in different wheat-based food processes and in wheat breeding-A review. *Cereal Chem.* 88: 537-552 (2011)
- Lam Y, Galvez AF, de Lumen BO. Lunasin™ suppresses E1A-mediated transformation of mammalian cells but does not inhibit growth of immortalized and established cancer cell line. *Nutr. Cancer* 47:88-94 (2003)
- Laskin D, Pendino KJ. Macrophages and inflammatory mediators in tissue injury. *Annu. Rev. Pharmacol.* 35: 655-677 (1998)
- Lee SM, Baik MY, Kim HS, Min SC, Kim BY. Effect of high pressure homogenization on *Biji* paste and optimization of bread fortified with dietary fiber. *Food Eng. Prog.* 18: 95-101 (2014)
- Lee WJ, Choi MR, Sosulski FW. Separation of Tofu-residue (*biji*) into dietary fiber and protein fractions. *Korean J. Food Sci. Technol.* 24: 97-100 (1992)
- Lee SH, Lee MS. Utilization of the *Tofu*-residue for production of the bacteriocin I. Cultural conditions of *Bacillus* sp. for amylase. *J. Fd Hyg. Safety* 15: 271-276 (2000)
- Lee SH. Antioxidant capacity and nutritive components from biji sub-micron suspension by ultra-high pressure homogenization process. *Korean J. Food Preserv.* 22: 714-720 (2015)
- Lee SI, Lee YK, Kim SD, Lee JE, Choi J, Bak JP, Lim JH, Suh JW, Lee IA. Effect of fermented soybean curd residue (FSCR; SCR-meju) by *Aspergillus oryzae* on the anti-obesity and lipids improvement. *J. Nutr. Health* 46: 493-502 (2013)
- Lee GJ, Lim SM. Quality characteristics of Sulgidduk with added soybean curd residue powder. *Korean J. Food Cookery Sci.* 23: 583-590 (2006)
- Lee HN, Lim DY, Lim SS, Kim JD, Park JHY. Anti-inflammatory effect of ethanol extract from *Eupatorium japonicum*. *Korean J. Food Sci. Technol.* 43: 65-71 (2011)
- Lei F, Zhang XN, Wang W, Xing DM, Xie WD, Su H, Du LJ. Evidence of anti-obesity effects of the pomegranate leaf extract in high-fat diet induced obese mice. *Int. J. Obes.* 31(6): 1023-1029 (2005)

- Li H, Long D, Peng J, Ming J, Zhao G. A novel in-situ enhanced blasting extrusion technique-Extrudate analysis and optimization of processing conditions with okara. *Innov. Food Sci. Emerg.* 16: 80-88 (2012)
- Lu F, Liu Y, Li B. Okara dietary fiber and hypoglycemic effect of okara foods. *Bioact. Carbohydr. Dietary Fibre* 2: 126-132 (2013)
- Lowry OH, Rosebrough NJ, Farr AL, Randall RJ. Protein measurement with the Folin phenol reagent. *J. Biol. Chem.* 193: 365-375 (1951)
- Ma CY, Liu WS, Kwok KC, Kwok F. Isolation and characterization of proteins from soymilk residue (okara). *Food Res. Int.* 29: 799-805 (1997)
- Makins R, Ballinger A. Gastrointestinal side effects of drugs. *Expert Opin. Drug Saf.* 2: 421-429 (2003)
- Mariathasan S, Monack DM. Inflammasome adaptors and sensors: intracellular regulators of infection and inflammation. *Nature Reviews. Immunology.* 7: 31-40 (2007)
- Mateos-Aparicio I, Mateos-Peinado C, Rupérez P. High hydrostatic pressure improves the functionality of dietary fibre in okara by-product from soybean. *Innov. Food Sci. Emerg.* 11: 445-450 (2010)
- Matsumoto K, Watanabe Y, Yokoyama SI. Okara, soybean residue, prevents obesity in a diet-induced murine obesity model. *Biosci. Biotechnol. Biochem.* 71: 720-727 (2007)
- Moynagh PN. The NF-kappaB pathway. *J. Cell Sci.* 118: 4589-4592 (2005)
- Namkoong S, Jang SA, Sohn EH, Bak JP, Sohn E, Koo HJ, Yoon WJ, Kwon JE, Jeong YJ, Meng X, Han HS, Kang SC. Comparative study of *Litsea japonica* leaf and fruit extract on the anti-inflammatory effects. *Korean J. Plant Res.* 28(2): 145-152 (2015)
- Park J, Choi I, Kim Y. Cookies formulated from fresh okara using starch, soy flour and hydroxypropyl methylcellulose have high quality and nutritional value. *LWT-Food Sci. Technol.* 63: 660-666 (2015)
- Park SM, Byun SH, Kim YW, Cho IJ, Kim SC. Inhibitory effect of *Mori Folium* ethanol extract on pro-inflammatory mediator in lipopolysaccharide-activated RAW264.7 cells. *Kor. J. Herbology.* 27(3): 31-38 (2012)

- Pérez-López E, Mateos-Aparicio I, Rupérez P. Okara treated with high hydrostatic pressure assisted by Ultraflo® L: Effect on solubility of dietary fibre. *Innov. Food Sci. Emerg.* 33: 32-37 (2016)
- Preece KE, Drost E, Hooshyar N, Krijgsman A, Cox PW, Zuidam NJ. Confocal imaging to reveal the microstructure of soybean processing materials. *J. Food Eng.* 147: 8-13 (2015)
- Ryu MJ, Kim HI, Lee SP. Quality characteristics of cookies fortified with soymilk cake fermented by *Bacillus subtilis* GT-D. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 36: 1070-1076 (2007)
- Shi M, Yang Y, Guan D, Zhang Y, Zhang Z. Bioactivity of the crude polysaccharides from fermented soybean curd residue by *Flammulina velutipes*. *Carbohydr. Polym.* 89: 1268-1276 (2012)
- Shin DH, Lee YW. Quality attributes of bread with soybean milk residue-wheat flour. *Korean J. Food Nutr.* 15: 314-320 (2002)
- Smith WL, Meade EA, DeWitt EL. Pharmacology of prostaglandin endoperoxide synthase isozymes 1 and 2. *Ann. NY. Acad. Sci.* 714:136-142 (1994)
- Ullah I, Yin T, Xiong S, Huang Q, Din ZU, Zhang J, Javaid AB. Effects of thermal pre-treatment on physicochemical properties of nano-sized okara (soybean residue) insoluble dietary fiber prepared by wet media milling. *J. Food Eng.* 237: 18-26 (2018)
- Woo EY, Lee KA, Lee OH, Kim KS. Composition of okara produced from soymilk processing. *Korean J. Food Nutr.* 14: 562-567 (2001)
- Wu G, Morris SM. Arginine metabolism: nitric oxide and beyond. *Biochem. J.* 336: 1-17 (1998)
- Wu Z, Rosen ED, Brun R, Hauser S, G. Adelmant G, Troy AE, McKeon C, Darlington GJ, Spiegelman BM. Cross-regulation of C/EBP alpha and PPAR gamma controls the transcriptional pathway of adipogenesis and insulin sensitivity. *Mol. Cell*, 3(2): 151-158 (1999)
- Yun JW. Possible anti-obesity therapeutics from nature. A review. *Phytochemistry* 71: 1625-1641 (2010)
- Zedler S, Faist E. The impact of endogenous triggers on trauma-associated inflammation. *Curr. Opin. Crit. Care.* 12: 595-601 (2006)

[별첨]

자체평가의견서

1. 과제현황

		과제번호		115042-3	
사업구분	고부가가치기술개발사업				
연구분야	식품		과제구분	단위	
사업명	고부가가치기술개발사업			주관	
총괄과제	기재하지 않음		총괄책임자	기재하지 않음	
과제명	생물-물리적 전환에 의한 면역활성 및 항비만효능 강화 즉석섭취·편의 비저숙 개발		과제유형	개발	
연구기관	(주)약선푸드 농업회사법인		연구책임자	김태은	
연구기간 연구비 (천원)	연차	기간	정부	민간	계
	1차연도	2015.12.~2016.12.	140,000	35,000	175,000
	2차연도	2016.12.~2017.12.	140,000	35,000	175,000
	3차연도	2017.12.~2018.12.	140,000	35,000	175,000
	4차연도				
	5차연도				
	계	2015.12.~2018.12.	420,000	105,000	525,000
참여기업	(주)약선푸드 농업회사법인				
상대국		상대국연구기관			

※ 총 연구기간이 5차연도 이상인 경우 셀을 추가하여 작성 요망

2. 평가일 : 2019.01.24.

3. 평가자(연구책임자) :

소속	직위	성명
(주)약선푸드 농업회사법인	대표	김태은

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	김태은
-----	-----

1. 연구개발실적

1. 연구개발결과의 우수성/창의성

■ 등급 : (아주우수, 우수, 보통, 미흡, 불량)

본 연구개발은 비발효 대두가공과정 중 배출되어 거의 전량 폐기되는 비지를 식품소재 또는 식품원료로 활용하기 위해 건조를 통해 제조된 건조비지분말의 식감의 문제점과 낮은 물성을 개선할 수 있는 가공기술들(습열처리, 연속순환식 동적덧임처리, 고압균질처리)을 개발하였고, 비지의 향비만 및 면역활성 증강 효능을 검증하였으며, 이들을 비지죽 제품으로 산업화하였음. 따라서 폐기되는 비지를 식품소재로 가공하여 가공식품으로 개발하여 비지의 폐기로부터 유발되는 추가 폐기비용 발생과 환경오염을 방지할 수 있으면서도, 부가가치를 창출할 수 있다는 점에서 본 연구개발은 기존의 비지를 처리하는 기술들과 차별화되는 높은 가치를 나타냄.

2. 연구개발결과의 파급효과

■ 등급 : (아주우수, 우수, 보통, 미흡, 불량)

본 연구개발에서 개발된 건조비지분말의 전처리 및 가공기술들은 농산가공부산물들의 건조분말화로부 터 발생할 수 있는 sandiness와 물성 저하의 단점들을 개선할 수 있었음. 따라서 영양가가 우수한 농산가공부산물을 식품원료 및 식품소재로 개발하여 활용하려는 연구분야와 산업체에 대한 파급효과가 매우 높을 것으로 평가됨.

3. 연구개발결과에 대한 활용가능성

■ 등급 : (아주우수, 우수, 보통, 미흡, 불량)

본 연구개발은 풍부한 영양성분과 생리활성성분들을 함유하고 있지만 거의 전량 폐기되는 비지를 습열처리, 연속순환식 동적덧임처리, 고압균질처리에 의해 식품소재화하여 비지죽 개발에 활용하였으며, 비지의 향비만 효능과 면역증강효능을 규명함으로써 향후 비지를 활용한 식품소재화 및 가공식품 개발에 널리 활용될 수 있을 것으로 판단됨.

4. 연구개발 수행노력의 성실도

■ 등급 : (아주우수, 우수, 보통, 미흡, 불량)

본 연구개발계획서에 준하여 각 연구기관들은 연구개발을 성실히 수행하였으며, 정량적 및 정성적 연구성과들을 충실히 달성하였음. 다만 본 연구개발을 통해 제품들을 2건을 출시하여 판매하고 있지만, 연구목표에서 1건의 제품화를 달성하지 못하였음. 이것은 개발된 시제품과 유사한 제품들에 대한 소비자들의 선호도 저하와 시장상황에 따른 것으로, 앞으로 국내 시장상황을 주시하면서 제품화를 달성할 계획이며, 국내 출시가 불가할 경우에는 해외 수출까지 고려하여 제품화를 달성하고자 함.

5. 공개발표된 연구개발성과(논문, 지적소유권, 발표회 개최 등)

■ 등급 : (아주우수, 우수, 보통, 미흡, 불량)

본 연구개발을 통해 SCI급 논문 4편, 비SCI급 논문 3건, 학술발표 15건, 국내 특허출원 2건, 기술이전 1건, 제품화 2건(현재까지 매출액 50.9백만원, 이 중 33.9백만원은 수출액), 박사급 전문인력양성 3명으로 성과가 매우 우수함.

II. 연구목표 달성도

세부연구목표 (연구계획서상의 목표)	비중 (%)	달성도 (%)	자체평가
<ul style="list-style-type: none"> 전처리 방법에 따른 비지의 영양성분 및 가공적성 탐색 	10	100	건조방법, 스팀처리, 덩름처리 등에 따라 제조된 건조비지분말의 물성을 평가하였음. 습열처리를 통해 건조비지분말을 제조하는 방법을 확립하였음.
<ul style="list-style-type: none"> 비지를 활용한 즉석섭취 죽 제품 개발 및 시제품 생산 	10	100	비지를 활용한 비지죽 제품의 배합비를 확립하였고, 비지죽 제품에 첨가할 비지의 양을 결정함. '생명콩죽' 제품을 개발하여 상업화하였음.
<ul style="list-style-type: none"> 버섯균사체발효 및 복합효소처리를 이용한 비지의 기능성 식품 소재화 기술 개발 	10	100	비지의 건조조건, 버섯균사체발효 및 복합효소처리 등의 변수를 활용하여 비지의 항비만, 면역증진 및 항염증활성 관련 기능성물질 함량분석을 통해 최적 기능성 비지소재 공정을 확립하였음.
<ul style="list-style-type: none"> 비지의 기호도 및 물성 향상을 위한 연속순환식 동적덩름공정 개발 	10	100	연속순환식 동적덩름공정의 처리요인들에 대한 건조비지분말의 물리적 특성을 조사하였음.
<ul style="list-style-type: none"> 비지 소재를 활용한 편의조리 죽 및 죽 프리믹스 제품 개발 및 시제품 생산 	10	100	인스턴트 비지죽 프리믹스 개발을 위한 습열처리 비지, 멥쌀가루, 찰쌀가루의 최적혼합비율을 결정함. 습열처리 비지를 첨가한 '검은콩죽'을 개발·상업화함.
<ul style="list-style-type: none"> 기능성 비지 소재들(생비지, 발효비지와 복합효소처리 비지의 항비만 및 면역증강 효능 검증 	10	100	비지추출물의 항비만 활성 및 작용기전을 in vitro 상에서 평가하고 구명하였음. 비지추출물의 항비만활성을 in vivo 상에서 평가하였음
<ul style="list-style-type: none"> 비지의 가용화 및 가공적성에 대한 고압균질처리 공정변수들의 영향 탐색 및 최적화 	10	100	건조비지분말에 대한 고압균질처리 공정변수들의 영향을 조사하였으며, 이로부터 크림상의 비지 페이스트를 개발함.
<ul style="list-style-type: none"> 개발된 기능성 비지 소재를 활용한 죽 제품 개발 및 시제품 생산 	10	90	짜먹는 비지죽과 인스턴트 비지죽 프리믹스 시제품을 개발하였음. 이들의 제품화는 시장상황이 악화되어 출시하지 못한 상황임.
<ul style="list-style-type: none"> 고압균질처리 및 동적덩름처리 비지 소재들(발효비지와 복합효소처리 비지)의 항비만 및 면역증강 효능 검증 	10	100	비지추출물의 면역증진활성을 in vitro 상에서 면역증진 관련 cytokine 발현과 관련 작용기전을 구명하였음. 비지추출물의 항염증활성을 in vitro 상에서 만성염증매개인자 발현억제활성과 관련 작용기전을 구명하였음.
<ul style="list-style-type: none"> 개발될 기능성 비지 소재들의 가공적성 개선을 위한 동적덩름처리 및 고압균질처리 최적조건 적용연구 	10	100	건조비지분말의 물성 개선을 위한 연속순환식 동적덩름공정과 고압균질처리 공정의 최적공정조건을 제시하였음.
합계	100점		

III. 종합의견

1. 연구개발결과에 대한 종합의견

- 연구개발 내용에 따라 연구개발을 충실히 수행하였으며, 계획된 연구내용을 충실히 달성하였음.
- 연구기간 내에 달성해야 하는 정량적 성과 중 제품화 1건의 미달성을 제외하고, 특허출원, 기술이전, 제품화(2건)을 달성하였고, SCI급 및 비SCI급 논문들, 학술발표, 전문연구인력양성은 초과달성하였음.
- 본 연구개발을 통해 개발된 건조비지분말의 관능적 특성 및 물성의 개선을 위한 가공기술들은 향후 유사 농산가공부산물의 식품소재화를 위해 유용할 것으로 판단됨.
- 비지의 향미만 효능과 면역증강효능의 검증을 완료하였고, 지표물질도 선정하여 개발된 비지죽의 마케팅 자료로 활용이 가능하며, 비지를 활용한 다양한 제품에서도 비지의 생리활성효능이 기대됨.

2. 평가시 고려할 사항 또는 요구사항

- 본 연구개발의 연구기간 내에 달성해야 하는 제품화 성과 3건 중 1건을 달성하지 못하였음. 3차년도에 제품화할 계획이었던 짜먹는 비지죽 또는 인스턴트 비지죽 프리믹스의 시제품의 개발을 완료하였음. 그러나 현재의 시장상황이 이들 제품을 출시하기에는 좋지 않기 때문에 사업화가 지연되고 있는 점을 고려하여 평가하여 주심을 요청드립니다.

3. 연구결과의 활용방안 및 향후조치에 대한 의견

- 본 연구개발로부터 얻은 연구결과들은 추가로 SCI급 논문 게재, 비SCI급 논문 게재 및 특허출원/등록의 근거로 활용할 계획임.
- 본 연구개발로부터 개발되어 제작된 시제품 2건은 국내 시장상황을 검토하여 제품화할 예정이며, 국내 시장상황이 좋지 못할 경우 해외 수출의 형태로 제품화를 시도할 계획이며, 개발된 시제품들과 연구결과들은 제품화를 위한 근거로 활용할 계획임.
- 본 연구개발의 결과들을 이용하여 산업화를 목적으로 하는 국가연구과제들(중기청, 농림부 사업 등)의 수주의 근거로 사용할 계획임.
- 본 연구개발의 결과들은 제품화될 짜먹는 비지죽과 비지죽 프리믹스의 품질규격서 및 소비자 클레임에 대한 근거자료로 활용할 계획임.

IV. 보안성 검토

1. 연구책임자의 의견

보안성은 일반적으로 적합함.

2. 연구기관 자체의 검토결과

보안성은 일반적으로 적합함.

주 의

1. 이 보고서는 농림축산식품부에서 시행한 고부가가치식품기술개발사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 농림축산식품부에서 시행한 고부가가치식품기술개발사업의 연구 결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.