

발간등록번호

11-1543000-002461-01

통곡 및 발아곡류를 이용한 특수용도식품 개발 및 산업화 최종보고서

2019. 01. 24.

주관연구기관 / (주)엄마사랑

협동연구기관 / 연세대학교 산학협력단

경기대학교 산학협력단

(주)바이오벤

농림축산식품자료실



0005625

농림축산식품부

통곡 및 발아곡류를 이용한 특수용도식품
개발 및 산업화 R&D Report

<제출문>

제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “통곡 및 발아곡류를 이용한 특수용도식품 개발 및 산업화”(개발기간 : 2015. 10. 12 ~ 2018. 10. 11)과제의 최종보고서로 제출합니다.

2019. 01. 24.

주관연구기관명 :	(주)엄마사랑	대표이사	조성용	(인)
협동연구기관명 :	연세대학교 산학협력단	대표자	이원용	(인)
	경기대학교 산학협력단	대표자	이준성	(인)
	(주)바이오벤	대표이사	변유량	(인)
위탁연구기관명:	차의과학대학교 산학협력단	대표자	김용환	(인)

주관연구책임자 : 조성용

협동연구책임자 : 황재관, 이재권, 변유량

위탁연구책임자 : 조형용

국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 제18조에 따라 보고서 열람에 동의합니다.

<보고서 요약서>

보고서 요약서

과제고유번호	315071	해 당 단 계 연 구 기 간	2017.10.12 - 2018.10.11	단 계 구 분	(3년차)/ (3년)
연구사업명	단 위 사 업	농식품기술개발사업			
	사 업 명	고부가가치식품기술개발사업			
연구과제명	대 과 제 명	(해당 없음)			
	세 부 과 제 명	통곡 및 발아곡류를 이용한 특수용도식품 개발 및 산업화			
연구책임자	조성용	해당단계 참여연구원 수	총: 26명 내부: 26명 외부: 0명	해당단계 연구개발비	정부:300,000천원 민간:100,000천원 계:400,000천원
		총 연구기간 참여연구원 수	총: 26명 내부: 26명 외부: 0명	총 연구개발비	정부:900,000천원 민간:300,000천원 계:1,200,000천원
연구기관명 및 소속부서명	(주)엄마사랑 연세대학교 산학협력단 경기대학교 산학협력단 (주)바이오벤			참여기업명 (주)엘빈즈에프디	
국제공동연구	-			-	
위탁연구	연구기관명: 차의과대학교 산학협력단			연구책임자: 조형용	

※ 국내외의 기술개발 현황은 연구개발계획서에 기재한 내용으로 같음.

연구개발성과의 보안등급 및 사유	
-------------------------	--

9대 성과 등록·기탁번호

구분	논문	특허	보고서 원문	연구시설· 장비	기술요약 정보	소프트 웨어	화합 물	생명자원		신품종	
								생명 정보	생물 자원	정보	실물
등록· 기탁 번호		제10-1732125, 제10-1881940									

국가과학기술종합정보시스템에 등록된 연구시설·장비 현황

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

<ol style="list-style-type: none"> 1. 국내산 곡물 자원의 고부가가치화를 유도하여 농가소득 증대에 일조 2. 기술 보유 기업과 생산시설 보유 기업 간의 상생 모델 창출 3. 비만, 당뇨와 같은 사회적 문제를 새로운 식품으로 풀아갈 기회 제공함으로써 의료비 절감 및 식품산업화 신성장 동력 창출에 일조 4. 상품화 및 사업화 	403쪽
--	------

<요약문>

<p>연구의 목적 및 내용</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 국내산 통곡 및 발아곡류의 유용물 극대화 표준공정 설계 및 소재를 활용한 특수용도식품 개발 - 현장 애로기술 해결 : 유통기한연장기술(retorting), 통합적인 위생공정 및 통곡분말의 분산성 개선 등 3건 - 특수용도식품 : 시제품 3종 이상(기타 영·유아식, 체중조절용 조제식품, 당뇨환자용식품, 임산·수유부용 등) - 2건의 유용성 표현 광고심의 필 및 2건의 제품 출시
<p>연구개발성과</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 기존 생산 라인에서 제품 확장 및 신제품 확보 ○ 지적재산권 확보 ○ 시장진입 전략에 따른 우수성 홍보, 유용성 표현 광고심의 필 ○ 기존 유통채널을 활용하여 판매 ○ 통곡 및 발아곡류의 유용성 연구 <ul style="list-style-type: none"> - 분자기전 규명을 통한 체중과 지방 감소 및 지방간 개선 효능 검증 - 인슐린 조절 분자기전을 통한 혈중 포도당 농도 개선 효능 검증 - 항산화 및 면역 인자 생성 촉진에 따른 면역 개선 효능 검증 ○ 통곡 및 발아곡류의 유용성 표시 타당성 검증 <ul style="list-style-type: none"> - 특수용도식품의 광고 심의기준 및 유용성 표시 문구 조사 - 통곡 및 발아곡류가 함유된 특수용도식품의 유용성 표시 문구 제시 ○ 국내산 통곡(10종)과 발아곡류(2종)를 대상으로 측정된 이화학특성, 영양특성 및 가공물성에 따라 통곡별 영양우수성과 가공적성 정보를 확보. ○ 체중조절용 시제품은 통곡의 영양특성과 가공적합성에 근거, 선정 원료를 건열팽화 및 로스팅하고, 유용성 극대화에 기초한 원료배합비율에 따라 혼합하여 제조함. ○ 체중조절용 시제품의 품질지표, 포장재 및 유통기간을 설정하고, 제품용도에 부합하는 섭취기준과 방법을 영양섭취기준에 근거하여 확립함. ○ 체중조절용 시제품의 제품규격 항목은 공인기관의 인증실험으로 기준규격의 준수를 확인. ○ 당뇨환자용 시제품은 통곡의 영양특성과 가공적합성에 근거, 선정 원료를 가압증자 후 냉장 및 로스팅하고, 최적 원료배합비율에 따라 혼합하여 제조함. ○ 당뇨환자용 시제품의 품질지표, 포장재 및 유통기간을 설정하고, 제품용도에 부합하는 섭취기준과 방법을 확립함. ○ 당뇨환자용 시제품의 제품규격 항목은 공인기관의 인증실험으로 기준규격의 준수를 확인. ○ 영유아용 시제품은 통곡의 영양특성과 가공적합성에 근거, 선정 원료를 parboiling 및 로스팅하고, 최적 원료배합비율에 따라 혼합하여 제조함. ○ 영유아용 시제품의 품질지표, 포장재 및 유통기간을 설정하고, 제품용도에 부합하는 섭취기준과 방법을 확립함. ○ 당뇨환자용 시제품의 제품규격 항목은 공인기관의 인증실험으로 기준규격의 준수를 확인. ○ 임산수유부용 영양식은 유동식제형의 제품으로 빅데이터를 활용하여 배합비 확립, 시생산 및 임산·수유부용식품 제품규격설정완료, 포장디자인 2건을 완료함.

<p>연구개발성과</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 현장애로기술 3건에 대한 애로기술 해결보고서 1부를 작성함. ○ 고식이섬유 품종선정 (자수정 찰보리 β-glucan 6.6%), 수침, 발아, 과열수증기 (SHS) 파보일링-팽화공정에 의해 내재 성분의 발현을 증강 시킨 품미가 우수한 당뇨/체중조절용 현미 및 보리 소재 개발 (GABA 24.5~3000 mg/100 g, GI 43.2~48.4). 외주도정 기술에 의한 농축현미미장 (식이섬유 40%) 시제품생산, 당뇨개선 소재로 협동기관에 제공 ○ 통곡의 발아력에 영향을 미치지 않는 SHS 순간살균 기술 (190℃/ 2~3s, , 오염균 90~99%감소), 저온단시간 발아 (17℃, 24 h). SHS 후살균/건조를 핵심 기술로 한 고도발아기술 개발 (발명특허 10-1881940 『과열수증기를 이용한 고도발아기술 개발』)- 발아공정의 현장애로 기술 해결 ○ 발아곡류의 저온장시간 (LTLT) 가공, 고온단시간 (HTST) 가공, 팽화 (puffing) 등의 2차 가공공정 개발로 발아통곡의 물성 개량, 기능성과 관능성을 향상시킨 다양한 특수식품용도용 (영유아식, 환자식, 당뇨식) 소재 개발, 시제품 생산 ○ 고수분 (18~45%) 발아통곡물의 살균/호화/건조/볶음을 단일공정에서 단시간 (0.5~6분)에 달성함으로써 가공손실을 최소화한 경제적인 체중조절용 저GI 분말소재 생산기술 개발 - 발명특허 출원:증기로 볶은 발아통곡물 제조방법 및 이의 체중조절조제식품 조성물 (10-2018-0145760) ○ 체중조절 효능에 대한 과학적 근거가 보고된 통곡물 6종과 그 유용성이 극대화 되게 부원료를 배합한 고단백질(14.6%), 고식이섬유(11.5% 이상), 저GI (46.9) 선식형 체중조절 조제식품 개발 및 시제품 (1식 35g, 128.8 Kcal)의 기호도, 미생물학적 안전성 및 저장성 확보
<p>연구개발성과의 활용계획 (기대효과)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 신제품 출시를 통한 매출 발생 ○ 판매 제품군 확대 및 홍보를 통한 고객 확보 ○ 광고심의를 득한 체중조절용 조제식품의 고객 맞춤형 패키지 제안 ○ 개발 제품의 유용성 검증을 통한 특수용도식품 개발 조건 기반 마련 ○ 광고심의를 얻기 위한 과학적 근거자료 구축 및 유용성 타당성 제시 ○ 객관적이고 과학적인 근거 자료의 활용을 통한 적용 범위의 확대 ○ 본 연구에서 확보한 국내산 통곡의 곡립특성, 이화학특성 및 가공특성 정보는 다양한 통곡의 가공 및 상용화연구에서 기초자료로서 활용. ○ 다양한 용도의 통곡조제식품(체중조절용, 당뇨환자용, 영유아용 및 임산수유부용) 개발을 통한 국산통곡의 가공적합성 및 영양유용성 검증으로 통곡의 소비 및 수요증대. ○ 다양한 통곡함유 특수용도식품 개발 및 상용화를 통한 국내 곡류가공 산업의 활성화. ○ 발명특허기술 (등록 1, 심사중 1, 출원 1)의 기술이전을 통한 실용화 추진 ○ 과립화에 의한 즉용성 부여기술을 기존 분말형 선식제품에 적용, 보급화 적극 추진 ○ 과열수증기를 이용한 통곡 및 발아통곡의 효율적인 가공기술 (살균, 파보일링, 로스팅, 팽화 및 건조)을 주관기관의 현 생산 공정에 접목하여 품질향상 및 제조비 절감

국문핵심어 (5개 이내)	통곡류	고기능성식품	발아곡류	특수용도식품	애로기술
영문핵심어 (5개 이내)	whole grain	high-valued functional foods	germinated grain	special food	bottleneck technique

※ 국문으로 작성(영문 핵심어 제외)

<본문목차>

< 목 차 >

제 1장. 연구개발과제의 개요 6
제 2장. 연구수행 내용 및 결과 19
제 3장. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도 384
제 4장. 연구결과의 활용 계획 등 396
붙임. 참고 문헌 398

<별첨> 주관연구기관의 자체평가의견서

제 1장. 연구개발과제의 개요

1-1. 연구개발 목적

가. 국내산 통곡 및 발아곡류의 유용물 극대화 표준공정 설계 및 소재를 활용한 특수용도식품 개발

- (1) 현장 애로기술 해결 : 유통기한연장기술(retorting), 통합적인 위생공정 및 통곡분말의 분산성 개선 등 3건
- (2) 특수용도식품: 시제품 3종 이상(기타 영·유아식, 체중조절용 조제식품, 당뇨환자용식품, 임신·수유부용 등)
- (3) 2건의 유용성 표현 광고심의 필 및 2건의 제품 출시

1-2. 연구개발의 필요성

가. 연구관련 국내·외 현황 및 문제점

(1) 통곡의 건강 유용성

(가) 우리나라는 옛날부터 곡물 특히 쌀을 주식으로서 또는 그 가공품을 일상적으로 섭취하여 왔으나 현재는 반이하로 감소하였다. 더욱이 많은 곡류는 필요 이상으로 정제하여 그 곡류가 원래 가지고 있던 유효성분이 대부분 소실된 형태로 소비하고 있다.

(나) 최근 미국에서 갤럽조사에 의하면 조사대상자의 70% 이상이 곡류는 다이어트, 심장병 예방, 암예방이 있다는 것을 인식하고 있는 것으로 나타났다.

(다) 유럽의 HEALTHGRAIN 콘소시움에서는 통곡은 겉껍질(hull, husk) 등과 같이 먹지 못하는 부분을 제거한 알곡 그대로 또는 조각, 박편, 분쇄한 것으로 원래 알곡의 전분 배유부, 강층, 배아의 구성성분을 그대로 유지하여야 하며 가공공정 중에 배아의 2%, 강층의 10% 이하의 손실이어야 한다고 정의하였다. 이와 같은 정의의 배경에는 곡류의 대부분의 영양 기능성분은 강층과 배아에 함유되어 있기 때문이다.

(라) 통곡이 주는 주요 건강상의 주요 유익성은 아래 그림에 나타난 것과 같이 심장병, 당뇨병, 암, 혈압저하, 체중감소/비만방지 등이며, 이와 같은 생활습관병은 고령자들의 세계적인 만성질환이다 통곡을 섭취할 경우 심장병 25-36%, 2형 당뇨병 21-27%, 소화기암 21-43%, 조졸증 37% 감소하는 것으로 보고되고 있다.

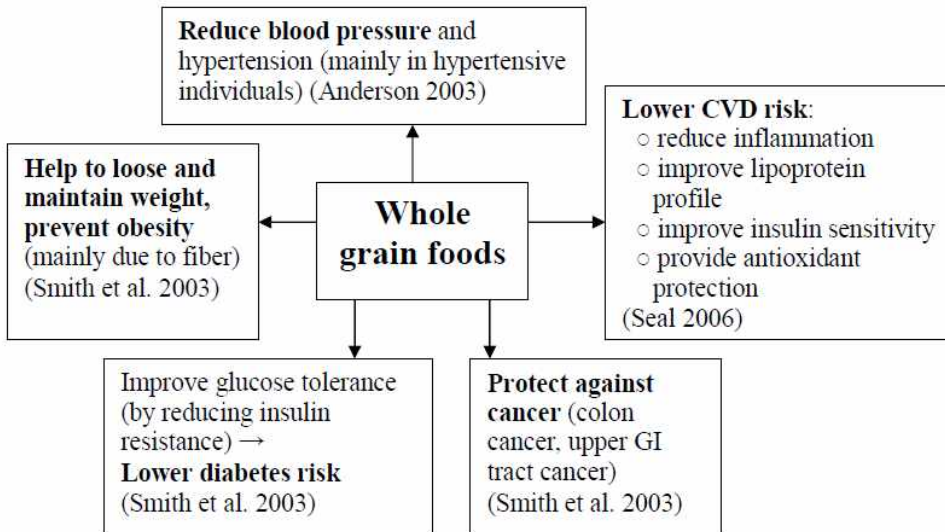


Figure 2. The dominant health benefits of whole grain foods and their components such as dietary fiber. CVD - cardiovascular disease, GI - gastrointestinal tract.

(마) 아래 그림에 나타난 것과 같이 2형 당뇨병의 경우 통곡 중의 식이섬유와 저항전분 및 올리고당이 주요 유용성분인 것으로 해석하고 있다.

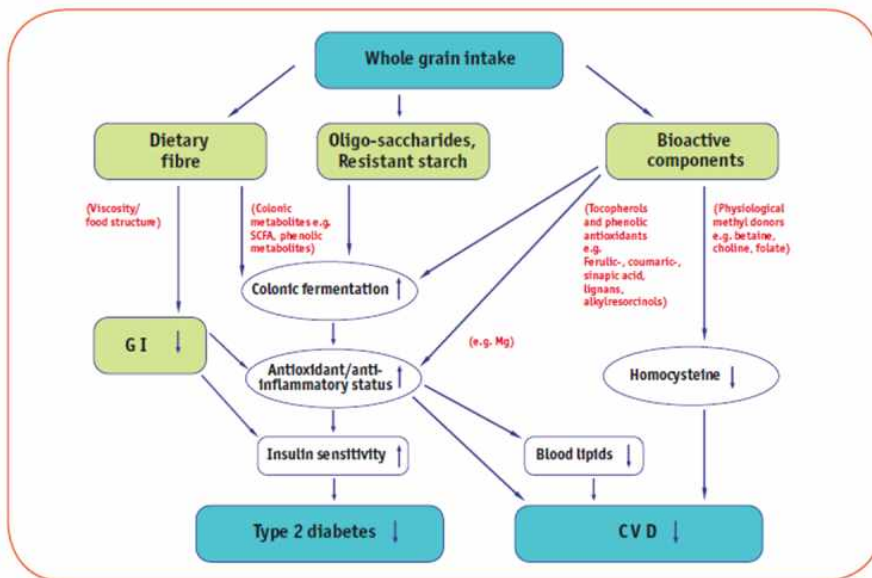


Figure 5: Some suggested mechanisms for metabolic benefits of whole grain
II World Congress of Public Health Nutrition – Porto (Portugal),
September 23-25, 2010

(바) 이상 간단히 기술한 것과 같이 최근 증가하는 과학적인 근거를 바탕으로 하여 각국에서는 국민들에게 통곡을 섭취를 권장하고 있다. 각국에서 권장하는 문구는 아래 표와 같다. 섭취량에 대한 연구에 의하면 중국은 50g/day, 덴마크, 스웨덴, 노르웨이는 75g/day, 네덜란드는 115g/day의 통곡을 섭취할 것을 권장하고 있다.

Table I. Examples of whole grain dietary recommendations^a

Guidelines Country	Wording or Recommendation
Preferred, recommended, or increase intake	
Australia	“Enjoy a wide variety of nutritious foods from these five food groups every day.... Grain (cereal) foods, mostly wholegrain and/or high cereal fibre varieties, such as breads, cereals, rice, pasta, noodles, polenta, couscous, oats, quinoa and barley.”
France	“Give preference to whole grain foods or semi-whole grain bread and seek out variety.”
Germany	“Bread, pasta, rice, grain flakes preferably made of whole grain....”
Hungary	“Choose...the so-called wholegrain ones that are made from flour that contains bran and also have seeds in them.”
Ireland	“Wholemeal and wholegrain are the best choice for fibre-rich healthy calories.”
Italy	“Every day we should eat bread, pasta and other grain products, preferably whole....”
Malaysia	“Eat [an] adequate amount of rice, other cereal products (preferably whole grain) and tubers.”
Mexico	“Consumption of cereals should be recommended, preferably whole grains or their derivatives and starchy roots.”
Namibia	“Use whole-grain products.”
United Kingdom	“Where you can, choose wholegrain varieties.”
“Proportion of grain”	
Canada	“Make at least half of your grain products whole grain each day.” [Translates to ≥ 3 of 6 servings for those 9 years of age or older.]
Oman	“It is advised to consume at least a third of daily consumption of cereals from whole grain bread and foods that contain whole grains such as Harees, barley soup, etc. Therefore for an average diet of 2000 calories 2-3 servings of whole grains daily is advised.”
United States	“Consume at least half of all grains as whole grains. Increase whole-grain intake by replacing refined grains with whole grains.” [Translates to ≥ 3 of 6 servings for those 9 years of age or older.]
“Number of servings”	
Netherlands	Eat 4-7 servings/day, specified as slices of bread.
Singapore	Eat 2-3 whole grain servings out of 5-7 total grain servings daily.
Switzerland	A grain/starch side dish is recommended at each meal, two of which should be whole grain each day.
“Grams per day”	
China	50 g of whole grain/day.
Denmark, Sweden, and Norway	75 g of whole grain/day for a 2,400 calorie diet or 90 g/day for men and 70 g/day for women.
Netherlands	115 g of whole grain/day.

^a This is not a comprehensive list.

(2) 유용성 극대화를 위한 최적소재화 공정개발을 위한 핵심 healthy grain

(가) 그러나 유용성 극대화를 위한 표준공정 개발은 이들 곡류를 전부 대상으로 할 수 없으므로 핵심 healthy grain으로 현미, 보리, 수수에 대하여 최적 소재화 공정을 개발하고 이 표준공정을 다른 곡물에 확대 적용하였다. 핵심 곡물인 현미와 보리의 건강 유용성을 간략히 기술함으로써 유용물질 극대화 공정개발의 필요성을 강조하고자 한다.



① 현미 (생활습관병을 예방할 수 있는 가장 이상적인 식품)

㉞ 쌀은 우리들의 식생활에 있어서 칼로리원인 동시에 생리기능 성분의 공급원으로 매우 중요하다. 현미는 살아 있는 쌀로서 표준적 화학조성은 수분 15.5%, 단백질 7.4%, 지질(脂

質) 3.0%, 당질 71.8%, 섬유 1.0%, 회분 1.3%, 비타민 B1은 100g 중 0.54mg으로 당질(녹말)이 대부분을 차지하고, 단백질이나 지방은 많지 않다. 현미는 쌀겨(5%), 배아(3%), 배유(92%)로 구성되어 있으나 영양소는 배아(66%), 쌀겨(29%), 배유(5%)의 순으로 많이 들어 있어 백미에 해당하는 배유에는 현미 전체 영양소의 단지 5%만 들어 있다. 그러므로 백미를 섭취함으로써 쌀의 영양/기능 성분의 95% 이상이 소실되고 있다. 현미는 백미를 주식으로 하는 우리의 식단에서 부족한 식이섬유, 미량원소, 비타민, 항산화제 등과 같은 질병예방에 중요한 영양기능성분을 풍부하게 함유하고 있어 당뇨병 예방, 변비개선, 콜레스테롤 값의 저하, 비만 해소, 혈당치 개선, 암예방, 빈혈방지, 알츠하이머형 치매 예방, 자율신경실조증에 대한 회복기능 등을 나타내는 것으로 보고되었다.

㉔ **항당뇨 효과** : 당뇨병자는 급격한 혈당상승을 막기 위하여 혈당을 서서히 높이는 식이요법이 필요하다. 음식이 체내에 흡수되어 혈당을 얼마나 빠르게, 높게 올리는가를 정량화한 값이 당지수, 즉 GI(Glycemic Index)인데 흰빵을 100으로 기준하여 상대적인 수치를 나타낸다. 백미가 84인 반면에 현미는 56으로 저 GI 식품으로 분류되고 있으므로, 항 당뇨 내지는 당뇨 개선에 효과가 있다. 따라서 특별한 가공기술로 현미의 GI value를 더욱 낮춘 당뇨개선 현미 소재 개발이 필요하다. 또한 현미는 밥을 짓기 어렵고 강층이 소화가 잘 안되며 식미도 좋지 못하여 특히 고령자들의 현미에 대한 높은 관심에도 불구하고 소비가 증대 되지 못하고 있다. 따라서 현미의 소비확대를 통한 고령자의 생활 습관병 예방과 건강 증진을 위하여 현미의 기능을 고도로 이용할 수 있는 새로운 개념의 제품으로 재탄생시키는 것이 시급하다.

② 보리

㉔ 보리는 쌀보리(나뭇)와 겉보리(피뭇)로 나누며, 쌀보리가 우리가 흔히 먹는 보리이다. 또한 찰보리는 메성보리 보다 식이섬유 함량이 높고 베타글루칸 함량 역시 30% 더 함유하고 있어 최근 찰쌀보리의 소비가 증가하고 있다.

㉔ 보리는 콜레스테롤 저하, 혈당치 개선(당뇨병 상태의 개선), 장관면역계를 매개로하여 면역기능 촉진 등의 생활습관병 예방, 개선효과가 있는 것으로 알려졌으며 이는 주로 β -glucan에 기인한다.

㉔ 미국 FDA는 2006년 5월 보리의 가용성 식이섬유(β -glucan) 섭취가 혈청 콜레스테롤 수치를 저하시키는 작용이 있다는 것을 인정하고 보리 및 보리가 들어 있는 식품에 함유된 보리의 가용성 식이섬유가 한 끼 당 0.75g 이상 함유되어 있는 제품에 대하여 관상심질환의 위험이 감소한다는 건강강조표시를 인가하였다.

(3) 특수용도식품 개발 필요성

(가) 이 상과 같이 기능적 우수성이 증명되고 있는 통곡 및 발아곡류는 현재 단순제품으로 판매되는 부가가치가 낮은 제품이 대부분이다.

(나) 하지만 여기에 유용성을 극대화 하거나, 제품에 편리성을 부여하는 가공기술이 접목 되면 고부가가치의 제품이 개발 될 수 있다. 예를 들어 특수용도식품으로 개발을 예상할 수 있

다.

(다) 특수용도식품이라 함은 영·유아, 병약자, 노약자, 비만자 또는 임신, 수유부 등 특별한 영양관리가 필요한 특정 대상을 위하여 식품과 영양소를 배합하여 제조, 가공한 영아용 조제식품, 성장기용 조제식, 영·유아용 곡류 조제식, 기타 영·유아식, 특수의료용도식품, 체중조절용 조제식품, 임신·수유부용 식품을 말한다(출처: 식품공전).

(라) 체중조절용 조제식품의 정의는 체중의 감소 또는 증가가 필요한 사람을 위해 식사의 일부 또는 전부를 대신할 수 있도록 필요한 영양소를 가감하여 조제된 식품을 말한다(식품공전).

(마) 국내 체중조절용 조제식품 시장은 비만관련 건강에 대한 소비자 인식이 높아지면서, 큰 폭으로 성장하여 체중조절용 조제식품의 국내생산량 및 수입량은 2006년 175만 kg에서 2008년 312만 kg으로 2년간 2배 가까이 증가하였다 (출처: 식품의약품안전처 2010년 8월 자료).

(바) 국내에서 시판되고 있는 특수의료용 당뇨병자식품의 경우, 대부분 유동식 형태로 판매되며, 천연곡물 유래의 난소화성 말토덱스트린을 주성분으로 하여 비타민과 미네랄이 첨가되어 있다.

(사) 현재 국내 시장의 당뇨병자용 식품은 정제된 가공곡류를 사용한 제품이 판매되고 있지만, 통곡물을 이용해 판매되고 있는 제품은 없다. 통곡물을 이용하여 당뇨병자용 식품을 제조한다면 유용성분을 첨가할 필요 없이 통곡물 본연의 영양을 섭취할 수 있으므로, 소비자들에게 차별적인 전략이 될 수 있을 것이다.

(4) 특수용도식품에서 '유용성 표현' 필요성 (광고심의 필)

(가) 마케팅 측면에서 광고심의를 득해야 하는 필요성

① 일반 소비자의 경우, 체중조절용 조제식품에 대한 정확한 지식이 부족하여, 체중조절용 조제식품을 단순히 열량이 낮은 식품으로 오인할 가능성이 있다.

② 체중조절용조제식품의 경우, 영양소 중 단백질과 비타민, 미네랄의 함량이 1일 섭취해야 하는 영양소 기준치의 일정 규격(단백질, 미네랄=10%, 비타민=25%)에 부합해야 하기 때문에, 일반식품으로 섭취 가능한 영양소보다 더 균일한 영양소 섭취가 가능하다. 때문에, 영양강화에 대한 적절한 유용성 표현이 체중조절용 조제식품을 올바르게 홍보하는 데에 긍정적인 요소로 작용할 수 있다.

③ 뿐만 아니라 다른 특수용도식품의 경우에도 소비자에게 정확하게 유용성을 알리기 위해서는 광고심의를 필해야 한다.

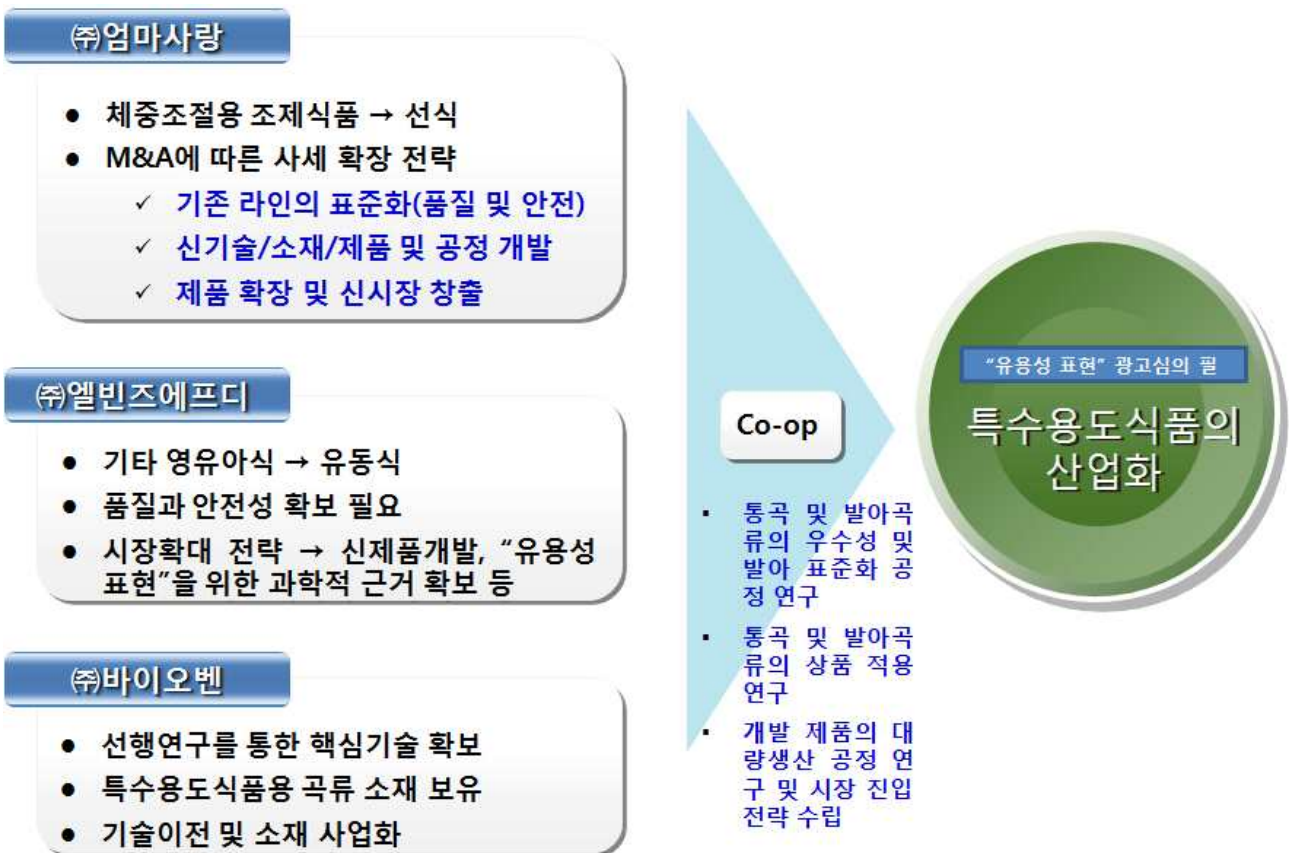
(나) 특수용도식품의 광고심의

① 특수용도식품을 제조, 생산할 경우, 식품공전에 명시되어있는 기준을 맞춰 제품을 만들면 따로 공인기관의 인증을 받을 필요가 없다. 다만, 생산된 제품을 홍보할 목적으로 광고를 게시할 경우, 식품위생법에 따라 심의위원회의 심의를 통과해야 한다. 심의는 올바른 정보제공을 통해 소비자를 보호하고, 영업자가 객관적인 표시, 광고를 하여 제품의 유용성을 과대 포장하는 것을 방지하는 것이 목적이며, 광고 매체는 텔레비전, 라디오 등의 방송매체, 인쇄물, 신문, 인터넷 광고 등의 인쇄매체 전부를 포함한다.

② 해당 식품에 들어있는 영양성분의 기능 및 작용 등 유용성 표시를 할 때에는 과학적이며 객관적인 근거를 확보해야 하고, 영양소 함량 강조표시는 '식품 등의 표시기준'에 적합한 경우에 한하여만 사용 가능하다. '영양성분'의 기능 및 작용에 대한 표현 또한 '식품 등의 표시기준'에서 정하는 영양성분에 한하며, 이에 대한 기능 및 작용은 건강기능식품에서 인정하고 있는 기능성 범위내의 수준으로 표현하도록 해야 한다. 그 외에도 '식품영양학적으로 공인된 사실의 표현'은 SCI급 전문과학지에 발표한 논문 등을 참고하되 그 근거가 객관적이어야 한다.

나. 주관 및 참여기업의 연구개발 필요성

(1) 참여기업의 needs 와 RFP matching



(가) (주)엄마사랑의 needs

① 참여기업인 엄마사랑은 체중조절용 조제식품으로 선식과 시리얼바(스낵) 제품을 HACCP 기준에 준하여 생산·판매하고 있으며 타사 대비 품질경쟁력을 확보하고자 한다.

② 체중조절용조제식품의 경우 식품위생법 상의 영양성분 규격에 부합하면서 영양소(단백질, 비타민, 미네랄) 손실을 최소화하기 위한 신기술과 소재 개발이 필요하다.

③ 엄마사랑은 품질력과 제품력은 보유하고 있지만 사용 가능한 원료의 제약으로 인해 다양한 제품 개발을 진행하기 어렵고, 특수용도식품의 사전 광고심의를 득하기 위해 사용가능한 마케팅적 문구의 사용에도 제한이 크다.

④ 새로운 형태의 제품을 개발하고 아울러 차별적 기능성을 부여하는 것도 중요하지만 기존 제품을 보다 널리 알리고 판매를 확대하기 위해서는 “유용성 표현”에 대한 광고심의를 얻는 것이 매우 중요한 요소로 판단된다.

(나) (주)엘빈즈의 needs

① 참여기업인 엘빈즈는 “균형있는 영양의 기준점”이라는 슬로건 아래 “닥터 맘” 브랜드로 유아의 연령에 맞추어 특수용도식품 기준·규격(기타 영유아식)에 맞는 이유식을 6단계 100 여종을 생산, 주문자 우편 배송을 하고 있다.

 <p>Classic 깨끗하고 믿을 수 있는 수제(手製)프리미엄 이유식</p> <p>안전하고 청결한 환경에서 직접 만들었습니다. 매일매일 신선한재료의 총애이도 방식으로 생산, 포장하고 깨끗하고 청결한 환경에서 제조하였습니다.</p> <p>많은 분들에게서 선박계우신 엘빈즈 이유식</p>	<p>"Premium Hand-Made Baby Food... Alvins Classic!" 엘빈즈 클래식은 기타 영유아식 제품입니다!!</p> <p>매일매일 신선하고 깨끗한 재료로 정성스럽게 담아내는 엘빈즈 클래식 더이상 아기들에게 될 먹일까 고민하지마세요!</p> <p>배달 이유식 중 기타영유아식 유형으로 판매되는 엘빈즈 클래식은 보다 안전하고 청결한 프리미엄 수제 이유식입니다. 기존 이식, 더욱 차별화되고 안심할 수 있는 엘빈즈 이유식으로 사랑하는 아기들에게 걸맞은 마음을 전달해주세요!</p>  <p>ALVINS</p>	
<p>엄선된 재료를 사용하는 엘빈즈 이유식은 믿을 수 있습니다</p> <p>차별화된 엘빈즈 클래식만의 특별함</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div data-bbox="199 734 368 943"> <p>01 친환경 무농약쌀사용</p> <p>엘빈즈이유식에 사용하는 쌀은 친환경 무농약 쌀을 이용합니다.</p> <p>★★★★★</p> </div> <div data-bbox="379 734 549 943"> <p>02 국내산 한우 사용</p> <p>국내산 한우만을 사용합니다.</p> <p>★★★★★</p> </div> <div data-bbox="560 734 729 943"> <p>03 신선한 재료 직접구매·직접 공급</p> <p>매일매일 신선한 재료를 직접구매 하여 고객님에게 공급합니다.</p> <p>★★★★★</p> </div> </div>	 <p>엘빈즈 클래식의 진화는 끝 없이 계속됩니다</p> <p>아이가 원하는 첫번째 이유식 엘빈즈 클래식으로 시작해 보세요. 기본 재료에 쌀눈이 최대 50% 증강 되었습니다.</p> <p>쌀눈이 함유된 엘빈즈 클래식을 선택하세요!!</p> <p>아기가 건강하게 잘 자라는 5번째 조건은 누가 함량도 높은 음식입니다. 양분을 어떻게 만나느냐에 따라서 아기의 성장은 결정 됩니다. 특히 이유식은 처음이 가장 중요합니다.</p>	
 <p>1st Step 1Step Baby Food 1단계 - 미음이유식 약 만4개월~6개월 이음식을 시작하는 첫번째 클래식입니다!</p> <p>아기가 쌀눈으로 음식을 섭취하는 시기입니다. 채소 사용에는 단맛이 느껴지지 않는 것 없는 쌀(단맛이) 사용 합니다. 채소에는 수-수분과 당도 약화시키고 질이 양을 늘리는 것이 중요합니다.</p>	 <p>1.5st Step 2Step Baby Food 1.5단계 - 초가족이유식 약 만6개월~7개월 본격적인 영양공급을 채우는 클래식 초가족!</p> <p>이음에서 초가족으로 넘어가는 시기입니다. 원래의 양보다 약 2배 이상 양을 늘 수 있도록 입맛과 농도를 약화하면 양을 늘려야 합니다.</p>	 <p>5st Step 5Step Baby Food 5단계 - 아기반찬 약 만13개월 이상 아기가 나가기 시작할때 클래식 아기 반찬!</p> <p>이음에서 유아식으로 넘어가는 시기입니다. 원래의 양보다 2배 이상 양을 늘 수 있도록 입맛과 농도를 약화하면 양을 늘려야 합니다.</p>  <p>2st Step 2Step Baby Food 2단계 - 죽이유식 약 만7개월~10개월 본격적인 영양공급을 채우는 클래식 이유식!</p> <p>본격적인 양양이 있는 이유식을 시작하는 시기입니다. 이음식을 시작할 시 1/2량 이하의 양의 양에 맞춰서 입맛과 농도를 조절하시면 아기의 양을 늘려주세요.</p>
 <p>3st Step 3Step Baby Food 3단계 - 진밥이유식 약 만11개월~13개월 먹는 즐거움을 느끼게 해주는 클래식 진밥!</p> <p>이음식이 입맛이 차고 농도도 차게됩니다. 아기가 양양이 많은 양을 느끼는 시기에 양양이 적고 질이 양을 늘 수 있도록 해주세요.</p>	 <p>4st Step 4Step Baby Food 4단계 - 완료기이유식 약 만13개월 이상 맛있는 즐거움 완료기 클래식 아기반!</p> <p>이음에서 유아식으로 넘어가는 시기입니다. 아기가 양양이 많은 양을 느끼는 시기에 양양이 적고 질에 양을 늘려주세요.</p>	

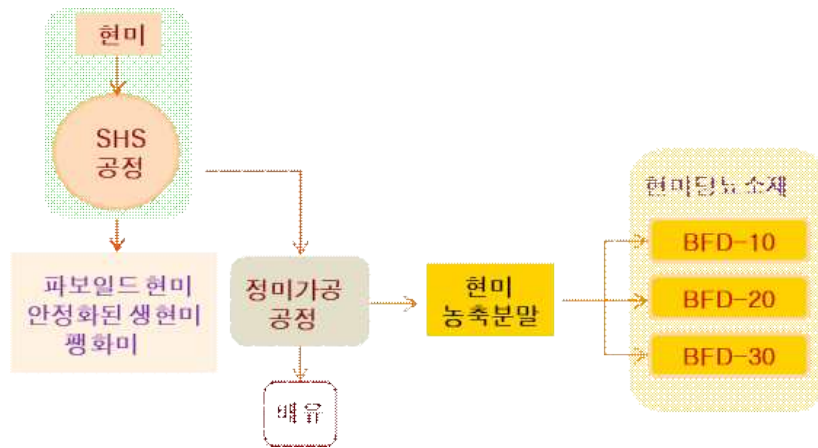
② 엘빈즈의 이유식 제조 공정은 HACCP 기준을 적용한 위생적 최신시설을 갖추고 있으며, 현 시설은 맞춤형 다품종 제품을 소량 생산하는데 최적화된 생산라인으로 판단된다.

③ 기존 제품은 냉장유통에 60일의 유통기한을 확보하고 있지만, 수출 및 국내시장에서의 매출 증대를 위해서는 유통 채널의 확장이 필요하다. 이를 위해서는 품질의 안정성과 미생물적 안전성이 확보된 유통기한 연장기술의 개발이 필요하다.

(다) (주)바이오벤의 needs

① 「건강, 맛, 안전」이란 컨셉으로 맛있고 건강에 좋으며 식미와 소화성이 현저히 개선된 현미를 개발하기 위하여 농림수산식품부의 지원으로 “Novel G(바이오 및 선도 식품가공기술을 이용한 곡류의 고도 이용) 사업을 수년(2010.11.1~2013.10.31)간 수행한 결과 곡류 신가

공기술 개발에 성공하였다. 선행연구를 통하여 확보한 현미가공기술 및 기능성 현미는 특수용도식품 소재 및 제품 개발에 응용할 예정이다. 다음에 현미를 예로 들어 개별 공정기술별로 간략히 기술하지만 본 기술은 보리, 두류, 잡곡류 등 다양한 곡류에 적용할 수 있다.



현미 신가공기술(예시: 현미당노개선소재 생산공정)

② 바이오벤에서는 개발된 소재를 활용하여 사업화를 추진하고 보유한 핵심기술을 이전하여 새로운 성장동력을 창출하여야 한다.

(2) 고도 가공기술을 이용한 최적 소재화공정 개발의 필요성

(가) 앞에서 기술한 것과 같이 통곡은 우수한 건강 기능성을 가지고 있으나 가공하지 않고 그대로 섭취하기는 곤란하므로 도정 등의 가공을 하게 되는데 이때 도정단계에서 건강기능성 성분의 대부분은 강층과 함께 소실되었다.

(나) 또한 재래 가공기술로는 통곡 유래의 건강기능성 성분의 손실을 최소화(배아의 2%, 강층의 10% 이하) 하기는 어려우므로 최근 개발되고 있는 고도가공기술을 이용하여 맛, 건강과 안전, 편의성을 부여할 수 있는 새로운 공정에 도전하지 않으면 아니 된다.

- ① Hydrothermal process에 의한 유용물질 극대화공정 개발
- ② Thermo-mechanical process에 의한 건식 호화공정 개발
- ③ 통곡에 내재하는 건강기능성 성분의 발현을 위한 발아공정 개선과 표준화

(3) 도출된 현장애로기술

(가) 체중조절용 조제식품 라인 (선식 유형)

제조공정 현장 애로기술

1. 용해/분산성

- 선식을 냉수와 온수에서 용해가 어려워, 소비자가 사용하기 불편하고, 시간이 경과되면 선식이 바닥으로 가라앉는 현상이 생김.
- 통곡, 발아곡을 이용한 선식, 죽, 스프의 용해성/분산성 낮음

2. 분말의 살균

- 선식 제조 시 야채를 사용하는 데 미생물 컨트롤이 어려움. (대장균군, 병원성균)

3. 간편성

- 현재 엄마사랑에서 선식 제품 포장은 파우치, 벌크형 포장의 방법으로 이루어짐.
- 편리성을 추구하는 트렌드에 맞는 HMR 상품의 개발에 실질적으로 제한이 따름.

1. 분말의 용해성, 분산성 개선
2. 채소 분말 원료의 미생물 제어를 통해 영양적 균형을 이루는 제품의 개발
3. 포장 타입의 다양화를 모색해 체중조절용조제식품, 환자용 균형 영양식, 임산 수유부, 기타 영유아식 등 타겟층에 맞는 신제품의 개발

(나) 기타 영·유아식(유동식)의 기존 살균공정

① 참여기업(엘빈즈)에서는 특수용도식품으로 기타 영·유아식을 아래 그림과 같은 (주)경한의 retort system을 이용하여 2단 살균(82℃, 25분)에 의해 살균한 후, 냉장유통 시 60일간의 유통기한을 설정하여 제조·판매하고 있다.

High Temperature & High Pressure

STERILACE

에어스팀식 고온고압 조리살균장치



에어스팀식이기 때문에 맛있는 식품이 만들어 집니다.

다량생산이 가능해 생산라인이 자동 제어됩니다. (주)경한의 retort system을 이용하여 2단 살균(82℃, 25분)에 의해 살균한 후, 냉장유통 시 60일간의 유통기한을 설정하여 제조·판매하고 있다.

1. 에어스팀식이기 때문에 맛있는 식품이 만들어 집니다.
2. 2단 살균을 통해 제품의 품질과 유통기한을 늘릴 수 있습니다.
3. 용량의 많지않은 달걀, 우유, 과일 등 저온 살균이 필요한 식품도 살균할 수 있습니다.
4. 건조된 채소, 과일 분말을 살균하여 영양이 풍부한 식품을 만들 수 있습니다.
5. 용량의 적은 달걀, 우유, 과일 등 저온 살균이 필요한 식품도 살균할 수 있습니다.



에어스팀식이기 때문에

- 에어스팀식이기 때문에
- 에어스팀식이기 때문에
- 에어스팀식이기 때문에
- 에어스팀식이기 때문에
- 에어스팀식이기 때문에

다목적 장치이기 때문에

- 고온고압 살균, 저온 살균이 가능합니다.
- 닭, 돼지, 소, 양, 어류의 분말을 살균할 수 있습니다.
- 달걀, 우유, 과일 등 저온 살균이 필요한 식품도 살균할 수 있습니다.
- 살균된 채소, 과일 분말을 살균하여 영양이 풍부한 식품을 만들 수 있습니다.

각형 챔버이기 때문에

- 용량의 적은 달걀, 우유, 과일 등 저온 살균이 필요한 식품도 살균할 수 있습니다.
- 용량의 많은 달걀, 우유, 과일 등 저온 살균이 필요한 식품도 살균할 수 있습니다.
- 용량의 적은 달걀, 우유, 과일 등 저온 살균이 필요한 식품도 살균할 수 있습니다.

STERILACE 사양 / SPECIFICATION

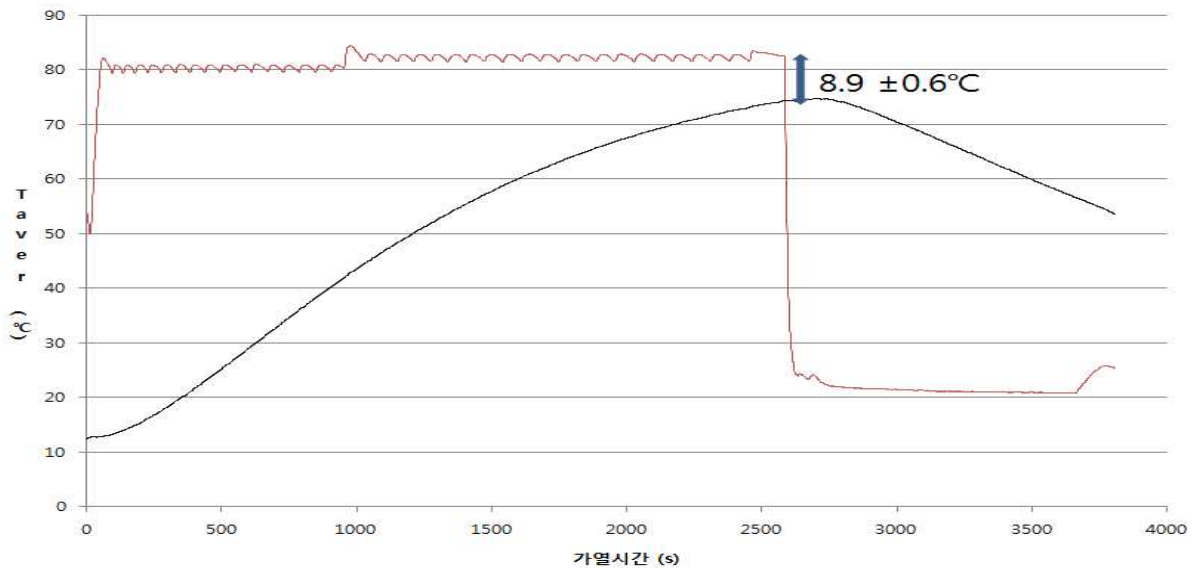
Model Name	PRS-10-1	PRS-20-1	PRS-30-1	PRS-40-1
Max. Working Size	1000	1000	1000	1000
Max. Working Weight	100kg	100kg	100kg	100kg
Max. Working Temperature	120°C	120°C	120°C	120°C
Max. Working Pressure	1.2MPa	1.2MPa	1.2MPa	1.2MPa
Max. Working Time	120min	120min	120min	120min
Max. Working Cycle	10	10	10	10
Max. Working Power	10kW	10kW	10kW	10kW
Max. Working Capacity	1000L	1000L	1000L	1000L
Max. Working Weight	1000kg	1000kg	1000kg	1000kg
Max. Working Height	1000mm	1000mm	1000mm	1000mm
Max. Working Length	1000mm	1000mm	1000mm	1000mm
Max. Working Width	1000mm	1000mm	1000mm	1000mm
Max. Working Depth	1000mm	1000mm	1000mm	1000mm
Max. Working Volume	1000L	1000L	1000L	1000L
Max. Working Weight	1000kg	1000kg	1000kg	1000kg
Max. Working Height	1000mm	1000mm	1000mm	1000mm
Max. Working Length	1000mm	1000mm	1000mm	1000mm
Max. Working Width	1000mm	1000mm	1000mm	1000mm
Max. Working Depth	1000mm	1000mm	1000mm	1000mm
Max. Working Volume	1000L	1000L	1000L	1000L

② 참여기업에서 신규제품에 대한 유통기한 설정 사유서를 분석한 결과, 많은 문제점이 확인되었다.

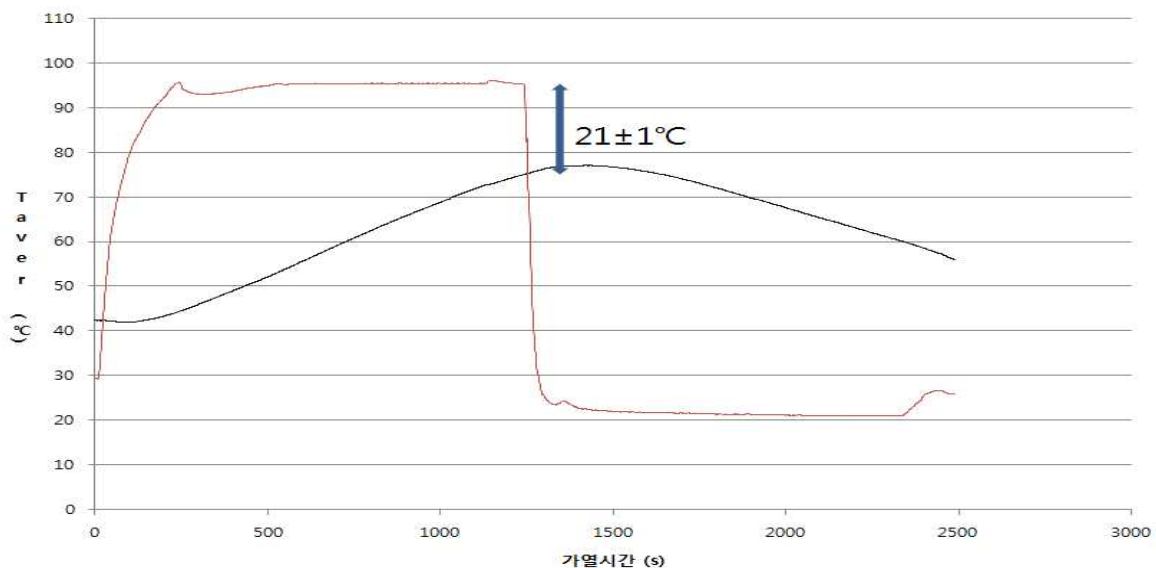
③ 조금 더 구체적으로 설명하기 위하여 기존 공정(2단계 처리)의 열침투 곡선을 분석한

결과, 냉점과 레토르트 온도와의 차이가 $8.9 \pm 0.6^\circ\text{C}$ 로 장비의 운전 조건에서 시료의 초기 온도, 가열 매체(steam/air 비율) 또는 압력 및 냉각수를 조절하여야 할 것으로 사료되었다.

④ 이를 확인하기 위하여 95°C , 15 분 처리 조건으로 다시 실험을 하여 그림과 같은 결과를 얻었다. 95°C 에서 15 분간 처리를 하였을 경우 냉점과 레토르트 온도와의 차이는 $21 \pm 1^\circ\text{C}$ 로 이전 조건에서 보다 훨씬 온도 차가 크게 발생되었다. 따라서 처리 온도를 변경하는 경우뿐만 아니라 기존의 처리 조건에서도 장비의 운전 조건을 장비 제작 업체와 협의하여 조정 할 필요가 있음을 확인하였다.



이유식 제품의 냉점 및 레토르트의 온도 변화.
(1 단계: 80°C , 15 분, 2 단계: 82°C , 25분 처리 조건)



이유식 제품의 냉점 및 레토르트의 온도 변화.(95°C , 15 분 처리 조건)

⑤ 뿐만 아니라 경한시스템에서는 지표미생물을 상업적 살균의 지표미생물인 *Clostridium botulinum* spore로 설정하여 운전 프로그램이 개발되어 있어 F₀ 값이 산출되지 않으므로 본 제품에 적합한 지표 미생물을 설정하고 이에 따른 F₀ 값이 산출되도록 프로그램의 개선이 필요하다.

(다) 유동식 제조에 따른 기존 위생공정

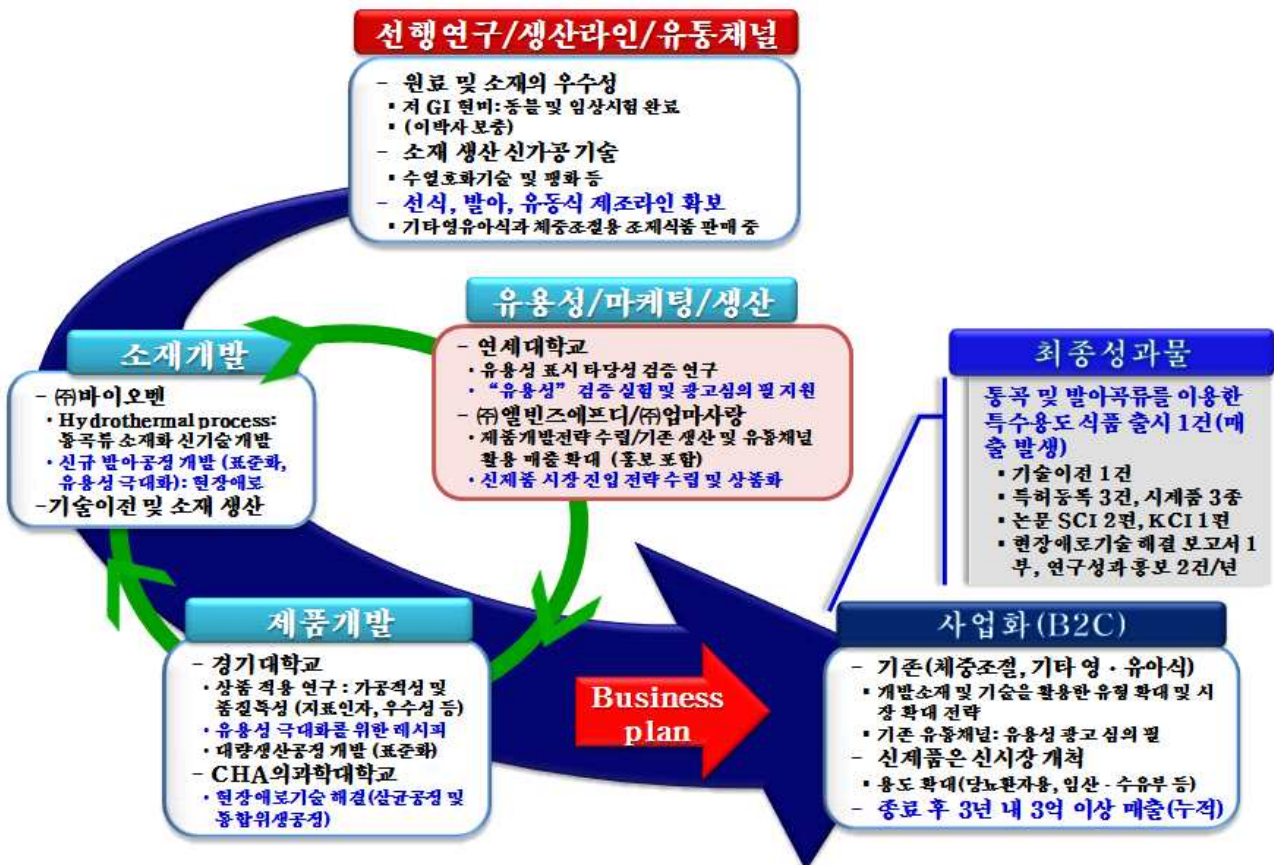
① 기타 영·유아식에 대한 HACCP 인증을 2015년 5월에 획득하였지만, 현 공정에서는 다음과 같은 문제점이 있음

- ㉠충진 및 포장 시 교차오염 가능성을 가지고 있음
- ㉡상온 유통 제품을 생산하기 위해서는 cooling 공정이 필수임
- ㉢분리 조리공정 후에 혼합하는 공정으로는 교차오염에 대한 우려 있음

② 조금 더 일일 생산규모를 늘리고 제품을 다양한 특수용도식품으로 확장(새로운 포장 방법 등)하기 위해서는 위생적으로 교차오염을 방지할 수 있는 반무균 포장과 in-line 조리 및 위생적인 혼합공정이 개발되어야 한다.

③ 개발 통합공정에 대한 검증 및 HACCP 재인증이 필요하다.

1-3. 연구개발 범위



가. 시장조사를 통한 제품개발 전략 수립

나. 통곡, 발아곡류의 우수성 및 발아 표준화 공정 연구 (소재개발)

- (1) 영양성분, 생리활성물질 등 통곡 및 발아곡류의 우수성 연구 및 검증 (선행연구로 제시)
- (2) Hydrothermal process를 이용한 통곡 소재화 신기술 개발
 - (가) 통곡의 수열호화공정을 이용한 저GI/고식이섬유 향당뇨 및 체중조절 소재 개발
 - (나) 과열수증기를 이용한 통곡의 표면살균, 배전, 배소, 팽화: 저장수명 연장, 산패억제, 전분의 개질, 용해성 및 소화성 향상, 향미 생성
- (3) Thermo-mechanical process에 의한 곡류의 순간호화기술 개발 및 소재화 연구
 - (가) 곡류를 침지, 호화시키지 않고 열-전단력에 의하여 순간적으로 알파화 시키는 단일공정 개발
- (4) 신규 발아곡류 생산공정 및 그 가공품 개발
 - (가) 특수용도식품용 보리 및 잡곡(수수 등)의 발아공정 개발
 - (나) 신규 발아곡류의 팽화분말 개발 및 특수용도식품 가공적성 연구

다. 통곡 및 발아곡류의 상품 적용 연구 (애로기술 개선 및 제품개발)

- (1) 유용성 표시 타당성 검증 연구
- (2) 현장애로기술 개선: retorting 최적화 및 통합적인 위생 공정 개선
- (3) 체중조절용 조제식품, 향당뇨식, 임신·수유부용, 기타 영·유아식 개발에 따른 가공적성 연구 및 지표 인자 설정
 - (가) 개발소재의 이화학특성 및 영양기능성 조사
 - (나) 가공물성, 전분호화 및 분쇄관련 전처리기술 적용 및 개선효과 검증
- (4) 유용성 극대화를 위한 레시피 연구 (제품적용 적성연구)
- (5) 용도별 시제품 개발 (용도별 1개 이상 선정 총 3개 제품 이상 개발)
 - (가) 유용성분의 안정성 극대화 연구 및 test marketing
- (6) 개발 제품의 유용성 검증 연구 (광고심의를 득하기 위한 과학적 근거자료 구축)
- (7) 개발 제품의 대량생산 공정 연구 및 상용화 연구
 - (가) 제품의 우수성 비교 연구 및 우수성 연구 결과 홍보 자료 구축
 - (나) 산업화 공정개발: 공정 표준화, 대량생산 공정설계 및 최적화 연구
 - (다) 상용화: 포장방법, 유통기간 설정 등

라. 시장 진입 전략 수립 및 제품 출시

제 2장. 연구수행 내용 및 결과

제 2-1장. 연구개발의 추진전략 방법 및 추진체계

1. 추진전략 · 방법

가. 기술정보수집

- (1) 특수용도 식품과 관련된 국내외 기준·규격 정보 및 관련법규의 지속적 모니터링
- (2) 국내외 대학들과 기업연구소들의 특수용도 관련 제품과 기술정보, 특허정보 및 논문 발표 성과를 지속적으로 모니터링
- (3) 관련 업체 연구소 및 현장 마케팅부서와의 정보 교류를 통하여 개발 결과의 실용화 가능성 확보

나. 전문가 확보

- (1) 국내외 학술대회 발표를 통한 국내외 관련 전문가 의견 수렴 및 개선방향 수립
- (2) 특수용도식품 광고 심의 의원 등 전문가를 확보하여 개발 방향에 대한 의견 수렴
- (3) 유통 및 영양관련 전문가를 확보하여 의견 수렴
- (4) 제품 개발 방향 및 concept 도출을 위해 전문가 및 전문 조사 기관 활용

다. 다른 기관과의 협조

- (1) 유효 성분의 안정성 및 분석 평가를 위해 한국식품연구원, 건강기능식품협회 등의 지원을 받도록 하며 필요에 따라 기술적 사항을 점검함
- (2) 제품의 광고 심의 등에 관한 사항, 법규 파악을 위해 식품산업협회와의 협조 체계 구축함

라. 연구개발방법론 (접근방법)

- (1) 소비자의 기호도 조사 및 관련 marketer와의 협력으로 용도 및 최종제형 결정
- (2) 스낵, 곡류조제식 (선식) 및 유동식의 제형으로 체중조절용식, 항당뇨식, 영유아용식 및 임신 수유부용식 중에서 3종 이상의 특수용도식품 개발을 목표로 함
- (3) 곡류조제식 (선식) 및 스낵 제형의 특수용도식품에 대한 기술이전과 사업화는 주관기관인 (주)엄마사랑에서 우선 실시함
- (4) 유동식 제형은 참여기업인 (주)엘빈즈에서 기술이전과 사업화를 추진함
- (5) 특수용도식품 개발·생산
 - (가) 선식, 스낵 및 유동식 개념 확장
 - (나) 신가공 기술을 적용하여 기술 장벽을 만들 수 있는 차별화된 기술개발에 중점을 둠
 - (다) 철저한 소비자 기호도 및 수용도 조사 결과 활용
 - (라) 기준·규격 통과 및 광고심의 필
 - (마) 미생물학적 안전성 확보
 - (바) 적절한 생산 규모의 공정 개발

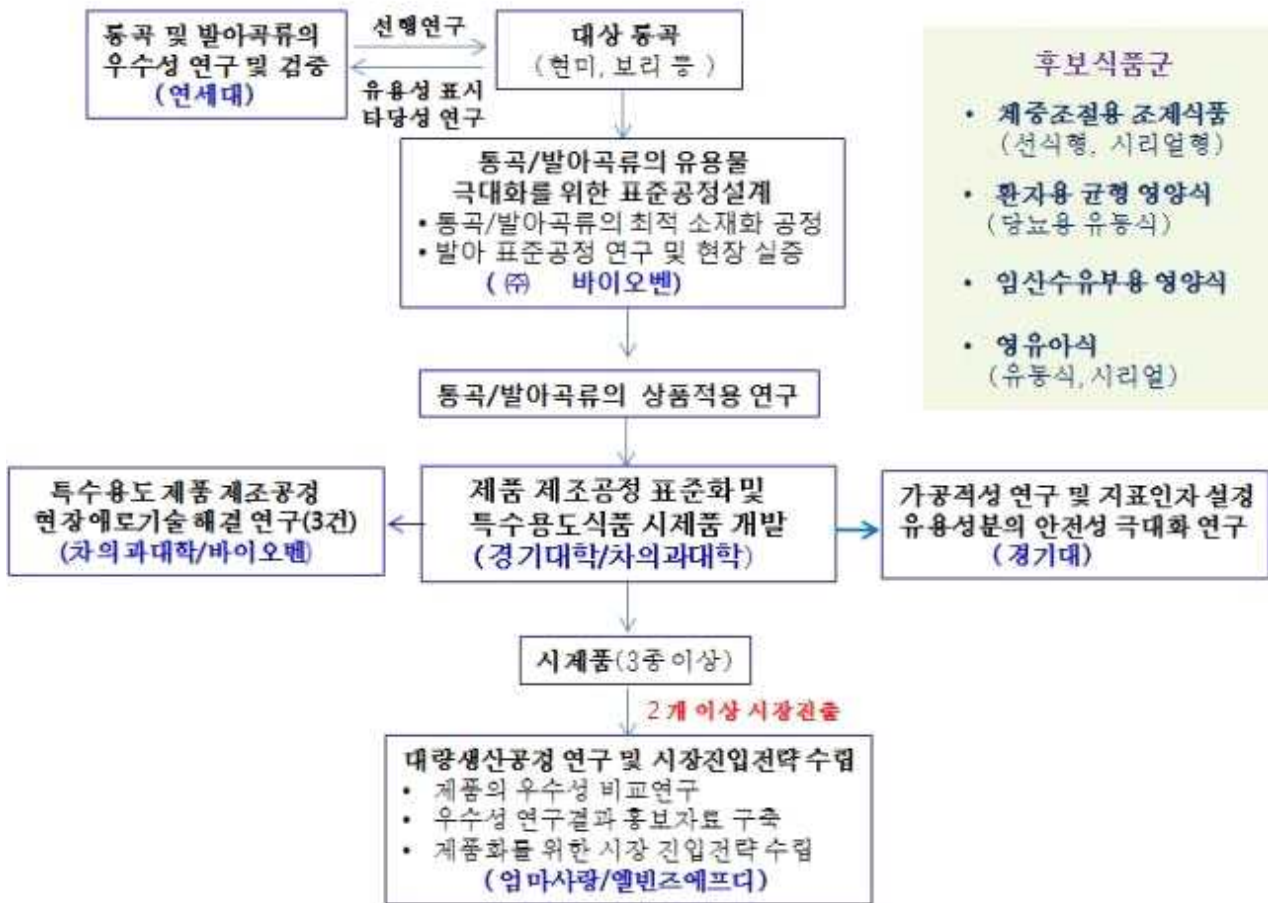


2. 추진체계

가. 총괄연구 추진체계

통곡 및 발아곡류를 이용한 특수용도 식품개발 및 산업화

(K-HEALTHGRAIN Project)



제 2-2장. 각 기관별 연구수행 내용 및 결과

제 1절: 제1세부 업무사랑 (연구책임자 : 조성용)

- 연구제목: 국내산 통곡 및 발아곡류를 이용한 특수용도식품 실용화
- 연구개발목표: 국내산 통곡 및 발아 곡류를 활용한 특수용도식품(개발된 제품) 상용화 및 중소기업간 협업 모델 제시

1. 1차년도 title : 특수용도식품에 대한 시장분석을 통한 신제품 개발 전략 수립

가. 연구개발 목표

- (1) 국내 주요 선식 업체 (엄마사랑, 태광선식, 웰츄럴) 제품 분석을 통한 장단점 파악
- (2) 국외 (일본, 미국, 유럽) 제품 및 유사 category 현황 분석을 통한 상품화 방향 도출
- (3) 선식 및 통곡/발아곡물을 활용한 신상품 ideation 및 개발 방향 제안

나. 연구내용 및 결과

(1) 제품 개발 및 사업 방향 설정 : 1건

제품 개요	제품 개요
<ul style="list-style-type: none"> • 선식류 제품은 최근 수년간 지속적으로 매출이 감소하는 경향을 보이고 있으며 따라서 새로운 제품의 개발 필요성이 절실히 요구됨 • 기존 제품의 가장 큰 문제점인 용용의 불편함을 최소화하는 RTD 형태의 용류 제품을 개발함 • 종용 활용한 두유를 base로 하여 여기에 다양한 곡물 혼합분을 적용하여 맛과 영양의 균형을 이룬 제품으로 개발함 • 용류 제품의 경우 미세분쇄 / 유화 / 균질화에 초점을 둔 기술 개발을 진행하며 유동 기반 확보 (비저널 살균 방식 등) 가 관건임 • 용류 형태 뿐 아니라 안정적인 장기 유통에 적합한 분말 형태의 제품으로도 동시 개발을 추진함 	<ul style="list-style-type: none"> • 국내산 곡물 중 가장 대표적인 쌀, 콩을 주 base로 하고 Nut류를 통하여 곡물에 부족한 지방 및 고소한 맛을 보충하며 국내산 과일 중 경정력이 있는 감귤, 유자, 한라봉 등을 활용하여 새로운 맛을 부여한 한국형 건강 bar 제품 • 쌀을 주 base로 활용할 경우에는 파맛을 통하여 바삭한 식감을 최대한 살리고 적절한 단맛을 부여할 수 있는 기능성 감미료를 활용하여 건강 지향적 개념으로 제품을 개발함 • 콩을 주 base로 활용할 경우에는 100% soybean flour를 사용하면서 콩 비린내를 최소화 하는 용중 (정원종 "차태", 고소한 "천양")으로 자별파를 피하고 너트, 과일을 통한 맛의 다양화 및 baked type의 제품을 개발함
<h4>제품 평가 결과</h4> <p>1. 선식류</p> <ul style="list-style-type: none"> • 선식류는 타사 제품 포함하여 총 27종의 제품에 대하여 평가를 진행하였으며 이 중에서 엄마사랑 제품은 6종이었음 • 관능 검사용 통한 품질 평가 결과를 보면 상위권 : 불럭푸드 라부선식, 진은용 미숫가루, 아마씨 진은용 미숫가루 중위권 : 굿발런스 발포곡물 MIX 하위권 : 감정용이 들어있는 선식, 만끼 불럭푸드로 평가되었음 • 제품에 따라 맛 품질 수준이 상위권부터 하위권까지 편차가 큰 것으로 나타남 • 주요하게 지적된 개선 사항을 보면 맛에서는 너무 달다는 의견이 많았고 걸쭉한 정도에 대한 개선, 목 넘김시 이물감에 대한 지적이 있었음 • 용량에 보면 입도 조절을 통한 목넘김 정도를 개선하는 것과 단맛에 대한 조절, 고소한 맛 증진에 좀 더 유의해야 할 것으로 보임 → 아울러 전체적으로 용용에 대한 편의성 증대가 중요할 것으로 보임 	<h4>제품 평가 결과</h4> <p>2. Bar 제품</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bar 제품은 타사 제품 포함하여 총 39종의 제품에 대하여 평가를 진행하였으며 이 중에서 엄마사랑 제품은 10종이었음 • 관능 감사를 통한 품질 평가 결과를 보면 상위권 : 피코크 엄마기온 에너지노트 (헤이드, 그린) / 굿발런스 시리얼바 에너지바, 시리얼바, 다이어트바 (이하 코리야세분) 중위권 : 바론 시리얼바 중하위권 : 피코크 엄마기온 에너지노트 (블랙, 레드, 옐로우) 로 평가되었음 • 다양한 타사 제품과 비교 평가했음에도 불구하고 전반적으로 상당히 우수한 수준으로 평가 되었음 • 주요하게 지적된 개선 사항을 보면 끈적거림 / 이에 달라붙음과 같은 물성적인 측면과 맛이 너무 달다는 측면이 지적되었음 • 용량에 보면 좀 더 다양한 식감의 부여 및 최대한 끈적거림을 낮출 수 있는 방향으로 제품 개발이 이루어지는 것이 중요할 것으로 보임

제품 평가 결과

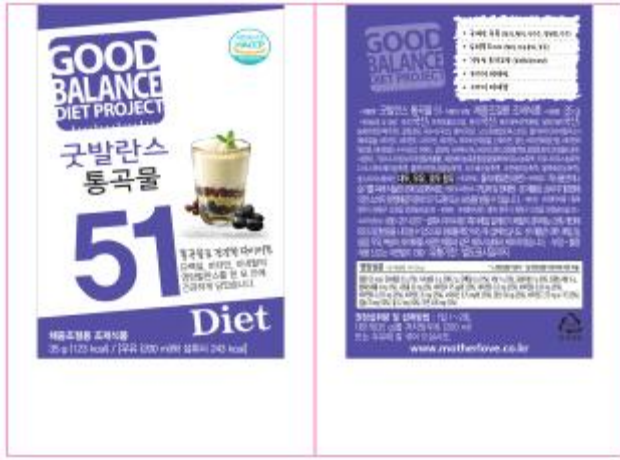
3. 스낵류

- 스낵 제품은 타사 제품 포함하여 총 11종의 제품에 대하여 평가를 진행하였으며 이 중에서 얼마사람 제품은 7종이었음
- 관능 감사를 통한 품질 평가 결과를 보면
 - 상위권 : 라이스칩 단호박 / 자색고구마 / 블루베리
- 파워권, 자색고구마스낵, 양파스낵, 편의스낵, 굿밸런스 유슬리프 평가되었음
- 전반적인 결과를 보면 양파와 단호박도가 나뉘어지는 것으로 볼 수 있으며 라이스칩 시리즈는 우수한 결과를 보였으나 반면에 OO스낵 제품은 상당히 낮은 수준으로 평가되었음
- 주요하게 지적된 개선 사항을 보면 맛이 너무 딱딱하다는 의견과 맛이 별로 좋지 않다는 의견이 많음
- 특별히 <굿밸런스 유슬리프> 제품의 경우 내용물이나 포장 디자인 측면에서 많은 공을 들인 제품이나 너무 딱딱하다는 의견이 많았고 이에 따라 평가가 좋지 않았으므로 **통성에 대한 개선이 시급히 요구됨**

매출 현황 분석

- 주요 할인 마트 대표인 이마트, 롯데마트, 홈플러스 모두 13~15년 매출 추이를 보면 모두 소폭 감소하는 경향을 보이고 있음
- 가장 주력 제품군인 선식 -미숫가루를 살펴 보면
 - 이마트 : 29.1억 (13년) → 24.6억 (14년) → 19.9억 (15년)
 - 롯데마트 : 25.7억 → 20.4억 → 18.0억
 - 홈플러스 : 12.7억 → 10.3억 → 8.7억으로 집계됨
- 위와 같은 결과의 가장 큰 요인으로는 유통사의 편의성에 기인하는 것으로 대면 승기를 준비해야 하는 점, 유통 통 승기 세팅에 대한 면거비용과 같은 것을 생각할 수 있으며 향후 **유통 형태의 제품 개발 필요성**을 적극적으로 검토해야 할 것으로 생각됨
- 아울러 분할 형태의 제품보다는 **과립 혹은 시리얼 형태의 제품으로 개발**한다면 좀 더 용이하게 위식이 가능할 것으로 생각되고 특히 어린이나 청소년 층의 소비가 늘어날 것으로 기대됨

- (2) 자문위원회 구성 및 운영
- (3) 컨셉개발 및 파일럿 제품 제조 : 1건



구분	시료 A (정곡 51%)
원재료명	보리(국산), 프락토올리고당, 현미(국산), 분리대두단백분말, 알파미분(국산), 농축유정단백, 옥수수(국산), 결절과당, 감정엿(국산), 산소화상말토덱스트린, 멀티비타민미네랄믹스 N(해조갑상, 비타민C, 비타민E, 나이아신, 비타민A, 루테인산제일철, 산화아연, 엽산, 비타민B6엽산염, 비타민B8엽산염, 비타민B2), 수수(국산), 아몬드, 감정엿, 슈파르드믹스 A(보리, 현미, 감정엿, 백태, 감정엿, 호박, 브로콜리, 오뚜, 시금치), 카르시니아갑부지아입질수출물, 세분베리농축물(블루베리농축액, 아로니아농축액, 다크스위트체리농축액, 블랙커런트과육농축액, 라즈베리농축액, 크랜베리농축액, 블랙베리농축액), 효소처리스테비아
특징	1. 통곡물 함량 - 51% (보리, 현미, 감정엿, 옥수수, 수수) 2. 단백질 함량 - 대두, 우유 3. 다이어트 원료 - 산소화상말토덱스트린, 카르시니아갑부지아입질수출물 4. 간염원료 - 세분베리, 재소류 5. 첨하는 원료 - 아몬드, 감정엿

- (4) 신상품 과제 선정 및 홍보
 - (가) 2016 서울국제식품산업대전(2016년5월10일~13일, 일산 킨텍스)에서 통곡 51%에 대한 홍보와 통곡이 함유된 체중조절용 선식의 홍보와 시음 진행함.



- (나) 식품저널(2016년8월10일자) 신문지면을 통해 통곡 51% 가 함유된 체중조절용 선식과 이를 상품화 예정인 것을 홍보 완료함.

체중조절식품으로 주목 받는 통곡물로 만든 선식

(주)임마사랑, 통곡·발아곡류 이용 특수용도식품 개발...산업화한다

최근 비만을 걱정하는 사람들이 늘어나면서 다이어트식품이 주목 받고 있다. 국내에서는 선식, 시리얼바, 라이스칩 등 헬스케어 식품 제조하는 (주)임마사랑이 체중조절용 조제식품으로 통곡물 선식을 출시할 예정이다. 이 회사는 '통곡 및 발아곡류를 이용한 특수용도식품 개발 및 산업화'라는 정부과제를 수행 중인데, 지난 5월 일산 컨벤션에서 열린 '서울국제식품산업대전'에 참가하여 체중조절용 조제식품인 통곡물이 함유된 선식 시제품을 소개해 관심을 모았다.



체중조절용 조제식품이란?

체중조절용 조제식품은 체중의 감소 또는 증가가 필요한 사람용 위해 식사의 일부 또는 전부를 대신할 수 있도록 비타민이나 무기질, 단백질과 같은 필수 영양소를 첨가하고 열량을 조절된 식품이다.

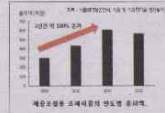
특수용도식품 시장 현황

특수용도식품 시장 규모는 꾸준히 성장

하고 있다. 식품의약품안전처의 식품 및 식품첨가물 생산실태에 따르면 2008년 2800억원 규모였던 특수용도식품 총액은 2012년 3300억원 규모로 증가하여 4년간 약 20%의 높은 성장세를 나타내고 있다. 특수용도식품은 환자용 대상으로 하는 '특수의료용도 등식품'과 '다이어트용의' '체중조절용 조제식품'이 높은 성장세를 보여 전체 시장의 성장을 이끌었다.

체중조절용 조제식품

체중조절용 조제식품은 특수용도식품 전체 시장의 약 17%를 차지. '성형기능 조제식'에 이어 제2의 점유율을 가지고 있다. 2009년부터 2012년까지 4년간 증가율을 살펴보면 2009년 303억원에서 2013년 612억원으로 3년간 2배 가까운 성장을 보였으며, 2012년에는 연간 10조원이라는 전체적으로 성장하는 시장임을 알 수 있다.



통곡물과 통곡식품

통곡물은 보정 과정에서 껍질을 벗겨 내는 백미와 달리 현미, 보리, 옥수수, 수수 등 보정하지 않은 곡물을 말한다. 유럽의 T1000grain 컨소시엄에서는 '통곡은 껍질(hull, husk) 등과 같이 딱지 보라는 부분을 제거한 알곡

외와 알곡의 친분 배아부, 감귤, 핵외의 구성성분을 그대로 유지해야 하며 가공과정 중에 배아의 2%, 감귤의 10% 이상의 손실여야 한다'고 정의하였다. 이와 같은 정의의 배경에는 곡물의 내부부의 영양기능 성분은 감귤과 핵외에 함유되어 있기 때문이다.

통곡식품(whole grain food)이란 어떻게 정의될 수 있겠기에 대한 일관된 정의는 없으며, 각각에 따라 조금씩 다르게 정의하고 있다. 미국에서는 두께

로 통곡이 50% 이상이거나 그 중 100%가 통곡에 적어도 통곡 50%가 함유되어 있는 것으로 정의하고 있다. 영국의 ICG(Whole Grain Group)에서도 한 그릇 당 통곡 8g이 함유되어 있어야 하는 것으로 정의하였다. 최근(2013) 미국 AACC(American Association of Cereal Chemists)의 Whole Grains Working Group에서는 통곡식품은 적어도 30%의 통곡을 함유하고 있어야 한다고 결정하였다. 각국에서는 국민들에게 통곡 섭취를 권장하고 있다. 1일 섭취량은 통곡은 30g, 현미는 50g, 노보레인은 75g, 배럴린드는 115g을 권장하고 있다.

주요 곡물의 건강 효과

- 1 현미에 함유된 있는 식이섬유는 단면이 사시히 흡수되게 하여 다이어트에 효과적이다.
- 2 보리는 콜레스테롤, 식이섬유, 비타민B, 칼슘을 많이 함유하고 있다. 보리는 수분성 식이섬유와 불용성 식이섬유가 골고루 함유되어 있다. 보리 수확성 식이섬유의 주 성분은 β-glucan으로 물에 녹기 때문에 산성에서 수분을 흡수하여 끈 실태의 물질로 되어 체내 노폐물과 독성물질 등의 유해 물질을 흡착하여 배출한다.
- 3 수수는 밀, 옥수수, 통 보리에 이어 세계에서 5번째로 주요한 곡류 작물이다. 옥수수는 수분이 64%이고 단백질 20%, 단백질 5%, 지방 1.2%이다. 당분은 대부분 전분이다. 감미료, 옥수수의 경우는 전분이 90%이다.
- 5: 현미는 단백질과 지방, 비타민 B 군과 D-E, 칼슘과 인, 칼륨이 풍부하다. 라이신은 백미보다 많이 함유되어 있다. 빈혈 - 다뇨증 - 심혈관 등에도 효과가 있으며, 노화를 방지하고 백발과 변비 예방에 효과가 있다.

자료: 식품의약품안전처, 임마사랑 연구개발팀

(5) 지적재산권 확보 : 특허 출원 1건 완료

2. 2차년도 tilte : 체중조절용 조제식품 (스낵형)의 생산실증 연구 및 시장 진입 전략 수립

가. 연구개발 목표

(1) 국내산 통곡 및 발아 곡류를 활용한 특수용도식품 (개발된 제품) 상용화 스낵 및 선식 제형

나. 연구내용 및 결과

(1) 자문위원회 구성 및 운영

(가) 목적: 식품의 유형에 적합한 제품 설계 및 광고심외에 적합한 기능성 표현

(나) 구성: 4-5명(분야별 전문가)

(다) 운영: 분기당 1회 회의

(라) 참석자: 총괄, 자문위원, 해당과제 책임자

(2) 기존 생산공정에 대한 정보 제공 (애로기술 파악 및 제시)

(3) 스낵형 체중조절용 조제식품의 시장 분석 및 제품 개발 전략 수립

(가) 높은 단백질 함량으로 포만감을 줌. 단백질의 중요성에 대한 인식이 높아짐을 고려

(나) 운동 전, 후 / 끼니 대체용으로 간편함을 살릴 것.

(4) 컨셉개발 및 파일럿 제품 제조

(가) 국내산 통곡물이 51% 들어간 선식 개발 : 보리30%, 현미11%, 옥수수5%, 흑미4%, 수수1%

(나) 체중조절용 조제식품 광고심의 통과 - 제조식의 기준에 적합한 배합비 설계

(다) bottle 형 선식(ex. 인테이크 밀스, 미래형 식사 랩노쉬) 등 인기 → bottle 용기로 간편함, 디자인 고려



(5) 시제품 생산 및 test marketing

(6) 출시 전 관능검사 실시

(가) 총 6명 패널로 구성

(나) 항목 : 제품의 외관/ 디자인/ 전반맛/ 단맛/ 고소함/ 한끼 식사대용으로 적절한지/제품 구매의향 (1bottle 당 1990원)

(다) 결과

① 전반적인 제품의 외관과 디자인은 점수가 좋음. : 보틀형이라 편하다는 의견 多

② 맛 평가 : 전반 맛 점수가 4.5로 높다. 단맛과 고소함도 적당하다.

③ 한끼 식사대용으로 적절하다. (6명 중 6명)

④ 1 bottle 에 1990원이라면 구매의사가 있다. (6명 중 5명)

(7) 지적재산권 확보

(가) 1차년도 특허 출원의 다음 단계로 특허 등록 완료

(나) 특허 요약 : 통곡물 51%를 포함하는 선식의 체중증가 개선 또는 예방 효과

(다) 특허의 명칭 : 통곡물 선식 및 이의 제조방법

(라) 특허 등록 번호 : 제 10-1732125 호

(마) 특허권자 : (주)엄마사랑 , 연세대학교 산학협력단

(8) 신제품 홍보

(가) 2017서울국제식품산업대전 출전 및 제품 홍보

① 일시 : 2017.05.16~19(4일)

② 장소 : 일산 킨텍스

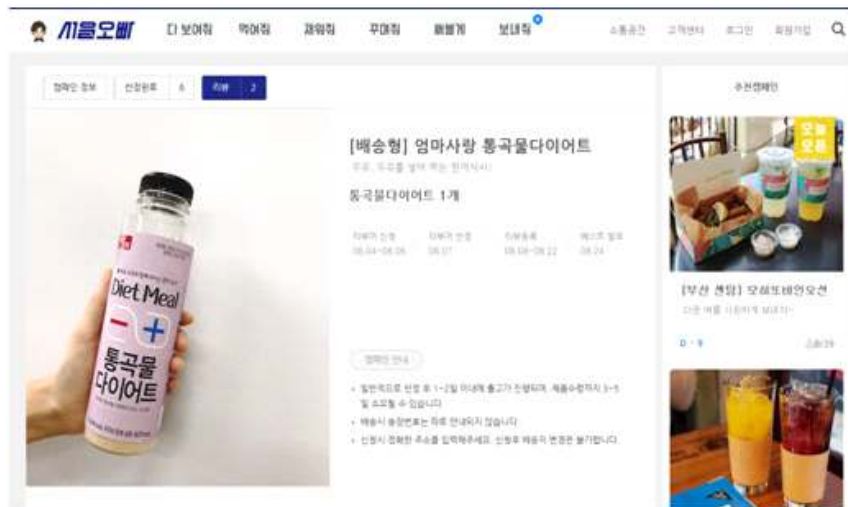
③ 내용 : 홍보부스 개최하여 제품 홍보 (다이어트밀) 및 바이어 상담



(나) 파워블로거 홍보

- ① 다이어트 관련 리뷰어 6명 모집
- ② 홍보 키워드 : #엄마사랑#다이어트밀#정부과제#체중조절용#보틀형선식
- ③ 전체 리뷰 확인 링크 :

http://www.seoulouba.co.kr/html/category/camp_detail_regview.asp?CAMP_NO=C0036077



(예시)

3. 3차년도 title : 항당뇨식 (선식형)의 생산실증 연구 및 시장 진입 전략 수립
가. 연구개발 목표

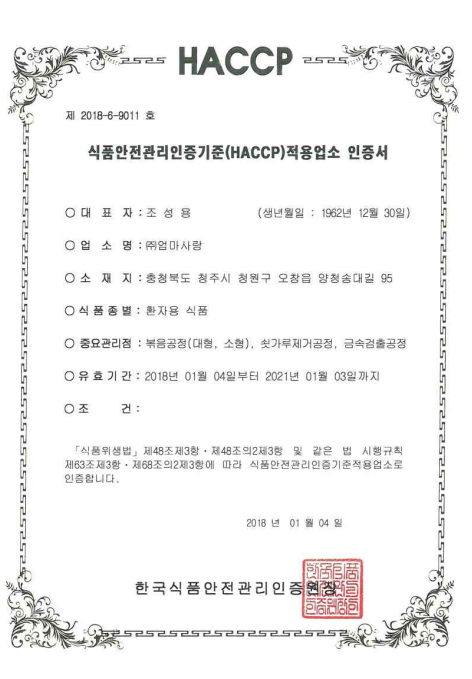
- (1) 국내산 통곡 및 발아 곡류를 활용한 특수용도식품 (개발된 제품) 상용화

나. 연구내용 및 결과

- (1) 자문위원회 운영

- (가) 목적: 식품의 유형에 적합한 제품 설계 및 광고심의에 적합한 기능성 표현
- (나) 구성: 4-5명(분야별 전문가)
- (다) 운영: 분기당 1회 회의
- (라) 참석자: 총괄, 자문위원, 해당과제 책임자

- (2) 컨셉개발 및 파일럿 제품 제조
- (3) 시제품 생산 및 Test marketing
- (가) 최종 시제품의 소비자 관능 테스트 실시 및 소비자 기호도 검사
- (4) 출시 전 관능 검사 실시
- (5) 제품 출시 및 시장 진입 전략 확보
 - (가) 당뇨환자용 식품 제품화
 - ①환자용 식품 HACCP 적용업소 인증서 획득



② 영양정보 분석

㉠ 환자용식품의 기준

① 환자용 균형영양식은 환자의 식사 전부 또는 일부를 대신하기 위하여 제품 1000 kcal당 비타민 A, B1, B2, B6, C, D, E, 나이아신, 엽산, 단백질, 칼슘, 철, 아연을 영양성분 기준치의 50% 이상 되도록 원료식품을 조합하고 영양성분을 첨가하여야 한다.

② 당뇨환자용 식품은 당뇨 환자의 식사 전부 또는 일부를 대신하기 위하여 제품 1000 kcal당 비타민 A, B1, B2, B6, C, D, E, 나이아신, 엽산, 단백질, 칼슘, 철, 아연을 영양성분 기준치의 50% 이상 되도록 원료식품을 조합하고 영양성분을 첨가하여야 한다. 포화지방 유래열량은 총 열량의 10% 미만으로 한다. 콜레스테롤은 제품 1000 kcal당 100 mg 이하로 하며, 단당류 및 이당류 유래 열량은 총열량의 10% 미만으로 한다.

㉔ 영양성분 분석 결과 값

영양소	영양소기준치표	결과 (100g)	1포54g함량 (*참고용)	실표시 (54g당)	실제영양소기준치 (%)	%영양소기준치
열량(kcal)		435.37	235.1	235		
나트륨(mg)	2,000	11.00	5.9	5.9	0	0%
탄수화물(g)	324	69.21	37.4	37.0	11	11%
당류(g)	100	0.92	0.5	0.50	1	1%
지방(g)	54	10.93	5.9	5.9	11	11%
트랜스지방(g)		0.06	0.0	0		
포화지방(g)	15	1.58	0.9	0.9	6	6%
클레스테롤(mg)	300	8.05	4.3	4.3	1	1%
단백질(g)	55	15.04	8.1	8	15	15%
비타민A(μgRE)	700	1281.56	692.0	175.00	25	25%
비타민B1(mg)	1.2	1.57	0.8	0.30	25	25%
비타민B2(mg)	1.4	1.67	0.9	0.35	25	25%
비타민B6(mg)	1.5	2.950	1.6	0.375	25	25%
비타민C(mg)	100	266.58	144.0	25.00	25	25%
나이아신(mgNE)	15	39.50	21.3	3.75	25	25%
엽산(μg)	400	3040.24	1641.7	100.00	25	25%
비타민E(mgα-TE)	11	46.30	25.0	2.75	25	25%
칼슘(mg)	700	265.69	143.5	70.00	10	10%
철분(mg)	12	7.41	4.0	1.20	10	10%
아연(mg)	8.5	7.87	4.2	0.85	10	10%

③ 유용성 표현에 대한 제품 표시광고

건강습관 당뇨식

영양성분 분석 결과 값

1포54g함량 (*참고용)

실표시 (54g당)

실제영양소기준치 (%)

%영양소기준치

건강습관 당뇨식

물 또는 우유만 넣어 마시는 당뇨식

54 g(235 kcal)

www.motherlove.co.kr

관정 섭취량 및 섭취방법

1일 1회 1포(54g)를 물 200 ml 또는 우유 200 ml을 함께 섭취하십시오.

*우유를 넣기 전 저장을 위하여 흔들어야 합니다.

1. 뒤집어 흔들기
2. 기호에 맞게 우유를 넣기
3. 흔들어야 합니다
4. 맛있게 즐기십시오

영양정보 총 내용량 54g / 235 kcal

나트륨 5.9mg 0% 탄수화물 37g 11% 당류 0.5g 1%

X지방 5.9g 11% 트랜스지방 - 포화지방 0.9g 6%

클레스테롤 4.3mg 1% 단백질 8g 15%

비타민A 175μgRE 25% 비타민B1 0.3mg 25%

비타민B2 0.35mg 25% 비타민B6 0.375mg 25%

비타민C 25mg 25% 나이아신 3.75mgNE 25%

엽산 100μg 25% 비타민E 2.75mgα-TE 25%

칼슘 70mg 10% 철분 1.2mg 10% 아연 0.85mg 10%

1일 영양성분 기준치에 대한 비율(%)은 2,000kcal 기준이므로 개인의 필요 열량에 따라 다를 수 있습니다.

④ 건강습관 당뇨식 품목제조보고 완료

신고번호 : 1201-8FDC-V89J-V890-N007

식품(식품첨가물) 품목제조보고서

보고인	상명(법인명)	상명홀딩(법인명)		
	주소	1962년 12월 30일	1962년 12월 30일	
	주요사업	043 2180077	043 218 0085	
영업소	명칭(상호)			
	주소			
	소재지			
제품정보	식품의 유형	원자용 식품	영양등록번호	20020415029
	제품명	건강습관 당뇨식		
	유통기한	제조일로부터 12개월까지		
	불량유지기간			
	원재료 또는 성분명 및 해당 비율	빈창에 기재		
	풍도 용법	빈창에 기재		
	보관방법 및 포장재질	빈창에 기재		
	표장방법 및 포장단위	일병포장 / 10g ~ 30kg		
	성상	고유의 색택을 가지고 이며, 이취가 없어 좋다.		
	고열량·고지방·고지방 함량 여부	[]에 []아니오 [O] 해당 있음	알러진종 여부	[]에 [O]아니오
기타				

「식품위생법」 제37조제5항 및 같은 법 시행규칙 제45조제1항에 따라 식품(식품첨가물) 품목제조 사항을 보고합니다.

2018년 10월 04일
보고인 조영률

첨주시장 귀하

품목신고번호	20020415029-894
차리부서	복지국 위생정책과
차리담당	장정희
차리일자	2018년 10월 04일

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

신고번호 : 1201-8FDC-V89J-V890-N007

원재료명 또는 성분명 및 배합비율

No.	원재료명 또는 성분명	배합비율(%)
1	원미	20%
2	원미 [저GI원미]	13.33%
3	옥미	8.89%
4	보리	17.78%
5	메밀	11.11%
6	수수	6.67%
7	건강양곡 [양곡]	11.11%
8	유청단백분말 [농축유청단백분말]	3.33%
9	기타가공품 [알타비타민미네랄믹스N]	1.11%
10	발아원미	6.67%

용도용법	1회 1개(54g)를 물200ml 또는 우유200ml와 함께 섭취하십시오. 의사의 지시에 따라 사용하십시오.
보관방법 및 포장재질	직사광선이나 습기를 피해 실온보관 PE(내면)

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

나) 체중조절용 조제식품 제품 리뉴얼

① 표시광고 리뉴얼 : 모델사진 삽입, 광고문구 추가

체중조절용조제식품

슬림다이어트쉐이크 영양정보

총 내용량 35g / 140kcal

탄수화물 35g 2% | 단백질 26g 8% | 지방 2g 2% | 식이섬유 3g 12% | 지방 15g 3% | 트랜스지방 -

포화지방 0g 0% | 콜레스테롤 15mg 5% | 당류 6g 11%

비타민A 115μgE 25% | 비타민B1 0.11mg 25%

비타민B6 0.35mg 25% | 비타민B12 0.375μg 25%

비타민C 25mg 25% | 나이아신 3.75mgE 25%

엽산 100μg 25% | 티아민E 2.75mgE 25%

칼슘 70mg 10% | 철분 12mg 10% | 아연 0.85mg 10%

일일 영양성분 기준치에 대한 비율은 2,000kcal 기준이므로 개인 필요량에 따라 다를 수 있습니다.

내음이반한

Slim Diet Shake

슬림다이어트쉐이크



35g(140kcal)

영양정보 총 내용량 35g / 140kcal

탄수화물 35g 2% | 단백질 26g 8% | 지방 2g 2% | 식이섬유 3g 12% | 지방 15g 3% | 트랜스지방 -

포화지방 0g 0% | 콜레스테롤 15mg 5% | 당류 6g 11%

비타민A 115μgE 25% | 비타민B1 0.11mg 25%

비타민B6 0.35mg 25% | 비타민B12 0.375μg 25%

비타민C 25mg 25% | 나이아신 3.75mgE 25%

엽산 100μg 25% | 티아민E 2.75mgE 25%

칼슘 70mg 10% | 철분 12mg 10% | 아연 0.85mg 10%

일일 영양성분 기준치에 대한 비율은 2,000kcal 기준이므로 개인 필요량에 따라 다를 수 있습니다.

www.motherlove.co.kr



② 유용성 표현 광고심의 득

제품명 슬림다이어트쉐이크 **식품의형** 체중조절용 조제식품

유통기한 발드포시일까지 **등록번호** 20120415029855 **내용량** 35g

제조원 및 판매원 (주)엠아시랑 / 충북 청주시 청원구 오창읍 흥농로1길 65

포장재질(내면) 유기폴리에틸렌테트라플레이트(PEET), 무장 폴리메탈렌(PEI)

원재료명 및 함량 보리(국산) 30%, 올리고당, 현미(국산) 11%, 알파미분(국산), 두유(국산)(대두단백, 레시틴), 농축유청(단분말) 농축유청, 단백질(대두레시틴, 옥수수(국산)) 5%, 과당, 흑미(국산) 4%, 난소화성말도덱스트린, 멀티비타민미네랄믹스(해조칼슘, 비타민C, 비타민D, 혼합제제, 니코틴아미드, 비타민B, 혼합제제, 푸마르산제질, 철, 산화아연, 엽산, 비타민B, 엽산염, 비타민B, 엽산염, 비타민B, 엽산염, 비타민B), 수수(국산) 1%, 아몬드, 검정깨, 가리나시아(검보자)잡질추출물, 세븐베리농축혼합분말, 효소처리스테비아

대두 유유 함유

· 우유를 넣은 후 기급적 빨리 섭취하세요. 본 제품은 메밀, 밀, 땅콩, 토마토, 복숭아, 호두, 잣을 사용한 제품과 같은 제조시설에서 제조되었습니다. · 섭취 시 주의사항: 특이체질, 알러르기 체질의 경우에는 간혹 개인에 따라 과민반응을 나타낼 수 있으므로 원료를 확인하신 후 섭취하십시오. · 본 제품은 공정거래위원회 고시 소비자분쟁해결기준에 의거 교환 또는 보상을 받을 수 있습니다. · 부정 불량식품 신고는 국번없이 1300. 보관방법: 직사광선이나 습기를 피해 서늘한 곳에 보관하세요. 반품 및 교환장소: 구입처 및 판매원, 소비자상담실: 080-217-1077

원본재로본
2018.07.13

체중조절용조제식품

내몸이반한

Slim Diet Shake

슬림다이어트쉐이크

국내산 통곡물을
간편하게 즐기세요

35 g(140 kcal)

특허 등록: 통곡물 선식 및 이의제조방법
등록번호: 제 10-1732125

1. 뚜껑을 열어주세요
2. 기호에 맞게 우유를 넣고
3. 흔들어주세요
4. 맛있게 즐기실 수 있어요

권장 섭취량 및 섭취방법
1일 1회 1개(35g)를 우유(200ml) 또는 두유(200ml)와 같이 섭취하십시오.
※ 우유를 넣기 전 제품을 위아래로 흔들어주세요.

영양정보 총 내용량 35g / 140 kcal

나트륨	35mg	2%	탄수화물	26g	8%	당류	2g	2%
식이섬유	3g	12%	지방	1.5g	3%	트랜스지방	-	
포화지방	0g	0%	콜레스테롤	15mg	5%	단백질	6g	11%
비타민A	175µg	25%	비타민B ₁	0.3mg	25%			
비타민B ₂	0.35mg	25%	비타민B ₆	0.375mg	25%			
비타민C	25mg	25%	나이아신	3.75mg	25%			
엽산	100µg	25%	비타민E	2.75mg	25%			
칼슘	70mg	10%	철분	1.2mg	10%	아연	0.85mg	10%

1일 영양성분 기준치에 대한 비율(%)은 2,000 kcal 기준이므로 개인의 필요 열량에 따라 다를 수 있습니다.

www.motherlove.co.kr

2018.07.13

한국식품안전협회

③ 슬림다이어트 셰이크 품목제조보고 완료

발급번호 : 1281-XFMC-087J-0FJU-V05U



식품(식품첨가물) 품목제조보고서

보고인	성명(법인명)	생년월일(법인번호)		
	주소	1962년 12월 30일		
	총청북도 청주시 청원구 오창읍 양청송대길 95	전화번호	043 2180077	
영업소	명칭(상호)	휴대전화		
	(주)연미사랑	043 218 0085		
	소재지	충청북도 청주시 청원구 오창읍 양청송대길 95		
제품정보	식품의 유형	채증조업종 조제식품	영업등록번호	20020415029
	제품명	슬림 다이어트셰이크		
	유통기한	제조일로부터 12개월까지		
	품질유지기한			
	원재료 또는 성분명 및 배합 비율	뒷장에 기재		
	용도 용법	뒷장에 기재		
	보관방법 및 포장재질	뒷장에 기재		
	포장방법 및 포장단위	용기 밀봉포장 / 10g ~ 20kg		
	성상	고유의 색택을 가지고 이미, 이취가 없어야 한다.		
고열량·저지방 식품 해당 여부	[]에 []아니오 [O]해당 없음	활활인증 여부	[]에 [O]아니오	
기타				

「식품위생법」 제37조제5항 및 같은 법 시행규칙 제45조제1항에 따라 식품(식품첨가물) 품목제조 사항을 보고합니다.

2018년 06월 19일
보고인 조성용

충청북도 청주시장 귀하

등록보고번호	20020415029-855
처리부서	복지교육국 위생정책과
처리지성명	박종하
처리일자	2018년 06월 20일

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

발급번호 : 1281-XFMC-087J-0FJU-V05U



원재료명 또는 성분명 및 배합비율		
No.	원재료명 또는 성분명	배합비율(%)
1	보리	
2	올리고당	
3	현미	
4	곡류가공품 [알파미분]	
5	두유가공품	
6	ℓ-대두단백	
7	ℓ-레시틴	
8	기타가공품 [농축유청단백분말]	
9	ℓ-농축유청 [농축유청단백질]	
10	ℓ-대두레시틴(고시형)	
11	옥수수	
12	과당	
13	흑미	
14	난소황성알도덱스트린(고시형)	
15	기타가공품 [멀티비타민미네랄믹스N]	
16	ℓ-해조갈슘	
17	ℓ-비타민C(고시형)	
18	ℓ-비타민D총합제제	
19	ℓ-니코틴산아미드	
20	ℓ-본일비타민A총합제제 [비타민A총합제제]	
21	ℓ-부마르산제일철	

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

발급번호 : 1281-XFMC-087J-0FJU-V05U



원재료명 또는 성분명 및 배합비율		
No.	원재료명 또는 성분명	배합비율(%)
22	ℓ-산황아연	
23	ℓ-염산	
24	ℓ-비타민B6염산염총합제제 [비타민B6염산염]	
25	ℓ-비타민B1염산염(고시형)	
26	ℓ-비타민B2(고시형)	
27	수수	
28	아몬드	
29	검정깨(흑임자)	
30	가르시니아암보지아껍질추출물	
31	과제가공품류 [세븐베리농축혼합분말]	
32	효소처리스타비아	
용도용법	1회 1개(35g)를 우유200ml 또는 두유 200ml과 같이 섭취하십시오.	
보관방법 및 포장재질	살균보관 용기(PET), 우경(PE)	

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

- ④ 서울국제식품산업대전 출전 및 제품 홍보
- ㉠ 일시 및 장소 : 2018.05.01~04
- ㉡ 내용 : 식사에 반하다 다이어트밀 홍보 및 바이어 미팅



- ⑤ 파워블로거 블로그 홍보
- ㉠ 파워블로거 블로그 제품 리뷰 10명
- ㉡ 리뷰 확인 링크

https://m.blog.naver.com/loveveg1227/221387771563
https://blog.naver.com/clover_sky/221387123215
https://blog.naver.com/muy_bien/221387386969
https://m.blog.naver.com/PostView.nhn?blogId=heroine_ms&logNo=221386853518&navType=tl&proxyReferer=http%3A%2F%2Fwww.seoulouba.co.kr%2Fhtml%2Fcategory%2Fcamp_detail_regview.asp%3FCAMP_NO%3DC0068450
https://blog.naver.com/mel5959/221386536789
https://m.blog.naver.com/memo0926/221386343502
https://blog.naver.com/bigsun1124/221386036272
https://blog.naver.com/dudehcjwk/221385982452
https://m.blog.naver.com/mj403/221385538030
https://blog.naver.com/korealeekim/221384597944

제 2절: 제1협동 연세대학교 (연구책임자 : 황재관)

- 연구제목: 국내산 통곡 및 발아곡류를 이용한 특수용도식품의 유용성 연구
- 연구개발목표
 - 체중조절용 조제식품의 *in vivo* 동물시험 유효성 평가 및 유용성 표시 타당성 검증
 - 당뇨환자용 조제식품의 *in vivo* 동물시험 유효성 평가 및 유용성 표시 타당성 검증
 - 영유아용 곡류조제식 *in vivo* 동물시험 유효성 평가 및 유용성 표시 타당성 검증

1. 차년도 title : 체중조절용 조제식품의 유용성 평가 및 유용성 표시 타당성 검증

1-1. 체중조절용 조제식품의 *in vivo* 동물시험 유효성 평가

가. 체중조절개선 검증군

1) 식이섭취량 및 체중 변화

- 4주령 C57BL/6마우스(Daehan Biolink, Chungbuk, Korea)를 1주일간 적응시키고 정상식이 대조군, 고지방식이 대조군, 고지방식이+선식군으로 각각 7마리씩 총 3군으로 임의적으로 나누어 실험에 이용하였다. 정상식이 대조군, 고지방식이 대조군은 12주 동안 각각의 식이를 공급하고 고지방식이+선식군은 8주 동안 고지방식이로 비만을 유도한 후, 고지방식이+선식 사료를 공급하였다.

- 마우스의 식이량과 개체의 무게를 주 2회 측정하였다. 고지방식이군은 정상식이군과 비교하여 체중이 0.01 수준으로 유의적인 증가를 보였으며, 실험동물의 희생직전에 측정 한 최종 체중은 고지방식이군이 42.87 g이고 고지방식이+선식군이 37.78 g으로 선식 섭취에 의해 체중이 12% 감소하였다(그림 1-1). 식이량에는 뚜렷한 변화가 없었다(그림 1-2).

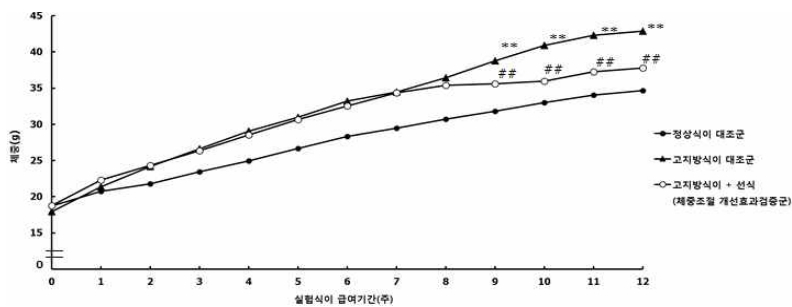


그림 1-1. 체중조절개선 검증군의 체중변화량.

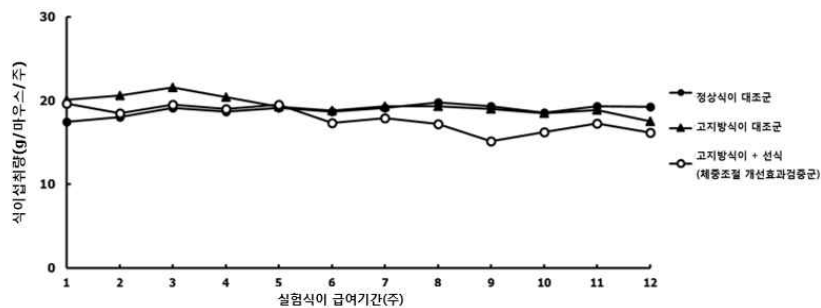


그림 1-2. 체중조절개선 검증군의 음식섭취량.

- 또한, 식이효율(FER: food efficiency rate)은 고지방식이+선식군에서 0.09으로 고지방식이의 식이효율 0.11보다 감소하여 0.01 수준의 유의차를 보였다. 이는 비만 쥐가 동량의 식이량을 섭취하였을 때 선식의 섭취가 체중을 줄였음을 확인할 수 있었다. 따라서 선식 섭취는 유의적으로 체중을 감소시킴으로써 체중조절 개선 효과에 매우 우수한 것으로 나타났다.

2) 혈중 지질농도 측정

- 마우스 심장에서 채취한 혈액에서 분리한 혈청의 중성지방, 총 콜레스테롤, 저밀도 콜레스테롤, 고밀도 콜레스테롤 농도는 자동혈액분석기(automated biochemical analyzer; Mindray, Nanshan, Shenzhen, China)를 이용하여 분석하였다.
- 그 결과 혈청의 중성지방, 총 콜레스테롤, 저밀도 콜레스테롤 함량은 고지방식에 의해 정상식이 대조군과 고지방식이 대조군간의 유의한 차이를 보였다(그림 1-3). 또한, 중성지방, 저밀도 콜레스테롤 함량은 고지방식이 대조군과 고지방식이+선식군은 통계학적으로 유의한 차이는 없었으나, 감소하는 경향성을 보였다.
- 총 콜레스테롤 대비 고밀도 콜레스테롤이 차지하는 비율이 고지방식이 대조군이 정상식이 대조군과 비교하였을 때 0.01수준으로 감소하였고, 고지방식이+선식군이 고지방식이 대조군과 비교하였을 때 0.05 수준의 유의차로 증가하였다. 따라서 선식의 섭취는 혈중 지질의 개선효과가 우수한 것을 확인할 수 있었다.

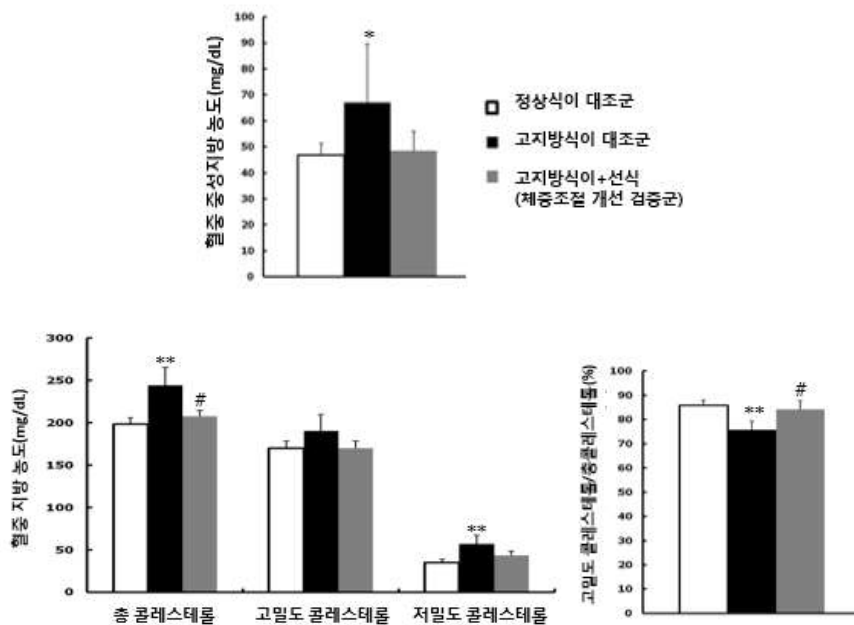


그림 1-3. 체중조절개선 검증군의 혈중 지질농도.

3) 지방량 및 지방무게 증가 효과

- 8주간 비만 유도한 다음 4주간의 선식을 섭취한 후, animal positron emission tomography (PET)/CT/single photon emission tomography (SPECT) system

(INVEON, Siemens, Washington, DC, USA)을 이용하여 얻은 Micro-CT image 분석을 이용하여 지방량 및 지방무게를 측정하였다(그림 1-4).

- 그 결과 고지방식이+선식군의 지방량이 고지방식이군에 비해 감소한 것을 확인하였으며, 이미지 분석(Inveon Acquisition Workplace, Simens)을 통해 지방 부피 수치가 30% 감소한 것을 확인하였다. 또한, 각각의 마우스를 12시간 이상 절식시키고 나서 복부를 절개한 다음, 신속하게 부고환지방, 피하지방 및 신지방을 적출하여 무게를 측정하였다. 고지방식이+선식군은 부고환지방, 피하지방, 신지방량이 고지방식이군에 비해 각각 18%, 33%, 19% 감소한 것을 확인하였다.

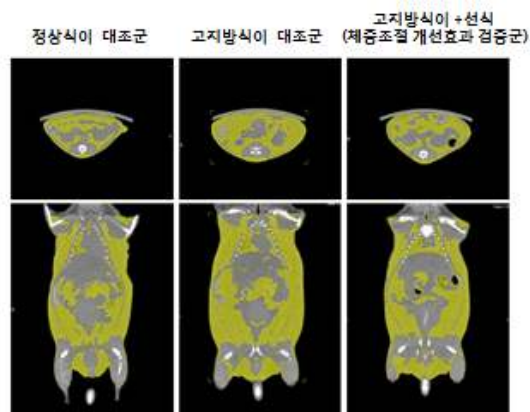


그림 1-4. 복부지방의 Micro-CT image.

4) 지방 세포 크기 측정

- 지방 세포의 크기를 측정하기 위해 지방조직은 hematoxylin & eosin (H&E)로 염색하였다(그림 1-5). 촬영한 이미지는 Image J software version 1.47 (National Institutes of Health, Bethesda, MD, USA)를 통하여 정량화하였다(그림 1-6).
- 정상식이 대조군에 비해 고지방식이 대조군의 지방세포 크기가 증가한 것을 확인할 수 있었고, 선식을 함께 섭취한 고지방식이+선식군은 고지방식이군에 비해 지방세포 크기가 59% 감소한 것을 확인할 수 있었다.



그림 1-5. H&E 염색을 통한 지방세포 크기 관찰.

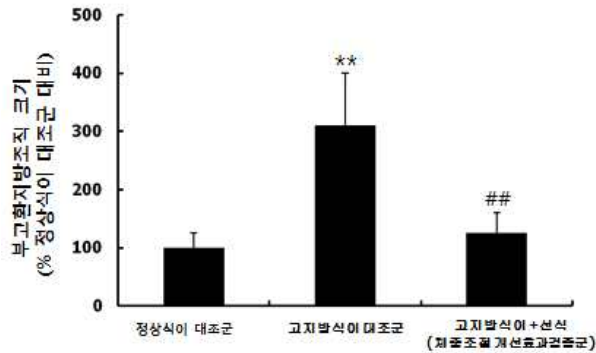


그림 1-6. H&E 염색을 통한 지방세포 크기 측정.

5) 간의 중성지방량 감소 측정

- 지방간 축적량을 측정하기 위해 간은 H&E로 염색되었다. Eclipse TE2000U Inverted Microscope with twin CCD cameras (magnification, X400; Nikon, Tokyo, Japan)로 촬영하여 관찰하였다(그림 1-7).
- 정상식이 대조군에 비해 고지방식이 대조군의 간에 더 많은 지방 방울이 축적된 것을 확인할 수 있었고, 고지방식이+선식군의 경우 선식을 섭취함에 따라 지방 방울 양이 고지방식이에 비해 현저히 감소한 것을 확인 하였다.

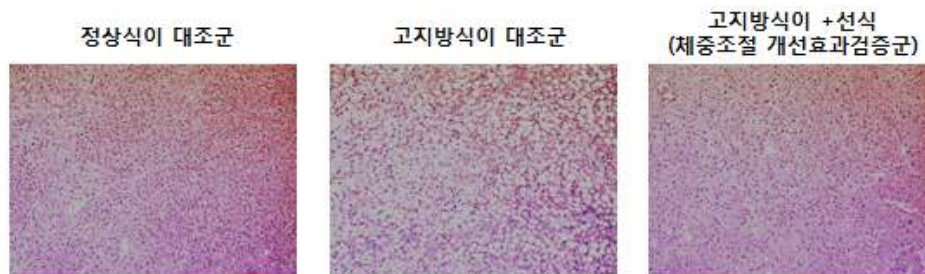


그림 1-7. 간 내의 지방분포 관찰

6) 간의 중성지방량 감소 측정

- 지방분화 전사인자인 PPAR γ , C/EBP α 및 SREBP-1c는 지방전구세포에서 성숙한 지방세포로 분화하는 과정에 관여하는 주요 단백질이다.
- 마우스로부터 부고환 지방(epididymal fat)을 적출한 후, 부고환지방 조직과 3T3-L1 지방세포에서 웨스턴블랏(western blot)과 RT-PCT을 통해 PPAR γ , C/EBP α , SREBP-1c의 단백질 및 mRNA 발현 증량을 확인하였다(그림 1-8, 1-9).
- 그 결과, 지방분화과정의 핵심 전사인자의 단백질 및 mRNA 발현량이 정상식이 대조군과 비교하여 고지방식이 대조군에서 증가하였다. 또한, 고지방식이와 비교하여 고지방식이+선식군에서 지방세포 분화과정의 핵심 전사인자인 PPAR γ , C/EBP α , SREBP-1c의 단백질 발현량이 감소하였다.

- 또한, 3T3-L1 지방세포에서 MDI로 성숙한 지방세포로 분화를 유도한 후, 1, 10, 100 ug/ml의 농도를 처리하였을 때 농도 의존적으로 지방분화 전사인자의 mRNA 발현량이 감소하는 것을 확인하였다. 따라서 설탕의 섭취가 지방 세포 분화과정의 핵심 전사 인자를 감소시켜 지방조직 내에서 지방생성 신호전달이 억제되는 것을 확인하였다.

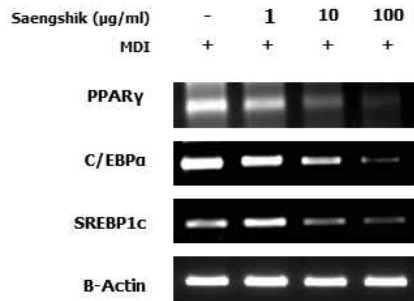


그림 1-8. 3T3-L1 지방세포의 지방분화 전사인자 mRNA 발현량.

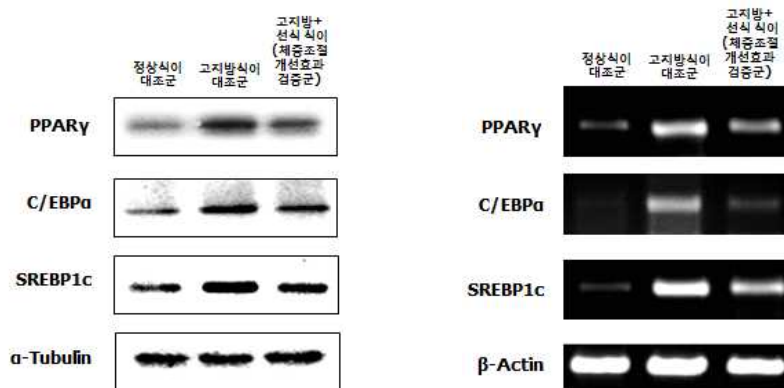


그림 1-9. 지방조직의 지방분화 전사인자 mRNA 발현량.

7) 지방조직에서의 Wnt/ β -카테닌 신호전달계 활성 촉진효과

- 지방세포분화 전사인자인 PPAR γ , C/EBP α , SREBP-1c을 억제하는 Wnt/ β -카테닌 신호 전달계의 주요 유전자는 β -카테닌과 p-GSK3 β 이다. Wnt/ β -카테닌 신호전달계 주요 유전자의 단백질 발현량이 정상식이 대조군과 비교하여 고지방식이 대조군에서 감소하였다(그림 1-10).
- 또한, 고지방식이 대조군과 비교하여 실시예에서 Wnt/ β -카테닌 신호전달계 주요 유전자인 β -카테닌 및 p-GSK3 β 의 단백질 발현량이 증가하였다. 따라서 통곡물 설탕 분말의 섭취가 지방조직 내에서 Wnt/ β -카테닌 신호전달계 활성 촉진하여 지방세포분화 전사 인자를 억제하는 것을 확인하였다.

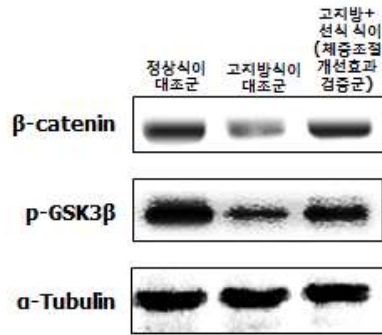


그림 1-10. 지방조직의 지방생성효소 mRNA 발현량.

8) 지방생성에 관여하는 효소의 mRNA 감소 효과

- ACC와 FAS는 지방 합성에 관여하는 여러 가지 효소들 중에 지방 합성률을 조절해주는 주요 효소이다. AMPK는 지방산의 합성과 분해를 매개함으로써 체내 에너지 항상성 유지의 중요한 역할을 한다. 활성화된 AMPK는 지방세포화 인자의 발현을 억제함으로써 지방생성에 관여하는 주요 효소인 ACC와 FAS를 억제시킨다. 마우스로부터 부고환 지방(epididymal fat)을 적출한 후, RT-PCR을 통해 ACC와 FAS의 mRNA 발현을 확인하였으며, 웨스턴 블랏을 통해 AMPK의 발현량을 확인하였다(그림 1-11).
- 그 결과, 지방생성과정의 핵심 효소의 mRNA 발현량이 정상식이 대조군과 비교하여 고지방식이 대조군에서 증가하였다. 또한, 고지방식이 대조군과 비교하여 고지방식이+선식군에서 지방세포 생성과정의 핵심 효소인 ACC와 FAS의 mRNA 발현량이 감소하였다.
- 또한 지방생성효소를 억제하는 AMPK는 고지방식이+선식군에서 단백질 발현량이 증가하였다. 따라서 통곡물 선식 분말의 섭취가 지방 세포 생성 과정의 핵심 효소를 감소시켜 지방조직 내에서 지방생성을 억제하는 것을 확인하였다.

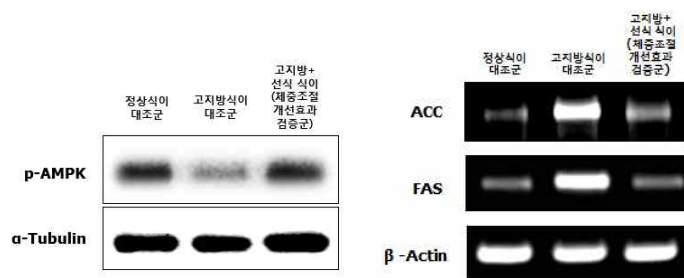


그림 1-11. 지방조직의 지방생성효소 단백질 및 mRNA 발현량.

9) 지방산화에 관여하는 주요 mRNA의 감소 효과

- CPT-1, UCP2, UCP3는 지방산이 미토콘드리아로 이동하는 것을 증진시키고 따라서 미토콘드리아 내에서의 β-oxidation을 촉진시킴으로써 지방으로부터의 에너지 생산을 증가시키는데 관여한다. 마우스로부터 부고환 지방(epididymal fat)을 적출한 후, RT-PCR을 통해 CPT-1, UCP2, UCP3의 mRNA 발현을 확인하였다(그림 1-12).

- 그 결과, 지방산화 마커인 CPT-1, UCP2, UCP3의 mRNA 발현량이 정상식이 대조군과 비교하여 고지방식이 대조군에서 증가하였다. 또한, 고지방식이 대조군과 비교하여 고지방식이+선식군에서 지방세포 생성과정의 핵심 효소인 CPT-1, UCP2, UCP3의 mRNA 발현량이 감소하였다. 이는 지방세포 과도한 fatty acid양에 의해 CPT-1, UCP2, UCP3가 증가된 것으로 사료된다. 따라서 통곡물 선식 분말의 섭취가 지방세포의 fatty acid 양을 감소시킨 것을 확인하였다.

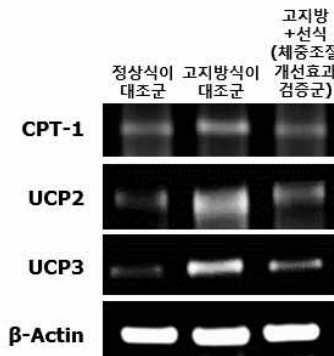


그림 12. 지방조직의 지방산화관련 mRNA 발현량.

10) 근육 부피 증가 효과

- 체중조절개선 검증군은 8주 동안 고지방식이로 비만을 유도 후, 4주간 고지방식이+선식을 공급한 후, 뒷다리 근육 부위별 무게와 micro-CT 분석으로 근육부피를 측정하여 근육량을 검증하였다(그림 13). 또한 근력을 측정하기 위하여 grip strength를 이용하였다.
- 그 결과, 체중조절개선 검증군에서 고지방식이군과 비교하여 고지방+선식이군에서 장딴지근이 6%, 넙치근이 16%, 전경골근이 6% 증가하였고 장지신근은 13% 증가하였다. 또한, 앞다리 근력은 고지방식이 대조군과 비교하여 고지방식이+선식군에서 18% 증가하였다. 이러한 결과로부터 선식은 근육량 및 근육무게를 효과적으로 증가시키는 것으로 판단된다.



그림 1-13. 뒷다리 근육의 micro-CT image.

나. 체중조절 예방 효과 검증군

1) 식이섭취량 및 체중 변화

- 4주령 C57BL/6마우스(Daehan Biolink)를 1주일간 적응시키고 정상식이 대조군, 고지방식이 대조군, 고지방식이+선식군으로 각각 7마리씩 총 3군으로 임의적으로 나누어 실험

험에 이용하였다. 정상식이 대조군, 고지방식이 대조군은 12주 동안 각각의 식이를 공급하고 고지방식이+선식군은 8주 동안 고지방식으로 비만을 유도한 후, 4주 동안 고지방식이+선식 사료를 공급하였다.

- 마우스의 식이량과 개체의 무게를 주 2회 측정하였다. 고지방식이군은 정상식이군과 비교하여 체중이 유의적($p < 0.01$)으로 증가되었으며, 실험동물의 희생직전에 측정한 최종 체중은 고지방식이군이 45.38 g이고 고지방식이+선식군이 41.91 g으로 선식 섭취에 의해 체중이 8% 유의적($p < 0.05$)으로 감소하였다(그림 1-14). 군간의 식이량 변화는 없었다(그림 1-15).

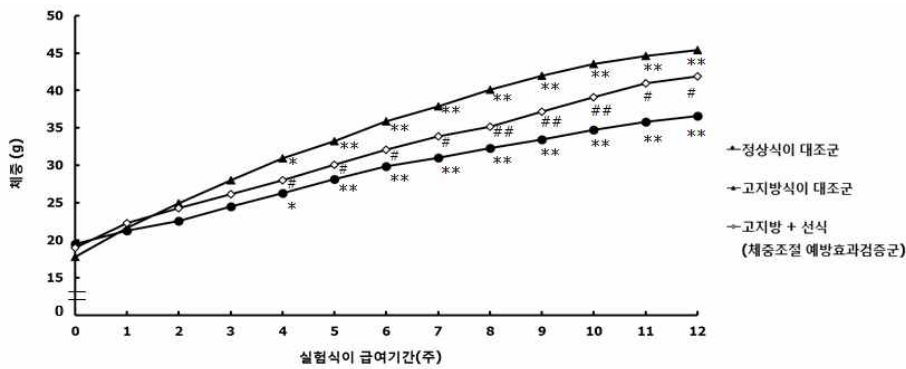


그림 1-14. 체중조절예방 검증군의 체중변화량.

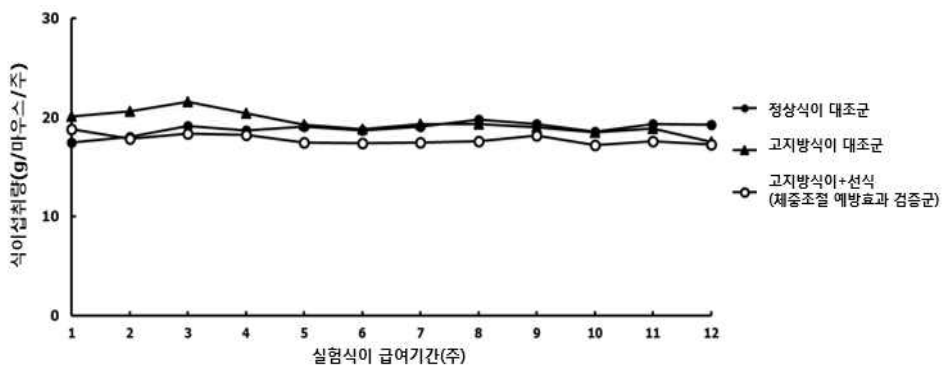


그림 1-15. 체중조절예방 검증군의 음식섭취량.

- 식이효율(FER: food efficiency rate)은 고지방식이+선식군에서 0.09으로 고지방식이의 식이효율 0.11 보다 감소하여 0.05 수준의 유의차를 보였다. 이는 비만 쥐가 동량의 식이량을 섭취하였을 때 선식의 섭취가 체중을 줄였음을 확인할 수 있었다. 따라서 선식 섭취는 유의적으로 체중을 감소시킴으로써 체중조절 개선 효과에 매우 우수한 것으로 나타났다.

2) 혈중 지질농도 측정

- 마우스 심장에서 채취한 혈액에서 분리한 혈청의 중성지방, 총 콜레스테롤, 저밀도 콜레스테롤, 고밀도 콜레스테롤 농도는 자동혈액분석기(automated biochemical analyzer;

Mindray)를 이용하여 분석하였다.

- 그 결과 혈청의 중성지방, 총 콜레스테롤은 정상식이 대조군과 고지방식이 대조군간의 0.01 수준의 유의한 차이를 보였다(그림 1-16). 또한, 중성지방, 저밀도 콜레스테롤 함량은 고지방식이 대조군과 고지방식이+선식군은 통계학적으로 유의한 차이는 없었으나, 감소하는 경향성을 보였다.
- 총 콜레스테롤 대비 고밀도 콜레스테롤이 차지하는 비율은 고지방식이 대조군이 정상식이 대조군과 비교하였을 때 0.01 수준으로 감소하였고, 고지방식이+선식군이 고지방식이 대조군과 비교하였을 때 0.01 수준의 유의차로 증가하였다. 따라서 선식의 섭취는 혈중 지질의 개선효과가 우수한 것을 확인할 수 있었다.

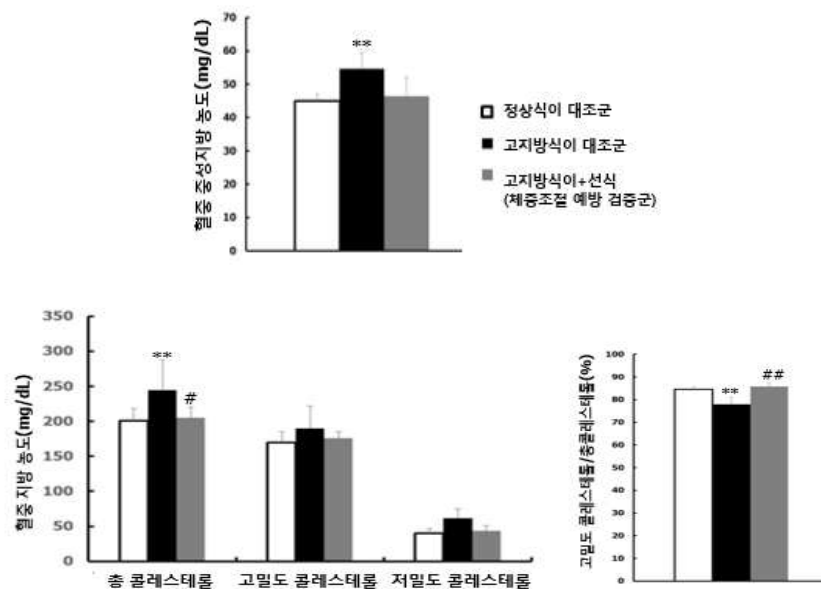


그림 1-16. 체중조절예방 검증군의 혈중 지질농도.

3) 지방량 및 지방무게 증가 효과

- 12주 동안 선식을 섭취한 후, PET/CT/SPECT system (INVEON)을 이용하여 얻은 Micro-CT image 분석을 이용하여 지방량 및 지방무게를 측정하였다.
- 그 결과 고지방식이+선식군의 지방량이 고지방식이군에 비해 감소한 것을 확인하였으며, 이미지 분석(Inveon Acquisition Workplace, Siemens)을 통해 지방 부피 수치가 20% 감소한 것을 확인하였다(그림 1-17).
- 또한, 각각의 마우스를 12시간 이상 절식시키고 나서 복부를 절개한 다음, 신속하게 부고환지방, 피하지방 및 신지방을 적출하여 무게를 측정하였다. 고지방식이+선식군은 부고환지방, 피하지방, 신지방량이 고지방식이군에 비해 각각 13%, 28%, 16% 감소한 것을 확인하였다.

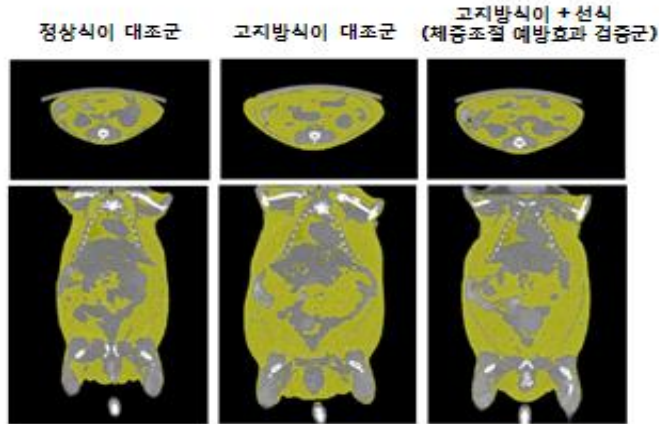


그림 1-17. 복부지방의 Micro-CT image

4) 지방 세포 크기 측정

- 지방 세포의 크기를 측정하기 위해 지방조직은 H&E로 염색하였다(그림 1-18). 촬영한 이미지는 Image J software version 1.47 (National Institutes of Health)를 통하여 정량화하였다(그림 1-19). 정상식이 대조군에 비해 고지방식이 대조군의 지방세포 크기가 증가한 것을 확인할 수 있었고, 선식을 함께 섭취한 고지방식이+선식군은 고지방식이군에 비해 지방세포 크기가 42% 감소한 것을 확인할 수 있었다.

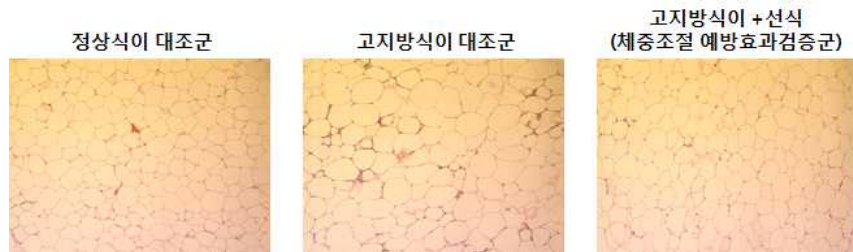


그림 1-18. H&E 염색을 통한 지방세포 크기 관찰.

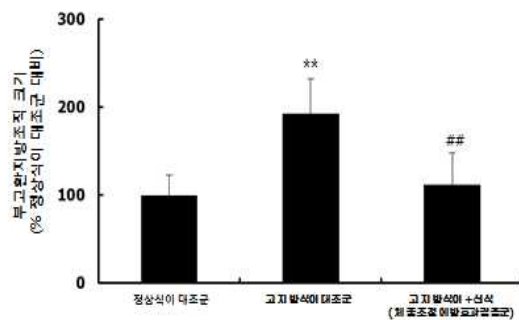


그림 1-19. H&E 염색을 통한 지방세포 크기 측정.

5) 간의 중성지방량 감소 측정

- 지방간 축적량을 측정하기 위해 간은 H&E로 염색되었다. Eclipse TE2000U Inverted Microscope with twin CCD cameras (magnification, X400; Nikon)로 촬영하여 관찰하였다.

- 정상식이 대조군에 비해 고지방식이 대조군의 간에 더 많은 지방 방울이 축적된 것을 확인할 수 있었고, 고지방식이+선식군의 경우 선식을 섭취함에 따라 지방 방울 양이 고지방식에 비해 현저히 감소한 것을 확인 하였다(그림 1-20). 또한, Triglyceride assay kit를 이용하여 고지방식이+선식군의 중성지방의 양이 고지방식이군 대비 36% 감소한 것을 확인하였다.

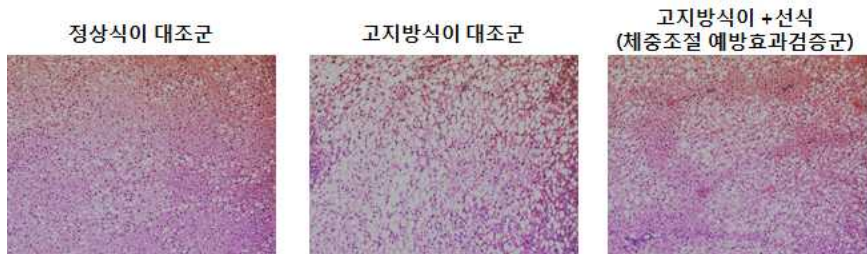


그림 1-20. 간 내의 지방분포 관찰.

6) 근육량 및 근육무게 증가 효과

- 체중조절예방 검증군은 12주 동안 고지방식이+선식을 공급한 후, 뒷다리 근육 부위별 무게와 micro-CT 분석으로 근육부피를 측정하여 근육량을 검증하였다(그림 1-21).
- 체중조절예방 검증군에서 고지방식이군과 비교하여 고지방+선식이군에서 장딴지근이 5%, 넙치근이 13%, 전경골근이 9% 증가하였고 장지신근은 7% 증가하였다. 또한, 앞다리 근력은 고지방식이 대조군과 비교하여 고지방식이+선식군에서 22% 증가하였다. 이러한 결과로부터 선식은 근육량 및 근육무게를 효과적으로 증가시키는 것으로 판단된다.



그림 1-21. 뒷다리 근육의 Micro-CT image.

1-2. 체중조절용 조제제품의 유용성 표시타당성 검증

가. 체중조절용 조제식품의 광고 심의기준 조사

- 2013년 한국식품산업협회에서 발표한 '특수용도식품 표시·광고 관련 법규 및 심의사례' 보고서의 특수용도식품 광고심의 통계에 따르면 체중조절용 조제식품이 가장 많은 심의사례 비율을 차지하는 것을 확인 할 수 있다(그림 1-22).

식품유형	세부유형	총 계				인쇄매체				방송매체			
		계	적합	수정 적합	부적합	계	적합	수정 적합	부적합	계	적합	수정 적합	부적합
영유아용식품	영아용 조제식	8	1	6	1	8	1	6	1	0	0	0	0
	성장기용 조제식	211	27	167	17	187	19	151	17	24	8	16	0
	영유아용 곡류조제식	11	1	8	2	11	1	8	2	0	0	0	0
	기타 영유아식	192	110	81	1	190	109	80	1	2	1	1	0
특수 의 료 용 도 등 식 품	환자용균형영양식	48	13	35	0	48	13	35	0	0	0	0	0
	당노환자용식품	4	1	3	0	4	1	3	0	0	0	0	0
	신장질환용식품	3	2	1	0	3	2	1	0	0	0	0	0
	장질환용 가수분해식품	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
	일량및영양공급용 의료용도식품	17	2	14	1	17	2	14	1	0	0	0	0
	선천성 대사질환자용식품	5	0	5	0	5	0	5	0	0	0	0	0
	영유아용 특수조제식품	17	5	9	3	17	5	9	3	0	0	0	0
	연하곤란환자용 철도중립식품	5	1	4	0	5	1	4	0	0	0	0	0
세중조제용조제식품	799	96	580	123	638	71	488	79	161	25	92	44	
임산수유부용식품	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	
총 계	1322	260	914	148	1135	226	805	104	187	34	109	44	

그림 1-22. 특수용도식품의 유용성 표시 사례.

- 식품의약품 안전처에서 고시된 특수용도식품 관련 법규에 따르면 특수용도식품 표시·광고 심의 기준은 다음과 같이 고시되어있다(그림 1-23).

특수용도식품 표시 및 광고심의기준

-식품의약품안전처 고시 제2013-83호 제4조-

● 유용성표시

- 해당 식품에 들어있는 영양성분의 기능 및 작용 등 유용성 표시를 함에 따른 과학적 객관적인 근거를 확보해야 함
- '영양성분'의 기능 및 작용에 대한 표현은 [식품등의 표시기준]에서 정하는 영양성분 표시 사용가능
- [식품등의 표시기준]에 적합한 경우에 한하여 '함유', '풍부', '강화' 및 '더' 등의 영양소 함량 강조표시 사용가능

식품등의 표시기준	
-식품의약품안전처고시 제 2015-77호-	
제2조	
<ul style="list-style-type: none"> 영양성분 : 에너지를 공급하거나 신체의 성장, 발달, 유지에 필요한 것 또는 결핍시 특별한 생화학적, 생리적 변화가 일어나게 하는 것 영양성분표시 : 제품의 일정량에 함유된 영양성분의 함량 표시 영양강조표시 : 제품에 함유된 영양성분의 함유사실 또는 함유정도를 "무", "저", "고", "강화", "첨가", "감소" 등의 특정한 용어 사용 	<ul style="list-style-type: none"> 영양성분 함량강조표시 : 영양성분의 함유사실 또는 함유정도를 "무○○", "저○○", "고○○", "○○함유" 등으로 표현 영양성분 비교강조표시 : 영양성분의 함유사실 또는 함유정도를 "덜", "더", "강화", "첨가" 등의 표현으로 같은 유형의 제품과 비교

그림 1-23. 특수용도식품 표시·광고 심의 기준.

- 특수용도식품 표시 및 광고심의 기준 제 8조 제 2항 제 4호의 허위표시, 과대광고로 보지 아니하는 표시 및 광고의 범위이다(그림 1-24).

<ul style="list-style-type: none"> ● 유용성 1. 신체조직과 기능의 일반적인 증진 <ul style="list-style-type: none"> - 인체의 건전한 성장 및 발달과 건강한 활동을 유지하는데 도움을 준다는 표현 - 건강유지, 건강증진, 체력유지, 체질개선, 식이요법, 영양보급 등에 도움을 준다는 표현 - 특정질환을 지칭하지 아니하는 단순한 권장 내용의 표현 2. 식품영양학적으로 공인된 사실 또는 제품에 함유된 영양성분의 기능 및 작용에 관한 표현 <ul style="list-style-type: none"> - 비타민 ○는 ○○ 작용을 하여 건강에 도움을 줄 수 있다는 표현 - 칼슘은 뼈와 치아의 형성에 필요한 영양소라는 표현 3. 건강기능식품에 관한 법률제조에 따라 건강기능식품의 기준 및 규격에서 정한 영양소의 기능성분 함량
<ul style="list-style-type: none"> ● 용도 : 제품의 제조목적이나 주요 용도에 대한 다음의 표현 또는 이와 유사한 표현 <ul style="list-style-type: none"> - 해당 제품이 유아식, 환자식 등으로 섭취하는 특수용도식품이라는 표현 - 해당 제품이 성장기, 수유기, 갱년기 등 사람의 영양보급을 목적으로 개발된 제품이라는 것과 이와 유사한 표현
<ul style="list-style-type: none"> ● 섭취방법·섭취량에 관한 다음의 표현 또는 이와 유사한 표현 <ul style="list-style-type: none"> - 해당 제품의 식품영양학적 기준으로 가장 적합하다고 생각되는 섭취방법 또는 섭취량의 표현

그림 1-24. 허위표시, 과대광고로 보지 아니하는 표시 및 광고의 범위.

- 특수용도식품 표시·광고 관련 법규 및 심의 사례집에 따르면 체중조절용 조제식품 표시 광고 심의사례의 삭제내용과 삭제사유를 살펴본 결과를 다음과 같이 정리하였다(그림 1-25).

삭제내용	삭제사유
<ul style="list-style-type: none"> ● 식이섬유의 노폐물, 배변활동관련 <ul style="list-style-type: none"> - 몸 속 노폐물 배출 - 다이어트를 위한 첫 출발점은 몸 속에 쌓여 있는 노폐물을 원활하게 배출 	<ul style="list-style-type: none"> ● 식이섬유가 체중조절에 도움 줄 수 있다는 표현 연계 사용불가 ● 노폐물 배출로 다이어트를 하는 것이 아님
<ul style="list-style-type: none"> ● 에너지발생 촉진 <ul style="list-style-type: none"> - 아침에는 에너지 생성, 저녁에는 지방 축적을 방지 - 흡수된 에너지의 발산을 촉진하는 기능 	<ul style="list-style-type: none"> ● 체중조절용 조제식품의 정의와 다른 표현
<ul style="list-style-type: none"> ● 의약품, 질병치료 <ul style="list-style-type: none"> - 건강까지 고려된 처방 - 설사예방, 변비예방, 변비해소 	<ul style="list-style-type: none"> ● 의약품, 질병 치료 오인표현
<ul style="list-style-type: none"> ● 체지방감소 등 <ul style="list-style-type: none"> - 체지방분해 - 체지방감량, 체지방 감소 - 체지방 합성 차단 	<ul style="list-style-type: none"> ● 기능성 표현의 내용
<ul style="list-style-type: none"> ● 부원료 기능성분 및 강조표시 (식이섬유, 가르시니아카모보시아, 효소 등) <ul style="list-style-type: none"> - 식이섬유를 다량 함유시켜 공복 시 포만감, 원활한通便, 지방의 축적을 억제하게 하여 다이어트에도 효과 - 포만감에 도움을 주는 식이섬유 	<ul style="list-style-type: none"> ● 건강기능식품에서 원료로 인정된 것을 체중조절용 조제식품에 기능성 등을 표시 광고하여서는 안됨 ● 부원료는 최소한의 함유사실정도만 허용






그림 1-25. 체중조절용 조제식품 표시광고 심의사례.

나. 체중조절용 조제식품의 유용성 표시 문구 조사

- 시판 중인 체중조절용 조제식품의 유용성 표시문구는 다음과 같다 (표 1-1). 특수용도식

식품 관련 법규의 특수용도식품 표시·광고 심의 기준에 따라 의약품 및 질병을 오인할 수 있는 표현, 기능성 표현은 하지 않으며 주로 '체중조절에 도움이 됩니다', '가르시니아 캄보지아 함유'와 같은 표현을 사용하였다.

표 1-1. 체중조절용 조제식품 유용성 표시 문구

	사례	유용성 표시 문구
허벌라이프	 <p>Formula 1 Nutritional Shake Mix 뉴트리셔널 셰이크 믹스</p> <p>건강을 증진하고 체중을 관리하는 데 도움을 줍니다.</p> <p>다양한 영양소를 함유하고 있어, 건강한 체중 유지를 돕고, 체중 조절을 위한 식사의 대안으로 적합합니다.</p> <p>다양한 맛과 향을 제공하며, 건강한 체중 유지를 돕고, 체중 조절을 위한 식사의 대안으로 적합합니다.</p>	<ul style="list-style-type: none"> 건강유지 및 증진을 위해 아침식사로 즐기거나 건강한 체중조절을 위해 식사 대신 섭취하십시오. 체중 조절을 위한 섭취방법 제시 (체중감량, 체중유지, 체중증량)
(주)뉴트리 바이오텍	 <p>Share My Place 다양한 섭취방법</p> <p>체중조절을 위한 섭취방법</p> <p>다양한 영양소를 함유하고 있어, 건강한 체중 유지를 돕고, 체중 조절을 위한 식사의 대안으로 적합합니다.</p>	<ul style="list-style-type: none"> 고른영양으로 매일매일 건강하게! 하루 한번 일정한 시간에 꾸준히 섭취하시면 체중유지에 도움이 됩니다. 체중 조절을 위한 섭취방법 제시 (체중증량)
보령	 <p>Share My Place 다양한 섭취방법</p> <p>Protein Snack 다이어트 2.25kg</p> <p>다양한 영양소를 함유하고 있어, 건강한 체중 유지를 돕고, 체중 조절을 위한 식사의 대안으로 적합합니다.</p>	<ul style="list-style-type: none"> 체중조절, 체질개선 다이어트 표현 사용 열량을 낮추어서 건강한 칼로리 설계 표현 사용 필수영양소 (비타민, 미네랄) 포함시켜 저칼로리 강조 가르시니아캄보지아 추출물을 함유하고 있어 다이어트 및 체질개선에 도움 비타민, 미네랄이 함유 되어 있어 다양한 영양소 섭취 가능 고함량의 단백질 강조
스프렉사	 <p>All Protein Mix 뉴트리셔널 믹스</p> <p>다양한 영양소를 함유하고 있어, 건강한 체중 유지를 돕고, 체중 조절을 위한 식사의 대안으로 적합합니다.</p>	<ul style="list-style-type: none"> 열량을 낮추어서 낮은 칼로리 강조 부원료로 사용된 기능성 소재 '가르시니아 캄보지아'의 함유가 다이어트에 도움 단백질 함량을 높여 포만감 강조
해태	 <p>Calorie Balance</p> <p>다양한 영양소를 함유하고 있어, 건강한 체중 유지를 돕고, 체중 조절을 위한 식사의 대안으로 적합합니다.</p>	<ul style="list-style-type: none"> 당신을 위한 맞춤영양 밸런스 균형 잡힌 영양 섭취 및 날씬한 체형을 원하는 여대생 및 젊은 직장인을 위한 영양간식 식품영양학적으로 공인된 사실 또는 제품에 함유된 영양성분의 기능 및 작용에 관한 표현

다. 체중조절용 조제식품의 광고심의(안) 제시

- 본 연구진은 동물실험 결과를 바탕으로 (주)엄마사랑으로부터 제공받은 통곡 51%를 함유한 체중조절용 조제식품의 유용성 표시문구를 아래와 같이 제시하였다(그림 1-26). 이는 체중조절용 조제식품의 광고심의 기준, 심의사례와 시판되고 있는 체중조절용 조제식품의 유용성 표시 문구를 기반으로 적절한 유용성 표시문구를 제시한 것이다.

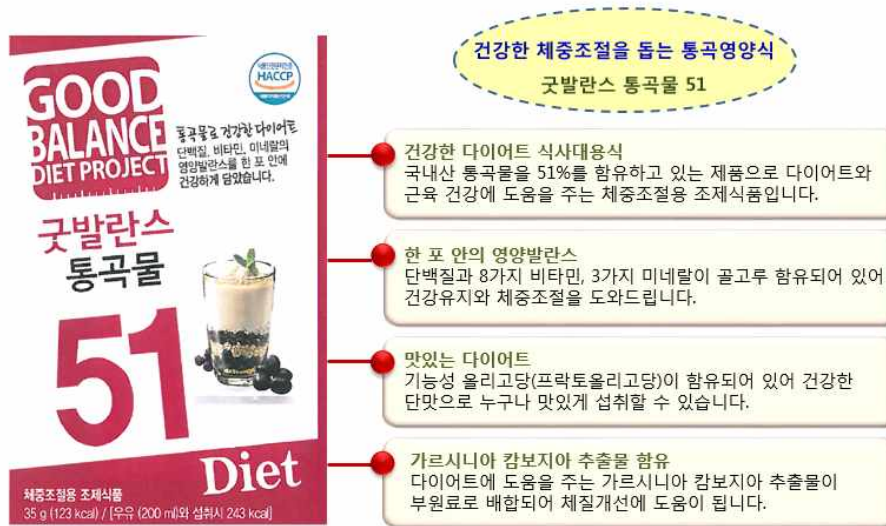


그림 1-26. 체중조절용 조제식품 광고심의(안).

1-3. 체중조절용 제품의 *in vivo* 동물시험 유효성 평가 및 유용성 표시 타당성 검증

- 본 연구에서는 통곡 51%를 함유한 선식의 체중조절과 근육증강에 대한 효능을 동물실험을 통해 검증하였다. 정상 마우스에 12주 동안 고지방식이+선식을 배합한 사료를 공급한 체중조절예방 검증군과 8주동안 고지방식으로 비만을 유도한 후 4주동안 고지방식이+선식을 배합한 사료를 공급한 체중조절개선 검증군으로 나누어 실험을 진행하였다.
- 체중조절예방 검증군과 체중조절개선 검증군 모두 고지방식이 대조군과 비교하여 고지방식이+선식군에서 체중이 감소하여 체중조절에 뛰어난 효과를 보였다. 또한, 고지방식이 대조군에 비해 고지방식이+선식군에서 근육량이 증가된 것을 확인함으로써 비만에 의해 근육의 양이 줄어드는(sarcopenic-obesity) 현상을 개선 시켜줄 수 있을 것으로 예상된다.
- 체중조절예방 및 체중조절개선군 모두 선식의 식이에 의해서 부고환 지방, 피하 지방, 신지방의 무게와 지방세포크기가 감소하였으나 근육의 무게는 증가하였으며, 선식의 식이에 의해 혈중지질 농도, 간내 중성 지방량의 개선 효과를 보였다.
- 선식에 의한 체중조절 예방 및 개선 효과는 지방조직에서 PPAR γ , C/EBP α , SREBP-1c의 단백질 및 mRNA의 발현량을 감소시켜 지방세포분화를 억제시킴으로써 체중 감소 효과를 나타내었다.

- 이는 51% 통곡을 함유하는 선식의 섭취가 Wnt/ β -카테닌의 신호전달계 활성을 촉진시켜 지방세포분화 전사인자가 억제되었다. 선식의 섭취는 지방세포생성 과정의 핵심 효소를 억제하는 AMPK를 증가시킴으로써 지방생성에 관여하는 주요 효소인 ACC와 FAS를 감소시켜 지방조직 내에서 지방생성을 억제하였다.
- 또한, 고지방식이 대조군은 과도한 fatty acid양에 의해 CPT-1, UCP2, UCP3가 증가된 것에 비해 고지방식이+선식군은 fatty acid양이 감소하여 CPT-1, UCP2, UCP3가 감소한 것을 확인하였다.
- 본 연구에서 사용한 통곡 51%를 함유한 선식은 지방세포분화 및 지방세포생성 과정을 억제함으로써 체중조절 효과를 보였으며, 비만으로 인한 근육감소를 저해시켰다.
- 본 연구에서 사용된 체중조절용 조제식품에 대해 ‘건강한 다이어트 식사대용식’, ‘한 포 안의 영양밸런스’ ‘맛있는 다이어트’ 등과 같은 유용성 표시문구를 제시하였다.
- 최종적으로, 동물실험 결과를 바탕으로 본 연구의 통곡은 체중조절용 조제식품으로 제시한 유용성 표시문구를 사용하여 산업적으로 활용될 수 있을 것으로 판단된다. 또한, 본 연구에서 통곡의 비만으로 인한 근육 감소의 억제 활성은 다른 제품과는 다른 차별점 및 산업적 확장성을 제시할 것으로 판단된다.

2. 2차년도 title : 당뇨병환자용 조제식품의 유용성 평가 및 유용성 표시 타당성 검증

2-1. 당뇨병환자용 조제식품의 *in vivo* 동물시험 유효성 평가

가. 식이, 식수량 및 체중의 변화

- 평균 식이량은 통곡함유식이군이 대조군에 비해 저함유군 36%, 고함유군 29% 감소하였으며 통계적으로 유의하였다(그림 2-1). 평균 식수량은 당뇨모델 마우스군 모두에서 당뇨가 진행됨에 따라 점차 증가하였으며 통곡함유식이군에서 대조군과의 유의한 차이는 발견되지 않았다(그림 2-2).

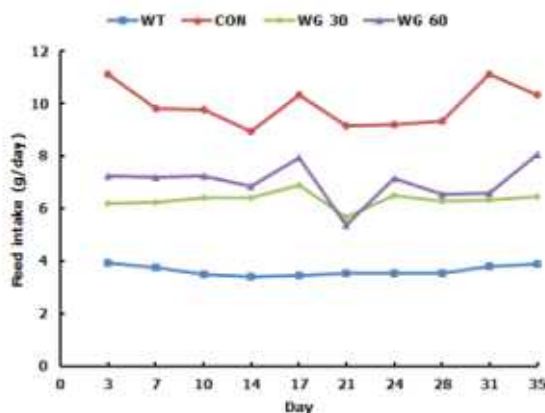


그림 2-1. 식이량 변화.

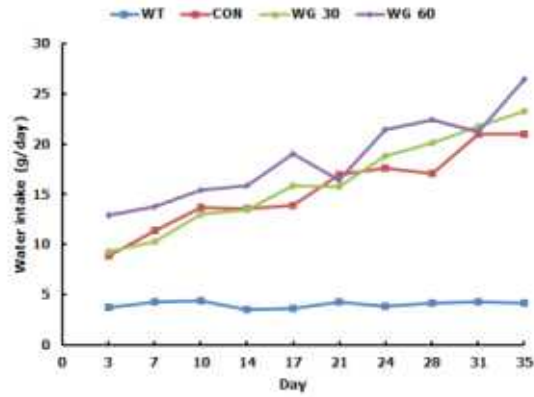


그림 2-2. 식수량 변화.

- 체중은 당뇨모델 마우스군 모두에서 점차 증가하였으나 통곡함유식이군에서 체중 증가를 억제하는 효과가 있었다. 최종 체중은 통곡함유식이군이 대조군에 비해 저함유군 4.3%, 고함유군 8.6% 감소하였으며 고함유군에서 통계적으로 유의하였다(그림 2-3).

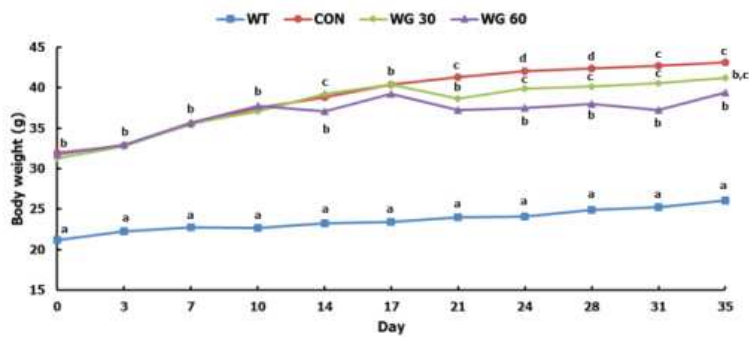


그림 2-3. 체중 변화.

나. 공복혈당 변화 측정

- 혈당 수치는 당뇨가 진행됨에 따라 당뇨모델 마우스군에서 모두 점차 증가하였으나 통곡함유식이군에서 혈당 수치를 감소시키는 효과를 확인하였다. 최종 혈당 수치는 통곡함유식이군이 대조군에 비해 저함유군 18%, 고함유군 27% 감소하였으며 통계적으로 유의하였다(그림 2-4).

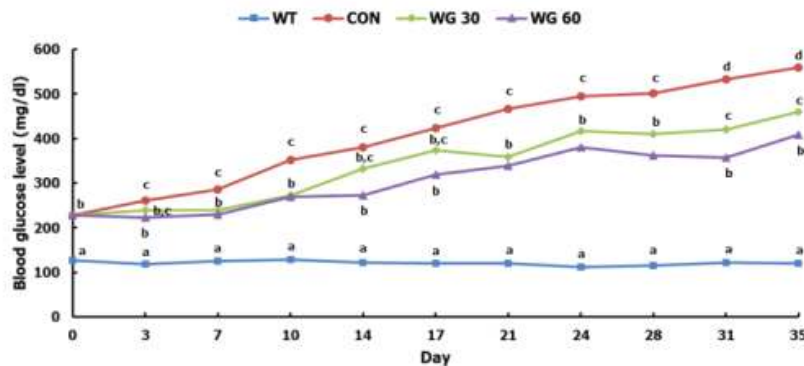


그림 2-4. 공복혈당 수치 변화.

다. 식후 포도당 농도 시간별 변화 측정

- 마우스에 포도당을 경구 투여 시 30분 이내에 급격하게 혈당이 증가한 이후 시간에 따라 감소하는 것을 확인하였다. 이 때, 통곡함유 식이군에서 혈당의 감소 정도가 증가한 것을 확인하였다(그림 2-5A).
- Area under curve (AUC)의 값으로 정량화한 결과 통곡함유 식이군이 대조군에 비해 저함유군 7%, 고함유군 14% 감소하였으며 고함유군에서 통계적으로 유의하였다 (그림 2-5B).

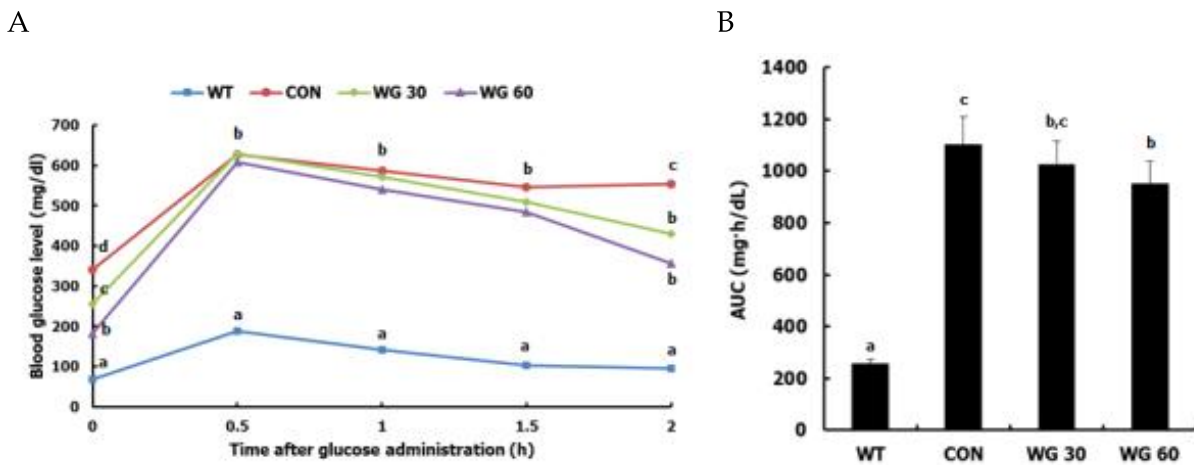


그림 2-5. 경구 당부하 검사.

- A. 식후 포도당 농도의 변화
- B. Area under curve

라. 혈중 인슐린 농도의 변화 및 AST, ALT 측정

- 혈중 인슐린 농도는 통곡함유 식이군이 대조군에 비해 저함유군 28%, 고함유군 53% 증가하였으며 고함유군에서 통계적으로 유의하였다(그림 2-6).

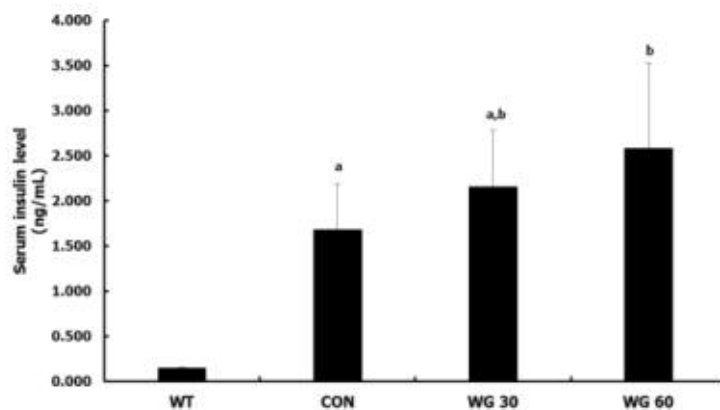


그림 2-6. 혈중 인슐린 농도.

- 혈중 AST 수치는 통곡 저함유 식이군은 대조군과 큰 차이가 없었으나 통곡 고함유 식

이군이 대조군에 비해 29% 감소하여 통계적으로 유의하였다(그림 2-7A). 혈중 ALT 수치는 통곡함유 식이군이 대조군에 비해 저함유군 25%, 고함유군 35% 감소하여 통계적으로 유의하였다(그림 2-7B).

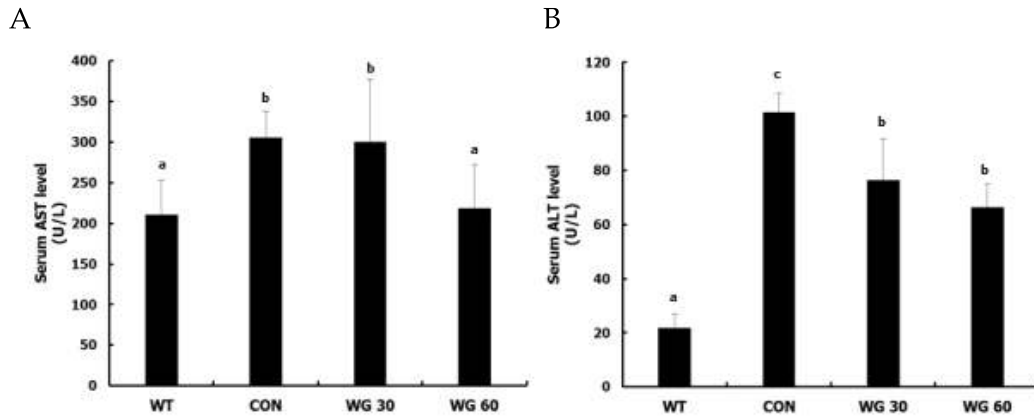


그림 2-7. 간독성 측정.

- A. 혈중 AST 농도
- B. 혈중 ALT 농도

마. 지방, 간, 비장의 무게 변화

○ 지방 조직의 무게는 부고환지방의 경우 통곡함유 식이군이 대조군에 비해 저함유군 26%, 고함유군 30% 감소하여 통계적으로 유의하였고, 피하지방의 경우 통곡함유 식이군이 대조군에 비해 저함유군 17%, 고함유군 17% 감소하여 통계적으로 유의하였으며, 신지방의 경우 통곡함유 식이군이 대조군에 비해 저함유군 25%, 고함유군 31% 감소하여 통계적으로 유의하였다(그림 2-8).

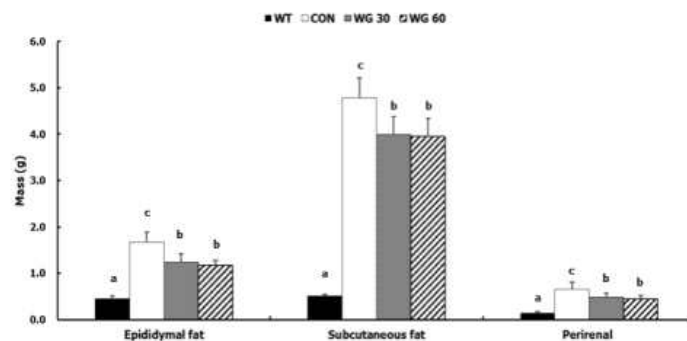
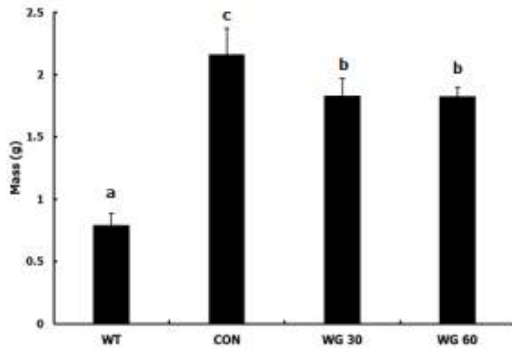


그림 2-8. 지방 조직의 무게.

○ 간의 무게는 통곡함유 식이군이 대조군에 비해 저함유군 15%, 고함유군 15% 감소하여 통계적으로 유의하였다(그림 2-9A). 비장의 무게는 통곡함유 식이군이 대조군에 비해 저함유군 26%, 고함유군 31% 감소하여 통계적으로 유의하였다 (그림 2-9B).

A



B

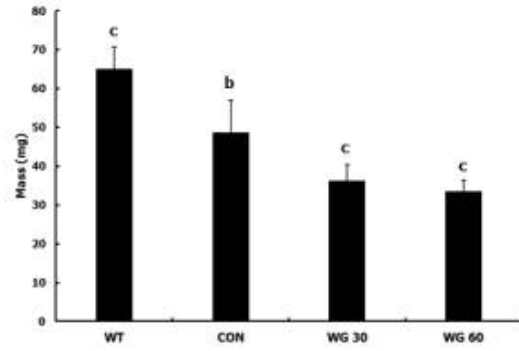


그림 2-9. 간, 비장의 무게.

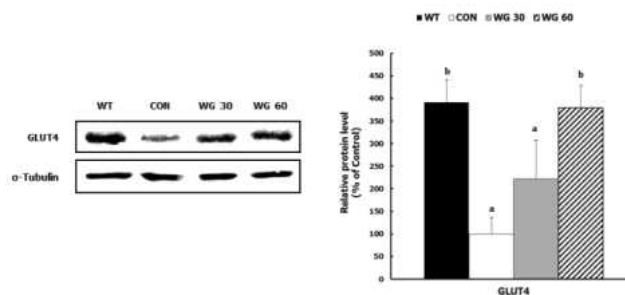
A. 간의 무게

B. 비장의 무게

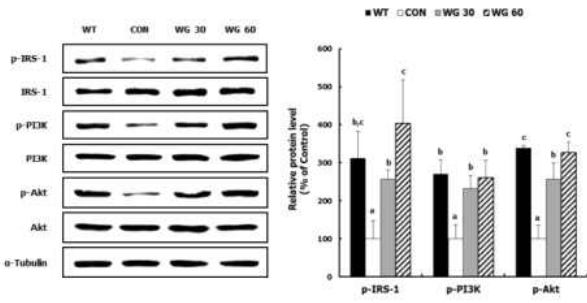
바. 근육 및 지방에서 당뇨조절 생체지표 변화량 확인

- 근육 및 지방조직에서 포도당을 세포 내로 수송하는 운반 단백질인 GLUT4의 발현은 통곡함유 식이군이 대조군에 비해 저함유군, 고함유군 모두에서 통계적으로 유의하게 증가하였다(그림 2-10A, 2-11A).
- 근육 및 지방조직에서 Insulin에 반응하여 GLUT4를 세포막으로 이동시키는 데 관여하는 IRS-1/PI3K/Akt 신호전달 체계의 구성 단백질의 인산화에 따른 활성화는 통곡함유 식이군이 대조군에 비해 저함유군, 고함유군 모두에서 통계적으로 유의하게 증가하였다(그림 2-10B, 2-11B).
- 근육 및 지방조직에서 GLUT4의 세포막으로의 이동에 관여하는 AMPK, 활성화에 관여하는 p38 MAPK의 인산화에 따른 활성화 역시 통곡함유 식이군이 대조군에 비해 저함유군, 고함유군 모두 통계적으로 유의하게 증가하였고, 인산화되어 지방의 합성 증가와 산화를 억제하도록 조절하는 ACC의 인산화에 따른 불활성화는 통곡함유 식이군이 대조군에 비해 저함유군, 고함유군 모두 통계적으로 유의하게 증가하였다(그림 2-10C, 2-11C).

A



B



C

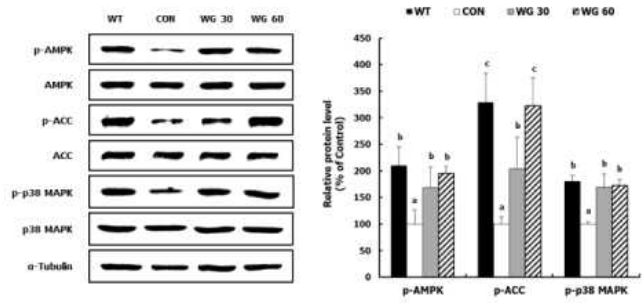
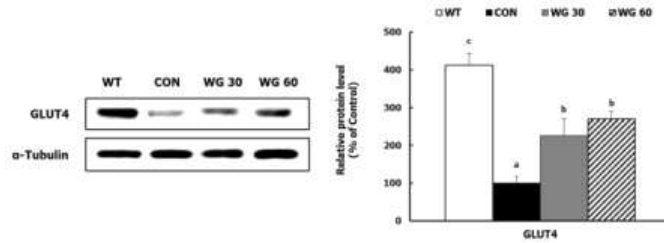


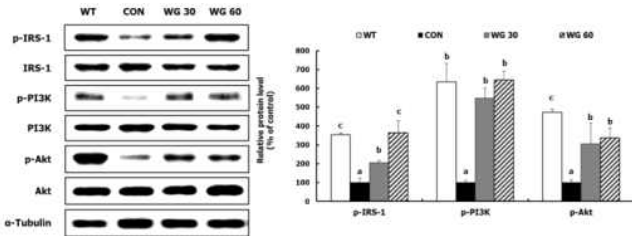
그림 2-10. 뒷다리근육에서 당뇨 조절 생체지표의 변화.

- A. GLUT 4
- B. IRS-1, PI3K, Akt
- C. AMPK, ACC, p38 MAPK

A



B



C

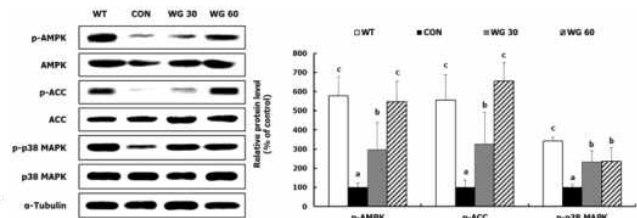


그림 2-11. 부고환지방에서 당뇨 조절 생체지표의 변화.

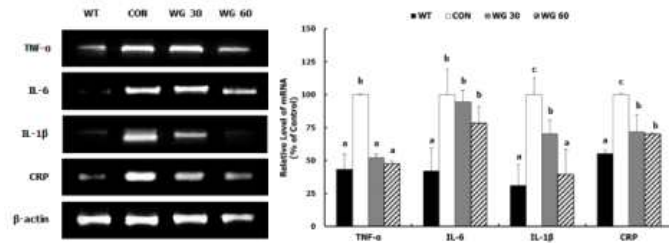
- A. GLUT 4
- B. IRS-1, PI3K, Akt
- C. AMPK, ACC, p38 MAPK

사. 간, 근육, 지방 조직 내 염증지표 측정

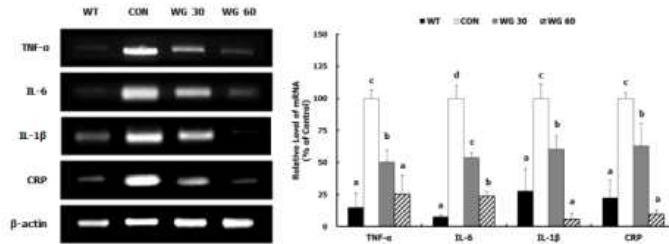
- 간 조직에서 TNF- α , IL-1 β , CRP의 수치는 통곡함유 식이군이 대조군에 비해 저함유군, 고함유군 모두에서 유의하게 감소하였다. IL-6의 수치는 고함유군에서 유의하게 감소하였다(그림 2-12A). 근육 조직에서 TNF- α , IL-6, IL-1 β , CRP의 수치는 통곡함유 식이군이 대조군에 비해 저함유군, 고함유군 모두에서 유의하게 감소하였다(그림 2-12B). 동일하게 간 조직에서도 TNF- α , IL-6, CRP의 수치는 통곡함유 식이군이 대조군에 비해 저함유군, 고함유군 모두에서 유의하게 감소하였다. IL-1 β 의 수치는 고함유군에서 유의하게

감소하였다(그림 2-12C).

A



B



C

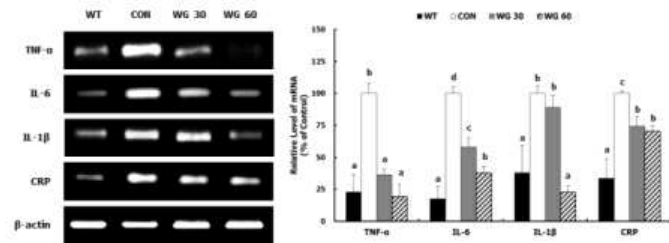


그림 2-12. 신체 조직에서 염증지표 발현 변화.

A. 간

B. 뒷다리근육

C. 부고환지방

2-2. 당뇨병자용 조제식품의 유용성 표시 타당성 검증

가. 당뇨병자용 조제식품 표시 광고의 심의사례 조사

- 식품의약품안전처에서 발행한 특수용도식품 표시·광고 해설서에 명시된 특수용도식품 표시·광고 원칙은 다음과 같다(그림 2-13).

1. 국민의 건강 및 안전을 저해하여서는 아니된다.
 특수용도식품의 표시·광고는 먹거리 선택과 직결되기 때문에, 표시·광고 공정화에 관한 법률 및 식품위생법에 따라 올바른 정보를 제공하여 국민보건의 증진에 이바지하여야 하며, 부당한 표시·광고를 통해 국민의 건강 및 안전을 저해하여서는 아니된다.

2. 소비자의 합리적 선택을 방해하여서는 아니된다.
 소비자는 특수용도식품을 선택함에 있어 필요한 지식 및 정보를 제공받을 기본적인 권리를 가지고 있다. 부당한 표시·광고로 소비자를 오인·혼동하게 하여 소비자의 이러한 권리를 침해하여서는 아니된다. 소비자에게 객관적이고 정확한 정보를 제공함으로써 소비자가 이러한 정보를 활용하여 해당 제품에 대한 합리적 선택을 가능하게 하여야 한다.

3. 과학적이고 객관적인 근거자료에 기반하여야 한다.
 해당 분야의 임상실험 결과, 국내외 관련 연구논문, 학회의 가이드라인 등 전문가에 의하여 증명되거나 합의된 사실에 근거하여 표시·광고하여야 한다. 이러한 사실에 근거한 표시·광고가 아닌 경우에는 부당한 표시, 허위·과대광고에 해당할 수 있다.

그림 2-13. 특수용도식품 표시·광고 원칙.

- 식품의약품안전처에서 고시된 특수용도식품 관련 법규에 따르면 특수용도식품 표시·광고 심의 기준은 다음과 같이 고시되어있다(그림 2-14).

● 유용성표시

- 해당 식품에 들어있는 영양성분의 기능 및 작용 등 유용성 표시를 함에 따른 **과학적 객관적인 근거를 확보**해야 함
- '영양성분'의 기능 및 작용에 대한 표현은 [식품등의 표시기준]에서 정하는 영양성분 표시 사용가능
- [식품등의 표시기준]에 적합한 경우에 한하여 '함유', '중부', '강화' 및 '더' 등의 영양소 함량 강조표시 사용가능

식품등의 표시기준
-식품의약품안전처고시 제 2015-77호-

제2조

- 영양성분 : 에너지를 공급하거나 신체의 성장, 발달, 유지에 필요한 것 또는 결핍시 특별한 생화학적, 생리적 변화가 일어나게 하는 것
- 영양성분표시 : 제품의 일정량에 함유된 영양성분의 함량 표시
- 영양강조표시 : 제품에 함유된 영양성분의 함유사실 또는 함유정도를 "무", "저", "고", "강화", "첨가", "감소" 등의 특정한 용어 사용
- 영양성분 함량강조표시 : 영양성분의 함유사실 또는 함유정도를 "무○○", "저○○", "고○○", "○○함유" 등으로 표현
- 영양성분 비교강조표시 : 영양성분의 함유사실 또는 함유정도를 "덜", "더", "강화", "첨가" 등의 표현으로 같은 유형의 제품과 비교

그림 2-14. 특수용도식품 표시·광고 심의 기준.

- 특수용도식품 표시 및 광고심의 기준 제 8조 제 2항 제 4호의 허위표시, 과대광고로 보지 않는 표시 및 광고의 범위이다(그림 2-15).

<ul style="list-style-type: none"> ● 유용성 1. 신체조직과 기능의 일반적인 증진을 주목적으로 하는 다음의 표현 또는 이와 유사한 표현 <ul style="list-style-type: none"> - 인체의 건전한 성장 및 발달과 건강한 활동을 유지하는데 도움을 준다는 표현 - 건강유지·건강증진·체력유지·체질개선·식이요법·영양보급 등에 도움을 준다는 표현 2. 식품영양학적으로 공인된 사실 또는 제품에 함유된 영양성분(비타민, 칼슘, 철, 아미노산 등)의 기능 및 작용에 관한 다음의 표현 또는 이와 유사한 표현 <ul style="list-style-type: none"> - 특수용도식품으로 임신수유기 영양보급, 병후 회복시 영양보급, 노약자 영양보급, 환자에 대한 영양보조 등에 도움을 준다는 표현 - 비타민 ○는 ○○작용을 하여 건강에 도움을 줄 수 있다는 표현 - 칼슘은 뼈와 치아의 형성에 필요한 영양소라는 표현 3. 「건강기능식품에 관한 법률」 제14조에 따라 건강기능식품의 기준 및 규격에서 정한 영양소의 기능성분 함량 ● 용도: 제품의 제조목적이나 주요 용도에 대한 다음의 표현 또는 이와 유사한 표현 1. 해당 제품이 유아식, 환자식 등으로 섭취하는 특수용도식품이라는 표현, 이 경우 특수의료용도 등 식품에는 섭취대상자의 질환명을 표현할 수 있다. 2. 해당 제품이 발육기, 성장기, 임신수유기, 갱년기 등 사람의 영양보급을 목적으로 개발된 제품이라는 것과 이와 유사한 표현 ● 섭취방법·섭취량에 관한 다음의 표현 또는 이와 유사한 표현 1. 해당 제품의 식품영양학적 기준으로 가장 적합하다고 생각되는 섭취방법 또는 섭취량의 표현

그림 2-15. 허위표시, 과대광고로 보지 않는 표시 및 광고의 범위.

- 식품의약품안전처에서 발행한 특수용도식품 표시·광고 해설서에 명시된 삭제판정을 받은 당뇨병자용식품 표시·광고 심의사례는 다음과 같다(표 2-1). 질병의 예방 치료에 관한 서술이나 의약품, 건강기능식품과 혼동을 줄 수 있는 문구는 주의가 필요하다.

표 2-1. 당뇨병자용식품 표시·광고 심의사례 - 삭제 판정

질병의 예방 치료, 의약품 혼동, 건강기능식품 혼동	거짓·과장·기만
당뇨 걱정 없는	체질에 관계없이 누구나 섭취가 가능하다
당뇨 진단계 환자	가격 경쟁력 면에서 장점 보유
당뇨 합병증이 걱정되시는 분	고령자 분들의 건강을 위해
당뇨가 염려되시는 중년 남성, 여성	식약처품목번호
고단백질의 식사로서 식욕촉진호르몬의 증가가 없어	식이섬유가 부족한 사람들을 위한 제품
당질의 흡수를 지연시켜 급격한 혈당 상승 억제	안심하고 편리하게 드실 수 있는 천연원료
복합 탄수화물과 식이섬유를 함유하여 혈당 상승 완화	자연에서 온 식이조절식
섭취 후 위장장애, 소화불량의 이상이 있을 경우 섭취를 중단하십시오	천연성분
섭취량 및 섭취방법: 1일 2회, 1회 2g(침부한 스푼으로 2스푼)씩 식후에 음용수와 함께 섭취하십시오	ooo는 국내 상업용 경장영양식 시장을 이끌어가고 있습니다
식후 혈당 관리에 어려움을 겪는 분	최적의
식후 혈당 상승과 인슐린 효과를 감소시킴으로써 혈당 조절에 도움이 되는	합성감미료 무첨가
혈당 상승을 억제한다고 알려진 ooo	혁신형 제약기업상
혈당 완화를 돕는 증진제입니다	화제만발
혈당관리 및 영양보충이 필요하신 일반인	선봉적인 인기를 얻고 있는

- 식품의약품안전처에서 발행한 특수용도식품 표시·광고 해설서에 명시된 수정 권고를

받은 당뇨병자용식품 표시·광고 심의사례는 다음과 같다(표 2-2). 명확한 대상을 설정해야 하며 근거가 부족하거나 불필요한 수식은 주의가 필요하다.

표 2-2. 당뇨병자용식품 표시·광고 심의사례 - 수정 권고

표시(안)	수정 권고
당뇨 예방에 도움을 드리기 위해	당뇨 환자들의 영양공급을 위해
당뇨에 필수인 미네랄과 비타민 함유	미네랄과 비타민 함유
당뇨환자를 위한 식사대용 및 영양보충용으로 개발된 균형영양식	당뇨환자를 위한 식사대용
대한민국 대표 건강기업	대한민국 건강기업
스트레스성 고혈당 환자	고혈당 환자
식사 대용으로 매우 적합한 식품입니다	식사 대용 식품입니다
식품으로서는 특별하게 당뇨병자용/특수의료용도식품으로 당당히 품목제조 신고되어 믿을 수 있는	당뇨환자용/특수의료용도식품으로 당당히 품목제조 신고되어 있는
영양공급이 필요한 운동선수 및 수험생	영양공급이 필요한 환자
영양보충	영양공급
올바른 당뇨병자용식품을 선택해야 합니다	당뇨환자용식품을 선택해야 합니다.
의사, 영양사, 간호사, 약사 등 전문가의 지시에 따라 사용해주시시오	의사의 지시에 따라 사용해주시시오
장기간 거동이 어려운 분	장기간 거동이 어려운 환자
적절한 영양공급이 필요한 환자나 노인 등을 위한 제품입니다	적절한 영양공급이 필요한 환자를 위한 제품입니다
종합영양보충음료	당뇨환자용식품
특수의료용도식품	특수의료용도등식품
풍부한	함유된
행복한 oo목장	oo목장
혈당관리 걱정은 덜고	당뇨환자의 혈당관리에 도움을 주고
1000 mg	1 g

- 식품의약품안전처에서 발행한 특수용도식품 표시·광고 해설서에 명시된 근거 자료 제출 판정을 받은 당뇨병자용식품 표시·광고 심의사례는 다음과 같다(표 2-3). 의약품, 건강기능식품 과 혼동을 주지 않는 범위 내에서 효능을 표시하는 문구는 적합한 근거 자료가 필요하다.




표 2-3. 당뇨병자용식품 표시·광고 심의사례 - 근거 자료 제출 판정

표시 사항	표시 사항
고단백질 oog 함유	유기농 현미
고올레인산 카놀라오일 함유	유당불내증이 있으신 분도 드실 수 있습니다
국산 곡물로 만든	자사보유특허
발효성 당류함량(FODMAPs)의 Metabolism	전통 발효 특허미생물인 바실러스서브틸리스모리 균을 발효하여 생산한 oo포함
단백질:지방:탄수화물=20:40:40	저당질 고MUFA식으로서 식후 혈당 최소화
당뇨식 2켄 섭취시 영양권장량 비교	저당질, 수용성 식이섬유, MUFA 강화
발효공법을 통해 oo의 체내 소화흡수율 강화	우수한 연구개발의 결실! 특허획득으로 기술력 인정
당류별GI 도표	특수추출기술
미량 영양성분 강화	특허증
생명공학 박사 ooo교수가 24년 당뇨연구 끝에 개발, 자연 식물 30여가지를 나노기법으로 저온 추출한 oo추출물	한국형 당뇨의 특징, 제1형 당뇨와 제2형 당뇨, 당뇨병의 대안 생식, 당뇨의 대표적인 증상 삼다일소 현상
당뇨식은 탄수화물 함량을 최소화하고, 단일불포화지방산 함량을 높인	현미의 풍부한 식이섬유가 원활한 배변활동에 도움
단백질 계란 o개에 해당하는 단백질이 들어있습니다.	혈당 반응과 혈중지질대사 개선
열량: 밥 o공기에 해당하는 열량이 들어있습니다.	Gluten Free, 글루텐0%
불용성 식이섬유와 수용성 식이섬유를 혼합하여 함유	세계적인 다국적 기업인 oo사의 연구개발팀에 의해 개발된 난소화성말토덱스트린
바이오토피아 로고	INNO-BIZ, 벤처기업 인증
섭취 후에 혈당의 흐름이 자연스럽다	Nestle Health Science
Low GI 수용성 식이섬유 함유	oo장학재단 운영
ooo추출물	oo질환 관리를 위한 영양성분 강화
식이섬유: 사과 o개에 해당하는 식이섬유소가 들어 있습니다.	순수천연에서 자생하는 물질을 첨단나노기법으로 저온 추출농축하여 제조되었습니다
식후 혈당을 최소화하는데 도움을 주며, 지질대사 개선에 도움을 줄 수 있는	ooo당뇨식은 당질 함량이 낮고 단일불포화지방산 이 풍부한 고올레익해바라기유를 사용

나. 시판 제품의 유용성 표시 문구 조사

- 시판 중인 당뇨환자용 식품의 유용성 표시문구는 다음과 같다(표 2-4). 의약품, 건강기능식품과 혼동을 주지 않는 범위에서 유용성을 표시하였다.

표 2-4. 당뇨환자용 조제식품 유용성 표시 문구

	사례	유용성 표시 문구
대상웰라이프 - 뉴케어당노식		<ul style="list-style-type: none"> ▪ 식후 체내당 농도 조절에 용이한 열량 구성비로 조성 ▪ 혈당반응 및 인슐린 반응이 낮은 000 함유 ▪ 당뇨병자들에게 필요한 000 함유
정식품 - 그린비아 디엠티		<ul style="list-style-type: none"> ▪ 당 섭취조절이 필요하거나 양질의 영양섭취가 필요한 환자를 위한 ▪ 당뇨식사에 중요한 000이 들어있어 당뇨병자의 불편함을 덜어줄 뿐만 아니라
나노텍바이오 - 당박사		<ul style="list-style-type: none"> ▪ 당뇨병자에게 균형있는 영양성분을 제공
한국메디칼푸드 - 메디푸드 클루트를		<ul style="list-style-type: none"> ▪ 식후 혈당상승 완화 및 영양상태 개선 ▪ 식후 혈당상승 완화에 효과적인 열량구성 ▪ 000이 함유되어 식후 혈당상승 완화

다. 당뇨병자용 조제식품의 광고심의(안) 제시

- 본 연구진은 동물실험 결과를 바탕으로 통곡 및 발아곡류를 이용한 당뇨병자용 식품의 유용성 표시문구를 아래와 같이 제시하였다(그림 2-15). 당뇨병자용 식품의 광고심의 기준, 심의사례와 시판되고 있는 체제품의 유용성 표시 문구를 기반으로 적절한 유용성 표시문구를 제시한 것이다.



● 당뇨병자를 위한 영양균형식

- 청제하지 않은 국내산 통곡을 함유하여 당뇨병자에게 균형 있는 영양을 제공합니다.

● 당뇨병자의 혈당 관리에 도움

- 당지수가 낮은 통곡을 사용하여 당뇨병자의 식후 혈당 조절에 도움을 줍니다.
- 함유된 통곡이 혈중 포도당의 대사를 개선에 도움을 줍니다.
- 혈중 포도당의 대사를 원활히 하여 당뇨병자의 혈당 조절에 도움을 줍니다.
- 식후 혈당 조절에 용이한 열량 구성비로 조성되었습니다.

그림 2-15. 당뇨병자용 식품 광고심의안.

2-3. 당뇨병자용 제품의 *in vivo* 동물시험 유효성 평가 및 유용성 표시 타당성 검증

- 본 연구에서는 통곡 조제식을 30% 또는 60% 함유한 특수제조식이의 당뇨 개선 효능을 동물실험을 통하여 검증하였다. Gene knock out을 통해 제 2형 당뇨를 유도한 마우스에 38일간 통곡을 함유한 식이를 공급하여 실험을 진행하였다.
- 통곡함유 식이군은 대조군에 비해
 - 체중과 식이량, 지방의 무게가 감소하였다. 이는 통곡함유 식이의 섭취가 지방 축적을 감소시켜 비만을 완화하는 효과가 있음을 의미한다.
 - 공복혈당의 수치와 포도당 투여 후 혈당 수치가 감소하였으며 혈중 인슐린 농도가 증가하였다. 이는 통곡함유 식이가 인슐린의 분비를 증가시키고 혈당을 낮추는 효과가 있음을 의미한다.
 - 지방, 간, 비장의 무게가 감소하였다. 이는 통곡함유 식이가 지방 조직과 간에서 과도한 지방의 축적을 방지하며 과도한 지방 축적에 따른 염증반응을 완화하는 효과가 있음을 의미한다.
 - 근육과 지방 조직에서, 포도당의 세포 내 수송과 지방의 산화에 관여하는 단백질의 활성이 증가하였다. 이는 통곡함유 식이가 혈당을 낮추고 지방의 축적을 방지하는 효과가 있음을 의미한다.
 - 간, 근육, 지방 조직에서, 염증지표의 mRNA 발현이 감소하였으며 혈중 AST, ALT 수치가 감소하였다. 이는 통곡함유 식이가 신체의 전반적인 염증 반응과 그로 인한 간 손상을 완화하는 효과가 있음을 의미한다.
- 본 연구의 결과를 종합하면, 통곡함유 식이는 혈중 인슐린을 증가시키고 포도당의 세포 내 수송을 증가시키는 것으로 혈당을 낮추며, 과도한 지방의 축적을 방지하고 신체의 전반적 염증반응을 완화하여 인슐린 내성의 발생 가능성을 낮추며, 포도당의 대사에 핵심적인 기관인 간이 지방축적 또는 염증반응으로 인해 손상을 입는 것을 방지하였다.
- 본 연구에서의 복합 통곡물로 제조된 통곡 조제식이와 기존 산업화된 제품에 있어서

항당뇨 활성 검증은 동일하나, 본 연구에서는 통곡 조제식이의 항당뇨 활성에 대한 분자기전을 규명했다는 점에 있어서 차별성을 제시할 수 있다. 앞으로 다른 통곡 제품과의 유용성 평가 비교와 인체적용시험을 통한 과학적 근거자료가 확보된다면, 본 연구의 통곡 조제식이의 사용이 당뇨병환자용 조제식품으로 국한되지 않고, 미국, 유럽 등의 메디컬 푸드의 주원료에 사용될 수 있는 가능성으로 제시될 수 있다.

- 본 연구에서 사용된 당뇨병환자용 식품에 대해 ‘당뇨환자를 위한 영양균형식’, ‘당뇨환자의 혈당 관리에 도움’ 등과 같은 유용성 표시문구를 제시하였다.
- 최종적으로, 동물실험 결과를 바탕으로 본 연구의 통곡은 당뇨병환자용 식품으로 제시한 유용성 표시문구를 사용하여 산업적으로 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

3. 3차년도 title : 영유아용 곡류조제식 *in vivo* 동물시험 유효성 평가 및 유용성 표시 타당성 검증

3-1. 영유아용 곡류조제식의 *in vivo* 동물시험 유용성 평가

가. 실험 재료 및 방법

1) 실험 식이 제조

- 동물 실험을 위해, 단백질 결핍(protein-energy malnutrition, PEM) 식이(PEM diet), 15% 통곡물 함유 식이 및 30% 통곡물 함유 식이를 각각 제조하였다. 본 실험에 사용한 통곡물의 영양 조성은 탄수화물 64.20%, 단백질 8.95%, 지방 9.18%, 식이섬유 7.97%, 및 회분 0.74%로 구성되었다(표 3-1). American Institute Nutrition-93 Growth Diet (AIN-93G)에 기준하여 제조한 식이를 일반대조식이(normal diet)로 하였다. 단백질 결핍 식이는 일반대조식いと 동일한 조성으로 하되, casein과 corn starch의 비율이 1 : 18.8이 되도록 조절하여 단백질 대신 탄수화물의 함량을 상대적으로 많이 함유되도록 제조하였다(표 3-2). 통곡물 함유 식이의 조성은 단백질 결핍 식이의 조성을 기본으로 통곡물을 15% 또는 30% 수준으로 첨가하였다. 15% 통곡물 함유 식이는 단백질 결핍 식이의 corn starch 9.63%, casein 1.34%, soybean oil 1.38% 및 cellulose 2.65%를 15%의 통곡물(탄수화물 9.63%, 단백질 1.34%, 지방 1.38%, 식이섬유 및 회분 2.65%)로 대체하여 제조하였다. 30% 통곡물 함유 식이 도 15% 통곡물 함유 식이와 마찬가지로 동일한 방식으로 계산하여 제조하였다. 이 때, 모든 식이의 열량이 동일하도록 맞추었다.

표 3-1. 통곡물의 영양조성

Nutrient	Content (%)
Carbohydrate	64.20
Crude protein	8.95
Crude fat	9.18
Ash	0.74
Dietary fiber	7.97
Moisture	8.96
Total	100
Energy (kcal)	375.22

2) 실험 동물 사육 및 식이

- 생후 4 주령 수컷 C57BL/6J 마우스(Daehan Biolink)를 온도 $25 \pm 2^\circ\text{C}$, 상대습도 $55 \pm 5\%$, 12 시간 명암주기(light/dark cycle)의 조건을 갖춘 연세대학교 실험동물연구센터(Yonsei Laboratory Animal Research Center; YLARC, Seoul, Korea)에서 사육하였으며, 1주간 환경적응 시킨 후 실험을 진행하였다. 마우스를 무작위로 정상식이군(ND), 단백질 결핍식이군(PEM), 15% 통곡물식이군(WG15), 30% 통곡물식이군(WG30)으로 나누어 분류하였으며, 식수와 식이는 자유롭게 섭취할 수 있도록 하였다. ND군과 PEM군에 일반대조식이와 단백질 결핍 식이를 각각 5주간 공급하였다. WG15군, WG30군에 단백질 결핍 식이를 초기 2주간 공급하였으며, 2주 후, 15% 통곡물 함유 식이 및 30% 통곡물 함유 식이로 각각 변경하여 3 주 간 공급하였다. 체중 및 사료 섭취량은 일주일에 2회 측정하였다. 5주 후, 325 mg/kg tribromoethanol (Sigma - Aldrich, St. Louis, MO, USA)을 복강 주사하여 마취를 유도하였다. 마취 후, 심체혈을 통해 혈액을 채취하고 상온에서 10분간 방치한 뒤, 4,000 rpm으로 10분 동안 원심분리하여 혈청을 분리하였다. 심장박동이 멈춘 것을 확인한 뒤, 비장, 간을 분리하여 무게를 측정하였다. 림프구를 분리하여 CD4⁺와 CD8⁺ 증식능 측정에 사용하였다. 모든 동물실험과정은 연세대학교 동물실험윤리위원회의 Institutional Animal Care and Use Committee (IACUC)승인을 받은 후(IACUC number: 201802-167-01) 진행하였다.

표 3-2. 실험 식이 별 구성표

Ingredients (g)	ND	PEM	WG15	WG30
Casein	200	30	16.575	3.15
l-Cystine	3	3	3	3
Corn starch	394.476	564.476	468.176	371.876
Dextrose	132	132	132	132
Sucrose	100	100	100	100
Soybean oil	70	70	56.23	42.46
Cellulose	53.01	53.01	26.505	0
Mineral mixture	35	35	35	35
Vitamin mix	10	10	10	10
Choline bitartrate	2.5	2.5	2.5	2.5

t-Butylhydroquinone	0.014	0.014	0.014	0.014
Whole grain	0	0	150	300
Total (g)	1000	1000	1000	1000
Total kcal	4000	4000	4000	4000
Total energy (kcal/g)	4	4	4	4

3) 비장세포 배양

- 실험 동물에서 분리한 비장을 phosphate buffered saline (PBS)로 세척한 후 분쇄하였다. 분쇄액에 RBC lysis buffer (BioLegend, San Diego, CA, USA)를 처리하고 20분 상온에서 방치 후, PBS를 첨가하고 1,500 rpm, 3분의 조건으로 원심분리하여 비장세포를 분리하였다. 분리한 비장세포를 10% 소우태아혈청(Corning Inc., Corning, NY, USA)이 함유된 Roswell Park Memorial Institute (RPMI)-1640 배지 (HyClone, Logan, UT, USA)로 현탁 후, 1×10^6 cells/well로 seeding 하여 24시간 배양하였다.

4) 비장세포 증식능 측정

- 배양한 비장 세포에 0.5 ug/ml 3-(4,5-dimethylthiazol-2-yl)-2,5-diphenyl tetrazolium bromide (MTT; Sigma-Aldrich)를 처리하고 4시간 동안 배양하였다. 원심 분리하여 세포를 가라 앉힌 후, MTT (Sigma-Aldrich)가 함유된 배지를 제거하였다. DMSO를 첨가하여 MTT formazan을 녹이고 540 nm에서 VERSA max tunable microplate reader (Molecular Devices, Sunnyvale, CA, USA)를 이용하여 흡광도를 측정하였다.

5) Cytokine 측정

- 비장 세포 배양 시 사용된 배양 상층액과 혈액으로부터 분리한 혈청으로부터 IL-1 β , IL-2, IL-6, TNF- α 의 양을 측정하였다. 각 cytokine의 함량은 IL-1 β ELISA kit (MLB00C, R&D System, Minneapolis, MN, USA), IL-2 ELISA kit (M2000, R&D System), IL-6 ELISA kit (M6000B, R&D System), TNF- α ELISA kit (MTA00B, R&D System)를 사용하여 kit 내의 protocol을 따라 측정하였다. 간략하게, 각 cytokine에 대한 항체가 코팅되어 있는 미량정량플레이트(microtiter plate)에 배양 상층액 또는 혈청을 넣은 다음 실온에서 2시간 반응시킨 후, 제공된 세척용액으로 5번 세척하였다. Horseradish peroxidase가 부착된 다중클론성(polyclonal) 항체를 넣고 다시 실온에서 2시간 반응시켰다. 반응시킨 96 well plate를 세척 용액으로 다시 5번 세척 한 후에 기질 용액을 넣고 30분간 발색 시킨 다음 정지 용액을 넣어 발색 반응을 정지시키고 VERSA max tunable microplate reader (Molecular Devices)를 이용하여 450 nm에서 흡광도를 측정하였다.

6) Immunoglobulins 측정

- 혈액으로부터 분리한 혈청으로부터 대표 immunoglobulin (Ig)인 IgA와 IgG의 양을 측정하였다. IgA와 IgG의 함량은 IgA ELISA kit (ab157717, abcam, Cambridge, MA, USA), IgG ELISA kit (ab157719)를 제조사에서 제시한 protocol을 따라 측정하였다.

최종 흡광도는 VERSA max tunable microplate reader (Molecular Devices)를 이용하여 450 nm에서 측정하였다.

7) 항산화 효소 활성 측정

○ Superoxide dismutase (SOD) 및 catalase 활성 측정을 하기 위해 적출된 간을 0.2% protein inhibitor cocktail (Sigma-aldrich, St. Louis, MO, USA)이 함유된 NP40 용액 (Elpis, Daejeon, Korea)을 넣고 균질기(homogenizer)를 이용하여 균질화하였다. 13,000 rpm, 10분의 조건에서 원심분리하여 상층액을 수거하였다. SOD assay kit (19160, Sigma-aldrich)와 catalase assay kit (ab83464, Abcam)를 사용하여 상등액으로부터 SOD와 catalase 활성을 제조사에서 제시한 방법에 따라 각각 측정하였다. 최종적으로, VERSA max tunable microplate reader (Molecular Devices)를 이용하여 SOD 활성은 440 nm에서 catalase 활성은 570 nm에서 VERSA max tunable microplate reader (Molecular Devices)를 이용하여 흡광도를 측정하였다.

8) Reverse transcription-polymerase chain reaction (RT-PCR)

○ 적출한 간을 RNAiso Plus (Takara, Kusatsu, Japan)를 이용하여 mRNA를 분리하였다. NanoDrop 1000 spectrophotometer (Thermo Fisher Scientific Inc., Waltham, MA, USA)를 이용하여 mRNA를 정량화하였다. Reverse Transcriptase Premix (Elpis Biotech, Inc.)에 동일한 양의 mRNA를 넣은 뒤, Gene Amp PCR System 2700 (Applied Biosystems, Foster City, CA, USA)를 이용하여 42°C, 60분, 95°C, 5분의 조건으로 cDNA를 합성하였다. 합성된 cDNA와 각각의 표적 유전자에 대한 primer를 HiPi PCR PreMix (Elpis Biotech, Inc.)에 넣고, Gene Amp PCR System 2700 (Applied Biosystems)를 이용하여 PCR을 수행하였다. Primer의 염기서열을 표 3-3에 나타냈으며, PCR은 94°C에서 5분간 초기 변성(denaturation) 후, 94°C에서 30초간 변성, 56°C에서 1분간 결합(annealing), 72°C에서 1분간 증폭(extension)의 과정을 35-45회 반복하고, 72°C에서 5분간 마지막 증폭을 실시하였다. PCR product를 loading star (DyneBio, Seoul, Korea)로 염색하고, 1.5% agarose gel에 전기영동시켰다. 각 표적 유전자의 밴드 발현 정로를 G:BOX image analysis system (Syngene, Cambridge, UK)을 이용하여 확인하였다.

표 3-3. 프라이머의 염기서열

Gene	Direction	Sequence (5'-3')
GPx	Forward	GTTTGAGAAGTGCGAAGTGAATG
	Reverse	TTAGGTGGAAAGGCATCGGG
SOD	Forward	TTTTTGCGCGTCCCTTTC
	Reverse	CCATACTGATGGACGTGGAA
β -Actin	Forward	GAAGGAGATTACTGCTCTGGCTC
	Reverse	CTCAGTAACAGTCCGCCTAGAA

9) CD4⁺와 CD8⁺ 증식능 측정

- 적출한 림프절을 PBS로 세척한 뒤, cell strainer로 필터하였다. 원심분리한 뒤, 상등액을 제거하고 세포만 수득한 뒤 10% fetal bovine serum (Hyclone Laboratories, Logan, UT, USA)가 함유된 배지를 첨가하여 세포의 수가 $1\sim5 \times 10^6$ 이 되도록 희석하였다. CD4 primary antibody (BioLengend, SanDiego, CA), 와 CD8 primary antibody (Bioscience, SanJose, CA, USA)를 첨가하고 4°C에서 30분간 incubation 하였다. 다시 원심분리한 뒤, PBS로 세척하고 fixation buffer (Bioscience)로 24시간 고정하였다. 24시간 뒤, SA3800 spectral cell analyzer (Sony Corporation, Tokyo, Japan)으로 CD4⁺ T cell과 CD8⁺ T cell의 개수를 측정하였다.

10) 간 독성 지표 분석

- 혈액에서 분리한 혈청으로부터 AST와 ALT 농도를 혈액 자동 분석기(Mindray, Nanshan, Shenzhen, China)를 이용하여 측정하였다.

11) 통계 분석

- 실험결과는 평균 \pm 표준편차(mean \pm SE)로 나타내었고, SPSS 버전 25.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA)를 이용하여 통계 분석을 실시하였다. 각 실험 그룹간의 차이는 일원 분산분석에 의한 Duncan 다중 검정을 실시한 후 *p*값이 0.05 또는 0.01 미만일 때 유의성을 표시하였다.

나. 실험 결과

1) 식이량 변화

- PEM diet 및 통곡물이 섭취량 변화에 미치는 효과를 조사하기 위하여 5주 동안 마우스의 섭취량을 측정하였다. 그 결과 모든 군에서 식이량에 대한 유의한 차이가 나타나지 않았다(그림 3-1).

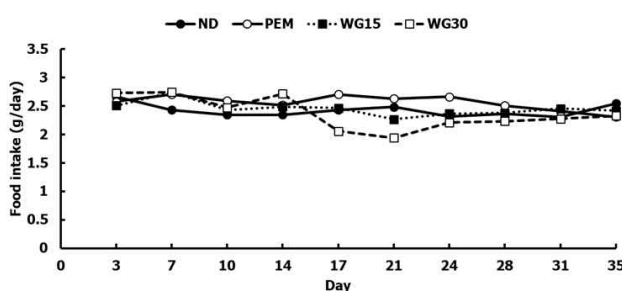


그림 3-1. 식이량 변화

2) 체중 변화

- 5주간 ND군에서는 체중이 지속적으로 증가하는 반면, PEM군, WG15군, WG30군에서는 증가하지 않았다. 5주 뒤, ND군과 비교하여 PEM군, WG15군, WG30군에서 유의적으로 감소하는 경향을 보였으나, PEM군, WG15군, WG30군 간의 체중에는 유의한 차이가 없었다(그림 3-2).

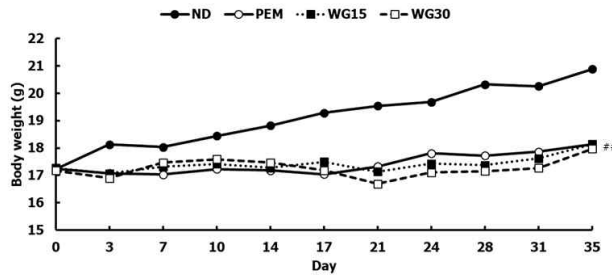


그림 3-2. 체중 변화.

3) 체중 증가량, 식이효율, 비장, 간, 근육 무게 변화

- 희생 후, 식이섭취량, 체중 증가량, 식이효율, 비장, 간 무게를 측정 및 분석한 결과를 표 3-4에 나타내었다. 체중 증가량의 경우 ND군에서 5주간 3.85 ± 0.97 g 증가한 반면, PEM군, WG15군, WG30군에서 각각 0.89 ± 0.80 g, 0.86 ± 0.98 g, 0.79 ± 1.34 g 증가하였다. 증가폭이 ND군과 비교하여 PEM군, WG15군, WG30군에서 유의한 수준으로 감소하였다. 식이효율의 경우, ND군에 비해 57% 감소하였으나 15%와 30% 통곡물이 함유된 식이는 4.76배, 6.67배씩 각각 증가하였다. PEM군과 비교하여 유의적으로 37%, 16%씩 감소한 비장과 간의 무게가 30% 통곡물이 함유된 식이를 처리하였을 때 1.2배, 1.09배씩 유의적으로 증가하였으나 15% 통곡물이 함유된 식이를 처리하였을 때 무게의 변화가 없었다.

표 3-4. 통곡물이 단백질 결핍 식이가 처리된 쥐의 체중, 식이효율 및 조직에 미치는 영향

Parameters	ND	PEM	WG15	WG30
Weight gain ¹⁾ (g)	3.60 ± 0.13	$0.99 \pm 0.56^{##3)}$	1.18 ± 0.64	1.10 ± 0.34
FER ²⁾	0.07 ± 0.01	$0.03 \pm 0.02^{##}$	$0.14 \pm 0.02^{**}$	$0.20 \pm 0.02^{**}$
Spleen (g)	0.081 ± 0.01	$0.051 \pm 0.01^{##}$	0.050 ± 0.01	$0.061 \pm 0.01^*$
Liver (g)	0.791 ± 0.02	$0.665 \pm 0.02^{##}$	0.664 ± 0.02	$0.726 \pm 0.03^{**}$

¹⁾ Weight gain (g/5 week) = final body weight (g) - initial body weight (g)

²⁾ FER (food efficiency ratio) = weight gain (g) / food intake (g)

³⁾ ## $p < 0.01$ vs ND group; * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$ vs PEM group

4) 통곡물이 비장세포 증식능에 미치는 영향

- 통곡물 처리에 따른 비장세포 증식능을 평가하기 위해 PEM과 통곡물이 처리된 쥐로부터 비장을 적출하여 배양하였다. 24시간 결과 후, MTT 시약을 통해 비장세포의 증식능을 측정하였다. 그 결과, 모든 군에서 특별한 차이가 나타나지 않았다(그림 3-3).

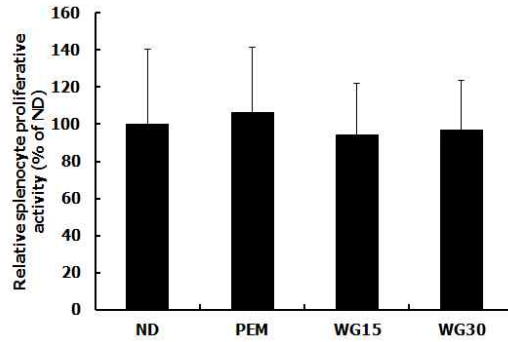


그림 3-3. 비장세포 증식능.

5) 통곡물의 면역세포로부터 분비된 사이토카인 분비 촉진 활성

- 통곡물의 면역 증강 효과를 확인하기 위해 비장세포를 배양하여 IL-1 β , IL-2, IL-6, TNF- α 분비량을 측정하였다. ND군과 PEM군에서 각각 60.90 ± 10.01 pg/mL과 42.32 ± 5.03 pg/mL IL-1 β 이 측정되었으며, 상대적으로 PEM군에서의 IL-1 β 의 생성이 ND군에 비해 유의하게 낮은 것으로 나타났다. PEM군과 비교하여, WG15군과 WG30군에서 IL-1 β 의 생성이 농도 의존적으로 증가함을 보였다(그림 3-4A). 배양된 비장세포에서 IL-2 분비량을 측정하였을 때, ND군과 비교하여 PEM군에서 IL-2의 분비량이 15%로 유의하게 감소하였고 WG30군에서 17%로 유의하게 증가하였다(그림 3-4B). 배양된 비장세포에서 IL-6 분비량을 측정하였을 때, ND군은 635.88 ± 22.77 pg/mL, PEM군은 511.56 ± 45.15 pg/mL, WG15군은 578.78 ± 58.33 pg/mL, WG30군은 620.28 ± 38.50 pg/mL의 IL-6가 측정되었다(그림 3-4C). 이는 ND군과 비교하여 PEM군에서 IL-6의 분비량이 유의하게 20% 감소하였다. 배양된 비장세포에서 TNF- α 분비량을 측정하였을 때, 단백질 결핍 식이에 의해 감소한 TNF- α 분비량이 WG15군과 WG30군에서 126.89 pg/mL, 160.32 pg/mL씩 각각 증가하였다(그림 3-4D).

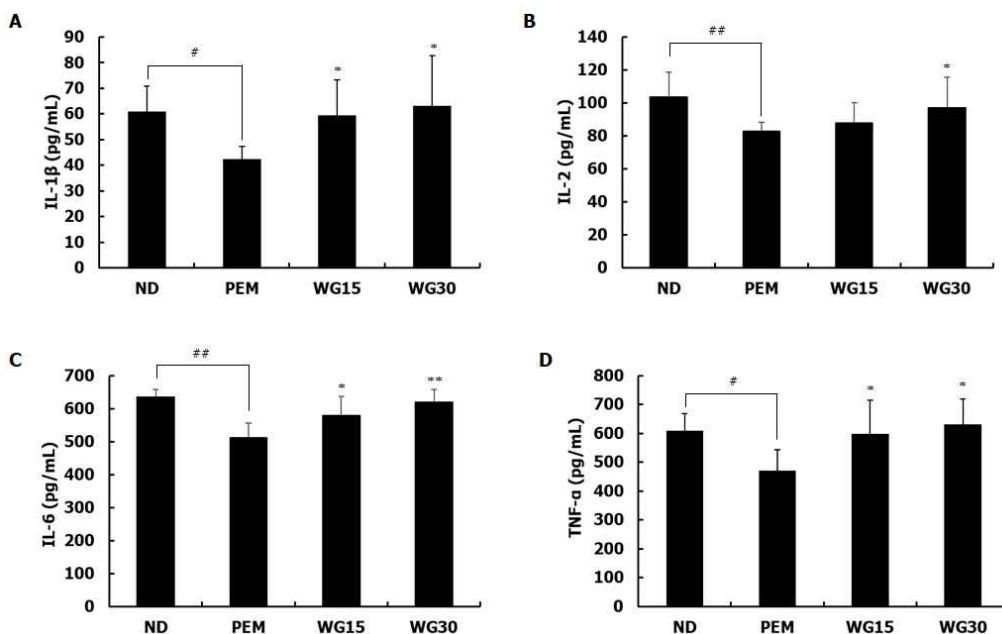


그림 3-4. 비장세포의 사이토카인 분비량.

- A. IL-1 β
- B. IL-2
- C. IL-6
- D. TNF- α

6) 통곡물의 혈장 내 사이토카인 증가 효과

○ 통곡물이 혈장 내 IL-1 β , IL-2, IL-6, TNF- α 레벨에 미치는 영향을 알아보기 위해, 혈액으로부터 혈장을 분리하였다. IL-1 β 의 경우, ND군에 비해 PEM군에서 유의적으로 낮은 IL-1 β 를 생성하였으나, 통곡물이 함유된 식이는 IL-1 β 의 생성을 농도 의존적으로 증가시켰다(그림 3-5A). IL-2의 경우, ND군과 비교하여, PEM군에서는 생성이 9% 감소하였으나, WG15와 WG30에서 4%, 15% 각각 증가하였다(그림 3-5B). ND군과 비교하여, PEM군에서는 IL-6의 생성이 3.70 pg/mL 감소하였으나, WG30에서 6.25 pg/mL 증가하였다(그림 3-5C). 또한, ND군과 비교하여, ND군에 비해 PEM군에서 유의적으로 낮은 TNF- α 를 생성하였으나, 통곡물이 함유된 식이는 TNF- α 의 생성을 농도 의존적으로 증가시켰다(그림 3-5D).

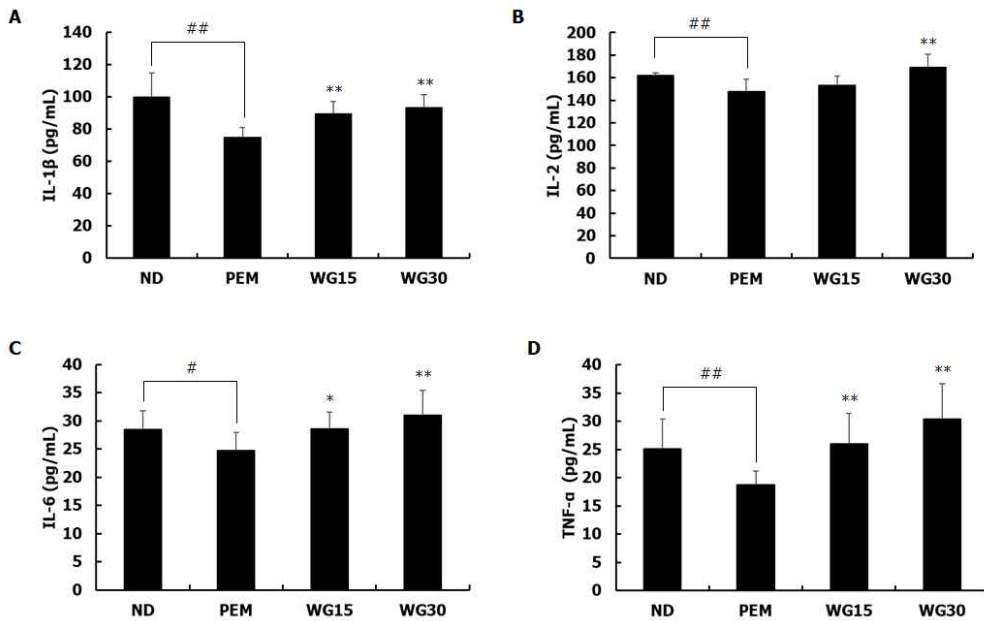


그림 3-5. 혈장 내 사이토카인 함량.

- A. IL-1 β
- B. IL-2
- C. IL-6
- D. TNF- α

7) 통곡물이 IgG와 IgA에 미치는 영향

- 통곡물이 혈장 내 IgA와 IgG레벨에 미치는 영향을 알아보기 위해, 혈액으로부터 혈장을 분리하였다. IgA의 경우, ND군에 비해 PEM군에서 유의적으로 IgA 생성이 증가하였으나, 통곡물이 함유된 식이는 IgA의 생성을 농도 의존적으로 감소시켰다(그림 3-6A). IgG의 경우, ND군과 비교하여, PEM군에서 IgG생성이 감소하였으나, WG15와 WG30에서 IgG의 생성이 농도 의존적으로 증가하였다(그림 3-6B).

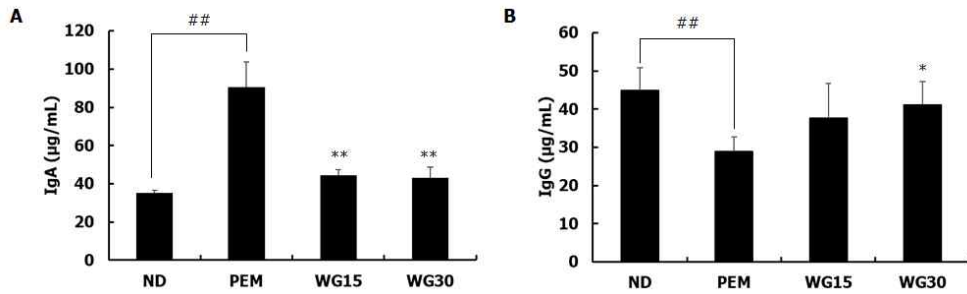


그림 3-6. 혈장 내 Immunoglobulin 함량.

A. IgA
B. IgG

8) 통곡물이 CD4⁺ T 세포와 CD8⁺ T 세포 증식능에 미치는 영향

- 통곡물이 림프구 내에 존재하여 면역을 담당하는 CD4⁺ T 세포와 CD8⁺ T 세포의 증식에 미치는 영향을 flow cytometry기법을 이용하여 측정하였다. 그 결과, ND군과 비교하여 모든 군에서 CD4⁺ T 세포와 CD8⁺ T 세포의 감소는 관찰되지 않았다. 이는 단백질 결핍으로 인한 CD4⁺ T 세포와 CD8⁺ T 세포의 감소는 없는 것으로 해석된다. 통곡물은 CD8⁺ T 세포의 수에는 영향을 미치지 못했지만, CD4⁺ T 세포의 증식을 유의적으로 증가시켰다(그림 3-7).

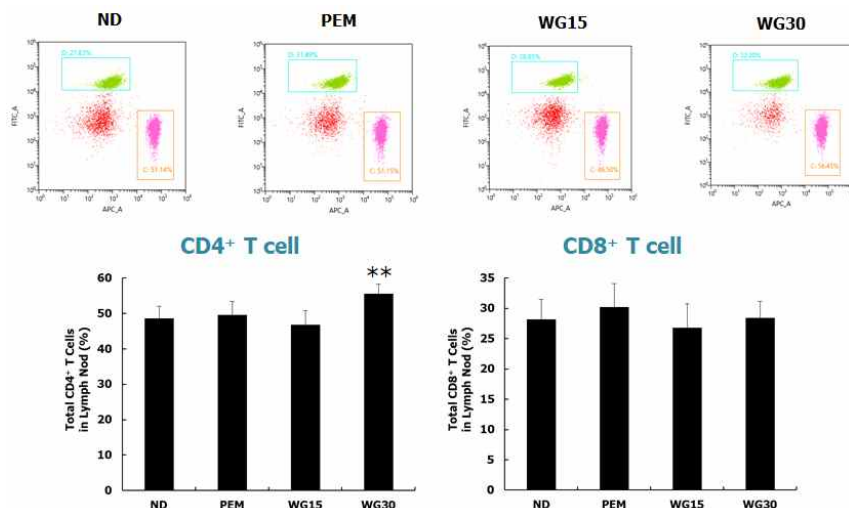


그림 3-7. CD4⁺ T 세포와 CD8⁺ T 세포 증식능.

8) 통곡물이 항산화 효소의 활성화에 미치는 영향

- Catalase 활성을 간조직에서 확인한 결과 ND에 비해 PEM군에서 약 2배 감소하였으나, 통곡물이 함유된 식이를 섭취한 마우스의 간에서 catalase 활성이 유의적으로 증가하였다(그림 3-8A). 추가적으로, PEM군에서 간조직의 superoxide dismutase (SOD)활성을 ND군과 비교하였을 때 유의적으로 감소하였으며, 통곡물이 함유된 식이를 처리했을 때, PEM군에 비해 농도 의존적으로 증가하였다(그림 3-8B).

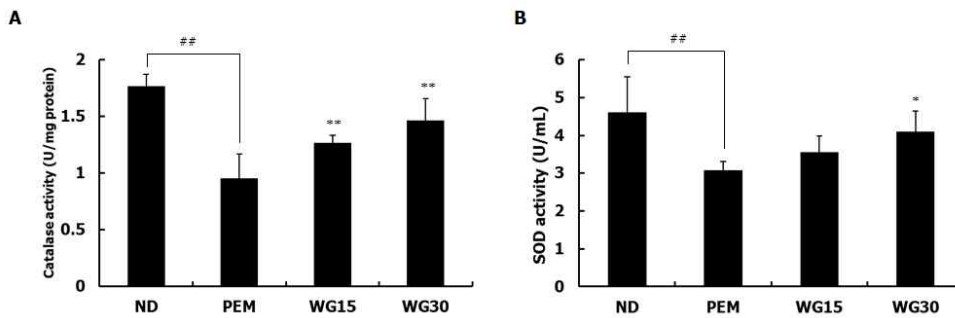


그림 3-8. 간조직에서의 항산화 효소 활성.

A. Catalase

B. SOD

9) 통곡물이 항산화 효소 유전자의 발현에 미치는 영향

- 항산화 효소, glutathione peroxidase (GPx)와 SOD의 mRNA 변화량을 RT-PCR을 통해 확인하였다. 실험 결과, PEM diet를 공급한 쥐의 간에서 항산화 효소의 유전자 발현이 정상식이를 공급한 쥐의 간과 비교하여 유의하게 감소한 반면, 통곡물을 처리함에 따라 다시 회복함을 확인하였다(그림 3-9).

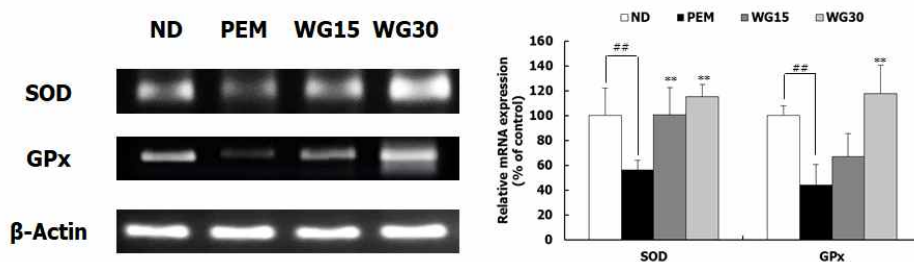


그림 3-9. 간조직에서의 항산화 효소의 mRNA 변화량.

10) 통곡물이 간독성에 미치는 영향

- 간독성 지표로 사용되는 AST와 ALT는 간이 손상되면 혈액으로 분비된다. 단백질 결핍이 간의 무게 및 간의 항산화 효소 활성의 감소를 유발하였으므로 간에 손상을 주었을 것으로 판단하여 간독성 지표인 ALT와 AST 함량을 혈액 내에서 측정하였다. 실험군 간의 유의한 혈중 함량 차이가 관찰되지 않았다(그림 3-10).

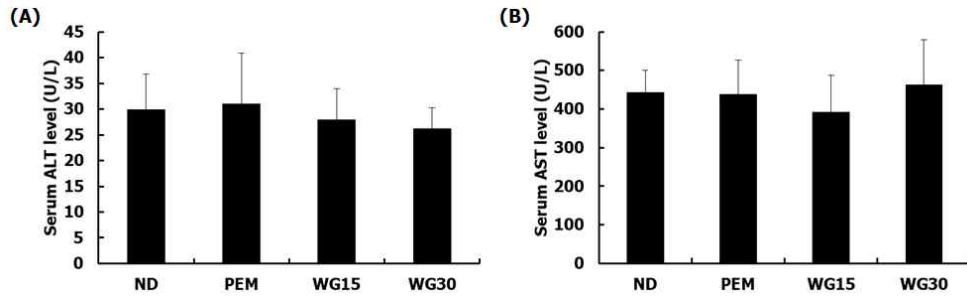


그림 3-10. 혈중 AST와 ALT 농도.

A. ALT 농도

B. AST 농도

3-2. 영유아용 조제식품의 유용성 표시 타당성 검증

가. 영유아용 조제식품 표시 광고의 심의사례 조사시판 제품의 유용성 표시 문구 조사

1) 영유아용 조제식품의 정의

- 영유아용 곡류조제식은 이유기의 영아, 유아의 이유 및 영양보충을 목적으로 곡류, 두류, 서류 등 전분질 원료를 주원료(최종제품에서 고형분기준 25% 이상)로 하여 이에 식품, 영양성분 등을 가하여 제조·가공한 식품이다.
- 영유아용 곡류조제식은 영아용 조제식과 기타 영·유용식과는 구분된다.
 - 영아용 조제식 : 분리대두단백 또는 기타의 식품에서 분리한 단백질을 단백원으로 하여 영아의 정상적인 성장 및 발육에 적합하도록 기타의 식품, 무기질, 비타민 등 영양성분을 첨가하여 모유 또는 조제유의 수유가 어려운 경우, 대용의 용도로 분말상 또는 액상으로 제조 및 가공한 식품이다.
 - 기타 영·유용식 : 영·유아의 이유기 또는 성장기에 일반식품으로의 적용을 도모할 목적으로 제조 및 가공한 식품이다. (영아용조제식, 성장기용조제식, 영유아용 곡류조제식은 제외한다.)


2) 영유아용 조제식품 표시 광고 심의사례

- 영·유아용 곡류조제식에 대한 사전 심의 사례는 현재까지 진행된 바 없다.

나. 시판 제품의 유용성 표시 문구 조사

- 시판 중인 영유아용 조제식품의 유용성 표시문구는 다음과 같다(표 3-5). 의약품, 건강기능식품과 혼동을 주지 않는 범위에서 유용성을 표시하였다.

표 3-5. 영유아용 곡류조제식 유용성 표시 문구

사례	유용성 표시 문구
<p>일동후디스- 아기밀 순유기농</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 꼼꼼하게 관리하는 아기 영양 ▪ 이유기 부족해지기 쉬운 영양보충
<p>남양유업 - 명품 유기농</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 귀한 내 아기를 위한 최상의 배려

다. 영유아용 곡류조제식 광고심의(안) 제시

○ 본 연구진은 동물실험 결과를 바탕으로 통곡 및 발아곡류를 이용한 영유아용 곡류조제식의 유용성 표시문구를 아래와 같이 제시하였다(그림3-15). 영유아용 곡류조제식의 광고심의 기준, 심의사례와 시판되고 있는 시제품의 유용성 표시 문구를 기반으로 적절한 유용성 표시문구를 제시한 것이다.



- **영유아를 위한 영양공급**
 - 엄마가 가장 사랑하는 아기를 위해 국내산 곡류를 함유하여 균형 있는 영양을 제공합니다.
- **아기의 부드러운 식사(이유식)**
 - 아기에게 충분한 영양 공급을 위해 만든 부드러운 식사. 국내산 곡류를 함유하였습니다.
- **엄마의 아기 사랑, 균형잡힌 영양공급에서**
 - 부족한 아기 영양, 국내산 곡류로 보충하세요.
 - 건강한 우리 아기를 위한 엄마의 사랑. 곡류를 통한 영양 보충

그림 3-15. 영유아용 곡류조제식 광고심의안.

3-3. 영유아용 곡류조제식 *in vivo* 동물시험 유효성 평가 및 유용성 표시 타당성 검증

○ 본 연구에서는 동물을 이용하여 통곡물의 면역증진효과를 검증하였다. 15% 및 30% 통곡물을 배합하여 단백질이 결핍된 식이를 제작하였다. 일반대조식이 및 단백질 결핍 식이를 각각 5주간 공급하였으며, 실험군에서는 주간 단백질 결핍 식이를 공급한 후, 15% 통곡물 함유 식이 및 30% 통곡물 함유 식이로 각각 변경하여 3 주 간 공급하여 실험을 진행하였다.

○ 일반 식이를 투여한 군과 PEM을 처리한 군에서 체중, 비장, 간 무게가 감소하였다. 통곡물이 함유된 식이를 처리하였을 때, PEM군과 비교하여 체중의 차이는 없었지만 비장 및 간의 무게가 증가하였다. 이는 단백질 결핍으로 인한 조직의 감소를 통곡물이 증가시켰음을 의미한다.

- PEM군과 비교하여, 통곡물이 함유 식이군에서
 - 비장능의 증식능 및 CD4⁺ T 세포와 CD8⁺ T 세포 증식능에는 차이가 없었다. 이러한 결과는 본 연구 결과에서 사용된 통곡물에 의한 면역 관련 세포의 증식이 촉진되지 않았음을 의미한다.
 - 배양된 면역세포로부터 분비된 사이토카인, IL-1 β , IL-2, IL-6, TNF- α 의 양이 증가하였다. 또한, 혈액 내 함유된 사이토카인, IL-1 β , IL-2, IL-6, TNF- α 의 양이 증가하였다. 이러한 결과는 통곡물이 면역이 결핍된 동물에서 사이토카인을 증가시켜 면역 작용을 촉진시켰음을 의미한다.
 - 간으로부터 SOD와 catalase의 활성 및 SOD와 GPx의 mRNA 발현량이 증가하였다. 이러한 결과는 간에서 단백질 결핍으로 인한 산화적 스트레스를 통곡물에 의해 완화되었음을 의미한다.
 - 혈액 내 AST와 ALT의 농도의 변화는 없었다. 따라서, 사용된 통곡물이 간에 무리를 주지 않은 것으로 판단된다.

- 본 연구에 사용된 통곡물이 면역 관련 사이토카인 분비 촉진 및 혈액 내 사이토카인 농도를 증가시켰으며 간에서 항산화 효과를 나타내었다. 추가적으로 간독성 평가지표인 AST와 ALT의 변화는 없었다.

- 본 연구에서 사용된 영유아용 곡류조제식에 대해 ‘영유아를 위한 영양공급’, ‘아기의 부드러운 식사’, ‘엄마의 아기 사랑, 균형잡힌 영양공급에서 ‘등과 같은 유용성 표시문구를 제시하였다.

- 최종적으로, 동물실험 결과를 바탕으로 본 연구의 통곡은 영유아용 곡류조제식으로 제시한 유용성 표시문구를 사용하여 산업적으로 활용될 수 있을 것으로 판단된다. 앞으로 유사 선식제품과의 유용성 평가 비교와 함께 체계적인 인체적용시험을 통하여 추가적인 연구가 확보된다면, 본 연구의 영유아용 곡류조제식의 면역 증진 효과는 제품화에서 있어서 산업적 수월성과 우수 선점할 것으로 판단된다.

제 3 절: 제 2협동 경기대학교 (연구책임자 : 이재권)

- 연구제목: 통곡 및 발아곡류의 상품 적용 연구
- 연구개발 목표
 - 통곡/발아곡류의 가공적성 및 전처리공정 개발
 - 통곡/발아곡류소재 특수용도식품 개발 및 우수성 비교
 - 통곡/발아곡류소재 특수용도식품 생산 공정의 표준화 및 상용화 연구

1. 1차년도: 통곡/발아곡류의 가공적성에 따른 전처리 방법 연구(제품적용: 체중조절용 식품)

1-1. 통곡 및 발아곡류의 물성탐색

가. 통곡 및 발아곡류의 이화학 특성

1) 물리적 특성

(1) 실험재료

- 체중조절용조제식품의 원료로는 국내산 통곡(10종) 및 발아곡류(2종)를 (유)광복농산(청주, 대한민국)에서 구매하여 사용(표 1).

표 1. 통곡 및 발아곡류 시료

분류	품목	품종	생산지(생산년도)
쌀류	현미(brown rice)	새일미	전남 해남(2015)
	찰현미(waxy brown rice)	동진	충북 청주(2015)
	찰흑미(waxy black rice)	신농	전북 부안(2015)
맥류	보리(barley)	(혼합)	전북 부안(2015)
	밀(wheat)	(혼합)	전북 부안(2015)
	귀리(oat)	(혼합)	미지(2015)
	메밀(buckwheat)	(혼합)	미지(2015)
기타 잡곡류	수수(red sorghum)	(혼합)	강원 영월(2015)
	찰옥수수(waxy white corn)	(혼합)	강원 영월(2015)
	찰조(waxy foxtail millet)	(혼합)	전남 신안(2015)
발아곡류	발아현미(germinated brown rice)	(혼합)	충북 청주(2015)
	발아찰보리(germinated waxy barley)	(혼합)	미지(2015)

(2) 실험방법

- 통곡/발아곡류의 물리적 특성은 색상(grain color), 배유경도(endosperm hardness), 백립중(hundred kernel weight), 용적밀도(bulk density) 및 밀도(density)를 측정하여 평가. 모든 측정치는 3회 반복하여 평균과 표준편차로 표시.
 - 색상: 외피의 색도를 육안 검사.
 - 배유경도: 종으로 절단한 곡립의 배유 내 투명 경질배유(translucent hard endosperm)와 백색 연질배유(floury soft endosperm)의 분포 정도에 따라 배유경도 평가.

- 백립중: 온전한 곡립 100개의 무게 측정.
- 용적밀도: 아마란스 씨(Amaranth seed)를 이용한 종자치환법(AACC 44-19) 사용(1).
- 밀도: pycnometer를 사용하는 N₂ gas 치환법으로 측정(2).

(3) 결과 및 고찰

- 통곡 및 발아곡류 시료의 물리적 특성 측정결과를 표 2에 표시.

표 2. 통곡 및 발아곡류의 물리적 특성

	물리적 특성				
	외관색상	배유경도	백립중(g)	용적밀도(g/ml)	밀도(g/cm ³)
현미	갈색	경질	2.26±0.02	0.50±0.00	1.42±0.00
찰현미	연갈색	경질	2.08±0.03	0.50±0.00	1.44±0.00
찰흑미	흑색	경질	2.01±0.04	0.51±0.00	1.42±0.00
보리	갈색	연질	2.64±0.02	0.51±0.00	1.42±0.00
밀	갈색	경질/연질 혼합	4.28±0.05	0.51±0.00	1.44±0.00
귀리	갈색	연질	2.87±0.10	0.48±0.00	1.37±0.00
메밀	연녹색	연질	2.26±0.07	0.47±0.00	1.45±0.00
수수	적색	경질/연질 혼합	2.58±0.06	0.49±0.00	1.37±0.01
찰옥수수	백색	경질/연질 혼합	24.73±0.03	0.52±0.01	1.34±0.00
찰조	갈색	연질	0.29±0.00	0.67±0.01	1.39±0.00
발아현미	갈색	경질	2.06±0.06	0.50±0.00	1.44±0.00
발아찰보리	갈색	연질	2.43±0.05	0.49±0.00	1.38±0.01

- 찰흑미(검정)와 수수(적색)를 제외한 나머지 통곡시료의 외관색상은 연갈색을 나타내어 과피(testa) 내 색소의 착색이 없음을 확인.
- 배유경도의 경우, 쌀류는 투명한 경질배유인 반면 밀, 수수, 찰옥수수는 경질과 연질배유가 함께 존재하는 중간 정도의 경도를 나타내었음. 보리, 귀리, 메밀, 찰조 및 발아찰보리는 대부분 연질배유로 판정.
- 찰옥수수, 밀, 찰조를 제외한 시료의 백립중은 2.01-2.64 g의 범위로서 시료 간 유사하였음. 반면 찰옥수수와 찰조의 백립중은 각각 24.73 g, 0.29 g으로써 다른 시료와 현격한 차이를 보임에 따라 혼합 및 가공과정에서 불균일성의 문제점 발생이 예상됨.
- 용적밀도는 가장 작은 곡립 크기의 찰조를 제외하고 모두 0.49-0.52 g/ml의 범위로서 상호 유사하였음.
- 통곡 시료의 밀도 측정치는 1.34-1.45 g/cm³의 범위로 시료 간 유사하였으며 최대 측정치는 메밀, 최소치는 찰옥수수로 확인되었음.

2) 화학적 특성: 일반성분 조성

(1) 실험재료

- 통곡/발아곡류 시료는 분쇄기(Udy Co., Fort Collins, CO, USA)를 사용하여 100 mesh 이하로 분쇄 후 화학적 분석의 시료로 사용.

(2) 실험방법

- 시료의 일반성분 분석(1)은 수분, 조단백, 조지방, 회분 및 전분함량을 측정 후 나머지 잔여함량을 조섬유함량으로 표시.
- 수분: 105 °C 상압가열건조법(AACC 44-15)으로 측정.
- 조단백: micro Kjeldahl법(AACC 46-13)으로 측정.
- 조지방: 석유 ether를 용매로 하는 Goldfish법(AACC 30-20)으로 측정.
- 회분: 회화법(AACC 4-01)으로 측정.
- 전분함량: 전분함량분석 kit(Total starch assay kit, Megazyme, Wicklow, Ireland)을 사용하는 AACC 효소분해법(AACC 76-13)으로 측정.

(3) 결과 및 고찰

- 통곡 및 발아곡류 시료의 일반성분 측정결과를 표 3에 표시.

표 3. 통곡 및 발아곡류의 일반성분 조성(%)

시료	수분	조단백	조지방	회분	탄수화물		
					전분	조섬유	
쌀류	현미	16.1±0.0	7.4±0.4	2.7±0.2	1.4±0.1	82.6±2.6	-
	찰현미	13.3±0.1	8.3±0.1	3.6±0.7	1.5±0.1	79.6±1.4	-
	찰흑미	14.8±0.1	8.3±0.0	2.2±0.3	1.3±0.1	75.9±1.2	-
맥류	보리	11.9±0.2	11.0±0.3	1.4±0.1	1.7±0.1	57.7±0.4	16.8
	밀	12.4±0.1	13.1±0.1	4.1±0.5	1.8±0.1	62.4±2.3	6.5
	귀리	11.1±0.0	13.1±0.1	5.6±0.7	1.8±0.1	63.9±1.6	4.8
	메밀	13.0±0.0	14.6±0.1	4.7±1.9	2.0±0.1	68.0±0.7	-
기타 잡곡류	수수	11.6±0.1	12.2±0.0	3.2±0.1	1.9±0.0	56.9±0.7	14.2
	찰옥수수	10.1±0.3	11.0±0.1	5.0±1.0	1.7±0.2	57.0±0.1	15.4
	찰조	11.5±0.1	9.2±0.1	2.9±0.9	3.2±0.1	64.0±0.7	9.7
발아곡류	발아현미	10.1±0.0	7.7±0.2	3.2±0.7	1.4±0.0	75.6±0.6	2.2
	발아찰보리	10.1±0.0	10.3±0.1	1.6±0.1	1.6±0.0	58.2±1.2	18.3

- 현미와 찰흑미를 제외한 모든 시료의 수분함량은 14% 이하로서 저장 중 안정성이 확보된 반면 현미는 16.1%의 높은 수분함량으로 신속한 가공처리가 필요할 것으로 판단.
- 조단백함량은 쌀류에서는 7.4-8.3% 범위로서 다른 시료에 비해 상대적으로 낮은 반면 밀, 귀리, 메밀은 13.1-14.6%로서 비교적 높은 것으로 확인.
- 조지방함량은 귀리가 5.57%로 가장 높았으며 보리와 발아찰보리는 약 1.4-1.6% 범위의 가장 낮은 측정치를 나타내었음. 따라서 귀리는 저장/유통 중 지방산패에 취약할 것으로 예상.
- 전분함량은 쌀류가 75-82% 범위로서 타 시료에 비해 높았는데, 이는 비교적 얇은 외피와 작은 크기의 배(germ)로 인해 배유의 구성비가 상대적으로 높기 때문으로 판단.
- 조섬유함량은 보리, 발아찰보리가 16-18%의 최대치를 나타냈었고 다음으로 찰옥수수, 수수의 순으로 높았는데 이는 외피 두께와 조성비가 타 시료에 비해 높기 때문으로 판단.

3) 호화 특성

(1) 실험재료

- 통곡/발아곡류 시료는 분쇄기(Udy Co., Fort Collins, USA)를 사용하여 100 mesh 이하로 분쇄하여 사용.

(2) 실험방법

- 호화특성: 신속점도분석기(Rapid Visco Analyzer, Newport Scientific, Australia)를 사용하여 측정. 측정조건은 10%(w/v)의 시료 현탁액을 50℃에서 3분 유지 후 4.5분 동안 50℃에서 95℃로 가열하고 95℃에서 2분간 유지 후 4.5분 동안 50℃로 냉각하고 50℃에서 3분 유지하는 cycle에서 호화개시온도, 최대호화점도, breakdown점도 및 setback점도 측정.

(3) 결과 및 고찰

- 통곡 및 발아곡류의 RVA profile 측정결과를 그림 1에 표시.

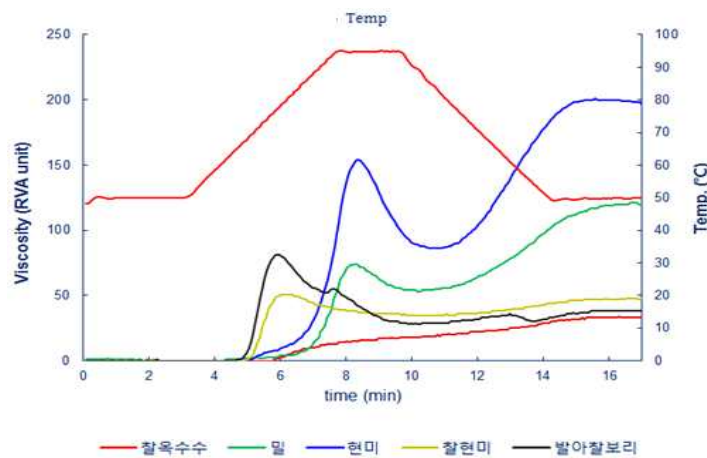


그림 1. 통곡 및 발아곡류 시료의 RVA profiles.

- 통곡 및 발아곡류 시료는 그림 1과 같이 각 전분의 고유 호화특성에 따라 호화개시온도, 호화속도, 최대호화점도, breakdown점도 및 setback점도가 상이하였음.
- 이에 따라 통곡 및 발아곡류를 혼합한 시료의 경우 가공 후 균일한 물성을 위하여 호화 및 냉각조건의 조정이 필요할 것으로 판단.

4) 영양기능 특성: 항산화능력

(1) 실험재료

- 통곡/발아곡류 시료는 믹서(MIX-40R, J-One Co., Yongin, Korea)를 사용하여 분쇄 후 80% 메탄올로 추출 후 감압 농축하여 항산화력 측정실험의 시료로 사용. 대조구로는 백미 사용.

(2) 실험방법

- 시료의 폴리페놀 및 플라보노이드함량을 분석하고, 전자공여능(electron donating ability, EDA)과 양이온 라디칼 소거능력(cation radical scavenging activity, CRSA)을 측정하여 항산화능력을 평가.

- 폴리페놀함량: Folin-Ciocalteu법(3)에 따라 UV/VIS 분광광도계를 이용하여 760 nm에서

의 흡광도를 측정. 표준물질로는 gallic acid 사용.

- 플라보노이드함량: Diethylene glycol 비색법(4)을 이용하여 420 nm에서의 흡광도를 측정. 표준물질로는 rutin 사용.
- 전자공여능(EDA): DPPH free radical 소거법(5)을 사용하여 490 nm에서의 흡광도를 측정. 전자공여능은 아래의 식에 따라 백분율로 표시.

$$\text{DPPH radical scavenging activity (\%)} = \left(1 - \frac{A_{\text{Experimental}}}{A_{\text{Control}}} \right) \times 100$$

- 양이온 라디칼소거능력(CRSA): ABTS radical소거법(6)에 따라 490 nm에서의 흡광도 측정. 양이온 라디칼소거능력은 아래의 식에 따라 백분율로 표시.

$$\text{ABTS radical scavenging activity (\%)} = \left(1 - \frac{A_{\text{Experimental}}}{A_{\text{Control}}} \right) \times 100$$

(3) 결과 및 고찰

- 통곡 및 발아곡류 시료의 폴리페놀 및 플라보노이드함량과 항산화력을 표 4에 표시.

표 4. 통곡 및 발아곡류의 폴리페놀 및 플라보노이드 함량과 항산화능력

시료	폴리페놀 (mg/100 g)	플라보노이드 (mg/100 g)	전자공여능 (%)	양이온라디칼소거능 력 (%)	
대조구(백미)	19.36±0.41	15.73±0.66	0.00±0.82	24.24±3.16	
쌀류	현미	69.91±0.47	20.54±0.47	62.09±1.32	
	찰현미	61.70±0.47	54.05±0.15	61.34±2.17	
	찰흑미	455.41±4.59	233.63±0.29	83.56±0.14	99.54±0.22
맥류	보리	115.96±0.04	101.75±0.60	97.46±0.46	
	밀	65.55±0.63	ND	74.06±2.27	
	귀리	49.49±0.62	ND	80.04±1.39	
	메밀	369.00±2.81	124.00±0.64	81.19±0.15	98.73±0.10
기타 잡곡류	수수	2,097.27±3.01	184.77±4.65	83.66±0.16	99.78±0.10
	찰옥수수	84.59±1.10	73.91±1.01	26.86±0.74	83.90±1.26
	찰조	60.58±0.51	ND	7.67±1.10	69.98±1.56
발아곡 류	발아현미	63.49±0.79	20.31±1.60	15.59±1.35	72.20±2.63
	발아찰보리	134.42±1.16	0.79±0.16	69.59±0.57	99.58±0.06

- 통곡 및 발아곡류의 폴리페놀함량은 대조구 백미에 비하여 현저하게 높았으며, 특히 수수, 찰흑미, 메밀, 발아찰보리, 보리의 순으로 높은 측정치를 나타내었음. 수수와 찰흑미의 높은 폴리페놀 함량은 외피(testa)에 함유된 tannin 계열의 색소 때문으로 판단.
- 외피가 아닌 배유에 존재하는 플라보노이드는 정량분석 결과, 시료의 플라보노이드 함량

측정결과와 유사한 양상을 나타내었음. 특히 찰옥미, 수수, 메밀, 보리는 타 시료보다 현저히 높은 플라보노이드함량 측정치를 나타내었음.

- 각 시료의 폴리페놀/플라보노이드함량과 전자공여능(EDA)과의 상관관계를 그림 2에 표시.

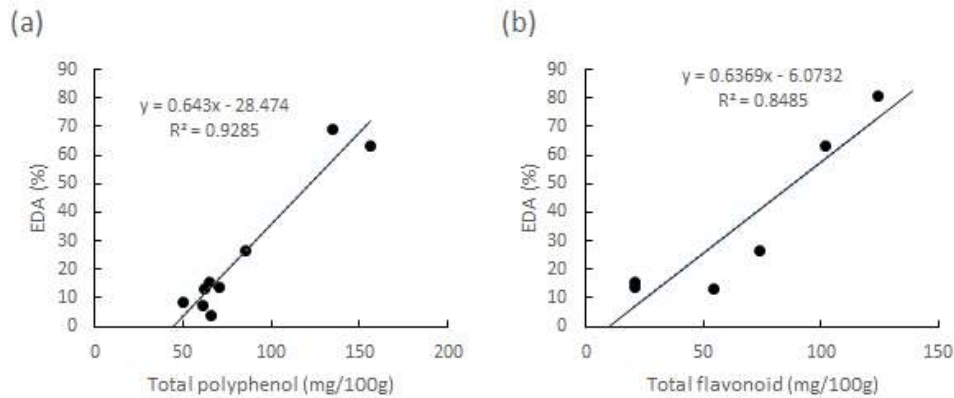


그림 2. 폴리페놀/플라보노이드함량과 전자공여능의 상관성.

- 시료의 폴리페놀 및 플라보노이드함량은 전자공여능과 높은 상관성을 나타내어(폴리페놀 함량 vs EDA: $r^2 = 0.9285$, 플라보노이드함량 vs EDA: $r^2 = 0.8485$), 전자공여능으로 평가한 통곡시료의 항산화능력은 폴리페놀 및 플라보노이드함량과 비례함을 확인. 그러나 일부 시료의 높은 측정치를 자료에 포함 시에는 과도한 측정치의 차이(outlier)로 인해 낮은 상관성을 나타내었음.
- 시료의 폴리페놀/플라보노이드함량과 양이온 라디칼소거능력(CRSA)과의 상관관계를 그림 3에 표시.

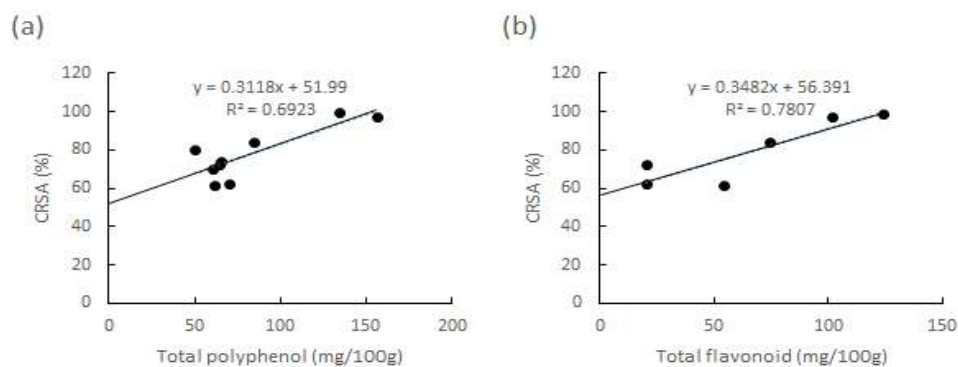


그림 3. 폴리페놀/플라보노이드함량과 양이온 라디칼소거능력의 상관성.

- 시료의 폴리페놀/플라보노이드함량은 양이온 라디칼소거능력과 유의적 상관성을 보이며, 양이온 라디칼소거능력으로 평가한 통곡시료의 항산화능력은 폴리페놀/플라보노이드함량과 비례하는 것을 확인.
- 한편 폴리페놀/플라보노이드함량과 양이온 라디칼소거능력과의 상관성은 전자공여능 측

정결과 보다는 낮았음(폴리페놀함량 vs CRSA: $r^2= 0.6923$, 플라보노이드함량 vs CRSA: $r^2= 0.7807$). 이는 일부 시료의 높은 측정치가 outlier로 작용하여 상관성을 감소시키는 것으로 예상.

1-2. 통곡 및 발아곡류의 가공적성 연구

가. 통곡 및 발아곡류의 가공적성

1) 가열방법에 따른 통곡 및 발아곡류의 가공특성

(1) 실험재료

- 국내산 통곡(10종) 및 발아곡류(2종)

(2) 실험방법

- 통곡/발아곡류의 가열(팽화)방법으로는 공정의 경제성과 편리성, 풍미와 질감의 개선효과 등을 고려하여 건열팽화(hot-air puffing), 로스팅(roasting) 및 마이크로웨이브 가열(microwave heating)을 선정.
- 건열팽화는 가정용 팝콘제조기(Model CPM-100WKR, Cuisinart, China), 로스팅은 커피로스터(MSP-2004, 리빙센스, Korea), 마이크로웨이브 가열은 1200 W 출력의 전자레인지 오븐(MC28H5114, Sam Sung Electro., Korea)을 사용. 각 가열방법의 처리조건은 예비실험결과에 따라 표 5와 같이 설정.

표 5. 가열방법 별 가열조건














가열방법	가열온도(°C)	가열시간	출력(W)
건열팽화	180-200	1분 50초	1500
로스팅	200-230	3분 40초	940
마이크로웨이브 가열	-	2분 40초	1200

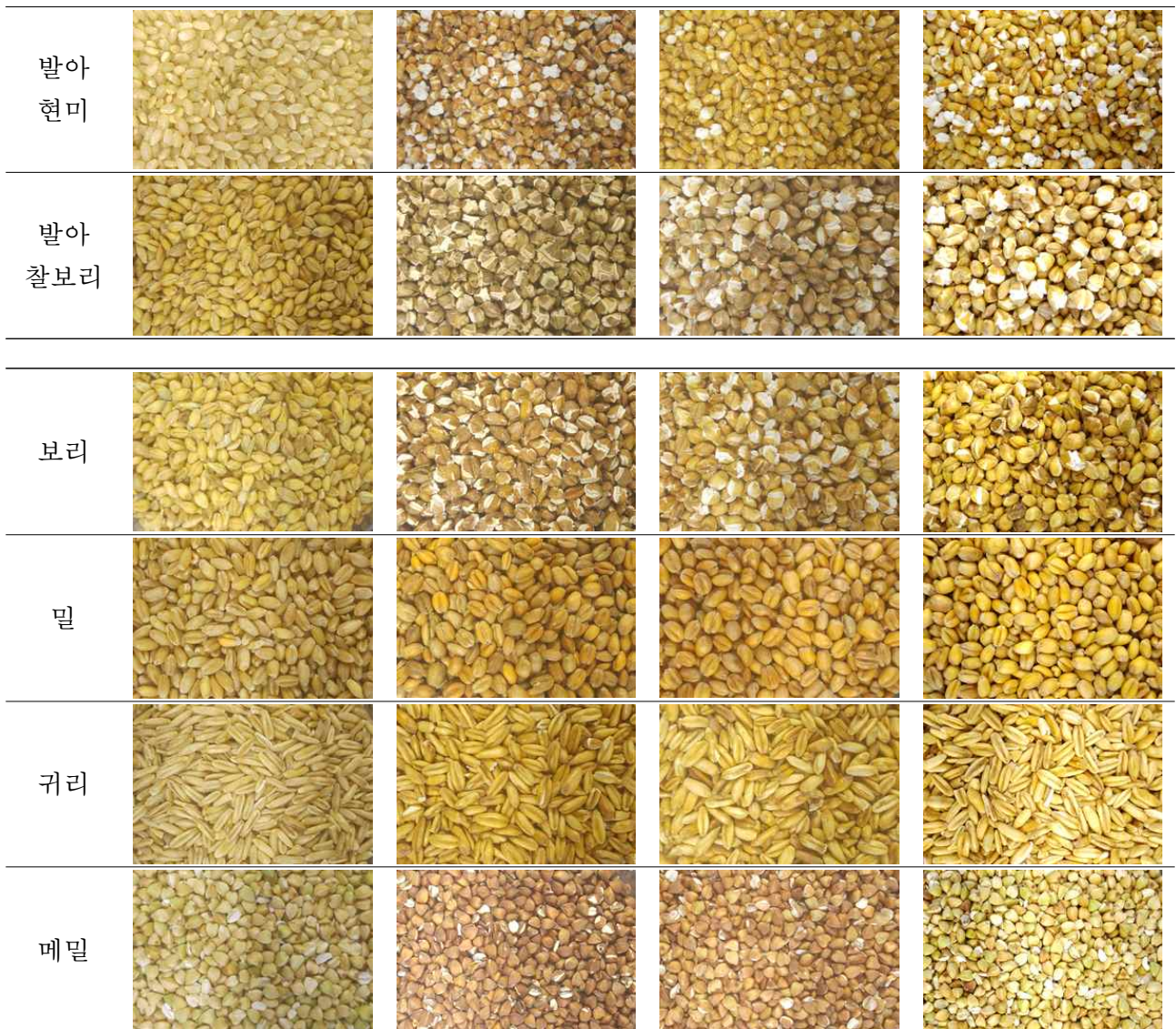
- 시료의 팽화도(expansion rate)는 가열처리 전 시료부피 대비 가열 후 시료의 부피증가백분율로 표시하였으며, 부피는 아마란스 씨를 이용하는 종자치환법으로 측정. 수분함량은 105°C 상압가열건조법(AACC 44-15)(1), 시료의 색상 및 질감은 관능평가하여 조사.

(3) 결과 및 고찰

- 가열처리 방법에 따른 통곡 및 발아곡류의 외관 및 팽화특성을 표 6에 표시.

표 6. 가열방법에 따른 통곡과 발아곡류의 외관형태

	가열 전 원곡	건열팽화 (Hot-air puffing)	로스팅 (Roasting)	마이크로웨이브 (Microwave heating)
현미				
찰현미				
찰흑미				
수수				
찰 옥수수				
찰조				



- 가열에 따른 곡류의 팽화는 곡립 내부에 생성되는 과열수증기(superheated steam)가 그 압력이 증가하면서 곡립 외피가 파열될 때 발생하는 급격한 압력변화에 기인함. 이러한 곡류의 팽화는 외피의 두께, 강도, 치밀도 및 손상 여부뿐 아니라 전분의 아밀로오스 함량과 초기 수분함량 등에 따라서 영향을 받음.
- 통곡/발아곡류 시료의 팽화도는 가열방법과 곡류 종류에 따라 상이하였음. 시료 중 찰현미는 가열방법에 상관없이 가장 높은 팽화도를 나타내었음.
- 발아찰보리 또한 찰현미와 유사한 팽화 양상을 나타내었으나 팽화도는 찰현미보다 낮았음. 이는 전분 내 아밀로오스의 부재로 인하여 쉽게 팽화되기 때문임. 반면 밀, 귀리, 찰조는 가열방법에 관계없이 팽화되지 않고 형태가 그대로 유지되었음. 한편 현미는 가열처리에 따라 팽화되지 않았으나, 수분함량을 16.1%에서 약 10.3%로 건조한 경우에는 비교적 균일하게 팽화되었음. 따라서 원료곡류의 과도한 초기 수분함량은 팽화도와 부의 관계를 가지며, 통곡의 팽화를 위해서는 적정 수준의 초기 수분함량이 필요한 것을 확인.
- 가열처리 후 시료의 부피 팽창도 측정결과를 표 7에 표시.

표 7. 가열방법에 따른 시료의 팽화도(%)

시료		건열팽화 (Hot-air puffing)	로스팅 (Roasting)	마이크로웨이브 (Microwave heating)
쌀류	현미	131.1±3.9	132.9±3.0	119.5±4.0
	찰현미	368.9±13.9	194.4±23.9	235.1±24.4
	찰흑미	156.3±4.0	137.3±3.1	118.6±5.2
맥류	보리	195.4±8.0	183.0±15.4	143.2±2.8
	밀	128.7±4.0	134.9±1.0	129.4±2.4
	귀리	127.3±6.1	137.0±1.1	121.9±0.0
	메밀	87.1±4.3	89.9±2.2	84.9±0.0
기타 잡곡류	수수	176.3±7.5	123.3±11.1	102.3±5.0
	찰옥수수	173.5±8.0	147.5±3.9	160.5±4.3
	찰조	108.8±1.6	107.8±1.6	100.0±0.0
발아곡류	발아현미	126.7±0.0	127.1±5.5	110.3±6.9
	발아찰보리	223.1±9.7	214.6±28.6	171.4±4.1

- 메밀을 제외한 모든 시료는 팽화도에서 다소 차이는 있으나 가열처리에 의해 완전 또는 부분 팽화되는 것으로 확인. 이 같은 팽화도 차이는 시료 고유의 외피 및 전분특성에 기인하는 것으로 판단됨. 또한 시료의 균일하고 높은 팽화도는 로스팅, 마이크로웨이브 가열 보다는 건열팽화에 의해 발생하는 것을 확인.
- 가열처리에 따른 통곡/발아곡류의 수분함량 측정결과를 표 8에 표시.

표 8. 가열방법에 따른 시료의 수분함량 변화

시료	건열팽화 (Hot-air puffing)			로스팅 (Roasting)		마이크로웨이브 (Microwave heating)	
	가열 전 수분(%)	가열 후 수분(%)	수분 제거율 (%)	가열 후 수분(%)	수분 제거율(%))	가열 후 수분(%)	수분 제거율(%))
현미	16.14±0.04	5.59±0.13	65.4	3.04±0.09	81.2	9.17±0.16	43.2
찰현미	13.25±0.06	1.54±0.22	88.4	1.76±0.06	86.7	4.25±0.84	67.9
찰흑미	14.76±0.06	2.93±0.05	80.2	1.54±0.05	89.6	7.24±0.60	51.0
보리	11.90±0.21	1.20±0.18	89.9	1.20±0.18	89.9	5.17±0.17	56.6
밀	12.41±0.08	0.55±0.04	95.6	1.63±0.09	86.9	6.07±0.14	51.1
귀리	11.08±0.02	1.12±0.10	89.9	0.69±0.11	93.8	6.84±0.87	38.3
메밀	13.03±0.03	0.13±0.00	99.9	0.12±0.03	99.1	3.96±0.15	69.6
수수	11.55±0.07	1.65±0.15	85.7	3.54±0.19	69.4	6.02±0.12	47.9
찰옥수수	10.13±0.26	3.39±0.04	66.5	4.86±0.20	52.0	4.72±0.38	53.4
찰조	11.51±0.05	1.63±0.05	85.8	1.18±1.24	89.8	6.49±0.05	43.6
발아현미	10.07±0.03	4.25±0.10	57.8	3.02±0.08	70.0	5.64±0.10	44.0
발아찰보 리	10.07±0.03	1.28±0.12	87.3	3.59±0.43	64.4	6.45±0.20	36.0

- 바삭거림(crispness)과 같은 스낵제품 특유의 조직감은 일반적으로 5% 이하의 수분함량에서 나타나며, 이에 따라 대부분의 스낵제품은 수분함량이 3% 이하로 조절되고 있음.
- 가열처리 후 시료의 수분함량은 건열팽화 및 로스팅에서는 5% 이하인 반면 마이크로웨이브 가열에서는 4.3-9.2% 범위의 높은 잔유 수분함량을 확인. 이는 마이크로웨이브에 의한 가열이 물 분자의 진동에 따라 발생하며 오븐 내 마이크로웨이브파의 조사가 균일하지 않기 때문으로 사료.
- 건열팽화에 따라 현미, 찰옥수수 및 발아현미를 제외한 시료는 80-99%의 높은 수분제거율을 나타내었음. 로스팅에 의한 시료의 수분제거 양상은 건열팽화의 양상과 유사하였음. 그러나 마이크로웨이브 가열은 수분제거율이 35-96%로 충분치 않았으며, 이에 따라 추가적인 가열처리가 필요하다고 판단.
- 가열처리방법에 따른 시료의 관능적 특성 측정결과를 표 9에 표시.

표 9. 가열방법에 따른 통곡/발아곡류의 관능특성

시료	건열팽화			로스팅			마이크로웨이브 가열		
	(Hot air puffing)			(Roasting)			(Microwave heating)		
	팽화도 *	색상**	조직감***	팽화도	색상	조직감	팽화도	색상	조직감
현미	2	2	2	2	2	2	2	1	1
찰현미	4	2	4	3	2	4	3	1	4
찰흑미	3	(흑색)	2	2	(흑색)	2	2	(흑색)	2
보리	3	3	4	2	3	2	1	2	3
밀	1	3	2	1	2	2	1	2	4
귀리	1	2	3	1	2	3	1	1	5
메밀	2	4	4	2	3	4	1	1	4
수수	3	(적색)	2	3	(적색)	2	2	(적색)	2
찰옥수수	3	3	2	2	3	1	3	2	1
찰조	2	3	2	1	3	1	1	2	2
발아현미	3	3	2	2	2	1	3	2	1
발아찰보리	3	4	3	3	3	4	3	2	2

*팽화도: not puffed (1), slightly puffed (2), moderately puffed (3), fully puffed (4)

**색상: pale brown (1), light brown (2), brown (3), dark brown (4)

***조직감: Hard (1) slightly hard (2), slightly crispy (3), crispy (4), soft (5)

2) 가열방법에 따른 통곡 및 발아곡류의 미세구조

(1) 실험재료

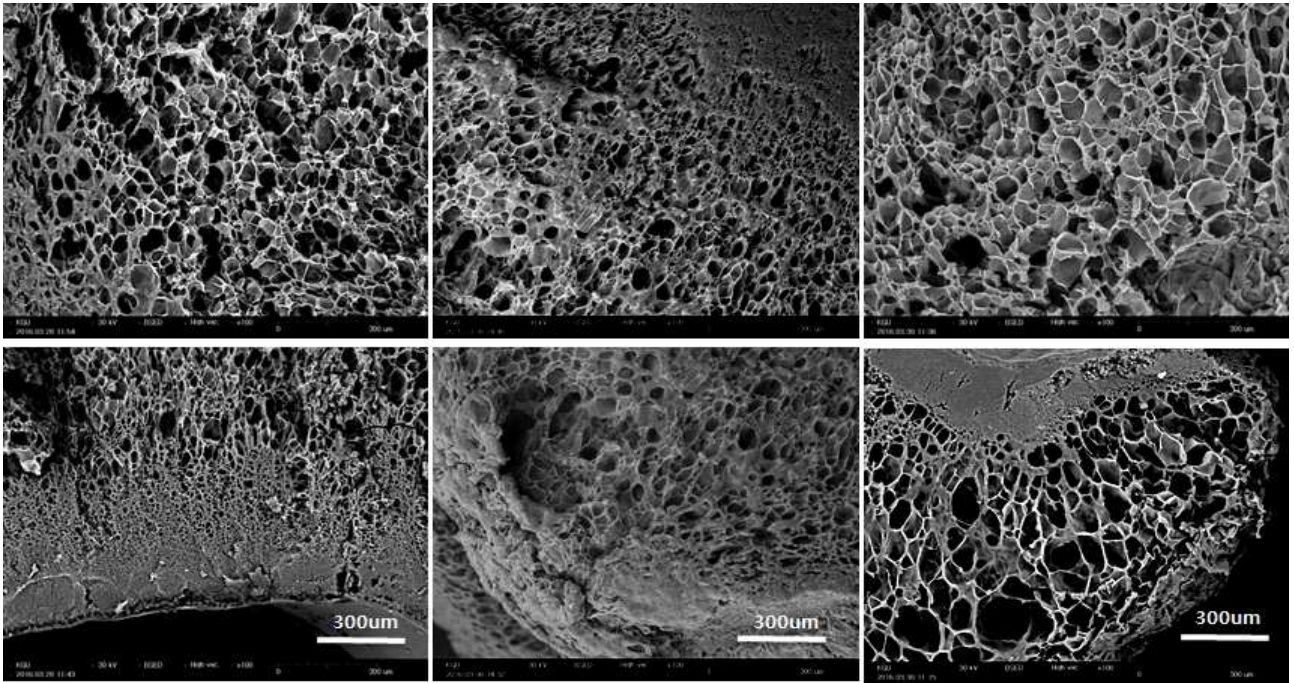
- 건열팽화, 로스팅 및 마이크로웨이브 가열한 찰현미, 수수, 밀 및 발아찰보리

(2) 실험방법

- 가열에 따라 팽화된 찰현미와 발아찰보리, 부분 팽화된 수수, 곡립이 팽화되지 않은 밀의 미세구조를 관찰하여 가열팽화에 의한 통곡/발아곡류의 구조변화 조사. 각 시료는 주사전자현미경(SEM, SNE-3000MB, SEC Co. Ltd., Suwon, Korea)을 사용하여, 카본테이프에 부착 후 gold 코팅하여 가속전압 15 kV에서 미세구조를 관찰.

(3) 결과 및 고찰

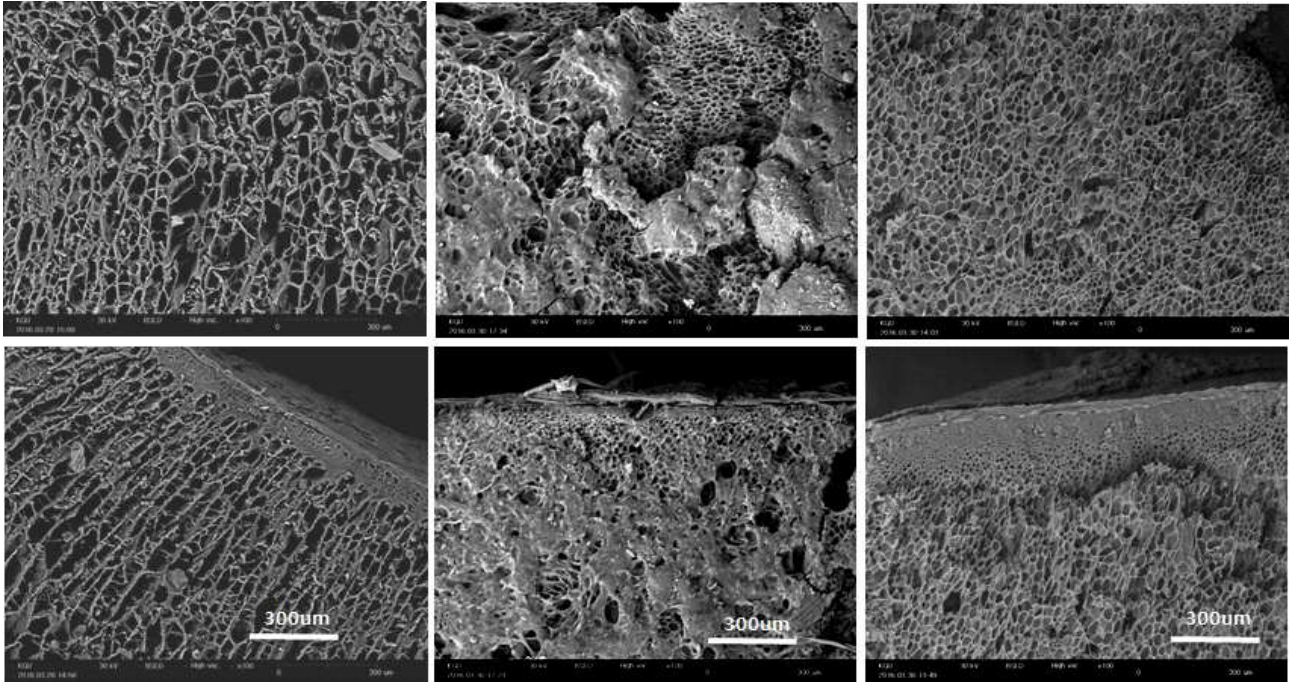
- 가열처리방법에 따른 찰현미의 내부 미세구조를 그림 4에 표시. 팽화 찰현미의 내부 및 외부 배유는 가열방법에 따라 상이한 미세구조를 나타내었음. 건열팽화한 경우 배유 내부에 비교적 균일한 크기의 기공(air cell)과 얇은 기공 벽(air cell wall)이 생성되었음. 팽화는 배유 내부에서 주로 발생하며, 외부로 갈수록 기공 크기가 작아지며 호분층(aleurone layer)과 외피가 그 형태를 유지하는 것으로 확인.



(a) Hot air puffing (b) Roasting (c) Microwave heating

그림 4. 가열방법에 따른 찰현미 배유의 중심(상) 및 외부(하) 미세구조(x100).

- 로스팅한 시료는 생성된 기공 크기가 건열팽화 처리의 경우 보다 상대적으로 작았으며, 배유 내부 및 외부 모두에서 팽화가 일어나는 것으로 관찰. 또한 표면에서의 전분은 가열된 표면과의 접촉으로 호화되어 melting된 형태를 나타내었음.
- 마이크로웨이브 가열의 경우에는 배유 내부에 기공형성과 함께 외부의 큰 기공이 관찰되어 팽화가 주로 외부에서 진행되는 것을 확인. 이에 따라 기공 크기는 외부로 갈수록 커지며 외부의 외피 층 또한 손실되어 배유만이 관찰되었음.
- 가열방법에 따른 수수의 내부 미세구조를 그림 5에 표시. 가열방법에 따른 수수의 배유 내부 및 외부 구조변화는 찰현미의 경우와 동일한 변화 양상을 나타내었으나, 가열에 의한 구조적 차이는 찰현미 보다 명확하게 관찰됨.
- 건열팽화의 경우 배유 내부에 균일한 크기의 기공과 얇은 기공 벽이 생성되며 대부분의 전분이 처리과정에서 호화되었음. 기공 형태는 구형이 아닌 중앙에서 외부 방향으로 장축을 갖는 타원형 형태를 나타내어 팽화가 배유 내부에서부터 외부로 진행되는 것으로 예상할 수 있음. 팽화과정 중 배유 외곽의 호분층과 외피 대부분은 손상되지 않은 상태로 관찰됨.
- 또한 로스팅한 경우 수수의 배유 내부에는 크기와 분포가 불균일한 기공이 생성되었으며 일부 배유세포 내 전분입자는 형태를 유지하는 것으로 관찰. 따라서 전분호화는 로스팅 시 부분적으로 진행되는 것으로 예상됨. 외피 층은 가열처리 후에도 배유에 결합된 형태를 유지하는 것으로 관찰되었으며 배유와 외피 층 사이에 공간이 형성되는 것을 확인.



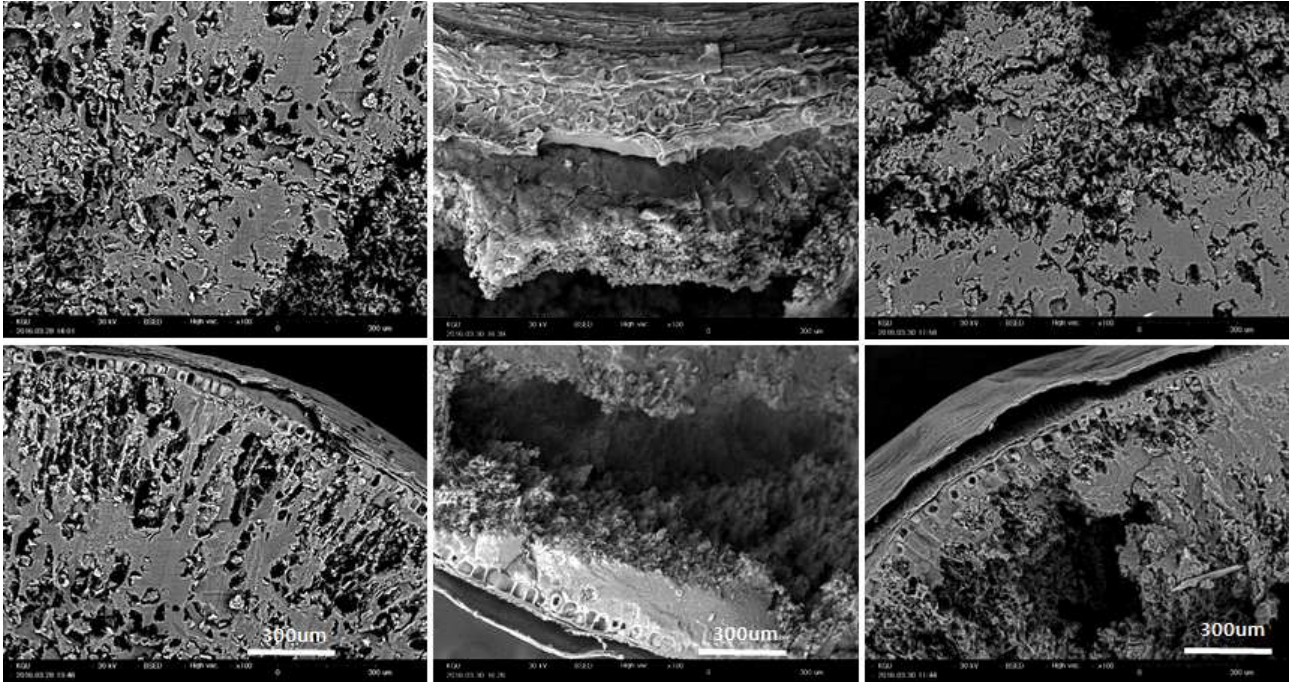
(a) Hot air puffing

(b) Roasting

(c) Microwave heating

그림 5. 가열방법에 따른 수수 배유의 중심(상) 및 외부(하) 미세구조(x100).

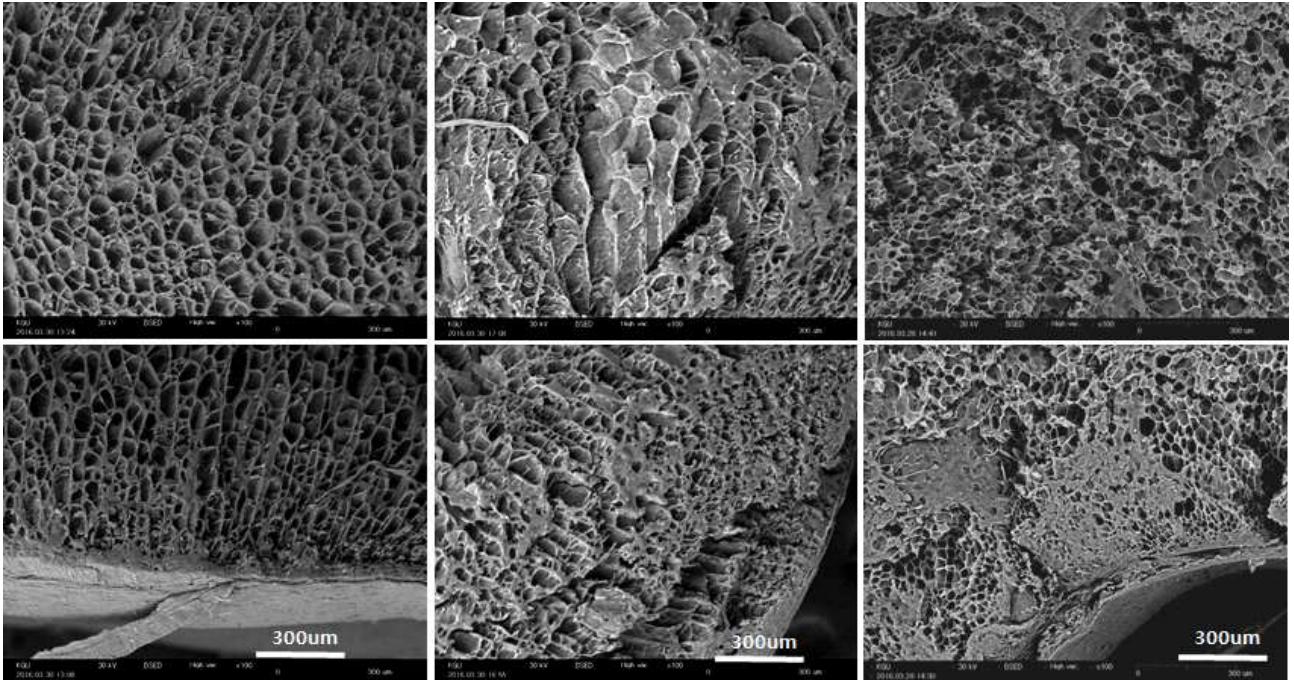
- 마이크로웨이브 가열처리한 수수는 배유 내부의 미세 기공이 형성되었으나 기공 벽이 두껍고 팽화가 제한적으로 발생하는 것으로 확인됨. 내부 및 외부 배유에서 전분입자 형태가 관찰되어 호화가 제한적으로 발생하며 외피층의 형태 또한 변화하지 않았음. 이와 같은 양상은 팽화도 측정결과와도 일치하였음.
- 가열처리방법에 따른 밀의 내부 미세구조를 그림 6에 표시. 가열처리에 따라 낮은 팽화도를 나타내는 밀의 경우 가열방법에 따른 내부 구조의 차이를 확인. 건열팽화한 밀의 경우 배유 내의 기공이 불균일하게 분포하고, 외피와 호분층은 가열 후에도 그 형태를 유지하는 것으로 관찰됨. 또한 기공이 생성되지 않은 배유에서는 배유세포가 형태를 유지되고 있음을 확인.
- 로스팅 또는 마이크로웨이브 가열한 밀은 배유 내 큰 공간(empty space)이 관찰되었음. 이는 가열과정에서 생성된 과열증기가 연질배유의 air space 부분에 축적, 팽윤하기 때문으로 판단됨. 배유세포 내 전분입자는 그 형태가 확인되어 전분호화는 제한적으로 일어나는 것으로 판단됨.
- 따라서 가열처리 후 곡립의 형태가 유지되는 밀, 귀리, 찰조에서는 가열처리 시 일부 기공만이 배유 내 생성되는 부분 팽화가 일어나며 전분호화 또한 충분히 일어나지 않는 것으로 예상.



(a) Hot air puffing (b) Roasting (c) Microwave heating

그림 6. 가열방법에 따른 밀 배유의 중심(상) 및 외부(하) 미세구조(x100).

- 가열방법에 따른 발아찰보리의 내부 미세구조를 그림 7에 표시.



(a) Hot air puffing (b) Roasting (c) Microwave heating

그림 7. 가열방법에 따른 발아찰보리 배유의 중심(상) 및 외부(하) 미세구조(x100).

- 가열처리한 발아찰보리의 미세구조는 찰현미의 팽화와 유사한 양상을 나타내어, 부분 발아가 시료의 팽화와 내부 구조변화에 미치는 영향은 미미한 것으로 판단됨.

3) 가열방법이 통곡 및 발아곡류의 전분호화에 미치는 영향

(1) 실험재료

- 가열처리한 통곡(10종) 및 발아곡류(2종).

(2) 실험방법

- 가열처리한 통곡 및 발아곡류 시료는 분쇄 후(Udy Co., Fort Collins, USA) 팽윤력(수분흡수지수; WAI, water absorption index)과 용해도(수분용해지수; WSI, water solubility index)를 측정하여 전분호화도를 비교평가. 수분흡수지수 및 수분용해지수: Schoch의 방법(7)을 사용하여 측정.

$$\text{수분흡수지수} = \text{침전물무게(g)}/\text{시료무게(g d.w.)}$$

$$\text{수분용해지수(\%)} = [\text{상등액의 고형분무게(g d.w.)}/\text{시료무게(g d.w.)}] \times 100$$

(3) 결과 및 고찰

- 가열방법에 따른 통곡 시료의 수분흡수지수 및 수분용해지수를 표 10에 표시.

표 10. 가열처리방법에 따른 시료의 수분흡수지수 및 수분용해지수

		WAI			WSI (%)		
		Hot air	Roasting	Microwave	Hot air	Roasting	Microwave
쌀류	현미	5.1±0.0	4.8±0.1	4.0±0.2	1.9±0.2	1.9±0.1	4.4±2.3
	찰현미	6.0±0.00	5.5±0.0	4.9±0.1	4.9±0.1	3.0±0.2	3.7±0.3
	찰흑미	4.4±0.2	4.6±0.1	4.5±0.0	2.2±0.1	1.8±0.1	1.6±0.0
맥류	귀리	2.6±0.0	2.8±0.0	2.5±0.1	2.9±0.0	3.0±0.1	3.0±0.0
	보리	4.4±0.1	4.2±0.0	3.1±0.0	6.8±0.1	4.0±1.6	5.0±0.2
	메밀	2.4±0.0	2.5±0.0	1.9±0.9	4.2±0.1	3.9±0.1	4.9±0.1
	밀	3.7±0.0	3.9±0.2	3.2±0.0	3.6±0.2	2.8±1.1	3.5±0.1
기타 잡곡류	수수	4.2±0.2	3.9±0.0	3.7±0.2	3.2±0.2	4.0±1.1	4.4±2.3
	찰조	3.2±0.0	3.2±0.0	2.5±0.0	2.3±0.0	2.2±0.0	2.3±0.1
	찰옥수수	3.6±0.5	3.0±0.3	3.1±0.0	4.5±0.5	4.7±0.6	5.1±0.0
발아 곡류	발아현미	3.9±0.2	4.1±0.0	3.4±0.1	1.8±0.0	1.7±0.1	1.6±0.0
	발아찰보리	4.9±0.1	5.4±0.0	4.1±0.1	7.3±0.0	4.9±0.2	4.9±0.1

- 시료의 수분흡수지수(WAI) 측정결과, 찰현미가 최대 측정치를 나타내었으며 그 값은 건열팽화, 로스팅, 마이크로웨이브 가열의 순으로 높은 것으로 확인.
- 수분흡수지수가 낮은 귀리, 밀의 경우 수분용해지수(WSI) 또한 낮게 측정되어 팽화도가 높을수록 전분의 호화도가 증가하는 것을 확인.
- 수분용해지수는 시료 중 보리, 발아찰보리가 최대치를 나타내었는데 이는 호화전분뿐만

아니라 배유 내의 수용성 glucan 성분의 용해에 따른 결과로 판단됨. 이에 가열방법에 따른 팽화도 차이와 전분호화도의 상관성 예상됨.

- 체중조절용 조제식품의 제조와 관련한 통곡의 가공적성실험을 통하여 다음 결과를 도출.
 - 통곡의 과도한 팽화는 외피, 호분층 및 배의 손실을 초래, 이로 인한 식이섬유 및 다양한 유용성 미량영양소의 손실이 예상. 통곡의 제한적 팽화는 전분호화도를 감소하여 섭취 시 낮은 소화율이 예상됨.
 - 이를 위하여 현재 상업적 곡류의 팽화에 사용되는 오븐 퍼핑, gun 퍼핑 등의 방법보다는 통곡을 제한적 팽화시키는 건열팽화가 체중조절용 조제식품의 제조에 적합할 것으로 판단됨. 또한 제한적 팽화는 곡립형태를 유지하여 소비자에게 통곡제품의 특성을 보다 효율적으로 부각시킬 수 있을 것으로 판단됨.
 - 통곡은 로스팅 처리 시 갈변화에 의한 향미성분 생성으로 풍미 증진 및 개선효과가 예상. 이에 체중조절용 통곡식품제조는 건열팽화와 로스팅을 병행하는 것으로 결정.





1-3. 통곡 및 발아곡류를 이용한 체중조절용 조제식품 개발

가. 체중조절용 조제식품의 제품분석

1) 시판 체중조절용 조제식품

- 시판되고 있는 국내외산 체중조절용 조제식품의 제품유형은 시리얼, 스낵바, 물 또는 우유와 같이 응용하는 선식, 음료, 과자 및 면류 등의 다양한 형태임(표 11).

표 11. 국내외산 체중조절용식품의 제형

스낵 바(수입산)	시리얼(수입산)	선식(수입산)	음료(수입산)
			
○ 주요구성성분: 콩단백/압착귀리/수용성옥수수섬유질/말토크스트린/비타민/미네랄	○ 주요 구성성분: 셀룰로오스검	○ 주요 구성성분: 탈지분/유청단백/콩단백/비타민/미네랄/치커리추출물	○ 주요 구성성분: 탈지유/셀룰로오스겔/셀룰로오스검/콩레시틴/비타민/미네랄

스낵 바(국내산)	시리얼(국내산)	선식(국내산)	과자류(국내산)
			
<p>○ 주요구성성분: 대두분리단백/크리스피 브라운라이스/3그레인 뮤슬리믹스/멀티비타민/미네랄믹스/가르시니아캄보지아</p>	<p>○ 주요 구성성분: 멀티그레인/식이섬유 / 케인주스</p>	<p>○ 주요 구성성분: 농축유청단백/대두분리단백/아미노산/알파현미/알파흑미/프로바이오틱스 12종</p>	<p>○ 주요 구성성분: 통밀/통보리/통귀리/현미/견과류/가르시니아캄보지아/식이섬유</p>

- 국내외산 체중조절용 조제식품 대부분은 공통적으로 곡물을 주재료로 사용하며 식품공전에 명시된 영양기준규격에 부합하도록 비타민과 미네랄의 혼합제제를 보강한 성분조성을 가짐(표 12).
- 곡물을 주원료로 사용하는 국내산 체중조절용 조제식품과는 대조적으로 수입제품(미국, 유럽)은 곡물보다는 단백질 첨가에 중점을 두고 있음. 또한 초콜릿과 같은 당류 첨가가 많은 것으로 확인(표 13).

표 12. 국내산 체중조절용 조제식품

제품명/제조사	제품형태	제품유형	중량/단가	구성성분
다이어트 셰이크 모닝 (코스맥스바이오)		분말	450 g 22,000원	-고구마농축분말, 분리유단백, 비타민/미네랄믹스, 가르시니아 캄보지아 - 19가지 곡류가루
박용우 리셋 다이어트 (리셋헬스케어)		분말	30 g (28포) 188,000원	-농축유청단백, 대두분리단백, 아미노산, 알파현미, 알파흑미, 프로바이오틱스 12종
슬림밀 셰이크 (엔트리)		분말	30 g (28포) 77,000원	-채소혼합분말, 곡물혼합분말, 단 백질, 미네랄믹스
굿 발란스 발효곡물믹스 (코쿠엔스)		분말	35 g (12개) 16,000원	-발효곡물믹스, 알파미분, 멀티비 타민/미네랄믹스, 가르시니아 캄 보지아, 차전자 피
뉴트리 라이트 바 (암웨이)		스낵	30 g (30개) 57,000원	-곡류 11종, 베리류 7종, 견과류, 견과일, 비타민 8종, 미네랄류
곡물 쿠키 (삼양사)		스낵	34 g	-통밀, 통보리, 통귀리, 현미, 견 과류, 가르시니아캄보지아, 식이 섬유
칼로리 바란스 (해태제과)		스낵	76 g 1400원	-밀가루, 아미노산 프리믹스, 비 타민 C,
다이어트쿠키 (CJ 제일제당)		스낵	30 g 3,000원	-우유단백질, 대두단백, 비타민 혼합제제, 콩 식이섬유
화이버 플러스 (풀무원)		시리얼	400 g 6,800원	-멀티그레인, 식이섬유, 케인주스
스페셜 K (농심 켈로그)		시리얼	450 g 4700원	-가공곡물, 식이섬유, 비타민류, 귀리, 보리, 옥수수가루
굿 발란스 뮤즐리 (코쿠엔스)		시리얼	35 g (8개) 7,900원	-곡물 8종, 과채류 9종(슈퍼푸드 믹스), 멀티 비타민/미네랄 믹스, 분리대두단백
곡류보감 (웅진)		음료	185 ml (35팩) 44,800원	-곡물페이스트(현미, 보리, 발아 현미, 통밀, 찹쌀), 분리대두단백, 비타민, 무기질, 가르시니아캄보 지아

표 13. 수입산 체중조절용 조제식품

제품명/제조사	제품형태	제품유형	중량/단가	비고
Slim-Fast (Unilever)		분말	12.86 oz \$11.49	-유청단백, 셀룰로오스겔, 말 토덱스트린, 비타민, 무기질
Metabolic reset (Nature's way)		분말	630 g \$23.99	-유청단백, 귀리베타글루칸 농 축액, 이눌린(치커리 추출)
Fat Blaster (Naturopathica)		분말	460 g \$16.95	-탈지분, 유청단백, 콩단백, 비 타민, 미네랄
Slim smart (Synergy World)		분말	975 g 75,000원	-탈지분, 유청단백, 콩단백, 비 타민, 미네랄, 치커리추출물
Slim-Fast (Unilever)		스낵	52 g \$0.99	-콩단백, 압착 귀리, 수용성 옥수수섬유질, 말토덱스트린, 비타민, 미네랄
Crispy Wheat Original (Rabbi Gruber)		스낵	66 g \$2.49	-통밀가루, 쌀가루, 대두유, 물, 소금
Fitness (Nestle)		시리얼	240 g \$19.58	-통밀, 라이스 크리스피
Fiber One (General Mills)		시리얼	459 g \$3.99	-통밀, 옥수수 겨, 셀룰로오스 겔
Slim-Fast (Unilever)		음료	295 ml \$0.24	-우유단백질, 셀룰로오스 겔, 말토덱스트린, 비타민, 무기질

- 시판중인 체중조절용 조제식품의 영양성분 분석결과, 1회 제공량을 40 g으로 환산 시 평균적으로 열량 155.9 kcal, 당질 26.2 g, 식이섬유 2.5 g, 당류 8.1 g, 단백질 9.7 g, 지방 8.7 g, 포화지방 0.8 g, 트랜스지방 0.0 g, 콜레스테롤 3.9 mg, 나트륨 124.1 mg을 함유. 또한 에너지 대비 열량영양소비율(당질 : 단백질 : 지방)은 63.3% : 23.0% : 14.7%로 2015년 영양섭취기준의 에너지적정비율(당질 : 단백질 : 지방 = 55-65% : 7-20% : 15-30%)에 근거하여 에너지대비 단백질비율이 권고수준을 상회.

2) 시판 국내외산 체중조절용 곡류스낵

- 시판 체중조절용 곡류스낵의 종류, 가격, 용량 및 제품 특성을 조사하기 위하여 국내산 및 수입산 제품을 대형할인매장과 인터넷 검색을 통하여 구매 조사.

- 국내산 체중조절용 곡류스낵은 과자 또는 바(bar) 형태로 판매되며 수입산에 비해 종류가 제한적이고 대부분 체중조절용이 아닌 일반 간식용으로 판매. 이러한 국내산 곡류스낵은 단일 곡물(현미, 쌀, 밀, 보리 등) 형태가 주를 이루나 단일 곡물제품에서 부족한 영양소를 보충하고자 하는 소비자의 관심 증가로 혼합잡곡스낵의 종류가 증가하는 추세임. 국내산 혼합잡곡스낵은 다양한 잡곡을 이용하기보다 5곡미만으로 혼합한 제품이 주를 이루고 있음. 제품 내 곡류혼합비율은 곡류특성에 대한 특별한 기준 없이 가공조건이 유사한 원료를 일정량 혼합하여 제조됨. 일반적으로 현미, 흑미, 보리, 쌀 등을 주곡으로 기타 잡곡이 혼합된 형태임. 또한 제품 대부분이 간식용, 한끼 식사대용, 다이어트용으로 섭취와 휴대가 편리한 제품임.
- 스낵바형태로 판매되는 제품의 경우 체중조절용 조제식품보다 당류와 지방함량이 높으며 식품유형은 견과류 가공품, 초콜렛 가공품, 과자류, 즉석섭취식품, 시리얼 및 기타 가공품으로 분류됨. 시장조사한 국내외 시판 체중조절용 곡류스낵은 표 14 및 15와 같음.

표 14. 수입산 체중조절용 곡류스낵 제품

제품명/제조사	제품형태	제품유형	중량/단가	비고
Slim-Fast (Unilever)		스낵	52 g \$0.99	-콩단백, 압착 귀리, 수용성 옥수수섬유질, 말토덱스트린, 비타민, 미네랄
Paleo Diet Bar (Paleo Diet Bar)		스낵	70 g \$1.98	-헴프 단백질 분말, 해바라기 씨, 난단백, 아몬드, 대추야자
Medifast Cookie Dough Bar (Medifast)		스낵	32 g \$2.27	-콩단백, 유청단백, 수용성 섬유질, 이눌린
Fiber One (General Mills)		스낵	40 g \$0.43	-통귀리, 사탕수수 화이버, 치커리 추출물
MUSLI (Nestle)		스낵	40 g	-통귀리 후레이크, 통밀, 귀리겨, 미네랄, 비타민

표 15. 시판 국내산 체중조절용 및 일반 곡류스낵 제품

제품명	제품	원료	용량 및 가격	제조원
뉴트리 라이트 바 (체중조절용)		국산 유기농 현미(99.6%) 황토 알카리 소금, 스테비텐리치	30 g (30개) 57,000원	암웨이
칼로리 발란스 (체중조절용)		밀가루, 아미노산 프리믹스, 비타민 C	76 g 1,400원	해태제과
큐원 곡물쿠키 (체중조절용)		통밀, 통보리, 통귀리, 현미, 견과류, 가르시니아 캄보지아 식이섬유	34 g 1,100원	삼양사
다이어트쿠키 (체중조절용)		우유단백질, 대두단백, 비타민혼합제제, 콩 식이섬유	30 g 3,000원	CJ 제일제당
보리스낵 (일반)		보리 100%	130 g 1,200원	자연스넥
통밀스낵 (일반)		국산 이분도 통밀(100%)	120 g 1,400원	자연스넥
유기농 현미스낵 (일반)		유기농현미	85 g 2,000원	해오름식품
웰빙 현미과자 (일반)		친환경 무농약쌀(99%), 스테비아(식물성 천연감미료), 소금	110 g 2,200원	바른길
쌀스낵 (일반)		무농약쌀(99.7%), 국내산 가공염	90~100 g 2,100원	진터식품
흑미스낵 (일반)		국산 흑미(99.7%), 국내산 가공염	70 g 2,300원	진터식품
웰빙 오곡과자 (일반)		친환경 무농약쌀 (현미/백미/찰쌀/보리/ 흑미), 스테비아(천연감미료), 소금	110 g 2,200원	바른길
우리농산물보리스 낵 (일반)		국내산 현미, 국내산 보리(30%), 국내산 무농약쌀	90 g 2,300원	진터식품

3) 기존 체중조절용 곡류스낵의 문제점 분석

- 곡류의 소비형태가 고령화시대 및 건강지향성 편의식품을 선호하는 추세이므로 일반 백미에서 부족하기 쉬운 식이섬유와 단백질, 각종 무기질, 비타민 등을 보강하기 위하여 쌀에 다른 잡곡류를 첨가한 혼합곡류제품에 대한 관심 증대.
- 현재 시판되고 있는 국내외산 체중조절용 곡류스낵의 제품분석 결과, 일부 수입제품을 제외하고 대부분 제한된 종류의 통곡이 사용되며, 이는 곡류 간 상이한 물성으로 인한 가공공정의 단순화가 어렵기 때문으로 판단됨.
- 이에 따라 곡류 중 면역력증강, 혈압상승억제, 비만억제 등의 영양기능성분을 함유한 다양한 곡류의 이용이 제한되고 있음.
- 바(bar) 형태 체중조절용 곡류스낵 대부분은 당 용액을 결합제로 사용하며 이로 인한 과도한 단맛과 당 섭취의 문제점이 있음.
- 현재 시판되고 있는 체중조절용 곡류식품의 문제점으로는 단백질 기준규격의 미달, 영양소 함량표기 기준위반 및 지방함량의 초과함유 등이며, 이 중에서 지방함량의 초과가 가장 큰 문제로 보고되고 있음. 또한 체중조절용 조제식품은 대부분이 200 kcal를 넘지 않는 초저열량 식품으로 제품자체만 섭취 시 영양불균형이 초래한다고 보고하여 섭취방법의 제시 필요

(출처:

<http://www.smartconsumer.go.kr/user/is/srvcinfo/ServiceDetailView.do?infoId=A0000261>)

- 일본 시리얼 시장에서 통곡 가공제품 일종인 그레놀라 제품(Granola: 곡물, 견과류, 건과일 등을 혼합한 시리얼 또는 bar)의 판매수익은 2012년 300억 엔에서 2013년 340억 엔까지 증가. 이 중 기존 시리얼제품인 콘 플레이크가 33%인 반면 그레놀라는 43%를 차지. 이러한 결과는 영양기능성이 우수한 통곡에 대한 소비자의 관심 증가 때문으로 예상.
- 곡류스낵은 유아들의 간식은 물론 다이어트를 원하는 여성들 및 한끼 식사대용제품으로 소비되고 있으나 영양학적 측면에서 영양불균형의 문제점으로 이를 보완 시 많은 관심을 받을 수 있을 것으로 예상.
- 따라서 본 연구에서는 과학적인 근거를 바탕으로 영양학적, 기능적 측면에서 우수한 통곡을 선별, 혼합, 가공하여 영양적, 관능적으로 우수한 체중조절용 곡류스낵을 개발하기 위해 곡류별 가공조건을 탐색하고 이에 적합한 가공방법과 시제품을 개발하고자 함.

나. 체중조절용 조제식품의 제품제형 및 concept 결정

1) 체중조절용 조제식품의 제품제형

(1) 선식제형

- 선식형은 현재 국내에서 판매되고 있는 체중조절용 곡류조제식품의 가장 보편적 제형으로 가공방법이 비교적 간단하고 용이한 장점이 있음.
- 특히 본 연구과제의 주관기관인 (주)엄마사랑은 현재 다양한 곡류분말 가공제품을 생산, 판매, 유통하고 있으며 이에 주관기관의 기존 생산설비와 가공기술을 이용한 선식제형의 통곡함유 체중조절용 시제품개발 추진.
- 선식형 체중조절용 곡류조제식품은 (주)엄마사랑의 기존 제품을 변형한 제품으로 통곡의 최적 배합비율을 비롯한 제품관련 특성은 주관기관과 협의하여 상품화 추진.

(2) 스낵 바(bar) 타입 제품제형

- 체중조절용 조제식품의 시장 및 제품분석을 통하여 식사의 일부 또는 전부를 대신할 수 있는 비타민, 무기질 등의 필요영양소가 첨가되고 열량이 조정된 체중조절용 조제식품에 대한 소비자 needs와 수요증가 확인.
- 최근 건강, 외모 및 웰빙에 대한 관심이 증가하면서 각종 영양소 및 유용기능성 성분을 함유한 통곡소재를 활용한 스낵 바 형태의 제품에 대한 소비자 호응이 증대되고 있음.
- 또한 스낵 바 형태의 체중조절용 조제식품은 일상생활에서 편하게 이용이 가능한 식품, 제과 등의 제형으로 약품 및 기능성 다이어트 제품에 비해 약리적 부작용이 적은 일상 식품으로 인식되어 소비되는 장점을 가지고 있음.
- 스낵 바 형태는 체중조절용 조제식품의 다른 제형과 달리 휴대성, 이동성 및 섭취 편의 특성으로 지속적인 섭취가 가능한 장점을 가짐. 특히 스낵바 제품은 어린이와 청소년과 친숙한 제품형태로서 청소년 비만 개선에 기여할 수 있음.
- 이에 따라 다양한 통곡을 함유한 체중조절용 조제식품의 제품제형으로 스낵 바 형태를 선정하고 시제품 개발 및 상품화 추진.
- 또한 주관기관 엄마사랑(주)은 자체 내 시리얼 바 생산설비와 라인을 구축하고 있으며 따라서 체중조절용 통곡함유 스낵 바 시제품은 타제형의 제품 보다 상품화에 적합할 것으로 판단.

2) 스낵 바 제형 체중조절용 조제제품의 제품 concept

(1) 원료 및 가공측면: 건열팽화 및 로스팅

- 통곡을 이용한 제품으로는 식이섬유, 저항전분 및 올리고당을 주요 유용성분으로 하는 곡류가루, 선식류, 곡물시리얼 등이 있으며 발아현미나 밀을 주원료로 하는 제품이 생산되고 있음.
- 건열팽화(hot air puffing)는 공정의 경제성, 간편성과 함께 가공 후 통곡의 곡립형태를 유지하는 제한적 팽화특성을 나타내므로 제품적용 시 타제품과의 차별화는 물론 통곡제품으로서의 특성 부각이 예상.
- 로스팅한 통곡을 부분 팽화 통곡류와 혼합함으로써 곡류 특유의 풍미를 증진시키고 거친 질감을 개선함으로써 관능특성이 우수한 차별화된 체중조절용 곡류스낵제품 생산이 가능.

(2) 영양적 측면: 제품의 섭취기준 및 방법 제시

- 과도한 당질 섭취로 인한 다양한 질환의 발생에 따라 개정된 2015년 영양섭취기준에서는 당질 섭취비율을 감소시키고 지방 섭취비율을 상대적으로 증가시킴(표 16. 에너지적정비율). 그러나 본 체중조절용 통곡함유 시제품은 곡류를 기본으로 제조함으로써 제품원료만으로는 상기 비율에 부합하기 어려움.

표 16. 영양섭취기준의 성인 에너지적정비율 변경내용

	당질(%)	단백질(%)	지방(%)
2010년	55-70	7-20	15-25
2015년	55-65	7-20	15-30

- 시판중인 체중조절용 조제식품들의 에너지대비 열량영양소 비율은 평균적으로 당질 : 단

백질 : 지방이 62.3% : 23% : 14.7%로서 대부분 제품에서 섭취의 용이 및 영양성분의 증가를 위하여 저지방우유나 두유 200 ml와 함께 섭취토록 권장. 조제식품과 저지방우유를 함께 섭취하는 경우 에너지대비 열량영양소 비율이 59.2% : 25.9% : 14.8%로서 단백질 비율이 권장수준 상회.

- 본 체중조절용 통곡제품도 동일한 이유로 저지방우유 200 ml와 같이 섭취 시 60.1% : 20.8% : 19.1% 정도로(표 17) 에너지 적정비율에 근접하고 다른 끼 식사에서의 지방섭취로 보정이 가능하여 기존 체중조절용 조제식품보다 한 끼 식사 면에서 영양적으로 우수하다고 판단됨.

표 17. 체중조절용 통곡시제품의 에너지대비 열량영양소의 비율

	당질(%)	단백질(%)	지방(%)
체중조절용 통곡 시제품	63.5	15.8	20.7
체중조절용 통곡 시제품 + 저지방 우유(200 mL)	60.1	20.8	19.1

- 임상에서 체중조절을 위하여 1일 500-300 kcal 식이섭취의 감량을 권고하고, 일주일 0.5 kg 감량을 위해 1일 500 kcal 감량의 경우 식사로 300 kcal, 운동으로 200 kcal 감량을 권고. 이에 한 끼 식사에서 300 kcal 감량을 본 제품의 섭취기준으로 설정.
- 본 체중조절용 통곡 시제품의 경우 1회 분량을 약 158 kcal로 제조(1회 제공량: 40 g)하여 저지방우유 200 ml (71 kcal)와 함께 섭취할 경우, 약 230 kcal 정도로 섭취 가능함.
- 개인의 섭취량 조절이 가능하도록 1회 제공량을 3 등분으로 분획 제조하여 개인 필요량에 따라 50 kcal씩 분절하여 가감 섭취토록 함으로서 본인의 섭취열량을 체중조절용 통곡시제품 섭취 시점에 조정과 관리가 가능함.

3) 체중조절용 조제식품의 최적 원료 배합비 결정

(1) 최적 원료배합비의 설정기준 및 근거

- 식품공전에 제시된 체중조절용 조제식품의 단백질, 비타민, 무기질 권고량을 준수함. 체중조절용 조제식품은 1일 1-2회 섭취 시 비타민 A, 비타민 B₁, 비타민 B₂, 나이아신, 비타민 B₆, 비타민 B₉, 비타민 C, 비타민 E가 영양소 기준치의 25% 이상, 단백질, 칼슘, 철, 아연은 영양소기준치의 10% 이상 함유하여야 함. 그러나 본 연구의 통곡함유 체중조절용 시제품은 원물에서 유래되는 영양성분 함량이 일정치 않고 가공/유통과정 중 손실이 예상되므로 체중조절용 조제식품 기준의 1.5 배 함량으로 멀티 비타민/미네랄 믹스 첨가.
- 영양섭취기준의 개별영양소 및 에너지적정비율 준수를 위하여 부족한 단백질은 대두단백 또는 유청단백으로, 지방은 생산지와 식감을 고려하여 국내산 땅콩을 첨가. 기타 부족한 비타민과 무기질은 시판 체중조절용 조제식품에서 사용되는 멀티 비타민/미네랄 믹스 첨가로 보강.
- 현재 시판되고 있는 체중조절용 조제식품의 문제점으로는 단백질 기준규격 미달. 영양소

함량의 표시기준 위반 및 과도한 지방함량 등이 거론되며 이중 지방함량의 초과 함유와 200 kcal를 넘지 않는 초저열량으로 제품자체만 섭취하였을 때 영양불균형이 예상되어 섭취방법의 제시 필요성이 강조되고 있음. 본 통곡 체중조절용 시제품의 경우도 영양균형성의 보완을 위하여 저지방우유 200 ml와 함께 섭취하도록 제품 영양균형성을 설계하고 섭취방법 제시.

- 체중조절용 조제식품의 주원료는 현미와 찰현미를 기본으로, 다양한 유용기능성이 있는 흑미, 단백질, 미량 영양소함량 및 항산화능이 높은 메밀과 보리를 사용. 땅콩은 볶음 처리하여 견과류 특유의 이취를 제거하고 갈변에 따른 관능특성을 향상시킴.

(2) 최적 원료배합비

- 체중조절용 통곡 시제품의 원료배합비율은 표 18에 표시.

표 18. 통곡함유 체중조절용 조제 시제품의 원료 배합비율

번호	구분	원재료	배합비율(%)
1		현미	8.5
2		찰현미	11.4
3		흑미	11.4
4	통곡	메밀	5.6
5		수수	5.6
6		보리	5.6
7		밀	5.6
8		발아찰보리	5.6
9	영양기능성 강화소재	대두단백	9.7
10		땅콩	8.5
11		멀티 비타민/미네랄 믹스	6.3
12		올리고당	13.4
13	감미 및 결착소재	오일	0.9
14		말토덱스트린	1.3
15		자일리톨	0.5
합계			100

- 체중조절용 시제품의 멀티 비타민/미네랄 믹스 배합비율은 표 19에 표시.

표 19. 멀티 비타민/미네랄 믹스의 배합비율

번호	영양소	원료 중 비타민/미네랄 유효함량(%)	일일영양소 기준치	배합비(%)
1	칼슘(mg)	32	800	57.99
2	비타민 C (mg)	99	100	24.09
3	비타민 E (mg)	33.5	12	11.24
4	철분(mg)	33	14	1.25
5	나이아신(mg)	99	16	2.85
6	비타민 A (μg)	97.5	800	1.33
7	아연(mg)	80	10	0.36
8	비타민 B ₆ (mg)	82	1.5	0.23
9	비타민 B ₁ (mg)	78.67	1.2	0.21
10	비타민 B ₂ (mg)	100	1.5	0.18
11	엽산(μg)	100	400	0.27

다. 체중조절용 조제식품의 제조

1) 체중조절용 통곡스낵 시제품 제조

- 체중조절용 통곡스낵 시제품의 원료 및 배합비율을 표 20에 표시.

표 20. 통곡원료의 종류 및 배합비율

통곡원료	배합비(%)
현미	12.0
찰현미	12.0
흑미	9.0
메밀	6.0
밀	6.0
보리	6.0
수수	6.0
발아찰보리	6.0
합계	63.0

- 체중조절용 시제품의 통곡 원료로는 이화학특성, 가공적성 및 영양기능성을 기초로 하여 통곡 7종(현미, 찰현미, 흑미, 메밀, 밀, 보리, 수수)과 발아곡류 1종(발아찰보리)으로 선정. 시제품 내의 통곡의 구성비는 63%로서 전술한 최적 영양배합비와 열량기준에 따라 결정. 로스팅한 밀, 보리, 메밀을 제외한 나머지 통곡원료는 건열팽화 함.
- 감미 및 결착용 당 용액은 올리고당, 자일리톨, 말토덱스트린, 오일, 물로 구성. 시제품 내 당 용액의 구성비는 당 함량을 최소로 하며 원료 결착성이 적절한 18%로 설정. 또한 당 용액 내 각 성분의 구성비는 단맛 정도, 결착성, 색상 및 조직감을 평가한 예비실험

결과에 따라 표 21과 같이 설정.

표 21. 결착용 당 용액의 배합비율

결착용 당 용액	배합비율(%)
올리고당	14.0
자일리톨	0.5
말토덱스	1.5
트린 오일	1.0
물	1.0
합계	18.0

- 체중조절용 통곡스낵의 영양 강화는 영양소기준규격에 의거하여 대두단백, 비타민/미네랄 믹스, 땅콩을 첨가. 각 영양성분의 시제품 내 구성비는 19%로서 체중조절용 조제식품의 영양규격기준을 준수하는 전술한 영양성분 설정근거에 따라 결정(표 22).

표 22. 영양성분의 종류 및 배합비율

첨가 영양성분	배합비율 (%)
대두단백	3.5
땅콩	2.5
비타민/미네 랄 믹스	4.0
물	9.0
합계	19.0

- 통곡 체중조절용 시제품은 그레놀라 바(granola bar) 제조공정을 부분 변형하여 그림 8의 방법으로 제조.

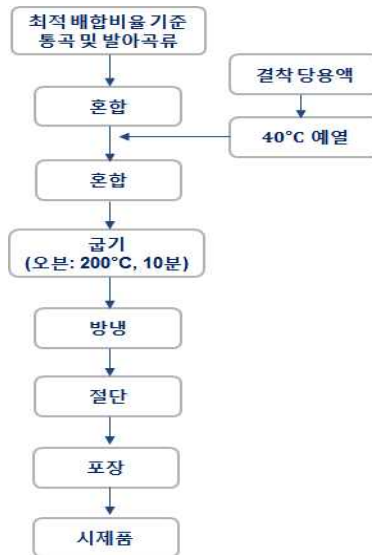


그림 8. 체중조절용 통곡스낵 시제품의 제조공정도.

- 체중조절용 통곡스낵 시제품은 성형, 절단 후 비교적 균일한 형상을 나타내었으나 각 시료의 상이한 팽화도, 크기 등으로 제품 내 원료곡류의 혼합은 균일하지 않은 것으로 확인(그림 9).



그림 9. 체중조절용 통곡 스낵바 시제품 외관.

- 체중조절용 통곡스낵 시제품은 추후 기호도 조사를 통하여 견과일 및 견과류의 첨가, 조직감(연화도)의 조절 여부 검토.

2) 체중조절용 통곡스낵 시제품 포장

(1) 스낵제품의 포장 특성

- 일반적으로 스낵제품은 저장유통과정에서 지방산패와 수분흡습으로 인하여 품질이 저하. 이를 방지하기 위해서는 상온 유통제품의 경우 보관 시 직사광선을 피하고 서늘하고 건조한 곳에서 보관.
- 지방산패의 방지를 위해서는 스낵제품을 산소, 빛, 금속이온 등으로부터 차단 또는 포장 내부에 산화방지제의 첨가, 질소가스의 충전 등이 필요.
- 유통되는 감자스낵의 경우 공기포장시 내부 밀도가 0.056 g/ml이며 headspace 내 존재하는 산소만으로도 g 당 3 ml (STP)가 흡수, 산화되므로 장기간 유통을 위해서는 headspace의 산소를 1% 이하로 감소시키고 산소투과도가 낮은 포장재 사용이 필요.
- 대부분의 스낵제품은 유통과정 중의 파손방지를 위하여 공기를 충전하며 약 20-40일간

유통이 가능. 장기간(6개월 이상) 유통 시에는 산소 차단성이 우수한 포장재를 사용하거나 질소가스 치환이 필요.

- 스낵제품의 포장재로는 수분 및 산소의 차단성과 투명성, 열접착성이 우수한 PVDC코팅 셀로판이 사용되며, 최근에는 빛 차단성을 높이고 가격이 저렴한 증착처리 OPP 플라스틱 필름이 사용.
- 땅콩 및 과일스낵의 장기간 저장에는 가스 차단능력이 있는 유연포장재에 CO₂ 치환포장을 사용함. 이러한 경우 CO₂ 가스가 제품에 흡착되어 파우치포장 내의 진공형성으로 밀착 포장되고 4개월 이상 저장이 가능.
- 스낵에 함유된 유지의 산화방지, 곰팡이 발생억제, 변성, 퇴색 방지 등을 목적으로 가스 치환 포장을 행하는 경우에는 치환가스 선정 및 치환율, 포장 재료와 내용물 선정이 선행되어야 함.

(2) 포장재의 종류 및 특성

- 식품포장재의 종류 별 특성 조사결과는 아래와 같음.
- LDPE (Low Density Polyethylene, 저밀도 폴리에틸렌): 일반적으로 'PE (폴리에틸렌)'로 불리며 HDPE, PP, PVC와 더불어 국내에서 가장 널리 사용되는 수지로서 가공이 용이하고 저렴하여 식품봉투, 쇼핑백 등으로 사용. 무색투명하고 내한성이 양호하며 잘 늘어나며 인장강도는 낮으나 내충격성이 강함.
- HDPE (High Density Polyethylene, 고밀도 폴리에틸렌): 연화점, 굳기, 탄성 및 강도가 우수하나 신장력과 내충격성이 낮음. 일상 성형제품에 널리 사용되며 필름으로는 내열성과 기계적 강도가 우수하나 투명성이 좋지 않고 열접착성이 약함.
- LLDPE (Linear Low Density Polyethylene, 선형 저밀도 폴리에틸렌): LLDPE는 강도 면에서 HDPE 보다는 낮고 LDPE 보다는 높으며 그 외의 특성은 LDPE와 유사. 열접착성이 우수하며 무독성으로 식품포장지 내면에 주로 사용.
- PP (Polypropylene, 폴리프로필렌): 열가소성 수지인 폴리프로필렌은 강도가 높고 화학약품이나 열에 대한 내구성 및 투명성 우수. 화장품용기, 포장용 투명필름, 각종 케이스 등에 사용.
- OPP (Oriented Polypropylene, 오리엔티드 폴리프로필렌): PP를 일축 또는 이축으로 연신하여 제조한 필름. 무연신인 폴리프로필렌(PP)에 비해 인장강도, 충격강도 등 기계적 강도가 우수하며 투명성 및 표면광택이 양호하고 우수한 방습성을 가짐. 무취, 무독하며 각종 스낵, 빵, 라면 등의 포장용으로 사용. 반면 기체차단성과 내열성이 낮으며 열에 의한 수축 발생. OPP필름에 각종 기능을 부가적으로 첨가시킨 필름은 아래와 같음.

방담필름(Anti-fogging Film): 필름표면에 결로현상 방지 기능을 첨가한 필름.

white 필름 또는 pearl (펄) 필름: 기존의 종이 대용이나 흰색 인쇄대용 필름.

무광택필름: 폴리프로필렌 특유의 표면광택을 무광택으로 변형한 필름.

증착필름: 고진공상태에서 알루미늄을 증착하여 광택, 가스 및 수분차단성 우수.

- CPP (Cast Polypropylene, 무연신 폴리프로필렌): 무연신(늘리지 않음)으로 OPP필름에 비해 광택, 투명성은 떨어지나 저온에서의 충격강도와 열접착성이 우수. 단독으로는 사용하지 않으며 90%이상이 다른 필름(OPP, PET 등)과 합지하여 사용.
- PET (Polyethylene terephthalate, 폴리에틸렌 테레프탈레이트): 폴리에스테르 필름이라고도 칭함. 광택성이 높으며 내약품성, 내인장성, 내충격성 및 탄성율이 우수. 또한 온도에 따

른 변화가 적고, 수증기나 기체투과율도 낮음.

- Nylon (Polyamide, 나일론): 특수필름으로서 pin hole(필름표면의 미세한 구멍) 발생을 방지하여 장기간의 식품보관, 진공 유지의 목적으로 사용. 가스투과율이 낮으므로 OPP 필름과 같이 저렴하나 가스투과율이 높은 필름과 합지하거나 코팅하여 사용.
- Al-Foil (Aluminium-Foil, 알루미늄 호일): 수증기나 산소의 투과율이 낮고, 빛을 완전히 차단하며 내열성, 내한성, 내구성이 강함. 나일론, PET, PE 등과 합지하여 장기간 보존성이 요구되는 식품이나 높은 방습성이 요구되는 제품의 포장 재료로 사용.
- 증착필름: 알루미늄 호일의 우수한 물성을 대체하는 저렴한 필름으로서 OPP 증착, CPP 증착, PET 증착 등이 있음. 수증기 차단성과 산소 차단성은 높으나 알루미늄처럼 빛을 완전히 차단하지 못함. 알루미늄 호일과 같이 PET, PE 등과 합지하여 스낵, 라면 등의 포장재로 사용.

(3) 포장재 선정

- 일반적으로 스낵제품의 포장에 사용되는 필름은 단일 포장재 보다는 다층 필름형태로 사용. 또한 최근에는 필름의 기체, 빛 및 산소투과도를 개선한 다양한 증착필름이 사용.
- 본 연구의 포장재로는 기체투과도, 광 투과도, 내흡습성, 기계적강도 및 인쇄적성 등이 검증되어 현재 (주)엄마사랑의 스낵제품에 사용되고 있는 스낵용 폴리에틸렌(PE) 증착필름을 포장재로 선정하고 실험 진행. 선정 포장재는 아래 사진의 가열접착식 sealer를 사용하여 포장함.



그림 10. 시제품 포장필름 및 가열접착식 sealer.

(4) 포장단위

- 현재 판매되고 있는 체중조절용 조제식품의 식품유형에 해당하는 스낵바 제품의 1회 섭취량은 바 1개 또는 2개와 저지방우유 200 ml를 함께 섭취하도록 설정. 이는 스낵바 제품의 열량이 일반적으로 120-140 kcal이고 체중조절용 조제식품 중 하루 한 끼 대체를 위한 열량기준은 200-400 kcal이기 때문임.
- 본 체중조절용 통곡함유 조제식품의 경우에는 1회 제공량(43 g 정도)이 약 150 kcal로서 3 등분으로 분획하여 제조. 이는 개인필요에 따라 소분하여 섭취량을 권장수준으로 조정하기 위한 것으로 저지방우유와 함께 섭취 시 약 220-230 kcal에서 50 kcal씩 가감이 가능.
- 개별적 섭취량조절을 위해서 포장단위는 150 kcal/개 x 2개를 기본으로 함.

3) 체중조절용 통곡스낵 시제품의 영양분석

- 식품공전에 의하면 체중조절용 조제식품은 1일 1-2회 섭취 시 비타민 A, 비타민 B₁, 비타민 B₂, 나이아신, 비타민 B₆, 비타민 B₉, 비타민 C, 비타민 E가 영양소기준치의 25% 이상, 단백질, 칼슘, 철, 아연은 영양소기준치의 10% 이상 함유하여야 함.
- 2015년 영양섭취기준의 개정으로 변경된 체중조절용 조제식품의 영양소기준치를 표 23에 표시. 단백질, 비타민 A 및 칼슘이 2010년 대비 증가되었음.

표 23. 체중조절용 조제식품의 영양소 기준치

성분	목표량	영양소 기준치 대비	성분	목표량	영양소 기준치 대비
단백질	6.5 g	10%	비타민 E**	3 mg α -TE	25%
비타민 A*	200 μ g RE	25%	나이아신***	4 mg NE	25%
비타민 B ₁	0.3 mg	25%	엽산	400 μ g	25%
비타민 B ₂	0.38 mg	25%	칼슘	80 mg	10%
비타민 B ₆	0.38 mg	25%	철	1.4 mg	10%
비타민 C	25 mg	25%	아연	1.0 mg	10%

*비타민 A : 1 μ g RE= 1 μ g Retinol equivalent

**비타민 E : 1 mg α -TE= 1 mg α -Tocopherol equivalent

***나이아신 : 1 mg NE= 1 mg Niacin equivalent

- 통곡 체중조절용 시제품의 영양성분분석은 농촌진흥청(2011년 8차 개정 분) 및 한국식품영양학회의 식품별 영양성분 함유량 자료 및 데이터베이스를 이용하여 실시.
- 통곡 체중조절용 시제품의 영양성분 분석결과(표 24), 열량 150.0 kcal, 단백질 6.52 g으로 일일 영양소기준치의 10.0%, 비타민 A는 353.4 μ g으로 44.2%, 비타민 C는 64.8 mg으로 64.8%, 비타민 E는 11.4 mg으로 94.7% 비타민 B₁은 0.60 mg을 49.7%, 비타민 B₂는 0.53 mg으로 34.3%, 나이아신은 9.03 mg으로 56.4%, 비타민 B₆는 0.63 mg으로 41.8%, 엽산은 143.7 mg으로 35.9%, 칼슘 80.1 mg, 철분 1.82 mg, 아연 1.60 mg을 함유하여 일일 영양소기준치 대비 각각 10.0%, 13.0%, 16.1% 함유.
- 통곡 체중조절용 시제품의 에너지대비 열량영양소비율(당질 : 단백질 : 지질)은 65.6% : 16.8% : 17.6%로 적정 수준임.
- 체중조절용 통곡 시제품과 함께 저지방우유(200 ml) 섭취의 경우, 열량 222 kcal, 단백질 12.3 g, 비타민 A 373.4 mg, 비타민 C 64.8 mg, 비타민 E 11.4 mg, 비타민 B₁ 0.68 mg, 비타민 B₂ 0.65 mg, 나이아신 10.6 mg, 비타민 B₆ 0.73 mg, 엽산 154.5 mg, 칼슘 290.1 mg, 철분 1.82 mg, 아연 1.61 mg을 함유하여 단백질과 칼슘 함유량이 현격히 향상.
- 에너지대비 열량영양소의 비율(당질: 단백질 : 지방)은 62.5% : 22.2% : 17.1%로 시제품만 단독으로 섭취하는 경우보다 영양균형성이 개선되고 섭취 용이성이 향상되어 저지방우유와 함께 섭취하도록 섭취방법 제안.

표 24. 통곡함유 체중조절용 시제품의 함유 영양성분

영양소	함량(43 g 기준)	일일 영양소기준 대비(%)
열량(kcal)	150.0	5.8
탄수화물(g)	25.5	.
단백질(g)	6.52	10.0
지방(g)	3.03	.
비타민 A (µg RAE)	353.4	44.2
비타민 C (mg)	64.8	64.8
비타민 E (mg)	11.4	94.7
비타민 B ₁ (mg)	0.60	49.7
비타민 B ₂ (mg)	0.53	34.3
나이아신(mg)	9.03	56.4
비타민 B ₆ (mg)	0.63	41.8
엽산(ug)	143.7	35.9
칼슘(mg)	80.1	10.0
철분(mg)	1.82	13.0
아연(mg)	1.60	16.1

- 최종 체중조절용 시제품의 열량 및 제품 내 영양성분조성은 한국기능식품연구원의 식품 분석연구센터에 의뢰하여 영양성분조성 검증.

표 25. 통곡스낵의 열량 및 일반성분 분석표

	합량	표시량	% 영양소 기준치
열량(kcal/100g)	395.14	170.0	6.5
탄수화물(g/100g)	72.58	31	7.3
당류(g/100g)	5.67	2.4	3.7
단백질(g/100g)	11.97	5.1	7.8
지방(g/100g)	7.76	3.3	4.5
포화지방(g/100g)	1.32	0.6	3.0
트랜스지방(g/100g)	0.01	0.0	0.0
콜레스테롤(mg/100g)	불검출	0.0	0.0
식이섬유(g/100g)	6.45	2.8	11.2
비타민			
비타민 A (µg RE/100g)	2,314.53	995	124.3
비타민 B ₁ (mg/100g)	4.47	1.9	158.3
비타민 B ₂ (mg/100g)	4.50	1.9	126.7
나이아신(B ₃) (mg/100g)	63.31	28.1	175.6
비타민 B ₆ (mg/100g)	4.50	1.9	126.7
엽산(B ₉) (mg/100g)	5.60	2.4	600.0
비타민 C (mg/100g)	458.34	197.1	197.1
비타민 E (mg/100g)	93.61	40.0	335.8
미네랄			
철(mg/100g)	12.80	5.5	39.3
아연(mg/100g)	9.11	3.9	39.0
칼슘(mg/100g)	469.81	202.0	25.3
나트륨(mg/100g)	23.31	10.0	0.7

라. 체중조절용 통곡스낵의 상용화 연구

1) 체중조절용 통곡스낵의 품질지표 설정

(1) 체중조절용 통곡스낵의 품질지표

- 곡류를 주원료로 하는 스낵제품은 원료특성, 제조 공정조건 및 저장유통과정 중의 물리 화학적 변화로 인해 이취발생, 영양소 손실 및 조직감 변화 등과 같은 품질변화 발생.
- 체중조절용 통곡스낵의 제품특성을 고려할 때 배(germ)에 존재하는 불포화지방은 저장·유통 중 산화되어 산패 취 발생이 예상.
- 체중조절용 통곡스낵은 영양규격에 부합하는 비타민, 미네랄 등의 영양성분강화가 필요하며 이들 성분 중 일부는 저장·유통과정 중 소실되어 품질규격의 미달 원인으로 작용.
- 곡류스낵제품은 수분활성도 0.3 이하(수분함량 3% 이하)에서 특유의 바삭거림(crispness)을 나타내므로 적정수분함량의 유지 필요. 그러나 곡류스낵제품은 가공과정에서 호화된 전분의 높은 흡습성으로 저장유통과정의 흡습 또는 원료 간 수분이동 등에 따라 수분함량이 증가하는 경우 제품특유의 바삭거리는 조직감 소실.
- 이에 따라 체중조절용 통곡스낵제품의 품질지표로서 지방산화에 의한 산패 취 발생, 영

양성분 손실을 및 제품 내 적정수분함량을 선정.

① 지방산화에 의한 산패 취

- 통곡을 주원료로 하는 스낵제품의 저장·유통과정 중 산패 취는 품질저하의 주요인으로 곡류배아(embryo)에 함유된 불포화지방이 자동산화(autoxidation)되어 발생. 일반적으로 지방자동산화는 곡류스낵과 같은 낮은 수분함량의 건조식품에서 최대반응속도를 가지며, 지방함량 보다는 구성 지방간의 불포화도, 불포화지방산 종류와 밀접한 연관성을 가짐.
- 곡류배아에 함유된 지방 대부분은 불포화지방으로서 쌀의 경우, 구성 지방의 약 90%가 불포화지방이며 이 중 약 40%가 linoleic, linolenic acid와 같은 다중불포화지방산 (polyunsaturated fatty acid)으로 존재. 따라서 체중조절용 통곡스낵은 저장·유통과정 중 지방산패에 취약.

② 저장·유통과정에서의 영양성분 손실

- 체중조절용 통곡스낵의 상품화를 위하여 영양성분의 조성 및 함량에 대한 검토는 필수적임. 통곡이 주성분인 본 제품의 경우, 비타민과 미네랄 등의 미량 영양성분이 불충분하여 영양성분 함량규격 충족을 위한 영양소 강화가 필요.
- 일반적으로 비타민은 공정조건, 열, 빛, 공기 등의 외부환경 요인뿐 아니라 저장·유통과정에서 쉽게 산화, 분해되어 활성이 소실. 따라서 저장·유통과정 중 제품 내 영양성분의 함량감소로 인한 제품 라벨에 명시된 함량규격 미달의 문제점 발생.
- 영양성분관련 유통기간 설정실험에서는 안정성이 가장 낮은 비타민 C를 품질저하의 지표물질로 선정하고 유통기간 설정실험 진행.

③ 적정 수분함량

- 본 연구의 통곡스낵은 가열처리 후 모든 통곡 수분함량이 3% 이하이며 원료간의 부분적 수분이동이 발생하는 경우에도 최종 수분함량은 3% 이하로 유지되었음을 확인. 따라서 저장 및 유통과정에서 외부의 수분흡수가 방지되면 수분함량은 적정수준으로 유지될 것으로 예상.
- 저장·유통과정 중의 흡습 방지를 위한 포장재의 선정 실험이 필요하나, 현재 시판되는 다양한 플라스틱 포장재의 수분 및 기체투과도 정보를 통하여 적합한 포장재를 사용하는 경우 적정 수분함량의 유지에는 문제점이 없을 것으로 판단. 이에 따라 저장·유통과정 중 제품의 수분흡수와 관련된 저장성 실험은 진행하지 않음.

2) 체중조절용 스낵제품의 유통기간 설정

(1) 지방산패에 의한 유통기간 산출

- 지방산패에 의한 유통기간 설정실험은 포장상태의 통곡스낵 시료를 30, 40, 50℃의 건조 오븐에서 저장하며 저장시간에 따른 유지산패 화합물의 농도를 측정하는 온도가속실험법(temperature acceleration test)으로 진행. 산패 지표물질로는 초기 산패화합물인 peroxide를 설정하였으며 과산화물가(peroxide value)를 측정.
- 유통기간 설정은 저장시간에 따라 산패 취가 관능적으로 인지되는 시점과 이때의 산패 생성물 농도(과산화물가)를 측정 후 Arrhenius식을 사용하여 결정.
- 저장온도 및 시간별 통곡스낵 시료의 과산화물가 측정결과를 그림 11에 표시.

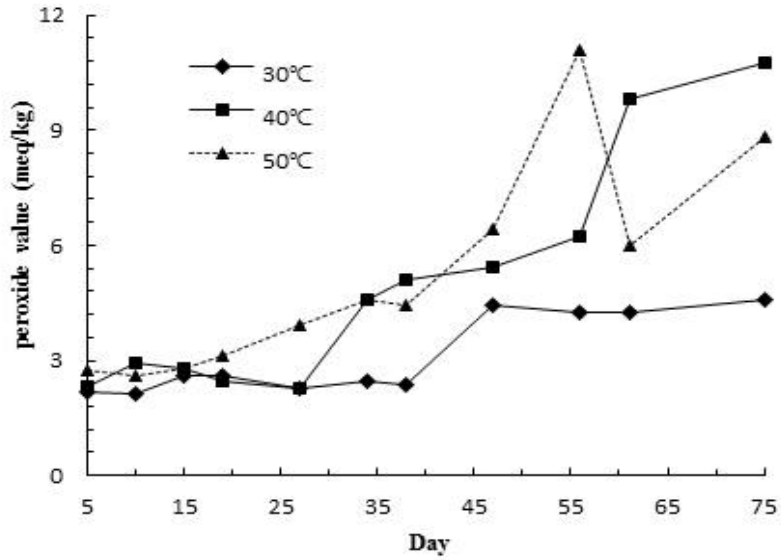


그림 11. 저장온도 및 시간별 통곡스낵 시료의 과산화물가.

표 26. 저장온도별 시간경과에 따른 통곡스낵시료의 과산화물가

Time (day)	Peroxide Value (meq/kg)		
	30°C	40°C	50°C
5	2.19	2.30	2.74
10	2.13	2.94	2.62
15	2.62	2.78	2.77
19	2.61	2.45	3.11
27	2.29	2.28	3.93
34	2.44	4.60	4.60
38	2.37	5.08	4.44
42	-	5.43	4.44
47	4.43	6.21	6.40
56	4.27	-	11.10
61	4.25	9.83	6.02
70	-	-	6.74
75	4.56	10.78	8.85

- 통곡스낵의 과산화물함량은 저장온도에 따라 증가하는 경향을 보이며, 19일 경과 이후에는 50°C에서 반응이 가속되고, 34일 이후에는 40°C에서 급격히 증가하는 경향을 나타내었음. 이 같은 과산화물함량의 변화는 30°C에서도 동일하였음. 따라서 통곡스낵의 지방 산패반응은 모든 저장온도에서 0차 반응(zero order reaction)으로 진행되는 것으로 판단.

$$\text{Zero order: } [A] = k \cdot t + [A_0]$$

where A; peroxide 농도, A_0 ; 초기 peroxide 농도($t=0$), t; 저장시간, k; 반응상수

- 저장온도별 과산화물생성반응의 반응속도상수(K)는 회귀분석을 통하여 결정(그림 12, 표

27). 온도별 지방산패반응의 반응속도상수(K)는 30, 40, 50℃에서 각각 0.0137, 0.0229, 0.0303으로 확인.

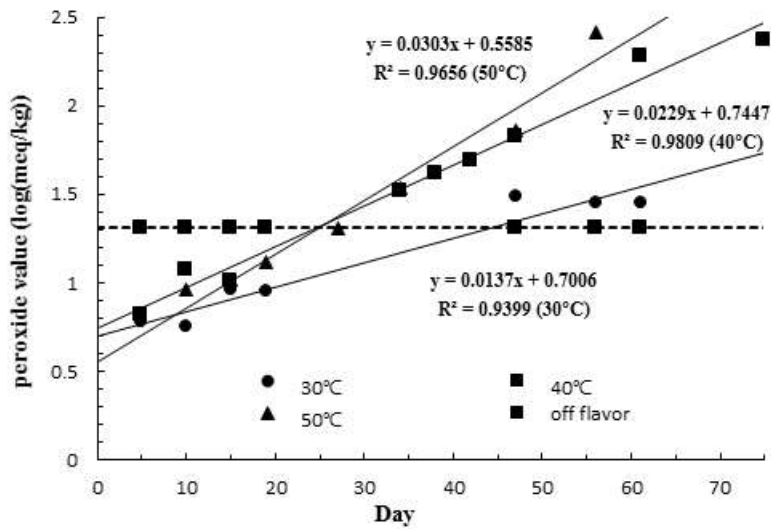


그림 12. 저장온도별 과산화물생성반응의 선형회귀분석 모델.

표 27. 저장온도별 과산화물생성반응의 선형회귀분석 모델

저장온도(℃)	Slope(K)	Intercept	결정계수(R ²)	회귀분석 모델 식
30	0.0137	0.7006	0.9399	y= 0.0137x + 0.7006
40	0.0229	0.7447	0.9809	y= 0.0229x + 0.7447
50	0.0303	0.5585	0.9656	y= 0.0303x + 0.5585

- 실제 저장유통온도에서의 유통기간은 Arrhenius식을 이용하여 산출한 활성화에너지(E_a, activation energy)를 사용하여 예측(그림 13, 표 28).

$$\text{Arrhenius equation: } K = A \cdot e^{-E_a/RT}, \ln K = -(E_a/R)(1/T) + \ln A$$

E_a: 활성화에너지, K= 반응속도, A: Arrhenius상수, R: 기체상수, T: 절대온도

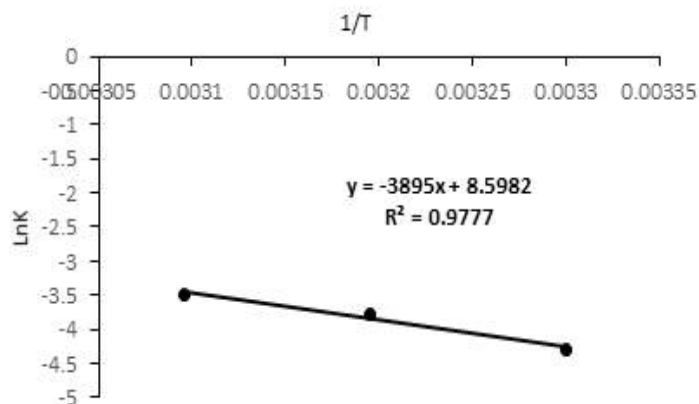


그림 13. 가속저장실험(accelerated shelf-life test)의 Arrhenius plot.

표 28. Arrhenius plot의 parameter 산출치

	저장온도(°C)		
	30	40	50
1/T	0.0033	0.0032	0.0031
Slope(K)	0.0137	0.0229	0.0303
ln K	-4.2903	-3.7766	-3.4966

- 통곡 스낵제품의 가속실험 결과를 이용하여 실제 유통온도에서의 저장기간을 산출. 실제 유통온도는 2012년 기상청 자료를 참조하여, 7개 지역의 월평균기온을 조사하여 유통기간 산출 온도의 근거로 함. 실온에서 혼합곡 스낵을 유통 시 1년간 온도별 유통일수는 표 29와 같음. 이를 근거로, 각 온도구간에서의 지방산패 반응속도(K)를 환산하고 과산화물가의 예상 변화량을 측정한 결과 3.205%로 산출.

표 29. 국내 연간 온도별 예상 유통일수와 과산화물가 연간 변화량

온도*(°C)	T	1/T	ln K	K	연간 일수**	연간 변화량(%)**
10 <	283	0.00353	-5.1650	0.0057	152	0.868
15	288	0.00347	-4.9260	0.0072	30	0.217
20	293	0.00341	-4.6953	0.0091	61	0.557
25	298	0.00336	-4.4722	0.0114	61	0.696
30 >	303	0.00330	-4.2565	0.0141	61	0.864
누계					365	3.205

*국내 연간온도(2012년 기상청자료): 서울, 광역시 등 총 7개 지역의 월 평균기온

**설정온도에 해당되는 일수

***예상 연간 일수에서 초기 과산화물가로부터의 변화량

- 위의 결과를 바탕으로, 초기 과산화물가(2.015 meq/kg)와 이취 발생시점의 과산화물가를 제품 품질규격의 임계 하한값(3.93 meq/kg)으로 설정하여 유통기간을 예측. 유통기간은 예상 실제 유통온도에서 218.10일, 유통온도를 25°C로 설정 시 167.82일로 산출됨(표 30).

표 30. 통곡스낵의 예상 유통기간

	초기 값 (A)	규격 하한 값 (B)	변화량 (B-A)	연간변화량(%) (C)	유통기한(day) [(B-A)/C] x 365	설정 유통기한 (day)
연중 온도	2.015	3.93	1.915	3.205	218.10	174.48
25°C	2.015	3.93	1.915	4.165	167.82	134.26

- 통곡스낵의 최종 유통기간 산출은 계산된 유통기간에 안전계수(safty margin) 0.8을 곱하

여 설정. 연중 유통온도 또는 25℃ 유통온도에서 체중조절용 통곡스낵의 유통기한은 174.48일과 134.26일로 각각 결정.

연중 유통온도: 유통기간(일)= 산출유통기간(218.10일) x 0.8 = 174.48일

유통온도(25℃): 유통기간(일)= 산출유통기간(167.82일) x 0.8 = 134.26일

(2) 비타민 C 손실에 의한 유통기간

- 비타민 C 손실에 의한 유통기간 설정실험은 포장상태의 통곡스낵 시료를 30, 40, 50℃의 건조오븐에서 저장하며 저장시간에 따른 비타민 C의 농도변화를 측정하는 온도가속 실험법(temperature acceleration test)으로 진행.
- 지표물질인 비타민 C 농도는 AACC방법(76-13)(1)을 사용하였으며, L-ascorbic acid를 분석표준물질로 사용.
- 비타민 C 손실에 따른 체중조절용 통곡스낵 시제품의 유통기간은 저장시간에 따라 감소하는 비타민 C 함량을 측정하여, 제품 내 잔존 비타민 C 함량이 제품의 규격기준(비타민 C 함량) 준수 여부로서 결정.
- 저장온도별 비타민 C 손실반응의 반응속도상수(K)는 회귀분석으로 예측하였으며, 실제 저장유통온도에서의 유통기간은 Arrhenius식을 사용하여 산출한 활성화에너지(E_a , activation energy)를 이용하여 예측
- 통곡스낵의 비타민 C 함량은 각 저장온도에서 시간이 길어짐에 따라 감소하였으며, 시료의 초기(0 day) 비타민 C 함량($45.8 \mu\text{g/g}$)은 30℃, 40℃, 50℃에서 15일 저장 시 각각 18.6, 12.2, $14.2 \mu\text{g/g}$ 으로 40% 이상 급격히 감소 후 완만하게 감소하는 것을 확인(그림 14). 비타민 C의 손실반응은 1차 반응(first order reaction)으로 판단.

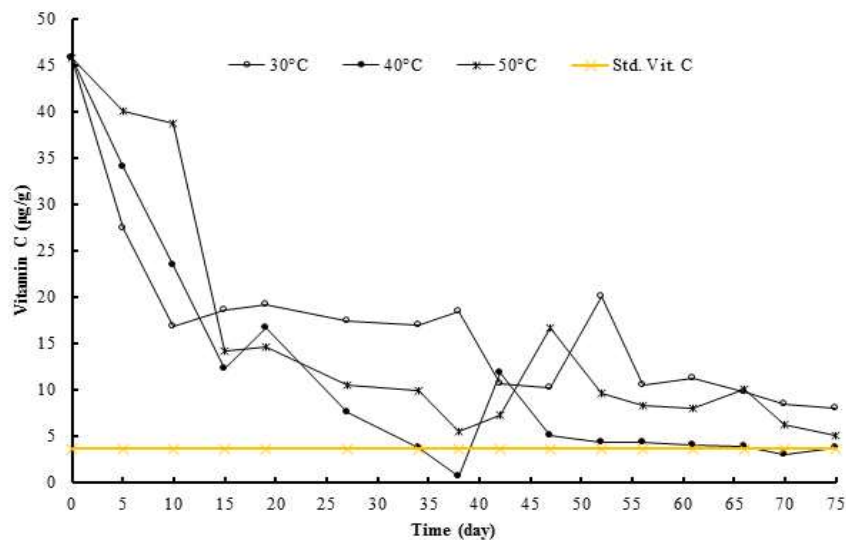


그림 14. 저장온도별 시간경과에 따른 통곡스낵의 비타민 C 함량변화.

- 가장 높은 가속실험온도인 50℃ 저장에서도 통곡스낵의 비타민 C 함량은 75일 저장에서도 기준 비타민 C 함량($3.6 \mu\text{g/g}$) 이상으로 조사됨. 이 같은 통곡스낵 내 비타민 C 함량은 유통기한 중 통곡스낵 단위포장 당 비타민 C 목표함량(25 mg)을 상회할 것으로 예상. 따라서 통곡스낵의 유통기한은 저장유통 중 비타민 C 손실량이 아닌 지방산패에 의

해 결정되는 것으로 판단되며, 이에 과산화물가를 지표물질로 하여 통곡스낵의 최종 유통기간으로 결정.

3) 체중조절용 통곡스낵 시제품의 문제점 보완

- 체중조절용 통곡스낵 시제품은 기호도 분석결과를 통하여 문제점 보완: 시제품은 저작 시 딱딱한 조직감으로 인해 낮은 기호도를 나타내었으며, 이는 오븐에서 굽는 제조방법에 따른 결과로 예상됨. 또한 시제품은 원료 간의 낮은 결합력으로 쉽게 형태가 흐트러지는 문제점을 나타내었음.
- 통곡스낵의 딱딱한 조직감과 팽화(puffing) 통곡 간의 낮은 결합력 개선을 위하여 제조공정에서 오븐 굽기를 생략하고 일부 팽화 통곡을 파쇄 후 첨가함으로써 팽화 통곡원료 사이의 공간을 메워 결합력을 강화하는 것으로 제조공정 수정(그림 15).

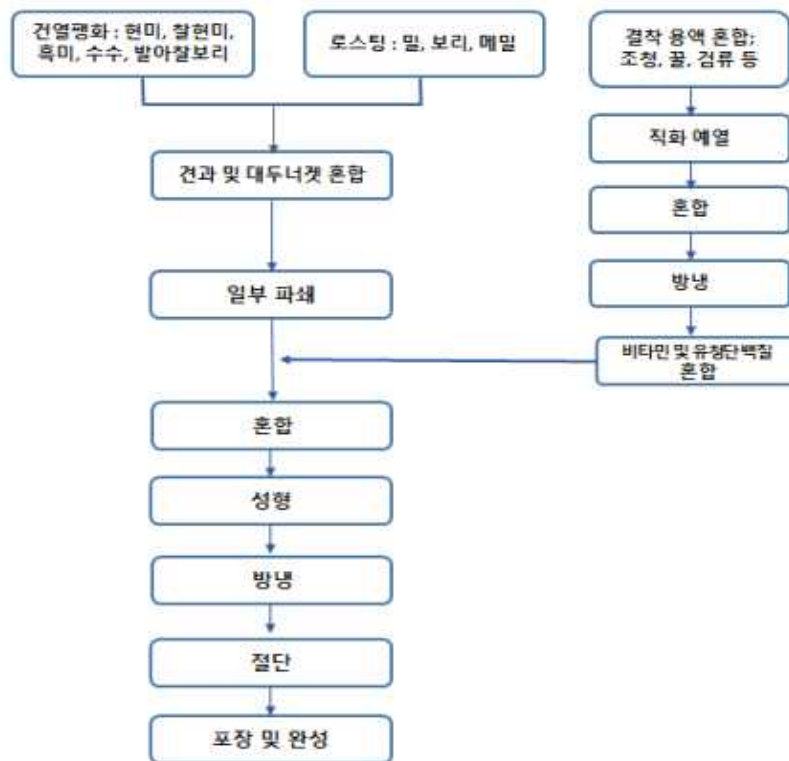


그림 15. 체중조절용 통곡스낵의 최종 제조공정도.

- 통곡스낵의 원료 배합비는 부족한 단백질 보충을 위해 검은콩과 대두 너겟을 첨가, 감미도 증대 및 조직감 개선을 위해 올리고당을 조청과 꿀로써 대체하는 것으로 조정. 시제품의 결합력을 높이는 추가방법으로 아라빅 검(arabic gum)을 첨가하여 배합비율 완성(표 31).

표 31. 체중조절용 통곡스낵의 최종 원료배합비율(%)

번호	구분	원재료	배합비율(%)
1	통곡	현미	9.8
2		찰현미	9.8
3		흑미	7.4
4		메밀	4.8
5		수수	4.8
6		보리	4.8
7		밀	4.8
8		발아찰보리	4.8
9	영양기능성 강화소재	유청단백	1.9
10		대두 너겟	5.8
11		땅콩	7.3
12		검은콩	7.0
13		멀티 비타민/미네랄 믹스	0.7
14	감미 및 결착소재	조청	20.8
15		오일	0.9
16		꿀	3.7
17		아라빅 검	0.9
합계			100

- 외부 분석기관의 2차 영양성분 분석결과(그림 15)를 통한 체중조절용 조제식품의 영양기준규격 준수 여부를 검증한 결과(표 32), 열량 152.3 kcal, 단백질 6.85 g으로 일일 영양소기준치의 10.5%, 비타민 A는 185.5 µg으로 23.1%, 비타민 C는 47.0 mg으로 47.0%, 비타민 E는 14.8 mg으로 123.0%, 비타민 B₁은 0.42 mg으로 35.0%, 비타민 B₂는 0.37 mg으로 25.0%, 나이아신은 6.98 mg으로 43.6%, 비타민 B₆는 0.56 mg으로 37.3%, 엽산은 0.81 mg으로 204.0%, 칼슘은 80.16 mg으로 10.0%, 철분은 2.45 mg으로 25.0%, 아연은 4.20 mg으로 42.0% 함유(표 32).

표 32. 영양분석결과 및 최종 통곡스낵 시제품의 미네랄함량

	최종 분석결과	체중조절용 조제식품 단위 제품 당 목표치	단위 제품 당 함량 (39 g 기준 시)
열량(kcal/100g)	390.38	-	152.25
탄수화물(g/100g)	67.52	-	26.33
당류(g/100g)	13.20	-	5.14
단백질(g/100g)	17.57	6.50	6.85
지방(g/100g)	7.22	-	2.82
포화지방(g/100g)	1.57	-	0.61
트랜스지방(g/100g)	0.01	-	0.00
콜레스테롤(mg/100g)	불검출	-	0.00
식이섬유(g/100g)	7.48	-	2.92
비타민			
비타민 A (μg RE/100g)	475.52	200.00	185.45
비타민 B ₁ (mg/100g)	1.07	0.30	0.42
비타민 B ₂ (mg/100g)	0.95	0.38	0.37
나이아신(B ₃) (mg/100g)	17.89	4.00	6.98
비타민 B ₆ (mg/100g)	1.44	0.38	0.56
엽산(B ₉) (mg/100g)	2.10	0.40	0.81
비타민 C (mg/100g)	120.55	25.00	47.01
비타민 E (mg/100g)	38.00	3.00	14.82
미네랄			
철(mg/100g)	6.28	1.40	2.45
아연(mg/100g)	10.78	1.00	4.20
칼슘(mg/100g)	205.55	80.00	80.16
나트륨(mg/100g)	73.67	-	28.73

- 통곡스낵의 모든 영양성분은 목표기준치를 충족하나, 비타민 A (목표함량; 200μg/39g 단위제품)는 부족한 것으로 확인되어 비타민 믹스의 배합비를 조정함.
- 본 제품을 저지방우유(200 mL)와 함께 섭취하는 경우, 열량 224 kcal, 단백질 12.6 g, 비타민 A 205.5 mg, 비타민 C 47.0 mg, 비타민 E 14.8 mg, 비타민 B₁ 0.50 mg, 비타민 B₂ 0.49 mg, 나이아신 8.55 mg, 비타민 B₆ 0.66 mg, 엽산 0.82 mg, 칼슘 190.1 mg, 철분 2.45 mg, 아연 4.20 mg을 함유하여 단백질과 칼슘의 함량이 현격히 향상, 추후 제품개발에서 반영하기로 결정.

표 33. 체중조절용 통곡스낵의 권장영양섭취량과 함량 비교

영양소	함량(39 g 기준)	권장 섭취량*	일일 영양소기준 대비(%)
열량(kcal)	152.3	2600	5.9
탄수화물(g)	26.3	-	-
단백질(g)	6.85	65	10.5
지방(g)	2.82	-	-
비타민 A (μg RAE)	185.5	800	23.1
비타민 C (mg)	47.0	100	47.0
비타민 E (mg)	14.8	12	123.0
비타민 B ₁ (mg)	0.42	1.2	35.0
비타민 B ₂ (mg)	0.37	1.5	25.0
나이아신(mg)	6.98	16.0	43.6
비타민 B ₆ (mg)	0.56	1.5	37.3
엽산(ug)	816.3	400	204.0
칼슘(mg)	80.1	800	10.0
철분(mg)	2.45	10.0	25.0
아연(mg)	4.20	10.0	42.0

제 D2016111396 호			
검 사 성 적 서			
검체명	통곡제너러바	제조일자 (유통기한)	2016-09-02
의뢰인	업체명: 경기과학고신학원리사 주소: 경기도 수원시 영통구 왕곡산로 154-42 (이의동, 경기대학교) 성명: 김용주	검사일자	2016-11-15
제소번호	검체번호	검사일자	2016-11-15
검사뢰의목적	참고용	검체입수번호	D2016111396
귀하가 우리 연구원에 검사뢰하신 결과는 다음과 같습니다. 검사기관 총 책임자: 김 원 희			
시험항목	결과	검사담당자	
열량(kcal/100g)	390.38kcal/100g	현아름	
탄수화물(%)	67.528(식이섬유 7.459 함유)	현아름	
단백질(%)	17.57%	남은진	
포화지방(%)	7.22%	이현정	
수분(%)	5.48%	박혜민	
회분(%)	2.21%	박혜민	
나트륨(mg/100g)	73.67mg/100g	김세미	
당류(과당, 포도당, 과당, 락타아제, 유당)(mg/g)	131.90mg/g	박혜민	
트랜지지방산(g/100g)	1.57g/100g	김은지	
트랜스지방산(g/100g)	0.01g/100g	김은지	
콜레스테롤(mg/100g)	불검출	김은지	
식이섬유(%)	7.45%	김은영	
비타민A(μg RE/100g)	475.52μg RE/100g	윤효현	
비타민B1(mg/100g)	1.07mg/100g	김수희	
비타민B2(mg/100g)	0.35mg/100g	김수희	
나이아신(μgNE/100g)	17.85μgNE/100g	김영주	
비타민B6(mg/100g)	1.44mg/100g	김수희	
엽산(μg/100g)	2083.11μg/100g	김영옥	
비타민C(mg/100g)	220.55mg/100g	박상진	
비타민E(mg α-TE/100g)	38.00mg α-TE/100g	최지휘	
철(mg/100g)	6.28mg/100g	김세미	
아연(mg/100g)	10.78mg/100g	김세미	
칼슘(mg/100g)	205.55mg/100g	김세미	

귀하가 우리 연구원에 검사뢰하신 결과는 다음과 같습니다. 검사기관 총 책임자: 김 원 희

시험항목	결과	검사담당자
식품안전/제10.1.1.4.2. 식이섬유(과, 포도-중량법)/총식이섬유(TDF)		

2016년 11월 29일
한국기능식품연구원

(사)한국기능식품연구원 한국기능식품연구원 http://www.kbfi.or.kr 전화: 02-5228-0100-1

그림 16. 체중조절용 통곡스낵의 최종 분석성적서

2. 2차년도: 통곡/발아곡류를 이용한 당뇨환자용 시제품 개발

2-1. 당뇨환자용 시제품 개발을 위한 원료 통곡의 선정 및 물성 탐색

가. 원료 통곡 선정

- 당뇨환자용 시제품의 원료 통곡은 1차년도 수행연구에서 사용한 국내산 통곡 10종(현미, 찰현미, 찰흑미, 보리, 밀, 귀리, 메밀, 수수, 찰옥수수, 찰조)과 발아곡류 2종(발아현미, 발아찰보리)을 대상으로 당뇨환자용 식품에서 요구되는 영양조건의 부합 여부에 따라 결정.
- 당뇨환자용 식품의 영양조건으로서는 탄수화물 공급원인 곡물에서 일반적으로 고려되는 섭취 후 혈당의 상승속도, 식이섬유 함량 및 유용기능성성분의 함량을 주 선별기준으로 함.
- 당뇨환자용 통곡 원료로는 급격한 혈당상승 방지를 위하여 waxy 품종과 달리 가열호화 후 빠르게 노화, 체내 전분분해효소의 가수분해속도를 저하시키는 아밀로오스(amylose) 함유 일반 중 통곡을 선택.
- 식이섬유 함량과 관련, 당뇨환자용 시제품 원료로는 통곡의 곡류특성 측정결과(1차년도 수행연구)에 따라 통곡 내 과피(pericarp)의 구성 비율이 높은 통곡을 선별.
- 유용기능성분으로 항산화력을 가지며 체내 전분분해효소와 결합하여 효소활성을 저하시키는 통곡 종피(testa) 내 색소성분(페놀화합물) 및 배유 내 플라보노이드의 함량에 따라 당뇨환자용 원료 통곡을 선별.
- 상기 영양기준에 따라 선별된 원료 통곡은 원물 가격, 공급 용이성, 소비자 선호도를 고려, 당뇨환자용 원료로서 현미, 흑미, 보리, 메밀, 수수의 통곡 5종과 발아곡류 1종(발아현미)을 최종 선정.
- 또한 당뇨환자용 시제품의 원료로서 상기 선정한 통곡과 함께 저GI현미 분말(제3협동기관 바이오벤 공급)을 사용.

나. 원료통곡의 물성 탐색: 이화학특성 및 유용기능성

1) 물리적 특성

(1) 실험재료

- 당뇨환자용 시제품의 원료로는 2016년 생산된 현미, 흑미, 보리, 메밀, 수수와 발아현미를 수원소재 대형매장에서 구매하여 사용.

(2) 실험방법

- 시료의 물리적 특성은 곡류의 색상, 배유경도, 백립중, 용적밀도 및 밀도(8)를 측정하여 평가하였으며 모든 측정치는 3회 반복실험 후 평균과 표준편차로 표시. 각 측정실험은 1차년도 수행연구와 동일한 실험방법을 사용.

(3) 결과 및 고찰

- 시료의 물리적 특성 측정결과를 표 34에 표시.

표 34. 당뇨환자용 원료통곡 및 발아곡류의 물리적 특성

	물리적 특성				
	색상	배유경도	백립중(g)	용적밀도(g/mL)	밀도(g/cm ³)
현미	갈색	경질	2.13±0.02	0.50±0.00	1.42±0.01
흑미	흑색	경질	2.23±0.07	0.51±0.00	1.42±0.01
보리	갈색	연질	2.54±0.06	0.51±0.00	1.42±0.00
메밀	연녹색	연질	2.00±0.02	0.47±0.00	1.44±0.00
수수	적색	경질/연질	2.34±0.06	0.49±0.00	1.34±0.01
발아현미	갈색	경질	2.10±0.02	0.50±0.00	1.46±0.00

- 흑미와 수수는 종피(testa) 내 색소의 침착으로 각각 검정색과 적색을 보인 반면 나머지 시료는 과피(pericarp)로 인하여 갈색, 연녹색(메밀)을 나타냄.
- 미곡(현미, 흑미 및 발아현미)의 경우 투명한 경질배유(hard endosperm)를 나타낸 반면 수수는 경질과 연질배유가 함께 존재하는 중간 정도의 배유경도를 나타내었음. 보리와 메밀의 경우 배유 대부분이 불투명한 연질배유(soft endosperm)를 나타냄. 곡류별 상이한 배유경도에 따라 가공 시 수침에 따른 수화도는 상이할 것으로 예상됨.
- 백립중은 최대 측정치의 보리와 최소치의 메밀을 제외하고 모두 2.10-2.34 g의 범위로서 유사하였음. 이에 보리와 메밀은 가공과정에서 타 시료와의 차별화된 가공조건이 필요할 것으로 예상됨.
- 용적밀도는 메밀과 수수가 다소 낮은 측정치를 나타낸 반면 나머지 시료는 0.50-0.51 g/mL 범위의 용적밀도를 나타내었음.
- 밀도는 최소치를 나타낸 수수(1.34 g/cm³)를 제외하고 모든 시료가 1.42-1.46 g/cm³ 범위로 상호 유사하였음.
- 이상의 물리적 특성 측정결과에 따라 각 시료는 상이한 물리적 특성으로 인하여 가열, 수침 등의 공정에서 균일한 가공효과를 위하여 곡류별 공정조건의 조정이 필요할 것으로 예상됨.

2) 화학적 특성: 일반성분 조성

(1) 실험재료

- 시료는 Udy 분쇄기(Fort Collins, CO, USA)를 사용하여 100 mesh 이하로 분쇄 후 분석 실험 시료로 사용.

(2) 실험방법

- 시료의 일반성분 조성은 수분, 조단백, 조지방, 회분, 전분 및 식이섬유(total dietary fiber) 함량을 측정하여 백분율로 표시.
- 수분, 조단백, 조지방, 회분 및 전분함량 분석은 1차년도 수행연구에서의 동일한 실험방법을 사용하여 행하였으며 식이섬유 함량은 총 식이섬유분석 kit (Total dietary fiber kit, Megazyme, Wicklow, Ireland)를 사용하는 효소분해법(AACC 32-05.01)으로 측정(1).

(3) 결과 및 고찰

- 시료의 일반성분 측정결과는 표 35에 표시.

표 35. 당뇨환자용 원료통곡 및 발아곡류의 일반성분 조성(%)

시료	수분	조단백	조지방	회분	탄수화물	
					전분	식이섬유
현미	9.71±0.45	6.16±0.18	4.80±0.05	1.38±0.01	82.62±2.59	3.04±0.11
흑미	11.28±0.08	8.93±0.11	3.40±0.07	1.39±0.01	75.85±1.16	2.37±0.31
보리	7.49±0.05	11.41±0.03	4.71±0.13	7.49±0.05	57.65±0.37	8.34±2.21
수수	10.19±0.25	13.30±0.39	5.44±0.30	1.85±0.01	56.92±0.71	6.55±0.76
메밀	10.92±0.22	13.90±0.13	4.26±0.05	2.18±0.00	67.97±0.71	7.17±4.50
발아현미	6.91±0.12	7.53±0.09	3.93±0.11	1.25±0.01	75.62±0.55	0.66±0.47
저GI현미	9.48±0.01	12.05±0.30	14.27±0.05	5.37±0.00	39.38±2.58	12.21±1.05

- 모든 시료의 수분함량은 14% 이하로서 저장 안정성을 가지며, 건조도에 따라 약 6.9-11.2%의 범위를 나타내었음.
- 현미, 흑미, 발아현미의 조단백함량은 6.16-8.93%의 범위로서 저GI현미 분말의 약 12% 보다 낮았음. 보리, 수수, 메밀은 조단백함량이 11.41-13.90%로서 미곡에 비해 상대적으로 높은 것으로 확인.
- 저GI현미 분말을 제외한 모든 시료의 조지방함량은 3.40-5.44%의 범위로 상호 유사하였음. 반면 저GI현미 분말은 조지방함량이 약 14%로서, 당뇨환자용 시제품의 가공/저장 중 지방산패에 의한 이취발생이 예상.
- 발아현미를 포함한 미곡의 전분함량은 타 시료에 비해 상대적으로 높은 것으로 확인. 이는 비교적 얇은 외피와 작은 크기의 배로 인해 곡류 내 배유의 구성 비율이 상대적으로 높기 때문으로 판단됨. 반면 가공현미인 저GI현미 분말은 약 39%의 낮은 전분함량을 나타냄.
- 조섬유함량은 보리, 수수, 메밀이 미곡에 비해 높았으며, 특히 발아현미는 발아/건조과정의 외피손실로 인한 낮은 함량(0.66%)을 나타내었음. 반면 저GI현미 분말은 12%의 높은 측정치를 나타내었음.

3) 유용기능특성

(1) 실험재료

- 통곡/발아곡류의 유용성 기능성분은 믹서(MIX-40R, J-One Co., Yongin, Korea)로 분쇄한 시료를 80% 메탄올에서 추출 후 감압 농축하여 실험에 사용하였으며, 대조구로는 백미 사용.

(2) 실험방법

- 시료의 유용성기능성분 함량은 80% 메탄올 추출물의 페놀화합물(total polyphenol compound) 및 플라보노이드(flavonoid)함량으로서 측정하고, 전자공여능(electron donating ability, EDA)과 양이온 라디칼 소거능력(cation radical scavenging activity, CRSA)으로서 항산화능력을 평가.

- 시료의 폴리페놀 및 플라보노이드함량은 1차년도 수행연구와 동일한 Folin-Ciocalteu법(3) 및 Diethylene glycol 비색법(4)을 사용하였으며, 전자공여능과 양이온 라디칼 소거능

력은 DPPH 소거법(5) 및 ABTS 라디칼 소거법(6)을 사용하여 측정.

(3) 결과 및 고찰

- 시료의 폴리페놀 및 플라보노이드함량과 항산화력을 표 36에 표시.

표 36. 시료의 폴리페놀 및 플라보노이드함량과 항산화능력

	폴리페놀 (mg/100 g)	플라보노이드 (mg/100 g)	전자공여능 (%)	양이온 라디칼소거능력 (%)
현미	69.9±0.5	20.5±0.5	14.3±0.4	62.1±1.3
흑미	455.4±4.6	233.6±0.3	83.6±0.1	99.5±0.2
보리	116.0±0.0	101.8±0.6	63.8±0.8	97.5±0.5
메밀	369.0±2.8	124.0±0.6	81.2±0.2	98.7±0.1
수수	2,097.3±3.0	184.8±4.7	83.3±0.2	99.8±0.1
발아현미	63.5±0.8	20.3±1.6	15.6±1.4	72.2±2.6
대조구(백미)	19.4±0.4	15.8±0.7	0.0±0.8	24.2±3.2

- 통곡시료의 폴리페놀함량은 대조구 백미에 비하여 현저하게 높았으며, 특히 수수, 흑미 및 메밀은 타 시료에 비해 상대적으로 높은 함량을 나타내었음. 이러한 결과는 통곡의 종피에 함유된 tannin 계열의 색소 때문으로 판단.
- 또한 배유에 존재하는 시료의 플라보노이드함량은 폴리페놀함량 측정결과와 유사한 경향을 나타내었음. 시료의 플라보노이드 함량은 흑미, 수수, 메밀, 보리의 순으로 높았으며 현미와 발아현미는 상대적으로 낮은 측정치를 나타내었음.
- 전자공여능(EDA)과 양이온 라디칼 소거능력(CRSA)으로 측정한 시료의 항산화능력은 폴리페놀 및 플라보노이드함량에 비례하여 증가. 또한 모든 시료의 항산화능력은 대조구인 백미와 비교하여 현저하게 높은 것으로 확인됨에 따라 통곡의 우수한 영양기능특성을 확인.

다. 원료통곡의 가공적합성

- 원료 통곡/발아곡류의 가공적합성은 유동식제형 제품의 중요 물성으로 점도특성을 결정하는 전분의 수화 및 페이스팅(pasting) 특성을 신속점도기로 측정하여 평가.

1) 신속점도기를 이용한 시료 전분의 점도특성

(1) 실험재료

- 통곡/발아곡류 시료는 분쇄기(Udy Co., Fort Collins, CO, USA)를 사용하여 100 mesh 이하로 분쇄하여 실험에 사용.

(2) 실험방법

- 시료의 점도특성은 신속점도분석기(RVA-3D, Newport Scientific, Australia)를 이용하여 측정. 신속점도분석기의 측정조건은 10%(w/v)의 시료 현탁액을 시료 용기에 넣어 50℃에서 3분간 유지 후 4.5분 동안 50℃에서 95℃로 가열하고 95℃에서 2분간 유지 후 4.5분 동안 50℃로 냉각한 다음 50℃에서 3분간 유지하는 cycle에서 호화개시온도, 최대호화

점도, breakdown점도 및 setback점도를 측정.

(3) 결과 및 고찰

- 신속점도분석기 측정결과, 각 시료의 호화, pasting 및 setback 특성은 고유의 전분특성에 따라 상이한 최대호화점도, breakdown점도 및 setback점도를 나타내었음(그림 17).
- 최대호화 점도는 메밀, 현미, 흑미, 보리, 발아현미, 수수, 저GI현미의 순으로 높았으며, 이는 각 시료 전분의 상이한 수화 팽윤에 따른 결과임. 따라서 가공 후 통곡혼합물의 균일한 점도유지를 위하여 곡류별 호화 및 냉각조건의 조정이 필요할 것으로 예상.
- 현미, 흑미, 발아현미의 최대호화점도, breakdown점도 및 setback점도 측정치는 각각 차이를 나타내었으나 점도변화의 양상은 유사하였음. 반면 저GI현미 분말의 경우 최대호화점도, breakdown점도 및 setback점도 측정치는 다른 미곡 시료와 달리 현저히 낮은 것으로 측정되었는데 이는 가공과정 중 상당 부분의 전분이 호화 후 노화되었기 때문으로 추정됨.

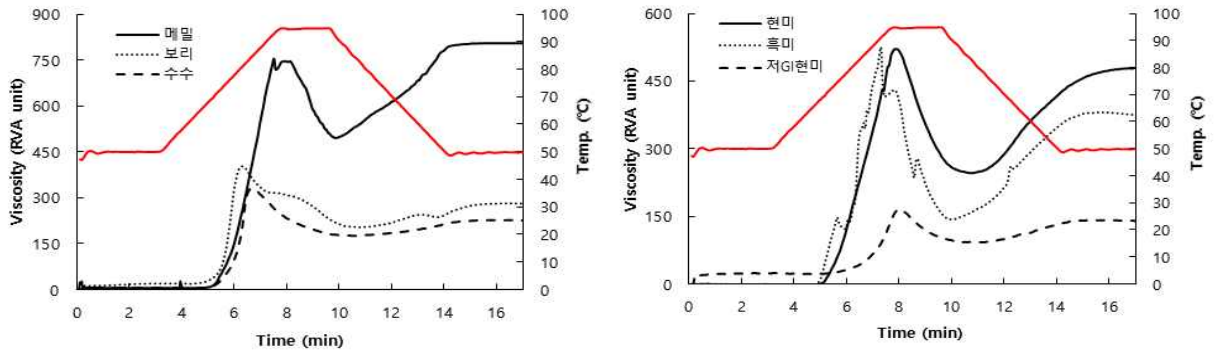


그림 17. 원료통곡의 신속점도기 분석 profiles.

- 잡곡류 중 보리와 수수는 다른 시료와 비교하여 모든 RVA 점도 측정치가 낮았는데, 이는 선행 성분조성 측정결과(표 2)에서 확인된 보리와 수수의 낮은 전분함량과 함께 전분 고유의 호화/노화특성에 기인한 결과 때문으로 판단됨.
- 메밀은 최대호화점도, breakdown점도 및 setback점도가 시료 중 가장 큰 것으로 측정되어 호화에 따른 전분의 팽윤력이 가장 크며 호화 후에는 아밀로오스의 재결정화가 가장 빠르게 진행되는 것을 확인.
- 상기 시료별 호화, pasting 및 setback점도의 측정결과를 통하여 당뇨환자용 유동식의 가공과정에서 각 시료의 점도변화와 가공적합성을 예상할 수 있음. 그 결과 다양한 곡류를 원료로 하는 당뇨환자용 유동식의 경우 최종제품에서의 균일한 점성 및 물성 유지를 위해서는 원료의 적정 혼합비와 함께 곡류별 차별화된 가공조건이 필요한 것으로 판단.

2-2. 당뇨환자용 통곡/발아곡류의 가공기술 개발

가. 난소화성 통곡 제조기술

1) 가공기술의 배경

- 체내 탄수화물의 소화 및 흡수속도는 탄수화물의 종류 및 전분특성에 따라 상이함. 일반적으로 소화 및 흡수속도가 느린 탄수화물은 체내에서 혈당반응이 느린 반면 빠른 탄수

화물의 경우 급격한 혈당반응을 초래하며 인슐린과의 반응도 함께 상승시킴.

- 이에 따라 혈당조절기능의 당뇨환자용 식품에서는 난소화성 말토덱스트린과 이눌린 등이 탄수화물 소재로 사용되고 있음.
- 대표적 난소화성 탄수화물인 저항전분(resistant starch, RS)은 체내 위장관(gastrointestinal)에서 amylase에 의해 분해되지 않는 전분으로서 특성에 따라 4 가지 유형으로 분류(표 37).

표 37. 저항전분(RS)의 유형 및 특성

유형	특성	예
RS* 1	전분분해효소의 접근성이 제한된 전분(physically inaccessible)	통곡 또는 부분 도정곡류
RS 2	전분입자 고유의 구조적 특성(resistant starch granule)으로 인하여 효소의 가수분해작용 억제	마나나전분, 감자전분, 고아밀로오스전분
RS 3	노화전분(retrograded starch) 또는 노화된 아밀로오스(retrograded amylose double helices)	냉각한 amylose 함유 호화전분
RS 4	화학변성전분(chemically modified starch)	전분분자 내 α -1,4 또는 α -1,6 이외의 화학결합 부여
RS 5	아밀로오스/지질 복합물(amylose-lipid complex)	아밀로오스/지질의 포접화합물 형태(inclusion complex)

RS; resistant starch

- 일반적으로 상업용 저항전분은 전분을 고온가압 후 냉각하는 과정을 반복하여 제조되며 식이섬유와 동일 또는 유사한 기능을 나타내어 저 열량식품의 bulking agent로 사용. 이러한 저항전분은 RS 3 유형으로 *in vivo*와 *in vitro* 에서 amylase에 의해 분해되지 않으며, 이는 주로 전분 내의 노화된 아밀로오스가 이중나선(double helices) 구조를 갖기 때문임.
- 영양학적 관점에서 저항전분은 인체의 대사과정에서 이용되지 않는 전분으로도 정의되고 있음(그림 18).

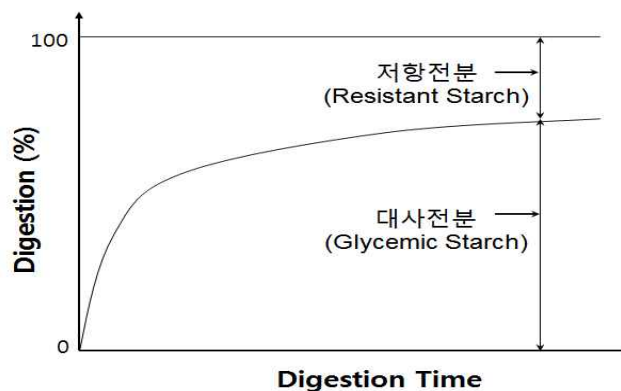


그림 18. 영양학적 관점에서의 저항전분.

- 전분의 체내 소화 및 흡수속도는 적정 혈당수준의 유지를 결정하는 주요인으로 작용. 전분은 *in vitro* 분해속도에 따라 신속소화전분(rapidly digestible starch, RDS), 지소화성전분(slowly digestible starch, SDS), 저항전분(resistant starch, RS)으로 분류.
- 지소화성전분은 신속소화전분에 비해 소장에서 낮은 소화속도로 분해되며 당뇨와 같은 과혈당(hyperglycaemia)관련 질병의 조절과 예방에 요구되는 체내 저혈당지수(GI)의 유지와 함께 지속적인 glucose 공급의 특성을 가짐(9).
- 이 같은 특성에 따라 다량의 지소화성전분 함유 식품은 저혈당지수를 갖는 기능성식품으로 간주되고 있음. 지소화성전분은 인위적으로 노화과정을 반복하는 물리적 방법, 초고압처리, citric acid 처리 및 효소처리 등의 다양한 방법으로 제조되며, 일반적으로 물리적인 방법이 상업적 효율성이 높은 것으로 보고.
- 본 연구에서는 상업적 적용이 가장 용이하고 공정의 안전성과 효율성이 제고될 수 있는 가열-냉각의 과정을 통하여 통곡 내 난소화성 저항전분의 생성을 확인하고자 함. 또한 생성된 저항전분의 이화학특성 및 *in vitro* α-amylase 가수분해도 실험을 통하여 당뇨환자용 식품개발을 위한 통곡가공법의 유효성을 검증하고 최적 가공조건을 확립하고자 함.

2) 난소화성 통곡 가공기술 및 유효성 검증

(1) 실험재료

- 난소화성 통곡의 제조는 현미를 시료로 사용.

(2) 실험방법

- 난소화성 통곡은 수세한 현미 500 g에 물 500 mL를 가하고 가정용압력밥솥(CRP-HVB068SE, Cuckoo Electronics Co., Korea)에서 120°C에서 15분간 취사 후 2±1°C에서 12시간 냉장 보관한 다음 50°C 오븐에서 건조하여 제조. 이후 건조시료는 분쇄기(Udy Co., Fort Collins, CO, USA)를 사용하여 100 mesh 이하로 분쇄하여 분석실험의 시료로 사용(그림 19).

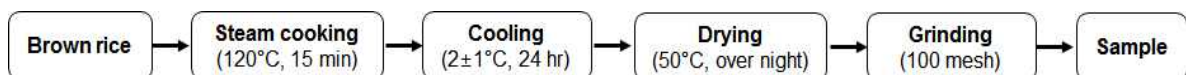


그림 19. 난소화성 현미의 제조 공정도.

- 난소화성 현미의 pasting 특성은 신속점도분석기(RVA-3D, Newport Scientific, Australia)를 사용하여 측정. 시료 현탁액(10%, w/v)을 50°C에서 3분간 유지 후 4.5분 동안 50°C에서 95°C로 가열하고 95°C에서 2분간 유지 후 4.5분 동안 50°C로 냉각한 다음 50°C에서 3분간 유지하는 가열/냉각 cycle에서 점도를 측정.
- 난소화성 현미 내 전분결정성(crystallinity)은 X-선회절분석기(Miniflex II, Rigaku Denki Co. Ltd., Tokyo, Japan)를 사용하여 30 kV, 15 mA에서 회절각도(2θ)는 5-35°, 스캔속도 3°/min의 조건으로 측정. 결정도(relative crystallinity)는 데이터분석 소프트웨어(Origin 8.0, Origin Lab Corp., North Hampton, MA, USA)를 이용하여 아래의 식으로 산출.

$$\text{결정도(relative crystallinity, \%)} = \frac{Ac}{Aa + Ac} \times 100$$

Ac= 결정성영역 면적(area of crystalline region),

Aa= 무정형영역 면적(area of amorphous region)

- 난소화성 현미의 소화특성(α -amylase 가수분해도)은 α -amylase 처리시간에 따른 시료의 가수분해도로써 평가. 즉 시료 0.25 g에 0.02 M HCl 용액 9 mL를 가하여 100°C에서 15 분간 가열 후 실온으로 냉각하여 시료용액 제조. 이후 시료용액 5 mL를 dialysis bag (12,000 MW cut-off)에 취하고 여기에 α -amylase (30 U/mg, type VI-B, porcine pancrease, Sigma)을 첨가하고, 38°C의 0.05 M phosphate buffer (pH 6.8) 130 mL가 담긴 비이커에서 2시간 동안 반응시키면서 가수분해된 glucose가 dialysis bag 밖의 phosphate buffer로 유리되도록 교반. 전분가수분해도는 각 효소반응시간(0, 15, 30, 60, 90 및 120분)에서 phosphate buffer 1 mL를 취하여 용액 내의 glucose함량을 DNS법으로(10) 측정하고 아래의 식에 따라 가수분해도를 산출. 대조구로는 옥수수전분 사용.

$$\text{전분가수분해도(\%)} = \frac{\text{glucose 함량} \times 0.9}{\text{시료무게}} \times \text{희석배수} \times 100$$

- 저항전분함량은 AACC(32-40.01)법에 따라 측정(1). 시료 0.1 g을 시험관에 취하고 2 M KOH 용액 2 mL를 가한 후 20분간 교반하고 여기에 1.2 M sodium acetate buffer (pH 3.8) 8 mL와 amyloglucosidase (3,300 U/mL) 0.1 mL를 가하여 50°C 항온수조에서 30분간 반응. 효소반응 종료 후 반응용액을 원심분리(1,500 g, 10분)한 후 상등액 0.1 mL를 100 mL 부피플라스크에 넣고 증류수로 희석한 다음 3.0 mL의 GOPOD reagent buffer (p -hydroxybenzoic acid, sodium azide 0.095%, pH 7.4)를 가하여 50°C에서 20분간 반응시킨 후 510 nm에서 흡광도 측정. 저항전분함량은 아래의 식에 따라 산출.

$$\text{저항전분함량(resistant starch, \%)} = \Delta E \times \frac{F}{W} \times 90$$

ΔE = 시료의 흡광도, W = 시료 무게(g),

F = 0.1 mg의 D-glucose에 대한 GOPOD buffer 흡광도

(3) 결과 및 고찰

- 가열-냉각한 현미시료의 RVA profile 분석결과(그림 20), 가열-냉각 현미는 호화개시온도 이전에서 점도가 상승하였고, 온도상승에 따라 단계적으로 점도가 상승하는 pasting 양상을 나타냄. 최대호화점도와 breakdown점도의 경우 대조구 현미에 비해 낮은 것으로 측정. 또한 setback점도는 대조구와 유사한 증가 양상을 나타내었으나 측정치는 다소 낮은 것을 확인.
- 이와 같은 가열-냉각처리 현미의 pasting 양상은 가열과정에서 대부분 전분입자가 호화되나, 호화된 전분입자는 배유세포 단백질 matrix 내에 entrap된 상태로 존재함으로써 팽윤이 제한되어 나타난 결과로 판단. 또한 호화과정 중 전분입자로부터 용출된 아밀로오스는 팽윤된 전분입자 주변에서 냉각과정 중 젤화(gelation), 재결정화(recrystallization)되어 대조구보다 낮은 setback점도를 나타내는 것으로 판단됨.

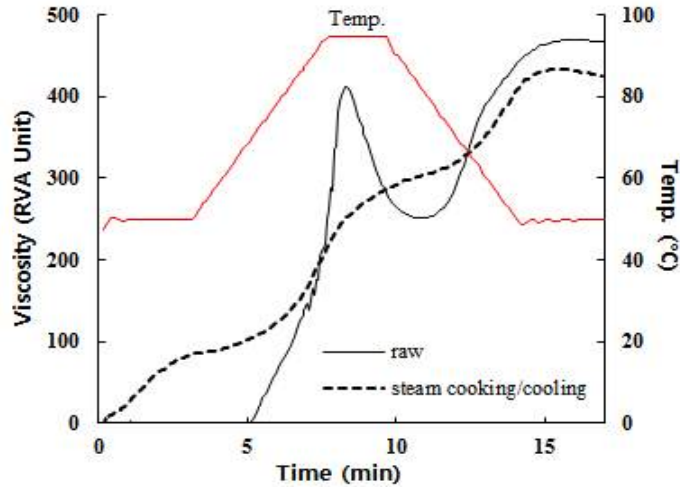


그림 20. 가열-냉각처리 현미의 RVA profile.

- 현미 시료의 가공단계별 X-선 회절도를 그림 21에 표시.

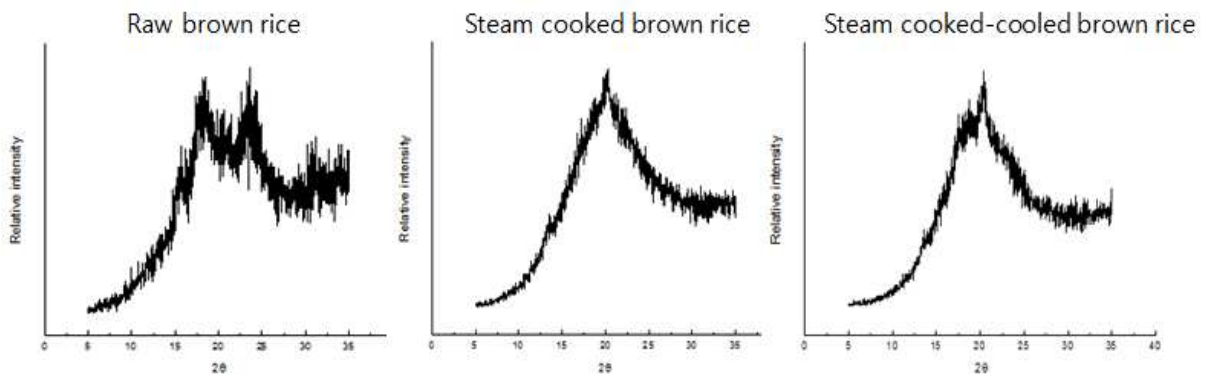


그림 21. 현미시료의 가공단계별 X-선 회절양상.

- 가공단계별 현미의 X-선 회절분석결과(그림 21), 생전분이 갖는 부분 결정성구조는 가열 조리 따라 완전히 소실되며 이후 냉장 보관에 따라 전분입자 내 결정성구조가 재 생성되는 것을 확인.
- 그러나 이 같은 가열조리-냉각한 현미의 결정성은 높지 않았으며, 이에 당뇨환자용 식품에서 요구되는 혈당반응 민감성의 완화를 위하여 가열-냉각처리의 반복공정을 통한 전분의 결정성 증대가 필요할 것으로 판단.
- 현미시료의 α -amylase 반응시간별 전분가수분해도 측정결과(표 38와 그림 22), 반응시간 30분까지에서 전분가수분해도의 시료 간 차이가 없었으나, 반응시간이 60, 90, 120분으로 길어짐에 따라 가열-냉각처리 현미의 가수분해도는 20.4, 30.0 및 40.3%로서 상응하는 대조구 현미의 가수분해도 46.3, 63.9 및 75.3% 대비 약 50%의 전분가수분해도 감소를 나타내었음.
- 일반적으로 효소에 의한 전분가수분해도는 전분의 출처, 전분입자 내 아밀로오스/아밀로펙틴의 구성 비율, 전분입자의 구조 및 표면적 등에 따라 영향을 받는 것으로 보고. 따라서 가열-냉각처리 현미의 낮은 α -amylase 가수분해도는 가열-냉각처리과정 중 생성된

노화전분과 함께 배유세포 내 존재하는 호화 전분입자의 구조적 특성에 따라 효소의 반응성과 접근성이 제한되기 때문으로 판단됨(11).

표 38. α-amylase 반응시간별 현미시료의 전분가수분해도(%)

	효소 반응시간(min)				
	15	30	60	90	120
대조구 현미	9.58±0.00	19.34±3.5	46.38±2.	63.95±1.	75.38±2.3
가열-냉각		5	37	97	7
현미	10.57±0.6	15.88±1.8	20.43±1.	30.09±3.	40.32±2.5
	6	8	07	01	1

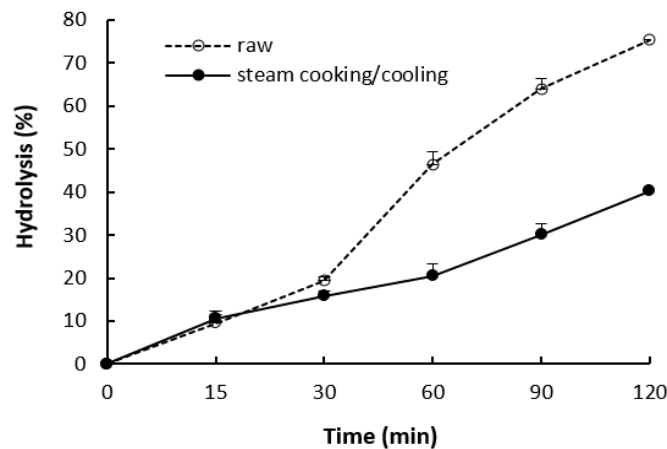


그림 22. α-amylase 반응시간별 현미시료의 전분가수분해도(%).

- 현미시료의 저항전분함량 측정결과, 대조구 현미는 약 5.3%의 저항전분함량을 나타낸 반면 가열-냉각처리 시료는 약 41%의 높은 저항전분함량을 나타내었음.
- 가열-냉각처리 현미 내 저항전분유형은 가열/냉각 과정에서 용출, 노화된 이중나선형태의 아밀로오스(RS type 3)와 통곡특성에 따라 전분입자에 대한 효소접근성이 제한되는 RS type 1 및 2가 복합적으로 존재하는 것으로 예상.
- 상기 결과에 따라 현미의 가열-냉각처리는 통곡 내부에 저항전분을 생성하여 전분가수분해도를 현저하게 감소시킴에 따라 당뇨환자용 식품에 적용 시 혈당반응 민감성을 낮출 수 있는 효과적인 가공방법임을 확인. 이후에는 난소화성 통곡제조를 위한 최적공정조건 확립을 위한 연구 수행.

3) 난소화성 통곡제조를 위한 가공조건 탐색

(1) 실험재료

- 현미를 대표 통곡시료로 사용.

(2) 실험방법

- 난소화성 현미시료는 선행 제조실험에서 행한 동일한 방법을 사용하여 제조하였으며, 가

열-냉각처리의 반복이 시료 내 노화전분의 생성 정도, 전분의 결정성, pasting 특성 및 가수분해에 미치는 영향을 확인하고자 처리횟수를 1, 2 및 3회로 하여 그림 23과 같이 현미시료 제조.

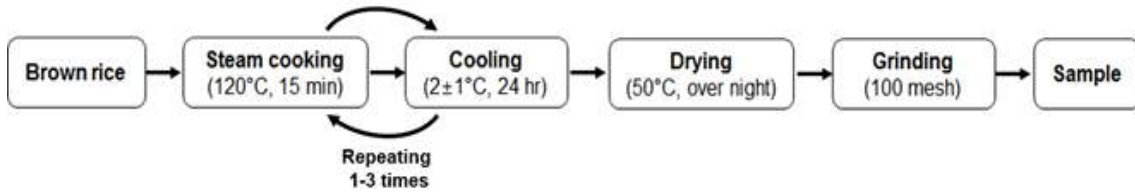


그림 23. 가열-냉각 처리횟수를 달리한 난소화성 현미시료의 제조 공정도.

- 가열-냉각처리 횟수를 달리한 현미 시료 내 전분의 pasting특성, 결정성, α-amylase 가수분해도 및 저항전분함량은 선행 실험의 동일 방법으로 측정.

(3) 결과 및 고찰

- 가열-냉각처리의 반복횟수를 달리한 현미시료의 RVA profile 측정결과를 그림 24에 표시.

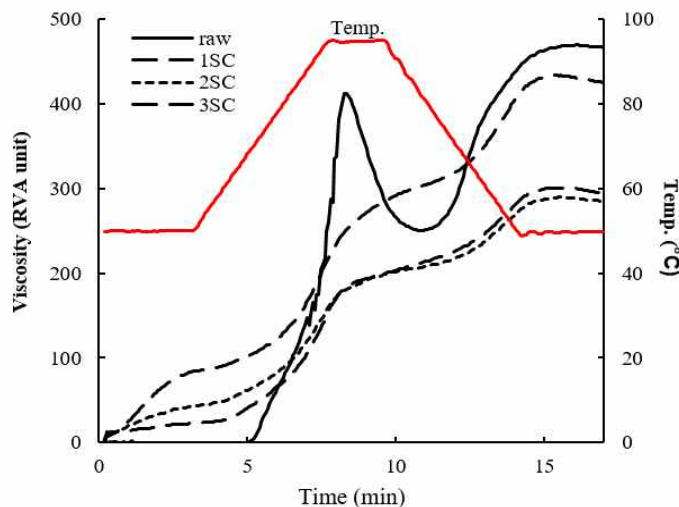


그림 24. 가열-냉각처리 반복횟수에 따른 현미시료의 RVA profile.

- 현미시료의 최대호화점도, breakdown점도 및 setback점도 측정치는 가열-냉각처리의 반복횟수에 따라 차이를 보이나 각 측정치의 변화양상은 상호 유사하였음.
- 가열-냉각처리를 2 또는 3회 반복한 시료의 경우 상응하는 1회 처리시료에 비해 현저하게 낮은 최대호화점도, breakdown점도 및 setback점도를 나타내어 전분의 노화도가 가열-냉각의 반복처리에 비례하여 증가하는 것을 확인. 그러나 가열-냉각처리 2 또는 3회 반복한 시료에서는 초기점도를 제외한 점도측정치가 상호 유사하여 전분노화가 시간의 존성을 나타내는 것으로 확인.
- 상기 실험결과를 통하여 현미의 가열-냉각처리는 전분을 노화시키며, 처리횟수의 반복에 따라 전분노화도는 더욱 증가하며 노화전분의 결정구조가 안정되는 것을 확인. 따라서

당뇨환자용 원료 통곡의 난소화성 전분함량 증가를 위해서는 가열-냉각처리의 반복시행이 효과적이라고 판단됨.

- 가열-냉각의 반복횟수를 달리한 현미시료의 X-선 회절도를 그림 25에 표시.

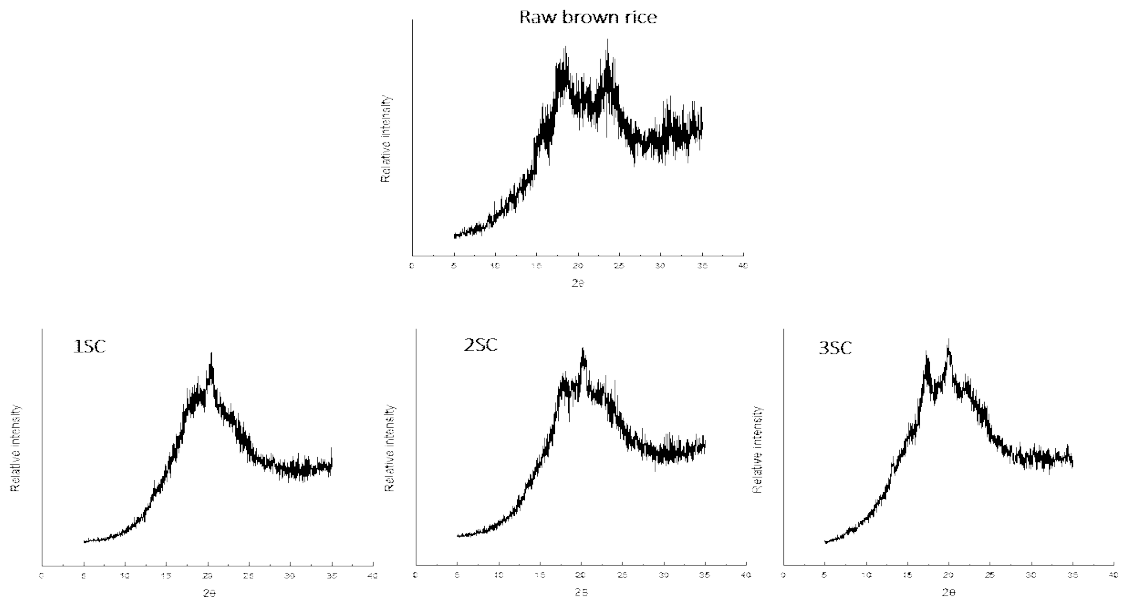


그림 25. 가열-냉각처리 반복횟수에 따른 현미시료의 X-선 회절양상.

- 현미시료의 X-선 회절도 분석결과, 전분의 결정성은 가열-냉각의 처리횟수에 비례하여 증가하는 것을 확인. 특히 3회 반복 처리한 시료의 경우, 회절각도(2θ) 17-25°에서 2개의 주 peak가 정점(apex) 부근에 발생하며 생전분과 유사한 X-선 회절양상을 보임.
- 상기 측정결과를 통하여 전분분자의 노화 및 노화구조의 안정화는 가열-냉각처리의 반복횟수에 비례하여 증가하며, 이는 RVA 분석의 선행실험 결과와도 일치하는 것을 확인.
- 현미시료의 α -amylase 반응시간별 전분가수분해도 측정결과(표 39와 그림26), 가열-냉각의 처리횟수가 늘어남에 따라 전분가수분해도는 감소하였음.
- 전분가수분해도는 효소반응 60분까지는 가열-냉각의 처리횟수에 관계없이 시료 간 차이가 없었으나, 효소반응 90, 120분에서는 처리횟수가 늘어남에 따라 전분가수분해도는 비례적으로 감소하여 3회 반복처리 시료의 경우 90, 120분에서 각각 24.1, 32.2%의 최소 가수분해도를 나타내었음.

표 39. 현미시료의 α -amylase 반응시간별 전분가수분해도(%)

	반응시간(min)				
	15	30	60	90	120
현미	9.58±0.00	19.34±3.55	46.38±2.37	63.95±1.97	75.38±2.37
1SC	10.57±0.66	15.88±1.88	20.43±1.07	30.09±3.01	40.32±2.51
2SC	9.08±1.43	13.22±0.80	19.70±1.51	27.33±2.00	35.14±0.43
3SC	9.77±1.22	12.73±1.55	18.15±0.87	24.14±2.43	32.25±0.68

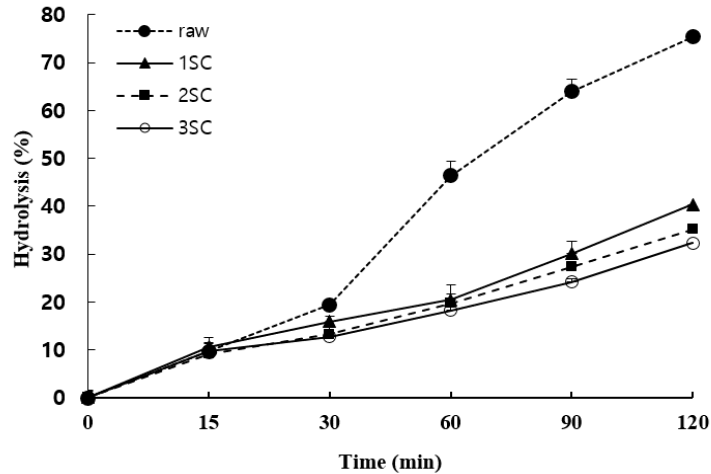


그림 26. α-amylase 반응시간별 현미시료의 전분가수분해도(%).

- 상기 결과를 통하여 당뇨환자용 통곡의 제조공정에서 난소화성 전분함량은 가열-냉각처리의 횟수에 비례하여 증가하는 것으로 확인되었으나, 3회 이상의 반복처리는 전분가수분해도에서 3회 처리와 큰 차이가 없을 것으로 예상됨.
- 따라서 저혈당반응 기능을 갖는 당뇨환자용 통곡의 최적 제조방법으로서 그림 23의 제조공정에서 가열-냉각을 3회 반복하는 조건을 설정.

나. 로스팅(roasting) 공정의 영향 검토

- 선행 난소화성 현미의 제조공정에 따라 가공한 현미는 곡물 특유의 향이나 맛이 없는 낮은 관능특성을 나타냄에 따라 제조공정에 로스팅 공정을 추가하고 로스팅이 노화전분 및 곡류특성에 미치는 영향을 검토함.

1) 로스팅처리가 노화전분의 특성에 미치는 영향

(1) 실험재료

- 현미 사용.

(2) 실험방법

- 로스팅처리 난소화성 현미는 선행 난소화성 현미 제조에서 사용한 동일 방법(그림 27)에 로스팅 공정을 추가하여 제조. 로스팅처리는 가정용로스터기(MSP-2004, Morning Sense, Korea)를 사용하여 시료를 200-220℃에서 5분간 가열하여 행함.

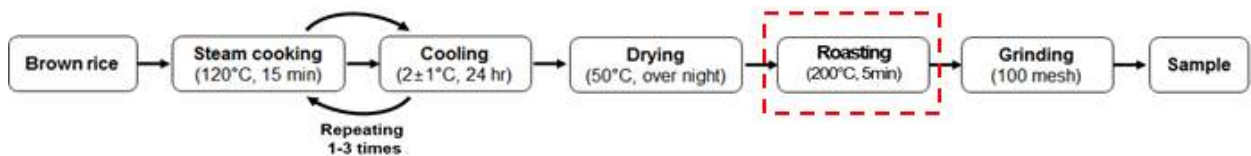


그림 27. 로스팅 처리한 난소화성 현미시료의 제조 공정도.

- 로스팅처리 난소화성 현미 시료의 pasting 특성, 결정성, α-amylase 가수분해도는 선행 실험에서 수행한 동일 방법을 사용. 시료의 물성과 관능특성은 시료에 동량의 물을 가하여 외형 및 관능성으로 평가함.

(3) 결과 및 고찰

- 로스팅처리 현미시료의 RVA profile 측정결과를 그림 28에 표시.

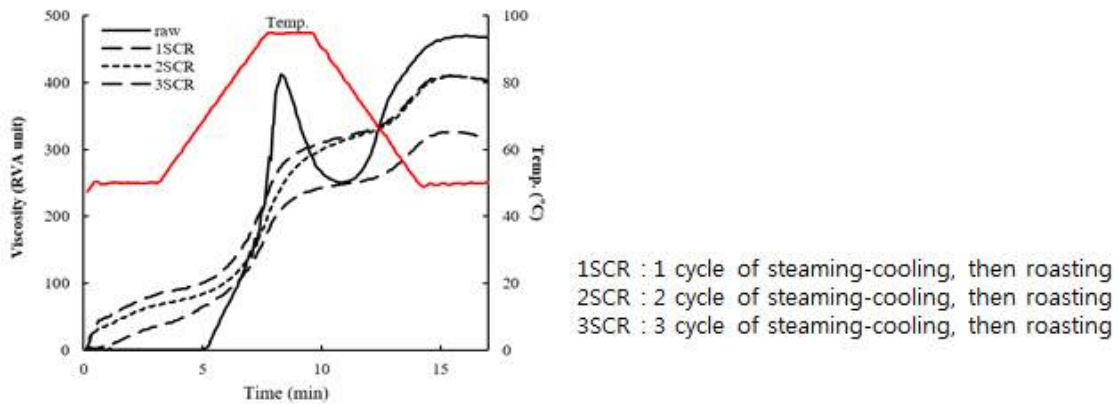


그림 28. 로스팅한 현미시료의 RVA profile.

- 가열-냉각처리의 횟수를 달리한 현미시료(1, 2 및 3회)의 RVA 점도 측정치는 로스팅처리에 따라 상이한 변화를 나타내었음.
- 로스팅한 현미시료는 가열-냉각처리만으로 제조한 시료(그림 19)에 비해 높은 초기점도를 보이며 최대호화점도, breakdown점도 및 setback점도 또한 증가하였음. 이는 가열-냉각과정에서 생성된 노화전분의 미세결정(crystallites)이 로스팅처리에 의해 용융(melting)되어 전분의 수화 및 팽윤도가 증가하기 때문으로 판단.
- 이와 같은 로스팅처리의 영향은 가열-냉각을 2회 또는 3회 반복한 시료에서도 동일하게 확인. 즉 가열-냉각처리의 반복에 따라 현저하게 감소한 시료의 최대호화점도, breakdown점도 및 setback점도는 로스팅처리에 의해 가열-냉각처리 1회 시료와 유사한 점도 측정치를 나타내었음.
- 로스팅처리 현미시료의 X-선 회절도를 그림 29에 표시.

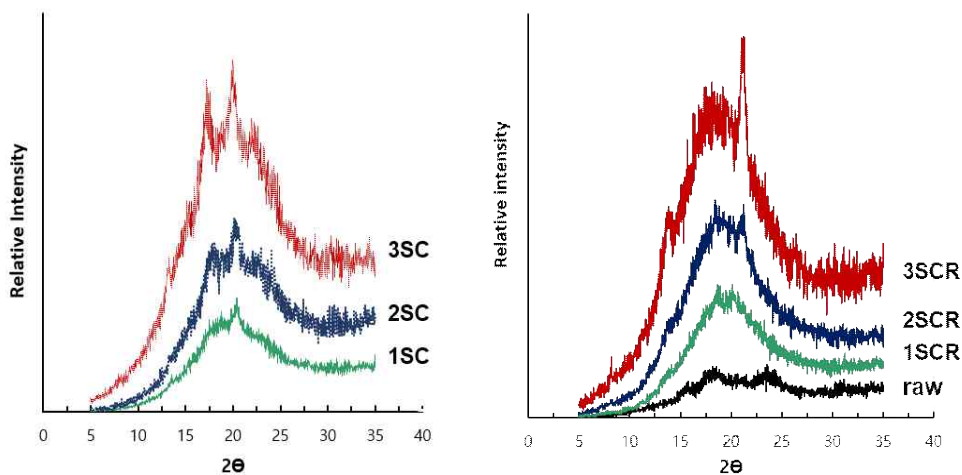


그림 29. 로스팅처리 현미의 X-선 회절양상.

- 현미시료의 X-선 회절도 분석결과, 가열-냉각처리의 반복에 따라 증가한 전분의 결정성은 로스팅 후 무정형상태로 변화하였고, 이는 로스팅과정 중 노화전분의 분자 내 결정영역이 용융되기 때문으로 RVA로 측정된 시료의 pasting 특성 측정결과와도 일치하였음.
- 한편 이 같은 로스팅처리는 노화전분의 결정구조 용융과 함께 새로운 형태의 결정구조를 전분분자 내에 생성하는 것으로 추정. 가열-냉각처리 3회 반복 시료의 경우, 로스팅처리 후 새로운 결정 peak가 X-선 회절도에서 확인.
- 또한 일부 시료에서는 강도가 약한 작은 결정 peak가 새로운 회절각도에서 발생하는 것을 확인. 따라서 로스팅처리는 가열-냉각처리한 현미 내 노화전분의 결정을 용융시키고, 전분분자 내 새로운 형태의 결정구조를 생성하는 것으로 추정.
- 로스팅처리 현미 시료의 α -amylase 반응시간별 가수분해도를 표 40에 표시. 일반적으로 전분입자는 결정구조의 약화 또는 손상에 따라 효소에 의한 가수분해도는 증가하는 양상을 나타냄. 그러나 본 실험의 가수분해도 측정결과에서는 시료 내 노화전분의 결정성이 로스팅처리에 의해 감소하였음에도 불구하고 α -amylase에 의한 전분가수분해도는 오히려 감소하였음.
- 이와 같은 결과는 로스팅과정에서 발생하는 갈변반응(마이알 반응, 카라멜화 반응) 또는 가열분해반응(pyrolysis)으로 인하여 전분이 α -amylase에 의해 분해되지 않는 화합물의 구조형태로 변화하였기 때문으로 추정됨.

표 40. 현미시료의 α -amylase 반응시간별 가수분해도(%)

	반응시간(min)				
	15	30	60	90	120
대조구 현미	9.58±0.00	19.34±3.55	46.38±2.37	63.95±1.97	75.38±2.37
1SCR	9.15±0.37	13.87±1.28	19.22±2.43	27.55±0.57	38.11±3.11
2SCR	8.99±0.24	10.28±1.62	17.98±1.82	22.64±1.33	30.08±2.04
3SCR	8.96±0.00	9.79±1.17	16.43±1.96	19.75±0.39	25.84±2.74
1SC	10.57±0.66	15.88±1.88	20.43±1.07	30.09±3.01	40.32±2.51
2SC	9.08±1.43	13.22±0.80	19.70±1.51	27.33±2.00	35.14±0.43
3SC	9.77±1.22	12.73±1.55	18.15±0.87	24.14±2.43	32.25±0.68

SCR: steaming-cooling followed by roasting process, SC: steaming-cooling process only

- 가열-냉각처리 없이 로스팅한 현미를 대조구로 하여 처리구 시료(가열-냉각처리 3회 반복 후 로스팅)의 관능특성을 평가(그림 30).

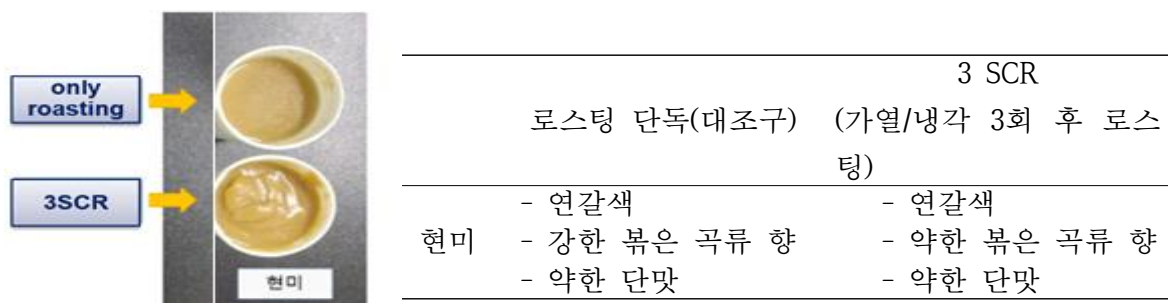


그림 30. 로스팅 처리한 현미시료의 관능특성.

- 처리구는 대조구와 유사한 외관색상을 나타내었으나 죽 형태의 높은 점성을 나타내었음. 이는 대조구가 로스팅 과정 중 제한된 수분함량으로 인하여 전분호화가 부분적으로 발생하는 반면, 처리구는 가열-냉각과정에서 전분이 충분히 호화되어 높은 수화 및 팽윤도를 나타내기 때문으로 판단됨.
- 이와 같은 전분의 과도한 수화 및 팽윤은 유동식제형의 제품개발 시 바람직하지 않은 문제점을 나타낼 것으로 판단됨.

2) 로스팅처리가 곡류특성에 미치는 영향

(1) 실험재료

- 로스팅처리가 통상적으로 적용되는 보리를 시료로 하여 곡류특성에 미치는 로스팅처리의 영향을 검토.

(2) 실험방법

- 시료의 로스팅은 가정용로스터기(MSP-2004, Morning Sense, Korea)를 사용하여 처리온도(200, 220℃) 및 시간(5-20분)을 달리하여 행함.
- 로스팅처리에 따른 보리의 외관은 저배율 실체현미경(Anatomical Microscope AK-3, Korea)을 이용하여 관찰하였으며, 미세구조는 시료를 양면 카본테이프에 부착 후 가속전압 15 kV에서 전자현미경(SNE 3000MB, Sec Co. Ltd., Suwon, Korea)을 사용하여 관측.
- 시료의 갈변지수(browning index)는 분쇄한 시료 4.0 g에 80% 에탄올 20 mL를 가하여 25℃의 항온수조에서 1시간 진탕 후 원심분리한 상등액의 흡광도(420 nm)를 측정. 대조구로는 증류수 사용.

(3) 결과 및 고찰

- 실체현미경으로 관측한 로스팅 보리의 외관 및 내부 형상을 그림 31에 표시.

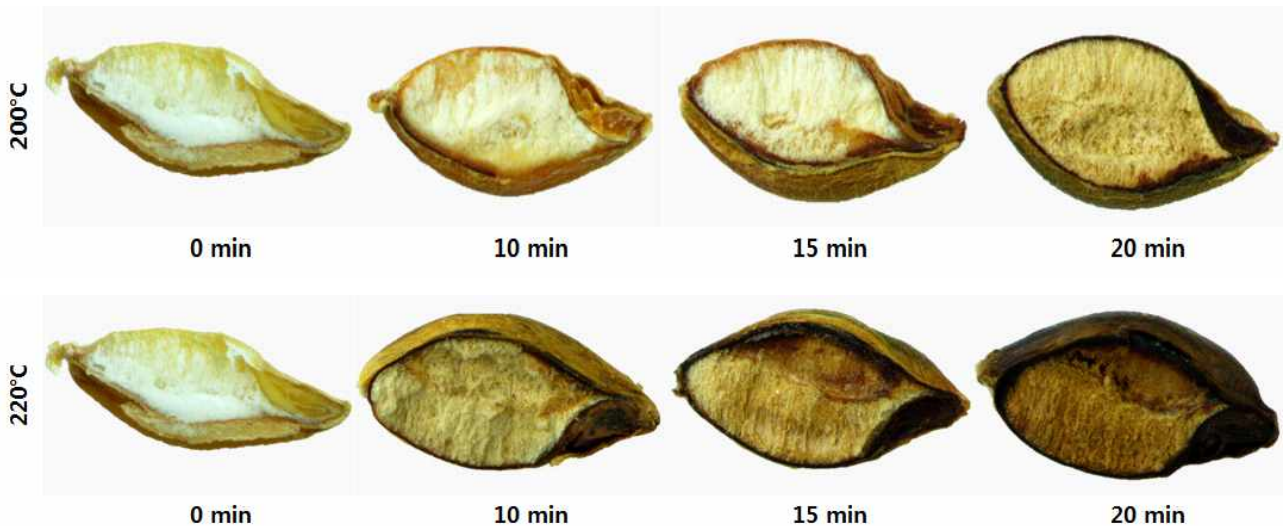


그림 31. 로스팅 온도 및 시간에 따른 보리의 외관 및 내부 형상(x12).

- 보리의 외피와 내부는 로스팅 온도 및 시간에 비례하여 갈변이 진행. 이러한 보리의 갈변화는 로스팅 시간 보다 온도에 더 큰 영향을 받으며, 배, 외피 및 배유의 순으로 갈변

발생.

- 한편 배의 경우, 곡립의 하단 최 외곽에 위치하여 로스팅 과정 중 열 전달이 빠르게 진행되며, 포도당과 같은 환원당 및 단백질의 함량이 높으므로, 마이알 반응이 다른 부위에 비해 빠르게 진행. 따라서 곡류의 로스팅에 의한 풍미는 주로 배 부위의 갈변반응에 따른 결과로 판단.
- 전자현미경으로 관측한 로스팅 보리의 미세 형상을 그림 32에 표시. 로스팅 온도와 시간에 따른 외피(pericarp) 및 배유(endosperm)의 미세구조 관찰결과, 각 부위에서 로스팅처리에 의한 물리적 파손은 발생하지 않는 것을 확인.

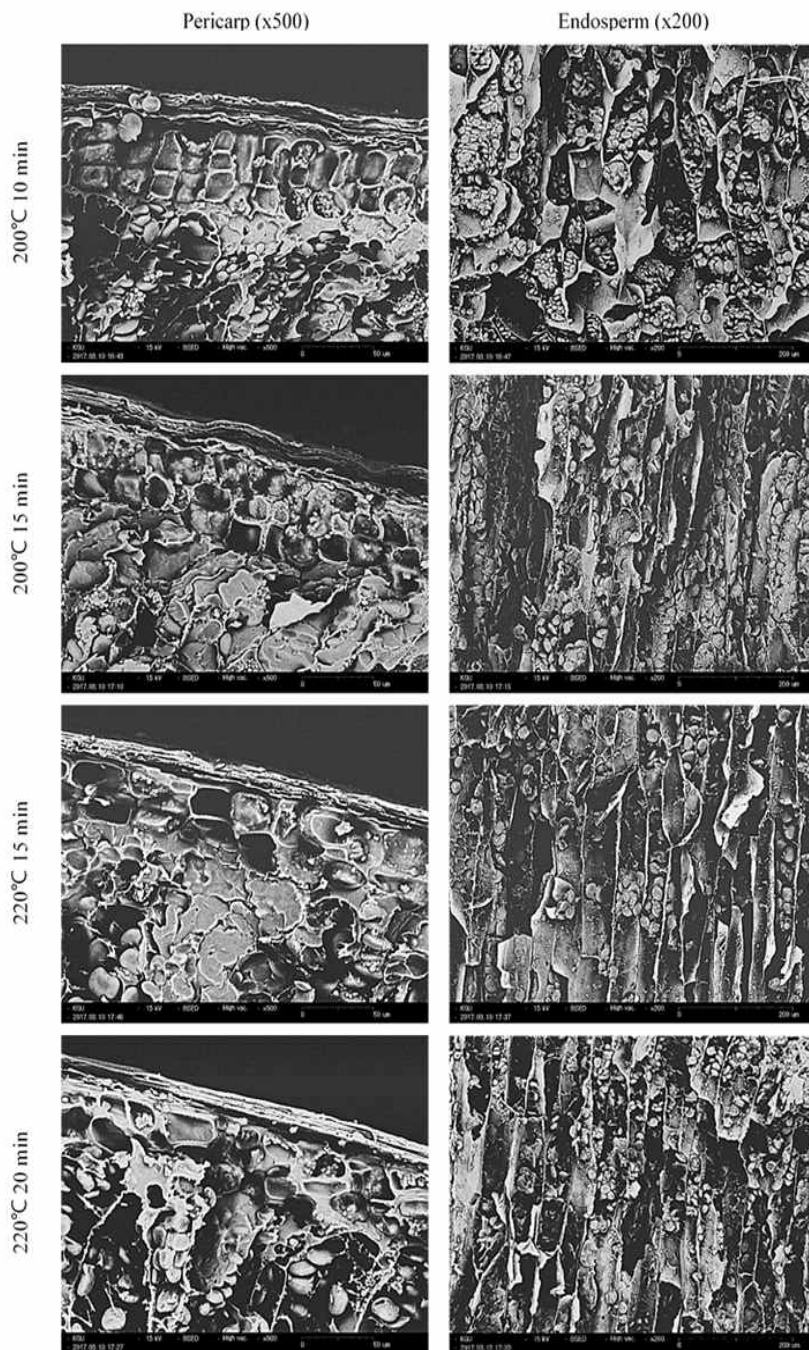


그림 32. 로스팅 처리온도 및 시간에 따른 보리의 미세구조.

- 외피의 경우, 로스팅 후에도 외피의 층 분리, 조직의 파열과 같은 손상은 관찰되지 않았으며, 호분세포는 또한 형태를 유지. 그러나 일부 호분세포에서는 로스팅 후 호분입자 (aleurone granules)가 빠져나간 빈 공간 형태를 나타냄.
- 한편 보리의 배유 또한 로스팅 후에도 세포가 팽창, 파열되지 않았으며 세포 내 전분입자는 그 형태를 유지. 그러나 로스팅 온도와 시간의 증가에 따라 배유세포 벽이 파열되고, 세포사이에 빈 공간이 형성. 이는 배유조직에 함유된 수분이 로스팅 중 기화, 팽창하여 발생한 결과로 추정.
- 로스팅 처리조건에 따른 보리의 갈변화도를 갈변지수(browning index)로 표 41에 표시.

표 41. 로스팅처리 조건별 보리의 갈변지수

로스팅 조건		갈변지수 (Browning Index)
온도(°C)	시간(min)	
200	10	0.084±0.002 ^f
	15	0.180±0.003 ^e
	20	0.329±0.005 ^c
220	10	0.247±0.006 ^d
	15	0.407±0.028 ^b
	20	0.718±0.008 ^a

- 시료의 갈변반응 정도를 나타내는 갈변지수는 220°C처리의 경우 10분 가열에 따라 0.247에서 20분경과 시 최대 0.718까지 증가. 그러나 이들 시료는 실체현미경 관측결과(그림 31)와 같이 처리시간에 관계없이 과도한 갈변으로 인해 검게 탄화되고 쓴 맛을 나타내었음.
- 반면 200°C에서는 10분 처리에 따라 갈변지수는 0.084에서 20분경과 시 최대 0.329으로 증가하여 보리의 갈변반응이 비교적 완만하게 진행됨을 확인. 그러나 15분 이상의 가열에서는 실체현미경 관측결과(그림 31)와 같이 과도한 갈변반응이 진행되었음. 보리의 풍미는 10분이내의 로스팅에서도 충분히 개선되는 것으로 확인됨.
- 상기 결과와 곡립과 배의 크기를 고려한 예비 로스팅실험을 통하여, 통곡시료의 최적 로스팅조건은 200°C에서 현미, 흑미, 발아현미 및 메밀은 5분, 곡립 크기가 가장 큰 보리는 6분, 가장 작은 수수는 3.5분을 처리시간으로 결정.

다. 당뇨환자용 원료 곡류별 난소화성 가공기술의 적용

- 현미를 대표시료로 하여 확립한 난소화성 통곡의 최적 가공기술을 당뇨환자용 시제품의 원료로 선정한 통곡 5종과 발아현미에 적용하여 원료 통곡별 특성을 확인.

1) 원료 통곡별 특성

(1) 실험재료

- 당뇨환자용 시제품의 원료로 선정한 현미, 흑미, 보리, 메밀, 수수와 발아현미 사용.

(2) 실험방법

- 당뇨환자용 시제품의 원료로 선정한 현미, 흑미, 보리, 메밀, 수수 및 발아현미는 최적 제조조건(그림 33)에 따라 난소화성 통곡으로 가공.

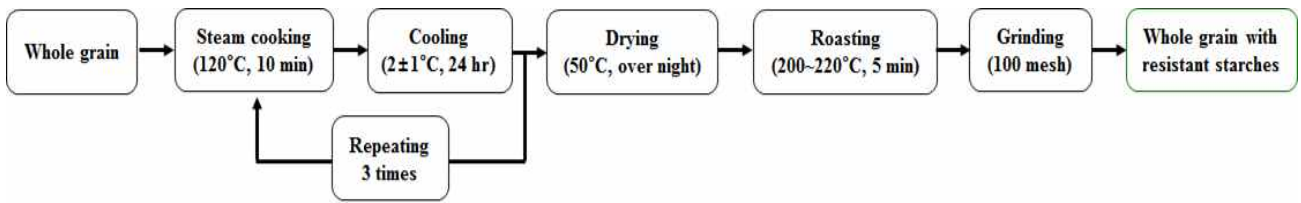


그림 33. 난소화성 통곡의 최적 제조 가공도.

- 시료의 pasting 특성은 선행 신속점도분석기의 동일 분석조건에 따라 측정. 전분결정성은 선행 X-선 회절분석실험의 동일 실험조건으로 측정. 전분가수분해도는 α -amylase 처리시간에 따라 유리되는 포도당을 정량하는 선행 실험방법으로 산출. 시료의 관능평가는 시료 중량 대비 동량의 물을 가수하여 관능특성 평가.

(3) 결과 및 고찰

- 통곡시료별 RVA 측정결과를 그림 34에 표시.

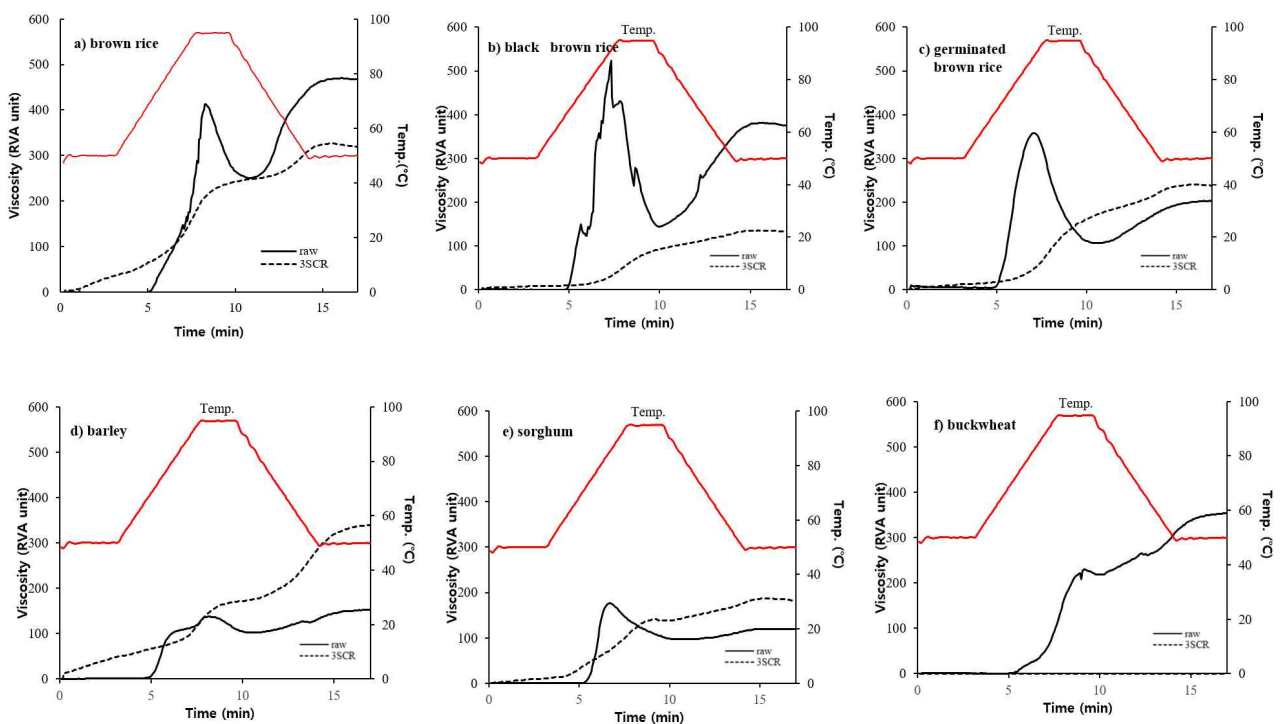


그림 34. 난소화성 통곡시료별 RVA profile.

- RVA profile 분석결과, 각 시료는 고유의 전분특성에 따라 상이한 RVA 점도변화를 나타내었음. 그러나 각 시료는 공통적으로 초기점도의 상승과 최대호화점도 및 breakdown 점도의 감소 양상을 나타내어, 수화와 팽윤이 억제된 노화전분이 가공처리에 따라 생성되는 것을 확인.
- 특히 메밀은 다른 시료와 달리 동일 RVA 측정 cycle에서 점도변화가 전혀 나타나지 않았는데, 이는 전분노화가 가장 빠르게 진행되고 노화도 또한 가장 높기 때문으로 예측.

- 가공 전과 후의 시료별 X-선 회절도를 그림 35에 표시. 각 시료는 고유한 전분의 호화/노화특성에 따라 상호 상이한 회절양상을 나타내었음.
- 현미, 흑미, 발아현미는 가공 후 강도의 차이는 있으나 동일한 회절각도에서 주 결정 peak를 갖는 유사한 회절양상을 나타냄. 반면 보리와 수수는 결정 peak가 소실되고, 결정성을 나타내는 주 peak가 관찰되지 않음에 따라 가공 후 생성된 노화전분의 결정도가 타 시료에 비해 낮을 것으로 판단됨.

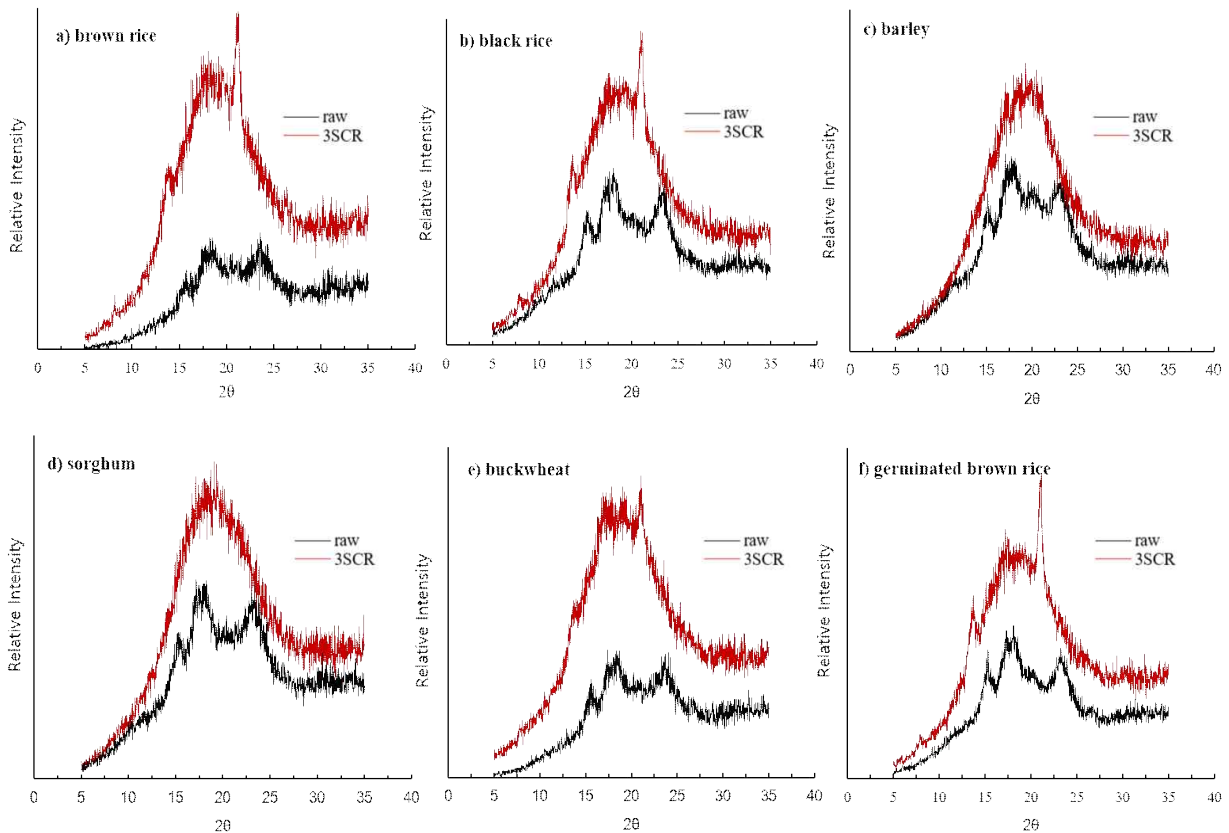


그림 35. 난소화성 통곡시료별 X-선 회절도.

- 반면 메밀은 회절각도 15-23°범위에서 결정성 peak를 보이며 타 시료에 비해 상대적으로 높은 결정성을 나타내었으며, 이는 RVA 분석결과와도 일치.
- 통곡시료별 α -amylase 반응시간별 전분가수분해도를 표 42와 그림 36에 표시.

표 42. 통곡시료별 전분 가수분해도(%)

	반응시간(min)				
	15	30	60	90	120
대조구(옥수수전분)	10.37±0.39	15.92±4.32	46.16±7.85	71.41±9.81	92.78±11.77
현미	8.96±0.00	9.79±1.17	16.43±1.96	19.75±0.39	25.84±2.74
보리	9.44±0.00	11.64±1.55	15.21±1.17	32.52±3.11	38.56±3.11
수수	10.42±1.62	11.56±1.62	17.29±2.43	23.31±0.41	32.47±5.27
메밀	8.66±0.76	9.73±0.76	15.88±2.65	27.66±1.89	32.47±1.89
발아현미	9.06±0.79	10.46±1.19	24.19±3.17	38.48±5.15	45.48±3.96
저GI현미	8.95±0.38	9.49±0.38	16.47±0.38	21.83±1.14	24.52±1.14

- 효소 반응시간에 따른 통곡시료의 전분가수분해도는 시료 간 차이가 있으나 대조구에 비해 현저하게 낮은 가수분해도를 나타내었음.

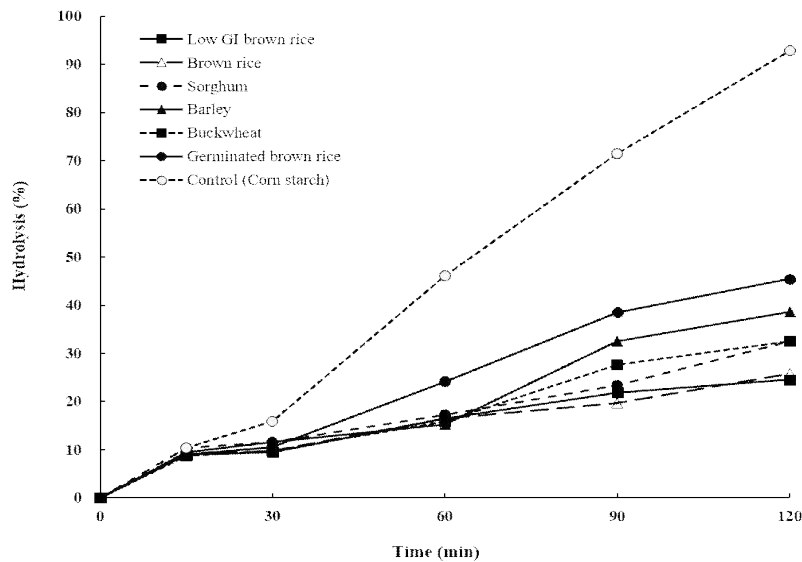


그림 36. α-amylase 반응시간별 통곡시료의 전분가수분해도(%).

- 대조구(옥수수전분)와 비교하여 처리구(통곡시료)의 가수분해도는 15분 반응까지는 차이가 없었으나, 30분경과 이후 2시간까지의 효소반응에서는 현저하게 낮은 가수분해도를 나타내었음. 대조구의 가수분해도는 30분 반응의 15.9%에서 2시간 경과에 따라 92.7%까지 급속히 증가. 반면 처리구 시료 중 가장 높은 가수분해도를 나타낸 수수의 경우 상응하는 반응시간에서 각각 11.5%와 32.4%의 가수분해도를 나타내어 통곡시료의 저 혈당반응의 기능성을 확인.
- 통곡시료의 가수분해도는 효소반응 2시간에서 최소 24%에서 최대 45%의 범위를 나타내었으며, 가수분해도는 발아현미, 보리, 수수, 메밀, 현미, 저GI현미의 순으로 낮았음. 이러한 결과를 통하여 당뇨병환자용 난소화성 통곡 가공기술의 유용성을 검증하고 통곡시료의

혈당상승 억제효과를 확인.

- 일반적으로 전분의 결정성과 전분분해효소의 활성이 반비례하는 점을 고려할 때, 통곡시료의 결정성 측정실험과 α -amylase에 의한 전분가수분해도 측정결과와는 다소 차이를 나타내었음. 이와 같은 결과는 α -amylase의 가수분해반응이 가공과정 중 형성되는 노화전분(RS 3 type) 이외에 도정하지 않은 통곡특성에 의한 저항전분(RS 1 type)에 의해 복합적으로 영향을 받기 때문으로 추정됨.
- 통곡 시료분말의 가수 후 성상과 시료별 관능특성을 그림 37과 표 43에 표시.



그림 36. 가수한 난소화성 통곡 시료 형상.

표 43. 난소화성 통곡 시료의 관능특성

관능특성	
현미	- 흐린 갈색
	- 약한 강도의 구수한 곡류 향미
	- 약한 강도의 단맛
흑미	- 팔죽색
	- 낮은 강도의 곡류 향미
	- 무미
보리	- 갈색
	- 중간 강도의 구수한 향
	- 높은 점성
메밀	- 낮은 관능성
	- 낮은 점성
	- 진한 갈색
수수	- 약한 강도의 구수한 곡류 향
	- 중간 강도의 단맛
	- 높은 점성
밭아 현미	- 흐린 갈색
	- 강도는 약하나 구수한 맛과 향
	- 가장 강한 강도의 단맛
저GI 현미	- 흐린 갈색
	- 약한 강도의 곡류 향
	- 무미, 약간 쓴맛

- 통곡시료의 관능성은 수수>보리>현미>밭아현미>흑미>메밀>저GI현미 순으로 높았음.

2-3. 당뇨병자용 선식/유동식 시제품 개발

가. 시판 당뇨병자용 유동식 제품분석

1) 시판 국내산 당뇨병자용 유동식

- 서구화된 식습관과 노령화로 인하여 당뇨병 유병률이 증가하고 전 단계 당뇨(공복혈당장애, 내당능장애) 대상자도 증가하는 추세로 혈당관리의 중요성이 강조되고 있음. 특히 당뇨병의 예방, 조절, 자가 관리교육과 건강한 생활습관 유지의 기본요소인 임상영양요법은 당뇨 전 단계나 당뇨병자에서 혈당, 지질, 혈압 조절의 목표를 달성하기 위해 개별화되어야 하는 주요 요소로 부각되고 있음.
- 증가되는 당뇨병자 및 전 단계 당뇨대상자는 일상생활의 관리가 중요. 이들이 손쉽게 이용할 수 있고 혈당조절이 가능한 영양균형식이 존재한다면 긍정적인 혈당조절과 전 단계 당뇨대상자의 당뇨병 이환 저지가 가능할 것으로 예상.
- 시판되고 있는 국내외산 당뇨병자용 유동식의 제품유형은 주로 액상의 캔 형태이고 일부는 파우더 형태로 판매.

표 44. 시판 국내산 당뇨병자용 유동식

제품명 (제조사/판매원)	제품형태	제품유형	중량(단가)	제품특성
그린비아 (정식품)		당뇨환자용식품	200 mL×30캔 (1,230원)	- 액상 - 팔라티노스함유 - 식이섬유
뉴케어 디엠 (대상)		당뇨환자용식품 특수의료용도식품	200 mL×30캔 (1,579원)	- 액상 - 난소화성덱스트린 함유 - 분리대두단백
뉴케어 당 플랜 (대상)		당뇨환자용 특수의료용도식품	200 mL×30캔 (1,579원)	- 액상 - 난소화성덱스트린 함유 - 팔라티노스함유 - 구아바잎 추출물
당노식 글루트롤 (한국메디칼푸드)		당뇨환자용식품	200 mL×30캔 (1,753원)	- 액상 - 난소화성 덱스트린 - 대두식이섬유 - 카세인함유
케어웰 디엠 (대상)		당뇨환자용식품	200 mL×30캔 (1,067원)	- 액상 - 난소화성덱스트린 함유 - 대두식이섬유 함유
뉴트리웰 당뇨식 (매일유업)		당뇨환자용식품	1000 mL×10 (4,400원)	- 액상 - 두유액 - 말토덱스트린 - 난소화성 말토덱스트린
케어웰 당뇨식 (서강유업)		당뇨환자용식품	200 mL×30포 (1,500원)	- 분말 - 동물성/식물성단백 혼합 - 난소화성 덱스트린
케어웰 당뇨식 (서강유업)		당뇨환자용식품	47 g×30포 (1,466원)	- 분말 - 동물성/식물성단백 혼합 - 난소화성 덱스트린 - 대두식이섬유
호당플러스 (나노텍바이오)		당뇨환자용식품	3.5 g×60포 (5,890원)	- 환형 - 영양성분 표시 - 탄수화물, 식이섬유 주성분
당박사 (나노텍바이오)		당뇨환자용식품	3.7 g×60포 (3,667원)	- 과립형 - 갈근, 황기, 사삼, 산약, 산수유, 여주 추출물 함유 - 난소화성 덱스트린 함유 - 식사전후 복용

표 45. 시판 영양균형 유동식제품의 특성

종류	제품	제조사	열량 구성비	
			(당질:단백질:지질)	기타
일 반 용	그린비아 마일드(액상)	정식품	58 : 16 : 26	말토덱스트린, 분리대두단백,
	고단백 미니웰(액상)	메디푸드	58 : 16 : 26	옥수수유, MCT 오일, 난소화성 말토덱스트린
	뉴케어 구수한 맛(액상)	대상웰라이프	59 : 14 : 27	
당 뇨 용	그린비아 디엠(액상)	정식품	47 : 19 : 34	말토덱스트린, 과당,
	메디푸드 글루토롤(분말, 액상)	메디푸드	44 : 17 : 40	분리대두단백, 유단백, 채종유, 난소화성 말 토덱스트린
	뉴케어 당플랜(액상)	대상웰라이프	42 : 19 : 39	

- 시판제품은 공통적으로 당뇨병자용 식품 또는 특수의료용도식품으로 표기되어 있으며, 당뇨병자용 식사대용, 영양보충용 또는 영양상태의 개선 및 빠른 회복을 위한 용도로 세분.
- 시판제품 대부분은 혈당 및 인슐린반응이 낮은 난소화성 말토덱스트린, 이눌린과 함께 대체 당으로 팔라티노스, 텍스트린, 과당 및 식이섬유(대두) 등을 탄수화물소재로 함유하나 통곡을 소재로 하는 제품은 전무.
- 시판중인 영양균형 유동식의 경우 일반인용과 당뇨병자용으로 나누어 보면 에너지대비 열량영양소의 비율에서 큰 차이를 보임. 일반용의 경우, 에너지대비 열량영양소의 비율(당질:단백질:지방)은 58-59% : 14-16% : 26-27%로 나타났으나 당뇨병자용에서는 에너지대비 열량영양소의 비율이 42-47% : 17-19% : 34-40%로서 일반용에 비해 열량대비 당질의 비율이 낮고 지질이 증가된 양상을 가짐. 이는 당뇨에서 혈당상승을 억제하기 위해서 당류를 제거하고 그 부분을 지방으로 대체하였기 때문임.
- 현재 시판중인 당뇨병자용 유동식의 영양성분 분석결과, 1회 제공량을 195-200 mL로, 영양소는 평균적으로 열량 200 Kcal, 당질 23.3 g, 식이섬유 5.5 g, 당류 2 g, 단백질 9.75 g, 지방 8.9 g, 포화지방 1.0 g, 트랜스지방 0.0 g, 콜레스테롤 3.5 mg, 비타민 A 177.5 μg RE, 비타민 B₁ 0.31 mg, 비타민 B₂ 0.37 mg, 비타민 B₆ 0.43 mg, 비타민 C 69.5 mg, 비타민 D 1.1 mg, 비타민 E 4.9 mgα-TE, 나이아신 3.2 mgNE, 엽산 96.3 ug, 칼슘 155 mg, 철 2.1 mg, 아연 2.53 mg을 함유.

2) 시판 당뇨병자용 유동식의 문제점 및 보정 필요사항

- 대부분 시판제품의 경우, 경관 유동식용으로 개발된 성분을 위주로, 소화흡수가 용이한 부분 가수분해성분으로 구성되어 있음. 그러나 본 연구의 개발시제품은 주재료로 식이섬유와 낮은 혈당지수에 초점을 둔 통곡과 저 GI 현미를 사용하는 원 식품에 준하는 재료를 소재로 하여, 경구섭취가 가능한 당뇨 및 전 단계 당뇨병자를 대상으로 식사와 병행 섭취하거나 대체 혹은 보충의 활용도로 고안되었음.

- 경관 유동식용으로 병용제조 시 추가적으로 요구되는 물리적 특성(삼투압, 신장용질 과부하, 열량밀도 등)을 고려하여야 함. 또한 경관 유동식의 성분제제는 적용대상자가 적고, 소화기능 및 일상생활이 가능한 당뇨환자와 전 단계 당뇨환자에게 고가의 성분 제제를 사용하는 문제점을 내재.
- 특히 가수분해성분으로 제조 시, 당뇨임상 권고수준을 적절히 고려하기 어려움. 당뇨병 진료지침 내 임상영양요법의 권고기준에 의하면 총에너지의 50-60%를 당질로 섭취하고, 병의 진행 시 당뇨병성신증을 동반할 수 있으므로 고단백 섭취(총 에너지의 20%이상)를 피하도록 권고하는데 시판 제품의 에너지대비 열량영양소 비율(당질 : 단백질 : 지방)은 42-47% : 17-19% : 34-40%로 당질비율이 낮고 지방비율이 높음. 당질을 낮추어서 발생하는 열량저하를 지방으로 대체하면 당뇨병의 주요 합병증과 사망원인인 지질 이상에 따른 심혈관질환의 발병에 노출될 위험 존재.
- 시제품의 구성 곡류는 백미에서 부족하기 쉬운 식이섬유와 단백질, 각종 무기질, 비타민 등을 보강하고 저 혈당지수를 갖는 다양한 통곡을 이용한 혼합곡류제품으로 의미가 있음. 이에 따라 다양한 곡류 및 잡곡의 영양기능성(면역력증강, 혈압상승억제, 비만억제 등)을 활용할 수 있음.
- 따라서 본 연구에서는 좀 더 과학적인 근거로 영양학적, 기능적인 면에서 우수한 통곡을 혼합, 가공하여 영양적, 관능적으로 우수한 당뇨환자용 시제품을 개발하고자 함.

나. 당뇨환자용 개발 시제품의 제형 및 concept 결정

1) 당뇨환자용 시제품의 제품제형

(1) 유동식 제품제형

- 영양균형 유동식형은 현재 국내에서 판매되고 있는 당뇨환자용 제품의 가장 보편적 형태로 주된 성분으로 영양 제제를 사용하여 다양한 물성이 요구되고 생산과정이 까다로우며 높은 가격으로 대상자가 제한적임.
- 소수 일부 제품에서는 파우더형태로 물에 타서 먹는 성분제제의 형태도 있음.
- 본 연구의 당뇨환자용 개발시제품은 기존 시판제품과 달리 원료소재 대부분을 통곡으로 하여 통곡의 영양기능성을 극대화한 제품으로 곡류특성에 따라 유동식제형은 저장, 보관뿐만 아니라 전분노화에 의한 질감 및 풍미 저하의 문제점이 예상됨.

(2) 선식 제품제형

- 선식제형은 가장 보편적 식품제형으로 가공공정 및 가공방법이 비교적 간단하고 용이함
- 본 연구과제의 주관기관인 (주)엄마사랑은 현재 다양한 곡류분말 가공제품을 생산, 판매, 유통하고 있으며, 주관기관의 기존 생산설비와 가공기술을 이용한 선식제형의 당뇨환자용 제품 개발은 유동식 제형에 비해 실제 상품화에 적합.
- 선식제형 시제품은 저장과 유통이 용이하고, 전분노화에 의한 관능성 저하도 낮을 것으로 예상됨. 또한 선식제형은 가수 또는 가수-가열을 거쳐 유동식 제형으로서의 섭취도 가능함.

2) 당뇨환자용 시제품의 제품 concept

(1) 영양적 측면

① 영양 균형식

- 식품공전에 제시된 당뇨환자용식품의 모든 영양소 기준은 대한당뇨병학회의 임상영양요

법의 지침에 따른 권장사항에 근거하여 설정.

- 개정된 2015년 영양섭취기준에서 일반인 기준의 에너지대비 열량영양소의 비율(당질 : 단백질 : 지방)은 55-65% : 7-20% : 15-30%이나 당뇨병 임상영양요법의 경우는 혈당관리를 위하여 당질은 50-60%이며 질환의 진행시 신장에 부담이 될 수 있는 단백질을 총 열량의 20%이하로 권고하고 있음. 시판제품들의 열량영양소의 비율(당질 : 단백질 : 지방)은 42-47% : 17-19% : 34-40%로 당질비율이 낮고 지방비율이 높아 권고수준을 벗어나고 있어 본 시제품에서는 이 부분을 조정함.
- 본 당뇨병자용 시제품은 곡류를 기본으로 제조되어 원료만으로는 상기 비율에 부합하기 어려움. 이에 통곡원료 이외에 생물가가 높고 아미노산 조성이 우수한 분리대두단백을 원료로 첨가. 또한 당뇨병자의 경우, 이상지질혈증과 심장질환의 위험이 예상되므로 불포화지방(단일, 다가)의 함량이 높고 혈당지수가 낮은 국내산 땅콩을 지질원료로 포함. 권고수준에 부합하는 비타민/무기질 함유를 위하여 멀티 비타민/미네랄 믹스와 비타민 D₃ 혼합제제를 첨가.
- 또한 시제품에서 섭취의 용이 및 영양성분의 증대를 위하여 저지방우유 또는 두유 200 mL와 함께 섭취토록 권장. 본 당뇨병자용 시제품을 저지방우유 200 mL와 같이 섭취 시 당질 : 단백질 : 지방 비율이 56.9 : 20.9 : 22.2 정도(표 46)로 권고 에너지적정비율에 근접, 한 끼 식사로서 영양적으로 우수하다고 판단됨.

표 46. 당뇨병자용 시제품의 에너지 대비 열량 영양소의 비율

	당질(%)	단백질(%)	지방(%)
당뇨환자용 시제품	58.5	22.7	18.8
당뇨환자용 시제품 + 저지방우유(200 mL)	56.9	20.9	22.2

당뇨병 진료지침 내 임상영양요법 지침(Korean Diabetes Association, 2015년)

1. 당뇨병 고위험군 또는 당뇨병환자는 임상영양소로부터 개별화된 교육을 받아야 한다. 임상영양요법은 당뇨병의 예후를 개선하며 비용대비 효과적이므로 반복교육이 필요하다.
2. 과체중 또는 비만한 당뇨병환자는 건강한 식습관을 유지하면서 섭취량을 줄여야 한다.
3. 일반적으로 총 에너지의 50-60%를 탄수화물로 섭취하도록 권고하나, 탄수화물, 단백질, 지방 섭취량은 식습관, 기호도, 치료목표 등을 고려하여 개별화 할 수 있다.
4. 당뇨병성신증을 동반하는 경우 초기부터 엄격한 단백질 제한은 필요치 않으나, 고단백 섭취(총 에너지의 20%이상)는 피하는 것이 좋다.
5. 지방 섭취량은 대사적 문제(비만, 이상지질혈증 등)를 고려하여 개별화하며, 포화지방과 콜레스테롤, 트랜스지방의 섭취제한은 정상인과 동일하게 할 수 있다.
6. 1일 나트륨 2000 mg (소금 5 g) 이내로 제한을 권고한다.
7. 당뇨병환자에게 비타민이나 무기질의 추가보충은 필요하지 않다. 단, 결핍상태이거나 제한적식이섭취 시에는 별도로 보충한다.
8. 당뇨병 예방을 위하여 식이섬유소는 전곡을 포함한 다양한 공급원을 통해 1일 20-25 g (12 g/1000 kcal/day)을 섭취한다.
9. 음주는 약물치료 중인 당뇨병환자에게 저혈당 발생 위험을 증가시키므로 혈당조절이 잘되는 경우에만 1일 1-2잔 범위로 제한하며, 간질환 또는 이상지질혈증을 동반하거나, 비만한 당뇨병환자에서는 금주를 권고한다.

② 식이섬유

- 2015년 대한당뇨협회의 임상영양요법 지침에서, 전곡을 포함한 다양한 급원으로 1일 20-25 g 정도의 식이섬유소를 권고하고 있으므로 통곡을 주원료로 사용하는 본 시제품은 혈당관리 및 지질대사의 효용성 측면에서 부각 예상.

③ 저혈당지수(Low Glycemic Index)

- 메타분석이나 리뷰연구에서는 일반적으로 저혈당지수식이 고혈당지수식보다 효과적이나 무작위 대조군 연구에서는 두 식이간의 유의한 차이를 보이지 않아 아직은 저혈당지수식의 효과가 논쟁의 여지가 있는 것으로 판단됨. 그러나 대한당뇨협회의 임상영양요법 지침에서는 혈당지수에 대한 내용이 언급되었고, 2016년도 미국당뇨협회 진료지침에서도 “섬유소 섭취의 강조와 낮은 당부하지수인 곡류, 채소, 과일, 콩류 및 유제품으로부터의 당질 섭취” 권고.
- 고혈당지수와 저혈당지수에 해당되는 대표적인 식품의 인식과 식사섭취 시 반영은 의미가 있으므로 본 시제품은 혈당지수가 낮은 보리, 메밀, 현미, 저GI현미 등을 사용하여 궁극적인 혈당저하에 초점을 맞춤.

(2) 편이성과 안전성 측면

- 당뇨병환자가 집 밖의 외식하는 경우, 자극적이고 염분 함량이 높은 외식용 음식으로 인하여 처방된 식사조절 및 적합한 영양소의 섭취가 어려움. 최근에는 1인 가구의 증가 등으로 외식 횟수가 늘어남으로서 식사관리의 어려움이 증대됨.
- 본 제품의 경우 일상생활에서도 편리하게 사용할 수 있고 휴대간편성 및 안전성의 이점

이 있어 외식 섭취를 대체할 경우 대상자의 혈당조절에 도움을 줄 것으로 예상됨.

- 특히 전 단계 당뇨병인 경우는 식사조절과 운동조절로만으로 당뇨병의 이환을 저지할 수 있으므로 당 대사에 문제가 있는 전 단계 당뇨병대상자가 사용 시에 예방적 활용도가 높음.

(3) 제품의 활용 측면

- 식품교환표를 이용하는 당뇨병자의 경우, 총열량, 당질, 단백질 및 지방의 양이 제시되므로 본인의 열량범위 내에서 적절히 식품과 교환하여 사용 가능.
- 인슐린사용 당뇨병자의 경우, 제시되는 당질함량으로 당질계산법(carbohydrate counting)의 이용 가능.
- 당뇨병자의 이용도 의미가 있으나 아직 약제의 적용을 받지 않는 당뇨 전 단계 대상자의 사용이 확대하는 경우 당뇨병의 예방에 도움이 될 것으로 예상.

3) 당뇨병자용 시제품의 최적 원료배합비율 결정

(1) 최적 원료배합비율의 설정기준 및 근거

- 식품공전에 제시된 당뇨병자용식품은“당뇨환자의 식사 전부 또는 일부를 대신하기 위하여 제품 1000 kcal당 비타민 A, B₁, B₂, B₆, C, D, E, 나이아신, 엽산, 단백질, 칼슘, 철, 아연을 영양소 기준치의 50%이상 되도록 원료식품을 조합하고 영양성분을 첨가”하여야 함. “포화지방 유래열량은 총 열량의 10%미만, 콜레스테롤은 제품 1000 kcal당 100 mg 이하로 하며, 단당류 및 이당류 유래 열량은 총열량의 10% 미만”으로 규정.
- 그러나 본 연구의 당뇨병자용 시제품은 원물에서 유래되는 영양성분함량이 일정치 않고 가공 및 유통과정 중 손실이 예상되므로 미량 영양소의 적절한 섭취를 위하여 멀티 비타민/미네랄 믹스와 비타민 D₃ 혼합제제를 첨가.
- 영양섭취기준의 개별 영양소 및 에너지 적정비율 준수를 위하여 부족한 단백질은 대두 단백질로, 지방은 혈당저하를 고려하여 국내산 땅콩으로 첨가.
- 당뇨병자의 경우, 발병원인으로 비만이 거론되고 환자들의 대부분이 과체중 또는 비만에 해당하므로, 체중조절을 위하여 1일 300-500 kcal 식이섭취의 감량을 권고하고, 일주일 0.5 kg 감량을 위해 1일 500 kcal 감량의 경우 식사로 300 kcal, 운동으로 200 kcal 감량을 권고함. 이에 한 끼 식사에서 300 kcal 감량을 본 제품의 섭취기준으로 결정.
- 또한 당뇨식 처방의 경우, 개인의 체중, 신장, 혈당 등에 따라 100 kcal 기준으로 처방되고 환자의 대사적인 상황 변화에 따라 열량의 증감이 가능해야 하므로 100 또는 200 kcal 기준으로 portion size를 설정하는 것이 적절할 것으로 판단. 또한 이는 열량계산상의 편리성도 부여함.
- 기존 제품의 경우 50 g/포가 200 kcal 정도에 해당하므로 개별포장으로 200 kcal로 포장하여 100 kcal로 소분·분획하여 개인필요량에 따라 조절할 수 있도록 함. 경관 유동식 용 formula는 물에 타서 먹도록 되어 있으나, 본 제품은 소화기능의 문제가 없는 경우, 영양적 보완을 위해 우유나 두유를 함께 활용할 수 있으므로 이에 따른 추가 정보의 제공이 필요. 특히, 식품공전 기준에서 포화지방 유래열량은 총열량의 10% 미만, 콜레스테롤은 제품 1000 kcal당 100 mg이하, 단당류 및 이당류 유래 열량은 총열량의 10% 미만으로 규정되어 있어서 원료 선정에 참고.
- 본 당뇨병자용 시제품의 경우, 영양균형성 보완을 위하여 1회 분량을 약 200 kcal로 제조(1회 제공량: 54 g)하여 저지방우유 200 mL (72 kcal)와 함께 섭취할 경우, 약 272 kcal

정도의 열량섭취 예상.

(2) 최적 원료배합비율

- 당뇨 환자용 시제품의 최적 원료배합비율을 표 47에 표시.

표 47. 통곡함유 당뇨 환자용 시제품의 원료배합비율

번호	구분	원재료	배합비율(%)
1	통곡류	현미	13.3
2		저GI현미	13.3
3		흑미	8.89
4		보리	11.11
5		메밀	11.11
6		수수	6.67
7		발아현미	6.67
8		Roasting 현미	6.67
9		Roasting 보리	6.67
10	영양 강화성분	땅콩	11.11
11		유청단백	3.33
12		멀티 비타민/미네랄 믹스	1.11
13		비타민 D 혼합제제	소량
합계			100

- 당뇨환자용 시제품에 사용한 멀티 비타민/미네랄 믹스의 배합비율과 비타민 D₃ 혼합제제의 조성은 표 48와 49에 표시.

표 48. 멀티 비타민/미네랄 믹스의 배합비율

번호	영양소	원료 중 비타민/미네랄 유효함량(%)	일일영양소 기준치	배합비(%)
1	칼슘(mg)	32	800	57.99
2	비타민 C (mg)	99	100	24.09
3	비타민 E (mg)	33.5	12	11.24
4	철분(mg)	33	14	1.25
5	나이아신(mg)	99	16	2.85
6	비타민 A (μ g)	97.5	800	1.33
7	아연(mg)	80	10	0.36
8	비타민 B ₆ (mg)	82	1.5	0.23
9	비타민 B ₁ (mg)	78.67	1.2	0.21
10	비타민 B ₂ (mg)	100	1.5	0.18
11	엽산(μ g)	100	400	0.27

표 49. 분말 비타민 D₃ 혼합제제의 조성

성분	조성(%)
아라비아검	38
자당	38
옥수수전분	15.55
가공유지	7.5
이산화규소	0.5
비타민 D ₃	0.25
비타민 E	0.2
합계	100

다. 당뇨병자용 시제품 제조

- 당뇨병자용 시제품은 난소화성으로 가공한 통곡원료 6종, 저GI현미 및 로스팅한 현미와 보리를 표 50의 배합비율 근거하여 제조.

표 50. 원료 통곡의 종류 및 배합비율

통곡원료	시제품 내 배합비율(%)
현미	13.33
저GI현미	13.33
흑미	8.89
보리	11.11
메밀	11.11
수수	6.67
발아현미	6.67
Roasting 현미	6.67
Roasting 보리	6.67
합계	84.4

- 당뇨병자용 시제품의 원료통곡 5종(현미, 흑미, 보리, 메밀, 수수)과 발아곡류 1종(발아현미)은 선행 난소화성 통곡의 최적 제조공정(그림 33)에 따라 가공.
- 시제품 내의 통곡 구성비는 84.4%로서, 전술한 최적 영양배합비와 열량기준에 근거하여 결정함. 제품의 풍미 증진을 위해 단순 로스팅한 현미와 보리, 제3협동기관 제공의 저GI 현미를 제외한 나머지 통곡원료는 난소화성 통곡으로 가공.
- 시제품의 영양소강화는 당뇨병자용식품의 영양소 기준규격에 의거하여 대두단백, 비타민/미네랄 믹스, 비타민 D₃ 혼합제제, 땅콩을 첨가. 각 영양성분의 시제품 내 구성비는 15.6%로서 당뇨병자용식품의 영양규격기준을 준수하는 전술한 영양성분 설정근거에 의거하여 결정.
- 시제품의 비타민 D₃ 혼합제제는 1회 분량인 54 g 제조 시 0.6 mg의 미량이 첨가되므로 다른 영양 성분에는 변화를 주지 않음.

표 51. 영양성분의 종류 및 배합비율

첨가 영양성분	시제품 내 배합비율(%)
대두단백	3.33
땅콩	11.11
비타민/미네랄 믹스	1.11
비타민 D ₃	미량
합계	15.6

- 본 당뇨병자용 시제품의 포장단위는 1회 분량을 약 200 kcal로 하여(1회 제공량: 54 g) 저지방우유 200 mL (72 kcal)와 함께 섭취 시 약 272 kcal의 열량 섭취. 개인의 섭취량 조절이 가능하도록 1회 제공량(54 g, 200 kcal)을 2 등분으로 소분할 수 있도록 제조하고, 개인필요량에 따라 100 kcal씩 분절하여 가감 섭취함으로써 개인별 섭취열량의 조절

과 관리가 가능.

1) 당뇨병자용 시제품의 영양분석

- 식품공전에 의하면 당뇨병자용식품은 당뇨병자의 식사 전부 또는 일부를 대신하기 위하여 제품 1000 kcal당 비타민 A, B₁, B₂, B₆, C, D, E, 나이아신, 엽산, 단백질, 칼슘, 철, 아연을 영양소기준치의 50%이상 되도록 원료식품을 조합하고 영양성분을 첨가한 제품으로 정의. 또한 포화지방 유래열량은 총 열량의 10% 미만이며 콜레스테롤은 제품 1000 kcal 당 100 mg 이하로 하며, 단당류 및 이당류 유래 열량은 총열량의 10% 미만으로 규정.
- 2015년 영양섭취기준의 개정으로 변경된 당뇨병자용 식품의 영양소 기준치를 표 52에 표시.

표 52. 당뇨병자용 시제품의 영양소 기준치(200 kcal 기준)

성분	목표량	영양소기준치 대비	성분	목표량	영양소기준치 대비
단백질	5 g	10%	비타민 E	0.92 mg α-TE	10%
비타민 A	61.5 μg RE	10%	나이아신	1.2 mg NE	10%
비타민 B ₁	0.09 mg	10%	엽산	30.8 μg	10%
비타민 B ₂	0.12 mg	10%	칼슘	61.5 mg	10%
비타민 B ₆	0.12 mg	10%	철	1.08 mg	10%
비타민 C	7.7 mg	10%	아연	0.77 mg	10%
비타민 D	0.77 ug	10%			

*비타민 A 1 μg RE= 1 μg Retinol equivalent

**나이아신 1 mg NE= 1 mg Niacin equivalent

***비타민 E 1 mg α-TE= 1 mg α-Tocopherol equivalent

- 당뇨병자용 시제품의 영양성분분석은 농촌진흥청(2011년 8차 개정분)과 한국영양학회의 식품별 영양성분함유량 자료 및 데이터베이스를 이용하여 실시.
- 당뇨병자용 시제품의 영양성분 분석결과(표 53), 열량 200.0 kcal, 단백질 10.1 g으로 일일 영양소기준치의 15.5%, 비타민 A는 789.7 μg으로 98.7%, 비타민 C는 144.7 mg으로 144.7%, 비타민 D는 1.5 ug으로 15.0%, 비타민 E는 26.1 mg으로 217.1%, 비타민 B₁은 1.3 mg을 108.7%, 비타민 B₂는 1.16 mg으로 77.3%, 나이아신은 19.1 mg으로 119.2%, 비타민 B₆는 1.33 mg으로 88.7%, 엽산은 310.7 mg으로 77.7%, 칼슘 148.7 mg, 철분 4.01 mg, 아연 3.24 mg을 함유하여 일일 영양소기준치 대비 각각 18.6%, 28.6%, 32.4%를 함유함.
- 당뇨병자용 시제품의 에너지대비 열량영양소 비율(당질 : 단백질 : 지방)은 58.5 : 22.7 : 18.8로 단백질이 조금 높은 수준이나 저지방우유와 함께 섭취 시 적정 수준으로 보정 가능함.
- 당뇨병자용 시제품과 함께 저지방우유(200 mL)를 섭취하는 경우, 열량 272 kcal, 단백질 15.9 g, 비타민 A 809.7 mg, 비타민 C 144.7 mg, 비타민 D 1.5 ug, 비타민 E 26.1 mg,

비타민 B₁ 1.38 mg, 비타민 B₂ 1.28 mg, 나이아신 20.7 mg, 비타민 B₆ 1.43 mg, 엽산 321.5 mg, 칼슘 358.7 mg, 철분 4.0 mg, 아연 3.24 mg을 함유하여 단백질과 칼슘 함유량이 현격히 향상됨.

- 저지방 우유와 함께 섭취하는 경우, 에너지대비 열량영양소 비율(당질 : 단백질 : 지질)은 56.9 : 20.9 : 22.2로 시제품 단독 섭취의 경우보다 영양균형이 개선되고 섭취용이성이 향상되어 저지방우유와 함께 섭취하도록 섭취방법을 제안.

표 53. 당뇨 환자용 시제품의 함유 영양성분

영양소	함량(54 g 기준)	일일 영양소기준 대비(%)
열량(kcal)	200.0	7.7
탄수화물(g)	31.5	-
단백질(g)	10.1	15.5
지방(g)	5.42	-
비타민 A (μ g RAE)	789.7	98.7
비타민 C (mg)	144.7	144.7
비타민 D (ug)	1.5	15.0
비타민 E (mg)	26.1	217.1
비타민 B ₁ (mg)	1.30	108.7
비타민 B ₂ (mg)	1.16	77.3
나이아신(mg)	19.1	119.2
비타민 B ₆ (mg)	1.33	88.7
엽산(ug)	310.7	77.7
칼슘(mg)	148.7	18.6
철분(mg)	4.01	28.6
아연(mg)	3.24	32.4

- 당뇨환자용 시제품의 열량 및 제품 내 영양성분 조성은 한국기능식품연구원의 식품분석 연구센터에 아래 항목에 대한 분석을 의뢰하여 영양성분조성을 검증.

표 54. 당뇨환자용 시제품의 열량 및 일반성분 분석표

	합량(100 g)	표시량 (54g)	% 영양소 기준치
열량(kcal/100g)	435.37	235.10	9.04
탄수화물(g/100g)	69.21	37.34	-
당류(g/100g)	0.92	0.50	-
단백질(g/100g)	15.04	8.12	12.49
지방(g/100g)	10.93	5.90	-
포화지방(g/100g)	1.89	1.02	-
트랜스지방(g/100g)	-	-	-
클레스테롤(mg/100g)	-	-	-
식이섬유 (g/100g)	10.49	5.67	22.68
비타민			
비타민 A (μg RE/100g)	1281.56	692.04	86.50
비타민 B ₁ (mg/100g)	1.57	0.85	70.83
비타민 B ₂ (mg/100g)	1.67	0.90	60.00
나이아신(B ₃) (mg/100g)	39.50	21.33	133.31
비타민 B ₆ (mg/100g)	2.95	1.59	106.00
엽산(B ₉) (mg/100g)	3.04	1.64	410.00
비타민 C (mg/100g)	266.58	143.95	143.95
비타민 D (ug/100g)	944.29	509.92	5,099.20
비타민 E (mg/100g)	46.30	25.00	208.33
미네랄			
철(mg/100g)	7.41	4.00	40.00
아연(mg/100g)	7.87	4.25	42.50
칼슘(mg/100g)	265.69	143.47	17.93

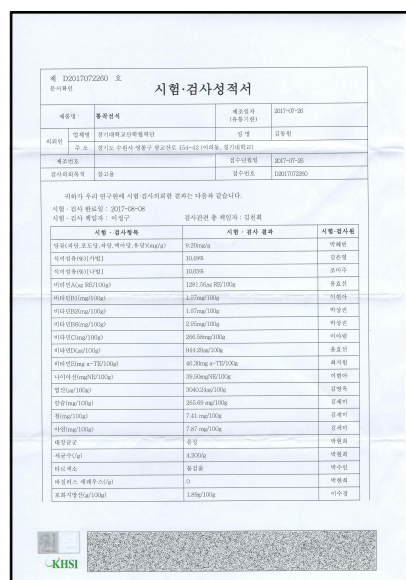


그림 38. 당뇨환자용 통곡 시제품의 영양성분 시험·검사성적서.

- 영양성분 분석결과, 시제품은 식품공전에서 제시한 바와 같이 제품 1000 kcal당 비타민 A, B₁, B₂, B₆, C, D, E, 나이아신, 엽산, 단백질, 칼슘, 철, 아연은 영양소기준치의 50% 이상 함유하였으며, 포화지방 유래열량이 총열량의 10% 미만, 단당류 및 이당류 유래열량도 총열량의 10% 미만을 충족.
- 그러나 에너지대비 열량영양소의 비율(당질 : 단백질 : 지질)은 63.5 : 13.8 : 22.6로서 당뇨병 환자 권고비율(60 : 20 : 20)과 다소 차이를 보임. 저지방우유(200 mL)와 함께 섭취 시에는 60.8:18.2:20.9로 개선되므로 상업제품으로 제조 시에는 유청 단백을 추가 첨가해야 할 것임.
- 지용성 비타민 D의 상한 섭취량은 100 µg/day이므로 80% 이상의 감소 필요.
- 원료 중 비타민, 미네랄 및 영양 강화성분을 제외한 당뇨병자용 가공통곡은 시제품 배합비에 따라 조제 후 제1협동기관(연세대)에 동물실험시료로 제공, 난소화성 통곡의 항당뇨 가능성 검증실험을 수행.

라. 당뇨병자용 시제품의 상용화 연구

1) 선식제형 시제품의 포장특성

- 가공통곡을 주원료로 하는 선식제형 시제품의 특성에 따라 저장유통과정 중의 지방산패와 수분흡습이 품질저하의 주요인으로 판단됨.
- 통곡에 함유된 불포화지방산의 산패는 산소, 빛, 열 등의 발생요인을 차단 또는 포장내부에 산화방지제를 첨가하여 방지, 억제할 수 있음. 또한 지방산패 방지를 위해서 headspace의 산소를 1% 이하로 감소시키고 산소투과도가 낮은 포장재 사용이 필요. 스낵제품의 경우 산소차단성이 우수한 포장재와 질소치환 포장법이 사용됨.
- 통곡함유 당뇨병자용 시제품은 상온 유통되나 보관 시 직사광선을 피하여 서늘하고 건조한 곳에서 보관이 바람직함. 시제품의 포장재로는 1차년도 통곡가공 제품용 포장재의 종류 및 특성조사를 통하여 안정성이 확인된 포장재를 사용.
- 본 연구의 당뇨병자용 선식제형 시제품의 포장재로는 기체투과도, 광 투과도, 내흡습성, 기계적강도가 검증되어 현재 ㈜엄마사랑의 곡류가공제품에 사용되는 플라스틱 포장필름을 선정하고 유통기간 설정실험에 사용. 또한 유동식제형은 투명한 강화 플라스틱 파우치를 포장재로 선정 사용함.

2) 당뇨병자용 시제품의 품질지표 설정

(1) 당뇨병자용 통곡 시제품의 품질지표

- 통곡을 주원료로 하는 당뇨병자용 시제품은 저장유통 중 곡류에 함유된 불포화지방의 자동산화(autoxidation)로 인한 산패 취 발생이 품질저하의 주요 요인임. 지방의 자동산화는 낮은 수분함량의 건조식품에서 최대반응속도를 나타내며, 지방 함량보다는 구성 지방의 불포화도, 불포화지방산 종류와 밀접한 연관성을 가짐.
- 쌀의 경우, 구성 지방의 약 90%가 불포화지방으로 이중 40%가 linoleic, linolenic acid와 같은 다중불포화지방산(polyunsaturated fatty acid)으로 저장유통 중 지방산패에 취약.
- 당뇨병자용 통곡제품의 상품화를 위하여 영양성분의 조성과 함량유지는 필수적임. 본 제품의 경우, 비타민과 미네랄 등의 미량영양성분이 불충분하여 영양성분 함량규격의 충족을 위한 영양 강화가 필요.
- 비타민은 공정조건, 열, 빛, 공기 등의 외부환경 요인뿐 아니라 저장유통 중 쉽게 산화되

어 활성이 소실되고 저장유통과정의 소실로 인한 라벨명시 성분규격의 미달이 발생함. 영양성분관련 유통기간 설정실험에서는 안정성이 가장 낮은 비타민 C를 품질저하의 지표물질로 선정, 유통기간 설정실험 진행.

- 당뇨환자용 통곡제품의 품질지표로는 1차년도 체중조절용 통곡가공제품의 품질지표와 동일한 지방산화에 의한 산패 취 발생과 영양성분 손실을 설정함. 이와 같은 당뇨환자용 통곡제품의 품질지표는 1차년도 수행한“체중조절용 통곡가공제품 품질지표 설정”을 근거로 하여 동일하게 설정함.

3) 당뇨환자용 통곡 시제품의 유통기간 설정 연구

(1) 지방산패에 의한 유통기간 산출

- 지방산패에 의한 시제품의 유통기간은 포장상태의 시료를 35, 45 및 55℃의 오븐에서 저장하면서 시간경과에 따라 생성되는 산화생성물의 농도를 측정하는 온도가속실험법으로 산출함.
- 지방산패의 지표물질로는 초기 지방산화 생성물인 peroxide를 선정하여 과산화물가(peroxide value)를 산출하였고, 중간 산화생성물인 말론알데하이드(malonaldehyde)의 농도는 TBA법을 사용하여 측정.
- 유통기간은 각 실험온도에서의 시간경과에 따라 관능적으로 인지되는 산패 취의 발생시점과 그 시점에서의 산화생성물농도를 측정하고, 실제 유통온도에서의 유통기간을 Arrhenius식을 사용하여 산출.
- 저장온도 및 시간에 따른 당뇨환자용 통곡시제품의 온도가속실험 결과를 그림 39, 표 55 및 표 56에 표시.

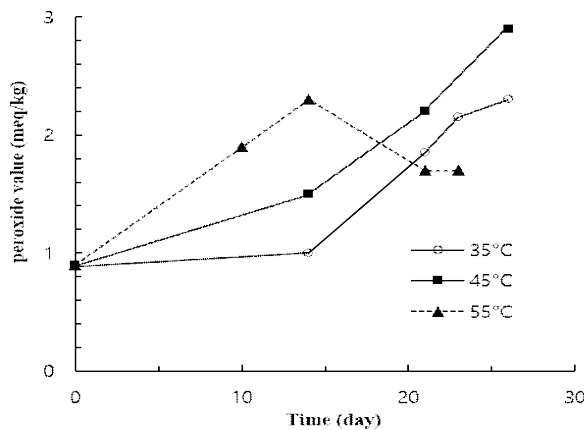


그림 39. 저장시간 및 온도에 따른 당뇨환자용 통곡 시제품의 과산화물가.

표 55. 저장시간 및 온도에 따른 당뇨환자용 통곡시제품의 과산화물가(peroxide value)

시간(day)	과산화물가(meq/kg)		
	35°C	45°C	55°C
0	0.90 ± 0.00	0.90 ± 0.00	0.90 ± 0.00
10	-	-	1.90 ± 0.17
14	1.00 ± 0.17	1.50 ± 0.00	2.30 ± 0.17
21	1.85 ± 0.23	2.20 ± 0.09	1.70 ± 0.17
23	2.15 ± 0.17	-	1.70 ± 0.17
26	2.30 ± 0.17	2.90 ± 0.17	-

표 56. 저장시간 및 온도에 따른 당뇨환자용 통곡 시제품의 TBA가

시간(day)	TBA가(mg/kg)		
	35°C	45°C	55°C
0	3.91 ± 0.16	3.91 ± 0.16	3.91 ± 0.16
16	-	-	3.83 ± 0.41
19	-	-	3.97 ± 0.07
21	-	4.18 ± 0.17	-
23	3.72 ± 0.23	4.31 ± 0.15	-
26	3.53 ± 0.05	4.14 ± 0.05	-

- 당뇨환자용 통곡시제품의 과산화물가는 저장온도와 시간에 따라 증가하여, 55°C의 저장 온도에서 가장 높은 증가속도를 나타내었음. 55°C의 저장실험에서 산패 취가 인지되는 임계 과산화물가는 2.10 meq/kg로서, 이는 35°C와 45°C에서도 동일하였음. 시제품의 지방산화는 모든 저장온도에서 실험개시(0 day)부터 임계 과산화물가 도달까지 과산화물가의 증가 양상은 0차 반응을 나타내었음.

$$\text{zero order: } [A] = k \cdot t + [A_0]$$

A; peroxide 농도, A₀; 초기 peroxide 농도(t= 0), t; 저장시간, k; 반응상수

- 시료의 TBA가는 실험개시(0 day)부터 산패 취가 인지되는 시점까지 모든 실험온도에서 변화양상이 없었음(표 56). 이러한 결과는 시료의 로스팅 과정에서 생성되는 향미성분 중 aldehyde 류의 함량과 비교하여 지방산패로 생성되는 malonaldehyde 함량이 상대적으로 미미하기 때문인 것으로 추정됨. 이에 따라 유통기간 산출은 TBA가 측정치를 배제하고 과산화물가를 지표물질로 사용함.
- 각 실험온도에서 시간경과에 따른 시료의 과산화물가를 회귀분석한 결과를 표 57에 표시. 저장온도 35, 45 및 55°C에서 과산화물생성의 반응속도상수(K)는 각각 0.0525, 0.0737, 0.100로 측정되었음.

표 57. 저장온도별 과산화물생성반응의 속도상수와 선형회귀분석 모델

저장온도 (°C)	반응속도상수(K)	절편	R2	회귀분석 모델 식
35	0.0525	0.8814	0.9790	$y = 0.0525x + 0.8814$
45	0.0737	0.9261	0.9261	$y = 0.0737x + 0.9261$
55	0.1000	0.9000	1.0000	$y = 0.1000x + 0.9000$

- 실제 유통온도에서의 과산화물생성의 반응속도상수는 Arrhenius식을 이용하여 산출.

Arrhenius equation: $K = k_0 \cdot e^{-E_a/RT}$, $\ln K = -(E_a/R)(1/T) + \ln k_0$

Ea: 활성화 에너지, K: 반응속도, k₀: collision factor

표 58. Arrhenius plot의 parameter 산출치

	저장온도 (°C)		
	35	45	55
1/T	0.0032	0.0031	0.0030
Slope	0.0525	0.0737	0.1000
ln K	-2.9469	-0.2608	-2.3026

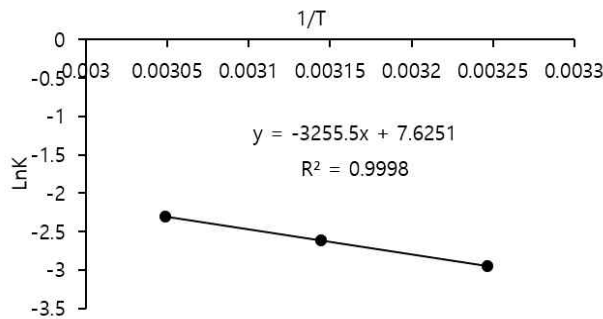


그림 40. 가속저장실험의 Arrhenius plot.

- 시제품의 유통기한 산출을 위하여 실제 예상유통온도는 2012년 서울 및 광역시 총 7개 지역의 월평균기온을 근거로 하여 구하였고, 각 온도구간에서의 지방산패 반응속도상수와 이때의 과산화물 예상변화량을 산출하여 표 59에 표시.

표 59. 국내 연간 온도별 예상 유통일수와 과산화물가의 연간변화량.

Temp. *(°C)	T	1/T	ln K	K	온도별 연간 일수**	연간변화 량***(%)
10>	283	0.0035	-3.8	0.0206	147	3.0404
		3	7843	83		
15	288	0.0034	-3.6	0.0252	34	0.8587
		7	7872	55		
20	293	0.0034	-3.4	0.0306	58	1.7764
		1	8582	28		
25	298	0.0033	-3.2	0.0369	77	2.8417
		6	9940	05		
30<	303	0.0033	-3.1	0.0441	49	2.1656
		0	1912	96		
누계					365	10.6829

*국내 연간온도(2012년 기상청자료): 서울, 광역시 등 총 7개 지역의 월평균기온

**설정온도에 해당되는 일수

***예상 연간 일수에서 초기 과산화물가로부터의 변화량

- 당뇨환자용 통곡시제품의 최대 유통기간은 과산화물가 2.10 meq/kg을 이취발생의 임계 과산화물농도로 하였을 때 연중 온도 및 25°C에서 각각 40.87 및 32.52일로 각각 산출(표 60). 이에 따라 안전성(safety margin)을 고려한 시제품의 유통기간은 연중 온도 및 25°C에서 최대 유통기한에 안전계수 0.8을 곱하여 32.80 및 26.02일로 산출.

표 60. 당뇨환자용 통곡시제품의 유통기한

	초기 과산화물가 (A)	임계 하한 과산화물가 (B)	변화량 (B-A)	연간변화량(%) (C)	최대 유통기한 [(B-A)/C] ×365	설정 유통기한 *
연중 온도	0.90	2.10	1.20	10.69	41.00	32.80
25°C	0.90	2.10	1.20	13.47	32.52	26.02

*최종 예상 유통기한: 최대 산출유통기한×0.8

- 산출한 시제품의 예상 유통기간은 기존 선식제형 곡류제품에 비하여 짧으며, 시제품의 상용화를 위해서는 유통기간의 연장이 필요. 이를 위하여 지방산화 방지를 위한 headspace의 최소화, 질소충전 포장 및 신선한 원재료 확보 등이 고려되어야 할 것으로 판단됨.
- (2) 비타민 C 손실에 의한 유통기간 산출
- 비타민 C 손실에 의한 유통기간 설정실험은 포장상태의 시료를 35, 45, 55°C 오븐에서 저장하면서 시간경과에 따른 비타민 C의 농도 저하를 측정하는 온도가속실험법으로 수행.
 - 시료의 유통기간은 저장시간에 따라 감소하는 비타민 C 함량을 측정하여 제품 내 비타민 C 함량의 규격기준 준수여부로 결정. 비타민 C 함량은 AACC법(76-13)(1)을 이용하여 측정.
 - 저장온도별 비타민 C 손실반응의 속도상수(K)는 회귀분석을 통하여 산출하여, 실제 저장 유통온도 범위에서의 유통기간을 Arrhenius식을 사용하여 산출.
 - 저장온도별 시간경과에 따른 당뇨환자용 시제품의 비타민 C 함량을 표 61과 그림 41에 표시. 비타민 C 함량은 시간경과에 따라 감소하였으나, 저장온도에 따른 영향은 받지 않는 것으로 조사됨.

표 61. 저장온도별 시간경과에 따른 당뇨환자용 통곡 시제품의 비타민 C 함량

시간 (day)	Vitamin C 함량 (mg/g)		
	35°C	45°C	55°C
0	2.74 ± 0.15	2.74 ± 0.15	2.74 ± 0.15
5	3.16 ± 0.03	2.87 ± 0.29	2.92 ± 0.19
9	2.81 ± 0.18	2.74 ± 0.46	2.82 ± 0.38
15	2.63 ± 0.56	2.16 ± 0.35	2.75 ± 0.36
28	2.73 ± 0.22	2.27 ± 0.85	2.38 ± 0.22
35	2.44 ± 0.19	2.70 ± 0.13	2.54 ± 0.08
49	2.16 ± 0.25	1.91 ± 0.08	2.73 ± 0.07

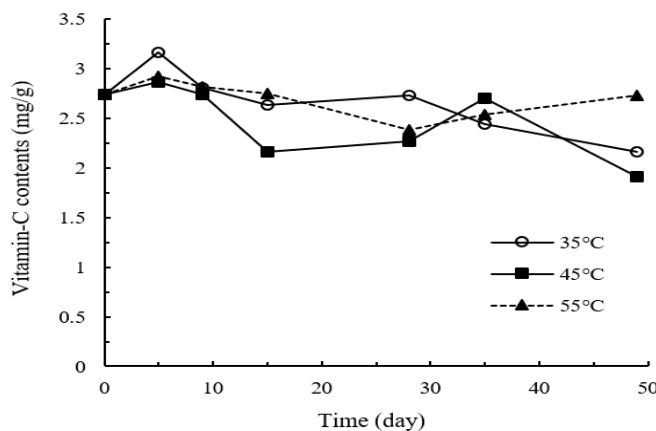


그림 41. 저장온도별 시간경과에 따른 당뇨환자용 통곡시제품의 비타민 C 함량.

- 유통기간 산출을 위하여 지표물질인 비타민 C의 하한 임계함량을 표시기준량인 2.67 mg/g의 80% 수준인 2.14 mg/g으로 설정하여 온도가속실험 진행. 비타민 C의 하한 임계함량은 식품위생법 7조에 명시된 영양성분 표시량과 실제 측정값의 허용오차 범위를 근거로 하여 설정.
- 온도가속실험에서 45°C 저장시료를 제외한 모든 시료의 비타민 C 함량은 49일 경과에서도 하한 임계함량에 도달하지 않음. 한편 동일온도에서 수행한 유지 산패 저장실험의 경우 산패 취가 28일 경과 이전에 발생한 점을 고려하여, 당뇨환자용 통곡시제품의 유통기한은 비타민 C의 손실량이 아닌 지방산패에 의해 결정되는 것으로 판단. 따라서 당뇨환자용 통곡시제품의 최종 유통기간은 과산화물가를 지표물질로 하여 산출한 유통기간으로 결정.

4) 당뇨환자용 유동식 시제품의 문제점

- 당뇨환자용 유동식제형 시제품은 저장 중의 상 분리, 분산도 저하에 의한 침전, 관능특성 저하 등과 같은 품질관련 문제점을 나타내었음(그림 42). 이는 통곡을 주원료로 하는 제품특성에 따라, 호화전분이 분산 후 노화되기 때문으로 유동식제형 제품의 경우 근본적 문제해결이 불가하다고 판단됨.

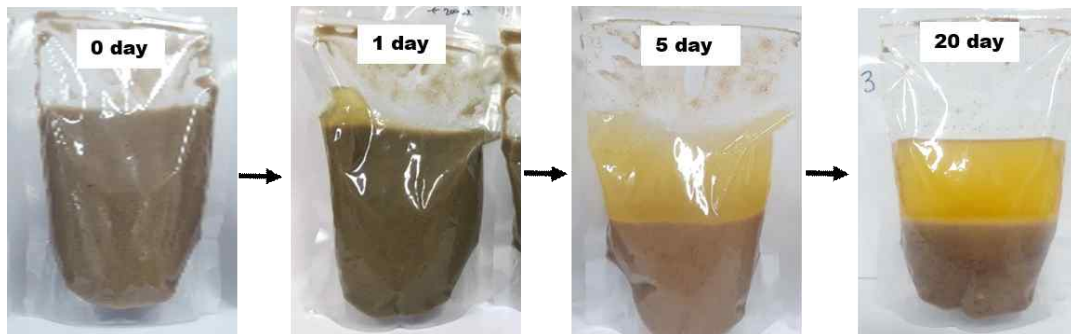


그림 42. 당뇨환자용 유동식제형 시제품의 저장 특성.

- 반면 당뇨환자용 선식제형 시제품은 유동식제형에 비해 저장 중 관능성과 품질안정성이 확보되며(그림 43), 공정의 편이성, 기존 시설장비의 활용 등과 같은 장점을 가지며 제품 concept 및 상품화 측면에서 적합하다고 판단됨.



그림 43. 당뇨환자용 선식제형 시제품.

3. 3차년도: 영유아용 및 임신·수유부용 곡류조제식 개발

3-1. 영유아용 곡류조제식 개발을 위한 원료통곡의 선정 및 물성 탐색

가. 원료통곡 선정

- 영유아용 곡류조제식의 원료통곡은 1차년도 수행연구에서 사용한 국내산 통곡 10종(현미, 찰현미, 찰흑미, 보리, 밀, 귀리, 메밀, 수수, 찰옥수수, 찰조)과 발아곡류 2종(발아현미, 발아찰보리)을 대상으로 영유아용식품에서 요구되는 영양조건의 부합여부에 따라 선정함.
- 영양성분함량과 관련한 영유아용 곡류조제식의 원료통곡은 1차년도 연구에서 확인한 통곡별 일반성분 측정결과 및 국가표준식품표(농촌진흥청, 2018)를 근거 자료로 하여 선정 (표 62).

표 62. 곡류별 영양성분 함량

곡류	비타	비타	무기질(mg)				나트륨	섬유소
	민 B ₁ (mg)	민 B ₂ (mg)	칼슘	인	철	칼륨		
찰보리	0.33	0.09	31	120	2.9	273	18	6.7
압맥	-	-	30	161	2.4	202	9	11
귀리	0.15	0.46	18	183	7	385	3	1.2
현미	0.3	0.04	12	92	1.1	263	14	1.5
백미	0.23	0.02	7	87	1.3	170	8	-
찹쌀	0.14	0.08	4	151	2.2	191	3	0.7
찰현미	0.33	0.05	15	228	1.3	218	5	0.8
보리	0.06	0.16	30	206	2.59	282	4	12.8
통밀	-	-	24	290	5.2	780	-	16
찰흑미	-	-	-	-	-	-	-	-
발아현미	0.25	0.06	8	233	3.3	128	3	0.8
발아보리	-	-	-	-	-	-	-	-

출처: 식품영양·기능성정보(농촌진흥청, 국가표준식품표 2018)

- 1, 2차년도 연구에서 개발한 체중조절용, 당뇨환자용 통곡제품과 달리, 영유아용조제식의 경우 주원료로서 통곡을 사용하는 것은 영양섭취 관점에서 바람직하지 않음. 이는 통곡이 갖고 있는 고유 특성인 높은 식이섬유함량과 phytic acid (inositol hexaphosphoric

acid) 함유에 기인함.

- 영유아의 경우 통곡외피의 주 구성성분인 식이섬유는 과도한 섭취 시 장 건강의 문제뿐 아니라 영유아의 성장발육에 필요한 영양소 흡수를 저해. 따라서 영유아용 식품에서는 성인의 권장섭취량보다 작은 1일 15-20 g의 식이섬유섭취가 권장. 이에 영유아용 곡류조제식의 원료로는 대상통곡 중 외피의 구성비가 낮은 통곡 선정.
- 통곡에 함유된 인(phosphate)은 약 70-75%가 phytic acid의 형태로 호분층에 존재. 이러한 phytic acid는 이가 양이온(divalent cation)과 결합, 킬레이트화합물을 형성함. 따라서 통곡은 칼슘과 같은 미네랄의 소화흡수를 저해함.
- 반면 통곡은 다양한 유용기능특성 중 영유아용 식품에서 필요로 하는 면역증진 효과를 갖는 것으로 보고되고 있음. 이 같은 기능성은 통곡배유에 함유된 β -glucan, arabinoxylan 등과 비전분다당(non-starch polysaccharide)에 의한 것임. 보리의 β -glucan은 IL-1 α , IL-6 및 TNF- α 의 생성을 증가시켜 면역증강효과를 나타내며(12), 발아보리 또한 대식세포에서 면역 활성물질인 NO (nitric oxide)와 IL-6, TNF- α 를 생성, 면역증진 효과를 나타내는 것으로 보고됨(13).
- 이러한 기능특성에 따라 국외 영유아용 곡류조제식에서는 통밀 또는 통밀가루를 원료로 사용하고 있음. 그러나 국내에서 생산되는 영유아용 곡류조제식의 경우 식품공전에 명시된 영유아용 곡류조제식의 제조 가공기준에 따라 글루텐프리제품으로 밀, 메밀 사용이 제한되고 있음.
- 단백질의 영양적 관점에서 귀리는 다른 곡류에 비해 단백질함량이 높으며, 총 단백질의 약 55%가 아미노산균형(amino acid balance)이 우수한 글로불린(globulin)으로 구성. 따라서 귀리는 단백질의 양과 품질 측면에서 가장 우수한 곡류임.
- 상기 언급한 통곡특성과 영유아용 식품의 영양특성에 따라, 영유아용 곡류조제식의 원료로는 도정 백미를 주원료로 하여 찰현미, 귀리, 발아보리, 발아현미를 대상 통곡원료로 선정하여 이화학특성을 수행.

나. 원료통곡의 이화학특성

1) 곡류특성

(1) 실험재료

- 2017년 생산된 찰현미, 보리, 귀리, 발아보리, 발아현미 사용.

(2) 실험방법

- 시료의 곡류특성은 1차년도 수행한 통곡의 물리적 특성 연구결과를 참고하여 색상, 배유경도, 백립중, 용적밀도 및 밀도로서 평가.

(3) 결과 및 고찰

- 시료별 곡류특성을 표 63에 표시.

표 63. 영유아용 원료통곡 및 발아곡류의 곡류특성

	물리적 특성				
	색상	배유경도	백립중(g)	용적밀도(g/mL)	밀도(g/cm ³)
찰현미	연갈색	경질	2.08±0.03	0.50±0.00	1.44±0.00
보리	갈색	연질	2.64±0.02	0.51±0.00	1.42±0.00
귀리	갈색	연질	2.87±0.10	0.48±0.00	1.37±0.00
발아보리	갈색	연질	2.43±0.05	0.49±0.00	1.38±0.01
발아현미	갈색	경질	2.06±0.06	0.50±0.00	1.44±0.00

- 통곡시료는 종피(pericarp)로 인해 갈색을 나타내었으며, 과피 내 색소 침착은 없었음.
- 찰현미와 발아현미는 투명한 경질의 배유를 가진 반면 보리, 귀리, 발아보리는 배유 대부분이 불투명한 연질상 배유(soft endosperm)를 가진 것으로 확인. 이 같은 원료곡류의 배유경도 차이에 따라 수침에 따른 수화도는 상이할 것으로 예상.
- 찰현미와 발아현미의 백립중은 2.06-2.08 g 범위로 유사하였으나, 상응하는 보리, 귀리, 발아보리에 비해 상대적으로 작았음. 보리와 발아보리의 백립중은 2.43-2.64 g 범위로 상호 유사하였으나 발아과정의 고형분 손실로 인해 발아보리가 보리보다 낮은 측정치를 나타냄. 최대 백립중은 귀리에서 측정되었음.
- 용적밀도는 귀리와 발아보리가 다소 낮은 측정치를 나타낸 반면 나머지 시료는 0.50-0.51 g/mL 범위의 용적밀도를 나타내었음.
- 시료의 밀도 측정결과는 용적밀도 측정결과와 동일한 양상을 나타내었음. 즉 귀리와 발아보리의 밀도는 보리, 찰현미, 발아현미에 비해 낮은 1.37-1.38 g/cm³의 측정치를 나타내었음.

2) 일반성분 조성

(1) 실험재료

- 통곡시료는 Udy 분쇄기(Fort Collins, CO, USA)를 사용하여 100 mesh로 분쇄하여 시료로 사용.

(2) 실험방법

- 시료의 일반성분 조성은 1차년도 수행한 통곡의 일반성분조성 측정결과를 참고하여 수분, 조단백, 조지방, 회분, 전분 및 식이섬유함량으로 평가.

(3) 결과 및 고찰

- 시료의 일반성분조성을 표 64에 표시.

표 64. 영유아용 원료통곡 및 발아곡류의 일반성분 조성(%)

시료	수분	조단백	조지방	회분	탄수화물	
					전분	식이섬유
찰현미	13.3±0.1	8.3±0.1	3.6±0.7	1.5±0.1	79.6±1.4	-
보리	11.9±0.2	11.0±0.3	1.4±0.1	1.7±0.1	57.7±0.4	16.8
귀리	11.1±0.0	13.1±0.1	5.6±0.7	1.8±0.1	63.9±0.6	4.8
발아현미	10.1±0.0	7.7±0.2	3.2±0.7	1.4±0.0	75.6±0.6	2.2
발아보리	10.1±0.0	10.3±0.2	1.6±0.7	1.6±0.0	58.2±0.6	18.3

- 모든 시료의 수분함량은 14% 이하로서 저장 안정성을 가지며, 건조 정도에 따라 약 10.1-13.3%의 범위를 나타내었음.
- 찰현미와 발아현미의 조단백함량은 7.7-8.3%의 범위로서 보리, 귀리, 발아보리 보다 낮았음. 귀리의 경우 조단백함량이 약 13.1%로서 다른 통곡에 비해 현저히 높은 조단백함량을 나타내었음.
- 보리와 발아보리는 조지방함량이 1.4-1.6% 범위로 다른 시료에 비해 낮았음. 귀리의 경우 조지방함량은 약 5.6%로서 최대 측정치를 나타내었음.
- 찰현미와 발아현미의 전분함량은 타 시료에 비해 상대적으로 높은 것으로 확인. 이는 상대적으로 다른 시료에 비해 얇은 외피와 작은 배로 인해 곡류 내 배유의 구성 비율이 높기 때문임. 반면 보리와 발아보리는 두꺼운 외피와 2-3겹의 호분층으로 인해 약 57%의 낮은 전분함량을 나타냄.
- 조섬유함량은 다른 곡류에 비해 상대적으로 두꺼운 외피층을 가진 보리와 발아보리에서 최대 측정치를 나타내었음.

다. 원료통곡의 가공특성

1) 원료통곡의 호화특성

(1) 실험재료

- 통곡 및 발아곡류 시료는 Udy cyclone 분쇄기(Udy Co., Fort Collins, CO, USA)를 사용하여 100 mesh 이하로 분쇄하여 실험에 사용.

(2) 실험방법

- 시료의 점도특성은 1차년도 수행한 신속점도분석기(RVA-3D, Newport Scientific, Australia)를 이용한 통곡의 호화특성 연구결과를 참고하여 시료별 호화특성을 평가. 신속점도분석기의 측정조건은 10%(w/v)의 시료 현탁액을 시료 용기에 넣어 50℃에서 3분간 유지 후 4.5분 동안 50℃에서 95℃로 가열하고 95℃에서 2분간 유지 후 4.5분 동안 50℃로 냉각한 다음 50℃에서 3분간 유지하는 cycle에서 호화개시온도, 최대호화점도, breakdown점도 및 setback점도 측정.

(3) 결과 및 고찰

- 신속점도분석기 측정결과, 각 시료는 고유의 전분특성에 따라 상이한 호화, pasting 및 setback 특성을 나타내었음(그림 45).

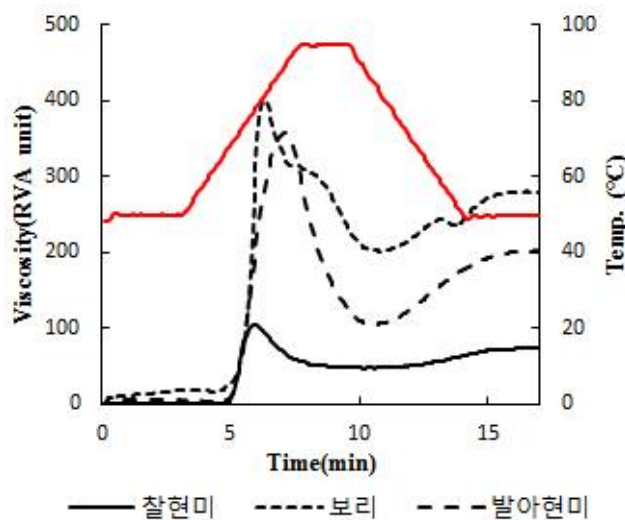


그림 45. 시료의 신속점도기 점도분석 프로파일.

- 최대호화 점도는 보리, 발아현미, 찰현미의 순으로 높았으며, 이는 각 시료 전분의 상이한 수화 팽윤에 따른 결과임. 따라서 가공 후 통곡혼합물의 균일한 점도유지를 위하여 곡류별 호화 및 냉각조건의 조정이 필요할 것으로 예상.
- 보리와 발아현미의 최대호화점도, breakdown점도 및 setback점도 측정치는 차이를 나타내었으나 점도변화의 양상은 유사하였음. 반면 찰현미의 경우 breakdown점도 및 setback점도 측정치는 다른 시료와 달리 현저히 낮았으며 이는 아밀로오스의 부재로 인하여 냉각과정에서도 발생하지 않기 때문으로 추정됨.
- 상기 시료별 호화, pasting 및 setback점도의 측정결과를 통하여 다양한 곡류를 원료로 하는 영유아용 곡류조제식의 경우 최종제품에서의 균일한 물성 유지를 위해서 원료의 적정 혼합비와 함께 차별화된 가공조건이 필요한 것으로 판단.

3-2. 영유아용 곡류조제식 개발을 위한 원료통곡 가공

가. 통곡 가공공정

1) 가공방법

- 원료통곡은 parboiling 후 가압증자(pressure steam cooking), 굽기(baking)과정을 거쳐 건조, 분쇄하는 공정으로 제조.
- Parboiling은 벼 또는 현미를 침지, 가열하는 공정(partial boiling)으로, 외피에 함유된 thiamin과 같은 수용성 영양소가 가열침지 중 수분과 함께 배유 내부로 이동, 도정에 의한 영양소 손실을 방지하며 취사 후에는 더 단단하고 끈적거리지 않는 물성을 나타냄. 이에 본 연구에서는 제품 내 원료통곡의 영양성을 극대화하고 적합한 점성을 부여코자 parboiling을 원료 가공방법으로 사용함.
- Parboiling한 통곡은 영유아용 곡류조제식의 주요 제품기준인 전분호화도 기준(알파화도 80.0 이상)을 충족키 위하여 가압증자를 실시하고 풍미개선을 위해 굽기 공정 후 건조하여 분쇄함.

2) Parboiling

- parboiling이 원료통곡의 유용성영양성분에 미치는 영향을 조사하기 위하여, 면역 활성성분인 β -glucan을 함유한 보리와 발아보리를 시료로 하여 parboiling(수침 후 가압증자)에 따른 시료 내 β -glucan의 함량변화를 측정.

(1) 실험재료

- 보리 및 발아보리

(2) 실험방법

- 수침시간 경과에 따른 보리 및 발아보리의 수분함량을 측정하여 parboiling의 적정 침지 시간 설정. 시료는 침지시간 단축을 위하여 보리전분의 호화온도보다 낮은 65°C 침지수에 수침하면서 시간경과에 따른 수분함량을 측정함. 수분함량분석은 105°C 상압가열건조법(AACC 44-15)을 사용(1).
- 수침시료는 가정용압력밥솥(CRP-HVB068SE, Cuckoo Electronics Co., Korea)을 사용하여 가압 증자하고 50°C 건조오븐에서 건조 후 β -glucan 함량측정.
- β -glucan 함량은 AACC(32-23.01)법을 사용하여 총 β -glucan 함량과 불용성 β -glucan 함량을 구하였으며, 수용성 β -glucan 함량은 총 β -glucan과 불용성 β -glucan 측정치의 차이 값으로 산출(1).

(3) 결과 및 고찰

- 수침시간에 따른 보리 및 발아보리의 수분함량 측정결과를 그림 46과 그림 47에 표시.

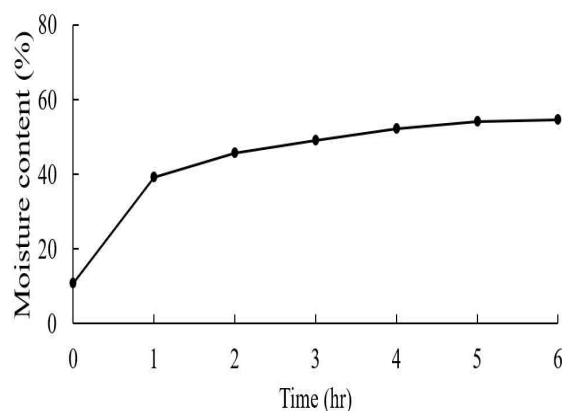


그림 46. 침지 시간에 따른 보리의 수분함량.

- 수침 전 보리의 수분함량 10.8%는 6시간 수침에 따라 최대 54.64%의 평형수분함량 상태를 나타내었음. 보리의 수분흡수는 수침 1시간까지 빠르게 진행 후 완만한 수분흡수속도를 보이며, 5시간 수침 이후에서는 약 54%의 평형수분함량에 도달하였음.
- 이와 같은 보리의 수분흡수 양상에 따라 보리의 적정 수침시간은 증자과정에서의 충분한 전분호화를 위하여 4시간(수분함량 52.3%)으로 설정하고 가압 증자실험을 진행하였음.

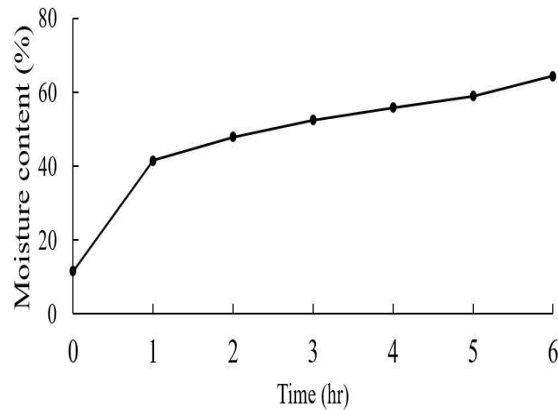


그림 47. 침지 시간에 따른 발아보리의 수분함량.

- 수침시간에 따른 발아보리의 수분흡수 양상은 보리와 유사하였으나, 수분흡수속도는 더 빠른 것으로 조사됨. 수침 전 발아보리의 수분함량 11.6%는 수침 1시간 경과에 따라 41.5%까지 급속히 증가 후 완만한 수분흡수속도를 보이며 6시간 수침에서 약 64%의 최대 수분함량을 나타내었음. 이 같은 결과에 따라 발아보리의 적정 수침시간은 보리보다 짧은 3시간(수분함량 52.4%)으로 설정하고 가압 증자실험을 진행함.
- 수침보리와 수침발아보리는 가압 증자시간(5분, 10분)을 달리하여 parboiling 후 β -glucan 함량을 측정하였음(표 65).

표 65. 보리 및 발아보리의 β -glucan 함량(%)

	증자시간(분)	총 β -glucan	불용성 β -glucan	수용성 β -glucan
보리	0	4.77±0.21	2.42±0.04	2.34±0.20
	5	3.27±0.06	2.56±0.02	0.72±0.04
	10	3.24±0.08	2.47±0.07	0.76±0.05
발아보리	0	7.18±0.21	5.29±0.24	1.89±0.33
	5	5.06±0.11	3.66±0.19	1.24±0.18
	10	4.82±0.16	4.39±0.18	0.43±0.14

- 예상과 같이 발아보리의 β -glucan 함량은 보리에 비해 높은 것으로 확인되었음. 총 β -glucan 함량은 보리와 발아보리 모두 가압 증자에 따라 감소하였으며, 증자시간이 길수록 감소폭은 더 큰 것을 확인됨. 이 같은 β -glucan의 감소 양상은 수용성 β -glucan에서도 동일하게 나타남.
- 반면 발아보리와 달리 보리의 불용성 β -glucan 함량은 가압 증자처리 및 증자시간에 관계없이 감소하지 않았음.

3) 굽기(oven baking)

- 원료통곡에 미치는 굽기 공정의 영향을 검토하고자 굽기 온도와 시간에 따른 시료의 색도변화, 호화양상을 검토하였음.

(1) 실험재료

- 보리, 발아보리 및 찰현미

(2) 실험방법

- 굽기는 제빵용 전기오븐(NSO-96, DaeYong Bakery Machinery IND. Co., LTD, Korea)을 사용하여 온도(180-200℃) 및 시간(10-20분) 설정범위에서 행하였음.
- 시료의 색도는 육안 검사하였으며, 호화양상은 신속점도분석기(RVA-3D, Newport Scientific, Australia)를 사용한 1차년도 통곡의 호화특성 측정실험과 동일한 조건에서 수행함.

(3) 결과 및 고찰

- 굽기 온도와 시간에 따른 무처리 발아보리와 찰현미의 외관특성을 그림 48과 그림 49에 표시하였음.
- 발아보리는 굽기 공정으로 다소 팽화하며 갈변하였음. 그러나 온도와 시간 상승에 따른 색도변화는 비교적 미미하였음.
- 찰현미의 경우 동일 처리조건에서의 발아보리에 비해 갈변은 다소 낮게 나타났으나 곡립의 팽화도는 더 높은 것으로 확인되었음. 이는 아밀로오스 부재로 인한 결과로 판단됨. 또한 이 같은 곡립의 팽화는 온도에 비례하여 증가하는 것을 확인하였음.

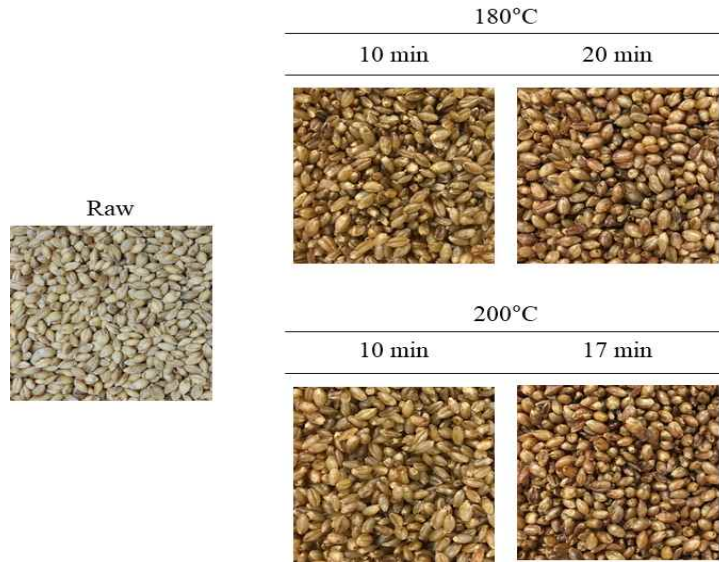


그림 48. 굽기 온도와 시간에 따른 발아보리의 외관변화.



그림 49. 굽기 온도와 시간에 따른 찰현미의 외관변화.

- 굽기 온도와 시간에 따른 parboiling 보리의 외관특성을 그림 50에 표시하였음.
- 가압증자 시간(5분, 10분)을 달리하여 제조한 parboiling 보리의 외관색도는 굽기 온도 및 시간에 관계없이 상호 유사하였음. 또한 굽기 시간이 20분까지 지속되어도 급격한 갈변이 발생하지 않았는데, 이는 무처리 찰현미 및 발아보리와 달리 parboiling 보리가 가압 증자에 따라 높은 수분함량을 가지기 때문으로 판단됨. 그러나 200°C, 20분 굽기한 일부 보리에서는 외피의 탄화가 관찰되었음.

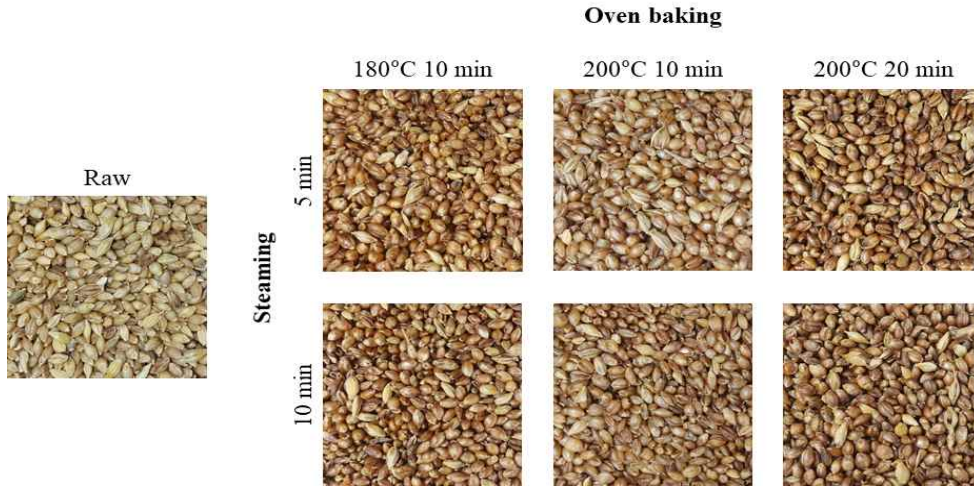


그림 50. 굽기 온도와 시간에 따른 parboiling 보리의 외관변화.

- 굽기 조건에 따른 발아보리의 전분호화도를 무처리 발아보리와 비교하여 그림 51과 그림 52에 표시.

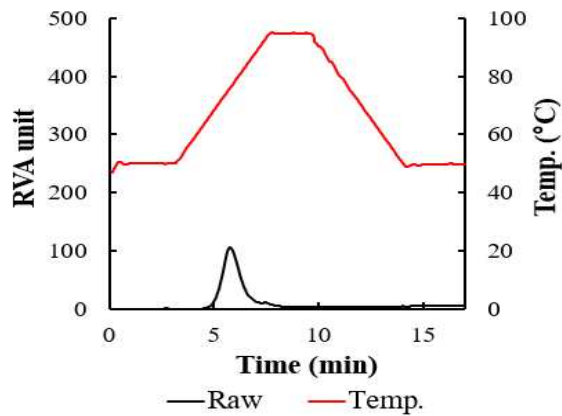


그림 51. 무처리 발아보리의 RVA 프로파일.

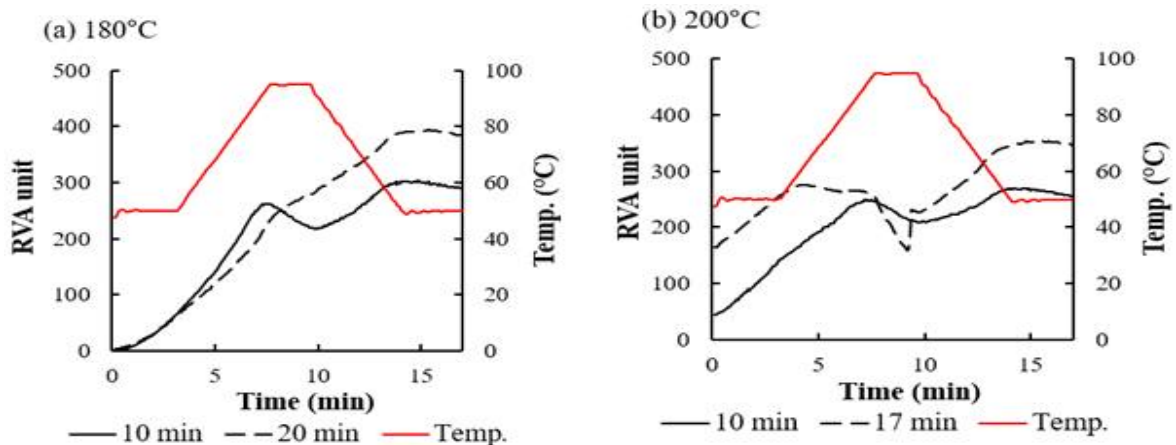


그림 52. 굽기 온도 및 시간에 따른 발아보리의 RVA 프로파일; (a) 180°C, (b) 200°C.

- 신속점도기 분석결과, 굽기공정을 거친 처리구 발아보리는 상응하는 대조구 무처리 발아

보리에 비해 높은 RVA 초기점도를 나타내어, 굵기과정에서의 전분호화를 확인. 또한 모든 처리구 시료의 초기점도가 처리온도와 시간에 비례하여 상승함에 따라 전분호화도는 굵기 온도와 시간에 비례하여 증가하는 것을 확인함.

- 180°C, 10분 처리한 발아보리의 경우, 최대호화점도 도달 후 breakdown점도를 나타내어 시료 내 일부 전분이 호화되지 않았음을 확인함. 그러나 동일 온도에서 처리시간을 20분으로 늘린 경우, breakdown점도가 발생치 않아 대부분의 전분이 호화되었음을 확인하였음.
- 굵기 조건에 따른 찰현미의 전분호화도를 무처리 찰현미와 비교하여 그림 53와 그림 54에 표시.

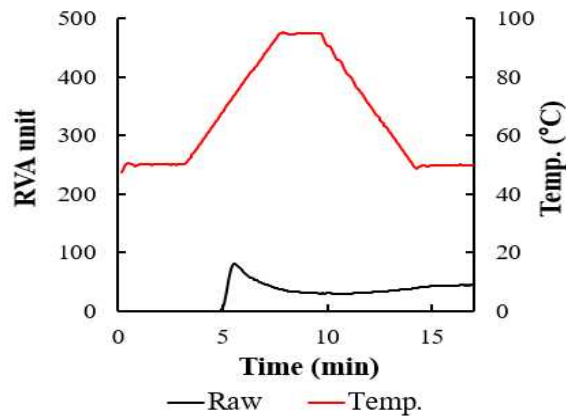


그림 53. 무처리 찰현미의 RVA 프로파일.

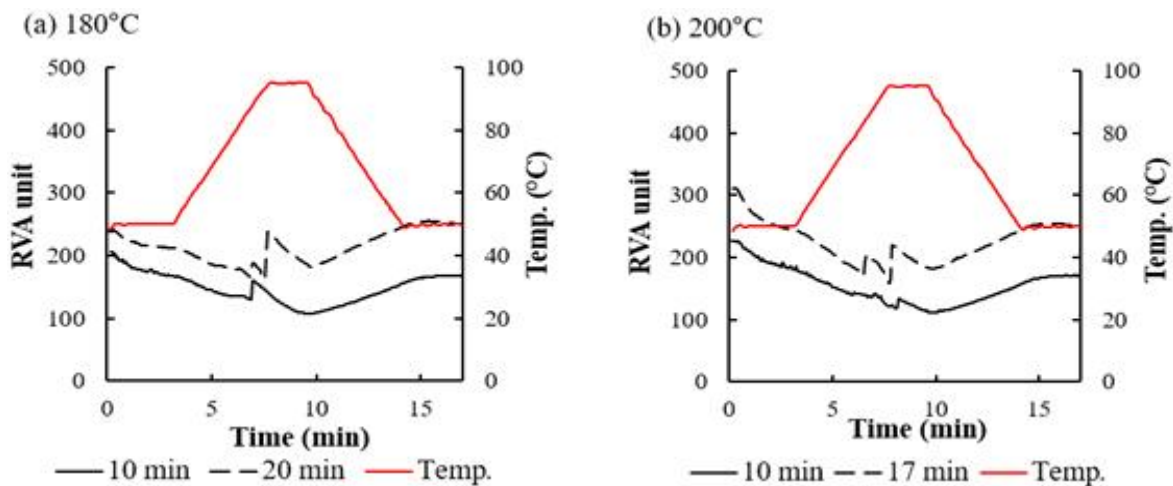


그림 54. 굵기 온도 및 시간에 따른 찰현미의 RVA 프로파일; (a) 180°C, (b) 200°C.

- 신속점도기 분석결과, 처리구 찰현미는 상응하는 처리조건에서의 발아보리 비해 전분호화가 더 높은 수준으로 발생하는 것을 확인. 또한 180°C, 10분 처리의 경우 찰현미는 동일조건에서의 발아보리와 달리 breakdown점도를 나타내지 않음에 따라 대부분의 전분이 호화되었음을 확인. 한편 찰현미 시료에서는 전분 내 아밀로오스의 부재로 인하여 setback점도는 관찰되지 않았음.
- 신속점도기 분석결과, 처리구 찰현미는 발아보리와 유사한 RVA 프로파일을 나타냈으나,

상응하는 처리조건에서 전분호화는 발아보리 비해 더 높은 수준으로 발생하는 것으로 확인됨.

- 굵기 온도와 시간에 따른 parboiling 보리와 무처리 대조구 보리의 RVA 프로파일을 그림 55과 그림 56에 표시.

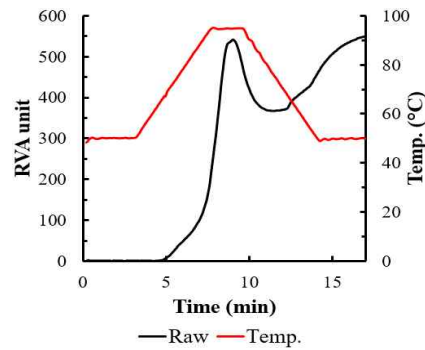


그림 55. 무처리 보리의 RVA 프로파일.

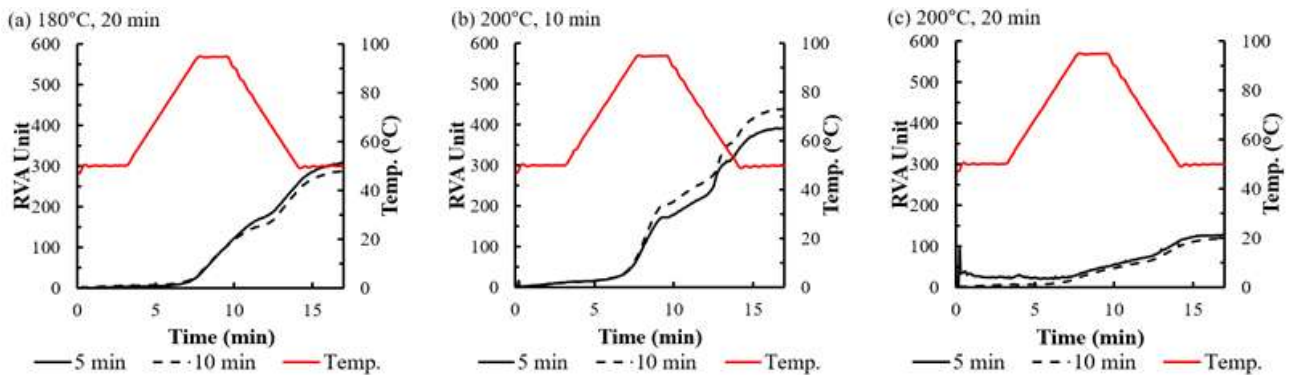


그림 56. 굵기 조건에 따른 parboiling 보리의 RVA 프로파일; (a) 180°C 20분, (b) 200°C 10분, (c) 200°C 20분.

- Parboiling 보리의 신속점도기 분석결과, RVA 프로파일은 가압 증자시간(5분, 10분)에 관계없이 상호 유사한 변화 양상을 보인 반면 굵기 조건에 따라서는 상이한 RVA 점도측정치를 나타내었음.
- Parboiling 보리의 초기점도는 다른 시료와 달리 매우 낮으며, RVA cycle에서의 온도에 관계없이 점진적으로 증가하는 양상을 나타내었음. 반면 200°C, 20분의 굵기 조건의 경우 다소 높은 초기점도가 완만하게 증가하는 점도변화 양상을 나타내었음. Parboiling 보리의 이 같은 점도변화 양상은 parboiling(가압 증자)과정에서 호화된 전분이 주변의 용출, 젤화된 아밀로오스에 의해 둘러싸여 간힘에 따라 수화가 제한되기 때문으로 추정됨.

나. 영유아용 곡류조제식 개발을 위한 공정조건 설정

- 영유아용 곡류조제식 개발을 위한 원료통곡의 가공방법 및 조건은 선행 수행한 영유아용 곡류조제식의 가공방법 연구결과에 따라, 원료통곡을 65°C의 침지수에서 4시간 수침 후 가수하지 않은 상태로 10분간 가압 증자한 다음 200°C에서 15분간 굵기 공정을 행함.

이후 통곡은 50℃ 오븐에서 건조 후 분쇄(100 mesh)함(그림 57).



그림 57. 영유아용 곡류조제식 개발을 위한 통곡의 가공 공정도.

다. 영유아용 곡류조제식 개발을 위한 최종 원료통곡의 선정 및 혼합곡류분말 제조

- 영유아용 곡류조제식의 원료로 선정한 통곡 중 찰현미와 보리는 영양 및 가공특성의 관점에서 제품에 미치는 영향이 미미하므로 대체 통곡을 스크리닝하여 선정함.
- 영유아용 곡류조제식의 단백질 품질을 개선코자 찰현미는 단백질 함유량이 높고 아미노산균형이 우수한 귀리를 대체원료로 선정. 또한 제품 내 식이섬유소 함량을 줄이고 기능성분인 β -glucan 함량을 높이기 위하여 보리를 발아보리로 대체함으로서 발아보리의 제품 구성비를 증대시킴. 대체 원료로 선정한 귀리는 가공적성 예비실험을 통하여 영유아용 곡류조제식 제조에서의 가공적합성을 확인.
- 영유아용 곡류조제식의 최종원료로는 백미를 주 곡물로 하여 발아보리, 발아현미 및 귀리의 통곡 3종을 선정함.
- 원료곡물은 그림 57의 가공조건에 따라 가공한 후 영유아 영양섭취기준의 개별영양소 및 에너지 적정비율에 의거, 원료배합비율(표 66)에 따라 혼합하여 영유아용 곡류조제식 개발을 위한 혼합 곡류분말로 함.

표 66. 영유아용 혼합 곡류분말의 배합비

성분	배합비 (%)
백미	70
귀리	15
발아보리	7.5
발아현미	7.5
합계	100

- 제조한 혼합곡류분말은 영유아용 곡류조제식의 유용성평가를 수행하는 제1협동기관(연세대학교)에 실험재료로 제공함.

라. 영유아용 혼합곡류분말의 특성

1) 혼합곡류분말의 이화학적 특성

(1) 실험재료

- 백미, 발아보리, 발아현미 및 귀리의 혼합곡류분말.

(2) 실험방법

- 혼합곡류분말 시료의 일반성분 분석은 1, 2차년도 수행한 일반성분 조성 측정실험의 분석방법을 사용하여 시료 내 수분, 회분, 조지방, 조단백, 전분 및 식이섬유 함량을 백분

율로 표시.

- 혼합곡류분말의 입도분포는 시료 10 g을 100, 120, 200, 400 mesh 체로 거른 뒤 체에 잔유 하는 시료의 무게를 측정하여 결정함.
- 혼합곡류분말의 호화특성은 선행 통곡의 호화특성 실험에서 수행한 신속점도분석기의 실험조건을 동일하게 사용하여 평가.
- 혼합곡류분말의 소화특성은 α -amylase 처리시간에 따른 전분가수분해도로써 평가. 시료의 전분가수분해도 측정은 2차년도 수행한 난소화성 현미의 α -amylase 가수분해도 실험에서 사용한 동일한 실험방법으로 행함.

(3) 결과 및 고찰

- 시료의 일반성분 분석결과, 혼합곡류분말은 수분 8.96%, 조단백 8.95%, 조지방 9.18%, 회분 0.74%, 전분 75.60% 및 식이섬유 7.97%의 성분조성으로 구성(표 67).

표 67. 영유아용 혼합곡류분말의 일반성분(%)

	수분	조단백	조지방	회분	탄수화물	
					전분	식이섬유
영유아용 곡류조제식	8.96±0.07	8.95±0.42	9.18±0.72	0.74±0.02	75.6±1.26	7.97±0.73

- 혼합곡류분말의 성분함량은 다소 높은 측정치를 보인 조지방을 제외하고 모두 통상적인 곡물의 화학성분 함량 범위에 준하는 측정치를 나타냄.
- 혼합곡류분말의 입도분포 측정결과를 표 68에 표시. 혼합곡류분말의 구성입자는 약 54%가 150 μ m 이상의 크기를 가지는 배유 조각인 반면 약 5.8%는 38 μ m 이하 크기의 전분립으로 확인(표 68).

표 68. 혼합곡류분말의 입도분포

입도	분포(%)
150 μ m 이상	54.2
125-150 μ m	17.3
75-125 μ m	13.8
38-75 μ m	8.9
38 μ m 이하	5.8
합계	100

- 혼합곡류분말의 RVA 프로파일 측정결과를 그림 58에 표시.

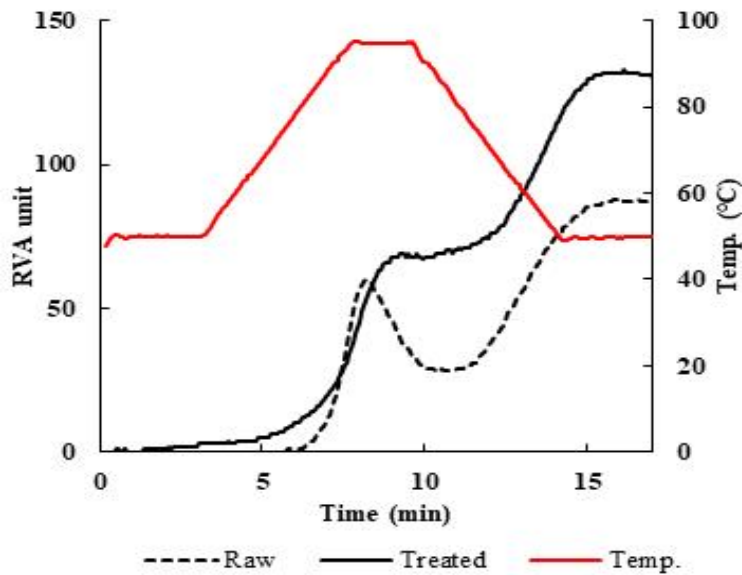


그림 58. 혼합곡류분말의 신속점도분석기 프로파일.

- 혼합곡류분말의 신속점도분석기 실험결과, 혼합곡류분말은 parboiling과 굽기 과정에서의 전분호화로 인한 전형적인 호화전분의 점도특성을 나타내었음. 혼합곡류분말은 호화개시 온도 이전의 초기점도가 대조구에 비해 높았고, 온도상승에 따라 단계적으로 점도가 상승하는 pasting 양상을 보임. 시료의 최대호화점도와 setback점도는 대조구와 비해 더 높았으나, breakdown점도는 낮은 것으로 확인됨.
- 한편 혼합곡류분말 시료의 초기점도는 일반적으로 높은 초기점도를 보이는 통상의 호화

전분과 달리 낮은 측정치를 나타내었음. 이 같은 결과는 원료통곡 내의 전분은 parboiling과 굽기 과정에서 대부분이 호화되나, 통곡상태로서 가공됨에 따라 호화전분이 배유단백질에 둘러싸인 입자 상태를 가짐으로서 수화 시 팽윤이 제한되기 때문으로 추정됨.

- α -amylase 반응시간에 따른 혼합곡류분말의 전분가수분해도를 그림 59에 표시.

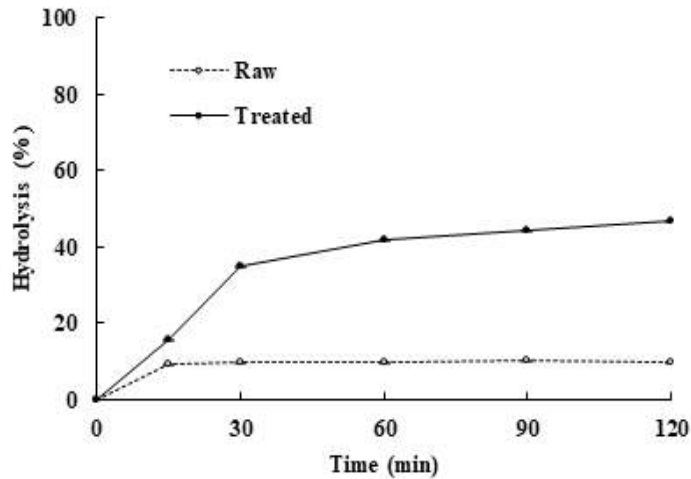


그림 59. α -amylase 반응시간별 혼합곡류분말의 가수분해도(%).

- α -amylase 반응시간에 따른 혼합곡류분말의 가수분해도는 반응시간 30분까지는 빠르게 증가하고 이후에는 완만하였음. 혼합곡류분말의 가수분해도는 반응시간 120분에서 약 46.7%로서 상응하는 대조구의 9.8%에 비해 현저하게 높았으나, 영유아용 곡류조제식에서 요구되는 전분의 호화도에는 미치지 못하는 것으로 판단됨.
- 이와 같은 시료의 가수분해도는 가공과정 중 생성된 노화전분과 함께 배유 단백질에 둘러싸인 상태로 존재하는 호화 전분입자의 구조적 특성에 따라 α -amylase의 반응성과 접근성이 제한되기 때문으로 판단됨.
- 영유아용 혼합곡류분말의 소화율 향상을 위해서는 원료통곡 내 전분이 더 높은 수준으로 호화 및 팽윤될 수 있는 가공조건의 보완수정이 필요함. 이에 원료통곡의 수침을 상온에서 12시간, parboiling 시 가수하여 증자, 증자시간을 10분에서 45분으로 연장하는 조건으로 변경 수정함.
- 가공조건의 변경에 따른 혼합곡류분말의 호화도 상승은 변경된 가공조건으로 제조한 혼합곡류분말의 손상전분함량, 수분용해지수(WSI) 및 수분흡수지수(WAI) 검증실험을 통하여 확인함.

3-3. 영유아용 곡류조제식 시제품 개발

가. 시판 국내외산 영유아용 곡류조제식 제품분석

- 국내 영유아용 특수용도곡류조제식의 시장규모는 연 출하액이 약 50-70억원 수준으로, 국내 특수용도식품 중 시장 점유율이 0.8%로 가장 낮으나 꾸준한 시장수요를 가지고 있음.
- 국내외산 영유아용 곡류조제식은 분말형의 선식제형과 죽(미음) 형태의 유동식제형으로

나뉘어 시판되고 있으나, 선식제형이 주를 이루고 있음.

- 국내 시판 영유아용 곡류조제식의 대부분은 분유에서 이유식으로 넘어가는 단계의 유아를 대상으로 성장발육, 소화증진, 면역강화를 상품효과로 제시하고 있음. 분유제조업체에서 생산되는 일부 영유아용 곡류조제식은 초유 유래의 성장인자와 함께 면역 및 소화흡수 증진의 기능을 갖는 다양한 기능성성분을 원료에 함유.
- 영유아용 곡류조제식의 주원료로는 국내산 제품의 경우 대부분이 도정한 정제곡분을 사용하는 반면 수입제품은 통곡분말 상태의 밀, 귀리, 현미 등이 단독 또는 정제곡분과 혼합하여 사용.
- 영유아용 곡류조제식의 부원료로는 국내외산 제품 대부분이 과일 및 야채분말, 분유 및 유청단백, 쌀눈 등이 비타민미네랄 믹스와 함께 영양강화를 목적으로 사용됨.
- 한편 현재 시판중인 영유아용 곡류조제식의 영양성분 분석결과, 1회 제공량을 30-45 g으로 환산 시 다수의 시판제품은 에너지 대비 당질비율이 권고수준을 상회함(2015년 영유아 영양섭취기준의 에너지적정비율 근거).

표 69. 국내산 영유아용 곡류조제식 시판 제품

제품명 (제조사/판매원)	제품형태	제품유형	중량 (단가)	제품특성
아가의 미소 (파스퇴르)		영유아용 곡류조제식 (분말)	240 g (12,000원)	- 100일-6개월, 7-12개월 - (유기농)쌀, 현미, 과일, 야채, 혼합탈지분유, 산양혼합전지, 초유, - 조유성분 첨가(면역증진)
아기밀 순 유기농 (일동 후디스)		영유아용 곡류조제식 (분말)	550 g (25,000원)	- 6개월, 12개월 - (유기농)미분, 유정단백, 유지분, 초유 유래 성분(IGF, TGF-β, IgG), 알파락탈알부민, 락토페린 - 조유성분 첨가(면역증진)
엄마의 작품 (남양)		영유아용 곡류조제식 (분말)	540 g (17,600원)	- 6, 9, 12개월 - (유기농)미분, 야채, 과일 분말, 아세로라 분말, 초유단백 - 조유성분 첨가(면역증진)
엠플루트 아기설사 (매일유업)		영유아용 특수조제식 (분말)	300 g (38,400원)	- 6개월부터 - 쌀가루, 텍스트린, 바나나분말, 달지유,
키플러스 (남양)		기타 영유아식 (분말)	660 g (28,800원)	- 혼합 오크분말(현미, 참쌀, 기장, 보리, 율무), 미분, 혼합탈지분유, 텍스트린, 결정과당,
참쌀에호박 미음 (풀무원)		기타 영·유아식	130 g (4,500원)	- 만 4-5개월 - 쌀, 참쌀, 에호박, 정제수
쌀눈가득 고구마감자 미음 (엘빈즈)		기타 영유아식	180 g (3,600원)	- 4-6개월 - (친환경)쌀, 하이아미 쌀, 참쌀, 고구마, 감자, 쌀눈가루
한우&배 죽 (짱죽)		기타 영유아식	200 g (3,900원)	- 만 7개월부터 - (유기농)쌀, 배(3.0%), 소고기(국산)
아기랑 쌀이랑 (남양유업)		기타 영유아식 (액상)	180 mL×6 (5,990원)	- 6개월부터 - 곡물플레이스트(현미, 볶은현미, 참쌀, 쌀아현미, 호박고구마), 현미추출물, 흑미분말, 알파미분, 쌀단백분말
이유식 증기 후기 간편 조리 이유식 (삼성리치)		즉석 조리식품	500 g×30 (39,000원)	- (유기농)건조 쌀, 쌀눈
바른 이유식 (아워홈)		기타 영유아식 (레토르트)	110 g (3,200원)	- 12개월부터 - 쌀, 소고기, 청경채, 두부, 양파, 감자, 육수,
맘마밀 안심이유식 사과와 고구마 (매일유업)		이유식	100 g×10 (21,600원)	- 6개월 - 정제수, 증숙고구마, 사과퓨레, 유기농쌀 비타민 C, 바나나퓨레,
베베 쌀죽 (커머스파크)		곡류가공품	10 g (980원)	- 쌀 플레이크, 알파미분
맘스쿠킹 닭백숙진밥 (남양유업)		즉석 조리식품 (레토르트)	100 g (2,600원)	- 정제수, 유기농 쌀, 닭 가슴살

표 70. 수입산 영유아용 곡류조제식 시판 제품

제품명 (제조사)	제품형태	제품유형	중량/단 가	제품특성
Abendbrei 곡물 과일 (MILUPA)		기타 영유아식 (분말)	500 g (9,000원)	- 6개월 - 곡물, 과일 비타민, 미네랄
Bio-babybrei 3-korn (Holle)		기타 영유아식 (분말)	250 g (11,000원)	- 6개월 - 쌀, 통밀가루, 옥수수가루, 비타민
Milchbrei (Aptamil)		기타 영유아식 (분말)	250 g	- 6개월 - 곡물, 바나나, 살구
Organic Baby Food Grain Stage 3 (Happy Baby)		기타 영유아식 (분말)	113 g	- (유기농)퀴노아, 귀리, 바나나, 복숭아
Baby Cereal - Multigrain (Gerber)		기타 영유아식 (분말)	227 g (\$7.00)	- 통밀가루, 통귀리가루, 쌀가루, 비타민, 미네랄
프로바이오틱 아기 시리얼 (Nurture Inc.)		기타 영유아식 (분말)	198 g (5500원)	- (유기농)통밀가루, 아마란스, 퀴노아, 비타민/미네랄 혼합물
Organic whole grain rice cereal (Hain celestial group)		기타 영유아식 (분말)	227 g (9500원)	- 4개월부터 - 유기농 통현미 99%, 천연비타민 E
2차 이유식 닭고기와 현미 (Earth's Best)		기타 영유아식 (페이스트)	113 g (5000원)	- 9개월부터 - (유기농)호박, 옥수수, 현미 닭고기
Blended Fruits with Oatmeal (Gerber)		기타 영유아식 (페이스트)	113 g×2 (3,900원)	- 6개월부터 - 통곡, 천연 면역 증진제, 철, 아연, 비타민 B, C, E

나. 영유아 영양특성

- 영유아기는 2세까지의 영아기, 3-5세까지의 유아기로 세분되어 정의됨. 영아기의 성장속도는 어느 시기보다 빨라 성장발육을 촉진할 수 있도록 생후 5-6개월 이후에는 모유나

조제유에서 이유식으로의 영양공급 변화 필요. 유아기는 영아기에 비해 성장속도는 비교적 완만하나 성장발육이 여전히 왕성하므로 단백질, 무기질 및 비타민요구량의 증가 필요. 이 같은 영유아의 영양소 섭취는 영유아의 건강과 직접적으로 연관되며 평생의 식습관형성에도 영향을 미침.

- 영아에 비해 유아는 식욕이 감소하거나 불규칙한 경우가 흔하며, 이 시기에는 몇 가지 음식만을 계속 먹는 음식 탐닉 현상과 식품에 대한 수용과 거부가 빈번히 나타나므로 적절한 영양공급과 체계적인 식생활교육이 필요. 또한 이 시기에서의 유아는 배고픔을 훨씬 덜 느끼게 되므로 적정 영양섭취를 위한 식사지도 및 식품의 다양성과 적정 분량의 균형 잡힌 식사제공이 중요함.
- 최근 여성의 사회 진출, 일과 가정의 병행과 같은 사회적 환경변화로 인해 육아시간이 줄고 영양적으로 우수한 상용화된 이유제품의 요구가 증가하고 있음. 유아기의 영양문제는 소식과 편식에 따른 영양결핍과 과식으로 인한 영양과잉으로 양분되고 있음. 따라서 유아기의 영양섭취에서는 에너지 과잉섭취 및 칼슘, 철 등의 미량영양소 섭취부족이 고려되어야 함.
- 이유의 목적은 영아의 성장과 발달에 따라 부족한 영양소를 보충해주는 영양공급과 함께 규칙적인 식습관, 음식 씹고 삼키기, 다양한 맛 경험, 도구 사용, 스스로 먹기 등의 섭식 훈련으로 적절한 성장과 양호한 영양 상태를 유지하는 것임. 특히, 이유 완료기에 해당하는 12개월에서 2세는 돌이 지나면 일반식사가 가능하므로 1회 섭취량이 3/4컵 정도이며, 식사 사이에 1-2회 간식을 제공하므로 식사와 이유식으로부터 1일 섭취비율은 70-80%에 해당함.
- 한국인 영양섭취기준에서 권장하는 에너지대비 다량 영양소의 적정비율(당질:단백질:지방)은 1-2세에서 55-65% : 7-20% : 20-35%, 3-18세는 55-65% : 7-20% : 15-30% 정도임. 이때 이유식에서 사용되는 주된 당질 급원인 곡류는 쉽게 소화되고 알레르기 반응을 일으킬 위험이 없어야 함.
- 영유아의 지방 소화능력은 4-5개월 무렵 성인의 40% 정도이므로, 포화지방이나 과량의 지방 추가는 주의를 요함. 반면 두뇌발달의 중요 시기이므로 적절한 불포화지방산의 공급이 필요함.
- 소화능력을 초과하는 과다한 단백질공급은 잉여 단백질이 미숙한 장벽을 통해 그대로 흡수되어 알레르기를 일으킬 가능성이 높으므로 단백질 급원에 주의가 필요함.
- 식이섬유는 적절히 섭취 시 다양한 건강상의 이점이 있으며 영유아에서 1일 충분섭취량은 10-15 g 수준임. 비타민과 무기질에서는 칼슘과 나트륨이 강조됨. 나트륨과 관련하여 영유아식은 조리 시 원칙적으로 간을 하지 않으며 적절한 식재료를 선택하여 맛을 내도록 하고, 일찍 짠맛에 길들여지지 않도록 하여야 함.
- 본 연구에서는 과학적 근거를 바탕으로 영유아용 곡류조제식의 원료통곡을 선정, 가공하여 상기 언급한 영유아의 영양특성에 부합하는 영양적, 관능적으로 우수한 영유아용 곡류조제식 시제품을 개발하고자 함.

다. 영유아용 곡류조제식 시제품 개발

1) 영유아용 곡류조제식의 제품제형

- 유동식제형의 영유아용 곡류조제식은 제품의 점성에 따라 섭취 가능한 단계별 연령 제

한이 있음. 또한 유동식제형의 경우 선식제형에 비해 함유열량과 영양밀도가 상대적으로 낮아, 열량과 영양소의 고른 공급에 어려움.

- 2차년도 수행한 당뇨환자용 통곡제품의 개발연구에서 확인한 바와 같이 유동식제형 통곡제품에서는 통곡원료의 특성에 기인하는 저장 중의 상 분리, 분산도저하, 침전형성, 관능품질저하가 발생하였음. 이와 같은 문제점들은 통곡을 주원료로 하는 유동식제형의 영유아용 곡류조제식에서도 동일하게 발생하며, 원료특성상 근본적 해결이 어려울 것으로 예상됨.
- 선식제형은 현재 국내에서 시판되고 있는 영유아용 곡류조제식의 가장 보편적인 제품제형으로서, 가공방법이 간단하고 용이할 뿐 아니라 유동식제형에 비해 휴대, 보관의 편리성을 가짐.
- 선식제형 영유아용 곡류조제식은 2차년도 수행연구에서 확인한바와 같이 유동식제형과 달리 저장유통과정에서의 품질관련 문제점이 없을 것으로 예상됨.
- 본 연구과제의 주관기관인 (주)엄마사랑은 현재 다양한 곡류분말 가공제품을 생산, 판매, 유통하고 있음. 따라서 주관기관의 기존 생산설비와 가공기술을 이용한 선식제형의 영유아용 곡류조제식 생산은 유동식 제형에 비해 실제 상품화에 보다 적합할 것으로 판단됨.

2) 영유아용 곡류조제식의 제품규격

- 식품공전에 명시된 영유아용 곡류조제식은 이유기의 영아, 유아의 이유 및 영양보충을 목적으로 곡류, 두류, 서류 등 전분질 원료를 주원료(최종제품에서 고형분 기준 25% 이상)로 하여 이에 식품, 영양성분 등을 가하여 제조 가공한 것으로 정의.
- 식품공전에 명시된 영유아용 곡류조제식의 주요 제조가공 기준으로는 미생물학적 위해 발생 방지를 위한 살균 또는 멸균공정, 모유에 들어 있는 영양성분 첨가를 위한 다른 영양성분의 첨가, 최종제품의 아미노산스코어 85 이상, 당류첨가의 경우 총열량 제한, 글루텐 프리제품으로의 곡류 사용 제한, 영양성분의 기준규격 등이 설정되어 있음(표 71).

표 71. 영유아용 곡류조제식 식품기준규격

성분	규격
수분(%)	10.0 이하(분말, 고형제품)
조단백질(%)	10.0 이상(건조물 기준)
조지방(%)	5.0 이상(건조물 기준)
알과화도	80.0 이상****
나트륨*	100 이하
철*	2.0 이상
비타민 A**	60 이상 또는 200 이상
비타민 B ₁ /비타민 B ₂ ***	80 이상 / 130 이상
비타민 C*	4 이상
사카린나트륨	불검출
타르색소	불검출
대장균군	n=5, c=0, m=0
크로노박터	n= 5, c= 0, m= 0/60 g(평균제품 제외)
바실러스 세레우스	n= 5, c= 0, m= 100

출처: 식품공전

*mg/100 g, **µg RE/100 g 또는 IU/100 g, ***µg/100 g

****곡류, 두류, 서류 등의 가공품 25% 이상함유 분말, 고형제품

3) 영유아용 곡류조제식의 제품 concept

(1) 원료 및 가공측면

- 주원료로서 통곡사용이 제한이 있는 영유아용 곡류조제식에서 면역활성의 증진효과 및 우수 영양성이 검증된 통곡을 원료로 선별, 제품화함으로써, 통곡함유 영유아조제식의 상품 우수성을 제시.
- 영유아용 곡류조제식의 제조방법으로서 전분호화를 증대시키고, 통곡함유 영양소를 확보 하며, 곡물의 풍미를 증진시킬 수 있는 통곡가공방법을 적용함으로써 영양성과 관능성이 제고된 통곡함유 영유아용 곡류조제식의 가공방법과 제조조건 제시.

(2) 영양적 측면: 제품 섭취기준 및 방법

- 개정된 2015년 영양섭취기준은 1~2세(적정 신장과 체중: 84.4 cm, 12.5 kg), 3~5세(적정 신장과 체중: 105.4 cm, 17.4 kg)의 에너지 적정비율(표 72)을 제시. 1-2세의 경우는 두뇌 발달이 중요한 시기로 지방의 권고수준이 다른 연령대에 비해 높으며 두뇌발달에 이점이 있는 다중불포화지방산의 섭취를 강조.

표 72. 영양섭취기준의 에너지 적정비율

	당질(%)	단백질(%)	지방(%)
1-2세	55-65	7-20	25-35
3-5세	55-65	7-20	15-30

- 본 연구의 시제품은 소화가 용이하고 알레르기 반응위험이 낮은 곡류를 원료로 하여, 원료곡류 구성비 중 백미 사용량을 높여 가공과정 중 원료곡류의 호화와 소화가 용이하도록 설계하였음. 그러나 시제품 내 곡류의 구성비가 높음에 따라 통곡원료만으로는 상기 영양소비율을 충족하기 어려움.
- 시판중인 영유아용 곡류조제식의 에너지대비 열량영양소 비율은 평균적으로 당질 : 단백질 : 지방이 67.2% : 11.8% : 21.0%로 나타났음. 대부분의 제품은 당질함량이 높았으며 물에 타서 액상이나 죽 형태로 섭취하도록 되어 있음.
- 본 영유아용 곡류조제식은 1-2세 이상의 연령대에서 사용이 가능하므로 본 제품만의 에너지대비 열량영양소 비율은 당질 : 단백질 : 지방이 64.8% : 12.7% : 22.5%로 나타났음. 본 시제품의 경우일반 이유식용 곡류조제식보다 대상 연령이 높으므로 저지방우유 200 mL와 병행섭취 시 61.1% : 20.3% : 18.6% 정도(표 73)로 에너지 적정비율에 근접하므로 물이나 우유와 함께 사용하도록 제안함.

표 73. 영유아용 곡류조제식 시제품의 에너지대비 열량영양소 비율

	당질(%)	단백질(%)	지방(%)
영유아용 곡류조제식 시제품	64.8	12.7	22.5
영유아용 곡류조제식 시제품 + 저지방우유(200 mL)	61.1	18.6	20.3

- 본 연구의 영유아용 곡류조제식은 영유아 영양섭취기준에 근거하여 열량은 1000-1400 kcal 기준에서 식사 외 간식으로 사용이 가능하므로 간식으로 허용되는 전체 열량의 5-10%기준과 기존 제품을 참고하여 1회 분량을 약 150 kcal로 제조(1회 제공량: 43.3 g) 시 제품 자체로만 물에 타서 섭취하는 방법과 저지방우유 200 mL(72 kcal)와 함께 섭취가 가능함. 또한 물의 사용량을 1/3정도로 줄임으로 숟가락을 이용하여 섭취가 가능하며 이에 정상식으로 이행되는 도구 연습에 도움이 될 수 있음.
- 또한 시제품은 연령별, 기호도별로 섭취량의 조절이 가능하므로 간식 횟수 등을 고려하여 제품의 사용횟수 조정이 가능토록 설계함.

라. 영유아용 시제품의 최적 원료배합비율 결정

- 식품공전에 제시된 영유아용 곡류조제식은 특수용도식품 내 영아용 조제식과 성장기 조제식의 엄격한 권고수준과 달리 이유 및 영양보충이 목적임. 이에 전분질 원료가 주원료이며 영양적인 면에서 조단백질 10.0% 이상, 조지방 5.0% 이상, 알파(α)화도 80.0 이상, 나트륨 100 mg/100 kcal 이하, 철 2.0 mg/100 kcal 이상, 비타민 A 60 μgRE/100 kcal

이상, 비타민 B₁ 80 µg/100 kcal 이상, 비타민 B₂ 130 µg/100 kcal 이상과 비타민 C 4 µg/100 kcal 이상으로 규정되어 있음.

- 영유아용 곡류조제식 시제품의 최적 원료배합비율은 영유아 영양섭취기준의 개별영양소 및 에너지 적정비율을 준수하는 표 74와 같이 결정함.

표 74. 영유아용 곡류조제식 시제품의 원료배합비율

번호	구분	원재료	배합비율(%)
1	곡류	백미	45.2
2		귀리	9.7
3		발아보리	4.8
4		발아현미	4.8
5	영양기능성 강화소재	유청단백	6.5
6		해바라기씨 분말	11.6
7		식물성 크림	6.5
8		멀티 비타민/미네랄 믹스	1.3
9	감미제	프락토올리고당	9.7
합계			100

- 영유아용 곡류조제식 시제품의 원료곡물은 가공적성 연구와 영양기능성을 근거로 소화 가 용이하고 알레르기 발생 가능성이 없는 백미, 귀리와 발아곡류 2종(발아현미, 발아보리)을 사용. 시제품 내 각 원료통곡의 구성비는 최적 영양배합비와 열량기준에 따라 백미 45.2%, 귀리 9.7%, 발아보리와 발아현미를 각각 4.8%로 하고 전체 곡류 구성비를 64.5%로 설정함.
- 본 연구의 시제품은 통곡 원물에서 유래되는 영양성분의 함량이 일정치 않고 가공/유통과정 중 손실이 예상되므로 칼슘, 철분, 비타민 A, 비타민B₁, 비타민B₂, 비타민C의 양을 영유아용 곡류조제식 기준의 1.5배 함량이 되도록 상용 멀티 비타민/미네랄믹스를 첨가하여 조정하였음(표 75).

표 75. 멀티 비타민/미네랄 믹스의 배합비율

번호	영양소	원료 중 비타민/미네랄 유효함량(%)	일일영양소 기준치	배합비(%)
1	칼슘(mg)	32	800	57.99
2	비타민 C(mg)	99	100	24.09
3	비타민 E(mg)	33.5	12	11.24
4	철분(mg)	33	14	1.25
5	나이아신(mg)	99	16	2.85
6	비타민 A(μ g)	97.5	800	1.33
7	아연(mg)	80	10	0.36
8	비타민 B ₆ (mg)	82	1.5	0.23
9	비타민 B ₁ (mg)	78.67	1.2	0.21
10	비타민 B ₂ (mg)	100	1.5	0.18
11	엽산(μ g)	100	400	0.27

- 영유아용 곡류조제식의 영양소 기준규격 및 에너지 적정비율에 의거, 시제품의 단백질함량은 유청단백, 지방질함량 강화는 해바라기씨 분말과 식물성 크림을 사용함. 시제품 내 각 영양성분의 구성비는 유청단백 6.5%, 해바라기씨 분말과 식물성 크림은 각각 11.6 및 6.5%로 하여 기준규격을 준수함. 해바라기씨 분말의 경우 다중불포화지방산의 조성비가 크므로 식물성 크림보다 빠른 지방산패가 우려되나, 영유아식품에서 다중불포화지방산의 우수한 영양기능성을 고려하여 높은 구성비로 설계함.
- 식품공전에 명시된 영유아용 곡류조제식의 기준규격에 의하면 당류를 첨가하는 경우 총 열량의 20%를 넘지 않도록 하되 그 중 설탕의 양은 50%가 초과되지 않아야 함. 본 영유아용 곡류조제식의 경우, 1회 제공량은 약 150 kcal이므로 이에 해당하는 당류의 양은 최대 약 30 kcal로 7.5 g 이하로 조절되어야 함.
- 본 시제품에서는 영유아용 곡류조제식에서 관능특성 보안을 위해 통상적으로 사용되는 설탕을 프락토올리고당(fructo oligo saccharide)으로 대체하여 사용함. 프락토올리고당은 설탕보다 감미도가 낮고 대장 내 미생물의 기질로 작용하여 위장관의 건강을 돕고 장내 pH의 저하로 칼슘흡수를 증가시키는 기능을 가지고 있음. 프락토올리고당은 주관기관인 (주)엄마사랑에서 제공받아 사용함.
- 최적 프락토올리고당 함량은 경기대학교 식품생물공학과 대학원생을 대상으로 프락토올리고당 함량 대비 단맛에 대한 기호도 및 강도를 5점 척도법으로 관능평가하여 결정. 최적 프락토올리고당 함량은 관능평가 패널이 성인이라는 점과 실제 섭취대상이 영유아인 점을 고려하여, 제품 내 당 함유량을 최소화하기 위해 B와 C 농도의 중간 농도인 9.7%로 결정(표 76).

표 76. 시료의 프락토올리고당 함량에 따른 단 맛의 관능평가

	프락토올리고당 농도 (%)	단 맛	
		기호도	강도
A	0	2.00±1.12	1.89±1.05
B	7.2	2.56±0.88	2.33±1.32
C	13.5	3.22±1.86	3.22±1.56
D	19.0	3.89±1.83	4.00±1.73
E	23.8	3.22±1.56	4.78±1.79

- 본 시제품은 대상 연령이 우유섭취가 가능한 연령이므로 영양균형을 위하여 저지방우유와 함께 섭취하도록 설계하고 섭취방법 제시.

마. 영유아용 시제품 제조

- 영유아용 곡류조제식 시제품은 그림 60에 표시한 제조공정에 따라 가공 후 유청단백, 헤바라기씨 분말, 식물성 크림, 비타민/미네랄 믹스 및 프락토올리고당을 첨가, 혼합하여 제조하였음.

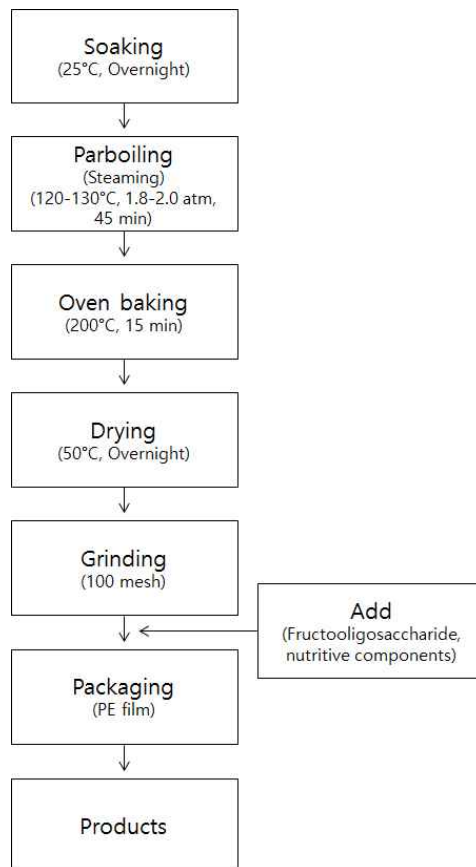


그림 60. 영유아용 곡류조제식 시제품의 최적 제조 공정도

바. 영유아용 곡류조제식 시제품의 규격 검증

- 시제품의 제품규격은 한국기능식품연구원의 식품분석연구센터에 기준항목에 대한 분석 실험을 의뢰하여 기준규격 준수여부를 검증함(그림 61).
- 본 영유아용 곡류조제식 시제품은 전분의 알파화도(80 이상), 아미노산스코어(85 이상), 조단백질함량(5% 이상)을 포함한 영양소관련 기준규격을 충족하였음.
- 한편 대장균 및 크로노박터 검사항목의 경우에는 기준규격에 부합하지 않는 것으로 확인되었는데, 이는 시제품 제조가 연구실의 부적합한 위생환경에서 수행되었기 때문으로 판단됨. 그러나 향후 본 시제품이 주관기관인 (주)엄마사랑의 생산라인을 사용하여 상용화될 시에는 이 같은 미생물오염의 문제점이 해결될 수 있으며 모든 제품기준규격을 충족할 것으로 예상됨.

제 D2018090219 호 문서확인			
시험·검사성적서			
제품명	영유아식	제조일자 (유통기한)	
의뢰인	업체명 경기대학교산학협력단	성명	이준성
	주소 경기도 수원시 영통구 생교산로 154-42 (이외동, 경기대학교)		
제조번호		접수년월일	2018-09-04
검사의뢰목적	참고용	접수번호	D2018090219
<p>귀하가 우리 연구원에 시험·검사의뢰한 결과는 다음과 같습니다.</p> <p>시험·검사 완료일: 2018-09-14 시험·검사 책임자: 이경구 검사관련 총 책임자: 김천희</p>			
시험·검사항목		시험·검사 결과	시험·검사원
아미노산스코어(최스티딘)		99	이주영
아미노산스코어(이소로이신)		159	이주영
아미노산스코어(로이신)		114	이주영
아미노산스코어(라이신)		99	이주영
아미노산스코어(메티오닌+시스틴)		87	이주영
아미노산스코어(메닐알라닌+티로신)		90	이주영
아미노산스코어(트레오닌)		137	이주영
아미노산스코어(트립토판)		86	이주영
아미노산스코어(발린)		122	이주영
아미노산스코어		86	이주영
조단백질(%)		14.13%	김정숙
알파화도(%)		104.35%	허준
태장균군(/g)		4800/g	송세정
크로노박터		양성	송세정
비실리스 새래우스(/g)		0	송세정

제 D2018100164 호 문서확인			
시험·검사성적서			
제품명	영유아식	제조일자 (유통기한)	
의뢰인	업체명 경기대학교산학협력단	성명	이준성
	주소 경기도 수원시 영통구 생교산로 154-42 (이외동, 경기대학교)		
제조번호		접수년월일	2018-10-01
검사의뢰목적	참고용	접수번호	D2018100164
<p>귀하가 우리 연구원에 시험·검사의뢰한 결과는 다음과 같습니다.</p> <p>시험·검사 완료일: 2018-10-10 시험·검사 책임자: 이경구 검사관련 총 책임자: 김천희</p>			
시험·검사항목		시험·검사 결과	시험·검사원
대장균군(/g)		15/g	송세정
크로노박터		양성	송세정
<p>* 위 관장은 의뢰인 시험·검사 항목만을 대상으로 한 것입니다. * 지면이 부족한 경우 시험·검사 및 결과란은 별지로 작성 가능합니다.</p> <p style="text-align: right;">2018년 10월 10일</p> <p style="text-align: center;">한국기능식품연구원</p> <p style="text-align: right;">(사)한국건강기능식품협회 부설 한국기능식품연구원 http://www.khst.re.kr 전화번호 081-560-1628-0400-1</p>			

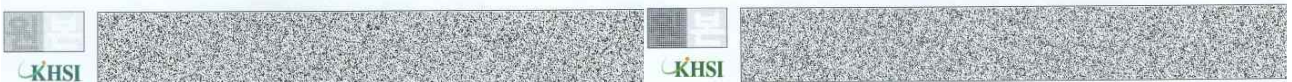


그림 61. 영유아용 곡류조제식 시제품의 규격검증 공인성적서

3-4. 영유아용 시제품의 상용화 연구

가. 영유아용 시제품의 포장재 선정

- 영유아용 시제품은 가공통곡을 주원료로 하는 선식제형으로서 1차 및 2차년도 연구에서 수행 개발한 통곡가공제품(체중조절용 및 당뇨환자용)과 원료 및 제품특성의 관점에서 동일함.

- 이에 따라 본 연구의 영유아용 선식제형 시제품은 현재 (주)엄마사랑의 곡류가공제품에 사용되고 있으며, 기체투과도, 광 투과도, 내흡습성 및 기계적강도가 검증된 동일한 플라스틱 포장필름을 포장재로 선정하고 유통기간 설정실험을 수행함.

나. 영유아용 시제품의 품질지표

- 통곡을 주원료로 하는 영유아용 시제품은 품질지표로서 지방산화에 의한 산패 취 발생과 영양성분 손실을 설정함.
- 이 같은 품질지표 설정은 1차 및 2차년도 연구에서 수행한 통곡가공제품(체중조절용 및 당뇨환자용)의 품질지표 설정연구 결과를 근거로 한 것으로 원료 및 가공방법의 유사성을 고려할 때 타당하다고 판단됨.

다. 영유아용 시제품의 유통기간 설정 연구

1) 지방산패에 의한 유통기간 산출

- 지방산패에 의한 시제품의 유통기간 산출은 지방산패의 지표물질로서 peroxide를 선정하고, 35, 45 및 55°C의 저장온도 별 시간경과에 따라 생성되는 peroxide 농도를 측정하는 온도가속실험법을 사용함.
- 상기 온도가속실험법은 1차 및 2차년도 연구에서 수행한 통곡가공제품(체중조절용 및 당뇨환자용)의 유통기간 설정연구와 동일한 실험방법으로, 포장상태의 시료를 설정 실험온도의 오븐에 저장하면서 시간경과에 따라 생성되는 산화생성물의 농도를 과산화물가(peroxide value)로 측정하였음.
- 저장온도 및 시간에 따른 영유아용 시제품의 과산화물가 측정결과를 그림 62 및 표 77에 표시.

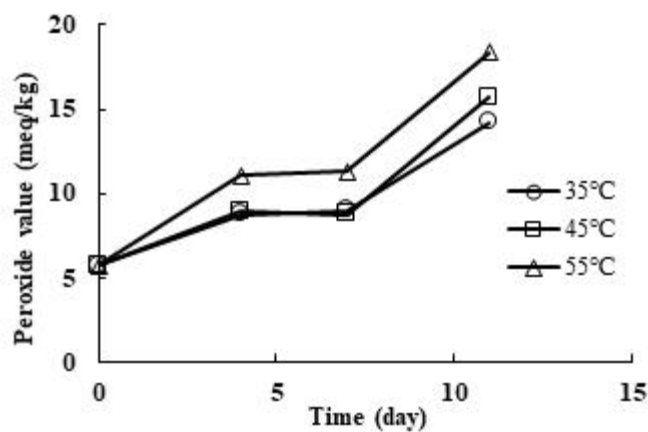


그림 62. 저장시간 및 온도에 따른 영유아용 통곡 시제품의 과산화물가.

표 77. 저장시간 및 온도에 따른 영유아용 통곡시제품의 과산화물가(peroxide value)

시간(day)	과산화물가(meq/kg)		
	35°C	45°C	55°C
0	5.71±0.71	5.71±0.71	5.71±0.71
4	8.73±0.84	8.93±0.71	11.08±0.00
7	8.97±0.43	8.77±0.14	11.29±0.73
11	14.21±0.43	15.72±0.57	18.34±1.43
15	4.84±0.35	5.04±0.35	0.60±0.00
18	0.47±0.12	0.40±0.00	0.47±0.12
22	0.54±0.12	0.67±0.12	0.60±0.00
25	0.40±0.00	0.47±0.12	0.54±0.12

- 영유아용 시제품의 과산화물가는 저장온도와 시간에 따라 증가하여, 55°C의 저장온도에서 가장 높은 증가속도를 나타내었음. 55°C의 저장실험에서 산패 취가 인지되는 임계 과산화물가는 18.34 meq/kg로서, 이는 35°C와 45°C에서도 동일. 시제품의 지방산화는 모든 저장온도에서 실험개시(0 day)부터 임계 과산화물가 도달까지 과산화물가의 증가 양상은 0차 반응을 나타내었음.

$$\text{zero order: } [A] = k \cdot t + [A_0]$$

A; peroxide 농도, A₀; 초기 peroxide 농도(t= 0), t; 저장시간, k; 반응상수

- 각 실험온도에서 시간경과에 따른 시료의 과산화물가를 회귀분석한 결과를 표 78에 표시. 저장온도 35, 45 및 55°C에서 과산화물생성의 반응속도상수(K)는 각각 0.7248, 0.8433, 1.0735로 측정되었음.

표 78. 저장온도별 과산화물생성반응의 속도상수와 선형회귀분석 모델

저장온도 (°C)	반응속도상수(K)	절편	R ²	선형회귀분석 식
35	0.7248	5.4188	0.9133	y= 0.7248x + 5.4188
45	0.8433	5.1443	0.8626	y= 0.8433x + 5.1443
55	1.0735	5.7005	0.9307	y= 1.0735x + 5.7005

- 실제 유통온도에서의 과산화물생성의 반응속도상수는 Arrhenius식을 이용하여 산출.

$$\text{Arrhenius equation: } K = k_0 \cdot e^{-E_a/RT}, \ln K = -(E_a/R)(1/T) + \ln k_0$$

E_a: 활성화 에너지, K: 반응속도, k₀: collision factor

표 79. Arrhenius plot의 parameter 산출치

	저장온도(°C)		
	35	45	55
1/T	0.0033	0.0032	0.0030
Slope(K)	0.7248	0.8433	1.0735
ln K	0.3219	-0.1704	-0.0709

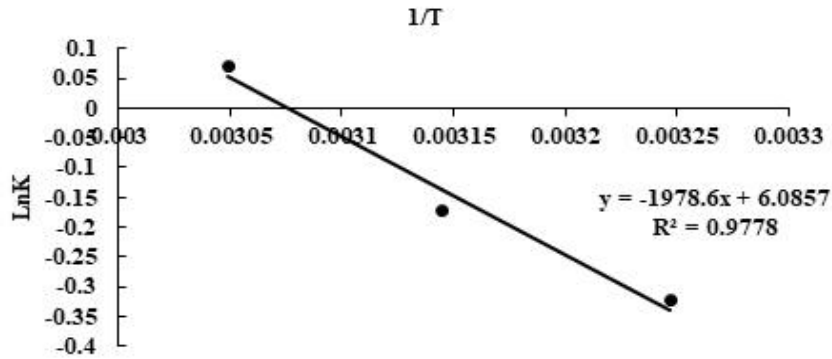


그림 63. 가속저장실험의 Arrhenius plot.

- 시제품의 유통기한 산출을 위하여 실제 예상유통온도는 2014-2016년 기상청자료를 참조하여, 전국 월평균기온을 조사하여 유통기간 산출 온도의 근거로 함. 실온에서 영유아용 곡류조제식 유통 시 1년간 온도별 유통일수는 표 와 같음. 이를 근거로, 각 온도구간에 서의 지방산패 반응속도(K)를 환산하고 과산화물가의 예상 변화량 측정결과 0.69%로 산 출.

표 80. 국내 연간 온도별 예상 유통일수와 과산화물가의 연간변화량

온도(°C)*	T	1/T	LnK	K	연간일수**	연간변화량 (%)***
0	273	0.00366	-1.16192	0.312885	31	9.6994
2.1	275.1	0.00364	-1.10659	0.330683	28	9.2591
7.2	280.2	0.00357	-0.97568	0.376934	31	11.6850
13.3	286.3	0.00349	-0.82523	0.438133	30	13.1440
18.5	291.5	0.00343	-0.70195	0.495618	31	15.3642
22	295	0.00339	-0.62142	0.537182	30	16.1155
25.2	298.2	0.00335	-0.54944	0.577271	31	17.8954
25	298	0.00336	-0.55390	0.574706	31	17.8159
21	294	0.00340	-0.64423	0.525066	30	15.7520
15.2	288.2	0.00347	-0.77967	0.458557	31	14.2153
8.9	281.9	0.00355	-0.93310	0.393332	30	11.8000
2	275	0.00364	-1.10921	0.329820	31	10.2244
누계					365	162.97

*국내 평균 기온(2014~2016년 기상청자료): 전국의 월 평균기온

**설정온도에 해당되는 일수

***예상 연간 일수에서 초기 과산화물가로부터의 변화량

- 영유아용 통곡시제품의 최대 유통기간은 과산화물가 18.34 meq/kg을 이취발생의 임계 과산화물농도로 하였을 때 연중온도 및 25℃에서 각각 28.29 및 21.98일로 산출(표 81). 이에 따라 안전성(safety margin)을 고려한 시제품의 유통기간은 연중온도 및 25℃에서 최대 유통기한에 안전계수 0.8을 곱하여 22.63 및 17.58일로 산출.

표 81. 영유아용 통곡시제품의 유통기한

	초기 과산화물가(A)	임계 하한 과산화물가(B)	변화 량 (B-A)	연간변화량(%) (C)	최대 유통기한 [(B-A)/C]× 365	설정 유통기한*
연중온도	0.90	2.10	1.20	10.69	41.00	32.80
25℃	0.90	2.10	1.20	13.47	32.52	26.02

*최종 예상 유통기한: 최대 산출유통기한×0.8

- 산출한 시제품의 예상 유통기간은 해바라기씨 분말에 함유된 다중불포화지방산의 산패로 인하여 기존 선식제형 곡류제품에 비하여 짧으며, 시제품의 상용화를 위해서는 유통기간의 연장이 필요. 이를 위하여 지방산화 방지를 위한 headspace의 최소화, 질소충진 포장 및 원재료 대체 등이 고려되어야 할 것으로 판단됨.

2) 비타민 C 손실에 의한 유통기간 산출

- 비타민 C 손실에 의한 유통기간설정 실험은 포장상태의 시료를 35, 45, 55℃의 건조오븐에서 저장시간에 따른 비타민 C의 농도를 측정하는 온도가속실험법으로 진행.
- 상기 온도가속실험법은 1차 및 2차년도 연구에서 수행한 통곡가공제품(체중조절용 및 당뇨환자용)의 유통기간 설정연구와 동일한 실험방법으로서, 시료를 각 설정온도의 오븐에 저장하면서 시간경과에 따라 감소하는 비타민 C 함량을 통하여 잔유 비타민 C 함량의 제품규격기준 준수여부로 유통기간 결정. 비타민 C 함량은 AACCB법(76-13)으로 측정(1).
- 저장온도별 비타민 C 손실반응의 속도상수(K)는 회귀분석을 통하여 산출하여, 실제 저장유통온도 범위에서의 유통기간을 Arrhenius식을 사용하여 산출함.
- 저장온도별 비타민 C 손실반응의 속도상수(K)는 회귀분석으로 구하였으며, 실제 저장유통온도 범위에서의 유통기간은 Arrhenius식을 사용하여 예측.
- 영유아용 통곡제품의 비타민 C 함량은 표 82 및 그림 64에 표시. 시료의 비타민 C함량은 설정한 시간 및 온도의 실험 구간에서 감소하지 않았음.

표 82. 저장온도별 시간경과에 따른 영유아용 시제품의 비타민 C 함량

시간 (day)	비타민 C		
	35°C	45°C	55°C
0	2.51 ± 0.10	2.51 ± 0.10	2.51 ± 0.10
4	2.85 ± 0.18	2.77 ± 0.11	3.13 ± 0.99
11	2.87 ± 0.70	2.97 ± 0.62	3.39 ± 0.31
15	2.98 ± 0.17	3.45 ± 0.10	3.00 ± 0.40
22	3.00 ± 0.11	3.37 ± 0.12	3.07 ± 0.22

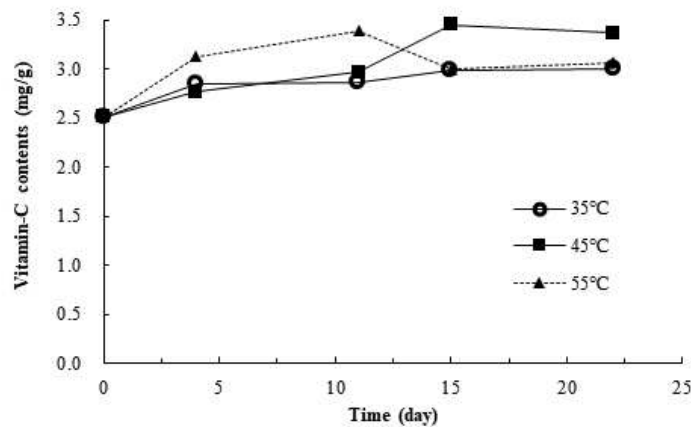


그림 64. 저장온도별 시간경과에 따른 영유아용 통곡시제품의 비타민 C 함량.

- 유통기간 산출을 위하여 지표물질인 비타민 C의 하한 임계함량을 표시기준량인 2.67 mg/g의 80% 수준인 2.14 mg/g으로 설정하여 온도가속실험 진행. 비타민 C의 하한 임계함량은 식품위생법 7조에 명시된 영양성분 표시량과 실제 측정값의 허용오차 범위를 근거하여 설정.
- 한편 동일온도에서 수행한 유지산패 저장실험의 경우 산패 촉가 15일 경과 이전에 발생하는 점을 고려할 때 영유아용 시제품의 유통기한은 비타민 C 손실이 아닌 지방산패에 의해 결정함. 따라서 영유아용 통곡시제품의 최종 유통기한은 과산화물가를 지표물질로 하여 산출한 유통기한으로 결정.

3-5. (위탁)임산수유부용 제품(예상: 유동식 제형)의 위생적 통합생산공정 개발

○ 임산수유부용 제품은 임신과 출산, 수유로 인하여 일반인과 다른 영양요구량을 가진 임산부 및 수유부의 식사 일부 또는 전부를 대신할 목적으로 제조 가공한 것을 말하며(식약처, 식품별 기준 및 규격, 2018) 임신·수유부의 영양 상태는 아기의 성장발육과 건강에 매우 큰 영향을 주는 요인으로 이 시기의 적절한 영양섭취는 무엇보다 중요함(한 등 2017). 이 시기 감염 임신과 분만시의 합병증 선천성기형의 직접적인 원인뿐만 아니라 영양불량과 같은 간접적인 영향에 의하여 태아사망, 저체중아 출산이나 태내 성장지연이 나타날 수 있으므로 임신 수유부기 동안 균형잡힌 영양소를 섭취할 수 있는 식품의 섭취가 필요함((Shah & Sachdev, 2004, 장 등 2012)

○ 현재 국내에서 판매하고 있는 임신수유부식품은 주로 아기엄마와 임신부들이 주로 이용하는 온·오프라인 쇼핑몰과 산후조리원 등에서 판매되고 있으나 이들 제품 중 성분이나 효과가 검증되지 않은 제품들이 특수용도식품처럼 광고하여 판매중(newsinfo, 2014)이고 제품의 종류도 제한적으로 국내 소비자의 요구를 충족시켜 제품영역의 확장을 위해서는 제품의 다양화가 필수사항이며 뿐만 아니라 국내산 농산물을 활용한 제품으로써 위생적 생산 체계의 개발이 필요함

<p>10-8 임신 수유부용 식품</p> <p>1) 정의 임산 수유부용식품이라 함은 임신과 출산, 수유로 인하여 일반인과 다른 영양요구량을 가진 임신부 및 수유부의 식사 일부 또는 전부를 대신할 목적으로 제조·가공한 것을 말한다.</p> <p>2) 원료 등의 구비요건</p> <p>3) 제조·가공기준</p> <p>1) 임신 수유부의 식사 전부 또는 일부를 대신하기 위해 첨가하는 비타민류, 무기질류 등은 제품 중에 균일하게 혼합하여야 한다. 2) 임신 수유부의 한국인 영양섭취기준을 기준으로 하여 원료식품을 조합하고 영양성분을 첨가하여야 하며, 해당 제품이 1일 또는 1회 제공하는 영양성분 함량을 적절하게 조절한다.</p> <p>4) 식품유형</p> <p>5) 규격</p> <p>1) 수분(%) : 100 이하(분말, 고형제품에 한한다) 2) 영양성분(%) : 표시량 이상이어야 한다. 3) 대장균군 : $n=5, c=0, m=0$ 4) 세균수 : $n=5, c=1, m=10, M=100$(역상제품에 한한다) 5) 타르색소 : 검출되어서는 아니 된다.</p> <p>6) 시험방법</p> <p>1) 수분 제7. 일반시험법 2. 식품성분시험법 2.1.1 수분에 따라 시험한다.</p> <p>2) 영양소 제7. 일반시험법 2. 식품성분시험법 및 2.2 미량영양성분시험법에 따라 시험한다.</p> <p>3) 대장균군 제7. 일반시험법 4. 미생물시험법 4.7 대장균군에 따라 시험한다.</p> <p>4) 세균수 제7. 일반시험법 4. 미생물시험법 4.5.1 일반세균수에 따라 시험한다.</p> <p>5) 타르색소 제7. 일반시험법 3.4 착색료에 따라 시험한다.</p>
--

출처: 식약처, 식품별 기준 및 규격, 2018

○ 따라서 임신수유부제품시장을 확대하기 위해서는 임신수유부의 균형잡힌 영양섭취를 도울 수 있는 formulation 기술, 저온살균, 포장 등 전 과정을 통합하는 공정의 개발과 영양소를 보존할 수 있는 새로운 조리 및 가공기술을 개발·적용하여야 함.

○ 본 연구기관에서는 시중에 판매 중인 임신수유부용 제품을 분석하고 도출된 문제점을 보완할 수 있는 새로운 임신수유부용 제품을 개발하고, 상업화를 위한 통합 공정을 제시하고자 함

가. 기존 판매 제품 분석

○ 기존 국내 판매중인 임신수유부용 제품에 대한 분석을 앞서 실시하였음

○ 식품의 유형으로써 임신·수유부용식품 제품과 임신수유부용 제품으로 광고되어 판매중인 제품의 표시내용과 제조회사 홈페이지를 참고하여 제품명, 사진, 제품재료 및 배합비 및 기타 사항을 조사함.

1) 국내외 임신수유부 제품 조사

○ 현재 국내에서 식품의 유형이 임신수유부용 식품으로 표시되어 판매되고 있는 제품과 임신

수유부를 위한 제품들로 홍보되고 있는 국내외제품을 조사하여 아래 표에 제시하였음

표 83. 국내 임신수유부용 식품(식품의 유형: 임신수유부용 식품)

사진																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
제품명	엡소맘 건강한국물 (20g*15본)	엡소맘 건강한국물 (20g*15본)	베지밀 건강맘(190 ml)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
식품의유형	임산수유부용 식품	임산수유부용 식품	임산수유부용 식품																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
제조사	매일유업	매일유업	정식품, 유통기한 7개월																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
원재료 및 함량	<p>오곡분말 40%(곡산/보리 70%, 현미 20%, 찹쌀현미 5%, 수수 3%, 조 2%), 탈지분유(국산), 정백당, 텍스트린, 제삼인산칼슘, 난소화성말토덱스트린, 수용성혼합비타민(L-아스코르빈산나트륨, 구연산삼나트륨, 구연산, 텍스트린, 영양강화제), DHA분말, 탄산칼슘, 피로인산제이철혼합제제(텍스트린, 피로인산제이철, 아라비아검), 인산철, 비타민E혼합제제(DL-α-토코페릴아세테이트, 변성전분, 말토덱스트린), 산화아연, 비타민A혼합제제(텍스트린, 아라비아검, 옥수수전분, 비타민A아세테이트, DL-α-토코페롤), 비타민D3혼합제제(자당, 아라비아검, 옥수수전분, MCT유, 비타민D3, DL-α-토코페롤), 비타민K1혼합제제(비타민K1, 자당, 아라비아검), 영양강화제</p>	<p>탈지분유(국산), 정백당, 코코아분말 10%(네덜란드산), 전지분유(뉴질랜드산), 치커리식이섬유, 난소화성말토덱스트린, 수용성혼합비타민(L-아스코르빈산나트륨, 구연산삼나트륨, 구연산, 텍스트린, 영양강화제), DHA분말, 피로인산제이철혼합제제(텍스트린, 피로인산제이철, 아라비아검), 인산철, 비타민E혼합제제(DL-α-토코페릴아세테이트, 변성전분, 말토덱스트린), 산화아연, 비타민A혼합제제(텍스트린, 아라비아검, 옥수수전분, 비타민A아세테이트, DL-α-토코페롤), 비타민D3혼합제제(자당, 아라비아검, 옥수수전분, MCT유, 비타민D3, DL-α-토코페롤), 영양강화제</p>	<p>두유액86%[대두고형분7%이상, 대두-외국산(미국, 캐나다, 호주 등)], 검은콩추출액6%(고형분7%이상, 검은콩-국산), 코코넛 밀크(태국산)</p>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
영양성분표	<table border="1"> <thead> <tr> <th>성분</th> <th>단위</th> <th>1회제공량</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>열량</td><td>kcal</td><td>60</td></tr> <tr><td>탄수화물</td><td>g</td><td>13</td></tr> <tr><td>식이섬유</td><td>g</td><td>1.2</td></tr> <tr><td>당류</td><td>g</td><td>5</td></tr> <tr><td>단백질</td><td>g</td><td>2.2</td></tr> <tr><td>지방</td><td>g</td><td>0.2</td></tr> <tr><td>포화지방</td><td>g</td><td>0.04</td></tr> <tr><td>트랜스지방</td><td>g</td><td>0</td></tr> <tr><td>콜레스테롤</td><td>mg</td><td>1</td></tr> <tr><td>나트륨</td><td>mg</td><td>35</td></tr> <tr><td>비타민A</td><td>μg RE</td><td>288</td></tr> <tr><td>비타민D</td><td>μg</td><td>2.5</td></tr> <tr><td>비타민E</td><td>μg</td><td>3.3</td></tr> <tr><td>비타민B₁</td><td>mg</td><td>0.4</td></tr> <tr><td>비타민B₂</td><td>mg</td><td>0.43</td></tr> <tr><td>비타민B₆</td><td>mg</td><td>0.55</td></tr> <tr><td>비타민B₁₂</td><td>μg</td><td>0.65</td></tr> <tr><td>비타민C</td><td>mg</td><td>3.4</td></tr> <tr><td>엽산</td><td>μg DFE</td><td>150</td></tr> <tr><td>나이아신</td><td>mg NE</td><td>4.5</td></tr> <tr><td>비오틴</td><td>μg</td><td>8.75</td></tr> <tr><td>판토텐산</td><td>mg</td><td>1.75</td></tr> <tr><td>칼슘</td><td>mg</td><td>220</td></tr> <tr><td>인</td><td>mg</td><td>140</td></tr> <tr><td>철</td><td>mg</td><td>6</td></tr> <tr><td>아연</td><td>mg</td><td>2.6</td></tr> <tr><td>DHA</td><td>mg</td><td>4</td></tr> </tbody> </table>	성분	단위	1회제공량	열량	kcal	60	탄수화물	g	13	식이섬유	g	1.2	당류	g	5	단백질	g	2.2	지방	g	0.2	포화지방	g	0.04	트랜스지방	g	0	콜레스테롤	mg	1	나트륨	mg	35	비타민A	μ g RE	288	비타민D	μ g	2.5	비타민E	μ g	3.3	비타민B ₁	mg	0.4	비타민B ₂	mg	0.43	비타민B ₆	mg	0.55	비타민B ₁₂	μ g	0.65	비타민C	mg	3.4	엽산	μ g DFE	150	나이아신	mg NE	4.5	비오틴	μ g	8.75	판토텐산	mg	1.75	칼슘	mg	220	인	mg	140	철	mg	6	아연	mg	2.6	DHA	mg	4	<table border="1"> <thead> <tr> <th>성분</th> <th>단위</th> <th>1회제공량</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>열량</td><td>kcal</td><td>60</td></tr> <tr><td>탄수화물</td><td>g</td><td>12</td></tr> <tr><td>식이섬유</td><td>g</td><td>1.2</td></tr> <tr><td>당류</td><td>g</td><td>6</td></tr> <tr><td>단백질</td><td>g</td><td>2.2</td></tr> <tr><td>지방</td><td>g</td><td>0.4</td></tr> <tr><td>포화지방</td><td>g</td><td>0.15</td></tr> <tr><td>트랜스지방</td><td>g</td><td>0</td></tr> <tr><td>콜레스테롤</td><td>mg</td><td>3</td></tr> <tr><td>나트륨</td><td>mg</td><td>40</td></tr> <tr><td>비타민A</td><td>μg RE</td><td>288</td></tr> <tr><td>비타민D</td><td>μg</td><td>2.5</td></tr> <tr><td>비타민E</td><td>μg</td><td>3.3</td></tr> <tr><td>비타민B₁</td><td>mg</td><td>0.4</td></tr> <tr><td>비타민B₂</td><td>mg</td><td>0.43</td></tr> <tr><td>비타민B₆</td><td>mg</td><td>0.55</td></tr> <tr><td>비타민B₁₂</td><td>μg</td><td>0.65</td></tr> <tr><td>비타민C</td><td>mg</td><td>3.4</td></tr> <tr><td>엽산</td><td>μg DFE</td><td>150</td></tr> <tr><td>나이아신</td><td>mg NE</td><td>4.5</td></tr> <tr><td>비오틴</td><td>μg</td><td>8.75</td></tr> <tr><td>판토텐산</td><td>mg</td><td>1.75</td></tr> <tr><td>칼슘</td><td>mg</td><td>220</td></tr> <tr><td>인</td><td>mg</td><td>140</td></tr> <tr><td>철</td><td>mg</td><td>6</td></tr> <tr><td>아연</td><td>mg</td><td>2.6</td></tr> <tr><td>DHA</td><td>mg</td><td>4</td></tr> </tbody> </table>	성분	단위	1회제공량	열량	kcal	60	탄수화물	g	12	식이섬유	g	1.2	당류	g	6	단백질	g	2.2	지방	g	0.4	포화지방	g	0.15	트랜스지방	g	0	콜레스테롤	mg	3	나트륨	mg	40	비타민A	μ g RE	288	비타민D	μ g	2.5	비타민E	μ g	3.3	비타민B ₁	mg	0.4	비타민B ₂	mg	0.43	비타민B ₆	mg	0.55	비타민B ₁₂	μ g	0.65	비타민C	mg	3.4	엽산	μ g DFE	150	나이아신	mg NE	4.5	비오틴	μ g	8.75	판토텐산	mg	1.75	칼슘	mg	220	인	mg	140	철	mg	6	아연	mg	2.6	DHA	mg	4	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">성분</th> <th rowspan="2">단위</th> <th rowspan="2">1회 제공량</th> <th colspan="3">%영양성분 기준치(e)</th> </tr> <tr> <th>가임기</th> <th>임신부</th> <th>수유부</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>열량</td><td>kcal</td><td>110</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>탄수화물</td><td>g</td><td>9.5</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>식이섬유</td><td>g</td><td>1.2</td><td>6</td><td>5</td><td>5</td></tr> <tr><td>당류</td><td>g</td><td>5</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>단백질</td><td>g</td><td>6</td><td>13</td><td>8~9</td><td>9</td></tr> <tr><td>지방</td><td>g</td><td>5</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>포화지방</td><td>g</td><td>1.5</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>트랜스지방</td><td>g</td><td>0</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>콜레스테롤</td><td>mg</td><td>0</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>나트륨</td><td>mg</td><td>90</td><td>6</td><td>6</td><td>6</td></tr> <tr><td>비타민B₁</td><td>μg</td><td>0.2</td><td>18</td><td>13</td><td>13</td></tr> <tr><td>비타민B₂</td><td>mg</td><td>0.2</td><td>17</td><td>13</td><td>13</td></tr> <tr><td>비타민B₆</td><td>mg</td><td>0.4</td><td>29</td><td>18</td><td>18</td></tr> <tr><td>비타민B₁₂</td><td>mg</td><td>18</td><td>18</td><td>16</td><td>13</td></tr> <tr><td>비타민C</td><td>μg</td><td>2.5</td><td>50</td><td>25</td><td>25</td></tr> <tr><td>비타민D₃</td><td>μg</td><td>2.5</td><td>50</td><td>25</td><td>25</td></tr> <tr><td>엽산</td><td>μg DFE</td><td>120</td><td>30</td><td>20</td><td>22</td></tr> <tr><td>나이아신</td><td>mg NE</td><td>2.5</td><td>18</td><td>14</td><td>13</td></tr> <tr><td>비오틴</td><td>μg</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>판토텐산</td><td>mg</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>칼슘</td><td>mg</td><td>200</td><td>31</td><td>22</td><td>20</td></tr> <tr><td>인</td><td>mg</td><td>80</td><td>11</td><td>11</td><td>11</td></tr> <tr><td>철</td><td>mg</td><td>3</td><td>21</td><td>13</td><td>21</td></tr> <tr><td>아연</td><td>mg</td><td>2.6</td><td>33</td><td>25</td><td>20</td></tr> <tr><td>DHA</td><td>mg</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>	성분	단위	1회 제공량	%영양성분 기준치(e)			가임기	임신부	수유부	열량	kcal	110				탄수화물	g	9.5				식이섬유	g	1.2	6	5	5	당류	g	5				단백질	g	6	13	8~9	9	지방	g	5				포화지방	g	1.5				트랜스지방	g	0				콜레스테롤	mg	0				나트륨	mg	90	6	6	6	비타민B ₁	μ g	0.2	18	13	13	비타민B ₂	mg	0.2	17	13	13	비타민B ₆	mg	0.4	29	18	18	비타민B ₁₂	mg	18	18	16	13	비타민C	μ g	2.5	50	25	25	비타민D ₃	μ g	2.5	50	25	25	엽산	μ g DFE	120	30	20	22	나이아신	mg NE	2.5	18	14	13	비오틴	μ g					판토텐산	mg					칼슘	mg	200	31	22	20	인	mg	80	11	11	11	철	mg	3	21	13	21	아연	mg	2.6	33	25	20	DHA	mg				
성분	단위	1회제공량																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
열량	kcal	60																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
탄수화물	g	13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
식이섬유	g	1.2																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
당류	g	5																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
단백질	g	2.2																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
지방	g	0.2																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
포화지방	g	0.04																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
트랜스지방	g	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
콜레스테롤	mg	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
나트륨	mg	35																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
비타민A	μ g RE	288																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
비타민D	μ g	2.5																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
비타민E	μ g	3.3																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
비타민B ₁	mg	0.4																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
비타민B ₂	mg	0.43																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
비타민B ₆	mg	0.55																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
비타민B ₁₂	μ g	0.65																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
비타민C	mg	3.4																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
엽산	μ g DFE	150																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
나이아신	mg NE	4.5																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
비오틴	μ g	8.75																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
판토텐산	mg	1.75																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
칼슘	mg	220																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
인	mg	140																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
철	mg	6																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
아연	mg	2.6																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
DHA	mg	4																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
성분	단위	1회제공량																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
열량	kcal	60																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
탄수화물	g	12																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
식이섬유	g	1.2																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
당류	g	6																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
단백질	g	2.2																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
지방	g	0.4																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
포화지방	g	0.15																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
트랜스지방	g	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
콜레스테롤	mg	3																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
나트륨	mg	40																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
비타민A	μ g RE	288																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
비타민D	μ g	2.5																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
비타민E	μ g	3.3																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
비타민B ₁	mg	0.4																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
비타민B ₂	mg	0.43																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
비타민B ₆	mg	0.55																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
비타민B ₁₂	μ g	0.65																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
비타민C	mg	3.4																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
엽산	μ g DFE	150																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
나이아신	mg NE	4.5																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
비오틴	μ g	8.75																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
판토텐산	mg	1.75																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
칼슘	mg	220																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
인	mg	140																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
철	mg	6																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
아연	mg	2.6																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
DHA	mg	4																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
성분	단위	1회 제공량	%영양성분 기준치(e)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
			가임기	임신부	수유부																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
열량	kcal	110																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
탄수화물	g	9.5																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
식이섬유	g	1.2	6	5	5																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
당류	g	5																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
단백질	g	6	13	8~9	9																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
지방	g	5																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
포화지방	g	1.5																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
트랜스지방	g	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
콜레스테롤	mg	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
나트륨	mg	90	6	6	6																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
비타민B ₁	μ g	0.2	18	13	13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
비타민B ₂	mg	0.2	17	13	13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
비타민B ₆	mg	0.4	29	18	18																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
비타민B ₁₂	mg	18	18	16	13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
비타민C	μ g	2.5	50	25	25																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
비타민D ₃	μ g	2.5	50	25	25																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
엽산	μ g DFE	120	30	20	22																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
나이아신	mg NE	2.5	18	14	13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
비오틴	μ g																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
판토텐산	mg																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
칼슘	mg	200	31	22	20																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
인	mg	80	11	11	11																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
철	mg	3	21	13	21																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
아연	mg	2.6	33	25	20																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
DHA	mg																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									

○ 시중에 유통되고 있는 국내제품들로 현재 구입가능한 제품은 총 3종으로 액상두유제형의 베지밀 건강맘과 물 또는 우유에 타먹는 분말제형의 스틱제품으로 매일유업에서 출시되고 있었음

○ 분말제품은 주재료로 곡류분말 및 탈지분유로 주원료에 영양강화제를 첨가한 형태였으며 두유는 두유 추출액이 주원료로 3종 모두 마시는 형태의 제품들임

○ 분말제품은 1포(20 g)당 60 kcal, 두유제품은 한팩(190 ml)당 110 kcal로 철분등의 영양밸런스를 맞추어 설계됨을 강조함

표 84. 국내 임신수유부를 위한 식품으로 홍보되어지고 있는 제품

사진																																																																																																																																																																									
제품명	맘엔맘엔1 임신초기	이지맘스텝1(500mg*30캡슐)	맘스마일 비타민&엽산 젤리 '포도'	엠플맘 식이섭유주스	엄마사랑																																																																																																																																																																				
식품의 유형	건강기능식품	건강기능식품	캔디류	과채주스	추출가공식품(살균제품), 제조일로부터 1년																																																																																																																																																																				
제조사	뉴트리바이오텍	이지바이오메드	매일유업	매일유업	보생																																																																																																																																																																				
원재료 및 함량	비타민C, 건조효모(셀렌 함유), DL-알파-토코페릴초산 염 혼합제제(DL-알파-토코페릴초산염, 말토택스트린, 변성전분, 이산화규소), 니코틴산아미드, 산화아연, 레몬추출분말, 판토텐산칼슘, 황산망간, 비타민B6엽산염, 비타민D3혼합제제(아라비아검, 수크로오스, 옥수수전분, 중쇄중성지방, 이산화규소, 비타민D3, DL-알파-토코페롤, 비오틴혼합분말(결정셀룰로오스, 비오틴), 비타민B1엽산염, 비타민B2, 비타민B12혼합제제(제이인산칼슘, 비타민B12), 해조분말, 산화마그네슘, 결정셀룰로오스, 이소말트, 스테아린산마그네슘, 이산화규소, 히드록시프로필메틸셀룰로오스, 글리세린	건조효모(비타민D 함유, 에스토니아산), 레몬추출물분말(엽산 함유, 인도산), 텍스트린, 결정셀룰로오스, 해조분말(아일랜드산), 자당지방산에스테르, 5종혼합유산균(텍스트린, lactobacillus acidophilus casei, lactobacillus plantarum, Bifidobacterium bifidum, Bifidobacterium animalis ssp. Lactis)	설탕, 프락토올리고당, 포도농축과즙(국산, 10%), 젤라틴, 비타민C(비타민C로 2.7%), 구연산, MCT유(말레이시아산), 효소처리스테비아, 생강농축액, 비타민B6 엽산염(비타민B6로 0.01%), 비타민B1으로 0.008%), 엽산(엽산으로 0.007%), 돼지고기 함유	정제수, 오렌지농축과즙(오렌지 과즙으로 100%, 스페인산), 난소화성말토택스트린, L-아스코르빈산나트륨	돈족 33%, 호박, 대추, 팔(적소두), 생강, 천궁, 들깨, 강화쑥, 당귀, 숙지황, 감초, 차조기, 박하, 쑥, 연잎, 삼백초, 익모초, 다시마, 맥문동, 배조향, 민들레, 정제수																																																																																																																																																																				
영양성분표	<table border="1"> <thead> <tr> <th>성분</th> <th>단위</th> <th>1일 섭취량(2회)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>열량</td><td>kcal</td><td>0</td></tr> <tr><td>탄수화물</td><td>g</td><td>0</td></tr> <tr><td>단백질</td><td>g</td><td>0</td></tr> <tr><td>지방</td><td>g</td><td>0</td></tr> <tr><td>나트륨</td><td>mg</td><td>0</td></tr> <tr><td>비타민B1</td><td>mg</td><td>2.1</td></tr> <tr><td>비타민B2</td><td>mg</td><td>2.4</td></tr> <tr><td>비타민B6</td><td>mg</td><td>4.4</td></tr> <tr><td>비타민B12</td><td>mg</td><td>2.6</td></tr> <tr><td>비타민C</td><td>mg</td><td>110</td></tr> <tr><td>비타민D3</td><td>mg</td><td>10.1</td></tr> <tr><td>비타민E</td><td>mg</td><td>12</td></tr> <tr><td>판토텐산</td><td>mg</td><td>18</td></tr> <tr><td>엽산</td><td>mg</td><td>600</td></tr> <tr><td>비오틴</td><td>mg</td><td>30</td></tr> <tr><td>셀렌</td><td>mg</td><td>64</td></tr> <tr><td>아연</td><td>mg</td><td>3.5</td></tr> <tr><td>망간</td><td>mg</td><td>3.5</td></tr> <tr><td>몰리브덴</td><td>mg</td><td>3.5</td></tr> <tr><td>마그네슘</td><td>mg</td><td>65</td></tr> </tbody> </table>	성분	단위	1일 섭취량(2회)	열량	kcal	0	탄수화물	g	0	단백질	g	0	지방	g	0	나트륨	mg	0	비타민B1	mg	2.1	비타민B2	mg	2.4	비타민B6	mg	4.4	비타민B12	mg	2.6	비타민C	mg	110	비타민D3	mg	10.1	비타민E	mg	12	판토텐산	mg	18	엽산	mg	600	비오틴	mg	30	셀렌	mg	64	아연	mg	3.5	망간	mg	3.5	몰리브덴	mg	3.5	마그네슘	mg	65	<table border="1"> <thead> <tr> <th>성분</th> <th>단위</th> <th>1회제공량 (2개 5g)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>열량</td><td>kcal</td><td>15</td></tr> <tr><td>탄수화물</td><td>g</td><td>3</td></tr> <tr><td>단백질</td><td>g</td><td>0</td></tr> <tr><td>지방</td><td>g</td><td>0.1</td></tr> <tr><td>콜레스테롤</td><td>mg</td><td>0</td></tr> <tr><td>나트륨</td><td>mg</td><td>0</td></tr> <tr><td>비타민B1</td><td>mg</td><td>0.4</td></tr> <tr><td>비타민B6</td><td>mg</td><td>0.5</td></tr> <tr><td>비타민C</td><td>mg</td><td>135</td></tr> <tr><td>엽산</td><td>μgDFE</td><td>600</td></tr> </tbody> </table>	성분	단위	1회제공량 (2개 5g)	열량	kcal	15	탄수화물	g	3	단백질	g	0	지방	g	0.1	콜레스테롤	mg	0	나트륨	mg	0	비타민B1	mg	0.4	비타민B6	mg	0.5	비타민C	mg	135	엽산	μgDFE	600	<table border="1"> <thead> <tr> <th>성분</th> <th>단위</th> <th>1회제공량 (2개 5g)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>열량</td><td>kcal</td><td>15</td></tr> <tr><td>탄수화물</td><td>g</td><td>3</td></tr> <tr><td>단백질</td><td>g</td><td>0</td></tr> <tr><td>지방</td><td>g</td><td>0.1</td></tr> <tr><td>콜레스테롤</td><td>mg</td><td>0</td></tr> <tr><td>나트륨</td><td>mg</td><td>0</td></tr> <tr><td>비타민B1</td><td>mg</td><td>0.4</td></tr> <tr><td>비타민B6</td><td>mg</td><td>0.5</td></tr> <tr><td>비타민C</td><td>mg</td><td>135</td></tr> <tr><td>엽산</td><td>μgDFE</td><td>600</td></tr> </tbody> </table>	성분	단위	1회제공량 (2개 5g)	열량	kcal	15	탄수화물	g	3	단백질	g	0	지방	g	0.1	콜레스테롤	mg	0	나트륨	mg	0	비타민B1	mg	0.4	비타민B6	mg	0.5	비타민C	mg	135	엽산	μgDFE	600	<table border="1"> <thead> <tr> <th>성분</th> <th>단위</th> <th>1회제공량 (1팩 200ml)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>열량</td><td>kcal</td><td>110</td></tr> <tr><td>탄수화물</td><td>g</td><td>29</td></tr> <tr><td>식이섬유</td><td>g</td><td>5</td></tr> <tr><td>단백질</td><td>g</td><td>0</td></tr> <tr><td>지방</td><td>g</td><td>0.5</td></tr> <tr><td>포화지방</td><td>g</td><td>0</td></tr> <tr><td>트랜스지방</td><td>g</td><td>0</td></tr> <tr><td>콜레스테롤</td><td>mg</td><td>0</td></tr> <tr><td>나트륨</td><td>mg</td><td>45</td></tr> <tr><td>당류</td><td>g</td><td>20</td></tr> <tr><td>비타민C</td><td>mg</td><td>35</td></tr> </tbody> </table>	성분	단위	1회제공량 (1팩 200ml)	열량	kcal	110	탄수화물	g	29	식이섬유	g	5	단백질	g	0	지방	g	0.5	포화지방	g	0	트랜스지방	g	0	콜레스테롤	mg	0	나트륨	mg	45	당류	g	20	비타민C	mg	35
성분	단위	1일 섭취량(2회)																																																																																																																																																																							
열량	kcal	0																																																																																																																																																																							
탄수화물	g	0																																																																																																																																																																							
단백질	g	0																																																																																																																																																																							
지방	g	0																																																																																																																																																																							
나트륨	mg	0																																																																																																																																																																							
비타민B1	mg	2.1																																																																																																																																																																							
비타민B2	mg	2.4																																																																																																																																																																							
비타민B6	mg	4.4																																																																																																																																																																							
비타민B12	mg	2.6																																																																																																																																																																							
비타민C	mg	110																																																																																																																																																																							
비타민D3	mg	10.1																																																																																																																																																																							
비타민E	mg	12																																																																																																																																																																							
판토텐산	mg	18																																																																																																																																																																							
엽산	mg	600																																																																																																																																																																							
비오틴	mg	30																																																																																																																																																																							
셀렌	mg	64																																																																																																																																																																							
아연	mg	3.5																																																																																																																																																																							
망간	mg	3.5																																																																																																																																																																							
몰리브덴	mg	3.5																																																																																																																																																																							
마그네슘	mg	65																																																																																																																																																																							
성분	단위	1회제공량 (2개 5g)																																																																																																																																																																							
열량	kcal	15																																																																																																																																																																							
탄수화물	g	3																																																																																																																																																																							
단백질	g	0																																																																																																																																																																							
지방	g	0.1																																																																																																																																																																							
콜레스테롤	mg	0																																																																																																																																																																							
나트륨	mg	0																																																																																																																																																																							
비타민B1	mg	0.4																																																																																																																																																																							
비타민B6	mg	0.5																																																																																																																																																																							
비타민C	mg	135																																																																																																																																																																							
엽산	μgDFE	600																																																																																																																																																																							
성분	단위	1회제공량 (2개 5g)																																																																																																																																																																							
열량	kcal	15																																																																																																																																																																							
탄수화물	g	3																																																																																																																																																																							
단백질	g	0																																																																																																																																																																							
지방	g	0.1																																																																																																																																																																							
콜레스테롤	mg	0																																																																																																																																																																							
나트륨	mg	0																																																																																																																																																																							
비타민B1	mg	0.4																																																																																																																																																																							
비타민B6	mg	0.5																																																																																																																																																																							
비타민C	mg	135																																																																																																																																																																							
엽산	μgDFE	600																																																																																																																																																																							
성분	단위	1회제공량 (1팩 200ml)																																																																																																																																																																							
열량	kcal	110																																																																																																																																																																							
탄수화물	g	29																																																																																																																																																																							
식이섬유	g	5																																																																																																																																																																							
단백질	g	0																																																																																																																																																																							
지방	g	0.5																																																																																																																																																																							
포화지방	g	0																																																																																																																																																																							
트랜스지방	g	0																																																																																																																																																																							
콜레스테롤	mg	0																																																																																																																																																																							
나트륨	mg	45																																																																																																																																																																							
당류	g	20																																																																																																																																																																							
비타민C	mg	35																																																																																																																																																																							

○ 식품의 유형이 임신·수유부용식품이 아니지만 임신수유부용 제품으로 홍보되고 있는 제품들을 살펴보면 제품의 유형은 건강기능식품, 캔디류, 과채주스, 추출가공식품 등 다양하였으며 영양강화제를 첨가하였거나 원재료 구성성분으로 임신부 수유부에 좋다고 알려진 식재료들을 사용한 제품들이었음

○ 국외제품들은 국내 임신수유부용 제품과 비슷하게 분말 형태 또는 음료형태 그리고 시리얼 바형태등이 조사되었음

표 85. 국외 임신수유부용 제품

			
제품명	Annum Materna Less Sugar Milk (for pregnancy and pregnant) Original - Doy Pack (7 sticks x 36gm)	Similac® Mom	freyda's feeding food
제조사	Annum	Abbott	freyda's pantry

○ 결론적으로 현재 판매하고 있는 임신수유부식품은 다양한 제품들을 실질적으로 구입하기에 시장이 좁고 국내 소비자 및 국외바이어로부터 요구를 충족하기 위해서는 제품의 다양화가 필수사항임. 뿐만 아니라 국내산 농산물을 활용하여 개발 및 개발 예정 제품의 사업성 확보 및 수요를 충족할 수 있는 위생적 생산 체계의 통합공정개발이 필요하다고 판단되었음.

2) 임신수유부용 제품의 이화학 및 관능적 평가

○ 제품개발에 앞서, 조사 된 국내에서 판매되고 있는 대표적인 임신수유부를 위한 제품에 대한 이화학 및 관능적 평가를 실시하였음

(1) 실험방법

○ 염도: 염도계(YK-31SA salt meter, Lutron Electronics Co., Inc, USA)를 이용하여 측정하며 용출된 측정값이 변화가 없는 시점까지 관찰함

○ pH: pH는 시료 10 g을 10배 희석하여 30분 진탕한 후 상등액 부분을 pH meter(Orion 4 star, Thermo Scientific, USA)로 3회 반복 측정하여 그 평균값과 표준편차로 표기하였음

○ 당도: 당도는 시료 10 g을 10배 희석하여 30분간 진탕한 후 상등액을 부분을 굴절당도계(HI 96801. HANNA. USA)로 25℃에서 3회 반복 측정하여 그 평균값과 표준편차를 °Brix 표기하였음.

○ 색도: 시료의 색도는 색차계(CM-3500d. Minolta Co., Japan)를 이용하여 Hunter's color value의 L(lightness), a(redness), b(yellowness)값으로 3회 반복 측정하여 그 평균값과 표준편차로 표기하였다. 이때 사용된 표준 백색판은 L=89.19, a=1.37, b=-7.40 이었음.

○ 수분 함량: 시료의 수분 함량은 105℃에서 적외선 수분 측정기(Moisture Analyzer BMA H150. BOECO. Germany)를 이용하여 3회 반복하여 수분을 측정하여 그 평균값과 표준 편차로 표기하였음.

○ 관능평가: 관능평가 패널로는 차의과학대학교 대학원생 10명을 대상으로 시제품의 관능적 특성은 외관, 맛, 향, 텍스처, 전체적 기호도에 대하여 평가하도록 하였음. 평가 시료에 대해 특성평가는 모두 9점 척도를 사용하여 평가하도록 하였음. 평가 시 1점으로 갈수록 특성의 강도가 약해지고, 9점으로 갈수록 특성의 강도가 강해지는 것을 나타내는 것으로 하였으며 평가하는 동안 입을 헹굴 수 있도록 정수물을 제시함.

(2) 실험결과

○ 시중제품들 분석결과, 분말형 제품들은 수분함량 4.65±0.50%, 5.31±0.13% 수준을 나타내었고 액상제형 제품들은 88.27±0.51%, 84.983%로 측정됨

○ pH는 약 6.32~7.17 범위였고 식이섬유 주스는 다른 3제품과는 다르게 제품유형이 과채주스로서 오렌지농축과즙(오렌지과즙으로 100%, 의 원재료 및 함량으로 약 3.65의 낮은 값을 가졌음. 염도는 최저 10.97±0.09%, 최고 15.96±0.63%였고 당도는 13.08±0.47~18.92±0.09 범위값을 가졌음. 색은 각 제품의 원재료에 따라 다양한 값을 가지고 있었음(표 86. 참조)

표 86. 국내 임산수유부용 식품의 이화학적 분석

제품명	애플맘 건강한곡물	애플맘코코아	베지밀 건강맘	애플맘 식이섬유주스	
외관					
Moisture (%)	4.65±0.50	5.31±0.13	88.27±0.51	84.983	
pH	6.32±0.04	6.74±0.06	7.17±0.01	3.65±0.15	
염도	12.02±0.77	15.96±0.63	10.97±0.09	12.20±0.40	
당도	15.66±0.57	18.92±0.09	13.08±0.47	15.00±0.00	
색도	L	70.83±0.32	38.93±3.88	78.29±0.20	46.31±0.38
	a	3.70±0.25	8.28±0.38	1.50±0.04	3.76±0.44
	b	18.31±0.46	6.35±1.52	13.55±0.14	21.21±0.28
	ΔE _{ab}	32.02±0.14	53.69±3.34	25.62±0.02	52.36±0.29

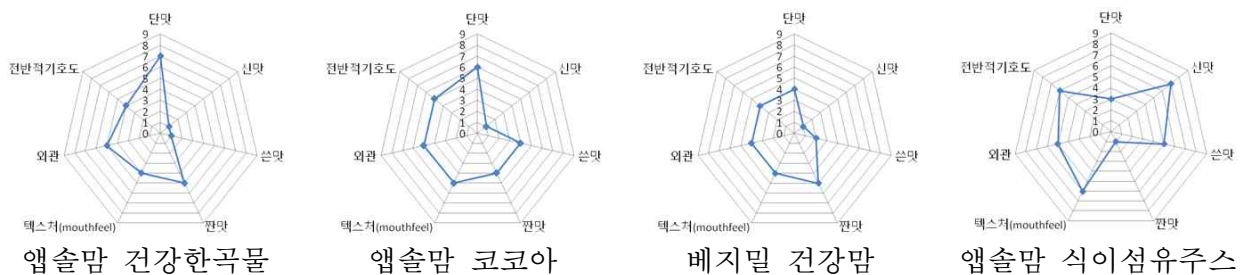


그림 65. 시판 제품 관능평가검사.

○ 시중 제품의 관능평가결과를 그림-에 나타냄. 각각의 원재료가 다르기 때문에 관능평가 결과 또한 다양하게 확인할 수 있었는데 건강한 곡물 제품의 경우 단맛이 가장 높았고 베지밀 건강맘의 경우 대두액이 약 86% 함유되어 있음을 확인할 수 있는데 특이적으로 비린맛을 느끼는 요원도 있었으며 전체적 기호도가 가장 낮았음. 식이섬유주스의 경우 식품의 유형이 과채 주스인데 일반 오렌지 주스와 비슷하며 신맛이 높은 것을 알 수 있었음.

3) 결론

○ 시중 제품들의 경우 주재료로 곡류분말 및 탈지분유로 주원료에 를 첨가하여 배합된 형태였으며 두유는 두유 추출액이 주원료로 구성으로 배합되어 있었으나 영양강화제 등 기타 첨가물이 큰 비율로 추가 함유되어 영양균형을 맞춘 제품들이었음.

○ 영양적으로는 균형이 맞추어져 있으나 액상의 형태로 한끼 식사대용 및 관능적으로 기호를 충족시키기에 부족하였으며 마시는 형태의 제품들이었음

○ 제품의 다양성이 필요하다고 사료되었으며 통곡물과 천연식재료가 최대한 함유된 식사대용 가능한 제품을 개발해보고자 하였음

나. 기능성, 영양 소재를 활용한 기능성 임산수유부 유동식 제조 배합비 확립(제 2협동 공조)

○ 임산수유부 개발제품에 구체적인 컨셉을 선정하기 위하여 1. 제2협동 경기대학교와 개발제품에 대한 제형을 확정하였으며 2. 임산수유부에 대한 빅데이터(웹,문헌,기사,제품상품평) 분석을 R을 통하여 실시하여 유동식의 주/부재료를 선정하고, 최종적으로 영양 균형을 보완한 임산수유부용 유동식배합비를 확립함

1) 임산수유부제품 제형 결정

○ 1, 2차 회의를 통하여 임산수유부용 제품으로써 통곡물을 주원료로 하여 제 2협동 경기대는 선식제형, 차의과학대학교는 유동식 제형의 제품을 개발하기로 결정하였으며,

○ 제 2협동 경기대에서 주요 곡물의 미량영양성분을 고려하여 선식과 유동식의 주원료가 되는 통곡물의 배합비를 제시함.

표 87. 임산수유부식 통곡물(주재료) 배합비

2018.06.18

종류	비율(%)
찰현미	30.0
찰흑미	30.0
백미	20.0
수수	10.0
발아찰보리	10.0
합계	100.0

표 88. 곡류의 미량영양성분 함량 (100g 기준)

곡류	비타민B1 (mg)	비타민B2 (mg)	무기질(mg)					섬유소 (g)
			칼슘	인	철	칼륨	나트륨	
찰보리	0.33	0.09	31	120	2.9	273	18	6.7
발아보리	-	-	-	-	-	-	-	-
추청현미	0.3	0.04	12	92	1.1	263	14	1.5
백미	0.23	0.02	7	87	1.3	170	8	-
찰쌀	0.14	0.08	4	151	2.2	191	3	0.7
찰현미	0.33	0.05	15	228	1.3	218	5	0.8
귀리	0.15	0.46	18	183	7	385	3	1.2
찰흑미	0.49	0.13	15	370	1.7	393	5	1.2
발아현미	0.25	0.06	8	233	3.3	128	3	0.8

- In wheat, rice, and maize, 80% or more of the total phosphorus is accounted for by the phytate.

- From a dietary standpoint, barley, corn, and rice are considered moderate sources of phosphorus(100-200mg/100g); buckwheat, millet, oats, brown rice, rice bran, rye, wheat germ, wheat bran, and wild rice are classified as high sources(200-1200mg/100g).

○ 예비테스트로써 통곡류의 배합비율에 무게의 1.2배수 물을 가하여 취반한 후 시료 100 g에 물 300 g을 가하여 유동식 형태로 만들어 결정하였으며 유동식의 저장에 따른 점도변화 및 관능평가(색, 구수한 맛, 단 맛, 향, mouth feel)를 토대로 배합을 완성하여 제공하였음.

○ 이에 따라, 통곡물 찰현미, 찰흑미, 백미, 수수 및 발아찰보리(3:3:2:1:1)를 주재료로 하여 임산수유부용 유동식 배합비를 확립시키고자 함

2) Big data 활용한 임산수유부용 유동식 배합비 결정

○ 최근 정보통신의 발달과 모바일 인터넷 및 소셜미디어의 확산과 더불어 기하급수적인 정보량의 증가로 인해 빅데이터 및 빅데이터 처리기술이 산업 전반에 혁신적으로 떠오르고 있음

○ 이에 따라 선정된 주재료에 임산수유부 관련 빅데이터(웹, 문헌, 기사, 제품상품평) 분석을 통하여 배합비를 결정하기 위한 도구로 이용하고자 하였음

(1) 서론

○ 빅데이터란 데이터베이스의 규모에 초점을 맞춘 정의로(Mckinsey, 2011) 일반적인데이터베이스 SW가 저장, 관리, 분석할 수 있는 범위를 초과하는 규모의 데이터, 데이터베이스가 아닌 업무수행에 초점을 맞춘 정의로(International data corporationl (IDC), 2011) 다양한 종류의 대규모 데이터로부터 저렴한 비용으로 가치를 추출하고 초고속 수집, 발굴, 분석을 지원하도록 고안된 차세대 기술 및 아키텍처라고 정의되어짐.

○ 농업 및 식품산업에서 또한 디지털 혁명을 겪고 있으며 데이터 학자와 식품학자사이의 신중한 논의를 통하여 앞으로 연구되어야 할 부분이라고 하였음(Kelly B. and Irena K. 2016). 식품 가공 업체는 소비 심리를 예측하고 사회적 승인 또는 '면허'를 확보하기 위해 소셜 미디어

데이터를 모니터링(Prno and Slocombe, 2012)하며 미국의 Sysmos Corporation은 'Heartbeat'이라는 분석 도구를 개발하여 식품 마케팅 트렌드 및 소비자 관심 분야와 관련된 패턴을 찾아냄. 또한 Dataflog, 2015 은 빅 데이터 도구에 대한 한 가지 설명은 농민들이 생산성을 향상시키고 비즈니스 효율성을 높일 수 있음을 시사하였음.

○ 빅데이터는 구성요소는 volume, velocity, variety와 veracity 크게 네가지 측면으로 보고되어지고 있으며(IMB, 2014) 이러한 빅데이터의 특징으로 인하여 비정형화, 다양성 및 복잡성을 갖는 데이터의 중요성에 대한 인식과 다양한 데이터 마이닝 기법이 새롭게 조명되어짐(Strawn LK. 2015, 김동 2012)



출처: NIA

(출처: NIA, 한국정보화진흥원)

○ 빅데이터 분석과정은 그림과 같이 데이터 수집, 저장관, 처리, 분석 및 표현의 과정에 따라 이루어지며 각각의 과정에 대한 방법과 기술이 나누어져 있음

○ 이 중 데이터 처리 및 분석 및 표현은(data editing) 다양한 형태의 데이터를 통합적으로 다루고 대량의 데이터로부터 정보 또는 지식을 찾아내고 분석결과를 쉽게 이해할 수있도록 시각적 수단으로써 정보를 전달하는 과정으로써(Shin,201)

○ 본 연구에서는 빅데이터의 활용가능성을 가지고 분석을 위한 도구로써 R을 이용하여 수집된 데이터에 대한 분석을 실시하여 배합비를 결정하였음.

(2) R을 이용한 텍스트 마이닝

○ 임신 수유부 관련 데이터 수집을 위하여 임신수유부 영양 및 식품 관련문헌과 guide line, 임신수유부식품의 상품평 소셜미디어(트위터)의 데이터를 기반으로 빅데이터 분석기술 중의 하나인 텍스트 마이닝을 수행함. 텍스트 마이닝 통해 관련 텍스트가 제공하는 질적 정보를 도출하였고, 워드클라우드를 통해 도출된 분석 결과를 시각화하여 설명하였음. R을 이용한 텍스트 마이닝은 다음과 같은 순서로 진행됨.

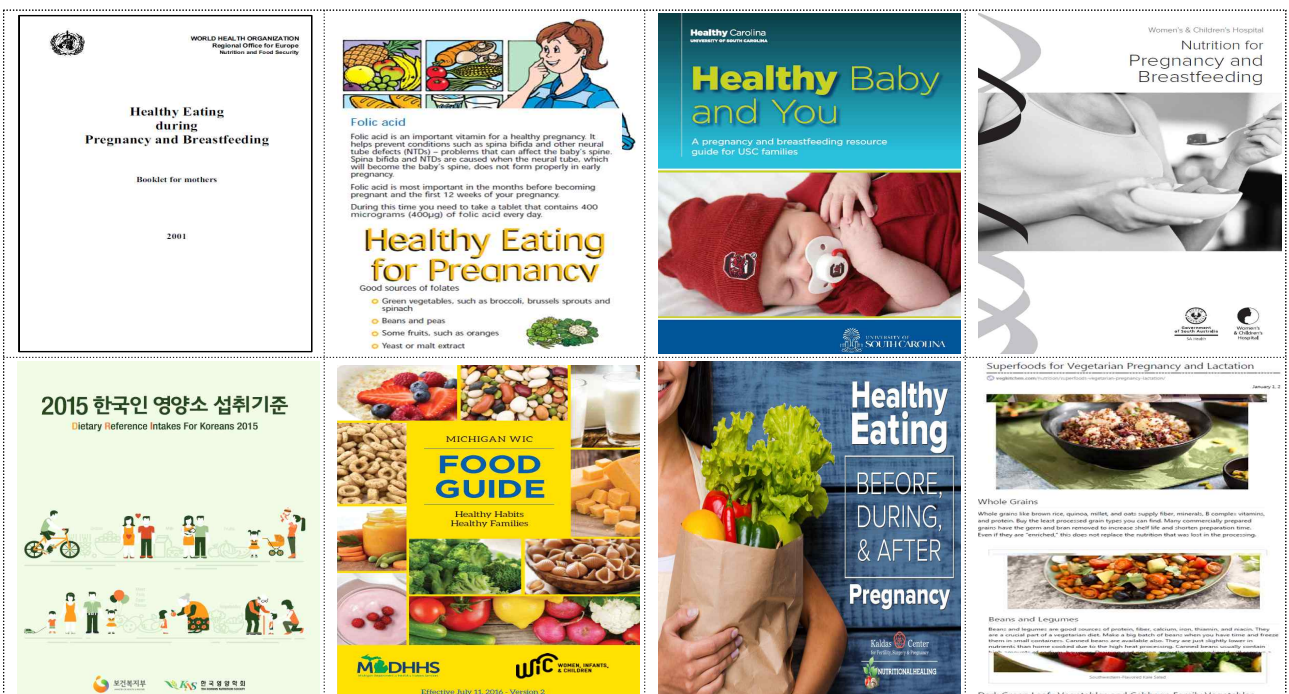
(개)데이터 획득 → (내)데이터 전처리 → (태)데이터 editing → (래)워드클라우드 시각화

○ 먼저 트위터에서 의견을 수집하고 수집된 의견은 URL, 불용어 제거하는 전처리과정을 거쳐졌으며 전처리된 문장은 주관성분석을 통해 주관적의견이 포함되어 있는지 여부를 판단하는데, 본 연구에서는 모든 문장이 주관적인 의견을 포함하고 있다는 가정하에 주관성분석 단계를 생략하였음. 추가적으로 단어의 빈도수를 알아보는 키워드 분석을 실시하여 워드클라우드 시각화를 통해 데이터를 도출하였음. 일련의 방법은 Jeffrey Breen의 Mining Twitter for Airline Consumer Sentiment (2011.10) 의 자료를 참고하여 수행하였음.

(개)데이터 획득

○ Jeff Gentry에 의해 만들어진 TwitterR 패키지로 임신수유부에 대한 트위터의 의견 100개를 각각 추출하여 사용하였고 R 웹크롤링방법으로 Google (www.google.com), www.ncbi.nlm.nih.gov, Naver (www.naver.com) 에서 임신부, 수유부, 식품, 영양, 음식, 건강, guideline, 제품등의 단어를 조합하여 자료를 획득하였음 임신수유부식품에 대하여 추출된 의견은 해당 기간(2018)까지 발생 한 정보로 네이버 상품평에 대하여 웹크롤링하여 의견을 분석하였음

- 웹 crawling(구글링 및 국내 포털/ SNS(tweet))
- 문헌내용수집(임산수유부국내외 논문, guidelines)
- 임신수유부 관련 기사수집(식품, 영양관련)
- 임신수유부용 제품 상품평 수집(매일유업맘스마일, 정식품베지밀)



[출처] World health organization regional office for europe nutrition and food security (2001), Publishd by the health service executive, Irish (2006), University of south calolina. USA. (2016), Kaldas center, USA, Government of south australia (2014), 2015 한국인소영양섭취기준 (2015)

그림 66. 임신수유부 식품/영양 가이드라인

<pre> txt 저장문서 워드클라우드 소스 - 메모장 파일(F) 편집(E) 서식(O) 보기(V) 도움말(H) # txt 저장문서 워드클라우드 setwd("c:/rwork") getwd() library(KoNLP) library(wordcloud) useSejongDic() txt<-readLines("pp_bigdata.txt") place<-sapply(txt,extractNoun, USE/NAMES=F) place head(unlist(place),30) c<-unlist(place) place<-Filter(function(x) {nchar(x)>2},c) write(unlist(place),"propose_2.txt") #텍스트형태로 결과를 확인 rev<-read.table(propose_2.txt") nrow(rev) #데이터건수확인 wordcount<-table(rev) #테이블형태로저장하여 wordcount변수에 할당 #그래픽출력을 위한 라이브러리 library(RColorBrewer) #그래픽구현 (팝업창생성) palette<-brewer.pal(9,"Set1") wordcloud(names(wordcount),freq = wordcount,scale=c(5,0.5),rot.per = 0.25, + min.freq=1, random.order=F, random.color=T, colors=palette) </pre>	<pre> 트위터크롤링 - 메모장 파일(F) 편집(E) 서식(O) 보기(V) 도움말(H) [1] "Using direct authentication" > install.packages("KoNLP") Installing package into 'C:/Users/yw/Documents/R/win-library/3.4' (as 'lib' is unspecified) trying URL 'https://cran.rstudio.com/bin/windows/contrib/3.4/KoNLP_0.80.1.zip' Content type 'application/zip' length 5867631 bytes (5.6 MB) downloaded 5.6 MB > library(KoNLP) Checking user defined dictionary! > install.packages("stringr") > library(stringr) > search_string<-enc2utf8("@임산부식품") > num_tweets<-100 > tweets.df<-twListToDF(tweets) > View(tweets.df) > tweets.text <- tweets.df\$text > tweets.text<-gsub("=", "", tweets.text) > install.packages("XML") > write.table(tweets.df,"c:/rwork/tweet.txt") > tweets<-searchTwitter("#임산",n=5) > tmp<-unlist(tweets,use.names = TRUE) > head(tweets) </pre>
--	---

그림 67. 데이터 획득(R 프로그램을 이용한 크롤링 code 일부)

(나)데이터 전처리

○ 데이터 전처리는 일반적인 텍스트 데이터들을 컴퓨터가 처리하기 쉽도록 변환하는 작업으로써 전처리를 거친 텍스트 데이터는 컴퓨터가 처리할 수 있는 다양한 방식으로 표현되는데 데이터 전처리 작업은 다양한 종류의 비정형데이터를 분석할 수 있도록 해주는 처리 단계라고 할 수 있으며 여기서 실시한 획득한 데이터의 전처리 작업으로 @tweet 제거, URL 제거, 문장 부호 제거, 숫자 제거, 불용어 제거를 실시하였음

○ 이에 따라 KoNLP 패키지를 이용하여 한글 문장의 명사를 추출하였고 분석결과를 반복적으로 확인하여 분석하고자 하는 임산수유부 식품, 영양, 제품 관련한 text를 모아 분류하였음

(다)데이터 editing: R프로그램 이용한 텍스트마이닝-빈도수분석(빈번한 텍스트 선별)

○ 문장을 단어 문서 행렬로 구축한 후 분해된 단어 중 필요한 단어를 추출하기 위하여 사전(Dictionary)이라는 개념을 이용하는데 사전은 어휘와 같은 개념으로 생각할 수 있음. 문서에 사용된 어휘는 문서를 작성한 사람을 식별하는 데 있어 DNA 같은 역할을 하여 문서를 작성한 사람의 어휘가 드러나는 것임(SAS Institute Inc., 2010)

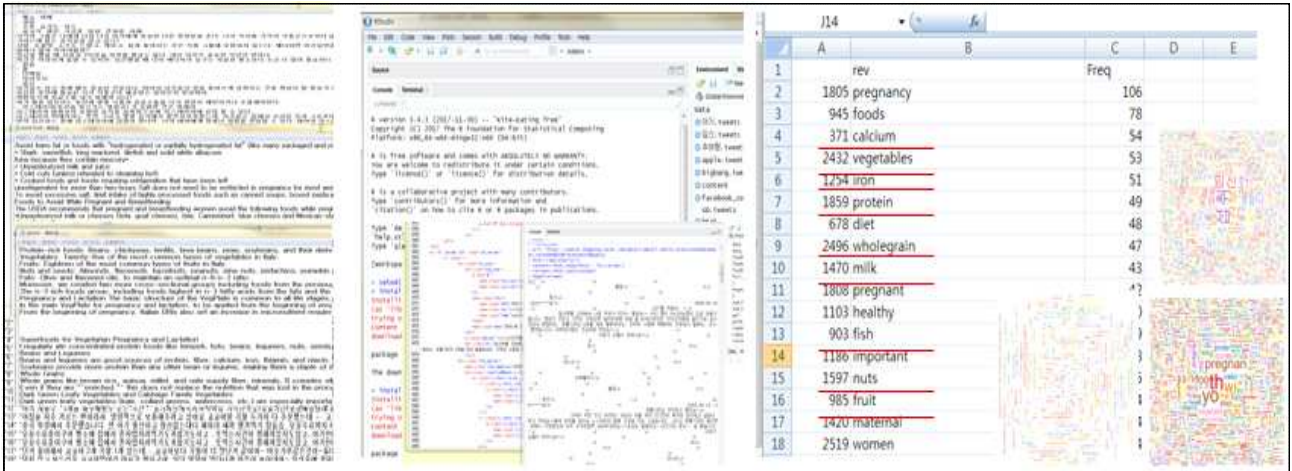


그림 68

○ 이에 따라 빅데이터 전처리 과정을 통하여 분석 데이터에서 추출된 단어들에 대한 빈도수로 정렬하였고 그림 68와 같이 영양소와 식품으로써 상위 10개 이내 calcium, vegetables, iron, protein, wholegrain, milk, fish, nuts, fruit, folic acid의 단어가 분석되었음

(라)워드클라우드 데이터시각화

○ 크고 복잡한 빅데이터 속에서 의미있는 정보와 가치들을 찾아내어 사람들이 쉽게 직관적으로 알 수 있도록 표현하는 기술이 분석 시각화(visualization)임

○ 본 연구에서는 앞서 실시한 수집된 데이터의 에디팅을 통하여 분석된 단어들을 wordcloud 패키지를 통하여 데이터 시각화 하였으며

○ 그 결과를 아래 그림 69와 같이 문헌 및 가이드라인 분석을 통하여 좋은 식품과 좋지 않은 식품으로 구분하여 시각화해 확인하였고, 관련사이트, 기사, 상품평분석에 대한 분석결과를 워드 클라우드로 표현하였음



그림 69

(3) Big Data 분석을 통한 결과 도출 및 배합비 결정

○ 앞선 방법에 따라 수행한 빅데이터 분석결과, 임신수유부 관련 영양, 식품에 있어 “whole grain”의 키워드를 확인할 수 있었고 그에 대한 빈도수 또한 상위 식품 10개 이내로 랭크됨을 확인함. 또한 문헌을 재검토하여 통곡물 주재료에 대한 임신수유부에 대하여 영양적 이점을 확인할 수 있었음.

○ 주재료로 선정된 통곡물 외에 부재료에 대한 분석결과로써 vegetables, fruits, beans등을 확인하고 임신수유부 섭취의 중요성이 요구되는 영양소로써 비타민, 미네랄, 단백질, 엽산, 철 등의 키워드를 분석할 수 있었으며 문헌을 재검토하여 교차확인 하였음. 그리고 이에 대한 함량 % 가 높은 재료로써 키워드 검색을 통하여 도출된 녹색채소, 콩류를 포함시켜 배합비를 확립하기로 함.

- **Formulation concept**
 - Whole grains; main ingredient
 - Vegetables
 - Beans or milk
 - Flavour improvement
- **Nutrient concept**
 - More protein sources
 - Vitamin, mineral fortification
 - Key factor: Folate, Protein, Sensory









그림 70. 도출된 배합비 컨셉

○ 이에 따라, 추가적으로 재료를 조사하였으며 관능적 색과 맛을 고려하여 예비실험을 실시하여 배합비를 확립하였으며 3)항에 제시함.

(참고)예비실험 배합①시금치, 브로콜리,아스파라거스, 당근, 대두분말(정제염 첨가, 무첨가)

②시금치, 브로콜리, 케일, 당근, 대두분말(정제염 첨가, 무첨가)

③시금치, 브로콜리, 아스파라거스, 당근, 대두분말(정제염 첨가, 무첨가)

④시금치 아스파라거스,브로콜리, 당근, 대두분말(정제염 첨가, 무첨가)

Vitamins

VITAMIN	WHAT IT DOES	WHERE IS IT FOUND	DAILY VALUE*
Biotin	<ul style="list-style-type: none"> Energy storage Protein, carbohydrate, and fat metabolism 	<ul style="list-style-type: none"> Avocados Cauliflower Eggs Fruits (e.g., raspberries) Liver Pork Salmon Whole grains 	300 mcg
Folate/Folic Acid <i>Important for pregnant women and women capable of becoming pregnant</i>	<ul style="list-style-type: none"> Prevention of birth defects Protein metabolism Red blood cell formation 	<ul style="list-style-type: none"> Asparagus Avocado Beans and peas Enriched grain products (e.g., bread, cereal, pasta, rice) Green leafy vegetables (e.g., spinach) Orange juice 	400 mcg
Niacin	<ul style="list-style-type: none"> Cholesterol production Conversion of food into energy Digestion Nervous system function 	<ul style="list-style-type: none"> Beans Beef Enriched grain products (e.g., bread, cereal, pasta, rice) Nuts Pork Poultry Seafood Whole grains 	20 mg
Pantothenic Acid	<ul style="list-style-type: none"> Conversion of food into energy Fat metabolism Hormone production Nervous system function Red blood cell formation 	<ul style="list-style-type: none"> Avocados Beans and peas Broccoli Eggs Milk Mushrooms Poultry Seafood Sweet potatoes Whole grains Yogurt 	10 mg
Riboflavin	<ul style="list-style-type: none"> Conversion of food into energy Growth and development Red blood cell formation 	<ul style="list-style-type: none"> Eggs Enriched grain products (e.g., bread, cereal, pasta, rice) Meats Milk Mushrooms Poultry Seafood (e.g., oysters) Spinach 	1.7 mg
Thiamin	<ul style="list-style-type: none"> Conversion of food into energy Nervous system function 	<ul style="list-style-type: none"> Beans and peas Enriched grain products (e.g., bread, cereal, pasta, rice) Nuts Pork Sunflower seeds Whole grains 	1.5 mg

* The Daily Values are the amounts of nutrients recommended per day for Americans 4 years of age or older.

Minerals

MINERAL	WHAT IT DOES	WHERE IS IT FOUND	DAILY VALUE*
Calcium <i>Nutrient of concern for most Americans</i>	<ul style="list-style-type: none"> Blood clotting Bone and teeth formation Constriction and relaxation of blood vessels Hormone secretion Muscle contraction Nervous system function 	<ul style="list-style-type: none"> Almond, rice, coconut, and hemp milks Canned seafood with bones (e.g., salmon and sardines) Dairy products Fortified cereals and juices Fortified soy beverages (soymilk) Green vegetables (e.g., spinach, kale, broccoli, turnip greens) Tofu (made with calcium sulfate) 	1,000 mg
Chloride	<ul style="list-style-type: none"> Acid-base balance Conversion of food into energy Digestion Fluid balance Nervous system function 	<ul style="list-style-type: none"> Celery Lettuces Olives Rye Salt substitutes Seaweeds (e.g., dulse and kelp) Table salt and sea salt Tomatoes 	3,400 mg
Chromium	<ul style="list-style-type: none"> Insulin function Protein, carbohydrate, and fat metabolism 	<ul style="list-style-type: none"> Broccoli Fruits (e.g., apple and banana) Grape and orange juice Meats Spices (e.g., garlic and basil) Turkey Whole grains 	120 mcg
Copper	<ul style="list-style-type: none"> Antioxidant Bone formation Collagen and connective tissue formation Energy production Fluid balance Iron metabolism Nervous system function 	<ul style="list-style-type: none"> Chocolate and cocoa Crustaceans and shellfish Lentils Nuts and seeds Organ meats (e.g., liver) Whole grains 	2 mg
Iodine	<ul style="list-style-type: none"> Growth and development Metabolism Reproduction Thyroid hormone production 	<ul style="list-style-type: none"> Breads and cereals Dairy products Iodized salt Potatoes Seafood Seaweed Turkey 	150 mcg
Iron <i>Nutrient of concern for young children, pregnant women, and women capable of becoming pregnant</i>	<ul style="list-style-type: none"> Energy production Growth and development Immune function Red blood cell formation Reproduction Wound healing 	<ul style="list-style-type: none"> Beans and peas Dark-green vegetables Meats Poultry Prunes and prune juice Raisins Seaweed Whole grain, enriched, and fortified cereals and breads 	18 mg

* The Daily Values are the amounts of nutrients recommended per day for Americans 4 years of age or older.

FDA <http://www.fda.gov/nutritioneducation>

Vitamins 1 FDA <http://www.fda.gov/nutritioneducation>

Minerals 1

그림 71. FDA Vitamin and Minerals Chart

○ 임신부에게 있어 엽산은 특별히 중요한 비타민류의 한 종류임. 엽산 섭취의 증가는 태아의 신경관 결손(neural tube defects) 등의 기형없이 태어날 수 있도록 도움을 주며, 이 외에도 임신 중 엽산을 적게 섭취하거나 혈중 엽산 수준이 낮은 임신부는 조산이나 저체중아의 출산, 태내 성장지연 등의 위험이 높은 것으로 보고되고 있어 임신 후 3개월까지의 충분함 섭취가 요구됨

○ 영아 사망의 직접적인 원인은 감염, 임신과 분만 시의 합병증, 선천성 기형 때문인 것으로 알려져 있으나 저체중아 출산이나 태내 성장지연과 같은 간접적인 원인에 의해서도 나타날 수 있으므로 임신부에게 있어 엽산, 철, 아연 등의 미량영양소의 관리가 더욱 중요함이 보고됨 (Shah & Sachdev, 2004, 이 등)

○ 우리나라 수행된 연구결과에 의하면 우리나라 임신부 및 수유부의 엽산과 철의 영양상태는 부족한 것으로 평가되었으며 또한 이들 영양소의 적절한 영양상태가 중요함이 밝혀짐(kim et al. 2004, kim et al. 2011, 장 등 2012)

○ 엽산을 풍부하게 포함된 식품, 엽산을 강화한 식품에 대한 섭취가 요구되어지며 Folate-rich 식품으로 시금치, 브로콜리, 양배추, 양상추, 콜리플라워 등의 녹색채소, 콩류, 오렌지, 강화된 곡물류 등이 있음(WHO, 2001)

다) 임신수유부용 배합비 확립(유동식 제형)

○ 앞서 분석된 결과를 바탕으로 하여 확립된 배합비는 아래 표에 나타냄

○ 제2협동과 선정된 주재료는 통곡물로 주재료인 현미 외 통곡의 우수성에 대한 선행연구를 참고하여 다양하게 이용하였고 빅데이터 분석결과 임신부에게 다양한 식재료의 영양 및 기능적 효능을 문헌을 통해 재확인하였음

○ 입덧 등의 임신 중 일어나는 증상에 대하여 일반적으로 적은양의 물과 음식을 자주 먹도록 권해지고 자극적인 맛이나 지방식을 줄일 것이 권고되며(국가정보포털 의학정보, 2018), 이에 따라 간편하게 한끼로 먹을 수 있는 소금 함량이 낮고 묽은 죽 형태의 자극적이지 않은 관능적 특성을 갖도록 함

○ 부재료로써 빅데이터 분석결과 도출되었으며 또한, 문헌자료를 재확인하여 검토결과 임신수유부에게 더 요구되어지는 단백질, 비타민 미네랄을 섭취할 수 있도록 콩류, 엽채류 및 근채류를 조사하여 선별하였고 특히, 엽산의 섭취를 향상시키기 위하여 임신수유부 권장섭취량의 약 48%를 충족시키도록 엽산을 첨가하여 배합을 완성하였음

표 89. 임신수유부식 통곡물 유동식 배합비 확립

구분	원재료명	합량(%)
1	찰현미	6.00
2	찰흑미	6.00
3	백미	4.00
4	수수	2.00
5	발아찰보리	2.00
6	시금치	8.00
7	브로콜리	4.00
8	당근	2.80
9	아스파라거스	2.80
10	대두분말	2.00
11	정제염	0.36
12	엽산(식품첨가물, 영양 강화)	0.04
13	정제수	62.04
합계		100.00

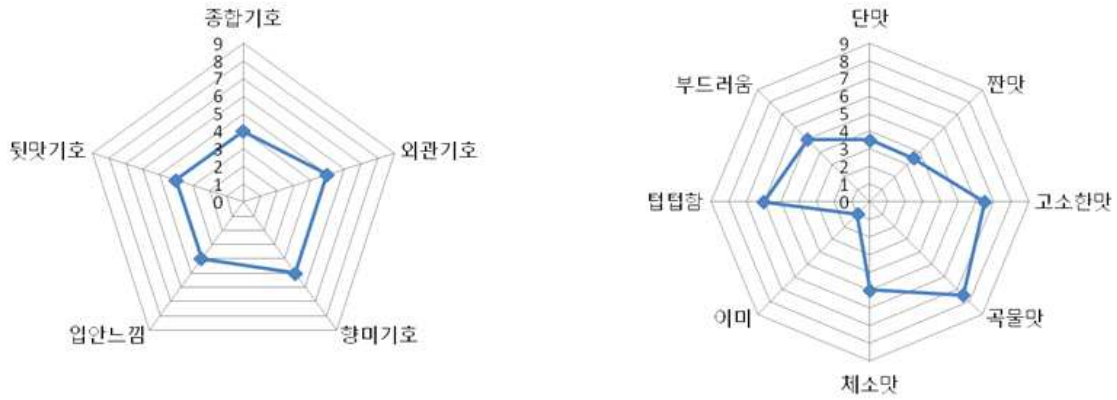


그림 72. 임신수유부식 통곡물 유동식 배합비 확립_관능평가

다. 소재의 기능, 영양 성분을 제조 과정에서 보존할 수 있는 조리공정 개발(kitchen test)

○ 1인 가구의 증가 등으로 가정편이식(HMR; home meal replacement)으로 간편조리식품이나 완제품요리에 대한 수요가 크게 증가하며 고급화되어가고 있음. 이에, 신가공기술로서 고온고압 증기를 식품의 조리과정에 이용하는 과열증기(superheated steam: SHS) 기술이 선보여지고 있음(Seo et al. 2014)

○ 일부 연구 결과에서 250-350℃ 고온의 스팀을 이용해 단시간 내에 식품에 열을 전달하여 장시간 가열 조리 시 발생하는 영양소 손실을 최소화 하고 식재료 고유의 맛, 향, 색, 질감 등을 최대한 유지시키며 비타민 C 산화, 갈변 현상을 억제하고 미생물을 제어하는 효과적인 것으로 나타남(Anto et al. 2014, Cho et al. 2014, Choi Y et al. 2013)

○ 과열 증기는 고온 공기와 비교하여 3~4배의 열용량을 가지고 있으며 비대칭 분자로 구성되어 있기 때문에 방사율이 있어 고온 공기보다 전열이 빠르며 가열 온도 분포에는 균일성을 가지게 됨. 이런 이유로 건조나 소결의 시간 단축, 가열에 의해서 발생하는 제품 불량률 저감 등을 실현하는 것이 가능할 것임, Kiyomoto 등의 설명에 따르면 기존의 조리 방식과 비교해 맛, 영양, 색감, 비용, 후처리 등에 대하여 높은 효율을 나타낸다고 함.

○ 또한, 확립한 임신수유부용 유동식의 경우 통곡물과 부재료로 야채 및 엽산을 강화한 제품으로 야채의 주요성분인 비타민 및 무기질의 경우 수용성으로 식품을 조리하여 식사로 섭취 시 조리에 의한 손실이 생기며 장시간 가열조리 시 관능적 기호도가 떨어진다고 하였음(차 등, 1996)

○ 이에 현재 엘빈즈 생산공정을 분석하여 본 결과 제품의 조리 부분: 묽은죽의 취사, 보온의 2단계 과정으로 진행되어 장시간 가열 시 제품에 초래될 수 있는 고유의 맛, 향, 색, 질감 및 영양성분, 갈변 현상 등을 초래할 수 있을 것으로 생각되었으며 제조공정 중 가열 조리 부분에 신가공 기술로서 소개되고 있는 과열증기 조리법을 이용하여 조리해 봄으로서 제품의 품질을 향상시킬 수 있을 것이라 사료되었으며

○ 개선 방안으로 확립된 배합비를 기존의 조리공정에 따른 방법과 부재료를 과열수증기처리 후 혼합하고, blanching 후 혼합하는, 가열 후 혼합의 세 가지 조리 공정을 이용하여 제조한 후 유동식의 영양성분 및 이화화학적 특성을 분석하여 보았음.

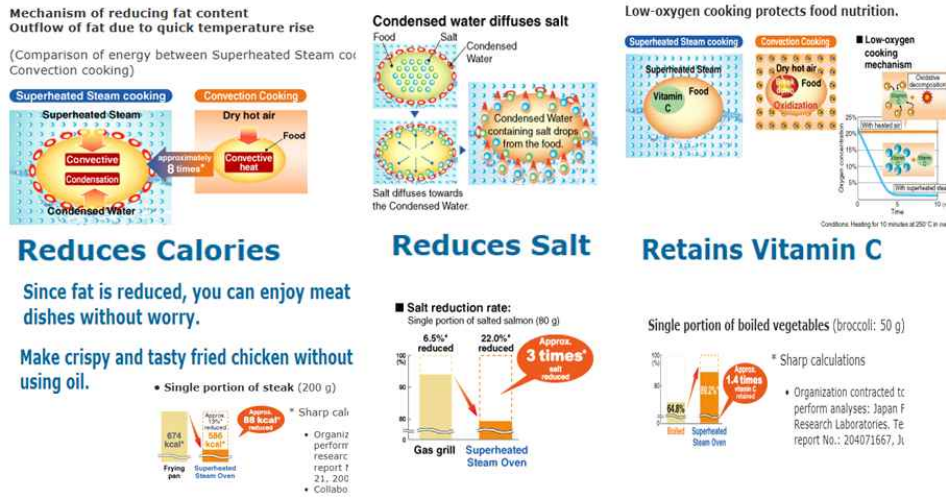


그림 73. 과열 수증기를 이용한 조리(<http://www.sharp-world.com/>)

1) 신가공기술(과열수증기)를 적용한 조리공정 개발

○ 조리과정에서의 과열증기 사용 적합성 검토하고자 함(영양성분의 잔존 최적화)

(1) 실험방법

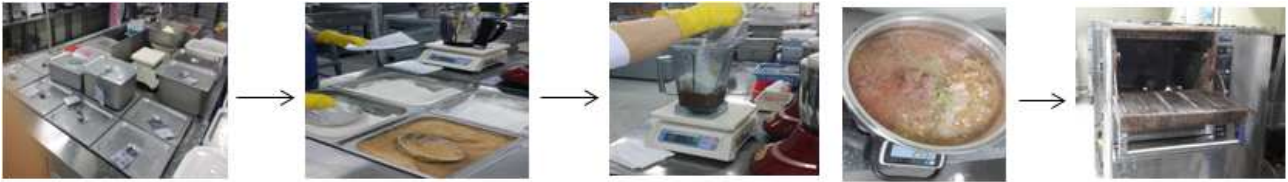
○ 뭍은죽 제조에 사용된 통곡물 찰현미(국내산), 찰흑미(국내산), 백미(국내산), 수수(캐나다), 및 발아찰보리(국내산)과 시금치(국내산), 당근(국내산), 브로콜리(국내산), 아스파라거스(국내산), 대두분말(국내산), 정제염은 경기도 성남시 판교 대형마트에서 구입하여 사용하였으며 엽산은 (주)ES 식품원료(군포시, 경기도)로부터 제공받아 제조에 사용하였음.

○ 조리방법에 따른 기능, 영양성분을 조사하기 위한 방법은 다음과 같이 표준화하였다. 취반 전 쌀 시료는 23℃에서 20분 침지하고, 침지 시료에 시금치, 당근, 브로콜리 및 아스파라거스와 대두분말, 정제염, 엽산에 총 시료 100 g에 물을 4배 첨가하여 총 500 g을 설립 된 뭍은 죽 제조조건에 따라 제조하였으며. 시료간의 조리 조건을 동일하게 하기 위하여 알루미늄 용기에 구성재료를 가한 다음 알루미늄 뚜껑으로 덮고 뭍은죽은 인덕션을 이용하여 뭍은 죽 내부온도를 95-96℃에서 5분 가열 후 94~96℃로 45분 가열하는 조건으로 동일하게 제조하였음. 실온에서 뚜껑이 있는 용기에 담아 제조하였음. 과열수증기를 이용한 조리방법이 취반미의 특성에 미치는 영향은 과열수증기 가열장치(SHS: superheated steam, QF5200C, Naomoto Co., Japan)를 사용하여 검토하였다. 과열수증기 조리는 인덕션 가열조리 및 전기보온밥솥 취반 방법과 동일한 조건으로 수침, 세척 및 가수하였음, 시료 200 g을 과열수증기(200℃, 3, 5 min, 300℃, 3 min)를 분사하였음. 다른 처리조건으로서 부재료 야채를 blanching(95±1.0℃, 5 min)하여 비교하여 보았음. 처리조건을 표 58에 나타내었음. 제조 후 방냉하여 용기에 담아 시료로 사용함.



그림 74. 정치식 과열수증기기

- 염도: 염도계(YK-31SA salt meter, Lutron Electronics Co., Inc, USA)를 이용하여 측정하며 용출된 측정값이 변화가 없는 시점까지 관찰하였다.
- pH: pH는 시료 10 g을 10배 희석하여 30분 진탕한 후 상등액 부분을 pH meter(Orion 4 star, Thermo Scientific, USA)로 3회 반복 측정하여 그 평균값과 표준편차로 표기하였다.
- 당도: 당도는 시료 10 g을 10배 희석하여 30분간 진탕한 후 상등액을 부분을 굴절당도계(HI 96801. HANNA. USA)로 25℃에서 3회 반복 측정하여 그 평균값과 표준편차를 °Brix 표기하였다.
- 색도: 시료의 색도는 색차계(CM-3500d. Minolta Co., Japan)를 이용하여 Hunter's color value의 L(lightness), a(redness), b(yellowness)값으로 3회 반복 측정하여 그 평균값과 표준편차로 표기하였다. 이때 사용된 표준 백색판은 L=89.19, a=1.37, b=-7.40 이었다.
- 수분 함량 및 수분활성도: 시료의 수분 함량은 105℃에서 적외선 수분 측정기(Moisture Analyzer BMA H150. BOECO. Germany)를 이용하였고 수분활성도 측정기(AQS-31, NAGY, Germany)를 이용하여 3회 반복 측정하여 그 평균값과 표준편차로 표기하였다.
- 퍼짐성: 퍼짐성은 line spread chart를 사용하였다. 온도가 60oC로 유지된 시료 20 g을 스테인레스 원통(30×40 mm)에 채워 넣고 1분이 지난 후 원통을 들어올렸다. 퍼짐이 멈춘 다음 4군데의 퍼진 거리를 측정하여 평균값을 구하였다(김 등, 2009)
- 엽산분석: 식약처 식품공전 제7. 일반시험법 2.2 미량영양성분시험법 엽산분석방법에 따라 분석하였음.



원재료 보관

계량

혼합

취반

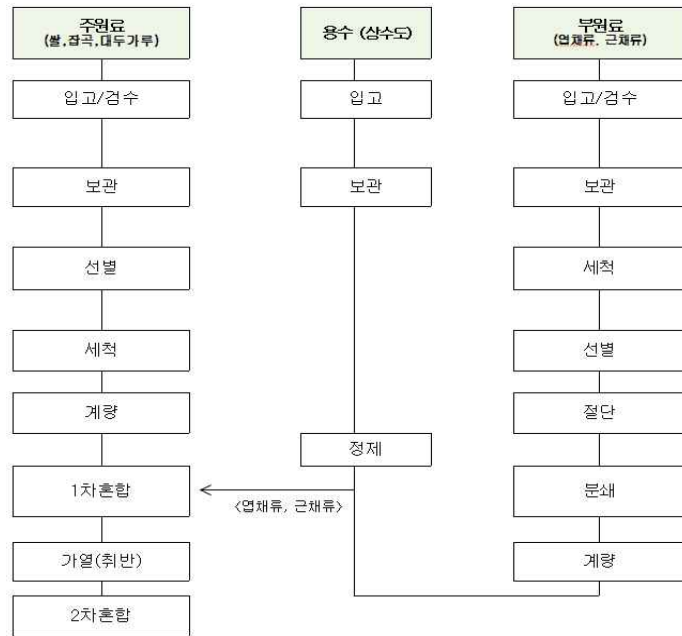


그림 75. 엘빈즈 뚝은 죽 조리과정 및 사진

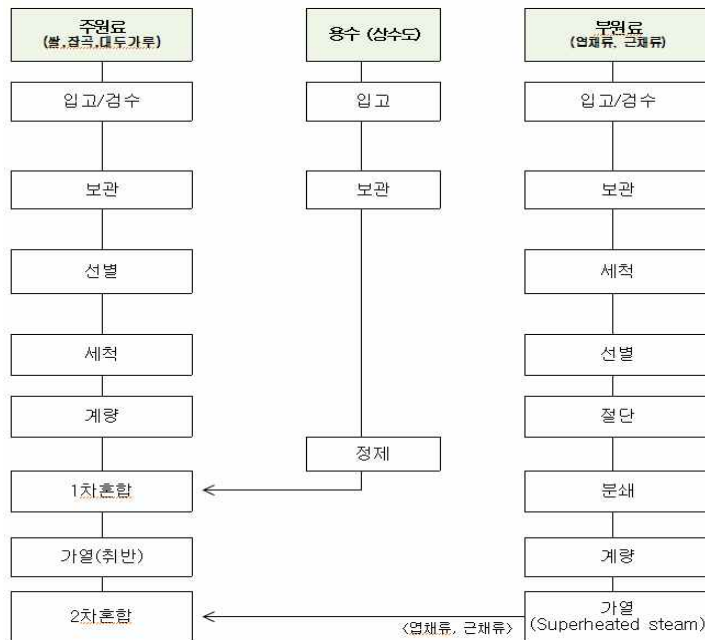


그림 76. 엘빈즈 조리과정 중 가열과정에서의 엽채류, 근채류의 과열증기조리 후 혼합

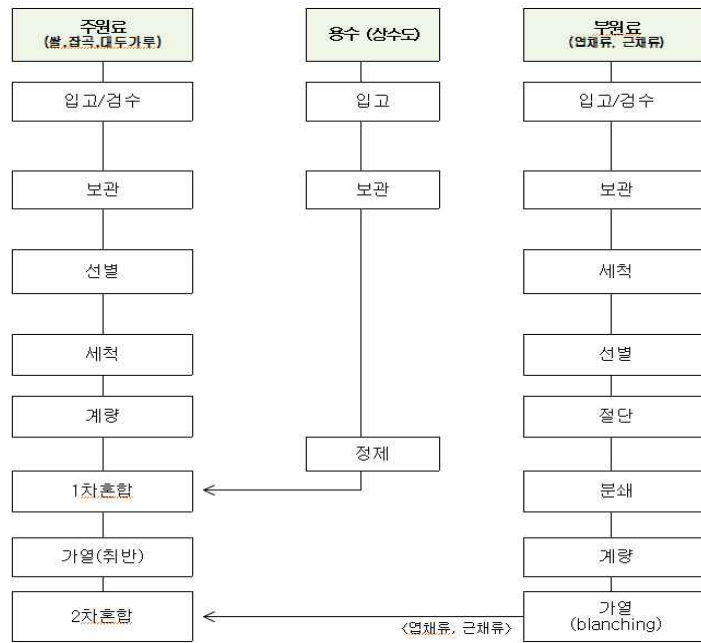


그림 77. 엘빈즈 조리공정 중 가열공정에서의 엽채류, 근채류의 blanching 후 혼합

○ 과열증기 처리조건은 아래 표와 같음

표 90. 임산수유부용 유동식 처리조건

	엘빈즈 재현	Blanching	과열수증기법		
조건	95±1.0℃, 50 min	95±1.0℃, 5 min	200℃ / 5 min	200℃ / 3 min	300℃ / 3 min

(2) 실험결과

	엘빈즈	Blanching	과열수증기법		
			200℃ / 5 min	200℃ / 3 min	300℃ / 3 min
외관					

그림 78. 과열증기 처리에 따른 외관변화(뭉은 죽)

○ 예비실험을 통하여 배합비 및 조리공정이 완료된 시제품과 비교하여 외관 및 맛에서 가장 유사한 조건을 찾아 처리 온도와 시간을 변화시켜 실험을 진행함

○ 1차로 300℃에서 5분 이상 처리 시, 야채의 겉면만 타버리는 결과를 나타내어 시간과 온도를 조정하였으며 200-300℃에서 조리 시 5분 내 처리조건으로 기존 제품과 동일한 수준의 뭉은 죽이 제조되었음

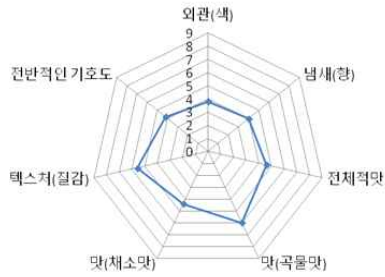
○ 과열증기 처리에 따른 외관, 지표성분, 이화학적 및 관능적 평가결과를 그림~와 표~에 나타냄. 외관의 경우 과열수증기 조리시 전반적으로 부재료의 색이 선명함을 관찰할 수 있었으며 색도측정 결과 역시 적색도(a), 황색도(b)가 더 높은수준으로 측정되었음

○ 지표 미량 영양성분으로써 엽산의 경우 혼합후 조리방법에서 273.12 µg/g, blanching 하여 혼합한 처리군에서 307.34 µg/g 및 과열수증기처리 후 혼합군에서 200℃에서 5 분, 300℃에서 3분 처리 시 301.79 µg/g 과 313.99 µg/g으로 각각 잔존함량이 분석되었으며 200℃에서 3분 처리하여 혼합한 시료에서 324.63 µg/g으로 가장 높은 잔존함량을 나타내었음.

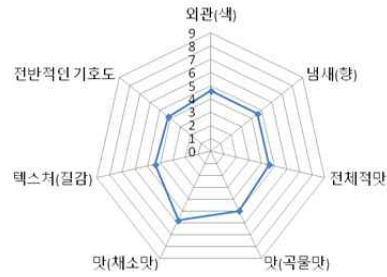
○ 야채류에 함유된 엽산은 가열조리 중 많이 손실된다고 보고되었음. 또한 민(1998)의 연구에서는 시금치를 증류수와 함께 4분이상 가열시 총 엽산함량은 크게 변하지 않았으나 대부분 엽산이 조리액으로 유출되며 시금치내 엽산 함량이 급속히 진행되었고 조리시간이 길어짐에따라 그 손실율이 크게 증가함을 보고함.

표 91. 과열증기 조리법을 적용한 시제품의 이화학적 분석 및 지표성분변화

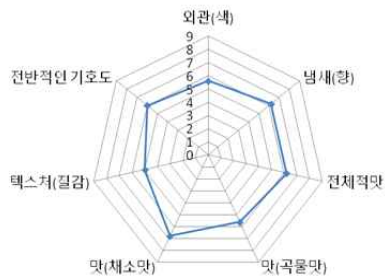
항목	C	Blanching	과열수증기			
			200-5	200-3	300-3	
영양성분(단백질)	2.11	2.22	1.86	2.00	2.10	
지표미량성분 (엽산, µg/g)	273.12	307.34	301.79	324.63	313.99	
pH	6.33±0.03	6.36±0.02	6.32±0.00	6.43±0.04	6.33±0.04	
염도	1.00±0.00	1.00±0.00	1.00±0.00	1.00±0.00	1.00±0.00	
당도	3.00±0.00	3.00±0.00	3.00±0.00	3.00±0.00	3.00±0.00	
수분함량	85.03±0.55	85.73±0.00	83.06	84.535	84.13	
수분활성도	0.35±0.00	0.34±0.00	0.34±0.00	0.34±0.00	0.34±0.01	
퍼짐성	6.30±1.41	6.19±0.76	6.14±0.90	6.16±0.50	6.21±0.45	
색도	L	41.38±0.92	41.43±0.14	40.15±0.96	41.22±0.59	40.41±0.58
	a	3.70±0.19	3.42±0.34	4.13±1.01	4.18±1.08	2.35±0.65
	b	3.70±0.36	4.70±0.69	4.55±1.49	5.12±1.52	4.37±0.89
	ΔEab	51.86±0.83	52.04±0.21	53.29±0.69	52.41±0.43	52.93±0.39



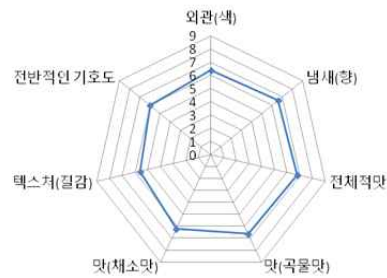
C (95±1.0°C, 50 min)



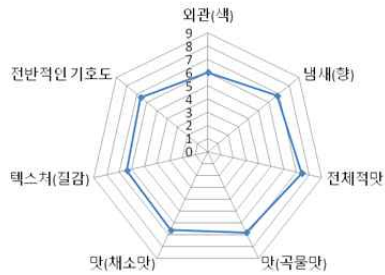
Blanching (95±1.0°C, 5 min)



Superheated steam (200°C / 5 min)



Superheated steam (200°C / 3 min)



Superheated steam (300°C / 3 min)

그림 79. 과열증기 조리법을 적용한 시제품의 관능평가결과

○ 공개번호 10-2013-0035380는 부패미생물에 대한 제품의 안전성을 증진시켜 냉장조건에서도 유통이 가능하며, 식재료 고유의 특성(색, 맛, 향, 조직 등)과 신선도를 최대한 유지시키고, 관능이 우수한 고품질의 간편편이식을 얻을 수 있으며 열처리용 과열수증기를 이용하여 5분 이내로 조리시 일반 열처리보다 조직이 물러지는 정도가 덜하고 모든 균이 사멸되는 결과가 나왔다고 하였음

○ 과열증기는 불포화 증기보다 열전달 속도가 약 12배 높아 boiling이나 baking보다 식품의 조리나 가공시간이 짧고, 과열증기 처리 시 무산소 상태가 되어 산화에 의한 식품의 변질을 억제하면서 가공이 가능하다(Amatsubo T et al. 2006). 이와 같은 특징 때문에 종래의 가열 방식에서 발생하는 식품의 영양소 파괴를 최소화하고 식품이 가지고 있는 고유의 외관, 맛, 향미,

조직감 등을 최대한 유지하며, 항산화물질의 산화, 지방의 산화 및 미생물을 제어하는데 효과적이다(Choi Y et al.2013). 과열증기 처리한 고구마와 종래 방식으로 처리한 roasting 고구마를 비교한 연구에서 과열증기 처리 시 총 페놀성 화합물과 플라보이드 성분이 덜 손실되었으며 항산화성도 더 높게 나타났음(Wang TC et al. 2012). 또한, 현미를 과열증기 처리했을 시 lipase 및 lipoxygenase와 같은 지방 산화 효소를 저해시켜 지방의 산화를 억제한다는 연구도 보고되었음(Satou K 2012)

○ 과열증기조리법은 식품시장에서 큰 비중을 차지하고 있는 곡류와 채소류 등의 식품의 고품질화와 안전성에 큰 기여를 할 것으로 기대되기 때문에 필요성이 강조되며 식품산업에 활용가능한 조리법이라 사료됨

2) 결론

○ 가공공정 중 조리가열 공정에서 신가공기술 적용(과열증기) 결과 미량성분 엽산함량이 기존의 혼합 후 가열방법보다 최대 18.9%까지 잔존함량이 높아짐을 관찰하였으며 과열수증기를 200℃에서 3분 처리 시 blanching 후 혼합하는 조리공정보다 약 5.6% 잔존함량이 높음을 알 수 있었음

○ 관능평가 결과, 과열수증기 조리 공정조건 모두에서 기존의 방법과 blanching 후 혼합방법보다 맛, 향, 외관 및 전반적 기호도가 높게 나타남

○ 엘빈즈 조리법의 경우 가열부분에 있어 장시간의 가열로 인한 영양성분 저하 가능성 저하 가능성이 판단되었으며 생산공정 중 조리 가열부분에 신가공기술로서 과열증기법을 이용하여 미량영양성분 및 관능적기호도를 개선할 수 있을 것이라 사료되었음

라. 통합공정 설계제안 및 시제품 제조

1) 개선된 조리공정을 적용한 통합공정 설계 제안

○ 영양성분 지표로서 엽산 함량은 기존 조리법보다 100 g당 0.3~0.5 g 높은 함량이 분석되었고 혼합 후 가열 취반조리 또는 blanching 후 혼합방법에 비하여 높은 수준으로 존재함이 확인되었음

○ 개선된 조리방법을 적용 시 관능평가 결과 외관, 향, 맛 및 전반적 기호도가 높은 수준으로 평가되었음

○ 엘빈즈 조리법의 경우 가열부분에 있어 장시간의 가열로 인한 영양성분 저하 가능성 저하 가능성이 판단되었으며 엘빈즈의 생산공정 중 조리 가열부분에 신가공기술로서 과열증기법을 이용하여 영양성분의 안정성 및 관능적으로 개선된 제품을 유지시킬 수 있을 것이라 사료됨

2) 시제품 제조

(1) 제품명 선정


○ 본 연구기관에서 새롭게 개발하려는 유동식은 주재료 통곡물을 베이스로 다양한 야채를 배합하여 제조한 임신수유부용 특수용도식품임

○ 통곡물과 야채, 영양밸런스, 천연을 컨셉으로 하여 음료형태의 타제품과는 다르게 한끼식사를 대체할 수 있는 유동식제품을 개발하고자 하였고

○ 이에따라, 제품에서 임신수유부의 건강을 위한 이미지를 쉽게 인식할 수 있고 한번에 이해하기 쉬운 제품명으로 타 제품명의 중복성 검토등을 통하여 제품명을 '헬씨맘'으로 선정함

(2) 임신수유부 제품 시제품 규격(안)

○ 임신수유부 제품으로써 통곡물 묽은 죽 시제품을 제조하여 아래 규격을 제시함

항목		내용
제품명		헬씨맘
제품의 유형		임산·수유부용 식품
외관		
기능성분(엽산 µg/g)		273.59±6.42
pH		6.29±0.03
엽도		3.33±0.57
당도		4.33±0.57
수분함량		85.03±0.55
수분활성도		0.35±0.00
퍼짐성		6.30±1.41
색도	L	40.08±0.00
	a	3.80±0.00
	b	5.94±0.01
	△Eab	53.70±0.01

마. 적정 생산 규모의 제조공정 확립

○ 기존의 공정 골격을 유지하면서 약간의 공정 개선으로는 주관기관에서 요청하였던 규모 경제 즉 일정 규모 이상의 생산을 하기는 어려운 실정이다. 따라서 조리기술을 완전히 개량하여 시간당 50~100 kg을 생산할 수 있고, 다양한 제품을 생산할 수 있도록 CIP가 수월한 공정이 필요함에 따라, 선진국에서 유행하고 있는 steamplicity 기술과 이유식과 유사한 물리적 특성을 갖는 제품을 생산하는 공정을 조사함

○ 1 차적으로 조리기능을 갖출 수 있는 장비로서 가열과 혼합공정이 동시에 이루어 지며, 주스와 같은 저점도 식품에서부터 땅콩버터와 같은 고점도 식품에 적용할 수 있는 혼합기로서

그림 -을 제시함

○ 또한 저온살균 공정에서의 포자로부터 안전을 보장하기 위해서는 UHT와 같이 고온(121℃)의 증기를 direct injection할 수 있어야 하며 본 연구팀이 제안한 그림 -의 MaxxD는 그림 -과 같이 하부에 direct steam injection system을 갖추고 있지만 121℃를 가하기 위해서는 과열수 증기 장치를 붙여야만 가능함을 확인하고 마침 본 연구팀은 과열수증기 연구를 진행하고 있으므로 가능성 test를 할 수 있으리라는 판단임

○ 다음으로는 실제 이유식 제조라인을 국외 기업에 의뢰하여 간략한 공정도를 확보할 수 있었으며 그 공정도는 그림-에 제시함

○ 여기서 mixing vessel을 MaxxD로 교체하고 과열수증기 발생장치를 direct steam injection system에 부착하기만 하면 시간당 50~100 kg을 제품을 생산할 수 있는 공정이 완성되어야 하는데 이러한 공정을 적용함에 있어서는 투자비가 따르므로 매출 즉, 판매가 일정 규모 이상 되었을 때 공장을 새로이 건립하면서 이루어져야 할 것으로 판단되었음



그림 80. FrymaKoruma사의 MaxxD.



그림 81. FrymaKoruma사의 MaxxD의 하부구조.

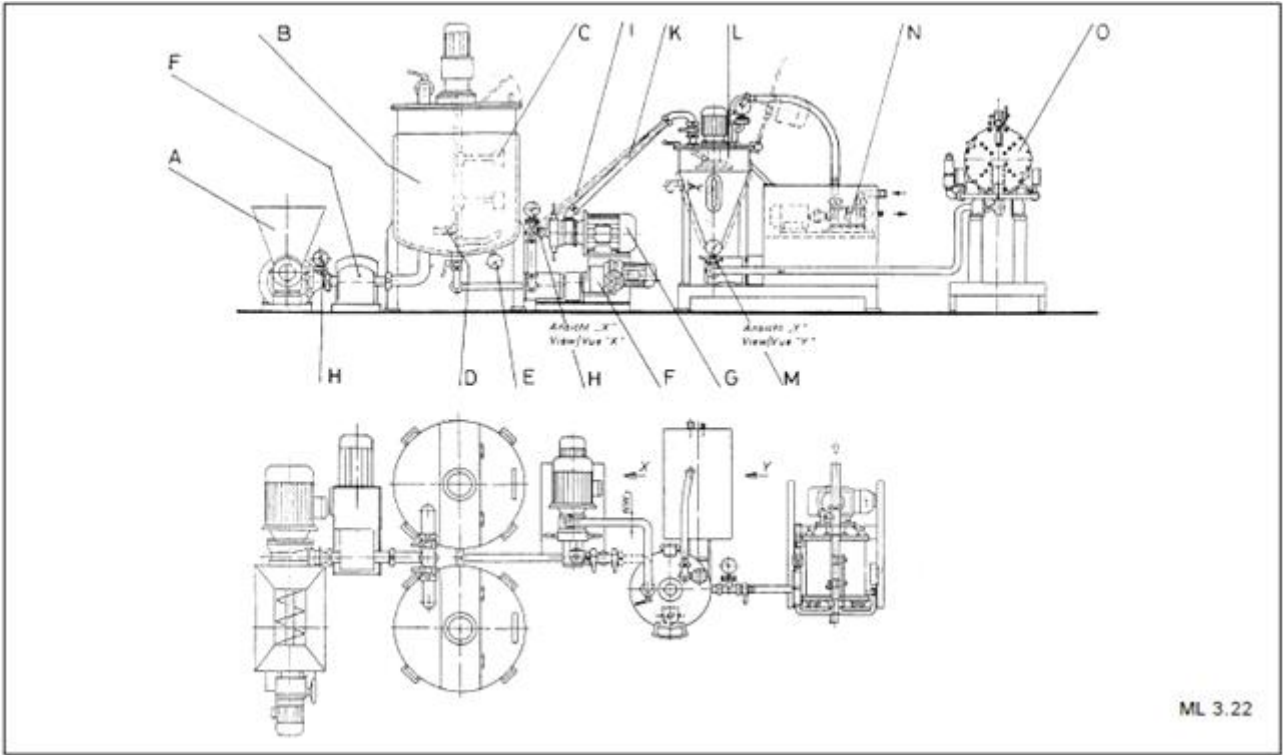


그림 82. Process flow diagram.

- A perforated disc mill B mixing vessel C shovel stirrer D propeller stirrer
- E product thermometer F feed pump G toothed colloid mill H manometer
- I pipeline for junior food K pipeline for baby food L vacuum deaeration plant
- M product thermometer N vacuum pump O scraped surface heat exchanger

○ 살균 공정으로는 현재 배달형 이유식 제품을 생산하고 있는 제조공장에서 많이 채택된 레토르트 방법을 선택하였으며, *Bacillus cereus*.를 살균할 수 있는 레토르트 조건에서 후 살균이 시행되어야 함

○ 새롭게 제안한 신규 공정을 적용하기 위해서는 기존의 제조 공정에서 바뀌어야 하는 부분이 많아 경제적으로 부담이 될 수도 있으며 이에 신규 공정을 적용하는 것보다 식품안전관리제도인 HACCP의 기준에 제조 공정을 개선하는 것이 경제적인 부담을 줄이고 마케팅 차원부분에서도 긍정적인 것이라 생각됨.



바. 제품의 품질, 안전(화학적, 물리적 위해 등), 안정성, 저장성 연구

○ 시제품에 대한 품질/저장 안정성 평가를 위하여 비등온가속화 실험을 진행하여 평가하였음.

1) 실험방법

○ 실험방법을 아래 표에 정리하여 제시함

표 92. 비등온가속화 실험 내용

항목	내용																									
시료	임산수유부 유동식 시제품																									
실험조건	초기온도 20℃에서 90℃까지(시간당 5.5℃씩)																									
	<table border="1"> <tr> <td>point</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> <td>6</td> <td>7</td> <td>8</td> <td>9</td> <td>10</td> <td>11</td> <td>12</td> </tr> <tr> <td>온도(℃)</td> <td>20</td> <td>26</td> <td>32</td> <td>38</td> <td>44</td> <td>50</td> <td>56</td> <td>62</td> <td>68</td> <td>74</td> <td>80</td> <td>90</td> </tr> </table>	point	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	온도(℃)	20	26	32	38	44	50	56	62	68	74	80
point	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12														
온도(℃)	20	26	32	38	44	50	56	62	68	74	80	90														
실험항목	각 온도구간 포인트별로 시료를 채취하여 pH, 당도, 염도, 색도, 일반세균/대장균군 및 엽산함량을 측정함																									
pH	시료 30 ml을 취해 실온에서 pH meter(Orion 4-star Plus, Thermo Sci., USA)를 사용하여 변화가 없는 시점까지 관찰하여 측정함																									
당도	시료 10 ml 을 취해 굴절당도계(HI96801, HANNA, USA)를 사용하여 3회 반복하여 평균치를 측정																									
염도																										
색도	페트리디쉬에 적정량을 담아, 색차계(color reader, CR-10, MINOLTA CO., JAPAN)을 이용하여 명도(L), 적색도(a), 황색도(b)값을 측정. 측정은 3회 이상 반복하여 평균치로 나타냄. 이 때 사용한 표준 백색판은 L=1.80, a=12.04, b=2.96임. 전반적 색차(ΔE)는 Hunter-Scofiled식을 이용하여 얻었으며 대조구로 0시간 유동식시제품(L=40.08, a=3.80, b=5.94)을 사용함																									
일반세균 및 대장균군	일반세균 은 식품공전 제 9. 일반시험법 3.5.1 일반세균수에 따라 시료 10 g을 0.1% 멸균펄톤수로 10배 및 100배 희석하여 시료로 사용함. 시료를 일반세균용 고체배지(Tryptic Soy Agar, Difco, Chicago, IL, USA)에 도말하여 37℃에서 48시간 배양하여 발생집락을 계수하였음. 대장균군 실험은 식품공전 제 9. 일반시험법 3.7.2 대장균군 정량시험에 따라 시료를 일반세균수 실험과 동일한 방법으로 준비하여 대장균군용 3M 건조필름배지(PP-6416, 3M Science, USA)를 사용하여 37℃에서 48시간 배양 후 발생 집락을 계수하였음																									
비등온가속화 실험장치	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>조도측정 광원</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>컨트롤 박스 및 디스플레이</p> </div> </div> <table border="1" style="width: 100%; margin-top: 10px;"> <tr> <td>Volume</td> <td>Chamber: 150 L Batch: 2 L</td> </tr> <tr> <td>Electrocal Requirements</td> <td>220 V, 60 Hz</td> </tr> <tr> <td>Temperature Range</td> <td>-20 ~ 100℃</td> </tr> <tr> <td>Temperature Stability</td> <td>± 0.5℃</td> </tr> <tr> <td>Humidity Range</td> <td>30 ~ 98%RH</td> </tr> <tr> <td>Humidity Stability</td> <td>± 1.0%RH</td> </tr> <tr> <td>Light source</td> <td>Xenon Lamp</td> </tr> <tr> <td>Lighting Intensity</td> <td>0 ~ 20,000 Lx</td> </tr> <tr> <td>Interior Dimension (mm)</td> <td>500 x 500 x 600</td> </tr> <tr> <td>W x D x H</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Overall Dimension (mm)</td> <td>1,050 x 1,000 x 1,800</td> </tr> <tr> <td>W x D x H</td> <td></td> </tr> </table> <p style="text-align: center;">[실험에 사용한 비등온 실험장비 및 specification]</p>	Volume	Chamber: 150 L Batch: 2 L	Electrocal Requirements	220 V, 60 Hz	Temperature Range	-20 ~ 100℃	Temperature Stability	± 0.5℃	Humidity Range	30 ~ 98%RH	Humidity Stability	± 1.0%RH	Light source	Xenon Lamp	Lighting Intensity	0 ~ 20,000 Lx	Interior Dimension (mm)	500 x 500 x 600	W x D x H		Overall Dimension (mm)	1,050 x 1,000 x 1,800	W x D x H		
Volume	Chamber: 150 L Batch: 2 L																									
Electrocal Requirements	220 V, 60 Hz																									
Temperature Range	-20 ~ 100℃																									
Temperature Stability	± 0.5℃																									
Humidity Range	30 ~ 98%RH																									
Humidity Stability	± 1.0%RH																									
Light source	Xenon Lamp																									
Lighting Intensity	0 ~ 20,000 Lx																									
Interior Dimension (mm)	500 x 500 x 600																									
W x D x H																										
Overall Dimension (mm)	1,050 x 1,000 x 1,800																									
W x D x H																										
*모든 실험은 3회반복 측정하였음.																										

2) 실험 결과

○ 제품의 외관관찰결과 온도가 증가됨에 따라 외관상 색이 어두어짐이 관찰되었음. Hunter value인 L, a, b 및 color difference 인 ΔE 값을 측정 한 결과, 시간이 지날수록 제품의 밝기인 명도를 나타내는 L값은 $40.08 \pm 0.00 \sim 39.68 \pm 0.00$ 로 감소함을 알 수 있었으며, 적색도의 a값은 $3.80 \pm 0.00 \sim 4.37 \pm 0.01$, 황색도 b값은 $5.94 \pm 0.01 \sim 6.02 \pm 0.01$ 및 전반적 색차(ΔE) 값은 0시간째 대조구에 비교하여 $0.13 \pm 0.00 \sim 0.69 \pm 0.00$ 로 온도에 따라 증가하는 경향이 관찰되었음.

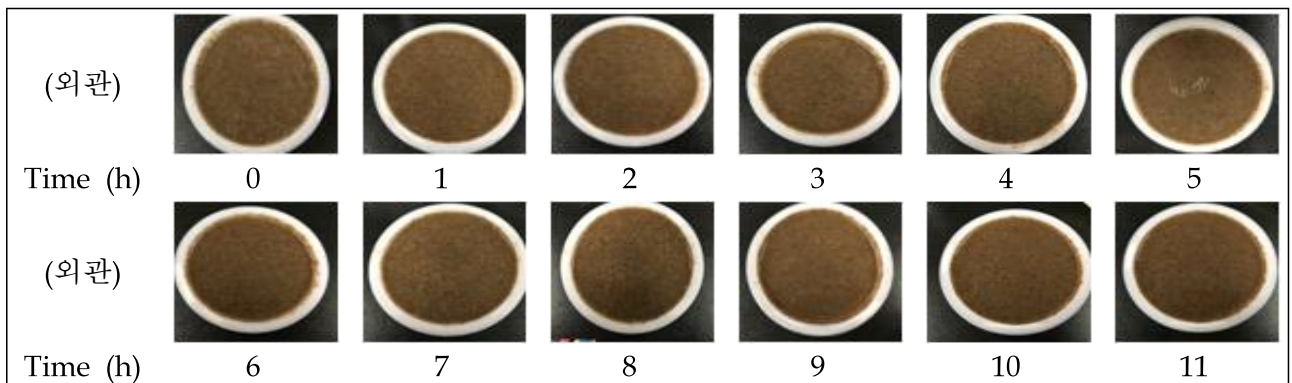


그림 83. 임신수유부용 유동식의 시간별 품질요소(외관) 변화.

○ 당도는 $4.66 \pm 0.57 \sim 4.00 \pm 0.00$ Bx, 염도(%)는 $3.33 \pm 0.57 \sim 3.00 \pm 0.00$ 범위사이의 값이 측정되었으면 온도변화에 따른 모든 실험군에서 초기 완제품의 규격과 차이를 확인할 수 없었음. 각 온도별 미생물 실험결과 모두 관찰되지 않아 안전성을 확인할 수 있었음.

○ 이는 식약처 식품공전 제5. 식품별 기준 및 규격, 19.4. 특수용도식품/ 임신·수유부용식품에 제시되어 있는 기준규격으로서 대장균군 $n=5, c=0, m=0$, 일반세균수 $n=5, c=1, m=0, M=100$ (액상제품)으로 규정된 품질규격에 부합되었음. 이 때, n: 검사를 위한 시료 수, c: 최대허용 시료 수, m: 생물 허용 기준치, M: 미생물 최대허용 한계치를 나타냄.

○ 그러나 바실러스의 경우 포자를 생성하여 저온살균공정에서 완전 사멸되지 않기 때문에 제품의 위해요소가 될 수 있음. 현 개발 제품은 냉장 유통 제품으로 포자가 발아할 수 없는 조건에서 유통되므로 기존의 유통기한인 냉장 유통 시 60일을 적용하여도 안전함.

표 93. '헬씨맘'시제품의 시간별 품질요소 변화

Time (h)	당도	염도	색도				일반세균 및 대장균군
			L	a	b	ΔE_{ab}	
0	4.33 ± 0.57	3.33 ± 0.57	40.08 ± 0.00	3.80 ± 0.00	5.94 ± 0.01	0.00 ± 0.00	ND
1	4.66 ± 0.57	3.33 ± 0.57	40.11 ± 0.00	3.77 ± 0.00	5.77 ± 0.00	0.13 ± 0.00	ND
2	4.00 ± 0.00	3.00 ± 0.00	39.75 ± 0.00	3.82 ± 0.01	5.81 ± 0.01	0.32 ± 0.00	ND
3	4.33 ± 0.57	3.33 ± 0.57	39.68 ± 0.00	3.83 ± 0.01	5.80 ± 0.01	0.35 ± 0.00	ND
4	4.00 ± 0.00	3.00 ± 0.00	40.01 ± 0.00	3.94 ± 0.00	6.04 ± 0.01	0.18 ± 0.00	ND
5	4.00 ± 0.00	3.00 ± 0.00	39.82 ± 0.00	3.80 ± 0.01	5.80 ± 0.00	0.21 ± 0.00	ND
6	4.00 ± 0.00	3.33 ± 0.57	39.46 ± 0.00	3.72 ± 0.00	5.63 ± 0.00	0.60 ± 0.01	ND
7	4.00 ± 0.00	3.00 ± 0.00	39.68 ± 0.01	3.87 ± 0.01	5.80 ± 0.01	0.39 ± 0.01	ND
8	4.00 ± 0.00	3.00 ± 0.00	39.77 ± 0.00	4.08 ± 0.00	5.89 ± 0.00	0.38 ± 0.00	ND
9	4.00 ± 0.00	3.00 ± 0.00	39.73 ± 0.00	4.16 ± 0.00	5.86 ± 0.00	0.43 ± 0.00	ND
10	4.00 ± 0.00	3.00 ± 0.00	39.83 ± 0.00	4.30 ± 0.00	5.96 ± 0.01	0.52 ± 0.00	ND
11	4.00 ± 0.00	3.00 ± 0.00	39.68 ± 0.00	4.37 ± 0.01	6.02 ± 0.01	0.69 ± 0.00	ND

○ pH의 경우 초기 6.29에서 온도가 증가함에 따라 4시간 후 38℃부터 감소하는 경향을 나타내어 최종 90℃ 조건의 시료의 경우 5.71의 값으로 낮아짐이 관찰되었음. 이 등(2004)은 볶은쌀과 우유를 주재료 제조한 타락죽에 대한 저장안정성 평가에서 냉장저장 시 pH가 6.29에서 점점 감소하는 경향을 나타내어 14일차 6.10으로 관찰되었다 하였고 Jang et al.(2012)가 연구한 ready-to-eat porridge의 저장기간에 따른 pH 또한 감소됨을 관찰하였으며, Ocheme (2007)의 수수가루 죽에 대한 저장실험 결과 제조한 모든 시료에서 유의적으로 감소함을 보고하였음

○ 이 등(2003)이 볶음 온도와 시간이 증가함에 따라 멥쌀가루의 glucose 함량이 일반적으로 감소하고 개별 필수 아미노산 함량이 감소한 것으로부터 볶음과정 중 mailard 반응이 일어난다 하였고 Maillaed 반응은 진행됨에 따라 유리 아미노산, 펩타이드, 단백질의 아미노기 결합 마르단 카르복실기를 유리 상태로 남기고 여러 산성의 중간생성물을 형성함으로 산도 증가를 초래한다고 보고하였는데(Gardner1979) 시제품 유동식에서도 온도가 증가함에 따라 재료의 mailard 반응으로 인하여 pH의 증가했을 가능성이 있다고 사료됨

○ 엽산의 경우 초기시료 282.34 µg/g에서 최종 90℃ 조건에서 266.18 µg/g로 감소한 값이 측

정되었으나 온도가 증가함에 따라 점차적으로 감소하는 경향을 나타내지는 않았음. 완제품 기준규격 273.59±6.42 µg/g 범위 내의 값을 만족하였음. 엽산의 경우 무기질로 무기질은 수용성이기 때문에 식품을 조리하여 섭취 시 조리에 의한 손실이 생긴다고 하였고 차 등(1996)이 조리방법에 따른 엽채류의 무기질 함량변화를 측정 시 긴 시간 데치거나 압력 조리의 경우 무기질 손실이 크게 나타남을 확인하였으나 본 실험조건에서는 큰 변화를 관찰하지 못하였음. 최종 온도 원재료와 총 제품에서 실험시료 일부분에 대한 측정으로 값이 일정한 경향성을 나타내지 않은 것으로 보이며 추가적으로 확인이 필요함

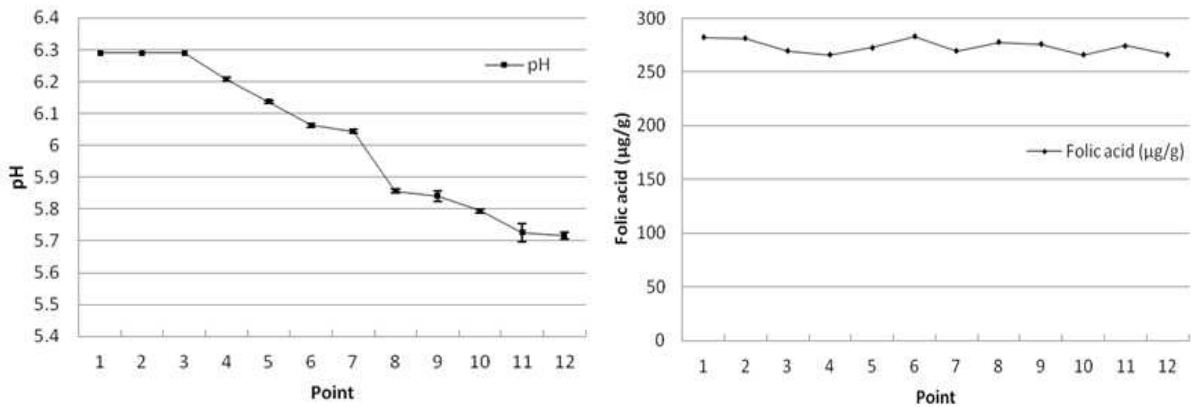


그림 84. '헬씨맘'의 시간별 품질요소의 변화 그래프(pH, 엽산)

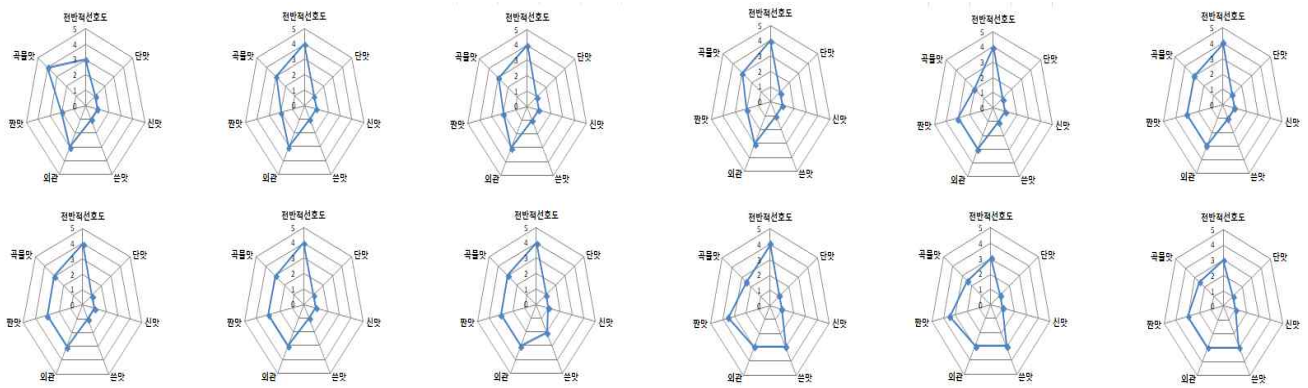


그림 85. '헬씨맘'의 시간별 품질요소의 변화 그래프(관능평가)

○ 관능평가 결과, 초기 20℃ 시료에서 익히지 않은 곡물맛이 제일 강하게 느껴졌는데 온도가 증가함에 따라 곡물맛과 채소의 향이 느껴지며 전반적인 맛의 조화를 이루고 선호도가 증가하였음. 그러나 74℃에서부터 곡물의 탄맛과 짠맛이 느껴지기 시작하며 80℃ 조건에서부터 전반적 기호도가 낮아짐을 확인할 수 있었음

○ 총 품질지표 시험결과 시제품 기준규격에 대하여 pH와 관능적 선호도에서 62℃부터 감소됨이 관찰되었는데 본 시제품의 경우 저온살균 냉장유통 제품으로 유통기한 30일까지 영양학적 이화학적 품질저하는 없을 것으로 사료되었음

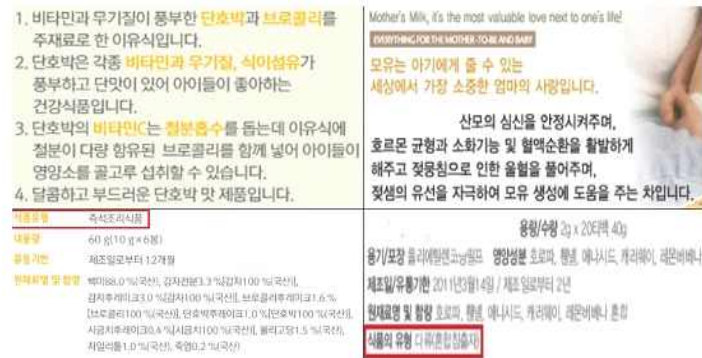
사. 주관기업 및 참여기업을 통한 제품 상용화 검토(시장 진출 가능성 제품 위주)

1) 시장성 및 제품 상용화 검토 및 논의

○ 현재 국내 임신수유부용 제품시장 상황은 식품규격 상 특수용도식품 임신·수유부용 식품의 규격이 설정되어 있음에도 불구하고 아기엄마와 임신부들이 주로 이용하는 온·오프라인 쇼핑 몰과 산후조리원 등에서 판매되는 영·유아, 임신·수유부용 제품 중 성분이나 효과가 전혀 검증되지 않은 제품들이 포함된 것으로 나타남을 보도함

○ 앞서 시중제품 조사결과 또한 ‘특수용도식품’처럼 광고했지만 실제로는 제품의 유형은 일반 식품에 속하였으며 이 일반 식품을 마치 특수용도식품인 것처럼 홍보되어 판매되고 있는 실정임

○ 2015년 한국인 영양소 섭취기준에 따르면 임신·수유부의 경우 일반성인보다 영양소(단백질, 비타민 및 무기질)의 섭취가 더 요구되며 이를 위한 영양 및 균형잡힌 식품섭취의 중요성은 강조되어 지고 있으나 현실정은 제품의 다양성이 매우 부족한 실정임



[출처]뉴스인, 강태현 기자

그림 86. 성분과 효과가 확인되지 않은 영유아, 임신부 식품 광고 현황.

○ 또한 임신부의 특성을 고려하여 필요한 영양소를 충분히 보충 할 수 있도록 영양이 강화된 제품이 필요하며 입덧 등으로 인하여 임신부에게 탈수와 전해질 불균형등을 최소화할 수 있도록 관능적으로 알맞게 선택할 수 있는 다양한 제품군이 필요함.(국가정보의학포털, the role of diet and nutrition)



○ 최근 youtube 채널을 통하여 국외 임신수유부 제품의 한 종류인 시리얼바를 소개하는 영상을 찾아볼 수 있었는데 국내 제품 역시 최근 트렌드에 맞추어 제품 및 광고 홍보 전략을 세울 수 있을 것임



그림 87. YouTube를 통한 임신수유부 제품(시리얼바)소개
[출처] <https://www.youtube.com/watch?v=5Jn37mfwNw0>

2) 시제품 제작 및 디자인

- 이에 따라 본 연구에서 제조라인을 이용하여 임신수유부 유동식을 개발완료 하였고 식품공전상의 기준규격에 적합하게 자체기준을 설정함
- 개발 상품 표시사항은 그림-과 같이 제시하였음.
- 제품의 기준·규격 및 표시사항 설정
 - 헬씨맘 통곡물 묽은죽 : '임산·수유부용 식품'
 - 통곡물 함유 영양균형 임신수유부 유동식 : '(살균제품)'
 - 원료명, 배합비, 원산지 표기, 영양기능정보, 섭취방법, 알러지 경고문구 삽입

시제품의 기준·규격 제시		시제품의 표시사항 설정	
항목	내용	제품의 유형: 임신·수유부용 식품 헬씨맘 통곡물 묶은죽 (200 g/174 kcal) 찹쌀미(국내산)8%, 찹쌀미(국내산)6%, 백미(국내산)4%, 수수(국내산)2%, 발아찰보리(국내산)2%, 시금치(국내산)8%, 브로콜리(국내산)4%, 당근(국내산)2.8%, 아스파라거스(국내산)2.8%, 대두분말(국내산), 정제엿, 엿산 0.08%, 정제수, 야채육수[다시마(국내산), 무(국내산), 표고버섯(국내산), 양파(국내산), 대파(국내산), 당근(국내산)] 제조일자: 0000.00.00 유통기한: 0000.00.00 <div style="text-align: right;">  </div>	
제품명	헬씨맘		
제품의 유형	임산·수유부용 식품		
외관			
조단백질 함량 (g/ 200 g)	4.116±0.135		
미량성분 (엽산 µg/g)	273.59±6.42		
식이섬유(%)	1.06		
영양성분(%)	표시량 이상이어야 함		
pH	6.29±0.03		
수분활성도	0.35±0.00		
퍼짐성	6.30±1.41		
색도	L	40.08±0.00	
	a	3.80±0.00	
	b	5.94±0.01	
	ΔEab	53.70±0.01	
타르색소	불검출		
세균수	n=5, c=0, m=0		
대장균군	불검출		

영양정보	총내용량 200 g/174 kcal	1일 영양성분 기준치에 대한 비율*		
항목	1회제공량 1팩(200 g)	가입기	임신부**	수유부
나트륨	0.04 mg	3.03%	3.03%	3.03%
탄수화물	33.75 g	-	-	-
식이섬유	2.12 g	9.4%	8.5%	8.5%
당류	0.52 g	-	-	-
지방	1.82 g	-	-	-
트랜스지방	0.00 g	-	-	-
포화지방	0.10 g	-	-	-
콜레스테롤	0.00 g	-	-	-
단백질	4.12 g	9.2%	5.5%	5.9%
비타민B1	0.26 mg	24%	17.6%	17.6%
비타민B2	0.26 mg	19.66%	14.75%	14.75%
비타민B6	0.02 mg	1.42%	0.9%	0.9%
비타민C	9.57 mg	9.57%	9.7%	7.09%
나이아신	2.20 mg	15.71%	12.22%	11.57%
엽산	273.23 µg	68.30%	45.53%	49.67%
칼슘	33.69 mg	5.18%	3.62%	3.3%
인	144.34 mg	20.62%	20.62%	20.62%
철	1.52 mg	19%	8.44%	19%
아연	0.72 mg	9.1%	6.33%	5.39%

*한국인 영양섭취 기준(2015, 여자 30~49세, 권장섭취량)에 대한 비율
**임신 3분기 기준

○ 헬씨맘 제품 디자인 컨셉 및 디자인 시안

- 본 연구기관에서 새롭게 개발하려는 유동식은 통곡물을 베이스로 신선한 컬러야채가 들어가는 임신수유부를 위한 제품임
- 통곡물과 야채, 영양밸런스, 한끼 식사, 신선함을 컨셉으로 설정 함
- 타 제품과의 차별화를 위해 사진 대신 일러스트를 적용하여 이미지를 차별화함
- 최근 소비자들이 컬러푸드에 관심이 많으므로 신선한 채소와 통곡물의 이미지 및 색채를 기본으로 적용
- 부드럽고 밝은 이미지의 색채를 적용하여 유동식의 부드러운 이미지 부각
- 국내 임신부 배려석등에 사용되는 분홍색 색채을 이용하여 한눈에 알아보고 임신수유부제품에 대한 이미지 부각



그림 88. 헬씨맘 디자인 시안

○ 임신·수유부용식품 “헬씨맘”최종디자인 확립

- 임신·수유부 소비자에게 제품에 대한 이해가 쉽고 타제품과의 차별성을 위해 이미지를 일러스트 적용

- 사용자가 식품구입 시 알고 싶어 하는 제품 구성성분을 앞면에 단순화 된 일러스트로 적용
- 일러스트를 특징을 강조하면서도 단순하게 표현하고 이미지를 겹쳐 배치하지 않는 등 사용자의 시각적 편리를 위해 레이아웃을 최대한 심플하게 적용
- 국내 임산부 배려석등에 사용되는 분홍색 색채를 이용하여 한눈에 알아보고 임산수유부제품에 대한 이미지 부각
- 색상차 명도차가 확실히 나도록 색채계획적용
- 건강의 상징인 컬러푸드 이미지를 적용하여 제품의 원재료 컬러를 디자인의 포인트 색채로 활용
- 두 개씩 포장된 락지에 칼선을 적용하여 개봉 시 사용자가 큰 힘을 들이지 않고, 다른 도구가 필요 없이 제품을 개봉할 수 있도록 편리함적용



그림 89. 헬씨맘 통곡물 묶은죽 최종 디자인(1안)



그림 90. 헬씨맘 통곡물 묶은죽 최종 디자인(2안)

- 시제품생산 및 소비자 테스트를 통한 시장 반응성 확인
- 품목 다양화 및 '엘빈즈'와 업무협약을 통한 대량생산화

- 온라인 직영몰 및 소셜커머스, test마케팅을 통한 시장 반응성 확인
- 내부 품평회를 통한 제품 테스트/마케팅 전략/가격정책 수립, 상품화 진행 시간 계획 수립

[별첨] (위탁)현장애로기술해결보고서 1부

- 현장애로기술 1: 기타 영·유아식(유동식)에서의 저온살균공정 개선
- 현장애로기술 2: 유동식형태의 특수용도식품 생산에 관한 위생 공정 개선
- 현장애로기술 3: 통곡분말의 분산성 개선

제4절 : 제3협동 : 바이오벤 (연구책임자 : 변유량)

○연구제목: 통곡 및 발아곡류의 유용물질 극대화를 위한 최적공정 개발

○연구개발목표

- 통곡류 및 발아곡류의 우수성과 유용물질을 극대화할 수 있는 발아공정 및 소재화 최적공정 개발
- 체중조절용 조제식품 개발 및 대량 생산공정 개발 및 시제품 생산

1. 1차년도 title : 통곡소재화 공정 개발 및 발아공정 표준화

1-1. 목차

1. Hydrothermal process에 의한 당노/체중조절 소재 생산공정 개발

가. 최적 소재화공정 개발을 위한 핵심 healthy grain

- 1) 현미
- 2) 보리

나. 저GI·고GABA 통현미 당노개선/체중조절 소재 생산공정 개발 및 시제품 생산

- 1) 선행연구를 통하여 개발한 농축현미 당노개선 소재 생산공정
 - 2) 저GI·고GABA 통현미 당노개선/체중조절 소재 생산공정 개발
- 가) 침지공정에서 GABA부화의 최적화
- ① 수침에 의한 현미의 GABA 부화
 - ② GABA수 침지에 의한 고GABA 현미 개발

나) 과열수증기 처리에 의한 고GABA 현미의 저GI화

- 3) 저GI·고GABA 현미 당노개선/체중조절 소재 시제품 생산

다. 고β-glucan·고GABA 보리 당노개선/체중조절 소재 생산공정 개발

- 1) GABA부화를 위한 침지조건 최적화
- 2) 고β-glucan·고GABA 보리의 hydrothermal processing

2. 발아공정 애로기술 연구 및 표준화

가. 발아현미 생산공장의 현장 애로기술 파악

- 1) 발아현미 생산공정 현황
- 2) 발아현미 생산공정의 문제점

나. 발아공정 문제점에 대한 실험실적 연구

- 1) 발아현미 생산공정 개선을 위한 실험실적 연구

가) 발아현미 생산공정 개선전략

나) 현미원곡의 과열수증기 처리가 발아율에 미치는 영향

- ① 침지 전후의 과열수증기 처리가 현미의 오염도 저감 및 발아율에 미치는 영향
- ② 침지 유무가 과열수증기 처리한 현미의 오염도 저감 및 발아율에 미치는 영향

- 2) 발아보리의 생산공정 개선을 위한 실험실적 연구

가) 보리의 침지시간이 발아에 미치는 영향

나) 침지 유무가 과열수증기 처리한 보리의 오염도 저감 및 발아율에 미치는 영향

다. 표준 발아공정 수립

3. 통곡분말 분산성 개선 연구

가. 난분산성 통곡분말의 입도 및 분산성 연구

1) 분말제품의 복원특성 측정방법

2) 시판 분말선식 제품의 복원특성 연구

3) 엄마사랑 선식제품의 분산성 연구 및 입도분석

가) 엄마사랑 선식제품의 복원특성 분석

나) 엄마사랑 선식제품의 입도 분석

나. 유동층과립기를 이용한 과립화 연구

1) 엄마사랑 선식의 유동층 과립화 연구

2) 과립제품의 입도분석 및 복원특성 연구

1-2. 실험결과

1. Hydrothermal process에 의한 당노/체중조절 소재 생산공정 개발

가. 최적 소재화 공정개발을 위한 핵심 healthy grain

1) 현미

- 현미는 벼를 수확 후 왕겨만 벗겨낸(제현) 쌀로 쌀겨(5%), 배아(3%), 배유(92%)로 구성되어 있으나 영양소는 배아(66%), 쌀겨(29%), 배유(5%)의 순으로 많이 들어 있어 백미에 해당하는 배유에는 현미 전체 영양소의 단지 5%만 들어 있다.
- 현미의 표준적 화학조성은 수분 15.5%, 단백질 7.4%, 지질(脂質) 3.0%, 당질 71.8%, 섬유 1.0%, 회분1.3%, 비타민 B1은 100g 중 0.54mg으로 당질(녹말)이 대부분을 차지하고, 단백질이나 지방은 많지 않다.
- 현미는 백미를 주식으로 하는 우리의 식단에서 부족한 식이섬유, 미량원소, 비타민, 항산화제 등과 같은 질병예방에 중요한 영양기능성분을 풍부하게 함유하고 있어 당뇨병 예방, 변비개선, 콜레스테롤 값의 저하, 비만 해소, 혈당치 개선, 암예방, 빈혈방지, 알츠하이머형 치매 예방, 자율신경실조증에 대한 회복기능 등을 나타내는 것으로 보고되었다.
- 현미에는 물에 녹지 않는 불용성 식이섬유가 풍부하게 함유되어 있기 때문에 변비해소에 효과가 있는 것으로 알려져 있다. 장의 선동운동을 활발하게 하여 장내의 불필요한 물질을 배출하는 효과가 기대된다. 식이섬유는 백미에는 100g당 0.5g이 함유되어 있으나 현미식에는 3.7g으로 7.4배이다.
- 최근 연구에 의하면 현미 중의 토코트리엔놀 (tocotrienol)은 토코페롤보다 항산화작용이 40-60배 정도 강하여 암세포의 확산 방지, 사멸시키는 작용을 하며 노화를 저지시키는 항산

화 작용을 하는 것으로 연구되었다. 토코트리에놀은 현미의 미강층에 많이 들어있다. 특히 최근 연구결과에 따르면 알파-토코페롤만 섭취한 것보다 토코트리에놀의 이성체가 함께 작용하면 시너지 효과를 나타내어 질병방지와 노화예방에 효과적인 것으로 보고되고 있다.

- 또한 현미에는 옥타코사놀, GABA, 아라비녹실란, 피틴산, 페룰산, 이노시톨, 셀레늄, 비타민 B2, 감마오리자놀 등의 생리활성물질이 풍부하게 함유되어 있다.
- 비타민 B군의 일종인 이노시톨(inositol)은 성장촉진작용 및 간 기능 강화, 노화방지, 동맥경화방지 등의 기능을 가지며, 페룰산은 항산화작용이 있어 활성산소의 독성으로부터 생체를 방어하는 SOD와 같은 것으로 알려져 있다. 또한 현미에 들어있는 셀레늄은 암 예방에 유효한 미량원소로서 항산화 작용이 우수하다.
- 특히 감마-오리자놀(γ -oryzanol)은 미강 특유의 식물유 성분으로 페룰산과 식물스테롤이 축합한 에스테르류이다. 비만과 당뇨병 예방효과가 있으며, 혈중 콜레스테롤 저하, 혈중 중성지방 저하, 대장암 억제, 피부 노화방지, 자율신경 실조증의 완화, 뇌기능의 활성화 등 다양한 기능성을 가지고 있다. 특히 체내에서 분리된 페룰산은 베타아밀로이드성 알츠하이머형 인지증의 예방개선 효과와 활성산소에 대한 항산화작용이 있는 것으로 보고되었다.
- 김 등의 보고 (Kim et al. Int J Food Nutr. 2015. 66(2): 166-176)에 의하면 우리나라 쌀품종의 총 γ -oryzanol 함량은 평균 43.8mg/100g (백미) (범위, 26.7~61.6mg/100g) 이다. 한편 발아현미에는 γ -oryzanol이 36.5 mg으로 많이 함유되어 있으며, 발아보리에는 1.5 mg 밖에 함유되어 있지 않다.
- **현미의 항비만 메카니즘:** 최근의 역학연구에서 현미가 항비만·당뇨병 작용이 있는 것으로 밝혀지고 있었지만, 그 자세한 메커니즘은 알 수 없었다. 2012년 Ryukyus 대학 연구진에 의하여 현미는 고지방식에 대한 기호성을 감소시킴으로써 항비만·당뇨병 효과를 발휘한다는 것, 특히 현미에 풍부하게 함유되어 있는 성분 중 하나인 γ -oryzanol이 그 효과 발현에 관여하고 있음을 세계 최초로 밝혔다 (Kozuka et al. Diabetes (2012) 61, 3084-3093; Kozuka et al. Obesity Research & Clinical Practice (2013) 7, e165-e172).
- **항당뇨 효과** 당뇨병자는 급격한 혈당상승을 막기 위하여 혈당을 서서히 높이는 식이요법이 필요하다. 음식이 체내에 흡수되어 혈당을 얼마나 빠르게, 높게 올리는가를 정량화한 값이 당지수, 즉 GI(Glycemic Index)인데 흰빵을 100으로 기준하여 상대적인 수치를 나타낸다. 백미가 84인 반면에 현미는 56으로 저 GI 식품으로 분류되고 있으므로, 항 당뇨 내지는 당뇨 개선에 효과가 있다.

2) 보리

- 보리는 쌀보리(나맥)와 겉보리(피맥)로 나누며, 쌀보리가 우리가 흔히 먹는 보리이다. 또한 찰보리는 메성보리 보다 식이섬유 함량이 높고 베타글루칸 함량 역시 30% 더 함유하고 있

어 최근 찰쌀보리의 소비가 증가하고 있다.

- 보리는 쌀보다 단백질 (6.2g), 비타민 B1 (0.06mg), 칼슘 (17 mg) 이 많이 함유되어 있어 쌀을 주식으로 하는 우리 국민의 영양균형을 보완하여 건강을 유지시킬 수 있는 우수한 곡물자원이다. 보리가 쌀에 비하여 맛이 나쁜 것은 보리에 함유되어 있는 탄닌(tannin) 성분이 떫은맛을 내고, 식이섬유가 많아 식감이 거칠기 때문이다.
- 보리가 다른 곡물과 크게 다른 차이점은 다른 곡류는 수용성 식이섬유의 비율이 낮으나 보리에는 수용성 식이섬유 β -(1 → 3), (1 → 4)-glucan (줄여서, β - glucan 이라 한다)가 많이 함유 (보통 품종에서 3 - 5%)되어 있어 특히 주목 받고 있다. β -glucan은 글루코오스 1,000 ~ 10,000 개가 이어진 <다당>의 일종이다. 보리에서 β -glucan은 배유부의 세포벽에 분포하고 있기 때문에, 애벌 짠 보리와 찰보리는 여전히 β -glucan의 탁월한 공급원이다.
- 식이섬유는 수용성과 불용성을 균형 있게 섭취하는 것이 중요하고, 수용성 : 불용성의 비율이 1 : 2 인 것이 바람직하다. 특히 현미 식이섬유의 대부분이 불용성 식이섬유 인 반면, 보리는 수용성 식이섬유와 불용성 식이섬유가 균형 있게 함유되어 있다.
- 보리에 있는 식이섬유는 물에 녹기 때문에 장 내에서 수분을 흡수하여 고점성의 겔상태의 물질로 되어 식사로 섭취한 당을 흡수한다. 그 결과 식사 유래 당이 체내로 흡수되는 것이 지연된다. 따라서 보리 β -glucan을 함유한 보리식품을 섭취하면 식사에 의한 급격한 혈중 글루코오스 농도의 상승이 억제하게 되고 글루코오스 농도의 상승을 감지하여 분비되는 인슐린의 과잉분비를 억제하여 혈중인슐린 농도를 건강한 수준으로 유지하는 것을 도와준다.
- 보리 β -glucan의 장내 환경개선 효과는 다른 수용성 식이섬유와 마찬가지로 위와 소장에서 흡수되지 않고 결장에 도달한 보리 β -glucan이 특정 세균에 의하여 선택적으로 자화되어 장내 균총의 균형을 개선하는 것으로 생각된다.
- **기능성 표시식품으로서 보리:** 유럽 및 미국을 중심으로 한 나라와 지역에서는 보고된 과학적 근거를 기준으로 하여 보리를 원료로 한 식품의 여러 가지 health claim을 인정하고 있으며, 다이어트에 관한 연구와 평가도 진행 중이다. 상기 기능성을 주장하기 위한 요건은 “1일 당 (혈당상승 억제에 대하여는 1 서빙당) 보리 β -glucan으로서 3g 이상을 섭취하는 것” 이 요구된다.

표 1. 보리의 생활습관병 관련 기능성표시 허가 상황

효과	유효한 β -glucan량	허가된 나라
식후 혈당치의 상승을 억제	1식 중의 당질 30g 당 4g 이상	유럽
정상적인 장 기능을 유지	대두 유래의 식이섬유로서 25~30g	한국
배변 촉진 효과	1일 3g 이상	유럽 (EFSA)
심장질환의 위험이 감소	1일 3g 이상	미국, 캐나다, 유럽 (EFSA)
콜레스테롤 값이 저하	1일 3g (1g x 3회) 이상	오스트렐리아, 뉴질랜드

- 최근 장내 미생물 대사가 식욕조절 호르몬을 포함하여 대사에 영향을 미칠 수 있는 것으로 알려지고 있다. 따라서 Johansson 등 (Johansson E. V. et al. Nutrition J (2013) 12: 46)은 젊은 보리알곡을 19명의 젊은이에게 늦은 저녁식사로 제공한 후 자유롭게 표준화 된 아침 식사와 점심식사를 하고 이 건강한 피험자의 대사 및 식욕조절 마커 (GLP-1)에 미치는 영향을 평가하였다. 그 결과 저녁 식사로 보리알곡을 먹은 사람은 흰빵을 먹은 사람과 비교하여 혈장 GLP-1가 증가되었으며, 식후 10.5-16 시간 동안에 배고픈 감각이 감소된 것으로 보고하였다.
- **Firmicutes/Bacteroidetes 비율과 비만:** 비만인 사람의 장내 균총은 야윈 사람에 비하여 Firmicutes의 비율이 높고 Bacteroidetes의 낮은 것으로 밝혀 졌다. Firmicutes는 다당류의 분해능이 높아 Firmicutes가 많은 비만인 사람은 동일한 식사량일지라도 흡수하는 에너지량이 많다. 이와 같은 결과는 장내 균총은 비만 병태생리학의 또 다른 기여 인자인 것을 나타낸다 (Turnbaugh, PJ et al. Nature. 444 | 21/28 December 2006).
- Shimzu 등은 체중지수 (BMI)> 22kg/m² 인 고 콜레스테롤혈증의 일본인 44명을 대상으로 β -glucan 고함유 애벌 짙은 보리 (pearl barley)와 쌀 혼합식 (β -글루칸 함량 하루 7.0 g)를 12 주 섭취하도록 한 결과 시험기간에 LDL-C(P = 0.041) 및 TC (P = 0.037)의 혈청농도가 유의하게 감소되었으며, 시험 종료시점에 내장지방 (P = 0.039), BMI (P =0.015) 및 허리둘레 (P = 0.011)가 유의적으로 감소한 것으로 보고하였다. (Shimizu et al. Plant Foods Human Nutrition (2008) 63:21-25)
- 이상의 결과 이외에 보리의 건강에 관한 일본인의 최근 과학적 근거는 다음과 같다.
 - 정상작용: 찰보리 섭취에 의하여 배변빈도, 배변량이 증가한다.
 - 식후 혈당상승 억제효과: 보리밥, 보리빵, 보리국수 등으로 검증됨 (보리알곡의 GI는 50 미만인 것으로 추정).

- 만족감의 지속과 에너지 섭취량의 조절: 아침으로 보리밥을 섭취함으로써 1일 섭취하는 칼로리가 감소한다.
 - 장기섭취에 의한 내장 지방 저감: 장기간 보리밥을 섭취하면 내장지방이 높은 사람의 내장 지방, BMI 및 허리둘레가 감소한다. 또한 내장지방의 감소에 수반하여 혈당치, 인슐린 농도, HbA1c 및 adiponectin농도가 개선된다.
- 이상에서 살펴본 바와 같이 현미와 보리는 우수한 항당뇨 및 항비만 핵심 통곡이지만 현미는 밥을 짓기 어렵고 강층이 소화가 잘 안되며 식미도 좋지 못하다. 또한 보리는 탄닌(tannin) 성분이 떫은맛을 내고, 식이섬유가 많아 식감이 거칠다. 따라서 현미와 보리의 소비확대를 통한 국민의 생활 습관병 예방과 건강 증진을 위하여 **현미와 보리의 기능을 고도로 이용할 수 있는 새로운 개념의 제품으로 재탄생시키는 것이 시급하다.**

나. 저GI·고GABA 통현미 당뇨개선/체중조절 소재 생산공정 개발 및 시제품 생산

- 전통적으로 곡류의 가열가공에는 포화증기(saturated steam)를 이용한 증자(蒸煮, steaming) 방법이 널리 이용되어 왔다. 그러나 최근 식품의 건강, 환경, 안전, 안심에 대한 관심이 증가하면서 식품가공 수법으로서 과열수증기(superheated steam, SHS)를 이용한 수열공정(hydrothermal process)이 가장 적합한 기술로 주목을 받고 있으며, 그 이용이 급속히 증대되고 있다.
- **과열수증기**는 대기압에서 포화증기의 온도를 100℃보다 높은 온도로 가열한 증기를 말하며 가열매체로서 여러 가지 우수한 장점을 가지고 있다. 과열수증기를 식품가공에 이용하는 경우 표면경화가 생기기 어렵고, 건조속도가 빠르며 산소가 없는 조건에서 가열하므로 산화를 억제하면서 가공할 수 있다. 또한 호화, 살균, 탈취, roasting, 팽화도 가능한 장점이 있다.
- (주)바이오벤에서는 침지한 습윤 현미를 일정한 온도 환경에 두어 자연적으로 GABA함량을 증가시킨 후 과열수증기로 순간열처리 함으로서 **현미의 혈당지수(GI)값은 저하시킬 수 있는 기술을 완성하고 저GI·고GABA현미인 네오현미를 개발하였다.** 네오현미는 현미 원곡의 영양성분을 함유하고 있는 것 이외에 백미에 비하여 hydrothermal process에 의하여 GI값이 약 1/2로 감소되었고 GABA함량은 3-6배 증가된 **고기능성 현미**이다.
- 따라서 네오현미는 당뇨병, 체중조절용 특수용도식품으로 활용될 수 있는 이상적인 소재이다. (주)바이오벤에서는 한 걸음 더 나아가 네오현미의 당뇨개선 소재로서의 효능을 더욱 향상시키기 위하여 네오 현미의 외주부분을 선택적으로 도정하여 배아와 미강부분을 농축한 **저GI·고식이섬유 농축현미 당뇨개선소재**를 개발하였다.

1) 선행연구를 통하여 개발한 농축현미 당뇨개선 소재 생산공정

- 농림기술개발 사업으로 추진한 Novel G (2010.11.1~2013.10.31) 프로젝트에 의하여 개발한 농축현미 당뇨개선소재 제조공정은 그림 1과 같다.
- 간략히 제조공정을 기술하면 현미(백진주)를 2 ~ 3회 세척하여 18시간 침지한 후 과열수증기 처리하였다. 이때 오븐형 과열수증기장치(Naomoto, QF-5100CB_R-24H, Japan)의 수증기 온도는 상부 240℃, 하부 220℃의 조건에서 6분간 처리한 후 수분함량이 12 ~ 13%가 되도록 실온에서 건조 하였다.
- 건조한 현미는 소규모 정미기(모델 LH-601M, 이화산업)로 12분도로 도정하였다. 도정한 현미가루에 포함된 전분질인 과쇄미를 분리하기 위해 18mesh 표준체를 사용하여 쇄미를 분별 한 후 실험실 분쇄기로 분쇄하여 당뇨개선 농축현미소재 시제품으로 하였다. 한편 노인, 환자, 유아 등 소화기능이 약한 사람들을 위한 당뇨개선 소재로 활용하기 위하여 상술한 현미가루 소재를 α-amylase, celluclast, acalase를 이용하여 효소 가수분해한 소재도 개발하였다.

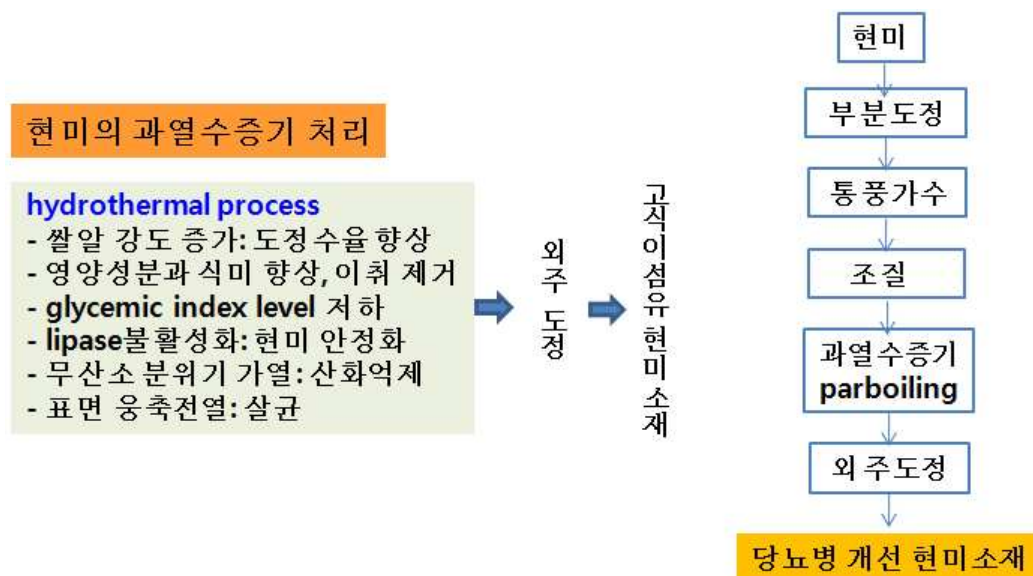


그림 1. 당뇨소재 농축현미가루 제조공정

- 상술한 농축현미 당뇨개선소재는 현미의 외주 부분을 깎아 내어 현미의 영양기능성분의 95%를 함유한 배아와 미강부분을 농축한 현미가루이기 때문에 표 2에 나타난 것과 같이 탄수화물이 44.2%, 단백질이 16.0%, 특히 식이섬유는 39.4%에 달하며, 비타민 E는 3.62mu/100g이 함유되어 있다.

표 2. 당뇨개선 농축현미 소재의 성분표

	일반현미	당뇨개선 현미소재
탄수화물(%)	88.3	44.2
회분(%)	1.7	7.3
조단백질(%)	9.7	16.0 (질소계수 6.25)
조지방(%)	3.3	21.4
수용성식이섬유(%)	1.2	0.9
불용성식이섬유(%)		38.5
비타민(mg/100g, α -TE)	0.2	3.62

2) 저GI • 고GABA 통현미 당뇨개선/체중조절 소재 생산공정 개발

- 선행연구를 통하여 개발한 농축현미 당뇨개선 소재 생산공정의 보완이 필요한 사항
 - ① 침지공정에서 GABA부화의 최적화
 - ② 과열수증기 parboiling 처리장치의 개선 및 저GI 현미 생산조건 재설정
 - ③ 당뇨소재 생산단가의 저하와 용도의 폭을 확대하기 위하여 통현미 분말 소재 개발

가) 침지공정에서 GABA부화의 최적화

① 수침에 의한 현미 GABA 부화

- 특히 당뇨병 환자의 경우 고혈압을 수반하는 경우가 많으므로 당뇨병개선 현미소재 생산공정에서 혈압강화작용이 있는 GABA(γ -aminobutylic acid) 함량을 최대한 증가시킬 필요가 있으며, 이를 위하여 침지과정에서 GABA 생성조건을 최적화하고자 하였다. GABA는 HPLC 법으로 측정하였다.
- 현미를 물에 침지하면 쌀알 내의 수분이 증가하면서 자연적으로 글루탐산탈탄산효소(GAD)가 활성화 되어 내재하는 글루탐산이 GABA로 전환된다. 침지과정에서 침지시간에 따른 GABA의 축적량은 그림 2에 나타난 것과 같다. 초기 백진주 현미의 GABA함량은 $45.6 \mu\text{g/g}$ 이었으며, 침지온도가 25°C 인 경우에는 침지 21시간에, 40°C 인 경우에는 침지 12시간에 최대 함량에 도달하였다.
- 최대에 도달한 이후에 GABA 축적량이 감소하는 이유는 GABA생성효소인 GAD와 함께 GABA분해효소가 동시에 작용하기 때문인 것으로 해석된다. 현미에 내재해 있는 GAD에 의하여 글루탐산으로부터 GABA가 생성되는 한편 GABA-pyruvate transaminase 등의 GABA-아미노산 전이효소가 작용하여 GABA를 분해하는 것으로 보고되고 있다. 그러므로 GABA의 생성반응과 분해반응이 혼재하여 겉보기 축적량으로 나타나게 되는데 장시간 침지하면 전자의 반응이 감소할 뿐 아니라 침지액 중으로 확산에 의하여 유출되므로 전체적으로 GABA축적량이 감소하는 것으로 나타난다.
- 또한 침지과정 중 현미 중의 수용성 성분이 손실되므로 침지수의 온도와 침지시간에 따른

고형분 손실을 측정한 결과 침지수 온도 25℃에서는 24시간 침지하여도 고형분 손실이 크지 않았으나 30℃인 경우 18시간 이후에 고형분 손실이 급격히 증가하였으며 침지수 온도 35℃ 이상에서는 가능한 단시간 침지하여야 할 것으로 판단된다 (그림 3).

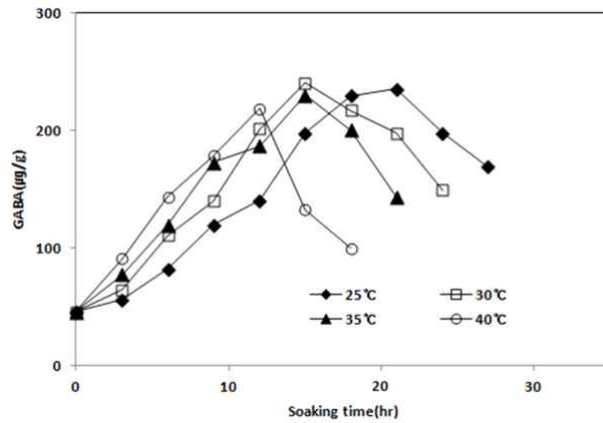


그림 2. 현미의 침지 시간-온도에 따른 GABA함량의 변화

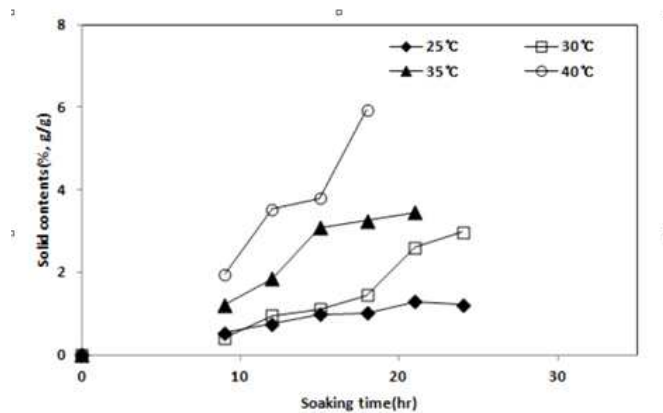


그림 3. 현미의 침지온도와 시간에 따른 수용성 성분의 손실

② GABA수 침지에 의한 고GABA 현미 개발

○ **GABA의 유효섭취량:** GABA는 정신안정작용, 혈압강화작용, 성장호르몬 분비촉진작용, 중성지방 저감작용, 체중경감 작용 등 매우 다양한 생리활성기능을 가지고 있는 비단백 아미노산이므로 적절한 유효량을 매일 섭취하는 것이 건강에 매우 유익하다는 많은 임상시험 결과가 보고되었다.

○ 현재까지의 임상시험에 의하면 정신안정작용에는 26.4~70 mg, 혈압강화 작용에는 10~80 mg, 수면촉진에는 100~300 mg이 유효한 것으로 보고되었다. 이와 같은 연구결과에 의하면 어떤 작용이던 확실한 효과를 얻기 위해서는 1일에 최소한 30 mg 이상을 섭취하여야 한다는 것을 알 수 있다.

- 우리나라 1인당 쌀소비량을 고려하면 필요한 현미의 GABA 함유량은 최소 20 mg/100g 이상인 것으로 추정된다. 그러나 단순히 수침에 의하여 현미에 내재해 있는 미량의 글루탐산만으로는 이와 같은 목표를 달성하기는 어렵다. 현재 시판되고 있는 백미 및 현미의 GABA 함유량을 살펴보면 일반 백미: 1mg/백미100g, 일반 현미: 6mg/현미100g, 발아현미: 10mg/발아현미100g 수준이다.
- (주) 바이오벤에서는 김치에서 분리한 유산균을 이용하여 배아추출물 배지에서 발효에 의하여 GABA를 대량 생산하고 있다. 따라서 발효가바 용액 즉, 일정 농도의 가바수에 현미를 침지하여 GABA를 현미에 흡수시킴으로서 용이하게 원하는 고농도 GABA 현미를 생산할 수 있다.
- **GABA수 침지:** 미배아 발효추출물(GABA 15%)을 GABA농도 0.5 및 1.0% 되게 재용해하여 GABA수를 조제하였다. GABA수 200 mL에 가볍게 씻은 백진주 현미 100g을 침지하고 상부를 알루미늄 포일로 덮은 후 25℃ 및 30℃의 항온조에 정치하면서 일정한 시간 간격으로 시료를 채취하고 표면수를 제거한 다음 60℃에서 건조하였다. 건조한 시료 1 g을 0.1 M TCA 용액 50 mL에 현탁하고 30분간 추출하여 HPLC로 GABA를 측정하였다.
- GABA농도 0.5 및 1.0%의 GABA수에 침지했을 때 흡수속도는 그림 4와 같다. 0.5% 및 1.0% GABA수에 1 시간 침지한 경우 GABA함량이 각각 1.0% 및 3.5%인 고농도 GABA현미를 얻을 수 있었으므로 GABA수 침지가 매우 유효한 방법임을 알 수 있다.

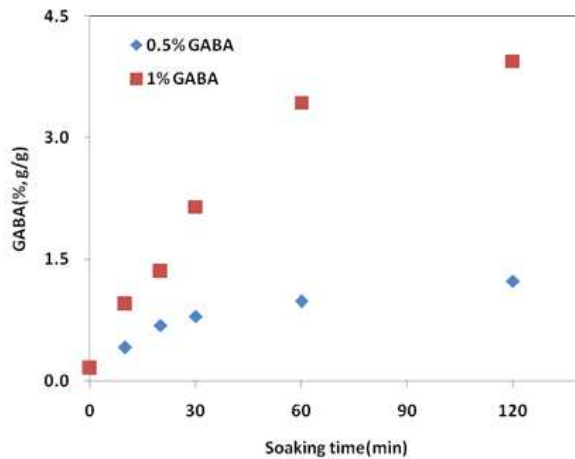


그림 4. GABA수에 침지 했을 때 현미의 GABA 흡수 거동

- 따라서 제조공정에서 가바수 침지방법을 적용하기 위하여 여러 가지 조합공정을 설정하였다. 표 3에 나타낸 것과 같이 단순히 2 h 수침한 후 건조한 시료의 GABA함량은 278.4 $\mu\text{g/g}$ 이었으나, 2 h 수침한 후 22 h 발아한 시료는 304 $\mu\text{g/g}$ 으로 증가 하였다. 수침 대신에 0.5%의 GABA수에 2 h 및 24 h 침지한 경우 각각 1468.7 및 1631.0 $\mu\text{g/g}$ 으로 현저히 증가하였다. 또한 발아시킨 현미를 과일수증기를 이용하여 170℃에서 150s 동안

parboiling하여도 GABA함량은 거의 변화가 없어 GABA는 열에 안정한 것으로 입증되었다.

표 3. GABA수 침지 및 발아공정에서 현미의 GABA함량 증가

처리구	GABA (µg/g BR)	처리구	GABA (µg/g BR)
SHS puffing	211.5	GABA수 침지(2h)	1468.7
Gun puffing	238.6	GABA 수 침지(24h)	1631.0
수침 (2 h)	278.4	발아(GABA수, 18 h)	1249.1
수침(2h)+발아(22h)	304.0	발아(GABA수, 18h)+parboiling	1228.2
발아(18 h)	374.3		
발아(18 h)+parboiling	319.0		

나) 과열수증기 처리에 의한 고GABA현미의 저GI화

- 수열에 의한 전분개질공정 개발: 전술한 농축현미 당노개선 소재 선행연구를 통하여 과열수증기에 의한 수열공정이 GI를 저하시키는데 매우 유효하다는 것이 밝혀졌으며, 최근 연구자들은 고온에서 가공하면 쌀의 물리화학적 성질을 변화시킬 수 있다는 사실을 발견하였다. 벼를 수분함량 33% d.b가 되게 재흡수 시킨 후 130-150°C의 열풍으로 수분함량 약 23% d.b가 될 때까지 가열한 후 120분간 tempering하고 제현 한 현미의 GI값은 55.5-62.6으로 무처리 현미의 GI값 66.8-70.3에 비하여 현저히 저하된 것으로 보고되었다(Jaisut et al. *J Devel in Sustainable Agr.* 7(2012), 33-38).
- 선행연구를 통하여 개발한 농축현미 당노개선 소재는 현미의 강층과 배아 부분을 선택적으로 도정하여 소재화 하였다. 배아와 강층 부분을 농축하였으므로 미강 냄새가 있어 우려되고 강층의 까칠한 맛 때문에 제품의 용도를 확대하는데 한계가 있으며 생산수율이 10% 정도로 낮아 제품가격이 상당히 높은 단점이 있다.
- 따라서 과열수증기 (SHS) 처리기술을 전술한 고GABA현미 가공에 적용하여 GI를 저하시킴으로 GABA의 기능성을 강화하고 식후 혈당치상승을 억제할 수 있는 저GI·고GABA 통현미 당노개선/체중조절 소재를 개발하고자 하였다.
- 따라서 과열수증기 처리조건에 따른 현미의 GI변화를 면밀히 검토하여 처리조건을 최적화하고자 하였다. 흐르는 물로 세척한 현미시료를 25°C의 물에 18시간 침지한 후 탈수하고 유동층 과열수증기를 이용하여 160-180°C의 과열수증기로 0.5-2.0분 동안 가열 처리하였다. 시료의 *in vitro* 방법에 의한 GI 측정은 Goni et al (*Nutrition Res.* 1997. 17: 427-437) 및 Frei et al (*Food Chem.* 2003. 83: 395-402) 등의 *in vitro* kinetics of starch digestion 방법에 따라 측정하였으며, total starch는 AOAC method 996.11에 의하여 Megazyme의 total starch kit를 이용하여 측정하였다.

- 열처리하지 않은 생현미의 GI값은 66.4인데 비하여 과열수증기 처리한 현미의 GI값은 43.2-48.4로 현저히 저하하였다 (표 4). 처리온도와 시간이 증가하면 GI값이 약간 감소하는 경향을 보였다. 일반적으로 GI값이 55 이하이면 저혈당 식품, GI값이 70 이상이면 고혈당식품으로 분류하고 있는 점을 고려하면 과열수증기 처리한 현미는 우수한 저혈당식품소재임을 알 수 있다.

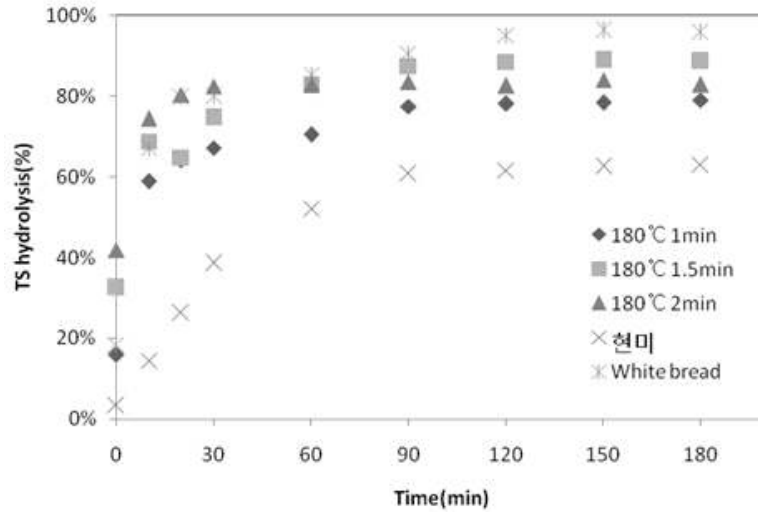


그림 5. SHS parboiling(180°C) 한 현미의 *in vitro* 가수분해속도

표 4. SHS parboiling에 의한 현미 GI의 저하

과열수증기 온도(°C)	처리시간 (min)	Glycemic index
160	2.0	46.3
	2.5	44.4
	3.0	43.2
180	1.0	48.4
	1.5	46.5
	2.0	45.3
200	0.5	47.2
	1.0	46.0
	1.5	44.6
	2.0	45.1
생현미		66.4
백미		83.2

3) 저GI·고GABA 현미 당뇨/체중조절 소재 시제품 생산

- 상술한 연구결과를 바탕으로 수침과 GABA수 침지공정, 발아공정, SHS처리공정을 도입함으로써 더욱 다양한 당뇨/체중조절 현미소재의 생산이 가능할 것으로 기대되며, 그림 6과 같은 공정을 완성하였다.
- 과열수증기를 이용한 parboiling 및 팽화: 전통적으로 곡류의 가열가공에는 포화증기(saturated steam)를 이용한 증자(蒸煮, steaming) 방법이 널리 이용되어 왔다. 그러나 최근 식품의 건강, 환경, 안전, 안심에 대한 관심이 증가하면서 식품가공 수법으로서 과열수증기(superheated steam,

SHS)를 이용한 수열공정이 가장 적합한 기술로 주목을 받아 이용이 급속히 증대되고 있다.

- **과열수증기**는 대기압에서 포화증기의 온도를 100℃보다 높은 온도로 가열한 증기를 말하며 가열매체로서 여러 가지 우수한 장점을 가지고 있다. 과열수증기를 170℃ 이상으로 가열하면 물질을 태우는 우수한 능력을 가진 일종의 “물가스”로 되어 “수증기로 굽거나 볶는 것”이 가능하다. 따라서 포화수증기와 달리 과열수증기는 기체의 거동을 함으로 곡류의 수분 및 과열수증기의 온도와 처리시간을 적절히 제어함으로서 산소가 없는 조건에서 짧은 시간에 곡류를 parboiling 하거나 팽화하여 고품질의 팽화통곡을 생산할 수 있다.

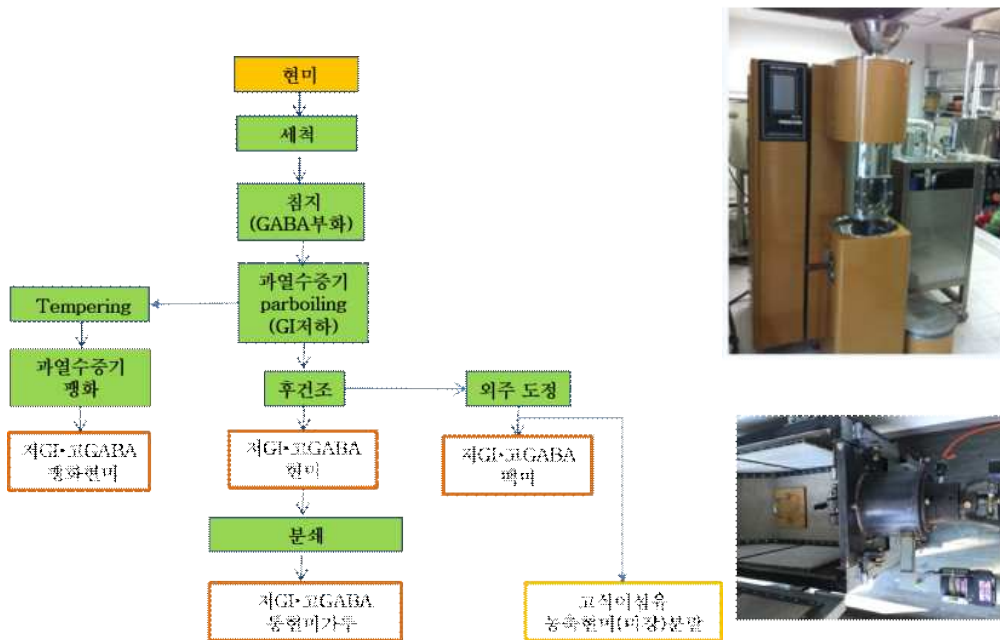


그림 6. 저GI·고GABA 현미 당노개선/체중조절 소재 생산공정

- 그림 6의 공정에 준하여 25℃에서 18 h 수침하여 GABA를 부화시킨 백진주 현미를 170℃에서 150 s 동안 parboiling 후 건조한 저GI·고GABA현미, parboiling한 저GI·고GABA현미를 유동층 과열수증기 처리기에서 280℃에서 30 s 처리하여 팽화한 팽화현미 시제품과 대조용으로 저GI·고GABA현미를 gun puffing한 시제품을 각각 제조하였다 (그림 7).



그림 7. 백진주 파보이링 현미 및 팽화 현미 시료

- **텍스춰 프로파일** : SHS 팽화현미와 gun puffing한 팽화현미 시료의 텍스춰 프로파일을 Texture Analyzer를 이용하여 측정한 결과 아래와 같이 과열수증기 팽화한 현미가 쌀알의 씹힘성이 우수함을 알 수 있다.

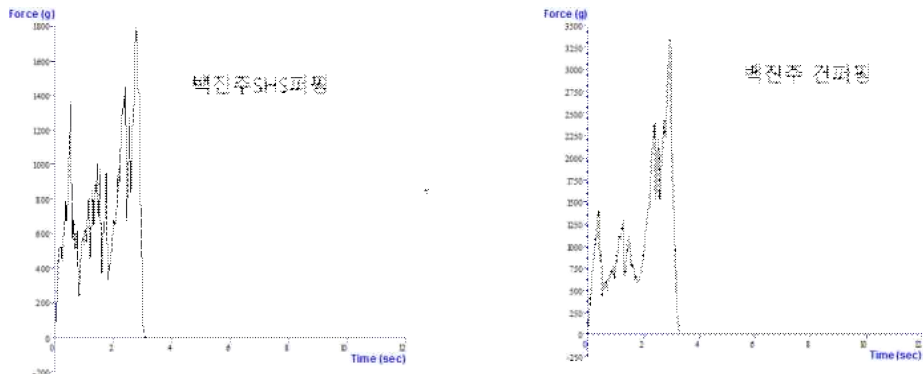


그림 8. 과열수증기 팽화현미와 gun puffing한 팽화현미의 텍스춰 프로파일

- **흡수속도** : 팽화한 현미를 상온의 음용수에 침지했을 때 10s 만에, 90℃의 열수에 침지했을 때는 2 s 만에 거의 포화상태로 흡수하여 즉석소재로서 우수한 특성을 가지고 있음을 알 수 있다.
- 또한 SHS puffing 시료의 흡수율이 약 10% 낮는데 이는 그림 9의 texture profile에서도 알 수 있는 것과 같이 SHS puffing한 현미는 쌀알의 조직감을 상당히 유지하고 있어 씹힘성이 우수한 반면에 gun puffing 현미는 과도하게 팽화되어 수분흡수율이 높고 조직감을 유지하지 못하였다.

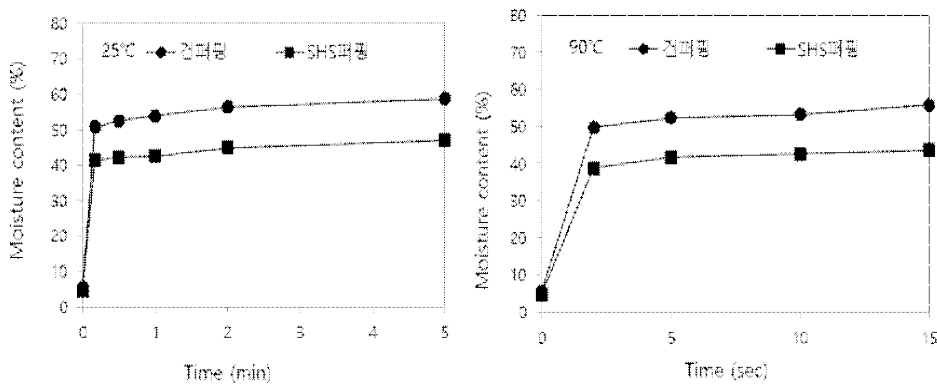


그림 9. 팽화현미의 상온 (25℃) 및 고온 (90℃)에서의 흡수속도

- **시제품의 성분**: 백진주 현미 원물과 SHS 팽화현미의 성분은 식품연구소에 분석의뢰 하였다. 현미 원물과 팽화현미 사이에는 성분상의 큰 변화는 없으나 팽화과정에서 갈변반응 등에 의하여 당류가 현저히 감소하였다.

표 5. 백진주 현미 원물과 SHS 팽화현미의 성분분석표

성분	백진주현미	백진주퍼핑
조지방(%)	2.78	2.66
조단백질(%)	7.49	10.45
회분(%)	1.32	1.24
식이섬유[불용성식이섬유(IDF)]	2.82	2.84
식이섬유[수용성식이섬유(SDF)]	0.16	0
당류 (과당, 포도당, 자당, 맥아당, 유당)mg/g)	9.54	5.02

다. 고 β -glucan • 고GABA 보리 당뇨개선/체중조절 소재 생산공정 개발

1) GABA부화를 위한 침지조건의 최적화

- 보리 품종은 β -Glucan 함량이 높은 새찰쌀보리와 자수정 찰보리를 선정하였다. 자수정 찰보리는 농촌진흥청 개발하여 2009년부터 보급하기 시작하였으며, β -glucan(6.6%), 안토시아닌($15.2\mu\text{g/g}$)이 다량 함유되어 있다. 새찰쌀보리는?
- 당뇨개선 현미소재 생산기술을 보리에도 적용하기 위하여 새찰쌀보리와 자수정 찰보리의 수침지에 따른 GABA부화 프로파일을 측정하였다 (그림 10). 새찰쌀 보리와 자수정 보리 원물의 GABA 함량은 각각 125.2 및 $129.2\mu\text{g/g}$ 으로 비슷한 수준 이었다. 현미 수침지의 경우에서와 같이 침지 15~18 h일 때 GABA부화량이 최대 320~430 $\mu\text{g/g}$ 을 나타내었으며, 침지과정에서 2~3배의 GABA가 축적되었다. 자수정 찰보리보다 새찰쌀보리의 GABA함량이 높았으나 18 시간 이후 새찰쌀보리는 급격히 감소하는 경향을 보였다.

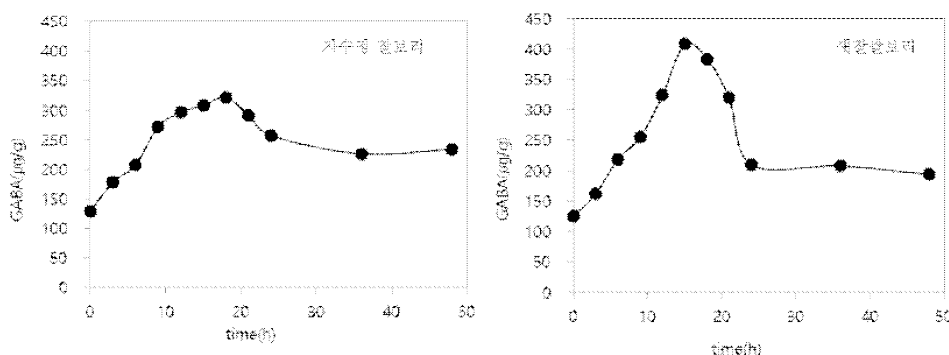


그림 10. 보리의 침지시간에 따른 GABA함량의 변화

- 고GABA 함유 제품을 얻기 위하여 0.5% GABA수에 2시간 침지한 경우 새찰쌀 보리와 자수정 찰보리는 각각 337.6 및 262.8 mg/100 g으로 GABA함량이 약 10배 높은 제품을 얻

을 수 있었다. 자수정 보리의 농도가 낮은 것은 자수정은 조직이 단단하여 흡수율이 낮기 때문인 것으로 판단된다.

- 한편 GABA수에 침지한 시료를 받아시킨 경우 오히려 GABA함량이 현저히 감소하였는데 발아과정에서 흡수된 GABA가 전술한 것과 같이 GABA 분해효소의 작용으로 감소되는 것으로 추정된다.

표 6. 수침 및 발아과정에서 GABA함량의 증가

가공과정	새찰쌀보리 ($\mu\text{g/g}$)	자수정 보리 ($\mu\text{g/g}$)
원물	125.2	129.2
수침 (2 h)	147.9	136.1
수침 (2 h)+발아 (22 h)	245.5	287.4
GABA수 침지 (2 h)	3376.4	2628.4
GABA수 침지 (2 h) +발아 (22 h)	1728.1	376.0
GABA수 침지 (24 h)	5741.9	5132.5

2) 고 β -glucan/고GABA 보리의 hydrothermal processing

- 전술한 저GI·고GABA 현미 당노개선/체중조절 소재 생산공정과 동일한 공정으로 과열수 증기를 이용한 보리의 수열처리 공정(hydrothermal process)을 확립하였다. 보리를 흐르는 물로 가볍게 수세한 후 실온에서 약 2시간 침지하여 수분함량 40~45% 정도로 흡수시킨다. 흡수된 보리의 물기를 제거하고 고습도 환경 (RH 90%)의 incubator에서 25°C에서 24시간 침지시켰다.
- 침지하여 GABA를 부화시킨 보리는 170°C에서 150 s 동안 parboiling 하여 전분을 호화시킨 후 250°C에서 SHS puffing 및 gun puffing 하였다. 팽화시킨 새찰쌀보리의 사진을 그림 11에 나타내었다. SHS puffing 한 팽화보리의 퍼핑 후 bulk density는 0.346 이었으며, puffing index는 2.44였다. 이에 비하여 gun puffing 한 팽화보리는 팽화도는 다른 팽화보리 보다 높았으나 직화 가열에 의하여 갈변이 심하였다.

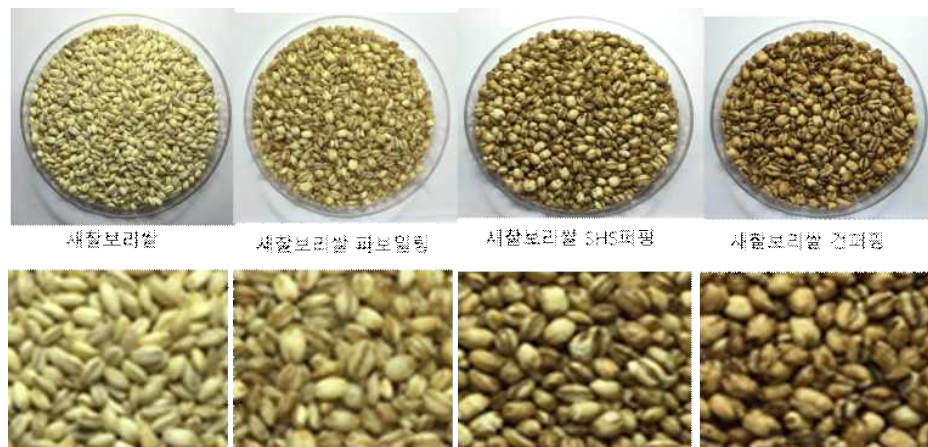


그림 11. 팽화 새찰쌀 보리

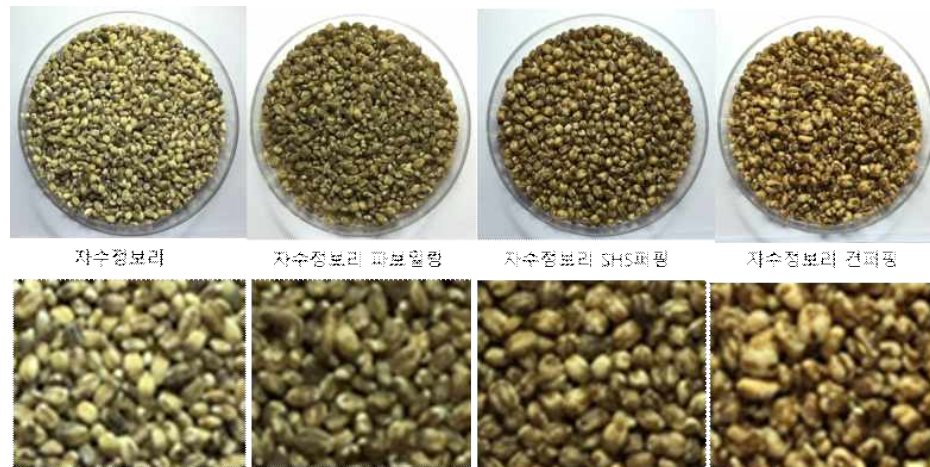


그림 12. 팽화 자수정 찰보리

- 수열처리공정에서 β -glucan 및 GABA의 거동을 분석하였다. 표 7에 나타낸 것과 같이 β -glucan 및 GABA 함량은 puffing과정에서 거의 변화가 없음을 확인 할 수 있었다.

표 7. 가공공정 중 보리의 β -glucan 및 GABA 함량 변화

가공공정	GABA 함량 ($\mu\text{g/g}$)	β -glucan 함량 (g/100g)
새찰쌀보리 원물		3.86
새찰쌀보리 parboiling		4.16
새찰쌀보리 SHS puffing	109.8	4.29
새찰쌀보리 gun puffing	92.1	
새찰쌀보리 sand puffing	110.9	
자수정 보리 원물		4.47
자수정 보리 parboiling		4.17
자수정 보리 SHS puffing	146.0	4.49
자수정 보리 gun puffing	130.9	
자수정 보리 sand puffing	159.6	

- SHS 및 gun puffing한 새찰쌀보리의 texture profile를 그림 13에 나타내었다. 팽화현미에 비하여 hardness가 3배로 단단하였으며, 여러 조각으로 파괴되면서 순차로 부서지는 프로파일을 보였다. 이에 비하 gun puffing한 팽화보리의 경우 팽화현미의 약 2배의 강도를 보였다.

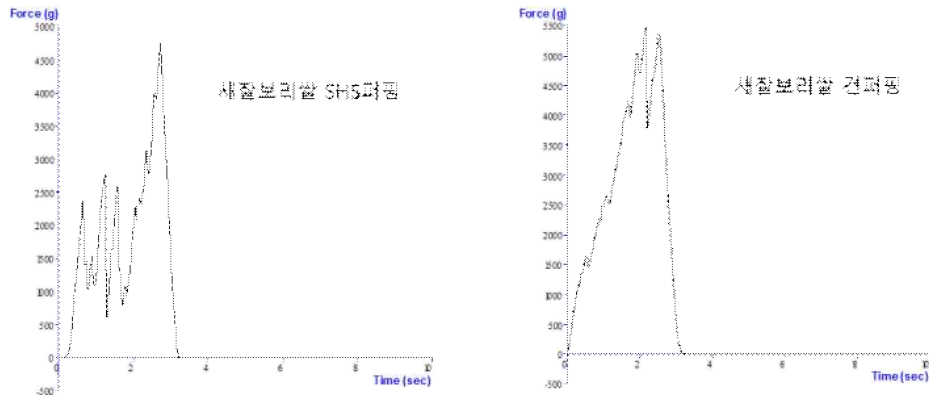


그림 13. 팽화 새찰쌀보리의 texture profile

- 팽화보리의 실온 및 열수에서는 흡수속도를 살펴보면 실온에서는 약 30초, 열수에서는 약 2초 만에 거의 포화상태로 흡수하여 흡수성이 매우 우수하였다. 역시 팽화현미에서와 같이 gun puffing한 시료의 흡수성이 5~10% 높았다.

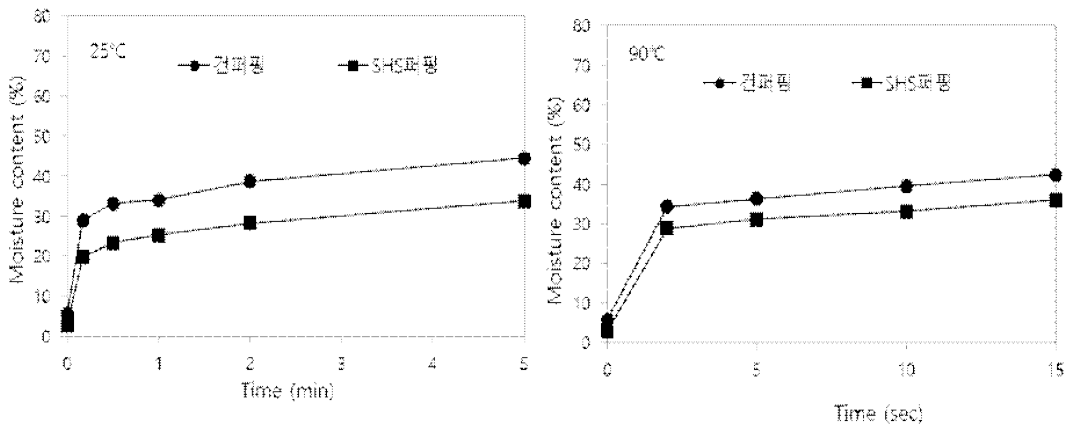


그림 14. 팽화 새찰쌀 보리의 상온 (25°C) 및 고온 (90°C)에서의 흡수속도

- 한편 자수정 찰보리의 팽화특성 등은 팽화 새찰쌀보리와 비슷하였으나 전체적으로 새찰쌀보리에 비하여 조직이 단단하여 팽화도가 낮았으며 흡수성도 낮아 식미면에서는 비교적 만족스럽지 못하였다.

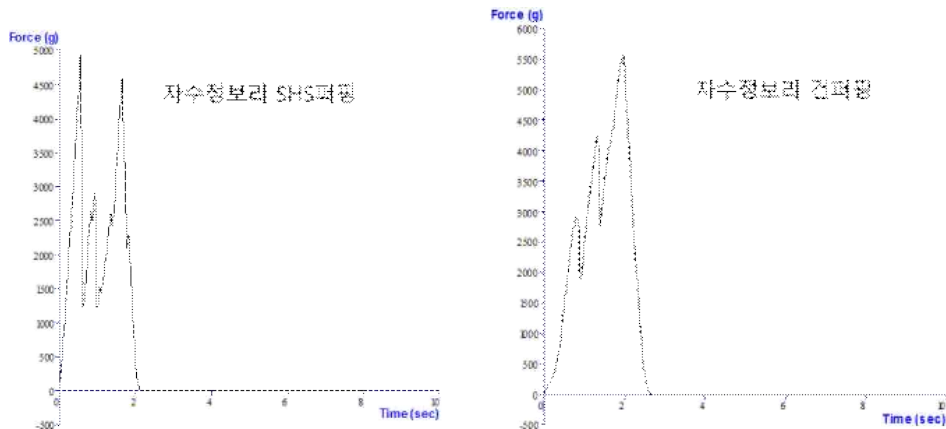


그림 15. 팽화 자수정 찰보리의 texture profile

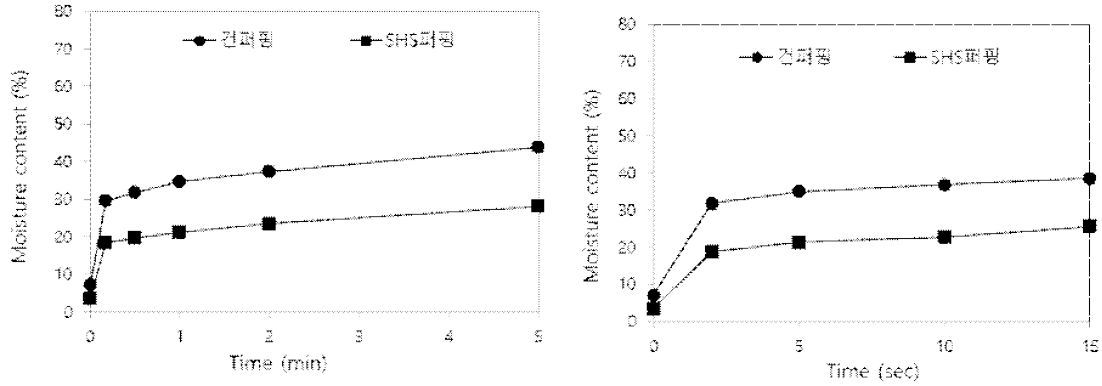


그림 16. 팽화자수정 보리의 상온 (25°C) 및 고온 (90°C)에서의 흡수속도

- 식품연구소에 의뢰하여 분석한 보리 원물 및 팽화 보리의 성분분석표는 표 8에 나타내었다. 특이적으로 보리의 경우 미량이나마 현미에 비하여 당류의 농도가 높았으며 과열수증기 처리에 의하여 갈변반응으로 소실되는 것으로 추정되었다. 한편 팽화과정에서 다른 성분의 변화는 거의 없었으나 불용성 식이섬유가 약 50% 감소하였다.

표 8. 보리 원물 및 팽화 보리의 성분분석 표

성분	새찰쌀보리	새찰쌀 퍼핑	자수정 찰보리	자수정 찰보리 퍼핑
조지방(%)	2.54	2	2.77	2.41
조단백질(%)	11.08	10.57	9.56	9.86
회분(%)	0.95	0.74	1.37	0.99
식이섬유[불용성식이섬유(IDF)]	18.02	7.16	17.43	9.23
식이섬유[수용성식이섬유(SDF)]	3.34	3.55	2.93	4.57
당류 (과당, 포도당, 자당, 맥아당, 유당)mg/g)	32.63	N/D	45.41	N/D

2. 발아공정 애로기술 연구 및 표준화

가. 발아현미 생산공장의 현장 애로기술 파악

1) 발아현미 생산공정 현황

- 현미는 영양가는 높으나, 밥 짓기가 번거롭고, 씹기 거칠고 맛이 강하여 백미를 먹는데 길 들여진 사람이 매일 먹기에는 저항감이 있다는 결점이 있다. 이와 같이 현미의 취급과 식미에 대한 불만을 '발아'라고 하는 힘을 이용하여 해결하고, 현미의 영양가를 높인 것이 발아현미이다. 발아공정에서 쌀의 발아에 필요한 수분은 30%인데 재래 제조방법은 현미를 약 32°C에서 22시간 정도 물에 침지하였다가 길이가 0.5~1.0 mm되게 발아시킨다.
- 현미가 발아 될 때, 배(胚芽, germ)에서 α-amylase가 새로 생성 되고, protease, β-amylase,

탈탄산효소 등의 효소가 생합성 또는 활성화 되어 배유(胚乳) 내 저장물질의 분해가 촉진되어 저분자의 당이나 유리 아미노산, γ -아미노부티르산(GABA; gamma aminobutyric acid)이 현저히 증가된다. 발아현미는 효소활성 높은 시기에 이와 같은 생화학반응을 정지시켜 생성된 기능성성분과 영양분등을 쌀알 내에 남긴 것이다. 현미 중의 당질, 아미노산 등의 성분 변화는 발아현미에 단맛과 감칠맛을 증가시킨다. 또한 강층이 유연해지므로 백미처럼 간단히 밥을 할 수 있고, 현미보다 식감이 좋다. 이는 발아현미의 흡수성이 높아짐에 따른 것이고, 현미처럼 밥 짓기 전에 장시간 물에 담가둘 필요도 없다.

- 시판되고 있는 발아현미는 wet type와 dry type으로 크게 나눌 수 있으며, 특징은 표 9에 나타내었다. Dry type은 발아 후 건조, 살균한 것이고, wet type은 습한 상태로 통조림, 레토르트 파우치에 포장하여, 살균한 것이다.

표 9. 건식 및 습식형 발아현미의 특징

	장점	단점	
		내용	원인
Dry type	개봉 후 보존기간이 길다. 포장용량을 크게 할 수 있다.	현미의 강층이 붕괴되어 걸보기, 식감이 나쁘고 맛(쓴맛)이 없다.	급격히 열에 의한 건조
Wet type	식미가 좋다.	건식보다 취급이 어렵고 보존성이 나빠 균의 발생 가능성이 있어 소량 포장이 필요	고수분 함량

- 시장에 나온 초기의 발아현미는 습식이었다. 수분 30~35%인 발아현미를 레토르트 살균한 발아현미는 오염균이 증식하기 쉬우므로 개봉 후 즉시 사용해야 하기 때문에, 1회용으로 100~200g씩만 포장할 수밖에 없었고, 용도도 가정용으로 한정되었다. 건식발아현미는 이와 같은 품질문제를 해결하기 위하여 발아현미를 일반 유통되는 백미와 동일한 수분 15%까지 열풍건조 한 것이다.



그림 17. 발아현미 생산현장

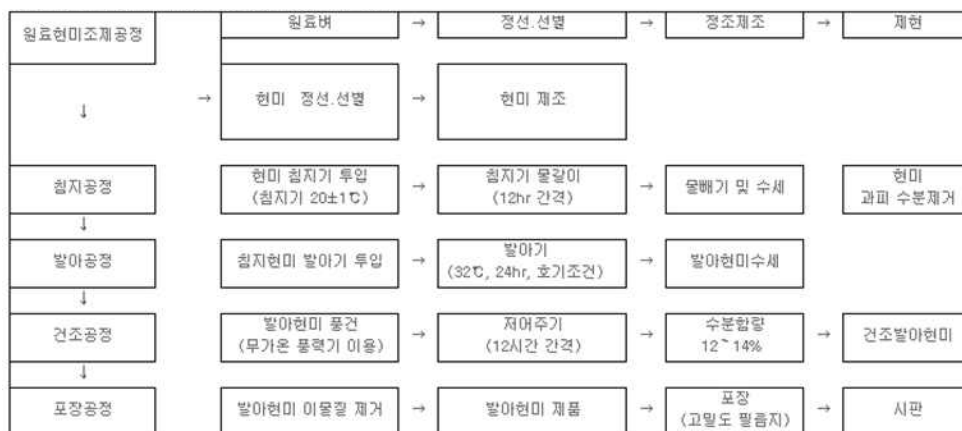


그림 18. 발아현미 생산 공정도

자료: 전남농업기술원(김석언)

2) 발아현미 생산공정의 문제점

○ 발아현미의 생산공정의 문제점은 다음과 같이 3가지로 요약할 수 있을 것이다.

① 발아 중에 잡균 번식

○ 원료 현미에는 10^6 CFU/g 정도의 잡균이 오염되어 있으므로 이를 수세 후 30-40℃에서 침지, 발아하면 잡균도 10^{10} CFU/g 수준 이상으로 크게 증식한다. 따라서 위생상의 문제뿐만 아니라 이취의 발생 등 품질이 저하된다.

○ 이를 해결하기 위해서는 침지과정 중에 침지수를 일정한 간격으로 물갈이를 하는 방안, 수침 후 세척하는 방안, 저온(4~17℃)에서 발아하여 균의 증식을 억제하는 방안, 발아처리를 정균효과를 얻을 수 있는 분위기에서 하는 방안 등이 제안되어 있다.

② GABA 등 수용성 성분의 물로의 유출

○ 발아과정에서 생성되는 GABA 등 현미 중의 수용성 영양기능성분이 물에 침지하는 과정에

서 유출 된다. 현미를 온수에 담가 두면 곡립에 균열이 생기고, 균열부분에서 단맛과 감칠맛 성분이 용출되어 식미는 저하된다.

- 균열방지를 위하여 2단계 미량가수(17%까지 가수속도 0.5%/h, 17% 이상은 0.5~1.2%/h)에 의하여 균열이 억제되고, GABA 함유량도 높일 수 있는 미량가수법이 개발되었다. 벼 종자의 효소활성에는 호기조건이 좋으므로 2단계 미량 가수법에 의하면 기상조건에서 발아되므로 종래 물에 담그는 액상발아처리에서 염려되었던 영양성분과 식미성분의 유출을 억제할 수 있다.

③ 발아현미의 식미 불량

- 시판되는 발아현미의 식미가 좋지 않은 원인은 발아과정 중 현미의 형질변화와 건식 발아현미를 생산하기 위한 건조 및 살균공정이다. 급격히 흡수한 발아현미를 가열 건조하면 배유부의 전분세포가 붕괴되어 밥을 지을 때 전분에 유래된 점성과 밥의 퍼짐이 나빠진다.
- 발아처리를 가능한 한 저수분에서 종료하여 현미의 형질변화를 최소화 한다. 또한 현미에 부하가 적은 건조, 살균법을 적용하여 현미의 품질열화를 억제하여야 한다.

나. 발아공정 문제점에 대한 실험실적 연구

1) 발아현미 생산공정 개선을 위한 실험실적 연구

가) 발아현미 생산공정 개선전략

- 전술한 발아공정의 문제점을 해결하기 위하여 다양한 기술적, 경제적 검토를 한 결과 우선적으로 과열수증기를 이용한 살균 및 건조시스템의 도입 이었다.
- 첫 단계로 침지 전후 과열수증기를 이용한 현미의 순간살균, 즉, 현미의 발아력에 영향을 미치지 않으면서 오염균수를 감소시키고자 하였다.
- 두 번째는 발아 후 건조공정으로 이행하기 전 다시 과열수증기를 이용하여 순간살균 하여 최종제품의 오염도를 최소화함으로써 발아현미의 미생물학적 안전성과 보존성을 확보하고자 하였다.
- 발아현미 생산공정의 개선전략의 개괄도를 그림 19에 나타내었다.

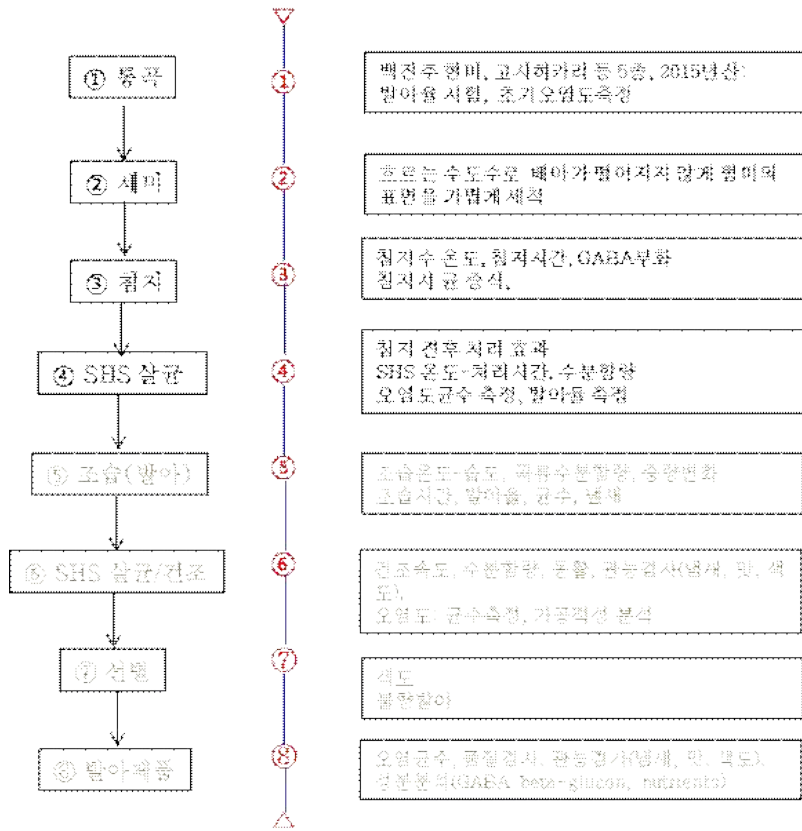


그림 19. 현미 발아공정 개선 전략

나) 현미원곡의 과열수증기 처리가 발아율에 미치는 영향

- 국내에서 생산되고 있는 대표적인 현미시료 6종 (백진주, 하이아미, 유기농 현미, 유기농 찰 현미, 맛있는 현미, 고시히카리) 중에서 예비실험을 통하여 선정한 백진주, 하이아미, 고시히카리의 15℃ 발아율을 비교하였다.
- 원물 현미의 초기 오염도는 (6-7) log 수준 이었으나 발아 종료 후 약 2log, 즉 약 100배 증가하였다. 수분함량은 초기 약 15%에서 30℃에서 20시간 침지 후 약 32%에 달하였으며, 침지한 현미를 15℃에서 48시간 발아했을 때 백진주와 고시히카리의 발아율이 95% 이상이므로 이 두 시료를 다음 발아시험의 시료로 선택하였다.

표 10. 현미 품종별 오염도 및 발아율 조사

품종	수분함량 (%)		오염도(CFU/g)		발아율 (%)	
	원물	침지 20시간	원물	발아 48 시간	발아 24시간	발아 48시간
백진주	15.83	31.81	7.18	8.29	52.3	95.1
하이아미	15.05	32.17	6.50	8.18	42.7	87.2
고시히카리	14.31	32.74	6.64	8.40	64.1	97.5

현미시료: 2015년산 (2016년 가공), 침지온도: 30℃ 발아온도: 15℃

① 침지 전후의 과열수증기 처리가 현미의 오염도 저감 및 발아율에 미치는 영향

- 현미의 발아율에 영향을 미치지 않으면서 표면의 오염미생물을 살균할 수 있는 과열수증기의 처리 온도-시간 조합을 설정하기 위하여 예비실험으로 가볍게 수도수로 세척한 현미를 온도 150-200℃, 처리시간 1-10s의 범위에서 오븐형 과열수증기 장치에서 처리하고 우선적으로 발아율을 측정한 결과 (표 311) 모든 온도에서 4s 이상 처리한 경우 발아율을 거의 상실하였다.
- 표 3-1에 나타난 것과 같이 처리온도는 가능한 고온이 순간살균에 적합할 것으로 판단되었다. 따라서 다음의 실험은 온도범위 190-220℃, 처리시간 2-3s 범위에서 침지전 (process 1) 과 침지후 (process 2)의 과열수증기 처리효과를 집중적으로 검토하였다.

표 11. 과열수증기 처리온도 및 처리시간이 현미의 발아율에 미치는 영향

처리온도 (℃)	처리 시간 (s)							
	1	2	3	4	5	6	7	8
150		53.3		30.2		ND		ND
160		89.4		21.9		ND		ND
170	92.1	93.6	59.3	42.1	ND			
180	86.0	88.0	28.4	18.4	ND			
190	96.1	96.2	51.3	ND	ND			
200	95.3	65.1	31.3	ND	ND			

- Process 1은 현미 (고시히까리)를 배아가 떨어지지 않게 가볍게 2회 세척한 후 물을 빼고 190-220℃의 과열수증기로 2s 및 3s 간 살균하였다. 다음 수침하여 30℃ incubator에서 20시간 침지한 후 petri dish에서 24시간 발아하였다. 이때 petri dish의 하부에 2장의 여과지를 깔고 여과지가 젖을 정도로 물을 가하였다.
- Process 2는 현미를 세척, 수침 (30℃, 20시간) 한 다음 과열수증기 처리하여 동일방법으로 발아하였다. 발아율은 배아가 부풀고 싹이 0.5~1.0 mm 이상 나온 싹알을 계수하여 초기 시료량에 대한 백분율로 나타내었다.
- 현미를 190-210℃ 범위의 과열수증기로 2초간 살균한 경우 전반적으로 process 1보다 process 2의 발아율이 90% 이상으로 우수하였다. 그러나 3s 살균한 경우에는 process 2의 발아율이 현저히 저하하였다. Process 2의 경우 충분히 물을 흡수한 젖은 상태의 현미를 과열수증기로 살균하는 공정이므로 열전달속도가 process 1보다 빨라 배아 내의 효소들이 일부 불활성화 되었기 때문인 것으로 판단된다.
- 무처리 현미의 경우 24시간 발아 시켰을 때 발아온도에 따라 17℃ 경우 78.2%, 25℃의 경우 85.2% 및 30℃의 경우 95.2%의 발아율을 나타내었다. 이와 같은 결과와 비교하여 process 2에 의하여 190℃에서 2초간 과열수증기 살균하면 발아율은 거의 손상되지 않는다는 것을 알 수 있다.

표 12 과열수증기 처리가 현미의 발아에 미치는 영향

처리 온도 (°C)	처리시간			
	2s		3s	
	Process 1	Process 2	Process 1	Process 2
190	98.4	97.7	87.3	38.1
200	88.8	92.9	82.6	28.5
210	79.1	90.6	77.3	24.7
220	81.8	81.5	79.7	15.4

- 한편 발아과정에서의 미생물 거동을 전반적으로 살펴보면 표 14와 같다. 고시히까리 시료의 초기 오염도는 6.6logCFU/g 수준 이었다. 이를 가볍게 세척, 과열수증기 처리한 결과 오염균수는 약 1.5logCFU/g 정도 감소하였으며, 이를 침지하면 거의 원곡의 초기 오염수준으로 증가하였으며, 이어 발아 종료 후 오염도는 거의 9logCFU/g 수준으로 증가하였다.
- 한편 process 2의 경우 20시간 침지 후 총균수는 (7~8)logCFU/g 수준으로 증가하며 이를 그대로 계속 발아하면 (9-10)logCFU/g 수준까지 증가하여 발아취의 생성 등 여러 가지 문제점이 발생하였다. 그러나 침지한 현미를 190°C 과열수증기로 2초간 순간 살균한 결과 총균수는 (5.48-5.72)logCFU/g 수준으로 감소하여 발아 전단계 현미의 총균수를 (1~2)log 정도 감소시킬 수 있었으며, 발아율은 90% 이상으로 유지되었다.
- 과열수증기 처리과정에서 현미의 온도상승 정도를 관찰하기 위하여 과열수증기 처리 직 후의 표면온도를 측정된 결과 66-70°C 이었다. 과열수증기 처리 중의 표면온도를 직접적으로 측정할 수는 없어 과열수증기 처리 직후의 온도이므로 실제 온도는 약 5°C 높을 수 있을 것으로 추정된다.

표 13. 과열수증기 처리가 발아과정에서 미생물거동에 미치는 영향

처리온도 (°C)	처리시간 (s)	Process 1 (SHS처리 → 침지 → 발아)				Process 2 (침지 → SHS처리 → 발아)		
		원물	SHS 처리 후	침지 후	발아 후	원물	SHS처리 후	발아 후
190	2	6.64	5.19	6.33	9.01	6.62	5.72	8.89
	3	6.64	4.81	5.32	8.90	6.62	4.46	9.00
200	2	6.64	5.08	6.67	8.96	6.62	5.65	8.90
	3	6.64	4.85	6.05	8.84	6.62	3.68	8.65
210	2	6.64	5.18	6.31	8.99	6.62	5.48	8.88
	3	6.64	4.79	5.48	8.81	6.62	3.32	8.48
220	2	6.64	5.02	6.35	8.91	6.62	5.45	8.63
	3	6.64	4.93	6.07	8.85	6.62	2.60	8.23

- 한편 침지 전(process 1)과 침지 후(process 2)의 과열수증기 처리에 의한 현미의 발아상태의 차이를 그림 20에 나타내었다. 전술한 것과 같이 190°C에서 2초간 SHS 살균처리하면 발아율에 영향을 주지 않으면서 오염균수를 (1~2)log 감소시킬 수 있음을 확인하였다. 재래방

법으로 발아시킨 control과 비교 해 볼 때 control의 경우 변색이 심하여 연한 흑색을 띄며 발아취가 심한데 비하여 침지전후 과열수증기 처리한 경우는 밝은 현미 색을 그대로 유지 하였으며 발아취는 거의 없었다.

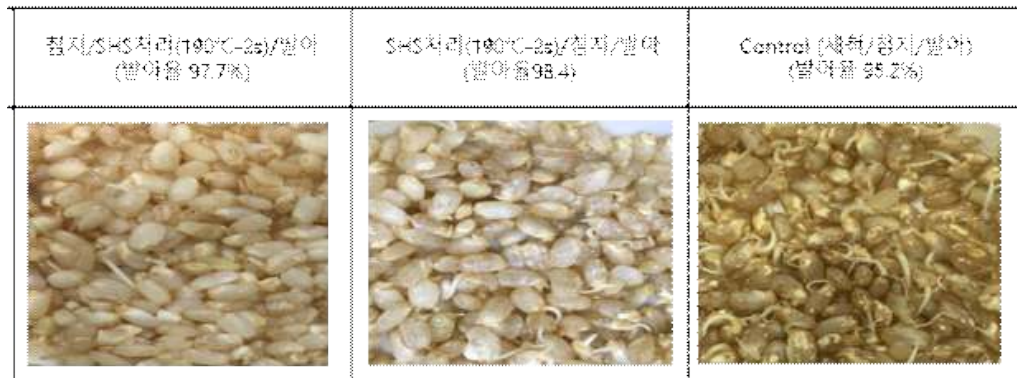


그림 20. 침지 전후 과열수증기 처리에 의한 현미의 발아 상태

② 침지 유무가 과열수증기 처리한 현미의 오염도 저감 및 발아율에 미치는 영향

- 침지유무와 침지 온도-시간은 발아율 및 발아제품의 품질에 가장 큰 영향을 미친다. 특히 가용성 영양기능성 성분 및 미생물 오염도는 침지조건의 영향을 크게 받으므로 최적화 하는 것이 중요하다.
- 전술한 연구결과로 미루어 보아 물에 장시간 침지하는 것보다 발아현미의 텍스춰 등을 고려하여 침지를 전혀 하지 않거나 현미의 수분함량이 18% 이상이 될 정도로 단시간 침지한 후 고습도 공기 또는 간헐적인 살수 등의 방법이 유효할 것으로 판단된다.
- 본 실험에서는 현미 세척/과열수증기 처리(190°C, 2s)/발아(17°C) 공정과 현미 세척/침지(17°C, 12 h)/과열수증기 처리(190°C, 2s)/발아(17°C) 공정을 비교하였다. 표 14 및 표 15에서 알 수 있는 것처럼 침지과정을 생략함으로써 전공정에 걸쳐 오염도가 가장 낮은 수준으로 유지되었으며, 가장 큰 차이는 이취가 발생이 적었다는 점이었다.

표 14. 침지가 발아과정에서 오염균의 생육에 미치는 영향

	일반세균수 (log CFU/g)					
	원물	세척	침지	SHS처리 후	발아 24h	발아 48h
세척○ 침지○	6.33	5.45	6.44		8.06	8.41
세척○ 침지X 190°C-2sec	6.33	5.45		4.03	6.26	8.20
세척○ 침지○ 190°C-2sec	6.33	5.45	6.44	5.04	7.85	8.15

표 15. 침지에 의한 발아과정에서 이취의 발생 정도

	발아 24h	발아 48h	발아 72h
세척O 침지O	이취 (1: 없음 ~ 5: 심함) 1 2 3 4 5 발아의 진행을 확인함 발아율 60-70%	이취 (1: 없음 ~ 5: 심함) 1 2 3 4 5 발아 진행이 매우 우수 발아율 90%이상	이취 (1: 없음 ~ 5: 심함) 1 2 3 4 5 발아는 우수, 눈의 크기가 커짐 발아율 90%이상
세척O 침지X 190°C-2sec	이취 (1: 없음 ~ 5: 심함) 1 2 3 4 5 발아의 진행을 확인이 어려움 발아율 0-10%	이취 (1: 없음 ~ 5: 심함) 1 2 3 4 5 발아의 진행을 확인함 침지시료와 비교하여 눈의 크기가 작음 발아율 80-90%	이취 (1: 없음 ~ 5: 심함) 1 2 3 4 5 발아 진행이 우수(침지시료 48h과 유사) 발아율 90%이상
세척O 침지O 190°C-2sec	이취 (1: 없음 ~ 5: 심함) 1 2 3 4 5 발아의 진행을 확인함 발아율 60-70%	이취 (1: 없음 ~ 5: 심함) 1 2 3 4 5 발아의 진행이 우수(침지현미와 유사) 발아율 90%이상	이취 (1: 없음 ~ 5: 심함) 1 2 3 4 5 발아의 진행이 우수(침지현미와 유사) 발아율 90%이상

2) 발아보리의 생산공정 개선을 위한 실험실적 연구

가) 보리의 침지시간이 발아에 미치는 영향

- 보리 시료 (새찰쌀보리)를 눈이 떨어지지 않게 물로 가볍게 2회 세척하고 살균 증류수에 담구어 15°C의 incubator에서 2, 4, 6 및 24 h 침지하였다. Petri dish에 젖은 filter paper 2장을 포개어 넣고 그 위에 침지시간을 달리한 보리 시료를 각각 올려놓고 내부에 가습기를 설치하여 RH 95%로 유지된 incubator (15°C)에서 침지시간과 발아시간의 합이 각각 48 h가 되게 발아시켰다. 싹의 길이가 0.5~1.0 mm 정도 발아된 알곡의 수를 측정하여 총 시료 알곡의 수로 나누어 발아율 (%)로 나타내었으며, 오염도는 3M Petri-film을 이용하여 총균수를 측정하였다.
- 발아과정에서 흡수율: 그림 21은 침지시간을 달리한 시료의 발아기간 동안의 흡습거동을 나타낸 것이다. 발아 초기 (발아시간 0 h) 시료의 수분함량을 살펴보면 보리는 현미에 비하여 흡수성이 커 침지 6시간이면 발아에 적합한 수분 40-50%에 도달하였다. 그러나 발아 24시간 이상 경과되면 침지하지 않은 시료 (침지시간 0 h)의 수분이 다른 시료보다 약간 낮게 유질 될 뿐 모든 시료는 발아시간에 관계없이 포화상태인 54-56%를 나타내었다.
- 발아시간에 따른 발아율: 발아 24시간 후부터 발아율에 차이가 보이기 시작하여 무침지 시료와 2시간 침지한 시료의 발아율이 35.7-39.5% 수준이었으나 4시간 이상 침지한 시료는 침지시간에 관계없이 약 57%의 발아율을 보였다. 발아 48시간 후에도 무침지 시료를 제외하고 다른 시료는 약 80%의 발아율을 보였으며 새싹의 길이는 약 1 mm 정도 자랐다. 한편 72 시간 침지한 시료는 새싹의 길이가 약간 더 자랐을 뿐 발아율에는 거의 변화가 없었으며, 과도한 수분함량으로 조직이 매우 연하고 약간의 압력에도 허물어졌다.

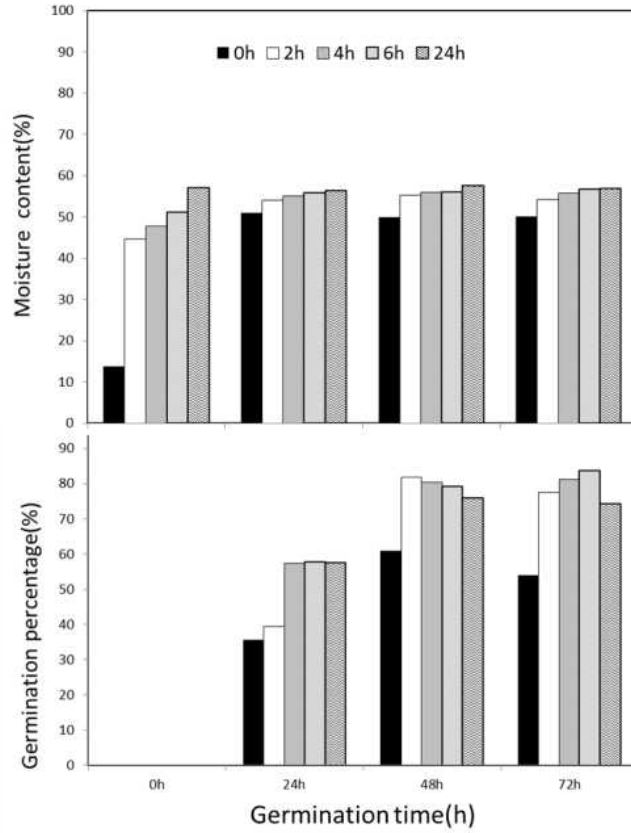


그림 21. 새찰쌀보리의 수침시간과 발아시간에 따른 흡수율과 발아율

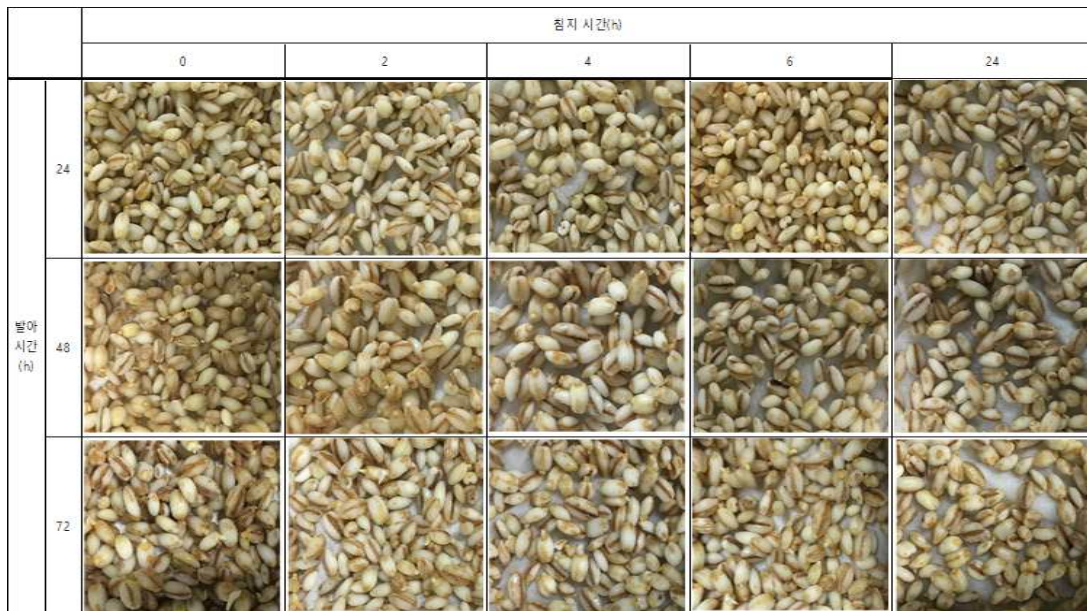


그림 22. 발아시간에 따른 발아보리의 경시적 변화

- 발아과정에서 총균수의 변화: 보리 시료의 초기 미생물오염도는 4.25logCFU/g 이었으며 세척하면 3.73logCFU/g로 약간 감소하였으나, 15°C의 비교적 저온임에도 불구하고 24시간 발아 후 (6.33~7.90)logCFU/g으로 급격히 증가하였으며, 발아 48 시간 후에는 (10.13~11.17)logCFU/g 까지 증가하였다. 특히 24 시간 침지한 시료의 경우 다른 시료에 비하여 평균 1 log 정도 높았는데 이는 장시간 침지로 발아 초기균수가 높았기 때문인 것으로 보인다.

로 판단된다.

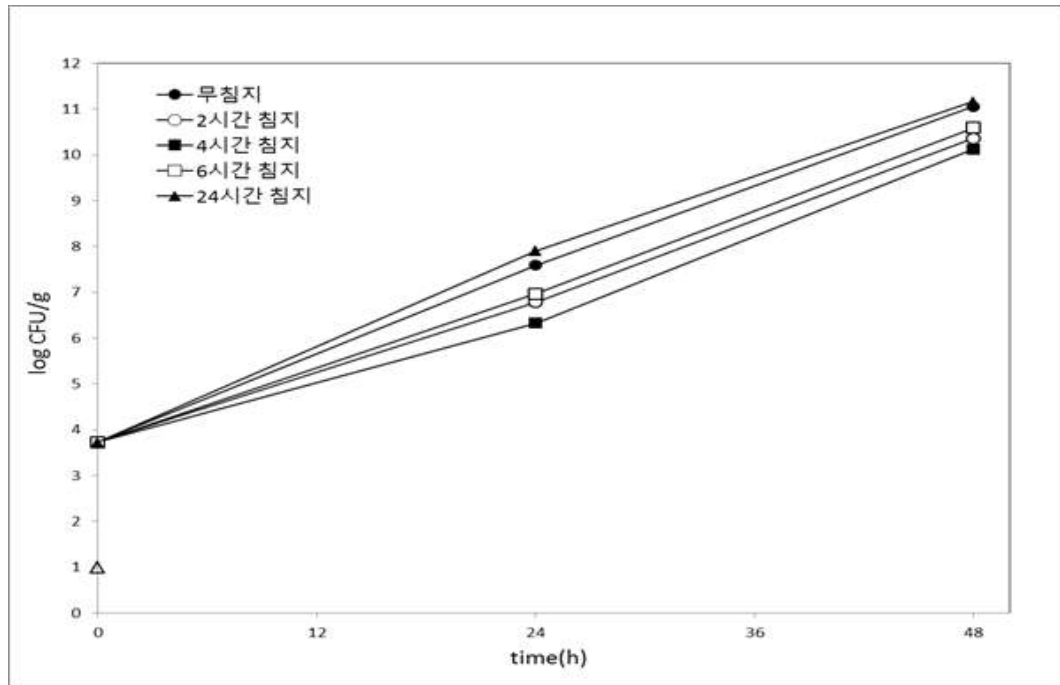


그림 23. 새찰쌀보리의 발아과정에서 오염미생물의 증식

나) 침지 유무가 과열수증기 처리한 보리의 발아율에 미치는 영향

- 전술한 현미발아에서와 동일하게 침지 후에도 과열수증기 처리가 발아에 미치는 영향을 검토하였다. 보리의 흡습거동은 침지 1시간 후에 발아에 적합한 수분인 약 40%에 달하였으며, 4시간 후에는 거의 포화상태에 도달하였다.
- Process 1은 보리를 가볍게 2회 세척한 후 물을 빼고 190℃의 과열수증기로 2초 간 살균 한 후 petri dish에서 24~72 시간 발아하였다. 이때 petri dish의 하부에 2장의 여과지를 깔고 여과지가 젖을 정도로 물을 소량씩 계속 공급하였다. Process 2는 세척한 현미를 30℃에서 20시간 수침한 후 과열수증기 처리 (190℃, 2s)를 한 후 발아하였다. 발아율은 배아가 부풀고 싹이 0.5~1.0 mm 이상 나온 쌀알을 계수하여 초기 시료량에 대한 백분율로 나타내었다.
- Process 1 및 2의 방법으로 과열수증기 처리한 보리의 발아율과 발아상태는 그림 24에 나타내었다. 전반적으로 자수정 찰보리 보다는 새찰쌀보리의 발아율이 약간 높았다. 새찰쌀보리의 경우를 살펴보면 무침지한 process 1의 경우 발아속도는 약간 느리지만 발아율은 91.4%로 control 보다 우수하였다. 특히 process 1은 process 2 또는 control 보다 흑변 되지 않고 원곡의 색상을 그대로 유지하였으며, 발아취도 발아 24시간까지는 거의 생성되지 않아 품질면에서 월등히 우수하였다.







	SHS(190°C- 2s)/발아	침지/SHS(190°C- 2s)/발아	Control(세척/침지/발아)
새찰보리쌀			
	(발아율91.4%)	(발아율88.9%)	(발아율83.7%)
자수정보리			
	(발아율85.2%)	(발아율88.6%)	(발아율78.9%)

그림 24. 과열수증기 처리한 보리의 발아율

표 16. 보리의 발아과정에서 이취의 발생 정도

	발아 24h	발아 48h	발아 72h
세척O 침지O	이취 (1: 없음 ~ 5: 심함) 1 2 3 4 5 발아 진행이 우수 발아율 80%	이취 (1: 없음 ~ 5: 심함) 1 2 3 4 5 발아 진행이 우수하지만 이취가 심함 발아율 90%이상	이취 (1: 없음 ~ 5: 심함) 1 2 3 4 5 이취가 심하고 틀러지는 형태 발아율 95%이상
세척O 침지X 190°C-2sec	이취 (1: 없음 ~ 5: 심함) 1 2 3 4 5 발아 진행이 우수 발아율 90%	이취 (1: 없음 ~ 5: 심함) 1 2 3 4 5 발아 진행이 우수하지만 이취가 심함 발아율 95%이상	이취 (1: 없음 ~ 5: 심함) 1 2 3 4 5 이취가 심하고 틀러지는 형태 발아율 95%이상
세척O 침지O 190°C-2sec	이취 (1: 없음 ~ 5: 심함) 1 2 3 4 5 발아 진행이 우수 발아율 90%	이취 (1: 없음 ~ 5: 심함) 1 2 3 4 5 발아 진행이 우수하지만 이취가 심함 발아율 95%이상	이취 (1: 없음 ~ 5: 심함) 1 2 3 4 5 이취가 심하고 틀러지는 형태 발아율 95%이상

○ 보리 원물의 초기 오염도는 (5.27~5.21)logCFU/g 이였으며, 가볍게 세척하면 약 50%가 감소되었다. 세척시료를 침지하지 않고 바로 SHS처리 (190°C, 2s) 하면 (4.49~4.69)logCFU/g로 감소하였으며 24시간 발아 후에는 약 10log 수준으로 증가하였다(표 17).

○ 보리원물을 세척 후 30°C에서 2시간 침지하면 7.6log 수준으로 급격히 증가하며, 이를 SHS 처리 (190°C, 2s) 하면 1log 정도 감소하였으며 24시간 발아 후에는 모든 시료의 총균수는 10log 수분에 도달하였다. 그러나 전술한 것과 같이 발아보리의 품질은 현저한 차이를 보여 발아과정에서 오염균을 저수분으로 관리하는 것이 가장 중요하다는 것을 알 수 있다.

표 17. 새찰쌀보리의 발아공정에서 일반세균수의 거동

	일반세균수 (log CFU/g)				
	원물	세척	침지	SHS처리 후	발아 24h
세척○ 침지○	5.27	5.06	7.63	-	9.96
세척○ 침지X 190°C-2sec	5.27	5.06	-	4.96	9.80
세척○ 침지○ 190°C-2sec	5.27	5.06	7.63	6.43	9.89

다. 표준 발아공정 수립

○ 발아현미의 생산공정의 문제점은 전술한 것과 같이 3가지로 요약할 수 있을 것이다.

(가) 종래 발아 할 때 침지온도는 30-40°C로 잡균이 현저히 증식

(나) GABA 등 수용성 영양기능성분의 물로의 유출

(다) 발아현미의 식미 불량: 장시간 발아로 특유의 발아취 생성, 변색 및 형질변화로 인한 식미저하

○ 이와 같은 문제점을 해결하는데 과열수증기 처리가 매우 유효하다는 것이 실험실 연구를 통하여 밝혀졌다. 따라서 이와 같은 결과를 바탕으로 과열수증기를 이용한 그림 25와 같은 고도 통곡발아기술을 제안 한다.

○ 통곡의 표면을 가볍게 마찰하면서 씻은 곡류를 무침지 상태로 발아력에 손상을 주지 않을 정도로 과열수증기에 의한 순간살균 한 다음 발아하는 공정(예: 보리)과 세척, 침지 후 과열수증기 순간살균 후 발아하는 공정(예: 현미)으로 나누어 적용할 수 있다. 발아 후에는 과열수증기로 순간 처리하여 10log 수준으로 증가한 오염미생물을 살균하는 동시에 탈취한 후 적절한 건조방법으로 건조하는 공정으로 이루어진다.

○ 발아공정도 수침법보다는 고습도 공기로 조습하는 기상발아법이 바람직하며 조습을 제어함으로써 수분함량을 조정하며 발아처리는 가능한 한 낮은 수분함량에서 종료하여 곡류의 형질 변화를 최소화 하여야 한다.

○ 발아가 종료된 후에는 통풍하여 발아통곡 서로 엉기지 않도록 표면수를 건조하고 과열수증기 처리하여 오염균을 살균한 다음 발아 현미 및 보리에 가능한 품질저하가 적은 적절한 건조방법으로 수분함량 15%될 때까지 건조한다.

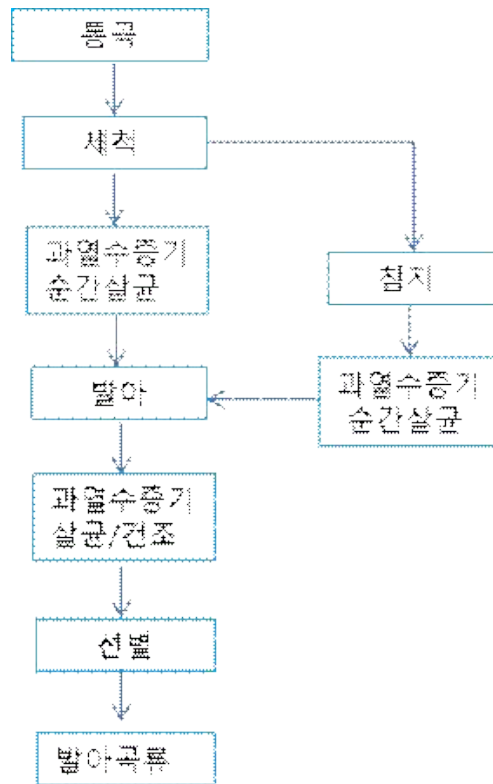


그림 25. 과열수증기를 이용한 고도말아 기술

3. 통곡분말의 분산성 개선 연구

- 한국인의 식생활에서 식사대용 편의식의 비중이 증가함에 따라 식품업계에서는 기존의 선식(미숫가루)을 곡물, 두류 등의 전통적인 식재료를 주원료로 이용하여 영양밸런스를 고려한 제품은 물론, 다양한 기능성 원료를 첨가하고 물성을 고려하여 영유아용, 환자용(당뇨 등), 노인용 등의 특수용도식품으로 개발하려는 노력이 이루어지고 있다.
- 이와 같은 선식(미숫가루)은 주로 물이나 우유 등과 섞어서 섭취되므로 물에 용해되거나 쉽게 분산되는 성질을 갖는 것이 매우 중요하며, 소비자의 제품 선택 시 큰 영향을 미친다. 본 연구는 현장애로기술 해결의 일환으로, 본 과제의 참여 업체인 (주)엄마사랑의 요청으로 선식제품의 분산성 개선을 목적으로 이루어졌다.

가. 난분산성 통곡분말의 입도와 분산성 연구

1) 분말제품의 복원특성 측정방법

- **Water solubility index, Water absorption index, Swelling power:** 25 ml의 증류수가 담겨져 있는 50 ml의 centrifuge tube에 시료 1 g을 넣고 30분간 잘 섞어 준 후에 27,000g에서 30분간 원심분리 하고, 상등액을 105℃에서 건조한 후에 다음의 식에 의해 water solubility index(WSI), water absorption index(WAI) 및 swelling power(SP)를 계산하였다.

$$WSI(\%) = (\text{Dry weight of supernatant})/(\text{Dry weight of sample}) \times 100$$

$$WAI = (\text{Weight of sediment})/(\text{Dry weight of sample})$$

$$SP = (\text{Weight of sediment})/(\text{Dry weight of sample} \times (1-WSI(\%)/100))$$

- **Dispersibility:** 20 ml의 증류수가 담겨져 있는 50 ml의 시험관에 시료 1 g을 넣고 10초간 잘 섞어 준 후에 18 mesh (1,000 μm)의 체를 이용하여 분리하였다. 체를 통과한 분산액은 105℃에서 건조하여 다음의 식에 의하여 분산성(dispersibility)를 계산하였다.

$$Dispersibility(\%) = \frac{a \times \% TS}{a \times \frac{100-b}{100}}$$

여기서,

a: dry weight(g) of sample

b: moisture content of the sample

%TS; dry matter in percentage after passed through the sieve

- **Sinkability:** 약 1g 정도의 sample 5개를 작은 dish에 칭량해 놓은 후, 동시에 500 ml의 증류수가 담겨져 있는 beaker에 동시에 넣는다. 10분 후에 가라앉지 않은 샘플을 조심스럽게 제거하고, 여과지 (Wattman No.3)를 이용하여 분리하여 고형분을 취한다. 여과지를 통과한 여액에 잔존하는 일부 고형분을 얻기 위하여 다시 10분간 정치시켜 둔 후에 약 5%(25 ml)의 부피 비율로 침전물을 취하였다. 얻어진 고형분과 침전물은 105℃에서 건조하여 침강율을 계산하였다.

$$Sinkability(\%) = \frac{Dry\ weight\ of\ sediment\ sample}{Dry\ weight\ of\ sample} \times 100$$

- **Wetting time:** 분말 샘플이 완전히 젖거나 물을 흡수하는데 걸리는 시간을 wetting time 이라 부르며, 다음과 같은 방법으로 측정하였다. 80 ml의 증류수가 들어있는 지름 50 mm의 비이커에 샘플 3g을 유리 slider를 이용하여 동시에 투입하고 모두 젖는데 걸리는 시간을 측정하였다.
- **입도분석:** 입도 분석은 중앙대학교 안성캠퍼스에 설치되어 있는 입도분석기(particle size analyzer, Mastersizer 3000, Malvern Instruments Ltd., England)를 이용하여 건식 분석과 습식 분석을 각각 행하였다.

2) 시판 분말 선식제품의 복원특성

- 현재 시판되고 있는 분말 선식제품의 복원특성(reconstitution property)을 확인하기 위하여, 선식원료로 사용되는 단일 곡물가루를 시중에서 구입하여 수분함량과 water solubility index, water absorption index, swelling power, dispersibility 및 sinkability를 측정하였다 (표 3-19).

표 18. 시판 곡류분말의 복원 특성

	Moisture content(%)	Water solubility index	Water absorption index	Swelling power	Dispersibility (%)	Sinkability (%)
보리	4,050	4,954	2,710	2,767	92,327	93,382
현미찰쌀	6,170	2,680	2,673	2,704	74,965	88,171
현미	7,180	1,934	2,663	2,686	82,409	89,422
율무	3,480	10,575	2,516	2,631	78,359	96,509
콩	4,890	18,328	3,053	3,308	78,488	89,005

- 곡물가루의 수분함량은 3.5-7.2%였으며, water solubility index는 1.9-18.3으로 곡물에 따라 편차가 매우 컸다. 율무, 콩 가루에 비하여 보리와 현미 가루의 경우 상대적으로 낮은 값을 보였는데 이는 가공방법의 차이에 기인하는 것으로 추측된다. 그 외 다른 특성은 비슷한 값을 보였으나 보리가루의 경우 dispersibility와 sinkability가 우수하였다. 이는 보리의 습윤성이 크기 때문인 것으로 판단된다.
- Dispersibility는 선식을 음용하기 위하여 찬물이나 우유에 섞을 때 엉기지(clumping) 않고 쉽게 분산될 수 있는 특성을 나타낸다. 엉기는 현상은 입자크기가 100 μm 이하의 분말식품들은 물에 용해될 때 여러 종류의 단백질과 콜로이드류에 의한 팽창과정으로 인하여 수분의 침투속도가 낮은 겔층을 형성하기 때문인 것으로 이해되고 있다.
- Dispersibility는 실제로 소비자들이 선식 제품을 선택할 때 가장 큰 영향을 주는 요소이다. 선식의 분산성은 제품의 입자크기, 성분 및 비율에 따라 크게 영향을 받을 뿐만 아니라 상술한 것 같이 혼합하는 곡류분말의 종류와 가공방법에 의해서도 영향을 받는다. 그러나 선식의 원료 분말 혼합은 주로 영양발란스를 고려하여 formulation하기 때문에 분산성을 우선적으로 고려하기는 현실적으로 어렵다.
- 따라서 제품의 target을 고려하여 최상으로 formulation된 성분은 그대로 유지하면서 분산성을 향상시키는 것이 가능한 접근방법이다. 본 연구에서는 엄마사랑에서 개발하여 제공하는 선식 분말제품의 분산성을 개선하고자 하였다.

3) 엄마사랑 생산 선식제품의 복원특성 및 입도분석

가) 엄마사랑 선식제품의 복원특성 분석

- 엄마사랑 선식제품의 복원특성을 시판 곡물가루와 동일 방법으로 분석한 값을 표 19에 나타내었다. 시판 곡류가루와 비교했을 때 가장 큰 차이점은 water solubility index는 약 32로 매우 높는데 비하여 sinkability는 시판 곡류가루의 약 절반인 38.4%에 지나지 않았다.
- 이와 같은 결과는 선식제품에는 상당 부분이 팽화된 원료로 구성되어 있고 입도가 작기 때문인 것으로 추측된다. 또한 일부 원료는 분쇄가 불충분하고 밀도가 커 다른 가벼운 미세 입자들과 분리되는 현상이 관찰되었다.

표 19. 엄마사랑 선식제품의 복원 특성

	Moisture content(%)	Water solubility index	Water absorption index	Swelling power	Dispersibility (%)	Sinkability (%)
Run 1	4.560	32.112	2.242	2.591	79.044	51.341
Run 2	4.850	33.016	2.367	2.748	74.004	30.268
Run 3	4.810	31.100	2.320	2.668	67.320	33.827
Average	4.740	32.076	2.310	2.669	73.456	38.479

나) 엄마사랑 선식제품의 입도 분석

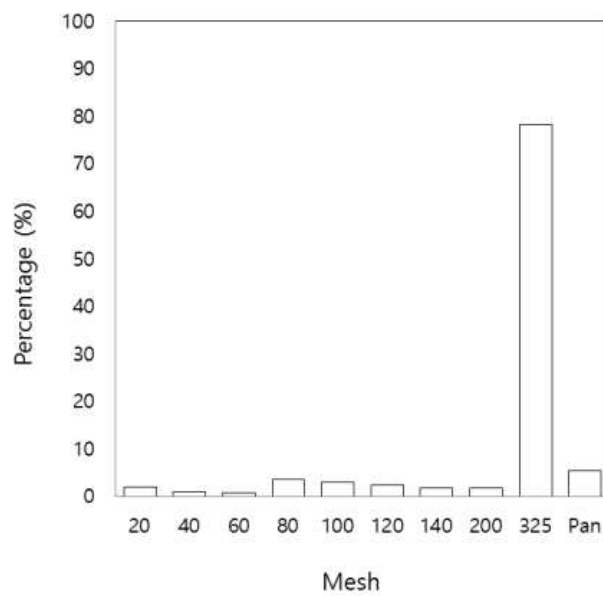


그림 26. 엄마사랑 선식의 sieve analysis

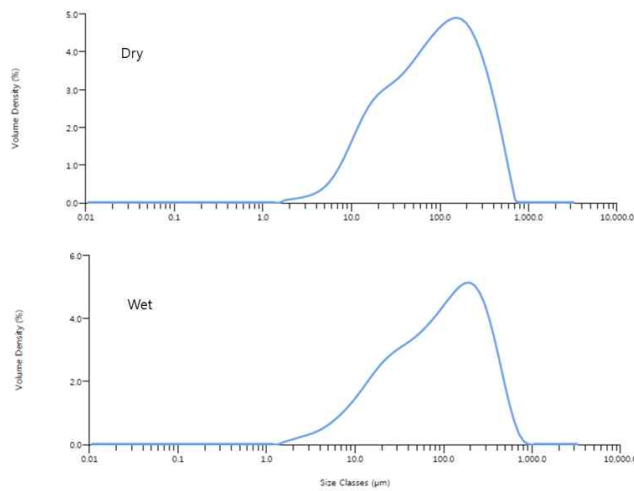


그림 27. 엄마사랑 선식의 입자 분포도(laser diffraction)

표 20. 엄마사랑 선식의 size classes

Size classes (μm)	Dry	Wet
Dv (10)	14	13.2
Dv (50)	85.1	93.2
Dv (90)	322	336
Specific surface area (m^2/kg)	569	187.3

나. 유동층과립기를 이용한 과립화 연구

1) 엄마사랑선식의 유동층 과립화 연구

- 본 연구에 사용된 유동층과립기는 (주)네추럴웨이의 pilot type 과립기 (Enger Co. (Chana)) 를 사용하였다. 시료는 (주)엄마사랑으로부터 제공받은 신개발제품(미출시)을 사용하였다.
- 시료 선식은 특수용도로 formulation된 상태이므로 당액 등을 분무액으로 사용할 수 없으며 또한 분말시료는 water solubility index가 32로 가용성 성분을 충분히 함유하고 있는 것으로 판단되어 물만을 분무액으로 사용하였다.

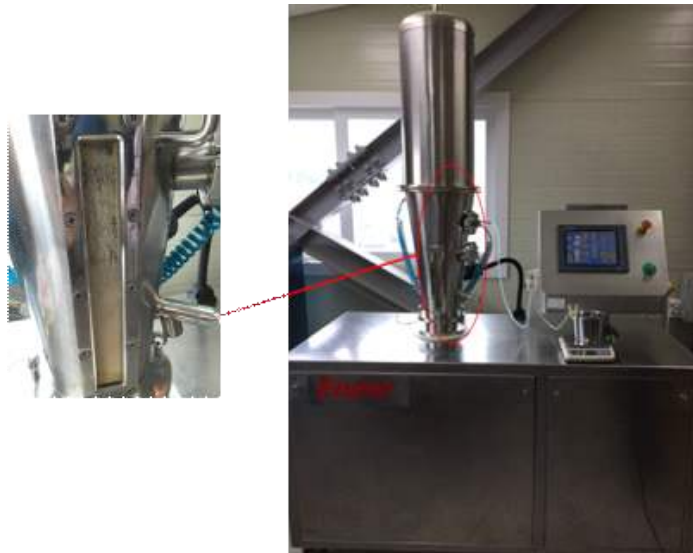


그림 28. 실험에 사용한 유동층 과립기

- 과립된 입자의 크기/입도분포, 과립강도, 용해도 등에 영향을 미치는 중요한 유동층 과립기의 조작조건은 정수량, 풍속, 과립시간과 건조시간, 입구온도 등이다. 따라서 이들 조건을 적절히 조절하여 입도가 다른 4개의 과립시료를 생산하였다.

표 21. 시료별 유동층 과립기의 조작 조건

	처리시료			
	1	2	3	4
정수량 (%)	20	20	45	45
내부온도 (°C)	40±3	40±3	40±3	40±3
송풍(m ³ /h)	30-50	45-60	50-90	30-90
시료량(g)	300	300	300	300
과립시간 (min)	10	10	15	10
건조시간 (min)	3	5	5	10
입구온도 (°C)	80-100	90	80-100	80-100
분무압력 (bar)	2.8	2.8	2.2	2.2
Pump (rpm)	8-12	10-28	15-30	12-45

유동층 손실은 3% 내외로 동일

- 과립된 시제품의 입자크기는 번호순으로 순차적으로 커지며, 알갱이의 크기에 따라 (과립시간+건조시간)이 13분에서 15분, 20분으로 길어졌으며, 자연히 생성된 입자도 약간 짙은 색을 띠는 현상을 나타내었다. 그러나 제품의 맛이나 향 등 제품의 품질에는 전혀 차이가 없었다 (그림 29).



원물(엄마사랑 선식)

1

2

3

4

그림 29. 엄마사랑 선식 과립 시제품

2) 과립제품의 입도분석 및 복원특성 연구

- 과립 알갱이의 크기가 다른 4가지 과립시료에 대하여 체분석 (sieve analysis) 한 결과를 그림 30에 나타내었다. 1번 시료는 입도가 넓게 분포되어 충분히 과립이 형성되지 않았음을 알 수 있으며, 2번 시료는 -20~+80 mesh 입자가 90% 이상을 점하였으며 특히 -40~+60 mesh (-425~+250 μm) 입자가 약 60%를 점하였다. 3번 시료는 2번 시료와 비슷한 입도분포를 가졌으나 -40~+60 mesh 분획이 약간 적었다. 한편 가장 굵은 4번 시료는 -20~+60 mesh 입자가 대부분을 점하였다.

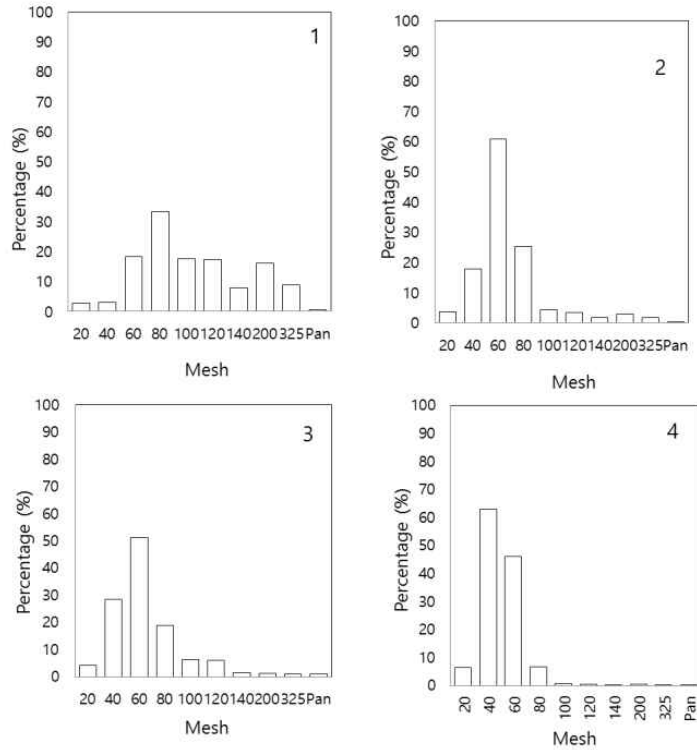


그림 30. 엄마사랑 선식 과립시료의 sieve analysis.

- 한편 입도분석기 분석한 각 과립시료의 입도분포 데이터를 표 22와 표 23에 정리하였다. 건식으로 측정한 2, 3 및 4번 시료의 D50은 각각 169, 213 및 245 μm 였다. 과립의 표면적을 살펴보면 원물의 20~40% 만큼 감소된 것을 알 수 있다.
- 습식으로 측정된 입도분포를 살펴보면 특히 D50 값은 초기 과립의 크기에 관계없이 약 100 μm 를 나타내어 응집되었던 입자들이 습식으로 측정하는 과정에서 단일 입자로 붕괴되었다는 것을 의미한다.

표 22. 엄마사랑 선식 과립시료의 입도 분포(dry)

	D ₁₀ (μm)	D ₁₀ (μm)	D ₅₀ (μm)	D ₉₀ (μm)	Specific Surface Area (m ² /kg)	Frequency
원물	131	14	85.1	322	569	
과립화1번	199	32	117	338	291.6	
과립화2번	199	47.6	169	399	208.5	
과립화3번	263	66.9	213	440	159.7	
과립화4번	335	95.8	245	462	121.4	

표 23. 엄마사랑 선식 과립시료의 입도분포 (wet)



















	D ₁₀ (μ m)	D ₅₀ (μ m)	D ₉₀ (μ m)	Specific Surface Area (m ² /kg)	Frequency
원물	139	12.6	86.2	300	197
과립화1번	133	17.6	99	304	154.4
과립화2번	139	17.7	99.6	312	153.8
과립화3번	132	19.2	114	348	140.3
과립화4번	165	18.9	97.9	304	148.9

- 표 24에 나타난 엄마사랑 선식 과립시료의 복원특성 중에서 시료간 가장 특징적으로 차이를 보이는 것은 dispersibility와 wetting time이다. Wetting time을 측정할 때 각 입자들의 거동을 나타낸 표 25를 살펴보면 원물의 경우 약 1시간 30분이 지나서야 비로소 입자들이 갈아 앉았다.
- 2번 시료의 경우 100 s 후에도 표면이 아직 작은 입자가 떠 있으며, 3번 시료는 10 s 후에 거의 모두 갈아 앉았다. 한편 가장 큰 4번 시료는 물에 넣자 즉시 갈아 앉았다.
- 2번과 3번 시료는 채분석 결과는 거의 비슷한 입도분포를 보였으나 laser diffraction으로 측정한 입도분포의 D₅₀과 D_{4,3}을 비교하면 3번 시료가 명확히 과립입자의 크기에 차이가 있음을 알 수 있으며 육안으로도 3번 시료의 과립이 약간 컸다.
- 일반적으로 즉용성(instant solubility)의 기준은 15초 이내에 물에 녹는 것을 의미한다. Wetting time은 정치상태에서 측정하는 것이므로 2번 시료의 경우 상당한 시간이 지나야 갈아 앉는 것으로 관찰되었으나 약간만 저어주면 3번 시료와 동일하게 10초 이내에 갈아 앉았다.
- 과립입자의 관능적 특성, 특히 입자의 갈변 정도를 고려한다면 2번 시료 정도로 과립을 형성하여도 즉용성에는 문제가 없을 것으로 판단되므로 2번 내지 3번 시료의 입도분포가 최적인 것으로 판단된다.

표 24. 엄마사랑 선식 과립시료의 복원특성

	Moisture content (%)	Water solubility index	Water absorption index	Swelling power	Dispersibility (%)	Sinkability (%)	Wetting time (s)
과립화시료1	4.978	28.062	2.366	2.683	76.862	71.120	2866
과립화시료2	4.728	26.902	2.389	2.693	78.332	71.375	2192
과립화시료3	4.148	24.663	2.249	2.507	90.448	74.657	14.7
과립화시료4	4.294	25.042	2.303	2.572	92.253	77.299	7.0

표 25. 엄마사랑 선식 과립시료의 wetting time

	2s	5s	10s	20s	1000s	2000s	3000s	4000s	5000s
비밀									
1									
2									
3									
4									

2. 2차년도 title : 곡류의 건식 α -화 공정 개발 및 신규 발아곡류 소재화 연구

2-1. 목차

1. 건식 호화 시스템 개발

가. Thermo-mechanical process에 의한 호화 시스템

나. 가열-전단분쇄에 의한 통곡의 호화공정 개발

1) 가열-전단 온도가 현미의 호화에 미치는 영향

가) DSC

나) X-선 회절

2) 통곡 및 발아통곡의 건식 α -화 시료 조제

다. 건식 α -화 통곡 및 발아통곡의 특성 연구

1) 입도분석

2) 흡습특성

3) RVA profile

2. 특수식품용도용 발아곡류 및 공정 최적화

가. 잡곡의 발아공정 개발

1) 수수 발아

가) 수수 품종별 발아거동

나) 발아 전 수수의 과열수증기 순간살균

다) 발아 후 수수의 과열수증기 순간살균

2) 기타 잡곡 발아

가) 메밀 발아

나) 녹두 발아

나. 최적 발아공정

다. 발아잡곡류의 소재특성 연구

1) 외형과 SEM 사진

2) 일반성분

3) GABA 함량

4) 유리아미노산 함량

5) RVA profile

3. 발아곡류의 2차가공 소재 개발

가. 서론

나. 재료 및 방법

1) 수분함량

2) 물리적 특성

가) 천립중

- 나) 겉보기 밀도
- 다) 팽화지수
- 3) 일반성분
- 4) 흡수특성
 - 가) 분말의 흡수특성
- 5) 입도분석
- 6) 전분 손상도
- 7) RVA
- 8) SEM
- 9) 유리 아미노산 분석
- 10) 인공소화시험
- 다. 2차 가공공정 개발
 - 1) 발아곡류의 roasting
 - 가) 건조 발아현미의 로스팅
 - 나) 고수분 발아현미의 로스팅
 - 2) 발아곡류의 puffing
 - 3) 발아곡류의 extrusion
- 라. 2차가공 발아곡류의 소재특성 분석
 - 1) 2차가공 발아곡류 시제품 제조
 - 2) 2차가공 발아곡류 알곡의 특성
 - 가) 외형 (사진)
 - 나) 벌크밀도 및 팽화율
 - 다) SEM 사진
 - 3) 2차 가공 발아곡류 분말의 특성
 - 가) 미세 분말화 조작
 - 나) 겉보기밀도 및 팽화율
 - 다) 입도분포
 - 라) 흡수특성
 - 마) 손상전분
 - 바) 호화특성 (RVA)
 - (1) 미분쇄 분말의 호화특성
 - (2) 조분쇄 분말의 호화특성
 - 사) GABA 함량
 - 아) 유리아미노산
 - 자) 소화성 시험

2-2. 실험결과

1. 건식 호화 시스템 개발

가. Thermo-mechanical process에 의한 호화 시스템

- 쌀, 옥수수 등과 같이 전분을 주성분으로 하는 곡류를 식품에 이용하는 경우 전분의 결정질을 제어한다는 것은 매우 중요한 과제이다. 곡류 전분의 결정질은 곡류가루 반죽의 팽윤, 호화, 물성뿐만 아니라 최종 제품의 품질에 큰 영향을 미친다.
- 전분은 식물 중에 입자형태로 존재하며, 입자의 크기는 1-100 μm 이며, 복잡한 반결정 구조를 가지고 있다. 생전분은 amylose와 amylopectin 사슬이 수소결합에 의하여 규칙적으로 집합한 미셀구조(결정구조)를 가지고 있다. 생전분에 물을 가하고 가열하면 열에너지에 의하여 수소결합이 끊어져 미셀구조가 이완되고 물 분자가 전분 사슬 사이에 들어가면 전분립은 수화하여 팽창되며 모양이 파괴되어 풀과 같은 상태가 된다. 미세구조가 붕괴된 상태의 전분을 호화전분이라 한다. 즉, 쌀 등의 곡물에 함유된 전분을 호화 한다는 것은 전분의 결정구조를 파괴하여 비결정질로 한다는 것과 같다. 쌀, 보리, 옥수수 등 곡류 전분의 결정질을 제어한다는 것은 식품산업적으로 매우 중요한 과제이다.
- 과잉의 수분이 존재하는 상태에서는 전분은 50-70 $^{\circ}\text{C}$ 온도에서 열전이 (thermal transition) 되어 호화된다. 전분의 호화는 전분입자의 급격한 팽윤 및 결정영역의 용융 (melting)이 수반되는 흡열전이(endothermic transition) 이다. 호화하는 동안에 팽윤, 수화된 무정형 전분 입자가 형성되며, 대량의 α -glucan 물질이 용액 중으로 용출된다. 물이 없는 경우 전분결정은 훨씬 고온인 150-170 $^{\circ}\text{C}$ 에서 용융전이 (melting transition)를 일으킨다.
- 기존의 전분호화기술은 그림 31에 나타난 것과 같이 예컨대 현미를 침지하여 충분한 물을 흡수시킨 후 가압솥에서 증자하여 호화한 다음 급속 건조하여 분쇄한다. 즉, 물과 열을 가하여 전분의 결정구조를 붕괴시켜 무정형 상태가 되게 하고(호화) 이 상태에서 급속히 건조하여 물을 제거함으로써 결정구조가 파괴된 상태 그대로의 호화현미가루를 얻는다. 이것이 α -화현미가루이다. 따라서 물을 많이 사용하고, 물을 가열하는데 많은 열이 필요하며, 건조, 분쇄 등 여러 공정을 거치기 때문에 장치비용이 비싸고, 장시간 소요된다.
- 따라서 물을 가하지 않고 전분의 결정질을 제어할 수 있는 단순한 기술이 개발된다면 매우 효과적일 것이다. 가열-전단분쇄기 (heat and shear milling machine, SHMM)는 분쇄하는 동안에 단순히 기계적 전단력과 열을 동시에 가하는 thermo-mechanical system이다. 전단이 가해지는 상태에서 전분결정은 보다 낮은 온도에서 용융전이가 일어나기 때문에 120-160 $^{\circ}\text{C}$ 로 가열된 전단분쇄기에 곡류를 공급하면 짧은 시간에 분쇄, α -화 할 수 있다. 예컨대 그림 31에 나타난 것과 같이 생현미를 가열-전단분쇄기에 공급하여 분쇄하면 one-step으로 α -화 현미가루를 얻을 수 있다. 즉, 호화-분쇄가 동시에 이루어지므로 제조공정이 간략하여 공정관리가 용이하며, 장치의 구조가 간단하고 조작이 간편화 되는 등 많은 장점을 가지고 있다.

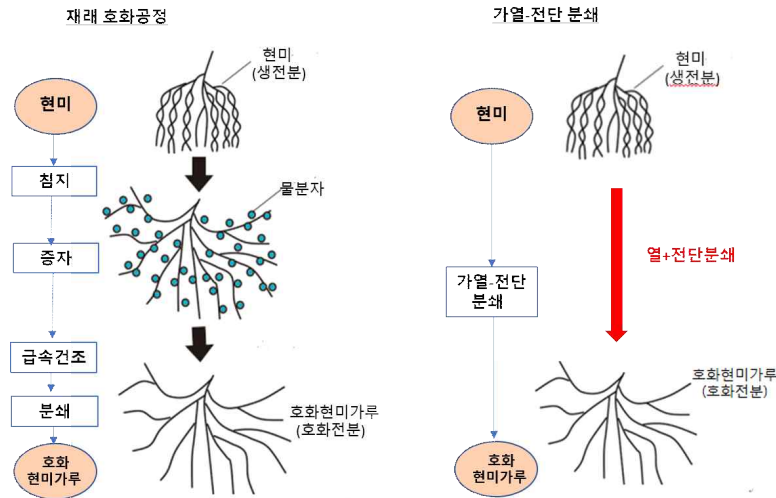


그림 31. 전분의 재래 호화기술과 가열-전단분쇄 호화기술의 비교

나. 가열-전단분쇄에 의한 통곡의 호화과정 개발

1) 가열-전단 온도가 현미의 호화에 미치는 영향

○ 상업적 장치 맷돌식 흙밀 [(주)흙밀맷돌, 한국]을 개조하여 실험 장치로 사용하였다. 그림 32에 장치의 구성도를 나타내었다. 맷돌식 전단분쇄장치는 두 개의 세라믹 맷돌(지름 90 mm)로 구성된 것이다. 물을 가하지 않고 곡류를 그대로 투입 하면 가열된 맷돌 사이에서 전단을 받아 분쇄되는 동시에 열에 의하여 α -화 된 곡류가루를 생성할 수 있다.



그림 32. 맷돌식 전단분쇄기 구성도 (흙밀)

○ 우선적으로 전단분쇄 온도가 전분의 호화에 미치는 영향을 살펴보기 위하여 현미 (백진주) 시료를 맷돌 온도를 40℃, 80℃, 120℃ 및 160℃로 변화시키면서 분쇄하였다. Laser 입도분석기로 측정된 분쇄온도가 입도분포도에 미치는 영향은 그림 33과 같다. 분쇄온도에 따라 입도분포는 큰 차이를 보이지 않았으나 160℃에서 분쇄한 현미가루가 가장 미세하여 D_{10} 은

12 μm , D_{90} 은 232 μm , volumetric mean diameter ($D_{4,3}$)는 95 μm , 비표면적 850 m^2/kg 를 나타내어 밀가루에 근접할 정도로 매우 미세하게 분쇄되었다 (표 26).

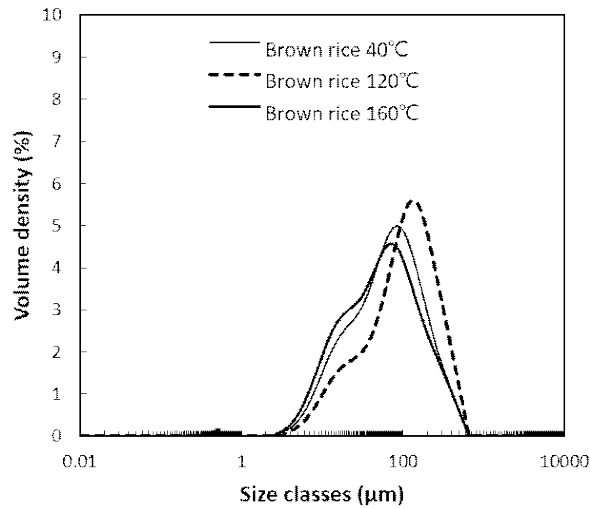


그림 33. 가열-전단 온도가 건식 α -화 현미분말의 입도분포에 미치는 영향

표 26. 건식 α -화 현미시료의 size classes

	Specific Surface Area(m^2/kg)	D [3,2] (μm)	D [4,3] (μm)	D_v (10) (μm)	D_v (50) (μm)	D_v (90) (μm)
Brown rice 40°C	548	37	105	15	72	241
Brown rice 120°C	390	51	146	20	113	323
Brown rice 160°C	850	24	95	12	60	232

- 건식 α -화 현미분말과 대조구 분말의 흡수특성을 표 27에 나타내었다. Control-1은 무처리 생현미가루이며, control-2는 생현미가루를 160°C 오븐에서 건열처리한 것이다. 건열처리한 시료는 생현미에 비하여 water solubility index (WSI) 가 현저히 감소하였다. 그러나 건식 α -화 현미가루는 WSI가 상승하였으며 분쇄 온도의 영향은 거의 없었다. 한편 water absorption index (WAI) 및 swelling power (SP)는 생현미가루 보다는 약간 증가하였으나 분쇄 온도의 영향은 거의 받지 않았다.

표 27. 가열-전단 온도가 현미분말의 흡수특성에 미치는 영향

Sample	Treatment	Moisture content (%)	WSI (%)	WAI (g/g)	Swelling Power (g/g)
Brown rice	Control-1 (notreatment)	14.3	8.2	3.9	4.2
	Control -2*	3.3	3.1	4.5	4.6
	0℃	12.3	10.3	4.1	4.6
	80℃	10.6	10.1	4.3	4.8
	120℃	9.7	10.0	4.1	4.6
	160℃	6.2	10.7	4.4	4.9

* Control-2: dry heating at 160℃ for 12 h

- 무처리, 건열가열처리 및 건식 α -화 쌀가루의 RVA곡선 (그림 34) 및 각 쌀가루의 호화특성 값은 가열처리 방법과 그 정도에 따라 차이를 보였다. 즉, 건식 α -화한 현미가루의 호화개시온도는 무처리 현미가루보다 저하되었다. 호화개시온도는 분말의 입자 크기에 영향을 받아 입자크기가 작아지면 호화개시온도는 저하되는 것으로 보고되고 있다. 따라서 건식 α -화 현미가루의 평균 입자지름은 무처리 현미가루보다 작기 때문에 본 실험에서 현미가루의 입자 크기가 호화개시온도의 저하에 영향을 일부 미쳤다고 추론할 수도 있다.
- 가열-전단온도가 증가 할수록 건식 α -화 현미가루의 가열시 최고점도 (PV)도 상승하였는데 이는 가열-전단분쇄에 의하여 전분구조가 크게 변하고 전분입자의 팽윤도도 증가하는 것으로 추정된다. 한편 가열-전단 온도 120℃와 160℃인 경우, 점도 프로파일은 거의 겹쳤으며 PV는 무처리 현미보다 약 2배 증가하여 120℃ 이상에서는 가열-전단온도의 영향이 크지 않음을 알 수 있다.
- 가열-전단 온도 40 및 80℃에서 분쇄한 건식 α -화 현미가루의 최저점도 (MV)는 무처리 쌀가루와 거의 동일한 값을 보였으나, 가열-전단 온도 120 및 160℃에서 분쇄한 건식 α -화 현미가루의 MV는 무처리 쌀가루보다 높은 값을 보였다. 이는 크게 팽윤된 전분입자가 가열 호화 - 교반에서 붕괴하지 않고 일부 남아있거나 붕괴되어도 무처리 쌀가루의 전분입자보다 큰 전분입자가 많아 MV에 영향을 미친 것으로 추정했다.
- PV와 MV의 차이인 브레이크다운 (BD)은 건식 α -화 시료 모두 무처리 쌀가루와 비교하여 증가했다. 또한, 가열-전단 처리온도의 상승에 따라 BD는 증가하였으며, 특히 120℃ 이상에서 분쇄한 시료는 미처리 쌀가루와 비교하여 현저하게 증가했다. BD는 팽창한 쌀가루 및 전분입자의 붕괴 정도를 나타내는데, 건식 α -화 한 쌀가루의 BD는 무처리 쌀가루에 비해 약간 높았다.
- FV는 전분겔화에 의한 점도 증가를 포함 점도를 의미한다. 건식 α -화 현미가루의 FV는 미처리 현미가루보다 약간 증가하여 건식 α -화 현미가루는 겔 형성성이 미처리 현미가루보다 높은 쌀가루이라고 말할 수 있고 이 특성을 활용한 조리·가공 용도로의 이용이 기대된다.

- 한편 건열처리 현미가루는 PV가 나타나지 않고 가열하는 동안 점도가 계속증가 하였으며, 냉각하는 과정에서도 계속 증가하여 높은 setback 값을 나타내었다. 이는 건열호화과정에서 장시간 고온에 노출되어 전분입자의 annealing이 진행되어 입자 내부의 구조가 더욱 강화되고 처리 중 결합수의 탈수 등으로 전분입자 내의 구조가 변화되어 전분입자가 가열호화-교반에서 호화되지 않고 잔존하면서 서서히 습윤하고 또한 붕괴되어도 그 정도가 작은 쌀가루와 전분입자가 존재하기 때문이며, 냉각과정에서 이들이 겔화가 진행되는 것으로 생각된다.

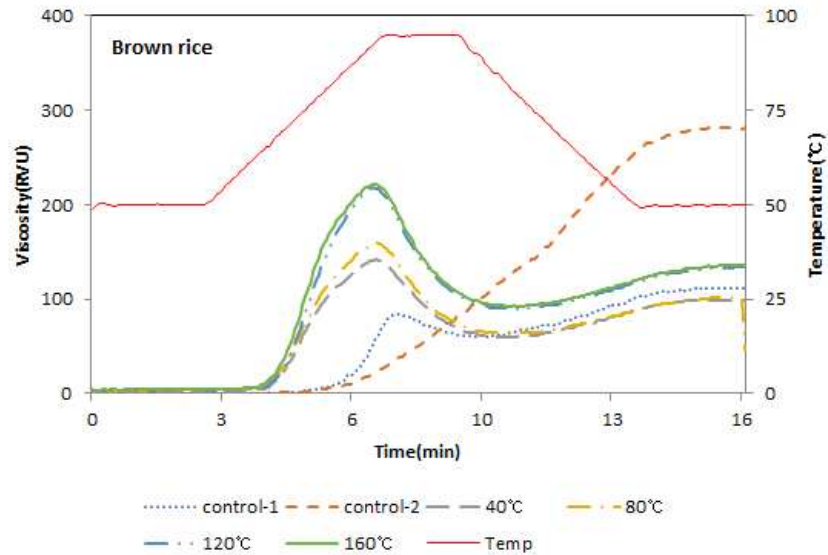


그림 34. 건식 α-화 현미가루의 RVA profile

표 28. 건식 α-화 현미가루의 전분손상율

sample	Damaged starch (%)
Brown rice	13.4
gelatinization at 40°C	21.5
gelatinization at 160°C	20.8

가) DSC

- 가열-전단 분쇄온도가 건식 α-화 현미가루의 열적성질에 미치는 영향을 그림 35 및 표 29에서 살펴보면 분쇄온도가 높으면 T₀, T_p 및 T_c는 감소하였으나 그 영향은 크지 않았다.

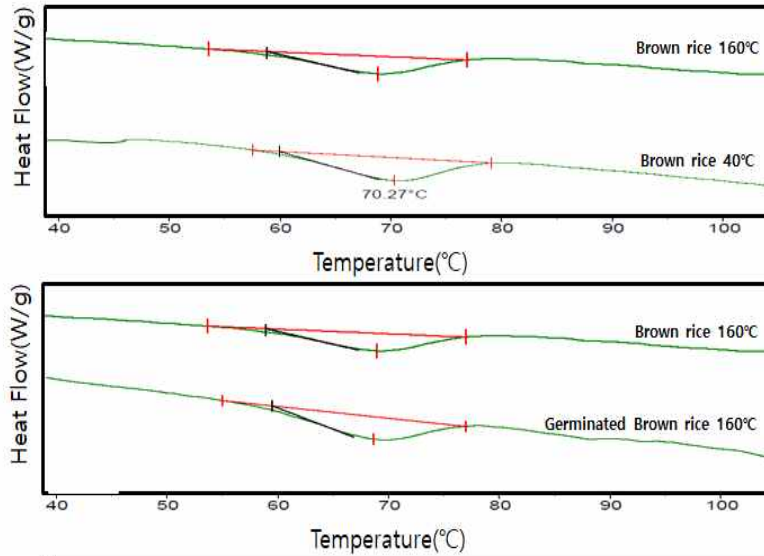


그림 35. 건식 α -화 현미가루의 DSC curves

표 29. 건식 α -화 현미가루의 DSC thermal characteristics

Sample	To(°C)	Tp(°C)	Tc(°C)	$\Delta H(J/g)$
Brown rice 40°C	59.81	70.27	79.13	0.81
Brown rice 160°C	58.99	69.2	77.34	0.8
Germinated brown rice 160°C	59.55	68.79	77.39	0.67

나) X-선 회절

- 현미를 가열-전단분쇄 할 때 맷돌의 온도를 변화시키면서 분쇄한 건식 α -화 현미가루의 X-회절 패턴을 그림 36에 나타내었다. 모든 맷돌온도 40, 120 및 160°C에서 분쇄한 시료는 모두 $2\theta=15.1, 17.1, 18, 20$ 및 22.9° 부근에서 비슷한 강도의 회절피크를 나타내어 가열-전단 처리에 의한 결정구조의 큰 차이는 보이지 않았다. 그러나 맷돌온도 160°C인 경우에는 회절피크 강도가 약간 저하하는 경향을 보여 전분의 비결정화, 즉 호화가 어느 정도 진행된 것을 알 수 있다.
- 이와 같은 결과는 초기 시도라 가열-전단분쇄기의 구조상 맷돌온도를 제어하기 어려웠기 때문이다. 그러나 맷돌온도와 상하 맷돌간격 설정을 조정함으로써 전분의 비결정화 (알파화) 정도를 바꿀 수 있다는 가능성을 확인한 의미 있는 결과이다. 따라서 온도를 정밀하게 제어할 수 있는 가열-전단분쇄기의 개발이 중요할 것으로 판단된다.

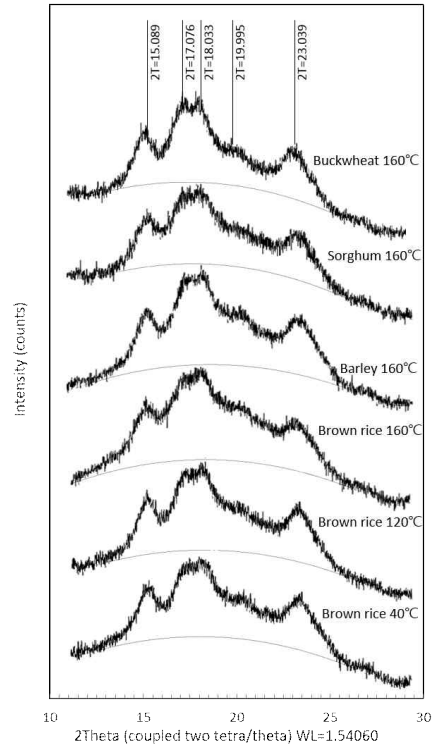


그림 36. 건식 α -화 통곡가루의 X-ray diffraction patterns

2) 통곡 및 발아통곡의 건식 α -화 시료 조제

○ 이상의 결과를 종합하여 가열-전단 온도 160°C에서 현미 및 발아현미, 보리 및 발아보리, 수수 및 발아수수, 메밀 및 발아메밀을 분쇄하여 특성분석을 위한 8종의 건식 α -화 시료를 조제하였다.

표 30. 건식 α -화 분말시료사진

	Brown rice 160°C	Barley 160°C	Sorghum 160°C	Buckwheat 160°C
Raw				
Germination				

다. 건식 α -화 통곡 및 발아통곡의 특성 연구

1) 입도분석

○ 가열-전단분쇄 한 현미, 보리, 수수 및 메밀의 입도분포를 그림 37 에 나타내었다, 전체적인

입도분포 범위와 volumetric mean diameter (84-106 μm)는 통곡의 종류에 관계없이 비슷하였으나 보리, 수수, 메밀은 2개의 그룹으로 나누어 졌다. 특히 보리는 입도가 작은 분획이 많았고, 수수와 메밀은 입도가 큰 분획이 많았는데, 이는 각 곡류의 미세구조의 차이, 특히 비교적 치밀한 표면층과 주로 전분으로 구성된 내배유에 기인하는 것으로 생각된다.

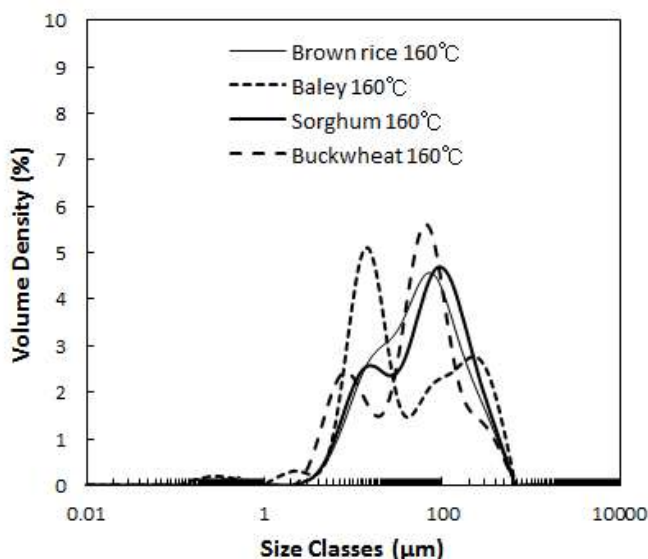


그림 37. 건식 α -화 통곡분말의 입도분포

표 31. 건식 α -화 통곡분말 시료의 size classes

	Specific surface area (m^2/kg)	D [3,2] (μm)	D [4,3] (μm)	Dv (10) (μm)	Dv (50) (μm)	Dv (90) (μm)
Brown rice 160°C	850	24	95	12	60	232
Baley 160°C	2345	9	101	8	30	304
Sorghum 160°C	760	26	106	12	72	252
Buckwheat 160°C	1575	13	84	7	56	198

2) 흡습특성

- 가열-전단 분쇄한 시료는 전반적으로 고온에서 처리함으로 WSI가 감소하는 경향을 보였으며, 보리와 수수의 WSI가 높았다 (표 32). WAI는 메밀을 제외하고는 약간 증가하는 경향을 보였다.

표 32. 건식 α -화 통곡가루의 흡습특성

Sample	Treatment	Moisture content (%)	WSI (%)	WAI (g/g)	Swelling Power (g/g)
Brown rice	40°C	12.3	10.3	4.1	4.6
	160°C	6.2	10.7	4.4	4.9
Barley	40°C	9.7	16.6	3.0	3.6
	160°C	6.8	12.9	3.1	3.5
Sorghum	40°C	10.7	17.9	4.0	4.9
	160°C	6.7	12.9	4.5	5.2
Buckwheat	40°C	10.9	13.5	3.7	4.3
	160°C	6.8	10.7	3.4	3.8

3) RVA profile

- 열적으로 개질한 곡류가루에서 일어나는 가장 중요한 변화는 리올로지 변화이며 매우 다른 hot viscosity 및 cold viscosity를 얻게 된다. 예를 들어 밀가루의 경우 열적 개질은 소성제품을 만드는데 필요한 글루텐 단백질을 안정화시킬 수 있다. 그러나 만약 글루텐의 기능이 필요하지 않거나 바람직하지 않으면 열로 불활성화시킬 수 있다.
- 보리를 제외하고는 가열-전단분쇄된 가루는 거의 대칭을 이루면서 RVA profile이 윗 방향으로 shift하여 높은 PV, FV를 나타내었다. 이와 같은 현상은 160°C에서 가열-전단 분쇄한 시료가 호화되었음을 나타낸다.

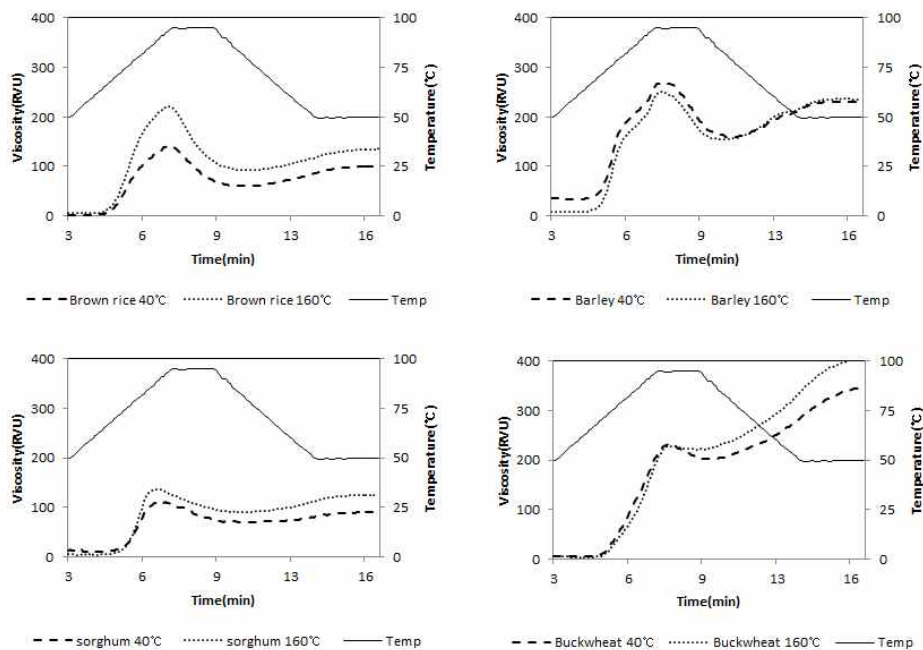


그림 38. 건식 α -화 통곡가루의 RVA profile

2. 특수식품 용도용 발아곡류 및 공정 최적화

- 1차년도 (2016)에서 현미 및 보리의 발아공정 연구를 통하여 재래 발아공정의 문제점을

해결하는데 과열수증기 처리가 매우 유효하다는 것을 실험실 연구를 통하여 밝히고 그 결과를 바탕으로 과열수증기를 이용한 고도 곡류발아기술 (그림 25) 을 제안 하였다. 즉, 보리와 같이 흡수력이 매우 큰 통곡은 표면을 가볍게 마찰하면서 씻은 발아력에 손상을 주지 않을 정도로 과열수증기로 순간살균 후 발아하는 공정(발아공정-1, 보리)과 세척, 침지 후 과열수증기 순간살균 후 발아하는 공정(발아공정-2, 현미)으로 나누어 적용할 수 있다. 발아 후에는 과열수증기로 순간 처리하여 9 log 수준으로 증식한 오염미생물을 살균하는 동시에 탈취한 후 적절한 건조방법으로 건조하는 공정으로 이루어진다.

- 이상과 같이 1차 년도에 현미 및 보리의 발아공정을 확립하였으므로 이를 **수수, 메밀, 녹두 등의 잡곡발아공정에 확대 적용하고자 하였다.**

가. 잡곡의 발아공정 개발

1) 수수 발아공정 개발

가) 수수의 품종별 발아거동

- 수수는 조직이 단단하여 흡수성이 비교적 낮다. 일정한 온도의 물 (15℃, 25℃, 35℃)에 수수(피수수, 2016년 문경산)를 침지하고 동일 온도에서 incubation 하면서 일정한 시간 간격으로 시료를 채취한 후 흡수거동을 측정하였다. 초기 6시간 동안에는 비교적 완만히 흡수하여 온도에 따라 22-34%에 달하였으며, 그 후 24시간까지도 수분함량이 지속적으로 서서히 증가하여 33-40%에 달하였다. 예상할 수 있는 것과 같이 침지 온도가 높을수록 흡수속도가 빨랐으며, 온도차에 따라 흡수속도도 지속적으로 일정한 차이를 보였다 (테이타 생략). 그러나 침지수 온도 35℃ 일 때는 침지 약 18 시간 이후부터 악취가 발생하기 시작하여 악취 발생을 억제하기 위해서는 저온침지가 바람직 한 것으로 판단된다.
- 발아공정-2에 의하여 침지 (25℃, 24 h) 한 수수를 각 온도에서 24시간 발아 했을 때의 상태는 표 33에 나타내었다. 남풍찰수수 및 임계 1호의 발아율이 우수하였고 다음이 흰찰수수, 피수수 순 이였으며, 황금찰수수는 발아되지 않았다. 발아과정에서의 흡수상태를 보면 25℃에서 침지 직후 수분함량은 32.7- 38.1% 이였으나 25℃에서 발아 24시간 후 수분함량은 35.6-41.55%로 전체적으로 24시간 발아과정에서 약 3% 수분이 증가하였다.

표 33. 침지 수수의 발아 상태 (침지 24시간, 발아 24시간)

	남풍찰수수	임계 1호	피수수	흰찰수수	황금찰수수
15°C					
25°C					
35°C					

나) 발아 전 수수의 과열수증기 순간살균

- 발아과정 중 오염미생물의 증식을 최대한 억제하기 위해서는 원곡의 초기 오염도를 줄이는 것이 중요하며, 1차년도 연구에서 190°C 과열수증기로 2초간 순간 살균하는 공정을 확립하였다. 이와 같은 순간살균공정의 유효성을 수수발아에서 확인하기 위하여 남풍찰수수를 세척 후 바로 무침지 발아한 경우 (control)와 세척 후 190°C 과열수증기로 2초간 순간 살균한 후 무침지 발아한 경우 (SHS treatment) 발아과정에서 발아율과 총균수의 변화를 비교 관찰 하였다.
- Control과 SHS treatment 시료의 발아과정에서 총균수의 경시적 변화를 그림 39에 나타내었다. 세척한 남풍찰수수의 초기 미생물오염도는 4.52 logCFU/g 이었으며, 발아 12시간 동안 급격히 증식하여 8.19 logCFU/g로 증가하였으며, 12시간 후에는 완만히 증식하여 발아 20-24시간 후에는 최종균수 9 logCFU/g 수준에 달하였다. 한편 SHS 살균에 의하여 수수의 초기균수는 3.73 logCFU/g 으로 약 90% 감소되었으며 발아 초기 4시간 동안에는 거의 증가하지 않았는데 이는 lag time으로 추정된다. Lag time 이후 발아 6시간 후 총균수는 급격히 증가하였다가 다시 완만히 증가하여 20-24시간 후에는 control과 동일한 9 logCFU/g에 달하였다.
- Control과 SHS treatment 시료 사이에 발아율에는 유의적인 차이를 보이지 않았으나 발아 10시간부터 발아가 시작되는 것을 육안으로 확인 할 수 있었으며 발아 12시간 이후부터 싹이 나오기 시작하여 24시간 후에는 싹의 크기가 0.5-1.0mm 까지 자랐다 (표 34).
- 발아 24시간 후 control과 SHS treatment 시료의 최종 균수는 동일한 수준임에도 불구하고 control에 비하여 SHS treatment 시료는 이취가 발생하지 않고 오히려 수수 본연의 풍미를 유지하는 것으로 미루어 보아 발아 초기 12 시간 이내에 균수를 제어하는 것이 중요한 것으로 판단되었다

표 34. 과열수증기 살균 수수의 발아 상태 (25℃, 24시간)

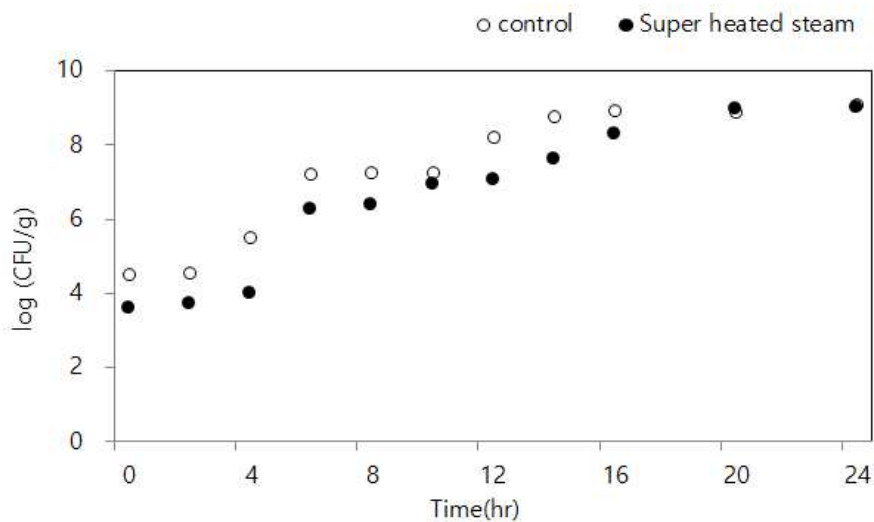
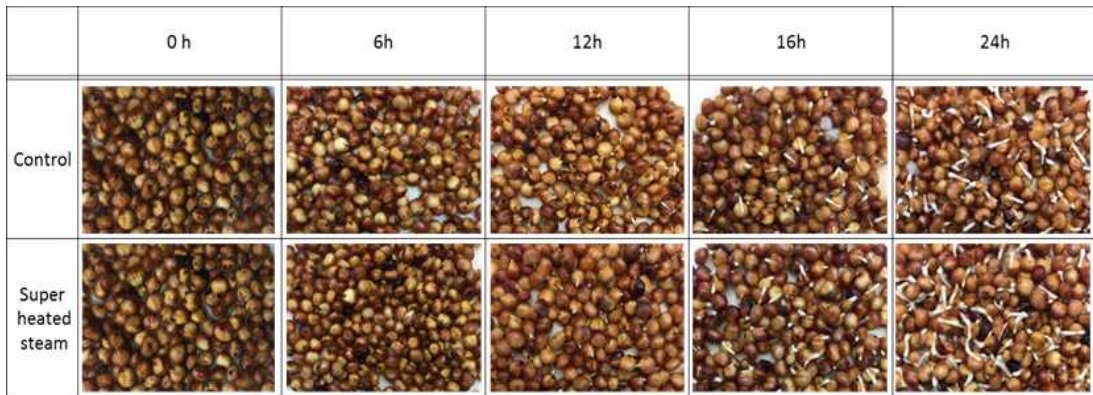


그림 39. 과열수증기 살균 수수의 발아과정에 일반세균수의 변화

다) 발아 후 수수의 SHS 순간살균

- 전술한 것과 같이 발아과정에서 일반미생물수가 9 logCFU/g (10^9 CFU/g) 수준까지 증식한다. 병원성 미생물이 없더라도 일반미생물의 오염도가 7 logCFU/g (10^7 CFU/g) 이상이면 일반적으로 부패의 초기로 받아들이고 있으므로 미생물학적 안전성을 확보하기 위하여 발아 종료 후 발아곡류는 반드시 살균공정을 거쳐야 한다. 재래공정에서는 배유전분을 α화시켜 효소 작용을 정지시키는 동시에 균열된 부분을 용착시키고 (α 화도 80 % 이상) 살균하기 위하여 일반적으로 스팀증자 한다. 이러한 기존 공정에서는 과도한 열처리로 발아곡류의 기능성 성분의 손실 및 품질저하를 초래한다.
- 본 과제에서 개발한 표준 발아공정에서는 그림 40에 나타난 것과 같이 GABA의 용점온도 (202℃) 를 고려하여 180℃ 과열수증기를 이용하여 순간살균 하였다. 발아종료 후의 발아수수를 오븐형 과열수증기의 tray에 가능한 monolayer로 얇게 펼쳐서 180℃에서 살균하면서 일반세균수의 변화를 경시적으로 측정하였다. 그림 40을 살펴보면 10초간 살균하면 일반세균수는 약 8log에서 약 2log 수준으로 급격히 감소하였다. 살균 10초 이후에는 살균 시간

이 증가하여도 균수에 거의 변화가 없었는데 이는 내열성 포자가 잔존하기 때문인 것으로 추정된다.

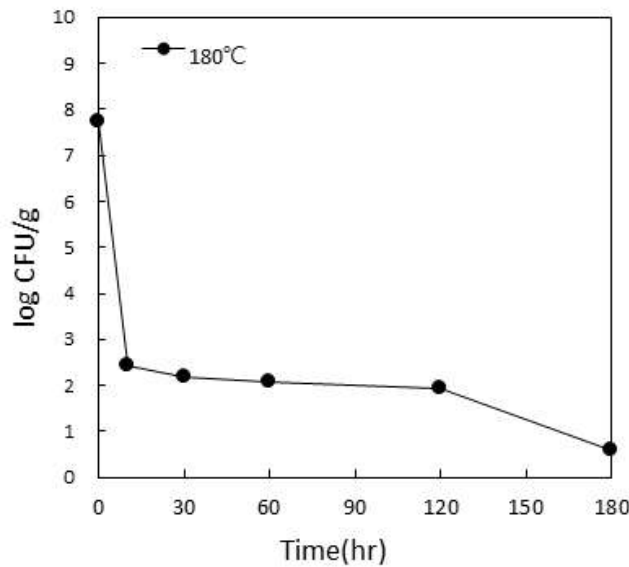


그림 40. 발아수수의 과열수증기에 의한 살균

2) 기타 잡곡발아

- 전술한 1차 년도의 현미 및 보리, 상술한 수수 이외에 녹두, 메밀, 조, 귀리, 서리태의 발아를 예비 검토 하였다. 즉, 이들 잡곡을 흐르는 수도수로 가볍게 2-3회 씻고 무침지 상태로 바로 발아통을 이용하여 25°C에서 24시간 발아하였다.
- 그림 41에서 알 수 있는 것과 같이 발아 24시간 후에 녹두와 메밀은 대부분 싹이 나오기 시작하였고 일부는 싹 길이 약 1mm 정도로 발아되었으나 귀리, 조 및 서리태는 2-3일 후에야 모두 발아되었다. 이 결과를 바탕으로 발아력이 우수한 녹두와 메밀 발아에 본 연구에서 확립한 과열수증기를 이용한 고도발아공정을 적용하여 그 우수성을 확인하였다.



그림 41. 녹두, 메밀, 조, 귀리, 서리태의 발아 상태

- **최적 발아공정** 이상의 모든 연구결과를 종합하여 표 35와 같이 현미, 보리, 수수 및 메밀

의 최적 발아조건을 설정하고 특성 분석을 위한 발아곡류 시제품을 제조하였으며, 각 단계에서 오염균수의 변화를 그림 42에 나타내었다.

표 35. 발아통곡 시료 제조 조건

통곡명	품종 (2016년산)	발아조건
현미	백진주,	발아공정-2: 세척, 침지 (17°C/22 h), SHS살균 (190°C/2초), 발아 (17°C/24 h)
보리	새찰쌀보리	발아공정-1: 세척, SHS살균 (190°C/2초), 발아 (17°C/24 h)
수수	남풍찰수수	발아공정-2: 세척, 침지 (17°C/5 h), SHS살균 (190°C/2초), 발아 (17°C/24 h)
메밀	불명(국산)	발아공정-2: 세척, 침지 (17°C/0.5 h), SHS살균 (190°C/2초), 발아 (17°C/24 h)

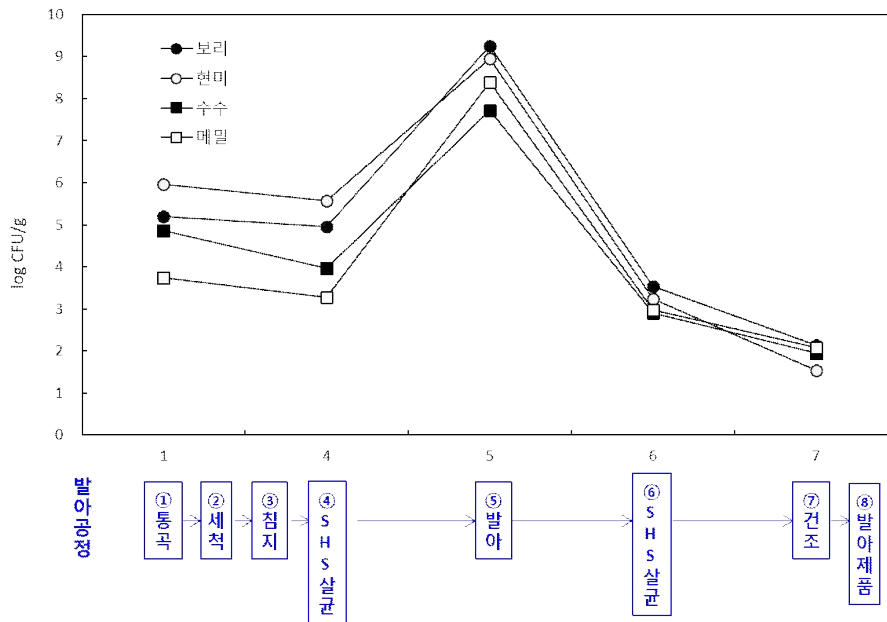


그림 42. 발아공정 단계별 일반세균수의 변화

다. 발아곡류의 소재특성 연구

1) 외형과 SEM 사진

○ 전술한 표 35의 조건으로 발아시킨 발아곡류를 강제대류형 오븐에서 50°C 열풍으로 건조한 시료의 외형 사진은 그림 43과 같다. 전체적인 외형은 거의 변화가 없으나 발아, 건조 과정에서 색이 다소 진해졌다.



그림 43. 발아곡류 시료의 외형사진

- 발아곡류의 횡단면을 절단한 전달면의 배율 x60일 때의 SEM 사진을 그림 44에 나타내었다. 발아곡류의 경우 전반적으로 배아부근의 조직이 손상된 것이 관찰되었다. 통곡을 발아시키기 위하여 흡수시키면 쌀알 내의 수분 차에 의해 배유 부분에 균열이 많이 생긴다. 동시에 입자 내에 양분으로 저장되어 있는 전분, 헤미셀룰로오스, 단백질, 각종 유지 등이 가수분해 되어 이용하기 쉬운 화합물로 되며, 필수 아미노산이 유리 된다.
- 이와 같이 흡수와 당질과 단백질 등의 가수분해 효소 작용에 의해 내부조직이 변화되는 것으로 추론되며, 배유부분의 손실과 수용성 성분의 용출에 의한 질량 손실도 생긴다. 따라서 발아곡류는 효소활성이 높은 시기에 생화학 반응을 정지시키고, 최대한 생성된 기능성분과 영양성분 등을 알곡에 머물게 하는 것이 중요하다.

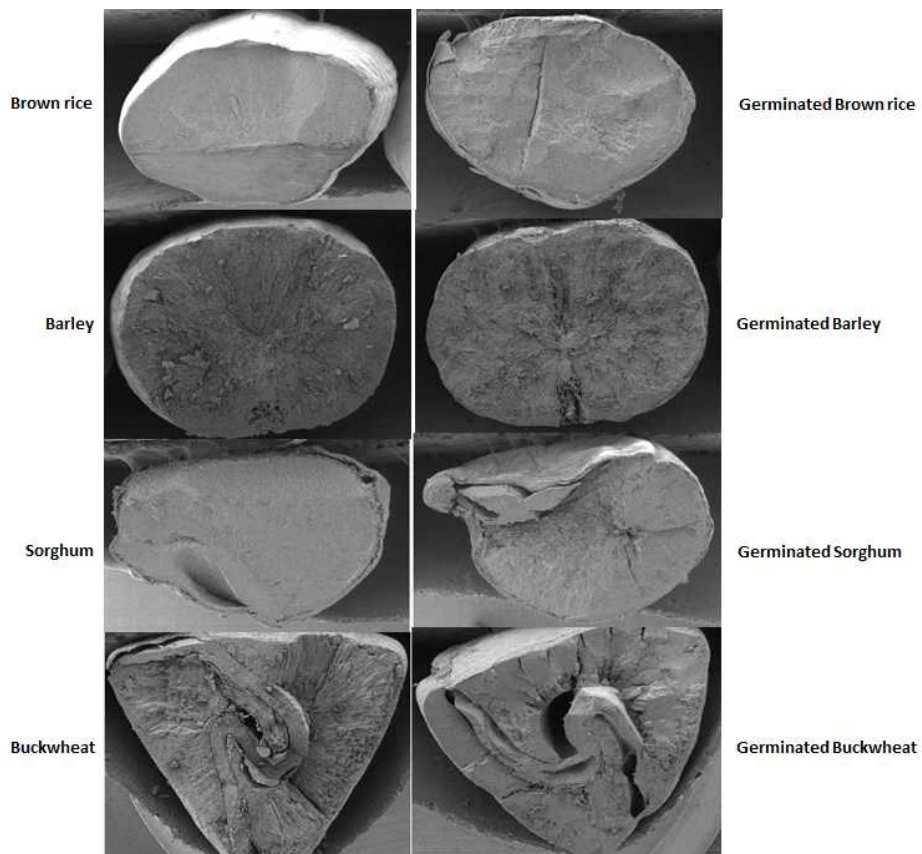


그림 44. 원곡 및 발아곡류 시료의 저배율 (60x) SEM 사진

2) 일반성분

- 시료로 사용한 백진주 현미, 새찰쌀보리, 남풍찰수수 및 메밀의 발아 전후의 성분조성 (g/100g)을 표 36에 나타내었다. 발아통곡의 수분은 11.8~8.8%, 탄수화물은 74.3~82.5%, 단백질은 6.8~12.6%, 지방은 1.4~3.7%이었다. 수수와 메밀의 경우 단백질 함량이 높고 보리와 수수는 식이섬유 함량이 높은 것을 알 수 있다. 현미에는 백미와 비교하여 식이섬유 이외에 phytic acid, tocotrienol, 비타민 E, B1, B2, phantodenic acid, GABA 등 영양학적으로 가치가 높은 성분이 다량 함유되어 있다.

표 36. 발아곡류 시료의 일반성분

	현미 (백진주)	보리(새찰쌀)	수수 (남풍찰)	메밀 (국산)
수분	11.8	10.5	11.6	8.8
지방	2.9	1.4	3.7	2.6
단백질	6.8	8.0	11.7	12.6
회분	1.2	0.9	2.1	1.7
탄수화물	77.3	79.2	82.5	74.3
식이섬유	4.2	12.0	15.2	4.8

3) GABA 함량

- 최근 건강지향이 강해지는 가운데, 다양한 기회가능성을 갖는 건강식품이 개발되고 있다. 이 중에서 생활 습관병, 갱년기장애, 고혈압 등의 개선 및 스트레스 부하의 경감효과가 있는 기능성 성분 GABA (γ -aminobutyric acid)를 많이 함유한 발아현미, 발아보리 등 발아곡류가 시장에서 주목 받아 왔다.
- 발아과정에서 각 시료 건물 100g 당 GABA함량의경시적 변화를 그림 45에 나타내었다. 백진주 현미의 GABA함량은 발아처리 24시간에 32 mg으로 최대치에 도달하였으며 그 이후 급격히 감소하여 발아 48 시간 후에는 18 mg으로 감소하였다. 한편 보리의 경우 발아현미와 비슷한 경향을 보여 발아 24시간에 GABA 함량은 28mg/100g에 도달한 후 발아시간이 경과함에 따라 감소하여 발아 48시간에는 28mg/100g 수준으로 감소하였다. 수수의 경우 발아시간에 따른 GABA의 생성 패턴은 현미 및 보리와 비슷하였으나 생성량은 약 1/2 정도 이었다.
- GABA 섭취효과에 대한 임상연구에 의하면 성인 1일 당 GABA 경구섭취량 30 mg일 때 갱년기와 초노기에 있어서 정신장애의 자각증상의 개선에 효과가 인정된 것으로 보고되었다. 따라서 24시간 발아한 발아현미 또는 발아보리를 1일 100g 정도 섭취하면 충분한 할 것으로 추정되므로 GABA 함량이 높은 식품소재의 제공이란 관점에서 발아처리 효과가 기대 된다.

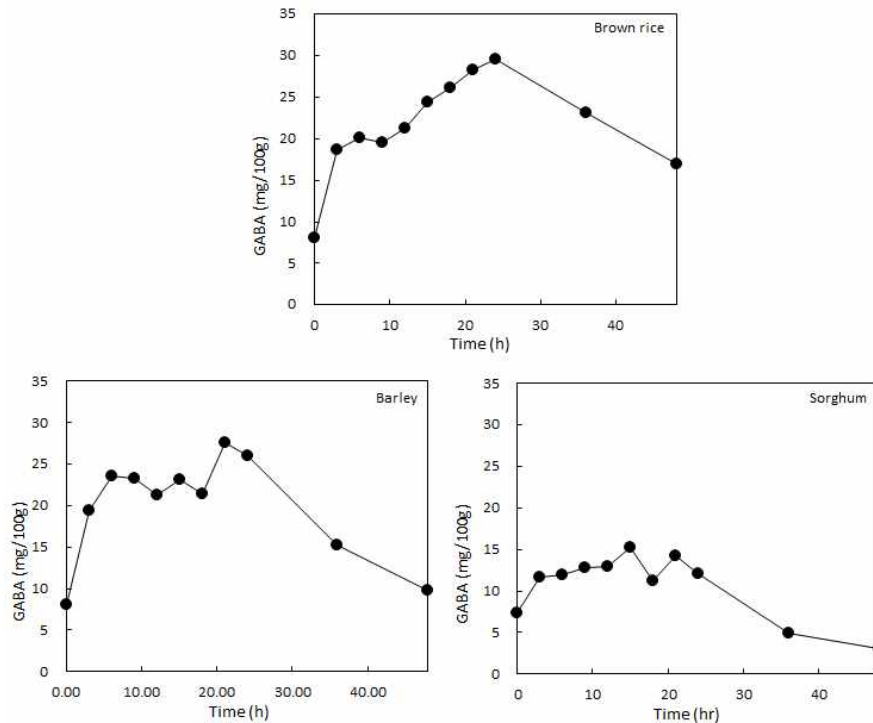


그림 45. 통곡의 발아과정에서 GABA의 경시변화

4) 유리아미노산 함량

- 표 37에 24시간 발아 후 50℃에서 건조한 발아곡류의 건물 100g 당 유리아미노산 함량을 나타내었다. 통곡의 품종에 관계없이 발아에 의하여 전반적으로 총 유리아미노산 함량이 증가되었으며, 특이적으로 발아메밀의 경우 미발아메밀에 비하여 약 3배 증가하였다.
- 유리태 글루타민산 함량은 다소 감소하였는데 이는 발아과정에서 GABA로 전환되었기 때문인 것으로 추정된다. 반면에 글루타민은 증가하는 경향을 보였는데 GABA전구체의 글루타민산은 글루타민에서 생성되기 때문에 발아과정에서 글루타민이 글루탐산으로 전환되는 속도보다 생성되는 양이 많기 때문에 증가된 것으로 판단된다.
- 유리태 아미노산 중에서 특히 알라닌 함량은 발아현미, 발아보리, 발아수수 및 발아메밀에서 모두 현저히 증가하였다. 글루타민산은 알라닌과 아스파라긴산과 아미노기 전이반응에 의해 상호변환 할 수도 있다.
- 또한 발아에 의하여 유리아미노산 중에는 필수 아미노산 생성량도 많아 GABA 생성과 동시에 아미노산도 유리하게 생화학 반응이 진행되는 것으로 생각된다.

표 37. 발아곡류 시료의 유리아미노산

Free AA (mg/kg)	Germinated brown rice			Germinated barley			Germinated sorghum			Germinated buckwheat		
	Raw	HTST roasting	SHS puffing	Raw	HTST roasting	SHS puffing	Raw	HTST roasting	Gun puffing	Raw	HTST roasting	Gun puffing
Aspartic acid	32.66	24.82	9.06	65.47	112.37	7.20	106.18	102.76	77.91	89.45	166.32	81.61
Glutamic acid	86.11	116.76	18.06	98.14	41.25	n.a.	78.26	117.43	75.07	466.49	471.57	242.60
Asparagine	23.53	14.15	3.90	48.70	43.78	3.61	182.88	120.58	134.36	88.30	91.23	37.10
Serine	29.79	16.90	6.24	49.09	39.12	3.03	51.78	36.42	70.38	119.41	133.86	70.91
Glutamine	30.12	N.D.	N.D.	27.82	11.55	N.D.	45.21	9.44	N.D.	307.43	180.70	13.06
Histidine	17.74	16.20	N.D.	33.27	21.04	N.D.	28.30	17.35	26.28	123.69	123.78	46.93
Glycine	10.96	4.63	3.15	13.34	28.51	1.60	11.85	9.86	27.55	85.25	90.38	65.61
Threonine	13.69	6.53	N.D.	38.96	36.30	1.82	28.15	20.04	44.13	146.65	149.67	84.66
Arginine	32.90	20.32	N.D.	40.70	30.49	N.D.	86.70	83.74	75.89	419.80	447.50	206.33
Alanine	91.46	58.82	10.30	183.54	118.77	6.86	79.32	56.51	168.56	291.74	265.09	216.16
Taurine	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	56.39	53.49	7.03
GABA	191.17	42.83	7.01	97.83	137.42	4.84	122.14	23.66	73.04	144.91	145.70	80.89
Tyrosine	12.43	6.53	N.D.	28.98	24.74	N.D.	36.03	21.02	52.50	117.17	111.22	53.71
Valine	13.96	10.69	N.D.	45.48	34.27	1.36	37.62	22.27	63.09	101.18	95.14	60.17
Methionine	2.92	3.84	N.D.	10.77	8.70	N.D.	10.12	4.84	11.34	42.18	41.71	20.71
Tryptophane	23.67	14.87	8.86	78.11	74.48	10.70	25.69	18.68	32.96	85.72	112.40	71.52
Phenylalanine	9.71	4.29	N.D.	33.44	31.92	N.D.	23.86	15.10	43.96	114.70	96.45	47.68
Isoleucine	5.36	3.15	N.D.	15.46	11.15	N.D.	18.71	12.25	26.33	69.75	62.99	37.28
Leucine	10.96	4.95	N.D.	34.88	31.52	N.D.	30.24	14.86	47.15	125.24	100.93	50.65
Lysine	10.64	4.80	N.D.	11.84	12.11	N.D.	12.46	11.81	15.13	46.86	69.04	25.35
Proline	7.20	3.52	N.D.	41.39	58.92	N.D.	65.69	53.55	217.99	78.70	41.62	21.37

5) 발아통곡 분말의 RVA profile

- 발아현미분말과 원곡현미의 RVA profile은 거의 동일하여, 발아현미분말의 원곡 현미분말의 호화개시온도는 동일한 68.3℃ 였다. 또한 현미원곡의 peak viscosity (PV) 104 RVU에 비하여 발아현미의 PV는 109 RVU로 약간 높았으며, final viscosity (FV)는 각각 75 및 71 RVU로 발아현미가 약간 낮았다.
- 원곡보리와 발아보리의 RVA profile도 역시 거의 동일한 패턴이었으나 전반적으로 다른 곡류와 달리 발아보리의 점도가 약간 높은 경향을 보였다. 발아보리가루의 경우 50℃에서 교반해 주는 초기 단계에 점도가 약간 상승하는데 이 기간 동안에 전분입자는 약하게나마 팽윤되는 것으로 추정할 수 있다. 보리와 발아보리의 호화개시온도는 각각 67.0℃ 와 63.1℃ 이었다.

- 일반적으로 발아전후 RVA profile은 대칭을 이루면서 발아기간이 증가할수록 차츰 감소하는 것으로 보고되었다. 보리의 경우 오염이 심하여 발아종료 후 표면의 오염균을 살균하기 위하여 과일수증기로 순간살균 하였기 때문에 발아보리 표면의 전분이 일부 호화된 것으로 추정된다.
- 처리하지 않은 간메밀 가루의 호화개시온도는 약 72°C로 특이적인 프로파일을 보였다. 즉, 가열 중에 예민한 peak viscosity도, breakdown 도 관찰되지 않고 오히려 95°C 온도를 유지하는 동안 PV에 도달한 후 일정한 점도를 유지하다가 냉각에 의하여 온도가 감소함에 따라 점도는 급속히 증가하였다. 이는 메밀전분은 호화하는 동안 양호한 수분흡수능을 가지고 있으며 호화된 후 고온에서 전단이 가해지는 조건에서도 메밀 전분은 상당히 안정하다는 것을 의미한다. 그러나 냉각 시 겔화특성이 우수하여 높은 PV를 나타내었다. 따라서 메밀 알곡의 전분함량은 다른 곡류들과 유사한 수준임에도 메밀전분의 물리화학적 특성은 상당히 다르다는 것을 알 수 있다.

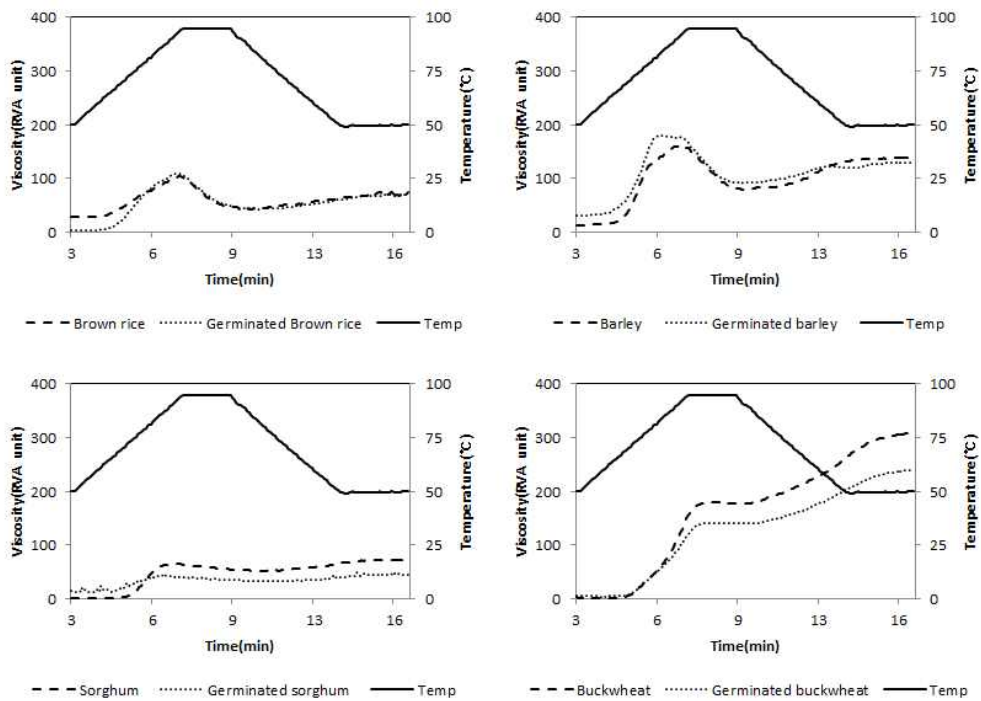


그림 46. 원곡 및 발아곡류 분말의 RVA profile

표 38. 원곡 및 발아곡류 분말의 pasting properties

Sample	Pasting Temperature (°C)	Peak viscosity (RVU)	Peak time (min)	Final viscosity (RVU)	Setback (RVU)	Breakdown (RVU)
Brown rice	68.4	104	7.5	75	32	61
Germinated brown rice	68.4	109	7.3	71	28	66
Barley	67.0	162	7.5	138	58	82
Germinated barley	63.1	181	6.5	128	37	90
Sorghum	72.3	65	7.1	72	19	12
Germinated sorghum	73.7	47	6.9	45	8	10
Buckwheat	72.3	181	8.5	309	132	4
Germinated buckwheat	71.7	142	8.7	241	101	2

3. 발아곡류의 2차가공 소재 개발

- 최근 새로운 가공기술의 개발에 의하여 높은 기능성을 가진 발아곡류가 주목되고 있다. 그러나 발아곡류는 우수한 건강 기능성을 가지고 있음에도 불구하고 식감이 단단하여 식미가 좋지 못하고 발아취 등의 결점으로 그대로 식품 가공원료로 이용하는 데는 한계가 있다.
- 따라서 발아곡류 (발아현미, 발아보리, 발아수수 및 발아메밀)의 소비를 증대시키는 방법은 발아곡류의 영양소를 최대한 손상시키지 않으면서 2차 가공함으로써 발아를 통하여 증가된 기능성 성분을 상호 보완하여 생리기능성, 소화성 및 위생성이 우수하며 매력적인 관능특성을 가진 발아통곡류 식품소재를 개발하고자 하였으며, 이를 위하여 2차 가공통곡 및 분말을 조제하고 소재특성 등을 평가하였다.
- 통곡류 소재의 생리적 효과와 관능적 품질을 향상시키기 위한 곡류의 개질(modification)에 대하여 여러 가지 방법이 검토되었으나 열처리방법이 최근에는 환영을 받고 있다. 곡류의 열적 개질에서 가장 중요한 것은 곡류의 주성분인 전분의 호화(gelatinization)이다. 과잉의

수분이 존재하는 상태에서 전분은 50-70℃ 온도에서 호화라 하는 흡열전이(endothermic transition)를 일으킨다. 물이 없는 경우 전분결정은 훨씬 고온인 150-170℃에서 용융전이(melting transition)를 일으킨다.

- 전통적으로 파보일링, 로스팅 또는 puffing은 알파화 곡류를 만드는 방법이다. 파보일링(Parboiling)은 곡류전분의 성질을 현저히 변화시킬 뿐만 아니라 알곡으로서의 성질도 변화시킨다. 스팀 파보일링은 일반적으로 곡류를 물에 침지하여 충분히 흡수시킨 후 상압 또는 가압 증기로 증자한 후 건조한다. 호화는 물론이고 노화도 충분한 수분을 필요로 함으로 침지하는 동안에 수분을 흡수시키고 스팀 증자하는 동안 이 수분을 유지하고, 호화도를 유지하기 위해서 가능한 급속히 건조하는 것이 파보일링의 효율을 결정하는 중요한 인자이다. 만약 서서히 건조 및 냉각하면 수분을 방출하면서 전분사슬이 재배치되어 노화를 일으켜 새로운 결정질 생성으로 호화로 잃어버린 crystallinity는 부분적으로 회복된다.
- 파보일링은 전분의 소화성을 향상시킨다. 전분은 급속소화성 전분 (rapidly digestible starch, RDS), 완만소화성 전분 (slowly digestible starch, SDS) 및 저항전분 (resistant starch, RS)으로 구분된다. RDS는 20분 incubation하면 소화되는 전분이고, SDS는 100분 이내에 소화되는 전분이며, 그 이후에도 남아 있는 것이 저항전분이다. RS는 당뇨환자용 식품에 적합하고 RDS는 급속한 에너지 섭취 또는 비잔류소화 (non-residue digestion)가 필요한 사람에게 적합하다.
- 로스팅 (roasting) 은 곡류의 특성을 개선하기 위하여 단시간에 건열처리 (dry heating) 하는 단순하고 편리한 공정으로 일종의 건열파보일링 (dry parboiling) 이다. 로스팅된 곡류는 텍스처가 개선되어 crispy해 지며, 팽화에 의하여 부피가 증가한다. 또한 로스팅은 곡류의 색조를 개선하며, 저장수명을 연장시키고 향미를 향상시키며, 항영양인자를 감소시킨다. 또한 곡류를 로스팅하면 전분이 호화되고 단백질은 변성되므로 소화율이 증가한다.
- 일반적으로 곡류의 팽화(puffing)는 증자, 건조, 팽화의 3단계로 이루어진다. 곡류를 증자하는 것은 전분을 호화시킴으로서 곡류의 조직이 치밀하여져 가열에 의하여 곡류 내부에 생성된 증기가 빠져나가지 않고 고압을 형성시켜 내압에 의하여 급격히 팽화 되도록 하기 위해서 이다. 물론 곡류 또는 팽화장치에 따라 호화하지 않고 팽화하거나 호화와 팽화가 동시에 일어나게 하는 경우도 있다. 곡류를 증자하는 대표적인 방법은 미리 물에 침지하여 수분 30-45% 정도로 수화시킨 곡류를 autoclave에서 포화수증기를 이용하여 증자하는 것이다.
- 최근 식품의 건강, 환경, 안전, 안심에 대한 관심이 증가하면서 식품가공 수법으로서 과열수증기(superheated steam, SHS)를 이용한 수열공정 (hydrothermal process)이 가장 적합한 기술로 주목을 받아 활발히 이용되고 있다. 과열수증기를 이용한 가열기술은 많은 장점을 가지고 있으므로 식품가공 분야에서 소재가 가진 영양기능성과 맛을 살리는 기술이다.
- 한편 그림 47에 나타난 것과 같이 기존 발아공정에 따르면 발아 직후 발아통곡의 수분함량

은 통곡의 종류에 따라 30-45%에 수준이다. 발아 종료 후에는 발아기간 동안에 증식한 미생물을 살균하고 발아취를 제거하기 위하여 가열살균처리를 한 후 수분함량 10-15%로 건조한다.

- 이렇게 생산된 발아곡류의 2차 가공을 위해서도 가수, 수분조정, 가열 등의 조작이 필요하기 때문에 이미 살균, 건조된 발아곡류를 2차가공 출발 원료곡으로 사용하는 것은 생산비 증가, 추가적인 품질저하 등을 초래하게 된다. 따라서 본 연구에서는 전술한 과일수증기를 이용한 parboiling, roasting 및 puffing 기술과 통곡의 발아공정을 접목시켜 발아 종료 후의 고수분의 발아곡류를 직접 과일수증기로 처리하여 발아곡류의 분산성, 용해성, 소화성 및 풍미 등이 개선된 고품질의 특수용도식품용 발아통곡소재를 개발하고자 한다.

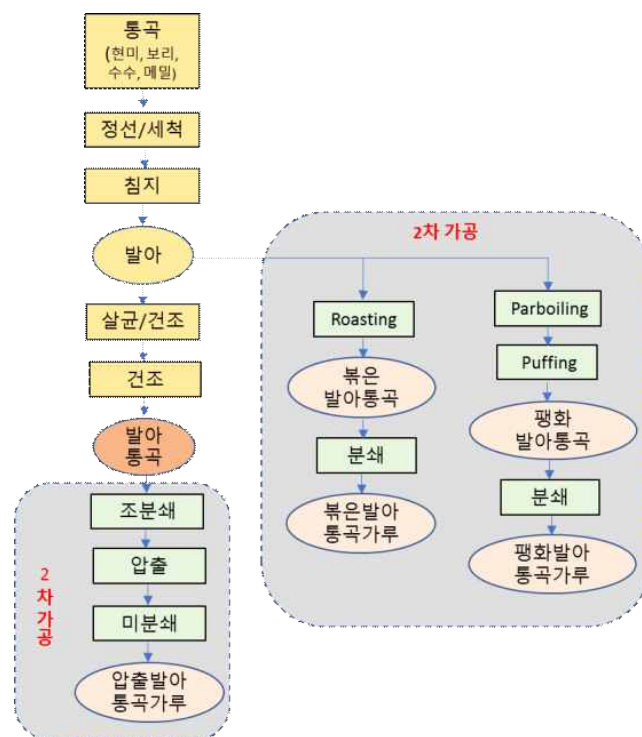


그림 47. 발아곡류 2차 가공공정 개발 컨셉

나. 재료 및 방법

- 수분함량은 4-6g의 시료를 표준 AOAC protocol (2000)에 따라 측정하였다. 알곡의 겉보기 비중은 100-500 mL의 메스실린더에 시료를 넣고 가볍게 10회 두드리면서 채운 후 무게를 칭량하였으며, 5회 측정하여 평균을 구하였으며, 분체의 겉보기 밀도는 100ml 메스실린더에 의하여 느슨한 밀도 및 단단한 밀도를 구하였다. 단단한 밀도는 tapping 회수를 100회로 하였다. 팽화지수, 분말의 흡수특성, 입도분석 등은 전술한 통곡분산성 연구에서와 동일한 방법으로 수행하였다. 분말 (대조구 및 시료)의 pasting properties는 Rapid Visco Analyzer (Newport Scientific Pty, Australia)를 이용하여 표준프로파일을 사용하여 측정하였다. 시료의 전자 현미경 사진은 한국고분자연연구소에 의뢰하여 아래와 같이 측정하였다.

- 전분손상도는 Megazyme의 kit를 사용하여 측정하였으며, 분말시료의 인공소화시험은 펩신, pancreatine 효소를 이용하여 측정하였다. 일반성분은 식품공전 분석법에 따랐으며, 한국식품연구원에 분석의뢰 하였다. 시료의 유리아미노산 함량은 trichloro-acetic acid에 의해 추출하여 아미노산 자동분석기에 의하여 측정하였다.

다. 2차 가공공정 개발

1) 발아곡류의 roasting

가) 건조 발아현미의 로스팅

- 발아곡류의 개질을 통한 통곡소재를 개발하기 위한 예비실험으로 시판 발아현미를 구입하여 로스팅 조건을 우선적으로 예비 검토하였다. 과열수증기를 이용한 로스팅에서 팽화율은 로스팅 온도, 로스팅 시간, 원료의 초기수분함량 등과 상관이 있다. 따라서 구입한 발아현미(장세순)의 수분함량을 5% (시료 A) 및 10% (시료 B)로 조정하여 시료를 준비하였다. 로스팅 가열매체인 과열수증기 온도는 240-280℃(240, 260, 280℃) 범위에서, 로스팅 시간 0.5-2.0분 범위에서 변화시키면서 로스팅 조건을 검토하였다. 이때 로스팅 장치로는 유동층 과열수증기 처리장치를 사용 하였다.
- 알곡의 온도가 상승하면 증발과 가열에 의하여 전분입자 내부의 증기와 공기는 팽창하며, 그 결과 알곡은 팽창하게 되고 따라서 전분입자가 붕괴되면서 호화된다. 표 39에 타낸 것과 같이 로스팅 종료 후 시료의 수분함량은 초기수분함량에 관계없이 1.4-3.0%로 저하되었다. 벌크밀도는 0.28-0.36으로 약간 팽화되었으며 초기수분함량이 낮은 시료 A의 팽화도가 약간 높았다. 로스팅된 발아현미의 수화특성 (WSI, WAI 및 SP)은 과열수증기 처리온도와 시간보다는 초기수분함량의 영향을 더 많이 받는 것으로 추정되었으며, 전반적으로 시료 A의 값이 약간 높았다.
- 로스팅한 시료의 관능적 평가에 의하면 280℃에서 30초간 로스팅 시료가 고소한 풍미가 나고 갈변이 거의 일어나지 않아 가장 우수한 시료로 판단되었다.

표 39. 건조 발아현미의 과열수증기 로스팅

Temperature (°C)	Time (min)	Sample A (Moisture content before roasting : 5%)							-	Sample B (Moisture content before roasting : 10%)							-
		Moisture content (%)	Bulk density	WSI (%)	WAI (g/g)	SP (g/g)	Remarks	Moisture content (%)		Bulk density	WSI (%)	WAI (g/g)	SP (g/g)	Remarks			
240	2.0	2.3	0.33	69.9	7.6	2.5	탄화 산패 *		2.1	0.36	69.5	5.9	1.9	탄화 산패 *			
	1.0	2.2	0.28	69.5	8.0	2.6	고소한 냄새 **		2.0	0.30	69.4	6.2	2.0	고소한 냄새 *			
260	2.0	2.1	0.29	69.8	7.5	2.5	탄화 산패 **		1.6	0.30	69.1	6.7	2.2	탄화 산패 *			
	0.5	2.4	0.26	69.6	8.6	2.8	고소한 냄새 **		3.0	0.28	70.4	5.9	2.0	고소한 냄새 **			
280	1.0	1.6	0.25	69.4	8.0	2.6	탄화 산패 ***		1.7	0.28	69.8	6.5	2.2	탄화 산패 **			
	1.5	2.5	0.25	69.7	7.3	2.4	탄화 산패 ***		1.4	0.27	69.0	6.7	2.2	탄화 산패 ***			

나) 고수분 발아현미의 로스팅

○ 발아종료 후의 고수분의 발아곡류를 180°C의 과열수증기로 로스팅 했을 때 가열시간에 따른 수분함량, 벌크밀도, 팽화율 등을 그림 48에 나타내었다. 그림 48의 발아현미의 경우를 살펴보면 가열초기 수분함량은 33%에서 급격히 감소하여 3분 후 11.6%로 감소하였으며 그 이후는 완만히 감소하여 4분 후에는 8.0%에 달하였다. 벌크밀도와 팽화율도 수분함량의 변화와 유사하게 가열 3분 후에는 거의 일정한 값에 도달하였다.

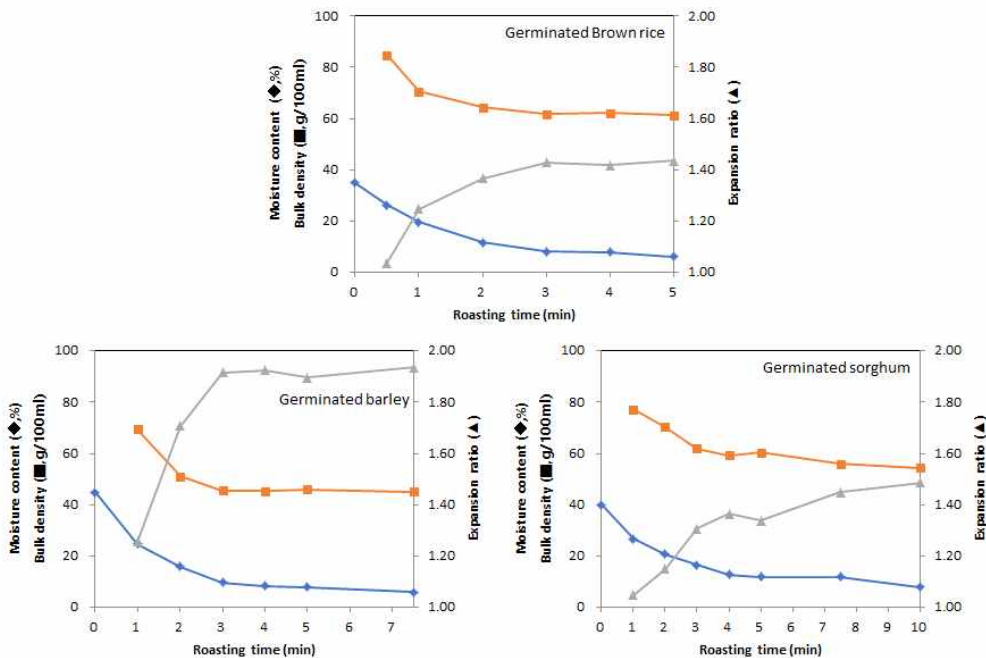
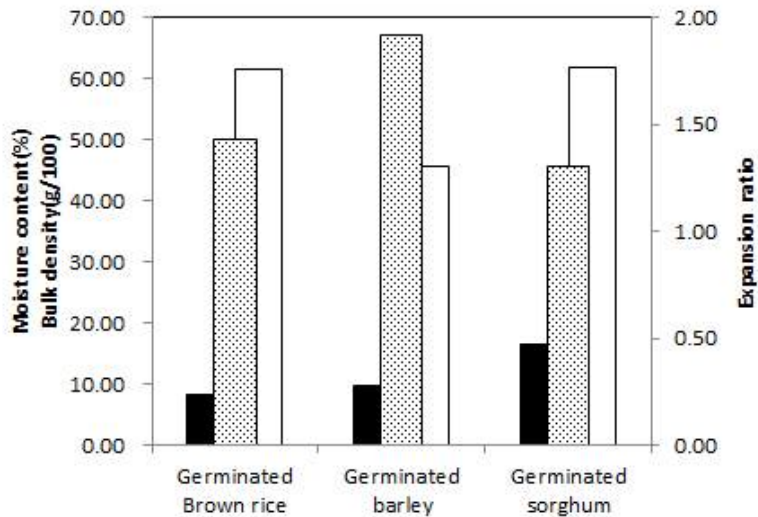


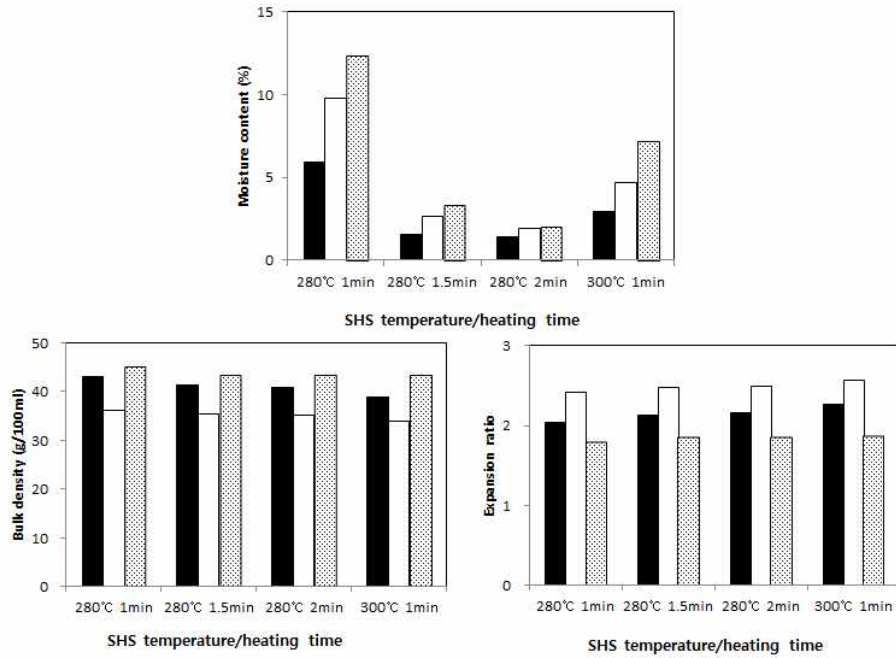
그림 48. 과열수증기 (180°C) 로스팅 시간이 발아곡류의 팽화도에 미치는 영향

- 발아보리와 발아수수의 로스팅 경우에도 비슷한 경향을 보여 로스팅 3분 후에 수분함량, 벌크밀도, 팽화율의 변화가 완만하였다. 따라서 180℃의 과열수증기로 3분 로스팅 했을 때를 LTLT roasting이라 칭하였으며, LTLT 로스팅 처리한 발아현미, 발아보리 및 발아수수의 팽화율 등을 그림 49에 비교하였다. 발아현미 및 발아보리의 수분함량은 각각 8.3% 및 9.8% 인데 비하여 발아수수는 16.6%로 상대적으로 높았다. 한편 팽화율은 발아현미와 발아수수가 각각 1.43 및 1.31로 30-40% 팽창하였는데 비하여 발아보리의 팽화율은 1.92로 약 2배 팽창하였다.



■ : Moisture content □ : Bulk density ▨ : Expansion ratio
 그림 49. 고수분 발아곡류의 과열수증기 LTLT 로스팅 (180℃, 3 min)

- 한편 280℃에서 1-2 분 및 300℃에서 1 분간 고온의 과열수증기로 단시간 로스팅한 경우를 HTST roasting이라 칭하고 그 결과는 그림 50에 나타내었다. 발아직후의 고수분 발아현미(초기 수분함량 35%), 발아보리(초기 수분함량 43%) 및 발아수수(초기 수분함량 40%)를 280℃의 과열수증기로 1분 처리하였을 때 수분함량은 각각 5.9, 9.8 및 12.3%로 급속히 감소하였으며, 1분 30초 및 2분 로스팅한 경우 1.4-3.4%로 매우 낮은 수분함량을 나타내었다. 팽화율은 로스팅 시간에 큰 영향을 받지 않고 1.8-2.5로 발아보리가 가장 높았다. 또한 300℃ 과열수증기로 1분간 로스팅한 경우와 280℃에서 1분 로스팅한 경우를 비교하였을 때 전자가 전반적으로 팽화도가 약간 높았다.



■ : Germinated Brown rice □ : Germinated barley ▨ : Germinated sorghum

그림 50. 고수분 발아곡류의 과열수증기 HTST 로스팅 (280-300°C, 1 min)

- 로스팅 하지 않은 발아알곡의 흡수특성을 살펴보면 (그림 51) 발아현미, 발아보리 및 발아수수는 모두 침지 5분 동안에 급속히 흡수하였으며, 그 후 매우 완만히 흡수하여 20분 후에 각각 37.2, 92.9 및 54.6%에 도달하였다. 특히 발아보리의 흡수율이 가장 빠르고 흡수율도 높았으며, 발아현미의 흡수량이 가장 작았다. 발아수수의 경우 다른 곡류와 달리 침지 20분 후에도 완만히 수분흡수량이 증가하는 경향을 보였다.
- 한편 180°C에서 로스팅 한 발아현미 알곡의 흡수특성은 로스팅 시간에 관계없이 전반적으로 완만히 흡수하여 20분 후에 수분함량은 50-72%에 달하였다. 이에 비하여 280-300°C의 과열수증기로 단시간 로스팅한 발아현미는 침지 동안 급속히 다량의 수분을 흡수하여 20분 후에 수분함량이 243-356%에 달하였다.
- 이에 비하여 로스팅한 발아보리 알곡의 경우 수분흡수속도와 흡수량은 고온 로스팅의 경우가 약간 높았으나 처리온도에 큰 영향을 받지 않고 모든 시료는 침지하는 동안 지속적으로 수분을 흡수하여 20분 후에 151-193%에 달하였다.
- 로스팅한 발아수수의 경우 180°C에서 LTLT 로스팅 했을 때 알곡의 흡수속도는 로스팅 시간에 관계없이 매우 낮아 20분 후에 약 30%에 달하였다. 한편 280°C에서 HTST 로스팅 한 경우 흡수속도는 현저히 증가하였으나 흡수량은 전반적으로 크지 않았다. 이와 같은 거동은 로스팅하지 않은 발아곡류의 흡수거동과 차이를 보이는 것이다.
- 특히 HTST 로스팅 한 발아곡류를 물에 침지했을 때 흡수에 따른 형태변화를 표 40에 나타내었다. 로스팅한 발아현미의 경우 흡수시간이 길수록 알곡의 조직이 흐무러지고 알곡의 형태를 유지하지 못하였다. 이에 비하여 로스팅한 발아수수는 단단한 조직을 그대로 유지하고

있어 흡수속도와 흡수량이 낮은 것으로 추정된다. 발아보리의 경우 알곡의 형태는 유지하였으나 조직은 상당히 연화된 상태였다. 이와 같은 경향은 알곡의 흡수성과 상관이 있는 것으로 판단되며, 전술한 것과 같이 로스팅한 현미는 급속히 수분을 흡수하였다.

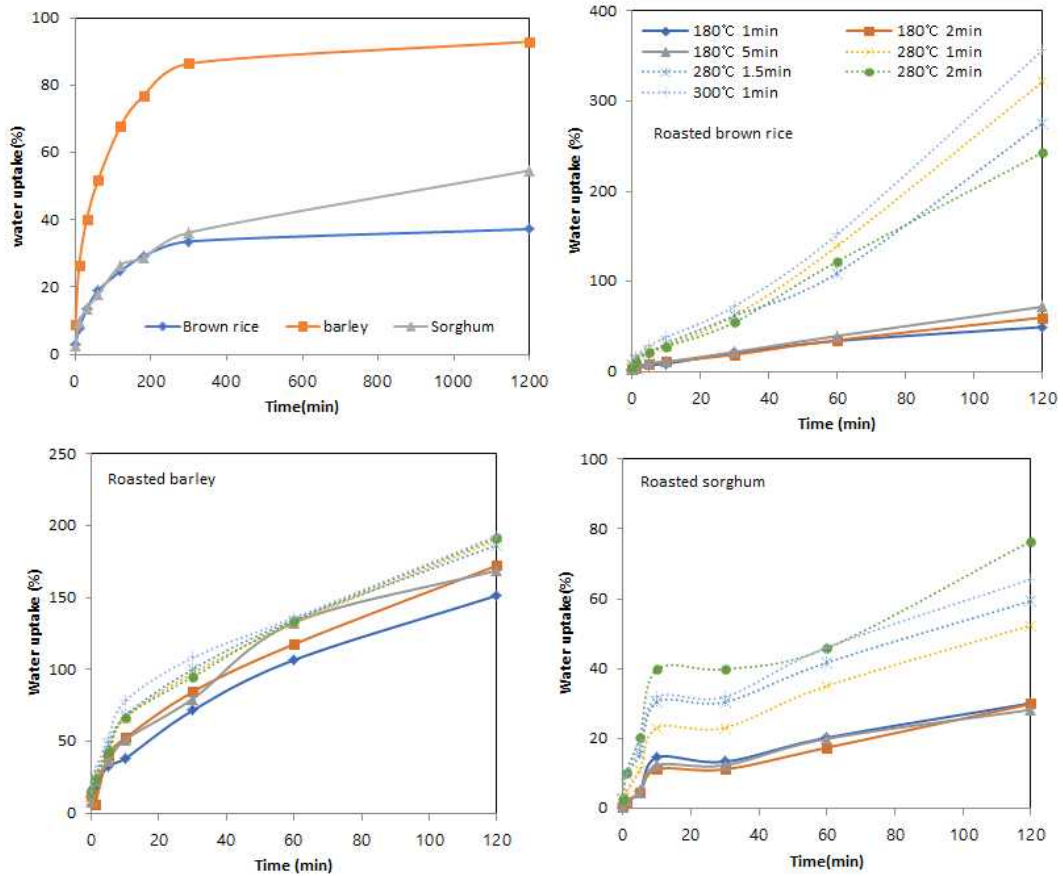


그림 51. HTST 로스팅한 발아곡류 알곡의 흡수특성

표 40. HTST 로스팅한 발아곡류 알곡의 침지시간에 따른 형태 변화

Roasted sample	Soaking time (min)		
	30	60	120
Germinated brown rice			
Germinated barley			
Germinated sorghum			

- 이상의 결과를 종합할 때 과열수증기 온도 180℃일 때는 최적 로스팅 시간이 3분, 280-300℃일 때는 최적 로스팅 시간은 30-60 초일 것으로 추정되었다.
- 로스팅에 의한 발아곡류의 개질효과를 검증하기 위하여 발아곡류를 전통적인 방법으로 스팀증자한 경우와 HTST 로스팅한 시료분말의 흡습특성을 비교하였다. 발아곡류 소재를 선식 등의 소재로 활용할 경우 가장 중요한 성질은 분산성이므로 표 41의 분산성을 살펴보면, 특히하게 발아보리가루의 분산성이 현저히 개선되었다. 스팀 증자한 발아보리가루의 분산성은 7.5%에 지나지 않으나 로스팅한 발아보리가루는 88.9%로 현격히 향상되었다.

표 41. HTST 로스팅에 의한 발아곡류가루의 분산성 개선 효과

Samples	Roasting Conditions	Water solubility index	Water absorption index	Swelling Power	Dispersibility (%)	Sinkability (%)
Germinated brown rice(GBR)	-	13.5	5.4	6.2	92.3	90.2
Roasted GBR	SHS 280°C, 60 _s	6.8	6.4	6.9	89.5	94.0
Germinated Barley (GB)	-	21.9	8.2	10.5	7.5	0.7
Roasted GB	SHS 300°C, 60 _s	9.1	7.4	8.2	88.9	83.1
Germinated Sorghum (GS)	-	23.7	3.6	4.8	86.1	81.0
Roasted GS	SHS 280°C, 60s	5.2	7.6	8.0	90.7	90.0

2) 발아곡류의 puffing

- 전술한 표 35의 조건으로 발아한 고수분의 발아현미와 발아보리는 유동형 과열수증기 처리장치 에서 180°C에서 2분간 파보일링 한 다음 수분함량 13-15%되게 60°C 열풍으로 건조하였다. 건조 후에는 알곡 내부의 수분이 균일하게 분포되도록 밀폐된 용기에 2-3시간 템퍼링 한 다음 동일한 과열수증기장치를 이용하여 280°C에서 30초간 팽화시킨다. 선행연구에 의하면 수수와 메밀은 과열수증기로는 고품질의 팽화물을 얻기 어려워 종래 방법에 따라 발아 직후의 고수분 상태에서 스팀증자한 후 수분함량 15% 내외로 건조하여 10-12 bar에서 gun puffing (그림 52) 하였다.



그림 52. Gun puffing 장치

3) 발아곡류의 extrusion

- 고온단시간 extrusion cooking은 곡류의 가공에 가장 널리 사용되고 있는 방법이다. 그러나 압출과정에서 곡류는 압력, 온도, 전단응력 및 수분의 동시 작용을 받게 되며, 이 기본원리는 single 및 double screw extruders에 공통적으로 적용된다. 따라서 압출물은 전분호화도가 높으며, 따라서 찬 상태에서 높은 점도를 가진다. 한편, 상당부분이 가용성 성분인 것이

압출물의 특징이다.

- 그러나 압출물의 성분손실은 어느 가공방법보다 심하여 특히 발아통곡류와 같이 영양기능성이 강조되는 제품에는 권장될 수 없는 가공수단이다. 따라서 일종의 negative control로 발아곡류의 압출가공 시료를 조제하였다. 시제품 조제에 사용한 압출기는 내경 30mm, 길이/지름비 L/D =18.5, 지름 4mm의 다이를 사용하였다. 각 원료는 분쇄하지 않고 알곡 형태로 투입하였다.

라. 2차가공 발아곡류의 소재특성 분석

1) 2차 가공 발아곡류 시제품 제조

- 최적 발아공정으로 제조된 발아현미, 발아보리, 발아수수 및 발아메밀을 그림 53에 나타난 가공공정과 가공조건에 따라 2차가공 시제품을 제조하였다. 즉, 재래 50℃에서 건조한 발아곡류를 압출한 시료 4종, 발아 직후의 고수분 발아곡류를 180℃에서 3분간 LTLT 로스팅한 시료 4종, 발아 직후의 고수분 발아곡류를 280℃에서 30초간 HTST 로스팅한 시료 4종, 발아 직후의 고수분 발아곡류를 180℃에서 2분간 parboiling 한 다음 건조한 호화 발아곡류를 과열수증기로 280℃에서 30초간 팽화한 시료 2종 (팽화발아현미, 팽화발아보리) 및 발아 직후의 고수분 발아곡류를 스팀증자하고 건조한 후 gun puffing한 시료 (팽화발아수수, 팽화발아메밀) 2종을 합하여 총 20종의 시료를 조제하였다.

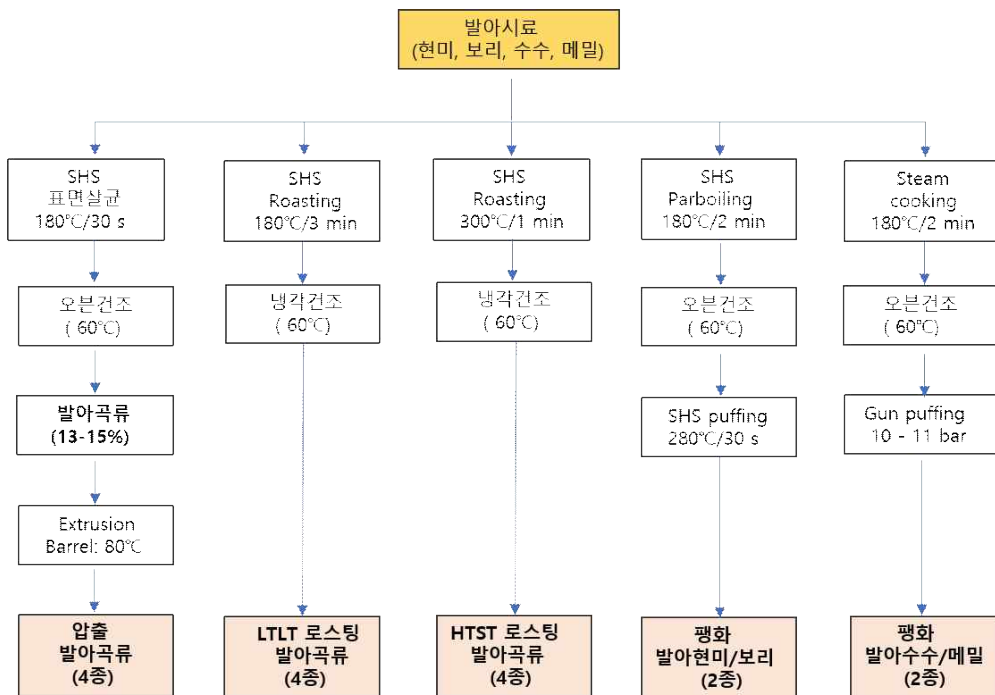


그림 53. 발아곡류의 2차 가공공정 및 조작조건

2) 2차가공 발아곡류 알곡의 특성

가) 외형 (사진)

- 각 원곡의 1차 가공물인 발아통곡 (발아현미, 발아보리, 발아수수 및 발아메밀)을 상술한 최적조건에서 roasting, puffing 및 extrusion한 2차 가공물 시제품의 사진을 그림 54에 나타내었다. 가열과정에서 발아곡 표면이나 표층부에 존재하는 당과 아미노산의 아미노카르보닐 반응 등으로 가볍게 갈변이 진행되었다. 그러나 gun puffing한 발아수수와 발아메밀의 경우를 제외하고는 약간 팽창한 곡립 형태를 유지 하였다.

나) 벌크밀도 및 팽화율

- 발아원곡 및 LTLT 로스팅 발아곡은 수분함량이 9.6-15.5%로 비교적 높고, HTST 로스팅발아곡과 팽화 발아곡은 수분함량이 3.4-9.3% 낮아 두 그룹으로 나누어 졌다. 통곡의 종류에 따라 LTLT 로스팅 발아곡의 팽화율은 1.31-1.83, HTST 로스팅 발아곡의 팽화율은 1.87-2.47, 팽화 발아곡의 팽화율은 2.71-6.15로 가공방법에 따라 팽화율에 차이를 보였다.
- 과열수증기로 로스팅한 경우 발아현미와 발아보리는 2~3배 팽창되었으나, 발아수수와 발아메밀은 2배 이하로 잘 팽창되지 않았다. 이와 같은 수수와 메밀의 특성 때문에 발아수수와 발아메밀은 비교적 높은 수분에서 gun puffing하였으며, 부피는 약 4~6배 팽화되었다.



그림 54. 2차 가공 발아곡류 시제품

표 42. 발아곡류 및 2차 가공 발아곡류의 벌크밀도 및 팽화율

Treatment		Moisture content (%)	Bulk density	Expansion ratio	
Brown rice	Germinated brown rice (GBR)	11.3	0.88	1.00	
	Processed GBR	Roasting (LTLT)	10.8	0.62	1.43
		Roasting (HTST)	3.9	0.39	2.26
		SHS puffing	3.8	0.26	3.33
Barley	Germinated barley (GB)	12.3	0.84	1.00	
	Processed GB	Roasting (LTLT)	9.6	0.46	1.83
		Roasting (HTST)	5.0	0.34	2.47
		SHS puffing	4.4	0.31	2.71
Sorghum	Germinated sorghum (GS)	15.5	0.80	1.00	
	Processed GS	Roasting (LTLT)	11.0	0.62	1.31
		Roasting (HTST)	5.2	0.43	1.87
		Gun puffing	9.3	0.18	4.59
Buckwheat	Germinated buckwheat (GBW)	11.3	0.80	1.00	
	Processed GBW	Roasting (LTLT)	9.8	0.59	1.36
		Roasting (HTST)	8.0	0.50	1.60
		Gun puffing	8.3	0.13	6.15

다) SEM 사진

- 그림 55에 2차 가공 발아곡류 알갱이의 저배율 (60x) 횡단면 전자현미경 사진을 나타내었다. 발아, 로스팅 및 팽화 전후 알곡의 횡단면 SEM 이미지는 여러 가지 곡류 사이에 구조적으로 상당한 차이가 있음을 보여준다. 가공전 모든 곡류는 치밀하고 상당히 균질한 내부 구조를 가지고 있다.
- 현미의 고배율의 이미지 (3000x)를 보면 쌀은 다른 곡류에 비해 작은 전분 입자들이 밀집하여 치밀한 균질구조를 형성하고 있음을 알 수 있다. 예상한 것과 같이 로스팅 및 팽화는 곡류의 미세구조를 극적으로 변화시켰다. 저배율 (60x) 사진을 살펴보면 알곡에는 반경방향으로 명확한 공동이 발전된 것을 볼 수 있다. 급속히 고온으로 가열하면 발아곡류 내부의 수분은 전분의 호화에 참여하는 동시에 가능한 모든 방향으로 알곡 내부에서 증발할 것이며, 따라서 호화된 알곡은 건조된다. 급속히 증발하는 수분의 방출하는 힘에 의하여 모든 방향으로 밀어 결과적으로 공동이 형성되며, 순간적으로 건조되어 공동이 매워지지 못 한다. 이러한 공동의 형성은 특히 gun puffing 한 현미에서 명확히 볼 수 있다. 즉, 크기가 다르며 매우 얇은 세포막으로 분리된 수많은 공동으로 구성된 다공성 matrix를 형성하고 있으며, 특히 중심에서 외측으로 갈수록 공동의 크기는 증가하였다 (그림 56). 이에 비하여 로스팅 한 현미의 경우 크기가 다른 공동들이 불규칙적으로 분포되어 있고 고배율에서 matrix는 혼란한 것처럼 보였다.

- 보리에서는 세포 주변 (periphery)에서 aleurone 층을 쉽게 확인 할 수 있으며, 고배율에서 알 수 있는 것처럼 보리의 전분은 2 - 3 μm 의 작은 입자 (B-type)와 20 - 35 μm 의 큰 입자 (A-type)의 입자의 크기가 다른 두 개의 입자군으로 구성되어 있다. 보리의 경우 로스팅 및 팽화처리는 비균질 구조 즉, 일부는 매우 치밀한 matrix, 다른 한편으로는 수많은 별집 모양의 공동으로 구성되어 있는 특징을 보였다 (그림 57).
- 로스팅 처리한 발아수수의 저배율(60x) 이미지를 보면 크고 작은 여러 종류의 공동이 분포되어 있으며, 동일한 알곡 내에서 다른 다공성을 가진 영역이 공존하는 것을 나타내고 있다 (그림 58).
- 메밀의 구조는 비정상적인 것이 증명되었다. 메밀은 외층이 매우 치밀하고 또한 알곡의 단면 전체에 걸쳐 sine 파 모양으로 걸쳐 있는 배아로 특징 지을 수 있다. 메밀의 전분입자는 매우 작고 (1~7 μm) , 규칙적인 cluster 내에 규칙적으로 명확히 그룹을 이루었으며, 클라스트 사이에 공기 공간이 존재하는 것으로 묘사할 수 있다. 팽화는 메밀의 미세구조에 근본적으로 변화시켰다. 팽화된 메밀 알곡은 저배율로 관찰 했을 때 알곡의 단면 전체에 걸쳐 sine 파 모양으로 걸쳐 있는 배아를 중심으로 매우 큰 공동이 형성되면서 양쪽으로 갈라진 모양을 보였으며, 양쪽의 매우 치밀한 구조를 가진 것으로 관찰되는 matrix는 고배율에서는 실제로는 수많은 작은 규칙적인 공동으로 구성된 것이다 (그림 59).

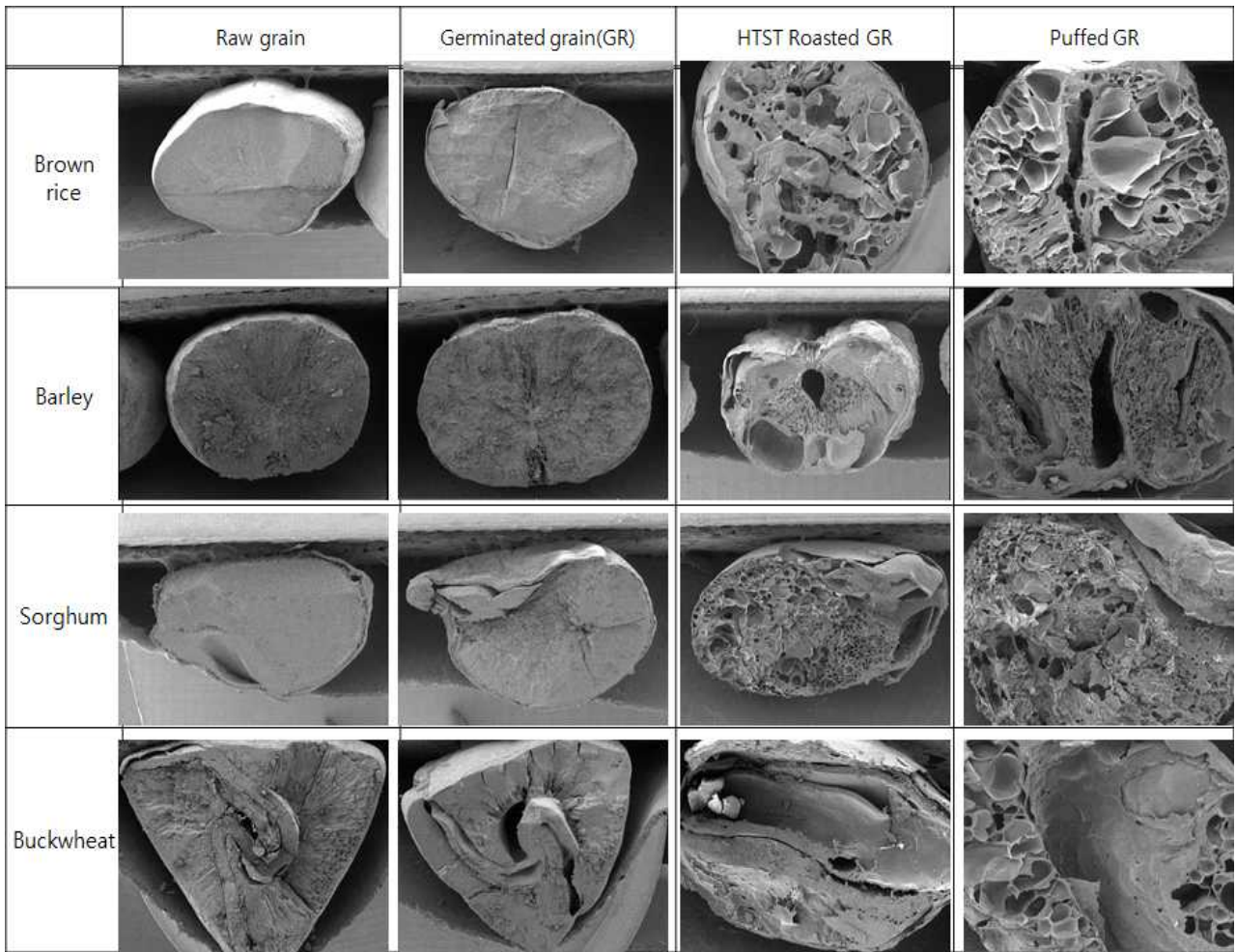


그림 55. 2차 가공 발아곡류 알갱이의 횡단면 전자현미경 사진 (60x)

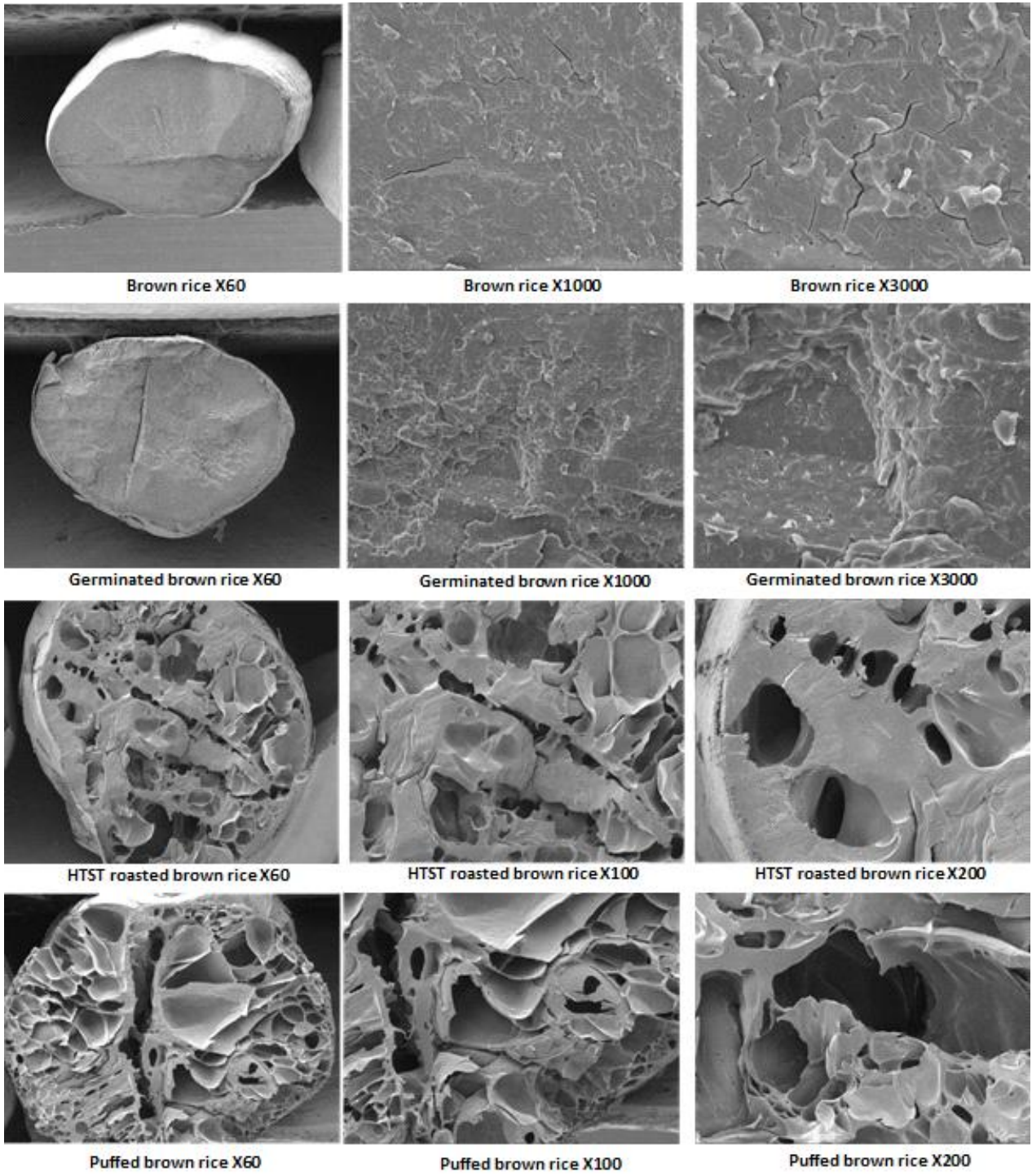


그림 56. 2차 가공 발아현미 알갱이의 고배율 횡단면 전자현미경 사진

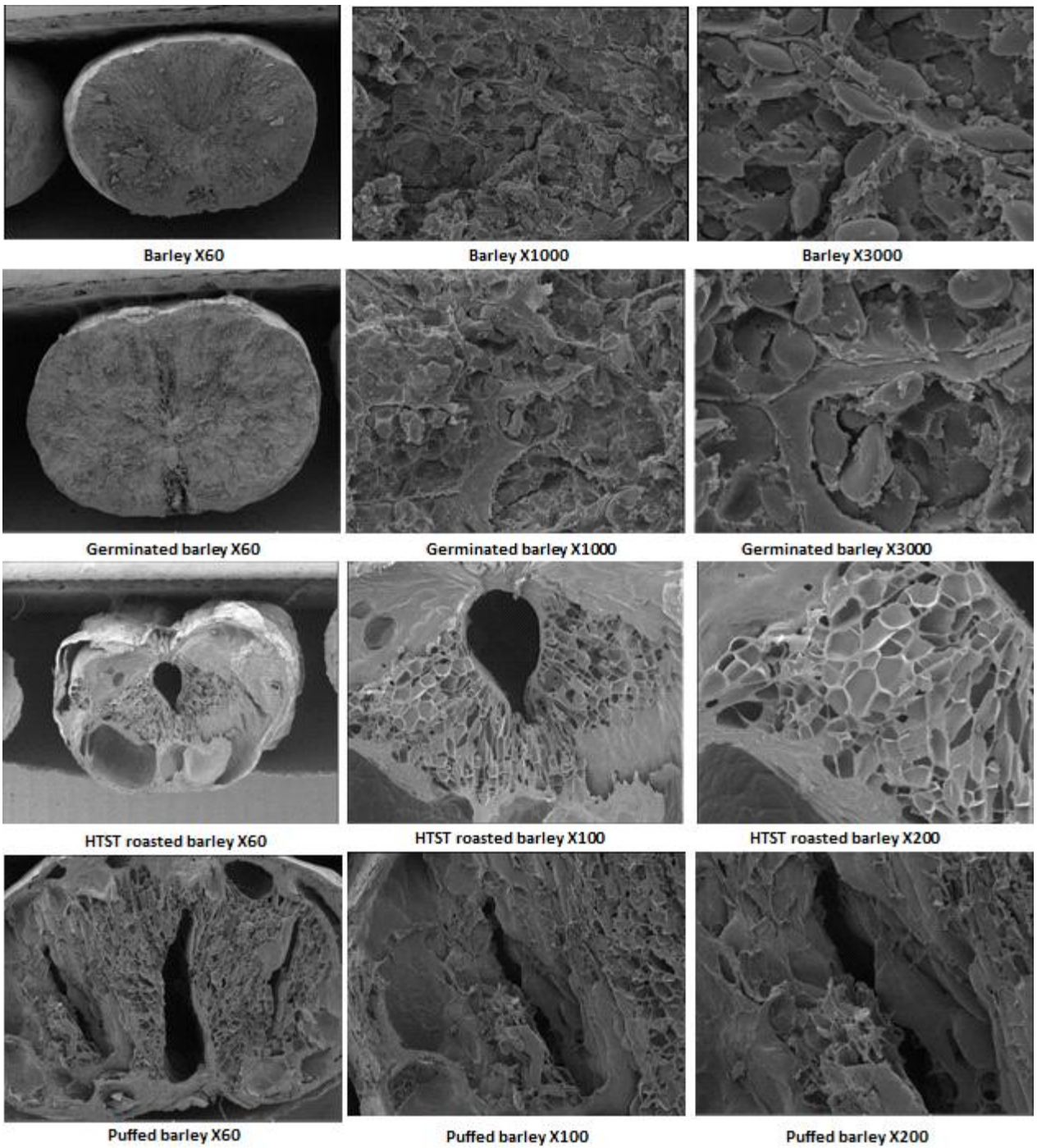


그림 57. 2차 가공 발아보리 알갱이의 고배율 횡단면 전자현미경 사진

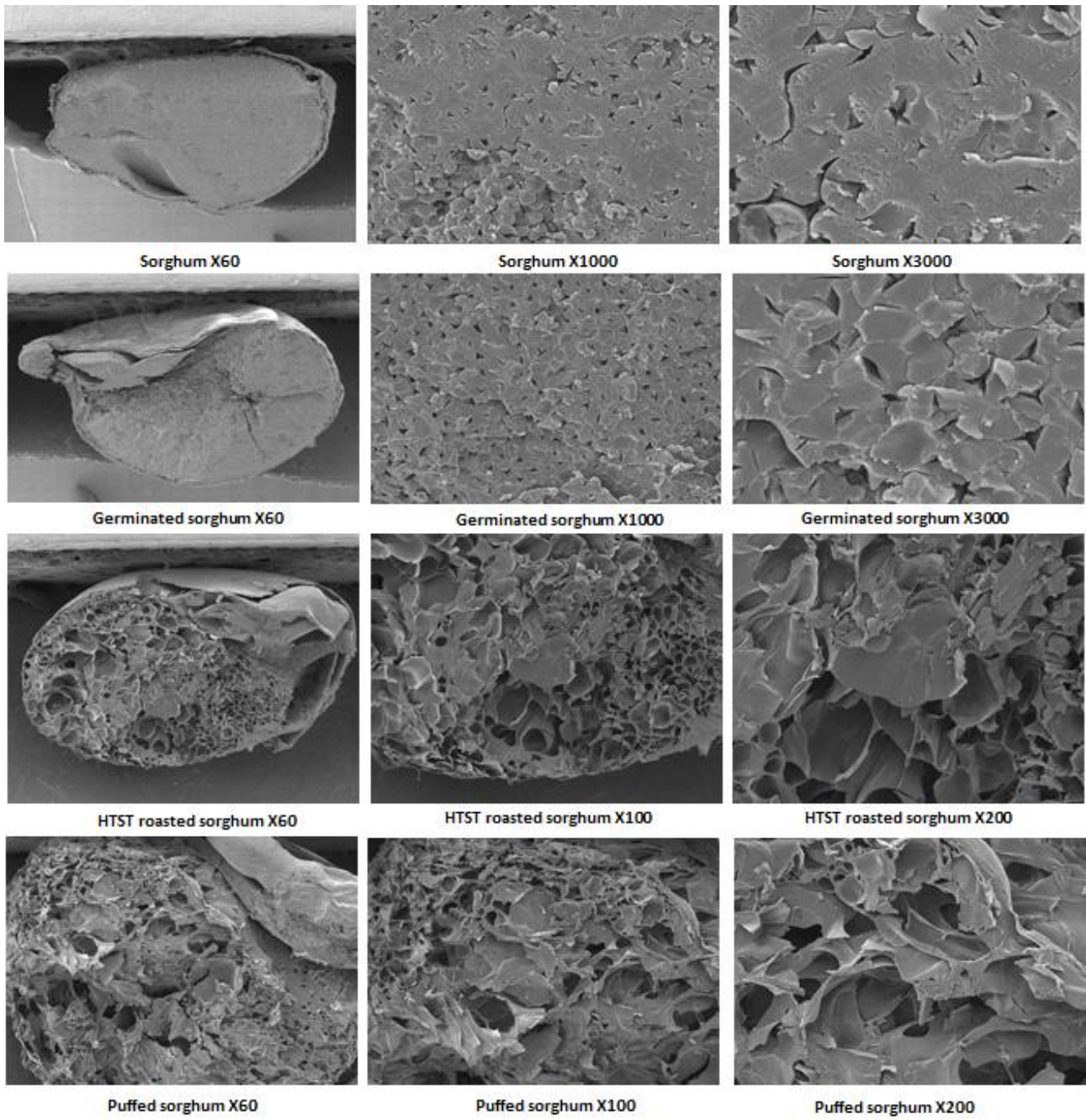


그림 58. 2차 가공 발아수수 알갱이의 고배율 횡단면 전자현미경 사진

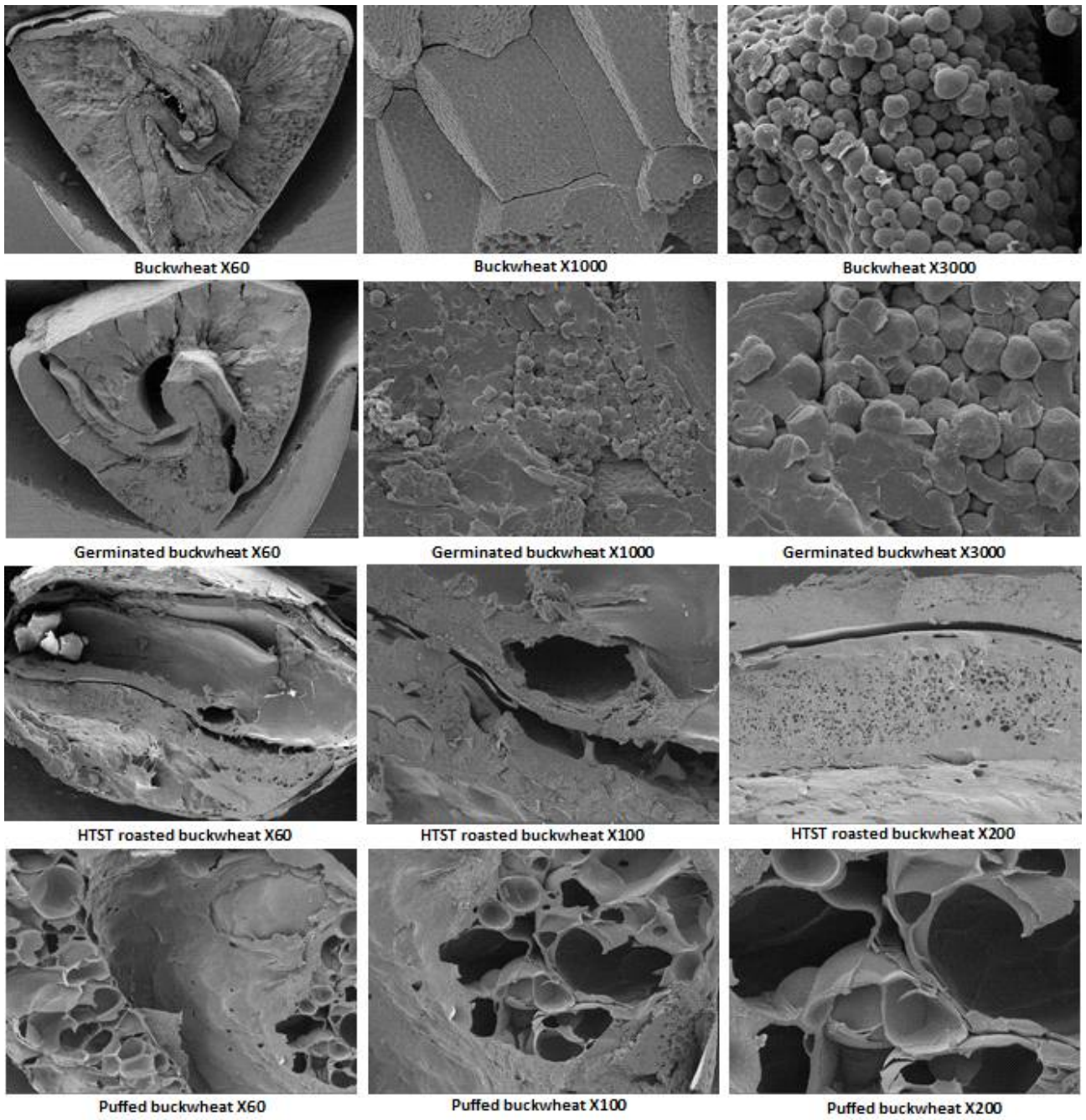


그림 59. 2차 가공 발아수수 알갱이의 고배율 횡단면 전자현미경 사진

3) 2차 가공 발아곡류 분말의 특성

가) 미세 분말화 조작

- 일반적으로 현미, 보리 등의 곡물은 미세 분말화 함으로서 곡물이 가진 풍부한 영양소의 흡수가 촉진된다. 그러나 일반적으로 생곡류, 특히 통곡류는 강층을 포함하고 있기 때문에 분쇄조작에 의하여 얻을 수 있는 입자크기에 한계가 있고 입자가 불균일 하며, 미세할수록 표면적이 증가하므로 지방산화 등으로 보존하는데 문제가 있다.
- 따라서 이를 개선하기 위하여 분말화 과정에서 곡류를 배진 또는 팽화 등의 가공처리를 하면 강층을 포함하여 미세분말화가 가능하다. 또한 통곡의 미세 분말화에 의하여 극히 효율 좋게 영양소가 흡수되기 때문에 생체면역능과 기타 질환의 개선 효과도 기대된다. 그러므로 이 방법은 현재 건강영양식품 가공에 넓게 사용되고 있다.
- 곡류를 로스팅을 하면 조직이 일부 팽화, 경화되어 취약해지기 때문에 분쇄처리가 용이하여 분쇄 에너지가 감소되고 균일한 입도분포를 가진 미세 분말을 얻을 수 있다. 또한 로스팅 처리하였기 때문에 미립화하여도 물을 가했을 때 전분입자의 붕괴에 의한 점도 상승 등의 현상이 발생하지 않으므로 다양한 제품제조에 식재료 사용이 가능하며 적절한 로스팅에 의하여 일반세균과 해충이 사멸되어 위생적이며, 저장성이 향상된다.
- 본 과제에서는 발아곡류 소재를 개발하기 위하여 2차가공으로 로스팅 및 팽화처리를 하였으므로 상술한 것과 같이 미세 분말화가 가능하며, 그에 따른 효과를 달성할 수 있을 것으로 기대된다.
- 2차 가공 발아곡류의 미세 분말화를 검토하기 위해서 보유하고 있는 분쇄기 중에서 예비 실험을 통하여 가장 적합한 분쇄기로 맷돌식 전단분쇄기 (홈밀, 그림 32)를 선정하였으며, 미분쇄와 조분쇄한 두 분말 시료 각각 20종을 준비하였다.

나) 겉보기밀도 및 팽화율

- 전술한 것과 같이 알곡의 경우 2차 가공방법과 곡류 간에는 겉보기밀도가 0.33 ~ 0.83, 팽화율은 1.31 ~ 6.15 범위로 크게 차이가 있다. 이와 같은 결과는 겉보기 밀도는 팽화알곡 내부에 형성된 세공의 크기와 공동의 부피에 의존되기 때문이다. 그러나 알곡을 분쇄하여 분말화하면 공동은 소멸되므로 분말의 겉보기밀도는 입자의 크기, 입자 내부의 미세한 다공성 및 입자의 형상에 의해 결정될 것이다. 표 43을 보면 미세분말화한 경우 겉보기 밀도는 0.33 ~ 0.83, 팽화율은 1.04 ~ 2.32 이었다. Gun puffing한 발아수수과 발아메밀 가루만 발아원곡 가루에 비하여 약 2배 팽창하였다.
- 별크로서 본 2차가공 미세분말의 특성은 입자 지름과 입도분포, 입자의 형상 및 표면특성에 영향을 받아 입자의 미세화는 입자의 분리를 방지하고 균질화를 위하여 중요한 것으로 생각된다.

표 43. 2차가공 발아곡류 미세분말의 겉보기밀도 및 팽화율

Treatment		Moisture content (%)	Bulk density	Expansion ratio	
Brown rice	Germinated brown rice (GBR)	10.9	0.83	1.00	
	Processed GBR	Roasting (LTLT)	8.3	0.77	1.07
		Roasting (HTST)	5.2	0.67	1.23
		SHS Puffing	4.7	0.57	1.44
Barley	Germinated barley (GB)	10.5	0.56	1.00	
	Processed GB	Roasting (LTLT)	8.9	0.58	0.96
		Roasting (HTST)	6.4	0.57	0.99
		SHS Puffing	4.6	0.56	1.01
Sorghum	Germinated sorghum (GS)	7.5	0.70	1.00	
	Processed GS	Roasting (LTLT)	8.3	0.67	1.03
		Roasting (HTST)	6.5	0.56	1.24
		Gun puffing	7.9	0.33	2.12
Buckwheat	Germinated buckwheat (GBW)	9.4	0.79	1.00	
	Processed GBW	Roasting (LTLT)	7.4	0.78	1.01
		Roasting (HTST)	6.0	0.66	1.19
		Gun puffing	7.6	0.34	2.31

다) 입도분포

○ 2차가공한 발아곡물을 흠땀로 미분쇄한 시료의 입도분포는 그림 60과 같다. 곡류의 종류와 가공방법에 따라 입도분포도는 비슷한 양상을 보였으며, $D_{4.3}$ 25 ~ 114 μm , D_{50} 14 ~ 81 μm , D_{90} 47 ~ 262 μm 의 범위를 보였다. 발아보리, 발아수수, 발아메밀의 경우 입도는 2개의 그룹으로 나누어지는 것으로 나타났으나 2차 가공한 시료에서는 이와 같은 현상은 보이지 않았다.

○ 한편 조분쇄한 시료의 sieve analysis 결과는 그림 61에 나타내었다. 발아현미와 발아보리의 경우 40-60 mesh 분획의 비중이 높으나 roasting 및 puffing한 발아곡물의 입도는 미세한 입도까지 넓게 분포되어 있다. 이와 같은 현상은 전술한 것과 같이 roasting 및 puffing은 입자의 크기를 작게하는 하나의 전처리방법일 수도 있음을 나타내는 것으로 2차가공 발아곡물을 용이하게 미분쇄할 수 있음을 나타낸다.

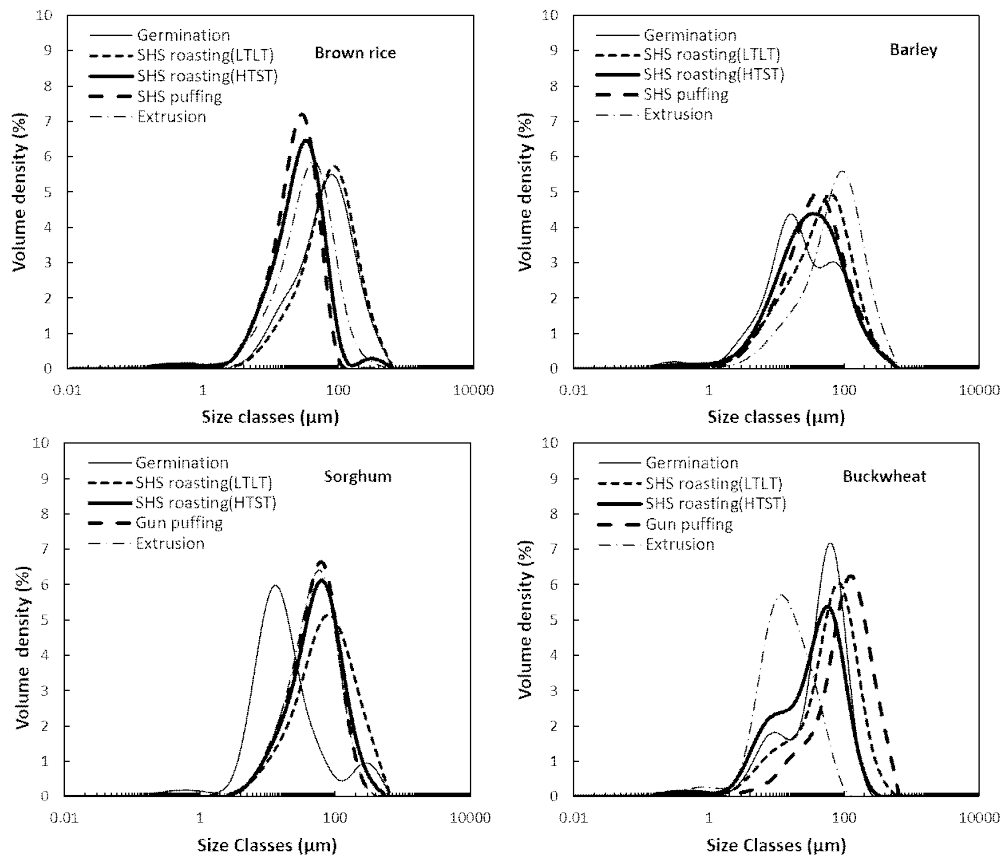


그림 60. 2차가공 발아곡류 미세분말의 입도분포도

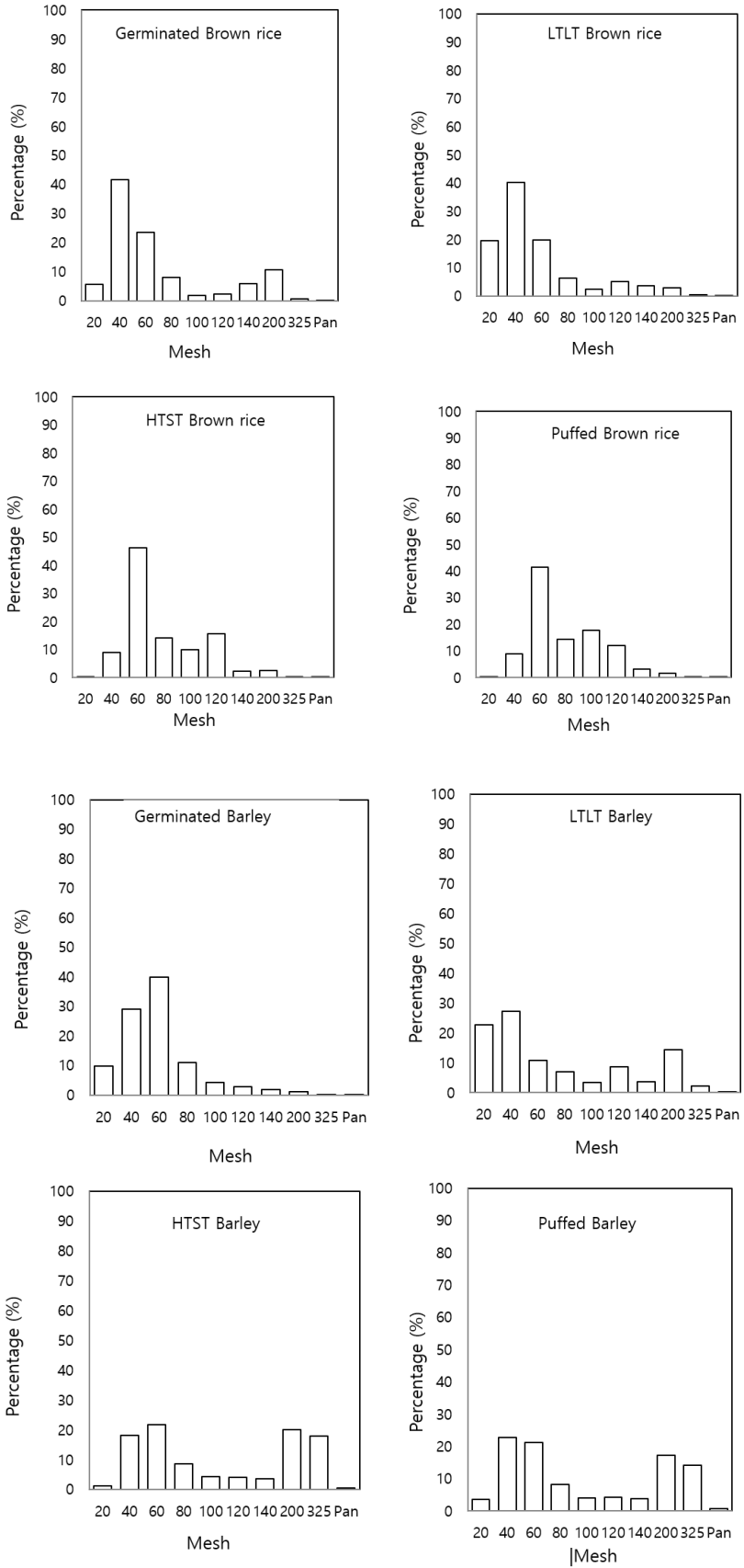


그림 61. 2차가공 발아곡류 조분쇄 분말의 입도분포도

라) 흡수특성

- 2차 가공처리한 발아곡물의 흡수특성을 표 44에 정리하였다. 로스팅 및 팽화 후 WAI 및 WSI가 증가한다는 것은 여러 가지 곡류 및 두류에서 보고되었다. 특히 HTST roasting 및 팽화물의 WSI와 SP가 현저히 증가하는 것은 가공처리에 의하여 전분이 가용화되었기 때문이며, 또한 내배유 중에 다공성 구조 및 모세관 생성과 또한 고수준의 손상전분이 존재하기 때문인 것으로 판단된다. 공동은 수분이 저장될 수 있는 저장공간을 형성하기 때문이다. 일반적으로 전분이 호화되었을 때 그 팽윤력 및 용해도가 급격히 증가하는 것으로 알려져 있으며, 입자표면의 세공이나 손상 부분이 많을수록 수분의 침입이 용이할 것으로 예상된다. 압출한 시료는 다른 시료에 비하여 WSI는 매우 높는데 WAI는 원곡보다 낮거나 약간 높은 정도였다. 이는 압출시료에서 많은 수용성 성분이 용출되었기 때문인 것으로 추정된다.
- 한편 LTLT 로스팅한 시료는 WSI는 무처리 시료보다 낮아 호화 억제를 시사 하였다. 이는 후술하는 LTLT 로스팅한 시료의 소화성이 낮은 것과도 상관이 있는 것으로 추측된다. 반면에 WAI와 SP는 무처리 시료보다 상당히 높는데 다공성 구조의 공동이 수분을 저장될 수 있는 저장공간을 형성하기 때문인 것으로 생각된다.

표 44. 2차가공 처리한 시료의 흡수특성

Sample		Specific surface area(m ² /kg)	D[3,2] (μm)	D[4,3] (μm)	Dv(10) (μm)	Dv(50) (μm)	Dv(90) (μm)
Brown rice	Germination	530	38	100	16	72	220
	SHS roasting(LTLT)	469	43	108	19	80	233
	SHS roasting(HTST)	1855	11	41	8	29	73
	SHS puffing	1890	11	30	8	26	58
	Extrusion	1423	14	51	9	38	106
Barley	Germination	2953	7	54	5	24	136
	SHS roasting(LTLT)	1550	13	71	8	48	160
	SHS roasting(HTST)	1843	11	58	7	33	134
	SHS puffing	1573	13	64	8	39	145
	Extrusion	568	35	109	16	81	239
Sorghum	Germination	2591	8	46	6	16	94
	SHS roasting(LTLT)	472	42	114	19	79	262
	SHS roasting(HTST)	563	36	79	16	59	164
	Gun puffing	592	34	69	16	56	137
	Extrusion	642	31	66	15	53	134
Buckwheat	Germination	1458	14	58	8	52	117
	SHS roasting(LTLT)	1010	20	88	11	70	186
	SHS roasting(HTST)	2021	10	51	6	39	113
	Gun puffing	373	54	147	25	117	312
	Extrusion	2826	7	25	5	14	47

마) 손상전분

- 각 종류 곡물가루의 손상전분 함량은 원곡의 생전분의 구조가 가공과정 (기계적 및 열적 처리)에 의하여 어떻게 변화 되었는가 그 변화정도를 나타내는 지표이며, 곡물가루의 흡수성과 효소감수성 등을 나타낸다. 따라서 곡물가루의 손상전분의 비율을 조사함으로써 상품 개발, 가공특성, 원료관리의 지표로 활용된다.
- 발아곡물을 2차 가공한 가공물의 손상전분율은 발아곡물의 종류와 가공방법에 관계없이 19.6 ~ 24.6%의 최대 손상을 나타내는 것으로 추정 되었다.
- 고수분의 발아곡물을 과열수증기로 가열하여 호화, 건조, 팽화가 진행되는 과정에서 표면이 경화되고 곡물 알갱이 내부 조직의 취약성이 증가하여 과도한 전단 등의 물리적인 힘이 필요 없이 분쇄가 가능하게 되었으므로 분쇄과정에서 전분입자의 붕괴와 입자 표면의 손상이 경감될 것으로 예상하였다. 그러나 시료 분쇄에 사용한 맷돌식 홈밀에서는 상하 맷돌사이의 과도한 전단과 입자 사이의 마찰에 의하여 많은 전분입자가 손상을 받아가공방법의 차이에 의한 전분 입자의 구조적 변화 정도를 나타내지 못한 것으로 판단되어 차년도에 추가적으로 검토할 예정이다.

표 45. 2차 가공 발아곡물의 전분손상을

	Brown rice	Barley	Sorghum	Buckwheat
Control	7.63	6.83	8.94	1.76
Germination	7.72	7.52	9.59	1.81
SHS roasting(LTLT)	23.60	24.63	24.02	19.56
SHS roasting(HTST)	23.25	23.44	23.83	23.22
SHS puffing	22.10	23.58	23.08	24.06

마) 호화특성 (RVA)

(1) 미분쇄 분말의 호화특성

- 2차 가공한 발아곡류 분말의 pasting properties를 그림 62에 나타내었다. 한편 로스팅 및 팽화처리한 발아현미 가루는 처리하지 않은 발아현미와 전혀 다른 RVA profile을 나타내었다. 즉, 3개의 구획으로 나누어지는데 이와 같은 프로파일은 완전히 호화되었거나 부분적으로 호화된 시료인 경우의 전형적인 pasting특성이다.
 1. 좌측: cold viscosity(CV)를 나타낸다. 일반적으로 팽윤된 전분입자에 의해 고점도를 나타내는 영역이다.
 2. 중간영역 (hot viscosity): cold viscosity 영역에서 중간영역으로의 전이되는 원곡 또는 호화가 덜 된 시료를 나타낸다.
 3. 최종점도 (final viscosity, FV): 호화된 시료의 겔화를 나타낸다.
- 고수분 발아현미 (34.8%)를 고온의 과열수증기(superheated steam, SHS)로 단시간 로스팅(300°C/1 min, HTST roasting)한 경우와 비교적 저온의 과열수증기로 장시간 로스팅(180°C / 3 min, LTLT roasting) 한 경우를 비교하면 로스팅 시간보다 로스팅 온도가 처리한 발아현미가루의 pasting 특성에 중대한 영향을 미친다는 것을 알 수 있다.
- HTST-로스팅한 쌀가루의 경우 50°C에서 교반해 주는 초기 단계부터 높은 CV를 나타내었으며 3분 후에 최대값에 도달하였다. 이는 로스팅한 발아현미 쌀가루는 대부분 호화된 상태의 시료라는 것을 의미한다. 이어서 시료의 온도가 증가함에 따라 점도는 현저히 감소하기 시작하였으며, 온도가 95°C에 도달하여 4분간 유지하는 동안에도 점도는 계속 감소하여 최대점도(peak viscosity, PV)를 나타내지 않았으므로 breakdown 및 setback 등을 구할 수 없었다.
- HTST-로스팅 한 쌀가루는 과열수증기에 의해 급속히 가열, 팽화되는 과정에서 전분입자 내의 분자질서가 파괴되어 전분입자의 integrity가 소실되고 결정성이 파괴되어 팽윤, 알파화된다. 이와 같이 팽윤된 호화 전분입자는 개방적이라 수화되기 쉬워 저온에서 수용성을 갖게 되어 50°C에서 교반해 주는 초기 단계부터 고점성을 나타내게 된다. 그러므로 곡류의 수열공정(hydrothermal process)에서 곡류의 수분함량, 가열시간, 가열온도는 중요한 인자이

다. 쌀전분의 경우 페이스트 특성에 현저한 변화를 주는데 필요한 최소 수분함량과 가열온도는 34.8% (건물기준) 및 85°C인 것으로 보고되었다.[현미-1]

- 전분입자가 팽윤될수록 전단력을 받기 쉬워지고 또한 팽윤에 수반하여 가용성 전분이 증가하기 때문에 95°C에서 교반하는 동안에 전분시스템의 점도는 현저히 감소하며 이와 같이 점도가 감소하는 현상을 shear thinning 이라하며, shear thinning 이 클수록 용해성이 증가한다.
- 한편 180°C에서 3분간 로스팅한 (LTLT-로스팅) 발아현미 가루는 50°C에서 교반해 주는 초기 단계에 HTST-로스팅한 쌀가루의 약 1/2의 CV를 나타내었으며 온도가 증가하여도 CV는 큰 변화를 보이지 않았다. 그러나 75.2°C에서부터 점도가 약간 상승하는 호화피크 (PV 87 RVU)를 나타내었다가 감소하였으며 95°C에 도달 했을 때 71 RVU를 나타내었다. 이는 일부 충분히 호화되지 않은 전분입자가 일부 남아 있었다는 의미이다.
- 과열수증기로 과보일링 (180°C/2 min) 한 발아현미를 고온의 과열수증기로 순간처리 (300°C, 20초)하여 팽화(puffing) 한 발아현미 가루의 pasting 특성은 LTLT-로스팅 한 발아현미 가루와 유사한 경향을 보였으나 PV를 나타내지 않는 type C의 pasting profile을 나타내었다.
- 95°C를 유지하는 동안 시료는 일정한 고온과 전단을 받기 때문에 이에 의하여 전분입자는 더욱 파괴되고 amylose분자가 연속적으로 용액 중으로 용출된다. 이 기간 동안에 보통 점도가 파괴되어 trough viscosity를 나타낸다. 점도가 감소하는 속도는 전분현탁액에 가해지는 온도와 전단, 및 재료의 성질에 영향을 받는다. 가열과 전단에 견디는 전분입자의 능력은 많은 식품가공에서 중요한 인자이다. 냉각하면 전분입자들 사이에 재회합하고 농도가 충분하면 겔을 형성하며, 일반적으로 점도는 증가한다. 이 기간을 일반적으로 setback이라 부르며 전분분자의 노화 또는 재질서화가 일어난다. 점도의 증가는 단순히 온도 저하의 요인만 아니라 전분분자의 재배열에 의하여 일어난다. FV는 특정시료의 품질을 정의할 때 일반적으로 사용되는 parameter로서 호화-냉각 후 소재가 점성페이스트 및 겔을 형성하는 능력을 나타낸다. Setback 은 때때로 FV와 PV의 차로부터 구하며 firmness 와 아밀로스함량과 관계된다.
- 전단상태에서 고온에서 저온으로 냉각되는 과정의 점도 profile은 모든 시료가 거의 비슷한 경향을 보였다. 즉, 냉각이 시작되는 시점에서 모두 거의 동일한 trough viscosity값을 나타내었고 계속 냉각되는 동안에 점도는 거의 증가하지 않았으며 최종점도(final viscosity, FV)는 81-96 RVU 범위로 안정화 되었다. 처리시료가 비교적 낮은 FV를 나타내는 것은 전분이 물과 충분히 겔을 형성할 수 없는 분획으로 열에 의해 breakdown된 것을 시사한다. 수열처리한 모든 시료의 setback 이 낮은 것은 처리시료는 낮은 조리점도가 요구되는 식품 개발에 이용되기 적당하다는 것을 의미한다.
- 점도 측정시 각 시료분말과 물과 혼합조작에서는 미처리 발아현미 분말은 침전이 보인 것

에 비하여 각 로스팅 및 팽화한 분말은 침전이 보이지 않았으며 균일화하였다. 따라서본 실험의 수열조건에서 처리한 발아곡류의 전분은 가용화 되어 물과 혼화성이 향상되어 본 특성은 액체식품으로의 가공, 이용에 적합하다고 말할 수 있다.

- 보리의 **pasting** 특성은 열처리 방법과 정도에 따라 호화도가 영향을 받으며, 결과적으로 pasting 특성이 영향을 받는다. 수열처리 한 발아보리가루는 공통적으로 50℃에서 교반해 주는 초기 단계부터 높은 CV를 나타내었다가 가열하는 동안 현저히 감소하였으며 peak viscosity는 나타나지 않았다.
- LTLT 및 HTST roasting한 발아보리가루는 각각 최고 cold viscosity 226 및 196 RVU를 나타내었으나 FV는 각각 186 및 143 RVU로, LTLT roasting한 발아보리의 FV가 훨씬 높았다. 한편 puffing한 발아보리가루의 최고 CV는 140 RVU로 상대적으로 낮았으나 FV는 284 RVU로 현저히 증가하여 빠르게 gelation하는 것으로 추정된다.
- 가공처리 한 발아수수분말은 모두 처리하지 않은 발아수수보다 낮은 cold viscosity를 나타내고 가열하는 동안에 peak viscosity를 보이지 않아 다른 시료와 동일하게 거의 완전히 호화되었음을 알 수 있었다. 특히 다른 시료에 비하여 전반적으로 가열, 냉각기간에 점도의 변화가 적고 안정적인 낮은 점도를 유지하였다.
- 로스팅 한 발아메밀 시료는 50℃에서 교반해 주는 초기 단계에 낮은 CV를 나타내었으며, 가열하는 동안에 점도가 약간만 증가하였는데 이는 일부 남아 있던 전분입자가 팽윤, 호화되기 때문인 것으로 추정된다. 이에 비하여 팽화발아메밀의 경우 가열, 냉각기간 일정한 매우 낮은 점도를 나타내었다. 전반적으로 가공 처리한 발아메밀가루는 무처리 발아메밀과는 달리 breakdown, 최종점도 및 setback이 현저히 감소하였다.

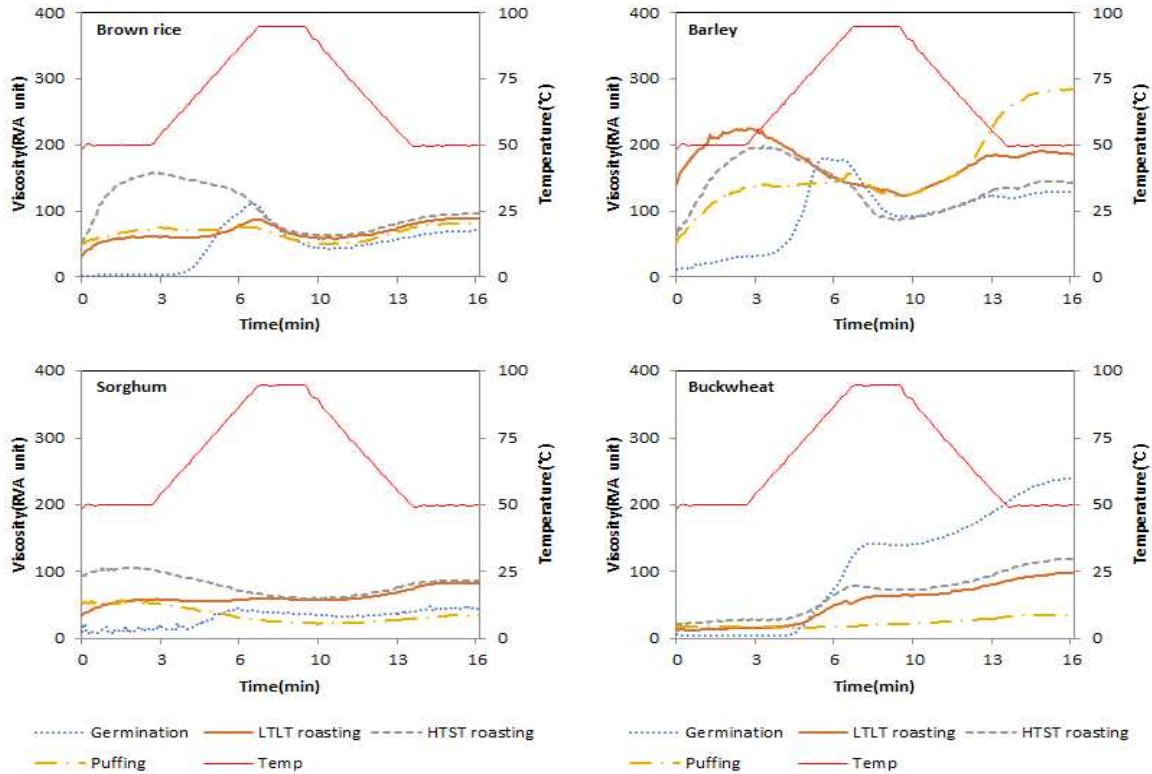


그림 62. 2차가공 발아곡류 미분쇄 분말의 RVA profile

- 고온단시간 **extrusion cooking**은 곡류가루를 개질하는 수열공정으로 널리 이용되며, 초기 원료물질에 비하여 압출물의 성분변화는 압력, 온도, 전단응력 및 수분의 동시작용에 의한 다. 분쇄된 압출물은 전분호화도가 높으며, 압출물은 상당부분이 가용성 성분인 것이 특징이다.
- 그림 63에 나타난 압출한 발아곡류분말은 전혀 다른 RVA profile을 보인다. 압출시료는 모두 50°C에서 교반해 주는 초기 단계에 낮은 CV를 나타내었으며 이어서 가열-냉각 과정에서 PV와 setback 은 나타나지 않고 FV도 낮았다. 최종점도와 setback이 현저히 감소하는 것은 압출과정에서 가혹한 조건에서 호화되어야 하는 아무런 결정질이 남아 있지 않고 또한 아밀로오스가 조각났기 때문에 냉각되는 동안에 노화되는 능력을 잃어버린 것을 시사하는 것이다.

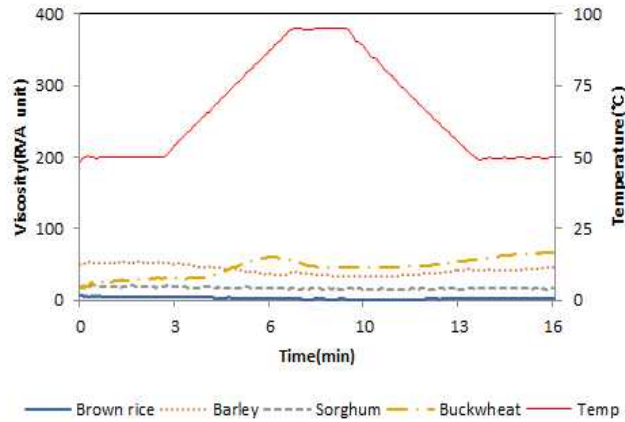


그림 63. 발아곡류 압출물 미분쇄 분말의 RVA profile

(2) 조분쇄 분말의 호화특성

- 시료의 입도가 점도특성에 미치는 검토하기 위하여 조분쇄한 2차가공 발아곡물 분말의 RVA profile은 전혀 다른 양상을 보였다 (그림 64). 특히 가공처리한 발아현미와 발아보리의 경우 50°C에서 교반해 주는 초기 단계에 cold viscosity가 전혀 나타나지 않았으며, 가공한 발아수수과 메밀은 안정한 매우 낮은 점성을 나타내었다.
- 이와 같이 분말의 입도는 점도특성에 지대한 영향을 미치므로 각 곡물의 점도특성을 고려하여 응용목적에 적합 입도를 선정하는 것이 매우 중요할 것으로 판단되며 이에 대해서는 3차년도에 심도있게 연구할 계획이다.

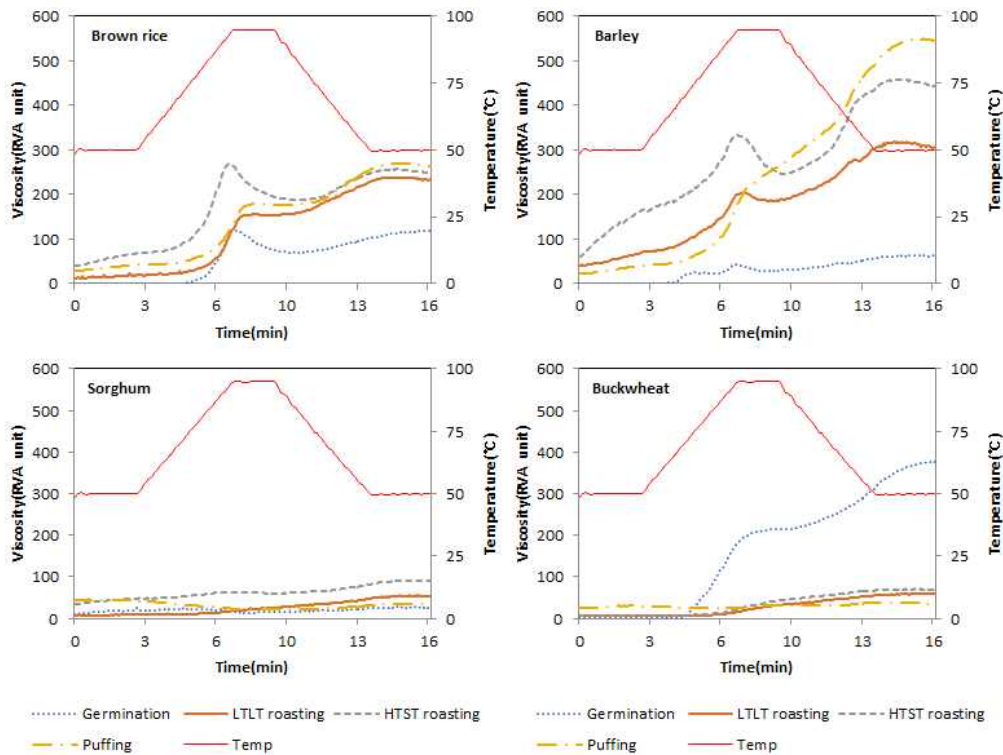


그림 64. 2차가공 발아곡류 조분쇄 분말의 RVA profile

사) GABA 함량

- 표 46은 발아곡물을 2차 가공했을 때 각 가공방법이 GABA 함량에 미치는 영향을 나타내었다. 발아곡물 100 g 당 GABA 함량은 메밀 40.9 mg, 보리 30.2mg, 수수 27.3 mg, 현미 24.3 mg 순으로 메밀이 가장 높았으며, 로스팅 처리에 의해서는 GABA함량은 거의 변화를 보이지 않았다.
- 그러나 gun puffing 한 발아수수 및 발아수수의 경우에는 과열수증기 팽화한 발아현미와 발아보리에 비하여 GABA 손실량이 큰 것을 알 수 있다. 다시 말하면 과열수증기를 이용한 parboiling, roasting 및 puffing 등의 2차 가공처리는 처리 후에도 기능성 성분의 손실을 최소화 할 수 있는 매우 유용한 기술임을 알 수 있다.

표 46. 2차 가공 발아곡류의 GABA 함량 변화

Sample		GABA (mg/100g)
Brown rice	Germination	24.34
	LTLT roasting	22.67
	HTST roasting	16.42
	SHS Puffing	13.15
Barley	Germination	30.21
	LTLT roasting	21.05
	HTST roasting	19.88
	SHS Puffing	13.53
Sorghum	Germination	27.28
	LTLT roasting	13.60
	HTST roasting	11.69
	Gun Puffing	7.97
Buckwheat	Germination	40.87
	LTLT roasting	37.51
	HTST roasting	27.09
	Gun Puffing	20.07

아) 유리아미노산

- 발아곡물을 2차 가공한 가공물의 유리아미노산을 분석한 결과를 표 47에 나타내었다. 유리태의 글루타민, 알라닌, GABA 함량 등이 현저히 증가하였다. 특히 발아메밀의 경우 총 유리아미노산이 원곡에 비하여 3배 이상 증가하여 아미노산 함량이 크게 증가한 소재로서 환자식 등에 응용이 기대된다.
- 앞서 기술한 것과 같이 과열수증기를 사용하여 roasting 및 puffing 처리한 경우에는 유리아미노산은 거의 손실되지 않아 우수성과 유용성이 확인 되었으나, gun puffing의 경우 50% 이상 손실되어 고영양 발아곡류의 2차 가공기술로서 이용하는데 신중한 고려가 필요할 것이다.

표 47. 2차가공 발아곡의 유리아미노산

Free AA (mg/kg)	Germinated brown rice			Germinated barley			Germinated sorghum			Germinated buckwheat		
	Raw	HTST roasting	SHS puffing	Raw	HTST roasting	SHS puffing	Raw	HTST roasting	Gun puffing	Raw	HTST roasting	Gun puffing
Aspartic acid	32.66	24.82	9.06	65.47	112.37	7.20	106.18	102.76	77.91	89.45	166.32	81.61
Glutamic acid	86.11	116.76	18.06	98.14	41.25	n.a.	78.26	117.43	75.07	466.49	471.57	242.60
Asparagine	23.53	14.15	3.90	48.70	43.78	3.61	182.88	120.58	134.36	88.30	91.23	37.10
Serine	29.79	16.90	6.24	49.09	39.12	3.03	51.78	36.42	70.38	119.41	133.86	70.91
Glutamine	30.12	N.D.	N.D.	27.82	11.55	N.D.	45.21	9.44	N.D.	307.43	180.70	13.06
Histidine	17.74	16.20	N.D.	33.27	21.04	N.D.	28.30	17.35	26.28	123.69	123.78	46.93
Glycine	10.96	4.63	3.15	13.34	28.51	1.60	11.85	9.86	27.55	85.25	90.38	65.61
Threonine	13.69	6.53	N.D.	38.96	36.30	1.82	28.15	20.04	44.13	146.65	149.67	84.66
Arginine	32.90	20.32	N.D.	40.70	30.49	N.D.	86.70	83.74	75.89	419.80	447.50	206.33
Alanine	91.46	58.82	10.30	183.54	118.77	6.86	79.32	56.51	168.56	291.74	265.09	216.16
Taurine	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	56.39	53.49	7.03
GABA	191.17	42.83	7.01	97.83	137.42	4.84	122.14	23.66	73.04	144.91	145.70	80.89
Tyrosine	12.43	6.53	N.D.	28.98	24.74	N.D.	36.03	21.02	52.50	117.17	111.22	53.71
Valine	13.96	10.69	N.D.	45.48	34.27	1.36	37.62	22.27	63.09	101.18	95.14	60.17
Methionine	2.92	3.84	N.D.	10.77	8.70	N.D.	10.12	4.84	11.34	42.18	41.71	20.71
Tryptophane	23.67	14.87	8.86	78.11	74.48	10.70	25.69	18.68	32.96	85.72	112.40	71.52
Phenylalanine	9.71	4.29	N.D.	33.44	31.92	N.D.	23.86	15.10	43.96	114.70	96.45	47.68
Isoleucine	5.36	3.15	N.D.	15.46	11.15	N.D.	18.71	12.25	26.33	69.75	62.99	37.28
Leucine	10.96	4.95	N.D.	34.88	31.52	N.D.	30.24	14.86	47.15	125.24	100.93	50.65
Lysine	10.64	4.80	N.D.	11.84	12.11	N.D.	12.46	11.81	15.13	46.86	69.04	25.35
Proline	7.20	3.52	N.D.	41.39	58.92	N.D.	65.69	53.55	217.99	78.70	41.62	21.37

자) 소화성 시험

- 분말 시료 1g으로부터 생성된 환원당량으로 측정된 2차가공 발아곡물의 소화성은 그림 65에 나타내었다. 먼저 **발아현미**를 살펴보면 발아현미와 SHS팽화한 발아현미 시료의 소화성은 비슷한 수준으로 매우 낮고 무처리 발아현미는 약간 향상되었으며 SHS roasting 한 발아현미 시료는 매우 우수하였다.
- 이는, 발아처리를 시행함으로써 외피가 연약해 지고 전분이 소당류로 분해되기 때문에 발아현미는 현미에 비해 소화성이 향상된 것으로 생각된다. 한편 로스팅한 시료는 고수분의 발아현미를 바로 300℃의 과열수증기로 1분간 순간 처리한 시료이다. 그림 65에 나타낸 것과 같이 급속히 고온으로 가열하면 발아곡류 내부의 수분은 전분의 호화에 참여하는 동시에

가능한 모든 방향으로 알곡 내부에서 증발하게 되며 따라서 호화된 알곡은 건조된다. 또한 급속히 증발하는 수분의 방출하는 힘에 의하여 수많은 공동으로 구성된 다공성 matrix를 형성한다. 따라서 pancreatin이 좋아지고 접촉 표면적이 증가하며 호화된 상태이므로 가수분해하기 용이하여 소화성이 현저히 향상되는 것으로 판단된다.

- 한편 SHS puffing한 시료는 고수분 발아현미를 180°C 과열수증기로 2분간 parboiling 하여 호화시킨 후 수분 15% 내외로 건조하여 280°C에서 30초 처리하여 팽화한 시료이다. 따라서 팽화한 시료는 구조적으로 로스팅한 시료보다 팽화율이 높다. 그럼에도 소화성이 현저히 낮은 것은 파보일 과정에서 저항전분이 많이 형성되었기 때문으로 추정된다. 이와 같은 현상은 현미당뇨소재 개발에서 이미 실험실적으로 및 임상적으로 증명되었다. 발아현미도 비슷한 경향을 보였다.
- 한편 팽화한 발아수수과 발아메밀은 상술한 발아현미와 발아보리와는 전혀 다르게 팽화에 의하여 소화성이 가장 높는데, 이들 시료는 파보일링 한 후 gun puffing한 시료이다. SHS puffing한 시료는 상압에서 2.7~3.3 배 정도 팽창하지만 gun puffing 시료는 약 250°C로 가열된 상태에서 10 bar 정도의 고압에서 순간적으로 상압으로 방출함으로 4.6 ~ 6.2배 팽창한다. 따라서 전분분자가 광범위 파괴되어 소화효소에 노출되는 전분 분획이 반응 초기에 급속히 가수분해고 곧 평형에 도달하는 것으로 판단된다.
- 이상의 결과로 소화성이 우수한 소재는 유아용 식품, 환자식, 개호식, 수술후 회복식 등이 용도에 적합할 것이고, 소화성이 느린 소재는 당뇨용, 체중조절용 식품에 적합할 것으로 판단된다.

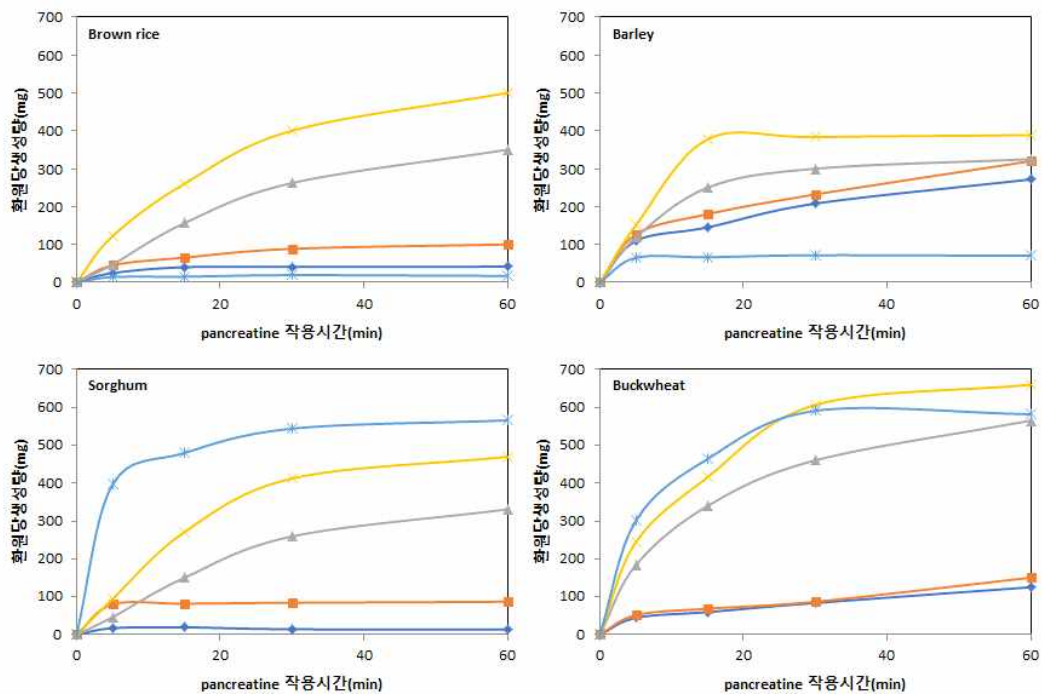


그림 65. 2차가공 발아곡의 소화성

3. 3차년도 title : 체중조절용 조제식품(선식형) 개발을 위한 소재 연구 및 시제품 생산

3-1. 목차

1. 발아통곡 체중조절 조제식품 레시피 개발

가. 제품 컨셉 수립 및 배합소재 선정

(1) 제품 컨셉 수립

(가) 체중조절 소재로서 발아통곡

(나) 체중조절 조제식품으로 선식

(다) 제품컨셉

(2) 배합곡류 선정

(가) 원료통곡 및 두류

① 현미 및 보리

② 수수

③ 호밀

④ 율무

⑤ 서리태

(나) 부원료 및 첨가물

① 농축 현미미강

② 오트브랜

③ 치꺼리 뿌리

④ 돼지감자

⑤ 저항전분

⑥ 발효배아추출물 GABA-15

나. 체중조절 조제식품 레시피 개발

(1) 체중조절 조제식품의 기준 및 규격

(2) 성분 목표 함량

(3) 발아통곡을 중심으로 한 체중조절용 조제식품 formulation 및 추정 성분

2. 발아통곡 체중조절 조제식품 대량 생산공정 개발

가. 배합 발아통곡 분말소재화 공정 개발

(1) 신공정 개발 배경

(2) 최적 생산공정 수립

(가) SHS 처리 발아통곡의 표면온도와 팽화율

(나) SHS 처리 발아통곡의 thermograph

(다) SHS 처리 발아통곡의 미세구조

(라) SHS 처리 발아통곡의 pasting 특성

(3) 대량 생산공정

나. 발아통곡 분말소재의 특성 분석

(1) 수화특성

(2) Pasting 특성

3. 배합곡류 소재화 기술의 부원료 확대적용 연구

- 가. 농축 현미미강 가공
- 나. 돼지감자 및 치커리뿌리 가공

4. 시제품 생산 및 관능평가

- 가. 시제품 생산 및 제형 개발
- 나. 시제품 특성 분석
 - (1) 일반성분
 - (2) 페이스팅 특성
 - (3) 소화성
- 다. 관능평가
- 라. 미생물학적 안전성 및 저장성
- 마. 저장성

3-2. 실험결과

1. 발아통곡 체중조절 조제식품 레시피 개발

가. 제품 컨셉 수립 및 배합소재 선정

(1) 제품컨셉 수립

(가) 체중조절 소재로서 발아통곡

- 최근에 이르러 정제하지 않은 곡류와 그 가공식품이 가진 기능성이 건강을 개선시키는 작용이 있다는 사실이 역학조사와 사람에게 대한 개입실험을 통하여 차츰 과학적으로 해명됨에 따라 통곡(whole grain, WG)에 대한 관심은 세계적인 붐이다. 오늘날 우리 국민들도 식품의 원래 상태를 가능한 유지할 필요가 있다는 생각을 가지게 되었으며, 통곡류는 다이어트, 심장병 예방, 암 예방 효과가 있다는 것을 인식하고 있는 것으로 나타났다.
- **통곡물의 섭취 권장량:** 통곡물의 섭취가 건강과 질병에 미치는 영향을 조사한 각종 역학연구와 개입연구를 통하여_매일 3 서빙 분에 가까운 통곡물 섭취는 만성질환의 위험을 상당히 감소시키는 것과 관련이 있는 것으로 조사되고 있다. 이에 따르면 추천하는 **통곡물 1일 섭취량은 적어도 3 온스당량 (48 g WG/d)** 이상이다. 통곡물의 서빙 (분량)의 측정 단위는 온스당량 (oz-eq)이다. 1 온수당량은 16 g의 통곡물을 함유하는 통곡식품에 상당한다. 통곡식품은 대부분 식이섬유가 풍부하므로 1 서빙당 적어도 2 g의 식이섬유를 함유한 통곡물 제품을 선택하는 것이 바람직하다.
- **통곡물 섭취와 체중관리:** 최근 통곡류 및 두류의 섭취와 체중관리와의 관계에 대한 과학적 근거 (scientific evidence)에 대하여 포괄적인 리뷰 결과에 의하면 역학연구 (epidemiological study)와 개입연구 (intervention study) 모두에서 **다음 사실에 대하여 명확한 과학적 근거 있는 것으로 검토되었다 [1].**

- (1) 통곡 고함량 식사는 BMI, 허리둘레 및 과체중의 위험을 저하시키며
- (2) 통곡과 두류 함량이 높은 식사는 체중 증가를 감소시키는데 도움을 줄 수 있으며,
- (3) 통곡과 두류의 함유량이 많은 에너지 조절식은 현저한 체중감소를 달성할 수 있다.

○ 현재까지 체중조절과 통곡과의 관계에 대한 scientific evidence에 대하여 검토된 여러 가지 연구논문에서 곡물 섭취량이 많음에 따라 총에너지 섭취량이 적다 것에 유의할 필요가 있다. 그러나 한편 곡물 섭취를 제한하는 저탄수화물 다이어트 (low-carbohydrate diets)는 지속적인 체중감소를 위해 장기적으로 유의하다는 과학적 증거는 없는 것으로 밝혀졌다.

○ 통곡이 체중에 영향을 미치는 작용 메카니즘: 통곡의 구조 및 물리 화학적 특성은 다양하며, 따라서 통곡이 함유된 통곡식품은 더욱 다양해진다. 이러한 다양성은 통곡의 종류에 따라 난소화성 탄수화물의 화학조성과 양의 차이, 소비되기 전 곡물의 가공도의 차이, 통곡식품의 조리방법 및 식품 매트릭스와의 상호작용의 차이에 기인한다. 동시에 이러한 통곡식품의 다양성은 통곡의 생리적 효과에 영향을 미치게 되어 그림 66에 나타낸 것과 같이 여러 가지 다른 체중조절 메카니즘이 제안되고 있다.

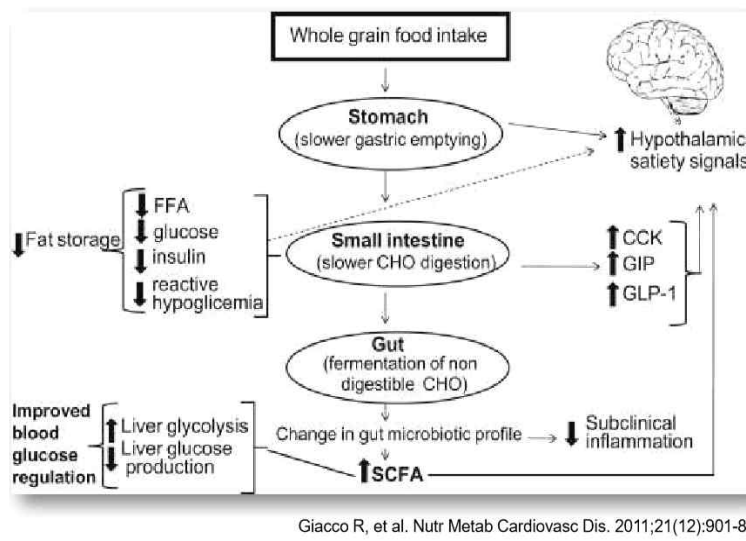


그림 66. 통곡이 체중에 영향을 미치는 작용 메카니즘에 대한 가설

- 현재까지 체중조절과 통곡과의 관계에 대한 주요 가정 메카니즘의 하나는 곡류와 두류가 많은 식사 일수록 **식이섬유 함량이 높다**는 것이다. **식이섬유 함량이 높은 식사는 내생 효과** (에너지 밀도 및 기호성), **호르몬 효과** (예를 들어, 위공복 및 식후 혈당과 인슐린 혈중) 및 **장 효과** (예를 들면, 만족감에 영향을 미치는 단쇄지방산의 영향) 등을 통하여 에너지 균형에 영향을 미칠 수 있다.
- 식이섬유 (특히 수용성) 섭취를 증가시키는 것은 매우 중요하다. 수용성 식이섬유는 탄수화물의 소화흡수를 지연시킴으로서 혈당의 급격한 상승을 방지한다. 또한 식이섬유는 인슐린에 대한 조직의 감수성 향상과 근육, 간장, 기타 조직에 의한 글루코오스의 소거와도 관련이 있어 혈당의 지속적인 상승을 방지하게 된다.
- **장내 균총과 장건강**: 과학자들은 건강과 행복을 위해 결장 (colon)이 좋은 기능을 하는 것이 중요하다고 강조한다. 결장은 영양분과 수분흡수 뿐만 아니라 노폐물의 분비를 담당하고, 외부와 내부 환경 사이의 점막 장벽 (mucosal barrier) 의 역할을 한다. 우리의 장은

자기 자신의 신경계가 있어 연동운동과 소화효소의 방출을 조절하는 "second brain" 이다.

- 장은 면역시스템의 중요한 조절 인자이며, 우리 몸의 총 면역세포의 약 3분의 2가 장에 기초하고 있다. 또한 결장은 예를 들어 포만감과 관련된 ghrelin, GLP-1, PYY와 같은 체내 호르몬 최대 생산기관이다. 장에 생존하는 균총 (microbiota) 은 흡수되어 간, 신장 및 뇌에 도달할 수 있는 수천가지의 생리활성물질을 생산한다. 사실, prebiotics의 섭취량을 증가시키는 것은 장내 미생물에 긍정적으로 영향을 미칠 수 있으며, 이것은 우리의 장 건강뿐만 아니라 훨씬 그 이상을 의미한다.
- **Prebiotic의 발효-장건강 그 이상:** 모든식이섬유가 동일하지 않다. 셀룰로오스와 같은 일부식이섬유는 발효되는 것이 아니고 장 내용물의 양을 증가시키며, 대변을 통해 배설된다. 다른식이섬유는 부분적으로 장내 세균에 의해 발효되지만, 반드시 비피더스균과 같은 유익균을 증가시키는 것은 아니다. 이눌린 및 oligofructose와 같은식이섬유는 장내세균에 의해 대장 내에서 완전히 발효되어 선택적으로 비피더스 균을 증가시킨다. Bifidobacteria 및 세균은 당 발효에 의하여식이섬유를 분해하여 아세트산, 프로피온산 및 부틸산과 같은 단쇄지방산 (SCFAs)을 생산한다. 이와 같이 장내 세균의 작용에 의하여 생성된 최종 산물인 단쇄지방산은 대장 점막의 주요 에너지원인 동시에 대장의 점막 혈류량 증가, 대장 연동운동 향진, 상피세포의 증식 자극 등의 작용을 하는 것으로 보고되고 있다.
- 더욱이 SCFA는 결장 내를 보다 산성 환경으로 만들어 산 감수성 병원균이 증식하지 못하게 되며, 영양 점막세포에 영양을 공급하여 점막층을 두껍게 하여 장의 치밀한 장벽을 유지한다. 또한 SCFA는 장내 균총의 증식을 지원하고, 연동운동을 자극하여 더 자주 배변을 보게 하며, 포만감을 전달하기 위해 뇌와 '크로스 토크'한다. 특히 아세테이트는 혈액 뇌관문을 통과하여 시상하부에 도달하여 식욕 및 식사 섭취량이 감소되도록 hunger/satiety center에 영향을 미친다.
- 통곡과 두류 함량이 높은 식사는 **GI값이 낮다는 것이 또 다른 중요한 인자**이다. Low-GI 식품으로서 특히 통곡은 식후 포만감을 증진시킴으로 유익하다. 또한 통곡을 섭취하면 전분의 소화 또는 흡수가 지연될 수 있고, 식후 혈당과 인슐린 분비가 낮아져 지방의 축적보다는 지방분해 및 산화에 유리해져 혈청지질이 개선된다. 이는 비만인에게 쉽게 나타나는 질환들을 개선할 수 있음을 시사한다.
- GI가 높은 식사 또는 낮은 식사를 한 이후 이어지는 다음 식사에서의 열량 섭취에 관한 연구 결과에 의하면, high-GI 식사를 한 후 열량 섭취량이 평균적으로 29% 높았으며, low-GI 식품에 비하여 식욕이 촉진되고 인슐린이 분비가 많았다. 되며, 인슐린 분비가 촉진되면 체지방 저장이 더욱 촉진되어 체중이 증가하게 된다.
- 결론적으로 더 많은 통곡, 고식이섬유 및 저 GI 곡류식품으로 대체하면 비만의 위험을 줄일 수 있다.
- **체중조절 조제식품 소재로서 발아통곡:** 발아(germination)는 뿌리(radicle)가 씨앗(seed)에서 나오는 과정으로 정의할 수 있다. 발아 중에 일어나는 현상은 다음과 같은 단계로 설명

할 수 있다. 휴면에 있던 씨앗은 phase I에 충분한 양의 수분을 흡수하며, phase II에 뿌리가 나오기 시작하며, phase III에 이르러 세포확장과 분열을 통하여 뿌리가 성장한다. 통곡을 물에 침지하면 흡수 초기에 물의 침윤과 침투에 의하여 세포가 팽창하기 시작하면 각종 효소가 급격히 활성화되고, 동시에 입자 내에 양분으로 저장되어 있는 전분, 헤미셀룰로오스, 단백질, 각종 유지 등이 가수분해 되어 이용하기 쉬운 화합물로 되며, 필수 아미노산이 유리 된다.

- **발아에 의한 전분분해효소 및 전분질의 특성변화:** 곡류의 발아가 가공방법으로 관심을 받는 이유는 발아를 통하여 각종 생리활성물질 함량이 증가하고, 부드러운 조직감으로 식미 및 기호도가 높아지는 장점이 있기 때문이다. 발아를 위해서는 에너지 대사가 필수적으로 선행되어야 하는데 발아를 위한 에너지는 통곡의 배유에 존재하는 전분질을 전분분해효소가 분해함으로써 얻을 수 있다. 즉, 발아과정 중에 호분층에서 α -amylase의 합성이 촉진되며 생성된 α -amylase는 배유의 전분을 가수분해하며, 배유에 이미 존재하던 β -amylase는 발아 시작과 함께 활성화 되어 발아시간이 경과함에 따라 함량은 증가하게 된다. 따라서 발아에 수반하여 흡수와 당질과 단백질 등의 가수분해 효소 작용에 의해 내부조직이 연화되는 것으로 추론된다.
- **전발아 (pregermination):** 이러한 전분분해 효소의 활성화로 유리당 함량이 증가하고 전분 함량이 감소하며 전분소화율이 증가한다. 발아에 의한 전분소화율 증가는 에너지 또는 당 공급이 많이 요구되는 환자, 고령자 또는 운동량이 많은 사람에게 매우 좋은 영양식이 될 수 있다. 그러나 체중조절 소재로 이용하기 위해서는 발아가 진행되어 GI가 증가하는 것을 가능한 억제하기 위하여 발아가 본격적으로 진행되기 전인 효소활성이 높은 시기 즉, 전발아(pregermination) 상태에서 생화학 반응을 정지시켜 이용하는 것이 바람직하다.
- **발아통곡에서 가장 주목 받는 생리활성물질인 GABA:** 발아과정에서 glutamate decarboxylase (GAD)가 활성화 되면서 내재하는 glutamic acid가 탈탄산 되어 GABA(γ -aminobutyric acid, GABA)가 생성되며, 발아율과 GAD의 활성은 높은 상관관계를 보인다. GABA는 비단백계 구성 아미노산으로 뇌에서 주로 억제성 신경전달 물질로서 기능을 하며, ① 신경 진정 및 불안장애 해소, ② 혈중콜레스테롤, 중성지방의 증가 억제, ③ 혈당상승 억제, ④ 항비만 작용 등의 여러 가지 효과가 있는 것으로 알려져 있다. 발아현미의 GABA 함량은 발아에 의하여 15 mg/100g 전후로 높아진다.

(나) 체중조절 조제식품으로 선식

- 선식은 우리나라 전통 곡류를 중심으로 제품화한 것으로 전통적 섭취(historical use)에 근거하여 주로 사용되는 곡류는 현미, 현미찹쌀, 보리 및 현미울무이며, 그외 검정콩, 검정깨, 들깨 등 7종이다. 최근에는 건강식품에 대한 요구가 증가함에 따라 선식은 곡류 이외에 과일, 야채, 견과류 등 다양한 원료와 배합비로 개발되고 있다. 제품의 형태는 분말이 대부분을 차지하며 막대형, 과립형, 젤리형의 형태로도 개발되고 있다.
- 그러나 대부분의 기존 선식제품은 식품학적, 영양학적 효능에 대한 충분한 연구 없이 전

통적 섭취에 근거하여 배합소재를 선정, 혼합하는 실정이다. 또한 많은 제품은 무려 20~50여종의 원료를 배합한 것으로 나열하고 있으나 그 많은 원료를 과연 효능이 있을 정도의 양만큼 첨가하였는지, 명목상으로만 첨가한 것이 아닌지 의문인 경우가 대부분이다.

- 생식과는 달리 선식은 90℃ 이상의 온도에서 찌거나 장시간 볶음공정을 거치기 때문에 영양소의 손실, 품질저하를 초래한다. 이와 같은 공정상 문제만큼이나 중요한 또 다른 문제로는 영세한 소규모 업체들이 상업화만을 목적으로 임의적인 원료 배합 및 공정처리가 위생적이지 못함에도 불구하고 대규모 시장을 형성하고 있어 우려되는 현상이다.
- 최근 선식을 식사대용, 영양 간식으로 소비하는 가정이 늘어나고 있고, 건강지향적 식품을 선호하는 섭취 패턴이 뚜렷이 증가하고 있다. 더욱이 당뇨병 및 다이어트 제품 등 특수용도용 식품형태로도 시판되고 있어 이른적 고찰을 통한 제품의 기능별 배합비 선정 및 과학적 근거가 필요하며, 제조공정의 개선이 국내외 선식 시장에서 절실히 요구된다.
- 더욱이 선식은 오늘날에도 국민들이 즐기는 우리나라 음식문화 유산이기도 하다. 이와 같은 점에서 본 연구에서는 영양학적 분석 및 기능성에 관한 과학적 근거자료를 기반으로 상술한 발아통곡을 소재로한 선식형 체중조절 조제식품을 개발하고자 한다.

(라) 제품컨셉

- **기본컨셉:** 본 과제에서 개발하고자 하는 체중조절 조제식품제품에 대한 기본컨셉은 『영양 및 건강을 증진시키며 체중관리에 도움을 주는 발아통곡을 주소재로 하며, 단백질 및 식이섬유 함량이 높고, 저 GI 식품으로 생리학적 기능성에서 혈당 프로파일이 느리고, prebiotic의 능력을 가지며, 장 통과속도 및 대변량을 증가시키는데 긍정적 기여야 하며 매일 식사의 일부로 즐길 수 있게 소비자에게 어필』 하는 제품이다.
- **발아통곡 체중조절 조제식품 개발:** 발아공정은 침지, 발아 및 열처리로 구성되며, 내재하는 곡물 효소에 의해 곡물 성분은 개변 (modification) 된다. 발아는 다양한 풍미를 가진 원료를 제조 할 뿐만 아니라 비타민 함량을 증진시키고, 미네랄의 bioavailability 개선, 페놀 화합물 및 식이섬유의 개변 등 곡물의 영양 특성을 개선 할 수 있는 가능성을 내포하고 있으므로 발아통곡을 배합소재로 사용한 제품을 개발한다.
- **임상적 근거가 보고된 소재 선정:** 전통적 섭취(historical use)에 근거하여 선식의 원료를 선정하였던 기존 제품과 달리 식품영양학적 효능에 대한 충분한 과학적 근거가 확보된 곡류소재, 특히 체중조절에 대한 임상적인 과학적 근거가 보고된 소재만을 선정하여 차별화된 선식형 체중조절 조제식품 신제품을 개발한다.
- **5곡 배합:** 최근 연구에 의하면 8~25곡을 배합한 경우보다 5곡을 배합했을 때 가장 효과적인 것으로 보고되었다 [2]. 혼합하는 곡류의 종류가 증가할수록 각각의 혼합 비율은 감소하기 때문에 각 곡류의 영양 성분의 효능을 충분히 살리지 못하게 된다. 배합하는 곡류는 5곡을 넘지 않게 하며, 각 배합곡류의 배합비율은 5~30% 범위에서 첨가하도록 한다. 또한 탄수화물량을 증가시키지 않으면서 체중조절 유효성분이 농축된 소재를 부원료로 배합하

여 상호보완하게 한다.

- **저GI 발아통곡 분말소재화 공정 개발:** 전술한 바와 같이 혈당농도지표의 하나인 Glycemic Index(GI) 수치가 낮은 식품의 섭취가 비만인에게 쉽게 나타날 수 있는 고혈당, 고지혈증을 예방 및 치료 할 수 있으며, GI가 낮은 음식은 인슐린분비를 낮추어주어 체지방의 축적을 방지하고, 식후 포만감이 오래가게 하는 장점이 있는 것으로 보고되고 있다. 이를 가공공정 측면에서 본다면 발아통곡을 체중조절 소재로 사용하기 위해서는 가능한 저 GI 분말소재를 생산할 수 있는 새로운 공정을 개발하여야 한다는 의미이다. 따라서 2차년도 연구결과를 활용하여 과열수증기를 이용한 고도발아기술과 LTLT roasting 기술을 조합한 새로운 개념의 발아통곡 분말소재화 공정을 개발한다.
- **포만감 응답을 증진시키는 제품 개발:** 최근 식사 후 포만감은 체중관리의 하나의 핵심 요인으로 고려되고 있으므로 포만감 응답을 증진시키는 체중조절 조제식품을 개발한다. 포만감 (satiety)은 먹은 후에도 지속적으로 배가 부르다는 느낌이다. 포만감은 식사할 때 생기는 식욕의 만족이며, 먹는 것을 중지하는 원인이 된다. 포만감은 식사 사이의 시간 간격과 다음 식사에 섭취할 에너지의 양에 영향을 미친다.
- 다이어트 할 때 문제는 자주 배고픔을 느끼는 것이며, 배고픔에 불가피하게 행복하게 되는 경우가 많아 실패하게 된다. 그러나 배고픔 감정을 없애고 포만감을 느끼게 한다면 체중감량에서 간식을 멀리할 수 있는 확실한 길이 될 것이다. 식품구조는 포만감 중요하며, 곡물에 존재하는 식이섬유, 주로 호밀의 arabinoxylan 및 귀리의 β -글루칸에 의해 영향을 받으므로 호밀, 귀리 및 보리를 원료로 하는 식품에 특히 관심이 쏠리고 있다
- 일반적인 healthy cereal food의 컨셉 (그림 67)을 가능한 유지 한다.

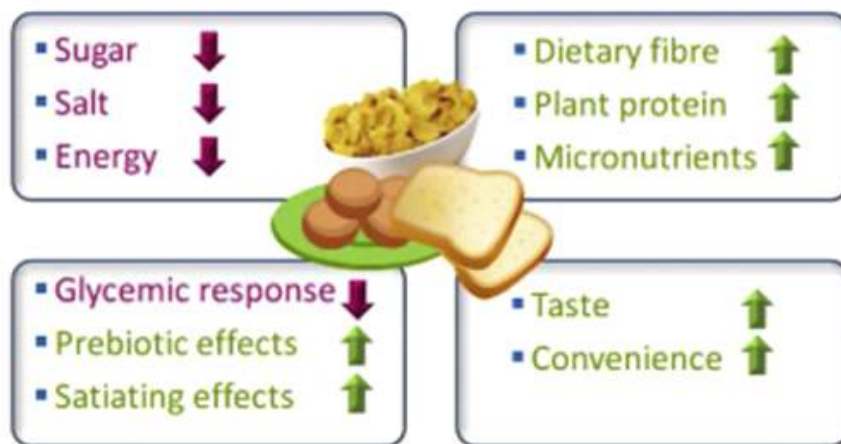


그림 67. Healthy cereal food의 목표

- (2) 배합 곡류 선정
- (가) 원료 통곡 및 두류

① 현미 및 보리

- 현미와 보리의 당뇨개선/체중조절 소재로서 중요성과 그 기능에 대해서는 이미 1차년도 상세히 기술하였다. 현미와 보리는 우수한 항당뇨 및 항비만 핵심 통곡이지만 현미는 밥을 짓기 어렵고 강층이 소화가 잘 안되며 식미도 좋지 못하다. 또한 보리는 탄닌(tannin) 성분이 떫은맛을 내고, 식이섬유가 많아 식감이 거칠다. 따라서 1차년도 연구에서 **현미와 보리의 기능을 고도로 이용할 수 있는 새로운 개념의 제품으로 재탄생시킨 저GI·고GABA 현미 및 고β-glucan·고GABA 보리 당뇨개선/체중조절 소재를 개발하였다.**
- 그러나 전술한 바와 같이 현미와 보리 원곡을 이용하기 보다는 **발아를 통하여 각종 생리활성물질 함량이 증가하고, 부드러운 조직감으로 식미 및 기호도를 높인 발아통곡을 이용하는 것이 더 바람직하므로 3차 년도에는 발아현미와 발아보리 등 발아곡류 주 소재로 사용한 체중조절용 조제식품 (선식형)을 개발한다.**

② 수수

- 우리나라 대표적인 잡곡의 하나로 최근 고지혈증, 고혈당증, 혈전 예방 등의 기능성이 밝혀지면서 그 쓰임새가 다양해지고 있다. ① 혼반용이나 오곡밥 그리고 수수팔떡, 수수부꾸미 등의 전통음식의 재료로 이용되고 있다. ② 수수의 항산화활성이 조리 후에도 유지되는 것으로 나타나, 선식, 수수조청 등 다양한 건강식품 개발에 활용되고 있다. 수수는 다른 곡류들과 함께 살짝 익혀 갈아서 만든 선식으로 많이 이용되고 있다.
- **가수분해가 느린 수수전분:** 수수 전분입자는 배유 내에서 강력한 단백질 매트릭스에 싸여 있는 특이한 구조를 가지고 있다. 단백질 매트릭스는 disulfide bond에 의하여 가교를 형성하고 있어 전분입자 주위에 보호 네트워크를 형성하고 있어 전분의 가공적성과 소화율에 영향을 미친다. 수수의 전분은 이와 같은 특성 때문에 가수분해가 느려 비만 및 당뇨병환자에게도 적합한 곡물이다. 수수 전분의 호화범위 온도는 67-81℃로 재배지역이나 품종에 따라 매우 다르며, 이는 보리전분의 호화범위 온도 51-60℃ 보다는 훨씬 높은 온도이다.
- **페놀화합물 풍부:** 모든 수수 품종은 페놀성 화합물을 함유하고 있으며 크게 phenolic acid와 flavonoids로 분류되며, 다시 phenolic acids는 benzoic acid 유도체와 cinnamic acid 유도체로, flavonoids는 tannin과 anthocyanion으로 분류되며 수수자체나 수수로 만든 식품의 색깔, 외관, 영양성에 영향을 미친다. 이와 같이 수수에는 다른 잡곡에 비해 생리활성을 가진 다양한 phytochemical이 상대적으로 고농도로 함유되어 있기 때문에 **phytochemical의 항산화, 항암, 혈당강하, 항비만** 등 건강기능 활성을 고려할 때 기능성 식품으로의 개발 잠재성이 큰 곡물로 기대된다.
- 또한 수수 향미는 이미 우리나라 사람들 입맛에 익숙하며, 당뇨환자나 비만환자가 날로 증가하는 국내 실정을 고려하면 수수는 이러한 질환의 치료식으로 활용될 수 있는 잠재성이 있는 것으로 보인다.

- **탄수화물 가수분해효소 억제 효능:** 국립식량과학원에서는 국내산 황금찰수수 유기용매 추출물들을 대상으로 하여 α -amylase와 α -glucosidase의 효소작용을 저해하는 효능을 in vitro 에서 비교 조사한 결과 fatty acid amide인 **oleamide**는 **acarbose**보다 **α -amylase** 저해능력이 우수한 것으로 확인되었으며, **myristamide**와 **palmitamide**는 **α -glucosidase**에 대한 저해활성이 **acarbose**이 비해 **100배 이상** 뛰어난 것으로 확인하였다 [3].

③ 호밀

- 통호밀 100g에 약 15-20 g의 식이섬유가 함유되어 있다. 호밀 식이섬유는 β -glucan과 β -glucan과 유사한 생리활성을 갖는 수용성 식이섬유인 arabionoxylan을 상당량 함유하고 있으며, 물 분자와의 결합력이 매우 강한 독특한 성질을 가지고 있다. 그 외 비타민, 미네랄, 페놀화합물 등 건강에 유익한 생리활성 물질이 함유되어 있으므로 다음의 장점이 있다.

- 불용성 식이섬유로 인하여 포만감을 유발한다.
- 소화관을 통하여 식품이 보다 빨리 이동하게 하는데 도움을 준다.
- 담즙산 레벨을 감소시킨다.
- 마그네슘과 망간 함량이 높아 제2형 당뇨병 위험을 저하시킨다.

- 호밀을 주식으로 하는 **핀란드**에서는 호밀제품의 수분흡수제로의 성질은 만복감이 오래 유지되게 하며, 만복감이 오래 유지되는 것이 **효과적인 체중관리의 핵심**이라고 결정하였다. 스웨덴 룬드 대학 (Lund University)의 과학자들은 다양한 형태의 호밀가루 (배유, 통호밀 또는 호밀겨)로 다양한 방법 (baking, simulated sour-dough baking, and boiling)으로 만든 breakfast을 건강한 피험자에게 먹이고 그 효과를 분석한 크로스오버 연구에서 배유 호밀빵과 통호밀 빵이 가장 효과적으로 혈당과 식욕을 제어하였다고 보고하였다 [4].
- 연구자들은 충분한 포만감과 체중조절에 미치는 식이섬유의 가능한 역할을 리뷰한 결과, 38종의 식이섬유 중에서 단지 통곡호밀, 호밀겨, 귀리 및 보리의 β -glucan, lupin 알곡의 식이섬유만이 모든 또는 대부분의 처리에서 효능을 나타내었다고 보고하였다 (Isaksson, H. *et al.* 2011).

④ 울무

- 울무는 벼과, 보리의 일종으로 세계 곡물 중에서도 다종다양한 영양소를 가지고 있다. 울무 종자의 구조는 총 껍질, 내외 껍질, 과피 (겨), 배아, 배유로 이루어지며, 과피, 배아·배유 부분은 현미울무, 배아, 배유 부분은 정백울무라고 부른다. 정백울무의 구성성분은 주로 전분 (50%), 조단백질 (17%) , 조지방 (5%) , 수분 (10%) , 비타민류, 지방산류 등이다 [5].
- 울무는 다른 곡류에 비해 단백질과 지질함량이 높고, 탄수화물 중 당질의 함량은 낮고 섬유소의 함량은 높은 것으로 알려져 있으며, 칼슘, 철분, 비타민 B1, 비타민 B2 등을 다량 함유하고 있어 영양적으로 우수하여 현대 영양학에서도 높이 평가하고 있다.
- **동양의학에서 울무(의이인, 薏苡仁):** 우리가 흔히 선식이나 밥에 넣어서 먹는 울무는 동양의학에서 의이인 (薏苡仁) 이라 불리고, 옛 부터 한방 등의 민간요법에 이용되어 항종양 작용, 항산화 작용, 항염증 작용, 혈당저하 작용, 지질개선 작용, 이뇨작용 등의 효과가 보고되

었다. 근래에 와서 밝혀진 율무의 약리 및 기능성으로서는 항암작용, 혈당강하작용, 소염작용, 혈중콜레스테롤 저하작용, 항산화 및 돌연변이 억제작용, 면역세포 활성화작용, **α -amylase** 및 tyrosinase **저해작용** 등이 있다 [6].

- 한의학에서 비만의 원인은 체내의 「물」의 밸런스가 무너진 수독증(水毒症)이라고 생각한다. 즉, 체내의 수분이 잘 체외로 배출하지 못하기 때문이라 생각한다. **율무의 효용 중 하나인 이뇨작용도 작동하여 체내의 여분의 수분을 배설 할 수 있어 다이어트에 도움이 된다.** 또한 신진대사 촉진작용에 의해 지방을 연소 시키거나 소화 기능을 강화하는 것도 기대할 수 있다. 이러한 작용으로부터 율무는 비만 방지에 도움이 되며, 성인병 예방에 탁월한 효과를 기대할 수 있다. 의약품으로 요구이닝은 이뇨작용과 체내수분 조정이 필요한 경우에 이용, 한방 처방 중에서도 가장 많이 사용되고 있다.
- **대사 증후군 (비만 예방):** 율무는 양질의 단백질을 많이 함유하고 있다. 특히 혈중 콜레스테롤을 저하시키는 작용이 있는 아미노산을 모든 곡물 중에서 가장 많이 함유하고 있다. 그리고 혈중 노폐물을 체외로 배출하고 혈관을 튼튼하게 유지하는 식물성 지방 (올레인산)도 곡물 중에서는 단연 많이 함유되어 있다. 또한 율무 전곡분말은 식이섬유도 많기 때문에 콜레스테롤의 흡수를 지연시키고 변비를 해소한다. 이러한 일로부터 율무는 비만 예방과 성인병 예방에 탁월한 효과가 기대된다.

⑤ 서리태

- 콩(Glycine max)은 우리나라에서 발효식품의 주원료로 이용되어 왔으며, saponin, lecithin, phytic acid, isoflavone, phenol 화합물 등과 같은 다양한 생리활성물질을 함유 하고 있다. 콩은 대표적인 단백질 급원으로 단백질과 지방의 보충에 좋은 공급원 이다. 콩 단백질은 혈중 LDL-cholesterol 농도를 낮추고 관상동맥경화를 예방하고 골다공증에 효과가 있는 것으로 알려져 있다.
- **콩은 부족하기 쉬운 비타민, 각종 미네랄 및 식이섬유의 보충원:** 콩은 비타민 B1을 비롯한 비타민 B 군의 공급원이 되고, 다양한 미네랄을 광범위하게 함유하고 있어 이들의 포괄적인 공급원이다. 특히 콩은 여러 식품 중 가장 많은 식이섬유를 함유한 식품으로 가장 효율적인 공급원이며, 콩에 함유된 식이섬유는 장 기능 개선, 혈당상승을 억제하는 효과가 있다. **두류의 저항전분 및 총식이섬유 함량은 각각 24.7% 및 36.5%이다.** 두류 전분은 C형 패턴의 결정이기 때문에 A형을 갖는 곡류 및 의사곡류에 비해 소화되기 어렵다. 두류 전분은 곡류전분에 비해 아밀로오스를 고수준으로 함유하고 있다 [7].
- **서리태:** 특히 우리나라에서 흔히 먹는 검정콩 중 흑태는 크기가 크고 콩 밥이나 콩자반 등에 사용되며, 서리태는 껍질이 검은색이지만 속이 파랗다고 하여 속칭이라고 불린다. 서리태는 생육기간이 길어서 10월경 서리를 맞은 뒤에나 수확을 할 수 있고 서리를 맞아가며 자란다고 하여 서리태 라는 명칭이 붙었다.
- 서리태는 검은깨, 흑미등과 함께 블랙푸드의 대표주자이다. 서리태는 안토시아닌색소를 다량 함유하고 있어 다양한 효능을 준다. 물에 담갔을 때 잘 무르고 당도가 높아 다른 잡곡

과 함께 밥에 넣어서 먹거나 서리태 된장, 서리태 청국장, 서리태 떡, 서리태 두부, 서리태 콩국수 등 건강식으로 다양하게 이용된다.

- 서리태의 **total phenolic** 및 **total anthocyanin** 함량: 콩에 함유되어 있는 phenolic acid, anthocyanin, isoflavone 등 페놀화합물은 우수한 항산화 효과를 나타내는 것으로 알려져 있다. 검은콩인 서리태의 총 페놀화합물 25.2 mg/g이었으며, 안토시아닌은 검은콩 종피의 주 색소물질로서 서리태 종피에서 6.4 mg/g으로 가장 높게 나타났다 [8].
- 대두제품의 비만과 **metabolic syndrome** 예방작용: Metabolic syndrome의 공통적인 요인은 내장지방 비만이므로, 대사질환의 발병위험을 감소시키기 위해서 내장지방을 감소시키도록 노력하는 것이 기본이다. 일본인 1460명을 대상으로 조사한 보고에 의하면 대두제품 섭취에 의하여 비만과 **metabolic syndrome** 예방작용이 인정되었다고 하였다 [9].
- 잡두와 식후혈당값: 주식인 백미밥의 일부를 잡두로 치환함으로써 식후 혈당상승이 완만하여져 식사의 전체 GI를 저하시키는 것으로 보고되었다. 이 연구는 고GI 식품인 백미밥도 그 섭취 방법에 따라 식후혈당의 억제를 도모 할 수 있다는 점에서 흥미 있는 결과이다 [10].

(나) 부원료 및 첨가물

① 농축 현미 미강

- 본 연구진은 농림수산개발사업(2010-2013)으로 진행한 「바이오 및 선도식품가공기술을 이용한 곡류의 고도이용」 1차년도에 네오현미 생산공정을 개발하였다. 네오현미는 현미원곡을 세척, 침지한 후 컨베이어 벨트형 과열수증기 장치(Naomoto, QF-5100CB_R-24H, Japan)를 이용하여 상부 240℃, 하부 220℃의 조건에서 6분간 처리한 후 수분함량이 12%가 되도록 실온에서 건조한 저GI • 고GABA 현미이다.
- 현미의 미강에는 현미 영양성분의 95%가 함유되어 있으므로 가능한 탄수화물을 섭취하지 않고 현미에 함유된 기능성 성분 특히 항비만 성분인 γ -oryzanol을 충분히 섭취할 수 있도록 하기 위하여 이 네오현미의 외주부분 12% 도정하여 강층과 배아 부분을 농축한 네오현미 미강을 체중조절 소재로 사용하고자 하였다. 동 네오현미 미강의 식이섬유 함량은 40%에 달하였고, 특히 γ -oryzanol은 724.5 mg/100g DM으로 현미원곡의 10배 이상 농축되었다.

② 오드브랜 (Oat bran)

- 귀리는 식이섬유가 풍부하게 함유하고 있으며, 영양효과가 높은 곡류로 유럽, 미국 등에서

널리 알려져 있으며, 오토밀, 그라놀라 형태로 주로 섭취한다.

- 보리와 귀리는 같은 벼과에 속하는 식물이지만, 약간의 차이가 있다. 먼저, 보리 β-glucan의 대부분은 배젖에 함유되어 있다. 따라서 보리에서 β-glucan을 섭취하고자 하는 경우에는 배젖에 포함된 당질도 동시에 섭취 수밖에 없다. 한편, 귀리의 β-glucan은 주로 외피인 강층에 집중해 있다. 따라서 귀리의 외피를 깎아낸 **오토브랜은 일반적으로 50% 이상의 식이섬유를 함유하고 있어 배젖에 함유된 당질을 섭취하지 않고 β-glucan만을 섭취할 수 있다.** 더욱이 지방성분은 불포화 지방산이 80% 이상. 그중 특히 몸에 좋은 올레산, 리놀레산, 리놀렌산이 80% 함유되어 있다. 미국식품의약품국 (FDA)에서 건강식품을 과학적 근거 수준에 따라 A ~ D까지의 순위를 엄격하게 구분하고 있지만, 오토브랜은 "A 등급" 식품의 하나로 인정받고 있다.
- 구조적으로 보면, 귀리 (1 → 3) (1 → 4) -β-D-glucan (β-glucan)은 분지가 없는 직쇄구조이며, β-1,3 결합 및 β-1,4 결합의 2 종류 결합을 포함하고 있다. 연속 β-1,4 결합의 2 ~ 3 개에 1 개의 비율로 β-1,3 결합이 존재하고 β-1,3 결합은 지속적으로 존재하지 않는다.
- 수용성 식이섬유인 귀리 β-glucan은 부피로 25배의 액체를 흡수한다. 즉, 한 tablespoon의 오토브랜 (약 15g)은 비교적 온도가 높은 위장에서 약 375 g의 덩어리를 형성한다. 이와 같은 β-글루칸의 물리화학적 특성, 특히 위장관에서 점도를 증가시키는 벌킹작용에 의해 식욕에 영향을 미친다. 점도는 소장에서 연동혼합과정을 방해하여 소화 및 영양소의 흡수를 방해하여 만족감을 오래 느끼게 되어 과식을 막아준다.

표 47. 유럽 및 미국 정부기관이 인정한 표시허가 내용

평가기관	관여성분	표시허가 내용
미국식품의약품국 (FDA) Health claim	곡물 (보리, 귀리)의 가용성 식이섬유 (β-글루칸)	관상동맥심장질환 위험 저감
유럽식품안전기관 (EFSA)	보리, 귀리 유래 β-글루칸	식후 혈당치의 상승억제
	β-글루칸을 함유한 보리, 귀리 유래의 식이섬유	배변촉진효과
오스트레일리아, 뉴질랜드 식품기준기관 (FSANZ)	보리, 귀리 유래 β-글루칸	콜레스테롤의 흡수억제

표 48. Natural Medicine Comprehensive Database에서의 평가

평가기관	효능	유효성 수준
귀리	심장병위험의 저감 혈당 콜레스테롤을 저하	아마 효과가 있다.
오트브랜	당뇨병 환자의 혈당치를 저하 위암 위험이 저하	아마 효과가 있다.
	심장질환 위험을 억제 혈당 콜레스테롤을 저하	아마 효과가 있다.
	당뇨병 환자의 혈당치 억제 위암의 예방	효과를 단언할 수는 없으나 효능의 가능성이 화학적으로 시사된다.

③ 치커리 뿌리

- 치커리 뿌리에는 수용성 식이섬유의 일종인 **inulin**이 많이 함유되어 있다. 특히 뿌리 부분에 많아 옛날부터 유럽에서는 허브로 취급되어 왔다. 또한 치커리 특유의 성분으로 치커리산 (chicoric acid) 이라는 성분도 뿌리 부분에 많이 함유되어 있다. 치커리산은 소화를 촉진하는 기능과 간 기능을 향상시키는 작용이 있는 것으로 알려져 있다. 모두 주로 뿌리 부분에 함유되어 있기 때문에 일반적으로 식용하는 잎 부분에는 영양성분은 거의 함유되어 있지 않다. 뿌리 부분은 로스팅하여 커피 대체로 사용되기도 한다.
- **Inulin:** Inulin은 치커리와 돼지감자, 민들레와 우엉에 많이 들어있는 천연 다당류이며, 식이 섬유로 다양한 기능을 갖기 때문에 기능성 식품소재로 이용되고 있다. Inulin은 소장에서 소화되지 않고 대장에서 완전 발효되며, 20년 이상의 철저한 인간 개입연구를 통하여 건강에 유익한 영향 준다는 것이 입증되었다. 또한 inulin은 설탕 등의 일반 탄수화물보다 에너지 환산계수가 3분의 1에서 4분의 1 정도 낮고, 지방 대체로 저칼로리 식품으로 이용되거나 맛 향상, 보습성 등의 효과가 있기 때문에 식품의 물성 및 맛의 개선을 목적으로도 사용되고 있다 [11].
- 유럽식품안전기관 (EFSA)의 평가 이외에 5개의 개입연구에 대한 메타분석에 의하면 대변의 빈도, 대변 일관성 및 통과시간에 대해 inulin이 현저히 영향을 미친다는 것이 증명되었다. 전반적으로, 치커리뿌리 식이섬유인 **inulin**과 **oligofructose**에 의해 규칙적으로 배변함으로써 소화기계 건강이 개선된다는 것은 소아에서 노인에 이르기까지 24 개 이상의 인체시험에서 입증되었다. 하루에 8-12g (낮에는 수회 섭취)을 섭취함으로써 치커리 뿌리 식이섬유의 배변 규칙성에 대한 긍정적인 효과가 달성 될 수 있다고 결론지을 수 있다 [12].
- British Journal of Nutrition의 최근 논문에 의하면 oligofructose (치커리뿌리에서 추출한 식이섬유) 는 사람의 식사와 에너지 섭취에 현저한 영향을 미친다는 것이 확인되었다. 이것은 BMI 25 부근의 31명의 건강한 지원자를 대상으로 13일 이상 시험자들은 placebo 또는

oligofructose (5g 또는 8 g 매일 2회)를 섭취하게 한 연구에서 밝혀졌다. 이 연구는 21세기 공중보건의 최대의 도전과제의 하나인 비만예방과 치료에 설탕과 지방 대체제로 oligofructose를 사용할 수 있을 것이라는 고무적인 결과이다. Oligofructose는 설탕과 유사한 성질을 가지고 있으나 칼로리가 낮기 때문에 모든 식품에서 지방과 설탕대체제로 이상적이다 [13].

④ 돼지감자

- 돼지감자 (Jerusalem artichoke) 는 북미가 원산지인 다년생 식물로서 아메리칸 인디언의 전통음식으로 사용되고 있으며, 유럽 및 호주, 미국에서도 17세기부터 음식에 일반적으로 사용되어 왔다. 당뇨병과 비만이 현대병으로 문제가 되고 있는 오늘날 돼지감자의 주성분인 inulin은 큰 주목을 받고 있다. Inulin은 생선이나 고기는 함유되어 있지 않고, 식물에만 함유되어 있는 식이섬유이다. 현재 inulin을 함유한 식물은 3 만 개 이상의 있다고 발표되고 있지만, 돼지감자는 inulin함량 식물로 세계 제일을 자랑한다.
- 돼지감자는 열량이 낮고 (1.0~1.5 kcal/g) 식이섬유가 풍부하여 혈당과 혈중 지질을 낮추어 **비만 개선효과, 중성지질의 감소효과, 대장암 발생억제 등의 건강 증진효과가 보고되고** 있다. 우리나라에서도 많은 지역에서 돼지감자를 생산하고 있어 국내에서도 충분히 제품화가 가능 하다. 일본의 전문연구기관인 일본바이오 센터 하지마 연구소에서 안정성에 관한 검증을 한 결과 돼지감자에는 완전히 독성이 없는 것이 증명되었다.
- 돼지감자의 주성분은 inulin이며, 신선한 돼지감자 껍질 건물의 49.5~56.4%, 신선한 껍질의 11.3~14.2%를 차지한다. Inulin은 glucose가 아닌 fructose 30-40개가 중합한 구조를 가지고 있는 저점성 식이섬유이다. 돼지감자에는 수용성 식이섬유인 inulin 이외에 불용성 식품 셀룰로오스 (cellulose와 lignin), pectin 및 hemicellulose 등이 함유되어 있으며, 껍질 중 이들 함량은 5.7~11.7%이다.
- 돼지감자에는 inulin이 풍부하게 함유되어 있으나 전분은 거의 함유되어 있지 않으므로 식 후 혈당이 상승하지 않는다는 것은 증명되었다. 또한 inulin의 특징은 물에 매우 녹기 쉬운 식이섬유이기 때문에 장내에 있는 당질을 체외로 원만하게 운반하여 혈당치의 상승을 방지하는 효능이 있으며, 포만감을 유지하여 과식을 방지 할 수 있어 천연 인슐린이라 부른다. 또한 inulin은 체내에 마그네슘과 칼슘의 흡수를 촉진 해주는 기능도 가지고 있기 때문에 골다공증의 증상에도 효능이 있다고 알려져 있다.
- Inulin은 glycosidic $\beta(2-1)$ 결합에 의하여 연결되어 있으므로 인간의 위액과 소화효소에 의해서 분해되지 않고 대장에 이르러 *Lactobacilli* 및 *Bifidobacteria* 와 같은 유익균에 의하여 발효되어 fructose 뿐만 아니라 oligofructose가 생성된다. 이 중 **oligofructose**는

Bifidobacteria의 생육을 선택적으로 촉진시키며, 인체에서 변비 개선, 장질환 예방, 혈당 조절 등의 효과가 보고되고 있다.

⑤ 저항전분

- 저항전분 (resistant starch, RS)은 "정상인의 소장 상부(공장) 내에서 소화 흡수되지 않는 전분 및 전분 부분 분해물의 총칭'으로 정의되고 있다. 통계적인 수치는 아니지만, 밥이나 감자류, 콩류 등을 많이 먹고 있던 전통적인 한국의 식생활과 비교하면 현대인의 RS섭취량은 식생활의 변화로 상당히 감소하고 있는 것 추측된다. 미국에서는 하루에 3.0~8.0 g, 이탈리아 7.2~9.2 g, 호주 3.8~10.7 g, 중국 평균 14.9 g의 RS를 섭취하는 것으로 보고되었다. 한편, 이 RS의 적극적인 섭취를 권장하고 있는 일부 전문가들은 건강상의 혜택을 받기 위해서 저항전분을 매일 20 g을 섭취할 것을 권장한다.
- 저항전분은 불용성 식이섬유이면서 수용성 식이섬유와 같이 장내 세균에 의해 분해되기 쉽기 때문에, 배변증가 효과뿐만 아니라, 장내 세균의 발효에서 발생하는 유기산이 장관 운동을 자극하여 배변촉진효과가 기대된다. 더욱이 비피더스균이나 유산균 같은 좋은 박테리아의 증식에 따라 장내 환경은 산성으로 되어 알칼리성 환경을 선호하는 클로스트리디움 균에 의한 폐놀, 크레졸, 스카톨 등의 유해물질의 생성이 억제된다.
- 또한 저항전분을 함유한 식품을 섭취하면 포만감을 얻을 수 있고 식사 섭취량이 감소한다는 임상시험 보고가 있다. 이 메커니즘에 관해서는 완전히 해명되지 않았지만 장내 발효에 의한 부차적인 효과로 추측되고 있다. 동물실험에서는 저항전분 섭취에 의해 포만감을 나타내는 호르몬 PYY과 GLP1의 혈중 농도 상승이 24 시간 후에도 유지되는 것으로 나타나 장내 발효에 의한 단쇄 지방산의 생성이 PYY의 유전자 발현에 영향을 주는 것으로 추정되고 있다
- 새로운 유형의 RS: 일반식품에 함유되어 있는 RS는 소량이며, 일상식사에서 이를 충분히 섭취하려면 다량의 전분질을 먹어야 하므로 오히려 칼로리 과다가 될 수 있다. 현재 대부분의 breakfast cereal의 RS 수준은 생리적으로 유익한 수준으로 충분하지 못하다. 또한 실질적으로 RS 함량 수준으로 곡류가공품을 가공하여 제품화한다는 것은 실현하기 어려운 과제이다. 따라서 맛을 해치지 않고, 소량의 첨가로 RS를 더 많이 섭취 할 수 있는 소재가 요구된다. 산처리 고아밀로오스 옥수수전분은 맛에 영향이 거의 없고 다양한 식품에 이용할 수 있으며, 열 안정성이 높기 때문에 과자, 스낵, 시리얼류 등에 RS소재를 폭넓게 활용하여 일반 소비자가 의식하지 않고 맛있는 식사를 하면서 저항전분의 혜택 볼 수 있을 것으로 기대되므로 이를 이용하는 것은 식이섬유 섭취를 증가시키는 하나의 수단이 될 것이다.
- 고아밀로오스 옥수수 전분은 육종에 의해 개질된 아밀로스 함량이 매우 높은 (약 50 ~ 70 %) 옥수수에서 추출한 전분이다. 이 고아밀로오스 옥수수 전분은 전분 입자 자체가 난소화성으로 저항전분을 30 ~ 40 % 함유하고 있기 때문에 저항전분을 강화하는 식품소재로는

유효하지만 요리에 적합하지 않다. 따라서 고아밀로오스 옥수수전분의 5~10 %를 산처리 하여 열안정성도 높고 식품에 배합해도 식미가 저하되지 않도록 개발한 것이 HI-MAIZE® (Ingredion) 이다. HI-MAIZE® 고아밀로오스 옥수수전분은 소화기 건강, 체중 관리, 당뇨, 체력 관리를 위한 뛰어난 건강상의 이점이 있음이 동물시험 및 공개된 80개 이상의 임상 연구를 통하여 입증되었다.

⑥ 발효배아추출물 GABA-15

- 현대인은 많은 다양한 스트레스에 노출되어 있으므로 사람들이 일반적으로 가지고 있는 GABA는 스트레스와 피로를 완화하는데 소비되어 버려 현대인은 만성적인 GABA부족 상태이다. 따라서 현대인에게 가장 필요하다고 말할 수 있는 영양소는 GABA 이다. 일상생활에서 일반적으로 1회 30 mg 이상을, 더 많이 섭취하고 싶은 사람은 50-100mg 정도가 적당한 것으로 알려져 있다.
- 본 과제를 수행한 ㈜ 바이오벤은 국내에서 유일하게 쌀배아추출물 발효 GABA를 생산하고 있으며, **발효배아추출물 GABA-15**는 GABA를 15% 함유하고 있는 제품이다. 전술한 것과 같이 발아통곡에서 가장 주목 받는 생리활성물질은 GABA 이지만 체중조절 조제식품에 배합하는 발아곡류 유래의 총GABA 함량은 100 mg /100 g에 미치지 못하므로 유효량의 GABA가 함유되도록 보충하기 위하여 소량의 **발효배아추출물 GABA-15**를 첨가하고자 한다.

나. 체중조절 조제식품 레시피 개발

(1) 체중조절 조제식품의 기준 및 규격

- 식품공전에 수록된 체중조절 조제식품의 기준 및 규격을 요약하면 다음과 같다.
 - 정의: 체중의 감소 또는 증가가 필요한 사람을 위해 식사의 일부 또는 전부를 대신할 수 있도록 필요한 영양소를 가감하여 조제된 식품을 말한다.
 - 제조가공 기준: 1회 섭취할 때 비타민 A, B1, B2, B6, C, 나이아신, 엽산, 비타민 E를 영양소의 기준치의 25% 이상, 단백질, 칼슘, 철 및 아연을 영양소 기준치의 10% 이상이 되도록 원료식품을 조합하고 영양소는 첨가하여야 한다.
 - 하루 식사의 1~2회를 대신하는 조제식품은 1회 섭취할 때 200 kcal 이상, 400 kcal 이하를 제공하여야 한다.
 - 규격: 수분 10% 이하, 조단백질 및 비타민류는 표시량 이상이어야 한다.
 - 바실러스 세레우스 규격: 1 g 당 1000 이하

(2) 성분 목표함량

- 상술한 식품공전에 수록된 체중조절 조제식품의 기준 및 규격, 한국인 영양섭취기준

(Dietary Reference Intakes for Koreans; KDRIs), 최근의 체중조절 조제식품에 대한 연구 및 제품 트렌드 등을 반영하여 기본적으로 고단백질, 고식이섬유, 저GI를 목표로 다음과 같이 영양기능성 성분 목표함량을 설정하였다.

- 발아통곡 혼합비: 전체의 51 % 이상
- 식이섬유 함량: 10 g/100 g 이상
- 단백질 함량 10 g/100 g 이상
- 비타민: 영양소 기준치의 25% 이상
- 미네랄: 영양소 기준치의 10% 이상
- 칼로리: 300~400 kcal/식
- Serving size: 35~40 g/식
- 최종 제품의 Glycemic index 60 이하

(3) 발아통곡을 중심으로한 체중조절 조제식품 formulation 및 추정 성분

- 현미, 보리, 수수, 율무 및 호밀의 5곡과 단백질원으로 서리태를 포함한 6 종류의 발아곡류로 구성된 곡류혼합물 시료를 1차 조제하였다. 시료 조제에 고려한 점은 우리 국민들의 전통적인 주식인 현미와 보리의 총배합비를 40%로 고정하고 상호 배합비를 30:10, 20:20, 10:30 달리하여 표 49와 같이 시료를 조제하였다.
- 발아현미와 발아보리의 배합비에 따른 곡류 혼합물에 대한 관능평가를 실시하였다. 시료 40 g을 시유 200 mL에 균일하게 혼합한 후 연구원 5명에게 5점 기호 척도법 (1점 매우 싫다, 3점 보통, 5점 매우 좋다) 으로 관능적인 특성에 대하여 좋을수록 높은 점수를 기록하도록 하였다.
- 표 50을 보면 외관 (appearance)은 세 제품이 비슷하였으나 풍미 (flavor), 맛 (taste) 및 마우스필 (mouth feel)은 발아현미 혼합 비율이 높을수록 좋았으며, 기호도 (acceptability) 는 발아현미와 발아보리의 혼합비율이 30:10인 시료 S-3가 가장 우수한 것으로 나타났다. 발아보리의 배합비가 많으면 발아현미의 고소한 로스팅 풍미가 감소하고 보리가루의 거칠은 mouthfeel이 좋지 못하기 때문인 것으로 판단된다.

표 49. 체중조절 조제식품 발아곡류 혼합물의 예비 배합비

발아통곡	시료 번호		
	S-1 (10)	S-2 (20)	S-3 (30)
발아현미 (%)	10	20	30
발아보리 (%)	30	20	10
발아수수 (%)	5	5	5
발아율무 (5)	5	5	5
발아호밀 (%)	10	10	10
발아서리태 (%)	10	10	10
소계	70	70	70

표 50. 발아현미 및 발아보리의 배합비를 달리한 곡류혼합물의 관능검사

Sample	Appearance	Flavor	Taste	Mouth feel	Acceptability
S-1 (10)	4.31	3.98	3.26	2.76	3.54
S-2 (20)	4.41	4.23	3.82	3.68	4.26
S-3 (30)	4.25	4.81	4.76	4.62	4.71

- 원료 소재인 각 곡류의 일반성분을 표 51에 나타내었다. 배합에 사용한 원곡의 일반성분은 국립농업과학원 식품성분표 (2011)를 기준으로 하였으며, 분석값이 등재되어 있지 않는 소재에 대해서는 관련 문헌값을 기준으로 하였다.
- 각 배합곡류의 성분표와 배합비를 기준으로 추정된 발아곡류 혼합물의 일반성분은 표 51에 나타내었다. 곡류 혼합물의 추정 단백질 함량은 9.16 g, 식이섬유 함량은 6.29 g 이었다.

표 51. 배합곡류 원곡의 일반 성분표

성분	현미	보리	수수	호밀	울무	서리태
에너지(kcal)	362	340	374	384	360	361
수분(%)	12.7	14.0	8.8	12.5	13.0	8.5
단백질(g)	6.4	6.2	9.7	15.0	13.9	39.7
지질(g)	2.7	1.3	1.2	1.5	1.3	19.4
회분(g)	1.3	0.7	1.1	1.8	0.2	5.4
탄수화물(g)	76.0	77.8	79.2	70.7	72.2	27.4
식이섬유(g)	3.7	9.6	2.8	12.2	0.5	27.2
-수용성(g)	0.7	6.0	0.5	3.2	-	1.6
-불용성(g)	3.0	3.6	2.3	10.1	0.6	25.6

자료: 농촌진흥청 국립농업과학원 식품성분표, 일본식품표준성분표 (2015),
 USDA Food Composition Database(2018)

현미: 추정벼, 생것; 보리: 새찰쌀보리, 생것; 수수: 남풍찰수수, 생것;
 울무: 도정곡; 서리태: 마른것,

표 52. 체중조절 조제식품 발아곡류 혼합물의 추정 성분표

성분	현미	보리	수수	호밀	울무	서리태	소계
배합비(%)	30	10	5	10	5	10	
에너지(kcal)	109	34	18.7	33.4	18	38.1	251.2
수분(%)	12.7	14	8.8	12.5	13.0	8.5	
단백질(g)	1.92	0.62	0.48	1.50	0.67	3.97	9.18
지질(g)	0.81	0.13	0.06	0.15	0.07	1.94	3.18
회분(g)	0.39	0.07	0.06	0.02	0.01	0.54	1.09
탄수화물(g)	23.1	7.78	3.96	7.07	3.61	2.74	48.26
식이섬유(g)	1.11	0.96	0.14	1.33	0.03	2.72	6.29
-수용성(g)	0.21	0.60	0.03	0.32	-	0.16	1.32
-불용성(g)	0.9	0.36	0.12	1.01	0.03	2.58	5.00

○ 상술한 표 52의 배합비에 따라 혼합한 곡류 혼합물의 추정 일반성분표를 살펴보면 단백질 함량은 목표치에 근사하나 식이섬유 함량은 목표치의 약 60% 정도이다. 따라서 이를 보완하는 동시에 체중조절 효능에 대한 명확한 과학적 근거가 있는 기능성 성분을 강화하기 위하여 표 53에 나타난 부원료를 첨가하기로 하였다.

- 배합 부원료로는 불용성 식이섬유, γ -oryzanol 및 비타민, phytochemical이 풍부한 농축현미 미강과 저항전분인 HI-MAIZE, 수용성 식이섬유 β -glucan을 풍부하게 함유한 오토브랜 또한 inulin을 많이 함유한 돼지감자 및 치꺼리뿌리 그리고 단백질 보충을 위한 WPI를 선정하였다.

표 53. 체중조절 조제식품 부원료 및 추정 성분표

성분	농축 현미미강	오토브랜	돼지감자	치꺼리뿌리	WPI	HI-MAIZE	발효박아 추출물 GABA
에너지 (kcal)	412	378	186	360	377	130	
수분 (%)	10.3	9.6	0	0	4.5	12	6.3
단백질 (g)	13.4	14.0	10.1	7.0	90.0	0.8	15.3
지질 (g)	19.6	11.0	1.1	1.0	1.0	0.8	0
회분 (g)	7.3		8.5		2.5	0.4	8.9
탄수화물 (g)	48.8	67.0	80.3	87.6	1.67	87	69.5
식이섬유 (g)	20.5	15.0	10.6	7.5	-	56	
-수용성 (g)	2.2	10.0	10.6				
-불용성 (g)	18.0	5.0		7.5			

- 곡류배합물에 대한 관능검사 결과 (표 50)와 선정한 부원료의 성분을 고려하여 표 54와 같이 체중조절 조제식품의 formulation을 완성하고 그 성분을 문헌값을 기준으로하여 추정한 값을 표 54에 나타내었다.

표 54. 체중조절 조제식품 formulation 및 추정 성분표

배합 소재	배합비 (%)	성분함량 (배합비 기준)							
		에너지 (kcal)	단백질 (g)	지질 (g)	회분 (g)	탄수화물 (g)	식이섬유 (g)	-수용성 (g)	-불용성 (g)
현미	30	109	1.90	0.8	0.4	23.1	1.11	0.21	0.90
보리	10	34	0.62	0.13	0.07	7.78	0.96	0.60	0.36
수수	5	18.7	0.48	0.06	0.06	3.96	0.14	0.02	0.12
울무	5	18	0.67	0.07	0.01	3.61	0.03	-	0.03
호밀	10	33.4	1.50	0.15	0.02	7.07	1.33	0.32	1.01
서리태	10	38.1	3.97	1.94	0.54	2.74	2.72	0.16	2.58
농축현미미강	5	20.6	0.67	0.98	0.37	2.44	1.03	0.11	0.92
오토브랜	5	18.9	0.70	0.55		3.35	0.75	0.50	0.25
돼지감자	5	8.9	0.48	0.05	0.40	3.82	0.51	0.51	-
치꺼리뿌리	5	18.0	0.35	0.05		4.38	0.38	0.38	-
HI-NMAIZE	5	6.5	-	-	-	4.35	2.80	-	2.80
WPI	3	11.3	2.70	0.03	0.07	0.05			
GABA-15	1	3.4	0.15	-	0.09	0.70			
프락토올리고당	1	1.4	-	-	-	-	0.95	-	0.95
합계	100	343.9	14.31	4.83		63.14	12.76	2.82	9.94

2. 발아통곡 체중조절 조제식품 대량 생산공정 개발

가. 배합 발아통곡의 분말소재화공정 개발

(1) 신공정 개발 배경

- 일반적으로 곡물을 주원료로 하는 전통적인 선식제조공정에서 곡물은 증자→건조→분쇄 또는 증자→건조→로스팅→분쇄 등 여러 단계의 공정을 거친다. 즉, 세척, 침지한 곡류를 증자한 후 그대로 건조하여 분말화 하거나 또는 건조한 곡류를 볶은 후 분쇄하여 선식소재로 이용한다. 이때 특히 각 배합곡류의 볶음공정은 선식의 영양학적, 물리화학적 및 관능적 특성에 큰 영향을 미친다.
- 본 연구 1차년도에 종래 발아현미의 생산공정의 문제점인 ① 발아 중에 잡균 번식, ② GABA 등 수용성 성분의 물로의 유출, ③ 발아현미의 식미 불량 등을 해결할 수 있는 **과열수증기를 이용한 고도발아기술**을 개발하였다 (그림 25). 즉, **고도발아기술**은 통곡을 세척, 침지한 후 발아력에 영향을 미치지 않을 정도로 190℃ 과열수증기로 2~3초간 가열하여 표면 오염미생물의 약 90%를 살균한 다음 발아한다. 발아 종료 후에는 발아과정에서 10^{10} CFU/g 수준으로 증가한 오염미생물을 다시 과열수증기로 처리하여 살균, 탈취하는 동시에 건조하는 방법이다.
- 또한 본과제 2차년도에는 발아곡류의 분산성, 용해성, 소화성 및 풍미 등이 개선된 고품질 특수용도식품용 발아통곡소재를 생산할 수 있는 새로운 2차 가공공정을 개발하였다 (그림 47). 즉, 표 55에 나타난 것과 같이 발아 종료 후의 고수분 LTLT 공정, 고온 (300℃)에서 단시간 (1분) 처리하는 HTST공정 및 고수분 발아통곡을 180℃ 과열수증기로 2분 간 parboiling한 후 수분함량 15%까지 건조하고 280℃ 과열수증기로 30초 처리하여 팽화하는 puffing공정을 개발하였다.

표 55. 고수분 발아통곡의 2차 가공공정

2차가공 공정명	처리 조건
Control	SHS (180℃) 3초 살균→ 건조 (10%)
LTLT	SHS (180℃) 3분 처리→ 건조 (10%)
HTST	SHS (300℃) 1분 처리→ 건조 (10%)
Puffing	SHS (180℃) 3분 parboiling → 건조 (15%) →SHS (280℃) 30초 처리

- 상술한 2차 가공한 발아통곡소재의 체중조절 소재로의 이용가능성을 확인하기 위하여 소화성 시험 및 eGI를 측정하였다. Puffing한 발아현미, 발아보리 및 발아메밀 시료의 eGI는 모두 75 이상으로 높은 반면에 발아수수는 가공조건에 거의 영향을 받지 않았다 (표 56).
- 한편, 과열수증를 이용한 LTLT 로스팅 발아소재의 GI는 무처리 발아통곡과 거의 같은 낮은

값을 나타내므로 체중조절형 조제식품 소재 생산을 위한 2차 가공공정으로는 LTLT 로스팅이 적합한 것으로 판단되었다.

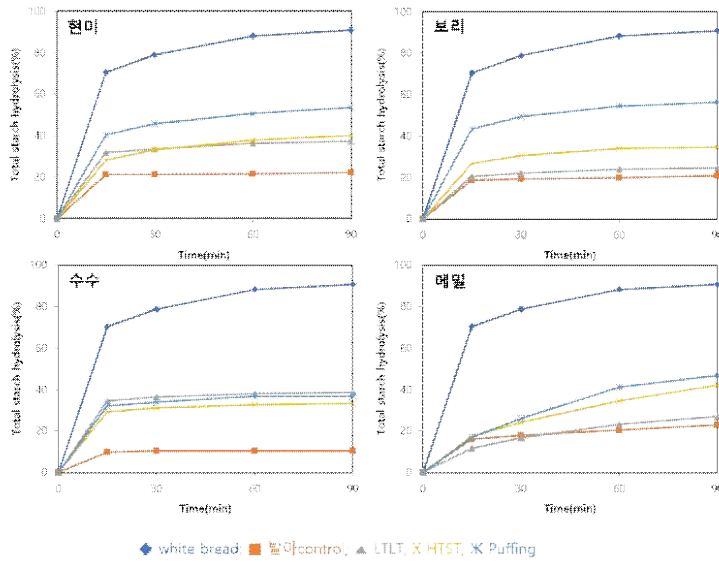


그림 68. 2차 가공공정 발아통곡 소재의 소화성

표 56. 2차 가공공정 발아통곡 소재의 eGI

2차가공공정	현미	보리	수수	메밀
Control	40.6	42.3	40.6	48.0
LTLT	47.8	47.8	47.1	62.7
HTST	61.8	55.1	47.1	76.0
Puffing	76.8	75.5	47.8	81.5

- 만약 고도발아기술로 생산한 고품질 발아통곡을 재래방법에 의하여 호화, 볶음처리 한다면 현재 로스팅 공정의 여러 가지 문제점을 역시 피할 수 없게 된다. 따라서 1차 년도에 개발한 고도 발아공정과 2차 년도에 개발한 발아통곡 2차 가공공정을 조합하여 일관된 새로운 발아통곡 분말소재화 공정을 개발하고자 하였다.
- 즉, 고도발아기술에 의하여 발아된 고수분 (20~50%)의 발아통곡을 유동층 과열수증기 처리 장치에 투입하여 과열수증기 (SHS)로 LTLT 처리하면 **살균/호화/건조/볶음의 일련의 공정을 단시간에 one-step으로 달성할 수 있을 것이다.** 살균→호화→건조→볶음 또는 팽화를 각각 개별공정에 의하여 여러 단계로 가공하는 재래공정에 비하여 본 가공공정에 의하면 이들 공정이 극히 단시간에 복합적으로 진행되기 매우 효율적인 공정이 될 것으로 판단된다.

(2) 최적 생산공정 수립

(가) SHS처리 발아통곡의 표면온도 및 팽화율

- 발아가 종료된 고수분 발아통곡 처리에 과열수증기 온도의 영향을 검토하기 위하여 발아통곡을 과열수증기 유동층장치에서 180 및 220 °C에서 각각 처리했을 때 알곡의 수분함량 및 표면온도의 변화를 그림 69 및 그림 70에 나타내었다.
- **발아현미:** 그림 69를 살펴보면 고수분 발아현미를 180 °C 과열수증기로 처리한 경우 발아현미의 표면온도는 첫 30 s 동안에 급격히 상승하여 약 100 °C에 도달하였고 그 후 완만히 증가하여 4 min 후에는 135 °C에 달하였다. 한편 수분함량의 변화는 살펴보면 초기 30 s 동안에 34%에서 21%로 직선적으로 감소하였으며 그 후 3 min까지는 비교적 완만히 감소하여 11%, 4 min 후에는 7%까지 감소하였다. 한편 SHS 처리온도 220°C인 경우 가열 초기 30 s 후 표면온도와 수분함량은 180 °C 경우와 거의 동일 하였다. 그러나 가열 중기 30-120 s 동안에는 표면온도는 보다 급속히 상승하여 3 min 후에는 140°C, 4 min 후에는 약 150 °C에 달하였다. 따라서 수분함량은 각각 7.5%, 5%로 감소되었다.
- **발아보리:** 발아 종료 후 초기 수분함량 41%인 발아보리는 β-glucan이 용출되어 표면이 부착성이 있어 알곡이 엉기는 경향을 보였다. 처리온도 180 °C인 경우 가열 초기 30 s 동안에 표면온도가 낮은 것으로 미루어 보아 과열수증기의 응축과 알곡의 표면수 증발이 동시에 일어나 수분함량의 변화가 거의 없는 것으로 판단된다. 가열 30 s 이후부터 보리 알곡이 유동화 되기 시작하였으며, 수분이 급격히 감소하여 2 min 후에 23%, 4min 후 10%에 도달하였다. 처리온도 220 °C인 경우에는 180 °C인 경우와는 달리 가열 초기부터 수분이 급격히 감소하였고 가열 3 min 후에는 발아현미와 동일한 약 5%수분으로 감소하였으며 그 후는 거의 변화가 없었다.

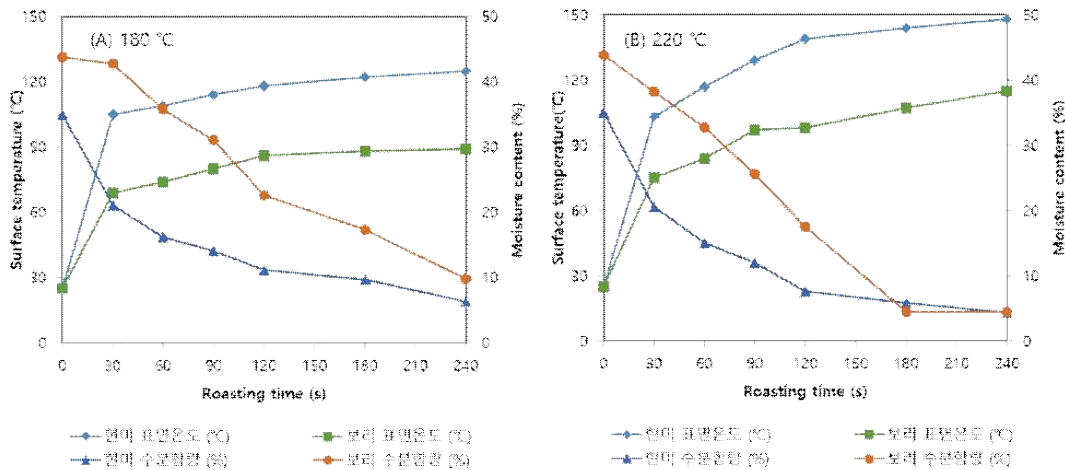


그림 69. SHS 처리온도가 발아현미 및 발아보리의 표면온도 및 수분함량에 미치는 영향

- **발아수수:** 발아현미 경우와 동일방법으로 발아수수를 유동층장치에서 180 및 220 °C 과열수증기로 각각 4분 처리했을 때 알곡의 수분함량 및 표면온도의 변화를 그림 70에 나타내었다. 발아수수와 호밀의 초기 수분함량은 발아보리와 비슷한 약 43% 이었으며, 표면온도 및 수분함량의 변화도 비슷한 양상을 보였다.

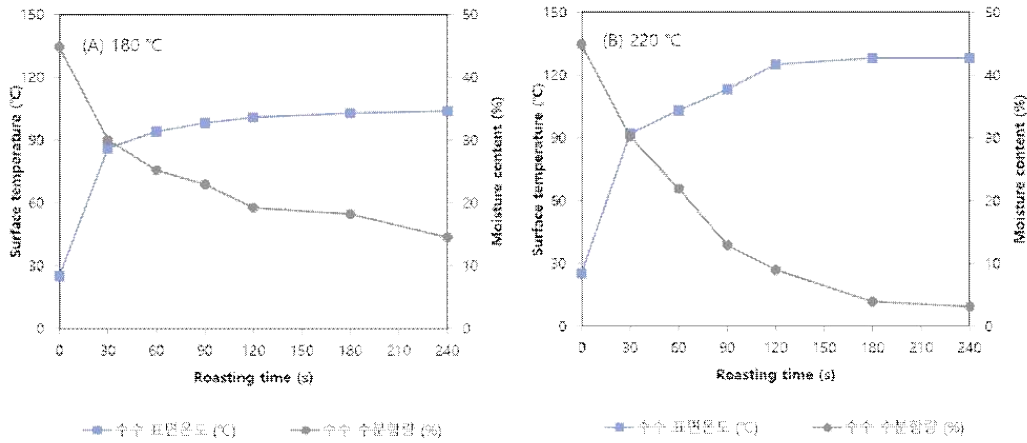


그림 70. SHS 처리온도가 발아수수의 표면온도 및 수분함량에 미치는 영향

- 이상의 예비실험 결과를 종합하여 볼 때 고수분 발아통곡 처리에 180°C는 다소 낮으며, 적합한 처리온도는 200°C~220°C인 것으로 판단되었다. 따라서 고수분 발아통곡을 200°C 및 220°C의 과열수증기로 각각 3 min 및 4 min 처리했을 때 수분함량 및 팽화율의 영향을 표 57에 나타내었다
- **발아현미:** 발아현미를 200 °C에서 처리한 경우 표면이 약간 갈변되었고 3 min 및 4 min 처리한 시료는 차이 없이 약 25% 팽창되었다. 그러나 처리한 발아현미 알곡은 유리질처럼 매우 단단하고 씹을 때 강층이 분리되어 거칠었다. 습열처리에 의하여 각종 전분의 팽윤력 및 용해도가 저하하고, 가열에 의하여 조직이 경화되는 것으로 보고되었다 [14]. 한편 220°C에서 3 min 및 4 min 처리한 시료는 수분함량이 5-7%로 감소되었고 팽화율도 1.32~1.37로 비슷하였다. 그러나 식미에 상당한 차이를 보여 3분 처리한 시료는 향미가 거의 없고 단단한 감이 있었으나, 4분 처리한 시료의 경우 전반적으로 고소한 볶은 향미가 생성되었으며 약간 단맛이 있고 사각사각한 씹힘성이 있었다.
- **발아보리:** 발아보리는 200°C에서 3 min 처리 했을 때 약 2배 팽화되었으며, 투명한 회색을 띄었으며, 4 min 처리한 경우는 단지 알곡의 색이 밝아졌고 향미는 전혀 생성되지 않았다. 220°C에서 처리한 경우 알곡은 갈변되어 연한 갈색으로 불투명하였고 식감은 200°C 처리구보다 우수하였다. 4 min 처리한 경우 현미의 경우와 유사하게 볶은 향미가 생성되었고 사각사각한 식감을 주었다.
- 또한 발아수수와 발아호밀을 200 °C 및 220 °C 과열수증기로 4 min 처리 했을 때 벌크밀도와 팽화도를 살펴보면 두 곡류 모두 과열수증기 처리 후의 수분함량은 8% 이하였으며, 팽화율은 각각 1.48 및 1.73으로 발아보리보다 작았다.

- 이와 같은 결과로 미루어 보아 발아현미의 경우 220℃에서 3 min 처리하면 수분저하로 미세구조는 고화되며, 이어서 계속 4 min 처리하면 팽화는 일어나지 않으나 고온가열에 의하여 카라멜 반응 등으로 향미가 생성되며 일부 세포벽, 전분입자 등이 열분해 되고 수분함량이 5% 수준으로 감소함으로써 고소한 맛과 사각사각한 조직감이 생성되는 것으로 판단된다.

표 57. SHS 처리 발아통곡의 팽화율

Cereal/Treatment	Roasted grain		
	Moisture content(%)	Bulk density	Expansion ratio
Brown rice	12.00	0.87	1.00
Germinated brown rice (GBR)	35.2		
Roasted GBR	200℃	8.3	0.70
	220℃	5.2	0.64
Whole barley	10.7	0.87	1.00
Germinated barley (GB)	43.5		
Roasted GB	200℃	8.9	0.41
	220℃	6.9	0.37
Whole sorghum	11.7		
Germinated sorghum (GS)	43.8		
Roasted GS	200℃	8.0	0.58
	220℃	5.0	0.55
Whole Rye		0.77	1.00
Germinated Rye (GR)	42.4		
Roasted GR	200℃	7.0	0.47
	220℃	4.7	0.44

(나) SHS 처리 발아통곡의 thermograph

- **발아현미:** 현미 및 보리의 원곡, 발아곡 및 SHS 처리한 발아곡의 DSC curev를 그림 71에 나타내었다. 현미원곡과 발아현미의 호화개시 온도 (T_0)는 각각 61.0℃, 60.7℃였으며, 호화 peak (T_p)는 각각 67.8℃ 및 67.4℃였다. 한편 호화 엔탈피 (ΔH)는 각각 7.9 및 8.1 J/g 이었으며, 고온측에서의 흡열피크는 관찰되지 않았다.
- 발아 종료한 고수분 발아현미 (수분함량 35.2%) 를 바로 유동층 과열수증기 장치에서 220℃, 30 s 동안에 처리한 후 급속냉각 한 시료의 DSC 곡선에서는 흡열peak가 나타나지 않았으며, 60~240 s 처리한 모든 시료에서도 나타나지 않았다. 그림 69에 나타난 것과 같이 과열수증기는 전열속도가 매우 빨라 30 s 가열했을 때 발아현미의 표면온도는 거의 100℃에 도달하였으므로 짧은 시간이지만 초기 30 s 가열하는 동안 전분은 거의 호화된 것으로 판단된다.
- **발아보리:** 발아보리의 경우에도 발아현미와 거의 동일하게 발아에 의하여 흡열곡선이 저온측으로 약간 이동하여 보리원곡과 발아보리의 T_0 는 각각 62.7℃, 61.3℃, T_p 는 각각 67.8℃

및 67.4°C 이었으며, 호화 엔탈피 (ΔH)는 각각 7.2 및 6.7 J/g 이었다. 특히 과열수증기로 220°C, 30 s 처리한 발아보리 시료의 경우 발아현미와 달리 완전히 호화되지 않아 53°C 부근에서 호화피크를 보였고, 240 s 처리 후에야 94% 호화되었다 (표 58). 이와 같은 현상은 보리 배유부 세포는 전분 알갱이를 둘러싸는 것 같이 식이섬유로 덮여 있어 호화되기 어렵기 때문인 것으로 추측된다.

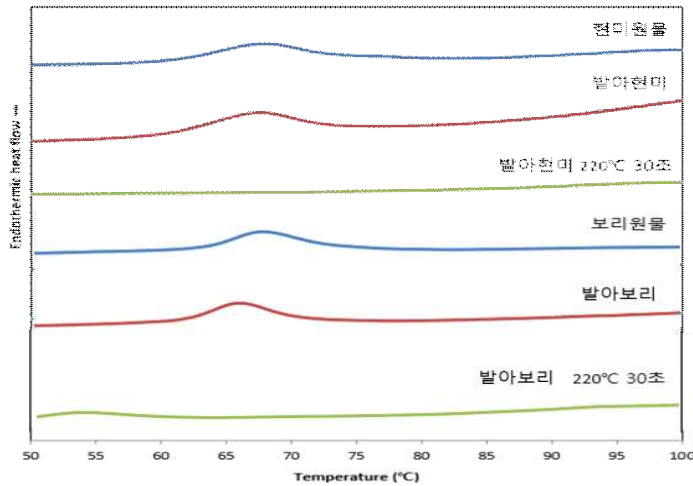


그림 71. SHS 처리 발아현미 및 발아보리의 DSC thermograph

표 58. SHS 처리 발아통곡의 DSC thermal parameter value

시료	처리방법	On set temperature (°C)	Peak temperature (°C)	End temperature(°C)	ΔH (J/g)
현미	원곡	61.0	67.8	74.3	7.9
	발아	60.7	67.4	73.3	8.1
	SHS발아 (220°C/30 s)	70.4	70.3	75.3	-1.0
보리	원곡	62.7	67.8	73.8	7.2
	발아	61.3	66.6	71.0	6.7
	SHS발아 (220°C/30 s)	48.3	53.7	60.3	2.4
	SHS발아 (220°C/240 s)	64.5	68.6	71.2	6.4

- **발아수수와 발아호밀:** 수수 및 호밀의 원곡, 발아곡 및 SHS 처리한 발아곡의 DSC curve를 그림 72에 나타내었다. 수수원곡과 발아수수의 호화개시 온도 (T_0)는 각각 62.2°C, 61.5°C 이었으며, 호화 peak (T_P) 는 각각 69.1°C 및 67.8°C였다. 한편 호화 엔탈피 (ΔH)는 각각 7.2 및 8.3 J/g 이었다.
- 발아수수는 220 °C에서 90 s 처리해야만 호화가 완료된 반면에 호밀은 30 s 처리로 완전히 호화된 것을 알 수 있다. 수수의 경우 단백질 매트릭스가 전분입자 주위에 보호 네트워크를 형성하고 있어 호화속도가 느린 것으로 판단된다.

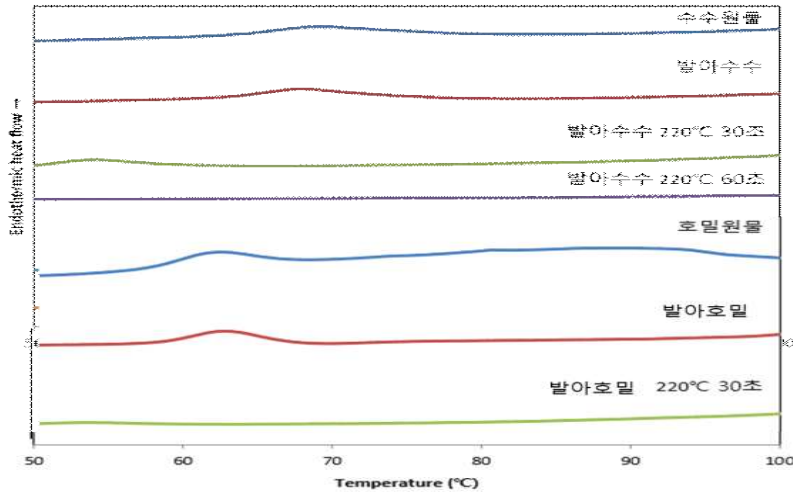


그림 72. SHS 처리 발아수수 및 발아호밀의 DSC thermograph

표 59. SHS 처리 발아수수 및 발아호밀의 DSC thermal parameter value

시료	처리방법	On set temperature (°C)	Peak temperature (°C)	End temperature(°C)	ΔH (J/g)
수수	원곡	62.2	69.1	78.3	7.2
	발아	61.5	67.8	75.9	9.3
	SHS발아 (220°C/30 s)	49.0	53.9	60.1	3.8
	SHS발아 (220°C/60 s)	61.3	73.6	77.5	0.02
	SHS발아 (220°C/90 s)	65.8	64.2	67.4	-0.3
호밀	원곡	57.9	62.2	67.0	2.4
	발아	58.4	62.5	67.0	2.7
	SHS발아 (220°C/30 s)	47.7	53.2	58.2	-0.1

(다) SHS 처리 발아알곡의 미세구조

- 발아 종류 후의 고수분 발아현미를 최적조건에서 과열수증기 처리 (220°C/4 min)한 알곡의 전자현미경 사진을 각각 그림 73에 나타내었다. 처리하지 않은 현미원곡 및 발아현미 분체는 식물세포의 원형을 유지하고 있었다. 그러나 과열수증기 처리한 발아현미는 알곡의 중심부에 깊이가 얇은 큰 공동과 망상구조의 열린 구멍이 형성되었으며 그 외 주변은 상대적으로 치밀한 조직을 유지하는 불균일 구조를 보였다.
- 제한된 수분상태에서 수열가열에 의한 전분의 호화는 기본적으로 전분의 용융과전이라 생각할 수 있으며, 열전달과 상전이가 공존하는 과정이다. 그림 72에 나타난 수열처리에 의한 발아현미의 미세구조의 변화는 가열과 팽화의 두 단계로 나눌 수 있다. 고온에서 전분은 유리전이 되어 연질상태에 들어가 전분분자는 어느 정도 움직일 수 있는 자유도를 가진 용융

상태가 되어 치밀한 구조가 파괴되면서 열적호화가 일어난다. 그 후 알곡은 팽화단계로 들어가 갑자기 쌀알 중의 공기와 증발한 수분은 수많은 기포로 팽창된다. 그 중 일부 기포가 큰 기포로 응집되며, 연화된 고형분은 기포의 팽창하는 힘을 이기지 못하여 큰 공동을 형성하며 일부 미세한 기포는 다공성 구조를 형성하는 것으로 추측된다.

- 동일 처리 (220°C/4 min) 를 한 발아보리의 경우 그림 74에 나타난 것과 같이 발아현미보다 깊은 세공이 균일하게 분포되었다. 그러나 배유 내에 큰 구멍이 형성되었고 또한 배유의 외층과 강층 사이에 분리된 큰 공간이 형성되었다. 발아보리의 경우 가열 30 s 후에도 수분함량 40%로 고수분을 유지하였다. 이는 초기 수분함량이 43.8%로 상당히 높았을 뿐 아니라 응축전열에 의한 수증기 응축때문인 것으로 판단된다. 따라서 고수분 상태인 표면은 호화되어 두껍고 치밀한 층을 이룬 것을 관찰할 수 있다. 내부에서 형성된 수증기는 이 치밀한 표층을 투과하기 못하기 때문에 표층부와 배유 사이에 넓게 분포된 공간이 형성된 것으로 판단된다.
- 전반적으로 과열수증기 처리한 발아통곡의 미세구조의 변화를 전자현미경으로 관찰한 결과 과열수증기 처리에 의하여 극히 짧은 시간 시료는 급격히 팽창되어 다공질화 되면서 세포벽이 파괴되고 세포 내 물질이 들어난 상태이다. 그 결과 세포질에서 유래하는 각종 영양성분, 생리활성 성분의 소화흡수가 개선될 것으로 추측된다.

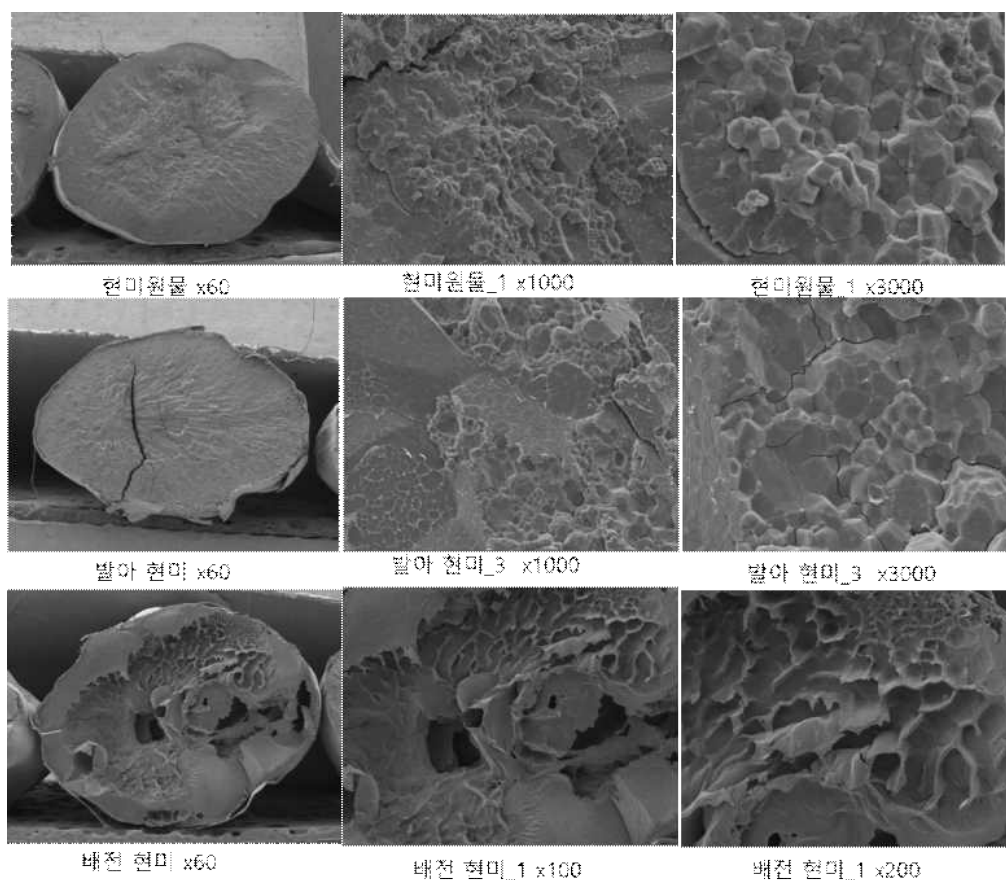


그림 73. 과열수증기 처리한 (220°C/4 min) 발아현미의 전자현미경 사진

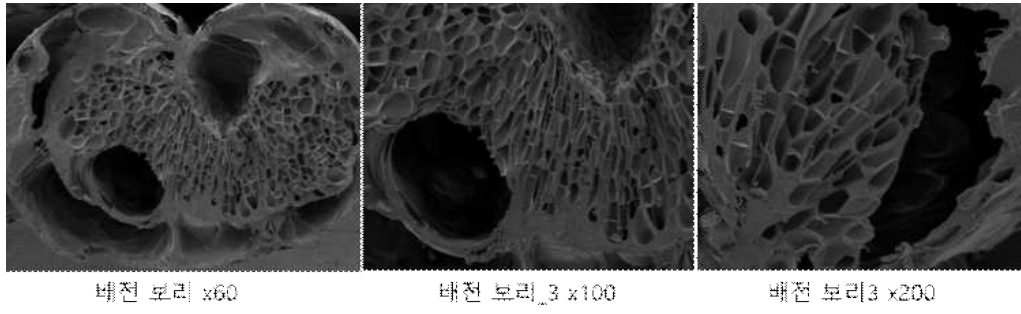


그림 74. SHS 처리한 (220°C/4 min) 한 발아보리의 전자현미경 사진

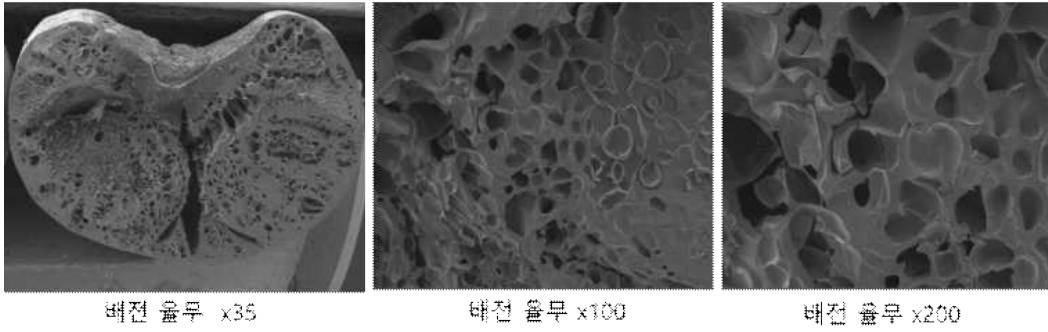
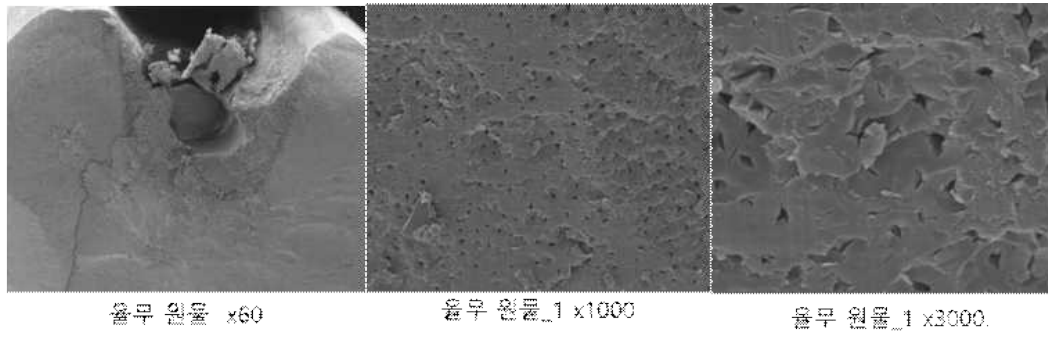


그림 75. SHS 처리한 (220°C/4 min) 한 발아울무의 전자현미경 사진

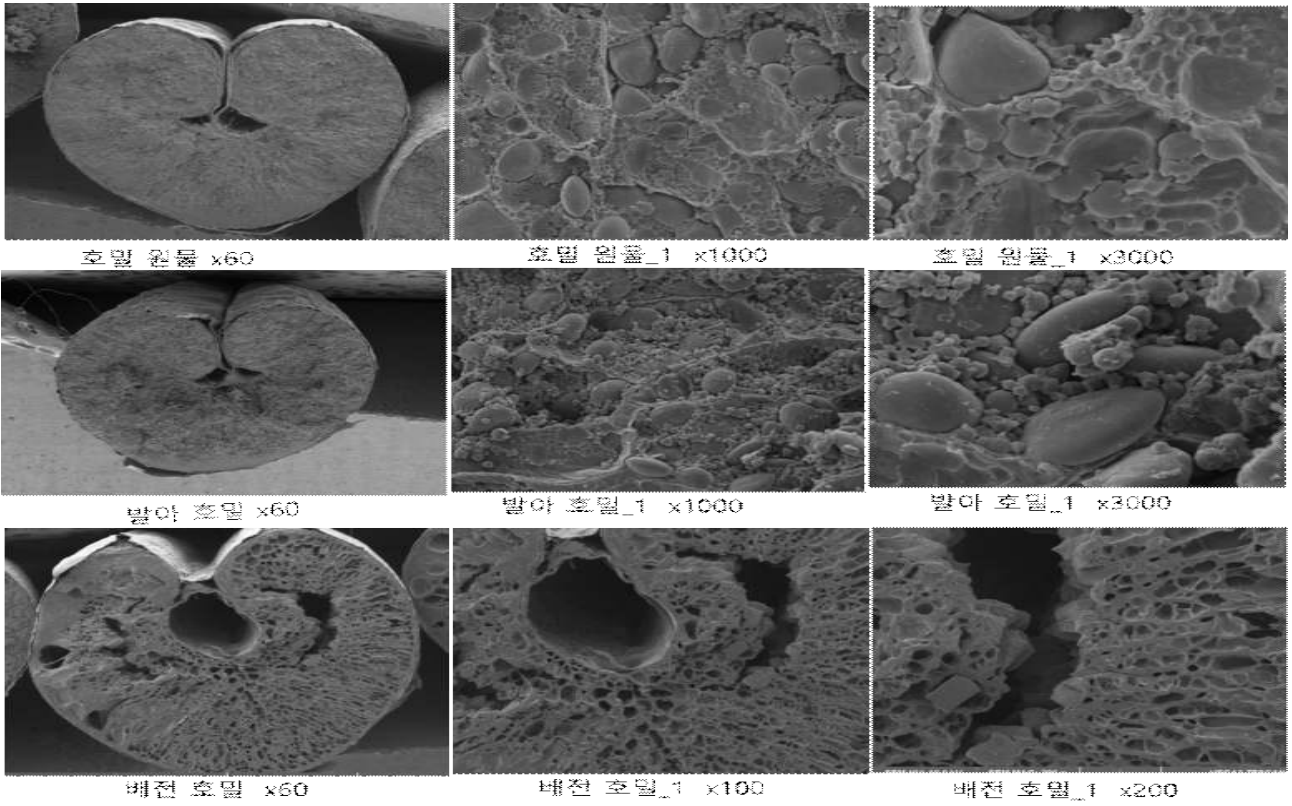


그림 76. SHS 처리한 (220°C/4 min) 한 발아호밀의 전자현미경 사진

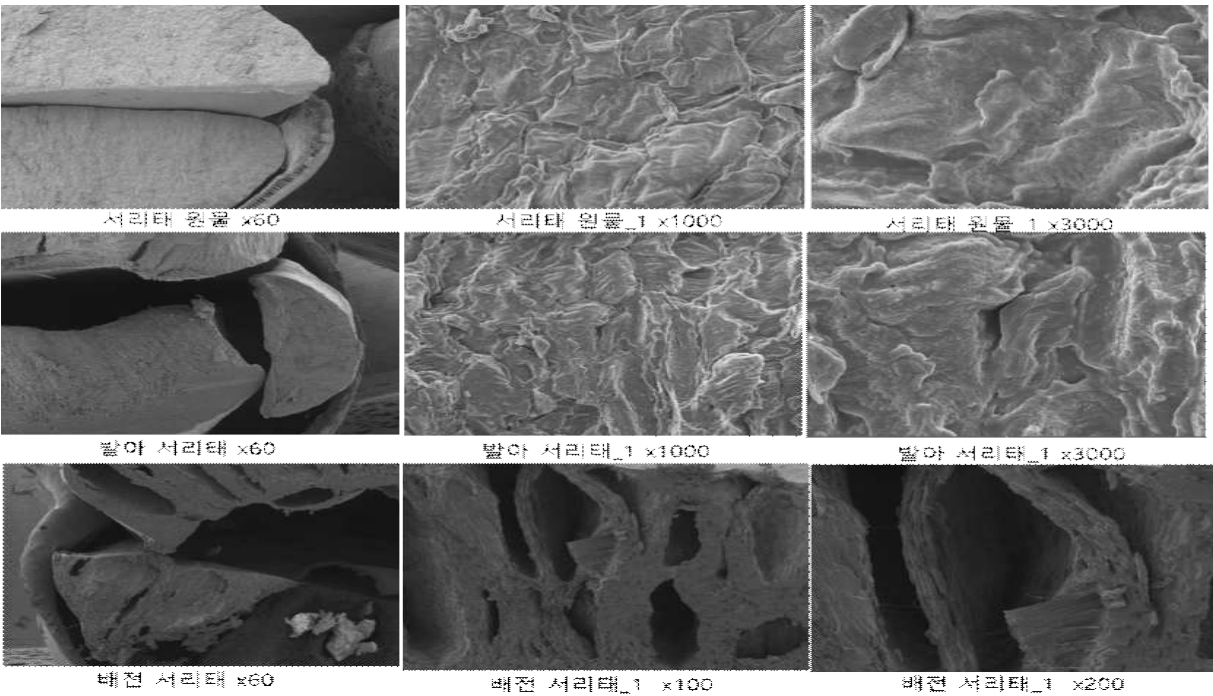


그림 77. SHS 처리한 (220°C/4 min) 한 발아보리의 전자현미경 사진

(라) SHS 처리 발아통곡의 pasting 특성

- 발아현미가루: 과열수증기 처리한 현미원곡과 발아현미 가루의 pasting 특성을 대표적으로 그림 78에 나타내었다. 점도곡선을 살펴보면 두 시료는 전형적인 type A의 점성곡선을 보였으며, 현미원곡의 PT는 64℃, 발아현미는 62℃ 이었고, 각각 가열 8.1분 후, 7.2분 후에 최고점도에 도달하였다. 발아현미의 RVA curve가 저온측으로 약간 이동한 동시에 PT, PV 및 FV 등 점성이 모두 현미 원곡보다 감소하였다. 이는 발아과정에서 α -amylase에 의하여 일부 전분이 가수분해 되어 당류, 올리고당 등이 생성되며 따라서 점성이 감소하는 것으로 보고되고 있다. 또한 현미원곡과 발아현미의 breakdown viscosity는 각각 439 및 795 RVA unit로 발아현미가루는 가열, 교반에 의한 전단력에 원곡보다 취약한 것을 의미하며 따라서 FV도 발아현미가 상당히 낮았다.
- 특히 과열수증기 30초 처리한 발아현미 시료는 DSC의 흡열곡선 (그림 71) 을 보면 거의 완전히 호화된 것으로 판단된다. 그러나 일반적으로 pregelatinized starch에서 나타나는 cold viscosity가 전혀 나타나지 않았으며, PT가 82.5℃로 급격히 상승하였으며 PV도 명확하지 않으면서 높은 95℃ peak viscosity 이후 점도가 급격히 상승하는 패턴을 보였다. 전분을 제한된 수분상태에서 가열하면 일부 전분입자는 다형전이, 용해, glass화 등 여러 가지 변화를 받아 불균일화 되는 동시에 분자사슬 사이에 강한 결합 (가교)이 생성되는 것으로 알려져 있다. 발아 종료 후 수분함량이 높은 상태의 발아현미를 SHS가열하면 이와 같은 전분입자의 구조적 변화로 PT가 상승된 것으로 추정된다. 또한 과열수증기 처리 초기에 고수분 발아현미가 고온순간가열 되어 전분은 거의 호화되었으나 granule structure를 그대로 유지하고 있었다는 것을 의미하며, RVA에서 가열과 교반에 의한 전단으로 전분입자가 부분적으로 파괴되어 점성이 증가하고 냉각에 의하여 입자들이 겔화되어 냉각과 더불어 지속적으로 급격히 점도가 상승한 것으로 판단된다.
- 과열수증기로 60 s 이상 가열한 시료들의 점도곡선은 현저히 감소하였으며, PV, BKV가 나타내지 않는 C-type 프로파일을 보였다. PT는 74.8℃로 일정하였으며, 95℃ PV도 거의 동일한 값을 나타내었으나, 처리시간이 증가할수록 FV가 감소되어 120s 이후에는 거의 변화가 없었다. 60 - 120 s 처리한 시료의 경우 30 s 까지는 granule structure를 유지하고 있던 전분입자가 계속된 고온가열로 팽화되고 직선 전분분자들이 부분적으로 단쇄화 되어 RVA cycle 전체를 통해 점도가 감소하는 것으로 추정된다. 처리시간 120 s 이상 처리한 시료의 RVA curve가 더 이상 변화가 없는 것은 수분감소로 추가적인 구조적 변화가 일어나지 않기 때문인 것으로 판단된다.
- 종합하여 120 s 이상 과열수증기 처리한 시료는 BD를 나타내지 않을 뿐 아니라 FV가 낮다. BD는 팽윤한 현미가루 및 전분입자의 붕괴 정도를 나타내며, FV는 가열처리한 시료의 조리 또는 냉각 후 점성 페이스트 또는 겔 형성하는 능력을 나타낸다. 이와 같은 점에서 220℃ 과열수증기로 4 min 처리한 발아현미 가루는 겔을 형성하지 않으며 안정한 저점도 특성을 나타내어 선식형 조제식품으로 최적의 물성을 가지는 것으로 생각된다.

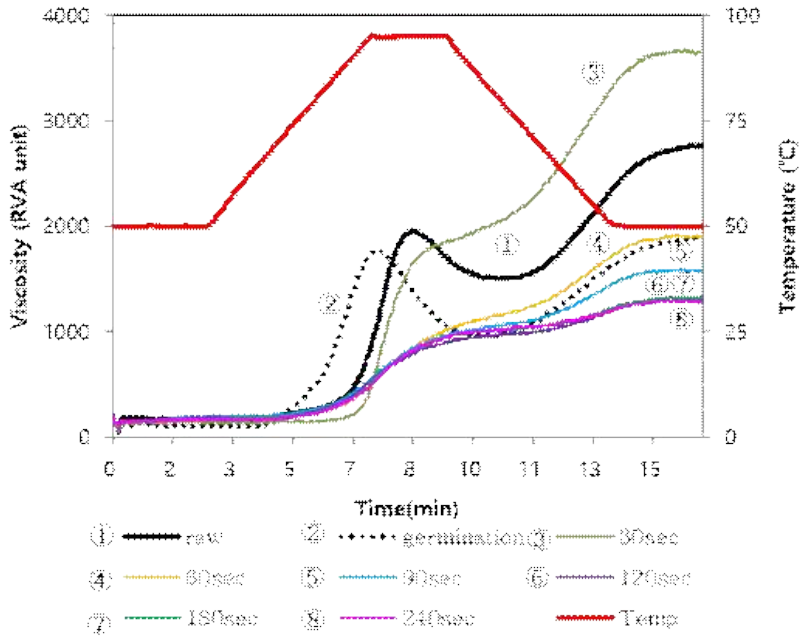


그림 78. 과열수증기 처리시간이 다른 발아현미가루의 RVA viscometer

표 60. 과열수증기 처리조건이 발아현미의 pasting characteristics에 미치는 영향

SHS treatment (220 °C)	Pasting temperature (°C)	Peak viscosity (RVA unit)	Peak time (min)	95°C viscosity (RVA unit)	Final viscosity (RVA unit)	Setback viscosity (RVA unit)	Breakdown viscosity (RVA unit)
Brown rice	64.0	1949	8.1	1939	2762	1232	439
Germinated brown rice	62.0	1784	7.2	1434	1889	900	795
Time (s)	30	82.5	-	-	1531	3640	-
	60	74.8	-	-	817	1892	-
	90	74.8	-	-	812	1579	-
	120	74.8	-	-	764	1300	-

- **발아보리가루:** 보리는 발아현미와 다른 특성을 나타내었다 (그림 79). 생보리 가루 및 발아보리 가루의 PT는 각각 63.7 및 66.0°C이었으나 과열수증기 처리한 시료는 처음부터 점성이 증가하기 시작하여 약 6분 후에 PV를 나타내었으며, 처리시간이 증가할수록 RVA curve는 동일한 형태이면서 고점성으로 이동하여 점차 높은 PV를 나타내었다. 이와 같은 현상은 전술한 그림 71의 DSC thermograph에 의하면 보리의 경우 과열수증기 처리시간 240 s 동안 전분의 호화가 지속적으로 진행된다는 사실과 일치한다. 즉, 처리시간이 증가할수록 전분의 호화가 추가적으로 진행되기 때문에 RVA curve도 고점성으로 이동한 것으로 판단된다. 한편 cold viscosity는 β-glucan의 용출에 기인하는 것으로 추정된다.
- **발아수수분말**의 경우에도 과열수증기 처리시간에 따라 발아보리와 유사한 RVA profile을 보였으나 저온측으로 이동되었다.

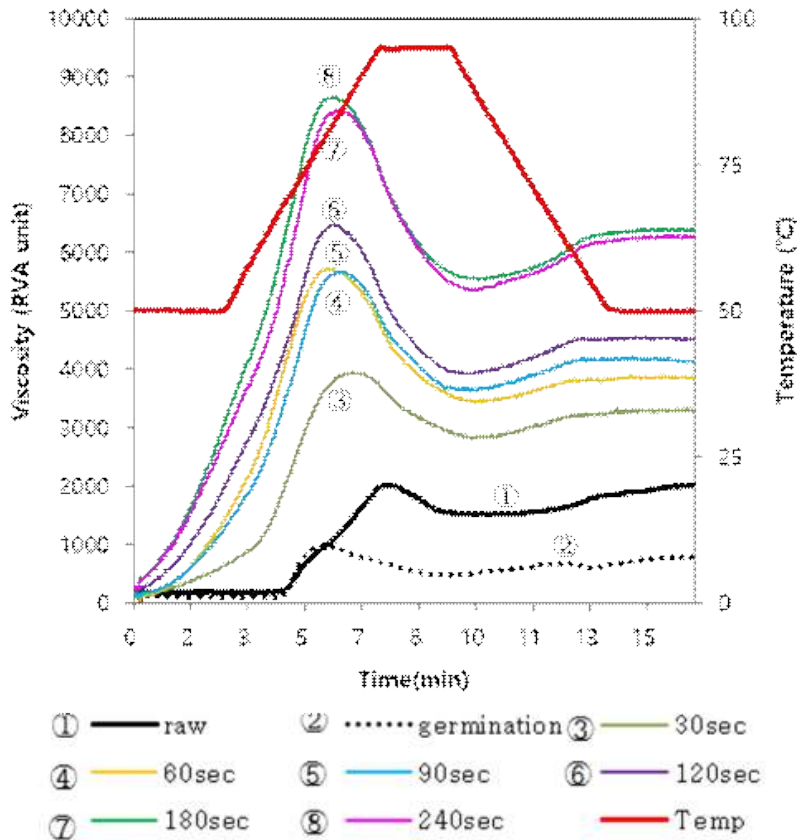


그림 79. 과열수증기 처리시간이 다른 발아보리가루의 RVA profile

- 결론적으로 과열수증기를 이용한 고수분 발아통곡의 one-step 로스팅의 최적조건은 220°C, 4분간 처리인 것으로 판단되었다. 이 조건으로 처리한 발아현미와 발아보리의 팽화율은 1.32~2.37 범위로, 이 정도의 팽화율은 다공질화 되었지만 영양성분의 손실이 적고 먹었을 때 맛과 향이 있고 게다가 씹는 맛이 생겨 선식용 소재로 적합한 것으로 생각되었다. 고온고압 하에서 가열한 후 일거에 상온상압으로 방출하는 gun puffing의 경우 과도하게 팽화되어 (팽화율 4~10) 팽화곡류가루를 물에 현탁 했을 때 cold viscosity가 높아 마치 죽처럼 겔화 되어 선식소재로서는 부적합하며, 조직감이 없어 입안에서의 촉감이 좋지 못하다 (Yasui et al. 2004).

(3) 대량 생산공정

(가) 발아공정

- 전술한 이론적 배경과 실증시험 결과를 종합하여 과열수증기를 이용한 체중조절 조제식품 대량 생산공정을 그림 80과 같이 확립하였다. 전체 공정은 대별하면 발아공정과 발아통곡의 분말화 공정 및 생산된 각 소재를 배합비에 준하여 균일하게 배합하는 배합공정으로 나눌 수 있다. 사용하는 각 장치의 종류, 용량, 생산량 등은 다양한 조합이 가능하므로 생략하며, 실험실 및 pilot 생산 연구를 통하여 확립된 핵심적인 조건을 중심으로 flow chart 따라 기술한다.

- 현 발아과정에서 가장 문제되는 것은 침지과정에서 오염 미생물의 증식이다. 일반적으로 곡류의 초기 오염도는 $10^5 \sim 10^6$ CFU/g 이며, 발아 후에는 $10^9 \sim 10^{10}$ CFU/g 수준으로 증가한다. 이와 같은 오염 미생물의 증식을 해결하기 위하여 다양한 기술적, 경제적 검토를 한 결과 발아력에 영향을 미치지 않을 정도로 과열수증기를 이용한 순간 살균시스템을 도입 하였다.
- 배아가 손상되지 않게 가볍게 세척하면 오염미생물의 약 50%가 감소된다. 세척한 곡류를 탈수하고 바로 과열수증기 장치에서 순간살균처리 (190°C , 2~3 s) 하여 오염균수를 감소시킨다. 세척, 탈수한 곡류를 190°C 에서 2초간 과열수증기 살균처리하면 발아율에 영향을 주지 않으면서 오염균수를 (1~2)log 감소시킬 수 있음을 확인하였다.
- 다음 침지단계는 발아율 및 발아제품의 품질에 가장 큰 영향을 미친다. 특히 가용성 영양기 능성 성분 및 미생물 오염도는 침지 온도-시간의 영향을 크게 받으므로 최적화 하는 것이 중요하다. 본 공정에서는 오염미생물의 증식을 최대한 억제하기 위하여 17°C 에서 저온 발아 하는 동시에 발아시간을 24시간 정도로 최대한 단축하여 전발아단계에서 발아를 종료한다 (수침법 이외에 고습도 공기로 조습하는 기상발아법도 선택할 수 있는 바람직한 방법이며 조습을 제어함으로써 수분함량을 조정하면서 발아하는 것이 가능하다).
- 발아가 종료된 후 오염균수는 발아전 과열수증기 살균 유무에 관계없이 $10^9 \sim 10^{10}$ CFU/g 수준에 도달한다. 그러나 발아 종료 후 발아통곡의 품질에는 큰 차이가 있다. 침지전 살균 하지 않고 재래방법으로 발아시킨 발아곡류는 변색과 발아취가 심한데 비하여 살균 처리한 경우는 밝은 원곡의 색을 그대로 유지하였으며 발아취는 거의 없었다. 이와 같은 결과로 미루어 보아 초기 오염도를 줄임으로서 발아과정에서 오염균을 저수준으로 관리하는 것이 매우 중요하다는 것을 알 수 있다.

(나) 분말화 공정

- 발아 직후 발아통곡의 수분함량은 통곡의 종류에 따라 30-45%에 수준이다. 종래 발아곡류 생산 공정에서는 발아기간 동안에 증식한 미생물을 살균하고 발아취를 제거하기 위하여 가열살균처리를 한 후 수분함량 10-15%로 건조한다.
- 이와 같이 생산된 건조 발아곡류를 분쇄하여 체중조절 조제식품 배합소재로 활용할 수 있다. 그러나 재래방법으로 살균, 건조된 발아곡류는 단단하여 식감이 좋지 못하며 발아취가 남아 있고, 또한 분산성도 좋지 못하여 그대로 체중조절 조제식품 배합원료로 이용하는 데는 한계가 있다.
- 따라서 발아 종료 후의 고수분 발아곡류를 바로 과열수증기 처리하여 onep-step으로 살균/개질/건조를 달성함으로써 분산성, 용해성 및 풍미 등이 개선된 발아통곡 분말화 생산 공정을 개발하였다. 최근 식품의 건강, 환경, 안전, 안심에 대한 관심이 증가하면서 과열수증기 (superheated steam, SHS)를 이용한 수열공정 (hydrothermal process)은 식품가공 분야에서 소재가 가진 영양기능성과 맛을 살리는 기술로서 주목받고 있다.

- 과열수증기는 전열속도가 빨라 시간 단위가 아니라 분 및 초 단위 가공이 가능하다. 특히 과열수증기는 170℃ 이상일 때 물질을 태우는 우수한 능력을 가진 일종의 “물가스”로 되어 “수증기로 굽거나 볶는 것”이 가능하다. 따라서 과열수증기의 이와 같은 특성을 이용하여 과열수증기의 온도와 처리시간을 제어함으로써 짧은 시간에 고수분 발아곡류를 parboiling, puffing, roasting 할 수 있다.
- 발아종료 후의 고수분의 발아곡류를 유동층 roaster에서 220℃의 과열수증기로 4-6분 동안 가열처리한다. 발아 종료 직후 발아곡류의 수분함량은 35~45%이며 전열속도가 빨라 가열 30초 후에 곡류 알갱이의 표면온도는 약 100℃에 도달하며 수분함량은 약 30%로 급속히 감소하고 전분은 거의 호화된다. 가열시간 30~180초 사이에는 알곡의 온도상승과 수분감소 속도가 비교적 완만해져 표면온도는 130~140℃, 수분함량은 약 8% 수준까지 감소한다. 그리고 180~240 초 사이에는 표면온도는 약 150℃, 수분함량은 5%에 달한다.
- 곡류의 주성분인 전분은 과잉의 수분이 존재하는 상태에서는 가열하면 50-70℃ 에서 호화된다. 그러나 가열에 의하여 수분이 감소하면 전분의 용점이 증가하여 전분결정은 훨씬 고온 (150-170℃)에서 용융전이 (melting transition) 된다. 곡류의 파보일링 (parboiling)은 제한된 수분 상태에서 부분적으로 호화시키는 조작이며, 로스팅 (roasting)은 일종의 건열 파보일링 (dry parboiling) 이다. 이와 같은 관점에서 본다면 상술한 발아곡류의 과열수증기 처리조작은 곡류의 품온과 전분의 용점이 연속적으로 변하는 dynamic process로 이다. 가열시간 약 3분까지는 주로 파보일링 일어나고 3~4분 사이에는 로스팅 되는 과정으로 주로 thermal degradation과 향미가 생성 된다.
- 과열수증기 처리 종료 즉시 발아곡류는 감압 냉각 등으로 급속히 실온으로 냉각시킨 후 분쇄, 분말화 한다.
- 돼지감자, 치꺼리 뿌리 등의 각 부원료는 선별, 세척 후 세절하여 과열수증기 처리한다. 이들 시료는 발아곡류와 달리 저온의 열풍으로 장시간 건조 (수분함량 5%) 하여 분쇄한다.
- 최종적으로 발아곡류 분말과 부원료 분말 등을 배합비에 따라 혼합하여 제품화하며, 필요에 따라 혼합물 전체를 재분쇄하여 입도를 균일화 한다.



그림 80. 발아통곡 체중조절 조제식품 생산공정

나. 발아통곡 분말소재의 특성 분석

(1) 수화특성

- 최적조건에서 과열수증기 처리한 발아현미 및 발아보리를 실험실용 waring blender로 분쇄하였다. 분쇄한 분말소재는 60~325 mesh 입자가 널리 분포되어 있었으며, 특정한 입자크기로 분획하지 않고 그대로 호화특성을 분석하였다 (표 61).
- 수분용해지수 (WSI) 는 전분의 붕괴에 의해 발생하는 수용성 물질의 양에 비례하며, 호화도가 증가할수록 높은 값을 나타낸다. 또한 수분흡착지수 (WAI) 는 전분과 단백질의 수화를 나타내는 지표로 활용된다. 발아현미 분말소재의 WSI, WAI 및 SP는 각각 4.5, 5.4 및 5.6으로 비교적 낮았으며 발아울무 분말과 비슷한 값 이었다. 발아현미의 경우 체적밀도가 낮은 것으로 미루어 보아 전술한 것과 같이 치밀한 조직을 상당부분 유지하고 있어 전분 등 용출되는 물질이 적은것으로 추측된다.

- 한편 발아보리 분말의 경우 발아현미에 비하여 WSI, WAI 및 SP가 모두 약 2배 높은 값을 보였다. 이는 전분 이외에 수용성 식이섬유인 β -glucan이 용출되었기 때문인 것으로 판단되며 또한 팽화지수가 발아현미의 약 2배로 보다 많은 세공이 형성되어 수분흡수가 용이하기 때문인 것으로 판단된다.
- 발아호밀의 경우 다른 곡류분말 소재에 비하여 WSI 높았는데 이는 SEM 사진에서 볼 수 있는 것과 같이 미세한 세공이 많아 형성되고 β -glucan 등 수용성 성분의 용출에 기인하는 것으로 추측된다.

표 61. 발아통곡 분말소재의 수화특성

	WSI	WAI	SP	Dispersibility	Sinkability
발아현미	4.5	5.4	5.6	94.4	85.6
발아보리	9.3	8.4	9.3	83.2	91.9
발아수수	6.6	9.0	9.7	78.9	92.2
발아호밀	14.2	4.6	5.4	95.0	92.9
발아울무	5.2	6.2	6.5	71.8	87.8
발아서리태	22.9	3.9	5.2	93.8	85.9

(2) Pasting 특성

- 체중조절 조제식품 시제품에 배합할 각 발아곡물 분말소재의 페이스팅 특성을 그림 83 표 62에 나타내었으며, 비교를 위하여 원곡과 발아곡의 RVA profile 역시 그림 81 및 82에 나타내었다. 전술한 것과 같이 발아곡류의 RVA curve는 원곡보다 낮아졌다.
- 그림 83을 보면 특히 발아보리분말의 점도는 초기 낮은 점도에서 출발하여 온도가 증가하면서 점도가 급격히 증가하여 PT 6.8 min에 PV 4269 RVA unit를 나타내었다. 이어서 교반에 의하여 전분입자가 파괴되어 점도가 저하되고 95℃에서 50℃로 냉각되면서 점도는 다시 증가하여 FV 4202 RVA unit를 나타내었다. BV와 SB viscosity 비슷한 약 2000 RVA unit를 나타내어 불안정한 것으로 판단되었다.
- 발아수수분말은 발아보리분말에 비해 상당히 낮은 PV 1530 RVA unit를 나타냈으며, FV는 현저히 낮은 1846 RVA unit 이였고 BV와 SB viscosity은 각각 190 및 406 RVA unit로 작았다.
- 전분알갱이가 구조적으로 호화되기 어려운 발아보리 분말과 발아수수 분말을 제외하고 다

큰 발아곡류 분말은 명확한 PV, SV 및 BD를 나타내지 않았으며, 발아호밀, 발아율무, 발아현미, 발아서리태 순으로 FV도 낮았다. 이는 과열수증기에 의한 순간 열처리에 의하여 가루 및 전분입자가 과열되고 호화, 가용화 되었기 때문인 것으로 추측된다. 특히 배합비 30%인 발아현미분말과 10%인 발아서리태분말의 점도가 낮아 최종 제품의 점도저하와 안정화에 상당이 기여할 것으로 판단된다.

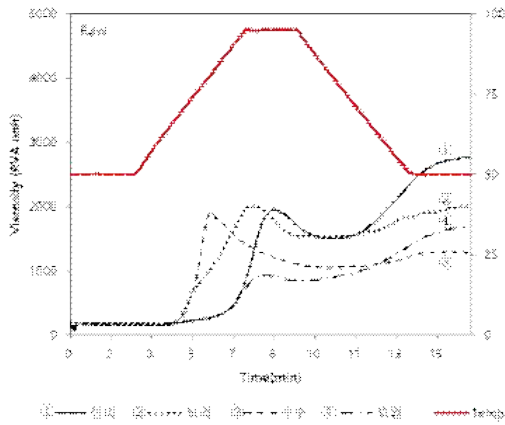


그림 81. 생곡류 가루의 RVA profile

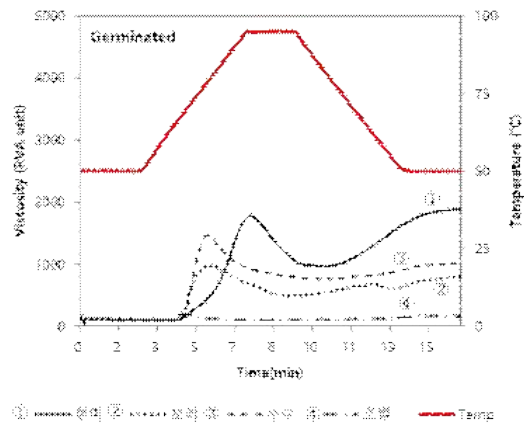


그림 82. 발아곡류 가루의 RVA profile

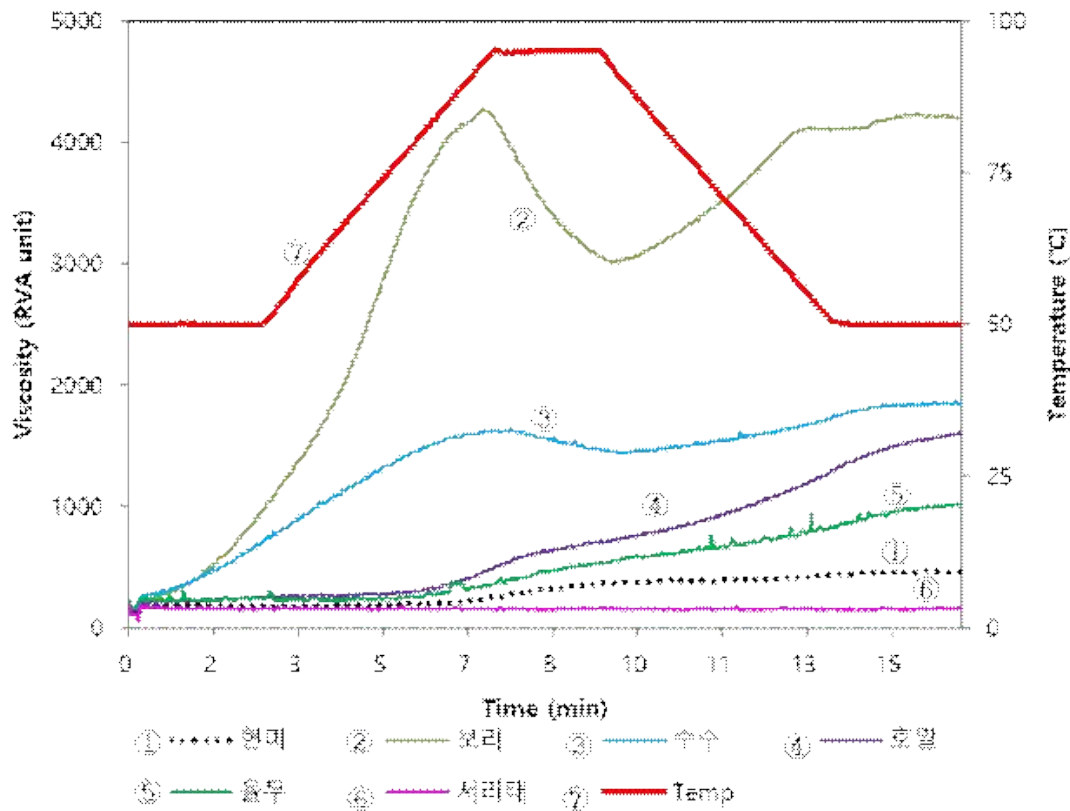


그림 83. 발아통곡 분말소재의 RVA profile

표 62. 발아통곡 분말소재의 pasting characteristics

SHS treated grain flour	Pasting temperature (°C)	Peak viscosity (RVA unit)	Peak time (min)	95°C viscosity (RVA unit)	Final viscosity (RVA unit)	Setback viscosity (RVA unit)	Breakdown viscosity (RVA unit)
Germinated brown rice	74.8	-	-	522	451	-	-
Germinated barley	50.0	4269	6.6	3480	4202	1189	1256
Germinated sorghum	50.0	1630	7.3	1556	1846	406	190
Germinated rye	52.6	-	-	628	1594	-	-
Germinated Job's tears	51.9	-	-	465	1017	-	-
Germinated black bean	-	-	-	149	157	-	-

3. 배합곡류 소재화 기술의 부원료 확대 적용

가. 농축현미미강

- 농림기술개발 사업으로 추진한 Novel G (2010.11.1~2013.10.31) 프로젝트에 의하여 개발한 농축현미미강소재 제조공정은 그림 84와 같다. 간략히 제조공정을 기술하면 현미를 2~3회 세척하여 18시간 침지한 후 오븐형 과열수증기장치(Naomoto, QF-5100CB_R-24H, Japan)에서 상부 240°C, 하부 220°C의 조건에서 6분간 처리한 후 수분함량이 12 ~ 13%가 되도록 실온에서 건조 하였다. 건조한 현미는 소규모 정미기(모델 LH-601M, 이화산업)로 12분도로 도정하여 미강가루를 얻었다. 이 미강가루에 포함된 전분질인 과쇄미를 18 mesh 표준체를 사용하여 분리한 후 실험실 분쇄기로 분쇄하여 농축현미미강 소재 시제품으로 하였다.

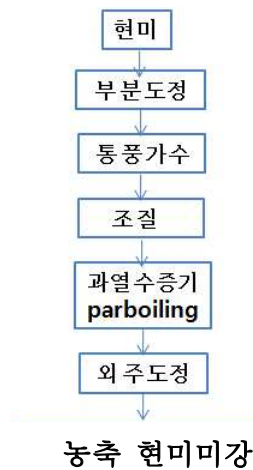


그림 84. 농축 현미미강가루 제조공정

- 상술한 농축현미미강 소재는 현미의 외주 부분을 깎아 내어 현미 영양기능성분의 95%를 함유한 배아와 미강부분을 농축한 현미가루이기 때문에 표 63에 나타낸 것과 같이 탄수화물이 44.2%, 단백질이 16.0%, 특히 불용성 식이섬유는 약 39%에 달하며, 비타민 E는 3.62 mg/100 g이 함유되어 있다.

- 또한 농축현미미강에서 주목할 성분은 고함량의 γ -oryzanol (460.3 mg/100 g DM) 이다. γ -Oryzanol 전술한 것과 같이 유일하게 미강에만 함유되어 있는 항 비만성분인 것으로 밝혀졌다. 현미의 γ -oryzanol 함량은 32.5 mg/100 g DM으로 추정되므로 농축현미미강을 첨가함으로써 이를 보완할 수 있을 것이다.

표 63. 농축현미미강 소재의 성분표

	일반현미	농축 현미미강
탄수화물(%)	88.3	44.2
회분(%)	1.7	7.3
조단백질(%)	9.7	16.0 (질소계수 6.25)
조지방(%)	3.3	21.4
수용성식이섬유(%)	1.2	0.9
불용성식이섬유(%)		38.5
비타민(mg/100g, α -TE)	0.2	3.62

나. 돼지감자 및 치커리 뿌리 가공

- 돼지감자 및 치커리 뿌리 가공방법은 그림 85에 나타내었다. 시판 국내산 건조 돼지감자와 치커리뿌리를 구입하여 흐르는 수도수로 깨끗이 씻은 다음 220℃ 과열수증기로 30초간 처리하여 표면 오염미생물을 살균하였다. 이를 다시 열풍건조기로 장시간 저온 건조한 다음 실험실 waring blender로 분쇄하여 시료로 사용하였다.

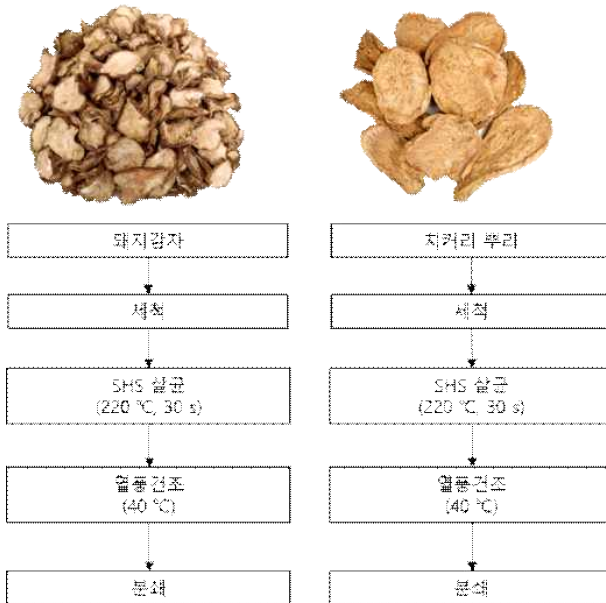


그림 85. 돼지감자 및 치커리 뿌리 가공조건

- 상술한 방법으로 가공한 부원료 분말특성을 표 63에 나타내었다. 농축현미미강은 불용성 식이섬유를 많이 함유하고 있어 WSI가 낮는데 비하여 돼지감자와 치커리뿌리 분말은 37.5~44.5의 매우 높은 값을 보였다. 이는 inulin이 다량 유출되었기 때문인 것으로 판단된다.

표 63. 부원료 분말의 수화특성

	WSI	WAI	SP	Dispersibility	Sinkability
현미미강	5.5	4.0	4.3	93.5	86.0
돼지감자	37.5	6.0	10.5	93.7	65.4
치커리뿌리	44.5	3.6	6.9	93.1	66.6

4. 시제품 생산 및 관능평가

가. 시제품 생산 및 제형개발

- 본 과제에서 개발하고자 하는 체중조절 조제식품에 대한 기본 컨셉은 『발아에 의하여 영양 및 건강을 증진시키며 체중관리에 도움을 주는 기능성 성분이 강화된 발아통곡을 주 소재로 하며, 식이섬유 함량이 높고, 저 GI 식품으로 생리학적 기능성에서 혈당 프로파일이 느리고, prebiotic의 능력을 가지며, 장 통과속도 및 대변량을 증가시키는데 긍정적 이여야 하며 매일 식사의 일부로 즐길 수 있게 소비자에게 어필』 하는 제품이다.

○ 시제품 생산:

- 전술한 그림 80의 제조공정에 따라 발아통곡분말과 부원료 분말을 배합하여 분말 조제식품 시제품을 생산하였다.

○ 배합의 특징

- 각종 역학연구 (epidemiological study)와 개입연구 (intervention study)를 통하여 체중관리와의 관계에 대한 명확한 과학적 근거 (scientific evidence)가 보고된 소재만을 실질적으로 효능을 나타낼 수 있는 비율로 배합.
- 최근 체중관리에 중요한 요인으로 고려되는 인자는 식이섬유, 장내 균총과 장건강, low-GI 및 포만감이다. 따라서 이들 요인에 대한 응답을 증진시킬 수 있도록 곡물소재를 배합.
- 기능성 성분 강화: 발아통곡류는 정백한 곡류에 비하여 생리활성을 가진 다양한

phytochemicals, 비타민 B1, Mg, K, Fe 등의 미네랄과 식이섬유 등의 유효성분을 풍부하게 함유하고 있다. 특히 γ -oryzanol은 간기능 조절작용, 자외성 흡수작용, 항산화 작용, 피부의 말초혈관 확장작용 등 그 기능이 잘 알려져 있을 뿐 아니라 최근 항비만 성분임이 밝혀진 현미특유의 성분으로 다른 식품에는 거의 함유되어 있지 않다. 또한 GABA는 혈압강하, 수면촉진, 중성지방억제, 간장과 신장 기능 증진, 신경 진정, 알츠하이머형 치매의 예방 및 개선효과가 기대되는 주목되는 기능성 성분으로 통곡의 발아에 의하여 함량이 현저히 증가된다. 더욱이 γ -oryzanol과 GABA는 상승작용이 있을 것으로 생각되고 있으므로 이들 성분을 강화할 수 있도록 부원료를 배합

- **두류 단백질 배합:** 전술한 바와 같이 대두제품의 섭취에 의하여 비만과 metabolic syndrome 예방작용은 임상시험을 통하여 인정되고 있다. 나아가 단백질의 첨가로 단백질 섭취를 증가시키고 GI 수치를 낮추는 것도 중요한 인자이다.

표 64. 발아통곡 체중조절 조제식품 시제품 배합비

	성분	배합비 (%)	비고
발아곡류	발아 현미	30	추정벼 (2017년 산)
	발아 보리	10	새찰쌀 보리 (2017년 산)
	발아 수수	5	남풍찰수수 (2017년 산)
	발아 호밀	10	캐나다산 (2017년 산)
	발아 울무	5	국내산 도정곡 (2017년 산)
	발아 서리태	10	국내산 (2017년 산)
	소계	70	
부원료	농축 현미미강	5	백진주 (바이오벤)
	오트브랜 (oat bran)	5	Flahavan's
	돼지감자	5	국내산 시판품
	치커리 뿌리	5	국내산 시판품
	HI-MAIZE	5	인그리디언 코리아
	WPI	3	German Prot 9000
	발효미강추출물	1	FRBE 15 (바이오벤)
	프락토 올리고당	1	비타민/미네랄 믹스 포함
	소계	30	
합계	100		

- 선식(미숫가루)은 물이나 우유 등과 섞어서 섭취하므로 물에 쉽게 분산되는 성질을 갖는 것이 매우 중요하다. 그러나 일반적으로 곡물을 주원료로 하는 전통적인 선식 제조공정에서 볶은 곡류는 충분히 호화되지 않아 분쇄하기 어려울 뿐 아니라 분쇄 곡류가루는 우유 및 열탕에 분산시키고자 할 때 엉기고 일부 가루는 침전물로서 바닥에 남게 된다.
- 본 과제 1 차년도에 측정된 시판 곡류분말의 복원특성에 의하면 주재인 보리, 현미찰쌀 및 현미 분말의 water solubility index (WSI) 2.0~5.0, water absorption index (WAI) 2.6~2.8, swelling powder (SP) 2.6~2.8, dispersibility 82~92% 이었다. 그러나 본 시제품 생산에 사용한 각 시료분말 즉, 발아현미, 발아보리 및 발아수수 분말의 WSI 4.5~6.6, WAI 5.4~9.0 및 SP 5.6~9.7로 수화특성이 현저히 개선되었음을 알 수 있다 (표 61).

- **분말 시제품의 입도:** 시제품 생산에 사용한 배합전 1차 분쇄한 각 발아통곡 분말소재는 체 분석(sieve analysis) 한 결과 60 ~ 325 mesh 사이의 입자 들이 비교적 골고루 혼합된 광범위한 입도분포를 보였다. 따라서 이들을 배합한 후 waring blender로 재분쇄 한 시제품은 그림 86에 나타낸 것과 같이 입도분포는 - 200 (75 μ m)/+325 (45 μ m); 43%, -325; 21% 사이에 분포하여 상당히 균질화, 미세화 되었다. 한편 체중조절 조제식품으로 시판되고 있는 엄마사랑 선식은 - 200/+325; 2%, -325; 78%로 매우 미세한 분말 이었으며, 타 시판품은 입도 - 200/+325 인 입자가 63%를 구성하고 있었다.

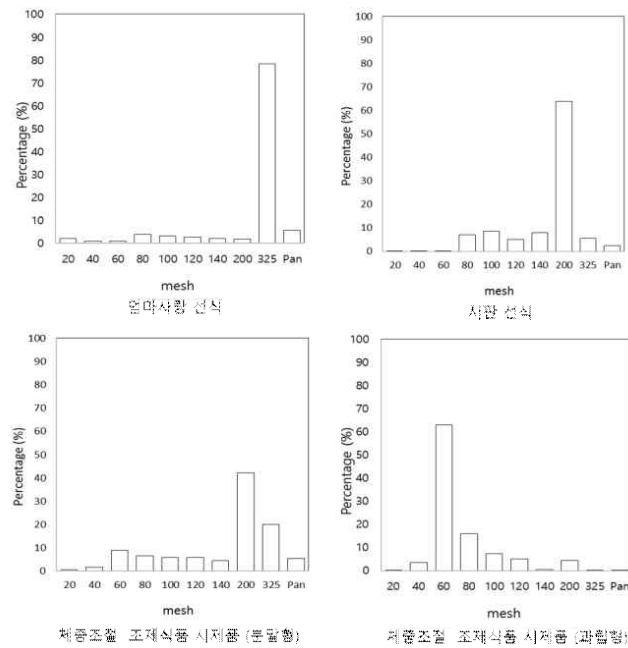


그림 86. 시제품 및 시판선식의 입도분포

- **분말 시제품의 복원성:** 선식의 복원성은 제품의 입자크기, 성분 및 비율에 따라 크게 영향을 받을 뿐만 아니라 상술한 것 같이 혼합하는 곡류분말의 종류와 가공방법에 의해서도 영향을 받는다. 특히 dispersibility는 선식을 음용하기 위하여 찬물이나 우유에 섞을 때 엉기지(clumping) 않고 쉽게 분산될 수 있는 특성을 나타낸다. 엉기는 현상은 입자크기가 100 μ m 이하의 분말식품들이 물에 용해될 때 여러 종류의 단백질과 콜로이드류에 의한 팽창과정으로 인하여 수분의 침투속도가 낮은 겔층을 형성하기 때문인 것으로 이해되고 있다.
- Dispersibility는 실제 소비자들이 선식 제품을 선택할 때 가장 큰 영향을 주는 요소이다. 시제품의 WSI 21.5, WAI 4.0, SP 5.2, dispersibility 95.4%로 매우 우수하였다.

표 65. 발아통곡 체중조절 조제식품 시제품의 복원성

	WSI	WAI	SP	Dispersibility	Sinkability
분말형 시제품	21.5	4.0	5.2	95.4	85.7
과립형 시제품	22.0	3.9	5.1	98.2	86.3

- 분말 시제품의 과립화: 일반적으로 즉용성(instant solubility)의 기준은 15초 이내에 물에 녹는 것을 의미한다. 상술한 것과 같이 분말 시제품의 복원성은 시판 제품들보다 매우 우수하였으나 즉용성의 측면에서는 개선할 여지가 있으므로 과립화 (agglomeration)을 시도하였다.
- 본 연구에 사용된 유동층과립기는 (주)네츄럴웨이의 pilot type 과립기 (Enger Co. (Chana)를 사용하였다. 분말 시제품은 바인더를 사용하지 않고 증류수만을 이용하여 과립처리 하였다 (표 66).

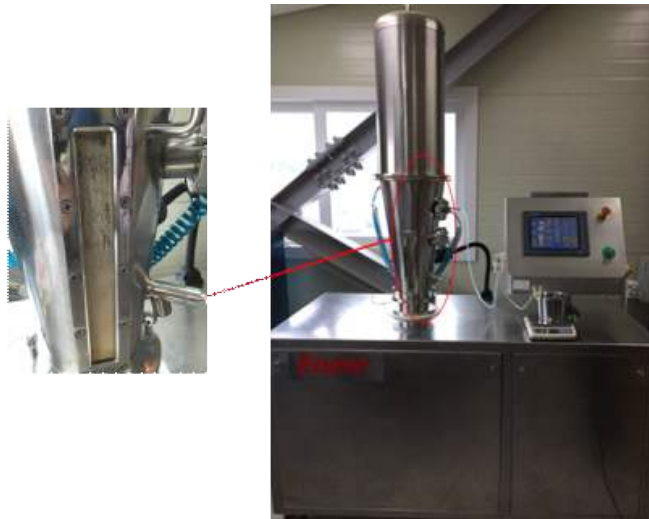


그림 87. Pilot 유동층 과립기

표 66. 유동층 과립기의 조작조건

장수량(%)	20
내부온도(℃)	40±3
송풍(m/h)	30~50
서료량(g)	300
과립시간(min)	5
건조시간(min)	3
inlet온도(℃)	95
분부(bar)	2
pump(rpm)	10~30









- 과립 시제품의 입자는 - 60/+80; 64%, -80/+100; 17%로 구성되었으나 제품의 향미 등 제

품의 품질에는 전혀 차이가 없었다 (그림 70). 과립 시제품의 복원성은 분말 시제품과 거의 차이가 없었으나 dispersibility는 약간 향상되었다.








- 특히 wetting time은 액체 표면의 분말 시료가 완전히 젖어 가라앉을 때까지의 시간을 나타내는 것으로 분말식품의 instant property를 측정하는데 일반적으로 사용된다. 분말 시제품과 과립 시제품의 wetting time을 비교 측정할 때 각 입자들의 거동을 나타낸 표 67을 살펴보면 분말 시제품은 1000 s 지나서야 비로소 입자들이 갈아 앉았는데 비하여 과립 시제품은 20 s 소요되었다.
- Wetting time은 정치한 상태에서 측정하는 것이 원칙이다 선식을 섭취할 때는 일반적으로 물이나 우유를 넣고 tea spoon 등으로 저어주므로 임의로 tea spoon으로 저어주면서 녹은 정도를 관찰하였다. 분말 시료인 경우 약 5분 후면 덩어리가 대부분 혼화되어 시판품 보다 분산성이 월등 우수하였다. 한편 과립 시제품인 경우 tea spoon으로 몇 번 저어주는 정도 10초 후면 완전히 혼합되었다.

표 67. 분말 및 과립형 시제품의 wetting time

(a) 정치한 경우

	2 s	5 s	10 s	20 s	300 s	500 s	1000 s
분말							
과립							

(b) Tea spoon으로 교반한 경우

	5 s	10 s	20 s	100 s	200 s	300 s
과립						
과립						

나. 시제품 특성 분석

(1) 일반 성분

- **발아곡류 분말소재 혼합물:** 체중조절 조제식품 곡류배합비 (표 64)에 따라 발아통곡 분말 소재 만을 배합한 발아곡류분말 혼합물을 한국식품개발연구원에 1차 분석의뢰 하였다. 그 결과 혼합물 시료 100 g 당 칼로리 380 kcal, 지방 4.7 g, 단백질 13.8 g, 탄수화물 75.3 g, 당류 1.2 g, 식이섬유 9.5 g, GABA 11.4 mg 이었다.
- 개발목표에서 기술한 바와 같이 일반적으로 선식이라 하면 탄수화물이 주성분을 이루고 있다는 인식에서 벗어나 high protein-high fibre-low GI 제품의 특징을 더욱 살리기 위하여 상술한 발아곡류분말 혼합물 분석값에 근거하여 가능한 탄수화물을 증가시키지 않으면서 단백질과 β -glucan, inulin, fructooligosaccharide 등의 식이섬유 및 γ -oryzanol, GABA, phytochemicals 등의 source가 될 수 있는 부원료를 30% 첨가하여 소재 배합비를 완성하였다.
- 발아통곡 체중조절 조제식품 최종 배합비 표 64에 따라 모든 소재를 혼합한 시제품을 한국 식품연구원에 의뢰하여 분석한 성분표 표 68에 의하면 에너지 368 kcal, 단백질 14.6 g, 식이섬유 11.5 g, GABA 146.9 mg 으로 기대한 목표를 성공적으로 달성하였다. 또한 1회 serving 분량을 35 g으로 했을 때 에너지 128.8 kcal, 단백질 5.1 g, 식이섬유 4.0 g을 섭취하게 된다.

표 68. 발아통곡 체중조절 조제식품 시제품 성분표

Typical values	Per 100g	Per 35g serving
Energy (Kcal)	368	128.8
Fat (g)	4.1	1.4
Saturates (g)	0.7	0.25
Trans (g)	0	0
Protein (g)	14.6	5.1
Carbohydrate (g)	73.9	25.9
Sugars (g)	2.2	0.8
Fibre (g)	11.5	4.0
Cholesterol (mg)	0.2	0.07
Vitamin A (μ g)	1468.4	514.0
Vitimin C (mg)	88.5	31
Ca (mg)	80.4	28.1
Fe (mg)	3.0	1.1
Na (mg)	105.1	36.8

분석: 한국식품개발연구원

(2) 페이스팅 특성

- 시제품의 RVA profile (그림 88) 을 살펴보면 호화개시온도는 66.8°C, 95°C 점도와 최종점도는 각각 473 및 921 RVA unit로 낮고 ST, BD를 나타내지 않는 것으로 보아 시제품을 물이나 우유 등에 혼합했을 때 paste stability는 매우 안정한 것으로 판단된다.
- 음료형태로 마시는 선식의 배합재료로는 부적합 특성인 (Yasui et al. 2004) cold viscosity가 나타나지 않을 뿐 아니라 보리와 수수 가루를 제외하고는 hot viscosity와 final viscosity 낮은 것을 매우 바람직한 성질로서 과열수증기를 이용한 고수분 발아곡류의 one-step 순간처리는 선식형 조제식품 생산에 매우 적합한 가공공정임이 증명되었다.

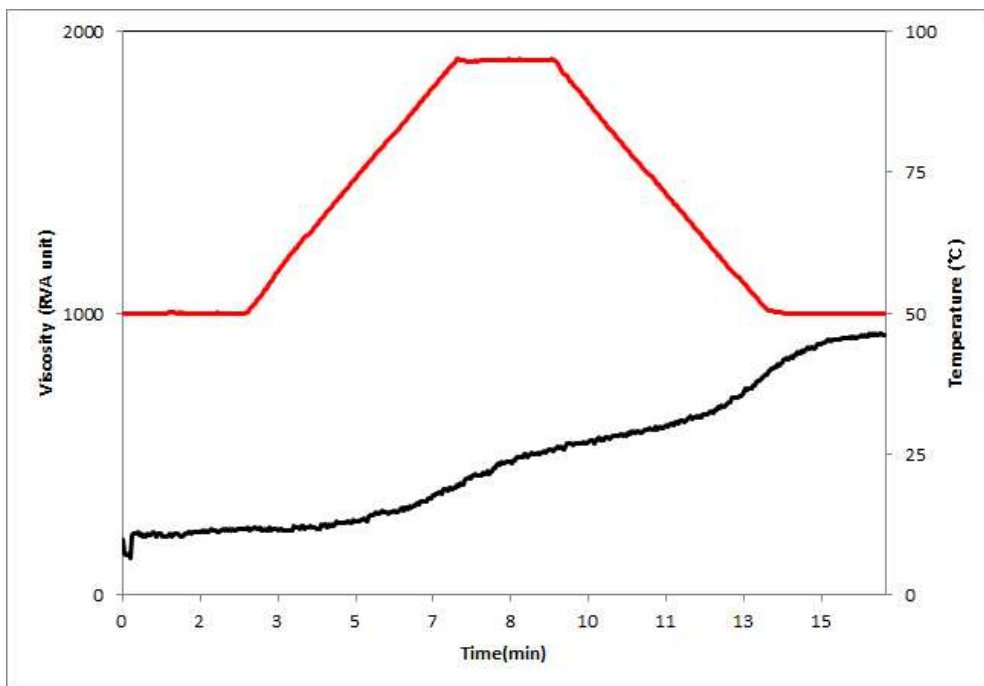


그림 88. 체중조절 조제식품 시제품 RVA profile

(3) 소화성

- Dietary Guidelines for Americans (DHHS/USDA)에 의하면 GI는 high-GI ($GI > 70$), intermediate GI ($56 < GI < 69$) 및 low-GI ($GI < 55$) 로 구분된다. 이 구분에 의하면 발아곡류 분말 소재 중 발아현미 가루를 제외하고는 모두 low-GI 소재라 할 수 있다 (표 69).
- 각 발아곡류 분말소재의 *in vitro* 소화성을 그림 89에 나타내었다. 서리태는 전분을 거의 함유하고 있지 않으므로 amylase에 의한 소화성이 제일 낮았다. 이와 같은 발아서리태 분말을 10% 배합함으로써 발아곡류 분말혼합물의 총 전분함량은 감소할 것이고 따라서 eGI (estimated glycemic index)의 저하에 다른 발아곡류 분말보다 크게 기여할 것이다.

- 또한 발아현미 분말의 eGI가 67.9로 비교적 높아도 발아보리, 발아수수, 발아호밀 및 발아울무 분말의 eGI가 31.4~44.2%로 낮기 때문에 이들 곡류분말 전체 혼합물의 eGI는 저하된 것으로 판단된다.
- 특히 체중조절 조제식품의 배합비의 70%를 차지하는 곡류 혼합물의 eGI 는 46.9로 매우 낮다. 따라서 발아통곡 체중조절 조제식품의 저GI 개발목표는 훌륭히 달성한 성과를 얻었다.

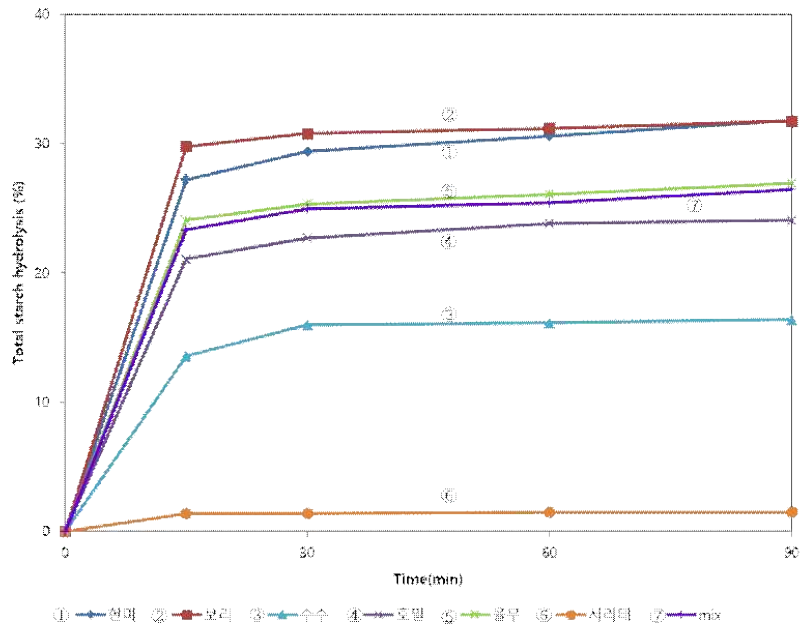


그림 89. 체중조절 조제식품 시제품의 *in vitro* starch digestibility

표 69. 체중조절 조제식품 시제품 eGI

SHS treated grains flour	eGI
Germinated brown rice	67.6
Germinated barley	40.1
Germinated sorghum	31.4
Germinated rye	44.2
Germinated Job's tears	37.7
Germinated black bean	27.3
Flour mixture	46.9

다. 관능평가

- 최종 시제품에 대한 관능평가는 1식의 분량을 달리하여 실시하였다. 시료 40 g (S-1) 과 35 g (S-2) 을 각각 시유 200 mL에 균일하게 혼합한 후 연구원을 포함하여 관능요원 10명에게 5점 기호 척도법 (1점 매우 싫다, 3점 보통, 5점 매우 좋다) 으로 관능적인 특성에 대하여 좋을수록 높은 점수를 기록하도록 하였다.
- 표 70를 보면 풍미 (flavor)와 맛 (taste)은 S-2 시료가 S-1와 거의 동일하거나 약간 좋았으나 외관 (appearance)과 마우스필 (mouth feel)은 S-2 시료가 좋았으며 기호도 (acceptability)에서도 S-2가 상당히 우수한 것으로 나타났다. 시제품 40 g을 우유 200 mL 과 혼합했을 때 외관적으로 걸쭉하게 보였으며 흐름성이 좋지 못하여 기호도가 낮은 것으로 판단되었다. 시제품 35 g을 우유 200 mL 과 혼합했을 때 유동성도 좋고 고소한 풍미와 마우스필이 우수하여 발아통곡 분말의 맛있는 맛을 살릴 수 있었다.

표 70. 발아통곡 체중조절 조제식품 시제품에 대한 관능평가

Sample	Appearance	Flavor	Taste	Mouth feel	Acceptability
S-1 (35)	4.47	4.28	4.66	4.76	4.65
S-2 (40)	3.81	4.81	4.51	3.22	3.71

라. 미생물학적 안전성

- 분말 시제품과 과립 시제품의 일반 세균 및 대장균군을 측정하였다. 두 제품 모두 대장균군은 음성 이었으며 분말시료 보다 과립시료의 균수가 약간 높았다. 과열수증기 처리과정에서 발아통곡에 오염된 내열성 포자를 제외하고는 모두 사멸되었을 것으로 판단된다. 그러나 일반세균이 650 ~950 CFU/g 검출된 것은 분쇄, 혼합, 과립화 등의 조작을 일반 실험실에서 수행하였으므로 이 과정에서 일부 오염된 것으로 판단된다.
- 식품공전에 수록된 체중조절 조제식품의 기준 및 규격에 의하면 미생물 오염도는 10^3 CFU/g 이하로 규정되어 있으며, 시판되고 있는 선식류의 오염도가 $10^4 \sim 10^5$ CFU/g 수준인 점을 고려한다면, 시제품은 미생물학적으로 매우 안전한 것으로 판단된다. 그러나 실제 상업적 생산에서는 무균 작업실에서 가공함으로써 오염도를 더욱 저하시킬 필요가 있다.

표 71. 분말 시제품과 과립 시제품의 일반 세균

시제품	일반세균수	
	선식 시제품	2.81 log CFU/g
과립 시제품	2.98 log CFU/g	950 CFU/g

마. 저장성

- 개발한 체중조절용 분말시제품의 저장성은 비등온 가속화실험 장치 (그림 90)를 이용하여 수행하였다. 시료 20 g 을 알루미늄 봉지에 포장하여 가소화 실험장치에 넣고 12 시간 동안 온도를 25 °C에서 97.6 °C±0.5 °C 로 승온 시켰으며 2시간 간격으로 시료를 채취하여 산가를 측정하였다 (표 72).



그림 90. 비등온 가속화 실험장치 ((주) 다손)

표 72. 시제품의 비등온 가속화 저장실험 조건 및 산가

저장시간 (h)	샘플링 온도 (°C)	산가 (mg/g)
0	25.0	9.18
2	37.2	9.27
4	49.6	9.48
6	62.5	9.65
8	73.2	9.97
10	85.2	10.03
12	97.6	10.12

- 표준온도 유효 상당시간 ($t_{E, eff}$)을 이용한 품질 예측: 식품의 저장 및 유통 중 비등온적으로 변화는 온도에 따른 품질변화를 예측하기 위하여 표준온도 유효상당시간의 개념을 이용하였다. 즉, 온도가 시간에 따라 연속적으로 변하는 조건에서 저장기간을 표준온도에서의 유효상당시간 ($t_{E, eff}$, effective equivalent time at a standard temperature)으로 변환시킴으로서 저장수명을 예측하였다.
- Parameter추정: 가속화실험을 통하여 측정한 산가값으로 부터 직접적으로 Marquardt's

multivariable nonlinear regression routine을 이용하여 예측 모델과 파라메타 값을 구하였다. 비등온 가속화조건에서 시제품의 산패반응은 0차 반응 이었으며, 활성화 에너지 $E_a = 19.2 \text{ Kcal/mol}$, $k_{ref} = 0.0846 \text{ meq/kg}$, $k_0 = 0.0611$ 이었다.

- **저장 시제품의 관능평가:** 저장시간별로 시료를 채취하여 연구원 5명이 관능평가를 실시한 결과 저장 8시간 (온도 $73.19 \text{ }^\circ\text{C}$, 산가 9.97 mg/g) 후의 시료부터 모든 panel이 산패취를 느끼는 것으로 응답하였다.
- **예측 섭취권장 기간:** 실험 중 관능적으로 산패취를 느낄 수 있는 비등온 저장시간 8 시간을 best before date로 가정하고 시제품의 섭취권장기간을 예측한 결과 개봉하지 않는 경우 약 6개월인 것으로 예측되었다.

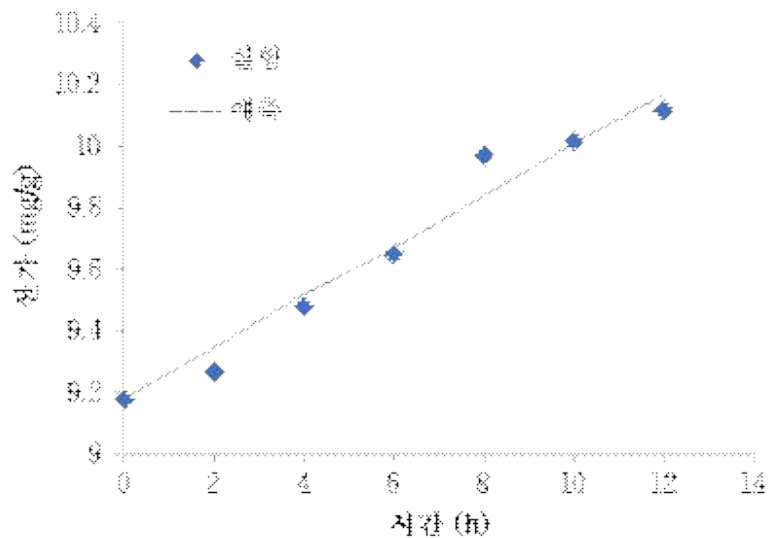


그림 91. 시제품의 비등온 가속화 조건에서 산가변화 예측 모델

4. 연구개발성과

4-1. 과학적 성과

- 가. 논문(국내외 전문 학술지) 게재

번호	논문명	학술지명	주저자명	호	발행기관	SCI 여부 (SCI/비SCI)	게재일
1	Whole grain cereal attenuates obesity-induced muscle atrophy by activating the PI3K/Akt pathway in obese C57BL/6N mice	Food Sci. Biotechnol.	Sein Lee (제1협동)	27	Korean Society of Food Science and Technology	SCI	2017. 12.12
2	Hypoglycemic effect of whole grain diet in C57BL/Ks-db/db mice by activating PI3K/Akt and AMPK pathways	Food Sci. Biotechnol.	Changhee Kim (제1협동)		Korean Society of Food Science and Technology	SCI	Revision
3	고지방식이 동물모델에서 통곡물 시리얼의 근감소성 비만 예방 효과	산업식품공학	Mi-Bo Kim (제1협동)	22	한국산업식품공학회	비 SCI	Accepted
4	난소화성 현미의 제조방법 및 특성에 관한 연구		제2협동		한국산업식품공학회	비SCI	예정
5	유동층과립기를 이용한 선식의 분산특성	산업식품공학	바이오벤 (제3협동)		한국식품산업공학회	비SCI	2017.08.31

나. 지적재산권 출원/등록

번호	특허명	출원번호	출원일	등록번호	등록일	발명자	국가
1	통곡물 선식 및 이의 제조 방법	2016-0102575	2016. 08.11	10-1732125	2017. 04.25	(주)엄마사랑, 연세대학교 산학협력단 공동출원	대한민국
2	- 통곡 및 발아곡류를 포함하는 체중조절용 스낵 바의 제조방법 및 이로부터 제조된 체중조절용 스낵 바	10-2016-0102968				경기대학교 산학협력단	대한민국
3	발아취가 감소된 발아현미의 제조방법	1020170101873	2017. 08.10	101881940	2018. 07.19	바이 오벤	대한민국
4	분산성이 개선된 발아보리의 제조방법	1020170101874	2017. 08.10			바이 오벤	대한민국
5	증기로 볶은 발아통곡물 제조방법 및 이의 체중조절 조성물	10-2018-0145760	2018. 11.22	등록 예정		바이 오벤	대한민국

다. 국내 및 국제 학술회의 발표

No	회의명칭	발표자	발표일시	장소	국명
1	2016 KoSFoST International Symposium and Annual Meeting	Sein Lee	16.08.17	Dexco, Daegu	대한민국
2	2016 KoSFoST International Symposium and Annual Meeting	Sein Lee	16.08.17	Dexco, Daegu	대한민국
3	20th World Congress on Clinical Nutrition	Jungon Yun	16.12.14	Rama Gardens Hotel, Bangkok	태국
4	The 15th ASEAN Food Conference	Joonhyung Lee	17.11.14	Sheraton Hotel, Ho Chi Mihn City	베트남
5	2018 KoSFoST International Symposium and Annual Meeting	Changhee Kim	18.11.01	Bexco, Busan	대한민국

6	한국식품과학회 국제학술대회	정영아 외	2016.08.17.-19	대구 EXCO	대한민국
7	한국식품과학회 국제학술대회	최재은 외	2016.08.17.-19	대구 EXCO	대한민국
8	한국식품과학회 국제학술대회	정영아 외	2017.06.21.-23	제주 ICC	대한민국
9	한국식품과학회 국제학술대회	최재은 외	2017.06.21.-23	제주 ICC	대한민국
10	한국식품과학회 국제학술대회	박예주 외	2017.06.21.-23	제주 ICC	대한민국
11	한국식품과학회 국제학술대회	강은정 외	2018.06.27.-29	부산 BEXCO	대한민국
12	한국식품과학회 국제학술대회 및 정기총회	인예원	2016.08.17.-19	대구 EXCO	대한민국
13	한국산업식품공학회 춘계 학술대회 및 심포지엄	이선영 외	2017.04.21	서울대학교	대한민국
14	한국산업식품공학회 춘계 학술대회 및 심포지엄	이낙훈 외	2017.04.21	서울대학교	대한민국

라. 전문 연구 인력 양성

No	분류	기준 년도	현 황											
			학위별				성별		지역별					
			박사	석사	학사	기타	남	여	수도권	충청권	영남권	호남권	기타	
1	생물소재 협동과정	2016		1				1	1					
2	생명공학	2017		1		1		2	1					1
3	생물소재 협동과정	2017		1				1	1					
4	생명공학	2018		3				2	1	3				

5. 연구결과

[제1세부: 엄마사랑]

항목	세부항목		성 과	
사업화 성과	매출액	개발제품 (체중조절용 선식)	개발 후 현재까지	0.2 억원
			향후 3년간 매출	2.0 억원
		관련제품	개발 후 현재까지	15억원
			향후 3년간 매출	45억원
	시장 점유율	개발제품	향후 3년간 매출	국내 : 0.02 %
		관련제품	개발후 현재까지	국내 : 15 %
			향후 3년간 매출	국내 : 20 %

[제1협동: 연세대학교]

1) 1차년도 연구결과

- 본 연구에서는 통곡 51%를 함유한 선식의 체중조절과 근육증강에 대한 효능을 동물실험을 통해 검증하였다. 정상 마우스에 12주 동안 고지방식이+선식을 배합한 사료를 공급한 체중조절예방 검증군과 8주동안 고지방식으로 비만을 유도한 후 4주동안 고지방식이+선식을 배합한 사료를 공급한 체중조절개선 검증군으로 나누어 실험을 진행하였다.
- 체중조절예방 검증군과 체중조절개선 검증군 모두 고지방식이 대조군과 비교하여 고지방식이+선식군에서 체중이 감소하여 체중조절에 뛰어난 효과를 보였다. 또한, 고지방식이 대조군에 비해 고지방식이+선식군에서 근육량이 증가된 것을 확인함으로써 비만에 의해 근육의 양이 줄어드는(sarcopenic-obesity) 현상을 개선 시켜줄 수 있을 것으로 예상된다.
- 체중조절예방 및 체중조절개선군 모두 선식의 식이에 의해서 부고환 지방, 피하 지방, 신 지방의 무게와 지방세포크기가 감소하였으나 근육의 무게는 증가하였으며, 선식의 식이에 의해 혈중지질 농도, 간내 중성 지방량의 개선 효과를 보였다.
- 선식에 의한 체중조절 예방 및 개선 효과는 지방조직에서 PPAR γ , C/EBP α , SREBP-1c의 단백질 및 mRNA의 발현량을 감소시켜 지방세포분화를 억제시킴으로써 체중 감소 효과를 나타내었다.
- 이는 51% 통곡을 함유하는 선식의 섭취가 Wnt/ β -카테닌의 신호전달계 활성을 촉진시켜 지방세포분화 전사인자가 억제되었다. 선식의 섭취는 지방세포생성 과정의 핵심 효소를 억제하는 AMPK를 증가시킴으로써 지방생성에 관여하는 주요 효소인 ACC와 FAS를 감소시켜 지방조직 내에서 지방생성을 억제하였다.

- 또한, 고지방식이 대조군은 과도한 fatty acid양에 의해 CPT-1, UCP2, UCP3가 증가된 것에 비해 고지방식이+선식군은 fatty acid양이 감소하여 CPT-1, UCP2, UCP3가 감소한 것을 확인하였다.
- 본 연구에서 사용한 통곡 51%를 함유한 선식은 지방세포분화 및 지방세포생성 과정을 억제함으로써 체중조절 효과를 보였으며, 비만으로 인한 근육감소를 저해시켰다.
- 본 연구에서 사용된 체중조절용 조제식품에 대해 ‘건강한 다이어트 식사대용식’, ‘한 포 안의 영양밸런스’ ‘맛있는 다이어트’ 등과 같은 유용성 표시문구를 제시하였다.
- 최종적으로, 동물실험 결과를 바탕으로 본 연구의 통곡은 체중조절용 조제식품으로 제시한 유용성 표시문구를 사용하여 산업적으로 활용될 수 있을 것으로 판단된다. 또한, 본 연구에서 통곡의 비만으로 인한 근육 감소의 억제 활성화는 다른 제품과는 다른 차별점 및 산업적 확장성을 제시할 것으로 판단된다.

2) 2차년도 연구결과

- 본 연구에서는 통곡 조제식을 30% 또는 60% 함유한 특수제조식이의 당뇨 개선 효능을 동물실험을 통하여 검증하였다. Gene knock out을 통해 제 2형 당뇨를 유도한 마우스에 38일간 통곡을 함유한 식이를 공급하여 실험을 진행하였다.
- 통곡함유 식이군은 대조군에 비해
 - 체중과 식이량, 지방의 무게가 감소하였다. 이는 통곡함유 식이의 섭취가 지방 축적을 감소시켜 비만을 완화하는 효과가 있음을 의미한다.
 - 공복혈당의 수치와 포도당 투여 후 혈당 수치가 감소하였으며 혈중 인슐린 농도가 증가하였다. 이는 통곡함유 식이가 인슐린의 분비를 증가시키고 혈당을 낮추는 효과가 있음을 의미한다.
 - 지방, 간, 비장의 무게가 감소하였다. 이는 통곡함유 식이가 지방 조직과 간에서 과도한 지방의 축적을 방지하며 과도한 지방 축적에 따른 염증반응을 완화하는 효과가 있음을 의미한다.
 - 근육과 지방 조직에서, 포도당의 세포 내 수송과 지방의 산화에 관여하는 단백질의 활성이 증가하였다. 이는 통곡함유 식이가 혈당을 낮추고 지방의 축적을 방지하는 효과가 있음을 의미한다.
 - 간, 근육, 지방 조직에서, 염증지표의 mRNA 발현이 감소하였으며 혈중 AST, ALT 수치가 감소하였다. 이는 통곡함유 식이가 신체의 전반적인 염증 반응과 그로 인한 간 손상을 완화하는 효과가 있음을 의미한다.
- 본 연구의 결과를 종합하면, 통곡함유 식이는 혈중 인슐린을 증가시키고 포도당의 세포내 수송을 증가시키는 것으로 혈당을 낮추며, 과도한 지방의 축적을 방지하고 신체의 전반적 염증반응을 완화하여 인슐린 내성의 발생 가능성을 낮추며, 포도당의 대사에 핵심적인 기관인 간이 지방축적 또는 염증반응으로 인해 손상을 입는 것을 방지하였다.

- 본 연구에서 사용된 당뇨병자용 식품에 대해 ‘당뇨환자를 위한 영양균형식’, ‘당뇨환자의 혈당 관리에 도움’ 등과 같은 유용성 표시문구를 제시하였다.
- 최종적으로, 동물실험 결과를 바탕으로 본 연구의 통곡은 당뇨병자용 식품으로 제시한 유용성 표시문구를 사용하여 산업적으로 활용될 수 있을 것으로 판단된다. 특히, 본 연구에서의 복합 통곡물로 제조된 통곡 조제식이와 기존 산업화된 제품에 있어서 항당뇨 활성 검증은 동일하나, 본 연구에서는 통곡 조제식이의 항당뇨 활성에 대한 분자기전을 규명했다는 점에 있어서 차별성을 제시할 수 있다. 앞으로 다른 통곡 제품과의 유용성 평가 비교와 인체적용시험을 통한 과학적 근거자료가 확보된다면, 본 연구의 통곡 조제식이의 사용이 당뇨병자용 조제식품으로 국한되지 않고, 미국, 유럽 등의 메디컬 푸드의 주원료에 사용될 수 있는 가능성으로 제시될 수 있다.

3) 3차년도 연구결과

- 본 연구에서는 동물을 이용하여 통곡물의 면역증진효과를 검증하였다. 15% 및 30% 통곡물을 배합하여 단백질이 결핍된 식이를 제작하였다. 일반대조식이 및 단백질 결핍 식이를 각각 5주간 공급하였으며, 실험군에서는 주간 단백질 결핍 식이를 공급한 후, 15% 통곡물 함유 식이 및 30% 통곡물 함유 식이로 각각 변경하여 3 주 간 공급하여 실험을 진행하였다.
- 일반 식이를 투여한 군과 PEM을 처리한 군에서 체중, 비장, 간 무게가 감소하였다. 통곡물이 함유된 식이를 처리하였을 때, PEM군과 비교하여 체중의 차이는 없었지만 비장 및 간의 무게가 증가하였다. 이는 단백질 결핍으로 인한 조직의 감소를 통곡물이 증가시켰음을 의미한다.
- PEM군과 비교하여, 통곡물이 함유 식이군에서
 - 비장능의 증식능 및 CD4⁺ T 세포와 CD8⁺ T 세포 증식능에는 차이가 없었다. 이러한 결과는 본 연구 결과에서 사용된 통곡물에 의한 면역 관련 세포의 증식이 촉진되지 않았음을 의미한다.
 - 배양된 면역세포로부터 분비된 사이토카인, IL-1 β , IL-2, IL-6, TNF- α 의 양이 증가하였다. 또한, 혈액 내 함유된 사이토카인, IL-1 β , IL-2, IL-6, TNF- α 의 양이 증가하였다. 이러한 결과는 통곡물이 면역이 결핍된 동물에서 사이토카인을 증가시켜 면역 작용을 촉진시켰음을 의미한다.
 - 간으로부터 SOD와 catalase의 활성 및 SOD와 GPx의 mRNA 발현량이 증가하였다. 이러한 결과는 간에서 단백질 결핍으로 인한 산화적 스트레스를 통곡물에 의해 완화되었음을 의미한다.
 - 혈액 내 AST와 ALT의 농도의 변화는 없었다. 따라서, 사용된 통곡물이 간에 무리를 주지 않은 것으로 판단된다.
- 본 연구에 사용된 통곡물이 면역 관련 사이토카인 분비 촉진 및 혈액 내 사이토카인 농도를 증가시켰으며 간에서 항산화 효과를 나타내었다. 추가적으로 간독성 평가지표인 AST와

ALT의 변화는 없었다.

- 본 연구에서 사용된 영유아용 곡류조제식에 대해 ‘영유아를 위한 영양공급’, ‘아기의 부드러운 식사’, ‘엄마의 아기 사랑, 균형잡힌 영양공급에서’ 등과 같은 유용성 표시문구를 제시하였다.
- 최종적으로, 동물실험 결과를 바탕으로 본 연구의 통곡은 영유아용 곡류조제식으로 제시한 유용성 표시문구를 사용하여 산업적으로 활용될 수 있을 것으로 판단된다. 앞으로 유사 선식제품과의 유용성 평가 비교와 함께 체계적인 인체적용시험을 통하여 추가적인 연구가 확보된다면, 본 연구의 영유아용 곡류조제식의 면역 증진 효과는 제품화에서 있어서 산업적 수월성과 우위 선점할 것으로 판단된다.

[제2협동: 경기대학교]

1) 1차년도 연구결과

- 국내산 통곡 10종과 발아곡류 2종을 대상으로 이화학특성, 호화특성, 영양기능특성을 조사하여 곡류별 물성 확인.
- 가공방법(건열, 로스팅, 마이크로웨이브 가열)과 처리조건에 따른 통곡 및 발아곡류의 물성 변화를 조사하여 통곡별 가공특성 확인.
- 시판상품의 제품분석을 통하여 체중조절용 시제품의 컨셉과 제형을 결정하였고, 통곡의 영양 및 가공특성을 근거로 원료통곡, 원료 배합비율, 가공방법 및 공정조건을 결정.
- 상품화를 위하여 체중조절용 시제품의 품질지표 및 유통기간을 결정하고, 섭취기준 및 방법을 제시.
- 체중조절용 시제품은 제품규격 항목에 대한 외부 공인기관의 인증시험으로 제품 기준규격의 준수를 확인.

2) 2차년도 연구결과

- 당뇨환자용 곡류조제식의 원료 통곡은 1차년도 연구에서 수행한 통곡의 물성탐색 연구결과를 근거로, 당뇨환자식의 영양 요구조건 부합 여부와 가공적합성에 따라 선정.
- 당뇨환자용 원료 통곡은 소화 및 흡수속도가 느린 노화전분의 생성을 인위적으로 촉진하는 통곡의 증가 및 냉장을 전처리 가공방법으로 적용함. 가공방법의 유효성은 통곡 내 난소화성 전분의 결정성 증가, 효소 가수분해도의 감소 및 저항전분함량의 증가로서 확인.
- 전처리 가공한 통곡은 로스팅 처리에 따라 난소화성 전분의 결정구조가 부분 용융되고 새로운 결정구조가 형성되는 것을 확인.
- 시판상품의 제품분석을 통한 시제품의 컨셉에 따라 선정 원료는 증가-냉장과정의 반복처리 후 로스팅, 분쇄하였고, 당뇨환자용 식품의 영양섭취기준 및 제품규격 기준을 근거로 최적 배합비율로 혼합하였음.
- 당뇨환자용 시제품의 상품화를 위하여 품질지표 및 유통기간을 설정하였고, 섭취기준 및 방법을 제시함.
- 체중조절용 시제품의 제품규격은 해당 항목을 외부 공인기관의 인증시험으로 제품 기준규격의 준수를 확인.

2) 3차년도 연구결과

- 영유아용 곡류조제식의 원료 통곡은 1차년도 연구에서 수행한 통곡의 물성탐색 연구결과를 근거로, 영유아식의 영양 요구조건 및 가공적합성의 부합 여부에 따라 선정.
- 영유아용 원료 통곡은 소화흡수속도를 높이고 영양성분을 보존하기 위하여 parboiling 후 로스팅하는 가공방법을 적용. 가공방법의 유효성은 통곡 내 전분의 소화율, 호화특성 및 β -glucan 함량 측정으로 확인.
- 로스팅 처리에 의한 전분호화도 증가 및 풍미개선효과를 확인.
- 시판상품의 제품분석을 통한 시제품 컨셉에 따라 선정 원료는 parboiling 후 로스팅, 분쇄하였고, 영유아 식품의 영양섭취기준 및 제품 규격기준을 근거로 최적 배합비율로 혼합하였음.
- 영유아용 시제품의 상품화를 위하여 품질지표 및 유통기간을 설정하였고, 섭취기준 및 방법을 제시함.
- 영유아용 시제품의 제품규격은 해당 항목을 외부 공인기관의 인증실험으로 제품 기준규격의 준수를 확인.

[제3협동: 바이오벤]

1. 기술적 성과

○ GABA수 침지에 의한 고GABA 기능성 현미 생산

- 현재까지의 연구결과에 의하면 어떤 작용이던 확실한 GABA효과를 얻기 위해서는 1일에 최소한 30 mg 이상을 섭취하여야 함.
- 우리나라 1인당 쌀소비량을 고려하면 필요한 현미의 GABA 함유량은 최소 20 mg/100g 이상이어야 하는 것으로 추정됨. 그러나 현재 시판되고 있는 백미 및 현미의 GABA 함량은 일반 백미: 1 mg/100g, 일반 현미: 6 mg/100g, 발아현미: 10 mg/100g 수준.
- 발효GABA수 침지법 및 과열수증기 parboiling 의하여 25~100 mg/100 g 인 고GABA 기능성 현미 개발

○ 저GI 통현미 당뇨개선소재 개발

- 현재까지 보고된 수열공정은 수분 33% d.b의 현미를 130-150℃의 열풍으로 수분함량 23% d.b가 될 때까지 가열한 후 120분간 tempering 하는 방법으로 현미의 GI값은 55.5-62.6.
- 본연구에서는 침지현미를 160~200℃ 과열수증기로 1~3 min 처리함으로써 생현미의 GI값 66.4에 비하여 43.2-48.4로 현저히 저하된 저GI 통현미 당뇨개선소재 개발.

○ 발아현미 생산공정의 현장애로기술 해결

- 발아전후 과열수증기 순간살균, 건조기술에 의하여 현장애로 기술 효율적으로 해결
- 침지 (0.5~24 h) 한 통곡을 발아력에 영향을 미치지 않는 조건에서 과열수증기로 순간살균

(190°C, 2~3 s) 하여 저온에서 단시간 발아 (17°C, 24 h) 함으로서 오염균수를 저수준으로 유지 하여 잡균증식에 의한 변색 및 발아취 생성 억제에 성공.

○ **엄마사랑 선택제품의 분산성 개선**

- 엄마사랑 선택제품 [입도 - 200 (75 μ m)/+ 325 (45 μ m) 80%] 을 유동층 과립기에서 과립화함 으로서 wetting time 5000 s에서 7 s 로 개선, 즉용성 (instant solubility) 부여.

○ **잡곡의 고도발아공정 최적화**

- 1차 년도 발아현미 생산공정의 현장애로기술 해결을 위해 개발한 고도발아기술을 공정조건 최적화를 통해 수수, 메밀, 녹두 등의 잡곡발아에 확대 적용.
- 잡곡의 특성에 따라 침지조건을 최적화 (온도 17°C, 침지시간: 현미 22 h, 보리 2 h, 수수 5 h, 메밀 0.5 h) 하고 190 °C, 2 s 살균한 다음 발아 (17°C, 24 h), 발아 종료 후 $10^9\sim 10^{10}$ CFU/g 까지 증식한 오염균수를 300 CFU/g 이하로 살균, 건조.

○ **발아곡류의 2차 가공공정 개발로 다양한 용도의 특수식품용도용 통곡소재 개발**

- 발아곡류는 우수한 건강 기능성을 가지고 있음에도 불구하고 식감이 단단하여 식미가 좋지 못하고 발아취 등의 결점으로 그대로 식품 가공원료로 이용하는 데는 한계가 있다. 따라서 발아곡류의 열적 개질을 통해서 물성, 기능성 및 관능성을 향상시킨 다양한 특수용도용 소재를 개발하기 위한 2차 가공공정 개발.
- 과열수증기를 이용한 저온장시간 (LTLT, 180°C/3 min) 및 고온단시간 (HTST, 300°C/1 min) roasting 공정과 puffing (parboiling 180°C/2 min→puffing 280°C/30 s) 공정을 개발 하였으며, 나아가 통곡의 특성에 따라 extrusion, gun puffing에 의하여 다양한 특수식품용도 (영유아식, 환자식, 당뇨병 개선) 에 적합한 가공적성을 부여하였으며, 시제품의 소재특성을 평가.

○ **고효율 발아통곡 분말소재화 공정개발**

- 발아곡류의 2차 가공공정으로 개발한 LTLT공정을 기반으로 하여 고수분 발아곡류를 바로 과열수증기 처리하여 onep-step으로 살균/개질/건조를 달성함으로서 분산성, 용해성 및 풍미 등이 개선된 발아통곡 분말을 생산할 수 있는 roasting 공정을 완성하고 특허출원하였다.
- 고수분 발아통곡을 200~230°C의 과열수증기로 0.5~5 min 간 로스팅하는 hydrothermal process 는 dynamic process로 초기에는 살균과 parboiling에 의한 호화가 주로 진행되며, 수분감소와 동시에 알곡의 품온 상승으로 전분이 thermal gelatinization 되는 roasting이 주로 진행되며, 후기에는 조직의 변화는 더 이상 진행되지 않으나 thermal degradation, caramelization 등으로 볶은 조직감과 풍미가 생성된다.
- 이와 같이 생산된 증기로 볶은 발아통곡을 분쇄하여 분말화하여 체중조절 소재로서의 수화특

성, pasting 특성, 소화특성 등을 분석한 결과 low-GI 체중조절용 분말소재로서 우수한 특성을 가지고 있음을 확인하였다.

○ 체중조절 발아통곡 조제식품 개발 및 시제품 생산

- 식품공전에 수록된 체중조절 조제식품의 기준 및 규격, 한국인 영양섭취기준 (Dietary Reference Intakes for Koreans; KDRIs), 최근의 체중조절 조제식품에 대한 연구 및 제품 트렌드 등을 반영하여 칼로리 400 kcal/100 g 이하, 고단백질 (10% 이상), 고식이섬유 (10% 이상), 저GI (55 이하)를 컨셉으로 하여 formulation 하였다.
- 발아통곡의 영양학적 및 기능성의 우수성을 기반으로 발아 통곡물을 주소재로 formulation 하였으며, 이때 체중조절에 대한 과학적 근거가 명확히 보고된 통곡만을 선정하였다. 발아 통곡 5곡 (현미 30%, 보리 10%, 수수 5%, 울무 5%, 호밀 10%)과 발아 서리태 (10%)로 구성된 곡류혼합물 70%와 배합곡류의 유용성 극대화를 위하여 선정한 부원료 혼합물 30% [농축현미미강 (5%), 오트브랜 (5%), 돼지감자 (5%), 치꺼리뿌리 (5%), HI-MAIZE (5%), WPI (3%), FRGE-GABA 15 (1%), 프락토 올리고당 및 비타민 혼합물 (1%)]를 배합하였다.
- 발아통곡물은 전술한 과열수증기를 이용한 발아통곡 분말소재화 공정에 의하여 가공, 분말화 하여 시제품을 생산하였으며, 한국식품연구원에 의뢰하여 분석한 시제품 성분 (per 100 g)은 에너지 368 kcal, 지방 4.1, 단백질 14.6, 탄수화물 73.9, 식이섬유 11.5이며, 1 식 기준 (per 35 g) 으로는 에너지 128.8, 지방 1.4, 단백질 5.1, 탄수화물 25.9, 식이섬유 4.0 이었다. 시제품의 추정 GI는 50 이하였다.
- 체중조절 시제품은 분말형일 때 wetting time 1000 s, 과립화 함으로서 20 s로 감소되었으며, tea spoon으로 가볍게 저어주면 10 s 이내에 완전히 용해되어 즉용성이 매우 우수하였다. 또한 음료형태로 마시는 선식의 배합재료로는 부적합 특성인 cold viscosity가 나타나지 않았을 뿐 아니라 hot viscosity와 final viscosity가 낮아 선식형 조제식품으로 적합한 pasting 특성을 보였으며, 또한 5점 기호척도법에 의한 기호도는 4.65로 풍미와 마우스필이 우수하였다.

2. 경제적 성과

○ 과열수증기 가공기술의 유용성과 경제성

- 본 연구에서 핵심기술로 사용한 과열수증기는 상압의 100℃ 이상의 증기로 전열속도가 열풍보다 약 10배 빨라 시간 단위가 아니라 분 및 초 단위 가공이 가능하다. 특히 과열수증기는 170℃ 이상일 때 일종의 가스의 성질을 가지기 때문에 “수증기로 굽거나 볶는 것”이 가능하다. 본 연구에서는 과열수증기의 이와 같은 특성을 이용하여 과열수증기의 처리 온도와 시간을 제어함으로써 효율적으로 곡류의 표면살균, parboiling, puffing, roasting 등에 광범

위하게 사용할 수 있는 매우 유용한 경제적 기술임을 입증하였다.

- 최근 식품의 건강, 환경, 안전, 안심에 대한 관심이 증가하면서 **과열수증기(superheated steam, SHS)를 이용한 수열공정 (hydrothermal process)**은 식품가공 분야에서 소재가 가진 **영양기능성과 맛을 살리는 기술**로서 주목받고 있으며, 일본 등에서는 식품산업에서 다양한 분야에 폭넓게 이용되고 있을 뿐만 아니라 전자레인지와 같이 가정, 음식점 등에서 식품 조리에도 사용되고 있다.
- 국내에서는 식품산업에서 이용은 시작단계로서 일부 기업에 검토하고 있는 단계 이다. 따라서 국내 과열수증기 이용기술에 대한 연구와 장치 개발, 산업화를 조속히 이룰 수 있는 정부차원의 노력이 필요할 것으로 판단된다.

○ 가열-전단분쇄에 의한 곡류 α -화공정의 경제성

- 기존의 곡류 α -화공정은 침지→증자→건조→분쇄의 다단계 공정이다. 따라서 물을 많이 사용하고, 증자에 많은 열이 필요하며, 건조, 분쇄 등 여러 공정을 거치기 때문에 장치비용이 비싸고, 장시간 소요된다.
- 본 연구에서 thermo-mechanical process에 의한 호화시스템에 의하면 가열-전단 분쇄기에서 one-step으로 α -화 곡류가루를 생산할 수 있음을 확인하고 그 특성을 분석하였다. 즉, 가열-전단 분쇄기 시스템에서는 호화-분쇄가 한 장치에서 동시에 이루어지므로 제조공정이 매우 간단하고 공정관리가 용이하며, 장치의 구조와 조작성이 간편화 되는 등 많은 경제적 장점을 가지고 있다.
- 본 연구에서는 장치 제작에 대한 지원이 이루어지지 않아 유사장치에서 그 가능성을 확인 하였으나 국내에서 실용화를 위하여 장치 개발이 시급한 것으로 판단한다.

○ 발아통곡 분말소재 생산기술

- 발아 직후 발아통곡의 수분함량은 통곡의 종류와 발아방법에 따라 18-45%에 수준이다. 종래 발아곡류 생산 공정에서는 발아효소 실활에 의한 발아정지, 발아기간 동안에 증식한 오염균의 살균, 발아취 제거를 위하여 증자 등 가열처리를 한 후 수분함량 10-15%로 열풍건조한다. 이와 같이 재래방법으로 살균, 건조된 발아곡류는 미강취, 발아취가 남아 있고 식감이 단단하여 가끝가끝 하여 식미가 좋지 못하며 분쇄하기 어렵고 분산성도 좋지 못하다.
- 발아통곡물을 체중조절 곡류소재로 사용하기 위해서는 알곡 및 전분의 개질을 통하여 가능한 혈당지수가 55 이하 이어야 하고, 적절한 분산성, 용해성 및 풍미를 부여하고 미분쇄가 용이하도록 팽화도 2.0~3.0 정도로 roasting하는 것이 바람직하다. 그러나 재래 완만 열처리 공정으로는 이러한 특성을 부여할 수 없다.
- 이와 같은 가공적성을 부여하기 위하여 개발한 과열수증기를 이용한 고수분 발아통곡의

onep-step 가공기술은 살균/개질/건조를 단일조작으로 5분 이내에 달성할 수 있는 매우 경제적인 고효율 roasting 기술 이다.

[총괄연구결과 종합 분석 및 고찰]

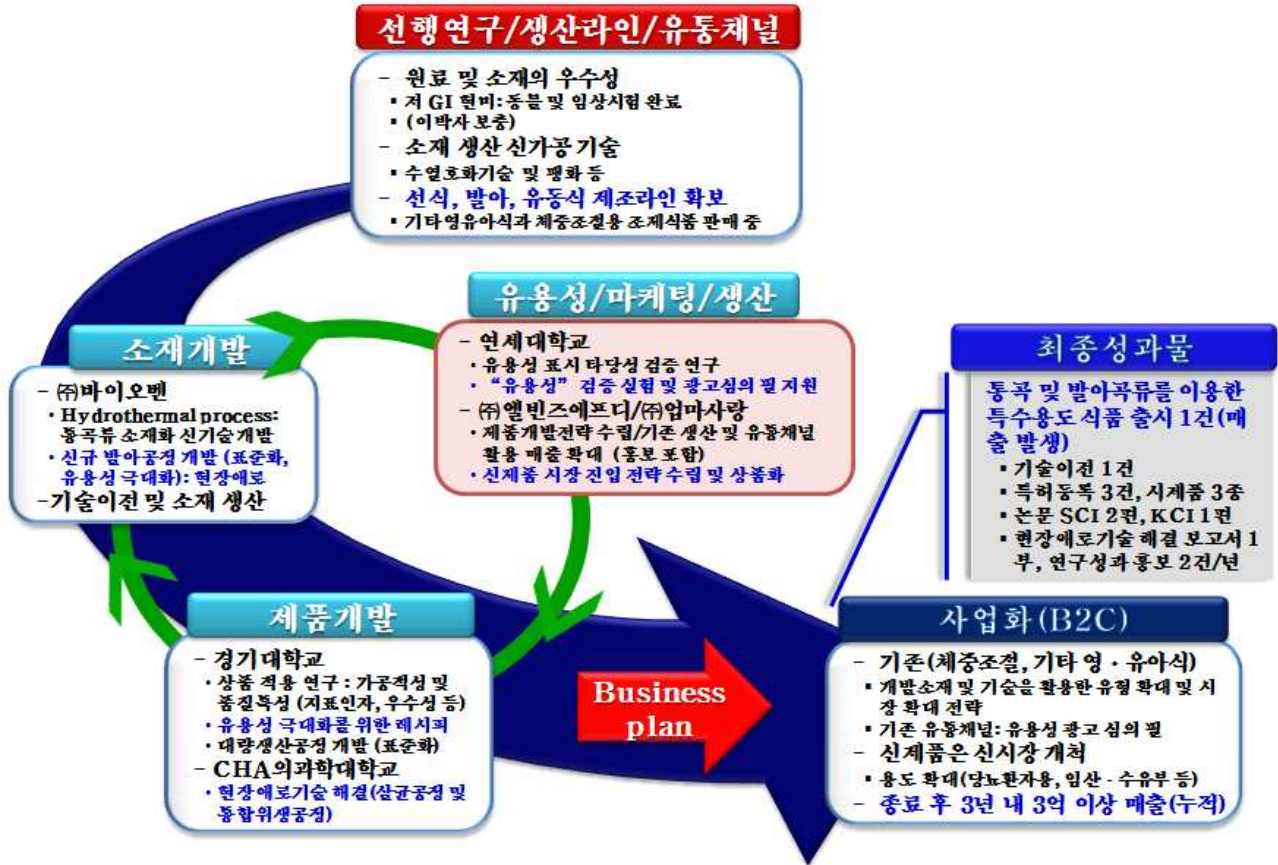
본 연구의 큰 연구 성과는 통곡물 및 발아곡류가 함유된 제품의 체중조절용 조제식품, 당뇨환자용 선식 , 임신 수유부용 제품의 개발이다. 이러한 제품의 과학적인 효과를 검증하기 위해서 각 기관에서 실험 데이터를 확보하였고, 유의미한 결과를 도출하였다.

또한 이를 바탕으로 SCI급, 비SCI급 논문, 지적재산권 확보, 매출액 증대 등의 성과를 달성하였다.

제 3장. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도

제 1절. 목표

○ 총괄목표



○ 세부기관별 목표

[제1세부: 엄마사랑]

구분	년도	세부연구목표	가중치	평가의 착안점 및 기준
1차 년도	2016	제품개발 및 사업방향 설정	25%	제품 출시 및 시장성
		자문위원회 구성 및 운영	5%	사업화와 유용성 표현 광고 심의에 대한 전문적인 방향을 설정
		컨셉 개발 및 파일럿 제품 제조	10%	제품 개발 concept 명확화
		지적재산권 확보	60%	특허 출원
2차 년도	2017	자문위원회 구성 및 운영	5%	사업화와 유용성 표현 광고 심의에 대한 전문적인 방향을 설정
		제조식의 시장 분석 및 개발 전략 수립	10%	제품 개발 concept 명확화
		제품생산 및 테스트마케팅 출시 전 관능검사 실시	60%	제품 출시
		지적재산권 확보	20%	전반 맛 점수 4.0 이상 및 구매의사 특허 등록
		자문위원회 운영	5%	사업화와 유용성 표현 광고 심의에 대한 전문적인 방향을 설정
3차 년도	2018	신상품 과제 선정	15%	제품 개발 concept 명확화
		선식형 제품 상품화	80%	제품 생산 및 제품화

[제1협동: 연세대학교]

구분	년도	세부연구목표	가중치	평가의 착안점 및 기준
1차 년도	2016	체중조절용 제품의 유용성 평가	26.6%	<ul style="list-style-type: none"> 체중조절 효능 검증 혈중 지질 농도 개선 효능 검증 지방 감소 및 지방간 개선 효능 검증 체중조절 생체지표 변화량 확인
		체중조절용 조제식품의 유용성 표시 타당성 검증	6.4%	체중조절용 조제식품 유용성 표시안 제시
2차 년도	2017	항당뇨식 제품의 유용성 평가	26.6%	<ul style="list-style-type: none"> 혈당 조절 효능 검증 혈중 인슐린 농도 조절 확인 혈당조절 생체지표 변화량 측정 조직 내 염증지표 측정
		당뇨환자용 식품의 유용성 표시 타당성 검증	6.4%	당뇨환자용 조제식품 유용성 표시안 제시
3차 년도	2018	영유아용 면역 강화 제품의 유용성 평가	26.6%	<ul style="list-style-type: none"> 면역 세포 증식능 확인 면역 관련 인자 변화량 측정 산화적 스트레스 억제 효능 검증
		영유아용 면역 강화 제품의 유용성 표시 타당성 검증	6.4%	영유아용 곡류조제식 유용성 표시안 제시

[제2협동: 경기대학교]

구분	년도	세부연구목표	가중치	평가의 착안점 및 기준
1차 년도	2016	통곡 및 발아곡류의 물성 탐색	30%	<ul style="list-style-type: none"> • 곡류별 곡립특성 확인 • 곡류별 이화학특성 확인 • 곡류별 전분 호화특성 확인 • 곡류별 유용 기능특성 확인
		통곡 및 발아곡류의 가공적성 탐색	30%	<ul style="list-style-type: none"> • 곡류별 가공적합성 확인 • 가공방법에 의한 곡류 물성변화 확인 • 가공방법의 품질 개선효과 확인 • 가공기술의 적용 적합성 확인
		통곡 및 발아곡류 함유 체중조절용 시제품 개발	40%	<ul style="list-style-type: none"> • 시판 체중조절용 제품의 제품분석 • 시제품 제조를 위한 최적 원료배합비율, 가공방법 및 조건 확립 • 시제품 규격기준 검증 • 시제품 포장 및 유통기간 결정
2차 년도	2017	통곡 및 발아곡류의 물성 탐색	20%	<ul style="list-style-type: none"> • 원료 통곡의 이화학특성, 영양기능성 및 호화특성 확인 • 당뇨환자용 원료 통곡 선정
		통곡 및 발아곡류의 가공적성 탐색	40%	<ul style="list-style-type: none"> • 난소화성 통곡의 가공방법 확립 • 가공방법이 난소화성 전분의 결정성 및 효소 가수분해에 미치는 영향 확인 • 가공단계별 난소화성 통곡의 물성 확인 • 로스팅이 난소화성 전분의 결정성에 미 치는 영향 확인 • 난소화성 통곡의 제조공정 결정 • 난소화성 통곡의 가공기술과 참여기관 생산설비와의 연계 활용성 검토
		통곡 및 발아곡류함유 당뇨환자용 시제품 개발	40%	<ul style="list-style-type: none"> • 당뇨환자용 시제품의 컨셉 및 제형 결정 • 시제품의 품질지표인자 설정 • 시제품 생산을 위한 최적 원료배합비율, 가공방법 및 공정조건 확립 • 시제품 규격기준 검증 • 시제품 포장 및 유통기간 결정
3차 년도	2018	통곡 및 발아곡류의 물성 탐색	10%	<ul style="list-style-type: none"> • 원료 통곡의 이화학특성, 영양기능성 및 호화특성 확인 • 원료 통곡 선정
		통곡 및 발아곡류의 가공적성 탐색	30%	<ul style="list-style-type: none"> • 영유아용 원료 통곡의 가공방법 설정 • Parolling에 의한 전분의 호화도, 점성 및 효소 가수분해도 확인 • 로스팅에 의한 전분의 호화도, 점성 및 효소 가수분해도 확인

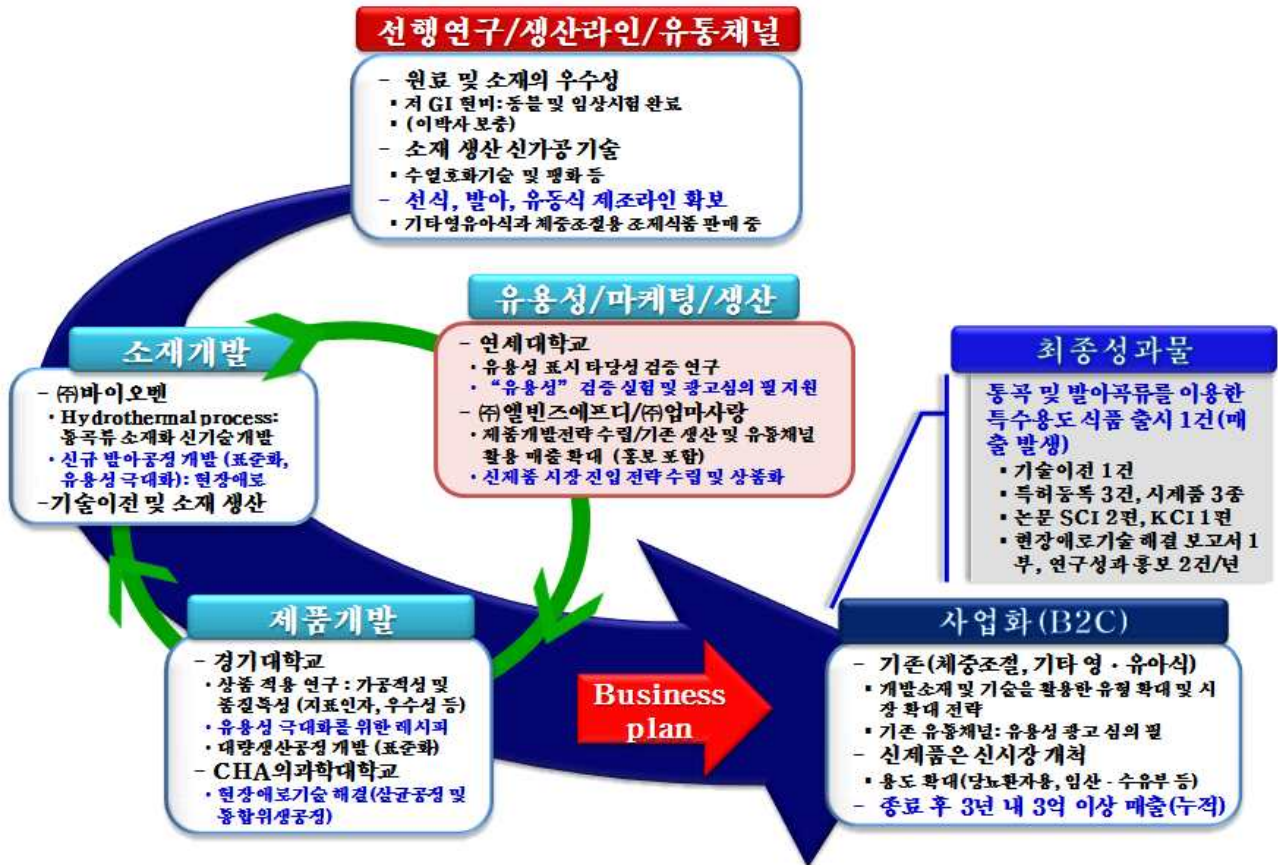
				<ul style="list-style-type: none"> 영유아용 원료 통곡의 가공 및 공정조건 결정 영유아용 원료 통곡의 가공기술과 참여 기관 생산설비와의 연계 활용성 검토
		통곡 및 발아곡류 함유 영유아용 시제품 개발	30%	<ul style="list-style-type: none"> 영유아용 시제품의 컨셉 및 제형 결정 시제품의 품질지표 확립 시제품 생산을 위한 최적 원료배합비율, 가공방법 및 공정조건 확립 시제품 규격기준 검증 시제품 포장 및 유통기간 결정
		(위탁: 차의과학대학교) 임산수유부용 영양식 개발	30%	<ul style="list-style-type: none"> 통곡/발아곡류 함유 임산수유부용 시제품 제조 및 공정 연구

[제3협동: 바이오벤]

구분	년도	세부연구목표	가중치	평가의 착안점 및 기준
1차 년도	2016	Hydrothermal process에 의한 당뇨/체중조절 소재 생산공정 개발	50%	<ul style="list-style-type: none"> Hydrothermal process (수열공정)로 조식감, 풍미가 우수한 high-GABA (20 mg/100g), low-GI (55 이하), 고 식이섬유 현미, 보리 소재 생산공정
		발아공정 현장애로 기술 연구 및 공정 표준화	35%	<ul style="list-style-type: none"> 발아과정 중 잡균 번식억제, 변색 및 이취발생 방안 발아통곡의 풍미개선 및 미생물학적 안전성을 확보할 수 있는 살균, 건조공정
		통곡분말의 분산성 개선	15%	<ul style="list-style-type: none"> 선식형 통곡분말 제품의 즉용성 (15초 이내 용해) 향상
2차 년도	2017	곡류의 건식 α -화 시스템 개발	15%	<ul style="list-style-type: none"> 가열-전단 분쇄에 의한 건식 α-화 시스템의 개발 가능성 가열-전단 분쇄 α-화 통곡분말의 예비 평가
		특수용도식품용 신규 발아곡류개발 및 공정 최적화	35%	<ul style="list-style-type: none"> 1차년도 개발한 고도발아기술의 수수 등 잡곡(녹두, 메밀, 귀리, 조) 발아에 응용 발아잡곡물의 구조, 건강기능성분, pasting 특성 분석 증가
		발아곡류의 2차가공 소재 개발	50%	<ul style="list-style-type: none"> 발아곡류(현미, 보리, 수수, 메밀)의 저온장시간 (LTLT) 가공, 고온단시간 (HTST) 가공, 팽화 (puffing) 등의 2차 가공공정 개발 2차 가공공정이 다른 각 발아곡류 분말의 특성 연구를 통해 다양한 용도 (영유아식, 환자식, 체중조절) 소재 개발
3차 년도	2018	체중조절용 조제식품(선식형)개발 및 제품 생산을 위한 연구	90%	<ul style="list-style-type: none"> 과학적 근거가 확인된 발아통곡물 (5종)의 유용성을 극대화한 레시피 개발 고수분 발아통곡물을 one-step으로 살균/호화/건조/볶음을 달성할 수 있는 체중조절소재 표준 생산공정 개발 (발명특허 출원 중) 고단백질(10% 이상), 고식이섬유(10% 이상), 저 GI (60 이하)인 체중조절 조제식품 개발 및 시제품 생산(1식 35g, 128.8 Kcal) 시제품의 미생물학적 안전성 및 저장성 확보
		개발된 소재화 기술의 확대적용 연구	10%	<ul style="list-style-type: none"> 과열수증기를 이용한 소재화 기술을 고식이섬유 현미미강, 돼지감자, 치커리뿌리 가공에 확대 적용

제 2절. 목표 달성여부

○ 총괄목표달성



○ 세부기관별 목표달성

[제1세부: 엄마사랑]

구분	년도	세부연구목표	가중치	평가의 착안점 및 기준	달성도
1차년도	2016	제품개발 및 사업방향 설정	25%	제품 출시 및 시장성	100%
		자문위원회 구성 및 운영	5%	사업화와 유용성 표현 광고 심의에 대한 전문적인 방향을 설정	100%
		컨셉 개발 및 파일럿 제품 제조	10%	제품 개발 concept 명확화	100%
		지적재산권 확보	60%	특허 출원	100%
2차년도	2017	자문위원회 구성 및 운영	5%	사업화와 유용성 표현 광고 심의에 대한 전문적인 방향을 설정	100%
		제조사의 시장 분석 및 개발 전략 수립	10%	제품 개발 concept 명확화	100%
		제품생산 및 테스트마케팅	60%	제품 출시	100%
		출시 전 관능검사 실시	5%	전반 맛 점수 4.0 이상	100%
		지적재산권 확보	20%	특허 등록	100%
3차년도	2018	자문위원회 운영	5%	사업화와 유용성 표현 광고 심의에 대한 전문적인 방향을 설정	100%
		신상품 과제 선정	15%	제품 개발 concept 명확화	100%
		선식형 제품 상품화	80%	제품 생산 및 제품화	100%

[제1협동: 연세대학교]

구분	년도	세부연구목표	가중치	평가의 착안점 및 기준	달성도
1차년도	2016	체중조절용 제품의 유용성 평가	26.6%	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 체중조절 효능 검증 ◦ 혈중 지질 농도 개선 효능 검증 ◦ 지방 감소 및 지방간 개선 효능 검증 ◦ 체중조절 생체지표 변화량 확인 	100%
		체중조절용 조제식품의 유용성 표시 타당성 검증	6.4%	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 체중조절용 조제식품 유용성 표시안 제시 	100%
2차년도	2017	항당뇨식 제품의 유용성 평가	26.6%	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 혈당 조절 효능 검증 ◦ 혈중 인슐린 농도 조절 효과 확인 ◦ 혈당조절 생체지표 변화량 측정 ◦ 조직 내 염증지표 측정 	100%
		당뇨환자용 식품의 유용성 표시 타당성 검증	6.4%	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 당뇨환자용 조제식품 유용성 표시안 제시 	100%
3차년도	2018	영유아용 면역 강화 제품의 유용성 평가	26.6%	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 면역 세포 증식능 확인 ◦ 면역 관련 인자 변화량 측정 ◦ 산화적 스트레스 억제 효능 검증 	100%
		영유아용 면역 강화 제품의 유용성 표시 타당성 검증	6.4%	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 영유아용 곡류조제식 유용성 표시안 제시 	100%

[제2협동: 경기대학교]

구분	년도	세부연구목표	가중치	평가의 착안점 및 기준	달성도
1차년도	2016	통곡 및 발아곡류의 물성 탐색	30%	<ul style="list-style-type: none"> • 곡류별 곡립특성 확인 • 곡류별 이화학특성 확인 • 곡류별 전분 호화특성 확인 • 곡류별 유용 기능특성 확인 	100%
		통곡 및 발아곡류의 가공적성 탐색	30%	<ul style="list-style-type: none"> • 곡류별 가공적합성 확인 • 가공방법에 의한 곡류 물성변화 확인 • 가공방법의 품질개선효과 확인 • 가공기술의 적용적합성 확인 	100%
		통곡 및 발아곡류 함유 체중조절용 시제품 개발	40%	<ul style="list-style-type: none"> • 시판 체중조절용 제품의 제품 분석 • 시제품 제조를 위한 최적 원료 배합비율, 가공방법 및 조건 확립 • 시제품 규격기준 검증 	100%

2차 년도	2017	통곡 및 발아곡류의 물성 탐색	20%	<ul style="list-style-type: none"> • 시제품 포장 및 유통기간 결정 • 원료 통곡의 이화학특성, 영양 기능성 및 호화특성 확인 • 당노환자용 원료 통곡 선정 	100%
		통곡 및 발아곡류의 가공적성 탐색	40%	<ul style="list-style-type: none"> • 난소화성 통곡의 가공방법 확 립 • 가공방법이 난소화성 전분의 결정성 및 효소 가수분해에 미 치는 영향 확인 • 가공단계별 난소화성 통곡의 물성 확인 • 로스팅이 난소화성 전분의 결 정성에 미치는 영향 확인 • 난소화성 통곡의 제조공정 결 정 • 난소화성 통곡 가공기술과 참 여기관 생산설비와의 연계 활 용성 검토 	100%
		통곡 및 발아곡류 함유 당노환자용 시제품 개발	40%	<ul style="list-style-type: none"> • 당노환자용 시제품의 컨셉 및 제형 결정 • 시제품의 품질지표인자 설정 • 시제품 생산을 위한 최적 원료 배합비율, 가공방법 및 공정조 건 확립 • 시제품 규격기준 검증 • 시제품 포장 및 유통기간 결정 	100%
3차 년도	2018	통곡 및 발아곡류의 물성 탐색	10%	<ul style="list-style-type: none"> • 원료 통곡의 이화학특성, 영양 기능성 및 호화특성 확인 • 원료 통곡 선정 	100%
		통곡 및 발아곡류의 가공적성 탐색	30%	<ul style="list-style-type: none"> • 영유아용 원료 통곡의 가공방 법 설정 • Paroiling에 의한 전분의 호화 도, 점성 및 효소 가수분해도 확인 • 로스팅에 의한 전분의 호화도, 점성 및 효소 가수분해도 확인 • 영유아용 원료 통곡의 가공 및 공정조건 결정 • 영유아용 원료 통곡의 가공기 술과 참여기관 생산설비와의 	100%

				연계 활용성 검토	
		통곡 및 발아곡류 함유 영유아용 시제품 개발	30%	<ul style="list-style-type: none"> • 영유아용 시제품의 컨셉 및 제형 결정 • 시제품의 품질지표 확립 • 시제품 생산을 위한 최적 원료 배합비율, 가공방법 및 공정조건 확립 • 시제품 규격기준 검증 • 시제품 포장 및 유통기간 결정 	100%
		(위탁: 차의과학대학교) 임산수유부용 영양식 개발	30%	<ul style="list-style-type: none"> • 통곡/발아곡류 함유 임산수유부용 시제품 제조 및 공정 연구 	100%

[제3협동: 바이오벤]

구분	년도	세부연구목표	가중치	평가의 착안점 및 기준	달성도
1차 년도	2016	Hydrothermal process에 의한 당도/체중조절 소재 생산공정 개발	50%	<ul style="list-style-type: none"> Hydrothermal process (수열공정)로 조직감, 풍미가 우수한 high-GABA (20 mg/100g), low-GI (55 이하), 고 식이섬유 현미, 보리 소재 생산공정 	100
		발아공정 현장 애로기술 연구 및 공정표준화	35%	<ul style="list-style-type: none"> 발아과정 중 잡균 번식억제, 변색 및 이취 발생 방안 발아통곡의 풍미개선 및 미생물학적 안전성을 확보할 수 있는 살균, 건조공정 	100
		통곡분말의 분산성 개선	15%	<ul style="list-style-type: none"> 선식형 통곡분말 제품의 즉용성 (15초 이내 용해) 향상 	100
2차 년도	2017	곡류의 건식 α -화 시스템 개발	15%	<ul style="list-style-type: none"> 가열-전단 분쇄에 의한 건식 α-화 시스템의 개발 가능성 가열-전단 분쇄 α-화 통곡분말의 예비 평가 	100
		특수용도식품용 신규 발아곡류 개발 및 공정 최적화	35%	<ul style="list-style-type: none"> 1차년도 개발한 고도발아기술의 수수 등 잡곡(녹두, 메밀, 귀리, 조) 발아에 응용 발아잡곡물의 구조, 건강기능성분, pasting 특성분석 증가 	100
		발아곡류의 2차 가공 소재 개발	50%	<ul style="list-style-type: none"> 발아곡류(현미, 보리, 수수, 메밀)의 저온장시간(LTLT) 가공, 고온단시간 (HTST) 가공, 팽화(puffing) 등의 2차 가공공정 개발 2차 가공공정이 다른 각 발아곡류 분말의 특성연구를 통해 다양한 용도 (영유아식, 환자식, 체중조절) 소재 개발 	100
3차 년도	2018	체중조절용 조제식품(선식형) 개발 및 제품 생산을 위한 연구	90%	<ul style="list-style-type: none"> 과학적 근거가 확인된 발아통곡물 (5종)의 유용성을 극대화한 레시피 개발 고수분 발아통곡물을 one-step으로 살균/호화/건조/볶음을 달성할 수 있는 체중조절 소재 표준 생산공정 개발 (발명특허 출원 중) 고단백질(10% 이상), 고식이섬유(10% 이상), 저GI (60 이하)인 체중조절 조제식품 개발 및 시제품 생산(1식 35g, 128.8 Kcal) 시제품의 미생물학적 안전성 및 저장성 확보 	100
		개발된 소재화 기술의 확대적용 연구	10%	<ul style="list-style-type: none"> 과열수증기를 이용한 소재화 기술을 고식이섬유 현미미강, 돼지감자, 치커리뿌리 가공에 확대 적용 	100

제 3절. 목표 미달성 시 원인(사유) 및 차후대책(후속연구의 필요성 등)

제 4장. 연구결과의 활용 계획 등

- 본 연구사업을 통해 출시한 제품 ‘식사에 반하다 슬림다이어트밀’의 판매 채널 확대를 통한 판매 활성화 (오프라인 채널 중 CVS 로의 판매 확대, 쿠팡과 같은 소셜커머스로의 판매처 확장을 통해 연 1억원 미만의 매출 규모에서 연 10% 이상의 점진적 매출 증대 목표)
- 체중조절용 조제식품(선식형)의 출시에 이어, 체중조절용 조제식품의 다양한 제품군 확대
- 당뇨환자용 선식의 현장 적용 및 출시를 통한 제품군 확대
- 개발 제품의 유용성 검증 및 이를 통한 과학적 근거 자료를 기반으로 광고심의 통과 등 특수용도식품 개발 및 제품 출시에 활용
- 국내 고령화 시대에 따른 근감소성 비만(sarcopenic obesity) 억제, 혈당 조절 개선, 면역 증진 등의 항노화 제품에도 활용
- 등록된 특허권에 대한 기술가치평가 수행 (완료)

IV. 종합 결론

1. 종합등급평가 결과

구분	등급	점수
기술성	중상	4
권리성	중	3
종합 평점		3.5

▶ 종합등급: A0

- 기술성 측면에서, 본 평가대상기술은 체중 조절, 지방 감소 등에 관하여 구체적인 효과를 입증하였는바 기존 타 제품 등에 비하여 우수한 기술성을 나타내며, 기존 기술 대비 차별성이 있는 것으로 판단된다. 다만, 일부 구성요소 또는 일부 함량범위의 변경 적용을 시도함에 있어 장벽이 다소 낮은 편인 바, 타인의 모방 및 대체 시도가 가능한 부분이 있다. 이에 따라, 기술성 등급은 중상으로 판단되었다.

- 권리성 측면에서, 선행기술조사결과, 평가대상특허와 유사한 특허들은 검색되지 않았으며, 평가대상특허의 권리의 안정성은 높다고 판단된다. 다만, 권리범위가 다소 좁은 편에 해당되며, 제 3 자의 회피설계 시도가 비교적 용이한 편에 속한다. 이에 따라, 권리성 등급은 중으로 판단되었다.

- 통곡물이 함유된 선식 제품의 유용성 및 과학적 근거 자료를 온라인 판매처의 상세페이지에 노출시켜 소비자에게 알리고, 오프라인에서 판촉 사원에게는 집체교육을 통해 제품의 특징점을 적극 알림
- 과립화에 의한 즉용성 부여기술을 기존 분말형 선식제품에 적용, 보급화 적극 추진
- 과열수증기를 이용한 통곡 및 발아통곡의 효율적인 가공기술 (살균, 파보일링, 로스팅, 팽화 및 건조)을 주관기관의 현 생산공정에 접목하여 품질향상 및 제조비 절감에 기여
- 미국과 유럽 등 해외에서 급속하게 성장하고 있는 메디컬 푸드(medical food) 분야에도 활용
- 발명특허기술 (등록 1, 심사중 1, 출원 1)의 기술이전을 통한 실용화 추진

붙임. 참고문헌

[제1세부: 엄마사랑]

1. 식품의약품안전처, 식품공전

[제1협동: 연세대학교]

1. Ju JH, Park JH, Kym MJ, Ethanol extract of Hippophae rhamnoides L. leaves inhibits adipogenesis through AMP-activated protein kinase (AMPK) activation in 3T3-L1 preadipocytes. *Korean J. Plant Res.* (2015) 28, 582-590.
2. Shi SH, Song JL, Park KY, et al., Effects of natural raw meal (NRM) on high-fat diet and dextran sulfate sodium (DSS)-induced ulcerative colitis in C57BL/6J mice. *Nutr. Res. Pract.* (2015) 6, 619-627.
3. Chung SI, Kim TH, Ric CW, et al., Effect of instant cooked giant embryonic rice on body fat weight and plasma lipid profile in high fat-fed mice. *Nutrients* (2014) 6, 2266-2278.
4. Pimentel GD, Ropelle ER, Rocha GZ, et al., The role of neuronal AMPK as a mediator of nutritional regulation of food intake and energy homeostasis. *Metabolism* (2013) 62, 171-178.
5. Fu Y, Luo N, Klein RL, et al., Adiponectin promotes adipocyte differentiation, insulin sensitivity, and lipid accumulation. *J. Lipid Res.* (2005), 46, 1369-1379.
6. Tsushima Y, Endo K. Spleen enlargement in patients with nonalcoholic fatty liver. *Dig. Dis. Sci.* (2000) 45(1), 196-200.
7. Shao J, Iwashita N, Ikeda F, et al., Beneficial effects of candesartan, an angiotensin II type 1 receptor blocker, on β -cell function and morphology in *db/db* mice. *Biochem Biophys. Res. Commun.* (2006) 344(4), 1224-1233.
8. Song B, Scheuner D, Ron D, et al., Chop deletion reduces oxidative stress, improves β cell function, and promotes cell survival in multiple mouse models of diabetes. *J. Clin. Invest.* (2008) 118(10), 3378-3389.
9. Lee SH, Lim SW, Lee YM, et al., Anti-diabetic effects of *Triticum aestivum* L. water extracts in *db/db* mice as an animal model of diabetes mellitus type II. *Korean J. Pharmacogn.* (2010) 41(4), 282-288
10. Coughlan KA, Valentine RJ, Ruderman NB, et al., AMPK activation: a therapeutic target for type 2 diabetes? *Diabetes Metab. Syndr. Obes.* (2014) 7, 241-253.
11. Kim MB, Kim C, Song Y, et al., Antihyperglycemic and anti-inflammatory effects of standardized *Curcuma xanthorrhiza* Roxb. extract and its active compound xanthorrhizol in high-fat diet-induced obese mice. *Evid Based Complement. Alternat. Med.* (2014) 2014, 205915.
12. Bang CY, and Choung SY. Enzogenol improves diabetes related metabolic change in C57BL/KsJ *db/db* mice, a model of type 2 diabetes mellitus. *J. Pharm. Pharmacol.* (2014) 66(6), 875-885

13. Esser N., Legrand-Poels S., Piette J., et al., Inflammation as a link between obesity, metabolic syndrome and type 2 diabetes. *Diabetes Res. Clin. Pract.* (2014) 105(2), 141-150.
14. Donath MY, Targeting inflammation in the treatment of type 2 diabetes: time to start. *Nat. Rev. Drug Discov.* (2014) 13(6), 465-476.
15. Sharma BR, Kim HJ, Rhyu DY, *Caulerpa lentillifera* extract ameliorates insulin resistance and regulates glucose metabolism in C57BL/KsJ-db/db mice via PI3K/AKT signaling pathway in myocytes. *J. Transl. Med* (2015) 13(1), 62.
16. Leem KH, Kim MG, Hahm YT, et al. Hypoglycemic effect of *Opuntia ficus-indica* var. *saboten* is due to enhanced peripheral glucose uptake through activation of AMPK/p38 MAPK pathway. *Nutrients*, (2016) 8(12), 800.
17. 한국식품산업협회, 특수용도식품 표시·광고 관련 법규 및 심의사례, 2013
18. 식품의약품안전처, 고시 제2016-149호, 식품등의 표시기준, 2016
19. 식품의약품안전처, 고시 제2014-172호, 특수용도식품 표시 및 광고 심의기준, 2014
20. 식품의약품안전처, 특수용도식품 표시·광고 해설서, 2017

[제2협동: 경기대학교]

1. AACC. 10th ed. Method 4-01, 30-20, 32-23.01, 32-05.01, 32-40.01, 44-15, 44-19, 46-13, 76-13. Approved Method of the AACC. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN, USA (2000)
2. Calxeta AT, Moreira R, Catell-Perez ME. Impingement drying of potato chips. *J. Food Process Eng.* 25: 36-90 (2002)
3. Singleton VL, Orthofer R, Lamuela-Raventos RM. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent. *Methods Enzymol* 299: 152-177 (1999)
4. Trotin F, Quettier-Deleu C, Gressier B, Vasseur J, Dine T, Brunet C, Luyckx M, Cazin M, Bailleul F. Phenolic compounds and antioxidant activities of buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) hulls and flour. *J. Ethnopharmacol.* 72: 35-42 (2000)
5. Liang XL, Wang XL, Li Z, Hao QH, Wang SY. Improved in vitro assays of superoxide anion and 1, 1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) radical-scavenging activity of isoflavones and isoflavone metabolites. *J. Agr. Food Chem.* 58: 11548-11552 (2010)
6. Custodio L, Ferreira AC, Pereira H, Silvestre L, Vizetto-Duarte C, Barreira L, Rauter AP, Albercio F, Varela J. The marine halophytes *Carpobrotus edulis* L. and *Arthrocnemum macrostachyum* metabolites with antioxidant, metal chelating and anticholinesterase inhibitory activities. *Bot. Mar.* 55: 281-288 (2012)
7. Kite FE, Schoch TJ, Leach HW. Granule swelling and paste viscosity of thick-boiling starches. *Bakers Dig.* 31: 42-44 (1957)
8. Chang CS. Measuring density and porosity of grain kernels using a gas pycnometer. *Cereal Chem.* 65(1): 13-15 (1988)
9. Lehmann U, Robin F. Slowly digestible starch-its structure and health implications: a

- review. Trends Food Sci. Technol. 18: 346-355 (2007)
10. Miller GL. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. Anal. Chem., 31, 425 (1959)
 11. Tovar J, Björck IM, Asp NG. Analytical and nutritional implications of limited enzymic availability of starch in cooked red kidney beans. J. Agric. Food Chem. 38: 488-493. (1990)
 12. Chang CS. Measuring density and porosity of grain kernels using a gas pycnometer. Cereal Chem. 65(1): 13-15 (1988)
 13. Velioglu YS, Mazza G, Gao L, Oomah BD. Antioxidant activity and total phenolics in selected fruits, vegetables, and grain products. J. Agr. Food Chem. 46: 4113-4117 (1998)

[제2협동 위탁: 차의과대학교]

- 식약처, 식품별 기준 및 규격, 2018
- Han et al., 2017. Development of Education Materials as a Card News Format for Nutrition Management of Pregnant and Lactating Women.
- Shah & Sachdev, 2004, Shah D, Sachdev HP. Maternal micronutrients and fetal outcome. Indian J Pediatr 2004;71(11):985-90
- Newsin. 2014. <http://www.newsin.co.kr/news/articleView.html?idxno=48091>.
- Strawn LK 2015. Big data in Food.
- Kim et al. 2012. Big Data Utilization and Analysis Techniques.
- Kelly B,, Irena K. 2012. Big Data in food and agriculture
- Prno J, Slocumbe S (2012) Exploring the origins of ‘social license to operate’ in the mining sector: Perspectives from governance and sustainability theories. Resources Policy. 37(3): 346 - 57.
- John Deere. 2015. Data revolutionizing farming with big data. Available at: <https://dataflop.com/read/johndeere-revolutionizing-farming-big-data/511> (accessed 15July 2015)
- Lee et al., 2004. Quality Characteristics of Tarakjuk (milk-rice porridge) with different Roasting Conditions during Refrigerated Storage. Korean J Food Cook Sci. 20(4): 342-351.
- Scholl TO, Johnson WG. Folic acid: influence on the outcome of pregnancy. Am J Clin Nutr 2000;71(5 Suppl):1295S-303S
- Shah D, Sachdev HP. Maternal micronutrients and fetal outcome. Indian J Pediatr 2004;71(11):985-90
- Kim KN, Kim YJ, Chang N. Effects of the interaction between the C677T - 145 - 5,10-methylenetetrahydrofolate reductase polymorphism and serum B vitamins on homocysteine levels in pregnant women. Eur J Clin Nutr 2004;58(1):10-6
- Kim H, Hwang JY, Ha EH, Park H, Ha M, Lee SJ, Hong YC, Chang N. Association of maternal folate nutrition and serum C-reactive protein concentrations with gestational age at delivery. Eur J Clin Nutr. 2011;65(3):350-6
- Jang et al., 2012. Nutrient Intake and Dietary Pattern of Pregnant and Lactating Women

in Korea.

[제3협동: 바이오벤]

- AACC. 1983. Approved Methods of Analysis of the Association of Analytical Chemistry, 8th ed. St. Paul, MN, pp 44-15.
- Abraham, T. E. 1993. Stabilization of paste viscosity of cassava by heat moisture treatment. *Starch*, 45, 131-135.
- Anderson, R.A., Conway, H.F., Pfeifer, V.F., Griffin, E.L. 1969. Roll and extrusion cooking of grain sorghum grits. *Cereal Science Today* 14, 372-376.
- Bhatty, R.S. 1995. Laboratory and pilot plant extraction and purification of β -glucan from hullless barley and oat brans. *Journal of Cereal Science* 22, 163-170.
- Biswas, S. K., & Juliano, B. O. 1988. Laboratory parboiling procedures and properties of parboiled rice from varieties differing in starch properties. *Cereal Chemistry*, 65, 417-423.
- Biliaderis, C. G., Tonogai, J. R., Perez, C. M., and Juliano, B. O. 1993. Thermo physical properties of milled rice starch as influenced by variety and parboiling method. *Cereal Chem.*, 70, 512-516.
- Bloksma, A. H. 1990. Rheology of the Breadmaking Process. *Cereal Food World*. 35, 228 - 236.
- Choi, S. M. Mine, Y. Ma, C. Y. 2006. Characterization of heat-induced aggregates of globulin from common buckwheat. *Int. J. Biol. Macromol.* 39, 201 - 209.
- Choi, W.K. Shin, M. 2004. Properties of Korean amaranth starch compared to waxy millet and waxy sorghum starches. *Starch (Stärke)*. 56, 469-477.
- Collado, L. S., & Corke, H. 1999. Heat-moisture treatment effects on sweet potato starches differing in amylose content. *Food Chemistry*, 65, 339-346.
- Cousidine, D.M. 1982. *Foods and Food Production Encyclopedia* John Wiley Inc. New York, NY, USA.
- Edwardson, S. 1996. Buckwheat: pseudocereal and nutraceutical. In *Progress in New Crops* Janick, J., Ed., ASHS Press: Alexandria,VA. pp 195-207.
- Ellman, G. L. 1959. Tissue sulphhydryl groups. *Arch. Biochem. Biophys.* 82, 70 - 77.
- Granfeldt, Y., Eliasson, A.-C., Bjorck, I. 2000. An examination of the possibility of lowering the glycemic index of oat and barley flakes by minimal processing. *Journal of Nutrition* 130, 2207-2214.
- Griffith, L.D., Castell-Perez, M.E., Griffith, M.E.. 1998. Effects of blend and processing method on the nutritional quality of weaning foods made from select cereals and legumes. *Cereal Chemistry* 75, 105-112.
- Guo, X., Yao, H., Chen, Z. 2007. Effect of heat, rutin and disulfide bond reduction on in vitro pepsin digestibility of Chinese tartary buckwheat protein fractions. *Food Chem.* 102, 118 - 122.
- Hoke, K., Houska, M., Pruchova, J., Gabrovska, D., Vaculova, K., Paulickova, I. 2007.

- Optimization of puffing of naked barley. *Journal of Food Engineering* 80, 1016-1022.
- Hsi-Mei Lai. 2001. Effects of hydrothermal treatment on the physicochemical properties of pregelatinized rice flour. *Food Chemistry* 72. 455-463
- ICC. 1999. *Standard Methods of the International Association for Cereal Science and Technology ICC: Vienna*. No. 136.
- Irakoze Pierre Claver, Haihua Zhang, Qin Li, Kexue Zhu, Huiming Zhou. 2010. Impact of the Soak and the Malt on the Physicochemical Properties of the Sorghum Starches. *International Journal of Molecular Sciences*. Basel11.8. 3002-3015.
- Jianxin Chen, Xu Yan. 2016. Analyzing the Characteristics of Roasting Process for Chinese Rice Wine by Fluidized Bed Using Superheated Steam. *Food Science and Technology Research* Vol. 22, No. 2 p. 159-172.
- Juliano, B. O., Perez, C. M., Blakeney, A. B., Castillo, T., Kongseree, N., Laignelet, B., Lapis, E. T., Murty, V. V. S., Paule, C. M., & Webb, B. O. 1981. International cooperative testing on the amylose content of milled rice. *Starch*, 33, 157-162.
- Kozanoglu, B., Vazquez, A.C., Chanes, J.W., and Patino, J.L. 2006. Drying of seeds in a superheated steam vacuum fluidized bed, *J. Food Eng.* 75, 383 - 387.
- Mao, Q.Z., Zhang, S.J., Lu, R.G., Bian, J.N., and Gao, Y.Q. 2007 Pilot test report on the yellow rice wine production with rice puff, *Jiangsu Condiment Subsid.* Food 24(5),15 - 17.
- Mariotti, M. Alamprese, C., Lucisano, M. 2006. Pagani, M. A. Effect of puffing on trastructure and physical characteristics of cereal grains and flours. *J. Cereal Sci.* 43, 47 - 56.
- Marshall, W. E., Wadsworth, J. I., Verma, L. R., & Velupillai, L. 1993. Determining the degree of gelatinization in parboiled rice: comparison of a subjective and an objective method. *Cereal Chemistry*, 70, 226-230.
- Moreira, R.G. 2001. Impingement drying of foods using hot air and superheated steam, *J. Food Eng.* 49, 291 - 295.
- Mariotti M., Lucisano M., Pagani M.A. and Iametti S. 2008. Macromolecular Interactions and Rheological Properties of Buckwheat-Based Dough Obtained from Differently Processed Grains *J. Agric. Food Chem.* 56, pp 4258 - 426.
- Markowski, M., Cenkowski, S., Hatcher, D.W., Dexter, J.E., and Edwards, N.M. 2003. The effect of superheated-steam dehydration kinetics on textural properties of Asian noodles, *T. Asabe* 46, 389 - 395.
- Olayinka, O.O., Adebowale, K.O., Olu-Owolabi, B.I. 2008. Effect of heat- moisture treatment on physicochemical properties of white sorghum starch. *Food Hydrocoll.* 22, 225-230.
- Ono, K. 2008. Superheated steam. *Nippon Shokuhin Kagaku Kogaku Kaishi*, 55, 121-121.
- Ozisik, M. N. and Oezisik, M. N. 1993. Heat conduction: In: "Heat conduction": Wiley, New York.
- Paras Sharma, Hardeep Singh Gujral, Cristina M. Rosell. 2011. Effects of roasting on barley β -glucan, thermal, textural and pasting properties. *Journal of Cereal Science.* 53, 25-30.
- Peng, C.Y., Zhang, J.H., Shuai, G.L., Zhao, G.A., and Mao, Z.G. 2002. Producing a new type rice wine with the rice fluidized in high temperature, *Liquor Making* 29(2),90 - 91.

- Pomeranz, Y, Robins, G. S. 1972. Amino acid composition of buckwheat. *J. Agric. Food Chem.* 20, 270 - 275.
- Pronyk, C., Cenkowski, S., and Muir, W.E. 2004. Drying foodstuffs with superheated steam, *Drying Technol.* 22, 899 - 916.
- Qian, J.-Y. Kuhn, M. 1999. Evaluation on gelatinization of buckwheat starch: a comparative study of Brabender viscoamylography, rapid visco-analysis, and differential scanning calorimetry. *Eur. Food. Res. Technol.* 209, 277 - 280.
- Roberfroid, M. 1993. Dietary fiber, inulin and oligofructose: a review comparing their physiological effects. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 33, 103 - 148.
- Rordprapat, W., Nathakaranakule, A., Tia, W., and Soponronnarit, S. 2005. Comparative study of fluidized bed paddy drying using hot air and superheated steam. *J. Food Eng.*, 71, 28-36.
- Ryas-Duarte, Majewska, Doetkott K. 1998. Effect of extrusion process parameters on the quality of buckwheat flour mixes. *Cereal Chem.* 75, 338-345.
- Stute, R. 1992. Hydrothermal modification of starches: the difference between annealing and heat moisture treatment. *Starch*, 44, 205-214.
- Subrahmanyam, S.N., Hosoney, R.C. 1995. Shear thinning properties of sorghum starch. *Cereal Chem.* 72, 7-10.
- Taechapairoj, C., Dhuchakallaya, I., Soponronnarit, S., Wetchacama, S., and Prachavawarakorn, S. 2003. Superheated steam fluidised bed paddy drying. *J. Food Eng.*, 58, 67-73.
- Tang, H. Mitsunaga, T. Kawamura, Y. 2004. Relationship between functionality and structure in barley starches. *Carbohydr. Polym.* 57, 145-152.
- Whalen, P. J. 1999. Measuring process effects in ready-to-eat breakfast cereals. *Cereal Foods World.* 44, 385-452.
- Zhang, X. Wang, D. Tuinstra, M.R. Bean, S. Seib, P.A. Sun, X.S. 2003. Ethanol and lactic acid production as affected by sorghum genotype and location. *Ind. Crop. Prod.* 18, 45-255.