

발 간 등 록 번 호

11-1541000-001058-01

일 반 과 제

108043-3

국내 보리를 이용한 건강 기능성 육제품의 개발
(Development of healthy meat products using domestic barley)

보리 이용 기능성 육제품의 물리화학적 특성 분석
(Physicochemical properties of healthy meat products produced using domestic barley)

보리 이용 육제품의 대사질환 기능성 검증
(The effects of healthy meat products using domestic barley on metabolic disease)

보리를 이용한 건강 기능성 육제품 제조 공정 개발
(Process development to produce healthy meat products containing domestic barley)

서울대학교 산학협력단

농 립 수 산 식 품 부

제 출 문

농림수산식품부 장관 귀하

이 보고서를 “국내 보리를 이용한 건강 기능성 육제품의 개발” 과제(세부 과제 “보리 이용 기능성 육제품의 물리화학적 특성 분석”, “보리 이용 육제품의 대사질환 기능성 검증”, “보리를 이용한 건강 기능성 육제품 제조 공정 개발” 에 관한 연구)의 보고서로 제출합니다.

2011년 12월 01일

주관연구기관명 : 서울대학교 산학협력단

주관연구책임자 : 김 용 노

세부연구책임자 : 이 성 준

세부연구책임자 : 허 성 욱

보고서 요약서

과 제 명	(국문) 국내 보리를 이용한 건강 기능성 육제품의 개발				
	(영문) Development of healthy meat products using domestic barley				
주관연구기관	서울대학교 산학협력단		주 관 연 구 책 입 자	(소속) 바이오 시스템·소재 학부	
참 여 기 업	농협목우촌			(성명) 김 용 노	
총연구개발비 (321,000 천원)	계	321,000 천원	총 연 구 기 간	2008. 06. 25 ~ 2011. 06. 24 (3년)	
	정부출연 연구개발비	240,000 천원	총 참 여 연 구 원 수	총 인 원	14
	기업부담금	81,000 천원		내부인원	14
	연구기관부담 금	-		외부인원	
<p>○ 연구개발 목표 및 내용</p> <p>1. 연구목표 : 국내 보릿가루의 베타글루칸 함량을 높일 수 있는 방법을 확립하고, 이를 이용하여 저지방 건강 기능성 육제품을 개발함.</p> <p>2. 연구내용 : 국내 보리의 효율적 베타글루칸 함량 증진 방법 개발, 베타글루칸 함량이 증진된 보릿가루의 물리화학적 특성 분석, 선별된 보릿가루 분획을 이용하여 제조한 육제품의 물리화학적 특성 규명, 첨가제를 이용하여 보릿가루 분획 함유 육제품의 물성개선, 고 베타글루칸 함유 보릿가루의 지질대사 기능성 규명, 보리 이용 기능성 육제품의 지질대사 기능성 검증, 단순 보릿가루 첨가에 의한 기능성 육제품 제조 가능성 탐색, 저지방 소시지 제조 조건 최적화, 보리이용 기능성 육제품의 scale-up 생산 체제 구축.</p> <p>○ 연구결과 : 체분리법을 이용한 고 베타글루칸 함유 보릿가루 분획을 제조 하였고, 특성을 분석하였음. 베타글루칸 함량이 원 보리보다 높은 보릿가루 분획들을 이용하여 베타 글루칸에 의한 생리활성의 증진 뿐 아니라 물 보유력과 cooking yield 등의 제품 적성이 향상된 저지방 육제품을 제조할 수 있었음. 연구결과를 통하여 지방대체량을 늘림으로써 초래되는 소시지 특성이나 조직감의 저하는 검류나 트랜스글루타미네이즈를 첨가함으로써 개선할 수 있음을 알 수 있었고, 일반소시지의 특성과 유사한 50% 대체 저지방 소시지의 제조가 검류나 트랜스글루타미네이즈와의 복합대체에 의해서 가능하다는 것을 확인할 수 있었음. 실험동물을 이용하여 입자 크기에 따른 4종의 보리 분획 중 지질대사 기능성을 가지는 1종을 선정하였음. (입자크기 150-355 μm, 베타글루칸 함량 9.13%), 실험동물에서 고 베타글루칸 함유 보릿가루 분획의 담즙산 배설 증가를 통한 콜레스테롤 강하 효능을 입증함, 실험동물에서 1-2차년도 연구를 통해 선정된 1종의 보릿가루가 첨가된 소시지 투여에 의한 콜레스테롤 감소 경향을 확인함. 보릿가루가 첨가된 소시지의 배합비를 확립하였음. 반응표면분석법을 이용하여 저지방 소시지 제조 배합비를 최적화 하였음. 지방 대체율, 보릿가루 분획 호화액 농도, 첨가제 종류와 농도를 최적화하여 소시지를 대량생산하였고, 제조된 소시지의 특성을 조사하여 지방 무게의 50%가 보릿가루로 대체된 저지방 소시지를 제조하였음.</p> <p>○ 연구성과 활용실적 및 계획 : 체분리법을 이용하여 고 베타글루칸 함유 보릿가루 분획을 제조하였으며, 이를 대량생산하여 산업화에 응용할 수 있는 방법을 모색중임, 보릿가루를 페이스트 형태로 제조하여 이를 저지방 소시지 제조를 위한 지방 대체소재로 활용하는 기술로 산업체 이전을 모색중임, 소시지를 비롯한 육제품의 조직감 향상을 위해 트랜스글루타미네이즈를 이용하는 기술로 저지방 소시지 등 조직감 보강이 요구되는 제품에 활용할 수 있음, 지방의 50%가 고 베타글루칸 함유 보릿가루 분획으로 대체된 저지방 소시지를 제조하였고 물성을 개선할 수 있는 노하우를 얻었으므로 이와 관련하여 보릿가루 분획을 지방대체제로 이용한 저지방 육제품의 산업화를 모색 중임.</p>					

요 약 문

I. 제 목

국내 보리를 이용한 건강 기능성 육제품의 개발

II. 연구개발의 목적 및 필요성

○ 우리나라의 식생활이 서구화 되고 수명이 길어짐에 따라 고혈압, 심장질환, 비만 등의 만성 퇴행성 질환이 증가되고 있다. 또한 인구의 노령화에 따라 국민 의료비가 꾸준히 증가하고 있어 국민 보건 및 국가의 경제적 부담이 가중되어 사회적 문제로 떠오르고 있다. 따라서 만성적 퇴행성 질환의 예방과 국민 건강 증진에 도움을 줄 수 있는 건강·기능 식품에 대한 필요성이 부각되고 있다.

○ 특히 지방섭취량과 심혈관계 질환의 상관관계에 대한 사람들의 자각도가 지난 20년간 상당히 증가하였고, 이러한 건강과 영양에 대한 관심의 증가, 특히 특정 지방산 즉 포화지방산이나 트랜스 지방산의 섭취에 대한 관심의 증가는 저열량, 저지방 식품을 요구하게 되었다. 이러한 이유들로 식품 산업분야는 저열량 식품재료를 이용하여 지방을 대체하는 면에 관심을 갖게 되었으며, 가공식품의 지방을 대체하기 위한 목적으로 다양한 저열량의 지방대체제들을 개발, 시판하고 있다.

○ 육제품의 경우도 예외일 수 없으며, 이러한 흐름에 빠르게 대응할 수 있는 제품의 개발이 필요하게 되었다. 육제품 내 지방 함량을 줄이면 열량과 콜레스테롤의 감소가 두드러지기 때문에 육가공업계에서는 저지방 가공 육제품 생산을 위한 연구가 활발히 진행 중이며, 업계에서도 지방 대체재를 사용하여 저지방 소시지를 출시하고 있으나 가격 경쟁력과 기호도 측면에서 기존제품과 차별화된 측면이 미흡해 시장경쟁력이 떨어지는 실정이다.

○ 육제품 제조 시 지방대체재나 특정 첨가물 없이 지방의 함량을 낮추면 다즙성, 육색, 저장성, 풍미 등의 전반적 품질저하가 발생하며 이러한 문제점을 개선하기 위해서는 육제품 전체의 물성과 미세구조에서의 차이점을 규명하는 연구가 반드시 필요하다.

○ 육제품의 지방대체제로 사용할 수 있는 소재 중의 하나로 베타글루칸에 대한 연구들이 보고되고 있는데, 보리로부터 추출한 베타글루칸은 수용성 하이드로 콜로이드로써 농후제

(thickner)로 사용될 수 있을 뿐 아니라 겔 (gel)을 형성할 수 있는 성질을 갖고 있어, 식육제품 중 물을 보유할 수 있는 능력이 뛰어나 지방 대체제로써 사용될 수 있는 것으로 보고되고 있다.

○ 이외에 베타글루칸은 체내에서 여러 생리활성을 나타내는 것으로 알려져 있다. 예를 들어 베타글루칸은 혈중 전체 콜레스테롤과 LDL-콜레스테롤 및 간의 전체 콜레스테롤 함량을 감소시키는 반면 혈중 HDL-콜레스테롤의 증가를 나타내는 것으로 보고되고 있고, 체내 항암, 항비만, 항당뇨, 항심혈관계질환 등 다양한 기능성이 보고되고 있다.

○ 보리는 다른 곡류에 비해서 베타글루칸 등 기능성 영양 성분 및 물질의 함유량이 많을 뿐만 아니라 친환경적인 농가의 겨울철 재배 작물로서 많은 장점을 가지고 있음에도 불구하고 식생활의 변화에 따라서 1990년대 이후 그 소비량이 줄어 일정 수준으로 정체되어 있으며, 한정계약 수매와 수요 감소로 재배면적과 생산량이 줄어들고 있다.

○ 그러므로 본 연구에서는 체내에서 여러 생리활성을 나타낼 수 있는 베타글루칸을 보통의 보리보다 다량 함유하고 있는 보릿가루 분획을 제조하여 육제품 제조에 이용함으로써, 특화된 기능성 육제품을 개발하고 제품화하고자 하였다. 이러한 기능성 육제품의 개발은 건강증진의 이점을 갖을 뿐 아니라 지속적인 부가가치를 창출 할 수 있는 산업으로의 발전 가능성을 갖고 있다.

Ⅲ. 연구개발 내용 및 범위

○ 제 1세부과제의 궁극적인 목적은 체내에서 여러 생리활성을 나타낼 수 있는 보리 베타글루칸을 다량 함유하는 보릿가루를 저지방 육제품 제조에 이용하여, 특화된 기능성 육제품을 개발하는 것으로, 1차년도에는 베타글루칸 함량이 증진된 보릿가루를 체분리법으로 제조하고, 수분 결합 특성, 팽윤력, 가루의 pasting 특성, 열적 특성 등 지방 대체제로서의 가능성을 분석하였다. 2차년도에는 고 베타글루칸 분획을 이용하여 소시지를 제조하고 분획별 제조한 소시지의 cooking loss, 유리수분 함량, 조직감, 관능적 특성 등 물리화학적 특성을 분석하여 보릿가루 분획별 저지방 소시지 제조의 가공 적성을 구명하였다. 3차년도에는 검류, 트랜스글루타미나아제를 이용하여 저지방 소시지의 지방 대체량을 증가하고 물성을 개선하는 방안을 모색하였다.

○ 제 2세부과제의 1차년도 연구목표는 각 입자크기 별 보리가 함유된 고지방 식이를 마우

스에 투여하여 생리기능성을 탐색하는 것으로, 사료섭취에 따른 체중변화량, 혈중 지질성분의 개선 정도를 분석하였다. 2차년도에는 1차년도 연구결과를 토대로 보리함유 고지방 식이가 콜레스테롤 대사에 미치는 영향과 그 작용 메커니즘을 규명하였으며, 간 내 지질함량 측정, 담즙산 배출량 측정, 콜레스테롤 대사 관련 유전자의 발현 변화를 측정하였다. 3차년도에는 보리를 함유하고 있는 가공육제품의 지질대사 개선 기능성을 평가하기 위하여 보리함량이 다른 소시지 제품을 마우스에 투여하여 혈중 콜레스테롤 및 중성지방의 농도를 측정하고 분석하였다.

○ 제 3세부과제는 보리 이용 소시지의 제품화를 위하여 배합비의 최적화와 scale-up 생산을 위한 기초 연구들을 수행하였다. 1차년도에는 보릿가루를 첨가한 저지방 소시지를 제조하기 위하여, 보릿가루를 지방 대체체로서 사용하여 그 품질 특성을 분석하였고, 2차년도에는 반응표면분석법을 이용하여 지방을 대체하지 않은 소시지와 물성이 유의적으로 차이가 나지 않는 범위에서 최대의 지방 대체량과 호화액 농도를 결정하였다. 3차년도에는 1세부과의 공동 연구로 지방 대체량을 늘려 저지방 소시지를 제조하기로 하였고, 지방대체량을 증가시킴으로써 초래될 있는 문제점들을 보릿가루 분획의 첨가 농도를 다양화하고, 첨가제를 첨가함으로써 개선하였다.

IV. 연구개발결과

○ 체분리법을 이용하여 베타글루칸 함량이 향상된 분획을 얻을 수 있었다. 1차년도 연구결과를 통해, 비교적 간편한 방법으로 베타글루칸의 함량이 2배 이상 증가하고, 팽윤력이 좋으며, 증점 효과가 좋은 분획들을 얻을 수 있었고, 이 분획들을 베타글루칸에 의한 생리활성의 증진뿐 아니라 물 보유력과 cooking yield 등의 제품 적성이 향상된 저지방 육제품 제조에 활용하였다.

○ 베타글루칸 함량이 증진된 보릿가루 분획을 이용하여 다양한 배합비의 저지방 육제품을 제조하였고, 1세부와 3세부가 협력하여 연구를 진행하였다. 반응표면분석법을 이용하여 일반소시지의 특성과 유사한 특성을 갖는 저지방 소시지의 배합비를 최적화하였고, 최적화한 배합비로 저지방 소시지를 제조하여, 물리화학적 특성을 조사하였다. 연구결과로부터 고 베타글루칸 함유 보릿가루 분획을 이용하여 일반 소시지와 물리적 관능적 특성이 유사한 저지방 소시지를 제조할 수 있음을 확인하였다.

○ 베타글루칸 함량이 높아진 보릿가루 분획을 이용하여 제조한 저지방 소시지의 물리화학적 특성을 개선할 목적으로 검류와 트랜스글루타미나아제를 첨가하여 보릿가루와 함께 사용함으로써 소시지 물성 개선 여부를 탐색하였다. 연구결과를 통하여 지방대체량을 늘림으로써 초

래되는 소시지 특성이나 조직감의 저하는 검류나 트랜스글루타미나아제를 첨가함으로써 개선할 수 있음을 알 수 있었고, 3차년 연구를 통하여 일반소시지의 특성과 유사한 50% 대체 저지방 소시지의 제조가 트랜스글루타미나아제의 첨가에 의해서 가능하다는 것을 확인하였다.

○ 각 입자크기 별 보리가 함유된 고지방 식이를 마우스에 투여하여 생리기능성을 탐색하는 것으로, 사료섭취에 따른 체중변화량, 혈중 지질성분의 개선정도를 분석하였다. 체중증가는 보리함유 유무와는 상관없이 사료섭취량에 따라 증감하는 경향을 보였고, 혈중 콜레스테롤 농도는 베타글루칸 함량이 높은 그룹에서 대조군 대비 유의적 감소를 보였으며 중성지질 농도는 보리 섭취군에서 오히려 증가하는 경향을 보여, 보리 함유 고지방식이 콜레스테롤 대사개선에 직접적인 효능이 있는 것으로 판단되었다.

○ 간 내 콜레스테롤 및 중성지질의 함량을 측정한 결과 대조군과 보리사료 섭취군에서의 유의적인 차이는 보이지 않았으나 담즙산의 배출량을 측정한 결과 그 값이 보리 섭취군에서 증가하는 경향을 보였다. 즉 보리 섭취군의 경우, 콜레스테롤이 혈액이나 간에 축적되지 않고 체외로 배출되는 양이 증가하여 결론적으로 체내 콜레스테롤 감소에 효능이 있는 것으로 생각되었다.

○ 보리를 함유하고 있는 가공육제품의 지질대사 개선 기능성을 평가하기 위하여, 보리함량이 다른 소시지 제품을 마우스에 투여하여 혈중 콜레스테롤 및 중성지질의 농도를 측정, 분석하였을 때, 보리함유 소시지를 섭취한 마우스 그룹에서는 사료 섭취에 따른 체중 증가량이 대조군에 비해 낮은 것으로 확인되었다. 또한 혈중 총 콜레스테롤과 중성지질의 농도 역시 감소하는 경향을 보여, 체중증가를 억제하고 지질대사를 개선하는 효능이 있는 것으로 사료되었다.

○ 베타글루칸을 함유하고 있는 보릿가루를 이용하여 저지방 소시지를 제조한 결과 원하지 않는 곡물맛이 나고 경도가 감소하는 등 품질의 저하가 발생하는 것을 확인하였고, 이들 품질 저하를 최소화 하기 위해 배합비 및 제조 방법을 최적화 하는 연구를 수행했다. 또한 트랜스글루타미나아제를 첨가함으로써 지방 대체량을 50%까지 증가시킨 고 베타글루칸 보릿가루 분획을 함유하는 소시지 제조 조건을 확립하였고 scale-up 제조를 수행하여 당초 연구 목표를 달성하였다고 판단된다. 연구를 통해 얻은 저지방 소시지 제조의 know-how와 보리 페이스트를 이용하는 방법 등은 소시지 뿐 아니라 다른 육제품에도 적용 가능한 기술이라고 사료된다.

V. 연구성과 및 성과활용 계획

○ 체분리법을 이용하여 고 베타글루칸 함유 보릿가루 분획을 제조하였으며, 이를 대량생산하여 산업화에 응용할 수 있는 방법을 모색 중이다.

○ 체분리법을 이용하여 입자크기와 성분이 다양하며 이로 인해 물성의 차이를 나타내는

여러 보릿가루 분획들을 제조할 수 있었으므로, 각각의 식품 특성에 맞는 보릿가루 분획을 선택하여 이용할 수 있는 방법을 모색 중이다.

○ 지방의 50%가 고 베타글루칸 함유 보릿가루 분획으로 대체된 저지방 소시지를 제조하였고 물성을 개선할 수 있는 노하우를 얻었으므로 이와 관련하여 보릿가루 분획을 지방대체제로 이용한 저지방 육제품의 산업화를 모색 중이다.

○ 보릿가루를 이용한 기능성 육제품 개발에 대한 성과를 유관 산업체에 홍보하고 다른 육제품에의 적용을 유도할 계획이다.

○ 고 베타글루칸 함유 보릿가루와 트랜스글루타미나아제를 복합적으로 사용하여 제조한 저지방 소시지 제조에 관한 기술이전 가능성을 협의 중이다.

○ 체분리법을 이용한 고 베타글루칸 함유 보릿가루 분획의 특성과 이를 이용한 소시지 제조 조건 최적화에 관한 논문을 Food Science and Biotechnology에 게재하였다.

○ 고 베타글루칸 국내산 보릿가루 분획을 이용한 저지방 소시지에 관한 특허를 준비 중에 있다.

○ 고 베타글루칸 보릿가루 분획을 이용하여 제조한 저지방 육제품의 특성에 대한 트랜스글루타미나아제와 검류 첨가 효과에 대한 논문을 준비 중에 있다.

○ 고 베타글루칸 보릿가루 분획의 호화액 특성과 레올리지에 대한 검류 첨가 효과에 대한 논문을 투고 예정 중에 있다.

○ 고베타글루칸 함유 보릿가루 분획(입자크기 150 μm ~ 355 μm)의 담즙산 배출 증가를 통한 콜레스테롤 강하 효능에 관한 논문을 'Journal of Agricultural and Food Chemistry'에 게재하였다.

SUMMARY

(영문 요약문)

I. Title

Development of healthy meat products using domestic barley

II. Goals and significance

○ Due to westernized diet and extended life span, Korean people become suffering from various degenerative diseases such as high blood pressure, cardiovascular disease, obesity. Increasing medical expenses have also been been a public concern. Accordingly, needs for healthier food are being increasing.

○ Especially, people's awareness of the relationship between fat consumption and cardiovascular disease have increased significantly for last 20 years, which in turn increased needs for low fat./calorie foods. Therefore, food industry have put efforts to develop various types of fat replacers.

○ This trend also applies for meat products. Reduction of fat in meat products brings about many positive health effects such as reduction of calorie and cholesterol. For these reasons, various reduced-fat meat products are being on the market. Generally, they have not been so successful because of problems in low-fat meat products on tastes, price, etc.

○ Reduction of fat in meat production requires addition of proper fat replacers. Without them general quality of meat products especially on juiciness, color, flavor, and stability is deteriorated.

○ One of the candidates for fat replacers in meat products is β -glucan, which is a water soluble hydrocolloid having various advantages to be used as a fat replacer such as high viscosity, gel forming capability, water holding capacity.

○ Moreover, β -glucan has been report to have various physiological functions such as reduction of total blood cholesterol, LDL and total liver cholesterol, increase of HDL, and alleviation of

obesity, cancer, diabetes, cardiovascular diseases.

○ Weven though, barley contains high amount of β -glucan and other functional cmpounds compared to other cereals, its production and consumption have been continuously decreasing in Korea, because of the changes in diet pattern.

○ Therefore, in this study, high β -glucan fraction of barley flour was used as a fat replacer to produce healthier meat products. This research will not only contribute to produce healthier foods, but also generate new demand for barley.

III. Contents and scopes of research

○ The ultimate goal of research team 1 is to develop specialized reduced-fat meat products using high β -glucan barley fractions. During the 1st year, high β -glucan barley fractions were collected using a convenient sieving method, and their physicochemical properties were analyzed aiming to use them as fat replacers. During the 2nd year, these fractionated barley flour was used to prepare reduced-fat sausage and its feasibility as a fat replacer was investigated. In the 3rd year, supplements such as gums and transglutaminase were incorporated in sausage making to support barley flour and to increase the amount of fat replacement.

○ In research team 2, in vivo physiological functionality, focused on weight change and blood lipids, of fractionated barley flour was investigated using mouse during the 1st year. This was continued in the 2nd year, but focused on cholesterol metabolism. In vivo lipid metabolism study was performed for reduced-fat sausage prepared using fractionated barley flour during the 3rd year of research.

○ Research team 3 conducted research on the optimization and scale-up of the reduced-fat sausage production throughout the research periods. In the 1st year reduced-fat sausage was produced using unfractionated barley flour to test its general feasibility as a fat-replacer. During the 2nd year, the optimum formulation for reduced-fat sausage with fractionated barley flour was determined using response surface method. In the 3rd year, the amount of fat replacement and quality of sausage were improved by means of additional supplement, transglutaminase, and the

scale-up production was conducted.

IV. Results

○ Using a convenient sieving method, high β -glucan fractions of barley flour were successfully collected. Those fractions contained almost twice of β -glucan content as in the original barley flour, and showed high water holding capacity and viscosity, which were desired properties as a fat replacer for reduced-fat sausage making.

○ High β -glucan barley flour fractions were used to prepare reduced-fat sausage through cooperative research of teams 1 and 3. Response surface methodology was adopted to optimize formulations and resulting products showed similar textural and sensory properties as control high fat sausage.

○ The amount of fat replacement increased to 50% with the help of transglutaminase. With the supplement, fat content could be further decreased without serious effects on texture and sensory properties of sausage.

○ The effects of healthy meat products using domestic barley on metabolic disease were also evaluated. First, we found that barley powder, which had 150-355 μm of particle size with high levels of β -glucan, reduced plasma cholesterol levels by inducing bile acid excretion in C57BL/6J mice. Thus, the barley powder was selected and used to produce meat products. In C57BL/6J mice, the meat products also tended to reduce plasma cholesterol levels. These suggested that the healthy meat products using domestic barley containing high levels of β -glucan may contribute to prevention of metabolic disease.

○ The sausage containing fractionated barley flour was also subject to in vivo tests. The mouse group fed with barley sausage showed less weight increase and lower level of total cholesterol and triglycerides compared to control sausage.

○ The best formulations that allowed maximum fat replacement with minimum deteriorative effects such as cereal tastes and textural damage. were determined with the help of sensory tests.

The final formulations were applied for scale-up production of barley sausage and the produced sausage was verified as acceptable products. The utilization of high β -glucan barley fractions could be applied to other meat products.

V. Research outcomes and utilization plans

- High β -glucan barley fractions were produced using a sieving method.

- Barley flour fractions of different particle sizes, components, and physical properties were produced using a sieving method. These different fractions could be utilized to different purposes depending on food products

- The amount of fat replacement increased to 50% of total fat added without seriously affecting the quality of sausage using fractionated barley flour and transglutaminase. Techniques relating to this are being tried for industrial application.

- The feasibility of applying barley flour in sausage making will be advertised to other related companies to encourage them to apply it to other meat products.

- Utilization of fractionated barley flour in sausage making and the optimization of production condition have been published in Food Science and Biotechnology.

- The patent on the production of barley sausage using fractionated barley flour is being prepared.

- The manuscript on the effect of the transglutaminase addition on the physicochemical properties of reduced fat sausage is being prepared.

- The manuscript on the effect of the gum addition on the physicochemical properties of reduced fat sausage is being prepared.

- The effect of high β -glucan barley fractions on the reduction of blood cholesterol through the increase of bile acid discharge has been published in Journal of Agricultural and Food Chemistry.

CONTENTS

(영 문 목 차)

Chapter 1	Outline of Research Development	14
Section 1	Necessity of Research Development	14
Section 2	Purpose and Scope of Research.....	16
Chapter 2	Current Status of Technical Development.....	17
Chapter 3	Contents and Results of Research Development	19
Section 1	Research Contents.....	19
Section 2	Research Results of Detailed Projects.....	22
1.	The First Project.....	22
2.	The Second Project.....	47
3.	The Third Project.....	69
Chapter 4	Objective achievement Scale and Contribution Scale on Related Field.....	96
Chapter 5	Research Performance and Utilization Plan.....	100
Chapter 6	International Scientific and Technical Information collected in the process of Research Development.....	101
제7장	Reference.....	103

목 차

제1장 연구개발과제의 개요	14
제1절 연구개발의 필요성	14
제2절 연구의 목적 및 범위.....	16
제2장 국내외 기술개발 현황.....	17
제3장 연구개발수행 내용 및 결과.....	19
제1절 연구내용.....	19
제2절 세부과제별 연구수행결과.....	22
제1세부과제.....	22
제2세부과제.....	47
제3세부과제.....	69
제4장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도.....	96
제5장 연구개발 성과 및 성과활용 계획.....	100
제6장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보.....	101
제7장 참고문헌.....	103

제 1 장 연구개발과제의 개요

제 1 절 연구개발의 필요성

● 우리나라의 식생활이 서구화 되고 수명이 길어짐에 따라 고혈압, 심장질환, 비만 등의 만성 퇴행성 질환이 증가되고 있다. 또한 인구의 노령화에 따라 국민 의료비가 꾸준히 증가하고 있어 국민 보건 및 국가의 경제적 부담이 가중되어 사회적 문제로 떠오르고 있다. 따라서 만성적 퇴행성 질환의 예방과 국민 건강 증진에 도움을 줄 수 있는 건강·기능 식품에 대한 필요성이 부각되고 있다.

● 특히 지방섭취량과 심혈관계 질환의 상관관계에 대한 사람들의 자각도가 지난 20년간 상당히 증가하였고, 이러한 건강과 영양에 대한 관심의 증가, 특히 특정 지방산 즉 포화지방산이나 트랜스 지방산의 섭취에 대한 관심의 증가는 저열량, 저지방 식품을 요구하게 되었다. 이러한 이유들로 식품 산업분야는 저열량 식품재료를 이용하여 지방을 대체하는 면에 관심을 갖게 되었으며, 가공식품의 지방을 대체하기 위한 목적으로 다양한 저열량의 지방대체제들을 개발, 시판하고 있다,

● 육제품의 경우도 예외일 수 없으며, 이러한 흐름에 빠르게 대응할 수 있는 제품의 개발이 필요하게 되었다. 육제품 내 지방 함량을 줄이면 열량과 콜레스테롤의 감소가 두드러지기 때문에 육가공업계에서는 저지방 가공 육제품 생산을 위한 연구가 활발히 진행 중이며, 업계에서도 지방 대체재를 사용하여 저지방 소시지를 출시하고 있으나 가격 경쟁력과 기호도 측면에서 기존제품과 차별화된 측면이 미흡해 시장경쟁력이 떨어지는 실정이다.

● 육제품 제조 시 지방대체재나 특정 첨가물 없이 지방의 함량을 낮추면 다즙성, 육색, 저장성, 풍미 등의 전반적 품질저하가 발생하며 이러한 문제점을 개선하기 위해서는 육제품 전체의 물성과 미세구조에서의 차이점을 규명하는 연구가 반드시 필요하다.

● 육제품의 지방대체제로 사용할 수 있는 소재 중의 하나로 베타글루칸에 대한 연구들이 보고되고 있는데, 보리로부터 추출한 베타글루칸은 수용성 하이드로 콜로이드로써 농후제(thickner)로 사용될 수 있을 뿐 아니라 겔(gel)을 형성할 수 있는 성질을 갖고 있어, 식육제품 중 물을 보유할 수 있는 능력이 뛰어나 지방 대체제로써 사용될 수 있는 것으로 보고되고 있

다.

● 이외에 베타글루칸은 체내에서 여러 생리활성을 나타내는 것으로 알려져 있다. 그 기능들은 아래와 같다.

- 베타글루칸은 혈중 전체 콜레스테롤과 LDL-콜레스테롤 및 간의 전체 콜레스테롤 함량을 감소시키는 반면 혈중 HDL-콜레스테롤의 증가를 나타내는 것으로 보고됨.

- 베타글루칸은 체내 항암, 항비만, 항당뇨, 항심혈관계질환 등 다양한 기능성이 보고됨.

- 베타글루칸은 소화기관 내 지질 성분과 결합하는 성질이 있어 지질의 흡수와 담즙산의 회수를 제한하고, 이들의 체내 배출을 증가시킴으로써 콜레스테롤의 이용률을 증가시켜 체내 축적을 억제하는 간접적 효과가 있음.

- 베타글루칸과 같은 점질성 다당류는 소장에서의 당 흡수를 지연시켜 혈당 증가와 글루코스 부하에 따른 인슐린의 분비를 저해하는 생리작용을 하여 혈당조절 기능성이 있음.

● 그러므로 본 연구에서는 체내에서 여러 생리활성을 나타낼 수 있는 베타글루칸을 보통의 보리보다 다량 함유하고 있는 보릿가루 분획을 제조하여 육제품 제조에 이용하고, 특화된 기능성 육제품을 개발하고 제품화하고자 하였다. 이러한 기능성 육제품의 개발은 건강증진의 이점을 갖을 뿐 아니라 지속적인 부가가치를 창출 할 수 있는 산업으로의 발전 가능성을 갖고 있다.

● 보리는 다른 곡류에 비해서 기능성 영양 성분 및 물질의 함유량이 많을 뿐만 아니라 친환경적인 농가의 겨울철 재배 작물로서 많은 장점을 가지고 있음에도 불구하고 식생활의 변화에 따라서 1990년대 이후 그 소비량이 줄어 일정 수준으로 정체되어 있다. ('90-'02: 1.5-1.7kg--->'03: 1.0kg ---> '04-'06: 1.1kg)

● 보리는 엿기름, 보리차, 잡곡 소포장으로 정부인수분이 소비되고 있으며, 농협인수분은 국세청의 수급계획에 의해 주정용으로 처분되고 있는 실정이며, 현재 2001년과 2002년의 과잉생산으로 인한 재고가 297000톤 정도가 남아있다. 생산량은 2001년도에 383천톤에서 06년도에는 210천톤으로 한정계약 수매와 수요 감소로 재배면적과 생산량이 줄어들고 있다.

● 재고과다, 소비감소, DDA/FTA 협상 등 대내외적 여건 등을 감안 보리 수매가격의 단계적 인하 및 2012년 수매 전면 중단에 따른 농가 소득 감소로 경작 포기가 이루어질 것이며 값싼 가공용 보리의 수입은 국민건강에 또 다른 위협을 초래할 것이다. 그러므로 위축된 국내산

보리의 생산을 촉진시키기 위해서는 소비 촉진을 위한 가공이용 및 제품개발 연구 확대가 절실한 실정이다. 보리를 이용한 육제품 생산 기술 개발은 새로운 보리 소비의 용도개발과 기능성 육제품 개발에 좋은 소재가 될 것으로 사료되며 이와 같은 연구는 보리 생산농가의 소득증대와 소비자의 건강증진에 기여할 것으로 기대된다.

● 국내에서 1997년 학교 급식법이 개정된 이래 급식 문화가 빠르게 일상화 되었고, 회사와 관공서 및 단체 수련원 등에서도 단체 급식이 정착되고 있다. 대규모 급식 문화의 발달로 가공육제품 시장은 지속적으로 점점 확대되어 가고, 이에 따라 다양한 제품의 개발이 요구되고 있다. 이러한 시점에서 기능성 육제품의 개발은 소비자의 욕구 충족과 다양한 제품의 개발이라는 목적을 충족시킬 수 있는 한가지 방법이 될 수 있다.

● 건강에 해로운 포화지방산과 콜레스테롤을 특이적으로 감소시킨 육제품 제조 기술을 개발하고 이의 효능을 생의학적으로 검증하여 상품화 할 경우 사회 문화적 코드에 상응하는 시장성 높은 제품을 개발 할 수 있을 것으로 기대되며, 더불어 다른 산업에 비해 수익성 구조가 취약한 농민들에게도 새로운 활로를 열어줄 것으로 사료된다.

● 국민의 건강증진을 위하여 기능성이 우수한 식품을 개발하는 것은 질병예방에 의한 국가적 질병치료 비용의 축소, 건강사회 구현에 따른 국가 생산성 증진 등에 기여할 수 있다.

제 2 절 연구의 목적 및 범위

1. 연구의 목적

국내 보릿가루의 베타글루칸 함량을 높일 수 있는 방법을 확립하고, 이를 이용하여 저지방 건강 기능성 육제품을 개발함.

- 국내 보리의 보릿가루 및 이를 이용하여 제조한 기능성 육제품의 물리화학적 특성을 규명
- 국내 보리의 보릿가루를 이용하여 제조한 육제품의 대사질환 개선 기능성 검증
- 국내 보리의 보릿가루를 이용한 저지방 건강 기능성 육제품의 제조 공정을 개발하고 최적 생산 조건을 확립함

2. 연구범위

- 국내 보리의 효율적 베타글루칸 함량 증진 방법 개발

- 베타글루칸 함량이 증진된 보릿가루의 물리화학적 특성 분석
- 선별된 보릿가루 분획을 이용하여 제조한 육제품의 물리화학적 특성 규명
- 첨가제를 이용하여 보릿가루 분획 함유 육제품의 물성개선
- 고 베타글루칸 함유 보릿가루의 지질대사 기능성 규명
- 보리 이용 기능성 육제품의 지질대사 기능성 검증
- 단순 보릿가루 첨가에 의한 기능성 육제품 제조 가능성 탐색
- 저지방 소시지 제조 조건 최적화
- 보리이용 기능성 육제품의 scale-up 생산 체제 구축

제 2 장 국내외 기술개발 현황

1. 세계적 수준

식이섬유소에 대한 생리활성이 밝혀지고, 각각의 다른 식이섬유소가 각기 다른 생리활성을 갖고 있음이 밝혀지면서, 베타글루칸을 식품에 첨가하는 것과 관련된 연구들이 시작되었다. 처음 귀리의 식이섬유소가 콜레스테롤을 저하시키는 기능이 있다는 것은 1967에 보고 되었고, 그 후 여러 동물 실험을 통하여 베타글루칸의 hypcholesterolemic effect가 확인되었다.

1991년 귀리로부터 수용성 식이섬유소를 분리하여 여러 식품에 적용한 특허 (US patent No. 4,996,063)를 시작으로, 베타글루칸을 첨가한 식품에 관한 연구가 활성화 되었다. 특히 귀리 (oat)의 재배량이 풍부한 미국에서는 귀리 베타글루칸에 대한 연구가 주를 이뤘고, 이를 식품에 첨가하는 연구와 이들 식품의 생리활성에 관한 연구가 진행되어 왔다¹⁻⁵⁾. 과거 귀리 베타글루칸을 식품에 첨가하는 연구의 목적은 단지 여러 생리활성을 나타내는 베타글루칸을 영양 강화의 목적으로 첨가하는 수준이었으나, 최근에 와서는 지방과 관련된 여러 질병들에 대한 소비자들의 우려와 맞물려 저지방 식품에 대해 베타글루칸을 지방대체제로 사용하는 연구들이 진행되고 있다. 특히 저지방 육제품에 첨가했을 때, 베타글루칸이 갖는 수분보유능과 겔 형성 능력 때문에 육제품의 텍스처와 juiciness를 유지해 주는 것으로 보고되고 있다. 미국에서는 귀리 베타글루칸을 이용한 저지방 육제품 및 식품 개발이 이미 상당한 진척을 보이고 있으며 (특허 WO 93/00829), 미 농무성 (USDA)산하 연구소(ARS)에서 귀리의 베타글루칸을 이용한 지방 대체 물질을 개발하여 시판하고 있다.

그러나 보리에 관하여는 주로 맥주나 사료로 주로 사용되어 왔을 뿐, 보리나 보리 베타글루칸을 식품에 응용한 예는 거의 드물다고 할 수 있다. 최근 들어 다양한 보리의 건강 기능성이 밝혀지면서, 보리를 이용한 저지방 식품 제조에 대한 관심이 높아지고 있으나, 원 보릿가루보다 베타글루칸 함량이 높아진 보릿가루 분획을 제조하여, 이를 이용한 저지방 육제품 개발한 사례는 본 연구팀에서 처음으로 실시되었다.

2. 국내수준

보리 베타글루칸을 이용한 식품 개발에 관한 연구는 거의 진행된 바 없고, 수용성 베타글루칸의 제조방법(출원번호 10-2005-0005133), β -1,3-glucan을 고농도로 생산하는 신균주의 개발, 베타글루칸을 함유한 쌀을 생산하는 방법 (출원번호 10-2001-0071378) 등 베타글루칸을 분리하는 방법을 연구하는 수준에 머무르고 있다.

식육제품에 있어서도, 여러 영양물질들을 첨가하여 소시지를 제조하는 방법들에 대한 연구들이 진행되었으나, 보리 베타글루칸을 이용한 경우는 없고, 저지방 식육제품에 관한 연구도 드물다. 초저지방 고급세질 소시지에 관한 특허 (출원번호 10-2003-0013216))가 보고된 바 있는데, 글루코만난, 카라기난, 대두단백질을 혼합하고, 이를 물과 수화시킨후 지방대체제로 사용한 것이며, 영양 물질을 사용하여 제조한 소시지의 연구로는 쌀함유 소시지, 은행이 가미된 기능성 소시지 등이 있으며, 이외 식육제품에 대한 연구는 소시지 제조방법 및 장치에 관한 연구들이 주를 이뤄왔다.

3. 국내 · 외의 연구현황

연구수행 기관	연구개발의 내용	연구개발성과의 활용현황
미 농무성 (USDA) 산하 연구소 (ARS)	귀리의 베타글루칸을 이용한 지방 대체 물질 개발	시판 중 (Oatrim, Nutrim, Z-trim, Calorie control-trim)
대상	클로렐라 첨가 햄 개발	시판 중

제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과

제 1절 연구내용

1. 제 1세부과제

세부과제명	연차별 연구내용	연구수행방법
제 1세부과제 : 보리 이용 기능성 육제품의 물리화학적 특성 분석	1차년도 : 베타글루칸 함량이 증진 된 보릿가루의 제조와 물 리화학적 특성 규명	- 체분리법을 이용하여 베타글루칸 함량 이 증진된 보릿가루 제조 - 제조한 보릿가루의 물리화학적 특성 규명 <ul style="list-style-type: none"> • 일반성분 분석 • 팽윤력 측정 • Pasting 특성 • 열적특성 • 얼음결정 용융 엔탈피 측정
	2차년도 - 베타글루칸 함량이 증진 된 보릿가루 분획을 이용 한 다양한 배합비의 저지 방 육제품 제조 (세부3과 협력) - 제조된 육제품의 이화학 적 물리화학적 특성 규명	- 배합비에 따라 다양한 소시지 제조 - 제조된 소시지의 특성 조사 <ul style="list-style-type: none"> • 일반성분 (수분, 지방, 단백질, 회분) • 표면 색도 측정 • 조리시 손실을 측정 (cooking loss) • 수분보유력(water holding capacity) • 텍스처 분석 • DSC를 통하여 성분들 간 상호작용 규명 - 제조한 소시지의 관능평가
	3차년도 : 베타글루칸 함량이 높아 진 보릿가루 분획을 이용 하여 제조한 저지방 육제 품의 물리화학적 특성 개 선	- 육제품의 특성 개선을 위하여 검류와 트랜스글루타미나아제를 첨가하여 소시 지 제조 - 첨가제가 첨가된 육제품의 특성 조사 - 제조한 소시지의 관능평가

2. 제 2세부과제

세부과제명	연차별 연구내용	연구수행방법
제 2세부과제 : 보리 이용 육제품의 대사질환 기능성 검 증	1차년도 : 보리 이용 육제품의 생 리 기능성 탐색	실험동물을 이용한 보리의 지질대사 기 능성 평가 <ul style="list-style-type: none"> • C57BL/6J 마우스 사용 • 보리 대체 고지방 사료(보리 입자 크 기별 4종), 7주간 투여 • 마우스 혈액 내 지질대사 관련 바이 오마커 측정(총콜레스테롤, HDL-콜 레스테롤, LDL-콜레스테롤 및 중성 지방) • 타겟 생체시료(간, 소장 등) 확보
	2차년도 : 보릿가루를 이용하여 제조한 저지방 육제품의 고지혈증, 동맥경화 기능성 검증	- 실험동물을 이용한 보리의 지질대사 개선 기작 구명 <ul style="list-style-type: none"> • 담즙산 배출량 측정 • 간 및 소장 조직에서 콜레스테롤 대 사 관련 주요 유전자 및 단백질 발 현 측정(HMG-CoA reductase, CYP7A1, FXR, NPC1L1, ASBT 등)
	3차년도 : 특화 육제품의 당노 및 비만개선 효과 검증	- 실험동물에서 보리 이용 특화 육제품 의 지질대사 기능성 평가 <ul style="list-style-type: none"> • 1-2차년도 연구로부터 선정된 1종의 보릿가루(고베타글루칸 함유) 이용 • C57BL/6J 마우스 사용 • 보리 육제품 대체 사료(보리 함량에 따른 3종) 투여 • 마우스 혈액 내 지질대사 관련 바이 오마커 측정(총콜레스테롤, HDL-콜 레스테롤, LDL-콜레스테롤 및 중성 지방)

3. 제 3세부과제

세부과제명	연차별 연구내용	연구수행방법
제 3세부과제 : 보리를 이용한 건강 기능성 육제품 제조 공정 개발	1차년도 : 보릿가루를 이용한 육제 품의 제조	- 보릿가루가 첨가된 소시지의 배합비 설정 - TPA (texture profile analysis) 및 관 능검사에 의한 소시지의 품질 평가
	2차년도 - 보릿가루를 이용한 저지방 건강기능성 육제품의 제조와 제조 조건의 최적 화 (세부 1과 협력) - 생산 공정의 품질 지표 및 실용화에 대비	- 반응표면분석법 (Response surface methodology, RSM)을 이용하여 저지방 소시지 제조를 위한 배합비의 최적화 - 관능검사를 통한 문제점 분석 및 개선 방안 도출
	3차년도 : 보리이용 육제품의 제 품화를 위한 대량생산체계 구축	- 지방 대체율과 보릿가루 분획 호화액 농도를 다양하게 조절하여 저지방 소시 지를 제조한 후 관능평가를 실시하고 관능적으로 일반소시지와 유사한 조직 감을 갖는 소시지 배합을 결정 - 결정된 대체율과 보릿가루 호화액 농 도로 저지방 소시지를 대량 생산함. - 대량으로 생산된 소시지의 특성과 기 호도 검사 : TPA를 이용하여 기계적 조직감 측정 유통기한 측정 기호도 검사

제 2절 세부과제별 연구수행 결과

1. 제 1 세부과제 : 보리 이용 기능성 육제품의 물리화학적 특성 분석

가. 서론

본 연구의 궁극적인 목적은 체내에서 여러 생리활성을 나타낼 수 있는 보리 베타글루칸을 다량 함유하는 보릿가루를 저지방 육제품 제조에 이용하여, 특화된 기능성 육제품을 개발하고 제품화하는 것이므로, 먼저 1차년도에는 베타글루칸 함량이 증진된 보릿가루를 체분리법으로 제조하고, 지방 대체제로서의 가능성을 조사하였다. 일반 보릿가루의 경우, 베타글루칸의 함량이 낮아, 육제품에 첨가할 경우 효과가 미비할 것으로 예상되어 베타글루칸 함량이 증진된 보릿가루를 제조하게 되었다. 또한 2차, 3차년도 연구의 기초자료로 활용하기 위하여 제조된 보릿가루의 수분 결합 특성, 팽윤력, 가루의 pasting 특성, 열적 특성을 조사하였다.

2차, 3차년도에는 베타글루칸 함량이 증진된 보릿가루를 이용하여 저지방 육제품을 제조하였고 육제품의 물리화학적 특성을 분석하였으며, 더 나아가 저지방 육제품의 물리화학적 특성을 개선할 수 있는 방법을 모색하였다.

나. 연차별 연구방법 및 결과

(1) 1차년도

(가) 재료 및 방법

① 보릿가루의 분획

보리는 경남 진주시 사봉면에서 2008년 생산된 찰통보리 20 kg을 구입하여 사용하였다. 시료는 사용 전까지 4℃에서 냉장 보관하였다.

보리는 0.5 mm 체가 부착된 cyclone sample mill (Model 3010-030, UDY co. LTD., USA)을 이용하여 분쇄하였고, 분쇄한 보릿가루는 베타글루칸의 함량을 높이기 위하여 체분리법을 이용하여 4부분으로 분획하였다. 45 mesh(355 μm), 100 mesh(150 μm), 200 mesh(75 μm) 세 종류의 체 (Chung gye industiral MFG., Co., KOREA)를 이용하여 분획하였으며, 그 결과 분획 1은 75 μm 이하의 입자 크기, 분획 2는 75 μm 에서 150 μm , 분획 3은 150 μm 에서 355 μm , 분획 4는 355 μm 에서 150 mm 입자 크기를 가지게 되었다.

② 일반성분 분석

분획된 보릿가루의 전분, 수분, 단백질, 지방 그리고 회분 함량을 측정하였다. 베타글루칸의 함량은 Megazyme Mixed-linkage β -glucan assay kit (Megazyme, USA)를 이용하여 AOAC법 995.16에 따라 분석하였고, 전분의 함량은 Megazyme Total starch assay kit (Megazyme, USA)를 이용하여 AOAC법 996.11에 따라 분석하였다. 수분 함량은 적외선 수분계(FD-600, Kett electric laboratory, JAPAN)를 이용하여 분석하였다. 단백질, 지방의 함량은 각각 킬달, 속실렛법을 이용하였다. 회분의 함량은 회분기를 이용하여 분석하였다.

③ 얼음 결정 용융 엔탈피

얼음 결정 용융 엔탈피는 intracooler (Perkin Elmer, USA)와 수소 가스 퍼지가 장착된 주사 시차 열량 측정계 (Pyris Diamond DSC, Perkin Elmer, USA)로 측정하였다. 각 분획별 보릿가루 시료 $7 \text{ mg} \pm 1 \text{ mg}$ (w.b., 9% 수분함량 기준)를 DSC 팬 (large volume, Perkin Elmer 319-1605, USA)에 칭량한 후, 최종 수분 함량이 59%가 되도록 물을 첨가하였다. 시료 팬은 분석하기 전에 상온에서 5시간 이상 안정화시켰다. 시료 팬을 20°C 에서 -40°C 로 분당 2°C 의 온도변화로 냉각한 후에, 분당 5°C 의 온도변화로 -40°C 에서 130°C 까지 가열하였다. 이 과정을 통하여 호화 전의 얼음 결정의 용융 엔탈피를 측정하였다. 첫 번째 스캔이 끝난 후, 즉시 샘플 팬을 다시 0°C 까지 냉각시켰다. 그 후 다시 첫 번째 스캔과 같이 시료 팬을 20°C 에서 -40°C 로 분당 2°C 의 온도변화로 냉각한 후에, 분당 5°C 의 온도변화로 -40°C 에서 130°C 까지 가열하였다. 두 번째 스캔에서는 호화 후 얼음결정의 용융 엔탈피를 측정하였다. 측정은 2 반복으로 수행하였고, 아무것도 넣지 않은 팬을 reference로 사용하였다. 열량 측정계는 인듐 (156.6°C , $\Delta H=28.45 \text{ J/g}$)을 이용하여 보정하였다.

④ 팽윤력 측정

팽윤력은 M. Bhattacharya et al. (1999)의 방법을 수정하여 3 반복 측정하였다. 각 분획별 보릿가루의 $0.4 \text{ g} \pm 0.001 \text{ g}$ (d.b)을 팔콘 튜브 (50 ml, Beckton Dickinson, USA)에 칭량한 후, 12.5 ml의 증류수를 첨가하였다. 증류수가 첨가된 가루를 vortex (Scientific Industries Inc., USA)를 이용하여 30 초간 섞었다. 그 후 5 분간 상온에서 안정화시키고, 30 분 동안 정해진 온도 (상온, 100°C)에서 물중탕 한 채로 교반기 (Corning Stirrer/Hot Plate, Corning, NY, USA)를 이용하여 교반하였다. 그 후 원심분리기 (KR/Union 55R, Hanil, Seoul, Korea)를 이용하여 $1,000 \times g$ 에서 15 분 동안 원심분리한 후, 상등액은 조심스럽게 제거하고, 팽창한 가루 침전물의 무게를 측정하였다. 팽윤력은 처음 가루의 무게에 대한 팽창한 침전물의 증가한 무게

의 비로 정하였다.

$$\text{팽윤력} = \frac{\text{팽창한 가루 침전물의 무게} - \text{처음 가루 무게}}{\text{처음 가루 무게}}$$

⑤ Pasting 특성

신속 점도 분석계 (RVA) (RVA-4, Newport Scientific Pvt. Ltd., Warriewood, Australia)를 이용하여, 각 분획별 보릿가루의 pasting 특성을 조사하였다. 각각의 가루 2 g (9 % 수분함량을 기준)에 25 ml의 증류수를 첨가한 후, 일정한 전단력을 가하는 상태에서 제한적으로 가열, 냉각하였다. 처음 10 초간 960 rpm의 속도로 전단력을 가한 후, 그 이후 과정에서 전단력은 160 rpm의 속도로 일정하게 유지한다. 온도는 50°C에서 1 분간 유지한 후 3 분 42 초 동안 95°C로 온도가 올라가도록 조절하였고, 95°C에서 2 분 30 초 동안 유지한다. 마지막으로 3 분 28 초 동안 50°C까지 냉각한 후 2 분간 유지하고, 실험을 마친다. 이 결과를 바탕으로 pasting time, peak temp., peak viscosity, trough, final viscosity, breakdown, setback from trough를 구하였다.

⑥ 열적특성

각 분획별 보릿가루의 열적 특성은 intracooler (Perkin Elmer, USA)와 수소 가스 퍼지가 장착된 주사 시차 열량 측정계 (Pyris Diamond DSC, Perkin Elmer, USA)로 분석하였다. 각각의 보릿가루 획분 10mg ± 1mg (w.b., 9% 수분 함량 기준)을 DSC 팬 (large volume, Perkin Elmer 319-1605, USA)에 칭량한 후, 시료와 물의 비율이 1:3이 되도록 증류수를 첨가하였다. 시료 팬은 분석 전 상온에서 5 시간 이상 안정화시켰다. 시료 팬은 10°C에 130°C까지 분당 5분의 온도변화로 가열되었다. 측정은 2 반복으로 수행하였고, 아무것도 넣지 않은 팬을 reference로 사용하였다. 열량 측정계는 인듐 (156.6°C, ΔH=28.45 J/g)을 이용하여 보정하였다.

⑦ 통계적 처리

실험 결과의 통계적 처리가 필요한 경우, SPSS (V12, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)로 Duncan's test를 통해 분석하였으며, 별도의 언급이 없는 한 유의수준 p=0.05에서 유의성을 검증하였다.

(나) 연구결과

① 보릿가루의 수율 및 화학적 분석

분획별 수율을 보면, 75 μm 이하의 입자 크기를 가지는 분획 1은 34.27%의 수율을 보였으며, 75 μm 에서 150 μm 의 크기인 분획 2는 20.59%, 150 μm 에서 355 μm 의 크기인 분획 3은 31.6%, 355 μm 에서 150 mm의 크기를 가지는 분획 4는 13.53%의 수율을 각각 나타내었다 (sample mill을 이용하여, 분쇄 후 회수한 보리의 양을 100%로 하였을 때) (표 1). 이들 각각의 베타글루칸 함량은 1.63%, 8.35%, 9.13%, 7.39%로 나타났는데, 원 보리의 베타글루칸 함량 6.26% 대비 각각 -70.24%, 33.45%, 45.89%, 18.11% 증가율(-는 감소를 의미)을 보였다. 이는 정현상 등 (2003) ⁶⁾의 보리 품종 및 입도 분획별 베타글루칸 함량의 평균 최대 증가율 43.2%를 상회하는 수치이다.

분획별 전분의 양은 분획 3, 4는 원 보리와 큰 차이를 보이지 않은 반면에, 분획 2는 원 보리에 비해 27.4% 감소, 분획 1은 25.9% 증가하였다. 이는 보리전분이 직경이 10~20 μm 로 큰 렌즈모양의 전분입자와 5 μm 이하의 작은 입자를 포함하여⁷⁾ 많은 양이 75 μm 이하의 부분으로 분획되었기 때문으로 생각된다. 단백질 함량 또한 분획 3, 4는 보리와 큰 차이를 보이지 않는 반면, 분획 2는 소폭 증가, 분획 1은 소폭 감소하였다. 지방은 이와는 조금 다르게 분획 1, 3은 보리와 큰 차이를 보이지 않았으나, 분획 4는 소폭 감소, 분획 2는 소폭 증가하였다. 회분은 분획 2, 3은 소폭 증가, 분획 1, 4는 소폭 감소하였다.

표 1. 분획별 보릿가루의 수율과 일반성분 단위 (% w/w)

	수율	베타글루칸	전분	조단백질	조지방	회분	수분
보릿가루		6.26	60.41	11.64	3.13	1.74	9.0
분획 1	34.27	1.63	73.80	9.95	3.03	1.34	9.0
분획 2	20.59	8.35	44.83	13.84	4.19	2.25	9.0
분획 3	31.60	9.13	57.02	12.29	3.22	1.91	9.0
분획 4	13.53	7.39	58.11	11.06	1.60	1.47	9.0

② 얼음 결정 용융 엔탈피

얼음 생성에 이용될 수 있는 물은 시료 매트릭스 내부에 존재하는 운동성이 비교적 제한되지 않는 부분으로 정의되고, 얼음 생성에 이용될 수 있는 물이 충분히 냉각되었을 때, 그것은 얼음 결정의 용융 엔탈피로써 측정 가능하다. 즉 엔탈피 값이 작다는 것은 얼음 생성에 이용될 수 있는 물의 양이 적다는 것이다. 표 2에서 볼 수 있듯이 분획 1의 경우, 호화 전과 후 각각 다른 값을 보였으며, 호화 후 엔탈피 값이 감소하였다. 분획 2, 3, 4의 경우 역시 호화 후 엔탈

피 값이 감소하였으나, 유의적인 차이를 보이지는 않았다. 또한 호화 전 분획별 엔탈피를 살펴 보면 분획 1, 2, 3이 비교적 큰 값이나, 유의적인 차이는 보이지는 않았으며, 분획 2, 3, 4가 유의적인 차이를 보이지 않았다. 호화 후에는 분획 3이 비교적 큰 값이지만, 유의적인 차이는 보이지 않았다. 이는 각 분획의 성분 또는 입자 크기와 특별한 상관관계를 보이지 않는데, 이것은 엔탈피 값이 어떤 한 요인에 의한 지배를 받기보다 전분의 양, 베타글루칸의 양 이외에도 손상된 전분의 정도, 입자의 크기 등 다양한 요인에 의한 영향을 받기 때문으로 생각된다.

③ 팽윤력 측정

100℃에서 측정한 팽윤력은 시료간 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 다만 분획 1의 경우 팽윤력이 비교적 큰 값을 갖는데, 이것은 전분의 함량이 비교적 높은 값을 가지기 때문으로 생각된다. 그러나 상온에서의 팽윤력은 이와는 조금 차이를 보이는데, 유의적인 차이는 없지만 분획 3이 가장 큰 팽윤력을 가지는 것으로 나타났다. 이는 수분 보유능이 큰 베타글루칸 함량이 분획 3에서 가장 높았던 것과 관련이 있다고 생각된다.

표 2. 분획별 보릿가루의 얼음 결정 용융 엔탈피 (단위 : J/g)

	호화 전	호화 후
	$\Delta H(J/g)$	$\Delta H(J/g)$
분획 1	73.03±1.81 ^a	58.69±6.00 ^b
분획 2	69.60±6.85 ^{ab}	58.69±9.38 ^b
분획 3	69.41±7.40 ^{ab}	63.23±4.47 ^{ab}
분획 4	60.59±2.70 ^b	58.89±2.65 ^b

Different letters within a column indicate a significant difference $p = 0.10$

표 3. 분획별 보릿가루의 팽윤력 (상온, 100℃)

	상온	100℃
분획 1	1.57±0.23 ^b	12.52±0.14 ^a
분획 2	2.81±0.71 ^a	8.21±0.91 ^b
분획 3	3.00±0.73 ^a	10.34±1.48 ^{ab}
분획 4	2.67±0.48 ^a	11.47±0.34 ^a

Different letters within a column indicate a significant difference ($p < 0.05$)

④ Pasting 특성

분획 4의 경우 peak가 나타나지 않고, 점도가 계속 증가하여, pasting temp.와 final viscosity 이외의 다른 특성치는 구할 수가 없었다. 이는 거칠게 분쇄된 보릿가루가 호화가 늦게 개시되는 경향을 보여주는 이전 연구 결과⁸⁾로 설명될 수 있는데, 95℃에 머무르는 시간이 너무 짧아, 호화의 peak가 제대로 나타나지 않는 것으로 생각된다. Pasting temp.는 분획 4를 제외하고 원래의 분획하지 않은 보리와 분획한 보릿가루간에 큰 차이를 나타내지 않았고, 성분의 차이가 전분의 호화개시 온도에 영향을 주지는 않는 것으로 생각되었다. 큰 차이는 peak viscosity, trough, final viscosity, setback 값에서 나타났으며, 베타글루칸 함량이 높은 분획 2, 3이 분획하지 않은 보릿가루보다 큰 값을 나타내었다. 이는 베타글루칸과 전분의 상호작용에 의해 유도된 결과라고 생각되며, 베타글루칸과 전분의 상호작용이 전분입자에 대한 전단력을 증가시켰을 뿐 아니라 호화 중 입자밖으로 빠져나온 아밀로스, 팽윤된 입자와 베타글루칸 간 물에 대한 경쟁력이 상승하여 분획 2, 3에서의 peak viscosity, trough, final viscosity, setback 값이 크게 나타난 것으로 생각된다⁹⁻¹²⁾.

표 4. 분획별 보릿가루의 RVA 특성치

	보릿가루	분획 1	분획 2	분획 3	분획 4
pasting temp.	67.4±0.57 ^b	67.43±0.53 ^b	66.93±0.04 ^{ab}	66.15 ^a	78.95 ^c
peak time	305.98±8.49 ^a	303.98±11.3 ^a	265.98±19.8 ^b	307.98±5.66 ^a	
peak viscosity	770.5±16.26 ^c	933.5±44.55 ^b	986±29.7 ^b	1688.5±12.0 ^a	
trough	644.5±9.19 ^d	590±9.9 ^c	798±14.14 ^b	1601±12.73 ^a	
final viscosity	983±33.94 ^e	905±22.63 ^d	1505.5±10.6 ^c	2869.5±4.95 ^b	3283±14.14 ^a
breakdown	126±7.07 ^a	343.5±34.65 ^c	188±15.56 ^b	87.5±0.71 ^a	
setback from trough	338.5±24.75 ^c	315±12.73 ^c	707.5±3.54 ^b	1268.5±7.78 ^a	

Different letters within a row indicate a significant difference ($p < 0.05$)

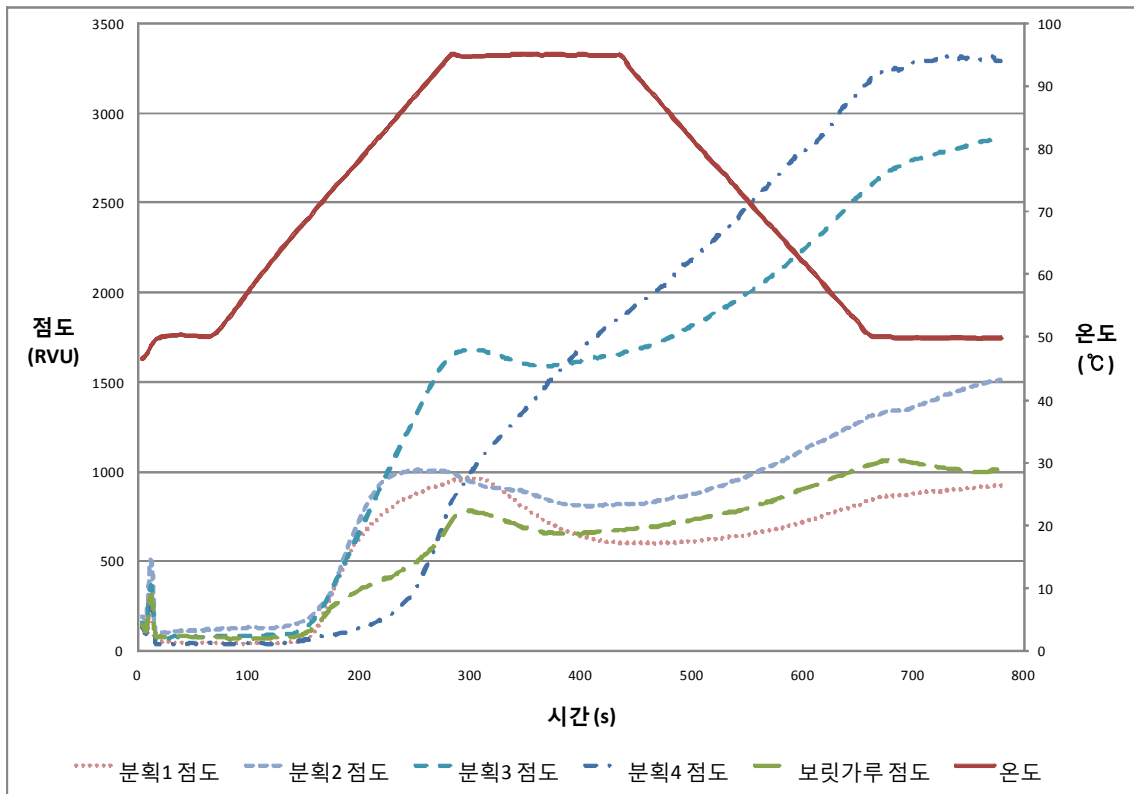


그림 1. 분획별 보릿가루의 RVA 곡선

⑤ 열적특성

분획별 보릿가루의 DSC에 의한 분석 결과는 표 5와 같았다. Peak의 onset temp.와 peak temp., end temp.,는 유의적인 차이가 없었다. 차이를 보이는 것은 peak의 엔탈피 (ΔH)인데, 이 값은 분획 3이 5.23 ± 0.50 J/g, 분획 4가 6.11 ± 0.27 J/g으로 유의적인 차이가 없었고, 분획 1이 7.40 ± 0.56 J/g, 분획 2가 3.99 ± 0.38 J/g으로 이들은 분획 3, 4와는 유의적인 차이가 있었다. 이것은 전분의 호화 엔탈피이며, 보릿가루 분획의 전분 함량과 상관관계를 가지므로, 전분의 함량이 가장 큰 영향을 미친다고 할 수 있다. 즉 DSC로 분석한 보릿가루의 열적 특성에는 베타글루칸의 함량이 큰 영향을 미치지 못하는 것으로 나타났다.

표 5. 분획별 보릿가루의 DSC 분석 결과

	onset temp.(°C)	peak temp.(°C)	$\Delta H(J/g)$	end temp.(°C)
분획 1	65.06 ± 0.54^a	69.89 ± 0.30^a	7.40 ± 0.56^c	74.26 ± 0.38^a
분획 2	65.48 ± 1.11^a	70.59 ± 0.98^a	3.99 ± 0.38^b	75.72 ± 2.71^a
분획 3	65.51 ± 0.45^a	70.19 ± 0.28^a	5.23 ± 0.50^a	74.96 ± 0.79^a
분획 4	64.89 ± 0.27^a	69.60 ± 0.20^a	6.11 ± 0.87^a	74.75 ± 0.21^a

Different letters within a column indicate a significant difference ($p < 0.05$)

(다) 1차년도 연구성과 고찰 및 결론

저지방 육제품의 개발에 베타글루칸이 함유된 보릿가루를 지방 대체제로 이용하기 위하여 국내 보릿가루를 체분리하여 베타글루칸 함량이 높아진 보릿가루 분획을 제조하였다. 그 결과 베타글루칸 함량이 원 보리 대비 각각 33.45%, 45.89%, 18.11% 향상된 분획을 얻을 수 있었다. 또한 최대 증가율을 보였을 때의 분획에 해당하는 수율은 31.6%로 비교적 높은 수치였다. 또한 여러 가지 방법으로 보릿가루의 특성을 조사하였는데 그중에서도 가루의 pasting 특성에서 분획화의 효과가 두드러지게 나타났다. 분획 4를 제외하고는 베타글루칸 함량이 높았던 분획 2, 3에서의 점성이 분획하지 않은 보릿가루나 전분 함량이 상대적으로 높았던 분획 1에서보다 높았다. 분획 2와 3은 베타글루칸을 원보리보다 많이 함유하고 있는 분획으로 이 분획을 이용하여 저지방 육제품을 제조하였을 때 베타글루칸에 의한 생리활성의 증진 뿐 아니라 제조된 육제품의 물 보유력과 cooking yield 등의 제품 적성을 향상시킬 수 있을 것으로 사료되었다.

비교적 베타글루칸의 함량이 높고, 팽윤력이 좋으며, 점도의 증가가 좋은 분획 3이 지방대체제로서의 가능성이 있는 것으로 생각되었다.

(2) 2차년도

(가) 재료 및 방법

① 보릿가루의 분획

1차년도와 마찬가지로 보리는 경남 진주시 사봉면에서 2008년 생산된 찰통보리를 사용하였고 0.5 mm 체가 부착된 cyclone sample mill (Model 3010-030, UDY co. LTD., USA)을 이용하여 분쇄하였다. 분쇄한 보릿가루는 베타글루칸의 함량을 높이기 위하여 1차년도와 마찬가지로 체분리법을 이용하여 3부분으로 분획하였다. 1차년도에는 4개의 분획으로 나누었던 것에 반해 2차년도에는 150 μm 에서 355 μm 크기의 분획과 355 μm 에서 150 mm 크기의 분획이 베타글루칸 함량 뿐 아니라 특성에도 유의적인 차이를 나타내지 않는 것으로 판단되어 두 분획을 합하여 하나의 분획으로 하여 실험하였다. 결국 2차년도에 사용된 보릿가루 분획은 150 μm 이상의 크기를 갖는 분획 1, 75 μm 에서 150 μm 범위의 입자크기를 갖는 분획 2, 75 μm 이하의 분획 3이었다.

② 일반성분 분석

1차년도와 동일한 방법을 사용하였다.

③ 저지방 소시지의 제조

3세부와의 공동 연구를 통하여 3종류의 보릿가루와 보릿가루 호화액의 첨가비율을 달리하여 저지방 소시지를 제조하였으며, 지방을 보릿가루로 대체하지 않은 소시지와 물성이 유사한 소시지를 제조할 수 있는 최적의 배합비를 결정하였다. 그림 1에 저지방 소시지 제조 공정을 나타내었다. 또한 실험에 이용한 배합비는 표 1과 같았으며, 이 배합비는 반응표면분석법을 이용하여 결정하였다.

(반응표면분석법을 이용하여 실험을 디자인하고 최적 배합비를 결정하게 된 과정은 3세부과제 부분에 설명하였다.)

분획 1의 경우에는 3.9% (w/w)의 페이스트로 지방의 7.6%를 대체하였고, 분획 2의 경우에는 6.9% (w/w)의 페이스트로 6.7%를 대체하였다. 이러한 배합비를 이용하여 pilot scale로 소시지를 제조하였다.

④ 최적 배합비로 제조된 육제품의 이화학적 및 물리화학적 특성 규명

- 소시지의 표면 색도

표면 색도는 색차분석계 (CR300, Minolta Camer co., Osaka, Japan)를 이용하여 측정하였다. 색차분석계는 백판(Y 92.60 x .3136 y .3196)으로 보정하였다. 색도는 L*(lightness), a*(redness, red-green), b*(yellowness, yellow-blue) 좌표계 값으로 측정하였다. 소시지를 잘라서 단면의 색을 측정하였다.

- 얼음 결정 용융 엔탈피

얼음 결정 용융 엔탈피는 intracooler (Perkin Elmer, USA)와 수소 가스 퍼지가 장착된 주사 시차 열량 측정계 (Pyris Diamond DSC, Perkin Elmer, USA)로 측정하였다. DSC 팬 (large volume, Perkin Elmer 319-1605, USA)에 $9.9 \pm 1\text{mg}$ 칭량한 후, 분석하기 전에 상온에서 5시간 이상 안정화시켰다. 시료 팬을 20°C에서 -40°C로 분당 2°C의 온도변화로 냉각한 후에, 5분간 -40°C에서 안정화 시킨 후에 분당 5°C의 온도변화로 -40°C에서 40°C까지 가열하였다. 이 과정을 얼음 결정의 용융 엔탈피를 측정하였다. 측정은 3 반복으로 수행하였고, 아무것도 넣지 않은 팬을 reference로 사용하였다. 열량 측정계는 인듐 (156.6°C, $\Delta H=28.45\text{ J/g}$)을 이용하여 보정하였다

- 텍스처 분석

배합비 별 소시지의 텍스처 분석은 텍스처 분석기(TA-XT2i, Stable Microsystems, Surrey, UK)를 이용하여 분석하였다. Pilot plant를 통해 제조된 소시지를 1시간 이상 상온에서 안정화 시킨 후, Texture Profile Analysis (TPA)로 분석하였다. 각 소시지는 10 mm 높이로 준비하였

고, 지름이 50 mm인 원형 알루미늄 프로브를 사용하여, pre-test speed 2mm/s, test speed와 post-test speed 5mm/s, 70% strain의 조건으로 분석하였다.

- 통계 처리

실험 결과의 통계적 처리가 필요한 경우, SAS(ver. 9.1.3)로 Duncan's test를 통하여 유의 수준 $p < 0.05$ 에서 유의성을 검증하였다.

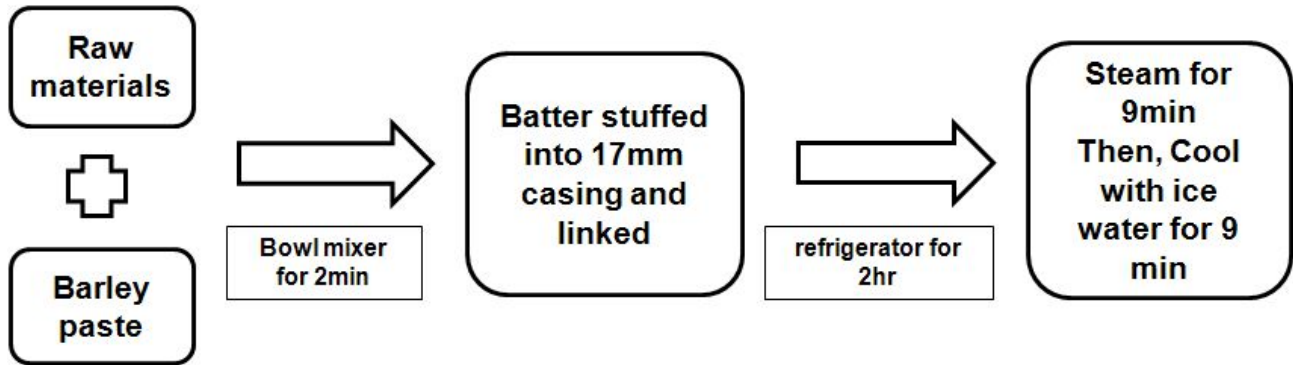


그림 1. 저지방 소시지 제조 공정

표 1. 분획 1과 2를 이용한 저지방 소시지의 배합비 (단위 : %, w/w)

	일반 소시지	분획 1을 이용한 저지방 소시지	분획 2를 이용한 저지방 소시지
돼지 앞다리살	54.88	54.88	54.88
돼지 지방	20.71	13.11	14.01
보리 페이스트	0	7.6	6.7
페이스트 농도	-	3.9	6.9
얼음	20.71	20.71	20.71
소금	1.55	1.55	1.55
인산염	0.26	0.26	0.26
Vit-C	0.07	0.07	0.07
향신료	1.47	1.47	1.47
설탕	1.35	1.35	1.35

X1 : 보리 페이스트 대체량 [%]

(나) 연구결과

① 보릿가루 분획의 성분 분석

실험에 사용된 보릿가루 분획들의 일반성분은 표 2와 같았다. 크기가 다른 체를 이용하여 베타글루칸과 전분 함량이 다른 분획들을 얻을 수 있었다. 입자크기가 상대적으로 컸던 분획 1과 분획 2의 베타글루칸 함량은 각각 8.46과 9.12%로써 분획하지 않은 원 보릿가루의 4.13%보다 높은 베타글루칸 함량을 나타내었다. 그러나 전분 함량의 경우에는 입자크기가 컸던 분획 1과 2는 원 보릿가루보다 전분 함량이 낮았으며 입자크기가 상대적으로 작았던 분획 3의 전분 함량이 높았다. 베타글루칸은 보리 종실내 세포벽에 주로 존재한다고 알려져 있으며, 배유 부분보다 배유를 둘러싸고 있는 호분층과 외피 부분에 높은 농도로 분포하고 있는 것으로 알려져 있다¹³⁾. 따라서 입자의 크기가 작은 분획보다 크기가 큰 분획에서 베타글루칸이 높은 농도로 분리됨을 확인할 수 있었다. 그 외에도 입자의 크기가 큰 분획 1과 2에서는 단백질, 지방, 및 회분의 함량이 대조구인 분획하지 않은 보릿가루보다 증가하였고, 입자의 크기가 가장 작은 분획 3에서는 이들 모두 감소함을 보였다.

표 2. 보리 가루와 분획의 수율 및 화학적 분석 (단위 : %, w/w)

	수율	베타글루칸	전분	단백질	지방	회분	수분
보리가루		4.31	54.92	11.64	3.13	1.72	9.4
분획 1	17.39	8.46	40.24	12.29	3.22	1.91	9.4
분획 2	19.15	9.12	33.96	13.84	4.19	2.24	9.4
분획 3	62.85	1.46	71.39	9.95	3.03	1.37	9.4

② 보릿가루 분획을 이용하여 제조한 저지방 소시지의 특성

저지방 소시지는 표 1의 배합비에 따라 분획 1과 분획 2로 일부 지방을 대체하여 소시지를 제조하였다. 표 1의 배합비는 앞서 설명한바와 같이 반응표면분석법을 이용하여 결정한 것

이며, 1차년도 결과에서 처럼 보릿가루 분획들의 이화학적 특성을 측정한 결과 분획 1과 2가 베타글루칸의 함량이 높고, 팽윤력이 좋으며, 점도의 증가가 좋아 소시지 제조에 이용하게 되었다.

- 소시지의 일반성분

표 1의 배합비에 따라 pilot scale로 제조된 소시지의 일반성분은 표 3과 같았다. 일반 소시지는 수분 59.0%, 조지방 20.0%, 조단백질 14.3%, 회분 6.1%를 포함하고 있었다. 분획 1로 대체한 소시지는 수분 60.3%, 조지방 18.0%, 조단백질 13.8%, 회분 5.9%의 결과를 보였으며, 분획 2로 대체한 소시지는 수분 61.7%, 조지방, 18.9%, 조단백질 14.6%, 회분 6.2%로 나타났다. 수분은 일반소시지보다 최적화된 저지방 소시지가 더 많이 함유한 결과를 보이는데, 이는 분획된 보리 페이스트의 첨가 때문으로 여겨지며, 보리 호화액으로 지방을 대체한 결과 지방의 양은 대조구인 일반 소시지 보다 감소함을 확인하였다 ($p < 0.05$).

- 소시지의 색도

소시지의 색도 측정 결과는 표 4와 같았다. 일반 소시지가 분획 1, 분획 2로 배합한 소시지 보다 더 붉은 것으로 측정되었으나, 저지방 소시지 간의 차이는 크지 않았다. 분획 1로 배합한 소시지가 가장 노란 것으로 측정되었으나, 일반소시지와 분획 2로 배합한 소시지와 유의적인 차이를 보이지는 않았다. 소시지 단면의 밝기의 측정 결과, 일반소시지와 분획 1로 배합한 소시지는 유사한 밝기를 나타내었으나, 분획 2로 배합한 소시지는 다른 두 소시지와 유의적 차이가 있었다 ($p < 0.05$).

표 3. Pilot scale의 제조 공정을 거친 소시지의 일반성분 (단위 % w/w)

	수분	조지방	조단백질	회분
일반소시지	59.0 ^{NS}	20.0±0.19 ^a	14.3±0.06 ^{NS}	2.5±0.03 ^{NS}
분획1 로 배합한 저지방 소시지	60.3	18.0±0.60 ^b	13.8±0.03	2.3±0.14
분획 2로 배합한 저지방 소시지	61.7	18.9±0.79 ^c	14.6±0.62	2.4±0.01

Different letters within a column indicate a significant difference ($p < 0.05$)

표 4. pilot scale의 제조 공정을 거친 소시지의 색도

	a*	b*	L*
일반소시지	4.11 ± 1.00 ^{NS}	12.71± 0.32 ^{ab}	73.04 ± 0.27 ^a
분획 1로 배합한 저지방 소시지	3.54 ± 0.33	13.02 ± 0.19 ^a	73.35 ± 0.27 ^a
분획 2로 배합한 저지방 소시지	3.43 ± 0.27	12.42 ± 0.12 ^b	72.30 ± 0.64 ^b

Different letters within a column indicate a significant difference ($p < 0.05$)

- 얼음 결정 용융 엔탈피

얼음 생성에 이용될 수 있는 물은 시료 매트릭스 내부에 분리되어 있는 물로서 정의되며, 얼음 생성에 이용될 수 있는 물이 충분히 냉각되었을 때, 그 값은 얼음 결정 용융 엔탈피로써 측정이 가능하다. 일반소시지의 엔탈피가 보릿가루를 첨가한 소시지의 엔탈피보다 더 작은 값을 나타내었으며, 분획 1로 배합한 소시지와 분획 2로 배합한 소시지의 엔탈피 값간에는 큰 차이가 없었다 (표 5). 일반성분 결과에서 언급했던 것과 같이 보릿가루 분획으로 일부 지방을 대체한 소시지의 경우는 첨가된 보릿가루 분획 호화액으로 인하여 일반 소시지 보다 수분 보유량이 증가하였으며 이러 인해 더 높은 얼음 결정 용융 엔탈피를 나타낸 것으로 판단된다.

표 5. Pilot scale의 제조 공정을 거친 소시지의 얼음 결정 용융 엔탈피

	ΔH (J/g)	Area (mJ)
일반소시지	134.37 ± 5.67	1280.99 ± 48.25
분획 1로 배합한 저지방 소시지	141.80 ± 5.46	1460.42 ± 53.65
분획 2로 배합한 저지방 소시지	141.23 ± 6.32	1454.61 ± 63.01

- 텍스처 분석

각 배합비 별 소시지의 물성을 알아보기 위한 텍스처 분석 결과를 4개의 항목으로 나타내었다 (표 6, 그림 1).

Hardness (경도)는 일반소시지보다 보릿가루 첨가 소시지가 다소 큰값을 가졌으며, 분획 1로 배합한 저지방 소시지와 분획 2로 배합한 저지방 소시지 간의 유의적인 차이는 없었다. 또한 springiness (탄성)는 세 종류의 소시지가 모두 유사한 값을 나타내었다. Cohesiveness (응집성)는 분획 1로 배합한 저지방 소시지가 가장 큰 값을 나타냈으며, 분획 2로 배합한 소시지가 가장 낮은 cohesiveness를 나타내었다. 이들 시료와 일반소시지와 유의적인 차이는 없었다. Chewiness (씹힘성)의 경우에도 분획 1로 배합한 소시지의 값이 가장 높았으며, 일반소시지의 값이 가장 낮았다. 전반적으로 비교했을 때 일반 소시지가 4가지 항목에서 다소 낮은 값을 보였으나, 보릿가루가 첨가된 저지방 소시지와 차이는 미미하였다.

(다) 2차년도 연구성과 고찰 및 결론

보릿가루를 분쇄한 후 체 선별을 거쳐 입자의 크기별로 3 분획한 결과 베타글루칸 함량이 2배 이상 증가된 분획 1과 2를 얻을 수 있었으며, 이를 이용하여 고 베타글루칸 분획의 호화액으로 지방을 대체한 소시지를 제조하였다. 반응표면분석법을 이용하여 지방을 대체하지 않은 소시지와 물성이 유의적으로 차이가 나지 않는 범위에서 최대의 지방 대체량과 호화액 농도를 결정하였고, 이를 토대로 Pilot scale로 소시지를 제조하였다.

일반 성분 분석 결과, 소시지 시료간 수분과 지방의 함유량에서 차이를 보였다. 보릿가루 분획 1, 2를 첨가한 소시지의 경우 수분은 증가하고 지방이 감소하였으며, 색도, 물성 등 물리 화학적 특성은 보릿가루를 첨가하지 않은 소시지와 유사한 제품을 제조할 수 있었다. 전반적으로는 분획 1로 최적화한 소시지보다 분획 2로 제조한 소시지가 일반소시지와 좀 더 유사한 특성을 나타냈고, 분획 2의 베타글루칸 함량 및 수율이 분획 1보다 큰 점 등을 감안할 때, 분획 2를 이용한 지방 대체 소시지의 가능성이 더 크다고 할 수 있었다.

그러나 2차년도에 제조된 소시지는 재료 및 방법 부분에서 언급한 바와 같이 지방을 보릿가루로 대체하지 않은 소시지와 물성이 유사한 소시지를 제조할 수 있는 최적의 배합비를 반응표면분석법으로 결정하여 배합비를 정한 것이어서, 분획 2를 이용한 소시지의 경우 지방의 6.9%를 보릿가루 호화액으로 대체했기 때문에 대체량이 적어 저지방 소시지로 산업화하고 응용하기에는 제한점이 있었다. 이와 관련하여 3차년도에는 3세부과의 공동 연구로 지방 대체량을 늘려 저지방 소시지를 제조하기로 하였고, 지방대체량을 증가시킴으로써 초래될 있는 문제점들을 여러 첨가제를 첨가함으로써 개선하기로 하였다.

표 6. pilot scale의 제조 공정을 거친 소시지의 텍스처 분석 결과

	일반 소시지	분획 1로 배합한 저지방 소시지	분획 2로 배합한 저지방 소시지
Hardness(g)	11840.86±645.08 ^b	14505.58±1427.92 ^a	14405.14±248.38 ^a
Springiness	0.9465±0.00 ^{NS}	0.9494±0.00	0.9496±0.01
Cohesiveness	0.4762±0.06 ^{ab}	0.5091±0.00 ^a	0.4649±0.03 ^b
Chewiness	5342.48±832.66 ^c	6992.82±541.61 ^a	6334.18±500.42 ^b

Different letters within a row indicate a significant difference ($p < 0.05$)

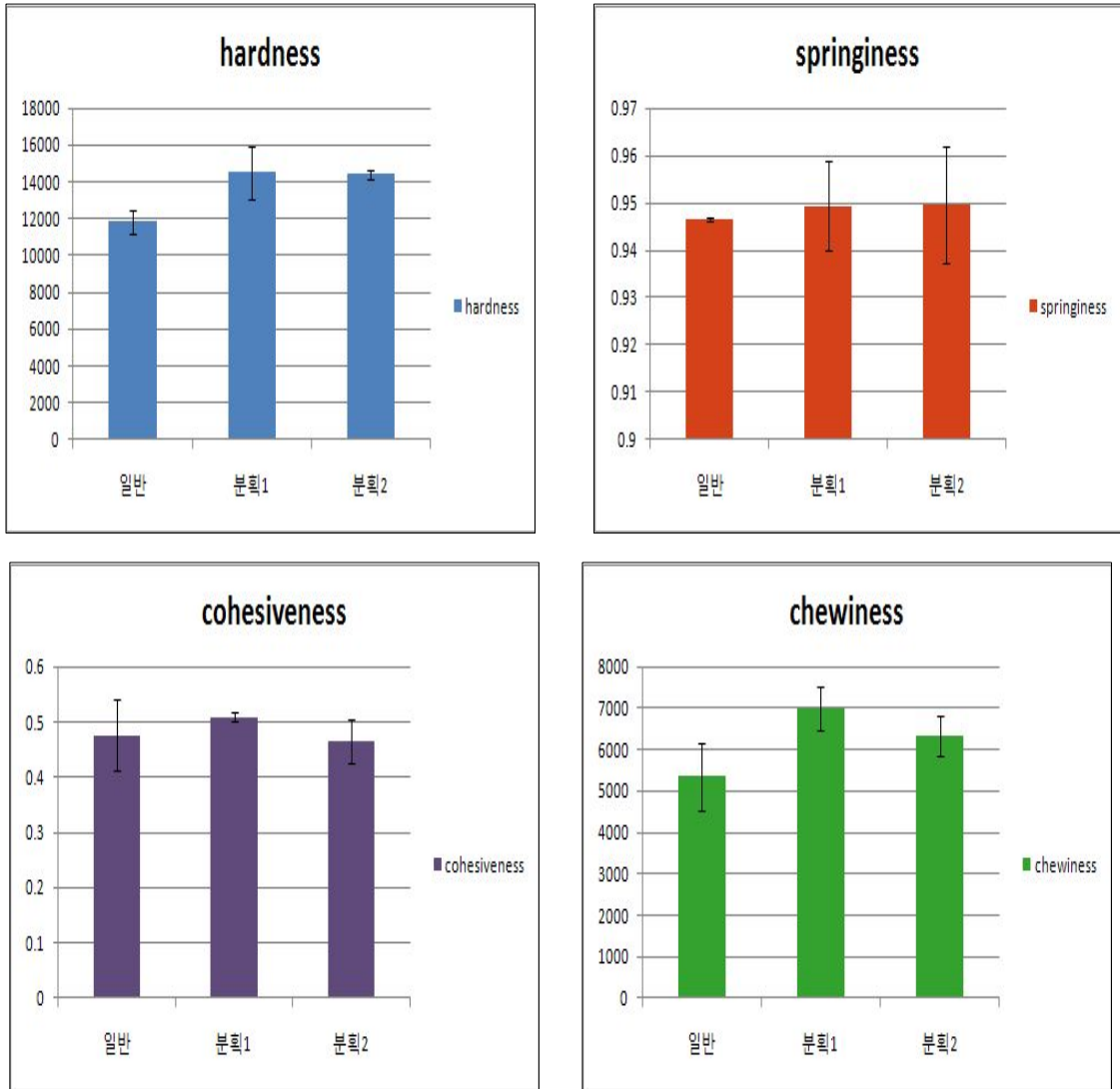


그림 1. TPA 분석 결과

(3) 3차년도

(가) 재료 및 방법

① 보릿가루의 분획

1, 2차년도와 마찬가지로 보리는 경남 진주시 사봉면에서 2008년 생산된 찰통보리를 사용하였고 0.5 mm 체가 부착된 cyclone sample mill (Model 3010-030, UDY Co. LTD., USA)을 이용하여 분쇄하였다. 분쇄한 보릿가루는 베타글루칸의 함량을 높이기 위하여 1, 2차년도와 마찬가지로 체분리법을 이용하여 제조하였으나, 2차년도에 사용하였던 분획 1과 2의 베타글루칸 함량과 특성에 큰 차이가 없고, 3차년도에는 최대로 지방대체량을 증가시켜 저지방 소시지를 제조하고 이의 물성을 개선하는데 집중하고자 2차년도의 분획 1과 2를 합하여 한 개의 분획으로

실험에 사용하였다. 사용한 분획의 입자 크기는 $75 \mu\text{m} < \text{분획} < 0.5 \text{ mm}$ 범위였다.

② 저지방 소시지의 제조

일반 소시지 (보릿가루 분획으로 지방을 대체하지 않은 소시지)와 보릿가루 분획을 지방대체제로 이용한 저지방 소시지의 제조 배합비는 표 1과 같았다. 보릿가루 분획 호화액을 지방대체제로 사용하여 10%, 20%, 50% (지방 무게 대비) 대체하였고, 보릿가루 분획 호화액은 보릿가루와 물을 농도에 맞게 혼합하여 95°C 에서 30분간 호화시킨 후 냉각하여 사용하였다.

또한 저지방 소시지의 물성을 개선하기 위하여 검류와 단백질을 가교하여 중합시키는 효소인 트랜스글루타미나아제를 첨가하고, 제조된 소시지들의 물성을 비교하였다. 검류로는 잔탄검과 카라기난 0.1%를 사용하였고, 트랜스글루타미나아제 0.5와 1.0%를 첨가하여 실험하였다,

소시지의 제조를 위하여 돼지고기에 얼음과 소금, 후추 등의 향신료를 배합비에 맞게 첨가하였다. 이 때 지방 대체 소시지의 경우, 보릿가루 분획 호화액도 함께 넣었다. 이렇게 배합된 재료를 찰기가 생기도록 치대기 위해서 호바트믹서(Kitchenaid, Korea)를 사용하였다. 재료를 균일하게 하기 위해서, 2의 강도로 1분 동안 섞은 후, 4의 강도로 2분 더 섞었다. 치댄 후, 반죽 상태의 재료를 소시지 성형기(mokumoku, Japan)를 이용하여 콜라겐 케이싱에 성형하였다. 성형한 소시지는 35~40 g의 부분으로 나누었으며, 분석 전까지 4°C 에서 냉장 보관하였다.

③ 소시지의 조리 후 손실 (cooking loss)

각 배합비의 소시지를 65°C 항온수조 (Biofree, Korea)에서 40분간 조리한 후, 얼음물에서 2분간 냉각하였다.

$$\text{조리후 손실 (cooking loss, \%)} = \frac{(\text{조리전 무게} - \text{조리후 무게}) \times 100}{\text{조리 전 시료무게}}$$

④ 보수력 검사

보수력 (Water holding capacity, WHC)은 유리 수분의 양 (Expressible moisture)을 측정함으로써 나타내었고, 변형된 Jauregui 등¹⁴⁾의 방법을 사용하였다. 약 1.5 g의 시료를 세 겹의 여과지 (Whatman No. 3)로 싸고 원심분리기로 1000 g에서 20분간 원심분리시킨 후 유리수분의 양을 측정하였다. 따라서 유리 수분의 양이 많은 소시지는 상대적으로 보수력이 낮음을 의미한다.

⑤ 텍스처 분석

배합비 별 소시지의 텍스처 분석은 텍스처 분석기(TA-XT2i, Stable Microsystems, Surrey, UK)를 이용하여 분석하였다. 조리한 소시지를 5분 이상 상온에서 방치한 후, Texture Profile Analysis (TPA)로 분석하였다. 각 소시지는 10 mm 높이로 준비하였고, 지름이 50 mm인 원형 알루미늄 probe를 사용하여, pre-test speed 2mm/s, test speed와 post-test speed 5mm/s, 50% strain의 조건으로 분석하였다.

⑥ 통계 처리

실험 결과의 통계적 처리가 필요한 경우, SPSS(V12, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)로 Duncan's test를 통하여 유의수준 $p=0.05$ 에서 유의성을 검증하였다.

표 1. 소시지의 배합비

	HF	W10	W20	W50	B10	B20	B50	TG0.5 /B10	TG0.5 /B20	TG0.5 /B50	TG1.0 /B10	TG1.0/ B20	TG1.0 /B50
돼지 후지 근육	54.88	54.88	54.88	54.88	54.88	54.88	54.88	54.88	54.88	54.88	54.88	54.88	54.88
돼지 후지 지방	20.71	18.64	16.57	10.36	18.64	16.57	10.36	18.64	16.57	10.36	18.64	16.57	10.36
물	0	2.07	4.14	10.35									
보릿가루 호 화액	0				2.07	4.14	10.35	2.07	4.14	10.35	2.07	4.14	10.35
얼음	20.71	20.71	20.71	20.71	20.71	20.71	20.71	20.71	20.71	20.71	20.71	20.71	20.71
소금	1.55	1.55	1.55	1.55	1.55	1.55	1.55	1.55	1.55	1.55	1.55	1.55	1.55
Phosphate	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26
Vit-C	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
Spice	1.47	1.47	1.47	1.47	1.47	1.47	1.47	1.47	1.47	1.47	1.47	1.47	1.47
향신료	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5
TG	0	0	0	0	0	0	0	0.5	0.5	0.5	1	1	1

HF : 일반소시지

W10, W20, W50: 지방의 10%, 20%, 50%를 각각 물로 대체한 소시지

B10, B20, B50: 지방의 10%, 20%, 50%를 각각 보릿가루 호화액으로 대체한 소시지

TG0.5: 저지방 소시지에 트랜스글루타미나아제를 0.5% 첨가한 소시지

(나) 연구결과

① 보릿가루 분획 호화액과 검을 이용하여 제조한 저지방 소시지의 특성

- 소시지의 조리후 손실율 (cooking loss)과 보수력 측정

다양한 배합비를 이용하여 제조한 저지방 소시지들의 특성을 비교하기 위하여 조리후 손실율과 보수력 측정을 측정한 결과는 그림 1과 2에 나타내었다. 조리 후 손실율은 소시지 시스템에서 조리로 인해 단백질이 변성된 이후 물과 지방 및 가용성 성분이 시스템에 결합되어 있을 수 있는 능력을 측정한 것으로 일반소시지에 비하여 보릿가루 분획으로 지방을 대체한 소시지의 경우 지방대체율이 증가함에 따라 조리후 손실율이 증가하였다. Morin 등¹⁵⁾의 보고에 의하면 분리한 베타글루칸을 저지방 소시지에 첨가했을 때 조리후 손실율을 일반소시지만큼 회복하였다고 하였으나 본 연구에서 보릿가루 분획을 첨가한 경우는 손실율을 회복하지는 못하였으나 대신 잔탄검과 카라기난을 0.1% 첨가한 경우에는 손실율이 감소하여 검류의 첨가가 조리후 손실율을 줄이는데 효과가 있음을 알 수 있었다. 검류는 수분 보유력이 높아 물리적으로 소시지 내부의 수분이 손실되지 못하도록 보유하는 역할을 하여 손실율을 감소시켰을 것으로 생각된다.

유리 수분 함량은 물리적인 힘을 가함에 따라 소시지로부터 유리되어 나오는 수분양을 측정한 것으로 소시지의 보수력을 측정하는 방법 중의 하나이다. 그림 2에서 알 수 있는 바와 같이 일반소시지가 보릿가루 분획으로 지방을 대체한 소시지보다 보수력이 높았으나 대체제에 더하여 잔탄검을 첨가한 경우 지방 50%를 대체하더라도 보수력이 일반소시지보다 낮지 않았다. 즉 보릿가루 호화액의 단일 대체보다는 검류와의 복합 대체가 저지방 소시지의 보수력을 유지하는데 더 유리함을 보여주었고, 이러한 결과는 일반소시지의 특성과 유사한 50% 대체 저지방 소시지의 제조도 제조 조건과 배합비의 조절에 따라 가능하다는 것을 시사해주었다.

- 소시지의 텍스처

보릿가루 분획을 이용하여 제조한 저지방 소시지의 텍스처 특성은 그림 3에 나타내었다. 예상했던대로 일반소시지의 경도 (hardness)가 가장 높았으며, 지방대체량이 증가할수록 경도가 감소하였고, 검을 첨가하더라도 경도가 일반소시지 만큼 증가하지는 않았다. 시료가 있는 그대로의 형태를 유지하려는 힘 즉, 소시지의 내부적인 결합력을 나타내는 응집성의 경우에는 시료 간 큰 차이는 나타내지 않았으나 잔탄검을 첨가한 경우 약간 증가하는 경향을 보였다. 소시지 탄력성의 경우 소시지 간에 유의적인 차이가 없었으며, 시료를 삼킬 수 있는 상태로 만드는 성질, 즉 씹힘성을 나타내는 질깃한 정도와 씹히는 정도의 경우 역시 대체 소시지의 값이 일반소시지의 값보다 작은 값을 가졌으며, 보릿가루의 대체량에 따라 감소하는 경향을 보였다

검을 첨가한 경우 조리 후 저지방 소시지의 손실율을 감소시켜주고 소시지의 수분 보유력은 증가시켰으나 텍스처를 개선시키는 효과는 나타내지 않았다. 소시지의 텍스처는 소시지 내부의 여러 성분들의 상호작용 즉 단백질과 단백질의 네트워크 그리고 단백질과 지방의 상호작용에 의한 것으로 여겨지는데 첨가된 검류가 이들 상호작용에 영향을 주지는 못하며 단지 단백질 네트워크 사이 공간 (interstitial spaces)에서 수분을 물리적으로 보유하는 역할만을 수행하기 때문이라고 생각된다¹⁶⁻¹⁷⁾.

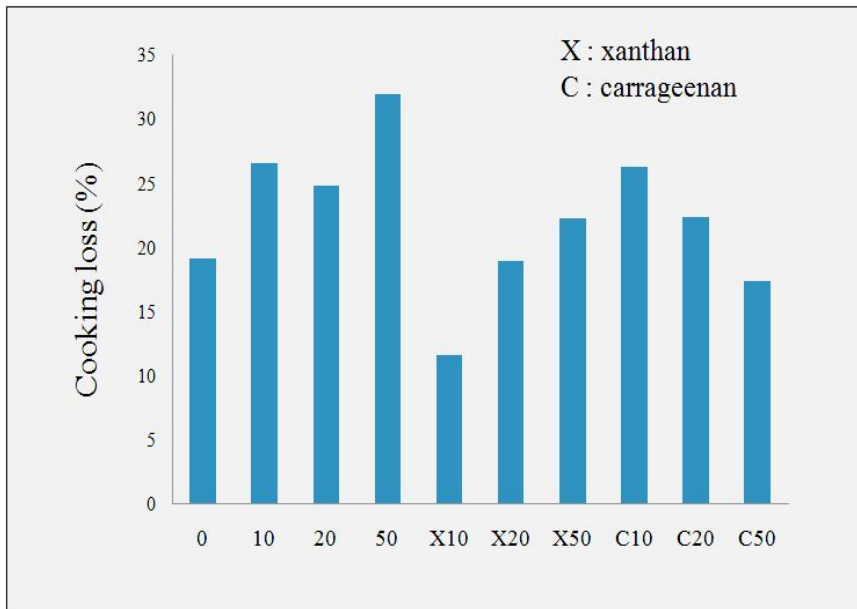


그림 1. 소시지의 조리후 손실율

- 10, 20, 50 : 보릿가루 분획으로 대체한 지방 대체량 (10, 20, 50%)을 의미.
- X10, 20, 50 : 보릿가루 분획에 더하여 잔탄검 0.1%를 첨가한 소시지
- C10, 20, 50 : 보릿가루 분획에 더하여 카라기난 0.1%를 첨가한 소시지

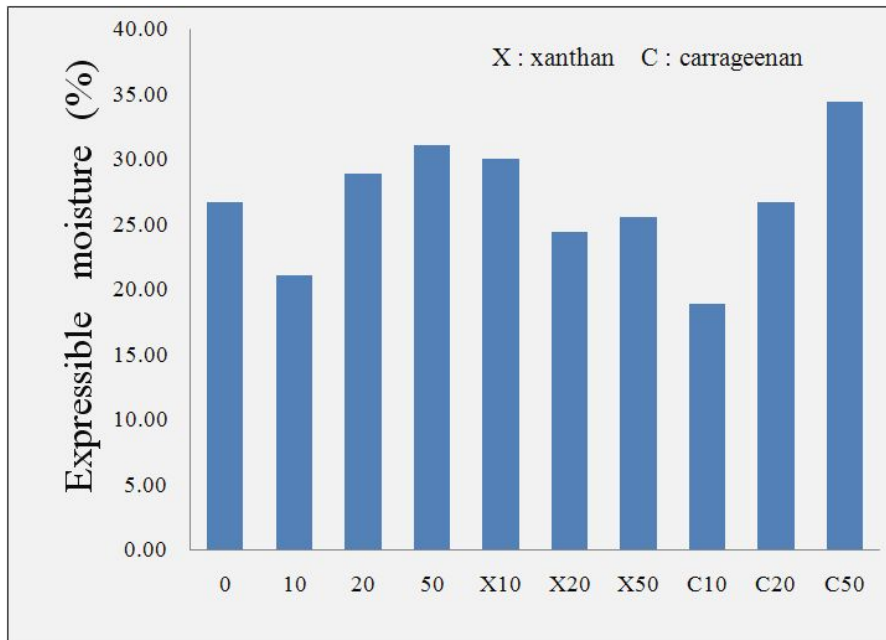


그림 2. 소시지의 유리 수분 함량

10, 20, 50 : 보릿가루 분획으로 대체한 지방 대체량 (10, 20, 50%)을 의미.

X10, 20, 50 : 보릿가루 분획에 더하여 잔탄검 0.1%를 첨가한 소시지

C10, 20, 50 : 보릿가루 분획에 더하여 카라기난 0.1%를 첨가한 소시지

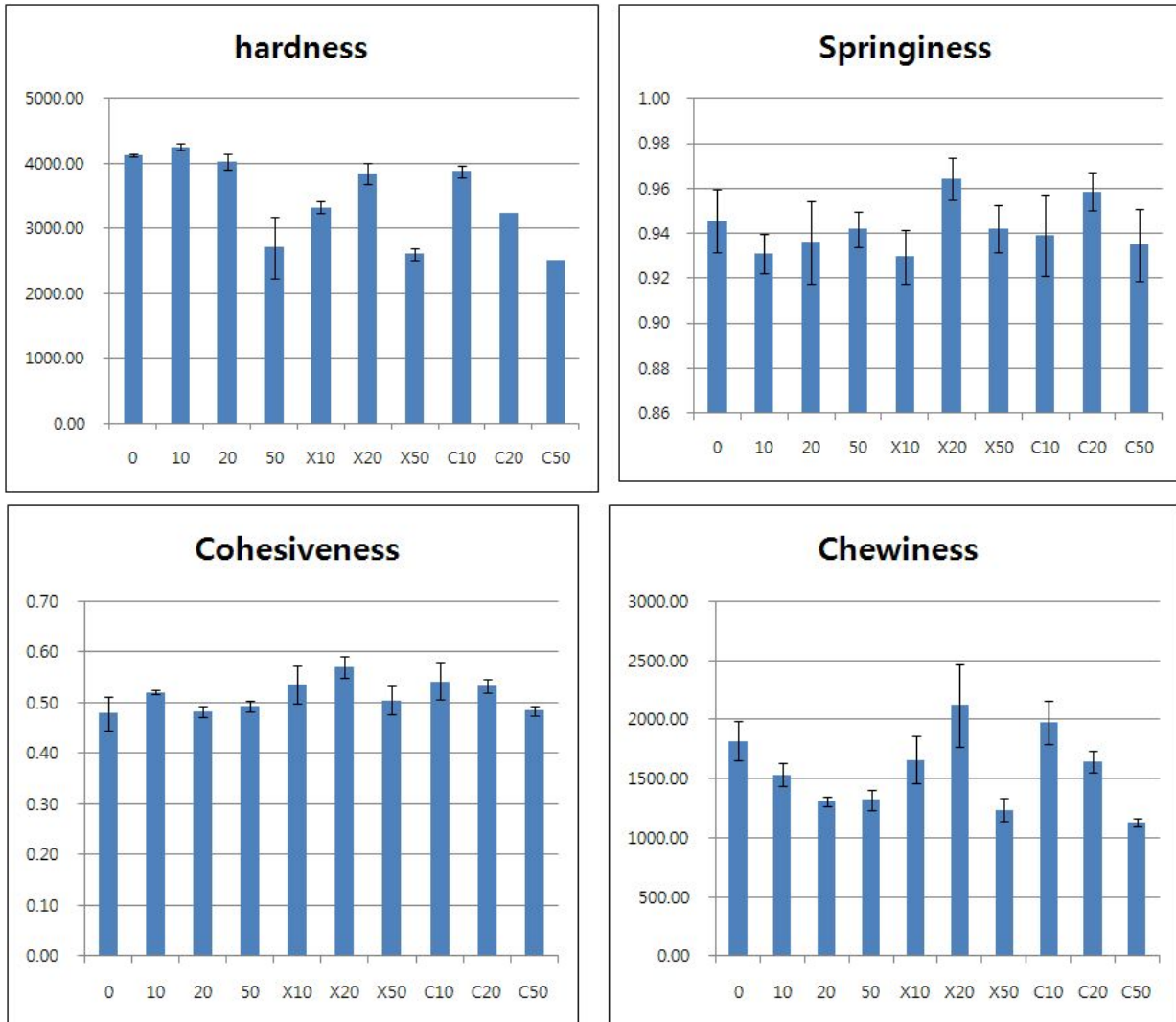


그림 3. 보릿가루 분획 호화액과 검을 이용한 저지방 소시지의 텍스처 특성

10, 20, 50 : 보릿가루 분획으로 대체한 지방 대체량 (10, 20, 50%)을 의미.

X10, 20, 50 : 보릿가루 분획에 더하여 잔탄검 0.1%를 첨가한 소시지

C10, 20, 50 : 보릿가루 분획에 더하여 카라기난 0.1%를 첨가한 소시지

② 보릿가루 분획 호화액과 트랜스글루타미나아제 (TG)를 이용하여 제조한 저지방 소시지의 특성

- 소시지의 조리후 손실율 (cooking loss)과 보수력 측정

지방을 물로 대체한 경우 (W0, 10, 20, 50) 지방이 많이 제거될수록 손실율이 증가하였으며 앞서의 결과와 마찬가지로 보릿가루 분획만을 지방대체제로 사용하여 제조한 소시지 역시 지방대체량이 증가함에 따라 손실율이 증가하였다 (그림 4). 소시지의 조리 후 손실율에 대한 다당류의 효과에 대한 여러 가지 연구들이 있고 일부 연구에서는 다당류가 단백질과 지방의 결합율을 높여줌으로써 손실율을 감소시킨다는 보고들이 있으나, 사용되는 다당류의 특성이나 제조 조건에 따라 나타내는 영향을 달라지는 것으로 생각된다. TG와 함께 복합 대체한 소시지의 경우는 20과 50%의 지방이 대체된 경우에도 일반소시지보다 손실율이 감소하여 검류와 마찬가지로 TG 첨가시도 소시지의 조리시 손실율을 감소시키는데 효과가 있음을 알 수 있었다.

유리 수분함량의 경우 앞서 보고한 검류의 경우에는 검류의 높은 수분 보유력으로 인해 소시지의 수분 보유력을 일반소시지만큼 회복시켰으나 TG의 경우에는 유리 수분함량을 감소시키는 효과는 나타나지 않았다 (그림 5). TG는 단백질을 가교화하여 중합화하는 효소로써 이를 이용하여 육류의 작은 조각들을 덩어리로 만듦과 동시에 탄성과 조직 그리고 맛을 향상시킬 수 있다는 연구들이 보고되고 있다. 즉 TG의 첨가가 소시지의 텍스처에는 영향을 줄것으로 예상할 수 있으나, 보수력과는 큰 상관관계가 없을 것으로 생각된다¹⁸⁻¹⁹⁾.

- 소시지의 텍스처 특성

저지방 소시지의 조직감에 대한 TG 첨가의 효과를 그림 6에 나타내었다. 지방 대체량 만큼 물을 첨가하여 제조한 소시지와 보릿가루 분획을 대체제로 제조한 소시지 모두 일반소시지보다 낮은 정도를 나타냈다. 그러나 보릿가루 분획에 더하여 TG를 첨가한 경우 대체량에 상관없이 정도가 증가하였고, 대체량을 50%까지 증가시키더라도 일반소시지만큼의 조직감을 나타내었다. 응집성과 씹힘성 역시 보릿가루 분획에 더하여 TG를 첨가한 경우 일반소시지보다 특성이 향상되었음을 알 수 있었다. 이러한 결과는 일반소시지의 특성과 유사한 50% 대체 저지방 소시지의 제조가 TG와의 복합대체에 의해서 가능하다는 것을 시사해주었다. 그러므로 본 연구에서는 체내에서 인체에 유익한 생리활성 기능을 나타내는 베타글루칸을 함유하면서 지방이 50% 제거된 소시지 제조 가능성을 확인하였으며, 제조된 저지방 소시지의 일부 물성이나 특성들은 TG나 검류와 같은 첨가제의 사용으로 개선할 수 있음을 확인할 수 있었다.

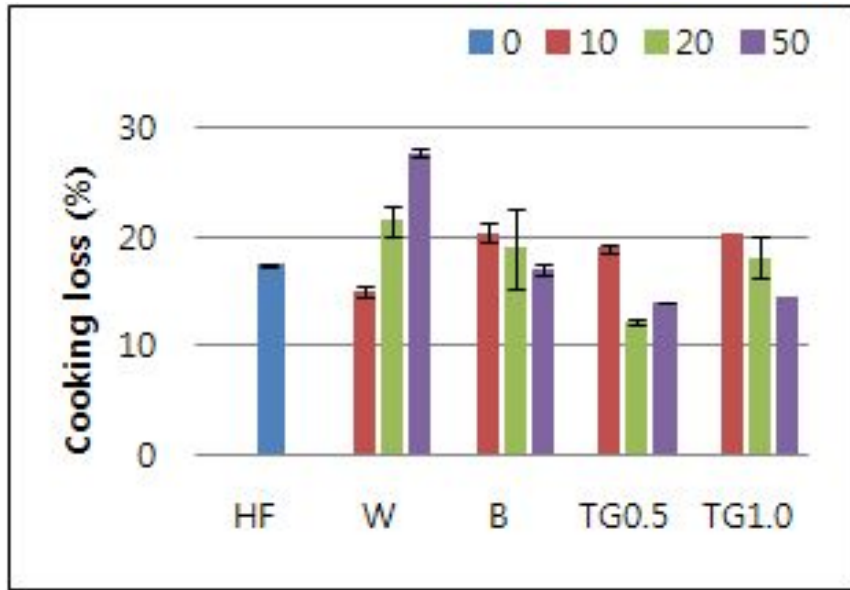


그림 4. 소시지의 유리 수분 함량

10, 20, 50 : 보릿가루 분획으로 대체한 지방 대체량 (10, 20, 50%)을 의미.

W10, 20, 50 : 보릿가루 분획 대신 물로 대체량을 채워 제조한 소시지

TG10, 20, 50 : 보릿가루 분획에 더하여 트랜스글루타미나아제를 첨가하여 제조한 소시지

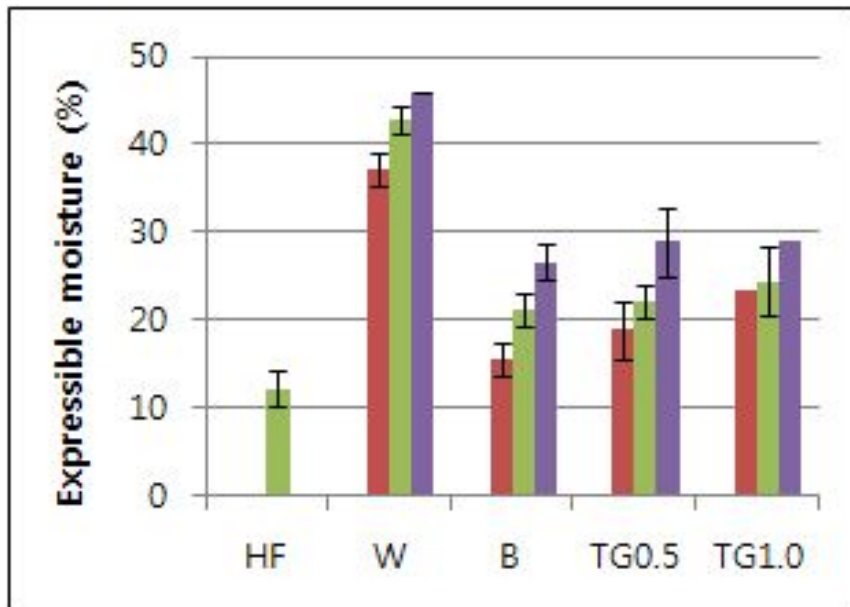


그림 5. 소시지의 조리후 손실율

10, 20, 50 : 보릿가루 분획으로 대체한 지방 대체량 (10, 20, 50%)을 의미.

W10, 20, 50 : 보릿가루 분획 대신 물로 대체량을 채워 제조한 소시지

TG0.5, 1.0 : 보릿가루 분획에 더하여 트랜스글루타미나아제를 첨가하여 제조한 소시지

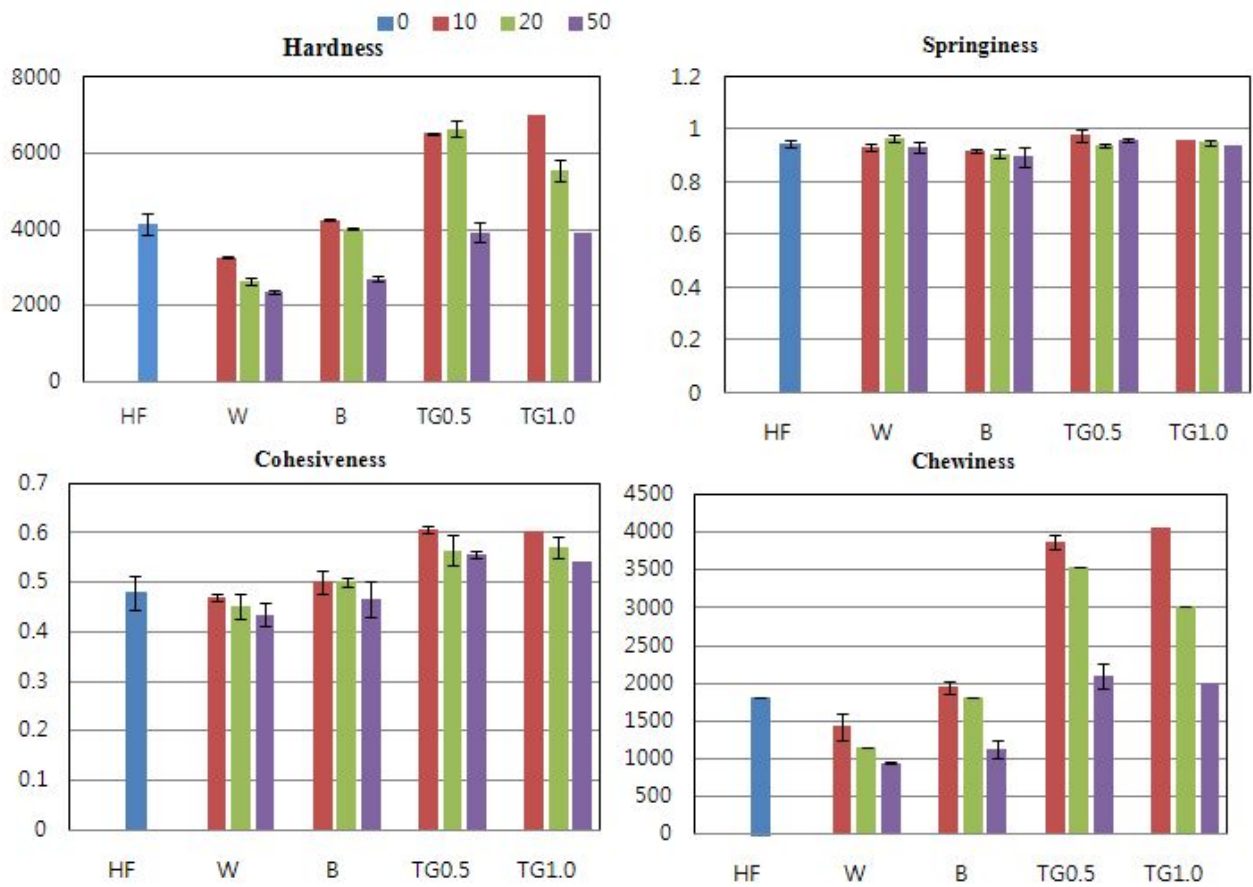


그림 6. 보릿가루 분획 호화액과 트랜스글루타미나아제를 이용한 저지방 소시지의 텍스처 특성
 B10, 20, 50 : 보릿가루 분획으로 대체한 지방 대체량 (10, 20, 50%)을 의미.
 W10, 20, 50 : 보릿가루 분획 대신 물로 대체량을 채워 제조한 소시지
 TG10, 20, 50 : 보릿가루 분획에 더하여 트랜스글루타미나아제를 첨가하여 제조한 소시지

(다) 3차년도 연구성과 고찰 및 결론

3차년도에는 지방대체량을 지방 무게의 50%까지 늘려, 지방대체량을 대폭 증가시켰으며 베타글루칸 함량이 원 보릿가루보다 2배이상 증가한 보릿가루 분획 호화액을 지방대체제로 사용하였다. 지방대체량을 늘림으로써 초래되는 소시지 특성이나 조직감의 저하는 검류나 TG를 첨가함으로써 개선하고자 하였다.

잔탄이나 카라기난과 같은 검류는 제조된 소시지의 조리 후 손실율이나 유리수분양을 감소시키는데 효과가 있었으나, 조직감에는 영향을 주지 못한 반면, 단백질을 중합화하는 효소인 TG의 경우는 유리수분양에 영향을 주진 못했으나 저지방 소시지의 경도나 응집성 등 조직감에서 효과를 나타내었다.

3차년 연구를 통하여 일반소시지의 특성과 유사한 50% 대체 저지방 소시지의 제조가 검류나 TG와의 복합대체에 의해서 가능하다는 것을 확인할 수 있었다.

(4) 체분리법으로 베타 글루칸 함량이 증가된 보릿가루 분획과 검류의 상호작용

여러 가지 검류는 전분을 기본 재료로 하는 식품의 물성을 조절하고, 수분 보유력을 증진시키며, 전체적인 식품의 질과 안정성을 향상시키기 위하여 전분이나 가루가 기본이 되는 식품에 여러 가지 용도로 첨가되게 된다. 3차년도에는 보릿가루 호화액으로 지방대체량을 최대한 증가시키며, 50%까지 지방이 대체된 소시지의 물성을 향상시키기 위한 방법으로 검류와 트랜스글루타미나아제를 첨가하여 소시지를 제조하였다. 검류를 직접 소시지 제조에 첨가하기 이전에 보릿가루의 이화학적 특성에 대한 검류 첨가 효과를 조사하였다.

(가) 재료 및 방법

① 보릿가루의 분획과 첨가한 검의 종류

2차년도에 사용하였던 분획 1과 2 즉, $150\ \mu\text{m}$ < 분획 1과 $75\ \mu\text{m}$ < 분획 2 < $150\ \mu\text{m}$ 의 보릿가루 분획을 사용하였다. 실험에 사용한 검은 잔탄검 (Xanthan gum), 로커스트 빈 검 (Locust bean gum), 구아검 (Guar gum), 카라기난 검 (Carrageenan gum)이었다.

② 일반성분의 분석

보통의 보릿가루와 분획화한 보릿가루 (분획 1, 분획 2)의 일반성분은 AOAC법에 따라 수

분, 단백질, 지방 회분 함량을 분석하였으며, 베타글루칸의 함량은 Megazyme Mixed-linkage β -glucan assay kit (Megazyme, USA)를 이용하여 AOAC법 995.16에 따라 분석하였고, 전분의 함량은 Megazyme Total starch assay kit (Megazyme, USA)를 이용하여 AOAC법 996.11에 따라 분석하였다.

③ 팽윤력 측정

검용액 (0.05%, 0.1%)을 제조하였고 분획하지 않은 보통의 보릿가루와 두가지 종류의 분획화된 보릿가루 0.5 g을 각각 먼저 준비해둔 20 ml 검용액에 첨가하여 자석 교반기로 교반한 후 95℃로 30분 동안 가열하였다. 가열된 혼합액을 얼음물을 이용하여 빠르게 상온으로 냉각시킨 후 3000 rpm에서 20분 동안 원심분리하였다. 팽윤력은 건조전분의 무게와 침전물의 무게비율로 계산하였다.

④ Pasting 특성

신속 점도 분석계 (RVA) (RVA-4, Newport Scientific Pvt. Ltd., Warriewood, Australia)를 이용하여 pasting 특성을 조사하였다. 각각의 가루 3 g (12 % 수분함량을 기준)에 25 ml의 증류수를 첨가한 후, 일정한 전단력을 가하는 상태에서 제한적으로 가열, 냉각하였다. 검류 첨가의 경우에는 0.1% 검용액에 가루를 첨가하여 실험하였다. 처음 10 초간 960 rpm의 속도로 전단력을 가한 후, 그 이후 과정에서 전단력은 160 rpm의 속도로 일정하게 유지한다. 온도는 50℃에서 1 분간 유지한 후 3 분 42 초 동안 95℃로 온도가 올라가도록 조절하였고, 95℃에서 2 분 30 초 동안 유지한다. 마지막으로 3 분 28 초 동안 50℃까지 냉각한 후 2 분간 유지하고, 실험을 마친다. 이 결과를 바탕으로 pasting time, peak temp., peak viscosity, trough, final viscosity, breakdown, setback from trough를 구하였다.

⑤ 정상유동 특성 측정

정상유동 특성은 25℃로 설정된 rheometer (AR 2000, TA Instruments, New Castle, DE, US)의 plate-plate system (직경: 4cm)을 이용하여 측정하였다. 시료를 rheometer의 plate에 놓고 0.1 - 300 s⁻¹의 전단속도 범위에서 측정하였다. 정상유동 특성은 power law 모델식을 이용하였다.

$$\sigma = K(\dot{\gamma})^n$$

(나) 연구결과

① 일반성분

분획하지 않은 보통의 보릿가루가 5% 가량의 베타글루칸을 함유한데 반해 체분리법으로 분획화한 보릿가루는 각각 10.4 와 10.7%로 분획화하지 않은 보릿가루와 비교하여 두 배로 베타글루칸 함량이 증가하였음을 알 수 있었다 (표 2).

② 보릿가루와 보릿가루 분획 (1, 2)의 팽윤력에 대한 검류 첨가 효과

95℃에서 측정된 보릿가루와 보릿가루 분획들의 팽윤력에 대한 검류 첨가 효과는 표 3에 나타내었다.

표 2. 보릿가루와 보릿가루 분획의 일반성분

	β -glucan	Starch	Protein	Fat
Unsieved barley flour	5.02±0.06	49.61±2.56	12.18±1.12	3.10±0.04
Fraction 1	10.40±0.53	31.73±0.83	12.81±1.10	3.49±0.02
Fraction 2	10.68±0.73	28.29±1.94	14.34±0.08	4.33±0.02

표 3. 보릿가루와 분획들의 팽윤력에 대한 여러 검류의 첨가 효과

Concentration n (%)	Type of gum	UF	F1	F2	
Swelling power at 95°C	0.05	No gum	12.08±0.50	12.46±0.48	10.34±1.20
		Xanthan gum	14.63±1.61	14.75±0.87	11.47±2.05
		Locust bean gum	13.70±3.83	12.87±0.54	10.33±1.18
		Guar gum	13.29±2.06	12.52±0.56	10.60±1.03
		Carrageenan	13.96±1.48	12.07±0.73	10.30±0.98
	0.1	No gum	12.08±0.50	12.46±0.48	10.34±1.20
		Xanthan gum	15.91±0.12	14.12±0.14	14.20±0.56
		Locust bean gum	13.51±0.67	12.71±0.19	11.70±0.77
		Guar gum	13.84±0.24	12.73±0.37	11.52±2.58
		Carrageenan	12.93±1.16	12.37±0.42	13.44±2.58

UF : unsieved barley flour, F1 : fractionated barley flour 1, F2 : fractionated barley flour 2

보릿가루나 보릿가루 분획들과 검류 혼합액의 팽윤력에 대한 검류 첨가 효과는 보릿가루 분획 유무에 의해 차이를 보였는데, 첫째로 분획화하지 않은 보릿가루의 팽윤력은 첨가된 검류의 종류에 상관없이 팽윤력이 증가하였고, 사용된 검류 중에서도 잔탄검에 의한 효과가 가장 컸다. 그러나 분획화된 보릿가루들 (F1, F2)은 0.05%의 검류 첨가시 잔탄검을 제외한 다른 검류에 의해 팽윤력이 변하지 않았다. 검류 0.1%를 첨가한 경우 F2 시료만이 첨가된 검류 양의 증가에 의해 팽윤력이 다소 증가하는 경향을 나타내었으며, 잔탄검과 카라기난의 효과가 가장 컸으나 분획화하지 않은 보릿가루와 F1의 경우는 농도 증가에 의한 영향을 확인할 수 없었다. 특히나 F1 보릿가루 분획의 경우는 95°C에서 측정된 팽윤력에 검류가 영향을 주지 못했으며, 농도를 증가시키더라도 검류 첨가 효과는 확인하지 못했다.

분획화 과정 중 일어나는 입자분포도의 변화와 이로 인해 초래되는 구성물질의 종류와 양의

변화로 인하여 분획화하지 않은 보릿가루와 두 종류의 보릿가루 사이에 팽윤력이 차이가 있었다고 생각되며, 더 나아가 검류와의 상호작용에도 서로 다른 효과를 나타낸 것으로 생각된다.

③ Pasting 특성

호화액의 특성은 F1 보릿가루 분획의 피크점도가 가장 높았고, F2 보릿가루 분획, 분획하지 않은 보릿가루 순이었다. RVA에 의해 측정된 점도들을 비교하였을 때, 팽윤력 결과와 마찬가지로 분획하지 않은 보릿가루는 검 첨가에 의해 피크점도나 파이널 점도가 증가하였고, F2 분획 보릿가루도 다소 증가하였으나 F1은 검 첨가에 의해 크게 영향받지 않았다. F1과 F2의 베타글루칸 함량이 분획하지 않은 보릿가루보다 더 높은 것을 고려해볼 때 베타글루칸의 높은 함량이 더 높은 점도를 유도한 것으로 생각된다. 그러나 F1 분획과 F2 분획의 경우에는 같은 양의 베타글루칸을 함유하지만 점도에서 차이를 나타내며, 일반성분에서 단백질과 지방 함량에서도 차이를 나타내는 것으로 보아 본 연구에서 확인하지는 못했지만 F1이 F2 보다 다른 섬유소의 함량이 많을 것으로 사료되며, 보릿가루를 분획하는 과정 중 초래되는 구성물질의 종류와 양이 보릿가루의 이화학적 특성을 나타내는데 중요한 요인이 될 수 있을 것으로 생각되었다.

④ 정상유동특성

검을 첨가하지 않은 보릿가루와 분획한 보릿가루, 그리고 검을 첨가한 보릿가루-검 혼합액 (0.1% 검용액-6% 보릿가루 호화액)의 정상유동특성은 표 5에 나타내었다. Power law 모델을 적용하여 여러 가지 레올로지 계수를 결정하였다.

모든 유동성 지수(n) 값은 1보다 낮은 범위에 있어 전단담화 (shear-thinning) 거동을 나타낼 수 있었다. 이와 같은 전단담화 거동은 전단하는 동안 영켜있는 다당류 분자의 그물구조가 파괴되기 때문에 나타나는 현상으로 설명되고 있다. 즉, 영킨 그물 구조 시스템에서 전단 속도가 증가함에 따라 분자 간 영킨의 파괴 속도는 이들 분자의 재형성 속도보다 크기 때문에 나타나는 거동이라고 알려져 있다. 검을 첨가하지 않았을 때, 세 종류 보릿가루 시료간 n 값에는 차이가 없었지만, 검을 첨가했을 때 n 값에 차이를 나타냈는데, 베타글루칸 함량이 높은 분획 F1, F2-검 혼합액의 n 값이 분획하지 않은 보릿가루-검 혼합액보다 더 낮은 값을 나타내었다. 첨가된 검류 중 잔탄검이 보릿가루의 종류에 상관없이 n 값을 가장 저하시키는 효과가 있었다. 이러한 결과는 잔탄검의 단단하고, rod-like한 구조 때문이라고 생각된다. 점조성 지수 K 는 F1과 F2 사이에는 차이가 없었으며, 분획화하지 않은 보릿가루가 가장 높은 값을 나타냈다. 검을 첨가했을 때 다른 검들은 점조성 지수에 영향을 주지 않았으나 잔탄검 만이 세가지 보릿가루 시료의 점조성 지수에 영향을 나타내었다. $\eta_{a,100}$ 값은 F1과 F2의 경우 검들을 첨가함에 따

라 그 수치가 감소하였다. 사용된 검류중 잔탄검이 보릿가루 시료들의 물성에 가장 큰 영향을 끼침을 확인하였다.

표 4. 보릿가루와 보릿가루 분획의 호화액 특성에 대한 검류 첨가 효과

Samples	Pasting temperature (°C)	Viscosity (RVU)				
		Peak	Trough	Final	Breakdown	Setback
UF	64.5	912.0	523.0	826.5	389.0	-
- no gum						
UF-XG	64.0	997.5	637.0	1012.5	360.5	15.0
UF-LBG	64.1	979.0	594.5	965.5	384.5	-
UF-GG	65.3	1064.5	635.5	997.0	429.0	-
UF-CG	64.5	833.0	450.5	769.5	382.5	-
UF-F1	63.2	2042.0	1617.5	2565.0	424.5	523.0
- no gum						
UF-F1	62.7	1908.5	1550.0	2442.0	358.5	533.5
- XG						
UF-F1	63.2	2083.0	1670.0	2689.0	413.0	606.0
- LBG						
UF-F1	62.7	2203.0	1754.0	2690.5	449.0	487.5
- GG						
UF-F1	63.2	1926.0	1537.0	2511.0	389.0	585.0
- CG						
UF-F2	64.1	1269.5	999.0	1942.0	270.5	672.5
- no gum						
UF-F2	63.6	1385.0	1075.0	1938.0	310.0	553.0
- XG						
UF-F2	63.6	1425.5	1090.5	2113.5	335.0	688.0
- LBG						
UF-F2	62.8	1562.5	1180.5	2154.0	382.0	591.5
- GG						
F-F2	64.5	1319.5	1021.0	1988.5	298.5	669.0
- CG						

UF : unsieved barley flour, F1 : fractionated barley flour 1, F2 : fractionated barley flour 2

XG : xanthan gum, LBG : locust bean gum, GG : guar gum, CG : carageenan gum

표 5. 보릿가루와 보릿가루 분획의 정상유동 특성에 대한 검류 첨가 효과

Samples	Flow behavior index n (-)	Consistency index K (Pa·sec ⁿ)	Apparent viscosity $\eta_{a,100}$ (Pa·sec) ¹⁾
UF-no gum	0.38±0.01	4.66±0.60	0.27±0.03
UF-XG	0.24±0.02	11.30±0.42	0.35±0.01
UF-LBG	0.42±0.00	4.73±0.56	0.33±0.03
UF-GG	0.45±0.01	5.27±1.99	0.30±0.00
UF-CG	0.36±0.03	5.74±1.11	0.30±0.02
F1-no gum	0.47±0.01	2.50±0.19	0.22±0.04
F1- XG	0.06±0.00	13.62±3.19	0.18±0.03
F1- LBG	0.11±0.01	3.67±2.19	0.06±0.02
F1- GG	0.11±0.01	2.29±1.13	0.04±0.01
F1- CG	0.09±0.01	2.43±0.40	0.04±.001
UF-F2-no gum	0.50±0.01	1.81±0.01	0.18±0.01
F2-XG	0.06±0.00	7.66±1.02	0.10±0.01
F2-LBG	0.12±0.01	0.92±0.13	0.02±0.00
F2-GG	0.12±0.01	1.45±0.16	0.02±0.00
F2-CG	0.10±0.01	2.04±1.17	0.03±0.01

UF : unsieved barley flour, F1 : fractionated barley flour 1, F2 : fractionated barley flour 2

XG : xanthan gum, LBG : locust bean gum, GG : guar gum, CG : carageenan gum

2. 제 2 세부과제 : 보리 이용 육제품의 대사질환 기능성 검증

가. 서론

육제품은 고지방, 고칼로리 식품으로서의 인식이 강한 식품이며 이는 웰빙 식품을 선호하는 최근 소비 추세와는 거리가 있음. 따라서 본 연구에서는 베타글루칸을 다량 함유하고 있는 보리를 육제품에 배합하여 지질대사 개선 효능이 있는 웰빙 육제품을 개발하고자 함.

1차년도에는 보리분말 입자 크기별 사료를 제작하고, 이를 마우스에 투여하여 가장 큰 효능(혈중 콜레스테롤 및 중성지질 강하효능)을 보이는 그룹을 선발하였으며, 2차년도에는 1차년도 결과를 바탕으로 지질대사개선 메커니즘에 대한 연구를 수행함(콜레스테롤 대사 관련 유전자의 발현 변화 관찰). 마지막 3차년도에는 실제 보리함유 소시지를 사료에 배합하여 마우스에 투여하는 실험을 진행하였으며, 이로써 완제품의 기능성(혈중 지질대사 개선 효능)을 평가함.

나. 연차별 연구방법 및 결과

(1) 1차년도

(가) 재료 및 방법

① 실험 동물 및 식이

○ 실험 동물 : 7주령(수컷)의 일반(C57BL/6J) 마우스를 사용하였음. 그룹은 '고지방 식이'를 하는 대조군과 '보리 대체 식이'를 하는 실험군으로 나눔 (표 1).

○ 동물 식이 : 고지방 식이와 보리 대체 식이를 사용함. 보리 대체 고지방 식이에 포함된 보리는 입자 크기별로 4가지로 나누었고, 각 입자별 베타글루칸 함량은 표 2와 같음.

- 고지방 식이: high-fat diet 45% cal.

- 보리 대체 식이: high-fat diet 45% cal. 조성 중 corn starch 185.1g/kg total과 cellulose 59.69g/kg total을 보리로 대체함 (표 3).

○ 동물 실험은 SPF 시설에서 진행하였고 5주간 high-fat diet 및 실험 식이를 투여하였음.

② 혈액 분석

○ 혈액은 5주간의 식이 투여 기간 중 0주 및 5주째에 안구로부터 채혈함. 채취한 혈액은 원심분리로 혈장을 분리하고, 이를 혈액 분석에 이용함.

○ 혈장의 total cholesterol, HDL-cholesterol, LDL-cholesterol, triglyceride 및 glucose 농도를 cobas c111 장비 및 시약을 이용하여 비색정량법으로 측정함.

③ 통계 분석

○ 통계 분석은 student t-test를 사용하여 95% 유의 수준에서 검정함. 0주차 혈액 분석 수치와 비교하여 $p < 0.05$ 일 때 통계적으로 유의한 것으로 판정함.

표 1. 실험 디자인

Groups	Diet	동물수
Control	HFD(high-fat diet) 45% cal.	10
Barley 1	보리 대체 식이 1, HFD + 보리1	10
Barley 2	보리 대체 식이 2, HFD + 보리2	10
Barley 3	보리 대체 식이 3, HFD + 보리3	10
Barley 4	보리 대체 식이 4, HFD + 보리4	10

표 2. 보리 대체 고지방 식이에 포함된 보리 정보

Diet	입자크기	베타글루칸 함량
보리 대체 식이 1	75 μm 이하	1.63%
보리 대체 식이 2	75 μm ~ 150 μm	8.35%
보리 대체 식이 3	150 μm ~ 355 μm	9.13%
보리 대체 식이 4	355 μm 이상	7.39%

표 3. High-fat diet 45% cal. 조성

Formulation	high-fat diet 45% cal.	
	gm%	kcal%
Protein	24	20
Carbohydrate	41	35
Fat	24	45
kcal/kg	4,766	
Ingredient	g	kcal
Casein(from milk)	200	800
Corn Starch	155.036	620
Sucrose	50	200
Dextose	132	528
Cellulose	50	0
Soybean Oil	25	225
Lard	175	1,575
Mineral Mixture	35	0
Vitamin Mixture	10	40
TBHQ	0.014	0
L-Cystine	3	12
Choline Bitartrate	2.5	0
Total	837.6	4,000

(나) 연구결과

5주간 '고지방 식이' 및 '보리 대체 식이'를 투여하였음.

① 식이 섭취량

○ 투여일로부터 실험 종료일까지 약 5주간 마우스 한 마리가 하루에 섭취한 식이량 (g/day)은 표 4와 같음. 실험 기간 동안 각 군당 사료 섭취량은 대조군 및 실험군에서 유의할 만한 차이 및 특이 사항은 관찰되지 않음.

표 4. 식이 섭취량

	Groups				
	Control	Barely 1	Barely 2	Barely 3	Barely 4
Food Intake (g/day)	3.15±0.23 ^a	3.95±0.01 ^{bc}	3.57±0.23 ^{cd}	4.02±0.08 ^b	3.40±0.09 ^{ad}

^{a,b}Values in a line not sharing a common superscript differ significantly at P<0.05.

② 체중 변화

○ 약 5주간(22일) 마우스의 체중 변화는 표 5와 같음. 대조군에 비하여 실험군의 체중이 더 증가함. 체중의 증가는 많은 부분이 사료 섭취량과 대체적으로 같은 경향성을 나타내는 것으로 관찰됨.

표 5. 체중 변화

	Groups				
	Control	Barely 1	Barely 2	Barely 3	Barely 4
Initial body weight	21.29±1.10	21.76±0.70	22.34±1.12 ^a	21.16±1.26	20.62±1.03 ^b
Final body weight	26.96±1.70 ^a	37.90±2.85 ^b	31.52±1.68 ^c	33.84±3.08 ^d	34.25±1.87 ^d
Gain (g/22day)	5.67±1.24 [*]	16.14±2.87 ^{**}	9.18±1.01 ^{***}	12.68±2.80 ^{****}	13.62±1.42 ^{****}

^{a,b}Values in a line not sharing a common superscript differ significantly at P<0.05.

^{***,****}Values in a line not sharing a common superscript differ significantly at P<0.01.

③ 혈중 total cholesterol 농도 변화

○ 혈중 total cholesterol 농도 변화는 그림 1과 같음. 대조군과 비교하여 barley 3 그룹에서 혈중 total cholesterol 농도가 통계적으로 유의한 수준으로 감소함. 다른 실험군에서는 유의할만한 차이나 특이 사항이 관찰되지 않음.

○ '보리 대체 식이 3'에는 베타글루칸 함량이 9.13%으로 다른 실험군에 비하여 상대적으로 많은 양이 포함되어있음. 보리에 포함된 베타글루칸이 혈중 total cholesterol 수치를 낮추는데 기여한 것으로 사료됨.

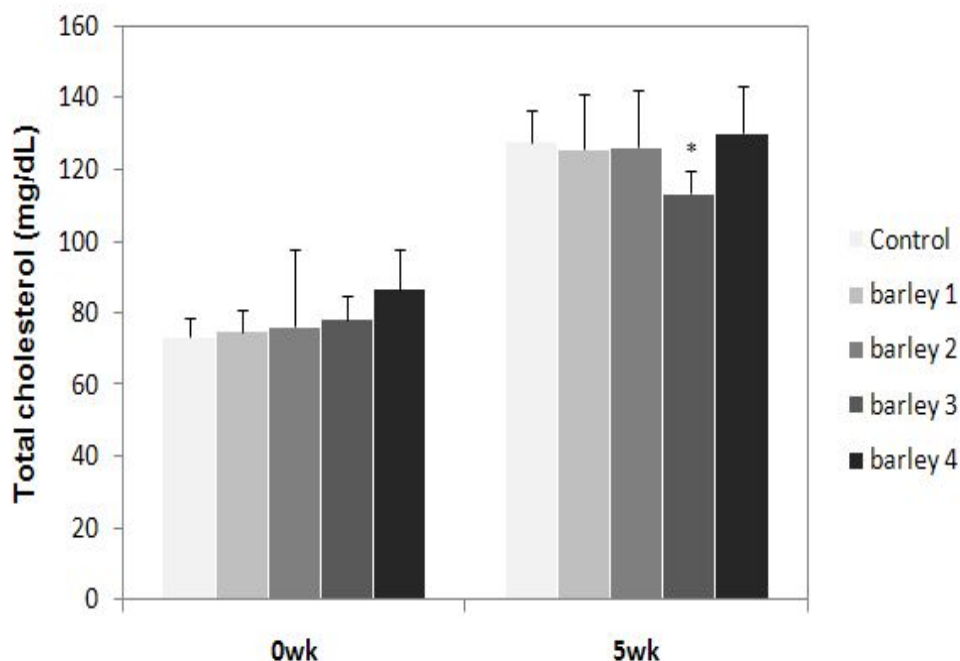


그림 1. Effects of barely-substitute diet on plasma total cholesterol concentration. C57BL/C6 mice were fed high-fat diet or high-fat diet containing barley granules(244.79g/kg total) for 5 weeks and blood samples collected 0 and 5 week. Data are expressed as mean \pm standard deviation(n=9~10). *,p<0.05 versus control.

표 6. Effects of barely-substitute diet on plasma total cholesterol concentration.

	Groups				
	Control	Barley 1	Barley 2	Barley 3	Barley 4
0week	73.49±4.97	74.67±6.39	76.22±21.79	78.25±6.64	86.81±11.23
5week	127.74±9.02	125.67±15.62	126.27±15.91	113.43±6.38*	130.25±12.86

* $p < 0.05$ versus control.

④ 혈중 HDL-cholesterol 농도 변화

○ 혈중 HDL-cholesterol 농도 변화는 그림 2와 같음. 대조군과 비교하여 barley 3 그룹에서 혈중 HDL-cholesterol 농도가 통계적으로 유의한 수준으로 감소함.

○ Barely 3 그룹에서 혈장 total cholesterol이 유의적으로 감소함에 따라 HDL-cholesterol level이 낮아지는 데에도 영향을 미친 것으로 보임.

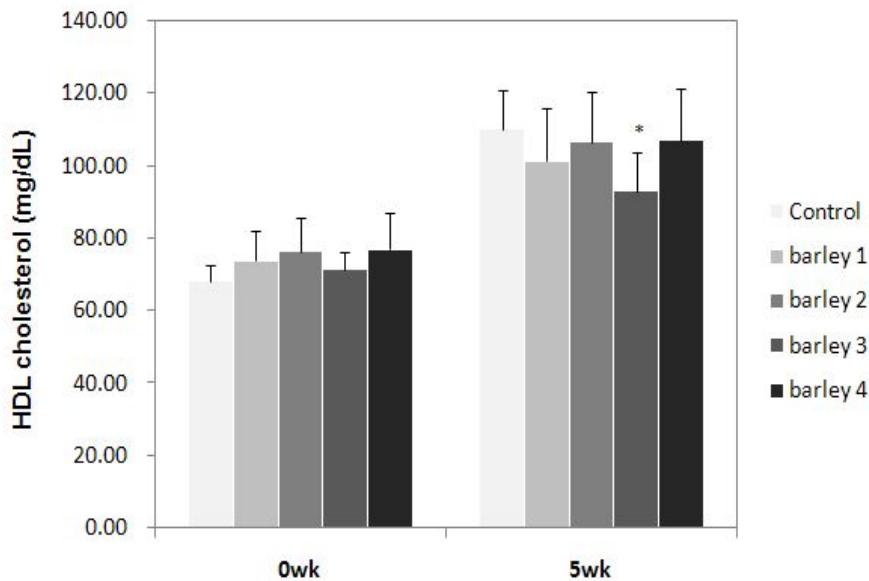


그림 2. Effects of barely-substitute diet on plasma HDL cholesterol concentration. C57BL/C6 mice were fed high-fat diet or high-fat diet containing barley granules(244.79g/kg total) for 5 weeks and blood samples collected 0 and 5 week. Data are expressed as mean±standard deviation(n=9~10). * $p < 0.05$ versus control.

표 7. Effects of barely-substitute diet on plasma HDL cholesterol concentration.

	Groups				
	Control	Barley 1	Barley 2	Barley 3	Barley 4
0주차	67.99±4.42	73.70±8.24	76.13±9.64	71.25±4.93	76.91±9.96
5주차	110.00±1059	101.28±14.76	106.53±13.64	93.04±10.45*	107.01±14.11

* $p < 0.05$ versus control.

⑤ 혈중 LDL-cholesterol 농도 변화

- 혈중 LDL-cholesterol 농도 변화는 그림 3과 같음.
- Barely 3 그룹에서 5주차에 다른 실험군에 비해 상대적으로 낮은 혈장 LDL-cholesterol 수치를 나타내나 통계적으로 유의하지는 않음. 식이투여 완료 후 결과를 좀 더 살펴보아야 할 것으로 사료됨.

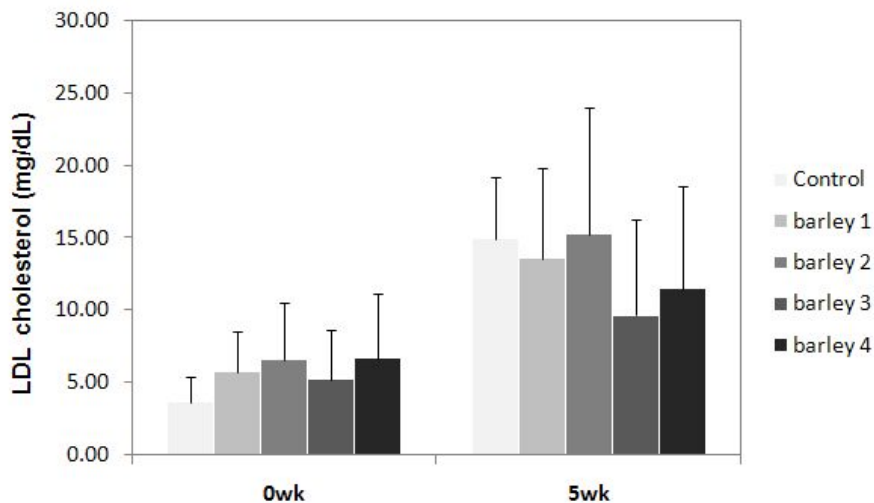


그림 3. Effects of barely-substitute diet on plasma LDL cholesterol concentration. C57BL/C6 mice were fed high-fat diet or high-fat diet containing barley granules(244.79g/kg total) for 5 weeks and blood samples collected 0 and 5 week. Data are expressed as mean±standard deviation(n=9~10).

표 8. Effects of barely-substitute diet on plasma LDL cholesterol concentration.

	Groups				
	Control	Barley 1	Barley 2	Barley 3	Barley 4
0주차	3.67±1.70	5.74±2.77	6.59±3.93	5.21±3.46	6.71±4.41
5주차	14.94±4.23	13.61±6.26	15.23±8.74	9.66±6.65	11.46±7.16

⑥ 혈중 중성지질 농도 변화

○ 혈중 중성지질(triglyceride) 농도 변화는 그림 4와 같음. 대조군에 비하여 모든 실험군에서 대체적으로 중성 지질 농도가 통계적으로 유의한 수준으로 증가하였으나, '보리 대체 식이 3'을 섭취한 실험군의 수치는 통계적 유의성을 보이지 않음.

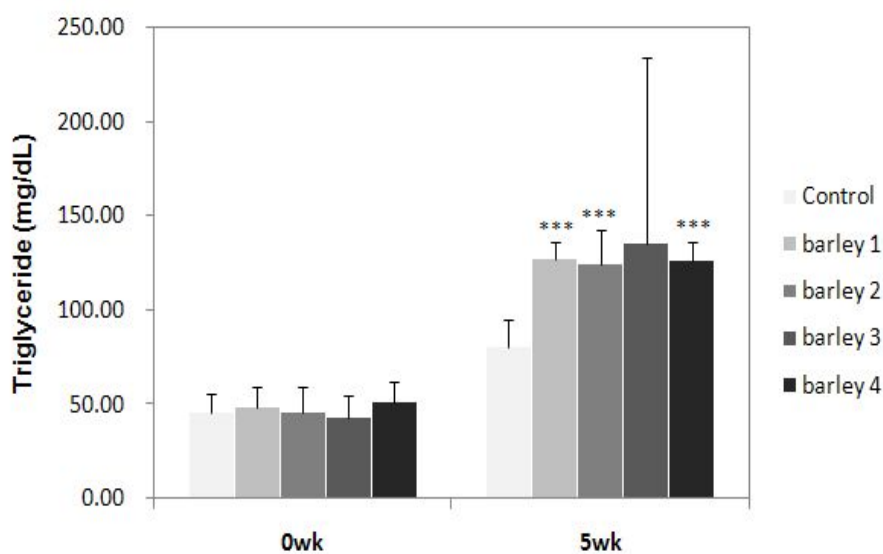


그림 4. Effects of barely-substitute diet on plasma triglyceride concentration. C57BL/C6 mice were fed high-fat diet or high-fat diet containing barley granules(244.79g/kg total) for 5 weeks and blood samples collected 0 and 5 week. Data are expressed as mean±standard deviation(n=9-10). ****p*<0.0001 versus control.

표 9. Effects of barely-substitute diet on plasma triglyceride concentration.

	Groups				
	Control	Barley 1	Barley 2	Barley 3	Barley 4
0주차	45.61±10.51	48.85±10.36	45.46±13.85	42.93±11.91	51.10±10.67
5주차	80.27±15.00	127.21±8.68***	124.11±18.69***	135.46±98.82	126.53±9.64***

***, $p < 0.0001$ versus control.

(다) 1차년도 연구성과 고찰 및 결론

보리는 다양한 동물과 임상실험에서 콜레스테롤의 농도를 낮춰주는 대표적인 곡물로 알려져 왔음. 이는 보리의 주 성분인 베타글루칸의 효능으로 알려져 있음. 본 연구에서도 대조군 대비 베타글루칸이 가장 많이 함유되어 있는 Barely 3군 (대조군 대비 6배, 9.13%)에서 혈중 콜레스테롤 강하효능이 가장 강력한 것으로 나타남. 특히나 보리섭취군은 대조군에 비해 사료섭취량이 높았으며, 따라서 체중 증가율 또한 높게 나타남. 고지방 식이를 기본사료로 한 실험임에도 불구하고 혈중 콜레스테롤 농도가 낮아진 것은 주목할 만한 결과임. 따라서 2차년도에서는 1차년도 결과를 바탕으로 대조군과 Barely 3군을 비교분석하여 체내 콜레스테롤 함량 분석을 추가로 실시하고, 콜레스테롤 대사 관련 메커니즘을 규명하는 연구를 실시함.

(2) 2차년도

(가) 재료 및 방법

① 실험 동물 및 식이

○ 실험 동물: 7주령 (수컷)의 일반 (C57BL/6J) 마우스를 사용하였음. 그룹은 '고지방 식이'를 하는 대조군과 '보리 대체 식이'를 하는 실험군으로 나눔 (표 1).

○ 동물 식이: 고지방 식이와 보리 대체 식이를 사용함. 보리 대체 식이는 1차년도에 결과가 좋았던 'Barley 3 (표 2)'을 고지방 식이에 대체함.

- 고지방 식이: high-fat diet 45% cal.

- 보리 대체 식이: high-fat diet 45% cal. 조성 중 corn starch 185.1g/kg total과 cellulose 59.69g/kg total을 보리로 대체함 (표 3).

○ 5주간 '고지방 식이' 및 '보리 대체 식이'를 투여하였음.

○ 동물 실험은 SPF 시설에서 진행하였고 5주간 high-fat diet 및 실험 식이를 투여하였음.

표 1. 실험 디자인.

Groups	Diet	동물수
Control	HFD(High-fat diet) 45% cal.	10
HFD-B	HFD + 보리	10

표 2. 입자 크기에 의한 보리 분획.

Diet	입자크기	베타글루칸 함량
Barley 1	75 μ m 이하	1.63%
Barley 2	75 μ m ~ 150 μ m	8.35%
Barley 3	150 μ m ~ 355 μ m	9.13%
Barley 4	355 μ m 이상	7.39%

표 3. High-fat diet 45% cal. 조성.

Formulation	high-fat diet 45% cal.	
	gm%	kcal%
Protein	24	20
Carbohydrate	41	35
Fat	24	45
kcal/kg	4,766	
Ingredient	g	kcal
Casein(from milk)	200	800
Corn Starch	155.036	620
Sucrose	50	200
Dextose	132	528
Cellulose	50	0
Soybean Oil	25	225
Lard	175	1,575
Mineral Mixture	35	0
Vitamin Mixture	10	40
TBHQ	0.014	0
L-Cystine	3	12
Choline Bitartrate	2.5	0
Total	837.6	4,000

② 간조직 내 지질 농도 측정

○ 식이 투여 기간 종료 후 적출한 장기로부터 Folch 등에 의해 보고된 논문 (1957)을 참고하여 hepatic lipid를 얻음.

○ 간 조직의 total cholesterol, HDL-cholesterol, LDL-cholesterol, triglyceride 및 glucose 농도를 cobas c111 장비 (Roche, Basal, Swiss) 및 시약을 이용하여 비색정량법으로 측정함.

③ 담즙산 배출량 측정

○ 식이 투여 마지막 3일간 분변을 수집하여 건조시킨 뒤 무게를 재고 감. 분변 0.2 g을 100% methanol에 7일간 침지시켜 조추출물을 얻음.

○ Total bile assay kit (Bio-quant Inc., San Diego, CA, USA)를 이용하여 분변으로 배출되는 담즙산 함량을 측정함 (3반복).

④ qRT-PCR

○ 조직에서 RNA 분리: TRIzol reagent (Invitrogen)을 이용하여 각 조직으로부터 RNA를 추출하여 원심분리로 가장 상층에 분리된 RNA를 얻었으며, 260 nm와 280 nm에서 흡광도를 측정하여 추출된 RNA를 정량하고 purity를 측정함.

○ cDNA 합성: 조직으로부터 분리한 RNA에 PowerScript Reverse Transcriptase (Clontech)를 이용하여 cDNA를 합성함.

○ Real-time PCR: 간 조직의 HMG-CoA reductase, CYP7A1, LDL receptor, FXR 유전자와 소장 조직의 NPC1L1, FXR, SHP, ASBP, IBABP, FGF-15 유전자 발현을 알아보기 위해 real-time PCR을 실시함. iQ SYBR Green Supermix kit (Bio-Rad)를 합성한 cDNA와 혼합하여 iCycler iQ 기계 (Bio-Rad)를 이용하여 수행하였음.

⑤ Western blot

○ 조직에서 단백질 분리: Lysis buffer (10 mM Tris-HCl pH 7.4, 0.1 M EDTA, 10 mM NaCl, 0.5 % Triton X-100, protease inhibitor Cocktail)을 이용하여 4°C에서 조직을 용해시킨 후 원심분리하여 단백질을 얻음. 단백질의 농도는 이미 알고 있는 albumin을 표준 용액으로 하여 Bradford 방법 (1976)으로 정량함.

○ Bio-Rad mini-gel system을 이용하여 단백질을 SDS-PAGE 전기영동한 후 nitrocellulose membrane (0.45 μ m, Schleicher&Schuell BioScience PROTRAN Nitrocellulose Transfer Membrane)로 전이시켰음. Nitrocellulose membrane에 전이된 단백질은 특정 항체와 반응시켜 Western blot을 실시하였고, enhanced chemiluminiscent (ECL) method를 이용하여 발

색시김. ChemiDoc XRS (Bio-Rad, Hercules, CA, USA)를 이용하여 얻은 band는 Quantity One software (Bio-Rad, Hercules, CA, USA)로 정량 분석함.

⑥ 통계 분석

○ 모든 실험은 3번 이상 반복 실험하였고, 통계 분석은 student t-test를 사용하여 95% 유의 수준에서 검정함. Control과 비교하여 $p < 0.05$ 일 때 통계적으로 유의한 것으로 판정함.

(나) 연구 결과

① 식이 섭취량

○ 투여일로부터 실험 종료일까지 약 5주간 마우스 한 마리가 하루에 섭취한 식이량 (g/day)은 표 4와 같음. 실험 기간 동안 그룹 간 사료 섭취량은 유의할 만한 차이 및 특이 사항은 관찰되지 않음.

표 4. 식이 섭취량.

	Groups	
	Control	HFD-B
Food intake (g/day)	3.15 ± 0.23	3.95 ± 0.01

② 간조직 내 지질 농도

○ 간 지질 수치는 두 그룹 간에 유의적인 차이를 보이지 않음 (그림 1).
○ 1차년도에 보리 베타글루칸이 함유된 HFD 식이 그룹에서 보인 hypocholesterolemic effect는 hepatic lipid level과는 무관한 것으로 생각됨.

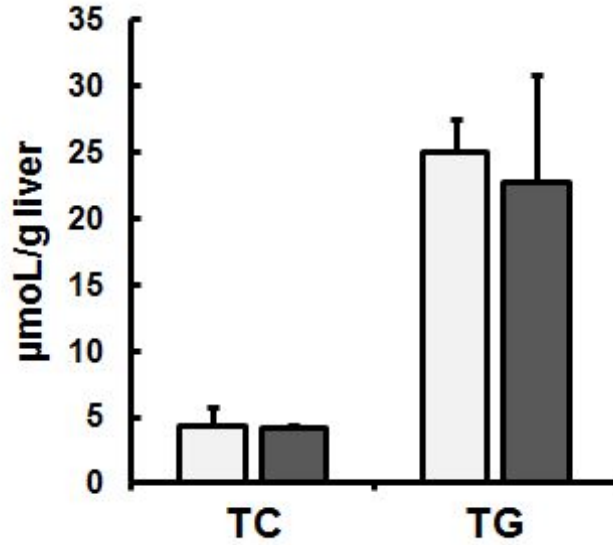


그림 1. C57BL/6 마우스의 보리 베타글루칸 섭취가 hepatic lipid level에 미치는 영향. 모든 수치는 평균 \pm 표준오차로 나타내었음. TC, total cholesterol; TG, triglyceride.

③ 담즙산 배출량

○ 보리 베타글루칸이 함유된 HFD를 투여한 그룹에서 담즙산의 배출량이 HFD만 섭취한 그룹에 비하여 통계적으로 유의한 수준으로 증가함 (그림 2).

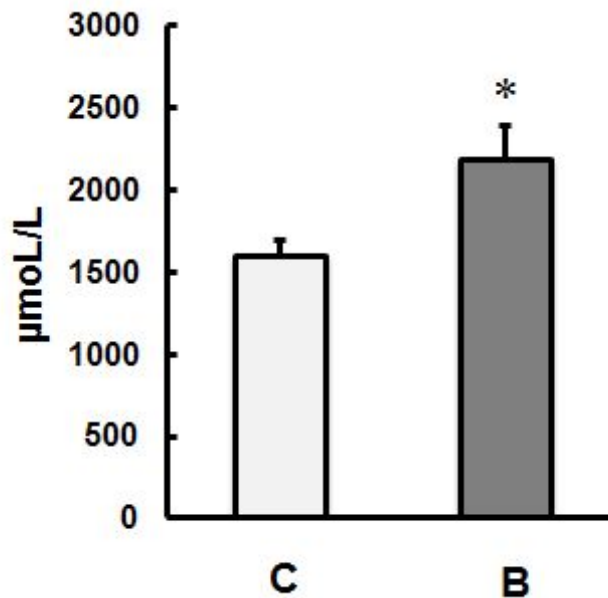


그림 2. C57BL/6 마우스의 보리 베타글루칸 섭취가 담즙산 배출에 미치는 영향. 모든 수치는 평균 \pm 표준오차로 나타내었음. * $P < 0.05$ vs. control. C, control; B, barley group.

④ 콜레스테롤 및 담즙산 대사 관련 유전자 발현

○ 콜레스테롤 대사 관련 유전자 발현 변화

- ▶ 표 5에 나타난 것과 같이 real-time PCR을 통해 HMG-CoA reductase, CYP7A1, LDL receptor, NPC1L1 유전자의 발현을 측정함. 수치는 Control을 100으로 하였고 이에 따른 상대적 퍼센트로 나타냄.
- ▶ HMG-CoA reductase의 발현은 16% ($P<0.05$), NPC1L1은 30% ($P<0.05$) 감소하였으나, LDL receptor의 발현은 control과 비교하여 유의적인 변화가 없었음.

○ 담즙산 대사 관련 유전자 발현 변화

- ▶ HFD-B 그룹에서 CYP7A1의 발현이 감소하고 담즙산 배출량이 증가하였음. 따라서 간과 소장의 farnesoid X receptor (FXR)의 발현과 소장에서의 short heterodimer partner (SHP), fibroblast growth factor 15 (FGF-15), apical sodium-dependent BA transporter (ASBT), ileal BA binding protein (IBABP)의 발현을 측정함. 수치는 Control을 100으로 하였고 이에 따른 상대적 퍼센트로 나타냄.
- ▶ 소장 조직에서 FXR mRNA의 발현이 통계적으로 유의하게 13% 정도 증가하였고, SHP는 70% 정도 감소함. Control에 비하여 ASBT와 FGF-15의 발현이 HFD-B 그룹에서 각각 50%, 15% 감소함.

표 5. 보리 베타글루칸 섭취가 간과 소장 조직의 콜레스테롤 및 담즙산 대사 관련 주요 주전자 발현에 미치는 영향.

mRNA level (%)	Groups	
	Control	Barley
Hepatic gene expression		
HMG-CoA reductase	100 ± 6	84 ± 17*
CYP7A1	100 ± 22	43 ± 14*
LDL receptor	100 ± 13	91 ± 3
FXR	100 ± 7	104 ± 4
Intestinal gene expression		
NPC1L1	100 ± 17	70 ± 3*
FXR	100 ± 5	^(?) 113 ± 3*
SHP	100 ± 13	30 ± 15*
ASBT	100 ± 31	49 ± 15*
ABABP	100 ± 13	99 ± 8
FGF-15	100 ± 9	108 ± 7*

Values are expressed as mean ± standard error (S.E.). * $P < 0.05$ vs. control. HMG-CoA, 3-hydroxy-3-methylglutaryl coenzyme A; LDL, low-density lipoprotein; CYP7A1, cholesterol-7 α -hydroxylase; NPC1L1, niemann-pick C1 like 1; FXR, farnesoid X receptor; SHP, sholrt heterodimer partner; ASBT, ileal-specific bile acid transporter; FGF 15, fibroblast growth factor 15.

⑤ 콜레스테롤 및 담즙산 대사 관련 단백질 발현

○ HMG-CoA reductase 단백질 발현이 HFD-B 그룹에서 56.5%로 상당히 감소하였고, CYP7A1은 44% 정도 감소하였음. real-time qPCR 결과와 유사하게 LDL receptor 단백질 발현은 그룹 간 차이를 보이지 않았음. 또한 FXR 단백질 발현량은 HFD-B 그룹에서 약간 감소하는 결과를 나타내었음 (그림 3).

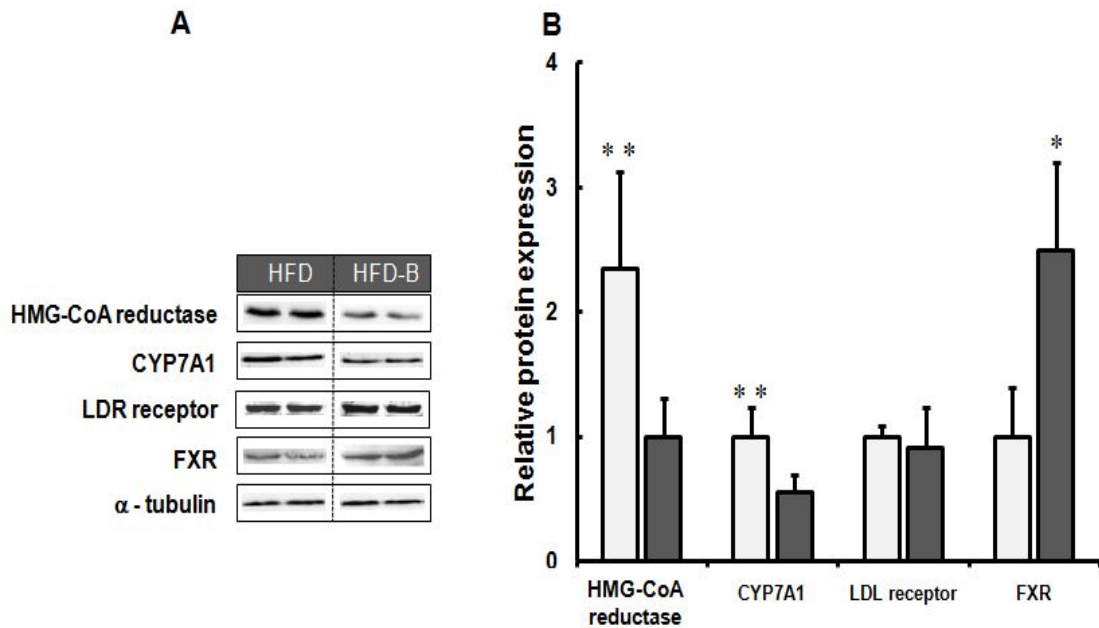


그림 3. C57BL/6 마우스의 보리 베타글루칸 섭취가 HMG-CoA reductase, CYP7A1, LDL receptor, FXR 단백질 발현에 미치는 영향.

모든 수치는 평균 ± 표준오차로 나타내었음. * $P < 0.05$ vs. control; ** $P < 0.01$ vs. control. HMG-CoA, 3-hydroxy-3-methylglutaryl coenzyme A; LDL, low-density lipoprotein; CYP7A1, cholesterol-7 α -hydroxylase; FXR, farnesoid X receptor.

⑥ 소장 조직의 콜레스테롤 및 담즙산 대사 관련 단백질 발현에 미치는 영향

- 소장에서의 단백질 발현 패턴은 qRT-PCR 결과와 유사한 성향을 나타냄.
- Control과 비교하여 NPC1L1 단백질 수치는 보리 함유 식이를 한 그룹에서 44% 감소하였음. FXR과 FGF15의 발현은 각각 260%, 90% 증가한 반면 ASBT의 발현은 30% 가량 감소하였음 (그림 4).

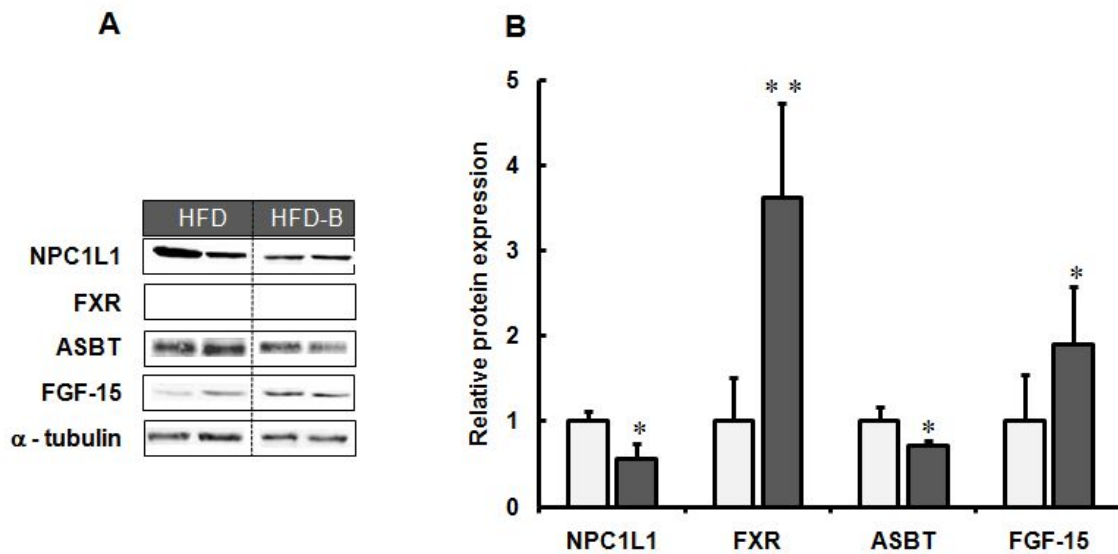


그림 4. C57BL/6 마우스의 보리 베타글루칸 섭취가 HMG-CoA reductase, CYP7A1, LDL receptor, FXR 단백질 발현에 미치는 영향.

모든 수치는 평균 \pm 표준오차로 나타내었음. * $P < 0.05$ vs. control; ** $P < 0.01$ vs. control. NPC1L1, niemann-pick C1 like 1; FXR, farnesoid X receptor; SHP, sholrt heterodimer partner; ASBT, ileal-specific bile acid transporter; FGF 15, fibroblast growth factor 15.

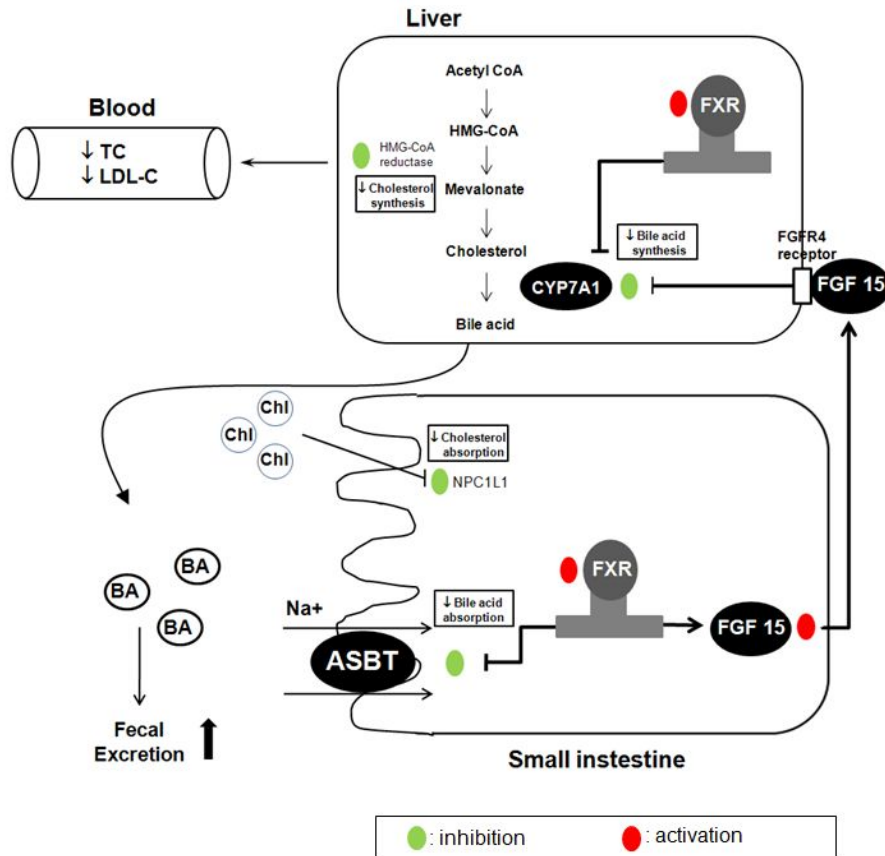


그림 5. 보리 베타글루칸이 콜레스테롤 및 담즙산 대사에 관여하는 기전

(다) 2차년도 연구성과 고찰 및 결론

혈중 콜레스테롤은 흡수되어 간으로 운반되며, 일부는 담즙산으로 합성되어 소장으로 분비되고, 이중 대부분은 다시 재흡수 되며 일부만이 체외로 배출되는데. 이것이 유일한 콜레스테롤의 배출 경로임. 1차년도 연구결과 혈중 콜레스테롤 농도를 낮추는 것으로 보인 보리섭취군은 간 내부의 지질성분 감소에는 영향을 미치지 않음. 그러나 담즙산으로 배출되는 콜레스테롤의 양은 증가하는 경향을 보여, 보리함유 고지방 식이 섭취가 체내 콜레스테롤의 농도를 낮추는데 기여하는 것으로 확인함.

특히나 소장 조직으로부터 확보된 연구결과를 살펴보면, 식품으로부터 콜레스테롤과 수송에 직접적인 연관성을 갖는 NPC1L1과 ASBT의 발현이 감소하는 것을 확인함. NPC1L1은 식품내 콜레스테롤을 흡수하는데 관여하는 유전자이며, 소장 용털에 발현되어 있음. ASBT는 담즙산의 대사에 관여하는 유전자로, 담즙산이 체내로 다시 흡수되는 경로에 관여함. 따라서 ASBT의 억제 혹은 발현 감소는 담즙산의 체내 재흡수를 감소시키고 체외 배출을 증가시키는 결과를 가지게 되며 이 경로는 담즙산 센서인 FXR에 의해 조절 되는 것으로 알려짐.

(3) 3차년도

(가) 재료 및 방법

① 실험 동물 및 식이

- 실험 동물 및 식이: 7주령 (수컷)의 일반 (C57BL/6J) 마우스를 사용하였음(n=10). 그룹은 보리함량에 따라 T1, T2, T3 군으로 나뉘며, 군별 보리함량은 표 1과 같음. 식이는 일반 사료에 군별 소시지 시료를 혼합하여 제작하였으며 총 영양조성 비율은 표 2와 같음.
- 0주차의 혈중 콜레스테롤, 중성지방 농도를 기준으로 그룹을 설정 하였으며, 1주일간 사료를 투여하여 혈중 지질성분 및 체중 변화를 관측함.
- 동물 실험은 SPF 시설에서 진행됨.

표1. 그룹별 보리페이스트 함량

T1	T2	T3
대조군(고지방 소시지)	9% 보리 페이스트로 지방 50% 대체 + 0.5% 트랜스글루타미나아제	11% 보리 페이스트로 지방 50% 대체 + 0.5% 트랜스글루타미나아제

표 2. 그룹별 사료 영양성분 및 원료 조성

Formulation	T1		T2		T3	
	g %	kcal %	g %	kcal %	g %	kcal %
Protein	18.8	20.9	18.8	21.6	18.8	21.5
Carbohydrate	53.0	59.1	54.8	62.9	55.2	63.1
Fat	8	20	6	15.5	6	15.4
Total (Kcal/kg)	3593.6		3485.6		3501.6	
Ingredient	g	kcal	g	kcal	g	kcal
Casein	160	640	160	640	160	640
Corn starch	120	480	120	480	120	480
Sucrose	400	1600	400	1600	400	1600
Cellulose	40	0	40	0	40	0
Sausage	200	472	200	364	200	380
Corn oil	40	360	40	360	40	360
Mineral mix	28	0	28	0	28	0
Vitamin mix,	8	32	8	32	8	32
DL-Methionine	2.4	9.6	2.4	9.6	2.4	9.6
Choline bitartate	1.6	0	1.6	0	1.6	0
Total	1000	3593.6	1000	3485.6	1000	3501.6

② 혈액 분석

○ 혈액은 1주간의 식이 투여 기간 중 안구로부터 채혈함. 채취한 혈액은 원심분리로 혈장을 분리하고, 이를 혈액 분석에 이용함.

○ 혈장의 total cholesterol, HDL-cholesterol, LDL-cholesterol, triglyceride 농도를 cobas c111 장비 및 시약을 이용하여 비색정량법으로 측정함.

③ 통계 분석

○ 통계 분석은 student t-test를 사용하여 95% 유의 수준에서 검정함. 0주차 혈액 분석 수치와 비교하여 $p < 0.05$ 일 때 통계적으로 유의한 것으로 판정함.

(나) 연구결과

① 식이 섭취량

○ 투여일로부터 실험 종료일까지 약 1주간 마우스 한 마리가 하루에 섭취한 식이량 (g/day)은 표 3과 같음. 실험 기간 동안 각 군당 사료 섭취량은 대조군 및 실험군에서 유의할 만한 차이 및 특이 사항은 관찰되지 않음.

표 3. 사료 섭취 및 체중 증가량

Groups	Initial body weight (g)	Final body weight (g)	Gain (g/ 1weeks)	Food intake (g/week)	Gain/ food intake
T1	24.3±0.71	27.61±1.07	3.07±0.58	19.33±0.98	0.154±0.02
T2	24.27±0.77	27.54±1.00	3.00±0.48	19.19±0.95	0.154±0.15
T3	24.61±1.81	26.89±1.07	2.87±0.15	19.82±1.69	0.148±0.01

Values are expressed as mean ± standard error (S.E.). * $P < 0.05$ vs. control.

② 체중 변화

○ 마우스의 체중 변화는 표 3와 같음. 대조군에 비하여 실험군의 체중이 더 증가함. 통계적으로 유의적인 변화는 관찰되지 않았으나, 보리함량이 높은 군일수록 체중이 감소하는 경향을 보임. 사료섭취량 당 체중 증가량도 T3군이 가장 낮은 값을 나타냄.

③ 혈중 total cholesterol 농도 변화

○ 혈중 total cholesterol 농도 변화는 그림 1과 같음. 대조군과 비교하여 T3 그룹에서 혈중 total cholesterol 농도가 통계적으로 유의한 수준으로 감소함. T2군에서는 유의할만한 차이나 특이 사항이 관찰되지 않음.

○ T3는 보리 함량이 가장 높은 실험군으로 보리에 포함된 베타글루칸에 의한 콜레스테롤 감소 효능을 보이는 것으로 사료됨.

④ 혈중 HDL-cholesterol 농도 변화

○ 혈중 HDL-cholesterol 농도 변화는 그림 2와 같음. 0주차와 비교하여 HDL의 농도가 증가하는 경향을 보였으나, 그룹간의 유의적인 차이는 관찰 되지 않음.

⑤ 혈중 LDL-cholesterol 농도 변화

○ 혈중 LDL-cholesterol 농도 변화는 그림 3과 같음. 0주차와 비교하여 증가하는 경향을 보였으나, 그룹간의 유의적인 차이는 관찰 되지 않음.

⑥ 혈중 중성지질 농도 변화

○ 혈중 중성지질(triglyceride) 농도 변화는 그림 4와 같음. 보리의 함량이 높아질수록 대조군에 비해 중성지질의 농도가 감소하는 경향을 보임. 특히, T3군의 경우 대조군과 비교하여 유의적으로 그 값이 감소함.

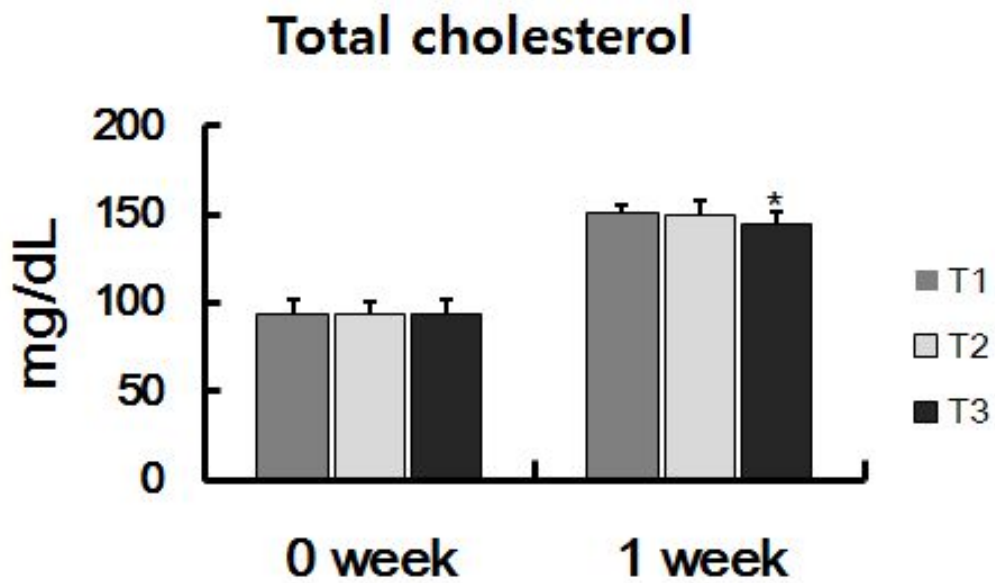


그림1. 보리함유 소시지 섭취에 따른 혈중 콜레스테롤 농도 변화

Data are expressed as mean \pm standard deviation(n=10).

*, $p < 0.05$ versus control.

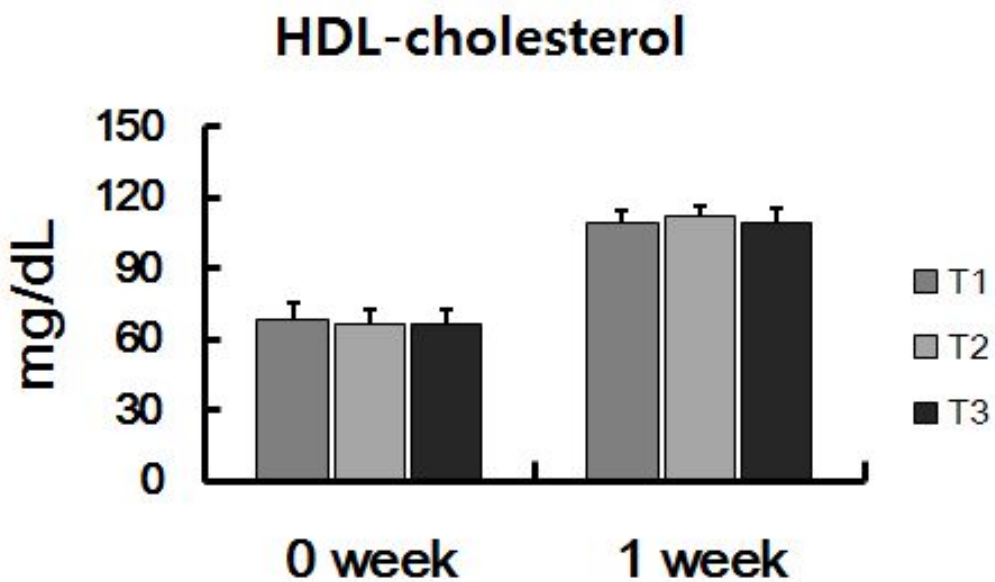


그림2. 보리함유 소시지 섭취에 따른 혈중 HDL 농도 변화

Data are expressed as mean \pm standard deviation(n=10).

*, $p < 0.05$ versus control.

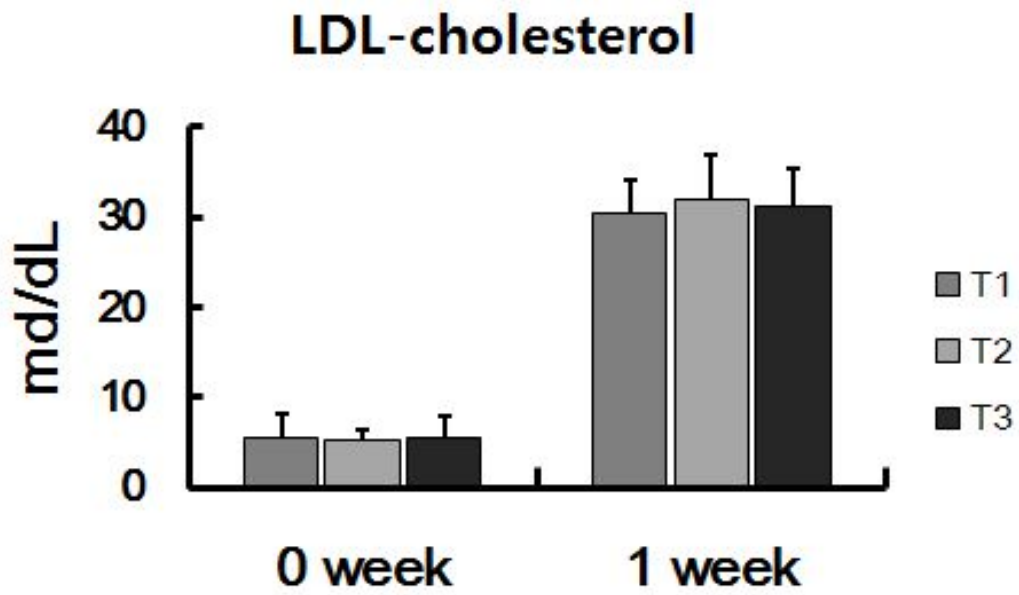


그림3. 보리함유 소시지 섭취에 따른 혈중 LDL 농도 변화

Data are expressed as mean \pm standard deviation(n=10).

*, $p < 0.05$ versus control.

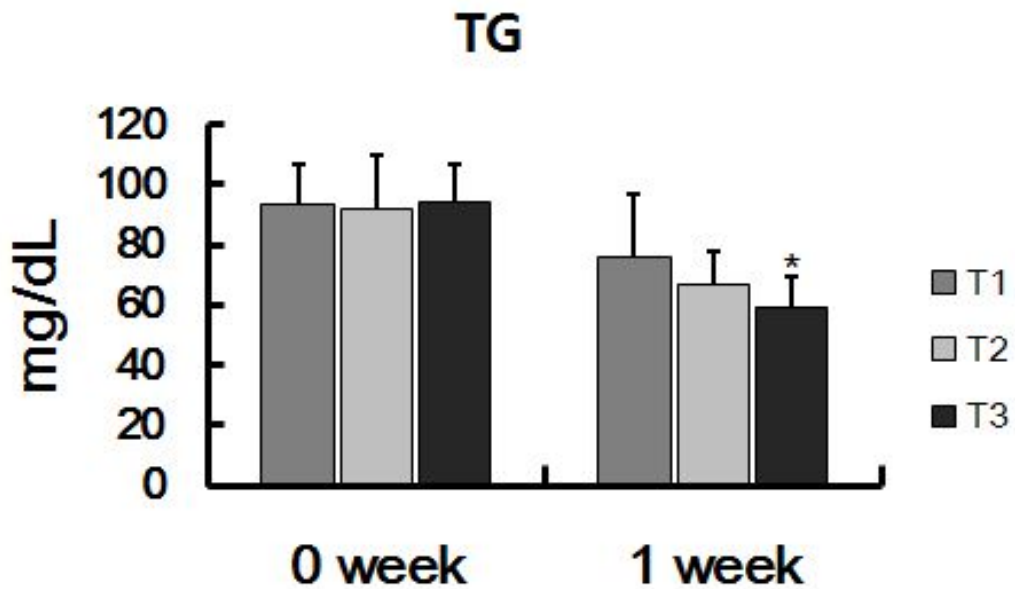


그림4 보리함유 소시지 섭취에 따른 혈중 중성지질 농도 변화

Data are expressed as mean \pm standard deviation(n=10).

*, $p < 0.05$ versus control.

(다) 3차년도 연구성과 고찰 및 결론

3차년도 연구에서는 완제품소시지를 사료에 배합하여 지질대사개선 효능을 평가함. 단기간 섭취에 의한 효능을 평가하기 위해, 일주일간 사료를 투여하고 혈액분석을 실시하였는데, 짧은 기간이었음에도 불구하고 상당부분 대조군 대비 혈중 지질농도가 감소하는 경향을 보임. 특히 1차년도 실험과 비교하여 소시지 완제품을 마우스에 투여한 경우, 콜레스테롤 감소 효능 뿐만 아니라 중성지질의 농도 역시 감소되는 것으로 관찰됨. 또한 1차년도 실험에서 문제시 되었던 보리함유 사료섭취에 의한 체중증가 현상도 3차년도 실험에서는 보완되는 것을 확인함. 1주간의 사료투여만으로도 총 콜레스테롤의 농도가 유의적으로 감소하였으나, 투여 기간을 더 증가시키면 총 콜레스테롤 뿐만 아니라 LDL의 농도 역시 감소할 것으로 기대됨.

3. 제 3 세부과제 : 보리를 이용한 건강 기능성 육제품 제조 공정 개발

가. 서론

3세부는 연구기가 전반에 걸쳐 1세부와 긴밀한 협조를 통한 공동연구를 수행하였다. 1차년도에서는 보릿가루를 첨가한 저지방 소시지를 제조하기 위한 시작 단계로, 분급하지 않은 보릿가루를 지방 대신 단순 첨가하여 소시지를 제조하고 그 특징을 알아보았다. 표면색도, 무게손실, 길이 및 지름 변화를 통한 소시지의 수축 등 소시지의 조리 전후 특성 변화를 알아보았으며, TPA 분석을 통하여 소시지의 텍스처 특성을 알아보았고, 관능 평가를 통하여 보릿가루를 첨가하였을 때 나타날 수 있는 곡물의 향과 보릿가루 대체 소시지의 텍스처 기호도 및 전체적인 기호도를 알아보았다.

2차년도에는 보릿가루를 분쇄한 후 체 선별을 거쳐 입자의 크기별로 3 분획한 결과 베타글루칸 함량이 2배 이상 증가된 분획 1과 2를 얻을 수 있었으며, 이를 이용하여 고 베타글루칸 분획의 호화액으로 지방을 대체한 소시지를 제조하였다. 반응표면분석법을 이용하여 지방을 대체하지 않은 소시지와 물성이 유의적으로 차이가 나지 않는 범위에서 최대의 지방 대체량과 호화액 농도를 결정하였고, 이를 토대로 Pilot scale로 소시지를 제조하여 그 특성을 분석하였다.

3차년도에는 소시지의 지방대체량을 증가시켜 건강 기능성을 보다 향상시키면서 지방 대체량을 증가시킬 때 발생할 수 있는 품질상의 문제점을 보릿가루 분획의 농도 변화와 다양한 첨가제를 사용하여 개선하려는 노력을 하였다.

나. 연차별 연구방법 및 결과

(1) 1차년도

(가) 재료 및 방법

① 소시지의 재료.

돼지고기는 소시지를 만드는데 주로 사용되는 후지를 근육과 지방으로 분리하여, 잘게 다져진 상태로 시중 정육점에서 구입하였다. 보리는 경남 진주시 사봉면에서 2008년 생산된 찰통보리 20 kg을 구입하여, 0.5mm 체가 부착된 cyclone sample mill (Model 3010-030, UDY co. LTD., USA)을 이용하여 제분하였다. 향신료로는 시중에 판매되는 소금과 후추를 사용하였으며, 콜라겐 케이싱 역시 17mm 두께의 시판되는 제품을 사용하였다.

② 소시지의 제조

소시지의 제조는 보릿가루 이외의 영향을 최소화하기 위하여, 최소한의 향신료만을 사용하였다. 재료의 배합비는 표 1과 같았다. 보릿가루를 지방 대체제로서 각각 5%, 10%, 15% (전체 무게 대비) 대체하였으며, 수분은 얼음의 형태를 곱게 갈아 첨가하였다.

소시지의 제조를 위하여 돼지고기에 얼음과 소금, 후추 등의 향신료를 배합비에 맞게 첨가하였다. 이 때 지방 대체 소시지의 경우, 보릿가루도 함께 넣었다. 이렇게 배합된 재료를 찰기가 생기도록 치대기 위해서 호바트믹서(Kitchenaid, Korea)를 사용하였다. 재료를 균일하게 하기 위해서, 2의 강도로 1분 동안 섞은 후, 4의 강도로 2분 더 섞었다. 치댄 후, 반죽 상태의 재료를 소시지 성형기(mokumoku, Japan)를 이용하여 콜라겐 케이싱에 성형하였다. 성형한 소시지는 35~40 g의 부분으로 나누었으며, 분석 전까지 4℃에서 냉장 보관하였다.

표 1. 소시지의 배합비

	일반소시지	5% 대체 소시지	10% 대체 소시지	15% 대체 소시지
돼지 후지 근육	61.52	61.52	61.52	61.52
돼지 후지 지방	26.36	21.36	16.36	11.36
소금	0.92	0.92	0.92	0.92
후추	0.12	0.12	0.12	0.12
얼음	25.2	25.2	25.2	25.2
보릿가루	0	5	10	15

(단위 : %, w/w)

③ 조리 전후 소시지의 특성 변화

각 배합비의 소시지를 65℃ 항온수조 (Biofree, Korea)에서 40분간 조리한 후, 얼음물에서 2분간 냉각하였다. 소시지의 조리 전후 특성 변화를 알아보기 위해서, 소시지의 조리 후 손실, 조리 후 지름과 길이 변화, 조리 전후 소시지 표면 색도를 측정하였다.

조리 전후 소시지를 칭량하여, 조리 후 소시지의 무게 손실로 조리 후 손실을 계산하였다. 배합비 별 소시지의 지름과 길이 또한 조리 전후 측정하여, 길이와 지름의 변화를 바탕으로 소시지의 수축을 계산하였다²⁰⁾.

$$\text{수축} = \frac{[(\text{조리 전 길이} - \text{조리 후 길이}) + (\text{조리 전 지름} - \text{조리 후 지름})]}{(\text{조리 전 길이} - \text{조리 전 지름})}$$

조리 전후 소시지의 표면 색도는 색차분석계(CR300, Minolta Camer co., Osaka, Japan)를 이용하여 측정하였다. 색차분석계는 백판(Y 92.60 x .3136 y .3196)으로 보정하였다. 색도는 L*(lightness), a*(redness, red-green), b*(yellowness, yellow-blue) 좌표계 값으로 측정하였다.

④ 텍스처 분석

배합비 별 소시지의 텍스처 분석은 텍스처 분석기(TA-XT2i, Stable Microsystems, Surrey, UK)를 이용하여 분석하였다. 조리한 소시지를 5분 이상 상온에서 안정화시킨 후, Texture Profile Analysis (TPA)로 분석하였다. 각 소시지는 10 mm 높이로 준비하였고, 지름이 50 mm 인 원형 알루미늄 probe를 사용하여, pre-test speed 2mm/s, test speed와 post-test speed 5mm/s, 50% strain의 조건으로 분석하였다. (표 2)

표 2. 텍스처 분석기 분석 조건

특성치	조건
시료 크기	10mm 높이
프로브	50mm 지름의 알루미늄 재질의 원형
시험 전 속도	2mm/sec
시험 속도	5mm/sec
시험 후 속도	5mm/sec
변형률	50%
힘	Kilograms

⑤ 관능 평가

관능 평가는 서울대학교 재학생 10 명을 대상으로 하였으며, 곡물의 맛 정도, 텍스처 기호도, 전체적인 기호도 등 3 가지 항목을 5 점 척도 (기호도 : 1 - 매우 좋다, 5 - 매우 싫다, 곡물의 맛 정도: 1- 매우 많다, 5 - 거의 없다)로 평가하였다. 관능 평가를 위해, 조리한 소시지를

10 mm로 절단하여 시료를 준비하였다.

⑥ 통계 처리

실험 결과의 통계적 처리가 필요한 경우, SPSS(V12, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)로 Duncan's test를 통하여 유의수준 $p=0.05$ 에서 유의성을 검증하였다.

(나) 연구결과

① 조리 전후 소시지의 특성 변화

보릿가루를 첨가하였을 때, 조리 전 후 소시지의 표면 색도의 변화는 표 3과 같았다. 조리 전을 살펴 보면, 보릿가루를 첨가하지 않은 소시지에 비해 보릿가루를 첨가한 소시지가 더 큰 L값을 가지므로 점점 더 밝아짐을 알 수 있었다. 5% 대체 소시지의 경우 일반 소시지와 유의적인 차이가 없었으나, 10%와 15% 대체 소시지의 경우 일반 소시지보다 더 밝은 색을 띄었다. 또한 보릿가루의 첨가는 소시지를 더 붉고, 더 노랗게 만들었는데, 이 또한 5% 대체 소시지의 경우만 일반 소시지와 유의적인 차이를 보이지 않았다. 또한 보릿가루를 10%, 15% 첨가하였을 경우, 이 두 종류 소시지 간의 유의적인 차이는 없었다. 조리 후의 소시지도 표면 색도의 경향은 비슷했다. 5% 대체 소시지의 경우는 일반 소시지와 유의적인 차이 없이 거의 비슷한 색을 띄고 있었으나, 10% 대체 소시지는 붉은 색을 덜 띄고, 15% 대체 소시지는 붉은 색 뿐만 아니라, 노란색도 덜 띄는 것으로 나타났다. 조리 전후, 일반소시지와 5% 대체 소시지는 서로 간의 유의적인 차이가 없어, 5% 대체 소시지의 경우 색도 면에서는 대체의 가능성이 충분하다 할 수 있다. 그러나 모든 대체 소시지의 조리 후 색도 차이가 비교적 크지 않아, 다른 대체 소시지 역시 그 가능성이 충분함을 알 수 있었다.

색도 변화 외의 조리 전후 소시지의 다양한 특성변화는 표 4에 정리하였다. 조리 후 손실의 경우, 보릿가루를 첨가 할수록 손실이 작아지는 경향을 보였다. 이는 밀 단백질의 표면 활성이 육제품의 지방과 단백질이 상호 작용을 할 수 있는 기회를 높이도록, 지방과 단백질을 재배열하고 계면 장력을 감소시킨다는 연구 결과로 설명할 수 있다²¹⁾. 즉 보리의 단백질과 베타글루칸이 소시지에 밀 단백질과 비슷한 역할을 하여 조리과정중 지방의 손실을 막아줄 수 있다는 것이다. 소시지의 지름과 길이의 변화를 측정하여 소시지의 수축을 계산하여 보면, 보릿가루를 첨가한 소시지가 더 작은 수축 값을 갖는 것을 알 수 있었다. 육제품에서 성분 간의 주요한 결합 메카니즘은 열로 인한 단백질 등의 겔화라고 할 수 있다. 이전 연구 결과에 따르면, 첨가된 수용성 섬유질과 전분이 육제품의 3차원 구조 네트워크를 변형시켜, 비가역성 겔을 만드는데 도움을 줌으로써, 조리 과정 동안 소시지의 수축을 감소시킨다고 볼 수 있다²⁰⁾. 보

릿가루의 전분 성분과 수용성 베타글루칸 역시 이와 같은 역할을 하는 것으로 생각된다.

조리 전후 소시지의 색도와 손실, 수축의 특성을 보았을 때, 일반소시지와 5% 대체 소시지는 유의적인 차이가 거의 없었으며, 10%와 15% 대체 소시지는 서로 간의 유의적인 차이는 없지만 일반 소시지와는 다른 특성을 보임을 알 수 있었다.

표 3. 조리 전후 소시지의 표면 색도

	조리 전			조리 후		
	L	a	b	L	a	b
일반 소시지	61.28±3.10 ^a	9.54±4.03 ^a	11.39±1.25 ^a	56.77±5.04 ^a	4.86±0.64 ^a	10.42±0.23 ^{ab}
5% 대체 소시지	62.40±2.69 ^{ab}	8.24±0.72 ^{ab}	13.70±1.34 ^a	59.90±0.89 ^{ab}	4.39±0.35 ^a	10.15±0.82 ^b
10% 대체 소시지	64.45±1.60 ^b	7.15±1.06 ^b	15.29±0.45 ^b	59.85±1.18 ^{ab}	3.36±0.46 ^b	11.22±0.42 ^a
15% 대체 소시지	64.37±1.71 ^b	6.06±0.98 ^b	15.67±0.79 ^b	61.29±1.55 ^b	3.85±0.14 ^b	12.92±1.03 ^c

Different letters within a column indicate a significant difference ($p < 0.05$)

표 4. 배합비 별 소시지의 조리 후 특성 변화

	일반소시지	5% 대체 소시지	10% 대체 소시지	15% 대체 소시지
조리 후 손실(g)	10.75±0.75 ^a	7.69±2.35 ^b	3.43±1.74 ^c	2.15±1.10 ^c
조리 후 수축(%)	0.23	0.17	0.13	0.11

Different letters within a row indicate a significant difference ($p < 0.05$)

② 텍스처 분석

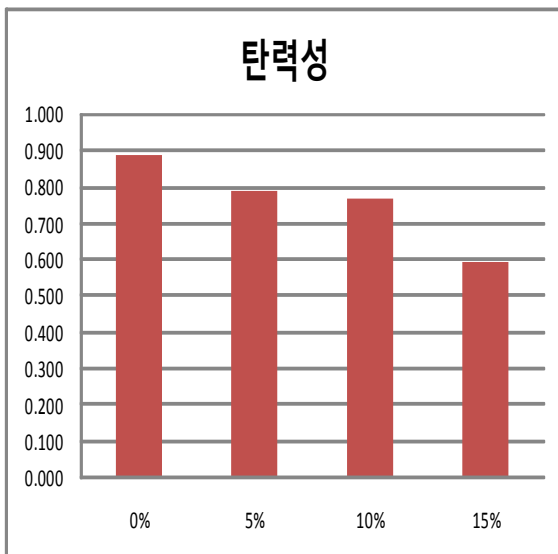
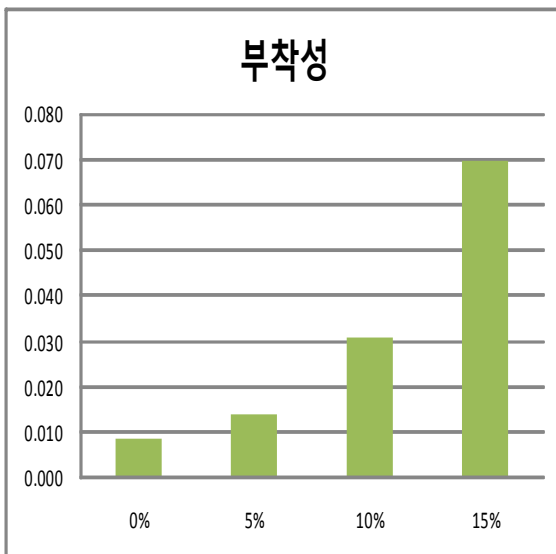
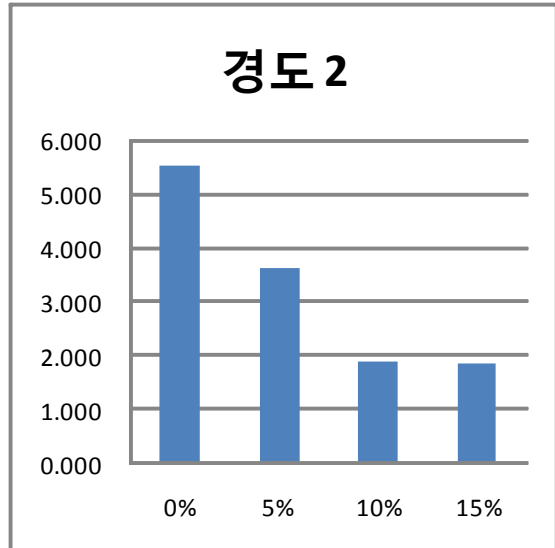
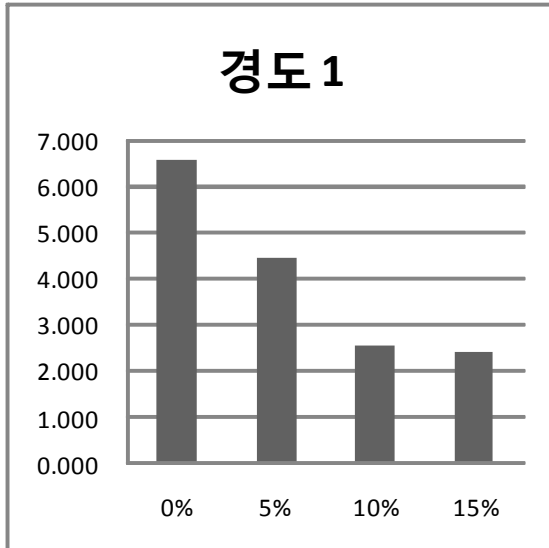
각 배합비 별 소시지의 물성을 알아보기 위한 텍스처 분석 결과를 7개의 항목으로 나타내었다 (표 5). 시료가 원하는 변형에 도달하는 힘을 측정하는 경도의 경우 일반 소시지가 다른 소시지에 비해 높은 값을 나타내었다. 10%, 15% 대체 소시지는 일반 소시지의 30% 정도의 경도 값을 가져, 경도가 매우 작음을 알 수 있었다. 5% 대체 소시지의 경우 그 값의 감소가 비교적 작았다. 소시지를 처음 물었을 때, 그리고 두 번째 물었을 때를 의미하는 경도 1, 2 모두 마찬가지로 경향을 보였다. 이런 경향은 소시지의 경도가 소시지에 포함된 지방의 함유량과 서로 상관관계가 있기 때문으로 설명할 수 있다. 그러나 5% 대체 소시지의 경우 그 감소 정도가 비교적 작아 지방 대체 소시지로의 가능성이 충분함을 알 수 있었다. 시료가 있는 그대로의 형태를 유지하려는 힘 즉, 소시지의 내부적인 결합력을 나타내는 응집성의 경우 역시 일반소시지의 값이 대체 소시지보다 큰 값을 나타내었으나, 5% 대체 소시지와는 차이가 크지 않았다. 소시지의 경도와 응집성은 조리 후 손실과 같은 경향을 나타내는데, 이것은 더 작은 손실을 가지는 경우, 소시지가 덜 단단하고 부서지기 쉽다는 이전의 연구 결과와 일치한다²²⁾. 또한 다당류가 수용성 단백질의 침전을 막아, 강한 단백질-단백질 네트워크의 형성을 방해한다는 연구 결과와도 일치한다²³⁾.

부착성의 경우 대체 소시지가 오히려 큰 값을 나타내었고, 보릿가루의 대체량이 많을수록 그 값이 급격히 커짐을 알 수 있었다. 소시지 탄력성의 경우 대체 소시지의 탄력성 값이 소폭 감소하였으나, 일반소시지와 5%, 10% 대체 소시지는 유의적인 차이가 없었으며, 15% 대체 소시지의 경우만 유의적인 차이를 보였다. 시료를 삼킬 수 있는 상태로 만드는 성질, 즉 씹힘성을 나타내는 질깃한 정도와 씹히는 정도의 경우 역시 대체 소시지의 값이 일반소시지의 값보다 작은 값을 가졌으며, 보릿가루의 대체량에 따라 감소하는 경향을 보였다.

표 5. 배합비 별 소시지의 TPA 특성치

	일반소시지	5% 대체 소시지	10% 대체 소시지	15% 대체 소시지
경도 1 (Kg)	6.57±0.19 ^a	4.47±0.15 ^b	2.54±0.35 ^c	2.43±0.32 ^c
경도 2 (Kg)	5.51±0.1 ^a	3.65±0.2 ^b	1.89±0.36 ^c	1.84±0.25 ^c
응집성	0.61±0.01 ^a	0.53±0.02 ^b	0.43±0.06 ^c	0.39±0.01 ^c
부착성 (Kg.S)	0.008 ^a	0.014±0.003 ^b	0.031±0.011 ^{bc}	0.070±0.018 ^c
탄력성	0.087±0.02 ^a	0.79±0.01 ^a	0.77±0.12 ^a	0.59±0.03 ^b
질깃한 정도(kg)	3.98±0.13 ^a	2.38±0.17 ^b	1.10±0.28 ^c	0.95±0.15 ^c
씹히는 정도(kg)	3.53±0.02 ^a	1.88±0.15 ^b	0.84±0.27 ^c	0.56±0.11 ^c

Different letters within a row indicate a significant difference($p < 0.05$)



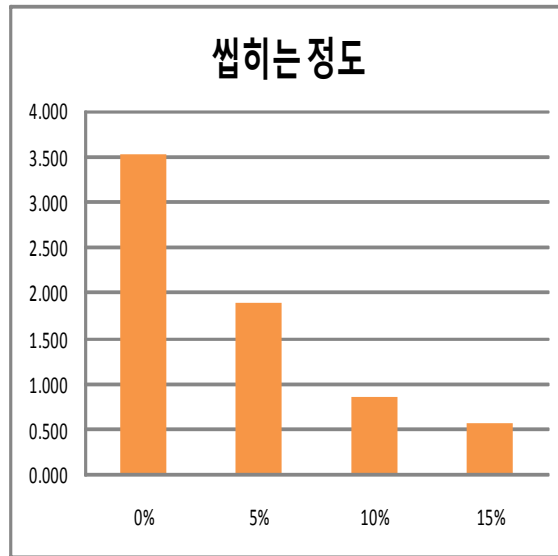
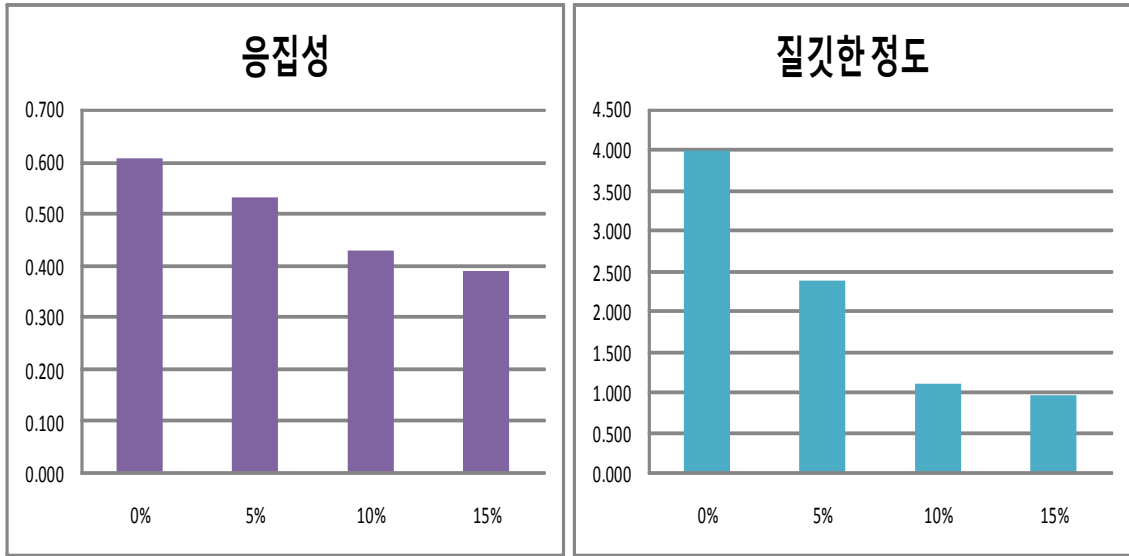


그림 1. 배합비 별 소시지의 TPA 특성치

③ 관능 평가

지방을 대체하기 위하여 곡물을 첨가하였을 때, 관능적으로 가장 문제가 되는 것은 곡물의 맛이다. 5%, 10% 대체 소시지의 경우 보통에 해당하는 3점과 3.33점으로 곡물의 맛이 없음에 해당하는 4.22점을 얻은 일반소시지와 유의적인 차이는 거의 없었지만, 실제로 패널들은 소시지 간의 차이는 인지했다. 다만 15% 대체 소시지의 경우 많음에 해당하는 2.33점으로 일반 소시지와는 확연히 구별되는, 유의적인 차이를 보였다 (표 6).

또한 텍스처의 기호도를 보았을 때, 5%, 10% 대체 소시지는 보통에 해당하는 3.44점으로 역시 보통에 해당하는 2.78점을 얻은 일반소시지와 근소하게 다른 점수를 받았으나, 유의적인 차이는 역시 없었다. 15% 대체 소시지의 경우 싫음에 해당하는 3.67을 받아 일반소시지와는 다른 유의적인 차이를 보였다. 이는 소시지에서 요구되는 경도와 탄력성이 일반소시지보다 작다는 TPA 분석 결과와 부합된다.

마지막으로 소시지의 전체적인 기호도에서는 모든 소시지가 유의적으로 차이가 없이 보통에 해당하는 3점의 점수대를 얻었다.

관능 평가를 통하여, 텍스처의 기호도가 떨어지고, 곡물 맛 정도가 일반소시지와 차이가 있는 15% 대체 소시지를 제외하고 5%와 10% 대체 소시지가 지방 대체 소시지로서의 가능성이 있음을 알 수 있었다.

표 6. 배합비 별 소시지의 관능 평가 결과

	일반소시지	5% 대체 소시지	10% 대체 소시지	15% 대체 소시지
곡물 맛 정도	4.22±1.09 ^a	3.00±1.32 ^{ab}	3.33±1.32 ^{ab}	2.33±1.32 ^b
텍스처 기호도	2.78±0.97 ^a	3.44±0.73 ^{ab}	3.44±0.88 ^{ab}	3.67±0.5 ^b
전체적인 기호도	3.44±1.13 ^a	3.67±0.71 ^a	3.33±1.00 ^a	3.78±0.97 ^a

Different letters within a row indicate a significant difference ($p < 0.05$)

(다) 1차년도 연구성과 고찰 및 결론

보릿가루를 지방 대체체로서 사용하여 제조한 소시지의 특징을 알아보았다. 조리 전후 표면 색도, 무게손실, 길이 및 지름 변화를 통한 소시지의 수축 등 소시지의 조리 전후 특성 변화를 알아보았으며, TPA를 통하여 소시지의 텍스처 특성을, 마지막으로 관능 평가를 통하여, 보릿가루를 첨가하였을 때 나타날 수 있는 곡물의 향과 보릿가루 대체 소시지의 텍스처 및 전체적인 기호도를 알아보았다.

지방의 5%, 10%, 15%를 보릿가루로 대체하여 만든 소시지의 경우, 조리 전 일반소시지에 비해 밝아지고, 붉은 빛과 노란 빛을 더 많이 띄는 것으로 나타났다. 5% 대체 소시지의 경우 일반소시지와 유의적인 차이가 없었으나, 10%와 15% 대체 소시지의 경우 유의적인 차이가 있었다. 또한 조리 후에도 경향은 비슷했다. 5% 대체 소시지의 경우는 일반 소시지와 유의적인 차이가 없었고, 10% 대체 소시지는 붉은 색에서, 15% 대체 소시지는 붉은색과 노란색에서 그 값이 감소함을 알 수 있었다. 소시지의 조리 후 손실은 보릿가루를 첨가할수록 그 값이 작아지는 경향을 나타내었다. 소시지의 수축은 일반소시지와 5% 대체 소시지 간에 유의적인 차이는 없었다.

TPA 분석 결과, 일반소시지가 대체 소시지에 비해 부착성을 제외한 모든 특성치에서 큰 값을 가짐을 알 수 있었다. 5% 대체 소시지는 일반소시지와 특성치의 차이가 작거나, 유의적으로 차이가 나지 않았으며, 이에 비해 10%, 15% 대체 소시지는 유의적인 차이가 있었다.

관능 평가 결과 모든 대체 소시지에서 곡물의 맛이 느껴졌으나, 5% 대체 소시지의 경우 그 차이가 작았으며, 텍스처의 기호도는 5%, 10% 대체 소시지가 일반 소시지와 차이가 작았고, 전체적인 기호도는 유의적인 차이가 없었다.

이상의 결과들로부터 15% 대체 소시지의 경우, 모든 특성에서 일반소시지와 많은 차이를 보여, 지방 대체 소시지로서의 가능성은 거의 없으며, 5%와 10% 대체 소시지의 경우 그 가능성이 있을 것으로 생각된다. 특히 5% 대체 소시지의 경우 거의 모든 특성에서 일반 소시지와 유의적인 차이가 없어 그 가능성은 더욱 클 것으로 생각된다.

그러나, 5% 대체 소시지 역시 일반소시지에 비해서 텍스처의 특성 값이 차이가 있으므로, 더 적은 양을 첨가하여 일반소시지와 더욱 유사한 소시지의 배합비를 결정하기 위한 실험이 2차 년도에 요구된다. 또한 일반 보릿가루를 첨가하였을 경우, 제품 개발의 가능성은 있으나, 만족할 만한 관능 평가 결과가 도출되지 않았으므로, 일반 보릿가루 대신 각 분획별 보릿가루를 첨가한 실험 역시 요구된다.

(2) 2차년도

(가) 재료 및 방법

① 보릿가루 분획을 지방대체제로 이용한 저지방 소시지 배합비의 최적화를 위한 실험설계

분획된 보릿가루 각각에 대하여, 배합비의 최적화를 위해 반응 표면 분석법(Response Surface Methodology, RSM)을 이용하였다, 이 때 변수로서 보리 호화액의 양(X1), 보리 호화액의 농도(X2)를 설정하였다. 실험은 Central Composite Design으로 설계했고, 두 변수는 5 수준으로 선택했다. (표 1) 실험 결과는 2차 다항식 모델에 맞추었고, 일반화된 이차식 모델은 다음과 같다.

$$Y' = \beta_0 + \sum_{i=1}^2 \beta_i x_i + \sum_{i=1}^2 \beta_{ii} x_i^2 + \sum_{i < j} \beta_{ij} x_i x_j$$

모델을 만들기 위한 Y1, Y2, Y3, Y4로는 각각 hardness, springiness, cohesiveness, chewiness를 사용했다. 회귀 모델을 만든 후, 지방을 보릿가루로 대체하지 않은 일반 소시지의 TPA parameter (hardness, springiness, cohesiveness, chewiness) 값의 오차 범위에 저지방 소시지의 회귀 모델 결과 값 (Y1, Y2, Y3, Y4)이 오도록 하는 X1, X2를 최적의 배합비로 결정하였다. 다양한 범위로 값이 나올 경우, X2가 최대가 되는 값을 최적으로 정하였다.

표 1. Central Composite Design에 의한 보릿가루 함유 소시지의 변수의 수준

(단위 : %, w/w)

No.	페이스트 양(X1)	페이스트 농도(X2)
1	19.18	3.17
2	19.18	8.83
3	86.13	3.17
4	86.13	8.83
5	5.31	6.00
6	100.00	6.00
7	52.65	2.00
8	52.65	10.00
9	52.65	6.00
10	52.65	6.00
11	52.65	6.00

② 텍스처 분석

텍스처 분석은 Texture Analyzer (TA-XT2i, Stable Microsystems, Surrey, UK)를 이용하였다. 소시지를 10mm로 자른 후에 Texture Profile Analysis (TPA)를 수행하였다 (표 2). 반응 변수로 사용하기 위해 Hardness, Cohesiveness, Springiness, Chewiness의 값을 얻었다.

표 2 . TPA test의 조건

특성치	조건
시료 크기	10mm 높이
프로브	50mm 지름의 알루미늄 재질의 원형
시험 전 속도	2mm/sec
시험 속도	5mm/sec
시험 후 속도	5mm/sec
변형률	50%
힘	Kilograms

③ 통계 분석

RSM을 제외한 모든 통계분석은 PASW (V17, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)를 이용하였다. Duncan's multiple range test를 수행하였으며, $P < 0.05$ 의 유의 수준으로 하였다. RSM은 SAS(ver. 9.1.3)를 이용하였다.

④ 관능 검사를 통한 문제점 분석 및 개선방안 도출

관능 평가는 서울대학교 재학생 8 명을 대상으로 하였으며, 소시지의 색도, 탄성력, 조밀함, 단단함, 기름짐, 전반적인 기호도, 6 가지 항목을 7점 척도로 평가하였다. Color와 overall acceptability는 개인의 선호도를 조사한 것으로, 6을 매우 좋음, 0을 매우 싫음으로 하였으며, 이를 제외한 모든 항목에는 표준 물질을 제시하였다. Elasticity의 표준 물질로는 함박웃음에서 생산된 부산어묵 (2x2cm, 6점)을 사용하였으며, denseness는 CJ 프레시안에서 생산된 삼호게맛살 (2x2cm, 6점), hardness, oilness는 각각 CJ에서 생산된 스팸 (2x2cm, 4점, 6점)을 사용하였다²⁴⁾. 관능 평가를 위해, 제조된 소시지를 10분간 스팀을 이용하여 데친 후, 10 mm의 높이로 절단하였다.

(나) 연구결과

① 배합의 재료 선정

분획 1과 2가 베타글루칸의 함량이 높고, 팽윤력이 좋으며, 점도의 증가가 높으므로 분획 1과 2를 저지방 소시지를 위한 대체제로 선택하였다. 분획 1은 150 μm 이상의 입자 크기를 갖는 보릿가루이며, 분획 2는 75 μm 에서 150 μm 범위의 입자크기를 갖는 분획이다. 분획하지 않은 원 보릿가루의 베타글루칸 함량만 4.31%였고, 분획 1과 2의 베타글루칸 함량은 각각 8.46과 9.12% 였다.

② 텍스처 분석

- 분획 1로 배합한 저지방 소시지의 배합비

ANOVAR 모델을 이용하여 분획 1로 제조한 저지방 소시지의 텍스처 분석 결과를 분석한 결과 hardness ($p<0.01$), springiness ($p<0.05$), cohesiveness ($p<0.05$), chewiness ($p<0.01$)의 결과를 나타내었다. 또한, 모델에 대한 결정계수 (R^2)는 각각 0.9655, 0.8796, 0.9029, 0.9589 였다 (표3). 분획 1으로 제조한 저지방 소시지의 텍스처 특성에 대한 보릿가루 호화액의 양과 농도 변화가 주는 영향은 표 4와 그림 1에 나타내었다. 호화액의 농도가 증가함에 hardness, springiness, cohesiveness, chewiness가 증가한 반면 호화액의 양에 증가함에 따라서는 hardness, cohesiveness, chewiness가 감소하였다. 일반 소시지의 TPA 결과로부터 (표5) 최적의 X1과 X2를 계산하였고, 그 결과, 분획 1을 이용한 저지방 소시지를 일반소시지의 물성과 유사하게 만들기 위해서는 호화액의 양 (X1), 7.6%, 호화액의 농도 (X2), 3.9 %가 필요한 것으로 나타났다 (표 6).

표 3. 분획 1로 배합한 저지방 소시지의 TPA결과에 대한 Analysis of variance of regression (ANOVAR) 모델

	유의 확률 값	R_y^2
Hardness	0.0012	0.9655
Springiness	0.0239	0.8796
Cohesiveness	0.0143	0.9029
Chewiness	0.0018	0.9589

표 4. 분획 1로 배합한 저지방 소시지의 TPA결과에 대한 회귀 모델.

	Hardness	Springiness	Cohesiveness	Chewiness
Constant	2670.557	0.803	0.359	749.201
Linear				
PQ	-17.940	0.002	-0.001	-6.438
PC	104.197	0.069	0.041	225.944
PQ*PQ	0.043	0	0	-0.039
PC*PQ	-0.179	0	0	0.034
PQ*PC	-4.202	-0.004	-0.003	-13.406

PQ : 페이스트 양 (X1), PC : 페이스트 농도 (X2)

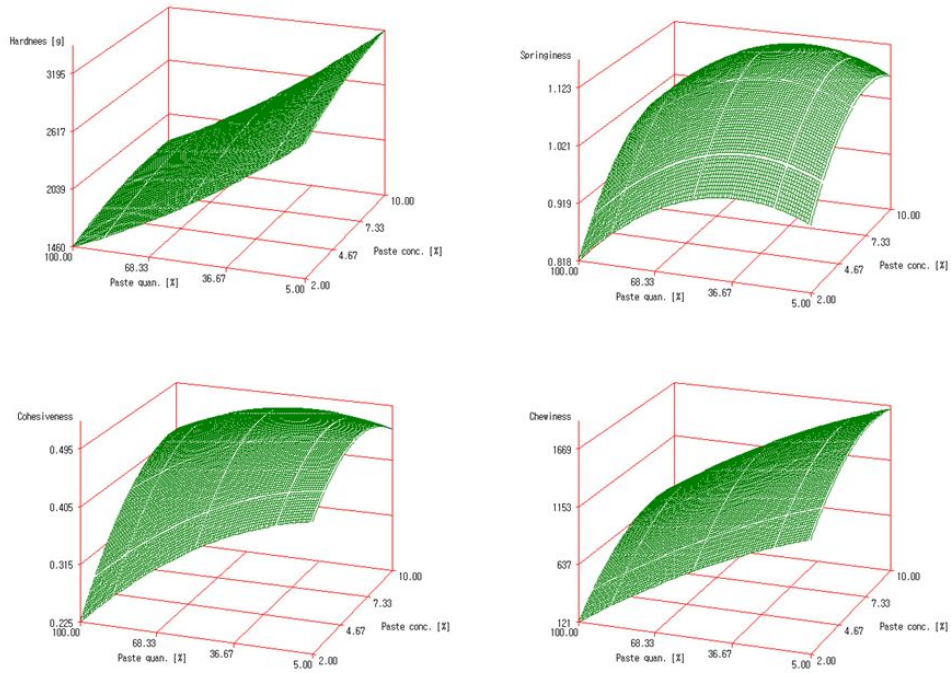


그림 1. 분획 1로 배합한 저지방 소시지의 표면 반응 곡선 (a) Hardness, (b) Springiness, (c) Cohesiveness (d) Chewiness.

표 5. 일반 소시지의 TPA 결과.

일반 소시지	
Hardness	3161.210±288.985
Springiness	0.970±0.060
Cohesiveness	0.451±0.029
Chewiness	1379.667±132.112

표 6. 분획 1로 배합한 최적 저지방 소시지의 예측된 TPA 결과.

저지방 소시지 (예측값) ^a	
Hardness	2873.85
Springiness	1.03
Cohesiveness	0.47
Chewiness	1376.30

a : 페이스트 양 (X1) =7.6 [%], 페이스트 농도 (X2) = 3.9 [%]

- 분획 2로 배합한 저지방 소시지의 배합비

ANOVAR 모델을 이용하여 분획 2로 제조한 저지방 소시지의 텍스처 분석 결과를 분석한 결과 hardness ($p < 0.01$), cohesiveness ($p < 0.05$), chewiness ($p < 0.01$)의 결과를 나타내었다. 또한, 모델에 대한 결정계수(R^2)는 각각 0.8783, 0.9581, 0.8735이었다. 그러나 springiness의 경우에 회귀 모델이 유의하지 않아 ($p > 0.05$), 최적의 배합비를 얻는 과정에서, springiness는 사용하지 않았다. 분획 2를 이용하여 제조한 저지방 소시지의 텍스처 특성에 대한 호화액의 양과 농도의 영향은 springiness의 결과만을 제외하고 같은 결과를 나타냈다. 앞서 분획 1의 소시지와 마찬가지로 일반 소시지의 TPA 결과로부터 (표 5) 최적의 X1과 X2를 계산하였고, 그 결과, 분획 2를 이용한 저지방 소시지를 일반소시지의 물성과 유사하게 만들기 위해서는 호화액의 양 (X1), 6.7%, 호화액의 농도 (X2), 6.9 %가 필요한 것으로 나타났다 (표 9).

표 7. 분획 2로 배합한 저지방 소시지의 TPA결과에 대한 Analysis of variance of regression (ANOVAR) 모델

	유의 확률 값	R_y^2
Hardness	0.0245	0.8783
Springiness	0.0764	0.8009
Cohesiveness	0.0019	0.9581
Chewiness	0.0268	0.8735

표 8. 분획 2로 배합한 저지방 소시지의 TPA결과에 대한 회귀 모델.

	Hardness	Springiness	Cohesiveness	Chewiness
Constant	2979.614	0.882	0.407	1196.056
Linear				
PQ	-28.133	0.002	-0.001	-13.680
PC	0.268	0.051	0.031	99.705
PQ*PQ	0.122	0	0	0.015
PC*PQ	0.095	0	0	0.510
PQ*PQ	1.490	-0.004	-0.004	-10.171

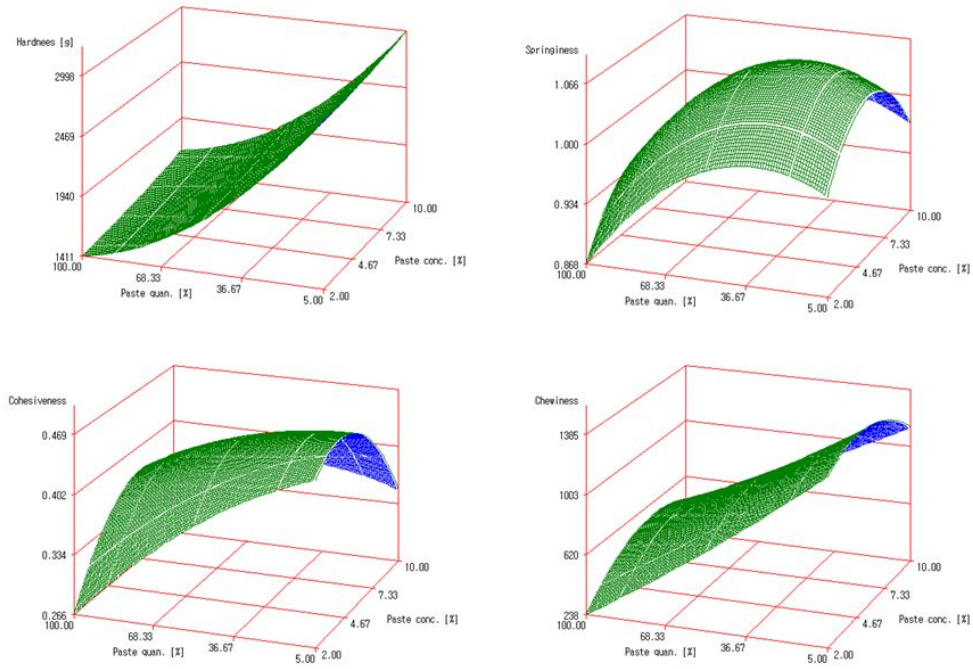


그림 2. 분획 2로 배합한 저지방 소시지의 표면 반응 곡선 (a) Hardness, (b) Springiness, (c) Cohesiveness, (d) Chewiness.

표 9. 분획 2로 배합한 최적 저지방 소시지의 예측된 TPA 결과(hardness, springiness, cohesiveness, chewiness)

	저지방소시지 (예측값) ^a
Hardness	2873.78
Springiness	N/A
Cohesiveness	0.42
Chewiness	1332.37

a : 페이스트 양 (X1) = 6.7 [%], 페이스트 농도 (X2) = 6.9 [%]

③ 관능 검사를 통한 문제점 분석 및 개선방안 도출

관능 검사 결과, 색도는 일반소세지에 대한 선호도가 가장 컸다. 또한, 패널들은 분획 2를 첨가한 소시지를 분획 1을 첨가한 소시지보다 더 선호하였다. 그러나, 색차계를 통한 색도의 분석 결과에서는 분획 1을 첨가한 소시지가 일반소시지와 수치가 더 비슷해, 관능 검사와 차이를 보였다. 탄성력에서는 일반소시지 보다는 분획 2로 제조된 소시지의 수치가 훨씬 높았다. 전체적으로 보리가루를 함유한 소시지의 탄성력이 더 크다는 결론이 나왔다. 조밀함에서는 게맛살의 표면과 비교하였는데, 이것 또한 분획 2로 배합한 소시지의 수치가 가장 높았으며, 일반소시지와 분획 1로 배합한 소시지는 동일한 수치를 나타내었다. 또한 경도는 분획 2로 배합한 소시지가 가장 컸는데, 이는 TPA 결과와도 일치했다. 기름짐의 정도에는 일반소시지가 가장 높은 수치를 나타내었으며, 분획 2로 배합한 소시지가 가장 낮은 값을 나타내었다. 전체적 기호도는 분획 2로 배합한 소시지가 제일 높았으며, 분획1로 배합한 소시지가 가장 낮았다.

표 10. 관능평가 결과 분석

	일반소시지	분획 1로 배합한 최적 소시지	분획 2로 배합한 최적 소시지
색도	2.875 ± 1.24 ^a	2.25 ± 1.28 ^b	2.375 ± 1.50 ^{ab}
탄성력	3 ± 0.92 ^b	3.75 ± 1.03 ^b	4.625 ± 0.74 ^a
조밀함	3.75 ± 1.28 ^b	3.75 ± 0.70 ^b	4.875 ± 0.35 ^a
단단함	4.75 ± 1.03 ^a	4.625 ± 1.06 ^a	5.25 ± 1.03 ^a
기름짐	3.25 ± 1.03 ^a	2.75 ± 1.28 ^a	2.625 ± 1.59 ^a
전반적인 기호도	4.625 ± 0.51 ^a	3.75 ± 1.16 ^b	5 ± 1.06 ^a

Different letters within a row indicate a significant difference ($p < 0.05$)

④ 산업화를 위한 소시지의 원가 비교 자료

- 일반소시지

구분	사용량	투입비	단가	금액
원재료비				
돼지고기 뒷다리	54.88	68.35	3,200	218,727
지방	20.71	25.79	1,000	25,794
소계	75.59	94.15	4200.00	244,521
부재료비				
정제염	1.55	1.93	226	436
인삼염	0.26	0.32	2,900	939
설탕	1.35	1.68	795	1,337
VIT-C	0.07	0.09	19,500	1,700
향신료	1.47	1.83	18,000	32,956
소계	4.70	5.85		37,368
계	80.29	100.0		281,889

수율(88%) 적용시 단가	3,203
----------------	-------

K당가격	2,819
------	-------

- 보리소시지(분획2)

구분	사용량(Kg)	투입비(%)	단가(원)	금액(원)
원재료비				
돼지고기 뒷다리	54.88	68.35	3,200	18,727
지방	14.01	17.45	1,000	17,449
보리페이스트	6.70	8.34	782	6,526
소계	75.59	94.15	4982.00	242,702
부재료비				
정제염	1.55	1.93	226	436
인산염	0.26	0.32	2,900	939
설탕	1.35	1.68	795	1,337
VIT-C	0.07	0.09	19,500	1,700
향신료	1.47	1.83	18,000	32,956
소계	4.70	5.85		37,368
계	80.29	100.0		280,070

Kg당 가격	2,801
--------	-------

수율(88%) 적용시 단가	3,183
----------------	-------

(다) 2차년도 연구 개발 과제의 연구 성과 고찰 및 결론

반응표면분석법을 이용하여 분획 1과 2에 대한 배합비를 최적화할 때, 보리 호화액의 양이 감소함에 따라 그리고 호화액의 농도가 증가함에 따라, 경도 (hardness)는 증가하였다. Piettrasik 등 (2000)²⁵⁾은 지방 함량이 감소하고, 물의 함량이 증가함에 따라 경도가 감소한다고 하였고, 다른 연구들에 따르면 지방 함량에 따라 경도가 감소하더라도 전분이나 베타글루칸 또는 단백질을 첨가했을 때 경도가 증가하였다고 보고하였다²⁶⁻²⁷⁾. 이런 보고들과 마찬가지로 본 연구에서도 호화액의 양이 증가함에 따라 수분의 함량이 증가하였고 경도가 감소하였다.

관능평가의 항목으로 색도, 탄성력, 조밀도, 경도, 기름짐, 전체적 선호도의 항목이 조사되었으며, 관능평가지 색도의 경우 일반소시지의 선호도가 높았고, 색차계를 이용한 분석의 결과는 일반소시지의 L, a, b의 수치가 가장 높게 나왔는데, 색이 밝고, 붉은색과, 노란색이 진할수록 선호도가 높은 것으로 생각되었다. 분획 2로 제조된 소시지의 탄성력의 선호도가 제일 높았으며, 조밀도에서도 분획 2로 제조된 소시지의 선호도가 높았다. 텍스처 분석에서는 springiness의 결과가 수치상으로 차이가 없었지만, 관능평가에선 차이를 나타내었다. 관능평가지 단단함 (hardness)은 분획2로 제조된 소시지의 수치가 높게 나와 텍스처 분석 결과와 일치하였다. 전체적 항목에 대한 선호도로는 분획2로 제조된 소시지의 선호도가 높게 나왔으며, 일반소시지와 텍스처 분석 결과가 비슷했던 분획2로 제조된 소시지가 저지방 소시지로서의 가능성을 보였다.

또한 소시지 원가비교를 한 결과 보리가루 자체는 첨가하는 지방보다 고가이나(시중에 판매되는 가정용 보리의 겨우 Kg당 약 1,500원), 첨가한 보리호화액은 저농도(분획2의 경우 6.9%)로 사용되며, 따라서 보리가루 제조와 페이스트 가공비(보리가루 Kg당 약 3,500원)를 감안하더라도 일반 소시지에 비해 원가가 높지 않다는 결론에 도달하였다.

(3) 3차년도

(가) 재료 및 방법

① 보릿가루의 분획

3차년도에는 최대로 지방대체량을 증가시켜 저지방 소시지를 제조하고 이의 물성을 개선하는데 집중하고자 2차년도의 분획 1과 2를 합하여 한 개의 분획으로 실험에 사용하였다. 사용한 분획의 입자 크기는 75 μm <분획< 0.5 mm 범위였다.

② 소시지의 제조

1, 2차년도와 마찬가지로 1세부와 공동연구로 진행되었으며, 1세부에서 물성개선의 방법으로 제안한 검류 및 트랜스글루타미나아제 (TG)를 첨가하는 방법으로 소시지를 제조하였고, 관

능검사를 실시하여 가장 좋은 평가를 받은 배합비를 이용하여 대량제조하고 이들의 특성을 조사하였다.

③ 소시지 저장 실험을 통한 유통기한 설정

표준 평판 배양법을 이용하였다. 총 미생물 수는 시료 10 g을 1% peptone수 90 ml에 넣고, bag mixer (400, Interscience, France)로 균질한 다음 1 ml을 채취하여 준비된 9 ml peptone수에 넣어 희석한 후 미리 조제한 배지 (plate count agar, Difco, USA)에 평판 배양하여 35℃에서 48시간 배양한 후 나타나는 colony수를 계수하여 Log CFU/g으로 나타내었다.

시료 총 균수의 확인은 A.O.A.C의 Standard plate counts 방법을 변형하여 실시하였다. 시료 10 g과 90 ml의 1% 멸균 peptone (Difco Laboratories, U.S.A.) 용액을 멸균된 polyethylene 백에 넣어 BagMixer (interscience, France)로 균질한 후에 10진 희석법으로 희석한 후, 희석액 1 ml을 도말하였다. 37℃ incubator (HK-IBO 25, 한국종합기기, Korea)에서 48시간동안 배양하여 측정하였다. 배지는 petrifilm™ ACP (Aerobic Count Plate) (3M, U.S.A)을 사용하였다. 계수된 미생물 수는 colony forming unit (CFU)로 나타내었다. 총 미생물수는 log 7 CFU를 넘는 샘플을 부패한 것으로 판단하였다.

④ 관능 평가

관능 평가를 위하여 조리한 소시지를 10 mm로 절단하여 시료로 사용하였다. 다양한 배합비로 제조한 소시지를 맛 봄으로써 다양한 관능적 특성을 감지, 이해 그리고 표현하도록 하였다. 다양한 배합비에 따라 제조한 소시지의 관능 특성을 묘사하여 관능적으로 가장 바람직한 배합비와 제조 조건을 선택하였다.

선택된 배합비로 소시지를 pilot scale로 대량 제조하고 제조된 소시지의 색도, 탄성, 조밀도, 경도, 기름짐, 전반적인 기호도, 6 가지 항목을 7점 척도로 평가하였다. 색도와 전반적인 기호도는 개인의 선호도를 조사한 것으로, 6을 매우 좋음, 0을 매우 싫음으로 하였다.

⑤ 텍스처 분석

소시지의 텍스처 분석은 텍스처 분석기 (TA-XT2i, Stable Microsystems, Surrey, UK)를 이용하여 분석하였다. 조리한 소시지를 5분 이상 상온에서 안정화시킨 후, Texture Profile Analysis (TPA)로 분석하였다. 각 소시지는 10 mm 높이로 준비하였고, 지름이 50 mm인 원형 알루미늄 probe를 사용하여, pre-test speed 2mm/s, test speed와 post-test speed 5mm/s, 70% strain의 조건으로 분석하였다.

(나) 연구결과

3차년도에는 지방대체량을 지방 무게의 50%까지 늘려, 지방대체량을 대폭 증가시켰으며 베타글루칸 함량이 원 보릿가루보다 2배이상 증가한 보릿가루 분획 호화액을 지방대체제로 사용하였다. 지방대체량을 늘림으로써 초래되는 소시지 특성이나 조직감의 저하는 1세부에서 물성 개선의 방법으로 제안한 트랜스글루타미나아제 (TG)를 첨가하는 방법으로 소시지를 제조하였고, 관능검사를 실시하여 가장 적합한 배합비를 이용하여 pilot scale로 제조하고 이들의 특성을 조사하였다. 더불어 보릿가루 분획 호화액의 농도에 따른 효과도 함께 조사하였다.

① 다양한 배합비로 제조한 소시지의 묘사분석

- 1차 : 보릿가루 호화액 농도를 6%로 고정하고 지방대체량을 10, 20, 50% (지방무게기준)로 하여 지방대체량에 따른 소시지의 관능묘사

1차 테스트를 통해 50% 대체 소시지 선택 - 수분이 유리되는 현상은 있었지만, 고기를 씹는 기분으로 거부감이 들지 않았음.

지방 대체량 %	0	10	20	50
관능특성	<ul style="list-style-type: none"> - 표면이 촉촉했으며, 씹었을 때 부드러웠음. - 서로 뭉치는 느낌이었음. - 한번 깨물었을 때 부드럽게 씹힘 	<ul style="list-style-type: none"> - 육안으로 보기에 일반소시지와 비슷하였음. - 수분이 유리되는 느낌은 들지 않음. - 씹었을 때 거친 느낌이 있었음. 	<ul style="list-style-type: none"> - 씹었을 때 입안에서 수분이 유리되는 느낌이 있었음. - 입안에서 뭉쳐지지않고 흩어짐. 	<ul style="list-style-type: none"> - 표면이 거칠었으며 수분이 유리되어 표면이 주름짐. - 입안에서 표면은 거칠었으나 고기를 씹는 것 같은 씹힘성이 있었음. - 씹었을 때 수분이 유리되어 나오는 느낌이었으며 뭉쳐지는 식감은 없었음

- 2차 : 1차 테스트에서 선택된 50% 대체를 고정하고 보릿가루 분획 호화액의 농도를 9, 12, 18%로 제조한 소시지의 관능특성

보릿가루 분획 호화액 농도 %	9	12	18
관능특성	<ul style="list-style-type: none"> - 씹었을 때 무른 느낌이었음. - 수분이 유리되어 나오는 느낌이었으며 거칠었음. 	<ul style="list-style-type: none"> - 6% 소시지보다 단단했으며, 곡물맛은 거의 나지 않았음. 	<ul style="list-style-type: none"> - 곡물맛이 나며, 단단하고 탄력이 없었음. - 거칠었고 뻣뻣한 식감을 나타내었음.

- 3차 : 2차 테스트 후에 전분취가 느껴지지 않는 최대의 농도를 찾기 위하여 6-12% 사이의 호화액 농도에서 관능평가를 실시해보기로 함에 따라 3차 테스트를 실시하였고, 트랜스글루타미나아제 (TG)를 0.5, 1.0%의 농도로 첨가하여 관능평가를 실시하였다.

TG 첨가에 따라 탄력성이 증가하였으며, 부드러운 식감을 나타내었다. 전분취가 없었으며 탄력성이 있는 것으로 평가된 보릿가루 분획 호화액 농도 9, 11%를 선택하여 pilot scale로 대량 제조하고, 제조한 소시지의 특성을 조사하였다. 10% 경우는 9%, 11% 소시지와 특성에서 유의적인 차이를 나타내지 않아 제외되었다.

보릿가루 호화액의 농도 (%) 및 TG 첨가량 (%)	관능특성
9	전분취 없었음. 응집성이 부족하였으며 식감이 거칠었음.
9+TG 0.5	전분취 없었음. TG를 첨가하지 않은 9%보다 더 부드러운 식감을 나타냄.
9+TG 1.0	수분 유리가 심함. 탄력성 있음.
10+TG 0.5	전분취 없었음. 수분 유리 현상이 감소하였으며, 9% 소시지보다 단단하였음.
10+TG 1.0	전분취 없었음. TG 0.5% 첨가 소시지와 단단함과 응집성 면에서 차이 없었음.
11+TG 0.5	전분취 거의 없었음. 가장 단단하였음.
11+TG 1.0	전분취 없었음. TG 0.5% 첨가 소시지와 큰 차이 없었음.
12	전분취가 입안에 남았음.
12+TG 0.5	전분취 있음. 씹힘성 있음. 수분 유리 현상 있음
12+TG 1.0	전분취 있음. 부드러운 식감. 수분 유리 현상이 있음. 응집성이 가장 낮았음.

② 관능평가에 따라 선택된 배합비를 이용하여 pilot scale로 제조한 소시지의 TPA

그림 1은 TG를 첨가하지 않고, 보릿가루 분획만으로 제조한 소시지의 텍스처 특성으로써 보릿가루 분획 호화액의 농도에 따른 특성을 보여주는 결과이다. 관능평가에서는 보릿가루 호화액의 농도가 증가할수록 더 단단해지는 특성을 나타냈으나, 기계적으로 측정된 경도의 경우는 보릿가루 호화액 농도에 따른 경도 증가는 보이지 않았다. 농도에 상관없이 일반소시지의 경도보다는 낮은 값을 나타냈으며, 농도의 증가에 따른 차이는 나타나지 않았다.

관능평가에서 전분취가 없었으며 탄력성이 있는 것으로 평가된 보릿가루 분획 호화액 농도 9, 11%를 선택하여 pilot scale로 대량 제조하고, 측정된 소시지의 텍스처 특성은 그림 2에 나타내었다. TG를 첨가하지 않고, 보릿가루 분획만으로 제조한 소시지의 경우는 농도에 상관없이 일반소시지보다 경도가 감소하였으나 TG를 함께 첨가한 경우 경도, 탄성, 응집성, 씹힘성 모든 측정치에서 일반소시지보다 높은 값을 나타내었다.

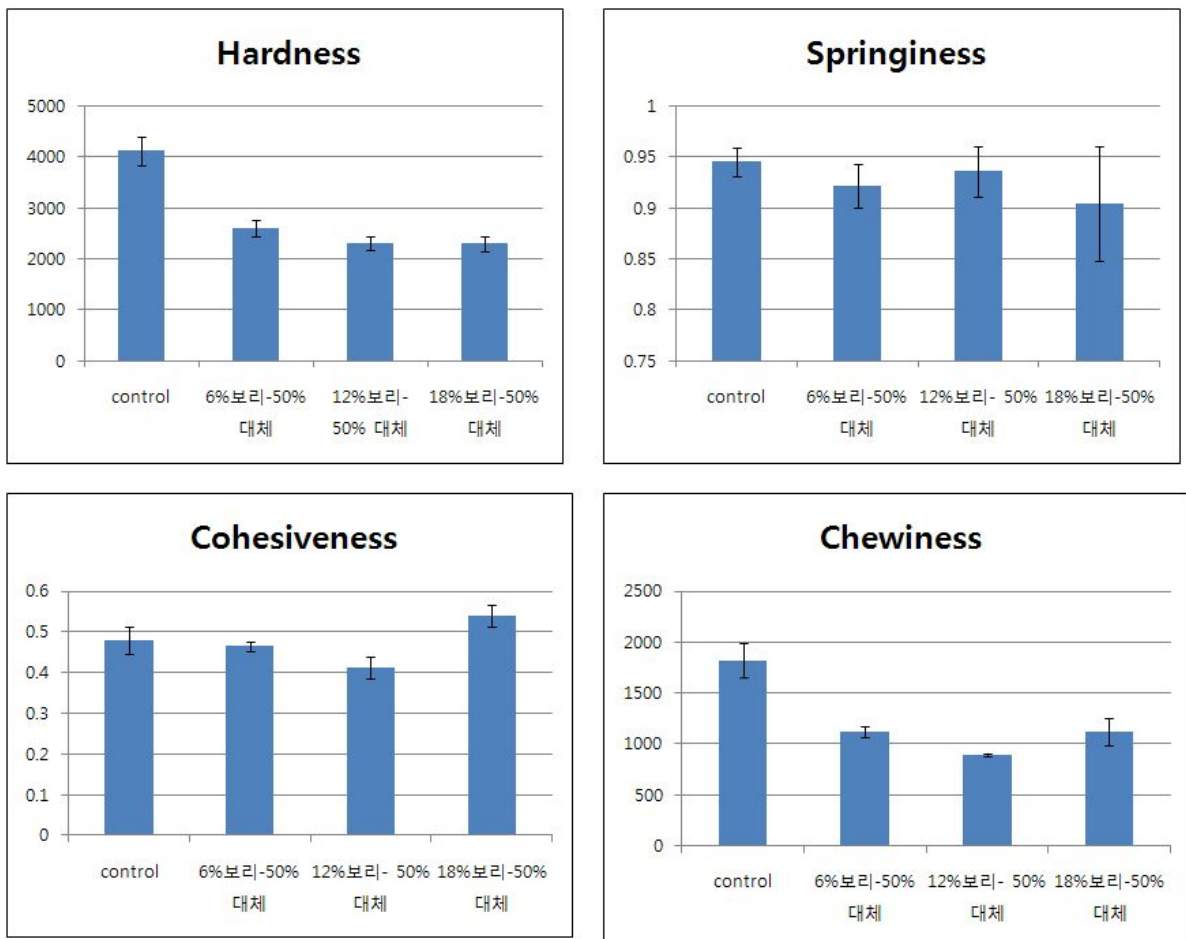


그림 1. 보릿가루 분획 농도에 따른 소시지의 텍스처 특성

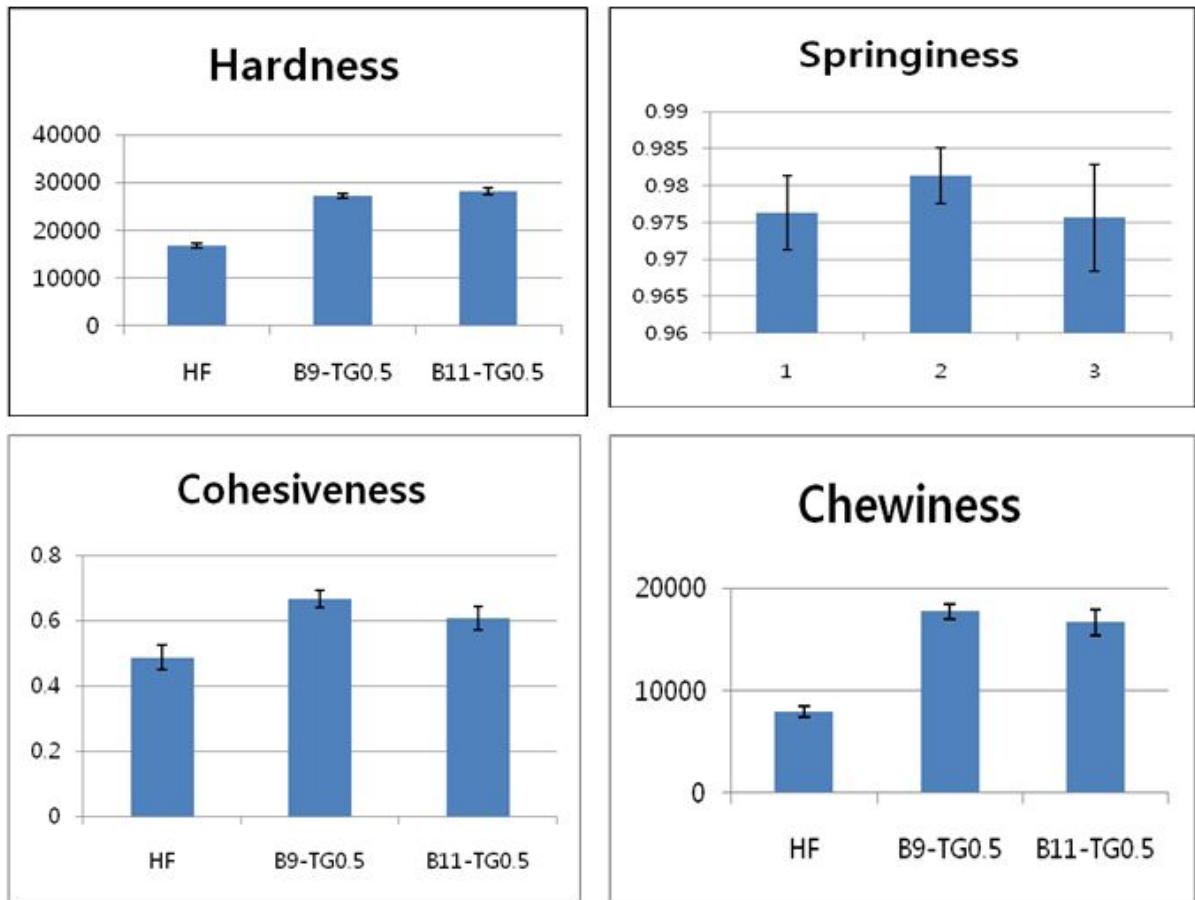


그림 2. 관능평가에 따라 선택된 배합비를 이용하여 pilot scale로 제조한 소시지의 텍스처특성

③ 관능평가에 따라 선택된 배합비를 이용하여 pilot scale로 제조한 소시지의 유통기한

표 1. 유통기한 설정을 위한 소시지 저장 실험 결과

실험일	차수	no.	보리소세지			비 고
			T1	T2	T3	
04월 25일	초기(0일차)	1	음 성	음 성	음 성	
		2	음 성	음 성	음 성	
		3	음 성	음 성	음 성	
05월 02일	8일차	1	음 성	음 성	음 성	
		2	음 성	음 성	음 성	
		3	음 성	음 성	음 성	
05월 09일	15일차	1	음 성	음 성	음 성	
		2	음 성	음 성	음 성	
		3	음 성	음 성	음 성	
05월 16일	22일차	1	음 성	음 성	음 성	
		2	음 성	1	음 성	
		3	음 성	음 성	음 성	
05월 24일	30일차	1	음 성	음 성	음 성	
		2	1	음 성	음 성	
		3	음 성	음 성	음 성	
06월 03일	40일차	1	음 성	음 성	1	
		2	음 성	1	음 성	
		3	음 성	음 성	3	
06월 13일	50일차	1	음 성	2	2	
		2	2	음 성	음 성	
		3	음 성	음 성	음 성	
06월 13일	57일차	1	음 성	음 성	4	
		2	음 성	2	음 성	
		3	3	음 성	음 성	

- * T1 : 농협목우촌 개발 프랑크소시지
- * T2 : 보리페이스트 9%, TG 0.5% 투입
- * T3 : 보리페이스트 11%, TG 0.5% 투입

각 소시지의 저장기간에 따른 미생물 변화는 표 1과 같았다. 제조한 날짜를 0일을 기준으로 57일차 까지 7~10일 간격으로 미생물의 변화를 실험하였다. 15일차까지는 모든 소시지의 일반 세균수는 음성을 나타내었으며, 22일차에는 T2 샘플에서 1개의 집락이 감지되었다. 또한 30일 이후로 모든 실험에서 1~4개의 집락수가 보고 되었다.

육류의 총미생물수 한계치를 7 Log CFU/g라 보고하면서 이 수준이 부패 초기 단계이며 이상취가 감지된다 하였다. 본 실험은 저장 30일의 대조구를 제외한 다른 처리구에서 7 Log CFU/g 범위 이내로 저장 30일까지는 부패단계로 접어들지 않은 것으로 사료된다

④ 관능평가에 따라 선택된 배합비를 이용하여 pilot scale로 제조한 소시지의 기호도 평가

관능 검사 결과, 색도는 보릿가루 분획 호화액 농도 9%로 하고 TG를 0.5% 첨가하여 제조한 소시지의 선호도가 가장 컸으나 단단함은 두가지 저지방 소시지보다 일반소시지가 높다고 평가되었다. 탄성과 조밀도의 경우는 보릿가루 분획 호화액 농도 9%로 하고 TG를 0.5% 첨가하여 제조한 소시지가 일반소시지와 유의적으로 차이가 없는 것으로 평가되었고, 전반적인 기호도 역시 보릿가루 분획 호화액 농도 11%로 제조한 소시지보다는 보릿가루 분획 호화액 농도 9%로 하고 TG를 0.5% 첨가하여 제조한 소시지가 일반소시지의 기호도와 유의적인 차이를 나타내지 않았다.

표 2. 관능평가 결과 분석

	A	B	C
색도	2.69 ^b ±1.02	3.89 ^a ±1.24	2.88 ^b ±1.02
탄성	3.75 ^a ±0.77	3.16 ^{ab} ±0.96	2.77 ^b ±0.78
조밀도	3.44 ^a ±0.73	2.94 ^{ab} ±1.06	2.43 ^b ±0.89
단단함	3.66 ^a ±0.79	2.86 ^b ±1.09	2.41 ^b ±1.08
기름짐	3.39 ^a ±1.22	2.76 ^a ±0.93	2.75 ^a ±1.18
전반적인 기호도	3.68 ^a ±0.94	3.19 ^{ab} ±0.86	2.77 ^b ±1.01

Different letters within a row indicate a significant difference ($p < 0.05$)

A : 일반소시지, B : 보릿가루 분획 호화액 농도 9%로 하고 TG를 0.5% 첨가하여 제조한 소시지, C : 보릿가루 분획 호화액 농도 11%로 하고 TG를 0.5% 첨가하여 제조한 소시지

(다) 3차년도 연구성과 고찰 및 결론

2차년도 연구 결과 일반 소시지와 텍스처 특성이 유의적으로 다르지 않은 범위 내에서 최대의 지방 대체량과 보리 페이스트 농도를 반응표면 분석법으로 결정하였으나, 대체량이 지방 첨가량의 6~7% 수준으로 현실적인 지방 대체의 건강 기능적 효과를 보기에는 다소 낮은 수준이었다. 3차년도에는 지방 대체량 50%를 목표로 곡물 맛과 물성을 고려한 최적의 보리 페이스트의 농도를 관능적으로 결정했고 물성을 보강할 수 있는 첨가제를 탐색하여 단백질 간의 가교를 형성시키는 트랜스글루타미나아제가 효과가 있음을 확인하였다. 연구결과 9% 분획 보리 가루 페이스트와 0.5% 트랜스글루타미나아제를 첨가한 소시지의 경우 지방 대체 수준을 50% 까지 올려도 일반 소시지와 관능적 품질이 떨어지지 않는 제품을 제조할 수 있었다.

제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

1. 연구별 연구목표 및 평가착안점

구분	연도	세부연구개발 목표	가중치	평가의 착안점 및 기준
1차 년도	2008~ 2009	○ 베타글루칸 함량이 증진된 보릿가루의 제조 및 특성 구명	35 %	○ 베타글루칸 함량이 증진된 보릿가루의 제조 ○ 보릿가루 분획별 물리화학적 특성 구명
		○ 보리 이용 육제품의 생리 기능성 탐색	30 %	○ 동물실험용 사료조성 디자인 및 제작 ○ C57BL/6 마우스에 보리 입자별 사료 투여 후 식이 섭취량 및 체중변화 측정 ○ 사료 섭취 후 혈중 콜레스테롤 농도 변화 측정 (Total, HDL, LDL cholesterol) ○ 사료 섭취 후 혈중 중성지방 농도 변화 측정
		○ 보릿가루를 이용한 육제품의 제조	35 %	○ 보릿가루 첨가량에 따른 소시지 제조 및 특성 분석
2차 년도	2009~ 2010	○ 베타글루칸 함량이 증진된 보릿가루 분획을 이용한 다양한 배합비의 저지방 육제품 제조 및 특성 구명	35 %	○ 보릿가루 분획별 소시지 제조 ○ 보릿가루 분획에 따른 소시지의 물리화학적 특성 분석
		○ 보릿가루를 이용하여 제조한 저지방 육제품의 고지혈증, 동맥경화 기능성 검증	30 %	○ 동물 실험 디자인 및 사료 투여 ○ Hepatic lipid 측정: 보리 입자 크기에 따른 간 내 지방축적 정도를 측정 ○ 담즙산 배출량 측정: 보리 입자 크기에 따른 콜레스테롤 배출 효능 측정 ○ mRNA 분석 : • Real-time PCR로 총 10종의 유전자 분석 • 간조직에서의 콜레스테롤 및 담즙산 대사 관련 유전자 분석 (HMG-CoA reductase, CYP7A1, LDL receptor, FXR) • 소장조직에서의 콜레스테롤 및 담즙산 대사 관련 유전자 분석 (NPC1L1, FXR, SHP, ASBT, ABABP, FGF-15) ○ Protein 분석

				<ul style="list-style-type: none"> • Western blot analysis • mRNA 분석과 동일한 조직샘플, 유전자를 선별하여 단백질 수준에서의 발현변화 분석
		○ 보릿가루를 이용한 저지방 건강 기능성 육제품의 제조와 제조 조건의 최적화	35 %	<ul style="list-style-type: none"> ○ 반응표면분석법을 이용한 저지방 소시지 제조 배합비 최적화 ○ 관능검사를 통한 문제점 분석 및 개선방안 도출
3차 년도	2010~ 2011	○ 베타글루칸 함량이 높아진 보릿가루 분획을 이용하여 제조한 저지방 육제품의 물리화학적 특성 개선	35 %	<ul style="list-style-type: none"> ○ 소시지 물성 개선을 위한 첨가제 탐색 및 효과 구명 ○ 첨가제를 이용하여 제조한 소시지의 특성 구명
		○ 특화 육제품의 당노 및 비만개선 효과 검증	30 %	<ul style="list-style-type: none"> ○ 동물실험용 사료조성 디자인 및 제작 ○ C57BL/6 마우스에 보리함량별 사료 투여 후 식이 섭취량 및 체중변화 측정 ○ 사료 섭취 후 혈중 콜레스테롤 농도 변화 측정 (Total, HDL, LDL cholesterol) ○ 사료 섭취 후 혈중 중성지방 농도 변화 측정
		○ 보리이용 육제품의 제품화를 위한 대량생산체계 구축	35 %	<ul style="list-style-type: none"> ○ 지방 대체율, 보릿가루 분획 호화액 농도, 첨가제 종류와 농도 결정 ○ 최종 저지방 소시지 scale-up 제조
최종 평가		○ 베타글루칸 함량이 증진된 보릿가루의 제조 및 저지방 소시지 가공 적성 구명	35 %	○ 베타글루칸 함량이 증진된 보릿가루의 제조 및 보릿가루 첨가 소시지의 물리화학적 특성 구명
		○ 보릿가루 분획 및 보리 이용 육제품의 건강 기능성 탐색	30 %	<ul style="list-style-type: none"> ○ 보리 함유 고지방식이의 효능 검증 ○ 보리 함유 고지방식이의 생리 기능성 메커니즘 분석 ○ 보리 함유 가공육제품의 생리 기능성 효능 검증
		○ 보릿가루를 이용한 저지방 소시지 최적 제조 조건 결정 및 scale-up 제조	35%	<ul style="list-style-type: none"> ○ 반응표면분석법 및 관능평가를 이용한 저지방 소시지 제조 조건 최적화 ○ 저지방 소시지의 scale-up 제조

2. 당초 연구개발목표의 달성도 및 관련분야의 기술발전예의 기여도

가. 제 1세부과제 : 보리 이용 기능성 육제품의 물리화학적 특성 분석

○ 1차년도의 연구목표는 국내 보리를 이용하여 베타글루칸이 다량 함유된 보릿가루 분획을 제조하는 것으로 체분리법을 이용하여 베타글루칸 함량이 원 보리 대비 각각 33.45%, 45.89%, 18.11% 향상된 분획을 얻을 수 있었다. 제조한 보릿가루의 물리화학적 특성은 일반성분 분석, 팽윤력 측정, pasting 특성, 열적특성, 열음결정 용융 엔탈피를 측정함으로써 구명하여, 1차년도 연구목표를 100% 달성하였다. 1차년도 연구결과를 통해, 비교적 간편한 방법으로 베타글루칸의 함량이 2배 이상 증가하고, 팽윤력이 좋으며, 증점 효과가 좋은 분획들을 얻을 수 있었고, 이 분획들을 이용하여 베타글루칸에 의한 생리활성의 증진 뿐 아니라 물 보유력과 cooking yield 등의 제품 적성이 향상된 저지방 육제품 제조에 활용할 수 있을 것으로 판단된다.

○ 2차년도 연구목표는 베타글루칸 함량이 증진된 보릿가루 분획을 이용한 다양한 배합비의 저지방 육제품을 제조하는 것으로 제 3세부과 협력하여 연구를 진행하였다. 반응표면분석법을 이용하여 일반소시지의 특성과 유사한 특성을 갖는 저지방 소시지의 배합비를 최적화하였고, 최적화한 배합비로 저지방 소시지를 제조하여, 물리화학적 특성을 조사하였다. 연구결과로부터 고 베타글루칸 함유 보릿가루 분획을 이용하여 일반 소시지와 물리적 관능적 특성이 유사한 저지방 소시지를 제조할 수 있음을 확인하여 당초 연구 목표를 달성하였다.

○ 3차년도 연구목표는 베타글루칸 함량이 높아진 보릿가루 분획을 이용하여 제조한 저지방 소시지의 물리화학적 특성을 개선하는 것으로 검류와 트랜스글루타미나아제 (TG)를 첨가하여 보릿가루와 함께 사용함으로써 소시지 물성 개선 여부를 탐색하였다. 연구결과를 통하여 지방대체량을 늘림으로써 초래되는 소시지 특성이나 조직감의 저하는 검류나 TG를 첨가함으로써 개선할 수 있음을 알 수 있었고, 3차년 연구를 통하여 일반소시지의 특성과 유사한 50% 대체 저지방 소시지의 제조가 TG의 첨가에 의해서 가능하다는 것을 확인함으로써 당초 연구목표의 100%를 달성하였다.

나. 제 2세부과제 : 보리 이용 육제품의 대사질환 기능성 검토

○ 1차년도 연구목표는 각 입자크기 별 보리가 함유된 고지방 식이를 마우스에 투여하여

생리기능성을 탐색하는 것으로, 사료섭취에 따른 체중변화량, 혈중 지질성분의 개선정도를 분석함. 체중증가는 보리함유 유무와는 상관없이 사료섭취량에 따라 증감하는 경향을 보임. 혈중 콜레스테롤 농도는 베타글루칸 함량이 높은 그룹에서 대조군 대비 유의적 감소를 보였으며 중성지질 농도는 보리 섭취군에서 오히려 증가하는 경향을 보여, 보리 함유 고지방식이 콜레스테롤 대사개선에 직접적인 효능이 있는 것으로 판단함.

○ 2차년도 연구목표는 1차년도 연구결과를 토대로 보리함유 고지방 식이가 콜레스테롤 대사에 미치는 영향과 그 작용 메커니즘을 규명하는 것으로, 간 내 지질함량 측정, 담즙산 배출량 측정, 콜레스테롤 대사 관련 유전자의 발현 변화를 측정함. 간 내 콜레스테롤 및 중성지질의 함량을 측정한 결과 대조군과 보리사료 섭취군에서의 유의적인 차이는 보이지 않음. 반면 담즙산의 배출량을 측정한 결과 그 값이 보리섭취군에서 증가하는 경향을 보임. 즉 보리 섭취군의 경우, 콜레스테롤이 혈액이나 간에 축적되지 않고 체외로 배출되는 양이 증가하여 결론적으로 체내 콜레스테롤 감소에 효능이 있는 것으로 보임.

○ 3차년도 연구목표는 보리를 함유하고 있는 가공육제품의 지질대사 개선 가능성을 평가하기 위한 것으로, 보리함량이 다른 소시지 제품을 마우스에 투여하여 혈중 콜레스테롤 및 중성지질의 농도를 측정, 분석함. 보리함유 소시지를 섭취한 마우스 그룹에서는 사료섭취에 따른 체중 증가량이 대조군에 비해 낮은 것으로 확인됨. 또한 혈중 총 콜레스테롤과 중성지질의 농도 역시 감소하는 경향을 보여, 체중증가를 억제하고 지질대사를 개선하는 효능이 있는 것으로 사료됨.

다. 제 3세부과제 : 보리를 이용한 건강기능성 육제품의 제조 공정 개발

○ 베타글루칸을 함유하고 있는 보릿가루를 이용하여 저지방 소시지를 제조한 결과 원하지 않는 곡물맛이 나고 경도가 감소하는 등 품질의 저하가 발생하는 것을 확인하였고, 이들 품질 저하를 최소화 하기 위해 배합비 및 제조 방법을 최적화 하는 연구를 수행했다. 또한 트랜스글루타미나아제를 첨가함으로써 지방 대체량을 50%까지 증가시킨 고 베타글루칸 보릿가루 분획을 함유하는 소시지 제조 조건을 확립하였고 scale-up 제조를 수행하여 당초 연구 목표를 달성하였다고 판단된다. 연구를 통해 얻은 저지방 소시지 제조의 know-how와 보리 페이스트를 이용하는 방법 등은 소시지 뿐 아니라 다른 육제품에도 적용 가능한 기술이라고 사료된다.

제 5 장 연구개발 성과 및 성과활용 계획

1. 실용화·산업화 계획

○ 체분리법을 이용하여 고 베타글루칸 함유 보릿가루 분획을 제조하였으며, 이를 대량생산하여 산업화에 응용할 수 있는 방법을 모색 중이다.

○ 체분리법을 이용하여 입자크기와 성분이 다양하며 이로 인해 물성의 차이를 나타내는 여러 보릿가루 분획들을 제조할 수 있었으므로, 각각의 식품 특성에 맞는 보릿가루 분획을 선택하여 이용할 수 있는 방법을 모색 중이다.

○ 지방의 50%가 고 베타글루칸 함유 보릿가루 분획으로 대체된 저지방 소시지를 제조하였고 물성을 개선할 수 있는 노하우를 얻었으므로 이와 관련하여 보릿가루 분획을 지방대체제로 이용한 저지방 육제품의 산업화를 모색 중이다.

2. 교육·지도·홍보 등 기술확산 계획

○ 보릿가루를 이용한 기능성 육제품 개발에 대한 성과를 유관 산업체에 홍보하고 다른 육제품에의 적용을 유도할 계획이다.

○ 고 베타글루칸 함유 보릿가루와 트랜스글루타미나아제를 복합적으로 사용하여 제조한 저지방 소시지 제조에 관한 기술이전 가능성을 협의 중이다.

3. 특허, 논문 등 지식재산권 확보계획

○ 체분리법을 이용한 고 베타글루칸 함유 보릿가루 분획의 특성과 이를 이용한 소시지 제조 조건 최적화에 관한 논문을 투고하여 게재되었다.

○ 고 베타글루칸 국내산 보릿가루 분획을 이용한 저지방 소시지에 관한 특허를 준비 중에 있다.

○ 고 베타글루칸 보릿가루 분획을 이용하여 제조한 저지방 육제품의 특성에 대한 트랜스글루타미나아제와 검류 첨가 효과에 대한 논문을 준비 중에 있다.

○ 고 베타글루칸 보릿가루 분획의 호화액 특성과 레올리지에 대한 검류 첨가 효과에 대한 논문을 투고 예정 중에 있다.

○ 고베타글루칸 함유 보릿가루 분획 (입자크기 150 μm ~ 355 μm)의 담즙산 배출 증가를 통한 콜레스테롤 강하 효능에 관한 논문(SCI급)을 'Journal of Agricultural and Food Chemistry'에 게재하였다.

제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보

○ 1991년 귀리로부터 수용성 식이섬유소를 분리하여 여러 식품에 적용한 특허 (US patent No. 4,996,063)를 시작으로, 베타글루칸을 첨가한 식품에 관한 연구가 활성화 되었다. 특히 귀리 (oat)의 재배량이 풍부한 미국에서는 귀리 베타글루칸에 대한 연구가 주를 이뤘고, 이를 식품에 첨가하는 연구와 이들 식품의 생리활성에 관한 연구가 진행되어 왔다¹⁻⁵⁾.

○ 과거 귀리 베타글루칸을 식품에 첨가하는 연구의 목적은 단지 여러 생리활성을 나타내는 베타글루칸을 영양 강화의 목적으로 첨가하는 수준이었으나, 최근에 와서는 지방과 관련된 여러 질병들에 대한 소비자들의 우려와 맞물려 저지방 식품에 대해 베타글루칸을 지방대체제로 사용하는 연구들이 진행되고 있다.

○ 베타글루칸을 지방 육제품에 첨가했을 때, 베타글루칸이 갖는 수분보유능과 겔 형성 능력 때문에 육제품의 텍스처와 juiciness를 유지해 주는 것으로 보고되고 있다.

○ 지방섭취량과 심혈관계 질환의 상관관계에 대한 사람들의 자각도가 증가하면서 저지방 식품에 대한 요구가 증가하였고, 이러한 경향은 육제품 분야에서도 적용되어 저지방 육제품의 개발에 대한 연구들도 다수 보고되고 있다.

- Cofrades 등은 볼로냐 소시지의 지방을 줄이는 대신 혈장 단백질과 대두 섬유질을 첨가하여, 소시지의 품질향상 효과를 연구 한 바 있다²⁸⁾.

- Morin 등은 저지방 소시지에 보리의 베타글루칸 겔을 첨가하여, 고지방 소시지와 저지방 소시지의 물성, 관능에 관한 품질 특성을 비교한 바 있으며, 저지방 소시지 시스템에서 베타글루칸과 식육단백질 사이의 상호작용이 소시지의 특성에 주는 영향에 관하여 조사하였다¹⁵⁾.

- Osburn과 Keeton은 저지방 소시지의 지방대체제로서 hydrocolloid 물질로 곤약을 사용하여, 소시지의 품질을 실험하였다²⁹⁾.

- Aleson-Carbonell은 소시지에 고 식이섬유질 재료들을 첨가하여 소시지에 대한 연구를 하였으며, 각각의 시료 특성을 비교함으로써 수분조절 능력 등 소시지의 품질에 대한 연구를 하였다²⁰⁾.

- Pinero 등은 저지방 소고기 패티에 지방대체제로서 귀리의 베타글루칸을 사용하였을 때 물리화학적 특성과 관능 특성에 효과가 있었다고 보고하였다³⁰⁾.

○ 지금까지 연구 보고된 저지방 소시지의 지방대체제로써 베타글루칸이 다수 사용되었으나, 주로 분리된 베타글루칸을 사용한 것으로 본 연구와는 차이가 있는 것들이다.

○ 미 농무성 (USDA) 산하 연구소 (ARS)에서 귀리의 베타글루칸을 이용한 지방 대체 물질을 개발, Oatrim, Nutrim, Z-trim, Calorie control-trim을 시판중에 있다.

○ 일본에서는 베타글루칸을 이용한 크리스틴 (krestin), 레티난 (lentinan), 시조팔란 (schizophyllan)등이 고가의 항암용 의약품으로 판매되고 있으며 기능성 식품 시장에서 인기를 끌고 있다고 한다.

○ (주) 크레아뉴트리션 (CreaNutrition, Swedish Oat Fiber AB, Sweden)에서는 ‘베타글루케어’라는 제품을 만들었다. 귀리 100g에는 3%의 베타글루칸이 함유되어 있지만 이는 시리얼로 가공되는 과정에서 상당량 파괴되므로 이를 보완하고자, 베타글루칸의 구조를 파괴하지 않고 단백질, 식이섬유를 농축하는 기술을 통해 귀리 100g당 3% 들어있는 베타글루칸 함유량을 28% 까지 증가시켰다고 한다. 높은 점성도와 용해도, 분자량을 가진 귀리 가공제품이라고 소개한바 있다.

○ 미 루이즈빌 대학 제임스·그레함·브라운 암센터의 고든 로스 박사등 연구진은 cancer Research 발표에 이어 미국 면역 학회잡지 ‘Journal of Immunology’ 2004년 7월호 (173호)에 Beta-1,3D Glucan 의 마우스 경구투여 시험에서 모노크로날 항체 항암제와의 병용 상승효과를 발표한 바 있다.

○ 미국 미네소타 의과 대학 고혈압 콜레스테롤 연구 클리닉 (Hyoertension and Cholesterol Research Clinic)에서 행한 연구 결과를 통해 보리에 함유되어 있는 베타글루칸이 콜레스테롤 강하 작용을 발휘한다는 사실이 밝혀졌다.

○ 영국 Joint Health Claims Initiative는 귀리에 대한 건강 관련 표시로 “식이에 귀리를 포함 시키는 경우 포화 지방 함량을 낮추어 주며 건강한 삶의 영위를 통해 혈중 콜레스테롤 함량 저하에도 도움 될수 있다”는 내용을 승인 한 바 있다.

○ 저지방 소시지 제조에 트랜스글루타미나아제를 이용한 연구가 몇가지 보고된 바 있었다.

- Pietrasik과 Jarmoluk은 돼지 muscle gel의 수분보유력, 텍스처, 색깔 특성에 sodium caseinate, k-carrageenan, microbial 트랜스글루타미나아제 들의 상호작용이 주는 영향에 대하여 조사하였다. 연구결과 트랜스글루타미나아제는 수분 보유력에는 효과가 없었으나, 텍스처 특성에는 효과적이었다고 보고하였다 ³¹⁾.

- 계속의 여러 근육에 트랜스글루타미나아제를 첨가하여, 물리화학 특성, 구조적 특성, 인장강도에 대한 영향을 연구한 보고가 있다 ³²⁾.

제 7 장 참고문헌

1. Dawkins, N.L., Gager, J., Cornillon, J.P., Kim, Y., Howard, H. and Phelps, O., Comparative studies on the physicochemical properties and hydration behavior of oat gum and oatrim in meat-based patties, *Journal of food science*, 66(9): 1276-1282 (2001).
2. Inglett G. and USDA's, Oatrim replacers fat in many food products, *Food technol.*, 44(10): 100 (1990).
3. Yokoyama, W.H., Knuckles, B.E., Stafford A., and Inglett G., Raw and processed oat ingredients lower plasma cholesterol in the hamster, *Journal of food science*, 63(4): 713-715 (1998).
4. Kalra, S. and Jood, S., Effect of dietary barley beta-glucan on cholesterol and lipoprotein fractions in rats, *Journal of cereal science*, 31: 141-145 (2000).
5. Laurie A. Drozdowski, Rayene A. Reimer, Feral temelli, Rhonda C. Bell, Thava vasanthan, Alan B.R. Thomason, Beta-glucan extracts inhibit the in vitro intestinal uptake of long-chain fatty acids and cholesterol and down-regulate genes involved in lipogenesis and lipid transport in rats, *Journal of nutritional biochemistry*, 21: 695-710 (2010).
6. Jeong, H.-S., Kang T.-S., Jung, I.-S., Park, H.-J. and Min Y.-K., Beta-Glucan Contents with Different Particle Size and Varieties of Barley and Oats, *Korean journal of food science technology*, 35(4): 610-616 (2003).
7. Lee, Y.-T., Seog, H.M. and Cho, M.K., Beta-Glucan Enrichment from Pearled Barley and Milled Barley Fractions., *Korean journal of food science technology*, 29(5): 884-894 (1997).
8. Lee, Y.-T. and Lee, C.K., Effect of varietal variation in barely on β -glucan and melting quality characteristics, *Korean journal of food science technology*, 26: 172-177 (1994).
9. Kim, S.R., Choi, H.D., Seog, H.M., Kim, S.S., and Lee, Y.T., Physicochemical characteristics of β -glucan isolated from barely, *Korean journal of food science technology*, 31: 1164-1170 (1999).
10. Rojas, J.A., Rosell, C.M., and Benedito de Barber, C., Pasting properties of different wheat flour-hydrocolloid systems, *Food Hydrocolloids*, 13: 27-33 (1999)
11. Song, J.Y., Kim, Y.C., and Shin, M.S., Textural properties and structures of wheat and maize starch-gum mixed gels during storage, *Food Sci. Biotechnol.*, 17: 20-25 (2008).
12. Lee, M.H., Baek, M.H., Cha, D.S., Park, H.J., and Lim, S.T., Freeze-thaw stabilization of sweet potato starch gel by polysaccharide gums, *Food hydrocolloids*, 16: 345-352 (2002).
13. Zheng, G.H., Rossnagel, B.G., Tyler, R.T., and Bhatta, R.S., Distribution of β -glucan in the grain of hull-less barley, *Cereal Chem.*, 77: 140-144 (2000).

14. Jauregui, C.A., Regenstein, J.N. and Baker, R.C., A simple centrifugal method for measuring expressible moisture, a water-binding property of muscle foods, *Journal of food science technology*, 46: 271 (1981).
15. Morin, L.A., Temelli, F. and McMullen, L., Interactions between meat proteins and barley (*Hordeum spp.*) beta-glucan within a reduced-fat breakfast sausage system, *Meat Science*, 68 : 419-430 (2004).
16. Bernal, V.M., Smajda, C.H., Smith, J.L. and Stanley, D.W., Interactions in protein/polysaccharide/calcium gels, *Journal of Food Science*, 52, 1121-1125, p. 1136 (1987)
17. DeFreitas, Z., Sebranek, J.G., Olson, D.G., and Kropf, D.H., Carrageenan effects on salt-soluble meat proteins in model systems, *Journal of food science technology*, 62, 539-543 (1997).
18. Chiya Kuraishi, Jiro Sakamoto¹, and , Takahiko Soeda., The usefulness of transglutaminase for food processing., *Biotechnology for improved foods and flavors*, Chapter 3, pp 29 - 38(2010)
19. Lee D.S., Improvement of emulsion stability of food protein by microbial transglutaminase, *Korean journal of food science technology*, 37(2): 164-170 (2005).
20. Aleson-Carbonell, L., Fernandez-Lopez, J., Perez-Alvarez, J.A. and Kuri, V., Functional and sensory effects of fibre-rich ingredients on breakfast fresh sausages manufacture, *Journal of food science technology*, 11(2):89-97 (2005).
21. Lucca, P. A., and Tepper, B. J., Fat replacers and the functionality of fat in foods, *Trends in food science and technology*, 5(1)12-9 (1994).
22. Shao, C. H., Avens, J. S., Schmidt, G. R., and Maga, J. A., Functional, sensory, and microbiological properties of restructured beef and emu steaks, *Journal of Food Science*, 64(6) 1052-054 (1999).
23. Alan P. Imeson, David A. Ledward and John R. Mitchel, On the nature of the interaction between some anionic polysaccharides and proteins, *Journal of the science of food and agriculture*, Vol.28,66-668(1977).
24. 김혜영, 이미경, 장경아, 김광옥., 소시지의 프로필 수행을 위한 용어와 표준척도의 개발, *Korean journal of food science technology*, vol.27, No.1, pp. 1-5 (1995).
25. Pietrasik Z and Duda Z., Effect of fat content and soy protein/carrageenan mix on the quality characteristics of comminuted, scalded sausages, *Meat Sci*, 56: 181-188 (2000).
26. Shand PJ, Texture, water holding, and sensory properties of low-fat pork bologna with normal or waxy starch hull-less barley, *Journal of food science technology*, 65: 101-107 (2000).

27. Morin LA, Temelli F, and McMullen L., Physical and sensory characteristics of reduced-fat breakfast sausages formulated with barley β -glucan, *Journal of food science technology*, 67: 2391-2396 (2002).
28. Cofrades, S., Guerra, M.A., Carballo, J., Fernandez-martin, F. and Jimenez Colmenero, F., Plasma protein and soy fiber content effect on bologna sausage properties as influenced by fat level, *Journal of food science*, 65(2): (2002).
29. Osburn, W.N., and Keeton, J.T., Evaluation of low-fat sausage containing desinewed lamb and konjac gel, *Meat science*, 68: 221-233 (2004).
30. Pinero, M.P., Parra, K., and Huerta-Leidenz, N., Effect of oat's soluble fibre (β -glucan) as a fat replacer on physical, chemical, microbiological and sensory properties of low-fat beef patties, *Meat Science*, 80: 675-680 (2008).
31. Pietrasik, J. and Jarmoluk, A., Effect of sodium caseinate and k-carrageenan on binding and textural properties of pork muscle gels enhanced by microbial transglutaminase addition., *Food research international*, 36: 285-294 (2003).
32. Abdulatef, M., Ahhmed, Tstuo Nasu, Michio Muguruma., Impact of transglutaminase on the textural physicochemical, and structural properties of chicken skeletal, smooth, and cardian muscles, *Meat science*, 83: 759-767 (2009).

주 의

1. 이 보고서는 농림수산식품부에서 시행한 농림기술개발사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표할 때에는 반드시 농림수산식품부에서 시행한 농림기술개발사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.