GOVP1200514317
GA 0390-0240

최 종
연구보고서

대맥강 유래 고부가가치 식품소재 및 가공식품 개발 연구

Development of High Value-added Food Materials and Processed Foods Using Barley Pearling By-products

연 구 기 관
한국식품개발연구원

농 림 부

제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 "대맥강 유래 고부가가치 식품소재 및 가공식품 개발 연구" 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2003년 8월 23일

주관연구기관명 : 한국식품개발연구원
총괄연구책임자 : 석 호 문
세부연구책임자 : 김 성 란
연 구 원 : 최 희 돈
연 구 원 : 최 인 욱
연 구 원 : 박 용 곤
연 구 원 : 김 홍 만
연 구 원 : 서 미 숙
협동연구기관명 : 경원대학교
협동연구책임자 : 이 영 택
연 구 조 원 : 원 준 형
연 구 조 원 : 유 정 우
참 여 기 업 : 정 원 산 업

요 약 문

I. 제 목

대맥강 유래 고부가가치 식품소재 및 가공식품 개발 연구

II. 연구개발의 목적 및 중요성

압맥, 할맥 등의 가공처리를 위한 보리의 도정 시 대맥강(大麥糠)이 약 30% 정도 부산물로서 발생되고 있으나 전량 부가가치가 낮은 사료로서의 이용도 외에는 개발되어 있지 않다. 그러나 보리 도정부산물에는 외피, 호분층을 포함한 도정겨, 배아 및 기타 파쇄립 등이 함유되어 있어 이들을 적절히 분리, 추출, 정제, 가공처리 할 경우 부가가치가 높은 식품소재 또는 가공제품을 얻을 수 있는데 특히 배아, 파쇄립 등의 경우에는 외피, 도정겨 등과는 서로 특성이 달라 물리적으로 배아, 파쇄립 등을 사전 분리하여 이들의 식품학적 특성별로 가공 처리하게 되면 대맥강의 부가가치를 크게 높일 수 있을 것으로 생각된다.

따라서 대맥강으로부터 보리배아, 파쇄립 등을 선별분리하고 이를 이용한 건강편의식품 등을 개발함과 동시에 배아, 파쇄립 등을 분리하고 남은 대맥강으로부터 천연 항산화성 물질, 베타-글루칸을 포함한 기능성 식이섬유소재를 순차적으로 분리하고 이들의 활용도를 개발함에 의해 보리가공산업의 경쟁력을 높이고자 하였다

III. 연구개발 내용 및 범위

1. 파쇄립 및 배아 활용기술 개발
   ○ 보리 배아 및 배아유의 성분 및 기능적 특성 구명

○ 파쇄립의 가공적성 검토 및 가공식품 개발

2. 대맥강의 유효성분 및 활용기술 개발
   ○ 대맥강 항산화물질의 추출, 분리 및 특성 구명
   ○ 대맥강 폴리페놀추출물의 분리 및 식품소재화 기술 개발

3. 대맥강 식이섬유소재 활용기술 개발
   ○ 대맥강 식이섬유 소재의 추출 및 분리기술 개발
   ○ 식이섬유소재의 기능적 특성 조사
   ○ 대맥강 식이섬유의 식품소재화 기술 개발

4. 대맥강 유효성분을 활용한 혈당조절용 가공제품 개발

IV. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

본 연구과제인 "대맥강 유래 고부가가치 식품소재 및 가공식품 개발 연구"는 3개의 세부과제로 이루어 졌으며 각 세부과제별로 연구결과를 구분하여 요약하였다.

● 제1세부 연구과제 : 대맥강의 유효성분 및 활용기술 개발

보리를 식용으로 하기 위해 도정, 할맥 또는 압맥 등으로 가공처리시 도정부산물로 발생하는 맥강, 배아, 파쇄립에 대한 이화학적 특성을 조사하였다. 전분분해 효소활성도에서 α-amylase와 glucoamylase는 배아 획분에서 그 활성이 높게 측정되었고, β-amylase는 외부층인 bran 획분에서 높게 측정되었다. 유리당의 조성 및 함량은 bran 시료의 총당 함량이 2.61~3.43% 범위로 시료간에 큰 차이가 없었으나 배아 획분은 17.1%로 높은 함량이 측정되었다. 유리형 당류로서 sucrose, glucose, fructose, maltose, raffinose 및 1-ketose가 검출되었고 특히 배아 획분에 sucrose, raffinose가 8% 이상 높은 함량을 나타낸 것이 특징적이었다. 토코페롤 및 토코트리에놀의 조성과 함량을 HPLC로 분석한 결과 배아 획분에는 α-토코페

롤과 α-토코트리에놀이 90.26mg/kg 및 16.27mg/kg으로서 주종을 이루었고 bran 획분 시료에서는 토코페롤 및 토코트리에놀이 bran Ⅱ획분에서 가장 높은 값을 나타내었으며 특히 γ-토코트리에놀의 경우 10.33 mg/kg으로 획분 중 가장 높은 값을 보였다.

n-Hexane으로 탈지시킨 bran 및 배아 시료를 75% 에탄올로 추출·여과 후 Sepabead-SP850 수지를 사용하여 얻어진 폴리페놀 획분의 총 폴리페놀 함량은 bran Ⅰ이 43.68%로 가장 높게 측정되었다. 획분별 폴리페놀화합물의 유형을 HPLC로 살펴본 결과 항산화 및 항변이원성효과가 매우 높은 것으로 알려진 proanthocyanins와 prodelphinidin 다량체로 추정되었다. 획분별 추출물의 항산화 효과를 DPPH radical 소거활성으로 조사한 결과 bran Ⅰ의 EC_{50}이 1.59 mg/mL로 가장 높았으며 다음은 배아>bran Ⅱ>bran Ⅲ의 순 이었다. 시료농도 0.01% 수준의 농도에서 ACE 저해작용은 배아가 40.04%로 가장 높았고, 아질산염 소거작용은 모든 획분에서 70% 이상의 소거능을 나타내었으며 SOD 유사활성은 bran Ⅰ과 Ⅱ에서 64~78% 내외의 활성을 보여 보리 폴리페놀추출물의 기능성 식품소재로서의 가능성을 확인하였다.

보리 도정부산물인 맥강과 배아획분으로부터 항산화 효능과 높은 상관관계가 있는 폴리페놀성물질(barley polyphenol extract: BPE)을 분리하고 이들 획분을 linoleic acid를 사용한 모델계와 옥배유를 기질로 한 유지의 자동산화를 통하여 이들의 항산화 효과를 검토하였다. TBA가 측정결과 bran Ⅲ의 BPE는 α-tocopherol과 유사한 값을 나타내었고, 다른 획분 특히 bran Ⅰ과 배아획분의 경우는 합성 항산화제인 BHT와 유사한 것으로 나타났다. 유지의 자동산화에 대한 BPE의 항산화효과를 과산화물가를 이용하여 측정한 결과 저장 초기 10일에서 15일 까지는 첨가 농도가 높아짐에 따라 α-tocopherol 및 BHT와 유사하거나 다소 높은 항산화력을 나타내었으나 저장 20일 이후부터는 첨가농도에 따른 차이는 보이지 않았다. 또한 40 meq/kg · oil에 도달하는 기간을 유도기간으로 정하고 유도기간에 따른 상대적 항산화효과(RAE)를 측정한 결과 bran Ⅰ과 배아획분의 BPE를 0.02% 첨가 시 RAE값은 각각 128 및 126이었고 0.1% 첨가시에는 135 및 133으로서 첨가량의 변화에 따른 차이는 나타나지 않았으나 BHT의 126보다 높게 측정되어 이들 획분은 천연 항산화제로서의 가능성이 시사되었다.

맥강과 배아획분으로부터 추출함 BPE를 200 ppm 농도가 되게 조정한 음료수를 streptozotocin으로 당뇨를 유발한 당뇨쥐에 2주간 제공하면서 식이섭취량, 체중변화, 혈액내의 포도당농도와 간지질에 대한 과산화억제에 미치는 영향을 조사한 결과 이들 폴리페놀추출물에는 혈당강하와 과산화억제 효과가 있음을 확인하였다.

보리 도정부산물로부터 배아를 분리하고 분리된 배아의 향미증진을 목적으로 180℃에서 볶음처리를 할 경우 볶음시간별 유리당, 유리아미노산, 지방산, tocol류, 및 갈변색소 등의 변화를 조사하였다. 보리배아의 유리당은 7분 볶음처리 시 sucrose와 raffinose의 감소가 두드러졌으며, 유리아미노산은 3분 볶음처리 이후부터 매우 급격한 감소가 나타난 반면에 볶음시간에 따른 tocols 및 지방산 함량에는 변화가 거의 없었다. 보리배아는 볶음이 진전됨에 따라 색의 밝기와 황색도는 지속적으로 감소한 반면 적색도는 일정 볶음시간까지 증가한 후 감소하였다. 갈색색소를 겔크로마토그래피로 측정한 결과 볶음시간이 길어질수록 고분자 갈색화합물의 생성이 높게 측정되었고, 또한 볶음처리에 의해 착유수율도 증가하는 경향을 보였는데 7분 처리 시료는 28.92%로 가장 높은 값을 나타내었다.

● 제2세부 연구과제 : 파쇄립 및 유효성분활용 가공제품 개발

파쇄립 등 도정부산물의 섭취가 혈당강하에 미치는 효과를 살펴보기 위해 streptozotocin으로 당뇨를 유발시킨 당뇨쥐를 대상으로 동물실험 한 결과 파쇄립, 배아, 맥강 등의 도정부산물을 급여함에 의해 1주 후부터 혈당강하효과가 나타나기 시작하였고 6주 후에는 당뇨대조군에 비해 42~68% 정도의 유의적인 감소가 확인되어 보리도정부산물이 식품소재로서 활용되어져야 할 필요성을 재확인하였다.

이와 같은 결과를 토대로 파쇄립의 수분흡수율, 파쇄강도 등의 가공적성을 검토하였고 파쇄립에 glucoamylase를 작용시킴에 의해 조직을 다공질로 변화시킴에 의해 가열처리 없이도 씹어 먹을 수 있는 시리얼 바 형태의 제품으로 가공할 수 있는 방법을 개발하였다. 또한 보리의 가공시 발생되는 부산물인 보리 파쇄립의 형태가 보리쌀에 비해 작아 별도의 분쇄공정 없이 압출성형에 의해 조성물을 형성시킬 수 있음에 착안하여 보리 파쇄립을 이용하여 후레이크를 제조하는 방법을 개발하였다. 즉 메성보리 파쇄립과 찰성보리 파쇄립을 7:3~6:4로 혼합하고 혼합물 중량에 대해 30~40%의 물을 첨가한 다음 물이 첨가된 혼합물을 80 내지 120℃에서

압출성형하여 얻어진 펠렛을 시트형태로 다시 성형하고 13 내지 15%의 수분함량을 가지도록 1차 건조시킨 다음 팽화시켜 조제한 후레이크 제품은 관능검사결과 기호도가 높았다. 그밖에도 파쇄립의 크기가 14-18mesh 정도로 작고 조리 후에도 조직이 허물어지지 않는 특성을 이용하여 레토르트 죽류 제품을 개발하였고 파쇄립과 배아로부터 추출물을 얻고 이들을 혼합한 새로운 형태의 혼합음료 가공방법을 개발하였다.

Sugar-snap 쿠키의 기능적, 물리적 및 관능적 특성을 높이기 위해 보리의 도정중 발생하는 부산물의 하나인 보리배아를 사용하였다. 보리배아를 밀가루에 대해 0, 10, 20, 30 및 40% 대체하여 쿠키반죽을 조제한 결과 보리배아의 대체율이 높아짐에 따라 쿠키의 직경, 퍼짐성, 체적은 증가하였고 반면 쿠키의 두께, 중량 및 비중은 감소하였다. 기기에 의한 물리적 측정치와 관능검사 결과 보리배아의 첨가량이 많아짐에 따라 쿠키의 색깔은 점차 어두워짐과 동시에 보다 황적색으로 변하였으며 쿠키의 경도는 감소하였다. 관능적 품질특성, 즉 top grain, 풍미 및 전반적인 기호도 등은 보리배아를 10~20% 첨가함에 의해 향상시킬 수 있었으며 특히 저장중 보리배아의 항산화효과를 관찰할 수 있었다.

● 제3세부 연구과제 : 대맥강 식이섬유소재 활용기술 개발

보리를 할맥으로 가공할 때 도정부산물로 발생하는 대맥강(大麥糠)을 이용하여 β-glucan을 분리한 후 이에 대한 물리화학적 특성을 조사하였다. 할맥제조공정에서 연마기의 대수를 기준으로 깎여지는 순서에 따라 대맥강 I, 대맥강 II, 대맥강 III으로 구분하여 시험에 사용하였다. 대맥강 I은 총 식이섬유함량이 높았으나 대부분 보리껍질에서 유래한 불용성 식이섬유인 반면 대맥강 II와 III은 수용성 식이섬유 함량이 높은 것으로 나타났다. 곡류의 기능성 식이섬유인 β-glucan의 함량에서는 대맥강 I에 비해 대맥강 II와 III이 월등히 높아 대맥강 II와 III이 식이섬유의 효율적 분리를 위해 적합한 획분인 것으로 나타났다. 대맥강 β-glucan은 초기에 빠른 속도로 추출되어 추출 2시간 후에는 대부분의 수용성 β-glucan이 추출되었으며 추출온도 45~65℃에서 추출하는 것이 바람직한 것으로 판단되었다. 추출용매로서 증류수, Na_2CO_3, NaOH 용액으로 추출하여 얻은 crude β-glucan의 평균 수율은 각각 4.89%, 4.42%, 16.96% 였으며, β-glucan 함량은 물추출이 49%, Na_2CO_3 추출이

45%로 큰 차이를 보이지 않았지만 NaOH 추출은 27%로 훨씬 낮았다. 한편 대맥강으로부터 β-glucan을 추출하여 냉동 및 해동을 반복한 새로운 형태의 추출 및 정제방법은 효율적인 공정으로의 가능성을 제시해 주었다.

Crude β-glucan을 정제한 정제 β-glucan은 β-glucan 함량이 90% 정도로 매우 높은 순도를 나타냈으며 상업용 정제 β-glucan에 비해 분자량이 약간 낮은 것으로 분석되었다. 대맥강으로부터 추출하여 정제한 β-glucan은 원래 대맥강내에 존재하는 β-glucan에 비해 용해성이 약간 떨어지는 것으로 나타났다. 대맥강으로부터 추출하여 분리한 β-glucan의 점도를 측정한 결과 전단속도가 증가할수록 점도가 감소하는 의가소성의 유동특성을 보였으며 동일한 전단속도에서 농도가 높을수록 점도가 증가하였다. 대맥강으로부터 정제한 β-glucan을 보리전분과 일정비율(10:0~8:2)로 혼합하여 일정온도로 증가시키면서 DSC 특성을 살펴본 결과 β-glucan의 혼합비율이 증가함에 따라 호화온도에 큰 영향이 없었으나 엔탈피는 현저히 감소하는 추세를 보여주었다.

보리 도정부산물인 대맥강으로부터 추출하여 분리한 crude β-glucan과 이를 정제한 β-glucan의 *in vitro* bile acid 및 glucose의 투과지연 효과를 평가하였다. 투석막내 맥강 β-glucan의 농도가 증가함에 따라 bile acid 용액의 투과지연 효과가 증가하는 경향이었다. 그 효과가 미미한 1.1% 첨가수준에서부터 β-glucan 3.2%에서는 현저한 투과지연 효과가 있었으며 그 이상부터 농도 증가에 따른 더 이상의 투과지연 효과는 보이지 않았다. 투석막을 사용하여 β-glucan의 glucose 투과정도를 측정한 결과 glucose 용액만을 투석한 대조구에 비해 1.1~4.8%로 β-glucan 첨가농도가 증가함에 따라 glucose 투과지연 효과가 증가하였다. 맥강으로부터 분리한 β-glucan의 *in vitro* bile acid와 glucose 투과지연 효과는 생리기능성 소재로서 보리 도정부산물의 활용성을 제시해 주었다.

보리 도정부산물에 포함된 식이섬유를 활용하기 위한 방안으로 대맥강을 국수, 쿠키, 머핀에 첨가하여(0~50%) 품질 특성을 조사하였다. 대맥강을 첨가한 국수는 20~30% 첨가 수준에서 조리특성과 관능특성에서 품질이 다소 떨어지게 되나 보리의 영양적인 측면을 고려할 때 보리 식이섬유소의 강화에 의한 건강면의 제조라는 측면에서 매우 긍정적인 제면방법으로 평가되었다. 쿠기의 제조적성에서 밀가루만을 사용한 대조구에 20% 수준까지 대맥강을 첨가하는 것은 쿠키의 top grain,

풍미, 조직감, 입안에서의 감촉, 그리고 전반적인 기호도 등과 같은 관능특성에서 유의적으로 큰 차이가 없는 것으로 나타났다. 머핀의 경우에도 전체적으로 품질에 유의적인 차이가 없이 크게 부정적인 영향을 미치지 않는 대맥강의 첨가 수준은 약 20%까지인 것으로 평가되었다.

여 백

SUMMARY

I. Title

Development of High Value-added Food Materials and Processed Foods Using Barley Pearling By-products

II. Objectives and Significance

Barley has been an important dietary cereal in Korea with the highest consumption following rice. However, the consumption of barley is decreasing with the change in the diet of Koreans. Before consumption, barley undergoes pearling as the initial process. This pearling process is a serial process of removing seed coat, aleurone layer, outer endosperm, and germ in order to obtain pearled barley. Currently in Korea, when processing barley into rolled or split polished barley, about 30% results as by-products in the form of barley bran, which is mainly used in animal feed. Pearling by-products contain not only barley bran including seed coat and aleurone layer, but also germ and broken kernel; thus, high value-added materials or processed products could be developed by appropriately processing these by-products.

The objectives of this project were to develop convenience foods using barley germ and broken kernels separated from pearling by-products, and to separate and utilize effective components such as natural antioxidants and dietary fibers (β-glucans) present in barley bran fractions.

III. Scope

1. Utilization of broken kernel and germ in barley pearling by-products
   ○ Composition and functional characterization of barley germ and germ oil
   ○ Processing properties for development of processed foods using broken kernels

2. Utilization technology of effective components in barley pearling by-products
   ○ Extraction, isolation and characterization of antioxidative compounds
   ○ Separation of barley polyphenol extract(BPE) and utilization as food materials

3. Utilization of dietary fibers in barley pearling by-products
   ○ Extraction and purification of dietary fibers in barley bran
   ○ Functional characterization of dietary fibers in barley bran
   ○ Development of food products with dietary fiber materials from barley bran

4. Development of processed foods controlling blood glucose levels using effective components in barley pearling by-products

IV. Results and Application

● Utilization technology of effective components in barley pearling by-products

Barley brans, divided into fraction I(pearler 1~4), II(pearler 5~20) and III(pearler 21~24), germ, and broken kernels were collected as pearling by-products produced by an industrial process consisting of 24 consecutive barley pearlers. Barley germ and broken kernel were also collected as barley

pearling by-products. Barley germ contained more protein, lipid, and ash than barley bran. The activities of α-amylase and glucoamylase were high in barley germ, whereas that of β-amylase was high in bran fraction I. Only a slight difference in free sugar content (2.61-3.43%) was observed among the barley bran fractions. The highest amount of free sugars (17.1%) was found in barley germ. Free sugars in pearling by-products included sucrose, glucose, fructose, maltose, raffinose, and 1-kestose. Barley germ contained distinctively high levels (>8%) of sucrose and raffinose, and α-tocopherol and α-tocotrienol at 90.26 and 16.27 mg/kg, respectively. The bran fraction II contained the highest amounts of tocopherol and tocotrienol, with a significant amount of γ-tocotrienol (10.33 mg/kg).

The pearling by-products were extracted with 75% ethanol, and polyphenol extracts were separated by using Sepabeads SP-850 resin. The total polyphenol content was the highest(43.68%) in the polyphenol extract separated from the bran I. The polyphenol compounds analyzed by HPLC were presumably identified to be proanthocyanins and prodelphinidin polymers, which were known to have antioxidative and antimutagenic activities. Antioxidative ability was estimated to be high in the following order of bran I > germ> bran II > bran III. At the level of 0.01% polyphenol extract, angiotensin I-converting enzyme(ACE) inhibitory activity was the highest in the germ fraction(40.04%). Nitrite-scavenging activity was more than 70% in all the fractions. Superoxide dismutase-like activity was in the range of 64~78% in the bran I and II fractions.

Barley polyphenol extract(BPE) was separated from the pearling fractions, and the antioxidative activity was determined by measuring in a linoleic acid system and lipid autoxidation using corn oil as a substrate. At 0.02% addition level, thiobarbituric acid(TBA) value of BPE from bran fraction III appeared to be similar to that of α-tocopherol, and bran fraction I and germ extract exhibited a similar antioxidative activity to BHT. Peroxide value was measured to estimate antioxidative activity of BPE upon lipid autoxidation. As BPE

concentration increased, it showed somewhat higher antioxidative activity than α-tocopherol and BHT until 10-15 day storage, but BPE concentration did not affect after 20-day storage. Relative antioxidant effectiveness(RAE) of 0.02~0.1% BPE from bran fraction I and germ were 128~135 and 126~133, respectively, and appeared to be higher than that of BHT(126). This suggested that these BPE fractions could be used as a natural antioxidant.

Streptozotocin(STZ)-induced diabetic rats were fed beverage containing 200 ppm BPE extracted from barley bran and germ for 2 weeks, and the effects on diet intake, changes in body weight, blood glucose level, and lipid peroxidation of liver were investigated. The BPE showed hypoglycemic and lipid peroxidation inhibiting effects.

Changes in contents of free sugars, free amino acids, tocols, and fatty acids, color, and brown pigments of barley germ were investigated during roasting at 180℃ for 3, 5, 7, and 9 min. Significant decreases in sucrose and raffinose contents, and a very rapid decrease in free amino acid content were observed after 7 and 3 min roasting, respectively, whereas little changes in tocols and fatty acid contents were observed. Roasting decreased the lightness, yellowness, and redness of barley germ except for a slight increase in redness at the early stage of roasting. Analysis of brown pigments by gel filtration chromatograph showed that high molecular weight brown compounds are produced as roasting time increases. Yield of barley oil extraction tended to increase during roasting, showing a maximun of 28.92% at 7 min roasting.

● **Development of processed food products using broken barley kernel and effective components in barley by-products**

Effects of barley pearling by-products on blood glucose levels in streptozotocin-induced diabetic rats were investigated. After 1 week, the blood glucose levels tended to decrease in rats fed barley broken kernel, germ and bran, and were significantly lowered by 42-68% compared with the control

group after 6 weeks. This suggested that the barley pearling by-products could be used as food materials in controlling blood glucose levels.

Functional properties of broken kernels such as water absorption and breaking strength were studied. Broken kernels were treated with native starch-degrading enzymes causing porous kernel structure, and thus could be processed into palatable cereal bar products without cooking treatment. Extrusion process was applied to overcome the external appearance of small sized barley broken kernel. Broken kernels of waxy and non-waxy barley were blended in the ratios of 7:3~6:4. Water was then added to this mixture such that its water content was 30~40%. The mixture was extruded at 80~120℃ to form a pellet which was then sheeted, dried(moisture content of 13~15%), and processed into barley flakes. The flakes were estimated to be organoleptically acceptable. A retort gruel product could be developed using broken kernels, since they were small in size (14-18 mesh) and their structure was not fully disintegrated upon cooking. Broken kernel and barley germ were extracted and blended to produce a mixed beverage product.

Improvement in functional, physical and organoleptic properties of sugar-snap cookie manufactured with using barley germ as a substitute of cookie flour was investigated. Cookie dough was formulated by substituting the flour with the barley germ of 0, 10, 20, 30 and 40%. Increasing the barley germ substitution increased cookie diameter, spread ratio and volume, while decreased cookie thickness, weight and specific gravity. Results obtained from instrumental measurements and sensory evaluation indicated that the color of the cookie became darker, more reddish and more yellowish, and the cookie hardness decreased with increasing the composition of the barley germ in the cookie formula. It would be also suggested that sensory qualities such as top grain, flavor and overall preference could be improved by using 10 to 20% of the barley germ as an ingredient of the cookie. Furthermore, the antioxidative effect of the barley germ in the cookie was observed.

● **Utilization of dietary fibers in barley pearling by-products**

Barley pearling by-products, pearled according to an industrial process consisting of 24 consecutive pearlers, were divided into barley bran fraction I(pearler 1~4), fraction II(pearler 5~20), and fraction III(pearler 21~24). Bran fraction I contained the highest total dietary fiber content, because of predominantly high amount of insoluble dietary fiber. Bran fraction II and III contained much higher amount of soluble dietary fiber. Compared to bran fraction I, bran fraction II and III contained significantly higher amount of β-glucan, suggesting that barley bran could be utilized as an economic source for β-glucan separation. β-Glucans in bran fractions were rapidly extracted at the biginning of the extraction, and almost all of the β-glucans were extracted after 2 hr extraction. It was desirable to extract β-glucans at the temperature of 45~65℃. Distilled water(pH 7) extracted 4.9% crude β-glucan on the basis of bran fraction; alkaline treatment of Na_2CO_3 and NaOH extracted 4.4% and 17% crude β-glucan, respectively. The β-glucan contents in the crude β-glucans were 49% for distilled water extraction, 45% for Na_2CO_3 extraction, and 27% for NaOH extraction. An improved procedure for separating β-glucans in barley bran by extraction and successive freezing-thawing cycles was developed.

The purified β-glucan from the bran fraction contained approximately 90% β-glucan, and it was comparable to commercial β-glucan in terms of the chemical purity. Molecular weight(MW) distribution of the β-glucans from barley bran was estimated by gel filtration chromatography(GFC). Peak molecular weight of the purified β-glucan appeared to be approximately 1×10^6 daltons. The solubility of β-glucan in the purified β-glucan appeared to be lower than that of β-glucan in the native barley bran. The solubility of β-glucan derived from barley bran was compared to that from whole barley, and it could be increased by enzymatic modification using lichenase(β-glucanase). β-Glucan preparations(crude and purified) exhibited pseudoplastic flow behavior,

and increasing β-glucan concentrations increased viscosity in a similar manner. Differential scanning calorimetry(DSC) of barley starch and β-glucan mixture showed that the enthalpy considerably decreased with increasing ratio of β-glucan:starch.

Retarding effects of β-glucans prepared from barley bran on glucose and bile acid diffusion were evaluated by *in vitro* dialysis experiments. Both crude and purified β-glucans from barley bran reduced the rate of dialysis of bile acid and glucose. The retarding effect of β-glucans on bile acid transport was increased up to approximately 3% β-glucan level, and then showed no further effect. The diffusion rate of glucose was considerably decreased with increasing β-glucan concentrations between 1.1-4.8%. Retarding effects of β-glucans prepared from barley bran on bile acid and glucose may account to some extent for regulating blood glucose level and cholesterol lowering properties.

Quality characteristics of noodle, cookie, and muffins made with barley bran were investigated. They were formulated by substituting the flour with the barley bran of 0, 10, 20, 30, 40, and 50%. The results indicated that barley bran at levels up to 20~30% could be substituted for wheat flour without seriously depressing noodle, cookie, and muffin quality.

여 백

CONTENTS

SUMMARY 9
Chapter 1 Introduction 29
Chapter 2 Current Status on Domestic and Foreign Technology 32
Chapter 3 Experiments and Results 36
1. Materials and Methods 36
1.1. Utilization technology of functional materials in barley pearling by-products 36
1.1.1. Materials 36
1.1.2. Physicochemical properties of barley bran, germ and broken kernel from pearling by-products 36
1.1.3. Isolation and physicochemical analyses of polyphenol compounds 38
1.1.4. Isolation and storage stability of antioxidative compounds from barley polyphenol extract(BPE) 40
1.1.5. Utilization of BPE as natural antioxidant 42
1.1.6. Hypoglycemic and peroxidation inhibiting effects of BPE 44
1.1.7. Physicochemical properties of barley germ during roasting 45
1.2. Development of processed food products using broken barley kernel and functional components 47
1.2.1. Materials 47
1.2.2. Hypoglycemic and peroxidation inhibiting effects of broken kernel and germ fractions 47
1.2.3. Preparation of cereal bar using broken barley kernel 49
1.2.4. Preparation of breakfast cereal using broken barley kernel 50
1.2.5. Preparation of cookie using barley germ 52
1.2.6. Preparation of retort gruel products using barley broken kernels 55
1.2.7. Preparation of mixed beverages using barley broken kernel and germ ... 55

1.3. Utilization of dietary fiber materials in barley pearling by-products ····· 56
1.3.1. Materials ····· 56
1.3.2. Extraction and isolation of dietary fiber in barley bran ····· 57
1.3.3. Functional properties of dietary fiber materials ····· 63
1.3.4. Development of food products with dietary fiber materials from barley bran ····· 66
2. Results and Discussion ····· **71**
2.1. Utilization technology of functional materials in barley pearling by-products ····· 71
2.1.1 Physicochemical properties of barley bran, germ and broken kernel from pearling ····· 71
2.1.1.1 Proximate composition ····· 72
2.1.1.2. Color ····· 72
2.1.1.3. Particle size distribution ····· 73
2.1.1.4. Amylograph viscosity ····· 74
2.1.1.5. Activities of starch-degrading enzymes ····· 75
2.1.1.6. Analysis of free sugars ····· 76
2.1.1.7. Analysis of tocols ····· 77
2.1.2. Characteristics of barley polyphenol extract(BPE) separated from pearling by-products ····· 78
2.1.2.1. Total polyphenol contents ····· 79
2.1.2.2. Oxidative stability of BPE ····· 80
2.1.2.3. Separation of phenolic compounds in BPE by HPLC ····· 82
2.1.2.4. Fractionation of BPE by Sephadex LH 20 ····· 85
2.1.2.5. Separation of flavanols by HPLC and TLC ····· 89
2.1.2.6. Separation of hydroxycinnamic acid in BPE by HPLC ····· 92
2.1.2.7. Storage stability of BPE ····· 93
2.1.2.8. Concentration and dehydration of BPE ····· 94
2.1.3. Utilization of BPE as natural antioxidant ····· 95
2.1.3.1. Antioxidative activities of BPE on linoleic acid ····· 96

2.1.3.2. Antioxidative activities of BPE on corn oil 97
2.1.4. Hypoglycemic and peroxidation inhibiting effects of BPE 99
2.1.5. Changes in physicochemical properties of barley germ during roasting 102
2.1.5.1. Yield of barley germ oil 103
2.1.5.2. Changes on surface color 103
2.1.5.3. Changes in free sugars 104
2.1.5.4. Changes in free amino acids 106
2.1.5.5. Changes in the contents of tocols and fatty acid composition 107
2.1.5.6. Gel filtration chromatography for brown pigments 110
2.2. Development of processed food products using broken barley kernel and functional components 112
2.2.1. Hypoglycemic and peroxidation inhibiting effecs of barley pearling by-products 112
2.2.1.1 Food intake and change in body weight 112
2.2.1.2. Changes in liver weight 113
2.2.1.3. Changes in blood glucose 113
2.2.1.4. Peroxiation inhibiting effect 114
2.2.2. Preparation of cereal bar products using barley broken kernel 116
2.2.2.1. General characteristics of barley broken kernel 117
2.2.2.2. Water absorption 118
2.2.2.3. Changes in breaking strength of broken kernel by repeated freeze-thaw cycle 119
2.2.2.4. Changes in breaking strength of broken kernel by enzymatic treatment 122
2.2.2.5. Changes of total and reducing sugar content by enzymatic treatment 124
2.2.2.6. Preparation of cereal bar products 124
2.2.3. Preparation of barley flakes using broken barley kernel 126
2.2.3.1. Degree of gelatinization and processing properties of extruded pellets 127
2.2.3.2. Characteristics of extruded pellets prepared from different ratios of non-waxy and waxy broken kernels 130

2.2.3.3. Characteristics of flakes prepared from different ratios of non-waxy and waxy broken kernels 132
2.2.4. Quality characteristics of cookie added with barley germ 136
2.2.4.1. Physical properties of cookie 136
2.2.4.2. Cookie color 138
2.2.4.3. Cookie texture 139
2.2.4.4. Sensory evaluation 140
2.2.4.5. Effect of barley germ on oxidative stability of cookies 142
2.2.5. Preparation of retort gruel products using barley broken kernels 144
2.2.5.1. Preparation of retort gruel products 144
2.2.5.2. Composition of retort gruel products 146
2.2.5.3. Storage stability of retort gruel products 147
2.2.6. Mixed beverages using barley broken kernel and germ 148
2.2.6.1. Processing 148
2.2.6.2. Suspension stability of mixed beverages by emulsifiers 148
2.2.6.3. Storage stability 150
2.3. Utilization of dietary fiber materials in barley pearling by-products 154
2.3.1. Extraction and isolation of dietary fiber in barley bran 154
2.3.1.1. Physicochemical characteristics and pretreatment of barley bran 154
2.3.1.1.1. Proximate composition 154
2.3.1.1.2. Color 156
2.3.1.1.3. Particle size distribution 157
2.3.1.1.4. Water absorption index, water solubility index and oil absorption ... 158
2.3.1.1.5. Dietary fiber contents 158
2.3.1.1.6. β-Glucan content 159
2.3.1.1.7. Pretreatment of barley bran 160
2.3.1.2. Extraction and purification of dietary fiber 161
2.3.1.2.1. Solubility of β-glucans at different extraction time 161
2.3.1.2.2. Solubility of β-glucans at different extraction temperature 162
2.3.1.2.3. Solubility of β-glucans extracted with different solvents 163

2.3.1.3. Development of manufacturing process for purified bran β-glucan ····· 164
2.3.2. Functional properties of dietary fiber materials ····· 167
2.3.2.1. Physicochemical properties of barley bran β-glucan ····· 167
2.3.2.1.1. Chemical composition of barley bran β-glucan ····· 167
2.3.2.1.2. Molecular weight of barley bran β-glucan ····· 168
2.3.2.1.3. Viscosity of barley bran β-glucan ····· 171
2.3.2.1.4. DSC characteristics of barley bran β-glucan ····· 175
2.3.2.2. Physiological properties of dietary fiber in barley bran ····· 176
2.3.2.2.1. Retarding effect of β-glucan on bile acid transport ····· 177
2.3.2.2.2. Retarding effect of β-glucan on glucose transport ····· 179
2.3.2.3. Structural modification and rheological enhancement of barley bran β-glucan ····· 184
2.3.2.3.1. Changes in viscosity of barley bran extract during storage ····· 184
2.3.2.3.2. Viscosity of partially hydrolyzed β-glucan ····· 186
2.3.3. Development of food products with dietary fiber materials from barley bran ····· 192
2.3.3.1. Fine particulation and improvement in solubility ····· 192
2.3.3.2. Solubility improvement of barley bran β-glucan ····· 194
2.3.4. Development of processed foods using dietary fiber materials ····· 197
2.3.4.1. Noodle-making properties ····· 197
2.3.4.2. Cooke-making properties ····· 200
2.3.4.3. Muffin-making properties ····· 203
Chapter 4. Attainment of Objectives and Contribution ····· 206
Chapter 5. Applications of the Results ····· 207
Chapter 6. References ····· 210

여 백

목 차

요 약 문 1

SUMMARY 9

제 1 장 연구개발과제의 개요 29

제 2 장 국내외 기술개발 현황 32

제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과 36

제 1 절 재료 및 방법 36

1. 대맥강의 유효성분 및 활용기술 개발 36

가. 시료 36

나. 도정부산물로부터 분획한 맥강, 배아 및 파쇄립의 이화학적 특성 36

다. 폴리페놀성 물질의 분리 및 이화학적 특성 38

라. 폴리페놀추출물(BPE)로부터 항산화성 물질의 분리 및 저장안정성 검토 · 40

마. BPE의 천연 항산화제로서 활용기술 42

바. BPE의 혈당강하 및 과산화억제 효과 44

사. 배아획분의 볶음처리에 따른 특성 변화 45

2. 파쇄립 및 유효성분활용 가공제품 개발 47

가. 시료 47

나. 파쇄립, 배아 등 유효획분의 혈당강하 및 과산화억제 효과 47

다. 파쇄립을 이용한 시리얼 바의 제조 49

라. 파쇄립을 이용한 후레이크의 제조 50

마. 배아획분을 첨가한 쿠키의 제조 52

바. 파쇄립을 이용한 레토르트 죽의 제조 55

사. 파쇄립 · 배아 혼합음료의 제조 55

3. 대맥강 식이섬유소재 활용기술 개발 56

가. 재료 56

나. 대맥강 식이섬유소재의 추출 및 분리기술 57

다. 대맥강 식이섬유소재의 기능적 특성 63

라. 대맥강 식이섬유의 식품소재화 66
제 2 절 결과 및 고찰 71
1. 대맥강의 유효성분 및 활용기술 개발 71
가. 도정부산물로부터 분획한 맥강, 배아 및 파쇄립의 이화학적 특성 71
1) 일반성분 72
2) 색도 72
3) 입도 73
4) 아밀로그래프에 의한 점조도 74
5) 전분분해효소 활성도 75
6) 유리당의 조성 및 함량 76
7) Tocols의 분석 77
나. 보리 도정부산물로부터 분리한 폴리페놀추출물(BPE)의 특성 78
1) 총 폴리페놀 함량 79
2) BPE의 산화안정성 80
3) HPLC에 의한 BPE의 분리 82
4) Sephadex LH 20에 의한 BPE의 분획 및 특성 85
5) HPLC 및 TLC에 의한 플라바놀의 분리 89
6) HPLC에 의한 hydroxycinnamic acid의 분리 및 정량 92
7) BPE의 저장안정성 93
8) 함량농축 및 분말화기술 개발 94
다. 보리 폴리페놀추출물(BPE)의 천연 항산화제로서 활용 기술 95
1) 리놀산에 대한 항산화력 검증 96
2) 유지의 자동산화에 대한 BPE의 항산화 효과 97
라. BPE의 혈당강하 및 과산화억제 효과 99
마. 배아획분의 볶음에 따른 이화학적 특성 변화 102
1) 착유수율 103
2) 표면색도의 변화 103
3) 유리당의 변화 104
4) 유리아미노산의 변화 106

5) Tocols 및 지방산 조성과 함량변화 107
6) 갈색색소의 겔크로마토그래피 110
2. 파쇄립 및 유효성분활용 가공제품 개발 112
가. 파쇄립 등 도정부산물의 혈압강하 및 과산화억제 효과 112
1) 식이섭취량 및 체중변화 112
2) 장기무게의 변화 113
3) 혈당의 변화 113
4) 과산화억제 효과 114
나. 보리 파쇄립을 이용한 시리얼 바의 제조 116
1) 파쇄립의 일반성상 117
2) 수분흡수율 118
3) 냉동-해동에 의한 파쇄립의 조직감 변화 119
4) 효소처리에 의한 파쇄립의 조직감 변화 122
5) 효소처리에 의한 파쇄립의 충당 및 환원당 함량 변화 124
6) 시리얼 바의 제조 124
다. 파쇄립을 이용한 후레이크의 제조 126
1) 압출성형 pellet의 호화도 및 가공적성 127
2) 메성 및 찰성보리 파쇄립의 혼합비율을 달리한 pellet의 특성 130
3) 메성 및 찰성보리 파쇄립의 혼합비율을 달리하여 제조한 후레이크의 특성 132
라. 도정부산물로부터 분획한 배아첨가 쿠키의 특성 136
1) 쿠키의 물리적 특성 136
2) 쿠키의 색깔 138
3) 조직감 139
4) 관능평가 140
5) 쿠키의 산화안정성에 미치는 보리배아의 영향 142
마. 파쇄립을 이용한 레토르트 죽의 제조 144
1) 레토르트 죽의 제조 144
2) 레토르트 죽의 배합비 146
3) 레토르트 죽의 저장안정성 147

바. 파쇄렵·배아 혼합음료 제품 148
1) 제조공정 148
2) 안정제 처리에 의한 현탁안정성 148
3) 저장안정성 150
3. 대맥강 식이섬유소재 활용기술 개발 154
가. 대맥강 식이섬유소재의 추출 및 분리기술 154
1) 대맥강의 이화학적 특성 및 전처리 154
가) 대맥강의 일반성분 154
나) 대맥강의 색도 156
다) 대맥강의 입자크기 157
라) 대맥강의 수분흡수지수, 수분용해도지수 및 oil 흡수력 158
마) 대맥강의 식이섬유 함량 158
바) β-Glucan 함량 159
사) 대맥강의 전처리 160
2) 식이섬유의 적정 추출 및 정제조건 확립 161
가) 추출시간에 따른 대맥강 β-glucan의 용해성 161
나) 추출온도에 따른 대맥강 β-glucan의 용해성 162
다) 추출용매에 따른 대맥강 β-glucan의 용해성 163
3) 정제 식이섬유 생산 공정기술 개발 164
나. 식이섬유소재의 기능적 특성 167
1) 대맥강 β-glucan의 물리화학적 특성 167
가) 대맥강 β-glucan의 화학성분 167
나) 대맥강 β-glucan의 분자량 168
다) 대맥강으로부터 분리한 β-glucan의 점도 171
라) 대맥강 β-glucan의 DSC 특성 175
2) 대맥강 식이섬유의 생리기능성 176
가) 대맥강 β-glucan의 bile acid 투과지연 효과 177
나) 대맥강 β-glucan의 glucose 투과지연 효과 179
3) 대맥강 식이섬유의 구조변형 및 물성개선 184

가) 대맥강 추출물의 저장중 점도변화 184
나) 부분 가수분해된 β-glucan의 점도 186
다. 대맥강 식이섬유의 식품소재화 기술 개발 192
1) 식이섬유의 미립자화 및 가용화 192
2) 대맥강으로부터 분리한 β-glucan의 용해성 증진 194
라. 식품첨가 소재화 연구 197
1) 제면 특성 197
2) 쿠키제조 특성 200
3) 머핀제조 특성 203
제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도 206
제 5 장 연구개발결과의 활용계획 207
제 6 장 참고문헌 210

여 백

제 1 장 연구개발과제의 개요

제1절 연구개발의 목적

○ 보리 도정부산물로서 생산되는 대맥강으로부터 보리배아, 파쇄립 등을 선별분리하고 이를 이용한 건강 편의식품을 개발하여 국내산 보리의 부가가치를 증대하고자 함

○ 배아, 파쇄립 등을 분리하고 남은 대맥강으로부터 천연항산화성 물질, 베타-글루칸을 포함한 기능성 식이섬유 소재를 순차적으로 분리하고 이들의 활용도를 개발함에 의해 보리가공산업의 경쟁력을 높이고자 함

제2절 연구의 필요성

○ 보리는 70년대까지만 하더라도 쌀과 더불어 국민의 기본식량으로서 큰 몫을 차지하였으나 80년대에 들어서면서 국민의 식량소비구조가 변화됨에 따라 식용으로서의 보리소비가 크게 줄어들게 됨. 즉 보리의 1인당 소비량은 1965년의 36.8kg에서 1995년의 1.5kg으로 격감하게되어 주곡으로서의 위치를 상실하여 가고 있음.

○ 그러나 보리에는 귀리와 더불어 베타-글루칸이란 수용성 식이섬유의 함량이 곡식 중 가장 높으며 베타-글루칸은 혈중 콜레스테롤을 감소시키는 기능성을 갖고 있어 국민건강증진 특히 성인병예방 차원에서도 보리의 섭취는 적극 권장되어야 함. 최근에는 쌀의 부족사태를 초래할 우려도 높으므로 식량안보의 측면에서도 보리의 증산은 적극 이루어져야 함.

○ 한편 압맥, 할맥 등의 가공처리를 위한 보리의 도정 시 대맥강(大麥糠)이 약 30% 정도 부산물로서 발생되고 있으나 전량 부가가치가 낮은 사료로서의 이용도 밖 엔 개발되어 있지 않음.

○ 보리 도정부산물에는 외피, 호분층을 포함한 도정겨, 배아 및 기타 파쇄립 등

이 함유되어 있어 이들을 적절히 분리, 추출, 정제, 가공처리 할 경우 부가가치가 높은 식품소재 또는 가공제품을 얻을 수 있음.

○ 특히 배아, 파쇄립 등의 경우에는 외피, 도정겨 등과는 서로 특성이 달라 물리적으로 배아, 파쇄립 등을 사전 분리하여 이들의 식품학적 특성별로 가공 처리하게 되면 대맥강의 부가가치를 크게 높일 수 있음.

○ 이와 같이 보리 도정부산물로 발생하는 배아와 강층에는 천연 항산화물질을 포함한 우수한 성분이 포함되어 있어 식품소재로서 활용가치가 큼. 그 동안 밀, 쌀, 옥수수 배아를 비롯하여 미강을 활용하고자 하는 연구는 많이 이루어져 왔으나 보리의 경우 서구에서는 식용으로서의 사용이 거의 없으므로 보리 도정부산물의 활용에 대해서는 연구가 이루어져 있지 않음.

○ 특히 보리에는 수용성 식이섬유의 하나인 베타-글루칸이 다른 곡물에 비해 월등히 많이 함유되어 보리의 호분층에서 내부 배유에 이르기까지 부위별에 따른 함량차이는 크게 없어 대맥강 내에도 베타-글루칸의 함량은 높은 수준으로 함유되어 있음.

○ 구미선진국의 경우 곡류로부터 얻고 있는 식이섬유의 섭취량 감소는 산업혁명이후 근대사회로 접어들어 고도로 정제된 곡류를 식용으로 한 때문임. 국내의 식생활에 있어서도 현미와 같이 정제되지 않은 곡류의 섭취가 요구되고 있으나 현대의 식생활에서는 정백도가 높은 백미와 고도로 정제된 밀가루를 선호하고 있어 식이섬유를 인위적으로 식품에 첨가할 필요성까지 대두되고 있음.

○ 또한 대맥강에는 배유부와 비교할 때 식이섬유 뿐 만 아니라 많은 폴리페놀 화합물이 함유되어 있다는 것이 알려져 있음. 최근 이 폴리페놀 화합물은 일부가 동정되었고 기능특성에 대해서도 연구 중에 있음.

○ 따라서 보리 도정부산물인 대맥강으로부터 배아획분, 파쇄립 및 맥강획분을 분리하여 이들의 기능적 특성을 분석하고 이들 획분을 적절히 가공식품화 할 경우 보리의 안정적 생산 뿐 만 아니라 국민의 건강증진에도 크게 기여할 수 있게 됨.

제3절 연구 범위

1. 대맥강의 유효성분 및 활용기술 개발 분야에서는 대맥강으로부터 항산화성을 나타내는 폴리페놀성물질을 추출, 분리하고 이들의 이화학적, 생리기능적 특성을 조사함과 동시에 이를 식품소재화 할 수 있는 기술을 개발

2. 파쇄립 및 유효성분할용 가공제품 개발 분야에서는 파쇄립 및 배아획분의 이화학적 특성과 가공적성 등을 검토함과 동시에 이들 유효물질을 활용한 새로운 형태의 가공제품(후레이크, 음료, 시리얼 바 등)을 개발

3. 대맥강 식이섬유소재 활용기술 개발 분야에서는 대맥강 식이섬유 소재의 추출 및 분리기술을 개발하고 분리한 식이섬유 소재의 기능적 특성을 조사함과 동시에 이를 식품소재화 할 수 있는 기술을 개발

제 2 장 국내외 기술개발 현황

1. 배아 및 강층의 유효성분 활용분야

보리를 식용 보리쌀로 도정할 때 부산물로 발생하는 배아와 강층에는 천연 항산화성 물질을 포함한 우수한 성분이 포함되어 있어 식품소재로 활용가치가 큼. 그동안 밀과 쌀 배아나 옥수수 배아를 비롯하여 미강(米糠)을 활용하고자 하는 많은 연구가 있었으나 보리의 경우는 서구에서의 소비량이 적어 부산물의 활용이 주목받지 못하였음.

그러나 최근 미국과 일본을 중심으로 대맥강 폴리페놀 추출물의 기능성, 대맥 배아유의 tocol 조성 등이 발표되면서 대맥강 중의 유효성분과 그 이용에 관한 분야가 주목을 받고 있음.

곡물류의 종자나 강층에서 주로 발견되는 지용성의 천연 항산화제인 tocol에는 tocopherol(T)과 tocotrienol(T3)이 있고 T와 T3 isomer(α, β, γ, δ)들의 농도와 조성은 급원(곡류, vegetable oils)마다 다른데 보리는 함량과 조성 면에서 우수한 급원이 될 수 있다는 기초자료들이 최근 발표되고 있음.

Tocol의 생리효과에 대한 연구에 따르면, 이들은 강력한 항산화효과를 발휘하고, LDL-cholesterol의 감소효과가 있으며 특히 생체막 조직에서 인지질의 천연 항산화제로서의 역할을 하여 체내대사를 정상적으로 유지하는데 큰 기능을 하는 것으로 알려져 있음.

보리기름은 특유의 보리향을 함유한 것 외에도 몇 가지 우수한 특성 때문에 다른 식물성 기름과 차별화되는 특별한 기름으로 부각될 수 있으리라 예상됨. 보리기름이나 oil extract급여에 따른 콜레스테롤 저하효과는 그 기작이 α-T3와 α-linoleic acid가 간에서 콜레스테롤 생합성의 HMG-CoA 환원효소를 억제하기 때문이라고 보고됨. 하루 30 g의 barley bran이나 3 g의 barley oil 섭취로 고 콜레스테롤 환자의 총 콜레스테롤 함량과 LDL 콜레스테롤 함량을 낮출 수 있었다고 보고됨.

보리의 지방함량은 2~3%이지만 외부 강층의 지방함량은 6~12%로 높으며 주요 지방산은 linoleic acid이지만 보리의 배아에 필수 지방산이 풍부한지 여부 등

다른 식물성 기름이나 곡물배아 기름과의 차이에 대한 연구는 거의 없는 실정임.

보리기름의 비검화물에는 Vit E복합체(tocopherol, tocotrienol), 식물성 sterol류, 고급알콜류 등이 속하며 이는 총 지질의 약 8%로 그 조성은 α-tocotrienol이 가장 우세하며 α-tocopherol, β-tocotrienol, γ-tocotrienol 순 이었고 보리의 부위별 총 tocol의 양은 전체보리에 40.3㎎/㎏, hull에 28.9㎎/㎏, 배유에 33.3㎎/㎏, 배아에 206.5㎎/㎏로서 다량이 배아에 존재하는 것으로 알려져 있음.

곡물배아의 우수한 성분을 이용하려는 연구는 쌀, 밀, 옥수수 분야에서 활발하며 쌀을 정백할 때 쌀알에 배아가 남아있도록 하는 배아미 개발, 배아채취 기름을 식용에 적합하도록 부분정제하여 식물성 천연 토코페롤과 함께 캅셀에 충전한 제품, 소맥배아(약 10ppm), 소맥배아유(약 100ppm)에 소량 함유되어 있는 옥타코사놀 [$CH_3(CH_2)_{26}CH_2OH$]을 가공한 제품 등이 있음.

2. 맥강의 폴리페놀에 관한 연구

식용보리를 제조할 때 발생하는 다량의 맥강은 아직 사료소재로서만 이용되고 있는 수준이나 강부에는 배유부와 비교하여 식이섬유 뿐만 아니라 많은 폴리페놀 화합물이 함유되어 있다는 것이 알려져 있으며 이 폴리페놀 화합물은 일부가 동정되었고 기능특성에 대하여 연구 중임.

최근 사과, 적포도주, 포도 종자엑기스 등을 중심으로 활발하게 연구되고 있는 프로안토시아니딘(축합형 탄닌)이 보리 맥강에도 존재하는 것으로 밝혀짐. 대맥강에서 추출한 폴리페놀 추출물이 프로안토시아니딘류이며 항산화, 활성산소소거능, 생체모델계의 지질산화억제작용, 항암 및 항알러지 작용 등을 (-)-EGCG, (-)-ECG 등 카테친 화합물과 비교했을 때, 동등하거나 그 이상의 항보체활성 가능성이 있었다고 발표되어 새롭게 주목을 받고 있음.

대맥강 중의 폴리페놀 화합물을 주성분으로 한 대맥강 추출물의 각종 기능을 항산화성을 중심으로 조사한 결과 리놀산에 대한 항산화력은 BHT, BHA 보다 약간 적었지만 아스코르브산, 토코페롤보다 커서 천연 항산화제로서의 유용성이 클 것으로 사료됨. 대맥 폴리페놀 추출물의 수퍼옥사이드 소거활성은 아스코르브산 보다 적었으나 토코페롤, BHA, BHT보다도 큰 소거능을 나타내었으며 특히 친수성 라디칼에 강한 보족작용을 갖는다고 보고됨.

3. 보리 식이섬유

식이섬유는 인체 내에 존재하는 소화효소에 의해 분해되지 않는 물질로서 혈중 콜레스테롤 함량 감소, 항암효과, 변비예방, 당뇨억제 등과 같은 기능적 특성을 갖는 것으로 보고되고 있음.

식이섬유의 물리화학적 특성과 생리기능적 특성은 용해도에 따라 차이를 나타내는데 불용성 식이섬유는 소화기관을 통과할 때 다량의 수분 흡수에 따라 대변의 용적 증가, 장내 통과시간 단축, 전분의 가수분해 억제 및 포도당의 흡수 지연 등의 생리작용을 나타내는 반면 수용성 식이섬유는 배변 개선 이외에 콜레스테롤 저하작용과 장내 환경 개선 효과 등의 많은 생리학적 효과를 갖고 있음.

보리에는 세포벽을 구성하는 다당류들, 즉 β-glucan(2~8%)과 arabinoxylan (2~3%) 등의 식이섬유가 다량 함유되어 있어 중요한 식이섬유 급원으로 이용할 수 있음. 배유 세포벽에는 주로 β-glucan(~70%)과 arabinoxylan(~20%) 이외에 glucomannans으로 추정되는 mannose를 포함하는 고분자, 셀룰로오스, 단백질, 페놀성 물질 등이 일부 분포하고 있고, 호분층 세포벽에는 arabinoxylan(~65%)과 β-glucan(~25%)을 주성분으로 하고 소량의 mannose를 포함한 고분자, 셀룰로오스, β-(1→3)-glucans, 단백질, 회분, 아세틸기, 페놀성 물질 등이 분포하고 있음.

β-Glucan의 콜레스테롤 저하효과에 관하여 본 연구진의 선행된 연구결과에서도 0.5%의 콜레스테롤과 식이섬유원으로 보리를 첨가한 식이를 쥐에 공급하여 혈장과 간, 변의 지질대사 관련물질을 정량한 결과 보리급여에 의해 혈장의 HDL-콜레스테롤 함량은 증가하였고 LDL-콜레스테롤 함량은 감소하였으며, 변으로의 콜레스테롤과 중성지방 배설이 촉진됨을 확인한 바 있음.

β-Glucan의 리올로지 특성에 관하여 귀리 β-glucan과 쌀보리 β-glucan의 유동특성이 조사되어 있으며 또한 전분의 호화특성과 겔 형성 양상에 상당한 영향을 미쳐 점증제 및 물성조절 인자로서의 이용 가능성도 보고된 바 있음.

셀룰로오스, 리그닌 및 불용성 β-glucan, arabinoxylan 등의 불용성 식이섬유는 식품에의 적용범위가 수용성 식이섬유에 비해 넓지는 않지만 배변 등에 우수한 기능을 지니고 있기 때문에 완전한 용해를 요구하지 않는 시리얼, 빵, 쿠기, 비스켓 등의 식품에 응용하는 것은 큰 문제가 없음. 현재 이러한 불용성 식이섬유는 입안에서의 거친 식감을 줄이기 위하여 미세분말화하여 사용하고 있음.

한편 불용성 식이섬유의 활용성을 증진시키기 위하여 물리적 및 효소적 방법으로 부분 가수분해시켜 불용성 식이섬유를 가용화함에 의해 부가가치를 높인 소재를 제조하고자 하는 연구들이 보고되어 있음.

제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과

제 1 절 재료 및 방법

1. 대맥강의 유효성분 및 활용기술 개발

가. 시료

본 실험에 사용한 보리 도정부산물은 쌀보리를 사용하여 정원산업(전남 보성)에서 직접 제조하였다. 즉 연마기의 대수를 기준으로 깎여지는 순서에 따라 연마기 1~4로부터 얻은 획분을 bran Ⅰ, 연마기 5~20으로부터 얻은 것을 bran Ⅱ, 연마기 21~24로부터 얻은 것을 bran Ⅲ으로 구분하여 시험에 사용하였다. 도정부산물 중 파쇄립은 풍력을 이용한 비중선별에 의해 분리하였으며 배아는 사별(16 mesh)에 의해 분리하였다. 이와 같은 공정을 통하여 원료보리 중량 대비 bran I, bran II 및 bran III이 각각 3.6%, 18% 및 2.4%를 차지하였고, 파쇄립과 배아의 발생율은 각각 6%와 0.2% 이었다.

나. 도정부산물로부터 분획한 맥강, 배아 및 파쇄립의 이화학적 특성

1) 일반성분

보리 도정부산물의 수분, 조단백질, 조지방, 전분, 조회분은, AOAC 방법에 따라 분석하였고 사분은 사염화탄소(CCl_4) 비중선별법에 따라 시료 5~25 g을 채취하여 그것에 대한 무게 %로 나타내었다.

2) 색도

색도는 색차계(Color and color difference meter, UC600 IV, Yasuda Seiki Co., Japan)를 사용하여 L(백색도), a(적색도), b(황색도)값을 측정하였으며, 표준색판은 L=100, a=0, b=0 또는 L=92.67, a=-0.83, b=0.86의 것을 사용하였다.

3) 입도

Bran I ~ III 및 배아 획분 시료 각 100 g을 12~325 mesh 표준망체를 사용하여 Ro-Tap sieve shaker(W.S. Tyler Co., USA)에서 30분간 진탕한 후 각 mesh를 통과하는 획분의 중량으로 측정하였다.

4) 아밀로그래프에 의한 점조성

분쇄기를 사용하여 분쇄하고 30 mesh의 체를 통과시킨 분말을 건물량으로 10%가 되게 450 mL의 물 또는 1/1000 M $HgCl_2$용액으로 현탁액을 만들어 아밀로그래프로 점조성을 측정하였다.

5) 전분분해효소 활성도

시료 5 g에 증류수 100 mL를 첨가하여 4시간 진탕 추출한 후 여과한 여액을 4℃에 보관하면서 조효소액으로 사용하여 α-amylase, β-amylase 및 glucoamylase의 활성을 상법[1]에 따라 측정하였다.

6) 유리당의 정량

n-Hexane 탈지 시료 10 g에 80% 에탄올로 가온추출하여 냉각한 후 여과한 여액을 50℃ 이하에서 감압농축시키고 증류수로 100 mL가 되게 정용한 다음 이온교환수지(Amberlite MB-3)로 처리하여 이온성 물질을 제거하고 0.2 ㎛ membrane filter로 여과시킨 시료액을 Dionex Bio LC(Dionex, Sunnyvale, CA)에 주입하여 유리당의 조성과 함량을 분석하였다[2].

7) Tocols의 정량

시료를 Soxhlet장치를 사용하여 n-hexane으로 12시간 탈지한 후 40℃ 이하에서 감압농축시켜 헥산을 제거하여 얻은 지질 0.5 g을 100 mL round flask에 넣고 여기에 0.5 N NaOH(in ethanol) 20 mL와 1% pyrogallol(in ethanol) 1 mL를 첨가한 다음 10분간 환류시켰다. 검화된 시료를 분액여두로 옮긴 후 이를 30 mL diethyl ether로 2회 추출하였다. 추출물을 증류수로 수세하고 중화된 ether층을 40℃ 이하에서 감압농축한 다음 일정량의 n-hexane에 녹여 HPLC(JASCO, Japan)로 분리분석하였다[3]. 이때 분석조건은 다음과 같다. 칼럼: Lichrosorb Si-60(Merck사), 용

출액: n-hexane:ethyl acetate(95:5), 칼럼온도: 30℃, 검출기: 형광검출기(Ex:298, Em:325).

8) 지방산의 분석

n-Hexane으로 추출하여 얻은 지질 200 mg에 0.5 N NaOH/MeOH 5 mL 를 가하여 분해시킨 다음 BF_3 촉매 하에 메틸에스터를 만들어 GC(HP5890, Hewlett-Packard Company, CA, USA)로 분석하였다.

다. 폴리페놀성 물질의 분리 및 이화학적 특성

1) 총 폴리페놀 함량

보리 도정부산물의 총 폴리페놀 함량 측정은 Folin-Denis 방법[4]을 변형하여 실시하였다. *n*-Hexane으로 탈지한 시료 15 g에 70% 메탄올 150 mL를 넣고 균질화시킨 다음 90℃에서 30분간 환류냉각한 후 여과하고 남은 잔사에 150 mL의 메탄올을 넣고 다시 균질화, 환류냉각 및 여과의 과정을 3회 반복하여 얻은 여과액 300 mL를 감압농축시켜 150 mL로 한 다음 11,000 rpm에서 15분간(5℃) 원심분리시켜 얻은 상징액을 총 폴리페놀 함량 측정용 시료로 사용하였다. 얻어진 시료 5 mL에 Folin시약(1/3 희석액) 5 mL를 가하고 3분 후 10% sodium carbonate 5 mL를 넣어 30℃에서 1시간 발색시킨 다음 700 nm에서의 흡광도를 측정하였다. 대조구로서는 검액 대신 물을 사용하였고 미리 (+)-catechin을 사용하여 구한 검량곡선으로부터 시료 중의 폴리페놀 함량을 측정하였다.

2) 폴리페놀추출물(BPE)의 조제

보리 도정부산물로부터 폴리페놀추출물은 Tamagawa 등[5]의 방법에 따라 다음과 같이 실시하였다. 즉 *n*-Hexane으로 탈지한 시료 1 kg에 75%(v/v) 에탄올 10 L를 가하여 Polytron Homogenizer로 분쇄(8,000 rpm, 10분), 추출 후 흡인여과 하였다. 얻어진 추출액을 30℃ 이하에서 감압농축시켜 에탄올을 완전히 제거한 다음 불용성 물질은 원심분리(5℃, 10,000 rpm, 5분)하고 상징액은 Sepabeads SP-850 수지를 탈이온수로 평형화시킨 칼럼(210×30 mm)에 유량 10 mL/min의 속도로 흡착시켰다. 흡착된 칼럼은 당류, 아미노산을 Molisch 반응 및 닌하이드린 반응이 음

성이 될 때까지 탈이온수로 유량 10 mL/min의 속도로 세정하였다. 이어서 흡착물(폴리페놀획분)을 2 L의 75% 에탄올로 용출시켜 30℃ 이하에서 감압농축 후 동결건조하여 담갈색 분말인 BPE를 얻었다.

3) HPLC에 의한 BPE의 분리

BPE를 일정량의 탈이온수에 용해시킨 다음 원심분리(10,000 rpm, 15분)하고 0.2 ㎛ membrane filter를 통과시킨 액을 HPLC(JASCO, Japan)에 주입하여 Vallés 등[6]의 방법에 따라 폴리페놀화합물의 분리양상을 조사하였다.

4) 전자공여능 측정

BPE의 전자공여능(Electron Donating Ability, EDA)은 Williams 등[7]의 방법을 변형하여 측정하였다. 즉, 각 시료 1 mL에 1×10^{-4}M DPPH(α,α-diphenyl-β-picryl hydrazyl) 용액(메탄올에 용해) 2 mL를 넣고 10초간 진탕 후 30분 동안 방치한 다음 525 nm에서 흡광도를 측정하였다. EDA(%)는 [1-(시료첨가구의 흡광도/무첨가구의 흡광도)] ×100으로 나타내었다. EDA(%)로 나타낸 결과와 각 시료의 농도에 따른 DPPH의 잔존율로부터 초기 DPPH의 농도가 50% 감소될 때까지의 농도 EC_{50}을 구하여 비교하였다.

5) ACE 저해작용

시료별 BPE용액 50 μL에 ACE 조효소액 50 μL, 10 mM sodium borate buffer(pH 8.3) 100μL를 가한 후 37℃ shaking incubator에서 5분간 반응시켰다. 이 반응액에 기질인 Hippuryl-His-Leu 용액 50 μL를 가하여 37℃에서 30분간 반응시킨 후 1N HCl 250 μL를 가하여 반응을 종료시켰다. 여기에 ethyl acetate 1.5 mL를 가한 다음 vortex mixer로 15초간 혼합한 후 3,000 rpm에서 5분간 원심분리하고 상징액 1 mL를 취하였다. 이 상징액을 Temp-Block heater로 120℃에서 15분간 건조시켜 ethyl acetate를 제거한 후 증류수 3 mL를 가하여 용해시킨 다음 228 nm에서 흡광도를 측정하였다. ACE 저해율(%)은 [1-(시료첨가구의 흡광도/무첨가구의 흡광도)] ×100으로 나타내었다.

6) 아질산염 소거작용 측정

BPE의 아질산염 소거작용은 Kato 등[8]의 방법에 준하여 측정하였다. 즉, 1 mM NaNO2 용액 2 mL에 BPE 용액 1 mL를 가하고 1N HCl로 pH를 1.2로 조정한 다음 증류수를 사용하여 반응액을 10 mL로 하였다. 이 액을 37℃에서 1시간 반응시킨 후 각 반응액 1 mL를 취하여 2% 초산용액 5 mL, Griss시약 0.4 mL를 가한 후 진탕하여 실온에서 15분간 방치 후 520 nm에서 흡광도를 측정하여 잔존하는 아질산량을 산출하였다. 대조구는 Griss시약 대신 증류수를 가하여 측정하였다.

아질산염 소거율(%) = [1 - (A-C)/B] ×100

A : 1 mM $NaNO_2$용액에 시료를 첨가하여 1시간 방치시킨 후의 흡광도

B : 1 mM $NaNO_2$용액의 흡광도

C : 시료자체의 흡광도

7) Superoxide dismutase(SOD) 유사활성 측정

SOD 유사활성 측정은 Kim 등[9]의 방법에 따라 BPE 시료 2 g에 tris-cacodylic acid buffer(TCB, pH 8.2) 30 mL를 가하여 2분간 혼합한 다음 4℃에서 12,000×g로 30분간 원심분리한 후 상징액을 0.1 N NaOH와 HCl로 pH 8.2로 조절하였다. 이 용액 0.9 mL에 기질로서 3 mM의 pyrogallol 0.1 mL를 혼합한 후 25℃를 유지시키면서 420 nm에서 2분간 흡광도 변화를 측정하여 pyrogallol의 산화속도를 계산하였다. SOD 유사활성(%)은 [1-(시료첨가구의 흡광도 증가율/무첨가구의 흡광도 증가율)] ×100으로 나타내었다.

라. 폴리페놀추출물(BPE)로부터 항산화성 물질의 분리 및 저장안정성 검토

1) 시약

폴리페놀 및 프로안토시아니딘 표준품은 syringic, ρ-coumaric, ferulic, vanillic, procyanidin B3와 prodelphinidin B3 등 Sigma Chemical Co.(U.S.A.)제품을, TLC plate는 서로 다른 두 가지 담체의 silica layer와 Cellulose layer로 Merck사 제품을 사용하였으며 기타 모든 시약은 특급을 사용하였다.

2) BPE로부터 프로시아니딘의 분리 및 분획

맥강 플라바놀의 크로마토그래피에 의한 분획을 위해 보리 폴리페놀추출물(BPE)을 동결건조하여 얻은 담갈색 분말을 시료로 하여 실험에 이용하였다. Sephadex LH-20을 메탄올로 팽윤시켜 충진한 pre-column(20×2.5cm)과 main column(100×2.5cm)을 연결한 후 폴리페놀추출물(BPE 1g/30mL methanol)을 pre-column에 주입시킨 다음 탈기한 메탄올 500mL을 100mL/h의 속도로 컬럼에 통과시킨 다음, pre-column을 main column으로부터 분리한 후 main column에 3L의 메탄올을 통과시켰다. 처음 용출되는 500mL는 버리고 다음의 1.5L는 튜브당 13mL씩 분취하여 단순 플라바놀을 얻은 다음 나머지는 500mL씩 분취하였다. 마지막 획분은 pre-column에 500mL의 아세톤:메탄올(1:1) 용액을 통과시켜 얻었고 플라바노이드성 탄닌은 pre-column과 main column에서 늦게 용출되는 획분으로부터 회수하였다[10]. 이와 같이 얻은 획분을 농축하여 분획물의 향, 색 등에 대한 관능특성을 검토하고 HPLC(JASCO, Japan)에 의해 단순 플라바놀 및 플라바노이드성 탄닌을 분리하였다. 이때 분석조건은 전항에서 기술한 방법[6]과 같이 하였다.

3) BPE로부터 hydroxycinnamic acids의 분리정량

보리 폴리페놀추출물(맥강) 시료의 폴리페놀성분을 분리, 동정하였다. BPE시료 10mg을 1M NaOH 0.55ml에 용해시켜 질소충진하에 20℃에서 16시간 방치한 다음 원심분리(20000×g, 15min, 10℃)하여 상등액을 취하였다. 이 상등액에 acetic acid 200ul를 가해 pH 3으로 산성화시킨 후 동량의 ethylacetate로 5회 반복 추출하였다. 시료는 추출 동안 빛을 차단하였고, 감압농축하여 얻은 건조시료를 methanol/water(50:50, v/v) 0.5ml로 녹여 0.45um filter를 통과시켜 얻어진 것을 최종 시료로 사용하여 보리도정부산물 알칼리 추출물의 hydroxycinnamic acids(ferulic acid와 ρ-coumaric acids)를 HPLC((JASCO, Japen)로 분리하였다[11]. 이때 분석조건은 Table 1과 같다.

Table 1. HPLC working conditions for hydroxycinnamic acids analysis

Column: Waters Nova-pack C18(3.9x300mm)
Eluent: 0.05% phosphoric acid(pH 2.8) in methanol(start)→0.05% phosphoric acid in 0min, 2% ; 0.1-50min, 50% ; 51-60min, 50% ; 61-65min, 2% methanol(final)
Flow rate: 0.5ml/min, detector: UV 280nm

4) TLC에 의한 플라바놀 획분의 분리

맥강에 포함되어 있는 플라바놀 성분을 분리, 확인하기 위하여 2가지의 서로 다른 담체의 TLC plate(silica gel 60 plate, cellulose 60 plate 20×20cm)를 사용하여 실험하였다[10]. 전개용매는 toluene : acetone : formic acid(silica gel 60 plate)를 30:60:10(v/v), isoamyl alcohol : acetic acid : water(cellulose 60 plate)를 2:1:1(v/v)로 섞어 사용하였으며, 전개 후 p-diethylaminocinnam-aldehyde(DAC)용액을 분무, 건조하여 확인하였다. Vanillic, caffeic, ferulic, p-coumaric, syringic, procyanidin B3 및 prodelphinidin B3 등(Sigma)을 표준품으로 사용하여 R_f값을 비교하였다.

5) 폴리페놀추출물(BPE)의 저장안정성

보리 폴리페놀획분으로 얻어진 담갈색 분말의 폴리페놀추출물(BPE I)을 실온(25℃)과 37℃에서 9주 동안 보관하면서 3주 간격으로 총 폴리페놀함량 및 DPPH(α, α-diphenyl-β-picrylhydrazyl)에 대한 전자공여능(EDA%)을 측정하여 BPE의 저장안정성을 검토하였다.

총 폴리페놀 함량 측정은 Folin-Denis방법[4]을 변형하여 실시하였다. 전자공여능은 Williams[7]의 방법을 변형하여 전항에서 기술한 방법에 따라 실시하였다.

마. BPE의 천연 항산화제로서 활용기술

1) 시료 및 시약

보리 도정부산물로부터 폴리페놀추출물(BPE)은 전항에서 기술한 방법[5]에 따라 조제하였고 시료 및 기질로 사용한 유지는 영미산업(경기 용인)에서 생산된 항산화제가 첨가되지 않은 옥배유로서 그 이화학적 특성 및 지방산 조성은 Table 2와 같다. 표준시약인 linoleic acid, α-tocophenol 및 BHT는 Sigma사 제품을 사용하였고, 추출용매와 그 밖의 모든 시약은 특급시약을 사용하였다.

Table 2. Physicochemical characteristics of corn oil used as a substrate

Specific gravity(25/25℃)	0.919
Refractive index(25℃)	1.4728
Moisture(%)	0.008
Unsaponifiable matters(%)	0.98
Acid value	0.084
Saponification	194.0
Iodine value	123.4
Lovibond color($5^1/_4$" cell)	10.0Y/1.8R
Cold test(hr)	76
Fatty acid composition(%)	
16 : 0	11.06
16 : 1	0.15
18 : 0	2.13
18 : 1	28.86
18 : 2	56.64
18 : 3	0.63
20 : 0	0.55

2) 리놀산에 대한 항산화력 측정

BPE의 linoleic acid에 대한 항산화 효과는 Mitsuda 등[12]의 방법에 의한 TBA(thiobarbituric acid) 측정법을 이용하여 측정하였다. 즉 linoleic acid를 0.03 M이 되도록 0.1 M phosphate buffer(pH 7.0)와 ethanol 혼합용매(4:1, v/v)에 첨가하여 기질용액을 조제하고, 기질용액 20 mL에 0.1 M phosphate buffer 19.3 mL와 시료용액을 0.02% 수준으로 첨가하여 40±1℃ 항온기에서 96시간까지 진탕반응시키면서 시료를 채취하여 경시적으로 TBA가를 측정하였다. TBA가 측정은 시료 2 mL에 35% TCA(trichloroacetic acid)용액 1 mL와 0.75% TBA 시약 2.0 mL를 가하여 혼합한 후 끓는 수욕조에서 40분간 반응시킨 후 실온으로 냉각하고 acetic acid 1.0 mL와 chloroform 2.0 mL를 가해 3000×g에서 5분간 원심분리한 다음 상징액의 흡광도를 532 nm에서 측정하여 TBA값을 구하였다.

3) 자동산화에 대한 항산화효과

BPE를 에탄올에 녹인 후 기질유지인 옥배유에 각각 0.02% 및 0.1% 농도로 첨가하였으며 대조구로는 일정량의 에탄올만을 첨가한 옥배유를 사용하였다. 또한 기

존 항산화제와의 항산화력을 비교하기 위하여 BHT와 α-tocopherol을 법정 허용량인 0.02%씩 첨가하여 사용하였다. 이와 같이 제조된 각 시료들은 60±2℃로 35일간 저장하면서 과산화물가(peroxide value, POV)와 공액이중산가(conjugated diene value)의 변화를 측정하였다. 과산화물가는 A.O.C.S. Cd8-53법[13]을 이용하여 meq/kg oil로 나타내었으며, CDV는 A.O.C.S. Ti-64법[13]에 따라 UV-VIS Spectrophotometer(DU® 650, Backman, U.S.A)를 사용하여 233 nm에서 흡광도를 측정하였다.

BPE의 유지에 대한 상대적 항산화효과(relative antioxidant effectiveness, RAE)는 Ahn[14]의 방법에 따라 산출하였다. 기질로 사용한 옥배유의 과산화물가가 40 meq/kg oil에 도달하는 시간(day)을 유도기간(induction period, IP)으로 임의적으로 설정한 다음, 대조구의 유도기간에 대한 BPE가 첨가된 옥배유의 유도기간으로부터 다음 식에 따라 RAE를 산출하였다.

$$RAE = \frac{IS}{IC} \times 100$$

IC : Induction period of control

IS : Induction period of sample incubated with antioxiadant

바. BPE의 혈당강하 및 과산화억제 효과

1) 시료

보리 도정부산물로부터 조제한 폴리페놀추출물(BPE)로서 맥강획분(BPE)과 배아획분(BPE Ⅳ)을 200ppm 농도의 음용수로 만들어 급여하였다.

2) 실험동물 및 당뇨유발

실험동물은 Sprague-Dawley rats(250±10g)을 대상으로 streptozotocin(STZ, A0130, Sigma)을 실험동물 체중 1kg당 45 mg이 되도록 복강 주사하고 3일 후 안와채혈법으로 혈당을 측정하여 300 mg/dL 이상인 동물을 선별하였다.

3) 혈당측정

혈당은 Precision Plus TM Electrodes(Medisense Contract Manufacturing Ltd, United Kingdom)를 사용하여 2주 동안 측정하였다.

4) Liver index측정

2주간 200 ppm 농도의 음용수를 섭취한 당뇨쥐 간장의 무게를 쥐의 체중 100 g 당으로 환산하여 단위체중 당 간무게를 측정하여 liver index를 산출하였다.

5) 과산화억제 효과

In vitro상에서 맥강획분(BPE Ⅰ)과 배아획분(BPEⅣ)의 과산화억제 효과 Bishayee의 방법[15]에 따라 반응액을 조제하고, Ohkawa 등의 방법[16]으로 반응액을 발색시켜 532nm에서 흡광도를 측정하여 지질과산화 억제율을 각 대조구의 흡광도에 대한 저해율(%)로 나타내었다.

Inhibition rate(%) = $(A_0-A_1/A_0) \times 100$

A_0 : Absorbance of the control reaction

A_1 : Absorbance of the test compound

사. 배아획분의 볶음처리에 따른 특성 변화

1) 볶음처리

보리 배아를 회전식 볶음장치(Probat Co., Germany)를 사용, 볶음온도를 180℃로 하고 볶음시간을 0, 3, 5, 7, 9분까지 달리하면서 시료를 조제하였다.

2) 착유수율

보리 배아유는 배아를 분쇄하여 30 mesh체를 통과시키고 *n*-hexane(시료:용매=1:5)을 사용하여 상온에서 5회 반복 추출한 다음 여과하고 추출물은 40℃ 이하에서 감압농축하여 용매를 제거한 후 동량의 n-hexane에 재용해시키고 미량의 잔존 불순물을 제거하기 위해 원심분리(2,000×g, 20분)하고 용매를 다시 제거한 뒤 vial에 담아 질소충진하고 밀봉한 뒤 -15℃에서 보관하면서 시료로 사용하였다. 보리 배아유의 착유수율은 *n*-hexane을 사용한 Soxhlet법으로 지방을 추출하고 용매제거

후의 중량을 측정하여 착유수율을 구하였다.

3) 유리당

전항에 기술한 방법[2]에 따라 실시하였다.

4) 유리아미노산

시료의 전처리는 최[17]의 방법에 따라 다음과 같이 실시하였다. 즉 탈지시료 5 g을 취하여 75% ethanol 용액으로 유리아미노산을 추출한 후 여과하고 여액을 25 mL로 감압농축시킨 뒤 농축액에 25% trichloroacetic acid(TCA) 20 mL를 가하여 단백질을 침전시키고 원심분리하였다. 상징액을 취하여 diethyl ether로 TCA를 추출제거한 뒤 Amberlite IR 120(H^+)에 통과시켜 아미노산을 흡착시킨 뒤 암모니아 용액으로 용출시켰다. 용출액을 감압농축하여 암모니아를 제거한 후 HPLC(JASCO, Japan)에 의해 분리·정량하였다.

5) Tocols 및 지방산

전항에 기술한 방법[3]에 따라 실시하였다.

6) 갈색색소의 겔크로마토그래피

n-Hexane으로 탈지한 보리 배아 시료 5 g에 물 30 mL를 가하고 30분간 가열추출한 다음 원심분리하고 0.45 ㎛ membrane filter로 여과한 액 5 mL를 Sephadex G-25를 충진시킨 칼럼(3.2 × 45 cm)에 주입하여 20 mL/hr의 속도로 물로서 분획하였다. 용출액은 fraction collector로 5 mL씩 분취하여 400 nm에서의 흡광도를 측정하여 갈색도로 나타내었다[18].

2. 파쇄립 및 유효성분활용 가공제품 개발

가. 시료

"대맥강의 유효성분 및 활용기술 개발"에서 기술한 방법에 따라 파쇄립 등의 유용 획분을 도정부산물로부터 분획하여 사용하였다.

나. 파쇄립, 배아 등 유효획분의 혈당강하 및 과산화억제 효과

1) 실험식이

실험식이는 보리의 도정부산물로서 파쇄립, 배아, 맥강의 3군으로 나누어 각각의 시료를 80~100mesh체를 통과할 수 있는 분말상태로 만들고 이것으로 현탁액을 제조하여 하루 1회(1,000 mg/kg b.w) 경구투여 하였다.

2) 실험동물

실험동물은 평균체중이 250±10 g 내외의 Sprague-Dawley종 수컷을 일반 배합사료(삼양 Co.)로 일주일간 예비사육한 후 정상군(Normal), 당뇨대조군(DM), 시료처리군(DM-Bran, DM-Germ, DM-Broken kernel)으로 나누어 실험을 실시하였다. 이때 사육실의 온도는 22±1℃, 습도는 50±10%, 채광을 일정하게 유지하여 6주간 사육하였다.

3) 당뇨유발

당뇨유발은 실험 전 0.1M sodium citrate buffer(pH 4.3)에 용해시킨 streptozotocin(STZ, A0130, Sigma)을 45 mg/kg b.w 복강 주사하였으며, STZ 주사 3일 후 안와채혈법으로 혈당을 측정하여 300 mg/dL 이상인 동물을 선별하였다.

4) 식이섭취량, 체중 증가량 및 식이효율

식이와 식수 섭취량 및 체중은 전 실험기간을 통하여 2일 간격으로 측정하였으며, 식이효율은 당뇨유발 후 일주일간 체중 증가량을 같은 기간 동안의 식이섭취량으로 나누어 계산하였다.

5) 혈당측정

혈당은 Precision Plus TM Electrodes(Medisense Contract Manufacturing Ltd, United Kingdom)을 이용하여 매주 측정하고, 실험결과는 SAS 통계프로그램을 이용하여 분석하였으며, 그 결과는 평균값과 표준오차로 나타내었다. 시료처리군의 효과 검증을 위해 one-way ANOVA로 분석하였으며, 군간의 유의성은 Duncan's multiple test를 이용하여 $p<0.05$에서 유의성을 검증하였다.

6) 검액시료의 전처리

실험동물을 척추 분리법으로 희생시킨 후 간장, 비장 및 신장을 적출하여 무게를 측정하였다. 간장은 채취하여 0.9% NaCl로 세척한 후 무게를 측정한 뒤 -80℃에서 급속 냉동시켰으며, Homogenizer를 사용하여 10 mM 인산 완충용액(pH7.4)을 가하여 빙냉하에서 균질기로 마쇄하여 얻은 균질액 일부를(10%, w/v)을 13,000×g에서 10분간 원심분리하여 그 상징액을 과산화지질 측정에 사용하였다.

7) 혈액의 채취

혈액은 동물의 안구에서 채취하여 heparin이 처리된 시험관에 넣고, 3,000rpm에서 15분간 원심분리하여 혈장을 분리하여 생화학적 지표를 측정하였다.

8) 혈청의 과산화지질 측정

혈청의 과산화지질은 Satoh의 방법[19]을 변형하여 측정하였다. Serum 0.5mL에 20% TCA 1.0 mL를 가하여 교반한 후 원심분리를 하고 상등액 0.5 mL를 취하여 0.8% TBA 1 mL을 가하여 끓는 물에서 30분간 가열한 뒤 급냉하였다. n-Butanol 4 mL를 가하고 격렬하게 교반시켜 발색된 색소(chromogen)를 추출하고 원심분리(3,500 rpm, 10min)하여 유기용매층을 532nm에서 흡광도를 측정하였다. 과산화물 농도는 malondialdehyde로 calibration curve를 작성하여 농도를 계산하였다.

9) 간조직의 과산화억제 효과 측정

간조직의 과산화지질은 Ohkawa 등의 방법[16]에 의해 측정하였다. 전 처리된 간조직의 상징액 0.2 mL에 8.1% sodium dodecyl sulfate(SDS) 0.2 mL, 20% acetic

acid(adjusted to pH 3.5 with NaOH) 1.5 mL, 0.8% TBA 1.5 mL을 가하여 전체 부피를 4 mL로 조정한 다음 끓는 물에서 30분간 가열한 뒤 급냉하였다. n-Butanol 4 mL를 가하여 격렬하게 교반시켜 발색된 색소(chromogen)를 추출하한 다음 원심분리(3,500 rpm, 10min)하여 유기용매 층을 532nm에서 흡광도를 측정하였다. 과산화 억제율은 상법에 따라 구하였다.

다. 파쇄립을 이용한 시리얼 바의 제조

1) 이화학적 특성

일반성분, 색도, 입자크기 및 아밀로그래프에 의한 점조성 등은 전항에 기술된 방법에 따라 실시하였다. 수분흡수율은 파쇄립에 5배 량의 증류수를 가하고 실온에서 30분~6시간동안 침지시키면서 일정 시간별로 꺼내어 무게 증가량으로부터 수분흡수량을 계산하였다.

2) 파쇄립의 수침, 냉동 및 해동 처리

파쇄립을 상온에서 2시간 물에 침지한 후 표면의 물기를 제거하고 나서 -70℃의 냉동고에서 냉동 후 실온에서 해동하는 조작을 반복하였다.

3) 효소처리 파쇄립의 조제

물에 침지시켜 수분을 흡수시킨 파쇄립 중량에 대해 3배의 물을 가한 뒤 온도를 50-55℃로 조절한 다음 glucoamylase(Sumizyme, 新日本化學, Japan)를 전분 무수물로 환산하여 중량 당 0.075%가 되게 첨가하고 일정시간 반응시키고 나서 -70℃에서 동결시킨 다음 냉동건조 시켰다.

4) 파쇄립을 이용한 시리얼 바의 조제

효소처리 후 동결건조하여 얻은 파쇄립을 바인더로서 이소말토올리고당, 자일리톨, 젤라틴 등의 혼합액을 사용하여 결착시킨 다음 일정한 크기의 큐빅상(2x4x1cm)으로 절단하여 시리얼 바 형태의 제품을 조제하였다.

5) 성분분석

환원당 및 총당은 상법[20,21]에 따라 분석하였다.

6) 조직감 측정 및 관능검사

파쇄립의 조직감은 texture analyzer(Stable Micro Systems, TA-XT2, UK)를 사용하여 1 mm/sec의 속도로 40% strain하에서 20회 반복 측정하였다. 또한 훈련된 관능요원을 대상으로 단단한 정도를 평가하였고 관능검사 측정값에 대한 분산분석을 실시하여 유의성을 검정하였다.

7) 미세구조

파쇄립의 표면과 절단면을 주사전자현미경(SEM, S-2380N, Hitachi Ltd., Japan)으로 가속전압 18 kV에서 150~1,250배 확대하여 관찰하였다.

라. 파쇄립을 이용한 후레이크의 제조

1) 후레이크의 제조

파쇄립을 이용한 후레이크 제조는 스크류가 완전 맞물림형으로서 스크류 직경 31.0mm, L/D ratio 20, 모터용량은 7.5 HP의 실험용 동방향 쌍축압출성형기(백상기계공업)를 사용하였다. 원료 투입속도는 0.15 kg/min, 스크류 회전속도는 200 rpm으로 고정하였으며, 토출구는 직경 4 mm인 원형타입을 사용하였다. 압출온도를 80℃, 100℃ 및 120℃로 각기 달리하고, 원료의 수분함량을 30, 35, 40%로 조정하여 압출시켜 5 mm 크기로 절단한 pellet을 간격이 0.1 mm로 조정된 flaking roll로 flaking할 때의 절단성, roll 물림성, roll 분리성 등의 가공적성과 호화정도를 조사하여 압출시 팽화가 일어나지 않으면서 호화가 충분히 일어나는 조건을 구하고자 하였다. 한편 후레이크의 조직감을 개선하기 위한 방안의 하나로 메성 및 찰성 파쇄립의 혼합비율을 달리하여 pellet을 제조하고 flaking한 다음 수분함량이 13~15%가 되도록 실온에서 건조하고 하룻밤 tempering시킨 후 대두유로 180℃에서 frying하여 시험용 후레이크를 제조하였다.

2) 호화도

호화도는 Kainuma 등의 방법[22]에 따라 압출성형한 pellet 분말 0.15 g을 증류

수 15 mL에 분산시켜 균질기로 균질화한 후 시료액을 2개의 시험관에 분취하여 상법에 따라 시료액과 완전호화액을 제조하였다. 각각에 효소액(β-amylase와 pullulanase)을 가하고 40℃에서 30분간 반응시킨 다음 생성된 당의 환원력을 Nelson-Somogyi법으로 측정하여 환원당 함량의 비율로서 호화도를 계산하였다.

3) RVA(Rapid Visco-Analyzer)

Rapid Visco-Analyzer(RVA-3D, Newport Sci.)를 사용하여 압출성형 pellet의 호화양상을 조사하였다. Pellet 분말을 7%(w/w) 농도가 되도록 칭량하고 이에 물로써 30 mL로 정용하여 현탁시킨 후 RVA로 점도 변화를 측정하였다. 온도 프로그램은 25℃에서 95℃까지 20분간 온도를 상승시키고 95℃에서 10분간 유지시킨 다음 다시 10분 동안 50℃로 감소시킨 후 50℃에서 10분간 유지되도록 하였다.

4) 유동특성

15%(w/w) pellet 현탁액을 원통형 점도계(Hakke Viscometer RV 20, U.K.)를 사용하여 온도 25℃에서 전단속도를 0~1500 1/s로 변화시키면서 전단속도 변화에 따른 전단응력 변화를 조사하였다. 구한 측정값들은 Hakke software support version 1.2를 사용하여 점도특성을 살펴보았으며 Herschel-Bulkley model식[23,24]을 이용하여 점조도지수와 유동지수, 항복력을 구하였다.

5) 색도 및 bulk density

색차계(Color and color difference meter, UC600 IV, Yasuda Seiki Co., Japan)를 사용하여 탈지 후레이크 분말의 L, a, b 값을 측정하였다. 이때 표준색판으로는 백색판(L=92.42, a=-0.97, b=0.92)을 사용하였다. Bulk density는 아세톤으로 탈지시킨 후레이크 시료 15 g을 눈금실린더에 넣고 좁쌀을 일정량 부어 평형에 도달할 때까지 두드린 다음 측정한 부피에서 좁쌀의 부피를 뺀 시료의 부피로 하였으며 시료의 중량을 부피로 나누어 계산하였다.

6) WAI(Water Absorption Index) 및 WSI(Water Solubility Index)

Anderson 등의 방법[25]에 따라 탈지한 후레이크 분말 1.5 g을 50 mL 원심분리 튜브에 넣고 증류수 20 mL를 가하여 분산시킨 후 30℃에서 30분간 방치한 다음 25,000×g에서 30분간 원심분리하였다. 상징액을 미리 항량을 구한 수기에 넣어 105℃에서 건조시켜 고형분량을 측정하여 WSI를 산출하였으며, WAI는 원심분리하여 침전된 침전물의 무게를 측정하여 건조시료 1 g당 함유된 수분 무게로 나타내었다.

7) 압착강도

압착강도는 TX-XT2 Texture analyzer(Stable Micro Systems, England)를 사용하여 후레이크 15 g을 직경 44 mm, 높이 88 mm의 원통형 용기에 넣고 직경 40 mm 원형 plate type의 probe를 사용하여 2.0 mm/sec의 test speed에서 시료 높이의 50%까지 압착하여 걸리는 힘으로 강도를 나타내었다.

8) 미세구조

후레이크의 절단면을 주사전자현미경(SEM, S-2380N, Hitachi Ltd., Japan)으로 가속전압 15 kV에서 150배로 관찰하였다.

마. 배아획분을 첨가한 쿠키의 제조

1) 재료

본 실험에 사용한 배아는 사별(16 mesh)에 의해 분리하였고 쿠키용 밀가루는 대한제분의 것을 사용하였으며 밀가루의 일반성분은 단백질 8.46%, 수분 10.20%, 회분 0.45%이었다.

2) 성분분석

보리 배아의 단백질, 수분, 회분함량은 AACC 46-13, 44-15A 및 08-01법[26]으로, 지방함량은 AOAC법[27]에 따라 분석하였다.

3) 쿠키의 조제

Sugar-snap 쿠키는 AACC 10-52법에 따라 다음과 같이 조제하였다. 즉 보리배아를 밀가루에 대해 0, 10, 20, 30 및 40% 대체한 주원료를 Table 3과 같은 배합비에 따라 쿠키를 조제하였다. 쿠키반죽은 National Micro-Mixer(Nationa Mfg, Lincolin, NE, USA)를 사용, head speed 172rpm으로 하여 조제하였고 반죽은 7 mm 두께로 하여 cookie cutter(내경 60 mm)로 절단하였다. 절단 후 바로 205℃로 조절된 오븐에서 11분간 구운 후 5분간 냉각시키고 나서 baking sheet로부터 분리하였다. 이후 상온까지 방냉시키고 플라스틱백에 넣어 사용 시까지 보관하였다.

Table 3. Formulation of sugar-snap cookies with barley germ substitution

	Flour substituted with barley germ (%)				
Ingredients	0	10	20	30	40
Flour,14% mb (g)	100	90	80	70	60
Barley germ (g)	0	10	20	30	40
Sugar (g)	60	60	60	60	60
Shortening (g)	30	30	30	30	30
NFDM1) (g)	3	3	3	3	3
$NaHCO_3$ (g)	1	1	1	1	1
Solution A2) (mL)	10	10	10	10	10
Solution B3) (mL)	5	5	5	5	5

1)Non fat dry milk.

2)Prepared by dissolving 79.8 g $NaHCO_3$ in 1 L of deionized water.

3)Prepared by dissolving 101.6 g NH_4Cl + 88.9 g NaCl in 1 L of deionized water.

4) 물리적 특성

냉각시킨 쿠키의 직경과 두께를 측정하였고 퍼짐성 즉 쿠키의 두께에 대한 직경(D/T)은 AACC법에 따라 계산하였다. 쿠키의 체적은 유채씨 대체법[28]으로 측정하였고 비중은 쿠키의 체적에 대한 중량비로 산출하였다.

5) 색깔

쿠키반죽과 쿠키의 색깔은 color and color difference meter(Minolta CR-200, Japan)를 사용하여 L, a, b값을 측정하였다.

6) 조직감

쿠키의 조직특성은 TA.X T2 조직감측정기(Stable Micro System, England)를 사용하여 snap test로 측정하였다[29-31]. 최대경도와 기울기는 각각 쿠키의 경도와 부서짐성을 나타낸다. Snapping force(S.E)는 다음 식으로 나타내었다.

S.E=(2/3σ bh2)/L

여기서 σ는 파쇄시 최대값, b는 쿠키의 직경, h는 쿠키의 두께, L은 하부 지지체 사이의 거리. 4.1cm 거리의 것을 사용하였고 1샘플 당 8회 반복 측정하였다.

7) 관능평가

관능평가는 훈련된 11명의 패널을 구성하여 실시하였다. 9점법으로 평가하였고 대단히 좋다를 9, 대단히 싫다를 1점으로 하였다.

Top grain, 색, 향, 경도, 조직감, 입안에서의 감촉, 전반적인 기호도 등을 조사하였다. 조제한 시료는 관능평가를 실시하기 전 실온에서 3~5시간 유지한 다음 사용하였다.

8) 산화안정성

대조구 쿠키와 20% 보리배아를 첨가하여 만든 쿠키는 플라스틱백에 포장한 뒤 60℃의 항온기에 30일간 저장하면서 저장 중 6일 간격으로 쿠키를 끄집어내어 속시렛 장치를 사용하여 유지를 추출하고 과산화물가(AOAC Cd 8-53)와 산가(AOAC Cd 3a-63)[32]를 측정하였다.

9) 통계

모든 관능검사의 결과는 SAS 통계프로그램을 이용하여 ANOVA분석을 하고 Duncan's multiple range test로 시료간의 유의차를 검증하였다.

바. 파쇄립을 이용한 레토르트 죽의 조제

1) 레토르트 죽의 제조

보리는 쌀에 비하여 수분흡수속도가 늦고, 취반이 어려운 반면 가열에 의해서도 입자가 퍼지지 않고 형태를 유지하는 특성[33]을 가지고 있는 점을 활용하여 파쇄립을 레토르트죽 제품의 원료로 사용하고자 하였다. 즉 전통적인 보리죽 제조방법[34]을 응용한 예비실험을 통하여 보리 파쇄립에 보리배아(3%, 5%, 7%, 9%), 쇠고기분말, 치킨분말, chicken bouillon cubes, 분말채소 등의 첨가물을 결정한 후 소량의 옥수수전분과 분말유크림(1:2) 혼합분을 첨가하고 예비가열처리(3분, 5분, 7분, 9분)한 다음 가압살균(121℃, 20분)하여 레토르트파우치 형태의 제품으로 하였다.

2) 관능검사

예비실험을 통해 결정된 각 조건별로 제조한 파쇄립죽은 제조 즉시 보온 용기에 담아 보관하면서 10명의 훈련된 패널을 통해 3회 반복 관능적 평가를 실시하였다. 관능평가항목은 외관(Appearance), 향미(Flavor), 파쇄립의 맛(Taste), 조직감(Texture), 입자의 퍼짐성(Spreadability of particles)과 전체적인 기호도(Acceptability)를 평가하였다. 특성평가는 순위법과 9점척도법을 사용하였다.

3) 통계분석

파쇄립의 최적 첨가수준 및 기호도를 조사하기 위한 관능검사 결과는 통계패키지인 SAS(Statistical Analysis System)에 의한 분산분석과 Duncan의 다중검정으로 통계적 유의성을 검토하였다.($p>0.05$)

사. 파쇄립·배아 혼합음료의 제조

1) 파쇄립 및 배아 추출물 조제

파쇄립 중량에 대해 2배 량의 물을 가하고 autoclave상에서 100℃, 15분간 호화시켰다. 호화된 시료에 파쇄립 대비 15배 량 가수하고 균질화한 후 착즙하여 파쇄립 추출물을 제조하였다. 배아 추출물은 예비실험시 볶음처리구별(0, 1, 3, 5분)로

관능검사를 통하여 색, 맛, 향 그리고 기호도면에서 매우 우수하다고 평가된 3분 볶음처리 배아를 분쇄하고 배아 대비 15배 량 가수하여 가열 추출한 후 균질화한 다음 착즙하여 배아추출물 시료로 사용하였다.

2) 혼합음료의 제조

혼합음료의 제조를 위해 파쇄립과 배아 추출물을 일정비율 혼합하여 가장 관능적으로 우수하게 평가된 파쇄립과 배아 1:1 혼합액을 이용하여 음료를 제조하였다. 또한 현탁안정성[35]을 위해 Tween 80과 잔탄검의 함량은 음료제조 후 침전물형성을 막고 맛의 변화에 영향을 미치지 않는 최소한의 농도를 결정하여(Tween 80: 0.005~0.03%, 잔탄검:0.01~0.03%)음료제조에 사용하였다. 또한 천연항균제인 DF-100을 소량 첨가하여 최종적으로 배합을 마친 후 병에 충전하고 밀봉한 다음 100℃에서 10~15간 살균처리 하였다. 조제한 혼합음료는 4℃와 37℃에서 7주 동안 저장하면서 안정성을 평가하였다.

3) 미생물 검사

혼합음료의 저장온도와 저장기간에 따른 총균수와 대장균군 등에 대한 미생물검사를 실시하였다.

4) 통계분석

파쇄립의 최적 첨가수준 및 기호도 조사를 위한 관능검사 결과는 통계패키지인 SAS(Statistical Analysis System)에 의한 분산분석과 Duncan의 다중검정으로 통계적 유의성을 검토하였다.($p>0.05$)

3. 대맥강 식이섬유소재 활용기술 개발

가. 재료

본 실험에 사용한 보리 도정부산물인 대맥강(大麥糠)은 정원산업(전남 보성)으로부터 제공받았다. 쌀보리로부터 할맥을 생산하는 공정에서 대맥강을 수거하였으며,

할맥제조공정은 Fig. 1과 같다. 즉 연마기의 대수를 기준으로 깍여지는 순서에 따라 연마기 1~4로부터 얻은 획분을 대맥강 I, 연마기 5~20으로부터 얻은 것을 대맥강 II, 연마기 21~24로부터 얻은 것을 대맥강 III으로 구분하여 시험에 사용하였다.

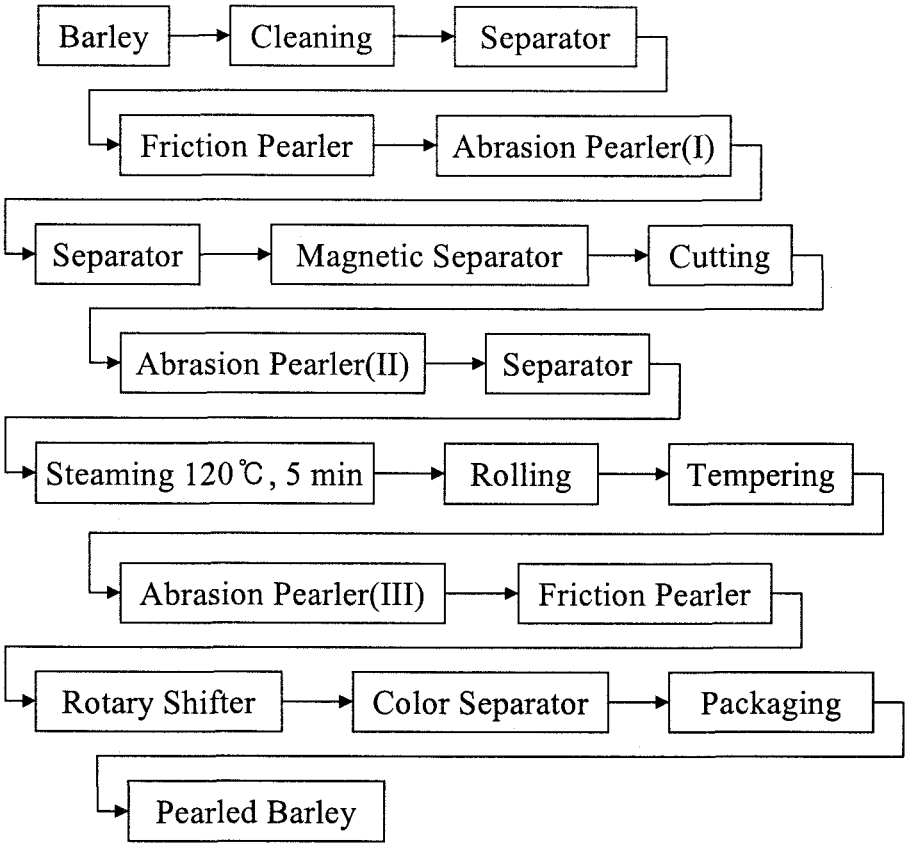


Fig. 1. Processing for manufacturing pearled barley.

나. 대맥강 식이섬유 소재의 추출 및 분리기술

1) 대맥강 원료의 이화학적 특성 및 전처리

가) 일반성분의 분석

대맥강의 일반성분 분석은 AACC 방법[26]에 따라, 수분함량은 Air-oven법(AACC 44-15A)으로, 조단백질은 KJELTEC AUTO 1030 Analyzer(Tecator Co.,

Sweden)를 사용하여 Micro-Kjeldahl법(AACC 46-13)으로, 회분은 건식회화법(AACC 08-01)으로 분석하였으며, 조지방은 Soxhlet법[27]으로 측정하였다.

나) 색도

대맥강의 색도는 Color and color difference meter(Minolta CR-200, Japan)를 이용하여 표면색도 값인 L(lightness), a(redness/greenness), b(yellowness/blueness)를 측정하였다.

다) 입자크기

대맥강의 입자크기는 50 g의 분말을 18, 30, 60, 100, 120, 200, 230, 325 mesh 표준체를 사용하여 Ro-Tap sieve shaker(W.S. Tyler Co. USA)에서 1시간동안 진탕한 후 각 mesh를 통과하는 대맥강의 중량으로 측정하였다.

라) 수분흡수지수, 수분용해도지수 및 Oil 흡수력

대맥강의 수분흡수지수, 수분용해도지수는 Anderson 등의 방법[25]으로 측정하였고 Oil 흡수력은 다음과 같이 측정하였다. 즉 시료 0.5 g과 corn oil(Mazola) 5 mL를 원심분리용 시험관에 넣고 30분 동안 10분 간격으로 30초씩 저어준 후 10,000 rpm에서 25분간 원심분리 후 oil을 제거한 다음 무게를 측정하여 % oil 흡수력을 산출하였다.

마) 식이섬유의 분석

대맥강의 수용성 식이섬유(SDF), 불용성 식이섬유(IDF), 총 식이섬유(TDF)함량은 Prosky 등[37]의 방법에 따라 dietary fiber assay kit(Sigma Chemical Co., USA)를 사용하여 측정하였다.

바) β-glucan의 분석

수용성, 불용성 및 총β-glucan 함량은 McCleary와 Glennie-Holmes의 효소적 방법[38]에 의하여 β-glucan assay kit(Megazyme Pty, Ltd., Ireland)를 사용하여 측정하였다.

사) 식이섬유 강화 획분의 제조

대맥강을 325 mesh의 표준체로 1시간 동안 체질한 다음 체에 남은 부분을 pin mill(경창기계, model SC-1B)을 사용하여 분쇄하고 325 mesh로 다시 한번 체질하여 식이섬유가 강화된 획분으로 제조하였다.

2) 대맥강 식이섬유의 추출 및 정제

가) 추출시간 및 온도에 따른 β-glucan의 용해성

추출시간이 대맥강 β-glucan의 용해성에 미치는 영향을 조사하기 위해 대맥강 시료 0.5 g을 38℃ 진탕항온기에서 30 mL의 증류수로 15~120분 동안 추출하였다. 추출시간별(15분, 30분, 60분, 90분, 120분)로 수용성 β-glucan을 원심분리하여 제거한 후 침전물의 불용성 β-glucan 함량을 분석하였으며 β-glucan 용해성은 총 β-glucan 함량에 대한 수용성 β-glucan 함량의 백분율인 % 용해성으로 나타내었다. 추출온도에 따른 β-glucan의 용해성은 20℃, 45℃, 65℃에서 시료의 수용성 β-glucan을 2시간동안 추출한 후 불용성 β-glucan의 함량을 분석하여 용해성을 산출하였다.

나) β-Glucan 의 추출 및 crude β-glucan의 분리

대맥강의 β-glucan은 Wood 등의 방법[39]에 따라 추출하였다. 즉, 대맥강에 증류수를 1:10의 비율로 첨가한 즉시 20%(w/v) sodium carbonate로 pH 10으로 조절한 다음 45℃에서 30분간 강하게 교반하면서 추출하였다. 한편 추출용매를 달리하여 β-glucan의 추출 특성을 조사하였다. 대맥강에 pH 7로 조절된 증류수를 1:10의 비율로 첨가하여 45℃에서 30분간 추출하였으며, 대맥강에 4% NaOH 용액을 1:50의 비율로 첨가하여 실온에서 18시간 추출하였다.

대맥강 추출물을 원심분리(15,000×g, 15 min, 5℃)하여 상징액만을 취하여 2M HCl로 pH 4.0으로 조정한 후 다시 원심분리(21,000×g, 20 min, 5℃)하고, 상징액을 iso-propyl alcohol(IPA)의 50% 용액으로 조절한 후 침전물을 하룻밤 방치한 다음 원심분리(21,000×g, 20 min, 5℃)한 후 IPA로 재현탁하여 Homogenizer(Taitec, Model HP-93F, Japan)로 분쇄하였다. 이를 여과지상에서 IPA로 세척, 여과하여 실온에서 이틀동안 건조하여 crude β-glucan을 분리하였다(Fig. 2).

다) β-Glucan의 정제

Crude β-glucan을 증류수에 0.3%(w/v)되도록 분산시키고 90℃로 가열하여 용해시켰다. 이를 15,000×g에서 15분간 원심분리하여 상징액을 취하고 ammonium sulfate를 30%(w/v)가 되도록 첨가하였다. 이 용액을 4℃에서 2시간 방치하고 원심분리(15,000×g, 15 min)하여 얻은 침전물을 증류수에 재분산시키고 가열 용해시켰다. 이를 냉각한 후 투석을 실시하였다. 다시 찬 acetone을 50%(v/v)이 되도록 첨가하고 얻어진 침전물을 원심분리로 회수한 후 증류수에 녹이고 투석을 실시하였다. 투석은 MWCO 6,000~8,000(Spectrum Medical Industry, USA)의 막으로 20배 부피의 증류수로 실시하였으며 4시간 간격으로 증류수를 교환하였다. 투석을 실시한 용액을 pH 6.9로 조절하고 α-amylase(1013U/100 mL β-glucan 용액)를 첨가한 후 40℃에서 1시간 반응시켰다. 효소처리한 용액을 다시 pH 7.5로 조절한 후 protease(70U/100 mL β-glucan 용액)를 첨가하여 40℃에서 1시간 반응시켰다. 반응 후 100℃에서 20분간 가열하여 효소를 불활성화시키고 원심분리로 상징액만을 분리해 투석을 실시하였다. 투석된 용액을 96시간동안 동결건조를 실시하였다. 전체 정제과정은 Fig. 3에 요약되어 있다.

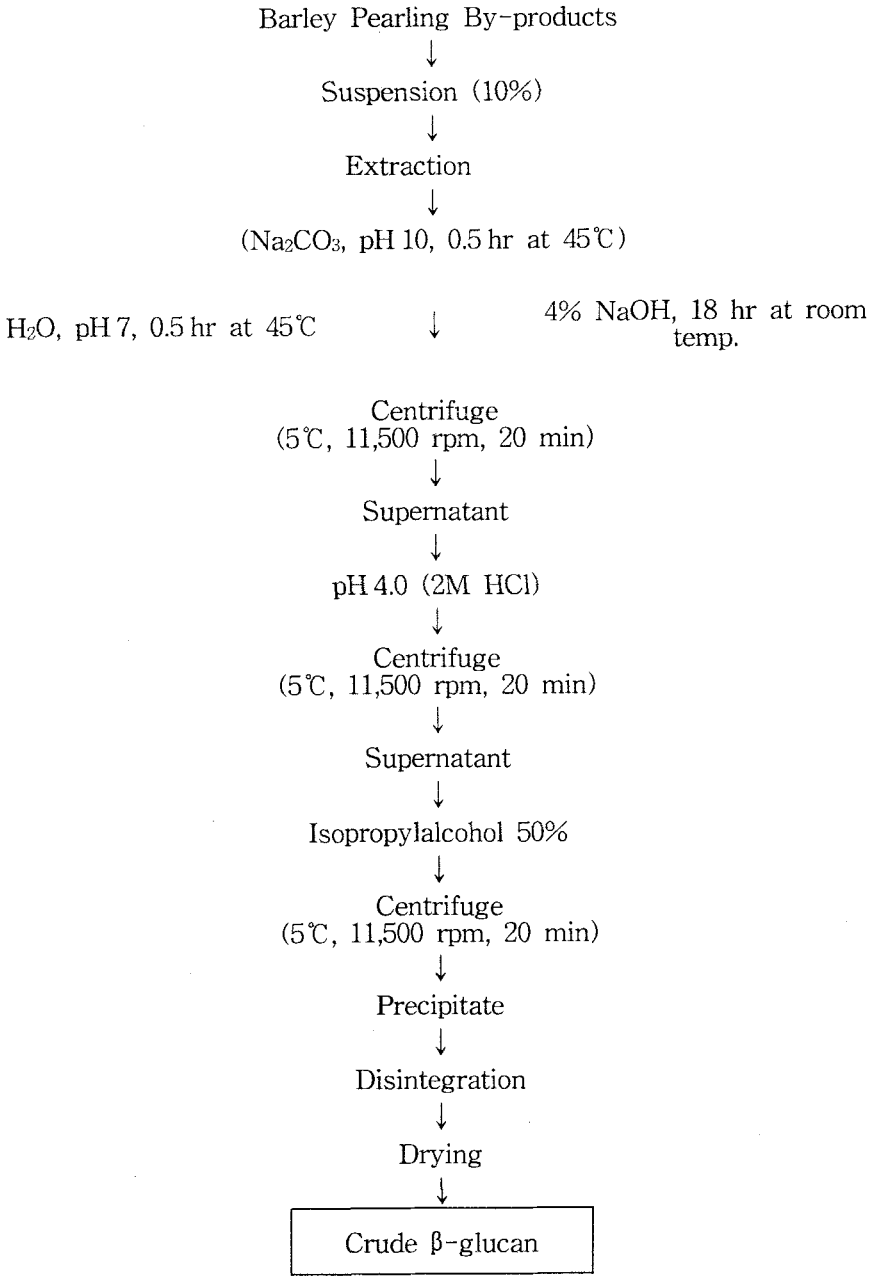


Fig. 2. Preparation of crude β-glucan from barley pearling by-products

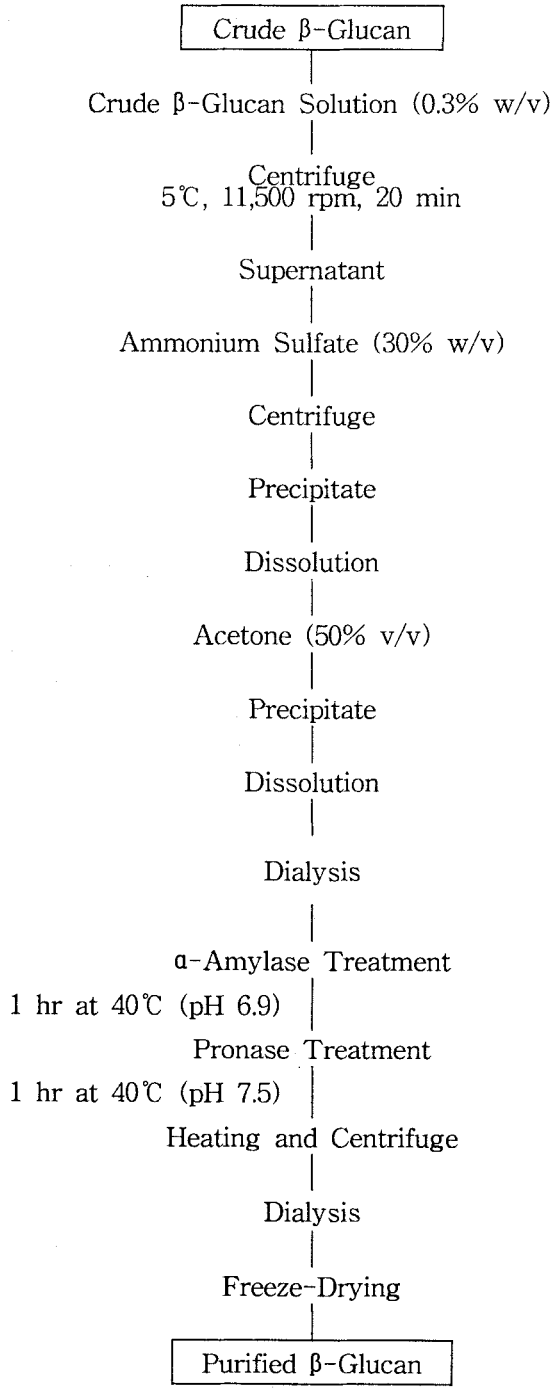


Fig. 3. Preparation of purified β-glucan from barley pearling by-products

다. 대맥강 식이섬유소재의 기능적 특성

1) 대맥강 β-glucan의 이화학적 분석

가) 분리 β-glucan의 화학성분 분석

대맥강으로부터 분리한 β-glucan의 수분 함량은 AACC 방법[26]에 따라 air-oven 법(AACC 44-15A)으로 분석하였으며 단백질 함량은 Kjeldahl법(AACC 46-11)으로 분석하였다. 분리한 β-glucan의 총 β-glucan 함량은 McCleary와 Glennie-Holmes의 효소적 방법[38]에 의하여 Megazyme β-glucan assay kit(Megazyme Pty, Ltd., Ireland)를 사용하여 측정하였다.

분리 β-glucan의 구성당을 분석하기 위하여 Henry의 방법[40]에 따라 산 가수분해를 하고 Blakeney 등의 방법[41]에 의해 alditol acetate 유도체로 전환시킨 후 GC로 분석하였다. GC 분석은 SP-2330 capillary column (0.2㎛ film, 0.25 mm i.d. × 15 m, Supelco)이 장착된 Hewlett-Packard gas chromatograph를 사용하였다.

나) 분자량 측정

β-Glucan의 분자량은 겔여과크로마토그래피에 의해 측정하였다. 15 mg의 β-glucan을 0.25 M NaCl 용액에 용해시킨 후 syringe filter로 여과하였으며 시료 1 mL를 2.6×90 cm Sephacryl S-500 column(Pharmacia Fine Chemicals, Uppsala, Sweden)에 주입하였다. 이동상은 0.25 M NaCl 용액으로 1.76 mL/min의 유속으로 이동시켰으며 용액을 5 mL씩 획분하였다. Column은 dextran T fraction(T10, T70, T500, T2000)으로 calibration하였으며 dextran 표준품은 분자량이 각각 1×10^4, 7×10^4, 5×10^5, 2×10^6 daltons였다. 각 분획별 β-glucan의 농도는 anthrone 비색법[42]에 의해 분석하였다

다) 분리 β-glucan의 점도

대맥강으로부터 분리한 β-glucan을 증류수를 사용하여 1~2%(w/v)의 농도로 용해시킨 용액으로 조제하였다. β-Glucan 용액 9 mL를 취하여 Haake Rotovisco RV20 점도계(Sensor system NV, Germany)를 사용하여 23℃에서 전단속도를 0~800 1/s까지 증가시키면서 용액의 겉보기 점도를 측정하였다.

라) 대맥강 β-glucan의 DSC 분석

(1) 보리전분의 추출 및 정제

보리전분의 추출 및 정제는 MacGregor 방법[43]을 사용하였다. 즉, 0.02 M acetate buffer (pH 6.5)에 $HgCl_2$를 0.01 M되게 첨가한 용액에 세척한 보리를 20℃에서 24시간 동안 침지하였다. 침지한 보리는 증류수로 4~5회 수세한 후 믹서기를 사용하여 마쇄하였고, 얻어진 마쇄용액을 100과 200 mesh의 체를 사용하여 sieving하였다. 체에 남은 잔사는 믹서기를 사용하여 재마쇄한 후 sieving을 하고 위에서 얻어진 액과 합하여 일정시간 방치한 다음 여액을 버리고 증류수를 가하는 과정을 3번 반복하였다. 침전된 조전분은 5,000×g에서 10분간 원심분리를 한 후 상징액을 버리고 전분유액의 1/8(v/v)에 상당하는 toluene을 가하여 진탕기에서 200 rpm의 속도로 8시간 동안 진탕하였다. 진탕한 전분유액을 원심분리한 후 상징액을 버리고 toluene을 가하는 조작을 1회 더 반복하였다. 원심분리하여 toluene을 제거한 전분에 증류수를 가하고 현탁시킨 후 원심분리하였고 이 과정은 최소 10회이상 반복하였다. 이와 같이하여 얻어진 전분을 실온에서 2일 동안 건조한 후 유발을 사용하여 조심스럽게 분쇄한 다음 60 mesh 체를 통과시켜 플라스틱 시료통에 밀봉하여 냉장고에 보관하면서 실험에 사용하였다.

(2) 시차주사열량계(DSC) 분석

전분과 대맥강 분리 β-glucan의 혼합비율에 따른 DSC 특성을 조사하기 위하여 전분과 β-glucan을 일정비율(10:0~8:2)로 혼합한 후 시료(3 mg)와 증류수를 1:2(w/w)의 비율로 stainless steel pan에 넣고 30℃부터 120℃까지 10℃의 속도로 가열하여 흡열피크를 얻었다. 흡열피크의 면적을 계산하여 엔탈피를 측정하였고 호화개시온도 (T_0 : onset temperature), 피크온도(T_p : peak temperature) 및 완료온도(T_c : conclusion temperature)를 분석하였다.

2) 대맥강 식이섬유의 생리기능성

가) 대맥강 β-glucan의 bile acid 투과지연 효과

대맥강 β-glucan의 *in vitro* bile acid 투과지연 효과는 투석막(MWCO 6000~8000, Spectrum Medical Industries, Inc., USA)를 사용하여 투석 내액의 bile acid

가 투석 외액으로 빠져 나오는 원리를 이용하였다. 투석막 내부에 β-glucan 일정량과 0.1% sodium azide, 15 mM taurocholic acid 농도의 0.05M phosphate buffer(pH 7.0) 용액 6 mL을 넣은 다음 뚜껑이 있는 150 mL 용량의 실린더 용기에 넣어 하룻밤 시료를 수화시켰다. 이 용기에 0.05 M phosphate buffer(pH 7.0) 100 mL를 첨가한 후 37℃ water bath에서 용기가 물에 잠기게 하여 75 rpm으로 shaking 하였다. 일정한 시간 간격으로 투석 외액 1 mL씩을 취하여 taurocholic acid 함량을 Boyd 등의 방법[44]에 따라 분석하였다.

나) 대맥강 β-glucan의 glucose 투과지연 효과

대맥강 β-glucan의 *in vitro* glucose 투과지연 효과는 bile acid의 경우와 같이 투석튜브(MWCO 6000~8000, Spectrum Medical Industries, Inc., USA)를 사용하여 측정하였다. 투석막 내부에 β-glucan 일정량과 36 mg glucose를 용해시킨 0.1% sodium azide 수용액 6 mL를 넣은 후 뚜껑이 있는 150 mL 용량의 실린더 용기에 넣은 후 하룻밤 시료를 수화시켰다. 대조구의 경우에는 glucose 용액만 넣고 β-glucan 시료는 첨가하지 않았다. 이 용기에 0.1% sodium azide 용액을 100 mL 첨가한 후 37℃ water bath에서 용기가 물에 잠기게하여 75 rpm으로 shaking 하였다. 투석이 시작된 후 일정한 시간 간격으로 투석 외액 0.1 mL 씩을 취하여 glucose의 농도를 glucose oxidase 방법으로 측정하였다. 한편 대맥강 β-glucan 용액의 *in vitro* glucose 투과지연 효과 실험에서는 glucose 용액(2 g/20 mL) 또는 glucose를 포함한 1%, 2%의 농도 β-glucan 용액을 투석튜브에 넣고 1 L의 증류수에서 저어주면서 투석하였다. 0.1 mL의 dialysate를 20분 간격으로 경시적으로 채취하여 glucose의 농도를 측정하였다.

3) 대맥강 식이섬유의 구조변형 및 물성 개선

가) 대맥강 식이섬유의 효소적 변형

대맥강 β-glucan 용액에 *Bacillus subtilis* 유래 lichenase 효소를 처리하여 partially hydrolyzed β-glucan을 조제하였으며 그 특성을 조사하였다. 즉, 3.1%(w/v) β-glucan 용액 5 mL를 50 mL glass tube에 넣고 glass tube에 넣고 pH를 4.5, 6.5 및 7.0으로 조정한 후 항온수조에서(40℃, 60℃, 70℃) 15분간 유지시

켰으며, lichenase를 여러 농도로(0.001~0.04 U/mL) 첨가하여 저어주었다. 0.7 mL의 용액을 10분 간격으로(0, 10, 20, 30, 40, 50, 60분) 채취한 즉시 열처리하여 효소를 불활성 시켰다.

나) 대맥강 β-glucan의 점도

대맥강을 증류수와 알칼리조건(pH 10)에서 1:10의 비율로 첨가한 즉시 45℃에서 30분간 강하게 교반하면서 추출하였다. 이를 원심분리(15,000×g, 15분, 5℃)한 후 취한 상징액 10 mL를 Cannon-Fenske Viscometer 사용하여 20℃에서 측정하였다. Partially hydrolyzed β-glucan 용액의 점도는 Brookfield 점도계를 사용하여 20℃에서 전단속도를 증가시키면서 용액의 겉보기 점도를 측정하였다.

다) 부분 가수분해된 β-glucan의 분자량 측정

부분 가수분해된 β-glucan의 분자량은 β-glucan의 분자량 측정방법과 동일하게 겔크로마토그래피에 의해 측정하였다.

라. 대맥강 식이섬유의 식품소재화

1) 대맥강 식이섬유의 가용화 방법

가) 대맥강의 압출성형 및 볶음처리

식이섬유의 용해성 향상을 위하여 대맥강 시료를 쌍축압출성형기(FESTINA FX-60, 대창기계)를 사용하여 압출성형 처리하였으며 이때 압출성형조건으로 배럴온도를 90~120℃, 수분함량을 20~40%)로 조절하였다. 압출성형한 대맥강 시료는 65℃에서 하룻밤 건조하였으며 Cyclotec sample mill을 사용하여 분쇄한 후 분석시료로 사용하였다. 또한 대맥강 시료를 회전식 전열볶음기를 사용하여 200℃에서 95 rpm의 속도로 회전시키면서 볶음처리 하였다.

나) 대맥강 β-glucan의 용해성 측정

대맥강으로부터 분리한 β-glucan의 용해성 측정은 분리 β-glucan 10 mg을 1 mL의 증류수에 넣고 25℃에서 2시간 동안 진탕한 후 원심분리 (10,000 rpm, 5 min)하였다. 상징액 0.1 mL을 취해 β-glucan의 함량을 측정한 후 분리 β-glucan

중량을 기준으로 하여 용해된 β-glucan의 중량을 % 용해성으로 산출하였다.

2) 대맥강의 식품첨가 소재화

가) 보리도정부산물을 첨가한 국수

(1) 국수의 제조

200 g 밀가루(수분 13%), 밀가루에 대하여 대맥강을 10~50% 대체한 혼합분을 혼합기(Atlas, Macato OCM., Italy)에 넣고 소금 4 g과 증류수를 첨가한 후 10분간 반죽하였다. 반죽을 지퍼백에 넣고 밀봉하여 25℃ incubator에서 1시간 유지시킨 후 roll 간격을 3단계(4.5 mm, 3.0 mm, 2.0 mm)로 조절하여 dough sheet를 형성하였으며 폭이 4.0 cm, 두께가 2.0 mm인 국수로 제조하였다.

(2) 국수의 색도

국수의 색도는 생면과 조리한 국수를 세절한 후 표면 색도를 색차계(Minolta CR-200, Japan)를 사용하여 3회 반복 측정하였으며 그 값을 Hunter's L(명도), a(적색도), b(황색도)값으로 표시하였다.

(3) 국수의 중량, 부피, 함수율 및 국물의 탁도

국수의 중량은 생면 50 g을 500 mL의 끓는 물에 넣고 6분간 조리 후 건져서 흐르는 냉수에 30초간 냉각시킨 후 10분간 물을 뺀 무게로 계산하였다. 국수의 부피는 50 g의 국수를 500 mL의 증류수를 담은 1 L의 mass cylinder에 담근 후 증가하는 물의 부피로 계산하였다. 조리면의 함수율은 삶아서 건져낸 국수를 10분간 물기를 제거한 후 측정한 국수의 중량에서 생면의 중량을 빼고 다시 생면의 중량으로 나누어 준 후 100을 곱하여 구하였다. 조리가 끝난 국물의 탁도는 spectrophotometer(UV-1201, Shimadzu, Japan)를 사용하여 675 nm에서 흡광도로 나타내었다.

(4) 국수의 텍스쳐

조리한 국수의 텍스쳐는 TA-XT2 Texture Analyzer(TA-XT2, Stable Micro System)를 사용하여 측정하였다. 직경 4 cm, 두께 0.5 cm의 원형 probe를 이용하

여 생면과 삶은 국수의 텍스쳐를 측정하였다.

(5) 관능평가

보리국수의 관능평가는 10명의 패널을 구성하여 국수의 외관, 풍미, 맛, 종합적 기호도의 평가항목에 대해 9점 기호척도로 평가하도록 하였다. 각 항목에 대한 바람직한 정도인 기호도는 1로 갈수록 낮고 9로 갈수록 큰 것으로 나타내었다.

나) 보리도정부산물을 첨가한 쿠키

(1) 쿠키의 제조

Sugar-snap 쿠키는 AACC 10-52법에 따라 다음과 같이 조제하였다. 즉 대맥강을 밀가루에 대해 0, 10, 20, 30, 40 및 50% 대체한 주원료를 Table 4와 같은 배합비에 따라 쿠키를 조제하였다. 쿠키반죽은 National Micro-Mixer(Nationa Mfg, Lincolin, NE, USA)를 사용, head speed 172 rpm으로 하여 조제하였고 반죽은 7 mm 두께로 하여 cookie cutter(내경 60mm)로 절단하였다. 절단 후 바로 205℃로 조절된 오븐에서 11분간 구운 후 5분간 냉각시키고 나서 baking sheet로부터 분리하였다. 이후 상온까지 방냉시키고 플라스틱백에 넣어 사용 시까지 보관하였다.

Table 4. Formulation of sugar-snap cookies with barley bran substitution

Ingredients	Flour substituted with barley bran (%)					
	0	10	20	30	40	50
Flour,14% mb(g)	100	90	80	70	60	50
Barley germ(g)	0	10	20	30	40	50
Sugar(g)	60	60	60	60	60	60
Shortening(g)	30	30	30	30	30	30
NFDM[1)](g)	3	3	3	3	3	3
NaHCO(g)	1	1	1	1	1	1
Solution A[2)](mL)	10	10	10	10	10	10
Solution B[3)](mL)	5	5	5	5	5	5

1)Non fat dry milk.

2)Prepared by dissolving 79.8 g NaHCO3 in 1 L of deionized water.

3)Prepared by dissolving 101.6 g NH4Cl + 88.9 g NaCl in 1 L of deionized water.

(2) 물리적 특성

냉각시킨 쿠키의 직경과 두께를 측정하였고 퍼짐성 즉 쿠키의 두께에 대한 직경(D/T)은 AACC법에 따라 계산하였다. 쿠키의 체적은 종자치환법으로 측정하였고 비중은 쿠키의 체적에 대한 중량비로 산출하였다.

(3) 색깔

쿠키반죽과 쿠키의 색깔은 color and color difference meter(Minolta CR-200, Japan)를 사용하여 L, a, b값을 측정하였다.

(4) 관능평가

관능평가는 훈련된 경원대학교 식품생물공학과 학생 11명을 대상으로 실시하였다. 9점법으로 평가하였고 대단히 좋다를 9, 대단히 싫다를 1점으로 하여 top grain, 색, 향, 조직감, 전반적인 기호도 등을 조사하였다. 조제한 시료는 관능평가

를 실시하기 전 실온에서 3~5시간 유지한 다음 사용하였다.

다) 보리도정부산물을 첨가한 머핀

(1) 머핀의 제조

머핀의 제조는 박력분 283 g, 설탕 170 g, 소금 1.2 g, 버터 113 g, 베이킹파우더 10 g, 계란 90 g, 탈지분유 21 g과 물 170 g을 사용하여 제조하였다. 즉 밀가루, 베이킹파우더, 소금, 탈지분유는 체질하여 두고, 버터에 설탕, 계란을 넣어 크림상으로 mixer로 1분간 반죽한 후 체질한 재료들을 넣어 20초간 더 반죽하여 머핀컵에 65 g씩 취하여 Reel oven에 넣고 204℃에서 19분간 baking하였다. 대맥강을 첨가한 머핀은 박력분의 10, 20, 30, 40, 50%를 대맥강으로 대체하였으며 이때 물 첨가량은 각각 200 g, 230 g, 26 0g, 300 g, 340 g으로 조절하였다.

(2) 머핀의 부피, 무게 및 단면의 높이

머핀의 부피와 무게는 baking 후 1시간 동안 실온에서 방치한 다음에 측정하였으며 부피는 종자치환법으로 측정하였다. 머핀 단면의 높이는 머핀을 위에서 아래로 정확히 반으로 자르고 다시 반으로 자른 단면의 높이를 측정하였다.

(3) 머핀의 색도 및 조직감 측정

머핀의 색도는 top crust와 내부를 color and color difference meter(Minolta CR-200, Japan)를 사용하여 L, a, b값을 측정하였다.

머핀의 조직감은 머핀의 내부를 동일한 크기(5×5×2 cm)로 잘라 TA-XT2 Texture Analyzer(TA-XT2, Stable Micro System)를 사용하여 측정하였다. 직경 20 mm의 aluminum probe를 이용하여 0.5 mm의 속도로 10 mm까지 압축하여 머핀의 텍스쳐를 측정하였다.

(4) 관능평가

머핀의 색, grain, 풍미, 맛, 조직감 및 전체적인 기호도에 대하여 9점법으로 평가하였다.

제 2 절 결과 및 고찰

1. 대맥강의 유효성분 및 활용기술 개발

가. 도정부산물로부터 분획한 맥강, 배아 및 파쇄립의 이화학적 특성

보리는 쌀과 더불어 국민의 기본 식량으로서 큰 몫을 차지하는 곡류 중의 하나이지만 국민의 식량소비구조가 변화함에 따라 식용으로서의 보리 소비가 크게 줄어들어 주곡으로서의 위치를 상실하게 되었고 최근에는 잉여보리의 소비문제가 심각하게 대두되고 있는 실정이다. 국내에서 보리를 알곡형태의 식용으로 하기 위해 상업적으로 도정(pearling), 할맥 또는 압맥 등으로 가공처리를 할 때 보리 bran을 포함한 도정부산물의 양은 30%정도로 대단히 높지만 식용으로서의 활용방안에 대한 검토가 이루어져 있지 않아 전량이 사료용으로 이용되고 있는 실정이다[45]. 도정처리는 정맥을 얻기 위하여 껍질 뿐 만 아니라 종피(testa와 pericarp), 호분층, 외부 배유부, 그리고 배아를 점차적으로 제거하는 연삭처리 공정으로 여기에서 생성되는 부산물에는 식이섬유, tocopherols, tocotrienols 등 기능성 물질들이 풍부히 함유되어 있다. 서구에서는 밀과 귀리를 거의 대부분 롤밀에 의해 flour와 bran으로 제분하여 사용하는 것 같이, 보리 역시 밀 제분에 사용된 전통적인 밀제분기에 의해 flour와 bran으로 제분하여 이용하는 방법을 모색하고 있으며, 아직 상업적인 제분공정이 미진하지만 보리가루와 bran을 얻기 위한 제분실험이 상당히 이루어진 바 있다[46-49].

최근 보리에 대한 연구를 살펴보면 수용성 식이섬유의 하나인 β-glucan의 생리기능성[50] 및 cholesterol저하 효과에 관한 연구[51-53]등이 있으며 이 등[54]은 보리 추출물(β-glucan)의 항변이원성을, 김 등[55]은 보리 추출물의 항보체 및 면역증강효과를 보고한 바 있고, 조 등[56]이 보리가루를 이용한 고식이섬유 빵을 제조하여 제빵과정 중 식이섬유의 함량변화를 조사한 바 있으나 보리 도정부산물의 활용을 위한 연구는 거의 이루어지지 않고 있다.

따라서 본 연구에서는 보리의 도정 중 연마기의 대수를 기준으로 깎여지는 순서에 따라 얻어진 획분별 부산물의 특성을 비교하여 보리 도정부산물의 식품소재로

서의 활용을 위한 기초 자료를 얻고자 하였다.

1) 일반성분

보리 도정부산물의 일반성분을 분석한 결과는 Table 5와 같다. 배아획분의 경우 조단백질, 조지방 함량이 각각 35.25% 및 14.65%로 시료들 중 가장 높은 값을 나타내었고 회분의 함량에 있어서도 6.13%를 나타내었는데 이와 같은 결과는 배아획분이 우수한 영양원임을 말해주는 것이라 생각된다. 한편 전분이 주성분일 것으로 예상되는 bran Ⅱ 및 bran Ⅲ의 일반성분은 서로 큰 차이는 없었지만 bran Ⅲ이 bran Ⅱ에 비해 조단백과 조지방의 함량이 다소 높은 것으로 나타났는데 이는 외부 겨층의 혼입이 상대적으로 낮아짐에 따른 결과로 생각된다. 한편 전분함량의 경우 bran Ⅰ과 배아에서 가장 낮았고 내부 배유부의 혼입이 점차 증대되는 bran Ⅱ와 bran Ⅲ시료의 경우 각각 32~37% 정도를 나타내었으며 파쇄립의 경우에는 65%정도를 나타내었는데 따라서 이들 획분은 향후 가공제품의 전분질 소재로 이용가능 할 것으로 판단된다.

Table 5. Proximate composition of brans, germ and broken-kernel in barley pearling by-products[1)]

Constituents[2)]	Bran Ⅰ	Bran Ⅱ	Bran Ⅲ	Germ	Broken-kernel
Moisture	24.36	10.81	9.80	7.18	10.79
Ash	3.59	2.03	2.12	6.13	0.80
Protein	13.54	16.80	17.86	35.25	9.60
Fat	4.57	5.11	5.32	14.65	0.90
Starch	7.65	32.31	36.56	4.78	64.90

[1)]Values are means of triplicate determinations.

[2)]% on a dry basis except moisture.

2) 색도

도정부산물의 색도를 Color & Color Difference Meter로 측정한 결과(Table 6),

도정율이 높아짐에 따라 색의 밝기를 나타내는 L값은 bran I 의 51.31에서 bran Ⅲ의 81.97로 높아진 반면 적색도를 나타내는 a값 및 황색도를 나타내는 b값의 경우에는 점차 낮아졌는데 이는 도정율이 높아짐에 따라 보리 내부 배유성분의 주를 이루고 있는 전분질의 혼입이 점차 증대된 때문이라 생각된다.

한편 도정부산물 전체를 통하여 볼 때 황색도인 b값 및 적색도인 a값의 경우에는 배아 획분이 가장 높은 18.35와 5.45로 측정되었다. 이와 같은 결과는 배아 획분의 경우 카로틴 등 보리에 함유된 지용성의 식물성 색소가 배아 부분에 다량 축적되어 있는 때문인 것으로 사료된다.

Table 6. Color and color difference meter eeading[1] of brans, germ and broken-kernel in barley pearling by-products

	Bran[2] I	Bran II	Bran III	Germ	Broken-kernel
L	51.31	80.10	81.97	60.57	87.03
a	4.14	1.19	0.82	5.45	0.45
b	11.88	10.61	9.42	18.35	7.84
ΔE	39.22	14.75	12.85	37.10	9.07

[1] L: lightness, a: redness, b: yellowness, ΔE: $[(\Delta L)+(\Delta a)+(\Delta b)]^{1/2}$.

[2]Brans I, II and III were collected from pearler 1-4, 5-20, and 21-24, respectively.

3) 입도

보리 도정부산물의 획분별 입도분포를 12~325 mesh의 표준망체를 사용하여 조사한 결과는 Table 7과 같다. Bran I의 경우 육안으로 보아 겨층에서 유래되는 큰 입자의 것(30 mesh 이하)이 27% 정도를 차지하였으나 연마의 정도가 많아질수록 큰 입자의 것은 점차 감소하여 bran Ⅲ에는 30 mesh 이상의 큰 입자는 거의 함유되어 있지 않았다. 반면 Bran Ⅱ와 Ⅲ의 경우에는 230 mesh 이하의 작은 미립자들도 다소 존재하는 것으로 나타났다. 한편 배아 획분의 경우 18~60 mesh의 입자들이 98.2%를 차지하였고 파쇄립의 경우에도 14~18 mesh의 큰 입자들이 전체의

98.4%를 차지하였으나 100 mesh 이상의 미립자는 거의 존재하지 않았다.

Table 7. Particle size distribution(%)[1] of brans, germ and broken-kernel in barley pearling by-products

Fractions	mesh size										
	> 12	> 14	> 16	> 18	> 30	> 60	> 100	> 120	> 200	> 230	> 325
Bran[2] I	-	-	-	2.3	24.6	56.6	12.8	3.0	0.7	-	-
Bran II	-	-	-	13.5	3.7	39.9	27.0	10.5	4.1	1.0	0.3
Bran III	-	-	-	-	0.3	77.0	13.9	5.7	2.4	0.3	0.3
Germ	-	-	-	3.2	84.5	10.5	0.7	0.4	0.7	-	-
Broken-kernel	0.7	9.4	84.5	4.5	0.8	0.1	-	-	-	-	-

[1]30 min sieving by a Ro-Tap sieve shaker.

[2]Brans I, II and III were collected from pearler 1-4, 5-20, and 21-24, respectively.

4) 아밀로그래프에 의한 점조도

극히 낮은 농도에서도 α-amylase를 저해하는 것으로 알려져 있는 수은염($HgCl_2$)을 증류수와 함께 사용하여 보리 도정부산물의 아밀로그래프에 의한 점조성을 조사한 결과는 Table 8과 같다. 우선 파쇄립의 경우를 살펴보면 호화개시온도에 있어서는 증류수와 수은염 모두 60.5℃로서 차이를 나타내지 않았으나 최고점도, 95℃에서의 점도 및 95℃에서 15분 후의 점도 모두에 있어서는 큰 차이를 나타내었다. 즉 최고점도의 경우 증류수를 사용한 경우에는 555 BU를 나타내었으나 수은염의 사용으로 잔존효소의 작용을 완전히 억제시킨 결과 점도는 950 BU로 크게 높아졌고 이와 같은 경향은 95℃에서의 점도에 있어서도 같은 결과이었다. 이는 α-amylase의 활성이 강한 찹쌀가루의 경우 수세하게 되면 잔존하는 α-amylase가 유실되게 되어 최고점도가 상승하며[57] 멥쌀의 경우에도 α-amylase를 불활성화시키면 최고점도가 상승하게 된다는 보고[58,59]로 미루어 볼 때 보리와 같은 곡류의 경우에도 가공 시 잔존하는 α-amylase의 영향을 고려할 필요성이 높은 것으로 나타났다. 한편 bran I 및 배아 획분의 경우 시료에 전분의 함량이 대단히 낮아

점도에 영향을 주지 못하기 때문에 아밀로그래프에 의한 점조도가 나타나지 않았으나 도정율이 높아져 내부 배유부분의 혼입량이 점차 많아지는 bran II 및 bran III 시료의 경우에는 파쇄립의 경우와 같이 수은염의 존재 하에서 점도의 값이 증가하는 것으로 나타났다.

Table 8. Amylograph data on brans, germ and broken-kernel in barley pearling by-products[1)]

Fractions	Pasting temp(℃)		Viscosity at 95℃ (B.U.)		Maximum viscosity (B.U)		Viscosity at 95℃ after 15 min(B.U.)	
	Water	$HgCl_2$	Water	$HgCl_2$	Water	$HgCl_2$	Water	$HgCl_2$
Bran[2)] I	-	-	-	-	-	-	-	-
Bran II	59.0	60.5	190	385	285	450	170	280
Bran III	58.3	57.5	280	420	480	625	240	255
Germ	-	-	-	-	-	-	-	-
Broken-kernel	60.5	60.5	515	950	555	950	450	830

[1)]Values are means of triplicate determinations.

[2)]Brans I, II and III were collected from pearler 1-4, 5-20, and 21-24, respectively.

5) 전분분해효소 활성도

보리 도정부산물에 잔존하고 있는 α-amylase의 활성을 측정한 결과 α-amylase의 활성은 2.39~3.51 unit/mL의 사이로서 시료간에 큰 차이를 나타내지는 않았으나 배아 획분의 경우 3.51 unit/mL로서 가장 높은 값을 나타내었고 bran 시료간에는 도정율이 높아져 보리 외피의 함유율이 낮고 상대적으로 내부 배유의 혼입량이 많아짐에 따라 α-amylase의 활성이 높아지는 경향이었다(Table 9). β-Amylase의 활성을 측정한 결과는 배아 획분이 0.88로 가장 낮은 반면 보리 외피가 가장 많이 혼입된 bran I 의 것이 2.92로 가장 높은 값을 나타내었고 한편 glucoamylase의 경우 배아 획분이 0.53으로 가장 높고 다음이 파쇄립과 bran II가 각각 0.49 및 0.46으로 비슷한 값을 나타내었으며 주로 겨층으로 이루어진 bran I

이 0.27로 가장 낮은 값을 나타내었는데 이는 α-amylase 활성도의 결과와 다소 유사하였다. 이와 같은 결과를 종합해 보면 α-amylase와 glucoamylase의 경우 배아 획분에서 그 활성이 높은 반면 β-amylase의 경우에는 주로 보리 외부층의 혼입이 많은 bran 획분에서 높은 것임을 알 수 있었다.

Table 9. α-Amylase, β-amylase and glucoamylase activities(unit/mL) of brans, germ and broken-kernel in barley pearling by-products[1)]

	Bran[2)] I	Bran II	Bran III	Germ	Broken-kernel
α-Amylase	2.39	2.56	2.82	3.51	2.86
β-Amylase	2.92	2.21	1.85	0.88	1.67
Glucoamylase	0.27	0.49	0.46	0.53	0.40

[1)]Values are means of triplicate determinations.

[2)]Brans I, II and III were collected from pearler 1-4, 5-20, and 21-24, respectively.

6) 유리당의 조성 및 함량

획분별 시료의 유리당 함량을 측정한 결과(Table 10), bran I ~III의 경우 총당의 함량은 2.61~3.43%의 범위로서 시료간에 큰 차이를 나타내지 않았으나 배아 획분의 경우 17.1% 정도의 높은 값을 나타내었는데 이 결과는 일반성분의 함량에서와 마찬가지로 배아에 높은 영양성분이 집적되어 있음을 간접적으로 말해주는 결과로 생각된다. 또한 각 획분에 함유된 유리형의 당류로서는 sucrose, glucose, fructose, maltose, raffinose 및 1-kestose 등이었고 이 중 sucrose와 raffinose는 특히 배아 획분에 8% 이상의 높은 함량을 나타내었다. 한편 보리 곡립에 함유된 대부분의 유리형태의 당류들은 곡립의 성숙에 따라 점차 감소하지만 raffinose의 경우에는 오히려 증가하는 것으로 알려져 있으며 성숙된 곡립에는 총 유리당의 25% 정도에 달하며 sucrose의 약 74%를 이룬다고 보고[(60)]되어 있다. 이들 유리형태의 당류는 특히 곡류를 가열처리 할 경우 유리당 들이 Maillard반응에 참여하여 볶음곡류 특유의 향 및 색깔생성에 큰 영향을 미칠 것으로 예상된다.

Table 10. Free sugar contents(%, dry basis) of brans, germ and broken-kernel in barley pearling by-products[1)]

Fractions (%, dry basis)	Glucose	Fructose	Sucrose	Raffinose	1-Kestose	Maltose
Bran[2)] I	0.72	2.15	0.12	0.27	0.15	-
Bran II	0.06	0.09	1.09	0.92	0.40	0.22
Bran III	0.02	0.06	1.28	0.76	0.38	0.07
Germ	0.03	0.06	8.77	8.17	0.08	-
Broken-kernel	0.10	0.09	0.80	0.60	0.36	0.05

[1)]Values are means of triplicate determinations.

[2)]Brans I, II and III were collected from pearler 1-4, 5-20, and 21-24, respectively.

7) Tocols의 분석

헥산탈지한 보리 배아유의 토코페롤 및 토코트리에놀의 조성 및 함량을 HPLC로 분석하고 원료의 중량에 대해 환산한 결과는 다음 Table 11과 같다. 보리 배아에는 토코페롤로서는 α-, β-, γ-토코페롤, 그리고 미량의 δ-토코페롤이 함유되어 있는 반면 토코트리에놀의 경우에는 β-와 δ-토코트리에놀은 거의 없으나 α-와 γ-토코트리에놀 등이 함유되어 있었고 특히 α-토코페롤과 α-토코트리에놀의 함량이 각각 90.26 mg/kg 및 16,27 mg/kg으로서 주종을 이루고 있었다. 한편 bran 시료의 경우에는 토코페롤 및 토코트리에놀에 있어 bran II 획분이 가장 높은 값을 나타내어 tocols의 면에 있어 주요한 부위인 것으로 나타났으며 특히 γ-토코트리에놀의 경우 10.33 mg/kg으로 가장 높은 값을 보였다. 이와 같은 결과는 Barnes[(61)]와 Wang 등[(62)]이 보리의 도정과 제분공정을 통해 얻어지는 보리획분의 토코페롤 및 토코트리에놀 함량 측정결과와 유사한 경향으로 나타났으며, 또한 Peterson 등[(63)]은 tocols의 대사조절 작용과 항산화능을 보고하여 그 기능성을 보고하였다.

Table 11. Total tocol concentration(mg/kg) in oil of brans, germ and broken-kernel[1)]

Fractions	Isomer[3)]									T3
	α-T	α-T3	β-T	β-T3	γ-T	γ-T3	δ-T	δ-T3	Total	(%)
Bran[2)]I	3.27	3.47	-	2.73	1.23	2.66	-	0.57	13.93	67.70
Bran II	3.88	16.10	-	-	8.14	10.33	-	2.52	40.97	70.66
Bran III	1.07	5.50	-	-	7.43	7.03	-	2.15	23.18	63.33
Germ	90.26	16.27	1.47	-	18.64	4.67	-	-	131.31	15.95
Broken-kernel	2.76	7.81	-	-	3.46	1.94	-	0.23	16.20	61.61

[1)]Values are means of triplicate determinations.

[2)]Brans I, II and III were collected from pearler 1-4, 5-20, and 21-24, respectively.

[1)]T, tocopherol; T3, tocotrienol

나. 보리 도정부산물로부터 분리한 폴리페놀추출물(BPE)의 특성

보리를 알곡형태의 식용으로 하기 위해 도정하여, 할맥 또는 압맥 등으로 가공처리를 할 때 대맥강(大麥糠) 등 가공부산물이 약 30%정도 발생되고 있으나 식품으로서의 활용방안이 마련되어 있지 않아 전량이 부가가치가 낮은 사료로 이용되는데 불과한 실정이다. 이와 같은 보리 도정부산물에는 외피, 호분층을 포함한 도정겨, 배아 및 기타 파쇄립 등이 함유되어 있는데 여기에는 β-glucan, tocopherols, tocotrienols 등 생리활성 물질들이 풍부히 함유되어 있어 이들을 적절히 분리, 추출, 정제 할 경우 부가가치가 높은 기능성 소재를 얻을 수 있다.[(64-68)] 또한 보리 도정부산물로 발생하는 배아와 강층 부분에는 폴리페놀화합물이 다량 함유되어 있는 것으로 알려져 있으며 이 폴리페놀화합물의 일부는 proanthocyanidin류로 동정된 바 있고[(69-72)], 보리추출물의 항보체 및 면역증강효과에 관한 연구[(55)] 및 보리 폴리페놀추출물의 새로운 기능성으로서 항알레르기 작용[(73)] 등이 최근 보고되고 있다.

국내의 경우 그 동안 밀, 쌀 및 옥수수 등의 가공시 발생하는 부산물로서 배아를 비롯하여 미강을 활용하고자 하는 연구[74,75]는 많이 이루어져 왔으나 보리 도정부산물의 기능성 탐색 및 유효성분으로서의 폴리페놀화합물의 특성규명, 생리활성물질로서의 이용에 대한 연구보고는 아직까지 미흡한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 보리 도정부산물의 효율적 활용을 위한 방안으로서 보리 도정부산물로부터 폴리페놀화합물을 분취하고 이들의 이화학적 특성을 구명하여 보리 폴리페놀추출물의 기능성식품 소재로서의 활용 가능성을 제시하고자 하였다.

1) 총 폴리페놀 함량

보리 도정부산물의 획분별 총 폴리페놀 함량을 측정한 결과는 Table 12와 같다. 즉 보리의 최외층 부위인 껍질의 혼입량이 가장 많은 bran I의 경우 5.82%로서 가장 높은 값을 나타낸 반면 도정율이 높아져 외층부의 혼입비율이 점차 줄어들게 된 bran II와 III에 있어서는 총 폴리페놀의 함량이 점차 감소하는 것으로 나타났다. 한편 보리 외층부의 혼입이 없는 파쇄립의 경우 총 폴리페놀 함량은 1.26%로서 시료 중 가장 낮은 값을 나타내었는데 이는 보리에 존재하는 폴리페놀성 물질이 보리의 외층부인 껍질과 호분층 등에 다량 집적되어 있고 보리의 내부 배유 부위에는 그 함량이 상대적으로 낮게 함유되어 있기 때문인 것으로 사료된다. 배아획분인 배아의 경우에는 보리 외층부의 혼입이 거의 없음에도 불구하고 총 폴리페놀 함량이 3.23%로서 bran I 다음으로 높은 수준을 나타내었다. 한편 보리 도정부산물로부터 조제한 BPE의 수율은 1~10 g/kg 정도이었고 도정부산물의 획분별 BPE에 함유된 총 폴리페놀함량은 Table 12에 나타나 있다.

Table 12. Total polyphenol contents in barley pearling by-products and barley polyphenol extract(BPE)

	Bran I	Bran II	Bran III	Germ	Broken kernel
Polyphenol(%) in pearling by-products	5.82	1.80	1.34	3.23	1.26
Polyphenol(%) in BPE	43.68	27.72	19.64	17.56	11.92

2) BPE의 산화안정성

일반적으로 식물체의 총 폴리페놀 함량과 전자공여작용 사이에는 밀접한 양의 상관관계가 있다는 것이 알려져 있는데 Table 12의 결과에서 알 수 있는 바와 같이 보리의 경우 폴리페놀 성분은 보리 배유부위 보다 외층부위 또는 배아획분에 더 많이 함유되어 있는 것으로 나타났다.

따라서 보리 도정부산물로부터 얻은 획분별 BPE의 산화안정성을 전자공여작용, ACE 저해작용, 아질산염 소거작용 및 SOD 유사활성 등을 통하여 검토하였다. Fig. 4는 산화안정성을 DPPH와의 반응양상으로 측정한 결과이다. 즉 시료 첨가구와 시료 무첨가구의 흡광도를 이용하여 백분율로 나타낸 EDA(%)를 구하고 DPPH의 환원반응이 더 이상 일어나지 않는 steady state 상태에 이르는 시간을 약 30분으로 설정하여 전자공여능을 측정하고 초기 DPPH농도가 50% 감소될 때까지 필요한 항산화물질의 농도 EC_{50}을 비교해 본 결과 bran I 이 1.59 mg/mL로 가장 효과적이었으며, 다음이 배아 획분의 4.37 mg/mL이었고 bran Ⅲ에서는 7.19 mg/mL로 효과가 낮았다. Tamagawa 등[45]은 맥강 폴리페놀추출물의 수퍼옥사이드에 대한 소거활성을 측정한 결과 그 소거능이 아스코르브산 보다 적었으나 토코페롤, BHA, BHT보다 큰 소거능을 나타내었는데 이는 맥강 중의 proanthocyanin 소량체에 의한 강한 항산화능이라고 보고하였다.

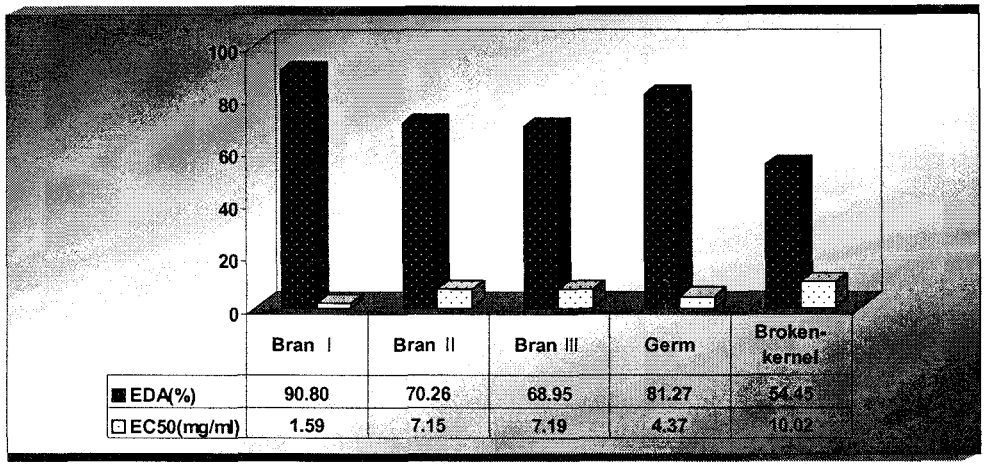


Fig. 4. Antiradical activities of barley polyphenol extracts separated from pearling by-products.

한편 획분별 BPE의 ACE저해작용을 측정한 결과(Table 13), 배아 획분이 40.04%로 가장 높았고 다음이 bran I의 25.25%이었으며 보리 외부 겨층의 혼입이 적은 bran III은 16.35%로 낮은 값을 나타내었다. 이와 같이 맥강 및 배아획분으로부터 얻은 BPE의 ACE저해작용은 맥강 획분에 비해 배아 획분에서 더 높게 나타나 총 폴리페놀함량 측정결과와 양의 상관관계를 나타내지 않았는데 이에 대한 이유는 현재로서는 설명이 어려워 향후 이에 대한 보다 면밀한 조사가 이루어져야 할 것으로 생각된다. 반면 BPE의 아질산염 소거작용을 측정한 결과에서는 bran III의 72.59%에서 bran I의 74.64% 사이로서 획분간에 큰 차이가 없었으며, SOD 유사활성의 경우에는 Fig. 4의 산화안정성 측정 결과와는 달리 bran II의 것이 78.16%로 SOD 유사활성이 가장 높고 배아 획분의 것이 45.91%로 낮은 값을 보였다.

Table 13. ACE inhibiting ability, nitrite-scavenging effect and SOD-like activity of barley polyphenol extracts separated from pearling by-products

	ACE inhibiting ability (%)	Nitrite-scavenging effect (%)	SOD-like activity (%)
Bran Ⅰ	25.25	74.64	63.94
Bran Ⅱ	18.84	73.25	78.16
Bran Ⅲ	16.35	72.59	59.57
Germ	40.04	73.04	45.91
Broken kernel	6.09	64.08	6.38

이상의 결과와 같이 획분별 BPE의 ACE저해작용은 배아 획분이 40.04%로 가장 높았고, 아질산염 소거작용은 모든 획분에서 70%이상의 소거능을 나타내었으며 SOD 유사활성은 bran Ⅰ과Ⅱ에서 64~78% 내외로 높은 활성을 보이는 점등을 고려하여 볼 때 보리 도정부산물로부터 얻은 폴리페놀추출물은 향후 라디칼 소거활성이나 항변이원성을 강조할 수 있는 건강식품 소재로서의 활용가능성을 말해주는 것이라 사료된다.

3) HPLC에 의한 BPE의 분리

폴리페놀계 표준물질을 HPLC로 분리한 결과는 Fig. 5와 같다. 즉 phenol류(protocatecuic acid, caffeic acid, chlorogenic acid 등)와 flavanol류(catechin, epicathechin)는 전반부에서 용리되었고 dihydrocalcone류(phloridzin 등)와 flavonol glucoside류(rutin 등)은 RT 40분 이후의 후반부에서 분리되었다. 이는 Oleszek 등[76] 및 Vallés 등[6]의 결과와 유사한 양상이었으므로 proanthocyanin류는 flavanol류 전후에서 용리될 것으로 추정되었다.

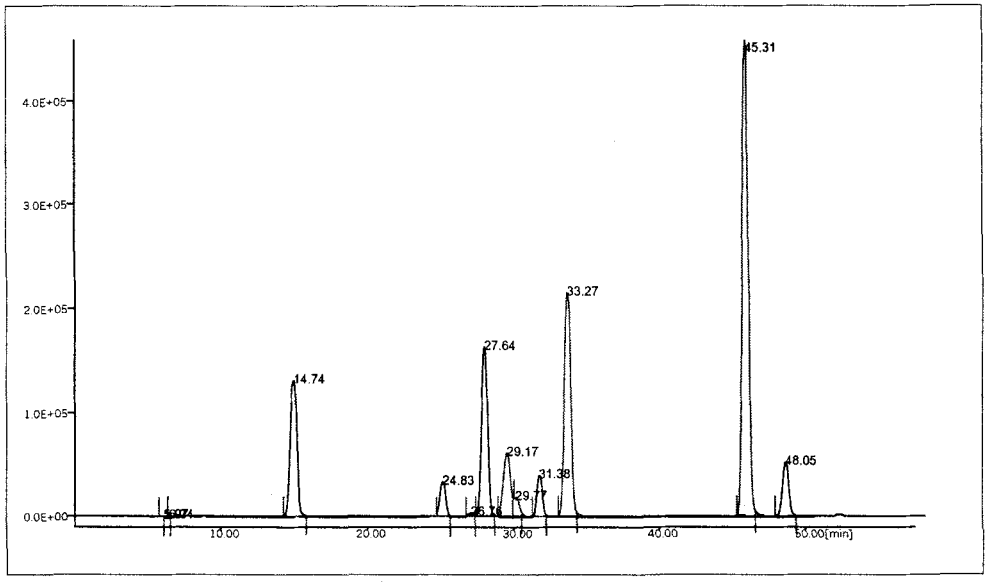


Fig. 5. HPLC chromatogram of authentic phenolic compounds.
1, protocatecuic acid; 2, caffeic acid; 3, catechin; 4, p-coumaric acid; 5, epicatechin; 6, chlorogenic acid; 7, phloridzin; 8, rutin.

보리 도정부산물로부터 얻은 BPE의 페놀성 화합물의 분리양상을 동일 분리조건에서 비교한 결과는 Fig. 6과 같다. Bran I 은 분리피크의 수가 가장 많았을 뿐만 아니라 분리 전반부에 다수의 피크들이 나타난 반면 bran II와 배아 획분의 경우에는 33분대에 주된 피크가 검출되었다. 이 피크는 bran II에서 가장 높았으며 추출액 10배 희석액을 기준으로 bran II의 피크면적이 bran I 의 10배에 해당하였다. 한편 본 HPLC에 의한 분리에서는 procyanidin을 표품으로 사용하지는 않았으나 Vallés 등[6]이 보고한 proanthocyanin B1은 RT31.14로 catechin(RT 35.79) 앞에, proanthocyanin B2는 RT 38.84에서, 그리고 proanthocyanin C1 trimer와 tetramer는 각각 RT 43.23과 43.70으로 epicatechin(RT 45.33) 앞에서 분리된다는 결과와 비교하였다. Jaworski 등[77]도 proocyanidin B3(RT 9.4), cathechin(RT 13.0), procyanidin B2(RT 20.2), epicathechin (RT 20.2) 순으로 분리됨을 보고한 바 있다. 따라서 본 시험에서와 같은 분석조건에서는 proanthocyanin C1(trimer)와

tetramer는 epicatechin 바로 앞에서, proanthocyanin B1과 B3는 cathechin 앞에서, B2는 catechine과 epicathechin 중간에서 검출되므로 bran I은 proanthocyanin C trimer 혹은 tetramer 및 B3가 존재할 것으로 추정되었다. McMurrough 등[70]은 보리로부터 procyanin B3, prodelphinidin B3, trimers를 분리한 바 있다. 이와 같은 결과로 미루어 볼 때 bran II와 배아 BPE에서 나타나는 33분대 주요 피크는 RT 순으로 볼 때 포도[78]나 사과[6]의 proanthocyanin에서는 존재하지 않는 종류인 것으로 보아 보리에 존재한다고 보고된 prodelphinidin 다량체 일 것으로 추정되었다.

보리에는 procyanidin 류 외에도 골격의 B환이 pyrogallol 형으로 되어 있는 prodelphinidins도 함유되어 있는 것으로 알려져 있으며 이 같은 형의 페놀성 화합물은 B환이 catechol형인 procyanidin 보다 항산화 및 항변이원성이 큰 것으로 보고[71]되어 있다. 따라서 보리 배아획분의 강한 항산화 효과는 33분대 주요 피크의 함량이 높은 것과 관련이 있을 것으로 추정되었다.

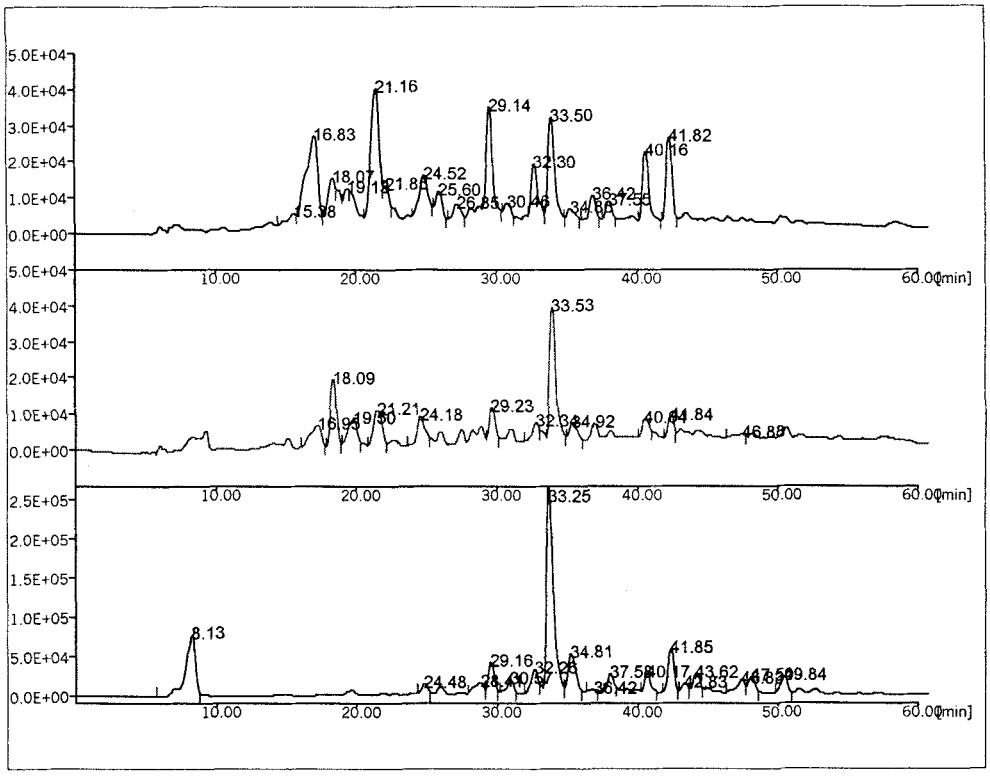


Fig. 6. HPLC chromatograms of phenolic compounds in barley polyphenol extracts separated from pearling by-products.

Upper; Bran I, Middle; Bran II, Bottom; Germ.

4) Sephadex LH 20에 의한 BPE의 분획 및 특성

n-Hexane으로 탈지시킨 맥강 및 배아획분 시료를 75% 에탄올로 폴리페놀류를 추출한 다음 Sepabead SP-850 수지를 사용하여 대맥강에 함유된 폴리페놀류 획분 시료를 조제하였고 얻어진 폴리페놀류(BPE I)에 대해 Sephadex LH-20을 사용한 칼럼크로마토그래피로 보리 플라바놀을 분취하였다. 얻어진 각각의 획분을 농축하여 그 양을 측정하고 색상 및 향 등의 관능특성을 검토한 후 각 분취물의 총 폴리페놀함량을 측정한 결과 Table 14 및 Fig. 7과 같다. 즉 Fraction 5에서 4.33%로 가장 높게 측정되었으며, fraction 1, 2, 9는 0.41~1.04%로 가장 낮았고, fraction 3,

4 분획물의 경우는 각각 3.26% 및 3.68%로 fraction 5 다음으로 높은 함량을 나타내었다.

그러나 Table 14의 결과로부터 알 수 있는 바와 같이 BPE로부터 얻을 수 있는 프로안토시아니딘의 함량은 높지 않아 이를 기능성물질로 순수 단리하여 활용하는 데는 경제적인 관점에서 실질적으로 어려움이 있는 것으로 판단되었다. 따라서 본 연구에서는 유지에 대한 항산화성이 합성 항산화제인 BHT, BHA와 동등 또는 그 이상의 효력을 발휘하는 것으로 앞서의 실험결과 확인된 BPE를 대상으로 이에 대한 추출 및 분리기술에 주안점을 두었고 실험규모를 scale up하여 실용화를 위한 방안을 검토하였다.

Table 14. Characteristics of each fractions from BPE by Sephadex LH 20 column chromatography

Fractions	Yield(g)	Total polyphenol (g %)	Color	Aroma
Pre 500(F1)	0.45	1.04	yellowish brown	light barley bran smell, smell like boiled soy sauce
Pre 500(F2)	0.04	0.57	yellowish red, reddish yellow	light fragrance, but not unique barley flavor
Waste 500(F3)	0.17	3.26	yellowish brown	unique barley flavor
F4	0.07	3.68	light yellowish brown	odorless
F5	0.11	4.33	light yellow	odorless
F6	0.06	2.17	light yellow	odorless
F7	0.06	1.53	light gray	odorless
Main500(1)(F8)	0.04	1.72	gray-reddish yellow	odorless
Main500(2)(F9)	0.03	0.41	gray-reddish yellow	odorless

F1. Methanol fraction(500 mL) after connected pre and main column of Sephadex LH 20.

F2. Methanol : acetone(1:1) fraction(500 mL) from pre column after separated pre column.

F3. First eluate(500 mL) from main-column washing with 3 L of methanol after separated pre and main column.

F4. Refer to Fig. 7.

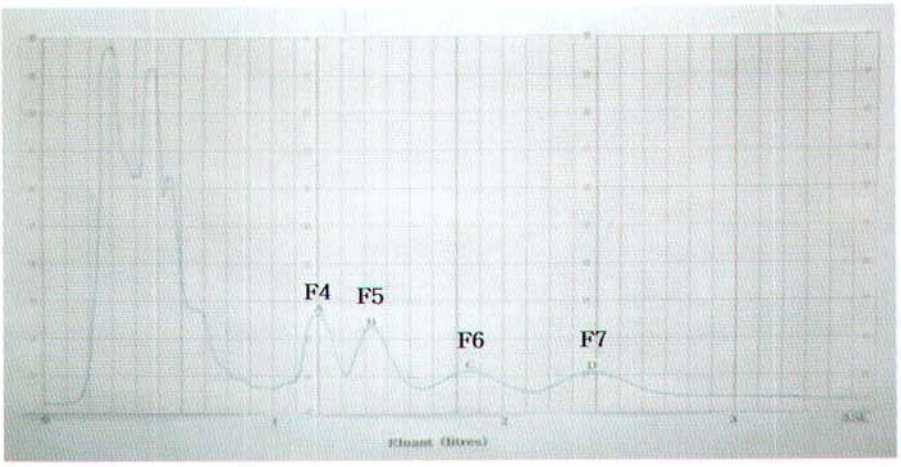
F5. Refer to Fig. 7.

F6. Refer to Fig. 7.

F7. Refer to Fig. 7.

F8. Last eluate(1 L) from main-column washing with methanol(1).

F9. Last eluate(1 L) from main-column washing with methanol(2)



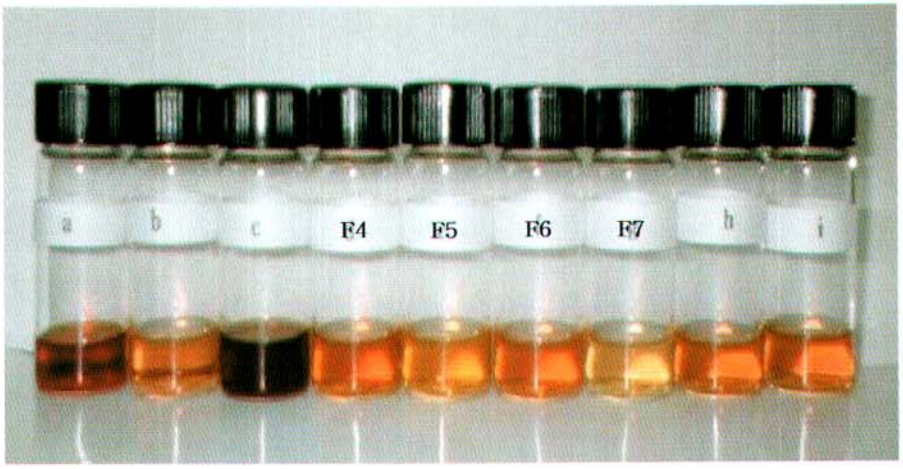


Fig. 7. Separation of flavanol from BPE by Sephadex LH 20 column chromatography. F1~F9; Refer to Table 14.

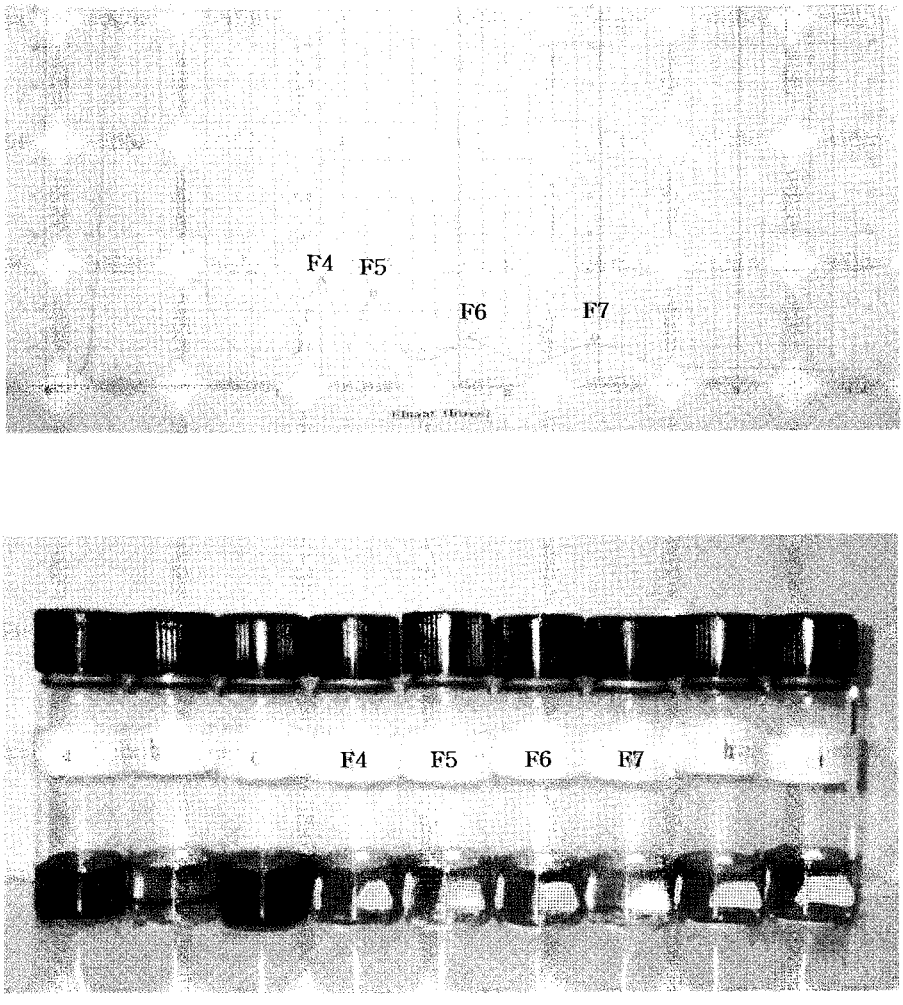


Fig. 7. Separation of flavanol from BPE by Sephadex LH 20 column chromatography. F1~F9; Refer to Table 14.

5) HPLC 및 TLC에 의한 폴라바놀의 분리

보리의 가공 부산물인 대맥강 시료로부터 폴리페놀화합물을 추출하고 얻어진 폴리페놀추출물(BPE)에 대해 Sephadex LH-20을 충진시킨 칼럼크로마토그래피로 9종의 분취물을 HPLC로 분리, 확인함과 동시에 폴리페놀 화합물의 유형을 살펴본 결과(Fig. 8), R.T 9분(Fraction 5), 12분대(Fraction 4)에서 procyanidin B3와 prodelphinidin B3가 분리되었고, 20~30분대에서 caffeic acid, (±)catechin, p-coumaric, ferulic acid가 분리되었다.

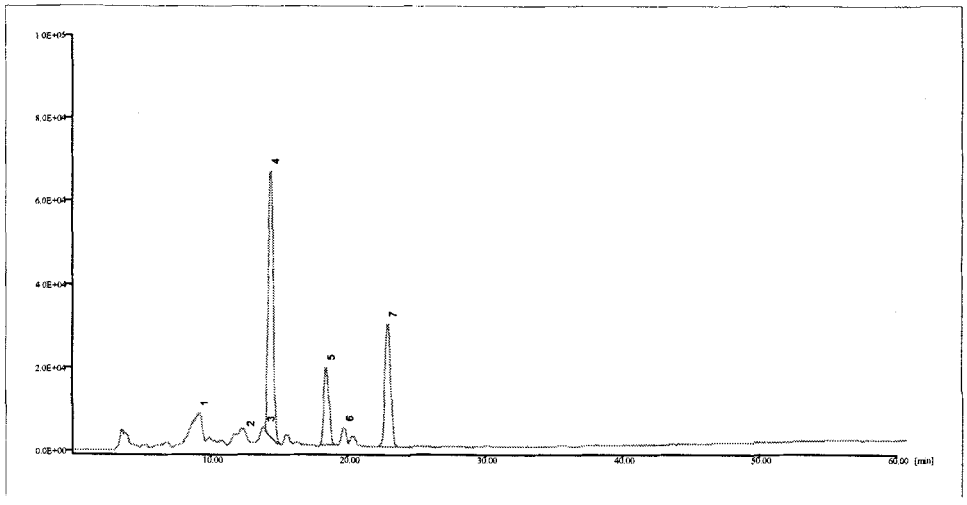


Fig. 8. HPLC chromatogram of authentic polyphenolic compounds and proanthocyanidins.

1; procyanidin B3, 2; prodelphinidin B3, 3; caffeic acid, 4; (±)catechin, 5; Syringic acid, 6; p-coumaric, 7; ferulic acid.

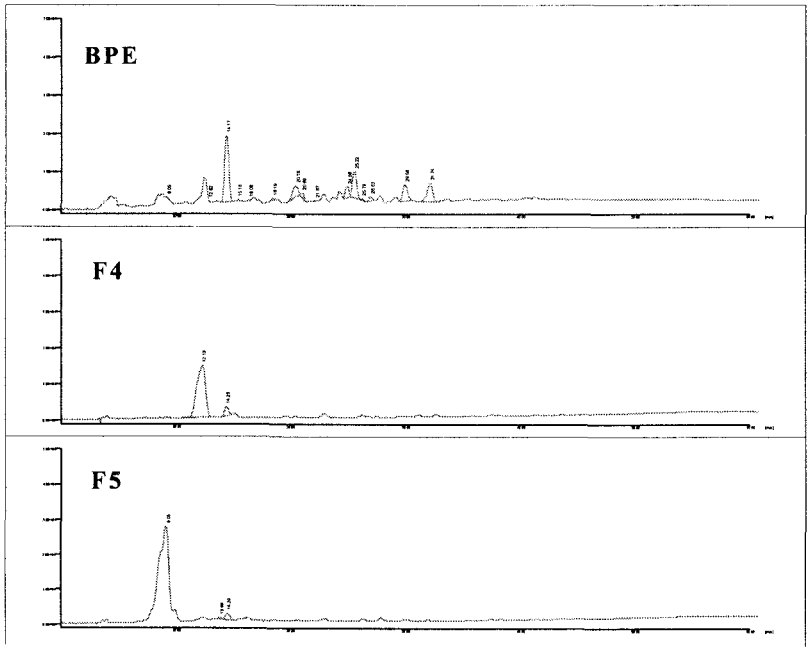


Fig. 9. HPLC chromatograms of proanthocyanidins in BPE fractions.

한편 Sephadex LH-20 컬럼에 의해 분취된 보리 플라바놀 성분을 2종류의 TLC로 분리한 양상을 Fig. 10에 나타내었으며 이때 표준물질로는 vanillic, caffeic, (+)catechin, (-)epicatechin, ferulic, p-coumaric, syringic, procyanidin B3 및 prodelphinidin B3 등을 사용하였다. 그 결과 (+)catechin, (-)epicatechin 및 프로안토시아니딘계의 procyanidin B3 및 prodelphinidin B3는 분리가 잘 이루진 반면 탄닌계 화합물의 분리는 잘 이루어지지 않았다. 또한 대맥강 폴리페놀추출물(BPE I)과 Sephadex LH 20 크로마토그래피로 얻은 9종의 플라바놀 분취물을 각각 TLC에 전개시켜 표준물질과 R_f값을 비교한 결과 BPE I의 경우 R_f 0.42, 0.51, 0.59, 0.74의 4개의 피크로 분리되어 표준물질의 R_f값과 비교해 본 결과 순서에 따라 procyanidin B3, prodelphinidin B3, (+)catechin 및 ferulic acid와 일치하는 것으로 나타났다. 또한 9종(F1~F9) 분취물의 TLC 전개양상을 살펴보면 F3 획분에서 R_f

값이 낮은 프로안토시아니딘계의 procyanidin B3, prodelphinidin B3과 같이 분자량이 높은 물질과 (+)catechin과 ferulic acid가 분리되었으며, F4와 F5에서는 procyanidin B3 및 prodelphinidin B3으로 구성되어 있음을 알 수 있었다.

본 시험의 결과 silica gel이나 cellulose plate 모두에서 spot의 패턴은 유사하게 나타났으며 획분의 분자량이 클수록 spot의 이동속도가 감소하는 것으로 나타났다.

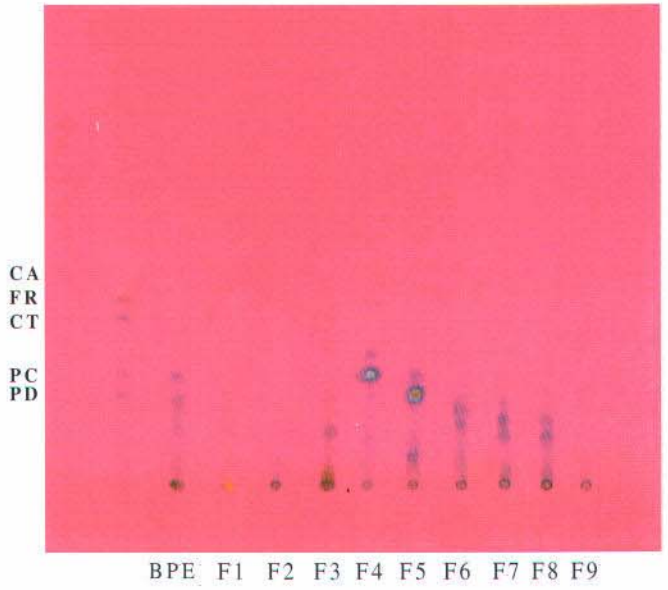


Fig. 10. Thin layer chromatogram of flavanol fractions(F1-F9).

Absorbent; silica gel 60F254, solvent system; toluene:acetone:formic acid(30:60:10), Visualization; charring by heating with dimethylaminocinnam-aldehyde(DAC) reagent. PC; procyanidin B3, PD; prodelphinidin B3, CT; (±)catechin, FR; ferulic acid, CA; caffeic acid

값이 낮은 프로안토시아니딘계의 procyanidin B3, prodelphinidin B3과 같이 분자량이 높은 물질과 (+)catechin과 ferulic acid가 분리되었으며, F4와 F5에서는 procyanidin B3 및 prodelphinidin B3으로 구성되어 있음을 알 수 있었다.

본 시험의 결과 silica gel이나 cellulose plate 모두에서 spot의 패턴은 유사하게 나타났으며 획분의 분자량이 클수록 spot의 이동속도가 감소하는 것으로 나타났다.

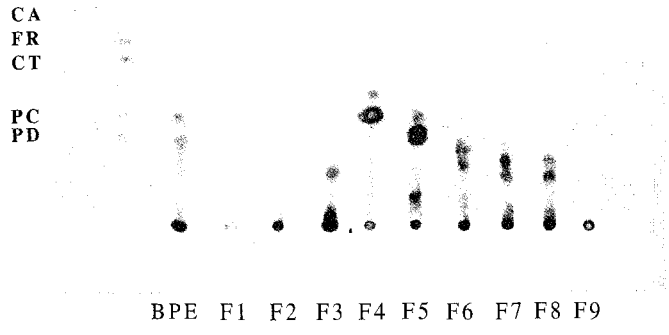


Fig. 10. Thin layer chromatogram of flavanol fractions(F1-F9).

Absorbent; silica gel 60F254, solvent system; toluene:acetone:formic acid(30:60:10), Visualization; charring by heating with dimethylaminocinnam-aldehyde(DAC) reagent. PC; procyanidin B3, PD; prodelphinidin B3, CT; (±)catechin, FR; ferulic acid, CA; caffeic acid

6) HPLC에 의한 hydroxycinnamic acid의 분리 및 정량

보리 도정부산물별 폴리페놀추출물(BPE)의 hydroxycinnamic acids성분을 HPLC를 이용하여 분리한 결과(Fig. 11, 12), ferulic acid와 ρ-coumaric acids가 모든 시료군에서 검출되었으나 특히 BPE I 에서 각각 2.854±0.015mg/g 및 0.203±0.034mg/g 으로 그 함량이 높은 것으로 나타났다.

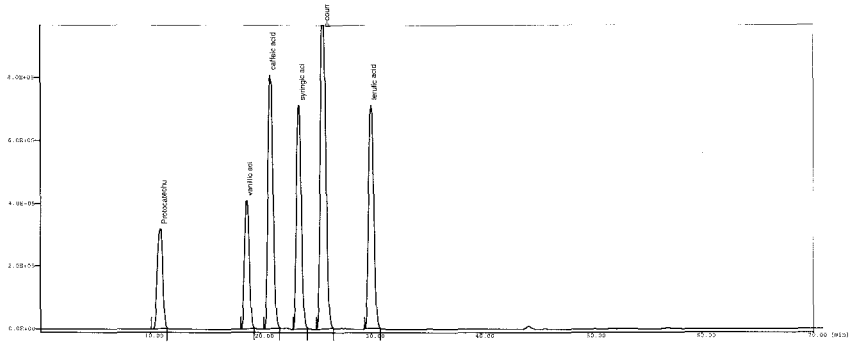


Fig. 11. HPLC chromatogram of authentic hydroxycinnamic acids.

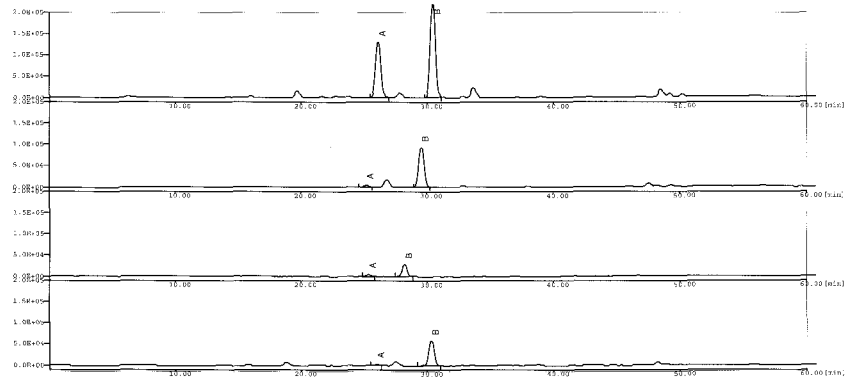


Fig. 12. HPLC chromatograms of hydroxycinnamic acids in BPE separated from barley pearling by-products. upper; bran I, middle; bran II and III, bottom; germ.

7) BPE의 저장안정성

가) 총 폴리페놀 함량의 변화

대맥강으로부터 얻어진 담갈색 분말인 폴리페놀추출물(BPE)을 대상으로 온도 및 산소의 유무에 따른 안정성을 검토하였다. BPE분말을 0~9주 동안 실온상태와 37℃의 항온기에서 조건별로 저장하면서 총 폴리페놀함량을 측정한 결과(Table 15), BPE는 저장온도 및 산소의 유무에 따른 큰 차이를 보이지 않았다. 즉 실온에서는 총 폴리페놀함량이 저장 6주 후에 초기 값에 비해 11.68% 정도의 감소를 보였고, 37 ℃의 경우에도 13.31% 정도의 감소를 보였지만 이후에는 더 이상의 큰 감소는 나타나지 않았다.

Table 15. Changes of total polyphenol content in BPE during storage at different conditions

Time(week)	Room temp		37℃	
	N_2	Air	N_2	Air
0	41.95±0.02	41.38±0.13	41.48±0.05	41.30±0.20
1	41.56±0.15	40.66±0.08	41.25±0.04	41.47±0.05
3	41.49±0.11	38.10±0.04	40.52±0.06	42.34±0.09
6	37.05±0.04	37.26±0.15	35.96±0.01	36.30±0.30
9	36.21±0.04	37.09±0.03	35.34±0.25	35.94±0.02

나) 전자공여능

보리 폴리페놀추출물의 DPPH(α, α-diphenyl-β-picrylhydrazyl)에 대한 전자공여능을 추출물농도 0.005%수준에서 저장온도와 기간에 따라 측정한 결과는 Table 16과 같다. 전자공여능에 있어서도 총 폴리페놀함량 측정 결과와 유사한 경향으로 저장 온도 및 저장 기간에 따른 큰 변화가 없었으며 저장 9주 경과시 약 6~8%정도 감소하는 결과를 보여 보리 도정부산물로부터 얻은 폴리페놀추출물 BPE)의 저장 안정성을 재확인할 수 있었다.

Table 16. Changes of EDA(%) in BPE during storage at different conditions

Time(week)	Room temp		37℃	
	N_2	Air	N_2	Air
0	91.79±0.05	91.22±0.02	91.83±0.08	91.86±0.03
1	90.34±0.02	91.05±0.03	90.87±0.12	90.37±0.35
3	88.09±0.22	87.66±0.13	87.94±0.33	87.84±0.19
6	85.63±0.03	84.17±0.11	85.92±0.05	85.29±0.10
9	84.03±0.09	84.43±0.14	85.72±0.04	84.21±0.31

8) 함량농축 및 분말화 기술 개발

이상의 연구결과를 토대로 대맥강으로부터 BPE를 다량으로 얻을 수 있는 방법을 검토하였다. 즉 폴리페놀화합물(BPE)을 에탄올 추출로 얻은 다음 에탄올을 제거하고 BPE만을 Sepabead SP-850수지(스티렌계의 합성흡착제로서 표면적이 넓으며 세공의 크기가 작고 균일하여 작은 분자를 대량으로 흡착하고 탈리가 용이함)에 흡착시킨 후 BPE에 혼입된 과잉의 유리당, 아미노산, 기타 불순물을 물로써 세척하여 제거한 다음 BPE를 탈착시키는 방법에 의해 BPE를 농축할 수 있는 방법을 다음과 같이 확립하였다(Fig. 13).

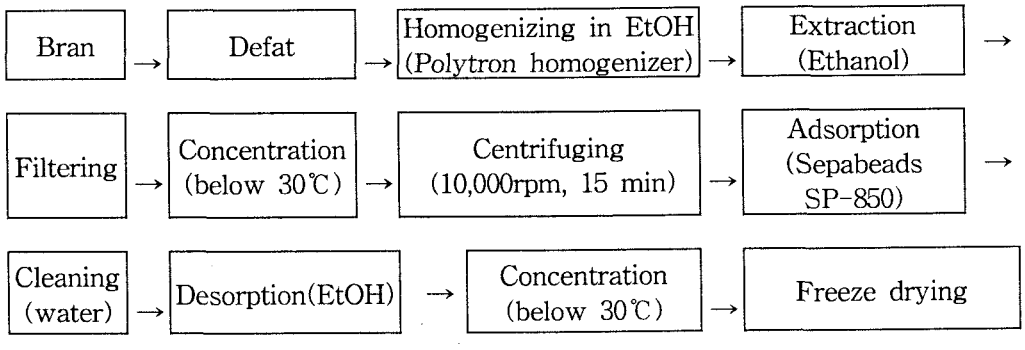


Fig. 13. Flow diagram of extraction, purification and concentration of BPE from barley pearling by-products.

얻어진 갈색의 BPE에 대한 저장안정성시험 결과 이들 폴리페놀추출물은 안정성이 높은 것으로 나타나 BPE는 여러 가지 분말상 곡물제품의 안정성을 부여하기 위한 천연 항산화제로서 유용할 것으로 사료된다.

다. 보리 폴리페놀추출물(BPE)의 천연 항산화제로서 활용 기술

최근 식생활의 서구화와 식품의 제조 및 가공기술의 발달로 장기저장식품 및 인스턴트 식품의 이용도가 현저히 증가하고 있으며 이를 위한 식품첨가물에 대한 관심도 높아지고 있다.[79-82] 특히 식용유지를 함유하는 식품의 저장·가공시 유지의 자동산화에 의해 일어나는 식품의 변색 및 산패를 방지하거나 지연할 수 있는 기능을 가진 화합물로서 항산화제에 관한 연구가 많이 이루어지고 있다.

지금까지 가장 널리 이용되고 있는 합성 항산화제는 butylated hydroxyanisole (BHA), butylated hydroxytoluen(BHT), tertiary butyl hydroquinone(TBHQ) 등이 알려져 있으며[83] 이들 합성 항산화제는 고농도로 투여시 간비대증[84]이나 발암효과 등의 유해한 증상들이 우려되므로 법적 최대 허용량을 0.02%로 규제하고 있다.[85] 따라서 천연 항산화제에 대한 관심이 고조되고 있다.[86] 천연물 중에는 여러 종류의 항산화 효력을 갖는 물질들이 함유되어 있으며 그 대표적인 것이 참기름 중의 sesamol[87], 면실유의 gossypol, 녹차[88], 각종 식용식물의 polyphenol계 성분[89], flavonoid[90-92] 및 oryzanol[93]등과, 대두[94,95], 목화, 땅콩 등의 유지종자의 항산화 성분[96], 귀리[97], 탈지미강[98], chia 종자[99]의 항산화 물질이 알려져 있다. 뿐만 아니라 최근 들어 식용꽃잎의 항산화 활성도 보고[100]되고 있는데 그 활성은 꽃잎에 함유되어 있는 폴리페놀 성분의 함량에 의존한다[101].

한편 보리의 경우에도 폴리페놀성 물질이 함유되어 있고 특히 이들 페놀성 화합물은 보리의 내부 배유조직 보다 껍질을 포함하는 외층부 및 배아부위에 더 많이 집적되어 있으며[102], 보리 폴리페놀추출물이 우수한 항산화성 및 활성산소 소거능을 갖고 있다는 것이 알려져 있다[45].

따라서 본 연구에서는 보리를 식용으로 하기 위해 도정 등의 처리를 할 때 부산물로 얻어지는 맥강 및 배아 획분으로부터 폴리페놀 추출물을 얻고 이들의 항산화성을 리놀산을 사용한 모델계 및 옥배유의 저장 중 산화안정성에 미치는 첨가효과

를 BHT, α-tocophenol, 및 L-ascorbic acid 등의 항산화제와 비교 검토하여 보리 폴리페놀 추출물의 천연 항산화제로서의 이용 가능성을 모색하였다.

1) 리놀산에 대한 항산화력 검정

Linoleic acid(0.03 M)를 0.1 M phosphate buffer(pH 7.0)와 ethanol 혼합용매(4:1, v/v)에 첨가하여 조제한 기질용액을 40℃에서 96시간 동안 저장하면서 TBA가를 측정한 결과는 Fig. 14와 같다. Bran Ⅲ으로부터 분리한 BPE는 α-tocopherol과 비슷한 항산화력을 나타내었으나 bran Ⅰ, 배아시료에서는 α-tocopherol 보다는 월등히 높은 항산화력을 나타내었고 BHT와는 거의 유사한 정도의 항산화 효과를 보여주었다. Kong 등[103]은 신갈나무 잎을 용매분획별 추출물을 이용하여 linoleic acid 모델계에서 항산화력을 측정한 결과 0.02% 농도에서 헥산과 클로로포름 분획물이 합성 항산화제인 BHT와 유사한 정도의 항산화효과를 나타내었으며, Tamagawa 등[45]은 대맥강 폴리페놀추출물의 리놀산에 대한 항산화능을 TBA법과 로단철법으로 측정하였는데 TBA법에 의한 평가에서는 대조구에 비하여 대맥강 폴리페놀 추출물 존재 하에서 항산화효과는 약 75%정도 컸으며 그 항산화력은 BHA, BHT보다는 약간 적었지만 아스코르브산이나 토코페롤보다는 그 효과가 컸다고 보고하였으며, 로단철법에 의한 평가에서는 BHT와 아스코르브산 보다는 낮았지만 BHA, 토코페롤과 비교하여 그 효과가 우수함을 보고하였다.

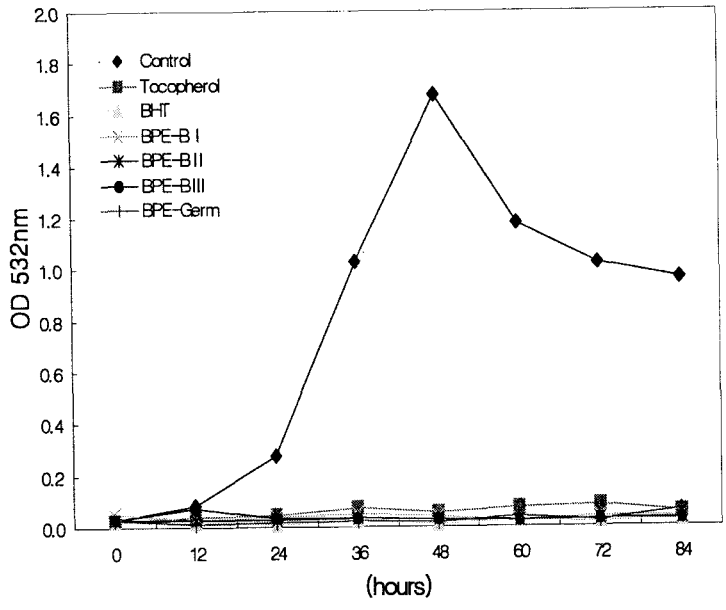


Fig. 14. Antioxidative activities of barley polyphenol extract(BPE) separated from bran and germ fractions.

2) 유지의 자동산화에 대한 BPE의 항산화 효과

BPE의 유지에 대한 항산화 효과를 알아보기 위해 획분별 BPE를 각각 0.02% 옥배유에 가하여 60±2℃에서 35일간 저장하면서 일정 간격으로 과산화물가를 측정하여 항산화 효과를 측정한 결과는 Fig. 15와 같다. 과산화물가의 변화는 저장 초기 10일에서 15일 까지는 α-tocopherol과 BHT와 유사한 항산화력을 지니거나 보다 높은 항산화력을 보여 주었지만 저장 기간이 길어짐에 따라 낮은 항산화력을 나타내었다. 한편 BPE 첨가농도별로 과산화물가를 비교해 보면 초기에는 농도가 높을수록 항산화력이 높게 나타났으나 저장 20일 이후부터는 BPE 0.1% 첨가한 것이 0.02%를 첨가한 것보다 낮은 항산화력이 측정되었다.

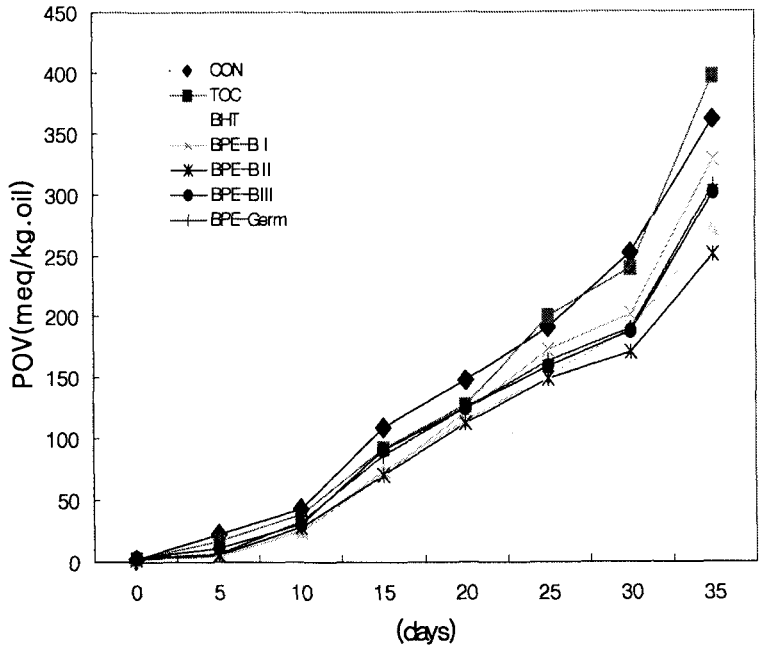


Fig. 15. Changes in peroxide values of the corn oil containing 0.02% of BPE from bran and germ fractions at 60±2℃ for 35 days.

또한 40 meq/kg · oil에 도달하는 기간을 유도기간으로 정하고 이에 따른 상대적 항산화 효과를 측정한 결과(Table 17), bran 획분의 경우 0.02% 첨가 시 RAE값은 118~128로서 α-tocopherol의 112 보다는 더 높고 BHT의 126과는 대등한 항산화 효과를 나타내었다. 특히 bran I의 경우 0.1% 첨가구에서는 유도기간 및 RAE값이 각각 12.3일 및 135로서 BHT보다 항산화 효과가 더욱 우수한 것으로 나타났다. 이와 같은 결과는 Tamagawa 등의 보고[45]와 일치하는 결과로서 리놀산 등 불포화지방산을 함유한 식품에 대해 우수한 항산화작용을 갖는 것으로 보아 이들 획분은 향후 천연 항산화제로서의 가능성이 있을 것으로 사료되었다.

Table 17. Induction period(IP) and relative antioxidant effectiveness(RAE) of the corn oil containing BPE from bran and germ fractions at 60±2℃

Antioxidant[1)]	Added-concentration	IP(days)	RAE
Control	-	9.1	100
Tocopherol	0.02	10.2	112
BHT	0.02	11.5	126
BPE-B Ⅰ	0.02	11.6	128
	0.10	12.3	135
BPE-B Ⅱ	0.02	11.4	125
	0.10	11.8	130
BPE-B Ⅲ	0.02	10.7	118
	0.10	11.1	122
BPE-Germ	0.02	11.0	121
	0.10	12.1	133

[1)]BPE-B Ⅰ ~BPE-B Ⅲ, Barley polyphenol extract from bran fraction; BPE-Germ, Barley polyphenol extract from germ fraction.

라. BPE의 혈당강하 및 과산화억제 효과

보리 도정부산물인 맥강과 배아획분으로부터 얻은 폴리페놀추출물(BPE)인 맥강획분(BPE Ⅰ)과 배아획분(BPE Ⅳ)을 200ppm농도가 되게 조정한 음료수를 2주간 실험동물에게 제공하면서 이들 획분의 급여가 streptozotocin유발 당뇨쥐의 식이섭취량, 체중변화, 혈액내의 포도당 농도와 간지질에 대한 과산화억제에 미치는 효과를 조사하였다(Table 18, Fig. 16, 17 및 18). 그 결과 식이섭취량의 경우 당뇨대조군>BPE Ⅰ>BPE Ⅳ>정상군 순으로 당뇨대조군의 식이 섭취량이 유의적으로 높게 측정되었고, 체중증가량은 정상군>BPE Ⅰ>BPE Ⅳ>당뇨대조군의 순으로 나타났으며 특히 당뇨대조군의 경우 실험 전기간동안 지속적인 체중감소를 보여 유 등[104-106]의 실험결과와 같은 경향을 나타내었다. 혈중 포도당 농도는 BPE 급여군의 경우 1주 후부터 혈당강하효과가 나타나기 시작하였고 2주 후에는 당뇨대조

군에 비해 32% 정도의 감소를 보였다. 단위체중 당 간무게(liver index)는 정상군, BPE I, BPE Ⅳ 및 당뇨대조군이 각각 3.18, 3.92, 3.78 및 4.57로서 정상군에 비해 당뇨유발군에서 높게 측정되었으며 BPE I, BPE Ⅳ 간에는 유의적인 차이가 없었다. 당뇨병에서 간자의 비대는 간장내의 지질성분이 축적되기 때문이라고 송 등[107]과 Wesson[108]이 보고하였으며 본 실험결과와 일치하였다. 간지질에 대한 과산화억제 효과를 추출물의 농도 200ppm수준으로 하여 in vitro에서 조사한 결과 BPE I, BPE Ⅳ는 각각 48.31 및 46.21%의 저해율을 나타내어 보리 도정부산물인 맥강과 배아로부터 얻은 폴리페놀추출물에는 혈당강하와 과산화억제 효과가 있음을 알 수 있었다.

Table 18. Food intake and body weight gains of experimental rats

Groups	Body weight gain(g)	Food intake(g)
Normal	51.48	18.20
DM	-51.40	29.62
DM-BPE I	27.26	25.39
DM-BPE Ⅳ	23.88	21.06

Normal: No streptozotocin injection

DM: Diabetes mellitus

DM-BPE I : Diabetes mellitus-BPE I(200ppm)

DM-BPE Ⅳ: Diabetes mellitus-BPE Ⅳ(200ppm)

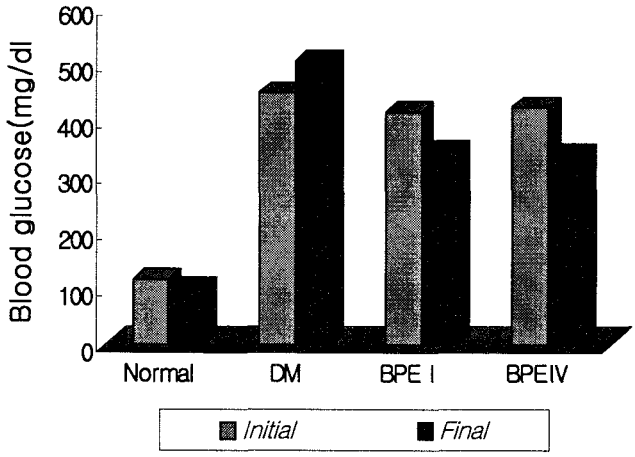


Fig. 16. Effects of barley polyphenol extracts(BPE) on blood glucose levels in STZ-induced diabetic rats.

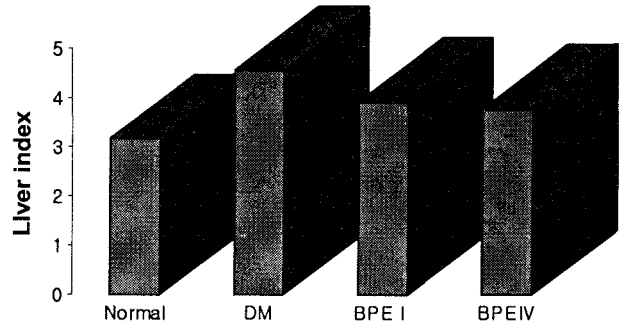


Fig. 17. Liver weight changes of experimental rats.

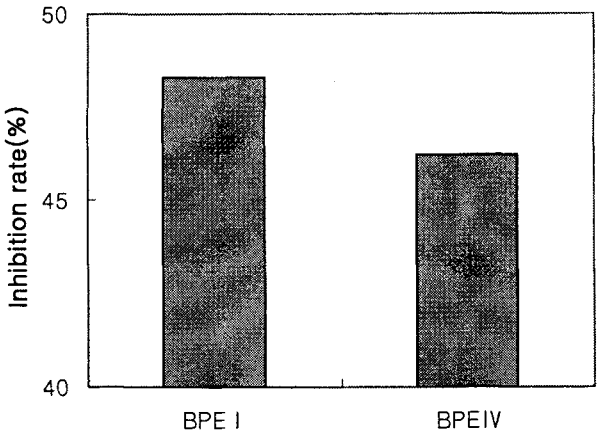


Fig. 18. Effects of lipid peroxide inhibition in rat liver.

마. 배아획분의 볶음에 따른 이화학적 특성 변화

우리의 식생활에서 보리는 쌀 다음으로 소비가 많은 곡물로 오래 동안 주식으로서 중요한 비중을 차지하여 왔으나 국민 식생활구조가 변화됨에 따라 점차 소비가 감소되고 있는 추세이다. 이와 같은 보리의 소비확대를 위해 그 동안 복합분을 중심으로 한 제빵, 제면 등에 관한 연구[109-113] 및 보리에 함유된 기능성 식이섬유로서의 베타-글루캔에 관한 이화학적 특성 연구[112,113] 등이 다수 이루어져 왔다. 보리를 식용으로 하기 위해 1차가공으로 도정처리를 하게 되며 도정은 정맥을 얻기 위하여 종피, 호분층, 외부 배유부, 그리고 배아를 점차적으로 제거하는 연산처리 공정이다. 현재 국내에서 상업적으로 보리를 압맥 또는 할맥 등으로 가공처리를 할 때 약 30% 정도의 부산물이 대맥강(大麥糠)으로 발생되고 있으나 거의 사료로 이용되고 있을 뿐이다. 보리 도정부산물에는 외피, 호분층을 포함한 도정겨 뿐만 아니라 배아 및 파쇄립 등이 포함되어 있어 이들을 적절히 가공하면 부가가치가 높은 소재 또는 가공제품을 개발할 수 있다[114,115].

최근 보리 배아유에는 tocols로서 토코페롤 이외에 토코트리에놀이 함유되어 있으며, 이들 성분이 강력한 항산화 효과 및 닭, 돼지, 사람의 혈청 LDL-콜레스테롤 감소 효과 등이 있다는 것이 밝혀진 바 있다[116-120]. 한편 쌀과 밀의 가공부산물로

얻어지는 미강과 소맥 배아의 경우에는 단백질, 비타민, 무기질 등이 풍부하게 함유되어 있어 영양강화제로 이용되어 왔으며[120,121], α-토코페롤 및 β-토코페롤을 함유하고 있어 천연 비타민 E의 주요 공급원으로 재활용하고자 하는 연구 외에도 미강유[122]와 소맥 배아유의 산화안정성[123] 등에 대한 다수의 보고가 있다.

따라서 본 연구에서는 보리 도정부산물로부터 배아를 분리하고 분리된 배아의 향미증진을 목적으로 볶음처리를 할 경우 발생하는 유리당, 아미노산 및 tocol류를 포함한 여러 가지 이화학적 특성변화를 조사하여 보리 배아의 식품소재로서의 가능성을 살펴보고자 하였다.

1) 착유수율

볶음온도 180℃에서 시간을 달리하여 볶은 보리 배아의 착유수율을 측정한 결과는 Table 19와 같다. 볶음처리를 하지 않은 대조구의 경우는 16.93%를 나타내었으나 볶음시간이 길어짐에 따라 점차 착유수율이 높아져 7분 볶은 배아의 경우 28.92%로써 가장 높은 값을 나타내었으나 그 이후인 볶음시간 9분의 경우에는 20.39%로써 오히려 낮아지는 경향이었다. 이와 같은 결과는 과도한 볶음처리에 의해 착유수율이 낮아지게 된 때문이라 생각되며, 참깨나 들깨와 같은 유지 종실류의 경우에도 과도한 볶음은 오히려 착유수율을 저하시키게 된다고 보고되어 있다[124].

Table 19. Changes in oil extraction yield of barley germ during roasting at 180℃[1)]

	Roasting time (min)				
	0	3	5	7	9
Oil yield(%)	16.93	24.17	27.51	28.92	20.39

[1)]values are means of triplicate determinations.

2) 표면색도의 변화

보리의 배아에는 15% 내외의 지질, 35% 내외의 단백질 외에도 유리형태의 당류

가 존재하고 있어 이를 볶게되면 이들 성분간의 상호작용에 의해 갈색화 물질이 생성됨과 동시에 감미로운 향기가 생성되게 되는데 특히 보리배아의 경우에는 식품으로서 바람직한 독특한 향이 생성됨을 관찰하였다. 따라서 볶음시간의 경과에 따른 보리배아의 표면색도 변화를 조사한 결과는 Table 20과 같다.

볶음처리하기 전 보리배아의 표면색도는 색의 밝기를 나타내는 L값이 59.84이었으나 볶음시간이 길어짐에 따라 점차 감소하여 볶음시간 9분에는 30.40을 나타내어 점차 어두워짐을 알 수 있었다. 적색도를 나타내는 a값은 볶음처리 전 5.94이었고, 볶음시간 3분에는 8.00으로 증가하였으나 그 이후 감소경향을 나타내어 볶음시간 5분에서는 4.77, 9분에는 1.06을 나타내었다. 황색도를 나타내는 b값의 경우에는 지속적인 감소경향을 나타내었다. 이와 같은 사실은 보리 배아에 있어서 볶음이 진전됨에 따라 색의 밝기와 황색도는 지속적으로 감소한 반면, 적색도는 일정 볶음시간까지 증가한 후 감소하게 됨을 말해주는 것이라 생각되었다. 관능적으로 살펴본 경우 볶음시간 9분 시료의 경우 표면의 색이 너무 검고 탄화취 마저 감지하게 되어 보리 배아의 가공을 위한 볶음처리를 위해서는 볶음시간 5~7분이 바람직할 것으로 생각되었다.

Table 20. Changes in Hunter's color value of barley germ during roasting at 180℃

Hunter's value[1)]	Roasting time (min)				
	0	3	5	7	9
L	59.84	53.95	36.59	32.56	30.40
a	5.94	8.00	4.77	2.42	1.06
b	18.82	16.82	6.02	3.24	1.66

[1)] L, lightness; a, redness; b, yellowness.

3) 유리당의 변화

볶음시간의 경과에 따른 배아의 유리당에 미치는 영향을 살펴보기 위해 유리당의 조성 및 함량을 ion chromatography로 살펴 본 결과는 Table 21과 같다. 보리

배아에서 검출된 유리당은 glucose, fructose, sucrose, raffinose 및 1-kestose 등이었으며 이 중 특히 올리고당인 raffinose의 함량이 10.26%로 가장 높았고 다음이 sucrose가 8.15%로서 이들 2가지 당이 전체 유리당의 96%를 차지하여 보리 배아의 주된 당인 것으로 나타났다. 본 시험에 있어 이들 유리당은 볶음시간이 길어짐에 따라 점차 감소하는 경향을 보이지만 당의 종류에 따라 감소정도는 각기 다른 것으로 나타났다. 즉 glucose, fructose 및 1-kestose의 경우에는 원료인 배아에 함유된 양이 0.2% 내외로 대단히 낮을 뿐 아니라 볶음시간 7분까지 그다지 큰 변화를 보여주지 않지만 raffinose와 sucrose의 경우에는 볶음시간 7분 이후에 큰 감소경향을 나타내었고 특히 볶음시간 9분에는 각각 초기함량의 1.6% 및 0.6% 정도만이 잔존하는 것으로 나타났다. 따라서 sucrose와 raffinose의 함량 감소는 보리 배아의 볶음 시 갈변 및 향기생성에 중요한 영향을 미칠 것으로 판단되었다. 한편 이들 유리당 중 sucrose와 raffinose의 경우에는 carbonyl기를 갖고있지 않아 Maillard 반응에 직접 관여할 수 없지만 볶음조건이 격렬할 경우 glucosidic bond가 가수분해되어 환원당으로 전화됨에 따라 Maillard 반응에 관여하는 것으로 알려져 있다[125]. 따라서 볶음시간 7분 이후 현저한 감소를 나타내는 점은 이들 유리당이 fructose, glucose, 또는 galactose 등으로 전환되어 Maillard 반응에 관여한 결과이거나 캬라멜화가 일어나게 된 결과로 추정되며, 이는 배소땅콩의 경우에도 나타나는 현상이다[126].

Table 21. Changes in free sugar content of barley germ during roasting at 180℃

Sugar (%, dry basis)	Roasting time (min)				
	0	3	5	7	9
Glucose	0.24	0.20	0.22	0.24	0.02
Fructose	0.28	0.26	0.39	0.32	0.01
Sucrose	8.15	8.76	5.48	1.81	0.05
Raffinose	10.26	10.40	7.44	3.14	0.17
1-Kestose	0.20	0.23	0.18	0.14	0.07

4) 유리아미노산 변화

볶음처리가 배아의 유리아미노산의 조성 및 함량에 미치는 영향을 살펴 본 결과는 Table 22와 같다. 볶음처리전 보리배아의 유리아미노산은 serine이 178.1 mg%로서 가장 많고 glutamic acid와 aspartic acid가 각각 163.2 mg% 와 120.1 mg%로서 그 다음을 차지하였으며 다음이 alanine, proline, glycine 등으로서 각각 67.2 mg%, 53.8 mg% 및 26.2 mg%이었고, 그 밖의 아미노산들은 cystine의 1.0 mg%에서 arginine의 16.6 mg% 사이의 함량이었다. 이들 아미노산은 볶음시간이 길어짐에 따라 점차 감소하게되나 감소경향은 아미노산의 종류에 따라 다소 차이가 있음을 알 수 있다. 즉 가장 심한 변화는 serine으로서 볶음 5분 이후에는 완전히 소실되었으며 그 밖의 아미노산들도 거의 유사한 감소경향을 나타내었는데 전체적으로 살펴 볼 때 유리당에 비해 감소정도가 더욱 큼을 알 수 있다. 본 시험에 있어 볶음처리에 따른 아미노산의 감소현상은 Maillard 반응에 의한 결과로 추정되며 아미노산과 당의 모델계[127-129], cocoa bean[130,131], 빵[132], 맥아추출액[133] 등의 연구결과와 유사한 경향이었다. 특히 하 등[134]은 serine, cystine, lysine이 갈색색소 형성에 가장 많이 작용하기 때문에 볶음온도와 시간이 길어짐에 따라 급격히 감소하거나 거의 손실된다고 보고하였다.

Table 22. Changes in free amino acids content of barley germ during roasting at 180℃

Amino acid (mg%,dry basis)	Roasting time (min)				
	0	3	5	7	9
Aspartic acid	120.1	113.3	9.1	4.5	4.6
Serine	178.1	176.2	t[1)]	t	t
Glutamic acid	163.2	101.9	5.3	2.8	2.7
Glycine	26.2	19.3	4.1	2.9	2.8
Histidine	6.8	5.1	0.4	t	0.2
Threonine	12.2	12.7	1.1	t	t
Arginine	16.6	14.9	1.1	0.4	0.3
Alanine	67.2	59.0	3.3	2.3	2.3
Proline	53.8	47.6	2.8	1.1	0.6
Cystine	1.0	0.8	0.5	t	t
Tyrosine	6.0	4.0	0.2	t	t
Valine	16.9	13.7	0.5	t	0.3
Methionine	1.1	0.4	t	t	t
Lysine	8.4	7.3	2.3	1.3	0.9
Isoleucine	5.9	4.5	t	t	t
Leucine	4.8	3.5	t	t	t
Phenylalanine	4.0	2.4	t	t	t
Total	692.3	586.6	28.8	16.3	15.1

[1]Trace.

5) Tocols 및 지방산 조성과 함량 변화

볶음조건별 착유하여 얻어진 보리 배아유에 함유된 tocol류를 HPLC를 이용하여 분리·분석한 결과는 Table 23과 같다. 보리배아에는 토코페롤로서 α-, β-, γ-

토코페롤과 미량의 δ-토코페롤이 함유되어 있는 반면 토코트리에놀의 경우에는 β-토코트리에놀은 거의 없고 α-와 γ-, δ-토코트리에놀 등이 측정되었고 특히 α-토코페롤과 α-토코트리에놀의 함량이 각각 580 mg/kg 및 60 mg/kg으로 주종을 이루고 있었고 볶음시간에 따른 함량 차이는 보이지 않았다. 그러나 Yen[135]과 Koizumi 등[136]이 참깨의 볶음온도와 시간에 따른 tocols을 분석한 결과 볶음온도가 190~200℃ 이상이고 볶음처리 시간이 30분 이상으로 강한 볶음처리를 한 경우 tocols함량이 감소한다고 보고하였다. 이와 같은 결과는 보리 배아의 볶음온도가 180℃로 낮고 볶음시간이 짧은 서로 다른 실험조건에 의한 차이라 생각되고 만약 보리배아를 190℃ 이상의 높은 온도와 볶음시간을 길게 한다면 보리 배아 입자안의 계속되는 온도 상승으로 열분해가 일어나 tocols함량이 감소할 것으로 예상되었다.

또한 볶음처리별 시료의 지방산 조성과 그 함량변화를 살펴본 결과(Table 24) palmitic acid와 oleic acid가 20% 이상, 다중 불포화지방산인 linoleic acid가 48% 내외로 측정되었고, 볶음시간에 따른 함량변화를 측정한 결과 차이는 나타나지 않았다. 특히 김 등[137]은 볶음온도를 달리한 참기름의 지방산 조성을 분석한 결과 지방산의 종류에 따라 다소 증감을 나타내기는 하지만 거의 변화가 없는 것으로 보고하였으며, Ser등[138]은 볶음정도에 따라 지방산조성의 변화는 거의 나타나지 않았으나 볶음시간이 길어질수록 포화지방산은 감소한다고 하였다.

이상의 결과로 미루어 볼 때 보리 배아에 함유된 이들 지질관련 성분들은 180℃ 정도의 볶음조건하에서는 안정한 것으로 사료되며 따라서 이와 같은 열안정성은 보리배아를 이용한 가공식품의 제조시 바람직한 특성의 하나일 것으로 판단되었다.

Table 23. Changes in tocol concentrations in barley germ oil during roasting at 180℃[1)]

Tocol isomer[2)] (mg/kg)	Roasting time (min)				
	0	3	5	7	9
α-T	582.93	581.66	563.25	555.07	558.23
α-T3	66.80	65.32	66.50	66.74	69.98
β-T	19.05	18.65	19.96	19.09	19.70
β-T3	-	-	-	-	-
γ-T	95.80	95.95	96.85	97.55	99.76
γ-T3	26.30	27.91	25.25	27.32	25.99
δ-T	4.20	4.18	4.42	4.35	4.31
δ-T3	3.02	2.96	3.01	2.52	2.56

[1)]Values are means of triplicate determinations.

[2)] T, tocopherol; T3, tocotrienol.

Table 24. Changes in fatty acid composition in barley germ during roasting at 180℃[1)]

Fatty acids (%)	Roasting time (min)				
	0	3	5	7	9
Myristic acid (14 : 0)	0.10	0.09	0.09	0.09	0.09
Palmitic acid (16 : 0)	21.94	22.12	22.38	22.26	22.50
Palmitoleic acid (16 : 1)	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Stearic acid (18 : 0)	0.59	0.60	0.61	0.59	0.60
Oleic acid (18 : 1)	20.41	20.61	20.76	20.59	20.65
Linoleic acid (18 : 2)	48.48	48.24	47.90	48.18	47.94
Linolenic acid (18 : 3)	6.08	5.92	5.77	5.85	5.74
Arachidic acid (20 : 0)	0.12	0.13	0.13	0.13	0.13
Eicosenoic acid (20 : 1)	1.59	1.62	1.65	1.61	1.62
Behenic acid (22 : 0)	0.09	0.10	0.13	0.13	0.14
Erucic acid (22 : 1)	0.46	0.43	0.43	0.43	0.43
Lignoceric acid (24 : 0)	0.04	0.05	0.05	0.05	0.06

[1)]Values are means of triplicate determinations.

6) 갈색색소의 겔크로마토그래피

볶음처리가 보리 배아의 갈색색소 생성에 미치는 영향을 살펴보기 위해 탈지한 배아의 물추출액을 Sephadex G-25를 사용하여 갈색색소를 분리하여 본 결과는 Fig. 19와 같다. Fig. 19에서 보는 바와 같이 분리색소의 주요 peak 사이의 최저치를 경계로 구분하여 보면 크게 3가지 fraction으로 나누어짐을 알 수 있다. 또한 볶음시간에 따라 갈색색소의 구성에 차이가 있는 것으로 나타났다. 즉 볶음시간이 길어짐에 따라 각 fraction 모두 양적인 증가경향을 나타내었고 특히 fraction A와 C의 증가경향이 현저하였다. 각 fraction 별로 분취한 색소를 육안으로 살펴 본 결과 fraction A는 흑갈색, B는 적갈색, C는 밝은 황색을 나타내었는데 Sephadex G-25의 분자체적 특성을 고려할 때 흑갈색 색소는 칼럼의 앞부분에서 용출되는 점으로

미루어 보아 비교적 분자량이 5,000이상의 색소물질로 추정되었으며 볶음시간이 길어짐에 따라 점차 고분자성 갈색화합물의 생성이 많아지는 것으로 추정되었다.

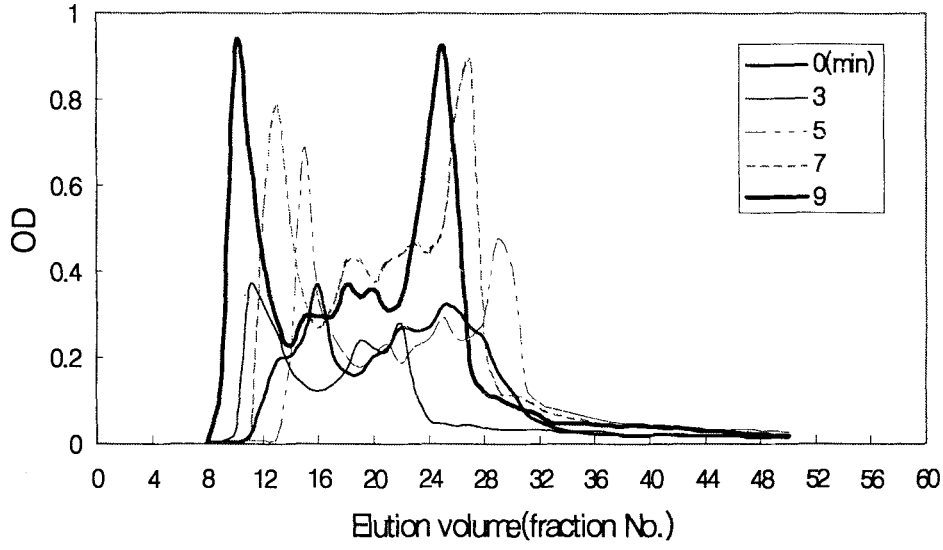


Fig. 19. Gel chromatogram of water-soluble brown pigment in roasted barley germ.

2. 파쇄립 및 유효성분활용 가공제품 개발

가. 파쇄립 등 도정부산물의 혈당강하 및 과산화억제 효과

1) 식이섭취량 및 체중변화

파쇄립, 배아, 맥강 등 도정부산물의 급여가 실험동물의 식이섭취량 및 체중의 변화에 미치는 효과를 조사하였다. 하루 평균 식이섭취량은 Table 25에서 보는 바와 같이 정상대조군이 18.20g, 맥강, 배아 및 파쇄립이 각각 21.64, 23.43 및 24.25g 이었으나 당뇨대조군은 29.62g을 나타내어 하루 평균 식이섭취량이 가장 많은 것으로 측정되었다. 체중변화의 경우는 보리 도정부산물 처리군이 당뇨대조군 보다 증가하는 경향을 나타내었고 정상대조군>배아>맥강>파쇄립의 순으로 증가하였으며 당뇨대조군은 실험 전기간동안 감소하는 경향을 보였다.

Table 25. Effect of barley fractions on changes in body weight gains, food intakes and food efficiency ratios(FER)

Groups	Food intake (g/day)	Body Weight(g)			FER (%)
		Initial	Final	Gains	
Normal	18.20±0.10	265.67±6.13	400.22±37.97	134.51±34.87	0.18
DM	29.62±0.70	266.36±4.84	223.48±8.85	-42.87±6.54	-
DM-Bran	21.64±1.05	266.94±9.17	321.11±10.40	54.17±7.43	0.06
DM-Germ	23.43±0.43	270.87±9.57	342.36±9.02	69.58±9.26	0.07
DM-Broken kernel	24.25±0,78	263.40±3.22	299.09±40.53	15.69±6.54	0.02

Normal: No streptozotocin injection

DM: Diabetes mellitus

DM-Bran: Diabetes mellitus-bran suspension(1000mg/kg)

DM-Germ: Diabetes mellitus-germ suspension(1000mg/kg)

DM-Broken kernel: Diabetes mellitus-broken kernel suspension(1000mg/kg)

2) 장기무게의 변화

보리 도정부산물을 6주간 투여한 당뇨쥐에서 각종 장기 무게에 미치는 영향은 Table 26에서 보는 바와 같으며 간장, 비장, 신장의 무게를 체중 100g당으로 환산하여 나타내었다. 간장의 무게는 정상대조군 2.96g, 당뇨대조군에서 5.36g, 맥강 3.81g, 배아 3.64g, 파쇄립 4.12g으로 당뇨대조군에 비해 도정부산물 섭취군에서 유의적으로 낮게 나타났다. 이는 당뇨병에서 간장의 비대는 체내 인슐린의 저하로 정상적인 당대사가 원활하지 않아 acetyl-Co A에서의 지질대사체계가 형성되어 간장 내에 지질성분이 축적되기 때문이라고 보고[139]되어 있다. 비장의 무게는 정상대조군에서 0.20g, 당뇨대조군에서 0.22g, 맥강, 배아 및 파쇄립 처리군에서 각각 0.19, 0.21, 0.21g으로 유의적인 차이는 나타나지 않았다. 신장의 무게에서도 다른 장기와 마찬가지로 당뇨대조군에서 1.27g으로 신장의 무게가 가장 비대했으며 이는 당뇨병에 의한 신장대사의 변화 때문인 것으로 Mogensen[140] 과 Steer 등[141]의 연구에서 보고되었다.

Table 26. Effects of barley fractions on Organ weight in STZ-induced diabetic rats

Groups	Organ Weight(g/100g BW)		
	Liver	Kidney	Spleen
Normal	2.96±0.24	0.56±0.03	0.20±0.01
DM	5.36±0.14	1.27±0.14	0.22±0.01
DM-Bran	3.81±0.10	0.87±0.04	0.19±0.00
DM-Germ	3.64±0.13	0.79±0.01	0.21±0.01
DM-Broken kernel	4.12±0.10	0.92±0.03	0.21±0.00

3) 혈당의 변화

보리 도정부산물이 혈중 포도당 농도에 미치는 영향은 Table 27에서 보는 바와 같다. 정상대조군은 실험 6주 동안 혈당이 99~122 mg/dL로 정상적인 혈당을 유지하였으나 당뇨대조군은 실험 전기간동안 혈당이 상승하여 400~480 mg/dL이상

을 나타내었다. 그러나 도정부산물 섭취군에서는 보리 도정부산물을 급여함에 의해 1주 후부터 혈당강하 효과가 나타나기 시작하여 실험 6주 후에는 당뇨대조군에 비해 34~61% 정도의 유의적인 감소가 나타났고 혈당의 경우에는 특히 파쇄립 섭취군에서 감소효과가 큰 것으로 확인되었다. 이러한 결과는 송 등[142]이 보고한 보리에서 추출한 β-glucan이 Alloxan 유발 당뇨쥐에서 혈당강하효과가 나타났다는 보고와 일치하여 보리 도정부산물이 혈당강하효과가 있는 것으로 사료된다.

Table 27. Effects of barley fractions on blood glucose level in STZ-induced diabetic rats

Groups	Blood glucose(mg/dL)		
	0	3	6(week)
Normal	105±7.0	115±10.0	111±8.0
DM	335±13.0	456±29.0	420±23.0
DM-Bran	369±19.0	326±25.0	245±42.0
DM-Germ	346±22.0	384±27.0	134±35.0
DM-Broken kernel	378±16.0	376±22.0	168±38.0

Normal: No streptozotocin injection

DM: Diabetes mellitus

DM-Bran: Diabetes mellitus-bran suspension(1000mg/kg)

DM-Germ: Diabetes mellitus-germ suspension(1000mg/kg)

DM-Broken kernel: Diabetes mellitus-broken kernel suspension(1000mg/kg)

4) 과산화억제 효과

당뇨유발 6주 후 실험동물에서 혈청 및 간조직을 분리하여 보리 도정부산물이 과산화억제에 미치는 효과를 측정하였다. 혈청 중 지질과산화물(malondialdehyde : MDA)의 경우 Fig. 20과 같이 6주 실험 후 MDA함량이 정상대조군에서 10.60 nmol/mL 이었으나 당뇨대조구에서는 16.82 nmol/mL 로 가장 크게 증가하였다. 한편 배아획분 섭취군에서는 10.02 nmol/mL 를 나타내어 배아섭취에 의해 MDA함량이 감소하는 경향을 보였으며 또한 맥강 및 파쇄립 섭취군에서도 각각 11.64 및

12.56 nmol/mL로 당뇨대조군에 비하여 도정부산물의 섭취에 의해 MDA함량이 감소하였다. 또한 간조직의 과산화억제효과는 in vitro상에서 각 대조구의 흡광도에 대한 저해율(%)로 나타낸 결과(Fig. 21) 보리 도정부산물 0.2%농도에서 65%내외의 저해율을 나타내었다. 위의 결과는 보리 도정부산물 중에 존재하는 phenolic acid의 항산화작용[143-145]에 의하여 간장이나 혈중에 생성된 과산화지질의 최종산물인 MDA 함량이 감소된 것으로 생각된다.

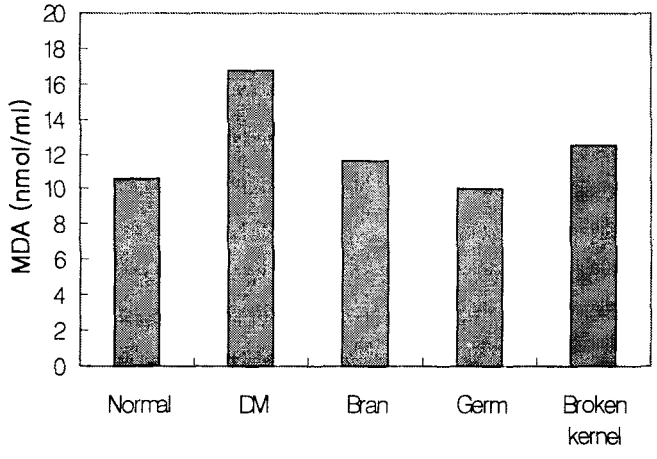


Fig. 20. Effects of thiobarbituric acid reactive materials of serum.

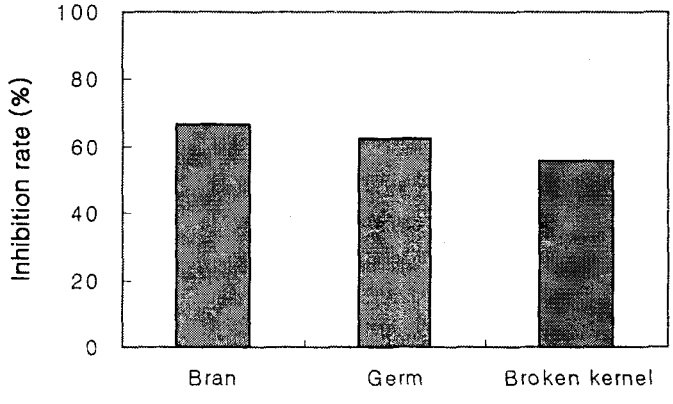


Fig. 21. Effects of lipid peroxide inhibition in rat liver.

나. 파쇄립을 이용한 시리얼 바의 제조

현대의 식생활에서는 특히 맛을 중시하므로 식이섬유를 많이 함유하고 있어 거친 감을 주는 곡류의 외피부분을 도정하여 제거하는 일이 많아짐에 따라 식이섬유뿐만 아니라 각종 비타민, 무기질과 같은 영양성분의 섭취 기회를 줄이게 되었다. 구미 선진국의 경우 곡류로부터 얻고 있는 식이섬유의 섭취량 감소는 근대사회로 접어들어 곡류의 정제기술이 발달함에 따라 고도로 정제된 곡류를 식용으로 하게 된 때문이며 이와 같은 결과는 대장암 등 각종 성인병 발병원인의 하나로 간주되고 있다.

한편 인간이 불을 사용한 이래 맛의 추구를 위하여 대부분의 원료 농축산물을 가열조리하여 이용하고 있으나 가열처리에 따라 원료에 함유된 각종 영양성분의 손실은 피할 수 없는 현상이다.

그러나 최근 건강에 대한 국민의 관심이 높아짐에 따라 될 수 있는 한 가공처리하지 않은 식품, 즉 생식을 하고자 하는 사람의 수가 늘어나고 있고 이와 같은 요구를 충족시키기 위해 각종 곡물, 채소류 등 수십 종의 식물성 원료를 가열처리하지 않고 단순히 분말상으로 혼합한 제품이 인기를 끌고 있으나 현재 시판되고 있는 생식의 경우 대부분이 분말상으로 가공, 포장되어 있어 이를 섭취하기 위해서는 물 또는 우유를 부어 섭취해야 하는 등의 번거로움이 따르고 있다.

또한 생식 또는 선식제품류의 원료조성은 전분질을 주축으로 한 곡물류가 대부분을 차지하고 있으며 이들 전분질 식품은 가열처리되지 않을 경우 소화성이 낮아 물 또는 우유 등과 함께 마실 경우 소화흡수성이 의문시되고 있다.

따라서 생식이 현대인들에게 부여할 수 있는 건강증진의 효과를 최대한 발휘하면서도 현대인의 기호, 즉 맛과 편이성을 함께 충족시킬 수 있는 형태의 제품 가공기술이 요구되고 있다. 이를 위해 본 연구에서는 보리 도정부산물로서 분획한 파쇄립을 최소 열처리하여 씹어 먹을 수 있는 시리얼 바의 형태로 가공처리할 수 있는 새로운 기술을 개발하였다.

특히 도정부산물로부터 쉽게 얻을 수 있는 파쇄립의 경우 혈당강하효과 및 과산화지질억제 효과가 있는 것으로 동물실험을 통해 확인되었는 바 이를 활용한 가공

제품의 개발은 큰 의미가 있는 것이라 생각된다.

그러나 파쇄립의 경우 그대로의 상태로는 조직이 너무 단단하여 씹을 수 없기 때문에 생식용 또는 시리얼 바 제품의 원료로서는 사용할 수 없는 문제를 해결하고자 본 연구에서는 여러 가지 비가열처리 방법에 의해 조직을 약화시킬 수 있는 방안을 검토하였다.

1) 파쇄립의 일반성상

우선 파쇄립의 가공적성을 살펴보기 위해 파쇄립의 일반적인 성상을 검토하였다. 보리 도정부산물로부터 얻어지는 파쇄립은 보리쌀에 비해 조단백, 조지방, 전분함량은 다소 낮은 반면 회분과 조섬유에 있어서는 다소 높은 값을 보여 파쇄립 획분에는 보리 외부층이 일부 혼입되어 있는 것으로 나타났다.

파쇄립의 색도를 도정한 보리쌀과 비교한 결과 색의 밝기를 나타내는 L값 및 황색도를 나타내는 b값의 경우 파쇄립은 각각 76.15 및 13.12로서 보리쌀의 68.62 및 12.23에 비해 다소 높았으나 적색도를 나타내는 a값의 경우에는 다소 낮은 값을 나타내었는데 이는 파쇄립 입자의 크기가 보리쌀에 비해 작기 때문에 기인된 결과로 생각된다. 한편 파쇄립과 보리쌀을 미분쇄하여 분말로 한 경우 b값은 큰 차이는 없으나 L값과 a값이 약간 높은 것으로 나타났는데 이는 파쇄립 획분에는 맥강 등 보리의 외피에서 유래하는 성분의 혼입이 일부 있음을 말해주는 것으로 일반성분의 결과와 같은 경향이었다.

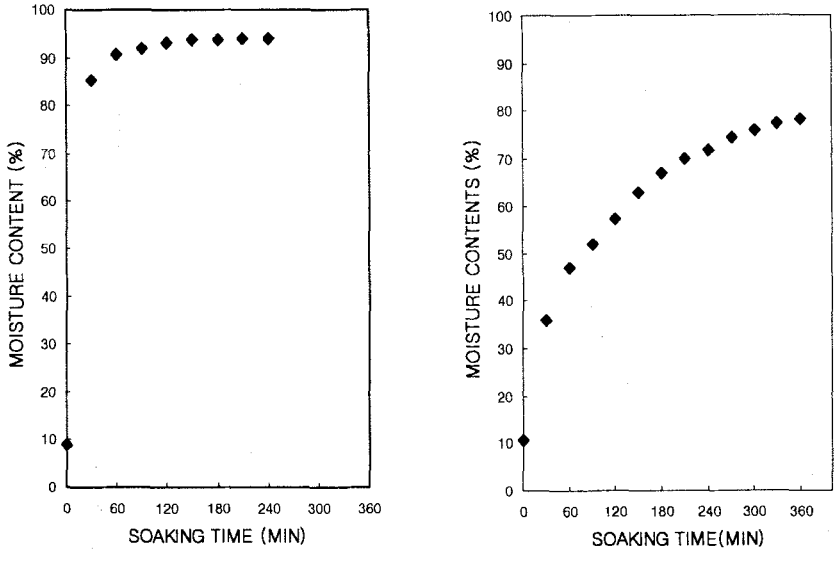
파쇄립의 입자크기를 조사한 결과, 14~18 mesh 사이의 것이 84.5%를 차지하였고 14 mesh 이하의 대립자는 10.1%, 18 mesh 이상의 소립자가 5.9%를 차지하는 것으로 나타나 대부분이 14~18 mesh 정도 크기의 것으로 구성되어 있는 반면 60 mesh 이상의 미립자는 거의 존재하지 않았다. 한편 파쇄립과 보리쌀의 천립중을 조사한 결과 각각 2.50 및 17.34로서 파쇄립은 보리쌀에 비해 개당 중량 대비 14% 정도의 작은 입자로 구성되어져 있음을 알 수 있었다. 따라서 이와 같은 작은 입자의 특성을 살린 가공제품의 개발이 필요한 것으로 나타났다.

한편 파쇄립의 아밀로그램 특성을 조사한 결과, 최고점도의 경우 증류수를 사용한 경우에는 555~570B.U를 나타내었으나 수은염의 사용으로 점도는 950~970B.U로 크게 높아졌고 이와 같은 경향은 95℃에서의 점도에 있어서도 같은 결과이었다.

따라서 파쇄립을 활용하여 가공식품을 제조할 경우에는 가공시 잔존하는 알파-아밀라아제의 영향을 고려할 필요성이 높은 것으로 나타났다.

2) 수분흡수율

파쇄립의 침지시간에 따른 수분흡수 양상은 Fig. 22와 같다. 동일 시간대에서 수분흡수는 파쇄립이 2시간 이후 평행상태에 도달한 반면 보리쌀의 경우는 6시간 이후에도 평형상태에 도달하지 않았다. 이와 같은 결과는 파쇄립이 보리쌀에 비해 입자크기가 작아 조직 내부에 수분의 침투가 용이해진 때문이라 생각된다.



(Broken-kernel) (Barley)

Fig. 22. Water absorption ratio of barley broken-kernel and pearled barley during steeping at room temperature.

3) 냉동-해동에 의한 파쇄립의 조직감 변화

Fig. 23은 SEM을 사용하여 파쇄립의 표면구조를 관찰한 결과이다. Fig. 23에서 알 수 있는 바와 같이 파쇄립의 표면은 대단히 조밀한 구조를 하고 있으며 표면에는 배유부에서 유래한 전분입자들이 단백질과 matrix를 형성하여 치밀한 조직을 이루고 있었다. 반면 파쇄립을 일정시간 물에 침지시킨 뒤 동결건조하고 SEM을 사용하여 표면구조를 관찰한 결과는 Fig. 24와 같다. 파쇄립은 물에 침지함에 의해 의해 조직은 다소 느슨한 구조로 변화되었고 침지 전의 파쇄립과는 달리 단백질과 matrix를 형성하던 표면에 존재하던 물질로부터 단백질 등의 성분이 일부 씻겨짐에 의해 전분입자의 형태를 보다 뚜렷이 관찰할 수 있었다.

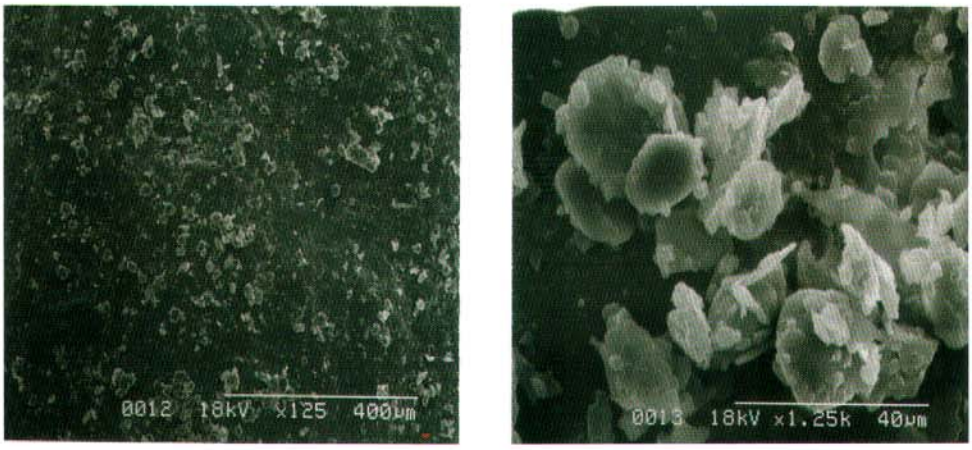


Fig. 23. Microstructure of barley broken-kernel by SEM

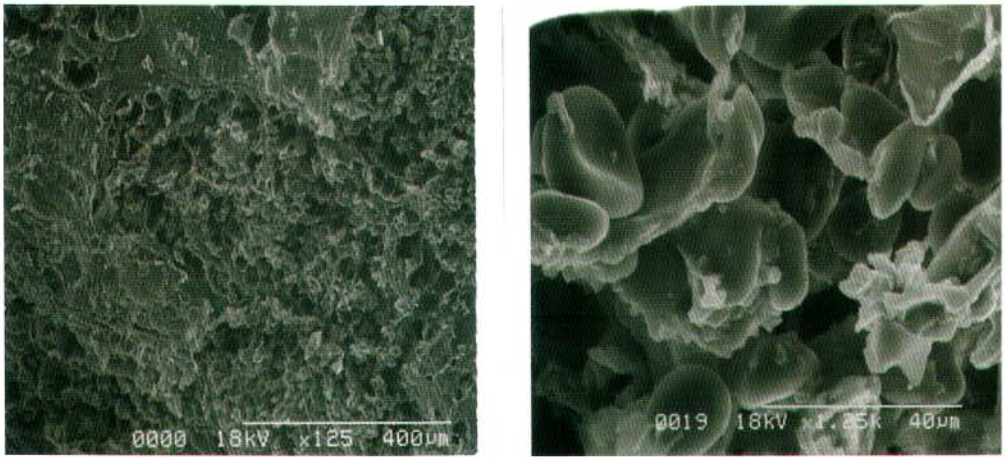


Fig. 24. Microstructure of barley broken-kernel after steeping by SEM.

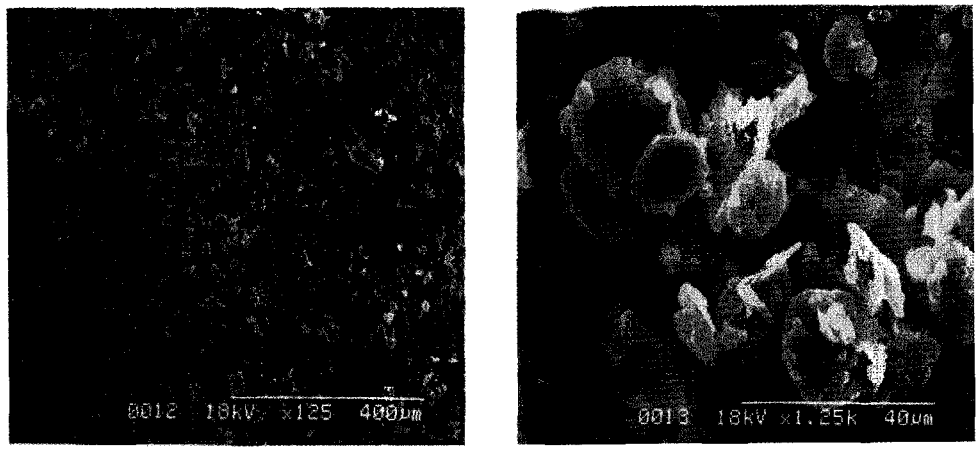


Fig. 23. Microstructure of barley broken-kernel by SEM

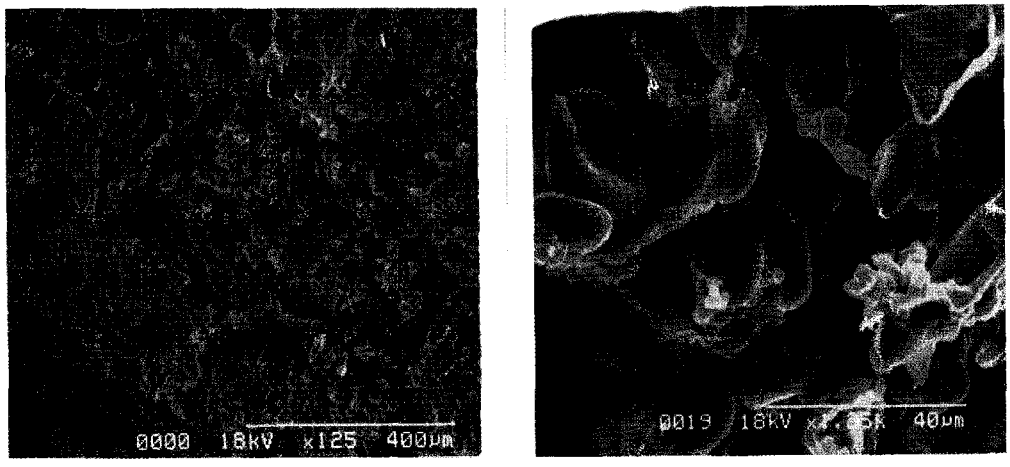


Fig. 24. Microstructure of barley broken-kernel after steeping by SEM.

이와 같이 파쇄립의 경우 비록 입자크기는 14~18 mesh 정도로 작지만 그대로의 상태로는 조직이 단단하여 저작에 큰 에너지가 필요하다. 따라서 다공성의 부드러운 조직감으로 변형시키기 위해 수침 한 후 동결·해동 처리한 후의 조직특성을 조사하였다(Table 28 및 Fig. 25).

Table 28. Changes in breaking force of barley broken-kernel repeated by freeze-thaw cycle

	Raw	FD	Steeped-FD	Freeze-thaw cycle				
				1	2	3	4	5
Texture analyzer	2934.11[a)]	3791.11[b)]	1721.44[c)]	1386.58[c)]	1493.01[c)]	1389.27[c)]	1354.52[c)]	1385.78[c)]
Sensory score	5.00[a)]	7.13[b)]	3.19[c)]	3.44[c)]	3.31[c)]	2.75[c)]	3.38[c)]	3.38[c)]

FD; Freeze drying.

1) Mean values within a row that followed by same letter are not significant different($p>0.05$) by Duncan's multiple range test.

조직감을 texture analyzer로 분석한 결과 수침하지 않고 동결건조 한 것의 강도가 가장 높았고, 다음이 파쇄립 이었으며 수침 후 냉동과 해동 과정을 거친 시료에서 입자 강도가 가장 낮게 측정되었다. 이와 같은 결과는 Fig. 25에 잘 나타나 있다. 즉 수침 후의 파쇄립을 냉동. 해동을 반복함에 의해 파쇄립의 표면구조는 대단히 느슨해져 있고 세포 내에 존재하던 전분입자들의 일부는 세포 밖으로 빠져나오는 상태를 하고 있다. 이와 같은 형태의 변화에 의해 파쇄립의 파쇄강도는 약화되는 것으로 생각된다. 한편 수침 후 냉동과 해동과정을 1회부터 5회까지 반복 처리한 결과 냉동·해동의 반복횟수는 파쇄립 입자의 강도에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 나타났으며 관능검사를 통하여 조직감의 기계적 측정치와 비교한 결과 서로 유사한 경향을 나타내었다. 즉 기기측정 결과와 마찬가지로 파쇄립을 수침하지 않고 그대로 동결건조 처리한 것이 가장 단단하다고 하였고, 다음이 동결하지 않은 파쇄립이었으며, 가장 단단함이 약하다고 지적된 것은 수침 후 급속냉동하고 동결건조 한 시료와 수침 후 냉동과 해동을 반복한 시료였는데, 이들 시료는 기기측정

결과와는 달리 두 시료간에 관능상 유의적인 차이는 나타나지 않았다.

4) 효소처리에 의한 파쇄립의 조직감 변화

보리 도정부산물로 생성되는 파쇄립 입자의 조직감을 개선시켜 생식을 위한 재료로서 사용하기 위해 다공질화시켜 쉽게 저작할 수 있도록 하기 위한 조작으로 물에 수침하는 처리구, 수침 후 냉동-해동을 반복처리구와 전분을 분해하는 glucoamtlase 처리구(1, 2, 3시간 : 55℃) 등 각 조건별로 파쇄립을 처리하여 조직감의 변화 및 표면구조를 살펴 본 결과는 Table 29 및 Fig. 26과 같다. 그 결과 효소처리구 입자의 강도가 모두 낮게 측정되었다. 즉 원료 파쇄립의 파쇄강도는 2934g, 냉동-해동 5회 반복처리구의 평균강도는 1385 g이었으나 효소를 1시간, 2시간, 3시간 처리하여 얻은 파쇄립의 입자강도는 각각 918, 907, 889.73g 으로 강도가 매우 낮게 측정되어 효소처리에 의해서 생식용으로 적합한 조직감의 파쇄립을 만들 수 있었다.

한편 반응시간별로 조제한 파쇄립에 대해 관능평가를 실시한 결과 색(Color), 향(Flavor), 맛(Taste)의 항목은 처리군별로 유의적으로 차이가 없는 것으로 나타났다. 그러나 효소처리시에는 수침 또는 냉동-해동을 반복한 처리구 보다 조직감에 있어 바삭거리는 특징이 발현되는 것으로 나타났다. 또한 전체적인 기호도(Acceptability)에도 관능평가 결과 효소처리구에서 가장 선호도가 높게 측정되었으나 효소처리 시간별로는 처리구간에 통계적으로 유의차가 없었다.

Table 29. Changes in breaking force of barley broken-kernel by enzymatic treatment

	Raw	Reaction time(hr)		
		1	2	3
Texture analyzer	2934.11[a)]	918.61[1)]	907.12[c)]	889.73[c)]
Sensory score	7.0[a)]	3.6[c)]	3.6[c)]	4.0[c)]

1) Mean values within a row that followed by same letter are not significant different($p>0.05$) by Duncan's multiple range test

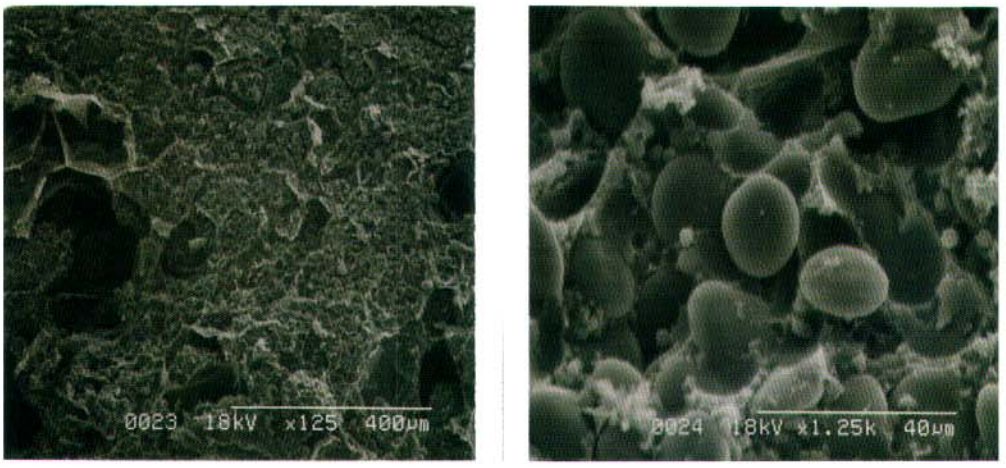


Fig. 25. Microstructure of broken kernel repeated freeze-thaw cycle by SEM.

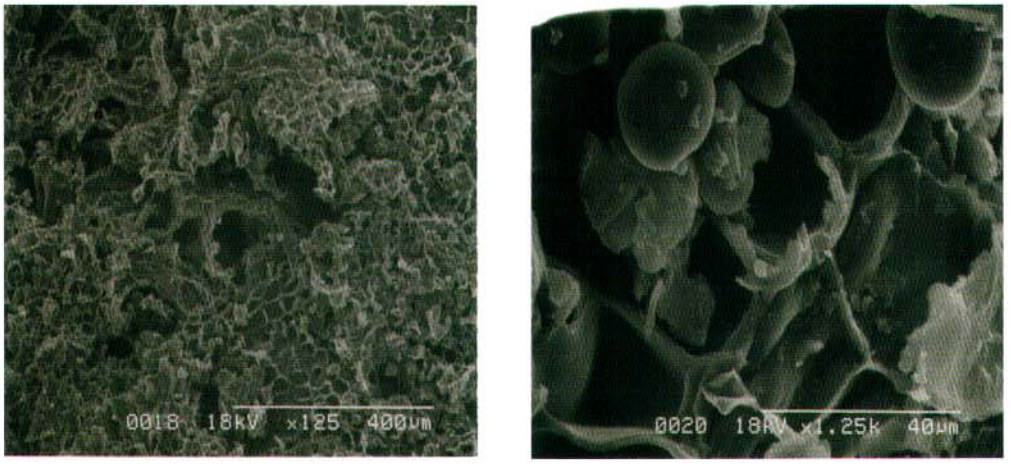


Fig. 26. Microstructure of broken-kernel after enzymatic treatment by SEM.

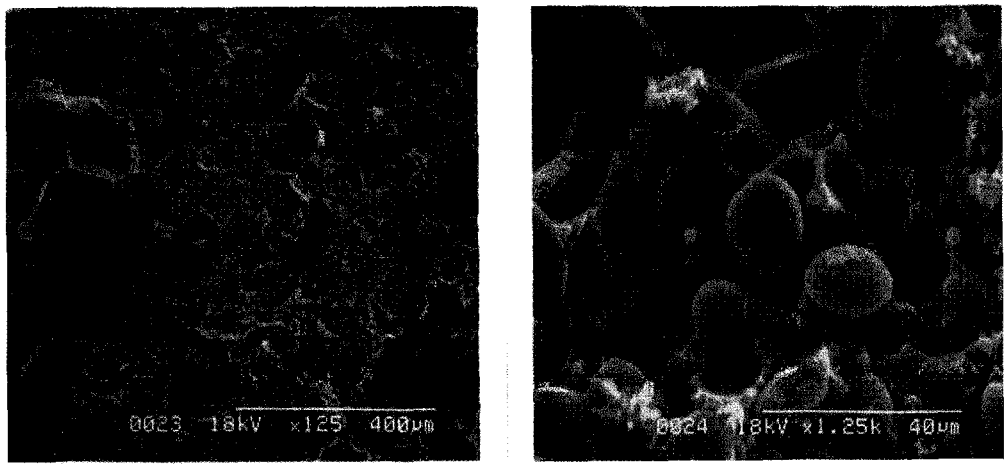


Fig. 25. Microstructure of broken kernel repeated freeze-thaw cycle by SEM.

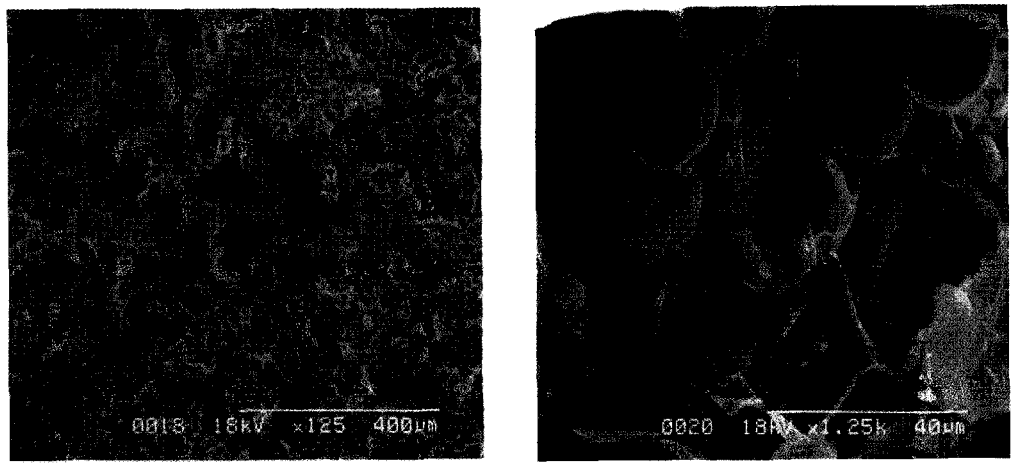


Fig. 26. Microstructure of broken-kernel after enzymatic treatment by SEM.

5) 효소처리에 의한 파쇄립의 총당 및 환원당 함량 변화

파쇄립을 효소처리하여 동결건조한 시료의 총당 및 환원당량을 측정한 결과 (Table 30), 3시간 효소처리군의 경우 총당함량은 6.7%로서 대조구의 1.5%에 비해 4배정도 증가하였는데 이는 파쇄립 내에 존재하는 전분의 가수분해에 의한 결과로 생각된다.

Table 30. Changes of reducing and total sugar content in barley broken-kernel during enzymatic treatment

Treatment	Total sugar(%)	Reducing sugar(%)
Raw	1.525	0.505
Steeping	0.894	0.733
1 hour	2.914	2.190
2 hours	3.844	3.086
3 hours	6.719	6.629
Freeze-thaw	1.286	0.810

6) 시리얼 바의 제조

위에서 언급한 바와 같이 보리 파쇄립의 경우 파쇄강도가 높아 그대로의 상태로는 생식용으로 사용할 수가 없으므로 조직의 파쇄강도를 감소시킬 목적으로 수침 후 냉동건조하는 방법 또는 glucoamylase의 처리에 의해 파쇄강도가 약화된 부드러운 시리얼바 제조용 원료를 얻을 수 있었다. 한편 시리얼바 제품의 특징은 씹을 때 부드러우면서도 첨가된 각종 곡류들이 서로 분리되지 않도록 결착해 주는 바인더의 선정이 대단히 중요하다. 따라서 본 시험에서는 여러 가지 기능성당류, 즉 이소말토올리고당, 자일리톨 등의 첨가량을 달리하여 바인더를 위한 배합시험을 수행하였고 그 결과 Table 31과 같은 조성을 기본배합비로 하고 Fig. 27과 같은 공정을 통하여 파쇄립을 이용한 시리얼 바 제품을 완성하였다. 향후 각종 곡류 및 건조과실 등을 함께 혼합하여 만든 시리얼바 제품은 그 수요가 점차 증대될 것으로 추정된다.

Table 31. Formulation of cereal bar using enzyme treated barley broken-kernel

Materials	Composition(weight)
Freeze dried-enzyme treated broken kernel	90
Barley germ	10
Isomalt:xylitol:gelatin:(50:60:5)	40
Marshmallow	2
Freeze dried mashed apple	10

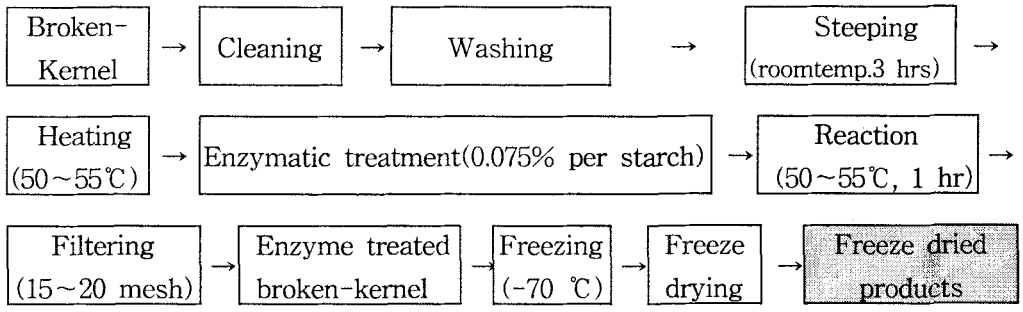


Fig. 27. Flow diagram of processing method for cereal bar prepared from freeze dried broken-kernel after enzymatic treatment.

다. 파쇄립을 이용한 후레이크의 제조

보리를 할맥이나 압맥 등의 제품으로 가공할 때, 마찰, 연마, 절단, 압편 등의 공정을 거침에 따라 대맥강을 포함한 파쇄립, 배아 등의 부산물이 약 30% 정도 발생하게 되지만 식용으로서의 활용방안에 대한 검토가 이루어져 있지 않기 때문에 대부분이 사료용으로 사용되고 있는 실정이다. 이상의 공정 중 원료 보리 100에 대해 약 24%의 맥강, 6%의 파쇄립 및 0.2%의 배아가 발생하는 것으로 알려져 상당량 발생되는 파쇄립의 용도 개발에 대한 필요성이 크게 제기되고 있다. 석 등[146]은 이들 보리 도정 부산물의 이화학적 특성을 조사한 결과 파쇄립에는 보리 외부층이 일부 혼입되어 회분과 식이섬유의 함량이 보리쌀에 비해 다소 높지만 그 밖의 성분들은 거의 유사한 이화학적 특성을 나타내어 식용으로서 충분히 활용될 수 있을 뿐만 아니라 이를 가공제품으로 개발시 파쇄립의 부가가치를 크게 높일 수 있을 것으로 판단하였다.

특히 파쇄립 및 배아 등 도정부산물로부터 얻을 수 있는 이들 획분에는 동물실험결과 혈당강하 효과 및 과산화지질억제 효과가 높은 것으로 확인되어 이들을 이용한 가공제품 개발은 현대인의 건강유지를 위해 대단히 의미있는 일이라 사료된다.

곡류를 미리 조리하여 바로 먹을 수 있도록 만든 편의식품인 후레이크는 곡류를 가열하여 전분을 호화시켜 성형을 손쉽게 함과 동시에 바람직한 향미 생성과 스낵과 같은 조직감을 부여한 가공식품으로 압착 또는 압출성형 등의 방법에 의해 제조된다[147,148]. 압착방법은 곡립 그 자체를 압착하여 제조하는 전통적인 방법으로 비교적 공정이 간단하여 비용이 적게 들고 곡립의 형태를 그대로 살릴 수 있는 장점이 있는 반면 낱알 그 자체만 이용하기 때문에 쌀, 보리, 밀, 귀리 등과 같이 낱알이 작은 곡류의 경우 외형상의 문제로 제품 경쟁력이 떨어지는 단점이 있다. 반면 압출성형방법은 곡류를 분쇄, 압출성형하여 펠렛을 제조한 후 이를 압착하여 제조하기 때문에 원료의 낱알 크기에 상관없이 펠렛의 크기를 조정함으로써 경쟁력이 떨어지는 낱알 크기가 작은 원료를 이용하여 후레이크를 제조할 수 있을 뿐만 아니라 원료간의 재조합도 가능하고 공정도 비교적 간단하여 후레이크 제조에 많이 이용되고 있다[22]. 특히 보리 파쇄립의 경우 약 5 mm 미만의 얇은 타원형의 형

태를 지니기 때문에 corn grit 처럼 별도의 분쇄공정을 거치지 않더라도 압출성형이 가능하며 이에 따라 분쇄에 소요되는 에너지를 절감할 수 있는 잇점이 있을 것으로 예상된다.

따라서 본 연구에서는 보리쌀과 거의 유사한 식품학적 특성을 지님에도 불구하고 활용도가 극히 낮은 보리 파쇄립을 이용하여 압출성형에 의한 보리 후레이크 제조기술을 개발하고자 하였다.

1) 압출성형 pellet의 호화도 및 가공적성

파쇄립의 작은 형태적 특성을 감안하여 분쇄하지 않고 압출성형할 때의 조건을 설정하기 위하여 메성보리 파쇄립을 대상으로 압출조건 변화에 따른 pellet의 호화도 및 가공적성을 조사한 결과는 Table 32와 같다. 압출온도 80℃에서는 거의 호화가 일어나지 않았으나 120℃ 이상의 온도, 그리고 35% 이상의 수분함량에서 호화가 일어남을 알 수 있었으며, 충분히 호화가 일어나기 위해서는 압출온도 120℃ 이상, 35% 이상의 수분함량이 필요한 반면 이때에는 팽화가 일부 일어나 후레이크용 pellet으로는 부적합한 것으로 나타났다. 또한 압출온도 100℃, 수분함량 35~40% 처리구에서도 호화가 충분히 일어나지 않아 roll 통과적성이 불량하였는데 이는 파쇄립을 그대로의 상태로 투입함에 의해 파쇄립 내부까지의 열전달이 충분히 이루어지지 않은 때문인 것으로 판단된다.

Table 32. Degree of gelatinization and processing adaptability of extruded pellets prepared from non-waxy and waxy barley broken kernels as pearling by-products

Extrusion condition		Degree of gelatinization(%)	Shape	Roll fitting
Temp.	MC[a)]			
80℃	30%	+	+	+
	35%	+	+	+
	40%	+	+	+
100℃	30%	+	+	+
	35%	+	+	+
	40%	+	++	+
120℃	30%	+	+	+
	35%	++	+	++
	40%	+++	+	++

a) MC : moisture content

+++ : high, good + : low, bad

따라서 파쇄립을 분말화시킨 다음 압출처리하여 얻은 pellet의 호화도 및 가공적성을 조사한 결과(Table 33), 호화도는 메성 및 찰성 모두 유사한 경향으로 100℃ 이상의 온도, 또 35% 이상의 수분함량에서 호화가 충분히 일어남을 알 수 있었다. 그러나 압출성형물을 절단할 때의 용이성은 찰성에 비해 메성의 경우 훨씬 용이하였으나 수분함량 40%에서는 다소 늘어지는 성질이 나타나 절단성이 떨어졌다. 한편 roll 물림성은 찰성, 메성 모두 압출온도 100℃ 이상, 수분함량 35% 이상의 조건에서 양호하였고, roll 분리성은 메성보리 파쇄립은 양호한 반면 찰성의 것은 roll에 달라붙는 성질이 강한 것으로 나타났다. 이상의 결과로 볼 때 호화도와 roll 물림성은 메성, 찰성에 상관없이 압출온도 100℃ 이상, 수분함량 35% 이상의 조건이면 충분하였고, 절단성과 roll 분리성은 압출조건에 상관없이 메성의 것이 찰성에 비해 양호한 것으로 나타나 압출성형방법을 이용한 후레이크 가공을 위한 적정조

건은 메성보리 파쇄립의 경우 압출온도 100~120℃, 수분함량 35%의 조건이 좋을 것으로 판단되었다.

Table 33. Degree of gelatinization and processing adaptability of extruded pellets prepared from non-waxy and waxy barley broken kernel flour

Species	Extrusion condition		Degree of gelatinization	Cutting	Roll fitting	Roll separating
	Temp.	MC[a)]				
Nonwaxy	80℃	30%	+	+++	+	+++
		35%	+	+++	+	+++
		40%	+	++	++	+++
	100℃	30%	+	+++	+	+++
		35%	+++	+++	+++	+++
		40%	+++	++	+++	+++
	120℃	30%	+	+++	+	+++
		35%	+++	+++	+++	+++
		40%	+++	++	+++	+++
Waxy	80℃	30%	+	++	+	++
		35%	+	+	++	++
		40%	+	+	+++	++
	100℃	30%	+	+	+	++
		35%	+++	+	+++	+
		40%	+++	+	+++	+
	120℃	30%	+	+	+	++
		35%	+++	+	+++	+
		40%	+++	+	+++	+

a) MC : moisture content

+++ : high, good + : low, bad

그러나 이상의 조건으로 제조한 pellet으로 후레이크를 만든 다음 관능검사를 실시한 결과 메성의 경우에는 다소 단단한 조직감을 나타낸 반면 찰성 파쇄립을 사용하여 제조한 후레이크는 압출성형시의 가공적성은 메성보리에 비해 떨어지지만 매우 바삭바삭하여 기호도가 월등히 높은 것으로 나타났다. 이는 이 등[149]이 보고한 현미 flake 품질특성 연구와도 일치하듯이 찰벼품종으로 제조한 후레이크가 메성벼로 제조한 것 들에 비해 아삭아삭한 물성을 나타낸다는 특성과 일치하였다. 따라서 메성 파쇄립을 기본으로 하여 찰성 파쇄립을 일부 혼합함으로써 후레이크의 조직감을 개선시킬 수 있는 방안을 모색하였다.

2) 메성 및 찰성보리 파쇄립의 혼합비율을 달리한 pellet의 특성

찰성 파쇄립의 첨가수준을 0~50% 달리하여 조제한 pellet의 호화도를 측정한 결과(Table 34), 94% 이상의 수준으로 후레이크를 제조하기에 충분한 것으로 나타났다.

Table 34. Degree of gelatinization of extruded pellets prepared from different ratio of nonwaxy and waxy barley broken kernels

Item	WB 0%	WB 20%	WB 30%	WB 40%	WB 50%
Degree of gelatinization(%)	94.7	98.9	99.2	95.0	100.2

WB 0% : Waxy barley 0% + Nonwaxy barley 100%
WB 50% : Waxy barley 50% + Nonwaxy barley 50%

또한 RVA를 사용하여 각 시료의 호화양상을 조사하였다(Table 35). 즉, 각 시료를 7%(w/w) 농도가 되도록 현탁하고 25℃에서 95℃까지 20분간 온도를 상승시키고 95℃에서 10분간 유지시킨 후 다시 10분 동안 50℃로 감소시켜 10분간 유지하면서 RVA로 점도변화를 측정하였다.

일반적으로 RVA에 의한 호화영상은 전분입자의 팽윤정도와 팽윤된 입자의 열 및 전단력에 의한 안정성, 입자의 크기와 모양, 입자들의 배열과 결합력, 아밀로오스와 아밀로펙틴의 구성비 및 구조차이 등에 의해 결정된다. 또 전분입자의 팽윤정

도 및 열이나 전단력에 대한 팽윤된 입자의 저항정도를 나타내는 최고점도는 메성보리 파쇄립 100% 펠렛의 308 cp에서 찰성보리 파쇄립 20% 혼합펠렛의 370cp로 크게 증가하였다가 찰성보리 파쇄립 30% 혼합 이후부터 감소하여 30%에서는 298cp, 40%에서는 220cp이었으며 찰성보리 파쇄립 50% 혼합의 경우 급격히 감소하여 142cp를 나타내었다. 이는 찰성보리의 경우 메성보리에 비해 구성전분의 분자량이 크고 가지가 많이 나 있는 구조로 인해 높은 점도를 지니기 때문에 찰성보리 파쇄립 20% 혼합의 경우 메성보리 파쇄립 100% 처리구에 비해 점도가 높게 나타난 것으로 판단되며, 찰성보리 파쇄립의 혼합비율이 증가함에 따라 최고점도가 계속 낮아지는 것으 아밀로펙틴의 가지가 외부에 쉽게 노출되어 있는 분자구조 특성상 압출성형시 아밀로오스에 비해 쉽게 절단되어 저분자화 되었기 때문으로 판단된다.

또 전분의 노화경향을 예측할 수 있는 setback 역시 찰성의 혼합비율이 증가함에 따라 감소하였다.

Table 35. RVA characteristics of extruded pellets prepared from different ratio of nonwaxy and waxy barley broken kernel

Species	Peak viscosity(cP)	Breakdown	Final viscosity(cP)	Setback
WB 0%	308	301	108	96
WB 20%	370	301	79	70
WB 30%	298	303	60	65
WB 40%	220	230	56	66
WB 50%	142	151	48	57

WB 0% : Waxy barley 0% + Nonwaxy barley 100%
WB 40% : Waxy barley 40% + Nonwaxy barley 60%

또한 15%(w/w) pellet 용액을 온도 25℃에서 전단속도를 0~1500 1/s로 변화시키면서 전단속도 변화에 따른 전단응력 변화를 측정한 결과(Table 36), 전단속도가 증가함에 따라 겉보기 점도가 감소하면서 항복력을 갖는 Bingham pseudoplastic

유체의 유동특성을 지녔으며, 찰성보리 파쇄립의 혼합비율이 증가할수록 겉보기 점도와 항복력이 감소함을 알 수 있었다. 이러한 유동특성을 Herschel-Bulkley model[23,24]에 적용시켜 해석한 결과 Table 36에서 보는 바와 같이 0.91~0.98의 높은 상관관계를 나타내었으며, 찰성보리 파쇄립의 혼합비율이 증가할수록 점조도지수와 항복력은 감소하는 반면 유동지수는 증가하는 것으로 나타나 찰성보리 파쇄립의 혼합비율이 증가할수록 의가소성 성질이 소실됨을 알 수 있었다.

Table 36. Rheological properties of extruded pellets prepared from different ratio of nonwaxy and waxy barley broken kernel

	n	K(Pa · s)	C(Pa)	r^{2} 1)
Waxy barley 0%	0.415	4.37	32.02	0.98
Waxy barley 20%	0.403	3.07	25.71	0.97
Waxy barley 30%	0.561	1.10	14.57	0.96
Waxy barley 40%	0.602	0.76	12.35	0.91
Waxy barley 50%	0.655	0.51	8.14	0.93

1) coefficient of determination

3) 메성 및 찰성보리 파쇄립의 혼합비율을 달리하여 제조한 후레이크의 특성

혼합비율을 달리하여 메성보리 파쇄립과 찰성보리 파쇄립을 혼합하고 이를 사용하여 보리 후레이크를 제조한 다음 제조된 각 보리 후레이크의 특성을 비교하여 최적의 혼합비율을 결정하였다.

즉, 메성보리 파쇄립에 대해 찰성보리 파쇄립을 0~50%의 비율로 혼합한 다음 압출온도 110℃, 수분함량 35%의 조건하에서 압출성형하고 oil frying하여 팽화시켜 제조한 후레이크의 압착강도, bulk density, WAI, WSI 등의 특성을 조사한 결과는 Table 37과 같다. 찰성보리 파쇄립의 혼합비율이 0%에서 50%로 증가함에 따라 색도는 거의 변화가 없었으나 압착강도와 bulk density는 17.85 kg, 0.22 g/mL에서 각각 3.20 kg, 0.10 g/mL로 크게 감소함을 알 수 있었다. 이는 찰성전분의 팽화력이 메성전분 보다 월등히 뛰어나 생성된 air cell이 크고 약하기 때문에 찰성

보리의 혼합비율이 증가할수록 압착강도와 bulk density가 낮게 나타나는 것으로 판단된다.

Table 37. Characteristics of flakes prepared from different ratio of nonwaxy and waxy barley broken kernel

		Waxy barley 0%	Waxy barley 20%	Waxy barley 30%	Waxy barley 40%	Waxy barley 50%
Color	L	81.02	79.85	78.80	79.68	79.28
	a	-0.41	-0.10	0.40	0.50	0.55
	b	9.88	10.72	11.35	11.20	10.90
WAI(%)		2.45	5.95	4.60	5.01	5.50
WSI(%)		10.12	7.05	7.60	7.35	8.20
Compressive Strength(kg)		17.85	8.65	6.20	4.57	3.20
Bulk density(g/mL)		0.22	0.20	0.14	0.13	0.10

WB 0% : Waxy barley 0% + Nonwaxy barley 100%
WB 40% : Waxy barley 40% + Nonwaxy barley 60%

한편 제조한 후레이크의 기호성을 조사하기 위하여 관능검사를 실시한 결과 Table 38에서 보는 바와 같이 찰성보리 파쇄립의 혼합비율이 증가할수록 조직감과 맛에 대한 기호도가 증가하였고 종합적인 기호도도 증가하는 것으로 나타났으나 혼합비율 50%의 경우 조직이 너무 바삭바삭 하게되어 오히려 조직감에 대한 기호도와 종합적인 기호도가 크게 낮아지는 것으로 나타났다. 따라서 찰성의 혼합비율 40%의 것이 가장 높은 것으로 나타났다.

Table 38. Sensory results of flakes prepared from different ratio of nonwaxy and waxy barley broken kernel

	Waxy barley 0%	Waxy barley 20%	Waxy barley 30%	Waxy barley 40%	Waxy barley 50%
Texture	2.50[c]	6.20[a]	6.65[a]	6.80[a]	5.40[b]
Taste	3.30[b]	5.62[a]	6.30[a]	6.10[a]	6.00[a]
Overall palatability	2.75[c]	5.10[b]	6.60[a]	6.80[a]	5.42[b]

Mean values within a row that followed by same letter are not significant different($p>0.05$) by Duncan's multiple range test

WB 0% : Waxy barley 0% + Nonwaxy barley 100%

WB 40% : Waxy barley 40% + Nonwaxy barley 60%

또한 메성에 대한 찰성의 혼합비율을 달리하여 제조한 후레이크의 단면을 SEM을 통하여 관찰한 결과 Fig. 28에서 보는 바와 같이 메성보리 파쇄립 만으로 후레이크를 제조한 경우 air cell의 크기가 작고 cell을 이루는 body가 두꺼운 형상을 하고 있는 반면 찰성의 혼합비율이 증가함에 따라 점차 cell의 크기가 커지고 body가 점차 얇아졌으나 찰성의 혼합비율 40%에서는 body가 찢어져 cell의 구조가 거의 허물어진 형상을 나타내었다.

이상의 결과를 종합해 볼 때 air cell의 크기가 일정 수준 이상으로 커지고 body가 일부 찢겨지게 되는 메성 : 찰성(60~70 : 30~40) 처리구의 경우 관능적으로 바람직한 수준인 것으로 나타났다. 따라서 찰성과 메성 혼합비율을 적절히 조절하게 되면 보리 후레이크의 조직감을 조절할 수 있어 기호성이 높은 보리 후레이크의 제조가 가능한 것으로 판단되었다.

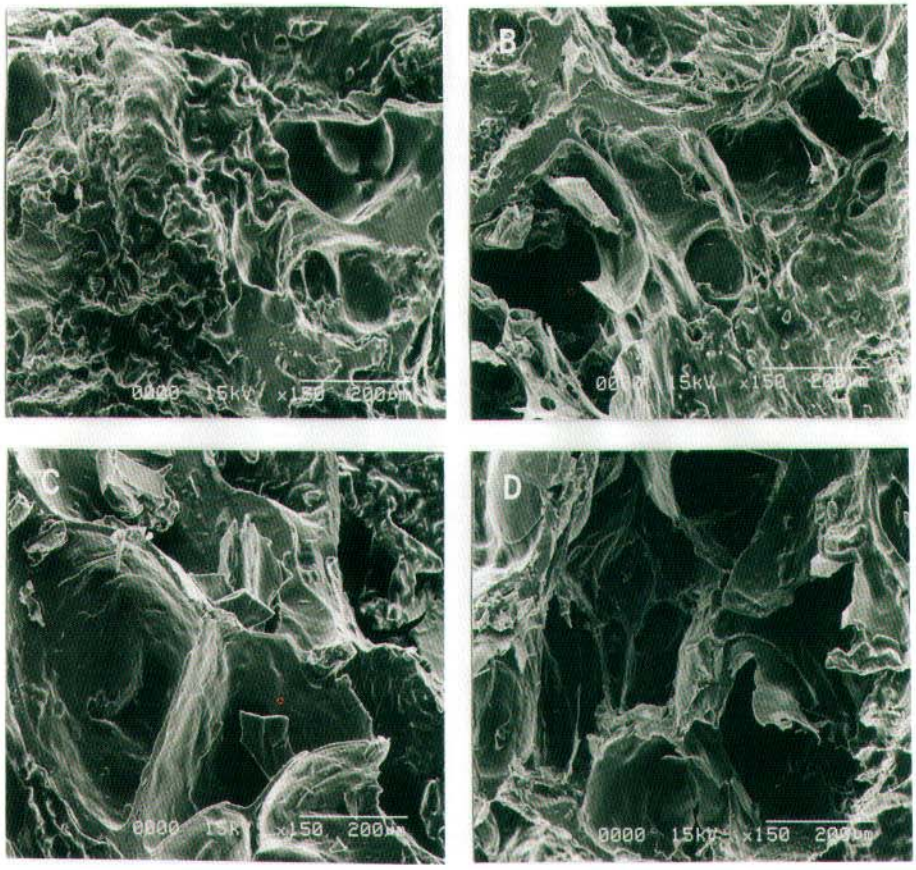


Fig. 28. Microstructure of flakes prepared from different ratio of nonwaxy and waxy barley broken kernel.

A: Waxy barley 0%, B: Waxy barley 20%, C: Waxy barley 30%, D: Waxy barley 40%.

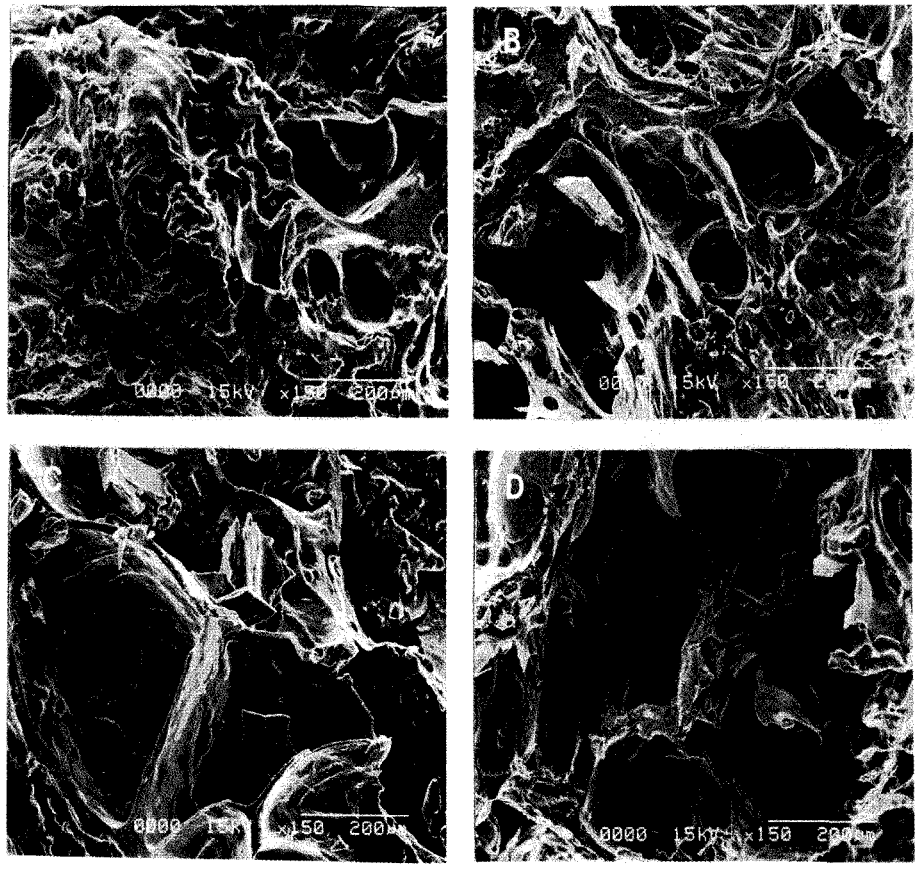


Fig. 28. Microstructure of flakes prepared from different ratio of nonwaxy and waxy barley broken kernel.

A: Waxy barley 0%, B: Waxy barley 20%, C: Waxy barley 30%, D: Waxy barley 40%.

라. 도정부산물로부터 분획한 배아 첨가 쿠키의 특성

서구에서는 보리는 식용으로서보다는 주로 사료 또는 맥주양조공업에서 맥아용으로 이용되고 있다. 그러나 한국과 일본 등지에서는 밥을 지을 때 쌀과 함께 혼합하는 대단히 중요한 식량으로 간주되어 왔다[150]. 보리는 분말형태로 또는 도정한 보리쌀, 증자, 삶기도 하고 볶기도 하며 압출팽화, 볶음처리, 후레이크 또는 그릿의 형으로 절단하는 등 여러 가지 형태로 하여 식용으로 이용된다. 예를 들면 breakfast cereal, 면류, 파스타, 제과.제빵 등이다[150,151].

도정이란 보리의 외피, 종피, 호분층, 배유외층 등을 차례로 깎아내어 보리쌀을 만드는 공정이다. 이와 같은 도정공정의 부산물로서 대맥강과 배아가 생성되지만 일반적으로 사료로서만 이용되어 왔다. 그러나 이 같은 배아와 맥강은 기능성식품 소재, 영양강화 또는 특별한 처리공정을 거침에 의해 식용으로서의 사용이 가능하다. 대맥강에는 베타-글루칸이 많이 함유되어 있으므로[152,153] 이를 기능성소재로 식품에 접목시킬 수 있다[154-156]. 대맥강으로부터 물리적으로 분리한 보리배아는 단백질, 지질, 유리당, 무기질 및 비타민의 좋은 공급원이며 특히 항산화성을 가지는 비타민 E가 풍부하다[151]. 보리에는 총토콜(토코페롤 및 토코트리에놀)이 30.5-80.6mg/kg 함유된 것으로 보고되어 있다[157]. 보리배아에 존재하는 유리당과 아미노산의 상호작용에 의한 갈변현상은 제과.제빵시 독특한 향미를 부여한다. 따라서 본 연구는 보리배아의 첨가가 sugar-sanp 쿠키의 물리적, 조직학적 그리고 관능적 특성에 미치는 영향을 조사하여 보리배아의 식용으로서의 이용방안을 모색함에 의해 보리 도정부산물의 부가가치를 높이고자 하였다.

1) 쿠키의 물리적 특성

시험에 사용한 보리배아의 일반성분을 조사한 결과 단백질 35%, 지질 14.6% 정도로 단백질과 지질이 풍부하여 우수한 영양원인 것으로 나타났고 특히 유리당의 함량이 18% 이상으로 대단히 높은 것으로 나타났다.

보리배아는 잘 알려진 바대로 토코트리에놀과 토코페롤(토콜)을 함유하며 α T-3은 동물실험결과 간에서 콜레스테롤의 합성을 저해하는 것으로 알려져 있다[151] 보리배아를 첨가하여 만든 sugar-snap 쿠키의 물리적 특성은 Table 39와 같다.

일반적으로 cookie spread 또는 직경은 쿠키용 밀가루의 품질지표로서 사용된다[158]. 퍼짐성 또는 직경이 큰 쿠키는 더욱 바람직한 것으로 인식되고 있다[159]. 쿠키의 직경은 보리배아의 첨가량이 많아짐에 따라 크게 증가한 반면 쿠키의 두께는 감소하였다. 보리배아가 첨가된 쿠키의 spread ratio는 대조구에 비해 더욱 높은 값을 나타내었다(Fig. 29).

배합비에서 물의 첨가량을 높이거나 쿠키반죽의 점조성을 낮춤에 의해 쿠키의 퍼짐성은 증가한다[160]. 그리고 수분흡수력이 큰 밀가루는 퍼짐성에 영향을 미친다[161-163]. 이와 같이 보리배아를 첨가한 쿠키의 직경과 퍼짐성의 증가원인의 하나로서 보리배아의 첨가수준이 높아짐에 따라 쿠키반죽의 점조성이 감소하는 경향을 보이기 때문이라 생각된다. 한편 본 연구의 결과와는 달리 밀기울, 옥수수기울, 귀리기울, 대두피, 옥피, 사과착즙박과 같은 식이섬유를 쿠키에 첨가할 경우 최종 쿠키의 퍼짐성, 직경 및 top grain 등에 부정적인 영향을 미친다는 보고도 있다[164-166].

본 연구에서는 보리배아의 첨가량을 높임에 의해 쿠키의 체적은 점차 증가(38.13-42.00 cc)한 반면 쿠키의 중량은 다소 감소하였다. 따라서 쿠키의 비중은 보리배아의 첨가수준이 높아짐에 따라 감소하였다.

Table 39. Physical characteristics of sugar-snap cookies with barley germ substitution [1)]

	Flour substituted with barley germ (%)				
	0	10	20	30	40
Diameter (cm)	7.78e	8.01d	8.25c	8.51b	9.00a
Thickness (cm)	1.49a	1.40b	1.31bc	1.28c	1.21d
Spread ratio (D/T)[2)]	5.10d	5.90c	6.26bc	6.56b	7.35a
Weight (g)	20.90a	20.56b	20.48c	20.30d	20.11e
Volume (cc)	38.13c	39.38b	40.25b	41.38a	42.00a
Specific gravity (g/cc)[3)]	0.55a	0.52b	0.51c	0.49cd	0..48d

[1)]Mean values with the same letter in a row are not significantly different ($p<0.05$).

[2)]D/T = diameter/ thickness of cookies.

[3)]Weight/ volume of cookies.

2) 쿠키의 색깔

쿠키반죽과 쿠키의 L, a, b값을 측정한 결과는 Table 40과 같다. 쿠키의 표면색도는 보리배아의 첨가에 의해 상당히 영향을 받았다. 보리배아의 첨가수준을 높임에 의해 쿠키의 색깔은 점차 어두워졌다. 보리배아를 함유한 반죽과 쿠키 모두 대조구에 비해 L값이 유의적으로 낮아졌다($p<0.05$). 이와 같은 색깔의 변화는 회분, 카로틴 그리고 멜라닌상 색소물질의 함량이 높아졌기[150] 때문이거나 또는 이와 함께 보리 배아에 존재하는 환원당과 아미노산에 의해 야기된 마이얄반응 때문이 아닌가 생각된다. 보리배아를 첨가한 쿠키반죽과 쿠키 모두 대조구에 비해 황적색을 나타내었다.

Table 40. Color of sugar-snap cookies with barley germ substitution[1)]

		Flour substituted with barley germ (%)				
		0	10	20	30	40
Cookie dough	L	88.25a	85.48b	83.22c	81.48d	78.91e
	a	-1.66d	-0.61c	0.74b	0.89b	1.38a
	b	18.26c	18.73c	20.06b	20.82ab	21.96a
Baked cookie	L	74.04a	71.82b	69.46c	66.98d	64.59e
	a	6.20b	6.40b	6.57b	7.04a	7.19a
	b	30.20b	30.22b	30.40b	30.58b	31.60a

[1)]Mean values with the same letter in a row are not significantly different ($p<0.05$).

L = lightness value, 100 = white, 0 = black; +a = red, -a = green; +b = yellow, -b = blue.

3) 조직감

조직감은 쿠키의 품질에 대단히 중요한 것으로서 소비자 기호도에 큰 영향을 미친다. 조직감 측정기를 사용, snap test로 나타낸 쿠키의 조직감을 측정한 결과는 Table 41과 같다. 최대경도와 기울기값은 각각 쿠키의 경도와 부서짐성을 예측하는데 사용된다. 보리배아의 첨가는 쿠키의 경도를 감소시켰다. 최대경도에서는 보리배아 10% 첨가구와 대조구 사이에는 유의차가 없었다. 그러나 보리배아의 첨가량이 20-40%로 증가함에 따라 최대경도는 유의적으로 감소하였다. 기울기 값은(부서짐성, g/s) 보리배아의 첨가수준이 증가함에 따라 감소하는 경향이었다. 기울기 값은 보리배아의 첨가량이 10, 20, 30% 처리구에서는 크게 영향을 받지 않았으나 40% 첨가구에서는 유의적으로 감소하였다($p<0.05$).

한편 제품의 직경과 제품두께의 제곱에 정비례관계가 있는 snapping force는 2개의 지지체 사이의 거리에 반비례한다[(167)]. 대조구의 snapping force는 가장 높았다. 왜냐하면 대조구 쿠키의 두께와 경도가 가장 높았기 때문이다. Snapping force는 보리배아의 첨가량이 많아짐에 따라 감소하였는데 이는 첨가된 보리배아가 쿠

키의 경도를 낮추고 더욱 쉽게 부서지는데 관여함을 말해주는 것이다. Vrantanita 등[168] 역시 밀기울을 첨가한 쿠키는 전단력과 파쇄강도를 감소시킨다고 보고하였다.

Table 41. Values of texture for sugar-snap cookies by snap test[1)]

	Flour substituted with barley germ (%)				
	0	10	20	30	40
Max. force (g)	6604.6a	6316.7a	5720.1b	5446.8b	4558.3c
Slope (g/s)	5351.4a	5435.8a	5293.4a	4266.1a	2201.7b
S.F. (g/cm^2)[2)]	25120a	22801a	18526b	16913b	13265c

[1)]Mean values with the same letter in a row are not significantly different ($p<0.05$).

[2)]Snapping force.

4) 관능평가

Sugar-snap 쿠키의 관능평가를 실시한 결과는 Table 42와 같다. 쿠키 표면에 얕고 좁은 균열 그리고 수많은 작은 섬이 형성된 쿠키는 가장 바람직하다[159]. 따라서 표면균열이 전혀 없는 쿠키를 0, 수많은 작은 섬을 지닌 잘 균열된 표면의 쿠키를 9로 하여 sugar-snap 쿠키의 특성을 파악한다[159]. 보리배아가 첨가된 쿠키의 경우 이와 같은 표면균열 때문에 대조구에 비해 유의적으로 높은 값을 나타내었다(Fig. 28, Table 42). 균열정도는 보리배아의 첨가량이 많아짐에 따라 증가하였다. 대조구 쿠키는 밝은 황갈색을 나타낸 반면 보리배아를 첨가한 처리구는 점차 어둡고 독특한 배아취를 나타내었다. 이 같은 결과는 보리배아에 다량 존재하는 환원당이 아미노산과 마이얄반응 또는 카라멜화와 같은 갈변반응에 의해 생성된 것으로 생각된다. 20% 보리배아를 첨가한 쿠키는 향에 있어 가장 높은 값을 보였고 다음으로 10% 배아첨가구의 순 이었다. 그러나 30과 40% 첨가수준에서는 너무 강한 향과 다소 탄 냄새 때문에 쿠키의 향이 점차 바람직하지 못한 것으로 나타났다.

쿠키의 경도는 조직감 측정결과에서도 나타낸 바와 같이 보리배아의 첨가량이 많아짐에 따라 유의적으로 감소하였다. 관능평가에서 경도와 기기측정에서 최고경

도(r=0.98, $p<0.01$) 그리고 snapping force(r=0.99, $p<0.01$) 사이에는 정의 상관관계가 성립하였다. 20% 보리배아를 첨가한 쿠키의 조직감은 대조구에 비해 우수하였다. 조직감은 snapping test(r=0.95, $p<0.05$)에 의한 기기적 측정값이 기울기(부서짐성)와 정의 상관관계가 있었다. 대조구 쿠키의 입안에서의 감촉은 보리배아 첨가구 보다 양호하였으나 전반적인 기호도에 있어서는 10% 및 20% 보리배아 첨가구의 것이 대조구 보다 더욱 양호하였다.

전반적인 기호도와 조직감(r=0.932, $p<0.05$) 그리고 풍미(r=0.974, $p<0.01$) 사이에는 유의적으로 높은 상관관계가 성립하였다. 따라서 20% 수준까지 보리배아를 첨가하는 것은 쿠키의 top grain, 풍미, 조직감, 입안에서의 감촉, 그리고 전반적인 기호도 등과 같은 관능특성을 향상시킬 수 있었다.

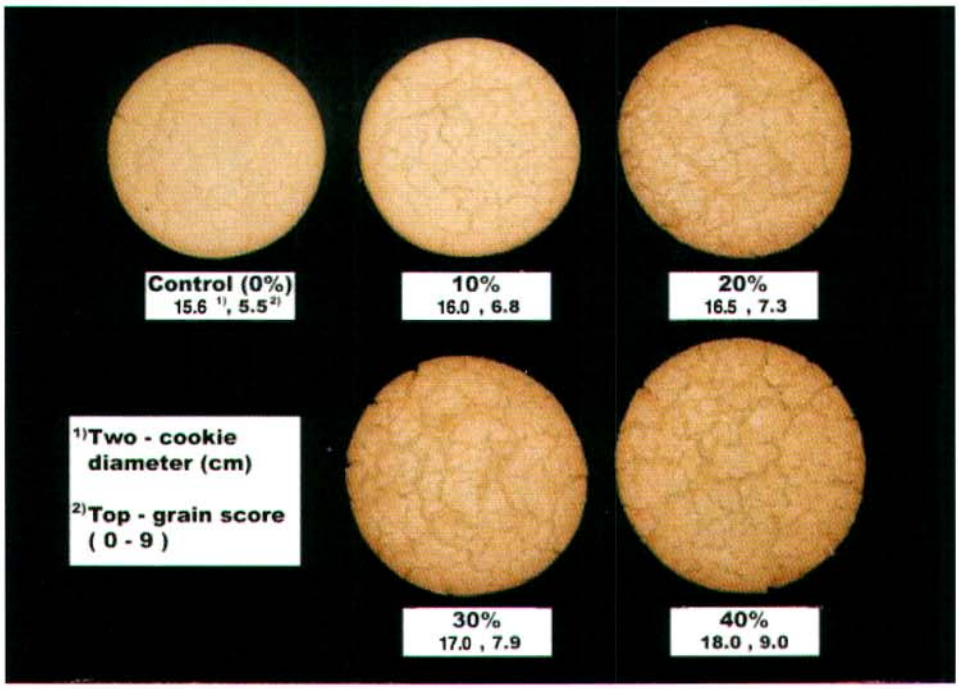


Fig. 29. Sugar-snap cookies made with cookie flour substituted with 0 - 40% barley germ.

도(r=0.98, $p<0.01$) 그리고 snapping force(r=0.99, $p<0.01$) 사이에는 정의 상관관계가 성립하였다. 20% 보리배아를 첨가한 쿠키의 조직감은 대조구에 비해 우수하였다. 조직감은 snapping test(r=0.95, $p<0.05$)에 의한 기기적 측정값이 기울기(부서짐성)와 정의 상관관계가 있었다. 대조구 쿠키의 입안에서의 감촉은 보리배아 첨가구 보다 양호하였으나 전반적인 기호도에 있어서는 10% 및 20% 보리배아 첨가구의 것이 대조구 보다 더욱 양호하였다.

전반적인 기호도와 조직감(r=0.932, $p<0.05$) 그리고 풍미(r=0.974, $p<0.01$) 사이에는 유의적으로 높은 상관관계가 성립하였다. 따라서 20% 수준까지 보리배아를 첨가하는 것은 쿠키의 top grain, 풍미, 조직감, 입안에서의 감촉, 그리고 전반적인 기호도 등과 같은 관능특성을 향상시킬 수 있었다.

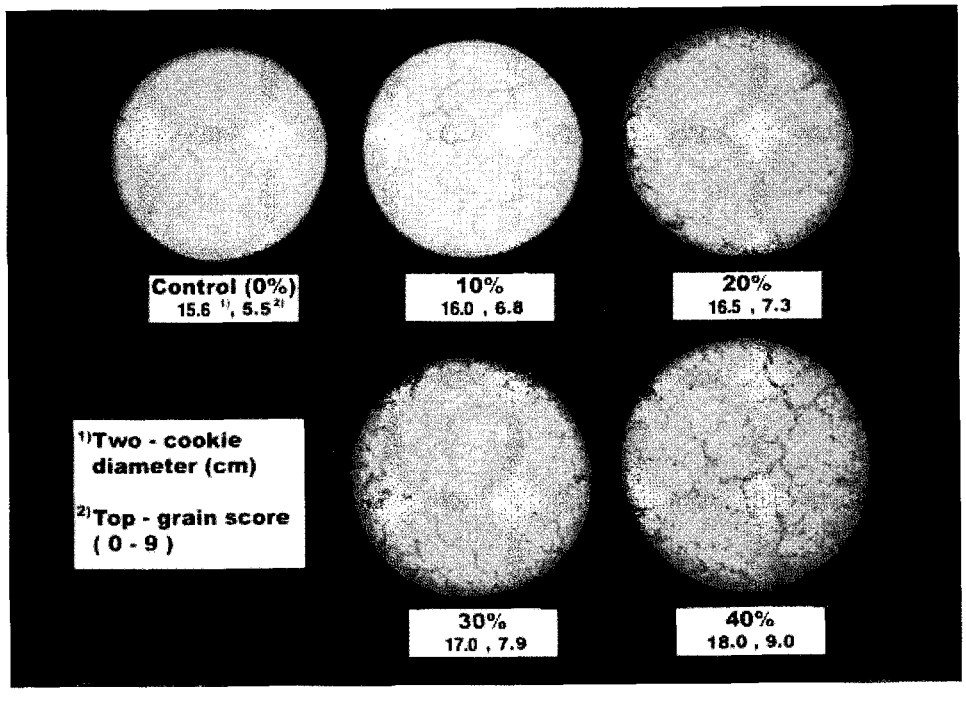


Fig. 29. Sugar-snap cookies made with cookie flour substituted with 0 - 40% barley germ.

Table 42. Sensory scores of sugar-snap cookies with barley germ substitution[1)]

	Flour substituted with barley germ(%)				
	0	10	20	30	40
Top grain	5.45d	6.81c	7.27c	7.86b	9.00a
Color	8.00a	7.32b	7.18bc	6.59c	5.55d
Flavor	7.40ab	7.70ab	8.00a	6.95c	6.45c
Hardness	8.55a	7.93b	7.59b	7.05c	6.18d
Texture	7.68ab	7.91ab	8.27a	7.32b	6.36c
Mouthfeel	8.05a	7.91ab	7.27b	6.50c	5.64d
Overall preference	7.68b	8.23a	8.18ab	7.00c	6.64c

[1)]Mean values with the same letter in a row were not significantly different ($p<0.05$).

5) 쿠키의 산화안정성에 미치는 보리배아의 영향

보리배아의 첨가가 sugar-snap 쿠키의 산화안정성에 미치는 영향을 조사하였다 (Fig. 30). 대조구와 관능평가에서 가장 좋은 점수를 얻은 보리배아 20% 첨가구의 쿠키를 60℃의 항온기에 30일간 저장하면서 6일 간격으로 시료를 채취하였다. 20% 보리배아 첨가쿠키는 보리배아에 존재하는 지질(crude lipid)로 인하여 대조구에 비해 산가가 높았다. 그러나 20% 보리배아 첨가쿠키는 대조구에 비해 저장 전기간을 통하여 과산화물가(POV)가 훨씬 낮았는데 이는 대조구의 쿠키 보다 산화가 지연되었기 때문으로 생각된다. 이는 보리배아에 함유된 토코페롤과 폴리페놀성 물질이 쿠키에 있어 천연 항산화제로서 작용하여 쿠키의 저장수명을 연장시킬 수 있음을 말해주는 것이라 생각된다.

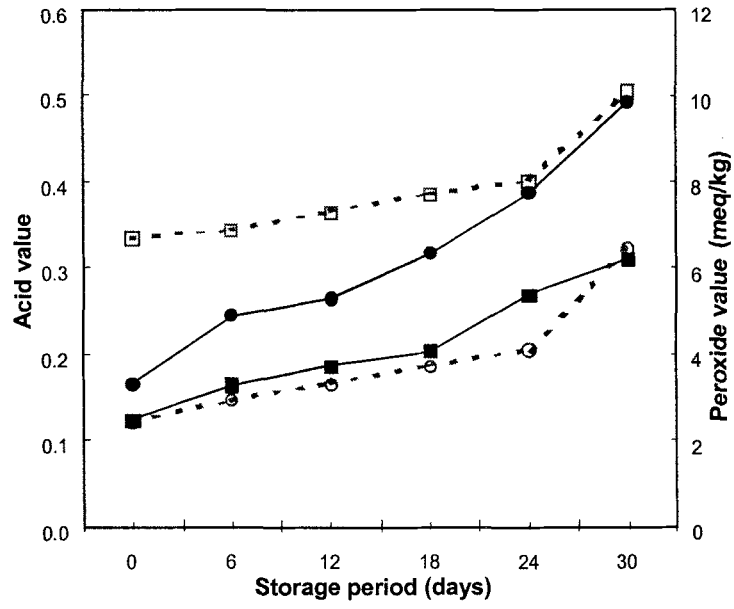


Fig. 30. Changes in acid value (AV) and perioxide value (POV) of sugar-snap cookie containing 20% barley germ, compared with cookie with no-added barley germ.

○-○, control cookie (AV); □ -□ , germ cookie (AV); ●-●, control cookie (POV); ■-■, germ cookie (POV).

마. 파쇄립을 이용한 레토르트 죽의 제조

일반적으로 곡물을 이용한 건조분말상 인스탄트 죽류제품의 경우 내용물로서 쌀을 파쇄하여 작은 알갱이 형태로 만든 다음 첨가하여 먹을 때 씹힘성이 있도록 하고 있다[169]. 그러나 121℃의 고온하에서 살균처리해야 하는 레토르트파우치 죽류제품의 경우에는 쌀과 같은 곡물의 경우 레토르트 후에는 형상이 허물어져 먹을 때 씹힘성을 느끼지 못하게 되며 따라서 지금까지는 씹힘성이 있는 레토르트 죽류제품은 거의 없는 실정이다[170,171]. 본 연구에서는 보리의 도정시 부산물로 발생하는 파쇄립의 경우 입자의 크기가 죽류제품의 알갱이로서 그대로 사용하기에 매우 적합한 형태학적 특성을 지니고 있을 뿐만 아니라 특히 보리 파쇄립은 조직특성이 레토르트 후에도 붕괴되지 않고 그 형상을 그대로 유지하여 씹힘성이 양호한 물성을 나타낸다는 예비시험결과에 착안하여 레토르트파우치 형태의 죽류제품 가공시 파쇄립의 사용가능성에 대해 검토하였다.

1) 레토르트 죽의 제조

전통적인 죽 제조 방법[34]을 응용하여 보리파쇄립을 이용한 죽을 제조하였다. 본 실험에서는 파쇄립죽 제조시에 찰기가 없는 보리의 가공적성을 보완하기 위해 옥수수전분과 분말크림을 혼합하여 환자식이나 노인식의 죽 형태가 아닌 일반인들의 아침식사나 한끼 대용식의 레토르트 파우치형태의 죽을 개발하고자 하였다. 파쇄립죽의 최적구성비는 예비실험을 통해 보리 파쇄립 중량 대비 보리배아의 첨가량(Table 43), 쇠고기분말, 치킨분말, chicken bouillon cubes, 분말채소 등의 첨가제와 첨가농도를 결정(Table 44)하였다.

한편 예비실험시 레토르트 파우치에 충전을 하기 전 예비가열처리의 정도에 따라 죽의 외관과 점도 및 기호성 등에 큰 영향이 있는 것으로 나타나 예비가열시간에 따른 죽의 관능특성을 조사한 결과는 Table 45에 나타내었다. 즉 관능검사 결과 7분간 예비 가열처리한 죽이 외관, 조직감 및 전체적 기호도에서 유의적으로 높게 나타났으며 풍미와 맛의 경우는 유의차가 없는 것으로 평가되었다. 그러나 7분 예비가열 처리한 죽의 경우는 일반적인 죽과는 다르게 부드럽지만 보리파쇄립 형태가 퍼지지 않고 형태를 보존하고 있다는 점을 감안하여 예비가열시간을 7분으로

설정하였고 레토르트 살균 이후에도 씹힘성이 있는 죽류 제품이 가능하도록 하였다.

Table 43. Sensory characteristics of retort gruel using barley broken kernel by different ratio of barley germ

	3%	5%	7%	9%
Appearance	5.0^{ab}	6.0^{ab}	7.4^{a}	5.0^{ab}
Flavor	5.8^{b}	5.8^{b}	6.8^{a}	5.6^{b}
Taste	5.4^{b}	5.6^{b}	7.2^{a}	3.3^{c}
Spreadability of particles	6.0^{a}	6.0^{a}	6.0^{a}	4.8^{b}
Overall acceptability	5.0^{ab}	6.0^{ab}	7.2^{a}	6.2^{ab}

Mean values within a row that followed by same letter are not significant different($p>0.05$) by Duncan's multiple range test

Table 44. Sensory evaluation of retort gruel using barley broken kernel by several additives

	Beef powder	Chicken powder	Chicken bouillon cubes	Vegetable powder
Flavor	2.0	1.0	3.4	3.6
Taste	2.3	1.1	3.0	3.6
Overall acceptability	2.0	1.2	3.2	3.6

Mean values within a row that followed by same letter are not significant different($p>0.05$) by Duncan's multiple range test

Table 45. Sensory characteristics of retort gruel using barley broken kernel by different pre-heating time

	Heating time(min)			
	3	5	7	9
Appearance	4.9[c)]	5.5[bc)]	7.4[a)]	6.6[ab)]
Flavor	5.8[a)]	5.8[a)]	5.9[a)]	5.5[a)]
Taste	5.7[ab)]	5.6[ab)]	6.4[a)]	4.9[b)]
Spreadability of particles	5.5[b)]	5.4[b)]	7.5[a)]	5.2[b)]
Overall acceptability	5.7[b)]	6.1[b)]	7.4[a)]	5.4[b)]

Mean values within a row that followed by same letter are not significant different($p>0.05$) by Duncan's multiple range test

2) 레토르트 죽의 배합비

상기와 같은 관능시험결과를 토대로 하여 보리 파쇄립을 이용한 레토르트 죽류 제품은 Table 46과 같은 조성의 배합비로 결정하였다.

Table 46. Composition of retort gruel prepared from barley broken kernel

	Material	Composition(g)	(%)
Basic material	Barley broken kernel	14	100
	Barley germ	1.0	7
	Corn starch	1.0	7
	Powdered milk	2.0	14
	Chicken powder	1.4	10
	Salt	0.3	2
	Water	200	

3) 레토르트 죽의 저장안정성

본 실험에서 조제한 보리 파쇄립죽을 37℃에서 5주간 저장하면서 외관, 향, 맛, 이취 및 전체적인 기호도를 측정한 결과(Table 47), 저장 3주 경과시에 외관적으로 층분리 현상이 약간 발생한 것 이외에는 향이나 맛, 이취, 전체적인 기호도 면에서 저장 초기상태와 동일하다고 관능평가 되었다. 그러나 저장 4주 이후에는 관능평가 결과 기호도가 낮게 평가되어 파쇄립을 이용한 레토르트 죽류제품의 경우 적정 유통기한 설정에 유의할 필요가 있는 것으로 나타났다. 한편 저장기간이 길어짐에 따른 파쇄립죽의 층분리 현상은 전분의 노화에 따른 침강현상으로 생각되지만 그 정도가 심하지 않아 상품으로서의 개발에는 큰 문제가 되지 않을 것으로 사료된다.

Table 47. Storage stability of retort gruel prepared from barley broken kernel during storage at 37℃

Items	Storage period(week)				
	1	2	3	4	5
Appearance	+++	+++	++	++	+
Flavor	+++	+++	+++	+++	++
Taste	+++	+++	+++	++	+
Off flavor	+++	+++	++	+	+
Overall acceptability	+++	+++	+++	++	+
Total cell count	-	-	-	-	-
Coliform group	-	-	-	-	-

+++ : good, + : bad, - : negative

바. 파쇄립 · 배아 혼합음료

1) 제조공정

보리 도정부산물로서 얻어지는 배아의 경우 맛과 관련된 영양성분이 풍부할 뿐만 아니라 혈당강하효과 및 항산화능이 뛰어난 소재인 것으로 확인됨에 따라 파쇄립과 배아를 혼합한 곡류 음료제품을 개발코저 하였다.

한편 최근 곡물을 이용한 두유형태의 음료가 아침식사 대용이나 영양음료로서 개발되어지고 있으나 곡물을 이용한 음료가 영양적인 측면에서 우수하지만 저장중에 형성되는 침전, 단백질변성 및 저장안전성 등 여러 요인이 문제점[172-174]이 발생되고 있다. 따라서 파쇄립과 배아를 혼합시킨 음료제품을 개발하기 위한 본 연구에서는 이와 같은 문제점을 개선하기 위한 가공조건을 확립하고자 하였다. 즉 예비실험을 통하여 아래와 같은 공정에 따라 혼합음료를 조제하고 현탁안정성에 영향을 미치는 유화제와 잔탄검의 첨가 농도를 결정하여 최종 배합비를 결정한 뒤 최종적으로 4℃와 37℃에서 저장안정성을 확인하여 파쇄립 · 배아 혼합음료 제조조건을 확립하였다.

- 파쇄립 ⇒ 세척 ⇒ 수침 ⇒ 가수(파쇄립 대비 15배량) ⇒ 가열호화 ⇒ 착즙 ⇒ 파쇄립 추출액
- 배아 ⇒ 볶음 ⇒ 분쇄 ⇒ 가수(배아 대비 15배량)⇒ 가열추출 ⇒ 착즙 ⇒ 배아추출액
- 파쇄립 · 배아추출액 혼합액(최종배합비)⇒ 가열⇒ 병에 충전⇒ 밀봉⇒ 살균⇒ 냉각 ⇒ **파쇄립:배아 혼합음료 제품**

2) 안정제 처리에 의한 현탁안정성

일반적으로 곡물음료의 경우 장기저장 중 내용물 상호간의 반응 또는 전분질의 노화현상 등에 의한 침전현상은 음료의 품질을 저하시키는 원인이 되고 있다. 본 시험에서는 이와 같은 침전문제를 해결하기 위해 안정제로서 Tween 80과 Xanthan

gum을 선정하였고 음료의 관능적인 측면에 영향을 주지 않은 범위로 농도를 설정한 다음 파쇄립·배아 혼합음료를 제조하고 실온에서 30일간 저장하면서 현탁안정성을 관찰한 결과는 Table 48과 같다. Tween 80, Xanthan gum 모두 0.03%의 첨가수준에서는 저장 중 침강현상을 크게 억제할 수 있는 것으로 나타났다. 그러나 Tween 80의 경우 0.03% 첨가수준에서는 관능적으로 다소 좋지 못한 냄새가 감지됨에 따라 파쇄립·배아 혼합음료의 조제시 Tween 80의 경우 0.02%, Xanthan gum의 경우 0.03%로 결정하였으며 따라서 최종배합비를 Table 49와 같이 설정하였다

Table 48. Effect of Tween 80 on suspension stability of mixed beverage using barley broken kernel and germ after 30 days of storage at 24±2℃

	Tween 80 content(%)				Xanthan gum(%)			
	0.005	0.01	0.02	0.03	0.01	0.02	0.03	0.04
Suspension stability	+	+	++	+++	+	+	+++	+++

+++ : good, + : bad

Table 49. Formulation of mixed beverage using barley broken kernel and germ

Materials	Composition(%)
Extracts(broken kernel:germ=1:1)	73
High fructose syrup	6
Coffee cream	2
Maltodextrin	0.4
Sucrose esters of fatty acids	0.1
Glycerin esters of fatty acids	0.1
Tween 80	0.02
Vitamin C	0.023
Glycine	0.02
Citric acid	0.004
Xanthan gum	0.03
DF-100	0.02

3) 저장안정성

Table 49에 나타낸 배합비를 기준으로 하여 파쇄립·배아 혼합음료를 조제한 뒤 이를 대상으로 저장 중 pH, brix, 색깔, 관능특성 및 미생물의 변화 등을 조사하여 저장안정성을 검토하였다.

색의 변화를 측정한 결과는 Table 50과 같다. 4℃의 경우 색의 밝기를 나타내는 L값이 저장 초기 7.00에서 3주에서는 6.93으로 거의 변화가 없었으나 7주 후에는 6.29로 색의 밝기가 다소 감소하였다. 그러나 a값과 b값의 경우 저장 전기간 동안 거의 변화가 없었다. 37℃ 저장의 경우에도 L, a, b값 모두 5주 이후부터 다소 감소경향을 나타내었지만 변화의 폭이 매우 적은 것으로 나타나 파쇄립·배아 혼합음료의 경우 저장 중 성분 상호간의 반응에 의한 색의 변화는 그다지 문제가 되지 않을 것으로 판단된다.

Table 50. Changes in color and color difference meter reading's of mixed beverage using barley broken kernel and germ during storage at 4℃ and 37℃

Temp.	Storage time (week)	Hunter color			ΔE
		L	a	b	
4℃	0	7.00	6.31	4.49	93.32
	1	7.00	6.30	4.52	93.33
	2	6.99	6.31	4.53	93.34
	3	6.93	6.05	4.49	93.35
	4	6.85	6.13	4.37	93.46
	5	6.52	6.16	4.31	93.78
	6	6.47	6.05	4.27	93.83
	7	6.29	6.18	4.17	93.85
37℃	0	7.00	6.31	4.49	93.32
	1	7.76	7.32	5.06	92.68
	2	7.72	7.28	5.05	92.71
	3	7.18	7.05	4.59	93.21
	4	7.17	7.04	4.58	93.21
	5	6.55	6.74	4.35	93.65
	6	6.39	6.19	4.20	93.90
	7	6.10	6.26	4.01	94.20

한편 파쇄립·배아 혼합음료를 4℃와 37℃에서 7주간 저장하면서 음료의 brix와 pH의 변화를 조사한 결과는 Fig. 31과 같다. 4℃에 저장한 음료의 경우 저장 7주 동안 pH와 brix에는 변화가 거의 없었으나 37℃ 저장의 경우 pH는 초기 5.92에서 4주 후 5.40으로 다소 낮아졌고 brix의 경우에는 다소 높아지는 경향을 보여 파쇄립·배아 혼합음료의 경우 고온에서의 저장안정성은 그다지 높지 않은 것으로 나타났다.

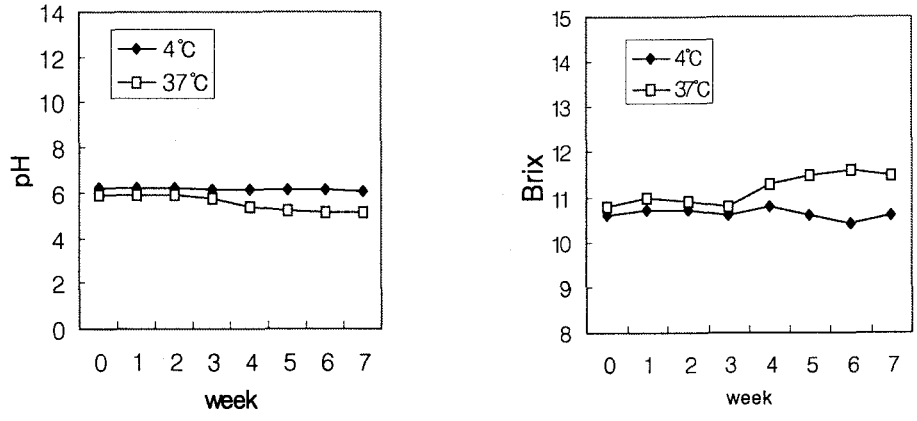


Fig. 31. Changes in brix and pH of mixed beverage using barley broken kernel and germ during storage at 4℃ and 37℃.

한편 파쇄립·배아 혼합음료의 저장 중 관능특성을 평가한 결과는 Table 51과 같다. 4℃에서 저장한 혼합음료는 저장 7주까지 색, 맛, 향, 현탁안정성 및 전반적인 기호도가 모두 저장시일의 경과에 따른 변화가 거의 없었다. 반면 37℃에서 저장한 경우는 4주 이후부터 미약하지만 이미와 이취가 생성되는 것으로 평가되었다. 또한 곡물음료의 특성중의 하나인 현탁안정성이 4℃저장에서는 안정적이었으나 37℃에서 저장한 경우 저장 2주부터 층분리 현상이 조금씩 일어나기 시작하였고 저장기간이 길어짐에 따라 층분리 현상은 더욱 현저하게 일어났다. 그러나 저장 전기간에 걸쳐 일반세균 및 대장균군의 경우에는 모두 음성으로 나타나(Table 52) 이와 같은 변화는 미생물적인 문제로 인한 것은 아닌 것으로 판단되었다. 따라서 37℃ 저장의 경우 발생하는 이와 같은 변화는 저장온도가 높아짐에 따라 혼합음료 성분간의 상호반응성이 증대하기 때문인 결과로 생각된다.

Table 51. Sensory characteristics of mixed beverage using barley broken kernel and germ during storage at 4℃ and 37℃

		Storage period(week)						
		1	2	3	4	5	6	7
Color	4℃	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++
	37℃	+++	++	++	+	+	+	+
Flavor	4℃	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++
	37℃	+++	+++	+++	++	++	+	+
Taste	4℃	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++
	37℃	+++	+++	+++	++	++	+	+
Off flavor	4℃	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++
	37℃	+++	+++	+++	+++	+	+	+
Suspension stability	4℃	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++
	37℃	+++	++	++	+	+	+	+
Overall acceptability	4℃	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++
	37℃	+++	+++	+++	++	++	+	+

* +++ : good, + : bad

Table 52. Total cell count and Coliform group of mixed beverage using barley broken kernel and germ during storage at 4℃ and 37℃

		Storage period(week)						
		1	2	3	4	5	6	7
Total cell count	4℃	-	-	-	-	-	-	-
	37℃	-	-	-	-	-	-	-
Coliform group	4℃	-	-	-	-	-	-	-
	37℃	-	-	-	-	-	-	-

- : negative

3. 대맥강 식이섬유소재 활용기술 개발

가. 대맥강 식이섬유 소재의 추출 및 분리기술

1) 대맥강의 이화학적 특성 및 전처리

보리쌀을 제조하는 정맥과정으로 연산식과 마찰식 정맥기를 사용하여 보리종실의 곡피, 종피, 호분층 및 일부 배유부 외층까지 연속적으로 깍아내었으며 여기에서 발생된 대맥강을 깍여지는 순서에 따라 대맥강 I, II, III으로 수거하였다.

가) 대맥강의 일반성분

대맥강의 분획별 일반성분을 분석한 결과는 Table 53과 같다. 보리는 일반적으로 전분이 주요 구성성분이며 다음으로 비전분성 다당류, 단백질, 지질, 회분, 그리고 유리당 등의 구성성분들로 구성되어 있다[153]. 쌀보리는 도정에 의해 pericarp (외부와 내부층), testa layer (seed coat), tricellular aleuron layer와 subaleurone layers, endosperm 순으로 제거되는데 정맥수율 60%의 도정은 외부 endosperm의 일부를 제거하며 70% 정맥수율에 의해 (30% 대맥강) aleulone layers까지 제거하는 진정한 bran을 생성한다고 하였다[175]. 한편 도정이 진행됨에 따라 생성되는 도정부산물의 획분은 보리 곡립의 같은 세포층을 포함하지 않을 수 도 있는데 이는 보리의 형태에 따른 차이에 기인할 수 있으며, 사실 bran, aleurone과 같은 외피층의 일부 성분들이 도정이 상당히 진행된 상태에서도 보리 종구 (crease)에 남아 있다고 하였다.

보리 도정부산물의 전분 함량은 도정이 진행됨에 따라 점차적으로 증가하였다. 대맥강 I의 전분함량이 7.65%로 낮은 수치를 나타낸 반면에, 대맥강 II와 III은 32~36%로 증가하였는데 이는 전분질 배유부의 일부가 연삭됨에 따라 도정부산물에 포함되기 때문인 것으로 나타났다. 도정부산물의 전분 함량은 이 등[152]의 결과인 보리 원맥의 50~60%의 전분함량에 비하여 훨씬 낮은 수치를 나타냈으며, 이는 도정부산물이 강층과 배유의 외피층으로 구성되었기 때문이라 사료되었다.

도정부산물의 단백질과 지질의 함량은 보리원맥에 비하여 높은 수치를 나타냈다. 단백질 함량은 대맥강 I에서 13.30%였으며 대맥강 II, III에서 각각 16.23%, 19.34%로 높게 나타났는데 이는 고 단백질의 호분층과 배아를 포함하기 때문인 것으로

판단되었다.

지질 함량은 대맥강 II (8.57%), I (6.86%), III (5.91%)의 순으로 높았는데 이는 주로 분리된 배아가 포함되어 있기 때문으로 대맥강 II에 배아가 가장 많이 포함된 것으로 판단되었다. 보리의 도정은 지질과 tocol을 농축하기 위해 가공처리하는 효과적인 방법으로, 보리를 20%로 정맥한 맥강에서 α-T3, α-T, 총 Vit E, oil 함량이 원맥에 비해 2.7~4.4배 높은 농도로 존재하여 영양이 풍부하고 건강증진의 식품소재로서 가능성이 큰 것으로 보고하였다[61]. 본 실험의 결과는 보리의 도정과정중에 생성되는 부산물의 단백질과 지방 함량이 점차적으로 증가하였으며 외부 배유부를 함유하는 획분에서는 감소한다는 Marconi 등[176]의 결과와 유사하였다.

회분함량은 초기에 깎여진 대맥강 I이 5% 정도로 높았으며 이는 원맥의 회분함량이 2.0~2.4%로 나타난 이 등[177]의 결과와 비교하였을 때 2배 이상 높은 수치로 대맥강 I이 대부분 곡피와 종피로 이루어졌기 때문이었다. 도정이 진행되어 대맥강 II, III으로 갈수록 외피층이 제거됨과 아울러 일부 배유부의 외층이 깎여 나옴에 따라 회분함량이 2.8%, 2.7% 정도로 대맥강 I에 비하여 낮아지는 것으로 나타났다. 이는 보리의 도정과정 중에 생성되는 대맥강의 회분함량은 점진적으로 줄어든다고 보고한 Marconi 등[176]의 결과와 일치하였다.

본 실험에 사용한 대맥강의 화학성분은 원맥을 도정율 약 68%로 도정한 원맥, 보리쌀, 맥강의 화학성분이 단백질 17.3%, 지방 6.7%, 회분 4.8%로 분석한 이 등의 결과[177]와 유사하게 나타났다.

Table 53. Chemical composition(%) of barley pearling by-products[1)]

Component[2)]	Barley pearlings		
	Fraction I	Fraction II	Fraction III
Moisture	11.63	8.83	8.57
Starch	7.65	32.31	36.56
Protein[3)]	13.30	16.23	19.34
Fat	6.86	8.57	5.91
Ash	5.03	2.79	2.67

[1)]Means of triplicate analyses.

[2)]% on a dry basis.

[3)]Protein = Nitrogen × 6.25

나) 대맥강의 색도

대맥강의 도정 분획별 색도를 색차계를 사용하여 측정한 결과는 Table 54와 같다. 색의 밝기를 나타내는 L값은 도정시 가장 먼저 획득되는 대맥강 I에서 60.11로 가장 낮아 어두웠으며 대맥강 II, III에서는 84.57, 86.12로 높게 나타났다. 이는 색이 어두운 곡피와 종피로 이루어진 대맥강 I에 비해 강층 뿐 만 아니라 도정이 진행되어 배유부가 노출됨에 따라 배유의 외층으로 까지 구성된 대맥강 II, III에서 L값이 높게 나타난 것으로 보인다. 보리는 hull 또는 외피층에서 62~69의 L값을 보여주었으며 도정이 진행됨에 따라 맥강의 L값이 76~87 정도로 증가된 수치를 나타낸다고 하여[178] 본 실험의 결과와 유사하였다. 한편 16품종의 보리를 roller mill로 제분하여 제조한 보리 bran과 flour의 L값이 각각 76과 85였으며 보리 flour와 bran의 색도는 품종 뿐 만 아니라 재배환경에 따라 달라질 수 있다고 하였다[153]. 보리 bran과 flour의 색도는 pericarp내에 있는 anthocyanin색소에 의해 영향을 받으며 이 색소는 자색, 청색 또는 어두운 melanins 일 수 있다.

적색도와 황색도를 나타내는 수치인 a와 b값은 대맥강 I이 가장 높았으며 대맥강 II와 III으로 갈수록 떨어지는 것으로 나타났다. 본 실험에 사용한 대맥강은 (+)의 a값을 나타냈으며, 이는 보리가루의 a 값이 미약하나마 녹색의 (-) a값으로 보고한 Bhatty[47]의 결과와 차이가 있었다. 보리 곡립은 보통 anthocyanins를 포함하

고 있으며 pericarp에서는 적색으로 aleurone에서는 청색으로 나타난다. 보리는 (+)의 b값을 나타내 황색색소인 carotenoids와 xanthophylls을 포함하였으며 도정에 의해 bran과 함께 aleurone 층의 제거는 이러한 색소들의 양을 감소시키는 것으로 나타났다.

Table 54. Color values of barley pearling by-products

Barley pearlings	Color[1)]		
	L	a	b
Fraction I	60.11	+6.01	+17.36
Fraction II	84.57	+1.40	+11.23
Fraction III	86.12	+1.11	+10.72

[1)] Values are means of triplicate analyses.

다) 대맥강의 입자크기

대맥강의 분획별 입자크기를 18~325 mesh의 표준망체를 사용하여 조사한 결과는 Table 55와 같다. 대맥강 I 시료의 경우 육안으로 보아 겨층에서 유래되는 30 mesh 이하의 큰 입자의 것이 27% 정도를 차지하였다. 연마의 정도가 많아질수록 큰 입자의 것은 점차 감소하여 대맥강 II는 17%, 대맥강 III의 경우에는 30 mesh 이상의 큰 입자는 거의 함유되어 있지 않았다. 반면 대맥강 II 및 III의 경우에는 230 mesh이하의 작은 미립자들도 존재하는 것으로 나타났다.

Table 55. Particle size distribution(%)[1)] of barley pearling by-products

Barley pearlings	Particle size (mesh)							
	>18	>30	>60	>100	>120	>200	>230	>325
Fraction I	2.3	24.6	56.6	12.8	3.0	0.7	-	-
Fraction II	13.5	3.7	39.9	27.0	10.5	4.1	1.0	0.3
Fraction III	-	0.3	77.0	13.9	5.7	2.4	0.3	0.3

[1)]1 hr sieving by a Ro-tap sieve shaker.

라) 대맥강의 수분흡수지수, 수분용해도지수 및 oil 흡수력

대맥강 II와 III의 수분흡수지수, 수분용해도지수 및 Oil 흡수력을 측정한 결과는 Table 56과 같다. 수분흡수지수는 대맥강 II가 182%, 맥강 III이 164%로 나타났다. 수분흡수지수는 맥강내에 β-glucan을 포함한 식이섬유에 주로 영향을 받으며, 단백질, 손상전분 역시 영향을 주는 요소라 하였다[46]. 수분용해도지수는 대맥강 II가 10.4%, 대맥강 III이 12.2%로 나타났으며 맥강의 가용성 단백질 함량과 일부 관련이 있는 것으로 사료되었다.

Oil 흡수력은 대맥강 II가 93.2%로 대맥강 III의 88.0% 보다 약간 높게 나타났다. 본 실험에 사용한 대맥강의 oil 흡수력은 도정부산물인 맥강의 oil 흡수력을 120~150%의 범위로 분석한 결과와 보리 bran의 oil 흡수력을 2.7~3.3 mg/mL로 분석한 결과[46]에 비해 낮았다. 이는 아마 본 실험에 사용한 대맥강 시료의 지질함량이 높기 때문인 것으로 사료되었다. 또한 fat 흡수력에 영향을 주는 요인 중의 하나는 lipid-protein interaction이라고 보고한 바 있다[179].

Table 56. Water absorption index(WAI), water solubility index(WSI) and oil absorption of barley pearling by-products[1)]

Barley pearlings	WAI (%)	WSI (%)	Oil absorption (%)
Fraction II	182.10	10.38	93.18
Fraction III	163.90	12.19	88.00

[1)]Means of triplicate analyses.

마) 대맥강의 식이섬유 함량

대맥강의 분획별 수용성 (SDF), 불용성 (IDF) 및 총 식이섬유함량 (TDF)을 분석한 결과는 Table 57과 같다. 대맥강 I은 총 식이섬유함량이 65.88%로 높았는데 이는 대부분 보리의 외부층으로부터 유래한 불용성 식이섬유의 함량이 56.12%로 높았기 때문이었다. 대맥강 II와 III으로 갈수록 불용성 식이섬유의 함량은 현격히 줄어들어 총 식이섬유 함량이 매우 감소하였다. 대맥강 II와 III의 수용성 식이섬유 함량은 대맥강 I 보다 높게 나타났다.

Bhatty[46]는 보리를 roller mill로 제분하여 얻은 bran에서 SDF:TDF의 비율이 약 1:3인 것으로 보고하였으며 이에 비해 본 실험의 대맥강 II와 III의 SDF:TDF 비율은 약간 높게 나타났다. 보리 bran을 귀리 bran과 비교했을 때 β-glucan의 함량에서는 비슷하였지만 보리의 SDF와 TDF 함량이 귀리에 비해 높았는데 이는 주로 arabinoxylan 함량이 높았기 때문인 것으로 설명하였다. 보리 bran은 귀리 bran에 비해 콜레스테롤 저하효과가 더 큰 것으로 보고 된 바 있다.[180] 보리 bran의 TDF를 분리하여 분석한 결과에 의하면 β-glucan을 주성분으로하여 pentosans, Kalson lignin, 저항전분, pectin을 함유하는 것으로 보고된 바 있다.[46]

이 등[177]은 쌀보리를 68%로 도정했을 때 생성된 맥강의 수용성, 불용성 및 총 식이섬유 함량을 6.4%, 35.3%, 41.7%로 분석하여 불용성 식이섬유의 함량이 매우 높다고 보고하였으며, 도정과정에 의해 수용성 식이섬유의 함량은 약간 증가하는 반면에 불용성 식이섬유의 함량은 현저히 감소한다고 하였다. 본 실험에서 대맥강 I에서 III으로 감에 따라 수용성 식이섬유의 함량은 증가한 반면에 불용성 식이섬유의 함량은 감소하여 이 등의 결과[177]와 잘 일치하였다.

Table 57. Dietary fiber content in barley pearling by-products[1)]

Barley pearlings	Dietary fiber content (%)		
	Soluble	Insoluble	Total
Fraction I	9.76	56.12	65.88
Fraction II	14.67	20.43	35.10
Fraction III	17.41	18.77	36.18

[1)]Values are means of triplicate determinations.

바) β-Glucan 함량

대맥강의 분획별 수용성, 불용성 및 총 β-glucan 함량을 분석한 결과는 Table 58과 같다. 대맥강 I의 β-glucan 함량은 1% 정도로 낮게 나타났으며 대맥강 II는 4.78%, 대맥강 III은 5.01%로 증가하였다. 이는 β-glucan이 전분질 배유부와 호분층의 세포벽 성분으로서 주로 보리의 중앙부위에 존재하기 때문인 것으로 판단되

었다.

보리 원맥의 총 β-glucan 함량은 품종에 따라 차이가 있어 3.3~5.6% 범위로 평균 4.45%였으며 보리는 약 2~8%의 총 β-glucan을 함유하고 있다는 연구결과[181,182]와 비교할 때 대맥강의 II와 III의 β-glucan 함량은 큰 차이가 없는 것으로 조사되었다. 보리 도정부산물중 대맥강 II와 III은 β-glucan의 효율적인 분리를 위해 적합하였으며 β-glucan의 함량 뿐 만 아니라 SDF의 함량이 높아 주요한 수용성 식이섬유원인 것으로 확인되었다.

또한 대맥강 II와 III은 높은 함량의 단백질, SDF, β-glucan을 함유하고 있어 기능성 식품을 제조하는데 잠재성이 큰 식품소재인 것으로 판단되었다.

Table 58. β-Glucan content in barley pearling by-products[1)]

Barley pearlings	β-Glucan content(%)		
	Soluble	Insoluble	Total
Fraction I	0.86	0.16	1.02
Fraction II	2.95	1.83	4.78
Fraction III	3.39	1.62	5.01

[1)]Values are means of triplicate determinations.

사) 대맥강의 전처리

대맥강의 식이섬유함량을 체질(sieving)에 의해 간편하게 농축시킬 수 있는 방법을 확립하였다. 325-mesh 체(45㎛ opening)를 사용하여 미립자인 전분질을 상당량 걸러냄으로써 맥강의 식이섬유를 강화시킨 획분을 얻을 수 있었으며, 식이섬유 강화획분의 β-glucan 함량은 8.33%로 맥강시료의 2배 정도를 포함하였다 (Table 59). 보리로부터 식이섬유를 농축하기 위한 방안으로 분쇄 및 체질, 혹은 분쇄 및 기류분급에 의한 건식제분공정이 제시된 바 있으며 이 기술을 맥강시료의 식이섬유 농축에도 적용할 수 있는 것으로 확인할 수 있었다.

Table 59. Chemical composition(%) of dietary fiber enriched fraction from barley pearling

	Protein	Starch	Total dietary fiber	β-Glucan
Barley pearling	16.23	35.10	35.10	4.25
Fiber-enriched fraction	17.44	16.10	47.64	8.33

한편 대맥강 시료를 40, 60, 100, 140, 200, 325 mesh 표준체를 사용하여 sieve shaker에서 30분간 진탕한 후 입자크기에 따라 분리하고 입자크기별 식이섬유의 추출율을 조사한 결과 100~140 mesh 사이의 입자크기에서 추출율이 가장 높은 것으로 나타났다.

2) 식이섬유의 적정 추출 및 정제조건 확립

보리도정부산물로부터 생성량이 가장 많은 대맥강 II를 시료로 사용하여 식이섬유의 추출시험을 하였으며 기능성 식이섬유인 β-glucan의 분리 및 정제에 중점을 두어 연구하였다.

가) 추출시간에 따른 대맥강 β-glucan의 용해성

대맥강의 추출시간별 β-glucan의 용해성을 나타낸 결과는 Table 60과 같다. 대맥강 II를 시료를 하여 38℃의 물로써 추출할 때 추출되어 나오는 수용성 β-glucan은 추출 15분에 총 β-glucan 함량의 51%, 추출 30분에 58%로 증가하였으며 그 이후에도 계속적으로 완만한 증가를 보여 2시간 후에는 64%의 β-glucan이 추출되었으며 거의 대부분의 수용성 β-glucan이 추출된 것으로 판단되어졌다. 대맥강의 β-glucan은 보리원맥을 사용하여 시험한 결과[183]와 마찬가지로 추출초기에 급격히 추출되었다. 국내산 보리원맥의 β-glucan 용해성은 43~61% 범위로 총량의 약 반가량이 수용성인 것으로 나타났으며 보리 정맥에 있어서는 용해성이 35~55%로 원맥보다 다소 낮은 것으로 보고한 바 있다.[183] 따라서 보리의 강층에 함유되어 있는 β-glucan의 용해성이 보리전곡 보다 큰 것으로 확인되었다.

Table 60. Water-solubility of β-glucans in barley pearling at different extraction time[1)]

	Extraction time (min)				
	15	30	60	90	120
Soluble β-glucan(%)	2.44	2.75	2.89	2.92	3.04
Insoluble β-glucan(%)	2.34	2.03	1.89	1.86	1.74
Solubility(%)[2)]	51.05	57.54	60.46	61.09	63.60

[1)]Values are means of duplicate determinations.

[2)]Soluble β-glucan as percent of total β-glucan.

나) 추출온도에 따른 대맥강 β-glucan의 용해성

추출온도 20℃, 45℃, 65℃에서 대맥강 β-glucan의 용해성을 측정한 결과는 Table 61과 같다. 20℃에서 1시간 추출시에 대맥강 β-glucan의 용해성은 46%였으며 추출온도 45℃에서 51%로, 65℃에서 54%로 다소 증가하였다. 보리원맥의 경우 65℃에서 추출시에는 45℃ 추출시에 비해 추출량이 훨씬 떨어졌으며 이는 65℃의 추출조건이 보리전분의 호화온도에 근접함에 따라 β-glucan의 추출량이 떨어뜨리는 것으로 설명된 바 있다.[183] 그러나 맥강에는 전분의 함량이 낮아 65℃의 추출에서 크게 영향을 주지 않은 것으로 사료되었다.

Table 61. Water-solubility of β-glucans in barley pearling at different extraction temperature[1)]

	Extraction temperature (℃)		
	20	45	65
Soluble β-glucan(%)	2.22	2.42	2.57
Insoluble β-glucan(%)	2.56	2.36	2.21
Solubility(%)[2)]	46.45	50.63	53.77

[1)]Values are means of duplicate determinations.

[2)]Soluble β-glucan as percent of total β-glucan.

다) 추출용매에 따른 β-glucan의 용해성

대맥강 β-glucan의 용해성은 추출용매에 따라 달라질 수 있다. 배유세포벽과 호분층 세포벽의 구성물질로서 β-glucan은 여러 가지 용매로 추출할 수 있다. 물추출이 가장 일반적인 방법이지만 β-glucan은 여러 가지 형태로 존재하기 때문에 물로서 모든 β-glucan을 추출하기가 쉽지 않다. 일부는 물에 자유롭게 추출되어 나오지만 그 이상의 분획은 알칼리[183]나 산용액[184]을 사용하여 추출하기도 한다.

증류수(pH 7), 20% Na_2CO_3 용액, 4% NaOH 용액을 사용하여 추출한 crude β-glucan의 수율 및 화학 조성을 분석한 결과는 Table 62와 같다. 대맥강으로부터 분리한 crude β-glucan의 수율은 원료 대맥강의 무게에 대한 crude β-glucan의 무게를 %로 나타내었으며 증류수, Na_2CO_3, NaOH 용액으로 추출하여 얻은 crude β-glucan의 평균 수율은 각각 4.89%, 4.42%, 16.96%로 NaOH 용액에서 가장 높았다. 이는 용매를 달리하여 추출하여 회수할 수 있는 β-glucan의 양이 NaOH, Na_2CO_3, 증류수의 순으로 분석한 Bhatty의 결과[46]와 유사하였다.

Crude β-glucan의 순도를 확인하기 위하여 β-glucan, 단백질 함량을 정량하였다. Crude β-glucan의 β-glucan 함량은 물추출이 49%, Na_2CO_3 추출이 45%로 큰 차이를 보이지 않았지만 NaOH 추출의 경우 27%로 훨씬 낮게 나타났다. 단백질 함량은 물추출에 의한 crude β-glucan이 6.80%, Na_2CO_3 추출에서 4.49%로 나타난 반면 NaOH 추출 crude β-glucan에서는 0.8% 정도로 낮게 나타났다. NaOH로 추출한 crude β-glucan은 pentosan과 회분의 함량이 매우 높은 것으로 보고하였다.[46]

Table 62. Yield and chemical composition of crude β-glucans prepared from barley pearlings with different extraction solvent[1)]

	Extraction solvent		
	H_2O	Na_2CO_3	NaOH
Crude β-glucan yield (% of barley pearling)	4.89	4.42	16.96
Chemical composion(%)			
Moisture	8.12	6.10	5.95
Protein	6.80	4.49	0.81
β-Glucan	48.96	45.02	27.34

[1)]Values are means of duplicate determinations.

3) 정제 식이섬유 생산 공정기술 개발

대맥강의 추출물은 β-glucan뿐 만 아니라 arabinoxylan, 전분, 단백질 등을 포함하게 된다. 대부분의 β-glucan의 분리방법으로는 알코올, 아세톤, 또는 ammonium sulfate를 사용하여 침전시킨다. 미정제된 β-glucan 추출물로부터 순수한 β-glucan을 얻기 위해서 다양한 정제방법들이 사용되어져 왔으며 기존의 가장 일반적으로 적용할 수 있는 방법은 20~30% ammonium sulfate로 β-glucan을 선택적으로 침전시키는 것이었다. Ammonium sulfate와 아세톤을 번갈아 사용하여 정제과정을 더 진행시킬 수 있으며 전분질은 α-amylase를 사용하여 제거하기도 한다. 대맥강 β-glucan을 알칼리 추출법에 의해 미정제된 형태로 추출한 후 선택적인 침전법과 효소처리에 의해 정제하였으며 그 실행절차를 다음과 같이 Procedure 1과 2에 요약하였다.

■ Procedure 1: 맥강+용매→추출→원심분리(15,000×g, 15분)→상징액(pH 4.0, 2M HCl)→원심분리(21,000×g, 20분)→상징액→isopropyl alcohol 침전→원심분리(21,000×g,20분)→균질화→검질→가열용해→ammonium sulfate 침전→원심분리→가열용해→acetone침전→원심분리→가열용해→투석(MWCO 6,000~8,000)→α-amylase처리→ pronase처리 →가열처리→원심분리→상징액→투석→동결건조

■ Procedure 2: 맥강+용매→추출→원심분리(6,000×g, 15분)→상징액(pH 4,5, 2M HCl)→원심분리(6,000×g,15분)→Termamyl 효소처리(96℃, 1시간)→원심분리(6,000×g, 15분)→ethanol(50%)침전(4℃, 하룻밤 방치)→원심분리(6,000×g, 15분)→침전물 세척(H_2O, 50% ethanol)→균질화→동결건조

Procedure 1에 의해 정제한 β-glucan의 순도는 97.2%로 매우 높았으나 정제과정이 복잡하여 상업적인 실용성이 떨어진다. 원곡대신에 도정부산물로서 부가가치가 매우 낮은 대맥강을 활용하기 때문에 원곡에 비해 경제적이지만 기존의 정제방법으로는 추출된 β-glucan을 침전시키는데 많은 양의 유기용매를 필요로 하고 그 절차가 매우 복잡하므로 β-glucan을 추출, 정제하는 기술을 산업적인 생산에 적용하기에는 어려움이 따를 것으로 예상되었다.

한편 Procedure 2에 의해 정제한 β-glucan은 β-glucan의 순도가 76.2%로 Procedure 1에 의한 방법에 비해 순도가 떨어지지만 여러 단계의 유기용매처리, 투석 등의 단계를 생략하여 절차가 크게 줄어든 간편한 정제방법으로 판단되었다.

따라서 대맥강으로부터 β-glucan의 효율적인 생산을 위하여 새로운 공정을 검토한 결과를 Fig. 32에 요약하였다. 대맥강 시료를 25℃~55℃에서 0.5~6시간 추출한후 원심분리(1,500×g, 10분)하였으며 상징액을 -10℃에서 24시간 얼린 후 실온의 항온수조에서 해동하였다. 이때 생성된 검물질을 filter를 사용하여 여과하고 물과 에탄올을 사용하여 세척한 후 50℃에서 건조하였다. 이를 다시 80℃ 물에 용해시키고 여과 후 동결-해동을 반복한 후 침전물을 세척, 건조하여 β-glucan을 분리, 제조하였다. 대맥강 시료를 열수추출하여 냉동 및 해동을 반복하여 새로운 형태의 추출 및 정제방법으로 제조한 β-glucan의 순도는 90~95% 범위로 높게 나타나 효율적인 공정으로의 가능성을 제시해 주었다.

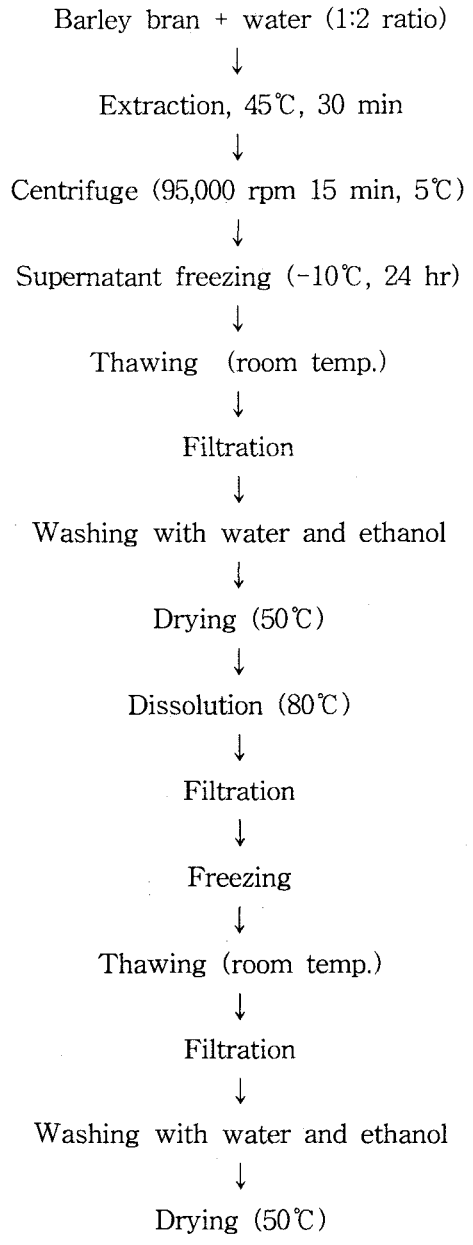


Fig. 32. Modified Procedures for β-glucan isolated from barley bran

나. 식이섬유소재의 기능적 특성

1) 대맥강 β-glucan의 물리화학적 특성

가) 대맥강 β-glucan의 화학성분

대맥강으로부터 추출, 정제한 β-glucan의 순도를 측정한 결과는 Table 63과 같다. 알칼리(Na_2CO_3) 추출한 crude β-glucan 형태는 β-glucan을 45% 함유하였으며, 이는 Wood 등의 방법[39]을 적용하여 원맥으로부터 추출한 crude β-glucan의 60~70%에 비해 다소 낮은 수치로 나타났다. Crude β-glucan 형태를 정제하기 위하여 30% ammonium sulfate 침전법을 적용하여 arabinoxylan을 제거하였고 단백질과 전분 가수분해 효소를 처리하여 단백질 함량을 감소시킨 90% 순도의 정제 β-glucan을 얻을 수 있었다. 상업용으로 정제된 β-glucan을 구입하여 분석, 비교했을 때 대맥강으로부터 정제한 β-glucan은 순도면에서 거의 차이가 없는 것으로 나타났다.

Table 63. Chemical composition(%) of β-glucans preparations from barley pearlings[1)]

	Crude β-glucan[2)]	Purified β-glucan[3)]	Commercial β-glucan[4)]
β-Glucan	45.02	89.33	91.88
Arabinoxylan	28.28	1.24	0.47
Protein	4.49	<0.1	<0.1
Moisture	6.10	7.13	8.54

[1)]Values are means of duplicate determinations.

[2)]Crude form was extracted by alkaline(Na_2CO_3)treatment.

[3)]Purified form was prepared from crude β-glucan by the method described in Fig. 3.

[4)]Commercial form was purchased from Megazyme Pty. Ltd.(Ireland)

나) 대맥강 β-glucan의 분자량

Fig. 33은 추출용매에 따른 crude β-glucan의 분자량 분포를 Sephacryl S-500 column을 사용하여 측정한 결과이다. 알칼리용매인 NaOH와 Na_2CO_3로 추출한 crude β-glucan이 물로 추출한 crude β-glucan에 비해 분자량이 크게 나타났으며 그중 Na_2CO_3로 추출한 crude β-glucan이 보다 넓은 범위의 분자량 분포를 보여주었다. 물 추출 crude β-glucan은 상대적으로 가장 낮은 분자량을 보여주었다.

세포벽 구성물질들은 여러 가지 용매로 추출할 수 있는데 물 추출이 가장 일반적인 방법이며 알칼리[39,185]나 산용액[184]을 사용하여 추출하기도 한다. β-Glucan은 배유세포벽과 호분층 세포벽에 여러 가지 형태로 존재하기 때문에 물 추출에 의해 모든 β-glucan을 제거하기가 쉽지 않다. 일부는 물에 자유롭게 추출되어 나오지만 그 이상의 분획은 높은 온도조건이나 약알칼리[186,187]에서 용해되어 나오기 때문이다. 뒤에 추출되어 나오는 β-glucan 분획은 (1→4)-β-oligoglucoside 부분이 보다 더 길거나 더 많이 포함되는 화학적 특징을 가지고 있다. 이들은 아마 분자크기가 더 큰 탄수화물 고분자이거나 β-glucan 다당류가 단백질 혹은 기타 물질들과 결합하고 있는 복합체인 것으로 여겨진다[188]. 추출된 β-glucan은 다양한 분자량을 가지게 되며 일반적으로 분자크기가 클수록 추출하기가 더욱 힘들다.

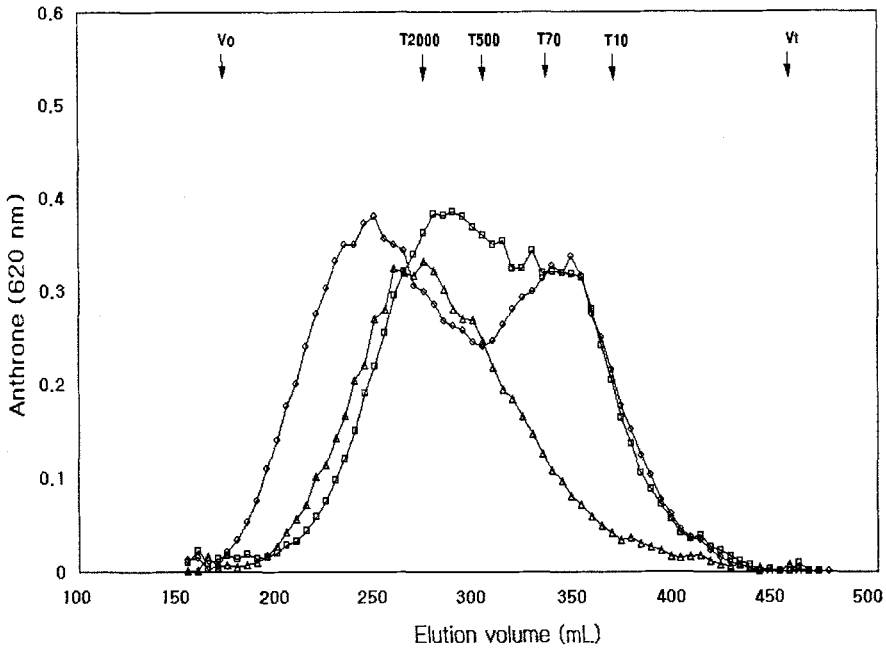


Fig. 33. Molecular weight distribution of barley bran β-glucan on a Sephacryl S-500 SF column (2.6 × 90 cm) extracted with different extraction solvents. □, H_2O; ○, Na_2CO_3; △, NaOH.

Crude β-glucan을 정제하여 얻은 정제 β-glucan의 분자량을 측정하여 상업용 정제 β-glucan과 비교한 결과는 Fig. 34와 같다. 상업용 정제 β-glucan의 peak 분자량은 2×10^6 dalton을 초과하는 것으로 나타났으며 이에 비해 대맥강으로부터 추출 정제한 β-glucan의 분자량은 약 1×10^6 dalton으로 다소 낮은 것으로 분석되었다.

β-Glucan은 분자크기가 다양한 다당류의 커다란 집합체로서 β-glucan의 분자량은 많은 연구자에 의해 보고되었으며 추출, 정제 및 분석방법에 따라 상당한 차이를 보인다. 겔여과크로마토그래피에 의해 분자량 분포를 측정한 결과 β-glucan은 대략 10^5 에서 10^7 Da 사이인 것으로 보고[189,190]된 바 있다. β-Glucan은 추출온도가 높아질수록(30~65℃) 분자량이 증가한다[191]고 하였다. Wood 등[192]은 보리, 귀

리, 호밀로부터 β-glucan을 추출하여 size exclusion chromatography(SEC)에 의해 분자량을 측정한 결과 귀리 β-glucan이 분자량이 가장 높았고(3000 kDa) 다음으로 보리(2140 kDa) 호밀(1130 kDa)의 순 이었다.

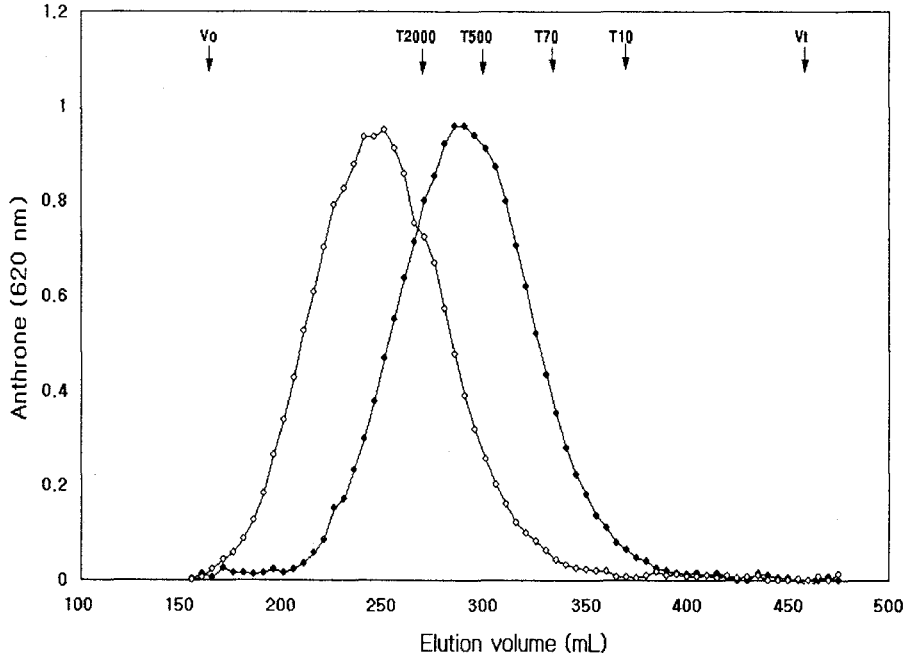


Fig. 34. Molecular weight distribution of β-glucan on a Sephacryl S-500 SF column (2.6 × 90 cm): ○, commercial β-glucan; ●, purified β-glucan from barley pearling by-products.

다) 대맥강으로부터 분리한 β-glucan의 점도

대맥강으로부터 추출하여 분리한 β-glucan의 점도를 측정한 결과는 Fig. 35 및 36에 나타나 있다. 대맥강으로부터 얻은 crude β-glucan을 각각 1.0%, 2.0%의 농도로 조제하여 그 점도를 측정한 결과 전단속도가 증가할수록 점도가 감소하는 의가소성의 유동특성을 보였다. 보리 β-glucan의 의가소성 유동특성은 귀리 gums의 유동 특성에 관한 실험[193,194]에서 확인된 바와 같이 shear stress에 의해 탄력적인 β-glucan 분자가 유동방향에 따라 정렬되어 점도가 감소하게 된다고 하였다. 동일

한 전단속도에서 농도가 높을수록 점도가 증가하여 1%의 용액에서 보다 2.0%의 용액에서 겉보기 점도가 더 높았다(Fig. 7).

대맥강의 정제 β-glucan의 점도는 1%와 2%의 농도에서 측정한 결과(Fig. 8) crude β-glucan 보다 점도가 높았다. 한편 상업용 β-glucan의 점도는 본 실험에서 분리한 정제 β-glucan의 점도보다 높게 나타났다.

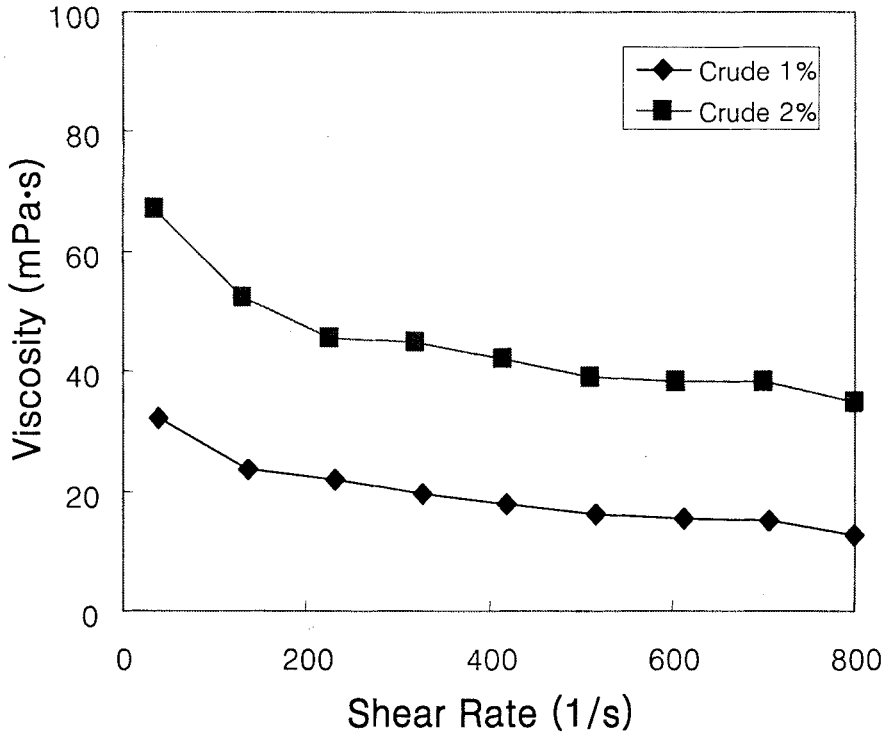


Fig 35. Viscosities of crude β-glucan solutions from barley pearling by-product ◆—◆: 1.0% conc., ■—■: 2.0% conc.

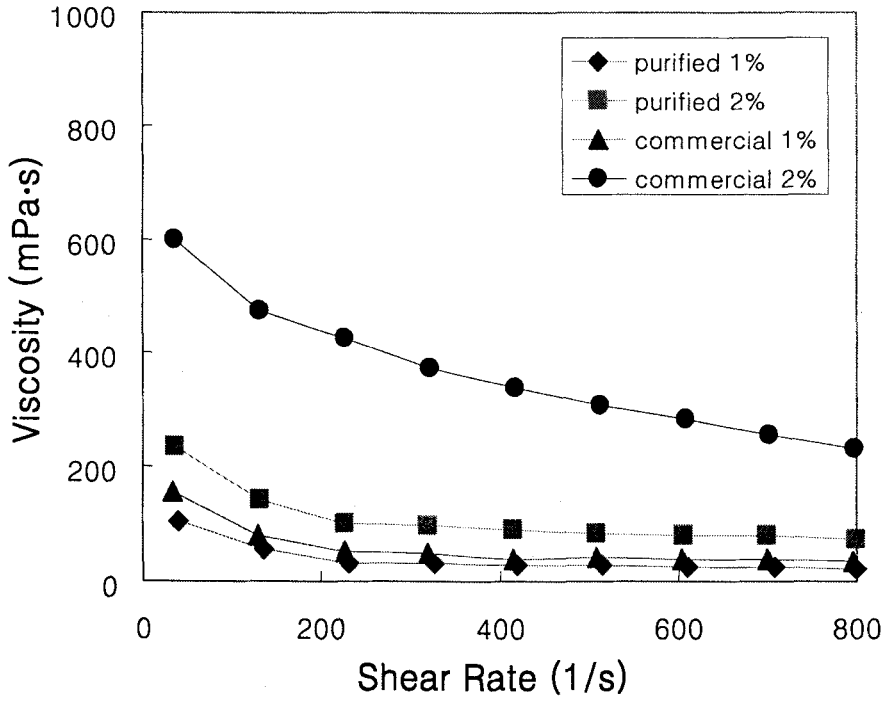


Fig. 36. Viscosities of purified β-glucan solutions from barley pearling by-product.

◆—◆: purified β-glucan(1.0% conc.), ■—■: purified β-glucan(2.0%), ▲—▲: commercial β-glucan(1.0%), ●—●:commercial β-glucan(2.0%).

라) 대맥강 β-glucan의 DSC 특성

메성 및 찰성보리 전분과 대맥강으로부터 분리, 정제한 β-glucan을 일정비율(10:0~8:2)로 혼합하여 일정온도로 증가시키면서 DSC 특성을 살펴본 결과는 Table 64 및 65와 같다. β-Glucan의 혼합비율이 증가함에 따라 메성보리전분의 경우 호화개시온도가 58.95%에서 58.58%로, 완료온도는 62.65℃에서 62.16℃로 거의 변화가 없었으나 엔탈피는 6.49 J/g에서 2.12 J/g으로 감소하였다. 이는 잔탄검, β-glucan, 구아검 등을 전분에 첨가하여 DSC를 측정하였을 때 호화온도에 거의 영향을 미치지 않았다는 결과[195]와 같았으며, gellan, locust bean gum을 전분에 첨가하였을 때 아밀로오스와 아밀로펙틴 사이의 에너지 차를 감소시킴으로써 엔탈피가 감소한다는 결과[196,197]와 유사하였다.

찰성 보리전분의 경우 β-glucan의 혼합비율이 증가함에 따라 호화개시온도가 58.94℃에서 59.45℃로, 완료온도는 63.62℃에서 64.13℃로 차이가 미미하였으며 엔탈피도 8.96 J/g에서 1.72 J/g으로 현저히 감소하였다.

Table 64. DSC characteristics of normal and waxy barley starch with different mixing ratio of purified β-glucan from barley pearlings[1)]

Mixing ratio (starch : β-glucan)	T_o(℃)	T_p(℃)	ΔH(J/g)
Normal starch			
10 : 0	58.95	62.65	6.487
9 : 1	58.32	61.88	3.039
8 : 2	58.58	62.16	2.118
Waxy starch			
10 : 0	58.94	63.62	8.956
9 : 1	58.88	63.34	3.114
8 : 2	59.45	64.13	1.719

[1)]Values are means of duplicate determinations.

Table 65. DSC characteristics of normal and waxy barley starch with different mixing ratio of commercial β-glucan[1)]

Mixing ratio (starch : β-glucan)	T_o(℃)	T_p(℃)	ΔH(J/g)
Normal starch			
10 : 0	58.95	62.65	6.487
9 : 1	58.21	61.69	3.056
8 : 2	58.09	61.57	1.966
Waxy starch			
10 : 0	58.94	63.62	8.956
9 : 1	58.16	62.30	1.937
8 : 2	58.36	62.63	1.886

[1)]Values are means of duplicate determinations.

2) 대맥강 식이섬유의 생리기능성

최근 변비, 비만증, 당뇨병, 고혈압, 결장암 등의 발병은 식이섬유의 섭취와 관련이 있으며 특히 수용성 식이섬유는 체내 혈중 콜레스테롤을 강하시키는 효과가 있는 것으로 알려져 있다. 보리나 귀리의 대표적인 수용성 식이섬유인 β-glucan은 체내 콜레스테롤을 저하시키고[198-200] glycemic index를 낮추어 인슐린에 대한 반응 조절 효과를 부여함으로써[201-203] 인체 생리적 기능성이 큰 것으로 보고된 바 있다. β-Glucan은 수용액에서 높은 점성을 나타내는데[193,194] 소화기관에서 수용화되면서 점도가 상승하거나 gel 상의 물질을 형성하여 각종 영양성분의 흡수율을 감소시킬 수 있다.

점성질의 수용성 식이섬유는 소화기관에서 식이 콜레스테롤과 담즙산을 물리적으로 감아 싸 대변으로 배설시킴으로써 혈중 콜레스테롤의 축적을 억제하는 효과가 있다. 식이섬유는 bile acid와 흡착하여 콜레스테롤의 재흡수를 방해하고 혈청이나 간의 콜레스테롤을 bile acid로 전환토록하여 콜레스테롤의 함량을 저하시키는 것으로 설명되었다[204,205]. 또한 식이섬유는 대장에서 대장균에 의하여 단쇄지방산으로 분해되는데 이들 단쇄지방산이 간에서 HMG-Co A reductase 활성 및 콜레

스테롤 합성을 억제한다고 하였다[199,200]. 한편 수용성 식이섬유를 섭취할 경우 glucose의 흡수를 지연시켜 급격한 혈당상승을 막아주는 것으로 보고되었다[201-206]. 여러 가지 식이섬유원의 담즙산 및 포도당의 투과지연 효과를 투석막을 사용하여 in vitro 연구된 바 있으며[207,208] 이에 보리 도정부산물인 맥강으로부터 β-glucan을 추출, 분리한 다음, 투석막을 사용한 in vitro bile acid와 glucose의 투과지연 효과를 조사하여 맥강 β-glucan의 생리활성 소재로서의 당위성을 제시하고자 하였다.

가) 대맥강 β-glucan의 bile acid 투과지연 효과

투석막을 사용하여 맥강으로부터 추출 및 정제한 β-glucan의 농도별 bile acid 투과정도를 측정한 결과는 Figs. 37, 38과 같다. Bile acid 용액만을 투석한 대조구에서 투석 외액의 bile acid 함량을 분석한 결과 bile acid의 투과는 투석초기에 현저히 상승하여 투석 후 8시간까지 증가하였으며 그 이후부터 매우 완만한 속도로 증가하였다. Crude β-glucan을 1.1% 첨가한 bile acid 용액은 대조구에 비해 투과율이 약간 떨어졌으나 유의적인 차이를 보이지 않았으며, 첨가농도 3.2%에서 투과지연 효과를 나타내 2시간 이후부터 그 효과가 현저함을 보여주었다. 그러나 4.8%의 첨가농도에서는 유의적인 차이를 보이지 않았으며(Fig. 9), 이는 β-glucan의 농도가 높을 경우 수화가 충분히 이루어지지 못해 점도 상승이 어려웠기 때문으로 사료되었다. 이는 보리가루에서 분리한 β-glucan의 bile acid 흡수지연 실험에서 3%정도 이상의 고농도에서는 더 이상의 효과를 볼 수 없었다는 결과[172]와 유사하였다. 정제 β-glucan을 첨가한 경우 bile acid 투과지연 효과는 crude β-glucan과 유사한 것으로 나타났다.

식이섬유의 bile acid 투과지연 효과는 bile acid와의 결합이 이온결합, gel 상의 형성에 의한 bile acid를 가두는 효과(trapping effect), 혹은 소수성 결합에 따른 것으로 알려져 있다. 이러한 bile acid의 흡수지연 작용은 혈청내 cholesterol 저하와 관련이 있어, β-glucan에 의해 bile acid는 체내에서 흡수되지 못하고 체외로 배설되므로 bile acid pool을 변화시키고 그만큼의 bile acid를 다시 합성하기 위해 간의 cholesterol 합성 및 이용이 증진되므로 결국 혈중 cholesterol 수준이 감소되는 효과를 제공할 수 있는 것으로 판단되었다.

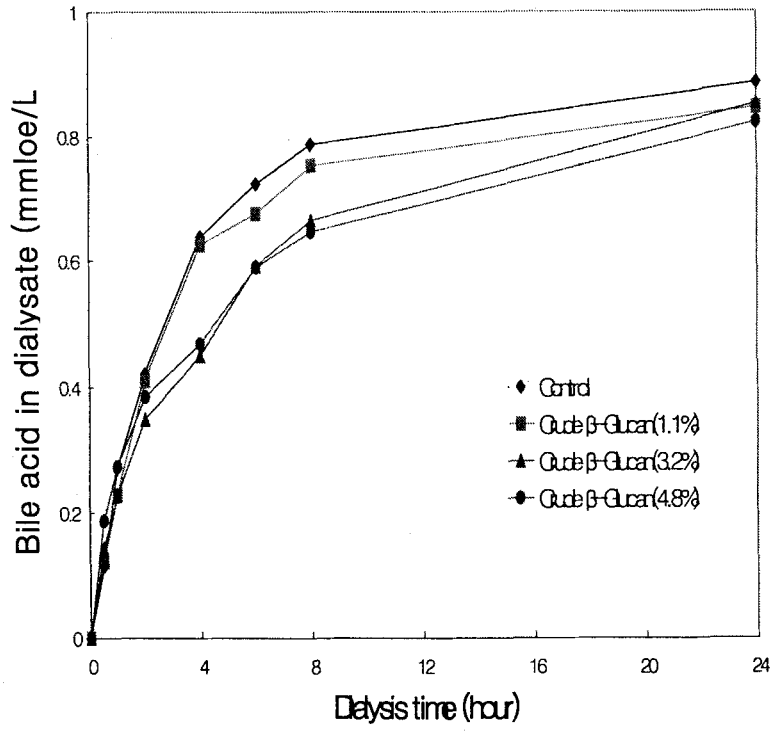


Fig. 37. Retarding effect of crude β-glucan prepared from barley bran on the membrane transport of bile acid *in vitro*.

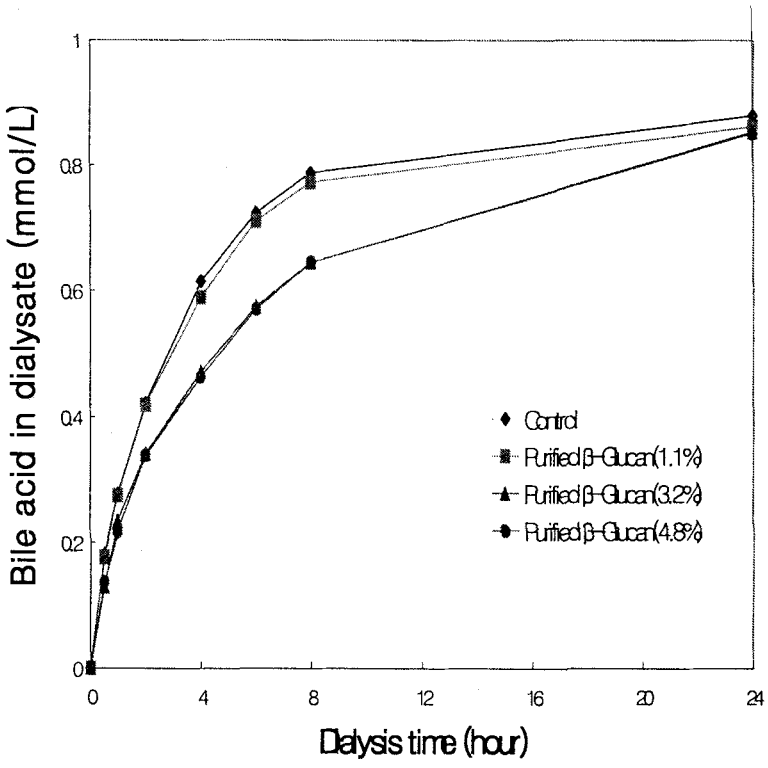


Fig. 38. Retarding effect of purified β-glucan prepared from barley bran on the membrane transport of bile acid *in vitro*.

나) 대맥강 β-glucan의 glucose 투과지연 효과

투석막을 사용하여 맥강 β-glucan의 glucose 투과정도를 측정한 결과는 Fig. 39, 40과 같다. Glucose 용액만을 투석한 대조구에서는 glucose의 투과가 투석 초기 급속히 이루어져 2시간까지 증가하였으며 그 이후부터 투석시간이 경과함에 따른 변화가 거의 없었다. 투석막내 맥강 crude β-glucan을 1.1% 첨가한 용액에서 투석외액의 glucose 농도가 투석초기부터 대조구 보다 낮았으며 투석 2시간까지 현저히 떨어져 glucose의 초기 투과지연 효과를 볼 수 있었다. 맥강 β-glucan의 첨가농도가 증가함에 따라 투과율은 계속 떨어져 3.2% β-glucan 용액에서는 투석 5시간

까지 지속적인 투과억제 효과를 나타내었다. 그러나 4.8% β-glucan 용액의 경우 3.2%와 큰 변화가 없어 농도 증가에 따른 더 이상의 효과를 볼 수 없었다. 정제한 β-glucan을 첨가한 용액의 경우에도 glucose의 투과지연 효과는 crude β-glucan에서와 비교할 때 유사한 추세이었으나, 농도 증가에 따른 투과지연 정도가 crude β-glucan에서 보다 다소 낮은 것으로 분석되었다. 이는 정제 β-glucan이 순도가 높음에도 불구하고 고 농도에서는 본 실험에 사용된 온도 조건에서 충분히 수화되기가 어려웠기 때문인 것으로 판단되었다.

In vitro 실험에서 나타난 수용성 식이섬유들의 glucose 흡수지연 효과는 수용성 식이섬유에 의한 점성의 증가와 관련하는데, 이들이 점성이 높은 gel 상을 형성하여 glucose를 붙잡음으로써 glucose가 확산되는 것을 억제하는 것으로 설명된 바 있다[208]. 수용성 식이섬유의 in vitro 혈당조절 효과는 점도가 높은 수용성 식이섬유일수록 점증력에 의해 혈당강하 효과가 높아지는 반면에 불용성 식이섬유군들에서는 glucose 투과 지연 효과가 매우 낮은 것으로 나타났다.

당뇨환자가 수용성 식이섬유를 섭취할 경우 glucose의 흡수를 지연시켜 급격한 혈당상승을 막아줄 수 있으며 이는 수용성 식이섬유가 소화기관에서 수용화되면서 점도가 증가되거나 gel 상을 형성하여 식후 glucose와 insulin 수준을 조절하는 중요한 역할을 하며 각종 영양성분의 gastrointestinal transit 시간과 장관 흡수율에서의 변화가 관련되어 있을 것으로 판단되었다.

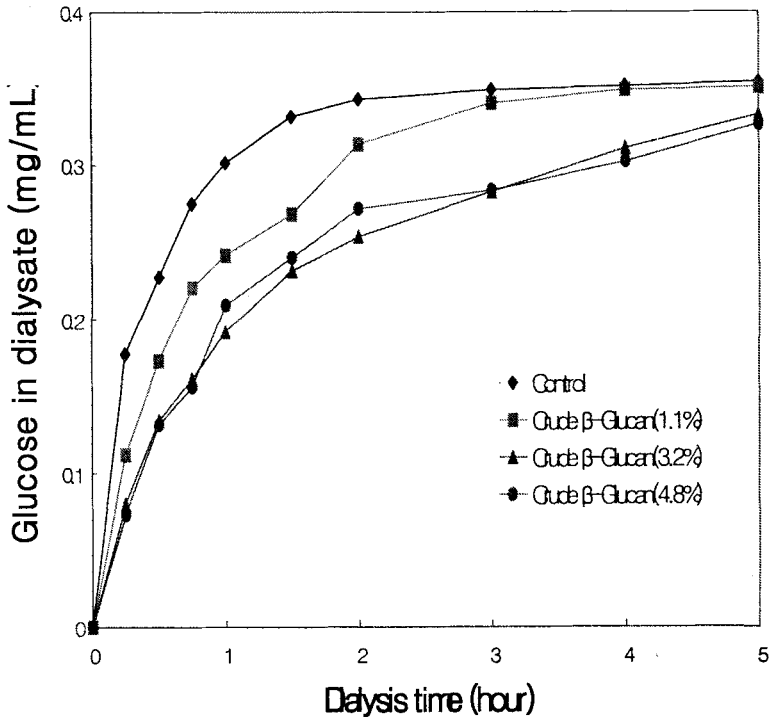


Fig. 39. Retarding effect of crude β-glucan prepared from barley bran on the membrane transport of glucose in vitro.

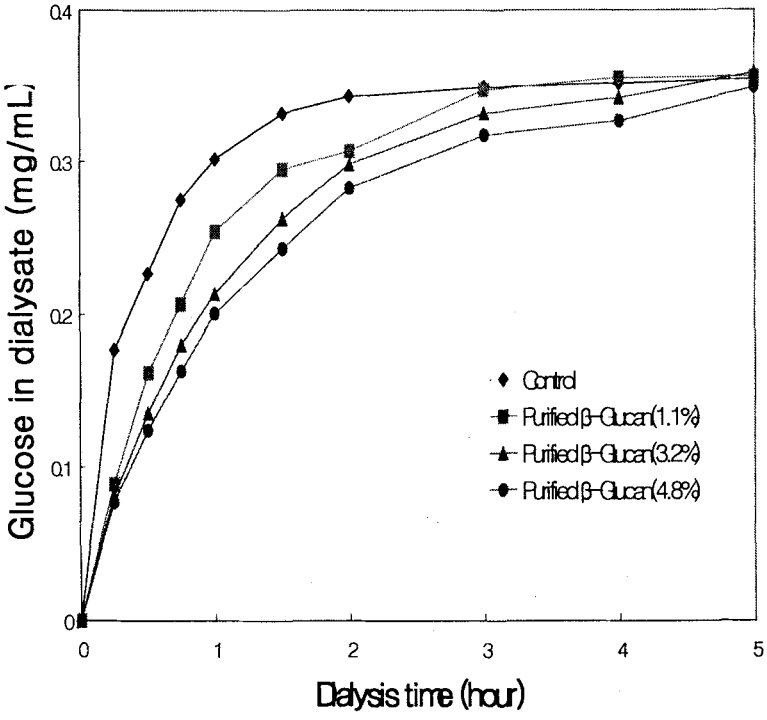


Fig. 40. Retarding effect of purified β-glucan prepared from barley bran on the membrane transport of glucose in vitro.

한편 β-glucan 용액을 제조하여 β-glucan 용액을 투석하면서 glucose의 흡수지연 효과를 측정하였다. 대맥강으로부터 얻은 crude β-glucan 용액의 glucose 흡수지연 효과를 측정한 결과는 Fig. 41및 Table 66과 같다. Glucose 용액만을 투석하였을 때 glucose의 투과율은 초기에 급속히 이루어지다 투석시간이 경과함에 따라 떨어졌다.

투석막내의 1%와 2% 농도로 β-glucan이 첨가된 glucose 용액으로부터 glucose의 확산은 β-glucan이 첨가되지 않은 glucose 용액에 비해 낮은 경향을 보여주었다. β-Glucan의 glucose 흡수지연 효과를 보면 1% β-glucan을 첨가한 용액에서는 별 효과를 보이지 않았으나 2% β-glucan을 첨가한 용액에서는 효과가 있는 것으로 나타났다.

일반적으로 점성이 큰 식이섬유가 영양소의 흡수를 지연시키는 효과가 큰 것으로 보고되고 있는데 β-glucan과 같이 점성이 높은 수용성 식이섬유는 높은 농도에서 gel matrix를 형성하여 glucose를 붙잡는 효과로 장내의 glucose 확산을 떨어뜨릴 수 있는 것으로 사료되었다.

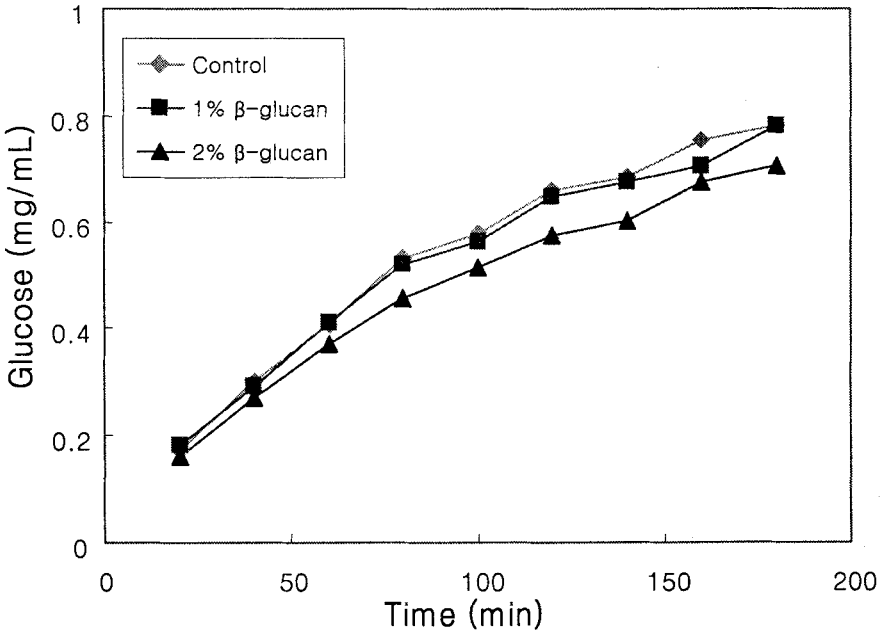


Fig. 41. Dialysis of glucose(10%, w/v) from aqueous solutions in the presence of β-glucan compared to control without β-glucan.

Table 66. Retarding effect of crude β-glucan from barley pearlings on the membrane transport of glucose

β-Glucan conc.	Dialysis for 20 min		Dialysis for 60 min		Dialysis for 120 min	
	Glucose in dialysate (mg/mL)	Glucose[1)] retardation index (%)	Glucose in dialysate (mg/mL)	Glucose retardation index (%)	Glucose in dialysate (mg/mL)	Glucose retardation index (%)
0% (control)	0.187	0	0.421	0	0.660	0
1%	0.183	2.14	0.409	2.85	0.647	1.97
2%	0.161	13.90	0.372	11.64	0.573	13.18

[1)]Glucose retardation index

$$= 100 - \left[\frac{\text{glucose(mg/mL) dialyzed in β-glucan}}{\text{glucose(mg/mL) dialyzed in control}} \times 100 \right]$$

3) 대맥강 식이섬유의 구조변형 및 물성 개선

가) 대맥강 추출물의 저장중 점도 변화

대맥강의 증류수 및 알칼리(Na_2CO_3) 추출물에 대하여 4℃와 20℃에서 저장중 Cannon-Fenske Viscometer 사용하여 점도를 측정한 결과는 Fig. 42 및 43과 같다. 4℃ 저장 중에 측정한 물 추출물의 점도가 20℃ 저장중 측정치에 비해 약간 높았으며, 추출물을 열처리한 경우에는 저장 6시간 동안 점도의 변화가 거의 없었으나 열처리하지 않은 물 추출물은 점도가 약간 감소하였다.

대맥강의 알칼리 추출물은 물 추출물에 비해 크게 점도가 높았으며 저장에 따라 점도가 서서히 감소함을 볼 수 있었다. 대맥강의 알칼리 조건에서의 추출은 내재효소의 활성을 감소시키지만 여전히 활성이 있어 저장중 식이섬유 추출물의 점도를 서서히 떨어뜨리는 것으로 판단되었다. 열처리에 의한 내재효소의 불활성화는 저장중 추출물의 점도에 변화가 별로 없는 것으로 확인되었다. 4℃에 비해 20℃에서 저장시 점도의 감소폭이 훨씬 크게 나타나 저온에서 저장하는 것이 추출물의 점도 감소에 영향을 덜 미치는 것으로 나타났다. 대맥강 추출물의 저장조건별 저장중 내재효소에 의한 점도의 감소는 대맥강 식이섬유의 구조적 변형에 활용할 수 있는 것으로 여겨졌다.

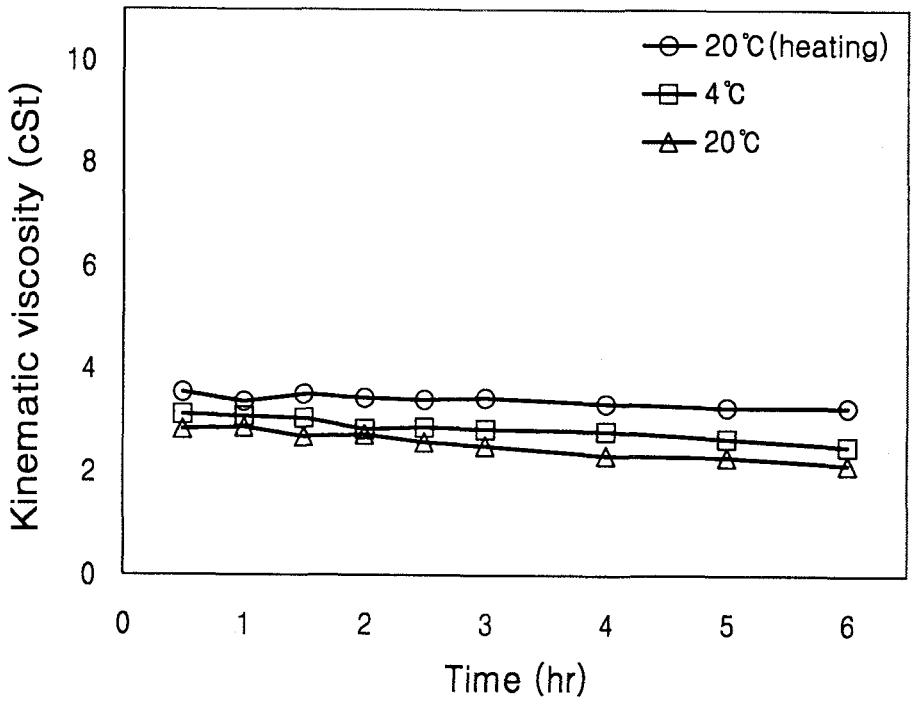


Fig. 42. Changes in kinematic viscosities (10%, w/v) of water extracts from barley bran during storage at 4℃ and 20℃.

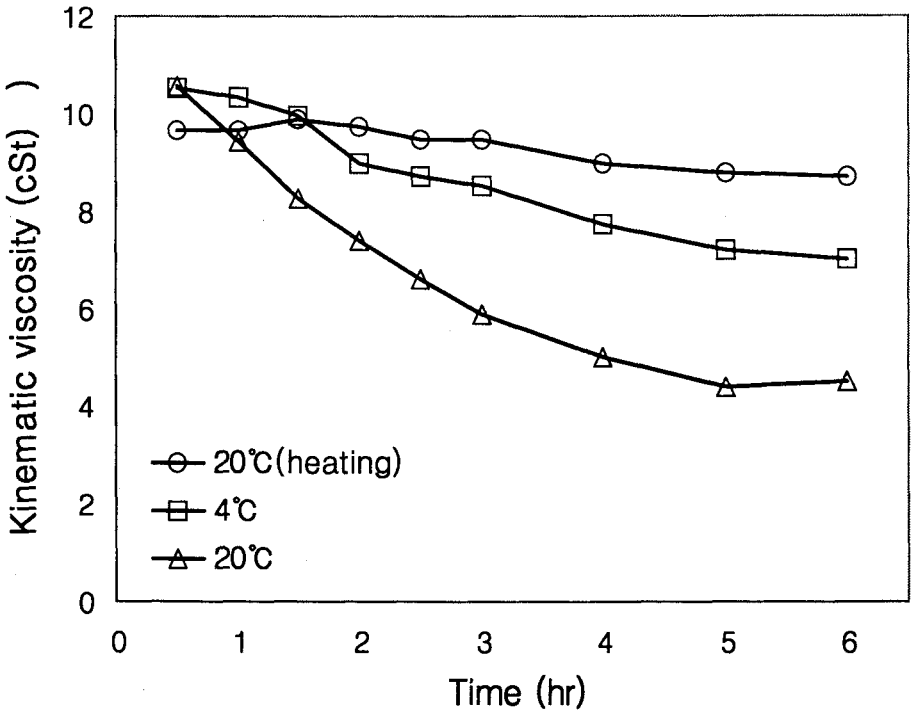


Fig. 43. Changes in kinematic viscosities (10%, w/v) of alkaline extracts from barley bran during storage at 4℃ and 20℃.

나) 부분 가수분해된 β-glucan의 점도

대맥강으로부터 분리 정제한 β-glucan 용액을 부분적으로 효소(lichenase 혹은 β-glucanase) 분해 처리하였으며 이에 따른 구조적 변화를 점도의 변화로서 측정하였다. 효소의 반응 속도는 β-glucan의 효소적 변형 속도를 결정하는 중요한 요소이며, 우선 효소의 반응온도와 pH를 고정하고 효소의 농도를 변화시킴으로써(0.001 ~ 0.1U/mL) 점도의 감소로 인한 분해속도를 관찰하였다. β-Glucan의 부분 가수분해에 사용된 lichenase 효소의 농도는 β-glucan 함량의 효소적 분석법에 사용된 농도(1.6~2.3 U/mL)에 비해 상당히 낮은 농도를 사용하였다.

대맥강으로부터 분리한 β-glucan의 구조에 β-glucanase의 분해작용을 점도로써 나타낸 결과는 Fig. 44와 같다. β-Glucan 용액에 β-glucanase를 첨가했을때 곧바로 급격한 점도의 감소가 나타나 β-glucan에 전형적인 endo-hydrolase로서의 작용패턴을 나타내 주었다. 효소의 농도가 증가할수록 10분 이내에 더욱 현저한 점도의 감소를 보여주었다. β-Glucanase 효소의 처리는 β-glucan의 함량을 감소시킬 뿐만 아니라 평균 분자량을 감소시킨다고 하여 점도의 감소와 관련이 있으며 이는 β-glucan의 용해성에도 영향을 줄 것으로 사료되었다.

효소 반응온도가 β-glucan의 분해에 미치는 영향을 pH를 달리하여 0.002 U/mL의 β-glucanase 효소농도에서 분석하였다(Fig. 45, 46 및 47). 효소의 β-glucan 분해속도는 40℃의 반응온도에 비해 60℃에서 보다 큰 것으로 나타났다. 40℃는 반응적정온도보다 낮은 것으로 나타났으며, 70℃ 반응온도는 초기에 점도감소가 컸으나 지속적인 감소추세가 둔화되어 반응시간이 지속됨에 따라 효소의 활성저하 또는 불활성화가 일어날 수 있는 온도로 여겨졌다.

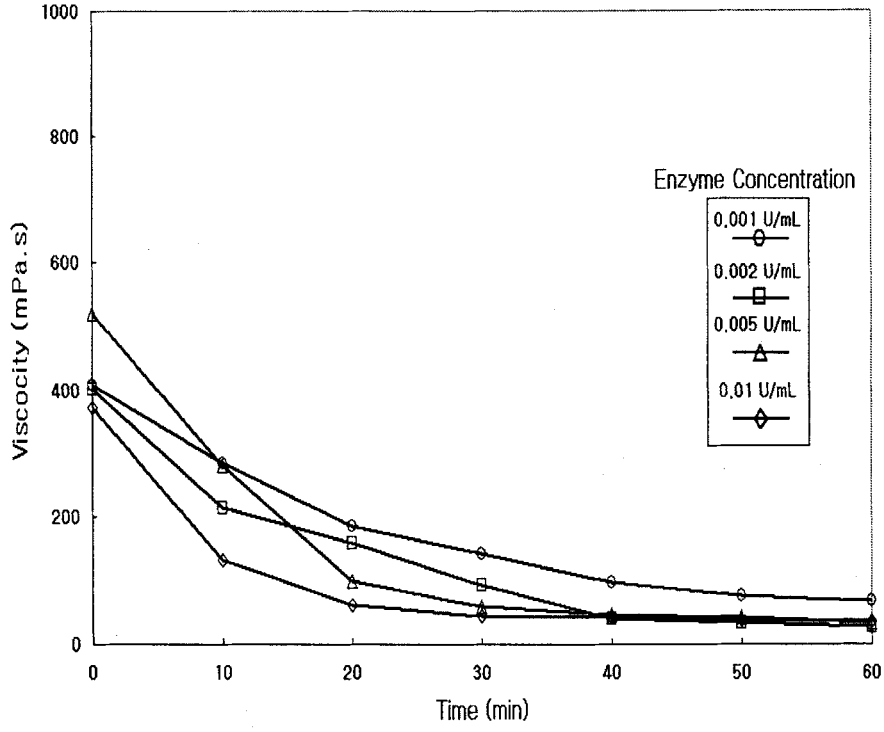


Fig. 44. Viscosity as a function of time during the enzymatic modification of barley bran β-glucan aqueous solution (3.1%, w/v). Viscosity measured at 20℃ and 115 1/s.

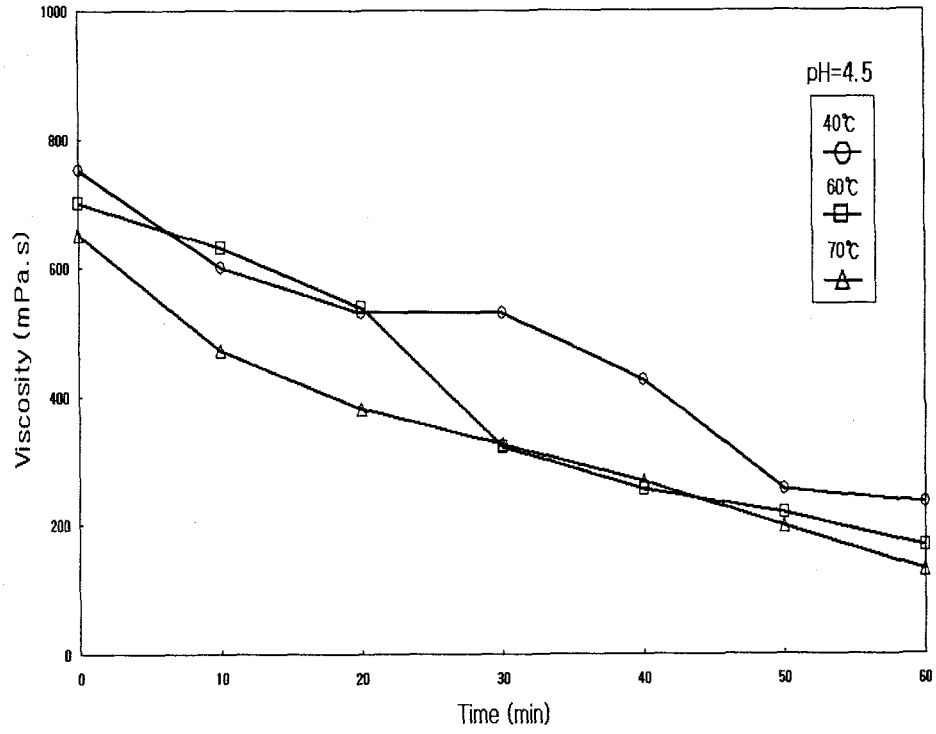


Fig. 45. Viscosity as a function of time during the enzymatic modification (enzyme conc. = 0.002 U) of barley bran β-glucan aqueous solution (3.1%, w/v). Viscosity measured at 20℃ and 115 1/s.

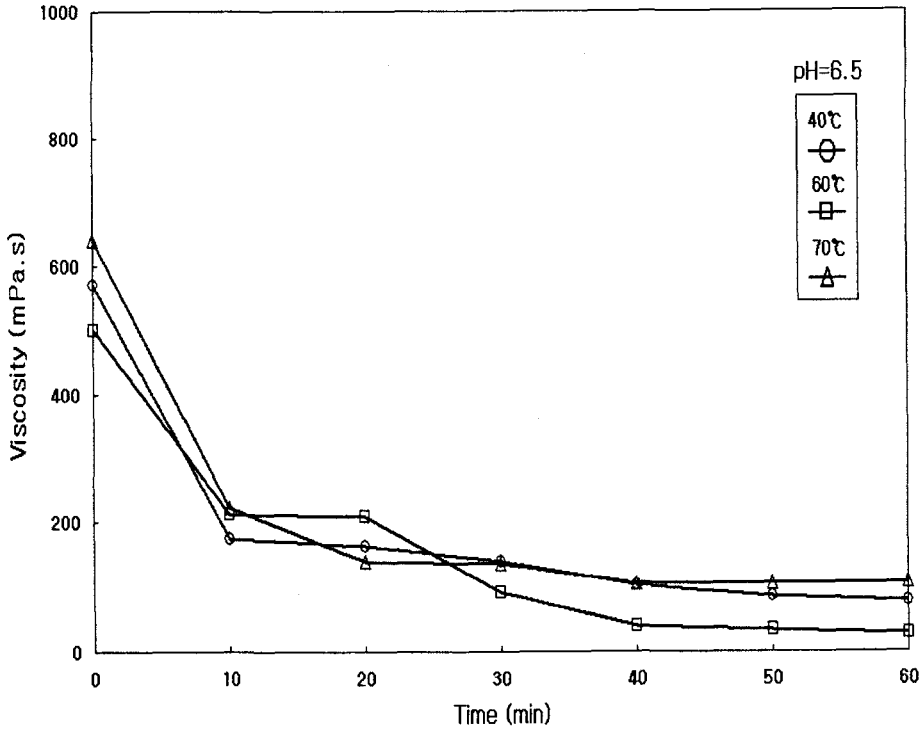


Fig. 46. Viscosity as a function of time during the enzymatic modification (enzyme conc. = 0.002 U) of barley bran β-glucan aqueous solution (3.1%, w/v). Viscosity measured at 20℃ and 115 1/s.

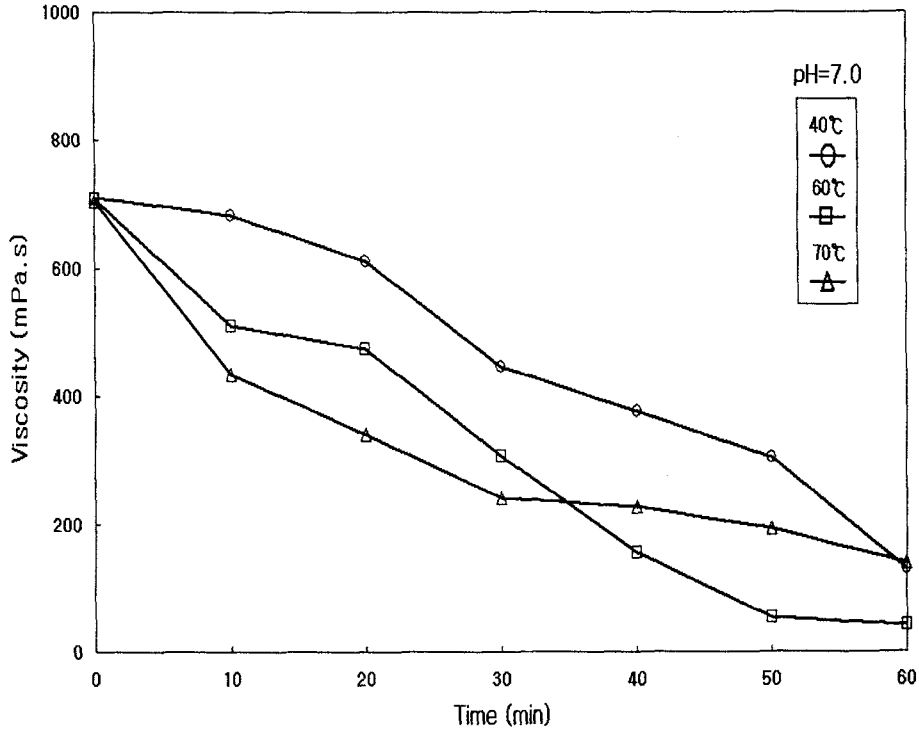


Fig. 47. Viscosity as a function of time during the enzymatic modification (enzyme conc. = 0.002 U) of barley bran β-glucan aqueous solution (3.1%, w/v). Viscosity measured at 20℃ and 115 1/s.

다. 대맥강 식이섬유의 식품소재화 기술 개발

1) 식이섬유의 미립자화 및 가용화

대맥강을 pin mill을 사용하여 60 mesh 이하로 분쇄하여 입자크기를 줄였으며 이를 325 mesh의 표준체 (20 cm-diam., US Tylor Co.)로 Ro-Tap sieve shaker(W.S. Tyler Co., USA)에서 1시간 동안 체질한 다음 체에 남은 부분을 다시 한번 분쇄하여 미립자화하였으며 이를 다시 체질하여 획분하였다.

대맥강을 325-mesh 체를 사용하여 분획한 후 체에 남은 부분을 분쇄하여 다시 체질함에 의해 제조된 획분별 β-glucan의 용해성을 측정한 결과는 Table 67과 같다. 대맥강을 325-mesh 체를 사용하면 대맥강에 존재하는 미세한 전분입자들이 체를 통과하고 일부 미세하게 존재하는 세포벽 물질들이 포함될 수 있는데 여기에 포함된 β-glucan의 용해성은 64.7%로 원래 대맥강 시료에 비해 증가함을 보여주었다. 325-mesh 체(45 ㎛ opening)를 사용하면 보리가루의 전분입자를 상당량 우선적으로 제거할 수 있어 325-mesh 체를 통과하는 양이 많을수록 체에 남는 가루 획분의 β-glucan 함량은 증가하게 된다. 체에 남은 획분 B에는 상대적으로 입자크기가 큰 세포벽 물질들로 체를 쉽게 통과하지 못하고 체에 남아 세포벽 구성물질인 β-glucan이 농축될 수 있다. β-Glucan이 농축되어지는 획분인 fraction B의 β-glucan 용해성은 약 60%로 대맥강 시료에 비해 낮아졌다. Fraction B를 재분쇄하여 325-mesh 체로 체질하였을 때 통과한 fraction C에는 다시 소량의 미립자들을 분리할 수 있으며 fraction C에 존재하는 β-glucan의 용해성은 63.88%로 체에 남게 되는 fraction D의 용해성 58.6%에 비해 다소 높게 나타났다. 체질에 의한 획분별 수용성 및 불용성 β-glucan의 함량을 분석하여 용해성을 조사한 결과(Table 67)에 의해 나타낸 β-glucan의 용해성은 총 β-glucan 함량이 높은 획분에서 물에 대한 용해성이 다소 낮게 나타나는 경향을 보였다.

Table 67. Solubility(%) of barley bran β-glucan from by sieving and grinding

	β-Glucan solubility(%)
Barley bran	61.70
Fraction A	64.72
Fraction B	55.97
Fraction C	63.88
Fraction D	58.64

A, Sieving bran → sieved fraction <325-mesh(45 ㎛);

B, Sieving bran → sieved fraction >325-mesh(45 ㎛);

C, Grinding and sieving fraction B → sieved fraction <325-mesh(45 ㎛);

D, Grinding and sieving fraction B → sieved fraction >325-mesh(45 ㎛).

대맥강으로부터 분리한 식이섬유의 특성상 물을 가하여 수화시킬 때, 수분 흡수량이 많고 습윤성, 분산성이 저조하여 식이섬유 단독 또는 다른 식품성분과 혼합시에 문제점을 제기하고 있으며 이를 개선하기 위한 용해도 증진을 위한 처리를 하였다. 대맥강 식이섬유의 물리적 구조변형을 위하여 쌍축압출성형기(FESTINA FX-60)에 의한 압출성형처리, 회전식 전열볶음기에 의한 roasting처리 등에 의한 효과를 검토하였다.

전처리로서 압출성형이 맥강 식이섬유의 추출율에 미치는 영향을 조사한 결과(Table 68), 대맥강의 β-glucan 용해성이 50.4%에서 압출성형에 따라 압출성형온도 90℃와 120℃ 처리구에서 용해성이 각각 50.2%, 53.4%로 약간 증가하는 추세를 보여주었다. 따라서 식이섬유는 압출성형에 의해 자체효소의 불활성화 뿐 만 아니라 불용성 식이섬유를 일부 가용화시켜 추출율을 높이는 것으로 나타났다. 한편 볶음처리한 대맥강의 식이섬유 추출정도를 분석한 결과, 대맥강의 불용성 β-glucan 볶음처리중에 증가한 반면 수용성 β-glucan은 감소하여 % 용해성이 감소하여 대맥강 β-glucan의 용해성 향상에는 효과를 보이지 않았다. 열, 수분, 압력등에 의한 가공처리가 대맥강 β-glucan의 구조 및 형태를 변화시켜 식이섬유의 용해성에 영향을 미칠 판단되었다. 한편 열처리한 시료의 점도는 다소 떨어지는 것으로 분석

되었다.

Table 68. Solubility(%) and viscosity of barley bran β-glucan by extrusion or roasting

	β-Glucan				Viscosity (cSt)
	Soluble	Insoluble	Total	Solubility(%)	
Barley bran (untreated)	2.41	2.37	4.78	50.41	9.45
Roasting, 5 min	1.59	3.00	4.59	34.64	8.26
Roasting 8 min	1.73	2.97	4.70	36.84	8.21
Extrusion, 90℃	2.37	2.35	4.72	50.21	8.92
Extrusion, 120℃	2.50	2.18	4.68	53.41	8.83

2) 대맥강으로부터 분리한 β-glucan의 용해성 증진

대맥강으로부터 분리한 β-glucan의 용해성은 대맥강 상태로 존재하는 β-glucan의 용해성과 다를 수 있다. 대맥강으로부터 분리한 crude β-glucan, 정제 β-glucan, 상업용 β-glucan의 용해성을 25℃, 45℃ 및 65℃에서 측정한 결과는 Table 69와 같다. Crude β-glucan 형태는 25℃, 45℃ 및 65℃에서 2시간 추출시 각각 시료 중량의 13.5%, 16.1%, 20.5%가 β-glucan으로 추출되어져 나와 crude β-glucan 형태가 함유하고 있는 총 β-glucan의 29.9%, 35.8%, 45.6%가 용해되었다.

대맥강으로부터 추출하여 정제한 정제 β-glucan은 25℃, 45℃ 및 65℃에서 각각 시료 중량의 34.3%, 39.8%, 59.8%가 추출되어 용해된 β-glucan이었으며 이는 정제 β-glucan이 함유하고 있는 총 β-glucan의 38.4%, 44.5%, 66.9%에 각각 해당하였다. 정제 β-glucan의 용해성은 원래 대맥강 상태에 존재하는 β-glucan의 용해성에 비해 약간 떨어지는 것으로 나타났다. 한편 상업용 β-glucan의 용해성은 25℃, 45℃ 및 65℃에서 각각 시료 중량의 25.5%, 27.3%, 40.8%로 상업용 β-glucan이 함유하고 있는 총 β-glucan의 27.7%, 29.75%, 44.4%에 각각 해당하였다. 따라서 상업용 β-glucan은 정제된 β-glucan 보다 용해성이 더 낮은 것으로 분석되었다.

Table 69. Solubility(%) of β-glucan preparations from barley pearling[1)]

	25℃		45℃		65℃	
	30min	120min	30min	120min	30min	120min
Crude						
% of β-glucan preparation	11.08	13.46	15.94	16.13	18.04	20.52
% of total β-glucan	24.61	29.90	35.41	35.83	40.07	45.60
Purified						
% of β-glucan preparation	32.43	34.26	38.84	39.77	43.82	59.75
% of total β-glucan	36.30	38.35	43.48	44.52	49.05	66.89
Commercial						
% of β-glucan preparation	23.42	25.49	26.36	27.25	36.27	40.77
% of total β-glucan	25.49	27.74	28.69	29.66	39.48	44.37

[1)]Values are means of triplicate determinations.

대맥강으로부터 분리한 β-glucan의 lichenase(β-glucanase) 효소처리에 따른 구조적 변화를 분자량을 측정하여 조사하였다. Fig. 48은 β-glucan의 효소처리에 의한 분자량의 분포를 gel filtration chromatograph로 측정하여 나타낸 결과이다. 효소반응이 진행됨에 따라 β-glucan은 분자량이 감소하였으며 이는 첨가효소의 반응조건(첨가효소 lichenase의 농도, 반응 pH, 온도 및 시간 등)에 따라 조절할 수 있는 것으로 나타났다. 효소처리에 따라 구조적으로 변형된 β-glucan은 Table 70과 같이 점도감소를 초래한 반면에 용해성이 향상될 수 있음을 보여주었다.

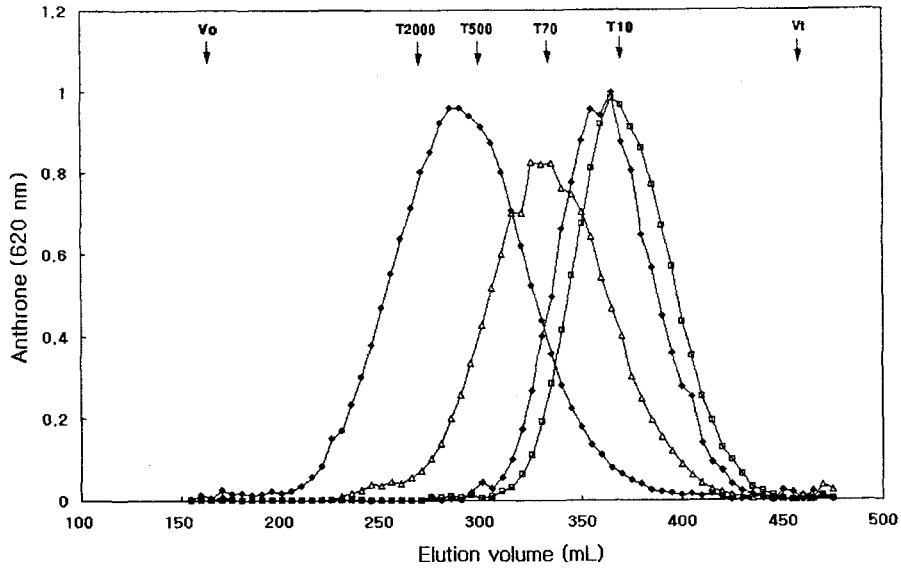


Fig 48. Molecular weight distribution of barley bran β-glucan by enzymatic modification(0.01U lichenase conc. = 0.01U, reaction temp. = 60℃).
●, no enzymatic treatment; △, 20 min reaction time; ◆, 40 min; □, 60 min.

Table 70. Changes in solubility and viscosity of β-glucan solutions by enzymatic modification

	Lichenase conc.(U/mL)/ Reaction time(min)						
	No treatment	0.002/20	0.002/40	0.002/60	0.01/20	0.01/40	0.01/60
Solubility (%)	43.48	54.94	58.15	61.70	58.27	62.40	64.31
Viscosity (mPas)	518.8	208.2	59.3	47.3	69.7	44.1	36.8

*Viscosity measurement: 3.1%(w/v) β-glucan solution, 115 1/s, 22℃

대맥강으로부터 추출하여 정제한 β-glucan 용액의 분말화를 위하여 건조방법을 달리하여 β-glucan을 조제하였다. β-Glucan 용액으로부터 β-glucan 용액을 분리하여 자연건조 또는 열풍건조하였고 동결건조와 분무건조를 시도하였으며, β-glucan 분말의 H_2O 용해성을 측정한 결과 분무건조 방식에서 β-glucan의 용해성이 가장 높은 것으로 조사되었다(Table 71).

Table 71. Water-solubility of isolated β-glucans prepared with different drying methods

Drying method	Room temp.	Hot air	Freeze	Spray
Water solubility	49.9	52.7	43.1	60.4

라. 식품첨가 소재화 연구

식이섬유원으로서 β-glucan 함량이 높은 대맥강은 영양생리학적인 기능성이 우수하여 대맥강으로부터 β-glucan 함량이 높은 소재를 따로 분리, 생산하여 활용할 수 있을 뿐 만 아니라 직접 제품에 첨가하여 가공제품을 개발할 수 있다. 따라서 대맥강의 효율적인 활용을 위해 식이섬유의 강화 측면에서 대맥강을 제면, 제과제빵 등 일부 제품에 적용하여 그 가공적성 및 활용성을 조사하였다.

1) 제면 특성

밀가루에 대맥강을 0~50% 대체하여 제조한 국수의 색도를 측정한 결과는 Table 72와 같다. 대맥강 첨가구의 L값은 대조구에 비해 낮아 어두워졌으며 이때 L값의 차이는 조리 전 생면에서 보다 조리 후에 더 큰 것으로 나타났다. a값은 대맥강 첨가구에서 다소 높았으며, 황색도를 나타내는 b값의 경우 대조구 생면에 비해 대맥강 첨가구에서는 약간 낮아지는 경향을 보여주었다. 국수의 L, a, b 값은 조리 전에 비해 조리 후 감소하는 경향을 나타내었다.

대맥강을 첨가하여 제조한 국수의 조리특성을 조사한 결과는 Table 73과 같다. 조리 후 국수의 중량, 부피는 대조구에 비해 대맥강을 첨가함에 따라 점차 감소하

는 경향이었다. 전반적인 조리면의 특성은 조리후의 중량이 작을수록 부피도 감소하는 경향을 나타냈으며 이러한 결과는 조리한 국수의 무게증가는 부피증가와 정의 상관관계를 보인다는 보고[209]와 일치하였다. 조리중의 고형분의 손실 정도를 나타내는 국물의 탁도는 대맥강 첨가구에서 높아 용출 성분의 양이 많은 것으로 나타났다. 대맥강을 첨가한 국수를 조리한 후 texture analyzer를 사용하여 hardness를 측정한 결과 대맥강을 첨가한 국수의 조리후 견고성이 밀가루 국수에 비해 높아 보리국수는 단단해지고 질깃한 씹힘성이 다소 높아지는 것으로 나타났다.

대맥강을 첨가한 국수의 조리 후 관능검사를 실시한 결과는 Table 74에 나타나 있다. 대맥강 첨가 국수는 밀가루 국수에 비해 외관, 향미, 맛, 텍스쳐의 평가항목에 있어서 관능점수가 다소 낮았으며 밀가루에 대맥강 첨가량이 증가함에 따라 대조구와 큰 차이를 보이며 색깔, 맛, 조직감 등 관능적인 기호도가 점차 떨어지는데 특히 조직감이 다소 거칠고 단단해져 식감이 떨어지는 것으로 평가되었다. 보리가루의 첨가수준이 60%일 때까지 면대형성과 조리국수의 형성에는 큰 문제가 없었으나 그 이상에서는 보리특유의 향과 씹히는 촉감이 깔깔해서 식미를 저하시키는 것으로 조사된 바 있다[210]. 대맥강을 첨가한 국수는 20~30% 첨가 수준에서 조리특성과 관능특성에서 품질이 다소간 떨어지게 되나 보리의 영양적인 측면을 고려할 때 보리 식이섬유소의 강화에 의한 건강면의 제조라는 측면에서 매우 긍정적인 제면방법으로 평가되었다.

Table 72. Color values of noodles with barley bran substitution[1)]

		Flour substituted with barley bran (%)					
		0%	10%	20%	30%	40%	50%
Raw noodle	L	83.63	71.37	67.76	67.21	63.57	62.07
	a	-0.21	2.07	3.16	3.78	4.50	5.00
	b	19.46	16.01	15.99	16.37	17.02	17.54
Cooked noodle	L	78.67	63.77	57.93	57.07	53.61	52.06
	a	-1.84	1.95	3.46	3.66	4.14	2.16
	b	16.63	11.50	11.54	10.76	10.80	13.41

[1)]Values are means of triplicate determinations.

Table 73. Cooking properties of noodles with barley bran substitution[1)]

	Flour substituted with barley bran (%)					
	0%	10%	20%	30%	40%	50%
Cooked weight (g)	116.27	104.22	94.84	90.06	89.00	89.34
Cooked volume (mL)	111	93	88	84	78	80
Turbidity of soup (A_{675nm})	0.309	0.315	0.269	0.379	0.605	0.772
Hardness(g force)	1910.78	2827.10	2355.33	2339.66	2321.03	2448.48

[1)]Values are means of triplicate determinations.

Table 74. Sensory evaluation of cooked noodles with barley bran substitution

	Flour substituted with barley bran (%)					
	0%	10%	20%	30%	40%	50%
Appearance	7.4	5.6	6.0	6.6	5.6	5.3
Flavor	6.6	6.2	6.0	6.0	5.8	5.6
Taste	6.8	6.4	6.4	6.6	6.2	5.8
Texture	7.4	6.6	7.0	7.0	6.8	6.8
Overall palatability	7.8	6.8	6.4	6.4	6.0	5.9

2) 쿠키제조 특성

대맥강을 첨가하여 만든 sugar-snap 쿠키의 물리적 특성은 Table 75와 같다. 일반적으로 cookie spread 또는 직경은 쿠키용 밀가루의 품질의 지표로서 사용된다[211]. 퍼짐성 또는 직경이 큰 쿠키는 더욱 바람직한 것으로 인식되고 있다[212]. 쿠키의 직경은 대맥강의 첨가량이 많아짐에 따라 크게 감소한 반면 쿠키의 두께는 증가하였다. 대맥강을 첨가한 쿠키의 spread ratio는 대조구에 비해 점차 높은 값을 나타내었다. 대맥강의 첨가량에 따른 쿠키의 체적과 중량은 크게 차이가 없는 것으로 나타났다.

쿠키반죽과 쿠키의 L, a, b값을 측정한 결과는 Table 76과 같다. 쿠키반죽의 표면색도는 보리배아의 첨가에 의해 상당히 영향을 받았다. 대맥강의 첨가에 따라 쿠키반죽의 색깔은 점차 어두워졌으며 a값이 점차 증가하였다. 한편 대맥강을 첨가한 쿠기의 색은 대조구에 비해 L값의 차이가 별로 없었으며 a와 b값은 10% 첨가수준에서 가장 높게 나타난 이후 그 이상의 첨가수준에서는 점차 감소하였다.

대맥강을 첨가한 sugar-sanp 쿠키의 관능평가를 실시한 결과는 Table 77과 같다. 쿠키 표면에 얕고 좁은 균열 그리고 수많은 작은 섬이 형성된 쿠키의 바람직한 정도를 파악한 결과 대맥강을 첨가량이 증가함에 따라 쿠키의 top grain이 떨어지는 것으로 나타났다(Fig. 49, Table 77). 대조구 쿠키는 밝은 황갈색을 나타낸 반면 대맥강을 첨가한 처리구는 점차 어둡고 pale한 색상을 보여주었으며 풍미가 떨어지는 것으로 나타났다. 그러나 대조구에 20% 수준까지 대맥강을 첨가하는 것은 쿠

키의 top grain, 풍미, 조직감, 입안에서의 감촉, 그리고 전반적인 기호도 등과 같은 관능특성에서 유의적으로 큰 차이가 없는 것으로 나타났다.

Table 75. Physical characteristics of sugar-snap cookies with barley bran substitution

	Flour substituted with barley bran (%)					
	0%	10%	20%	30%	40%	50%
Diameter (cm)	7.60	7.25	6.95	6.70	6.51	6.30
Thickness (cm)	1.68	1.78	1.83	2.23	2.25	2.25
Spread ratio(D/T)[1)]	4.52	4.07	3.80	3.00	2.89	2.80
Weight (g)	20.09	19.93	20.09	20.51	20.15	19.80
Volume (cc)	55	58	57	56	53	54
Specific gravity[2)] (g/cc)	0.37	0.34	0.35	0.37	0.38	0.37

[1)]D/T = diameter/ thickness of cookies.

[2)]Weight/ volume of cookies.

Table 76. Color of sugar-snap cookies with barley bran substitution

		Flour substituted with barley bran (%)					
		0%	10%	20%	30%	40%	50%
Cookie dough	L	86.28	78.15	72.60	69.17	66.76	64.36
	a	-1.79	1.63	3.16	4.24	4.80	5.25
	b	20.76	22.98	23.77	24.10	23.53	23.27
Baked cookie	L	68.50	65.74	67.53	67.46	66.13	67.02
	a	14.61	27.47	17.18	15.13	11.12	5.49
	b	37.27	42.99	33.97	31.58	28.22	23.18

L=lightness value, 100=white, 0=black; +a=red, -a=green; +b=yellow, -b=blue.

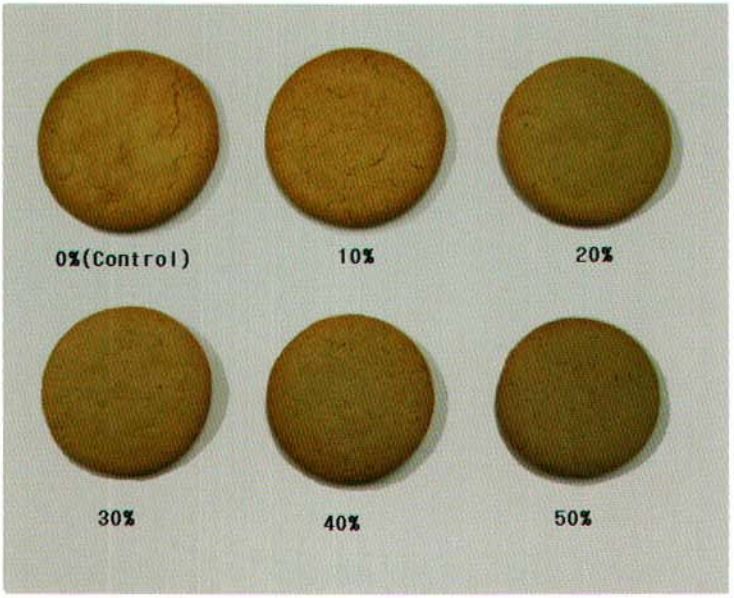


Fig. 49. Sugar-snap cookies made with cookie flour substituted with 0 - 50% barley bran.

Table 77. Sensory scores of sugar-snap cookies with barley bran substitution

	Flour substituted with barley bran (%)					
	0%	10%	20%	30%	40%	50%
Top grain	7.4	6.6	7.4	4.0	3.4	2.2
Color	7.8	7.6	5.6	4.6	4.0	2.6
Flavor	7.2	7.2	5.6	5.0	4.4	3.8
Texture	7.0	6.5	5.8	4.0	4.3	4.0
Overall preference	7.6	7.2	6.2	4.8	4.6	3.8

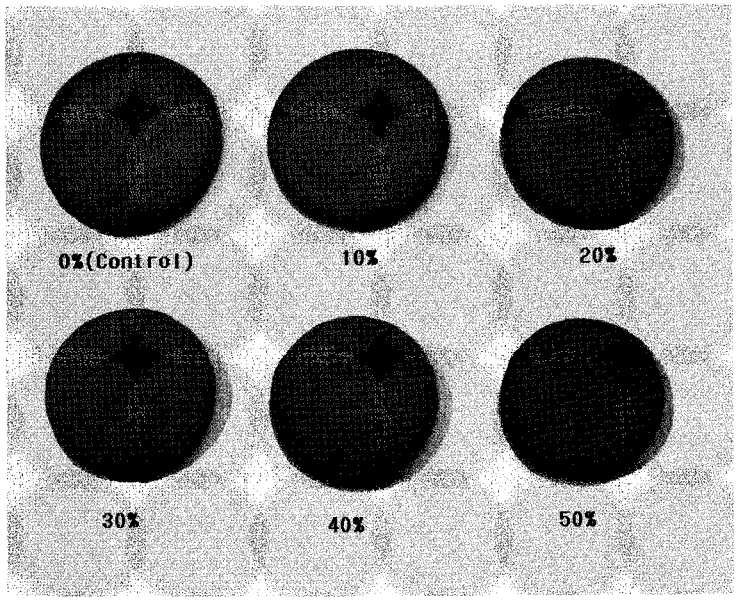


Fig. 49. Sugar-snap cookies made with cookie flour substituted with 0 - 50% barley bran.

Table 77. Sensory scores of sugar-snap cookies with barley bran substitution

	Flour substituted with barley bran (%)					
	0%	10%	20%	30%	40%	50%
Top grain	7.4	6.6	7.4	4.0	3.4	2.2
Color	7.8	7.6	5.6	4.6	4.0	2.6
Flavor	7.2	7.2	5.6	5.0	4.4	3.8
Texture	7.0	6.5	5.8	4.0	4.3	4.0
Overall preference	7.6	7.2	6.2	4.8	4.6	3.8

3) 머핀제조 특성

대맥강을 밀가루에 0~50% 대체 혼합하여 제조한 머핀의 체적, 무게 및 높이를 측정한 결과는 Table 78에 나타내었다. 머핀의 체적은 대조구의 113 cc에서 밀기울의 첨가량이 증가함에 따라 108~83 cc로 감소하였으며 머핀의 무게는 크게 차이가 없었다.

대맥강을 0~50% 첨가하여 제조한 머핀의 겉껍질과 내부의 색을 측정한 결과는 Table 79와 같다. 대조구 머핀에 비해 밀기울의 첨가 수준이 증가할수록 겉껍질의 색상은 점차 어두워졌으며 b값은 감소하는 경향을 보여 황색도가 떨어지는 것으로 나타났다. 머핀의 내부색은 대맥강의 첨가에 따라 L값이 낮아졌으며 대조구의 녹색도는 소실되고 적색의 색조를 부여하였으며 황색도는 약간 감소하였다.

대맥강을 첨가하여 제조한 머핀에 대하여 관능평가를 실시한 결과는 Table 80과 같다. 대맥강의 첨가량이 증가함에 따라 머핀의 모양, 색, crumb grain, 향미, 텍스쳐의 평가항목에 있어서 관능점수가 감소하여 전체적인 기호도가 떨어지는 것으로 나타났다. 대맥강의 첨가에 의해 머핀은 미세한 내부 구조의 성질이 떨어져 cell의 크기가 커지고 내부구조가 거칠고 dense한 덩어리 형태를 주는 것으로 나타났다 (Fig. 50). 대맥강을 20%의 첨가할 때까지 crumb grain에 크게 영향을 미치지 않았으나 그 이상의 첨가수준에서 유의적인 차이로 떨어지는 것으로 나타났다. 대맥강을 첨가한 빵은 색상이 어두워짐에 따라 기호도가 감소하였다. 대맥강 첨가는 머핀 hardness를 감소시키는 것으로 나타났다. 전체적으로 머핀의 품질에 유의적인 차이가 없이 크게 부정적인 영향을 미치지 않는 대맥강의 첨가 수준은 약 20%까지인 것으로 평가되었다.

Table 78. Baking properties of muffins with barley bran substitution

	Flour substituted with barley bran (%)					
	0%	10%	20%	30%	40%	50%
Volume(cc)	113	108	98	95	93	83
Weight(g)	124.61	121.26	114.95	119.66	123.54	123.75
Height(cm)	5.60	5.38	5.30	5.25	5.03	4.78
Hardness(g force)	481.5	469.4	454.4	459.8	427.1	369.9

Table 79. Color of muffins with barley bran substitution

		Flour substituted with barley bran (%)					
		0%	10%	20%	30%	40%	50%
Top crust	L	70.65	67.48	65.33	62.28	59.08	59.00
	a	3.42	4.24	3.57	3.36	3.44	4.69
	b	35.10	33.58	30.15	26.84	24.42	24.57
Interior	L	73.78	66.05	62.62	61.90	59.12	54.65
	a	-3.24	-0.90	0.37	1.20	1.86	2.62
	b	22.00	21.12	20.84	20.22	19.74	19.26

Table 80. Sensory evaluation of muffins with barley bran substitution

	Flour substituted with barley bran (%)					
	0%	10%	20%	30%	40%	50%
Grain	8.25	6.75	5.75	5.25	4.50	3.75
Color	8.25	6.50	6.00	4.50	3.75	3.25
Flavor	7.75	7.50	6.25	5.75	5.25	5.25
Taste	7.75	7.00	7.00	6.00	5.50	4.50
Texture	8.00	7.00	7.25	7.00	6.50	5.75
Mouthfeel	8.00	6.67	6.67	6.33	5.67	4.33
Overall preference	8.25	7.00	6.75	5.25	4.50	3.25

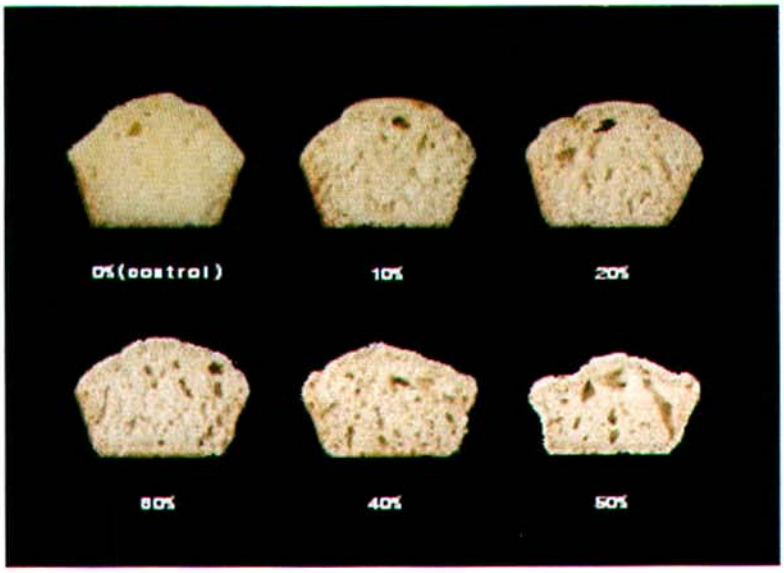


Fig. 50. Muffins made with cookie flour substituted with 0 - 50% barley bran.

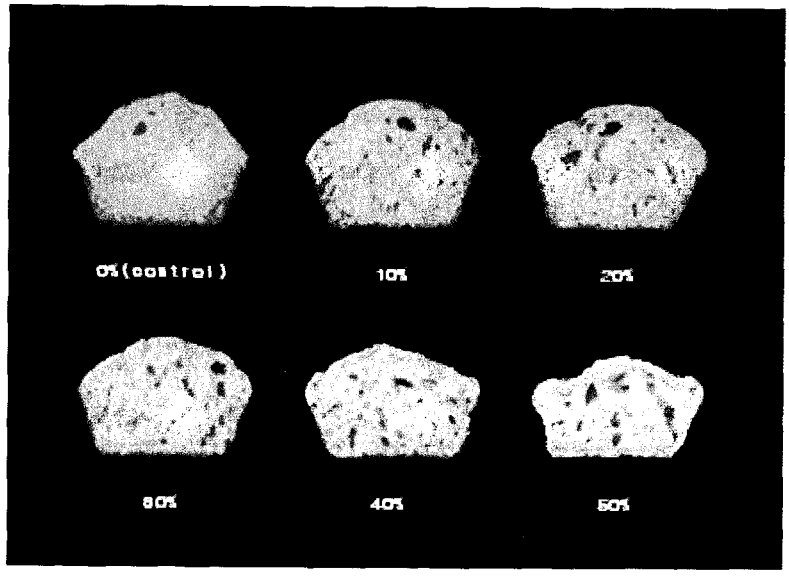


Fig. 50. Muffins made with cookie flour substituted with 0 - 50% barley bran

제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

구 분	평가의 착안점 및 척도	
	착 안 사 항	달성도 (점수)
1차년도(2000)	○ 계획된 방법의 타당성 및 현장적용 가능성	30
	○ 계획제품의 시장성	20
	○ 연구결과의 체계적이고 효율적인 수행정도	50
2차년도(2001)	○ 개발기술의 현장적용시의 용이도	30
	○ 개발기술의 경제산업적 파급효과	20
	○ 연구결과의 체계적이고 효율적인 수행정도	50
3차년도(2002)	○ 연구결과의 활용성 및 현장적용 가능성	30
	○ 개발기술 및 제품의 시장성 및 전망	30
	○ 연구결과의 체계적이고 효율적인 수행정도	40
최종평가	○연구개발기술의 수행결과 및 효용성	40
	○개발기술의 산업체 이전 및 실용화	30
	○개발기술의 경제산업적 파급효과	30

제 5 장 연구개발결과의 활용계획

1. 활용방안

본 연구과제의 수행으로 얻은 기초적인 연구결과는 한국식품과학회에 발표 또는 논문으로 게재하였으며 특히 보리 폴리페놀성분의 항산화성 및 도정부산물의 혈당강하 효과 등 생리기능적 특성에 관한 연구결과는 향후 신문, 방송 등 홍보매체를 통하여 전파함으로써 보리의 소비확대 및 국민건강증진에 기여할 계획임. 또한 제품개발과 관련된 신기술 중 일부는 특허 출원하였고 참여기업을 통하여 보리가공식품의 생산에 적극 활용할 예정임.

2. 학술지 및 관련 홍보매체에 게재

가. 한국식품과학회지 등 식품관련학회에 학술논문으로 투고하여 6편 게재완료, 5편 투고 중

나. 각종 학술발표회에 참여하여 11편의 연구결과 발표

다. 신기술은 특허출원

라. 신문, 방송 등 홍보매체에 보리의 우수성에 대한 대국민 홍보

마. 학술지 논문게재 실적

1) 석호문, 서미숙, 김윤숙, 이영택. 보리 도정부산물로서 맥강, 배아 및 파쇄립의 이화학적 특성. 한국식품과학회지. Food Sci. Biotechnol. 11, 623-627 (2002)
2) 석호문, 서미숙, 최희돈, 김인환, 이영택. 볶음처리에 따른 보리 배아의 이화학적 특성 변화. Food Sci. Biotechnol. 11, 618-622 (2002)
3) 석호문, 서미숙, 김성란, 박용곤, 이영택. 보리 도정부산물로부터 분리한 폴리페놀추출물의 특성. 한국식품과학회지, 34. 775-779 (2002)
4) 석호문, 서미숙, 김홍만, 안명수, 이영택. 보리 도정부산물로부터 분리한 폴리페놀추출물의 항산화 효과. 한국식품과학회지, 34, 889-892 (2002)
5) Kim, I.S., Lee, Y.T. and Seog, H.M. Effects of barley germ on sugar-snap cookie quality. Food Sci. Biotechnol. 11, 515-519 (2002)
6) Lee, Y.T., Yoo, J.W., Yoo, M.S., Choi, K.H., Kim, J.H. and Seog, H.M.

Retarding effect of β-glucan separated from barley bran on in vitro transport of bile acid and glucose. Food Sci. Biotechnol. 12, 298-302 (2003)

바. 학회 논문발표 실적

1) 석호문, 서미숙, 김성란, 박용곤. 보리 도정부산물로부터 분리한 보리 폴리페놀추출물의 특성. 한국식품과학회 제 67차 학술발표회, 제주대학교, 2001. 10
2) 석호문, 서미숙, 최희돈, 김인환. 볶음조건에 따른 보리 배아의 이화학적 특성 변화. 한국식품과학회 제 67차 학술발표회, 제주대학교, 2001. 10
3) 석호문, 서미숙, 김홍만, 안명수. 보리 도정부산물로부터 분리한 보리 폴리페놀추출물의 항산화 효과. 한국식품과학회 제 67차 학술발표회, 제주대학교, 2001. 10
4) 원준형, 이영택, 유정우, 석호문, 이하연. 대맥강 유래 β-glucan의 분리 및 물리화학적 특성. 한국식품과학회 제 67차 학술발표회, 제주대학교, 2001. 10
5) 이영택, 유정우, 이하연, 석호문. 대맥강 유래 β-glucan의 *in vitro* 생리기능성. 한국식품과학회 제 68차 학술발표회, 서울산업대학교, 2002. 5
6) Kim, I.S., Lee, Y.T. and Seog, H.M. Effects of barley germ on sugar-snap cookie quality. 한국식품과학회 제 68차 학술발표회, 서울산업대학교, 2002. 5
7) 석호문, 서미숙, 김성란. 대맥강 폴리페놀추출물(BPE)의 항산화성분 및 저장안정성. 한국식품과학회 제 69차 학술발표회, 무주리조트 티롤호텔, 2002. 10
8) 이영택, 석호문. Physicochemical and functional properties of β-glucans derived from barley bran. 한국식품과학회 제 69차 학술발표회, 무주리조트 티롤호텔, 2002. 10
9) 석호문, 서미숙, 최희돈, 박용곤. 보리 도정부산물이 stretozotocin유발 당뇨쥐의 혈당강하에 미치는 효과. 한국식품과학회 제 70차 학술발표회. 경주 교육문화회관, 2003. 6
10) 석호문, 서미숙, 김홍만, 안명수. 보리 폴리페놀추출물(BPE)이 stretozotocin유발 당뇨쥐의 혈당강하 및 과산화억제에 미치는 효과. 한국식품과학회 제 70차 학술발표회. 경주 교육문화회관, 2003. 6
11) 이영택, 김준희, 유문식, 석호문. 보리 도정부산물을 첨가하여 제조한 국수, 쿠

키 및 머핀의 품질특성. 한국식품과학회 제 70차 학술발표회. 경주 교육문화회관, 2003. 6

3. 특허출원

가. 보리 파쇄립을 이용한 보리 후레이크 제조 방법(특허출원 제32718호, 2003. 5)

제 6 장 참 고 문 헌

1. Methods of Shoyi Analysis. pp. 286-296. Japan Shoyu Research Institute (1985)
2. Henry, R.J. and Saini, H.S. Characterization of cereal sugars and oligo-saccharides. Cereal Chem. 66: 362-365 (1989)
3. Tan, B. and Brzuskiewicz, L. Separation of tocopherol and tocotrienol isomers using normal- and reverse-phase liquid chromatography. Analytical Biochemistry 180: 368-373 (1989)
4. AOAC. Official Methods of Analysis. 8th ed. Association of Official Analytical Chemists. Washington D.C. USA. p.144 (1955)
5. Tamagawa, K., Fukushima, S., Kobori, M., Shinmoto, H. and Tsushida, T. Proanthocyanidins from barley bran potentiate retinoic acid-induced granulocytic and sodium butyrate-induced monocytic differentiation of HL60 cells. Biosci. Biotechnol. Biochem. 1483-1487 (1998)
6. Vall'es, B.S., Victorero, S., Alonso, J.J.M. and Gomis, D.B. High-performance liquid chromatography of neutral phenolic compounds of low molecular weight in apple juice. J. Agric. Food Chem. 42: 2732-2736 (1994)
7. Williams, B.W., Cuvelier, M.E. and Berset, C. Use of free radical method to evaluate antioxidant. Lebensm Wiss Technol. 28: 25-30 (1995)
8. Kato, H., Lee, I.E., Chuyen, N.V., Kim, S.B. and Hayase, F. Inhibition of nitrosamine formation by nondialyzable melanoidins. Agric. Biol. Chem. 51: 1333-1338 (1987)
9. Kim, S.J. Han, D.S., Moon, K.D. and Rhee, J.S. Measurement of superoxide dismutase-like activity of natural antioxidants. Biosci. Biotech. Biochem. 59: 822-826 (1995)
10. MaMurrough, I.M. and McDowell, J. Chromatographic separation and

automated analysis of flavanols, Analytical Biochemistry 91: 92-100 (1978)
11. Begoña Bartolomé and Carmen Gómez-Cordovés. Barley spent grain : release of hydroxycinnamic acids(ferulic and ρ-coumaric acids) by commercial enzyme preparations. J. Sci of Food Agric 79: 435 (1999)
12. Mitsuda, H., Yasumoto, K. and Iwami, K. Antioxidative action of indole compounds during the autoxidation of linoleic acid. Nippon Eiyo Shokuryo Gakkaishi 49: 210-217 (1996)
13. AOCS. Official and Tentative Methods, 3rd ed. American Oil Chemists Society, Illinois, USA (1978)
14. Ahn, M.S. Effects of reaction temperature, time and presence of organic acids or their salts on the antioxidants activity of caramelization mixtures. Ph.D. theses, Korea University, Seoul (1984)
15. Bishayee, S., Balasubramanian, A.S. : Lipid peroxide formation in rat brain. J. Neurochem., 18. 909-920 (1971)
16. Ohkawa, H., Ohishi, N., Yagi, K. Assay for lipid peroxides in animal tissues by thiobarbituric acid reaction. Annal. Biochem. 95: 351-358 (1979)
17. Choi, H.S. Studies on cooked rice flavor. Ph.D. dissertation, Dongkook University, Seoul (1976)
18. Nakabayashi, T. Chemical studies on the quality of coffee. Part I. Production and changes of brown pigments by roast. Nippon Shokuhin Kagaku Kogaku Kaishi 44: 507-512 (1997)
19. Satoh, K. Serum lipid peroxide in cerebrovascular disorders determined by a new colorimetric method. Clinica. Chimica. Acta. 90: 37-43 (1978)
20. Tobayashi, T and Tabuchi, T. A method employing a tribasic sodium phosphate buffered reagent for estimation semimicro quantities of reducing sugar. J. Agric. Chem. Soc. Japan. 28: 171 (1954)
21. Dubois, M., Gilles, K.A., Hamilton, J.K., Pebers, P.A and Smith, F. Analytical Chemistry. 28: 350-356 (1955)
22. Kainuma, K., Matsunaga, A., Itagawa, M. and Kobayashi, S. New enzyme

system β-amylase-pullulanase to determine the degree of gelatinization and retrogradation of starch or starchproducts. J. Japan Soc. Starch Sci. 28, 235 (1981)

23. Vatili, A.A. and Rao, M.A. Flow properties of low-pulp concentrated orange juice, effect of temperature and concentration. J. Food Sci. 49, 882 (1984)
24. Rao, M.A. and Anantheswaran, R.C. Rheology of fluids in food processing. Food Tech. 36, 116 (1982)
25. Anderson, R.A., Conway, H.F., Pfeifer, V.F. and Griffin, E.L. Gelatinization of corn grits by roll and extrusion cooking. Cereal Foods World, 29, 732 (1969)
26. American Association of Cereal Chemists: Approved Methods of the AACC. The Association, St. Paul, Minnesota (1983)
27. A.O.A.C. Official Methods of Analysis, 14th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washiton, D.C. (1984)
28. Yamazaki, W.T. and Donelson, D.H. The relationship between flour particle size and cake-volume potential among eastern soft wheats. Cereal Chem. 49: 649 (1972)
29. Gaines, C.S., Kassuba, A. and Finney, P.L. Instrumental measurement of cookie hardness. I. Assessment of methods. Cereal Chem. 69: 115-119 (1992)
30. Hix, D.K., Klopfenstein, C.F. and Walker, C.E. Physical and chemical attributes and consumer acceptance of sugar snap cookies containing naturally antioxidants. Cereal Chem. 74: 281-283 (1997)
31. Gaines, C.S. Instrument of the hardness of cookies and crackers. Cereal Foods World 36: 989-996 (1991)
32. AOCS. Official Methods, and Recommanded practices of the American Oil Chemists' Society, 4th. Cd 3a-63. Illinois, USA (1978)
33. Sohn, J.W., Yum, C.A. et al. Water uptake rate and degree of gelatinization during cooking of pressed, cutted and pearled barley. Korean J Food Sci Technol 19(2): 125 (1987)

34. Kang, I.H., Bae, Y.H. et al. Korean Soup. Hanlym press, 2001
35. Kim, E.S., Jo, J.S. Studies on stability soymilk suspension. Korean J Food Sci Technol 22(3): 312 (1990)
36. Tamagawa, K., Iizuka, S., Fukushima, S., Endo, Y. and Komiyama, Y. Antioxidative activity of polyphenol extracts from barley bran. Nippon Shokuhin Kagaku Kogaku Kaishi 44: 512-515 (1997)
37. Prosky, L., Asp, N., Sweizer, T.F., Devries, J. and Furda, I: Determination of insoluble, soluble, and total dietary fiber in foods and food products, Interlaboratory study. JAOAC. 71, 1017 (1988)
38. McCleary, B.V. and Glennie-Holmes, M.: Enzymatic quantification of (1→3),(1→4)-β-D-glucan from barley and malt. J. Inst. Brew. 91, 285 (1985)
39. Wood, P.J., Siddiqui, I.R., and Paton, D.: Extraction of high-viscosity gums from oats. Cereal Chem. 55(6), 1038 (1978)
40. Henry, R.J. Genetic and environmental variation in the pentosan and beta-glucan contents of barley, and their relation to malting quality. J. Cereal Sci. 4, 269-277 (1986)
41. Blakeney, A.B., Harris, P.J., Henry, R.J. and Stone, B.A. A simple and rapid preparation of alditol acetates for monosaccharide analysis. Carbohydr. Res. 112, 291-299 (1983)
42. York, W.S., Darvill, A.G., McNeil, M., Stevenson, T. and Albersheim, P. Isolation and characterization of plant cell walls and cell wall components. pp. 3-41 in: Methods in Enzymology. Vol 118. A. Weissbach and H. Weissbach, eds. Academic Press, Inc., New York (1986)
43. MacGregor, A.W.: Isolation of large and small granules of barley starch and a study of factors influencing the adsorption of barley malt α-amylase by these granules. Cereal Chem. 56, 430 (1979)
44. Boyd, G.S., Eastwood, M.A. and MacLean, N. Bile acids in the rat: Studies in experimental occlusion of the bile duct. J. Lipid Res. 7: 83-94 (1966)
45. Tamagawa, T., Iizuka, S., Fukushima, S., Endo, Y. and Komiyama, Y.

Antioxidative activity of polyphenol extracts from barley bran. Nippon Shokuhin Kagaku Kogaku Kaishi 44: 512-515 (1997)

46. Bhatty, R.S. Extraction and enrichment of (1→3),(1→4)-β-D-glucan from barley and oat barns. Cereal Chem. 70: 73-77 (1993)
47. Bhatty. R.S. Physicochemical and functional(breadmaking) properties of hull-less barley fractions. Cereal Chem. 63: 31-35 (1986)
48. Bhatty, R.S. Milling yield and flour quality of hull-less barley. Cereal Foods World 32: 268 (1987)
49. Bhatty, R.S. β-Glucan content and viscosities of barleys and their roller-milled flour and bran products. Cereal Chem. 69: 469-471 (1992)
50. Oh, H.J. and Lee, S.R. Physiological function in vitro of β-glucan isolated from barley. Korean J. Food Sci. Technol. 28: 689-695 (1996)
51. Qureshi, A.A., Burger, W.C., Peterson, D.M. and Elson, C.E. The structure of an inhibitor of cholesterol biosynthesis isolated from barley. J Biol. Chem. 261: 10544-10550 (1986)
52. Newman, R.K., Lewis, S.E., Newman, C.W., Boik, R.J. and Ramage, R.T. Hypocholesterolemic effect of barley food on healthy man. Nutr. Rep. Int. 39: 749-760 (1989)
53. Qureshi, A.A., Qureshi, N., Wright, J.J.K., Shen, Z., Kramer, G., Gapor, A., Chong, Y.H., DeWitt, G., Ong, A.S.H., Peterson, D.M. and Bradlow, B.A. Lowering of serum cholesterol in hypercholesterolemic humans by tocotrienols. Am. J. Clin. Nutr. 53: 1021S-1026S (1991)
54. Lee, E.J. and Koo, S.J. Studies on the antimutagenicity of extract from barley(*Hordeum vulgare*). Korean J. Soc. Food Sci. 14: 468-474 (1998)
55. Kim, Y.Y. and Koo, S.J. Anticomplementary activity and immune-stimulating effect of the extracts from barley(*Hordeum vulgare*), Korean J. Soc. Food Sci. 13: 661-668 (1997)
56. Cho, M.K. and Lee, W.J. Preparation of high-fiber bread with barley flour. Korean J. Food Sci. Technol. 28: 702-706 (1996)

57. Horiuchi, H. Studies on the cereal starches: Part VII. Correlation among the amylograph characteristics of rice starch and flour. Agric. Biol. Chem. 31: 1003 (1967)
58. Shibuya, N., Suzuki, N. and Iwasaki, T. Effect of endogenous α-amylase on the amylogram of milled rice flour. J. Japan Soc. Starch Sci. 30: 284-287 (1983)
59. Park, Y.K., Seog, H.M., Nam, Y.J. and Shin, D.H. Physicochemical properties of various milled rice flours. Korean J. Food Sci. Technol. 20: 504-510 (1988)
60. Seog, H.M., Kim, J.S., Hong, H.D., Kim, S.S. and Kim, K.T. Changes in chemical composition of maturing barley kernels. J. Korean Agric. Chem. Soc. 36: 449-455 (1993)
61. Barnes, P.J. Non-saponifiable lipids in cereals. pp. 42-43. In: Lipids in Cereal Technology. Barnes, P.J. (ed.). Academic Press, New York, USA (1983)
62. Wang, L., Xue, Q., Newman, R.K. and Newman, C,W. Enrichment of tocopherols, tocotrienols, and oil in barly fractions by milling and pearling. Cereal Chem. 70: 499-501 (1993)
63. Peterson, D.M. and Qureshi, A.A. Genotype and environment effects on tocols of barley and oats. Cereal Chem. 70: 157-162 (1993)
64. Nakabayashi, T. Studies on tannin of fruits and vegetables. Nippon Shokuhin Kagaku Kogaku Kaishi 15: 73-78 (1968)
65. Marlett, J.A. Dietary fiber content and effect of processing on two barley varieties. Cereal Foods World 36: 576 (1991)
66. Tamagawa K., Iizuka, S., Fukushima, S., Endo, Y. and Komiyama, Y. Antioxidative activity of polyphenol extracts from barley bran. Nippon Shokuhin Kagaku Kogaku Kaishi 44: 512-515 (1997)
67. Kajimoto, G., Onitake, N., Okuda, H. and Murakami, C. Antioxidant activity

of barley tea and their composition. Nippon Shokuhin Kagaku Kogaku Kaishi 46: 67-74 (1999)

68. Tamagawa, K., Iizuka, S., Ikeda, A., Koike, H., Naganuma, K. and Komiyama, Y. Antioxidative activity of proanthocyanidins isolated from barley bran. Nippon Shokuhin Kagaku Kogaku Kaishi 46: 106-110 (1999)
69. Mulkay, P., Touillaux, R. and Jerumanis, J. Proanthocyanidins of barley: separation and identification. J. Chromatogr. 208: 419-423 (1981)
70. McMurrough, I.M., Loughrey, M.J. and Hennigan, G.P. Content of (+)-catechin and proanthocyanidins in barley and malt grain. J. Sci. Food Agric 34: 62-72 (1983)
71. Tamagawa, K., Iizuka, T., Kobori, M., Shinmoto, H. and Tsushida, T. Radical scavenging activity and antimutagenicity of proanthocyanidins from barley bran. Nippon Shokuhin Kagaku Kogaku Kaishi 45: 420-425 (1998)
72. Ariga, T., Koshiyama, I. and Fukushima, D. Antioxidative properties of procyanidins B-1 and B-3 from azuki beans in aqueous systems. Agric. Biol. Chem. 52: 2717-2722 (1988)
73. Tamagawa, T., Iizuka, S., Ikeda, A., Koike, H., Naganuma, K. and Komiyama, Y. Inhibitory effects of proanthocyanidins isolated from barley bran on hyaluronidase activity. Soybean lipoxygenase activity and complementary activity. Nippon Shokuhin Kagaku Kogaku Kaishi 46: 521-527 (1999)
74. Pyo, Y.H. Oxidative stability of crude wheat germ oil. J. Korean Home Economics Association 29: 37-43 (1991)
75. Jung, S.O. A study on the extraction of antioxidative materials from defatted rice bran. M.S. thesis, Korea Univ., Seoul (1990)
76. Oleszek, W., Lee, C.Y., Jaworski, A.W. and Price, K.R. Identification of some phenolic compounds in apples. J. Agric. Food Chem. 36: 430-432 (1988)
77. Jaworski, A.W. and Lee, C.Y. Fractionation and HPLC determination of grape phenolics. J. Agric. Food Chem. 35: 257-259 (1987)

78. Souquet, J.M., Cheynier, V., Brossaud, F. and Moutounet, M. Polymeric proanthocyanidins from grape skins. Phytochemistry 43: 509-512 (1996)
79. Lee, Y.J. The subject of lipid nutrition and improvement, Food Sci. Ind. 23: 13-30 (1990)
80. Kim, D.H. Rancidity of edible oil. Korea University Press, Seoul (1994)
81. Kinsella, J.E. Food lipids and fatty acid : Importance in food quality, nutrition, and health. Food Technol. 42: 124-144 (1988)
82. Shahi, F. and Wanasundara, P. Phenolic antioxidants. Crit. Rev. in Food Sci. Nutr. 32: 67-103 (1992)
83. Giese, J. Antioxidants: Tolls for preventing lipids oxidation. Food Technol. 50: 73-78 (1996)
84. Omaye, S.T., Reddy, K.A. and Cross, C.E. Effect of butylated hydroxytoluene and other antioxidants in mouse lung metabolism. J. Toxicol. Environ. Health 56: 829-836 (1977)
85. Kasuga, A., Aoyagi, Y. and Sugahara, T. Antioxidant activities of edible plants. Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi 35: 828-834 (1988)
86. Shin, D.W. Research trends in natural antioxidants. Food Sci. Ind. 30: 14-21 (1997)
87. Fukuda, Y., Osawa, T., Namiko, M. and Ozaki, T. Studies on antioxidative substances in sesame seed. Agric. Biol. Chem. 49: 301-306 (1985)
88. Lee, Y.J. A Study on the antioxidative and antimutagenic effect of various solvent extract of green, oolong and black tea. Ph.D. thesis, Sungshin Women's University, Seoul (1998)
89. Cho, S.Y., Han, Y.B. and Shin, K.H. Screening for antioxidants activity of edible plants. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 30: 133-137 (2001)
90. Dziedzic, S.Z. and Hudson, B.J.F. Hydroxy isoflavones as antioxidants for edible oils. Food Chem. 11: 161-166 (1983)
91. Dziedzic, S.Z. and Hudson, B.J.F. Polyhydroxy chalcones and flavanones as antioxidants for edible oil. Food Chem. 12: 205-212 (1983)

92. Miura, K. and Nakatani, N. Antioxidative activity of flavonoids from Thyme. Agric. Biol. Chem. 53: 3043-3045 (1989)
93. Kanno, H., Usuki, R. and Kaneda, T. Antioxidative effect of oryzanol on thermal oxidation of oils. Nippon Shokuhin Kagaku Kogaku Kaishi 32: 170-173 (1985)
94. Hayes, R.E., Bookwalter, G.N. and Bagley, E.B. Antioxidant activity of soybean flour and derivatives-A review. J. Food Sci. 42: 1527-1532 (1977)
95. Naim, M., Gestether, B., Zilkah, S., Birk, Y. and Bondi, A. Soybean isoflavones characterization, determination and antifungal activity. J. Agric. Food Chem. 22: 806-810 (1974)
96. Pratt, D.E. and Birac, P.M. Source of antioxidants activity of soybeans and soy products. J. Food Sci. 44: 1720-1722 (1979)
97. Daniels, D.G.H. Antioxidants in oats, Effects of Phenolic acids. J. Sci. Food Agric. 14: 385-390 (1963)
98. Jung, S.O. A study on the extraction of antioxidative materials from defatted rice bran. M.S. thesis, Korea Univ., Seoul (1990)
99. Taga, M.S., Miller. E.E. and Prett. D.E. Chia seeds as a source of natural lipid antioxidants. J. Am. Oil Chem. Soc. 61: 928-931 (1984)
100. Tateyama, C. Ohta, M. and Uchiyama, T. Free radical scavenging activities of flower petal extracts. Nippon Shokuhin Kagaku Kogaku Kaishi 44: 640-646 (1997)
101. Tateyama, C., Honma, N., Namiki, K. and Uchiyama. T. Polyphenol content and antioxidative activity of various flower petals. Nippon Shokuhin Kagaku Kogaku Kaishi 44: 290-299 (1997)
102. Seog, H.M., Seo, M.S., Kim, S.R., Park, Y.K. and Lee, Y.T. Characteristics of barley polyphenol extract(BPE) separated from pearling by-products. Korean J. Food Sci. Technol. 34: 775-779 (2002)
103. Kong, Y.J., Kang, T.S., Lee, M.K., Park, B.K and Oh, D.H. Antimicrobial and Antioxidative activities of solvent fractions of *Quercus mongolica* leaf,

J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 30: 338-343 (2001)

104. Yoo, S.K., Kim, M.J. Effects of YK-209 mulberry leaves on disaccharidase activites of small intestine and blood glucose-lowering in streptozotocin-induced diabetic rats. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 31(6):1071-1077 (2002)
105. Lee, J.S., Son, H.S. Effects of buckwheat on organ weight, glucose and lipid metabolism in streptozotocin-induced diabetic rats. Korean J Nutrition. 27(8): 819-827 (1994)
106. Koh, J.B. Effect of raw soy flour(yellow and black) on serum glucose and lipid concentrations in streptozotocin-induced diabetic rats. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 27(2): 313-318 (1998)
107. Sohn, K.H., Kim, S.H and Choi, J.W. Pretreatment with nicotinamide to prevent the pancreatic enzymes changes by streptozotocin in rats. J. Korean Soc. Food Nutr. 21(2): 117-123 (1992)
108. Wesson, L.G. Compensatory growth and other growth response of the kidney. Nephron 51: 149-184 (1989)
109. Kim, S.K., Cheigh, H.S., Kwon, T.W., D'Appolonia, B.L. and Marston, P.E. Rheological and baking studies of composite flour from wheat and naked barley. Korean J. Food Sci. Technol. 10: 11-15 (1978)
110. Rhee, C., Bae, S.W. and Yang, H.C. Studies on bread-baking properties of naked barley flour and naked barley-wheat flour blends. Korean J. Food Sci. Technol. 15: 112-117 (1983)
111. Cho, M.K. and Lee, W.J. Preparation of high-fiber bread with barley flour. Korean J. Food Sci. Technol. 28: 702-706 (1996)
112. Woodward, J.R., Fincher, G.B. and Stone, B.A. Water soluble (1→3)(1→4)-β-D-glucans from barley endosperm. II. Fine structure. Carbohyd. Polymers 3: 207-225 (1983)
113. Kim, M.O., Cha, H.S. and Koo, S.J. Studies on rheological characterization of barley β-glucan [mixed-linked(1-3),(1-4)-β-D-Glucan. Korean J. Food Sci. Technol. 25: 15-21 (1993)

114. Seog, H.M., Seo, M.S., Kim, Y.S. and Lee, Y.T. Physicological properties of barley bran, germ and broken kernel as pearling by-products. Food Sci. Biotechnol. 11: 623-627 (2002)

115. Kim, I.S., Lee, Y.T. and Seog, H.M. Effects of barley germ on sugar-snap cookie quality. Food Sci. Biotechnol. 11: 515-519 (2002)

116. Peterson, D.M. Barley tocols: Effects of milling, malting, and mashing. Cereal Chem. 71: 42-44 (1994)

117. Qureshi, A.A., Qureshi, N., Wright, J.J.K., Shen, Z., Kramer, G., Gapor, A., Chong, Y.H., DeWitt, G., Ong, A., Peterson, D.M. and Bradlow, B.A. Lowering of serum cholesterol in hypercholesterolemic humans by tocotrienols. Am. J. Clin. Nutr. 53: 1021S-6S (1991)

118. Peterson, D.M. and Qureshi, A.A. Genotype and environment effects on tocols of barley and oats. Cereal Chem. 70: 157-162 (1993)

119. Qureshi, A.A., Burger, W.C., Peterson, D.M. and Elson, C.E. The structure of an inhibitor of cholesterol biosynthesis isolated from barley. J. Biol. Chem. 261: 10544-10550 (1986)

120. Miller, H.E., Rigelhof, F., Marquart, L., Prakash, A. and Kanter, M. Whole-grain products and antioxidants. Cereal Foods World 45: 59-62 (2000)

121. Shurpalekar, S.R. and Haridas, R.P. Wheat germ. pp. 242-258, In: Advances in Food Research, Chichester, C.O., Mrak, E.M. and Stewart, G.F. (eds.), Academic Press, New York,USA (1977)

122. Ahn, T.H., Rhee, C.O. and Kim, D.Y. Lipid composition of rice bran of tongil and japonica type varieties. Korean J. Food Sci. Technol. 16: 192 (1984)

123. Pyo, Y.H, Oxidative stability of crude wheat germ oil. Korean J. Home Eco. Associ. 29: 37-43 (1991)

124. Kim, H.W., Jeong, S.Y. and Woo, S.J. Studies on the physicochemical

characteristics of sesame with roasting temperature. Korean J. Food Sci. Technol. 31: 1137-1143 (1999)

125. Hurrell, R.F. and Carpenter, K.J. Maillard reactions in foods, pp. 168-184. In: Physical, chemical and biological changes in food caused by thermal processing. Hoyem, T. and Kvale, O. (eds.). Applied Science Publishers, LTD, London (1977)
126. Mason, M.E., Newell, J.A., Johnson, B.R., Koehler, P. and Waller, G.R. Nonvolatile flavor components of peanuts. J. Agric. Food Chem. 17: 728-731 (1969)
127. El'ode, K.E., Dornseifer, T.P., Keith, E.S. and Powers, J.J. Effect of pH and temperature on the carbonyls and aromas produced in heated amino acid-sugar mixture. J. Food Sci. 31: 351-358 (1966)
128. Koehler, P.E., Mason, M.E. and Newell, J.A. Formation of pyrazine compounds in sugar-amino acid model systems. J. Agric. Food Chem. 17: 393-396 (1969)
129. Rooney, L.W., Salem, A. and Johnson, J.A. Studies on the carbonyl compounds produced by sugar-amino acid reactions. I. Model systems. Cereal Chem. 44: 539-550(1967)
130. Rohan, T.A. and Stewart, T. The precursors of chocolate aroma: Changes in the free amino acids during the roasting of cocoa beans. J. Food Sci. 31: 202-205 (1966)
131. Pinto, A. and Chichester, C.O. Changes in the content of free amino acids during roasting of cocoa beans. J. Food Sci. 31: 726-732 (1966)
132. Salem, A., Rooney, L.W. and Johnson, J.A. Studies on the carbonyl compounds produced by sugar-amino acid reactions. II. In bread systems. Cereal Chem. 44: 576-583 (1967)
133. Kaminski, E., Przybilski, R. and Gruchala, L. Thermal degradation of precursors and formation of flavor compounds during heating of cereal products. Part I. Changes of amino acids and sugars. Die Nahrung 25:

507-518 (1981)

134. Ha, T.Y., Chun, H.S., Lee, C., Kim, Y.H. and Han, O. Changes in physico-chemical properties of steamed rice for Soong-Neung during roasting. Korean J. Food Sci. Technol. 31: 171-175 (1990)

135. Yen, G.C. Influence of seed roasting processon the changes in composition and quality of sesame oil. J. Sci. Food Agric. 50: 563-570 (1990)

136. Koizumi, Y., Fukuda, Y. and Namiki, M. Effect of roasting conditions on antioxidative activity of roasted sesame seed oil. Nippon Shokuhin Kagaku Kogaku Kaisai 43: 689-694 (1996)

137. Kim, H.W., Jeong, S.Y. and Woo, S.J. Studies on the physicochemical characteristics of sesame with roasting temperature. Korean J. Food Sci. Technol. 31: 1137-1143 (1999)

138. Ser, J.H., Kim, J.L., Lee, G.D. and Kwan, J.H. Comparison of major components of sesame oil extracted from Korean and Chinese sesames. J. Food Hyg. Safety 11: 215-220 (1996)

139. Lim, S.J, Kim, S.Y and Lee, J.W. The effects of korean wild vegetables on blood glucose levels and liver-muscle metabolism of streptozotocin-induced diabetic rats, The Korean Journal of Nutrition 28(7), 585-594 (1995)

140. Mogensen C.E and Anderson M.J.F. Incresed kidney size and glomerular filtration rate in untreated juvenile diabetes. Diabetes. 22: 706-712 (1973)

141. Steer, H.A., Socher M and McLean P. Renal hypertrophy in experimental diabetes changes in pentose phosphate pathway activity. Diabetes 34: 485-490 (1985)

142. Song, J.Y, Yoon, K.J, Yoon, H.K and Koo, S.J. Eeffects of β-glucan from Lentinus edodes and Hordeum vulgare on blood glucose and lipid composition in Alloxan-induced diadetes mice. Korean J. Food. Sci. Techol.. 33(6): 802-807 (2001)

143. Cha, J.Y., Jun, B.S. and Cho, Y.S. Effect of Korean red ginseng powder on the lipid concentrations and tissue lipid peroxidation in the rats fed high fat

diet. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 32(1): 124-130 (2003)

144. Miyake Y, Yamamoto K, Tsujihara N, Osawa T. Protective effects of lemon flavonoids on oxidative stress in diabetic rats. Lipid. 33: 689-695 (1998)

145. Bang, M.A., Kim, H.A and Cho, Y.S. Hypoglycemic and antioxidant effect of dietary Hamcho powder in streptozotocin-induced diabetic rats. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 31(5): 840-846 (2002)

146. Seog, H.M., Seo, M.S., Kim, Y.S. and Lee, Y.T. Physicological properties of barley bran, germ and broken kernel as pearling by-products. Food Sci. Biotechnol. 11: 623-627 (2002)

147. Midden, T.M. Ywin screw extrusion of corn flakes. Cereal Foods World, 34, 941 (1989)

148. Rokey, G.J. RTE breakfast cereal flake extrusion. Cereal Foods World, 40, 422 (1995)

149. Lee, Y.R., Choi, Y.H. et al. Quality characteristics of brown rice flakes prepared giant embryonic rice and normal rice cultivars. Korean J. Food Sci. Tech. 33(5): 540-544 (2001)

150. Bhatty, R.S. The potential of hull-less barley-A review. Cereal Chem. 63: 97-103(1986)

151. R.K Newman and C.W. Newman. Barley as a food grain. Cereal Food World. 36: 800-805 (1991)

152. Lee, Y.T., Seog, H.M. and Cho, M.K. β-Glucan enrichment from pearled barley and milled barley fractions. Korean J. Food Sci. Technol. 29: 888-894 (1997)

153. Bhatty, R.S. Physicochemical properties of roller-milled barley bran and flour. Cereal Chem. 70: 397-401 (1993)

154. Seog, H.M. Studies on the development of fiber-enriched flour fractions and new food product by utilizing domestic barley. Korea food Research Institute report (1996)

155. Bhatty, R.S. Physicochemical and functional (breadmaking) properties of full-less barley fractions. Cereal Chem. 63: 31-35 (1986)
156. Lee, Y.T., Jung, J.Y. and Won, J.H. Quality characteristics of barley β -glucan enriched grains fabricated by extrusion forming. Food Sci. Biotechnol. 9: 335-340 (2000)
157. Wang, L, Xue, Q, Newman, R.K. and Newman, C.W. Enrichment of tocopherols, tocotrienols, and oil in barley fractions by milling and pearling. Cereal Chem. 70: 499-501 (1993)
158. Doescher, L.C., Hoseney, R.C., Millken, G.A. and Rubenthaler, G.L. Effect of sugars and flours on cookies spread evaluated by time-lapse photography. Cereal Chem. 64: 163-167 (1987)
159. Finney, K.F., Morris, V.H. and Yamazaki, W.T. Micro versus macro cookie baking procedures for evaluation the cookie quality of wheat varieties. Cereal Chem. 27: 42 (1950)
160. Miller, R.A., Hoseney, R.C. and Morris, C.F. Effect of formula water content on the spreads of sugar snap cookies. Cereal Chem. 74: 669-671 (1997)
161. Eastwood, D.F. Vegetable fiber: Its physical properties. Proc. Nutr. Soc. 32: 137 (1973)
162. Kissell, L.T. and Yamazaki, W.T. Protein enrichment of cookie flours with wheat gluten and soy flour derivatives. Cereal Chem. 52: 638-649 (1975)
163. Vratanina, D.L. and Zabik, M.E. Dietary fiber sources for bakes products: bran in sugar snap cookies. J. Food Sci. 43: 1590 (1978)
164. Jeltema, M.A., Zabik, M.E. and Thiel, L.J. Predition of cookie quality from dietary fiber composition. Cereal Chem. 60: 227-230 (1983)
165. R.A. Miller and C. Hoseney. Factors in hard wheat flour responsible for reduced cookie spread. Cereal Chem. 74: 330-305 (1997)
166. Chen, H., Rubenthaler, G.L., Leung, H.K. and Baranowski, J.D. Chemical, physical, and baking properties of apple fiber compared with wheat and oat

bran. Cereal Chem. 65: 244-247(1988)

167. Bourne, M.C. Food texture and viscosity: Concept and measurement. Academic Press, New York (1982)

168. Vratanina, D. and Zabik, M.E. Dietary fiber sources for baked products: Bran in sugar snap cookies. J. Food Sci. 43: 1950 (1978)

169. Hwang, H.S. Korean Traditional Food. Kyomunsa, 2 (1988)

170. Lee, Y.H., Lee, G.S. A study on the nutritional knowledge, food behavior, nutritional attitudes and food preference-in case of elderly living in home. J. Korean Home Economics Association. 33(6): 213, (1995)

171.Kim, W.Y., Won, H.S and Kim, K.O. Effect of age-related changes in taste perception on diabetes intake in Korean elderly, Korean J Nutr. 30(8): 995-1008 (1997)

172. Inklaar, P.A. et al. Determing the emulsifying and emulsion stabilizing capacity of protein meat additives. Food Technol. 23: 103 (1969)

173. Effects of oil phase volume, stability test, viscosity, type of oil and protein additive. J. Food Sci., 36: 1118 (1971)

174. Sherman, P. Emulsion science. Academic Press, London and New York (1986)

175. Bhatty, R.S.: Milling of regular and waxy starch hull-less barleys for the production of bran and flour. Cereal Chem. 74, 693 (1997)

176. Marconi, E., Graziano, M. and Cubadda, R.: Composition and utilization of barley pearling by-products for making functional pasta rich in dietary fiber and β-glucan. Cereal Chem. 77, 133 (2000)

177. Lee, Y.T., Seog, H.M., Cho, M.K. and Kim, S.S: Physicochemical properties of hull-less barley flours prepared with different grinding mill. Korean J. Food Sci. Technol. 28: 1078-1083 (1996)

178. Sumner, A.K. Gerbre-Egziabher, A., Tyler, R.T. and Rossnagel, B.G.: Composition and properties of pearled and fines fractions from hulled and hulless barley. Cereal Chem. 62, 112 (1985)

179. Kinsella, J.E.: Functional properties of soy protein. J. Assoc. Off. Anal. Chem. 56, 242 (1979)

180. Ranhortra, G.S., Gelroth, J.A., Astroth, K. and Bhatty, R.S.: Relative lipidemic responses in rats fed barley and oat flours and their fractions. Cereal Chem. 68, 548-551 (1991)

181. Hockett, E.A., McGuire, C.F., Newman, C.W. and Prentice, N.: The relationship of barley beta-glucan content to agromonic and quality characteristics. Barley Genetics. V, 851 (1987)

182. Prentice, N., Babler, S. and Faber, S.: Enzymic analysis of β-D-glucans in cereal grains. Cereal Chem. 57(3), 198 (1980)

183. Lee, Y.T.: β-Glucans in barley and oats and their changes in solubility by processing. J. Korean Soc. Agric. Chem. Biotechnol. 39, 482 (1996)

184. Edney, M.J., Marchylo, B.A. and MacGregor, A.W.: Structure of total barley β-glucan. J. Ins. Brew. 97, 39-44 (1991)

185. Bathgate, G.N. and Dalgliesh, C.E.: The diversity of barley and malt beta-glucans. Proc. Am. Soc. Brew. Chem. 33, 32-36 (1974)

186. Fincher, G.B. 1975. Morphology and chemical composition of barley endosperm cell walls. J. Ins. Brew. 81:116-122.

187. Preece, I.A. and Mackenzie, K.G. 1952. Non-starchy polysaccharides of cereal grains. I. Fractionation of the barley gums. J. Inst. Brew. 58:353-362.

188. Ballance, G.M. and Manners, D.J. 1978. Structural analysis and enzymic solubilization of barley endosperm cell-walls. Carbohydr. Res. 61:107-118.

189. Forrest, I.S. and Wainwright, T. 1977. The mode of binding of β-glucans extracted from barley at different temperatures. Carbohydr. Res. 83:279.

190. Woodward, J.R. and Fincher, G.B.. 1982. Substrate specificities and kinetic properties of two (1→3),(1→4)-β-D-glucans endohydrolase from germinating barley. Carbohydr. Res. 106:111-122.

191. Ahluwalia, B. and Ellis, E.E. 1985. Studies of beta-glucan in barley, malt and endosperm cell walls. Pages 285-290. in: New Approach to Research

on Cereal Carbohydrates. R.D. Hills and L. Munck, eds. Elsevier Science Publishers, Amsterdam.

192. Wood, P.J., Wiesz, J., and Mahn, W. 1991. Molecular characterization of cereal β-glucans. II. Size-exclusion chromatography for comparison of molecular weight. Cereal Chem. 68: 530-536.

193. Autio, K., Myllymaki, O. and Malkki, Y.: Flow properties of solutions of oat β-glucans. J. Food Sci. 52, 1364 (1987)

194. Doublier, J. and Wood, P.J.: Rheological properties of aqueous solutions of (1→3),(1→4)-β-D-glucans form oats(*Avena sativa* L.). Cereal Chem. 72, 335 (1995)

195. Biliaderis, C.G., Thessaloniki, A., Izydorczyk, M.S. and Prokopowich, W.: Starke 49, 278 (1997)

196. Liu, H. and Lelievre, J. Cereal Chem. 69, 597 (1992)

197. Wooton, M. and Bamunuarachchi, A.: Starke 32, 126 (1980)

198. Newman, R.K., Newman, C.W., Fadel, J. and Graham, H. Nutritional implications of beta-glucans in barley. Barley Genetics V: 773-780 (1987)

199. Klopfenstein, C.F. The role of cereal beta-glucans in nutrition and health. Cereal Foods World 33: 865-869 (1988)

200. Newman, R.K., Newman, C.W. and Graham, H. Hypocholesterolemic function of barley β-glucans. Cereal Foods World 34: 883-886 (1989)

201. Wood, P.J., Braaten, J.T., Scott, F.W., Riedel, K.D., Wolynetz, M.S. and Collins, M.W. Effect of dose and modification of viscous properties of oat gum on blood glucose and insulin following an oral glucose load. Brit. J. Nutr. 72: 731-743 (1994)

202. Wood, P.J., Braaten, J.T., Scott, F.W., Riedel, D. and Poste, L.M. Comparisons of viscous properties of oat and guar gum and the effects of these and oat bran on glycemic index. J. Agric. Food Chem. 38: 753-757 (1990)

203. Lee, J.S. and Shin, H.K. Correlation between glycemic index and *in vitro*

starch hydrolysis of cereals. Korean J. Food Sci. 30: 1229-1235 (1998)
204. Oakenfull, D.G. and Fenwick, D.E. Absorption of bile salts from aqueous solution by plant fiber and cholestyramine. Br. J. Nutr. 40: 299 (1978)
205. Kahlon, T.S. and Chow, F.I. In vitro binding of bile acids by rice bran, oat bran, wheat bran, and corn bran. Cereal Chem. 77: 518-521 (2000)
206. Groop, P.H., Aro, A., Stenman, S. and Groop, L. Long-term effects of guar gum in subjects with non-insulin dependent diabetes mellitus. Am. J. Clin. Nutr. 58: 513-518 (1993)
207. Adiotomre, J., Eastwood, M.A., Edwards, C.A., Brydon, W.G. Dietary fiber: in vitro methods that anticipate nutrition and metabolic activity in humans. Am. J. Clin. Nutr. 52: 128-134 (1990)
208. Lee, H.J. and Kim, M.K. Retarding effect of dietary fibers isolated from persimmon peels and jujubes on in vitro glucose, bile acid, and cadmium transport. Korean J Nutr. 31: 809-822 (1998)
209. Kim, S.K., H.B. and Bang, J.B. Effect of alkaline reagent on the rheoligical properties of wheat flour and noodle property. Korean J. Food Sci. Techonol. 28: 58-65 (1996)
210. Seog, H.M. Studies on the development of fiber-enriched flour fractions and new food product by utilizing domestic barley. Korea Food Research Institute report (1996)
211. Doescher, L.C., Hoseney, R.C., Millken, G.A. and Rubenthaler, G.L. Effect of sugars and flours on cookies spread evaluated by time-lapse photography. Cereal Chem. 64: 163-167 (1987)
212. Finney, K.F., Morris, V.H. and Yamazaki, W.T. Micro versus macro cookie baking procedures for evaluation the cookie quality of wheat varieties. Cereal Chem. 27: 42 (1950)