

최 중
연구보고서

천연 기능성소재 함유 조립형
혼합쌀의 가공기술 개발

Processing Technology for Fabricated Multi-grains
with Physiologically Functional Materials

연구기관

경원대학교

농림부



제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “천연 기능성소재 함유 조립형 혼합쌀의 가공기술 개발” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2000. 10. 15.

주관연구기관명 : 경원대학교
총괄연구책임자 : 이 영 택
연 구 원 : 장 학 길
연 구 원 : 목 철 균
연 구 조 원 : 정 지 영
연 구 조 원 : 채 은 미
연 구 조 원 : 원 준 형
연 구 조 원 : 채 승 목
협동연구기관명 : 한국식품개발
연 구 원
협동연구책임자 : 김 성 수
연 구 원 : 석 호 문
연 구 원 : 김 성 란

여 백

요 약 문

I. 제 목

천연 기능성소재 함유 조립형 혼합쌀의 가공기술 개발

II. 연구개발의 목적 및 중요성

○곡류와 두류는 쌀과 혼합하여 취반시 쌀밥에 부족한 영양성분을 보완하고 각종 생리활성물질들로 인해 성인병 예방 등 인체내에서 유익한 생리작용을 하는 것으로 알려져 있어 이들을 적절히 혼합한 조립형 혼합쌀의 가공기술개발이 이루어져야 필요성이 큼

○국내산 곡류 및 두류로부터 기능성 물질을 소재화할 수 있는 기술을 개발하고 압출성형기술을 이용하여 이들 곡물원료를 분쇄, 혼합, 재조립하여 기능성 혼합쌀로 제조할 수 있는 첨단가공이용기술을 개발하며 영양성, 기호성, 간편성 등 품질을 향상시켜 이를 쌀밥과 혼식함으로써 국민의 건강을 지향하는 신제품으로 개발하고자 함

III. 연구개발 내용 및 범위

1. 각종 국내산 곡물의 제분방법 및 최적분쇄조건 확립

- 각종 곡류, 잡곡류 및 두류의 제분기술 향상
- 제분방법, 제분분획별 원료의 특성

2. 곡물의 기능성소재 활용 및 가공특성

- 곡물의 고생리활성 유용성분의 탐색, 분석 및 농축, 강화기술
- 기능성소재의 가공특성

3. 조립형 혼합쌀의 성형

- 조립형으로 성형방법 검토
- 곡물의 종류별 성형특성 및 배합비 결정
- 혼합쌀의 크기 및 형태의 검토
- 압출성형조건의 확립

4. 혼합쌀의 품질특성 및 취반방법의 확립

- 혼합쌀의 수화특성, 가수율, 가열방법, 저장성에 대한 조사
- 취반후 품질의 특성조사

5. 혼합쌀의 품질개선

- 조식감 개선을 위한 전분, 활성글루텐, 검등 각종 첨가제의 이용 시험
- 혼합쌀의 색상 및 향미개선
- 혼합쌀의 도정 및 피복

6. 혼합쌀의 생산공정 확립 및 실용화

- 혼합쌀의 생산공정별 최적조건에 대한 연구
- 시제품 제작 및 소비자기호도 조사
- 대량생산을 위한 산업용 기계, 설비 및 공장설계 검토
- 제품의 경제성 분석

IV. 연구개발결과 및 활용에 대한 건의

1. 곡물의 제분방법에 따른 특성

조립형 혼합쌀에 사용된 보리, 현미, 백미, 밀, 조, 수수, 콩, 팥, 메밀, 녹두, 울무 등 곡류 및 두류를 제분기를 달리하여 제분하였으며 이에 따른 곡분의 물리·화학적 특성을 조사하였다. 곡물은 제분기의 종류에 의한 제분방법에 따라 곡분의 입자크기에서 차이를 나타내 jet mill의 입자크기가 현저하게 작았으며 ball mill, fitz mill, pin mill, cyclotec mill, roller mill에 의한 입자크기에서는 19.2 ~ 22.5 μm 범위로 크게 차이가 없었다. 곡물가루는 입자크기가 작을수록 색상이 맑았고 전분손상도가 높은 경향을 보였으며, 손상전분은 수분흡수지수와 수분용해도지수에 영향을 미치는 것으로 나타났다. 초미세 분쇄된 곡물가루의 전분손상이 가장 심했으며 pin mill에 의한 곡물가루에서 손상전분의 양이 적당하였다. 제분기의 screen size를 달리하여(80~160 메쉬) 제분한 곡분중에서 160 메쉬 스크린 제분기로부터 생성된 분말을 사용한 혼합쌀의 성형상태가 가장 좋은 것으로 나타났다. 곡분을 입자크기별로 분리하여 화학성분을 측정된 결과 입자크기가 작은 회분에서 식이섬유의 함량이 다소 감소한 반면 전분손상도는 약간 높았다.

원료곡물의 물리, 화학적 특성을 분석한 결과, 화학성분 조성, 입도분포, 색도, 손상전분, 수분흡수지수 및 수분용해도지수에서 차이를 나타냈다. 곡류와 두류는 수분, 전분, 단백질, 지방, 회분, 총식이섬유, β -glucan 함량 등에서 많은 차이를 보여주었다. 곡분의 색도에서 L값은 백미, 보리쌀, 현미, 울무, 녹두, 밀, 수수, 팥, 조, 콩의 순으로 낮았고, a값은 수수, 콩, 메밀, 팥, 밀, 현미, 보리쌀의 순으로 적색도가 높았으며, 조, 백미, 녹두에서는 다소간 녹색을 띠고 있는 것으로 나타났다. b값은 모든 곡분에서 (+)의 수치를 나타내었으며 콩, 조, 녹두, 메밀, 밀, 수수, 현미, 보리쌀, 팥, 백미의 순으로 황색도가 낮게 나타났다.

곡분의 입자크기는 보리쌀과 같이 도정한 곡물에서 작았으며 조, 수수, 울무와

같이 강층을 포함하는 정곡에서 다소 큰 것으로 분석되었다. 곡분의 손상진분 함량은 곡류에서 3.1~11.5% 범위로 울무, 수수, 현미, 조, 백미, 밀, 보리쌀, 메밀의 순이었으며, 두류인 콩, 팥, 녹두에서는 0.5~2.0%로 낮았다. 곡분의 수분흡수 지수는 백미, 현미, 수수, 팥, 녹두, 메밀, 밀, 조, 보리쌀, 울무, 콩의 순으로 낮았으며 수분용해도지수는 두류인 콩, 녹두, 팥에서 높게 나타났다.

2. 곡물 기능성소재의 활용 및 가공특성

곡물에는 여러가지 생리활성물질이 존재하여 인체내에서 유익한 생리작용을 한다고 알려져 있으며, 쌀, 보리, 귀리와 밀을 포함한 대부분의 곡류는 강층에 풍부한 양의 식이섬유를 함유하고 있어 이에 대한 활용 기술을 중점적으로 연구하였다. 보리품종의 평균 총식이섬유 함량은 19.9%였으며 수용성식이섬유 함량은 6.6%로 불용성식이섬유 함량의 13.2%에 비해 훨씬 낮았다. 보리원맥의 총 β -glucan 함량은 4.5%였고 수용성 β -glucan 함량은 2.4%의 분포였으며 총 β -glucan에 대한 수용성 β -glucan의 백분율로 나타낸 용해성에서 총량의 약 반가량이 수용성인 것으로 나타났다. 도정처리한 정맥은 원맥에 비해 총 β -glucan과 불용성 β -glucan 함량이 증가한 반면 수용성 β -glucan은 약간 감소하는 경향을 보여 용해성이 원맥보다 다소 낮았다. 귀리 그로우트 역시 β -glucan을 포함하는 수용성 식이섬유의 함량이 높은 것으로 나타났다.

영양생리학적인 기능성이 높은 곡물의 식이섬유 성분인 β -glucan을 농축하여 조립형 혼합쌀에 첨가하는 방안을 강구하였다. 현미에 보리 β -glucan이 2~3배 강화된 획분을 사용하여 β -glucan의 함량을 효율적으로 높인 압출성형 혼합쌀을 제조하였으며 일반쌀과 비교하여 그 품질특성을 조사하였다. 식이섬유가 강화된 압출성형 혼합쌀은 크기와 형태에서 중/장립종 쌀과 유사하였고 단립종 백미에 비해 천립중이 높았으며 체적은 백미와 비슷하여 밀도의 차이가 없이 치밀하게 성형된 것으로 SEM에 의한 미세구조에서도 확인되었다. 식이섬유 강화

혼합쌀의 표면색도는 백미보다 어둡고 적색도가 높았으며 수분흡수율은 백미보다 2~3배 높았다. 식이섬유가 강화된 혼합쌀의 취반후 텍스처는 백미와 경도에서 유사하고 겹성, 씹힘성, 응집성, 탄성, 부착성에서 다소 높았으나 일반쌀에 부분적으로 혼용시에 관능적 기호성이 양호하여 혼합취반에 따른 이질감이 크지 않은 것으로 평가되었다. 압출성형에 의한 혼합쌀의 가공처리는 β -glucan의 용해성을 증대시킨 반면 취반과정은 불용성 β -glucan의 함량을 2배 이상 증가시키고 수용성 부분을 감소시켜 용해도를 감소시켰다.

밀기울에는 풍부한 섬유질과 무기질 및 비타민이 함유된 천연 식품소재로서 인체에 미치는 효과가 큰 것으로 알려져 있어 이를 혼합쌀 제조에 활용하였다. 밀기울의 총식이섬유 함량은 밀원백에 비해 3배 정도 높았으며 β -glucan 함량 역시 현저하게 높았다. 현미에 밀기울을 10~40% 첨가하여 혼합쌀로 성형하였으며, 혼합쌀의 외형, 크기, 체적, 색도, 수분흡수율등 품질특성을 종합한 결과 밀기울의 적정 첨가수준은 약 20%인 것으로 판단되었다. 콩의 대표적인 생리활성 성분중 하나인 isoflavone의 효율적인 활용을 모색한 결과, 대두가공 부산물인 대두박이 대두분배에 비해 isoflavone 함량이 2.4배 가량 높았고 이를 현미에 30%까지 첨가한 혼합쌀로 제조했을때 대두 isoflavone 함량의 2/3 수준까지 포함시킬 수 있는 활용기술인 것으로 나타났다.

3. 조립형 혼합쌀의 성형

압출성형기를 이용한 혼합쌀의 성형기법은 다양한 곡물의 혼합 뿐 만 아니라 곡물의 기능성소재를 효율적으로 활용할 수 있는 혼합쌀의 제조기술로 적합하였다. 혼합쌀의 제조시 곡물의 종류의 따라 압출성형적성이 다를 뿐 만 아니라 곡물원료의 배합비율에 의해서도 제조적성이 다른 것으로 나타났다. 주원료인 현미의 성형특성이 우수하였으며 보리와 밀은 그 첨가 수준이 증가함에 따라 제조적성이 떨어져 보리 40%, 밀 30%이상의 첨가수준에서는 성형상태가 온전하지 못하였다. 콩의 첨가는 가수량을 증가시키고 성형물의 부착성을 감소시키는 특

성을 주었으며 첨가수준이 15% 이상에서는 성형에 매우 부정적으로 작용하였다.

조립형 혼합쌀의 제조에 사용된 원료의 배합비로 현미 30~100%, 보리 0~40%, 밀 0~30%, 조 0~5%, 수수 0~5%, 콩 0~17%, 팥 0~13%의 범위에서 여러처리구로 배합하여 제조하였으며 혼합쌀에 사용된 곡종 및 첨가량에 따른 각각의 성형물 특성을 조사하고 혼합쌀의 텍스처를 측정하여 원료선정의 기초자료로 활용하였다. 혼합쌀의 가공적성 뿐 만 아니라 영양성과 기호성을 고려하여 곡물원료의 기본배합비를 결정하였으며 여기에 포함된 곡물 이외에도 메밀, 녹두, 율무 등 일부 곡물을 소량 첨가할 수 있었다. 조립형 혼합쌀의 일반성분을 분석하여 백미와 비교한 결과 조립형 혼합쌀은 단백질, 지방, 회분, 총식이섬유 함량이 백미에 비해 높았으며, 여러가지 곡류와 두류의 상호 영양적인 보완에 의해 백미에 부족한 무기질 및 비타민 등이 풍부하여 쌀밥에 영양적인 보충을 줄 수 있는 것으로 확인되었다.

압출성형 혼합쌀의 외형 및 품질에 미치는 영향요인에는 곡물원료 뿐 만 아니라 토출구의 design, 토출구멍의 수, 토출구의 재질 그리고 압출성형조건이 매우 중요하게 작용하였다. 혼합쌀의 외형은 성형기 토출구(die)의 design을 다양화하고 토출구멍의 형태와 크기를 바꾸어 줌으로써 여러가지 형태로 제조할 수 있었으며, 원료의 투입속도, 스크류속도, 가수율, 압출성형온도, 절단칼의 회전속도 등 압출성형을 위한 압출성형기의 적정 운전조건을 확립하였다.

4. 혼합쌀의 품질특성 및 취반방법 확립

조립형 혼합쌀의 크기는 취반후 약 1.2~1.3배 증가하였고 백미에 비해 색이 어두웠으나 취반후 밝아지는 경향을 보였으며 아밀로그래프 점도가 현저하게 낮았다. 조립형 혼합쌀의 수침중 수분흡수율은 백미에 비해 약 2~3배 높았고 수침온도에 크게 영향을 받았으며 수침중 낱알의 경도는 백미에 비해 낮았다. 혼합쌀의 취반후 텍스처를 Texture Analyzer를 사용하여 측정한 결과, 경도는 백

미에 비해 크게 낮았고 겉성 및 씹힘성 역시 낮게 나타난 반면 탄성과 응집성에서는 높은 수치를 주었다. 백미에 혼합쌀을 증량비에 따라 10~60% 첨가하여 취반한 후 향기, 텍스처 분석 및 관능검사를 시행한 결과 혼합쌀의 적정 첨가수준은 30%까지인 것으로 평가되었다. 혼합쌀의 미세구조를 주사현미경(SEM)으로 관찰한 결과 상당히 견고하게 성형되었으며 취반후에는 백미에 비해 air cell의 크기가 작고 보다 균일하며 전분층이 얇게 나타나는 것으로 관찰되었다.

혼합쌀의 취반가수율을 달리하여(0.8~1.8) 취반했을 때 가수율의 증가에 따라 경도는 저하하고 부착성은 증가하였으며 가수율 1.4배에서 가장 적합한 것으로 나타났다. 혼합쌀을 수침한 후 취반하였을 때 수침시간이 길어짐에 따라 혼합쌀의 경도, 겉성 및 씹힘성이 떨어졌으나 탄성과 응집성에서는 별차이가 없었다. 혼합쌀을 압력솥에 의해 가압취반할 경우에도 밥은 응집성과 탄성에서 차이가 없었으나 경도, 겉성, 씹힘성이 낮았고 부착성은 현저하게 증가하였다.

백미와 혼합쌀을 혼합하여 취반한 혼용밥을 4℃, 25℃, 70℃ 온도에서 각각 0~4일간 저장하여 색도 및 텍스처의 변화를 조사하였다. 혼용밥은 70℃의 보온온도에서 저장시에 가장 빠르게 어두워진 반면 밥의 경도변화에 있어서는 가장 완만하였으며 경도 변화에 따른 노화정도는 낮은 온도에서 현저하게 증가하였다.

5. 혼합쌀의 품질개선

조립형 혼합쌀의 색, 향미, 식감 등 기호성을 개선하기 위해 전분류, 활성글루텐, 검류, 천연색소, 향미증진소재 등의 첨가시험을 하였다. 전분류의 첨가는 혼합원료의 점성을 증가시켜 토출시 성형물의 부착성을 높이고 쉽게 성형물의 팽화를 초래하는 경향이 있었으나 5~10%의 첨가량은 혼합쌀의 성형에 크게 부정적인 영향을 미치지 않았다. 활성글루텐 5% 첨가수준까지는 성형물의 물성 및 외형에 큰 영향을 미치지 않았으며 검류의 첨가는 부착성의 증가를 초래하는 것으로 나타났다.

혼합쌀의 분말이 지닌 다소 어두운 색상을 개선하고 색상을 다양화하여 기호성을 높이기 위하여 적색계, 황색계, 녹색계, 청색계, 자색계 및 갈색계 등의 천연색소를 첨가하였다. 천연색소를 첨가하여 제조한 혼합쌀의 L, a, b값은 도정처리에 의해 낮아졌으며, 취반했을때 L값이 증가한 반면 a, b값은 감소하는 경향이였다. 혼합쌀의 표면색상은 천연색소를 0.05% ~ 0.5% 범위에서 사용함에 의해 개선할 수 있는 것으로 나타났다. 혼합쌀의 향미를 개선하기위해 여러가지 천연 향미증진소재의 첨가를 시험한 결과 인삼, 등글레, 쑥 등 일부 소재를 첨가한 혼합쌀에서 관능적인 기호성이 높았는데 향미의 증진 뿐 만 아니라 색상의 개선효과를 부여하는 효과도 큰 것으로 나타났다. 압출성형한 혼합쌀은 도정처리에 의해 외관이 개선되었으며 도정에 따른 도정수율, 색도 및 체적을 측정된 결과 도정수율 97%이상으로 약간만 도정하는 것이 적합하였다. 검류 용액을 사용하여 코팅처리한 혼합쌀의 침지중 수분흡수율을 측정하였으며 검류는 수화특성을 개선시키는 효과가 크지 못하였다.

6. 혼합쌀의 생산공정 확립 및 산업화

조립형 혼합쌀의 산업화를 위한 생산공정으로 곡물원료 → 선별 및 세척 → 분쇄 → 배합 → 천연 기능성소재 첨가 → 혼합 → 압출성형 → 건조 → 도정 → 포장 → 혼합쌀로 제조하는 제조공정별 최적조건을 확립하였다. 적정 생산공정에 의해 조립형 혼합쌀의 시제품을 제조하였으며 소비자기호도를 조사한 결과 기존의 시판 인조미 제품에 비해 기호성이 유의적인 차이로 우수하게 평가되었다. 혼합쌀 성형에 있어 핵심적인 기계인 압출성형기는 국내 압출성형기 제작사와 협의하여 산업용 압출성형기를 제작하였으며, 기타 분쇄기, 혼합기, 건조기, 도정기 등 산업용 생산기계를 검토하였다. 혼합쌀 생산에 필요한 공장의 기계설비 layout을 작성하였으며, 조립형 혼합쌀은 생산 및 판매에 따른 제품의 경제성 분석에서 부가가치가 높아 상품성이 대단히 큰 것으로 평가되었다.

SUMMARY

I. Title

Processing Technology for Fabricated Multi-grains with Physiologically Functional Materials

II. Objective and Significance

Despite nutritional advantages for eating mixed grains(cereals and legumes), there are difficulties in proper cooking of mixed grains.

The objectives of this project were to utilize some physiologically functional materials present in grains, and to develop processing technology for producing fabricated multi-grains by reconstituting various cereals and legumes.

III. Scope

1. Different grinding methods were applied to investigate optimum conditions for milling. Physicochemical properties of various grains were investigated, including chemical composition, color, damaged starch, particle size distribution, water absorption index and water solubility index.
2. Materials with physiologically positive function in grains were utilized for processing of fabricated grains. Physiologically functional materials were obtained from the various natural grains, and the effects of the materials were tested on the processing of fabricated grain.

3. Forming techniques for fabricated grain were investigated. Effects of grain types on extrusion-forming were studied, and an optimum formula for fabricated grain was determined. Size and shape of fabricated grain were tested by several die designs, and optimum extrusion-forming conditions were developed.
4. Quality characteristics of fabricated grain were compared to those of ordinary milled rice. Cooking properties of fabricated grain were also studied, including hydration property, cooked texture, microstructure, sensory properties, effect of water added, soaking time, cooking methods, etc.
5. Effects of various materials were tested to improve quality characteristics of fabricated grains, including starches, vital gluten, food gums, natural food colors, and flavor-enhancing materials.
6. Commercial processing for producing fabricated grains was developed. Large scale equipments for the commercial production were considered.

IV. Results and Recommendation

1. Physicochemical properties of various grains by milling technology

Milled rice, brown rice, pearled barley, wheat, sorghum, foxtail millet, soybean, azuki bean, mung bean, Job's-tears, and buckwheat were evaluated for physicochemical properties for the production of extrusion formed multi-grain. Depending on the types of grinder used, there were differences in particle size distribution of grain flours. Flour particle size was the smallest in jet mill, and little differences were observed among ball mill, pin mill, cyclotec mill, fitz mill and roller mill, ranging from 19.2~22.5 μm . The

particle size of grain flour was closely related to color(brightness) and damaged starch. Flour milled with jet mill showed the highest damaged starch(%), and pin mill produced reasonable amount of damaged starch, Water absorption index and water solubility index had a tendency to increase with increased damaged starch present in grain flours. Particle size of flour could be controlled by adjusting screen size in mill, and flours milled with 160 mesh screen appeared to show the best performance in making fabricated grain.

Grain flours showed large differences in chemical composition including moisture, starch, protein, fat, ash, total dietary fiber, and β -glucan contents. Grain flours were brighter in the following order of milled rice> pearled barley> brown rice> Job's-tears> mung bean> wheat> sorghum> azuki bean> foxtail millet> soybean, and most of the grain flours showed red-yellowish color. Particle sizes of grain flours were different among various grains, and whole grain flours tended to have coarse particle size than milled grain flours. The amount of damaged starch(%) in cereal flours was varied from 3.1 to 11.5%, and limited amount of damaged starch was present in legume flours. Water absorption index of grain flours was, in decreasing order, milled rice> brown rice> sorghum> azuki bean> mung bean> buckwheat> wheat> foxtail millet> pearled barley> Job's tears> soybean. Water solubility index was higher in legume flours containing high protein content.

2. Utilization of physiologically functional materials in grains for processing of fabricated grain

Genetic and environmental differences were found in dietary fiber contents

of different cereal grains grown in Korea. Average total dietary fiber content in whole barleys was 19.9%, and total β -glucan content was 4.5%. Pearling process slightly increased the β -glucan content, and approximately half of the β -glucans was water-soluble. Dehulled oat groats had high total dietary fiber and β -glucan contents, and demonstrated considerably higher β -glucan solubility than barley.

A milling technology was developed to produce fiber-enriched flour fractions. Pearled barleys could be ground and sieved to prepare β -glucan enriched fractions with β -glucan concentrations 2~3 times those of the original grain. The β -glucan enriched fraction was utilized for the production of β -glucan enriched grains fabricated by extrusion forming. Brown rice flour was mixed with β -glucan rich fraction and the mixture was extruded to form fabricated grains rich in β -glucan. Fiber-enriched fabricated grains were close to medium or long grain rice in kernel appearance and similar to short grain milled rice in stacking volume, indicating that the inner structure was reformed very tightly. Fabricated grains with β -glucan enrichment showed 2~3 times higher water absorption during 60-min soaking time, compared to milled rice. Cooked fabricated grains were similar to ordinary cooked rice in hardness and somewhat higher in gumminess, chewiness, cohesiveness, springiness and adhesiveness. Scanning electron microscopy of the cooked fabricated grain probably showed sponge-like inner structure with air cells surrounded by starch gel and β -glucan entanglement. Fabricated grains cooked with rice were organoleptically acceptable in terms of sensory parameters such as appearance, flavor, taste, and texture. While extrusion forming enhanced the solubility of β -glucan, cooking the fabricated grain

decreased the portion of soluble β -glucan, resulting in reduced solubility.

Wheat bran(0~40%) was mixed with brown rice to produce fiber-rich fabricated grains, and the quality characteristics were analyzed, including appearance, size, stacking volume, color, and water absorption. The optimum addition level of wheat bran was estimated to be approximately 20%. Since isoflavone content in soybean cake was 2.4 times higher than that in whole soybean, soybean cake was added up to 30% to make fabricated grains. The fabricated grain contained about 2/3 of isoflavones in whole soybean.

3. Extrusion forming for developing fabricated multi-grains

Extrusion processing was adequate for the formation of fabricated grains from various grains as well as physiologically functional materials. Formation of fabricated grain was greatly affected by the types of grains used. The mixing level of each grain flour also affected forming characteristics and textural properties of fabricated grains. A basic formula developed was as follows: brown rice 50%, pearled barley 20%, wheat 10%, foxtail millet 5%, sorghum 5%, soybean 7%, and azuki bean 3%. In addition to the basic formula, minor grains such as Job's tears, mung bean, buckwheat, etc. also could be added up to 5%. Chemical analyses demonstrated that fabricated multi-grains contained higher protein, lipid, ash and dietary fiber contents than ordinary milled rice. Size and shape of fabricated grain could be controlled by size, shape, and number of die holes, as well as extrusion conditions. Formation of fabricated grain could be significantly controlled by extrusion conditions, including feed rate, moisture level, barrel temperature, screw speed, and cutter speed, etc.

4. Quality characteristics and cooking properties of fabricated multi-grains

Fabricated grains were evaluated for quality characteristics, compared to ordinary milled rice. Size of fabricated grain was higher than that of milled rice, and increased 1.2~1.3 times by cooking process. Compared to milled rice, fabricated grains showed lower L value and higher +a value. Cooking fabricated grains slightly increased brightness and decreased yellowness and redness. Amylograph viscosity was considerably lower in fabricated grains. Water absorption during soaking was 2~3 times more rapid in fabricated grains. Cooked fabricated grains were lower in hardness, gumminess and chewiness, but higher in cohesiveness and springiness. Fabricated grain could be added up to 30% to milled rice without seriously affecting cooked properties of rice/fabricated grain mixture. Inner structure of cooked fabricated grain showed smaller air cells surrounded by thinner starch gel. While hardness of cooked grain decreased with increasing water/grain ratio, adhesiveness increased. Hardness, gumminess, and chewiness of cooked grain decreased with increasing soaking time. Changes in texture of cooked grains were tested at 4°C, 25°C, and 70°C during 4-day period. While color of cooked grains became darker more rapidly at 70°C, changes in hardness were more rapid at low temperature of 4°C.

5. Quality improvement of fabricated grains

Various materials were added improve quality characteristics of fabricated grains. They included starches, vital gluten, food gums, natural food colors, and flavor-enhancing materials. Starches, used as a binder for forming fabricated grain, tended to cause puffing and increased adhesiveness of

extrudates. However, adding starch less than 10% did not seriously affect the quality. Vital gluten produced stiff dough and less than 5% could be added to give hard texture without seriously adverse effects. Adding food gums considerably increased adhesiveness of fabricated grains.

Natural food colors including red, yellow, green, blue, purple and brown color groups were added to improve dull color of fabricated grain. Color of fabricated grains could be controlled by adding 0.05~0.5% concentration of natural colors. Sensory characteristics, especially flavor, were improved by adding natural flavor-enhancing materials such as Ginseng, Mugwort, and *Polygonatum odoratum*, etc. Extrusion formed fabricated grains could be pearled for less than 1 min to improve grain appearance. Coating gum solutions hardly improved hydration characteristics of the fabricated grains.

6. Commercialization of fabricated grains

Commercial processing for producing fabricated grains was as follows: Grains→ Grading→ Cleaning→ Grinding→ Blending→ Adding physiologically functional materials→ Mixing→ Extrusion forming→ Drying→ Pearling→ Packaging→ Fabricated multi-grain. Large scale production of fabricated grains was successfully made by the above commercial processing, and the fabricated grain products were estimated by the consumers to be significantly superior to previously available commercial products. For the large scale commercial production, twin-screw extruders were manufactured, and other processing equipments were selected, and finally factory layout was designed. Fabricated grains were estimated to be value-added products, based on the economic analysis of the products.

여 백

CONTENTS

SUMMARY	11
Introduction	27
Materials and Methods	31
A. Materials	31
B. Experimental methods	32
1. Milling methods for fabricated grain	32
a. Milling of various grains	32
b. Physicochemical analyses of various grains	32
1) Stacking volume and 1,000-grain weight	32
2) Chemical analysis	32
3) Damaged starch	33
4) Particle size analysis	33
5) Color	33
6) Water absorption index(WAI), water solubility index(WSI), and water retention capacity(WRC)	33
2. Utilization of physiologically functional materials in grains	34
a. Pre-treatments for use of functional materials	34
b. Enrichment of dietary fiber	34
c. Preparation of fabricated grain with functional materials	34
d. Analyses of physiologically functional components	36
1) Dietary fiber and β -glucan	36
2) Isoflavones	36

e. Quality characteristics of fabricated grain with functional material ..	37
f. Cooking properties of fabricated grain with functional material	37
3. Formation of fabricated grain and manufacturing process	38
4. Quality and cooking properties of fabricated grains	39
a. Size, shape and volume	39
b. Color	39
c. Amylograph characteristics	39
d. Hydration property	40
e. Cooking method	40
f. Degree of gelatinization	40
g. Flavor analysis	41
h. Textural analysis	41
i. Changes in texture during storage	42
j. Microstructure	43
k. Sensory evaluation	43
5. Tests for quality improvement of fabricated grains	44
 Results and Discussion	 45
A. Characteristics of various grains by milling methods	45
1. Optimum milling methods of various grains	45
2. Physicochemical characteristics of various grains	49
a. Stacking volume and 1,000-grain weight of grains	50
b. Chemical composition	51
c. Color	53
d. Particle size distribution	55
e. Damaged starch	57
f. Water absorption index and water solubility index	58
B. Utilization of physiologically functional materials	60

1. Utilization of barley and oat fiber	60
a. Dietary fiber and β -glucan contents	60
b. Formation of fabricated grain with β -glucan enrichment	63
c. Quality characteristics of β -glucan enriched fabricated grain	65
d. Textural and sensory properties of β -glucan enriched fabricated grain	70
e. Microstructure of β -glucan enriched fabricated grain	72
f. Changes in β -glucans during processing	74
2. Utilization of wheat bran	75
a. Chemical composition of wheat bran	76
b. Processing of fabricated grain containing wheat bran.	78
3. Utilization of isoflavones in soybean	81
C. Formation of fabricated grains	84
1. Forming methods for fabricated multi-grain	84
2. Forming characteristics by various grains	84
3. Determination for blending ratio of various grain flours	94
4. Size and shape of fabricated multi-grain	97
5. Optimization of extrusion conditions	101
D. Quality and cooking properties of fabricated grains	102
1. Quality characteristics of fabricated grain	102
a. Size	102
b. Color	104
c. Amylograph characteristics	105
2. Hydration property during soaking	107
a. Changes in water absorption during soaking	107
b. Changes in grain hardness	110
3. Cooking properties of fabricated grain	111
a. Degree of gelatinization during cooking	111

b.	Textural property of cooked fabricated grain	112
c.	Changes in color by cooking	114
d.	Flavor characteristics	115
e.	Sensory characteristics	115
f.	Microstructure by SEM	118
4.	Factors affecting cooking property of fabricated grain	118
a.	Cooking property by the amount of water added	118
b.	Cooking property by soaking time	125
c.	Cooking property by types of cooker used	126
5.	Changes in cooked fabricated grains during storage	127
a.	Changes in color	127
b.	Changes in texture	127
E.	Quality improvement for fabricated grains	134
1.	Textural properties by different additives	134
2.	Enhancement of color and flavor	139
a.	Effects of the addition of natural colors	139
b.	Effects of the addition of flavor-enhancing materials	147
3.	Pearling and coating of fabricated grain	153
F.	Manufacturing process and commercialization	156
1.	Manufacturing process for commercial production	156
2.	Consumer acceptance for fabricated grains	157
3.	Industrial equipments and factory design	159
a.	Structure of commercial extruder developed	164
b.	Factory layout for the production of fabricated grain	166
4.	Analysis of economical efficiency for fabricated grain	168
	References	171

목 차

요 약 문	3
SUMMARY	11
제 1 장 서 론	27
제 2 장 재료 및 방법	31
제 1 절 재 료	31
제 2 절 실험방법	32
1. 곡물의 제분방법 및 최적분쇄조건 확립	32
가. 곡물의 제분	32
나. 곡물의 물리화학적 특성 분석	32
1) 체적 및 천립중	32
2) 곡분의 화학성분 분석	32
3) 진분손상도	33
4) 입자크기	33
5) 색도	33
6) 수분흡수지수(WAI) 및 수분용해도지수(WSI)	33
2. 곡물의 기능성소재 활용	34
가. 기능성소재 활용을 위한 전처리	34
나. 식이섬유 강화	34
다. 기능성소재 함유 혼합쌀의 제조	34
라. 기능성소재의 분석	36
1) 식이섬유 분석	36

2) Isoflavone 분석	36
마. 기능성소재 함유 혼합쌀의 일반특성	37
바. 기능성소재 함유 혼합쌀의 취반특성	37
3. 혼합쌀의 성형 및 제조공정	38
4. 조립형 혼합쌀의 품질 및 취반특성	39
가. 혼합쌀의 크기, 모양 및 체적	39
나. 색도	39
다. Amylograph 특성	39
라. 수화특성	40
마. 취반방법	40
바. 호화도 측정	40
사. 향미 분석	41
아. 텍스처 측정	41
자. 저장중 텍스처 특성	42
차. 혼합쌀의 미세구조	43
카. 관능검사	43
5. 혼합쌀의 품질개선을 위한 시험	44
제 3 장 결과 및 고찰	45
제 1 절 곡물의 제분방법에 따른 특성	45
1. 곡물의 제분방법 및 최적분쇄조건 확립	45
2. 곡물원료의 이화학적 특성	49
가. 곡종별 체적 및 천립중	50
나. 곡종별 화학성분 조성	51
다. 곡종별 색도	53
라. 곡종별 입도분포	55
마. 곡종별 진분손상도	57
바. 곡종별 수분흡수지수 및 수분용해도지수	58

제 2 절	곡물 기능성소재의 활용 및 가공특성	60
1.	보리 및 귀리의 식이섬유 활용	60
가.	식이섬유 및 β -glucan 함량	60
나.	β -Glucan 강화 혼합쌀의 제조특성	63
다.	β -Glucan 강화 혼합쌀의 일반특성	65
라.	β -Glucan 강화 혼합쌀의 텍스처 및 관능특성	70
마.	β -Glucan 강화 혼합쌀의 미세구조	72
바.	가공처리중 β -glucan의 변화	74
2.	밀기울의 활용	75
가.	밀기울의 화학조성	76
나.	밀기울 첨가 혼합쌀의 가공특성	78
3.	콩 isoflavone의 활용	81
제 3 절	조립형 혼합쌀의 성형	84
1.	조립형으로 성형방법 검토	84
2.	원료곡종에 따른 성형특성	84
3.	원료곡물의 배합비 결정	94
4.	혼합쌀의 크기 및 형태	97
5.	압출성형조건의 확립	101
제 4 절	혼합쌀의 품질특성 및 취반방법 확립	102
1.	혼합쌀의 일반적 특성	102
가.	혼합쌀의 크기	102
나.	혼합쌀의 색도	104
다.	혼합쌀의 amylograph 특성	105
2.	침지에 의한 수화특성	107
가.	침지중 수분흡수율의 변화	107
나.	수화에 따른 경도변화	110
3.	혼합쌀의 취반특성	111
가.	취반시간에 따른 혼합쌀의 호화도	111

나. 혼합쌀의 취반후 텍스처	112
다. 혼용밥의 색도변화	114
라. 혼용밥의 향미특성	115
마. 혼용밥의 관능특성	115
바. 혼용밥의 미세구조	118
4. 취반조건이 미치는 영향	118
가. 가수량에 따른 혼용밥의 취반특성	118
나. 수침시간에 따른 텍스처 특성	125
다. 취반기구에 따른 혼용밥의 취반특성	126
5. 혼용밥의 저장중 변화	127
가. 색도의 변화	127
나. 텍스처의 변화	127
제 5 절 혼합쌀의 품질개선	134
1. 첨가제에 따른 혼합쌀의 텍스처 특성	134
2. 혼합쌀의 색, 향미 개선	139
가. 색소의 첨가에 따른 색도 및 관능특성	139
나. 색, 향미증진 소재의 첨가	147
3. 혼합쌀의 도정 및 피복	153
제 6 절 혼합쌀의 생산공정 확립 및 산업화	156
1. 조립형 혼합쌀의 생산공정	156
2. 시제품 기호도 조사	157
3. 산업용 기계, 설비 및 공장설계	159
가. 제작 압출성형기의 구조 및 주요장치	164
나. 생산 기계설비 Layout	166
4. 혼합쌀의 경제성 분석	168
참 고 문 헌	171

제 1 장 서 론

지금까지 우리의 식생활은 주식으로 쌀밥만을 대부분 섭취하였으며 약간의 보리나 콩을 혼식하는 정도였다. 최근 경제성장과 더불어 산업화, 핵가족화되고 맞벌이 부부가 많아지는 바쁜 일상생활에서 우리의 식생활은 간편화되어 그나마도 혼식이 힘들어지고 있다. 쌀밥에 곡류나 두류를 적당히 혼합하면 쌀밥만을 섭취할 때 보다 필수아미노산, 비타민, 무기질, 식이섬유 등에서 영양적 보완이 되고 영양결핍이나 성인병 예방 등의 가족건강을 지킬 수 있다는 것을 알면서도 혼합취만에 따른 조리의 번거로움 때문에 쉽게 일상화하지 못하고 있는 실정이다. 즉 밥의 취반속도와 각종 곡류 및 두류의 익는 속도가 달라 조리엔 불편함이 있기 때문이다. 또한 어린이들은 식사시 쌀밥외의 콩이나 잡곡류가 따로 씹히는 것을 싫어하여 기피하거나 골라내고 먹는 경우가 종종 있다.

쌀, 보리, 밀 등 주요곡물의 가공산업은 1차적으로 곡물의 도정, 제분산업에서 시작하여 가공밥류, 국수, 라면, 과자, 빵, 스낵 등 2차 가공을 하여 제품화하고 있다. 곡물가공업체에서는 각종 곡류나 두류를 그대로 적정량씩 소포장하여 판매하고 있으며 최근에 곡물의 균형적인 혼합섭취를 위해 각종 곡물을 반죽으로 혼합한후 압착식 성형방식으로 제조한 인조미(쌀) 제품이 시판되고 있고^(1,2) 압출 성형기술을 이용하여 쌀알형태로 성형하여 제조한 재성형 잡곡쌀 제품이 개발되어⁽³⁾ 있다. 재성형 잡곡쌀은 주식인 쌀밥에 타곡물의 영양성을 보완하고 건강지향형 곡물섭취를 용이하게 함으로써 이상적인 식생활에 도움을 주는 특징을 가지고 있으나 쌀과 취반특성 및 조직감에서 다소 열악하여 제품의 품질을 개선해야 할 필요성이 큰 것으로 나타났다. 따라서 각종 곡물의 영양성을 골고루 갖추고 있는 주식개념의 혼합곡물에 대한 시장성은 대단히 크다고 할 수 있으나 아직까지 제품의 품질을 향상시켜야 할 문제점이 남아있어 소비자의 욕구를 충족시키지 못하고 있는 실정이다.

서구에서는 압출성형기술을 이용한 곡물의 성형가공에 대하여 많은 연구를 하고 있으며 이 기술을 파스타, 스낵식품, 씨리얼, 즉석곡류조리제품, 제과류, 동물사료 등 제품에 이용하여 왔으나 알곡형태의 곡물 소비는 미미하기 때문에 곡물에 쌀과 유사한 알곡형태로 성형하여 제품화한 기술개발은 거의 없는 실정이다. 일본의 경우에도 쌀밥의 식미증진을 위해서 쌀의 이화학적 성분 및 취반에 관한 연구를 활발하게 진행하고 있으나 재조합 성형곡물에 관한 연구는 초기단계 수준에 있다.

혼합쌀 제품은 원료를 재조합하여 성형하였을때 쌀과 유사한 품질을 제공하여야하며 이에 대한 지속적인 품질개선을 위하여는 곡물의 제분기술, 기능성물질추출/농축 기술, 재조합 성형기술, 압출성형공정 제어기술 등 최신 곡물소재 가공기술이 필요하다. 혼합쌀을 제조하기 위한 곡물의 제분기술로는 보편적인 밀제분 기술 뿐 만 아니라 쌀, 보리 등의 타곡류를 가루로 만드는 제분방법에 관하여도 일부 연구되었으며, 최근에는 곡물로부터 생리활성성분이 강화된 기능성소재를 함유하는 획분을 제조할 수 있는 분리기술이 요구되고 있다. 이에 따라 초미세분쇄/기류분급 방법을 이용하여 곡류 및 두류, 기타 식물성 소재로부터 특정항유용성분을 농축, 분리하거나 물리적인 변형을 유도하여 식품소재화하는 방법에 관해서는 일부 연구된 바 있으나^(4,5) 재조합 혼합쌀의 가공에 기능성소재를 활용하고자 하는 연구는 아직 없는 실정이다. 향후 재조합 첨단 곡물가공기술은 제품의 품질향상을 중심으로 이루어 질 것으로 예상되고 아울러 곡물가공 산업의 효율적인 원료사용을 위한 곡물가공 부산물 활용, 공정의 최적화에 의한 원료의 효율적 활용 및 원가절감, 건강지향적 곡물의 생산기술을 통해 부가가치를 극대화 할 수 있는 방향으로 전개되어야 할 것이다.

농산물과 가공식품의 수입개방이 가속화되고 있는 추세하에서 국내산 곡물의 가격이 외국에 비해 월등하게 높아 농산물이 해외에서 지속적으로 수입되고 있는 현실에서는 국내 곡류 및 잡곡류의 원료상태로서의 국제경쟁력은 거의 상실

되어 가고 있는 사정임을 감안할 때, 조립형 혼합쌀과 같은 첨단곡물가공기술의 개발은 국내산 식량작물의 활용도 증진 및 국내농업의 보호 뿐 만 아니라 국가 식량정책상 핵심기술의 하나로서 자리잡을 수 있을 것으로 전망된다.

따라서 본 연구에서는 혼합쌀의 영양적인면, 간편성, 기호성 뿐 만 아니라 생리기능성을 충족시킬 수 있도록 국내산 곡류, 잡곡류 및 두류로부터 천연 기능성 소재를 활용할 수 있는 기술을 개발하고 각종 곡물의 기호성과 영양성을 고려하여 쌀알의 형태로 재조합함에 의해 조리시 쌀밥과 유사한 조직감을 주면서 이질감을 주지 않는 주식개념의 조립형 혼합쌀을 개발하고자 하였다.

여 백

제 2 장 재료 및 방법

제 1 절 재 료

조립형 혼합쌀 제조에 사용한 곡류 및 두류로 백미, 찰쌀, 현미, 보리, 밀, 조, 수수, 콩, 팥, 메밀, 녹두, 율무 등을 시중에서 구입하여 사용하였다. 밀기울은 전남 구례 우리밀 가공공장으로부터 구입하였으며 대두박은 (주)신동방으로부터 제공받아 pin mill로 분쇄한 후 냉동보관하여 사용하였다.

조립형 혼합쌀 제조에 사용한 전분관련물질로 옥수수 전분, 찹옥수수 전분, 옥수수 초산변성전분, 옥수수 하이드록시프로필인산전분, 초산아디핀산전분은 (주)선일포도당, 감자 전분과 고구마 전분은 대정농업협동조합, 감자초산변성전분은 (주)삼승화학의 제품을 사용하였다. 활성글루텐(Vital Gluten)으로 Biogluten을 사용하였으며 Gum류로서 Agar, Alginate, Carrageenan, Guar gum, Gum arabic, Gum ghatti, Pectin, Rocust bean gum, Tragacanth, Xanthan gum, Methocel A4M Premium, Methocel K4M Premium, CMC를 구입하여 사용하였다. 천연색소는 레드파우더, 핑크칼라, 치자옐로우, 베타카로틴, 황색색소, 치자그린, 치자블루, 브라운칼라, 카카오색소를 (주)명신과 (주)서도화학으로부터 제공받아 사용하였다. 홍화씨, 쑥, 솔잎, 등글레, 표고버섯, 인삼, 흑미, 다시마, 호박 등 첨가재료는 시중으로부터 구입하였다.

혼합쌀의 특성분석을 위한 비교시험 및 혼합취반에 사용한 백미는 1999년산 일반미로서 여주 흥천농협으로부터 구입하여 사용하였다.

제 2 절 실험방법

1. 곡물의 제분방법 및 최적분쇄조건 확립

가. 곡물의 제분

곡류 및 두류 원료로서 백미, 현미, 보리쌀, 밀, 조, 수수, 콩, 팥, 메밀, 녹두, 울무의 제분에 사용한 제분기로 cyclotec mill(Tecator Co, Sweden), pin mill(경창기계사, SC-1B), ball mill(정신기업사, JM 1437), roller mill(Brabender Instruments, Inc.), jet mill(Alpine 100 AFG, Germany)을 사용하였다. 분쇄기는 screen size를 달리하여 곡분의 입자크기를 조절하여 제분하였으며 분쇄된 곡분은 표준체(20 cm-dia., US Tyler Co.)를 사용하여 체의 크기에 따라 분급하였다.

나. 곡물의 물리화학적 특성 분석

1) 체적 및 천립중

곡물의 체적(stacking volume)은 시료 20 g을 50 mL의 눈금실린더에 넣은 후 피로 측정하였으며 천립중은 알곡 1,000개의 무게(g)로 측정하였다.

2) 곡분의 화학성분 분석

곡분의 일반성분은 AACC 방법에 따라⁽⁶⁾, 수분함량은 Air-oven법(AACC 44-15A)으로, 조단백질은 KJELTEC AUTO 1030 Analyzer를 사용하여 Micro-Kjeldahl법(AACC 46-13)으로, 회분은 건식회화법(AACC 08-01)으로 분석하였으며 조지방은 Soxhlet법⁽⁷⁾으로 측정하였다. 전분함량은 starch-glucoamylase 방법(AACC 76-11)에 의해 측정하였다.

수용성 식이섬유(SDF), 불용성 식이섬유(IDF), 총 식이섬유(TDF) 함량은

Prosky 등의 방법⁽⁸⁾에 따라 dietary fiber assay kit(Sigma Chemical Co, USA)를 사용하여 측정하였다. 총 β -glucan 함량 및 불용성 β -glucan 함량은 McCleary와 Glennie-Holmes의 효소적 방법⁽⁹⁾에 의하여 β -glucan assay kit (Megazyme Pty, Ltd., Ireland)를 사용하여 측정하였다. 수용성 β -glucan의 함량은 총 β -glucan 함량에서 불용성 β -glucan의 함량을 뺀 수치로 계산하였다.

3) 전분손상도

곡분의 전분손상도는 AACC 방법(76-31)에 따라 starch damage assay kit(Megazyme, Pty, Ltd., Ireland)를 사용하여 측정하였다.

4) 입자크기

곡분의 입자크기는 100 g의 분말을 40, 60, 100, 140, 200, 325 mesh 표준체를 사용하여 Ro-Tap sieve shaker(W.S. Tyler Co., USA)에서 20분간 진탕한 후 각 mesh를 통과하는 곡분의 중량으로 측정하였다. 또한 곡분의 입자크기분포는 particle size analyzer(GALAI Co. Ltd., CIS-100, Israel)를 사용하여 분석하였다.

5) 색도

곡분의 색도는 Color and color difference meter(Minolta CR-200, Japan)를 이용하여 표면색도값인 L, a, b를 측정하였다.

6) 수분흡수지수(WAI) 및 수분용해도지수(WSI)

곡분의 수분흡수지수(WAI) 및 수분용해도지수(WSI)는 Anderson 등의 방법⁽¹⁰⁾으로 측정하였으며 보수력(WRC)은 Yamazaki의 방법⁽¹¹⁾에 의해 측정하였다.

2. 곡물의 기능성소재 활용

가. 기능성소재 활용을 위한 전처리

기능성소재를 위한 곡물원료로서 보리는 정맥수율이 중량비로 65~70% 되도록 Satake Test Mill(Satake Engineering Co., Ltd., Tokyo, Japan)로 도정하였으며 귀리는 Dehuller에 의해 껍질을 제거한 groats로 제조하였다. 기능성소재 분석을 위해 곡물을 Cyclotec Sample Mill(Tecator Co., Sweden)로 분쇄하여 분석용 시료로 하였으며 혼합쌀 제조에 사용된 곡분은 pin mill(140 mesh 스크린)로 분쇄하여 제조하였다. 혼합쌀에 첨가된 밀기울과 대두박 역시 pin mill로 분쇄한 후 사용하였다.

나. 식이섬유 농축 방법

곡물의 식이섬유(β -glucan 포함) 농축방법으로 곡분을 standard sieves(20 cm-diam., US Tylor Co., 60~325 mesh)를 사용하여 Sieve shaker에서 체질하여 식이섬유가 풍부한 회분으로 분획하여 농축하였다. 보리 식이섬유가 강화된 소재를 얻기 위하여는 보리쌀을 pin mill(경창기계, model SC-1B)을 사용하여 60 mesh 이하의 가루로 분쇄하고 분쇄된 보리가루를 325 mesh의 standard sieve로 1시간 동안 체질한 다음 체에 남은 부분을 다시 한번 분쇄 및 체질하여 β -glucan이 강화된 보리가루 회분으로 제조하였다.

다. 기능성소재 함유 혼합쌀의 제조

β -Glucan 강화 혼합쌀의 제조는 주원료인 현미를 정선하고 pin mill로 분쇄하여 가루로 만든 다음 현미가루 70%에 보리가루 또는 β -glucan 강화 보리가루 회분 30%의 배합비율로 배합한 복합분을 수분함량이 26%가 되도록 가수하고 Hovart mixer에서 5분간 잘 혼합한 후 쌍축압출성형기(FESTINA FX-40,

Namsung Co.)를 사용하여 혼합쌀로 성형하였다. 이때 혼합원료는 twin-screw feeder를 사용하여 약 380 g/min으로 투입하였고 스크류속도는 465 rpm, 배럴온도는 75℃로 조절하였으며 압출성형기의 토출부로 7.4 mm × 1.5 mm 직사각형의 토출구멍 14개를 사용하여 질단칼로 질단함으로써 쌀알의 형태로 성형하였다. 압출성형후 혼합쌀은 55℃의 열풍건조기에서 12시간 건조하여 저장성을 부여하였으며 도정기(Satake Engineering Co., Japan)로 표면이 부드러워 지도록 약 30초간 도정처리하여 보리 β -glucan이 강화된 혼합쌀로 제조하였다(Fig. 1).

밀기울 첨가에 의한 식이섬유 강화 혼합쌀의 제조는 현미가루에 밀기울을 0~40%첨가하여 상기와 같은 방법으로 제조하였으며 isoflavone 강화 혼합쌀은 현미가루에 대두박을 30% 첨가하여 제조하였다.

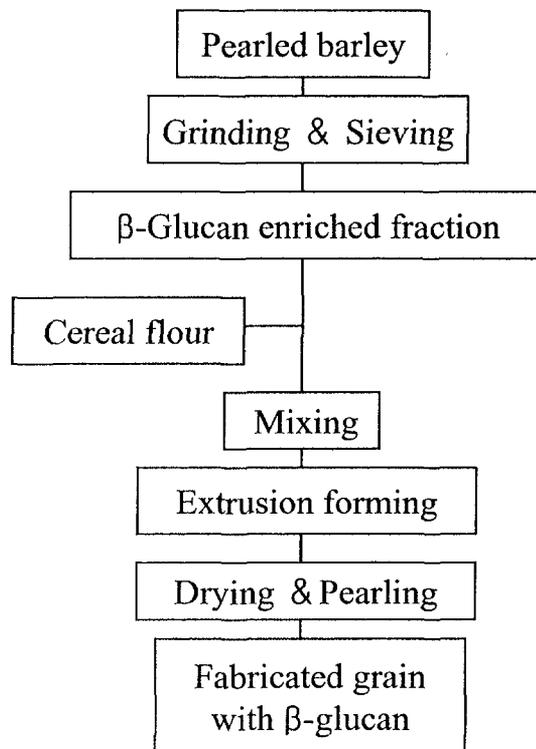


Fig 1. Manufacturing process for fabricated grain with β -glucan enrichment.

라. 기능성소재의 분석

1) 식이섬유 분석

곡분시료의 수용성 식이섬유(SDF), 불용성 식이섬유(IDF), 총 식이섬유(TDF) 함량은 Prosky 등의 방법에 따라 dietary fiber assay kit를 사용하여 측정하였다. 수용성 β -glucan은 Aman과 Graham의 방법⁽¹²⁾에 준하여 추출하였으며 총 β -glucan 함량 및 불용성 β -glucan 함량은 β -glucan assay kit(Megazyme, Ireland)를 사용하여 측정한 다음 총 β -glucan 함량에서 불용성 β -glucan의 함량을 뺀 수치를 수용성 β -glucan 함량으로 산출하였다.

2) Isoflavone 분석

분쇄한 콩 및 대두박 0.5 g에 각각 1N HCl 15 mL를 첨가하고 120°C heating block에서 90분동안 가수분해시켜 isoflavone 매당체를 aglycone으로 전환시켰다. 산 가수분해 시킨 시료는 상온으로 냉각시킨 후 메탄올을 첨가하여 50 mL로 정용하고 교반시켜 isoflavone을 용출시켰으며 12시간 후 10,000 rpm에서 원심분리하여 얻어진 상정액을 HPLC 분석시료로 사용하였다.

Isoflavone의 분리는 JASCO(Japan)사의 HPLC system을 이용하였으며 column은 ODS 계열의 YMC AM303 (4.6×250mm)을 사용하였다. 이동상은 0.1% acetic acid를 함유한 Acetonitrile과 0.1% acetic acid를 함유한 Water를 30:70 비로 혼합한 용매를 사용하였다. 유속은 1.0 mL/min로 조절하였고 injection volume은 20 μ L였으며 UV detector의 파장은 254 nm, 감도는 0.32로 분석하였다. Isoflavone 표준물질을 methanol에 용해시켜 0.1~25 μ g/mL 범위의 표준용액을 조제한 후 HPLC 분석을 실시하고 peak area로부터 검량선을 작성하였다.

마. 기능성소재 함유 혼합쌀의 일반특성

기능성소재 함유 혼합쌀의 낱알 길이, 폭 및 두께는 caliper를 사용하여 측정하였고 체적(stacking volume)은 시료 20 g을 50 mL의 눈금실린더에 넣은 부피로 측정하였으며 색도는 색차계(Minolta CR-200, Japan)를 사용하여 측정하였다. 혼합쌀의 수분흡수율은 1 g의 쌀을 50 mL의 증류수에 넣고 30°C에서 10~60분간 수침시키면서 10분 간격으로 꺼내 여과지에 걸쳐 표면수를 제거한 다음 무게의 증가량을 측정하여 수분흡수율(%)을 산출하였다.

바. 기능성소재 함유 혼합쌀의 취반특성

기능성소재 함유 혼합쌀의 취반은 혼합쌀 3 g을 백미 7 g과 섞어 뚜껑이 있는 aluminum 용기(61 mm i.d. × 36 mm)에 넣고 가수율이 1.4 배가 되게 한 후 1500 mL의 증류수를 넣은 자동전기밥솥내의 금속철망 위에서 30 분간 취반한 다음 15 분간 뜸을 들인 혼용밥으로 취반하였다. 혼용밥은 취반이 완료된 후 실온상태로 냉각시킨 다음 고르게 섞어주었으며 밥의 수분증발과 표면의 건조를 막기 위해 밀봉상태로 하여 취반종료 1시간 30분이 지난 후에 혼용밥의 백미와 혼합쌀 1립의 텍스처를 Texture Analyzer(TA-XT 2, Stable Micro Systems Co., USA)를 사용하여 15회 반복 측정하였다.

혼합쌀의 미세구조는 취반전과 취반후 동결건조기에서 4일간 건조한 낱알을 반으로 절단한 다음 내부 단면을 주사전자현미경(SEM, S-2380N, Hitachi Ltd., Japan)을 사용하여 가속전압 15 kV에서 관찰하였다. 혼합쌀의 관능특성은 15명으로 구성된 패널에 의해 외관, 향, 조직감, 맛, 종합적 기호도의 평가항목에 대해 9점기호척도로 평가하였다.

3. 혼합쌀의 성형 및 제조공정

깨끗이 정선된 각종 곡물을 pin mill(경창기계, Model SC-IB)을 사용하여 분쇄하고 일정 배합비로 배합한 후 호바트 믹서기(Hobart mixer)에서 교반하였으며 혼합된 원료를 압출성형기를 사용하여 성형하였다. 이때 사용한 압출성형기로 쌍축압출성형기(FESTINA FX-40, Namsung Co.)를 사용하였으며 이 압출성형기의 제원은 주 스크류 직경이 44 mm이며, 스크류의 최대 회전속도는 430 rpm 이고, 스크류축에 대한 최대 허용압력은 150 bar이며, 장치의 최대 허용온도는 200°C였다.

원료는 twin-screw feeder를 사용하여 250~450 g/min 사이에서 일정하게 투입하였고, 압출성형조건으로 스크류속도 200~430 rpm, 가수율 23~35%, 압출성형온도 55°C~80°C로 조절하였다. 토출부에는 직사각형의 토출구멍(die hole)을 사용하여 절단칼의 회전속도를 1000~2000 rpm으로 조절하고 회전칼날과 토출구의 간격을 최대한으로 붙여(0.05~0.5 mm) 쌀알형태로 성형된 혼합쌀을 제조하였다. 혼합쌀은 압출성형 후 실온 또는 열풍 건조하여 수분함량을 8~12%로 낮추었으며 도정기로 도정하고 저온창고(10°C)에서 보관하여 실험기간동안의 변화를 억제하였다.

압출성형방법에 의한 혼합쌀의 성형은 토출구멍의 크기와 형태와 크기를 바꾸어 줌으로써 다양한 크기와 형태로 조립성형된 혼합곡립으로 제조하였으며, 원료 투입속도, 스크류속도, 가수율, 압출성형온도, 절단칼의 회전속도 등 압출성형조건을 달리하여 다양한 혼합쌀로 제조하였다.

4. 조립형 혼합쌀의 품질 및 취반특성

가. 쌀알의 크기, 모양 및 체적

혼합쌀 낱알의 길이, 폭 및 두께는 caliper를 사용하여 측정하였으며 외형은 Digital Camera(Sony DSC-S70, Japan)를 사용하여 관찰하였다. 혼합쌀의 부피와 체적은 입자를 타원형으로 가정하고 장반경인 길이(a) 및 단반경인 폭(b)으로부터 다음 식에 의해 계산하였다.

$$\circ \text{부피} = 4/3 \pi ab^2$$

$$\circ \text{표면적} = 2\pi b^2 + 2\pi(ab/e)\sin^{-1}e, \quad e=(a^2-b^2)/a$$

혼합쌀의 stacking volume은 시료 20 g을 50 mL의 눈금실린더에 넣은 부피로 측정하였다.

나. 색도

혼합쌀의 색도는 색차계(Minolta CR-200, Japan)로 L, a, b값을 측정하였다.

다. Amylograph 특성

혼합쌀의 amylograph 특성은 AACC 방법(AACC 22-10)으로 가루(13% m.b.)를 칭량하고 현탁액을 만들어 Amylograph(Brabender Co., USA)를 사용하여 측정하였다. 시료에 amylograph bowl에 투입 후 30°C에서 개시하여 1.5°C/min의 상승속도로 95°C까지 가열하고 15분간 유지한 후 다시 50°C까지 1.5°C/min의 속도로 냉각하였다. 이때의 amylogram curve를 분석하여 호화개시온도, 최고점도(P), 최고점도시의 온도, 95°C에서 15분 후의 점도(H), 50°C로 냉각시의 점도(C)를 측정하고 breakdown은 P-H, set-back은 C-P에 의해 계산하였다.

라. 수화특성

수분흡수율의 측정은 1 g의 쌀알을 50 mL의 증류수에 넣고 10~30°C에서 0~90분간 수침하여 수분을 흡수시킨 다음 일정 시간별로 꺼내어 여과지위에 굴리어 표면수를 제거하고 무게 증가량을 측정하여 수분증가량을 산출하였다. 수분흡수속도는 Becker의 확산방정식, $m - m_0 = kt$, 에 의하여 계산하였으며, 여기서 m 는 일정시간 침지 후의 수분증가량(g H₂O/g dry matter), m_0 는 쌀알의 초기수분함량(g H₂O/g dry matter), k 는 수분흡수속도상수(g H₂O/min^{1/2}), t 는 침지시간(min)이었다.

쌀알의 수침에 따른 경도의 변화는 20°C에서 0~30분간 침지한 후 낱알을 꺼내 표면수를 제거하고 낱알에 대한 경도를 Texture Analyzer를 사용하여 측정하였다.

마. 취반방법

일정 비율로 섞은 백미와 혼합쌀 10 g을 뚜껑이 있는 알루미늄 용기(61 mm i.d. × 36 mm)에 넣고 가수율(0.8~1.8)을 조절하여 증류수를 첨가한 다음 1500 mL의 증류수가 담긴 자동전기밥솥내의 금속철망위에서 30분간 취반하였으며 스위치를 끄고 15분간 뜸을 들인 후 실온에서 냉각하였다.

한편 백미와 혼합쌀을 20°C에서 침지시간을 달리하여(0~30분) 취반하였고, 전기밥솥과 압력솥에 의한 상압 및 가압취반방법을 비교하였다.

바. 호화도 측정

취반에 따른 호화도는 Kainuma 등의 방법⁽¹³⁾에 준해 측정하였다. 즉 시료 0.15 g을 증류수 15 mL에 분산시켜 균질기를 사용하여 균질화한 후 시료액을 2개의 시험관에 분취하여 상법에 따라 시료액 및 완전호화액을 제조하였다. 각각에 효소액(β -amylase와 pullulanase)을 가하고 40°C에서 30분간 반응시킨 다음

생성된 당의 환원력은 Somogyi-Nelson법으로 측정하여 환원당 함량의 비율로서 호화도를 계산하였다.

사. 향미 분석

백미와 혼합쌀을 혼합하여 취반한 혼용밥의 향미는 electric nose가 32개 장착된 AromaScan A32(Aromascan Co., England)을 사용하여 측정하였다. 혼용밥 10g 정도씩 250 mL Duran bottle에 넣고 향온이 될 때까지 방치한 다음 headspace에서 시료가 채취되면서 향미에 대한 감지장치(sensor element)의 직류 저항의 변화를 각시료별로 5반복 측정하여 분석하였다.

아. 텍스처 측정

백미와 혼합쌀의 취반후 조직감은 TA-XT2 Texture Analyser(TA-XT2, Stable Micro System)를 사용하여 1립 측정 또는 bulk 측정을 하였다. 밥시료는 취반완료 후 실온상태로 냉각시킨 다음 고르게 섞어주었으며 밥의 수분증발과 표면건조를 방지하기 위하여 밀봉이 가능한 상태인 plastic 용기에 넣어 보관하였고 취반종료후 부터 1시간 30분이 경과된 후에 측정하였다.

백미와 혼합쌀의 1립측정은 취반후에 제대로 모양을 유지하고 있는 밥 한알을 핀셋으로 가볍게 집어 TA 테이블에 올려놓고 측정하였으며 bulk 측정은 취반용기인 aluminum can 내의 밥에 대하여 측정하였다. 밥알의 경도(hardness), 부착성(adhesiveness), 응집성(cohesiveness), 검성(gumminess), 씹힘성(chewiness), 탄력성(springiness)에 대하여 시료당 1립측정은 15회, bulk 측정은 3회 반복 측정하여 평균치를 구하였다.

자. 저장중 텍스처 특성

백미와 혼합쌀 혼용밥을 1회용 페트리디쉬에 담고 밀봉한 다음 실온에서 30분 간 경과한 시료를 저장시간 0으로하여 4°C, 25°C, 70°C의 저장온도에서 4일간 저장하였으며 저장중 텍스처의 변화를 Texture Analyzer를 사용하여 측정하였다. 백미와 혼합쌀 밥알 1립에 대하여 15회 측정하여 이를 평균하였다.

Table 1. Texture analyzer setup conditions used for textural analysis of grains

TA setup		Method setup	
Option	T.P.A.	Graph type	Force v Time
Force unit	Grams	Auto-scaling	On
Distance format	mm	Peak confirmation	On
Pre-test speed	2.0 mm/s	Force threshold	20.0 g
Test speed	0.5 mm/s	File type	Lotus 1-2-3
Post-test speed	2.0 mm/s	Display and export	Plotted points
Distance	1.2 mm/s	Acquisition rate	200 pps
Time	10.00 s	Results file	T.P.A.
Trigger type	Auto	Force Units	Grams
Trigger force	10 g	Contact area	314.16 mm
		Contact force	5.0 g

차. 혼합쌀의 미세구조

혼합쌀의 취반전과 취반후 동결건조기에서 4일간 건조한 낱알을 반으로 절단한 다음 내부 단면을 주사전자현미경(SEM, S-2380N, Hitachi Ltd., Japan)을 사용하여 가속진압 15 kV에서 50배와 500배율에서 관찰하였다.

카. 관능검사

취반한 밥의 관능특성을 알아보기 위해 15명의 훈련된 패널을 구성하여 외관, 향, 조직감, 맛, 종합적 기호도의 평가항목에 대해 9점기호척도로 평가하도록 하였으며 이때 사용한 관능검사용지는 Fig. 2와 같다. 각 항목에 대한 바람직한 정도인 기호도는 1로 갈수록 작고 9로 갈수록 큰 것을 나타내었다.

Sensory evaluation sheet					
Date :					
Name :					
Sensory evaluation of cooked grains.					
	: very good	.....	+ 9		
	Good	.....	+ 7		
	Neither good nor poor	.....	+ 5		
	Poor	.....	+ 3		
	Very poor	.....	+ 1		
	Sample Number				
	544	153	859	611	052
Appearance					
Flavor					
Taste					
Texture					
Overall					

Fig. 2. Sensory evaluation sheet for cooked grains

5. 혼합쌀의 품질개선을 위한 시험

조립형 혼합쌀의 품질개선 시험으로 곡물원료에 전분류를 0~20%, 황성글루텐 0~10%, 겉류 0~2%, 천연색소류 0.01~0.5%, 천연 향미개선소재 0~10% 범위에서 첨가하여 압출성형한 혼합쌀로 제조하였다. 압출성형후 혼합쌀의 외관을 개선하기 위하여 Satake test mill로 도정하였으며 이때 혼합쌀의 도정시간(분)에 따른 도정수율을 측정하였다. 혼합쌀의 수화특성 개선을 위하여 코팅처리를 하였는데 겉류를 0.5~1.5%(w/v) 농도 범위의 수용액으로 만들어 분무기를 사용하여 일정량을 혼합쌀에 코팅한 다음 55℃의 열풍건조기에서 12시간 건조하였다.

제 3 장. 결과 및 고찰

제 1 절 곡물의 제분방법에 따른 특성

1. 곡물의 제분방법 및 최적분쇄조건 확립

제분방법을 다양화하기 위하여 곡물을 cyclotec mill, pin mill, ball mill, roller mill, jet mill 등 제분기를 달리하여 제분하였으며 제분방법별 Particle size analyzer에 의해 측정된 곡분의 평균 입자크기에서 다소 차이를 나타내었다 (Table 2). Jet mill의 입자크기가 가장 작았으며 pin mill과 cyclotec mill, ball mill, fitz mill, roller mill에 의한 곡물가루에서는 크게 차이가 없는 것으로 나타났다. 제분방법에 따른 곡분의 입자크기는 기능적 특성에 중요한 영향을 미쳐 결합력, 수분흡수력, 전분손상도, 반죽의 물성들이 변화하게 되며 혼합쌀의 가공적성에 큰 영향을 주는 것으로 조사되었다.

Table 2. Average particle size(μm)* of grain flours** by different types of mill

\Types of mill	Fitz	Pin	Cyclotec	Ball	Roller	Jet
	19.3	19.8	20.9	19.2	22.5	8.5

*Particle size analyzer

**Barley flour

제분기의 종류별로 만들어진 곡물가루의 색도는 입자가 작을수록 L값이 높아 색상이 밝게 나타나는 경향을 보여 입자크기와 밀접한 관계를 보여주었다. 제분기형태별로 제조된 곡물가루의 전분손상도는 입자크기가 작을수록 전분손상도는 높은 경향을 나타냈다. Jet mill에 의해 초미세 분쇄된 곡물가루는 전분손상도가 매우 높아 다른 제분기에 의한 곡물가루와 기능적 특성에서 큰 차이를 주는 것으로 여겨졌으며 pin mill에 의해 제조된 곡물가루는 손상전분의 양이 적당하였고 fitz mill이 가장 낮게 나타났다(Table 3). 전분입자들은 제분과정중 기계적 손상을 받게 되고 손상을 받은 전분은 손상을 받지 않은 전분과는 여러가지 면에서 다른 특성을 지녀 곡물의 분쇄에 적절한 형태의 제분기를 사용해야할 필요성이 있었다.

Table 3. Color and damaged starch of grain flours prepared by different types of mill

Mill	Color			Damaged starch (%)
	L	a	b	
Fitz	88.7	0.92	7.63	3.5
Pin	90.4	1.24	6.64	4.9
Jet	91.8	0.65	5.50	15.1

곡물가루의 손상전분은 수분흡수지수(WAI)와 수분용해도지수(WSI)에 영향을 미치는 것으로 나타났다(Table 4). 곡분의 전분손상도가 높을수록 흡수되는 수분의 양이 증가하게 되는데 전분손상도가 가장 높은 jet mill에서 가장높은 WAI

값을 나타냈다. 수분용해도지수는 역시 전분손상도가 증가할수록 증가하는 경향을 나타내 jet mill에서 가장 높게 나타났으며 fitz mill과 pin mill에서 다소 낮았다.

Table 4. Water absorption, water solubility index, and water retention capacity of grain flours by different types of mill

Mill\	WAI	WSI	WRC	
			Alkaline water	Distilled water
Fitz	202	5.32	199	182
Pin	209	6.42	220	203
Jet	274	10.13	309	269

보리, 현미, 백미, 찹쌀, 밀, 조, 수수, 콩, 팥, 메밀, 녹두, 울무 등 곡류 및 두류를 pin mill의 screen size를 달리하여(80~160 mesh) 제분하였으며 제분기에 사용한 screen의 크기에 따라 곡분의 입자크기에 차이를 나타냈으며(Table 5) 이는 혼합쌀의 제조가공에 영향을 주는 것으로 나타났다. 곡분의 입자크기는 곡분의 색, 전분손상도, 수분용해도, 수분흡수율 및 보수력 등 이화학적 특성에 있어 차이를 주었으며 이는 가공 특성에 영향을 미치는 것으로 나타났다. 곡분의 입자크기가 조립형 혼합쌀의 성형적성에 미치는 영향을 조사하였으며 160 메쉬 스크린을 사용한 분쇄기의 분말에서 가장 성형상태가 좋은 것으로 나타났다.

Table 5. Particle size distribution(%) of flour milled* with different screen size

Screen size of mill (mesh)	Particle size of flour (mesh)				
	+40	+100	+140	+200	-200
80	12.1	45.5	35.3	4.6	-
100	0.7	24.7	25.5	44.3	3.1
160	0.5	12.6	34.5	48.1	1.0

* Pin mill

한편 제분기의 스크린 크기에 따른 곡분의 입자크기별 화학성분을 측정하여 비교, 분석하였으며 보리분말의 경우 가루의 입자크기가 미세해짐에 따라 식이섬유의 함량이 다소 감소한 반면 전분손상도는 약간 증가하였다(Table 6).

Table 6. Chemical composition(%) of grain flours according to particle size

Particle size (mesh)	Moisture	Protein	Fat	Ash	IDF	SDF	β -Glucan	Damaged starch
100	8.6	10.8	0.6	0.8	4.2	5.6	5.8	4.6
160	9.1	11.9	1.4	0.8	3.8	3.8	5.4	4.9

곡분의 분급은 1차적으로 체를 사용하여 수행하였으며 pin mill을 사용하여 분쇄한 곡물을 다양한 size의 표준체(20 cm-dia., US Tylor Co., 60~325 mesh)를 사용하여 체질하여 분리하였으며 식이섬유가 강화된 희분을 얻을 수 있는 기술을 개발하였다. 한편 초미세분쇄 후 입도 및 밀도차이를 이용하여 분리하면 물리적으로 성분간의 분리를 유도할 수 있으므로 유용물질의 회수에 효율적인 공정으로 나타났다. 곡물을 초미세분쇄하여 공기분급할 경우 시료의 입자크기 및 밀도차이를 이용하여 단백질, 전분, 무기질, 식이섬유등을 농축하여 회수할 수 있으므로 이 기법은 많은 식품재료 및 원료에 이용될 수 있으며, 특히 곡류의 섬유질 물질을 초미세분쇄하면 입자크기의 감소에 의한 조직감 개선 및 기능성을 개선할 수 있는 것으로 여겨졌다. 초미세분쇄기술은 기능성소재를 함유하는 혼합쌀 제조를 위한 기능성 성분의 농축 및 회수기술로써 그 활용성이 높으나 경제성을 고려할 때 우선 일반적인 분쇄 및 체질에 의한 분급에 의한 기능성소재의 강화방법을 모색하였다. 이 기술을 이용하여 곡류의 기능성 식이섬유인 베타-글루칸을 농축할 수 있고 곡류가공부산물을 식품소재화할 수 있는 것으로 나타났다.

2. 곡물원료의 이화학적 특성

혼합쌀의 제조에 사용되는 주요 곡물별 물리화학적 특성을 분석하였으며 이들 곡종별 특성이 혼합쌀의 성형특성에 어떠한 영향을 미치는지를 알아보려고 하였다. 원료곡물의 물리화학적 특성을 분석한 결과 곡종별 알곡과 곡분의 색도, 손상전분, 수분흡수지수 및 수분용해도지수, 입도분포, 미세구조, 호화특성 등에서 차이를 나타냈으며 이를 혼합쌀의 가공시 물성에 영향을 미치는 기초 데이터로 활용할 수 있었다.

가. 곡종별 체적 및 천립중

곡종별 천립중과 체적을 측정한 결과는 Table 7과 같다. 천립중은 콩 263.0 g, 팥 132.3 g으로 두류에서 높았고 울무, 녹두, 밀, 보리, 메밀, 현미, 백미, 수수의 순이었으며 조는 2.1 g으로 매우 낮았다. 곡물 20 g의 체적을 측정하여 나타낸 수치는 콩, 팥, 녹두, 울무, 메밀과 같이 알곡이 큰 시료에서 높았으며 백미, 현미 보리, 밀, 조, 수수는 23~26 cc 범위에서 서로 비슷하였다.

Table 7. Stacking volume and 1,000-grain weight of various grains

	Stacking volume (cc/20g)	1,000-grain weight (g)
Milled rice	23.5	19.3
Brown rice	24.0	20.7
Pearled barley	25.2	29.1
Wheat	25.7	36.2
Foxtail millet	24.3	2.1
Sorghum	25.5	18.7
Soybean	31.8	263.0
Azuki bean	28.0	132.3
Mung bean	27.0	49.6
Job's tears	28.5	67.6
Buckwheat	27.8	22.5

나. 곡종별 화학성분 조성

압출성형 혼합쌀의 제조에 사용되는 곡류와 두류인 백미, 현미, 보리쌀, 밀, 조, 수수, 콩, 팥의 화학적 조성을 분석한 결과는 Table 8과 같다. 전분의 함량은 백미 84.2%, 현미 77.9%로 쌀에서 가장 높았고 조와 수수에서 68~69% 정도였으며 보리쌀이 59.5%, 밀이 55.1% 순으로 분석되었다. 보리원맥을 도정한 보리쌀은 보리원맥에 비해 전분함량이 높았던 반면 밀 원맥은 강층으로 인해 밀가루보다 현저히 낮았다. 두류인 콩의 전분함량은 1.6%로 아주 미량이었으며 콩은 성숙과정에서 전분이 사라지게 되어 완숙된 콩의 전분함량이 5% 이내의 거의 없는 것으로 보고⁽¹⁴⁾된 바 있다. 팥과 녹두는 각각 37.5%, 38.5%의 전분함량을 주어 상당량의 전분을 포함하는 것으로 나타났다. 울무와 메밀의 전분은 각각 44.9%, 49%로서 타곡류에 비해 다소 낮은 함량이었다.

단백질의 함량은 백미 8.13%, 현미 8.07%로 쌀에서 가장 낮았고 보리, 밀, 조, 수수에서 각각 11.1%, 12.7%, 9.9%, 12.1%로 유사하게 나타났다. 두류인 콩과 팥의 단백질 함량은 각각 38.1%, 25.0%였으며, 이는 콩의 단백질 함량이 36~43.4% 범위였고⁽¹⁵⁾ 팥의 경우 23~27%라고 한⁽¹⁶⁾ 결과와 유사하였다. 녹두의 단백질함량은 28.7%로 나타나 두류의 단백질 함량이 높았다. 울무의 단백질함량은 17.2%로 높았으며 메밀은 12.3%의 단백질을 포함하는 것으로 분석되었다.

지방의 함량에 있어서는 백미가 0.72%로 가장 낮았고 현미, 보리쌀, 밀이 2~3%의 지방을 함유하였으며 수수는 4.4%, 조는 5.0%로 약간 높았다. 수수는 약 3~5%의 지방을 함유하고⁽¹⁷⁻¹⁹⁾ small millet인 foxtail millet(조)의 free lipid 함량은 약 5.0%로 보고⁽²⁰⁾한 바 있다. 두류인 콩의 지방함량은 18.8%로 가장 높았고 녹두에서 11.7%를 함유한 반면에 팥은 0.5%로 매우 대조적인 수치를 보여주었다.

회분함량은 백미가 0.43%로 가장 낮았고 현미, 보리쌀, 밀, 조, 수수에서 1.2~1.7% 사이에서 크게 차이가 없었으며 콩, 팥, 녹두에서는 4~5%로 높게 나타났다.

Table 8. Chemical composition(%) of various grains

	Moisture	Starch	Protein	Fat	Ash	TDF	β -glucan
Milled rice	11.21	84.23	8.13	0.72	0.43	5.56	0.04
Brown rice	9.25	77.86	8.07	2.70	1.36	8.33	0.05
Pearled barley	9.47	59.46	11.07	3.00	1.18	18.01	3.16
Wheat	7.83	55.13	12.72	2.33	1.73	18.68	0.58
Foxtail millet	9.38	68.75	9.98	5.01	1.53	8.08	0.13
Sorghum	10.05	68.44	12.11	4.22	1.51	8.36	0.06
Soybean	6.76	1.56	38.12	18.84	5.39	47.16	0.05
Azuki bean	11.71	37.54	25.02	0.45	4.51	29.29	0.06
Mung bean	11.05	38.51	28.69	11.69	4.06	21.69	0.04
Job's tears	8.91	44.91	17.19	6.41	1.86	9.83	0.15
Buckwheat	9.50	49.01	12.29	2.61	3.61	21.78	0.04

율무와 메밀의 회분함량은 각각 1.9%와 3.6%로 다소 높았는데 메밀의 경우 탈피를 하지 않은 원료를 분석시료로 사용하였기 때문인 것으로 여겨졌다.

총식이섬유(TDF) 함량은 백미가 5.6%로 가장 낮은 반면에 현미, 조, 수수에서 8% 정도 였으며 보리쌀과 밀에서 높았다. 콩, 팥, 녹두의 총식이섬유 함량은 47.2%, 29.3%, 21.7%로 곡류에 비해 상당히 높은 것으로 나타났다. 율무의 식이섬유 함량은 9.8%였으며 탈피하지 않은 메밀은 21.8%로 높은 수치를 주었다. 곡류의 기능성 식이섬유인 β -glucan의 함량에서는 보리가 가장 많이 함유하였

고 높았고 밀이 0.6%로 약간 포함하였으며 그 밖의 쌀, 조, 수수, 콩과 팥에서는 0.1% 이하로 미미하였다.

다. 곡종별 색도

혼합쌀 제조에 사용된 곡종별 알곡과 가루에 대하여 색차계를 사용하여 측정된 색도는 Table 9에 나타나 있다. 곡분의 색도는 도정하여 강층이 제거된 백미와 보리쌀의 분말에서 L값이 각각 97.23와 93.99로 높았으며 도정처리를 하지 않은 현미, 울무, 녹두, 밀, 수수, 팥, 조의 순으로(91.33~82.49) L값이 낮았으며 콩의 L값이 60.81로 가장 어둡게 나타났다. 곡분의 a값은 수수, 콩, 메밀, 팥, 밀의 순으로 적색도가 높았으며 현미와 보리쌀에서 미미하게 나타나 적색도에 있어서 서로 차이를 나타냈으며 조, 백미, 녹두에서 (-)수치를 보여 이들의 경우 다소간의 녹색을 띄고 있는 것으로 나타났다. b값의 경우 모든 곡분에서 (+)의 수치를 나타내었는데 콩에서 가장 높았고, 조, 녹두, 메밀, 밀, 수수, 현미, 보리쌀, 팥, 백미의 순으로 b값이 감소하여 황색도에 있어서 서로 차이를 나타내었다.

수수는 품종에 따라 종자의 색이 다양한데 대부분의 색을 지닌 수수에서 적갈색을 띄게 되며 이는 주로 알곡의 pericarp나 testa 층에 존재하는 폴리페놀성 화합물, 즉 phenolic acids, flavonoids, anthocyanidins 그리고 tannin에 기인한다⁽²¹⁾. 수수는 또한 약간의 carotenoids를 함유하는데 여기에는 lutein, zeaxanthin and β -carotene이 포함된 것으로 보고되었다⁽¹⁷⁾.

알곡의 L값은 팥, 메밀, 녹두에서 각각 36.2, 42.3, 44.6으로 아주 낮았으며 밀, 조, 현미, 콩, 수수, 백미, 울무, 보리쌀의 순으로 밝게 나타났다. 알곡의 a값은 백미, 팥, 녹두에서 다소 녹색을 띄었고 다른 곡물들은 적색을 보여주었으며 b값은 모두 (+)2.75~20.26의 수치 범위로 황색도를 나타내었다.

Table 9. Color values of various whole grains and milled flours

Grain type	Whole grain			Flour		
	L	a	b	L	a	b
Milled rice	68.10	-0.66	+9.04	97.23	-0.40	+4.44
Brown rice	59.93	+2.94	+16.39	91.33	+0.52	+8.22
Pearled barley	74.06	+1.66	+12.62	93.99	+0.39	+7.74
Wheat	52.96	+5.60	+15.26	86.53	+1.97	+9.92
Foxtail millet	53.80	+1.73	+20.26	82.49	-0.99	+15.15
Sorghum	60.92	+8.03	+16.15	84.47	+4.65	+9.61
Soybean	60.81	+3.97	+20.08	60.81	+3.97	+20.08
Azuki bean	36.17	-7.91	+2.75	82.79	+2.22	+7.14
Mung bean	44.60	-1.41	+11.56	88.30	-2.07	+13.29
Job's tears	72.64	+2.80	+14.88	89.96	+0.76	+8.34
Buckwheat	42.26	+4.63	+8.77	74.64	+2.62	+10.44

라. 곡종별 입도분포

곡종별로 분쇄된 곡분의 입자크기를 체질에 의해 측정된 결과 입자크기의 분포는 Table 10과 같다. 백미의 입자크기는 현미의 입자크기에 비해 약간 낮게 나타났는데 이는 현미가 입자크기가 상대적으로 큰 미강층을 포함하기 때문인 것으로 여겨졌다. 보리쌀의 경우 강층이 제거되었기 때문에 입자크기가 약간 작은 것으로 나타났으며 밀의 경우 원맥을 분쇄하였기 때문에 밀가루에 비해 입자크기가 크게 나타났다. 콩의 입자크기는 가장 수치가 높았는데 이는 콩의 지질 성분으로 인해 체의 구멍을 막아 체질에 의해 통과되는 양이 적기 때문이 아닌 가 사료되었다. 한편 팥과 녹두의 입자크기는 팥의 80%이상이 그리고 녹두의 65% 이상이 200메쉬 이하의 작은 입자로 입자크기가 상대적으로 작은 편이었다. 울무가루는 85% 정도가 60메쉬체 이상에 남아 입자가 컸으며 메밀은 대부분이 140메쉬 이하 325메쉬 이상의 범위에 있었다.

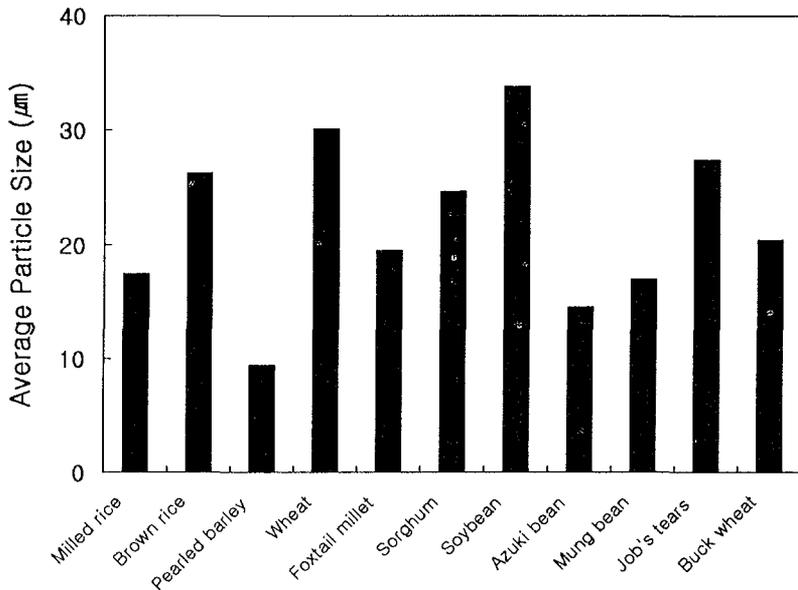


Fig. 3. Average particle size of grain flours measured by particle size analyzer

Table 10. Particle size distribution(%) of various grain flours

	Mesh size						
	+ 40	+ 60	+ 100	+ 140	+ 200	+ 325	- 325
Milled rice	0.04	0.39	2.44	29.94	39.94	27.44	0.31
Brown rice	0.10	2.65	7.06	35.96	32.34	21.56	0.01
Pearled barley	0.05	1.07	0.93	7.69	8.22	80.94	1.10
Wheat	0.10	7.62	11.41	13.91	8.47	57.54	0.95
Foxtail millet	0.24	11.76	18.83	33.82	30.58	4.44	0.02
Sorghum	1.66	8.48	19.16	25.76	25.96	19.00	-
Soybean	49.50	27.29	13.95	5.18	2.88	1.19	-
Azuki bean	0.08	0.89	4.23	12.28	1.36	68.27	12.89
Mung bean	0.03	1.18	2.86	21.19	11.44	59.19	4.08
Job's tears	33.09	52.14	6.01	5.10	3.36	0.27	-
Buckwheat	0.08	6.73	7.01	11.01	43.66	31.25	0.26

* Sieved by sieve shaker

마. 곡종별 전분손상도

곡물은 분쇄에 따른 압력, 전단, 변형 등에 의해 전분이 손상되며 곡종별 분말의 전분손상정도를 분석한 결과는 Table 11과 같다. 곡분중 손상된 전분의 함량은 수수, 현미, 조, 백미가 각각 10.9, 10.55, 10.0, 9.9%로 높았으며 그 다음으로 밀이 6.1%, 보리쌀이 5.4%의 손상전분을 함유하였다. 전분의 함량이 가장 많은 백미에 비해 현미의 전분손상도가 높은 것은 단단한 강층을 포함하고 있는 현미가 분쇄에 따른 전분의 손상이 컸던 것으로 판단되었다. 조와 수수는 전분함량에 있어 현미보다 적음에도 불구하고 전분손상도에서 유사한 수치를 보인것은 조와 수수가 강층을 함유할 뿐 만 아니라 알곡의 크기가 작아 분쇄에 의한 damage가 더 컸기 때문인 것으로 사료되었다. 또한 보리쌀이 밀보다 전분함량이 높지만 전분손상도가 낮은것은 도정된 상태인 보리쌀로부터 분쇄되었기 때문에 밀원맥으로부터 분쇄한 가루에 비해 전분손상이 상대적으로 낮았기 때문으로 여겨졌다. 팥과 녹두는 각각 1.44%, 2.00%의 손상전분을 가지고 있어 곡류에 비해 분쇄에 의해 전분의 손상 비율이 크게 낮았으며 콩에 있어서는 0.5% 정도로 아주 미미하였다. 한편 울무는 타곡류에 비해 전분의 함량이 낮았음에도 전분손상도에 있어서 11.52%로 가장 높았으며 울무의 단단함이 크기 때문인 것으로 판단되었다. 메밀의 전분손상도는 3.13%로 낮은 편이었다.

바. 곡종별 수분흡수지수 및 수분용해도지수

곡분의 수분흡수지수와 수분용해도지수는 Table 11에 나타나 있다. 수분흡수지수는 백미, 현미, 수수, 팥, 녹두, 메밀에서 각각 246.8, 234.3, 247.3, 257.3, 253.5, 248.6으로 높았으며 밀, 조, 보리쌀, 울무가 각각 225.4, 208.3, 200.4, 196.1으로 다소 낮았다. 콩의 수분흡수지수가 곡물중에서 162.2로 가장 낮게 나타났는데 이는 콩의 지방함량이 높기때문인 것으로 판단되었다. 수분흡수지수는 전분, 단백질 함량, 입도와 관련이 있다. 고지방, 고단백질, 저탄수화물의 콩에서 WAI가 가장 낮은 것으로 나타났다.

수분용해도지수는 두류에서 높게 나타났는데, 콩은 31.5로 현저하게 높았으며 팥과 녹두의 경우 16.1과 17.0으로 높아 고단백질의 콩, 팥 및 녹두에서 용출되어 나오는 가용성 물질의 함량이 높은 것으로 나타났다. 곡류에서는 울무> 메밀> 조> 밀> 보리쌀> 수수> 현미의 순으로 높아 4.7~8.1 범위 였으며 백미의 수분용해도지수가 1.7로 가장 낮았다. 콩의 경우에는 수분흡수지수가 가장 낮은 반면 수분용해도지수가 가장 높았다.

Table 11. Damaged starch, water absorption index(WAI), and water solubility index(WSI) of various grain flours

Grain type	Damaged starch (%)	WAI	WSI
Milled rice	9.89	246.81	1.70
Brown rice	10.55	234.31	4.65
Pearled barley	5.38	200.43	6.10
Wheat	6.06	225.38	7.15
Foxtail millet	10.03	208.34	7.45
Sorghum	10.91	247.33	5.00
Soybean	0.52	162.20	31.5
Azuki bean	1.44	257.31	16.05
Mung bean	2.00	253.52	17.00
Job's tears	11.52	191.66	8.05
Buckwheat	3.13	248.63	7.50

제 2 절 곡물 기능성소재의 활용 및 가공특성

곡류 및 두류에는 여러가지 생리활성물질이 존재하여 인체내에서 유의한 생리작용을 한다고 알려져 있어 혼합쌀 제조에 이에 대한 활용을 모색하였다. 혼합쌀을 제조하는데 필요로하는 주원료로서 현미는 백미에 비해 단백질, 지질, 식이섬유, 비타민 및 무기질 등의 함량이 높으며 이들 영양성분들은 주로 미강층에 존재하는데⁽²²⁾ 미강에는 식이섬유, tocotrienols, β -sitosterol, oryzanols, 불포화지방산 등 다양한 유효성분으로 혈중 콜레스테롤 저하작용^(23,24)을 비롯한 여러가지 생리적 효과가 있는 것으로 알려져 있다.

쌀, 보리, 귀리와 밀을 포함한 대부분의 곡류는 강층에 풍부한 양의 식이섬유를 함유하고 있어 이에 대한 활용 기술을 중점적으로 연구하였다. 한편 콩은 단백질이 우수하고 불포화지방산함량 비율이 높으며 식이섬유의 기능성 등 영양적으로 매우 우수하고 또한 최근에 새로운 기능성 물질로 부각되고 있는 콩 함유 isoflavone의 활용을 모색하였다.

1. 보리 및 귀리의 식이섬유 활용

가. 식이섬유 및 β -glucan 함량

전통적으로 보리는 우리나라에서 쌀 다음으로 중요한 곡류로 국민건강증진과 식량자급도를 위하여 쌀과 보리의 혼식이 권장되어 왔으나 취반특성이 서로 다르고 씹을때 거친 조직감과 이질감 등 기호적인 측면에서 다소 바람직하지 못한 문제점이 있어 소비를 꺼려할 우려가 있다. 그러나 보리는 보통의 식생활에서 부족하기 쉬운 여러 가지 비타민류, 무기성분, 식이섬유들이 풍부하므로⁽²⁵⁾ 쌀과 보리를 혼식하게되면 영양성분을 보다 균형있게 섭취할 수 있다. 특히 보리는 β -glucan 함량이 3~6%로 쌀의 50배, 밀의 7배 이상이나 함유되어⁽²⁶⁾ 있는 식이

섬유소의 중요한 공급원이기도 하다.

보리의 β -glucan은 수용성 형태나 불용성 형태로 존재하는데⁽²⁷⁾ β -glucan의 물에 대한 용해성은 생리적으로 중요한 역할을 하여 체내의 콜레스테롤을 저하시키는 효과⁽²⁸⁻³⁰⁾가 있다. 이렇듯 영양생리학적 기능성이 우수한 보리를 여러가지 가공제품에 이용하고 있을 뿐 만 아니라 제분분획에 의한 β -glucan의 농축 또는 강화 획분으로 분리해 내는 방법들이 연구되어⁽³¹⁻³⁵⁾ 이를 효율적으로 활용하고자 하는 방안을 모색하였다.

국내산 보리의 품종별(5품종) 식이섬유 함량을 조사한 결과, 총식이섬유 함량은 15~28%의 분포를 나타냈으며 수용성식이섬유 함량은 4.7~8.1% 분포를 보여 불용성식이섬유 함량(10.6~19.7%)에 비해 훨씬 낮았다. 수용성식이섬유는 겉보리에서 보다 쌀보리에서 다소 높았고 찰성 쌀보리가 메성 쌀보리보다 수용성식이섬유의 함량이 높았다. 국내산 보리원맥의 총 β -glucan 함량은 3.3~5.6% 범위였으며 65~70% 정맥수율로 도정하여 껍질 및 강층을 제거한 정맥의 β -glucan 함량은 3.5~7.1%로 증가하였다. β -Glucan은 생리학적으로 중요한 역할을 하는데 체내 콜레스테롤의 저하를 가져다주는 유용성분으로 곡류에 따라 그 함량이 다르며, 보리에서 가장 높았고(평균 4.45%) 그 다음이 귀리(3.54%), 호밀(1.53%), 밀(0.54%)의 순이었으며 쌀에는 소량이 포함된 것으로 분석되었다.

보리는 도정중에 주로 껍질이 제거됨에 따른 불용성식이섬유의 감소로 총식이섬유 함량이 현저하게 줄어들었으며(Table 12) 도정 후 총식이섬유 함량은 겉보리와 쌀보리에서 크게 차이가 없었다. 보리원맥의 수용성 β -glucan 함량은 1.4~3.3%의 분포였으며 총 β -glucan에 대한 수용성 β -glucan의 백분율로 나타낸 용해성(%)은 43~61% 범위로 총량의 약 반 가량이 수용성인 것으로 나타났다. 보리정맥에 있어서는 총 β -glucan과 불용성 β -glucan 함량은 증가한 반면 수용성 β -glucan은 약간 감소하는 경향을 보여 용해성이 35~55%로 원맥보다 다소 낮았다.

Table 12. Dietary fiber and β -glucan contents(%) in barleys

	Dietary fiber			β -Glucan		
	Soluble	Insoluble	Total	Soluble	Insoluble	Total
Whole barley	6.62	13.24	19.86	2.43	2.02	4.45
Pearled barley	5.39	4.26	9.65	2.45	2.68	5.13

귀리를 식용으로 이용하고자 다른 곡류 등과 혼합하여 가공할 때는 걸귀리보다 쌀귀리가 유리하였으며 타 곡류에 비해 귀리 그로우트(껍질을 제거한 종실)는 단백질과 지질 함량이 높았다(Table 13). 귀리 그로우트의 총식이섬유 함량은 15.45%로 분석되어 식이섬유 함량이 높게 나타났으며 수용성식이섬유 함량은 4.94로 총량의 약 1/3정도였다. 귀리 그로우트의 총 β -glucan 함량은 4.37%였고 수용성 β -glucan 함량이 3.69%나 되어 수용성 부분이 84%정도를 차지하였다(Table 14). 귀리 그로우트의 식이섬유를 조사한 결과 영양생리학적 기능성이 높은 수용성 식이섬유(β -glucan 포함)의 함량이 높게 나타났다.

Table 13. Chemical composition of oat groat(%)

Starch	Protein	Lipid	Ash
53.75	15.82	9.25	1.75

Table 14. Dietary fiber and β -glucan contents(%) in oat groats

Dietary fiber			β -Glucan		
Soluble	Insoluble	Total	Soluble	Insoluble	Total
4.94	10.51	15.45	3.69	0.68	4.37

곡물로부터 생리적으로 유효한 기능성 식이섬유 성분인 β -glucan을 농축하여 β -glucan의 함량이 높은 중간소재를 혼합쌀 가공제품에 첨가하는 방안을 강구하였다. β -Glucan이 강화된 곡분의 제조를 위해 분쇄 및 체질에 의한 분급에 의한 제분공정을 확립하였으며 β -glucan의 함량을 원맥의 2~3.5배 까지 증가시킨 농축기술을 개발하여 조립형 혼합쌀에 사용하였다.

나. β -Glucan 강화 혼합쌀의 제조특성

보리의 β -glucan 강화 방법으로 원료 보리쌀을 pin mill을 사용하여 가루로 분말화한 다음 이를 표준체로 체질하여 분획함으로써 β -glucan의 함량이 증가된 획분을 분리할 수 있었다. 이때 325-메쉬 체를 사용하면 대부분의 미세한 보리 전분입자들은 체를 통과하고 주로 입자크기가 큰 보리의 세포벽 물질들은 체를 쉽게 통과하지 못하고 남게 되어^(32,35) 세포벽의 대표적인 구성물질인 β -glucan의 함량이 증가하게 된다. 체에 남은 가루를 다시 분쇄기로 분쇄하고 325-메쉬 체로 체질하여 잔존하는 미세한 입자들을 한번 더 체로 걸러 내어 체에 남게 되는 가루획분에 β -glucan의 함량을 강화시킬 수 있었다.

보리쌀 시료의 β -glucan을 분석한 결과(Table 15) 총 β -glucan 함량은 3.6%였고 이중 불용성 및 수용성 β -glucan이 각각 1.66%, 1.84%를 차지하여 β

-glucan의 용해도는 52.6%로 나타났다. 체질에 의해 분획된 보리가루 획분에서는 총 β -glucan 함량이 6.87%로 원료보리의 2배 수준으로 증가하였으며 불용성과 수용성 β -glucan 함량 역시 각각 3.10%, 3.77%로서 원료 보리쌀의 2배 정도로 나타났다. 보리나 귀리를 사용하여 분쇄, 체질 및 기류분급 방법에 의한 β -glucan의 강화 연구에서 β -glucan 함량을 원료의 3배 이상까지 높인 바 있으나 본 실험에서는 보리 β -glucan의 농축정도가 크지 않았는데 이는 원료보리와 체질방법에서 차이가 있었기 때문인 것으로 사료되었다. 한편 원맥 뿐 만 아니라 압맥 및 할맥등의 가공처리에 위한 보리의 도정부산물로 발생하는 맥강내에도 β -glucan이 높은 수준으로 함유되어 있어⁽³⁶⁾ 이를 β -glucan의 소재로 사용한다면 원료를 효율적으로 활용할 수 있다고 하겠다.

Table 15. Total, insoluble and soluble β -glucan contents of barley flour and β -glucan enriched fraction*

	β -Glucan content (%)			Solubility** (%)
	Total	Insoluble	Soluble	
Barley flour	3.60	1.66	1.84	52.57
β -Glucan enriched fraction	6.87	3.10	3.77	54.88

* Values are means of triplicate determinations

$$** \text{ Solubility} = \frac{\text{Soluble}}{\text{Total}} \times 100$$

현미와 보리가루를 사용한 혼합쌀의 원료로서 이들의 배합비율이 현미 50~100%, 보리 0~50%의 범위에서 배합하여 총 배합비가 100%가 되도록 여러 처리구로 혼합한 다음 압출성형에 의한 혼합쌀의 제조실험을 하였다. 현미에 보리의 첨가 수준이 30%까지 혼합쌀의 성형이 양호하여 보리 30% 첨가구까지가 적정 첨가수준인 것으로 판단되었으며 40% 첨가수준 이상으로 증가함에 따라 성형상태가 온전하지 못하여 제조적성이 떨어졌다. 또한 현미에 보리를 대체하여 β -glucan이 강화된 가루획분을 30% 첨가하여 β -glucan이 보다 풍부한 혼합쌀을 성형, 제조할 수 있었다.

다. β -Glucan 강화 혼합쌀의 일반특성

현미가루에 보리가루나 β -glucan이 강화된 보리가루 획분을 각각 30%씩 대체하여 압출성형한 혼합쌀의 외형은 Fig. 4와 같으며 이들 혼합쌀의 크기와 형태를 백미와 비교한 결과는 Table 16과 같다. 압출성형하여 제조한 혼합쌀은 단립종 백미에 비해 길이가 길고 폭은 약간 좁았으며 두께는 보리가루를 첨가한 혼합쌀이 백미보다 두꺼운 반면에 β -glucan 강화획분을 첨가한 혼합쌀에서는 좁게 나타났다. 일반적인 쌀의 크기와 형태와 비교해볼 때⁽³⁷⁾ β -glucan 강화획분을 첨가한 혼합쌀의 길이는 장립종에 해당하고 폭과 두께는 중립종과 유사한 것으로 나타났다.

Table 16. Size and shape of fabricated grain with β -glucan enrichment*

	Length (mm)	Width (mm)	Thickness (mm)	Length/Width ratio
Milled rice	4.94	2.84	2.20	1.74
Fabricated grain (+ barley flour)	7.15	2.41	2.38	2.97
Fabricated grain (+ β -glucan enriched fraction)	7.26	2.57	1.95	2.82

*Values are means of fifteen measurements

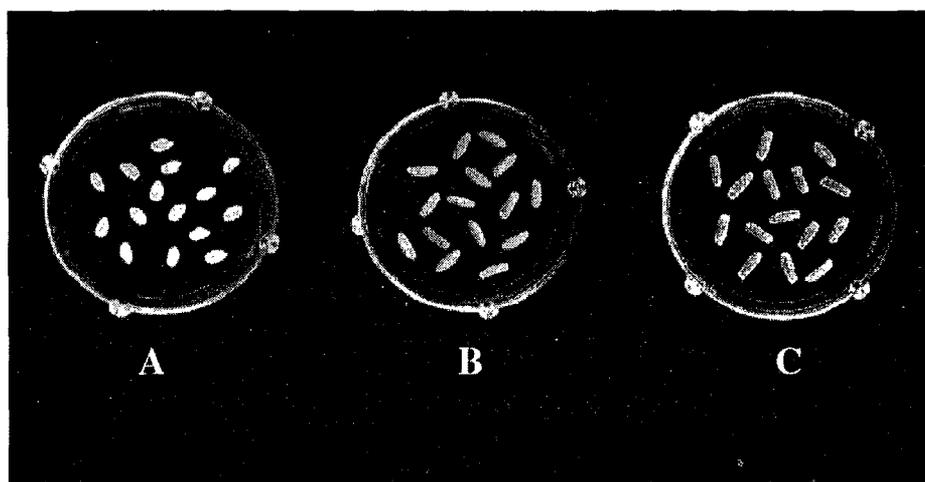


Fig 4. Appearance of fabricated grain. A: milled rice, B: fabricated grain with brown rice flour and pearled barley flour, C: fabricated grain with brown rice flour and β -glucan enriched fraction.

혼합쌀의 체적, 천립중 및 색도는 Table 17에 나타나 있다. 혼합쌀의 천립중은 백미의 20.42g에 비해 보리를 첨가한 혼합쌀과 β -glucan 강화획분을 첨가한 혼합쌀에서 각각 28.88g과 26.40g으로 높았으며 시료 20 g에 대한 체적은 백미, 보리첨가 혼합쌀과 β -glucan 강화획분을 첨가한 혼합쌀에서 거의 차이를 보이지 않았다. β -Glucan 강화 혼합쌀의 밀도는 백미와 유사한 것으로 나타나 현미에 β -glucan이 강화된 획분을 첨가하여 적정 조건으로 압출성형할때 내부조직이 치밀하게 형성됨을 알 수 있었다. 혼합쌀의 표면색도에서 색의 밝기를 나타내는 L값이 백미에 비해 낮아 어두웠는데 보리가루 첨가 혼합쌀에서보다 β -glucan 강화획분을 첨가한 혼합쌀에서 약간 더 어두운 것으로 나타났다. a값은 백미의 (-)값에 비해 혼합쌀은 (+)값을 보여 적색도를 나타내었으며, b값의 경우 백미와 유사하게 황색도가 높은 것으로 나타났다.

Table 17. Stacking volume, 1,000-grain weight and color values of fabricated grain with β -glucan enrichment*

	Stacking volume (cc/20 g)	1,000-grain Weight (g)	Color		
			L	a	b
Milled rice	24.0	20.42	67.52	-0.51	+10.38
Fabricated grain (+ barley flour)	24.0	28.88	55.78	+3.64	+11.38
Fabricated grain (+ β -glucan enriched fraction)	23.5	26.40	54.16	+3.71	+10.10

*Values are means of triplicate determinations

압출성형한 혼합쌀을 20℃에서 수침중 수분흡수율을 측정한 결과는 Fig. 5와 같다. 백미는 수침 10분에서 30분 사이에 대부분의 수분을 흡수하였으며 그 이후에는 수분흡수가 크지 않아 포화상태에 이르게 되는 반면 혼합쌀의 수분흡수율은 수침 10분에 백미의 3배 이상으로 현저히 증가하였으며 그 이후에도 지속적으로 증가하여 백미보다 2~3배 정도의 높은 수분흡수율을 보여주었다. 백미의 수분흡수는 1~2시간 이내에 평형상태를 유지하게 되지만 현미는 외피로 인해 수분의 침투가 느려 평형상태에 도달하는데 걸리는 시간이 길며^(38,39) 현미를 분말화하여 제성한 혼합곡에서는 외피의 물리적인 파괴로 수분의 흡수가 용이해진 것으로 나타났다. 한편 보리를 첨가한 혼합쌀에 비해 β -glucan 강화획분을 첨가한 혼합쌀에서 수분흡수율이 약간 높게 나타나 β -glucan의 수분흡수력이 높은 것을 확인할 수 있었다.

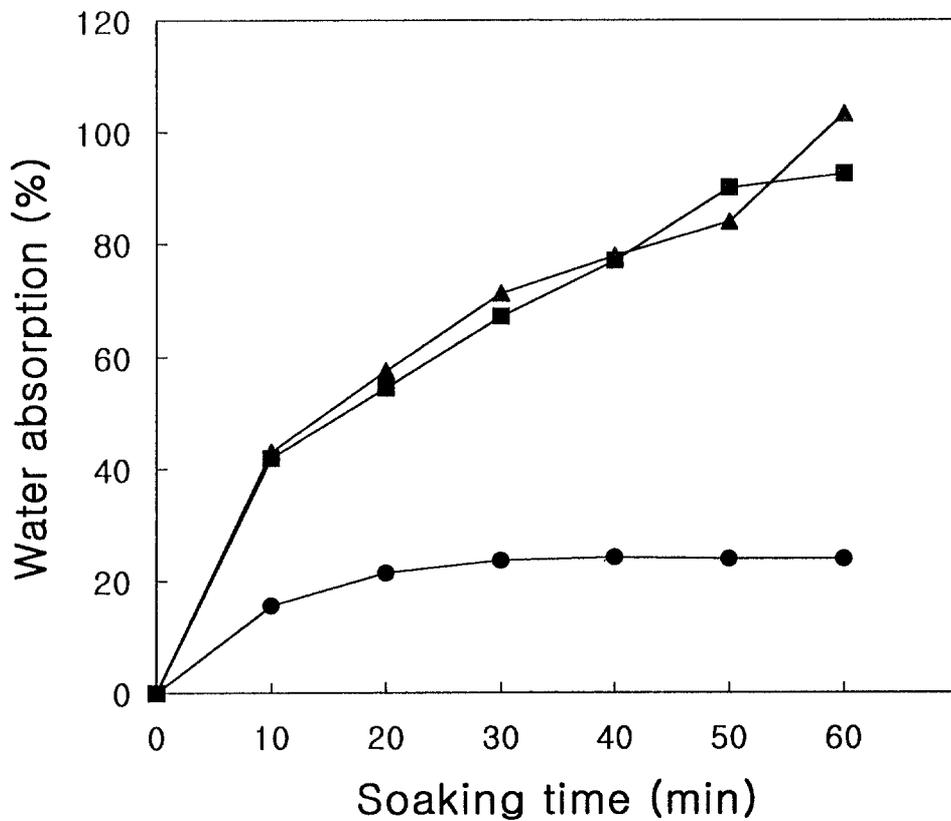


Fig. 5. Changes in water absorption of fabricated grain at 20°C. ●—●: milled rice, ■—■: fabricated grain with barley flour, ▲—▲: fabricated grain with β -glucan enriched fraction.

라. β -Glucan 강화 혼합쌀의 텍스처 및 관능특성

현미가루에 보리가루 또는 β -glucan 농축획분을 각각 30% 첨가하여 압출성형 제조한 혼합쌀의 취반후 경도(hardness), 부착성(adhesiveness), cohesiveness(응집성), gumminess(점성), chewiness(씹힘성), springiness(탄성)를 측정하여 백미와 비교하였다(Table 18). 보리가루를 첨가한 혼합쌀의 취반후 경도는 250 g으로 백미의 433 g에 비해 크게 낮은 반면 β -glucan 강화획분을 첨가한 혼합쌀의 경도는 462 g으로 백미와 유사하게 나타났다. 또한 보리가루 첨가 혼합쌀이 점성, 씹힘성에 있어서도 백미에 비해 낮았으나 β -glucan 강화 혼합쌀은 백미보다 다소 높게 나타났다. 응집성과 탄성은 백미보다 보리가루나 β -glucan 강화획분을 첨가한 혼합쌀 모두에서 약간 높게 나타났다. 부착성은 백미에 비해 보리가루 첨가와 β -glucan 강화 혼합쌀 모두에서 현저히 높게 나타났다. β -Glucan 강화획분을 첨가한 혼합쌀은 백미와 경도가 유사하고 점성, 씹힘성, 응집성, 탄성, 부착성에 있어 백미보다 다소 높게 나타나 끈기가 있으며 텍스처 측면에서 백미와 크게 이질감이 없는 것으로 판단되었다. 쌀중의 전분립은 배유세포벽과 단백질 matrix에 의해 싸여 있어 쌀전분의 팽윤이 억제되고 취반에 따른 쌀의 호화와 텍스처에 영향을 미칠 것으로 생각되며, 혼합쌀의 경우에는 분쇄한 곡분을 사용하기 때문에 전분을 둘러싸고 있는 구조들이 붕괴되고 재성형되어 부착성이 증가할 수 있으며 cellulase 처리에 의해 쌀 배유세포벽의 부분적인 파괴가 취반미의 경도를 감소시키고 부착성을 증가시킨다고 보고⁽²²⁾한 바 있다.

Table 18. Texture profiles of fabricated grain with β -glucan enrichment^{*}

	Springness	Gumminess	Cohesiveness	Adhesiveness	Hardness	Chewiness
Milled rice	0.704	168.929	0.391	-5.529	433.345	170.122
Fabricated grain (+ barley flour)	0.798	133.226	0.533	-22.584	250.393	106.418
Fabricated grain (+ β -glucan enriched fraction)	0.771	252.700	0.541	-34.631	462.223	192.287

*Values are means of fifteen measurements.

현미가루에 보리가루나 β -glucan 강화획분을 첨가하여 제조한 혼합쌀을 백미와 3:7의 비율로 섞어 취반한 혼용밥과 백미만으로 취반한 밥과의 관능적인 특성을 비교한 결과를 Table 19에 나타내었다. 백미에 혼합쌀을 섞어 취반한 혼용밥은 시각적인 측면에서의 색, 형태, 광택 등 외관과 향기, 맛, 그리고 텍스처의 평가항목에 있어서 관능점수가 일반 쌀밥에 비해 다소 낮았으나 9점 척도에서 약 7점으로 관능적 기호성이 양호한 편으로 나타났다. 보리가루를 첨가한 혼합쌀과 β -glucan 강화획분을 첨가한 혼합쌀밥은 관능적으로 별 차이가 없었으며, 따라서 β -glucan을 강화하여 생리기능성이 높고 취반시 간편하며 취식시 기호성이 양호한 혼용밥의 활용 가능성을 제시해 주었다.

Table 19. Sensory evaluation of cooked fabricated grain with β -glucan enrichment

	Appearance	Flavor	Taste	Texture	Overall Palatability
Milled rice	8.55	8.54	8.30	8.09	8.42
Fabricated grain (+ barley flour)	7.16	6.81	6.84	6.84	6.76
Fabricated grain (+ β -glucan enriched fraction)	6.95	7.22	7.21	6.66	6.98

마. β -Glucan 강화 혼합쌀의 미세구조

β -Glucan이 강화된 보리획분을 사용하여 압출성형 제조한 혼합쌀의 취반 전, 후의 미세구조를 SEM에 의해 관찰한 결과는 Fig. 6과 같다. 취반전 β -glucan 강화 혼합쌀의 내부 조직은 상당히 견고하고 치밀하게 성형된 것으로 관찰되었으며 혼합쌀의 취반후 조직은 스펀지 모양의 매우 다공질 형태로 팽창되어 있음을 알 수 있었다. 취반후 혼합쌀의 구조는 전분의 호화에 따른 팽창으로 인한 air cell과 전분겔층으로 되어 있으며 β -glucan fiber가 전분겔층 사이에 미세하고 균일한 망상구조를 형성하여 스펀지 형상을 보여주는 것으로 사료되었다.

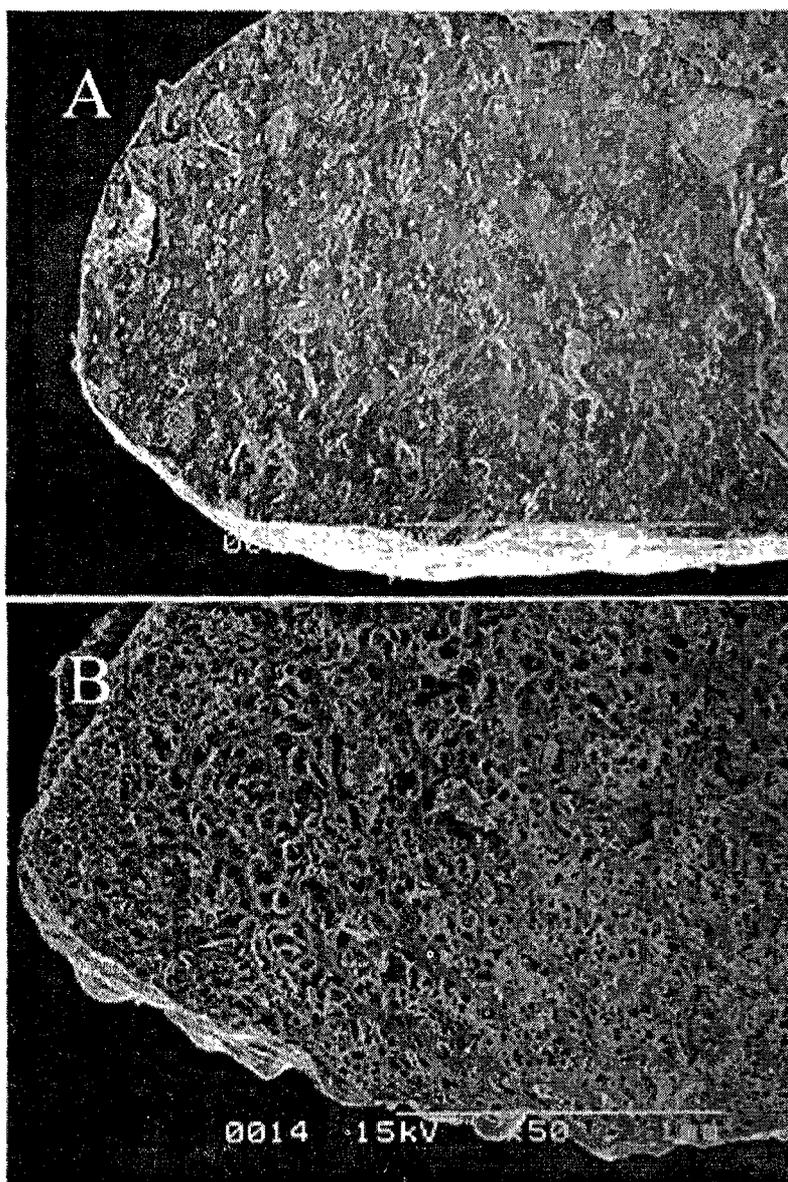


Fig 6. Scanning electron micrographs of fabricated grain with β -glucan enrichment. A: after extrusion forming, B: after cooking.

마. 가공처리중 β -glucan의 변화

현미에 β -glucan이 강화된 보리획분을 30% 첨가하여 압출성형한 혼합쌀과 이를 취반한 후의 혼합쌀밥에 대하여 총, 불용성 및 수용성 β -glucan의 함량을 분석한 결과는 Table 20에 나타나 있다. 혼합쌀의 총 β -glucan 함량은 2.48%로 원료 보리쌀 β -glucan 함량의 약 70% 수준이었다. 이는 원료보리가 함유하고 있는 β -glucan 함량을 3배 정도로만 강화한 획분을 사용한다면 보리획분의 혼합비율을 30%선으로 하더라도 β -glucan 함량면에서 보리를 거의 전량 사용하여 제조한 것과 유사한 효과가 있음을 제시해 주었다. 압출성형후 혼합쌀의 불용성 및 수용성 β -glucan 함량은 각각 0.62%, 1.86%로 보리가루에 비해 불용성 부분이 감소한 반면 수용성 부분은 현저하게 증가한 것으로 나타났다. 본 실험의 β -glucan 강화 혼합쌀은 β -glucan 함량면에서 백미의 0.04%⁽²⁾에 비해 무려 60배 이상을 함유하고 있는 것으로 분석되었다.

β -Glucan 강화 혼합쌀을 취반한 후에 측정된 총 β -glucan 함량은 2.44%로서 취반전과 거의 차이가 없었으나 불용성 β -glucan의 함량이 취반전에 비해 2배 이상으로 증가하고 수용성 부분이 감소하여 β -glucan의 용해성이 다시 현저하게 떨어짐을 보여 주었다. 이는 보리를 증자에 의한 가열처리를 하면 불용성 β -glucan이 증가하여 β -glucan의 용해성이 떨어진다는 보고⁽³⁾와 일치하였으며 또한 귀리의 증자처리에서도 추출가능한 β -glucan의 양을 감소시킨다는 결과⁽²³⁾와 유사하였다.

Table 20. Changes in total, insoluble and soluble β -glucan contents of β -glucan enriched fabricated grain by processing*

	β -Glucan content (%)			Solubility*
	Total	Insoluble	Soluble	(%)
After extrusion forming	2.48	0.62	1.86	75.00
After cooking	2.44	1.35	1.09	44.67

*Values are means of triplicate determinations

$$* \text{Solubility} = \frac{\text{Soluble}}{\text{Total}} \times 100$$

2. 밀기울의 활용

소맥은 약 83%의 배유부(endosperm), 15%의 겨(bran)와 2%의 배아(embryo)로 구성되어 있으며 과외피(epidermis)와 종피(seed coat)가 주성분으로 구성된 밀기울(wheat bran)은 밀의 제분시 부산물로 얻어지는데 밀중량에 대하여 약 15~20% 정도로 회수된다. 밀기울에는 과피, 종피, 배유, 호분층 및 배아 등이 혼합되어 있는 상태로 약 40~50% 정도의 풍부한 섬유질과 무기질 및 비타민이 함유된 천연 식품소재로 알려져 있다. 1980년 국제곡물화학협회 (ICC) 회의에서 발표된 논문에 따르면 일상적으로 섭취 가능한 식이섬유원 중에서 밀기울 내에 함유되어 있는 식이섬유의 양이 가장 많고, 인체에 미치는 효과가 매우 유효하다고 보고하였다.

식이섬유는 기능성에 따라 불용성 식이섬유(Insoluble Dietary Fiber)와 수용성 식이섬유(Soluble Dietary Fiber)로 구분되는데, cellulose, hemicellulose의 일부와

lignin 등은 불용성 식이섬유로서 야채와 밀기울, 대부분의 곡류 및 채소류에 풍부하며 생리적으로 수분 흡수율이 강하여 음식물을 증가시켜 포만감을 주고 장에서의 이동시간을 감소시켜 변비를 해소한다. 불용성 식이섬유는 보수력이 생리특성에 영향을 미치는 가장 중요한 물성요인으로 작용하는데 분자의 미세구조(microstructure)가 얼마나 물을 잘 보유할 수 있느냐에 따라 결정되며 입자의 크기와 팽윤도가 중요한 요인으로 작용한다. 한편 hemicellulose, pectin, gum, β -glucan 등은 수용성 식이섬유로 보리, 귀리, 콩류, 과일 등에 많고, 담즙산과 무기질과 결합하거나 위의 내용물을 3차원 구조의 gel로 형성하여 점도를 높여서 위와 소장에서 영양소의 흡수를 느리게 하고 혈중 cholesterol 수치를 낮추는 역할을 한다.

대부분의 곡류에서 강층에 존재하는 식이섬유원은 변비의 해소, 대장암의 예방, 혈중 콜레스테롤 함량의 저하, 전분의 가수분해 억제, 포도당의 흡수 지연, 대변의 용적증가 및 장내 통과시간 단축 등의 역할을 통하여 영양학적인 이점을 가진다. 밀기울에는 cellulose, hemicellulose, pentosan 등과 같은 고분자 점성물질이 많으며 소화 흡수율이 낮아 저칼로리 다이어트 식품소재로 효과가 있는 것으로 알려져, 국내산 밀의 제분에 의해 생성된 밀기울을 혼합쌀에 제조에 활용하였다.

가. 밀기울의 화학조성

국내산 밀품종 5개의 식이섬유를 분석한 결과(Table 21) 수용성식이섬유와 불용성식이섬유는 각각 3.6~3.9%(평균 3.80%), 11.4~12.6%(평균 12.07%) 분포였으며 품종별 식이섬유 함량은 크게 차이를 나타내지 않아 총식이섬유 함량이 약 16% 정도였다. 밀의 총식이섬유에서 수용성과 불용성 식이섬유의 각각 23.9%와 76.1%를 차지하였다.

밀의 제분에 의해 생성된 bran의 화학적 조성을 분석한 결과는 Table 22와 같

다. 밀기울의 전분함량은 22.8%로 원맥의 62.3%에 비해 현저하게 낮은 반면 밀기울의 단백질, 지질, 회분함량은 높았다. 밀기울의 총식이섬유 함량은 44.2%로 원맥의 3배 정도로 높아졌으며 β -glucan 함량 역시 밀원맥에 비해 현저하게 높았다. 따라서 제분 부산물인 밀기울이 일부 사료로 사용되고 폐기물로 방치되는 실정임을 감안할 때 식이섬유 소재로서 적절히 활용할 필요성이 있는 것으로 확인되었다.

Table 21. Chemical composition(%) of domestic whole wheat kernel

Starch	Protein	Lipid	Ash	β -Glucan	Dietary fiber		
					Soluble	Insoluble	Total
62.25	16.56	1.95	1.68	0.54	3.80	12.07	15.87

Table 22. Chemical composition(%) of wheat bran

Moisture	Starch	Ash	Protein	Lipid	Total	β -Glucan
					dietary fiber	
5.72	22.80	3.90	17.78	3.69	44.15	1.65

나. 밀기울 첨가 혼합쌀의 가공특성

현미가루에 밀기울을 각각 10, 20, 30, 40% 첨가하여 압출성형한 혼합쌀의 외형은 Fig. 7과 같으며 이들 혼합쌀의 크기와 체적을 측정된 결과는 Table 23과 같다. 밀기울의 첨가 함량이 10, 20%에서는 길이와 폭이 현미로만 성형한 쌀에 비해 약간 낮았으나 30%, 40% 첨가에서는 길이와 폭이 증가하는 경향을 보였다. 밀기울의 첨가량이 증가할수록 두께 수치가 낮아져 성형물의 토출속도를 약간 늦추는 것으로 나타났다.

Table 23. Size and stacking volume of fabricated grain with wheat bran

Level of wheat bran(%)	Length (mm)	Width (mm)	Thickness (mm)	Stacking volume (cc/20g)
0	6.97	2.84	2.22	23.5
10	6.77	2.82	1.96	23.0
20	6.88	2.80	1.89	24.0
30	7.12	2.97	1.79	24.0
40	6.93	3.06	1.70	24.0

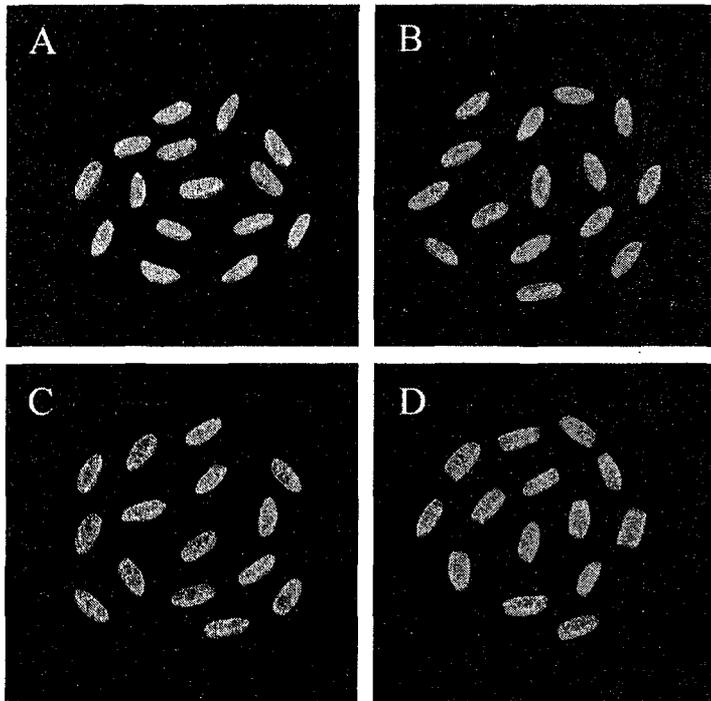


Fig. 7. Appearance of fabricated grain with different levels of wheat bran
A: wheat bran 10%, B: 20%, C: 30%, D: 40%.

현미에 밀기울을 첨가하여 제조한 혼합쌀의 색도를 측정된 결과 L값은 20% 이상 첨가시에 약간 낮아져서 어두워졌다 a값은 밀기울의 첨가량이 증가함에 따라 증가하여 적색도가 높아진 반면 b값은 감소하여 황색도가 떨어졌다. 20℃에서 30분 동안 침지한 후 측정된 혼합쌀의 수분흡수율은 밀기울의 첨가량이 증가함에 따라 증가하여 밀기울의 수분흡수가 높았음을 제시하였다(Table 24). 혼합쌀의 가공특성과 품질을 시험한 결과에 의하며 현미에 혼합할 수 있는 밀기울의 적정 첨가수준은 약 20%인 것으로 판단되었다.

Table 24. Color and water absorption(%) of fabricated grain with different levels of wheat bran

Level of wheat bran(%)	Color value			Water absorption (%)
	L	a	b	
0	54.63	+2.99	+10.47	56.82
10	58.11	+3.90	+8.16	62.12
20	50.87	+4.87	+7.52	65.58
30	51.22	+4.84	+7.43	70.76
40	50.18	+4.83	+6.63	74.58

3. 콩 isoflavone의 활용

콩은 단백질이 우수하고 불포화지방산의 비율이 높을 뿐 만 아니라 다양한 생리활성을 가진 기능성 물질들을 함유하고 있다. 콩에는 식이섬유, 올리고당, phytic acid, trypsin inhibitor, isoflavone, saponins 등이 생리활성이 있는 기능성 물질로 밝혀지고 있다. 콩의 생리활성 배당체인 isoflavone으로 aglycone인 genistein, daidzein, glycitein과 포도당 배당체들이 12종 밝혀져 있다. 콩의 isoflavone은 diadzein, genistein. Isoflavone 중 genistein은 암세포의 증식에 관여하는 효소를 저해하여 전립선암의 억제 등 암의 억제기능이 보고되었다. 또한 estrogen receptor와 결합하여 estrogen 활성을 필요로 하는 유방암 세포의 발생을 억제한다고 한다.

콩 함유 기능성 소재를 활용하기 위하여 대두분, 대두가공 부산물인 대두박의 isoflavone 함량을 분석한 결과는 Table 25와 같다. 콩의 daidzein 함량과 genistein 함량은 각각 31.44 mg%, 48.14 mg%로 genistein의 함량이 높았으며 이들을 합한 isoflavone 함량은 79.58 mg%로 분석되었다. 콩에 존재하는 isoflavone의 함량은 품종 및 재배환경에 따라 다르게 분포하는 것으로 보고된 바 있다. 탈지대두박의 isoflavone 함량은 daidzein 80.31 mg%, genistein 112.27 mg%로 합 192.58 mg%로 나타났다. 대두박에 존재하는 isoflavone의 함량이 대두에 비해 2.4배 가량 높게 나타나 isoflavone의 우수한 공급원임이 확인되었다.

현미에 대두박을 30% 첨가하여 압출성형한 혼합쌀로 제조하였다. 현미에 대두박을 30% 혼합한 시료의 총 isoflavone 함량은 49.51%로 콩의 약 2/3 정도였으며 이를 압출성형한 혼합곡에 대한 isoflavone 함량은 58.32mg%로 증가하였다 (Table 26). 대두박을 혼합쌀 제조에 첨가할 수 있는 수준은 약 30%까지 인 것으로 나타났다.

Table 25. Isoflavone contents of soybean and soybean cake

	Isoflavone content (mg%)		Daidzein+Genistein
	Daidzein	Genistein	
Soybean	31.44	48.14	79.58
Soybean cake	80.31	112.27	192.58

Table 26. Isoflavone contents of brown rice/soybean cake blend and their fabricated grain

	Isoflavone content (mg%)		Daidzein+Genistein
	Daidzein	Genistein	
Brwon rice + Soybean cake blend	20.22	29.29	49.51
Fabricated grain	24.41	33.91	58.32

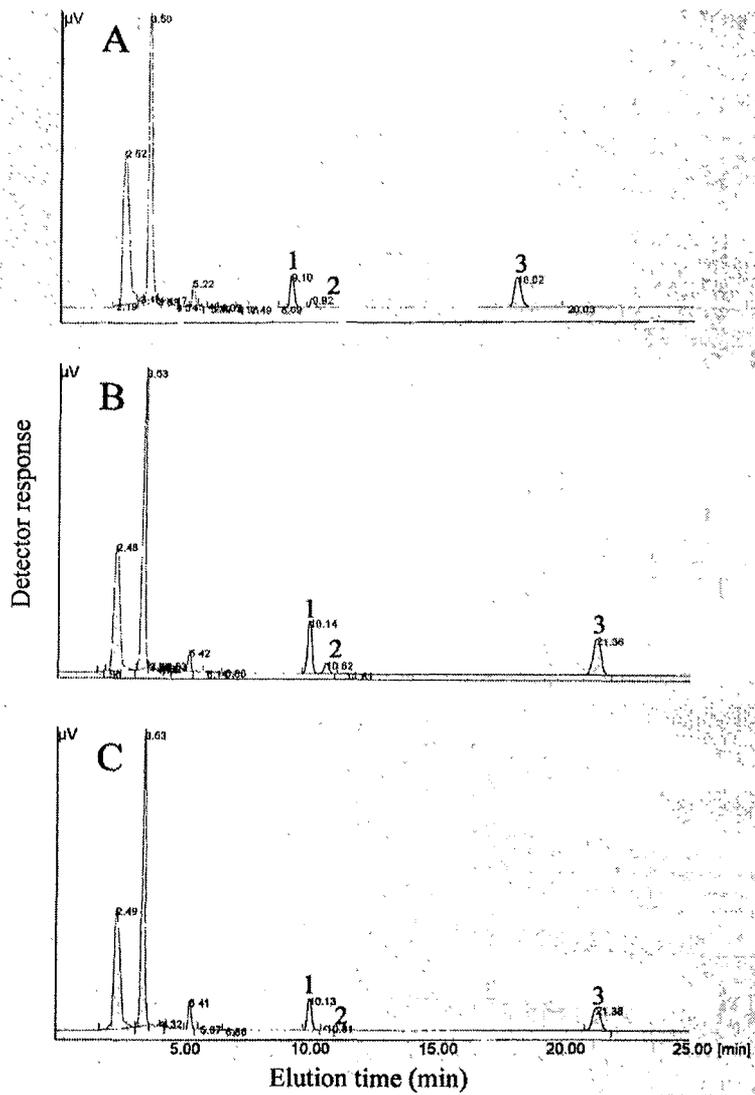


Fig 8. HPLC separation of Isoflavones in soybean(A), soybean cake(B), and fabricated grain extruded with brown rice/soybean cake blend(C). 1: Daidzein, 2: Glycitein, 3: Genistein.

제 3 절 조립형 혼합쌀의 성형

1. 조립형으로 성형방법 검토

조립형 혼합쌀을 제조하기 위한 기계적 재성형 방법으로 압축조립기를 이용 압착식으로 성형하는 방법을 고려하였으며 이는 일정한 크기의 모양으로 압축성형하여 입자를 만들고 높은 압력에 의하여 눌러 조립하는 방법이다. 이 방법으로 성형된 혼합쌀의 낱알 모양은 양호하였으나 쌀의 조직이 약하여 취반특성이 좋지 못하였고 연속공정에 어려움이 있는 것으로 나타났다.

최근 곡류를 이용한 제품에 획기적으로 사용되고 있는 압출성형기법을 이용하여 조립형 혼합쌀로 성형하였으며 이 방법은 연속생산이 가능하며 토출구(die)의 모양을 바꾸어 줌으로써 다양한 형태로 조립성형된 혼합쌀을 제조할 수 있는 것으로 나타나 전분질 곡류와 고단백 두류의 혼합뿐 만 아니라 기능성소재를 첨가하여 생리적인 기능이 강화된 조립형 혼합쌀에 적합한 공정인 것으로 나타났다.

2. 원료곡종에 따른 성형특성

압출성형 혼합쌀의 성형은 사용하는 원료에 영향을 받아 곡물 원료의 배합비율에 따라 제조적성이 다른 것으로 나타났다. 압출성형에 의한 혼합쌀의 제조시 오곡을 포함한 대부분의 곡류를 사용할 수 있으나 우선 곡물의 가용성 면에서 사용량이 많을 것으로 생각되어지는 백미, 현미, 보리와 밀 각각의 원료로만 압출성형을 시도한 결과 곡물의 종류의 따라 압출성형적성이 다르게 나타났다. 백미, 현미, 보리만을 전량 사용하여 압출성형한 재성형쌀의 외형은 Fig. 9와 같으며 크기, 체적, 천립중을 측정하였다(Table 27). 백미만을 사용한 재성형쌀의 평

평균길이는 5.55 mm로 현미의 5.62 mm보다 약간 짧은 반면 평균폭과 두께는 크게 측정되었으며 보리는 평균길이, 폭 및 두께에서 가장 낮은 것으로 나타났다.

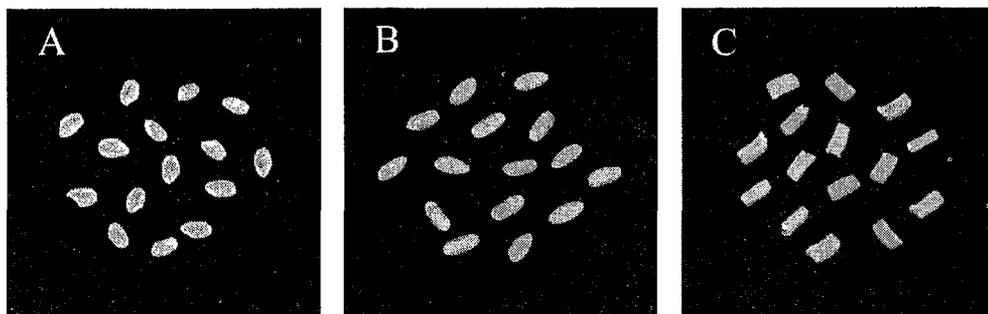


Fig. 9. Appearance of fabricated grains prepared with different cereals. A: milled rice, B: brown rice, C: pearled barley.

Table 27. Characteristics of fabricated grains prepared with different types of cereals

Cereals\	Length (mm)	Width (mm)	Thickness (mm)	Length/ Width	1,000-grain (g)	Stacking volume (cc/20g)
Milled rice	5.55	2.72	2.55	2.04	17.98	24.0
Brown rice	5.62	2.52	2.40	2.23	19.60	24.3
Pearled barley	5.10	2.37	1.90	2.15	20.08	29.0

곡물 중에서 현미의 성형상태가 가장 우수하였고 백미를 사용한 성형물은 성형상태가 양호한 편이었으나 찹쌀의 경우 맵쌀에 비해 성형모양이 온전치 못했으며 끈적끈적하여 물성이 떨어지는 등 가공적성이 떨어졌다. 백미와 같이 전분질의 함량이 매우 높은 원료는 성형물에 결합력을 제공하는 반면에 토출시 성형물의 부착성을 높이고 성형온도에 민감하여 성형물의 팽화를 초래할 수 있어 성형조건을 조절해야할 필요성이 있었다.

보리와 밀은 토출구멍의 모양과 유사하게 각이진 형태의 성형물을 형성하여 쌀알형태로의 성형적성이 떨어지는 것으로 나타났다. 밀에서는 단백질 복합체인 gluten에 의한 점탄성이 물성에 영향을 주어 조립형 혼합쌀의 외형에 부정적으로 작용하였으며 보리의 경우에도 보리가 함유하는 식이섬유의 물성이 그 일부 원인으로 판단되었다.

밀은 단백질의 약 90%를 차지하고 있는 gluten으로 인해 그 함량이 많을 경우에는 압출성형 혼합물의 물성을 뻣뻣하게 하여 조립형 혼합쌀의 외형에 부정적으로 작용하였으며 100% 밀을 사용한 성형물은 토출구멍의 모양과 유사한 각이진 형태의 성형물을 형성하였다. 100% 보리의 경우에도 밀과 같이 각이져 매끈하지 못한 성형물을 형성하였으며 이는 보리가 함유하는 식이섬유의 물성이 일부 원인으로 판단되었다.

압출성형 제조특성이 가장 좋은 현미에 보리가루를 0~50%까지 첨가하여 제조한 혼합쌀의 외형은 Fig. 10과 같으며 그 특성은 Table 28에 나타내었다. 보리의 함량 30%까지 혼합쌀의 두께는 별차이 없다가 그 이후에는 줄어들었으며 혼합쌀의 폭 역시 보리의 첨가량이 증가함에 따라 줄어드는 경향을 보였다.

현미에 보리가루의 첨가량이 증가함에 따라 혼합쌀은 약간 밝아지고 a, b값은 증가하여 적황색도가 증가하는 경향을 보였다(Table 29). 따라서 주원료인 현미에 보리와 밀은 그 첨가 수준이 증가함에 따라 제조적성이 떨어져 보리 40%, 밀 30%이상의 첨가수준에서는 성형상태가 온전하지 못하였다. 콩의 첨가는 가수량

을 증가시키고 성형물의 부착성을 감소시키는 특성을 주었으며 첨가수준이 15% 이상에서는 성형에 매우 부정적으로 작용하였다.

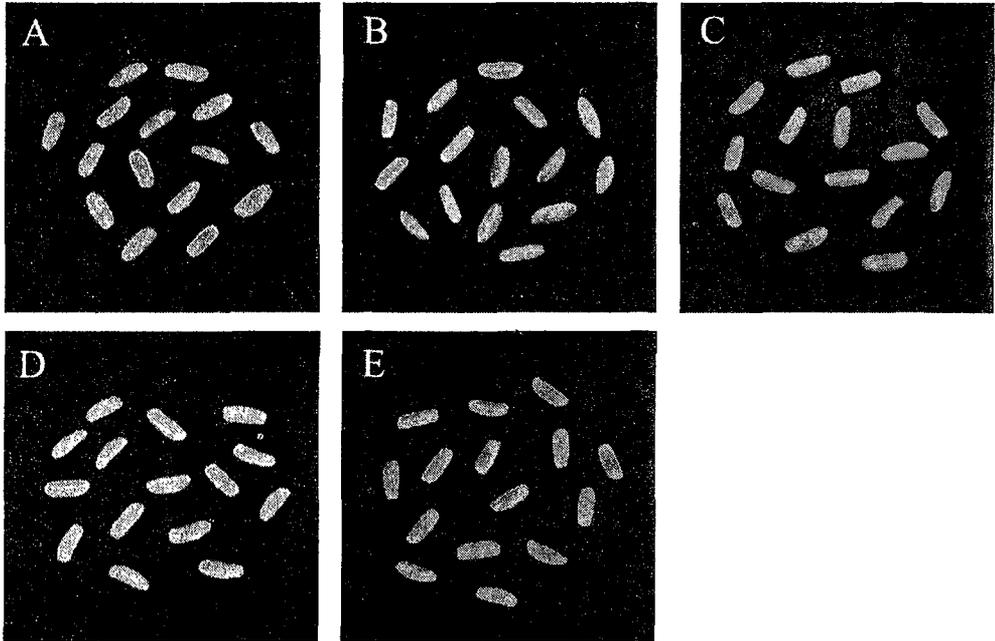


Fig. 10. Appearance of fabricated grain prepared from brown rice flour with different levels of pearled barley flour. A: pearled barley 10%, B: 20%, C: 30%, D: 40%, E: 50%.

Table 28. Size and stacking volume of fabricated grains prepared from brown rice flour with different levels of pearled barley flour

Level of barley flour(%)	Length(mm)	Thickness(mm)	Width(mm)	Stacking volume (cc/20g)
0	6.97	2.22	2.84	23.5
10	6.87	1.99	2.82	24.0
20	6.93	2.13	2.82	23.5
30	7.11	2.24	2.51	24.0
40	7.08	2.01	2.60	25.0
50	6.36	1.63	2.57	24.0

Table 29. Color and water absorption of fabricated grains prepared from brown rice flour with different levels of pearled barley flour

Level of barley flour(%)	Color value			Water absorption(%)
	L	a	b	
0	54.63	+2.99	+10.47	56.82
10	54.64	+3.46	+11.54	71.52
20	56.13	+3.37	+10.88	65.56
30	55.78	+3.64	+11.38	68.63
40	56.06	+3.83	+11.79	70.22
50	55.53	+3.98	+12.22	79.63

혼합쌀에 사용된 쌀의 종류에 따른 혼합곡의 텍스처를 Texture analyzer를 사용하여 측정된 결과(Fig. 11) 백미에 비해 현미와 백미를 첨가한 혼합쌀 처리구의 경도는 백미와 유사하였으나 찹쌀을 30% 첨가한 처리구는 높게 나타났다. 찹쌀의 첨가는 성형물을 끈적끈적하게 하고 성형물의 온전함에 떨어져 조직감에 영향을 주는 것으로 판단되었다.

현미의 첨가량에 따른 혼합쌀의 텍스처에 있어서는 현미를 10% 첨가하였을 경우 가장 높았는데 이는 혼합쌀에 포함된 밀가루의 양이 높았기 때문이며 현미 30~50%에서는 백미의 경도와 크게 차이가 없는 것으로 측정되었다(Fig. 12).

혼합쌀의 제조에 보리의 첨가량을 증가시켰을 때 혼합쌀의 경도를 증가시키는 경향을 보여주었다(Fig. 13).

콩과 팥을 첨가하여 텍스처를 측정된 결과는 Fig. 14와 같다. 콩의 함량이 2%, 7%, 17%로 증가하였을 때 혼합쌀의 경도는 증가한 반면에 팥의 함량이 2%, 8%로 증가하였을 경우 경도는 감소하였다.

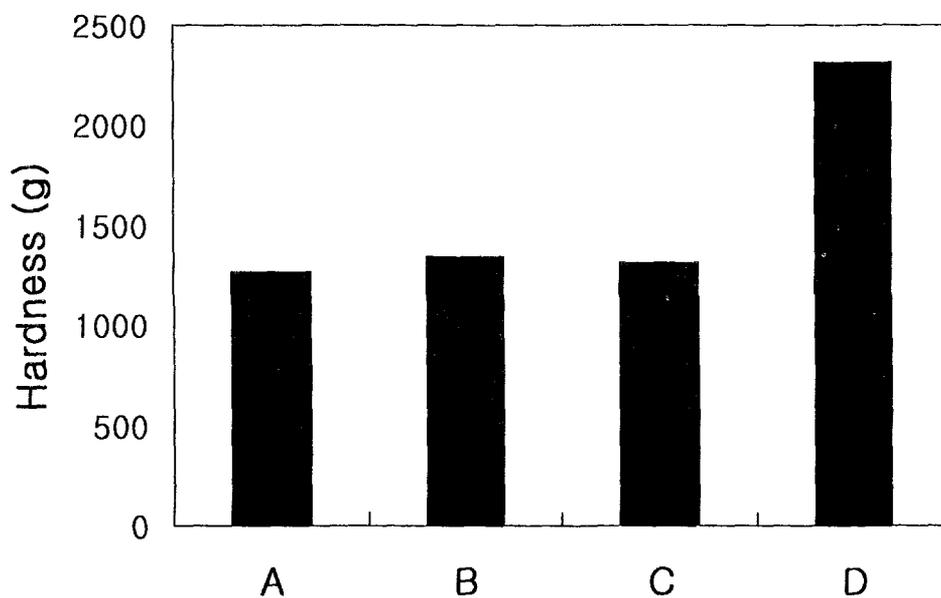


Fig. 11. Hardness of cooked fabricated grains prepared with different types of rice.

A: milled rice(control)

B: fabricated grain (brown rice 30%)

C: fabricated grain (milled non-waxy rice 30%)

D: fabricated grain (milled waxy rice 30%)

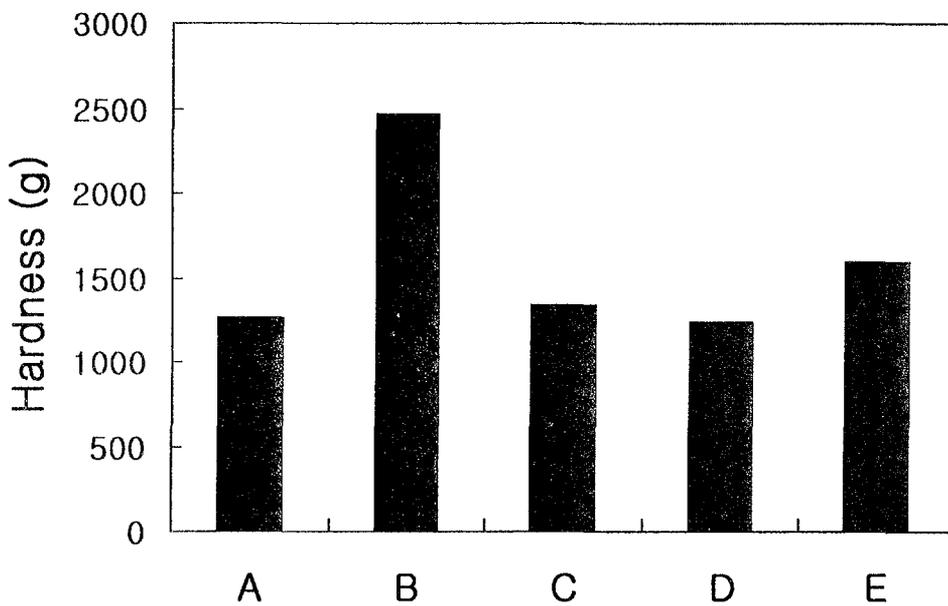


Fig. 12. Hardness of cooked fabricated grain with different levels of brown rice.

A: milled rice(control)

B: fabricated grain(brown rice 20%)

C: fabricated grain(brown rice 30%)

D: fabricated grain(brown rice 40%)

E: fabricated grain(brown rice 50%)

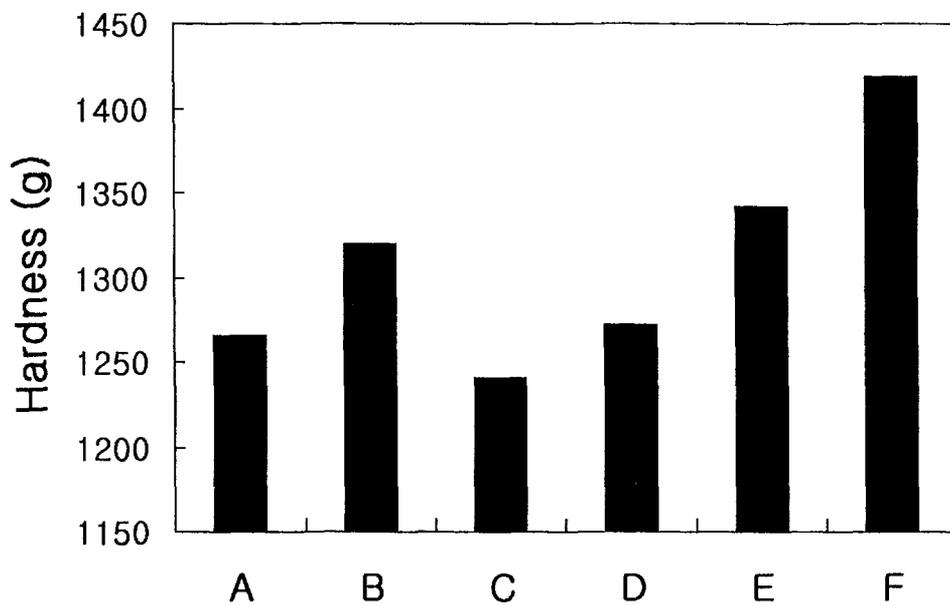


Fig. 13. Hardness of cooked fabricated grains with different levels of barley.

- A: milled rice(control)
- B: fabricated grain(barley 0%)
- C: fabricated grain(barley 10%)
- D: fabricated grain(barley 20%)
- E: fabricated grain(barley 30%)
- F: fabricated grain(barley 40%)

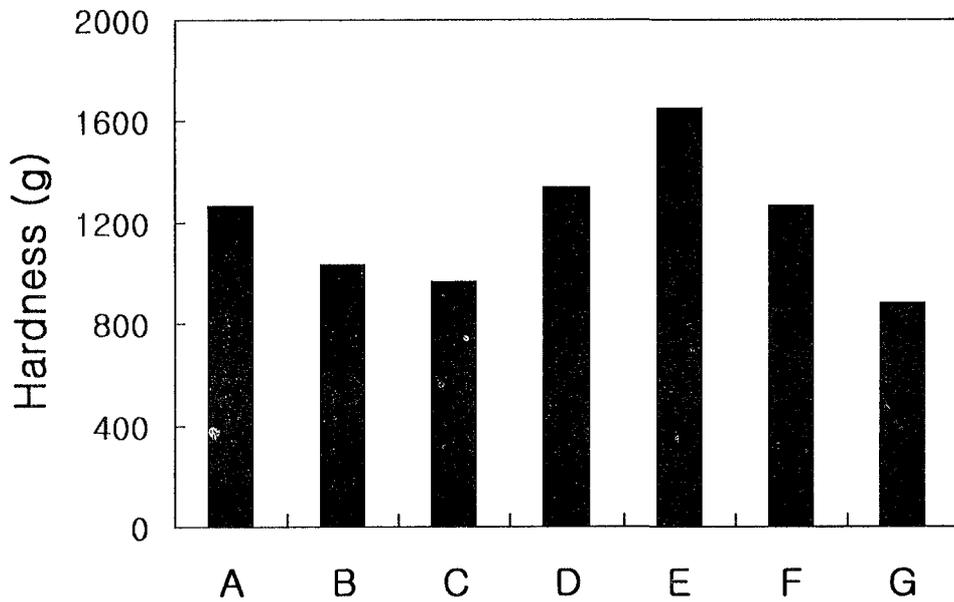


Fig. 14. Hardness of cooked fabricated grains with legumes.

A: milled rice(control)

B: fabricated grain(soybean, Azuki bean 0%)

C: fabricated grain(soybean 2%, Azuki bean 3%)

D: fabricated grain(soybean 7%, Azuki bean 3%)

E: fabricated grain(soybean 17%, Azuki bean 3%)

F: fabricated grain(soybean 7%, Azuki bean 8%)

G: fabricated grain(soybean 7%, Azuki bean 13%)

3. 원료곡물의 배합비 결정

곡류와 두류를 포함하여 현재 세계적으로 생산량이 가장 많은 다섯가지 곡물 즉 세계의 5곡은 벼, 밀, 옥수수, 보리, 콩으로 되어있고, 벼, 밀, 옥수수는 생산량이 특히 많아서 세계의 삼곡으로 알려져 있다. 두류인 콩을 제외한 곡류로서 그 다음으로는 sorghum(*Sorghum bicolor*(L.) Moench, 수수)과 millet의 생산량이 많으며 millet은 일반적으로 pearl millet(*Pennisetum typhoides*), proso millet(*Panicum miliaceum*, 기장), foxtail millet(*Setaria italica*, 조), Japanese millet(*Echinochloa crusgalli*, 피), finger millet(*Eleusine coracana*)으로 구분하고 있다. 동양의 오곡(五穀)이란 가장 중요한 다섯가지 곡물을 뜻하는데 예로부터 우리가 흔히 오곡밥을 짓는다고 할때는 주로 쌀, 보리, 콩, 기장, 조의 다섯가지 곡식으로 지은 밥을 말하며 경우에 따라서는 그 이상을 섞어서 밥을 짓기도 한다. 오곡의 구체적인 종류는 문헌에 따라 약간의 차이가 있고 지역에 따라 다를 수 있지만 麥(보리), 豆(콩), 黍(기장), 稷(조 또는 피)과 稻(벼) 또는 麻(삼)이 포함된다. 동양의 오곡을 세계의 오곡과 비교해 보면 벼, 보리, 콩이 공통으로 들어가고 그 외에 기장, 조, 피, 삼 가운데 2가지가 더 포함되는 것이다.

오곡밥과 같이 쌀에 보리, 수수, 기장, 조 등과 같은 곡류나 콩, 팥 등의 두류를 적당히 혼합하여 취반한 혼식이 쌀밥에 부족한 영양성분을 보충해 줄 수 있는 것으로 잘 알려져 있다. 곡류는 일반적으로 전분질을 주성분으로 하며 곡종에 따라 단백질, 지질, 섬유소 뿐 만 아니라 무기질, 비타민 등 미량영양성분에 있어 각기 서로 다른 특성을 나타내며 콩과 같은 두류는 곡류에 부족한 단백질과 지질을 보완 공급하여 상호간의 영양적 보완을 충분하게 이룰 수 있다. 또한 현미, 보리, 옥수수, 메밀, 울무, 콩 등 곡류 및 두류에는 여러가지 생리활성물질이 존재하여 인체내에서 유익한 생리작용을 하는 것으로 밝혀지고 있다.

조립형 혼합쌀의 제조에 사용된 원료의 배합비는 현미 30~100%, 보리 0~40%, 밀 0~30%, 조 0~5%, 수수 0~5%, 콩 0~17%, 팥 0~13%의 범위에서 배합하여 제조하였으며 각각의 성형물 특성을 조사하였다. 혼합쌀의 가공적성 뿐만 아니라 영양성과 기호성을 고려한 원료의 기본배합비는 Table 30과 같다. 또한 기본배합비에 포함된 곡물에 메밀, 녹두, 울무 등 일부 곡물을 5% 이내로 소량 첨가할 수 있었다.

Table 30. Basic formula(%) for fabricated grain

Brown rice	Barley	Wheat	Millet	Sorghum	Soybean	Azuki bean
50	20	10	5	5	7	3

원료곡분의 기본배합비에 의해 성형된 혼합쌀의 외형에 있어서 혼합쌀의 크기를 백미와 비교한 결과 중립종 또는 장립종과 유사한 형태로 제조할 수 있었다 (Table 31). 상기 원료곡분의 기본배합비에 의한 혼합곡분과 압출성형 후 혼합곡의 색도, 수분흡수지수, 수분용해도지수를 측정한 결과는 Table 32와 같다. 혼합쌀의 L값은 백미보다 낮아 어두웠으며 a와 b값은 약간 증가하였다. 혼합곡분의 수분흡수지수는 243이었으며 압출성형에 의한 혼합쌀에서 384로 증가한 반면에 수분용해도지수는 17.2에서 12.2로 감소하였다.

Table 31. Sizes of extruded multi-grains with selected cereals and legumes

	Average length (mm)	Average width (mm)	Average thickness (mm)
Milled rice	4.39	1.84	1.62
Extruded multi-grain	5.61	2.70	2.05

Table 32. Comparisons of some properties between multi-grain flour and extruded multi-grain

	Color value			WAI	WSI
	L	a	b		
Multi-grain flour	84.37	1.20	10.31	242.66	17.2
Extruded multi-grain	79.67	2.08	11.58	384.47	12.2

조립형 혼합쌀의 일반성분을 분석하여 백미와 비교하였다(Table 33). 조립형 혼합쌀은 전분함량이 백미보다 낮았으나 단백질, 지방, 회분, 총식이섬유 함량에서 높아져 각종 곡물의 배합에 따른 영양적인 보충을 이룰 수 있었다. 또한 여러가지 곡류와 두류의 상호 영양적인 보완에 의해 백미에 부족한 무기질 및 비타민의 함량등 영양성분이 높아 쌀밥에 영양적인 보충을 줄 수 있는 것으로 확인되었다.

Table 33. Chemical composition(%) of milled rice and fabricated grain

	Moisture	Starch	Protein	Lipid	Ash	TDF
Milled rice	11.21	82.23	8.13	0.72	0.43	5.56
Fabricated grain	10.34	66.42	12.02	1.34	1.53	9.51

4. 혼합쌀의 크기 및 형태

압출성형방법은 연속적으로 혼합, 성형의 기능을 단일장치내에서 이루어질 수 있도록 하여 혼합쌀의 연속생산이 가능하며 성형기 토출구(die)의 design을 다양화하여 토출구멍의 형태와 크기를 바꾸어 줌으로써 여러 가지 형태로 조립성형된 혼합곡류를 제조할 수 있는 것으로 나타났다(Fig. 16, Table 34)

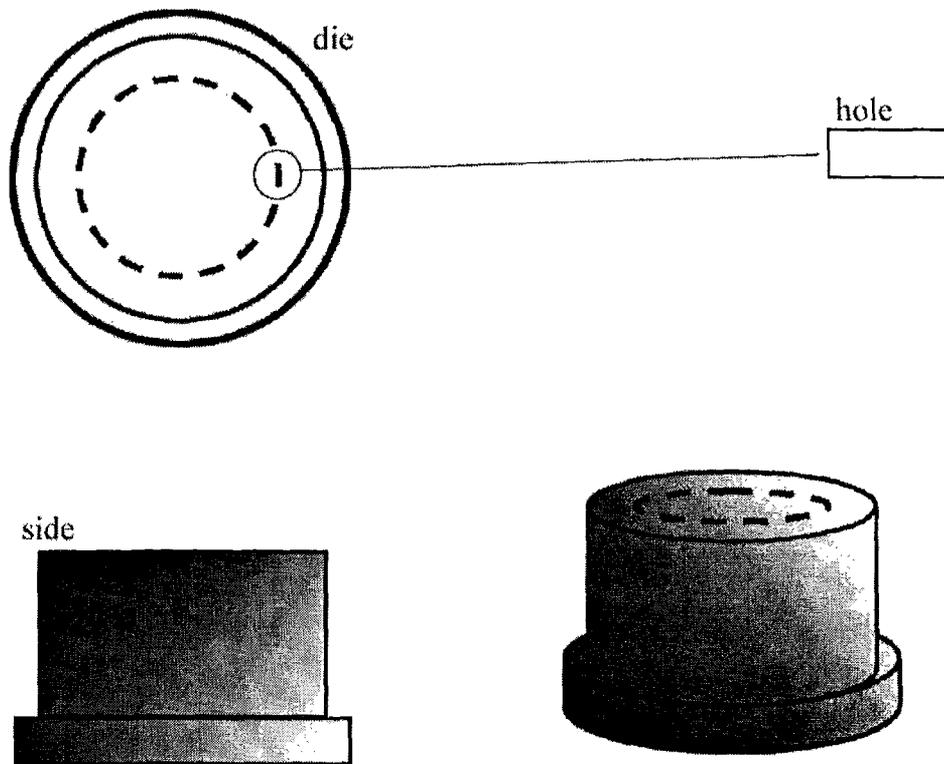


Fig. 15. Design of extruder die.

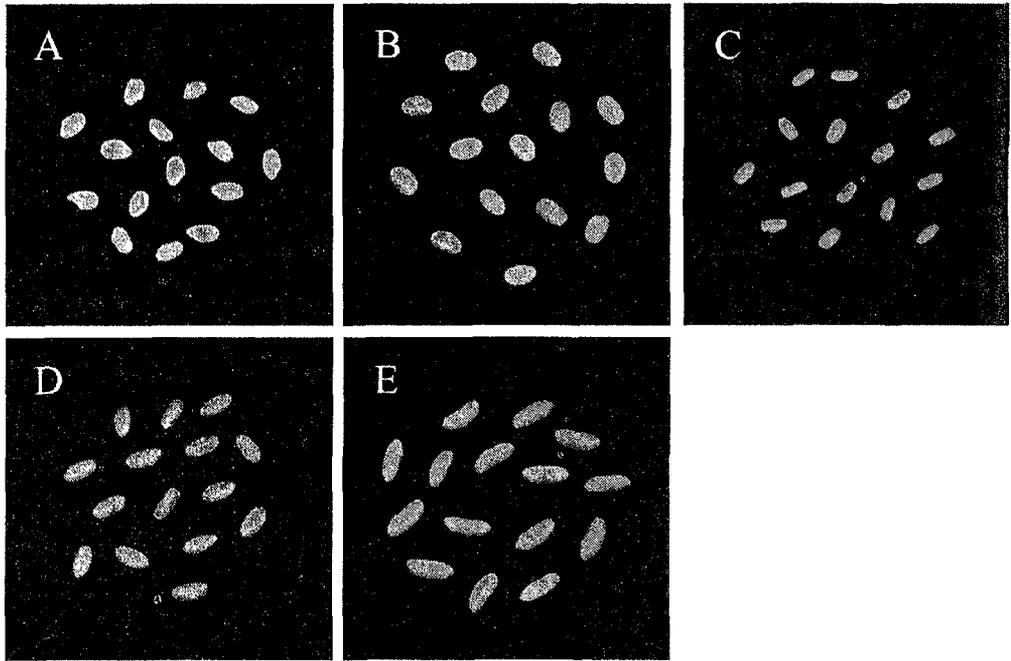


Fig. 16. Appearance of fabricated grain prepared by different extruder dies. A: milled rice(control), A: 5 x 0.8 mm rectangular die hole 10, B: 4 x 1.2 mm rectangular die hole 27, C: 5.2 x 1.5 mm rectangular die hole 16, D: 7.4 × 1.5 mm rectangular die hole 14.

Table 34. Properties of fabricated grains prepared by different dies

	Length (mm)	Width (mm)	Thickness (mm)	Length/ Width ratio	1,000-grain weight (g)	Stacking volume (cc/20g)
Milled rice	4.93	2.82	2.03	1.79	19.93	22.3
Fabricated grain						
A	4.87	2.97	2.22	1.64	24.94	23.5
B	4.02	2.00	1.40	2.01	8.12	24.75
C	5.61	2.70	2.05	2.08	24.37	23.50
D	7.28	2.75	2.25	2.64	32.43	22.50

A: 5 x 0.8 mm rectangular die hole 10

B: 4 x 1.2 mm rectangular die hole 27

C: 5.2 x 1.5 mm rectangular die hole 16

D: 7.4 × 1.5 mm rectangular die hole 14

5. 압출성형조건의 확립

압출성형된 혼합쌀의 외형 및 품질에 미치는 영향요인으로 곡물원료, 토출구 design, 토출구멍의 수, 토출구의 재질 뿐 만 아니라 수분함량, 압력, 압출성형온도 등 압출성형조건이 매우 중요하였다. 압출성형조건중 특히 수분함량과 배럴온도가 혼합쌀의 외형에 큰 영향을 미치게 되는데 가수율이 높아 혼합물의 수분함량이 높아지면 성형물의 토출속도가 빨라져 모양이 커지며 수분함량이 적으면 토출속도가 느려져 모양이 작아지는 경향을 나타냈다. 압출성형온도 역시 조립형 혼합쌀의 외형에 큰 영향을 미치며 배럴온도가 높아지게 되면 성형물이 팽화되어 부적절한 형태의 성형을 야기하였다.

조립형 혼합쌀의 제조는 pin mill을 사용하여 분쇄된 곡물가루를 정해진 배합비로 배합한 후 믹서기에서 교반하여 혼합된 원료를 압출성형기(FESTINA FX 40)에 의해 성형하였다. 이때 압출성형조건은 곡물원료와 토출구의 design에 따라 달라지지만 twin-screw feeder를 사용한 원료의 투입속도 250~450 g/min, 스크류속도 200~430 rpm, 가수율 23~35%, 압출성형온도 55~80°C의 범위에서 조절하는 것이 적당하였다. 토출부의 토출구멍(die hole)은 5~7.5 mm × 1.0~1.8 mm 크기의 직사각형 또는 타원형의 형태로 하는것이 바람직 하였으며, 1개 또는 2개의 절단칼날을 사용하고 절단칼의 회전속도 800~2,200 rpm에서 회전칼날과 토출구의 간격을 0.05 ~ 0.5 mm로 유지하여 쌀알 형태로 제조할 수 있었다.

제 4 절 혼합쌀의 품질특성 및 취반방법 확립

1. 혼합쌀의 일반적 특성

가. 혼합쌀의 크기

적정 배합비에 의해 압출성형한 혼합쌀의 취반 전·후 외형 및 크기의 변화를 조사한 결과는 각각 Fig. 17 및 Table 36과 같다. 백미는 취반에 따라 길이, 폭, 두께에서 1.1~1.4배의 팽창을 보여 주었는데(Table 35) 조립형 혼합쌀의 경우에도 취반전 보다 약 1.2~1.3배 정도 증가하였다(Table 36). 취반과정중에 쌀알내의 전분이 팽윤, 호화함에 따라 쌀알의 팽창이 일어나며 쌀이 되었을때는 쌀의 2.5배로 확대되는 것으로 보고하였다.

Table 35. Changes in size of milled rice by cooking

	Average Length (mm)	Average Width (mm)	Average Thickness (mm)
Before cooking	5.06	2.82	2.08
After cooking	7.04	3.14	2.37

Table 36. Changes in size of fabricated multi-grain by cooking

	Average Length (mm)	Average Width (mm)	Average Thickness (mm)
Before cooking	7.28	2.75	2.25
After cooking	8.91	3.17	2.82

* Values are means of fifteen measurements.

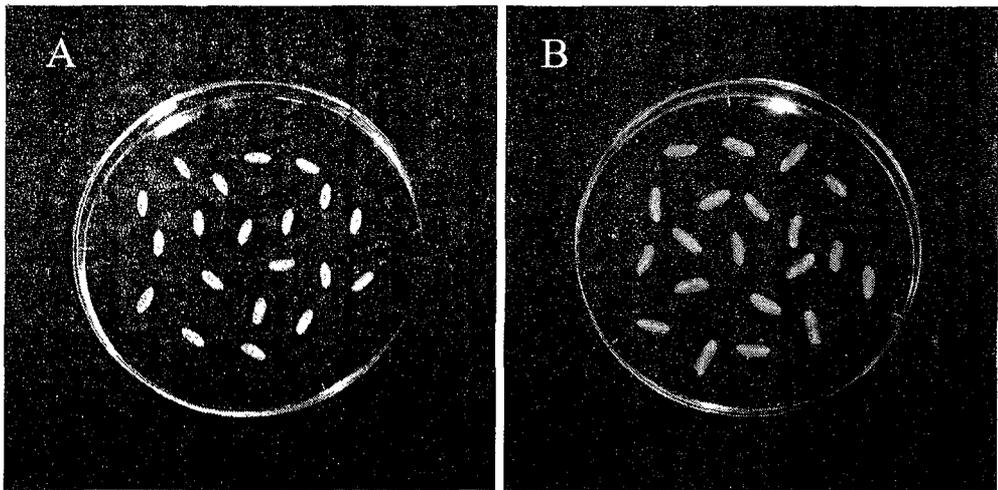


Fig. 17. Appearance of fabricated multi-grains.

A: before cooking, B: after cooking.

나. 혼합쌀의 색도

조립형 혼합쌀의 취반전·후 표면색도를 색차계를 사용하여 측정한 결과는 Table 37, 38과 같다. 조립형 혼합쌀은 색의 밝기를 나타내는 L값이 백미에 비해 낮아 어두운 것으로 나타났다. 백미는 취반후 색상이 약간 어두워지는 경향이었으나 조립형 혼합쌀은 색상이 밝아지는 경향을 보였다. (+)일 경우에는 적색도를, (-)일 경우에는 녹색도를 나타내는 a값의 경우 백미는 (-)값을 나타내 이등의 결과⁷⁾와 유사하였으며 조립형 혼합쌀은 모두 (+)값을 나타내 적색도가 높게 나타났다. 조립형 혼합쌀의 취반했을때 a와 b값은 취반전에 비해 다소 낮아져 적황색도가 감소하였다.

Table 37. Changes in color of milled rice by cooking

	Color		
	L	a	b
Before cooking	66.49	-0.28	10.70
After cooking	68.56	-1.37	3.29

Table 38. Changes in color of fabricated grain by cooking

	Color		
	L	a	b
Before cooking	52.67	3.85	10.28
After cooking	54.34	2.58	9.43

다. 혼합쌀의 amylograph 특성

혼합곡분을 사용하여 압출성형한 혼합쌀에 대하여 Amylograph로 호화에 따른 점도의 변화를 백미의 경우와 비교하여 측정한 결과는 Fig. 17 및 Table 39와 같다. 혼합곡분의 호화개시온도는 74.3℃로 백미의 67.5℃에 비해 높았으나 압출성형한 혼합쌀은 62.5℃로 낮아졌다. 최고점도는 백미의 1180 B.U.에 반해 혼합곡분에서 264 B.U.로 현저히 낮았는데 이는 혼합곡분의 전분함량이 백미에 비해 현저히 낮았기 때문인 것으로 판단되었다. 압출성형한 혼합쌀의 최고점도는 248 B.U.로 혼합곡분 보다 약간 더 떨어졌다. 혼합곡분 paste는 95℃에서 10분간 머무르는 동안 점도의 변화가 크지 않았으나 50℃ 점도가 575 B.U.로 증가하여 set back이 큰 것으로 나타났다. 혼합쌀은 혼합곡분에 비해 50℃ 점도가 199 B.U.로 낮아져 set back이 낮았다.

Table 39. Amylograph pasting characteristics of multi-grain flour mixture and fabricated grain, compared to milled rice

	Gelatini- zation temp. (℃)	Peak viscosity (B.U)	Minimum viscosity (B.U)	50℃ viscosity (B.U)	Break down (B.U)	Set- back (B.U)	Consis- tency (B.U)
Milled rice	67.50	1180	520	1020	660	-160	500
Multi-grain mixture	74.25	264	160	575	104	311	415
Fabricated grain	62.53	248	64	199	184	-49.	135

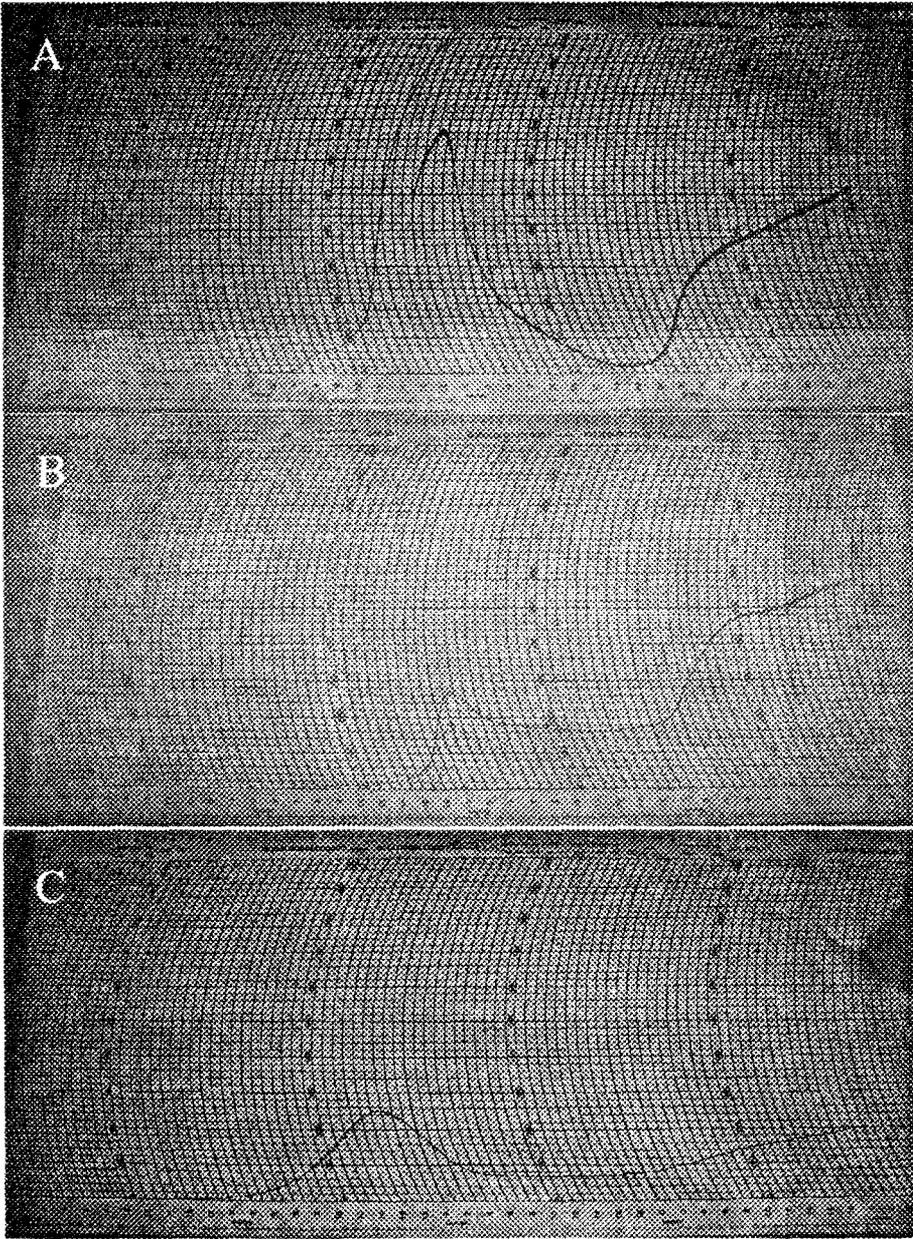


Fig. 18. Amylograms of milled rice(A), multi-grain flour mixture(B), and fabricated grain(C).

2. 침지에 의한 수화특성

가. 침지중 수분흡수율의 변화

취반과정중 침지는 가열시에 열의 전도를 용이하게 하여 전분입자의 호화에 필요한 수분을 균일하게 분포하게 한다. 조립형 혼합쌀의 수침중 수분흡수율을 측정하여 백미와 비교하여 본 결과는 Fig. 19에 나타나 있다. 20°C에서 백미를 침지하였을 경우 수분흡수율은 완만하게 증가하여 30분 이후부터는 차이를 보이지 않아 수분이 포화됨을 알 수 있었다. 백미의 수화특성은 쌀의 품질등에 따라 차이가 있지만 침지시간 및 온도에 따라 달라진다. 쌀은 침지온도가 증가할수록 수분흡수가 빨랐으며 침지온도 13°C 이하에서는 평형수분에 도달하는 시간이 50분, 23°C 이상에서는 40분 정도였는데 침지온도에 따른 평형 수분함량은 쌀 품종에 관계없이 30% 이내인 것으로 보고⁽⁴³⁾한 바 있다. 이에 따라 상온에서 30분, 그리고 지온조건하에서는 60분간 침지조작을 행하며⁽⁴⁴⁾ 쌀의 침지는 미립내의 전분입자의 호화에 필요한 수분을 균등히 분포시킨다.

조립형 혼합쌀의 수분흡수율은 백미에 비해 훨씬 높았다. 20°C에서 측정한 조립형 혼합곡립의 수분흡수율은 백미의 수분흡수율 보다 2~3배 이상으로 높아 조립형 혼합쌀이 백미에 비해 쉽게 수화가 일어나는 것으로 나타났다. 또한 조립형 혼합쌀의 수분흡수율은 온도에 영향을 받아 온도가 높을수록 수분흡수율이 상승하여 수화속도가 증가하였다. 조립형 혼합쌀은 낮은 온도인 10°C에서도 20°C에서 측정한 백미의 수분흡수율 보다 높았다. 백미와 비교하여 본 조립형 혼합쌀의 높은 수분흡수율은 취반특성에 영향을 미칠 것으로 사료되었다.

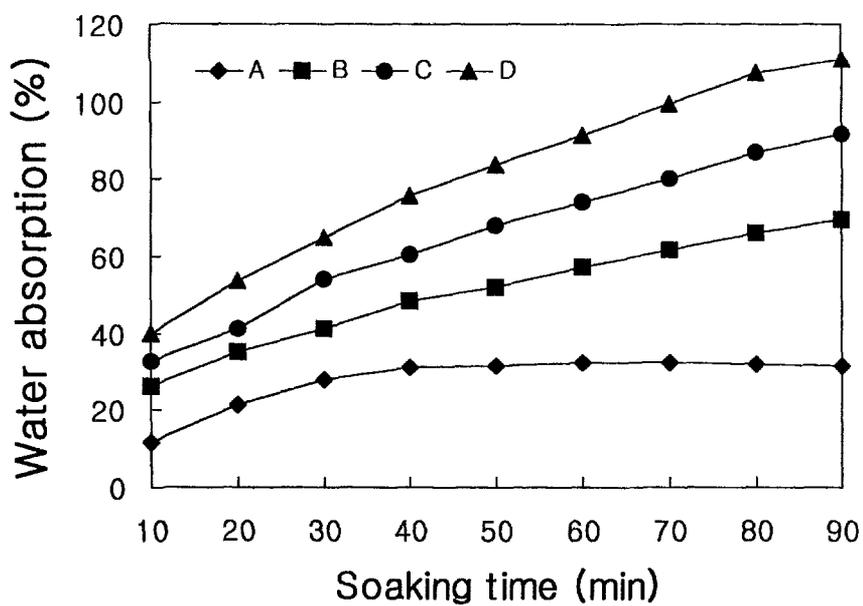


Fig. 19. Changes in water absorption of fabricated multi-grains. A: milled rice (20°C), B: fabricated grain(10°C), C: fabricated grain(20°C), D: fabricated grain (30°C).

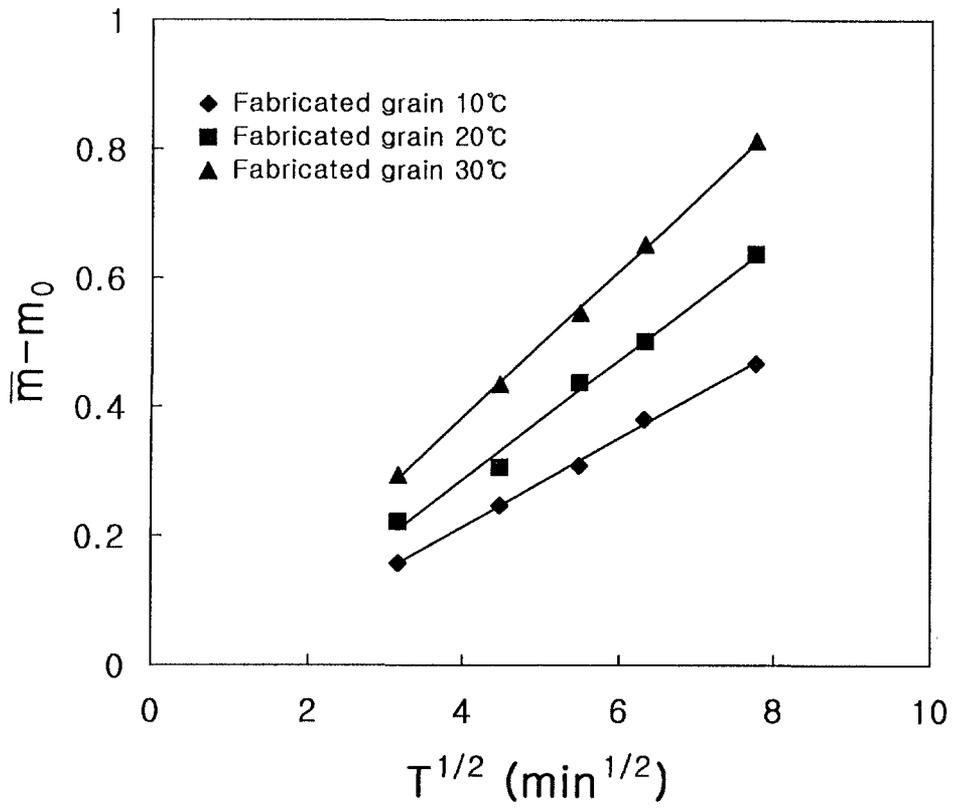


Fig. 20. Relation between the moisture gain of fabricated grain and the square root of the absorption time.

나. 수화에 따른 경도변화

백미와 혼합쌀을 증류수에 0~30분간 침지한 후 수화에 의한 낱알의 경도변화를 살펴본 결과는 Fig. 21과 같다. 백미는 수침 10분 후의 경도가 4,654 g에서 20분의 2,085 g, 30분에 1,308 g으로 줄었다. 혼합쌀의 경도는 백미에 비해 훨씬 낮았으며 수침 10, 20, 30분에 각각 1782 g, 916 g, 354 g으로 떨어져 경도의 변화가 큰 것으로 나타났다.

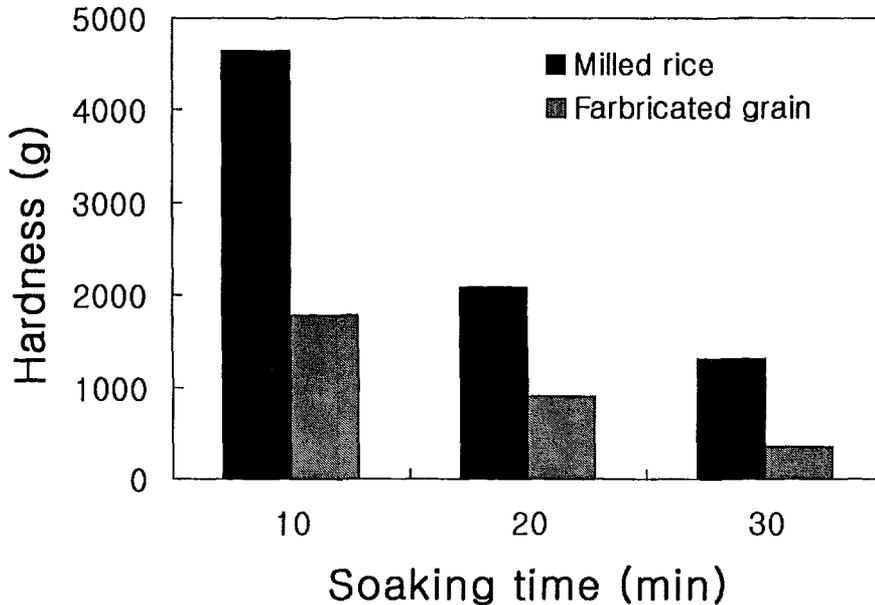


Fig. 21. Changes in hardness of rice and fabricated grain during soaking at 20°C.

3. 혼합쌀의 취반특성

가. 취반시간에 따른 혼합쌀의 호화도

밥을 짓는다는 것은 14~15% 수분함량의 쌀에 물을 첨가한 후 가열해서 수분 함량이 65% 내외인 밥을 만드는 조리과정을 말하는 것으로, 물과 열은 쌀의 70~80%를 차지하는 전분의 호화에 필요하다⁽⁴⁴⁾. 쌀의 전분립은 세포조직에서 다른 성분과 같이 존재하는데 protein body, 배유부, 세포벽 등의 존재는 쌀의 팽윤을 2.4~2.5배로 억제하고 있다. 백미와 혼합쌀의 7:3의 비율로 섞어 취반하면서 백미와 혼합쌀의 호화도를 측정한 결과는 Table 40과 같다. 취반시간에 따른 호화도는 백미보다 혼합쌀에서 높았으며 백미는 30분, 혼합쌀은 20분 이상 취반하였을 때 95% 이상의 호화도를 보였다. 혼용밥의 취반시간은 30분정도로 하는 것이 적합한 것으로 판단되었다.

Table 40. Degree of gelatinization of milled rice and fabricated grain during cooking

Cooking time (min)	Gelatinization degree (%)	
	Milled rice	Fabricated grain
10	53.54	77.82
20	84.61	96.16
30	95.27	98.45
40	96.80	98.20

나. 혼합쌀의 취반후 텍스처

쌀밥의 종합적인 평가에서 조직감은 가장 중요한 인자중의 하나이며 조직감 측정은 밥을 낱알 상태로 측정하는 방법⁽⁴⁵⁾, 밥의 덩어리를 압출하는 압출성형기법⁽⁴⁶⁾, 민 등의 방법⁽⁴⁷⁾ 등이 있으며 texturometer를 이용한 Okabe의 방법⁽⁴⁸⁾이 널리 쓰이고 있다. 본 실험에서는 혼합쌀을 취반한 후 Texture Analyzer를 사용하여 낱알의 경도, 부착성, 응집성, 검성, 씹힘성, 탄성을 측정하였으며 이를 백미와 비교하였다(Table 41, Fig. 22).

혼합쌀의 취반후 경도는 176으로 백미의 464에 비해 크게 낮은 반면에 혼합쌀의 탄성과 응집성은 각각 0.835, 0.543으로 백미의 0.835, 0.398에 비해 높게 나타났다. 검성과 씹힘성에 있어서는 혼합쌀이 백미에 비해 낮았다. 부착성은 백미의 3.059에 혼합쌀은 5.736으로 높았다. 쌀은 취반에 따른 전분립의 호화가 텍스처에 영향을 주나 혼합쌀의 경우에는 알곡을 분쇄하여 조직이 붕괴된 상태에서 다시 성형하기 때문에 점성이 증가할 수 있는 것으로 사료되었다. 혼합쌀밥은 일반 쌀밥에 비해 검성과 씹힘성이 낮아 다소 연하고 부드러운 반면 탄성이 높고 응집성 및 부착성이 커서 끈기있고 찰진 것으로 평가되었으며 백미와 혼용시 크게 이질감이 없을 것으로 판단되었다.

Table 41. Texture profiles of cooked milled rice and fabricated grain

	Springiness	Gumminess	Cohesiveness	Adhesiveness	Hardness	Chewiness
Milled rice	0.732	184.790	0.398	-3.059	464.297	141.604
Fabricated grain	0.835	124.029	0.543	-5.736	176.152	103.598

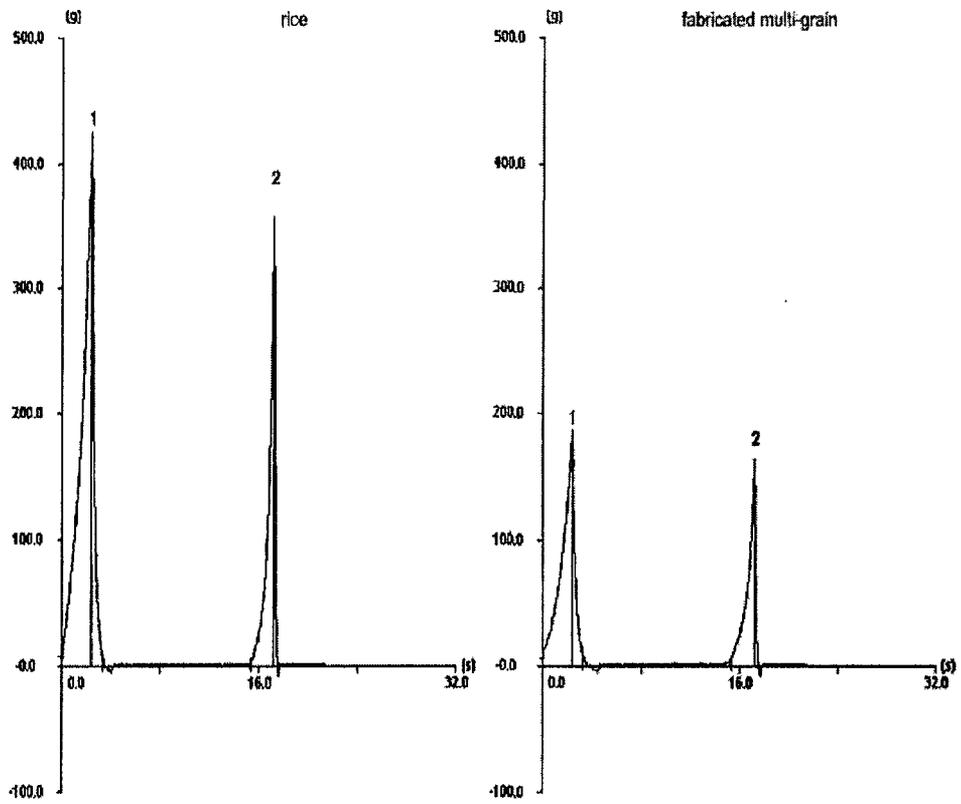


Fig. 22. Texture profiles of cooked fabricated grain compared to milled rice.

다. 혼용밥의 색도변화

백미에 혼합쌀을 0~60% 첨가하여 취반전·후의 색도를 측정한 결과는 Table 42와 같다. 백미의 L값은 64.48이었으며 혼합쌀이 첨가비율이 높아짐에 따라 L값이 61.56~54.28로 낮아져 어두워졌다. a값은 백미의 0.03에서 혼합쌀의 첨가에 따라 1.03~3.98로 높아져 적색도가 증가하였으며 b값은 혼합쌀의 첨가에 따른 변화가 거의 없었다.

취반후의 색도는 백미에서 L값이 66.05였으며 혼합쌀의 첨가에 따라 63.45~55.56의 범위로 취반하기전에 비해 약간 밝았다. 백미는 취반에 의해 a값이 -0.50으로 녹색을 나타내었고 혼합쌀을 첨가함에 따라 점차 +a값의 적색도로 변화하였으나 전체적으로 a값은 취반전에 비해 떨어지게 되었다. 황색도를 나타내는 b값은 백미에서 취반후 낮아졌으며 혼합쌀의 첨가량이 증가할수록 취반전·후의 b값의 차이는 작은 경향을 보였다.

Table 42. Color of rice mixed with different levels of fabricated multi-grain

Level of fabricated grain (%)	Before cooking			After cooking		
	L	a	b	L	a	b
0	64.48	0.03	10.51	66.05	-1.50	4.37
10	61.56	1.03	9.24	63.45	-0.82	3.24
20	60.24	1.91	9.86	61.12	-0.14	4.64
30	58.47	1.58	9.40	60.43	-0.15	3.88
40	57.11	3.06	10.34	58.22	0.76	5.75
50	56.87	3.39	10.06	57.04	1.08	5.93
60	54.28	3.98	10.55	55.56	1.29	7.46

라. 혼용밥의 향미특성

백미로 취반한 일반 쌀밥과 백미에 혼합쌀을 10~50% 첨가하여 취반한 혼용밥의 향미를 전자코를 사용하여 분석한 결과는 Fig. 23과 같다. 백미만으로 취반한 일반쌀밥 처리구와 백미에 혼합쌀을 10, 20, 30% 첨가하여 취반한 처리구에서는 유사한 그룹의 범위에 있었으나 혼합쌀을 40, 50% 첨가한 혼용밥에서는 이들 그룹으로부터 벗어나 있었다. 따라서 혼합쌀을 백미에 첨가하여 취반할 때 혼합쌀의 첨가량 30%까지는 백미만으로 취반한 일반쌀밥에 비해 향미에 있어서 크게 거부감을 주지 않는 것으로 판단되었다. 지금까지 관능검사와 GC, GC/Mass에 의해 분석되어온 향기성분 분석에 전자코 시스템의 개발로 진일보된 연구 및 품질관리가 가능해 졌으며, 최근 전자코를 사용하여 맥주, 양조주, 커피, 치즈 등의 향을 분석, 평가하고 있으며 밥의 향미 분석에도 유용한 것으로 여겨졌다.

마. 혼용밥의 관능특성

쌀밥의 식미는 외관, 향기, 밥맛, 조직감 등 식미 구성인자들의 상호작용에 의해서 인식되며 궁극적으로 소비자들에 의해서 평가되어진다. 오래전부터 먹어왔던 우리나라 사람들의 주식인 밥의 품질을 표현하는 용어는 다양하며, 맛있는 밥의 정의는 “빛깔이 희고 광택이 있으며, 밥알이 퍼지지 않고 제모양을 유지하며, 풍미가 있어 구수한 밥냄새와 약간의 기름기 있는 맛과 단맛을 가지지만 무미에 가까우며, 따뜻하며, 밥알이 부드러우면서도 찰기와 탄력이 있는 밥”이라⁽⁴⁴⁾하였다. 밥의 조직감에서는 탄력성과 쫄깃함이 큰 밥에 대한 기호성은 높으나 응집성과 견고성이 낮아 푸석푸석한 밥에 대해서는 싫어하는 경향이 있다고⁽⁴⁹⁾하였다. 맛있는 밥의 조직감 표현에서 “밥은 적당한 정도로 부드러우면서도 찰기와 탄성을 가져야 한다”고 말할 수 있다. 여기서 찰기는 차지다 혹은 찰지다라하여 그 뜻을 끈기가 있어 짹짹 붙다로 정의하고 있으나 밥에서는 밥알들끼리

뭉쳐지려는 성질과 치아에 붙는 성질, 즉 밥알의 응집성과 부착성이 합쳐진 종합적인 개념으로 이해하였다.⁽⁴⁴⁾

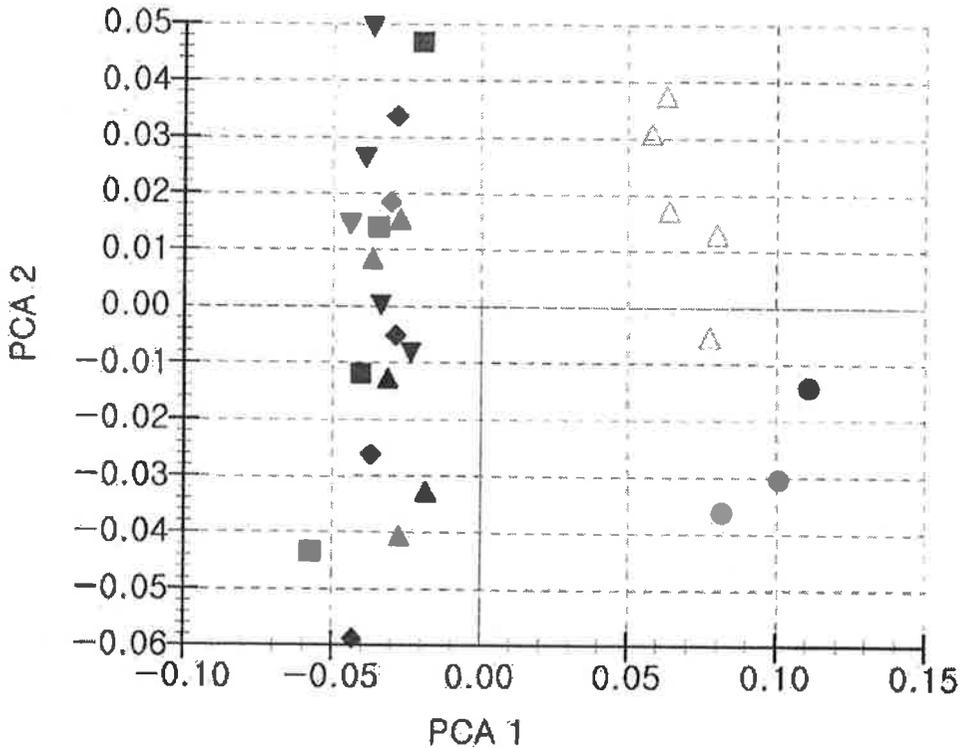


Fig. 23. PCA(principal component analysis) plot of cooked rice with different levels of fabricated grain. ▲: 100% milled rice, ■: 10% fabricated grain, ◆: 20% fabricated grain, ▲: 30% fabricated grain, ●: 40% fabricated grain, △: 50% fabricated grain.

혼합쌀을 백미에 10~60% 첨가하여 취반한 혼용밥의 관능적인 특성을 평가한 결과는 Table 43과 같다. 혼합쌀의 첨가량이 증가함에 따라 외형, 향, 맛, 텍스처의 평가항목에서 관능점수가 떨어졌다. 혼합쌀의 첨가량 10~30%에서는 평가항목에서 대부분 7~8점의 점수로 약간 좋은 것으로 평가되었으나 40~60% 첨가 이상에서는 5~6점의 관능점수를 얻어 관능적 기호도가 떨어지는 것으로 나타났다. 이는 조립형 혼합쌀이 여러 가지 곡물의 혼합으로 이루어져 향미에 있어 쌀과 다소 차이가 있고 조직감에서 쌀밥과 약간 차이가 있기 때문인 것으로 여겨졌다. 혼용밥으로 섭취할때 관능적 기호성에 크게 영향을 미치지 않는 적정 혼합쌀의 첨가비율은 약 30%까지인 것으로 평가되었다.

Table 43. Sensory scores of cooked rice mixed with different levels of fabricated multi-grain

Level of fabricated grain(%)	Appearance	Flavor	Taste	Texture	Overall palatability
10	8	7	8	7	7
20	7	7	7	7	7
30	7	6	7	6	6
40	6	6	6	6	6
50	5	5	6	5	5
60	5	5	5	4	5

바. 혼합쌀의 미세구조

백미와 혼합곡분을 압출성형하여 제조한 혼합쌀의 취반 전·후의 미세구조를 주사현미경에 의해 관찰한 결과는 Fig. 24 및 25와 같다. 압출성형에 의해 제조한 혼합쌀의 내부조직은 약간의 air cell을 포함하고 있지만 상당히 견고하게 성형이 되었음을 알 수 있었으며 취반후에는 내부조직의 팽창으로 미세한 다공질의 형태를 하고 있음을 관찰할 수 있었다. 백미는 취반후 내부구조에서 air cell을 포함하고 있는 호화전분층이 두텁게 형성되었으나 혼합쌀에서는 air cell의 크기가 작고 보다 균일해 보였으며 전분함량이 상대적으로 낮아 호화전분층이 얇게 나타나는 것으로 관찰되었다.

4. 취반조건이 미치는 영향

쌀밥의 식미는 품종, 재배조건, 수확후 가공처리등 뿐 만 아니라 가수량, 취반용량, 취반방법 등 취반조건에 크게 영향을 받으며 조립형 혼합쌀의 식미 역시 취반조건에 따라 달라질 것으로 예상되어 주로 조직감 측면에서의 식미를 백미와 비교하여 분석하였다.

가. 가수량에 따른 혼용밥의 취반특성

취반시 가수량이 쌀밥의 식미에 미치는 영향에 대해 연구에 의하면⁽⁵⁰⁻⁵³⁾ 취반에 필요한 가수량은 쌀의 물리, 화학적 성질 및 가열조건, 가열방법 등의 취반조건에 의해 달라질 수 있다고 하였다. 밥의 식미에 큰 영향을 주는 텍스처는 주로 취반 가수량에 따라 큰 차이를 나타내는데⁽⁵⁴⁻⁵⁶⁾ 일반적으로 가수량의 증가에 따라 밥의 수분함량은 증가하고 경도는 저하하며 부착성(점도)은 커져 밥의 물리적 특성과 높은 상관관계가 있으며, 취반용량이 증가함에 따라 최적가수율은 감소된다고 보고한⁽⁵³⁾바 있다. 가수율에 대해서는 쌀에 흡수되는 양(쌀 중량의 1.2

배~1.4배)과 가열시의 증발량, 기호, 용도에 따라 결정되며 일반적으로 쌀중량의 1.5배 혹은 체적의 1.2배 정도로 여겨지고 있다.

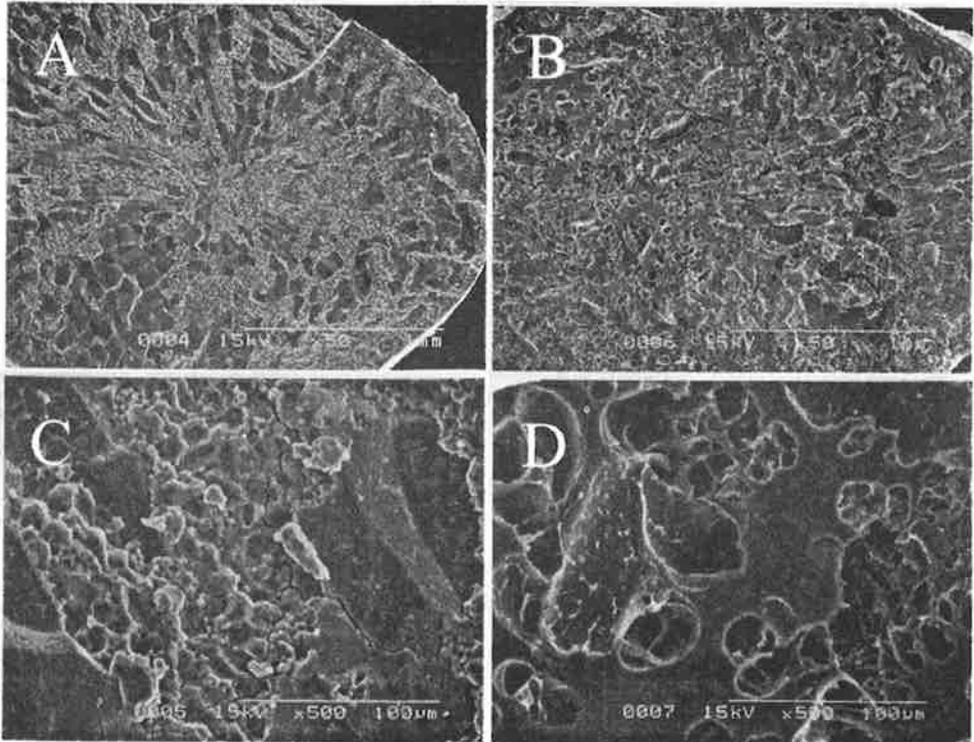


Fig. 24. Scanning electron micrograph of milled rice. A: before cooking(50X), B: after cooking(50X), C: before cooking(500X), D: after cooking(500X).

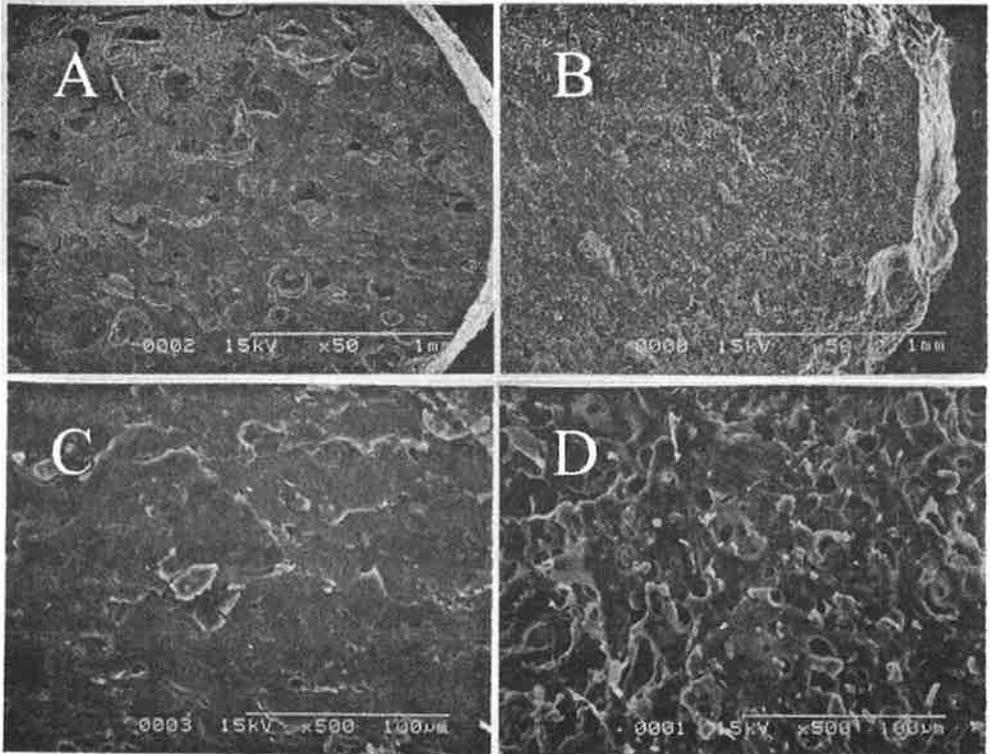


Fig. 25. Scanning electron micrograph of fabricated multi-grain. A: before cooking(50X), B: after cooking(50X), C: before cooking(500X), D: after cooking (500X).

본 실험에서는 백미에 조립형 혼합쌀을 30% 첨가한 다음 가수율을 0.8~1.8배로 달리하여 취반한 혼용밥에 대하여 Texture Analyzer로 텍스처를 측정된 결과는 Table 44와 같다. 또한 가수율별로 취반한 혼용밥의 수분함량과 경도 및 부착성과의 관계를 각각 Fig. 26, 27에 나타내었다. 백미/혼합쌀에 다른 비율로 물을 넣고 전기밥솥으로 취반한 혼용밥의 수분함량을 측정해 본 결과 가수율이 0.8에서 1.8로 증가할 때 취반 후 혼용밥의 수분함량은 47.9 ~ 63.2%로 증가하였다. 이 등⁽³⁾은 재성형 혼합곡의 취반시 물의 흡수정도가 백미와 비슷한 것으로 보고한 바 있다. 쌀에서는 품종에 따라 최적 취반 수분함량이 다를 수 있으며 조립형 혼합쌀의 경우에도 곡물원료의 배합비율, 성형특성 등에 따라 최적가수율이 달라질 수 있는 것으로 사료되었다.

취반 가수율이 0.8배에서 1.8배로 증가함에 따라 경도는 827 g에서 294 g로 감소하는 추세는 뚜렷하였으나 가수율 1.2~1.6배 사이에서는 상대적으로 완만한 경사를 나타내면서 감소하는 경향이었다(Fig. 26). 김 등⁽³⁸⁾은 현미의 취반시 요구되는 적절한 가수량을 정할시 가수율에 따른 현미밥의 경도와 관계에서 경도변화가 완만하게 일어나는 가수율 부분을 최적가수율로 적합하다고 하였다.

혼용밥의 부착성은 가수율 0.8배에서 아주 미미하였으나 가수율 1.0배에서 19.8로 상승하였고 그 이후에서도 지속적인 증가를 나타냈다(Fig. 27). 씹힘성은 가수율 0.8배의 826.9에서 가수율 1.0배의 148.7로 매우 급격히 감소한 후 가수율이 증가함에 따라 지속적인 감소를 나타냈다. 검성은 우리가 밥을 입안에서 삼킬 수 있는 상태로 만드는데 소요되는 힘으로서⁽⁵⁰⁾ 가수율의 증가와 함께 지속적인 감소를 보여 주었다. 혼용밥의 응집성은 0.8~1.8배의 가수율 사이에서 큰 차이를 나타내지 않았다. 한편 취반미의 응집성은 V자형의 특이한 패턴을 보이며 최저치에서 취반의 최적상태와 상관이 있을 것으로 고찰한⁽⁵⁰⁾ 바 있다.

Table 44. Texture characteristics of cooked rice with fabricated multi-grain by water to grain ratio

Water/grain ratio	Cohesiveness	Adhesiveness	Hardness	Chewiness	Guminess
0.8	0.420	-0.106	826.85	826.85	334.93
1.0	0.407	-19.8	585.5	148.665	238.546
1.2	0.393	-24.357	486.4	116.926	191.089
1.4	0.404	-34.503	413.9	100.331	167.93
1.6	0.376	-43.039	387.15	85.637	145.565
1.8	0.388	-45.936	294.15	66.672	114.736

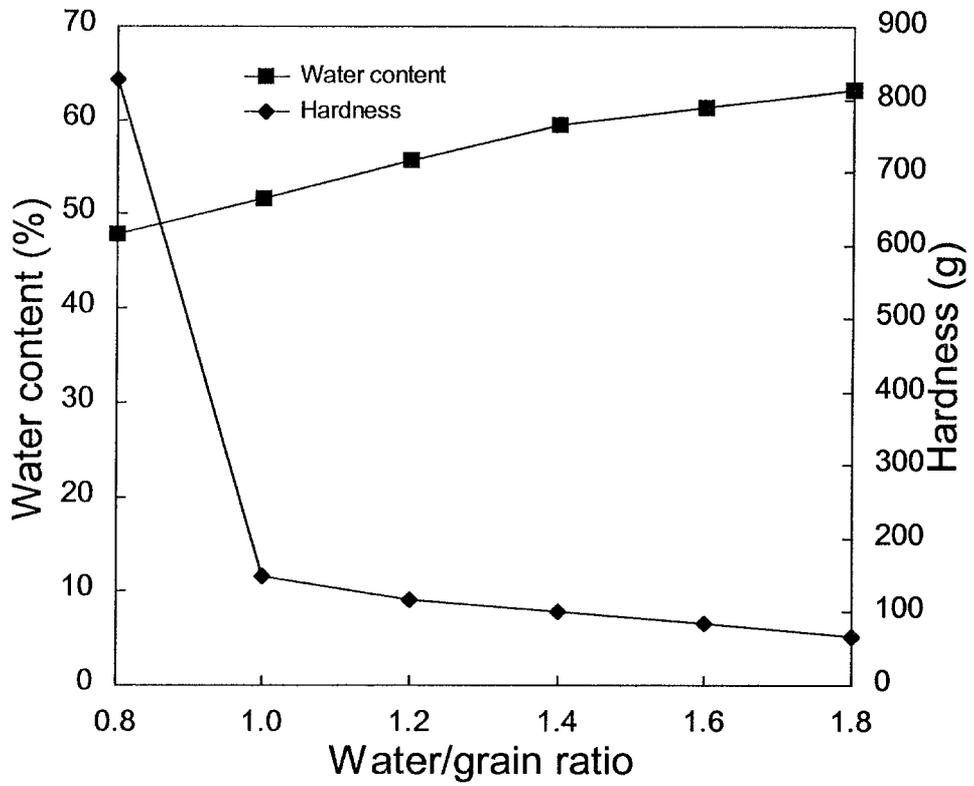


Fig. 26. Changes in water content and hardness of cooked rice with fabricated grain by different water/grain ratio.

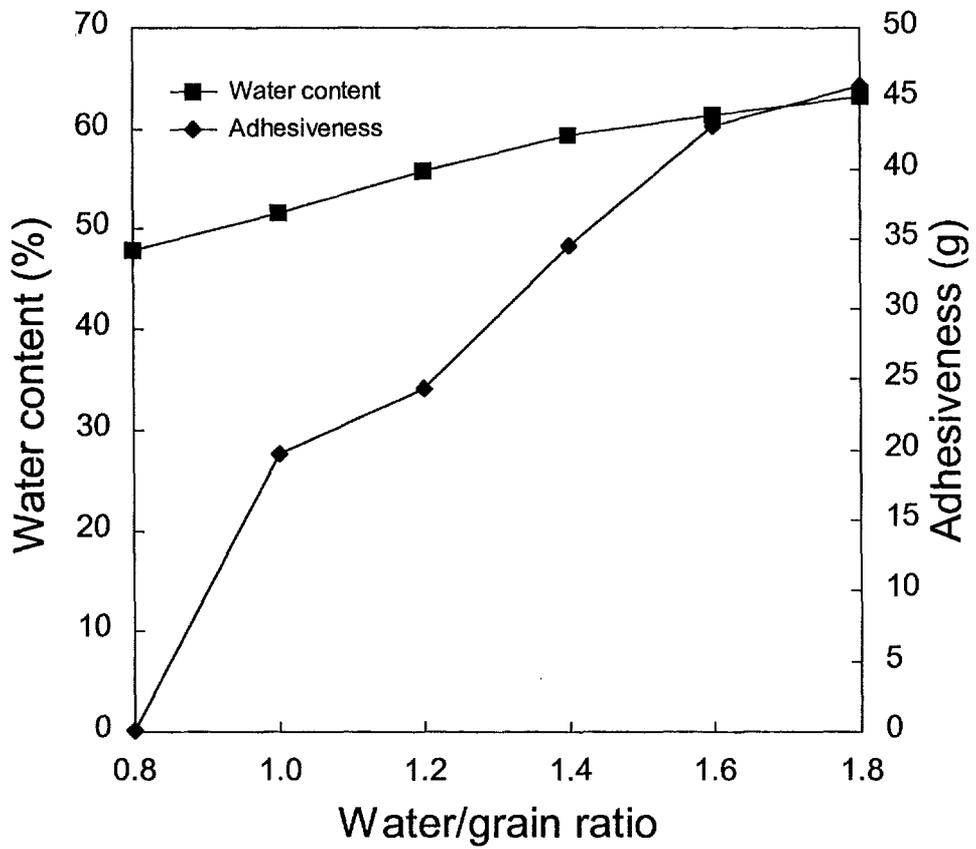


Fig. 27. Changes in water content and adhesiveness of cooked rice with fabricated grain by different water/grain ratio.

나. 수침시간에 따른 텍스처 특성

백미와 혼합쌀을 20℃에서 0~30분 동안 침지하는 동안 침지시간별로 취반한 밥의 텍스처를 분석한 결과는 Table 45와 같다. 백미와 혼합쌀은 수침시간이 증가함에 따라 취반후에 경도, 검성, 씹힘성이 감소하였으며 탄성과 응집성은 별 변화를 보이지 않았다. 수침시간이 길어짐에 따라 백미의 부착성은 큰 차이가 없었으나 혼합쌀에서는 수침 30분에 부착성이 크게 증가함을 나타내 주었다.

Table 45. Cooked textural characteristics of fabricated grain soaked for different soaking time

	Soaking	Springiness	Gumminess	Cohesiveness	Adhesiveness	Hardness	Chewiness
	time (min)						
Milled rice	0	0.703	203.927	0.391	-3.555	529.069	146.292
	10	0.678	187.233	0.404	-4.711	463.577	127.906
	20	0.712	175.582	0.390	-3.349	452.185	125.721
	30	0.683	170.132	0.392	-3.484	434.775	115.693
Fabricated grain	0	0.821	92.709	0.537	-3.952	174.585	75.938
	10	0.826	94.928	0.547	-3.619	169.249	78.308
	20	0.817	81.571	0.534	-3.349	152.391	66.780
	30	0.826	75.184	0.537	-9.006	139.966	63.947

다. 취반기구에 따른 혼용밥의 취반특성

쌀의 취반시 사용되는 취반기구는 밥의 품질특성에 크게 영향을 주는 것으로 알려져 있다. 압력솥에 의한 가압취반은 일반적으로 상압취반에 비해 온도상승 속도가 빠르고 최고온도가 높아 취반시간이 짧아지고 취반시에 연료 및 시간을 절약하여 효율적인 조리방법이며 보통취반으로는 잘 무르지 않고 잘 퍼지지 않는 쌀에도 좋은 효과를 볼 수 있다⁽⁵⁷⁾.

전기밥솥으로 취반한 백미와 혼합쌀에 비해 압력솥을 사용하여 취반한 밥은 응집성과 탄성에서 차이가 없었으나 경도, 검성, 씹힘성이 낮게 측정되었으며 부착성은 현저하게 증가하여, 가압취반에 의해 밥의 조직감이 무르고 점성이 강해지는 것으로 나타났다. 가압취반할 경우 고온 가열로 인해 밥알 표층부에 있는 전분세포, 전분립 및 세포벽의 붕괴정도가 상압취반의 경우보다 심하여 밥알 주변에 부착하는 전분량이 많고 이로 인해 점도가 높다고 보고한⁽⁴⁴⁾ 바 있다.

Table 46. Textural properties of fabricated grain cooked with electric cooker and pressure cooker

	Springiness	Gumminess	Cohesiveness	Adhesiveness	Hardness	Chewiness
Electric cooker						
milled rice	0.683	148.082	0.381	-1.281	388.683	101.702
fabricated grain	0.808	81.208	0.532	-2.021	152.809	65.365
Pressure cooker						
milled rice	0.673	133.103	0.392	-6.336	312.041	90.485
fabricated grain	0.812	74.434	0.530	-12.727	140.650	60.493

5. 혼용밥의 저장중 변화

가. 색도의 변화

백미와 혼합쌀을 7:3의 비율로 섞어 취반한 혼용밥의 저장중(4℃, 25℃, 70℃) 색도를 측정한 결과는 Table 47과 같다. 혼용밥의 저장중 L값은 전반적으로 감소하였는데 4℃와 25℃에서는 완만하게 감소한 반면에 70℃의 온도에서는 훨씬 빠르게 어두워지는 것으로 나타났다. a값의 경우 25℃ 저장온도에서는 큰 변화가 없었고 4℃와 70℃에서는 증가하는 추세였는데 70℃의 저장온도에서 a값이 가장 높아 적색도가 높았다. 황색도를 나타내는 b값에서는 저장기간중 큰 변화는 보이지 않았지만 4℃에서는 약간 증가하는 경향이였다.

쌀밥에서 전기밥솥에서 보온하는 시간이 경과함에 따라 수분증발과 전분의 노화에 의한 식미 및 조직감의 저하, 소화율의 감소, 갈색화 및 이취의 발생 등 품질이 저하되는 여러 가지 문제점을 나타낸다. 그중 황변의 주 원인은 식품성분간의 비효소적 갈변반응에 의한 것으로, 이는 고온에 의한 수분의 증발로 촉진되고, 특히 밥의 표면조직이 파괴되거나 밥알의 내용물이 많이 용출되었을때는 갈변반응을 유발하는 물질이 많아지게 되므로 황변반응은 더욱 빨라지게 된다⁽⁵⁸⁾고 하였다.

나. 텍스처의 변화

백미와 혼합쌀로 만든 혼용밥을 4℃, 25℃, 70℃ 온도에서 각각 4일동안 저장할 때 백미와 혼합쌀밥 낱알에 대한 텍스처 변화를 TA를 이용하여 측정한 결과는 Table 48과 같다. 저장중 노화의 정도를 나타내주는 쌀밥의 경도변화에 있어서 백미와 혼합쌀 모두 70℃의 보온온도에서는 매우 완만히 증가하였고 저장온도가 낮아질수록 증가속도가 높아져 4℃의 냉장온도에서 가장 경도의 변화가 컸다. 혼합쌀밥은 백미에 비해 경도의 증가폭이 약간 높게 나타났다.

Table 47. Changes in color of cooked fabricated grain during 4-day storage at 4°C, 25°C, and 70°C

Temperature	Day	L	a	b
4°C	0	58.99	0.37	4.43
	1	58.64	0.61	4.93
	2	56.93	1.74	6.85
	3	56.84	1.68	7.32
	4	56.57	1.73	7.72
25°C	0	59.67	0.80	5.98
	1	58.48	0.81	5.51
	2	57.89	1.21	6.39
	3	57.58	1.07	6.15
	4	56.85	1.06	5.86
70°C	0	58.68	0.47	3.86
	1	56.30	1.09	5.19
	2	49.82	1.90	6.84
	3	45.83	1.82	4.83
	4	40.30	2.39	5.92

쌀밥의 저장중 텍스처의 변화에 대한 연구로는 전기밥솥에서 보온중인 밥의 조직감 변화, 동결속도 및 저장온도가 취반된 쌀의 노화도, 조직감 및 미세구조에 미치는 영향의 연구 등⁽⁵⁹⁻⁶³⁾이 있으며 밥알의 경도변화로부터 노화속도를 측

정한 결과 고온저장(72℃)시가 실온저장(21℃)시 보다 노화속도가 약 1.5배 낮은 것으로 보고한 바 있다.

취반한 밥은 미생물의 오염에 의한 부패를 가속화 시킬수 있는 세균의 번식을 억제하기 위해서는 10℃ 이하 및 65℃ 이상에서 보존하여야 한다. 그러나 냉장 온도에서 밥을 보존할 경우에는 전분의 노화가 빠르게 진행되어 밥알의 조직감이 급격히 떨어지게 되어 식미에 부정적인 영향을 미치는 것으로 나타났다. 일반적으로 전분의 노화가 일어나기 쉬운 온도는 5℃에서 -2℃이기 때문에 밥을 냉동할 경우 호화된 수분이 결정화하여 노화가 진행되기 어렵고 냉동보존시 밥의 물성변화를 최소화 할 수 있다. 70℃의 보온 저장시에는 호화된 전분의 노화를 부분적으로 억제할 수 있었으나 보온기간이 길어짐에 따라 갈변반응에 의한 퇴색 뿐 만 아니라 향미 및 밥의 경도 등도 변화하여 식미가 떨어지게 된다.

혼용밥은 취반직후에 비해 저장기간중에 부착성의 뚜렷한 변화를 찾을 수 없었고 밥이 압축되었다가 다시 원상태로 회복하려는 성질인 탄성 역시 큰 변화를 찾을 수 없었으나 백미의 경우 70℃ 저장온도에서 약간 높았고 혼합쌀에서는 4℃와 25℃에서 약간 높은 경향이였다.

밥의 보온방법중 고온보온(75~76℃)은 수분증발에 의한 밥의 건조현상인 경화 현상 및 황변 등으로 인해 밥의 조직감 및 식미가 감소하는 문제점이 있으며 따라서 이를 유발하지 않는 범위 내에서 가능한 온도인 63~72℃ 사이에서 보온하면 고온보온에서 나타나는 밥의 경화 및 황변현상을 억제하고 고온보온에 비하여 밥솥내부의 수분증발을 억제시킬 수 있다고⁽⁴²⁾ 하였다. 전기보온밥솥의 밥 보온중 수분함량은 보온시간이 경과함에 따라 점점 감소하였으나 보온중의 수분함량 변화는 1~2% 범위로 노화에 크게 영향을 주지 않은 것으로 고찰한⁽⁵⁸⁾ 바 있다.

Table 48. Texture profiles of cooked fabricated grain stored at different temperatures

Temp.	Day	Springiness	Gumminess	Cohesiveness	Adhesiveness	Hardness	Chewiness
4°C	1	0.857	167.204	0.497	-0.939	337.307	144.489
	2	0.858	218.785	0.478		459.910	206.712
	3	0.849	229.969	0.477	-1.514	482.232	194.449
	4	0.835	249.469	0.459	-0.108	529.047	218.537
25°C	1	0.846	100.018	0.529	-2.003	189.187	84.095
	2	0.832	112.713	0.505	-0.075	222.820	97.200
	3	0.848	119.382	0.511	-3.887	233.880	130.462
	4	0.862	131.055	0.506	-3.119	256.580	134.197
70°C	1	0.844	113.314	0.538	-1.978	161.713	80.106
	2	0.831	88.113	0.534	-4.872	165.845	73.286
	3	0.815	98.020	0.538	-7.153	182.134	80.343
	4	0.819	112.517	0.539	-1.547	209.347	91.517

Table 49. Texture profiles of cooked milled rice stored at different temperatures

Temp.	Day	Springiness	Gumminess	Cohesiveness	Adhesiveness	Hardness	Chewiness
4°C	1	0.713	301.003	0.380	-3.726	789.397	219.216
	2	0.744	295.813	0.336	-2.694	890.653	224.360
	3	0.736	323.799	0.326	-0.840	968.175	248.558
	4	0.754	387.815	0.366	-0.035	1073.971	297.274
25°C	1	0.754	236.074	0.405	-0.893	547.206	200.924
	2	0.731	264.540	0.408	-3.654	647.510	195.167
	3	0.698	291.927	0.377	-1.342	748.160	195.956
	4	0.725	317.333	0.384	-0.802	774.430	221.792
70°C	1	0.731	183.640	0.394	-0.949	466.960	134.540
	2	0.734	184.530	0.398	-1.365	464.773	136.464
	3	0.759	230.144	0.407	-4.216	524.280	160.179
	4	0.779	237.448	0.436	-1.302	545.194	183.977

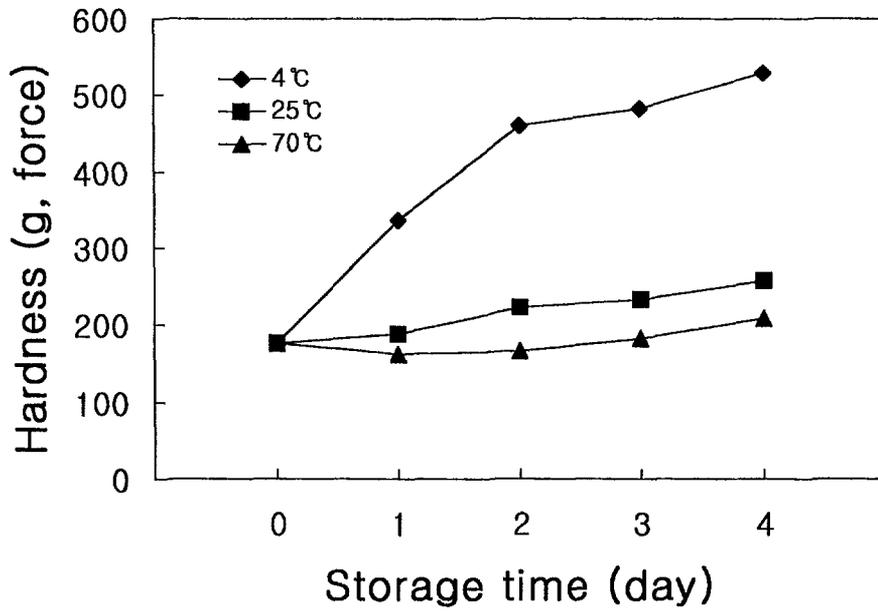


Fig. 28. Changes in hardness of cooked milled rice stored at different temperatures.

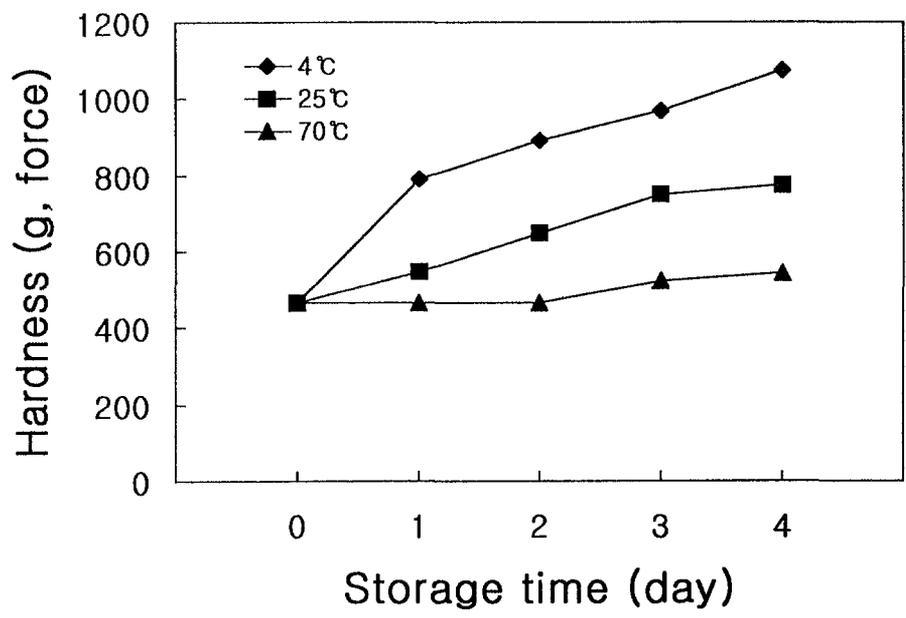


Fig. 29. Changes in hardness of cooked fabricated multi-grain stored at different temperatures.

제 5 절 혼합쌀의 품질개선

1. 첨가제에 따른 혼합쌀의 텍스처 특성

조립형 혼합쌀의 결착성을 높이고 식감을 개선하기 위해 전분관련물질(옥수수 전분, 찰옥수수전분, 감자전분, 고구마전분, 옥수수 초산변성전분, 옥수수 하이드록시프로필인산전분, 초산아디핀산전분을 10% 첨가하여 제조한 혼합쌀의 취반후 텍스처를 측정 한 결과는 Fig. 30과 같다. 감자전분과 고구마전분을 첨가한 혼합쌀의 경도가 약간 높았으며 변성전분을 첨가한 혼합쌀에서 경도가 상대적으로 나게 나타나는 경향을 보였다.

옥수수 전분의 첨가량을 달리하여(5, 10, 15, 20%) 제조한 혼합쌀의 텍스처는 Fig. 31에 나타나 있다. 전분의 함량이 증가함에 따라 경도는 1039 g에서 1137 g로 약간 증가하였으며 부착성 역시 40 g에서 58 g로 높아졌다. 전분의 첨가는 혼합원료의 점성을 증가시켜 토출시 성형물의 부착성을 높이고 쉽게 성형물의 팽화를 초래하는 경향이 있었으나 5~10% 까지의 전분첨가는 조립형 혼합쌀의 성형에 크게 부정적인 영향을 미치지 않았다.

혼합쌀의 가공시에 영양강화나 조직변형을 위하여 식물성 단백질의 첨가를 고려하였으며 활성글루텐(vital gluten)을 0~10%까지 첨가하여 압출성형공정시 미치게 되는 영향을 조사해 보았다. 활성글루텐은 글루텐량을 보강하여 소맥분을 강력화시키고 씹는 맛을 강하게 하기 위해 사용되는 경우가 많기 때문에 혼합쌀의 식감개량을 위해 사용한 결과(Fig. 32) 활성글루텐을 첨가함에 따른 혼합쌀의 경도가 높게 나타났다. 활성 글루텐의 첨가는 5% 첨가수준까지 성형물의 물성 및 외형에 큰 영향을 미치지 않았으나 5%를 초과했을 경우 압출성형 혼합물의 물성을 뻣뻣하게 하여 조립형 혼합쌀의 외형에는 부정적으로 작용하였다.

한편 다양한 검류를 1% 수준으로 첨가하여 혼합쌀을 제조하였으며 이는 조립

형 혼합쌀의 씹는 맛을 강하게 하지 못한 것으로 나타났다(Fig. 33). 조립형 혼합쌀의 부착성은 백미에 비해 높게 나타나 백미보다 끈적끈적하였고, 또한 첨가된 전분함량이 증가할수록 부착성이 증가하였으며 특히 검류의 첨가는 현저하게 부착성의 증가를 초래하는 것으로 나타났다.

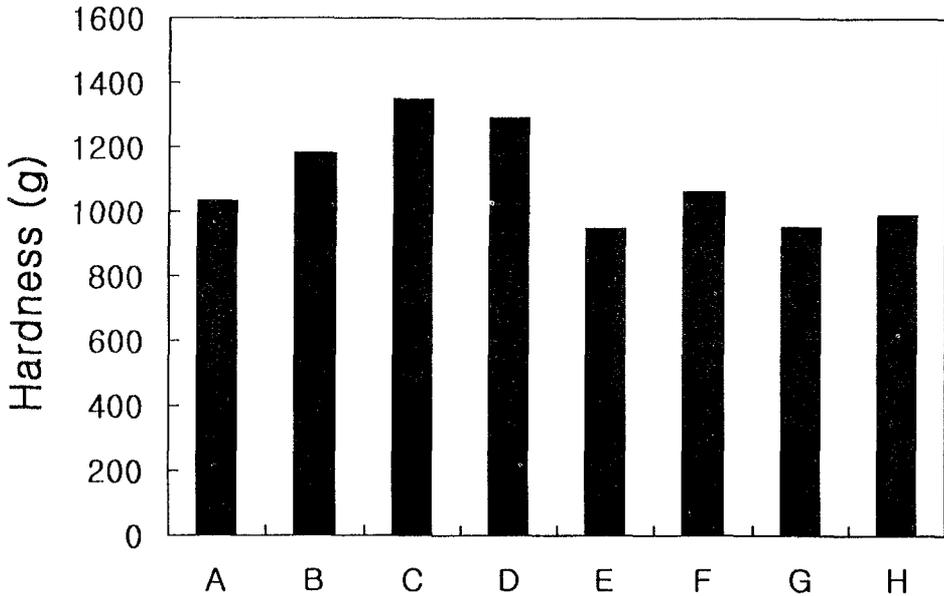


Fig. 30. Hardness of cooked fabricated grains by the addition of different types of starch.

- A: Corn starch 10%
- B: Waxy corn starch 10%
- C: Potato starch 10%
- D: Sweet potato starch 10%
- E: Corn acetylated starch 10%
- F: Potato acetylated starch 10%
- G: Corn hydroxypropyl phospholyated starch 10%
- H: Adipic-acetylated starch 10%.

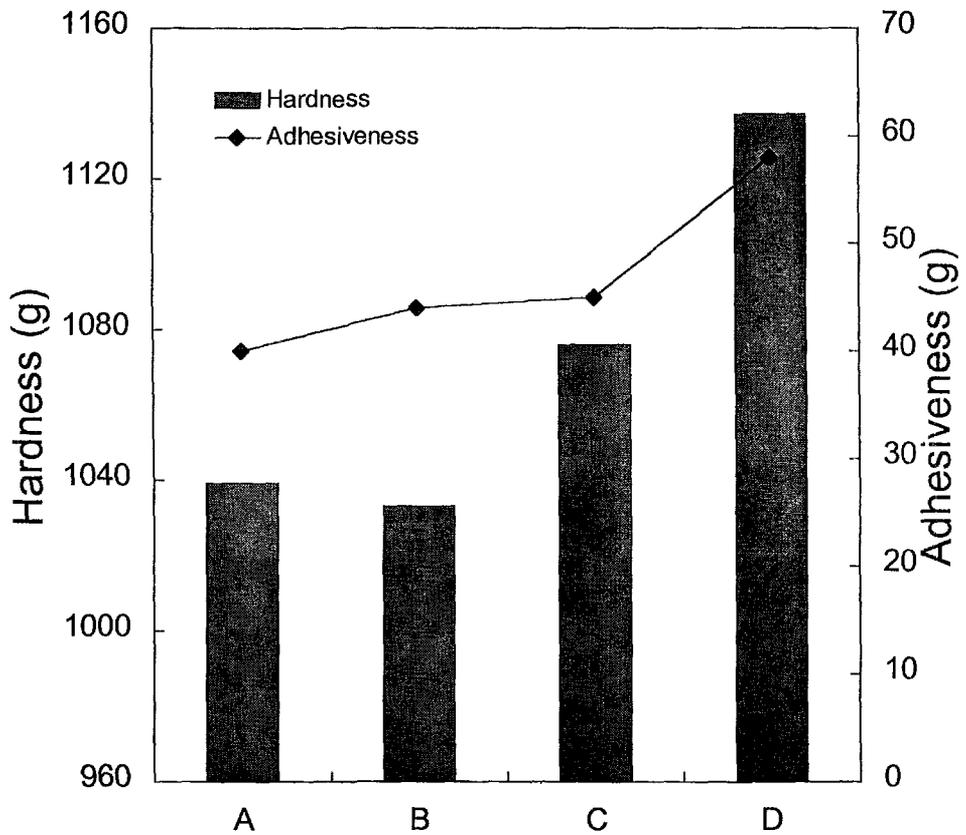


Fig. 31. Texture of cooked fabricated grains with different levels of starch.

- A: Corn starch 5%
- B: Corn starch 10%
- C: Corn starch 15%
- D: Corn starch 20%.

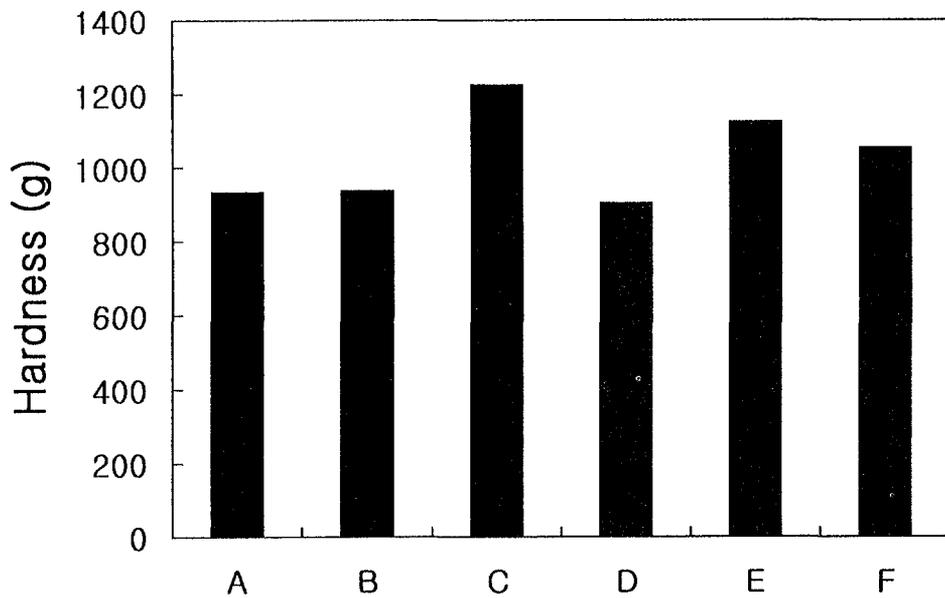


Fig. 32. Texture of cooked fabricated grains by the addition of vital gluten.

A: Vital gluten 5%

B: Vital gluten 10%

C: Vital gluten 20%

D: Wheat flour 20% + Vital gluten 3%

E: Wheat flour 20% + Vital gluten 5%

F: Wheat flour 20% + Vital gluten 10%.

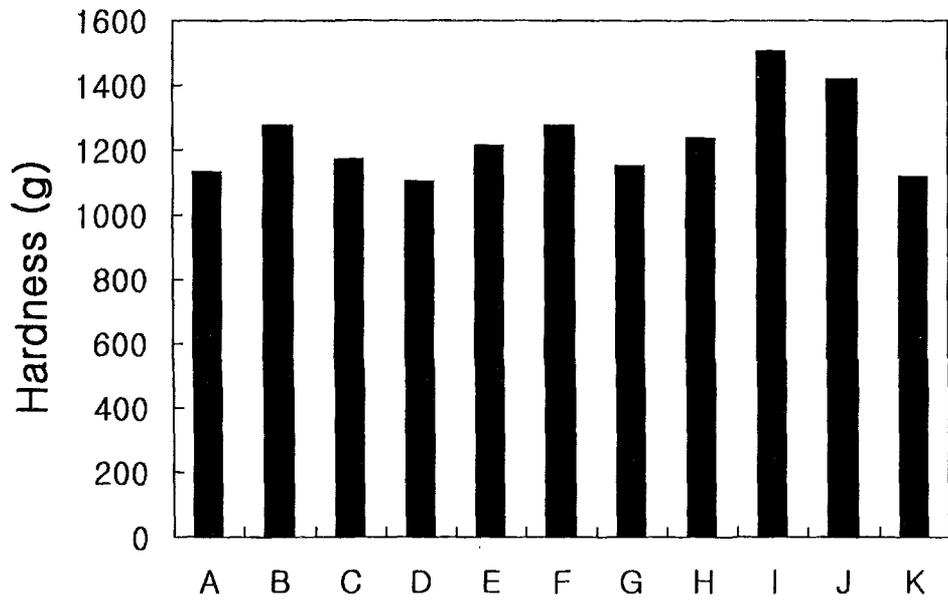


Fig. 33. Texture of fabricated grains by the addition of various gums.

- A: Carrageenan
- B: Agar
- C: Alginate
- D: Guar
- E: Gum arabic
- F: Rocust bean
- G: Xanthan gum
- H: Pectin
- I: Methocel A4M
- J: Methocel K4M
- K: CMC.

2. 혼합쌀의 색, 향미 개선

가. 색소의 첨가에 따른 색도 및 관능특성

조립형 혼합쌀의 색상은 천연색소를 첨가함으로써 조절할 수 있다. 혼합쌀의 분말이 지닌 다소 어두운 색상을 개선하고 색상을 다양화하여 기호도를 높이기 위하여 적색계, 황색계, 녹색계, 청색계, 자색계 및 갈색계 등의 천연색소(레드칼라, 레드파우더, 치자엘로우, 면용 치자엘로우, 베타-카로틴, 치자그린, 치자블루, 고랑색소, 카카오색소 등)를 주원료에 첨가하는 시험을 하였다.

천연색소를 0.1% 첨가하여 제조하여 압출성형한 혼합쌀에 대하여 색도를 측정 한 결과는 각각 Table 50과 같다. L값은 황색계 색소인 치자엘로우, 황색색소, 베타카로틴 색소에서 63~68로 가장 높았으며 녹색계, 적색계, 청색계, 그리고 갈색계의 순으로 어둡게 측정되었다. a값은 적색계인 핑크칼라, 레드파우더 뿐 만 아니라 브라운칼라, 카카오색소같은 갈색계 색소에서도 높았으며 b값은 황색계 색소에서 매우 높게 나타났다. 천연색소를 첨가한 혼합쌀의 색도는 도정처리에 의해 L값이 떨어지고 a, b값 역시 낮아졌으며(Table 51), 취반에 의해 L값이 더 낮아지는 것으로 나타났다(Table 52).

천연색소를 포함하고 있는 혼합쌀을 백미에 3:7의 비율이 되게하여 취반전과 취반한후의 혼용밥 색도를 측정한 결과는 Table 53과 같다. 혼용밥의 취반후 색도는 취반전에 비해 L값이 증가하여 밝아지는 경향이었으나 a, b 값은 감소하여 적황색도가 감소하였다. 천연색소의 첨가에 따른 색도 및 관능적인 기호도를 조사하였으며 혼합쌀의 표면색상을 개선하기 위해서는 천연색소의 첨가량을 0.05% 내지 0.5% 사이로 조절하는 것이 적당한 것으로 평가되었다.

Table 50. Color values of fabricated grains(after extrusion forming) containing natural food colors

Natural color	Color		
	L	a	b
Red powder	57.942	10.556	8.618
Pink color	58.068	15.020	8.236
Chija yellow	68.304	2.350	26.096
β -Carotene	62.862	8.012	23.750
Yellow color	64.942	4.722	22.744
Chija green	62.296	0.302	16.356
Chija blue	53.538	-0.034	5.240
Brown color	53.518	10.140	9.948
Cacao color	53.158	6.766	9.776

Table 51. Color values of fabricated grains(after pearling) containing natural food colors

Natural color	Color of fabricated grain		
	L	a	b
Red powder	53.006	9.412	6.904
Pink color	51.392	12.694	6.096
Chija yellow	60.652	2.476	18.820
β -Carotene	55.418	6.310	15.772
Yellow color	56.276	3.766	15.048
Chija green	54.364	0.444	11.930
Chija blue	49.102	0.186	3.598
Brown color	49.502	7.582	6.692
Cacao color	48.698	5.076	6.252

여 백

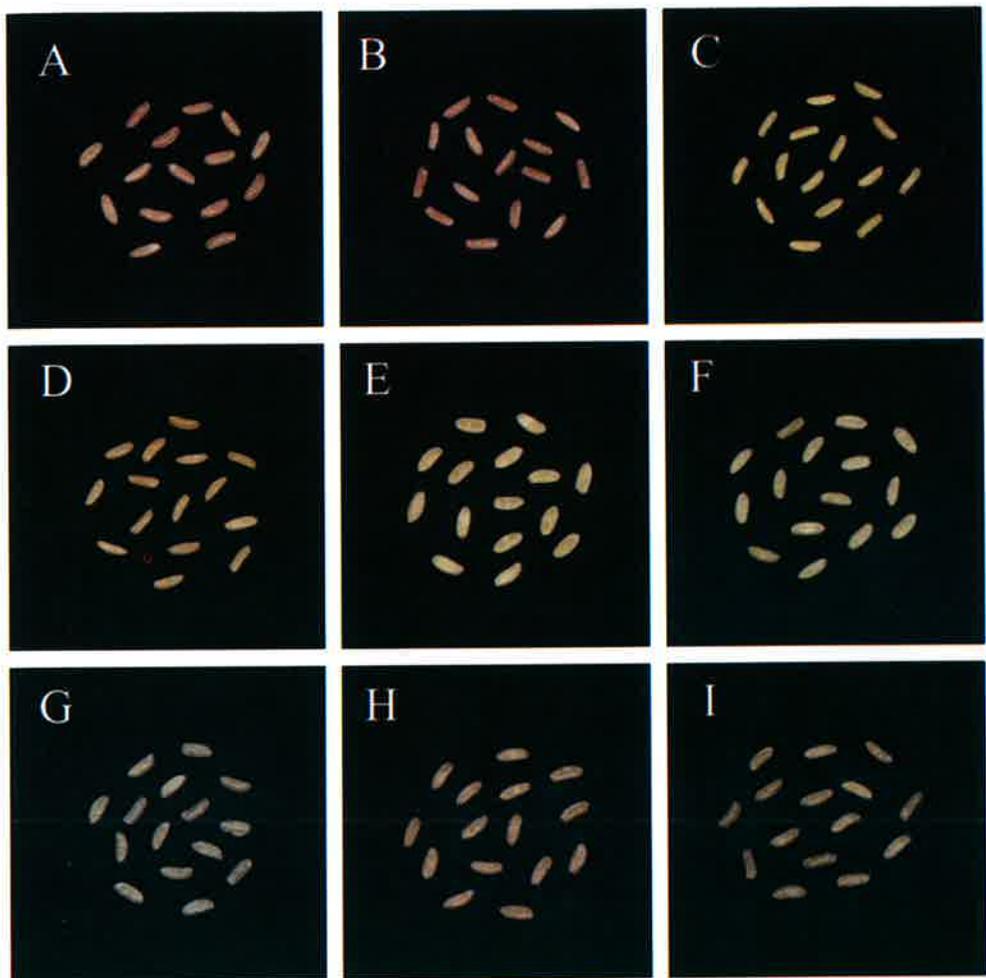


Fig 34. Appearance of fabricated grains containing natural food colors.

A: Red powder, B: Pink color, C: Chija yellow, D: β -Carotene, E: Yellow color, F: Chija green, G: Chija blue, H: Brown color, I: Cacao color.

여 백

Table 52. Color values of cooked fabricated grain containing natural food colors

Natural color	Color of fabricated grain		
	L	a	b
Red powder	45.48	5.74	4.91
Pink color	46.92	9.35	4.84
Chija yellow	54.49	0.44	20.60
β -Carotene	52.72	3.83	20.19
Yellow color	52.52	2.01	15.06
Chija green	51.23	-1.28	13.45
Chija blue	50.52	-1.02	4.40
Brown color	46.59	9.41	12.07
Cacao color	45.66	5.06	7.85

Table 53. Color values of rice mixed with fabricated grains containing natural food colors

Natural color	Before cooking			After cooking		
	L	a	b	L	a	b
Red powder	57.07	5.24	8.70	58.89	3.80	5.60
Pink color	60.73	4.51	7.73	61.45	4.57	1.79
Chija yellow	64.32	0.81	12.69	63.34	-1.54	5.56
β -Carotene	55.59	4.46	13.50	57.43	1.11	10.51
Yellow color	58.08	3.42	15.04	61.47	-0.12	6.60
Chija green	58.91	0.34	10.63	60.40	-1.53	7.69
Chija blue	53.43	-0.17	5.45	54.56	-1.24	3.15
Brown color	56.52	3.56	7.11	57.12	2.49	5.06
Cacao color	52.64	2.86	7.10	54.12	2.78	6.46

나. 색, 향미증진 소재의 첨가

일반적으로 흰쌀밥을 좋아하던 것이 최근에는 건강상의 이유로 여러가지 잡곡을 함께 섞는 혼식이 선호되고 있으며 조립형 혼합쌀의 경우에는 색과 향미가 좋은 것이 매우 바람직하다. 쌀에서도 유색미와 새로운 향미가 개발되어 생산되고 있으며 유색미 중에서도 흑미는 그 향이 좋은 것으로 평가되고 있다.

혼합쌀의 향미와 색상을 개선하고 다양화하기 위해 인삼, 등글레, 흑미, 호박, 쑥, 솔잎, 다시마, 표고버섯, 홍화씨 등의 분말을 첨가하여 제조하였으며 이에 대한 관능특성을 분석한 결과 등글레, 인삼, 쑥이 가장 향미가 좋은 것으로 평가되었다. 향미증진 소재들에 대한 색도를 분석한 결과는 Table 54와 같다. 인삼, 호박, 표고버섯의 L값은 높아 밝은 편이었으며 다시마, 흑미, 홍화, 솔잎, 등글레, 쑥의 순으로 어두워졌다. a값은 등글레에서 10.39로 적색도가 가장 높았고 그 다음으로 홍화, 흑미, 표고버섯, 인삼 순으로 낮아진 반면에 호박, 솔잎, 다시마, 쑥의 순으로 (-)값이 증가하여 녹색도가 높아졌다. b값은 향미증진소재 모두에서 (+)값을 나타내 황색도를 주었으며 황색도의 정도는 등글레, 호박, 솔잎, 다시마, 홍화, 인삼, 쑥, 흑미의 순이었다.

향미증진 소재를 2~5% 첨가하여 제조한 혼합쌀의 외관은 Fig. 35와 같으며 취반전·후 색도를 측정된 결과 취반전보다 취반후에 색상이 약간 어두워졌으며 a값은 대체적으로 낮아져 적색도가 떨어진 반면에 b값은 높아져 황색도가 증가하였다(Table 55). 한편 향미증진소재를 첨가하여 제조한 혼합쌀과 백미를 3:7의 비율로 혼합하여 취반전·후 색도를 측정된 결과는 Table 56과 같다. 혼용밥의 색도는 취반전에 비해 L값이 증가 또는 감소하였으며 a, b 값은 취반후 대체적으로 감소하는 경향을 보였다. 혼합쌀의 향미는 향미증진소재의 첨가에 의해 개선할 수 있었으며 색상의 개선효과를 부여하는 역할도 큰 것으로 나타났다.

Table 54. Color values of various flavor-enhancing materials

	Color		
	L	a	b
Safflower	61.86	3.72	15.67
Mugwort	48.28	-4.81	7.89
Pine needle	56.64	-1.57	19.90
<i>Polygonatum odoratum</i>	55.81	10.39	21.68
Fragrant mushroom	74.26	3.31	15.44
Ginseng	79.94	2.72	15.63
Black rice	64.64	3.45	1.20
Sea tangle	67.89	-2.18	18.40
Squash	78.24	-0.23	21.60

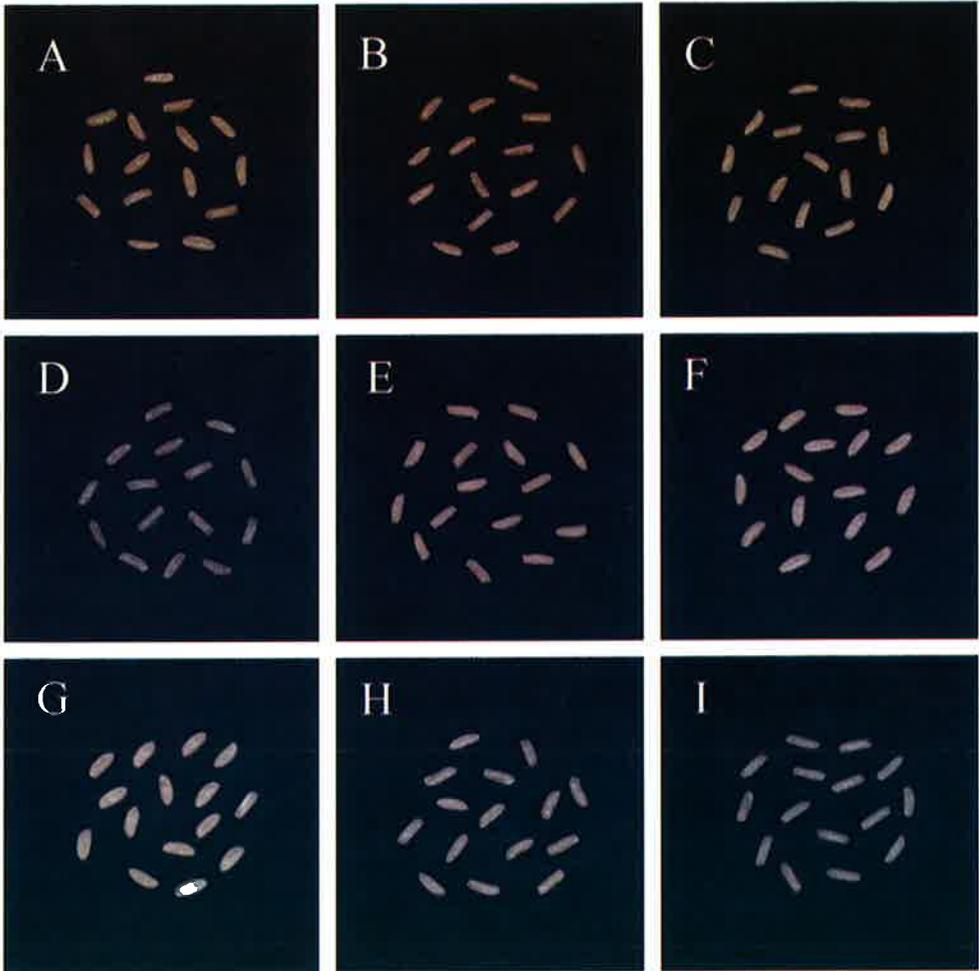


Fig. 35. Appearance of fabricated grains containing flavor-enhancing materials.

A: Safflower, B: Mugwort, C: Pine needle, E: *Polygonatum odoratum*, F: Fragrant mushroom, G: Ginseng, H: Black rice, I: Sea tangle, J: Squash.

여 백

Table 55. Color values of fabricated grains containing various flavor-enhancing materials

	Befor cooking			After cooking		
	L	a	b	L	a	b
Safflower	50.27	3.16	7.52	50.80	2.22	10.96
Mugwort	47.42	-0.89	3.46	40.65	-1.90	7.37
Pine needle	50.40	1.43	7.03	48.43	1.05	11.16
<i>Polygonatum odoratum</i>	47.57	4.21	6.08	43.65	6.27	14.45
Fragrant mushroom	52.33	3.39	7.43	49.60	3.28	11.59
Ginseng	54.63	3.13	10.18	52.75	2.21	12.35
Black rice	49.90	3.63	3.11	43.46	5.08	3.77
Sea tangle	51.77	1.42	8.01	51.73	0.72	14.44
Squash	53.38	3.06	9.75	53.15	1.80	12.75

Table 56. Colors of cooked rice/fabricated grains containing flavor-enhancing materials

	Before cooking			After cooking		
	L	a	b	L	a	b
Safflower	57.48	1.51	7.81	59.73	0.21	6.34
Mugwort	53.82	-0.88	5.63	52.73	-1.64	5.10
Pine needle	57.50	0.66	8.04	55.28	0.33	7.39
<i>Polygonatum odoratum</i>	59.34	1.08	7.71	53.03	3.55	12.45
Fragrant mushroom	55.82	2.36	8.40	55.41	1.91	9.00
Ginseng	59.89	1.10	8.61	64.08	-0.22	6.44
Black rice	52.45	2.59	4.81	54.28	2.61	3.36
Sea tangle	57.81	0.62	8.48	61.00	-0.43	8.95
Squash	57.20	2.02	9.76	61.05	0.18	8.03

3. 혼합쌀의 도정 및 피복

혼합쌀을 성형한 후 건조하여 저장성을 부여한 다음 표면을 매끈하게 하기 위하여 도정기(Satake test mill)로 도정하였으며 혼합쌀의 도정시간에 따른 도정수율을 측정하여 Fig. 36에 나타내었다. 도정 1분, 2분, 3분 후의 도정수율은 각각 96.9%, 94.2%, 92.0%로 낮아졌다. 또한 도정에 따른 혼합쌀의 색도 및 체적의 변화를 조사하였다(Table 57). 조립형 혼합쌀은 도정에 의해 L값이 증가하여 색상이 밝아졌고 a, b값은 감소하여 적색도와 황색도가 감소하는 추세였다. 혼합쌀의 도정처리에 의한 체적(stacking volume)의 변화는 도정전의 25.2 cc/20g에서 23.7 cc/20g으로 약간 낮게 나타났다. 혼합쌀의 도정은 도정시간 1분 이내의 도정수율이 97%이상으로 약간만 도정하는 것이 적합한 것으로 여겨졌다.

Table 57. Changes in color and stacking volume of fabricated grains during pearling process

Pearling time (min)	Color			Stacking volume (g/20 cc)
	L	a	b	
0	42.3	5.23	14.1	25.2
1	45.5	4.62	12.8	23.7
2	47.0	4.23	12.1	23.5
3	47.4	3.99	11.8	23.5

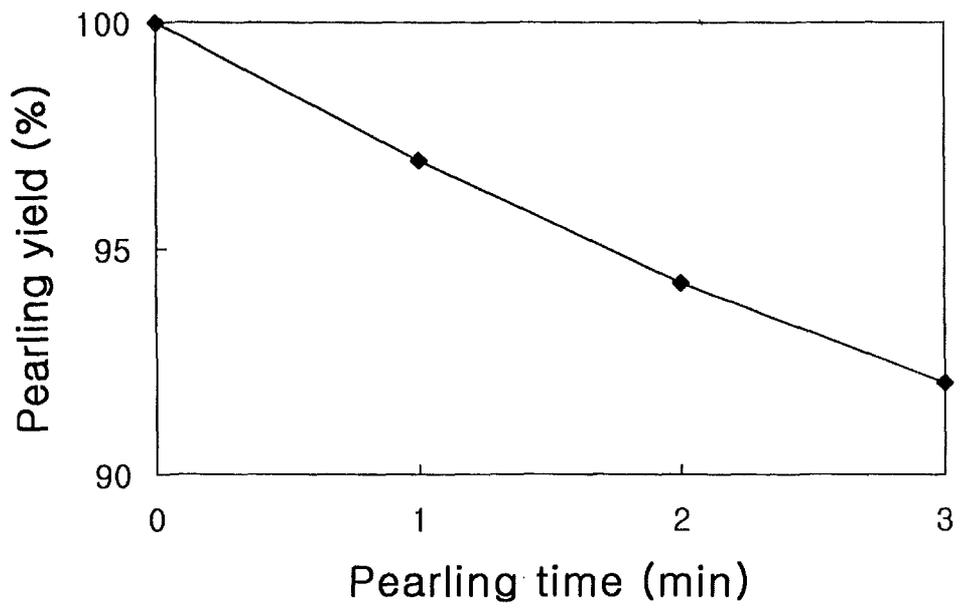


Fig. 36. Pearling yield of fabricated grains during pearling process.

혼합쌀의 수화특성을 개선하기 위하여 검류(gum arabic, alginate, guar gum, gum ghatti, karaya gum, locust bean gum, tragacanth, pectin 등) 용액(0.5~1.5%,w/v)을 사용하여 혼합쌀에 코팅처리하였으며, 코팅처리한 혼합쌀을 20℃의 증류수에서 30분동안 침지한 후 수분흡수율을 측정하였다(Fig. 37). 사용된 gum 중 gum ghatti와 gum tragacanth를 코팅한 혼합쌀의 수분흡수율이 다소 높은 반면 pectin, guar gum, alginic acid, arabic acid, gum karaya에 있어서는 수분흡수율이 약간 낮았으나 수화속도를 지연시켜 수화특성을 개선하는 효과는 크게 없는 것으로 보여졌다.

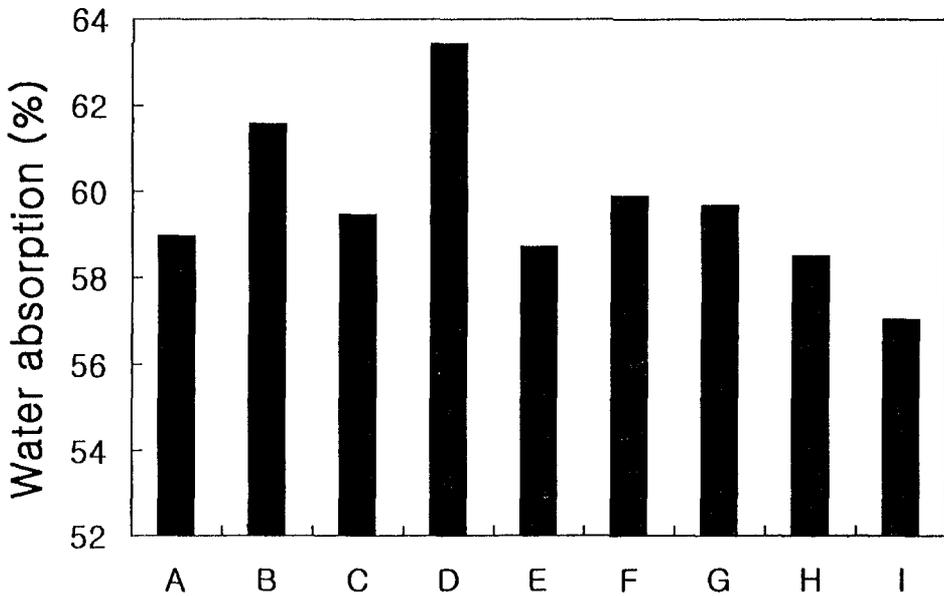


Fig. 37. Water absorption of fabricated grains coated with different types of gums. A: Arabic gum, B: Gum ghatti, C: Gum karaya, D: Gum tragacanth, E: Alginic acid, F: Xanthan gum, G: Locust bean gum, H: Guar gum, I: Pectin.

제 6 절 혼합쌀의 생산공정 확립 및 산업화

1. 조립형 혼합쌀의 생산공정

조립형 혼합쌀의 제조를 위한 연구결과를 종합하여 산업화를 위한 생산공정을 확립하였으며 전체적인 생산공정은 Fig. 38과 같다.

곡물원료의 분쇄에 있어서 분쇄기의 종류별, 분쇄기의 screen size에 따라 제분된 원료곡분의 물리, 화학적 특성에서 차이를 나타내었으며 pin mill 분쇄기를 사용하여 분쇄하는 것이 적합하였다. 혼합쌀의 제조에 사용되는 곡물 원료의 배합비를 가공특성, 영양성 및 기호성을 고려하여 결정하였으며 이때 곡물의 배합비율을 현미 30~100%, 보리쌀 0~40%, 밀 0~30%, 조 0~5%, 수수 0~5%, 콩 0~17%, 팥 0~13%의 범위에서 여러 처리구로 배합하여 조립형 혼합쌀을 제조할 수 있었다. 배합된 원료를 중량비로 수분함량이 22~33% 범위에서 가수하여 혼합기에서 혼합하였으며 이때 혼합시간은 3~7분에서 적합하였다. 원료곡물의 일부 고생리활성 유용성분을 기능성소재로서 함께 배합하여 기능성소재를 함유하는 조립형 혼합쌀로 제조할 수 있었다.

혼합쌀은 압출성형 후 건조온도별(30, 40, 50, 60, 70℃)로 열풍건조하여 건조속도를 조사하였으며 열풍건조 조건으로는 45~65℃에서 12~16시간 건조하여 수분함량을 9~12% 수준으로 유지하는 것이 적합하였다.

조립형 혼합쌀의 생산공정은 다음의 실시예를 통해 보다 구체적으로 설명하였다.

[실시예] 깨끗이 정선된 원료를 pin mill을 사용하여 분쇄하고 현미 50%, 보리 20%, 밀 10%, 조 5%, 수수 5%, 콩 7%, 팥 3%로 배합한 후 믹서기에서 3분간 혼합하였다. 고르게 섞인 원료는 쌍축압출성형기를 사용하여 압출성형하였으며 이때 압출성형조건으로 원료투입속도 380 g/min, 스크류 회전속도 465 rpm, 가

수율 26%, 압출성형온도 75℃로 조절하였다. 토출부에는 7.4×1.5 mm 직사각형의 토출구멍 14개를 사용하여 절단칼의 회전속도를 1600 rpm으로 조절하여 혼합쌀을 성형하였다. 성형후 55℃의 열풍건조기에서 12시간 건조한 다음 도정기로 표면이 부드러워 지도록 약 30초간 도정하여 혼합쌀로 제조하였으며 이를 적정량씩 포장하였다.

2. 시제품의 기호도 조사

상기 생산공정에 의해 혼합쌀 시제품을 제조하였으며 기존제품과 비교하여 개발시제품의 소비자 기호도를 조사하였다. A사의 제품은 곡물을 반죽으로 혼합한 후 압착식 성형방식으로 제조한 인조쌀로서 향은 바람직한 것으로 평가되었으나 쌀알 외형이 불균일하고 취반후 밥알이 퍼져 형태를 제대로 유지할 수 없었으며 텍스처가 떨어지는 등 기호성에서 가장 떨어지는 것으로 평가되었다. 압출성형방식으로 제조한 B사 제품의 경우 외관은 다소 개선되었지만 향미와 텍스처에서 높은 관능점수를 얻지 못했다. 본 연구를 통해 제조된 개발시제품은 압착식또는 압출식으로 제조한 기존의 시판 인조미 제품에 비해 9점기호척도법에 의한 외관, 향, 맛, 조직감, 종합적기호도에서 7점 이상의 높은 점수를 얻어 유의적인 차이로 우수하게 평가되었다(Table 58).

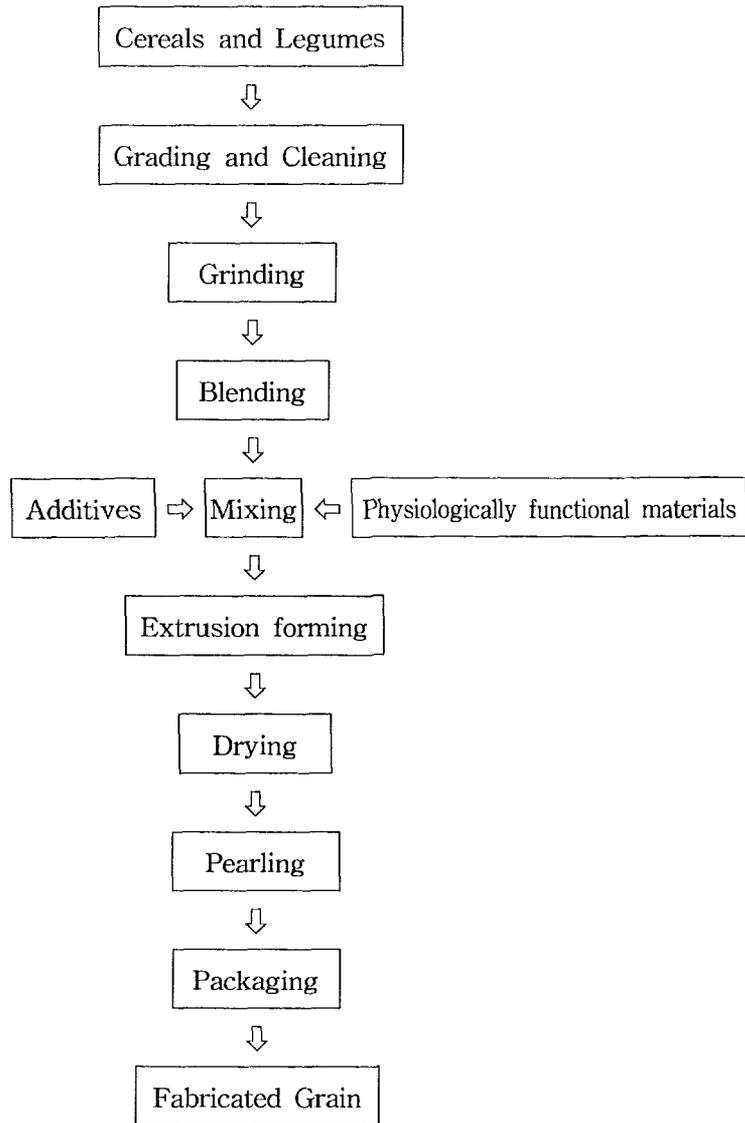


Fig. 38. Manufacturing process of fabricated grain.

Table 58. Sensory scores of developed fabricated grain

	Appearance	Flavor	Taste	Texture	Overall acceptability
A	6.1	7.2	7.0	5.6	6.4
B	7.0	6.7	7.2	6.9	6.9
Developed fabricated grain	7.8	7.4	8.5	8.2	8.3

3. 산업용 기계, 설비 및 공장설계

혼합쌀의 개발기술을 산업화를 위하여 생산에 필요한 분쇄기, 혼합기, 건조기, 도정기 등 산업용 생산기계를 검토하였다. 특히 혼합쌀의 성형에 가장 중요한 압출성형기의 선정에 중점을 두었으며 외국산 압출성형기와 국내산 압출성형기를 비교, 분석하였다. 외국산 압출성형기는 품질 및 선택의 폭이 높지만 국내산에 비해 가격이 2~3배 비싸며 AS 유지에 다소 어려움이 예상되었다. 국내 압출성형기 제작회사는 미미하고 영세함에도 불구하고 외국산에 비해 가격이 상대적으로 저렴하고 국산기계 제작 기술력을 확보한다는 측면에서 유리하게 작용하여 국내 기계제작사와 협의하여 산업용 압출성형기를 제작하였으며 이에 대한 도면은 Fig. 39와 같다.

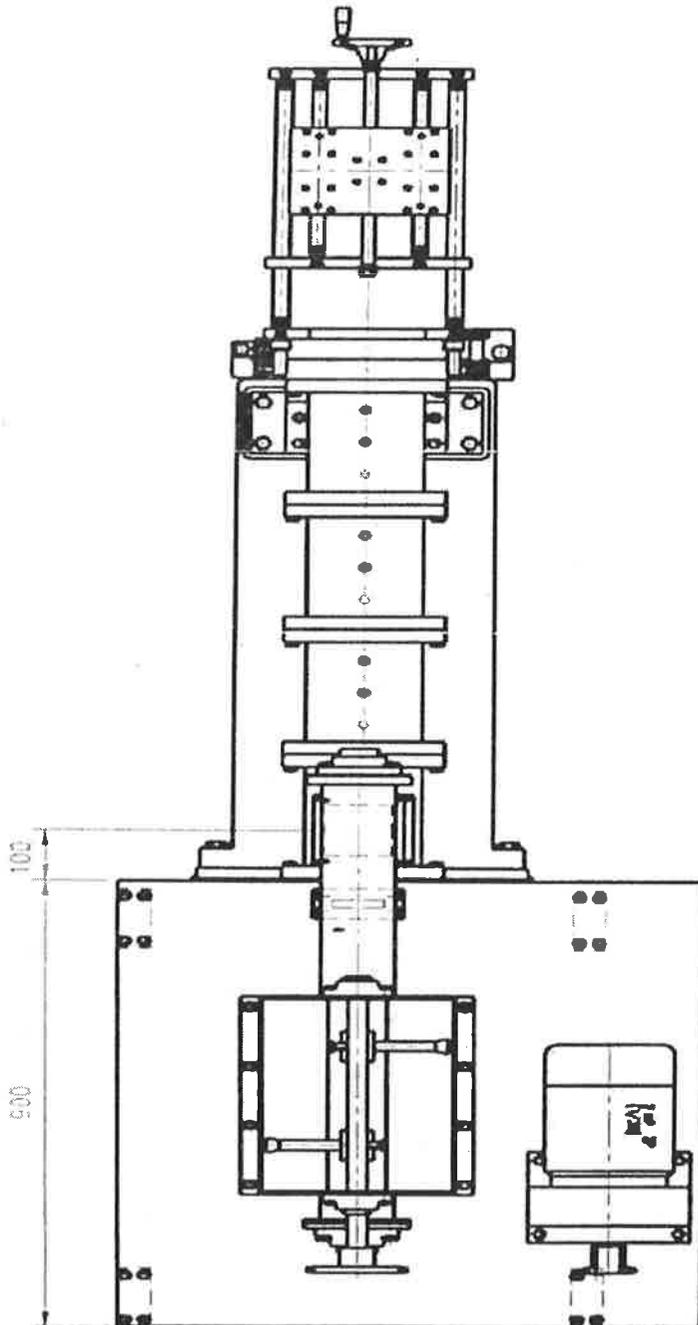


Fig. 39-3. Commercial extruder for the production of fabricated grain.

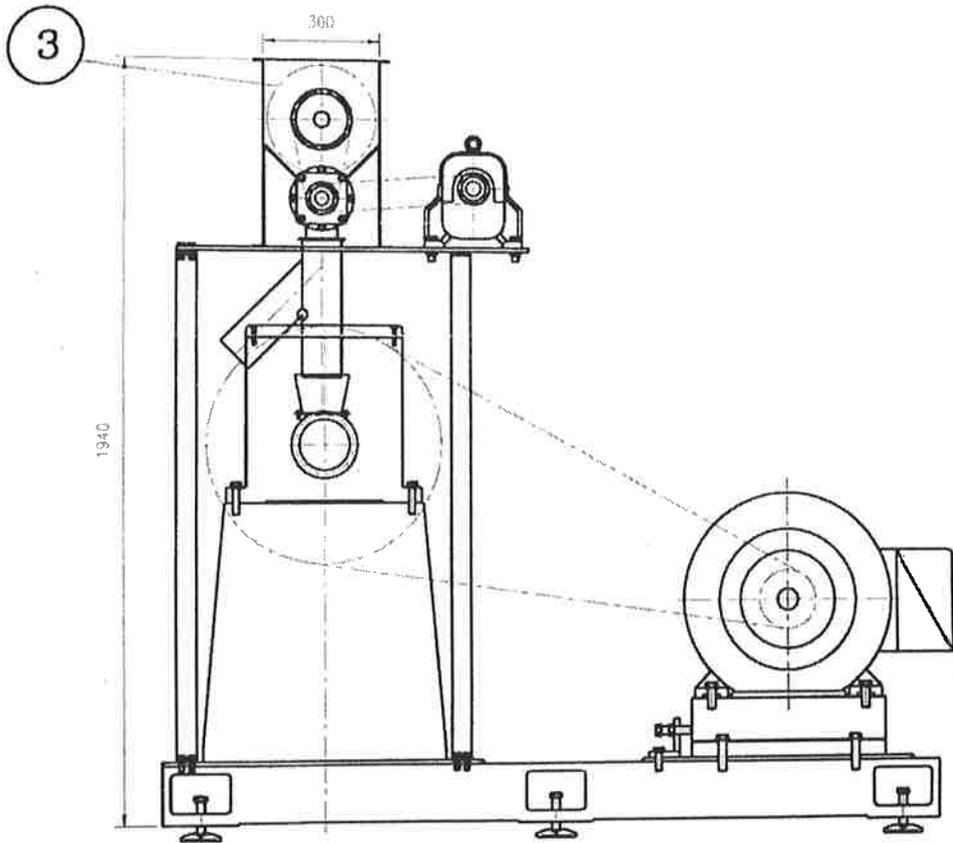


Fig. 39-4. Commercial extruder for the production of fabricated grain.

가. 제작 압출성형기의 구조 및 주요장치

쌍축압출성형기는 단축압출성형기에 비해 유용성이 더 크며 제품생산에 사용되는 산업용 FESTINA 압출성형기는 베럴, 다양한 스크류, 다이, base plate, feeder, conditioner cutter 그리고 control system으로 구성되어있으며 그 제원은 Table 59에 나타나 있다.

Table 59. Specifications of twin-screw extruder for commercial production

	Types		
	FX 100	FX 60	FX 40
Main motor (kw)	111	45	11
Screw diameter	100	62	44
Maximum screw speed (rpm)	300	400	400
Barrel length (number of diameters)	12-20	12-20	12-20
Barrel max. operation temp. (°C)	200	200	200
Barrel max. discharge pressure (bar)	150	150	150
Feeder drive kw	2.25	0.75	0.75
Conditioner drive kw	3.75	2.25	0.75
Cutter drive kw	3.75	1.5	0.75
Capacity maximum (kg/hr)	2,000	600	200

산업용 압출성형기의 주요장치는 다음과 같이 세분되어 있다.

○ 원료공급장치: 원료공급장치는 배럴(barrel)의 투입구에 원료를 공급하는 장치로 흐름을 용이하게 하고 정량적으로 균일하게 원료를 공급하도록 하며 원활한 원료투입을 위하여 호퍼(hopper) 입구를 원추형처럼 넓게 하였다.

○ 스크류(screw) 및 구동장치: 스크류는 압출성형기의 기능중에서 가장 중요한 부분으로 최종제품의 품질에 결정적 역할을 한다. 쌍축스크류 압출성형기는 한 배럴내에서 두개의 스크류를 병렬조합시킨 것으로 스크류의 프로파일(profile)에 따라서 원료치리에 많은 변수를 가져오며 최종제품의 성상을 감안하여 스크류 구조를 설계하는 작업은 중요한 기술이라 할 수 있다. 스크류는 여러형태의 스크류 element로 구성될 수 있으며 스크류에는 긴피치, 짧은피치, 역피치, 반축용 스크류등 다양한 종류의 스크류를 사용하여 제품에 따라 적합한 스크류로 조합하였다.

압출성형기의 구동모터는 전기모터로부터 전달되는 힘을 기어를 통해 스크류축으로 전달하며 속도변환이 가능하도록 기어변속기를 사용한다. 구동능력은 산업용 생산을 위해 40 마력 또는 60 마력(HP)을 사용하였다.

○ 배럴부위(barrel): 배럴은 스크류를 둘러싸고 있는 부위로서 압출성형기의 주된 몸체를 형성하고 있으며 몇개의 챔버(chamber)로 나누어지는데 원료나 공정 조건에 따라 그 길이가 달라질 수 있으며 내부는 열처리가 되어있다. 배럴의 온도는 물을 폐쇄유로에 순환시킴으로써 각 챔버의 온도를 일정하게 유지하도록 하였다.

배럴은 기능부위별 조립식으로 구성할 수 있으며 배럴의 분해, 청소를 용이하게 해주기 위하여 배럴은 반쪽으로 분리할 수 있도록 하면 작업이 용이하다. 각 배럴의 적절한 위치에 스팀주입구, 가수 및 가열장치, 냉각수통, 가열을 위한 코일밴드나 스팀자켓, 온도센서 및 조절 장치, 압력측정장치 등을 부착한다.

○ 토출구(die): 배럴의 끝에는 다양한 모양을 지닌 토출구멍이 뚫려 있는 토출

구판(die plate)이 장치되어 있는데 이 토출구는 원하는 모양의 제품을 성형함과 동시에 압출성형기 내부의 계량부위 쪽으로 압력을 증가시켜 주기 위하여 흐름을 억제시키는 작용을 한다. 혼합쌀의 크기와 형태에 따라 압출성형시 다양한 다이(die)를 주문 제작하여 사용하도록 하였다.

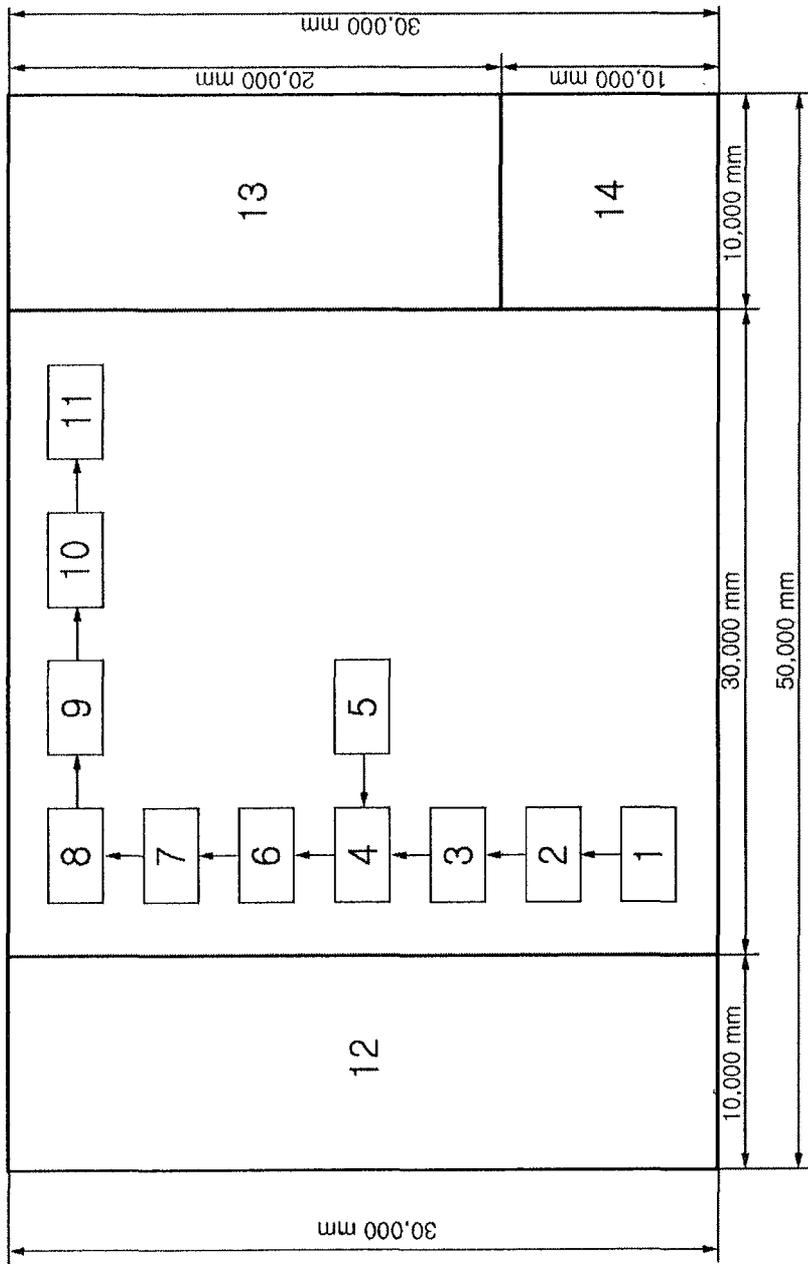
○ 절단장치: 절단장치는 압출성형물의 최종성형에 필수적이며 깨끗한 절단표면을 지니면서 일정한 길이와 형태로 제품을 잘라내는 역할을 수행한다. 제품의 길이는 절단칼의 회전속도로 결정되고 절단면의 매끈한 정도는 칼날과 토출구사이의 간격에 의하여 결정된다. 대개 칼날과 토출구사이의 간격은 0.2 mm 이하로 유지되어야 깨끗한 절단면을 얻을 수 있으나 칼날과 토출구 사이의 높은 마찰력을 피하기 위해서는 0.05 mm이상의 간격을 유지하여야 한다. 또한 칼날은 얇을 수록 매끈한 면을 만들 수 있다.

○ 주변기기 및 라인의 설비

식품 압출조리공정에는 압출성형기 본체 외에도 여러가지 부속된 기기의 설비가 요구된다. 우선 원료의 전처리를 할 수 있는 계량기와 분쇄기 및 혼합믹서기가 필요하며 각종데이터를 측정할 수 있는 온도기록장치, 압력기록장치, 가수 조절장치등이 설비되어야 한다. 또한 모든 작동을 용이하게 제어시키기 위한 콘트롤 판넬을 제작하여 암페어계기, 전원스위치등을 부착하도록 하였다. 또한 압출성형된 혼합쌀을 연속적으로 처리할 수 있는 콘베이어를 시설하여 효율적인 공정라인이 되도록 하며 냉각 및 건조장치도 설치하도록 하였다.

나. 생산 기계설비 Layout

조립형 혼합쌀 생산에 필요한 기계설비에 따른 공장 layout을 Fig. 40에 나타내었다.



1. Grain grading machine
2. Grain Cleaning machine
3. Dehuller, pearler
4. Mills
5. Shifter
6. (Vacuum) mixer
7. Extruder
8. Dryer
9. Pearler
10. Sorting machine
11. Packaging machine
12. Storage room
13. Product storage
14. Preparation room

Fig. 40. Factory layout for the commercial production of fabricated grains.

4. 혼합쌀의 경제성 분석

혼합쌀의 수율은 원료곡물을 분쇄하기전의 중량에 대한 최종 조립형 혼합쌀의 양을 중량비로 나타낸 결과로 제품의 수율은 85% 이상으로 조사되었다. 생산공정에 따른 조립형 혼합쌀의 제조시에 제품수율을 최대한으로 하기 위해서는 공정별 최적의 조건을 유지해야 할 필요성이 있었다. 조립형 혼합쌀 제품을 제조하여 판매할때의 경제성을 분석하였다. 혼합쌀 제품의 생산원가를 산출한 결과는 Table 60과 같다.

Table 60. 재성형 잡곡쌀 제조원가 산출 내역 (제품 800 g 기준)

1. 재 료 비	
원 료 비	1535원
부 재 료 비	240원
포장재료비	80원
2. 노무비	240원
3. 제조경비	133원
4. 제조원가(1+2+3)	2228원
5. 판매비 및 일반관리비 (제조원가의 15%)	334원
6. 매출원가(4+5)	2562원

[세부내역]

- 원료비: 보리, 현미, 밀, 조, 수수, 콩, 팥 등 1535원/800 g
- 부재료비: 진분류, 검류, 천연색소등 240원
- 포장재료비: 나일론. 폴리에틸렌 사용 = 80원/kg
- 노무비: 1일 10시간, 원료처리능력 600 kg/일 x 25일/월 = 15,000 kg

(제품 월 생산량)

소요인원, 잡급직 4 명 × 25,000원/일 = 100,000원/일

기술사 2 명 × 40,000원/일 = 80,000원/일

합계 = 180,000원/일 x 25일 = 4,500,000원/월

4,500,000원 ÷ 15,000 kg = 300원/kg (240원/800g)

- 제조경비: 하루 8시간 작업시 동력비, 연료비등 100,000원

100,000원 ÷ 600kg/일 = 166원/kg(133원/800g)

- 판매가가 3,500원/800g 경우에는 마진율이 매출원가 대비 37% 수준임
(소비자 가격이 4,500원이면 소매점 마진율은 약 29% 수준임)

여 백

참 고 문 헌

1. 구자연 : 쉰 인조미 제조방법. 특허공보 제 1368호 (1988)
2. 김길용 : 혼합곡 인조미(쌀) 및 분말의 제조방법. 특허공보 제 922호 (1992)
3. Lee, Y.T., Seog, H.M. Kim, S.S., Kim, K.T. and Hong, H.D. : Quality characteristics of reconstituted multi-grain by extrusion process. Korean J. Food Sci. Technol., 29: 963 (1997)
4. Knuckles, B.E., Chiu, M.M. and Betschart, A.A. : β -Glucan-enriched fractions from laboratory-scale dry milling and sieving of barley and oats. Cereal Chem., 69: 198 (1992)
5. Mok, C., Park, D. and Ku, K. : Air classification of barley flour. Foods and biotech., 4: 21 (1995)
6. American Association of Cereal Chemists: *Approved Methods of the AACC*. The Association, St. Paul, Minnesota (1983)
7. A.O.A.C.: *Official Methods of Analysis*, 14th ed., Association of Official Analytical Chemists. Washington, D.C. (1984)
8. Prosky, L., Asp, N., Schweizer, T.F., Devries, J. and Furda, I. : Determination of insoluble, soluble, and total dietary fiber in foods and food products: Interlaboratory study. J Assoc. Off. Anal. Chem., 71: 64 (1994)
9. McCleary, B.V. and Glennie-Holmes, M. : Enzymatic quantification of (1 \rightarrow 3), (1 \rightarrow 4)- β -D-glucan from barley and malt. J. Inst. Brew., 91: 285 (1985)
10. 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)

11. Yamazaki, W.T. : An alkaline water retention capacity test for the evaluation of cookie baking potentialities of soft winter wheat flours. *Cereal Chem.*, 30: 242 (1953)
12. Åman, P. and Graham, H. : Analysis of total and insoluble mixed-linked (1→3),(1→4)- β -glucans in barley and oats. *J. Agric. Food Chem.*, 35: 704 (1987)
13. Kainuma, K., Matsunaga, A., Itagawa, M. and Kobayashi, S. : New enzyme system-beta-amylase-pullulanase to determine the degree of gelatinization and retrogradation of starch or starch products. *J. Jap. Soc. Starch Sci.*, 28: 235 (1981)
14. Wilson, I.A., Birmingham, V.A., Moon, D.P. and Snyder, H.E. : Isolation and characterization of starch from mature soybeans. *Cereal Chem.*, 55(5): 661-670 (1978)
15. Krivoruchko, D., Kaba, H., Sambucetti, M.E. and Sanahuja, J.C. : Maturation time and some seed composition characters affecting nutritive value in soybean varieties. *Cereal Chem.*, 56(4): 217-219 (1979)
16. Hsieh, H.M., Pomeranz, Y. and Swanson, B.G. : Composition, cooking time, and maturation of Azuki(*Vigna angularis*) and common beans(*Phaseolus vulgaris*). *Cereal Chem.* 69(3): 244-248 (1992)
17. Rooney, L.W. Sorghum and pearl millet lipids. *Cereal Chem.*, 55(5): 584-590 (1978)
18. Banda-Nyirenda, D, Vohra, P. and Ingerbretson, K.H. : Nutritional evaluation of some varieties of soghum(*Sorghum bicolor(L.) Moench*). *Cereal Chem.*, 64(6): 413-417 (1987)

19. Buffo, R.A., Weller, C.L. and Parkhurst, A.M. : Relationships among grain sorghum quality factors. 75(1): 100-104 (1998)
20. Sridhar, R. and Lakshminarayana, G. : Contents of total lipids and lipid classes and composition of fatty acids in small millets: Foxtail(*Setaria italica*), Proso(*Panicum miliaceum*), and Finger(*Eleusine coracana*). Cereal Chem., 71(4): 355-359 (1994)
21. Hahn, D.H., Rooney, L.W. and Earp, C.F. : Tannins and phenols of sorghum. Cereal Foods World, 29: 776 (1984)
22. Juliano, B.O. and Bechtel, D.B. : The rice grain and its gross composition, pp. 37-50. In: Rice Chemistry and Technology. Juliano, B.O. (ed.). AACC, Minnesota, USA (1985)
23. Kahlon, T.S., Chow, F.I. and Sayre, R.N. : Cholesterol-lowering properties of rice bran. Cereal Foods World, 39(2): 99-103 (1994)
24. McCaskill, D.R. and Zhang, F. : Use of rice bran oil in foods. Food Technol., 53(2): 50-53 (1999)
25. Newman, R.K. and Newman, C.W. : Barley as a food grain. Cereal Foods World, 36(9): 800-805 (1991)
26. 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: 285-295 (1985)
27. Lee, Y.T. : β -Glucans in barley and oats and their changes in solubility by processing (in Korean). Agric. Chem. Biotechnol., 39: 482-487 (1996)
28. Newman, R.K., Newman, C.W. Fadel, J. and Graham, H. : Nutritional implications of beta-glucans in barley. Barley Genetics, V: 773-780 (1987)

29. Newman, R.K., Lewis, S.E., Newman, C.W., Boik, R.J. and Pamage, R.T. : Hypocholesterolemic effect of barley foods on healthy men. *Nutr. Rep. Int.*, 39: 749-760 (1989)
30. Newman, R.K., Newman, C.W. and Graham, H. : Hypocholesterolemic function of barley β -glucans. *Cereal Foods World*, 34: 883-886 (1989)
31. Danielson, A.D., McGuire, C.F., Newman, R.K., Newman, C.W. and Schwarz, P.B. : Dietary fiber content of air-classified fractions of hull-less waxy barley. *Barley Newsl.*, 33: 147 (1989)
32. Knuckles, B.E., Chiu, M.M. and Betschart, A.A. : β -Glucan-enriched fractions from laboratory-scale dry milling and sieving of barley and oats. *Cereal Chem.*, 69: 198 (1992)
33. Wu, Y.V., Stringfellow, A.C. and Inglett, G. : Protein- and β -glucan enriched fractions from high-protein, high β -glucan barleys by sieving and air classification. *Cereal Chem.*, 71: 220 (1994)
34. Yoon, S.H., Berglund, P.T. and Fastnaught, C.E. : Evaluation of selected barley cultivars and their fractions for β -glucan enrichment and viscosity. *Cereal Chem.*, 72: 187-190 (1995)
35. Lee, Y.T., Seog, H.M. and Cho, M.K. : β -Glucan enrichment from pearled barley and milled barley fractions (in Korean). *Korean J. Food Sci. Technol.*, 29: 888-894 (1997)
36. 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)
37. Webb, B.D. : Criteria of rice quality in the United States, pp. 416-427. In: *Rice Chemistry and Technology*. Juliano, B.O. (ed.). AACC, Minnesota, USA

(1985)

38. Kim, K.J., Pyun, Y.R., Cho, E.K., Lee, S.K. and Kim, S.K. : Kinetic studies on hydration of Akibare and Milyang 23 brown rice. Korean J. Food Sci. Technol., 16(3): 297-302 (1984)
39. Kim, K.A. and Jeon, E.R. : Physicochemical properties and hydration of rice on various polishing degree. Korean J. Food Sci. Technol., 28(5): 959-964 (1996)
40. Kim, Y.K. and Ahn, S.Y. : The effect of cellulase treatment on the physicochemical properties of rice and the texture of cooked rice. Korean J. Food Sci. Technol., 28(4): 720-729 (1996)
41. Zhang, D., Doehlert, D.C. and Moore, W.R. : Rheological properties of (1→3),(1→4)- β -D-glucans from raw, roasted, and steamed oat groats. Cereal Chem., 75(4): 433-438 (1998)
42. Lee, Y.J., Min, B.K., Shin, M.G., Sung, N.K. and Kim, K.O. : Sensory characteristics of cooked rice stored in an electric rice cooker. Korean J. Food Sci. Technol., 25: 487 (1993)
43. Lee, S.O., Kim, S.K. and Lee, S.K. : Kinetic studies on hydration of traditional and high-yielding rice varieties. J. Korean Agricultural Chemical Society, 26: 1 (1983)
44. Shin, M.K: A study on the development of cooking technology for improving quality of cooked rice. Korea Food Research Institute Report (1993)
45. Bourne, M.C. : Texture profile analysis. Food Technol., 32: 62 (1978)
46. Rayes, V.G. and Jindal, V.K. : A small sample back extrusion test for measuring texture of cooked rice. J. Food Quality, 13: 109 (1989)

47. Min, B.K., Hong, S.H., Shin, M.G. and Jung, J. : Study on the determination of the amount of added water for rice cooking by extrusion test of cooked rice, Korean J. Food Sci. Technol., 26: 98 (1994)
48. Okabe, M.: Texture measurement of cooked rice and its relationship to the eating quality. J. of Texture Studies, 10: 131(1979)
49. Lee, C.H. and Park, S.H. : Studies on the texture describing terms of Korean. Korean J. Food Sci. Technol., 14(1): 21 (1982)
50. Hwangbo, J.S., Lee, K.Y., Chung, D.H. and Lee, S.R. : Changes in eating quality and lipid components of Tongil rice variety in storage, Korean J. Food Sci. Technol., 7: 212 (1975)
51. Kim, W.J., Kim, C.K. and Kim, S.K. : Evaluation and comparison of sensory quality of cooked rice. Korean J. Food Sci. Technol., 18: 38 (1986)
52. Cho, E.K., Pyun, Y.R., Kim, S.K. and Yu, J.H. : Kinetic studies on hydration and cooking of rice. Korean J. Food Sci. Technol., 12: 285 (1980)
53. 민봉기, 홍성희, 신명곤: 쌀밥의 취반시 취반용량별 최적가수를 규명에 관한 연구. 한국식품과학회지, 24(6), 623(1992)
54. Kim, H.Y., Lee, H.D. and Lee, C.H. : Studies on the physicochemical factors influencing the optimum amount of added water for cooking in the preparation of Korean cooked rice. Korean J. Food Sci. Technol., 28(4): 644-649 (1996)
55. Lee, S.J. : Water addition ratio affected texture properties of cooked rice. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr., 25(5): 810-816 (1996)
56. Kim, S.K., Lee, A.R., Lee, S.K., Kim, K.J. and Cheon, K.C. : Firming rates of cooked rice differing in moisture contents., 28(5): 877-881 (1996)

57. Kim, H.Y. and Kim, K.O. : Sensory characteristics of rice cooked with pressure cookers and electric cookers. Korean J. Food Sci. Technol., 18: 319
58. Park, S.K., Ko, Y.D., Choi, O.J., Shon, M.Y. and Seo, K.I. : Changes in retrogradation degree of nonwaxy rice cooked at different pressure and stored in Electric Rice Cooker. Korean J. Food Sci. Technol., 29(4): 705-709 (1997)
59. Hwang, J.S., Kim, C.K., Byun, Y.R. Chang, H.G. and Kim, W.J. : Study on rheological and sensory properites of cooked rices II. Effect of storage on textural properties of cooked rices. J. Korean Agricultural Chemical Society, 30(2): 118 (1987)
60. Kim, C.K., Hwang, J.S. and Kim, W.J. : Study on rheological and sensory properties of cooked rices I. Changes in flavor and appearance of cooked rices during storge. J. Korean Agricultural Chemical Society, 30(2): 109 (1987)
61. 이영진, 황선욱, 김상권, 박윤서, 전재근 : 전기밥솥에서 보온중인 밥의 조직감 변화. 한국농화학회지, 38, 422 (1985)
62. 최성길, 이철 : 동결속도 및 저장온도가 취반된 쌀의 노화도, 조직감 및 미세구조에 미치는 영향. 한국식품과학회지, 27, 783 (1995)
63. Kim, S.K. and Pyun, Y.R. : Staling rate of cooked rice stored at 21°C and 72°C. Korean J. Food Sci. Technol., 14(1): 80 (1982)