

발간등록번호

11-1541000-001348-01

# 단보리가루를 이용한 수입밀가루 대체 식품 및 사료 개발

(Development of foods and feeds using VAW powder  
for replacing imported flour)

전남대학교

농림수산식품자료실



0010526

농림수산식품부

## 제 출 문

농림수산식품부 장관 귀하

이 보고서를 “단보리 가루를 이용한 수입 밀가루 대체 및 식품 및 사료 개발에 관한 연구” 과제(세부과제 “제1세부. 단보리의 최적생산을 위한 생리적, 생화학적 연구, 제2세부. 단보리가루의 밀가루 대체용 식품가공 특성조사 및 제품 개발, 제3세부. 단보리를 이용한 사료개발 및 양돈사양시험 연구 에 관한 연구”)의 보고서로 제출합니다.

2012년 4 월 9일

주관연구기관명 : 전 남 대 학 교  
주관연구책임자 : 안 성 주  
1세부연구책임자 : 안 성 주  
연 구 원 : 정 용 수  
연 구 원 : 정 덕 한  
연 구 원 : 박 원  
연 구 원 : 장 하 영  
연 구 원 : 김 현 성  
연 구 원 : 박 태 완  
2세부연구기관명 : 목 포 대 학 교  
2세부연구책임자 : 박 양 균  
연 구 원 : 양 아 여  
연 구 원 : 하 동 민  
연 구 원 : 노 민 석  
연 구 원 : 부 기 동

연 구 원 : 최 현 배  
연 구 원 : 정 정 범  
3세부연구기관명 : 단 국 대 학 교  
3세부연구책임자 : 김 인 호  
연 구 원 : 신 동 수  
연 구 원 : 홍 성 민  
연 구 원 : 정 지 홍  
연 구 원 : 이 안 례  
연 구 원 : 양 병 욱  
연 구 원 : 홍 지 유

# 요 약 문

## I. 제 목

단보리 가루를 이용한 수입밀가루 대체 식품 및 사료 개발

제1세부 과제 - 단보리의 최적 생산을 위한 생리적, 생화학적 연구

제2세부 과제 - 단보리 가루의 밀가루 대체용 식품가공 특성조사 및 제품개발

제3세부 과제 - 단보리를 이용한 사료개발 및 양돈 사양시험 연구

## II. 연구개발의 목적 및 필요성

○매년 보리수매량 감소로 2012년 보리 정부매입 중단에 따라 새로운 수요처 개발과 수입에 의존하고 있는 밀가루를 보리가루로 대체함으로써 국제 곡물수급 상황의 변화에 능동적으로 대처하며 농가소득증대를 목표

○단보리의 최적생산을 위한 재배환경 및 생리 연구

○단보리 가루를 밀가루 대체용으로 사용할 수 있도록 식품재료의 가공특성 조사 및 제품개발

○보리를 이용한 제터먹이 사료개발 및 양돈 이용으로 고급육 생산 브랜드화로 돈육 부가가치 향상 및 보리의 안정적인 소비

## III. 연구개발 내용 및 범위

제 1세부 과제. 단보리의 최적 생산을 위한 생리적, 생화학적 연구

○ 새쌀보리, 새찰쌀보리, 유색쌀보리 품종 스크린

- 식품과 사료에 이용될 적정 품종을 선발.

○ 다양한 환경조건 하에서 단보리의 최적생산을 위한 분자생리학적 연구

-환경 스트레스가 단보리 생산에 미치는 영향을 분자적 수준에서 연구하여 최적생산과 연관성을 규명

○ 단보리의 자기분해 과정 중 관련효소의 발현 기작 추적 및 최적 조건 확립

- 보리 종자의 RNA를 분리, cDNA를 합성하여 RT-PCR을 이용하여 유전자의 발현 기작을 추적

- 효소 활성의 최적조건을 조사하여 확립
- 단보리의 자기분해 효소의 생화학적 기능 구명
- 유근의 크기에 따른 보리가루의 성분 변화추이

○ 단보리 최적환경에 따른 생산량 변화

- 발아량, 생산량, 생체중, 건물중, 광합성량, 엽록소합량 등 생리적 반응 연구

○ 단보리 영양성분의 연구

- 단보리의 특징을 차별화하기 위해 일반 보리와 단보리의 영양성분의 차이를 비교 연구

**제 2세부 과제. 단보리 가루의 밀가루 대체용 식품가공 특성조사 및 제품개발**

○ 단보리의 제면 제빵에의 이용적성 조사

- 단보리 식품소재화 시료의 반죽 특성
- 아밀로그래프,파리노그래프,익스텐소그래프
- 단보리의 막국수, 생면, 발아 통보리 빵에 적용
- 단보리와 밀가루 혼합비율별 제품특성

○ 단보리 고추장의 개발

- 단보리 고추장의 개발 및 품질특성
- 단보리 혼합비율별 품질연구 (아미노태질소, 정미 맛성분, 아미노산, 유기산, 미생물)

○ 단보리를 이용한 가공식품 의 상품화 연구

- 단보리를 이용한 가공식품 개발  
(단보리 막국수, 발아통보리 빵, 모싯잎 떡, 단보리 고추장)
- 기술이전 및 상품화 4종 (단보리 막국수, 보리빵, 모싯잎 떡, 고추장)

**제 3세부 과제. 단보리를 이용한 사료개발 및 양돈 사양시험 연구**

○ 단보리를 이용한 양돈 사료 개발 연구

- 단보리 함유 사료의 영양소 평가
- 단보리 수준별 급여를 통한 사양시험 평가
- 단보리 급여 기간에 따른 사양시험 평가

## IV. 연구개발결과

### 제1세부과제

#### ○환경스트레스에 대한 보리의 반응 연구

스트레스에 대한 생리적 반응을 보기 위해 현재 가장 큰 사회적 문제로 대두되고 있는 중금속 스트레스와 산화적 스트레스에 대한 실험을 집중적으로 수행하였다. 우선 중금속 중에서 알루미늄은 산성 토양에서 문제가 되며, 식물의 생장과 발달에 큰 영향을 미치므로 처리 전후의 생육조사를 본 연구실에서 보유하고 있는 총 67가지의 보리 품종의 생육을 조사하였다. 총 67가지의 품종 중에서 민감성과 둔감성의 품종 3가지씩을 선별하여 처리 농도별 생장 차이와 뿌리의 피해 정도를 염색을 통해 알아보았다. 선발된 민감성 3품종과 둔감성 3품종은 단보리 생산을 위한 최적의 보리 품종의 후보군으로 분류될 것이다.

#### ○효소의 발현 기작 추적 및 최적 조건 확립 및 효소의 생화학적 기능 구명

최적의 단보리 생산을 위한 적합한 조건 확립을 위해 스트레스 중에서 식물의 생육에 가장 넓고 광범위하게 영향을 미치는 산화적 스트레스 (oxidative stress)를 받아낸 보리에 농도별로 처리를 한 후, 뿌리 원형질막의  $H^+$ -ATPase 활성을 측정하였다. 원형질막의  $H^+$ -ATPase는 'master enzyme'이라고 불리울 만큼 식물의 생육에 중요한 효소이며, 특히 식물의 물질 수송과 항상성 유지에 반드시 필요한 효소이다. 과산화수소의 처리 농도에 따른 원형질막  $H^+$ -ATPase 활성은 대조 품종과 비교 품종 군(A와 D) 모두 16 mM까지 억제되지 않았으나, 더 높은 농도인 32와 64 mM 처리 농도에서는 효소의 활성이 급격히 감소하는 반면, 품종 D는 32 mM까지 효소 활성을 유지하다가 64mM 처리 농도에서 활성이 감소되는 것으로 보아 품종 D가 단보리 생산에 적합한 것으로 보인다. 또한 일반 보리와 생체 발아용 보리의 항산화 효소(POX와 CAT)의 활성을 측정하였으나 두 종자간에 전혀 차이를 보이지 않았다.

#### ○일반 보리와 발아생체 보리의 탄수화물, 양이온과 음이온의 비교 실험 결과

-전체 탄수화물의 양에는 큰 차이를 보여주지 않았으며, 또 Rhamnose, Mannose, Glucose의 함량은 두 가지 종자 모두 차이를 보이지 않았고, 단지 Arabinose, Xylose, Galactose의 함량이 대조구인 일반 보리 종자에서 다소 높게 나타났다. 이는 발아 생체 보리가 발아되는 과정 중에 다소간의 탄수화물을 사용한 것으로 보인다. 단 보리 가루의 영양분을 분석한 결과 지방 3.3%, 단백질 9.8%, 탄수화물 74.7%의 비율을 보여 주었고, 특히 탄수화물 중에서 Lactose는 검출되지 않았다. 이로 보아 일반 보리 종자와 발아 생체 보리, 그리고 단보리 종자 내에 영양 성분에는 큰 차이가 없으므로 단보리 가루를 이용한 대체 식품 및 사료를 개발하는 데는 문제가 없을 것으로 사료된다.

-일반 보리와 발아생체 보리의 양이온 (Sodium, Ammonium, Potassium, Magnesium, Calcium)과 음이온 (Fluoride, Chloride, Nitrate, Sulfate, Nitrate, Phosphate)의 함량을 측정하

여 비교해 본 결과 일반 보리와 발아생체 보리 모두 Ammonium과 Phosphate은 검출 되지 않았으며, 양이온 중에서 Fluoride와 Nitrate가 발아생체 보리에서 다소간 더 많이 검출되었으나 나머지 무기 이온들은 같은 수준으로 검출되었다. 이는 최소한 일반 보리와 발아생체 보리 간에 무기양분의 차이는 거의 없는 것으로 보인다.

그러나 미량원소(Mo, Zn, Fe, B, Mn, Cu)의 함량을 분석한 결과(Fig. 5), Mo과 B는 검출되지 않았고, Zn, Fe, Mn, Cu 는 대조구 보리 종자에서 다소 높은 함량을 보여 주었다. 또한 중금속 함량의 분석(Fig. 5)을 보면, 분석된 중금속(Pb, Ni, As, Cd) 중에서 As와 Cd은 검출되지 않았고, Pb과 Ni도 극미량만 검출되어 중금속의 오염은 없는 것으로 확인 되었다.

#### ○Zn와 Cd의 스트레스에 의한 보리의 성장조사와 원형질막 H<sup>+</sup>-ATPase의 활성 분석

-금속 이온인 아연(Zn)은 미량원소이지만 식물과 동물에 필수원소이다. 또 카드뮴(Cd)은 중금속으로 체내에 축적되며, 인간의 경우 이따이따이 병을 일으키는 원인이 된다. 식물의 경우에도 이 두 금속은 체내에 축적되며, 과축적이 될 때에는 심각한 생육에 지장을 초래할 뿐 아니라 생산량에도 큰 영향을 미친다. 그러므로 우리는 보리에 0, 25, 50, 70, 100, 200 uM의 Zn와 0, 0.5, 1, 5, 10, 20 uM Cd을 뿌리에 처리하여 처리 일수별로 뿌리의 성장을 조사하였다. Zn과 Cd의 처리가 뿌리의 성장에 피해를 주므로 우리는 이러한 환경 조건에 따른 뿌리의 활성을 측정하기 위해 agar plate system을 사용하였다. 이 system은 뿌리와 근권의 H<sup>+</sup> 방출 및 유입 즉, pH의 변화를 측정할 수 있다. 대조구는 시간이 지날수록 뿌리 내부세포로부터 H<sup>+</sup> 방출로 표면의 pH가 급속히 감소하는 반면에 Zn와 Cd의 처리구에서는 처리 1일까지도 아무런 변화가 없음을 확인하였다. 이 결과로 보아 Zn와 Cd이 보리 뿌리의 활성을 억제하는 것이며, 이를 확인하기 위해서는 세포수준에서 세포 신장을 조절하는 단백질인 원형질막 H<sup>+</sup>-ATPase의 활성을 확인하여야 하므로 우리는 우선 먼저 보리에서의 이 효소의 특성을 살펴보았다.

in-vitro로 Zn와 Cd을 처리하여 원형질막 H<sup>+</sup>-ATPase의 활성을 측정한 결과, 농도가 높아짐에 따라 대조구에 비해 효소의 활성도 낮아짐을 볼 수가 있었다. in-vitro 수준에서의 차이를 확인 후 in-vivo 수준에서도 활성에 변화와 차이가 있는지 알아보았다. 왜냐하면 아무리 in-vitro 수준에서 차이가 있다하더라도 in-vivo 수준에서 차이가 없으면 무의미하기 때문이다. 흥미롭게도 in-vitro 수준에서는 Zn와 Cd 모두 농도 증가에 따라 감소 경향을 보였으나, 실제로 보리 뿌리에 중금속을 처리한 in-vivo 수준에서는 다른 결과를 보여 주었다. 즉, 처리 1일째에는 다소 효소의 활성이 증가하는 경향을 보여준 반면에 처리 3일째부터는 급격한 감소를 나타내었다. 게다가 Zn 처리구가 그 감소폭이 크게 나타났다. 다음으로 실시한 실험은 이 효소의 발현을 western-blot을 실시하였다. 그 결과 Zn와 Cd 처리구 모두 처리 일수에 따라 그 발현양이 감소하였으며, 오히려 Cd 처리구에서 발현양의 차이가 더 심각하게 차이가 있었다. 이는 원형질막 H<sup>+</sup>-ATPase의 활성이 단백질의 발현과 일치하지 않으며, 그 이유로는 효소의 활성을 위해 단백질의 발현 보다는 14-3-3 단백질과의 인산화 작용에 의한 활성 차이로 볼 수가 있다. 보리에 중금속인 Cd과 Zn의 처리 후 transcriptional 수준에서의 변화를 보고자 중금속 처리 시간과 일수에 따라 보리의 잎과 뿌리를 수확 후 RNA를 추출하여, 그 전사량과 양상을 조사한 결과, 보리의 잎과 뿌리의 기관별 뿐 아니라 처리 시간인 0, 6, 12, 24 시간 그리고 처리 일

수 3일과 5일에서도 두 유전자인 H<sup>+</sup>-ATPase 1과 H<sup>+</sup>-ATPase 2 모두 전사량에 큰 차이가 없었다. 이 결과로 보아 일반적으로 H<sup>+</sup>-ATPase는 master enzyme으로 알려져 있는데 중금속과 같은 스트레스가 주어진다하여도 전사 수준에서는 발현량에 큰 차이를 보여주지 않은 것으로 보이며, 이는 보리의 원형질막 H<sup>+</sup>-ATPase가 중금속 스트레스에 transcriptional 수준에서의 조절되기 보다는 translational과 post-translational 수준에서 조절됨을 보여주었다.

○ 보리에 처리된 Zn와 Cd이 잎과 뿌리 조직의 어디에 얼마만큼 축적이 되는지를 알아보기 위해 중금속 처리 전후 DTZ staining으로 분석

- DTZ은 Zn와 Cd과 결합하여 붉은색을 띠는 시약으로 본 연구의 예비 실험에서도 보리뿐 아니라 애기장대나 유채에서도 동일한 효과가 있음을 확인 하였다. 대조구의 경우, 처리 3일과 5일에서 다소간의 붉은 색이 염색이 되었는데 이는 대조구 영양액에도 미량의 Zn가 함유하고 있음을 감안할 때 납득이 되었다. Zn 처리구가 Cd 처리구에 비해 엽 조직에 아주 강한 염색이 된 것으로 보아 Zn가 많이 분포되어 있음을 알 수가 있었다. 흥미롭게도 뿌리 끝에 더 진한 염색이 되는 것으로 보아 Zn는 뿌리 끝 성장점에서 더 많은 흡수가 일어날 가능성을 보여 주었다. 또한 Cd 처리 5일째의 뿌리는 외형적으로도 많은 피해를 입었다.

잎의 경우에는 외형적 피해 증상은 없었으나, Zn와 Cd 처리구 모두 고루게 염색이 되었으며, 특히 처리 1일째에는 굵은 엽맥에서만 붉은 염색이 되었고 처리일수에 따라 가는 엽맥뿐 아니라 엽 조직 전체에 염색이 되었다. 또 뿌리 내부의 중금속(Zn) 분포 양상을 관찰하기 위해 1일간 처리된 뿌리를 성장 부위별로 section하여 관찰하였다. 대조구의 경우에도 양액내에 미량의 Zn가 포함되어 있어 다소간의 염색을 관찰할 수 있었으나 처리구의 경우에는 이미 뿌리의 분열대 뿐 아니라 성장대와 성숙대에서도 이미 Zn가 분포되어 있음을 확인하였고, 표피 뿐 아니라 피층 및 물관부까지 염색이 되었으며 특히 물관부에 가장 진한 염색이 된 것으로 보아 이미 Zn가 물관부를 타고 지상부로 수송되어 잎과 줄기에도 영향을 미친 것으로 보인다. 또 Zn와 Cd을 5일간 처리한 후 각 중금속의 함량을 측정하였다. 보리는 중금속을 모두 잘 흡수하는 경향을 보여주었는데 뿌리의 경우, Zn는 대조구에 비해 1000배, Cd은 700배의 높은 수준의 함량을 나타내 주었으며, 줄기의 경우, Zn는 대조구에 비해 3-40배, Cd은 5배의 높은 수준의 함량을 나타내 주었다.

위 실험 결과를 통해 보리의 최적 생산을 위해 재배지가 중금속으로 오염되어 있다면 수확량에 큰 손실 뿐 아니라 식용 시 우리 몸에 축적이 되므로 가능한 한 오염되지 않은 청정 지역에서 재배가 필요할 것이다. 또한 위에 소개된 실험 방법들을 통해 비교적 간단하게 보리 조직 내 중금속의 오염을 측정할 수 있을 것으로 보인다.



## 제2세부과제

○ 발아 보리쌀을 취반용으로 사용하고 있음에 착안하여서 보리의 이용성 향상을 위해서 새쌀 보리와 새찰쌀보리의 발아보리 분말을 밀가루에 첨가한 복합분을 이용한 제면 특성을 조사하였다. 새찰쌀보리 첨가구의 조리면 특성에서 무발아구는 조리 수율과 부피 증가에 영향을 미치지 않았으나 발아 새쌀보리에서는 10% 첨가구가 조리 수율과 부피 증가가 가장 낮았다. 찰보리와 일반보리 모두 혼합량이 증가하면 조리할 때 탁도는 증가하였고, 색도의 명도와 황색도는 감소하나 적색도는 증가하였다. 발아 새찰보리 첨가구의 물성 값에서 경도, 탄성 및 점착성은 감소되었으나 응집성에는 변화가 없었고, 발아 새쌀보리 첨가구에서는 모든 물성 값이 감소되었다. 관능평가에서 10% 발아보리 첨가구의 조리면은 무첨가구와 유의적인 차이가 없었고 20% 첨가구도 우수하였으나 30% 첨가구는 매우 낮게 평가되었다. 발아보리 분말을 20% 혼합한 복합분의 제면에서 조리면의 색도, 탁도 및 관능평가 결과는 제면이 가능한 혼합량으로 판단되었다. 그러나 30% 첨가구는 색상 저하, 탁도 증가, 물성 값 저하 및 관능평가 값 저하로 제면용 혼합량으로 과다한 것으로 판단되었다. 그러나 제면용 첨가제인 글루텐 등을 첨가하면 발아보리 혼합량을 증가시킬 수 있을 것이며 품질도 향상시킬 수 있을 것이다.

○ 보리를 제빵에 이용하기 위하여 새쌀보리와 새찰보리 가루를 첨가한 복합분의 반죽물성과 제빵 특성을 조사하였다. 호화특성의 최고점도는 새쌀보리 복합분에서는 증가하였지만 새찰보리 복합분의 경우는 감소하였다. 반죽의 안정도는 10% 복합분에서는 대조구와 동일하였으나 30% 복합분에서는 대조구에 비해 크게 감소하였다. Extensograph 특성 조사 결과 대조구에 비하여 복합분의 신장도는 감소한 반면 저항도는 증가하였다. 빵의 무게와 부피는 보릿가루 첨가량이 증가할수록 무게는 증가하고 부피는 감소하였다. 새쌀보리 첨가구보다 새찰보리 첨가구, 무발아보리 첨가구보다 발아보리 첨가구의 비용적이 더 컸다. 빵 속살의 L값은 10%, 20% 첨가구는 대조구와 차이가 없었다. 조직감 특성은 새쌀보리의 경우 10% 첨가구는 경도의 증가를 제외하고는 대조구와 차이가 없었고, 새찰보리의 경우 10% 첨가구는 모든 항목에서, 20% 무발아새찰보리 첨가구는 응집성을 제외한 탄력성, 점착성, 과쇄성 및 경도에서 대조구와 유의적 차이를 보이지 않았다. 관능평가 결과 10% 첨가구는 대조구와 유의적 차이가 없었으며, 20% 첨가구도 제빵품질에 큰 영향을 주지 않고 첨가할 수 있는 수준이라 판단되었다. 반죽의 물성과 빵의 품질 특성 조사 결과 메성보리인 새쌀보리는 발아시킴으로써 제빵적성이 좋아졌으나 찰성보리인 새찰보리는 발아시킴으로써 제빵적성이 감소되었다.

○ 전분질원으로 단보리가루를 사용하여 고추장 제조 가능성을 제시하고자 하였다. 기존의 찹쌀 또는 보리를 사용한 고추장을 제조하여 대조구로 설정하였으며 단보리가루를 사용한 고추장을 제조하여 이화학적 변화 및 차이점을 조사하였다. 고추장이 발효 숙성되면서 유기산의 생성으로 담금초기 단보리 고추장이 pH 4.77로 가장 낮았으며 이후 숙성 150일까지 완만히 감소

하였다. 이는 저장 중 미생물의 작용에 의해 유기산이 축적된데 기인한 것으로 사료된다. 아미노산성 질소 함량은 담금 초기 찹쌀을 전분질원으로 한 고추장보다는 단보리를 이용한 고추장이 약 30mg% 높았으며, 숙성이 진행됨에 따라 점차 증가하여 숙성 120일에 최대 값이었으며, 단보리고추장이 146.7mg%, 보리고추장이 139.8mg%로 찹쌀고추장 117.9mg% 보다 높았다. 이러한 차이는 고추장의 물성과 미생물의 상태에 따른 protease의 활성차이 때문인 것으로 추측된다. 환원당은 발효에 관여하는 미생물이 분비하는 amylase의 활성도에 영향을 받으며 이는 품질평가에서 중요한 요소로 작용하는데 담금 초기 단보리고추장이 19.2%로 대조구인 찹쌀고추장보다 조금 낮았으나 숙성 60일에는 25.8~29.3%로 최고값에 도달한 다음 감소하였다. 전분질원에 따라 약간의 차이는 보였지만 150일 숙성 후 22.3~25.5%로 유사한 결과이었다. 색도는 고추장이 숙성 되면서 L 값이 감소하였으며, 관능검사 결과는 찹쌀 또는 단보리를 전분질로 한 고추장이 우수하였으며 기존의 찹쌀고추장에 길들여진 소비자들의 입맛을 고려한다면 단보리를 이용한 고추장 제조 가능성을 확인할 수 있었다.

### 제3세부과제

○ 단보리를 이용한 사양시험은 결과는 회장소화율 시험에서 분 및 회장의 소화율은 단보리와 통보리 사용시 차이를 보이지 않았지만, 회장의 아미노산 소화율에서 단보리를 사용시 필수 아미노산의 소화율이 개선되고 비필수 아미노산 또한 개선되는 것으로 나타내었다. 비육돈 사양 시험에 있어 단보리 수준별 급여시 생산성에서는 효과를 보이지 않았지만, 부정적인 결과도 나타나지 않았으며, 혈액내 콜레스테롤 함량이 감소되는 것으로 나타내었다. 단보리를 급여 기간에 따라 달리 급여하였을 시 비육기간의 전기간 단보리를 급여하거나 비육 후기단계에만 단보리를 급여하였을 때 차이를 보이지 않았고, 일반사료와 비교하여도 차이를 보이지 않았다. 하지만 단보리를 급여시 혈액내 면역성분인 IgG 함량이 증가하는 효과를 보였다. 그러므로 비육 후기 급여만으로 효과를 나타내며, 경제성이 떨어진다는 결과를 보였지만 후기 급여를 통한 개선으로 브랜드 돈육 생산이 가능할 것으로 사료된다.

## V. 연구성과 및 성과활용 계획

### 1. 연구 결과의 활용 방안

- 단보리의 최적생산을 위한 생리적, 생화학적 연구 결과 (논문게제)
- 밀가루 대체품 활용: 참여업체에 기술이전 하여 상품화, 소득증대  
(옥당바이오식품, 범우 - 단보리 막국수, 라면, 모시잎 떡, 고추장 4종)
- 겨울철 푸른들 가꾸기로 관광농업 발전
- 단보리 가공식품의 상품화로 지역경제 활성화 : 지역전통식품 고추장, 모시잎송편이용  
(기술이전, 산업화)
- 단보리 생산기술 (특허출원)
- 작물의 에너지 자원으로의 기능 다변화를 통한 농산물의 새로운 용도 창출로 보리 재배 농가 소득 향상
- 원료 공급 단지 조성 및 농가 계약재배 추진

### 2. 기대성과

#### (1) 기술적 측면

- 밀가루 대체 작물로서 맥류 가공을 위한 새로운 기술 개발
- 다양한 성분에 대한 폭넓은 응용 가능성 증가
- 맥아당 시럽(High Maltose Syrup)을 이용한 전통고추장 개발 및 원료공급
- 단보리가루이용 다양한 전통식품개발
- 산학 협동체제 구축을 통한 기술 확산 기반의 조성
- 국내 전문 인력 양성과 관련농업발전 기반기술 구축

- 최신 개발기술의 신속한 적용 및 응용을 통한 학문적·기술적 우위 선점
- 보리 식품, 사료화 제고로 보리 재배면적 확대(제2녹색혁명 조기 달성)

(2) 경제적·산업적 측면

- 보리 신수요 창출에 따른 보리 재배 농가 소득 향상
- 보리 농가 수입 보장으로 불황에 빠진 보리 재배 농가의 활성화 방안 제시
- 보리의 이용 가능성 증진으로 급속히 침체된 보리 산업의 활성화
- 실질적인 이용 증대를 통해 보리의 고질적 수급불균형 해소
- 수요를 넘어선 공급 물량에 대한 효율적 자원 이용 방안 제시
- 겨울철 유휴 농지 활용을 통한 경지 이용률 상승
- 고품질 돈육 개발을 통한 보리 부산물의 효율적 사용 및 브랜드화
  - 단보리 사료 이용으로 돼지 육질향상 및 고급브랜드화로 농가소득 제고
- 경제적인 가격의 보리 가루 활용으로 수입밀가루 대체식품 개발
  - 밀가루 대체 보리 가루의 식품가공용 소재화로 수입대체효과 (바우연구소, 1과제 소재생산)
  - 밀가루를 대체한 단보리 가공식품 개발로 소득증대 (2과제 식품가공)

○ 보리에 관한 기존의 연구논문은 보리를 발아한 맥아를 맥주양조용과 전분분해 효소제의 기능으로 밀가루 첨가물, 프리믹스, 식혜, 조청, 물엿, 고추장 제조 등의 식품가공 분야에 치중되어 있으므로, 본 연구에서는 발아생체 보리 제조기술로 만들어진 보리분말을 밀가루 대체품으로 사용한 가공식품 개발 방향으로 연구를 추진하여 보리를 이용한 면류의 특성, 제빵특성, 고추장의 특성 등의 논문 3편으로 정리하여 식품가공 관련 학술지에 게재 또는 투고하였다.

○ 발아생체 보리 제조기술로 만들어진 보리분말을 밀가루 대체품으로 사용한 가공식품 개발 방향으로 연구를 추진하여 보리를 이용한 제면기술 특허를 국내에 출원하였다.

○ 단보리를 이용한 가공식품 개발 및 상품화 연구에서는 단보리 막국수, 발아통보리 빵, 모싯잎 떡, 단보리 고추장 등에 단보리를 새로운 밀가루 대체 건강기능성이 우수한 소재로 사용하여 참여업체에서 상품화를 추진한다.

○ 단보리를 이용한 양돈 사료 개발 연구에서는 비육돈내 단보리 급여를 통한 사양시험을 바탕으로 나온 연구 결과를 현재 국외 학회지에 투고 및 투고 예정에 있다.

## SUMMARY

### (영문요약문)

#### 제1세부

○ Aluminum (Al) toxicity is the major factor limiting plant growth in the acid soils that comprise large agricultural areas. In particular, inhibition of root growth in the root apex caused by an Al-induced impairment of cell division and elongation is a well-known early and dramatic symptom of Al phytotoxicity. The root apex is considered as the primary target in Al resistance and toxicity. A rapid and reliable screening is needed to discriminate sensitive and resistant genotypes. Several physiological mechanisms contributing to Al stress have been identified and characterized in many crops. Al resistance can be divided into mechanisms facilitating Al exclusion from the root apex and mechanisms conferring the ability of plants to tolerate Al in the plant cytoplasm. Specially exclusion of Al by chelation with organic acid anions transported PM bound proteins, such as citrate, malate and oxalate, excreted from root apex has been cited as an Al tolerance mechanisms. On the other hand, it was proposed that a pH shift in the rhizosphere might be responsible for Al tolerance in growth. Increasing in the pH of the rooting medium is proposed an Al exclusion mechanism because the solubility of Al is strongly dependent on pH. Also, The H<sup>+</sup>-ATPase activity across the PM is supposed to play a major role in cytoplasmic pH regulation.

Here we report a simple screening system using hematoxylin staining (HS) of the barley root apex. It allowed rapid classification into different aluminum (Al) tolerance from 65 cultivars within one week. Using this system, we selected the most Al-tolerant (Jayae-2) and -sensitive (Pum-2) barley. The results show that the different responses in Al-induced growth inhibition, Al accumulation and expression of plasma membrane (PM) H<sup>+</sup>-ATPase in root apices of selected two cultivars. It showed strongly Al-induced growth inhibition in a dose dependent manner only in Pmn-2 but not in Jayae-2. Aluminum accumulation in root apices (10 mm) was significantly higher in Pum-2 only. The H<sup>+</sup>-ATPase expression of PM vesicles by western blotting was decreased in Pum-2 but not in Jayae treated with 20 μM Al for 24 h. These finding indicate to screen from our system is rapid and reliable and to sustain the expression of PM H<sup>+</sup>-ATPase at translational level is an important role in root growth as affected by Al.

○ Contamination of soil and water by toxic heavy metals such as zinc and cadmium represents a major problem in Nature. Plants growing on such soil can inhibit growth and development. Sometimes plants accumulate metals in their shoot and root. It is generally known that the inhibition of root growth in plant include barley is the primary effect caused by heavy metals such as Zn and Cd. Plasma membrane(PM) H<sup>+</sup>-ATPase is major factor of cell expansion that strongly associated with growth of plants. In this study, to know physiological and biochemical changes and responses under heavy metal stress, root growth changes and PM H<sup>+</sup>-ATPase activity assay treated with various heavy metal concentrations were carried out. Localization and uptake of heavy metal in barley root was observed with Dithizone (DTZ) and ICP, respectively.

It is well known that the inhibition of root growth in crops including barley is the primary effect caused by heavy metals such as Zn and Cd. In previous report, we found that the inhibition of H<sup>+</sup>-pumping rate in the highly purified PM vesicles obtained from the Zn and Cd treated roots coincided with the inhibition of root growth under heavy metal stress in a dose dependent manner. Using the pH indicator (bromocresol purple), it is shown that surface pH of the control root was strongly acidified from the starting pH of 6.5 in a time dependent manner. By contrast, the surface pH changed only slightly in the 200 μM Zn and 20 μM Cd-treated roots. For localization of Zn in root, barley roots exposed to Zn were cross-sectioned and stained with 0.1% dithizon. At the long-term exposure such as 3 to 5 days, root was stained entirely and localized in all cells. At short-term exposure however, the tip of Zn treated and cross-sectioned root (10 mm from the root apex) was accumulated into vascular cylinder and xylem within 1 day but not in mature zone. Our results show that altered dynamics of H<sup>+</sup>-flux across the root plasma membrane are related to accumulation of heavy metals into the root.

#### 제2세부

○ The primary objective of this study is to investigate the quality properties of noodles added with germinated non-waxy (Saesalbori) and waxy (Saechalbori) barley flours at concentrations of 10%, 20% and 30% to wheat flour. The quality characteristics of the samples were assessed in terms of color, cooking characteristics (water absorption, volume increase of noodles and turbidity of cooking water), texture profile analysis (TPA) and sensory evaluation. Regarding the cooking properties of the noodles, adding waxy barley flour did not affect cooking yield and volume increase significantly(p<0.05), but noodles added with germinated Saesalbori at level of 10% had the lowest values of cooking yield and volume increase. Adding both types of flour increased the turbidity of the noodle soups. There was a common downward trend in L\* and b\* values and upward trend in a\*

value when increasing the level of barley used progressively. Adding germinated Saechalbori decreased the hardness, springiness and gumminess of noodles but did not cause any change in cohesiveness significantly while adding germinated Saesalbori decreased all the TPA parameters of the samples. Furthermore, the sensory analysis results showed that cooked noodles with 10% added germinated barley had no significantly different overall acceptance from the control sample, 20% substitution still resulted in acceptable sensory qualities. However adding both the substituted flours up to 30% was shown to cause unpleasant sensory qualities of noodles.

○ This study was carried out to investigate the rheological properties of dough and quality characteristics of breads added with Saesalbori(non-waxy barley) and Saechalbori(waxy barley) flours at concentrations of 10%, 20% and 30% to wheat flour. Maximum viscosity was increased in Saesalbori flour mixtures while it was decreased in Saechalbori flour mixtures. Dough stability of 10% barley flour mixtures was equal to that of control while that of 30% barley flour mixtures was higher decreased. Extensibility of doughs decreased with increasing level of barley flour in all blends, but resistance of doughs increased. As increasing the ratio of barley flour, loaf volume of breads was significantly decreased but bread weight was increased. 10% Saesalbori flour mixtures increased the hardness of breads but did not caused any change in the other TPA parameters significantly while 10% Saechalbori flour mixtures did not show any change all the TPA parameters. Sensory evaluation results showed that 10% barley flour mixtures had no significantly different overall acceptance from control, 20% substitution still resulted in acceptable sensory qualities. The results of the study also showed bread-making properties of Saesalbori was improved by germination but those of Saechalbori was declined.

○ In this study, we investigated the manufacture process of traditional *kochujang* with the addition of sweet barley as starchy source. Three kinds of *kochujang* added with glutinous rice, barley and sweet barley were made and the optimum mixing ratio of each *kochujang* were investigated. In addition, we examined the quality changes of the three *kochujang* during their 150 days' maturation stage. Glutinous rice *kochujang* showed the highest moisture (41.3~42.7%) at the early fermentation stage. However, the moisture of barley *kochujang* increased with the fermentation process and presented as the highest one in the later stage. This change of moisture was considered as the result of the degradation of various nutrition compounds by enzymes which were secreted by the microorganisms in

the *kochujang*, as well as the metabolism of reducing sugar which induce water in the process. As to the reducing sugar concentration, the glutinous rice *kochujang* contained 20.3% reducing sugar which was the highest among all and followed by sweet barley *kochujang* and barley *kochujang* which were 19.2% and 17.8%, respectively. During the fermentation process, the reducing sugar concentration reached its peak at 16 day and decreased in the following days. According to the acidity and pH, the sensory evaluation result suggested *kochujang* added with glutinous rice and sweet barley were more acceptable than the one added with barley starch.

### 제3세부

○ In this study, eight barrows ( $30.56 \pm 0.78$  19 kg of body weight) were fitted with a T-cannula in the distal ileum and allotted to a duplicated  $4 \times 4$  20 Latin square design with 4 diets and 4 periods per square. The dietary treatments were as follows: 1) 21 WB10, 100g/kg WB; 2) WB20, 200 g/kg WB; 3) DB10, 100 g/kg DB; 4) DB20, 200 g/kg DB. The apparent ileal digestibilities of total essential and non-essential amino acids 27 were higher ( $P < 0.05$ ) in WB10 treatment than DB20, which led to the greater ( $P < 0.05$ ) CP 28 digestibility in WB10 too. In conclusion, it suggested that the hulled barley 40 through water soaking had a comparative feeding value to the de-hulled one, and it improved some 41 amino acid digestibility.

○ A total of 96 [(Duroc  $\times$  Yorkshire)  $\times$  Landrace] pigs with an average initial BW of  $61.8 \pm 1.04$  kg were used in this 70-d growth experiment. Pigs were allotted to 4 treatments based on their initial BW using a randomized complete block design. Each treatment consisted of 6 replications (pen) with 4 pigs per pen (2 gilts and 2 barrows). Dietary treatments were: 1) V0, 0% hydrolyzed barley (HB) and 30% de-hulled barley (DB); 2) V1, 10% HB and 20% DB; 3) V2, 20% HB and 10% DB; and 4) V3, 30% HB and 0% DB. In this study, our analyzed data suggested that hydrolyzed barley increased the energy and CP concentration by 50.65% and 18%, respectively, compared with the de-hulled barley. In the feeding trail, pigs fed the V2 and V3 treatment diet increased ( $P < 0.05$ ) the N digestibility compared with the V0 treatment at the end of 5 week. An increased ( $P < 0.10$ ) tendency was also observed<sup>31</sup> on the energy and nitrogen digestibility at the end of 5 week and 10 week, respectively. Moreover, pigs fed the HB diet tend to increase ( $P < 0.10$ ) the average daily gain (ADG) and average daily feed intake (ADFI). The inclusion of V3 treatment decreased ( $P < 0.05$ ) the blood cholesterol compared with those contain DB. Dietary V3 treatment led to a higher ( $P < 0.05$ ) WHC than the V0 and V1 treatment. Pigs



fed V2 and V3 treatment decreased ( $P < 0.05$ ) L\* value compared with DB diet. In conclusion, the inclusion of hydrolyzed barley could improve the meat quality without any negative effect on the growth performance and nutrient digestibility, which provide a strong indication that hydrolyzed barley could be used as a good energy source for swine.

○ A total of 144 [(Duroc× Yorkshire)×Landrace] pigs with an average initial BW of  $65.74 \pm 2.29$  kg were used in this 8-wks growth experiment. Pigs were allotted to 3 treatments based on their initial BW using a randomized complete block design. Each treatment consisted of 12 replications (pen) with 4 pigs per pen. Dietary treatments were: 1) CON, basal diet; 2) VAW1, basal diet + 10% VAW (0 to 8 weeks) and 3) VAW, basal diet + 10% VAW (4 to 8 weeks). In the feeding trail, No difference was observed in ( $P > 0.05$ ) the growth performance and nutrient digestibility throughout the experimental period. pigs fed VAW1 diet increased ( $P < 0.05$ ) the IgG concentration of blood compared with those CON treatment at 4 weeks. Also IgG concentration of blood is higher ( $P < 0.05$ ) pigs fed VAW1 and VAW2 diet than those CON diet. In conclusion, the inclusion of VAW could improve the IgG concentration of blood without any negative effect on the growth performance and nutrient digestibility.

## CONTENTS

Chapter 1 General Introduction .....	21
1. The Purpose and needs for research development.....	21
Chapter 2 Trend of Domestic and International Technical Development.....	23
1. Products and market currents.....	23
1) Domestic currents.....	23
2) International currents.....	24
Chapter 3 Major Research and Results Obtained.....	26
1. Physiological and biochemical study for optimal production of barley.....	26
1) Responses of environmental stress in barley (A rapid screening for aluminum-tolerant and -sensitive in barley and PM H <sup>+</sup> -ATPase expression) (paper1) .....	26
(1) Abstract.....	26
(2) Introduction.....	26
(3) Material and Methods.....	28
(4) Results and discussion.....	29
(5) Summary.....	32
2) Biochemical study of enzyme related to stress.....	34
2. Development of foods replacing imported flour.....	44
1) To investigate the quality properties of noodles added with germinated barley(paper1).....	45
(1) Abstract in Korean.....	45
(2) Abstract.....	46
(3) Introduction.....	46
(4) Material and Methods.....	49
(5) Results and discussion.....	53
(6) Summary.....	63
2) Dough Properties and Quality Characteristics of Breads added with Barley Flour (paper2).....	64
(1) Abstract.....	64
(2) Introduction.....	65
(3) Material and Methods.....	66

(4) Results and discussion	68
(5) Summary	76
3) Quality Characteristics of Traditional <i>Kochujang</i> with Sweet Barley as Starchy Source (paper3)	77
(1) Abstract	77
(2) Introduction	77
(3) Material and Methods	78
(4) Results and discussion	80
(5) Summary	86
4) Method for manufacturing barley noodle (patent1)	87
3. Development of feeds using VAW and evaluation of growth performance in pigs	95
1) Effects of barley on nutrient digestibility in growing pigs	95
(1) Material and Methods	95
(2) Results	96
2) Effect of VAW on meat quality in finishing pigs	97
(1) Material and Methods	97
(2) Results	98
3) Effect of different feeding period of VAW on growth performance in pigs	103
(1) Material and Methods	103
(2) Results	104
Chapter 4 Accomplishment and Contribution	109
Chapter 5 Practical Use of Research Results	112
1. Patent, papers, and etc.	112
1) Patent	112
2) Papers	112
3) Etc.	113
2. Industrialization, technology transfer, products, education and PR	113
1) Industrialization, technology transfer, products	113
2) Education and PR	113
3. Additional and application plan	115
Chapter 6 Foreign Scientific Information	121

Chapter 7 References .....	123
1. Physiological and biochemical study for optimal production of barley.....	123
2. Development of foods replacing imported flour.....	125
1) To investigate the quality properties of noodles added with germinated barley.....	125
2) Dough Properties and Quality Characteristics of Breads added with Barley Flour.....	128
3) Quality Characteristics of Traditional <i>Kochujang</i> with Sweet Barley as Starchy Source .....	131
3. Development of feeds using VAW and evaluation of growth performance in pigs.....	134

# 목 차

제 1 장	연구개발과제의 개요	21
제 1 절	연구개발의 목적 및 필요성	21
제 2 장	국내외 기술개발 현황	23
제 1 절	생산 및 시장현황	23
1.	국내 제품생산 및 시장현황	23
2.	국외 제품생산 및 시장현황	24
제 3 장	연구개발수행 내용 및 결과	26
제 1 절	단보리의 최적 생산을 위한 생리적, 생화학적	26
1.	환경스트레스에 대한 보리의 반응 연구 (알루미늄 내성과 민감성 보리의 빠른 screening과 원형질막 H <sup>+</sup> -ATPase의 발현) (논문 1)	26
가.	Abstract	26
나.	서론	26
다.	재료 및 방법	28
라.	결과 및 고찰	29
마.	적요	32
2.	효소의 발현 기작 추적 및 최적 조건 확립 및 효소의 생화학적 기능 구명	34
제 2 절	밀가루 대체용 식품가공 특성조사 및 제품개발	44
1.	발아 보리 및 혼합 복합분을 이용한 국수의 특성 (논문 1)	45
가.	논문의 한글 개요	45
나.	Abstract	46
다.	Introduction	47
라.	Materials and Methods	49
마.	Results and discussion	53
바.	요약	63
2.	보릿가루 첨가 복합분의 반죽 물성 및 빵의 품질 특성 (논문 2)	64
가.	Abstract	64
나.	서론	65
다.	재료 및 방법	66
라.	결과 및 고찰	68
마.	요약	76
3.	전분질원으로 단보리를 첨가한 고추장의 품질특성 (논문 3)	77
가.	Abstract	77
나.	서론	77
다.	재료 및 방법	78

라. 결과 및 고찰 .....	80
마. 요약 .....	86
4. 보리국수의 제조 방법 (특허 1) .....	87
제 3 절 단보리를 이용한 사료개발 및 양돈 사양시험 연구 .....	95
1. 단보리를 이용한 회장소화율 사양시험 .....	95
가. 재료 및 방법 .....	95
나. 결 과 .....	96
2. 단보리 수준별 급여를 통한 비육돈 사양시험 .....	97
가. 재료 및 방법 .....	97
나. 결 과 .....	98
3. 단보리 급여기간에 따른 비육돈 사양시험 .....	103
가. 재료 및 방법 .....	103
나. 결 과 .....	104
제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도 .....	109
제 5 장 연구개발 성과 및 성과활용 계획 .....	112
제 1 절 특허, 논문 및 학술발표 .....	112
1. 특허 .....	112
가. 출원 .....	112
나. 등록 예정.....	112
2. 논문 .....	112
3. 학술회의 발표 .....	113
제 2 절 사업화,기술이전,상품화, 교육지도 및 홍보 .....	113
1. 사업화, 기술 이전 및 상품화.....	113
2. 교육 지도 활용 및 홍보실적.....	113
제 3 절 추가 연구 및 활용계획 .....	115
제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보 .....	121
제 7 장 참고문헌 .....	123
제 1 절 단보리의 최적 생산을 위한 생리적, 생화학적 연구 .....	123
제 2 절 밀가루 대체용 식품가공 특성조사 및 제품개발 .....	125
1. 발아 보리 및 혼합 복합분을 이용한 국수의 특성 .....	125
2. 보릿가루 첨가 복합분의 반죽 물성 및 빵의 품질 특성 .....	128
3. 전분질원으로 단보리를 첨가한 고추장의 품질특성 .....	131
제 3 절 단보리를 이용한 사료개발 및 양돈 사양시험 연구 .....	134

# 제 1 장 연구개발과제의 개요

## 제 1 절. 연구개발의 목적 및 필요성

1. 급속도로 인상되는 수입 밀가루의 대처 방법이 요구 되고 있는바, 겨울철 유희농지를 활용한 보리 사료 및 곡물 자급률 향상으로 제2녹색혁명을 달성할 필요성이 있다.
2. 식용보리 재배면적 큰폭 감소 : '00)5,216ha → '08)1,996ha(△72%)  
보리수매 단계적 가격인하(매년 4%) 및 수매중단(2012)
  - 가. 양질 자급사료 생산 감소로 조농비율 낮음(현재 40% → 최적 60%)
  - 나. 수입조사료 가격상승 및 해외전염병 전파 우려(일본 '02 구제역)
  - 다. 가축분뇨 해양배출 중단(2012) : 가축분뇨 처리비용 큰폭 증가
  - 라. 사료곡물 가격상승으로 배합사료값 급상승('07대비 ; 50%)
  - 마. 국제 원자재 가격 폭등에 따른 화학비료 가격 상승
3. 국제 곡물시장의 가격폭등과 식량자원 전략화 경향에 따라 수입곡물 의존도가 높은 국내 축산업계가 국내산 보리를 새로운 사료자원으로 전환함에 따라 대량 수요가 발생할 것으로 예상된다.
4. 국내에서 2012년부터 보리수매제도가 폐지됨에 따라 군내 보리경작 농가를 위한 특별한 대책이 요구되고 있다. 또한 북쪽 보리경작한계 지역의 중심지로서 양돈사업 밀집 지역인 전북과 충남 및 수도권 남부지역에 대하여 서해안 고속도로를 통하여 근접 지원할 수 있는 유리한 지리적 여건을 가지고 있다.
5. 본 계획은 새로운 보리가공기술을 개발하여 단보리\* 생산 계획을 가지고 있는 특허보유업체 바우 연구소 및 기타 참여기업들과 협동사업 약정을 체결하고 보리의 대량 수요를 창출하여 무제한 보리수매 환경을 조성 하고자 한다.

\* 단보리(A. B. A.) 특허기술요약

생명체로서 활성화에 들어간 보리발아생체의 T C A 생체회로를 변경시켜 뿌리내림을 억제하고, 체내에 베타 아밀라아제( $\beta$ -Amilase)의 생성에 관여하는 지베렐린(Giberelin) 생체효소 등 발아생체 들을 집적 시키게 되면 배아부분에 백색의 돌기를 이루게 되는데 이를 백생체 (Vitalize Activated White -특허공보상의 명칭) 라고 부른다. 이들로 하여금 가역적(可逆的)으로 자신의 껍질부분과 다당류 세포조직 모두에 대하여 작용하여 많은 분량의 원 맥아당과 아라비노 자일란(Arabino zylan) 등의 영양물질로 자기분해에 이르도록 유도하는 생명공학기술을 이용하여 자기 당으로 분해되어 원 맥아당이 생성된 보리를 단 보리라고 한다. VAW 기술에 의하여 껍질이 완전 분해되어 원(原) 맥아당(Native Maltose)이 생성된 보리 생명체의 줄임말. (단 맛의 보리라는 뜻)영어로는 Activated Barley Autolizer. 라고 부르며 이를 줄여서 A. B. A. 라고 쓴다.

6. 대량생산 기술을 확립하기 위한 최적 생산기술 개발과 종합적인 시험생산시설(Pilot Plant)을 설치하고(전남대, 바우연구소), 각종 보리 및 고추, 소금 등 지역특산물을 활용하는 단보리 고추장 등 2차 보리식품을 시험생산 하여 성분 분석과 사양시험 등 제반 검증 시험을 실시하는 한편(목포대, 옥당바이오, 범우), 밀가루를 대체하는 단보리 가루와 옥수수 사료를 대체할 단보리 사료를 개발하여 산업화를 추진할 것이다(단국대, 씨알산림축산). 이를 통해 보리의 농가 경작소득을 높이고, 가격 경쟁력을 키우기 위하여 단위면적당 평균생산량을 현재의 1,000㎡ 당 400kg에서 국제수준인 550kg 선으로 향상시키는 방안으로 적정규모의 양돈, 육우 사업 개체를 적극적으로 육성하고, 시비체계를 현대화 하여 축산유기질 비료를 농지에 공급하도록 하고자 한다.

7. 본 연구가 성공적으로 수행이 되면 남은 보리를 전량 매입하여 사료(식품)화로 경종·축산농가 상생발전을 이룰 수 있을 것으로 보이며, 선진국(일본)의 보리사료 및 식품화 기술에 대응할 수 있을 것이다.

8. 단보리 가루를 새로운 식품가공용 재료로 사용할 수 있도록 식품가공 특성을 조사 연구하고자 하며, 적용사례를 검증하여 다양한 식품에 사용할 수 있도록 개발된 기술이 산업체에 기술이전 되어 상품화 되는 것이 최종 목표이다.



## 제 2 장 국내외 기술개발 현황

### 제 1 절. 생산 및 시장현황

#### 1. 국내 제품생산 및 시장 현황

○ 최근 건강 열풍과 더불어 한때 우리 식탁에서 사라졌던 보리가 건강식품으로 돌아오고 있다. 보리 빵, 보리 피자, 보리 라면, 보리 음료, 보리 화장품 등 용도가 계속 확대 중이다. 그러나 보리의 누적 재고량은 올해 말까지 22만t에 이를 전망이다. (중앙일보 2003.12월)

○ 한국 식품공업 협회의 2006년 한국인의 다소비 식품 상위 품목에 밀가루, 당류(물엿, 맥아당), 음료(식혜, 곡물음료), 면류 및 곡류가공품이 해당된다. 본 연구의 대상인 밭아 단보리 가루의 장점을 살려 새로운 식품소재로서 밀가루와 맥아당 대체용으로 사용한다면 수백억원이상의 수입대체효과가 예상된다.

○ 기존의 보리맥아 (엿기름, malt)는 맥주 양조용, 식혜 음료용, 전통 물엿 제조용, 한과 제조용, 고추장 제조용 등 주로 전분을 분해하여 당을 만드는 식품가공 공정에서 효소제의 역할이 중요하게 다루어졌다. 그래서 맥아의 연구는 효소의 역할과 내열성 등의 연구 내용에 치중되어 왔다.

[표] 2006년 한국 다소비 식품 (한국식품공업협회)

순위	식품품목군	식품품목명	생산량(T)	국내출하액(천원)	수출액(\$)
1	기타식품류	밀가루	1,636,747	779,621,919	2,675,399
2	당류	설탕	1,309,887	520,505,202	99,067,655
3	음료류	탄산음료류	1,283,274	1,053,927,200	8,267,714
4	음료류	과실·채소류음료	877,632	1,010,207,878	13,770,473
5	음료류	기타음료	681,497	947,852,120	10,040,582
6	면류	유탕면류(봉지라면)	635,832	1,037,403,045	29,923,992
7	일반가공식품	곡류가공품	607,572	397,456,475	37,643,482

○ 국내 양돈사료내 보리의 사용은 배합사료내 에너지 원료로 사용되며 주로 사용되고 있지는 않은 실정으로, 사용되는 형태는 알곡형태이거나 오일을 짜고 남은 부산물, 탈곡을 한 알맹이나 껍질로 형태로 영양학적으로 함유성분은 각기 다르며 옥수수 대비 영양학적 가치는 90~95% 낮은 수준을 나타낸다.

○ 또한 단보리 같은 가공 형태로 영양학적 수준을 개선시켜 가축에게 급여한 연구는 아직 국내에서는 보고된 바 없으며, 가격이 매년 오르는 옥수수를 대체하기 위해 시험 연구가 필요한 실정으로 그 연구결과가 기대되고 있으며, 이로 인해 생산된 돈육상품 또한 주목할 만하다.

○ 또한 단보리를 이용한 사료생산은 아직 이루어지고 있지 않으며, 보리내 베타글루칸 성분이 돼지고기의 육질을 향상시킨다는 국내외 보고가 다수 있다. 단보리를 이용한 사료 개발 시 브랜드돈육으로서의 가능성이 충분하며, 타 돈육과의 육질차별성을 앞세워 마케팅 할 수 있을 것이다.

## 2. 국외 제품생산 및 시장 현황

선진외국에서의 맥아는 맥주발효와 당류생산에서 중요한 재료로서 맥류 소비량에 큰 비중을 차지해 왔으며, 기타의 국가에서도 맥아는 전분을 분해하는 효소제로서 우리나라와 같이 다양하게 사용되고 있다.

보리 사료를 이용한 고품질돈육 생산은 일본이 우리나라보다 앞서있는 실정이며, 보리사료로 사육한 최상급 돈육의 경우 소고기보다 고가에 시장가가 형성되어 있다.

○ 본 연구의 대상인 단보리는 보리의 껍질까지 제조과정에서 분해시켜 전체를 제분하여도 식감이 크게 향상되며, 최근의 전곡립 (whole grain) 건강기능성으로 유익하다는 소비자들의 인식에 따라 통밀가루 및 통밀빵 제품이 상품화될 때에 단보리 기술로 대체 적용함으로써 제품의 특성을 크게 향상시킬 수 있다.

전곡립 식품의 연구에서는 겉껍질 섬유질의 가용화를 위해 고압압출성형 (류기형, 한국식품과학회지) 공정을 사용하였고, 그밖에도 고압수증기처리 (김철진, ARPC)를 사용하기도 하였다.

○ 보리는 베타글루칸을 다량 포함하며, 베타글루칸 급여시 돈육의 육질 향상에 영향을 미친다는 보고들이 다수 존재하고 있다. 보리부산물을 양돈사료에 첨가함으로써 고품질돈육의 생산을 가능케 함으로써 브랜드 돈육으로의 가능성을 시사한다.

○ 맛이 없다, 소화가 안 된다는 것이 보리를 외면하는 이유였다. 그러나 본 연구에서는 새로운 특허기술을 이용하여 보리의 맥아당 등 이당류만을 선택적으로 생성하고, 아미노산과 지방산등을 만드는 특성을 응용하여 보리의 식미 및 소화 불량등의 문제점을 해결하고 영양소의 흡수율을 90%이상으로 향상시켜 웰빙 시대에 맞게 소비자의 구매를 촉진시켜 줄 것이라 기대하고 있다.

○ 국내 및 국외시장 분석결과 발아한 맥아는 맥주양조용과 전분분해 효소제의 기능으로 식품 가공용으로 맥아, 맥아추출액 제품과 맥주, 식혜 등의 제품으로 생산 및 판매가 이루어지고 있으나 현재 쇠퇴기에 접어들고 있다. 하지만 보리된장, 보리엿기름, 보리차 음료, 보리 스낵, 보리 화장품 등의 생산 및 판매 시장이 활성화되기 시작하고 있다. 그러나 식품으로서 보리의 껍질 부분이 사람이나 비 초식 동물의 소화효소나 물에 의하여 가수분해 되지 않는 문제점을 가지고 있는데 본 연구과제에서는 새로운 특허기술을 이용하여 다당체인 껍질부분이 맥아당과 아라비노자일란(Arabinoxilan) 등 기능성 식이섬유 등으로 생성된 물질을 가지고 연구를 추진하여 기능성이 향상된 식품 및 사료 등의 제품을 생산하여 국내 및 국외에 판매할 계획이다. 단보리 제조기술을 기존의 맥아를 이용한 가공식품에의 적용은 물론 새로운 전곡립 (whole grain) 가공식품의 방향으로 연구를 추진하여 단보리 막국수, 생면, 발아통보리 빵, 모싯잎 떡, 단보리 고추장 등에 단보리를 새로운 밀가루 대체 건강기능성이 우수한 소재로 사용한 제품 등을 생산하여 국내 및 국외에 판매할 계획이다

## 제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과

### 제 1 절. 단보리의 최적 생산을 위한 생리적, 생화학적 연구

#### 1. 환경스트레스에 대한 보리의 반응 연구

알루미늄내성과민감성보리의 빠른 screening과 원형질막 H<sup>+</sup>-ATPase의 발현 (논문1)

#### 가. ABSTRACT

Here we report a simple screening system using hematoxylin staining (HS) of the root apex. It allowed rapid classification into different aluminum (Al) tolerance from 65 cultivars within one week. Using this system, we selected the most Al-tolerant (Jayae-2) and -sensitive (Pum-2) barley (*Hordeum vulgare* L.). The results show that the different responses in Al-induced growth inhibition, Al accumulation and expression of plasma membrane (PM) H<sup>+</sup>-ATPase in root apices of selected two cultivars. It showed strongly Al-induced growth inhibition in a dose-dependant manner only in Pum-2 but not in Jayae-2. Aluminum accumulation in root apices (10 mm) was significantly higher in Pum-2 only. The H<sup>+</sup>-ATPase expression of PM vesicles by western blotting was decreased in Pum-2 but not in Jayae-2 treated with 20  $\mu$ M Al for 24 h. These finding indicate to screen from our system is rapid and reliable and to sustain the expression of PM H<sup>+</sup>-ATPase at post-translational level is an important role in root growth as affected by Al.

*Key words* : aluminum, barley, H<sup>+</sup>-ATPase, plasma membrane, rapid screening

#### 나. 서언

산성 조건의 토양에서 자라는 작물의 생산량을 떨어뜨리는 주요 원인 중 하나는 알루미늄 (Al) 스트레스이다(Matsumoto, 2000). 산성 토양에서 작물의 생산량을 떨어뜨리는 알루미늄 스트레스에 내성인 품종을 선발 혹은 육종하는 것은 반드시 필요한 작업이긴 하지만 매우 복잡하고 어려운 문제들이 많다. 그러므로 보다 빠르고 정확한 선별 방법이 필요하다. 알루미늄 내성 품종을 screening하기 위해 토양과 수경재배의 두 가지 방법이 있다. 하지만 산성 토양을 취급하기 어려운 점과 알루미늄 독성의 초기 증상이 뿌리의 성장 억제이므로 이를 관찰하기란 토양재배 조건에서는 쉽지가 않다. 그래서 많은 연구가 수경재배를 이용하고 있다.

알루미늄 스트레스와 관련하여 몇 가지 생리학적 기작이 밝혀져 있다(Kochian 1995). 특히 알루미늄에 의해서 받는 초기 및 가장 현저한 피해 증상으로는 뿌리 끝 성장점 부위의 세포 분열과 신장의 손상이다(Matsumoto, 2000). 그러므로 뿌리의 apex는 알루미늄의 내성 및 독성의 우선적으로 연구해야할 부분이며. 이를 위해서는 먼저 다양한 품종 간에 민감성인 것과 내성인

것을 빠르고 정확하게 screening하여야 할 필요가 있다(Ryan et al., 1993; Sivaguru and Horst, 1998; Ahn et al., 2001, 2002, 2004).

Kochian group (Kochian 1995)에 의하면, 알루미늄 내성 기작을 가지고 있는 식물은 두 가지로 분류되는데 첫째는 뿌리 apex의 세포 안으로 알루미늄의 흡수를 배재하기 위해 세포질로부터 다양한 유기산 (citrate, malate, oxalate 등)을 방출시키는 기작이며, 이에 속하는 작물에는 밀, 옥수수, 콩, 메밀 등이 있다(Miyasaka et al., 1989, Delhaize et al., 1993, Ma et al., 1997). 두 번째는 뿌리의 세포 내로 흡수된 알루미늄이 물관부로 적재(translocation)되어 지상부 조직 특히 잎과 꽃잎 세포의 액포에 저장하여 유입된 알루미늄에 대해 내성을 띠는 식물이다. 이에 속하는 작물은 차나무와 수국이 대표적이다.

최근 분자 수준에서의 알루미늄 내성 기작과 관련된 연구로 밀의 Al-activated malate transporter (*ALMT1*) 유전자가 밝혀졌다 (Sasaki et al., 2004). 밀의 *ALMT1*은 알루미늄에 민감한 ES8 품종 보다 내성인 ET8 품종에서 높게 발현되는 유전자로써, 전사(transcription) 수준뿐 아니라 번역(translation) 수준에서도 발현의 차이를 보여 세포질에서 세포 밖으로 malate를 수송 및 방출하여 근권의 알루미늄 독성을 무독화 하였다. 또 그들은 보리에 이 유전자를 과발현하도록 형질전환하여 malate 방출량의 증가로 알루미늄에 내성을 보여 주었다 (Delhaize et al., 2004). Yamaguchi 등(2005)은 이 단백질이 원형질막에 위치해 있는 것을 증명하였다. 반면에 알루미늄 저항성에 대한 다른 가설은 뿌리 성장시 근권의 pH를 알칼리화 시켜서 산성 조건에서만 활성화 되는 알루미늄을 무독화 시킨다는 주장이다.(Foy et al., 1965). 이를 뒷받침하는 결과가 Kollmeier et al. (2000)는 알루미늄 스트레스에 의해서 애기장대의 뿌리 끝 부위가 알칼리화 되는 것을 확인하였다. 최근에 본 연구 그룹에서도 agar와 pH indicator 시약을 사용하여 호박과 녹두에서 알루미늄을 in vivo로 처리하여 근권의 pH의 변화를 추적하였다. (Ahn 등 2002, Ahn 등 2007).

알루미늄 스트레스에 의한 뿌리의 성장 억제를 세포수준에서 보면, 뿌리 신장대(elongation zone)에서 양성자 ( $H^+$ )의 방출이 억제되거나 분열조직(meristematic zone)에서는 양성자의 유입이 발생한다고 하였다.(Piñeros and Kochian, 2001). 세포막을 통한 양성자의 유입과 유출은 제1차 능동 수송체인  $H^+$ -ATPase에 의해서 발생하며, 세포 안과 밖의 이러한 양성자의 농도 기울기(proton motive force)는 세포질의 pH는 증가시키면서 apoplastic acidification을 초래하게 된다. 이로 말미암아 2차 능동수송이 가능하기 때문에 식물의 성장과 발달에 근간이 되는 효소이다.(Morsomme and Boutry, 2000). 또한 세포막은 다양한 필수 무기물뿐 아니라 알루미늄과 같은 중금속도 수송을 담당하고 있기 때문에 무기물 수송의 장벽인 세포막 수준에서 알루미늄 스트레스와 관련하여 많은 연구가 진행되어 왔다. 본 연구 그룹에서도 몇 가지 작물이 양이온인 알루미늄 처리에 의해 뿌리의 끝부분의 막전위(membrane potential)의 차이가 발생하여 내성 혹은 민감성을 보이는 원인을 규명하였으며, 이러한 원형질막의 특성이 양성자의 유입/방출과 밀접한 관련이 있음을 발표하였다(Ahn et al., 2001, 2004)

알루미늄에 의한 뿌리의 성장 억제가 초기에 발생하는 원인에 대한 많은 연구가 진행되었음에

도 불구하고 아직도 정확한 기작은 밝혀지지 않고 있으므로 본 연구에서는 선행 되어야 할 다양한 보리 품종 중에서 특별히 알루미늄 스트레스에 민감성과 내성인 품종을 빠르고 정확하게 선별하기 위해 뿌리의 growth elongation rate(GEA), Hematoxylin staining(HS) 방법을 도입하였으며, Al 함량 측정을 통해 선별된 품종을 확인한 후 세포 수준에서 원형질막 H<sup>+</sup>-ATPase의 발현의 관련성과 가능한 역할을 토론했다.

## 다. 재료 및 방법

### 생장조건

보리(*Hordeum vulgare* L.) 종자는 10분 동안 1.5% (v/v)의 NaOCl과 1.0% SDS (sodium dodecyl sulfate)로 소독을 한 후, 수돗물에서 씻어낸 다음, 발아상(25°C) 내에서 여과지를 깐 petri dish에서 암조건에서 2일 동안 발아 시켰다. 발아된 보리는 0.2 mM CaCl<sub>2</sub> 용액(pH 4.5)만 함유된 간이 수경 재배용 포트에 옮겨 심었다. 염화칼슘(CaCl<sub>2</sub>) 용액만 사용한 이유는 다른 무기물 예를 들면 인산과 알루미늄과의 상호 작용을 피하기 위한 것이다. 생육상(14 h light/10 h dark cycle 580 μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>light)에서 5일간 자란 균일한 묘는 수경액으로 옮긴 후 알루미늄 처리를 하였다.

### 뿌리 생육조사 및 solution plates system

전남대학교 육종학 실험실에 육종된 64 종의 보리 품종을 알루미늄에 민감성과 내성 품종 선별을 위해 사용되었다. 예비실험 결과 뿌리 생장이 현저히 억제되는 농도인 20 μM AlCl<sub>3</sub>·6H<sub>2</sub>O(pH 4.5)로 처리하였고, 처리 후 24시간 후 뿌리의 길이를 측정하였다. 또, 투명한 아크릴 판을 가로 250 mm, 세로 250 mm, 두께 20 mm으로 주문 제작하였다 (그림 3). 제작된 plate에 처리용 용액을 붓고, 5일된 유묘의 뿌리와 줄기 사이를 스폰지로 감싼 후 plate의 가장 윗부분에 고정하였다. 준비된 plate를 알루미늄 호일로 감싼 후 배양실에 두고 처리 시간에 따라 관찰 후 사진 촬영을 하였다.

### Hematoxlin 염색과 알루미늄 함량 측정

알루미늄에 의한 뿌리의 피해 정도를 확인하기 위해 0.2% (w/v) % hematoxlin 수용액에 10분 간 침지하여 염색시킨 후 증류수에 옮겨 2회 씻어낸 다음 사진을 촬영하였다. 알루미늄 농도 실험은 3회 반복하였다. 알루미늄을 처리 후, 증류수로 잘 씻어낸 뿌리를 끝으로부터 1cm의 정단부분(0-1cm)을 칼로 잘라 낸 후 2M HCl를 1mL 함유한 튜브에 넣어 48시간 동안 상온에서 보관하여 분해시켰다. 알루미늄의 함량은 atomic absorption spectrophotometer(Z-8270, Hitachi, Tokyo)를 이용하여 측정하였다.

### 원형질막 분리 및 H<sup>+</sup>-ATPase 발현 조사

원형질막의 분리는 two-phase partitioning(Palmgren *et al.*, 1990; Ahn *et al.*, 2001, 2002)

방법을 조금 변형하여 4°C에서 실행하였으며, 분리된 원형질막은 바로 다음 실험에 사용하였거나 -80°C에 보관 후 사용하였다. H<sup>+</sup>-ATPase 활성 측정은 Ahn *et al.* (2001)의 방법을 이용하였으며, 막 단백질은 표준 BSA를 이용한 단백질의 검량선을 작성하여 정량하였다(Bradford, 1976). 또한 12% SDS-PAGE로 전기영동한 막 단백질은 PVDF(polyvinylidene difluoride) 막으로 옮긴 다음, western-blot을 위해 옥수수 H<sup>+</sup>-ATPase에 대항하여 만들어진 제1차 항체(일본 오카야마대학 Sasagawa 교수로부터 분양받음)를 1:1,000 배로 희석하여 사용하였고, 단백질 H<sup>+</sup>-ATPase 검출은 alkaline phosphatase-conjugated anti-rabbit인 제2차 항체를 1:1,500 배로 희석하여 실시하였다. 사용된 모든 시약은 Sigma(St. Louis, USA)사로부터 구입하여 사용하였고, 모든 실험은 최소한 2번이상의 반복을 실시하였다.

## 라. 결과 및 고찰

환경오염 등에 의해 산성화된 토양에서 재배되는 작물은 생육이 저해되는 피해가 많이 발생하는데(Sanchez and Benites, 1987), 이러한 피해는 토양 중에 가장 많이 함유되어 있는 금속원소인 알루미늄 때문이다. 알루미늄은 pH가 중성에서는 토양공극에 용해하지 않지만, 토양이 산성일 경우에는 용해성 8면 6수체형(Al<sup>3+</sup>)으로 용해가 시작되어 뿌리에 흡수되고, 그 결과 뿌리의 성장을 현저하게 방해한다. 또 식물의 생육에 필수적인 인산이 알루미늄과 결합하기 때문에 식물이 이용, 흡수할 수 없는 형태가 된다고 알려져 있다. 그러므로 세계 경작지의 30-40% 이상을 차지하는 산성토양에서 알루미늄 독성은 농업생산의 주요한 제한요인의 하나이다(Matsumoto, 2000).

### 보리 품종 screening

보리는 특히 산성 토양에 민감한 작물이며, 특히 알루미늄에 더욱 민감하다. 그러므로 알루미늄에 내성인 품종을 육성하기 위한 가장 선행 되어야 할 과제는 보다 신속하고 정확한 보리의 알루미늄 스트레스에 내성인 품종을 screening해야만 한다. 이에 본 실험이 수행되었다. 다양한 알루미늄 농도(0, 10, 20, 30, 40, 50, 20 μM)에 따른 예비실험을 통해 보리의 알루미늄 스트레스에 따른 뿌리의 성장 억제를 확인하였고, 특히 20 μM 농도와 24시간 처리에서 뿌리의 성장 억제가 통계적 유의성을 보여 주었으며 그 이상의 농도에서는 전혀 뿌리가 자라지 못함을 확인하였다. 그러므로 우리는 전남대학교 육종학 실험실로부터 분양을 받은 64가지 보리 품종을 petri dish에 파종 후 5일 된 그리고 일정하게 성장한 유묘 10주를 택하여 1 L pot에 20 μM 농도로 24시간 동안 처리한 후 뿌리의 성장 특성을 알아본 결과가 그림 1이다. 대부분의 품종이 알루미늄 처리에 의해서 뿌리의 생육이 50% 이상 억제되었으나 일곱 품종이 억제의 폭이 적었다. 보다 정확한 결과를 도출하기 위해 2번의 반복 실험을 실시하였고, 최종적으로 내성인 세 품종 (자예2, 자예6, 모찌무기)과 민감성 세 품종 (품2, 흰쌀, 울쌀)을 선별하였다.

지금까지의 간이 수경 재배법을 이용한 screening은 빠르고 유용하지만 반면에 단점은 그 결과가 과대 혹은 과소평가가 내려질 우려가 있다 (Ma *et al.*, 1997). 그 이유로는 다양한 품종

을 좁은 tank에서 동시에 알루미늄을 처리한 후 관찰을 하기 때문인데 이렇게 실험이 진행될 경우 품종에 따라서 뿌리로부터 분비되는 다양한 물질에 의해 다른 품종에도 영향을 미치기 때문이다. 이러한 원인은 서론에서 언급한 알루미늄 내성 기작과 관련이 있다. 내성 기작에는 뿌리의 선단 부위로부터 분비되는 유기산 (예를 들어 보리와 밀은 malate, 옥수수는 citrate, 메밀은 oxalate 등)에 의해 기작과 뿌리 표면의 pH를 산성에서 알카리로 변화시키는 양성자(H<sup>+</sup>) 유출과 관련이 있다. 그러므로 본 연구에서는 보다 신속하고 정확한 결과를 도출하기 위해 분리된 tank와 공간에서의 실험을 수행하였다.

선별된 내성 세 품종과 민감성 세 품종을 5, 10, 20  $\mu$ M 알루미늄 처리 농도에 따른 뿌리의 생장을 관찰한 결과가 그림 2이다. 처리 24시간동안 알루미늄 처리 후 대조구에서는 내성 및 민감성 모두 약 1.5 cm 정도의 생장을 하는 반면에 처리구에서는 내성과 민감성 품종간의 반응에 차이가 있었다. 즉, 내성인 세 가지 품종의 경우 5  $\mu$ M 농도에서는 25-35%, 10  $\mu$ M 농도에서는 약 70%, 20  $\mu$ M 농도에서는 80%의 성장 억제가 일어난 반면, 민감성인 세 가지 품종의 경우는 5  $\mu$ M의 상대적으로 낮은 농도 처리임에도 불구하고 약 60%의 성장 억제가 발생하였다. 게다가 높은 농도의 경우에는 거의 생장이 정지되는 것을 알 수가 있었다. 또 내성과 민감성의 가장 대표적인 두 품종인 자예2와 품2의 생육 비교를 본 연구를 통해 고안한 solution plate system을 이용하여 관찰한 결과 그림2의 결과와 일치함을 확인할 수 있었다 (그림 3). 대부분의 실험이 지상부는 직접 관찰이 가능하지만 지하부 즉 근권은 관찰이 제한적이지만, 이 시스템은 직접 근권의 상황을 관찰 할 수 있기 때문에 본 실험에서 적용된 알루미늄을 포함한 중금속 스트레스 뿐 아니라 무기물의 과잉과 결핍, 온도, 광, 염 및 가뭄 스트레스 등의 screening에도 사용될 수 있을 것이다.

### 알루미늄 피해증상의가시화

알루미늄 스트레스에 의한 뿌리 apex의 성장 피해 정도를 가시화하기 위한 실험을 수행하였다. 이를 위해 뿌리의 세포가 파괴되었음을 보여주는 염색 시약 0.2% hematoxylin을 사용하였으며, 본 연구진은 이미 호박, 녹두, 밀을 재료로 이미 보고 하였다(Ahn *et al.*, 2001, 2002, 2007). 내성과 민감성 보리 뿌리를 알루미늄 처리농도별 (0, 5, 10, 20  $\mu$ M)과 시간별 (0, 3, 6, 12, 24 h)에 따라 hematoxlin으로 염색한 결과가 그림 4A와 B이다. 우선 민감성 세 품종 피해 증상이 뿌리 apex의 신장대(elongation zone)에서 주로 관찰되었으며, 대조구와 비교하여 어두운 청색을 띠었다. 또 농도가 높은 처리구의 경우에는 신장대 표면이 심각할 정도로 가로 쪽으로 갈라지는 현상도 관찰되었다. 반면에 내성인 품종의 경우에는 5  $\mu$ M 처리구는 대조구와 비교하여 그 피해 증상이 미미하였고, 더 높은 농도에서만 피해 증상이 나타났다(그림 4A). 20  $\mu$ M 농도로 처리 한 후, 시간대별로 피해의 정도를 관찰한 결과 내성인 품종 ‘자예’는 3시간까지는 대조구와 큰 차이를 보이지 않다가 6시간부터는 신장대에 염색이 되어 생장에 피해를 입은 것을 보여주었으나, 민감성인 품종 ‘품2’는 이미 처리 3시간부터 염색되었고 시간이 지날수록 그 피해 정도가 심하여 20  $\mu$ M 농도로 24시간 처리한 경우는 신장대의 세포가 회복 불능



상태가 되었다 (그림 4B).

### 품종간의 알루미늄 함량 비교

보리 뿌리의 알루미늄 처리에 의한 내성과 민감성의 생장 차이와 세포 내의 알루미늄 함량과의 관계를 파악하기 위해 20  $\mu$ M 알루미늄을 24시간 처리 후 뿌리의 apex (1cm)만 수확하여 알루미늄 함량을 측정하였다 (표 1). 내성인 품종이 주당 47-62 nmol 그리고 민감성 품종이 주당 63-65 nmol의 측정치를 보여주어 가장 민감한 품종 ‘품2’와 가장 내성인 품종 ‘자예’와는 약 1.5배의 함량 차이를 보여 주었다. Sivaguru and Horst (1998)는 알루미늄 처리한 옥수수의 뿌리에서 알루미늄이 근단부에 더 많이 축적되었다고 보고하였고, 본 연구진도 호박과 녹두의 apex에서 알루미늄 함량이 다른 부위보다 2배 정도 높음을 보고하였다(Ahn *et al.*, 2001, Ahn *et al.*, 2007). 흥미롭게도 내성 품종 중에서 ‘모치무기’는 민감성 품종들과 비교하여 뿌리 apex의 알루미늄 함량이 큰 차이를 보여주지 않았다. 그 이유는 아마도 알루미늄 내성을 띠는 품종 간에도 기작의 차이가 있음을 시사하고 있다. 즉, 많은 작물들 (예를들면, 밀, 옥수수, 메밀)이 알루미늄 내성을 띠기 위해 뿌리로부터 근권으로 malate, citrate, oxalate 등 다양한 유기산을 방출하여 알루미늄 독성을 무독화 시킨다는 기작이 보편적이다. 그러나 수국과 차나무는 산성 토양 조건에서 알루미늄을 흡수(uptake) 및 적재(translocation)가 일어나 물관부를 통해 지상부의 꽃잎과 잎의 액포에 저장(sequestration)한다는 보고가 있다 (Matsumoto, 2000). 물론 어떻게 알루미늄이 식물체 내로 흡수되고 적재되어 지상부로 축적이 되는지에 대한 기작은 밝혀져 있지 않고 있다.

### 원형질막 H<sup>+</sup>-ATPase의 발현 차이

식물의 원형질막에는 ‘Master enzyme’이라 불리우는 H<sup>+</sup>-ATPase가 약 5% 존재한다. 이 효소는 ATP가 ADP와 인산기로 분해 되면서 제1차 능동 수송을 한다. 이때 세포내 H<sup>+</sup>을 세포 밖으로 배출하고 막 경계에서 발생하는 H<sup>+</sup>의 농도 구배는 다른 양이온과 물질이 세포내로 흡수할 수 있는 제2차 능동 수송의 기회를 제공한다(Sussman, 1994). 또 산성화된 세포벽이 이완되어 세포가 생장할 수 있다는 ‘산 생장설’도 이 효소와 관련이 있다. 게다가 여러 가지 불량 환경 조건에서 생존을 위한 아주 중요한 역할을 담당하고 있으며, 이미 알루미늄 스트레스 하에서 호박, 밀, 녹두, 콩 뿌리의 원형질막 H<sup>+</sup>-ATPase가 알루미늄 내성과 민감성 기작에 관련이 있음을 보고하였다 (Ahn *et al.*, 2001, 2002, 2004, 2007, Kim *et al.*, 2010).

본 실험에서도 보리의 알루미늄 스트레스와 원형질막 H<sup>+</sup>-ATPase의 연구를 하기 위해 우선 two-phase partitioning법(Palmgren *et al.*, 1990)으로 분리된 원형질막의 순도(purity)를 다양한 저해제를 이용하여 조사한 결과, 약 88% 높은 순도의 원형질막이 분리되어짐을 확인 하였다. 선행 실험을 통해 선별된 보리의 알루미늄 내성 품종 ‘자예2’와 민감성 품종 ‘품2’의 유묘를 20  $\mu$ M 알루미늄에 24시간 동안 처리한 뿌리를 수확한 후 원형질막을 분리하였으며, 분리된 원형질막 전체 단백질의 전기영동(SDS-PAGE) 결과가 그림 5A이다. 내성과 민감성 그리고 대조

구와 처리구 간에 막 단백질의 pattern에는 아무런 차이를 볼 수가 없었다. 그러나 항체 (polyclonal antibody)를 이용한  $H^+$ -ATPase (100 kDa)의 발현 변화는 흥미로운 결과를 보여주었다 (그림 5B). 즉, 내성과 민감성에 따라 단백질의 번역(translation) 수준에서 다른 결과를 얻을 수 있었는데 내성인 품종에서는 알루미늄을 처리한 뿌리 원형질막  $H^+$ -ATPase의 발현이 대조구와 비슷하였으나, 민감성인 품종에서는 이 단백질의 발현이 현저하게 감소하였다. 이는 내성 품종의 경우 알루미늄 스트레스 하에서도 원형질막  $H^+$ -ATPase와 14-3-3 단백질이 지속적인 인산화(phosphorylation) 작용을 유지하는 반면에 민감성 품종의 경우는 이미 알루미늄에 의해 뿌리 성장을 위한 원형질막  $H^+$ -ATPase의 활성이 감소 때문일 것이다 (Ahn et al., 2004, Kim et al., 2010).

결론적으로 산성비와 산성비료의 시용 증가로 재배 토양의 산성화가 진전되고 있으며, 알루미늄의 용해도를 증가시켜 작물 뿌리의 성장장애 및 양수분의 흡수를 저해하고, 더 나아가 작물의 생육 및 수량의 감소를 초래하고 있다. 본 연구의 재료인 보리는 세계적 뿐 아니라 우리나라에서도 중요한 작물임에도 불구하고 알루미늄 스트레스 관련 연구는 거의 없다. 이에 60여종의 보리를 과종해서 알루미늄에 민감성 혹은 내성인 품종을 선별하기 위한 빠르고 정확한 방법을 제안 하였으며, 이에 걸리는 기간은 단지 1주일 정도에 불과하였다. 이는 품종 육종에 걸리는 오랜 시간과 높은 비용을 고려한다면 대단히 큰 장점을 가지고 있다. 또 보리와 같은 크기의 종자 즉 벼, 밀, 호밀 등을 screening 하고자 할 때에도 본 system은 적용될 것으로 보인다.

#### 마.적요

본 연구는 간이 수경재배법을 이용하여 보리의 알루미늄 스트레스 내성과 민감성 품종을 간편하고 빠르게 screen하는 방법을 소개하고, 선별된 품종간의 뿌리의 성장, 뿌리 조직의 염색, 알루미늄 함량, 원형질막의  $H^+$ -ATPase의 발현 변화를 조사하여 분석하였다.

루미늄 함량, 원형질막의  $H^+$ -ATPase의 발현 변화를 조사하여 분석하였다.

(1) 보리 65 품종을 간이 수경재배법을 이용하여  $20\mu M$  알루미늄을 24시간 처리 후 뿌리생장의 차이로 내성 세 품종(자예2, 자예6, 모치무기)과 민감성 세 품종(흰쌀, 울쌀, 품2)을 선별하였다.

(2) 알루미늄에 내성 품종은 알루미늄 처리 농도(0, 5, 10,  $20\mu M$ )에 따라 뿌리 성장 감소폭이 적었으나, 민감성 세 품종은 상대적으로 낮은  $5\mu M$  농도에서부터 80%의 생장이 억제되었다.

(3) 가장 내성인 자예2와 민감성인 품2의 알루미늄 처리 후, 농도별(0, 5, 10,  $20\mu M$ ), 시간별(3, 6, 12, 24시간)로 0.2% hematoxilin으로 염색 시 주로 apex에 3시간 이후부터 염색되었으며, 민감성 품2가 내성인 자예2에 비해 농도와 시간에 따라 그 피해 정도가 매우 심각하였다.

(4)  $20\mu M$ 로 24 시간 처리된 뿌리 apex(10 mm)의 알루미늄 함량을 측정한 결과, 내성 자예2는 주당 47.1nmol의 함량을 보여 주었으나, 민감성 품2는 주당 64.9 nmol의 높은 함량을 보여

주었다.

(5) 24시간 동안 20 $\mu$ M 알루미늄을 처리한 뿌리 원형질막 H<sup>+</sup>-ATPase 발현을 western blotting을 통해 분석한 결과, 내성인 자예2는 차이가 없었으나, 민감성 품종2는 현저히 억제되었다. 이로 보아 원형질막 H<sup>+</sup>-ATPase가 알루미늄의 내성 기작에 관여 하는 것으로 보인다.

(6) 본 연구를 통해 간이 수경재배와 hematoxlin으로 염색으로 간단하고 빠르게 보리의 알루미늄 내성과 민감성 품종의 screening을 할 수 있었고, 보리뿐 아니라 쌀, 밀 등의 다른 종자에도 적용될 수 있을 것이다.

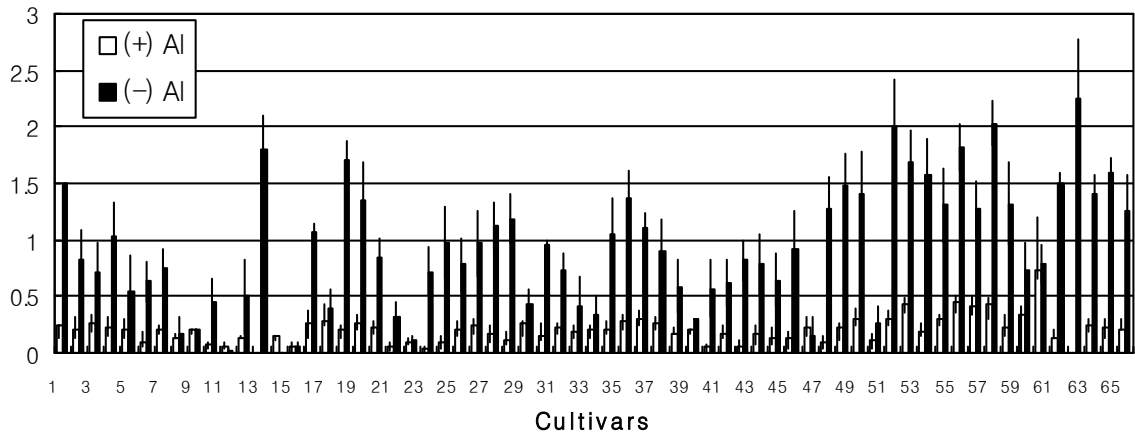


Fig. 1. Effects of 20 $\mu$ M Al supply on the root elongation rate of barley roots after 24 h.

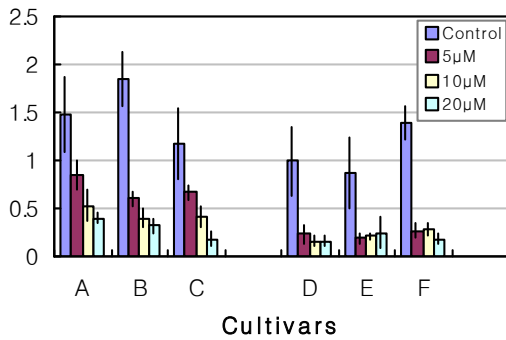


Fig. 2. Effects of Al (0, 5, 10, 20 $\mu$ M) supply on the root elongation rate of selected 6 barley cultivar roots after 24 h. A, B, C are tolerant and D, E and F are sensitive.

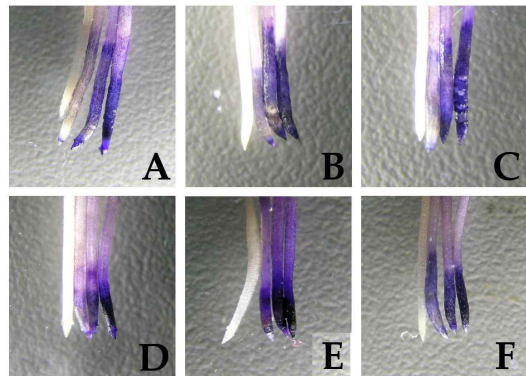


Fig. 3. Hematoxylin-stained roots of selected 6 barley cultivar roots. The plants were grown in the presence or absence of Al (0, 5, 10, 20 $\mu$ M) for 24 h. A, B, C are tolerant and D, E and F are sensitive.

## 2. 효소의 발현 기작 추적 및 최적 조건 확립 및 효소의 생화학적 기능 구명

최적의 단보리 생산을 위한 적합한 조건 확립을 위해 스트레스 중에서 식물의 생육에 가장 넓고 광범위하게 영향을 미치는 산화적 스트레스 (oxidative stress)를 받아낸 보리에 농도별로 처리를 한 후, 뿌리 원형질막의 H<sup>+</sup>-ATPase 활성을 측정된 결과가 Table 1이다. 원형질막의 H<sup>+</sup>-ATPase는 'master enzyme'이라고 불리울 만큼 식물의 생육에 중요한 효소이며, 특히 식물의 물질 수송과 항상성 유지에 반드시 필요한 효소이다. 과산화수소의 처리 농도에 따른 원형질막 H<sup>+</sup>-ATPase 활성은 대조 품종과 비교 품종 군(A와 D) 모두 16 mM까지 억제되지 않았으나, 더 높은 농도인 32와 64 mM 처리 농도에서는 효소의 활성이 급격히 감소하는 반면, 품종 D는 32 mM까지 효소 활성을 유지하다가 64mM 처리 농도에서 활성이 감소되는 것으로 보아 품종 D가 단보리 생산에 적합한 것으로 보인다.

또한 일반 보리와 생체 발아용 보리의 항산화 효소(POX와 CAT)의 활성을 측정하였으나 두 종자간에 전혀 차이를 보이지 않았다 (Data not shown).

Table 1. Effects of different concentrations of H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> on the H<sup>+</sup>-ATPase activity of barley root plasma membranes. Isolated plasma membranes suspended in buffer were incubated at different concentrations of H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (37°C for 30min) and H<sup>+</sup>-ATPase activity was measured.

H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> conc. (mM)	H <sup>+</sup> -ATPase activity ( $\mu\text{mol Pimgprotein}^{-1}\text{h}^{-1}$ )		
	Control	A	D
0	35.5 ± 0.6 (100)	36.8 ± 0.7 (100)	39.1 ± 0.2 (100)
2	35.4 ± 1.7 (99.7)	37.4 ± 1.0 (101)	40.2 ± 1.1 (103)
4	34.5 ± 1.1 (97.2)	35.3 ± 1.5 (95.9)	38.7 ± 0.7 (99.1)
8	33.4 ± 0.9 (94.1)	34.4 ± 0.6 (93.5)	38.1 ± 0.8 (97.5)
16	<b>31.3 ± 1.8 (88.1)</b>	<b>32.2 ± 0.8 (87.5)</b>	37.3 ± 1.3 (95.4)
32	27.8 ± 0.9 (78.3)	26.6 ± 1.6 (72.3)	<b>32.3 ± 0.9 (82.6)</b>
64	10.4 ± 0.8 (29.3)	7.8 ± 0.8 (21.2)	16.1 ± 1.6 (41.3)

-일반 보리와 발아 생체 보리의 영양 성분(탄수화물, 무기 이온 및 중금속 함유량) 분석

일반 보리와 발아생체 보리의 탄수화물의 비교 실험이 Table 2이다. 전체 탄수화물의 양에는 큰 차이를 보여주지 않았으며, 또 Rhamnose, Mannose, Glucose의 함량은 두 가지 종자 모두 차이를 보이지 않았고, 단지 Arabinose, Xylose, Galactose의 함량이 대조구인 일반 보리 종자에서 다소 높게 나타났다. 이는 발아 생체 보리가 발아되는 과정 중에 다소간의 탄수화물을 사용한 것으로 보인다.

단 보리 가루의 영양분을 분석한 결과 지방 3.3%, 단백질 9.8%, 탄수화물 74.7%의 비율을 보

Table 2. Comparison of nutritional composition in control and germinated seeds.

Organic Solvent Extractives (%)	Carbohydrates							Ash	
	Rhamnose	Arabinose	Xylose	Mannose	Galactose	Glucose	Total		
Con.	3.0	0.4	3.1	3.9	0.6	0.6	60.8	69.4	1.5
Germinated	1.9	0.3	1.2	2.0	0.4	0.2	60.2	64.3	1.0

여 주었고, 특히 탄수화물 중에서 Lactose는 검출되지 않았다 (Table 3). 이로 보아 일반 보리 종자와 발아 생체 보리, 그리고 단보리 종자 내에 영양 성분에는 큰 차이가 없으므로 단보리 가루를 이용한 대체 식품 및 사료를 개발하는 데는 문제가 없을 것으로 사료된다.

Table 3. Nutritional composition of barely powder (danbori).

항목	분석결과	단위	시험방법
수 분	10.4	g/100g	식품공전(2008) 상압가열건조법
지 방	3.3	g/100g	식품공전(2008) 상압가열건조법
단백질	9.8	g/100g	Kjeldahl 법
회 분	1.8	g/100g	식품공전(2008) 회분시험법
탄수화물	74.7	g/100g	식품공전(2008) 계산법
Fructose	0.2	g/100g	식품공전(2008) 당질시험법
Glucose	0.4	g/100g	식품공전(2008) 당질시험법
Sucrose	0.3	g/100g	식품공전(2008) 당질시험법
Maltose	1.5	mg/100g	식품공전(2008) 당질시험법
Lactose	불검출	mg/100g	식품공전(2008) 당질시험법

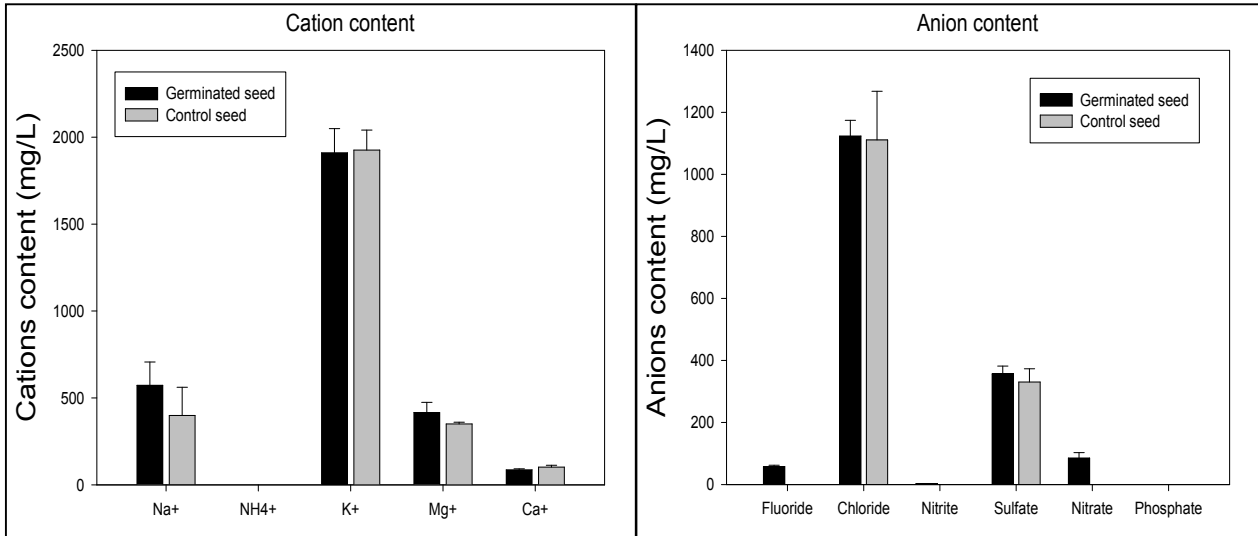


Fig. 4. Content of cations and anions in control and germinated barley seeds.

또 Fig. 4에서 보는 바와 같이 일반 보리와 발아생체 보리의 양이온 (Sodium, Ammonium, Potassium, Magnesium, Calcium)과 음이온 (Fluoride, Chloride, Nitrate, Sulfate, Nitrate, Phosphate)의 함량을 측정하여 비교해 본 결과 일반 보리와 발아생체 보리 모두 Ammonium과 Phosphate은 검출 되지 않았으며, 양이온 중에서 Fluoride와 Nitrate가 발아생체 보리에서 다소 간 더 많이 검출되었으나 나머지 무기 이온들은 같은 수준으로 검출되었다. 이는 최소한 일반 보리와 발아생체 보리 간에 무기양분의 차이는 거의 없는 것으로 보인다.

그러나 미량원소(Mo, Zn, Fe, B, Mn, Cu)의 함량을 분석한 결과(Fig. 5), Mo과 B는 검출되지 않았고, Zn, Fe, Mn, Cu 는 대조구 보리 종자에서 다소 높은 함량을 보여 주었다. 또한 중금속 함량의 분석(Fig. 5)을 보면, 분석된 중금속(Pb, Ni, As, Cd) 중에서 As와 Cd은 검출되지 않았고, Pb과 Ni도 극미량만 검출되어 중금속의 오염은 없는 것으로 확인 되었다.

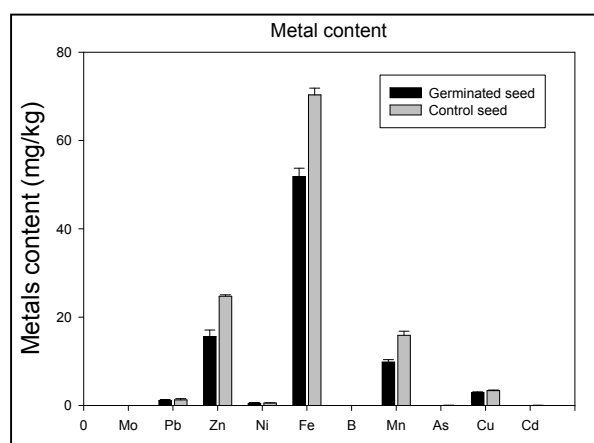


Fig. 5. Content of micro-nutrients and heavy metals in control and germinated barley seeds.



Fig. 6. Product of barley seeds and newspaper account.

참여기업인 바우보리주식회사에서는 쌀보리를 생산,가공하여 바우쌀보리라는 상품명으로 출시 하였으며, 이 상품을 2009년 9월 18일부터 3일간 영광군에서 실시한 상사화 축제에서 판매하 여, 소비자들의 큰 호응을 얻었다( 2009년 9월 25일 게재된 영광신문 기사 참조, Fig 6).

본 연구의 목표는 단보리의 최적 생산을 위한 생리적, 생화학적 연구이다. 이를 위해 1년차에 는 다양한 환경 조건 중에서 알루미늄과 활성 산소양에 따른 분자생리학적 연구를 수행하였다. 2년차에는 보다 더 다양한 환경 조건을 부여하여 그에 따른 보리의 최적 생산을 추적하고자 하였다. 금속 이온인 아연(Zn)은 미량원소이지만 식물과 동물에 필수원소이다. 또 카드뮴(Cd)

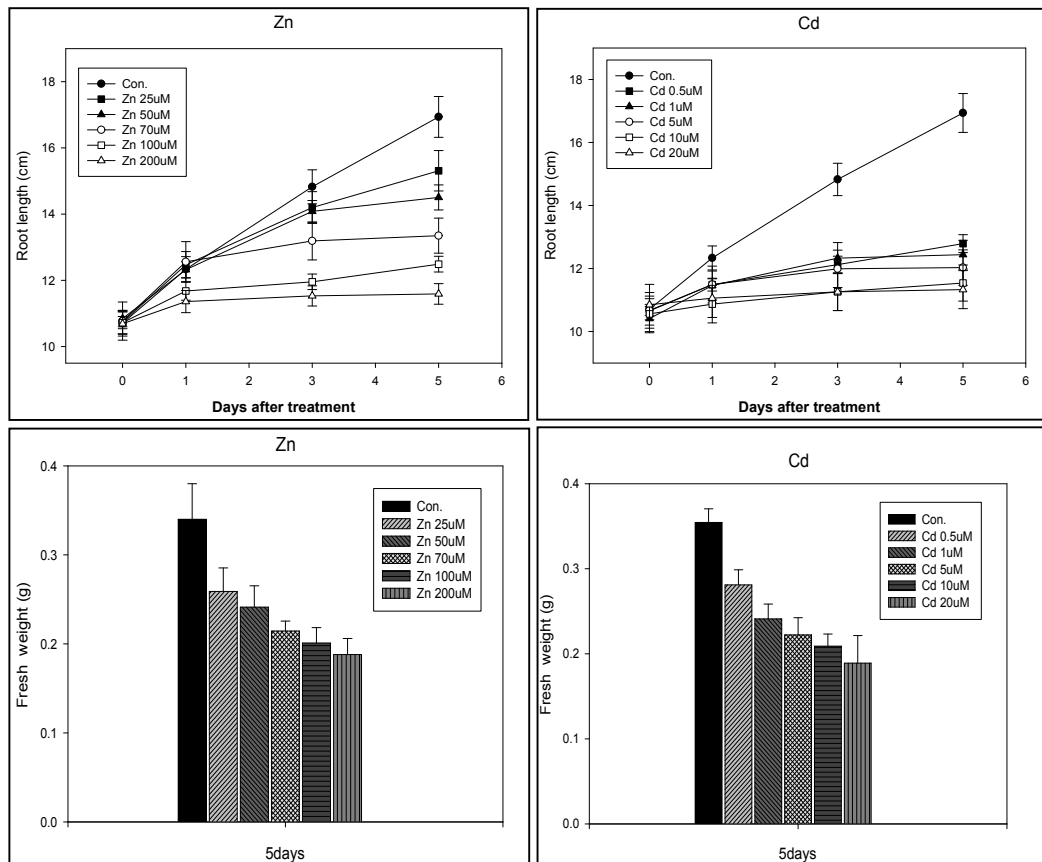


Fig. 7. Effects of Zn and Cd supply on the root elongation rate and fresh weight of barley after 1, 3, and 5 days.

은 중금속으로 체내에 축적되며, 인간의 경우 이따이이따이 병을 일으키는 원인이 된다. 식물의 경우에도 이 두 금속은 체내에 축적되며, 과축적이 될 때에는 심각한 생육에 지장을 초래할 뿐만 아니라 생산량에도 큰 영향을 미친다. 그러므로 우리는 보리에 0, 25, 50, 70, 100, 200  $\mu\text{M}$ 의 Zn와 0, 0.5, 1, 5, 10, 20  $\mu\text{M}$  Cd을 뿌리에 처리하여 처리 일수별로 뿌리의 생장을 조사하였다(Fig. 7). Zn의 경우는 상대적으로 높은 농도 처리구에서도 뿌리 생장에 억제 폭이 작은 반면, Cd의 경우는 처리 농도 중 가장 낮은 0.5  $\mu\text{M}$  농도 처리구에서도 생장 억제가 50% 이상임을 확인하였다. 이는 Zn는 필수 원소이기 때문에 상당히 높은 농도에서만 피해를 입는 것으로 보인다. 또 신선중의 경우에도 Zn와 Cd 모두 처리 농도에 따라 서서히 감소하였다. 이는 뿌리의 생장 억제와는 다른 반응으로 뿌리의 생장 억제 폭이 컸던 Cd 처리가 지상부의 생장에는 크게 영향을 미치지 않은 것으로 보인다.

Zn과 Cd의 처리가 뿌리의 생장에 피해를 주므로 우리는 이러한 환경 조건에 따른 뿌리의 활성을 측정하기 위해 agar plate system을 사용하였다. 이 system은 뿌리와 근권의  $\text{H}^+$  방출 및 유입 즉, pH의 변화를 측정할 수 있는 것으로 Fig. 8이 그 결과이다. 대조구는 시간이 지날수록 뿌리 내부세포로부터  $\text{H}^+$  방출로 표면의 pH가 급속히 감소하는 반면에 Zn와 Cd의 처리구에서는 처리 1일까지도 아무런 변화가 없음을 확인하였다.

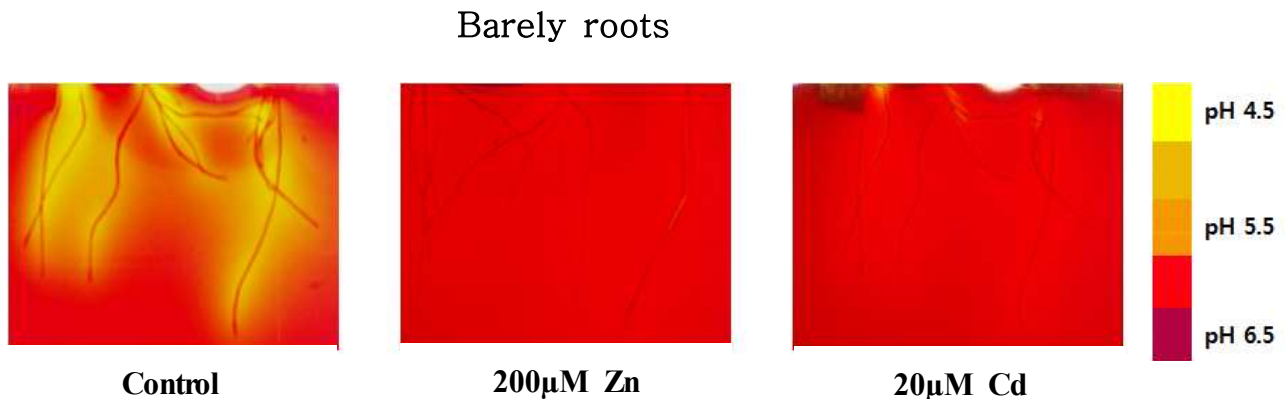


Fig. 8. Visualizing surface pH of barley root treated with Zn and Cd for 1 day.



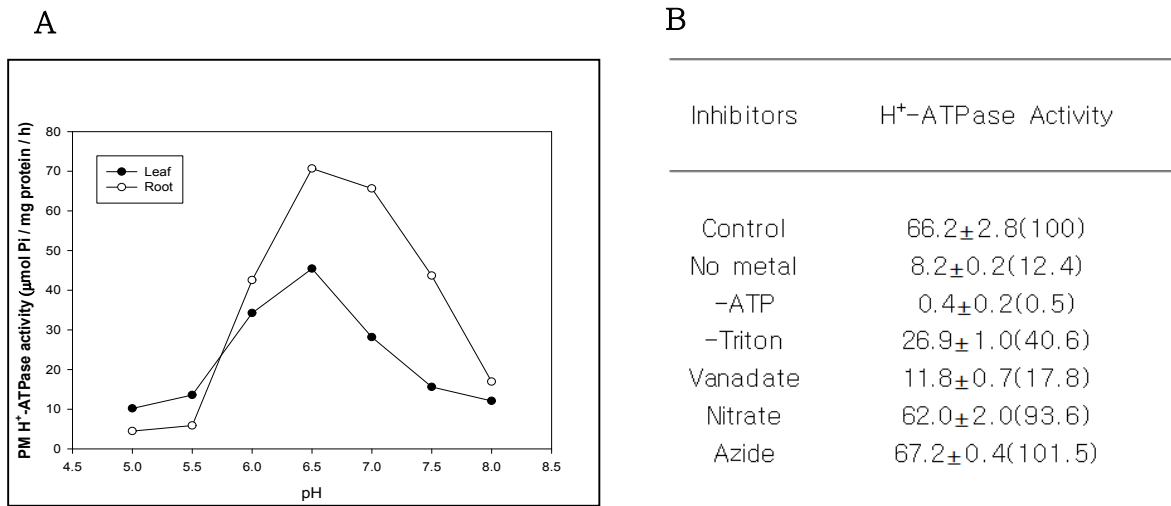


Fig 9. Characterization of plasma membrane H<sup>+</sup>-ATPase in Barely

이 결과로 보아 Zn와 Cd이 보리 뿌리의 활성을 억제하는 것이며, 이를 확인하기 위해서는 세포수준에서 세포 성장을 조절하는 단백질인 원형질막 H<sup>+</sup>-ATPase의 활성을 확인하여야 하므로 우리는 우선 먼저 보리에서의 이 효소의 특성을 살펴보았다(Fig. 9). 보리의 경우, 이 효소 활성의 적정 pH는 6.5임을 알 수가 있었고(Fig. 9A), 다양한 활성 억제제를 통해 분리된 원형질막의 순도를 조사한 결과, 원형질막 ATPase의 억제제인 vanadate에 80% 이상 활성이 억제되는 것으로 보아 분리된 원형질막이 상당히 높은 순도임을 확인 하였다(Fig. 9B). 또 in-vitro로 Zn와 Cd을 처리하여 원형질막 H<sup>+</sup>-ATPase의 활성을 측정 한 결과 농도가 높아짐에 따라 대조구에 비해 효

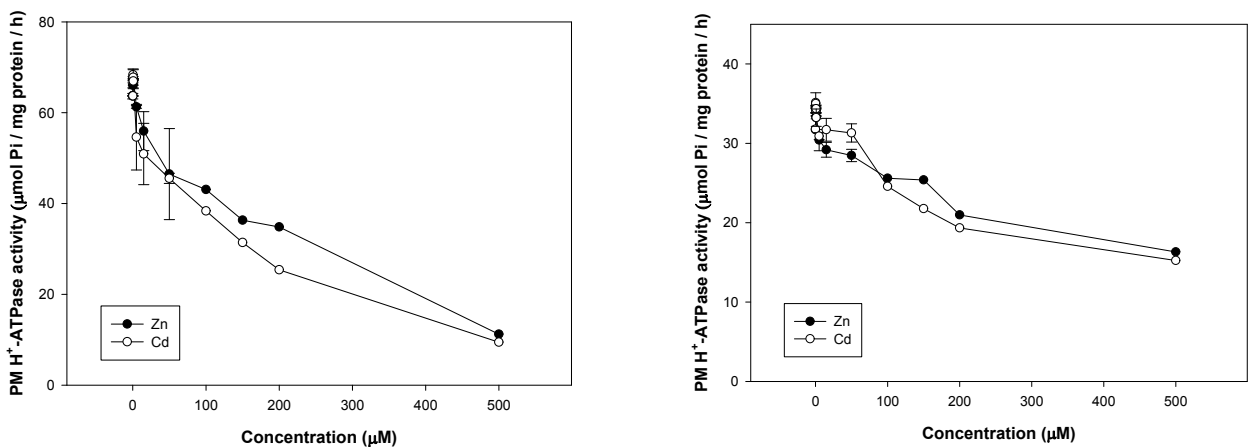
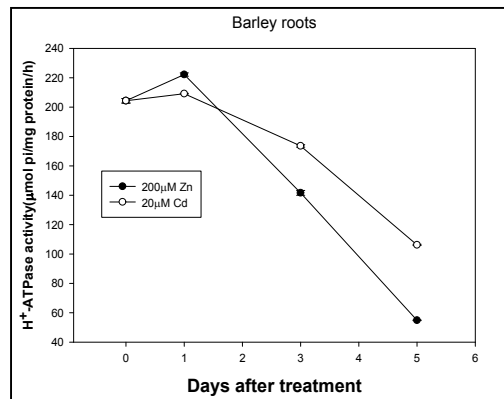


Fig. 10. Effect of various Zn and Cd treatments in vitro on PM H<sup>+</sup>-ATPase activity isolated from barley leaf (A) and root (B). Values are mean ± SE (n=3). Each small figure indicates 0 to 1µM concentration range.

소의 활성도 낮아짐을 볼 수가 있었다(Fig. 10). in-vitro 수준에서의 차이를 확인 후 in-vivo 수준에서도 활성에 변화와 차이가 있는지 알아보았다. 왜냐하면 아무리 in-vitro 수준에서 차이가 있다하더라도 in-vivo 수준에서 차이가 없으면 무의미하기 때문이다. 흥미롭게도 in-vitro 수준에서는 Zn와 Cd 모두 농도 증가에 따라 감소 경향을 보였으나, 실제로 보리 뿌리에 중금속을 처리한 in-vivo 수준에서는 다른 결과를 보여 주었다(Fig. 11). 즉, 처리 1일째에는 다소 효소의 활성이 증가하는 경향을 보여준 반면에 처리 3일째부터는 급격한 감소를 나타내었다. 게다가 Zn 처리구가 그 감소폭이 크게 나타났다(Fig. 11A). 다음으로 실시한 실험은 이 효소의 발현을 western-blot을 실시하였다. 그 결과 Zn와 Cd 처리구 모두 처리 일수에 따라 그 발현양이 감소하였으며, 오히려 Cd 처리구에서 발현양의 차이가 더 심각하게 차이가 있었다(Fig. 11B). 이는 원형질막 H<sup>+</sup>-ATPase의 활성이 단백질의 발현과 일치하지 않으며, 그 이유로는 효소의 활성을 위해 단백질의 발현 보다는 14-3-3 단백질과의 인산화 작용에 의한 활성 차이로 볼 수가 있다.

A



B

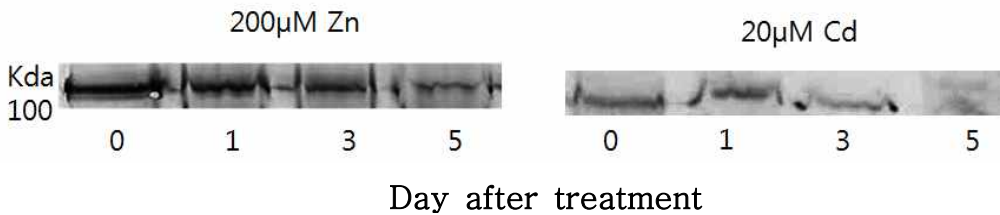


Fig. 11. Effect of Zn and Cd treatments in vivo on PM H<sup>+</sup>-ATPase activity (A) and western-blot (B) isolated from barley root.

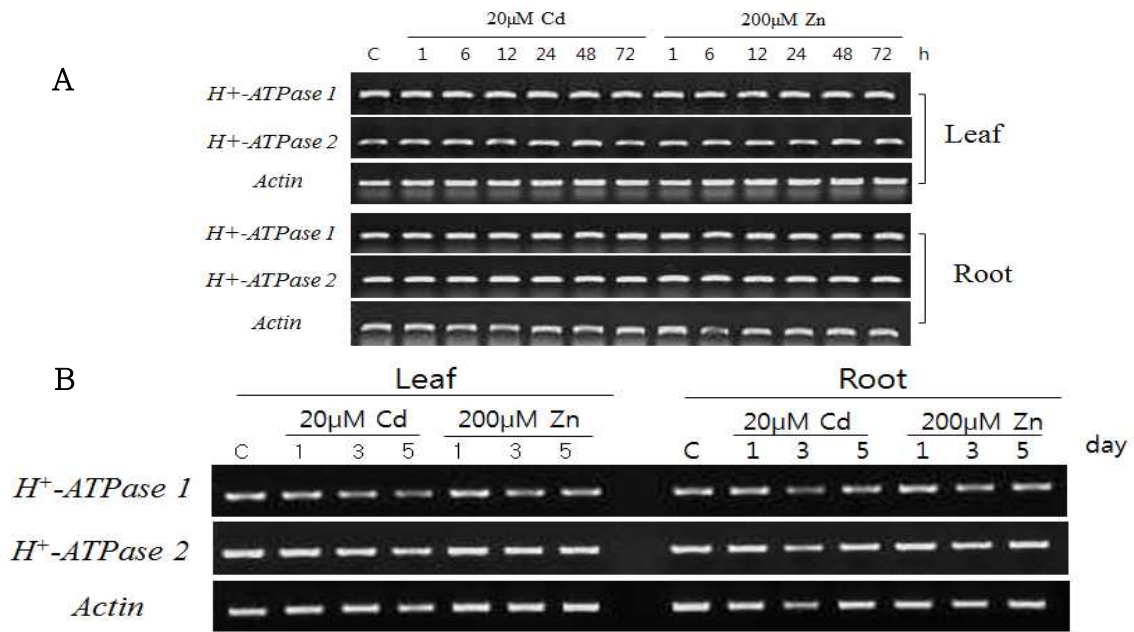


Fig. 12. Expression of H<sup>+</sup>-ATPase genes in roots and leaves of barley plants after different times (0, 6, 12, 24, 48, 72 hours) and different days (1, 3, 5 days) of exposure to 20µM Cd or 200µM Zn.

보리에 중금속인 Cd과 Zn의 처리 후 살펴본 원형질막 H<sup>+</sup>-ATPase의 활성과 단백질의 발현은 translational과 post-translational 수준에서의 조사이므로 우리는 transcriptional 수준에서의 변화를 보고자 중금속 처리 시간과 일수에 따라 보리의 잎과 뿌리를 수확 후 RNA를 추출하였다. 각각의 RNA는 cDNA로 합성한 후에 RT-PCR를 통해 그 전사량과 양상을 조사한 결과가 Fig. 12이다. 보리에서 지금까지 보고된 원형질막 H<sup>+</sup>-ATPase 유전자는 2가지였었고, 보리의 잎과 뿌리의 기관별 뿐 아니라 처리 시간인 0, 6, 12, 24 시간 그리고 처리 일수 3일과 5일에서도 두 유전자인 H<sup>+</sup>-ATPase 1과 H<sup>+</sup>-ATPase 2 모두 전사량에 큰 차이가 없었다. 이 결과로 보아 일반적으로 H<sup>+</sup>-ATPase는 master enzyme으로 알려져 있는데 중금속과 같은 스트레스가 주어진다하여도 전사 수준에서는 발현량에 큰 차이를 보여주지 않은 것으로 보이며, 이는 보리의 원형질막 H<sup>+</sup>-ATPase가 중금속 스트레스에 transcriptional 수준에서의 조절되기 보다는 translational과 post-translational 수준에서 조절됨을 보여주었다.

또한 우리는 보리에 처리된 Zn와 Cd이 잎과 뿌리 조직의 어디에 얼마만큼 축적이 되는지를 알아보기 위해 중금속 처리 전후 DTZ staining으로 분석하였다(Fig. 13). DTZ은 Zn와 Cd과 결합하여 붉은색을 띠는 시약으로 본 연구의 예비 실험에서도 보리뿐 아니라 애기장대나 유채에서도 동일한 효과가 있음을 확인 하였다. 대조구의 경우, 처리 3일과 5일에서 다소간의 붉은색이 염색이 되었는데 이는 대조구 영양액에도 미량의 Zn가 함유하고 있음을 감안할 때 납득이 되었다. Zn 처리구가 Cd 처리구에 비해 엽 조직에 아주 강한 염색이 된 것으로 보아 Zn가 많이 분포되어 있음을 알 수가 있었다. 흥미롭게도 뿌리 끝에 더 진한 염색이 되는 것으로 보아 Zn는 뿌리 끝 성장점에서 더 많은 흡수가 일어날 가능성을 보여 주었다. 또한 Cd 처리 5일째의 뿌리는 외형적으로도 많은 피해를 입었다 (Fig. 13A).

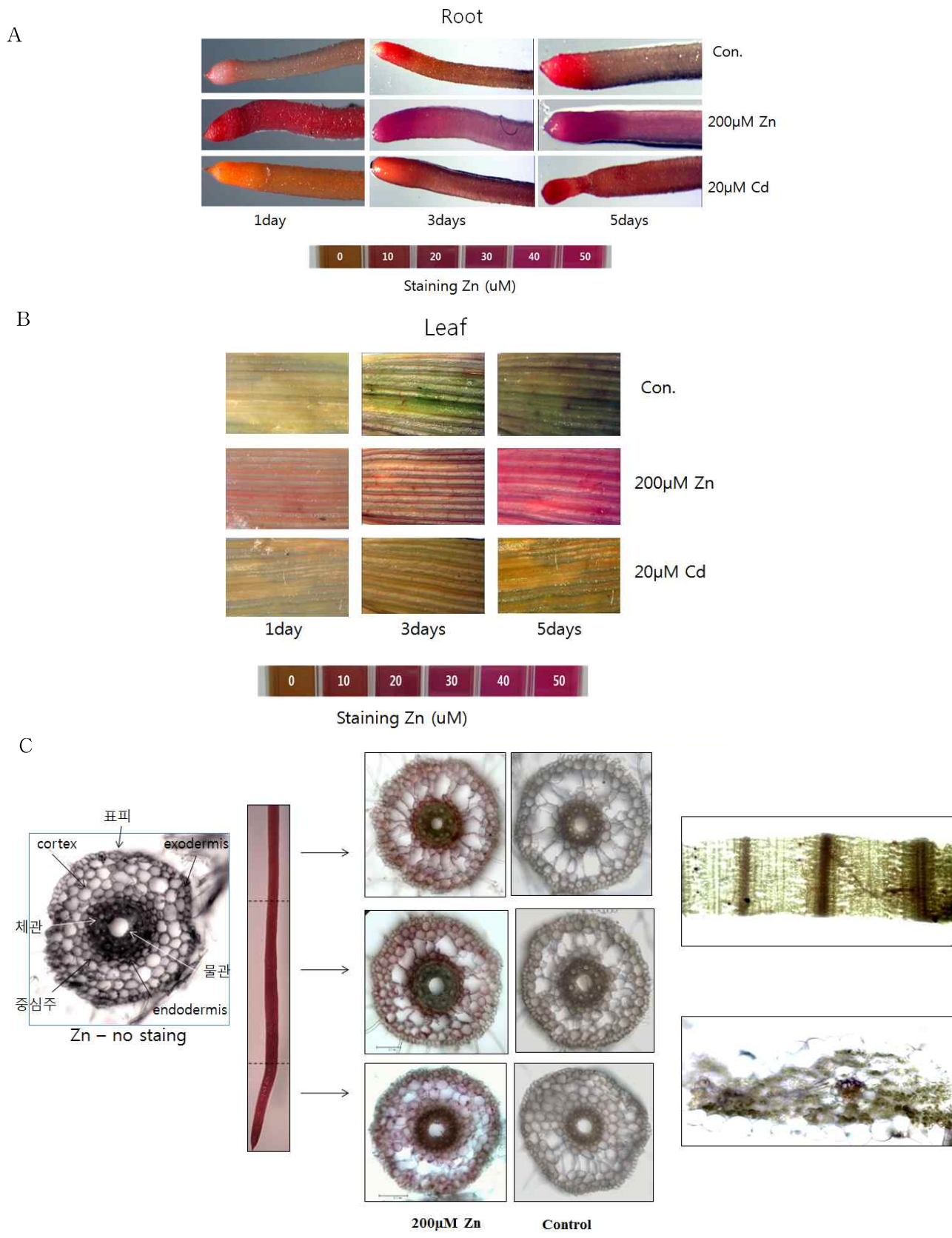


Fig. 13. DTZ staining of barley leaf (A) and root (B) treated with Zn and Cd for 1, 3 and 5 days. One day Zn treated and cross-sectioned root (C) observed with electron microscope each part stained by DTZ.

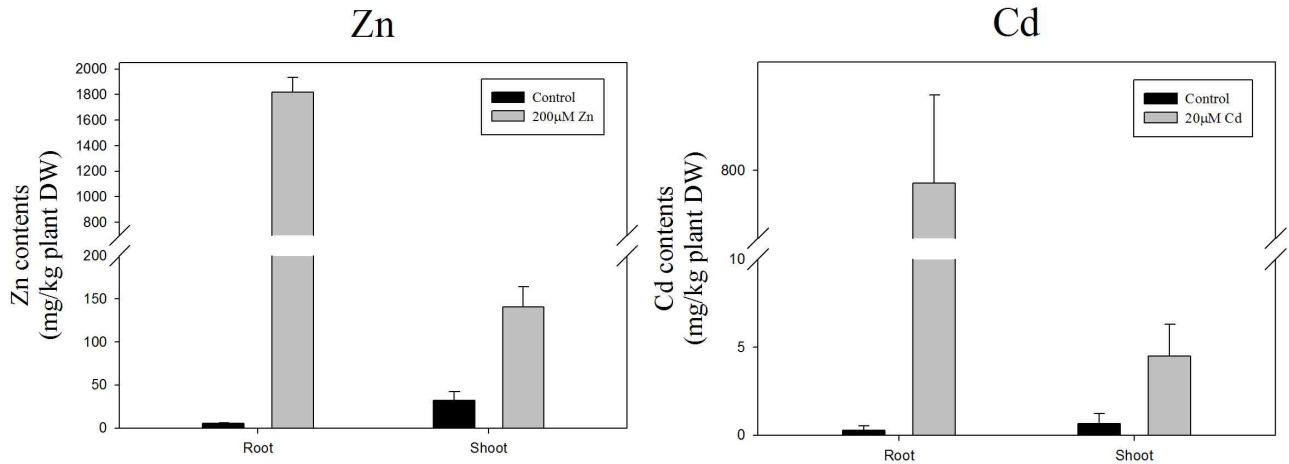


Fig. 14. Measurement of heavy metal (200  $\mu$ M Zn와 20  $\mu$ M Cd) contents in root and shoot of barley.

잎의 경우에는 외형적 피해 증상은 없었으나, Zn와 Cd 처리구 모두 고루게 염색이 되었으며, 특히 처리 1일째에는 굵은 엽맥에서만 붉은 염색이 되었고 처리일수에 따라 가는 엽맥뿐 아니라 엽 조직 전체에 염색이 되었다 (Fig. 13B). 또 뿌리 내부의 중금속(Zn) 분포 양상을 관찰하기 위해 1일간 처리된 뿌리를 생장 부위별로 section하여 관찰한 결과가 Fig. 13C이다. 대조구의 경우에도 양액내에 미량의 Zn가 포함되어 있어 다소간의 염색을 관찰할 수 있었으나 처리구의 경우에는 이미 뿌리의 분열대 뿐 아니라 생장대와 성숙대에서도 이미 Zn가 분포되어 있음을 확인하였고, 표피 뿐 아니라 피층 및 물관부까지 염색이 되었으며 특히 물관부에 가장 진한 염색이 된 것으로 보아 이미 Zn가 물관부를 타고 지상부로 수송되어 잎과 줄기에도 영향을 미친 것으로 보인다.

또 Zn와 Cd를 5일간 처리한 후 각 중금속의 함량을 측정하였다 (Fig. 14). 보리는 중금속을 모두 잘 흡수하는 경향을 보여주었는데 뿌리의 경우, Zn는 대조구에 비해 1000배, Cd은 700배의 높은 수준의 함량을 나타내 주었으며, 줄기의 경우, Zn는 대조구에 비해 3-40배, Cd은 5배의 높은 수준의 함량을 나타내 주었다.

위 실험 결과를 통해 보리의 최적 생산을 위해 재배지가 중금속으로 오염되어 있다면 수확량에 큰 손실 뿐 아니라 식용 시 우리 몸에 축적이 되므로 가능한 한 오염되지 않은 청정 지역에서 재배가 필요할 것이다. 또한 위에 소개된 실험 방법들을 통해 비교적 간단하게 보리 조직 내 중금속의 오염을 측정할 수 있을 것으로 보인다.

## 제 2 절. 밀가루 대체용 식품가공 특성조사 및 제품개발

- 보리에 관한 기존의 연구논문은 보리를 발아한 맥아를 맥주양조용과 전분분해 효소제의 기능으로 밀가루 첨가물, 프리믹스, 식혜, 조청, 물엿, 고추장 제조 등의 식품가공 분야에 치중되어 있으므로, 본 연구에서는 발아생체 보리 제조기술로 만들어진 보리분말을 밀가루 대체품으로 사용한 가공식품 개발 방향으로 연구를 추진하여 보리를 이용한 면류의 특성, 제빵특성, 고추장의 특성 등의 논문 3편으로 정리하여 식품가공 관련 학술지에 게재 또는 투고하였다.
- 보리에 관한 기존의 특허는 보리를 발아한 맥아를 맥주양조용과 전분분해 효소제의 기능으로 식품가공 분야에 치중되어 있으므로, 본 연구에서는 발아생체 보리 제조기술로 만들어진 보리분말을 밀가루 대체품으로 사용한 가공식품 개발 방향으로 연구를 추진하여 보리를 이용한 제면기술 특허를 국내에 출원하였다.

## 1. 발아 보리 및 혼합 복합분을 이용한 국수의 특성 (논문 1)

Quality Characteristics of Noodles Added with Domestic Germinated Barley

### 가. 논문의 한글 개요

#### (1) 보리국수의 제조

- 제면은 Table 1과 같은 배합으로 보리분말을 첨가하여 제면하였음.
- 새싹보리와 새찰보리, 발아 새싹보리와 발아 새찰보리 분말을 10, 20, 30% 강력분에 첨가하여 제면특성 조사함.

#### 보리국수의 물성 측정

- Texture meter (Compac-100 II, Sung Scientific Co., Ltd, Tokyo, Japan) 로 조리면의 식감을 Table 2와 같은 조건으로 측정함.

#### 발아처리 보리의 총 폐놀 함량 변화

- 도정하지 않은 통보리의 총폐놀 함량이 많았으며, 도정함에 따라 감소하였음. 즉, 거층에 폐놀함량이 많음을 알 수 있음 (Fig. 1)
- 발아 처리된 보리를 제면특성 향상을 위해 도정하여 제분하여 폐놀함량을 조사한 결과 발아에 의해 유의적으로 총폐놀 함량이 증가하였음.

#### 발아처리 보리의 항산화 효과

- 통보리가 자유라디칼 소거능이 컸으며, 도정함에 따라 감소하였음 (Fig. 2)
- 도정 새싹보리보다는 도정 새찰보리의 자유라디칼 소거능이 컸음.

#### Amylograph 호화특성

- 새싹보리와 새찰보리 모두 발아처리 복합분의 호화특성에는 큰 변화는 없는 경향이었으나, breakdown(BD) 점도는 발아처리구에서 증가하였음 (Table 5)
- 즉, 발아처리 VAW 처리구가 노화, 굳어지는 현상이 감소하였음.

#### 발아국수 조리면의 특성

- 발아보리 조리면의 부피증가율은 새찰보리 처리구에서 크게 증가하였음 (Table 6)
- 조리액의 탁도는 발아처리에 따라 증가하는 경향이었음.

### 조리면의 물성 특성

- 새쌀보리는 발아 처리함에 따라 경도변화가 없었으나, 새쌀보리는 발아 처리함에 따라 경도가 증가하는 경향을 보임 (Table 8)

### 조리면의 관능평가

- 보리첨가량이 증가함에 따라 관능적 기호는 감소하였고, 20% 첨가구는 식용 가능하였음 (Table 9)
- elasticity 와 firmness 는 시료간에 유의적인 차이가 없었음.

### 나. Abstract

The primary objective of this study is to investigate the quality properties of noodles added with germinated non-waxy (Saesalbori) and waxy (Saechalbori) barley flours at concentrations of 10%, 20% and 30% to wheat flour. The quality characteristics of the samples were assessed in terms of color, cooking characteristics (water absorption, volume increase of noodles and turbidity of cooking water), texture profile analysis (TPA) and sensory evaluation. Regarding the cooking properties of the noodles, adding waxy barley flour did not affect cooking yield and volume increase significantly ( $p < 0.05$ ), but noodles added with germinated Saesalbori at level of 10% had the lowest values of cooking yield and volume increase. Adding both types of flour increased the turbidity of the noodle soups. There was a common downward trend in  $L^*$  and  $b^*$  values and upward trend in  $a^*$  value when increasing the level of barley used progressively. Adding germinated Saechalbori decreased the hardness, springiness and gumminess of noodles but did not cause any change in cohesiveness significantly while adding germinated Saesalbori decreased all the TPA parameters of the samples. Furthermore, the sensory analysis results showed that cooked noodles with 10% added germinated barley had no significantly different overall acceptance from the control sample, 20% substitution still resulted in acceptable sensory qualities. However adding both the substituted flours up to 30% was shown to cause unpleasant sensory qualities of noodles.

Key words : germination, barley, noodle, quality



## 다. Introduction

Barley, ranking fifth among all crops in the world today behind maize, wheat, rice and soybean, has been an important food source in many areas in the world. Besides having high nutritional value, barley also brings health benefits to consumers. Tocols found in barley, including tocopherols and toco-tri-enols are well-known for their antioxidant action (1). The major fiber constituents of barley,  $\beta$ -glucan have been efficient in lowering plasma cholesterol, improving lipid metabolism and reducing glycemic index (2). Barley products are known to reduce cholesterol, blood glucose level and glycemic index (3). Given the health benefits of barley, incorporating barley in food processing should meet the demand of health-conscious customers. Compared to other cereals, barley contains higher protein, inorganic and vitamin contents. However, due to high level of substances adhering to the testa such as pectin, hemicelluloses, viscous indigestible polysaccharides, digestibility of barley is only 65-72% (4). Hence, there is limited use of barley in food or feed. About two-thirds of the barley yield has been used in feed, one-third for malting and only about 2% for food directly (5).

Germination of cereals is a process in which dormant enzymes are activated to supply the sprout and the available nutrients in the seed greatly increase (6). Therefore, germination is considered a good way of improving cereal quality. In this study, a new type of germinated barley is introduced (4). In this germination method, embryo turns into a white body, enzymes which hydrolyse fiber polysaccharide in the testa and outer most layer and endosperm are activated, the digestibility of VAW barley reaches 90%. Due to the highest diastatic enzyme among cereals, germinated barley is chosen to be sugar source in brewing. Nevertheless in traditionally germinated barley, one alkaloid substance called hordenine in barley root has been reported to rise blood pressure in human and animals. In this patent, this disadvantage is resolved, hence VAW barley can be considered health-protecting resource, helping to promote barley agriculture. Because digestibility of barley is elevated by the new germination method using no enzyme from external yeast or mold, using no acid, alkaline or any inorganic substances, this method is so-called "no-additive method".

Barley in various forms, has been used in foods in the world. In Russia, Poland, Tibet, Japan and India, pearled barley has been used in the traditional dish preparation (7). Koreans use pearled barley as a rice substitute and for the production of soy paste and soy sauce (8). In Middle Eastern and North African countries, pearled and ground barley is used in soups, flat bread and porridge (9). Barley flour or barley milling fractions are also

used in whole grains and fiber-rich foods. Among these foods, the popularity of pasta has grown enormously recently. Pasta is known by many different names of which spaghetti, noodles and macaroni are the most common (10). Noodles, which have been consumed largely in Korea, are usually made from wheat flour, salt and an appropriate amount of water. Recently, standard of living has been increased, consumers are becoming more conscious of the nutritional aspects of food products. There have been many researches on the addition of saboten (11), dandelion (12), apple pomace and soymilk residue (13), pine needle powder (14), mushroom (15), plantain (16), mulberry leaves (17), onion juice (18), chitosan (19), green tea (20) in processing noodle and the effects of using these materials on the properties of the product such as appearance, taste, nutritional value ...

In Korea where wheat flour is mainly imported, utilization of domestic flour in manufacture of noodle should be encouraged. The objective of this study is to substitute wheat flour with germinated barleys in order to produce new products of white salted noodles and to investigate the effects of substituting flours on quality characteristics of noodles.

## **라. Materials and Methods**

### **Materials**

Barley flours (Saesalbori and Saechalbori) and germinated flours (Saesalbori and Saechalbori VAW barley flours) were obtained from VAW Barley Co (Jeollanamdo, Korea), and wheat flour used was 1st grade strong wheat flour (Korea Flour Mills Co, Ltd.).

### **Particle size distribution**

Particle size distribution of the flours used were determined with a laser particle size analyser (Mastersizer, Malvern, USA). Flour was suspended in ethanol by means of ultrasound. The instrument output included volume distribution as the fundamental measurement and medians  $D[v, 0.1]$ ,  $D[v, 0.5]$  and  $D[v, 0.9]$  (i.e. the diameter at which 10%, 50% and 90% of the sample is smaller and the remaining is larger), volume mean diameter  $D[4,3]$ , ratio of total volume of particles to the total surface area  $D[3,2]$ .

### **Analytical methods**

Moisture, ash, lipid and protein content of the flours used were determined following the method of AACC (21). Flour color was determined using a color measurement instrument (Minolta JP/CR-300, Minolta, Japan).

### **Total phenolic content**

The total phenolic content was determined with the Folin-Ciocalteu method (22). All the flours (200 mg) were extracted with 4 mL acidified methanol (HCl/methanol/water, 1:80:10, v/v/v) at room temperature for 2h. The mixture was centrifuged at 3000 rpm for 10 min using a centrifuge (brushless D.C Motor Centrifuge VS-5500). Aliquot of the supernatant (200 $\mu$ L) was added to 1.5 mL freshly diluted (10-fold) Folin - Ciocalteu reagent. The mixture was allowed to equilibrate for 5 min and then mixed with 1.5 mL of sodium carbonate solution (60 g/L). After incubation at room temperature for 90 min the absorbance of the mixture was read at 725 nm using a UV/VIS Spectrometer (HP-8452, Hewlett Packard, USA). Acidified methanol was used as a blank. The results were expressed as  $\mu$ g of ferulic acid equivalents per gram of flour.

### **Free radical scavenging activity (DPPH)**

Briefly wheat and barley flours (100 mg) were extracted with 1 mL methanol for 2h and centrifuged at 3000 rpm for 10 min. An aliquot of the supernatant (100  $\mu$ L) was reacted with 3.9 mL of DPPH solution. Absorbance (A) at 515 nm was measured at  $t = 0$  and  $t =$

30 min against a methanol blank. Free radical scavenging activity was calculated as % discoloration (23).

$$\text{Free radical scavenging activity (\%)} = 100 \times [1 - (A_{t=30 \text{ min}} - A_{t=0})]$$

### **Pasting properties**

The pasting properties of the flours were determined using Micro Visco Amylograph (Brabender OHG, Duisburg, Germany). Flour (12 g on 14% moisture basis) was suspended in 100 mL of silver nitrate solution (by displacing 2 mL from 100 mL of water by 2 mL of 10% (w/v) silver nitrate solution (24) and heated in the Viscoamylograph from 30 to 95°C at a rate of 1.5°C/min, held at 95°C for 15 min, cooled to 50°C at a rate of 1.5°C/min. Torque measuring range was 700 cmg. The viscosity was expressed in Brabender Units (BU).

In this experiment, silver nitrate solution was used as an alpha-amylase inhibitor to keep alpha-amylase from reducing the paste viscosity (25, 26).

### **Barley noodle preparation**

Noodles were prepared using a dough mixer (Model SM 258-10, EGS Stand-Mixer 350, China) and a noodle maker (Model BE-8200, Bethel, Korea). Appropriate volume of distilled water containing 2 g salt (Table 1) was added to 100 of flour and then mixed for 5 min at speed 1.

Table 1. Formula for noodle dough with various level of barley flour

Samples		Wheat flour (g)	Barley flour (g)	Salt water (mL)
Wheat		100	0	48
Saesalbori (%)	10	90	10	50
	20	80	20	53
	30	70	30	55
Germinated Saesalbori (%)	10	90	10	48
	20	80	20	49
	30	70	30	49
Saechalbori (%)	10	90	10	50
	20	80	20	53
	30	70	30	54
Germinated Saechalbori (%)	10	90	10	46
	20	80	20	45
	30	70	30	48

Saesalbori: ungerminated non-waxy barley; Saechalbori: ungerminated waxy barley; Germinated Saesalbori: germinated non-waxy barley; Germinated Saechalbori: germinated waxy barley

Then the crumbly dough was manually shaped into a rectangular dough. The formed dough was placed into an airtight plastic bag. After 30-minute dough resting time, the dough was passed through the sheeting rolls of the noodle maker. It was then fold and turned 90° and passed 9 times more. The sheet thickness was reduced gradually after being passed through 3 different gaps. Then, the dough sheet was cut into strands (2.62x1.98 mm<sup>2</sup> cross section, 15 cm in length).

30 g of noodle was placed in a pan containing 500 mL of boiling distilled water. The noodles were slightly agitated to keep strands from sticking to the pan bottom and sticking together. Noodles were cooked for 9 min, then taken out and rinsed immediately with water at 20°C.

### Cooking properties of noodles

Cooked noodles were cooled with tap water for 30 sec and then drained on a sieve for three minutes. The remaining water was further removed by wipe papers. The drained noodles were weighed.

$$\text{Cooking yield (\%)} = \frac{m_{\text{cooked noodle}} - m_{\text{uncooked noodle}}}{m_{\text{uncooked noodle}}} \times 100$$

250 mL mass cylinder was filled with 150 mL water and then uncooked or cooked noodle

was placed in the cylinder. The volume of the noodle was determined from the new water level.

$$\text{Volume increase (\%)} = \frac{V_{\text{cooked noodle}} - V_{\text{uncooked noodle}}}{V_{\text{uncooked noodle}}} \times 100$$

The turbidity of cooking water was determined by measuring the absorbance at 675 nm.

### Dough and noodle color measurement

Dough and noodle color was measured with a color measurement instrument (Minolta JP/CR-300, Minolta, Japan). L\* (lightness), a\* (redness/greenness) and b\* (yellowness/blueness) values were determined. For dough, measurements were done 5 times at random locations on the surface of the dough sheet before being cut into strands. For cooked noodles, measurements were done 5 times at random locations on the surface for each sample immediately after water was wiped out. For white salted noodles, high L\*, moderate b\* are more preferred. Products with extremely high value of a\* are considered deleterious (27).

### Noodle texture profile analysis

Texture characteristics of the cooked noodles were analyzed using a Rheometer (Compac-100II, Sung Scientific Co, Ltd, Tokyo, Japan) and attached software with the instrumental conditions (28) showed in Table 2. Hardness, cohesiveness, springiness, gumminess of the samples were analyzed. The average of each parameter was determined from 10 obtained values.

Table 2. Instrumental conditions for textural measurements

Test type	Mastication test
Test mode	Mode 21
Max. force of load cell	10 kg
Table speed	120 mm/min
Adaptor (plunger )	Round type (diameter 20mm)
Distance	12 mm

### Cooked noodle sensory evaluation

15 participants engaged in the sensory analysis. The participants evaluated noodle color, texture, elasticity, firmness, taste, flavor and overall acceptance with 5-point scale (1: very bad; 2: rather bad; 3: neither good or bad; 4: rather good; 5: very good).

## Statistic analysis

Experimental results were mentioned as means  $\pm$  SD. Statistical analysis for One-way ANOVA,  $p < 0.05$  (Duncan's multiple range test) was done by the PASW Statistics 18 software.

## 4. Results and discussion

### Particle size distribution

The particle size distribution of both types of flour used are shown in Table 3. The median diameter  $D[v, 0.1]$  (i.e. the size at which 10% of the particles by volume are smaller),  $D[v, 0.5]$  and  $D[v,0.9]$ ,  $D$  are given. The results showed that particle size distribution of wheat flour was unimodal. Barley flours had wider range of particle size and larger volume mean diameter. These results may be due to high ability of barley bran to shatter during milling (29), causing difficulty in producing barley flour free of bran particles (5). The penetrating rate of water into flour is affected by particle size of the flour and their distribution (30). Flour with more relatively fine and evenly distributed particle size is more desirable to acquire optimum mixing, larger particle flours requires more time for water incorporation and resulting in larger dough lumps (30). The results predict that incorporating barley to wheat flour would cause difficulties in making good dough.

Table 3. Median diameter of different types of flour

Sample	Mean diameter ( $\mu\text{m}$ )				
	D (v, 0.1)	D (v, 0.5)	D (v, 0.9)	D [4, 3]	D [3, 2]
Wheat	12.52	58.34	121.11	63.45	19.69
Refined Saesalbori	9.49	49.45	184.10	75.87	16.91
Refined Germinated Saesalbori	5.85	48.52	230.19	89.57	12.96
Refined Saechalbori	5.12	60.00	230.40	92.01	11.98
Refined Germinated Saechalbori	6.22	57.63	239.33	95.36	13.36

$D(v, 0.1)$ ,  $D(v, 0.5)$ ,  $D(v, 0.9)$  (median of 10, 50 and 90% particle diameter) are the size of particle at which 10%, 50% and 90% of the sample is smaller and 90%, 50% and 10% is larger;  $D[4, 3]$ : volume mean diameter;  $D[3, 2]$ : ratio of total volume of particles to the total surface area.

### Analytical properties

Analytical properties of the barley flours were given in Table 4. The results showed that there was no significant change after germination in ash, protein, lipid and color of the

barley used.

Ash and lipid content of mixture of wheat and barleys at various ratios were calculated using the following equation:

$$\% \text{ Ash (or lipid)} = [A \times (100-b) + B \times b] / 100$$

In which A: ash (or lipid) content of wheat, B: ash (or lipid) content of barley, b: concentration of barley used in mixtures.

Addition of refined ungerminated non-waxy barley at 10, 20 and 30% elevated the content ash of the mixture to 0.45, 0.48 and 0.52% respectively, adding refined germinated non-waxy barley at the above concentrations resulted in ash content of 0.45, 0.50 and 0.54%. Ash content of mixture added with refined ungerminated and germinated waxy barley were 0.46, 0.5, 0.55, 0.47, 0.52 and 0.58%. Due to adverse effect on noodle color, ash content has been considered an important specification in noodle processing (26). Wheat with 1.4% or less ash could be considered an advantage in noodle processing. Superior quality noodle are often processed from flours of 0.4% or less ash. The results of ash content in barley flour acknowledged incorporation of barley flours in wheat up to 30% would still result in acceptable ash content of barley-wheat mixture flour.

Lipid content of mixtures of wheat-refined ungerminated and germinated non-waxy barley at 10, 20 and 30% ranged from 0.71 to 0.82% and 0.72 to 0.85% while those of wheat-refined ungerminated and germinated waxy barley at the concentrations were from 0.67 to 0.70% and 0.70 to 0.79%, respectively. Lu et al (31) showed that excess lipid content (e.g., 2.44 g/100 g flour) resulted in weaken noodle structure due to shortening effect and preventing water absorption of cooked noodles. All mixtures had acceptable lipid content.



Table 4. Analytical properties of barley flours

Samples	Moisture (%)	Ash (%)	Protein (%)	Lipid (%)	Colour		
					L*	a*	b*
Wheat	10.37 ± 0.19	0.41 ± 0.01	14.40 ± 0.16	0.66 ± 0.11	93.15 ± 0.93	-0.81 ± 0.03	10.40 ± 0.31
Whole Saesalbori	9.90 ± 0.14	1.56 ± 0.12	12.62 ± 0.07	2.05 ± 0.06	88.01 ± 0.07	0.72 ± 0.00	9.22 ± 0.01
Whole Germinated Saesalbori	10.26 ± 0.25	1.43 ± 0.01	13.29 ± 0.13	1.68 ± 0.07	88.66 ± 0.08	1.31 ± 0.01	10.68 ± 0.02
Refined Saesalbori	9.81 ± 0.08	0.77 ± 0.03	9.87 ± 0.06	1.20 ± 0.03	91.18 ± 2.60	0.60 ± 0.16	9.00 ± 0.42
Refined Germinated Saesalbori	11.54 ± 0.05	0.85 ± 0.04	10.27 ± 0.06	1.28 ± 0.13	93.65 ± 0.33	0.69 ± 0.02	9.97 ± 0.14
Whole Saechalbori	9.69 ± 0.03	1.65 ± 0.01	13.40 ± 0.08	2.26 ± 0.05	88.92 ± 0.19	0.48 ± 0.01	8.76 ± 0.02
Whole Germinated Saechalbori	7.12 ± 0.15	1.61 ± 0.02	13.86 ± 0.13	2.02 ± 0.06	88.55 ± 0.37	0.51 ± 0.02	9.81 ± 0.02
Refined Saechalbori	10.08 ± 0.04	0.86 ± 0.01	10.88 ± 0.18	0.80 ± 0.06	89.31 ± 0.71	0.25 ± 0.04	8.08 ± 0.11
Refined Germinated Saechalbori	12.27 ± 0.06	0.97 ± 0.01	10.58 ± 0.09	1.10 ± 0.09	90.71 ± 1.57	0.31 ± 0.03	8.86 ± 0.45

### Total phenolic content and free radical scavenging activity

Total phenolic content (TPC) of barley flours are given in Fig. 1. The results show that compared to wheat, barley had higher TPC. Whole barley flours had much higher TPC than refined flour group. In ungerminated barleys, refined Saesalbori and refined Saechalbori had TPC of 1083.16 and 1713.41  $\mu\text{g/g}$  FAE while whole Saesalbori and whole Saechalbori had TPC of 2384.85 and 3783.39  $\mu\text{g/g}$  FAE.

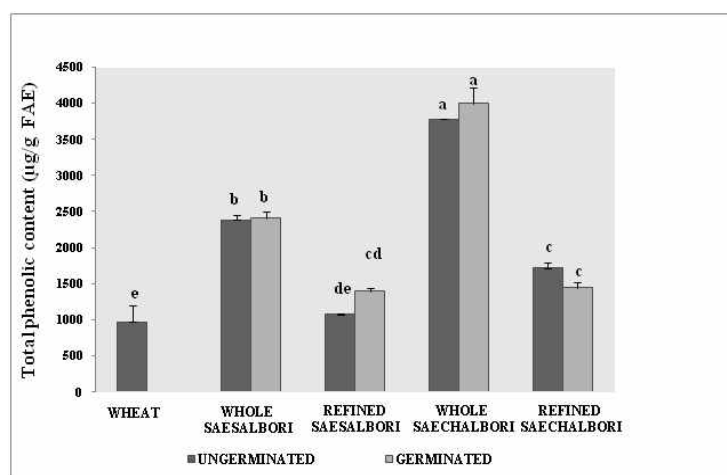


Fig. 1. Total phenolic content of barley flours.

Different letters indicate significant difference at  $p < 0.05$ .

These results are in agreement with Paras Sharma et al's results (23). This may be attributed to the fact that the phenolic content are mainly located in cell walls (32).

After germination TPC in refined Saesalbori increased. In germinated barleys, refined Saesalbori and refined Saechalbori had TPC of 1401.49 and 1442.55  $\mu\text{g/g}$  FAE, whole

Saesalbori and whole Saechalbori had TPC of 2402.68 and 3997.11  $\mu\text{g/g}$  FAE.

Among all the flours, whole Saechalbori and whole germinated Saechalbori had the highest TPC. Except for refined Saesalbori there is no significant difference between ungerminated and germinated samples.

In literature, there have been various results of effects of germination on TPC and free radical scavenging activity. Germination increased the polyphenol content and antioxidant activity of lupin seeds (33), but significantly reduced total phenols in studied foxtail millet (34), cereals and legumes (35).

However in our research results, there were no significance changes after germination. This result may be due to the decrease in TPC because of leaching of the substances into the steeping water during soaking and hydrolysis of TPC (34) and the subsequent increase in TPC which could be attributed to the bound phenolic compounds becoming free by the elevated activity of hydrolytic enzyme (36).

Free radical scavenging activity (FRSA,%) of barley flours are given in Fig. 2. Refined germinated Saesalbori had lowest FRSA of 4.83 %. In ungerminated flours, whole Saesalbori and whole Saechalbori had FRSA of 11.98% and 25.82%; refined Saesalbori and refined Saechalbori had FRSA of 6.02% and 9.46%. In both types of barley flours, whole flours had higher free radical scavenging activity than refined flours.

After germination there was increase in free radical scavenging activity found in whole Saesalbori types while there was no significant difference in refined and whole Saechalbori types. Whole germinated Saesalbori and Saechalbori had FRSA of 13.22% and 22.42%, refined germinated Saesalbori and Saechalbori had FRSA of 4.83% and 6.51%. The highest FRSA was found in whole Saechalbori at ungerminated and germinated types, followed by whole germinated Saesalbori.

With higher content of TPC and higher FRSA of germinated barleys compared to those of wheat, addition of barley to noodle would increase functional properties of the product.

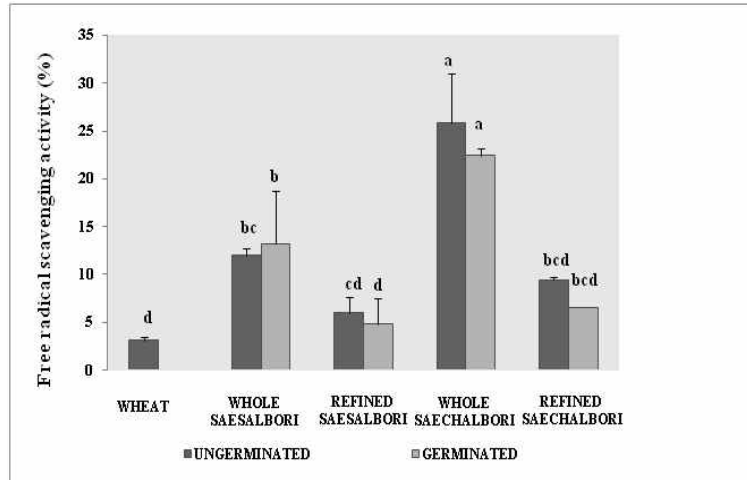


Fig. 2. Antioxidant activity of barley flours. Different letters indicate significant difference at  $p < 0.05$ .

### Pasting properties of barley - wheat composite flours

Pasting properties of composite flour slurries as affected by types and concentrations of barley flours are given in Table 5. Pasting temperature (PT) is the temperature at which the curve leaves the baseline (37). While increasing substituted waxy flours and germinated Saesalbori decreased the PT and PVT values of the slurries, adding Saesalbori up to 30% did not make any significant change in PT and PVT.

Peak viscosity (PV) is a measurement of swelling ability of the starch granules before rupturing (38). While adding Saechalbori decreased peak viscosity of the composite flour, Saesalbori increased PV of the flour. These results are in agreement with Baiks et al's results (39) which have shown increase and decrease in PV of wheat flour added with non-waxy barley and waxy barley, respectively. Increasing germinated Saechalbori and germinated Saesalbori resulted in increase in PV of wheat flour. Low PV would decrease noodle elasticity, appearance (40). Park and Cho (41) also pointed out the relationship between smooth taste and high PV.

Disruption of gelatinized starch granules causes breakdown (BD) of viscosity (42) and setback (SB) is an index of retrogradation tendency of gelatinized starch (43). Adding both types of flour to wheat increased BD and decreased SB values. This suggested that barley composite flour added both types of barley had lower amylose retrogradation than the control flour.

### Quality of cooked noodles

Cooking properties (cooking yield, volume increase and turbidity of soup) of noodles added

with barley flours are given in Table 6. Adding Saesalbori up to 30% decreased cooking yield but did not raise volume increase significantly (117.86~141.66%). Cooking yield reflected water absorption capacity of noodles (44). Interestingly, noodle added 10% germinated Saesalbori has lowest cooking yield value of 101.95% while cooking yield of products using the germinated barley flour at 20 and 30% were not significantly lower than the control.

Adding waxy barley did not affect cooking yield and volume increase significantly. In noodles added with germinated Saechalbori, cooking yield of ranged from 104.65 to 111.90%, volume increases ranged from 125.00 to 134.62%.

Increasing barley level of both types increased turbidity of the cooking water. In non-waxy groups, noodle added with 30% germinated Saesalbori had highest soup turbidity of 0.47 while in waxy groups, noodle added with 30% Saechalbori had highest soup turbidity of 0.40, followed by that of product added with 30% germinated Saechalbori, 0.35.

Turbidity of the soup is caused by solid loss during cooking. High quality noodles should maintain their integrity and have low solid loss during cooking (44). Adding barley flour to the noodle resulted in gluten dilution, hence starch particles could reach out to the cooking water more easily and cause higher turbidity.

### **Dough and noodle color**

The Hunter colour values (lightness, redness, yellowness) of barley noodles are given in Table 7. In all groups, increasing use of barley flours decreased lightness of both dough and cooked noodles. This may be due to higher phenolic content of barley flours (45). Generally, while lightness decreased with higher content of substituted flours, redness increased and yellowness decreased in all groups. These results are in agreement with Kim et al's results (46) of research on noodle prepared by adding Ge-Geol radish powder.

Table 5. Pasting properties of composite flour slurries as affected by types and concentrations of barley

Samples		PT (OC)	PVT (OC)	PV (BU)	BD (BU)	SB (BU)
Wheat		64.65 ± 0.49 <sup>a</sup>	91.4 ± 0.14 <sup>a</sup>	339.00 ± 0.00 <sup>e</sup>	91.50 ± 7.78 <sup>c</sup>	189.50 ± 3.54 <sup>a</sup>
Saesalbori (%)	10	64.15 ± 0.78 <sup>a</sup>	91.30 ± 0.00 <sup>a</sup>	351.00 ± 8.49 <sup>d</sup>	114.50 ± 12.02 <sup>d</sup>	181.00 ± 4.24 <sup>ab</sup>
	20	64.00 ± 0.14 <sup>a</sup>	90.00 ± 0.14 <sup>a</sup>	380.50 ± 12.02 <sup>bc</sup>	141.00 ± 4.24 <sup>b</sup>	180.50 ± 4.95 <sup>ab</sup>
	30	63.60 ± 0.14 <sup>a</sup>	90.75 ± 0.21 <sup>a</sup>	396.00 ± 7.07 <sup>ab</sup>	156.50 ± 0.71 <sup>a</sup>	177.50 ± 4.95 <sup>b</sup>
Germinated Saesalbori (%)	10	63.50 ± 0.42 <sup>a</sup>	91.15 ± 0.71 <sup>a</sup>	365.00 ± 5.66 <sup>cd</sup>	124.00 ± 2.83 <sup>cd</sup>	180.50 ± 4.95 <sup>ab</sup>
	20	61.95 ± 0.92 <sup>b</sup>	89.85 ± 0.49 <sup>b</sup>	377.00 ± 0.00 <sup>c</sup>	137.00 ± 4.24 <sup>bc</sup>	175.00 ± 1.41 <sup>b</sup>
	30	61.90 ± 0.42 <sup>b</sup>	89.45 ± 0.49 <sup>b</sup>	402.50 ± 7.78 <sup>a</sup>	162.50 ± 2.12 <sup>a</sup>	176.00 ± 1.41 <sup>b</sup>
Wheat		64.65 ± 0.49 <sup>a</sup>	91.40 ± 0.14 <sup>a</sup>	339.00 ± 0.00 <sup>b</sup>	91.50 ± 7.78 <sup>d</sup>	189.50 ± 3.54 <sup>a</sup>
Saechalbori (%)	10	63.25 ± 0.49 <sup>b</sup>	90.20 ± 0.57 <sup>b</sup>	339.50 ± 2.12 <sup>b</sup>	113.00 ± 1.41 <sup>c</sup>	172.00 ± 2.83 <sup>b</sup>
	20	62.80 ± 0.28 <sup>bc</sup>	89.20 ± 0.14 <sup>bc</sup>	329.00 ± 4.24 <sup>bc</sup>	118.00 ± 5.66 <sup>c</sup>	155.00 ± 1.41 <sup>d</sup>
	30	62.15 ± 0.07 <sup>c</sup>	87.40 ± 0.85 <sup>d</sup>	320.00 ± 8.49 <sup>c</sup>	119.00 ± 7.78 <sup>c</sup>	140.00 ± 1.41 <sup>f</sup>
Germinated Saechalbori (%)	10	62.60 ± 0.42 <sup>bc</sup>	90.05 ± 0.07 <sup>b</sup>	359.50 ± 3.53 <sup>a</sup>	126.00 ± 4.24 <sup>bc</sup>	175.50 ± 4.95 <sup>b</sup>
	20	61.35 ± 0.07 <sup>d</sup>	89.30 ± 0.28 <sup>bc</sup>	370.50 ± 4.95 <sup>a</sup>	146.00 ± 4.24 <sup>a</sup>	164.00 ± 1.41 <sup>c</sup>
	30	59.80 ± 0.00 <sup>e</sup>	88.25 ± 0.49 <sup>cd</sup>	368.00 ± 7.07 <sup>a</sup>	142.00 ± 12.73 <sup>ab</sup>	147.50 ± 2.12 <sup>e</sup>

PT: pasting temperature(°C); PVT: peak viscosity temperature(°C); PV: peak viscosity(BU); BD: breakdown(BU); SB: setback(BU). Different superscripts in a row for a parameter indicate significant difference at p<0.05.

Table 6. Cooking properties of noodles added with different types of barley at various ratios

Samples		Cooking yield (%)	Volume increase (%)	Turbidity of soup (O.D at 675 nm)
Wheat		111.45 ± 3.88 <sup>a</sup>	121.43 ± 0.00 <sup>b</sup>	0.21 ± 0.00 <sup>e</sup>
Saesalbori (%)	10	107.76 ± 3.50 <sup>abc</sup>	141.66 ± 0.00 <sup>a</sup>	0.31 ± 0.00 <sup>b</sup>
	20	103.75 ± 0.23 <sup>bc</sup>	126.92 ± 5.44 <sup>b</sup>	0.27 ± 0.01 <sup>cd</sup>
	30	109.95 ± 2.70 <sup>ab</sup>	117.86 ± 5.05 <sup>b</sup>	0.24 ± 0.01 <sup>de</sup>
Germinated Saesalbori (%)	10	101.95 ± 3.67 <sup>c</sup>	126.92 ± 5.44 <sup>b</sup>	0.29 ± 0.00 <sup>bc</sup>
	20	111.04 ± 1.89 <sup>a</sup>	145.83 ± 5.89 <sup>a</sup>	0.29 ± 0.03 <sup>bc</sup>
	30	110.71 ± 1.20 <sup>a</sup>	145.83 ± 5.89 <sup>a</sup>	0.47 ± 0.00 <sup>a</sup>
Wheat		111.45 ± 3.88 <sup>NS</sup>	121.43 ± 0.00 <sup>NS</sup>	0.21 ± 0.00 <sup>e</sup>
Saechalbori (%)	10	106.75 ± 3.64	126.92 ± 5.44	0.22 ± 0.00 <sup>e</sup>
	20	104.19 ± 6.39	130.77 ± 10.88	0.25 ± 0.01 <sup>d</sup>
	30	112.70 ± 5.68	134.62 ± 5.44	0.40 ± 0.02 <sup>a</sup>
Germinated Saechalbori (%)	10	104.65 ± 2.95	130.77 ± 0.00	0.34 ± 0.01 <sup>bc</sup>
	20	109.52 ± 1.35	125.00 ± 5.05	0.33 ± 0.01 <sup>c</sup>
	30	111.90 ± 2.27	134.62 ± 5.44	0.35 ± 0.01 <sup>b</sup>

Different superscripts in a row for a parameter indicate significant difference at p<0.05; NS: no significance.

The results show lightness of dough were visibly higher than those of cooked noodles. This also agrees with Jeong et al's results (47) which also found decrease in lightness of noodle added with freeze dried garlic powder. But compared to dough, there was a similar trend of the Hunter color values in noodles when increasing barley.

In non-waxy barley groups, at the same ratios (10, 20 and 30%), lightness of the dough

from germinated flour was higher than that from ungerminated flour. Adding Saesalbori and germinated Saesalbori at 10% made no significant decrease in lightness of noodle. Compared to Saesalbori, addition of germinated Saesalbori resulted in more deterioration (higher  $a^*$  and lower  $b^*$  values). This may be attributed to higher TPC in germinated Saesalbori (1401.49  $\mu\text{g/g}$  FAE) compared to ungerminated Saesalbori (1083.16  $\mu\text{g/g}$  FAE).

Table 7. Hunter color values of dough and noodle added with different types of barley at various ratios

Samples	Dough			Cooked noodle			
	$L^*$	$a^*$	$b^*$	$L^*$	$a^*$	$b^*$	
Wheat	85.50 ± 0.21 <sup>a</sup>	-1.18 ± 0.02 <sup>g</sup>	18.51 ± 0.07 <sup>a</sup>	79.10 ± 2.16 <sup>a</sup>	-2.53 ± 0.21 <sup>f</sup>	11.44 ± 0.50 <sup>b</sup>	
Saesalbori(%)	10	84.84 ± 0.15 <sup>b</sup>	-0.29 ± 0.05 <sup>e</sup>	16.48 ± 0.09 <sup>b</sup>	75.80 ± 2.50 <sup>a</sup>	-1.86 ± 0.28 <sup>e</sup>	13.11 ± 0.89 <sup>a</sup>
	20	84.05 ± 0.35 <sup>c</sup>	0.17 ± 0.04 <sup>e</sup>	15.84 ± 0.16 <sup>c</sup>	71.96 ± 3.99 <sup>b</sup>	-1.20 ± 0.21 <sup>bc</sup>	10.80 ± 0.26 <sup>bc</sup>
Germinated Saesalbori(%)	10	83.29 ± 0.20 <sup>d</sup>	0.45 ± 0.02 <sup>a</sup>	15.48 ± 0.15 <sup>d</sup>	70.53 ± 1.48 <sup>b</sup>	-1.05 ± 0.12 <sup>b</sup>	9.93 ± 0.40 <sup>c</sup>
	20	85.19 ± 0.21 <sup>a</sup>	-0.42 ± 0.03 <sup>f</sup>	16.28 ± 0.24 <sup>b</sup>	75.68 ± 2.45 <sup>a</sup>	-1.63 ± 0.11 <sup>de</sup>	10.55 ± 0.40 <sup>bc</sup>
Saechalbori(%)	10	84.61 ± 0.30 <sup>b</sup>	-0.07 ± 0.06 <sup>d</sup>	15.59 ± 0.11 <sup>d</sup>	68.42 ± 4.47 <sup>b</sup>	-1.37 ± 0.39 <sup>cd</sup>	9.73 ± 2.02 <sup>c</sup>
	20	83.87 ± 0.34 <sup>c</sup>	0.36 ± 0.08 <sup>b</sup>	14.94 ± 0.24 <sup>e</sup>	68.77 ± 0.44 <sup>b</sup>	-0.52 ± 0.03 <sup>a</sup>	10.17 ± 0.06 <sup>c</sup>
Wheat	85.50 ± 0.21 <sup>a</sup>	-1.18 ± 0.03 <sup>e</sup>	18.51 ± 0.07 <sup>a</sup>	79.10 ± 2.16 <sup>a</sup>	-2.53 ± 0.21 <sup>d</sup>	11.44 ± 0.50 <sup>b</sup>	
Saechalbori(%)	10	84.04 ± 0.25 <sup>b</sup>	-0.39 ± 0.07 <sup>d</sup>	16.46 ± 0.16 <sup>c</sup>	76.55 ± 2.93 <sup>ab</sup>	-1.78 ± 0.20 <sup>c</sup>	10.63 ± 1.21 <sup>b</sup>
	20	84.30 ± 0.31 <sup>b</sup>	-0.16 ± 0.05 <sup>c</sup>	16.08 ± 0.15 <sup>d</sup>	73.01 ± 3.02 <sup>bc</sup>	-1.69 ± 0.15 <sup>c</sup>	11.37 ± 0.65 <sup>b</sup>
Germinated Saechalbori(%)	10	84.18 ± 0.36 <sup>b</sup>	0.29 ± 0.09 <sup>a</sup>	14.27 ± 0.14 <sup>f</sup>	69.09 ± 2.49 <sup>d</sup>	-1.01 ± 0.21 <sup>a</sup>	8.67 ± 0.58 <sup>c</sup>
	20	85.48 ± 0.46 <sup>a</sup>	-0.46 ± 0.07 <sup>d</sup>	16.72 ± 0.22 <sup>b</sup>	76.30 ± 2.31 <sup>ab</sup>	-1.64 ± 0.21 <sup>c</sup>	12.75 ± 0.14 <sup>a</sup>
Saechalbori(%)	10	85.87 ± 0.38 <sup>a</sup>	-0.20 ± 0.07 <sup>c</sup>	15.74 ± 0.24 <sup>e</sup>	74.10 ± 3.40 <sup>bc</sup>	-1.30 ± 0.11 <sup>b</sup>	11.15 ± 0.42 <sup>b</sup>
	20	85.45 ± 0.40 <sup>a</sup>	0.00 ± 0.14 <sup>b</sup>	15.54 ± 0.19 <sup>e</sup>	71.39 ± 0.70 <sup>c</sup>	-1.04 ± 0.07 <sup>a</sup>	11.41 ± 0.13 <sup>b</sup>

$L^*$ : degree of lightness (white +100 ↔ 0 black) ±  $a^*$ : degree of redness/greenness (red +100 ↔ -80 green); ±  $b^*$ : degree of yellowness/blueness (yellow +70 ↔ -80 blue); Data expressed as Mean ± S.D. Means with different letters are significantly different at  $p < 0.05$  by Duncan's multiple range test.

In germinated Saechalbori groups, lightness of dough was not influenced by wheat–barley ratios but lightness of noodles decreased with increasing concentrations. Lightness of dough added with germinated Saechalbori was higher than that of dough added with Saechalbori. Noodle added with 10% germinated Saechalbori and 10% Saechalbori had highest and lowest yellowness.

### Noodle texture profile analysis

Texture characteristics of cooked noodles by texture analyzer are given in Table 8. As compared to the wheat noodle, barley noodle from both types at 10, 20 and 30% substitution ratios had significantly lower hardness (472.90~372.10  $\text{g/cm}^2$  compared to 623.50  $\text{g/cm}^2$  in control), which decreased continuously with substitution levels. Downward trend in springiness, cohesiveness and gumminess when increasing use of barley flour was also found. There have been also researches on noodle added with green tea powder (20), freeze

dried garlic powder (47), Ge-Geol radish powder (46) showing decrease in hardness with progressive level of added materials.

The dough is considered a gluten matrix filled with starch particles (48). Adding other materials than wheat flour may cause discontinuity in the network and weaken the dough (49). Therefore, decrease in hardness in all groups was expected result.

In non-waxy barley group, noodles added with germinated Saesalbori had higher hardness than those added with ungerminated flour (449.50~427.00 and 424.00~407.4 g/cm<sup>2</sup> in germinated and ungerminated type, respectively). Compared to germinated barley noodle, springiness and cohesiveness of ungerminated barley noodle had higher springiness and cohesiveness except for noodles at 10% substitution in which there was no significant difference.

In waxy barley group, noodles added with germinated Saechalbori had lower hardness, springiness and gumminess values than those of noodles added with ungerminated barley flour at the same ratios. Among the groups, noodle added with 30% germinated Saechalbori had lowest hardness, springiness and gumminess. There was no significant difference in cohesiveness among noodles added with waxy barley flours.

Table 8. Texture characteristics of cooked noodles as affected by types and concentrations of barley flours

Samples		Hardness (g/cm <sup>2</sup> )	Springiness (%)	Cohesiveness (%)	Gumminess (g)
Wheat		623.50 ± 38.56 <sup>a</sup>	101.09 ± 1.76 <sup>a</sup>	85.77 ± 1.28 <sup>b</sup>	273.14 ± 22.23 <sup>a</sup>
Saesalbori(%)	10	423.60 ± 20.61 <sup>bc</sup>	99.23 ± 1.62 <sup>b</sup>	85.54 ± 1.25 <sup>b</sup>	171.43 ± 13.64 <sup>c</sup>
	20	424.20 ± 31.99 <sup>bc</sup>	99.60 ± 2.27 <sup>ab</sup>	87.24 ± 0.83 <sup>a</sup>	179.28 ± 14.41 <sup>c</sup>
	30	407.40 ± 19.60 <sup>c</sup>	98.78 ± 1.97 <sup>b</sup>	85.51 ± 1.68 <sup>b</sup>	169.49 ± 10.61 <sup>c</sup>
Germinated Saesalbori(%)	10	449.50 ± 29.67 <sup>b</sup>	98.82 ± 1.91 <sup>b</sup>	83.88 ± 1.27 <sup>c</sup>	194.86 ± 16.27 <sup>b</sup>
	20	430.90 ± 23.38 <sup>bc</sup>	95.74 ± 1.80 <sup>c</sup>	82.78 ± 1.42 <sup>c</sup>	170.89 ± 12.41 <sup>c</sup>
	30	427.20 ± 7.91 <sup>bc</sup>	96.38 ± 2.22 <sup>c</sup>	82.88 ± 1.62 <sup>c</sup>	178.56 ± 6.51 <sup>c</sup>
Wheat		623.50 ± 38.56 <sup>a</sup>	101.09 ± 1.76 <sup>a</sup>	85.77 ± 1.28 <sup>NS</sup>	273.14 ± 22.22 <sup>a</sup>
Saechalbori(%)	10	472.90 ± 29.92 <sup>b</sup>	99.66 ± 2.83 <sup>ab</sup>	85.09 ± 1.48	208.76 ± 14.64 <sup>b</sup>
	20	408.59 ± 15.73 <sup>c</sup>	98.73 ± 2.05 <sup>b</sup>	84.42 ± 1.33	159.43 ± 7.61 <sup>c</sup>
	30	373.50 ± 42.40 <sup>d</sup>	99.14 ± 1.81 <sup>ab</sup>	84.19 ± 4.82	137.53 ± 28.99 <sup>d</sup>
Germinated Saechalbori(%)	10	396.10 ± 15.34 <sup>cd</sup>	98.01 ± 2.10 <sup>b</sup>	85.90 ± 1.22	160.26 ± 14.34 <sup>c</sup>
	20	391.00 ± 17.49 <sup>cd</sup>	98.73 ± 2.04 <sup>b</sup>	84.76 ± 0.68	152.94 ± 8.41 <sup>cd</sup>
	30	372.10 ± 18.09 <sup>d</sup>	97.50 ± 2.66 <sup>b</sup>	85.98 ± 1.88	135.64 ± 15.28 <sup>e</sup>

Different superscripts in a row for a parameter indicate significant difference at p<0.05

## Sensory analysis

Sensory evaluation of cooked barley noodles results are given in Table 9. The results indicate that adding both types of barley flour reduced the sensory scores of the noodles.

Compared to instrumental analysis (TPA), the similarities in trend between firmness and TPA hardness, elasticity and TPA springiness when adding barley to noodle were visible.

In non-waxy groups, germinated barley noodles at 10% and 20% has higher scores in color and firmness but similar color and lower score in firmness compared to ungerminated barley noodles. There is no significant difference in taste between noodles from the both types of barley flour. Noodles at level of 20 and 30% germinated barley had no significant difference in overall acceptance from the ungerminated flour noodle samples.

In waxy group, germinated barley noodles had better color (at 10 and 20%) and texture (at all ratios) than ungerminated barley noodles. There is no significant difference in taste and flavor between noodles from ungerminated and germinated barley flours, but germinated barley noodles had lower score in taste at concentration of 30%. Adding germinated barley flour up to 10 and 30% generally resulted in higher overall acceptance score of noodles than that of noodles added with ungerminated flour.

The results showed that using barley flours at 20% would result in acceptable noodles, but using barley up to 30% decreased the sensory charactersitics of the product. Using barley up to 30% should be done along with using additives such as vital gluten to ensure the product quality.

Table 9. Sensory analysis of noodles added with different types of barley at various ratios

Samples		Color	Texture	Elasticity	Firmness	Taste	Flavor	Overall acceptance
Wheat		4.07 ± 0.70 <sup>a</sup>	3.80 ± 1.01 <sup>ab</sup>	3.73 ± 0.46 <sup>ab</sup>	3.67 ± 0.82 <sup>ab</sup>	3.67 ± 0.72 <sup>a</sup>	3.73 ± 0.88 <sup>a</sup>	3.87 ± 0.64 <sup>ab</sup>
Saesalbori (%)	10	3.93 ± 0.70 <sup>ab</sup>	3.93 ± 0.46 <sup>a</sup>	3.73 ± 0.46 <sup>ab</sup>	3.47 ± 0.74 <sup>abc</sup>	3.53 ± 0.52 <sup>a</sup>	3.60 ± 0.63 <sup>a</sup>	3.87 ± 0.35 <sup>ab</sup>
	20	3.40 ± 0.74 <sup>c</sup>	3.27 ± 0.80 <sup>bc</sup>	3.60 ± 0.63 <sup>b</sup>	2.87 ± 0.83 <sup>cd</sup>	3.13 ± 0.83 <sup>ab</sup>	3.33 ± 0.82 <sup>ab</sup>	3.40 ± 0.63 <sup>b</sup>
	30	2.67 ± 0.62 <sup>c</sup>	2.93 ± 0.80 <sup>cd</sup>	3.00 ± 0.93 <sup>c</sup>	2.93 ± 0.80 <sup>cd</sup>	2.87 ± 0.83 <sup>b</sup>	2.80 ± 0.86 <sup>b</sup>	2.73 ± 0.88 <sup>c</sup>
Germinated Saesalbori (%)	10	4.07 ± 0.70 <sup>a</sup>	3.87 ± 0.74 <sup>a</sup>	4.20 ± 0.68 <sup>a</sup>	4.00 ± 0.76 <sup>a</sup>	3.53 ± 0.64 <sup>a</sup>	3.40 ± 0.63 <sup>ab</sup>	4.13 ± 0.52 <sup>a</sup>
	20	3.47 ± 0.64 <sup>bc</sup>	3.40 ± 0.74 <sup>abc</sup>	3.67 ± 0.72 <sup>b</sup>	3.33 ± 0.62 <sup>bcd</sup>	3.27 ± 0.80 <sup>ab</sup>	3.27 ± 0.96 <sup>ab</sup>	3.40 ± 0.63 <sup>b</sup>
	30	2.47 ± 0.52 <sup>c</sup>	2.60 ± 0.51 <sup>d</sup>	2.60 ± 0.74 <sup>c</sup>	2.80 ± 0.77 <sup>d</sup>	2.80 ± 0.56 <sup>b</sup>	2.80 ± 0.68 <sup>b</sup>	2.67 ± 0.72 <sup>c</sup>
Wheat		4.07 ± 0.70 <sup>a</sup>	3.80 ± 1.01 <sup>ab</sup>	3.73 ± 0.46 <sup>ab</sup>	3.67 ± 0.82 <sup>ab</sup>	3.67 ± 0.72 <sup>a</sup>	3.73 ± 0.88 <sup>a</sup>	3.87 ± 0.64 <sup>a</sup>
Saechalbori (%)	10	3.33 ± 0.72 <sup>bc</sup>	3.60 ± 1.06 <sup>ab</sup>	3.60 ± 1.06 <sup>ab</sup>	3.33 ± 0.72 <sup>ab</sup>	3.53 ± 0.99 <sup>a</sup>	3.60 ± 0.91 <sup>a</sup>	3.73 ± 0.88 <sup>ab</sup>
	20	2.93 ± 0.59 <sup>cd</sup>	3.13 ± 0.74 <sup>bc</sup>	3.20 ± 0.94 <sup>b</sup>	3.13 ± 0.99 <sup>a</sup>	3.00 ± 1.00 <sup>ab</sup>	3.07 ± 0.88 <sup>ab</sup>	3.20 ± 1.01 <sup>bc</sup>
	30	2.67 ± 0.62 <sup>d</sup>	2.60 ± 0.83 <sup>cd</sup>	2.27 ± 0.80 <sup>d</sup>	2.40 ± 0.91 <sup>c</sup>	2.60 ± 0.83 <sup>b</sup>	2.73 ± 0.8 <sup>sb</sup>	2.40 ± 0.83 <sup>d</sup>
Germinated Saechalbori (%)	10	3.80 ± 0.77 <sup>ab</sup>	3.87 ± 0.83 <sup>a</sup>	4.20 ± 0.68 <sup>a</sup>	3.87 ± 0.64 <sup>a</sup>	3.67 ± 0.72 <sup>a</sup>	3.73 ± 0.88 <sup>a</sup>	3.93 ± 0.46 <sup>a</sup>
	20	3.33 ± 0.72 <sup>bc</sup>	3.60 ± 0.83 <sup>ab</sup>	3.20 ± 0.77 <sup>b</sup>	3.07 ± 0.59 <sup>b</sup>	3.13 ± 0.74 <sup>ab</sup>	3.13 ± 0.74 <sup>ab</sup>	3.20 ± 0.68 <sup>bc</sup>
	30	2.47 ± 0.74 <sup>d</sup>	2.40 ± 0.99 <sup>d</sup>	2.53 ± 0.99 <sup>e</sup>	2.40 ± 0.73 <sup>c</sup>	2.73 ± 0.88 <sup>c</sup>	2.87 ± 0.92 <sup>b</sup>	2.60 ± 0.91 <sup>cd</sup>

Different superscripts in a row for a parameter indicate significant difference at  $p < 0.05$



## 바. 요약

발아 보리쌀을 취반용으로 사용하고 있음에 착안하여서 보리의 이용성 향상을 위해서 새쌀보리와 새찰쌀보리의 발아보리 분말을 밀가루에 첨가한 복합분을 이용한 제면 특성을 조사하였다. 새찰쌀보리 첨가구의 조리면 특성에서 무발아구는 조리 수율과 부피 증가에 영향을 미치지 않았으나 발아 새쌀보리에서는 10% 첨가구가 조리 수율과 부피 증가가 가장 낮았다. 찰보리와 일반보리 모두 혼합량이 증가하면 조리할 때 탁도는 증가하였고, 색도의 명도와 황색도는 감소하나 적색도는 증가하였다. 발아 새찰보리 첨가구의 물성 값에서 경도, 탄성 및 점착성은 감소되었으나 응집성에는 변화가 없었고, 발아 새쌀보리 첨가구에서는 모든 물성 값이 감소되었다. 관능평가에서 10% 발아보리 첨가구의 조리면은 무첨가구와 유의적인 차이가 없었고 20% 첨가구도 우수하였으나 30% 첨가구는 매우 낮게 평가되었다. 발아보리 분말을 20% 혼합한 복합분의 제면에서 조리면의 색도, 탁도 및 관능평가 결과는 제면이 가능한 혼합량으로 판단되었다. 그러나 30% 첨가구는 색상 저하, 탁도 증가, 물성 값 저하 및 관능평가 값 저하로 제면용 혼합량으로 과도한 것으로 판단되었다. 그러나 제면용 첨가제인 글루텐 등을 첨가하면 발아보리 혼합량을 증가시킬 수 있을 것이며 품질도 향상시킬 수 있을 것이다.

## 2. 보릿가루 첨가 복합분의 반죽 물성 및 빵의 품질 특성 (논문 2)

### Dough Properties and Quality Characteristics of Breads added with Barley Flour

#### 가. Abstract

This study was carried out to investigate the rheological properties of dough and quality characteristics of breads added with Saesalbori(non-waxy barley) and Saechalbori(waxy barley) flours at concentrations of 10%, 20% and 30% to wheat flour. Maximum viscosity was increased in Saesalbori flour mixtures while it was decreased in Saechalbori flour mixtures. Dough stability of 10% barley flour mixtures was equal to that of control while that of 30% barley flour mixtures was higher decreased. Extensibility of doughs decreased with increasing level of barley flour in all blends, but resistance of doughs increased. As increasing the ratio of barley flour, loaf volume of breads was significantly decreased but bread weight was increased. 10% Saesalbori flour mixtures increased the hardness of breads but did not caused any change in the other TPA parameters significantly while 10% Saechalbori flour mixtures did not show any change all the TPA parameters. Sensory evaluation results showed that 10% barley flour mixtures had no significantly different overall acceptance from control, 20% substitution still resulted in acceptable sensory qualities. The results of the study also showed bread-making properties of Saesalbori was improved by germination but those of Saechalbori was declined.

Key Words : barley, germinated barley, rheological properties, bread quality

## 나. 서 론

세계적으로 빵은 주로 밀가루를 이용하여 제조되고 있으나 지역에 따라 밀 이외에 쌀, 보리, 귀리 및 옥수수 등도 사용되고 있다. 밀가루 단백질인 글루텐의 뛰어난 반죽 및 제빵적성으로 인한 관능적 품질이 우수하여 밀가루 제품에 대한 선호도가 높다(1,2). 밀가루를 주원료로 하는 빵의 섭취가 여전히 주류를 이루고 있기는 하나 건강에 대한 관심이 커지면서 소비자들은 제품의 영양학적 측면과 건강에 미치는 효과에 대하여 훨씬 더 많은 관심을 갖게 되었다. 소비자들의 요구에 부응하기 위하여 제빵업계에서는 제품의 품질 향상뿐만 아니라 영양학적으로 우수하고, 기능성 성분이 첨가된 제품을 만들기 위해 끊임없는 노력을 하고 있다. 최근에는 건강상의 측면 뿐 아니라 사회, 경제적인 이유로 밀가루 이외의 곡물가루를 첨가한 복합분으로 제조된 빵 제품이 다양하게 출시되고 있다(3). 한국에서는 밀 수입비용을 줄이고 국내에서 생산한 곡물의 이용을 증가시키기 위하여 수입밀의 부분적인 대체를 위한 시도가 권장되고 있다.

세계의 많은 지역에서 다양한 품종의 보리가 중요 작물로 재배되어 이용되고 있다. 보리는 영양가가 높을 뿐만 아니라 기능성 물질의 함량도 높다. 특히 보리에 함유된  $\beta$ -글루칸은 사람의 장에서 유익한 기능을 하는 중요한 수용성 식이섬유소로서 혈청 콜레스테롤과 혈당 지수를 낮추는데 효과적이라고 알려져 있다(4,5). 보리를 발아시키면 종자 내 전분함량은 감소하고 배유의 세포막이 가수분해 되면서 불용성  $\beta$ -글루칸과 아라비노자일란 함량은 감소되고 수용성 펜토산과  $\beta$ -글루칸 함량이 증가한다는 보고가 있으며(6), 또한 발아는 곡류에 함유된 항영양성물질의 양을 감소시키고 유용성 영양소의 양을 최대화시키는 것으로 보고되어 있다(7,8,9). 그러나 전통적인 방법으로 발아시킨 보리의 뿌리에는 혈압을 상승시키는 것으로 보고된 hordenine 이라는 알칼로이드 물질이 존재한다. 보리의 새로운 발아 방법(10)인 보리 발아 생체 물질을 체외에 증폭시킨 활성의 백색돌기체(vitalize activated white, VAW)를 이용한 발아보리는 외종피와 표피층에 있는 비전분 다당류를 가수분해하는 효소들을 활성화시켜 식미를 향상시켰을 뿐 아니라 소화율을 90%까지 끌어올림으로써 보리 소비를 늘릴 수 있으리라 기대된다.

본 연구에서는 메성보리인 새쌀보리와 찰성보리인 새찰보리, 그리고 VAW를 이용한 발아 새쌀보리와 발아 새찰보리를 이용하여 보릿가루를 10%, 20%, 30% 첨가한 복합분의 반죽 물성을 조사하였고, 빵을 제조하여 일반적인 품질 특성의 변화, 조직감 및 관능검사를 실시하여 가장 적합한 보릿가루의 종류와 첨가비율을 조사하였다.

## 다. 재료 및 방법

### 실험재료

본 실험에 사용한 보릿가루(새쌀보리와 새찰보리)와 발아시킨 보릿가루(새쌀보리와 새찰보리)는 VAW보리주식회사 (전라남도 영광군, 한국)에서 제공받았으며, 밀가루는 1등급 강력분(대선제분, 한국)을 사용하였다.

### Amylograph

밀가루에 보릿가루를 10%, 20%, 30% 첨가한 복합분의 호화특성은 Micro Visco Amylograph(Brabender Co., Germany)를 사용하여 AACC 방법(11)에 따라 측정하였다. 각 복합분 12 g(수분함량 14% 기준)에 증류수 100 mL를 가하여 잘 혼합한 후 점도를 측정하였다. 30°C부터 95°C까지 1.5°C/min의 일정한 속도로 가열한 후 15분 동안 95°C를 유지하다가 1.5°C/min의 일정한 속도로 50°C까지 냉각시켰다. Torque 측정범위는 700 cmg였으며, 호화개시온도, 최고점도온도 및 최고점도를 측정하였다.

### Farinograph

보릿가루 첨가 복합분 반죽의 물리적 성질은 Farinograph(Brabender, Germany)를 이용하여 AACC 방법(12)에 따라 측정하였다. Farinograph mixing bowl을 30±0.2°C로 유지하도록 하였으며, 시료는 수분함량 14% 기준으로 300 g을 사용하였고, 곡선의 중심선이 500 BU(Brabender Unit)에 도달하도록 물을 가하여서 흡수율, 반죽형성시간 및 안정도를 측정하였다.

### Extensograph

AACC 방법(13)에 따라 복합분 300 g(수분함량 14% 기준)을 farinograph 혼합기에 넣고 farinograph의 흡수율보다 2% 적은 양의 소금물(2%)을 사용하여 1분간 혼합한 다음 5분간 방치하고 다시 반죽을 시작하여 farinograph의 500 BU에 곡선의 중심이 도달하도록 필요에 따라 흡수량을 조절하였다. 반죽이 끝난 다음 150 g의 반죽을 extensograph(Brabender Co., Germany) rounder에서 20번 정도 둥글리기를 하여 원통형으로 성형한 후 이를 30±0.2°C의 발효조에서 45분, 90분 및 135분간 발효시킨 후 각 시간별 반죽의 신장도와 저항도를 측정하였다. 신장도(E)는 시작점으로부터 끝까지의 거리(mm), 저항도(R)는 그래프의 최고 높이(BU)로 하였으며 이들 비율은 R/E로 표시하였다.

### 보릿가루 첨가 식빵의 제조

제빵에 사용한 원료의 기본 배합비는 Table 1과 같으며, 밀가루에 보릿가루를 10%, 20%, 30% 대체한 복합분을 사용하여 직접반죽법으로 식빵을 제조하였다. 먼저 밀가루(700 g), 이스

트(14 g), 설탕(42 g)을 반죽기(vertical mixer, DMJP, Daeyung, Korea)에 넣고 1단에서 1분, 2단에서 1분 혼합하였다. 여기에 버터(28 g), 소금(14 g), 탈지분유(21 g)를 첨가하여 2단에서 6분간 혼합하였다. 온도 30℃, 상대습도 85%에서 60분 동안 1차 발효하였으며 500 g 씩 분할하여 둥글리기 한 후 20분간 중간 발효하였다. 이 반죽을 성형하여 빵틀에 넣고 온도 30℃, 상대습도 85%에서 40분간 2차 발효하였다. 이것을 윗불 180℃, 아랫불 200℃ 오븐에서 30분간 구워 빵을 제조하였다.

Table 1. Formula for bread dough with various levels barley flour

Samples		Wheat flour(g)	Barley flour(g)	Water (mL)
Control		700	0	440
Saesalbori (%)	10	630	70	440
	20	560	140	460
	30	490	210	470
Germinated Saesalbori (%)	10	630	70	440
	20	560	140	460
	30	490	210	470
Saechalbori (%)	10	630	70	440
	20	560	140	460
	30	490	210	470
Germinated Saechalbori (%)	10	630	70	440
	20	560	140	460
	30	490	210	470

### 빵의 품질 평가

빵의 무게는 구운 후 실온에서 1시간 동안 냉각한 후 측정하였고, 부피는 종자 치환법으로 측정하였다. 굽기 손실율은 2차 발효 후 반죽의 무게를 측정하고, 구운 후 1시간 경과된 최종제품의 무게를 측정하여 구하였다. 빵 속살의 색은 색차계(Minolta, CR-300, Japan)를 사용하여 측정하였다.

빵의 조직감 측정은 Rheometer(Compac-100II, Sun Scientific Co., Ltd., Japan)를 사용하여 탄력성, 응집성, 점착성, 파쇄성 및 경도를 측정하였다. 즉, 시료를 12 mm 두께로 절단하여 Table 2와 같은 조건에서 10회 반복 측정하였다.

Table 2. Instrumental conditions for textural measurements

Test type	Mastication test
Test mode	Mode 21
Max. force of load cell	2 kg
Adaptor	Round type (diameter 25 mm)
Table speed	60 mm/min

## 관능검사

빵의 관능검사는 실온에서 24시간 저장한 빵을 일정 크기로 잘라 지퍼백에 2개씩 담아 제공하였다. 훈련된 관능검사요원은 목포대학교 식품공학과 대학원 학생 18명으로 구성하여 외관, 향, 빵 속살의 색상, 빵 속살의 조직감 및 전체적인 기호도를 5점 채점법으로 평가하도록 하였다. 평가는 1점 매우 나쁘다; 2점 나쁘다; 3점 보통이다; 4점 좋다; 5점 매우 좋다고 하였다.

## 통계처리

모든 실험 결과는 PASW (Ver. 18) 프로그램을 이용하여 oneway ANOVA로 분산분석을 실시하였고, 각 측정 평균값 간의 유의성은  $p < 0.05$  수준으로 Duncan의 다중범위 시험법 (Duncan's multiple range test)을 사용하여 검증하였다.

## 라. 결과 및 고찰

### Amylograph 호화특성

보릿가루 첨가량을 달리한 복합분의 호화특성을 측정한 결과는 Table 3과 같다. 보릿가루 첨가 복합분의 호화개시온도는 보릿가루의 종류에 관계없이 모두 대조구의 호화개시온도보다 낮아졌으며 보릿가루 첨가량이 높을수록 호화개시온도는 더 낮아졌다. 새쌀보리 복합분의 호화개시온도가 새찰보리 복합분의 호화개시온도보다 높았으며, 새쌀보리와 새찰보리 모두 발아보리 복합분의 호화개시온도가 무발아보리 복합분의 호화개시온도보다 더 낮았다. Park 등(14)은 호화개시온도가 높을수록 빵을 구울 때 전분의 호화온도가 낮아져 빵의 골격을 약화시키고, 부피가 감소한다고 보고하였다. 새쌀보리 복합분의 최고점도는 211.50 BU~283.00 BU로 대조구의 197.50 BU보다 증가하였으며 보릿가루 첨가량이 증가할수록 최고점도는 더 증가하였다. 무발아새쌀보리 복합분의 최고점도가 발아새쌀보리 복합분의 최고점도보다 높았다. 그러나 새찰보리 복합분의 최고점도는 대조구에 비하여 감소하였으며 발아새찰보리 복합분의 최고점도가 무발아새찰보리 복합분보다 높았다. 무발아새찰보리 복합분의 최고점도는 첨가량이 증가할수록 더 감소하였으나 발아새찰보리 복합분의 최고점도는 첨가량에 따른 변화를 보이지 않았다. 새쌀보리 복합분과 새찰보리 복합분의 비교 시, 호화개시온도와 최고점도 모두 새쌀보리 복합분의 경우가 더 높았다.

Table 3. Amylograph properties of barley-wheat flour blends

Sample		GT (°C)	PVT (°C)	PV (BU)
Control		66.45±0.07 <sup>a</sup>	90.60±0.14 <sup>ab</sup>	197.50±6.36 <sup>c</sup>
Saesalbori (%)	10	65.25±0.49 <sup>cd</sup>	90.70±0.57 <sup>ab</sup>	223.00±2.83 <sup>c</sup>
	20	65.95±0.07 <sup>ab</sup>	90.90±0.14 <sup>a</sup>	244.50±0.71 <sup>b</sup>
	30	64.85±0.21 <sup>d</sup>	90.65±0.35 <sup>ab</sup>	283.00±0.00 <sup>a</sup>
Germinated Saesalbori (%)	10	65.55±0.07 <sup>bc</sup>	90.70±0.14 <sup>ab</sup>	211.50±0.71 <sup>d</sup>
	20	64.10±0.14 <sup>e</sup>	90.55±0.21 <sup>ab</sup>	223.50±0.71 <sup>c</sup>
	30	63.70±0.00 <sup>e</sup>	90.10±0.14 <sup>b</sup>	243.00±1.41 <sup>b</sup>
Control		66.45±0.07 <sup>a</sup>	90.60±0.14 <sup>a</sup>	197.50±6.36 <sup>a</sup>
Saechalbori (%)	10	64.80±0.42 <sup>b</sup>	89.10±0.57 <sup>c</sup>	132.50±2.12 <sup>b</sup>
	20	63.80±0.00 <sup>c</sup>	87.25±0.07 <sup>d</sup>	102.00±0.00 <sup>c</sup>
	30	63.80±0.00 <sup>c</sup>	86.25±0.07 <sup>e</sup>	76.00±1.41 <sup>d</sup>
Germinated Saechalbori (%)	10	64.20±0.28 <sup>bc</sup>	90.10±0.42 <sup>ab</sup>	197.50±2.12 <sup>a</sup>
	20	62.85±0.07 <sup>d</sup>	89.45±0.21 <sup>bc</sup>	195.50±0.71 <sup>a</sup>
	30	62.40±1.30 <sup>d</sup>	89.55±0.07 <sup>bc</sup>	194.00±1.41 <sup>a</sup>

GT : gelatinization temperature (°C); PVT : peak viscosity temperature(°C);

PV : peak viscosity (BU)

Different letters in the same column indicate significant different at p<0.05

최고점도는 제빵과정 중 α-amylase의 효과를 예측하는 지표로 사용되는데 최고점도 값이 높다는 것은 α-amylase 활성도가 낮다는 것을 나타내며, 제빵 가공적성의 감소, 빵 껍질색의 열화, 빵 부피의 감소 등과 관련성이 있다(15). α-amylase 활성도가 낮은 귀리가루는 단단하고 안정적인 반죽을 형성하지만 빵은 건조하고 단단해서 저장수명이 짧다(16). 호화특성의 차이는 전분 중 아밀로오스 함량의 차이, 전분입자의 크기 분포 차이, 아밀로펙틴의 분자구조 차이 등에 기인하는 것으로 알려져 있다(17). 특히 메성보리는 찰성보리보다 호화개시온도, 최고점도, 최저점도, 최종점도가 높은 호화특성을 나타내는데(18), 이는 메성전분의 입자들은 치밀한 구조를 이루고 있어서 온도의 상승과 유지과정에서 잘 팽윤되지 않고, 팽윤된 전분입자들은 열과 전단력에 대한 저항성이 높아지므로 호화온도가 상승한다고 하였다(17).

### Farinograph 특성

보릿가루 첨가량을 달리한 복합분의 farinograph 특성을 측정한 결과는 Table 4와 같다. 보릿가루 첨가 복합분의 수분흡수율은 보릿가루의 종류에 관계없이 모두 대조구의 수분흡수율보다 증가하였으며, 첨가량이 높을수록 수분흡수율도 증가하였다. 보릿가루 첨가량이 동일한 경우 새쌀보리 복합분보다 새찰보리 복합분의 수분흡수율이 더 높았다. 보리 30% 복합분의 수분흡수율은 77.4%~85%로 대조구의 수분흡수율 67%보다 10% 이상 증가하였는데 수분흡수율이 지나치게 증가하면 반죽을 연화시켜 빵의 부피 감소와 치밀한 조직으로 품질저하를 나타낼 수 있다. 밀가루의 수분흡수율은 단백질과 펜토산 함량 및 전분의 손상정도에 따라 영향을 받는다(19). 보리 복합분의 경우 밀단백질은 희석되었으나 수분흡수율이 증가한 것은 보리전분의 손상정도, β-글루칸과 같은 비전분다당류 및 식이섬유 함량에 기인한 것으로 생각된다(20, 21).

반죽형성시간은 표준조건하에서 반죽이 최대밀도에 도달하는 시간이다(22). 새쌀보리의 경우, 무발아새쌀보리 복합분의 반죽형성시간은 대조구에 비해 감소한 반면에 20%, 30% 발아새쌀보리 복합분의 반죽형성시간은 대조구와 동일하였다. 새찰보리의 경우 무발아새찰보리 복합분의 반죽형성시간도 무발아새쌀보리 복합분과 마찬가지로 대조구에 비해 감소하였다. 그러나 발아새찰보리 복합분의 반죽형성시간은 첨가량이 증가할수록 크게 증가하였다. 반죽형성시간의 증가는 수화속도와 글루텐형성 속도의 감소를 의미한다.

Table 4. Farinograph properties of barley-wheat flour blends

Sample		WA (%)	DDT (min)	Stability (min)
Control		67.0	6'00"	>20'
Saesalbori (%)	10	70.0	4'30"	>20'
	20	74.0	5'10"	17'30"
	30	77.4	2'00"	13'30"
Germinated Saesalbori (%)	10	70.0	5'20"	>20'
	20	73.5	6'00"	>20'
	30	78.4	6'00"	12'30"
Control		67.0	6'00"	>20'
Saechalbori (%)	10	71.3	4'20"	18'30"
	20	75.0	6'00"	19'10"
	30	78.5	5'40"	10'30"
Germinated Saechalbori (%)	10	72.5	6'45"	>20'
	20	77.8	12'00"	19'45"
	30	85.0	11'30"	9'30"

WA : water absorption; DDT : dough development time

안정도는 반죽이 최대 밀도를 유지하는 기간을 의미하며 반죽의 힘(저항도)을 나타내는 좋은 지표이다. 보릿가루 첨가 복합분의 안정도는 보릿가루의 종류에 관계없이 10% 첨가구에서는 20분 이상으로 대조구와 같았으나, 30% 첨가구에서는 9'30"~13'30"로 대조구에 비하여 크게 감소하였으며 발아보리 복합분에서 감소폭이 더 컸다. Lindborg 등(23)은 반죽의 힘이 강하면 높은 안정도를 갖고 힘이 약하면 낮은 안정도를 가지면서 제빵성이 떨어져 빵의 부피가 감소한다고 보고한 바 있다. 이러한 결과는 김 등(24)의 밀과 쌀보리 복합분이 밀가루의 흡수율을 증가시키고 반죽의 안정성을 감소시킨다는 보고와 유(25)의 찰쌀보리가루를 10% 첨가한 혼합분의 안정도는 강력분과 차이가 없었으나 20%, 30% 혼합분에서는 감소되었다는 보고와 같은 경향이였다. 반죽은 글루텐 그물이 전분입자로 채워지는 것으로 생각된다(26). 그러므로 밀가루 이외의 다른 재료를 첨가하면 망상조직의 불연속성을 증가시키므로 반죽이 약화된다(27). 보릿가루가 30% 이상 첨가된 반죽의 안정도는 매우 약해져서 과반죽 상태가 되기 쉬우므로 반죽 시간, 발효시간 등의 조절과 반죽 강화제 등을 사용하여 이와 같은 문제점을 보완하는 것이 필요하리라 사료된다.



## Extensograph 특성

보릿가루 첨가량을 달리한 복합분의 extensograph 특성을 측정한 결과는 Table 5와 같다. 신장도는 대조구에서 229 mm인데 비하여 보릿가루 첨가 복합분에서는 87 mm~172 mm로 대조구에 비하여 크게 감소하였으며 첨가량이 증가할수록 감소폭도 컸다. 새쌀보리 복합분의 경우 발아 복합분보다 무발아 복합분의 신장도 감소가 컸으나 새찰보리 복합분에서는 발아 복합분과 무발아 복합분 사이에 큰 차이는 없었다. 밀가루에 멥쌀가루, 찹쌀가루를 혼합한 경우 신장성 및 신장저항성이 모두 감소되었고(28), 유(25)는 흰찰쌀보리 혼합분의 신장도가 감소하였다고 하였으며 최(29)도 보리등겨 첨가 반죽의 신장도가 감소하였다고 하였다. 반죽의 신장도는 가스 세포들의 세포막 파열을 막기 위해 충분한 오븐팽창을 허용하기 위해 충분해야 한다(30). 따라서 보릿가루의 첨가로 인한 신장도 감소는 반죽의 가스보유력과 발효 내구력을 약화시켜 제빵적성을 저하시킬 것이다.

Table 5. Extensograph properties of barley-wheat flour blends (135 min)

Sample		Registance(R) (BU)	Extensibility(E) (min)	R/E ratio
Control		230	229	1.00
Saesalbori (%)	10	290	172	1.68
	20	345	124	2.78
	30	550	87	6.32
Germinated Saesalbori (%)	10	360	162	2.22
	20	400	152	2.63
	30	315	121	2.60
Control		230	229	1.00
Saechalbori (%)	10	250	153	1.63
	20	390	130	3.00
	30	490	114	4.30
Germinated Saechalbori (%)	10	310	176	1.76
	20	420	130	3.23
	30	465	113	4.12

반죽의 저항도는 새쌀보리 복합분의 경우 모든 복합분(290 mm~550 mm)에서 대조구(230 mm)에 비하여 증가하였는데, 무발아새쌀보리 복합분의 저항도는 첨가량이 증가함에 따라 저항도도 증가한 반면 발아새쌀보리 복합분의 저항도는 증가하다가 감소하였다. 새찰보리 복합분의 경우 반죽의 저항도는 모든 복합분(250 mm~490 mm)에서 대조구에 비하여 증가하였으며 첨가량이 증가할수록 저항도도 증가하였다. 발아보리 복합분과 무발아보리 복합분을 비교하면 10%, 20% 복합분에서는 발아보리 복합분의 저항도가 큰 반면에 30% 복합분에서는 무발아보리 복합분의 저항도가 더 컸다. 반죽의 신장저항도는 글리아딘과 글루테닌의 비율 및 신장도와 높은 상관관계가 있는데(31) 즉, 글리아딘의 점성은 신장도에, 글루테닌은 신장저항성을 나타내

어 이들의 균형이 제빵성에 영향을 준다(32).

R/E 비는 대조구에 비하여 보릿가루 첨가 복합분에서 모두 증가하였다. 10% 복합분의 R/E 비는 1.68~2.22로 대조구의 1.00과 비슷하였으나 20%, 30% 복합분에서는 2.63~6.32로 크게 증가하였다. 이러한 결과는 Hosney 등(33)의 밀가루 반죽은 발효에 의하여 탄성과 점성이 증가되며 신장도는 감소하고 신장저항도는 증가한다는 보고 및 전립분 혼합분이나 메밀가루 혼합분에서는 이들 가루의 입자가 작고 고운 것보다는 거친 입자 상태나 총식이섬유 함량이 높은 혼합분에서 신장저항도가 높게 나타났다(32,34)는 보고와 일치하는 것으로 보릿가루 첨가 복합분의 신장도 감소와 저항도 증가는 밀단백질의 희석 및 식이섬유 함량과 관련된 것이 아닌가 생각된다. 더불어 보릿가루 첨가 복합분의 R/E 값이 증가한 것은 김(35)이 밀기울 첨가 반죽의 물리적 특성에서 보고한 것처럼 단백질과 결합된 수분이 보릿가루로 재이동함으로써 반죽의 경직현상으로 저항도가 높아져 R/E 값이 증가된 것으로 보인다. 따라서 이는 밀가루 반죽에서 글루텐 속성으로 인해 저항도가 증가되는 현상과는 다른 것으로 생각된다.

### 빵의 품질 특성

보릿가루의 종류와 첨가비율에 따른 빵의 특성은 Table 6과 같다. 대조구의 무게는 440 g, 부피는 1755 mL로 가장 큰 비용적(3.98 mL/g)을 보였다. 새쌀보리 첨가구와 새찰보리 첨가구 모두 첨가량이 증가할수록 무게는 대조구보다 증가한 반면 빵의 부피는 감소하여 비용적은 대조구보다 감소하였다. 새쌀보리의 경우에 10% 첨가 시 무발아새쌀보리 첨가구와 발아새쌀보리 첨가구의 부피와 비용적의 감소는 유사하였으나 첨가량이 증가하면 발아새쌀보리 첨가구에 비해 무발아새쌀보리 첨가구의 부피와 비용적 감소가 컸다. 새찰보리의 경우에 10% 발아새찰보리 첨가구는 부피 1702 mL, 비용적 3.79 mL/g로 대조구와 유의적 차이를 보이지 않았으나 나머지 첨가구의 부피와 비용적은 대조구에 비하여 유의적으로 감소하였다. 무발아보리와 발아보리 첨가구를 비교하면 10%, 20% 첨가구에서는 발아보리 첨가구의 부피와 비용적이 무발아보리 첨가구의 경우보다 컸으나 부피와 비용적의 급격한 감소를 보인 30% 첨가구에서는 무발아보리 첨가구와 발아보리 첨가구 간에 차이를 보이지 않았다. 30% 첨가구들은 extensograph 결과 반죽의 가스 포집능력과 관련이 매우 깊은 R/E 비율이 4.0 이상으로 신장도에 비하여 저항도가 지나치게 큰 반죽특성을 보였고 이는 조직이 다소 치밀하지 못하여 가스 보유력이 낮아지고 팽창력은 감소하여 부피가 감소될 것으로 예측된 것과 일치하는 결과라 하겠다. 전반적으로 보면 새찰보리 첨가구와 발아보리 첨가구의 비용적이 각각 새쌀보리 첨가구와 무발아보리 첨가구의 비용적보다 컸다.

굽기 손실은 11.92%를 나타낸 대조구에서 가장 컸고, 무발아 새쌀보리 > 발아 새찰보리 > 발아 새쌀보리 > 무발아 새찰보리 순이었다. 이는 보릿가루 첨가 복합분의 글루텐 희석효과(36)와  $\beta$ -글루칸과 같은 비전분다당류 및 식이섬유 함량의 증가 인하여 반죽의 신장성은 감소하고 수분흡수율은 증가한 결과라 할 수 있다. 즉 글루텐 그물망의 약화로 인한 반죽의 이산화탄소 보유능력 감소는 빵의 부피 감소를 초래하고(37,38), 반죽의 수분 보유율 증가는 굽기 손

실의 감소, 빵의 무게 증가로 이어져 빵의 비용적이 감소된 것이라 생각된다. 빵 속살의 색도 측정 결과(Table 6)는 새쌀보리 10%, 20% 첨가구와 새찰보리 10% 첨가구에서 빵 속살의 L 값은 대조구와 유의적 차이를 보이지 않았으나 나머지는 대조구보다 어두운 색을 나타내었다. Baik(39)은 폴리페놀과 폴리페놀산화효소가 반죽의 퇴색에 영향을 준다고 하였고, Hung 등(40)도 보리의 높은 페놀함량이 보리제품의 색에 부정적인 영향을 끼친다고 하였다.

Table 6. Physical properties of bread added with different types barley at various ratios

Sample		Loaf weight (g)	Baking loss (g)	Loaf volume (mL)	Specific volume (mL/g)	Lightness (L*)
Control		440.40±3.68 <sup>d</sup>	11.92±0.74 <sup>a</sup>	1755.00±63.64 <sup>a</sup>	3.98±0.11 <sup>a</sup>	73.39±2.48 <sup>a</sup>
Saesalbori (%)	10	448.95±1.06 <sup>c</sup>	10.21±0.21 <sup>b</sup>	1515.00±21.21 <sup>b</sup>	3.37±0.06 <sup>b</sup>	71.74±2.70 <sup>ab</sup>
	20	450.55±1.91 <sup>c</sup>	9.89±0.38 <sup>b</sup>	1315.00±7.07 <sup>c</sup>	2.92±0.00 <sup>b</sup>	71.72±1.29 <sup>ab</sup>
	30	456.90±0.85 <sup>b</sup>	8.62±1.70 <sup>c</sup>	942.50±17.68 <sup>d</sup>	2.06±0.04 <sup>d</sup>	68.97±3.38 <sup>b</sup>
Germinated Saesalbori (%)	10	457.85±1.63 <sup>ab</sup>	8.43±0.33 <sup>cd</sup>	1585.00±84.85 <sup>b</sup>	3.46±0.17 <sup>b</sup>	73.86±3.07 <sup>a</sup>
	20	456.10±1.56 <sup>b</sup>	8.78±0.31 <sup>c</sup>	1492.50±10.61 <sup>b</sup>	3.27±0.01 <sup>b</sup>	71.67±2.09 <sup>ab</sup>
	30	461.75±1.20 <sup>a</sup>	7.65±0.24 <sup>d</sup>	1262.50±24.75 <sup>c</sup>	2.73±0.05 <sup>c</sup>	69.48±2.80 <sup>b</sup>
Saechalbori (%)	Control	440.40±3.68 <sup>e</sup>	11.92±0.74 <sup>a</sup>	1755.00±63.64 <sup>a</sup>	3.98±0.11 <sup>a</sup>	73.39±2.48 <sup>ab</sup>
	10	458.80±0.42 <sup>bc</sup>	8.24±0.08 <sup>cd</sup>	1645.00±35.36 <sup>b</sup>	3.59±0.08 <sup>c</sup>	73.78±1.75 <sup>a</sup>
	20	461.30±0.14 <sup>b</sup>	7.74±0.03 <sup>d</sup>	1412.50±24.75 <sup>d</sup>	3.06±0.05 <sup>e</sup>	71.32±1.86 <sup>bc</sup> d
	30	467.25±4.31 <sup>a</sup>	6.55±0.86 <sup>e</sup>	1120.00±7.07 <sup>e</sup>	2.40±0.04 <sup>f</sup>	68.55±1.34 <sup>e</sup>
Germinated Saechalbori (%)	10	449.75±1.48 <sup>d</sup>	10.05±0.30 <sup>b</sup>	1702.50±3.54 <sup>ab</sup>	3.79±0.00 <sup>ab</sup>	72.36±1.56 <sup>abc</sup>
	20	455.15±0.78 <sup>cd</sup>	8.97±0.16 <sup>bc</sup>	1505.50±7.07 <sup>c</sup>	3.31±0.01 <sup>d</sup>	69.46±1.64 <sup>de</sup>
	30	458.25±2.33 <sup>bc</sup>	8.35±0.47 <sup>cd</sup>	1091.00±29.70 <sup>e</sup>	2.38±0.08 <sup>f</sup>	70.35±0.95 <sup>cde</sup>

Different letters in the same column indicate significant different at p<0.05

### 빵의 조직감 특성

보릿가루의 종류와 첨가비율에 따른 빵의 조직감 특성을 측정한 결과는 Table 7과 같다. 새쌀보리의 경우 10% 첨가구는 탄력성, 응집성, 점착성 및 파쇄성은 대조구와 유의적인 차이를 보이지 않았으나 경도는 대조구에 비해 증가하였다. 20%, 30% 첨가구는 탄력성과 응집성은 대조구에 비해 감소한 반면 점착성, 파쇄성 및 경도는 대조구보다 증가하였다. 발아새쌀보리 첨가구는 무발아새쌀보리 첨가구에 비하여 탄력성과 응집성의 증가는 크지 않았으나 점착성, 파쇄성 및 경도는 크게 감소하였다. 높은 탄력성과 응집성, 낮은 경도와 점착성은 빵의 품질을 증진시킬 수 있다(41)고 보고된 바 메성보리인 새쌀보리는 발아에 의하여 제빵적성이 향상된 것으로 생각된다.

새찰보리의 경우 10% 첨가구는 모든 항목에서, 20% 무발아새찰보리 첨가구는 응집성을 제외

한 탄력성, 점착성, 과쇄성 및 경도에서 대조구와 유의적 차이를 보이지 않았다. 30% 첨가구는 새쌀보리 첨가구와 마찬가지로 탄력성과 응집성은 대조구보다 감소한 반면 점착성, 과쇄성 및 경도는 대조구보다 증가하였다. 발아새찰보리 첨가구는 무발아새찰보리 첨가구에 비하여 탄력성, 응집성 및 경도는 약간 감소한 반면 응집성과 과쇄성은 크게 증가하여 찰성보리인 새찰보리는 발아에 의하여 오히려 제빵적성이 감소된 것으로 생각된다. Chat(42)와 Eskin(43)은 빵의 경도에 미치는 요인으로 빵의 수분 함량, 기공의 발달정도 및 부피 등이 있는데 기공이 잘 발달된 빵은 부피가 크고 부드러움이 증가하여 경도가 낮다고 하였다. Jung 등(44)은 빵의 감축에 영향을 미치는 인자 중의 하나인 수분함량이 높을수록 촉촉하고 부드러우며 빵의 노화를 감소시킨다고 하였다.

Table 7. Texture characteristics of bread added with different types barley at various ratios

Sample	Springiness (%)	Cohesiveness (%)	Gumminess (g)	Brittleness (g)	Hardness (g/cm <sup>2</sup> )	
Control	94.53±1.74 <sup>a</sup>	85.00±2.83 <sup>a</sup>	127.66±19.40 <sup>c</sup>	11552.95±1516.96 <sup>d</sup>	84.82±18.32 <sup>c</sup>	
Saesalbori (%)	10	93.26±0.45 <sup>ab</sup>	81.23±2.24 <sup>ab</sup>	189.45±32.92 <sup>cde</sup>	17671.14±3083.45 <sup>cd</sup>	117.60±18.20 <sup>d</sup>
	20	90.83±2.11 <sup>bc</sup>	76.67±3.98 <sup>b</sup>	254.73±54.77 <sup>b</sup>	27825.17±9653.76 <sup>b</sup>	158.00±30.12 <sup>bc</sup>
	30	83.73±1.97 <sup>d</sup>	70.15±1.29 <sup>c</sup>	548.86±72.74 <sup>a</sup>	45841.75±4985.40 <sup>a</sup>	341.00±39.06 <sup>a</sup>
Germinated Saesalbori (%)	10	93.67±1.76 <sup>ab</sup>	84.08±4.75 <sup>a</sup>	169.67±44.93 <sup>de</sup>	15845.99±4005.61 <sup>cd</sup>	125.00±20.40 <sup>cd</sup>
	20	92.11±3.34 <sup>ab</sup>	81.92±6.48 <sup>ab</sup>	217.08±35.57 <sup>abc</sup>	20018.39±3553.78 <sup>c</sup>	138.00±20.77 <sup>bcd</sup>
	30	89.18±0.71 <sup>c</sup>	78.01±2.13 <sup>b</sup>	240.66±23.81 <sup>ab</sup>	21456.58±2019.52 <sup>bc</sup>	169.25±7.32 <sup>b</sup>
Saechalbori (%)	10	90.47±2.32 <sup>ab</sup>	81.08±2.84 <sup>ab</sup>	155.96±20.00 <sup>bc</sup>	14109.28±1821.06 <sup>bc</sup>	100.32±13.57 <sup>bc</sup>
	20	90.29±2.68 <sup>ab</sup>	77.07±3.67 <sup>bc</sup>	142.15±20.17 <sup>bc</sup>	13218.24±1682.80 <sup>bc</sup>	106.80±14.29 <sup>bc</sup>
	30	87.72±5.63 <sup>bc</sup>	80.68±9.61 <sup>ab</sup>	209.09±63.24 <sup>b</sup>	18076.64±4441.09 <sup>b</sup>	179.00±15.72 <sup>a</sup>
Germinated Saechalbori (%)	10	91.61±1.83 <sup>ab</sup>	81.11±4.21 <sup>ab</sup>	169.04±47.00 <sup>bc</sup>	15238.09±4091.04 <sup>bc</sup>	83.99±13.33 <sup>c</sup>
	20	89.40±3.29 <sup>bc</sup>	76.65±6.33 <sup>bc</sup>	205.98±86.88 <sup>b</sup>	18205.76±7003.27 <sup>b</sup>	119.22±39.84 <sup>b</sup>
	30	84.98±0.83 <sup>c</sup>	71.89±1.89 <sup>c</sup>	296.63±23.70 <sup>a</sup>	25195.34±1813.38 <sup>a</sup>	166.18±12.29 <sup>a</sup>

Different letters in the same column indicate significant different at p<0.05

보릿가루 첨가구의 경도가 대조구에 비해 증가한 것은 보릿가루 첨가로 인한 빵의 부피 감소로 내상의 기공이 작고 조밀하며 두꺼운 세포벽을 가져 경도가 높아진 것으로 보인다. 점착성 및 과쇄성도 보릿가루 첨가량이 많을수록 증가하여 빵이 더 단단해짐을 보였다.

전체적으로 볼 때 보릿가루 10% 첨가구는 대조구와 조직감 특성에서 유의적 차이를 보이지 않았으나, 30% 첨가구는 모든 항목에서 대조구와 유의적인 차이를 보였다. 보릿가루의 종류별로 볼 때 대조구와 가장 유사한 품질을 나타낸 것은 새찰보리 첨가구로서 10%, 20% 첨가구는 대조구와 유의적인 품질 차이를 보이지 않았다. 따라서 보릿가루의 종류에 따라 20%까지는

빵의 품질 저하 없이 대체할 수 있을 것으로 보이나 30% 첨가 시에는 빵의 품질이 크게 떨어져 제빵개량제나 글루텐 등을 첨가하여 제빵적성을 향상시켜야 할 것으로 생각된다.

### 관능검사

보릿가루의 종류와 첨가비율에 따른 빵의 관능검사 결과는 Table 8과 같다. 새쌀보리의 경우 10% 무발아새쌀보리 첨가구는 외관, 10% 발아새쌀보리 첨가구는 조직감에서는 약간 낮은 평가를 받았지만 나머지 항목에서는 대조구와 유의적 차이를 보이지 않았다. 그러나 30% 첨가구는 모든 항목에서 대조구에 비하여 유의적으로 낮은 점수를 받았다. 무발아새쌀보리 첨가구(10%, 20%)는 빵 속살의 조직감에서 발아새쌀보리 첨가구보다 좋은 평가를 받았지만, 외관, 향, 빵 속살의 색, 입에서의 감촉 및 전반적인 기호도는 발아새쌀보리 첨가구가 더 좋은 평가를 받았다.

새찰보리의 경우 10% 첨가구는 모든 항목에서 대조구와 유의적인 차이를 보이지 않았다. 20% 무발아새찰보리 첨가구는 향과 입안에서의 촉감은 대조구와 차이를 보이지 않았고 외관, 빵 속살의 조직감, 빵 속살의 색 및 전반적인 기호도는 대조구에 비하여 약간 감소하였지만 전반적인 기호도로 볼 때 10% 새쌀보리 첨가구와 차이를 보이지 않았다. 20%, 30% 발아새찰보리 첨가구는 모든 항목에서 대조구에 비해 낮은 점수를 받았다.

전반적으로 보면 보릿가루 첨가구는 대조구에 비하여 외관과 빵 속살의 조직감에서 가장 큰 차이를 보였는데 이는 보릿가루 첨가구의 비용적 감소 및 경도 증가와 관련된 결과라 생각된다. 새쌀보리의 경우 발아 첨가구가 무발아 첨가구보다 더 좋은 평가를 받았고, 새찰보리의 경우 무발아 첨가구가 발아 첨가구보다 더 좋은 평가를 받았다. Shfali 등(45)과 Swanson 등(46)은 보릿가루를 15~20% 첨가한 빵은 빵의 부피 감소, 어두운 색, 낮은 조직감을 나타냈다고 한 바 본 연구의 결과와 유사하였다.

Table 8. Sensory scores of bread added with different types barley at various ratios

Sample	Appearance	Flavor	Crumb texture	Crumb color	Mouth feeling	Overall acceptance	
Control	4.60±0.51 <sup>a</sup>	3.53±0.83 <sup>a</sup>	4.27±0.59 <sup>a</sup>	4.47±0.64 <sup>a</sup>	3.93±0.70 <sup>a</sup>	4.25±0.70 <sup>a</sup>	
Saesalbori (%)	10	3.76±1.20 <sup>b</sup>	3.47±1.12 <sup>a</sup>	3.82±0.8 <sup>ab</sup>	4.21±0.81 <sup>a</sup>	3.88±0.93 <sup>a</sup>	3.59±1.06 <sup>abc</sup>
	20	2.85±0.89 <sup>c</sup>	2.97±0.87 <sup>ab</sup>	3.18±0.88 <sup>cd</sup>	3.15±0.86 <sup>b</sup>	3.26±0.97 <sup>ab</sup>	3.09±0.97 <sup>c</sup>
	30	1.71±1.21 <sup>d</sup>	2.32±0.98 <sup>b</sup>	2.35±0.99 <sup>e</sup>	2.18±0.95 <sup>c</sup>	2.82±1.07 <sup>b</sup>	2.29±1.16 <sup>d</sup>
Germinated Saesalbori (%)	10	4.09±0.83 <sup>ab</sup>	3.44±1.09 <sup>a</sup>	3.68±0.81 <sup>bc</sup>	4.09±0.67 <sup>a</sup>	3.76±0.66 <sup>a</sup>	3.91±0.71 <sup>ab</sup>
	20	3.62±0.99 <sup>b</sup>	3.21±0.92 <sup>a</sup>	3.09±0.67 <sup>d</sup>	3.06±0.75 <sup>b</sup>	3.50±0.87 <sup>a</sup>	3.32±0.92 <sup>bc</sup>
	30	3.47±1.12 <sup>bc</sup>	2.94±1.14 <sup>ab</sup>	3.03±0.76 <sup>d</sup>	2.82±0.73 <sup>b</sup>	2.79±0.88 <sup>b</sup>	3.09±0.71 <sup>c</sup>
Control	4.60±0.51 <sup>a</sup>	3.53±0.83 <sup>a</sup>	4.27±0.59 <sup>a</sup>	4.47±0.64 <sup>a</sup>	3.93±0.70 <sup>a</sup>	4.25±0.70 <sup>a</sup>	
Saechalbori (%)	10	4.40±0.51 <sup>a</sup>	3.53±0.99 <sup>a</sup>	3.93±0.59 <sup>ab</sup>	4.27±0.70 <sup>a</sup>	3.93±0.70 <sup>a</sup>	3.86±0.66 <sup>ab</sup>
	20	3.47±0.74 <sup>b</sup>	3.07±0.59 <sup>ab</sup>	3.47±0.74 <sup>bc</sup>	3.47±0.64 <sup>b</sup>	3.87±0.83 <sup>a</sup>	3.50±0.52 <sup>bc</sup>
	30	2.33±0.89 <sup>c</sup>	3.00±1.07 <sup>ab</sup>	2.80±0.86 <sup>de</sup>	2.47±1.06 <sup>c</sup>	2.80±1.01 <sup>bc</sup>	2.43±0.85 <sup>d</sup>
Germinated Saechalbori (%)	10	4.20±0.68 <sup>a</sup>	3.67±0.72 <sup>a</sup>	3.87±0.83 <sup>ab</sup>	4.07±0.59 <sup>a</sup>	3.93 0.88 <sup>a</sup>	3.79±0.67 <sup>ab</sup>
	20	3.20±1.01 <sup>b</sup>	2.73±0.96 <sup>b</sup>	3.13±0.74 <sup>cd</sup>	3.13±0.64 <sup>b</sup>	3.13±0.74 <sup>b</sup>	3.07±0.61 <sup>c</sup>
	30	2.07±0.88 <sup>c</sup>	2.67±1.05 <sup>b</sup>	2.33±1.18 <sup>e</sup>	2.27±1.16 <sup>c</sup>	2.27±1.10 <sup>c</sup>	2.21±1.05 <sup>d</sup>

1: very bad; 2: rather bad; 3: neither good or bad; 4: rather good; 5: very good  
 Different letters in the same column indicate significant different at p<0.05

#### 마. 요약

보리를 제빵에 이용하기 위하여 새쌀보리와 새찰보리 가루를 첨가한 복합분의 반죽물성과 제빵 특성을 조사하였다. 호화특성의 최고점도는 새쌀보리 복합분에서는 증가하였지만 새찰보리 복합분의 경우는 감소하였다. 반죽의 안정도는 10% 복합분에서는 대조구와 동일하였으나 30% 복합분에서는 대조구에 비해 크게 감소하였다. Extensograph 특성 조사 결과 대조구에 비하여 복합분의 신장도는 감소한 반면 저항도는 증가하였다. 빵의 무게와 부피는 보릿가루 첨가량이 증가할수록 무게는 증가하고 부피는 감소하였다. 새쌀보리 첨가구보다 새찰보리 첨가구, 무발아보리 첨가구보다 발아보리 첨가구의 비용적이 더 컸다. 빵 속살의 L값은 10%, 20% 첨가구는 대조구와 차이가 없었다. 조직감 특성은 새쌀보리의 경우 10% 첨가구는 경도의 증가를 제외하고는 대조구와 차이가 없었고, 새찰보리의 경우 10% 첨가구는 모든 항목에서, 20% 무발아 새찰보리 첨가구는 응집성을 제외한 탄력성, 점착성, 과쇄성 및 경도에서 대조구와 유의적 차이를 보이지 않았다. 관능평가 결과 10% 첨가구는 대조구와 유의적 차이가 없었으며, 20% 첨가구도 제빵품질에 큰 영향을 주지 않고 첨가할 수 있는 수준이라 판단되었다. 반죽의 물성과 빵의 품질 특성 조사 결과 메성보리인 새쌀보리는 발아시킴으로써 제빵적성이 좋아졌으나 찰성보리인 새찰보리는 발아시킴으로써 제빵적성이 감소되었다.

### 3. 전분질원으로 단보리를 첨가한 고추장의 품질특성 (논문 3)

#### Quality Characteristics of Traditional *Kochujang* with Sweet Barley as Starchy Source

##### 가. Abstract

In this study, we investigated the manufacture process of traditional *kochujang* with the addition of sweet barley as starchy source. Three kinds of *kochujang* added with glutinous rice, barley and sweet barley were made and the optimum mixing ratio of each *kochujang* were investigated. In addition, we examined the quality changes of the three *kochujang* during their 150 days' maturation stage. Glutinous rice *kochujang* showed the highest moisture (41.3~42.7%) at the early fermentation stage. However, the moisture of barley *kochujang* increased with the fermentation process and presented as the highest one in the later stage. This change of moisture was considered as the result of the degradation of various nutrition compounds by enzymes which were secreted by the microorganisms in the *kochujang*, as well as the metabolism of reducing sugar which induce water in the process. As to the reducing sugar concentration, the glutinous rice *kochujang* contained 20.3% reducing sugar which was the highest among all and followed by sweet barley *kochujang* and barley *kochujang* which were 19.2% and 17.8%, respectively. During the fermentation process, the reducing sugar concentration reached its peak at 16 day and decreased in the following days. According to the acidity and pH, the sensory evaluation result suggested *kochujang* added with glutinous rice and sweet barley were more acceptable than the one added with barley starch.

**Key words :** *kochujang*, sweet barley, quality, starchy source

##### 나. 서론

고추장은 간장과 된장과 더불어 조미를 목적으로 예로부터 널리 식용되어져 온 고유의 전통 발효식품 중의 하나이다. 고추장의 양조 과정 중 전분의 분해로 생성되는 당분의 단맛과 단백질에서 유래되는 아미노산의 구수한 맛, 고추의 매운맛, 소금의 짠맛 등이 서로 조화를 이루어 독특한 풍미를 형성한다(1). 그리고 간장과 된장에 비해 vitamin B1, B2, C 및 folic acid 등이 다량 함유되어 있기 때문에 비타민의 주요 공급원이기도 하다(2). 고추장은 전통의 재래식 고

추장과 최근 유통되고 있는 개량식 고추장으로 분류된다. 일반적으로 재래식 고추장은 찹쌀, 메주, 고춧가루 및 식염 등을 혼합하여 자연 상태에서 숙성시켜 제조하는 것으로서 이들 재료의 혼합비율과 숙성과정의 조건에 따라 맛과 향이 달라지고 특히 전분질원에 따라 숙성에 큰 영향을 받는다.

대표적인 고추장의 전분질원으로는 찹쌀, 보리, 밀, 조, 수수 등이 있다. 특히 쌀은 우리의 식생활에서 주식으로 이용되는 가장 중요한 곡류로써 amylopectin의 함량에 따라 멥쌀과 찹쌀로 나뉘는데 찹쌀은 거의 amylopectin으로 구성되어 있다. 잡곡을 대표하는 보리는 식물성 단백질을 비롯해 철분, vitamin B1, B2가 풍부하며 다른 잡곡에 비해 섬유질이 풍부해 숙변을 용이하게 해준다(3). 이와 같이 전분질원으로 사용되어 왔던 곡류에는 우리의 건강에 유익한 생리활성 물질이 다량 함유되어 영양적, 건강적인 면에서 전통발효 식품의 좋은 연구 재료가 될 수 있을 것이다.

고추장의 제조 및 품질에 관한 수많은 연구가 보고되어 있는데 대표적으로는 고추장 제조방법에 관한 연구(4,5) 향기 성분에 관한 연구(6,7), 고추장의 재료인 메주(8)와 고추에 관한 연구(9,10), 고추장의 제조방법이나 성분에 관한 연구(11,12), 고추장에 과즙(13)이나 알코올(14) 등의 첨가에 따른 품질 특성 등에 관한 연구, 고구마(15), 호박(16)을 첨가한 연구, 청주박을 이용한 저식염 고추장(17)에 관한 연구 등이 이루어졌다. 그러나 고추장 제조시의 기본이 되는 전분질을 달리한 고추장에 관한 연구는 미비한 실정이다.

보리를 발아시킨 단보리라 함은 생명체로서 활성화에 들어간 겉보리 발아생체의 T.C.A.생체회로를 변경시키는 방법으로 뿌리 나옴을 억제하면서, 체내에  $\beta$ -amylase의 생성에 관여하는 Gibberellin 등 발아생체효소들을 생명공학적으로 집적시키게 되면 배아 부분에 백색의 돌기를 이루게 되는데 이를 백생체라 부른다. 백생체 물질들에 의하여 보리껍질이 자가분해 되어 맥아당으로 변하여 사라지면서 알곡 속에 축적되어 도정을 하지 않고도 바로 먹는 단맛의 보리쌀을 단보리라고 한다.

본 연구는 단보리 가루를 전분질원으로 사용하여 단보리 고추장을 개발하여 맛과 기능성을 향상시키기 위함이 목적이며, 단보리 제조기술은 자가소화(당화) 방식이므로 보리의 증숙 후 당화 과정이 불필요 하며 자가소화로 기능성이 향상되고 소화율이 증가되기 때문에 보리와 차별화가 있을 것으로 사료된다. 따라서 본 연구에서는 찹쌀 또는 보리를 전분질로 한 재래식 고추장을 제조하여 단보리를 전분질로 한 고추장과의 비교 분석하여 단보리 고추장의 제조 가능성을 제시하고자 하였다.

## 다. 재료 및 방법

### 재 료

고추장 제조에 사용된 대두와 찹쌀, 보리, 엿기름은 경남 함양산을 사용하였고, 고춧가루는 전남 함평산, 소금은 전남 신안산 천일염을 사용하였다. 단보리는 전남 영광군에 위치한 바우보



리(주)에서 구입하여 사용하였다.

### 고추장 제조

고추장의 제조는 Fig. 1과 같은 전통의 방법에 따라 제조하였으며, 원료 배합비율은 Table 1과 같이 모두 동일하게 설정하였다. 전분질원인 찹쌀과 보리는 수세한 후 12시간 수침하여 30분간 탈수하고 분쇄하였으며, 단보리는 그대로 분쇄하였다. 15L의 물을 60℃로 하여 엿기름가루 1.5kg을 풀어 1시간 동안 효소추출을 유도하고 손으로 주무른 다음 건더기는 꼭 짜서 버리고 엿기름물을 가라 앉혔다. 솥에 엿기름물 10L 취하여 붓고 찹쌀, 보리 또는 단보리 가루를 넣은 다음 가열하여 60℃에서 가끔 저어주면서 1시간 동안 당화시킨 후 전분질 가루가 당화되어 점도가 낮아지면 다시 가열하여 풀 상태로 만들고 실온에서 완전히 식힌 뒤 부재료인 메주가루, 고춧가루, 소금을 혼합하여 20kg의 고추장을 제조하여 항아리에 담아 150일 동안 자연 발효 숙성하여 제조하였다. 이를 30일 간격으로 시료를 채취하여서 수분, 산도, 아미노태 질소 등 이화학적 변화 및 미생물 변화를 조사하였으며 관능검사로 품질을 평가하였다.

Table 1. Formula for the preparation of *kochujang*

Ingredients	Ratio (%)
Starchy source	17
Red pepper powder	20
Meju powder	8
Malt powder	5
Salt	8
Water	42
Total	100

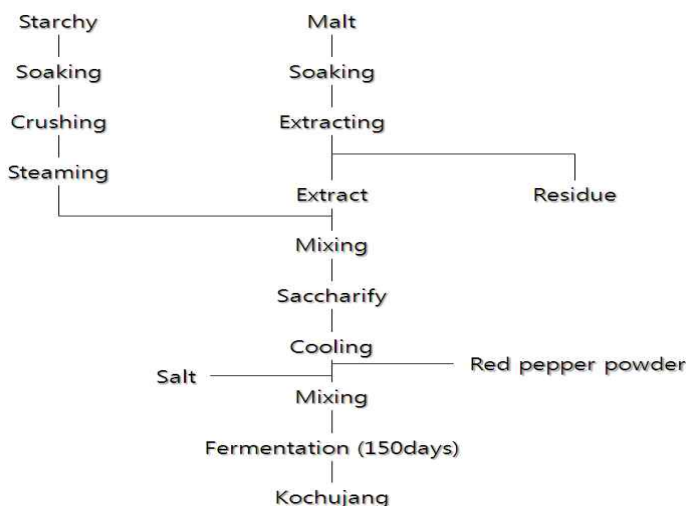


Fig. 1. Procedure for the manufacture of *kochujang*

## 이화학적 특성

고추장의 숙성 중 이화학적 특성 변화를 조사하기 위하여 30일 간격으로 일정량의 시료를 채취하여 분석에 사용하였다. 수분은 AOAC 방법(18)에 따라 상압가열건조법으로 실시하였고, pH는 고추장과 물을 1:2의 비율로 혼합하여 pH meter를 이용하여 측정하였으며, 적정산도는 0.1N NaOH 용액으로 pH8.2까지 적정하는데 소요된 0.1N NaOH의 mL수로 표시(19)하였으며, 아미노태 질소 함량은 Formol 적정법(20)을 이용하여 분석하였다. 환원당은 고추장 약 1 g에 증류수를 가하여 500mL로 정용한 후 여과(Whatman No. 2, Clifton) 하고, 여액 1mL를 취하여 3mL의 DNS 시약(dinitrosalicylic acid)을 가한 후 5분간 중탕하고 상온 냉각한 후 550nm에서 흡광도를 측정하고, 포도당을 표준물질로 한 검량곡선을 이용하여 계산하였다(21). 색도는 색차계(CR-300, minolta Co., Ltd., Japan)로 측정하였으며 hunter값의 명도(L값), 적색도(a값), 황색도(b값)를 구하였다. 이때 사용한 표준 백색판은 L=97.02, a=0.07, b=1.45였으며 10회 반복 측정 한 결과를 평균값과 표준편차로 표시하였다.

## 총균수 측정

고추장 10g에 90 mL의 0.85% 멸균식염수를 가하여 2분간 고속으로 균질화 하여 시험용액으로 하였고 0.85% 멸균식염수를 사용하여  $10^2$ 에서  $10^6$ 까지의 10배 단계 희석액을 만든 후, plate count agar 평판배지에 단계별 희석용액 0.1 mL씩 3개를 도말하여 35°C에서 24시간 배양한 후 의심 집락을 계수하였다. 배양하여 형성된 colony의 수를 colony forming unit (cfu/g)로 표시하였다.

## 관능검사

고추장 맛에 대해서 인지능력이 있다고 판단되는 식품관련전공자 (식품공학 10명, 식품화학 6명, 식품가공학 4명) 20명을 검사요원으로 선발하여 숙성 150일 후 각 시료구별로 색, 냄새, 맛, 조직감 및 종합적 기호도에 대하여 조사하였고, 아주 좋다(5점), 좋다(4점), 보통이다(3점), 나쁘다(2점), 아주 나쁘다(1점)로 구별하는 5점 기호척도법을 이용하여 관능검사를 실시하였다(22).

## 라. 결과 및 고찰

### 수분함량의 변화

고추장 숙성 중 수분함량 변화를 조사한 결과는 Fig. 2와 같다. 대조구인 찹쌀고추장의 초기 수분함량이 41.3%에서 44.2%로 증가하였고, 또 다른 대조구인 보리고추장은 이보다 많은 42.7~44.6%이었다. 단보리 고추장의 경우 대조구와 비슷한 경향을 보였으며 초기 수분함량이 42.1%에서 43.9%로 증가하였다. 이는 고추장이 숙성됨에 따라 수분함량이 증가하는 것은 미생

물이 분비하는 여러 가지 효소작용에 의한 고분자 물질의 분해로 생성되는 유리수의 증가 또는 미생물에 의한 환원당의 대사과정에서 생성되는 수분의 증가 때문이라고 보고(23)하고 있다. 숙성 150일 후 고추장의 수분함량이 43.9~44.6% 증가된 것은 전남지역 전통고추장 수분이 45.63%, 전북지역이 46.92%, 충청도 지역이 50.37%, 그리고 경상도 지역이 42.28%라고 보고한 (11) 결과와 대체적으로 일치한 결과이었다.

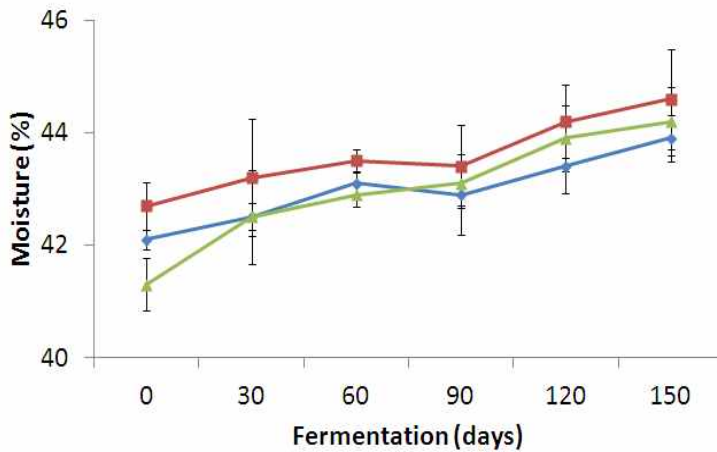


Fig. 2. Changes in moisture content of *kochujang* with various starchy source during fermentation  
 -■- : barley (control 1), -▲- : glutinous rice (control 2), -◆- : sweet barley

### pH 및 산도의 변화

고추장의 숙성 중 pH의 변화 결과는 Fig. 3과 같다. 단보리고추장 및 대조구인 찹쌀고추장, 보리고추장의 pH는 발효기간이 경과함에 따라 낮아지는 반면에 적정산도는 증가하는 경향이 있었다.

고추장의 발효에는 *Bacillus* 균류가 주로 발견되고 또한 각종 다른 미생물에 의하여 여러 종류의 유기산이 생성되며, 주요 유기산으로는 구연산, 호박산, 개미산 등이 있다. 이들 유기산에 의하여 고추장의 pH와 산도의 변화가 발생되며, 고추장 숙성이 진행됨에 따라 pH가 감소하고 산도가 증가하는 것은 숙성 중 미생물의 대사작용에 의한 유기산 생성에 기인하는 것으로 판단된다. pH는 담금 직후 대조구 찹쌀고추장의 pH가 5.01이었고 또 다른 대조구인 보리고추장의 pH는 4.99이었다. 단보리고추장의 pH는 대조구 보다 낮은 4.76이었다. 대조구와 단보리고추장 사이의 pH 차이는 저장 150일 까지 동일한 경향을 보였으며, 고추장이 숙성 중 pH가 낮아지는 양상은 젖산균의 증식에 의한 유기산 생성이 계속 되어 낮아지는 것으로 사료된다. 이와 같은 결과는 pH가 숙성이 진행됨에 따라 완만히 감소하였다는 보고(24,25)들과 경향이 같았다.

산도의 변화는 Fig. 4와 같이 단보리고추장은 담금 초기 7.9 mL로 대조구에 비해 가장 높았고 대조구인 보리고추장과 찹쌀고추장은 각각 7.0 mL, 6.9 mL 이었다. 대조구와 단보리고추장 사이의 산도 차이는 저장 150일까지 동일한 경향이었으며, 이는 대조구와 단보리고추장에서 생성된 유기산의 양의 차이로 생각된다.

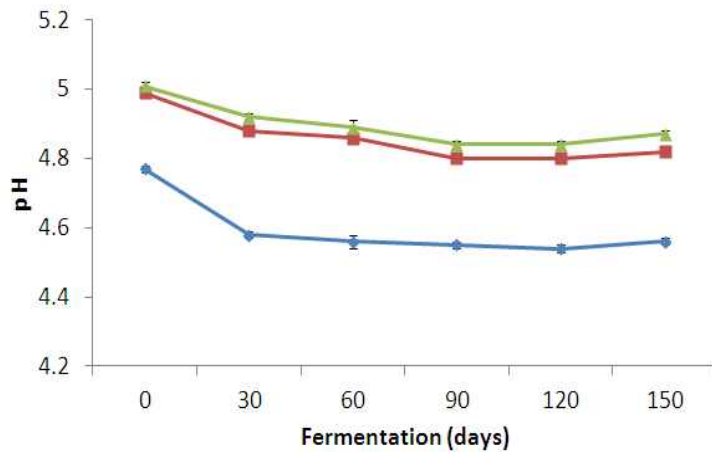


Fig. 3. Changes in pH of *kochujang* with various starchy source during fermentation  
 -■- : control 1(barley), -▲- : control 2(glutinous rice), -◆- : sweet barley

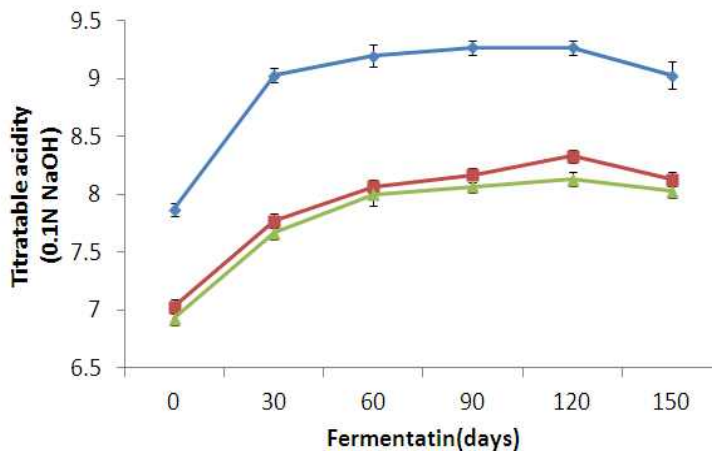


Fig. 4. Changes in titratable acidity of *kochujang* with various starchy source during fermentation  
 -■- : control 1(barley), -▲- : control 2(glutinous rice), -◆- : sweet barley

### 아미노태 질소 함량의 변화

아미노태 질소는 고추장과 같은 발효 식품에 있어서 숙성 및 품질변화의 정도를 나타내는 지표로 주로 사용되고 있다. 아미노태 질소는 고추장 숙성의 정도와 구수한 맛을 예측(26)하는데 효과적이라 사료된다. 단백질원인 메주가루 함량에 의해 아미노태 질소의 함량이 결정되며 숙성기간이 증가함에 따라 점차 증가하였다. 이는 protease 활성화에 의해 단백질이 아미노산으로 분해되어 아미노태 질소함량이 점차 증가하기 때문인 것으로 보이며, 고추장의 아미노태 질소 함량의 차이는 고추장의 물성과 미생물의 상태에 따른 protease의 활성차이 때문인 것으로 추측된다. 고추장 중 아미노태 질소 함량을 조사한 결과는 Fig. 5와 같으며, 찹쌀고추장은 담금

초기에 63.8~91.9 mg%로서 비교적 낮았으나 단보리고추장과 대조구인 보리고추장은 높았다. 찹쌀고추장이 가장 낮았는데 이는 원료에 함유된 자체 단백질 함유량이 찹쌀보다는 보리가 높기 때문이라고 생각된다. 단보리고추장의 아미노태 질소 함유량은 120일 숙성 후 146.3 mg%로 가장 높았으며, 숙성 150일 후에는 144.5 mg%로 경미하게 감소하였고, 보리고추장에서도 숙성 120일 후 140.8 mg%로 가장 높았으며, 찹쌀고추장에서도 숙성 120일 후 118.0 mg%로 가장 높았다. 숙성기간 중 아미노태 질소의 변화에서 단보리고추장과 보리고추장은 숙성 초기부터 증가하여 전형적인 숙성과정을 보여주고 있는 반면에 찹쌀고추장의 아미노태 질소의 증가가 낮은 것은 다른 고추장에 비해 수분활성도가 낮아 protease 및 peptidase 분비 미생물의 생육 및 효소활성이 저해되었기 때문인 것으로 사료된다.

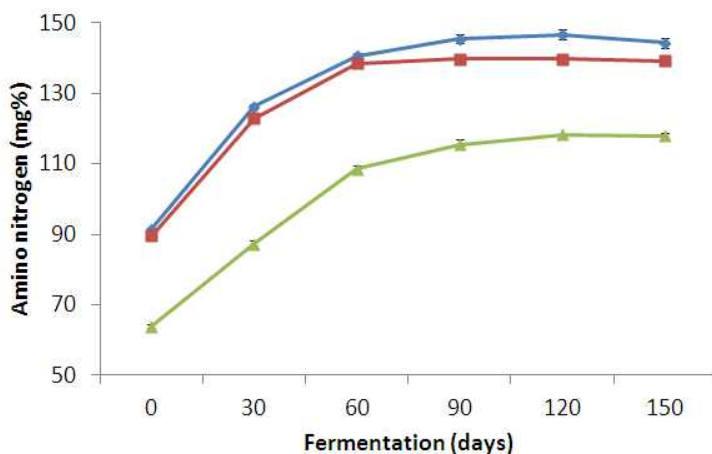


Fig. 5. Changes in amino nitrogen of *kochujang* with various starchy source during fermentation  
 -■- : control 1(barley), -▲- : control 2(glutinous rice), -◆- : sweet barley

### 환원당 함량의 변화

포도당, 과당, 맥아당 등의 환원당류들은 고추장에 단맛을 부여하는 물질로 이들의 함량은 고추장의 관능적인 품질평가에서 중요하다. 따라서 고추장의 환원당 함량 조사는 고추장의 품질 특성 파악에 유용한 방법이라 할 수 있다. 환원당 함량의 변화는 Fig. 6과 같으며, 숙성 60일에 25.8~29.3%로 가장 높았으며 이후부터는 서서히 감소되었다. 전분질원에 따라 약간의 차이는 보였지만 숙성 150일 후 22.3~25.5%로 대체적으로 비슷한 결과이었다. 고추장의 숙성 초기에는 환원당이 급격하게 증가하다가 그 이후로는 감소된다고 보고된 결과(27)와 대체적으로 일치하였다. 이는 숙성 초기에는  $\alpha$ -amylase와  $\beta$ -amylase 활성이 높아 전분이 분해되면서 생성되는 환원당 양이 많아지고, 숙성 후기에 환원당은 미생물이 발효기질로 이용되거나 알코올, 유기산 등으로 전환되어 감소하는 것으로 생각된다.

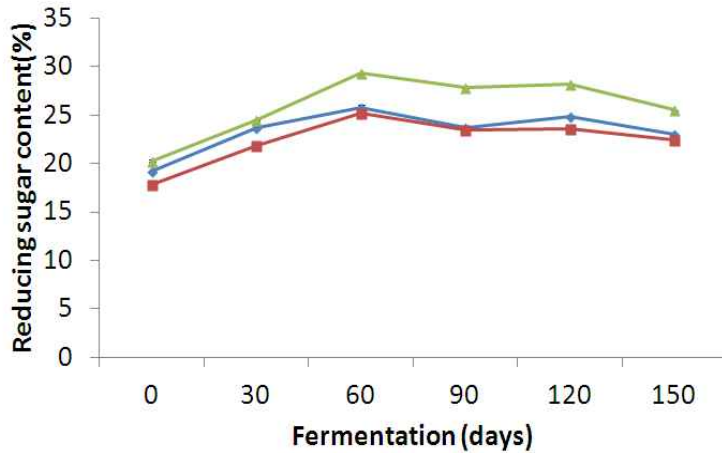


Fig. 6. Changes in reducing sugar content of *kochujang* with various starchy source during fermentation

-■- : control 1(barley), -▲- : control 2(glutinous rice), -◆- : sweet barley

### 총균수의 변화

고추장 담금 직후의 총균수는  $2.8 \times 10^8 \sim 5.0 \times 10^8$  cfu/g 이었으나(Fig. 7) 숙성기간이 경과함에 따라 총균수가 증가하여 대조구인 찹쌀고추장과 보리고추장은 숙성 90일, 단보리고추장은 숙성 60일에 최대값에 도달한 다음 감소하였다. 고추장 숙성 기간 중 총균수는 대체적으로  $10^7$  cfu/g 범위로 조사되어서 고추장 숙성 90일까지  $10^7$  cfu/g를 유지한다는 보고(28,29)와 미생물 수준이 유사한 결과이었으며, 숙성과정 중 호기성 세균의 변화가 활발하지 않는 것은 고추장의 식염 농도가 8%로 높고 수분 함량이 낮아 고추장에 존재하는 일반세균의 성장이 지연되었기 때문인 것으로 생각되었다. 고추장 숙성 기간 중 단보리고추장과 대조구인 찹쌀고추장, 보리고추장이 큰 차이를 나타내지 않았는데 이는 전분질원과는 상관관계가 없는 것으로 생각되며, 단보리고추장의 경우 pH는 대조구에 비해 낮지만 이것이 미생물의 감소로는 이어지지 않는 것으로 사료된다.

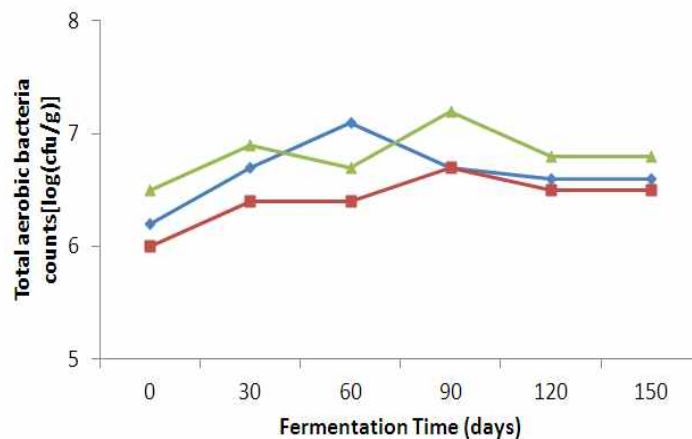


Fig. 7. Changes in total aerobic bacteria of *kochujang* with various starchy source during fermentation

-■- : control 1(barley), -▲- : control 2(glutinous rice), -◆- : sweet barley

## 색도의 변화

고추장 저장 중의 변색의 기작 및 원인은 아직 연구되어 밝혀진 바가 없지만 고추장 담금 초기에 비해 저장 기간이 경과할수록 공기 노출시 심해져 변화를 일으키는 것으로 미루어 보아 간장에서와 마찬가지로 마이알 반응과 비효소적 갈변화현상인 것으로 알려져 있다(30). 간장의 이러한 갈변화 현상(11)은 산소나 철이온에 의하여 더욱 촉진되는 것으로 알려져 있다. 즉 산소가 있는 조건의 것이 산소가 없는 조건보다 빨리 갈변되었으며 유리병으로 포장한 제품보다는 PET병에 포장한 제품이 갈변화 속도가 빨랐다고 한다. 고추장의 색은 소비자의 품질결정 중요요인이며, 고추장 숙성 중의 색도 변화를 조사한 결과는 Table 2와 같다. 담금 초기 L, a, b 값 모두 보리고추장이 가장 높았으며 그 다음으로 단보리고추장, 찹쌀고추장 순서이었다. 색도는 숙성이 진행되면서 L, a, b 값 모두가 근소하게 감소하였으며 보고된 결과(31,32)와 일치하였다. 이는 고추장의 숙성 중에 일어나는 갈변현상으로 인한 것으로 생각되며, 이로 인하여 고추장의 숙성이 진행됨에 따라 어두워짐으로써 품질에는 부정적으로 작용할 요인이 될 수 있을 것으로 판단된다. 단보리고추장의 경우 대조구와 비슷한 경향을 보였으며 이는 고추장의 품질에 미치는 영향은 크지 않을 것으로 생각된다.

Table 2. Hunter's color value of *kochujang* with various starchy source during fermentation

Color index	Treatment	Fermentation (days)					
		0	30	60	90	120	150
L	B <sup>1)</sup>	35.59±0.90 <sup>2)</sup> c	33.22±0.27 <sup>b</sup>	32.77±0.45 <sup>b</sup>	32.18±0.45 <sup>c</sup>	31.98±0.47 <sup>b</sup>	31.60±0.34 <sup>c</sup>
	GR	32.46±0.49 <sup>a</sup>	33.43±0.56 <sup>a</sup>	32.99±0.30 <sup>a</sup>	32.87±0.44 <sup>b</sup>	32.34±0.27 <sup>a</sup>	32.10±0.45 <sup>b</sup>
	SB	33.35±0.90 <sup>b</sup>	33.22±0.27 <sup>a</sup>	32.77±0.45 <sup>a</sup>	32.18±0.45 <sup>a</sup>	31.98±0.47 <sup>a</sup>	31.60±0.34 <sup>a</sup>
a	B	15.12±0.33 <sup>b</sup>	15.13±0.32 <sup>c</sup>	14.76±0.32 <sup>c</sup>	14.92±0.25 <sup>c</sup>	14.61±0.32 <sup>c</sup>	14.39±0.17 <sup>c</sup>
	GR	12.78±0.24 <sup>a</sup>	12.65±0.47 <sup>a</sup>	12.22±0.33 <sup>a</sup>	12.34±0.45 <sup>a</sup>	11.96±0.15 <sup>a</sup>	11.36±0.33 <sup>a</sup>
	SB	12.69±0.23 <sup>a</sup>	13.15±0.26 <sup>b</sup>	12.79±0.25 <sup>b</sup>	12.99±0.47 <sup>b</sup>	12.36±0.24 <sup>b</sup>	12.69±0.13 <sup>b</sup>
b	B	16.05±0.28 <sup>c</sup>	16.89±0.38 <sup>c</sup>	16.26±0.53 <sup>c</sup>	16.01±0.23 <sup>b</sup>	15.77±0.20 <sup>c</sup>	15.19±0.18 <sup>c</sup>
	GR	11.24±0.34 <sup>a</sup>	11.41±0.36 <sup>a</sup>	11.36±0.41 <sup>a</sup>	11.36±0.38 <sup>a</sup>	10.46±0.15 <sup>a</sup>	10.40±0.16 <sup>a</sup>
	SB	11.53±0.28 <sup>b</sup>	12.69±0.37 <sup>b</sup>	11.96±0.40 <sup>b</sup>	11.31±0.57 <sup>a</sup>	11.13±0.23 <sup>b</sup>	11.10±0.25 <sup>b</sup>

<sup>1)</sup>B : barely, GR : glutinous rice, SB : sweet barely

<sup>2)</sup>Value are mean±S.D.(n=10). <sup>a-c</sup>Means with the same letter in column are not significantly different at  $p<0.05$  by Duncan's multiple range test

## 관능검사

전분질원을 달리한 고추장의 관능평가 결과는 Table 3과 같다. 고추장의 관능적인 특성에 미치는 영향을 조사하기 위해 숙성 150일째에 색, 향, 조직감, 맛 그리고 전반적인 기호도로 나누어 실시하였으며 관능평가 결과 색은 찹쌀을 전분질로 한 고추장이 좋은 평가를 받았다. 이는 보리의 특성상 발효 및 숙성이 진행되면서 색이 어두워진 현상에 기인한 것 같다. 향은 단보리를 전분질로 한 고추장이 좋은 평가를 받았으나 시료간의 차이가 적어 유의성은 없었으며, 맛

과 전체적인 기호도에서는 찹쌀과 단보리를 전분질로 한 고추장이 좋은 평가를 받았다. 이는 효소에 의해 생성되는 유리당 함량의 증가로 맛의 기호도에 영향을 준 것으로 판단된다.

Table 3. Changes of sensory evaluation of *kochujang* with various starchy source

Attributes	Various <i>kochujang</i> added different starch		
	B <sup>1)</sup>	GR	SB
Color	3.4±0.5 <sup>2)ns</sup>	3.7±0.7	3.5±0.6
Flavor	3.6±0.5 <sup>ns</sup>	3.7±0.6	3.7±0.6
Texture	3.6±0.5 <sup>a</sup>	3.3±0.6 <sup>a</sup>	4.0±0.7 <sup>b</sup>
Taste	3.3±0.7 <sup>a</sup>	3.9±0.6 <sup>b</sup>	3.7±0.7 <sup>a</sup>
Overall acceptance	3.5±0.7 <sup>a</sup>	4.1±0.6 <sup>b</sup>	3.9±0.7 <sup>b</sup>

<sup>1)</sup>B : barely, GR : glutinous rice, SB : sweet barely

<sup>2)ns</sup> not significant. <sup>a-c</sup>Means with the same letter in column are not significantly different at  $p < 0.05$  by Duncan's multiple range test.

#### 마. 요약

전분질원으로 단보리가루를 사용하여 고추장 제조 가능성을 제시하고자 하였다. 기존의 찹쌀 또는 보리를 사용한 고추장을 제조하여 대조구로 설정하였으며 단보리가루를 사용한 고추장을 제조하여 이화학적 변화 및 차이점을 조사하였다. 고추장이 발효 숙성되면서 유기산의 생성으로 담금초기 단보리 고추장이 pH 4.77로 가장 낮았으며 이후 숙성 150일까지 완만히 감소하였다. 이는 저장 중 미생물의 작용에 의해 유기산이 축적된 데 기인한 것으로 사료된다. 아미노산성 질소 함량은 담금 초기 찹쌀을 전분질원으로 한 고추장보다는 단보리를 이용한 고추장이 약 30mg% 높았으며, 숙성이 진행됨에 따라 점차 증가하여 숙성 120일에 최대 값이었으며, 단보리고추장이 146.7mg%, 보리고추장이 139.8mg%로 찹쌀고추장 117.9mg% 보다 높았다. 이러한 차이는 고추장의 물성과 미생물의 상태에 따른 protease의 활성차이 때문인 것으로 추측된다. 환원당은 발효에 관여하는 미생물이 분비하는 amylase의 활성도에 영향을 받으며 이는 품질평가에서 중요한 요소로 작용하는데 담금 초기 단보리고추장이 19.2%로 대조구인 찹쌀고추장보다 조금 낮았으나 숙성 60일에는 25.8~29.3%로 최고값에 도달한 다음 감소하였다. 전분질원에 따라 약간의 차이는 보였지만 150일 숙성 후 22.3~25.5%로 유사한 결과이었다. 색도는 고추장이 숙성 되면서 L 값이 감소하였으며, 관능검사 결과는 찹쌀 또는 단보리를 전분질로 한 고추장이 우수하였으며 기존의 찹쌀고추장에 길들여진 소비자들의 입맛을 고려한다면 단보리를 이용한 고추장 제조 가능성을 확인할 수 있었다.



#### 4. 보리국수의 제조 방법 (특허 1)

【명세서】

【발명의 명칭】

보리국수의 제조 방법 {method for manufacturing barley noodle}

【기술분야】

본 발명은 보리국수의 제조 방법에 관한 것으로서, 보리 가루에 강력분, 활성 글루텐, 알긴산, 천일염을 첨가하여 보리국수를 제조하는 방법에 관한 것이다.

【발명의 배경이 되는 기술】

[문헌 1] 특허출원 1986-0005340호 (1986. 07. 02. 출원)

명칭: 보리국수의 제조 방법

[문헌 2] 특허등록 0387233호 ( 2003. 05. 29. 등록)

명칭 : 찰쌀보리국수 제조방법

[문헌 3] 특허등록 0938198호 (2010. 01. 14. 등록)

명칭: 보리국수 및 그의 제조방법

국수는 글루텐 성분함량이 높아 반죽 및 제면 적성이 우수한 밀가루를 주로 이용하여 제조되어 왔으나, 최근 소비자들의 건강에 대한 관심이 커지면서, 영양과 기능성을 골고루 갖춘 다양한 형태의 기능성 국수의 연구 및 생산이 이루어지고 있다. 특히 최근에는 건강상의 측면뿐 아니라 사회, 경제적인 측면에서 국내에서 소비되고 있는 밀가루의 대부분을 수입에 의존하고 있는 현 시점에서 밀가루의 수입비용을 줄이고, 더불어 국내 농가의 소득을 향상시키기 위하여 국내에서 생산한 곡물로써 수입 밀가루를 부분적으로 대체하기 위한 다양한 시도가 정부차원에서 권장되고 있다.

이러한 밀가루의 대체제로서 최근 보리에 대한 관심이 높아지고 있는 추세이다. 보리는 세계적으로 많은 지역에서 다양한 품종이 재배되고 이용되어 오고 있는데, 생육조건이 추운 겨울 동안 자라서 수확하는 곡물로 다른 작물에 비해 병해충이 심하지 않아 농약 살포가 거의 필요 없어 비교적 안전한 식품소재이며, 보리에는 비타민 B2, B6, 판토텐산, 엽산 및 칼슘, 무기질 등의 함량이 쌀보다 2~14배가량 높게 함유되어 있어 영양가가 높을 뿐 아니라 식이섬유의 일종인 베타글루칸( $\beta$ -glucan) 성분이 쌀의 50배, 밀의 10배가량 많이 함유되어 있어, 보리를 섭취함으로써 인체의 지방의 축적을 억제하여 비만을 방지하고, 혈청 콜레스테롤과 혈당 지수를 낮추어, 변비 및 각종 성인병의 예방에 효과적이라고 알려지면서 보리를 이용한 국수의 제조 및 연구가 다양하게 이루어지고 있다.

보리는 밀가루보다 전분과 글루텐의 함량이 낮아 보리국수 제조시 밀가루 국수에 비해 면발의 점탄성이 좋지 않아 쉽게 부서지고, 식감이 좋지 않은 등의 단점이 있다. 이러한 단점을 해결하기 위하여, 특허등록 0387223호에서 밀가루에 찰쌀보리가루를 혼합하여 보리국수를 제조하

는 방법 및 특허등록 0938198호에서 찰쌀보리가루, 중력분 밀가루, 활성글루텐, 면용 변성전분 등을 혼합하여 보리국수를 제조하는 방법 등과 같이 아밀로펙틴의 함량이 높아 점성이 뛰어난 찰성쌀보리를 이용하여 보리국수를 제조방법들이 시도되고 있으며, 이러한 찰성쌀보리를 이용한 보리국수는 아밀로펙틴의 영향으로 점성이 좋아 제면성에 있어서는 밀가루 국수와 유사하나, 조리 후 면의 경도와 탄력성이 약해 밀가루 국수에 비해 식감이 떨어지는 단점이 있다. 더욱이, 찰성쌀보리 보다 재배량이 많고 가격이 저렴하며 영양성분 면에서 크게 차이 없는 메성쌀보리를 이용하여 제조된 보리국수는, 특허출원 1986-0005340호의 보리가루에 생계란과 양파즙을 혼합하여 반죽하고 성형과정에서 60~65℃의 열풍으로 가열함으로써 계란 단백질이 응고하여 보리국수의 면발을 고형화하는 보리국수 제조방법의 경우와 같이 조리 후의 면발이 밀가루 국수에 비해 점탄성이 약해 쉽게 끊어지거나 쉽게 붙어버리는 등 찰성쌀보리로 제조된 보리국수보다 품질이 떨어지는 단점이 있다.

**【발명의 내용】**

**【해결하고자 하는 과제】**

본 발명의 목적은 보리의 기능성 유용성분을 섭취할 수 있어 영양적으로 우수하고, 제면 후 국수를 삶았을 때도 밀가루 국수와 유사한 식감을 갖는 메성쌀보리를 이용한 보리국수의 제조방법을 제공하는 것이다.

**【과제의 해결 수단】**

상기 목적을 달성하기 위해 본 발명은 메성쌀보리가루 20 ~ 60중량%, 강력분 밀가루 40 ~ 80 중량%를 혼합하여 1차 혼합분을 제조하는 1차 혼합분 제조단계; 상기 제조된 1차 혼합분 100 중량부에 대해 활성글루텐 1 ~ 15중량부, 알긴산 0.1 ~ 1.0중량부를 첨가하여 혼합하는 2차 혼합분을 제조하는 2차 혼합분 제조단계; 상기 제조된 2차 혼합분 100중량부에 대해 천일염 3 ~ 5중량부를 물에 녹여 첨가하여 반죽함으로써 보리국수용 생지를 제조하는 보리국수용 생지 제조단계; 상기 제조된 보리국수용 생지는 30 ~ 35℃의 온도에서 3 ~ 24시간 동안 숙성하는 숙성 단계를 포함하는 보리국수의 제조방법을 제공한다.

이때, 상기 쌀보리가루는 180 ~ 250메시로 제조되는 것이 바람직하다.

또한 상기 쌀보리가루는 도정한 쌀보리에 물을 첨가하여 가열한 후, 건조 및 분쇄하여 제조된 것이 바람직하다.

**【발명의 효과】**

본 발명에 의해 제조된 보리국수는 쌀보리가루와 밀가루가 혼합되어 서로 영양적으로 우수할 뿐만 아니라 밀가루 국수와 비등한 식감을 유지함으로써 밀가루의 부분적 대체제로서의 메성쌀보리의 효용성을 높이고, 밀가루의 수입량을 줄이는데 기여할 수 있어 경제적으로 비용절감의 효과가 있다.

**【발명을 실시하기 위한 구체적인 내용】**

이하 본 발명을 상세히 설명한다.

본 발명에 따른 보리국수의 제조방법은 메성쌀보리를 이용하여 밀가루국수와 비등한 식감을

갖는 보리국수를 제조하기 위한 것으로서, 먼저 보리국수의 제조에 사용할 메성쌀보리가루(이하 '보리가루'라 한다)의 양을 알아보기 위해 보리가루의 함량 20 ~ 60중량%에 따라 강력분 밀가루를 혼합하여 제면 한 후, 물성측정기(Texture Analyzer, TA-XT2, Stable Micro System, UK)로 면의 압축강도인 경도를 측정하였다.

상기 강력분 밀가루는 글루텐 함유량이 12~15%로 높아 보리가루의 낮은 글루텐 함량을 보충하고, 제면성을 높이기 위하여 첨가되었다.

보리가루의 혼합량을 달리하여 제조된 면을 조리한 후 조리한 면(이하 '조리면'이라 한다)의 경도를 측정하여 표 1에 나타내었다.

【표 1】 보리가루 함량에 따른 조리면의 경도변화

보리가루양(%)	20	30	40	50	60
경도(g/cm <sup>2</sup> )	611.23	597.67	477.18	410.25	290.69

그 결과, 보리가루 30중량%까지를 첨가한 조리면의 경도는 큰 차이가 없었으나, 30중량% 이상 첨가량이 증가함에 따라 조리면의 경도가 감소하여 제면성이 떨어지는 것을 알 수 있었다.

상기 보리가루 함량에 따른 조리면의 경도변화의 결과를 바탕으로 면질개량제로서의 활성글루텐과 알긴산의 면질 개선효과를 측정하였다. 실험에 사용한 활성글루텐의 함량은 상기 보리가루 60중량%가 혼합된 혼합분에 대해 활성글루텐 1 ~ 10중량부와 알긴산 0.1 ~ 1.0중량부를 각각 첨가하였으며, 또한 활성글루텐과 알긴산을 복합으로 첨가하여 면질개량제의 첨가에 따른 조리면의 경도를 측정하여 표 2에 나타내었다.

【표 2】 면질개량제 첨가에 의한 조리면의 경도변화(단위: g/cm<sup>2</sup>)

		활성글루텐(중량부)				
		0	5	10	15	20
알긴산 (중량부)	0	290.6	333.1	365.2	407.8	442.6
	0.1	322.7	374.5	416.3	459.3	523.4
	0.3	355.8	429.1	469.4	533.6	590.8
	0.5	389.3	466.0	513.1	586.1	623.2
	0.7	419.8	504.3	565.3	612.7	648.9
	1.0	450.3	523.6	611.8	635.9	661.3

그 결과, 활성글루텐과 알긴산 모두 면질 개선 효과가 있는 것으로 나타났으며, 특히, 활성글루텐과 알긴산을 복합하여 첨가할 경우 면질 개선의 효과가 더 높은 것으로 나타났다.

상기 결과에 따라, 본 발명의 보리국수를 다음과 같이 제조하였다.

보리가루 20 ~ 60중량%, 강력분 밀가루 40 ~ 80중량%를 혼합하고 교반하여 1차 혼합분을 제조한다. 상기 제조된 1차 혼합분 100중량부에 대해 활성글루텐 1 ~ 15중량부, 알긴산 0.1 ~ 1.0중량부를 첨가하고 교반하여 2차 혼합분을 제조한다. 상기 제조된 2차 혼합분 100중량부에 대해 천일염 3 ~ 5중량부를 물에 녹여 첨가하여 반죽함으로써 보리국수용 생지를 제조한다. 상기 제조된 보리국수용 생지는 30 ~ 35℃의 온도에서 3 ~ 24시간 동안 숙성하고, 상기 숙성된 보리국수용 생지는 통상의 국수 제조기를 통하여 압출 성형하여 완성한다.

상기 제조된 국수는 생면을 그대로 조리하거나, 또는 수분 함량 13~18%의 건조면으로 제조할 수도 있다.

이때, 상기 보리가루는 180 ~ 250메시의 입도로 제조되는 것이 바람직하다. 보리가루의 입도가 180메시 미만일 경우 보리국수 제조 후 쉽게 물러지므로 쫄깃거리는 식감이 떨어져 바람직하지 않으며 250메시를 초과할 경우 반죽 시간이 많이 소요되어 보리국수의 식감이 질겨지고 딱딱해져 바람직하지 않다.

또한 상기 보리가루는 도정한 쌀보리를 물에 30분 ~ 1시간 정도 불린 후, 보리부피의 2~3배의 물을 첨가하여 20분~40분 동안 가열하여 호화시킨 후, 건조 및 분쇄하여 제조된 것이 바람직하다. 상기와 같이 호화된 쌀보리는 호화되지 않은 쌀보리에 비해 점성이 증가하므로 보리국수의 면질이 개선되는 효과가 있다.

상기 활성글루텐은 1 ~ 15중량부를 첨가하는 것이 바람직한데, 1중량부 미만을 첨가할 경우, 보리국수용 생지를 제조하는 과정에서 반죽 시간이 길어지고, 보리국수 제조 후 쫄깃거리는 식감이 떨어져 바람직하지 않고, 15중량부를 초과하여 첨가할 경우, 보리국수의 면이 질겨지고 쉽게 노화되어 바람직하지 않다.

상기 알긴산은 무미, 무취이며 백색 또는 황백색을 띠는 섬유상 분말구조로 갈조류의 세포벽과 세포간공(intercellular spaces)에 존재하는 친수콜로이드성 탄수화물로서 물에 잘 녹지않으나, 알긴산은 금속염과 친화도가 높기 때문에 대부분이 칼륨, 나트륨, 칼슘 등의 금속염과 결합하여 존재하며, 이들 금속염과 결합된 형태의 알긴산은 물에 녹으며 점성이 매우 높기 때문에 식품에서는 아이스크림, 잼, 마요네즈 등의 점성을 증가시키는 증점제 및 유화제로 사용되고 있다. 알긴산은 분자량의 크기에 따라 점도가 달라지는데 대체로 낮은 농도의 알긴산 수(水)분산액은 온도가 상승함에 따라 칼슘염의 존재에 의해 점도가 증가하는 특징이 있다. 또한 알긴산은 흡습 능력이 우수하여 자체 중량의 200~300배의 물을 흡수할 수 있다. 알긴산 금속염은 인체에서 유익한 작용을 하는데, 특히, 알긴산칼륨의 경우, 인체에 들어가면 금속이온의 치환에 의하여 나트륨과 결합하고 떨어져 나간 칼륨은 혈관 내로 흡수되어 혈압을 낮추어주는 역할을

한다. 또한 알긴산은 소화관에서 방어막을 형성하여 위산과 섞여 있는 음식물이 위벽이나 식도에 접촉하는 것을 막아 줌으로서 제산제의 역할을 한다.

상기 본 발명의 보리국수 제조시 알긴산은 0.1 ~ 1.0중량부를 첨가하는 것이 바람직한데, 0.1중량부 미만으로 첨가할 경우, 보리국수 제조 후, 면의 표면이 거칠어지고 조리시 전분의 손실량이 많아 바람직하지 않으며, 1.0중량부를 초과할 경우, 면의 식감이 질겨져 바람직하지 않다.

상기 천일염은 국내산 특히 신안에서 생산된 천일염을 사용하는 것이 바람직한데, 신안에서 생산된 천일염에는 칼슘, 칼륨, 마그네슘 등의 무기질이 풍부하게 함유되어 있어, 인체 내에서 혈압을 낮추는 효과가 있는 것으로 알려져 있다.

또한 천일염은 제면 시 맛을 부여할 뿐만 아니라 면의 글루텐 조직을 더욱 단단하게 하는 역할을 한다. 상기 천일염에 풍부하게 함유된 칼슘, 칼륨, 마그네슘 등의 금속이온은 보리국수를 조리하는 과정에서 면의 내부에서 열에 의해 가수분해된 알긴산과 서로 결합하여 면의 조직을 더욱 치밀하게 하는 역할을 하며, 면의 표면에서는 열과 수분에 의해 가수분해된 알긴산이 특유의 끈적한 점액성 껍을 형성하여 조리면을 코팅해줌으로써 면과 면이 서로 달라붙지 않게 하는 효과가 있다.

상기 제조된 보리국수용 생지는 30 ~ 35℃의 온도에서 숙성하는 것이 바람직하며, 이 숙성과정에서 보리가루와 밀가루에 포함되어 있는 미량의 효소들의 작용에 의해 반죽이 부드러워지며 탄력이 생기게 되는데, 숙성온도가 30℃ 보다 낮은 온도에서는 효소의 활성이 잘 이루어지지 않아 반죽에 탄력이 떨어져 바람직하지 않으며, 35℃를 초과하게 되면 고온으로 효소 및 반죽에 함유된 단백질의 변성이 일어나 반죽의 탄력과 부드러움이 떨어져 바람직하지 않다.

이하, 상기와 같은 본 발명에 의한 보리국수의 제조방법을 상세히 설명하면 다음과 같다.

#### <실시예 1>

200메시 입도의 새싹보리가루 500g, 강력분 밀가루 500g을 골고루 잘 섞이도록 교반하여 1차 혼합분을 제조하고, 상기 1차 혼합분에 활성글루텐 50g, 알긴산 3g을 첨가하여 골고루 잘 혼합하여 2차 혼합분을 제조하고, 상기 2차 혼합분에 천일염 45g을 녹인 물 300g을 첨가하여 반죽기에서 반죽하여 보리국수용 생지를 제조하였다. 상기 제조된 보리국수용 생지는 32℃의 항온기에서 12시간 숙성시킨 다음, 국수 제조기를 통해 압출 성형하여 직경 1mm의 두께의 보리국수를 완성하였다.

#### <실시예 2>

도정한 새싹보리 1kg을 세척한 후, 물에 30분 정도 불린 후, 2.5kg의 물을 첨가하여 30분 동안 가열하여 호화시켰다. 상기 호화시킨 새싹보리는 열풍건조 후, 입도 200메시로 분쇄하여 준비하였다.

상기 200메시 입도의 호화된 새싹보리가루를 사용한 것을 제외하고 상기 실시예 1의 방법과

동일하게 보리국수를 제조하였다.

<비교예>

본 발명의 보리국수에 대한 대조군으로서 중력분 밀가루 1kg에 천일염 45g을 녹인물 300g을 첨가하는 것을 제외하고 상기 실시예 1의 방법과 동일하게 밀가루 국수를 제조하였다.

<실험예 1>

상기 실시예 1 내지 2 및 비교예에서 제조된 보리국수와 밀가루 국수 50g을 끓는 물에 넣고 5분간 삶은 후, 찬물에 2회 행구어 물기를 뺀 후, 실온에 방치한 시간에 따른 면의 경도변화를 측정하여 표 3에 나타내었다.

【표 3】 방치 시간에 따른 국수의 경도 변화(단위: g/cm<sup>2</sup>)

	0시간	10분	30분	60분	90분
실시예1	592.9	578.7	541.7	460.3	468.1
실시예2	603.7	591.3	568.4	471.8	486.9
비교예	610.3	604.1	570.3	473.2	502.8

그 결과 실시예 1 내지 실시예 2의 보리국수는 밀가루 국수와 거의 유사한 경도를 보였으며, 실시예 1의 보리국수보다 실시예 2의 호화시킨 새쌀보리가루를 첨가한 보리국수의 면의 경도가 더 높은 것으로 나타났다. 보리국수 및 밀가루국수 모두 시간이 지남에 따라 거의 경도가 감소하였으며, 실시예 2의 보리국수는 방치시간 30분에서 밀가루 국수와 거의 동일한 수준의 경도를 나타내었다. 방치시간 60분까지는 면의 경도가 시간이 지남에 따라 감소하는 경향을 보였으나, 90분 후에는 오히려 실시예 1 내지 2의 보리국수와 비교예의 밀가루 국수 모두 경도가 높아지는 경향을 나타내었는데, 이것은 수분의 증발로 인하여 국수의 표면이 노화되어 발생하는 현상으로 보이며, 노화 정도는 방치시간 90분의 경도변화로 보아 밀가루국수가 보리국수보다 더 빨리 진행되는 것으로 나타났다.

<실험예 2>

상기 실시예 1 내지 2 및 비교예에서 제조된 보리국수와 밀가루 국수에 대하여 남녀 대학생 각각 10명을 대상으로 맛, 식감(탄력성), 색깔, 및 전체적인 기호도 등을 5점척도법으로 측정하여 그 평균값을 표 4에 나타내었다.

【표 4】 관능검사 측정결과

	색	맛	식감	전체적인 기호도
실시예1	3.5	3.8	3.6	3.7
실시예2	3.4	3.9	3.7	3.8
비교예	3.7	3.5	3.8	3.7

(1:매우 좋지않음, 2:좋지않음, 3:보통, 4:좋음, 5:매우좋음)

상기 표 4에 나타난 바와 같이, 색상은 비교예의 밀가루국수가 가장 좋게 나타났으며, 맛은 실시예 1 내지 실시예 2의 보리국수가 밀가루국수보다 좋은 것으로 나타났고, 식감은 밀가루국수가 가장 좋은 것으로 나타났다. 하지만 전체적인 기호도는 실시예 2의 보리국수가 가장 좋게 나타났으며, 실시예와 비교예 사이에 현저한 차이는 없었다.

이상에서 살펴본 바와 같이 본 발명의 보리국수는 밀가루국수와 비교하여 색이나 식감에 있어 거의 유사한 수준을 나타내었으며, 맛에 있어서는 오히려 보리 특유의 구수함으로 밀가루국수보다 뛰어난 것으로 나타났다.

【특허청구범위】

【청구항 1】

메성쌀보리가루 20 ~ 60중량%, 강력분 밀가루 40 ~ 80중량%를 혼합하여 1차 혼합분을 제조하는 1차 혼합분 제조단계; 상기 제조된 1차 혼합분 100중량부에 대해 활성글루텐 1 ~ 15중량부, 알긴산 0.1 ~ 1.0중량부를 첨가하여 혼합하는 2차 혼합분을 제조하는 2차 혼합분 제조단계; 상기 제조된 2차 혼합분 100중량부에 대해 천일염 3 ~ 5중량부를 물에 녹여 첨가하여 반죽함으로써 보리국수용 생지를 제조하는 보리국수용 생지 제조단계; 상기 제조된 보리국수용 생지는 30 ~ 35℃의 온도에서 3 ~ 24시간 동안 숙성하는 숙성단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 보리국수의 제조방법

【청구항 2】

제 1항에 있어서,

상기한 메성쌀보리가루는 180 ~ 250메시의 입도인 것을 특징으로 하는 보리국수의 제조방법

【청구항 3】

제 1항에 있어서,

상기한 메성쌀보리가루는 도정한 메성쌀보리에 물을 첨가하여 가열한 후, 건조 및 분쇄하여

제조된 것을 특징으로 하는 보리국수의 제조방법.

**【요약서】**

**【요약】**

본 발명은 보리국수의 제조방법에 관한 것이다. 메성쌀보리가루 20 ~ 60중량%, 강력분 밀가루 40 ~ 80중량%를 혼합하여 1차 혼합분을 제조하는 1 단계; 상기 1 단계에서 제조된 1차 혼합분 100중량부에 대해 활성글루텐 1 ~ 15중량부, 알긴산 0.1 ~ 1.0중량부를 첨가하여 혼합하는 2차 혼합분을 제조하는 2 단계; 상기 2단계에서 제조된 2차 혼합분 100중량부에 대해 천일염 3 ~ 5중량부를 물에 녹여 첨가하여 반죽함으로써 보리국수용 생지를 제조하는 3 단계; 상기 3 단계에서 제조된 보리국수용 생지는 30 ~ 35℃의 온도에서 3 ~ 24시간 동안 숙성하는 4 단계로 구성된다. 본 발명에 의한 방법으로 제조된 보리국수는 밀가루 국수와 유사한 식감을 유지하면서 보리 고유의 맛을 띠고 보리의 장점을 살린 면류 식품의 특징이 있다.



## 제 3 절 단보리를 이용한 사료개발 및 양돈 사양시험 연구

### 1. 단보리를 이용한 회장소화율 사양시험

#### 가. 재료 및 방법

##### (1) 외과적 수술

3월 교잡종 [(Landrace × Yorkshire) × Duroc] 거세돈 4두를 공시하여 회장과 맹장 인접부의 약 15cm 위치에 T-cannula를 외과적 수술기법을 이용하여 설치하였다. 수술전 16-20시간동안 절식 후 Stresnil (Janssen Pharmaceutica, Belgium)과 Zoletil 50 (Virbac Laboratory, France)을 이용하여 마취 후 수술을 실시하였다. 수술 후 26°C가 유지되는 대사 케이지에 옮겨졌으며, 시험 전 10일간의 회복기간을 거쳤다.



##### (2) 시험동물 및 시험설계

시험개시시 체중은 평균  $30.56 \pm 0.78\text{kg}$  이었다. 시험 설계는 1) VAW10 (단보리 10% 함유사료), 2) VAW20 (단보리 20% 함유사료), 3) B10 (통보리 10% 함유사료) 및 4) B20 (통보리 20% 함유사료)로 총 4처리로써 4×4 Latin square 방법으로 실시하였다.

영양소 소화율을 측정하기 위하여 사료내 표시물로 0.2%의 Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>를 첨가 배합하였다. 사료급여량은 Armstrong 및 Mitchell (1955)이 제시한 방법에 따라  $0.05 \times \text{BW}^{0.9}$  계산하여 1일 2회에 걸쳐 (08:00, 20:00) 급여하였으며, 물은 자유로이 마실 수 있게 하였다.

##### (3) 외관상 소화율 및 회장 아미노산 소화율

매주 체중을 측정하여 사료 급여량을 설정하였으며, 각 기간동안 4일간의 적응기간 후 5일째 분을 채취하여 외관상 소화율을 분석하였고, 6-7일째 회장 소화물을 채취하여 회장 소화율과 아미노산 소화율을 측정하였다. 모든 분석은 AOAC (1995)에 의해 분석하였다.

##### (4) 통계처리

모든 자료는 SAS(1996)의 General Linear Model procedure를 이용하여 Duncan's multiple range test(Duncan, 1955)로 처리하여 처리구간의 유의성을 검정하였다.

## 나. 결 과

### (1) 분 및 회장 소화율

육성돈에 단보리 및 통보리 수준별 급여시 분과 회장소화율에 미치는 영향에 대하여 table 1에 나타내었다. 분내 소화율에서 처리구간 차이를 나타내지 않았으며, 회장 소화율에서도 처리구간 차이를 나타내지 않았다 ( $P>0.05$ ).

### (2) 회장내 아미노산 소화율

육성돈에 단보리 및 통보리 수준별 급여시 회장내 아미노산 소화율에 미치는 영향에 대하여 table 2에 나타내었다. 필수 아미노산에서 phenylalanine, threonine, valine은 VAW10처리구가 다른 처리구에 비해 가장 높은 함량을 나타내었다 ( $P<0.05$ ). 비 필수 아미노산에서 alanine, asparagine, cysteine, glutamine, glycin 및 proline은 VAW10처리구가 다른 처리구에 비해 가장 높은 함량을 나타내었다( $P<0.05$ ). 따라서, VAW10처리구가 다른 처리구에 비해 아미노산 소화율에서 가장 높은 결과를 나타내었다.

Table 1. Effects of barley on nutrient digestibility in growing pigs<sup>1</sup>

Item (%)	VAW10 <sup>2</sup>	VAW20 <sup>2</sup>	B10 <sup>2</sup>	B20 <sup>2</sup>	SE <sup>3</sup>
Feces					
DM	76.4	75.7	76.6	73.1	1.71
N	75.1	75.4	74.3	73.4	0.72
Energy	74.5	76.0	75.5	73.9	1.67
Ileal					
DM	68.1	68.7	67.7	66.1	1.56
N	66.9	67.2	67.5	65.6	1.53
Energy	70.7	70.5	69.5	68.9	1.34

<sup>1</sup>Initial BW 30.56±0.78 kg.

<sup>2</sup>Abbreviation : VAW10, 단보리 10% 함유사료; VAW20, 단보리 20%함유사료; B10, 통보리 10% 함유사료; B20, 통보리 20% 함유사료

<sup>3</sup> Pooled standard error

Table 2. Effects of barley on ileal amino acid in growing pigs<sup>1</sup>

Item (%)	VAW10 <sup>2</sup>	VAW20 <sup>2</sup>	B10 <sup>2</sup>	B20 <sup>2</sup>	SE <sup>3</sup>
Essential AA					
ARG	77.3	76.3	75.9	73.3	1.59
HIS	77.3	74.9	73.3	72.3	1.52
ILE	67.7	64.3	63.7	63	1.31
LEU	70.4	68.8	68.1	67.1	0.92
MET	70.9	70.7	70.3	70.1	0.91
LYS	73.4	71.1	68.7	67.4	2.47
PHE	72.9 <sup>a</sup>	71.3 <sup>ab</sup>	70.3 <sup>b</sup>	69.6 <sup>b</sup>	0.57
THR	67.3 <sup>a</sup>	66.0 <sup>ab</sup>	65.7 <sup>ab</sup>	65.0 <sup>b</sup>	0.62
VAL	70.7 <sup>a</sup>	69.7 <sup>ab</sup>	68.0 <sup>ab</sup>	67.3 <sup>b</sup>	0.88
Non-essential AA					
ALA	67.2 <sup>a</sup>	66.6 <sup>ab</sup>	66.0 <sup>bc</sup>	65.1 <sup>c</sup>	0.29
ASP	64.8 <sup>a</sup>	63.4 <sup>ab</sup>	61.6 <sup>bc</sup>	60.9 <sup>c</sup>	0.59
CYS	67.9 <sup>a</sup>	66.9 <sup>ab</sup>	65.8 <sup>ab</sup>	63.9 <sup>b</sup>	1.05
GLU	79.7 <sup>a</sup>	78.0 <sup>ab</sup>	77.6 <sup>ab</sup>	76.1 <sup>b</sup>	0.85
GLY	63.9 <sup>a</sup>	63.1 <sup>ab</sup>	62.6 <sup>ab</sup>	62.1 <sup>b</sup>	0.47
PRO	66.7 <sup>a</sup>	65.4 <sup>ab</sup>	64.9 <sup>bc</sup>	63.4 <sup>c</sup>	0.48
SER	64.9	63.6	63.4	64.1	0.54
TYR	66.2	65.4	64.4	64.3	0.93

<sup>1</sup>Initial BW 30.56±0.78 kg.

<sup>2</sup>Abbreviation : VAW10, 단보리 10% 함유사료; VAW20, 단보리 20% 함유사료; B10, 통보리 10% 함유사료; B20, 통보리 20% 함유사료

<sup>3</sup> Pooled standard error.

<sup>a,b,c</sup> Means in the same row with different superscripts differ (P < 0.05).

## 2. 단보리 수준별 급여를 통한 비육돈 사양시험

### 가. 재료 및 방법

#### (1) 시험동물 및 시험설계

3월 교잡종 (Landrace×Yorkshire×Duroc) 비육돈 96두를 공시하였고, 시험 개시시 체중은 61.68±1.27kg이었으며, 사양시험은 10주간 실시하였다. 처리구는 1) VAW0 (Basal diet), 2) VAW10 (Basal diet + 10% VAW) 3) VAW20 (Basal diet + 20% VAW) 및 4) VAW30 (Basal diet + 30% VAW)로 4처리, 처리당 6반복, 반복당 4두씩 임의배치 하였다.

#### (2) 시험사료 및 사양관리

사양시험은 단국대학교 시험농장에서 실시하였으며, 물은 자동급수기를 이용하여 자유로이 먹을 수 있도록 조절하였다.

### (3) 조사항목

#### (가) 일당증체량, 일당사료섭취량 및 사료효율

체중 및 사료 섭취량은 시험 개시시, 5주 및 종료시에 측정하여 일당증체량, 일당사료섭취량 및 사료효율을 계산하였다.

#### (나) 영양소 소화율

영양소 소화율을 측정하기 위하여 5주와 시험 종료시에 항문마사지법으로 채취하였으며, 표시물로서 산화크롬( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ )을 사료내 0.2% 첨가하였다. 크롬사료 급여 7일 후 분을 채취하였고, 채취한 분은 60°C 열풍건조기에서 72시간 건조시킨 후 Wiley mill로 분쇄하여 분석에 이용하였다. 사료의 일반성분과 표시물로 혼합된 Cr은 AOAC(1995)에 제시된 방법에 의해 분석하였다.

#### (다) 혈액특성

혈청 생화학적 검사는 5주와 종료시에 각 처리당 6마리를 임의 선발하여 경정맥에서 Vacuum tube (Becton Dickinson Vacutainer Systems, Franklin Lakes, NJ)를 이용하여 혈액을 5 ml 채취하여 4°C에서 3,000 rpm으로 15분간 원심분리하여 혈청을 분석에 이용하였다. 자동 혈액분석기(ADVID 120, Bayer, USA)를 이용하여 WBC (white blood cell), RBC(red blood cell) 및 lymphocyte를 조사하였다. 분리된 혈청은 enzymatic colorimetric method(Allain et al., 1974)에 의하여, total cholesterol은 total cholesterol 검사시약 (Boehringer Mannheim, Germany)에 반응시켜 자동 생화학 분석기 (HITACHI 747, Japan) 를 이용하여 측정하였다. IgG와 glucose는 Nephelometry 방법으로 Nephelometer (Behring, Germany) 분석기계를 이용하여 분석하였다.

#### (라) 통계처리

모든 자료는 SAS (1996)의 General Linear Model Procedure를 이용하여 분산분석을 실시하였고, 유의성이 있을 경우 Duncan's multiple range test (Duncan, 1955)로 처리 평균간의 차이를  $P < 0.05$ 에서 검정하였다.

## 나. 결 과

### (1) 생산성

단보리(VAW) 사료 급여시 비육돈의 생산성에 미치는 영향은 표 1에 나타내었다. 일당증체량, 일당사료섭취량 및 사료효율에서 0~5주, 5~10주 및 전체시험기간 동안 처리구간에 유의적인 차이를 보이지 않았다 ( $P > 0.05$ ).

Table 1. Effect of VAW diet on growth performance in finishing pigs<sup>1</sup>

Items	VAW0	VAW10	VAW20	VAW30	SE <sup>2</sup>
0 to 5 week					
ADG, g	705	726	746	745	21
ADFI, g	2,192	2,213	2,226	2,231	50
G/F	0.322	0.328	0.335	0.334	0.010
5 to 10 week					
ADG, g	794	827	830	823	34
ADFI, g	2,582	2,617	2,625	2,655	128
G/F	0.308	0.316	0.316	0.310	0.022
0 to 10 week					
ADG, g	750	777	788	784	21
ADFI, g	2,387	2,415	2,426	2,443	79
G/F	0.314	0.322	0.325	0.321	0.014

<sup>1</sup>Abbreviation: VAW0 (Basal diet); VAW10 (Basal diet + 10% VAW); VAW20 (Basal diet + 20% VAW); VAW30 (Basal diet + 30% VAW).

<sup>2</sup>Pooled standard error

## (2) 영양소 소화율

단보리(VAW) 사료 급여시 비육돈의 영양소 소화율에 미치는 영향은 표 2에 나타내었다. 건물, 질소 및 에너지 소화율에서 5주와 종료시(10주) 처리구간에 유의적인 차이를 보이지 않았다 (P>0.05).

Table 2. Effect of VAW diet on nutrient digestibility in finishing pigs<sup>1</sup>

Items, %	VAW0	VAW10	VAW20	VAW30	SE <sup>2</sup>
Dry matter					
5 week	73.44	75.55	74.76	74.55	1.85
10 week	72.36	73.95	71.30	75.92	1.60
Nitrogen					
5 week	71.85	73.13	67.50	69.68	1.71
10 week	72.10	69.48	69.01	71.66	1.96
Energy					
5 week	74.43	76.31	74.38	74.54	0.87
10 week	73.42	74.12	74.32	76.64	1.64

<sup>1</sup>Abbreviation: VAW0 (Basal diet); VAW10 (Basal diet + 10% VAW); VAW20 (Basal diet + 20% VAW); VAW30 (Basal diet + 30% VAW).

<sup>2</sup>Pooled standard error

(3) 혈액 특성

단보리(VAW) 사료 급여시 비육돈의 혈액 특성에 미치는 영향은 표 3에 나타내었다. 혈액 내 Total cholesterol은 종료시(10주) 때, VAW0 처리구가 VAW30 처리구보다 유의적으로 높았다( $P<0.05$ ). 그러나, 혈액 내 Glucose, IgG, RBC, WBC 및 Lymphocyte 함량에서 개시시, 5주 및 종료시(10주) 모두 처리구간에 유의적인 차이를 보이지 않았다 ( $P>0.05$ ).

Table 3. Effect of VAW diet on blood characteristics in finishing pigs<sup>1</sup>

Items	VAW0	VAW10	VAW20	VAW30	SE <sup>2</sup>
Total cholesterol, mg/dL					
0 week	94	92	92	94	3
5 week	93	88	83	88	5
10 week	114 <sup>a</sup>	102 <sup>ab</sup>	97 <sup>ab</sup>	91 <sup>b</sup>	5
Glucose, mg/dL					
0 week	65	62	63	64	2
5 week	67	64	65	68	5
10 week	68	63	66	70	4
IgG, mg/dL					
0 week	790	762	862	858	66
5 week	947	986	1,047	1,037	97
10 week	1,057	1,147	1,175	1,180	74
RBC,					
0 week	6.13	6.29	6.18	6.24	0.20
5 week	6.21	6.31	6.38	6.47	0.18
10 week	6.35	6.44	6.99	6.89	0.19
WBC, 10/mm					
0 week	16.68	16.72	16.66	18.96	1.32
5 week	16.70	17.94	17.52	19.13	1.49
10 week	16.91	18.53	19.12	19.45	1.08
Lymphocyte, %					
0 week	56.97	55.75	55.50	49.83	2.31
5 week	57.65	56.83	60.88	54.30	2.71
10 week	58.90	57.88	63.83	54.73	3.27

<sup>1</sup>Abbreviation: VAW0 (Basal diet); VAW10 (Basal diet + 10% VAW); VAW20 (Basal diet + 20% VAW); VAW30 (Basal diet + 30% VAW).

<sup>2</sup>Pooled standard error

<sup>a,b</sup>Means in the same row with different superscripts differ ( $P<0.05$ ).

(4) 육질 특성

사료내 단보리의 첨가가 비육돈의 육질 특성에 미치는 영향은 Table 4에 나타내었다. 육색의 명도(L\*)에 있어서 VAW0 처리구가 VAW20과 VAW30 처리구와 비교하여 유의적으로 높게 나타났다(P<0.05). 또한, 보수력에 있어서는 VAW30 처리구가 VAW0와 VAW10 처리구와 비교하여 유의적으로 높게 나타났다(P<0.05). 그러나 관능검사, 육색의 적색도(a\*), 황색도(b\*), 가열감량, pH 및 등심면적에 있어서는 유의적인 차이를 보이지 않았다(P>0.05).

Table 4. Effect of VAW on meat quality in finishing pigs<sup>1</sup>

Items	VAW0	VAW10	VAW20	VAW30	SE <sup>2</sup>
Sensory evaluation <sup>3</sup>					
Color	2.58	2.74	2.63	2.67	0.148
Marbling	2.13	2.17	2.15	2.20	0.131
Firmness	1.85	1.79	1.82	1.81	0.157
Meat color <sup>4</sup>					
L*(lightness)	56.55 <sup>a</sup>	55.42 <sup>ab</sup>	53.18 <sup>b</sup>	51.86 <sup>b</sup>	1.436
a*(redness)	15.70	15.40	16.37	15.64	0.215
b*(yellowness)	7.34	7.28	7.17	7.25	0.387
Cooking loss, %	23.47	23.25	22.84	23.65	0.418
pH at 24 h	5.73	5.68	5.74	5.76	0.054
WHC <sup>5</sup> ,%	41.27 <sup>b</sup>	42.31 <sup>b</sup>	44.80 <sup>ab</sup>	46.50 <sup>a</sup>	2.015
LMA <sup>6</sup> ,cm <sup>2</sup>	41.46	42.24	42.07	41.45	0.689

<sup>1</sup> Abbreviation: VAW0 (Basal diet); VAW10 (Basal diet + 10% barley); VAW20 (Basal diet + 20% barley); VAW30 (Basal diet + 30% barley).

<sup>2</sup> Standard error

<sup>3</sup> According to the NPPC (2000) that is determined on a freshly-cut surface on the color scale of 1 to 5), Firmness (3 or greater on the scale of 1 to 5), Marbling (3 or greater on the scale of 1 to 5).

<sup>4</sup> L\* indicates lightness, a\* indicates redness, b\* indicates yellowness.

<sup>5</sup> Water holding capacity.

<sup>6</sup> Loin muscle area.

<sup>ab</sup> means in the same row with different superscripts differ (P<0.05).

(5) 경제성 평가

단보리의 첨가가 비육돈의 경제성에 미치는 영향은 Table 5에 나타내었다. 사료단가, 총 사료 섭취량, 총 사료비용 및 총사료비용/총증체량에 있어서 단보리 첨가에 따라 증가하였다. 따라서 사료가 상대지표는 CON 처리구를 100으로 보았을 때 단보리의 첨가수준 증가에 따라 높아지는 결과를 보였다.

Table 5. Effect of VAW on economic evaluation in finishing pigs<sup>1</sup>

Item	VAW0	VAW10	VAW20	VAW30
Feed cost, ₩/kg <sup>2</sup>	450	450+(800×10%) = 530	450+(800×20%) = 610	450+(800×30%) = 690
Total feed intake, kg	2.387kg×70day = 167.09	2.415kg×70day = 169.05	2.426kg×70day = 169.82	2,443kg×70day = 171.01
Total feed cost, ₩	450won×167.09kg = 75,191	530won×169.05kg = 89,597	610won×169.82kg = 103,590	690won×171.01kg = 117,996
Total weight gain	0.750kg×70day = 52.50	0.777kg×70day = 54.39	0.788kg×70day = 55.16	0.784kg×70day = 54.88
Total feed cost / Total weight gain, ₩	1,432	1,647	1,878	2,150
Feed value index	100	115	131	150

<sup>1</sup> Abbreviation : VAW0 (basal diet); VAW10 (basal diet + 10% VAW); VAW20 (basal diet + 20% VAW); VAW30 (basal diet + 30% VAW).

<sup>2</sup> VAW cost : 800₩/kg

본 시험결과, 단보리의 수준별 급여에 따른 비육돈의 생산성, 영양소 소화율, 혈액특성 및 육질특성에는 효과가 나타나지 않았다. 또한, 경제성 평가에 있어서도 단보리를 급여하지 않은 대조구에 비해 단보리의 급여가 경제성이 떨어진다는 결과가 나왔다. 이에 3차년도에서는 2차년도 시험에서 비육 전기간 단보리의 급여 결과를 바탕으로 하여, 단보리(10% 첨가)의 급여기간에 따른 생산성 및 경제성에 미치는 영향에 대해 알아보하고자 한다.



### 3. 단보리 급여기간에 따른 비육돈 사양시험

#### 가. 재료 및 방법

##### (1) 시험동물 및 시험설계

3원 교잡종 (Landrace×Yorkshire×Duroc) 비육돈 144두를 공시하였고, 시험 개시시 체중은  $61.68 \pm 1.27\text{kg}$ 이었으며, 사양시험은 8주간 실시하였다. 처리구는 1) CON, (Basal diet, 비육 전 기간 일반사료 급여), 2) VAW1 (Basal diet + 10% VAW, 비육 전기간 단보리사료 급여) 및 3) VAW2 (Basal diet + 10% VAW, 비육후기 4주간 단보리사료 급여)로 3처리, 처리당 12반복, 반복당 4두씩 임의배치 하였다.

##### (2) 시험사료 및 사양관리

사양시험은 단국대학교 시험농장에서 실시하였으며, 물은 자동급수기를 이용하여 자유로이 먹을 수 있도록 조절하였다.

##### (3) 조사항목

###### (가) 일당증체량, 일당사료섭취량 및 사료효율

체중 및 사료 섭취량은 시험 개시시, 4주 및 8주 (종료시)에 측정하여 일당증체량, 일당사료섭취량 및 사료효율을 계산하였다.

###### (나) 영양소 소화율

영양소 소화율을 측정하기 위하여 5주와 시험 종료시에 항문마사지법으로 채취하였으며, 표시물로서 산화크롬( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ )을 사료내 0.2% 첨가하였다. 크롬사료 급여 7일 후 분을 채취하였고, 채취한 분은  $60^\circ\text{C}$  열풍건조기에서 72시간 건조시킨 후 Wiley mill로 분쇄하여 분석에 이용하였다. 사료의 일반성분과 표시물로 혼합된 Cr은 AOAC(1995)에 제시된 방법에 의해 분석하였다.

###### (다) 혈액특성

혈액채취는 시험 4주와 종료시에 각 처리당 6마리를 임의 선발하여 경정맥에서  $\text{K}_3\text{EDTA}$  Vacuum tube (Becton Dickinson Vacutainer Systems, Franklin Lakes, NJ)를 이용하여 혈액을 2 ml 채취 후 자동 혈액분석기(ADVID 120, Bayer, USA)를 이용하여 WBC (white blood cell), RBC(red blood cell) 및 lymphocyte를 조사하였다. 혈청 생화학적 검사를 위해 Vacuum tube (Becton Dickinson Vacutainer Systems, Franklin Lakes, NJ)를 이용하여 혈액을 5 ml 채취 후  $4^\circ\text{C}$ 에서 3,000 rpm으로 15분간 원심분리하여, 혈청을 분리한 뒤 enzymatic colorimetric method(Allain et al., 1974)에 의하여 IgG와 glucose는 Nephelometry 방법으로 Nephelometer (Behring, Germany) 분석기계를 이용하여 분석하였다.

###### (라) 육질특성

육질 분석에 사용된 돈육은 도축 후  $4^\circ\text{C}$  냉장고에 24시간 저장 후 반도체 등심 부위 (M.longissimusdorsi)를 분할 정형하여 분석에 이용하였다. 육색은 Chromameter (Model CR-210, Minolta Co., Japan)를 사용하여 각 sample 당 5회 반복하여 측정하였다. 이때 표준색

관은 L\* (lightness)=89.2, a\* (redness)=0.921, b\* (yellowness)=0.783으로 하였다. 관능검사는 관능검사요원이 수행하였으며, NPPC (2000) 기준안에 의해 신선육의 육색 (color: 1-5), 근내지방도 (marbling: 1-5), 경도 (firmness: 1-5)를 조사하였다. 보수력은 Hofmann 등 (1982)의 방법으로 측정하여 planimeter (X-plan, Ushikata 360dII, Japan)로 면적을 구하고 육의 표면적을 수분의 면적으로 나눈 값으로 표시하였다. 육의 pH 값은 도살 후 모든 시료를 pH meter (Istek, Model 77p)를 사용하여 측정하였다. 등심단면적은 등심의 단면적을 OHP 필름을 이용하여 등심의 둘레를 측정하였고, 구적기 (MT-10S, MT precision, Japan)를 이용하여 면적을 측정하였다. 가열감량은 시료를 일정한 모양으로 정형하여 무게를 측정한 후, polyethylene bag에 넣고 항온수조 (75℃)에서 30 분간 가열하고 상온에서 30분간 방냉시킨 후 시료의 무게를 측정하였다. 저장 감량 (drop loss)은 시료를 2cm 두께의 일정한 모양으로 정형한 후 polyethylene bag에 넣어 4℃ 냉장실에서 7일간 보관하면서 1일, 3일, 5일 및 7일 후 발생하는 감량을 측정하였다.

(마) 통계처리

모든 자료는 SAS (1996)의 General Linear Model Procedure를 이용하여 분산분석을 실시하였고, 유의성이 있을 경우 Duncan's multiple range test (Duncan, 1955)로 처리 평균간의 차이를 P<0.05에서 검정하였다.

나. 결 과

(1) 생산성

단보리(VAW) 사료 기간별 급여시 비육돈의 생산성에 미치는 영향은 표 1에 나타내었다. 일당증체량, 일당사료섭취량 및 사료효율에서 0~4주, 4~8주 및 전체시험기간 동안 처리구간에 유의적인 차이를 보이지 않았다 (P>0.05).

Table 1. Effect of different feeding period of VAW on growth performance in finishing pigs<sup>1</sup>

Items	CON	VAW1	VAW2	SE <sup>2</sup>
0 to 4 week				
ADG, g	847	876	846	19
ADFI, g	2,527	2,557	2,514	65
G/F	0.335	0.343	0.337	0.006
4 to 8 week				
ADG, g	902	944	971	26
ADFI, g	2,806	2,964	2,965	66
G/F	0.321	0.318	0.327	0.008
Overall				
ADG, g	875	910	909	14
ADFI, g	2,667	2,761	2,740	29
G/F	0.328	0.330	0.332	0.006

<sup>1</sup> Abbreviation: CON, Basal diet; VAW1, Basal diet + 10% VAW (0~8 weeks); VAW2, Basal diet + 10% VAW (4~8 weeks).

<sup>2</sup> Standard error

### (2) 영양소 소화율

단보리(VAW) 사료 기간별 급여시 비육돈의 영양소 소화율에 미치는 영향은 표 2에 나타내었다. 건물, 질소 및 에너지 소화율에서 4주와 종료시(8주) 처리구간에 유의적인 차이를 보이지 않았다 ( $P>0.05$ ).

Table 2. Effect of different feeding period of VAW on nutrient digestibility in finishing pigs<sup>1</sup>

Items, %	CON	VAW1	VAW2	SE <sup>2</sup>
Dry matter				
4 week	78.04	78.45	78.74	0.22
8 week	75.86	76.11	76.32	0.33
Nitrogen				
4 week	77.22	77.63	77.94	0.66
8 week	75.64	75.95	75.70	0.16
Energy				
4 week	76.57	76.76	76.95	0.15
8 week	75.30	75.57	75.77	0.20

<sup>1</sup> Abbreviation: CON, Basal diet; VAW1, Basal diet + 10% VAW (0~8 weeks); VAW2, Basal diet + 10% VAW (4~8 weeks).

<sup>2</sup> Standard error

### (3) 혈액 특성

단보리(VAW) 사료 기간별 급여시 비육돈의 혈액 특성에 미치는 영향은 표 3에 나타내었다. 혈액 내 Lymphocyte 함량은 종료시(8주) 때, CON 처리구가 VAW1 처리구보다 유의적으로 높았다 ( $P<0.05$ ). IgG 함량에 있어서도 4주차에는 VAW1 처리구가 CON 처리구보다 높게 나타났고 ( $P<0.05$ ), 8주차에는 단보리가 급여된 VAW1과 VAW2 처리구가 CON 처리구보다 높게 나타났다 ( $P<0.05$ ). 그러나, 혈액 내 WBC, RBC 및 Glucose 함량에서 4주 및 8주차에 모두 처리구간에 유의적인 차이를 보이지 않았다 ( $P>0.05$ ).

Table 3. Effect of different feeding period of VAW on blood characteristics in finishing pigs<sup>1</sup>

Items	CON	VAW1	VAW2	SE <sup>2</sup>
WBC, 10 <sup>3</sup> /mm				
4 week	14.76	15.20	14.59	1.04
8 week	20.46	20.76	20.62	1.62
RBC, 10 <sup>6</sup> /mm				
4 week	6.70	6.88	6.69	0.14
8 week	6.90	6.61	6.77	0.15
Lymphocyte, %				
4 week	66.56	61.12	65.22	2.83
8 week	65.26 <sup>a</sup>	59.52 <sup>b</sup>	61.88 <sup>ab</sup>	1.20
Glucose, mg/dL				
4 week	76.8	77.4	76.2	4.3
8 week	83.6	78.2	78.0	5.0
IgG, mg/dL				
4 week	793.2 <sup>b</sup>	928.8 <sup>a</sup>	811.8 <sup>b</sup>	19.3
8 week	799.8 <sup>b</sup>	1013.2 <sup>a</sup>	942.4 <sup>a</sup>	42.2

<sup>1</sup> Abbreviation: CON, Basal diet; VAW1, Basal diet + 10% VAW (0~8 weeks); VAW2, Basal diet + 10% VAW (4~8 weeks).

<sup>2</sup> Standard error

<sup>a,b</sup> Means in the same row with different superscripts differ (P<0.05).

#### (4) 육질 특성

단보리(VAW) 사료 기간별 급여시 비육돈의 육질 특성에 미치는 영향은 Table 4에 나타내었다. 육색의 황색도 (b\*)에 있어서 VAW1 처리구가 CON 처리구보다 낮게 나타났고 (P<0.05). 관능감사에 있어 육색은 VAW1 처리구가 CON과 VAW2 처리구보다 높게 나타났고 (P<0.05), 근내지방도는 VAW2 처리구가 CON 처리구보다 높게 나타났고 (P<0.05). 그러나 경도에 있어서는 처리구간 아무런 차이를 보이지 않았다 (P>0.05). 저장감량에 있어서는 1일과 5일째 VAW1 처리구가 CON 처리구보다 낮게 나타났지만 (P<0.05), 3일과 7일째에는 처리구가 아무런 유의적인 차이를 보이지 않았다 (P>0.05). 그러나 육색의 명도 (L\*) 및 적색도 (a\*), 가열감량, pH 등심단면적 및 보수력에 있어서는 유의적인 차이를 보이지 않았다(P>0.05).

Table 4. Effect of different feeding period of VAW on meat quality in finishing pigs<sup>1</sup>

Items	CON	VAW1	VAW2	SE <sup>2</sup>
Sensory evaluation <sup>3</sup>				
Color	1.97 <sup>b</sup>	2.17 <sup>a</sup>	1.83 <sup>b</sup>	0.05
Marbling	2.08 <sup>b</sup>	2.24 <sup>ab</sup>	2.38 <sup>a</sup>	0.07
Firmness	1.95	1.87	2.05	0.09
Meat color <sup>4</sup>				
L* (lightness)	57.06	54.71	57.96	1.06
a* (redness)	18.61	18.44	18.78	0.28
b* (yellowness)	12.63 <sup>a</sup>	10.41 <sup>b</sup>	11.56 <sup>ab</sup>	0.56
Cooking loss, %	28.90	29.4	27.25	0.69
pH at 24 h	5.72	5.71	5.69	0.08
WHC <sup>5</sup> ,%	60.40	58.93	56.24	2.93
LMA <sup>6</sup> ,cm2	51.36	52.92	51.79	0.76
Drip loss, %				
1 d	8.70 <sup>a</sup>	4.67 <sup>b</sup>	6.67 <sup>ab</sup>	1.10
3 d	14.87	11.26	13.01	1.38
5 d	17.09 <sup>a</sup>	12.15 <sup>b</sup>	13.89 <sup>ab</sup>	1.35
7 d	17.54	16.01	15.24	1.47

<sup>1</sup> Abbreviation: CON, Basal diet; VAW1, Basal diet + 10% VAW (0~8 weeks); VAW2, Basal diet + 10% VAW (4~8 weeks).

<sup>2</sup> Standard error

<sup>3</sup> According to the NPPC (2000) that is determined on a freshly-cut surface on the color scale of 1 to 5), Firmness (3 or greater on the scale of 1 to 5), Marbling (3 or greater on the scale of 1 to 5).

<sup>4</sup> L\* indicates lightness, a\* indicates redness, b\* indicates yellowness.

<sup>5</sup> Water holding capacity.

<sup>6</sup> Loin muscle area.

<sup>a,b</sup> Means in the same row with different superscripts differ (P<0.05).

#### (5) 경제성 평가

단보리(VAW) 사료 기간별 급여시 비육돈의 경제성에 미치는 영향은 Table 5에 나타내었다. 사료단가, 총 사료섭취량, 총 사료비용 및 총사료비용/총중체량에 있어서 단보리 첨가 급여로 인하여 증가하였다. 따라서 사료가 상대지표는 CON 처리구를 100으로 보았을 때 단보리의 첨가된 사료 급여시 높아지며, 비육 후기에만 첨가한 VAW2 처리구가 전체 시험기간 동안 단보리 급여보다는 낮은 결과를 나타내었다.

Table 5. Effect of different feeding period of VAW on economic evaluation in finishing pigs<sup>1</sup>

Item	CON	VAW1	VAW2
Feed cost, ₩/kg <sup>2</sup>	460	460+(800×10%) = 540	460 460+(800×10%) = 540
Total feed intake, kg	2.667kg×56day = 149.35	2.761kg×56day = 154.61	2.514kg×28day=70.39 2.965kg×28day=83.02
Total feed cost, ₩	460won×149.35kg = 68,701	540won×154.61kg = 83,489	460won×70.39kg=32,379 540won×83.02kg=44,831
Total weight gain	0.875kg×56day = 49.00	0.910kg×56day = 50.96	0.846kg×28day=23.69 0.971kg×28day=27.19
Total feed cost / Total weight gain, ₩	1,402	1,638	1,367+1,648=1,507
Feed value index	100	116	107

<sup>1</sup> Abbreviation: CON, Basal diet; VAW1, Basal diet + 10% VAW (0~8 weeks); VAW2, Basal diet + 10% VAW (4~8 weeks).

<sup>2</sup> Standard error

<sup>2</sup> VAW cost : 800₩/kg

본 시험결과, 단보리의 급여 기간에 따른 비육돈의 생산성, 혈액특성 및 육질특성에 있어서는 생산성은 효과를 나타내지 않았지만, 혈액에서는 단보리 급여시 면역지표를 나타내는 IgG 함량이 높아지는 효과를 나타내었고, 육질특성에서도 저장감량이 감소되고 관능검사시 육색과 근내지방도가 개선되는 효과를 나타내었다. 또한, 경제성 평가에 있어서는 단보리를 급여하지 않은 대조구에 비해 단보리의 급여가 경제성이 떨어진다는 결과가 나왔다. 하지만, 비육후기 4주 전에 단보리 급여가 비육 전기간 단보리사료를 급여와 비교하여 생산성, 혈액특성 및 육질특성에서 별다른 차이를 보이지 않으므로, 비육 후기에 단보리 사료를 급여가 적당하다고 사료된다.

## 제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

구분 (연도)	세부과제명	세부연구목표	달성도 (%)	연구개발 수행내용
1차 연도 (2009)	제 1세부 과제: 단보리의 최적 생 산을 위한 생리적, 생화학적 연구	단보리의 최적생산을 위한 생 리적, 생화학적 연구-단보리 생산 기초 기술검증	100%	○ 다양한 환경조건 하에서 단보리의 최 적생산을 위한 분자생리학적 연구
			100%	○ 단보리의 자기분해 과정 중 관련 효소의 발현 기작 추적 및 최적 조건 확립
			100%	○ 단보리의 자기분해 효소의 생화학 적 기능 구명
			100%	○ 단보리 영양성분의 연구
	제 2세부 과제: 단보리 가루의 밀 가루 대체용 식품 가공 특성조사 및 제품개발	발아생체 보리의 제면 제빵에 의 이용적성 조사를 위한 반죽 특성 연구	100%	발아생체 보리 식품소재화 시료의 반 죽특성
			100%	발아생체 보리와 밀가루 혼합비율별 반죽특성
			100%	반죽형성 및 기초적 특성의 연구
			100%	아밀로그래프, 파리노그래프, 익스텐소그라 프
		발아생체 보리 모싯잎 떡 제품 개발	100%	발아생체 보리 모싯잎 떡의 개발 및 품질 특성
	제 3세부 과제: 단보리를 이용한 사료개발 및 양돈 사양시험 연구	단보리를 이용한 사료개발 및 양돈 사양시험 연구	100%	○ 단보리와 일반보리의 사료가치 평 가 - 외과적 수술한 돼지 공시 - 단보리 vs 일반보리 급여 - 회장 및 분소화율 평가 (건물, 질 소, 에너지)

뒷면 계속

2차 연도 (2010 )	제 1세부 과제: 단보리의 최적 생 산을 위한 생리적, 생화학적 연구	단보리의 최적 생산을 위한 생 리적, 생화학적 연구	100%	○ 단보리의 자기분해 효소의 생화학 적 기능 구명
			100%	○ 환경스트레스에 대한 보리의 반응 연구 - 중금속 스트레스 - 효소의 생화학적 기능 구명
	(제 2세부과제) 발아생체 보리 가루의 밀가루 대체용 식품가공 특성조사 및 제품개발	발아생체 보리 가루의 제면과 제빵 적용 연구	100%	발아생체 보리 가루를 제면, 제빵에 적 용
			100%	발아생체 보리 가루와 밀가루 혼합비율별 제품특성
			100%	호화특성, 텍스처 특성
	100%	소비자의 기호도 관능평가		
제3세부 과제: 단보리를 이용한 사료 개발	○ 단보리 함유 사료의 생산성 평가 I	100%	○ 비육돈 사양시험 - 첨가 수준별 사료 급여 - 생산성 평가 (일당증체량, 일당 사료섭취량, 사료효율) - 소화율 평가 (건물, 질소, 에너지 등) - 육질 평가 (LAB, WBC, Drip loss, Cooking loss 등) - 옥수수 대비 경제성 분석	
3차 연도 (2010 )	제 1세부 과제: 단보리의 최적 생 산을 위한 생리적, 생화학적 연구	단보리의 최적 생산을 위한 생 리적, 생화학적 연구	100%	○ 보리 종자의 RNA를 분리, cDNA를 합성하여 RT-PCR을 이용하여 유전 자의 발현 기작을 추적
			100%	○ 효소 활성의 최적조건을 조사하여 확립 ○ 단보리의 자기분해 효소의 생화학 적 기능 구명 ○ 유근의 크기에 따른 보리가루의 성 분 변화추이 및 GABA 함량 분석
	(제 2세부과제) 발아생체 보리 가루의 밀가루 대체용 식품가공 특성조사 및 제품개발	발아생체 보리 고추장의 개발	100%	단보리 고추장의 개발 및 품질특성
			100%	단보리 혼합비율별 품질연구 (아미노태 질 소, 정미성분, 아미노산, 유기산, 미생물)
	발아생체 보리를 이용한 가공식품의 상품화 연구	발아생체 보리를 이용한 가공식품의 상품화 연구	100%	상품화 추진 4종 (보리 막국수, 발아통보리 빵, 모싯잎 떡, 단보리 고추장)
100%			○ 비육돈 사양시험 - 급여기간별 사료 급여 - 생산성 평가 (일당증체량, 일당 사료섭취량, 사료효율) - 소화율 평가 (건물, 질소, 에너지 등) - 육질 평가 (LAB, WBC, Drip loss, Cooking loss 등) - 옥수수 대비 경제성 분석	
제3세부 과제: 단보리를 이용한 사료 개발	○ 단보리 함유 사료의 생산성 평가 II	100%	○ 비육돈 사양시험 - 급여기간별 사료 급여 - 생산성 평가 (일당증체량, 일당 사료섭취량, 사료효율) - 소화율 평가 (건물, 질소, 에너지 등) - 육질 평가 (LAB, WBC, Drip loss, Cooking loss 등) - 옥수수 대비 경제성 분석	



○ 단보리의 최적생산을 위한 생리적, 생화학적 연구를 통해 단보리 생산 기초 기술을 검증하였다. 다양한 환경스트레스에 대한 보리의 반응 연구와 효소의 발현 기작 추적 및 최적 조건 확립 및 효소의 생화학적 기능 구명을 통해 최적 보리품종을 선별하였다.

○ 본 연구의 대상인 발아생체 보리는 보리의 껍질까지 제조과정에서 분해시켜 전체를 제분하여도 식감이 크게 향상되며, 최근 전곡립 (whole grain)은 건강기능성 물질이 풍부하여 유익하다는 소비자들의 인식에 따라 통밀가루 및 통밀빵 제품이 상품화될 때에 발아생체 보리 기술로 대체 적용함으로써 제품의 특성을 크게 향상시킬 수 있다.

○ 맛이 없다, 소화가 안 된다는 것이 보리를 외면하는 이유였다. 그러나 본 연구에서는 새로운 발아생체 보리 특허기술을 이용하여 보리의 식미 및 소화 불량 등의 문제점을 해결하고 영양소의 흡수율을 90%이상으로 향상시켜 웰빙시대에 맞게 소비자의 기호도와 건강기능성을 지닌 보리 가공식품을 제조할 수 있는 결과를 얻었다.

○ 국내 및 국외시장 분석결과 발아한 맥아는 맥주양조용과 전분분해 효소제의 기능으로 식품가공용으로 맥아, 맥아추출액 제품과 맥주, 식혜 등의 제품으로 이용되고 있으나 시장은 정체된 상태이다. 그러나 전남영광군이 보리특구로 지정되어 활발한 사업을 추진함에 따라 보리된장, 보리엿기름, 보리차 음료, 보리 스낵, 보리 화장품 등의 생산 및 판매 시장이 활성화되기 시작하고 있다.

일반적으로 식용 보리의 껍질 부분이 사람이나 비 초식 동물의 소화효소나 물에 의하여 가수분해 되지 않는 문제점을 가지고 있는데 본 연구에서는 새로운 특허기술을 이용하여 다당체인 껍질부분이 맥아당과 아라비노자일란(Arabinoxilan) 등 기능성 식이섬유 등으로 생성된 물질을 가지고 연구를 추진하여 기능성이 향상된 식품 및 사료 등의 제품을 생산하여 국내 및 국외에 판매할 계획이다. 발아생체 보리 제조기술을 기존의 맥아를 이용한 가공식품에의 적용은 물론 새로운 전곡립 (whole grain) 가공식품의 방향으로 제품개발 및 상품화를 추진하여 단보리 막국수, 생면, 발아통보리 빵, 모싯잎 떡, 단보리 고추장 등의 보리를 새로운 밀가루 대체 건강기능성이 우수한 소재로 사용한 제품들이 생산될 수 있는 연구결과를 도출하였다.

○ 단보리를 이용한 사양시험 결과 생산성에 효과를 보이지 않았고 부정적인 효과도 나타나지 않았으므로 충분히 양돈사료에 적용이 가능하며, 단가 면에서 경제성이 떨어지긴 하지만 브랜드 돈육 생산에는 문제가 없다는 것으로 사료된다.

## 제 5 장 연구개발 성과 및 성과활용 계획

### 제 1 절 특허, 논문 및 학술발표

구분	특허		논문		학술회의 발표
	출원	등록	SCI	비SCI	
목표	2	1	2	7	-
달성	1	1(예정)	1(게재),2(투고) 1(commission for review paper)	3(게재),1(투고)	5

#### 1. 특허

가. 출원 : 목포대학교 산학협력단, 보리국수의 제조 방법 (2012. 3. 30.)

나. 등록예정 : 위의 사항을 등록예정

#### 2. 논문

- (1) 게 재 : 김현성, 오정민, 안성주. 알루미늄 내성과 민감성 보리의 빠른 screening 과 원형질막 H<sup>+</sup>-ATPase의 발현. 한국작물학회지, 56(1): 72-79 (2011.3.31)
- (2) 게 재 : 하용명, 박양균. 발아 보리 및 혼합 복합분을 이용한 국수의 특성. 한국식품저장유통학회지, 18(.2), 131-142, (2011. 4. 30.)
- (3) 게 재 : P. Y. Zhao, H. Y. Baek and I. H. Kim. Effects of Bacteriophage Supplementation on Egg Performance, Egg Quality, Excreta Microflora, and Moisture Content in Laying Hens. Asian-Australasian journal of animal science. 25(7)1015-1020 (2012.7.01.).
- (4) 게 재 : 김명희, 강정화, 박양균. 보릿가루 첨가 복합분의 반죽 물성 및 빵의 품질 특성. 한국식품저장유통학회지,19(3) -, (2012. 6. 30.)
- (5) 투 고 : 김보섭, 고두옥, 박양균. 전분질원으로 단보리를 첨가한 고추장의 품질특성. 한국식품저장유통학회지, (2012. 3. 16. 심사중)
- (6) 투 고 : L. Yan and I. H. Kim. Evaluation of dietary hydrolyzed barley on growth performance, blood characteristic and meat quality in finishing pigs. Journal of Applied Animal Research (2012.06.11 접수 및 심사중)
- (7) 투 고 : J. P. Wang and I. H. Kim. Effects of dietary water soaking barley on amino acid digestibility, growth performance, pork quality and longissimus dorsi muscle fatty acids profiles in pigs. Journal of animal science. (2012.02.24. 접수)
- (8) Commission for review paper : How do heavy metal ATPase 3 and 4 genes contribute to hyperaccumulation phenotype in plants? (Plant Science)

3. 학술회의발표

국내 및 국제 학술회의 발표				
번호	발표자	발표제목	발표일시	장소, 국명
1	Hyun-Sung Kim, Jung-Min Oh, Sang-Min Cho, Sung-Ju Ahn	Heavy Metal-induced Growth Inhibition is Associated with Inhibition of Plasma Membrane H <sup>+</sup> -ATPase Activity in Barley	2010.10.21	부산 노보텔 엠베서더 호텔
2	김현성, 오정민, 이다은, 안성주	Localization of Heavy Metals and Impaired H <sup>+</sup> -fluxes Across the Plasma Membrane under Zn and Cd Stress in Barley	2011.10.20	충청북도 단양 대명 리조트
3	박양균, 하용민	떡보리 가루를 이용한 고추장 제조 및 품질특성	2011.11.17-18	서울교육문화회관/한국
4	박양균, 하용민	발아보리를 첨가한 빵의 품질 특성	2011.6.8-11	대구엑스코/한국
5	박양균, 하용민	Effects of incorporation of Korean barley flours on the properties of doughs and noodles	2010.10.1.	경주교육문화회관/한국

제2절. 사업화, 기술이전, 상품화, 교육 지도 및 홍보

구분	사업화	기술실시 (이전)	상품화	교육지도 및 언론홍보	비고
활용건수	목표	-	4	6	-
	달성	2	2	7	옥당바이오식품과 (주)범우에서 4개(단보리 막국수, 발아통보리 빵, 모시잎 떡, 단보리 고추장)상품화 추진중

1. 사업화, 기술이전 및 상품화

가. 사업화

사업화				
번호	사업화명	제품명	업체명	사업화 형태
1	단보리 가루를 이용한 수입밀 가루 대체 식품 및 사료 개발	발아쌀보리	바우보리주식회사	기타기술이전
2	단보리 가루를 이용한 수입밀 가루 대체 식품 및 사료 개발	모시잎을 이용한 양금 제조 및 응용제품	옥당바이오식품	기타기술이전

나. 기술이전 및 상품화

(1) 발아 쌀보리: 바우보리주식회사

(2) 모시잎을 이용한 양금 제조 및 응용제품: 옥당바이오식품 (2010. 2. 1.)

2. 교육 지도활동 및 홍보실적

가. 교육 및 지도

교육 및 지도활동 내역				
번호	교육명	교재명	주요내용	활용년도
1	단보리 농축사료 돼지 사양시험 결과 조합원 교육	단보리 농축사료 돼지 사양시험 결과	단보리 농축사료 돼지 사양시험 결과 및 비육돈 사료내 단보리 첨가 효과	2009

나. 홍보 실적

홍보실적(신문, 방송, 저널 등)				
번호	홍보유형	매체명	제목	일시
1	지방일간지	영광신문	영광산 발아보리쌀 '인기'	2009-09-25
2	지방일간지	광남일보	영광군, '보리산업특구'로 지정	2009-12-30
3	Internet/PC통신	MSN 뉴스	영광군 "단보리 사료 돼지고기 품질 향상"	2009-11-22
4	Internet/PC통신	광주매일신문	영광 단보리 사료먹인 돼지 "우수" 불포화지방산 함량·체중 증가량 높아	2009-11-24
5	Internet/PC통신	남도투데이	영광군, 보리산업특구 조성 '박차'	2010-04-13
6	지방일간지	영광신문	영광산마우쌀보리 전국 보리밥집으로	2009-8-28

### 제 3절 추가연구 및 활용 계획

#### 1. 추가연구 및 활용 계획

가. 영광은 보리특구로 지정되어 있으므로 더욱 다양한 보리 제품화가 필요하다.

나. 단보리를 이용한 가공식품 개발 및 상품화 연구를 통해 단보리를 새로운 밀가루 대체 건강 기능성이 우수한 소재로 사용하여 참여업체인 범우와 옥당바이오식품에서 4종(단보리 막국수, 발아통보리 빵, 모싯잎 떡, 단보리 고추장)의 상품화를 추진 중이다.

다. 또한 생면 제조용 보리 복합분, 막걸리와 식혜 제조용 소재로 발아보리 생체의 상품화를 추진 중이다.

라. 전라남도 영광군은 2010년 보리산업특구 지정 및 영광찰쌀보리 지리적표시제 등록을 이뤄냄으로써 보리관련 특화사업육성을 위한 독보적인 위치를 선점함으로써 2012년 향토산업육성사업에 선정되어 관련 산업이 활성화되고 있다. 이에 따라 보리 가공식품 연구개발, 생산, 판매 및 축제 등 보리산업 육성사업이 큰 기대를 모으고 있다

마. 국내·외 산업체 및 대학과의 인프라 활용

본 시험의 결과를 국내·외 산업체 및 대학과의 인프라를 통한 정보 공유로 본 연구 결과 및 단보리의 효과를 산업체 세미나 및 교육을 통하여 입증 및 홍보할 수 있다.



【산업체 및 학교를 통한 정보 공유】

## 제 4 절. 경제성 분석

### 1. 생산 및 시장현황

#### 가. 국내 제품생산 및 시장 현황

최근 건강 열풍과 더불어 한때 우리 식탁에서 사라졌던 보리가 건강식품으로 돌아오고 있다. 보리 빵, 보리 피자, 보리라면, 보리 음료, 보리 화장품 등 용도가 계속 확대 중이다. 그러나 2006년 말 농협 보리 재고가 27만7000톤으로 연간 주정용 수요 5만톤의 약 6배 수준에 달하는 등 공급과잉 상황에 이르자 2007년 국무회의에서 매입가격이 공매가에 근접하는 2012년부터 정부 매입제도를 폐지하고, 별도의 수급안정대책을 추진기로 결정했다.

표 3 2009년 생산량 기준 국민 다소비 식품 세부품목 순위<sup>1)</sup>

(단위: 톤, 억원, 백만달러)

순위	품목군	품목명	생산량(T)	국내출하액 (억원)	수출액 (백만달러)
1	기타 식품류	밀가루	1,633,322	11,490	4.3
2	설탕	백설탕	1,249,516	7,158	128.1
3	기타 식품류	즉석섭취식품(기타)	1,113,579	1,715	0.1
4	음료류	탄산음료	1,112,575	10,547	9.7
5	음료류	혼합음료	522,623	6,182	25.5
6	음료류	과·채음료(기열)	490,163	5,095	18.2
7	식용유지류	콩기름(대두유)	373,623	5,578	4.4
8	규격외 일반가공식품	기타가공품	373,299	8,339	68.2
9	엿류	물엿	372,994	2,225	0.1
10	빵 또는 떡류	떡류	352,322	2,934	2.6
11	면류	유탕면류(봉지라면)	351,697	12,863	51.6
12	규격외 일반가공식품	곡류가공품	345,405	4,198	9.5
13	두부류 또는 묵류	두부	336,484	4,248	0.0
14	조미식품	소스류	327,987	6,170	9.2
15	김치류	배추김치	324,499	4,996	75.3
16	기타 식품류	기타전분	259,936	1,327	14.6
17	과당	액상과당	257,414	1,276	4.1
18	빵 또는 떡류	빵류(기타)	252,608	7,096	3.2
19	절임식품	절임류	221,140	2,900	3.8
20	규격외 일반가공식품	수산물가공품(어류)	219,587	7,072	165.4

자료 : 식품의약품안전청, 2009년도 식품의약품안전청 식품 및 식품첨가물 생산실적, 2010.

2009년 우리나라 국민 다소비 식품의 세부품목 순위를 보면, 기타식품류의 밀가루가 163만톤 생산되어 국내 식품 중 가장 많이 생산되어 소비된 것으로 나타났다. 그 다음으로는 백설탕(124만톤), 기타 식품류의 즉석-섭취식품(기타)(111.3만톤), 음료류의 탄산음료(111.2만톤) 순으로 소비량이 많았다. **본 연구의 대상인 단보리 가루의 장점을 살려 새로운 식품소재로서 밀가루와 맥아당 대체용으로 사용한다면 수백억원이상의 수입대체효과가 예상된다.**

기존의 보리맥아 (엿기름, malt)는 맥주 양조용, 식혜음료용, 전통물엿제조용, 한과제조용, 고추장 제조용 등 주로 전분을 분해하여 당을 만드는 식품가공 공정에서 효소제의 역할이 중요하게 다루어졌다. 그래서 맥아의 연구는 효소의 역가와 내열성 등에 연구의 내용이 치중되어 왔다.

또한 단보리를 이용한 사료생산은 아직 이루어지고 있지 않으며, 보리내 베타글루칸 성분이 돼지고기의 육질을 향상시킨다는 국내외 보고가 다수 있다. 단보리를 이용한 사료 개발 시 브랜드돈육으로서의 가능성이 충분하며, 타 돈육과의 육질차별성을 앞세워 마케팅 할 수 있을 것이다.

#### 나. 국외 제품생산 및 시장 현황

선진외국에서의 맥아는 맥주발효와 당류생산에서 중요한 재료로서 맥류 소비량의 큰 비중을 차지해 왔으며, 기타의 국가에서도 맥아는 전분을 분해하는 효소제로서 우리나라와 같이 다양하게 사용되고 있다.

보리 사료를 이용한 고품질돈육 생산은 일본이 우리나라보다 앞서있는 실정이며, 보리사료로 사육한 최상급 돈육의 경우 소고기보다 고가에 시장가가 형성되어 있다.

## 2. 개발기술의 산업화 방향 및 기대효과

### 가. 산업화 방향(제품의 특징, 대상 등)

(1) 본 연구의 대상인 단보리는 보리의 껍질까지 제조과정에서 분해시켜 전체를 체분하여도 식감이 크게 향상되며, 최근의 전곡립 (whole grain) 건강기능성으로 유익하다는 소비자들의 인식에 따라 통밀가루 및 통밀빵 제품이 상품화될 때에 단보리 기술로 대체 적용함으로써 제품의 특성을 크게 향상시킬 수 있다.

전곡립 식품의 연구에서는 겉껍질 섬유질의 가용화를 위해 고압압출성형 (류기형, 한국식품과학회지) 공정을 사용하였고, 그밖에도 고압수증기처리 (김철진, ARPC)를 사용하기도 하였다.

(2) 단보리를 이용한 가공식품 개발 및 상품화 연구에서는 단보리 막국수, 생면, 라면, 발아통보리 빵, 모싯잎 떡, 단보리 고추장 등에 단보리를 새로운 밀가루 대체 건강기능성이 우수한 소재로 사용하여 참여업체인 범우와, 옥당바이오식품에서 상품화 한다.

(가) 발아보리 국수

① 논문 (발아 보리 및 혼합 복합분을 이용한 국수의 특성, 한국식품저장유통학회지, 18(2), 131-142, 2011. 4. 30. 게재)과 특허 (보리국수의 제조 방법, 2012. 3. 30. 출원)을 참여업체에 기술이전 (보리국수의 제조 방법) 하여 산업화가 되도록 조치 하였다.

② 산업화 시기는 산업체의 회사 운영 전략에 따라 결정될 것이다.

(나) 발아보리 모시잎떡

① 기술이전 (모시잎을 이용한 양급 제조 및 응용제품, 옥당바이오식품, 2010. 2. 1.) 하여 산업화가 되도록 조치 하였다.

② 산업화 시기는 산업체의 회사 운영 전략에 따라 결정될 것이다.

(다) 발아보리 고추장

① 논문 (전분질원으로 단보리를 첨가한 고추장의 품질특성. 한국식품저장유통학회지, 2012. 3. 16. 접수)와 특허(발아보리 고추장의 제조, 출원 중, 특허법률사무소)에 근거 기술이전 (발아보리 고추장의 제조 방법) 하여 산업화가 되도록 조치 하였다.

② 산업화 시기는 산업체의 회사 운영 전략에 따라 결정될 것이다.

(3) 보리는 베타글루칸을 다량 포함하며, 베타글루칸 급여시 돈육의 육질 향상에 영향을 미친다는 보고들이 다수 존재하고 있다. 보리부산물을 양돈사료에 첨가함으로써 고품질돈육의 생산을 가능케 함으로써 브랜드 돈육으로의 가능성을 시사한다.

(4) 맛이 없다, 소화가 안 된다는 것이 보리를 외면하는 이유였다. 그러나 본 연구에서는 새로운 특허기술을 이용하여 보리의 맥아당 등 이당류만을 선택적으로 생성하고, 아미노산과 지방산등을 만드는 특성을 응용하여 보리의 식미 및 소화 불량등의 문제점을 해결하고 영양소의 흡수율을 90%이상으로 향상시켜 웰빙 시대에 맞게 소비자의 구매를 촉진시켜 줄 것이라 기대하고 있다.



나. 산업화를 통한 기대효과

(단위 : 백만원)

산업화 기준 항 목	1차년도	2차년도	3차년도	계
직접 경제효과	1,638,000,000	1,638,000,000	1,638,000,000	4,104,000,000
경제적 파급효과	1,719,900,000	1,719,900,000	1,719,900,000	5,159,700,000
부가가치 창출액	1,719,900,000	1,719,900,000	1,719,900,000	5,159,700,000
합 계	5,077,800,000	5,077,800,000	5,077,800,000	15,233,400,000

※ 직접 경제효과 : 본 연구과제 개발기술의 산업화를 통해 기대되는 제품의 매출액 추정치

※ 경제적 파급효과 : 직접경제효과의 5%증가 예상

※ 부가가치 창출액 : 직접경제효과의 5%증가 예상

\* 매출액 기대 추정치

판매 금액

구 분	년간 판매량(개)	단 가(원)	금 액(원)
발아보리쌀(1kg)	70000	3,600	252,000,000
발아보리 사료(1톤)	600	505,000	303,000,000
발아보리 고추장	6,000	30,000	180,000,000
발아보리 모싯잎 떡	12,000	15,000	180,000,000
발아보리 막국수	12,000	5,000	60,000,000
계			1,638,000,000

● 발아보리쌀

2주에 3000개 정도 판매(한살림) 약 1년에 70000개 판매 예상

1kg당 3600원 x 70000 = 252,000,000 원

● 발아보리 사료

1일 2톤 월50톤 년600톤

톤당 505,000원 x 600톤 = 303,000,000원

● 발아보리 고추장

1개월에 500개 예상, 1년에 6,000개 판매 예상

개당 30,000원 x 6,000 = 180,000,000원

● 발아보리 모싯잎떡

1개월에 1,000 상자 예상, 1년에 12,000개 판매 예상  
개당 15,000원 x 12,000 = 180,000,000원

● 발아보리 막국수

1개월에 1,000개 예상, 1년에 12,000개 판매 예상

발아보리분말 1kg당 5,000원 x 12,000 = 60,000,000 원

합 계 1,638,000,000

다. 제품 및 시장분석 측면

- (1) 국내 및 국외시장 분석결과 발아한 맥아는 맥주양조용과 전분분해 효소제의 기능으로 식품가공용으로 맥아, 맥아추출액 제품과 맥주, 식혜 등의 제품으로 생산 및 판매가 이루어지고 있으나 현재 쇠퇴기에 접어들고 있다. 하지만 보리라면, 보리된장, 보리엿기름, 보리차 음료, 보리 스넥, 보리 화장품 등의 생산 및 판매 시장이 활성화되기 시작하고 있다. 그러나 식품으로서 보리의 껍질 부분이 사람이나 비 초식 동물의 소화 효소나물에 의하여 가수분해 되지 않는 문제점을 가지고 있는데 본 연구과제에서는 새로운 특허기술을 이용하여 다당체인 껍질부분이 맥아당과 아라비노자일란(Arabinosilan) 등 기능성식이섬유 등으로 생성된 물질을 가지고 연구를 추진하여 기능성이 향상된 식품 및 사료 등의 제품을 생산하여 국내 및 국외에 판매할 계획이다. 단보리 제조기술을 기존의 맥아를 이용한 가공식품에의 적용은 물론 새로운 전곡립 (whole grain) 가공식품의 방향으로 연구를 추진하여 단보리 막국수, 생면, 라면, 발아통보리 빵, 모싯잎 떡, 단보리 고추장 등에 단보리를 새로운 밀가루 대체 건강기능성이 우수한 소재로 사용한 제품 등을 생산하여 국내 및 국외에 판매할 계획이다
- (2) 국내 및 국외시장 분석결과 보리를 이용한 사료조성물은 국내 유통 되고 있지 않으며, 보리 부산물을 이용한 양돈사료 첨가 시 고품질돈육으로의 접근을 가능케 함으로써 브랜드 육을 생산하는 방향으로 연구를 추진하여 국내 판매할 계획이다

## 제 6 장            연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보

개발 기술 명		단보리의 최적생산을 위한 생리적, 생화학적 연구기술	단보리 가루의 밀가루 대체용 식품가공 특성조사 및 제품개발	단보리를 이용한 사료개발 및 양돈 사양시험 연구
Keyword		보리,Barley, production	germinated barley (malt)	Barely, glucan, pig
검색건수		173	261	47
유효논문건수		56	9	6
핵심논문 및 관련성	논문명	1. Differences in productivity among wheat, barley and rye for forage 2. Differences in nutrient quality among wheat, barley and rye for forage 3. 총체사료용 맥류의 생육시기 및 식물체 부위별 사료가치 변화 4. 유기물함량이 총체보리 품종의 수량과 사료가치에 미치는 영향 5. 보리등겨로 제조한 메주와 간장의 맛성분 특성 비교 6. Relationship between yield and weather elements of barley in Sunchon area	Influence of Feeding Malt, Bread Crust, and a Pronylated Protein on the Activity of Chemopreventive Enzymes and Antioxidative Defense Parameters in Vivo	Factors affecting digestibility of barley-based diets for growing pigs
	학술지명	1,2. The Plant Resources Society of Korea 3. 韓國作物學會誌 4. 韓國草地學會誌 5. 논문집. 제14집 구미1대학 6. The Plant Resources Society of Korea	Journal of agricultural and food chemistry	Livestock Science. 102(1-2):51-59.
	저자	1,2. Byung-sun Kwon 3. 권영업 ;백성범 ;허화영 ;박형호 ;김정곤 ;이재은 ;이충근 ;신진철 4. 지희정 ;주정일 ;이희봉 5. 張相熙 ;權五準 ;李泰鍾 6. Byung-sun Kwon	Somoza, V. ; Wenzel, E. ; Lindenmeier, M.	M. E. E. McCann, J. D. G. McEvoy and K. J. McCracken
	게재년도	2005,2005,2008, 2007,2006,2004	2005	2006
	관련성(%)	70	20	90
	유사점	보리 관련하여 식품, 사료, 생산성관련자료	맥아 이용한 식품, 발아한 보리의 유사점	보리사료가 육성 돈의 소화율에 미치는 영향
	차이점	보리의 자기분해를 이용한 연구	발아보리가 주요 재료 아님. 맥아와 다른 신 식품소재인 발아 보리이며, 가공식품의 주재료로 사용하고자함.	육질관련

개발 기술명		단보리의 최적생산을 위한 생리적, 생화학적 연구	단보리 가루의 밀가루 대체용 식품가공 특성조사 및 제품개발	단보리를 이용한 사료개발 및 양돈 사양시험 연구
Keyword		(TL=[(germinate+culture+production)*barley])*(PD=[20040101~20090131])	(PD=[20040101~20090131])*(TL=[(germinate+food)*barley])	(TL=[(pig+feed)*barley])*(PD=[20030101~20090131])
검색건수		36	32	8
유효특허건수		1	29	6
핵심특허 및 관련성	특허 명	겉보리 발아생체의 자기 분해방법 및 생성물. (METHOD FOR AUTOLYSIS OF GERMINATED UNHULLED BARLEY TO IMPROVE SENSORY PROPERTY AND DIGESTION AND ABSORPTION RATE WITHOUT USING SYNTHETIC MATERIALS TO CONVERT INSOLUBLE MATERIALS TO SOLUBLE MATERIALS BY PROMOTING GENERATION OF VITALIZED ACTIVATED WHITE SUBSTANCE IN THE GERMINATED BARLEY AND THUS AUTOHYDROLYSIS)	BARLEY FERMENTED FOOD	ANIMAL FEED COMPRISING GRANULATED SUBSTANCE OF BARLEY YOUNG LEAF
	보유국	한국	일본	일본
	등록년도	2008	2008	2003
	관련성(%)	80	50	50
	유사점	단보리 특허(본연구신청됨)	맥아 이용한 식품, 발아한 보리의 유사점	보리 잎 사료원료에 대한 자료
	차이점	단보리 최적생산기술연구관련 내용 없음	단보리가 주요 재료 아님. 맥아와 다른 신 식품소재인 발아 보리이며, 가공식품의 주재료로 사용하고자함.	단보리 사료 급여에 관한 세부내용 없음

## 제 7 장 참고문헌

### 제 1 절 단보리의 최적 생산을 위한 생리적, 생화학적 연구

1. Ahn, S. J., M. Sivaguru, H. Osawa, G. C., Chung, and H. Matsumoto. 2001. Aluminum inhibits the  $H^+$ -ATPase activity by permanently altering the plasma membrane surface potentials in squash roots. *Plant Physiol.* 126 : 1381 - 1390.
2. Ahn, S. J., M. Sivaguru, G. C. Chung, Z. Reigel, and H. Matsumoto. 2002. Aluminum-induced growth inhibition is associated with impaired efflux and influx of  $H^+$  across the plasma membrane in root apices of squash (*Cucurbita pepo*). *J. Exp. Bot.* 53 : 1959 - 1966.
3. Ahn, S. J., K. Yu-Sun, et al. 2007. Aluminum-induced Root Growth Inhibition and Impaired Plasma Membrane  $H^+$ -flux in Mung Bean. *Kor. J. Crop Sci.* 52(2) : 213-219.
4. Ahn, S. J., Z. Reigel, and H. Matsumoto. 2004. Aluminum-induced plasma membrane surface potential and  $H^+$ -ATPase activity in near-isogenic wheat lines differing in tolerance to aluminum. *New Phytol.* 162 : 71-79.
5. Bradford, M. M. 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Anal. Biochem.* 72 : 248-254.
6. Delhaize, E., P. R. Ryan, D. M. Hebb, Y. Yamamoto, T. Sasaki, and H. Matsumoto. 2004. Engineering high level aluminum tolerance in barley with the *ALMT1* gene. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 101 (42) : 15249.
7. Delhaize, E., P. R. Ryan, P. J. Randall. 1993. Aluminum tolerance in wheat (*Triticum aestivum* L.). II. Aluminum-stimulated excretion of malic acid from root apices. *Plant Physiol.* 103 : 695 - 702.
8. Foyn, E. 1965. Disposal of waste in the marine environment and the pollution of the sea *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.* 3 3: 95-114
9. Kim, YS., Park. W. Nian, H. Sasaki, T. Ezaki, Bunichi. Jang, YS. Chung, GC. Bae, HJ. Ahn, SJ. 2010. Aluminum tolerance associated with enhancement of plasma membrane  $H^+$ -ATPase in the root apex of soybean." *Soil Science & Plant Nutrition* 56(1) : 140-149.
10. Kochian L. V. 1995. Cellular mechanisms of aluminum toxicity and resistance in plants. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 46 : 237-260.
11. Kollmeier, M., H. H. Felle. 2000. Genotypical Differences in Aluminum Resistance of

- Maize Are Expressed in the Distal Part of the Transition Zone. Is Reduced Basipetal Auxin Flow Involved in Inhibition of Root Elongation by Aluminum? *Plant Physiol.* 122(3) : 945-956.
12. Ma, J. F., S. J. Zheng, H. Matsumoto, and S. Hiradate. 1997. Detoxifying aluminum with buckwheat. *Nature* 390 : 569 - 570.
  13. Matsumoto, H. 2000. Cell biology of Al tolerance and toxicity in higher plants. *Int Rev. Cytol.* 200 : 1-46.
  14. Miyasaka, S. C., L. V. Kochian, J. E. Shaff, and C. D. Foy. 1989. Mechanism of aluminum tolerance in wheat: an investigation of genotypic differences in rhizosphere pH, K<sup>+</sup>, and H<sup>+</sup> transport, and root-cell membrane potentials. *Plant Physiol.* 91 : 1188-1196.
  15. Morsomme, P. and M. Boutry 2000. The plant plasma membrane H<sup>+</sup>-ATPase: structure, function and regulation. *Biochimicaet Biophysica Acta (BBA) - Biomembranes* 1465(1-2):1-16.
  16. Palmgren, M. G., P. Askerlund, K. Fredrikson, S. Widell, M. Sommarin, and C. Larsson. 1990. Sealed inside-out and right-side-out plasma membrane vesicles: optimal conditions for formation and separation. *Plant Physiol.* 92 : 871-880.
  17. Pineros, M. and L. Kochian 2001. A patch-clamp study on the physiology of aluminum toxicity and aluminum tolerance in maize. Identification and characterization of Al<sup>3+</sup>-induced anion channels. *Plant Physiology* 125(1) : 292.
  18. Ryan, N. 1993 *Coping with Volatility: Four Models of Policy Communities*. In Hede, A and S. Prasser (Eds) *Policy Making in Volatile Times*, Hale and Iremonger, Sydney.
  19. Sanchez, P.A. and J.R. Benites. 1987. Low-input cropping for acid soils of the humid tropics: a transition technology between shifting and continuous cultivation. In Latham, M. and P. Ahn (eds). *Africaland: Land Development and Management of Acid Soils in Africa*. BSRAM Proceedings No.7. Bangkok, Thailand, pp. 85-106.
  20. Sasaki, T., Y. Yamamoto. 2004. A wheat gene encoding an aluminum-activated malate transporter. *The Plant Journal* 37 (5) : 645-653.
  21. Sivaguru, M. and W. J. Horst. 1998. The distal part of the transition zones is the most aluminum-sensitive apical root zone of maize. *Plant Physiol.* 116 : 155-163.
  22. Sussman, M. R. 1994. Molecular analysis of proteins in the plant plasma membrane. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 45 : 211-234.
  23. Yamaguchi, M., T. Sasaki. 2005. Evidence for the Plasma Membrane Localization of Al-activated Malate Transporter (ALMT1). *Plant and Cell Physiology* 46 (5) : 812-816.

## 제 2 절 밀가루 대체용 식품가공 특성조사 및 제품개발

### 1. 쌀아 보리 및 혼합 복합분을 이용한 국수의 특성

1. Qureshi AA, Burger WC, Peterson DM, Elson CE (1986) The structure of an inhibitor of cholesterol biosynthesis isolated from barley. J Bio Chem, 261, 10544-10550
2. Gupta M, Abu-Ghannam N, Gallagher E (2010) Barley for brewing: Characteristic changes during malting, brewing and applications of its by-products. Food Sci Food Safety, 9, 318-328
3. Gill S, Vasanthan T, Ooraikul B, Rossnagel B (2002) Wheat bread quality as influenced by the substitution of waxy and regular barley flours in their native and cooked forms. J Cereal Sci, 36, 239-251
4. Jung DH (2006) The method of self resolution to whole barley organization by activated germinate substances and a product by them. Korean Patent: Registration no. 1008178300000
5. Baik BK, Ullrich SE (2008) Barley for food: Characteristics, improvement, and renewed interest. J Cereal Sci, 48, 233-242
6. Banchuen J, Thammarutwasik P, Ooraikul B, Wuttijumnong P, Sirivongpaisal P (2009) Effect of germinating processes on bioactive component of Sangyod Muang Phatthalung rice. Thai J Agric Sci, 42, 191-199
7. Chatterjee SR, Abrol YP (1977) Protein quality evaluation of popped barley grains (Sattu). J Food Sci Technol, 14, 247-250
8. Ryu S (1979) Grain quality of barley for human diet. In: Proceedings of joint barley utilization seminar. Korean Sci and Engineering Foundation, Suweon, Korea, 94-108
9. Bhatti RS (1993) Nonmalting uses of barley. In: Barley: Chemistry and Technology, MacGregor AW and Bhatti RS (Editors), American Association of Cereal Chemists, St Paul, MN, p 355 - 417
10. Newman RK, Newman CW (2008) Barley for Food and Health: Science, Technology, and Products. John Wiley & Sons, Inc, p 162
11. Chong HS, Park CS (2003) Quality of noodle added powder of *Opuntia ficus-indica* var. Saboten. Korean J Food Preserv, 10, 200-205
12. Han YS, Chun HJ, Kim KH (1999) Effect of dandelion on the extension of shelf-life of noodle and rice cake. Korean J Soc Food Sci, 15, 121-126
13. Hong JS, Kim MK, Yoon S, Ryu NS, Kim YK (1993) Preparation of noodles supplemented with treated apple pomace and soymilk residue as a source of dietary fiber. J Korean Agri Chem Soc, 36, 80-85

14. Jeon JR, Kim HH, Park GS (2005) Characteristics of noodles prepared with pine needle powder and extract during storage. *Korean J Soc Food Sci*, 21, 685–692
15. Kim HR, Hong JS, Choi JS, Han GJ, Kim TY, Kim SB, Chun HK (2005) Properties of wetnoodle changed by the addition of *Sanghwang mushroom (Phellinus linteus)* powder and extract. *Korean J Food Sci Technol*, 37, 579–583
16. Kim KH, Oh ST, Jun HO, Han YS (1999) Shelf-life extension of noodle and rice cake by the addition of plantain. *Korean J Soc Food Sci*, 15, 68–72
17. Kim YA (2002) Effects of mulberry leaves powder on the cooking characteristics of noodle. *Korean J Soc Food Cookery Sci*, 18, 632–636
18. Lee JH, Shim JY (2006) Characteristics of wheat flour dough and noodles added with onion juice. *Food Engin Prog*, 10, 54–59
19. Lee MH, No HK (2002) Effect of chitosan on shelf-life and quality of wet noodle. *J Chitin Chitosan*, 7, 14–17
20. Park JH, Kim YO, Gug YI, Jo DB, Choe HG (2003) Effects of green tea powder on noodle properties. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 32, 1021–1025
21. AACC (2000) *Approved Methods of the AACC 10th Ed.* American Association of Cereal Chemists, St Paul, MN, USA
22. Gao L, Wang S, Oomah BD, Mazza G (2002) Wheat quality: Antioxidant activity of wheat millstreams. In: *Wheat Quality Elucidation*, P. Ng and Wrigley CW(Editors), American Association of Cereal Chemists, p 219 - 233
23. Sharma P, Gujral HS (2010) Antioxidant and polyphenol oxidase activity of germinated barley and its milling fractions. *Food Chem*, 120, 673–678
24. Batey IL, Curtin BM, Moore SA (1997) Optimization of rapid-visco analyser test conditions for predicting Asian noodle quality. *American Association of Cereal Chemists*, St Paul, MN, 74, 497–501
25. Crosbie GB, Lambe WJ (1993) The application of the flour swelling volume test for potential noodle quality to wheat breeding lines affected sprouting. *J Cereal Sci*, 18, 267–276
26. Hou G, Kruk M (1998) *Asian Noodle Technology*. AIB Research Department, Technical Bulletin, American Institute of Baking, 20, 1–10
27. Kruger JE, Hatcher DW, Anderson MJ (1998) Theeffect of incorporation of rye flour on the quality of oriental noodles. *Food Research International*, 31, 27–35
28. Ahn JW (2008) Quality characteristics of noodles added with *Dioscorea japonica* powder. *Korean J Food Sci Technol*, 40, 528–533
29. Jadhav SJ, Lutz SE, Ghorpade VM, Salunkhe DK (1998) *Barley: Chemistry and*



- value-added processing. *Critical Reviews in Food Sci Nutr*, 38, 123-171.
30. Hou GG (2010) *Asian Noodles: Science, Technology and Processing*. John Wiley and Sons, Inc, p 101
  31. Lu QY, Guo SY, Zhang SB (2009) Effects of flour free lipids on textural and cooking qualities of Chinese noodles. *Food Research International*, 42, 226-230
  32. Maillard ME, Berset E (1995) Evolution of the antioxidant activity during kilning: The role of insoluble and bound phenolic acids of barley and malt. *J Agric Food Chem*, 43, 1789 - 1793
  33. Dueñas M, Hernández T, Estrella I, Fernández D (2009) Germination as a process to increase the polyphenol content and antioxidant activity of lupin seeds (*Lupinus angustifolius* L.). *Food Chem*, 117, 599-607
  34. Coulibaly A, Chen J (2011) Evolution of energetic compounds, antioxidant capacity, some vitamins and minerals, phytase and amylase activity during the germination of foxtail millet. *American J of Food Technol*, 6, 40-51
  35. Towo EE (2005) Phenolic content in cereals and legumes: Influence of processing and effect on *in vitro* iron availability. Doctoral dissertation, Chalmers University of Technology, Göteborg, Sweden
  36. Maillard MN, Soum MH, Boivin P, Berset C (1996) Antioxidant activity of barley and malt: Relationship with phenolic content. *Lebensmittel-Wissenschaft and Technol*, 29, 238-244
  37. Gallagher E (2009) *Gluten-Free Food Science and Technology*. Wiley-Blackwell, p 55
  38. Kuo YC, Webb BD, Stansel JW (1996) Genetic analysis of amylographic viscosity measurements of milled rice by means of diallel graph. *J Agric Res China*, 45, 319-335
  39. Baik BK, Czuchajowska Z (1997) Barley in udon noodles Tallarines elaborados con cebada. *Food Sci Technol International*, 3, 423-435
  40. Kim SK (1979) Physicalchemical studies on the hard and soft wheat flours. *Korean J Food Sci Technol*, 11, 13-17
  41. Park BH, Cho HS (2006) Quality characteristics of dried noodle made with *Dioscorea japonica* flour. *Korean J Food Cookery Sci*, 22, 173-180
  42. Kilcast D (2004) *Texture in Food Volume 2: Solid Foods*. CRC Press, p 454
  43. Adebawale KO, Lawal OS (2003) Microstructure, physicochemical properties and retrogradation behaviour of Mucuna bean (*Mucuna pruriens*) starch on heat moisture treatments. *Food Hydrocolloids*, 17, 265-272
  44. Zhu F, Cai YZ, Corke H (2010) Evaluation of Asian salted noodles in the presence of *Amaranthus* betacyanin pigments. *Food Chem*, 118, 663-669

45. Baik BK, Ullrich SE, Axtell QZ (2008) Chapter 27: Polyphenols, polyphenol oxidase, and discoloration of barley-based food products. In: Color Quality of Fresh and Processed Foods, Catherine AC and Ronald EW(Editors), American Chem Society, p 388-414
46. Kim HR, Lee JH, Kim YS, Kim KM (2007) Physical and sensory characteristics of wet noodles prepared by adding *Ge-Geol* radish powder. Korean J Food Sci Technol, 39, 283-388
47. Jeong CH, Shim KH, Bae YI, Choi JS (2008) Quality characteristics of wet noodle added with freeze dried garlic powder. J Korean Soc Food Sci Nutr, 37, 1369-1374.
48. Edwards NM, Dexter JE, Scanlon MG (2002) Starch participation in durum dough linear viscoelastic properties. Cereal Chem, 79, 850-856
49. Manthey FA, Yalla SR, Dick TJ, Badaruddin M (2004) Extrusion properties and cooking quality of spaghetti containing buckwheat bran flour. Cereal Chem, 81, 232 - 236

## 2. 보릿가루 첨가 복합분의 반죽 물성 및 빵의 품질 특성

1. Baiano A, Romaniello R, Lamacchia C, Notte EL (2009) Physical and mechanical properties of bread loaves produced by incorporation of two types toasted durum wheat flour. J Food Engin, 95, 199-207
2. Dewettnick K, Van Bockstaele F, Kuhne B, Van de Walle D, Courtens TM, Gellynck X (2008) Nutritional value of bread: Influence of processing, food interaction and consumer perception. J Cereal Sci, 48, 243-247
3. Shittu TA, Aminu RA and Abulude EO (2009) Functional effects of xanthan gum on composite cassava-wheat dough and bread. Food Hydrocolloids, 23, 2254-2260
4. Gupta M, Abu-Ghannam N, Gallagher E (2010) Barley for brewing: Characteristic changes during malting, brewing and applications of its by-products. Food Sci Food Saf, 9, 318-328
5. Gill S, Vasanthan T, Ooraikul B, Rossnagel B (2002) Wheat bread quality as influenced by the substitution of waxy and regular barley flours in their native and extruded forms. J Cereal Sci, 36, 219-237
6. Nkama I, Ikwelle MC (1998) Assessment of food quality of millet grain in: Emechese AM, Ikwelle MC, Ajayi D, Amina-kano M, Anaso AB (Eds). Pearl millet in Nigerian agriculture: Production, utilization and research priorities. Proceedings of the pre-season national coordination and planning meeting of the nationally coordinated research programme on pearl millet, Maiduguri, 21-24th April, 1997. Lake Chad Research Institute, Maiduguri, Nigeria, 177-178

7. Marero LM, Payumo E, Librando E, Lainez W, Gopez M, Homma S (1989a) Technology of weaning food formulations prepared from germinated cereals and legumes. *J Food Sci*, 53, 1391–1395
8. Marero LM, Payumo E, Aguinaldo AR, Homma S (1989b) Nutritional characteristics of weaning foods prepared from germinated cereals and legumes. *J Food Sci*, 53, 1399–1402
9. Hansen M, Pederdorn B, Munck L, Eggum BO (1989) Weaning foods improved energy and nutrient density prepared from germinated cereals. I. Preparation of dietary bulk of gruels based on barley. *Food Nutr Bull*, 11, 40–44
10. Jung DH (2006) The method of self resolution to whole barley organization by activated germinate substances and a product by them. Korean Patent: Registration No. 1008178300000
11. AACC (2000) Method 22–10. Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists. 10<sup>th</sup> Ed, The Association, St Paul, MN, USA
12. AACC (2000) Method 254–21. Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists. 10<sup>th</sup> Ed, The Association, St Paul, MN, USA
13. AACC (2000) Method 54–10. Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists. 10<sup>th</sup> Ed, The Association, St Paul, MN, USA
14. Park JH, Na WS, Kang GJ, Kim K, Kim SK (1998) Comparison of physicochemical properties of arrowroot starches harvested in different time. *Korean J Food Sci Technol*, 30, 97–102
15. Lim EJ, Lee YH, Huh CO, Kwon SH, Kim JY, Han YB (2007) Rheological properties of bread dough added with *Enteromorpha intestinalis*. *Korean J Food Sci Technol*, 39, 652–657
16. Hui YH (2006) Food biochemistry and food processing. Wiley–Blackwell, p 583–584
17. Kim YS, Lee YT, Seog HM (1999) Physicochemical properties of starches from waxy and non-waxy hullless barleys. *J Korean Soc Agric Chem Biotechnol*, 42, 240–245
18. Lee MJ, Lee NY, Kim YK, Kim JG, Hyun JN, Choi JS, Kim KJ, Kim HS (2009) Cooking and pasting properties of split and pressed barley. *Korean J Food Preserv*, 16, 830–837
19. Boycioglu, MH, D’Appolonea, BL (1994) Characterization and utilization of durum wheat for breadmaking. I Comparison of chemical, rheological and baking properties between bread wheat flours and durum wheat flours. *Cereal Chem*, 71, 21–28
20. Cho MK, Lee WJ (1996) Preparation of high fiber bread with barley flour. *Korean J Food Sci Technol*, 28, 702–706
21. Knuckles BE, Hudson CA, Chiu MM, Sayre RN (1997) Effect of  $\beta$ -glucan barley

- fractions in high fiber bread and pasta. *Cereal Food World*, 42, 94-99
22. Sahin S, Sumnu SG (2006) *Physical Properties of Foods*. Springer, p 96
  23. Lindborg KM, Tragardh C, Eliasson AC, Dejm다 P (1997) Time resolved shear viscosity of wheat flour dough - Effect of mixing, shear rate and resting on the viscosity of different flours. *Cereal Chem*, 74, 49-55
  24. Kim SK, Cheigh HS, Kwon TW, D'Appolonia BL, Marston PE (1978) Rheological and baking studies of composite flour wheat and naked barley. *Korean J Food Sci Technol*, 10, 247-251
  25. Ryu CH (1999) Study on bread-making quality with mixture of waxy barley-wheat flour 1. Rheological properties of dough made with waxy barley-wheat flour mixture. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 28, 1034-1043
  26. Edwards NM, Dester JE, Scanlon MG (2002) Starch participation in durum dough linear viscoelastic properties. *Cereal Chem*, 79, 850-856
  27. Manthey FA, Yalla SR, Dick TJ, Badaruddin M (2004) Extrusion properties and cooking quality of spaghetti containing buckwheat bran flour. *Cereal Chem*, 81, 232-236
  28. Kwon HR, Ahn MS (1995) A study on Rheological and general baking properties of bread and their rusks prepared of various cereal flours (I). *Korean J Soc Food Sci*, 11, 479-486
  29. Choi UK, Yoo BH, Son DH, Kwon DJ, Kim MH, Kim YH (2005) Rheological properties of dough added with barley bran. *Korean J Food Sci Technol*, 37, 751-756
  30. Bloksma AH (1990) Rheology of the breadmaking process. *Cereal Foods World*, 35, 219-286
  31. Schropp P, Wieser H (1996) Effect of high molecular weight subunits of glutenin on the rheological properties of wheat gluten. *Cereal Chem*, 73, 410-413
  32. Chung JY, Kim CS (1998) Development of buck-wheat bread: I. Effects of vital gluten and water soluble gums of dough rheological properties. *Korean J Soc Food Sci*, 14, 140-147
  33. Hosney RC, Hus KH, Junge RC (1979) A simple spread test to measure the rheological properties of fermenting dough. *Cereal Chem*, 56, 141-152
  34. Kim YH, Choi KS, Son DH, Kim JH (1996) Rheological properties of dough with whole wheat flour. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 25, 817-823
  35. Kim YH (1998) Rheological properties of dough added with wheat bran. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 27, 1125-1131
  36. Pomeranz Y, Shogren MD, Finney KF, Bechtel B (1977) Fiber in breadmaking effects on functional properties. *Cereal Chem*, 54, 25-29

37. Lynch EJ, Bello FD, Sheehan EM, Cashman KD, Arendt EK (2009) Fundamental studies on the reduction of salt on dough and bread characteristics. *Food Res Int*, 42, 885-891
38. Sharma HR, Chauban GS (2000) Physico-chemical and rheological quality characteristics of fenugreek (*Trigonella foenum graecum L.*) supplemented wheat flour. *J Food Sci Technol*, 37, 87-90
39. Baik BK, Ullrich SE, Quinde-Axtell Z (2008) Polyphenol, polyphenol oxidase and discoloration of barley-based food product, in color quality of fresh and processed foods. American Chemical Society, p 388-414
40. Hung PV, Maeda T, Morita N (2007) Dough and bread qualities of flours with whole waxy wheat flour substitution. *Food Res Int*, 40, 273-279
41. Tong Q, Zhang X, Wu F, Tong J, Zhang P, Zhang J (2010) Effect of honey powder on dough rheology and bread quality. *Food Res Int*, 43, 2284-2288
42. Chabot JF (1976) Preparation of food science for SEM. *Scanning Electron Microsc*, 3, 279-283
43. Eskin NAM (1990) Biochemistry of food processing. In: *Biochemistry of foods*. 2nd ed Academy Press, New York NY USA, p 335
44. Jung HS, Noh KH, Go MK, Song YS (1999) Effect of leek(*Allium tuberosum*) powder on physicochemical and sensory characteristics of bread. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 28, 113-117
45. Shfali D, Sudesh J (2004) Effect of flour blending on functional, baking and organoleptic characteristics of bread. *Int J Food Sci Technol*, 39, 213-222
46. Swanson RB, Penfield MP (1988) Barley flour level and salt level selection for a whole-grain bread formula. *J Food Sci*, 53, 896-901

### 3. 전분질원으로 단보리를 첨가한 고추장의 품질특성

1. Oh HI, Shon SH, Kim JM. 2000. Changes in microflora and enzyme activities of kochujang prepared with *Aspergillus oryzae*, *Bacillus licheniformis* and *Saccharomyces rouxii* during fermentation. *Korean J Food Sci Technol* 32: 410~416.
2. Kim YS. 1993. Studies on the changes in physicochemical characteristics and volatile flavor compounds of traditional *kochujang* during fermentation. ph thesis, University of King Sejong, Seoul, Korea.
3. Kim YS, Hwang SJ. 2005. Quality characteristics of traditional *kochujang* added with

- concentrations of Korean various grain. *Korean J Food Cookery Sci* 21: 677~684.
4. Cho HO, Park SA, Kim JG. 1981. Effects of traditional and improved *kochujang* koji on the quality improvement of traditional *kochujang*. *Korean J Food Sci Technol* 13: 319~327.
  5. Lee KH, Lee MS, Park SO. 1976. Studies on the microflora and enzymes influencing on Korea native *Kochuzang* (red pepper soybean paste) aging. *J Korean Agric Chem Soc* 19: 82~92.
  6. Ahn CW, Sung NK. 1988. Identification of flavor components in Korean ordinary *kochujang* inoculated with *Bacillus* sp. and *Saccharomyces* sp. *J Korean Soc Food Nutr* 17: 1~5.
  7. Kim YS, Oh HI. 1993. Volatile flavor components of traditional and commercial *kochujang*. *Korean J Food Sci Technol* 25: 494~501.
  8. Oh HI, Park JM. 1997. Changes in quality characteristics of traditional *kochujang* prepared with a meju of different fermentation period during aging. *Korean J Food Sci Technol* 29: 1166~1174.
  9. Shin HH, Lee SR. 1991. Quality attributes of Korean red pepper according to cultivars and growing areas. *Korean J Food Sci Technol* 23: 296~300.
  10. Kim YS, Oh HI, Shin DH. 1997. Quality changes of traditional *kochujang* prepared with different meju and red pepper during fermentation. *Korean J Food Sci Technol* 23: 924~933.
  11. Shin DB, Park WM, Yi OS, Koo MS, Chung KS. 1994. Effect of storage temperature on the physicochemical characteristics in *kochujang* (Red pepper soybean paste). *Korean J Food Sci Technol* 26: 300~304.
  12. Park JM, Oh HI. 1995. Changes in microflora and enzyme activities of traditional *kochujang* meju during fermentation. *Korean J Food Sci Technol* 27: 56~62.
  13. Park JS, Lee TS, Woo KH, Ahn SM, Noh BS. 1993. Study on the preparation of *kochujang* with addition of fruit juices. *Korean J Food Sci Technol* 25: 98~104.
  14. Lee KS, Kim DH. 1985. Trial manufacture of low salted *kochujang* (Red pepper soybean paste) by the addition of alcohol. *Korean J Food Sci Technol* 17: 146~154.
  15. Lee HY, Park KH, Min BY, Kim JP, Chung DH. 1978. Studies on the change of composition of sweet potato *kochujang* during fermentation. *Korean J Food Sci Technol* 10: 331~336.
  16. Joo JJ, Shin HJ. 2000. Sensory evaluation and changes in physicochemical properties, and microflora and enzyme activities of pumpkin added *kochujang*. *Korean J Food Sci Technol* 32: 851~859.

17. Lee KS, Kim DH. 1991. Effects of sake cake on the quality of low salted *kochujang*. *Korean J Food Sci Technol* 23: 109~115.
18. AOAC. 1995. *Official Methods of Analysis*. 16th ed. Association of Official Analytical Communities, Washington, DC, USA.
19. Choi SK, Shin KE, Jung HA, Park ML. 2010. Quality characteristics of *kochujang* prepared with soy powder. *J East Asian Soc Dietary Life* 20: 759~768
20. Ministry of Agriculture and Forestry. 1999. Standard Collection of traditional Food Standard number T014-1993. *Korea Food Reserch Institute, Seoul. p 90~97*
21. Miller GL. 1959. Use of dinitrosalicylic acid reagent determination of reducing sugar. *Anal Chem* 31: 426~428
22. Lee CH, Chae KS, Lee SK, Park BS. 1982. Quality managements in food industry. Yoorim Munhwa Press, Seoul, Korea. p43.
23. Shin DH, Kim DH, Choi U, Lim AS, An EY. 1997. Changes in microflora and enzymes activities of traditional *kochujang* prepared with various raw materials. *Korean J Food Sci Technol* 29: 901~906.
24. Chung SK, Kim YS, Lee DS. 2005. Effects of vessel on the quality changes during fermentation of *kochujang*. *Korean J Food Preserv* 12: 292~298.
25. Kim YS, Kwon DJ, Koo MS, Oh HI, Kang TS. 1993. Changes in microflora and enzyme activities of traditional *kochujang* during fermentation. *Korean J Food Sci Technol* 25: 502~509.
26. Shin DH, Kim DH, Choi, Choi U, Lim MS, An EY. 1997. Physicochemical characteristics of traditional *kochujang* prepared with various raw materials. *Korean J Food Sci Technol* 29: 907~912.
27. Park WP. 1994. Quality changes of *kochujang* made of rice flour and rice starch syrup during aging. *Korean J Food Sci Technol* 26: 23~25.
28. Shin DH, Kim DH, Choi U, Lim DK, Lim MS. 1996. Studies on the physicochemical characteristics of traditional *kochujang*. *Korean J Food Sci Technol* 28: 157~161.
29. Kim DH, Ahn BY, Park BH. 2003. Effect of Lycium chinese fruit on the physicochemical properties of *kochujang*. *Korean J Food Sci Technol* 35: 461~469.
30. Kim JO, Lee KH. 1994. Effect of temperature on color and color-preference of industry-produced *kochujang* during storage. *J Korean Soc Food Nutr* 23: 641~646.
31. Bang HY, Park MH, Kim GH. 2004. Quality characteristics of *kochujang* prepared with *Paecilomyces japonica* from silkworm. *Korean J Food Sci Technol* 36: 44~49.
32. Kim JS, Han O. 1997. Changes in physicochemical properties of *kochujang* and *doenjang* prepared with extruded wheat flour during fermentation. *J Korean Soc Food*

### 제 3 절 단보리를 이용한 사료개발 및 양돈 사양시험 연구

1. AOAC, 1995. Official Methods of Analysis, 16th ed. Assoc. Off. Analysis Chemistry, Gaithersburg, Washington, DC.
2. AOAC. 2000. Official Methods of Analysis. 17th ed. Assoc. Off. Analysis Chemistry, Gaithersburg, M.D.
3. Ball, M. E. E.; Mcevoy, J. D. G.; McCracken, K. J.; 2010. A note on the effect of the composition of barley produced at different locations on performance of growing pigs. *Irish Journal of Agriculture and Food Research*, **49**, 87-92.
4. Bell, J. M.; Shires, A.; Keith, M. O.; 1983. Effect of hull and protein contents of barley on protein and energy digestibility and feeding value for pigs. *Canadian Journal of Animal Science*, **63**:201-211.
5. Duncan, D. B. 1955. Multiple range and multiple F tests. *Biometrics* 11:1-42.
6. Etokakpan, O. U.; Palmer, G. H.; 1990. Comparative studies of the development of endosperm-degrading enzymes in malting sorghum and barley, *World Journal of Microbiology and biotechnology*, **6**:406-417.
7. Fry, R.E.; Allred, J.B.; Jensen, L.S.; McGinnis, J., 1957. Influence of water-treatment on nutritional value of barley, *Process Society for Experimental Biology and Medicine*, **95**:249-251.
8. Hamilton, D. N.; Miller, K. D.; Elis, M.; McKeith, F. K.; Wilson, E. R.; 2003. Relationships between longissimus glycolytic potential and swine growth performance, carcass traits, and pork quality, *Journal of Animal Science*, **81**: 2206-2212.
9. Hofmann, K., Hamm, R and Bluchel, E. 1982. New information on the determination of water binding in meat by the filter paper press method. *Fleisch wirtsch.* 62, 87-94.
10. Hollis, G.R.; Palmer, A.Z., 1971. Wheat and barley vs corn for growing-finishing pigs, *Journal of Animal Science*, **32**, 381, (Abstract).
11. Jones, B. L., 2005. Endoproteases of barley and malt. *Journal of Cereal Science*, **42**:139-156.
12. Kesanniemi, Y.A.; Tarpila, S.; Miettinen, R.A., 1990. Low vs high dietary fiber and serum, biliary and faecal lipids in middle-aged men. *American Journal of Clinical*



*Nutrition*, **51**: 1007–12.

13. McCleary, B. V.; Codd, R., 1991. Measurement of (1 - 3) (1 - 4)- $\beta$ -glucan in barley and oats: a streamlined enzymic procedure, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **55**:303–312.

14. Miller, K. D.; Ellis, M.; Bidner, B.; McKeith, F. K., 2000. Porcine longissimus glycolytic potential level effects on growth performance, carcass, and meat quality characteristics, *Journal of Muscle and Foods*. **11**:169–181.

15. Newman, C.W.; Newman, R. K., 2006. A brief history of barley foods, *CerealFoodsWorld***51**:4–7.

16. NRC. 1998. Nutrient Requirements of Swine. 10th ed. Natl. Acad. Press, Washington, DC.

17. NPPC. 2000. Composition and Quality Assessment Procedures. E. Berg, ed. Natl. Pork Prod. Counc.; Des Moines, IA.

18. Partanen, K.; Alaviuhkola, T.; Siljander-Rasi, H. and Suomi, K., 2003. Faba beans in diets for growing–finishing pigs, *Agriculture and Food Science*, **12**:35 - 47.

19. Partanen, K.; Siljander-Rasi, H.; Honkavaara, M.; Ruusunen, M., 2007. , *Agriculture and Food Science*, **16**:245–258.

20. Ponte, P. I. P.; Mendes, I.; Quaresma, M.; Aguiar, M. N. M.; Lemos, J. P. C.; Ferreira, L. M. A.; Soares, M. A. C.; Alfaia, C. M.; Prates, J. A. M.; Fontes, C. M. G. A., 2004. Cholesterol levels and sensory characteristic of meat from broilers consuming moderate to high levels of alfalfa, *PoultryScience*,**83**:810–814

21. Rosenvold, K.; Petersen, J.S.; Lærke, H.N.; Jensen, S.K.; Therkildsen, M.; Karlsen, A.H.; Møller, H.S. and Andersen, H.J., 2001. Muscle glycogen stores and meat quality as affected by strategic finishing feeding of slaughter pigs, *JournalofAnimalScience*,**79**:382 - 391.

22. Ruusunen, M.; Partanen, K.; Pösö, R.; Puolanne, E., 2007. The effect of dietary protein supply on carcass composition, size off organs, muscle properties and meat quality of pigs, *Livestock Science*, **107**:170–181.

23. SAS. 1996. SAS user's guide: Statistics. Version 7.0. SAS Institute, Cary, NC

24. Skendi, A.; Biliaderis, C. G.; Lazaridou, A.; Izydorczyk, M. S., 2003. Structure and rheological properties of water soluble  $\beta$ -glucans from oat cultivars of *Avenasativa*and*Avenabysantina*, *Journal of Cereal Science*, **38**:15–31.

25. Umaru, H.A.; Umaru, I.J.; Dahiru, D., 2003. Studies on taurocholate binding capacity and

water holding capacity of variety of foodstuffs, *Bioscience Research Communication*, **15**: 267-71.

26. Van Soest, P.J, J.B. Robertson, and B.A. Lewis., 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition, *Journal of Dairy Science*,**74**:3583-3597.

27. Williams, C.H.; David, D.J.; Iismaa, O., 1962. The determination of chromic oxide in faeces samples by atomic absorption spectrophotometry, *Journal of Agriculture Science*,**59**:381-385.

28. Witte, V.C.; Krause, G.F.; Bailey, M.E., 1970. A new extraction method for determining 2-thiobarbituric acid values for pork and beef during storage, *Journal of Food Science*, **35**:585-592.

29. Wu, J.F.; Cheng, C.S.; Yu, I.T.; Hsyu, J.N., 2000. Hulless barley as an alternative energy source for growing-finishing pigs on growth performance, carcass quality, and nutrient digestibility, *LivestockProductionScience*,**65**,155-160.

※ 보고서 겉표지 뒷면 하단에 다음 문구 삽입

## 주 의

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