

최 중  
연구보고서

# 가공적성용 찰벼 신소재 개발

Development of New Glutinous Rice  
for Processing

연구기관  
전국대학교

농림부



# 제 출 문

농림부장관 귀하

본 보고서를 “가공적성용 찰벼 신소재 개발” 연구과제의 최종보고서로 제출합니다.

2000. 12. 29

주관연구기관명 : 건국대학교  
총괄연구책임자 : 김 광 호 (건국대학교)  
세부연구책임자 : 안 종 국 (건국대학교)  
세부연구책임자 : 정 일 민 (건국대학교)  
공 동 연 구 원 : 강 미 영 (경북대학교)  
공 동 연 구 원 : 남 백 희 (명지대학교)  
공 동 연 구 원 : 양 계 진 (중부대학교)  
공 동 연 구 원 : 최 진 용 (경상대학교)  
공 동 연 구 원 : 최 해 춘 (작물시험장)  
협동연구기관명 : 서울대학교  
협동연구책임자 : 고 회 중 (서울대학교)  
협 동 연 구 원 : 허 문 회 (서울대학교)

# 요 약 문

## I. 제 목

가공적성용 찰벼 신소재 개발

## II. 연구개발의 목적 및 중요성

### 1. 목 적

찰쌀은 고급 가공식품의 원료로 이용되어 왔음에도 불구하고 그 동안 찰벼 품종 개발을 소홀히 하여 1960년 이후 1999년까지 국내에서 육성한 벼 품종이 169개에 달하나 대부분이 주식용의 메벼 품종이고 찰벼 품종은 10개에 불과하여 찰벼에 대한 연구가 극히 미미하였다. 뿐만 아니라 주로 가공용으로 사용해야 할 찰벼 품종의 가공적성에 대한 평가도 거의 이루어지지 않아서 찰쌀을 이용한 고급 가공식품개발도 아주 미미한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 1) 찰벼 특수기능성 유전자원의 탐색과 동정, 2) 찰벼 유전자원의 가공적성 평가, 3) 찰벼 특수기능성 유전자의 다수성 초형으로의 도입, 4) 가공적성용 찰벼 신소재 개발 등을 목적으로 하였다. 이들 연구를 통하여 국내에서 가공적성 찰벼를 대량생산하고 이를 이용한 가공식품의 고급화가 이루어져 국내 생산 찰쌀의 부가가치를 높이는 것이 본 연구의 최종적인 목표이다.

### 2. 중요성

가. 우리 나라의 벼 품종개량은 수량성, 재배안정성 및 식미특성 등에서 세계 선진국 수준을 유지하고 있으나 다양한 품질을 가진 쌀 개발을 통한 가공이용



분야는 뒤떨어져 있음. 국민소득 증가와 함께 식생활 양식이 변화되어 쌀을 밥을 짓는 용도로만 이용하기보다는 가공식품으로 이용에 대한 지속적 연구가 필요함.

나. 찰쌀은 고급가공식품의 원료로 이용되어 왔음에도 불구하고 그 동안 주식량으로서 밥쌀인 메벼의 다수성 품종개발이라는 국가적인 목표에 밀려 찰벼 품종개발 또는 가공적성평가가 소홀히 되어왔으므로 이에 대한 연구가 필요함. 찰쌀의 용도 다양화는 제과, 제빙 및 기능성 물질생산 등 가공적성을 가진 최고의 신소재를 개발해야 가능하며, 이를 통하여 찰벼 신수요를 창출하고, 쌀 가공산업의 활성화도 촉진될 것임.

다. 사회적으로 편의성이 강조되어 간편식품과 가공식품의 수요량이 증가하고, 건강에 대한 관심이 커져 각종 건강증진 기능성 식품의 수요도 늘어나고 있음. 그 동안 우리 나라를 포함한 아시아 각국에서 밥 짓는데 주로 이용해 왔던 쌀을 이용이 간편한 가공식품 또는 건강증진용 기능성식품의 소재로 이용해야 할 필요성이 증대되고 있음.

라. 중간찰을 포함한 찰벼 유전자원도 매우 다양할 뿐만 아니라 메벼에서 발견된 미립의 배 및 배유관련 돌연변이 유전자를 찰벼에 조합시키거나 인위돌연변이를 유발시키면 각종 가공적성 찰벼 신소재 개발이 가능하므로 이에 대한 연구가 필요함.

마. 쌀 신소재개발 등의 기술은 최근 각국의 기술보호정책에 따라 그 도입이나 이용이 매우 어려우므로 우리 나라 환경에 가장 잘 적응하며 여러 가지 용도 각각에 적합한 찰벼 신소재를 개발하여 한국형 쌀 가공산업을 육성하는 것이 국제경쟁력을 갖추는 첩경이 될 것임.

바. 쌀의 자급생산 기반을 지키는 것은 국민정서에 부합될 뿐 아니라, 몬순기후대에 위치한 우리 나라 자연환경에 가장 적합한 국토이용 및 보존방법이 되므로 쌀 농사의 지속적인 유지·발전이 필요하며, 이를 위한 고부가가치 쌀 생

산과 관련된 첨단연구가 필요함.

### Ⅲ. 연구개발 내용 및 범위

#### 1. 찰벼 유전자원의 미립형태, 물리성 및 전분구조 변이구명

- 가. 찰벼 유전자원의 미립형태 및 물리적 특성 변이
- 나. 찰 전분특성의 품종 및 환경변이 분석
- 다. 찰벼 품종간 쌀 전분구조의 이화학적 차이
- 라. 전분분지효소(SBE)관련 유전자의 분류 및 분석
- 마. 찰벼 신소재 계통들의 미질 특성

#### 2. 찰벼 영양 및 건강기능성 다양화 소재개발

- 가. 돌연변이 유기
- 나. 특수품질도입용 인공교배 및 계통육성
  - 1) 특수품질 찰 계통육성
  - 2) 찰벼 고단백 계통육성
- 다. 돌연변이로 유기된 변이체의 유전분석
  - 1) 저아밀로스 배유돌연변이체의 유전
  - 2) 찰 특성과 특수품질 특성간 유전자의 상위성 검정
- 라. 찰벼 특수품질계통의 품질관련 특성검정
  - 1) 중간찰의 아밀로스 함량
  - 2) 찰벼 및 특수품질계통의 이화학적 특성
  - 3) 특수품질 찰 계통의 이화학적 특성

### 3. 찰벼 미립형태 및 물리성 다양화 소재개발

가. 찰벼 유전자원의 호화특성 검정

나. 찰벼 미립형태·물리성 다양화 소재 육성

1) 인공교배 및 F<sub>1</sub> 식물체 양성

2) F<sub>2</sub>이후 잡종집단 및 계통육성

3) 찰벼 신소재계통의 생산력검정 예비시험

다. 찰벼에 도입코자한 특수형질의 유전분석

1) 중간찰/찰 교배조합에서 분리된 메, 중간찰, 찰의 이화학적 특성

2) 찰벼에 도입된 고 대유관속수의 유전분리와 선발효율

### 4. 환경친화형 찰벼 다수성 초형개발

가. 기원과 초형이 다른 찰벼의 수량형성과정과 건물생산 효율검정

나. 찰벼의 물질전이 능력검정

다. 잡종집단에서 선발한 특수 찰벼의 수량검정

라. 저투입조건에서 찰벼의 수량성검정

### 5. 찰벼 품종의 가공적성 검정체계 확립

가. 유과제조법 검토

나. 품종별 찰쌀의 유과 가공성 비교

다. 찰쌀 가공품의 저장에 따른 노화도 측정법 검토

라. 품종별 찰쌀의 인절미 가공성 비교

마. 품종별 찰쌀의 식혜 가공성 비교

바. 품종별 찰쌀의 미숫가루 가공성 비교

## 6. 찰벼 건강기능성 물질탐색

가. 재래 유전자원의 항산화 활성검정

나. 찰벼의 항산화 활성검정

다. 재래종과 외래종의 항산화 활성비교

## IV. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

### 1. 찰벼 유전자원의 미립형태, 물리성 및 전분구조 변이구명

가. 찰벼 국내의 수집 유전자원 38개 품종을 공시하여 쌀 형태, 이화학적 및 구조적 특성을 조사하고 품종변이가 비교적 큰 11개 형질을 중심으로 주성분 분석을 실시하여 상위 2개 주성분치 좌표상 품종들의 분포도에 따라 9개 품종군으로 군집화를 실시하였다. 제1주성분치는 주로 쌀가루현탁액 비스코그램특성과, 제2주성분치는 밥의 물리적 특성 및 백미흡수율과 밀접하게 연관된 성분이었다. 인디카 찰벼품종들은 제1주성분치에 의해 자포니카 찰벼 품종들과 확연히 구분이 되었으며 자바니카 찰벼 품종들은 인디카와 자포니카 품종간 중간지점이나 여러 자포니카 품종군에 널리 분포하였다.

나. 찰벼 품종들의 형질간 상관분석 결과 쌀의 상온흡수율, 밥의 물리적 특성 및 쌀가루현탁액의 비스코그램 특성들간에 정 또는 부의 유의한 상관성을 나타내었다. 특히 자포니카 찰벼품종에서 쌀가루 비스코그램특성 중 강하 및 치반점도가 쌀의 알칼리붕괴도 및 밥의 점도와 밀접한 상관관계를 나타내었다.

다. 찰 전분 아밀로펙틴은 glucose 단쇄분획빈도(fr.IV)가 32.2%, 중쇄분획빈도(Fr. III)가 49.2%, 장쇄분획빈도가 18.6%로 변이계수 12~19%정도의 상당한 품종변이를 보였으며 상대적으로 품종변이가 컸던 것은 단/중쇄분획간 비와 단/장쇄분획간 비였다. 쌀 전분 아밀로펙틴의 구조를 나타내는 glucose 단쇄

(A-chain) 및 중쇄(B-chain) 분획분포비율과 단/중쇄분획간 비 및 중/장쇄분획간 비가 강하점도 및 치반점도와 밀접한 상관성을 보였다.

- 라. 8개 찰벼품종군 별로 1~2개 품종을 선정한 15개 찰벼 품종을 등숙기에 온실과 옥외에서 각각 재배하여 쌀의 미질특성을 비교분석한 결과, 등숙조건에 따른 유의한 차이를 나타낸 물리적 특성은 가열흡수율, 호화개시온도 및 최저점도 등이었다. 그러나 품종군에 따라서 여러 가지 물리적 특성에 대한 등숙환경 조건에 따른 반응이 현저하게 달랐다.
- 마. '96년과 '97년산 23개 찰벼 품종들의 미질특성에 대한 품종 및 연차간 변이분석에서 밥 호화팽창율, 알칼리붕괴도, 현미장폭비 및 최고점도를 제외한 모든 물리적 특성에서 현저한 연차간 변이를 나타내었으며 특히 현미경도, 가열흡수율, 호화장폭비변화율과 최고 및 응집점도를 제외한 모든 비스코그램특성들이 연차변이가 컸다. 전 변이에 대한 비율로 보아 형질에 따라서 품종변이는 7.8~96.7%, 연차변이는 0.5~85.9%를 차지하였다. '97년산 찰벼품종에 대한 11개 미질특성 중심으로 실시한 주성분 분석에서 제1 및 2 주성분 좌표상 분포도에 따른 품종군 분류 결과는 '96년산 분류결과와는 상당히 상이하였으나 자포니카와 인디카 찰벼품종들간은 제1주성분치에 의해 뚜렷이 구분해 볼 수 있었다.
- 바. 찰쌀 14 품종의 전분 미세구조는 효소처리에 의해서 debranching시킨 전분의 glucose chain length 분포 비교에 의해서 수행되었고, 찰쌀 품종별로 미세구조상에 차이가 있었다. 짧은 쇄장을 다량 함유하고 있는 찰벼품종은 병곡 및 Ishiokamochi 15이었고, 상대적으로 긴 쇄장을 다량 함유하고 있는 품종은 TP2579A1 및 IR 29이었다. 15% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>에 대한 가수분해도는 샤레벼 -152-1-B, 신선찰벼 등이 높았으며, 산동 47, Onemochi 가 낮았다. X선 회절도는 27 품종 찰쌀 모두 전형적인 A형이었다. Glucoamylase에 의한 가수분해도의 양상은 품종에 따라 차이가 있었으며, 모든 품종의 찰전분들은 37°C에서

3시간 작용시킴에 의해 거의 100% 가수분해되었다.

사. 다중 분석을 기초로 한 각 유전자간의 연관관계를 살펴보면, 크게 SBE1, SBE2, SBE3, SBE4의 4그룹으로 나누어짐을 알 수 있었으며 SBE 유전자 관련 EST의 염기서열 상동성 분석한 결과 4가지의 SBE 관련 유전자의 발현 시기가 다소 차이가 있는 것으로 생각된다. 전분 분지 효소 유전자들의 연쇄 중합반응 절편 양상을 분석한 결과 두 가지 양상으로 나타났는데 보고된 SBE I과 동일한 2,270 bp 절편과 약 400 bp정도가 결실된 1,800 bp 절편이 확인되었고 염기서열 분석 결과 기호벼의 경우 연쇄중합반응 산물의 크기가 2,269 bp 이었으나 밀양23호의 경우 334 bp가 결실된 1,936 bp로 분석되었는데 결실된 부분은 기호벼의 경우 1415~1749위치에 해당되는 유전자 단편이 결실된 것으로 확인되었다. SBE I promoter 내에 tourist transposable-like element 삽입 결과가 전분분지에 관여하는 SBE 유전자 발현에 영향을 줄 것으로 생각된다.

아. 찰벼 신소재로 육성한 계통들은 미립형태, 쌀의 호화점도 특성 및 밥의 물리적 특성면에서 기존 유전자원의 다양성 변이에 미치지 못하는 못하였으나 상당한 물리적 특성 변이를 나타내었다.

## 2. 찰벼 영양 및 건강기능성 다양화 소재개발

가. 찰벼 품종들에 화학돌연변이제인 MNU(N-nitroso-N-methylurea)를 수정란에 처리하여 얻은 돌연변이 개체들을 선발, 육성하여 125계통의 품질변이체를 육성하였고, 새로운 거대배 찰벼계통을 육성하였다. 또 특수품질을 여교잡 방법으로 찰벼품종으로 이전하여 새로운 특수품질 찰벼계통들을 육성하였다.

나. 중간찰 특성을 보이는 *du-6* 계통은 두 개의 서로 다른 독립적인 열성유전자가 동형 접합일 경우에 저아밀로스 배유특성이 나타남을 확인하였다. *Du-7* 계통은 한 개의 우성유전자에 의하여 지배되며, dull화분을 치사시켜 모본을

통해서만 전달되는 것을 확인하였다. 메벼에서 유기된 중간찰 및 찰벼 돌연변이 계통의 아밀로스 함량은 7.0~10.4%로 찰벼와 메벼의 중간 정도였다.

다. 분상질, 고당질형질은 찰형질과 상위성이 없었고 찰형질이 중간찰에 상위성임을 확인하였다. 알칼리붕괴도(ADV)는 화청고당질 계통과 고당질-찰계통은 화청과 화선찰과 비슷하였고, 화청분상질 계통과 분상질-찰계통은 높은 ADV를 보였다. 호응집 특성은 화청벼와 화청분상질 계통은 medium한 특성을 보이고, 화선찰, 분상질-찰계통, 화청고당질 계통, 고당질-찰계통은 soft한 특성을 보였다. 분상질-찰계통과 고당질-찰계통의 아밀로스 함량은 1~3%로 나타났다. 분상질-찰계통과 고당질-찰계통의 아밀로스 함량과 관련된 특성은 찰형질의 특성을 그대로 유지되었다. 고당질-찰계통 종자의 유리당 함량은 찰계통과 고당질 계통보다 많은 9~10%로 증가하였다.

라. 새로 탐색된 고단백돌연변이체와 찰벼인 동삼성42의 고단백 유전자 대립성검정을 한 결과 서로 다른 유전자를 보유하는 것으로 나타났고, 양 모본을 능가하는 고단백의 초월분리를 보였다. 찰형질에 분상질, 고당질, 거대배의 특수품질이 도입된 경우 단백질함량이 증가됨을 확인하였다. 특수품질찰벼 계통의 단백질 함량은 9.0~10.3 %이었다. 특히 분상질 찰계통(13350)이 가장 많은 단백질함량을 보였다.

마. 재래찰벼들 중 중국 동삼성에서 유래한 계통과 고당질 계통들의 단백질함량이 유의하게 높았다. 아미노산의 상대적 조성은 품종간 거의 유사하였지만 단백질함량이 높은 당질미 계통들과 거대배 계통들에서는 필수아미노산인 lysine 함량도 높은 것으로 나타나 고영양미로 이용할 수 있을 것으로 보였다.

바. 찰벼 거대배 계통들은 지질함량이 원품종에 비해 월등히 높았다. 지방산조성에서는 거대배 계통들에서는 스테아르산과 올레인산의 함량이 증가된 반면 리놀렌산의 함량은 크게 감소된 것으로 나타났다. 특수품질 찰계통은 3.61~6.30%로 지질함량이 높았다. 특수품질계통과 특수품질 찰계통의 지질함량은

큰 차이가 없었고 특수품질계통의 영향으로 특수품질 찰계통의 지질함량이 증가한 것으로 보인다.

- 사. 지방산 조성은 찰, 메, 특수품질, 특수품질 찰계통 모두 팔미탄산 17~20%, 올레인산 35~45%, 리놀산 31~39%, 스테마르산 5%이하, 리놀렌산이 1% 정도의 조성이었으나, 13378(거대배 찰)계통은 리놀레닉산이 6%가 넘었다.
- 아. 일부 특수찰벼계통들은 보통의 찰벼에 비해 칼슘, 철분 등의 함량과 리보플라빈 함량이 높음을 알 수 있는데 이들은 고영양특수미로 이용될 수 있을 것으로 보였다.
- 자. 5년간의 연구결과 중간찰(*du-4*)계통과 거대배 특성이 결합된 고세대계통을 품종등록 신청하였다.

### 3. 찰벼 미립형태 및 물리성 다양화 소재개발

- 가. 찰벼 111품종의 쌀을 이용하여 신속점도측정계로 품종별 찰쌀가루의 호화점도특성을 조사한 결과, 호화개시온도는 인디카형이 높았으며 호화과정에서 나타나는 최고점도, 최저점도 및 최종점도는 통일형 품종의 평균값이 가장 높았고 인디카형은 중간, 그리고 자포니카형 품종이 가장 낮았다. 또 강하점도와 응집점도에서도 통일형 품종이 가장 높았고 자포니카형 품종이 가장 낮았으며, 치반점도는 통일형 품종이 가장 낮았고 자포니카형 품종이 가장 높았다.
- 나. 조사한 찰벼 품종 쌀의 알칼리붕괴도는 KOH 1.4%와 1.7% 용액 모두에서 인디카형이 가장 낮았고, 자포니카형과 통일형 품종은 비슷한 정도의 붕괴도를 나타냈다. 찰벼 품종 쌀의 호응집성은 품종군별 평균 gel길이는 20분 냉각 및 24시간 냉각에서 모두 인디카형이 가장 짧았고, 자포니카형과 통일형간에는 차이가 인정되지 않았다.
- 다. 조사한 찰벼 111품종을 쌀가루의 호화점도특성에 근거하여 cluster 분석법을 통해 6개 품종군으로 분류할 수 있었다. I-A군은 대부분 자포니카형 조생품



종이며, I-B군은 인디카형이거나 통일형 품종이었고, II-A와 II-B군은 극조생이면서 자포니카형이고, III-A와 III-B군은 자포니카형 중생종 또는 중만생종에 해당되었다. KOH 1.4%와 1.7% 용액에서의 알칼리붕괴도 값은 I-A, I-B, II-B군이 낮은 편에 속했고, III-A와 III-B군은 높은 편에 속했으며, 품종군간 호응집성 차이는 인정되지 않았다.

- 라. 지난 5년간(1995.12~2000.12) 찰벼 미립형태 및 찰쌀의 물리성 다양화 소재 개발을 위해서 작성한 인공교배 조합수는 총 107조합이었으며, 그 동안 총 87조합의 F<sub>1</sub> 식물체를 포장 또는 세대축진온실에서 양성하였다. 이 기간 중에 F<sub>2</sub>에서 F<sub>9</sub>까지의 많은 수의 잡종집단 및 계통이 육성되었으며, 교배조합별로 미립형태의 변이, 입중의 다양화, 현미 종피색의 다양화, 배유의 방향성 유무, 알칼리붕괴도 및 호화점도특성과 같은 배유의 물리성 변이, 이삭형태의 변이, 미립의 생리활성 변이, 취반팽창률 변이 등 중 어느 1~2가지 특성의 다양화를 목표로 선발해 왔다.
- 마. 재래종인 자광도를 교배친으로 이용하여 개발한 적갈색 종피 찰벼 신소재 계통 중에는 미숫가루 또는 식혜가공에 적합한 것이 있었고, 백미에 섞어서 밥을 짓는 혼반용으로 적합한 것도 있었다. 적갈색 종피 찰벼 신소재 중 호화점도 특성과 농업형질이 우수한 계통을 선발하여 「자광찰」로 명명하고 가공밥 적성에 대한 세밀한 검토를 할 예정이다.
- 바. 배유에서 향기가 나는 방향성 찰 신소재로 개발한 계통들 중에는 유과, 인절미, 식혜, 또는 미숫가루 가공적성이 우수한 것이 포함되어 있다. 2000년까지 연구결과에서 농업형질과 유과 가공성이 우수한 계통을 「건향찰1호」, 그리고 농업형질과 인절미 가공성이 우수한 계통을 「건향찰2호」로 각각 명명하고 이들의 가공적성을 세밀히 검토할 예정이다.
- 사. 중간찰/찰벼 조합의 heterozygous한 개체에서 분리된 메, 중간찰(dull), 찰 F<sub>4</sub> 종자의 아밀로스 함량은 메벼가 가장 높았고 dull은 중간이었으며 찰벼가 가

장 낮았고, 알칼리붕괴도는 메벼가 가장 높았으며 찰벼는 중간이었고 dull이 가장 낮았다. 그러나 *Du-7*/진부찰 조합에서는 메와 찰 간에는 차이가 없었고 dull이 가장 낮았다.

- 아. 한편 진부찰/*du-6* 조합에서 분리된 메, dull, 찰  $F_5$  종자의 단백질 함량은 dull이 가장 높았고 메와 찰은 서로 비슷한 수준으로 모두 dull 보다는 낮았다. 또 이들의 호화점도특성은 메, dull, 찰 간에 고도의 유의차가 인정되어 dull은 최저점도, 최종점도, 응집점도에서 메와 찰의 중간값을 나타냈고, 호화개시온도, 최고점도는 메와 비슷한 값을, 강하점도는 가장 큰 값을 그리고 치반점도는 가장 낮은 값을 나타냈다.
- 자. 벼 이삭줄기의 대유관속 수가 많고 이삭의 1차지경수가 많아 다수성 형질을 가진 재래종 찰벼 인부지나도를 교배친으로 사용한 교배조합의  $F_1$  식물체의 유관속 수와 이삭 특성은 조합에 따라 우성방향과 우성정도가 다르게 나타났다.  $F_2$  집단에서는 이삭목 지름, 1차 지경수, 대유관속수 3가지 형질 모두 전형적인 정규분포를 보이는 양적 형질의 유전을 하는 것으로 나타났다.
- 차.  $F_2$  집단에서 간장을 90cm를 기준으로 나누었을 때, 두 집단간에 대유관속 수 및 이삭 특성의 차이가 없었다.  $F_2$  집단에서 대유관속 수가 많고 간장이 중이하인 개체를 선발하여  $F_3$  집단을 조성했을 때, 선발한 집단과 선발하지 않은 집단간의 대유관속 수, 이삭목 지름 및 1차 지경수의 차이가 없었다.
- 카.  $F_3$  집단에서 간장 90cm 이상과 90cm 이하인 개체군을 나누었을 때, 조사한 6개 형질 중  $F_2$ 에서 선발하지 않은 집단은 대유관속 수에서, 그리고 선발한 집단은 현미 100립중에서 간장을 기준으로 나눈 두 집단 간에 차이가 있었고 다른 형질에서는 차이가 없었다.

#### 4. 환경친화형 찰벼 다수성 초형개발

- 가. 찰벼의 환경 조화형 다수성 초형을 구명하기 위하여 기원과 초형이 다른 찰

벼의 건물생산효율, 물질전이능력, 수량형성과정 및 환경적응성을 검정하였다. 초장, 분얼, 간장, 수장, 엽신중, 엽면적 등의 생육특성과 출수기는 품종에 따라 차이가 심했는데, 인부지나도는 장간이면서 소얼성이고 엽각이 경사형의 특징을 보였으며, 소립찰벼는 단간, 다얼성 및 직립형의 특징을 보였다. 엽신중과 엽면적은 대체로 메벼에 비하여 적었고, 중생종인 화선찰벼와 중만생종인 화청찰벼는 분얼이 많으면서 수장이 상대적으로 짧은 특징을 나타냈다.

- 나. 이삭목직경은 IR3941-4-Phi28가 가장 굵었고, 대·소유관속수는 IR3941-4-Phi28, 소립찰벼 및 인부지나도가 많았다. 이삭목직경과 수장, 2차지경수 및 대·소유관속수간에는 고도의 정의 상관을 보였으며, 특히 대유관속수와 2차지경수간에는 밀접한 관련이 있었고, 1개의 대유관속을 통하여 축적된 등숙립은 인부지나도가 가장 많은 특징을 보였다.
- 다. 엽신의 엽록소함량은 최고분얼기에 비하여 출수기에 감소되었는데, 감소량이 가장 적은 품종은 인부지나도였고, 질소함량은 반대로 출수기에 증가하였으며, 화선찰벼가 가장 많은 증가량을 보였다. 찰벼의 출수기 엽면적지수(LAI)는 대체로 4.4~7.0의 분포를 보였는데, 품종간 차이가 심하였고, 비엽중(SLW)은 백나와 인부지나도가 컸으며, 엽면적비율은 적나가 가장 높았다.
- 라. 찰벼품종들은 2차 지경수와 2차 지경립수가 메벼에 비하여 많았으며, 1차 지경과 2차지경, 그리고 1차 지경립과 2차 지경립의 분포비율의 비는 화선찰벼와 화청찰벼가 높았으며, 상남발벼가 낮은 결과를 보였다. 단위면적당( $m^2$ )당 이삭수는 화선찰벼가 가장 많았으며, 수당립수는 소립찰벼가 많았고, 등숙율은 찰벼품종들이 메벼에 비하여 낮았다. 천립중은 대립종인 대립찰벼가 현저히 무거웠으며, 한강찰벼도 무거운 특징을 보였다. 대부분의 찰벼품종들은 메벼에 비하여 수량이 적었으나, 화선찰벼와 화청찰벼, 그리고 신선찰벼가 500kg/10a 이상의 수량으로 다수성 경향을 보였다.
- 마. 화청벼와 화청찰벼 모두 전엽된 엽면적이 증가할수록 이삭당 총립중과 평균립

중, 고밀도립비율, 등숙립비율이 감소하였으며, 상위 1, 2, 3엽처리구(L5)에서 총립중과 평균립중의 감소율은 화청벼가 컸으나, 고밀도립비율과 등숙립비율은 화청찰벼에서 더 큰 감소를 보였다.

- 바. 전엽처리에 의하여 고밀도립비율과 등숙율이 2차 지경보다 1차 지경에서 높았으며, 전엽정도가 클수록 1차 지경립과 2차 지경립의 고밀도립비율과 등숙율이 감소되었고, 특히 2차 지경의 고밀도립비율과 등숙율이 화청벼에 비하여 화청찰벼에서 낮았다. 전엽된 엽면적과 이삭당 평균립중, 총립중, 고밀도립비율, 등숙률과는 고도의 부의 상관관계를 보였으며, 특히 화청찰벼에서 전엽된 엽면적과 고밀도립비율 및 등숙율간의 상관값이 화청벼에 비하여 훨씬 높았다.
- 사. 화청벼와 화청찰벼 모두 지경절제처리에 의하여 평균립중과 등숙율이 증가되었으며, 대조구에 대한 평균립중과 등숙율의 증가비율은 1차 지경립 절제구(P1)에서 보다 2차지경립 절제구(P2)에서 더 높았고, 평균립중의 증가비율은 화청찰벼가 화청벼에 비하여 높은 결과를 보였다. 지경절제처리에 의하여 고밀도립비율과 등숙립비율이 증가되었고, 고밀도립비율은 화청찰벼가 화청벼에 비하여 높았으며, 등숙립비율은 반대로 화청벼에서 높은 결과를 보였다. 지경절제처리에서 수당립수와 고밀도립비율, 등숙율간에는 부의 상관관계를 나타냈다. 수당립수와 고밀도립비율 및 평균립중간에 상관값은 화청벼보다 화청찰벼에서 높은 부의 상관을 보였다.
- 아. 찰벼 신소재계통들의 생육특성은 품종에 따라 이앙 시기간에 다양한 반응을 보였는데, 대체로 5월 하순 이앙인 1차 이앙에 비하여 6월 10일 이앙인 2차 이앙에서 양호하였고, 3차 이앙에서는 현저히 생육이 불량하였다. KR92009-B-B-210-5-B는 출수가 가장 늦었으나 분얼과 건물중 및 엽면적 등에서 생육특성이 가장 양호하였다.
- 자. SPAD값과 엽록소함량은 최고분얼기와 출수기 모두 6월 10일 이앙구인 2차 이앙에서 높았으며 질소함량은 최고분얼기에는 5월 하순 이앙구에서 함량이

높았으나 출수기에는 이앙시기간에 유의적인 차이는 없었다. SPAD값, 엽록소 함량 및 질소함량간에는 최고분얼기와 출수기 모두에서 고도의 정의 상관을 보였다. SPAD값과 엽록소함량은 최고분얼기와 출수기 모두에서 2차 이앙구가 각각 0.7246과 0.8728로 가장 높은 상관을 보였으며, SPAD값과 질소함량간에는 최고분얼기에 1차 이앙구가 0.8128로, 출수기에는 2차 이앙구가 0.8867로 가장 높은 정의 상관을 나타냈다.

차. 단위면적( $m^2$ )당 이삭수와 수량은 이앙이 늦어짐에 따라 급격히 감소하였으며, 특히, 3차이앙에서는 1차 이앙에 비하여 약 123kg/10a의 수량이 감소되었다. 수당립수는 1차 이앙과 2차 이앙에서는 유사하였으나 3차 이앙에서는 급격히 감소하였고, 등숙율은 2차 이앙에서 82.1%로 가장 높았다. 수상조사에서 이삭특성이 가장 양호하였던 KR92021-B-B-210-5-B는 단위면적당 이삭수와 수당립수가 많아서 1차 이앙에서 수량이 월등히 높았으나 이앙시기가 늦어짐에 따라 수량이 급격히 감소하였고, KR92021-B-B-42-5-B는 이앙시기가 늦어져도 450kg/10a 정도의 수량을 유지하였다.

##### 5. 저투입 조건에서 찰벼 품종의 수량 형성 차이

가. 인부지나도와 대립찰벼는 개체당 분얼수가 적은 소얼성이었으며 상남발벼, 백나, 백운찰벼, 한강찰벼등은 중간형 적나, 화선찰벼, 신선찰벼 등은 개체당 분얼수가 17개 이상의 다얼성의 특징을 보였다. 소립찰벼, 상남발벼, 백운찰벼 등이 개체당 엽면적과 엽면적 지수가 큰 반면에 인부지나도는 엽면적과 엽면적지수가 적었다. 엽비중(SLW)은 인부지나도, 백나, 한강찰벼가 크기 때문에 잎이 두꺼움을 알 수 있으며 지상부 총건물에 대한 엽면적율은 적나, 화선찰벼, 신선찰벼가 높은 경향이였다.

나. 지엽의 각도는 인부지나도, 백나, 대립찰벼 등은 60° 미만의 중간형(Plagiophile) 이고 그 외 품종은 직립형(Erectophile)에 속하였다. 수량은 단위면

적당 이삭수와 이삭당 낱알수가 많으며 등숙율이 높은 백나와 화선찰벼가 높게 나타났다.

다. 무경운 건담 표면 직파체계에서 입모율이 70% 이상되는 유전 자원은 Arongbyeo의 36품종이었다. 무경운 건담 표면 직파체계에서 소열성 품종은 인부지나도, 녹두벼, 영천, 황토조 등으로 이들의 유전자원을 직파재배 적응용 찰벼품종개발에 활용할 수 있을 것으로 생각된다.

라. 저투입 조건 (벼-자운영 무경운 직파 순환재배 체계)에서 직파한 몇가지 찰벼 품종의 입모수는 자운영이 재배되지 않은 곳에서 높게 나타났다. 초기 입모율의 확보는 생육 후반기의 단위면적당 이삭수와 직결되므로 충분한 수량을 내기 위해 매우 중요하다. 초기 건물중은 자운영이 재배되지 않은 곳에서 높았다. 그 원인으로서는 벼 생육초기 자운영 부식에 따른 유기산의 발생과 환원 장애로 인해 생육이 저조하였기 때문으로 사료된다. 하지만 생육후기 건물중은 유의적인 차이가 인정되지 않았다. 저투입 조건에서 수량은 백나, 화선찰, 상남발벼가 500kg 이상을 나타냈으며 소립찰벼가 가장 낮은 수량을 나타내었다. 소립찰의 수량이 가장 낮은 원인은 낮은 등숙율(47%)과 천립중(15g)이 주요 원인으로 나타났다.

마. 저투입조건에 적합한 찰벼 품종의 특성으로 출수기 근활력이 높고 엽색이 짙어 후반기 생육이 유리하고 단간종이며 소열성품종은 녹두도, 마나도, 상남발벼로 나타났다. 화청벼와 waxy mutant를 이용한 시비시험에서 초장 주당분얼수 및 엽색도(SPAD 값)에서 유의성이 인정되지 않았다. 찰벼의 유묘기, 유수형성기의 건물중은 메벼에 비해 높게 나타났으나 출수기 이후부터 차이가 인정되지 않았다.

바. 화청벼와 waxy mutant를 이용한 Source-Sink관계는 메벼와 찰벼모두 지엽을 제거한 것의 천립중이 가장 낮아왔며, 지엽과 제 2엽을 제거한 것이 다른 처리구 보다 수량이 낮게 나타났다. 따라서 메벼, 찰벼 모두 출수 후 상위 엽의

기능이 수량에 영향을 미친다. 저투입 조건에서 출수기는 찰벼가 메벼보다 빨랐고 유묘기 건물중과 출수기 근활력은 화청메벼가 높았다. 출수기 엽 제거에 따른 줄기의 건물중 변화는 찰벼보다 메벼가 크게 나타났다.

사. 벼-자운영 무경운 직파재배 체계에서 생육초기 백나의 엽신중 당 함량은 다른 품종에 비해 낮았지만 생육 후기에 급격히 증가하는 현상을 보였다. 따라서 백나는 다른 품종에 비해 후기 생육이 좋았던 것으로 사료된다. 찰벼 품종들의 질소와 건물전이 효율은 백나가 가장 높게 나타났고, 대립찰벼와 마나도가 가장 낮았다. 따라서 백나가 다른 품종에 비해 건물중 전류 효율이 높아 수량이 높게 나타난 반면 대립찰과 마나도는 전류효율이 낮아 등숙율이 떨어지고 수량도 저조하였다.

아. 찰벼의 출수 후 당 함량은 출수 후 계속감소 하였지만 메벼는 생육후반기에 다소 증가하는 경향을 보였다. 줄기의 전분함량은 찰벼에서 출수후 일시적으로 증가하였다가 다시 감소하는 경향을 보였다.

## 6. 찰벼 품종의 가공적성 검정체계 확립

본 연구는 가공적성용 찰벼 신소재 개발 연구의 일환으로 찰벼의 기능성 유전자의 탐색 및 관련 유전자의 동정에 의하여 수집·개발한 29품종(계통)의 찰쌀을 재료로 하여 유과, 인절미, 식혜 및 미숫가루를 제조하면서 가공적성이 높은 찰쌀 품종을 선발하며, 이들 찰쌀 전분의 이화학적 특성간의 품종변이를 검정하였다.

가. 유과 제조에 대한 가공적성을 비교한 결과 유과의 가공성과 상관관계가 있는 찰쌀의 이화학적 특성으로는 수침에 의해 유리되는 환원당 함량이었으며, 유리되는 환원당 함량의 양이 많은 품종의 찰쌀일수록 유과의 가공성이 좋았다. 29품종의 찰쌀 중 유과의 팽화도, 아삭아삭한 정도, 관능검사에 의한 기호도 등의 수치가 골고루 높아 유과제조에 적합한 품종으로는 CB243, 산동 71, 육도농립나 1호 및 향미 찰벼인 KR92021-B-B-5-2-B 등이었다.

나. 찹쌀의 이화학적특성(단백질함량, gel consistency, 알칼리호화도, amylogram 특성, 품종별 전분입자의 호화특성)과 이들 14품종의 찹쌀로 제조한 인절미의 가공특성(경도, 응집성, 부착성 탄력성, 씹힘성 등의 물성 및 노화도)을 측정 비교한 결과 단백질함량과 amylogram상의 점성간에는 상관성이 있었으나 이들 이화학적 특성과 인절미의 물성간에는 어떠한 상관성도 보이지 않았다. 그러나 품종별 찹쌀로 제조한 인절미 물성을 texture profile의 특성과 연관지어 고찰해 보면 대체로 경도, 응집성은 낮으면서 부착성이 높은 품종일수록 인절미의 제조에 적합한 품종이라고 생각할 수 있으므로, 29품종의 찹쌀 중 인절미 가공적성이 높은 품종은 청향나, Beongok, 육도농립나 1호 및 향미 찰벼인 KR92021- B-B-162-1-B 이었다.

다. 찹쌀의 식혜제조에 대한 가공적성을 검토한 결과, 식혜제조시 맥아 추출액의 작용에 의해서 유리되는 환원당의 함량이 많은 품종은 육도농립나 1호, 유색미-304, 405, 향미-438 등이었다. 식혜의 당도가 높은 찰벼 품종으로는 신선찰벼, 육도농립나 1호, 향미-424 등이었고, 부유되는 밥알의 형태가 좋은 품종은 강원나 이었고, 밥알의 질감이 부드러운 품종은 육도농립나 1호였으며, 전반적으로 식혜제조에 가장 적합한 품목은 육도농립나 1호였다.

라. 미숫가루의 분산성이 좋은 것은 품종은 Kamuimochi, 유색미-325, 328, 330 및 향미-433 이었으며, 냄새가 가장 좋은 품종은 향미-414 이었고, 미숫가루의 색, 맛, 질감을 포함하여 전반적인 기호도가 높은 품종은 유색미-314 및 향미-414이었다.

## 7. 찰벼 건강기능성 물질탐색

가. 벼 종실의 SOD 활성을 살펴보면, 백경조와 다다조 추출물은 67%로서 매우 높은 radical scavenging activity를 보였다. DPPH는 AC 1423가 90.1%으로 가장 높은 potential scavenging activity를 나타내고 있으며, 다음으로 AUS



196, HweiJu, Siga Chata Mochi와 Philippine 2로 높은 활성을 나타냈다. 생태형에 따라 scavenging potentiality를 비교해보면, 극조생종이 30.0%, 조생종이 35.6%, 중생종이 23.1%, 만생종이 19.1%의 활성을 보였다.

나. TBA법 (CV =19.0%)에 의해 측정된 항산화 활성을 검정한 결과, 장조 (90.6%)를 비롯하여 수원 357, 구중도, 차나락 및 농립나가 높은 억제율을 보였다. 항산화물질로 알려진 isovitexin을 HPLC이용하여 분석한 결과 적도와 가위찰 품종에서 9.6%, 9.4%로 가장 높은 농도를 보였다.

다. 80% MeOH 추출물을 이용한 농도별 항산화 활성 검정에서 DPPH와 TBA법에 의한 지질과산화 정도는 벼 추출물의 농도가 높아질수록 지질과산화 억제율이 높은 것으로 나타났고, 품종 중에서는 적도가 농도별로 가장 높은 항산화 활성을 보였다.

라. 상남발벼를 포함한 찰벼 12품종과 대조품종인 메벼 품종의 SOD와 DPPH 및 TBA법을 이용한 항산화 활성을 비교해보면 대부분 찰벼 품종들이 일품벼보다 높은 활성을 나타냈다. 유묘와 종실의 SOD에서 품종에 따라 불규칙적인 활성을 보였고, DPPH법에서는 장조 (28.5%), 적도 (29.8%)가 높은 수소공여능을 나타냈으며, TBA법에서는 장조 (90.6%), 수원 357호 (88.5%)가 높은 지질과산화 억제율을 보였다.

마. HPLC 분석을 통하여 isovitexin과 chlorogenic acid 및 caffeic acid의 함량을 비교한 결과, DPPH법과 TBA법에서 활성이 높았던 장조가 높은 chlorogenic acid 함량을 나타냈다.

SOD와 DPPH법을 이용하여 isovitexin, chlorogenic acid 및 caffeic acid의 항산화 활성을 측정한 결과, chlorogenic acid > caffeic acid > isovitexin 순으로 나타났다.

바. 1999년과 2000년에 재배·수확한 찰벼 12품종과 대조품종인 메벼 3품종의 항산화 활성 검정 결과, 1999년에는 백운찰벼 (SOD, 10.7%), 백나 (POD,

30.2%), 인부지나도 (DPPH, 81.4%) 및 추청벼 (TBA, 64.1%)가 가장 높은 활성을 보였으나, 2000년에는 추청벼 (SOD, 11.8%) 상남발벼 (POD, 21.7%), 화선찰벼 (DPPH, 54.5%) 및 백운찰벼 (TBA, 53.4%) 품종들이 높은 활성을 나타내었다. 1998년, 1999년 및 2000년의 연차별 항산화 활성 검정 분석결과, 상남발벼와 화선찰벼의 항산화 활성이 SOD, DPPH, TBA법에서 모두 일정한 범위를 유지하고 있음을 알 수 있다.

사. SOD, POD와 DPPH 및 TBA법의 상관관계를 보면 추출물에 따라 차이는 있었으나, 1999년 찰벼들은 일반적으로 SOD법과 POD법간에 정의상관 ( $r=0.3597^*$ )을 보였고, DPPH법과 SOD법, POD법간에는 부의상관 ( $r=-0.2975^*$ ,  $r=-0.3424^*$ )을 보였다. 그러나 2000년 찰벼들은 대체적으로 SOD법과 TBA법간에는 고도의 부의 상관 ( $r=-0.3205^{**}$ )을 나타냈다.

아. 벼 종실의 SOD와 POD 활성을 살펴보면, 재래도와 외래도 모두 3개월 저장한 종자가 1년 저장한 종자보다 강한 활성을 보였다. 외래도의 SOD 활성이 재래도보다 높은 활성을 보였지만, 반면에 POD의 활성은 외래도보다 재래도가 더 높게 나타났다. DPPH는 재래도와 외래도 모두 유색미가 보통미보다 높은 억제율을 보였다. 재래도와 외래도 모두 3개월 저장한 종자들의 DPPH와 TBA의 억제율을 비교해 보면, 재래도보다 외래도가 더 높은 활성을 보였다. Chemiluminescence 방법에서 재래도와 외래도 모두 라디칼 소거능 활성의 차이를 보이지 않았다.

자. SOD 활성이 높았던 Hongchungdo (7.08%) 품종과 Gishun (16.4%), SOD 활성이 낮았던 Dabaegjo (4.75 %) 품종은 ESR을 통해 활성정도를 다시 검증한 결과, Hongchungdo와 Gishun은 peak이 잔잔하게 나타난 것으로 보아 SOD activity가 높음을 알 수 있었고, Dabaegjo은 DMPO의 peak과 같이 1 : 2 : 2 : 1의 형태를 보여 SOD activity가 낮음을 입증하였다.

## V. 주요 연구실적

### 1. 품종보호 및 국가품종목록 등재 신청 ---- 농림부 종자관리소

품종명	주요특성	공개번호	출원번호	출원일자
서농4호	저아밀로스쌀(중간찰벼)	2000-34	2000-41	2000.2.28
서농6호	거대배아 찰벼	2000-35	2000-42	2000.2.28
서농7호	거대배아 찰벼	2000-36	2000-43	2000.2.28
자광찰	적갈색 현미 찰벼			2001 (예정)
건향찰1호	유과 가공적성 향미 찰			2001 (예정)
건향찰2호	인절미 가공적성 향미 찰			2001 (예정)

### 2. 학회지 발표

- 김광호, 박홍숙, 김재성, 1999. Gelatinization characteristics of glutinous rice varieties. Korean J. of Crop Sci. 44(1): 64-69.
- 김광호, 김은여, 정영평, 1999. Physicochemical properties of non-glutinous, dull and glutinous rice grain in segregating populations of dull/glutinous cross, Korean J. of Crop Sci. 44(3): 277-281.
- 안종국 외, 2000. 출수기 엽제거에 따른 Isogenic 화청찰벼와 화청메벼의 Sink-Source 관계. 한국작물학회지 제 45호 별책1호 278-279.
- 최진용 외, 2000. 저투입 벼-자운영 무경운 직파재배체계에서 개화기 이후 찰벼의 동화 물질의 이동과 축적. 한국작물학회지 제 45호 별책1호 280-281.
- 정일민, 김광호, 안종국, 이진옥, 2000. Varietal variation in antioxidative activity of rice grain by DPPH and TBA methods, Korean J. of Crop Sci. 45(4): 261-266.
- 정일민, 김광호, 안종국, 이진옥, 2000. Comparison of SOD and POD

activities in rice varieties, Korean J. of Crop Sci. 45(5): 277-281.

이병진, 최진용, 안종국, 김광호, 2000. Translocation and accumulation of assimilation after heading under different fertilization application in waxy and non-waxy near isogenic lines of rice, Korean J. of Crop Sci. 45(4): 221-226.

고희중, 차건완, 허문희, 1997. 벼에서 저아밀로스 돌연변이체의 유전과 몇가지 이화학적 특성. 한국육종학회지 29(3): 368-375.

최해춘, 홍하철, 김연규, 남백희, 1999. Varietal variation in physicochemical and amy-lopectic structure of grain in glutinous rice, Korean J. of Crop Sci. 44(3) : 207-213.

강미영 외, 2000. 제조조건을 달리한 유과의 품질비교, 동아시아식생활학회지, 10권 1호, p 55-61.

강미영 외, 2000. 찰벼품종을 달리하여 제조한 유과의 품질특성비교, 동아시아식생활학회지, 10권 1호, p 71-76.

강미영 외, 2000. 찰쌀 품종간 이화학적 특성 및 제병적성, 한국육종학회지, 32권 1호, p 26-32.

강미영 외, 2000. 원료찰쌀 품종에 따른 유과 및 인절미의 품질특성, 한국육종학회지, 32권 2호, p 167-172.

강미영 외, 2000. 찰쌀 전분 이화학적 특성의 품종간 변이, 한국육종학회지, 32권 2호, p 226-232.

강미영 외, 2000. 찰쌀 전분의 미세구조 및 이화학적 특성 비교, 한국농화학회지, 43권 1호, p 18-23.

강미영 외, 2000. 14품종 찰쌀의 유과 가공성 비교, 한국식품과학회지, 32권 1호, p 69-74 (2000).

### 3. 학위논문

- 박홍숙, 1998. 찰벼 품종의 호화특성과 노화도 변이. 건국대 석사학위논문
- 김은여, 1998. 찰/dull 조합에서 분리된 메, dull, 찰 배유의 식미관련형질 비교, 건국대 석사학위논문
- 주호중, 1998. 찰벼의 지상부 형태적 특징과 수량. 건국대 석사학위논문
- 김춘송, 1999. 동질유전자 계통인 찰벼와 메벼의 등숙 특성 비교. 건국대 석사학위논문
- 맹성주, 1999. 벼 품종의 엽록소 측정기값과 엽록소함량 및 질소함량과의 관계. 건국대 석사학위논문
- 서경인, 2000. 벼 잡종초기세대에서 이삭줄기 대유관속 수와 이삭특성의 분리양상. 건국대 석사학위논문
- 이진옥, 2000. Antioxidative Activity of Rice (*Oryza sativa* L.) Varieties. 건국대 석사학위논문
- 정영평, 2000. 벼 종피색의 유전현상과 농업형질에 미치는 영향. 건국대 박사학위논문
- 김식현, 2000. 벼에서 배유 단백질함량의 환경변이 및 유전분리, 서울대 석사학위논문.
- 이주현, 2000. 벼에서 몇 가지 배유 전분합성 관여 유전자의 상위성, 서울대 석사학위논문.

# **SUMMARY**

## **I. Title**

Development of New Glutinous Rice for Processing

## **II. Objectives and Significance**

The hope for improved nourishment depends on the development of better rice varieties and improved methods for rice utilization. Despite of the great economical value of the glutinous rice involved in rice high manufactured food materials, development of glutinous rice variety was little invested. So far 169 rice varieties have been developed from 1960 to 1999 in domestic, most of them was non-glutinous utilized as a main food. Only ten rice varieties belong to glutinous rice. Little information is available on breeding glutinous rice varieties with higher quality and the test of processing associated with high manufactured food development. Thus, the objective of this study was to 1) screen and identify for glutinous rice germplasm with high functional activity, 2) evaluate for processing quality of glutinous rice grain, 3) develop of ideal canopy type with high yielding glutinous rice, and 4) develop new breeding materials of glutinous rice for processing. Results of this study may improve economical value through breeding glutinous rice varieties with high processing quality.

## **III. Results and Proposal for Future Application**

## **1. Study on the morphological and physical characteristics of rice grain glutinous rice germplasm**

### **1) Varietal variation of morphological and physical characteristics of rice grain glutinous rice germplasm**

- ① Thirty-eight glutinous rice varieties were classified into nine groups on the scatter diagram by the upper two principal components (56% contribution to the total information) based on eleven physicochemical characteristics including the viscograms and physical properties of cooked rice. The first principal component was the factor mainly associated with the viscogram characteristics of rice flour emulsion and the second was the factor chiefly related to the physical properties of cooked rice and water absorbability of rice grain.
- ② Indica glutinous rices were clearly distinguished from japonica ones by the first principal component score. Javanica glutinous rices were widely distributed on the intermediate zone between indica and japonica or on several japonica rice groups.
- ③ Significant positive or negative correlations were found among water absorption rates of rice grain, physical properties of cooked rice, and viscogram characteristics of rice flour. Especially in japonica glutinous rices, the breakdown and setback viscosities of rice flour were closely associated with the alkali digestion value of milled rice and the stickiness of cooked rice.
- ④ Average percent frequencies of short glucose chain fraction (Fr.IV), intermediate glucose chain fraction (Fr.III) and long glucose chain fraction

(Fr. II) were 32.2%, 49.2% and 18.6%, respectively. Fr. IV/Fr. III ratio and Fr. IV/Fr. II ratio showed relatively higher variation compared to other structural properties of amylopectin. The frequency ratio of Fr. IV/Fr. III (A-/B-chain), Fr. III/Fr. II (B-/C-chain) and the relative frequency of A- or B-chain fractions were closely associated with the breakdown and setback viscosities of rice flour.

## **2) Varietal and environmental variation in some physical characters of glutinous rice grain**

- ① Fifteen glutinous rice varieties randomly and evenly picked out from eight different varietal groups were grown respectively in greenhouse and at outdoor during ripening period by pot culture, and the environmental influence on several grain quality components of the glutinous rice materials was examined. The physical characters of glutinous rice endosperm which was affected significantly by different environmental conditions between greenhouse and outdoor were the water absorption rate of milled rice during boiling, gelatinization initiation temperature and hot viscosity of rice flour emulsion. However, the environmental influence on several physical characteristics of glutinous rice endosperm during ripening was remarkably different along with relevant characters and varietal groups.
- ② Yearly variation in glutinous rice quality was highly significant in almost physical properties of milled rice except volume expansion rate of milled rice by boiling, alkali digestion value and peak viscogram characteristics except peak and consistency viscosities. The contribution ratio of varietal and yearly variations was 7.8~96.7% and 0.5~85.9% in the quality components,



respectively.

- ③ Scatter distributions of tested glutinous rice varieties on the planes of the first and second principal components extracted from eleven physical properties of glutinous rice grain by principal components analysis were considerably different between glutinous rice materials grown in 1996 and 1997, but the quite separated clustering between japonica and indica glutinous rice varieties was possible by the first principal component score in the analyzed results of both years.

### **3) Varietal difference in physicochemical characteristics of glutinous rice grain starch**

Twenty-seven varieties of glutinous rice were examined on amylopectin fine structure and physicochemical properties of starch granules. The amylopectin chain length distribution and short chain/long chain ratio were investigated by enzymatic treatments followed by high-performance size-exclusion chromatographic separation. Chain length distribution profiles of the isoamylase-debranched amylopectins showed distinct patterns according to varieties. Beongok and Ishiokamochi 15 showed the higher short chain/long chain ratio than others. Shinsunchalbyeo and Sharebyeo-152-1-B showed the higher hydrolysis rate to 15%  $H_2SO_4$  than others. In endosperm characteristics of the starch granules, Jinbunchalbyeo required the highest onset gelatinization temperature and Kamui-mochi required the highest heat of gelatinization. Non-gelatinized starch granules from all of the tested sample had almost 100% hydrolysed by glucoamylase for 3hours at 37°C.

#### **4) Classification and analysis of gene related in starch branching enzyme (SBE)**

- ① Twenty-seven varieties of glutinous rice were examined on amylopectin fine structure and physicochemical properties of starch granules. The amylopectin chain length distribution and short chain/long chain ratio were investigated by enzymatic treatments followed by high-performance size-exclusion chromatographic separation. Chain length distribution profiles of the isoamylase-debranched amylopectins showed distinct patterns according to varieties.
- ② Beongok and Ishiokamochi 15 showed the higher short chain/long chain ratio than others. Shinsunchalbyeo and Sharebyeo-152-1-B showed the higher hydrolysis rate to 15 % H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> than others. In endotherm characteristics of the starch granules, Jinbuchalbyeo required the highest onset gelatinization temperature and Kamuimochi required the highest heat of gelatinization. Non-gelatinized starch granules from all of the tested sample had almost 100% hydrolysed by glucoamylase for 3hours at 37°C.
- ③ By genetic relation among SBE related genes based on multiple analysis, those are separated into 4 large group, SBE1, SBE2, SBE3 and SBE4. In analysing of sequence homology of EST related SBE encoding genes, we have found that the time for gene expression was a little different for each group. SBE encoding genes were amplified by polymerase chain reaction (PCR). PCR analysis revealed 2 size of band, one at the size of 2,270 bp same as known SBE1 and the other of 1,800 bp with about 400 bp loss. Amplified fragment by PCR on rice 'Kiho' was 2,269 bp size, but 1936 bp fragment was amplified by PCR on rice 'Milyang 23' with 334 bp

difference. The difference was caused by deletion of the sequence on the 1,415~1,749 locus of 'Kiho'. From the result we could know that the insertion of tourist transposable-like element into SBE1 promoter lead the expression of SBE genes.

### **5) Grain quality of new glutinous rice breeding lines**

New glutinous breeding lines revealed a considerable variation in physical properties of milled rice, although those variation was not enough to reach the diversity of tested glutinous rice germplasms.

## **2. Development of breeding materials with high contents of physiologically active substances in glutinous rice**

- 1) 125 grain quality mutant lines and the new giant embryo lines were induced from waxy varieties by treating MNU(N-methyl-N-nitrosourea) to fertilized zygote of them.
- 2) The peculiar waxy lines were developed by introgressing the genes of peculiar grain quality into waxy varieties.
- 3) The low-amylose endosperm of a mutant line *du-6* was found to be expressed by homozygotic pairing of two independent recessive genes. The gene of low amylose endosperm of *Du-7* showed a pleiotropic effect on pollen sterility and was transmitted into the progeny from the only female parent.
- 4) The *flo*(floury), *su*(sugary) and *shr*(shrunk) genes were transmitted to the F<sub>2</sub> progenies independently with *wx*(waxy) gene. But it was revealed that *wx*(waxy) gene was epistatic over *du-1*(dull) gene.

- 5) The Frequency distribution of protein content in F<sub>2</sub> population derived from the cross between high protein mutant and Dongsamsung 42 explained transgressive segregants. The allelism test revealed that their high protein genes are different from each other.
- 6) Low-amylose mutant lines induced from the normal line had 7.0~10.4% amylose content.
- 7) The domestic waxy line collected Dongsamsung in China and the sugary lines had more protein content than that of other tested lines and varieties. Although the amino acid content of all tested lines and varieties are similar, sugary lines and giant embryo lines have more lysine content, which means that those lines could be used for a high nutrition variety source.
- 8) Giant embryo waxy lines have much more lipid content than that of the maternal plant. Palmitic acid and oleic acid contents of giant embryo lines are increased and linoleic acid content of giant embryo lines are decreased.
- 9) Floury waxy and sugary waxy lines are increased in protein content. Their protein content is 9.0~10.3%. Especially, the 13350(floury waxy) line has the greatest protein contents in the tested line.
- 10) The peculiar waxy lines had 3.61~ 3.60% of lipid content. There were not different between the peculiar waxy lines and the peculiar lines in lipid compositions.
- 11) The fatty acid composition of waxy, normal, peculiar and peculiar waxy lines is 17~20% of palmitic acid, 35~45% of oleic acid, lower 5% of stearic acid and 1% linoleic acid respectively.
- 12) Some peculiar waxy lines had more Ca<sup>2+</sup>, Fe<sup>2+</sup> and riboflavin content than other tested lines, which means that those lines could be used for a high

nutrition variety source.

- 13) Alkali digestibility values of the sugary line and sugary-waxy lines were similar to Hwacheongbyeo and Hwasunchalbyeo. Especially, alkali digestibility value of the floury line and floury-waxy line were very high.
- 14) Gel consistency of the floury-waxy line, sugary line, sugary-waxy line and Hwasunchalbyeo showed soft characteristics. Whereas that in the Hwacheongbyeo and floury line showed medium characteristics.
- 15) Just as Hwasunchalbyeo(wx), amylose contents of floury-waxy lines and sugary-waxy lines ranged from 1 to 3%.
- 16) Free sugar content of sugary-waxy lines and floury-waxy lines was greatly higher, 10% and 6%.
- 17) In the result of this study, we applied the breeding lines which combined low amylose(*du-4*) and giant embryo characteristics for register.

### **3. Development of breeding materials for various morphological and physical properties of grain in glutinous rice**

Diverse grain shape and physical properties of glutinous rice grain were needed for various rice food processing. Glutinous rice varieties have been used for breeding basic studies and for cross parents to produce diverse genetical recombinants of glutinous rice.

- 1) Gelatinization characteristics of 111 glutinous rice varieties were evaluated by Rapid Visco Analyzer. Gelatinization viscosity of glutinous rice tested varied with rice ecotypes; *indica*, *japonica* and Tongil type. *Indica* rice showed the highest average value of initial pasting temperature. The average values for peak, hot and cool viscosities were highest in

Tongil-type rice, and lowest in *japonica* rice. *Japonica* rices showed the lowest breakdown and consistency, but the highest setback value. *Indica* rices were lower in alkali digestion value (ADV), and shorter in gel length after gelatinization than *japonica* and Tongil-type rices.

- 2) Glutinous rices tested could be divided into six groups by cluster analysis based on their gelatinization characteristics. Group I-A was mostly early maturing *japonica* varieties while I-B was mostly *indica* and Tongil-type rices. Groups II-A and II-B were consisted of very early maturing *japonica*, and III-A and III-B included medium or medium late maturing *japonica* varieties.
- 3) Glutinous varieties of group III-A were lowest in average values of peak, hot, cool and consistency viscosities, and also in breakdown and setback ratios. Group I-B showed the highest values in peak, hot, cool, breakdown and consistency viscosities. ADV was low in groups I-A, I-B and II-B, and gel consistency was not different among six varietal groups.
- 4) In order to develop the genetically diverse glutinous rice materials for the shape and physical properties of rice grain, 107 cross combinations using glutinous rices were made and F<sub>1</sub> plants of 87 crosses were grown in field and greenhouse during projected last 5 years.
- 5) Thousands of hybrid populations and pedigree lines of F<sub>2</sub> to F<sub>9</sub> were developed, planted, selected, and tested during the period. Diversification of grain shape and weight, pericarp color of the grain, aroma of grain endosperm, alkali digestibility of rice grain, or gelatinization characteristics of rice flour was the main target to develop in every cross combinations tested. Panicle type, antioxidant activity of rice grain, or expansion rate of

rice grain during cooking was also examined to diversify the processing quality of glutinous rice.

- 6) Newly developed red pericarp glutinous rice materials were tested for their performance in field and processing adaptability in laboratory. Some of the red pericarp breeding lines showed higher adaptability for *Missukaru* processing, and others were suited for *Sikhe* processing. One of the F<sub>9</sub> breeding lines developed was selected by the agronomical traits in field, and named as “Jakwangchal” for the plant variety protection registration.
- 7) The scented glutinous rice materials were also developed and tested for their performance in field and processing adaptability in laboratory. Glutinous scented rice grain of the every breeding line developed was suited for *Yukwa*, *Injulmi*, *Sikhe* or *Missukaru* processing. One of the F<sub>8</sub> breeding lines showing the good performance in field was selected by *Yukwa* processing adaptability, and named as “Konhyangchal 1”, and another line having *Injulmi* processing adaptability was named as “Konhyangchal 2” for the plant variety protection registration.
- 8) Dull grains segregated from F<sub>3</sub> and F<sub>4</sub> of the crosses between two dull mutants and a glutinous cultivar were compared with non-glutinous and glutinous segregants for their physicochemical properties. Amylose content of dull rice grain segregated from the dull/glutinous cross showed the intermediate value between glutinous and non-glutinous rice grain, whether it is controlled by the recessive or dominant gene.
- 9) Alkali digestibility value (ADV) of dull rice grain was lower than that of glutinous or non-glutinous rice. Protein content of dull grain was significantly higher than that of glutinous or non-glutinous grain segregated

from the same cross, while those of glutinous and non-glutinous grains were not different.

- 10) Among gelatinization characteristics, initial pasting temperature and peak viscosity of dull grains were higher than glutinous rice, and were not different with non-glutinous grain. Hot, cool and consistency viscosities of dull grain were intermediate between glutinous and non-glutinous rices. Dull grains showed the highest breakdown viscosity and the lowest setback viscosity among three endosperm types.
- 11) Korean local glutinous rice variety "Inbujinado" showed tall plant height, longer panicle length, more number of large vascular bundle at panicle neck and primary branches in panicle.  $F_1$  plants of the crosses between Inbujinado and improved rice varieties showed different direction and value of dominance in vascular bundle number at panicle neck and panicle characteristics.
- 12) In  $F_2$  distribution, the panicle neck diameter, the number of primary branches and large vascular bundle number showed a typical normal distribution. When  $F_2$  populations were divided into two by culm length of 90cm, there were no differences of large vascular bundle number, primary branch number in panicle, and panicle neck diameter between them.
- 13) When  $F_2$  plants with more number of large vascular bundle (above 14) and shorter culm length (below 85cm) were selected, their progeny  $F_3$  populations did not show any differences in distribution of large vascular bundle number and other panicle characteristics. When  $F_3$  populations were divided into two by culm length of 90cm, the distribution pattern of large vascular bundle number in non-selected populations and one hundred seed



weight in selected populations was different between them.

#### **4. Evaluation of high yielding plant type of glutinous rice varieties under various cultural conditions**

This experiments were conducted from 1996 to 2000 to develop plant type of high yielding glutinous rice variety, which is expected to increase its demand in the future, with adaptive abilities for low input sustainable agriculture. This study contains the assessment of glutinous rice varieties on the producing efficiency of dry matters, the transporting ability of assimilation products, the components of yield potential, and adaptive abilities for low input conditions.

- 1) Inbujinado was the tall, less tiller per hill and plagiophile but Soripchalbyeo was the short, many tiller per hill and erectophile. The number of large and small vascular bundle at the neck node was more in IR3941, Soripchalbyeo and Inbujinado than the others. The neck node diameter was positively correlated with the panicle length, the number of secondary branches, and the number of large and small vascular bundles. Especially, it was closely correlated between the number of large vascular bundles and the number of secondary branches. The chlorophyll contents of leaf blade was reduced, while the nitrogen contents was increased at heading stage compared to maximum tillering stage. and Hwaseonchalbyeo was showed to increase the largest amounts of nitrogen contents. Leaf area index ranged from 4.4 to 7.0, and specific leaf weight was heavier in Baekna and Inbujinado. Hwaseonchalbyeo and Hwacheongchalbyeo had the more number of secondary branches and spikelet on the secondary branches than those of tested rice varieties. Most glutinous rice varieties

were estimated to lower yields than non-glutinous rice varieties, but Hwaseonchalbyeo, Hwacheongchalbyeo, and Shinseonchalbyeo were measured to high yields over 500kg/10a.

- 2) In the study of the translocation of assimilate in relation to source and sink in the glutinous and non-glutinous isogenic line of rice, the reduction rate of total and average spikelet weight per panicle by removal of flag leaf, penultimate leaf and 3rd leaf at heading stages was higher in Hwacheongbyeo than Hwacheongchalbyeo. However, the reduction rate of high-density grain ratio and filled grain ratio per panicle was higher in Hwacheonchalbyeo than Hwacheongbyeo. High-density grain ratio and grain filling ratio of the secondary branches of Hwacheongchalbyeo compared with Hwacheongbyeo were found to be greatly reduced on each treatment. Also, correlation value between leaf area of removal and high-density grain ratio and grain filling ratio was showed to higher negative value in Hwacheongchalbyeo than those in Hwacheongbyeo. Both increased rate of average spikelet weight and high-density grain ratio of Hwacheongchalbyeo was higher than those of Hwacheongbyeo by removal of branches, while filled grain ratio was higher in Hwacheongbyeo. The correlation value between total spikelet number and high-density grain ratio and average spikelet weight was evaluated to highly negative value in Hwacheongchalbyeo compared with Hwacheongbyeo by removal of branches. This results indicated that source seem to be limiting factors for yield potential in glutinous rice.
- 3) In the study conducted to three transplanting dates to estimate adaptive ability for its environment and yield potential of glutinous rice lines which

were selected from hybrid lines, the growth characteristics on the second transplanting date(June, 10) were evaluated to be excellent, and the growth characteristics on the third transplanting date(June, 20) were showed to be the worst tendency. KR92009-B-B-210-5-B had well growth characteristics in terms of tillering ability, dry matter production and leaf area. Chlorophyll meter's value and chlorophyll content of leaf blade of glutinous rice lines were the highest on the second transplanting time among transplanting dates at maximum tillering stage, and heading stage, and nitrogen content of leaf blade of glutinous rice lines was assessed to no difference among transplanting times at heading stage. Numbers of panicle per m<sup>2</sup> and grain yield of glutinous rice lines were greatly decrease by delaying transplanting date. Spikelet numbers per panicle were measured to be closely between first and second transplanting time, but were highly reduced on third transplanting date. On the other hand, grain filling ratio was the highest on second transplanting time. Of glutinous rice lines which had high yield, KR92021-B-B-210-5-B assessed to markedly high yields on first transplanting time(May 30), but sharply reduced on grain yield with delaying transplanting time. Therefore, KR92021-B-B-210-5-B should be transplanted until the late of May. On the contrary, KR92021-B-B-42-5-B was evaluated to be excellent on adaptive ability of environment in respect to reserving high yield(over 450kg/10a) until third transplanting time(June 20).

- 4) These results indicated that yield of glutinous rice was mainly affected by numbers of panicle per unit area(m<sup>2</sup>) and grain filling ratio, large amounts of spikelets on secondary branches of glutinous rice were reacted to opposit

factor about yield potential. It, also, is believed that there were factors associated with high yield, such as leaf area, the number of large vascular bundle, and nitrogen content of leaf blade on glutinous rice. Eventually, when ideo plant type of glutinous rice was assessed to be based on these studies, it is assumed that ideo plant type of glutinous rice for producing high yield must have a lot of numbers of panicle per unit area( $m^2$ ) as panicle number type instead of heavy panicle type, short and thick culm with a great deal of large vascular bundles, spikelet numbers with nearly 140 per panicle. Besides, ideo plant type of glutinous rice must contain lower or approximate level numbers of spikelet on secondary branches, compared. to those of spikelets on primary branches. Also, leaf characteristics of ideo plant type of glutinous should involve erect type, optimum leaf area, and high nitrogen content at heading stage.

##### **5. Evaluation of Ideal Plant Type of Waxy Rice in Low-input Sustainable Agricultural Systems**

- 1) Differences in yield formation processes of waxy cultivars grown in low-input sustainable agricultural systems.
  - ① Inbujinado and Daeripchalbyeo showed less tillers per plant, Sangnambatbyeo Baekna, Baekunchalbyeo and Hankangchalbyeo showed intermediate and Jukna, Hwasunchalbyeo and Shinsunchalbyeo showed more tillers per plant.
  - ② Soripchalbyeo, Sangnambatbyeo and Baekunchalbyeo showed high leaf area index(LAI), and Inbujinado, Hankangchalbyeo and Baekna showed low LAI but high leaf thickness and high specific leaf weight(SLW). Jukna,

Hwasunchalbyeo and Shinsunchalbyeo showed high total dry weight and high ratio of leaf weight.

- ③ Inbujinado, Baekna and Daeripchalbyeo were plagiophile, less than 60 degree of flag leaf angle to the main stem, but many other cultivars were erectophile.
- ④ Panicle numbers per 10a, spikelet numbers per panicle and ripened grain ratio were directly related to grain yield and Baekna and Hwasunchalbyeo, showed high yield potential as compared to other cultivars.

## **2) Evaluation of waxy rice cultivars in no-till direct-sown rice-vetch cropping paddy rice system**

- ① Arongbyeo and 36 cultivars showed over 70 percent of seedling establishment in no-till direct-sown rice-vetch cropping system. Among the cultivars tested, Inbujinado, Nokdudo, Youngchun and Hwangtojo showed less tillering and better adaptability in no-till direct-sown rice-vetch cropping system.
- ② Waxy rice cultivars tested in no-till direct-sown rice-vetch cropping paddy rice system showed high seedling establishment percent in the absence of vetch. Seedling establishment percent seemed being critical for high yield in no-till directed-sown rice vetch cropping system, in seedbed preparation it is required to reduce vetch vegetation.
- ③ In early growth stage, total dry weight of waxy rice cultivars was low in plots with high vech population. This seemed to be related to organic acids produced during decomposition process in the soil. In late growth stages, total dry weight of waxy rice cultivars grown with and without vetch were

not significantly different.

- ④ Baekna, Hasunchalbyeo and Sangnambatbyeo, which have large grain size, showed high yield (over 500kg/10a), and Soripchal, which has small grain size and low ripened grain ratio (47%) and low 1000-grain weight (15g) showed the lowest yield.

### **3) Characteristics of a source-sink relationship in Hwachungbyeo and waxy mutant grown in low-input sustainable agricultural systems and interpretation on yield limit of waxy rice cultivars**

- ① Nokdudo, Mando and Sangnambatbyeo showing high root activity at flowering stage and high chlorophyll content (SPAD values) in late growth stages, short plant height and low tillering capacity seemed to be adaptable to low-input cropping system.
- ② In low-input sustainable agricultural systems, Hwachungbyeo and waxy mutant showed identical plant height, tiller numbers, SPAD values when they were grown in different fertilization levels. Dry weight of waxy mutant at seedling and panicle initiation stages was higher than non-waxy rice, however, it became significantly different after heading stage.
- ③ In leaf removal experiment with non-waxy cultivar, Hwachungbyeo, and waxy mutant, 1000-grain weight was significantly reduced in flag- and 2nd leaf removal treatments. Grain yield was significantly affected by top 3 leaves after heading in both non-waxy mutant.
- ④ Waxy mutant showed earlier heading date than non-waxy rice. Dry weight of non-waxy rice at seedling stage and root activity at heading stage were higher than waxy mutant. Dry weight of non-waxy rice decreased more

rapidly than waxy mutant by leaf removal treatment after heading stage.

#### **4) Evaluation of translocation efficiency of waxy rice cultivars in no-till direct-sown rice-vech cropping paddy rice system**

- ① In no-till rice-vech cropping systems, a waxy cultivar, Baekna, showed lower sugar content of leaf in early growth stage but the sugar content increased rapidly in later growth stages.
- ② Baekna, showing high N-translocation efficiency and high dry weight translocation efficiency, produced significantly high grain yield as compared to other cultivars, while Daeripchal and Manado, showing lower dry weight translocation efficiency and lower ripened grain ratio, produced lower grain yield than other cultivars.
- ③ Sugar content of waxy rice decreased steadily after heading but that of non-waxy rice slowly increased in later growth stages. Starch content of culm of waxy rice temporarily increased after heading date.

#### **6. Screen of processing adaptability of glutinous rice varieties for traditional Korean rice food**

Varietal difference in physicochemical characteristics of glutinous rice grain and interrelationship between these properties and the quality characteristics of *Yukwa*(fried rice cookie), *Injulmi*(glutinous rice cake), *Sikhe*(korean traditional beverage of saccharified rice) and *Misukkaru*(parched cereal powder) were investigated on twenty-nine rice varieties to obtain the basic informations for diversifying the utility of glutinous rice grain and for developing various glutinous rice cultivars.

- 1) Among physicochemical properties of glutinous rice grain, the contents of released reducing sugar during soaking treatment was the most positive correlation between the adaptability to *Yukwa* processing quality. CB243, Sandong 71, Yukdonongrimna 1 and flavoured rice KR92021-B-B-5-2-B were the most adaptable glutinous rice cultivars to make the *Yukwa*, because of its tested score in expansion volume, crispiness and sensory preference was higher than other glutinous rice cultivars.
- 2) The physicochemical properties of the *Injulmi* made from twenty-nine rice varieties were also studied mainly focused on the hardness, stickiness and degree of retrogradation. Chughyanan, Beongok, Yukdonongrimna 1 and flavoured rice KR92021-B-B-162-1-B are considered to the most suitable varieties of *Injulmi* because of their low degree of retrogradation.
- 3) The saccharification and sensory characteristics of *Sikhe* made from twenty-nine rice varieties were examined and Yukdonongrimna 1 is considered to the most suitable varieties of *Sikhe*. During saccharification, Yukdonongrimna 1, colored rice-304, 405 and flavoured rice-438 showed the higher contents of released reducing sugar than others and Sinsunchalbyeo, Yukdonongrimna 1, flavoured rice-424 showed the highest sweetness determined by sensory evaluation. Kanwonna and Yukdonongrimna 1 were good for the morphology and texture of rice kernel during saccharification.
- 4) *Misukaru* made from Kamuimochi, colored rice-325, 328, 330 and flavored rice-433 were well-dispersable in water and milk. Colored rice-314 and flavored rice-414 are considered to the most suitable varieties of *Misukaru* because of their color, smell, texture and overall quality.



## **7. Screening of healthy functional substances on glutinous rice varieties**

In order to breed rice varieties containing high antioxidative substances, screening methods need to be evaluated by enzymatic methods involved in antioxidative activity. Although purification and characterization of SOD in rice has been known, there was no information on the SOD and POD activity on rice varieties. The objective of this study was to investigate SOD, POD activity using korean native and foreign rice varieties.

### **1) Screening of antioxidative activity and substances of native glutinous rice germplasm**

113 rice varieties using 80% MeOH extracts were screened for antioxidative activity by SOD, TBA and DPPH method. There was significant difference of inhibitory activities among varieties and method of activity test. Basmati, Baekkyeongjo and Dadajo extracts (67.0%) in SOD (CV=27.7%), AC 1423 extracts (90.1%) in DPPH method (CV=17.2%) and Jangjo extracts (90.6%) in TBA method (CV=19.0%) showed the highest radical scavenging activity. The result of HPLC analysis on isovitexin showed the highest contents in Jeokdo (9.6%) and Gawichal(9.4%).

### **2) Test of antioxidative activity on glutinous rice varieties**

① Waxy rice varieties cultured and harvested from 1996 to 2000 were examined for antioxidative activity using superoxide dismutase (SOD), peroxidase (POD), 1,1-Diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) and thiobarbituric acid (TBA). This study was conducted not only to develop rice varieties but also to test and utilize new bio-activity compounds in waxy

rice varieties. The result runs as follows. The higher concentration of rice extracts by 80% MeOH, the higher their lipid-oxidation inhibitory rate in DPPH and TBA methods. Jeockdo out of rice varieties was shown to the highest antioxidative activity as its concentration. Fourteen Waxy rice varieties including Sangnambatbyeo was assessed to have higher antioxidative activities than Ilpumbyeo in SOD, DPPH, and TBA. There is no significant difference in radical scavenger activity between seedling and seeds. In DPPH, Jangjo and Jeokdo had high inhibitory rate 28.5% and 29.8%, respectively. Also, Jangjo (90.6%) and Suwon 357 (88.5%) had high inhibitory rate in TBA.

- ② In contents of isovitexin, chlorogenic acid, and caffeic acid using HPLC analysis, Chalbyeo ( $0.6897 \mu\text{g g}^{-1}$ ) was estimated to have the highest content of isovitexin, and Jangjo ( $3.1420 \mu\text{g g}^{-1}$ ) contained high antioxidative activity in both DPPH and TBA representing highly chlorogenic acid content. Also, Sangnambatbyeo ( $4.6109 \mu\text{g g}^{-1}$ ) was estimated to have the highest content of caffeic acid. In SOD and DPPD, antioxidative activities of compounds were represented in order of chlorogenic acid > caffeic acid > isovitexin.
- ③ In 1998, Baekunchal (SOD, 35.4%), Baekna (POD, 35.32%), Hwachungchalbyeo (FI-CL, 67.4%), Chucheong (DPPH, 63.1%) and Hwacheongchalbyeo (TBA, 67.4%) were shown to have the highest antioxidative activities. In the case of SOD, POD, DPPH, and TBA, Baekunchal (SOD, 10.7%), Baekna (POD, 30.2%), Inbujinado (DPPH, 81.4%) and Chucheong (TBA, 64.1%) were shown to have the highest antioxidative activities in 1999. Chucheong (SOD, 11.8%), Sangnam-

batbyeo (POD, 21.7%), Hwaseonchlabyeo (DPPH, 54.5%) and Baekunchal-byeo (TBA, 53.4%) were observed to have the highest antioxidative activities in 2000.

- ④ Several methods were applied to the selection of high antioxidative activity varieties. As extracts of waxy rice varieties, values of SOD, POD, DPPH and TBA were different. In the relationship between antioxidative activities, values of SOD had positive correlations with POD ( $r=0.3597^{**}$ ), and DPPH had negative correlations with SOD ( $r=-0.2975^*$ ) and POD ( $r=-0.3424^*$ ) in 1999. In 2000, however, SOD had a highly negative correlation with TBA ( $r=-0.3205^{**}$ ). High antioxidative activities of Sangnambatbyeo and Hwaseonchlabyeo measured by SOD, DPPH, and TBA methods did not differ significantly in 1998, 1999 and 2000.

### **3) Comparison of antioxidative activity between native and foreign varieties**

Korean native and foreign brown rice varieties harvested in 1998 and 1999 were examined for antioxidative activity using superoxide dismutase (SOD), peroxidase (POD), 1,1-Diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) and thiobarbituric acid (TBA). In addition, chemiluminescence and superoxide radical intensity were measured using the FI-CL system and an electron-spin resonance (ESR) spectrophotometer, respectively. With respect to changes of SOD and POD activity on the leaves of local and foreign rice varieties, activities showed variation for all varieties and were classified according to the heading stage. Other than POD activity, the antioxidative activity of foreign rice varieties (SOD 12.9%, DPPH 63.5% and TBA 55.2%) was significantly higher than that of local rice varieties (SOD 10.7%, DPPH 47.2% and TBA 45.6%). In the

chemiluminescence measurement by FI-CL, radical scavenger activity did not differ significantly among rice varieties. Varieties with a high a (redness) value showed very strong lipid peroxidation inhibitory activity for DPPH. The potent scavenging effect of colored rice was recognized by ESR. These results indicate that the pigments of rice varieties may play important antioxidative roles and that it may be possible to breed rice varieties with higher antioxidative potentials.

여 백

# CONTENTS

SUMMARY .....	1
CONTENTS .....	53
Chapter 1. Introduction .....	59
Section 1. Objectives and overview of research .....	59
1. Objectives of research .....	59
2. Overview of research .....	59
Section 2. Signification of research .....	62
1. Technical scope .....	62
2. Economical scope .....	62
3. Social scope .....	63
Section 3. Status of research in Korea and other countries .....	63
Chapter 2. Study on the morphological and physical properties of grain in glutinous rice varieties .....	67
Section 1. Introduction .....	67
Section 2. Materials and methods .....	68
1. Screening of the morpho-physical properties of grain on glutinous rice varieties .....	68
2. Varietal and environmental variation in some physical characters of glutinous rice grain .....	69

3. Varietal difference in physicochemical properties of glutinous rice grain starch .....	69
4. Analysis and classification of gene in related to starch branching enzyme(SBE) .....	71
5. Grain quality of new glutinous rice breeding lines .....	72
Section 3. Results and discussion .....	72
1. Screening of the morpho-physical properties of grain in glutinous rice varieties .....	72
2. Varietal and environmental variation in some physical characters of glutinous rice grain .....	82
3. Varietal difference in physicochemical properties of glutinous rice grain starch .....	87
4. Analysis and classification of gene in related to starch branching enzyme(SBE) .....	108
5. Grain quality of new glutinous rice breeding lines .....	114
Section 4. Conclusion .....	122
Section 5. References .....	124
Chapter 3. Development of breeding materials with high contents of physiologically active substances in glutinous rice .....	127
Section 1. Introduction .....	127
Section 2. Materials and methods .....	128
1. Induction of mutants .....	128
2. Crossing and line selection for physiologically active substances .....	128

3. Genetic analysis of mutants .....	129
4. Test of grain quality on new glutinous breeding lines .....	129
Section 3. Results and discussion .....	131
1. Induction of mutants .....	131
2. Crossing and line selection for physiologically active substances .....	134
3. Genetic analysis of mutants .....	134
4. Test of grain quality on new glutinous breeding lines .....	137
5. Submitted to authorities for registration of new glutinous rice varieties .....	146
Section 4. Conclusion .....	153
Section 5. References .....	155
Chapter 4. Development of breeding materials for various morphological and physical properties of grain in glutinous rice .....	161
Section 1. Introduction .....	161
Section 2. Materials and methods .....	162
1. Test of gelatinization of grain on glutinous rice varieties .....	162
2. Crossing and line selection for various morphological and physical properties of grains .....	165
3. Genetic analysis of specific characters in glutinous rice .....	167
Section 3. Results and discussion .....	170
1. Test of gelatinization of grain on glutinous rice varieties .....	170
2. Crossing and line selection for various morphological and physical properties of grains .....	177



3. Genetic analysis of specific characters in glutinous rice .....	186
4. New glutinous rice materials selected for cooked rice, <i>Yukwa</i> , and <i>Injulmi</i> .....	199
Section 4. Conclusion .....	204
Section 5. References .....	206
Chapter 5. Evaluation of high yielding plant type of glutinous rice varieties under various cultural conditions .....	211
Section 1. Introduction .....	211
Section 2. Materials and methods .....	213
1. Evaluation of dry matter production and yield potential on the different plant type and origin .....	213
2. Test of source-sink relationship .....	215
3. Observational yield trial for new glutinous breeding lines .....	217
4. Evaluation of adaptive ability of glutinous rice varieties on the low-input sustain agriculture system .....	219
Section 3. Results and discussion .....	220
1. Evaluation of dry matter production and yield potential on the different plant type and origin .....	220
2. Test of source-sink relationship .....	233
3. Observational yield trial for new glutinous breeding lines .....	239
4. Evaluation of adaptability of glutinous rice varieties on the low-input sustain agriculture system .....	256
Section 4. Conclusion .....	272
Section 5. References .....	278

Chapter 6. Screen of processing adaptability of glutinous rice varieties	
for traditional Korean rice food .....	285
Section 1. Introduction .....	285
Section 2. Materials and methods .....	288
1. <i>Yukwa</i> (fried rice cookie) processing method .....	288
2. <i>Yukwa</i> processing adaptability of glutinous rice varieties .....	290
3. Retrogradation of <i>Injulmi</i> (glutinous rice cake) during storage .....	291
4. <i>Injulmi</i> processing adaptability of glutinous rice varieties .....	292
5. <i>Sikhe</i> (Korean traditional beverage of saccharified rice) processing adaptability of glutinous rice varieties .....	294
6. <i>Misukkaru</i> (parched cereal powder) processing adaptability of glutinous rice varieties .....	295
Section 3. Results and discussion .....	296
1. <i>Yukwa</i> (fried rice cookie) processing method .....	296
2. <i>Yukwa</i> processing adaptability of glutinous rice varieties .....	302
3. Retrogradation of <i>Injulmi</i> (glutinous rice cake) during storage .....	322
4. <i>Injulmi</i> processing adaptability of glutinous rice varieties .....	322
5. <i>Sikhe</i> (Korean traditional beverage of saccharified rice) processing adaptability of glutinous rice varieties .....	338
6. <i>Misukkaru</i> (parched cereal powder) processing adaptability of glutinous rice varieties .....	357
Section 4. Conclusion .....	364

Section 5. References .....	366
Chapter 7. Screening of healthy functional substances on glutinous	
rice varieties .....	370
Section 1. Introduction .....	370
Section 2. Materials and methods .....	373
1. Screening of antioxidative activity and substances on	
Korean local glutinous rice varieties .....	373
2. Test of antioxidative activity on glutinous rice varieties .....	373
3. Comparison of antioxidative activity between Korean native	
and foreign varieties .....	374
Section 3. Results and discussion .....	381
1. Screening of antioxidative activity and substances on	
Korean local glutinous rice varieties .....	381
2. Test of antioxidative activity on glutinous rice varieties .....	388
3. Comparison of antioxidative activity between Korean native	
and foreign varieties .....	397
Section 4. Conclusion .....	410
Section 5. References .....	412

# 목 차

요약문 .....	1
목 차 .....	53
제 1 장 서 론 .....	59
제1절 연구개발의 목적과 범위 .....	59
1. 연구의 목적 .....	59
2. 연구개발 내용 및 범위 .....	59
제2절 연구개발의 필요성 .....	62
1. 기술적 측면 .....	62
2. 경제·산업적 측면 .....	62
3. 사회·문화적 측면 .....	63
제3절 국내외 연구동향 .....	63
제 2 장 찰벼 유전자원의 미립형태, 물리성 및 전분구조 변이 .....	67
제1절 서 언 .....	67
제2절 연구방법 및 내용 .....	68
1. 찰벼 유전자원의 미립형태 및 물리적 특성 변이 .....	68
2. 찰벼 전분특성의 품종 및 환경변이 분석 .....	69
3. 찰쌀 품종별 전분구조의 이화학적 차이 비교 .....	69
4. 전분분지효소(SBE)관련 유전자의 분류 및 분석 .....	71
5. 찰벼 신소재 계통들의 미질 특성 .....	72

제3절 연구결과	72
1. 찰벼 유전자원의 미립형태 및 물리적 특성 변이	72
2. 찰벼 전분특성의 품종 및 환경변이	82
3. 찰쌀 품종별 전분구조의 이화학적 차이 비교	87
4. 전분분지효소(SBE)관련 유전자의 분류 및 분석	108
5. 찰벼 신소재 계통들의 미질 특성	114
제4절 결과요약	122
제5절 참고문헌	124
제 3 장 찰벼 영양 및 건강기능성 다양화 소재 개발	127
제1절 서 언	127
제2절 연구방법 및 내용	128
1. 돌연변이 유기	128
2. 특수품질도입용 인공교배 및 계통육성	128
3. 돌연변이로 유기된 변이체의 유전분석	129
4. 찰벼 특수품질계통의 품질관련 특성	129
제3절 연구결과	131
1. 돌연변이 유기	131
2. 특수품질도입용 인공교배 및 계통육성	134
3. 돌연변이로 유기된 변이체의 유전분석	134
4. 찰벼 특수품질계통의 품질관련 특성	137
5. 특수품질 찰벼 품종등록신청	146
제4절 결과요약	153
제5절 참고문헌	155

제 4 장	찰벼 미립형태 및 물리성 다양화 소재개발	161
제1절	서 언	161
제2절	연구방법 및 내용	162
1.	찰벼 유전자원의 호화특성 검정	162
2.	찰벼 미립형태·물리성 다양화 소재 육성	165
3.	찰벼에 도입코자한 특수형질의 유전분석	167
제3절	연구결과	170
1.	찰벼 유전자원의 호화특성 검정	170
2.	찰벼 미립형태·물리성 다양화 소재 육성	177
3.	찰벼에 도입코자한 특수형질의 유전분석	186
4.	가공적성용 찰벼 신소재 육성	199
제4절	결과요약	204
제5절	참고문헌	206
제 5 장	환경친화형 찰벼 다수성 초형개발	211
제1절	서 언	211
제2절	연구방법 및 내용	213
1.	기원과 초형이 다른 찰벼의 수량형성과정과 건물생산 효율검정	213
2.	찰벼의 물질전이 능력검정	215
3.	잡종집단에서 선발한 특수 찰벼의 수량검정	217
4.	저투입조건에서 찰벼의 수량성 검정	219
제3절	연구결과	220
1.	기원과 초형이 다른 찰벼의 수량형성과정과 건물생산 효율검정	220
2.	찰벼의 물질전이 능력검정	233
3.	잡종집단에서 선발한 특수 찰벼의 수량 및 환경적응성 검정	239

4. 저투입조건에서 찰벼의 수량성 검정 .....	256
제4절 결과요약 .....	272
제5절 참고문헌 .....	278
제 6 장 찰벼 품종의 가공적성 검정체계 확립 .....	285
제1절 서 언 .....	285
제2절 연구방법 및 내용 .....	288
1. 유과제조법 검토 .....	288
2. 품종별 찰쌀의 유과 가공성 비교 .....	290
3. 찰쌀 가공품의 저장에 따른 노화도 측정법 검토 .....	291
4. 품종별 찰쌀의 인절미 가공성 비교 .....	292
5. 품종별 찰쌀의 식혜 가공성 비교 .....	294
6. 품종별 찰쌀의 미숫가루 가공성 비교 .....	295
제3절 연구결과 .....	296
1. 유과제조법 검토 .....	296
2. 품종별 찰쌀의 유과 가공성 비교 .....	302
3. 저장에 따른 인절미의 노화도 측정법 검토 .....	322
4. 품종별 찰쌀의 인절미 가공성 비교 .....	322
5. 품종별 찰쌀의 식혜 가공성 비교 .....	338
6. 품종별 찰쌀의 미숫가루 가공성 비교 .....	357
제4절 결과요약 .....	364
제5절 참고문헌 .....	366
제 7 장 찰벼 건강기능성 물질탐색 .....	370
제1절 서 언 .....	370

제2절 연구방법 및 내용 .....	373
1. 재래유전자원의 항산화 활성 및 활성물질 탐색 .....	373
2. 찰벼의 항산화 활성검정 .....	373
3. 재래종과 외래종의 항산화 활성 비교 .....	374
제3절 연구결과 .....	381
1. 재래유전자원의 항산화 활성 및 활성물질 탐색 .....	381
2. 찰벼의 항산화 활성검정 .....	388
3. 재래종과 외래종의 항산화 활성비교 .....	397
제4절 결과요약 .....	410
제5절 참고문헌 .....	412



여 백

# 제 1 장 서 론

## 제 1 절 연구개발의 목적과 범위

### 1. 연구의 목적

찰쌀은 고급 가공식품의 원료로 이용되어 왔음에도 불구하고 그 동안 찰벼 품종 개발을 소홀히 하여 1960년 이후 1999년까지 국내에서 육성한 벼 품종이 169개에 달하나 대부분이 주식용의 메벼 품종이고 찰벼 품종은 10개에 불과하여 찰벼에 대한 연구가 극히 미미하였다. 뿐만 아니라 주로 가공용으로 사용해야 할 찰벼 품종의 가공적성에 대한 평가도 거의 이루어지지 않아서 찰쌀을 이용한 고급 가공식품개발도 아주 미미한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 1) 찰벼 특수기능성 유전자원의 탐색과 동정, 2) 찰벼 유전자원의 가공적성 평가, 3) 찰벼 특수기능성 유전자의 다수성 초형으로의 도입, 4) 가공적성용 찰벼 신소재 개발 등을 연구목적으로 하였다. 이들 연구를 통하여 국내에서 가공적성 찰벼를 대량생산하고 이를 이용한 가공식품의 고급화가 이루어져 국내 생산 찰쌀의 부가가치를 높이는 것이 본 연구의 최종적인 목표이다.

### 2. 연구개발 내용 및 범위

#### 가. 찰벼 유전자원간 미립의 형태, 물리성 및 전분구조 변이구명

##### 1) 찰벼 유전자원간 미립형태 및 물리적 특성 변이구명

- 국내외 수집찰벼 유전자원에 대한 미립형태 및 물리적 특성 변이
- 찰 전분특성의 품종 및 환경변이 분석

##### 2) 찰벼 유전자원간 미립의 전분특성 차이구명

- 찰벼 품종의 gel permeation chromatography 분석
- 찰벼 품종간 배유 전분분자의 미세구조 및 이화학적 특성비교

### 3) 찰벼 품종의 전분합성관련 유전자의 특성분석

- 전분분지효소(SBE) 유전자 비교
- 전분분지효소(SBE) 관련유전자의 배열분석
- 전분분지효소(SBE I)의 promoter지역의 염기서열 결정

### 4) 찰벼 유전자원의 주요 건강기능성물질 탐색

- 항산화물질(Isovitexin) 탐색
- 항산화 활성 및 항종양 활성검정
- SOD, POD, DPPH, TBA, Chemiluminescence법에 의한 항산화 활성검정

### 5) 찰벼 신소재 계통들의 미질특성

## 나. 찰벼 영양 및 건강기능성 다양화 소재개발

### 1) 찰벼 신소재개발을 위한 돌연변이 유기

### 2) 찰벼 특수품질 계통육성

- 특수품질 찰 계통 육성
- 찰벼 고단백 계통 육성

### 3) 돌연변이로 유기된 변이체의 유전분석

- 저아밀로스 배유돌연변이체의 유전
- 찰 특성과 특수품질 특성간 유전자의 상위성 검정
- 고단백 돌연변이체 유전자의 대립성 검정

### 4) 찰벼 특수품질 계통의 품질관련 특성 검정

- 단백질 함량과 아미노산 조성
- 지질함량 및 지방산 조성
- 아밀로그래프 특성

- 무기성분 및 비타민 함량
- 알칼리붕괴도, 아밀로스 함량, 호응집성
- 유리당 함량

#### 다. 찰벼 미립형태 및 물리성 다양화 소재개발

##### 1) 찰벼 유전자원의 호화특성검정

##### 2) 찰벼 미립형태 · 물리성 다양화소재 육성

- 인공교배에 의한 찰벼 미립형태 및 물리성 변이작성
- 미립형태 및 물리성 다양화 계통육성
- 특수 미립형태 고세대 계통의 생산력검정

##### 3) 찰벼에 도입코자 한 특수형질의 유전분석

- 중간찰/찰 교배조합에서 메, 찰, 중간찰의 분리양상
- 찰벼에 도입된 高대유관속수의 유전분리와 선발효율

##### 4) 찰벼 품종의 가공적성 평가

- 찰벼 품종 및 육성 신소재의 유과가공적성
- 찰벼 품종 및 신소재의 인절미, 미숫가루, 식혜 가공적성 평가

#### 라. 환경조화형 다수성 찰벼 초형개발

##### 1) 기원과 초형을 달리한 찰벼 품종의 건물생산효율 및 물질전이능력 비교

- 기원이 다른 찰벼 품종의 수량형성과정 비교
- 기원과 초형이 다른 품종의 건물생산효율 및 물질전이능력 비교
- 찰·메 근동질유전자계통의 source-sink 관계분석

##### 2) 찰벼 품종의 자본재 저투입조건에서 건물생산효율 및 물질전이능력 비교

- 자본재 저투입조건에서 찰벼품종의 수량형성과정 비교
- 자본재 저투입조건에서 찰벼품종의 건물생산효율 및 물질전이능력 비교

- 찰·메 근동질유전자계통의 비료 및 저투입조건 반응

### 3) 신소재 찰벼 선발계통의 재배시기에 따른 수량성 비교

## 제 2 절 연구개발의 필요성

### 1. 기술적 측면

- 가. 우리 나라의 벼 품종개량은 수량성, 재배안정성 및 식미특성 등에서 세계 선진국 수준을 유지하고 있으나 다양한 품질을 가진 쌀 개발을 통한 가공이용 분야는 뒤떨어져 있음. 국민소득 증가와 함께 식생활 양식이 변화되어 쌀을 밥을 짓는 용도로만 이용하기보다는 가공식품으로도 이용할 수 있도록 이에 대한 지속적 연구가 필요함.
- 나. 찰쌀은 고급가공식품의 원료로 이용되어 왔음에도 불구하고 그동안 주식량으로서 밥쌀인 메벼의 다수성 품종개발이라는 국가적인 목표에 밀려 찰벼 품종개발 또는 가공적성평가가 소홀히 되어왔으므로 이에 대한 연구가 필요함.
- 다. 중간찰을 포함한 찰벼 유전자원도 매우 다양할 뿐만 아니라 메벼에서 발견된 미립의 배 및 배유관련 돌연변이 유전자를 찰벼에 조합시키거나 인위돌연변이를 유발시키면 각종 가공적성 찰벼 신소재의 개발이 가능하므로 이에 대한 연구가 필요함.

### 2. 경제·산업적 측면

- 가. 주곡작물인 벼는 식량안보적 차원에서 쌀의 안정적 자급형태 유지에 절대적으로 필요하며, 쌀의 안정적인 공급은 채소, 육류 등 부식농산물의 안정적인 수요창출을 유도하므로써 국가경제의 안정화 및 농촌경제 유지에 크게 기여하므로 이에 대한 첨단 연구가 필요함.

나. 쌀의 용도 다양화를 위한 제과, 제병 및 기능성 물질생산 등 각각의 가공적성을 가진 최고의 신소재를 개발하여 쌀 가공식품의 국제경쟁력을 강화할 필요가 있음. 찰쌀의 기능 및 용도 다양화소재를 개발하여 찰벼 신수요를 창출하고, 가공산업의 활성화도 가능함.

다. 농업 신소재개발 등의 기술은 최근 각국의 기술보호정책에 따라 그 도입이나 이용이 매우 어려우므로 우리나라 환경에 가장 잘 적응하는 다양한 용도 각각에 적합한 찰벼 신소재를 개발하여 한국형 쌀 가공산업을 육성하는 것이 국제경쟁력을 갖추는 첩경이 될 것임.

### 3. 사회·문화적 측면

가. 논이 가지고 있는 홍수조절, 지하수의 공급, 환경정화 등의 공익적인 기능을 유지하면서 수천년간 이어 내려온 한국의 쌀 문화를 이어 가기 위하여 벼농사의 유지·발전이 필요하며 이를 위하여 벼에 대한 부단한 연구가 필요함.

나. 쌀의 자급생산 기반을 지키는 것은 국민정서에 부합될 뿐 아니라, 몬순기후대에 위치한 우리나라 자연환경에 가장 적합한 국토이용 및 보존방법이 되므로 쌀 농사의 지속적인 유지·발전이 필요하며, 이를 위한 고부가가치 쌀 생산과 관련된 첨단연구가 필요함.

다. 사회적으로 편의성이 강조되어 간편식품과 가공식품의 수요량이 증가하고, 건강에 대한 관심이 커져 각종 건강증진 기능성 식품의 수요도 늘어나고 있음. 그 동안 우리 나라를 포함한 아시아 각국에서 밥 짓는데 주로 이용해 왔던 쌀을 이용이 간편한 가공식품 또는 건강증진용 기능성식품의 소재로 이용해야 할 필요성이 증대되고 있음.

## 제 3 절 국내외 연구동향

## 1. 국내연구동향

- 가. 우리 나라에서는 1960년 이후 1999년까지 국내에서 육성한 169품종 중 10품종만이 찰벼로서 주식량 또는 가공용으로서 찰벼에 대한 연구는 극히 미미하였다. 1970년대 중반 통일형 찰벼가 육성·보급되면서 찰벼품종간 전분의 이화적특성 차이가 연구되었으나 가공적성과 연결시키지 못했고 1990년대에 찰벼일부 유전자원을 이용하여 취반 특성의 품종간 변이, 찰벼와 메벼간의 전분구조와 물성의 차이 등이 연구되었으나 이 또한 가공적성 또는 식미특성과 연결시키지 못했다.
- 나. 한편 메벼에서는 가공적성용 품종개발을 위해서 인위적으로 배 및 배유돌연변이를 유기하여 심백, floury(분상질), dull(중간찰), sugary(초당질), shrunken(당질), 거대배 등을 개발하여 이들 각각의 유전과 미립의 이화학적 성질이 검토되어왔다. 지금까지 국내에서 이들 돌연변이 형질에 관여하는 유전자를 동정한 바에 의하면 분상질에 3종류의 열성유전자, dull에 6종류의 열성유전자와 1종류의 우성유전자, sugary와 shrunken에 각각 1종류의 열성유전자, 그리고 거대배에 2종류의 유전자가 존재하는 것이 밝혀졌다.
- 다. 메벼 종질의 배유 및 배 돌연변이체 중 dull계통의 쌀은 아밀로스함량이 아주 낮아 전분의 점성이 강하고 팽화성이 크므로 제과용이나 스낵식품의 원료가 될 수 있고, 분상질 변이 계통의 쌀은 수분흡수율이 높고 호화특성이 달라 증편제조시 부풀성이 크고 알콜발효시 당도저하가 빠르며 알콜생성량도 많아 그 이용성이 크다는 것도 밝혀졌다. 이밖에도 sugary 유전자를 가진 고당미 계통 쌀은 sucrose, glucose, fructose 함량이 많고, 거대배 변이계통 쌀은 지방함량, 비타민 B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> 및  $\alpha$ -tocopherol 생산량이 많아 건강식품의 재료로 유망하다는 것이 밝혀졌음.
- 라. 튀김성이 좋고 튀김정립율이 높은 대립변이 1호는 유과및 강정재료로 좋고, 향미변이 1호와 같이 구수한 향이 나는 품종의 쌀은 식혜제조에 유리하며 현미

과피가 자색 또는 적색으로 착색 되는 유색미 품종은 기능성물질인 항변이원성 물질을 많이 함유하고 있음도 밝혀지는 등 메벼에서는 가공적성 다양화를 위한 기초연구 결과가 축적되고 있으나 메벼와 전분의 특성이 완전히 다른 찰벼에서는 가공적성에 대한 연구가 거의 이루어지지 않고 있음.

마. 그러나 찰벼에 대해서는 가공적성을 목표로 한 교배육종 또는 돌연변이육종이 이루어지지 않았기 때문에 가공용 품종이 없었고, 따라서 찹쌀을 이용한 가공식품개발이 활성화되지 않아 찹쌀의 부가가치를 높힐 수 없었음.

## 2. 국외연구동향

가. 일본의 경우 전체 수도작 재배면적 210만여ha중 찰벼는 대략 9만ha에 ('90~'93)에 재배되고 있는데 1918년부터 개량된 찰벼품종이 육성되기 시작하여 현재까지 100여품종을 육성하였음. 최근에는 생산된 찹쌀을 제과·제병용으로 이용하는 비율이 점점 높아지고 있는데 제병용 가공적성을 좌우하는 가장 중요한 특성을 아밀로그람 상에서의 호화개시온도이며, 제과 적성에는 쌀가루의 팽화성이 큰 것이 좋다고 밝혀졌음.

나. 멥쌀을 포함한 미립의 특성과 가공적성과의 관계는 일본에서 많은 기초연구가 이루어져 이미 술쌀 또는 떡살용 품종이 육성되고 있음. 최근에는 주로 가공용 수요에 부응하기 위하여 수요확대를 위한 신형질 쌀의 개발 계획하에 초저아밀로스, 고아밀로스, 초다수쌀, 거대립쌀, 향미, 당질미, 거대배, 유색미, 분질미, 고단백미, 저단백미 품종을 개발중에 있으며 일부는 품종으로 명명되어 농가에 보급되고 있음.



표 1-1. 일본에서의 특수 가공용 쌀 유망품종

新形質	特徴・用途	品種・系統名	育成場所	備考
低 Amylose	팽화성, 쌀과자 Snack, 가공쌀밥 전분용	道北43號	上川農試	
		彩	上川農試	
		關東161號	農研센타	
高 Amylose	취반미로서 끈기가없는 피라프, 파피에라	호시유다가	中國農試	
		北陸142號	北陸農試	다수
		北陸143號	北陸農試	다수
초다수찰벼	쌀가루, 과자원료	西海184號	九州農試	
		關東146號	農研센타	
		中國찰119號	中國農試	
		中國찰120號	中國農試	
		中國찰124號	中國農試	
		거대립	현미천립중 29~36g 전분, 알콜원료, 쌀과자	오오지가라
北海268號	北海道農試			
오우327號	東北農試			
關東160號	農研센타			
西海187號	九州農試			
소립	일반 주식량 외 쌀과자 등	西海191號	九州農試	
		향미	특수한 향미 묶은 쌀 등에 혼합하여 카레와 피라프 가공	기다가오리
사라퀸	農研센타			
하기노 가오리	古川農試			
東北148號	古川農試			
거대배	유지, 생리활성물질 원료	北海269號	北海道農試	
색소미	색소원료, 색이있는 떡, 과자, 술 등의 원료	北海찰149號	九州農試	
기타 (다수계통)	(타용도)	아게노호시	中國農試	다수
		하바다끼	北陸農試	다수
		다까나리	農研센타	다수

## 제 2 장 찰벼 유전자원의 미립형태 및 물리적 특성

### 제 1 절 서 언

찰벼는 전분이 아밀로펙틴으로만 구성되어 있기 때문에 아밀로스가 채워져야 할 자리가 공극으로 남는 구조적 특성으로 메 전분에 비해 소화온도가 약간 낮은 편이고 소화된 젤이 잘 굳어지지 않는 특성을 나타내며 밥이 부드럽고 탄력이 있으며 차지다 (Perez et al. 1979). 따라서 찰벼 품종의 미질은 주로 아밀로펙틴의 구조와 소화온도 및 소화 젤의 차이에 따라 품종적 변이를 나타내며 (Perdon & Juliano 1975), 이는 특히 생태형을 달리하는 인디카와 자포니카 찰벼 품종간에 주로 수분결합능력 및 호응집성과 쌀가루의 비스코그램 특성에서 유의한 차이를 보인다고 한다 (Kim et al. 1996). 이에 본 연구는 국내외에서 수집한 찰벼 유전자원을 공시하여 전분형태, 물리·소화특성 및 전분구조변이를 조사하여 찰벼 품종간 변이를 밝히고 찰쌀 가공이용성의 다양화를 위한 특이한 찰벼 유전자원을 발굴하고자 실시하였다.

또한 찰벼 9개 품종군별로 1~2개의 대표품종을 선정하여 상온인 자연조건과 약간 고온인 온실조건에서 등숙시킨 다음 쌀의 주요 이화학적 특성과 밥의 물리성을 검정 분석하여 찰벼 품종 미질특성의 환경변이를 파악하고자 하였으며, 23개 찰벼 품종을 같은 장소에 2개년에 걸쳐 재배 수확하여 주요 미질특성의 연차변이를 분석하고자 하였다. 또한 추가로 새로운 찰벼품종을 공시하여 이들의 주요 이화학적 특성에 따라 기존 찰벼 품종군에 추가시키는 연구를 추진하였다.

새로 육성된 찰벼 계통들의 미립형태, 쌀의 물리적 특성 및 밥의 물리성을 검정하여 가공이용성의 다양화를 위한 기초자료를 제공하고자 일련의 시험을 실시하였다.

## 제 2 절 연구방법 및 내용

### 1. 찰벼 유전자원의 미립형태 및 물리적 특성 변이

1995년에 예비 미질검정을 통하여 국내외 수집찰벼 177품종에 대한 품종군 분류를 한 다음 6개 품종군으로부터 고르게 대표적인 품종을 선정하고 여기에 생태형에 따라 상이한 미질을 나타낸 새로운 찰벼 품종을 추가하여 38품종(자포니카 26품종, 인디카 5품종, 자바니카 7품종)을 시험재료로 이용하였다.

1996년 작물시험장 벼육종 포장에서 보통기 표준재배법에 따라 재배한 다음 적기에 수확하여 미립형태, 상온흡수율, 가열흡수율, 알칼리붕괴도, 호화팽창률, 미립호화장폭비 변화율, 비스코그램특성, 찰밥의 물리성 등을 조사 검정하였다. 미립형태는 현미완전립 20립을 표본으로 하여 확대투영기와 caliper를 이용하여 현미장·폭·두께를 조사하였고 백미의 알칼리붕괴도는 KOH 1.0%와 1.4% 용액에 쌀알을 30°C 정온기에 23시간 침지한 다음 Little 등 (1958)이 제안한 붕괴정도 달관조사 방법에 따라 평가하였다. 상온흡수율은 백미완전립 20g 표본을 25°C 상온수에 20분간 침지한 후 백미건물중에 대한 수분흡수량의 무게비(%)로 나타내었고 가열흡수율, 호화팽창률 및 미립호화장폭비 변화율은 쌀 표본을 스텐리스 망관에 넣고 끓는 물에 15분간 침지한 다음 건져서 쌀 표본무게에 대한 흡수량 무게비(%), 미립의 호화에 따른 장폭비 변화율로 나타내었다 (최, 1994).

비스코그램특성은 12% 쌀가루 현탁액을 신속점도측정계(Rapid Visco-Analyzer : RVA-3D)로 호화점도 변화 양상에 따라 호화개시온도, 최고점도(P), 최고점도시온도, 최저점도(H), 최종점도(C)를 측정하고 P-H를 강하점도(breakdown), C-H를 응집점도(consistency), C-P를 치반점도(setback)로 계산하여 나타내었다. 찰밥의 물리성은 더운 밥과 식은 밥을 텍스처분석기(Texture Analyzer, TA-XT2)로 경도(HD)와 점도(ST)를 측정하고 점도와 경도간 비 (ST/HD)를 균형도로 나타내었다.

현미의 경도는 경도계로 측정하여 무게치(kg)로 나타내었다. 아밀로펙틴의 구조는 백미전분을 추출하여 약알칼리(LiOH) 용액에 호화시키고 isoamylase를 처리하여 1, 6결합 가지 부분을 절지시킨 다음 젤침투색층분석계(Gel filtration chromatography)를 이용하여 glucose 쇄장에 따라 분획된 분포곡선을 얻어서 glucose 쇄장에 따른 분획의 분포곡선을 얻어서 glucose 쇄장이 짧은 A-chain과 중간인 B-chain 및 긴 C-chain 간 빈도분포비율을 계산하여 나타내었다.

찰벼 품종군의 분류는 위에서 조사된 미질특성중 품종적 변이가 뚜렷한 11개 미질성분을 중심으로 주성분 분석을 실시하여 제1 및 제2 주성분의 좌표상 분포양상에 따라 군집화시켜 실시하였다.

## 2. 찰벼 전분특성의 품종 및 환경 변이 분석

전년도 시험 찰벼품종들의 미질특성 검정 결과에 따라 주성분 분석에 의한 품종군 분류에서 얻어진 9개 품종군에서 1~2품종을 선정하여 15개 찰벼 품종을 '98하계에 자연조건에서 포트 재배로 3반복으로 출수직전까지 생육시킨 다음 각각 온실과 상대적으로 기온이 낮은 옥외에서 등숙기를 경과시켰다.

출수후 45일후에 수확하여 알맞게 천일건조를 시킨 다음 이를 시료로 전향에서 제시한 방법에 따라 여러 가지 미질특성을 검정 조사하였다. 또한 '97년도에 전년도 재배시험을 실시한 찰벼 품종 중 23개 품종과 추가로 6개 품종을 공시하여 '96년도와 동일한 장소에서 보통기 보비재배로 수확한 쌀시료에 대하여 전향에서 제시한 방법에 따라 미립형태 및 이화학적 특성과 밥의 물리성 등을 검정 조사하였다.

## 3. 찰쌀품종별 전분구조의 이화학적 차이 비교

IR 29, Onnemochi, 강원나, Malagkitsinaguing, 육도농립나 1호, 한강찰벼, 진부찰벼, 신선찰벼, 화선찰벼, Ishiokamochi 15, Kamuimochi, Rikutonorinmochi 24, Taichung Sen glutinous 1 등 13품종의 찰쌀 및 CB243, TP2579A1, Beongok, 샤레

벼wx-151-1-B, 샤레벼-152-1-B, 샤레벼-156-1-B, Baekna, 산동10, 산동47, 산동71, 동삼성11, 동삼성34, 청향나, Keochang 1 등 14품종 찹쌀을 시료로 사용하였다.

찹쌀을 50 mM LiOH 에 침적시킨 후 막자사발에 곱게 갈아서 isoamyl alcohol, acetone, ethyl alcohol의 순서로 단백질 및 지질 분획을 제거하고 물로 잘 수세한 후, 전분침전물을 얻어 풍건시켜 데시케이터에 보관하면서 사용하였다.

전분 30mg을 2 N NaOH(0.125 ml)에 의해서 알칼리 호화시킨 후, isoamylase (pH 3.5, EC 3.2.1.68, Sigma Chemical Co, St. Louis, USA) 750unit 첨가하여 40°C 에서 24시간 반응시킴으로써 전분분자의 glucose  $\alpha$ -1,6 결합을 가수분해시킨 다음 Tosoh TSK- gel G2000PW (7.5×300 mm) 와 G3000PW (7.5×300 mm)의 2개의 column을 연결하여, 용출용매 : 0.1 M 인산 buffer (pH 6.0)-0.02% NaN<sub>3</sub>-1.5% CH<sub>3</sub>CN, chart speed : 1 mm/min, running time : 30 min의 조건에서 HPLC (gel permeation high performance liquid chromatography)를 실시하였다. 용출되는 분획을 differential refractometry (RI detector, ERC-7510)로 monitoring하면서 glucose chain length 분포의 chromatogram을 얻었으며, glucose chain의 분자량은 pullulan standard (Shodex standard P-82, Mw : 112000, 22800, 5900) 및 ethylenglycol (Mw : 62)를 이용하여 결정하였으며, glucose chain의 중합도는 분자량을 각각 171으로 나눈 값에 의해서 결정하였다.

본 실험에서 전분분자의 debranching을 시도한 조건은 찰옥수수전분의  $\alpha$ -1,6 glucose chain이 거의 100% 가수분해되는 조건이며, 쌀, 보리, 울무, 고구마, 바나나, 옥수수 등 다양한 기원의 전분분자 glucose chain length 분포 비교에 널리 이용되었던 방법이다.

전분시료 40mg을 15% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 3.2ml에 침지시켜 150 rpm으로 교반하면서 37°C에서 가수분해시켜, 경시적으로 채취한 상층액의 total sugar함량을 phenol-H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>법으로 측정하여 가수분해도를 구하였다.

데시케이터에 보관하였던 찹쌀 전분을 X선 회절기 (Philips, X'pert PW3710,

Netherland)를 이용하여, target : Cu-ka, scanning speed :  $0.04^{\circ} 2\theta/s$ , voltage : 30 kV, current : 20 mA의 조건으로 회절각도( $2\theta$ )를  $5^{\circ}$ 에서  $40^{\circ}$ 까지 회절시키면서 분석하여 X선 회절도를 얻었다.

전분 100mg을 0.4 M acetic acid buffer (pH 4.8) 9ml에 현탁시켜 glucoamylase (EC 3.2.1.3, Sigma Chemical Co, St. Louis, USA) 35 units를 첨가하여  $37^{\circ}\text{C}$ 에서 반응시키면서 경시적인 가수분해도를 측정하였다. 즉, 경시적으로 반응액으로부터  $100\mu\text{l}$  채취하여 열탕에 넣음으로서 가수분해 반응의 정지와 전분의 호화를 동시에 시도하였으며, 반응액을 적당한 농도로 희석하여 total sugar함량은 phenol- $\text{H}_2\text{SO}_4$ 법으로, 생성되는 glucose 함량은 glucose-oxidase peroxidase법으로 각각 측정하여 가수분해도를 구하였다.

#### 4. Starch Branching Enzyme (SBE) 관련 유전자의 분류 및 분석

찰벼의 아밀로펙틴 분지도의 구조 특성결정에 관여하는 전분분지 효소 유전자의 특성분석을 위하여 식물에서의 Starch Branching Enzyme (SBE) 관련 유전자의 분류하기 위하여 유전자들의 다중 분석을 기초로 한 각 유전자간의 연관관계를 분석하였고 SBE 유전자 관련 EST의 염기서열 상동성 분석을 BLASTX 이용하여 SBE I, II, III와 SBE와 관련된 ESTs를 아미노산 수준에서 상동성을 분석, 동정하였다. SBE I 유전자 변이를 조사하는 이미 알려진 염기서열의 비교 분석을 기초로 전분 구조 결정에 관여하는 전분 분지 효소 유전자들의 연쇄중합반응 절편 양상을 분석하였다. 전분의 가지구조 형성에 관여하는 것으로 알려진 SBE I과 그 밖의 다른 전분분지효소의 발현 조절 기작에 관여하는 유전자와의 상호관계를 규명하기 위해서 염기서열 분석을 하였으며 SBE I의 promoter 지역의 결실된 부분의 역할을 알기 위하여 결실된 부분만의 염기서열을 blast homology 분석하였다. SBE promoter에 존재하는 334bp의 벼 유전체내의 존재를 확인하기 위하여 genomic DNA를 전기영동한 후 Southern Blot 분석을 실시하였다.

## 5. 찰벼 신소재 계통들의 미질특성

건국대 농축산생명과학대에서 육성된 찰벼 32계통을 공시하여 전항에 제시한 방법에 따라 여러 가지 미질관련 특성을 검정 조사하였다.

# 제 3 절 연구결과

## 1. 찰벼 유전자원의 미립형태 및 물리적 특성 변이

38개 찰벼품종은 현미장이 4.7~7.6mm, 장/폭비가 1.6~3.0에 이르는 다양한 미립 크기와 형태를 나타내었고 현미경도는 9.21~12.19kg, 백미의 상온흡수율은 19.5~39.6%변이에서 평균 30.6%, 가열흡수율은 118~158% 변이에서 평균 137%, 쌀알의 취반용적팽창율은 104~266% 변이에서 평균 206%로 상당히 큰 품종간 변이를 나타내었으며, 알칼리붕괴도는 평균 6.2에 5.9~6.7의 작은 변이를 보였다 (표 2-1). 변이계수로 보아 품종간 변이가 상대적으로 컸던 형질은 현미 장/폭비, 상온흡수율 및 취반용적팽창율이었다.

신속점도측정계로 조사한 비스코그램 특성에서 호화개시온도는 평균 68.5°C에서 품종간 변이가 62.5~74.8°C, 최고점도(P)는 평균 177<sub>RVU</sub>에 115~258<sub>RVU</sub> 변이를, 최

표 2-1. 찰벼품종의 미립형태, 경도, 흡수 및 호화특성 변이

형 질	평 균	표준편차	변이계수(%)	범 위
현미장 (mm)	5.52	0.76	13.8	4.66~7.64
현미 장/폭비	1.97	0.365	18.5	1.56~2.97
현미 경도(kg)	11.38	0.612	5.4	9.21~12.19
상온흡수율 (%)	30.6	4.74	15.5	19.5~39.6
가열흡수율 (%)	137	10.4	7.6	118~158
취반용적팽창율(%)	206	27.2	13.2	104~266
알칼리붕괴도(1~7)	6.2	0.18	3.0	5.9~6.7

저점도(H)는 평균 85<sub>RVU</sub>에 36~120<sub>RVU</sub> 변이를, 최종점도(C)는 평균 111<sub>RVU</sub>에 51~160<sub>RVU</sub> 변이를, 강하(breakdown)점도(P-H)는 평균 92<sub>RVU</sub>에 53~148<sub>RVU</sub> 변이를, 응집(consistency)점도(C-H)는 평균 26<sub>RVU</sub>에 15~41<sub>RVU</sub> 변이를, 치반(setback)점도(C-P)는 평균 -66<sub>RVU</sub>에 -120~-30<sub>RVU</sub> 변이를 나타내었다. 또한 텍스처분석계로 측정된 찰밥의 경도는 평균 998g에 671~2,131g 변이를, 점도는 평균 118g에 42~376g 변이를 보였고 점도/경도간 비인 균형도는 평균 0.114에 0.046~0.251의 큰 품종간 차이를 나타내었다(표 2-2). 이들 모든 호화점도특성과 찰밥의 물리성이 변이계수로 21~57%의 품종적 변이를 나타내는 것으로 보아 찰쌀의 가공특성과 가공식품의 저장성에 상당히 큰 품종간 차이를 나타낼 수 있을 것으로 추정된다. 그림 2-1에서 보면 네 찰벼 품종간에 신속점도측정계에서 얻어진 쌀가루 현탁액의 점도변화곡선이 현저한 차이가 있음을 알 수가 있다. 여기서 보면 인디카 찰벼품종인 IR 29가 자포니카인 화선찰벼와 Ishiokamochi 11이나 자바니카인 Kho Kon Dan에 비해 현저히 높은 최고·최저·최종점도와 이들간의 차인 강하 및 치반점도치를 나타내고 있다. 김 등(1996)도 인디카와 자포니카 찰벼 품종간에 아밀로그램 특성중에서 최고점도, 강하 및 치반점도에서 유의한 품종간 차이가 있음을 지적한 바가 있다.

표 2-2. 찰벼 품종의 비스코그램 특성과 찰밥의 물리성 변이

형 질	평균	표준편차	변이계수(%)	범 위
호화개시온도(°C)	68.5	2.06	3.0	62.5~74.8
최고점도(RVU)	177	37.8	21.4	115~258
최저점도( " )	85	19.7	23.1	36~120
최종점도( " )	111	25.0	22.5	51~160
강하점도( " )	92	23.4	25.5	53~148
응집점도( " )	26	5.8	22.2	15~41
치반점도( " )	-66	20.7	31.5	-120~-30
찰밥경도(g)	998	249	25.0	671~2,131
찰밥점성(g)	118	67	57.1	42~376
찰밥균형도	0.114	0.047	41.6	0.046~0.251



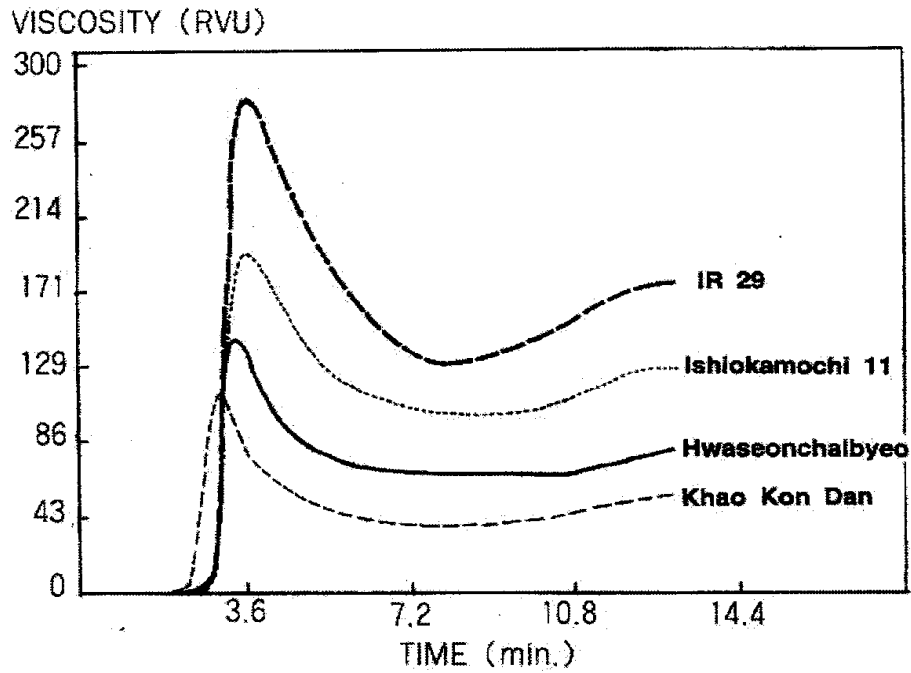


그림 2-1. 신속점도측정계에서 얻어진 쌀가루의 호화점도 변화 양상의 찰벼품종간 차이.

변이계수로 보아 비스코그램특성 중에는 치반점도가, 밥의 물리성 중에는 점도가 상대적으로 품종변이가 가장 컸었는데 이는 곧 찰벼품종의 미질변이 특성화에서 이들이 중요한 형질임을 시사해 주고 있다.

표 2-3. 찰벼 호화 절지전분의 glucose 쇄장별 분획 빈도 분포간 비의 품종변이

형 질	평 균	표준편차	변이계수(%)	범 위
Fr. II (%)	18.6	2.684	14.4	14.7~25.2
Fr. III (%)	49.2	6.01	12.2	33.2~57.0
Fr. IV (%)	32.2	6.10	19.0	23.5~43.4
(Fr. III+IV)/Fr. II	4.47	0.729	16.3	2.97~5.79
Fr. IV/Fr. II	1.78	0.460	25.9	1.09~2.72
Fr. III/Fr. II	2.70	0.505	18.7	1.42~3.59
Fr. IV/Fr. III	0.68	0.234	34.3	0.41~1.31

아밀로펙틴의 구조를 나타내는 호화절지전분의 glucose 쇄장별 분획의 빈도분포와 단·중·장쇄분획 빈도간 비의 품종변이를 보면 평균값으로 중쇄분획빈도(Fr. III)가 49.2%로 가장 높고 다음이 단쇄분획빈도(Fr. IV) 32.2%, 장쇄분획빈도(Fr. II) 18.6% 순이었으며 이들의 품종적 변이는 Fr. III이 33.2~57.0, Fr. IV가 23.5~43.4%, Fr. II가 14.7~25.2%였다 (그림 2-2, 표 2-3).

또한 단·중·장쇄분획간 비로 Fr. IV/Fr. II는 평균 1.78에서 1.09~2.72변이를, Fr. III/Fr. II는 평균 2.70에서 1.42~3.59변이를, Fr. IV/Fr. III는 평균 0.68에서 0.41~1.31

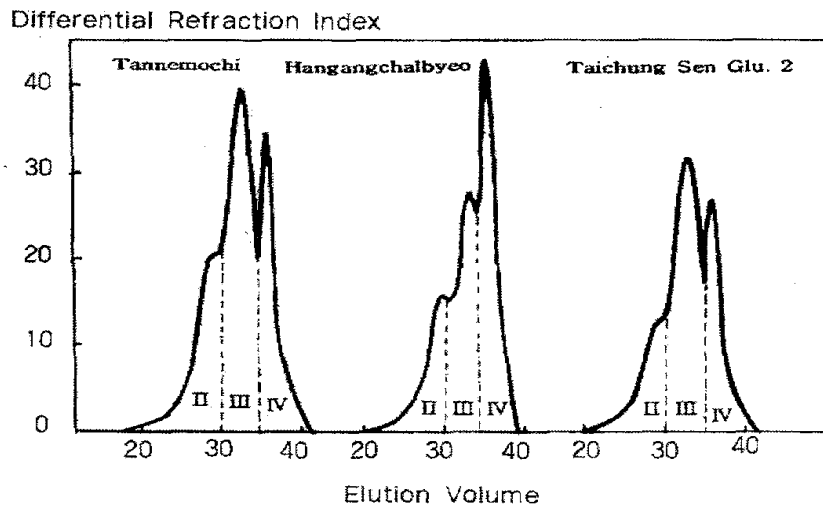


그림 2-2. 찰벼 품종간 호화절지 전분 분획의 빈도 분포 변이

변이를 보였다. 변이계수로 보아 Fr.IV/Fr.III가 가장 높은 상대적 변이를 나타내어 단/중쇄분획간 분포비가 아밀로펙틴 구조의 품종적 변이를 나타내는 대표치로 활용될 수 있을 것으로 생각된다.

38개 찰벼 품종의 미질특성에 따른 품종군 분류를 하고자 쌀가루의 비스코그램 특성, 찰밥의 물리적 특성, 전분의 glucose 쇄장별 빈도분포와 이들간 비 등을 포함한 11개 이화학적 및 구조적 특성을 이용하여 주성분 분석을 실시하였다.

상위 4개 주성분이 전체 분산의 약 83%를 차지하였고 제1 및 제2 주성분은 전체 정보의 약 56% 차지하였는데(표 2-4), 여기서 주성분과 미질특성간 상관계수로 두 상위 주성분의 특성을 살펴보면(표 2-5) 제1주성분은 주로 비스코그램특성과, 제2주성분은 쌀의 상온흡수율 및 밥의 물리성과 밀접한 관련성을 가진 성분으로 해석할 수 있었다. 그리고 제3 및 제4 주성분은 주로 현미경도, 쌀의 가열흡수율 및 호화팽창률과 밥의 경도와 밀접한 관계를 가진 성분으로 생각되었다.

제1 및 제2 주성분 좌표상 분포된 찰벼품종들을 가까이 밀집한 품종끼리 군집화시킨 결과 그림 3과 같이 38개 품종을 대체로 9개 품종군으로 나눌 수 있었다.

제1주성분으로 인디카와 자포니카 품종들을 확연히 분류할 수 있었으며 자바니카 품종은 인디카와 자포니카의 중간부분이나 여러 자포니카군에 널리 분포하였다.

자포니카 품종중에서 육도농립나 24호가 유일하게 통일형 찰벼품종인 한강찰벼와 같은 품종군에 속했으며 한국 찰벼품종들은 다섯 개의 다른 품종군(I, III, IV, V, VI)에 고루 분포하였다. 각 품종군별 해당하는 찰벼품종은 표 2-6과 같다.

표 2-4. 찰벼품종의 미질특성에 따른 품종군 분류를 위한 주성분 분석에서 상위 주성분의 고유치 및 기여도

구 분	제1주성분	제2주성분	제3주성분	제4주성분
고 유 치	3.343	2.823	1.80	1.170
기여율 (%)	30.4	25.7	16.4	10.6
누적 기여율 (%)	30.4	56.1	72.4	83.1

표 2-5. 상위 주성분과 미질특성간 상관

구 분	상 관 계 수 (r)			
	제1주성분	제2주성분	제3주성분	제4주성분
현미경도	-0.173	0.396*	0.174	0.687**
상온흡수율	0.009	-0.650	-0.439*	-0.286
가열흡수율	0.258	-0.175	-0.708**	0.299
호화용적팽창률	0.271	-0.175	-0.615**	0.537**
최고점도	0.947**	0.194	0.159	0.006
강하점도	0.966**	-0.077	0.145	-0.085
응집점도	0.699**	0.466**	0.130	0.211
치반점도	-0.897**	0.214	-0.123	0.158
찰밥경도	-0.171	-0.486**	0.697**	0.311
찰밥점성	0.040	-0.891**	0.364	0.237
찰밥균형도	0.135	-0.920**	-0.025	0.097

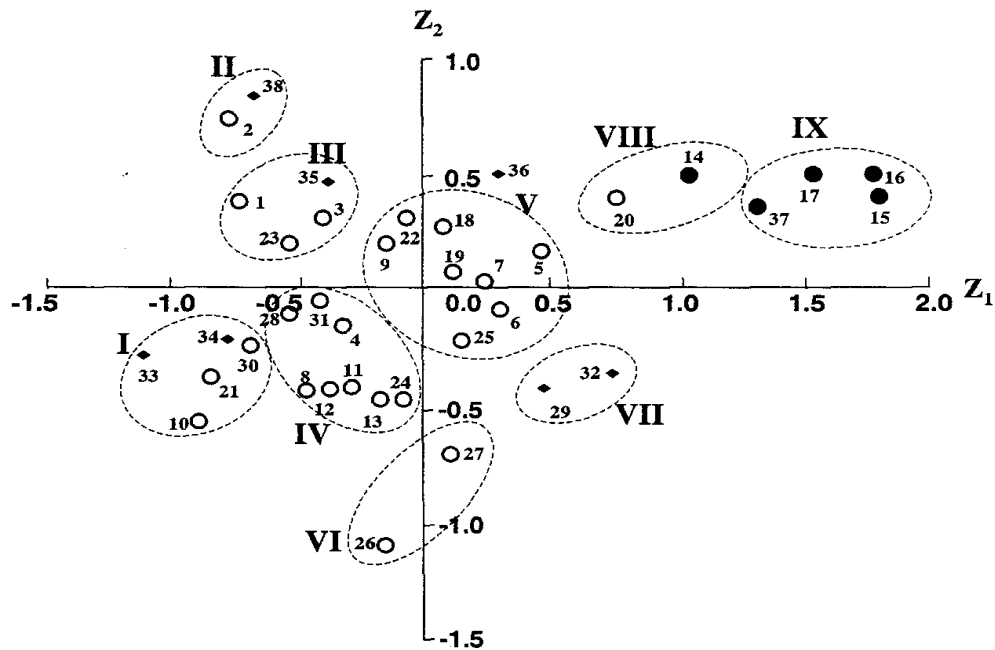


그림 2-3. 주성분 분석으로 얻어진 제1(Z1) 및 2주성분치(Z2)의 좌표상 '96년산 찰벼 품종들의 분포 및 품종군 분류

표 2-6. 찰벼 품종군별 해당 품종명

품종군	해 당 품 종 명
I	진부찰벼, 목점3호, 황해도, <b>Khao A, Khao Kon Dan</b>
II	Onnemochi, <b>TD46</b>
III	Kamuimochi, Tannemochi, 표도, <b>Malagkitsinaguing</b>
IV	신선찰벼, 화선찰벼, Mangetsumochi, Tatsumimochi, 백곡나, 구중도, Ishiokamochi 7, 조속포차조춘
V	Ishiokamochi 15, Ishiokamochi 20, 원산찰벼, Calmochi, 육도농립나 1, 모나조, 변곡, Ishiokamochi 11, <b>Pinaopa</b>
VI	대조도, 강원나
VII	<b>Hung-Tsan, Khamu</b>
VIII	<u>한강찰벼</u> , Rikuto Norinmochi 24
IX	<u>IR 29, Taichung Sen glutinous 1, Taichung Sen glutinous 2, RD 1</u>

\*고딕체로 표시된 품종은 자바니카이고 실선으로 밑줄친 품종은 통일형 및 indica 찰벼임.

생태형별로 찰벼품종들의 쌀의 이화학적 특성과 밥의 물리적 특성을 비교해 보면 (표 2-7) 대체로 자포니카와 자바니카는 거의 비슷한 경향을 나타낸 반면 인디카 품종과는 특히 비스코그램특성에서 현저한 차이를 나타내었다. 자포니카와 자바니카 품종간에는 자바니카쪽이 현미장/폭비가 큰 값을 나타내었고, 인디카 찰벼가 자포니카나 자바니카 품종들에 비해 대체로 최고·최저·최종점도와 강하·응집·치반점도에서 현저히 큰 값을 보였는데 여기에는 단백질 등 전분이외의 특성이 크게 영향 하였던 것으로 추정된다.

백미의 상온흡수율이 높은 찰벼 품종일수록 밥의 균형도(점도/경도 비율)가 유의하게 낮아지는 경향을 보였고 가열흡수율은 쌀의 호화팽창률과 밀접하게 연관되어 있었다. 또한 알칼리붕괴도가 낮은 찰벼 품종일수록 호화개시온도가 높은 경향이었고 쌀가루의 강하점도가 낮은 반면 치반점도는 높은 경향이였다 (표 2-8).

현미장폭비는 자포니카와 인디카를 구분하는 주요 형질이고 또한 이 두 생태형 벼 품종군 간에 현저히 다른 비스코그램특성과 호화장폭비 변화율을 보였기 때문에 따라서 모든 비스코그램 특성과 호화장폭비 변화율과 밀접한 상관성을 나타내었다.

표 2-7. 찰벼 생태형간 쌀의 형태 및 이화학 특성 비교

생태형	현미경도	상온흡수율	가열흡수율	취반팽창	호화개시	최고점도
	(kg)	(%)	(%)	용적률(%)	온도(°C)	(RVU)
자포니카 (A)	11.402	31.3	138.6	209	68.5	163.7
자비니카 (B)	11.277	30.2	131.1	180	68.6	172.4
인 디 카 (C)	11.434	27.6	139.0	225	68.3	250.0
평균간 차(A-B)	0.125	1.1	7.5	29	-0.1	-8.7
" (A-C)	-0.032	3.7	-1.3	-16	0.2	-86.3**
" (B-C)	-0.157	2.5	-8.8	-45	0.3	-77.6**

생태형	최저점도	최종점도	강하점도	응집점도	치반점도	현미
	(RVU)	(RVU)	(RVU)	(RVU)	(RVU)	장폭비
자포니카 (A)	80.1	104.2	84.0	24.5	-59.7	1.81
자비니카 (B)	85.1	110.7	87.6	25.6	-62.1	2.18
인 디 카 (C)	112.4	147.4	137.8	35.6	-102.8	2.55
평균간 차(A-B)	-5.0	-6.5	-3.6	-1.1	2.4	-0.37**
" (A-C)	-32.3**	-43.2**	-53.8**	-11.1**	43.1**	-0.74**
" (B-C)	-27.3**	-36.7**	-50.2**	-10.0**	40.7**	-0.37

생태형	밥 경도 (g)	밥 점도 (g)	균형도	알칼리붕괴도		호화장폭비 변화율 (%)
				1.0%	1.4%	
자포니카 (A)	1004	125	0.121	3.35	6.22	123
자비니카 (B)	1078	108	0.097	3.36	6.20	123
인 디 카 (C)	853	94	0.103	3.2	6.46	111
평균간 차(A-B)	-74	17	0.024	-0.01	0.02	0
" (A-C)	151	31	0.018	0.15	-0.24**	12
" (B-C)	225	14	-0.006	0.16	-0.26	12

\*, \*\* : 각각 5% 및 1% 오차 수준에서 유의함.

특히 자포니카 찰벼품종에서 쌀가루의 강하점도가 높거나 치반점도가 낮을수록 쌀의 알칼리붕괴도가 높고 찰밥의 점성 및 균형도가 떨어지는 경향이였다 (표 2-8).

아밀로펙틴의 단/중쇄 분획빈도비(A/B)나 중/장쇄 분획빈도비(B/C)와 단 및 중쇄 분획의 상대적 빈도가 쌀가루 비스코그램 특성인 강하점도나 치반점도 및 밥의

표 2-8. 찰벼 품종의 미질특성간 상관

관련형질	HDG	WAN	WAB	GVE	GIT	P	H	C	BD
현미경도(HDG)		-0.334	-0.091	0.202	0.330	0.115	0.360	0.359	-0.177
상온흡수율(WAN)	-0.354*		0.138	0.065	-0.143	0.102	-0.120	-0.169	0.269
가열흡수율(WAB)	-0.108	0.225		0.344	0.065	0.113	-0.003	0.021	0.174
취반팽창용적률(GVE)	0.027	0.193	0.516**		0.257	-0.140	-0.031	-0.036	-0.184
호화개시온도(GIT)	0.129	-0.119	-0.173	0.082		-0.205	0.391*	0.407*	-0.713**
최고점도(P)	-0.031	-0.112	0.071	0.120	0.141		0.762**	0.746**	0.756**
최저점도(H)	0.169	-0.218	-0.037	0.065	0.486**	0.853**		0.995**	0.152
최종점도(C)	0.160	-0.243	-0.014	0.079	0.460**	0.858**	0.995**		0.132
강하점도(BD)	-0.185	-0.003	0.142	0.135	-0.180	0.900**	0.541**	0.553**	
응집점도(CO)	0.140	-0.321	0.056	0.129	0.331*	0.819**	0.909**	0.946**	0.563**
치반점도(SB)	0.253	-0.083	-0.146	-0.119	0.291	-0.788**	-0.356*	-0.360*	-0.972**
밥 경도(HD)	0.032	-0.098	-0.260	-0.194	-0.172	-0.145	-0.199	-0.188	-0.067
밥 점도(ST)	0.163	-0.333*	0.009	-0.063	0.312	0.073	0.293	0.287	-0.126
균형도(BA)	0.240	-0.580**	-0.187	-0.217	0.310	0.051	0.319	0.318	-0.184
현미장폭비(L/W)	-0.075	-0.372*	-0.010	0.134	0.186	0.518**	0.432**	0.453**	0.471**
1.0%알칼리불포도(ADV1.0)	-0.108	0.305	0.026	-0.076	-0.411*	-0.131	-0.351*	-0.363*	0.085
1.4%알칼리불포도(ADV1.4)	-0.147	0.176	0.095	-0.029	-0.620**	0.289	-0.060	-0.040	0.516**
호화장폭비변화율(GE)	-0.037	0.164	-0.069	-0.128	-0.149	-0.262	-0.290	-0.297	-0.179

관련형질	CO	SB	HD	ST	BA	L/W	ADV		GE
							1.0%	1.4%	
현미경도(HDG)	0.362	0.282	0.005	0.189	0.249	-0.029	-0.076	-0.323	-0.188
상온흡수율(WAN)	-0.350	-0.357	-0.115	-0.326	-0.589**	-0.278	0.401*	0.457*	0.017
가열흡수율(WAB)	0.083	-0.146	-0.106	0.026	-0.109	0.175	0.049	0.010	0.038
취반팽창용적률(GVE)	-0.064	0.161	0.024	-0.152	-0.225	0.407*	0.184	0.253	-0.395*
호화개시온도(GIT)	0.435*	0.810**	-0.265	0.395*	0.401*	0.124	-0.575**	-0.492*	-0.453*
최고점도(P)	0.626**	-0.561**	0.205	-0.141	-0.052	-0.066	-0.009	0.280	0.010
최저점도(H)	0.909**	0.103	-0.029	0.253	0.363	-0.013	-0.345	-0.096	-0.222
최종점도(C)	0.944**	0.132	-0.022	0.268	0.391*	0.006	-0.370	-0.123	-0.225
강하점도(BD)	0.034	-0.962**	0.341	-0.466*	-0.443*	-0.094	0.340	0.522**	0.246
응집점도(CO)		0.240	-0.013	0.317	0.471*	0.069	-0.448*	-0.232	-0.213
치반점도(SB)	-0.355*		-0.333	0.540**	0.562**	0.107	-0.448*	-0.570**	-0.296
밥 경도(HD)	-0.159	0.038		-0.770**	-0.326	0.023	0.101	-0.088	0.019
밥 점도(ST)	0.257	0.210	-0.747**		0.843**	0.023	-0.262	-0.039	-0.022
균형도(BA)	0.296	0.228	-0.313	0.851**		0.035	-0.418*	-0.158	-0.011
현미장폭비(L/W)	0.491**	-0.402*	-0.134	0.220	0.228		-0.129	-0.289	-0.735**
1.0%알칼리불포도(ADV1.0)	-0.385*	-0.201	0.108	-0.220	-0.327*	-0.161		0.386	0.214
1.4%알칼리불포도(ADV1.4)	0.031	-0.573**	-0.082	-0.055	-0.136	0.026	0.348*		0.363
호화장폭비변화율(GE)	-0.307	0.120	0.141	-0.069	-0.010	-0.613**	0.146	0.123	

\*대각선 위쪽은 자포니카품종에 대한 상관계수이고 아래쪽은 전공시품종에 대한 상관계수임.

점성과 밀접한 상관성을 보였다 (표 2-9). 이러한 쌀의 이화학적 특성이나 밥의 물리성 간에 나타나는 상호관계는 자포니카와 인디카 찰벼 품종간 생리생태적 특성의 차이에서 기인된 바가 컸으리라 생각된다 (김 등 1996).

Perdon과 Juliano (1975)와 Perez 등 (1997)도 찰벼품종의 미질은 주로 호화온도와 호응집성에 달려있음을 지적하였으며, Asaoka 등 (1984, '85)은 찰과 메벼에서 모두 아밀로펙틴의 A/B chain 비가 등숙기 고온에 의해 낮아지는 경향이였지만 이의 품종간 유의한 차이는 인정되지 않았다고 하였다. 따라서 아밀로펙틴의 미세구조와 찰벼의 물리적 또는 가공 특성간의 관계는 앞으로 더욱 규명되어야 하리라고 생각된다.

표 2-10은 찰쌀의 가공특성과 관련된 주요 특성을 대상으로 유용할 것으로 전망되는 찰벼 유전자원들을 선정하여 제시한 것이다. 일반적으로 인디카 찰벼품종들이 자포니카품종에 비해 밥의 노화가 다소 빠른 경향이였지만 각 자포니카 및 인디카 품종군내에서 밥의 노화와 호화팽창률에 대한 상당한 품종적 변이를 나타내었다. 본 연구결과에서 얻어진 찰벼 품종군간 미립형태 및 이화학적 특성 차이를 바탕으로 여러 가지 찰쌀 가공식품별 적성을 더욱 정밀하게 검토하지 않으면 안되리라 생각된다.

표 2-9. 찰벼 품종의 아밀로펙틴 구조 관련 특성과 이화학적 특성간의 상관

관련형질	Fr. II (%)	Fr. III (%)	Fr. IV (%)	(Fr. IV + III) / Fr. II (%)	Fr. IV / Fr. II	Fr. III / Fr. II	Fr. IV / Fr. III
가열흡수율(WAB)	0.492*	0.054	-0.270	-0.476*	-0.441*	-0.284	-0.151
취반팽창용적률(GVE)	0.467*	0.009	-0.197	-0.453*	-0.381	-0.307	-0.105
강하점도(BD)	-0.339	0.657**	-0.498*	0.340	-0.216	0.687**	-0.541*
치반점도(SB)	0.376	-0.683**	0.509*	-0.369	0.206	-0.719**	0.568**
밥 점성(ST)	-0.234	0.430*	-0.322	0.208	-0.153	0.439*	-0.372
균형도(BA)	-0.275	0.543*	0.417	0.246	-0.206	0.541*	-0.473*

\*Fr. II, Fr. III, Fr. IV는 그림 2-2 참조.



표 2-10. 유용 찰벼 유전자원의 선발

구 분	해 당 찰 벼 품 종 명
노화가 빠른 찰쌀	IR 29, Taichung Sen glutinous 1 & 2, Pinaopa, Rikuto Norinmochi 24, 한강찰벼, RD 1
노화가 느린 찰쌀	대조도, Khao A, 진부찰벼, 신선찰벼, 화선찰벼
장축 호화팽창형 찰쌀	대조도, Khao Kon Dan
高 호화팽창형 찰쌀	Taichung Sen glutinous 1, IR 29, 목점 3호, 한강찰벼, 화선찰벼, Khao Kon Dan
高 호화온도형 찰쌀	Malagkitsinaguang, Pinaopa

## 2. 찰벼 전분특성의 품종 및 환경변이

종자확보가 어려웠던 제Ⅷ품종군을 제외한 8개 찰벼 품종군에 해당하는 15개 품종을 공시하여 온실과 옥외에서 등숙기간을 경과시킨 쌀시료를 수확하여 쌀의 이화학적 특성 및 밥의 물리적 특성을 검정 조사한 성적에 대한 분산분석 결과를 표 2-11에서 살펴보면, 조사된 모든 미질특성에서 품종군간 고도로 유의한 차이를 보인 반면 등숙기 환경에 따른 유의한 차이는 쌀의 가열흡수율과 호화개시온도 및 최저점도에서만 인정할 수 있었다. 즉 상대적으로 온도가 약간 낮으면서 주야간 기온교차가 심한 옥외재배에서 온실재배에 비해 쌀의 가열흡수율이 미미하게 높은 반면 호화개시온도와 최저점도가 약간 낮은 경향이었다. 그러나 품종군별로 비교해 보면 이러한 등숙기 환경에 따른 미질특성 반응이 달라서 가열흡수율에서 특히 제Ⅳ군과 제Ⅵ군 품종들이 온실에 비해 옥외조건에서 저온 등숙된 쌀의 가열흡수율이 두드러지게 높았다. 또한 현미경도에서는 제Ⅲ군 품종, 호화개시온도에서는 제Ⅰ군 및 제Ⅳ군 품종이 온실산 쌀이 현저히 높은 경향이었으며, 최고·최저·최종점도에서 대부분의 품종군들이 옥외산에 비해 온실산 쌀이 다소 높은 값을 나타낸 반면 제Ⅴ 및 제Ⅸ군 품종들은 옥외산 쌀이 온실산 쌀보다 현저히 높은 점도치를 나타내었다. 제Ⅳ군은 온실산 쌀이 옥외산 쌀에 비해 응집점도는 높고 치반점도는 낮았던 반면, 제Ⅴ군은 반대로 응집점도는 낮고 치반점도는 높은 경향이었다. 제Ⅲ군은 등숙온도가 높은 조

표 2-11. 찰벼 품종군별 등숙환경조건에 따른 미질 특성 차이

품종군	알칼리붕괴도 (1-7)		상온흡수율 (%)		가열흡수율 (%)		현미경도 (kg)		호화개시온도 (°C)	
	옥외	온실	옥외	온실	옥외	온실	옥외	온실	옥외	온실
	I	6.6	6.5	22.9	18.4	116	113	8.07	8.15	67.0
II	6.3	6.2	15.6	16.4	93	95	8.02	8.23	67.2	67.7
III	6.7	6.4	18.6	19.0	127	114	7.93	8.40	66.4	67.6
IV	6.6	5.8	19.4	18.4	148	139	7.18	7.29	68.4	74.2
V	4.8	4.9	23.8	22.8	113	113	7.73	7.54	76.2	75.4
VI	6.7	6.4	23.4	23.0	138	127	6.95	6.76	?	69.9
VIII	6.4	6.3	16.5	15.9	116	110	7.84	7.80	67.5	69.5
IX	6.5	6.3	15.6	17.8	128	123	7.44	7.45	67.9	70.5
평균	6.3	6.1	19.5	19.0	122	117	7.65	7.70	68.7	70.7
유의성 검정	품종군간	**	**	**	**	**	**	**	**	**
	처리간	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	**	**

품종군	최고점도 (RVU)		최저점도 (RVU)		최종점도 (RVU)		강하점도 (RVU)		응집점도 (RVU)	
	옥외	온실	옥외	온실	옥외	온실	옥외	온실	옥외	온실
	I	100	129	70	91	89	114	30	39	19
II	136	159	98	113	121	136	38	46	23	23
III	118	125	79	87	100	110	39	38	21	23
IV	138	149	92	113	202	207	46	37	111	145
V	182	127	126	106	163	131	56	21	37	25
VI	?	131	?	95	?	121	?	37	?	26
VIII	114	128	84	99	126	121	30	29	42	23
IX	117	105	89	80	115	101	28	25	26	21
평균	129	132	91	98	131	131	38	34	40	40
유의성 검정	품종군간	**	**	**	**	**	**	**	**	**
	처리간	ns	ns	**	**	ns	ns	ns	ns	ns

품종군	치반점도 (RVU)		밥 경도(g)		밥 점성(g)		균형도		밥호화팽창률 (%)	
	옥외	온실	옥외	온실	옥외	온실	옥외	온실	옥외	온실
I	-11	-16	840	604	30	11	0.034	0.020	205	198
II	-15	-23	2661	2507	342	381	0.129	0.152	207	213
III	-18	-15	823	1435	31	108	0.038	0.075	184	204
IV	65	58	733	1143	32	20	0.043	0.016	264	262
V	-19	4	522	754	13	12	0.025	0.016	166	165
VI	?	-11	1149	1108	116	99	0.087	0.072	177	191
VII	12	-7	685	737	20	35	0.025	0.044	212	188
IX	-2	-4	1121	945	93	276	0.078	0.115	218	241
평 균	-1.7	2.0	1067	1276	85	118	0.057	0.064	204	208
유의성	품종군간	**	**	**	**	**	**	**	**	**
검정	처리간	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

\*, \*\* : 각각 5% 및 1% 오차수준에서 유의함. ns : 5% 오차수준에서 유의하지 않음

건에서 밥의 경도 및 점성과 균형도가 동시에 현저히 높아진데 반해 제IV군은 온실산이 옥외산에 비해 밥의 경도는 높고 점성은 떨어져서 균형도가 크게 떨어지는 경향을 보였고, 제IX군은 온실산이 옥외산에 비해 경도가 떨어지면서 점성이 크게 높아져서 균형도가 크게 높아지는 현상을 나타내었다. 밥호화팽창률도 온실산이 약간 더 높은 경우가 많았으나 제VIII군은 반대로 떨어지는 경향이였다.

'96년산과 '97년산 찰벼 품종들간 품종 및 연차간 변이를 살펴보면(표 2-12), 품종x연차간 교호작용 변이에 대비하여 유의한 품종간 변이를 나타낸 미질특성은 현미경도, 상온흡수율, 1.4%KOH 알칼리붕괴도, 현미장폭비, 호화개시온도, 최고점도, 최저점도, 최종점도, 강하점도 등이었고, 유의한 연차간 변이를 나타낸 미질특성은 현미경도, 상온흡수율, 가열흡수율, 호화장폭비 변화율, 호화개시온도, 최저점도, 최종점도, 강하점도, 응집점도, 치반점도 등과 밥의 물리성이었다. 분산비율면에서 품종간 변이에 비해 연차간 변이가 현저히 컸던 미질특성은 현미경도, 가열흡수율, 호

화장폭비 변화율, 최저점도, 강하점도, 치반점도 등이었으며 품종×연차간 교호작용 분산비율이 30%이상으로 상대적으로 커서 품종 또는 연차간 변이의 유의성이 인정되지 않았던 미질특성은 밥 호화팽창률, 1.0%KOH 알칼리붕괴도, 밥의 경도 및 점도였다. 찰벼 미질특성중에서 연차간 환경변이에 대해 비교적 안정적인 품종간 변이를 보여준 형질은 최고점도와 응집점도 정도였다는 사실은 찰벼품종의 미질특성에 대한 품종적 변이를 올바르게 파악하기 위해서는 등숙기 기상여건이 다른 연도에서 생산된 쌀을 이용한 분석검토가 이루어져야 함을 말해주고 있다. 따라서 찰쌀의 가공특성을 올바르게 평가하기 위해서는 같은 찰벼품종을 상이한 환경조건에 재배한 시료를 이용하여 주요 미질특성의 변이를 분석 평가하여야 할 것으로 생각된다.

표 2-12. '96년산과 '97년산 찰벼품종 미질특성의 품종 및 연차간 변이

구 분	변이원	현미	상 온	가 열	밥호화팽	알칼리붕괴도	
		경도	흡수율	흡수율	창을	1.0%	1.4%
분산비율 (%)	품종간 (V)	10.4	53.4	7.8	53.8	48.7	81.1
	연차간 (Y)	85.9	30.6	84.5	1.3	4.9	1.3
VxY 대비 유의성 정도	품종간 (V)	**	**	ns	ns	ns	**
	연차간 (Y)	**	**	**	ns	ns	ns

구 분	변이원	현미장폭	호화장폭비	호화개	최고	최저	최종
		비율	변화율	시온도	점도	점도	점도
분산비율 (%)	품종간 (V)	96.7	9.0	63.2	83.7	37.4	42.7
	연차간 (Y)	0.01	75.2	9.8	0.5	58.2	49.4
VxY 대비 유의성 정도	품종간 (V)	**	ns	**	**	**	**
	연차간 (Y)	ns	**	**	ns	**	**

구 분	변이원	강하점도	응집점도	치반점도	밥 경도	밥 점도	균형도
		분산비율 (%)	38.1	52.9	19.0	59.1	44.7
	연차간 (Y)	48.0	18.4	62.2	7.1	21.4	26.8
VxY 대비 유의성 정도	품종간 (V)	**	ns	ns	ns	ns	ns
	연차간 (Y)	**	**	**	*	**	**

\*, \*\* : 각각 5% 및 1% 오차수준에서 유의함. ns : 5% 수준에서 유의하지 않음

표 2-13. '97년산 찰벼 공시품종들의 주요 미질특성 변이

형 질	평 균	표준편차	변이계수 (%)	범 위
현미 길이 (mm)	5.38	0.621	11.5	4.60~6.78
너비 (mm)	2.77	0.245	7.8	2.14~3.06
장폭비	1.96	0.368	18.8	1.59~3.08
알칼리붕괴도 (1~7)				
KOH 1.0%	3.4	0.55	15.9	2.5~4.5
KOH 1.4%	6.3	0.23	3.7	6.0~6.7
현미경도 (kg)	9.08	0.554	6.1	7.77~10.19
상온흡수율 (%)	23.8	4.52	19.0	15.6~32.4
가열흡수율 (%)	133	9.2	6.9	118~150
호화팽창률 (%)	210	25.9	12.4	134~265
호화장폭비 변화율 (%)	85	7.72	9.0	67~99
비스코그램특성				
호화개시온도(°C)	70.2	1.44	2.1	66.9~72.2
최고점도(RVU)	186	43.5	23.4	99~269
최저점도(RVU)	137	24.7	18.0	84~175
최종점도(RVU)	178	39.0	21.8	106~269
강하점도(RVU)	50	21.3	43.0	15~94
응집점도(RVU)	42	19.5	46.6	22~120
치반점도(RVU)	-8	23.6	300.7	-43~93
밥 경도 (g)	877	161	18.4	662~1248
밥 점도 (g)	63	19	30.3	19~112
균형도	0.071	0.014	19.5	0.029~0.091

'97년산 찰벼 29품종의 11개 미질특성 중심으로 주성분 분석에 의하여 품종군을 분류한 결과를 그림 2-4에서 보면 '96년산의 분석결과와 상당히 다른 결과를 보여주었다. '96년산과 달리 6개군으로 대별해 볼 수 있었는데 여기서도 인디카와 자포니카 간에는 뚜렷히 구분되었지만 자포니카 품종들은 '96년산에서 2~4개군에 속했던 품종들이 서로 모여 '97년산 분류에서 새로운 품종군을 형성하였다. 이는 미질특성 별로 연차간 변이가 상이하였고 15개 품종이 빠진 대신에 새로운 6개품종이 추가됨

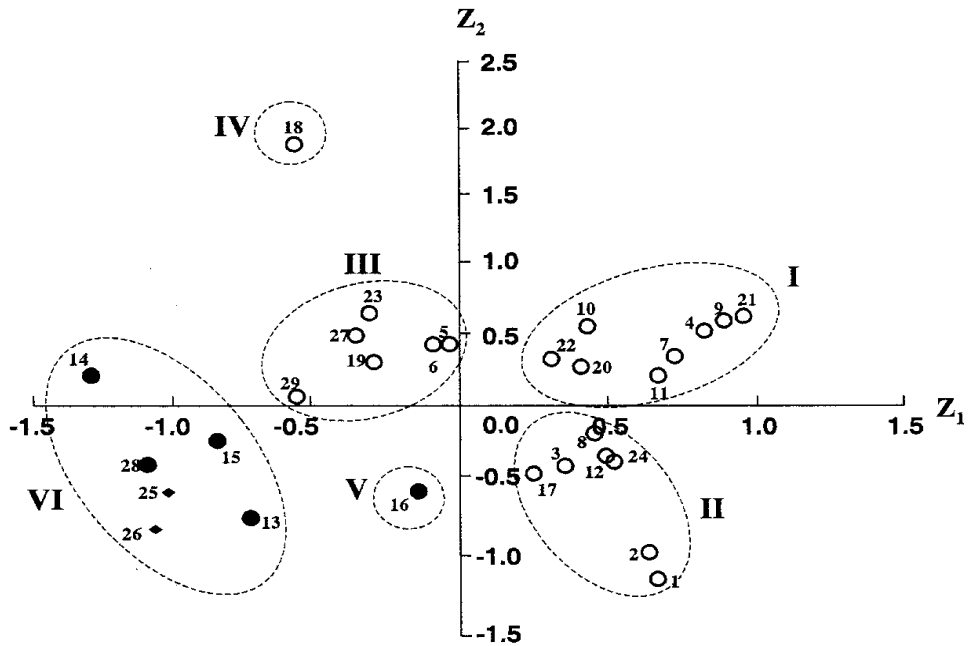


그림 2-4. 주성분 분석으로 얻어진 제1 및 2주성분치의 좌표상 '97년산 찰벼품종들의 분포 및 품종군 분류

으로써 품종적 변이도 다소 달라졌기 때문에 상이한 분류 결과를 얻게 된 것으로 생각된다. 여기에서 상위 2개 주성분이 전 변이에 차지한 기여율은 '96년산과 비슷하게 약 57%였으며 현미경도, 쌀의 상온 및 가열흡수율과 모든 비스코그램 특성 및 밥의 물리성이 주로 크게 기여하였다.

### 3. 찰쌀품종별 전분구조의 이화학적 차이 비교

#### 가. 찰쌀 14품종 이화학적 특성 비교

##### 1) 전분분자의 glucose chain length 분포

전분분자의 glucose  $\alpha$ -1,6 결합을 isoamylase에 의해서 가수분해시킨 후 얻은

glucose  $\alpha$ -1,4 결합만으로 이루어진 直鎖성분들을 Tosoh TSK-gel G2000PW와 G3000PW을 연결시킨 column에 의해서 HPLC(gel permeation high performance liquid chromatography)로 분리하여 14 품종 참쌀전분 분자의 鎖長분포를 비교하였다. 그림 2-5에는 14 품종 참쌀전분 중 병곡의 HPLC chromatogram만을 나타내었으며, 표 2-14에는 14 품종 참쌀전분 들의 HPLC chromatogram상의 각 변곡점을 기준으로 분자량이 큰 것부터 fraction I, II, III, IV, V 등 다섯부분으로 구분하고 각부분의 면적비를 산출함으로써 품종별 참쌀 전분분자의 glucose 중합도 분포를 정리하였다. 각 부분별 glucose중합도는 Fr. I은 120이상, Fr. II는 60이상, Fr. III는 30이상, Fr. IV는 13이상, Fr. V는 5이상이었다. Julliano(1972) 및 Hizukuri(1971)등은 전분분자의 amylopectin미세구조를 검토할 때 glucose의 중합도에 따라 A chain, B chain의 개념을 도입하여 A, B1, B2, B3, B4 chain 분획이라는 표현을 하였는데, 유사한 방법에 의해서 분석한 본 연구결과와 상치시켜 보면, 본 연구결과의 Fr. I은

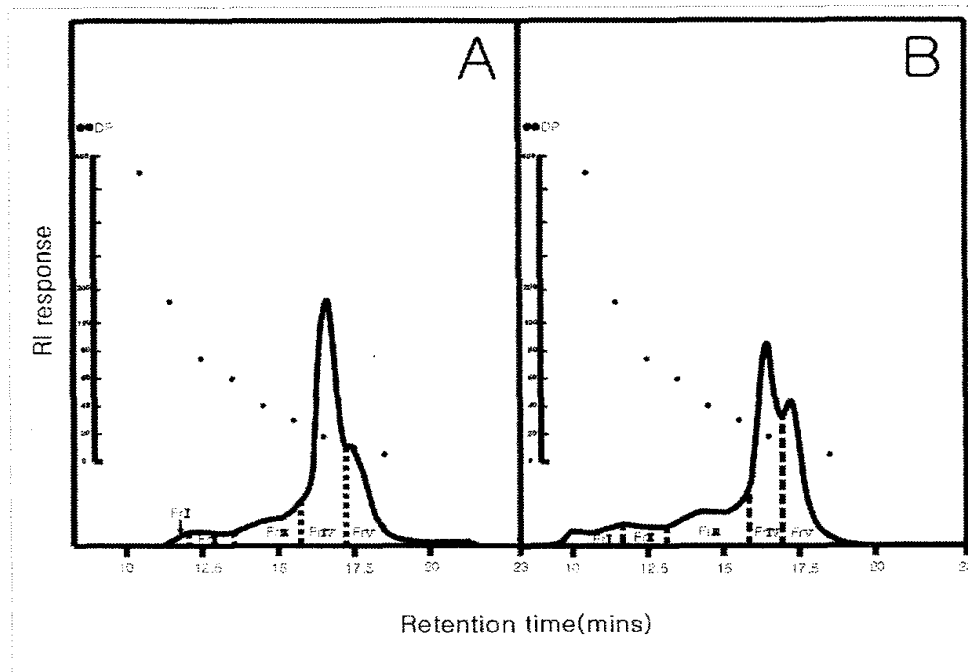


그림 2-5-A. HPLC로 분리한 찰벼품종(A: CB243, B: TP2579A1) 쌀 전분분자의 鎖長분포

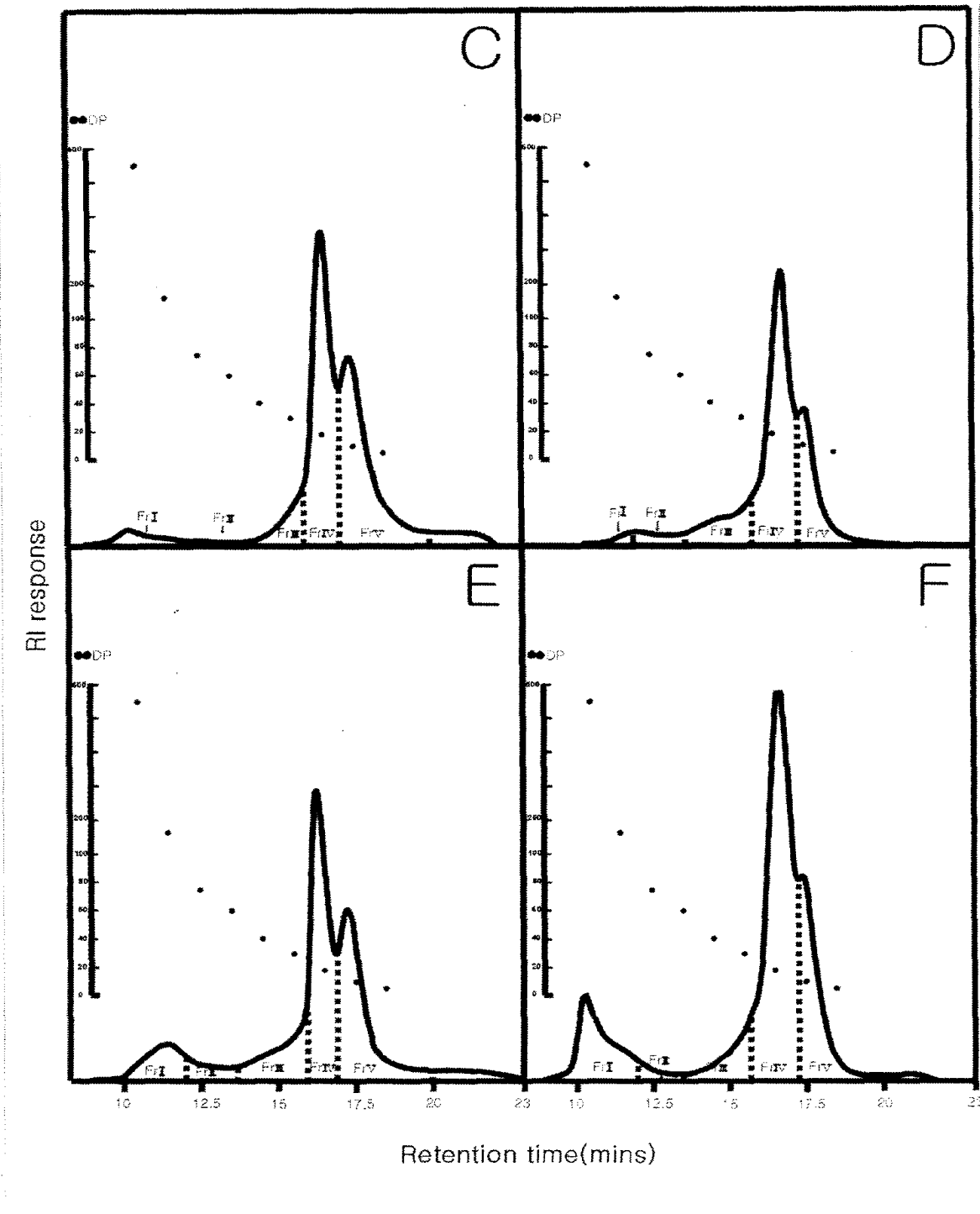


그림 2-5-B. HPLC로 분리한 찰벼품종 쌀 전분분자의 쇄장분포 (C: Beongok, D: Sharebyeo-wx-151-1-B, E: Sharebyeo-152-1-B, F: Sharebyeo-156-1-B)



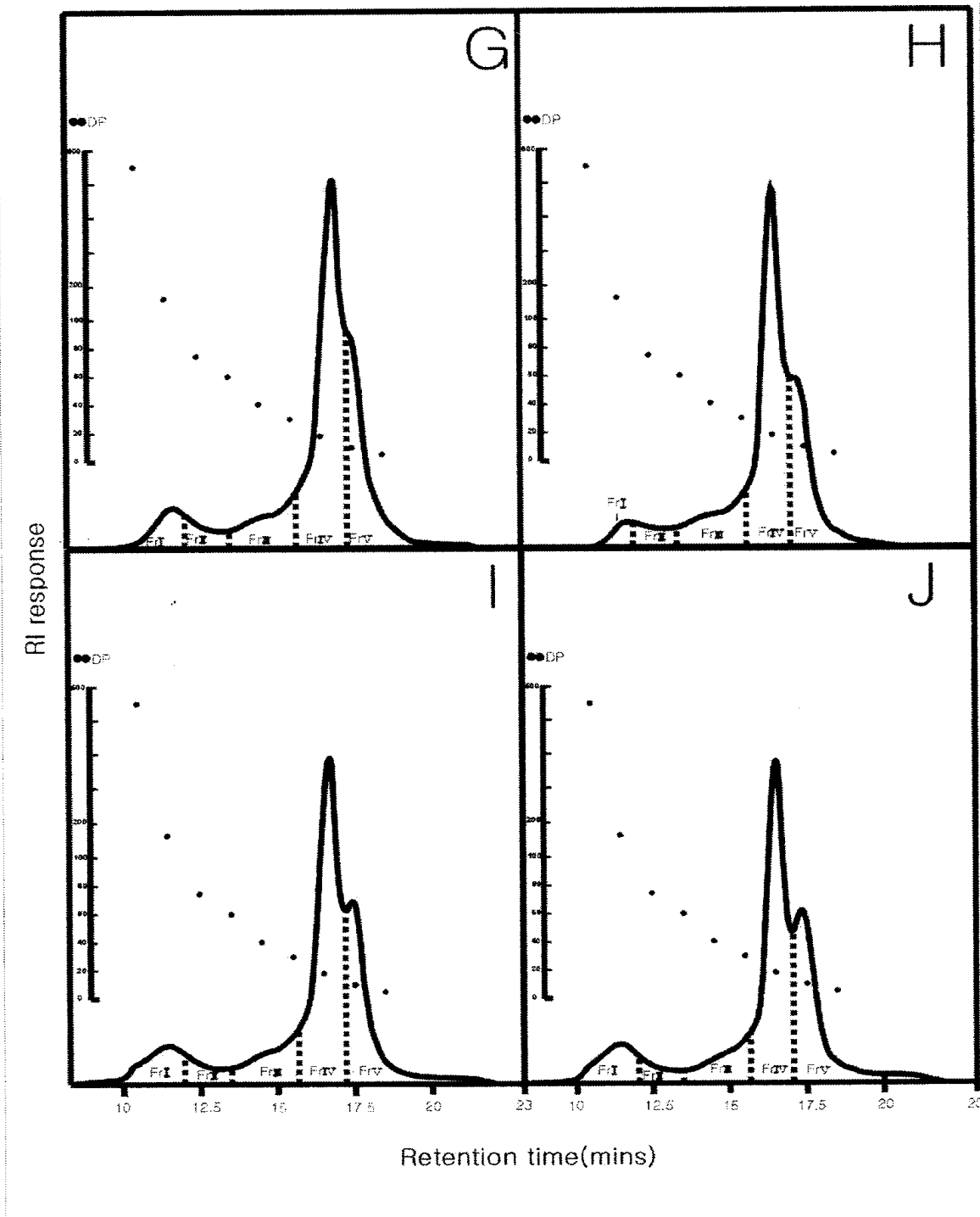


그림 2-5-C. HPLC로 분리한 찰벼품종 쌀 전분분자의 쇄장분포 (G: Baek na, H Sandong 10, I: Sandong 47, J: Sandong 71)

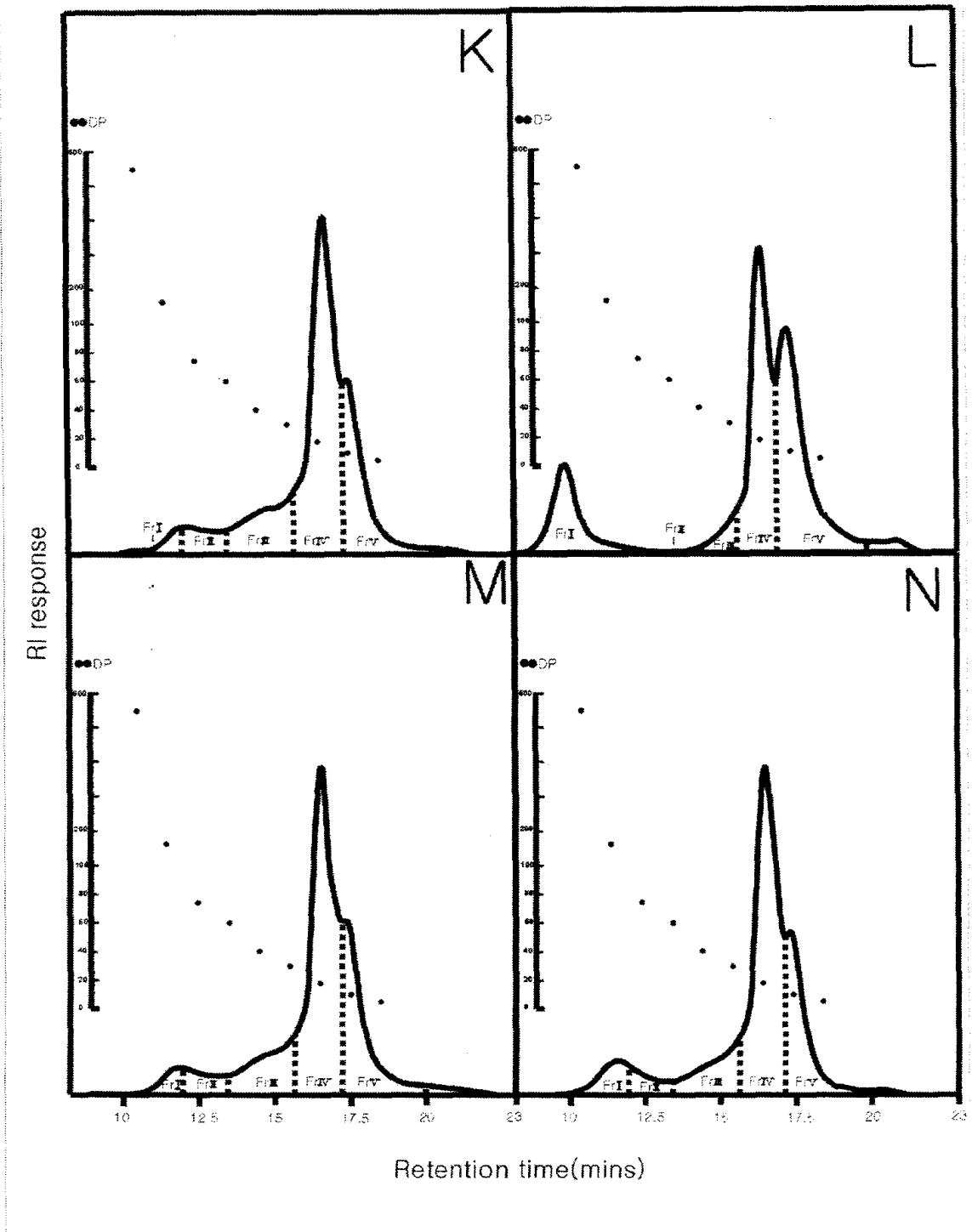


그림 2-5-D. HPLC로 분리한 찰벼품종 쌀 전분분자의 쇠장분포 (K: Dongsamsung 11, L: Dongsamsung 34, M: Chunghyang na, N: Keochang 1)

표 2-14. 찹쌀전분 쇄장분포의 품종간 차이

Cultivars	Chain length distribution percentage(%)							
	Fr I	Fr II	Fr III	Fr IV	Fr V	Fr I +Fr II +Fr III	Fr IV+Fr V	FrIV+Fr V/Fr I +Fr II +Fr III
CB243	1.57±0.22 <sup>al)</sup>	5.11±0.29 <sup>f</sup>	14.76±0.06 <sup>j</sup>	55.63±0.19 <sup>g</sup>	22.60±0.46 <sup>b</sup>	21.44±0.32 <sup>d</sup>	78.23±0.54 <sup>g</sup>	3.65±0.10 <sup>c</sup>
TP2579A1	6.36±0.03 <sup>f</sup>	7.35±0.06 <sup>h</sup>	15.71±0.24 <sup>k</sup>	40.11±0.20 <sup>b</sup>	30.48±0.28 <sup>h</sup>	29.42±0.23 <sup>j</sup>	70.59±0.49 <sup>a</sup>	2.40±0.20 <sup>a</sup>
Beongok	4.82±0.09 <sup>e</sup>	1.21±0.18 <sup>b</sup>	6.59±0.06 <sup>b</sup>	47.29±0.55 <sup>c</sup>	40.13±0.34 <sup>i</sup>	12.62±0.31 <sup>a</sup>	87.42±0.76 <sup>j</sup>	6.93±0.24 <sup>e</sup>
Sharebyeo-wx-151-1-B	2.34±0.13 <sup>b</sup>	3.95±0.11 <sup>d</sup>	13.59±0.09 <sup>hi</sup>	55.03±0.29 <sup>g</sup>	25.10±0.28 <sup>ef</sup>	19.88±0.35 <sup>b</sup>	80.13±0.57 <sup>i</sup>	4.03±0.17 <sup>d</sup>
Sharebyeo-152-1-B	9.99±0.11 <sup>i</sup>	4.52±0.13 <sup>e</sup>	11.40±0.22 <sup>f</sup>	40.45±0.34 <sup>b</sup>	33.65±0.63 <sup>i</sup>	25.91±0.39 <sup>j</sup>	74.10±1.00 <sup>b</sup>	2.86±0.28 <sup>ab</sup>
Sharebyeo-156-1-B	14.79±0.22 <sup>j</sup>	1.80±0.09 <sup>c</sup>	7.39±0.24 <sup>c</sup>	54.16±0.49 <sup>f</sup>	21.87±0.35 <sup>a</sup>	23.98±0.46 <sup>f</sup>	76.03±0.80 <sup>d</sup>	3.17±0.10 <sup>c</sup>
Baek na	6.64±0.04 <sup>g</sup>	4.80±0.09 <sup>e</sup>	10.87±0.14 <sup>e</sup>	53.14±0.61 <sup>e</sup>	24.55±0.39 <sup>de</sup>	22.31±0.26 <sup>e</sup>	77.69±0.63 <sup>f</sup>	3.48±0.25 <sup>c</sup>
Sandong 10	3.25±0.10 <sup>c</sup>	4.81±0.12 <sup>e</sup>	13.45±0.21 <sup>h</sup>	53.25±0.48 <sup>e</sup>	25.24±0.76 <sup>ef</sup>	21.51±0.40 <sup>d</sup>	78.49±1.10 <sup>g</sup>	3.65±0.28 <sup>c</sup>
Sandong 47	8.98±0.14 <sup>h</sup>	4.60±0.14 <sup>e</sup>	11.19±0.05 <sup>ef</sup>	49.46±0.35 <sup>d</sup>	25.73±0.47 <sup>f</sup>	24.77±0.33 <sup>h</sup>	75.19±0.79 <sup>c</sup>	3.04±0.20 <sup>c</sup>
Sandong 71	9.94±0.24 <sup>i</sup>	4.00±0.06 <sup>d</sup>	10.35±0.45 <sup>d</sup>	47.21±0.53 <sup>c</sup>	28.50±0.28 <sup>g</sup>	24.29±0.69 <sup>h</sup>	75.71±0.85 <sup>c</sup>	3.12±0.12 <sup>c</sup>
Dongsamsung 11	3.36±0.01 <sup>c</sup>	5.83±0.29 <sup>g</sup>	14.97±0.33 <sup>j</sup>	52.89±0.77 <sup>e</sup>	22.95±0.24 <sup>b</sup>	24.16±0.63 <sup>g</sup>	75.84±0.87 <sup>c</sup>	3.14±0.11 <sup>c</sup>
Dongsamsung 34	16.06±0.25 <sup>k</sup>	0.47±0.05 <sup>a</sup>	4.39±0.22 <sup>a</sup>	38.93±0.44 <sup>a</sup>	40.14±0.12 <sup>j</sup>	20.92±0.51 <sup>c</sup>	79.07±0.64 <sup>h</sup>	3.78±0.09 <sup>c</sup>
Chunghyang na	3.67±0.14 <sup>d</sup>	5.16±0.25 <sup>f</sup>	13.87±0.26 <sup>i</sup>	53.12±0.44 <sup>e</sup>	24.19±0.55 <sup>cd</sup>	22.70±0.64 <sup>e</sup>	77.31±1.15 <sup>f</sup>	3.41±0.18 <sup>c</sup>
Keochang 1	6.45±0.10 <sup>fg</sup>	4.67±0.18 <sup>e</sup>	12.02±0.30 <sup>g</sup>	53.11±0.44 <sup>e</sup>	23.75±0.45 <sup>c</sup>	23.14±0.56 <sup>f</sup>	76.86±1.00 <sup>e</sup>	3.32±0.16 <sup>c</sup>

Means±SD

Each value is mean for three replicates.

<sup>1)</sup> Values with different superscript in the same column are significantly different at P<0.05.

B4 chain 분획과, Fr. II는 B3 chain 분획과, Fr. III는 B2 chain 분획과, Fr. IV는 B1 chain 분획과, Fr. V는 A chain 분획과 각각 일치하는 경향이 있었다. 본 연구의 목적이 찹쌀가공품 제조시 가공적성과 찹쌀전분의 미세구조와의 관계를 알아보는 데 있으므로 chromatogram의 변곡점을 기본으로 한 glucose chain 중합도 분포의 단순비교도 의미가 있겠지만, amylopectin의 가지쳐진 정도를 나타내는 수치에 의한 비교도 또한 의미가 있으리라 생각된다. 이에 대체로 중합도가 30미만인 Fr. IV, Fr. V의 면적을 합친 수치(short chain length group)를, 중합도가 30이상인 Fr. I, Fr. II, Fr. III의 면적을 합친 수치(long chain length group)로 나눔으로서 가지쳐진 정도를 수치화 하였다.(표 2-14) 품종간의 차이가 있으며, 특히 병곡은 6.9로서 상당히 높은 수치를 나타내어 다른 품종들에 비해서 짧은쇄장을 다량 함유하고 있으며, 반면에 TP2579A1은 2.4로서 다른 품종들에 비해서 상대적으로 긴 쇄장을 다량 함유하고 있었다. 그밖의 품종은 대체로 3에서 4 정도의 수치를 나타내고 있었다.

## 2) 산 가수분해도

Amylopectin의 방상구조 모델을 제시하는데 이용하였던 방법 중의 하나로써, 전분입자를 실온에서 15% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>에 침적시켜 두면 전분입자의 기원에 따라 가수분해도 및 속도에 차이는 있으나 최종적으로 약 40~50% 정도까지만 가수분해되며, 가수분해 잔사를 현미경으로 관찰하면 전분입자의 형태는 구형을 유지한 채 동심원이 보이는 Naegeli amyloextrin이 제조된다. 이렇게 Naegeli amyloextrin이 제조되는 과정 중 15% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>에 의해서 쉽게 산 가수분해되는 분획을 아밀로펙틴의 무정형 부분이라 하며 무정형 부분의 비교에 의해서 아밀로펙틴 분자의 cluster 구조의 무질서도를 유추하기도 한다. 이러한 맥락에서, 14종류 찹쌀전분의 amylopectin의 무정형 분획의 품종간 비교를 시도하고자 15% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>에 대한 가수분해도 비교를 실시하여 표 2-15에 나타내었다.

표 2-15. 품종별 찹쌀전분의 산 가수분해도

Cultivars	Hydrolysis percentage(%)				
	1 day	3 days	5 days	7 days	9 days
CB243	6.60±0.24 <sup>c1)</sup>	23.26±0.27 <sup>c</sup>	32.76±0.35 <sup>ef</sup>	35.52±0.49 <sup>c</sup>	35.99±0.40 <sup>e</sup>
TP2579A1	8.55±0.31 <sup>f</sup>	23.54±0.24 <sup>c</sup>	32.46±0.03 <sup>de</sup>	34.87±0.10 <sup>c</sup>	36.70±0.02 <sup>ef</sup>
Beongok	8.00±0.03 <sup>e</sup>	23.08±0.84 <sup>c</sup>	30.08±0.41 <sup>c</sup>	32.57±0.06 <sup>b</sup>	32.57±0.76 <sup>b</sup>
Sharebyeo-wx-151-1-B	5.61±0.09 <sup>b</sup>	18.39±0.17 <sup>b</sup>	28.19±0.20 <sup>b</sup>	34.13±0.23 <sup>b</sup>	34.07±0.17 <sup>c</sup>
Sharebyeo-152-1-B	11.11±0.22 <sup>i</sup>	30.91±0.36 <sup>h</sup>	38.40±0.07 <sup>i</sup>	47.27±0.99 <sup>f</sup>	44.24±0.49 <sup>j</sup>
Sharebyeo-156-1-B	12.05±0.48 <sup>j</sup>	27.48±0.00 <sup>f</sup>	31.99±0.56 <sup>de</sup>	35.12±0.79 <sup>c</sup>	31.94±0.41 <sup>ab</sup>
Baek na	9.46±0.25 <sup>g</sup>	23.66±0.10 <sup>cd</sup>	28.89±0.59 <sup>b</sup>	33.64±1.01 <sup>abc</sup>	33.61±0.37 <sup>c</sup>
Sandong 10	5.24±0.10 <sup>ab</sup>	16.48±0.66 <sup>a</sup>	28.60±0.80 <sup>b</sup>	35.39±0.29 <sup>c</sup>	35.04±0.06 <sup>d</sup>
Sandong 47	5.21±0.19 <sup>a</sup>	17.00±0.20 <sup>a</sup>	24.58±0.15 <sup>a</sup>	31.84±1.23 <sup>a</sup>	31.28±0.70 <sup>a</sup>
Sandong 71	10.14±0.02 <sup>h</sup>	24.52±0.70 <sup>de</sup>	33.80±0.03 <sup>f</sup>	40.87±1.06 <sup>e</sup>	37.22±0.49 <sup>f</sup>
Dongsamsung 11	10.29±0.17 <sup>h</sup>	29.75±0.04 <sup>g</sup>	36.11±0.38 <sup>g</sup>	41.67±1.21 <sup>e</sup>	39.74±1.10 <sup>h</sup>
Dongsamsung 34	8.80±0.30 <sup>f</sup>	29.97±0.38 <sup>g</sup>	37.34±0.20 <sup>h</sup>	41.79±1.09 <sup>e</sup>	38.87±0.28 <sup>g</sup>
Chunghyang na	7.26±0.08 <sup>d</sup>	25.26±0.57 <sup>e</sup>	31.61±0.28 <sup>d</sup>	38.12±1.14 <sup>d</sup>	35.90±0.17 <sup>e</sup>
Keochang 1	11.21±0.06 <sup>i</sup>	31.60±0.05 <sup>h</sup>	35.89±0.29 <sup>g</sup>	42.13±0.44 <sup>e</sup>	37.24±0.14 <sup>f</sup>

Means±SD

Each value is mean for three replicates.

<sup>1)</sup> Values with different superscript in the same column are significantly different at P<0.05.

모든 품종에서 초기단계에서도 산에 의한 가수분해도에 차이가 있으며, 시간이 경과함에 따른 가수분해속도도 다른 것을 알 수 있다. 대체로 모든 품종에서 7일째부터 산 가수분해의 한계에 도달하고 있었으며, 최종 가수분해도는 품종간에 차이가 있어 샤레벼-152-1-B가 47%로써 산에 의해 가수분해되는 부분이 가장 많았다. 즉, 무정형 부분의 비율이 많거나 아밀로펙틴을 구성하고 있는 cluster구조가 다른 품종들에 비해서 어느 정도 무질서한 구조를 하고 있으리라 예상할 수 있겠다. 반면에 산동 47은 가장 낮은 수치인 31%로써 산에 의해 가수분해 받기 어려운 상태 즉 아밀로펙틴의 cluster구조가 다른 품종들에 비해서 어느 정도 질서있게 나열되어 있는

구조로 유추할 수 있겠다.

### 3) X선 회절도

X선 회절도는 일반적으로 전분입자의 결정화도를 비교하는데 이용하는 한 방법이다. 즉 X선 회절도의 peak가 날카로울수록 결정화도가 크다는 것을 의미하며, peak의 형태에 의해서 A, B, C, Vtype 등으로 구분한다. 14품종 참쌀전분들은 그림 2-6에 나타내고 있듯이 X선 회절도상에 3b, 4a, 4b, 6a의 peak가 뚜렷하게 구분되는 전형적인 지상전분의 형태인 A type들이었다.

표 2-16에는 14품종 참쌀전분입자의 X선 회절도 각 peak의 intensity를 정리하였으며, Zhang등 (1993, 1996) 및 Owusu-Ansah등(1982)의 방법에 따라 각 peak의 intensity로부터 discriminant score를 구하여 품종별로 나타내었다. 이렇게 discri-

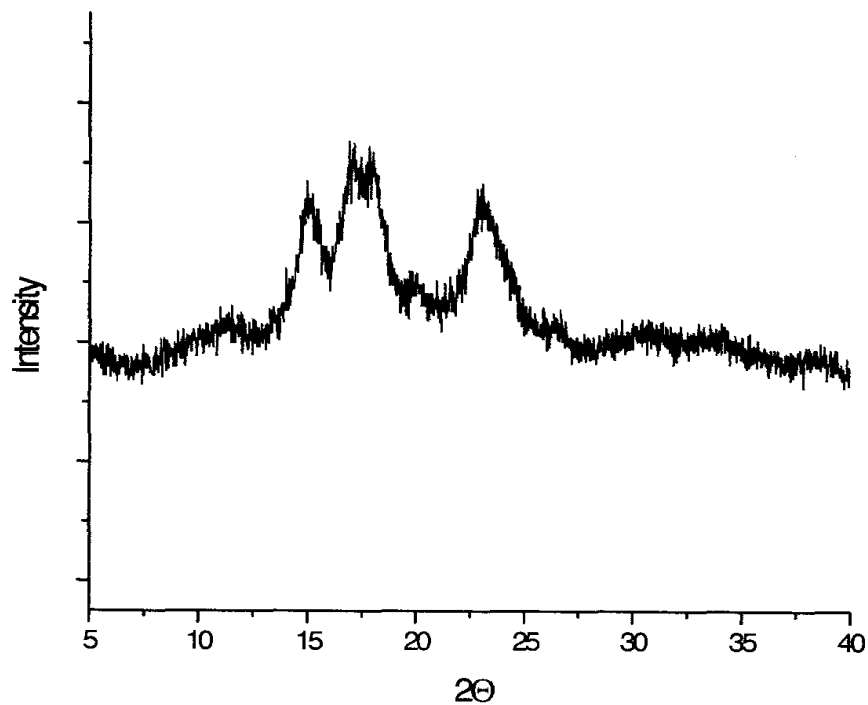


그림 2-6-A. 참쌀전분의 전형적인 X선 회절도

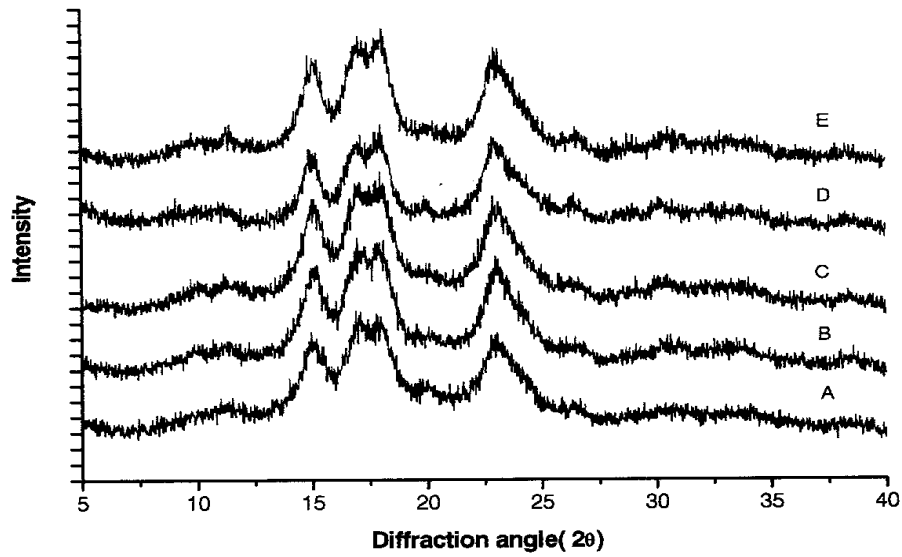


그림 2-6-B. 품종별 참쌀전분의 X선 회절도(I)  
 A: CB243, B: TP2579A1, C: Beongok,  
 D: Sharebyeo-wx-151-1-B, E: Sharebyeo-152-1-B

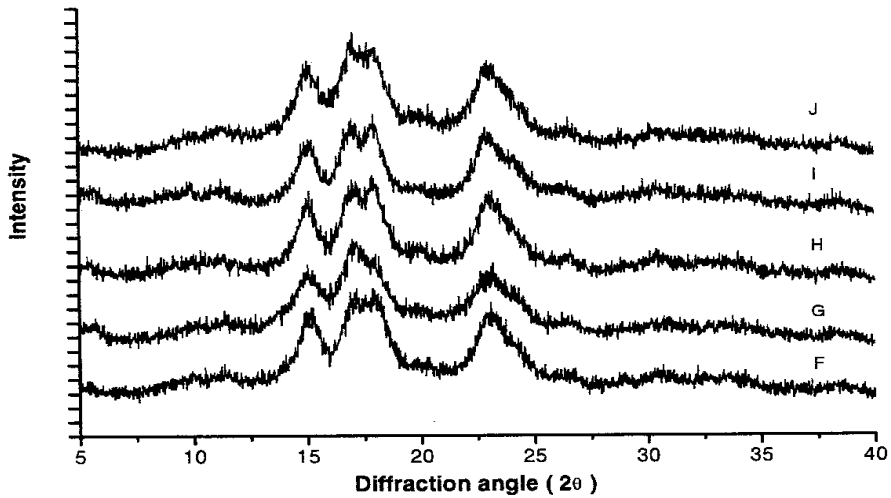


그림 2-6-C. 품종별 참쌀전분의 X선 회절도(II)  
 F: Sharebyeo-156-1-B, G: Baek na, H: Sandong 10  
 I: Sandong 47, J: Sandong 71

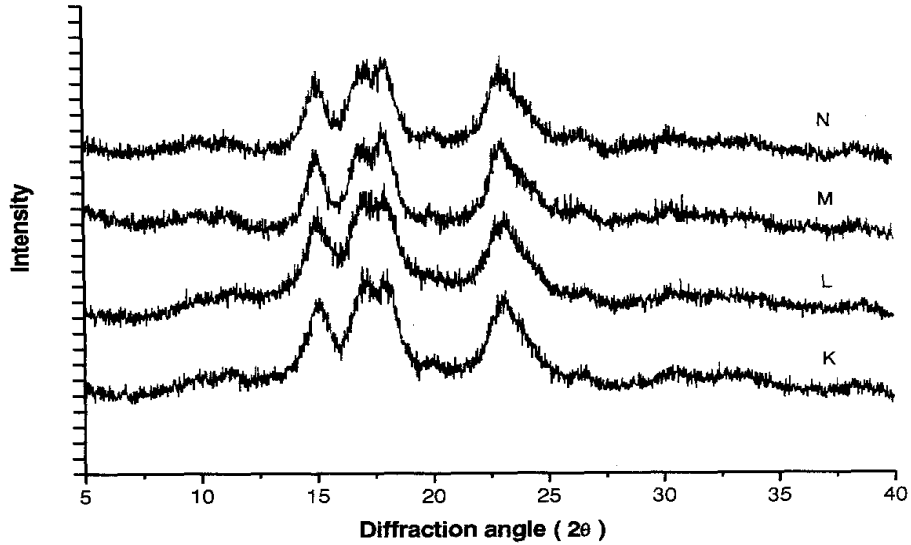


그림 2-6-D. 품종별 찹쌀전분의 X선 회절도(Ⅲ)

K: Dongsamsung11, L: Dongsamsung 34, M: Chunghyang na, N: Keochang 1

minant score를 산출 비교한 이유는, 일본산 찹쌀 12종의 경우 discriminant score가 0 이하인 group이 0 이상인 group에 비해서 glucoamylase 및  $\alpha$ -amylase에 의해 쉽게 가수분해된다는 등, 전분구조의 결정성을 연구하는 방편으로써 X선 회절도를 이용하는 보고가 있으므로 본 연구에서도 14품종 찹쌀의 미세구조 비교의 방편으로 활용하고자 하였다. 찹쌀전분의 discriminant score는 표 2-16에 나타내고 있듯이 품종별로 차이가 있었으며 시험에 이용한 14품종의 찹쌀들은 일본산 찹쌀 12종의 경우와 마찬가지로 discriminant score가 0이상인 것들과 0이하인 것들로 grouping하였다.

#### 4) Glucoamylase에 의한 가수분해도

14 품종 찹쌀전분의 이화학적 특성 비교를 위한 수단 및 결정화도를 유추하기 위해서 생 전분입자의 glucoamylase에 의한 가수분해도를 비교하였다. Glucoamylase



표 2-16. 품종별 찹쌀 X선 회절양상의 비교

Cultivars	Ratio of X-ray diffraction intensity scales			Discriminant score <sup>2)</sup>
	3b/4b *	4a/4b †	6a/4b ‡	
CB243	0.700±0.000 <sup>bl)</sup>	1.110±0.000 <sup>h</sup>	0.840±0.000 <sup>e</sup>	-6.251±0.000 <sup>b</sup>
TP2579A1	0.759±0.002 <sup>e</sup>	0.960±0.000 <sup>d</sup>	0.880±0.000 <sup>f</sup>	2.132±0.017 <sup>f</sup>
Beongok	0.730±0.001 <sup>cd</sup>	0.923±0.003 <sup>c</sup>	0.769±0.001 <sup>c</sup>	4.885±0.009 <sup>g</sup>
Sharebyeo-wx-151-1-B	0.736±0.014 <sup>d</sup>	0.957±0.005 <sup>d</sup>	0.869±0.009 <sup>f</sup>	2.495±0.446 <sup>f</sup>
Sharebyeo-152-1-B	0.725±0.008 <sup>c</sup>	0.885±0.009 <sup>b</sup>	0.762±0.004 <sup>c</sup>	7.231±0.596 <sup>h</sup>
Sharebyeo-156-1-B	0.801±0.002 <sup>g</sup>	1.003±0.006 <sup>ef</sup>	0.803±0.004 <sup>d</sup>	-0.555±0.376 <sup>d</sup>
Baek na	0.732±0.002 <sup>cd</sup>	1.344±0.018 <sup>i</sup>	0.670±0.005 <sup>a</sup>	-19.957±1.087 <sup>a</sup>
Sandong 10	0.730±0.001 <sup>cd</sup>	0.923±0.000 <sup>c</sup>	0.769±0.001 <sup>c</sup>	4.885±0.009 <sup>g</sup>
Sandong 47	0.695±0.001 <sup>ab</sup>	0.923±0.017 <sup>c</sup>	0.766±0.024 <sup>c</sup>	5.173±1.066 <sup>g</sup>
Sandong 71	0.703±0.006 <sup>b</sup>	1.053±0.006 <sup>g</sup>	0.800±0.000 <sup>d</sup>	-2.771±0.390 <sup>c</sup>
Dongsamsung 11	0.703±0.000 <sup>b</sup>	1.008±0.000 <sup>f</sup>	0.826±0.000 <sup>e</sup>	-0.152±0.000 <sup>d</sup>
Dongsamsung 34	0.704±0.000 <sup>b</sup>	0.991±0.000 <sup>e</sup>	0.791±0.000 <sup>d</sup>	0.953±0.000 <sup>e</sup>
Chunghyang na	0.691±0.003 <sup>a</sup>	0.795±0.003 <sup>a</sup>	0.714±0.021 <sup>b</sup>	13.018±0.256 <sup>i</sup>
Keochang 1	0.768±0.003 <sup>f</sup>	0.913±0.000 <sup>c</sup>	0.838±0.003 <sup>e</sup>	5.009±0.014 <sup>g</sup>

Means±SD. Each value is mean for three replicates.

\* Score I, † Score II, ‡ Score III.

1) Values with different superscript in the same column are significantly different at P<0.05.

2) Discriminant score :  $Z = -7.79(\text{Score I}) - 59.74(\text{Score II}) - 3.02(\text{Score III}) + 68.05$

는 전분분자의 환원성 말단으로부터 순차적으로 작용하여 최종적으로 glucose 단위 까지 가수분해하는 exo-type의 효소이다. 실제로 생전분입자에 glucoamylase를 작용 시키면 생전분입자는 입자의 표면으로부터 넓은 범위에 걸쳐 가수분해가 진행되므로 SEM 사진에서, 전분분자의 표면 이 너와집의 지붕과 같은 형태가 관찰된다. 이는 SEM 사진에서 전분분자의 표면에 pin hole을 형성하면서 가수분해되고, 전분입자를 부수어 쓰리면 계단상의 층상구조가 보이는 endo-type의  $\alpha$ -amylase와는 다른 특성이라는 점에서 이들 효소 가수분해 양상의 비교에 의해 전분의 분자구조의 결

정화도를 유추하는 수단으로 삼기도 한다. 즉 glucoamylase 에 의한 초기 가수분해도가 높다는 것은 전분입자의 표면으로 환원성 말단의 수가 많다는 것을 의미한다고 할 수도 있다. 14 품종 찹쌀 전분입자의 glucoamylase에 의한 가수분해도는 표 2-17에 나타내고 있듯이 37°C에서 3시간 작용시키면, 품종에 따라 차이가 있기는 하지만 거의 90%이상 가수분해 되었으며, 청향 나는 초기의 가수분해는 다른 품종들에 비해서 높으나 점차 가수분해 속도가 낮아져서 오히려 최종적인 가수분해도는 낮은 편이며, 거창 1, 동삼성 34, 병곡등은 초기의 가수분해도는 그다지 높지 않으나 경시적으로 가수분해도가 크게 증가하는 경향이 있으며, 거창 1 및 병곡은 생전분이지만 100% 가수분해되었다.

표 2-17. 품종별 찹쌀전분의 glucoamylase에 의한 가수분해도

Cultivars	Hydrolysis percentage(%)			
	5 mins	30 mins	60 mins	180 mins
CB243	10.84±0.16 <sup>d1)</sup>	35.94±0.37 <sup>f</sup>	55.60±0.21 <sup>d</sup>	93.53±0.32 <sup>de</sup>
TP2579A1	13.62±0.20 <sup>g</sup>	36.65±0.13 <sup>g</sup>	54.67±0.32 <sup>c</sup>	90.31±0.29 <sup>a</sup>
Beongok	11.40±0.11 <sup>e</sup>	46.85±0.30 <sup>j</sup>	65.11±0.19 <sup>e</sup>	99.59±0.53 <sup>j</sup>
Sharebyeo-wx-151-1-B	11.76±0.08 <sup>e</sup>	38.99±0.23 <sup>h</sup>	49.27±0.30 <sup>a</sup>	96.83±0.21 <sup>i</sup>
Sharebyeo-152-1-B	8.01±0.02 <sup>b</sup>	33.36±0.19 <sup>d</sup>	52.08±0.16 <sup>b</sup>	95.83±0.30 <sup>h</sup>
Sharebyeo-156-1-B	5.32±0.04 <sup>a</sup>	29.00±0.25 <sup>a</sup>	49.23±0.22 <sup>a</sup>	94.78±0.11 <sup>g</sup>
Baek na	8.84±0.09 <sup>b</sup>	32.47±0.11 <sup>c</sup>	52.89±0.09 <sup>b</sup>	94.57±0.23 <sup>g</sup>
Sandong 10	9.56±0.03 <sup>c</sup>	34.99±0.06 <sup>c</sup>	55.86±0.24 <sup>d</sup>	95.13±0.15 <sup>h</sup>
Sandong 47	8.27±0.02 <sup>b</sup>	31.80±0.17 <sup>b</sup>	68.17±0.07 <sup>g</sup>	91.14±0.07 <sup>b</sup>
Sandong 71	14.86±0.31 <sup>h</sup>	54.19±0.08 <sup>k</sup>	66.59±0.13 <sup>f</sup>	93.79±0.32 <sup>ef</sup>
Dongsamsung 11	13.58±0.21 <sup>g</sup>	39.59±0.06 <sup>i</sup>	52.68±0.27 <sup>b</sup>	90.01±0.29 <sup>a</sup>
Dongsamsung 34	16.47±0.16 <sup>i</sup>	63.02±0.18 <sup>m</sup>	82.86±0.47 <sup>i</sup>	92.37±0.33 <sup>c</sup>
Chunghyang na	34.07±0.36 <sup>j</sup>	64.19±0.23 <sup>n</sup>	71.50±0.39 <sup>b</sup>	93.07±0.41 <sup>d</sup>
Keochang 1	12.67±0.05 <sup>f</sup>	58.28±0.20 <sup>l</sup>	88.30±0.44 <sup>j</sup>	99.92±0.19 <sup>j</sup>

Means±SD

Each value is mean for three replicates.

<sup>1)</sup> Values with different superscript in the same column are significantly different at P<0.05.

한편 X선 회절도 분석에서의 discriminant score와 glucoamylase에 의한 가수분해도 간에는 Zhang 등(1993, 1996)의 보고와는 달리, 본시험에 사용한 14 품종의 찹쌀간에는 상관성이 없었다.

## 나. 찹쌀 13품종 이화학적 특성 비교

### 1) 전분분자의 미세구조 비교

그림 2-7에 13품종 찹쌀전분 중 Ishiokamochi의 HPLC chromatogram만을 나타내었으며, 표 2-18에는 13품종 찹쌀전분들의 HPLC chromatogram상의 각 변곡점을 기준으로 분자량이 큰 것부터 fraction I, II, III, IV, V 등 다섯부분으로 구분하고 각부분의 면적비를 산출함으로써 품종별 찹쌀 전분분자의 glucose 중합도 분포를 정리하였다.

각 부분별 glucose중합도는 Fr. I은 120이상, Fr. II는 60이상, Fr. III는 30이상, Fr. IV는 13이상, Fr. V는 12 이하이었다. Julliano(1972) 및 Hizukuri(1971)등은 전분분자의 amylopectin 미세구조를 검토할 때 glucose의 중합도에 따라 A chain, B chain의 개념을 도입하여 A, B1, B2, B3, B4 chain 분획이라는 표현을 하였는데 (Villareal CP et al. 1997, Takeda Y et al. 1987) 유사한 방법에 의해서 분석한 본 연구결과와 상치시켜 보면, 본연구결과의 Fr. I은 B4 chain 분획과, Fr. II는 B3 chain 분획과, Fr. III는 B2 chain 분획과, Fr. IV는 B1 chain 분획과, Fr. V는 A chain 분획과 각각 일치하는 경향이 있었다.

본 연구에서 검토한 13품종의 debranching된 glucose chain length분포는 표 2-18에 제시하고 있는 바와 같이 품종에 따라 차이가 있었으며, glucose중합도가 120 이상의 긴 쇨장을 가장 많이 함유하고 있는 품종으로는 Malagkitsinaguing 이었으며, IR 29 > 육도농립나 1호 > Kamuimochi 등의 순이었고, 반면에 긴 쇨장의 함량이 가장 적은 품종으로는 진부찰벼, 한강찰벼 이었다. 반면 glucose 중합도가 12 이하의

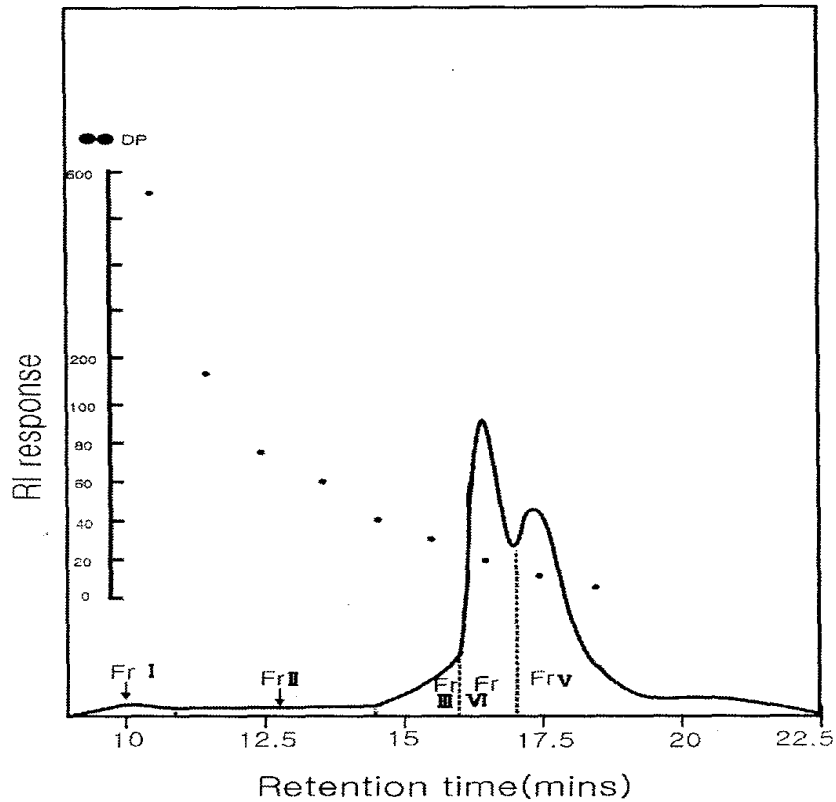


그림 2-7. HPLC로 분리한 찹쌀전분 분자의 쇄장분포 (품종-Ishiokamochi).

짧은쇄장을 다량 함유하고 있는 품종은 Ishiokamochi 15이었고 Taichung Sen glutinous 1, Rikutonorinmochi 24, Kamuimochi, Malagkitsinaguing 등의 순으로 짧은 쇄장을 다량 함유하고 있었다.

본 연구의 목적이 찹쌀가공품 제조시 가공적성과 찹쌀전분의 미세구조와의 관계를 알아보는데 있으므로 chromatogram의 변곡점을 기본으로 한 glucose chain 중합도 분포의 단순비교도 의미가 있겠지만, amylopectin의 가지쳐진 정도를 나타내는 수치에 의한 비교도 또한 의미가 있으리라 생각된다. 이에 대체로 중합도가 30이상인 Fr. I, Fr. II, Fr. III의 면적을 합친 수치(long chain length group)를, 중합도가 30인 미만인 Fr. IV, Fr. V의 면적을 합친 수치(short chain length group)로 나눔으로서 가지쳐진 정도를 수치화 하였다(표 2-18). 이렇게 계산한 수치는 품종간 차

표 2-18. 찹쌀 전분 쇠장분포의 품종간 차이

Varieties	Chain length distribution percentage(%)							
	Fr I	Fr II	Fr III	Fr IV	Fr V	Fr I +Fr II +Fr III	Fr IV+Fr V	FrIV+FrV/Fr I +Fr II+Fr III
IR 29	16.15±0.075 <sup>il)</sup>	2.95±0.259 <sup>c</sup>	12.23±0.311 <sup>f</sup>	44.58±0.473 <sup>f</sup>	24.09±0.551 <sup>e</sup>	31.33±0.617 <sup>k</sup>	68.67±0.617 <sup>a</sup>	2.19±0.062 <sup>a</sup>
Onnemochi	7.33±0.085 <sup>e</sup>	12.51±0.108 <sup>f</sup>	10.68±0.147 <sup>e</sup>	50.09±0.165 <sup>g</sup>	19.38±0.119 <sup>c</sup>	30.53±0.171 <sup>jk</sup>	69.47±0.171 <sup>ab</sup>	2.28±0.021 <sup>ab</sup>
Gangweonna	6.63±0.147 <sup>d</sup>	12.34±0.104 <sup>f</sup>	9.70±0.203 <sup>d</sup>	44.30±0.534 <sup>f</sup>	27.02±0.198 <sup>g</sup>	28.68±0.404 <sup>gh</sup>	71.32±0.404 <sup>de</sup>	2.48±0.047 <sup>c</sup>
Malagkitsinaguing	20.38±0.189 <sup>k</sup>	1.67±0.170 <sup>a</sup>	7.40±0.162 <sup>a</sup>	32.98±0.386 <sup>a</sup>	37.57±0.456 <sup>h</sup>	29.45±0.102 <sup>hi</sup>	70.55±0.104 <sup>cd</sup>	2.40±0.012 <sup>bc</sup>
Yukdonongrimna 1	13.19±0.291 <sup>i</sup>	2.62±0.040 <sup>c</sup>	14.16±0.110 <sup>g</sup>	44.88±0.295 <sup>f</sup>	25.15±0.078 <sup>f</sup>	29.97±0.372 <sup>ji</sup>	70.03±0.372 <sup>bc</sup>	2.34±0.040 <sup>abc</sup>
Hangangchalbyeo	1.23±0.191 <sup>a</sup>	5.41±0.227 <sup>e</sup>	16.88±0.172 <sup>h</sup>	54.94±0.225 <sup>i</sup>	21.55±0.031 <sup>d</sup>	23.51±0.194 <sup>e</sup>	76.48±0.199 <sup>g</sup>	3.25±0.035 <sup>e</sup>
Jinbuchalbyeo	1.01±0.000 <sup>a</sup>	5.48±0.290 <sup>e</sup>	22.07±0.552 <sup>k</sup>	54.90±0.465 <sup>i</sup>	16.54±0.178 <sup>b</sup>	28.56±0.376 <sup>g</sup>	71.44±0.376 <sup>e</sup>	2.50±0.046 <sup>cd</sup>
Shirsunchalbyeo	6.10±0.285 <sup>c</sup>	2.10±0.122 <sup>b</sup>	19.16±0.413 <sup>d</sup>	56.95±0.280 <sup>j</sup>	15.68±0.454 <sup>a</sup>	27.37±0.696 <sup>f</sup>	72.63±0.696 <sup>f</sup>	2.66±0.095 <sup>d</sup>
Whasunchalbyeo	8.76±0.391 <sup>g</sup>	2.21±0.199 <sup>b</sup>	20.03±0.492 <sup>j</sup>	52.63±0.869 <sup>h</sup>	16.37±0.318 <sup>ab</sup>	31.00±1.054 <sup>k</sup>	69.00±1.054 <sup>a</sup>	2.23±0.104 <sup>ab</sup>
Ishiokamochi 15	2.39±0.191 <sup>b</sup>	4.03±0.165 <sup>d</sup>	8.21±0.119 <sup>b</sup>	37.42±0.148 <sup>d</sup>	47.96±0.575 <sup>l</sup>	14.62±0.461 <sup>a</sup>	85.38±0.461 <sup>k</sup>	5.84±0.217 <sup>i</sup>
Kamuimochi	10.35±0.097 <sup>h</sup>	2.11±0.055 <sup>b</sup>	7.57±0.320 <sup>a</sup>	38.67±0.216 <sup>e</sup>	41.30±0.362 <sup>i</sup>	20.03±0.433 <sup>c</sup>	79.97±0.433 <sup>i</sup>	3.99±0.112 <sup>g</sup>
Rikutonorinmochi 24	8.19±0.038 <sup>f</sup>	4.27±0.403 <sup>d</sup>	8.85±0.143 <sup>c</sup>	33.82±0.624 <sup>b</sup>	44.87±0.626 <sup>j</sup>	21.32±0.080 <sup>d</sup>	78.68±0.080 <sup>h</sup>	3.69±0.020 <sup>f</sup>
Taichung Sen Glutinous 1	7.85±0.247 <sup>f</sup>	2.90±0.238 <sup>c</sup>	7.41±0.123 <sup>a</sup>	36.22±0.290 <sup>c</sup>	45.62±0.717 <sup>k</sup>	18.15±0.448 <sup>b</sup>	81.85±0.448 <sup>j</sup>	4.51±0.133 <sup>h</sup>

Means±SD

<sup>1)</sup> Values with different superscript in the same column are significantly different at p<0.05

이가 있으며, 특히 Ishiokamochi 15는 5.8로써 가장 높은 수치를 나타내고 있었으며 Taichung Sen Glutinous 1 > Kamuimochi > Rikutonorinmochi 24 > 한강찰벼 > 신선찰벼 > 진부찰벼, 강원나, Malagkitsinaguing, 육도농립나 1호, Onnemochi, 화선찰벼, IR 29 등의 순이었다.

## 2) 산 가수분해도 비교

Amylopectin의 방상구조 모델을 제시하는데 이용하였던 방법 중의 하나로써, 전분입자를 실온에서 15% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>에 침지시켜두면 전분입자의 기원에 따라 가수분해도 및 속도에 차이는 있으나 최종적으로 약 40~50% 정도까지만 가수분해되며, 가수분해 잔사를 현미경으로 관찰하면 전분입자의 형태는 구형을 유지한 채 동심원이 보이는 Naegeli amyloextrin이 제조된다. 이렇게 Naegeli amyloextrin이 제조되는

표 2-19. 품종별 찹쌀전분의 산 가수분해도

Varieties	Hydrolysis rate(%)				
	1day	3days	5days	7days	9days
IR 29	6.27±0.05 <sup>bl)</sup>	22.76±0.66 <sup>c</sup>	28.16±1.24 <sup>b</sup>	30.71±0.58 <sup>a</sup>	32.40±0.86 <sup>b</sup>
Onnemochi	5.77±0.02 <sup>a</sup>	20.13±0.68 <sup>b</sup>	28.41±0.19 <sup>b</sup>	30.86±0.77 <sup>a</sup>	30.02±0.07 <sup>a</sup>
Gangweonna	6.41±0.08 <sup>b</sup>	22.83±0.51 <sup>c</sup>	30.97±0.04 <sup>d</sup>	35.53±0.05 <sup>e</sup>	34.98±0.12 <sup>cd</sup>
Malagkitsinaguing	6.46±0.02 <sup>b</sup>	20.51±0.42 <sup>b</sup>	31.22±0.66 <sup>d</sup>	32.13±0.39 <sup>c</sup>	35.03±0.50 <sup>cd</sup>
Yukdonongrimna 1	10.64±0.05 <sup>f</sup>	26.90±1.17 <sup>e</sup>	37.83±0.22 <sup>h</sup>	38.96±1.15 <sup>g</sup>	40.63±0.21 <sup>g</sup>
Hangangchalbyeo	8.25±0.29 <sup>e</sup>	23.45±0.03 <sup>c</sup>	33.14±0.19 <sup>e</sup>	34.11±0.72 <sup>d</sup>	35.56±0.07 <sup>de</sup>
Jinbuchalbyeo	7.63±0.09 <sup>d</sup>	15.19±0.01 <sup>a</sup>	26.16±0.54 <sup>a</sup>	30.66±0.18 <sup>a</sup>	31.73±0.04 <sup>b</sup>
Shinsunchalbyeo	10.89±0.30 <sup>g</sup>	30.75±0.72 <sup>g</sup>	39.78±1.30 <sup>i</sup>	39.72±0.30 <sup>g</sup>	43.87±0.69 <sup>h</sup>
Whasunchalbyeo	8.42±0.15 <sup>e</sup>	24.94±1.35 <sup>d</sup>	30.46±0.07 <sup>cd</sup>	34.05±0.26 <sup>d</sup>	34.84±1.48 <sup>cd</sup>
Ishiokamochi 15	7.51±0.10 <sup>d</sup>	22.56±0.12 <sup>c</sup>	29.89±0.48 <sup>c</sup>	31.16±0.15 <sup>ab</sup>	34.47±0.15 <sup>c</sup>
Kamuimochi	6.86±0.06 <sup>c</sup>	22.75±1.72 <sup>c</sup>	29.73±0.53 <sup>c</sup>	31.92±0.30 <sup>bc</sup>	34.69±0.40 <sup>cd</sup>
Rikutonorinmochi 24	11.33±0.02 <sup>h</sup>	28.74±1.25 <sup>f</sup>	35.68±0.38 <sup>g</sup>	36.91±0.11 <sup>f</sup>	38.19±0.02 <sup>f</sup>
Taichung Sen Glutinous 1	11.52±0.12 <sup>h</sup>	29.88±0.56 <sup>fg</sup>	34.55±0.02 <sup>f</sup>	34.54±0.03 <sup>d</sup>	36.22±0.57 <sup>e</sup>

<sup>1)</sup> Values with different superscript in the same column are significantly different at p< 0.05

과정 중 15% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>에 의해서 쉽게 산 가수분해되는 분획을 아밀로펙틴의 무정형 부분이라 하며, 무정형 부분의 비교에 의해서 아밀로펙틴 분자의 cluster 구조의 무질서도를 유추하기도 한다. 이러한 맥락에서, 본 연구에서도 13종류 찰전분 amylopectin 무정형분획의 품종간 비교를 시도하고자, 15% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>에 대한 산가수분해도 비교를 실시하여 표 2-19에 나타내었다.

공시 품종간 초기단계에서도 산에 의한 가수분해도에 차이가 있으며, 시간이 경과함에 따른 가수분해속도도 다른 것을 알 수 있다. 대체로 모든 품종에서 7일째부터 산 가수분해의 한계에 도달하고 있었으며, 최종 가수분해도는 품종간에 차이가 있어 신선찰벼가 44%로써 산에 의해 가수분해되는 부분이 가장 많았다. 즉, 무정형 부분의 비율이 많거나 또는 아밀로펙틴을 구성하고 있는 cluster의 구조가 다른 품종들에 비해서 어느정도 무질서한 구조를 하고 있으리라 예상할 수 있겠다. 반면에 Onnemochi는 가장 낮은 수치인 30%로써 산에 의해 가수분해 받기 어려운 상태 즉 아밀로펙틴의 cluster구조가 다른 품종들에 비해서 어느 정도 질서있게 나열되어 있는 구조이리라 유추할 수 있는 결과를 얻었다.

### 3) 호화특성 비교

DSC thermogram 분석에 의한 품종별 찰쌀 전분입자의 호화개시온도는 59°C에서 66°C 정도이었으며, 호화 종료온도는 78°C에서 84°C 정도로 품종간에 차이가 있었다 (표 2-20).

전분입자의 호화에 필요한 energy인 호화열은 Kamuimochi가 가장 높았고 IR 29, 신선찰벼, 육도농립나 1호, Rikutonorinmochi 1, 화선찰벼, 한강찰벼, Ishiokamochi 15, Taichung Sen Glutinous 1, 강원나, Onnemochi, Malagkitsinaguing, 진부찰벼 등의 순이었다.

### 4) Glucoamylase에 의한 가수분해도 비교

표 2-20. DSC thermogram 분석에 의한 품종별 찹쌀 전분입자의 호화특성

Varieties	DSC characteristics			
	TO <sup>1)</sup>	TP <sup>2)</sup>	Tr <sup>3)</sup>	$\Delta H$ <sup>4)</sup> (cal/g)
IR 29	65.45	72.06	82.29	2.65
Onnemochi	65.80	72.92	80.25	1.95
Gangweonna	66.00	72.47	80.83	2.08
Malagkitsinaguig	65.46	73.47	81.77	1.89
Yukdonongrimna 1	59.86	68.64	78.00	2.39
Hangangchalbyeo	61.27	69.17	79.20	2.22
Jinbuchalbyeo	66.10	71.82	80.42	1.78
Shinsunchalbyeo	61.59	69.81	81.20	2.57
Whasunchalbyeo	62.37	69.79	77.86	2.26
Ishioka Mochi 15	61.88	72.64	83.13	2.17
Kamui Mochi	63.54	74.14	84.17	3.11
Rikuto Norin Mochi 24	63.33	72.67	83.13	2.36
Taichung Sen Glutinous 1	59.38	69.09	79.58	2.15

<sup>1)</sup> To : Onset temperature

<sup>2)</sup> Tp : Peak temperature

<sup>3)</sup> Tr : Recovery temperature

<sup>4)</sup>  $\Delta H$  : Heat of gelatinization

찹쌀전분 13품종의 이화학적 특성 비교를 위한 수단으로, 그리고 결정화도를 유추하기 위해서 생전분입자의 glucoamylase에 의한 가수분해도를 비교하였다. Glucoamylase는 전분분자의 환원성 말단으로부터 순차적으로 작용하여 최종적으로 glucose 단위까지 가수분해하는 exo-type의 효소이다. 실제로 생전분입자에 glucoamylase를 작용시키면 생전분입자는 입자의 표면으로부터 넓은 범위에 걸쳐 가수분해가 진행되므로 SEM 사진에서, 전분분자의 표면이 너와집의 지붕과 같은 형태가 관찰된다. 이는 SEM 사진에서 전분분자의 표면에 pin hole을 형성하면서 가수분해되고, 전분입자를 부수어 뜨리면 계단상의 층상구조가 보이는 endo-type의  $\alpha$ -amylase와는 다른 특성이라는 점에서 이들 효소 가수분해 양상의 비교에 의해 전분의 분자구조의 결정화도를 유추하는 수단으로 삼기도 한다. 즉 glucoamylase에



의한 초기 가수분해도가 높다는 것은 전분입자의 표면으로 환원성 말단의 수가 많다는 것을 의미한다고 할 수도 있다.

13품종 찹쌀 전분입자의 glucoamylase에 의한 가수분해도는 표 2-21에 나타내고 있듯이 37°C에서 3시간 작용시키면, 품종에 따라 차이가 있기는 하지만 92%~99% 정도 가수분해되었다. Glucoamylase에 의한 가수분해의 결과로부터 전분분자의 구조를 유추하는 방법으로는 반응 초기의 가수분해도가 중요하다고 생각한다. 앞서서도 서술하였듯이 glucoamylase는 전분분자의 환원성 말단으로부터 순차적으로 작용하는 exo-type의 효소이므로, 반응 초기의 가수분해도가 높다는 것은 전분입자의 가장 바깥쪽으로 배향하고 있는 glucose가지의 수가 많다는 것을 의미한다고도 할 수 있겠다. 이러한 점에서 볼 때, 전분입자의 가장 바깥쪽으로 배향하고 있는 glucose가

표 2-21. 품종별 찹쌀전분의 glucoamylase에 의한 가수분해도

Varieties	Hydrolysis rate(%)			
	5mins	30mins	60mins	180mins
IR 29	4.62±0.08 <sup>a1)</sup>	22.91±0.23 <sup>a</sup>	45.53±1.21 <sup>a</sup>	97.20±2.32 <sup>d</sup>
Onnemochi	16.31±0.13 <sup>d</sup>	40.62±0.10 <sup>d</sup>	60.82±2.32 <sup>d</sup>	93.83±1.29 <sup>ab</sup>
Gangweonna	20.00±0.21 <sup>e</sup>	36.93±0.19 <sup>bc</sup>	64.08±1.10 <sup>e</sup>	95.83±2.11 <sup>c</sup>
Malagkitsinaguing	16.93±0.19 <sup>d</sup>	47.19±0.33 <sup>g</sup>	57.47±2.79 <sup>c</sup>	94.16±1.51 <sup>bc</sup>
Yukdonongrimna 1	24.08±0.30 <sup>f</sup>	33.47±0.26 <sup>b</sup>	54.14±2.16 <sup>b</sup>	94.54±2.70 <sup>bc</sup>
Hangangchalbyeo	27.49±0.20 <sup>h</sup>	47.33±0.30 <sup>g</sup>	56.41±2.42 <sup>bc</sup>	92.97±1.57 <sup>a</sup>
Jinbuchalbyeo	20.30±0.09 <sup>e</sup>	39.74±0.47 <sup>c</sup>	64.04±1.09 <sup>e</sup>	94.92±2.12 <sup>bc</sup>
Shinsunchalbyeo	28.74±0.14 <sup>i</sup>	51.48±0.39 <sup>i</sup>	82.78±2.24 <sup>i</sup>	99.96±2.44 <sup>e</sup>
Whasunchalbyeo	26.52±0.28 <sup>g</sup>	45.18±0.43 <sup>ef</sup>	77.26±2.87 <sup>h</sup>	97.83±1.47 <sup>d</sup>
Ishiokamochi 15	15.86±0.20 <sup>c</sup>	50.04±0.38 <sup>h</sup>	65.54±2.13 <sup>ef</sup>	99.82±2.91 <sup>e</sup>
Kamuimochi	16.74±0.17 <sup>d</sup>	44.98±0.50 <sup>e</sup>	78.63±2.27 <sup>i</sup>	99.35±1.70 <sup>e</sup>
Rikutonorinmochi 24	14.74±0.06 <sup>b</sup>	40.48±1.05 <sup>d</sup>	67.91±3.10 <sup>f</sup>	97.22±2.03 <sup>d</sup>
Taichung Sen Glutinous 1	15.68±0.11 <sup>c</sup>	50.58±1.37 <sup>h</sup>	73.40±1.49 <sup>g</sup>	99.38±2.60 <sup>e</sup>

Means±SD

<sup>1)</sup> Values with different superscript in the same column are significantly different at p < 0.05.

지의 수가 많은 품종은 신선찰벼 이었고, 한강찰벼 > 화선찰벼 > 육도농립나 1호 > 진부찰벼, 강원나 > Malagkitsinaguing, Kamuimochi, Onnemochi > Ishiokamochi 15, Taichung Sen Glutinous 1 > Rikutonorinmochi 24 > IR 29의 순의 구조를 하고 있다고 유추할 수 있겠다.

### 5) 전분의 이화학적 특성간의 상관관계

13품종 찹쌀전분의 미세구조 및 이화학적 특성에 대한 상관성을 조사한 결과(표 2-22), debranching 시킨 전분분자의 glucose 중합도가 13이상 60미만인 것의 함량이 많을수록 glucoamylase에 의한 초기(5min간 반응)의 가수분해도가 유의하게 높았으며, 이러한 초기의 가수분해도가 높은 품종의 찹쌀일수록 최종적인 산 가수분해도가 높아 즉 무정형부분을 비교적 많이 함유하고 있었다. 그리고 무정형의 부분을 많이 함유하고 있는 품종일수록 DSC thermogram에 의한 호화특성 중 호화개시온도가 낮은 경향이 있음을 알 수 있었다.

표 2-22. 찹쌀전분의 이화학적 특성간의 상관계수

Relevant characters		Correlation coefficients
· Fr III	- Fr IV	0.890**
	- Fr V	-0.837**
	- Glucoamylase(5mins)	0.611*
· Fr IV	- Fr V	-0.918**
	- Glucoamylase(5mins)	0.602*
· Fr I +Fr II +Fr III	- Fr IV +Fr V	-1.000**
	- Fr V	-0.794**
· Fr IV +Fr V	- Fr V	0.794**
· Fr V	- Tr(DSC)	0.580*
	- Acid hydrolysis	0.567*
· Glucoamylase(5mins)	- Tr(DSC)	-0.579*
	- Acid hydrolysis	-0.635*
· To(DSC)	- Acid hydrolysis	-0.635*

\*,\*\* Significant at 5% and 1% level, respectively

#### 4. Starch Branching Enzyme(SBE) 관련 유전자의 분류 및 분석

##### 가. 식물에서의 Starch Branching Enzyme (SBE) 관련 유전자의 분류

지금까지 식물에서 알려져 있는 SBE 관련 유전자 검색(<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/>)결과 그 목록을 정리하여보면 표 2-23과 같다. 이 유전자들의 다중 분석을 기초로 한 각 유전자간의 연관관계를 살펴보면, 크게 4그룹으로 나누어짐을 알 수 있었다. 이들의 그룹은 주로 SBE 1, SBE 2, SBE 3, SBE 4의 그룹으로 분류되고 있다.

표 2-23. 식물에서 발견된 전분분지효소(SBE) 목록

No.	Acc No.	Organism	Gene Name
1.	AF286319	Triticum aestivum	starch branching enzyme2(Sbe2) mRNA, complete cds
2.	BE802294	Glycine max	cDNA clone GENOME SYSTEMS CLONE ID:Gm-c1050-1655
3.	BE800662	Glycine max	cDNA clone GENOME SYSTEMS CLONE ID:Gm-c1049-1009
4.	BE612327	Glycine max	cDNA clone GENOME SYSTEMS CLONE ID:Gm-c1049-1901
5.	BE610603	Glycine max	cDNA clone GENOME SYSTEMS CLONE ID: Gm-c1048-155
6.	AB024036	Arabidopsis thaliana	genomic DNA, chromosome 3, P1 clone: MQC12
7.	AF228486	Zea mays	starch branching enzyme 2a gene, partial cds
8.	D10838	Rice	gene for starch branching enzyme
9.	AF169833	Sorghum bicolor	seed starch branching enzyme mRNA, complete cds
10.	AC006919	Arabidopsis thaliana	chromosome II section 199 of 255
11.	AW620954	Glycine max	cDNA clone GENOME SYSTEMS CLONE ID:Gm-c1023-2398
12.	AW596011	Glycine max	cDNA clone GENOME SYSTEMS CLONE ID: Gm-c1032-269
13.	AW397653	Glycine max	cDNA clone GENOME SYSTEMS CLONE ID: Gm-c1026-244
14.	D16201	Rice	mRNA for branching enzyme-3, complete cds
15.	AJ237897	Triticum aestivum	sbe1 gene, exons 1-14
16.	AW133175	Glycine max	cDNA clone GENOME SYSTEMS CLONE ID:Gm-c1013
17.	AB028067	Nicotiana tabacum	mRNA for starch branching enzyme, partial cds
18.	AI988543	Glycine max	cDNA clone GENOME SYSTEMS CLONE ID: Gm-c1020-667
19.	AI988063	Glycine max	cDNA clone GENOME SYSTEMS CLONE ID: Gm-c1014-904
20.	E14725	Rice	mRNA for signal peptide of branching enzyme-4

표 2-23. 계속

No.	Acc No.	Organism	Gene Name
21.	E14724	Rice	mRNA for branching enzyme-4 mature peptide
22.	E14723	Rice	mRNA for branching enzyme-4,complete cds
23.	AB023498	<i>Oryza sativa</i>	mRNA for starch branching enzyme rbe4, complete cds
24.	AB029549	<i>Phaseolus vulgaris</i>	kbe3 mRNA for branching enzyme 3, complete
25.	AB029548	<i>Phaseolus vulgaris</i>	kbe1 mRNA for branching enzyme 1, complete cds
26.	AF076680	<i>Aegilops tauschii</i>	starch branching enzyme-I(SBEI)gene,com. cds
27.	AF076679	<i>Triticum aestivum</i>	starch branching enzyme-I(SBEI)mRNA,com. cds
28.	AF136268	<i>Oryza sativa japonica</i>	starch-branching enzymeI(Rbe1)mRNA, com.cds
29.	AJ011891	<i>Solanum tuberosum</i>	partial mRNA for starch branching enzyme II,
30.	AJ011890	<i>Solanum tuberosum</i>	mRNA for starch branching enzymeII, SBE A-6
31.	A J011889	<i>Solanum tuberosum</i>	mRNA for starch branching enzyme II, SBE A-5
32.	AJ011888	<i>Solanum tuberosum</i>	mRNA for starch branching enzyme II, SBE A-4
33.	AJ011887	<i>Solanum tuberosum</i>	mRNA for starch branching enzyme II, SBE A-3
34.	AJ011886	<i>Solanum tuberosum</i>	mRNA for starch branching enzyme II, SBE A-2
35.	AJ011885	<i>Solanum tuberosum</i>	mRNA for starch branching enzyme II, SBE A-1
36.	AF064563	<i>Hordeum vulgare</i>	cultivar Bomi starch branching enzyme IIb
37.	AF064562	<i>Hordeum vulgare</i>	cultivar Bomi starch branching enzyme IIa
38.	AF064561	<i>Hordeum vulgare</i>	cultivar Bomi starch branching enzyme IIb
39.	AF064560	<i>Hordeum vulgare</i>	cultivar Bomi starch branching enzyme IIa
40.	AF072724	<i>Zea mays</i>	starch branching enzyme I (sbe1) gene, complete cds
41.	AF072725	<i>Zea mays</i>	starch branching enzyme IIb (ae) gene, complete cds
42.	AJ000004	<i>Solanum tuberosum</i>	mRNA for starch branching enzyme II
43.	Y12320	<i>T.aestivum</i>	mRNA for starch branching enzyme I
44.	AF002821	<i>Aegilops triuncialis</i>	starch branching enzyme I (SBE I)
45.	AA753285	Rice	Immature Seed Lambda ZAPII cDNA Library clone 96B S0316
46.	AA751581	Rice	Immature Seed Lambda ZAPII cDNA Library clone 96AS0314
47.	AF042842	<i>Gracilaria gracilis</i>	starch-branching enzyme(SBE1)gene,com.cds
48.	U65948	<i>Zea mays</i>	starch branching enzyme IIa (Sbe2a) mRNA, partial cds
49.	AJ000497	<i>Arabidopsis thaliana</i>	Sbe2.1 gene
50.	AF002820	<i>Triticum aestivum</i>	starch branching enzymeI(wSBE I-D2) mRNA,
51.	E08185		promoter region in the gene of rice starch-branching enzyme

표 2-23. 계속

No.	Acc No.	Organism	Gene Name
52.	E08184	a part in the N-terminus of starch-branching enzyme	
53.	E08183	Gene of starch-branching enzyme	
54.	D10839	Rice gene for starch branching enzyme	
55.	D10752	Rice mRNA for branching enzyme	
56.	Y08786	<i>S.tuberosum</i> mRNA for 1,4-alpha-glucan branching enzyme	
57.	Y11282	<i>T.aestivum</i> mRNA for starch branching enzyme II	
58.	X77012	<i>M.esculenta</i> SBE mRNA for starch branching enzyme	
59.	T23385	membrane-free polysomes from endosperm <i>Zea mays</i> cDNA clone 5c09b11	
60.	T14654	membrane-free polysomes from endosperm <i>Zea mays</i> cDNA clone 05c03g08	
61.	T14653	membrane-free polysomes from endosperm <i>Zea mays</i> cDNA clone 05c03g08	
62.	U22428	<i>Arabidopsis thaliana</i> starch branching enzyme class II mRNA (sbe2-2),	
63.	U18817	<i>Arabidopsis thaliana</i> starch branching enzyme class II (sbe2-1) mRNA,	
64.	X69805	<i>S.tuberosum</i> mRNA for starch-branching-enzyme	
65.	X80010	<i>P.sativum</i> mRNA for starch branching enzyme II	
66.	X80009	<i>P.sativum</i> mRNA for starch branching enzyme I	
67.	U17897	<i>Zea mays</i> starch branching enzyme I (sbe1) mRNA, complete CDs	
68.	L08065	Corn starch branching enzyme II mRNA, complete cds	

#### 나. SBE 유전자 관련 EST의 염기서열 상동성 분석

본 연구실에서 분석된 SBE관련 ESTs 염기서열을 BLASTX 이용하여 SBE I, II, III와 SBE와 관련된 ESTs를 아미노산 수준에서 상동성을 분석하여 동정하였다. 표 2-24에서 보는 바와 같이 현재까지 분석된 EST의 종류는 SBE 1, SBE 3 와 SBE 4로 분류되고 있어, SBE I 과 SBE 3와 SBE 4가 이 이미 알려진 3가지 종류의 SBE처럼 3그룹으로 나누어지며 SBE 2로 분류되는 EST는 발견되지 않고 있다. 이는 적어도 4가지의 SBE 관련 유전자의 발현 시기가 다소 차이가 있는 것으로 여겨진다.

표 2-24. SBE 관련 벼 EST의 염기서열 상동성

Clone Name	Size(bp)	PID	Organism	Size (bp)	Expect	Identities
AA749760	239	starch branching enzyme isoform RBE3	[Oryza sativa]	825	173 bits (434)	3e-43 79/79 (100%)
AA750099	206	starch branching enzyme rbe4	[Oryza sativa]	841	78.8 bits (191)	33/40 (82%)
AA750160	163	starch branching enzyme isoform RBE3	[Oryza sativa]	825	52.3 bits (123)	27/46 (58%)
AA750471	243	starch branching enzyme isoform RBE3	[Oryza sativa]	825	99.5 bits (244)	5e-21 43/43 (100%)
AA750602	243	starch branching enzyme isoform RBE3	[Oryza sativa]	825	104 bits (257)	46/49 (93%)
AA750652	243	starch branching enzyme isoform RBE3	[Oryza sativa]	825	143 bits (358)	2e-34 64/65 (98%)
AA750663	243	starch branching enzyme isoform RBE3	[Oryza sativa]	825	39.9 bits (91)	0.005 17/18 (94%)
AA750883	243	starch branching enzyme isoform RBE3	[Oryza sativa]	825	137 bits (342)	2e-32 68/77 (88%)
AA751373	243	starch branching enzyme isoform RBE3	[Oryza sativa]	825	172 bits (432)	5e-43 79/80 (98%)
AA751420	184	starch branching enzyme isoform RBE3	[Oryza sativa]	825	127 bits (316)	1e-29 60/60 (100%)
AA751435	200	starch branching enzyme isoform RBE3	[Oryza sativa]	825	112 bits (278)	4e-25 50/50 (100%)
AA752473	270	starch branching enzyme isoform RBE3	[Oryza sativa]	825	187 bits (469)	3e-47 83/85 (97%)
AA752484	278	starch branching enzyme isoform RBE3	[Oryza sativa]	825	150 bits (376)	2e-36 67/70 (95%)
AA752614	359	starch branching enzyme isoform RBE3	[Oryza sativa]	825	182 bits (457)	1e-45 81/82 (98%)
AA752679	420	starch branching enzyme isoform RBE3	[Oryza sativa]	825	134 bits (335)	3e-31 61/63 (96%)
AA753432	642	starch branching enzyme isoform RBE3	[Oryza sativa]	825	46.5 bits (108)	2e-04 26/60 (43%)
AA753495	671	starch branching enzyme isoform RBE3	[Oryza sativa]	825	54.7 bits (129)	23/24 (95%)
C91752	291	seed starch branching enzyme SBE1	[Sorghum bicolor]	832	29.7 bits (65)	7.7 14/26 (53%)
D48464	448	starch branching enzyme rbe4	[Oryza sativa]	841	310 bits (786)	5e-84 144/148 (97%)
AU030096	402	starch branching enzyme rbe4	[Oryza sativa]	841	137 bits (342)	5e-32 62/64 (96%)
AU030097	572	starch branching enzyme rbe4	[Oryza sativa]	841	139 bits (348)	2e-32 63/63 (100%)

#### 다. SBE I promoter지역의 절편 분석

지금까지 알려진 SBE I의 기능은 전분의 가지구조 형성시 가장 긴 DP의 포도당 중합체의 가지 형성에 관여하는 것으로 알려져 있다. SBE I 유전자 변이를 조사하기 위해 이미 알려진 염기서열의 비교 분석을 기초로 전분 구조 결정에 관여하는 전분 분지 효소 유전자들의 연쇄중합반응 절편 양상을 분석하였다. 먼저 genomic 염기서열 전체가 알려져있는 SBE I(starch branching enzyme I)의 promoter 상위

지역에 있는 ORF 86의 3' 말단지역(XbhSB, 5'-ccagccaggcgcgatcgtgt-3')과 TATA box를 포함한SBE I promoter지역의 특이 염기서열(SbBast, 5'-tggccatg gaggcga-ctc-3')을 primer로 제작하여 연쇄중합반응 실험을 수행한 결과 두 가지 양상으로 나타났는데 보고된 SBE I과 동일한 2,270 bp절편과 약 400 bp정도가 결실된 1,800 bp 절편이 확인되었다.(그림 2-10)

#### 라. SBE 1 promoter region의 염기서열 분석

전분의 가지구조 형성시 가장 긴 DP의 포도당 중합체의 가지형성에 관여하는 것으로 알려진 SBE I과 그 밖의 다른 전분분지효소의 발현 조절 기작에 관여하는 유전자와의 상호관계를 규명하기 위한 단서를 제공하고자 염기서열 분석을 하였다. SBE I promoter지역의 334 bp가 결실된 연쇄중합반응 절편(1,936 bp)을 가지는 품종 중 밀양23과 지금까지 알려진 크기의 절편(2,269 bp)을 가지는 기호 품종을 선택하여 전체 염기서열을 분석하였다.

표 2-25. SBE 지역에서 변이를 보인 찰벼 품종 목록

<u>with insert</u>
Kyeho,
Kamimochi, Onnemochi, Tannemochi,
Hanganchal,
IR29,
Taichung sen Glutinous1, Taichung sen Glutinous
<u>with deletion</u>
IR8,
Java 14,
Chodongji, Milyang,
Ishioksmochi, Ishioksmochi 1, Ishioksmochi 15, Ishioksmochi 20,
Rikutorinmochi, Rikutorinmochi 24,
Shinsunchal, Wonsanchal, Jinboochal, Whasunchal,
Manetsumochi, Tatsumomochi

염기서열 분석 결과 기호의 경우 연쇄중합반응 산물의 크기가 2,269 bp인데 반해, 밀양23의 경우 334 bp가 결실된 1,936 bp로 분석되었다. 결실된 부분은 기호의 1,415~1,749위치에 해당되는 유전자 단편이 결실된 것으로 확인되었다.(그림 2-11)

마. SBE 연관 insert sequence 염기서열의 관련 유전자 분석

SBE I의 promoter 지역의 결실된 부분의 역할을 알기 위하여 결실된 부분만의

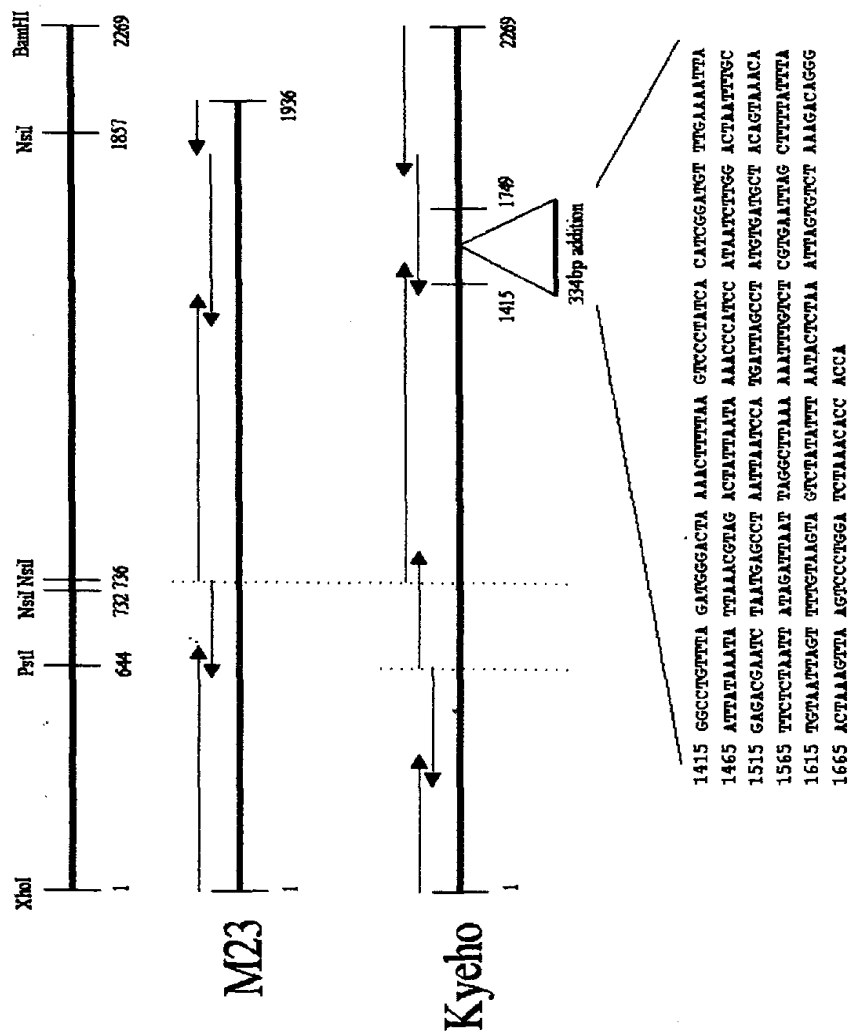


그림 2-11. 기호벼와 밀양23호의 SBE 1 promoter 지역의 염기서열

The sequencing strategy is indicated by arrows showing the direction and extension of DNA sequencing. 334 bp addition : tourist type transposable-like element.



염기서열을 blast homology 분석을 수행하였다.

이 염기서열은 쌀의 phytochrome의 phy18 유전자, *Oryza sativa* LRK2 유전자 (X14712), 3-hydroxy-3- methylglutaryl coenzyme A reductase 유전자(X89226), japonica rice의  $\alpha$ -amylase, amy2A(M74177)의 intron 또는 5'상위 지역에 존재하는 유전자와 homology를 보였다. 특히, *O. sativa* ADP-glucose pyrophosphorylase subunit인 SH2 유전자(U70541), *O. longistamine* receptor-like kinase protein인 Xa21(U72728), *Sorghum bicolor* ADP-glucose pyrophosphorylase subunit SH2 (AF010283) 등의 5'상위 지역에 존재하는 tourist type transposable-like element인 것으로 확인되었다.

이들 tourist type transposable-like element 염기서열들은 13 bp의 5'-ggcctg-tttagat-3'공통된 염기서열을 보였다. 이는 transposon의 구조적인 특징인 terminal inverted repeat sequence로, 조사된 334 bp의 염기서열은 tourist transposable like element 단편으로 Keyho벼에 있어 삽입된 것으로 유추된다.

따라서 SBE I promoter 내에 tourist transposable like element 삽입 결과가 전분 분지에 관여하는 SBE 유전자 발현에 영향을 줄 것으로 생각되며, 이러한 유동유전 인자가 유전자 발현에 미치는 영향은 심도있게 고찰되어야 할 것이다.

#### 바. SBE1 promoter 지역의 334bp의 분포

SBE promoter에 존재하는 334bp의 벼 유전체내의 존재를 확인하기 위하여 genomic DNA를 전기영동한 후 Southern Blot 분석 결과 334bp는 벼 유전체 내에 존재하는 반복염기서열로 확인되었으며 이들에 의한 SBE I 유전자의 발현에 관하여는 더욱 심도있는 연구가 요구된다.

### 5. 찰벼 신소재 계통들의 미질특성

새로 육성된 찰벼 계통들은 현미의 길이가 4.87~6.61mm, 현미장폭비가 1.64~

표 2-26. SBE 연관 insert sequence 염기서열의 관련 유전자 분석

Sequences producing significant alignments:	Score (bits)	E Value
dbj D10838.1 RICSBE1 Rice gene for starch branching enzyme	662	0.0
dbj AP002818.2 AP002818 Oryza sativa genomic DNA, chromosom...	642	0.0
gb AF172282.1 AF172282 Oryza sativa adh1-adh2 region	640	0.0
gb AC016780.6 AC016780 Genomic Sequence For Oryza sativa, N...	640	0.0
gb AF229187.1 AF229187 Oryza sativa subsp. japonica BAC clo...	640	0.0
gb AC078840.5 AC078840 Oryza sativa chromosome 10 BAC OSJNB...	632	e-179
gb AC027661.1 AC027661 Oryza sativa subsp. japonica BAC nbx...	632	e-179
gb AC007789.1 AC007789 Oryza sativa BAC OSJNBa0049B20 genom...	632	e-179
dbj AP002865.1 AP002865 Oryza sativa genomic DNA, chromosom...	632	e-179
dbj AP002837.1 AP002837 Oryza sativa genomic DNA, chromosom...	632	e-179
dbj AP003045.1 AP003045 Oryza sativa genomic DNA, chromosom...	624	e-177
dbj AP001551.1 AP001551 Oryza sativa geneomic DNA, chromoso...	617	e-174
dbj AP000615.1 AP000615 Oryza sativa genomic DNA, chromosom...	609	e-172
dbj AB023482.2 AB023482 Oryza sativa genomic DNA, chromosom...	585	e-165
emb AL442114.1 H0811E11 Oryza sativa genomic DNA, chromosom...	575	e-162
dbj AP002747.2 AP002747 Oryza sativa genomic DNA, chromosom...	561	e-158
dbj AP000570.1 AP000570 Oryza sativa genomic DNA, chromosom...	561	e-158
dbj AP002537.2 AP002537 Oryza sativa genomic DNA, chromosom...	529	e-148
dbj AP002521.1 AP002521 Oryza sativa genomic DNA, chromosom...	505	e-141
emb X14172.1 OSPHY18 Rice phy 18 gene for phytochrome	500	e-139
gb AC037425.7 AC037425 Oryza sativa chromosome 10 BAC OSJNB...	498	e-138
dbj AP000367.1 AP000367 Oryza sativa genomic DNA, chromosom...	494	e-137
gb AC068654.2 AC068654 Genomic Sequence For Oryza sativa, N...	462	e-128
dbj AP002870.1 AP002870 Oryza sativa genomic DNA, chromosom...	462	e-128
dbj AP003044.1 AP003044 Oryza sativa genomic DNA, chromosom...	460	e-127
dbj AP002525.1 AP002525 Oryza sativa genomic DNA, chromosom...	460	e-127
emb AL117264.1 OSB6015 Oryza sativa indica(GLA4) genomic DN...	458	e-127
dbj AP001550.1 AP001550 Oryza sativa genomic DNA, chromosom...	456	e-126
gb AC025098.4 AC025098 Oryza sativa chromosome 10 clone OSJ...	454	e-125
dbj AP002816.1 AP002816 Oryza sativa genomic DNA, chromosom...	442	e-122
dbj AP002486.1 AP002486 Oryza sativa genomic DNA, chromosom...	442	e-122
gb U72255.1 OSU72255 Oryza sativa beta-1,3-glucanase precu...	440	e-121

표 2-26. 계속

Sequences producing significant alignments:	Score (bits)	E Value
emb AL442111.1 H0818E11 Oryza sativa genomic DNA, chromosom...	438	e-121
dbj AP002522.1 AP002522 Oryza sativa genomic DNA, chromosom...	436	e-120
dbj AP001800.2 AP001800 Oryza sativa genomic DNA, chromosom...	424	e-116
dbj AP001080.1 AP001080 Oryza sativa genomic DNA, chromosom...	412	e-113
dbj AP002526.1 AP002526 Oryza sativa genomic DNA, chromosom...	400	e-109
gb AC084319.4 AC084319 Oryza sativa chromosome 3 BAC clone...	394	e-107
emb AJ245900.1 OSA245900 Oryza sativa chromosome 4 BAC q303...	347	2e-93
emb X89226.1 OSLRK2GEN O.sativa DNA for LRK2 gene	327	2e-87
dbj AP002094.1 AP002094 Oryza sativa genomic DNA, chromosom...	283	3e-74
dbj AP003023.1 AP003023 Oryza sativa genomic DNA, chromosom...	281	1e-73
dbj AP002897.1 AP002897 Oryza sativa genomic DNA, chromosom...	278	2e-72
dbj AP003046.1 AP003046 Oryza sativa genomic DNA, chromosom...	256	6e-66
gb M74177.1 RICAMY2A Oryza sativa japonica alpha-amylase (a...	248	1e-63
dbj AP002092.1 AP002092 Oryza sativa genomic DNA, chromosom...	232	9e-59
dbj AP002093.1 AP002093 Oryza sativa genomic DNA, chromosom...	232	9e-59
gb AC051633.6 AC051633 Oryza sativa chromosome 10 BAC OSJNB...	230	3e-58
emb AJ277468.1 OSA277468 Oryza sativa rbbi3-1 gene for puta...	230	3e-58
dbj AP002862.2 AP002862 Oryza sativa genomic DNA, chromosom...	226	5e-57
dbj AP000815.1 AP000815 Oryza sativa genomic DNA, chromosom...	226	5e-57
dbj AP002913.1 AP002913 Oryza sativa genomic DNA, chromosom...	218	1e-54
dbj AP002746.2 AP002746 Oryza sativa genomic DNA, chromosom...	216	5e-54
gb AC027659.1 AC027659 Oryza sativa subsp. japonica BAC nbx...	214	2e-53
gb AF101045.1 AF101045 Oryza sativa subsp. japonica putativ...	214	2e-53
dbj AP002487.1 AP002487 Oryza sativa genomic DNA, chromosom...	214	2e-53
gb AC079830.6 AC079830 Oryza sativa chromosome 3 BAC clone...	208	1e-51
gb AC026815.8 AC026815 Oryza sativa chromosome 10 BAC OSJNB...	208	1e-51
dbj AP001278.1 AP001278 Oryza sativa genomic DNA, chromosom...	206	5e-51
dbj AP002864.1 AP002864 Oryza sativa genomic DNA, chromosom...	204	2e-50
dbj AP002485.1 AP002485 Oryza sativa genomic DNA, chromosom...	198	1e-48
dbj AP003019.1 AP003019 Oryza sativa genomic DNA, chromosom...	194	2e-47
gb U70541.1 OSU70541 Oryza sativa putative ADP-glucose pyro...	184	2e-44
dbj AP001111.1 AP001111 Oryza sativa genomic DNA, chromosom...	180	3e-43

표 2-26. 계속

Sequences producing significant alignments:	Score (bits)	E Value
emb AL442115.1 H0711G06 Oryza sativa genomic DNA, chromosom...	178	1e-42
dbj AP001859.1 AP001859 Oryza sativa genomic DNA, chromosom...	178	1e-42
dbj AP000559.1 AP000559 Oryza sativa genomic DNA, chromosom...	178	1e-42
dbj AP000391.1 AP000391 Oryza sativa genomic DNA, chromosom...	178	1e-42
dbj AB033660.1 AB033660 Oryza sativa DNA, chromosome 6, 6.2...	178	1e-42
gb L28995.1 RIC3H3M Oryza sativa 3-hydroxy-3-methylglutaryl...	176	4e-42
dbj AP002902.1 AP002902 Oryza sativa genomic DNA, chromosom...	174	2e-41
emb AL442112.1 H0423H10 Oryza sativa genomic DNA, chromosom...	172	7e-41
dbj AP001383.1 AP001383 Oryza sativa genomic DNA, chromosom...	170	3e-40
dbj AP001081.1 AP001081 Oryza sativa genomic DNA, chromosom...	168	1e-39
dbj AP001073.1 AP001073 Oryza sativa genomic DNA, chromosom...	168	1e-39
dbj AP002900.1 AP002900 Oryza sativa genomic DNA, chromosom...	167	4e-39
dbj AP002843.2 AP002843 Oryza sativa genomic DNA, chromosom...	165	2e-38
dbj AP002481.1 AP002481 Oryza sativa genomic DNA, chromosom...	149	1e-33
dbj AP002524.1 AP002524 Oryza sativa genomic DNA, chromosom...	145	2e-32
gb AC051634.6 AC051634 Oryza sativa chromosome 10 BAC OSJNB...	143	6e-32
dbj AP002869.1 AP002869 Oryza sativa genomic DNA, chromosom...	121	2e-25
dbj AP002835.1 AP002835 Oryza sativa genomic DNA, chromosom...	119	9e-25
dbj AB026295.2 AB026295 Oryza sativa genomic DNA, chromosom...	107	3e-21
dbj AP002866.1 AP002866 Oryza sativa genomic DNA, chromosom...	96	1e-17
dbj AP002881.2 AP002881 Oryza sativa genomic DNA, chromosom...	92	2e-16
gb AC084320.7 AC084320 Oryza sativa chromosome 3 BAC clone...	82	2e-13
dbj AP002542.2 AP002542 Oryza sativa genomic DNA, chromosom...	82	2e-13
dbj AP003054.1 AP003054 Oryza sativa genomic DNA, chromosom...	80	8e-13
gb AC068924.10 AC068924 Oryza sativa chromosome 10 BAC OSJN...	78	3e-12
emb AL442007.1 H0212B02 Oryza sativa genomic DNA, chromosom...	74	5e-11
dbj AP002872.1 AP002872 Oryza sativa genomic DNA, chromosom...	74	5e-11
dbj AP000492.1 AP000492 Oryza sativa genomic DNA, chromosom...	72	2e-10
gb AC082644.7 AC082644 Oryza sativa chromosome 3 BAC clone...	70	8e-10
dbj AP002536.1 AP002536 Oryza sativa genomic DNA, chromosom...	70	8e-10
dbj AP000969.1 AP000969 Oryza sativa genomic DNA, chromosom...	66	1e-08
gb AC073405.2 AC073405 Oryza sativa chromosome 5 clone P003...	62	2e-07

표 2-26. 계속

Sequences producing significant alignments:	Score (bits)	E Value
gb AF114171.1 AF114171 Sorghum bicolor BAC clone 25.M18, co...	62	2e-07
dbj AP002743.1 AP002743 Oryza sativa genomic DNA, chromosom...	62	2e-07
gb AF010283.1 AF010283 Sorghum bicolor ADP-glucose pyrophos...	60	7e-07
dbj AP002844.1 AP002844 Oryza sativa genomic DNA, chromosom...	56	1e-05

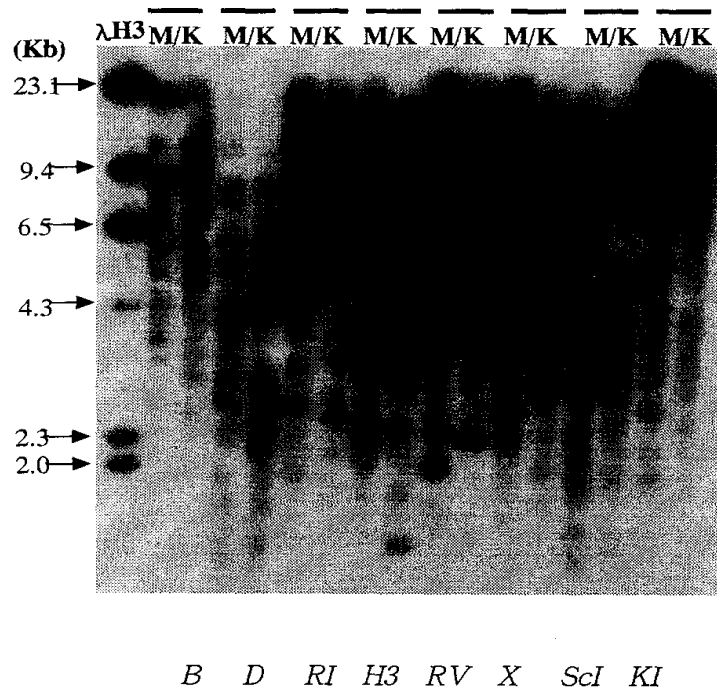


그림 2-12. 밀양23호(M)와 기호벼(K)의 genomic DNA를 이용한 Southern blot 분석.  
 λH3, lambda DNA digested with Hind III as size marker ; B, BamHI ;  
 D, DraI ; RI, EcoRI ; H3, Hind III ; RV, EcoRV ; X, XbaI ; ScI, SacI  
 ; KI, KpnI

3.03으로 시험 1과 2에서 다루었던 찰벼 유전자원과 거의 비슷한 변이의 미립형태를 가진 단·중·장립과 단원~세장형을 포함하고 있었다. 알칼리붕괴도도 KOH 1.0%와 1.4%에서 각각 2.5~4.5와 6.0~6.5로 찰벼 유전자원들이 가진 변이와 거의 비슷

하였고 이를 벗어난 특수한 찰벼계통은 없었다.

또한 현미경도도 8.951~9.845로 찰벼 유전자원 변이이내 포함되었고, 비스코그램 특성에서 호화개시온도는 66.8~72.4, 최고·최저·최종점도는 각각 93~191RVU, 83~147RVU, 102~178RVU로 유전자원에 비해 다양성 변이폭이 약간 떨어지는 경향이였다. 강하·응집·치반점도도 각각 15~52RVU, 16~44RVU, -26~26RVU로 대부분 점도치도 상대적으로 낮으면서 변이폭이 크지 못했는데 이는 연차간 등숙기상의 차이에 기인될 수도 있기 때문에 좀더 검토해 보아야 할 것으로 생각된다. 밥의 물리적 특성중 밥의 경도에서 733~1,211RVU, 점도에서 49~90RVU, 균형도에서 0.049~0.094로 기존 유전자원의 변이 범위에 훨씬 못미치었다.

결론적으로 공시된 신육성 찰벼 계통들은 어느 정도 미립형태, 쌀의 호화점도특성 및 밥의 물리적 특성면에서 품종적 변이를 나타내었지만 기존 찰벼 유전자원의 변이 범위를 넘지 못하였으며 대부분의 계통이 거의 비슷한 미질특성을 나타내었다 (표 2-27, 그림 2-13)

표 2-27. 찰벼 신육성 계통의 미질특성

재식 번호	현미 (mm)			현미 장폭비	알칼리불과도 (1~7)		현미 경도 (kg)	호화 개시 온도 (°C)	최고 점도	최저 점도	최종 점도	강하 점도	응집 점도	치반 점도	밥 경도 (g)	밥 점도 (g)	균형 도
	두께	길이	너비														
					1.0%	1.4%											
0601	2.11	4.87	2.83	1.72	4.0	6.3	9.189	68.7	97	86	104	11	18	7	762	56	0.071
0602	2.08	4.97	2.78	1.79	3.5	6.0	9.721	69.3	179	138	154	41	16	-25	894	79	0.087
0603	2.03	5.11	2.81	1.82	3.5	6.0	9.539	71.1	177	134	170	43	36	-7	733	49	0.072
0604	1.99	5.21	2.69	1.94	4.0	6.2	9.845	68.4	180	136	178	44	42	-2	738	51	0.074
0605	1.98	4.94	2.76	1.79	3.0	6.0	9.630	69.1	174	127	159	47	32	-15	1210	90	0.075
0606	1.74	6.61	2.18	3.03	3.5	6.1	9.208	70.5	181	139	162	42	23	-19	1109	86	0.077
0607	1.96	4.91	2.89	1.70	3.0	6.2	9.272	71.4	161	137	163	24	26	2	815	54	0.067
0608	1.98	5.34	2.78	1.92	3.0	6.3	9.263	70.1	187	140	161	47	21	-26	1114	84	0.074
0609	1.71	6.24	2.58	2.42	3.5	6.0	9.216	69.8	191	147	168	44	21	-23	1211	87	0.071
0610	2.01	5.24	2.95	1.78	4.0	6.5	9.468	69.4	180	145	174	35	29	-6	891	49	0.069
0611	1.80	6.47	2.36	2.74	2.5	6.0	9.414	68.9	183	137	165	46	28	-18	894	51	0.074
0612	1.87	4.93	2.75	1.79	3.5	6.2	9.226	69.4	179	127	171	52	44	-8	1198	78	0.077
0613	2.14	5.31	2.87	1.85	3.5	6.5	8.951	69.1	169	128	160	41	32	-9	816	71	0.094
0614	1.94	5.21	2.81	1.85	3.0	6.0	9.273	69.3	168	123	165	45	42	-3	1197	77	0.064
0651	2.09	4.79	2.79	1.72	3.5	6.2	9.248	68.4	93	88	105	5	17	12	758	64	0.072
0652	1.77	5.41	2.49	2.17	3.0	6.2	9.104	69.1	101	91	117	10	26	16	764	73	0.087
0653	2.15	5.19	2.91	1.78	3.0	6.3	9.399	66.8	98	93	113	5	20	15	759	68	0.073
0654	1.99	5.41	2.81	1.93	4.0	6.2	9.264	70.4	94	83	102	11	19	8	771	67	0.084
0655	1.87	4.91	2.84	1.73	3.5	6.0	9.364	72.0	105	91	131	14	40	26	871	74	0.084
0656	1.75	5.43	2.63	2.06	3.5	6.0	9.339	71.4	159	133	159	26	26	0	1051	64	0.060
0657	2.04	4.62	2.81	1.64	4.0	6.5	9.253	70.9	163	129	158	34	29	-5	1101	74	0.058
0658	1.71	6.01	2.39	2.51	3.5	6.3	9.316	72.0	161	137	164	24	27	3	817	56	0.049
0659	1.91	5.18	2.71	1.91	4.5	6.3	9.519	71.4	168	127	159	41	32	-9	984	69	0.077
0660	2.09	5.04	2.82	1.79	4.0	6.3	9.300	69.5	174	131	158	43	27	-16	811	76	0.087
0661	1.96	5.21	2.62	1.99	4.0	6.2	9.292	70.8	168	140	163	28	23	-5	771	65	0.074
0662	2.11	5.14	2.76	1.86	4.0	6.0	9.076	71.0	170	145	165	25	20	-5	764	67	0.081
0663	2.08	4.99	2.79	1.79	4.0	6.0	9.888	72.1	159	131	153	28	22	-6	741	77	0.084
0664	2.06	4.87	2.81	1.73	3.5	6.0	9.447	72.4	143	117	141	26	24	-2	827	59	0.078
0665	1.99	5.51	2.79	1.97	4.0	6.2	9.323	69.8	163	124	161	39	37	-2	798	64	0.081
0666	1.91	6.04	2.86	2.11	3.5	6.3	9.143	70.1	155	120	154	35	34	-1	831	61	0.073
0667	1.97	5.34	2.91	1.84	4.0	6.4	9.212	69.9	154	113	150	41	37	-4	778	74	0.079
0668	2.01	5.24	2.95	1.78	4.0	6.5	9.654	70.4	147	109	148	38	39	1	847	73	0.078

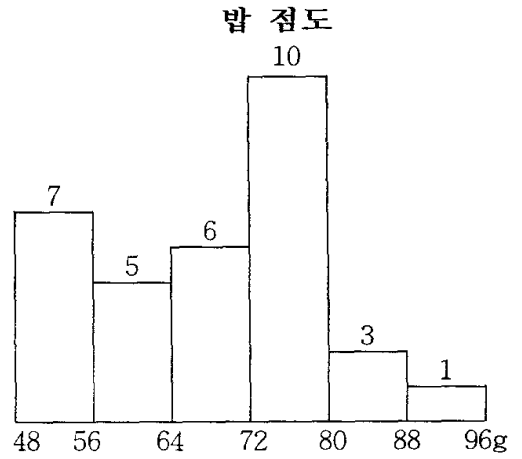
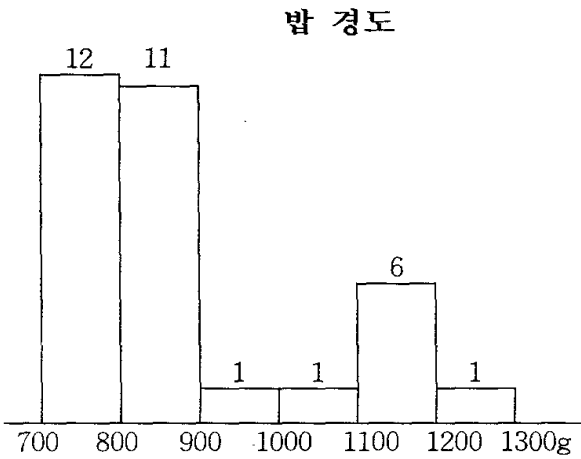
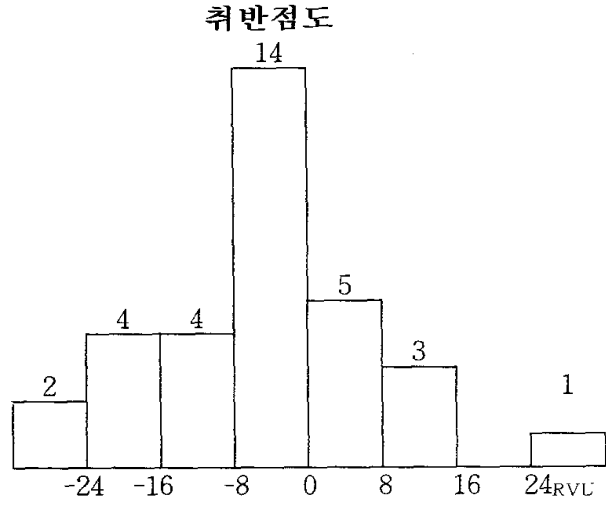
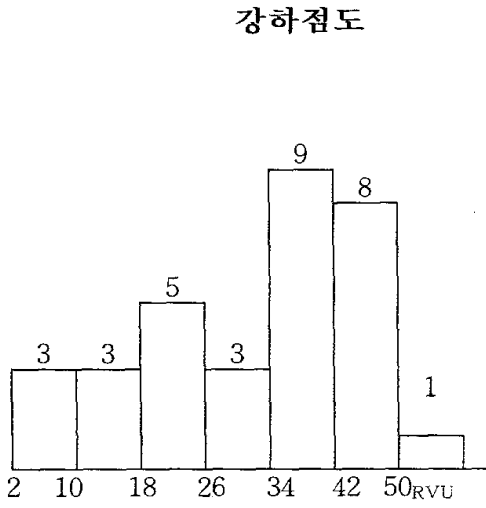
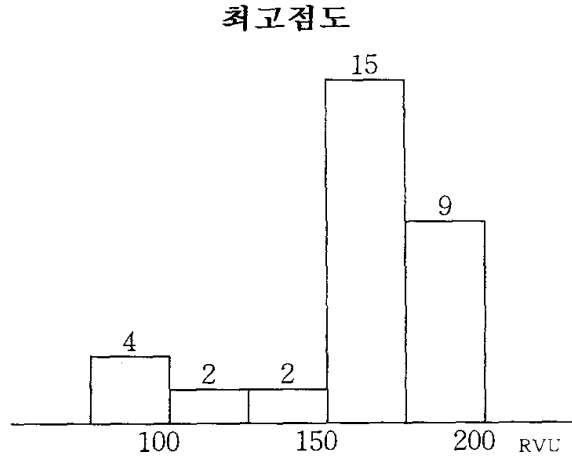
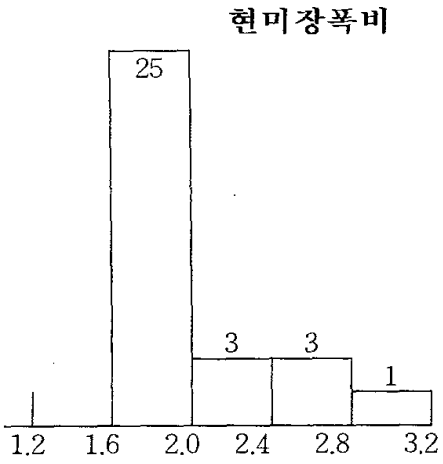


그림 2-13. 찰벼 신육성계통의 미질 특성 변이



## 제 4 절 결과요약

### 1. 찰벼 유전자원의 미립형태 및 물리적 특성 변이

찰벼 국내의 수집 유전자원 38개 품종을 공시하여 쌀 형태, 이화학적 및 구조적 특성을 조사하고 품종변이가 비교적 큰 11개 형질을 중심으로 주성분 분석을 실시하여 상위 2개 주성분치 좌표상 품종들의 분포도에 따라 9개 품종군으로 군집화를 실시하였다. 제1주성분치는 주로 쌀가루현탁액 비스코그램특성과, 제2주성분치는 밥의 물리적 특성 및 백미흡수율과 밀접하게 연관된 성분이었다.

인디카 찰벼품종들은 제1주성분치에 의해 자포니카 찰벼 품종들과 확연히 구분이 되었으며 자바니카 찰벼 품종들은 인디카와 자포니카 품종간 중간지점이나 여러 자포니카 품종군에 널리 분포하였다.

찰벼 품종들의 형질간 상관분석 결과 쌀의 상온흡수율, 밥의 물리적 특성 및 쌀가루현탁액의 비스코그램 특성들간에 정 또는 부의 유의한 상관성을 나타내었다. 특히 자포니카 찰벼품종에서 쌀가루 비스코그램특성 중 강하 및 치반점도가 쌀의 알칼리붕괴도 및 밥의 점도와 밀접한 상관관계를 나타내었다.

찰 전분 아밀로펙틴은 glucose 단쇄분획빈도(fr.IV)가 32.2%, 중쇄분획빈도(Fr.III)가 49.2%, 장쇄분획빈도가 18.6%로 변이계수 12~19%정도의 상당한 품종변이를 보였으며 상대적으로 품종변이가 컸던 것은 단/중쇄분획간 비와 단/장쇄분획간 비였다.

찰 전분 아밀로펙틴의 구조를 나타내는 glucose 단쇄(A-chain) 및 중쇄(B-chain) 분획분포비율과 단/중쇄분획간 비 및 중/장쇄분획간 비가 강하점도 및 치반점도와 밀접한 상관성을 보였다.

### 2. 찰 전분특성의 품종 및 환경변이

8개 찰벼품종군 별로 1~2개 품종을 선정한 15개 찰벼 품종을 등숙기에 온실과 옥외에서 각각 재배하여 쌀의 미질특성을 비교분석한 결과, 등숙조건에 따른 유의한 차이를 나타낸 물리적 특성은 가열흡수율, 호화개시온도 및 최저점도 등이었다. 그러나 품종군에 따라서 여러 가지 물리적 특성에 대한 등숙환경 조건에 따른 반응이 현저하게 달랐다.

또한 '96년과 '97년산 23개 찰벼 품종들의 미질특성에 대한 품종 및 연차간 변이 분석에서 밥 호화팽창율, 알칼리붕괴도, 현미장폭비 및 최고점도를 제외한 모든 물리적 특성에서 현저한 연차간 변이를 나타내었으며 특히 현미경도, 가열흡수율, 호화장폭비변화율과 최고 및 응집점도를 제외한 모든 비스코그램특성들이 연차변이가 컸다. 전 변이에 대한 비율로 보아 형질에 따라서 품종변이는 7.8~96.7%, 연차변이는 0.5~85.9%를 차지하였다.

'97년산 찰벼품종에 대한 11개 미질특성 중심으로 실시한 주성분 분석에서 제1 및 2 주성분 좌표상 분포도에 따른 품종군 분류 결과는 '96년산 분류결과와는 상당히 상이하였으나 자포니카와 인디카 찰벼품종들간은 제1주성분치에 의해 뚜렷이 구분해 볼 수 있었다.

### 3. 찰쌀품종별 전분구조의 이화학적차이 비교

찰쌀 14 품종의 전분 미세구조는 효소처리에 의해서 debranching시킨 전분의 glucose chain length 분포 비교에 의해서 수행되었고, 찰쌀 품종별로 미세구조상에 차이가 있었다. 짧은 쇄장을 다량 함유하고 있는 찰품종은 병곡 및 Ishiokamochi 15 이었고, 상대적으로 긴 쇄장을 다량 함유하고 있는 품종은 TP2579A1 및 IR 29 이었다. 15% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>에 대한 가수분해도는 샤레벼-152-1-B, 신선찰벼 등이 높았으며, 산동 47, Onemochi 가 낮았다. X선 회절도는 27 품종 찰쌀 모두 전형적인 A형이었다. Glucoamylase에 의한 가수분해도의 양상은 품종에 따라 차이가 있었으며, 모든 품종의 찰전분들은 37°C에서 3시간 작용시킴에 의해 거의 100% 가수분해되었다.

#### 4. Starch Branching Enzyme (SBE) 관련 유전자의 분류 및 분석

다중 분석을 기초로 한 각 유전자간의 연관관계를 살펴보면, 크게 SBE 1, SBE 2, SBE 3, SBE 4의 4그룹으로 나누어짐을 알 수 있었으며 SBE 유전자 관련 EST의 염기서열 상동성 분석한 결과 4가지의 SBE 관련 유전자의 발현 시기가 다소 차이가 있는 것으로 생각되었다. 전분 분지 효소 유전자들의 연쇄중합반응 절편 양상을 분석한 결과 두 가지 양상으로 나타났는데 보고된 SBE I과 동일한 2,270 bp 절편과 약 400 bp 정도가 결실된 1,800 bp 절편이 확인되었고 염기서열 분석 결과 기호벼의 경우 연쇄중합반응 산물의 크기가 2,269 bp인데 이었으나 밀양23호의 경우 334 bp가 결실된 1,936 bp로 분석되었는데 결실된 부분은 기호벼의 경우 1,415~1,749 위치에 해당되는 유전자 단편이 결실된 것으로 확인되었다. SBE I promoter 내에 tourist transposable like element 삽입 결과가 전분분지에 관여하는 SBE 유전자 발현에 영향을 줄 것으로 생각된다.

#### 5. 찰벼 신소재 계통들의 미질특성

찰벼 신육성계통들은 미립형태, 쌀의 호화점도 특성 및 밥의 물리적 특성면에서 기존 유전자원의 다양성 변이에 미치지 못하는 못하였으나 상당한 물리적 특성 변이를 나타내었다.

### 제 5 절 참고문헌

1. Asaoka, M., K. Okuno, Y. Sugimoto, J. Kawakami and H. Fuwa. 1984. The effect of environmental temperature during developemtn of rice plants (*Oryza sativa* L.) on some properties of endosperm starch. *Starch/Strke*, 36 : 189-193.

2. Asaoka, M., K. Okuno, and H. Fuwa. 1985. Effect of environmental temperature at milky stage on amylose content and fine structure of amylopectin of waxy and nonwaxy endosperm starches of rice (*Oryza sativa* L.). *Agricu. Biol. Chem.*, 49 : 373-379.
3. 崔海椿. 1994. 米質의 檢定評價方法. 朴來敬 等 作物品質改良 育種 : 80-97.
4. Hizukuri, S. 1971. X-ray diffractometric studies on starches. *Agric. Biol. Chem* 25.
5. Juliano, B. O. 1972. Physicochemical properties of starch and protein in relation to grain quality and nutrition value of rice. *Rice Breeding*. 389-405.
6. Kim, Y.D., K.Y. Ha, S.J. Yang, H.T. Shin, S.Y. Lee and S.Y. Cho. 1996. Comparison of physico-chemical properties between Japonica and Indica waxy rice. *Korean J. Breed.* 28(4) : 429-435.
7. Little, R.R., G.B. Hilder and E.H. Dawson. 1958. Differential effect of dilute alkali on 25 varieties of milled white rice. *Cereal Chem.* 35 : 111-126.
8. Owusu-Ansah, J., Van devoort, F. R. and Stanley, D. W. 1982. Determination of starch gelatinization by X-ray diffractometry. *Cereal Chem* 59, 167-171.
9. Palmiano, E.P. and B.O. Juliano. 1972. Physicochemical properties of Niigata waxy rices. *Agr. Biol. Chem.* 36 : 157-159.
10. Perdon, A.A. and B.O. Juliano. 1975. Gel and molecular properties of waxy rice starch. *Die Starke* 27 : 69-71.
11. Perez, C.M., C.G. Pascual and B.O. Juliano. 1979. Eating quality indicators for waxy rices. *Food Chem.* 4 : 179-184.
12. Takeda, Y., Hizukuri, S. and Juliano, B. O. 1987. Structure of amylopectin with low and high affinities for iodine. *Carbohydr. Res.* 168 : 287-294.
13. Villareal, C. P., Hizukuri, S. and Juliano, B. O. 1997. Amylopectin staling of

cooked milled rices and properties of amylopectin and amylose. Cereal Chem  
74 : 163-167.

14. Zhang, Q., Abe, T., Ando, H. and Sasahara, T. 1993. Classification of glutinous rice (*Oryza sativa* L.) starches based on X-ray diffraction pattern. Annals of Botany 72,
15. Zhang, Q., Abe, T., Takahashi, T. and T. Sasahara. 1996. Variations in in vitro starch digestion of glutinous rice flour. J. Agric. Food Chem 44, 2672-2674.

## 제 3 장 찰벼 영양 및 건강기능성 다양화소재 개발

### 제 1 절 서 언

우리 나라의 벼 품종개량은 수량성, 재배안정성 및 식미 특성 등에서 세계선진국 수준을 유지하고 있으나 이는 주로 메벼를 대상으로 한 것이다. 국민의 소득증대에 따른 식품소비패턴도 변화하여 탄수화물식품의 소비는 줄어들고 단백질식품의 소비가 증가하는 추세이다. 따라서 국민 1인당 쌀소비량은 점차 줄어들고 있으나 쌀 품질의 고급화와 쌀 상품의 다양화에 대한 요구는 증대되고 있는 실정이다. 특히 최근에는 건강식품에 대한 국민의 관심도가 매우 높은 편이다.

찰쌀은 일반 취반용이 아닌 떡이나 고급가공식품의 원료로 이용되어 왔으나 그 재배면적과 생산량이 적을 뿐만 아니라 해에 따라 가격의 변화도 심하며, 찰벼 품종육성 또는 가공적성 등에 대한 연구도 아주 미미한 실정이다.

지금까지 우리 나라에서 개발한 찰벼 품종은 10개도 되지 않지만, 이웃 일본은 100여 품종을 육성하여 그의 재배면적도 약 10만ha에 이르며 찰쌀에 대한 가공적성도 많은 연구가 진행되고 있다. 찰쌀을 제과·제병용으로 이용할 때 가공적성을 좌우하는 가장 중요한 특성은 아밀로그램 상에서의 호화개시온도와 쌀가루의 팽화성이라고 하였다.

메벼에서 인위적으로 배 및 배유돌연변이를 유기하여 분상질, dull, sugary, shrunken, 거대배 등을 개발하여 이들의 미립 특성을 검토하여 왔다. dull계통의 쌀은 아밀로스 함량이 매우 낮아 전분의 점성이 강하고 팽화성이 크므로 제과용이나 스낵식품의 원료가 될 수 있고, 분상질 변이 계통의 쌀은 수분흡수율이 높고 호화특성이 달라 증편제조시 부풀성이 크고, 알코올발효시 당도저하가 빠르며 알코올생산량이 많다는 것이 밝혀졌다. sugary 유전자를 가진 고당미 계통

쌀은 sucrose, glucose, fructose 함량이 많고, 거대배 변이 계통 쌀은 지방함량, 비타민 B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> 및  $\alpha$ -tocopherol 생산량이 많아 건강식품의 재료로 유망하다는 보고가 있다.

따라서 최근 밝혀진 쌀알의 이화학적 특성과 건강기능성물질을 지배하는 유전자들을 적절히 이용하거나 또는 돌연변이를 유기하여 영양 및 건강기능성 찰벼 신소재 개발을 목표로 본 연구를 수행하였다.

## 제 2 절 연구방법 및 내용

### 1. 돌연변이 유기

새로운 가공적성 찰벼품질 돌연변이체의 육성을 위해서 찰벼 품종들에 화학 돌연변이제인 MNU(N-nitroso-N-methylurea)를 수정란에 처리하였다. 서울대학교 농업생명대학 부속 실험농장 세대단축온실(이하 세대단축온실)에서 M<sub>2</sub>종자를 육성하였고, M<sub>2</sub> 종자는 부속 실험농장에서 1주 1본식으로 재배하였다. 시비는 N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O를 10-8-8Kg/10a 씩 사용하였고, N와 K<sub>2</sub>O는 기비:분얼비:수비 =4:3:3으로 분시하였고 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>는 전량 기비로 사용하였다. 기타 포장재배 관리는 본 대학 관행재배법에 따랐다. M<sub>3</sub> 종자는 개체별로 수확하여 NIRS(근적외선분광분석기)를 사용하여 원품종과 상이한 파장을 보인 개체와 달관조사로 선발하였다. M<sub>3</sub>세대부터는 형질을 고정시키기 위해서 부속농장에서 1주 1본식으로 재배하였다.

### 2. 특수품질(메벼) 도입용 인공교배 및 계통육성

찰벼에 새로운 특성을 도입하기 위해 이미 육성된 특수품질(메벼)을 여교잡 방법으로 찰벼에 도입하였다. 조합에 따라서 단교배 및 이차여교배를 실시하였다. 세대단축온실에서 육성된 여교잡 및 잡종 후대를 포장에서 1주 1본식으로 재배하여 세대를 진전시켜 고세대 계통을 육성하였다.

### 3. 돌연변이로 유기된 변이체의 유전분석

#### 가. 저아밀로스 배유돌연변이체의 유전

저아밀로스 배유의 유전양상을 조사하기 위해 사용된 계통은 화청벼에서 유기된 저아밀로스 돌연변이체 중 이미 보고된 Kinmaze의 dull 배유돌연변이체들과 대립성을 검정하여 그들과 다른 유전자를 가진 것으로 판명된 계통을 이용했다. 이들을 원품종인 화청 및 여러 품종들과 교배하여 F<sub>1</sub> 및 F<sub>2</sub> 종자를 세대단축온실에서 육성하였다. F<sub>1</sub> 및 F<sub>2</sub> 종자의 저아밀로스 배유의 분리를 달관 판정으로 조사하였다.

#### 나. 찰성과 특수품질 특성간 유전자의 상위성 검정

찰성과 특수품질간 관여유전자의 상위성을 조사하기 위해 찰계통과 저아밀로스계통, 분상질계통, 고당질계통간 교배한 조합에 대하여 포장에서 F<sub>1</sub> 및 F<sub>2</sub> 집단을 재배한 다음 개체별로 수확한 F<sub>2</sub> 및 F<sub>3</sub> 종자를 검정하였다. 종자의 외형과 I-KI 검정으로 F<sub>2</sub>, F<sub>3</sub> 종자 배유의 분리양상을 조사하였다.

#### 다. 새로 탐색된 고단백돌연변이체와 찰벼인 동삼성42의 고단백 유도 유전자간의 대립성검정

새로 탐색된 고단백돌연변이체와 찰벼인 동삼성42의 고단백 유도 유전자간의 대립성 검정을 하기 위해 교배한 F<sub>2</sub> 종자를 세대단축온실에서 육성하였다. F<sub>2</sub>종자를 세대단축온실에 파종하여 F<sub>2</sub> 개체별로 F<sub>3</sub> 종자를 수확하였다. 분석할 종자는 현미상태로 전질소 함량을 micro-Kjeldhal로 분석하였고 전질소 함량(%)에 단백질(5.95)를 곱하여 단백질 함량을 구하였다

### 4. 찰벼 특수품질 계통의 품질관련 특성



#### 가. 단백질함량

분석할 종자는 현미 또는 백미가루상태로 전질소 함량을 micro-Kjeldhal로 분석하였고 전질소 함량(%)에 단백가(5.95)를 곱하여 단백질 함량을 구하였다. 아미노산 조성은 아미노산 자동분석기를 이용하였다.

#### 나. 지질함량 및 지방산조성.

분석할 종자는 현미가루 3g 상태로 hexane을 용매로 속살렛에서 2시간 추출하여 백분율로 나타내었다. 지방산조성은 가스크로마토그래피로 분리 정량하였다.

#### 다. 아밀로그래프특성

아밀로그래프특성은 100mesh 쌀가루 8% 현탁액을 30°C에서 95°C까지 1.5°C/분의 속도로 가열하고 90°C에서 15분간 유지시킨후 같은 속도로 50°C까지 냉각시키면서 호화 및 노화 특성을 조사하였다.

#### 라. 무기성분 및 비타민 함량

무기성분중 양이온의 함량은 쌀가루를  $H_2SO_4-H_2O$  습식분해한 후 Atomic absorption spectrophotometer로 측정하였다.

#### 마. 알카리붕괴도(ADV), 아밀로스함량, 호응집성

ADV는 백미 6립을 5×5×1cm의 plastic 용기에 넣고 KOH 1.2%, 1.4%, 1.6%의 용액을 10ml씩 넣은 후 30°C 항온기에 23시간 넣어둔 후 IRRI의 기준으로 판정하였다.

아밀로스함량은 95% ethanol 1ml 와 1N NaOH 9ml 를 넣고 90~100°C 끓는 물속에서 10분간 호화시킨 후 증류수로 100ml까지 채웠다. 그 중 5ml 를 취해 1N acetic acid 1ml와 2% I<sub>2</sub>-KI 용액 2ml를 넣고 증류수로 100ml까지 채운 뒤 잘 흔들어 20분간 방치 spectrophotometer를 이용하여 620nm에서 흡광도를 구하였다. 그것을 아밀로스 표준회귀방정식에 대입하여 구하였다.

호응집성은 계통별로 120mg의 백미가루(100mesh)를 2반복으로 13×150mm 시험관에 넣은 후 95% ethanol 0.2ml 와 0.2N KOH 2ml 및 bromothymol blue 를 넣고 입구를 알루미늄 호일로 막았다. Vortex mixer로 잘 섞은 다음 끓는 물 속에 8분간 호화시킨 후 시험관을 꺼내 상온에서 10분간 식혔고 다시 저온(2~3°C)에서 30분간 냉각시킨 후 시험관을 상온에서 수평으로 눕혀놓아 1시간후 흘러간 gel의 길이를 측정하였다.

#### 바. 유리당함량

유리당류의 정량은 HPLC법으로 분석하였다. 그 방법은 종자의 배를 제거한 현미가루 0.5g 에 탈 이온수 10ml를 넣고 30분간 shaking한 후 항온 원심분리기 에서 20°C, 15,000rpm으로 40분간 원심분리하여 얻은 상등액 중 일부를 sep-pack(NH<sub>2</sub>)을 통과시켜 색소 및 불순물을 제거시킨 후 HPLC에 주입하였다.

## 제 3 절 연구결과

### 1. 돌연변이 유기

1996년 하계 및 1996/97 동계에 걸쳐 찰벼 품종들에 화학돌연변이제인 MNU (N-nitroso -N-methylurea)를 수정란에 처리후 온실에서 M<sub>2</sub>종자를 육성하였다 (표 3-1).

표 3-1. 돌연변이제 처리후 재배된 식물체

원 품 종	세대	재배 식물체수
화선찰벼	M <sub>2</sub>	2,850
화청찰벼	M <sub>2</sub>	3,300
한강찰벼	M <sub>2</sub>	3,000
신선찰벼	M <sub>2</sub>	3,800
계		19,950

1997년에 화선찰에 MNU를 처리하여 NIRS(근적외선분광분석기)을 사용하여 원품종과 상이한 파장을 보인 100개체를 선발하여 1998년에 계통별로 재배하여 M<sub>3</sub> 식물체를 재배하였다. 이 계통들을 개체별로 수확한 후 이 개체들을 정조와 현미상태로에 근적외선을 조사하여 주요 파장대인 1,088~2,498nm의 각 파장에서 흡광도를 구했다. 그리고 다시 이 구간을 11개의 작은 구간으로 나누어 선발된 화선찰 돌연변이들의 각 구간에서의 차이를 분산분석한 결과가 표 3-2이다. 이들에 대하여는 그 변이형질과 흡광도 차이간의 관련성을 분석 중이다. 선발된 개체는 1주 1본으로 1999, 2000년에 세대 진전을 하였고(표 3-3), 본 연구 중 찰벼에서 거대배 돌연변이계통이 유기되었다(표 3-4). 기타 형태적형질의 돌연변이체들이 다수 육성되었다.

표 3-2 NIR을 이용하여 돌연변이 계통 종자들의 각 파장구간별 흡광도를 조사하고 분산분석한 결과

파장대	1088-1228	1228-1368	1368-1508	1508-1648	1648-1788	1788-1928	1928-2068	2068-2208	2208-2348	2348-2488	2488-2498
정조	3.15**	2.96**	3.48**	3.74**	3.43**	3.88**	5.88**	5.76**	6.07**	7.61**	9.69**
현미	34.37**	29.90**	26.88**	27.20**	28.65**	28.79**	29.68**	29.54**	30.18**	31.60**	31.00**

\* 숫자는 F 값

표 3-3. NIRS에 의해 선별된 품질변이체

포장번호	계통명	세대
74030~ 74154	화선찰M-B-4-5-1 화선찰M-B-2127-1-1	M <sub>5</sub>
계	125계통	

표 3-4. 화청찰벼에서 돌연변이로 유기된 거대배찰벼 계통

계통번호	계통명	특수품질
73979	화청(wx)M-508-6-1-1-2-B	찰벼+거대배
73980	화청(wx)M-508-6-1-3-1-B	찰벼+거대배

표 3-5. 육성중인 쌀벼 특수품질 계통

포장번호	계통명	세대	특수품질	출수	간장	수장	수수
13002	(신선찰/EM36)HP4021-2-1-3-1-2-1-1	F8	flo	8.21	99.7	20.8	12.3
13003	(신선찰/EM5)HP4022-1-3-2-3-2-3-1-1	F9	shr-la, wx	8.21	98.3	20.5	11.7
13024	(EM20/신선찰*2)HP4029-3-2-2-1-2-1-1-1	BC1F9	shr-ls, wx	8.22	96.8	20.3	10.3
13025	(EM40/신선찰*2)HP4030-4-1-2-1-2-2-2-1	BC1F9	ge	8.10	95.6	23.1	13
13027	(EM6/1383*2)HP4031-4-2-2-1-2-2-1-1	BC1F9	shr-la, gl, wx	7.31	78	18.7	12
13028	(EM20/1383*2)HP4032-1-1-3-2-2-3-2-1	BC1F9	shr-ls, wx	8.13	87.6	23.3	11.7
13114	(신선찰*2)/EM5)HP4485-1-3-3-1-1	BC1F6	su	8.17	97	22	12.7
13116	(신선찰/TP2575(EM10/신선찰))HP4487-1-3-1-1-1-1	BC1F7	ae	8.17	103	22.3	10.7
13118	(신선찰/TP2588(EM90/신선찰))HP4488-1-3-1-2-1-1	BC1F7	opaque	8.17	95.7	20.3	9.3
13120	(1383//EM6/1383*2)HP4492-1-3-1-2-1-1	BC2F6	shr-la	8.5	74.7	23.3	10.7
13122	(1383//EM20/1383*2)HP4493-1-2-3-3-1-1	BC2F6	shr-ls	8.4	85	20.3	10.3
13124	(1383//EM40/남풍*2)HP4494-1-2-1-3-1-1	F7	ge	8.1	81.7	22.3	9.4
13126	(1383/01213(화청flo))HP4495-1-2-2-2-1-1	F7	flo	8.16	67.7	19	12
13128	(1383/01207(화청ge-s))HP4496-1-2-2-3-1-1	F7	ge-s	8.16	81.7	23	10.3
13130	(1383/01216(화청su-1))HP4497-1-2-2-2-1-1	F7	su	8.13	89	25.7	9.7
13330	(42422(EM23(du-3)/남풍)HP5414A1-1-2-1	F5	low amylose	8.1	98	25.5	8
13332	(16441(EM90(low amy))//남풍*3)/남풍)HP5418A1-1-2-1	BC3F5	low amylose	8.7	103.4	26.3	9.7
13334	(16432(1383*2/화청flo)/남풍)HP5419A1-1-1-1	F5	wx	8.8	100.7	27	11.7
13338	(화청찰/남풍)HP5423A1-1-1-1	F5	wx	8.16	93.3	24.3	12.7
13340	(화선찰/남풍)HP5424A1-1-2-1	F5	wx	8.16	103	28.3	8
13342	(16439(남풍*3/EM10(ae))//1383)HP5425A1-2-2-1	F5	ae	8.15	91	23.7	10.3
13344	(16449(남풍*3/CB243)/1383)HP5426A1-3-3-1	F5	low amylose	8.5	97.7	24	9.7
13346	(16453(남풍/화청du-1)/1383)HP5427A1-1-2-1	F5	low amylose	8.5	84.7	22	9
13348	(16457(남풍/화청du-4)/1383)HP5429A1-3-2-1	F5	low amylose	8.5	83.3	19.3	11
13350	(16432(1383*2/화청flo)/1383)HP5431A1-2-3-1	BC2F5	flo, wx	8.1	67.3	20.3	11
13352	(16443(남풍*3/EM6(shr-a))//1383)HP5432A1-1-1-1	F5	shr, wx	8.7	86.7	24	8
13354	(16430(1383//남풍*2/EM40)/1383)HP5433A1-3-1-1	BC1F5	low amylose	8.5	82	23.7	9.3
13356	(16434(1383/화청ge-s)/1383)HP5434A1-1-3-1	BC1F5	ge, wx	7.27	107.6	22.3	14.6
13356	(16436(1383/화청su-1)/1383)HP5435A1-1-3-1	BC1F5	su	8.25	89	25.7	12
13360	(16449(남풍*3/CB243)/한강찰)HP5437A1-3-1-1	F5	low amylose	8.5	90	27	9
13362	(42422(EM23(du-3))//한강찰)HP5438A1-2-3-1	F5	low amylose	8.7	114.3	24	11.3
13364	(16457(남풍/화청du-4)/한강찰)HP5439A1-2-3-1	F5	low amylose	8.14	100.7	26.3	12.3
13366	(42250(EM140(du-5))//한강찰)HP5440A1-1-1-1	F5	low amylose	8.5	82	28.3	11
13368	HP5442A1(16432(1383*2/화청flo)/한강찰)-2-2-1	F5	flo, wx	8.7	107	25	7.7
13372	(16443(남풍*3/EM6(shr-a))//한강찰)HP5443A1-2-2-1	F5	shr	8.8	85	22.3	11.3
13374	(42688(su-2)/한강찰)HP5444A1-1-3-1	F5	su, wx	8.9	126.7	25.6	10.7
13376	(42688(su-2)/한강찰)HP5444A1-3-3-1	F5	su, wx	8.10	148	30	11.7
13378	(16434(1383/화청ge-s)/한강찰)HP5445A1-1-3-1	F5	wx,ge	8.15	103.7	20	15.3
13380	(16428(1383*3/EM20(shr-ls))//한강찰)HP5446A1-1-3-1	F5	shr, wx	8.4	104.7	24.7	13.7
13382	(42668(화청du-1)/화청)HP5447A1-1-1-1	F5	low amylose	8.20	114.3	23.3	12
13384	(42670(화청du-2)/화청)HP5448A1-1-3-1	F5	low amylose	8.19	121	20.3	14
13386	(42672(화청du-4)/화청)HP5450A1-1-2-1	F5	low amylose	8.15	114.3	20.3	13.4
13388	(42674(화청du-6)/화청)HP5451A1-1-3-1	F5	low amylose	8.20	106	19.7	11.7
13396	(42668(화청du-1)/화선찰)HP5458A1-1-1-1	F5	low amylose	8.15	108.7	20.3	12.3
13398	(42674(화청du-6)/화선찰)HP5460A1-3-3-1	F5	low amylose	8.14	113	21.7	12.3
13400	(42678(화청flo)/화선찰)HP5461A1-5-2-1	F5	flo, wx	8.11	115	21	12.7
13402	(42678(화청flo)/화선찰)HP5461A1-6-1-1	F5	flo, wx	8.12	97.7	20.3	15
13404	(42688(화청su-2)/화선찰)HP5464A1-3-2-1	F5	su, wx	8.13	104	22.5	12.3
13406	(42688(화청su-2)/화선찰)HP5464A1-4-2-1	F5	su, wx	8.9	101.7	25.3	10

## 2. 특수품질(메벼) 도입용 인공교배 및 계통육성

### 가. 특수품질 찰계통 육성

본 연구팀에 의해 이미 메벼에서 개발되어진 특수품질들을 여교잡 방법으로 찰벼품종으로 이전하였다. 조합에 따라 단교배 및 3차 여교배까지 실시된 계통들을 육성하였다. 표 3-5는 본 연구에서 육성된 찰벼특수품질 계통과 이들의 생육특성이다. 이들은 거의 고정되어 있으므로 1~2회의 세대진전을 거치면 특수품질 품종으로 생산에 이용되어질 수 있을 것이다. 특히 찰벼와 거대배, 찰벼와 분질, 찰벼와 고당미 특성이 결합된 계통들은 여러 가지 용도에 사용할 수 있을 것으로 기대된다.

### 나. 찰벼 고단백계통육성

새로 탐색된 고단백돌연변이체 와 고단백 찰벼 유전자원인 동삼성42를 교배하여 찰벼 고단백 계통을 육성중이다. F<sub>2</sub>를 전개하여 F<sub>3</sub> 종자를 얻어 단백질함량을 분석하였고 이들 중 단백질 함량이 높은 찰벼계통들을 선발하였다(표 3-6). 이들은 금후 세대진전시켜 고정시킨 후 고단백찰벼품종으로 육성할 것이다.

## 3. 돌연변이로 유기된 변이체의 유전분석

### 가. 저아밀로스 배유돌연변이체의 유전

표 3-6. 육성중인 고단백 찰 계통

교배조합	계통	세대수	단백질함량(%)
동삼성42/WCM	HP5973- 3	F <sub>3</sub>	10.85
(고단백 돌연변이)	- 4	"	11.12
	-11	"	12.91
	-13	"	15.10
	-14	"	15.13
	-15	"	15.18

표 3-7. 새로운 중간찰 돌연변이체의 유전분리

Cross combination	Translucent	dull	Total	$\chi^2$ (15:1)	P
du-6 / Hwacheong(F <sub>2</sub> )	403	20	423	1.6720	0.5~0.1
du-6 / Kwanak(F <sub>2</sub> )	308	21	329	0.0099	0.975~0.9
du-6 / Palgong(F <sub>2</sub> )	874	56	930	0.0828	0.9~0.5
du-1 / Du-7(F <sub>1</sub> )		56	56		
du-2 / Du-7 (F <sub>1</sub> )		7	7		
du-6 / Du-7 (F <sub>1</sub> )		22	22		
Du-7 / Hwacheong(F <sub>1</sub> )	7	7	14	0	1
Du/7 / Palgong(F <sub>1</sub> )	4	5	9	0.11	0.9~0.5
Du-7 / Hwacheong(F <sub>2</sub> )	49	38	87	1.391	0.5~0.1
Du/7 / Palgong(F <sub>2</sub> )	96	75	171	2.579	0.5~0.1

중간찰 특성을 보이는 du-6 계통을 화청벼 및 여러 품종들과 교배한 결과가 표 3-7이다. 표에서 보듯이 F<sub>1</sub> 종자는 모두 정상적으로 투명하여 이 계통이 가진 저아밀로스 유전자는 열성유전자임을 확인하였고, F<sub>2</sub> 종자를 검정한 결과 모든 조합에서 translucent: dull이 15:1로 분리되어 이 계통의 저아밀로스 배유특성은 2개의 서로 다른 독립적인 열성유전자가 동형접합일 경우에 나타남을 확인했다. 또한 Du-7 계통의 저아밀로스 배유 특성은 한 개의 우성유전자에 의하여 지배되며, Du-7 유전자를 보유한 1화분은 치사하기 때문에 Du-7 유전자는 자방친(종자친)을 통해서만 전달되는 것을 확인하였다.

#### 나. 찰 특성과 특수품질 특성간 유전자의 상위성 검정

전분합성과 관련된 유전자와 찰성유전자의 상위성을 확인한 결과 표 3-8, 3-9에서 보듯이 중간찰과 찰 형질간에는 찰성이 상위유전자이었고, 다른 특수품질 형질은 F<sub>2</sub> 종자의 유전분리비가 9:3:3:1에 적합하게 독립적으로 유전됨을 확인했다. 또한 이 실험에 사용된 조합은 찰형질에 특수품질을 도입시키는 계통육성

표 3-8. F<sub>2</sub> 종자의 분리양상

Cross combination	Segregation in F <sub>2</sub>				Total	Expected ratio	$\chi^2$	P
floury mutant/waxy mutant	++	+flo	+wx	flo.wx				
	175	75	70	21	341	9:3:3:1	3.967	>0.1
sugary(2)mutant/waxy mutant	++	+su-2	+wx	su-2.du				
	63	12	20	5	100	9:3:3:1	3.573	>0.1
shrunkent(1a)/waxy mutant	++	+shr-1a	+wx	shr-1a.wx				
	146	48	56	12	262	9:3:3:1	2.169	>0.1
shrunkent(1s)mutant/waxy mutant	++	+shr-1s	+wx	shr-1s.wx				
	138	42	56	12	248	9:3:3:1	3.182	>0.1
dull(1)mutant/waxy mutant	++	+du-1	+wx	du-1.wx				
	133	43	73	0	249	9:3:3:1	31.03	<0.05

표 3-9. 표현형이 중간찰인 F<sub>2</sub> 개체에서 전개한 F<sub>3</sub> 종자의 분리양상

Cross combination	F <sub>2</sub> phenotype	Segregation of phenotype in F <sub>3</sub>		Total	Expected ratio	$\chi^2$	P
dull(1)mutant/waxy mutant	dull	dull (++dudu)	dull & waxy (+wxdudu)				
		9	13	22	1:2	0.56	0.5~0.9
	waxy	waxy (++wxwx)	waxy & dull (+duwxwx)				
		23	0	23	1:2	46	<0.05

( ) = genotype of F<sub>2</sub>

에 이용하였다.

#### 다. 고단백 유전자간의 대립성 검정

새로 탐색된 고단백돌연변이체와 찰벼인 동삼성 42의 고단백 유전자 대립성 검정을 한 결과 그림 3-1에서 알 수 있듯이 같은 고단백간의 교배조합에서 양 모본을 능가하는 고단백계통의 초월분리를 보였다. 이는 동삼성 42의 고단백 배

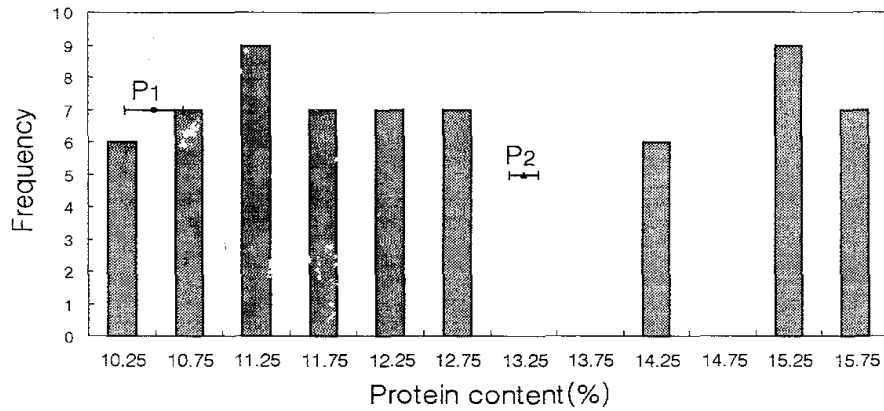


그림 3-1. F3 종자의 단백질 함량 변이  
(P1: WCM(고단백 돌연변이체), P2: 동삼성 42)

유전자와 돌연변이체의 고단백유전자가 서로 달라서 상가적 효과를 나타냈기 때문이라고 판단되었다. 다수의 고단백 초월분리를 선발할 수 있었으며 찰벼고 단백질계를 표 3-6에서와 같이 육성하였다.

#### 4. 찰벼 특수품질 계통의 품질관련 특성

##### 가. 중간찰벼의 아밀로스함량

메벼에서 유기된 중간찰 및 찰벼 돌연변이 계통의 아밀로스함량은 표 3-10에서와 같이 중간찰은 7.0~10.4%로 찰벼와 메벼의 중간 정도이었고, 종실은 불투

표 3-10. 메벼에서 유기된 중간찰

돌연변이계통	아밀로스 함량	돌연변이 계통	아밀로스함량
화청벼	19.1	Kinmaze	18.5
" du-1	7.0	" du-1	7.6
" du-2	7.1	" du-2	10.4
" du-4	4.2	" du-3	9.9
" du-6	5.9	" du-4	5.1
" Du-7	9.0	" du-5	8.2
화청찰벼	2.2	" EM21(wxwx)	1.9

\* du = dull (:low amylose)



명한 특성을 나타내었다.

## 나. 찰벼 및 특수품질 계통의 이화학적 특성

### 1). 단백질함량

표 3-11에서 보듯이 재래찰벼들 중 중국 동삼성에서 유래한 계통과 su(당질미) 계통들의 단백질함량이 유의하게 높았다. 표 3-12는 그들에서 아미노산의 상대적 조성을 조사한 것이다. 품종간 거의 유사하였지만 단백질함량이 높은 당질미계통들과 거대배계통들에서는 필수아미노산인 lysine 함량도 높은 것으로 나타나 고영양미로 이용할 수 있을 것으로 보였다. 그렇지만 찰벼 유전자원중에서 단백질함량이 높았던 것들의 현미(표 3-12)와 백미(표 3-13)에서의 상대적인 아미노산 조성은 보통의 품종들과 별 차이가 없는 것으로 나타났다.

표 3-11. 찰벼 및 특수품질 유전자원들의 단백질함량

계통명	구분	단백질(%)	계통명	구분	단백질(%)
화청	현미	6.8	남풍	"	9.1
화청약ge	"	7.6	CB243	"	9.7
화청ge	"	8.3	남풍CB243	"	8.8
화청ges	"	7.9	동삼성42	"	11.4
화청du-1	"	7.5	동삼성34	"	9.2
화청du-2	"	7.4	동삼성11	"	10.7
화청du-4	"	7.3	남풍	"	7.0
화청du-6	"	8.5	CB243	백미	8.6
화청su-1	"	10.1	남풍CB243	"	8.1
화청su-2	"	9.1	동삼성42	"	10.3
화청찰	"	7.5	동삼성34	"	7.2
화청찰ge	"	7.9	동삼성11	"	10.2
신선찰	"	7.1			

표3-12. 특수미질계통 및 고단백 찰벼계통들의 현미에서의 아미노산의 상대적 함량

Name	화청	약ge	ge	ges	du-1	du-2	du-4	du-6	su-1	su-2
	..... % .....									
Ala	7.71	7.66	7.27	8.11	7.91	7.75	7.53	7.71	7.97	7.82
Arg	6.89	7.00	6.83	7.29	6.75	6.82	6.57	6.35	6.33	6.32
Asp	7.41	7.86	6.48	7.00	7.53	7.20	6.58	8.18	6.10	6.97
Glu	12.36	12.83	11.33	11.97	12.60	12.74	12.82	13.03	10.91	11.83
Gly	9.61	9.20	9.14	9.71	9.59	9.65	9.70	9.27	10.04	9.64
His	2.34	2.14	2.64	2.27	2.20	2.26	2.16	2.14	2.41	2.49
Ile	3.46	3.56	3.84	3.56	3.59	3.55	3.40	3.58	3.49	3.47
Leu	6.64	6.91	7.21	6.76	7.02	6.97	6.86	6.99	6.72	6.65
Lys	3.63	3.63	3.90	3.94	3.37	4.09	3.96	3.90	4.76	4.47
Met	2.75	2.67	3.01	2.64	2.60	2.39	2.53	2.57	2.66	2.42
NH <sub>3</sub>	2.04	1.44	2.22	1.34	1.36	1.33	1.68	1.84	2.14	1.48
Phe	2.98	3.43	4.04	3.38	3.34	3.41	3.69	3.32	3.41	3.13
Pro	8.79	8.42	8.55	9.21	9.02	9.23	9.08	8.29	8.94	8.94
Ser	8.47	8.20	9.22	7.94	8.26	8.08	8.43	8.30	8.98	9.80
Thr	5.02	4.95	4.25	5.06	4.91	4.97	4.92	4.96	5.08	4.97
Tyr	3.04	3.30	3.54	2.92	3.00	2.95	3.27	2.99	3.52	2.82
Val	6.85	6.99	7.03	6.89	6.91	6.62	6.79	6.58	6.53	6.77

표 3-12. 계속

Name	화청찰	화청찰ge	신선찰	신선찰ge	남풍	CB243	남풍CB243	동삼성42	동삼성34	동삼성11
	..... % .....									
Ala	7.75	7.86	7.50	7.94	7.89	8.02	7.47	7.10	7.44	7.54
Arg	6.59	6.62	6.53	7.49	6.60	6.67	6.23	6.74	6.54	6.75
Asp	7.39	7.64	7.53	5.82	6.57	6.25	7.12	6.19	7.37	6.91
Glu	12.56	12.28	14.15	11.20	14.00	5.17	12.89	13.08	14.00	14.13
Gly	9.69	9.85	9.59	10.09	9.53	9.35	7.99	8.31	8.55	8.53
His	2.48	2.49	2.46	2.67	2.52	2.09	2.87	2.98	2.76	2.95
Ile	3.31	3.38	3.25	3.89	3.30	3.47	3.56	3.39	3.35	3.55
Leu	6.79	6.63	6.69	6.66	6.63	7.22	7.14	7.24	7.13	7.50
Lys	3.82	4.18	3.68	4.60	3.35	3.58	3.09	2.99	3.24	3.20
Met	2.15	2.12	2.02	2.34	2.68	2.29	3.44	3.07	2.74	3.00
NH <sub>3</sub>	1.79	1.59	1.62	1.28	1.52	1.24	1.65	1.22	0.75	1.23
Phe	3.11	3.21	3.24	2.94	3.02	3.30	3.39	3.42	3.26	3.42
Pro	8.55	8.70	8.51	8.38	8.48	8.96	8.49	9.25	9.03	9.32
Ser	10.26	10.00	10.02	9.31	10.0	8.25	7.62	8.17	7.86	8.09
Thr	4.95	5.00	4.70	5.22	4.86	4.62	4.44	4.43	4.33	4.48
Tyr	2.71	2.34	2.58	2.99	2.88	2.96	4.89	4.79	3.98	4.35
Val	6.09	6.14	5.96	7.17	6.07	6.55	7.74	7.62	7.67	7.96

표 3-13. 고단백 찰벼계통들의 백미에서의 아미노산의 상대적 함량

Name	남풍	CB243	남풍CB243	동삼성42	동삼성34	동삼성11
Ala	7.48	7.42	7.58	7.10	7.34	7.06
Arg	6.13	6.47	6.22	6.69	6.65	6.63
Asp	7.38	6.33	6.94	6.58	7.64	6.57
Glu	14.14	13.90	14.17	14.14	14.50	13.51
Gly	7.75	7.80	8.19	8.01	8.02	7.96
His	2.73	2.73	2.61	2.71	2.79	2.75
Ile	3.57	3.55	3.55	3.50	3.59	3.60
Leu	7.03	7.36	7.18	7.30	7.44	7.47
Lys	3.15	3.06	3.59	3.10	3.10	3.29
Me	3.32	3.09	3.18	2.96	2.67	3.15
NH <sub>3</sub>	1.91	1.37	0.83	1.31	1.14	1.18
Phe	3.30	3.60	3.33	3.40	3.55	3.70
Pro	8.03	8.71	8.96	8.94	8.27	8.71
Ser	7.79	8.10	7.72	7.98	8.19	7.96
Thr	4.40	4.20	4.30	4.25	4.23	4.24
Tyr	4.30	4.62	3.87	4.42	3.63	4.54
Val	7.59	7.67	7.79	7.61	7.25	7.70

## 2) 지방함량

찰벼 거대배계통들은 표 3-14에서와 같이 지질함량이 원품종에 비해 월등히 높았다. 지방산 조성에서는 거대배계통들에서는 스테아르산과 올레인산의 함량이 증가된 반면 리놀렌산의 함량은 크게 감소된 것으로 나타났다.

표 3-14. 찰벼계통의 지질함량과 지방산조성

계 통	지질함량(%/d.w.)	지방산 조성			
		Palmitic	Stearic	Oleic	Linoleic
화청찰	2.35	20.64	1.70	38.70	38.96
화청찰-ge	2.91	21.22	2.67	42.16	33.95
신선찰	2.18	19.54	1.55	36.45	42.46
신선찰-ge	3.32	18.79	2.71	42.09	36.41

#### 다. 특수품질 찰계통의 이화학적 특성

육성인 특수품질 찰벼계통 중 분상질, 거대배, 고당질을 찰벼에 도입한 계통들에 대하여 이들의 이화학적 특성을 조사하였다.

##### 1) 단백질함량

찰벼, 특수품질계통, 화청벼의 단백질함량은 6.2~7.7% 정도이나, 찰형질에 분상질, 고당질, 거대배의 특수 품질이 도입된 경우 단백질함량이 증가됨을 확인하였다. 표 3-15에서 보듯이 특수품질찰벼 계통의 단백질 함량은 9.0~10.3%이었다. 특히 분상질 찰계통(13350)이 가장 많은 단백질함량을 보였다.

##### 2) 지질함량 및 지방산 조성

화청, 화선찰, 화청찰은 2.45~2.92%의 지질함량을 보였고 특수품질계통, 특수품질 찰계통은 3.61~6.30%로 지질함량이 증가했다. 특수품질계통과 특수품질

표 3-15. 특수품질 찰계통의 단백질함량

No.	Pedigree	미질특성	단백질함량 (%)
13350	(16432(1383*2/화청flo)/1383)HP5431A1-2-3-1	분상질찰	10.3
13356	(16434(1383/화청ge-s)/1383)HP5434A1-1-3-1	거대배찰	10.2
13378	(16434(1383/화청ge-s)한강찰)HP5445A1-1-3-1	거대배찰	9.0
13401	(42678(화청flo)/화선찰)HP5461A1-5-2-2	분상질찰	8.6
13404	(42688(화청su-2)/화선찰)HP5464A1-3-2-1	고당질찰	10.2
13405	(42688(화청su-2)/화선찰)HP5464A1-3-2-2	고당질찰	9.9
화선찰		찰	7.9
화청찰		찰	6.8
화청		메	6.2
화청flo		분상질	7.3
화청ge-s		거대배	7.6
화청su-2		고당질	7.7

표 3-16. 특수품질 찰계통의 지질함량 및 조성

No.	지방함량(%)	지방산조성(%)				
		Palmitic	Oleic	Linoleic	Stearic	Linolenic
13350	3.61	19.77	35.52	39.09	4.81	0.79
13356	3.9	20.70	36.20	38.50	3.12	1.45
13378	3.45	18.04	32.34	39.88	3.35	6.37
13401	5.88	18.83	43.38	33.98	2.85	0.93
13404	6.30	18.42	44.04	32.79	3.80	0.93
13405	5.52	18.42	40.37	35.87	3.91	1.40
화선찰	2.86	19.30	42.53	33.81	3.09	1.24
화청찰	2.92	19.79	37.87	39.49	2.34	0.49
화청	2.45	17.59	41.63	37.47	2.26	1.03
화청flo	4.27	17.59	45.51	34.68	2.20	0
화청ge-s	4.81	17.08	39.26	38.57	4.56	0.51
화청su-2	3.83	18.81	46.70	31.69	1.90	0.88

찰계통의 지질함량은 큰 차이가 없었고 특수품질계통의 영향으로 특수품질 찰계통의 지질함량이 증가한 것으로 보인다. 또한 고당질 찰계통(13404)의 경우 지질함량이 6%가 넘는 계통도 확인할 수 있었다.

지방산 조성은 찰, 메, 특수품질, 특수품질 찰계통 모두 팔미틱산 17~20%, 올레익산 35~45, 리놀레익산 31~39%, 스테릭산 5%이하, 리놀레닉산이 1% 정도의 조성이었으나, 13378(거대배 찰)계통은 리놀레닉산이 6%가 넘었다(표 3-16).

표 3-17. 특수품질 찰계통의 아밀로그램특성

No.	호화개시온도 (°C)	아밀로그램특성					
		최고점도	최저점도	최종점도	강하점도	응집점도	치반점도
13401	64.2	113	39	56	74	17	-57
13350	67.4	187	76	97	111	21	-90
화청flo	67.4	234	106	170	128	64	-64
화청	66.4	242	116	219	126	103	-23
화청찰	68.2	248	99	135	149	36	-113

### 3) 아밀로그래프 특성

아밀로그래프 조사결과 분상질 찰계통간에도 큰 차이를 보였는데, 분상질 찰계통의 점도가 크게 낮은 것으로 나타났다(표 3-17). 이것이 분상질과 찰 특성이 동시에 존재함으로 연유된 것인지는 추후 더 검토되어야 하겠지만 찰품질 특성의 다양화를 위해서는 바람직한 결과라 할 수 있겠다.

### 4) 아미노산의 상대적 함량

표 3-18에서 보듯이 특수품질계통과 특수품질 찰계통간 거의 유사한 조성을

표 3-18. 특수품질 찰계통의 아미노산의 상대적함량

	화청	화청찰	화선찰	화청flo	화청ge	화청 su-2	13401 (flo+wx)	13350 (flo+wx)	13378 (ge+wx)	13404 (su+wx)	13405 (su+wx)
ALA	16.93	9.35	8.69	9.13	9.04	8.83	9.15	8.74	8.71	8.92	7.67
ARG	5.83	6.11	6.14	5.99	6.51	6.08	5.70	6.76	6.17	6.06	5.07
ASX**	8.98	9.85	9.91	9.91	10.12	10.80	10.00	10.08	10.57	9.80	8.09
GLX**	14.59	15.98	15.95	15.10	14.88	14.66	14.78	16.03	15.92	13.98	12.00
GLY	7.85	8.45	8.59	8.84	8.58	8.79	8.91	8.27	8.32	9.51	7.32
HIS	1.94	2.30	2.30	2.06	2.67	2.44	2.66	2.24	2.62	2.28	19.85
ILE	3.93	4.44	4.41	4.29	4.07	4.43	4.08	4.17	4.24	4.35	3.54
LEU	8.13	8.73	8.81	8.53	8.23	8.73	8.51	8.57	8.41	8.32	6.73
LYS	3.00	3.25	3.33	3.66	3.68	3.97	4.00	3.45	3.47	4.46	3.49
MET	0.18	0.54	0.50	0.91	0.93	0.54	1.33	1.00	0.07	0.08	0.12
PHE	3.80	4.02	4.24	4.18	4.10	4.26	3.89	4.12	4.25	4.04	3.40
PRO	6.41	7.07	7.00	6.29	7.16	6.96	6.88	6.74	7.26	7.94	6.21
SER	5.75	6.03	6.49	6.33	6.66	6.44	6.45	6.10	6.29	6.24	5.09
THR	3.20	3.86	3.99	3.90	3.80	4.01	4.16	3.56	3.67	4.07	3.46
TYR	3.09	2.90	2.97	3.36	2.86	2.18	2.64	3.19	3.03	3.02	2.34
VAL	6.38	7.13	6.69	7.53	6.69	6.89	6.86	6.98	7.02	6.93	5.62

\*\* ASX, GLX mean the sum of asparagine & aspartic acid and glutamine & glutamic acid, respectively.

보였다. 특수품질이 들어간 계통은 일반품종보다 lysine 함량이 높은 것으로 나타나 고영양미로 이용할 수 있을 것으로 보였다. 분석결과 고당질 찰계통중 13405는 다른 계통들에 비해 histidine 함량이 10배 정도 많았다. 이 계통에 대해서는 추후 미질특성과 영양특성을 조사할 것이다.

### 5) 무기성분 및 비타민 함량

일부 특수찰벼계통들에 대해서는 표 3-19에서와 같이 무기성분 및 비타민함량 등을 조사하였다. 표에 있듯이 특수찰벼들은 보통의 찰벼에 비해 칼슘, 철분 등의 함량과 리보플라빈 함량이 높음을 알 수 있는데 이들은 고영양 특수미로 이용될 수 있을 것으로 보였다.

### 6) 알카리붕괴도(ADV), 아밀로스함량, 호응집성

화청고당질계통과 고당질-찰계통은 화청과 화선찰과 비슷한 ADV를 보였고, 화청분상질계통과 분상질-찰계통은 높은 ADV를 보였다. 아밀로스 함량의 경우, 화청벼의 아밀로스 함량은 19%인데 비해 화청에서 유기된 화청고당질계통과 화청분상질계통의 아밀로스 함량은 14~15%로 낮아졌다. 찰유전자를 가지고 있는 품종과 계통은 아밀로스 함량이 1~3%로 낮게 나타났다. 화선찰벼의 아밀로스 함량은 2%로 나타났고, 분상질-찰계통과 고당질-찰계통은 1~3%로 나타났다. 분상질-찰계통과 고당질-찰계통의 아밀로스 함량과 관련된 특성은 찰형질의 특성을 그대로 유지함을 확인할 수 있었다. 호응집성 특성은 화청벼와 화청분상

표 3-19. 특수품질이 결합된 찰벼계통의 무기성분 및 비타민 함량

계통	칼슘 mg	인 mg	철 mg	나트륨 mg	칼륨 mg	아연 mg	티아민 mg	리보플라빈 mg	나이아신 mg
화선찰벼	8.53	303	2.08	26.0	307	1.02	0.40	0.09	2.92
신선찰거대배	10.22	329	2.23	22.4	406	1.13	0.38	0.12	2.76
화선찰당질미	14.71	363	2.94	24.6	448	3.52	0.49	0.20	3.20
화선찰분상질	12.94	352	2.64	22.1	398	3.23	0.48	0.14	2.84

표 3-20. 찰-고당질, 찰-분상질 계통의 이화학적특성

계통	ADV(알칼리붕괴도)	아밀로스함량 (%)	호응집성 (gel length, mm)
	KOH 1.4%		
화청벼	5.8	19.1	58.5
화청 고당질	6.8	15.0	66.5
화청 분상질	7	15.4	52.5
화선찰벼	6	2.1	103.5
HP5461A1-5(찰, 분상질)	7	3.8	83.5
HP5461A1-6(찰, 분상질)	6.9	3.8	102.8
HP5464A1-3(찰, 고당질)	6.1	3.0	68.8
HP5464A1-4(찰, 고당질)	5.5	1.1	149.5

질계통이 medium 특성을 보였고, 화청분상질계통, 화선찰, 분상질-찰계통, 고당질-찰계통은 soft한 특성을 보였다.

### 7) 당함량

현미종자의 유리당함량은 표 3-21에서와 같이 화청벼가 2.6%로 나타났다. floury 유전자를 가지고 있는 화청분상질계통은 3.8%로 원품종보다 높았으나 유의성은 인정되지 않았다. floury 유전자와 waxy 유전자를 동시에 가지고 있는 분상질-찰계통은 6%로 원품종인 화청벼, 화선찰벼, 화청분상질계통보다 당함량이 증가

표 3-21. 분상질 찰, 고당질 찰계통의 유리당함량

	Glucose(%)	Sucrose(%)	Maltose(%)	Total(%)
화청벼	0.99	0.65	1.02	2.67
화청 고당질	2.65	0.93	2.48	5.98
화청 분상질	1.32	1.53	0.98	3.84
화선찰벼	1.26	0.52	2.18	3.98
HP5461A1-5(찰, 분상질)	1.79	2.37	1.98	6.15
HP5461A1-6(찰, 분상질)	1.75	1.84	2.49	6.08
HP5464A1-3(찰, 고당질)	2.97	2.66	3.60	9.27
HP5464A1-4(찰, 고당질)	3.10	2.69	4.25	10.12



표 3-22. 품종등록 유망계통

품종명	계통	특수품질
서농 4호	화청 M-23-206-8-3-B	중간찰(du-4)
서농 6호	화청(wx)M-508-6-1-1-1	찰벼+거대벼
서농 7호	HP4030(EM40/신선찰*2)-4-1-2-1-2-1	찰벼+거대벼

되었다. 옥수수에서 보고된 바와 같이 당함량을 증가시키는 sugary유전자를 가지고 있는 화청벼에서 유기된 고당질계통은 5.9%로 증가되었고, sugary유전자와 waxy유전자를 동시에 가지고 있는 고당질-찰계통은 9~10%로 많은 양의 증가를 보였다. 이들은 쌀전분 이용시 당질원료로 이용가치가 높을 것으로 생각되었다.

#### 5. 특수품질 찰벼 품종등록 신청

연구결과 중간찰 계통과 거대배 특성이 결합된 고세대 계통을 2000년 초에 품종등록 신청하였고, 2001년에는 중간찰 계통과 분질 특성이 결합된 고세대 계통을 품종등록 신청할 것이다. 표 3-22는 2000년에 품종등록 신청한 계통들이다.

#### 가. 서농 4호

##### 1) 생육관련 특성

서농 4호는 중부지방에서 8월 22일 경에 출수하는 중만생종으로서 원품종인 화청벼와 출수기가 거의 차이가 없다. 서농 4호의 간장은 95cm 정도의 중장간형으로 초장이 89cm 정도인 화청벼보다 약간 큰 편이다. 수장은 20cm 정도로 화청벼와 차이가 없고 이삭수도 15개 정도로 화청벼와 차이가 없다. 이삭당 립수 역시 원품종인 화청과 차이가 없었다. 현미의 립장이 원품종인 화청벼에 비해 약간 큰 편인 중립종에 속한다. 서농 4호는 중간찰벼인 까닭에 천립중은 22.7g으로 메벼인 화청벼보다 약간 낮았으며 정조수량 역시 화청벼에 비해 낮게 나왔다.

표 3-23. 서농4호의 생육관련 특성

	출수기	간장(cm)		수장(cm)		수수(No.)		수당립수(No)		천립중(g)		정조수량(kg/ha)	
		평균값	변이 계수	평균값	변이 계수	평균값	변이 계수	평균값	변이 계수	평균값	변이 계수	평균값	변이 계수
화청벼	8/24	89	2.6	19.4	4.4	15.3	12.3	93.8	5.6	23.1	0.8	657	8.9
<b>서농 4호</b>	8/22	95.6	2.0	20.9	3.7	15.5	13.7	91.2	6.0	22.7	0.7	583	7.1

### 2) 형태적 및 생태적 특성

서농 4호는 중만생종으로서 출수 후 30일 정도면 종자성숙이 완료된다. 초형은 반개방형이며 지엽자세는 반직립형으로 재배되는 일반 자포니카품종들과 유사하다. 잎과 줄기는 담록색으로 식물체와 종자에 안토시아닌 색소가 나타나지 않는다. 초장은 중장간형이며 수장은 20cm 정도이며 이삭의 추출도는 양호하며 탈립은 잘 안되는 편이다. 종자의 까락은 거의 없으며 현미의 외형은 중립종에 속한다. 서농 4호의 현미와 백미색은 불투명한 흰색으로 아밀로스함량이 4~5% 정도로 아주 낮은 중간찰벼다.

### 3) 성능관련 주요 특성

서농 4호는 다른 재배특성은 원품종인 화청벼와 아주 유사하나 품질특성이 전혀 다른 중간찰벼이다. 서농 4호는 아밀로스함량이 아주 낮아 찰벼에 가까운 특성을 보이면서도 기타 미질 특성은 찰벼와는 또 다른 특성을 보여주고 있는데 일반적으로 찰벼는 호응집성이 대체로 경질인 반면에 서농 4호의 호응집성은 아주 연질로 나타났다. 또한 아밀로그래프 조사결과 서농 4호는 중간찰벼로서

표 3-24. 서농4호의 종자 형태

품 종	벼알길이(mm)	벼알폭(mm)	현미길이(mm)	현미폭(mm)
화청벼	6.8	3.3	4.6	2.8
<b>서농 4호</b>	7.2	3.3	4.9	2.8

표 3-25. 서농4호의 미질특성

품종	아밀로스함량(%)	호응집성(mm)	알카리붕괴도(1.2%)	현미단백질(%)
화청벼	19.1	63.7	4.3	6.8
<b>서농 4호</b>	4.2	99.3	4.0	7.3
LSD .05	0.4	6.0	ns	ns

표 3-26. 서농4호의 아밀로그래프 특성

품종	아밀로그래프							
	호화개시 온도(°C)	최고호화 온도(°C)	최고점도 (RVU)*	최저점도 (RVU)	최종점도 (RVU)	강하점도 (RVU)	응집점도 (RVU)	치반점도 (RVU)
화청벼	68.2	94.7	414	151	268	264	118	-146
<b>서농 4호</b>	67.8	93.9	332	120	177	212	57	-155
LSD .05	ns	0.46	36.4	30	37.2	37.1	8	ns

찰벼와 메벼의 중간적인 특성을 나타내고 있었다. 서농 4호는 벼의 품질 다양화를 위해 개발된 것으로 아직까지 중간찰벼의 특성을 보이는 품종은 없으며 쌀의 새로운 가공특성 및 미질향상에 이용가능성이 높다.

## 나. 서농 6호

### 1) 생육관련 특성

서농 6호는 중부지방에서 8월 26일 경에 출수하는 중만생종으로서 대조품종인 화청벼와 출수기가 거의 차이가 없다. 서농 6호의 간장은 94cm 정도의 중장간형으로 초장이 89cm 정도인 화청벼보다 약간 큰 편이다. 수장은 20cm 정도로 화청벼와 차이가 없고 이삭수도 16개 정도로 화청벼와 차이가 없다. 이삭당 립수도 화청벼와 차이가 거의 없었고 현미의 립장과 립폭도 원품종인 화청벼와 차이가 없다. 그러나 서농 6호는 현미의 대부분이 배인 거대배찰벼인 까닭에 천립중은 18.9g으로 메벼인 화청벼보다 낮았으며 정조수량 역시 화청벼에 비해 낮게 나왔다.

표 3-27. 서농 6호의 생육관련 특성

	출수기	간장 (cm)		수장 (cm)		수수 (No.)		수당립수 (No)		천립중 (g)		정조수량 (kg/ha)	
		평균값	변이 계수	평균값	변이 계수	평균값	변이 계수	평균값	변이 계수	평균값	변이 계수	평균값	변이 계수
화청벼	8/24	89	2.6	19.4	4.4	15.3	12.3	93.8	5.6	23.1	0.8	657	8.9
<b>서농 6호</b>	8/26	94.2	2.9	20.1	4.0	16.2	13.4	94.4	8.0	18.9	1.9	476	7.6

### 2) 형태적 및 생태적 특성

서농 6호는 중만생종으로서 출수 후 30일 정도면 종자성숙이 완료된다. 초형은 반개방형이며 지엽자세는 반직립형으로 재배되는 일반 자포니카품종들과 유사하다. 잎과 줄기는 담록색으로 식물체와 종자에 안토시아닌 색소가 나타나지 않는다. 초장은 중장간형이며 수장은 20 cm 정도이며 이삭의 추출도는 양호하며 탈립은 잘 안되는 편이다. 종자의 까락은 거의 없으며 현미의 외형은 중단립종에 속한다. 서농 6호의 배유는 찰벼이며 배의 크기는 전체 현미크기의 1/3~1/2정도에 해당하는 아주 큰 거대배의 형태이다.

### 3) 성능관련 주요 특성

서농 6호는 다른 재배특성은 원품종인 화청벼와 아주 유사하나 품질특성이 전혀 다른 거대배찰벼이다. 서농 6호는 찰벼로 아밀로스함량이 아주 낮으며 현미의 단백질함량이 원품종인 화청벼보다 높았으며 서농 6호의 아미노산성분을 상대적으로 비교할 때 원품종에 비해 lysine과 serine의 비율이 크게 나타났다. 그리고 배만을 따로 떼어내 건조시킨 배의 무게가 대조품종인 화청벼보다 3배

표 3-28. 서농 6호의 종자형태

품종	벼알길이(mm)	벼알폭(mm)	현미길이(mm)	현미폭(mm)
화청벼	6.8	3.3	4.6	2.8
<b>서농 6호</b>	7.0	3.2	4.5	2.7

이상 무거웠다. 그리고 서농 6호의 현미의 지질함량은 원계통인 서농 1호(찰벼)보다 증가하였으며 서농 6호의 지방산 조성은 Oleic acid는 증가하고 Linoleic acid는 감소하였다. 서농 6호는 벼의 품질 다양화를 위해 개발된 것으로 아직까지 거대배의 특성을 보이는 품종은 없으며 배를 이용한 다양한 쌀의 새로운 가공특성 및 미질향상에 이용 가능성이 높다.

서농 6호의 가장 큰 특성은 배의 크기와 무게가 대조품종인 화청벼보다 무겁다는 것이다. 현미천립중은 비록 작지만 배의 천립중은 대조품종이 0.59g인 반면에 서농 6호는 1.9g으로 건조배의 천립중이 3배 이상 무겁고 양이 많아 배의 이용가능성이 아주 높다고 볼 수 있다. 그리고 서농 6호의 현미 단백질함량이 8.5%로 대조품종인 화청벼의 6.8%보다 높았다. 서농 6호의 아미노산 성분을 상대적으로 비교할 때 대조품종에 비해 serine과 lysine의 비율이 크게 증가하였다. 또한 서농 6호의 지질함량은 3.9%로 원계통인 서농 1호(찰벼)의 2.35%보다 증

표 3-29. 서농 6호의 단백질함량

품종	현미단백질(%)	건조배의 천립중(g)	현미 100g당 건조배의 무게(g)
화청벼(A)	6.8	0.59	3.3
<b>서농 6호(B)</b>	8.5	1.90	14.29

표 3-30. 서농6호의 아미노산 조성

Name	Ala	Arg	Asp	Glu	Gly	His	Ile	Leu	Lys	Met	NH <sub>3</sub>	Phe	Pro	Ser	Thr	Tyr	Val
화청	7.71	6.89	7.41	12.36	9.61	2.34	3.46	6.64	3.63	2.75	2.04	2.98	8.79	8.47	5.02	3.04	6.85
<b>서농 6호</b>	7.86	6.62	7.64	12.28	9.85	2.49	3.38	6.63	4.18	2.12	1.59	3.21	8.70	10.0	5.00	2.34	6.14

표 3-31. 서농 6호의 지질함량과 지방산 조성

Name	지질함량 (%/d.w.)	지방산 조성			
		Palmitic	Stearic	Oleic	Linoleic
서농 1호	2.35	20.64	1.7	38.7	38.96
<b>서농 6호</b>	3.90	21.22	2.67	42.16	33.95

가하였으며 지방산조성중 서농 6호는 서농 1호(찰벼)에 비해 상대적으로 Oleic acid는 증가하고 Linoleic acid는 감소하였다.

#### 다. 서농 7호

##### 1) 생육관련 특성

서농 7호는 중부지방에서 8월 12일 경에 출수하는 중생종으로서 대조품종인 화청벼보다 출수기가 빠르다. 서농 7호의 간장은 86cm 정도의 중간형으로 간장이 89cm 정도인 화청벼보다 약간 작은 편이다. 수장은 22cm 정도로 화청벼보다 긴 편이며 이삭수도 17개 정도로 화청벼와 거의 차이가 없다. 이삭당 립수는 화청벼와 차이가 거의 없었고 현미의 립장과 립폭은 대조품종인 화청벼보다 약간 컸다. 그러나 서농 7호는 현미의 대부분이 배인 거대배찰벼인 까닭에 천립중은 19.89g으로 메벼인 화청벼의 23.1g보다 낮았으며 정조수량 역시 화청벼에 비해 낮게 나왔다.

##### 2) 형태적 및 생태적특성

서농 7호는 중생종으로서 출수 후 30일 정도면 종자성숙이 완료된다. 초형은 반개방형이며 지엽자세는 반직립형으로 재배되는 일반 자포니카품종들과 유사하다. 잎과 줄기는 담록색으로 식물체와 종자에 안토시아닌 색소가 나타나지 않는다. 초장은 중장간형이며 수장은 22cm 정도이며 이삭의 추출도는 양호하며

표 3-32. 서농 7호의 생육관련 특성

	출수기	간장(cm)		수장(cm)		수수(No.)		수당립수(No)		천립중(g)		정조수량(kg/ha)	
		평균값	변이계수	평균값	변이계수	평균값	변이계수	평균값	변이계수	평균값	변이계수	평균값	변이계수
화청벼	8/24	89	2.6	19.4	4.4	15.3	12.3	93.8	5.6	23.1	0.8	657	8.9
<b>서농 7호</b>	8/12	86.6	2.9	22.1	4.4	17.1	13.	96.2	11.0	19.8	2.4	491	4.2

표 3-33. 서농 7호의 종자형태

품종	벼알길이(mm)	벼알폭(mm)	현미길이(mm)	현미폭(mm)
화청벼	6.8	3.3	4.6	2.8
<b>서농 7호</b>	7.4	3.4	5.0	2.9

탈립은 잘 안되는 편이다. 종자의 까락은 거의 없으며 현미의 외형은 중립종에 속한다. 서농 7호의 배유는 찰벼이며 배의 크기는 전체 현미크기의 1/3~1/2정도에 해당하는 아주 큰 거대배의 형태이다.

### 3) 성능관련 주요특성

서농 7호의 주요 특성은 품질특성으로서 다른 품종들과 전혀 다른 거대배찰벼이다. 서농 7호는 찰벼로 아밀로스함량이 아주 낮으며 현미의 단백질함량이 대조품종인 신선찰벼보다 높았으며 서농 7호의 아미노산성분을 상대적으로 비교할 때 대조품종인 신선찰에 비해 lysine의 비율이 크게 나타났다. 그리고 배만을 따로 떼어내 건조시킨 배의 무게가 대조품종인 신선찰벼보다 3배 이상 무거웠다. 그리고 서농 7호의 현미의 지질함량은 신선찰벼보다 증가하였으며 서농 7호의 지방산 조성은 Oleic acid는 증가하고 Linoleic acid는 감소하였다. 서농 7호는 벼의 품질 다양화를 위해 개발된 것으로 아직까지 거대배의 특성을 보이는 품종은 없으며 배를 이용한 다양한 쌀의 새로운 가공특성 및 미질향상에 이용가능성이 높다. 서농 7호의 가장 큰 특성은 배의 크기와 무게가 대조품종인 신선찰벼보다 무겁다는 것이다. 현미천립중은 비록 작지만 배의 천립중은 대조품종이 0.62g인 반면에 서농 7호는 2.0g으로 건조배의 천립중이 3배이상 무겁고 양이 많아 배의 이용가능성이 아주 높다고 볼 수 있다. 그리고 서농 7호의 현미 단백질함량이 10.1%로 대조품종인 신선찰의 7.1%보다 높았다. 서농 7호의 아미노산성분을 상대적으로 비교할 때 대조품종에 비해 lysine의 비율이 크게 증가하였다. 또한 서농 7호의 지질함량은 3.3%로 신선찰벼의 2.2%보다 증가하였으며 지방산 조성중 서농 7호는 신선찰벼에 비해 상대적으로 Oleic acid는 증

표 3-34. 서농 7호의 단백질함량

품종	현미단백질(%)	건조배의 천립중(g)	현미 100g당 건조배의 무게(g)
신선찰벼(A)	7.1	0.62	3.1
<b>서농7호(B)</b>	10.1	1.90	13.9

표 3-35. 서농 7호의 아미노산 조성

Name	Ala	Arg	Asp	Glu	Gly	His	Ile	Leu	Lys	Met	NH <sub>3</sub>	Phe	Pro	Ser	Thr	Tyr	Val
신선찰벼	7.51	6.53	7.53	14.15	9.59	2.46	3.25	6.69	3.68	2.02	1.62	3.24	8.51	10.02	4.70	3.04	6.85
<b>서농7호</b>	7.94	7.49	5.82	11.20	10.1	2.67	3.89	6.66	4.60	2.34	1.28	2.94	8.38	9.31	5.22	2.99	7.17

표 3-36. 서농7호의 지질함량과 지방산 조성

Name	지질함량 (%/d.w.)	지방산 조성			
		Palmitic	Stearic	Oleic	Linoleic
신선찰	2.18	19.54	1.55	36.45	42.46
<b>서농 7호</b>	3.32	18.79	2.71	42.09	36.41

가하고 Linoleic acid는 감소하였다.

## 제 4 절 결과 요약

1. 찰벼 품종들에 화학돌연변이제인 MNU(N-nitroso-N-methylurea)를 수정란에 처리하여 얻은 돌연변이 개체들을 선발, 육성하여 125계통의 품질변이체를 육성하였고, 새로운 거대배찰벼계통을 육성하였다.
2. 특수품질을 여교잡 방법으로 찰벼품종으로 이전하여 새로운 특수품질 찰벼계통들을 육성하였다.
3. 중간찰특성을 보이는 du-6 계통은 두 개의 서로 다른 독립적인 열성유전자가 동형접합일경우에 저아밀로스 배유특성이 나타남을 확인하였다. Du-7 계통은 한 개의 우성유전자에 의하여 지배되며, dull화분을 치사시켜 모본을 통해



서만 전달되는 것을 확인하였다.

4. 분상질, 고당질형질은 찰형질과 상위성이 없었고 찰형질이 중간찰에 상위성을 확인하였다.
5. 새로 탐색된 고단백돌연변이체 와 찰벼인 동삼성42의 고단백 유전자 대립성 검정을 한 결과 서로 다른 유전자를 보유하는 것으로 나타났고, 양 모본을 능가하는 고단백의 초월분리를 보였다. 고단백찰벼 계통들을 육성하였다.
6. 메벼에서 유기된 중간찰 및 찰벼 돌연변이 계통의 아밀로스함량은 7.0~10.4%로 찰벼와 메벼의 중간 정도였다.
7. 재래찰벼들 중 중국 동삼성에서 유래한 계통과 고당질 계통들의 단백질함량이 유의하게 높았다. 아미노산의 상대적 조성은 품종간 거의 유사하였지만 단백질함량이 높은 당질미계통들과 거대배계통들에서는 필수아미노산인 lysine 함량도 높은 것으로 나타나 고영양미로 이용할 수 있을 것으로 보였다.
8. 찰벼 거대배계통들은 지질함량이 원품종에 비해 월등히 높았다. 지방산조성에서는 거대배계통들에서는 스테아르산과 올레인산의 함량이 증가된 반면 리놀렌산의 함량은 크게 감소된 것으로 나타났다.
9. 찰형질에 분상질, 고당질, 거대배의 특수 품질이 도입된 경우 단백질함량이 증가됨을 확인하였다. 특수품질찰벼 계통의 단백질 함량은 9.0~10.3%이었다. 특히 분상질 찰계통(13350)이 가장 많은 단백질함량을 보였다.
10. 특수품질 찰계통은 3.61~6.30%로 지질함량이 높았다. 특수품질계통과 특수품질 찰계통의 지질함량은 큰 차이가 없었고 특수품질계통의 영향으로 특수품질 찰계통의 지질함량이 증가한 것으로 보인다.
11. 지방산 조성은 찰, 메, 특수품질, 특수품질 찰계통 모두 팔미틱산 17~20%, 올레익산 35~45%, 리놀레익산 31~39%, 스테릭산 5%이하, 리놀레닉산이 1% 정도의 조성이었으나, 13378(거대배 찰)계통은 리놀레닉산이 6%가 넘었다.
12. 일부 특수찰벼계통들은 보통의 찰벼에 비해 칼슘, 철분 등의 함량과 리보플라빈 함량이 높음을 알 수 있는데 이들은 고영양특수미로 이용될 수 있을 것으로 보였다.

13. 알칼리붕괴도(ADV)는 화청고당질계통과 고당질-찰계통은 화청과 화선찰과 비슷한 ADV를 보였고, 화청분상질계통과 분상질-찰계통은 높은 ADV를 보였다.
14. 호응집특성은 화청벼와 화청분상질계통은 medium한 특성을 보이고, 화선찰, 분상질-찰계통, 화청고당질계통, 고당질-찰계통은 soft한 특성을 보였다.
15. 분상질-찰계통과 고당질-찰계통의 아밀로스 함량은 1~3%로 나타났다. 분상질-찰계통과 고당질-찰계통의 아밀로스 함량과 관련된 특성은 찰형질의 특성을 그대로 유지되었다.
16. 고당질-찰계통 종자의 유리당 함량은 찰계통과 고당질계통보다 많은 9~10%로 증가하였다.
17. 연구결과 중간찰(du-4)계통과 거대배특성이 결합된 고세대계통을 품종등록 신청하였다.

## 제 5 절 참고문헌

1. Andrew, R. H. et.al. 1944 Some effects of the waxy and sugary genes on endosperm development in maize. *J. Agr. Res.* 69 : 355-371.
2. Asaoka, M., K. Okuno and H. Fuwa. 1985. Effect of enviromental temperature at the milky endosperm starches of rice *Agric. Biol. Chem.* 49 : 337-279.
3. Cagampang, G. B., C. M. Perez and B. O. Juliano. 1973. A gel consistency test for eating quality of rice. *J. sci. Food Agr.* 23 : 1589-1594.
4. Holder. D. G., D. V. Glove, and J. C. Shannon. 1974. Interaction of Shrunken-2 and sugary-1 in Dosage series in corn endosperm. *Crop Sci.* 14 : 647-649.
5. Douglas C. Doehlert and Tsung Min Kuo. 1994. Gene Expression in Developing kernels of endosperm mutants of maize. *Plant Cell Physiol.*

- 35(3) : 411-418.
6. George W. Singletary, Roshie Banisadr, and Peter L. Keeling. 1997. Influence of gene dosage on carbohydrate synthesis and enzymatic activities in endosperm of starch-deficient mutants of maize. *Plant Physiol.* 113 : 293-304.
  7. 조은경, 변우량, 김성곤, 유주현. 1980. 쌀의 수화 및 취반특성에 관한 속도론적 연구. *한국식품과학지* 12(4) : 285-291.
  8. 허문희, 최용진. 1975. 알카리붕괴도 검정을 위한 최적조건에 대하여. *한국작물학회지* 19 : 7-13.
  9. 허문희, 문헌팔. 1974. 수도 고단백질 계통육성을 위한 기초적 연구. 단일 및 고온 처리가 쌀의 Amylose 및 단백질 함량에 미치는 영향. *한국작물학회지* 15 : 129-133.
  10. 허문희, 박순직. 1976. 쌀 배유 amylose함량에 미치는 wx인자의 dosage 효과. base color의 isogenic line 을 이용한 교배종자의 amylose함량. *한국육종학회지* 8(1) : 48-54.
  11. 허문희, 박순직. 1976. 쌀 배유 amylose함량에 미치는 wx인자의 dosage 효과. 응성불임을 이용한 교배종자의 amylose함량. *서울대 농학연구* 1(1) : 39-46.
  12. 허문희, 박순직. 1979. 쌀 배유 Alkali붕괴성의 변이. *한국작물학회지* 24(3) : 1-6.
  13. 허문희, 박순직. 1979. 쌀 배유 Alkali붕괴성의 유전. 高低 Alkali붕괴조합에서 잡종종자의 Alkali 붕괴성의 표현과 그 유전분석. *한국육종학회지* 11(3) : 196-200
  14. 허문희, 박순직. 1990. 쌀 용도의 다양화 육종전략. 90 수입 개방 대책. *작물시험장*.
  15. 허문희, 서학수, 김광호, 박순직, 문헌팔. 1976. 미립내 단백질과 Amylose함량 및 Alkali붕괴성의 환경에 따른 변이. *서울대학교 농학연구* 1(1) : 21-37.

16. 허문희, 서학수. 1975. 수도 고단백 계통육성을 위한 기초적 연구. 미립내 단  
백질과 Amylose함량의 재배시기 및 연차에 따른 변이. 한국작물학회지 20 :  
142-147.
17. IRRI. 1983. Grain quality. Annual report for 1981. IRRI. Philippines. pp.  
21-34.
18. Ikeno, S. 1914. Uber die Bestauberg die Bestardierung von Ries. Zeit  
Pflanzen. 2 : 495-503.
19. Jennings, P. R., W. R. Coffman, and H. E. Kauffman. 1979. Grain quality.  
Rice improvement. IRRI. Los Banos : 101-120.
20. Juliano, B. O., 1979. The chemical basis of rice grain quality Proceedings  
of the workshop on chemical aspects of rice grain quality: IRRI. Los  
Bonas, Philippines : pp.251-260
21. Juliano, B. O., Amylose analysis in rice Proceedings of the workshop on  
chemical aspects of rice grain quality: IRRI. Los Bonas, Philippines : pp.  
69-90.
22. Juliano, B. O., 1985. Criteria and tests for rice grain quality rice :  
Chemistri and Technology. AACC : 443-524
23. 김광호, 허문희, 이장훈, 고희중. 1993. 특수 가공용 미질개발 : 분상질배유들  
연변이 계통의 이화학적특성과 유전. 한국작물학회지. 38(3) : 264-274
24. 김광호, 성낙춘, 김기준, 고희중. 1993. 주요 전분작물의 유전분석과 고품질변  
이체 탐색 및 활용 연구. 농업논문집(92 농업산학협동) 35 : 23-32.
25. 김광호, 채제천, 임무상, 조수연, 박래경. 1988. 쌀 품질의 연구현황, 문제점  
및 방향. 한국작물학회지(품질연구 1호) : 1-17.
26. 김광호, 허문희, 박순직, 고희중. 1991. 새로운 미립질 돌연변이 창출. 한국작  
물학회지 31(3):197-203
27. 김광호, 이현석. 1990. 한국 벼품종의 쌀 gel consistency. 한국육종학회지 21  
(4) : 275-282.

28. 고희중, 차건완, 허문희. 1997.벼에서 저아밀로스 배유 돌연변이체의 유전과 몇가지 이화학적 특성. 한국육종학회지. 29(3) : 368-375.
29. Kazutoshi Okuno. 1978. Gene dosage of waxy alleles on amylose content in endosperm starch of rice. Japan. J. Genetics 53(3) : 219-222.
30. Kinoshita, T. 1991. Report of the committee on gene symbolization, nomenclature and linkage groups. RGN 8 : 2
31. 고희중, 허문희. 1992.미립 절대농도의 품종간 변이 및 몇가지 미립형질과의 관계. 한국작물학회지 37(3) : 244-248.
32. Kramer, H. H., et. al. 1958. Gene interactions in maize effecting endosperm properties. agron. J. 50 : 207-210.
33. Little, R. R., G. B. Hilder and E. H. Dawson. 1958. Differentiated effect of dilute alkali on 25 varieties of milled white rice. Cereal chem. 35 : 111-126
34. Maekawa, K. 1985 Location of a floury endosperm gene in second linkage group. RGN 2 : 57-58.
35. Matsuo, T., M. Yano, et. al. 1986. Location of gene shr-1 on chromosome 3. RGN 3 : 61-62.
36. 문헌팔, 허문희. 1975. 수도 고단백질 계통육성을 위한 기초적연구. 파종기 및 수잉기가 쌀의 Amylose 및 단백질 함량에 미치는 영향. 한국작물학회지 19(1) : 14-20.
37. 농촌진흥청. 1993. 쌀 소비증대를 위한 식미향상과 신소재 개발. 종합보고서.
38. Okuno, K., 1976. A low amylose mutant of rice. Div. Genet. Natl. Inst. Agric. Sci. (Japan) Annu. Rep. 1 : 28-29.
39. Okuno, K., H. Fuwa and M. Yano. 1983. A new mutant gene lowering amylose content in endosperm starch of rice. Jpn. J. Breed. 33 : 387-394.
40. Omura, T. and H.Satoh., 1984. Mutation of grain properties in rice. Biology of rice, Japan Sci. Press. Tokyo/Elsevier. Amsterdam. pp. 239-303

41. 박선희, 조은자, 김성곤. 1987. 일반벼(천마벼)와 다수계(가야벼)쌀의 조리특성. 한국식품과학회지 16(2) : 69-74.
42. Perez, C. M. 1979. Gel consistency and viscosity of rice. Proceedings of workshop on chemical aspects of rice grain quality. IRRI, Los.Bonas, Phililppines: pp. 293-302.
43. R.G. Creach. 1965. Genetic control of carbohydrate synthesis in maize endosperm. Genetics 52 : 1175-1186
44. R.G. Creach. and F. J. Mcardle. 1966. Application of biochemical genetics in quality improvement and plant nutrition. Qual. plant Mat. veget. 13 : 86-97
45. Satoh, H. and T. Omura. 1986. Mutagenesis in rice by treatment of fertilized egg cell with N-methyl-N-nitrosourea in rice. J. Fac Agr. kyushu Univ. 24:165-174.
46. Satoh, H. and T. Omura. 1986. Mutagenesis in rice by treating fertilized egg cell with nitroso comounds in rice. Genetic, pp. 707-717. IRRI, Manira, Philippiness
47. Satoh, H. and T. Omura. 1984. Endosperm mutant of rice induced by N-methyl-N-nitrosourea treatment of fertilized egg cells. RGN 4:113-114
48. Satoh, H. and E.Amano. 1987. Gene symbols for endosperm traits. RGN. \$ :38-41.
49. Satoh, H. and N. Iwata. 1990. Linkage analysis in rice on three mutant loci for endosperm properties, ge, du-4 and flo-1. Jpn. J. Breed.40(supple 2) : 268-269.
50. Satoh, H. and T. Omura. 1981. New endosperm mutations by introduced by chemical mutagens in rice. Japan J. Breed 31(3) : 316-326.
51. 손영희. 1981 수도 잡종배유의 Amylose 함량과 Alkali불괴성의 유전현상 및 그들의 상호관계. 서울대 석사학위논문.

52. Venkateswarlu, B., F. T. Parao and B. S. Vergara. 1987. Occurrence of good and high density grains on rice panicles. SABRAO J. 19(1) : 1-6.
53. Vergara, B. S., B. Venkateswarlu., M. Janoria, J. K. Ahn, J. K. Kim and R. M. Visperas. 1990. Rational for presented at the Intern. Rice Res. Conf. 27-31 Aug. 1990. Seoul, Korea. P. 17.
54. Yano, M., Satoh, H. and T. Omura. 1988. Linkage analysis of gene du-1 for low amylose. RGN 5 : 84-85.
55. Yano, M., K. Okuno. Satoh, H. and T. Omura. 1988. Chromosomal location of genes conditioning low amylose content of endosperm starch in rice. Theor. Appl. Gent. 76 : 183-189.

## 제 4 장 찰벼 미립형태 및 물리성 다양화 소재개발

### 제 1 절 서 언

찰쌀을 포함한 쌀은 주식인 밥을 짓는데 이용되기 때문에 어느 지역에서 재배하고 있는 품종 쌀의 외관과 배유의 물리·화학적 성질은 단순하기 마련이다. 우리 나라에서는 쌀을 밥 짓는 용도 이외로 약주·탁주·청주·소주 등 술 제조에 이용하여 왔거나, 식혜, 유과, 강정, 엿, 그리고 각종 떡을 제조하는데 이용하여 왔다. 그러나 이들 전통식품을 가공할 때에도 맵쌀인 밥쌀의 일부 또는 소량의 찰쌀을 이용하였기 때문에 가공식품의 종류나 품질 고급화에 제한을 받을 수밖에 없었다.

한편 우리 나라 국민의 경제수준 향상과 함께 식생활 양상이 변하면서 쌀 가공제품으로 과자, 국수, 죽, 음료수, 가공 밥 및 떡 등이 대량 생산 및 유통되고 있어 쌀 가공품에도 큰 변화가 일어나고 있다. 또 대부분의 국민이 건강에 큰 관심을 가지고 음식을 선택하기 때문에 건강 기능성 물질이 함유된 쌀을 이용한 간편한 식사 대응품 또는 가공품 등의 개발이 활발해지고 있는 추세이다. 쌀의 가공식품은 그 종류에 따라서 원료 쌀의 이화학적 특성이 완전히 달라야 하기 때문에 쌀의 가공적성이란 그 내용이 매우 복잡하다.

그러나 세계 각국에서 수집한 벼 유전자원은 쌀알의 크기와 모양, 향취, 색깔 등의 외관적 특성과 배유전분의 아밀로스/아밀로펙틴 비율, 단백질 함량과 그 조성, 지방질 및 기타 생리활성물질 등의 이화학적 특성에서 변이가 매우 크다. 따라서 이와 같은 쌀의 외관과 내용성분의 다양성을 적당히 이용하여 재배품종의 다양성을 추구한다면 앞으로 훨씬 다양하고 질이 좋아진 쌀 가공식품을 생산하여 쌀의 부가가치를 높일 수 있을 것이다.

찰쌀 전분에는 아밀로스가 없거나 아주 적기 때문에 아밀로스 함량이 15%이



상인 취반용 멥쌀과는 전분의 호화특성과 기타 이화학적 성질이 매우 다르다. 전통 음식인 각종 떡, 유과, 식혜, 미숫가루 등과 최근의 가공품인 쌀과자, 샐러드 드레싱, 청량음료 및 청주제조에는 찹쌀이 멥쌀보다 더 좋은 이유가 기본적으로 찹쌀과 멥쌀간 전분특성의 차이 때문인 것이다. 찰벼 내에서도 쌀의 이화학적 성질에 차이가 있어 통일형 찰벼가 자포니카 찰벼에 비하여 배유전분의 물 결합능력, 광투과도, 팽윤력, 아밀로그래프 특성, 고유점도, 가열점도, 알칼리 호화점도, 호화개시온도 및 전분 gel의 노화도가 더 높다는 것이 보고된 바 있다.

그 동안 밥을 짓는 주식량으로서 밥 이외의 다른 용도에 대하여 별 신경을 쓸 필요가 없었던 쌀의 용도가 다양해지기 시작한 시점에서 쌀 가공을 위한 쌀알의 물리·화학적 특성의 다양화 연구가 반드시 필요한 일이라 할 수 있다. 특히 고급 쌀 가공식품 제조에 사용되어 왔던 찹쌀의 가공적성에 대한 연구가 아주 미미하였기 때문에 이 분야에 대한 연구는 큰 뜻을 갖는다고 볼 수 있다. 본 연구에서는 찰벼의 외관인 미립형태와 전분의 특성인 물리적 성질의 다양화를 위하여 지난 5년 동안 육종·유전·가공 실험을 다양하게 수행하였다. 이 연구를 통하여 개발·완료된 일부 재료는 곧 실용화가 되겠지만, 아직도 육성단계에 있는 많은 재료는 앞으로 계속 연구재료로 사용될 것이다.

## 제 2 절 연구내용 및 방법

### 1. 찰벼 유전자원의 호화특성검정

지금까지는 주로 쌀의 식미 또는 가공관련 메 전분의 이화학적 성질이나 찰 전분의 특성 및 가공적성에 대한 연구가 이루어져 왔으나, 다양한 찰벼 품종에 대하여 배유전분의 호화양상에 의한 품종군 분류 등은 거의 보고된 바가 없다. 본 연구에서는 찰벼품종의 식미 또는 가공적성에 관련된 형질의 변이 정도를 구명코자 111개의 찰벼품종을 재료로 쌀의 호화특성을 조사하였으며, 이에 근거한 품종군 분류를 시도하였다.

### 가. 실험재료 및 재배법

본 연구에 사용한 찰벼 111품종을 경기도 여주군 가남면 소재 건국대학교 실습농장에서 재배하였다. 1996년 5월 4일에 파종하여 6월 1일에 재식거리 30×15 cm에 주당 1본씩 이앙하였다. 재배시의 시비량은 N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O = 11-7-8kg/ 10a 수준으로 하였으며, 질소는 기비와 2회의 추비, 인산은 전량 기비, 그리고 칼리는 기비와 1회 추비로 각각 사용하였다. 기타 재배관리는 중부지방의 관행법을 따랐다.

포장에 재배한 찰벼품종에 대해서 출수기를 조사하였으며, 품종의 원산지, 교배친 및 입형에 따라 자포니카형, 인디카형 및 통일형으로 구분하였다. 본 연구에 공시한 찰벼의 품종명과 출수기 및 입형 조사결과는 표 4-1과 같다.

### 나. 조사항목 및 방법

1996년에 재배한 찰벼품종에 대하여 쌀가루의 호화점도특성, 알칼리붕괴도, 호응집성을 조사하였다. 각 항목별 조사방법은 다음과 같다.

#### 1) 쌀가루의 호화점도특성

백미를 100mesh의 쌀가루로 만든 다음 24시간 50℃의 건조기에 건조시킨 후 3g을 평량하여 sample can에 증류수 25ml와 함께 넣어 잘 섞은 후 신속점도측정계(Rapid visco analyzer)를 이용하여 호화개시온도, 최고점도(Peak: P), 최저점도(Hot: H), 최종점도(Cool: C)를 조사하였다. 신속점도측정계로 조사한 성적에 근거하여 강하점도(Breakdown: P-H), 치반점도(Setback: C-P) 및 응집점도(Consistency: C-H) 및 강하점도율(Breakdown ratio: H/P), 치반점도율(Setback ratio: C/P) 및 응집점도율(Consistency ratio: C/H)을 구하였다.

#### 2) 알칼리붕괴도(ADV)

KOH 1.4%와 1.7% 용액 8ml에 각각 백미(완전미) 6립을 침지한 후 30℃ 항온기에서 23시간 경과시킨 후, 쌀알이 붕괴된 정도에 따라 Little 등<sup>25)</sup>이 제시한

표 4-1. 실험재료 찰벼 품종의 출수기와 생태형

번호	품종	출수기	생태형	번호	품종	출수기	생태형	번호	품종	출수기	생태형
1	Sangnambatbyeo	Aug. 6	J	38	Nagabe 2	Aug.11	I	75	Sanhyeongdaem	July 31	J
2	Shinseonchalbyeo	Aug.14	J	39	Daejodo	Aug.22	J	76	Seosanna	Aug.11	J
3	Jinbuchalbyeo	Aug. 3	J	40	Mujudo	Aug.19	J	77	55061-6-6-2-2-2	Aug. 6	I
4	Nonglimna 1	Aug. 7	J	41	Sukna	Aug.25	J	78	WX126-12-12-18	Aug. 1	T
5	Daeripchalbyeo	Aug.15	T	42	Sulsuljo	Aug.20	J	79	WX185-29-1-3-3	Aug.18	T
6	Soripchalbyeo	Aug.16	J	43	Jangjo	Aug.10	J	80	WX185-29-1-3-3	Aug. 8	T
7	Hwaseonchalbyeo	Aug.15	J	44	Jeokdo	Aug.13	J	81	WX205-13-1-5-1	Aug. 2	T
8	Tatsumimochi	July 31	J	45	Jodo	Aug.12	J	82	WX207-2-9-5-3	Aug.10	T
9	Suweon 357	Aug. 9	J	46	Jinhwa	Aug.23	J	83	WX208-7-1-1-3	Aug.13	T
10	Baegunchalbyeo	Aug. 3	J	47	Hwanghaedo	July 29	J	84	WX195-22-11-6-2	Aug. 8	T
11	IR-3941-4-plp28	Aug. 6	I	48	Hangangchalbyeo	Aug.19	T	85	WX199-35-5-3-1	Aug.18	T
12	Daegoldo(chal)	Aug. 5	J	49	Cal.mochi	Aug. 4	J	86	S,290-1-2-2-2	Aug.21	T
13	Gujungdo(chal)	July 29	J	50	Baekmang	Aug.18	J	87	WX134-2-10-3-2	Aug.17	T
14	EM 21(chal)	Aug.25	J	51	Baongok	Aug. 8	J	88	WX209-29-12-2-3	Aug. 4	T
15	Gujungdo(colored)	July 29	J	52	Buldo	July 29	J	89	WX209-29-7-2-1	Aug. 8	T
16	Nokdudo	Aug.15	J	53	Jeonjudo	Aug.11	J	90	WX216-10-5-1-3	Aug.21	T
17	Daigolmochi	Aug.18	J	54	Daeguna	Aug.15	J	91	WX223-9-9-6-1	July 31	T
18	Daegoldo	Aug. 4	J	55	Kangweonna	Aug.10	J	92	WX221-4-11-4-2	Aug.18	T
19	Danchalbyeo	Aug. 8	J	56	Gawichal	Aug. 1	J	93	HP301-8-13-16-1	Aug.15	T
20	Baekna	Aug.12	J	57	Keumdo	Aug. 3	J	94	WX219-3-5-5-2	Aug.18	T
21	Yangdo	Aug.20	J	58	Ggaebyeo	Aug.13	J	95	HP320-1-3-3-2	Aug.12	T
22	Yongcheon	Aug.13	J	59	Guju	Aug. 1	J	96	HP309-8-1-3-2	Aug.13	T
23	Inbujinado	Aug.12	J	60	Heukbal	Aug.15	J	97	Ishiokamochi 7	Aug.10	J
24	Janrubyeo	Aug.15	J	61	Hochokjindo	Aug.21	J	98	Ishiokamochi 11	Aug.12	J
25	Jangjo	Aug.13	J	62	Homina	Aug.11	J	99	Ishiokamochi 15	Aug.10	J
26	Jeokna	Aug.15	J	63	Hongdodo	Aug.22	J	100	Ishiokamochi 20	Aug.13	J
27	Jeokdo	Aug.10	J	64	Inbujido	Aug.16	J	101	Mangetsumochi	Aug.18	J
28	Jindo	Aug.20	J	65	Jeokbukna	Aug.12	J	102	Tatsumimochi	Aug. 7	J
								103	Taichung Sen	Aug.27	I
29	Chanarak(A)	Aug.20	J	66	Jeokjo	Aug.14	J		glutinous 2		
								104	Kamuimochi	July 19	J
30	Chanarak	Aug.20	J	67	Joshindo	Aug.11	J	105	Tannemochi	July 20	J
31	Chalbyeo	Aug. 8	J	68	Kim-ir-seni	Aug. 3	J	106	Wonsanchal	Aug. 11	J
32	Hongjeong	Aug. 7	J	69	Kokionzindo	Aug.23	J	107	Hangangchalbyeo	Aug. 11	T
33	Heukgaeng	Aug.19	J	70	Manajo	Aug.10	J	108	Calmochi	Aug. 11	J
34	Samnambatbeyo	Aug. 4	J	71	Monggeunchalnar	Aug.16	J	109	Mokjeom 3	Aug. 30	J
35	Sanghaehyanghyeolla	Aug.20	I	72	Naengdo	Aug.18	J	110	Taichung Sen	Aug. 18	I
36	SX864	Aug.11	I	73	Namseon 212	Aug.19	J		glutinous 1		
37	HungTsan	Aug.13	I	74	Sangdo	Aug.13	J	111	IR29	Aug. 23	I

주 - J : 자포니카, T : 통일형, I : 인디카

평가기준을 참고하여 1~7 등급으로 구분하여 조사하였다.

### 3) 호응집성

Cagampong 등<sup>2)</sup>의 방법을 참고하여 100mesh의 쌀가루 140mg을 시험관에 넣고 95%의 ethyl alcohol 0.2ml를 넣어 고루 적신 후 0.2N-NaOH 2ml와 0.025% thymol blue액을 넣고 쇠구슬로 시험관을 막는다. Vortex mixer를 이용하여 혼합한 다음, 100°C의 끓는 물에서 8분간 호화시킨다. 호화 후 30°C 항온기에서 5분간 식힌 후 4°C 냉장고에서 20분 및 24시간 냉장시켰으며, 냉장시킨 시험관을 수평이 맞춰진 유리판 위에 눕혀놓고 30°C 항온에서 60분 동안 흘러간 gel 길이를 조사하였다.

## 2. 찰벼 미립형태 · 물리성 다양화소재 육성

찰벼 미립형태 및 물리성 다양화 소재개발 연구는 인공교배에 의하여 유전변이를 작성한 후 유전분리집단에서 세대별로 개체 또는 계통별 특성을 검정하여 선발하는 방법을 적용하였다. 따라서 본 연구에서는 지난 5년 동안 인공교배(단교배 및 여교배), F<sub>1</sub> 개체양성(겨울철 세대축진 포함), F<sub>2</sub>~F<sub>9</sub>까지의 잡종집단 및 계통재배, 실험포장 및 실내 특성검정을 통한 개체 및 계통선발, 선발계통의 생산력검정시험 등의 실험을 수행하였다.

### 가. 인공교배

본 연구에서 개발할 전략적 신소재로는 현미색이 적색인 찰벼(적색찰)와 쌀에서 향기가 나는 찰벼(향미찰)로 정했고, 기타 소립찰벼, 흑색찰벼, 황금색찰벼, 왕겨가 메끄러운(glabrous) 찰벼, 대유관속수가 많은 찰벼 등의 개발도 목표로하여 유전변이집단을 작성, 연구재료로 사용하였다. 신소재로 개발코자하는 특성을 가진 유전자원을 주로 메벼에서 선발하여 일반 찰벼품종과 절영법에 의하여 인공교배하였다. 메벼를 반복친으로 한 여교배(BC<sub>2</sub> 및 BC<sub>3</sub>)시에는 수잉기에 F<sub>1</sub> 식물체의 화분을 검경하여 찰벼 화분이 분리되고 있는 개체를 선발하여

교배시켰다.

#### 나. F<sub>1</sub> 식물 양성

성숙한 교배종자는 수확 후 고온휴면타파 후 보관하였으며, 그 중 일부는 매년 11월 중에 세대축진 온실에 파종하여 육묘한 후 포트에 이식, 이듬해 봄까지 재배하므로써 겨울동안에 한 세대를 진전시켰다. 세대축진을 하지 않은 교배조합의 교배종자는 이듬해 봄 비닐하우스에 파종·육묘 후 F<sub>2</sub> 이후 잡종집단을 이식할 때 교배친과 함께 포장에 포기당 1본씩 이식하여 재배하였다.

#### 다. F<sub>2</sub> 이후 잡종집단 및 계통육성

인공교배에 의하여 만들어진 유전변이를 포장조건에서 발현시켜 세대를 진전시키면서 유용 신소재를 선발할 목적으로 실험재료인 찰벼 유전분리집단(F<sub>2</sub>~F<sub>4</sub>) 및 계통(F<sub>3</sub>~F<sub>9</sub>)을 재배하였다. 경기도 여주군 가남면 소재 건국대학교 실습농장에 매년 4월 하순에 실험재료 종자를 파종하여 비닐못자리에서 육묘한 후, 5월 하순에 30 × 15 cm 재식 거리로 포기당 1본씩 이양하였다. 실험포장에 대한 시비량은 질소, 인산, 칼리비료를 성분량으로 11-7-8kg/10a 수준으로 고정하였다. 질소는 기비와 2회의 추비(분얼비 및 수비)로 나누어 주었고, 인산은 전량기비로 그리고 칼리는 기비와 수비로 나누어 사용하였다. 기타 재배관리는 중부지방 벼농사 관행방법에 준하였다.

포장에서는 주로 출수기, 초형 및 잡종집단별 선발목표가 되는 형태적 특성에 근거하여 개체 또는 계통을 선발하였다. 포장에서 선발된 개체 및 계통은 실내에서 찰벼만을 골라 교배조합별 선발목표에 따라 친립중, 현미과피색, 쌀의 방향성 유무, 알칼리붕괴도 등 쌀의 이화학적 특성을 조사하여 다음 세대의 실험재료 선발자료로 이용하였다.

#### 라. 고세대계통의 생산력검정예비시험

현미색이 적색인 찰벼계통(진부찰벼/자광도 조합의 F<sub>7</sub>~F<sub>9</sub> 계통), 쌀에서 향

기가 나는 향미찰 계통(진부찰벼/향미, 진부찰벼/미야카오리 조합의 F<sub>6</sub>~F<sub>8</sub> 계통), 그리고 취반 및 호화특성이 우수한 찰벼계통(진부찰벼/사사니시키 조합의 F<sub>6</sub>~F<sub>8</sub> 계통) 중 형태적으로 고정된 계통을 선발하여 생산력검정예비시험 재료로 사용하였다. 본 연구 2차년도인 1997년부터 해마다 4월 25일 전후에 파종하여 비닐못자리에서 30여일 동안 육묘한 후 5월 25일 전후에 포장에 이식하였다. 재식거리는 30 × 15cm, 주당재식묘수를 3본으로 하여, 계통당 5열씩, 2반복, 난괴법으로 이앙하였다. 시비량과 물관리 등 재배방법은 잡종집단 및 계통육성에서 언급한 것과 동일하다.

실험포장에서는 계통별 출수기, 도복 및 병 발생정도, 성숙기의 간장, 수장, 주당수수를 10주씩 조사하였고, 이삭당 영화수, 등숙비율 및 천립중은 계통마다 3주씩 수확하여 실내에서 조사하였다. 수량조사를 위하여 성숙기에 계통마다 36주씩 수확하여 탈곡·건조·조제 후 정조중을 평량하였다.

### 3. 찰벼에 도입코자 한 특수형질의 유전분석

#### 가. 중간찰/찰 교배조합에서 메, 찰, 중간찰의 분리양상

본 실험은 저아밀로스를 나타내는 *du-6*, *Du-7* 유전자를 가진 변이체를 각각 선발하여 이것과 진부찰벼를 교배하고 잡종집단에서 분리된 메, dull, 찰 배유에 대한 몇가지 미질 관련 형질을 조사, 비교하고자 실시하였다.

저아밀로스 유전자 *du-6*, *Du-7*을 가진 변이체와 진부찰을 교배하여 얻은 F<sub>2</sub>에서 메, dull, 찰을 분리하여 F<sub>3</sub>에서 메, dull, 찰 3개의 집단을 만들었다. 이 집단들은 1996년 5월 4일에 파종하였고 6월 1일에 재식거리 30×15cm 1주1본씩 이앙하였다. 시비량은 N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O = 11-7-8kg/10a 수준으로 하였으며 기타 재배관리는 중부지방 관행 재배법을 따랐다. 이로부터 수확한 개체별 F<sub>4</sub> 종자를 육안으로 메, dull, 찰을 구별하여 아밀로스 함량과 알칼리붕괴도를 조사하였고, 메, dull, 찰 각각 homo인 개체를 선발하여 F<sub>4</sub> 집단을 만들었다. F<sub>4</sub> 집단은 1997년 5월 3일에 파종하여 6월 6일 1주1본씩 이앙하였으며 기타 재배법은 전해와

동일하게 하였다. 수확한 F<sub>5</sub> 종자는 역시 달관관정으로 메, dull, 찰을 확인하였으며 진부찰/du-6 조합에 대해 단백질함량과 호화점도 특성을 조사하였다.

아밀로스 함량은 Juliano(1979)의 방법을 이용하여 UV-vis spectrophotometer (UV-1201, Shimadzu, Japan)를 통해 600nm에서 흡광도를 측정하고 이 수치로 순수 아밀로스로 작성된 표준곡선에 대입하여 아밀로스 함량(%)을 구하였다. 알칼리붕괴도는 KOH 1.4% 용액 8ml가 들어있는 petri-dish에 완전한 백미 6립을 서로 붙지 않게 침지하여 30°C 항온기에서 23시간 경과시킨 후, 쌀알의 붕괴 정도를 Little (1958)의 방법에 따라 1~7등급으로 구분하여 조사하였다. 단백질 함량은 micro-kjeldahl법(Heu et al. 1976)에 의한 질소 분석으로 질소 함량(N)을 정량하고 이 질소 함량에 쌀의 질소계수 5.95를 곱하여 계산하였다.

호화점도 특성은 Rapid visco analyzer를 이용하여 50°C에서부터 호화를 시작하여 95°C까지 상승시킨 후 50°C로 다시 냉각시키면서 호화개시온도, 최고점도(Peak: P), 최저점도(Hot: H), 최종점도(Cool: C)를 조사하였고 이 성적에 근거하여 강하점도(Breakdown: P-H), 치반점도(Setback: P-C) 및 응집점도(Consistency: C-H)를 구하였다.

#### 나. 찰벼에 도입된 高대유관속수의 유전분리와 선발효율

본 연구는 재래종 찰벼인 인부지나도(Japonica type)를 이용하여 교배한 조합을 대상으로 F<sub>2</sub>집단에서 개체별 이삭목의 대유관속수, 1차 지경수, 이삭목 굵기의 분리양상을 알아보고, 이삭 특성간 상호관계를 구명하며, 대유관속수의 선발효율을 알아보고자 간장 85cm이하와 대유관속수 14개 이상인 개체를 선발한 후 F<sub>3</sub>에서 후대검정을 실시하였다.

이 실험은 1998년부터 1999년까지 경기도 여주의 건국대학교 농업생명과학대학 실습농장과 육종학 실험실에서 수행하였다. F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub> 및 F<sub>3</sub>에서의 유관속수와 몇 가지 이삭 특성의 분리 양상을 조사하기 위하여 안산/인부지나도, 익산 427호/인부지나도, 익산 428호/인부지나도의 잡종 제1세대(F<sub>1</sub>)와 잡종 제2세대(F<sub>2</sub>) 그리고, 익산 427호/인부지나도 조합의 잡종 제3세대(F<sub>3</sub>) 집단을 공시하였다.

잡종 제3세대(F<sub>3</sub>) 집단은 F<sub>2</sub>에서 대유관속 수 14개 이상이며, 간장 85cm이하인 개체선발을 한 후에 종자를 혼합한 집단과 F<sub>2</sub>에서 선발하지 않고 세대만 진전시킨 집단으로 나누어 이삭줄기의 대유관속 수와 이삭 특성의 분포를 비교하였다.

안산/인부지나도, 익산 427호/인부지나도, 익산 428호/인부지나도 조합의 F<sub>1</sub> 식물체와 익산 427호/인부지나도 조합의 F<sub>2</sub> 집단은 1998년 4월 23일에 파종하여 5월 23일에, 그리고 안산/인부지나도, 익산 428호/인부지나도 조합의 F<sub>2</sub> 집단과 익산 427호/인부지나도 조합의 F<sub>3</sub> 집단은 1999년 4월 24일에 파종하여 5월 29일에 재식거리 30×15cm로 1주 1본씩 손이앙 하였다. F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub> 및 F<sub>3</sub> 재배시의 시비량은 N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O=11-7-8 kg/10a 수준으로 하였으며 기타 재배관리는 중부지방 관행 재배법에 준하여 재배하였다.

1998년에 재배한 실험재료 F<sub>1</sub>과 F<sub>2</sub>식물체에 대해서는 간장, 수장, 대유관속 수, 소유관속 수, 1차 지경수, 이삭당 영화수, 이삭목 지름, 현미 100립중을 개체별로 조사하였으며, 1999년에 재배한 F<sub>2</sub> 및 F<sub>3</sub> 식물체들에 대해서도 1998년과 동일하게 조사하였다. 출수기 조사는 포기당 경수의 40~50%가 출수한 날을 기준으로 하였으며, 공시한 개체의 간장, 수장, 유관속 수, 1차 지경수, 이삭당 영화수, 이삭목 지름을 출수 후 30일경에, 그리고 현미 100립중은 출수 후 45일경 수확을 하여 조사하였다. 벼의 유관속 수와 1차 지경수 및 이삭당 영화수, 그리고 현미 100립중의 조사방법은 다음과 같다.

각 조합 당 개체별로 출수 후 30일경에 주간을 대상으로 이삭목으로부터 아래로 1cm 길이의 절간 부분을 조사시료로 채취하였다. 유관속의 발달상태를 조사하기 위하여 채취한 표본을 FAA 고정액 [에틸알콜(95%) : 초산 : 포르말데히드(37~40%) : 증류수 = 50 : 5 : 10 : 35] 에 24시간 침지하여 고정하였다. 유관속을 가능한 한 손상되지 않도록 하면서 절간조직 내부의 대유관속과 소유관속(유관속의 형태를 완전하게 갖춘 것을 대상으로 함)을 관찰하기 위하여 표본으로 채취한 절간을 예리한 칼을 이용하여 횡으로 절단한 후 프레파라트를 제작하여 광학 현미경하에서 유관속 수를 조사한 후 사진촬영을 하였다.



포장 근락에서 수확한 개체들에 대하여 출수 후 30일경 주간을 대상으로 1차 지경수와 이삭당 영화수, 이삭목 지름을 조사했으며, 이삭목 지름은 vernier caliper를 이용하여 측정하였다. 출수 후 45일경 개체별로 수확했으며, 종실의 크기를 알아보기 위해 등숙립을 선별하여 현미 100립중을 조사하였다.

#### 4. 찰벼 품종의 가공적성 평가 - 제6장에 기술함.

### 제 3 절 연구결과

#### 1. 찰벼 유전자원의 호화특성검정

##### 가. 쌀가루의 호화특성

본 연구에서 실험재료로 사용한 찰벼 111품종은 자포니카형 71품종, 인디카형 18품종 그리고 통일형 22품종으로 구성되어 있다. 신속점도측정계로 조사한 품종별 쌀가루의 호화점도특성을 생태형이 다른 품종군 별로 평균하여 비교한 것이 표 4-2이다. 쌀전분의 호화와 관련된 10개의 형질 중 응집점도율을 제외한 9개의 형질에서 품종군 평균치간 차이가 인정되었고, 품종간 변이계수도 15%이

표 4-2. 찰벼 품종의 생태형에 따른 쌀의 호화점도특성 변이

생태형	품종수	호화 개시 온도 (°C)	점도 (RVU)						Break- down ratio (%)	Set- back ratio (%)	Consi- stency ratio (%)
			최고	최저	최종	Break- down	Set- back	Consi- stency			
자포니카	71	68.9	194.7	61.7	80.6	133.0	-114.1	18.9	0.317	0.415	1.316
인디카	18	69.7	255.9	91.1	122.2	164.8	-133.8	31.1	0.351	0.470	1.345
통일형	22	68.1	318.2	111.7	148.0	206.5	-170.3	36.2	0.352	0.466	1.332
평균		68.9	229.1	76.4	100.7	152.7	-128.4	24.3	0.330	0.434	1.324
CV(%)		3.5	15.9	28.5	27.1	19.4	22.7	30.5	26.4	24.6	4.2
LSD(5%)		1.3	20.1	11.9	15.0	16.3	16.1	4.1	0.048	0.059	0.030

상의 수치를 보여 찹쌀 호화점도 특성이 품종간 차이가 있음을 확인할 수 있었다.

호화개시온도는 인디카형이 높았으며, 호화과정에서 나타나는 최고점도, 최저점도 및 최종점도는 통일형 품종의 평균값이 가장 높았고 인디카형은 중간, 그리고 자포니카형 품종이 가장 낮았다. 또 강하점도(최고점도-최저점도)와 응집점도(최종점도-최저점도)에서도 통일형 품종이 가장 높았고 자포니카형 품종이 가장 낮았으며, 치반점도(최종점도-최고점도)는 통일형이 가장 낮았고 자포니카형이 가장 높았다. 한편 강하점도율(최저점도/최고점도), 치반점도율(최종점도/최고점도) 및 응집점도율(최종점도/최저점도)에서는 모두 자포니카형 품종의 평균값이 가장 낮았다.

이를 종합해 보면, 자포니카 품종이 인디카형 및 통일형 품종보다 호화과정에서 점도가 낮다고 할 수 있는데 이는 임 등(1995)과 김 등(1995)의 보고에서 찹벼품종 중 통일형 품종인 한강찰벼의 최고점도가 자포니카형 품종이 신선찰벼 및 진부찰벼보다 높다는 결과, 그리고 김 등(1990)이 통일형 품종의 최고점도가 자포니카형 품종보다 높다고 보고한 내용과 같은 경향을 나타냈다.

공시한 111개 찹벼품종의 알칼리붕괴도를 KOH 농도별, 품종군별로 정리한 표 4-3인데 KOH 1.4%와 1.7% 모두에서 인디카형이 가장 낮았고 자포니카형과 통일형 품종은 비슷한 정도의 붕괴도를 나타냈다. 한편 서로 다른 KOH 농도에서의 알칼리붕괴도 차이는 통일형 품종이 가장 큰 수치를 보여 KOH의 높은 농

표 4-3. 찹벼 품종의 생태형에 따른 쌀의 알칼리붕괴도(ADV) 및 호응집성 변이

생태형	품종수	ADV (1~7)			Gel length (mm)		
		KOH 1.4%(A)	1.7%(B)	B-A	20 min. <sup>a</sup> (C)	24 hr. <sup>b</sup> (D)	D-C
자포니카	71	3.6	5.4	1.8	68.8	72.1	3.3
인디카	18	3.2	5.0	1.8	66.2	66.8	0.6
통일형	22	3.6	5.5	2.0	70.1	73.0	3.0
평균		3.5	5.4	1.8	68.7	71.7	2.9
CV(%)		15.7	14.8	36.7	7.8	9.4	242.3
LSD(5%)		0.1	0.2	0.2	2.3	2.9	3.1

주 : <sup>a</sup> 와 <sup>b</sup> 는 각각 호화 후 냉각시간.

도에 대한 붕괴반응은 통일형이 가장 민감하였음을 알 수 있었다.

쌀알의 알칼리붕괴도는 쌀전분의 호화온도를 간접적으로 측정할 수 있는 지표형질로서 붕괴도값이 낮으면 호화온도가 상대적으로 높음을 뜻한다. 인디카형 품종의 알칼리붕괴도가 가장 낮았음은(표 4-3) 인디카형 품종의 호화개시온도가 가장 높았다는 표 4-2의 내용과 잘 일치하는 결과라 볼 수 있다. 쌀알의 알칼리붕괴도의 품종간 변이는 찰벼가 메벼보다 작은 것이 일반적인 현상이나 본 연구에서는 품종간 변이계수가 15% 내외가 되어 비교적 큰 변이를 보였고, 특히 서로 다른 KOH 농도간 붕괴도 차이 값의 변이계수는 37%나 되어 그 변이가 매우 컸다. 이처럼 KOH 농도간 붕괴도 차이 값의 품종간 변이가 큰 것이 무엇을 뜻하는지는 앞으로 밝혀야 할 과제이다.

찰벼품종의 호응집성은 대부분이 gel길이가 60mm이상으로 그 성질이 연질(soft)에 속하기 때문에 크게 보면 품종간 차이가 없다고 할 수 있다. 따라서 본 실험에서는 호화 후 4°C에서 24시간 냉각시킨 후의 gel길이를 추가로 조사하였으며 냉각시간을 달리했을 때 두 조건간 gel길이의 차이에서 품종간 변이가 어떻게 나타나는가를 조사하였다.

공시한 111개 찰벼품종의 호응집성을 호화 후 냉각시간별, 품종군별로 정리한 결과를 보면(표 4-3) gel길이에서는 품종간 변이계수가 냉각시간에 관계없이 10% 미만이어서 품종변이가 작은 편이었으나, 24시간 냉각 후의 gel길이와 20분 냉각 후의 gel길이의 차이는 변이계수가 대단히 커서 품종변이가 아주 크다는 것을 보여주었다. 또 품종군별 평균 gel길이는 20분 냉각 및 24시간 냉각에서 모두 인디카형이 가장 짧았고 자포니카형과 통일형간에는 차이가 인정되지 않았다.

찰쌀가루 호응집성의 품종변이가 적은 것은 지금까지의 보고와 일치하지만 호화 후 4°C에서 냉각시켜 노화를 어느 정도 진행시킨 후의 gel길이에서도 품종변이가 크지 않다는 것은 흥미있는 결과이다. 그러나 냉각시간 24시간과 20분간 gel길이의 차이는 품종에 따라서 +10mm에서 -10mm사이에서 큰 변이를 보였는데 반하여, 품종군간 평균치는 차이가 인정되지 않아 관심을 끌었다. 즉 24시간 냉각과 20분 냉각간 gel길이의 차이는 쌀가루 호화특성의 일종인 호응집성과

그 의미가 다르다는 것을 뜻하는데 24시간 냉각시킨 것은 어느정도 노화가 진행된 후의 gel길이이므로 이것이 찹쌀의 노화도와 관계가 있을 것으로 생각하지만 이를 확인하기 위한 별도의 실험을 계속할 예정이다.

#### 나. 쌀가루 호화특성에 의한 품종군 분류

본 연구에서 사용한 111개 찹벼품종 각각의 신속점도측정계에 의하여 조사한 호화개시온도, 최고점도, 최저점도, 최종점도, 강하점도율, 치반점도율 및 응집점도율 등 7개 형질을 이용하여 품종군을 나누고자 cluster분석을 실시하였다.

분석결과 얻어진 dendrogram(그림 4-1)에 의하면 유한계수 0.25에서는 2개의 품종군, 유한계수 0.20을 기준으로 하면 3개의 품종군, 그리고 유한계수 0.15를 기준으로 하면 6개의 품종군으로 나눌 수 있었다. 그래서, 유한계수 0.20을 기준으로 하여 공시품종을 I, II, III군으로 나눈 후 유한계수 0.15에서 분류를 시도한 결과 각 품종군이 다시 2군으로 나뉘었기 때문에 전 공시품종을 I-A, I-B, II-A, II-B, III-A, III-B의 6군으로 나누었다.

쌀가루의 호화점도 특성에 근거하여 분류한 6개 품종군에 속하는 품종과 이들의 출수기 범위를 표 4-4에 나타냈다. I-A군에는 상남발벼 등 24품종이 속하는데 이들은 대부분 자포니카형 조생품종이며, I-B군은 단찰벼 등 32품종으로 구성되어 있는데 이들은 입형으로 보아 모두 인디카형이거나 통일형 품종이었고 출수기 분포는 다양하였다. II-A군에는 T. mochi 등 8품종, II-B군에는 Kamuimochi 등 3품종이 각각 속하는데 이들은 7월중에 출수하는 극조생종과 캘리포니아주에서 육성한 Calmochi가 포함된 자포니카 품종이다. 한편, III-A군은 18품종, 그리고 III-B군은 28품종을 각각 포함하고 있는데 이들은 대부분 자포니카형 중생종 또는 중만생종에 해당되었다.

이와 같은 결과를 종합하면 찹벼품종 쌀가루 호화점도특성에 의한 품종군 분류는 첫째, 자포니카형의 경우 출수기의 영향을 크게 받았고, 둘째 생태형에 따른 품종군, 즉 자포니카형과 인디카형 및 통일형으로 구분하는 것과 밀접한 관계가 있다고 할 수 있다. 표 4-4에서 인디카형과 통일형 품종이 동일한 품종군

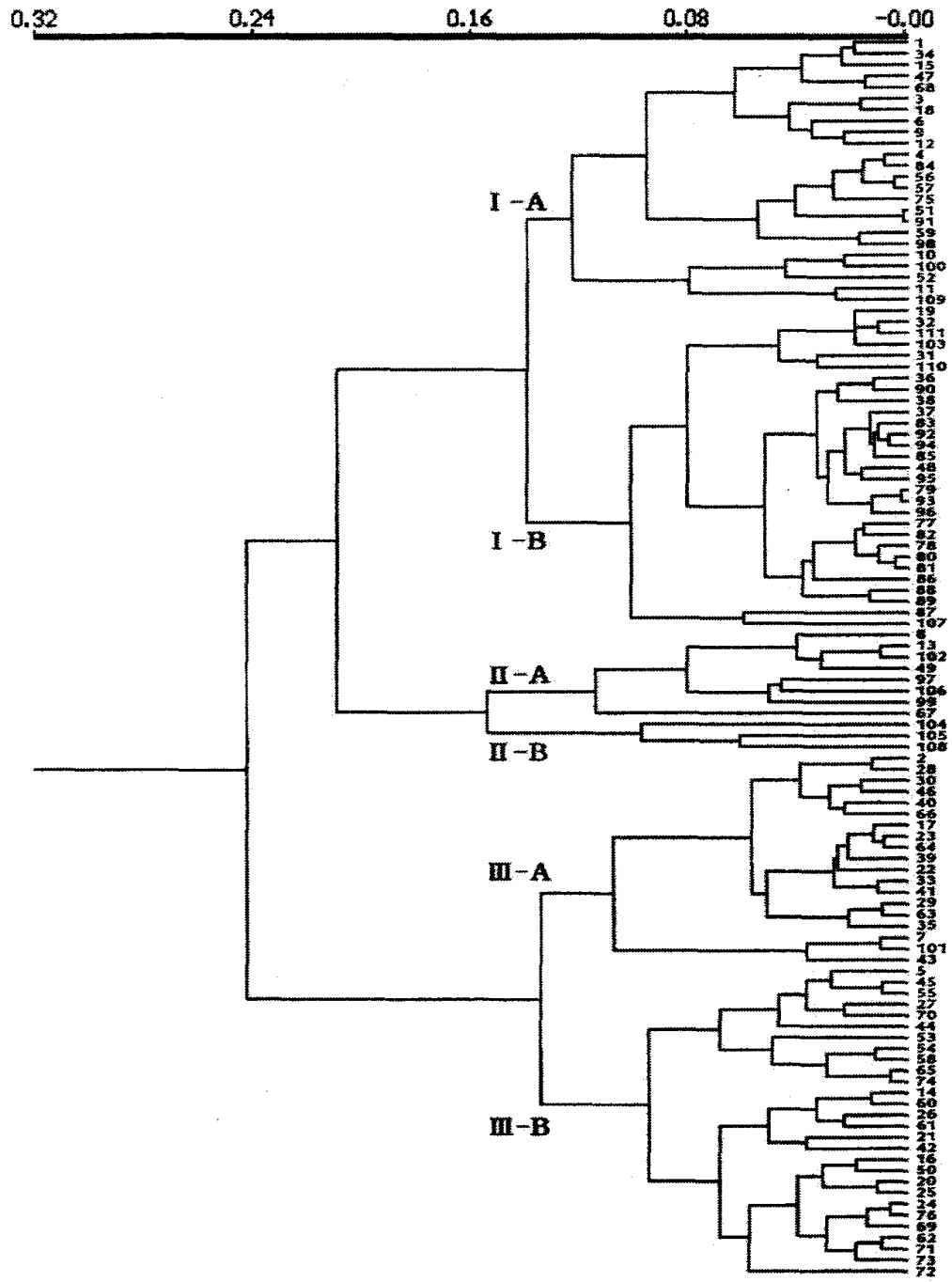


그림 4-1. 찰벼 품종 쌀의 호화점도특성에 의한 cluster분석

에 속하였음은 흥미있는 결과라 생각된다.

표 4-4. Cluster 분석법으로 분류한 6개 품종군과 각각에 해당하는 찰벼 품종번호

품종군	품종수	품종번호 (생태형)	출수기 범위
I-A	24	1(J), 3(J), 4(J), 6(J), 9(J), 10(J), 11(I), 12(J), 15(J), 18(J) 34(J), 47(J), 51(J), 52(J), 56(J), 57(J), 59(J), 68(J), 75(J) 84(T), 91(T), 98(J), 100(J), 109(J)	July 29~ Aug. 9 <sup>a</sup>
I-B	29	19(J), 31(J), 32(J), 36(I), 37(I), 38(I), 48(T), 77(I), 78(T), 79(T) 80(T), 81(T), 82(T), 83(T), 85(T), 86(T), 87(T), 88(T), 89(T), 90(T) 92(T), 93(T), 94(T), 95(T), 96(T), 103(I), 107(T), 110(I), 111(I)	Aug. 1~ Aug. 27
II-A	8	8(J), 13(J), 49(J), 67(J), 97(J), 99(J), 102(J), 106(J)	July 29~ Aug. 11
II-B	3	104(J), 105(J), 108(J)	July 19~ Aug. 11
III-A	19	2(J), 7(J), 17(J), 22(J), 23(J), 28(J), 29(J), 30(J), 33(J), 35(I) 39(J), 40(J), 41(J), 43(J), 46(J), 63(J), 64(J), 66(J), 101(J)	Aug. 10~ Aug. 23 <sup>b</sup>
III-B	28	5(T), 14(J), 16(J), 20(J), 21(J), 24(J), 25(J), 26(J), 27(J), 42(J) 44(J), 45(J), 50(J), 53(J), 54(J), 55(J), 58(J), 60(J), 61(J) 62(J), 65(J), 69(J), 70(J), 71(J), 72(J), 73(J), 74(J), 76(J)	Aug. 10~ Aug. 25

주 - <sup>a</sup> : 4품종은(no. 6, 98, 100 and 109) 8월 10일 이후 출수.

<sup>b</sup> : 41번 품종의 출수기는 8월 25일임.

#### 다. 품종군별 쌀의 호화특성

그림 4-1의 dendrogram에 의하여 분류한 품종군(표 4-4 참조)의 신속점도측정계상의 쌀가루 호화점도특성을 비교한 것이 표 4-5이다. 호화개시온도는 I-B, III-A, III-B군이 I-A, II-A, II-B군보다 낮았으며, II-B군이 가장 높아 자포니카형 조생품종이 중생 및 중만생종 그리고 인디카형 및 통일형 품종보다 호화개시온도가 높았음을 알 수 있다. 쌀가루 호화과정 중의 점도를 보면 주로 자포니카형 중생 및 중만생종 품종으로 구성된 III-A군이 최고점도, 최저점도, 최종점도, 응집점도, 강하점도율 및 치반점도율에서 가장 낮은 값을 보였는데, 이 품종군이 자포니카형 중생 및 중만생종 품종으로 구성된 III-B군과 호화특성의 차이가 분명하여 관심을 끌었다. 인디카형 및 통일형 품종만으로 구성된 I

표 4-5. 찰벼 6개 품종군의 호화점도특성 비교

품종군	품종수	호화 개시 온도 (°C)	점도 (RVU)						Break- down ratio (%)	Set- back ratio (%)	Consi- stency ratio (%)
			최고	최저	최종	Break- down	Set- back	Consi- stency			
I-A	24	71.0	225.9	97.5	127.0	128.3	-98.8	29.5	0.432	0.562	1.300
I-B	29	68.4	310.0	107.0	142.6	203.0	-167.4	35.6	0.346	0.461	1.339
II-A	8	71.6	156.9	60.1	78.1	96.8	-78.8	18.0	0.382	0.497	1.302
II-B	3	73.9	146.0	73.0	93.3	73.0	-52.7	20.3	0.500	0.639	1.278
III-A	19	67.3	169.4	36.7	50.1	132.6	-119.3	13.3	0.217	0.296	1.365
III-B	28	67.5	218.1	58.4	76.3	159.7	-141.8	17.9	0.268	0.350	1.312
평균		68.9	229.1	76.4	100.7	152.7	-128.4	24.3	0.330	0.434	1.324
LSD(5%)		1.6	26.9	12.1	15.0	19.3	16.9	5.4	0.032	0.037	0.050

-B 군은 최고점도, 최저점도, 최종점도, 강하점도 및 응집점도에서 가장 높은 값을 보여 자포니카형과 차이를 보였다.

한편 자포니카형 조생품종으로 구성된 I-A군의 점도특성이 중생 및 중만생종인 III-A 또는 III-B군과 차이가 있어 등숙환경이 찰벼 쌀가루의 호화점도특성에 영향을 미치는 것으로 판단하였다. 또 II-A 및 II-B군에는 자포니카형 극

표 4-6. 찰벼 6개 품종군의 알칼리붕괴도 및 호응집성 비교

품종군	품종수	ADV (1~7)			Gel length (mm)		
		KOH 1.4%(A)	1.7%(B)	B-A	20 min. <sup>a</sup> (C)	24 hr. <sup>b</sup> (D)	D-C
I-A	24	3.4	4.7	1.6	69.2	70.2	1.0
I-B	29	3.5	5.5	2.0	69.1	71.5	2.4
II-A	8	3.2	4.9	1.6	67.8	70.6	2.8
II-B	3	3.3	4.2	0.9	65.5	70.0	3.5
III-A	19	3.8	5.7	1.9	68.6	75.3	6.6
III-B	28	3.7	5.7	2.0	68.5	71.7	3.2
평균		3.6	5.4	1.8	68.7	71.7	2.9
LSD(0.05)		0.5	0.3	0.3	5.1	6.3	6.5

주 : <sup>a</sup>와 <sup>b</sup>는 각각 호화 후 냉각시간

조생품종이 포함되어 있기 때문이라기 보다는 해당 품종들의 고유 특성에 의하여 다른 품종군과 점도 차이가 나는 것으로 판단하였다.

이를 종합하면 자포니카형 품종군의 최고, 최저, 최종점도가 인디카형 및 통일형 품종군보다 낮고, 자포니카형 중에서는 중생 및 중만생 품종군이 조생품종군보다 호화과정에서의 점도가 낮으며, 자포니카형 중생 및 중만생종 중에서는 각종 점도가 아주 낮은 품종군을 나눌 수 있었다.

신속점도측정계로 측정한 찹쌀가루의 호화특성에 근거하여 분류한 6품종군의 알칼리붕괴도 평균값과 쌀가루의 호응집성에 대한 품종군간 차이를 나타낸 것이 표 4-6이다. KOH 1.4%와 1.7% 용액에서의 알칼리붕괴도 값은 I-A, II-A 및 II-B군이 낮은 편에 속했고, III-A, III-B군은 높은 편에 속했다. 그리고 KOH 농도가 1.4%에서 1.7%로 높아짐에 따른 붕괴반응은 I-B, III-A, III-B군이 더 예민하였다. 알칼리붕괴도는 쌀전분의 호화온도를 나타내는 형질이므로 표 4-5의 호화개시온도와 관련시켜 보면 그 경향이 대체적으로 일치하고 있음을 알 수 있다. 메벼의 경우 조생종이 중만생종보다 알칼리붕괴도가 낮은 것이 일반적인 현상인데 표 4-6의 결과도 조생종인 I-A군이 중생 및 중만생종인 III-A, III-B군보다 낮은 값을 보여 메벼에서와 같은 경향을 보였다.

쌀가루의 호응집성에 대한 품종군 간 차이를 보면(표 4-6) gel 길이의 평균수치는 20분 냉각에서는 I-A군이, 24시간 냉각에서는 III-A군이 가장 길었으며, 그 차이값도 III-A군이 가장 컸으나 품종군간 유의차가 인정되지 않았다. 따라서 신속점도측정계로 측정한 찹쌀가루의 호화특성은 호응집성과 관계가 적은 것으로 판단하였다.

## 2. 찰벼 미립형태 · 물리성 다양화소재 육성

### 가. 인공교배 및 F<sub>1</sub> 식물체 양성

본 연구과제가 수행된 지난 5년간(1995. 12~2000. 12) 찰벼 미립형태 또는 찹쌀의 물리성 다양화 소재개발을 위해서 작성한 인공교배 조합수는 총 107조합



표 4-7. 찰벼 미립형태 및 물리성 다양화를 위하여 작성한 인공교배조합 수 및 양성한 F<sub>1</sub> 식물체의 조합 수

연 도	1996	1997	1998	1999	2000
인공교배, 조합수	18 조합	23	17	26	23
F <sub>1</sub> 식물양성, 조합수	3 조합	18	23	17	26

이었고, 동계세대축진재배를 포함하여 양성한 F<sub>1</sub> 식물체는 총 87교배조합이었다 (표 4-7). 찰벼 신소재 개발을 위한 인공교배는 1996년부터 본격적으로 시작되었으며 크게 단교배와 여교배 조합으로 나눌 수 있다. 단교배 조합의 주요목표는 다수성 흑미찰, 다수성 고기능성찰, 적미·방향성찰, 흑미·방향성찰, 흑미·거대배찰, 향미·거대배찰 등이었고 특수형질의 유전분석 또는 선발효율 구명을 위한 교배조합도 포함되었다.

여교배 조합의 목표는 배유의 찰성 source가 크게 다른 7종의 통일형 찰벼계통을 이용하여 찰벼의 미립형태와 배유의 물리성변이를 작성코자 하는 것이었다. 교배친으로 사용한 계통들의 찰성 source는 국제미작연구소에서 육성한 인디카형 미립찰 IR833과 IR933, 일본에서 육성한 일본형 찰 오우모찌와 히꼬타로 모찌, 한국의 재래종 찰인 쪽제비찰, 그리고 필리핀의 재래종 찰 Malaguit Sina-guing과 Malaguit Sungsong 등이었다. 교배친으로 사용한 계통은 위의 찰벼에 통일형 메벼계통을 5회 이상 여교배시켜 육성한 통일형 찰벼계통이고 본 연구에서는 이들 통일형 찰벼에 자포니카 품종인 진미벼와 통일형 품종인 다산벼를 교배시킨 후 진미벼와 다산벼를 반복친으로 각각 3회까지 여교배시킨 집단을 육성하였다. 본 연구의 최종연도인 2000년 여름에는 단교배 조합의 F<sub>3</sub> 집단, 1회 여교배한 BC<sub>1</sub>F<sub>3</sub> 집단, 2회 여교배한 BC<sub>2</sub>F<sub>2</sub> 집단, 3회 여교배한 BC<sub>3</sub>F<sub>1</sub> 집단이 동시에 재배되었고, 이들 중에서 미립의 형태 및 물리성이 특이한 다양한 신소재 선발이 기대되고 있다.

그 동안 양성한 F<sub>1</sub> 식물체의 재배목적도 인공교배에서의 동일한 목표를 가진 것이었으며, 포장에서 F<sub>1</sub>을 양성하면서 교배여부를 판정한 후 다음 세대에서의 유전변이체 분리를 위하여 F<sub>2</sub> 종자를 채종하는 과정을 거치는 내용이었다.

## 나. F<sub>2</sub>이후 잡종집단 및 계통육성

미립의 외관과 형태 또는 배유의 이화학적 특성이 유전적으로 분리되고 있는 F<sub>2</sub> 이후의 잡종집단 및 계통은 연구기간동안 매년 재배되어 개체별, 집단별 또는 계통별 특성이 조사되었다. 인공교배를 통하여 작성된 유전변이는 잡종세대가 진전되면서 초형, 간장 및 출수기가 우리 나라 중부지방의 벼농사에 적당하고 교배조합별 선발목표에 합당한 개체 또는 계통만 남게되며 대부분의 형질이 점차 유전적으로 고정되는 과정을 거치게 된다.

표 4-8에서 보면 본 연구가 본격적으로 시작된 1996년에는 찰벼관련 잡종집단 또는 계통이 F<sub>5</sub>까지만 이용되었는데, 연구의 마지막 해인 2000년에는 F<sub>9</sub>계통까지 이용하게 되어 찰벼 신소재 개발이 다양하게 이루어 졌음을 볼 수 있다. 매년 새로 작성된 잡종분리집단이 연구재료로 편입되면서 기존의 잡종집단 및 계통은 해마다 평가를 거쳐 선발된 후 후대검정을 하게된 것이다. 잡종집단 또는 계통에 대한 평가는 교배조합별로 포장 및 실내검정을 거쳐 실시한 후 개체선발을 한다.

예를 들면 1998년에 F<sub>2</sub>집단으로 함께 재배한 4개의 교배조합(수원 415호/진부찰벼, 익산 427호/녹두도, 안산벼/인부지나도, 익산 427호/가위찰)은 각각의 선발목표가 완전히 달랐기 때문에 개체별로 수확한 후 실내에서 서로 다른 특성을 조사하여 선발하였음을 표 4-9에서 볼 수 있다. 수원415호/진부찰벼는 교배친 중 수원415호가 가지고 있는 현미 종피의 높은 안토시아닌 함량을 찰벼에 도입코자 하였기 때문에 C3G함량에 근거한 선발을 하였고, 익산 427호/녹두도 조합은 녹두도의 특이한 호화점도특성을 가진 초형이 개량된 흑미찰 선발이 목표였기 때문에 조사한 여러 가지 특성을 모두 고려한 개체선발을 수행하였다. 안산벼/인부지나도 조합에서는 교배친인 인부지나도와 같이 1차 지경수가 많지만 간장은 짧아진 찰벼 개체가 선발되었고, 익산 427호/가위찰 조합에서는 생리활성이 높은 개체의 선발가능성을 확인하기 위한 개체 선발을 수행한 것이다.

위와 같은 방법으로 선발·육성된 된 신소재들의 대부분은 본 연구가 종료된

표 4-8. 연구기간 중 육성한 F<sub>2</sub> 이후 잡종집단 및 계통과 주요선발목표

연도	교배조합	세대	선발목표
1996	진부찰벼/잔다다기 외 3조합 시가다가보/진부찰벼 외 9조합 진부찰벼/미야카오리 외 6조합 진부찰벼/자광도	F <sub>2</sub>	입중 변이, 배유의 물리성 변이
		F <sub>3</sub>	현미색, 배유의 물리성 변이
		F <sub>4</sub>	미립의 방향성, 배유의 물리성 변이
		F <sub>5</sub>	미립형태, 현미색
1997	M201/진부찰벼 외 2조합 진부찰벼/다다조 외 3조합 진부찰벼/CI9013 외 8조합 진부찰벼/향미 외 5조합 진부찰벼/자광도	F <sub>2</sub>	미립형태, Glabrous 찰
		F <sub>3</sub>	입중 변이, 배유의 물리성 변이
		F <sub>4</sub>	미립형태, 배유의 물리성 변이
		F <sub>5</sub>	미립의 방향성, 배유의 물리성 변이
		F <sub>6</sub>	미립형태, 현미색
1998	익산 427호/인부지나도 외 4조합 M201/진부찰벼 외 2조합 진부찰벼/잔다다기 외 3조합 진부찰벼/CI9013 외 8조합 진부찰벼/미야카오리 외 3조합 진부찰벼/자광도	F <sub>2</sub>	이삭목 굵기, 현미색
		F <sub>3</sub>	미립형태, Glabrous 찰
		F <sub>4</sub>	입중 및 형태 변이, 배유의 물리성 변이
		F <sub>5</sub>	미립형태, 배유의 물리성 변이, 현미색
		F <sub>6</sub>	미립의 방향성, 배유의 물리성 변이
		F <sub>7</sub>	미립형태, 현미색
		F <sub>8</sub>	미립형태, 배유의 물리성 변이
1999	진미벼/wx185-29-1... 외 25조합 익산 427호/인부지나도 외 2조합 M201/진부찰벼 외 2조합 진부찰벼/잔다다기 외 2조합 진부찰벼/CI9013 외 8조합 진부찰벼/미야카오리 외 3조합 진부찰벼/자광도	F <sub>2</sub>	미립형태, 배유의 물리성 변이
		F <sub>3</sub>	이삭목 굵기, 현미색
		F <sub>4</sub>	미립형태, Glabrous 찰
		F <sub>5</sub>	입중 및 형태 변이, 배유의 물리성 변이
		F <sub>6</sub>	미립형태, 배유의 물리성 변이, 현미색
		F <sub>7</sub>	미립의 방향성, 배유의 물리성 변이
		F <sub>8</sub>	미립형태, 현미색
		F <sub>9</sub>	미립형태, 배유의 물리성 변이
2000	아랑향찰/충북흑미 외 11조합 진미벼/wx185-29-1... 외 13조합 흑남벼/녹두도 외 2조합 M201/진부찰벼 외 2조합 진부찰벼/잔다다기 외 2조합 진부찰벼/CI9013외 7조합 진부찰벼/미야카오리 외 1조합 진부찰벼/자광도	F <sub>2</sub>	현미색, 미립의 방향성
		F <sub>3</sub>	미립형태, 배유의 물리성 변이
		F <sub>4</sub>	현미색, 배유의 물리성 변이
		F <sub>5</sub>	미립형태, Glabrous 찰
		F <sub>6</sub>	입중 및 형태 변이, 배유의 물리성 변이
		F <sub>7</sub>	미립형태, 배유의 물리성 변이, 현미색
		F <sub>8</sub>	미립의 방향성, 배유의 물리성 변이
		F <sub>9</sub>	미립형태, 현미색
		F <sub>10</sub>	미립형태, 배유의 물리성 변이

이후에도 계속 평가되어야 실용화될 수 있다. 본 연구의 마지막 해인 2000년 실

표 4-9. 교배조합별 F<sub>2</sub>개체의 선발기준 - 1998년의 예

교배조합	조사 개체수	선발 개체수	선발기준
수원415호/진부찰벼	243	99	안토시아닌(C3G) 함량으로 3집단(흡광도 0.501이상인 18개체군, 흡광도 0.051~0.50인 55개체군, 흡광도 0.008 ~0.05인 26개체군)으로 나눔.
익산 427호/녹두도	248	29	homo찰 개체 중 8월30일 이전에 출수하고, 간장 85cm이하이며, 현미색은 흑자이고, 쌀가루 호화 특성 중 setback 값이 -100이하인 개체
안산벼/인부지나도	250	21	homo 찰 또는 찰 분리개체 중 간장 85cm 이하이고 1차지경수가 14개 이상인 개체
익산 427호/가위찰	152	27	homo 찰 또는 찰 분리개체 중 생리활성(SOD값) 35.0 이상인 개체

협포장에 재배된 후 포장선발 후 실내검정을 위하여 수확한 개체수는 표 4-10과 같다.

표의 F<sub>7</sub> 이후 각 교배조합에서 집단수확한 계통들은 다음 해 생산력검정시험에 공시하여 신소재로서 최종단계의 평가를 거칠 것들이다. 그러나 F<sub>2</sub>에서 F<sub>7</sub>에 이르는 대부분의 잡종집단 및 계통들은 앞으로도 포장 및 실내에서 정밀한 검정을 거쳐야할 소중한 유전변이 집단인 셈이다. 이 신소재들의 진정한 가치가 아직은 완전히 밝혀지지 않았지만 이 중에는 유전적으로 뛰어난 능력을 가진 신소재가 포함되어 있을 수 있다고 보아 본 연구는 그 의미가 크다고 할 수 있다.

#### 다. 생산력검정 예비시험

그 동안 진부찰벼/자광도 조합의 F<sub>6</sub> 이후의 고세대 계통을 재료로 하여 생산력검정 예비시험을 수행한 결과 농업형질이 불량하거나 순계로 고정이 되지 않은 것들은 도태시켰고, 2000년도에는 7개의 F<sub>9</sub> 계통을 교배친과 함께 2반복으로 생산력검정시험을 수행하였다. 이 조합에서는 현미의 종피가 적갈색 또는 갈색

표 4-10. 2000년에 재배·수확한 주요 교배조합의 잡종개체 및 계통 수

세대	교배조합	계통 재배	(개체)수		실내검정 내용
			계통	포장선발	
BC <sub>2</sub> F <sub>2</sub>	진미벼*3/wx185-29-1	1집단	250	250	배유의 찰성, 미립의 장폭비
BC <sub>2</sub> F <sub>2</sub>	다산벼*2//진미벼/wx185-29-1	1	250	250	" "
BC <sub>2</sub> F <sub>2</sub>	진미벼*3/wx202-25-1	1	250	250	" "
BC <sub>2</sub> F <sub>2</sub>	다산벼*2//진미벼/wx202-25-1	1	250	250	" "
BC <sub>2</sub> F <sub>2</sub>	진미벼*3/wx209-29-12	1	250	250	" "
BC <sub>2</sub> F <sub>2</sub>	다산벼*2//진미벼/wx209-29-12	1	250	250	배유의 찰성, 현미색도
F <sub>2</sub>	흑진주벼/적색찰(2218)	1	250	250	배유의 찰성, 현미색도, 방향성
F <sub>2</sub>	아랑향찰/흑진주벼	1	250	250	미립형태 및 색도, 방향성, 찰성
F <sub>2</sub>	향미찰(2053)/충북흑미	1	250	250	배유의 찰성, 미립의 장폭비
F <sub>3</sub>	진미벼/wx185-29-1	1	250	250	" "
F <sub>3</sub>	다산벼/wx185-29-1	1	250	250	" "
BC <sub>1</sub> F <sub>3</sub>	진미벼*2/wx185-29-1	1	250	250	" "
BC <sub>1</sub> F <sub>3</sub>	다산벼//진미벼/wx185-29-1	1	250	250	" "
F <sub>3</sub>	진미벼/wx202-25-1	1	250	250	" "
F <sub>3</sub>	다산벼/wx202-25-1	1	250	250	" "
BC <sub>1</sub> F <sub>3</sub>	진미벼*2/wx202-25-1	1	250	250	" "
BC <sub>1</sub> F <sub>3</sub>	다산벼//진미벼/wx202-25-1	1	250	250	" "
F <sub>3</sub>	진미벼/wx209-29-12	1	250	250	" "
F <sub>3</sub>	다산벼/wx209-29-12	1	250	250	" "
BC <sub>1</sub> F <sub>3</sub>	진미벼*2/wx209-29-12	1	250	250	" "
BC <sub>1</sub> F <sub>3</sub>	다산벼//진미벼/wx209-29-12	1	250	250	배유의 찰성, 생리활성(SOD)
F <sub>3</sub>	안산벼/가위찰	2	500	500	1차지경수, 대유관속수, 립중
F <sub>3</sub>	안산벼/인부지나도	1	250	250	현미색도, 호화점도특성
F <sub>4</sub>	익산 427호/녹두도	1집단	50	50	1차지경수, 대유관속수, 립중
F <sub>4</sub>	익산 427호/인부지나도	1	250	250	현미색도, 생리활성(SOD)
F <sub>4</sub>	익산 427호/가위찰	2	266	266	" "
F <sub>4</sub>	"	53계통	22계통	110개체	현미색도, C3G함량, 배유찰성
F <sub>4</sub>	수원415호/진부찰벼	2집단	493	493	" "
F <sub>4</sub>	"	58계통	27계통	270개체	배유찰성, 미립형태
F <sub>5</sub>	M202/진부찰벼	8	2계통	6개체	" "
F <sub>5</sub>	M102/진부찰벼	11	2계통	6개체	" "
F <sub>5</sub>	M201/진부찰벼	6	2계통	6개체	배유찰성, 립중 및 미립형태
F <sub>6</sub>	진부찰벼/다다조	20	5계통	15개체6계통	배유찰성, 립중 및 미립형태
F <sub>6</sub>	진부찰벼/잔다다기	20	18개체	18개체	취반팽창율, ADV
F <sub>7</sub>	진부찰벼/CI9013	25	7계통	21개체	생산력검정용
F <sub>7</sub>	진부찰벼/AC1065-5	30	3계통	집단수확	미립형태, 배유찰성
F <sub>7</sub>	진부찰벼/중간찰(Du-7)	23	12계통	36주	생산력검정용
F <sub>7</sub>	진부찰벼/시가다가보	13	4계통	집단수확	단백질함량, ADV
F <sub>7</sub>	Sakita/진부찰벼	16	7계통	21개체	생산력검정용
F <sub>8</sub>	진부찰벼/미야카오리	34	1계통	집단수확	현미색도, 미립형태
F <sub>8</sub>	진부찰벼/사사니시키	15	4계통	12개체	현미색도, 미립형태
F <sub>8</sub>	진부찰벼/미야카오리	34	8계통	24개체	생산력검정용
F <sub>8</sub>	진부찰벼/사사니시키	15	4계통	집단수확	배유의 방향성, 취반팽창율
F <sub>8</sub>	진부찰벼/자광도	37	7계통	21개체	생산력검정용
F <sub>8</sub>	진부찰벼/자광도	37	11계통	집단수확	취반팽창율, 호화점도특성
F <sub>8</sub>	진부찰벼/자광도	37	2계통	6개체	생산력검정용
F <sub>8</sub>	진부찰벼/자광도	37	5계통	집단수확	현미색도, 미립형태
F <sub>9</sub>	진부찰벼/자광도	37	10계통	30개체	4계통 집단수확 생산력검정용

표 4-11. 적색 종피 찰벼 신소재계통의 생산력 - 2000년 보통기·보비재배

계통번호	출수기	간장 (cm)	수장 (cm)	수수 (개)	수당 영화수	등숙율 (%)	현미 천립중(g)	도복 (1~9)	정조중 (kg/10a)	현미색
0701(진부찰)	7월26일	86.5	20.5	13.2	99.2	79.3	21.6	5	554.4	담황
0702	7. 27	88.7	20.4	15.8	81.9	83.0	20.2	7	507.9	적갈
0703	7. 31	86.9	21.7	13.8	100.4	63.0	19.3	1	516.6	갈
0704	7. 30	88.3	20.8	15.0	83.7	75.1	18.7	7	524.4	적갈
0705(자광도)	8. 13	109.3	20.4	16.2	87.4	61.0	15.4	7	342.0	적갈
0706	7. 27	94.0	20.3	13.4	109.6	68.7	21.6	7	604.2	적갈
0707	7. 30	96.4	22.0	13.5	106.9	66.9	23.0	7	568.8	적갈
0708	7. 31	89.2	21.0	16.5	88.9	78.0	20.4	1	547.5	적갈
0709	7. 27	93.0	20.6	15.7	102.1	68.1	17.5	1	495.9	적갈

인 찰벼계통을 선발해 왔기 때문에 2000년도에 공시된 계통 중 적갈색 현미인 것이 6계통, 갈색인 것이 1계통이었다. 공시한 재료가 모두 7월 하순에 출수하는 조생계통이었고 전체적으로 보아 교배친이며 대조품종인 진부찰벼보다 간장이 큰 편이었고, 현미천립중이 작은 계통이 많았다(표 4-11).

8월 하순 이후 몇 차례 내린 비로 대부분의 계통이 도복되었는데 실험재료 중 3계통은 도복되지 않았다. 1999년에 공시한 적갈색 종피 찰 계통들도 대부분 도복에 약했기 때문에 실용성이 떨어진다고 판단하여 도태를 시켰기 때문에, 2000년도에 마찬가지로 원칙을 적용키로 하여 도복 정도가 5이상인 계통은 도태하기로 하였다. 표 4-11에서 도복하지 않은 3계통 중 계통번호 0703은 현미색이 갈색이고, 0708과 0709는 적갈색 종피 계통인데 이 3계통 중 정조수량이 가장 많은 것은 계통번호 0708 이었다.

현미의 종피가 적갈색인 찰쌀의 이화학적 특성은 일반 찰벼와 크게 다르지 않았고(제2장 참조), 미숫가루 가공적성이 우수한 계통과 식혜 가공시 환원당 함량이 높은 계통도 있었다(제6장 참조). 또 지난 3년간 건국대학교 교직원의 일부 가정에서 일반 백미에 개발 중에 있는 적색현미 찰쌀을 일부 섞어서 밥을 지은 경우 시판되고 있는 흑자색 현미를 섞은 것보다 더 좋았다는 평을 해주었

표 4-12. 찰벼 배유 물리성 변이 신소재계통의 생산력 - 2000년 보통기·보비재배

계통번호	출수기	간장 (cm)	수장 (cm)	수수 (개)	수당 영화수	등숙율 (%)	현미 천립중(g)	도복 (1~7)	정조중 (kg/10a)	취반 팽창율
0721 (사사니시키)	7월31일	90.3	21.3	17.3	94.2	58.1	21.4	7	546.9	중
0722	8. 1	88.1	20.3	16.8	99.4	65.2	18.6	7	563.4	중상
0723	7. 22	82.6	19.7	13.2	88.1	74.5	20.4	7	504.0	중상
0724	7. 29	97.0	20.4	18.5	102.7	60.9	18.3	7	585.0	중상
0725	8. 2	91.7	21.0	17.9	106.3	52.1	18.3	7	535.2	중상
0726	7. 23	94.2	19.5	14.7	107.9	65.8	20.2	7	630.3	중상

다. 현미가 적색인 계통 중에는 쌀가루 호화특성이 취반용으로 바람직한 것도 있어 이를 가공밥의 혼반용으로 이용하는 것이 좋을 것으로 판단하였다. 2000년까지의 결과로 적갈색 종피 신소재 계통 중에서는 계통번호 0708을 「자광찰」(가칭)로 명명하여 품종보호 출원을 하고 1년 더 세밀한 검토를 할 예정이다.

표 4-12는 찰쌀의 취반팽창율과 알칼리붕괴도에 근거하여 선발해온 진부찰벼/사사니시키 조합 F<sub>8</sub> 계통들의 생산력을 검정한 결과이다. 이 교배조합에서 선발한 계통들은 그 동안 계통포장 또는 생산력검정 포장에서 출수기까지의 초형은 매우 좋으나 출수기 이후 도복이 잘 된다는 결점을 보여 왔다. 2000년의 생산력검정시험에서도 간장의 크고 작음에 관계없이 공시한 5계통이 모두 심하게 도복되어 수확량이나 쌀의 가공적성에 관계없이 실용성이 없는 것으로 판단하였다. 이 교배조합에서 육성된 계통들은 떡 가공용 찰벼로 좋은 특성을 가진 것으로 판단되고 있기 때문에 간장이 작은 계통을 새로 선발하여 1~2년 더 생산력검정을 할 예정이다.

표 4-13에는 진부찰벼/미야카오리 조합의 후대에서 쌀에 방향성이 있는 것만을 선발하여 육성한 F<sub>8</sub> 계통들의 생산력을 검정한 결과를 나타냈다. 교배친 중 일본품종 미야카오리가 배유와 식물체 모두에서 특이한 향기가 나는 방향성 품종이다. 육성 중인 신소재 계통 중 방향성인 것은 많았으나 대부분 농업형질이 불량하여 도태되고 미야카오리 조합의 후대만 2000년 생산력검정에 공시되었다.

이 계통들은 모두 조생이었고 현미 천립중이 교배친인 대조품종 진부찰보다 작아 소립에 속하였으나 도복정도는 계통에 따라 큰 차이가 있었다.

재배포장에서 직립단간 초형으로 외관상 아주 좋아 보였던 계통 중 0743은 도복되지 않았고 정조중도 가장 높아 실용적으로 이용가치가 있는 계통으로 판단하였다. 이들 방향성 찰 신평계통 쌀의 이화학적 특성은 일반 찰벼품종과 큰 차이가 나지 않았으나(제 2장), 전통식품인 인절미, 유과 또는 식혜가공적성이 아주 뛰어난 계통도 있었다(제 6장 참조). 이들 중 유과 가공성이 뛰어난 계통과 인절미 가공성이 아주 좋은 계통은 가공용 찰벼 신평계통으로서 매우 유망한 것으로 판단하였다. 따라서 2000년까지 연구결과로 표 4-13에서 수량성이 높고 유과 가공성도 뛰어난 계통번호 0743을 「건강찰 1호」(가칭), 그리고 수량도 좋고 인절미 가공성이 우수한 계통번호 0748을 「건강찰 2호」로 각각 명명하여 품종보호를 위한 출원을 하고 이 계통의 생산력과 쌀의 가공적성을 1년 더 세밀히 검토할 예정이다.

표 4-13. 방향성 배유 찰 신평계통의 생산력 - 2000년 보통기·보비재배

계통번호	출수기	간장 (cm)	수장 (cm)	수수 (개)	수당 영화수	등숙율 (%)	현미 천립중(g)	도복 (1~7)	정조중 (kg/10a)	방향성
0741(진부찰)	7월24일	87.8	20.8	16.6	100.5	66.4	20.3	7	608.7	무
0742	7. 24	75.8	20.5	14.5	116.1	59.8	20.8	3	545.8	유
0743	7. 26	79.9	22.5	15.1	123.5	73.0	18.6	1	690.6	유
0744	7. 27	79.6	20.9	16.1	104.9	71.6	18.5	5	679.2	유
0745	8. 2	82.6	19.7	19.0	105.2	49.9	19.1	1	636.3	유
0746	7. 26	83.7	20.9	16.8	100.6	76.1	19.8	7	664.5	유
0747	7. 31	85.0	21.0	16.1	89.0	51.8	20.5	5	451.5	유
(미야까오리)										
0748	7. 30	82.6	20.5	17.0	102.8	63.4	18.9	3	646.5	유
0749	7. 31	83.3	21.0	18.6	109.8	65.6	18.5	3	660.9	유
0750	8. 2	83.2	20.8	17.4	109.4	64.6	18.4	1	606.3	유
0751	7. 31	98.1	20.3	15.9	98.9	66.5	18.0	7	601.8	유
0752	7. 29	77.0	20.7	17.0	106.7	66.9	19.5	5	627.0	유
0753	8. 5	79.5	20.7	15.5	112.4	37.5	18.9	5	494.4	유



가공적성용 찰벼 신소재로서 개발하고 있는 적색찰 계통과 향미찰 계통 대부분이 조생이기 때문에 파종 및 이앙기를 늦추거나, 조생종 지대에 재배하여 생산력을 검정할 필요가 있다. 이 계통들에 대하여 재배시기를 달리한 생산력검정 결과는 제5장에서 설명될 것이다. 1999년도에 벼 조생종지대인 강원도 평창군 진부면 소재 작물시험장 진부출장소와 강원도 동송읍 소재 작물시험장 철원출장소의 포장에 일부 계통을 공시한 결과는 진부출장소에서는 그 지역 적응품종보다 출수기가 10일 정도 늦어 실용적으로 의미가 없었고, 철원출장소에서는 그 지역 재배품종보다 출수기가 5일 정도 빨랐다.

### 3. 찰벼에 도입코자 한 특수형질의 유전분석

#### 가. 중간찰/찰 교배조합에서 분리된 메, 찰, 중간찰의 특성

##### 1) 아밀로스 함량

공시재료인 진부찰/*du-6*, *Du-7*/진부찰 조합에서 분리된 메, 중간찰(*dull*), 찰 각각의 homo 개체  $F_4$  종자의 아밀로스 함량 분포를 나타낸 것이 그림 4-2이다. 아밀로스 함량을 살펴보면 메는 15.1~20.1%, 중간찰은 9.1~14.0%, 찰은 4.1~8.0% 범위에 주로 분포하였으며, 이들의 평균치를 이용하여 통계분석을 실시한 결과 유의성이 인정되어 메가 제일 높고 *dull*이 중간이며 찰이 가장 낮게 나타났다. 이러한 결과는 Kinmaze의 *dull*과 찰을 교배하여 얻은  $F_2$  종자에서의 아밀로스함량의 분포를 살핀 Okuno(1983)와, 화청벼의 *dull*과 찰 돌연변이체를 대상으로 실험한 김(Kim et al. 1991)의 보고와 일치하는 것이다.

진부찰/*du-6*, *Du-7*/진부찰 조합의 heterozygous한 개체에서 분리된 메, *dull*, 찰  $F_4$  종자의 아밀로스 함량의 평균치를 나타낸 것이 표 4-14이다. 진부찰/*du-6* 조합에서는 *dull*과 찰이 섞여있는 개체와 메와 *dull*이 섞여 있는 개체가 분리되었다. 또 메와 *dull*과 찰이 모두 분리되는 개체들도 있었으나 그 수가 너무 적었고 시료량도 충분하지 않아 이에 대한 아밀로스 함량은 조사하지 못하였다.

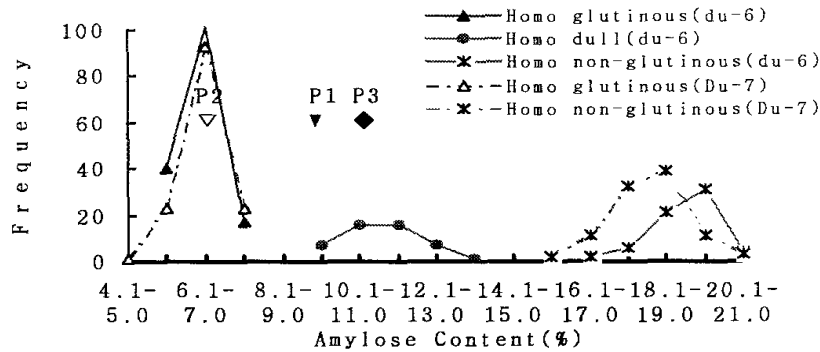


그림 4-2. 진부찰벼/du-6 조합과 Du-7/진부찰벼 조합에서 분리된 메, 중간찰, 찰 F<sub>4</sub> 종실의 아밀로스함량 분포

표 4-14. 중간찰/찰 교배조합에서 분리된 메, 중간찰, 찰 F<sub>4</sub> 종실의 아밀로스 함량

교배조합	중간찰·찰 분리개체		메·중간찰 분리개체		메·중간찰·찰 분리개체		
	중간찰	찰	메	중간찰	메	중간찰	찰
	진부찰벼/du-6	10.3a	7.6b	19.3a	12.0b	-	-
Du-7/진부찰벼	-	-	-	-	15.8a	11.0b	6.2c
조사개체수	9	9	33	21	146	143	144
C.V(%)	6.5	11.9	5.4	9.5	8.4	10.3	12.2

중간찰(dull)과 찰이 섞여있는 개체에서 dull만을 분리하여 조사한 아밀로스 함량은 10.3%, 찰은 7.6%로 dull이 찰에 비해 높았으며, 메와 dull이 섞여 있는 개체에서 메만을 분리하여 조사한 아밀로스 함량은 19.3%, dull은 12.0%로 메가 dull에 비해 높았고 이들 간에 통계적인 유의성도 인정되었다. Du-7/진부찰 조합에서 dull과 찰이 분리되는 개체와 메와 dull이 분리되는 개체에 대해서는 그 개체수가 역시 너무 적었고 시료량도 부족하여 아밀로스 함량을 조사하지 못하였고, 다만 메, dull, 찰이 모두 분리하는 개체에 대해서만 아밀로스함량을 조사하였다. 여기서 분리된 메의 아밀로스 함량은 15.8%, dull은 11.0%, 찰은 6.2%로 메가 제일 높았고 dull이 중간이었으며 찰이 제일 낮아 homozygous한 개체에서와 마찬가지로 세 형질의 아밀로스 함량간에 고도의 유의성이 인정되었다.

## 2) 알칼리붕괴도

진부찰/*du-6*, *Du-7*/진부찰 조합에서 분리된 homo 메, dull, 찰 F<sub>4</sub> 종자의 알칼리붕괴도 분포를 나타낸 것이 그림 4-3와 그림 4-4이다. 진부찰/*du-6* 조합에서 메의 알칼리 붕괴도는 3.0 이상의 범위에 분포하였고, 찰은 2.0에서 4.5로 비교적 넓은 분포를 나타냈으며 dull은 4.0이하의 범위에서만 분포하였다. 통계분석을 실시한 결과 homozygous한 메, dull, 찰 배유의 알칼리붕괴도 간에는 고도

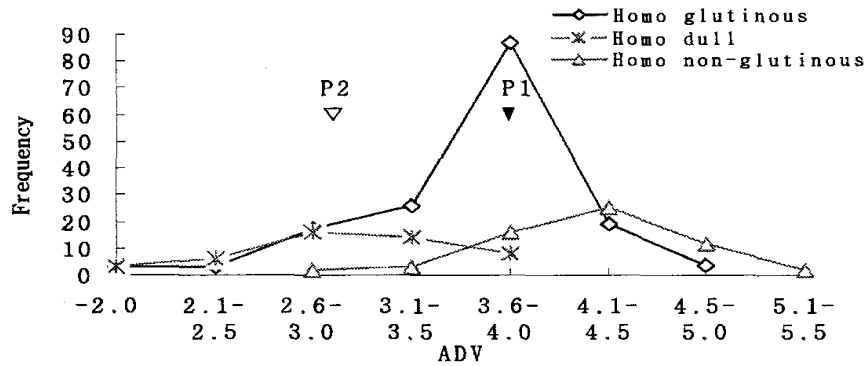


그림 4-3. 진부찰벼/*du-6* 조합에서 분리된 메, 중간찰, 찰 F<sub>4</sub> 종실의 알칼리붕괴도 분포

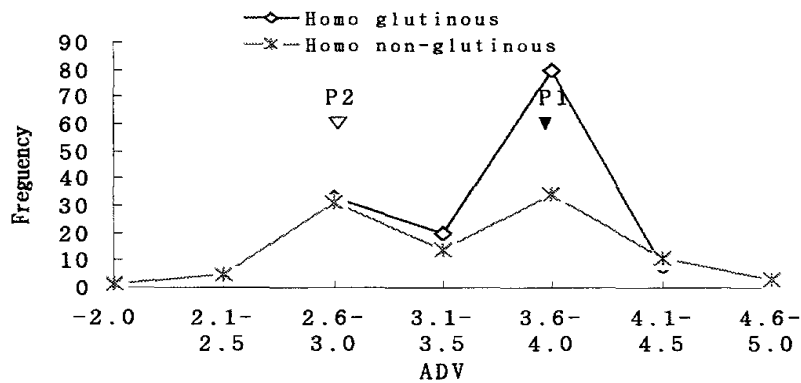


그림 4-4. *Du-7*/진부찰벼 조합에서 분리된 중간찰, 찰 F<sub>4</sub> 종실의 알칼리붕괴도 분포

의 유의성이 인정되어 메가 가장 높았고 찰이 중간이었으며 dull이 가장 낮게 나타났다.

*Du-7*/진부찰 조합에서 메의 알칼리붕괴도는 2.0에서 5.0까지 넓은 분포를 나타낸 반면 찰은 3.0 이하의 개체는 출현하지 않았다(그림 4-4). 그러나 그래프의 모양이 2개의 peak를 나타내고, 통계분석시 유의성이 인정되었지만 메가 찰에 비해 낮게 나타나 진부찰/*du-6* 조합에서와는 그 경향이 다르게 나타났다. 이는 교배친으로 사용된 *Du-7* 변이체의 유전자가 항상 hetero로 작용(Kim et al. 1992)하기 때문인 것으로 생각되나 이에 대하여는 추후 계속적으로 검토해야 할 것이다.

진부찰/*du-6*, *Du-7*/진부찰 조합의 heterozygous한 개체에서 분리된 메, dull, 찰  $F_4$  종자의 알칼리붕괴도의 평균치를 나타낸 것이 표 4-15다. 진부찰/*du-6* 조합에서, dull과 찰이 섞여있는 개체에서 dull만을 분리하여 조사한 알칼리붕괴도는 3.3, 찰은 3.4로 수치적으로는 찰이 dull에 비해 약간 높았으나 유의성이 인정되지 않았다. 메와 dull이 섞여 있는 개체에서 메만을 분리하여 조사한 알칼리붕괴도는 4.3, dull은 3.3으로 메가 dull에 비해 높아 이들 간에 유의성이 인정되었다. *Du-7*/진부찰 조합의 메, dull, 찰이 모두 섞여 있는 개체에서 메만을 분리하여 조사한 알칼리붕괴도는 3.9, dull은 3.4, 찰은 3.8로 메와 찰간에는 유의성이 인정되지 않았고 dull과만 유의성이 인정되어 메와 찰은 비슷한 수준이었고 dull만 약간 낮은 수준이었다.

표 4-15. 중간찰/찰 교배조합에서 분리된 메, 중간찰, 찰  $F_4$  종실의 알칼리붕괴도

교배조합	중간찰·찰 분리개체		메·중간찰 분리개체		메·중간찰·찰 분리개체		
	중간찰	찰	메	중간찰	메	중간찰	찰
	진부찰벼/ <i>du-6</i>	3.3a	3.4a	4.3a	3.3b	-	-
<i>Du-7</i> /진부찰벼	-	-	-	-	3.9a	3.4b	3.8a
조사개체수	10	10	33	33	143	140	140
C.V(%)	15.5	14.2	11.7	16.5	8.3	12.7	

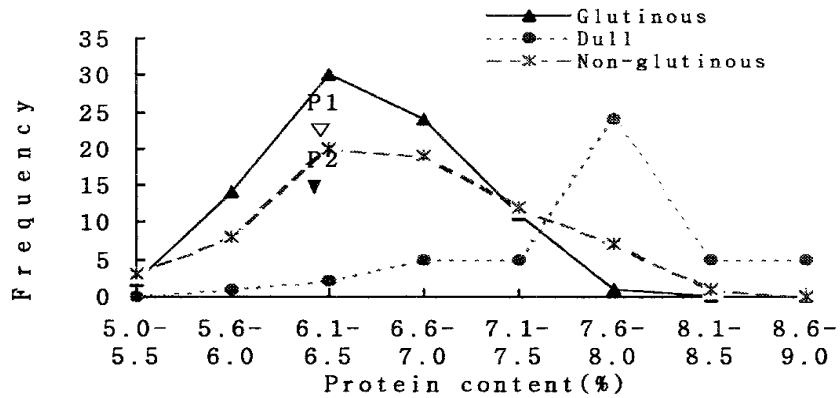


그림 4-5. 진부찰벼/du-6 조합에서 분리된 메, 중간찰, 찰 F<sub>5</sub> 종실의 단백질함량 분포

요약하면 진부찰/du-6 조합에서는 알칼리붕괴도가 메 > 찰 > dull 순으로 높게 나타났으며 Du-7/진부찰 조합에서는 메와 찰은 비슷하였고 dull이 낮은 값을 보여 세 배유 형질 중 dull의 알칼리붕괴도가 가장 낮았다는 것은 진부찰/du-6 조합과 일치하는 결과였다.

### 3) 단백질 함량

진부찰/du-6 조합에서 분리된 homozygous한 메, dull, 찰 F<sub>5</sub> 종자에 대한 단백질 함량의 분포가 그림 4-5에 나타나 있다. 진부찰/du-6 조합에서 분리된 homozygous한 메와 찰의 단백질 함량은 5.6에서 7.5% 사이에 주로 분포한 반면, dull은 7.1에서 8.5% 사이에 주로 분포하였다. 평균을 이용하여 통계처리를 한 결과 메와 찰 간에는 유의성이 인정되지 않았고 메와 dull, dull과 찰 간에만 유의성이 인정되어, dull이 메와 찰에 비해 단백질 함량이 높게 나타났다.

### 4) 호화점도특성

표 4-16은 진부찰/du-6 조합에서 분리된 homozygous한 메, dull, 찰 F<sub>5</sub> 종자에 대해 Rapid visco analyzer를 이용하여 호화점도특성을 조사한 것이다. 교배

표 4-16. 중간찰/찰 교배조합에서 분리된 메, 중간찰, 찰 F<sub>5</sub> 종자의 쌀가루 호화점도 특성

유전자형	호화개시 온도(°C)	점도 (RVU)					
		최고	최저	최종	Break-down	Set-back	Consistency
P1(진부찰벼)	65.7	84.0	42.0	56.0	42.0	-28.0	14.0
P2( <i>du-6</i> )	75.4	280.0	151.0	215.0	129.0	-65.0	64.0
메, 8계통	69.3a	273.4a	124.8a	224.5a	148.6b	-48.9a	99.8a
중간찰, 6계통	71.3a	270.0a	83.2b	123.2b	186.8a	-146.8b	40.0b
찰, 7계통	63.8b	121.0b	47.9c	36.1c	73.1c	-57.9a	15.3c
평균	68.0	221.6	87.2	141.8	134.4	-79.9	54.5
CV(%)	3.16	8.61	12.09	7.91	10.09	22.90	15.90
LSD(0.05)	2.42	21.43	11.85	12.60	15.23	20.54	9.74

친으로 사용된 진부찰벼와 *du-6* 변이체중 진부찰벼가 조사한 모든 항목에서 낮은 값을 나타내었다. 조사한 메, dull, 찰 계통간에 조사한 모든 항목에서 고도의 유의성이 인정되었는데, dull은 최저점도·최종점도·응집점도(Consistency)에서 메와 찰의 중간값을 나타내었고 호화개시온도·최고점도에 대해서는 메와 비슷한 값을, 그리고 강하점도(Breakdown)는 가장 높은 값을 나타냈으며 치반점도(Setback)는 가장 낮은 값을 나타냈다. 이러한 결과는 메벼 3품종과 찰벼 3품종을 가지고 실시한 임(Lim et al. 1995)의 보고와 화청벼에서 dull과 찰 돌연변이 계통을 유발시켜 비교한 고(Koh et al. 1997)의 실험결과와 일치하였다.

#### 나. 찰벼에 도입된 高대유관속수의 유전분리와 선발효율

##### 1) F<sub>1</sub>과 F<sub>2</sub>집단에서 대유관속 수와 이삭 특성의 분포

교배친과 F<sub>1</sub>식물체의 유관속 수와 몇 가지 이삭 특성의 평균값을 나타낸 것이 표 4-17이다. 교배친 중 인부지나도는 재래종 찰벼로서 간장이 크며, 대유관속 수가 많아서 동화산물의 전류가 잘 되어 등숙이 좋고 이삭당 입중이 높은

표 4-17. 교배친과 F<sub>1</sub>의 이삭목의 유관속 수 및 이삭특성

	유전자형	대유관속	소유관속	1차지경	이삭목	이삭당	100립중
		수	수	수	지름, mm	영화수	g
교배친	익산 427호(P1)	14	16	12	1.5	139	2.07
	익산 428호(P2)	12	19	13	1.6	131	2.10
	안산벼(P3)	13	19	13	1.7	194	1.93
	인부지나도(P4)	16	19	15	1.9	221	2.21
교배조합	P1/P4(F <sub>1</sub> )	13.9	21.4	12.9	1.78	181.5	2.21
	P2/P4(F <sub>1</sub> )	13.3	22.3	14.0	1.74	166.8	2.23
	P3/P4(F <sub>1</sub> )	15.1	19.8	14.9	1.9	237.1	2.19

특성이 있다. 찰벼인 인부지나도와 교배된 메벼품종인 익산 427호, 익산 428호 및 안산벼는 인부지나도에 비하여 이삭목 절간의 대유관속 수와 1차 지경수가 각각 2~4개 적으며, 이삭목 굵기도 0.2~0.4 mm가 작고 이삭당 영화수 및 현미 100립중도 각각 적은 특성을 가졌다. 또한 대유관속 수는 모든 교배친에서 소유관속 수의 수보다 적게 나타났다. 이러한 결과는 hybrid 벼가 대유관속 수는 소유관속 수보다 많으나 그 외 보통 재배 품종에서는 소유관속 수가 대유관속의 수보다 많다는 보고와 일치한다.

이삭목 굵기가 상대적으로 굵고 대유관속 수 및 1차 지경수가 상대적으로 많은 찰벼 품종 인부지나도와 메벼 품종을 교배한 F<sub>1</sub>식물체의 유관속 수와 이삭 특성을 보면 교배조합 및 조사 형질에 따라 서로 다른 양상이 나타났다. 교배친 중에서는 인부지나도가 소유관속 수를 제외한 모든 이삭 특성에서 높은 경향을 나타냈다. 교배조합별 대유관속 수는 익산 427호/인부지나도, 익산 428호/인부지나도 조합에서는 적은 쪽으로 부분우성을 나타냈고, 안산벼/인부지나도 조합에서는 많은 쪽으로 부분우성을 나타냈다. 소유관속 수는 모든 교배조합에서 교배친보다 높은 수치를 나타내어 초우성인 잡종강세 현상을 보였다.

1차 지경수도 대유관속 수와 마찬가지로 안산벼/인부지나도 조합에서만 많은 쪽으로 부분우성을 나타냈다. 이삭목 지름은 익산 427호/인부지나도, 안산/인부지나도 조합에서는 굵은 쪽으로 부분우성을 나타냈고, 익산 428호/인부지나도 조

표 4-18. F<sub>2</sub> 집단에서 이삭목 지름의 분포

교배조합	이삭목 지름 (mm)							조사 개체수	평균	표준 편차	CV (%)
	1.00~ 1.20	1.21~ 1.40	1.41~ 1.60	1.61~ 1.80	1.81~ 2.00	2.01~ 2.20	2.21~ 2.40				
익산 427호/ 인부지나도	2	2	39	130	39	7	0	219	1.73	0.15	8.53
익산 428호/ 인부지나도	0	2	45	112	72	15	4	250	1.77	0.17	9.60
안산벼/ 인부지나도	0	17	85	96	41	10	1	250	1.68	0.18	10.7

합에서는 가는 쪽으로 부분우성을 보였다. 이삭당 영화수는 익산 427호/인부지나도 조합에서는 많은 쪽으로 부분우성, 익산 428호/인부지나도 조합에서는 적은 쪽으로 부분우성을 나타냈고, 안산벼/인부지나도 조합에서는 초우성을 보였다. 현미 100립중은 익산 427호/인부지나도, 안산벼/인부지나도 조합에서는 중량이 많이 나가는 쪽으로 부분우성을 나타냈고, 익산 428호/인부지나도 조합에서는 초우성을 보였다. 이상의 결과를 보면 교배조합에 따라 우성방향과 우성정도가 달랐는데, 이는 교배친간 평균치 차이가 크지 않았기 때문인 것으로 생각된다.

익산 427호/인부지나도 조합 등 3개 조합의 F<sub>2</sub> 개체별 이삭목 지름의 분포는 표 4-18과 같다. F<sub>2</sub>집단의 이삭목 지름의 분포를 보면 이들 조합들의 이삭목 지름의 평균치는 익산 428호/인부지나도 조합이 1.77mm로 익산 427호/인부지나도, 안산벼/인부지나도 조합보다 높게 나타났지만 큰 차이는 보이지 않았다. 그리고, 안산벼/인부지나도 조합의 평균치는 1.68mm로 다른 조합에 비해 이삭목 지름이 가는 편이었다. 3개 조합 모두 이삭목 지름이 1.61mm에서 1.80mm범위에서 가장 많은 빈도를 보였지만 익산 427호/인부지나도 조합에서는 이삭목 지름이 1.00~1.20mm범위에 있는 개체도 있었다. 그리고, 2.21~2.40mm범위에서는 익산 428호/인부지나도 조합에서 4개체가 있었다. 교배조합별 이삭목 지름의 변이계수는 3개 조합에서 8.53~10.7%로서 변이의 폭이 비교적 작았다.



표 4-19. F<sub>2</sub> 집단에서 이삭의 1차 지경수 분포

교배조합	1차 지경수										조사 개체수	평균	표준 편차	CV (%)
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17				
익산 427호/ 인부지나도	0	0	5	26	77	81	18	10	2	0	219	12.5	1.08	8.64
익산 428호/ 인부지나도	1	1	15	49	68	77	32	7	0	0	250	12.3	1.23	10.0
안산벼/ 인부지나도	0	0	8	19	59	69	46	35	9	5	250	13.2	1.48	11.2

F<sub>2</sub>개체별 1차 지경수의 분포(표 4-19)는 지경수 13개에서 익산 427호/인부지나도, 익산 428호/인부지나도, 안산벼/인부지나도에서 각각 81, 77, 69로 가장 높은 빈도를 보였으나 3개 교배 조합간의 차이가 없었다. 안산벼/인부지나도 조합은 평균치가 13.2로서 다른 조합보다 많은 것으로 나타났으며, 16개와 17개에서도 각각 9개와 5개가 조사되어 다른 조합에 비해 많은 1차 지경수를 가지는 개체도 관찰되었다.

F<sub>2</sub> 집단에서 교배조합별 대유관속 수의 분포(표 4-20)양상은 익산 427호/인부지나도에서 평균치가 13.3으로 교배조합 중 가장 높게 나타났으며, 익산 428호/인부지나도 조합이 12.6으로 대유관속 수가 가장 적은 편이었다. 대유관속 수는

표 4-20. F<sub>2</sub> 집단에서 이삭줄기의 대유관속 수 분포

교배조합	대유관속 수										조사 개체수	평균	표준 편차	CV (%)
	9	10	11	12	13	14	15	16	17					
익산 427호/ 인부지나도	0	0	5	42	86	67	6	3	0	0	219	13.3	0.97	7.33
익산 428호/ 인부지나도	1	7	28	76	94	32	10	1	1	0	250	12.6	1.10	8.73
안산벼/ 인부지나도	0	5	19	53	104	40	26	3	0	0	250	13.0	1.18	9.08

1차 지경수와 마찬가지로 13개에서 높은 빈도를 보이고 있었다. 또한 대유관속 수의 변이계수는 7.33에서 9.08%로 나타나 변이의 폭이 작았다. 이상의 F<sub>2</sub> 분포 결과에서 이삭목 지름, 1차 지경수, 대유관속 수 3가지 형질 모두 전형적인 정규분포를 보이는 양적 형질의 유전을 하는 것으로 나타났다.

## 2) F<sub>2</sub> 집단에서 이삭줄기 유관속 수 및 이삭 특성 상호간의 관계

표 4-21은 F<sub>2</sub> 집단을 간장이 90.1cm이상인 개체군과 90cm이하인 개체군으로 나누어 두 집단간 유관속 수 및 이삭 특성을 비교한 것이다. 간장 90cm를 기준으로 나누어 집단간 비교를 해본 결과 안산벼/인부지나도 조합에서는 조사한 유관속 수와 각 이삭 특성에 차이가 나타나지 않았다. 그러나 익산 427호/인부지나도 조합에서는 소유관속 수에서, 익산 428호/인부지나도 조합에서는 이삭목

표 4-21. 벼의 간장으로 구분한 F<sub>2</sub>집단의 이삭줄기 유관속 수 및 이삭특성 비교

교배조합	간장 (cm)	이삭목지름 (mm)		1차 지경수		대유관 속수		소유관 속수		이삭당 영화수		100립중	
		$\bar{X}$	S.D	$\bar{X}$	S.D	$\bar{X}$	S.D	$\bar{X}$	S.D	$\bar{X}$	S.D	$\bar{X}$	S.D
익산 427호 /인부지나도	<90	1.72	0.15	12.5	1.17	13.1	0.79	18.6	3.09	153	20.4	2.14	0.20
	90.1<	1.74	0.14	12.6	1.06	13.3	1.02	19.9	2.47	159	21.9	2.25	0.22
	$\chi^2$ -값	9.150		2.770		3.079		14.378		8.606		5.983	
	P	0.5~0.1		0.9~0.5		0.9~0.5		0.05~0.025		0.5~0.1		0.9~0.5	
익산 428호 /인부지나도	<90	1.78	0.18	12.2	1.25	12.6	1.20	17.6	2.26	138	27.3	2.25	0.20
	90.1<	1.77	0.16	12.4	1.22	12.6	1.08	17.9	2.36	136	25.4	2.15	0.23
	$\chi^2$ -값	15.794		3.427		7.932		11.687		11.239		16.516	
	P	0.01~0.005		0.9~0.5		0.5~0.1		0.5~0.1		0.5~0.1		0.025~0.01	
안산벼/ 인부지나도	<90	1.67	0.19	13.3	1.45	13.0	1.12	18.8	2.46	162	29.4	2.13	0.12
	90.1<	1.68	0.17	13.1	1.51	12.9	1.23	18.0	2.39	159	30.5	2.15	0.13
	$\chi^2$ -값	9.189		4.832		5.191		8.250		11.642		4.177	
	P	0.5~0.1		0.9~0.5		0.9~0.5		0.5~0.1		0.5~0.1		0.5~0.1	

지름과 현미 100립중에서 간장을 90cm를 기준으로 나눈 집단간에 차이가 있는 것으로 나타났다. 따라서 교배조합에 따라서 간장이 유관속 수 및 이삭 형질에 미치는 영향이 조금씩 다르게 나타났으나, 전체적으로 보면 대유관속 수 및 몇

표 4-22. F<sub>2</sub> 집단에서 이삭줄기 유관속 수 및 이삭특성 상호간의 관계

간장	이삭목 지름	1차 지경수	대유관속수	소유관속수	이삭당 영화수	현미100립중
..... 익산 427호/인부지나도 .....						
간장	1.000					
이삭목 지름	0.075	1.000				
1차 지경수	0.076	0.346**	1.000			
대유관속수	0.131	0.260**	0.360**	1.000		
소유관속수	0.240**	0.080	0.107	0.164*	1.000	
이삭당 영화수	0.185**	0.549**	0.394**	0.357**	0.157*	1.000
현미100립중	0.222**	0.087	0.016	-0.051	0.042	0.002
..... 익산 428호/인부지나도 .....						
간장	1.000					
이삭목 지름	0.332**	1.000				
1차 지경수	0.155*	0.443**	1.000			
대유관속수	0.324**	0.573**	0.511**	1.000		
소유관속수	-0.125	0.012	-0.036	-0.040	1.000	
이삭당 영화수	0.385**	0.681**	0.465**	0.525**	0.104	1.000
현미100립중	0.106	-0.041	-0.043	0.023	-0.161*	-0.067
수장	0.391**	0.493**	0.142*	0.274**	-0.016	0.479**
..... 안산벼/인부지나도 .....						
간장	1.000					
이삭목 지름	0.251**	1.000				
1차 지경수	0.233**	0.457**	1.000			
대유관속수	0.222**	0.350**	0.476**	1.000		
소유관속수	0.088	0.069	0.126*	0.375**	1.000	
이삭당 영화수	0.336**	0.638**	0.646**	0.535**	0.292**	1.000
현미100립중	0.040	0.110	-0.126*	-0.055	-0.105	-0.008
수장	0.328**	0.484**	0.215**	0.164**	0.081	0.469**

가지 이삭 특성과 관련이 없는 것으로 나타나 간장에 의한 선발이 이삭 특성에 많은 영향을 주지 않는 것으로 생각된다.

익산 427호/인부지나도 조합 등 3개 조합의  $F_2$ 에서의 간장, 유관속 수 및 이삭특성간 상관관계는 표 4-22와 같다.  $F_2$  집단에서 3개 교배조합간 거의 비슷한 경향이 나타났는데 익산 428호/인부지나도 조합과 안산벼/인부지나도 조합에서는 간장과 이삭목 지름간에 정의 상관관계를 나타냈다. 반면, 익산 427호/인부지나도 교배조합에서는 상관관계가 나타나지 않았다.

이삭목 지름과 1차 지경수, 대유관속 수, 이삭당 영화수는 3개 교배조합 모두에서 정의 상관관계를 나타냈다. 이와 같은 결과는 대유관속 수와 절간 굵기 및 이삭 특성과는 밀접한 정의 상관관계가 있다는 보고와 일치하며 대유관속이 발달한 품종에서 지경의 분화가 활발하게 일어나고, 이삭당 영화수도 많아진다고 볼 수 있다.

그러나 1차 지경수와 소유관속 수간에는 안산벼/인부지나도 조합에서만 정의 상관관계를 보였다. 또한, 대유관속 수와 소유관속 수와의 상관관계를 살펴보면 익산 427호/인부지나도와 안산/인부지나도 조합이 각각 0.164, 0.375로 정의 상관관계를 보였으나 익산 428호/인부지나도 조합에서는 -0.040으로 상관관계가 인정되지 않았다. 소유관속 수와 이삭당 영화수는 익산 427호/인부지나도와 안산벼/인부지나도 조합에서 정의 상관관계를 보였으나 익산 428호/인부지나도 조합에서는 상관관계가 나타나지 않았다. 이는 벼 절간의 소유관속 수가 이삭당 영화수 및 입중과 밀접한 정의 상관관계를 나타낸다는 보고와 비슷한 결과를 얻었다. 소유관속 수와 현미 100립중 간에는 익산 428/인부지나도 조합에서만 -0.161로 부의 상관관계를 나타냈고 다른 교배조합에서는 상관이 나타나지 않았다. 현미 100립중과 수장간에는 익산 428/인부지나도 조합에서 0.145, 안산/인부지나도 조합은 0.147을 나타내어 2개의 교배조합에서 정의 상관관계를 보였다.

### 3) $F_3$ 집단간 대유관속 수와 이삭 특성의 분포 비교

표 4-23은  $F_3$  집단에서의 이삭목 지름의 분포 양상을 나타낸 것이다.  $F_2$  집단

표 4-23. 익산 427호/인부지나도 조합의 F<sub>3</sub> 집단에서 이삭목 지름의 분포

F <sub>3</sub> 집단	이삭목 지름 (mm)							조사개 체수	평균	표준 편차	$\chi^2$	P
	1.00~ 1.20	1.21~ 1.40	1.41~ 1.60	1.61~ 1.80	1.81~ 2.00	2.01~ 2.20	2.21~ 2.40					
무선발	0	3	48	84	48	12	5	200	1.76	0.19	6.478	0.5~ 0.1
선발	0	4	41	98	50	6	1	200	1.74	0.16		

에서 익산 427호/인부지나도 집단의 간장 85cm이하와 대유관속 수 14개 이상만 선발하여 나온 선발집단과 선발하지 않은 F<sub>3</sub> 집단에서의 이삭목 지름은 두 집단 모두에서 1.61~1.80mm사이의 구간에서 가장 많은 빈도를 보였으며, 두 집단의 평균치가 각각 1.76, 1.74로 나타나 선발효과가 인정되지 않았다.

익산 427호/인부지나도 조합의 F<sub>3</sub> 집단에서 1차 지경수의 분포를 나타낸 것이 표 4-24이다. 이삭목 지름과 마찬가지로 선발한 집단과 선발하지 않은 집단 모두에서 분포의 차이가 없었으며, F<sub>2</sub>에서와 마찬가지로 13개인 개체가 가장 많았다. 그러나 선발하지 않은 집단에서, 선발한 집단과는 다르게 9개의 1차 지경수를 가지는 개체도 있었으며, 선발집단에서는 17개의 1차 지경수를 가지는 개체도 나타났다.

이삭목 지름과 마찬가지로 선발한 집단과 선발하지 않은 집단 모두에서 분포의 차이가 없었으며, F<sub>2</sub>에서와 마찬가지로 13개인 개체가 가장 많았다. 그러나 선발하지 않은 집단에서, 선발한 집단과는 다르게 9개의 1차 지경수를 가지는 개체도 있었으며, 선발집단에서는 17개의 1차 지경수를 가지는 개체도 나타났다.

익산 427호/인부지나도 집단에서 F<sub>3</sub>개체별 대유관속 수의 분포 양상을 나타낸

표 4-24. 익산 427호/인부지나도 조합의 F<sub>3</sub> 집단에서 1차 지경수의 분포

F <sub>3</sub> 집단	1차 지경수										조사 개체수	평균	표준 편차	$\chi^2$	P
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17					
무선발	0	4	7	21	46	62	42	15	3	0	200	12.8	1.38	9.417	0.5~0.1
선발	0	0	8	14	52	69	32	20	4	1	200	12.9	1.31		

표 4-25. 익산 427호/인부지나도 조합의 F<sub>3</sub> 집단에서 대유관속 수의 분포

F <sub>3</sub> 집단	대유관속 수									조사 개체수	평균	표준 편차	$\chi^2$	P
	9	10	11	12	13	14	15	16	17					
무선발	0	2	16	51	76	41	11	3	0	200	12.9	1.11	9.454	0.5~0.1
선발	0	1	11	40	95	46	4	2	1	200	13.0	0.97		

낸 것이 표 4-25이다. 대유관속 수도 1차 지경수와 마찬가지로 F<sub>2</sub>에서 선발한 집단이나 선발하지 않은 집단 모두에서 유관속 수가 13개인 개체가 가장 많았다. 이와 같은 결과는 대유관속 수가 1차 지경수와 밀접한 상관이 있다는 기존의 연구보고와 부합한다. 선발집단과 선발하지 않은 집단간의 분포양상에서는 지경수가 비슷하게 나타나 차이를 보이지 않았다. 이 결과는 F<sub>2</sub>에서 대유관속 수가 14개 이상인 개체만 선발한 효과가 없음을 뜻하며 그 이유가 무엇인가에 대하여 더 검토할 필요가 있다고 본다.

#### 4. 가공적성용 찰벼 신소재 육성

1995년 12월부터 2000년 12월까지 5년간 찰벼 입형 및 물리성 다양화 연구를 거쳐 개발한 찰벼 신소재는 표 4-26의 3계통이며, 이들 육성계통은 품종보호 출원을 할 예정이다.

표 4-26. 가공적성용 찰벼 신소재 계통

계통명	계통내력	교배조합	특성	가공적성
자광찰	KR92009-125-1 -W2-2-4-B	진부찰벼/자광도	적갈색 현미, 찰	가공밥
건향찰 1호	KR92021-B-B -5-2-2-B	진부찰벼/미야카오리	방향성 찰	유과
건향찰 2호	KR92021-B-B -162-1-1-B	진부찰벼/미야카오리	방향성 찰	떡(인절미)

### 가. 자광찰

우리 나라 조생종 지대에 재배되고 있는 진부찰벼와 한국 재래종으로 현미의 종피가 적갈색으로 착색되는 자광도를 교배시킨 잡종 제 9세대계통에서 선발한 찰벼계통이다. 이 계통의 주요 특성을 보면(표 4-27) 줄기나 잎은 녹색이고, 까락이 있으며 출수기의 까락은 적색, 성숙기의 영(왕겨)은 담갈색, 그리고 부선은 흑자색이다. 현미 길이가 더 길고 너비와 두께는 약간 짧아 현미 장폭비가 진부찰벼보다 커서 전체적으로 보면 현미의 형태가 가름하다. 자광찰의 가장 큰 특징은 현미의 종피가 적갈색이며 배유의 저장전분이 찰성이라는 점이다.

재배연도, 재배장소 및 재배법에 따라 변할 수 있는 주요 농업형질을 대조품종인 진부찰벼와 비교하면 자광찰의 출수기는 5~6일 늦지만 중부지방에서는 조생종에 속하며, 간장은 3cm 정도 더 크지만 도복은 거의 되지 않았다. 진부찰벼에 비하여 주당수수가 많은 편이고 이삭당 영화수는 약간 적으며 수장, 등숙

표 4-27. 가공적성용 찰벼 신소재 「자광찰」의 주요특성

품종(계통) 명	앞색	까락		영색	부선색	현미, mm			현미 장폭비	현미색도			종피색
		유무	색			두께	길이	너비		L	a	b	
진부찰벼	녹	무	-	황백	갈	2.1	4.8	2.8	1.72	46.3	1.2	11.7	담황
자광찰	녹	유	적자	황백	흑자	1.8	6.5	2.4	2.74	32.1	4.2	5.5	적갈

품종(계통) 명	출수기 월, 일	간장 cm	수장 cm	주당 수수	이삭당 영화수	등숙율	현미 천립중, g	도복 1~9	정조 수량 kg/10a	현미경도, kg
진부찰벼	7.26	86.5	20.5	13.2	99.2	79.3	21.6	5	554.4	9.22
자광찰	7.31	89.2	21.0	16.5	88.9	78.0	20.4	1	547.5	9.41

품종(계통) 명	ADV 1~7	밥, g		균형 도	호화개시 온도℃	호화점도, RVU			Break -down	Consis -tency	Set -back	찰메성
		경도	점도			최고	최저	최종				
진부찰벼	6.3	760	55	0.072	68.6	95	87	105	8	18	10	찰
화선찰벼	6.3	811	76	0.087	69.5	174	131	158	43	27	-16	찰
자광찰	6.3	894	51	0.074	68.9	183	137	165	46	28	-18	찰

비율, 현미천립중은 비슷하였다. 경기도 여주 실험포장에서의 10a당 정조수량은 진부찰벼와 비슷한 550kg수준이었는데, 자광찰은 현미로만 이용할 것이므로 진부찰벼의 백미 수량에 비하면 경제적 수량이 훨씬 많은 셈이다.

자광찰 쌀의 이화학적 성질을 보면 알칼리붕괴도와 호화개시온도는 조생종인 진부찰벼 및 중생종인 화선찰벼와 비슷하지만, 신속점도측정기로 조사한 호화점도특성은 진부찰벼와는 다르고 화선찰벼와 비슷한 성질을 보였다. 자광찰이 조생종이지만 출수 및 성숙기가 비슷한 진부찰벼보다 중생종인 화선찰벼와 유사한 호화특성을 보여 배유전분의 특성상 밥쌀용으로 적합하다고 할 수 있다. 자광찰 쌀로 지은 밥의 경도는 컷고 점도 및 균형도는 진부찰벼와 비슷했다. 앞으로 자광찰 현미의 미숫가루 가공적성에 대한 검토가 추가될 예정이다.

#### 나. 건향찰 1호

건향찰 1호는 국내육성 조생종 찰벼인 진부찰벼와 일본에서 육성한 방향성 메벼 미야카오리를 교배시킨 잡종 제8세대계통에서 선발한 찰벼계통이다. 이 계통의 주요 특성을 보면(표 4-28) 잎은 녹색이고, 직립하며, 가락은 아주 드물게 발

표 4-28. 가공적성용 찰벼 신소재 「건향찰 1호」 및 「건향찰 2호」의 주요특성

품종(계통) 명	잎색	까락 유무	영색	부선색	현미			출수기 월, 일	간장 cm	수장 cm	주당 수수	이삭당 영화수
					장폭비	색	천립중					
진부찰벼	녹	무	황백	황백	1.72	담황	20.3g	7. 26	87.8	20.8	16.6	100.5
건향찰 1호	녹	드뭉	황백	황백	1.99	담황	18.6	7. 26	75.8	20.5	15.1	123.5
건향찰 2호	녹	드뭉	황백	황백	1.78	담황	18.9	7. 30	82.6	20.5	17.0	102.8

품종(계통) 명	등숙율 %	도복 1~9	정조중 kg/10a	호화개시 온도℃	호화점도, RVU			Break- down	Consis- tency	Set -back	방향성	찰매성
					최고	최저	최중					
진부찰벼	66.4	7	608.7	68.6	95	87	105	8	18	10	무	찰
화선찰벼	-	-	-	69.5	174	131	158	43	27	-16	무	찰
건향찰 1호	73.0	1	690.6	70.8	168	140	163	28	23	-5	유	찰
건향찰 2호	63.4	3	646.5	70.4	147	109	148	38	39	1	유	찰



생하나 영과 같은 색이고, 성숙기의 영(왕겨)과 부선은 황백색이다. 현미 장폭비는 진부찰벼보다 약간 크나 현미천립중이 작은 소립종이고, 현미종피는 진부찰벼와 마찬가지로 담황색이다.

재배연도, 재배장소 및 재배법에 따라 변할 수 있는 주요 농업형질을 보면 건향찰 1호의 출수기는 진부찰벼와 같아 조생종에 속하며, 간장은 10cm 정도 짧아 도복되지 않았다. 진부찰벼보다 주당수수가 약간 적지만 이삭당 영화수는 많으며, 등숙비율은 진부찰벼보다 높았다. 경기도 여주 실험포장에서의 10a당 정조수량은 진부찰벼보다 15%정도 많은 690kg수준으로, 건향찰 1호가 조생종 찰벼라는 점을 생각하면 매우 높은 수량성을 보여준 셈이다. 쌀가루의 호화점도 특성을 보면 건향찰 1호는 모든 면에서 중생종인 화선찰벼와 비슷하였으며, 진부찰벼와는 그 성질이 달랐다(표 4-29).

「건향찰 1호」의 가장 큰 특징은 쌀에서 향기가 나는 찰벼이며 우리 나라 전통가공식품인 유과 가공적성이 뛰어나다는 점이다. 표 4-27에서와 같이 유과 가공시의 팽화도가 아주 우수하며 texturometer로 조사한 유과의 아삭아삭한 정도가 뛰어났다. 신소재 찰쌀로 가공한 유과에 대한 관능검사 결과 종합점수는 화선찰벼와 비슷했지만 냄새에서 높은 점수를 받아 건향찰 1호는 유과 가공성이 좋은 계통이라고 할 수 있었다.

#### 다. 건향찰 2호

건향찰 2호는 국내육성 조생종 찰벼인 진부찰벼와 일본에서 육성한 방향성 메벼 미야카오리를 교배시킨 잡종 제8세대계통에서 선발한 찰벼계통이다. 이 계통

표 4-29. 「건향찰 1호」의 유과 가공적성

품종(계통) 명	팽화도 (ml/g)	Crispiness (peak수)	경도 (kg)	유과 관능검사치, 1~5					
				냄새	색	아삭아삭	단단정도	붙는정도	종합
화선찰벼	2.44	13.00	259.1	2.9	3.60	4.2	2.5	2.5	3.6
건향찰 1호	5.10	18.67	446.3	3.9	2.2	3.8	2.6	2.9	3.8

표 4-30. 「건향찰 2호」 쌀로 가공한 인절미의 texture 특성 -4°C에서 24시간 저장

품종(계통) 명	경도 (kg)	부착성	탄력성	응집성	점탄성	씹힘성
화선찰벼	1.722	0.60	0.92	0.51	879.75	807.67
건향찰 2호	0.210	-5.19	1.53	0.48	101.84	157.57

주요 특성을 보면(표 4-30) 옅은 녹색이고, 직립하며, 까락은 아주 드물게 발생하나 영과 같은 색이고, 성숙기의 영(왕겨)과 부선은 황백색이다. 현미 장폭비는 진부찰벼와 비슷하지만 현미천립중이 작은 소립종이고, 현미중피는 진부찰벼와 마찬가지로 담황색이다.

재배연도, 재배장소 및 재배법에 따라 변할 수 있는 주요 농업형질을 대조품종과 비교하면 건향찰 2호의 출수기는 진부찰벼보다 4일 정도 늦지만 조생종에 속하며, 간장이 5cm 정도 짧아 성숙기에도 거의 도복되지 않았다. 주당수수, 이삭당 영화수 및 등숙비율은 진부찰벼와 비슷하였고, 경기도 여주 실험포장에서 10a당 정조수량은 진부찰벼보다 6% 정도 많은 645kg수준으로 이 계통이 조생종 찰벼라는 점을 생각하면 수량성이 높은 셈이다. 건향찰 2호 쌀가루의 호화점도 특성을 보면 모든 면에서 진부찰벼와 화선찰벼의 중간적인 특성을 보여 건향찰 1호와 는 그 성질이 달랐다(표 4-30).

「건향찰 2호」의 가장 큰 특징은 쌀에서 향기가 나는 찰벼이며 우리 국민이 즐겨 이용하는 인절미 가공적성이 뛰어나다는 점이다. 표 4-30에서와 같이 인절미 제조 후 1일간 실온에 방치한 다음 texturometer로 조사한 인절미의 경도, 부착성, 탄력성, 점탄성 및 씹힘성 등이 비교품종인 화선찰벼와 큰 차이가 났다. 이들 특성 중 건향찰 2호의 경도와 씹힘성이 낮은 수치를 보인 것은 인절미의 조직감이 부드럽다는 것을 뜻하므로 이 신소재 계통은 인절미를 비롯한 찹쌀떡 가공성이 우수하다고 할 수 있다.

## 제 4 절 결과 요약

1. 찰벼 111품종의 쌀을 이용하여 신속점도측정계로 품종별 찰쌀가루의 호화점도특성을 조사한 결과, 호화개시온도는 인디카형이 높았으며 호화과정에서 나타나는 최고점도, 최저점도 및 최종점도는 통일형 품종의 평균값이 가장 높았고 인디카형은 중간, 그리고 자포니카형 품종이 가장 낮았다. 또 강하점도와 응집점도에서도 통일형 품종이 가장 높았고 자포니카형 품종이 가장 낮았으며, 치반점도는 통일형 품종이 가장 낮았고 자포니카형 품종이 가장 높았다. 한편 강하점도율, 치반점도율 및 응집점도율에서는 모두 자포니카형 품종의 평균값이 가장 낮았다.
2. 조사한 재료품종 쌀의 알칼리붕괴도는 KOH 1.4%와 1.7% 용액 모두에서 인디카형이 가장 낮았고, 자포니카형과 통일형 품종은 비슷한 정도의 붕괴도를 나타냈다.
3. 찰벼 품종 쌀의 호응집성은 품종군별 평균 gel길이는 20분 냉각 및 24시간 냉각에서 모두 인디카형이 가장 짧았고, 자포니카형과 통일형간에는 차이가 인정되지 않았다.
4. 조사한 찰벼 111품종을 쌀가루의 호화점도특성에 근거하여 cluster 분석법을 통해 6개 품종군으로 분류할 수 있었다. I-A군은 대부분 자포니카형 조생 품종이며, I-B군은 인디카형이거나 통일형 품종이었고, II-A와 II-B군은 극조생이면서 자포니카형이고, III-A와 III-B군은 자포니카형 중생종 또는 중만생종에 해당되었다.
5. KOH 1.4%와 1.7% 용액에서의 알칼리붕괴도 값은 I-A, I-B, II-B군이 낮은 편에 속했고, III-A와 III-B군은 높은 편에 속했으며, 품종군간 호응집성 차이는 인정되지 않았다.
6. 본 연구과제가 수행된 지난 5년간(1995. 12~2000. 12) 찰벼 미립형태 및 찰쌀의 물리성 다양화 소재개발을 위해서 작성한 인공교배 조합수는 총 107조합이었으며, 그 동안 총 87조합의 F<sub>1</sub> 식물체를 포장 또는 세대축진은실에서

양성하였다.

7. 본 연구기간 중에 F<sub>2</sub>에서 F<sub>9</sub>까지의 잡종집단 및 계통이 육성되었으며, 교배 조합별로 미립형태의 변이, 입중의 다양화, 현미 종피색의 다양화, 배유의 방향성 유무, 알칼리붕괴도 및 호화점도특성과 같은 배유의 물리성 변이, 이삭형태의 변이, 미립의 생리활성 변이, 취반팽창율 변이 등 중 어느 1~2가지 특성의 다양화를 목표로 선발해 왔다.
8. 재래종인 자광도를 교배친으로 이용하여 개발한 적갈색 종피 찰벼 신소재 계통 중에는 미숫가루 또는 식혜가공에 적합한 것이 있었고, 백미에 섞어서 밥을 짓는 혼반용으로 적합한 것도 있었다. 적갈색 종피 찰벼 신소재 중 호화점도 특성과 농업형질이 우수한 계통을 선발하여 「자광찰」로 명명하고 가공밥 적성에 대한 세밀한 검토를 할 예정이다.
9. 배유에서 향기가 나는 방향성 찰 신소재로 개발한 계통들 중에는 유과, 인절미, 식혜, 또는 미숫가루 가공적성이 우수한 것이 포함되어 있다. 2000년까지 연구결과에서 농업형질과 유과 가공성이 우수한 계통을 「건강찰 1호」, 그리고 농업형질과 인절미 가공성이 우수한 계통을 「건강찰 2호」로 각각 명명하고 이들의 가공적성을 세밀히 검토할 예정이다.
10. 중간찰/찰벼 조합의 heterozygous한 개체에서 분리된 메, 중간찰(dull), 찰 F<sub>4</sub> 종자의 아밀로스 함량은 메벼가 가장 높았고 dull은 중간이었으며 찰벼가 가장 낮았고, 알칼리붕괴도는 메벼가 가장 높았으며 찰벼는 중간이었고 dull이 가장 낮았다. 그러나 *Du-7*/진부찰 조합에서는 메와 찰 간에는 차이가 없었고 dull이 가장 낮았다.
11. 한편 진부찰/*du-6* 조합에서 분리된 메, dull, 찰 F<sub>5</sub> 종자의 단백질 함량은 dull이 가장 높았고 메와 찰은 서로 비슷한 수준으로 모두 dull 보다는 낮았다. 또 이들의 호화점도특성은 메, dull, 찰 간에 고도의 유의차가 인정되어 dull은 최저점도, 최종점도, 응집점도에서 메와 찰의 중간값을 나타냈고, 호화개시온도, 최고점도는 메와 비슷한 값을, 강하점도는 가장 큰 값을 그리고 치반점도는 가장 낮은 값을 나타냈다.

12. 벼 이삭줄기의 대유관속 수가 많고 이삭의 1차 지경수가 많아 다수성 형질을 가진 재래종 찰벼 인부지나도를 교배친으로 사용한 교배조합의 F<sub>1</sub>식물체의 유관속 수와 이삭 특성은 조합에 따라 우성방향과 우성정도가 다르게 나타났다. F<sub>2</sub> 집단에서는 이삭목 지름, 1차 지경수, 대유관속수 3가지 형질 모두 전형적인 정규분포를 보이는 양적 형질의 유전을 하는 것으로 나타났다.
13. F<sub>2</sub> 집단에서 간장을 90cm를 기준으로 나누었을 때, 두 집단간에 대유관속수 및 이삭 특성의 차이가 없었다. F<sub>2</sub> 집단에서 대유관속 수가 많고 간장이 중 이하인 개체를 선발하여 F<sub>3</sub> 집단을 조성했을 때, 선발한 집단과 선발하지 않은 집단간의 대유관속 수, 이삭목 지름 및 1차 지경수의 차이가 없었다.
14. F<sub>3</sub>집단에서 간장 90cm이상과 90cm이하인 개체군을 나누었을 때, 조사한 6개 형질 중 F<sub>2</sub>에서 선발하지 않은 집단은 대유관속 수에서, 그리고 선발한 집단은 현미 100립중에서 간장을 기준으로 나눈 두 집단간에 차이가 있었고 다른 형질에서는 차이가 없었다.
15. 연구기간 중에 가공밥용 적갈색 현미 찰, 유과 가공용 방향성 찰 및 인절미 가공용 방향성 찰 신소재 계통을 각각 개발하였다.

## 제 5 절 참고문헌

1. Bhattacharya, K. R. and C. M. Sowbhagya. 1972. An improved alkali reaction test for rice quality. J. Food Technol. 7 : 323-331
2. Cagampang, G. B., C. M. Perez, and B.O. Juliano. 1973. A gel consistency test for eating quality of rice. J. Sci. Food Agri. 24 : 1589-1594
3. Chae, J. C. and D. J. Lee. 1996. Effect of specific gravity on seedling growth and vascular bundle development of two rice cultivars. Korean J. Crop Sci. Vol. 41(1) : 62-67.
4. \_\_\_\_\_, B. K. Kim, and D. J. Lee. 1984. A study on the development of internodal vascular bundles and air spaces, and its relationships to panicle

- characteristics of rice varieties. Korean J. Sci. Soc. 29(4) : 356-361.
5. Choi, H. C. and Y. H. Sohn. 1993. Analysis of varietal variation in alkali digestion of milled rice at several levels of alkali concentration. Korean J. Crop Sci. 38(1) : 31-37
  6. Dana, S., B. B. Chaudhari, and S. L. Basak. 1969. Correlation between vascular bundles and panicle characters in rice. International Rice Commission Newsletter. 18(1) : 36-38.
  7. Hideki S., F. Yoshimich, and F. Toshinori. 1999. Mapping of QTLs for vascular bundle system and spike morphology in Rice, *Oryza sativa* L. Breeding science. 49 : 75-81.
  8. Hayashi, H. 1976. Studies on large vascular bundles in paddy rice plant and panicle formation. 1. Relationships between the number of large vascular bundles in the culm and plant types. Proc. Crop sci. soc. Japan. 45(2) : 322-327.
  9. Joarder, N. and A. M. Eunos. 1980. correlation of vascular bundle panicle characters in rice. Kalikasan, Phillip. J. Biol. 9 : 93-95.
  10. Juliano, B. O., G. B. Cagampang, L. J. Cruz, and R. G. Santiago. 1964. Some physico-chemical properties of rice in Southeast Asia. Cereal Chemistry 41 : 275-286
  11. Kim, H. S., O. J. Kang, and G. S. Yoon. 1983. Physicochemical properties of waxy rice starches prepared from three different cultivars. J. Korean Agric. Chem. Soc. 26(4) : 211-216
  12. Kim, J. K., B. S. Vergara. 1991. A low tillering ideotype of rice plant for increasing grain yield potential. Korean J. Crop Sci. 36(2) : 134-142.
  13. Kim, K., Y. H. Lee, and Y. K. Park. 1995. Effect of steeping time of waxy rice on the firming rate of waxy rice cake. Korean J. Food Sci. Technol. 27(2) : 264-265

14. Kim, K. H., S. Y. Cho, H. P. Moon, and H. C. Choi. 1994. Breeding strategy for high-quality and diversification of agricultural products : Breeding strategy for improvement and diversification of grain quality in rice. Korean. J. Breed. Volum 26 supplement 2 : 1-15.
15. \_\_\_\_\_, M. H. Heu, S. Z. Park, and H. J. Koh. 1991. New mutants for endosperm and embryo characters in rice. KJCS 36(3) : 197-203.
16. \_\_\_\_\_, J. Y. Koo, D. Y. Hwang, and W. S. Kong. 1993. Varietal and environmental variation of gel consistency of rice flour. Korean 38(1) : 38-45
17. \_\_\_\_\_, and S. M. Oh. 1992. Varietal variation of alkali digestion value and its relationship with gelatinization temperature and water absorption rate of milled rice grain. Korean J. Crop Sci. 37(1) : 28-36
18. \_\_\_\_\_, S. Z. Park, H. J. Koh, and M. H. Heu. 1992. New mutants for endosperm and embryo characters in rice : Two dull endosperms and a giant embryo. Proceed. of SABRAO Intern. Symp. on The Impact of Biological Research on Agric. Produe. 125-131
19. Kim, S. K., K. Kim, G. C. Choi, K. J. Kang, and Y. H. Lee. 1992. Molecular structural properties of waxy rice starch. Korean J. Food Sci. Technol. 24 : 568-573
20. \_\_\_\_\_, B. H. Song, K. H. Lee, Y. R. Pyun, and S. H. Lee. 1985. Viscometric properties of waxy rice starches. Korean J. Food Sci. Technol. 17(2) : 107-113
21. Koh, H. J., K. W. Cha, and M. H. Heu. 1997. Inheritance and some physicochemical properties of newly induced "Low-amylose Endosperm" mutants in rice. Korean. J. Breed 29(3) : 368-375.
22. Komatsu, Y., N. Matsuo, and K. Uemura. 1985. Analysis of varietal ecology of high yielding foreign rice. 7. The character of Akenohoshi in

- the vascular bundle of neck node. Jap. J. Crop Sci. 54(Extra) 1 : 10-11.
23. Kunihiro, Y. 1989. Amylose in rice breeding for good eating quality. 農業技術 44(1) : 40-44.
  24. Lee, D. J. 1990. Effect of nitrogen and grain density on the development of vascular bundles in rice(*Oryza sativa* L.) Ph. D. Thesis, University of the Philippines at Los Banos. p175.
  25. \_\_\_\_\_, K. J. Kim, J. H. Lee, B. K. Kim, and J. C. Chae. 1985. The effect of nitrogen fertilization on vascular bundles and air space development in the internodes of several rice varieties and the relationship between the histological structure and panicle characteristics. Korean J. Crop Sci. Soc. 30(1) : 107-115.
  26. \_\_\_\_\_, and D. Y. Sin. 1996. Topdressing of nitrogen and its effect on vascular bundle development and yield components of two rice cultivars under tropical conditions. Journal of the Korean society of international agriculture, 8(2) : 132-142.
  27. \_\_\_\_\_, B. S. Vergara, M. S. Lim, J. C. Chae, and B. K. Kim. 1996. Nitrogen effect on development of large vascular bundle and yield components of two rice cultivars(*Oryza sativa* L.). RDA journal of agricultural science. 38(1) : 56-63.
  28. \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_, O. B. Zamora, B. K. Kim, and J. C. Chae. 1992. Development of vascular bundles in the peduncle of different tillers and its relationships to panicle characteristics in rice. Korean J. Crop Sci. 37(2) : 155-165.
  29. \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_, I. S. Shim., B. K. Kim and J. C. Chae. 1994. Development of small vascular bundles at different tiller as affected by nitrogen levels in rice plants. Korean J. Crop Sci. 39(4) : 366-372.
  30. Lim, S.J., D. U. Kim, J. K. Sohn, and S. K. Lee. 1995. Varietal variation



- of amylogram properties and its relationship with other eating quality characteristics in rice. Korean J. Breeding 27(3) : 268-275
31. Mallik, S., A. M. Agular, and B. S. Vergara. 1988. Rice panicle characteristics. IRRN. 13(5) : p7.
  32. Okuno, K., H. Fuwa, and N. Yano. 1983. A new mutant gene lowering amylose content in endosperm starch of rice, *Oryza sativa* L. Japan. J. Breed. 33(4) : 387-394
  33. Shimizu, M. and Y. Takeoka. 1966. Effects of gibberellin on the morphogenesis in rice plants. 6. Effects of gibberellin on the development of vascular bundles in panicles. Proc. Crop sci. soc. Japan. 35(1-2) : 105-112.
  34. Toshinori, F., S. Hideki, and F. Yoshimichi. 1999. Variation of vascular bundle system correspond to indica, tropical- and temperate-japonica differentiation of Asian Rice(*Oryza sativa* L.). Breeding science. 49 : 15-19.
  35. Woo, J. W., H. S. Kim, K. S. Yoon, and M. H. Heu. 1985. Viscometric properties of waxy starches. J. Korean Agric. Chem. Soc. 28(4) : 219-225.

## 제 5 장 환경친화형 찰벼 다수성 초형 개발

### 제 1절 서 언

벼는 우리 나라에서 제1의 식량작물로 지난 반세기 동안 다수성 품종의 육성, 재배기술의 개발 및 병해충방제를 위한 노력의 결과로 급격한 수량의 증가를 이루었다. 또한 최근에는 국제경쟁력 향상을 위해 생산비를 절감하기 위한 재배기술의 개발과 더불어 식생활의 고급화와 다양화에 따른 품질향상을 위한 연구가 주로 이루어지고 있다. 그에 따라 전분이 주로 amylopectin만으로 구성된 찰벼에 대한 연구도 점진적으로 증가되고 있는 추세이나, 현재 벼 장려품종 중 찰벼는 5품종에 불과하여 아직도 메벼와 비교하면 극히 미진한 상태이다. 실제로 농가에서도 찰벼의 판매가격이 메벼에 비하여 높음에도 불구하고 수량이 메벼에 비하여 낮기 때문에 재배면적이 매우 적은 상태이다. 따라서 찰벼의 수량 증대를 위한 재배 생리·생태적 측면에서의 다수성 초형에 대한 연구·개발이 시급한 실정이다.

벼의 수량은 광합성에 의한 동화산물의 공급부위(Source)와 이들 동화산물을 축적하는 수용부위(Sink) 그리고 동화산물의 이동통로인 전류부위의 상호작용에 의해서 결정된다. 즉, 벼의 수량 증대를 위해서는 동화산물을 생산하는 공급부위로서 기능을 가지는 엽신의 면적을 넓게 하고 활력이 오래 유지되도록 하며, 생성된 동화산물이 순조롭게 전류 되도록 하여 최종적으로 수용부위에 축적이 원활히 이루어지도록 해야 한다. 벼의 수량에 영향을 주는 여러 요인들과 더불어 초형에 대한 현재까지의 많은 연구들은 대부분 메벼를 중심으로 이루어져 왔기 때문에 앞으로는 찰벼에서도 수량증대를 위한 다수성 초형의 연구가 절실하다고 생각된다.

또한 1960년대 이후 우리 나라 벼의 육종 목표는 고투입 조건을 통한 다수확에 적합한 방향으로 이루어졌으며, 이는 화학비료와 농약의 사용량을 증가시켰다. 1980

년대 ha당 230 kg 이던 비료 사용량은 1996년에 ha당 450 kg으로 증가하였다. 또한 1980년 수도용 농약과 제초제 사용량은 각각 6.4, 3.4천 톤이었으나 1995년에는 각각 4.9, 5.8천 톤이었다. 수도용 농약의 사용량은 23% 감소하였지만 제초제의 사용량은 71% 증가하였다. 농약의 과다 사용으로 인하여 해충뿐만 아니라 거미류, 무당벌레, 논고동, 사마귀등 익충까지도 사라지게 되어 농업 생태계의 기본 구조를 변형시켰다. 비료의 과다 사용으로 벼에 의해 흡수되지 않은 많은 양이 지하로 용탈되거나 배수로를 따라 하천으로 방출되어 하천과 호수 및 연근해의 부영양화를 유발하고 특히 농촌지역 지하수의 질산염농도는 6~9월 사이 평균 5.66ppm으로 겨울철 0.43ppm에 비해 훨씬 높았는데, 이것은 농업생산활동의 결과로 보인다.

1980년대 이후 농촌의 노동력 감소, 농업환경의 오염, 국민의 안전농산물에 대한 수요증가와 국제농업환경의 변화 등으로 국가적인 식량 수급과 환경보호라는 두 가지 문제에 부딪히게 되었고 또한 농산물 수입 개방에 대처해야만 한다.

저투입 지속농업은 이러한 국내적, 국제적 여건의 변화에 대응하기 위한 대안으로 제시되고 있다. 지속농업은 인류가 필요로 하는 식량과 섬유를 충분히 생산하고 환경과 자연자원의 질을 높이며 자연생태계의 순환과 조절 기능을 활용하여 농업의 경제적 건실성을 향상시킴과 동시에 농민과 전체 주민 생활의 질을 향상시켜야 한다. 따라서 생산성과 경제성은 여전히 높으면서 환경 친화성과 지속성이 다 같이 높은 농업 체계를 확립해야 한다.

벼 재배에 있어서 저투입 지속농업 조건에 적합한 품종개발을 위한 품종특성 연구가 있으나 전적으로 메벼에 관해서 이루어졌고 찰벼품종에 대한 특성과 품종개발에 대한 연구는 없다.

저투입 지속농업 체계에서 찰벼 연구가 부진한 이유는 첫째, 찰벼는 주곡이 아니라 하나의 기호식품, 가공식품, 건강식품이다. 둘째, 메벼보다는 수량이 낮고, 생산량과 수요에 따라 가격의 변동이 크다는 것이다. 하지만 국민소득과 생활수준의 향상되면서 건강에 대한 인식이 높아지고 양적인 면보다는 질적인 면에서 그리고 새로

은 가공식품으로 찰벼의 수요가 증가하고 있다.

이런 현실에서 메벼와 같이 찰벼도 저투입 지속농업에 적합한 찰벼 품종의 기준과 그리고 찰벼 품종개발에 대한 연구가 시급한 실정이다.

따라서 본 연구는 식생활의 다양화와 고급화에 따라 수요가 증대될 것이라고 기대되는 찰벼의 다수성 초형을 구명하기 위하여 기원과 초형을 달리한 찰벼품종의 수량형성과정 구명, 건물생산 효율 검정 및 물질전이능력구명을 위한 Source-Sink 균형을 검토하여 찰벼 다수성 초형의 기본모형을 설정하고자 실시하였다. 또한, 저투입 지속농법 체계에 적합한 찰벼의 다수성 초형을 구명하고자 실시하였으며, 궁극적으로 본 연구의 결과는 찰벼의 품종육성에 필요한 정보를 제공하고자 한다.

## 제 2 절 연구방법 및 내용

### 1. 기원과 초형이 다른 찰벼의 수량형성과정과 건물생산효율 검정

#### 가. 공시재료 및 재배법

본 실험은 경기도 여주군 가남면 소재 건국대학교 농축산생명과학대학 실습농장에서 1996년부터 2000년까지 5년간 수행하였다. 시험재료로는 표 5-1과 같이 기원과 초형이 다른 찰벼 12 품종과 대조품종으로 메벼인 일품벼, 추청벼 및 화청벼를 공시하여 실험을 수행하였다.

공시재료의 재배법은 표 5-2에서와 같이 중부지방의 재배적기인 5월 하순에 재식거리 30×15cm로 이앙하였으며, 시비량은 N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O = 11-7-8 kg/10a 수준으로 질소는 기비, 분얼비, 수비를 각각 50%, 30%, 20%로 3회 분시하였고, 칼리는 기비와 수비를 70%, 30%로 2회 분시하였으며, 인산은 전량 기비로 사용하였다. 그 외의 재배관리는 중부지방의 관행재배법을 따랐다.

표 5-1. 공시재료

품종명	기원	유래	배유특성	생태형	재배장소
IR394-4-Phi28	Indica	육성종	찰벼	중생종	논
대립찰벼	Japonica	재래종	찰벼	만생종	논
백나	Japonica	재래종	찰벼	중생종	논
백운찰벼	Japonica/Indica	육성종	찰벼	중생종	논
상남발벼	Japonica	육성종	찰벼	중생종	밭
소립찰벼	Japonica	재래종	찰벼	만생종	논
신선찰벼	Japonica	육성종	찰벼	중생종	논
인부지나도	Japonica	재래종	찰벼	중생종	논
일품벼	Japonica	육성종	메벼	만생종	논
적나	Japonica	재래종	찰벼	만생종	밭
추청벼	Japonica	도입종	메벼	만생종	논
한강찰벼	Japonica/Indica	육성종	찰벼	중생종	논
화선찰벼	Japonica	육성종	찰벼	중생종	논
화청벼	Japonica	육성종	메벼	만생종	논
화청찰벼	Japonica	육성종	찰벼	만생종	논

표 5-2. 공시재료의 재배법

년도	파종기	이앙기	재식밀도	재식본수	시비량(N-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -K <sub>2</sub> O)
1996	4월27일	5월25일	30×15cm	1본/주	11-7-8 kg/10a
1997	4월26일	5월31일	30×15cm	1본/주	11-7-8 kg/10a
1998	4월25일	5월30일	30×15cm	1본/주	11-7-8 kg/10a
1999	4월24일	5월30일	30×15cm	1본/주	11-7-8 kg/10a
2000	4월27일	5월27일	30×15cm	1본/주	11-7-8 kg/10a

#### 나. 조사방법

공시품종의 생육 특성은 최고분얼기에 초장 및 분얼을, 그리고 출수기에는 간장과 수장, 지엽과 차엽의 길이, 넓이, 발생각도, 상위 3절까지의 각 절간장을 조사하였다. 그리고 엽면적 및 지상부 건물중은 두시기 모두 조사하였으며, 이를 통하여 엽면적

지수(LAI)와 비엽중(SLW) 및 엽면적비율(LAR)을 계산하였고, 이삭목의 외경은 출수 후에 조사하였다. 유관속의 발달과 찰벼의 등숙특성과의 관련성을 알아보기 위하여 유관속의 수를 조사하였으며, 엽면적과 더불어 벼의 광합성에 중요한 인자중의 하나인 엽록소의 함량과 질소 함량 역시 최고분얼기와 출수기에 측정하였고, 수량형성과정의 구명을 위하여 수량 및 수량구성요소를 조사하였다. 그리고 찰벼 품종간 수량특성의 차이를 알아보기 위하여 1·2차 지경과 1·2차 지경립수를 조사하였으며 3차 지경이 발달한 것은 3차 지경과 입수까지 조사하였다.

건물생산특성을 조사하기 위하여 살펴본 엽면적 지수(LAI), 비엽중(SLW) 및 엽면적비율(LAR)의 계산식은 다음과 같다.

$$LAI = LA / S$$

$$LA = \text{단위면적당 총엽면적}, S = \text{단위면적(m}^2\text{)}$$

$$SLW(\text{mg/cm}^2) = LDW / La$$

$$LDW = \text{엽건물중}, La = \text{엽면적}$$

$$LAR(\text{cm}^2/\text{g}) = La / W$$

$$La = \text{엽면적}, W = \text{총건물중}$$

## 2. 찰벼의 물질전이 능력 검정

### 가. 공시 재료 및 처리내용

본 실험은 건국대학교 농축산생명과학대학내의 온실에서 수행하였으며 공시재료로는 찰·메 동질유전자 계통인 화청찰벼와 화청벼를 사용하였다. 1997년 5월 4일에 파종하여 6월 4일에 4~5엽의 묘를 높이가 30cm인 1/1500a pot에 주당 1본씩 4주를 이양하였다.

시비량은 N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O = 11-7-8 kg/10a 수준을 pot당 면적으로 환산하여 질소

는 기비, 분얼비, 수비를 각각 50%, 30%, 20%로 3회 분시하였고, 칼리는 기비와 수비를 70%, 30%로 2회 분시하였으며, 인산은 전량 기비로 사용하였다. 그외의 재배 관리는 중부지방의 관행재배법을 따랐다.

Source-Sink균형을 밝히고 수량제한 요인을 구명하기 위해 표 5-3과 같이 공급부위(잎)와 수용부위(영화)를 출수기에 인위적으로 조절하였는데, 공급부위의 조절은 대조구를 포함하여 각 엽위별로 1매, 2매, 3매씩 전엽하여 6개의 처리구로 하였고, 수용부위의 조절은 1차 지경립과 2차 지경립, 그리고 상위지경립, 하위지경립, 대조구로 구분하여 5개의 처리구로 지경을 절제하였다.

#### 나. 조사항목

생육특성으로 출수기, 지상부 건물중, 엽면적, 간장, 수장, 지엽과 차엽의 엽장, 엽폭을 조사하였으며, 이삭특성으로 1차 지경과 2차 지경의 지경수 및 영화수를 조사하였고 수확 후 이삭위치에 따라 1립씩 무게를 측정하여 평균립중 및 총립중을 구하였다.

입중의 등숙정도는 화청벼는 비중 1.06, 화청찰벼는 1.02에서 가라앉은 영의 천립중인 21.0g과 20.5g을 기준으로 하여 고밀도립과 등숙립, 저밀도립, 미등숙립으로 등숙정도를 구분하였다. 화청벼에서 고밀도립은 입중이 23.0mg 이상, 등숙립은 21.0mg

표 5-3. 화청벼와 화청찰벼의 공급부위와 수용부위의 조절내용

처리부위	구분	처리내용	처리부위	구분	처리내용
공급부위 (잎)	L1	지엽 제거	P1	1차 지경립 제거	
	L2	상위 제2엽 제거	P2	2차 지경립 제거	
	L3	지엽과 상위 제2엽 제거	수용부위 (영화)	P3	이삭의 상위립 제거
	L4	지엽과 상위 제3엽 제거		P4	이삭의 하위립 제거
	L5	지엽, 상위 제2엽, 상위 제3엽 제거		P5	대조구
	L6	대조구			

~22.9mg, 저밀도립과 미등숙립은 각각 19.0mg~20.9mg, 18.9mg 미만으로 하였고, 화청찰벼에서는 고밀도립은 입중이 22.5mg 이상, 등숙립은 20.5mg~22.4mg, 저밀도립과 미등숙립은 각각 18.5mg~20.4mg, 18.0mg 미만인 입수를 측정하여 등숙정도를 분류하였다.

### 3. 잡종집단에서 선발한 특수 찰벼의 수량성 검정

#### 가. 공시재료 및 재배법

본 실험은 1999년과 2000년에 표 5-4에서와 같이 KR92009-125-5-5-B-2-B를 포함하여 잡종집단에서 다수성 초형으로 선발한 7계통과 진부찰벼, 흑진주벼를 공시하여 수행하였으며, 재배시기에 따른 생육반응과 특성을 검토하고자 1999년에는 4월 24일, 5월 20일, 6월 10일에 파종하여 각각 5월 30일, 6월 10일, 6월 20일에 이앙하였고, 2000년에는 4월 27일, 5월 13일, 5월 24일에 파종하여 각각 5월 27일, 6월 10일, 6월 20일에 이앙하여 실험을 수행하였다. 재배법은 표 5-5에서와 같이 실험1과 동일하게 적용하였다.

#### 나. 특성 조사

재배시기에 따른 생육반응 시험 모두 최고분얼기와 출수기에 생육이 중간 정도인

표 5-4. 공시재료

계통명/품종명	특수형질	계통명/품종명	특수형질
KR92009-125-5-5-B-2-B	적색찰	KR92021-B-B-42-5-B	향찰
KR92009-125-6-4-B-3-B	적색찰	KR92021-B-B-210-5-B	향찰
KR92009-1-W1-3-1-B	갈색찰	진부찰벼	
KR92009-125-8-1-12-4-B	적색메	흑진주벼	
KR92009-125-10-5-9-2-B	갈색메		



표 5-5. 공시재료의 재배법

년도	구분	파종기	이앙기	재식밀도	재식본수	시비량(N-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -K <sub>2</sub> O)
1999	1차 이앙	4월24일	5월30일			
	2차 이앙	5월20일	6월10일	30×15cm	1본/주	11-7-8 kg/10a
	3차 이앙	6월10일	6월20일			
2000	1차 이앙	4월27일	5월27일			
	2차 이앙	5월13일	6월10일	30×15cm	3본/주	11-7-8 kg/10a
	3차 이앙	5월24일	6월20일			

개체를 채취하여 초장, 분얼수, 간장, 수장, 엽면적, 지상부 건물중, SPAD값, 엽록소 함량 및 질소함량을 조사하였고, 환경적응성 측면에서의 수량성을 검증하기 위하여 수상조사와 더불어 재배시기별 수량 및 수량구성요소를 조사하였다.

잎의 SPAD값은 Chlorophyll Meter(SPAD-501, MINOLTA, JAPAN)을 이용하여 새로이 전개된 잎 또는 지엽의 중륵을 중심으로 좌측과 우측을 각각 5번씩 총 10회를 측정하였다.

잎의 엽록소 함량은 Yoshida의 방법에 따라 SPAD로 측정한 잎 2g을 평량 하여 잘게 자른 다음 삼각플라스크에 넣고 80%아세톤에 침지한 후 4°C 냉장고에서 48시간 추출하였다. 추출액은 spectrophotometer(TU-1800P C, P.General, USA)를 이용하여 663nm와 645nm에서 흡광도를 측정하였으며, 총 엽록소함량 계산은 다음과 같은 식을 이용하였다.

Total Chlorophyll content(mg/g)

$$= (20.2 \times D_{645} + 8.02 \times D_{663}) \times 50 / 1000 \times 100 / 5 \times 1 / 2$$

D645 : 645nm에서 흡광도,      D663 : 663nm에서 흡광도

질소 분석은 Yoshida의 방법에 따라 Kjeldahl법으로 분석하였는데 순환열풍건조

기에서 60°C로 4일간 건조한 벼 잎을 40mesh로 분쇄한 후 시료 0.2g과 salt mixture 0.2g을 평량하여 Kjeldahl flask에 넣고 여기에 농황산 5ml을 넣어 분해용 전기로에서 습식 분해하였으며, 분해된 시료에 증류수 10ml를 넣고 micro-Kjeldahl 증류기에서 40% NaOH 10ml와 함께 증류하여 혼합지시약이 함유된 4% boric acid에 암모니아를 받아 표준 HCl용액으로 적정을 하여 다음과 같은 식에 따라 질소함량을 계산하였다.

$$\text{Nitrogen Content(\%)} = (\text{ST}-\text{BT}) \times \text{normality of HCl} \times 1.4 / \text{SW(g)}$$

ST : 시료적정에 소요된 HCl표준용액의 ml수

BT : Blank Test에 소요된 HCl표준용액의 ml수

SW : 시료의 중량

#### 4. 저투입조건에서 찰벼의 수량성 검정

본 시험은 1996년부터 2000년까지 5년간 경상대학교 시험포장과 사천지역의 농가포장에서 수행하였다. 환경 조화형 다수성 초형 구멍을 위해 저투입 조건과 고투입 조건에서 기원이 다른 찰벼 품종을 5월 25일과 26일에 손이앙과 직파를 하였고, 저투입 조건에서 찰벼 품종의 Source-Sink균형을 밝히고 수량제한 요인을 구명하기 위해 6월 12일 이앙, 저투입 조건에서 찰벼 품종의 건물생산효율 및 물질전이능력을 평가하기 위해 5월 28일 무경운 자운영 포장에 파종하였다.

시비량은 질소 인산 가리를 고투입 조건은 11-7-8kg/10a 사용하였으며, 저투입 조건은 6-4.5-5.6kg/10a를 사용하였다. 질소의 분시는 고투입조건에서 기비 40%, 분얼비 30%, 수비 30%, 저투입조건에서는 기비 50%, 수비 50%,로 나누어 사용하였고, 가리는 기비 50%, 수비 50%로 분시하였으며, 인산비료는 전량 기비로 사용하였다.

직파재배에 적합한 품종선발을 위해 고투입과 저투입조건에서 입모율, 분얼, 초장,

엽면적지수 엽각등을 조사하였다.

찰벼의 Source-Sink 관계를 구명하고자 Isogenic line을 이용하여 출수기에 지엽, 제2엽, 제3엽, 지엽+제2엽, 지엽+제3엽, 제2엽+제3엽을 제거하여 수량 및 수량구성 요소, 줄기의 건물중 전류를 평가하였다. 저투입 조건에서 찰벼 품종의 건물생산량과 물질의 전류능력을 평가하였다.

건물중은 78°C건조기에 48시간 건조 후 조사하였다. 근활력은 산화환원 분석법으로, 질소함량은 생육 시기별로 Kjeldhal 분석법으로, 당과 전분 함량은 Anthrone 분석법으로 실시하였다.

## 제 3절 연구결과

### 1. 기원과 초형이 다른 찰벼의 수량형성과정과 건물생산효율 검정

#### 가. 생육특성

표 5-6은 1996년부터 2000년까지 5년 동안 조사한 찰벼 품종들의 최고분얼기 생육특성을 평균적으로 살펴본 것이다. 초장은 62.2~105.1cm의 분포로서 평균 81.2cm로 나타났는데, 대립찰벼와 인부지나도가 105.1cm와 97.6cm로서 장간종의 특징을 보였고, 소립찰벼는 62.2cm로 단간종으로 나타났다. 분얼수는 평균 16.2개로서 9.3~20.6개의 범위를 보였는데, 화청벼와 화선찰벼가 20개 이상으로 분얼수가 가장 많았고, 추청벼와 IR 3941-4-Phi28 및 소립찰벼가 19개정도의 분얼로서 다얼성 특징을 보였으나, 대립찰벼와 인부지나도 및 상남발벼는 10개 전후의 분얼을 보여 소얼성 품종의 특징을 나타냈다. 엽신중과 엽면적은 평균 6.9g과 1548.5cm<sup>2</sup>로 측정되었으며, 화청벼와 한강찰벼가 두 특성 모두에서 가장 높은 값을 보였고, 상남발벼는 가장 낮은 결과를 나타냈다.

출수기에 조사한 생육특성은 표 5-7과 같은데, 출수기는 백운찰벼가 8월 2일로

표 5-6. 찰벼 품종들의 최고분얼기 생육특성

품종명	초장 (cm)	분얼수 (개/주)	엽신중 (g)	총건물중 (g)	엽면적 (cm <sup>2</sup> )
IR394-4-Phi28	76.3	18.6	6.7	24.7	1672.2
대립찰벼	105.1	9.9	6.4	26.1	1440.5
백나	87.8	14.0	6.7	23.1	1276.0
백운찰벼	70.0	17.5	6.7	23.1	1624.2
상남발벼	71.6	10.4	4.2	14.5	973.7
소립찰벼	62.2	18.7	7.7	25.6	1869.8
신선찰벼	82.4	16.0	6.7	27.7	1563.2
인부지나도	97.6	9.3	6.8	26.8	1279.1
일품벼	72.7	17.5	6.6	25.7	1254.3
적나	87.7	16.6	7.9	29.5	1937.7
추청벼	79.5	18.9	6.9	27.4	1428.1
한강찰벼	82.0	16.0	8.1	33.1	1974.6
화선찰벼	77.3	20.2	6.4	24.5	1430.8
화청벼	80.7	20.6	8.9	27.0	1826.0
화청찰벼	84.7	18.1	7.4	23.3	1676.7
평균	81.2	16.2	6.9	25.5	1548.5

가장 빨랐고 상남발벼와 IR3941-4-Phi28이 8월 10일 이전에 출수하여 조생종에 가까웠으며, 메벼 품종인 일품벼와 추청벼 및 화청벼는 모두 만생종으로 8월 22일 이후에 출수하였고, 한강찰벼와 화청찰벼도 각각 8월 21일과 8월 22일에 출수하여 만생종의 특성을 보였다. 간장은 평균 88.9cm로 품종에 따라 차이가 현저하였는데 초장이 가장 작았던 소립찰벼가 56.2cm로 가장 작았고, 인부지나도가 126.4cm로 가장 컸으며, 최고분얼기에 초장이 길었던 대립찰벼보다도 백나와 적나의 간장이 더 큰 특성을 나타냈다. 수장은 평균 23.2cm로서 IR3941-4-Phi28와 대립찰벼가 길었고, 화청벼와 화청찰벼 및 화선찰벼가 20cm내외로 짧은 특성을 보였다. 엽신중은 평균 9.8g으로 6.4~13.0g의 범위를 나타냈으며, 총건물중은 평균 32.9g이었다. 엽면적은 1643.4~2573.7cm<sup>2</sup>의 범위를 보였는데, 화청벼가 가장 넓었고 한강찰벼와 적나가

표 5-7. 찰벼 품종들의 출수기 생육특성

품종명	출수기	간장 (cm)	수장 (cm)	엽신중 (g)	총건물중 (g)	엽면적 (cm <sup>2</sup> )
IR394-4-Phi28	8월 07일	75.0	28.3	7.9	34.3	1864.6
대립찰벼	8월 18일	98.8	26.1	8.9	30.7	1690.8
백나	8월 17일	102.4	22.8	9.7	31.4	1732.3
백운찰벼	8월 02일	75.9	24.8	7.6	29.5	1915.4
상남발벼	8월 05일	93.5	24.9	6.4	23.8	1643.4
소립찰벼	8월 18일	56.2	24.2	11.4	35.9	2418.3
신선찰벼	8월 17일	95.4	22.5	9.7	34.0	1998.1
인부지나도	8월 15일	126.4	23.4	11.3	37.9	1775.4
일품벼	8월 22일	73.6	23.0	9.9	29.5	1974.0
적나	8월 19일	103.2	22.5	11.6	33.4	2489.4
추청벼	8월 22일	86.2	20.5	11.1	33.6	2096.8
한강찰벼	8월 21일	77.2	24.0	9.6	33.3	2453.1
화선찰벼	8월 16일	87.5	21.0	8.9	31.5	1775.8
화청벼	8월 24일	88.0	20.1	13.0	41.9	2573.7
화청찰벼	8월 22일	94.7	19.9	10.7	33.0	2222.6
평균		88.9	23.2	9.85	32.9	2041.6

2400cm<sup>2</sup> 이상으로 엽면적이 넓은 특성을 보여 광합성 능력이 높을 것으로 기대된다.

벼의 잎은 동화산물을 공급하는 주된 부위로서 생육특성이나 형태적 특징에 따라 생산하는 동화산물의 양에 영향을 미친다는 많은 연구들이 있으므로, 벼 잎의 형태적 특징을 품종간에 비교해 보는 것은 Source로서의 기능을 조사하는데 있어 매우 유용하다고 생각된다.

표 5-8은 찰벼 잎의 형태적 특징을 살펴본 것으로 상위 제2엽이 모든 품종에서 지엽보다 길었으며, 지엽과 상위 제2엽 모두에서 인부지나도가 가장 길었다. 지엽의 엽폭은 소립찰벼가 가장 넓었는데 비하여 상위 제2엽의 엽폭은 인부지나도가 가장 넓었다. 특히 인부지나도는 다른 품종에 비하여 지엽보다 상위 제2엽의 엽폭이 오히려 넓은 독특한 특징을 보였다. 엽면적 역시 지엽과 상위 제2엽 모두에서 인부지나

표 5-8. 찰벼 잎의 형태적 특성차이

품종	엽장(cm)		엽폭(cm)		엽면적(cm <sup>2</sup> )		엽각(°)	
	지엽	상위 제2엽	지엽	상위 제2엽	지엽	상위 제2엽	지엽	상위 제2엽
인부지나도	39.73	54.74	1.62	1.68	47.96	68.78	41.67	34.00
IR 394-4-Phi28	37.07	42.30	1.78	1.20	49.82	38.08	77.33	57.00
소립찰벼	33.80	51.67	1.80	1.40	45.47	54.43	78.33	72.67
화선찰벼	31.40	43.00	1.37	0.93	37.15	30.12	70.67	57.00
추청벼	35.83	44.17	1.38	1.27	32.16	40.29	56.30	53.00
LSD(0.05)	4.26	5.01	0.26	0.18	8.04	9.74	7.66	7.17

도가 넓은 경향을 나타냈다. 수광태세에 있어 결정적인 역할을 하는 엽각은 지엽의 경우 인부지나도와 추청벼가 각각 41.2° 와 56.3°로서 경사형이었으며, 나머지 품종들은 수직형이었고, 상위 제2엽에서는 인부지나도, IR394-4-Phi28, 화선찰벼 및 추청벼가 모두 경사형이었으나, 소립찰벼만 수직형이었다. 모든 품종에서 지엽의 엽각이 상위 제2엽의 엽각보다 크게 나타났다.

찰벼 줄기의 형태적 특징을 표 5-9에서 살펴보면, 절간장은 상위 제1절간의 경우 인부지나도>IR394-4-Phi28>추청벼·화선찰벼>소립찰벼의 순이었으나 상위 제2절간과 상위 제3절간의 경우는 인부지나도>추청벼·화선찰벼>IR394-4-Phi28>소립찰벼의 순이었으며, 절간 위치별 신장정도는 품종에 관계없이 상위 제1절간>상위 제2절간>상위 제3절간 순이었다. 이삭목 직경은 표 5-7에서 수장이 가장 길었던 IR394-4-Phi28이 2.73mm로서 가장 굵었으며, 수장이 짧았던 추청벼와 화선찰벼가 가장 가늘었다. 기부절의 직경은 초장이 컸던 인부지나도가 가장 굵었고, 화선찰벼가 가장 가는 특성을 보였다. 이(1985)에 의하면 줄기의 직경이 굵을수록 수장도 길어지고 1·2차 지경 및 영화수도 많다고 하였는데, 본 실험에서도 유사한 결과를 얻었다.

찰벼의 유관속수를 살펴본 결과는 표 5-10과 같은데 유관속수는 품종간에 유의적 차이가 인정되었으며, 모든 품종에서 대유관속수에 비하여 소유관속 수가 많은 결과

표 5-9. 찰벼 출기의 형태적 특성차이

품 종	절간장(cm)			이삭목 직경(mm)	기부절 직경(mm)
	상위 제1절간	상위 제2절간	상위 제3절간		
인부지나도	51.18	31.78	24.97	1.98	7.75
IR 394-4-Phi28	40.25	19.60	8.92	2.73	6.37
소립찰벼	27.10	14.25	6.98	1.87	6.72
화선찰벼	34.93	20.37	15.83	1.32	5.08
추청벼	37.15	20.85	13.19	1.48	5.82
LSD(0.05)	2.37	1.81	3.44	0.54	0.66

표 5-10. 찰벼 대유관속수와 소유관속수의 품종간 차이

품 종	대유관속	소유관속
인부지나도	15.33	22.67
IR 394-4-Phi28	21.66	24.00
소립찰벼	19.33	25.33
화선찰벼	11.66	21.00
추청벼	12.33	22.00
LSD(0.05)	2.89	1.33

를 보여 Hybrid 벼는 대유관속수가 소유관속수보다 많았으나 그 외 보통재배 품종에서는 소유관속수가 대유관속수에 비하여 많다는 보고와 일치한다. 품종간에는 이삭목과 기부절의 직경이 굵었던 인부지나도, IR394-4-Phi28 및 소립찰벼가 대유관속수와 소유관속수가 많았다.

줄기의 유관속은 1·2차 지경수와 수당영화수, 이삭목 직경과 밀접한 정의 상관관계를 보인다는 보고에 따라 찰벼의 유관속수와 이삭특성과의 상관관계를 살펴본 결과(표 5-11), 소유관속수는 이들 특성과 정의 상관을 보였으나 유의성은 인정되지 않았고, 대유관속수는 수장(0.8025) 및 이삭목 직경(0.7457), 2차 지경수(0.9037)와 밀접한 정의 상관을 보여 이들 보고와 일치하는 경향이였다.

표 5-11. 유관속수와 이삭특성의 상관

	수장	이삭목 직경	1차 지경수	2차 지경수	대유관속수	소유관속수
수장	-					
이삭목 직경	0.9682**	-				
1차 지경수	0.2503	0.4022	-			
2차 지경수	0.8387**	0.8856**	0.7312**	-		
대유관속수	0.8025**	0.7457**	0.5452	0.9037**	-	
소유관속수	0.5650	0.4137	0.2584	0.6056	0.8874**	-

표 5-12. 찰벼 이삭의 영화수와 유관속수의 관계

품 종	총유관속수	영화수/총유관속수	등숙립/총유관속수	등숙율(%)
인부지나도	38.0	5.05	3.74	74.1
IR 394-4-Phi28	45.7	4.06	2.10	51.7
소립찰벼	44.7	5.11	3.42	66.9
화선찰벼	31.7	3.45	2.58	74.8
추청벼	34.3	3.74	2.86	76.5
LSD(0.05)	2.20	0.28	0.41	8.74

표 5-12는 1개의 유관속이 부담하는 영화수와 등숙립수를 나타낸 것으로서 인부지나도는 등숙율이 낮은 IR394-4-Phi2에 비하여 1개의 유관속이 5.05개의 영화수와 3.74개의 등숙립을 부담하는 결과를 보였으므로 유관속을 통한 동화물질의 전류능력이 우수하다는 것을 알 수 있었다.

이러한 결과는 등숙율의 향상을 위해서는 동화산물의 공급부위인 잎이 충분히 확보되어야 하며, 또한 잎에서 형성된 동화산물이 출수 후에 수용부위인 영화쪽으로 원활한 전류가 이루어져야 함을 의미한다.

즉, 동화산물의 전류와 관련하여 벼의 수량증대에는 소열성 품종이 다열성 품종보다 Sink strength가 크므로 동화산물의 물질전류에 유리하다는 점에서 인부지나도와 같은 소열성이면서 잎의 형태적 특성이 양호하고 대·소유관속수가 많으며, 또한 유



관속의 물질전류능력이 우수하고 Sink 수용력이 큰 수중형 품종이 유리하며, 잠재적 수량증대 가능성을 내포하고 있다고 할 수 있다.

#### 나. 엽록소 함량과 질소함량

벼 잎의 엽록소함량이나 질소함량은 수량과 밀접한 관련이 있는 특성중의 하나이다. 표 5-13은 최고분얼기와 출수기에 벼 잎의 엽록소함량 및 질소함량을 측정한 것이다.

최고분얼기와 출수기의 엽록소함량은 각각 2.08~2.69mg/g과 0.84~2.23mg/g의 범위로서 엽록소함량이 출수기에 감소되는 경향을 보였다. IR3941-4-Phi28은 최고

표 5-13. 찰벼에서 이양후 55일과 75일의 엽록소 함량과 질소함량

품종명	엽록소함량		증감	질소함량		증감
	최고분얼기	출수기		최고분얼기	출수기	
	----- (mg/g) -----			----- (%) -----		
IR 394-4-Phi28	2.69	1.67	-1.02	2.51	3.26	+0.85
대립찰벼	2.59	2.21	-0.38	2.44	3.31	+0.87
백나	2.64	2.20	-0.44	2.41	3.15	+0.74
백운찰벼	2.66	2.08	-0.58	2.36	2.75	+0.39
상남발벼	2.50	1.90	-0.60	2.23	3.45	+1.22
소립찰벼	2.23	1.34	-0.89	1.79	2.82	+1.03
신선찰벼	2.54	1.52	-1.02	2.61	2.77	+0.16
인부지나도	2.43	2.23	-0.20	2.42	2.73	+0.31
일품벼	2.36	1.55	-0.81	1.86	2.96	+1.10
적나	2.08	1.49	-0.59	1.53	2.68	+1.15
추청벼	2.43	0.85	-1.59	1.86	2.70	+0.84
한강찰벼	2.24	1.03	-1.21	1.61	2.63	+1.02
화선찰벼	2.57	1.01	-1.46	1.37	3.24	+1.87
화청벼	2.31	0.90	-1.41	1.46	3.17	+1.71
화청찰벼	2.31	0.84	-1.47	1.00	2.77	+1.77
LSD(0.05)	0.17	0.55		0.66	0.17	

분얼기에 엽록소 함량이 2.69mg/g로서 가장 높았고, 출수기의 엽록소함량은 인부지나도(2.23mg/g)가 가장 높은 특성을 보였으며, 특히 인부지나도는 엽록소함량의 감소량이 0.20mg/g으로 가장 낮아서 상대적으로 잎의 노화도가 작으므로 출수 후 늦게 까지 광합성이 지속될 수 있어서 수량증대 가능성이 크다고 하겠다. 허 등(1992)은 벼의 엽록소함량이 출수기에 비하여 분얼기에 높다고 보고하였는데 본 연구도 같은 경향이였다.

엽신내의 질소함량은 최고분얼기에 1.00~2.61%의 범위를 보이다가 출수기에는 2.68~3.45%의 함량을 보여 질소함량이 증가되는 경향이였다. 최고분얼기와 출수기에 질소함량이 가장 높았던 품종은 각각 신선찰벼(2.61%)와 상남발벼(3.45%)였으며, 질소함량이 가장 낮았던 품종은 화청찰벼(1.00%)와 적나(2.68%)였고, 엽록소 함량의 감소가 가장 적었던 인부지나도가 질소함량에 있어서도 0.31%의 증가로 증가량이 가장 적은 결과를 나타냈다. 반면, 화선찰벼의 경우에는 엽록소 함량의 감소량이 1.46mg/g으로 가장 많았는데, 질소함량의 증가량은 1.87%로서 가장 높은 값을 보였다. 전체적으로 엽록소함량 및 질소함량이 높은 특성을 보인 품종은 최고분얼기에는 생육특성이 양호하였던 IR3941-4-Phi28이었으며, 출수기에는 재래종인 대립찰벼였다.

#### 다. 건물생산특성

보통 엽면적은 출수기에 최대에 도달하며, 엽면적이 클수록 동화능력도 높으나 지나친 엽면적의 증대는 상호 차광으로 인하여 수량에 부의 방향으로 작용하는 것으로 알려져 있다.

건물생산특성을 알아보기 위하여 최고분얼기와 출수기의 엽면적지수(LAI)와 비엽중(SLW) 및 엽면적 비율(LAR)을 측정된 결과는 표 5-14와 같다. 엽면적지수는 최고분얼기와 출수기에 각각 평균 4.5와 5.5로 출수기에 더 높았으며, 최고분얼기에는 2.2~6.2의 범위를, 출수기에는 4.4~7.0의 범위를 보여 품종간에 차이가 뚜렷하였

표 5-14. 찰벼 최고분얼기와 출수기의 엽면적지수, 비엽중 및 엽면적비율

품종명	엽면적지수(LAI)		비엽중(SLW)		엽면적비율(LAR)	
	최고분얼기	출수기	최고분얼기	출수기	최고분얼기	출수기
IR 394-4-Phi28	4.7	5.6	4.1	4.3	86.6	62.6
대립찰벼	4.5	4.7	4.5	5.9	79.0	53.0
백나	3.4	4.4	5.5	6.0	66.9	49.8
백운찰벼	4.0	5.8	4.4	3.8	81.4	75.1
상남발벼	2.2	4.7	4.7	4.7	72.4	89.9
소립찰벼	5.2	7.0	4.5	4.9	91.5	65.9
신선찰벼	4.9	5.3	4.5	5.1	79.9	53.6
인부지나도	4.1	4.8	5.3	6.8	69.1	45.0
일품벼	4.9	5.2	4.5	5.5	84.9	59.1
적나	6.2	6.0	4.2	5.6	94.2	61.3
추청벼	4.4	6.0	5.4	5.3	71.9	58.1
한강찰벼	6.2	6.5	4.3	4.0	83.7	69.0
화선찰벼	4.1	4.9	5.2	5.4	62.6	51.1
화청벼	4.9	6.0	4.8	4.9	81.9	57.9
화청찰벼	4.2	5.0	4.6	5.1	80.5	66.4
평균	4.53	5.5	4.7	5.2	79.1	61.19

고, 한강찰벼, 적나 및 소립찰벼가 높은 특성을 보였다. 김과 송(1975)은 최대엽면적기때의 엽면적지수가 3.06~5.07이라고 보고하였으나 본 실험에서는 다소 높은 결과를 나타냈다. 단위엽면적의 무게를 의미하는 비엽중은 최고분얼기에 평균 4.7mg/cm<sup>2</sup>로서 4.1~5.5mg/cm<sup>2</sup>의 범위를 나타냈으며, 출수기에는 평균 5.2mg/cm<sup>2</sup>로서 3.8~6.8mg/cm<sup>2</sup>의 범위를 보였고, 최고분얼기와 출수기에 가장 높은 값을 보인 품종은 재래종인 백나(5.5mg/cm<sup>2</sup>)와 인부지나도(6.8mg/cm<sup>2</sup>)였다. 지상부건물중에 대한 엽면적의 비율인 엽면적비율은 최고분얼기에 평균 79.1cm<sup>2</sup>/g로서 엽면적지수가 가장 높았던 재래종인 적나가 94.2cm<sup>2</sup>/g 가장 높았으며, 출수기에는 평균 61.2cm<sup>2</sup>/g로서 45.0~89.9cm<sup>2</sup>/g의 범위를 보였다.

#### 라. 수량 및 수량구성요소

대부분의 작물 재배는 영리를 목적으로 하므로 주요한 이용대상 부위인 곡립의 수량증대를 최종목표로 삼고 있다. 벼의 수량은 충분한 생육량을 확보한 경우에 출수후의 환경조건과 더불어 수량을 구성하고 있는 요소들의 상호작용에 의한 결과라고 할 수 있으므로 수량성을 검토하기 위해서는 이삭 특성으로서의 수상과 수량구성요소들을 살펴볼 필요가 있다.

표 5-15는 이삭특성에서 벼의 수량에 영향을 주는 1·2차 지경수와 각 지경별 영화의 착생립수를 살펴본 것이다. 1차 지경수는 평균 11.8개로서 9.9~14.9개의 분포를 보였는데, 대립찰벼가 가장 적었고 인부지나도가 가장 많았으며 그 다음으로 백나

표 5-15. 찰벼 품종의 수상 특징

품종명	1차	2차	3차	1차	2차	3차
	지경수	지경수	지경수	지경립수	지경립수	지경립수
IR394-4-Phi	11.3	35.4	2.2	63.4	133.1	6.3
대립찰벼	9.9	21.9	0.0	55.2	75.4	0.0
백나	13.9	29.2	0.0	81.4	88.3	0.0
백운찰벼	11.2	36.5	5.6	50.8	131.8	15.5
상남찰벼	10.0	39.8	3.9	49.7	145.0	9.2
소립찰벼	12.7	45.4	0.3	65.6	151.3	0.7
신선찰벼	12.4	26.0	0.0	70.6	76.3	0.0
인부지나도	14.9	35.3	0.0	87.0	103.5	0.0
일품벼	14.0	28.4	0.0	79.9	85.1	0.0
적나	11.6	30.7	0.0	68.5	88.7	0.0
추청벼	10.2	19.3	0.0	58.7	55.0	0.0
한강찰벼	11.4	36.6	1.0	55.2	125.0	3.40
화선찰벼	11.3	16.5	0.0	66.6	45.7	0.0
화청벼	10.8	18.6	0.0	62.3	53.5	0.0
화청찰벼	11.4	19.5	0.0	66.8	54.1	0.0
평균	11.8	29.3	0.87	65.45	94.1	2.3

가 13.9개로서 1차 지경수가 많은 특성을 보였다. 다른 품종들은 보통 11개 내외의 1차 지경수를 보여 대조품종인 메벼와 비교하였을 때 별 차이를 보이지 않았다. 2차 지경수는 1차 지경수보다 많은 29.3개의 평균을 나타냈는데, 화선찰벼가 16.5개로서 가장 적었고 소립찰벼가 45.4개로서 가장 많았으며, 대부분의 찰벼품종이 메벼인 추청벼와 화청벼에 비하여 많은 특성을 보였다. 2차 지경수에 대한 보고에 의하면 영화의 착생수가 1차 지경보다는 2차 지경에서 변이폭이 커서 한 이삭의 영화수는 2차 지경의 수에 영향을 받으므로 수량에 대하여 제한인자로 작용한다고 알려졌는데 찰벼의 2차 지경수가 많은 것이 수량이 낮은 원인중의 하나로 작용하는 것으로 생각된다.

3차 지경은 상남발벼와 Indica계열의 품종에서 분화된 특성을 보였으며 지경수와 착생립수는 미미하였다. 1차 지경립수는 평균 65.4개로서 1차 지경이 가장 많았던 인부지나도가 87개로 가장 많았고, 상남발벼와 백운찰벼가 50개 정도로 가장 적었다. 2차 지경립수는 45.7~145.0개의 범위로서 변이폭이 매우 컸으며, 1차 지경립수가 가장 적었던 상남발벼가 가장 많았고 2차 지경수가 가장 적었던 화선찰벼가 가장 적은 결과를 보였다.

표 5-16은 찰벼의 수상구조를 지경별 분포비율로서 표시한 것이다. 전체 지경수에 대한 1차 지경의 비율은 18.7~40.6%의 범위를 나타냈으며, 2차 지경의 비율은 63.0~77.7%의 사이에 분포되었다. 1차 지경과 2차 지경의 분포비율의 비는 0.3~0.7의 범위로서 비교품종인 메벼품종들은 0.5 이상을 보인데 비하여 찰벼품종에서는 화선찰벼와 화청찰벼가 0.5 이상으로 높게 나타났다. 1수 영화수에 대한 1차 지경립의 비율은 24.4~59.3%의 범위를 나타냈으며, 2차 지경립의 비율은 40.7~71.1%사이에서 품종들이 분포하였다. 1차 지경립비율과 2차 지경립의 비율의 상대비율은 상남발벼가 0.3으로 가장 낮았으며, 화선찰벼가 1.5로 가장 높은 값을 보였다.

비교품종인 추청벼와 화청벼는 1차 지경립비율과 2차지경립비율의 상대비가 각각 1.1와 1.2로서 찰벼품종들에 비하여 높은 값을 보였으며, 찰벼에서는 화선찰벼와 더불어 화청찰벼가 1.2로 높은 값을 나타냈고, 그 외에 신선찰벼와 백나가 0.9의 값으

표 5-16. 찰벼의 지경별 분포비율

품종명	1차	2차	3차	A/B	1차	2차	3차	C/D
	지경(A)	지경(B)	지경		지경립(C)	지경립(D)	지경립	
	----- (%) -----				----- (%) -----			
IR394-4-Phi	23.1	72.4	4.5	0.3	31.3	65.6	3.1	0.5
대립찰벼	31.2	68.8	0.0	0.5	42.3	57.7	0.0	0.7
백나	32.3	67.7	0.0	0.5	48.0	52.0	0.0	0.9
백운찰벼	21.0	68.7	10.6	0.3	25.7	66.5	7.8	0.4
상남발벼	18.7	74.1	7.2	0.3	24.4	71.1	4.5	0.3
소립찰벼	21.7	77.7	0.6	0.3	30.1	69.5	0.3	0.4
신선찰벼	32.2	67.8	0.0	0.5	48.0	52.0	0.0	0.9
인부지나도	29.7	70.3	0.0	0.4	45.7	54.3	0.0	0.8
일품벼	33.2	66.8	0.0	0.5	48.4	51.6	0.0	0.9
적나	27.4	72.6	0.0	0.4	43.6	56.4	0.0	0.8
추청벼	34.6	65.4	0.0	0.5	51.6	48.4	0.0	1.1
한강찰벼	23.3	74.8	2.0	0.3	30.1	68.1	1.8	0.4
화선찰벼	40.6	59.4	0.0	0.7	59.3	40.7	0.0	1.5
화청벼	36.7	63.3	0.0	0.6	53.8	46.2	0.0	1.2
화청찰벼	37.0	63.0	0.0	0.6	55.3	44.7	0.0	1.2
평 균	29.5	68.9	1.7		42.51	56.3	1.17	

로 높은 편이었다.

표 5-17은 찰벼의 수량 및 수량구성요소에 대하여 5년 동안의 실험 성적을 평균하여 나타낸 것이다. 단위면적(m<sup>2</sup>)당 이삭수는 275.8개로서 이삭수가 가장 적었던 품종은 인부지나도로서 162.6개를 나타냈으며, 이에 비하여 화선찰벼는 367.6개로 월등히 많은 이삭수를 보였다. 수당립수는 154.9개의 평균에, 114.6~232.4개의 범위를 보였는데, 종실특성이 대립인 대립찰벼가 가장 적었고, 소립의 특징을 가지는 소립찰벼가 가장 많았다. 등숙율은 비교품종인 메벼에 비하여 찰벼들이 낮았는데, 평균 58.5%로서 Indica형인 IR394-4-Phi28이 43.9%로 가장 낮았고, 화청벼와 화청찰벼가 73% 이상으로 가장 높았으며 화선찰벼와 추청벼가 70%이상으로 등숙율이 양호하

표 5-17. 찰벼의 수량 및 수량구성요소

품종명	m <sup>2</sup> 당 이삭수	수당 립수	등숙율 (%)	천립중 (g)	정현율 (%)	수량 (kg/10a)
IR394-4-Phi	242.7	174.7	43.9	21.2	74.8	464.4
대립찰벼	189.7	114.6	46.5	34.2	76.7	299.0
백나	236.9	117.9	48.7	22.1	79.6	308.4
백운찰벼	270.8	170.3	50.0	23.6	67.3	474.1
상남발벼	195.3	166.8	44.3	21.9	77.3	354.4
소립찰벼	303.8	232.4	68.4	11.7	68.6	449.0
신선찰벼	331.7	145.6	59.2	21.1	75.5	513.7
인부지나도	162.6	150.0	60.9	22.3	80.3	395.4
일품벼	299.7	172.9	56.6	21.2	81.9	520.2
적나	282.9	163.7	54.0	22.1	75.7	421.4
추청벼	339.2	137.2	70.1	20.3	81.4	589.4
한강찰벼	229.5	166.6	57.4	24.2	68.3	482.9
화선찰벼	367.6	134.4	70.1	21.9	77.0	526.5
화청벼	365.3	135.0	73.4	20.6	82.1	587.2
화청찰벼	320.0	140.7	73.3	19.4	77.3	522.6
평 균	275.85	154.9	58.5	21.9	76.3	460.6

였다. 천립중은 종실특성과 관련이 깊은데, 대립종인 대립찰벼가 34.2g으로 가장 무거웠으며, 소립종인 소립찰벼는 11.7g으로 다른 품종들과 뚜렷한 차이를 보였다. 정현율은 평균 76.3%였으며, 67.3~82.1% 범위를 나타냈다.

작물재배에서 최종목표가 되는 수량은 품종간 차이가 심하였는데, 공시된 품종의 평균 수량은 460.6kg/10a이었으며 299.0~589.4kg/10a의 범위를 나타냈고, 메벼인 추청벼가 589.4kg/10a으로 가장 많은 수량을 보였고, 대립찰벼가 가장 적었다. 비교품종인 일품벼와 화청벼도 추청벼와 마찬가지로 520kg/10a 이상의 수량을 보였는데 비하여 찰벼는 대부분 500kg/10a 이하의 수량을 나타냈고 화선찰벼와 화청찰벼, 그리고 신선찰벼가 500kg/10a 이상의 수량으로 다수성 경향을 보였다.

이상의 결과를 종합해 보면 수량이 많았던 추청벼와 같은 메벼의 경우 단위면적 ( $m^2$ )당 이삭수가 300개 이상으로 많은 특성을 보였으며, 높은 등숙율을 나타냈으나 수당립수는 찰벼에 비하여 그리 많지 않은 경향이였다. 찰벼품종에서 수량이 많았던 화청찰벼와 화선찰벼 및 신선찰벼의 경우도 메벼 품종과 비슷한 경향이였으며, 생육 특성과 물질전이 능력 및 건물생산특성이 양호하였던 인부지나도의 경우 이삭당립수도 다른 찰벼에 비해 많지 않고 등숙율도 높았으나 분얼수가 적은 특성 때문에 단위 면적당 이삭수가 가장 적어서 수량이 400kg/10a정도에 머물렀으며, 또한 초장이 큰 장간종이므로 성숙기에 도복이 심하여 수량이 낮은 결과를 보인 것으로 사료된다. 대립찰벼의 경우는 천립중이 월등히 무거웠으나 수당립수가 현저히 적으며 낮은 등숙율이 수량에 제한적으로 작용한 것으로 생각되며, 소립찰벼의 경우는 단위면적당 이삭수가 300개 이상으로 많고 수당립수도 가장 많으면서 등숙율도 높은 편이였지만 다른 품종의 1/2정도인 천립중이 수량에 영향을 준 것으로 관찰되었다. Indica형의 IR394-4-Phi28과 상남발벼는 등숙율이 현저히 낮아서 수량이 낮은 결과를 초래한 것으로 판단된다.

## 2. 찰벼의 물질전이 능력 검증

### 가. 공급부위의 조절에 따른 입중변이와 지경별 등숙비율

찰·메 동질유전자 계통인 화청벼와 화청찰벼는 실험 1에서 살펴본 바와 같이 화청벼가 화청찰벼에 비하여 다소 양호한 생육특성을 보였다.

전엽처리에 의한 엽면적의 변화와 이삭위치별 입중과의 관계는 표 5-18과 같은데, 화청벼와 화청찰벼 모두 전엽된 엽면적이 증가할수록 이삭당 총립중과 평균립중이 감소하였으며, 이삭당 총립중과 평균립중의 감소경향은 대체로 두 품종 모두 차엽처리구(L2)<지엽처리구(L1)<상위 1,3엽처리구(L4)<상위 1,2엽처리구(L3)<상위 1,2,3엽처리구(L5) 순이었다.



표 5-18. 전엽처리에 따른 엽면적의 변화와 이삭위치별 입중과 관계

처리	화청벼				화청찰벼			
	RLA	TSW	(RRT)	AWS (RRA)	RLA	TSW	(RRT)	AWS (RRA)
L1	28.1 <sup>e</sup>	1770.1 <sup>bc</sup>	(22.6)	19.2 <sup>a</sup> ( 6.8)	28.7 <sup>c</sup>	2165.2 <sup>a</sup>	( 8.6)	18.7 <sup>b</sup> ( 8.8)
L2	36.9 <sup>d</sup>	1969.9 <sup>ab</sup>	(13.9)	19.6 <sup>a</sup> ( 4.9)	34.0 <sup>d</sup>	2176.2 <sup>a</sup>	( 8.2)	19.2 <sup>ab</sup> ( 6.3)
L3	65.0 <sup>b</sup>	1641.5 <sup>bc</sup>	(28.2)	16.0 <sup>bc</sup> (22.3)	63.7 <sup>b</sup>	2059.3 <sup>ab</sup>	(13.1)	18.5 <sup>b</sup> ( 9.8)
L4	57.9 <sup>c</sup>	1793.5 <sup>bc</sup>	(21.6)	18.5 <sup>ab</sup> (10.2)	57.5 <sup>c</sup>	2148.7 <sup>a</sup>	( 9.3)	18.6 <sup>b</sup> ( 9.3)
L5	94.8 <sup>a</sup>	1426.5 <sup>c</sup>	(37.6)	14.2 <sup>c</sup> ( 31.1)	91.5 <sup>a</sup>	1806.0 <sup>b</sup>	(23.8)	16.4 <sup>c</sup> (20.0)
L6	0.0 <sup>f</sup>	2287.4 <sup>a</sup>	(0)	20.6 <sup>a</sup> (0)	0.0 <sup>f</sup>	2370.0 <sup>a</sup>	(0)	20.5 <sup>a</sup> (0)

RLA : 전엽된 엽면적(cm<sup>2</sup>), TSW : 총입중(mg/panicle), RRT : 대조구에 대한 총입중의 감소율(%), AWS : 평균입중(mg/spikelet), RRA : 대조구에 대한 평균입중의 감소율(%)

이러한 결과는 벼의 엽위별 생산효과에 있어 차엽의 생산효과가 지엽에 비하여 더 낮다는 조(1975)의 보고와 일치하며, 김 등(1991)의 전엽한 분얼자가 많아질수록 수당 입중이 점차로 감소한다는 실험결과와 유사한 경향이였다.

표 5-19는 전엽 처리구간에 화청벼와 화청찰벼의 이삭당 등숙정도를 4등급(고밀도립, 등숙립, 저밀도립, 미등숙립)으로 분류하여 영화의 수를 표시한 것이다.

화청벼에서 고밀도립수는 대조구(L6)와 비교하여 차엽처리구(L2)가 33.7개로 가장 많았고, 지엽처리구(L1)는 차이가 없었으며, 화청찰벼에서 상위 1,2엽처리구(L3)

표 5-19. 전엽처리에 따른 입중의 등숙정도

처리	화청벼				화청찰벼			
	23.0 mg≤	21.0~ 22.9mg	19.0~ 20.9mg	19.0mg >	22.5 mg≤	20.5~ 22.4mg	18.5~ 20.4mg	18.5mg >
L1	13.3 <sup>bc</sup>	39.3 <sup>ab</sup>	23.5 <sup>ab</sup>	22.3 <sup>bc</sup>	22.2 <sup>a</sup>	29.2 <sup>b</sup>	14.0 <sup>c</sup>	41.8 <sup>b</sup>
L2	33.7 <sup>a</sup>	25.7 <sup>bc</sup>	13.8 <sup>b</sup>	20.7 <sup>bc</sup>	34.7 <sup>a</sup>	29.7 <sup>b</sup>	10.2 <sup>c</sup>	23.8 <sup>c</sup>
L3	7.8 <sup>c</sup>	26.2 <sup>bc</sup>	28.5 <sup>a</sup>	37.0 <sup>ab</sup>	7.8 <sup>b</sup>	34.7 <sup>b</sup>	46.7 <sup>a</sup>	29.7 <sup>bc</sup>
L4	5.2 <sup>c</sup>	32.7 <sup>abc</sup>	30.7 <sup>a</sup>	25.5 <sup>abc</sup>	21.7 <sup>a</sup>	31.7 <sup>b</sup>	33.2 <sup>b</sup>	29.0 <sup>bc</sup>
L5	6.7 <sup>c</sup>	23.7 <sup>c</sup>	20.0 <sup>ab</sup>	43.3 <sup>a</sup>	2.8 <sup>b</sup>	8.8 <sup>c</sup>	26.2 <sup>b</sup>	61.3 <sup>a</sup>
L6	20.0 <sup>b</sup>	42.2 <sup>a</sup>	30.2 <sup>a</sup>	14.8 <sup>c</sup>	30.0 <sup>a</sup>	48.0 <sup>a</sup>	25.6 <sup>b</sup>	8.4 <sup>d</sup>

와 상위 1,2,3엽처리구(L5)에서는 고밀도립수가 각각 7.8개, 2.8개로 적은 결과를 보였다.

미등숙립수는 두 품종 모두에서 대조구와 비교하여 모든 처리구가 높은 수치를 보였으며, 특히 상위 1, 2, 3엽처리구(L5)에 가장 많이 분포되었다.

이러한 결과는 전엽 정도가 클수록 등숙율과 고밀도립수가 감소한다는 보고와 일치하는 경향이였다. 두 품종에서 차엽처리구(L2)가 고밀도립수에 있어 각각 33.7개와 34.7개로 대조구와 비교하여 평균값이 가장 높았는데, 이것은 차엽의 생산효과가 지엽에 비하여 낮으며 다른 처리구에 비하여 차엽을 제거하였을 경우에는 남아 있는 다른 엽신이나 이삭, 줄기 등의 동화작용이 감소된 엽면적에 의한 동화량의 감소를 충분히 보상한 결과라고 추측된다. 표 5-18과 5-19의 결과를 통해 화청벼와 화청찰벼를 상위 1, 2, 3엽처리구(L5)에서 비교해 보면, 총립중과 평균립중의 감소율은 화청벼가 컸으나, 고밀도립비율과 등숙립비율은 화청찰벼에서 더 큰 감소를 보였다.

전엽처리에 의한 지경간 차이는 표 5-20에서와 같이 모든 처리구에서 고밀도립비율과 등숙율이 2차 지경에 비하여 1차 지경에서 높았으며, 전엽정도가 클수록 1차 지경립과 2차 지경립의 고밀도립비율과 등숙율이 감소되었다. 이것은 전엽한 분얼자의 수가 많아질수록 등숙율이 감소한다는 김 등(1991)의 연구 결과와 일치하며, 또 2차 지경립이 시기적으로 늦게 분화되어 환경의 영향을 많이 받기 때문에 1차 지경에 비하여 변이 폭이 크며 약세영화가 많고, 1차 지경립이 2차 지경립보다 Sink strength가 크고, 충실립의 분포비율이 높으며, 천립중이 무겁다는 연구 결과와 유사한 경향이였다. 품종간에는 2차 지경의 고밀도립비율과 등숙율이 화청벼에 비하여 화청찰벼에서 낮았으며, 각 처리구간에 차이가 뚜렷하였다.

지경별 등숙정도를 대조구와 비교하여 각 처리구별로 살펴볼 때 두 품종 모두 대부분의 조사항목에서 차엽처리구(L2)가 전엽에 의한 효과가 가장 적게 나타났고, 상위 1, 2, 3엽처리구(L5)에서 가장 크게 나타났으며, 특히 화청찰벼에서는 상위 1, 2, 3엽처리구(L5)가 모든 조사항목에서 가장 낮은 수치를 보여 상위 1, 2, 3엽이 동화물질

표 5-20. 전엽처리에 따른 고밀도립비율과 등숙율의 지경간 차이

처리	화청벼					화청찰벼				
	HDP	HDS	GFP	GFS	GFR	HDP	HDS	GFP	GFS	GFR
L1	12.2 <sup>bc</sup>	1.9 <sup>b</sup>	35.1 <sup>abc</sup>	20.5 <sup>ab</sup>	55.6 <sup>ab</sup>	17.1 <sup>b</sup>	3.6 <sup>ab</sup>	33.3 <sup>abc</sup>	14.7 <sup>c</sup>	48.0 <sup>b</sup>
L2	26.1 <sup>a</sup>	9.4 <sup>a</sup>	40.3 <sup>a</sup>	22.1 <sup>a</sup>	62.5 <sup>a</sup>	28.3 <sup>a</sup>	8.1 <sup>a</sup>	41.9 <sup>a</sup>	23.6 <sup>ab</sup>	65.5 <sup>a</sup>
L3	6.1 <sup>c</sup>	2.3 <sup>b</sup>	25.1 <sup>c</sup>	9.5 <sup>bc</sup>	34.5 <sup>c</sup>	6.2 <sup>c</sup>	0.9 <sup>b</sup>	27.2 <sup>c</sup>	10.6 <sup>c</sup>	37.7 <sup>b</sup>
L4	5.9 <sup>c</sup>	0.0 <sup>b</sup>	36.2 <sup>ab</sup>	5.1 <sup>c</sup>	41.3 <sup>bc</sup>	12.9 <sup>bc</sup>	6.1 <sup>ab</sup>	30.6 <sup>bc</sup>	15.2 <sup>bc</sup>	45.8 <sup>b</sup>
L5	7.3 <sup>bc</sup>	0.0 <sup>b</sup>	26.6 <sup>bc</sup>	5.7 <sup>c</sup>	32.3 <sup>c</sup>	2.4 <sup>c</sup>	0.5 <sup>b</sup>	10.2 <sup>d</sup>	1.2 <sup>d</sup>	11.5 <sup>c</sup>
L6	15.5 <sup>b</sup>	3.0 <sup>b</sup>	38.2 <sup>ab</sup>	19.3 <sup>ab</sup>	57.4 <sup>ab</sup>	23.3 <sup>ab</sup>	3.3 <sup>ab</sup>	39.3 <sup>ab</sup>	30.3 <sup>a</sup>	69.6 <sup>a</sup>

HDP : 1차 지경에서의 고밀도립비율(%) HDS : 2차 지경에서의 고밀도립비율(%)

GFP : 1차 지경에서의 등숙율(%) GFS : 2차 지경에서의 등숙율(%)

GFR : 이삭당 등숙율(%)

생산의 대부분을 차지함을 알 수 있었고, 또 출수전 저장동화물질에 의한 보상작용과 출수 후의 상위 1, 2, 3엽을 제외한 나머지 엽신이나 분얼자에 의한 보상작용, 그리고 이삭이나 줄기의 동화작용에 의한 보상작용이 1, 2, 3엽 절제시에는 약하게 작용한다고 추측된다.

#### 나. 공급부위의 조절에 따른 입중과 등숙율간의 관계

표 5-21에서와 같이 공급부위 조절시험에서 두 품종 모두 전엽된 엽면적과 이삭

표 5-21. 전엽처리에서 제거된 엽면적과 입중 및 등숙율간의 상관

품종	화청벼				
	전엽된 면적	평균립중	총입중	고밀도립비율	등숙율
전엽된 면적	-	-0.6731**	-0.5742**	-0.4045**	-0.5408**
평균립중	-0.6298**	-	0.7685**	0.4475**	0.6776**
화청찰벼 총립중	-0.5351**	0.4613**	-	0.3010	0.4295**
고밀도립비율	-0.5825**	0.2345	0.0955	-	0.7801**
등숙율	-0.8023**	0.5553**	0.3811*	0.8021**	-

당 평균립중, 총립중, 고밀도립비율, 등숙률과는 고도의 부의 상관관계를 보였으며, 특히 화청찰벼에서 전엽된 엽면적과 고밀도립비율 및 등숙율간의 상관값이 각각 -0.8023, -0.5825로 화청벼에 비하여 훨씬 높은 결과를 나타냈다. 따라서 화청찰벼는 화청벼에 비해 엽면적이 줄면 고밀도립비율과 등숙율이 수량에 크게 영향을 준다고 생각된다.

#### 다. 수용부위의 조절에 따른 입중변이

표 5-22는 지경절제 처리구간에 화청벼와 화청찰벼의 이삭당 총립수(SNP)와 총립중(TSW), 평균립중(AWS), 등숙율(GFR)을 비교한 것이다. 화청벼와 화청찰벼 모두 지경절제처리에 의하여 이삭당 총립수와 총립중이 대조구에 비하여 감소한 반면 평균립중과 등숙율은 증가되었으며, 평균립중과 등숙율의 상·하위지경립 절제구(P3,P4)간 비교에서는 차이가 없었다. 대조구에 대한 평균립중과 등숙율의 증가비율은 1차 지경립 절제구(P1)에서 보다 2차 지경립 절제구(P2)에서 더 높았고, 두 품종간 평균립중의 증가비율은 화청찰벼가 화청벼에 비하여 높은 결과를 보였다.

이러한 결과는 지경절제 처리에 의해 이삭당 평균립중은 증가하나 총립중은 감소하고, 1차 지경립이 2차 지경립에 비하여 Sink Strength가 크며, 약세영화는 대부분 2차 지경에서 유래한다는 보고와 일치하는 경향이였다.

표 5-22. 지경절제에 의한 입중변이

처리	화청벼				화청찰벼			
	수당영화수 (개/이삭)	총립중 (mg/이삭)	평균립중 (mg)	등숙율 (%)	수당영화수 (개/이삭)	총립중 (mg/이삭)	평균립중 (mg)	등숙율 (%)
P1	54.0 <sup>b</sup>	1348.3 <sup>b</sup>	20.9 <sup>b</sup>	80.1 <sup>a</sup>	61.8 <sup>bc</sup>	1171.9 <sup>c</sup>	22.5 <sup>ab</sup>	83.9 <sup>a</sup>
P2	53.2 <sup>b</sup>	1171.2 <sup>b</sup>	22.6 <sup>a</sup>	81.8 <sup>a</sup>	46.8 <sup>d</sup>	1051.9 <sup>c</sup>	23.3 <sup>a</sup>	92.0 <sup>a</sup>
P3	65.7 <sup>b</sup>	1325.6 <sup>b</sup>	21.1 <sup>ab</sup>	81.3 <sup>a</sup>	65.3 <sup>b</sup>	1479.4 <sup>b</sup>	22.6 <sup>ab</sup>	91.0 <sup>a</sup>
P4	52.5 <sup>b</sup>	1083.6 <sup>b</sup>	21.3 <sup>ab</sup>	75.3 <sup>a</sup>	50.8 <sup>cd</sup>	1109.4 <sup>c</sup>	21.9 <sup>b</sup>	89.3 <sup>a</sup>
P5	107.2 <sup>a</sup>	2287.4 <sup>a</sup>	20.6 <sup>b</sup>	57.4 <sup>b</sup>	112.0 <sup>a</sup>	2370.0 <sup>a</sup>	20.5 <sup>c</sup>	69.6 <sup>b</sup>

표 5-23. 지경절제처리에서 총영양수에 대한 고밀도립, 등숙립, 저밀도립 및 등숙립의 비율

처리	화청벼				화청찰벼			
	23.0mg≤	21.0~ 22.9mg	19.0~ 20.9mg	19.0mg >	22.5mg ≤	20.5~ 22.4mg	18.5~ 20.4mg	18.5mg
P1	17.9 <sup>b</sup>	62.2 <sup>a</sup>	14.3 <sup>b</sup>	5.6 <sup>b</sup>	5.2 <sup>bc</sup>	18.7 <sup>bc</sup>	2.8 <sup>b</sup>	13.4 <sup>a</sup>
P2	53.6 <sup>a</sup>	28.2 <sup>b</sup>	10.3 <sup>b</sup>	8.0 <sup>ab</sup>	85.1 <sup>a</sup>	6.9 <sup>c</sup>	0.4 <sup>b</sup>	7.7 <sup>a</sup>
P3	51.4 <sup>a</sup>	29.9 <sup>b</sup>	9.4 <sup>b</sup>	9.4 <sup>ab</sup>	79.0 <sup>ab</sup>	12.0 <sup>c</sup>	3.0 <sup>b</sup>	6.0 <sup>a</sup>
P4	39.9 <sup>ab</sup>	35.5 <sup>b</sup>	12.5 <sup>b</sup>	2.2 <sup>ab</sup>	58.9 <sup>c</sup>	30.4 <sup>ab</sup>	3.1 <sup>b</sup>	7.5 <sup>a</sup>
P5	18.5 <sup>b</sup>	38.9 <sup>b</sup>	27.4 <sup>a</sup>	15.2 <sup>a</sup>	26.6 <sup>d</sup>	43.0 <sup>a</sup>	22.8 <sup>a</sup>	7.7 <sup>a</sup>

벼의 Sink 용량은 단위면적당 수수와 수당영양수, 완전등숙립중, 고밀도립비율로 결정되므로 수당영양수와 고밀도립비율을 살펴보는 것은 수량과 미질을 결정하는데 매우 중요하다. 따라서, 지경절제 처리에 의한 화청벼와 화청찰벼의 등숙정도를 표 5-23에서 살펴보았는데, 두 품종 모두 고밀도립비율과 등숙립비율이 증가되었고, 고밀도립비율은 화청찰벼가 화청벼에 비하여 높았으며, 등숙립비율은 반대로 화청벼에서 높은 결과를 보였다.

#### 라. 수용부위 조절에 따른 입중과 등숙율간의 관계

지경절제 처리에 의한 입중특성과 등숙율과의 관계는 표 5-24와 같이 수당립수와

표 5-24. 지경절제 처리에 의한 입중과 등숙율간의 상관

품종	화청벼				
	수당립수	평균립중	총립중	고밀도립비율	등숙율
수당립수	-	-0.2866	0.8426**	-0.3968*	-0.5257**
평균립중	-0.6311**	-	-0.0292	0.6246**	0.6328**
화청찰벼 총립중	0.9749**	-0.5404**	-	-0.4003*	-0.4322*
고밀도립비율	-0.7249**	0.8017**	-0.6250**	-	0.7560**
등숙율	-0.6429**	0.6664**	-0.5974**	0.7806**	-

총립중은 두 품종 모두 고도의 정의 상관관계를 보였고, 수당립수와 고밀도립비율, 등숙율간에는 부의 상관관계를 나타냈다. 수당립수와 평균립중간에는 화청벼에서는 유의 상관을 보이지 않았으나, 화청찰벼에서는 상관값이  $-0.6311$ 로 고도의 부의 상관을 보였다.

따라서 지경절제처리에 의해 수당립수가 줄어들면 안(1986)의 보고와 같이 총립중은 감소하고 이삭당 평균립중과 고밀도립비율, 등숙율이 증가하며, 상관값들이 화청찰벼에서 더 높은 경향을 보여 화청찰벼가 화청벼에 비해 지경절제처리에 따른 영향을 더 크게 받음을 알 수 있었고, 특히 화청찰벼에서 지경절제처리에 따른 평균립중의 증대 효과가 크다고 할 수 있다.

### 3. 잠종집단에서 선발한 특수 찰벼의 수량 및 환경적응성 검정

#### 가. 생육특성

표 5-25는 최고분얼기의 생육특성을 살펴본 것으로 특성들이 계통에 따라서 이앙 시기간에 다양한 반응을 보였는데, 전체적으로 적기이앙인 1차 이앙구에 비하여 2차 이앙구에서 양호한 결과를 나타냈다.

분얼은 전체평균이 13.7개로서 적기 이앙인 1차 이앙에 비하여 2차 이앙에서 3.4개가 많은 결과를 보였다. 분얼을 계통간에 비교하여 살펴보면 KR92009-1-W-1-3-1-B는 1차 이앙과 2차 이앙에서 17.7개와 21.3개로 가장 많은 특성을 보였으며, KR92021-B-B-210-5-B는 이앙시기가 늦어짐에 따라 분얼이 증가하는 경향을 보였고, 특히 3차 이앙에서는 분얼이 가장 많은 결과를 나타냈으며, 전체 이앙시기에 걸쳐 KR92009-1-W-1-3-1-B와 더불어 분얼이 다른 계통에 비하여 많은 결과를 보였으나, 흑진주벼는 3번의 이앙 모두에서 분얼수가 가장 적었다.

초장은 1차 이앙에서 62.1~86.7cm, 2차 이앙에서는 74.4~89.8cm, 3차 이앙에서는 65.4~84.1의 범위를 보였는데, 분얼과 마찬가지로 2차 이앙에서 평균 85.8cm로 다

표 5-25. 이앙시기에 따른 최고분얼기의 생육특성

계통 및 품종명	이앙시기	분얼 (개/주)	초장 (cm)	엽신중 (g)	줄기 건물중 (g)	건물중 (g)	엽면적 (cm <sup>2</sup> )	LAI	SLW (mg/cm <sup>2</sup> )	LAR (cm <sup>2</sup> /g)
KR92009-125- 5-5-B-2-B	1차 이앙	11.0	62.1	3.3	7.6	10.9	597.6	1.4	5.4	55.0
	2차 이앙	14.0	87.5	4.5	9.2	13.7	1058.2	2.4	4.2	81.7
	3차 이앙	11.5	65.4	1.7	2.5	4.2	468.2	1.0	5.4	113.3
KR92009-125- 6-4-B-3-B	1차 이앙	11.3	86.7	4.6	11.6	16.2	950.2	2.1	4.9	58.7
	2차 이앙	14.3	89.8	6.4	12.6	19.0	1417.4	3.2	4.6	74.8
	3차 이앙	12.7	69.3	2.4	3.5	5.9	603.4	1.3	4.0	102.6
KR92009-1-W 1-3-1-B	1차 이앙	17.7	63.9	4.3	8.8	13.1	813.4	1.8	5.3	63.1
	2차 이앙	21.3	74.4	5.1	7.4	12.5	1156.3	2.6	4.4	94.3
	3차 이앙	12.3	70.8	5.6	9.6	15.2	1009.1	2.2	5.6	66.3
KR92009-125- 8-1-12-4-B	1차 이앙	11.7	76.7	5.0	10.4	15.4	1045.8	2.3	4.8	67.9
	2차 이앙	15.2	85.4	4.9	7.6	12.5	1149.3	2.6	4.3	91.8
	3차 이앙	11.7	75.5	3.8	6.2	10.1	801.4	1.8	4.8	79.8
KR92009-125- 10-5-9-2-B	1차 이앙	11.8	73.5	4.2	9.9	14.1	810.8	1.8	5.2	58.0
	2차 이앙	18.3	86.0	5.6	9.3	14.9	1207.6	2.7	4.7	80.6
	3차 이앙	11.3	70.9	3.3	5.4	8.7	660.4	1.5	5.0	76.5
KR92021-B-B- 42-5-B	1차 이앙	11.3	74.8	3.5	7.5	11.0	762.9	1.7	4.6	68.8
	2차 이앙	17.8	85.5	5.7	8.6	14.3	1428.6	3.2	4.6	99.5
	3차 이앙	14.7	72.4	5.2	7.8	13.0	1069.3	2.3	4.9	81.9
KR92021-B-B- 210-5-B	1차 이앙	14.8	63.0	3.6	6.8	10.3	594.5	1.3	6.2	56.8
	2차 이앙	15.8	87.5	5.2	8.2	13.4	1173.6	2.6	4.4	88.0
	3차 이앙	21.3	75.7	4.0	6.8	10.8	839.8	1.9	4.8	78.1
진부찰벼	1차 이앙	11.7	66.2	3.8	8.9	12.7	679.6	1.5	5.5	55.5
	2차 이앙	13.2	88.1	4.2	6.2	10.5	900.6	2.0	4.7	86.3
	3차 이앙	10.8	82.3	5.6	12.1	17.7	1064.9	2.4	5.3	60.2
흑진주벼	1차 이앙	9.8	81.8	3.4	8.6	12.0	666.4	1.5	5.1	56.4
	2차 이앙	11.3	87.8	3.7	6.0	9.7	834.8	1.9	4.4	86.9
	3차 이앙	10.5	84.1	5.2	10.5	15.8	990.7	2.2	5.3	63.1
평 균	1차 이앙	12.3	72.1	4.0	8.9	12.9	769.0	1.7	5.2	60.0
	2차 이앙	15.7	85.8	5.0	10.8	13.4	1147.4	2.6	4.5	87.1
	3차 이앙	13.0	74.0	4.1	7.3	11.3	834.1	1.8	5.0	80.2
평 균		13.7	77.3	4.4	9.0	12.5	916.8	2.0	4.9	75.8

른 두 이앙구에 비하여 월등히 높았으며, 3차 이앙구도 74.0cm로 1차 이앙에 비하여 다소 큰 특성을 보였다. KR92009-125-6-4-B-3-B는 1차 이앙과 2차 이앙에서 초장이 가장 컸으며, 분얼이 가장 적었던 흑진주벼는 세 번의 이앙시기 모두에서 80cm 이상의 초장을 보여 재배시기에 따른 초장의 변화가 가장 적은 품종으로 생각된다. 지상부 건물중에서는 엽신중과 줄기 건물중이 세 번의 이앙시기 평균 4.4g과 9.0g을 보였고, 2차 이앙에서 엽신중과 줄기 건물중이 가장 많은 결과를 나타냈다. 엽면적과 엽면적지수(LAI)는 2차 이앙에서 평균 1147.4cm<sup>2</sup>와 2.6으로서 다른 두 시기에 비하여 현저히 넓었으며, 비엽중(SLW)은 엽면적지수와 반대로 2차 이앙에서 평균 4.5mg/cm<sup>2</sup>로 가장 낮았고 1차 이앙에서 평균 5.2mg/cm<sup>2</sup>로 가장 높았다. 엽면적비율은 엽면적지수와 같이 2차 이앙에서 평균 87.1cm<sup>2</sup>/g로 가장 높은 결과를 보였다.

표 5-26은 이앙시기에 따른 다수성 찰벼계통의 생육특성을 출수기에 살펴본 것이다. 1차 이앙에서 출수기는 7월 24일에서 8월 2일 사이에 분포하였으며, 2차 이앙에서는 8월 12일에서 8월 19일 사이에, 3차 이앙에서는 8월 26일에서 9월 3일 사이에 존재하였다. 세 이앙 시기 모두에서 흑진주벼가 출수기가 가장 빨랐고, KR92021-B-B-210-5-B가 가장 출수가 늦었다. 간장은 1차 이앙에서 평균 81cm를 보였고, 이앙시기가 늦어짐에 따라 점차 작아지는 경향을 나타냈는데, 간장이 가장 큰 품종은 1차 이앙의 경우 KR92009-125-8-1-12-4-B였으나 이앙이 늦어짐에 따라 간장이 크게 감소하는 특징을 보여 2차 이앙과 3차 이앙에서는 오히려 KR92009-125-6-4-B-3-B가 가장 컸다.

수장은 간장과 마찬가지로 이앙시기가 늦어짐에 따라 크기가 감소하였는데, 1차 이앙에서는 20.3~23.9cm의 분포를 보였고, 2차 이앙에서는 19.9~21.9cm의 분포를 나타냈으며, 3차 이앙에서는 18.6~22.4의 범위를 보여 이앙이 늦어질 경우 품종에 따라 수장의 변화가 심함을 알 수 있었다. 흑진주벼는 간장이 가장 작은 반면에 수장은 가장 큰 특성을 나타냈다. 엽신중과 줄기 건물중은 1차 이앙에서보다 2차 이앙에서 평균이 각각 1g과 0.4g 정도 무거웠으며, KR92021-B-B-210-5-B가 1·2차 이



표 5-26. 이앙시기에 따른 출수기의 생육특성

계통 및 품종	이앙시기	출수기	간장 (cm)	수장 (cm)	엽신중 (g)	줄기 건물중 (g)	건물중 (g)	엽면적 (cm <sup>2</sup> )	LAI	SLW (mg /cm <sup>2</sup> )	LAR (cm <sup>2</sup> /g)
KR92009-125 -5-5-B-2-B	1차 이앙	7월29일	78.0	21.4	4.8	14.9	24.1	1163.4	2.6	4.2	48.0
	2차 이앙	8월14일	75.8	21.2	5.9	16.4	25.9	1187.2	2.7	5.0	45.9
	3차 이앙	8월29일	73.9	19.6	5.2	15.5	25.2	1032.6	2.3	4.3	41.1
KR92009-125 -6-4-B-3-B	1차 이앙	7월31일	82.3	23.1	5.3	17.0	25.8	1210.3	2.7	4.4	47.4
	2차 이앙	8월18일	81.8	21.4	6.1	17.4	25.5	1171.4	2.6	5.2	48.0
	3차 이앙	8월31일	76.6	20.6	5.8	18.1	26.9	1065.1	2.4	5.5	39.8
KR92009-1- W1-3-1-B	1차 이앙	8월01일	76.3	23.2	6.5	18.9	28.9	1401.0	3.1	4.6	72.7
	2차 이앙	8월18일	75.4	21.9	6.8	17.7	24.5	1232.2	2.7	5.6	50.1
	3차 이앙	9월2일	68.4	20.4	5.9	17.4	24.9	1067.7	2.4	5.5	43.1
KR92009-125 -8-1-12-4-B	1차 이앙	7월31일	86.2	23.9	5.3	15.0	23.0	1236.5	2.8	4.3	53.7
	2차 이앙	8월16일	77.5	20.1	6.2	15.3	25.2	1157.4	2.6	5.4	46.2
	3차 이앙	9월01일	72.6	19.2	4.9	16.7	23.8	981.6	2.2	5.0	41.3
KR92009-125 -10-5-9-2-B	1차 이앙	7월28일	85.0	22.4	5.6	18.8	31.5	1101.6	2.7	4.7	38.3
	2차 이앙	8월15일	76.8	20.0	5.9	16.6	27.8	1113.8	2.5	5.3	40.2
	3차 이앙	8월30일	69.1	18.6	5.0	15.5	23.3	966.7	2.1	5.3	41.2
KR92021-B- B-42-5-B	1차 이앙	7월29일	80.6	21.7	5.6	15.3	24.9	1348.4	3.0	4.2	53.1
	2차 이앙	8월19일	78.8	19.9	7.3	17.8	25.1	1566.0	3.5	4.7	62.2
	3차 이앙	8월31일	69.9	18.8	5.3	15.9	23.0	1050.4	2.3	5.0	45.1
KR92021-B- B-210-5-B	1차 이앙	8월2일	84.9	22.3	6.8	20.3	30.5	1476.1	3.3	4.7	49.1
	2차 이앙	8월18일	79.5	20.8	7.7	20.4	33.1	1731.1	3.9	4.6	52.1
	3차 이앙	9월3일	74.2	19.7	3.6	11.2	17.5	648.8	1.4	5.5	38.5
진부찰벼	1차 이앙	7월28일	80.1	20.4	4.8	16.9	28.3	907.2	2.0	5.7	32.2
	2차 이앙	8월17일	79.1	20.1	6.5	18.2	27.5	1217.4	2.7	5.4	44.9
	3차 이앙	8월31일	74.5	19.5	5.2	18.7	25.2	976.1	2.2	5.3	38.7
흑진주벼	1차 이앙	7월24일	76.0	23.3	3.5	11.4	15.0	774.4	1.7	4.6	51.2
	2차 이앙	8월12일	73.6	21.9	4.7	12.2	22.2	891.6	2.0	5.2	40.3
	3차 이앙	8월26일	75.1	22.4	3.7	11.7	15.4	839.7	1.9	4.5	54.5
평 균	1차 이앙		81.0	22.4	5.3	16.5	25.8	1179.9	2.7	4.6	54.9
	2차 이앙		77.6	20.8	6.3	16.9	26.3	1252.0	2.8	5.2	47.8
	3차 이앙		72.7	19.9	5.0	15.6	22.8	958.7	2.1	5.1	42.6
평 균		77.1	21.0	5.5	16.3	25.0	1130.2	2.5	5.0	48.4	

양에서 가장 무거운 품종으로 나타났으나 3차 이양에서는 엽신중과 줄기 건물중이 급격히 감소하는 경향을 보였고, 흑진주벼는 세 번의 이양시기 모두에서 가장 가벼웠다. 엽면적과 엽면적지수(LAI)도 건물중과 같이 KR92021-B-B-210-5-B가 1·2차 이양에서 가장 넓었으나, 3차 이양에서는 급격히 감소하여 1·2차 이양에서 엽면적이 가장 적었던 흑진주벼보다도 더 작았다. 엽면적지수(LAI)는 1·2차 이양에서 평균 2.7 내외로 차이가 없었으며 비엽중(SLW)은 2·3차 이양에서 비슷하였고, 진부찰벼가 가장 높은 특성을 보였다. 엽면적비율(LAR)은 이양이 늦을수록 낮아졌는데, 이양시기에 따라 높고 낮은 계통이 다양하게 나타났다.

최고분얼기와 출수기에 특수 찰벼 계통의 생육특성을 살펴본 결과 적기 이양한 1차 이양에 비하여 2차 이양에서 초장이나 분얼수, 그리고 지상부 건물중 및 엽면적 같은 생육특성이 양호한 결과를 보였고, 모든 공시계통의 생육특성이 3차 이양에서 현저히 낮은 결과를 나타냈다. 대체로 KR92009-B-B-210-5-B가 출수는 가장 늦었으나 분얼과 건물중 및 엽면적 등에서 가장 양호한 생육특성을 보인 반면에 흑진주벼는 생육이 가장 저조하였다.

#### 나. 잎의 SPAD값, 엽록소함량 및 질소함량

벼의 영양상태를 진단하는 방법에는 여러 가지가 있는데, 잎몸의 형태와 잎의 빛깔 등 관찰에 의한 방법은 정확도가 떨어지며 잎몸의 질소농도와 엽록소함량을 측정하는 방법은 식물체를 채취하여야 하고 분석에 많은 시간과 노력이 소요된다. 자연 상태에서 하에서 비파괴적으로 신속하고 간편하게 진단하는 방법으로는 광반사율측정기와 엽록소측정기(SPAD)를 이용하는 것이다.

표 5-27은 이양시기에 따른 영양상태를 알아보기 위하여 SPAD값과 엽록소 함량 및 질소함량을 최고분얼기와 출수기에 측정한 것을 찰벼 계통별로 살펴본 것인데, 대부분의 계통에서 이양시기간에 유의적인 차이를 보였다.

최고분얼기와 출수기 모두에서 SPAD값과 엽록소함량이 이양시기간에 차이를 보

표 5-27. 이앙시기에 따른 최고분얼기와 출수기의 특수 찰벼 계통 잎의 SPAD 값, 엽록소 함량 및 질소함량

계통 및 품종	이앙시기	SPAD 값		엽록소 함량		질소 함량	
		최고분얼기	출수기	최고분얼기	출수기	최고분얼기	출수기
		-		----- (mg/g) -----		----- (%) -----	
KR92009-125 -5-5-B-2-B	1차 이앙	21.0	19.8	2.18	1.03	3.55	3.55
	2차 이앙	22.4	20.3	2.95	1.52	3.08	3.52
	3차 이앙	20.7	21.1	1.59	1.17	3.05	3.55
	평균 LSD(0.05)	21.4 0.9	20.4 1.6	2.24 0.28	1.24 0.14	3.23 0.71	3.54 0.08
KR92009-125 -6-4-B-3-B	1차 이앙	18.9	19.3	1.76	1.29	2.98	3.47
	2차 이앙	21.6	20.3	2.36	1.39	3.29	3.47
	3차 이앙	20.8	21.7	1.54	1.59	3.19	3.59
	평균 LSD(0.05)	20.4 1.5	20.4 1.2	1.89 0.35	1.42 0.34	3.15 0.22	3.51 0.21
KR92009-1- W1-3-1-B	1차 이앙	21.3	20.6	2.53	0.97	3.68	3.57
	2차 이앙	20.4	21.7	1.71	2.02	3.00	3.76
	3차 이앙	20.6	21.3	1.32	0.95	3.01	3.57
	평균 LSD(0.05)	20.8 1.4	21.2 1.8	1.85 0.50	1.31 0.42	3.23 0.20	3.63 0.24
KR92009-125 -8-1-12-4-B	1차 이앙	18.6	19.7	1.89	1.30	3.19	3.61
	2차 이앙	21.0	20.3	2.31	1.38	3.22	3.56
	3차 이앙	19.9	21.8	1.84	1.43	3.01	3.50
	평균 LSD(0.05)	19.8 1.4	20.6 1.7	2.01 0.24	1.37 0.92	3.14 0.18	3.56 0.28
KR92009-125 -10-5-9-2-B	1차 이앙	19.6	20.5	1.70	1.05	3.15	3.36
	2차 이앙	23.2	21.2	3.13	1.66	3.48	3.71
	3차 이앙	22.1	21.6	2.23	0.97	3.46	3.52
	평균 LSD(0.05)	21.6 0.6	21.1 0.8	2.35 0.56	1.23 0.51	3.36 0.21	3.53 0.18
KR92021-B-B -42-5-B	1차 이앙	20.0	20.0	2.70	1.30	3.17	3.38
	2차 이앙	22.2	21.2	2.78	1.70	3.26	3.68
	3차 이앙	20.8	21.8	1.84	1.24	3.08	3.64
	평균 LSD(0.05)	21.0 1.4	21.0 0.9	2.44 0.47	1.41 0.41	3.17 0.22	3.57 0.20
KR92021-B-B -210-5-B	1차 이앙	21.2	20.8	2.50	1.29	3.50	3.85
	2차 이앙	21.7	20.4	2.69	1.15	3.16	3.59
	3차 이앙	21.5	21.9	1.66	1.32	3.20	3.50
	평균 LSD(0.05)	21.5 1.3	21.0 0.4	2.28 0.20	1.25 0.25	3.29 0.12	3.65 0.09
진부찰벼	1차 이앙	20.0	19.8	2.35	0.94	3.35	3.61
	2차 이앙	22.0	22.8	2.73	2.07	3.11	3.87
	3차 이앙	22.1	21.7	1.95	1.12	3.39	3.52
	평균 LSD(0.05)	21.4 0.6	21.4 1.8	2.34 0.34	1.38 0.24	3.28 0.15	3.67 0.26
후진주벼	1차 이앙	21.4	20.7	3.17	1.43	3.76	3.61
	2차 이앙	23.4	18.7	3.14	0.90	3.43	3.36
	3차 이앙	22.3	21.0	2.54	1.03	3.55	3.47
	평균 LSD(0.05)	22.4 1.4	20.1 1.8	2.95 0.19	1.12 0.27	3.58 0.07	3.48 0.25

인 계통 및 품종은 KR92009-125-10-5-9-2-B, KR92009-B-B-4-2- 5-B, 진부찰벼 및 흑진주벼였다.

질소함량은 품종에 따라 이앙시기별 양상이 일정하지 않았는데 KR92009-125-5-5-B-2-B, KR92021-B-B-210-5-B 및 흑진주벼는 최고분얼기와 출수기 모두 적기 이앙구인 1차 이앙구에서 가장 높은 함량을 보였으나, KR92009-125-0-5-9-2-B와 KR92009-B-B-42-5-B는 2차 이앙에서 가장 높은 함량을 보였으며 다른 품종들은 일정한 경향이 없었다.

전체적으로 SPAD값과 엽록소함량은 최고분얼기와 출수기 모두 2차 이앙에서 높았으며 질소함량은 최고분얼기의 경우 1차 이앙구에서 함량이 높았으나 출수기에는 이앙시기간에 차이가 없는 것으로 나타났다.

표 5-28은 다수성 찰벼계통의 SPAD값과 엽록소함량 및 질소함량을 이앙시기별로 평균을 구하여 비교한 것으로 이앙시기와 생육시기에 따라 차이를 보였는데, SPAD값은 최고분얼기에 조사한 결과 2차 이앙에서 22의 값으로 가장 높았으나, 출수기에는 3차 이앙에서 21.6으로 가장 높은 값을 나타냈다. 엽록소함량은 양시기 모두 2차 이앙에서 각각 2.65mg/g와 1.54mg/g으로 가장 높았으며, 최고분얼기에 비해 출수기에 더 낮은 함량을 보였다. 벼 잎의 질소함량은 최고분얼기에는 1차 이앙구에서 3.37%로 가장 높았으나 출수기에는 이앙시기간에 유의적인 차이가 없이 최고분얼기에 비하여 높은 함량을 나타냈다. 이상의 결과는 벼 잎의 SPAD값과 엽록소함량 및 질소함량이 이앙시기와 생육시기에 따라 차이가 있음을 시사한다.

잡종집단에서 선발한 특수 찰벼계통의 이앙시기에 따른 SPAD 값, 엽록소 함량 및 질소함량간의 관계는 표 5-29에서와 같이 SPAD값과 엽록소함량은 최고분얼기와 출수기 모두에서 2차 이앙구가 각각 0.7246과 0.8728로 가장 높은 상관을 보였으며, SPAD값과 질소함량간에는 최고분얼기에 1차 이앙구가 0.8128로, 출수기에는 2차 이앙구가 0.8867로 가장 높은 정의 상관을 나타냈다.

표 5-28. 특수 찰벼 계통 앞의 SPAD 값, 엽록소 함량 및 질소함량

조사시기	이앙시기	SPAD 값	엽록소 함량	질소 함량
		-	(mg/g)	(%)
최고분얼기	1차 이앙	20.2	2.31	3.37
	2차 이앙	22.0	2.65	3.23
	3차 이앙	21.2	1.84	3.22
	LSD(0.05)	0.6	0.24	0.13
출수기	1차 이앙	20.1	1.18	3.56
	2차 이앙	20.8	1.54	3.61
	3차 이앙	21.6	1.20	3.55
	LSD(0.05)	0.5	0.17	0.09

표 5-29. 특수 찰벼 계통의 SPAD 값, 엽록소 함량 및 질소함량간의 상관

이앙시기	조사항목	엽록소 함량		질소함량	
		최고분얼기	출수기	최고분얼기	출수기
1차 이앙	SPAD	0.6725**	0.2947	0.8128**	0.3826*
	엽록소 함량	-	-	0.6887**	0.3429
2차 이앙	SPAD	0.7246**	0.8728**	0.4616*	0.8867**
	엽록소 함량	-	-	0.4015*	0.8628**
3차 이앙	SPAD	0.5432**	0.5473**	0.7479**	0.5398**
	엽록소 함량	-	-	0.7822**	0.5097**

#### 다. 수량성

표 5-30은 특수 찰벼계통의 이삭특성을 살펴보기 위하여 수상을 조사한 것으로 1차 지경수는 평균 9.4개로 8.3~11.1개의 범위를 보였고, 2차 지경수는 평균 22.0개로 15.5개~27.1개의 범위를 나타내 1차 지경수보다 2차 지경수의 분포 범위가 컸다. 1차지 경립수와 2차 지경립수는 평균 52.4개와 66.2개로서 2차 지경에 착립한 영화수가 많았으며, 1차 지경립수의 범위는 42.9~65.3개였고, 2차 지경립수는 45.7~81.3개

의

표 5-30. 특수 찰벼 계통의 수상

품종명	1차	2차	3차	1차	2차	3차
	지경수	지경수	지경수	지경립수	지경립수	지경립수
KR92009-125-5-5-B-2-B	8.7	16.1	0	48.5	45.7	0
KR92009-125-6-4-B-3-B	8.3	20.3	0	46.9	61.6	0
KR92009-1-W1-3-1-B	8.7	15.5	0	49.1	44.7	0
KR92009-125-8-1-12-4-B	9.7	21.7	0.2	51.6	63.2	0.5
KR92009-125-10-5-9-2-B	10.3	23.7	0	57.4	69.3	0
KR92021-B-B-42-5-B	10.0	25.2	0	57.3	76.4	0.3
KR92021-B-B-210-5-B	11.1	27.1	0.3	65.3	81.3	0.5
진부찰벼	9.0	23.8	0	52.3	74.1	0
흑진주벼	8.4	24.4	0	42.9	79.2	0
평 균	9.36	21.98	0.06	52.37	66.17	0.1

분포를 나타냈다. KR92021-B-B-210-5-B는 지경수와 영화수 모두에서 다른 계통에 비하여 월등히 많은 결과를 보여 등숙율만 높게 유지된다면 수량이 다른 계통에 비하여 높을 것으로 기대된다.

잡종집단에서 선발한 다수성 찰벼 계통의 수량 및 수량구성요소를 각 이양시기별로 살펴본 것이 표 5-31, 5-32 및 5-33이다. 먼저 5월 말에 적기 이양한 1차 이양구의 수량 및 수량구성요소를 표 31에서 살펴보면, 단위면적(m<sup>2</sup>)당 이삭수는 평균 317.3개로서 270.6~380.6개의 분포를 보였는데, 이는 다수성 계통을 선발한 결과 단위면적당 이삭수가 많은 결과를 보인 것으로 생각된다. 수당립수는 평균 90.3개로서 80.9~111.5개의 분포를 나타냈는데, 가장 많은 계통은 KR92021-B-B-210-5-B였고 가장 적은 계통은 KR92009-125-6-4-B-3-B인 결과를 보였다. 등숙율은 54.8~86.3%의 분포로서 대부분의 계통에서 70% 이상의 등숙율을 보여 양호한 편이었으나 KR92021-B-B-42-5-B와 진부찰벼 및 흑진주벼는 약 50%의 낮은 등숙율을 보였다.

현미 천립중은 KR92021-B-B-210-5-B와 KR92009-1-W1-3-1-B가 15.4g으로 가

장 가벼웠으며 KR920009-125-8-1-12-4-B는 가장 무거워서 19.5g을 나타냈다. 정현

표 5-31. 1차 이앙구에서의 특수 찰벼 계통의 수량 및 수량구성요소

계통 및 품종	m <sup>2</sup> 당 수수	수당립수	등숙율 (%)	현미천립중 (g)	정현율 (%)	수량 (kg/10a)
KR92009-125-5-5-B-2-B	323.4	65.1	77.7	18.5	78.6	405.3
KR92009-125-6-4-B-3-B	310.2	80.9	80.2	17.2	78.7	496.8
KR92009-1-W1-3-1-B	380.6	71.6	75.2	15.4	75.1	400.9
KR92009-125-8-1-12-4-B	294.8	91.0	83.8	19.5	81.8	584.1
KR92009-125-10-5-9-2-B	297.0	88.9	86.3	17.5	77.2	515.1
KR92021-B-B-42-5-B	305.8	110.2	54.8	17.3	79.8	504.5
KR92021-B-B-210-5-B	332.2	111.5	70.2	15.4	76.2	649.7
진부찰벼	270.6	95.6	59.3	19.3	80.2	500.5
흑진주벼	341.0	97.5	54.9	18.5	82.1	334.7
평 균	317.3	90.26	71.38	17.6	78.86	487.96

율은 모든 계통들이 75%이상을 보였으나 메벼의 평균 정현율로 알려진 85%에는 못 미쳤다. 수량은 계통간에 변이폭이 심하여 가장 낮은 수량을 보인 흑진주벼가 334.7kg/10a이었고, 가장 높은 수량을 보인 계통은 KR92021-B-B-210-5-B로 649.7kg/10a이었다. 흑진주벼는 공시된 계통중 출수기가 가장 빠른 조생종으로 수량이 낮은 원인이 생육특성이 가장 저조하였고 등숙율이 낮았기 때문이기도하나 가장 먼저 출수하여 1996년과 1997년에 서류의 피해를 심하게 받았고 그 이후에는 피해방지를 위해 노력했으나 역시 피해를 입어 이것이 결정적 요인으로 작용한 것 같다. 따라서 보다 정밀한 수량 검정과 수량구성요소의 검토가 필요하다고 생각된다.

KR92021-B-B-210-5-B은 생육특성과 수상조사에서 이삭특성이 가장 양호하였으며, 단위면적당 이삭수가 많은 편이었고 무엇보다도 수당립수가 가장 많아서 수량이 높았던 것으로 생각된다. KR920009-125-8-1-12-4-B 역시 수량이 584.1kg/10a로 다수성을 보였는데 이는 높은 등숙율(83.8%)과 현미 천립중 때문인 것으로 여겨진다. 그 외 다른 계통들도 수량이 실험 1의 찰벼 품종에 비하여 비교적 높은 결과를 보였다.

표 5-32. 2차 이앙구에서의 특수 찰벼 계통의 수량 및 수량구성요소

품종명	m <sup>2</sup> 당 수수	수당립 수	등숙율 (%)	현미천립중 (g)	정현율 (%)	수량 (kg/10a)
KR92009-125-5-5-B-2-B	242.0	70.1	89.0	19.1	80.4	352.6
KR92009-125-6-4-B-3-B	195.8	96.8	84.8	17.8	78.1	465.9
KR92009-1-W1-3-1-B	272.8	69.6	86.8	16.8	78.4	379.6
KR92009-125-8-1-12-4-B	235.4	100.9	81.6	18.6	80.4	440.9
KR92009-125-10-5-9-2-B	283.8	93.0	74.5	17.7	79.6	397.6
KR92021-B-B-42-5-B	242.0	119.5	75.5	17.9	79.5	488.5
KR92021-B-B-210-5-B	224.4	96.0	91.3	16.2	77.4	415.9
진부찰벼	195.8	139.7	75.1	19.6	82.3	412.6
흑진주벼	202.4	69.8	80.7	17.5	81.1	294.7
평 균	232.7	95.0	82.1	17.9	79.69	405.37

2차 이앙구에서의 수량 및 수량구성요소를 보면, 단위면적당 이삭수는 평균 195.8~283.8개의 분포로 모든 공시 계통이 1차 이앙에 비하여 급격히 감소한 결과를 보였다. 수당립수는 분포범위가 69.8~139.7개로서 변이폭이 1차 이앙에 비하여 훨씬 넓었으며, 진부찰벼의 경우 약 40개 이상 립수가 증가하였다. 등숙율은 74.5~91.3%의 범위를 보였는데, 가장 등숙율이 높았던 KR92021-B-B-210-5-B은 20% 정도 향상된 결과를 보였다. 현미 천립중은 1차 이앙에서와 같이 KR92021-B-B-210-5-B이 16.2g으로 가장 가벼웠고, 진부찰벼가 19.6g으로 가장 무거운 특성을 보여 1차 이앙 때와 비슷한 경향이였다. 정현율 또한 77.4~82.3%의 범위로 1차 이앙과 별 차이가 없었다. 수량은 KR92021-B-B-42-5-B가 488.5kg/10a으로 가장 많았고, 1차 이앙시기와 같이 흑진주벼가 294.7kg/10a로 가장 낮은 결과를 나타냈다.

1차 이앙에서 수량이 가장 많았던 KR92021-B-B-210-5-B은 230kg/10a 이상의 수량감소를 보였는데 이는 2차 이앙에서 생육특성이 훨씬 양호했던 점으로 볼 때 단위면적당 이삭수가 현저히 감소한 것이 주요인으로 생각된다. 즉, 유효분얼이 되지 못한 분얼이 많아서 생육특성 중 엽신중이나 엽면적이 높았음에도 불구하고 수



량이 감소한 것으로 생각된다. 2차 이양에서 수당립수와 현미 천립중이 가장 높았던 진부찰벼의 경우도 단위면적당 이삭수가 가장 적어서 수량이 415kg/10a 정도에 머문 것 같다.

3차 이양에서(표 5-33)는 각 계통들의 수량 및 수량구성요소중 수당립수와 수량이 현저히 감소한 결과를 보였다. 단위면적당 이삭수는 189.2~261.8개의 분포로 2차 이양에서와 비슷한 수준을 유지하였고, 수당립수는 67.7~94.5개의 분포로 평균 15개 정도 감소하였으며, 등숙율은 72~88.3% 범위로 2차 이양구와 비슷한 경향이였다. 현미 천립중은 진부찰벼가 21g으로 가장 높았는데 2차 이양에 비하여 오히려 증가되었고 이는 다른 계통들에서도 같은 경향이였다. 수량은 KR92021-B-B-42-5-B가 446.3kg/10a으로 가장 많았는데 2차 이양에 비하여 약 40kg/10a이 감소하였다. 다른 계통들은 400kg/10a 이하의 수량분포를 보였는데 이는 천립중이 늘어났으나 이양이 늦었기 때문에 생육이 불량하였을 뿐만 아니라 수당립수가 적어 결과적으로 단위면적당 영화수가 감소하였기 때문인 것으로 생각된다.

이상의 결과를 미루어 볼 때 환경적응성 측면에서 재배시기를 늦추었을 경우 1차

표 5-33. 3차 이양구에서의 특수 찰벼 계통의 수량 및 수량구성요소

품 종 명	m <sup>2</sup> 당 수수	수당립수	등숙율 (%)	현미천립중 (g)	정현율 (%)	수량 (kg/10a)
KR92009-125-5-5-B-2-B	233.2	71.8	81.6	20.1	80.2	317.7
KR92009-125-6-4-B-3-B	222.2	86.9	81.9	18.6	79.2	370.3
KR92009-1-W1-3-1-B	261.8	68.1	83.7	17.5	78.8	317.7
KR92009-125-8-1-12-4-B	244.2	68.1	88.3	20.0	81.8	343.0
KR92009-125-10-5-9-2-B	253.0	67.7	84.9	19.8	81.8	361.3
KR92021-B-B-42-5-B	255.2	93.5	72.0	19.4	80.7	446.3
KR92021-B-B-210-5-B	220.0	94.5	83.7	18.1	81.4	395.6
진부찰벼	206.8	90.3	80.4	21.0	81.8	373.6
흑진주벼	189.2	85.5	78.8	18.2	80.5	285.4
평 균	231.7	80.7	81.7	19.19	80.69	356.77

이앙에서 수량이 600kg/10a대로 월등히 높았던 KR92021-B-B-210-5-B와 같은 계통은 수량이 급격히 감소하여 적응성이 낮은 계통으로 판단되므로 수량을 일정수준으로 높게 유지하기 위해서는 적기이앙이 필요하며, KR92021-B-B-42-5-B와 같은 계통은 6월 중하순까지 이앙이 늦어져도 450kg/10a 정도의 수량을 유지하여 환경적응성이 높은 계통으로 검증되었다.

다수성 찰벼 계통의 수량 및 수량구성요소를 평균을 내어 이앙시기간에 비교한 결과는 표 5-34와 같은데, 단위면적(m<sup>2</sup>)당 이삭수는 이앙이 늦어짐에 따라 감소하는 결과를 보였고, 수당립수는 1차 이앙에 비하여 2차 이앙에서 다소 증가하였으나 3차 이앙에서는 급격히 감소하였다. 등숙율은 2차 이앙에서 82.1%로 가장 높았으며, 1차 이앙에서는 71.4%를 보여 3차 이앙보다도 약 10% 정도 낮은 편이었다. 현미 천립중은 이앙시기가 늦어짐에 따라 오히려 증가하였는데, 특히 3차 이앙의 경우 현미 천립중이 19.2g으로 크게 증가된 결과를 보여 현미 천립중이 품종의 특성상 변이 폭이 다른 수량구성요소에 비하여 작은 점을 고려할 때보다 면밀한 검토가 필요하다고 생각된다. 정현율은 세시기 모두 80% 내외를 보여 이앙시기에 따라 차이를 보이지 않았다. 수량의 경우 단위면적당 이삭수와 마찬가지로 이앙이 늦어짐에 따라 급격히 감소하여 1차 이앙에서는 488kg/10a이던 수량이 3차 이앙에서는 357kg/10a으로 약 123kg/10a 줄어들었다.

이러한 결과는 수량구성요소 중에서 단위면적당 이삭수가 수량에 가장 크게 영향을 주는 요소로 작용한다는 것을 반증하는 결과라고 볼 수 있다. 앞에서 살펴본 최

표 5-34. 이앙시기에 따른 특수 찰벼 계통의 수량 및 수량구성요소의 비교

이앙시기	m <sup>2</sup> 당 수수	수당립수	등숙율(%)	현미천립중(g)	정현율(%)	수량(kg/10a)
1차 이앙	317.3	90.3	71.4	17.6	78.9	488.0
2차 이앙	232.7	95.0	82.1	17.9	79.7	405.4
3차 이앙	231.7	80.7	81.7	19.2	80.7	356.8
평균	260.57	88.67	78.4	18.2	79.77	416.7

고분얼기의 생육특성에서 분얼수를 비롯한 대부분의 특성들이 2차 이앙에서 높게 나타났으나 단위면적당 이삭수가 1차 이앙에서 월등히 많았던 점으로 미루어 볼 때 1차 이앙의 경우 충분한 생육기간이 확보되어 유효분얼경의 비율이 2차이앙에 비하여 높았으리라 추측된다. 3차 이앙의 경우 단위면적당 이삭수는 2차 이앙과 별 차이가 없었고 현미 천립중이 무거웠는데도 불구하고 수량이 가장 낮은 원인은 수당립수의 급격한 감소가 수량 제한요인으로 작용했기 때문인 것으로 생각된다.

특수 찰벼 계통들의 수량성은 1차 이앙의 경우 500kg/10a을 넘지 못하였는데 이는 대부분 생육기가 짧은 조생종의 특성 때문이기도 하지만 실험 1의 수량이 많았던 화선찰벼나 화청찰벼와 비교하였을 때 등숙율이 높았으나 상대적으로 고밀도립의 비율이 낮았을 것으로 추측되며, 이와 더불어 단위면적당 이삭수가 높았음에도 불구하고 수당립수가 40개 이상 적었기 때문으로 분석되었다. 따라서 환경적응성 측면에서 찰벼 계통은 재배시기가 늦어질 경우 증가된 분얼수의 유효경비율을 증대시키는 것이 단위면적당 이삭수를 확보하는 길이며, 이삭당 립수를 130개 이상으로 만드는 것이 수량을 증대시킬 수 있는 최선의 방법이라고 여겨진다.

이상의 결과를 종합적으로 검토해보면 일반적으로 찰벼품종의 생육특성과 수량성은 해마다 변이가 심하였으며, 5년의 실험을 평균으로 하여 살펴보았을 때 생육특성과 출수기가 품종에 따라 다양하였고, 엽신중과 엽면적은 대체로 메벼에 비하여 적은 경향을 나타냈다. 찰벼에서 이삭목직경과 수장, 2차 지경수, 대·소유관속수간에는 고도의 정의 상관을 보였으며, 특히 대유관속수와 2차 지경수간에는 밀접한 관련이 있는 것으로 밝혀져 찰벼 초형 선발시에 대유관속의 수도 고려해야 할 대상인 것으로 판단된다. 찰벼 엽신의 엽록소함량은 출수기에 감소되었으나 질소함량은 반대로 증가하였으며, 수량이 많았던 화선찰벼는 출수기에 엽록소의 감소량은 가장 컸으나 질소함량의 증가량이 가장 많아 엽신의 질소함량이 수량에 크게 영향을 주는 것으로 생각된다. 찰벼의 출수기 엽면적지수(LAI)는 대체로 4.4~7.0의 분포로서 품종간 차이가 심하였으며, 비엽중(SLW)과 엽면적비율도 품종에 따라 다양하였다.

찰벼품종들은 2차 지경수와 2차 지경립수가 메벼에 비하여 많아 수량에 제한인자로 작용하는 것으로 생각되며, 메벼품종과 이삭특성을 비교하고자 1차 지경비율과 2차 지경비율 및 1차 지경립비율과 2차 지경립비율의 상대비율을 조사한 결과, 메벼품종에 비하여 찰벼품종들은 대부분 낮았으며, 화선찰벼와 화청찰벼 및 신선찰벼가 메벼와 동등한 수준으로 높게 나왔다. 따라서 이들 찰벼품종의 수량이 메벼와 비슷한 수준인 것을 감안할 때 찰벼의 수량증대를 위해서는 수상구조를 메벼품종과 비슷하게 조절하는 것이 필요하다고 사료된다. 즉, 2차 지경에 대한 1차 지경의 비를 0.5 이상으로 하고 2차 지경의 착생영화수를 줄여 2차 지경립에 대한 1차 지경립의 비를 1.0 이상으로 하는 것이 적당하다고 사료된다. 수량은 대부분의 찰벼품종들이 메벼에 비하여 현저히 적었으나, 화선찰벼와 화청찰벼, 그리고 신선찰벼가 500kg/10a 이상의 수량으로 다수성 경향을 보였다. 수량과 관련하여 수량구성요소를 고찰해 보면, 수량이 많았던 추청벼와 같은 메벼의 경우 단위면적( $m^2$ )당 이삭수가 300개 이상으로 많은 특성을 보였으며, 또한 높은 등숙율을 나타냈으나 수당립수는 찰벼에 비하여 그리 많지 않은 경향이었는데, 찰벼품종에서 수량이 많았던 화청찰벼와 화선찰벼 및 신선찰벼의 경우도 메벼 품종과 비슷한 경향을 보여, 찰벼의 수량에는 수당립수나, 천립중보다는 단위면적당 이삭수와 등숙율이 크게 영향을 주는 것으로 생각되어진다. 따라서 생육초기에 분얼수를 충분히 확보하고 이들 분얼의 유효경비율을 증대시키는 것이 찰벼의 수량증대를 위한 바람직한 방향이라고 판단된다. 생육특성과 물질전이 능력 및 건물생산특성이 양호하였던 인부지나도의 경우 이삭당립수도 다른 찰벼에 비해 많지 않고 등숙율도 높았으나 분얼수가 적은 특성 때문에 단위면적당 이삭수가 가장 적어서 수량이 400kg/10a정도에 머물렀으며, 또한 초장이 큰 장간종이므로 성숙기에 도복이 심하여 수량이 낮은 결과를 보인 것으로 사료된다. 대립찰벼의 경우는 천립중이 월등히 무거웠으나 수당립수가 현저히 적으며 낮은 등숙율이 수량에 제한적으로 작용한 것으로 생각되며, 소립찰벼의 경우는 단위면적당 이삭수가 300개 이상으로 많고 수당립수도 가장 많으면서 등숙율도 높은 편이었지

만 다른 품종의 1/2정도인 천립중이 수량에 영향을 준 것으로 관찰되었다. 상남발벼와 Indica형의 IR394-4-Phi28는 등숙율이 현저히 낮아서 수량이 낮은 결과를 초래한 것으로 관찰되었다.

찰·메 동질유전자 계통인 화청벼와 화청찰벼를 공시하여 물질전이능력을 Source-Sink관점에서 연구한 결과, 물질생산에 가장 크게 영향을 주는 것으로 알려진 상위 1,2,3엽 절제시에 총립중과 평균립중의 감소율은 화청벼가 컸으나, 고밀도립비율과 등숙립비율은 화청찰벼에서 더 큰 감소를 보였고, 전엽처리에 의하여 2차 지경의 고밀도립비율과 등숙율은 화청벼에 비하여 화청찰벼에서 낮은 결과를 보였으며, 화청벼에 비하여 화청찰벼에서는 전엽된 엽면적과 고밀도립비율 및 등숙율간에 훨씬 높은 부의 상관값을 보였다. 따라서, 찰벼에서는 엽면적이 줄면 2차 지경의 고밀도립과 등숙립의 비율이 줄어 전체적으로 등숙율의 감소를 야기하므로 충분한 엽면적을 확보하면 등숙율의 향상을 기대할 수 있다고 판단된다. 지경절제처리에 의한 평균립중의 증가율과 고밀도립비율은 화청벼에 비하여 화청찰벼에서 높았으며, 등숙립비율은 반대로 화청벼에서 높은 결과를 보였다. 지경절제처리에서 수당립수와 고밀도립비율, 등숙율간에는 부의 상관을 보였는데, 수당립수와 고밀도립비율 및 평균립중간에 상관값이 화청벼보다 화청찰벼에서 높은 부의 상관을 보였다. 그러므로 찰벼에서 수당립수를 조절하면 평균립중의 증가를 유도하여 결국 고밀도립비율과 등숙율을 향상시킬 수 있다고 생각된다. 이상의 결과를 종합해 볼 때 찰벼의 수량증대를 위해서는 Source로서의 잎을 충분히 확보하고 Sink로서의 영화수를 조절하는 것이 필요한데 대부분의 찰벼품종이 출수기의 엽면적지수는 메벼와 비교하여 조금 낮은 수준이나 이삭당 영화수가 과도하게 많으므로 2차 지경의 착생영화수를 적정수준으로 조절하는 것이 수량증대를 위한 하나의 방안이 될 것이다.

환경적응성을 검토하기 위하여 잡종집단에서 선발한 찰벼 다수성 계통을 재배시기를 달리하여 실험한 결과 생육특성은 품종에 따라 이앙 시기간에 다양한 반응을 보였는데, 대체로 6월 10일 이앙인 2차 이앙에서 양호하였고, 3차 이앙에서는 현저

히 생육이 불량하였으며, SPAD값과 엽록소함량은 최고분얼기와 출수기 모두 2차 이앙에서 높았고, 질소함량은 최고분얼기에는 5월 하순 이앙구에서 함량이 높았으나 출수기에는 이앙시기간에 유의적인 차이가 없었다. 단위면적( $m^2$ )당 이삭수와 수량은 이앙이 늦어짐에 따라 급격히 감소하였으며, 특히, 3차 이앙에서는 1차 이앙에 비하여 약 123kg/10a의 수량이 감소되었다. 수당립수는 1차 이앙과 2차 이앙에서는 유사하였으나 3차 이앙에서는 급격히 감소하였고, 등숙율은 2차 이앙에서 82.1%로 가장 높았다. 따라서 재배시기를 달리하였을 경우 다수성 찰벼계통의 생육은 중부 지방에서 6월 10일 정도까지 이앙해도 무리 없이 오히려 생육이 양호하다고 할 수 있으나, 이 경우 간장과 수장이 줄고 단위면적당 이삭수가 급격히 감소하여 결국 수량의 감소를 야기하므로 이앙이 늦을 때 수량증대를 위해서는 기온 상승과 관련하여 분얼수의 증가를 적절히 조절하여 유효경비율을 향상시키는 것이 관건이라고 생각된다. 6월 20일경까지 이앙이 늦어질 경우는 전체적인 생육특성의 불량과 더불어 충분한 생육기간의 확보가 불가능하므로 수량에 불리하다고 생각된다. 공시계통 중 KR92021-B-B-210-5-B는 생육특성과 더불어 이삭특성까지 가장 양호하여 1차 이앙에서는 수량이 월등히 높았으나 이앙시기가 늦어짐에 따라 수량이 급격히 감소하였으므로 적기 이앙인 5월 하순 이앙이 필요한 계통으로 판단되며, KR92021-B-B-42-5-B는 3차 이앙시기까지도 450kg/10a 정도의 수량을 유지하였으므로 환경적응능력이 우수한 품종으로 생각된다.

메벼에서는 분얼이 적고 초장이 단간이며 줄기는 굵고 이삭의 착립밀도는 높고 수당립수는 150립 정도로 많고 잎은 직립형인 것을 이상적인 초형으로 보고 있다. 본 연구결과를 기준으로 찰벼의 이상적인 초형을 설정하면 수중형 품종보다는 수수형으로서 단위면적당 이삭수가 많고 초장은 단간이며 줄기는 굵어 대소유관속수가 많으며 수당립수는 140개 내외로 많으면서 2차 지경립수가 1차 지경립수와 비슷하거나 조금 적고 잎은 직립형이면서 엽면적이 충분하고 출수기에 높은 질소함량을 보이는 것이 적당하다고 사료된다.

#### 4. 저투입조건에서 찰벼의 수량성 검정

##### 가. 입모율

환경친화형 다수성 찰벼 개발을 위해 찰벼 유전자원을 자운영이 재배되는 상황에서 입모율을 평가한 결과는 표 5-35와 같다. 단위면적당 일정량의 종자(5~7kg/10a)를 파종하였을 때 적정 입모수를 확보하고 과다한 종자 비용을 줄이기 위해서는 70%이상의 입모율을 보이는 유전자원을 우선 선발하였다. 입모율이 70%이상 되는 유전자원은 Arongbyeo 외 36 품종이었고, 30%이하 아주 낮은 입모율을 보이는 유전자원은 Gawichal 외 18품종이었다.

저투입조건(벼-자운영 무경운 직파 순환체계)에서 기원과 초형을 달리한 찰벼품

표 5-35. 무경운 직파재배에서 찰벼 유전자원의 입모율

High (above-70%)	Medium (30~70%)	Low (below 30%)
Arongbyeo, Baekmang, Baekna, Beongok, Buldo, Chanarak, Cheonjndo, Cheongsongjo Chukna Daeguna Hochojindo Daegold, Hongdodo, Hongdudo, Hongsaekdo, inbujinado, Jeokbakam, Jinhwa, Namseon212, Twippalbyeo, Sukna, Sangdo Nokdubyeo, Gangweona, Heugbal, Homina, Inbujido, Jeokdo, Jindo, Jodo, Kangso35, Sanhyeongdem, Naengdo, Keochang, Yuweoljo, M.Sinangguing, Yougchalbyeo	Dagolna, Gangreongdo, Gujungdo, Heugbal, Homina, Jangjo, Jeokbakna, Jeokdo, Josindo, Manajo, Byeo2, Sukna, yongcheon, Soheung, Hanganchal	Gawichal, Guju, Kim - i r - n s e n i 2 2 , Ungjeong, Tatssumimochi 1, Agudo, Annamjo, Baekkyungjo, C h i k y e o n g d o , Gangweonna, Geumdo, Ggaebyeo, Heujedo, Jiongdaldo, Hwanghaedo, Irakdo, Jeongdaldo, Mujudo, Pyudo, Yangdo, Norinmochi 1

표 5-36. 벼-자운영 무경운 직파체계에서 찰벼의 입모수

품 종	자운영 재배구	무자운영 재배구
백운찰벼	20.5±4.93	12.7±1.67
화선찰벼	19.2±2.51	21.0±5.13
소립찰벼	15.2±2.33	22.3±8.88
신선찰벼	13.7±1.82	17.0±1.43
상남발벼	10.2±0.60	10.3±0.33
인부지나도	15.7±1.45	23.3±4.21
백나	13.5±2.50	22.3±1.26
대립찰벼	22.3±3.84	18.8±2.45
한강찰벼	12.5±2.50	16.5±4.33
IR394-4-Phi28	19.7±5.21	21.3±4.06
평 균	16.3±1.25	18.8±1.45

mean±S.E.

종의 단위면적당 입모수는 표 5-36과 같다. 단위면적당 입모수는 m<sup>2</sup>당 163±12.5개로써 자운영을 재배하여 자운영짚 위에 파종된 벼의 입모수는 자운영을 재배하지 않을 때에 비하여 다소 낮은 경향을 나타내었다.

자운영구의 입모수는 백운찰이 가장 많았으며, 무자운영구의 입모수는 인부지나도와 백나가 가장 많았다. 상남발벼는 두처리구 모두 가장 낮은 입모수를 나타내었다. 백운찰은 자운영구에서 입모수가 높았고, 백나는 무자운영구에서 입모수가 높았다.

#### 나. 찰벼품종의 초형과 수량

표 5-37은 기원과 초형을 달리한 찰벼품종의 작물학적 특징을 나타낸 것이다. 인부지나도와 대립찰벼는 개체당 분얼수가 적은 소일성이었으며 상남발벼, 백나, 백운찰벼, 한강찰벼 등은 중간형, 적나, IR394, 소립찰, 중간찰벼, 화선찰벼, 신선찰벼등은 개체당 분얼수가 17 이상의 다일성의 특징을 보였다.

IR394, 소립찰벼, 상남발벼, 백운찰벼 등이 개체당 엽면적과 엽면적지수가 큰 반



표 5-37. 찰벼 품종의 생육특성

품종명	분얼수 (개/주)	엽면적 cm <sup>2</sup> /주	엽비중 mg/cm <sup>2</sup>	엽면적 지수	엽면적율 cm <sup>2</sup> /g	지엽의 각도	지상부 건물중
인부지나도	10.8	1207	5.13	2.68	76.4	44.8	15.8
백나	15.1	1509	4.96	3.35	89.8	46.2	16.8
적나	17.2	1619	4.20	3.60	118.2	61.9	13.7
IR394-4-Phi28	20.9	2137	4.03	4.75	106.3	78.6	20.1
한강찰벼	16.9	1415	4.88	3.14	85.2	73.5	16.6
소립찰벼	20.0	1817	4.31	4.04	98.2	77.7	18.5
대립찰벼	8.7	1614	4.58	3.59	94.4	54.0	17.1
중간찰벼	21.6	1161	4.89	2.58	83.5	72.0	13.9
화선찰벼	23.2	1490	4.27	3.31	104.9	72.5	14.2
상남찰벼	12.3	1729	4.65	3.84	896.9	66.2	19.9
신선찰벼	17.8	1467	4.13	3.26	103.3	73.5	14.2
백운찰벼	16.5	1788	4.63	3.97	82.8	83.5	21.6
일품벼	19.4	1581	4.55	3.51	115.4	70.4	13.7
추청벼	22.6	1317	4.66	2.93	90.8	58.3	14.5

면에 중간찰벼, 인부지나도는 엽면적과 엽면적지수가 적었다. 엽비중은 인부지나도, 백나, 한강찰벼, 중간찰벼가 크기 때문에 잎이 두꺼움을 알 수 있었으며 지상부 총 건물에 대한 엽면적율(LAR)은 적나, IR384, 화선찰벼, 신선찰벼가 높은 경향이었고, 지엽의 각도는 인부지나도, 백나, 대립찰벼 등은 60도 미만의 중간형(Plagiophile)이고 그 외 품종은 직립형(Erectophile)에 속하였으며, 지상부 총건물중은 엽면적 지수가 큰 품종들인 IR394, 소립찰벼, 상남찰벼, 백운찰벼 등이 무거웠다.

저투입 조건에서 기원과 초형을 달리한 찰벼품종의 수량은 표 5-38과 같다. 백나와 화선찰벼의 수량이 가장 높게 나타났으며, 소립찰은 가장 낮게 나타났다. 그리고 천립중이 27g수준에서 비교적 높은 수량을 나타내었으며 천립중이 적은 소립찰의 수량이 가장 낮았다. 하지만 대립찰벼와 같이 이삭이 너무 큰 것도 수량이 낮았다. 1차 지경수는 품종간 유의적인 차이를 보이지 않았지만 IR394가 17개로 가장 많았고

다른 품종들 간에는 크게 차이를 보이지 않았다. 2차 지경수는 소립찰이 가장 많았고 화선찰과 백나가 다른 품종에 비해 적었다. 이삭당 낱알수는 소립찰이 가장 많았고 인부지나도가 가장 적게 나타났다. 등숙율은 이삭당 낱알수가 많은 소립찰이 가장

표 5-38. 무경운 이앙재배조건에서 수량구성요소 및 수량

품종	수량 (kg/10a)	간장 (cm)	수장 (cm)	1차 지경수 (개/이삭)	2차 지경수 (개/이삭)
대립찰벼	425	87±2.8	25±0.49	10±0.4	26±2.3
백 나	585	63±0.8	20±0.65	10±0.5	18±0.6
백운찰벼	479	60±1.5	21±0.32	9±0.5	33±2.4
상남발벼	546	85±3.7	21±0.42	10±0.5	32±2.4
소립찰벼	189	67±1.6	21±0.62	11±0.4	43±2.2
신선찰벼	484	67±1.3	21±0.63	10±0.3	19±1.5
인부지나도	330	82±4.2	22±0.36	10±0.5	23±1.8
화선찰벼	582	60±2.3	20±0.66	9±0.5	15±2.5
IR 3941	445	67±1.1	25±0.85	17±7.3	28±2.1
전체평균	452	68±5.2	22±0.60	11±0.8	26±2.9

표 5-38. (계속)

품종	1차 지경무게 (g)	1수립수 (개)	등숙률 (%)	천립중 (g)	이삭수 (개/1㎡)
대립찰벼	5.6±0.37	145±10.8	82±2	39.4±0.82	155± 8.1
백 나	2.7±0.13	107± 5.3	95±1	27.8±0.16	266±36.5
백운찰벼	3.9±0.21	161± 9.3	87±1	25.4±0.33	266±10.5
상남발벼	4.5±0.29	172±11.8	90±1	27.8±0.39	266± 7.8
소립찰벼	1.8±0.17	198± 7.7	54±8	14.7±0.14	244± 9.7
신선찰벼	3.0±0.16	110± 6.1	91±1	27.9±0.22	244±15.8
인부지나도	3.5±0.26	129± 8.9	93±3	27.5±0.14	155±12.7
화선찰벼	2.4±0.29	93±10.1	85±3	27.8±0.13	310±30.3
IR 3941	3.4±0.25	149± 9.3	89±1	24.4±0.32	242± 7.0
전체평균	3.4±0.4	141±11.3	85±4	26.6±2.11	239±17.2

mean±S.E.

낮았고, 다음으로 대립찰이 다른 품종에 비해 낮은 등숙율을 보였다.

단위면적당 이삭수는 소열성인 대립찰과 인부지나도가 가장 적었으며 화선찰이 가장 많았다.

저투입 조건에서 높은 수량을 내기 위한 품종의 조건 중에 이삭과 낱알의 크기가 크며 2차 지경의 수가 적은 것이 유리할 것으로 판단된다.

#### 다. 저투입 조건에서 찰벼 품종의 Source-Sink 관계구명

찰벼의 수량제한 요인을 구명하기 위해서 근동질 유전자 계통을 사용하여 시험을 수행하였다. 표 5-39는 저투입조건에서 근동질 유전자계통인 화청매벼와 화청찰벼 생육을 나타낸 것이다. 출수기는 찰벼가 8월 22일로 하루가 빨랐으며, 건물중 과 출

표 5-39. 무경운 직파재배에서 분얼수, 초장 및 건물중의 변화

Cultivars	Heading date	Dry weight(g/m <sup>2</sup> )			Root activity (μg.g <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup> )
		Seedling stage	Panicle initiation stage	Full heading stage	
Whachung chalbyeo	08월 22일	1.6±0.22	110±3.3	693±6.9	30.5±0.8
Whachung maebyeo	08월 23일	2.7±0.23	176±12.2	737±79.2	47.8±4.0

표 5-39. (계속)

Cultivars	Plant height(cm)			Tiller numbers/hill	
	Seedling stage	Panicle initiation stage	Full heading stage	Panicle initiation stage	Full heading stage
Hwachung chalbyeo	22.7±1.4	62.0±2.0	114±5.2	10.0±0.7	14.0±2.2
Hwachung maebyeo	22.7±1.7	69.6±4.1	112±3.0	11.0±0.9	14.8±2.2

수기 근활력은 찰벼보다 메벼가 높게 나타났다. 두 품종간의 생육시기별 초장과 분얼수는 유의적인 차이가 인정되지 않았다.

표 5-40은 출수기 엽 제거에 따른 근동질 유전자 계통인 화청메벼와 화청찰벼의 줄기의 건물중을 나타낸 것이다. 두 품종 모두 건물중의 감소 폭은 하위절간에서 크게 나타났으며, 엽면적이 많이 줄어들수록 감소 폭은 크게 나타났다. 엽을 처리하지 않은 줄기의 건물중은 메벼가 높았지만 엽을 제거한 줄기의 건물중은 찰벼가 높게

표 5-40. 저투입 재배조건에서 출수기의 엽신제거에 따른 줄기의 건물중 분포

	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70(cm)
Hwachung maebyeo							
Leaf removed	----- g -----						
1st leaf	2.70	2.28	1.75	1.07	1.07	0.75	0.57
2nd leaf	2.77	2.12	1.61	1.03	0.73	0.36	0.36
3rd leaf	3.65	2.99	2.30	1.24	0.88	0.53	0.53
1st+2nd leaves	2.62	2.09	1.60	1.08	0.83	0.52	0.52
1sr+3rd leaves	2.91	2.22	1.95	1.32	0.91	0.75	0.75
2nd+3rd leaves	2.90	2.36	1.86	1.12	0.85	0.55	0.55
Top 3 leaves	2.22	1.88	1.55	1.13	0.86	0.56	0.56
Check	4.37	3.30	2.65	1.45	1.06	0.72	0.72
LSD.05	0.31	0.28	0.27	0.19	0.22	0.28	0.28
Hwachung chalbyeo							
	----- g -----						
1st leaf	3.61	2.64	2.12	1.67	1.51	1.19	0.91
2nd leaf	3.39	2.49	1.83	1.33	1.20	1.04	0.81
3rd leaf	3.79	2.67	2.21	1.67	1.46	1.14	0.87
1st+2nd leaves	2.75	1.96	1.61	1.27	1.10	0.96	0.70
1sr+3rd leaves	3.13	2.51	1.91	1.51	1.48	1.27	1.06
2nd+3rd leaves	2.94	1.96	1.52	1.17	1.07	0.82	0.61
Top 3 leaves	2.49	2.11	1.75	1.47	1.10	0.96	0.94
Check	3.82	2.77	2.32	1.61	1.47	1.05	0.85
LSD.05	0.65	0.33	0.32	0.22	0.27	0.22	0.19

나타났다. 출수기 이후 엽의 기능을 상실하게 되면 줄기의 저장 양분이 이삭으로 이동한다는 것을 나타내고 있으며 찰벼와 메벼의 비교에서 나타나듯이 메벼가 찰벼보다 줄기의 저장양분을 이삭으로 많이 전류하고 있다.

표 5-41은 출수기 엽 제거에 따른 수량 및 수량구성요소를 나타낸 것이다.

출수기 엽 제거에 따른 수량구성요소중 등숙률은 처리간 유의적인 차이가 없었지만 상위3엽을 제거한 것이 가장 낮게 나타났다. 천립중은 엽이 가장 많이 제거된 것이 가장 낮게 나타났다. 메벼의 수량은 상위3엽과 상위2엽을 제거했을 때 무처리구와 유의적인 차이가 인정되었고 나머지 처리구는 유의적인 차이가 인정되지 않았다. 찰벼의 수량은 상위3엽을 제거했을 때만 무처리구와 유의적인 차이가 인정되었다. 메벼와 찰벼 모두 상위 엽의 기능이 수량에 영향을 미치고 있다. 앞으로 다수확 찰벼 품종에 적합한 초형은 상위엽이 직립형이며 엽의 길이와 폭이 큰 것이 유리할 것으로 생각된다.

표 5-42는 출수기 절엽에 따른 수확기 줄기의 당, 전분 및 질소 함량과 수량구성

표 5-41. 저투입 재배조건에서 출수기의 엽신제거에 따른 수량구성요소 및 수량

	Hwachung nonwaxy			Hwachung waxy		
	1000-Grain weight	Ripened grain	Grain yield	1000-Grain weight	Ripened grain	Grain yield
Leaf removed	g	%	kg/10a	g	%	kg/10a
1st leaf	23.8	97	521.4	23.0	95	449.2
2nd leaf	24.9	97	542.1	23.2	95	455.6
3rd leaf	24.6	97	536.5	23.5	96	467.6
1st+2nd leaves	23.1	95	495.2	22.5	98	454.1
1sr+3rd leaves	24.4	96	522.4	22.8	96	454.4
2nd+3rd leaves	24.6	95	528.5	23.1	97	466.8
Top 3 leaves	23.0	95	491.0	22.4	90	419.5
Check	25.5	97	557.0	23.6	96	471.0
LSD.05	0.64	ns	46.37	0.93	ns	37.19

표 5-42. 출수기 엽신제거에 따른 줄기의 당, 전분 및 질소함량과 수량구성요소

	L e a f removed	Waxy rice					Non waxy rice				
		Sugar	Starch	N	1000-	Ripened	Sugar	Starch	N	1000-	Ripened
					grain	grain				grain	grain
mg/g	%	g	%	weight	ratio	mg/g	%	g	%		
Basal appli- cation	flag leaf	25.2	23.0	0.36	22.7	92	24.0	34.7	0.37	23.4	94
	2nd leaf	26.8	32.3	0.36	22.7	92	25.9	28.0	0.35	22.8	96
	3rd leaf	23.7	23.0	0.40	22.5	93	31.9	25.4	0.33	22.3	89
	Top 3 leaves	14.0	13.6	0.34	21.7	84	35.7	11.4	0.35	21.9	78
	Check	31.5	34.6	0.32	23.2	96	30.2	32.1	0.34	23.6	95
LSD <sub>.05</sub>	7.15	16.20	ns	1.03	7.8	11.06	19.28	ns	ns	12.9	
Top dressing	flag leaf	26.5	29.5	0.35	20.9	82	25.8	33.7	0.35	22.3	89
	2nd leaf	30.1	26.7	0.37	21.9	84	29.3	23.3	0.32	21.9	91
	3rd leaf	30.2	26.9	0.38	21.3	91	27.1	14.4	0.32	22.3	87
	Top 3 leaves	11.4	8.8	0.35	20.5	63	11.7	9.3	0.35	20.2	77
	Check	22.8	15.6	0.33	21.2	91	30.2	33.1	0.44	22.8	93
LSD <sub>.05</sub>	9.18	ns	0.044	1.44	9.3	7.71	10.22	ns	1.62	14.0	
Chinese milkvetch	flag leaf	27.6	36.1	0.42	17.7	46	40.0	50.9	0.41	18.8	80
	2nd leaf	30.4	30.8	0.38	20.8	90	40.0	39.4	0.41	21.6	76
	3rd leaf	13.2	40.4	0.33	20.2	77	38.9	33.0	0.40	20.7	85
	Top 3 leaves	13.5	32.2	0.42	16.4	53	24.1	33.7	0.40	20.9	72
	Check	30.0	41.7	0.37	18.8	84	31.6	45.0	0.39	23.0	90
LSD <sub>.05</sub>	8.85	7.92	0.042	1.44	9.3	8.62	11.09	0.051	2.37	8.7	

요소 중 친립중과 등숙율을 나타낸 것이다. 수확기 엽초+경의 당과 전분함량은 찰

벼보다 메벼가 높게 나타났으며 절엽에 따른 당과 전분 함량은 상위 3엽을 모두 제거한 것이 가장 낮았고, 단엽 처리는 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 수확기 줄기의 질소 함량은 메벼에 비해 찰벼가 높았다. 두 품종간의 질소함량은 추비시용구와 유기물 투입구에서 엽신 처리간 차이를 보였다. 추비시용구의 질소 함량은 제1엽 제거구와 대조구에서 가장 낮았고, 유기물 시용구는 제 3엽을 제거한 것이 가장 낮게 나타났다. 메벼의 질소 함량은 유기물 투입구만 엽신 처리별 유의성이 인정되었고 다른 두 처리는 상위 3엽을 제거한 것이 다른 처리에 비해 낮은 값을 나타내었지만 유의성은 인정되지 않았다. 이런 결과는 출수기 엽신을 제거함으로써 줄기의 질소가 이삭으로 이동 된 것으로 사료된다.

수량구성요소 중 등숙율은 상위엽의 영향을 받는다고 Nakano 등(1995)이 보고하고 있으며 박 등(1968)은 등숙율과 천립중이 가장 많은 영향을 받는다고 하였으며 본 시험에서도 이와 유사한 결과를 얻었다. 찰벼의 천립중과 등숙율은 상위 3엽을 제거한 것이 가장 낮게 나타났으며 단엽 처리는 유의성이 나타나지 않았다. 메벼의 천립중과 등숙율은 찰벼와 같이 상위 3엽을 제거한 것이 가장 낮게 나타났다. 품종간 등숙율과 천립중은 찰벼에 비해 메벼가 높게 나타났다. Craft-Brandner 등(1987)의 보고에 의하면 전분곡물의 전분 구성은 수량과 밀접한 관계가 있다고 하였다. 따라서 본 시험의 이러한 결과는 출수 후 동화물질의 전류와 종실 전분 구성의 차이에 의한 것으로 사료된다.

출수기 절엽에 따른 수확기 줄기의 당, 전분 및 질소 함량과 수량구성요소의 상호 유의성은 표 5-43과 같다. 엽초+경의 당, 전분 및 질소 함량은 품종간에 유의성을 나타내었다. 시비법에 따른 유의성은 엽초+경의 당 함량, 천립중 및 등숙율만 나타내었다. 절엽에 따른 엽초+경의 당, 전분 함량, 천립중 및 등숙율만 유의성을 나타내었다. 당 함량과 등숙율은 처리에 대해 모든 상호작용이 차이를 나타내었으며, 전분 함량은 시비와 절엽에 대한 상호작용만 차이를 보였다. 질소 함량은 시비와 절엽 그리고 품종, 시비와 절엽에 대해서 각각 상호작용이 차이를 보였다. 천립중은

표 5-43. 출수기 엽신제거에 따른 줄기의 당, 전분 및 질소함량과 수량구성요소의 분산 분석

	Sugar	Starch	N	1000-grain weight	Ripened grain ratio
Main(F <sup>1</sup> )	**	ns	ns	**	**
Subplot(C <sup>2</sup> )	*	**	*	**	**
F*C	**	ns	ns	**	*
Sub-subplot(LR <sup>3</sup> )	**	**	ns	**	*
C*LR	**	ns	ns	*	*
F*LR	*	*	*	ns	*
C*F*LR	**	ns	*	*	**

<sup>1</sup>F : Fertilizer, <sup>2</sup>C : Cultivar, <sup>3</sup>LR : Leaf removed

\* Significant at 5% level    \*\* Significant at 1% level

시비와 절엽에 대한 상호작용을 제외한 다른 처리간 상호작용이 차이를 보였다

#### 라. 저투입 조건에서 찰벼품종의 건물생산과 동화물질전류 효율

벼-자운영 무경운 직파재배 체계에서 종실의 크기에 따른 찰벼 품종의 출수기 질소 함량은 표 5-44와 같다. 엽신의 질소 함량은 품종간 유의적인 차이가 나타나지 않았지만, 줄기의 질소함량은 화청찰벼가 가장 높게 나타났다. 엽신의 질소 흡수량은 건물중이 가장 많은 상남 발벼가 가장 높았고 조신도가 가장 낮았다. 출수기 전체 질소 흡수량은 녹두도가 가장 높았고 조신도가 가장 낮았다.

수확기 찰벼품종의 질소함량은 표 5-45와 같다. 출수기와 비교해서 엽신과 줄기의 질소함량과 전체 질소 흡수량이 줄었다. 특히 엽신보다 줄기에서 현저히 줄었다 이것은 건물중 감소량이 엽신보다 줄기가 많았기 때문으로 사료된다. 이렇게 줄어든 질소는 대부분이 이삭으로 전류되어 저장된다. 따라서 질소의 전류효율이 높은 품종이 수량적인 면에서 다른 품종에 비해 유리할 것으로 사료된다. 품종별로 수확기 질소 흡수량은 백나가 가장 높았고 대립찰이 가장 낮았다. 그 원인은 엽신과 줄



표 5-44. 무경운 직파재배에서 출수기의 질소함량 및 흡수량

Cultivars	----- % -----		----- N kg 10a <sup>-1</sup> -----		
	Leaf blade	Culm	Leaf blade	Culm	Total
Daeripchal byeo	2.54 <sup>a</sup>	1.36 <sup>ab</sup>	2.02 <sup>bc</sup>	3.64 <sup>ab</sup>	5.66 <sup>abc</sup>
Daeguk byeo	2.49 <sup>a</sup>	2.26 <sup>ab</sup>	1.93 <sup>bc</sup>	3.55 <sup>ab</sup>	5.48 <sup>bc</sup>
Baekna	2.66 <sup>a</sup>	1.16 <sup>b</sup>	2.08 <sup>bc</sup>	4.76 <sup>ab</sup>	6.84 <sup>abc</sup>
Sinsunchal byeo	2.58 <sup>a</sup>	1.23 <sup>ab</sup>	2.04 <sup>bc</sup>	4.44 <sup>ab</sup>	6.48 <sup>abc</sup>
Hwachungchal byeo	2.65 <sup>a</sup>	1.63 <sup>a</sup>	1.80 <sup>bc</sup>	5.43 <sup>ab</sup>	7.23 <sup>abc</sup>
Nokdudo	2.51 <sup>a</sup>	1.34 <sup>ab</sup>	2.57 <sup>ab</sup>	6.76 <sup>a</sup>	9.33 <sup>a</sup>
Sangnambat byeo	2.58 <sup>a</sup>	1.23 <sup>ab</sup>	3.29 <sup>a</sup>	5.28 <sup>ba</sup>	8.57 <sup>ab</sup>
Manado	2.25 <sup>a</sup>	1.15 <sup>b</sup>	2.17 <sup>bc</sup>	5.52 <sup>ba</sup>	8.02 <sup>abc</sup>
Josindo	2.27 <sup>a</sup>	1.19 <sup>b</sup>	1.37 <sup>c</sup>	3.19 <sup>b</sup>	4.56 <sup>c</sup>

표 5-45. 무경운 직파재배에서 수확기의 질소함량 및 흡수량

Cultivars	----- % -----			----- N kg 10a <sup>-1</sup> -----			
	Leaf blade	Culm	Grain	Leaf blade	Culm	Grain	Total
Daeripchalbyeo	1.48 <sup>ab</sup>	0.70 <sup>a</sup>	1.58 <sup>bc</sup>	1.21 <sup>c</sup>	2.59 <sup>abc</sup>	4.24 <sup>c</sup>	8.04 <sup>c</sup>
Daegukbyeo	1.65 <sup>a</sup>	0.61 <sup>ab</sup>	1.69 <sup>ab</sup>	1.31 <sup>bc</sup>	2.24 <sup>abc</sup>	7.30 <sup>ab</sup>	10.85 <sup>ab</sup>
Baekna	1.49 <sup>ab</sup>	0.46 <sup>bc</sup>	1.40 <sup>d</sup>	1.65 <sup>abc</sup>	1.74 <sup>bc</sup>	8.53 <sup>a</sup>	11.92 <sup>a</sup>
0Sinsunchalbyeo	1.37 <sup>b</sup>	0.55 <sup>abc</sup>	1.44 <sup>cd</sup>	1.59 <sup>abc</sup>	2.21 <sup>abc</sup>	7.52 <sup>ab</sup>	11.39 <sup>ab</sup>
Hwachungchalbyeo	1.58 <sup>a</sup>	0.62 <sup>ab</sup>	1.50 <sup>cd</sup>	1.90 <sup>abc</sup>	2.04 <sup>bc</sup>	6.34 <sup>b</sup>	10.28 <sup>ab</sup>
Nokdudo	1.68 <sup>a</sup>	0.57 <sup>ab</sup>	1.53 <sup>cd</sup>	2.03 <sup>ba</sup>	3.06 <sup>ba</sup>	6.24 <sup>b</sup>	11.33 <sup>ab</sup>
Sangnambatbyeo	1.63 <sup>a</sup>	0.57 <sup>ab</sup>	1.50 <sup>cd</sup>	1.26 <sup>bc</sup>	2.30 <sup>abc</sup>	7.80 <sup>ab</sup>	11.36 <sup>ab</sup>
Manado	1.60 <sup>a</sup>	0.60 <sup>ab</sup>	1.75 <sup>a</sup>	1.19 <sup>abc</sup>	3.40 <sup>a</sup>	6.51 <sup>b</sup>	11.10 <sup>ab</sup>
Josindo	1.32 <sup>b</sup>	0.41 <sup>c</sup>	1.67 <sup>ab</sup>	1.19 <sup>c</sup>	1.49 <sup>c</sup>	8.25 <sup>a</sup>	10.93 <sup>ab</sup>

기의 질소량보다 이삭의 질소량 차이가 많이 났기 때문이다. 이삭의 질소 흡수량은 수량과 밀접한 상관관계가 있다.

찰벼 품종들의 질소와 건물 전류 효율 성적은 표 5-46과 같다. 질소와 건물 전류 효율은 백나가 가장 높게 나타났고, 마나도가 가장 낮았다. Miah등(1996)의 보고에

표 5-46. 무경운 직파재배에서 찰벼품종들의 질소 및 건물전이 효율

Cultivars	N-translocation	DM-translocation
	efficiency <sup>1</sup>	efficiency <sup>2</sup>
	----- % -----	
Daeripchal byeo	0.34 <sup>bc3</sup>	0.20 <sup>c</sup>
Daeguk byeo	0.36 <sup>bc</sup>	0.25 <sup>bc</sup>
Baekna	0.51 <sup>ab</sup>	0.42 <sup>a</sup>
Sinsunchal byeo	0.41 <sup>abc</sup>	0.26 <sup>bc</sup>
Hwachungchal byeo	0.44 <sup>abc</sup>	0.26 <sup>bc</sup>
Nokdudo	0.43 <sup>abc</sup>	0.35 <sup>ab</sup>
Sangnambat byeo	0.57 <sup>a</sup>	0.26 <sup>bc</sup>
Manado	0.30 <sup>c</sup>	0.18 <sup>c</sup>
Josindo	0.41 <sup>abc</sup>	0.27 <sup>bc</sup>

<sup>1</sup>(N translocation/N content at heading) × 100,

<sup>2</sup>(Dry matter translocation/dry matter at heading) × 100

<sup>3</sup>Means by the same letter within a column are not significantly different at 0.05 probability level according to Duncan's multiple range test.

따르면 다수확벼의 수량은 출수 전 줄기의 건물중과 출수 후 줄기의 건물중 차이와 상관관계가 있으며, 지상부 전체 건물중 증가와 이삭의 건물중 증가와는 아무런 상관관계가 없다고 하였다.

또한 유관속 수와 크기가 물질의 이동과 등숙율에도 영향을 미친다는 보고가 있었다. 따라서 본 시험에서는 유관속 수와 크기에 대해서는 조사되지 않았지만, 백나가 다른 품종에 비해 건물중 전류율이 높아 수량이 높게 나타났으며, 유관속 수나 크기가 다른 품종에 비해 유리할 것으로 사료된다. 그러나 대립찰과 마나도가 다른 품종에 비해 건물중 전류 효율이 낮기 때문에 등숙율이 떨어지고 수량도 낮아지는 원인으로 작용했을 것으로 사료된다.

벼-자운영 무경운 직파재배 체계에서 찰벼 품종의 수량 및 수량 구성요소에 대한 결과는 표 5-47과 같다. 백나의 단위면적당 수량과 등숙율은 다른 품종에 비해 높았

표 5-47. 무경운 직파재배에서 수량구성요소 및 수량

Cultivars	Grain yield (kg/10a)	spikelets /Panicle	Panicles /m2	H.I	Ripened grain (%)	1000-grain weight(g)
Daeripchal byeo	272 <sup>d</sup>	89.1 <sup>dc</sup>	240 <sup>b</sup>	0.35 <sup>b</sup>	0.83 <sup>b</sup>	35.9 <sup>a</sup>
Daeguk byeo	433 <sup>bc</sup>	80.3 <sup>d</sup>	285 <sup>ab</sup>	0.50 <sup>a</sup>	0.96 <sup>a</sup>	27.8 <sup>b</sup>
Baekna	609 <sup>a</sup>	95.8 <sup>bcd</sup>	275 <sup>ab</sup>	0.48 <sup>a</sup>	0.97 <sup>a</sup>	27.8 <sup>b</sup>
sinsunchal byeo	523 <sup>ab</sup>	99.9 <sup>bcd</sup>	335 <sup>a</sup>	0.49 <sup>a</sup>	0.92 <sup>a</sup>	26.6 <sup>bc</sup>
Hwachungchal byeo	422 <sup>bc</sup>	92.7 <sup>bcd</sup>	355 <sup>a</sup>	0.50 <sup>a</sup>	0.96 <sup>a</sup>	25.7 <sup>bc</sup>
Nokdudo	407 <sup>bc</sup>	113.3 <sup>abc</sup>	278 <sup>ab</sup>	0.45 <sup>a</sup>	0.92 <sup>a</sup>	27.0 <sup>bc</sup>
Sangnambat byeo	520 <sup>ab</sup>	132.8 <sup>a</sup>	270 <sup>ab</sup>	0.49 <sup>a</sup>	0.97 <sup>a</sup>	26.0 <sup>bc</sup>
manado	372 <sup>dc</sup>	115.8 <sup>ab</sup>	280 <sup>ab</sup>	0.32 <sup>b</sup>	0.82 <sup>b</sup>	24.9 <sup>c</sup>
Josindo	496 <sup>ab</sup>	82.0 <sup>b</sup>	270 <sup>ab</sup>	0.50 <sup>a</sup>	0.95 <sup>a</sup>	21.7 <sup>d</sup>

으며, 대립찰벼의 수량과 등숙율은 다른 찰벼 품종에 비해 낮았다. 그 원인으로는 출수 후 이삭으로 동화물질의 전류가 다른 품종보다 낮아 등숙율과 수확 지수가 떨어진 것으로 사료된다.

시비법에 따른 화청찰벼와 화청메벼에서 엽신과 줄기의 질소 함량 변화는 그림 5-1과 같다. 모든 처리구에서 두 품종간 질소함량의 차이는 인정되지 않았고 처리간 차이는 보였다. 엽신과 줄기의 질소함량은 기비구가 가장 낮았으며, 추비시용구와 유기물 시용구사이에는 유의적인 차이가 인정되지 않았다. 특히 기비구 줄기의 질소 함량이 다른 두 처리에 비해 적었다. 이 시험의 결과로 자운영이 재배된 포장은 추비를 사용하지 않아도 생육후기까지 충분한 질소질을 공급한다는 것을 알 수 있다.

화청찰벼와 화청메벼에서 줄기의 질소함량 변화는 출수 전 30일부터 출수기까지 급속히 감소하다가 출수 후에는 그대로 유지되었다. 줄기의 질소는 출수 후 이삭으로 거의 이동을 하지 않는 것으로 생각되며, 반면 엽신의 질소 함량은 출수 전 30일부터 수확기까지 계속 감소하였다. 엽신의 질소는 출수 후 계속 이삭으로 전류된다는 것을 알 수 있으며 따라서 출수 전의 엽신의 질소 함량이 수량에 영향을 미칠

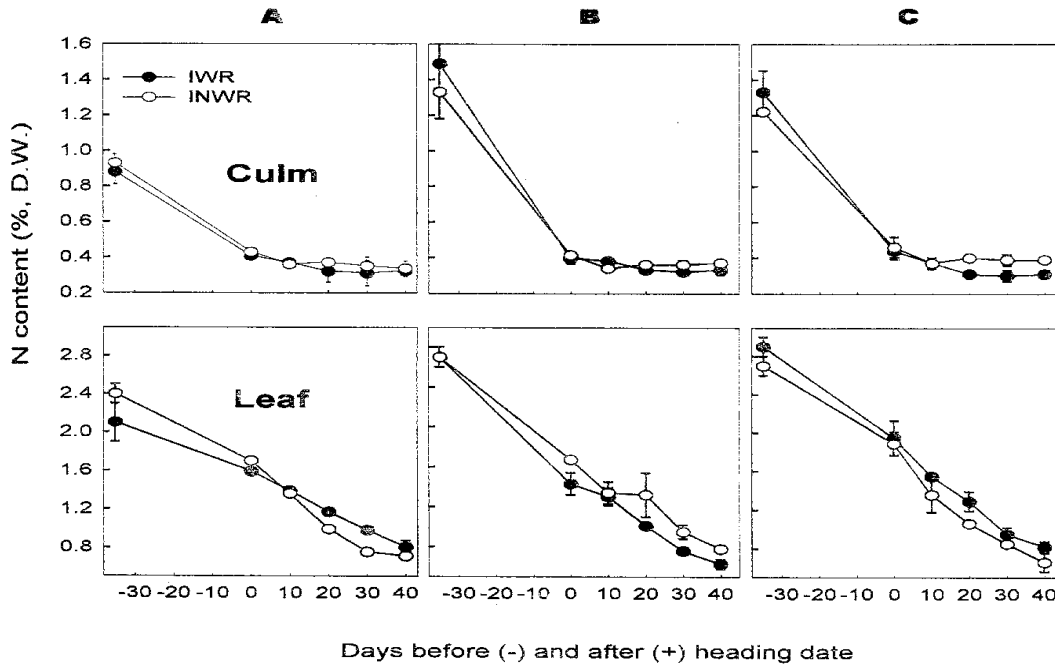


그림 5-1. 화청벼(INWR)와 화청찰벼(IWR)의 질소함량의 변화(Pot experiment).  
 Vertical bars indicate means±S.E.  
 A: 기비 4 kg N/10a, B: 기비 및 추비 8 kg N/10a,  
 C: 자운영짚 100g/pot.

것으로 생각된다.

생육시기와 부위별 당 함량 변화는 그림 5-2와 같다. 처리별 줄기의 당 함량은 추비 시용구가 다른 두 처리에 비해 높게 나타났으며, 품종간에는 시기별로 유사한 경향을 보였지만 메벼에 비해 찰벼가 높게 나타났다.

줄기의 당 함량 변화는 출수 35일전에는 두 품종간 차이를 보이지 않았지만 출수 기부터 품종간 차이를 나타내기 시작했다. 두 품종 모두 모든 처리구에서 줄기의 당 함량이 출수 10일까지 증가를 하고 그후 감소하다가 출수 20일 후부터 다시 증가하는 경향을 나타내었다. 엽의 당 함량 변화는 출수기 부터 10일 후까지 증가하였고 그후 감소하는 경향을 보였지만 메벼는 찰벼와 달리 생육 후반기에 다소 증가하는

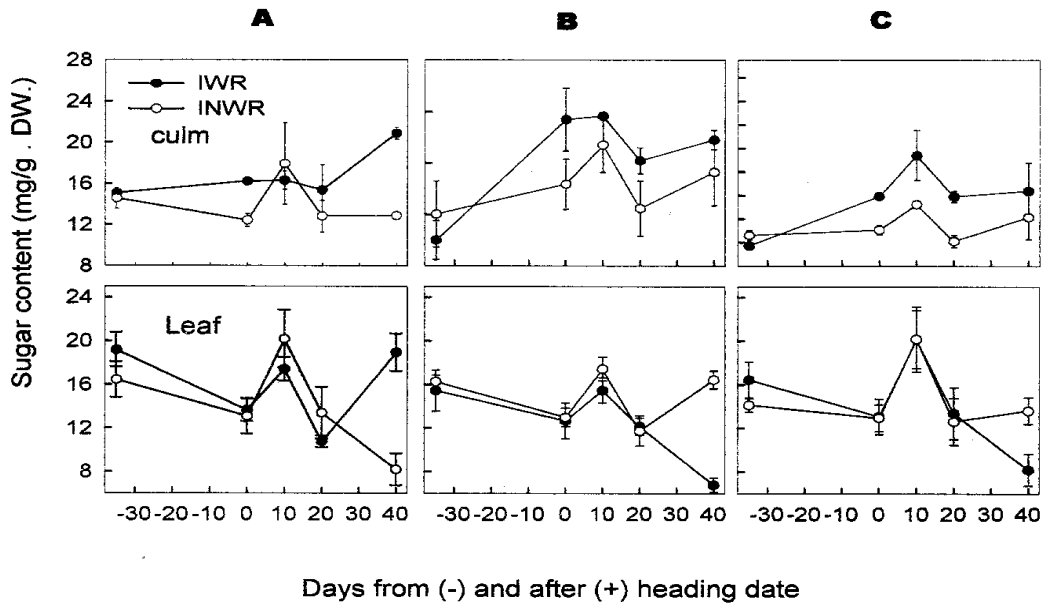


그림 5-2. 화청벼(INWR)와 화청찰벼(IWR)의 당함량 변화 (Pot experiment). Vertical bars indicate means $\pm$ S.E.

A; 기비 4 kg N/10a, B; 기비 및 추비 8 kg N/10a,

C; 자운영질 100g/pot.

경향을 나타내었다.

생육시기와 부위별 전분 함량 변화는 그림 5-3과 같다. 줄기의 전분 함량은 출수 35일 전부터 출수기 까지 증가하였고 출수 후 감소하였다. 찰벼의 전분 함량은 출수 10일 후 일시적으로 증가하였다가 다시 감소하는 경향을 보였고 메벼는 거의 변화가 없었다. 이것이 찰벼의 수량이 메벼에 비해 낮은 원인으로 사료된다.

엽신의 전분 함량은 세처리구 모두 품종간에 유사한 경향을 나타내었다. 처리구별 함량은 초기 기비구에서 높게 나타났으나 생육 후기에는 처리별 차이가 인정되지 않았다. 출수 35일 전부터 출수 후 10일까지 계속 감소하는 경향을 보였다. 출수 20일 후부터 수확기까지 찰벼의 함량은 변화가 없었지만 메벼의 전분 함량은 증가하는 경향을 보였다.

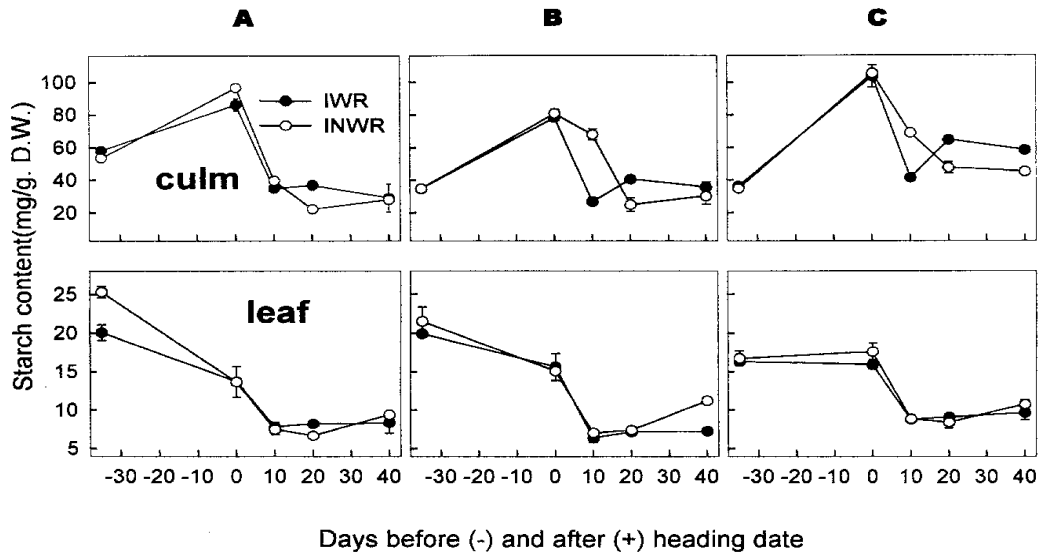


그림 5-3. 화청벼(INWR)와 화청찰벼(IWR)의 전분함량의 변화 (Pot experiment).

Vertical bars indicate means $\pm$ S.E.

A: 기비 4 kg N/10a, B: 기비 및 추비 8 kg N/10a,

C: 자운영짚 100g/pot.

시비법별 화청찰벼와 화청메벼의 생육시기에 따른 부위별 건물중 변화는 그림 5-4와 같다. Takami (1990) 등의 이론에 따르면 출수 후 지상부 총 건물중 증가량과 이삭을 제외한 나머지 부위의 건물중 감소량이 수량으로 표시할 수 있다. 따라서 출수 후 이삭을 제외한 엽과 줄기의 건물중 감소량이 큰 것이 높은 수량을 낸다고 할 수 있다. 본 시험에서 시비법에 따른 출수 후의 건물중 변화는 유기물 투입구에서 가장 크게 나타났으며, 추비 시용구는 다소 둔하게 나타났다. 각 부위별 건물중 변화에서는 줄기의 건물중 감소보다 엽신의 건물중 감소가 커서 잎이 줄기보다 수량에 더 많은 영향을 미친다는 것을 알 수 있다. 건물중 변화를 품종별로 비교하면 화청메벼가 화청찰벼의 건물중 변화보다 크게 나타났다.

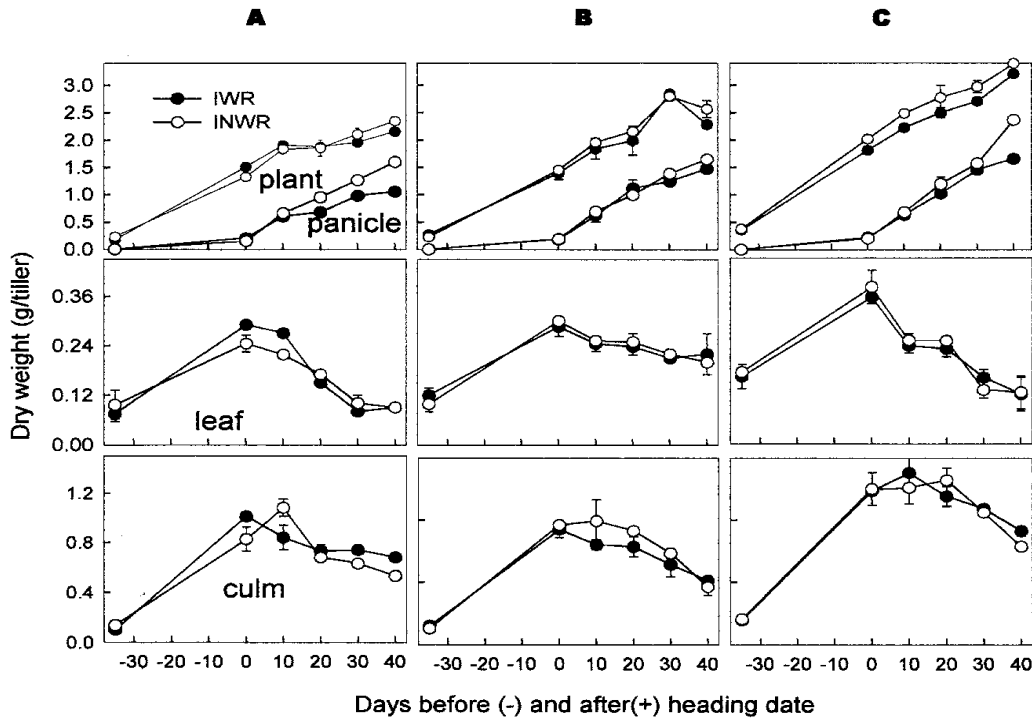


그림 5-4. 화청벼(INWR)와 화청찰벼(IWR)의 건물중의 변화 (Pot experiment).  
 Vertical bars indicate means  $\pm$  S.E.  
 A: 기비 4 kg N/10a, B: 기비 및 추비 8 kg N/10a,  
 C: 자운영짚 100g/pot.

## 제 4 절 결과 요약

수량증대를 위한 벼의 초형에 대한 연구는 영양생장기의 생육특성과 형태적 특성 및 건물생산능력, 출수기의 물질전이능력과 이삭특성 등 다양하게 수행되었으나, 이와 같은 연구는 주로 메벼를 기준으로 행해졌기 때문에, 찰벼에서의 초형에 대한 연구는 매우 부진하였다. 따라서, 본 연구는 식생활의 다양화와 고급화에 따라 수요가 증대될 것이라고 기대되는 찰벼의 환경 조화형 다수성 초형을 구명하기 위하여 1996년부터 2000년까지 5년에 걸쳐 건물생산효율, 물질전이능력, 수량형성과정 및

환경적응성을 검정하였으며, 그 연구결과는 다음과 같다.

### 1. 기원과 초형이 다른 찰벼의 수량형성과정과 건물생산효율 검정

- 가. 초장, 분얼, 간장, 수장, 엽신중, 엽면적 등의 생육특성과 출수기는 품종에 따라 차이가 심하였는데, 인부지나도는 장간이면서 소얼성이고 엽각이 경사형의 특징을 보였으며, 소립찰벼는 단간, 다얼성 및 직립형의 특징을 보였다. 엽신중과 엽면적은 대체로 메벼에 비하여 적은 경향이었고, 중생종인 화선찰벼와 중만생종인 화청찰벼는 분얼이 많으면서 수장이 상대적으로 짧은 특징을 나타냈다.
- 나. 이삭목직경은 IR3941-4-Phi28가 가장 굵었고, 대·소유관속수는 IR3941-4-Phi28와 소립찰벼 및 인부지나도가 많았다. 이삭목직경과 수장, 2차 지경수 및 대·소유관속수간에는 고도의 정의 상관을 보였으며, 특히 대유관속수와 2차 지경수간에는 밀접한 관련이 있었고, 1개의 대유관속을 통하여 축적된 등속립은 인부지나도가 가장 많은 특징을 보였다.
- 다. 엽신의 엽록소함량은 최고분얼기에 비하여 출수기에 감소되었는데, 감소량이 가장 적은 품종은 인부지나도였고, 질소함량은 반대로 출수기에 증가하였으며, 화선찰벼가 가장 많은 증가량을 보였다. 찰벼의 출수기 엽면적지수(LAI)는 대체로 4.4~7.0의 분포를 보였는데, 품종간 차이가 심하였고, 비엽중(SLW)은 백나와 인부지나도가 컸으며, 엽면적비율은 적나가 가장 높았다.
- 라. 찰벼품종들은 2차 지경수와 2차 지경립수가 메벼에 비하여 많았으며, 1차 지경과 2차 지경, 그리고 1차 지경립과 2차 지경립의 분포비율의 비는 화선찰벼와 화청찰벼가 높았으며, 상남발벼가 낮은 결과를 보였다.
- 마. 단위면적당( $m^2$ )당 이삭수는 화선찰벼가 가장 많았으며, 수당립수는 소립찰벼가 많았고, 등속율은 찰벼품종들이 메벼에 비하여 낮았다. 천립중은 대립종인



대립찰벼가 현저히 무거웠으며, 한강찰벼도 무거운 특징을 보였다. 대부분의 찰벼품종들은 메벼에 비하여 수량이 적었으나, 화선찰벼와 화청찰벼, 그리고 신선찰벼가 500kg/10a 이상의 수량으로 다수성 경향을 보였다.

## 2. 찰벼의 물질전이 능력 검정

- 가. 화청벼와 화청찰벼 모두 전엽된 엽면적이 증가할수록 이삭당 총립중과 평균립중, 고밀도립비율, 등숙립비율이 감소하였으며, 상위 1, 2, 3엽처리구(L5)에서 총립중과 평균립중의 감소율은 화청벼가 컸으나, 고밀도립비율과 등숙립비율은 화청찰벼에서 더 큰 감소를 보였다.
- 나. 전엽처리에 의하여 고밀도립비율과 등숙율이 2차 지경보다 1차 지경에서 높았으며, 전엽정도가 클수록 1차 지경립과 2차 지경립의 고밀도립비율과 등숙율이 감소되었고, 특히 2차 지경의 고밀도립비율과 등숙율이 화청벼에 비하여 화청찰벼에서 낮았다.
- 다. 전엽된 엽면적과 이삭당 평균립중, 총립중, 고밀도립비율, 등숙률과는 고도의 부의 상관관계를 보였으며, 특히 화청찰벼에서 전엽된 엽면적과 고밀도립비율 및 등숙율간의 상관값이 화청벼에 비하여 훨씬 높았다.
- 라. 화청벼와 화청찰벼 모두 지경절제처리에 의하여 평균립중과 등숙율이 증가되었으며, 대조구에 대한 평균립중과 등숙율의 증가비율은 1차 지경립 절제구(P1)에서 보다 2차 지경립 절제구(P2)에서 더 높았고, 평균립중의 증가비율은 화청찰벼가 화청벼에 비하여 높은 결과를 보였다.
- 마. 지경절제처리에 의하여 고밀도립비율과 등숙립비율이 증가되었고, 고밀도립비율은 화청찰벼가 화청벼에 비하여 높았으며, 등숙립비율은 반대로 화청벼에서 높은 결과를 보였다.
- 바. 지경절제처리에서 수당립수와 고밀도립비율, 등숙율 간에는 부의 상관관계를 나타냈다. 수당립수와 고밀도립비율 및 평균립중간에 상관값은 화청벼보다 화

청찰벼에서 높은 부의 상관을 보였다.

### 3. 잡종집단에서 선발한 다수성 찰벼의 수량 검정

- 가. 생육특성은 품종에 따라 이앙 시기간에 다양한 반응을 보였는데, 대체로 5월 하순 이앙인 1차 이앙에 비하여 6월 10일 이앙인 2차 이앙에서 양호하였고, 3차 이앙에서는 현저히 생육이 불량하였다. KR92009-B-B-210-5-B는 출수가 가장 늦었으나 분얼과 건물중 및 엽면적 등에서 생육특성이 가장 양호하였다.
- 나. SPAD값과 엽록소함량은 최고분얼기와 출수기 모두 6월 10일 이앙구인 2차 이앙에서 높았으며 질소함량은 최고분얼기에는 5월 하순 이앙구에서 함량이 높았으나 출수기에는 이앙시기간에 유의적인 차이는 없었다. SPAD값, 엽록소함량 및 질소함량간에는 최고분얼기와 출수기 모두에서 고도의 정의 상관을 보였다.
- 다. SPAD값과 엽록소함량은 최고분얼기와 출수기 모두에서 2차 이앙구가 각각 0.7246과 0.8728로 가장 높은 상관을 보였으며, SPAD값과 질소함량간에는 최고분얼기에 1차 이앙구가 0.8128로, 출수기에는 2차 이앙구가 0.8867로 가장 높은 정의 상관을 나타냈다.
- 라. 단위면적( $m^2$ )당 이삭수와 수량은 이앙이 늦어짐에 따라 급격히 감소하였으며, 특히, 3차 이앙에서는 1차 이앙에 비하여 약 123kg/10a의 수량이 감소되었다. 수당립수는 1차 이앙과 2차 이앙에서는 유사하였으나 3차 이앙에서는 급격히 감소하였고, 등숙율은 2차 이앙에서 82.1%로 가장 높았다.
- 마. 수상조사에서 이삭특성이 가장 양호하였던 KR92021-B-B-210-5-B는 단위면적당 이삭수와 수당립수가 많아서 1차 이앙에서 수량이 월등히 높았으나 이앙시기가 늦어짐에 따라 수량이 급격히 감소하였고, KR92021-B-B-42-5-B는 이앙시기가 늦어져도 450kg/10a 정도의 수량을 유지하였다.

#### 4. 저투입 조건에서 찰벼의 수량성 검정

##### 가. 저투입 조건에서 찰벼 품종의 수량 형성 차이.

- 1) 인부지나도와 대립찰벼는 개체당 분얼수가 적은 소얼성이었으며 상남발벼, 백나, 백운찰벼, 한강찰벼등은 중간형 적나, 화선찰벼, 신선찰벼 등은 개체당 분얼수가 17개 이상의 다얼성의 특징을 보였다.
- 2) 소립찰벼, 상남발벼, 백운찰벼 등이 개체당 엽면적과 엽면적 지수가 큰 반면에 인부지나도는 엽면적과 엽면적지수가 적었다. 엽비중(SLW)은 인부지나도, 백나, 한강찰벼가 크기 때문에 잎이 두꺼움을 알 수 있으며 지상부 총건물에 대한 엽면적율은 적나, 화선찰벼, 신선찰벼가 높은 경향이였다.
- 3) 지엽의 각도는 인부지나도, 백나, 대립찰벼 등은 60° 미만의 중간형(Plagiophile) 이고 그 외 품종은 직립형(Erectophile)에 속하였다.
- 4) 수량은 단위면적당 이삭수와 이삭당 낱알수가 많으며 등숙율이 높은 백나와 화선찰벼가 높게 나타났다.

##### 나. 무경운 자운영 직파재배 체계에서 찰벼 품종의 평가

- 1) 무경운 건답 표면 직파체계에서 입모율이 70% 이상 되는 유전 자원은 Arongbyeo외 36품종이었다. 무경운 건답 표면 직파체계에서 소얼성 품종은 인부지나도, 녹두벼, 영천, 황토조 등으로 이들의 유전자원을 직파재배 적응용 찰벼 품종개발에 활용할 수 있을 것으로 생각된다.
- 2) 저투입 조건 (벼-자운영 무경운 직파 순환재배 체계)에서 직파한 몇가지 찰벼 품종의 입모수는 자운영이 재배되지 않은 곳에서 높게 나타났다. 초기 입모율의 확보는 생육 후반기의 단위면적당 이삭수와 직결되므로 충분한 수량을 내기 위해 매우 중요하다.

- 3) 초기 건물중은 자운영이 재배되지 않은 곳에서 높았다. 그 원인으로는 벼 생육초기 자운영 부식에 따른 유기산의 발생과 환원 장애로 인해 생육이 저조하였기 때문으로 사료된다. 하지만 생육후기 건물중은 유의적인 차이가 인정되지 않았다.
- 4) 저투입 조건에서 수량은 백나, 화선찰, 상남발벼가 500kg 이상을 나타냈으며 소립찰벼가 가장 낮은 수량을 나타내었다. 소립찰의 수량이 가장 낮은 원인은 낮은 등숙율(47%)과 천립중(15g)이 주요 원인으로 나타났다.

#### 다. 저투입 조건에서 화청벼와 화청찰벼의 Source-Sink 관계 구명

- 1) 저투입조건에 적합한 찰벼 품종의 특성으로 출수기 근활력이 높고 엽색이 짙어 후반기 생육이 유리하고 단간종이며 소열성품종은 녹두도, 마나도, 상남발벼로 나타났다.
- 2) 화청벼와 waxy mutant를 이용한 시비시험에서 초장 주당분얼수 및 엽색도 (SPAD 값)에서 유의성이 인정되지 않았다. 찰벼의 유묘기, 유수형성기의 건물중은 메벼에 비해 높게 나타났으나 출수기 이후부터 차이가 인정되지 않았다.
- 3) 화청벼와 waxy mutant를 이용한 Source-Sink관계는 메벼와 찰벼모두 지엽을 제거한 것의 천립중이 가장 낮았으며, 지엽과 제 2엽을 제거한 것이 다른 처리구보다 수량이 낮게 나타났다. 따라서 메벼, 찰벼 모두 출수 후 상위 엽의 기능이 수량에 영향을 미친다.
- 4) 저투입 조건에서 출수기는 찰벼가 메벼보다 빨랐고 유묘기 건물중과 출수기 근활력은 화청메벼가 높았다. 출수기 엽 제거에 따른 줄기의 건물중 변화는 찰벼보다 메벼가 크게 나타났다.

#### 라. 저투입 조건에서 찰벼 품종의 건물생산효율 및 물질 전이력 평가.

- 1) 벼-자운영 무경운 직파재배 체계에서 생육초기 백나의 엽신중 당 함량은 다른 품종에 비해 낮았지만 생육 후기에 급격히 증가하는 현상을 보였다. 따라서 백나는 다른 품종에 비해 후기 생육이 좋았던 것으로 사료된다.
- 2) 찰벼 품종들의 질소와 건물전이 효율은 백나가 가장 높게 나타났고, 대립찰벼와 마나도가 가장 낮았다. 따라서 백나가 다른 품종에 비해 건물중 전류 효율이 높아 수량이 높게 나타난 반면 대립찰과 마나도는 전류효율이 낮아 등숙율이 떨어지고 수량도 저조하였다.
- 3) 찰벼의 출수 후 당 함량은 출수 후 계속 감소하였지만 메벼는 생육후반기에 다소 증가하는 경향을 보였다. 줄기의 전분함량은 찰벼에서 출수후 일시적으로 증가하였다가 다시 감소하는 경향을 보였다.

## 제 5 절 참고문헌

1. Ahn, Joung Kuk. 1986. Physiological Factors Affecting Grain Filling in Rice. Ph.D Thesis University of the Philippines at Los Banos.
2. 안수봉. 1973. 수도 등숙의 품종간 차이와 그 향상에 관한 연구. 한국작물학회지. 14 : 1-40.
3. Arai, Kunio and Yasuhiro Kono. 1979. Development of the Rice Panicle II. Influences of nitrogen supply at heading on the pattern of accumulating of dry matter and nitrogen in the caryopses at different positions on panicle. *Japan. J. Crop Sci.* 48(3) : 335-342.
4. Blackmer, Tracy M., James S. Schepers, and Gary E. Varvel. 1994. Light reflectance compared with other nitrogen stress measurements in corn leaves. *Agron. J.* 86 : 934-938.
5. 채제천, 김봉구, 이동진. 1984. 수도 절간의 유관속 및 통기공과 이삭특성과의 관

- 계. 한국작물학회지. 29(4) : 356-361.
6. 조동삼. 1975. 수도의 엽신별 생산효과에 관한 연구. 한국작물학회지. 18 : 1-27.
  7. 조동삼, 정승근, 박연규, 손석룡. 1987. 수도의 등숙기간 및 등숙속도 연구. I. 품종간차이 및 질소의 영향. 한국작물학회지. 32(1) : 103-111.
  8. 조동삼, 정승근, 손석룡, 박연규. 1988. 수도의 등숙기간 및 등숙속도 연구. II. 이삭의 부위별 차이. 한국작물학회지. 33(1) : 5-11.
  9. 조동삼, 정승근, 허휘, 육창수. 1990. 수도의 건물생산 및 분배의 수리적 연구. I. 이앙기에 따른 출엽과 엽면적의 변화. 한국작물학회지. 35(3) : 265-272.
  10. 최해춘. 1986. 수도등숙기간중 Sink 충전의 경시적 변화와 그 품종간 차이. 한국작물학회지. 31(1) : 43-48.
  11. 최수일. 1989. 벼의 Source와 Sink 관련형질의 생리·생태적 반응. 한국작물학회지. 34(3) : 239-245.
  12. 최수일, 나종성, 소재돈, 이만상. 1985. 생식생장기 냉수온이 벼의 Source와 Sink 관련형질 및 양분흡수에 미치는 연구. I. 냉수관개가 지경과 영화의 분화 및 퇴화, 불임, 등숙에 미치는 영향. 한국작물학회지. 30(4) : 359-367.
  13. 최수일. 1986. 생식생장기 냉수온이 벼의 Source와 Sink 관련형질 및 양분흡수에 관한 연구. III. 관개수온과 수심이 수의 관련제형질 및 양분흡수에 미치는 영향. 한국작물학회지. 31(2) : 242-248.
  14. 최수일, 황창주. 1986. 생식생장기 냉수온이 벼의 Source와 Sink 관련형질 및 양분흡수에 관한 연구. IV. 3요소와 규산시비량이 생육 및 엽신, 지경, 영의 양분흡수에 미치는 영향. 한국작물학회지. 31(3) : 326-335.
  15. Choi, Hae Chune. 1984. Studies on the Inheritance and Selection of Some Characters Related to Source and Sink in Rice(*Oryza sativa* L.). PH.D Thesis, Seoul National University.
  16. 최해춘, 권용웅. 1985. 벼의 Source 및 Sink 형질의 품종간 차이와 환경변이의

- 평가. 한국작물학회지. 30(4) : 460-470.
17. Crafts-Brandner, S. J. and D. B. Egli. 1987. Sink removal and leaf senescence in soybean cultivar. *Plant Physiol.* 85 : 662-666.
  18. Di Benedetto, A. H. 1991. Light environment effects on chlorophyll content in *Aglaonema commutatum*. *J. Horticultural Science.* 66(3) : 283-289.
  19. Hasegawa, Toshihiro, Yasuo Koroda, No'am G. Seligman, and Takeshi Horie. 1994. Response of spikelet number to plant nitrogen concentration and dry weight in paddy rice. *Agron. J.* 86 : 673-676.
  20. 허훈, 류경렬, 양덕조. 1994. 벼 자포니카 및 통일형 품종의 광합성의 일중변화와 생리적 특성. 한국작물학회지. 39(3) : 237-244.
  21. 허훈, 양덕조, 류경렬. 1992. 수도 자포니카 및 통일형 품종의 광합성 및 물질생산 특성. 한국작물학회지. 37(1) : 45-53.
  22. Inada, Katsumi. 1985. Spectral ratio of reflectance for estimating chlorophyll content of leaf. *Japan J. Crop Sci.* 54(3) : 261-265.
  23. Jiang, X. X. and B. S. Vergara. 1986. Chlorophyll meter(SPAD-501) to quantify relative cold tolerance in rice. *Rice Res. Newsl.* 11(3) : 10-11.
  24. Kariya, Kunio, Akio Matsuzaki, Hiroyasu Machida, and Kosei Tsunoda. 1982. Distribution of chlorophyll content in leaf blade of rice plant. *Japan. J. Crop Sci.* 51(1) : 134-135.
  25. 김정곤, 전병태, 김진기. 1995. 대립벼의 생산구조 특성과 물질생산. 한국작물학회지. 40(5) : 655-661.
  26. 김정곤, 이선용, 김중호, 임무상, 조정익. 1987. 수도 기계이앙 재배에서 질소분시가 건물생산 및 수량에 미치는 영향. 한국작물학회지. 32(1) : 48-54.
  27. 김호열, 송승달. 1975. 수도품종의 물질생산과 생장해석에 관한 연구. 한국작물학회지. 20 : 74-86.

28. Kim, Je Kyu. 1988. Physiological Studies on Low-Tillering Rice: An Ideotype for Increasing Grain Yield Potential. PH.D Thesis University of the Philippines at Los Banos.
29. 김제규, B. S. Vergara. 1991. 벼 수량성 증가를 위한 이상적 소얼성 초형. 한국작물학회지. 36(2) : 134-142.
30. 김제규, B. S. Vergara. 1991. 벼 소얼성과 다얼성 품종에서 분얼별 이삭의 형태 해부학적 특성. 한국작물학회지. 36(6) : 568-575.
31. 김광호, 이용주, 김시주. 1982. 수도 출수기의 분얼별 적엽 및 절수처리가 종실중에 미치는 영향. 한국작물학회지. 27(1) : 20-27.
32. 이변우, 명을재, 남택수, 이정양. 1994. 벼에서 Benzyladenine과 Diphenylurea의 엽면살포가 잎의 노화, 미질 관련형질에 미치는 영향. 한국작물학회지. 39(4) : 323-330.
33. 이동진, 김기준, 이종훈, 김봉구, 채제천. 1985. 질소시용이 수도품종의 절간조직 구조에 미치는 영향 및 조직구조와 수상특성과의 관계. 한국작물학회지. 30(1) : 107-115.
34. 이동진, B. S. Vergara, Oscar B. Zamora, 김봉구, 채제천. 1992. 벼 이삭줄기의 유관속발육과 이삭특성과의 관계. 한국작물학회지. 37(2) : 155-165.
35. 이동진, B. S. Vergara, Oscar B. Zamora, 심이성, 김봉구, 채제천. 1994. 질소시용수준이 수도 분얼경의 소유관속발육에 미치는 영향. 한국작물학회지. 39(4) : 366-372.
36. 이정일, 신진철, 김제규, 조동하. 1995. 등숙기간 중 온도와 벼 이삭지경간 곡립의 형태형성반응. 한국작물학회지. 40(5) : 662-669.
37. 이주열. 1976. 수도 생육후기 광합성 능력과 영양환경이 건물생산과 수량구성요소에 미치는 영향. 한국작물학회지. 21(2) : 187-202.
38. 이현도, 빈영호. 1988. 질소비료수준과 재식밀도가 벼 품종의 엽형질에 미치는



- 영향. 한국작물학회지. 33(4) : 329-335.
39. 이석영. 1995. 벼 품종들의 출수기 이동에 따른 광합성 및 온도와 등숙과의 관계. 한국작물학회지. 40(3) : 398-405.
40. Lee, Sok Young. 1984. Relationship between the Photosynthetic Ability and Grain Filling of Japonica and Indica×Japonica Rice Varieties under Different Ripening Climates. Master's Program in Department of Agronomy Graduate School, Seoul National University.
41. 이석영, 권용웅. 1995. 벼 품종들의 출수기에 따른 동화산물 생산능력 및 수용기 관 크기 변화. 한국작물학회지. 40(2) : 260-267.
42. Mallik, S., A. M. Agular and B. S. Vergara. 1988. Rice panicle characteristics. IRRN. 13(5) : 7-8.
43. Mallik, S., A. M. Agular and B. S. Vergara. 1989. Analysis of rice panicle structure. IRRN. 14(3) : 10-12.
44. Matsuzaki, Akio, Kunio Kariya, Hiroyazu Machida, and Kosei Tsunoda. 1980. Studies on the growth control and the nutritional diagnosis in rice plant. I. The nutritional diagnosis based on the leaf color and the estimation of the number of spikelets per unit area. Japan. J. Crop Sci. 49(3) : 439-444.
45. Miah, M.N., T. Yoshida, Y. Yamamoto, and Y. Nitta. 1996. Characteristics of dry matter to panicles in high yielding semidwarf indica and japonica-indica hybrid rice varieties. Japan J, Crop Sci. 65(4) : 672-685.
46. Nakano, H., A. Makino, and T. Mae. 1995. Effects of panicle removal on the photosynthetic characteristics of the flag leaf of rice plants during the ripening stage. Plant Cell Physiol. 36(4) : 653-659.
47. Nelson, D. W. and L. E. Sommers. 1973. Determination of total nitrogen in plant material. Agron. J. 65 : 109-112.

48. 박재규, 김영신, 이종기. 1968. 수도에 있어 절엽이 등숙에 미치는 영향. 한토비지. 1(1) : 125-128.
49. Park, Tae Shik. 1991. Physiological Aspects of Leaf Senescence during Spikelet Filling in Rice(*Oryza sativa* L.). PH.D Thesis University of the Philippines at Los Banos.
50. Peng, S., F. V. Garcia, R. C. Laza, A. L. Sanico, R. M. Visperas, K. G. Cassman. 1996. Increased N-use efficiency using a chlorophyll meter on high-yielding irrigated rice. *Field Crops Research*. 47 : 243-252.
51. Peng, S., F. V. Garcia, R. C. Laza, and K. G. Cassman. 1993. Adjustment for specific leaf weight improves chlorophyll meter's estimate of rice leaf nitrogen concentration. *Agron. J.* 85 : 987-990.
52. Peng, S. and K. G. Cassman. 1998. Upper thresholds of nitrogen uptake rates and associated nitrogen fertilizer efficiencies in irrigated rice. *Agron. J.* 90 : 178-185.
53. Peng, S., Kenneth G. Cassman, and Martin J. Kropff. 1995. Relationship between leaf photosynthesis and nitrogen content of field-grown rice in tropics. *Crop Sci.* 35 : 1627-1630.
54. Reuben. S. O. W. M and S. D. Katuli. 1989. Path Analysis of Yield Components and Selected Agronomic Traits of Upland Rice Breeding Line. *IRRN*. 14(4) : p. 11.
55. Schnier, H. F., M. Dingkuhn, S. K. De Datta, K. Mengel, and J. E. Faranilo. 1990. Nitrogen fertilization of direct-seeded flooded vs. transplanted rice: I. Nitrogen uptake, photosynthesis, growth, and yield. *Crop Sci.* 30 : 1276-1284.
56. Sinclair, T. R. and T. Horie. 1989. Leaf nitrogen, photosynthesis, and crop radiation use efficiency. *Crop Sci.* 29 : 90-98.

57. Son, Yang, S. C. Kim and S. K. Lee. 1983. Characteristics of Harvest Index and Dry Matter Production in Tongil Type Rice Varieties as Affected by Nitrogen Application. Res. Rept. ORD 25(C) : 81-89.
58. Wada, Genshichi, Seizo Matsushima and Akio Matsuzaki. 1968. Analysis of Yield-Determining Process and Its Application to Yield-prediction and Culture Improvement of Lowland Rice, LXXXVII. Effect of nitrogen on dry matter production before the heading stage and the relation between the components in number of spikelets per unit area and dry matter production. Japan. J. Crop Sci. 37 : 557-564.
59. Weng, Jen Hsien, Tomoshrio Takeda, Waichi Agata and Susumu Hakoyama. 1982. Studies on Dry Matter and Grain Production of Rice Plants I. Influence of the reserved carbohydrate until heading stage and the assimilation products during the ripening period on grain production. Japan. J. Crop Sci. 51(4) : 500-509.
60. Yoshida, Shouichi, Douglasa A. Forno, James H. Cock, and Kwanchai A. Gomez. 1976. Laboratory manual for physiological studies of rice(Third Edition). IRRI.

## 제 6 장 찰벼 품종의 가공적성 검정체계 확립

### 제 1 절 서 언

찰쌀 가공식품의 품목 중 과자류로는 유과를, 떡류로는 인절미를 음청류로는 식혜 및 미숫가루를 선정하여 이들 식품의 제조에 대한 다양한 찰벼 품종들의 가공적성을 검토함으로써 “가공적성용 찰벼 신소재 개발”이라는 과제의 일부분을 수행하였다.

찰쌀은 멥쌀과는 달리 매우 찰기가 있고 단맛이 있으며 분쇄하여 가공식품으로 제조하면 쉽게 팽화하여 다공성의 조직을 부여하므로 스낵이나 과자 제조에 유리하다. 우리 나라 전통 쌀가공식품인 유과는 찰쌀의 이러한 성질을 반영한 식품으로서 주로 제례, 잔치상에 이용되고 있으며 한과의 소비자 기호도 조사에 의하면 현대인의 기호에도 잘 맞는 식품으로서 그 개발 여하에 따라 소비의 대중화가 가능한 품목이라 할 수 있다.

유과는 조선시대 고조리서인 屠門大疇에 유밀과류로 기록되어 있으며, 飮食知味方, 閨閣叢書 등에 강정이라는 이름으로 소개되고 있으나 근래에 와서는 강정과 유과로 혼용되고 있다. 이러한 유과의 제조공정은 찰쌀의 수침, 제분, 반죽, 반대기 만들기, 팽화의 과정을 거쳐 제조된다. 각 공정들은 유과의 독특한 물성에 기여하는 팽화도를 최대한 높이기 위하여 유과제조시 경험적인 측면이 강조되며 소규모의 가내공업으로서 제조되고 있다.

이에 다양하게 육종되어지는 찰벼로써 유과의 가공적성을 검토하고자 우선 유과의 표준제조 조건의 설립을 검토하였다. 현대인의 식미에 부합하는 가공식품으로서의 유과를 제조하기 위해서는 각 공정에 대한 면밀한 검토가 이루어 져야 하므로 선행연구들을 토대로 하여 유과제조 공정의 최적조건을 설정하기 위하여 유과 제조시 찰쌀의 수침 정도, 최적의 팽화조건 및 반죽시 첨가물에 따른 유과의 팽화 정도

를 비교하였으며 팽화시 가열방법을 달리하여 유과를 제조하여 그 품질을 비교하였다. 유과는 그 제조공정이 복잡하므로 문헌고찰 및 예비실험을 통하여 영양성, 기호성 및 저장성을 고려하면서 유과 제조법을 확립하였고, 확립된 유과제조법에 의해서 찰벼 23품종, 향미 6품종의 가공적성을 비교하였으며, 가공성과 기호성에 대한 주성분 분석을 통하여 품종 쌀의 유과가공에 대한 품종변이를 실시하였다.

인절미를 포함하는 떡류는, 찹쌀가루에 물을 첨가하여 가열 처리에 의해서 제조되기 때문에 이들 찹쌀가공식품(떡류)의 품질이란, 찹쌀 구성성분의 약 80%이상을 차지하는 전분의 호화 또는 노화에 기인하는 물리적 변화가 크게 영향을 미치리라 예측할 수 있다. 그밖에 소량 함유되어 있는 단백질, 지방질, 섬유소, 무기질 등도 제병을 위한 열처리와 물리적 조작과정 및 저장과정에서 전분의 호화 또는 노화에 직·간접적으로 영향을 미치는 요인이 되리라고 생각한다. 이러한 맥락에서 떡류의 가공적성에 대한 논의를 위해서는, 사용된 원료찹쌀의 호화 및 노화양상에 대한 논의가 필요하다.

이에, 본 연구에서는 인절미를 상법에 의해 제조한 후, 저장에 따른 노화도 변화를 측정하기 위한 지표로써 합당한 방법을 설정하고, 품종별 찹쌀로 인절미를 제조한 후, 인절미의 품질특성은 textrometer 및 관능검사에 의해서 비교하였으며, 저장에 따른 노화 정도는 인절미의 조직감 중 경도의 변화로서 산출한 노화지수로서 비교하였다. 이것을 바탕으로 찰벼 23품종, 향미 5품종의 가공적성을 비교하였다. 또한 이들 가공성(물성)에 대한 주성분 분석을 통하여 품종 쌀의 인절미 가공에 대한 품종변이를 실시하였다.

식혜는 우리 나라의 전통적인 음청류로서 단술 또는 감주라는 명칭으로 사용되기도 하지만 엿기름에 삭은 밥알을 띄워서 삭은 밥알과 용출시킨 당액(단술)을 함께 음용하는 것을 식혜라 하고, 다 삭은 것을 끓여 밥알을 건져낸 후 당액만을 음용하는 것을 감주라고 한다. 식혜는 전통식품에 대한 관심의 고조와 더불어 소비자들의 기호에도 적합하여 시장 규모가 1995년도에 1,500억원의 매출을 기록하는 등 새로운

전통음료로서 자리를 잡은 식품이다. 그러나 이렇게 제품으로 대량 생산되는 식혜의 재료는 주로 멥쌀을 사용하고 있어 식혜의 고급스런 맛은 절감된 경향이 있다고 생각한다. 전통적인 식혜의 제조법은 찹쌀을 사용한다는 점을 감안하면 식혜의 고급화를 위해서는 식혜제조용 원료에 대한 고찰이 반드시 이루어져야 한다고 생각되며, 식혜제조에 적합한 찹쌀 품종을 선발 육종함은 의미있는 일이라고 생각한다.

이에 식혜제조를 위한 연구로는 맥아 제조조건, 식혜원료의 다양화에 따른 당화조건들이 있다. 본 연구에서는 이러한 제조법들을 참고로 예비실험을 실시하여 실험실 수준에 적합한 식혜제조법을 설정하여, 찹벼 14품종, 유색미 10품종 및 향미 5품종으로 각각 식혜를 제조하면서 제조과정 중의 당화에 따른 환원당 함량의 변화, 당도 변화, 밥알의 상태변화 및 제조된 식혜의 기호도 비교를 통하여 식혜 가공에 적합한 찹쌀 품종을 선발하였으며, 식혜 제조를 위한 각 특성과 기호성에 대한 주성분분석을 통하여 29품종 쌀의 식혜가공에 대한 품종변이를 실시하였다.

쌀 가공식품으로서의 미숫가루에 대한 문헌적 고찰에 의하면, 「조선요리제법」에서는 여러 곡물을 이용하여 만든 미숫가루를 꿀물에 탄 것을 “미수”라 하며 여름철 음식이라 하였고, 「임원십육지」에는 찹쌀을 볶아 가루를 내어 꿀물에 타서 여름철 음료로 복용하면 배고픔과 갈증을 그치게 한다고 하는 등 식혜와 더불어 우리 나라 전통적인 음청류로 분류되어 있다. 이러한 미숫가루가 최근에는 단군조선 이래 전해 내려오는 건강비법(선식)이라 하여 현미, 찹쌀, 보리쌀, 콩, 들깨, 검정깨, 울무, 옥수수 등 다양한 곡물을 섞어 만들어서 영양식 또는 아침식사 대용으로 시판 및 이용되고 있는 실정이다.

한편 미숫가루에 대한 연구로는 미숫가루의 분산성 증진을 위한 제조공정 검토에 관한 연구가 있을 뿐이며, 미숫가루의 가공성 검토를 위한 일반적인 척도는 없는 실정이다. 또한 유색미, 향미 등 특수미의 미숫가루가공적성에 관한 연구도 전무한 실정이다.

특수미들은 대체로 취반용으로의 이용보다는 가공식품 형태로의 이용이 바람직하

다고 사료되므로 본 연구에서는 쌀 가공식품 품목으로 미숫가루를 선정하여 미숫가루 제조에 대한 특수미 품종들의 가공적성을 검정하였다. 즉, 국내외에서 수집한 찹쌀 14품종, 유색미 10품종, 향미 5품종으로 미숫가루를 제조하여, 물에 개었을 때의 흡습량, 효소 가수분해도, 점도 등의 미숫가루 특성에 대한 찹벼, 유색미, 향미 간의 비교 및 각각의 쌀로 제조한 미숫가루를 관능검사원이 직접 물에 개어서 음용하면서 음용시의 관능검사를 실시하였으며, 아울러 이들 미숫가루의 특성 및 관능검사 결과에 대한 주성분 분석을 실시함으로써 30품종 쌀의 미숫가루 가공성에 대한 품종 변이를 시도하였다.

또한 가공적성용 찹벼 신소재로서 제공받은 모든 쌀로부터 전분을 분리하여 전분의 구조의 SEM 관찰, 전분입자의 호화특성 비교, X선 회절도에 의한 전분입자의 결정화도 비교, 생전분입자에 대한 효소가수분해도 비교 등을 각각 실시하였으며, 전분-I<sub>2</sub> 정색반응에 의한 최대흡광도 비교 및 전분분자의  $\alpha$ -1,6 결합을 isoamylase에 의해서 debranching시킨 후의 chain length 분포의 비교를 실시함으로써 찹쌀 가공품의 가공성에 미치는 전분입자의 이화학적 특성을 검토하였다.

## 제 2 절 연구내용 및 방법

### 1. 유과 제조법 검토

찹쌀 및 콩은 농협 시판품을 구입하여 사용하였다. 소주(참소주 알콜함량 23%, (주)금복주), 청주(청하 알콜함량 13%, 두산백화), 막걸리(블로순곡주 16%, 대구탁주합동제조장)는 시판품을 구입하여 사용하였으며, 이스트는 고당생성용 생이스트(제니코 식품회사)를 구입하여 사용하였다. 찹쌀을 냉장 온도(평균 8°C)에서 3, 24, 48, 96, 144시간 침지시킨 후, 한시간 이상 물빼기를 한 후 roller mill로 곱게 분쇄하고 80mesh체에 쳐서 가는 분말을 만들어 이를 유과 제조의 시료로 사용하였다.

유과의 전반적인 제조공정은 먼저 콩 15 g을 100 ml의 물에 하루밤 수침한 후 블

렌더로 충분히 간다. 이를 깨끗한 천에 걸러 쌀가루 100 g에 대해 중량비 0, 15, 30, 45, 60 % 첨가하였다. 유과제조시 팽화도를 향상시킬 목적으로 주류, 즉 소주, 청주, 막걸리를 10ml를 물 20ml에 섞어서 각각 첨가하여 반죽하였으며 제빵용 이스트 2g을 물 30ml에 활성화시켜 첨가하였으며 모든 조건에 대해 베이킹파우더를 2 g 첨가하였다. 찹쌀가루 100 g에 대해 각각의 조건대로 재료를 넣고 반죽하여 20분간 찐 다음 제빵기의 mixing bowl에서 12분간 mixing하여 짜리치기하고 반데기(5×3×0.5cm)를 만들었으며, 50°C에서 2시간마다 뒤집어 가며 8시간 정도 건조시켜 반데기를 제조하였다. 건조된 반데기는 여러 조건으로 각각 팽화 시켰다. 유탕에서의 팽화는 전기 튀김기에서 식용유를 넣고 170°C를 유지하면서 반데기가 떠오르지 않도록 팽화하였으며 전자레인지로 이용한 팽화는 전자레인지(대우, 한국)의 팝콘 조리 조건인 55초간 팽화하였다. 공기 팽화는 dry oven에서 170°C, 3~5분간 팽화하였으며 소금탕 팽화는 전기튀김기에 소금을 넣고 130°C를 유지하면서 실시하였다.

팽화도는 유과 반데기 건물 1g당 팽화된 용적을 ml로 표시하였다. 팽화된 유과의 용적을 좁쌀을 이용한 종자치환법으로 측정하였다.

Texturometer(TA-HDi Texture analyzer, Stable micro system (England))로 경도를 측정하였고 chart에 나타난 peak의 수를 계수하였으며, peak수를 아삭아삭한 정도를 비교하는 지표로 사용하였다.

관능검사에 경험이 많은 경북대학교 대학원 식품영양학과 학생 7명을 패널로 선정하여 관능검사를 실시하였다. 유과에서 느껴지는 관능적 특성인 냄새( odour), 색( color), 단단한 정도( firmness), 아삭아삭한 정도( crispness), 이에 붙는정도( stickiness) 및 전반적인 기호도( preference) 등의 6항목에 대하여 1점( 아주 나쁘다)부터 5점( 아주 좋다)까지 평점하도록 하였으며 관능검사는 최소한 2회 이상 실시하였다. 팽화도, 경도, 아삭아삭한 정도를 3회 이상 측정하여 얻은 결과를 PC용 통계 소프트웨어 SPSS(v.7.52)를 이용하여 ANOVA test를 행하여 유의성을 확인하고 사후 검정으로서 Duncan's multiple range test (  $p < 0.05$  )로서 유의차를 검정하였다.



## 2. 품종별 찹쌀의 유과 가공성 비교

CB243, TP2579A1, Beongok, 샤레벼wx-151-1-B, 샤레벼-152-1-B, 샤레벼-156-1-B, Baekna, 산동10, 산동47, 산동71, 동삼성11, 동삼성34, 청향나, Keochang 1 등 14품종의 찹쌀 과 IR 29, Onnemochi, Malagkitsinaguing, 강원나, 육도농립나 1호, 한강찰벼, 진부찰벼, 화선찰벼, 신선찰벼 등 찹벼 8 품종과 비교를 위해서 메벼품종인 일품벼 등 9품종 및 일반찰벼로서는 화선찰벼, KR93045-B-B-12-9-5-B를 그리고 향미 찹벼로는 제4장에서 개발한 신소재 계통 KR92021-B-B-5-2-B, KR92021-B-B-4-2-3-B, KR-92021-B-B-1-65-1-B 등 3품종을, 향미 메벼 품종으로는 Miya-kaori 등 총 29품종의 쌀을 시료로 하였다.

찹쌀의 수분흡수율은, 찹쌀 1g을 20°C의 증류수 20ml에 침지시켜 5, 15, 30, 60, 180분 간격으로 쌀알을 건져, 표면수를 제거한 무게의 변화로써 수분흡수율을 산정하였으며, 3회 반복 실시한 평균값을 구하였다.

수침에 의해 유리되는 환원당 함량을 측정하기 위하여, 각 품종의 찹쌀 5g을 증류수 15ml에 침지시켜 4°C에 보관하면서 8, 24, 32, 48, 56시간마다 침지액에 유리되는 환원당의 양을 Somogi-Nelson법으로 측정하였다.

앞에서 검토한 유과제조법에 의거하여 품종별 찹쌀을 4°C에서 48시간 수침 후, 1시간동안 물빼기를 하고 분쇄하여 20mesh체를 통과시켜 찹쌀가루를 제조하였다. 찹쌀가루 100g에 콩물 45ml(15g/100ml), 타주(블로순곡주, 대구합동타주 제조장, 알코올 함유 6%)10ml, Baking powder 2g등을 첨가하여 잘 섞어 20분간 쪄 후, 카이젤 제빵기(우림전자, 모델명, UBM-650)로 12분간 파리치기를 하여 3×5×0.3cm크기의 반대기를 제조하여 40°C에서 24시간 건조 후, 170°C의 유탕에서 팽화시킨다.

반대기 및 유과의 부피는 종자치환법에 의해서 측정하였으며, 유과의 팽화도는 반대기 1g당 팽화된 유과의 용적(ml)으로 표시하였다.

유과의 물성은 Texture analyser(Model TA-HDi, Stable Micro Systems,

England)에 의한 textrogram으로부터 경도 및 아삭아삭한 정도를 측정하였다. 측정 조건은 probe : 2mm, graph type : force vs time, force threshold : 50g, distance threshold : 3mm, force scaling : 500g, test speed : 0.4mm/s, post test speed : 5.0mm/s 이었다.

유과의 관능검사는 경북대학교 가정학과 대학원생 7명을 선정하여 이들에게 실험 목적을 설명하고 유과의 냄새, 색, 아삭아삭한 정도, 단단한 정도, 이에 붙는 정도에 대해 잘 인지하도록 훈련을 시킨 후, 5점 평점법으로 2회 반복 실시하였다. 유과의 냄새는 고소한 냄새가 강하면 5점, 약하면 3점, 보통정도의 불쾌취는 1점이다. 색은 매우 노란색이면 5점, 노르스름하면 3점, 흰색이면 1점이며 아삭아삭한 정도는 매우 아삭아삭하면 5점, 약간 아삭하면 3점, 보통정도로 질기면 1점이다. 단단한 정도는 매우 단단하면 5점, 약간 단단하면 3점, 부드러우면 1점이며, 이에 붙는 정도는 카라멜 정도로 붙으면 5점, 약간 붙으면 3점, 거의 붙지 않으면 1점으로 표기하도록 훈련시킨 후 실시하였다.

통계프로그램인 SPSS PC+를 이용하여 일원배치 분산분석을 실시하였고, 사후검정으로는 Duncan 다중검정을 실시하였다. 그리고 찹쌀곡립의 수분흡수도와 수침에 따른 환원당 함량 및 유과의 물성측정과 관능검사 결과의 상관성은 Pearson의 상관 분석방법에 의하여 유의성을 검정하였다.

### 3. 찹쌀 가공품의 저장에 따른 노화도 측정법 검토

찹쌀은 농협 시판품을 구입 사용하였다.  $\alpha$ -amylase iodine법을 이용한 노화도 측정법의 검토를 위해서는, 인절미를 제조하여 4°C 및 실온에 보관하면서, 경시적으로 시료를 채취하여 액체질소로 순간적으로 동결시킨 후, 동결건조시켜 desicator에 보관하면서 실험에 사용하였다. 동결건조시료 150mg을 40ml의 완충액에 잘 습화시킨 후  $\alpha$ -amylase 3.5 units첨가하고 37°C에서 10분간 반응시킨 후 4N NaOH 2.5ml 첨가에 의해서 효소에 의한 가수분해 반응을 중지시킨다. 이 반응액을 중화시킨 후

I<sub>2</sub>-KI 와의 정색반응을 행한 후, 625 nm에서의 흡광도를 구하고, 시료의 노화도는 다음 식과 같이 구한다.

<식>

$$\text{노화도(Degree of retrogradation, DR, \%)} = [(B-C)/(A-C)]$$

A : 효소처리전 시료의 OD

B : 가수분해 반응이 일어난 시료의 OD

C : 완전히 가수분해된 경우의 OD

DSC를 이용한 노화 엔탈피 측정을 위해서는, 노화시킨 후의 동결건조시료로써 얻은 DSC thermogram으로부터 호화열을 산출하여 이 수치를 비교하였다.

제조한 인절미를 4°C에서 저장하면서 저장에 따른 물성을 texture analyzer (Model TA-HDi, Stable Micro Systems, England) 측정에 의한 TPA(texture profile analysis) parameter로 부터 얻어지는 경도의 변화로부터 다음의 식과 같은 노화지수를 산출 비교하였다.

<식>

$$\text{노화지수} = (\text{일정기간 저장후의 경도-저장전의 경도}) / \text{저장전의 경도}$$

#### 4. 품종별 찹쌀의 인절미 가공성 비교

CB243, TP2579A1, Beongok, 샤레벼wx-151-1-B, 샤레벼-152-1-B, 샤레벼-156-1-B, Baekna, 산동10, 산동47, 산동71, 동삼성11, 동삼성34, 청향나, Keochang 1 등 국내 및 중국찰벼들을 단교배 후 수확한 14품종 찹쌀 및 국내외 수집찰벼 중 미립형태, 알칼리붕괴도, 호응집성 등을 검정하여 주성분분석에 의해 분류한 group 중에서 각각 선발한 IR 29, Onnemochi, Malagkitsinaguig, 강원나, 육도농립나 1호, 한강찰벼, 진부찰벼, 화선찰벼, 신선찰벼 등 찹벼 8 품종과 비교를 위해서 메벼품종인 일품벼 등 9품종과 일반찰벼로서 제4장에서 개발한 신소재 계통KR93045-

B-B-12-9-5-B 및 화선찰벼 그리고 향미 찰벼로는 제4장에서 개발한 신소재 계통 KR92021-B-B-5-2-B, KR92021-B-B-4-2-3-B, KR92021-B-B-1-65-1-B 등 3품종을, 향미 메벼 품종으로는 Miyakaori 등 총 29품종의 쌀을 시료로 하였다.

찰쌀 시료의 단백질 함량은, Conc.  $H_2O_2$ - $H_2SO_4$ 로 습식 분해시킨 시료를 Micro-Kjeldahl 장치로 분석하여 전 질소함량을 구하고, 단백질 함량은 질소함량(N%) $\times$  5.95로 환산하여 얻었다.

찰쌀시료의 알칼리붕괴도는, 1.2% KOH 용액에 찰쌀 곡립을 담구어 30°C에서 24 시간 경과 후 알칼리에 의한 쌀알의 붕괴 정도를 1~7등급으로 구분 분류하였다.

찰쌀 풀의 gel consistency 측정은 100 mesh체를 통과한 찰쌀가루 120 mg을 0.025% thymol blue를 함유하는 95% ethyl alcohol 0.2 ml와 0.2N-KOH 2 ml가 함유된 시험관(13 $\times$ 100mm)에 넣고 교반 후, 100°C에서 8분간 호화시켜 냉각시킨 후, 시험관을 눕혀 1시간 동안 gel이 흘러간 길이를 측정하였다.

찰쌀가루의 호화특성을 Rapid Visco Analyser(RVA)를 사용하여 측정하였다. 찰쌀가루 3g에 증류수 25ml를 첨가하여 현탁액을 만든 후, mixing bowl에 넣어 50°C에서 95°C까지 온도를 상승시킨 후, 2.5분간 유지시켰다가 13분간에 걸쳐 50°C까지 냉각시키면서 측정하여 amylogram을 얻었다. Amylogram으로부터 최고점도, 최저점도, 최종점도를 각각 구하여, 최종점도에서 최저점도를 뺀 값으로부터 응집점도를, 최고점도에서 최저점도를 뺀 값으로부터 강하점도를, 최종점도에서 최고점도를 뺀 값으로부터 치반점도를 각각 구하였다.

찰쌀전분은 Asaoka 등의 방법을 변형한 알칼리 침지법에 의하여 분리하였다. 찰쌀을 50mM LiOH 에 침적시킨 후 막자사발에 곱게 갈아서 isoamylalcohol, acetone, ethylalcohol의 순서로 단백질 및 지질 분획을 제거하고 물로 잘 수세한 후, 전분침전물을 얻어 풍건시켰다. 찰쌀전분의 DSC 측정은 DSC SP+기기(England)를 이용하여 알루미늄팬에 전분:물(1:2)의 비율로 담아, 25°C에서 95°C 까지 승온에 따른 DSC thermogram으로부터 호화개시온도, 호화peak온도, 호화종결온도, 호화열량을

각각 산출하였다.

인절미 제조는 품종별 찹쌀을 습식제분하여 30 mesh로 체친 찹쌀가루 60g에 1.2배량의 증류수를 첨가하여 반죽하고 찜통에서 30분간 쪄 후, 카이젤 제빵기로 5분간 mixing하고, 소형절구로 10분간 치대어서 1cm×3cm×3cm(두께×가로×세로) 크기로 성형하였다.

인절미의 물성은 texture analyzer(Model TA-HDi, Stable Micro Systems, England) 측정에 의한 TPA(texture profile analysis) parameter로서 나타내었다. Texture analyzer의 측정조건은 probe : 9mm, graph type:force vs time, distance threshold : 5mm, force scaling : 1000g, test speed : 1mm/s, post test speed : 3mm/s 이었다.

통계프로그램인 SPSS PC<sup>+</sup>를 이용하여 일원배치 분산분석을 실시하였고, 사후검정으로는 Duncan 다중검정을 실시하였다. 그리고 찹쌀가루의 이화학적 특성과 전분 입자의 호화특성 및 인절미의 물성측정 결과의 상관성은 Pearson의 상관분석방법에 의하여 유의성을 검정하였다.

##### 5. 품종별 찹쌀의 식해가공성 비교

IR 29, Onnemochi, 강원나, Malagkisinaguing, 육도농립 나, 한강찰벼, 진부찰벼, 신선찰벼, 화선찰벼, Ishiokamochi 15, Kamuimochi, Rikutonorinmochi 24, Taichung Sen glutinous 1 등 13품종의 찹쌀 및 제4장에서 개발한 신소재 유색미 계통-304, 306, 309, 314, 319, 325, 328, 330, 405, 413 등 유색미 10품종 및 향미 계통-414, 424, 426, 433, 437, 438 등 6품종 등 총 29품종을 시료로 하였다.

엿기름 액은, 엿기름 30 g에 10배량의 물을 첨가하여 45°C에서 3시간 추출하고, 5000 rpm으로 10분간 냉장원심 분리시킨 후의 상징액을 얻어 식혜 제조용 엿기름 액으로 사용하였다.

식혜제조는, 찹쌀 10 g을 증류수 100 ml에 1시간 침지 후 물기를 제거하여, 찌서

지애밥을 지었으며, 지애밥 10 g에 옛기름액 100 ml를 첨가하여 고루 섞은 후, 60°C에서 3.5시간 당화시켜 제조하였다. 식혜의 환원당 함량은 Somogi-Nelson법으로 측정하였으며, 당도는 굴절당도계(hand refracto-meter, K. Fuji, NO. 6099, Japan)를 사용하여 측정하였다.

식혜의 관능검사는 색, 당액의 혼탁도, 냄새, 밥알의 퍼진 정도, 저작시 밥알의 삭은 정도, 감미 정도, 전체적인 기호도 등 7 항목에 대해서 9점 평점법으로 평가하였다.

## 6. 품종별 찹쌀의 미숫가루가공성 비교

IR 29, Onnemochi, 강원나, Malagkisinaguing, 육도농립 나, 한강찰벼, 진부찰벼, 신선찰벼, 화선찰벼, Ishiokamochi 15, Kamuimochi, Rikutonorinmochi 24, Taichung Sen glutinous 1 등 14품종의 찹쌀 및 제4장에서 개발한 신소재인 유색미 계통-304, 306, 309, 314, 319, 325, 328, 330, 405, 413 등 유색미 10품종 및 향미 계통-414, 424, 426, 433, 437, 438 등 총 29품종을 시료로 하였다.

미숫가루 제조는, 쌀을 하루 밤 수침시켰다가 건져서 찼 후, 60°C에서 3시간 건조시키고, 4분간 노르스름하게 볶아서, 제분(대원 Food mixer, DWN-501)하여, 60 mesh의 체를 통과시켜 제조하였다.

미숫가루 1g을 20 ml의 증류수에 넣어서 25°C에서 20분간 교반하며 현탁 분산시킨 후, 3000×g에서 10분간 원심분리 시킴으로서 여분의 물을 없애고, 잔사의 무게를 측정하여, 미숫가루의 수분 흡습량을 구하였다. 미숫가루 5g을 50ml의 물에 잘 현탁시킨 후, 점도계(Brookfield viscometer HBT, U.S.A)로 spin HB 3, 20 rpm의 조건에서 미숫가루의 점도를 측정하였다. 미숫가루의 glucoamylase에 의한 효소가수분해도는, 미숫가루 200mg에 0.4% 초산완충액(pH 4.8) 18ml와 효소액(amyloglucosidase, Sigma) 70 units 첨가하여 37°C에서 반응시키면서 미숫가루로부터 경시적으로 유리되어 수화되는 총 당 함량을 측정하면서 미숫가루 전분의 가수분해도를

측정하였다.

미숫가루의 관능검사는 품종별 미숫가루 시료 1 g을 생수 20 ml와 함께 제공하여, 관능평가자가 직접 분산시키면서, 미숫가루의 분산성, 향기, 점도, 전반적인 기호도 등 4항목에 대해서 9점 평점법으로 평가하게 하였다.

## 제 3 절 연구 결과

### 1. 유과제조법 검토

#### 가. 찹쌀의 수침시간에 따른 유과의 팽화율

쌀을 비롯한 곡류는 조직이 치밀하므로 전처리 과정으로서의 수침은 호화를 돕고자 하는 의도에서 30분 내지 하루 정도 수침을 하나 유과는 장시간 수침이 요구된다. 음식지미방, 규합총서 등 고조리서 및 한국의 떡과 과줄에 의하면 적어도 2일에서 길게는 열흘이상 침지하는 것으로 나타나 침지과정이 유과 제조의 첫단계로서 찹쌀을 장시간의 침지 하는 과정은 유과의 팽화기작에 영향을 미치어 제품의 조직감 및 유과 고유의 향미를 유지하는데 필수적인 공정이라고 추정된다.

이에 본 연구에서는 냉장온도(8°C)에서 수침시킨 찹쌀로서 제조한 유과의 팽화도 및 경도, 아삭아삭 한 정도를 비교하였다. 그림 6-1에 나타내는 것과 같이 24시간 침지한 찹쌀로 제조한 유과의 팽화율이 3시간 및 48, 96, 144시간에 비해 유의적으로 높은 팽화율을 보임으로서 48시간 이상의 장시간 수침이 유과의 팽화성에는 크게 영향을 미치지 않는 것을 알 수 있었다.

그러나 기존의 보고에 의하면 부수계의 제조과정중 찹쌀의 수침동안 K, Na, P 등의 금속이온의 용출이 증가되며 유기산의 생성으로 산도가 증가하므로서 부수계의 팽화정도가 증가한다고 하나, 본 실험에서는 48시간 이상의 수침이 뚜렷한 팽화율의 증가를 보이지 않았다. 수침시간을 달리하여 제조한 유과의 관능적인 특성으로서 팽

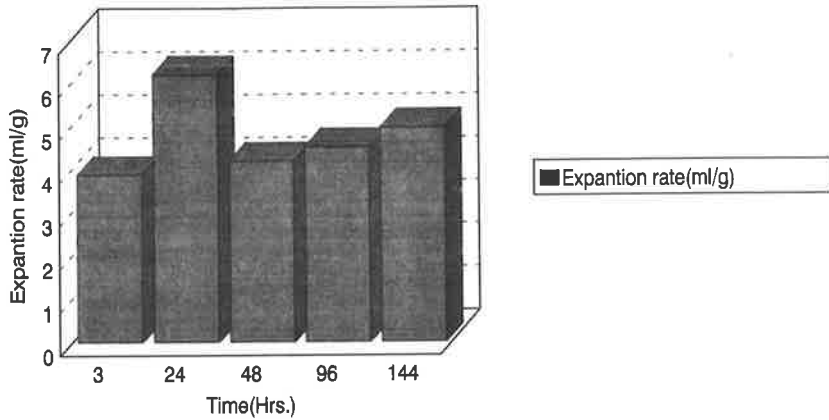


그림 6-1. 수침시간에 따른 유과의 팽화율

창도, 질감, 조직, 맛, 색상이 48시간 수침이 가장 우수하였으나 수침시간과 팽화도 간에 정적인 유의성은 보이지 않아 장시간의 수침이 관능적인 특성에도 크게 영향을 미치지 않는다는 보고도 있다. 한편 수침시간별로 제조한 유과의 물리적 특성 중, 경도와 아삭아삭한 정도는 표 6-1에 나타내는 바와 같이 수침시간에 따른 유과의 경도는 유의미한 차이를 보이지 않았으며, 시중 판매되고 있는 스낵(새우깡,

표 6-1. 수침시간에 따른 유과의 경도와 아삭아삭한 정도

Soaking time(hrs.)	Hardness	Degree of crispiness(No.peak)
3	552.75 <sup>ns</sup>	6.50 <sup>ab</sup>
24	476.69	8.87 <sup>bc</sup>
48	444.52	7.62 <sup>abc</sup>
96	445.11	5.50 <sup>a</sup>
144	357.74	7.12 <sup>ab</sup>

<sup>a,b,c</sup> : Values with different superscript on same columns are significantly different ( $p < 0.05$ )

<sup>ns</sup> : not significant



(주)농심)의 경도가 600.83g 정도에 비해 더 연한 조직임을 알 수 있었다.

유과의 조직은 얇은 막이 여러겹 겹쳐있고 다공성의 조직이므로 Texturometer로 물성 측정시 유과 표면에 probe를 가할 때 얇은 막이 부서지면서 chart에 날카로운 peak가 나타나는데, 이때 나타난 peak의 수가 많을수록 아삭아삭한 정도는 큰 것인데, 아삭아삭한 정도를 나타내는 peak수도 24시간 수침한 찹쌀로 제조한 유과가 가장 우수하였다. 이러한 결과들로부터 수침에 따른 유과의 품질은 수침시간이 길어짐에 따라 향상되기보다는 24시간의 수침에서 가장 우수한 팽화율과 아삭아삭한 정도를 나타내었다.

#### 나. 유과의 물성에 대한 첨가물의 영향

유과는 팽화에 따른 조직감(아삭아삭한 정도)이 중요한 특성으로 간주되기 때문에 유과의 팽창을 돕기 위한 여러 첨가재료들의 검토가 필요하다. 대두 slurry를 첨가하면 품질면에서 효과적이라는 보고가 있고 있고 전통적인 유과 제조과정에도 콩물의 첨가가 권장되므로 유과 반죽과정에서 콩물의 첨가에 따른 유과의 품질을 비교하였다. 콩 물의 농도는 콩 15g을 물 100ml에 수침후 마쇄 후 여과하여 콩 물을 얻었고 이 콩물을 쌀가루의 0%, 15%, 30%, 45%, 60%의 양으로 첨가하여 유과 반대기를 제조 유탕(170°C)에 팽화시킨 후 품질을 비교하였다.

표 6-2에서 보는 바와 같이 콩 물을 첨가하여 유과를 제조한 결과 콩 물을 첨가하지 않은 군에 비하여 팽화율이 향상되는 경향을 보였으며 15%의 콩 물을 첨가한 유과의 팽화율이 우수하였다. 콩 물을 첨가하여 제조한 유과의 경도는 첨가하지 않은 군에 비해 낮아 콩 물을 첨가하는 것이 더 연한조직의 유과제조가 가능하였다. 이러한 결과는 관능검사(표 6-3)와도 일치하는 경향을 보였다.

관능검사 결과 콩 물을 첨가하여 제조한 유과의 조직감이 연하고 더 아삭아삭한 경향이였으며 15%의 콩 물을 첨가한 유과가 고유의 특성인 연한 조직감과 아삭아삭한 특성을 보였다. 유과 반대기 제조시 팽창제로서 주류의 첨가효과를 검토하고자

표 6-2. 콩 물 수준에 따른 유과의 팽화율, 경도 및 아삭아삭한 정도

Conc.(%)	Expansion rate(ml/g)	Hardness(g)	Degree of crispiness(No.peak)
0	3.04 <sup>ab</sup>	284.27 <sup>b</sup>	10.4 <sup>a</sup>
15	5.44 <sup>d</sup>	182.88 <sup>a</sup>	10.8 <sup>a</sup>
30	3.88 <sup>c</sup>	92.75 <sup>a</sup>	15.2 <sup>b</sup>
45	2.23 <sup>a</sup>	289.39 <sup>b</sup>	11.8 <sup>a</sup>
60	3.67 <sup>ab</sup>	174.55 <sup>a</sup>	13.1 <sup>ab</sup>

<sup>a,b,c</sup> : Values with different superscript on same columns are significantly different ( $p < 0.05$ )

표 6-3. 콩 물 수준에 따른 유과의 관능검사치

Conc.(%)	Flavor	Hardness	Color	Crispiness	Stickiness	Overall
0	3.21 <sup>ns</sup>	3.36 <sup>b</sup>	1.50 <sup>a</sup>	2.50 <sup>a</sup>	3.21 <sup>b</sup>	2.50 <sup>a</sup>
15	3.42	1.86 <sup>a</sup>	2.00 <sup>ab</sup>	4.14 <sup>c</sup>	2.21 <sup>a</sup>	3.86 <sup>b</sup>
30	3.42	2.50 <sup>bc</sup>	2.50 <sup>bc</sup>	3.71 <sup>bc</sup>	2.36 <sup>ab</sup>	3.57 <sup>b</sup>
45	3.07	2.07 <sup>a</sup>	2.93 <sup>cd</sup>	4.14 <sup>c</sup>	2.43 <sup>ab</sup>	3.57 <sup>b</sup>
60	3.14	3.43 <sup>b</sup>	3.14 <sup>d</sup>	2.93 <sup>ab</sup>	2.50 <sup>ab</sup>	2.64 <sup>a</sup>

<sup>a,b,c,d</sup> : Values with different superscript on same column are significantly different ( $p < 0.05$ )

<sup>ns</sup> : not significant Values

증류주로서 청주 및 소주, 그리고 비증류주로서 막걸리를 첨가하고 생리적 팽창제로서 사용되는 Yeast를 유과반죽에 첨가하여 팽화시킨 유과의 물리적 관능적 특성을 검토하였다. 표 6-4에 나타나는 바와 같이 yeast를 첨가시킨 유과의 팽화도가 가장 우수하며 경도가 낮으면서 매우 아삭아삭한 특성을 보였는데 이는 막걸리를 첨가한 유과와 유사한 특성을 보였다. 반면 증류주인 청주는 매우 단단하고 치밀한 조직 특성을 보여 비증류주인 막걸리와 팽창제로 사용되는 이스트가 팽화과정에 관여하는 것으로 생각되는데, 아마도 발효과정에서 생성된 이산화탄소에 의한 팽창효과로 생각되며 이들의 효과를 구체적으로 검토해 볼 필요가 있다고 생각한다.

표 6-4. 주류와 이스트 첨가가 유과의 팽창율, 경도 및 아삭아삭한 정도에 미치는 영향

첨가제	Expansion rate(ml/g)	Hardness(g)	Degree of crispiness(No.peak)
Soju	5.46 <sup>ab</sup>	190.84 <sup>a</sup>	11.80 <sup>b</sup>
Chungju	3.50 <sup>a</sup>	2207.12 <sup>b</sup>	7.00 <sup>a</sup>
Mackeali	6.61 <sup>ab</sup>	252.75 <sup>a</sup>	11.20 <sup>b</sup>
Yeast	7.08 <sup>c</sup>	171.10 <sup>a</sup>	12.30 <sup>b</sup>

<sup>a,b,c</sup> : Values with different superscript on same column are significantly different (p<0.05)

표 6-5. 주류와 이스트 첨가 유과의 관능검사치

	Flavor	Hardness	Color	Crispiness	Stickiness	Overall
Soju	3.00 <sup>ns</sup>	2.00 <sup>a</sup>	2.93 <sup>b</sup>	3.36 <sup>a</sup>	2.21 <sup>b</sup>	2.86 <sup>b</sup>
Chungju	2.92	2.71 <sup>b</sup>	3.71 <sup>c</sup>	3.00 <sup>a</sup>	2.28 <sup>b</sup>	2.07 <sup>a</sup>
Mackeali	3.21	2.21 <sup>ab</sup>	2.43 <sup>b</sup>	4.50 <sup>b</sup>	1.78 <sup>ab</sup>	4.00 <sup>c</sup>
Yeast	3.42	1.78 <sup>a</sup>	1.28 <sup>a</sup>	5.00 <sup>b</sup>	1.28 <sup>a</sup>	4.57 <sup>c</sup>

<sup>a,b,c</sup> : Values with different superscript on same column are significantly different (p<0.05)

<sup>ns</sup> : not significant

관능적 특성 또한 표 6-5에 나타내는 바와 같이 이스트 및 막걸리를 첨가한 유과가 소주와 청주를 첨가한 유과에 비해 연하면서 매우 아삭아삭하고 이에 붙는 정도가 약하며 전반적으로 기호도가 우수 하였다. 술의 첨가에 의한 냄새의 변화는 거의 차이가 없었으며 유과의 선택에도 큰 차이를 보이지 않았다. 그러나 주류의 첨가로 인한 효과중 단단한 정도는 청주>막걸리, 소주>이스트의 순으로서 청주를 첨가한 유과는 매우 단단하여 전반적인 기호도가 낮았다. 이러한 물리적, 관능적 특성을 검토한 결과 유과 제조시 막걸리나 이스트의 첨가가 유과제조에 유리하였다.

#### 다. 유과의 물성에 대한 팽화방법의 영향

유과반데기를 기름에 튀기는 것이 일반적인 제조방법이지만 과다 칼로리 섭취 및

지질의 산패에 기인하는 여러 문제점등을 생각할 때 식용유를 사용하지 않는 팽화 방법에 대한 고안이 필요하다. 유과의 저장성과 팽화방법 개선을 위한 다른 연구자의 연구에 의하면 유과의 팽화도, 경도, 색, 맛 등을 고려할 때 유탕에 의한 팽화의 경우에는 170°C가 적합하며 공기팽화의 경우에는 250°C가 적합한데 유과다운 맛을 위해서는 역시 튀김용 기름에 튀기는 편이 공기팽화보다 나았으며, 반데기에 기름을 도포하여 공기팽화를 시켜도 품질개선의 효과는 없었다고 한다.

이에 본 연구에서는 기름을 사용하지 않는 방법으로서 microwave 및 매체로서 소금을 이용한 팽화방법으로서 유과 반데기를 팽화시켜 170°C의 유탕 및 170°C의 공기 팽화와 유과의 품질을 비교하였다.

표 6-6에 나타내는 바와 같이 팽화방법에 있어 전통적인 유탕방법이 팽화도가 높고 경도가 낮으며 아삭아삭한 특징을 보여 유과 제조에 가장 적합한 팽화방법으로 생각 된다. 그러나 공기를 매체로 한 가열방법 가운데 전자렌지로 팽화시킨 유과는 유탕방법으로 팽화 시킨 유과에 비해 경도가 유의미하게 높지 않아 크게 단단하지 않는 물성을 보이며 또한 유과의 독특한 물성인 아삭아삭한 정도에 차이를 보이지 않는 특성을 보였다. 즉 전통적인 기름 유탕 방법으로 팽화 시킨 유과와 유사한 물성을 보임으로서 공기를 매체로 유과의 팽화가 가능함을 알 수 있었다.

팽화방법을 달리한 유과의 관능적 특성은 표 6-7과 같다. 전통적인 팽화방법인

표 6-6. 팽화방법에 따른 유과의 팽창율, 경도 및 아삭아삭한 정도

Expansion method	Expansion rate(ml/g)	Hardness(g)	Degree of crispiness(No.peak)
Oil	8.82 <sup>c</sup>	171.10 <sup>a</sup>	11.3 <sup>ns</sup>
Microwave oven	5.71 <sup>ab</sup>	389.48 <sup>ab</sup>	12.3
Dry oven	4.53 <sup>a</sup>	495.94 <sup>b</sup>	11.3
Salt bath	6.67 <sup>b</sup>	781.31 <sup>c</sup>	12.4

<sup>a,b,c</sup> : Values with different superscript on same column are significantly different (p<0.05)

<sup>ns</sup> : not significant

표 6-7. 팽화방법에 따른 유과의 관능검사치

Expansion method	Flavor	Hardness	Color	Crispiness	Stickiness	Overall
Oil	3.83 <sup>d</sup>	2.50 <sup>b</sup>	1.25 <sup>a</sup>	4.58 <sup>b</sup>	1.83 <sup>ns</sup>	4.58 <sup>c</sup>
Microwave oven	2.58 <sup>ab</sup>	1.83 <sup>a</sup>	3.50 <sup>b</sup>	3.83 <sup>ab</sup>	1.75	3.58 <sup>b</sup>
Dry oven	3.08 <sup>c</sup>	3.50 <sup>c</sup>	4.00 <sup>b</sup>	3.75 <sup>ab</sup>	2.17	2.75 <sup>a</sup>
Salt bath	2.33 <sup>a</sup>	2.67 <sup>b</sup>	3.42 <sup>b</sup>	3.25 <sup>a</sup>	2.66	2.16 <sup>a</sup>

<sup>a,b,c</sup> : Values with different superscript on same column are significantly different (p<0.05)

<sup>ns</sup> : not significant

유탕으로 제조한 것은 조직이 연하며 이에 덜 붙고 전반적인 기호도가 우수한 경향을 나타내었다. 그러나 공기 팽화방법인 microwave oven 및 dry oven에서 팽화시킨 유과의 조직감이 유탕에 비해 다소 단단하나 유과의 특징적인 물성인 아삭아삭한 정도와 이에 붙는 정도가 유탕과 차이를 보이지 않음으로 전통적인 유과의 바람직한 물성을 보였다. 이러한 결과로서 전통적인 유탕방법이 아닌 공기 팽화 방법으로서 유과의 제조가 가능하며 공기팽화 방법 중 microwave로서 팽화시킨 유과의 조직감과 관능적 특성이 우수하다는 결과를 얻었다.

## 2. 품종별 찹쌀의 유과 가공성 비교

### 가. 14품종 찹쌀

#### 1) 수침에 따른 찹쌀의 품종변이

유과 제조시에는 통상 찹쌀을 약 일주일 정도 수침하여, 유과제조에 적당한 전분의 변형과정을 일으킨 찹쌀가루를 사용한다. 이에 본 연구에서는 수침에 따른 수분

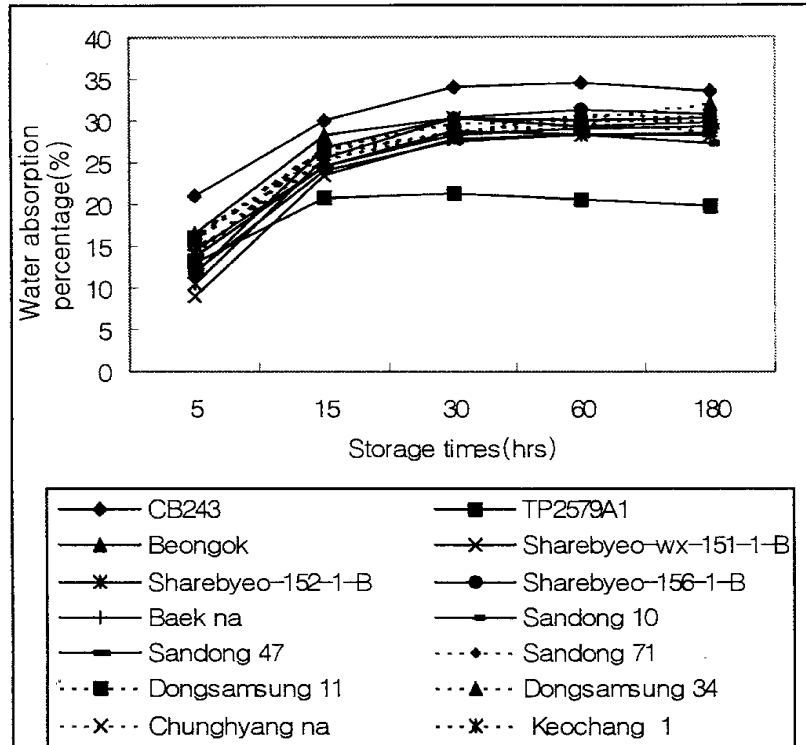


그림 6-2. 품종별 찰쌀의 수분흡수율 - 침지온도 4°C.

흡수율의 품종별 변이 및 수침에 의한 찰쌀 전분 가수분해 결과, 전분 변형과정의 반영이라 할 수 있는 침지액 중의 환원당 함량의 품종변이를 검토함으로써 품종별 찰쌀의 유과 가공성 비교의 한 요인으로 삼고자 하였다.

우선 침지온도 4°C에서의 품종별 찰쌀의 수분흡수 정도를 측정하여 그림 6-2에 나타내었다. 그림에서 알 수 있듯이 침지 후 30분에서 60분 사이에 모든 품종이 평형에 도달하였으며, 평형수분함량이 유의적으로 낮은 TP2579A1과 유의적으로 높은 CB243을 제외하면, 대체로 모든 찰쌀품종의 평형수분함량은 0.2954g H<sub>2</sub>O/건물중량 (g)이었다. 찰쌀 품종들이었기 때문인지 수침 5분 경과 후에 이미 평형수분함량의 절반에 해당하는 수분흡수를 보이고 있어 이미 보고된 멥쌀들과는 상당히 다른 양상을 보이고 있다. 초기 수분흡수율이 유의적으로 낮은 품종은 샤레벼-wx-151-

1-B이었고, 최종 평형수분함량이 유의적으로 높은 CB243이 초기 수분흡수율 역시 유의적으로 높았다.

## 2) 경시적 침지에 의해 유리되는 환원당 함량의 품종별 변이

전통적인 유과제조법에 의하면 약 일주일간 수침하면서 뿌영계 우러나는 침출액(전분분해물)을 깨끗이 따라 버리고 부드러워진 쌀알들을 체에 받쳐서 제분함으로써 유과제조용 찹쌀가루를 얻는다. 본 연구에서는 품종별 찹쌀의 유과가공성 차이를 비교 검토하는 것이 목적이므로, 본 연구자들에 의해 정립한 유과제조의 표준화 방법에 의거(찹쌀을 2일간 수침하여 유과제조용 찹쌀가루를 제조하는 것이 유과의 팽화도, 아삭아삭한 정도 등이 가장 좋았다)하여, 약 2일간의 침지(4°C)에 따른 침지액의 환원당 함량을 품종별로 측정 비교하였다.

표 6-8에 나타내고 있는 바와 같이 품종별 찹쌀들은 시간당 유리되는 환원당의 함량 변화에 차이가 있었으며, 경시적으로 측정되는 유리환원당의 함량도 품종별로 유의성 있게 차이가 있었다. 수침 8시간에 유리되는 환원당의 함량이 가장 높은 품종은 CB243이고 가장 낮은 품종은 동삼성 34이었다. 이러한 경향은 수침 56시간 경과 후 까지도 유사한 경향을 보이고 있었다.

찹쌀 침지액에 유리되는 환원당의 함량에 변화가 있다는 것은 앞서서도 언급하였듯이, 찹쌀에 내재하고 있던 효소들에 의한 찹쌀전분의 가수분해 또는 공기중의 미생물 번식과정에서 수반되는 찹쌀전분의 부분적인 가수분해의 결과라 할 수 있겠다. 즉 침지과정 중에 찹쌀에 작용하는 효소(아밀라아제)의 종류 및 기원은 다르다 할 수 있겠으나 어떤 경우이거나 효소가 작용하는 기질은 전분이므로 이러한 차이는 결국 찹쌀전분 구조의 차이에 기인하는 현상이라 할 수 있다는 점에서 상당히 고무적인 결과라 할 수 있겠다.

그리고 침지 8시간부터 56시간까지 유리되는 환원당 양은 상관계수가 거의 1에 가까운 상관성을 가지면서 시간당 유리되는 환원당의 함량에 품종간의 차이를 보이

표 6-8. 수침에 의하여 유리되는 환원당 함량의 찰벼 품종간 변이

Cultivars	Content of released reducing sugar ( $\mu\text{g/ml}$ )			Reducing sugar released rate	
	8hours	32hours	56hours	Constant ( $\mu\text{g/ml/hr}$ )	Correlation coefficient
CB243	950g <sup>1)</sup>	1684 <sup>f</sup>	2156 <sup>h</sup>	22.732	0.976**
TP2579A1	357 <sup>a</sup>	668 <sup>a</sup>	996 <sup>ab</sup>	13.313	1.000**
Beongok	445 <sup>b</sup>	868 <sup>bc</sup>	1252 <sup>e</sup>	16.813	1.000**
Sharebyeo-wx-151-1-B	367 <sup>a</sup>	660 <sup>a</sup>	892 <sup>a</sup>	10.938	0.998**
Sharebyeo-152-1-B	525 <sup>c</sup>	972 <sup>d</sup>	1240 <sup>de</sup>	14.896	0.990**
Sharebyeo-156-1-B	465 <sup>b</sup>	792 <sup>b</sup>	1116 <sup>bcd</sup>	13.563	1.000**
Baekna	640 <sup>f</sup>	1284 <sup>e</sup>	1928 <sup>g</sup>	26.833	1.000**
Sandong 10	460 <sup>b</sup>	864 <sup>bc</sup>	1200 <sup>de</sup>	15.417	0.999**
Sandong 47	570 <sup>d</sup>	936 <sup>cd</sup>	1228 <sup>de</sup>	13.708	0.998**
Sandong 71	466 <sup>b</sup>	948 <sup>cd</sup>	1428 <sup>f</sup>	20.042	1.000**
Dongsamsung 11	616 <sup>e</sup>	1316 <sup>e</sup>	1852 <sup>g</sup>	25.750	0.997**
Dongsamsung 34	351 <sup>a</sup>	696 <sup>a</sup>	1056 <sup>bc</sup>	14.688	1.000**
Chunghyangna	516 <sup>c</sup>	876 <sup>bcd</sup>	1164 <sup>cde</sup>	13.500	0.998**
Keochang 1	465 <sup>b</sup>	808 <sup>b</sup>	1292 <sup>e</sup>	17.229	0.995**

<sup>1)</sup> Means within row followed by the same letter are not significantly different at the 5% level using Duncan's multiple range test

\*\* Significant at 1% level

고 있었다. 시간당 유리되는 환원당의 함량이 많은 품종은 Baekna, 동삼성 11이고, 시간당 유리되는 환원당의 함량이 적은 품종은 샤레벼 wx-151-1-B이었다. 이러한 결과로부터 Baekna, 동삼성 11은 내재하고 있는 아밀라아제의 활성이 다른 품종에 비해서 높거나, 아밀라아제의 작용을 받기 쉬운 전분구조를 하고 있을 가능성을 예상할 수 있겠으며, 샤레벼 wx-151-1-B는 반대로 내재 아밀라아제의 활성이 다른 품종에 비해서 낮거나, 아밀라아제의 작용을 받기 어려운 전분구조를 하고 있을 가능성이 예상된다.



### 3) 품종별 찹쌀의 유과 가공성 평가

찹쌀 14품종으로 유과를 제조하여 팽화도, 경도, 아삭아삭한 정도를 측정하여 표 6-9에 나타내었다. 종자치환법에 의해 측정된 유과의 팽화도는 CB243으로 제조한 것이 다른 품종들에 비해서 유의적으로 높았다. 그리고 유과의 경도가 낮아 부드러운 유과 제조가 가능한 찹쌀 품종으로는 CB 243, 동삼성 11, 산동 10, Beongok, 산동 47 등이었고, 경도가 높은 품종으로는 샤레벼 wx-151-1-B>샤레벼-156-1-B>동삼성 34>청향나의 순이었다. 유과를 제조하여 texturometer로 측정된 후 texturogram이 나타내는 peak의 수로써 표시하는 아삭아삭한 정도는 산동 10으로 제조한 것이 peak 수 15.5개로써 가장 아삭아삭한 질감을 가지고 있었으며, CB 243>동삼성

표 6-9. 품종별 찹쌀로 가공한 유과의 팽화율, 경도 및 아삭아삭한 정도

Cultivars	Expansion (ml/g)	Hardness (Kg)	Crispiness (peak수)
CB243	8.115 <sup>bl)</sup>	0.165 <sup>a</sup>	13.667 <sup>fg</sup>
TP2579A1	4.177 <sup>a</sup>	0.493 <sup>ab</sup>	10.167 <sup>de</sup>
Beongok	3.385 <sup>a</sup>	0.324 <sup>a</sup>	9.000 <sup>cd</sup>
Sharebyeo-wx-151-1-B	2.045 <sup>a</sup>	4.093 <sup>d</sup>	3.000 <sup>a</sup>
Sharebyeo-152-1-B	3.525 <sup>a</sup>	1.023 <sup>abc</sup>	11.333 <sup>def</sup>
Sharebyeo-156-1-B	4.435 <sup>a</sup>	1.715 <sup>c</sup>	10.000 <sup>de</sup>
Baekna	3.390 <sup>a</sup>	0.468 <sup>ab</sup>	11.000 <sup>def</sup>
Sandong 10	4.320 <sup>a</sup>	0.273 <sup>a</sup>	15.500 <sup>g</sup>
Sandong 47	3.960 <sup>a</sup>	0.393 <sup>a</sup>	10.000 <sup>de</sup>
Sandong 71	3.430 <sup>a</sup>	0.453 <sup>ab</sup>	11.833 <sup>def</sup>
Dongsamsung 11	4.223 <sup>a</sup>	0.245 <sup>a</sup>	12.500 <sup>efg</sup>
Dongsamsung 34	4.560 <sup>a</sup>	1.466 <sup>bc</sup>	5.500 <sup>ab</sup>
Chunghyang na	3.125 <sup>a</sup>	1.232 <sup>abc</sup>	6.667 <sup>bc</sup>
Keochang 1	3.210 <sup>a</sup>	0.488 <sup>ab</sup>	10.333 <sup>de</sup>

<sup>1)</sup> Means within row followed by the same letter are not significantly different at the 5% level using Duncan's multiple range test

11>산동 71>샤레벼-152-1-B>Baekna>TP2579 A1, 샤레벼-156-1-B, Keochang 1, 산동 47의 순이었고, 아삭아삭한 질감이 가장 낮은 품종으로는 샤레벼 wx-151-1-B였고 동삼성 34, 청향 나로 제조한 유과도 아삭아삭한 정도가 낮았다.

#### 4) 품종별로 제조한 유과의 관능검사

참쌀 14품종으로 제조한 유과의 냄새, 색, 아삭아삭한 정도, 경도, 이에 들어붙는 정도 등에 대한 관능검사를 실시하였다(표 6-10). 유과의 냄새는, TP2579A1의 수치가 높아 3.3정도인데, 이 수치의 의미는 고소한 냄새가 보통이거나 약간 낮은 것을 의미하는 것이고, 유의하게 낮은 수치를 나타내고 있는 산동 47, 동삼성 11, Keochang 1등은 그 수치가 2.7로서 불쾌한 냄새가 없는 상태를 의미하는 것으로 유과의 냄새에 대한 기호도는 전반적으로 낮게 나타났는데, 이는 유과제조시 유탕처리

표 6-10. 품종별 참쌀로 가공한 유과의 관능검사치

Cultivars	Odor	Color	Crispiness	Hardness	Stickiness	Overall
CB243	3.143 <sup>ab1)</sup>	1.429 <sup>a</sup>	3.714 <sup>bc</sup>	1.857 <sup>ab</sup>	2.000 <sup>a</sup>	4.143 <sup>c</sup>
TP2579A1	3.286 <sup>b</sup>	2.714 <sup>bc</sup>	2.000 <sup>a</sup>	2.714 <sup>abc</sup>	3.429 <sup>b</sup>	2.143 <sup>a</sup>
Beongok	3.000 <sup>ab</sup>	2.286 <sup>abc</sup>	2.000 <sup>a</sup>	2.571 <sup>abc</sup>	2.429 <sup>ab</sup>	3.429 <sup>abc</sup>
Sharebyeo-wx-151-1-B	3.000 <sup>ab</sup>	2.143 <sup>abc</sup>	3.000 <sup>abc</sup>	3.429 <sup>c</sup>	2.857 <sup>ab</sup>	3.000 <sup>abc</sup>
Sharebyeo-152-1-B	3.000 <sup>ab</sup>	2.286 <sup>abc</sup>	2.286 <sup>ab</sup>	3.143 <sup>c</sup>	3.429 <sup>b</sup>	2.857 <sup>abc</sup>
Sharebyeo-156-1-B	3.000 <sup>ab</sup>	1.857 <sup>ab</sup>	2.571 <sup>abc</sup>	2.857 <sup>bc</sup>	3.286 <sup>ab</sup>	2.857 <sup>abc</sup>
Baekna	3.143 <sup>ab</sup>	2.429 <sup>abc</sup>	3.857 <sup>bc</sup>	2.429 <sup>abc</sup>	2.571 <sup>ab</sup>	3.714 <sup>bc</sup>
Sandong 10	3.000 <sup>ab</sup>	1.857 <sup>ab</sup>	3.143 <sup>abc</sup>	3.000 <sup>c</sup>	3.286 <sup>ab</sup>	3.143 <sup>abc</sup>
Sandong 47	2.714 <sup>a</sup>	2.143 <sup>abc</sup>	3.000 <sup>abc</sup>	3.000 <sup>c</sup>	3.000 <sup>ab</sup>	3.000 <sup>abc</sup>
Sandong 71	3.000 <sup>ab</sup>	2.286 <sup>abc</sup>	4.143 <sup>c</sup>	1.714 <sup>a</sup>	2.143 <sup>ab</sup>	4.000 <sup>c</sup>
Dongsamsung 11	2.714 <sup>a</sup>	2.143 <sup>abc</sup>	3.714 <sup>bc</sup>	3.286 <sup>c</sup>	2.571 <sup>ab</sup>	3.000 <sup>abc</sup>
Dongsamsung 34	2.857 <sup>ab</sup>	2.286 <sup>abc</sup>	2.571 <sup>abc</sup>	3.143 <sup>c</sup>	2.857 <sup>ab</sup>	2.571 <sup>ab</sup>
Chunghyangna	3.000 <sup>ab</sup>	1.571 <sup>a</sup>	2.571 <sup>abc</sup>	3.286 <sup>c</sup>	3.143 <sup>ab</sup>	3.000 <sup>ab</sup>
Keochang 1	2.714 <sup>a</sup>	3.143 <sup>c</sup>	3.429 <sup>abc</sup>	3.143 <sup>c</sup>	2.429 <sup>ab</sup>	3.286 <sup>abc</sup>

<sup>1)</sup> Means within row followed by the same letter are not significantly different at the 5% level using Duncan's multiple range test

에 기인하는 기름냄새가 심하게 반영된 결과라고 생각된다. 유과의 색은 노르스름한 정도로서 표시하였는데, Keochang 1로 제조한 유과의 색이 노르스름한 정도가 가장 짙었고, CB243, 청향나로 제조한 유과의 색은 거의 흰색으로 유과의 색상이 바람직하였다.

산동 71로 제조한 유과의 아삭아삭한 정도가 가장 높았으며, Baekna>동삼성 11 > CB243 의 순으로 아삭아삭하였고, 그 밖의 품종으로 제조한 유과들은 오히려 약간 질긴듯한 느낌이 있었으며, 그 정도가 심한 품종으로는 TP2579A1, Beongok 등이었다. 산동 71로 제조한 유과의 경도가 가장 낮아 부드러웠고, 샤레벼 wx-1-151-B, 샤레벼-152-B, 산동 10, 산동 47, 동삼성 11, 동삼성 34, 청향나, Keochang 1로 제조한 유과의 경도는 유의적으로 약간 단단한 경향이 있었다. 이에 붙는 정도는 모든 품종에 있어서 약간 붙는 정도를 나타내고 있었으나, CB243으로 제조한 유과는 유의적으로 이에 붙는 정도가 낮았다. 전반적으로 유과제조시의 기호도가 가장 높은 찹쌀품종은 CB243 및 산동 47이었으며, TP2579A1가 가장 낮았다.

#### 5) 14품종 찹쌀의 이화학적특성과 유과의 가공성에 대한 상관관계

유과제조에 사용한 14 품종 찹쌀의 몇몇 이화학적 특성과 이들 찹쌀 품종들의 유과가공성간의 상관관계를 살펴보면(표 6-11), 14품종 찹쌀의 gel consistency와 단백질 함량은 유과제조시 수침에 의한 수분 흡수율과는 정의 상관성이 있으며, 수분흡수율이 클수록 유과의 전반적인 기호도가 높게 나타났다. 수침에 의해 유리되는 환원당의 함량이 많은 품질의 찹쌀로 유과를 제조할수록 유과의 바람직한 물성(예를 들어 부드러우면서, 아삭아삭하며, 이에 들어 붙는 정도가 적고, 유과의 전반적인 기호도가 높은 것)을 가지는 유과제조가 가능하다는 결과를 얻었다. 이밖에 단백질함량이 높을수록, 그리고 쌀가루 풀의 점도가 큰 품종일수록 유과의 팽화도는 높았다.

#### 나. 9품종 찹쌀

표 6-11. 찹쌀의 이화학적 특성과 유과의 가공성간의 상관관계

Relevant characters		Correlation coefficients
Gel consistency	- Water absorption	0.690**
	- Color(sensory evaluation)	0.779**
Reducing sugar	- Hardness(mechanical)	-0.547*
	- crispiness(mechanical)	0.535*
	- Stickiness(sensory evaluation)	-0.644*
	- Crispiness(sensory evaluation)	0.736**
	- Overall(sensory evaluation)	0.616*
Overall(sensory evaluation)	- Water absorption	0.635*
	- Stickiness(sensory evaluation)	-0.821**
	- Crispiness(sensory evaluation)	0.863**
	- Hardness(sensory evaluation)	-0.665**
	- Reducing sugar	0.616*
Stickiness(sensory evaluation)	- Crispiness(sensory evaluation)	-0.878**
	- Water absorption	-0.561*

\*. \*\* Significant at 5% and 1% level, respectively

### 1) 찹쌀의 수분흡수율 및 침지액 중 환원당 함량의 품종변이

침지온도 4°C에서의 품종별 찹쌀의 수분흡수 정도를 측정하여 표 6-12에 나타내었다. 강원나의 경우 수침초기의 수분흡수율은 다른 품종들에 비해서 높았으나 최종적인 수분흡수율에는 다른 품종들과 유의차이가 없었고, 모든 품종의 쌀들이 수침 30분 후에는 흡수평형에 도달하였으며, 최종 수분흡수율은 매 품종인 일품벼와는 차이가 있으나 찰 품종간에는 차이가 없이 약 32% 정도의 수분흡수율을 보이고 있었다. 찹쌀 품종들이었기 때문인지 수침 5분 경과 후에 이미 평형수분함량의 절반에 해당하는 수분 흡수를 보이고 있어 이미 보고된 멥쌀들과는 상당히 다른 양상을 보이고 있었다.

4°C 수침에 의한 수분 흡수율이란 쌀 전분의 무정형부분의 양을 의미하는 수치이

표 6-12. 품종별 찹쌀의 수분흡수율 비교 - 침지온도 4°C

Varieties	Water absorption percentage (%)				
	5mins	15mins	30mins	60mins	180mins
Ilpumbyeo	13.33 <sup>a1)</sup>	17.61 <sup>a</sup>	18.11 <sup>a</sup>	18.91 <sup>a</sup>	18.61 <sup>a</sup>
IR 29	18.01 <sup>b</sup>	26.97 <sup>bc</sup>	29.45 <sup>bc</sup>	29.55 <sup>b</sup>	31.14 <sup>b</sup>
Onnemochi	19.64 <sup>b</sup>	29.01 <sup>cd</sup>	31.61 <sup>cde</sup>	32.70 <sup>cde</sup>	32.70 <sup>b</sup>
Gangweonna	27.05 <sup>c</sup>	34.33 <sup>e</sup>	34.73 <sup>f</sup>	35.63 <sup>f</sup>	34.73 <sup>b</sup>
Malagkitsinaguing	21.39 <sup>b</sup>	28.86 <sup>cd</sup>	30.65 <sup>bcd</sup>	31.04 <sup>bcd</sup>	31.94 <sup>b</sup>
Yukdonongrimna 1	19.82 <sup>b</sup>	30.68 <sup>d</sup>	31.27 <sup>cde</sup>	32.47 <sup>de</sup>	32.47 <sup>b</sup>
Hangangchalbyeo	19.10 <sup>b</sup>	24.98 <sup>b</sup>	28.96 <sup>b</sup>	29.95 <sup>bc</sup>	31.40 <sup>b</sup>
Jinbuchalbyeo	20.10 <sup>b</sup>	29.65 <sup>cd</sup>	31.34 <sup>de</sup>	31.94 <sup>de</sup>	32.14 <sup>b</sup>
Whasunchalbyeo	18.39 <sup>b</sup>	29.42 <sup>cd</sup>	32.70 <sup>ef</sup>	33.30 <sup>ef</sup>	33.30 <sup>b</sup>

<sup>1)</sup> Values with different superscript in the same column are significantly different at P< 0.05

므로, 시험에 사용한 찹 품종간에는 구성 전분의 무정형 부분의 양에는 차이가 없음을 알 수 있었다. 전통적인 유과제조법에 의하면 약 일주일간 수침하면서 뿌옇게 우려나는 침출액(전분분해물)을 깨끗이 따라 버리고 부드러워진 쌀알들을 체에 받쳐서 제분함으로써 유과제조용 찹쌀가루를 얻는다. 본 연구에서는 품종별 찹쌀의 유과가공성 차이를 비교 검토하는 것이 목적이므로, 본 연구자들에 의해 정립한 유과제조의 표준화 방법에 의거(찹쌀을 2일간 수침하여 유과제조용 찹쌀가루를 제조하는 것이 유과의 팽화도, 아삭아삭한 정도 등이 가장 좋았다)하여, 약 2일간의 침지(4°C)에 따른 침지액의 환원당 함량을 품종별로 측정 비교한 결과(표 6-13), 품종별 찹쌀들의 시간당 유리되는 환원당의 함량에 차이가 있었으며, 경시적으로 측정되는 유리환원당의 함량도 품종별로 유의한 차이가 있었다.

찹쌀 침지액에 유리되는 환원당의 함량에 변화가 있다는 것은 앞에서도 언급하였듯이, 찹쌀에 내재하고 있던 효소들에 의한 찹쌀전분의 가수분해 또는 공기중의 미생물 번식과정에서 수반되는 찹쌀전분의 부분적인 가수분해의 결과라 할 수 있겠다.

표 6-13. 품종별 찹쌀 침지액의 환원당 함량 - 침지온도 4°C

Varieties	Content of released reducing sugar( $\mu\text{g/ml}$ )				
	8hrs	24hrs	32hrs	48hrs	56hrs
Ilpumbyeo	253 <sup>a1)</sup>	514 <sup>a</sup>	668 <sup>a</sup>	823 <sup>a</sup>	2017 <sup>ab</sup>
IR 29	522 <sup>c</sup>	921 <sup>c</sup>	1180 <sup>b</sup>	1332 <sup>bc</sup>	2423 <sup>bc</sup>
Onnemochi	559 <sup>d</sup>	992 <sup>d</sup>	1202 <sup>b</sup>	1385 <sup>c</sup>	2826 <sup>c</sup>
Gangweonna	597 <sup>e</sup>	1058 <sup>e</sup>	1378 <sup>d</sup>	1632 <sup>d</sup>	3077 <sup>cd</sup>
Malagkitsinaguing	442 <sup>b</sup>	817 <sup>b</sup>	1161 <sup>b</sup>	1188 <sup>b</sup>	2385 <sup>bc</sup>
Yukdonongrimna 1	550 <sup>cd</sup>	893 <sup>c</sup>	1115 <sup>b</sup>	1252 <sup>bc</sup>	1573 <sup>a</sup>
Hangangchalbyeo	545 <sup>cd</sup>	979 <sup>d</sup>	1172 <sup>b</sup>	1336 <sup>bc</sup>	2545 <sup>bc</sup>
Jinbuchalbyeo	535 <sup>cd</sup>	931 <sup>c</sup>	1294 <sup>c</sup>	1298 <sup>bc</sup>	2510 <sup>bc</sup>
Whasunchalbyeo	622 <sup>e</sup>	1187 <sup>f</sup>	1457 <sup>d</sup>	1838 <sup>e</sup>	3678 <sup>d</sup>

1) Values with different superscript in the same column are significantly different at  $P < 0.05$

즉 침지과정 중에 찹쌀에 작용하는 효소(아밀라아제)의 종류 및 기원은 다르다 할 수 있겠으나 어떤 경우이거나 효소가 작용하는 기질은 전분이므로 이러한 차이는 결국 찹쌀전분 구조의 차이에 기인하는 현상이라 할 수 있다는 점에서 상당히 고무적인 결과라 할 수 있겠다. 침지 8시간에는 모든 찹쌀 품종들이 비교군인 일품벼에 비해서 유리되는 환원당의 함량이 많았고, 찹쌀 품종 중에서는 강원나, 화선찰벼가 가장 많았으며, Malagkitsinaguing가 가장 적었으며, 그 이후로 경시적으로 유리되는 환원당의 함량도 유사한 경향을 보이고 있었다. 그러나 육도농립나 1호의 경우에는 수침 후 32시간 정도부터 유리되는 환원당의 양이 다른 품종들에 비해서 상대적으로 감소하는 경향이 있어 56시간 후에는 매품종인 일품벼보다도 오히려 낮은 수치를 나타내고 있어 다른 찹쌀들과는 다른 경향을 보이고 있었다. 이러한 결과로부터 강원나, 화선찰벼 등은 내재하고 있는 아밀라아제의 활성이 다른 품종에 비해서 높거나, 아밀라아제의 작용을 받기 쉬운 전분구조를 하고 있을 가능성을 예상할 수 있겠으며, 육도농립나 1호 및 Malagkitsinaguing는 반대로 내재 아밀라아제의 활성이

다른 품종에 비해서 낮거나, 아밀라아제의 작용을 받기 어려운 전분구조를 하고 있을 가능성이 예상된다.

## 2) 품종별 찹쌀의 유과 가공성 평가

찹쌀 9품종으로 유과를 제조하여 팽화도, 경도, 아삭아삭한 정도를 측정하여 표 6-14에 나타내었다. 여기에 사진을 제시하지는 않았으나, 제조된 유과의 외관상 팽화도는 육도농립나 1호, 진부찰벼, 화선찰벼, Malagkitsinaguing, Onnemochi의 순으로 좋았고, 강원나는 유과의 크기는 크게 부풀었으나 부피감이 없이 부푸는 등 외관은 그다지 좋지 않았다. 그리고 IR 29나 한강찰벼 등의 외관상 팽화도 메품종인 일품벼와 같은 정도였다. 한편 종자치환법에 의해서 측정한 팽화도는 화선찰벼, 진부찰벼, Onnemochi, 육도농립나 1호, Malagkitsinaguing 등의 순으로 크게 나타났고, 한강찰벼, 강원나, IR29 등은 낮게 나타났다.

Textrometer에 의해서 측정한 유과의 물성 중 경도는 육도농립나 1호, 강원나 등이 낮은 수치를 나타내어 부드러운 유과의 제조가 가능한 품종이며, 한강찰벼로 제

표 6-14. 품종별 찹쌀로 가공한 유과의 팽화도, 경도, 아삭아삭한 정도

Varieties	Expansion (ml/g)	Hardness (kg)	Crispiness (peak수)
Ilpumbyeo	2.435 <sup>a1)</sup>	1.684 <sup>c</sup>	5.50 <sup>a</sup>
IR 29	2.880 <sup>ab</sup>	0.810 <sup>ab</sup>	9.75 <sup>b</sup>
Onnemochi	5.985 <sup>cd</sup>	0.705 <sup>ab</sup>	13.25 <sup>b</sup>
Gangweonna	2.900 <sup>ab</sup>	0.382 <sup>a</sup>	12.00 <sup>b</sup>
Malagkitsinaguing	4.525 <sup>bc</sup>	0.806 <sup>ab</sup>	9.50 <sup>b</sup>
Yukdonongrimna 1	5.120 <sup>c</sup>	0.220 <sup>a</sup>	13.75 <sup>b</sup>
Hangangchalbyeo	2.930 <sup>ab</sup>	1.030 <sup>b</sup>	5.00 <sup>a</sup>
Jinbupalbyeo	5.950 <sup>cd</sup>	0.668 <sup>ab</sup>	11.00 <sup>b</sup>
Whasunchalbyeo	7.665 <sup>d</sup>	0.644 <sup>ab</sup>	11.50 <sup>b</sup>

<sup>1)</sup> Values with different superscript in the same column are significantly different at P<0.05

조한 유과는 단단하리라 예상할 수 있겠다. 유과를 제조하여 texturometer로 측정 한 후 texturogram이 나타내는 peak의 수로써 표시하는 아삭아삭한 정도는 한강찰벼를 제외하면 찰품종 간에는 차이가 없었다.

### 3) 유과의 관능검사

유과의 냄새, 색, 아삭아삭한 정도, 경도, 이에 들어붙는 정도 등에 대한 관능검사를 실시하였다(표 6-15). 제조한 유과들의 냄새는, 품종간에 뚜렷한 차이는 없고 화선찰벼의 수치가 높아 3.3정도인데, 이 수치의 의미는 고소한 냄새가 보통이거나 약간 낮은 것을 의미하는 것이고, 유의하게 낮은 수치를 나타내고 있는 강원나, 진부찰벼 등은 그 수치가 2.8정도로서 불쾌한 냄새가 없는 상태를 의미하는 것이다. 유과의 냄새에 대한 기호도는 전반적으로 낮게 나타났는데, 이는 유과제조시 유탕처리에 기인하는 기름냄새가 심하게 반영된 결과라고 생각된다.

이에 붙는 정도는 화선찰벼 및 강원나로 제조한 것이 아주 조금 이에 붙는 정도 이었고, 한강찰벼, IR 29를 제외한 그 밖의 품종에서도 그 수치가 3이하로서 이에

표 6-15. 품종별 찰쌀로 가공한 유과의 관능검사치

Varieties	Odor	Stickiness	Crispiness	Overall
Ilpumbyeo	2.95 <sup>a1)</sup>	3.40 <sup>de</sup>	1.70 <sup>a</sup>	1.45 <sup>a</sup>
IR 29	3.75 <sup>ab</sup>	3.35 <sup>cde</sup>	2.10 <sup>a</sup>	2.45 <sup>bc</sup>
Onnemochi	3.15 <sup>ab</sup>	2.30 <sup>ab</sup>	3.90 <sup>cd</sup>	3.35 <sup>d</sup>
Gangweonna	2.75 <sup>a</sup>	2.00 <sup>a</sup>	4.25 <sup>d</sup>	3.80 <sup>d</sup>
Malagkitsinaguing	2.90 <sup>a</sup>	2.80 <sup>bcd</sup>	3.25 <sup>bc</sup>	2.75 <sup>c</sup>
Yukdonongrimna 1	3.25 <sup>ab</sup>	2.55 <sup>ab</sup>	3.70 <sup>bcd</sup>	3.90 <sup>d</sup>
Hangangchalbyeo	3.20 <sup>ab</sup>	3.80 <sup>e</sup>	1.80 <sup>a</sup>	1.90 <sup>ab</sup>
Jinbuchalbyeo	2.85 <sup>a</sup>	2.75 <sup>bc</sup>	3.00 <sup>b</sup>	2.60 <sup>c</sup>
Whasunchalbyeo	3.30 <sup>ab</sup>	2.00 <sup>a</sup>	4.05 <sup>d</sup>	3.85 <sup>d</sup>

<sup>1)</sup> Values with different superscript in the same column are significantly different at P < 0.05



약간 붙는 정도를 나타내고 있었다. 화선찰벼 및 강원나로 제조한 유과가 아삭아삭한 정도가 가장 높았으며, Onnemochi, 육도농립나 1호, Malagkitsinaguing의 순으로 아삭아삭하였고, 한강찰벼, IR 29 등으로 제조한 유과들은 오히려 약간 질긴듯한 느낌이 있었다.

유과제조시 전체적인 기호도가 높은 찹쌀품종은 육도농립나 1호, 화선찰벼, 강원나, Onnemochi 등이었으며, 한강찰벼 및 IR 29가 가장 낮았다.

#### 다. 향미찰쌀

##### 1) 향미찰쌀의 수분흡수율 및 침지액 중 환원당 함량의 품종변이

침지온도 4°C에서의 품종별 찹쌀의 수분흡수 정도를 측정하여 표 6-16에 나타내었다.

찰 품종, 메 품종, 향미 품종에 관계없이 수침 30분 경과 후부터 수분 흡수량에서 평형상태에 도달하였고, 그 후 시간이 약 6시간 정도 이상 경과하면, 쌀이 약간씩 문드러지는 현상이 있어서 수분흡수율을 측정하기가 곤란하였으므로 본 논문에서는

표 6-16. 향미 찰벼 신소재 계통 쌀의 침지기간 중 수분흡수율 - 침지온도 4°C

Varieties	Water absorption percentage(%)				
	5 mins	15 mins	30 mins	60 mins	180 mins
Whasunchalbyeo	11.80 <sup>ns</sup>	31.94 <sup>ab</sup>	41.00 <sup>bc</sup>	41.21 <sup>bc</sup>	39.42 <sup>bc</sup>
KR93045-B-B-129-5-B	12.54	29.55 <sup>ab</sup>	39.62 <sup>ab</sup>	37.75 <sup>ab</sup>	35.76 <sup>ab</sup>
Miyakaori	11.81	29.87 <sup>ab</sup>	35.48 <sup>a</sup>	34.65 <sup>a</sup>	32.67 <sup>a</sup>
KR92021-B-B-5-2-B	10.48	31.19 <sup>ab</sup>	42.02 <sup>c</sup>	41.58 <sup>bc</sup>	40.61 <sup>c</sup>
KR92021-B-B-42-3-B	10.41	33.22 <sup>b</sup>	42.79 <sup>c</sup>	43.29 <sup>c</sup>	40.75 <sup>c</sup>
KR92021-B-B-162-1-B	11.59	27.60 <sup>a</sup>	36.82 <sup>ab</sup>	36.82 <sup>a</sup>	35.53 <sup>ab</sup>

\* Value with different letter within the same column were significantly at P<0.05 by Duncan's test.

3시간까지 만의 수분흡수율을 측정·비교하였다. 수침 5분 경과 후에는 약 10% 정도의 수분 흡수율을 보이고 있으며, 품종간의 유의미한 차이는 보이지 않았다. 수침시간이 경과하여 거의 평형상태에 도달한 3시간 수침 후에는 메벼 품종인 향미 메벼 (Miyakaori)가 역시 찰벼 품종들 보다 낮은 수치를 나타내고 있었으며, 찰벼 품종들 중에서는 KR92021-B-B-5-2-B 및 KR92021-B-B-42-3-B등 향미 찰벼의 수분흡수율이 높게 나타나고 있었다. 4°C 수침에 의한 수분 흡수율이란 쌀 전분분자의 무정형부분의 양을 의미하는 수치이기도 하므로 이는 쌀 품종별 전분분자의 구조 및 이 화학적 특성에 차이가 있으리라 예상할 수 있겠다.

또한 2일간의 침지(4°C)에 따른 침지액의 환원당 함량을 품종별로 측정하여 표 6-17에 나타내었다.

품종별 쌀들의 시간당 유리되는 환원당의 함량에 차이가 있었으며, 경시적으로 측정되는 유리환원당의 함량도 품종별로 유의한 차이가 있었다. 48시간 수침에 의해 유리되는 환원당의 양은 화선찰벼 및 향미 찰벼 신소재로 개발한 KR92021-B-B-42-3-B가 가장 많았고, 그 다음이 일반찰벼 신소재로 개발한 KR93045-B-B-129-5-B 및 향미 찰벼 신소재로 개발한 KR92021-B-B-162-1-B 이었으며, 향미 찰벼 신

표 6-17. 품종별 찰쌀 침지액의 환원당 함량 비교 - 침지온도 4°C

Varieties	Content of released reducing sugar(mg/ml)				
	8 hrs.	24 hrs.	32 hrs.	48 hrs.	56 hrs.
Whasunchalbyeo	0.086 <sup>a</sup>	3.006 <sup>d</sup>	3.541 <sup>d</sup>	4.049 <sup>d</sup>	5.144 <sup>c</sup>
KR93045-B-B-129-5-B	0.127 <sup>c</sup>	2.642 <sup>bc</sup>	2.755 <sup>b</sup>	3.936 <sup>c</sup>	4.759 <sup>b</sup>
Miyakaori	0.110 <sup>b</sup>	2.296 <sup>a</sup>	2.526 <sup>a</sup>	3.514 <sup>b</sup>	4.169 <sup>a</sup>
KR92021-B-B-5-2-B	0.076 <sup>a</sup>	2.587 <sup>bc</sup>	2.834 <sup>b</sup>	3.390 <sup>a</sup>	4.368 <sup>a</sup>
KR92021-B-B-42-3-B	0.079 <sup>a</sup>	2.683 <sup>c</sup>	3.160 <sup>c</sup>	4.046 <sup>d</sup>	4.794 <sup>b</sup>
KR92021-B-B-162-1-B	0.079 <sup>a</sup>	2.491 <sup>bc</sup>	2.618 <sup>a</sup>	3.871 <sup>c</sup>	4.272 <sup>a</sup>

\* Values, with different letter within the same column were significantly at P<0.05 by Duncan's test

소재로 개발한 KR92021-B-B-5-2-B는 향미 찹벼 품종인 Miyakaori보다도 적은 수치를 나타내고 있었다. 찹쌀 침지액에 유리되는 환원당의 함량에 변화가 있다는 것은 앞서서도 언급하였듯이, 찹쌀에 내재하고 있던 효소들에 의한 찹쌀전분의 가수분해 또는 공기중의 미생물 번식과정에서 수반되는 찹쌀전분의 부분적인 가수분해의 결과라 할 수 있겠다. 즉 침지과정 중에 찹쌀에 작용하는 효소(아밀라아제)의 종류 및 기원은 다르다 할 수 있겠으나 어떤 경우이거나 효소가 작용하는 기질은 전분이므로 이러한 차이는 결국 찹쌀전분 구조의 차이에 기인하는 현상이라 할 수 있다는 점에서 상당히 고무적인 결과라 할 수 있겠다.

## 2) 유과 가공성 평가

8품종 쌀로 제조한 유과의 팽화도 및 기계적으로 측정된 경도 및 아삭아삭한 정도를 표 6-18에 나타내었다.

향미 찹벼 신소재로 개발한 KR92021-B-B-5-2-B로 제조한 유과의 팽화도가 가장 높았다. 그리고 유과를 제조하여 texturometer로 측정된 후 texturogram이 나타내는 peak의 수로써 표시하는 아삭아삭한 정도도 KR92021-B-B-5-2-B가 가장 높았으며, peak의 높이로부터 산출하는 경도는 KR92021-B-B-42-3-B가 가장 낮아 부드러운

표 6-18. 향미 찹벼 신소재 쌀로 가공한 유과의 팽화도, 경도, 아삭아삭한 정도

Varieties	Expansion (ml/g)	Crispiness (No. of peaks)	Hardness (kg)
Whasunchalbyeo	2.44 <sup>ab</sup>	13.00 <sup>b</sup>	259.12 <sup>ab</sup>
KR93045-B-B-129-5-B	3.08 <sup>ab</sup>	14.00 <sup>bc</sup>	487.73 <sup>c</sup>
Miyakaori	2.87 <sup>ab</sup>	9.00 <sup>a</sup>	530.00 <sup>c</sup>
KR92021-B-B-5-2-B	5.10 <sup>c</sup>	18.67 <sup>d</sup>	446.30 <sup>bc</sup>
KR92021-B-B-42-3-B	3.44 <sup>b</sup>	16.67 <sup>cd</sup>	160.26 <sup>a</sup>
KR92021-B-B-162-1-B	1.44 <sup>a</sup>	14.00 <sup>bc</sup>	267.05 <sup>ab</sup>

\* Values with different letter within the same column were significantly at P<0.05 by Duncan's test.

질감의 유과 제조가 가능한 품종이었다.

한편 유과의 가공성을 평가하기 위한 또 하나의 수단으로 유과의 냄새, 색, 아삭아삭한 정도, 경도, 이에 들어붙는 정도 등에 대한 관능검사를 실시하여 표 6-19에 나타내었다.

제조한 유과들의 냄새는 일반찰벼 신소재인 화선찰벼, KR93045-B-B-129-5-B 보다 향미 신소재들이 좋은 경향이 있었고, 특히 향미 찰벼 신소재인 KR92021-B-B-5-2-B로 제조한 유과의 냄새가 가장 좋게 나타났다. 품종별 쌀로 제조한 유과들의 색에 대한 기호도는 품종간에 유의미한 차이가 없었다. 아삭아삭한 정도는 texturogram이 나타내는 peak의 수로써 표시하였던 기계적인 측정치와는 달리 일반찰벼 품종인 화선찰벼로 제조한 유과가 가장 좋았으며, 개발한 향미 찰벼 KR 92021-B-B-5-2-B, KR92021-B-B-42-3-B도 아삭아삭한 정도는 좋았다. 경도는 화선찰벼와 향미 찰벼 중 KR 92021-B-B-5-2-B 으로 제조한 것이 가장 낮아 부드러운 질감의 유과 제조가 가능하였으며, 향미 찰벼 신소재로 개발한 KR 92021-B-B-165-1-B가 가장 높았다. 그리고 유과를 씹었을 때 이에 들어붙는 정도는 품종간에 유의미한 차이가 없었다. 유과 제조시 전반적인 기호도가 높은 품종은 향미 찰벼 KR92021-B-B-5-2-B 및 화선찰벼 이었으며, 향미찰벼 KR92021-B-B-165-1-B가 가장 낮았다.

표 6-19. 향미 찰벼 신소재로 가공한 유과의 관능검사치

Varieties	Odor	Color	Crispiness	Hardness	Stickiness	Overall
Whasunchalbyeo	2.90 <sup>a</sup>	3.00 <sup>ns</sup>	4.20 <sup>c</sup>	2.50 <sup>a</sup>	2.50	3.60 <sup>c</sup>
KR93045-B-B-129-5-B	3.40 <sup>ab</sup>	3.00	2.30 <sup>a</sup>	4.20 <sup>cd</sup>	3.10 <sup>ns</sup>	2.30 <sup>ab</sup>
Miyakaori	3.50 <sup>bc</sup>	2.30	2.90 <sup>ab</sup>	3.50 <sup>bc</sup>	2.70	2.90 <sup>bc</sup>
KR92021-B-B-5-2-B	3.90 <sup>c</sup>	2.20	3.80 <sup>bc</sup>	2.60 <sup>a</sup>	2.90	3.80 <sup>c</sup>
KR92021-B-B-42-3-B	3.20 <sup>ab</sup>	2.30	3.50 <sup>bc</sup>	3.40 <sup>b</sup>	3.10	2.90 <sup>bc</sup>
KR92021-B-B-162-1-B	3.70 <sup>bc</sup>	2.70	2.00 <sup>a</sup>	4.30 <sup>d</sup>	2.90	1.80 <sup>a</sup>

라. 유과 제조를 위한 찹쌀의 품종변이

1) 유과 가공성간의 상관관계

찰벼 및 향미 29품종으로 유과를 제조하면서 유과의 가공성과 기호성에 대한 상관관계를 검토한 결과 표 6-20에 나타난 바와 같이 유과의 팽화도는 유과의 아삭아삭한 정도, 전반적인 기호도 및 수침에 의해 유리되는 환원당의 함량과 정의 상관성

표 6-20. 유과의 가공성간 상관관계

	Relevant characters	Correlation coefficients
Expansion	- Stickiness(sensory)	-0.418*
	- Crispiness(sensory)	0.406*
	- Overall (sensory)	0.470*
	- Reducing sugar(8hrs)	0.554**
Hardness	- Crispiness(mechanical)	-0.704**
	- Reducing sugar(32hrs)	-0.405*
Crispiness(mechanical)	- Crispiness(sensory)	0.489**
	- Overall (sensory)	0.416*
	- Water absorption	0.614**
	- Reducing sugar(32hrs)	0.594**
Odor(sensory)	- Reducing sugar(8hrs)	-0.402*
	- Reducing sugar(32hrs)	0.467*
Stickiness(sensory)	- Crispiness(sensory)	-0.672**
	- Overall (sensory)	-0.733**
Crispiness(sensory)	- Overall (sensory)	0.840**
	- Water absorption	0.442*
Overall (sensory)	- Reducing sugar(8hrs)	0.389*
Water absorption	- Reducing sugar(8hrs)	-0.377*
	- Reducing sugar(32hrs)	0.843**
Reducing sugar(8hrs)	- Reducing sugar(32hrs)	-0.618**

이 있었으며, 기계적인 측정에 의한 아삭아삭한 정도는 관능검사상의 아삭아삭한 정도, 전반적인 기호도, 쌀의 수침에 따른 수분흡수율 및 유리되는 환원당의 함량과 정의 상관관계가 있었다.

## 2) 유과 가공성에 대한 쌀의 품종분포

품종별 쌀의 유과 가공성 및 기호성에 대한 주성분 분석에 의하면 표 6-21에 나타내는 바와 같이 제1주성분 치, 제2주성분 치 및 제3주성분 치가 각각 전 변이량의 39.1%, 29.4%, 10.8%를 차지하고 있었다.

그리고 표 6-22에 나타내는 바와 같이 유과 가공성 및 기호성과 주성분치 간의 상관정도에 따라 각 주성분의 특성을 규정지어 보면 다음과 같다.

제1주성분은 사실 모든 가공성 및 기호성에 대해서 상관성이 높지만 여기서는 유과 가공성에 대한 쌀의 품종분포를 확인하기 위해서 주성분 분석을 실시하였으므로 표 6-22의 하단에 기록되어 있는 유과를 제조하기 위한 전처리 과정인 쌀의 수침에 따른 수분 흡수율과 수침에 의해 유리되는 환원당의 함량 등 유과 제조를 위한 쌀의 특성이라고 규정짓기로 하고, 제3주성분의 특성을 표 6-22의 상단에 기록되어 있듯이 유과의 팽화도 아삭아삭한 정도 등의 제조된 유과의 가공성과 관련된 특성이라고 규정지어 시험에 사용한 29품종 쌀을 제1( $Z_1$ )과 제3( $Z_3$ ) 주성분의 값(표 6-23에 제시)으로 품종분포를 plotting 하면 그림 6-3와 같이 나타낼 수 있다. 즉 쌀

표 6-21. 찰벼 품종 쌀의 이화학적 성질에 근거하여 분석한 주성분치와 주성분치 각각의 기여도

Item	Principal component	1st principal component ( $Z_1$ )	2nd principal component ( $Z_2$ )	3rd principal component ( $Z_3$ )
	Eigenvalue		3.91	2.94
Contribution(%)		39.12	29.37	10.75
Cumulative contribution(%)		39.12	68.49	79.24

표 6-22. 유과 가공성 및 기호성과 주성분치 간의 상관계수

Principal component	1st principal component( $Z_1$ )	2nd principal component( $Z_2$ )	3rd principal component( $Z_3$ )
Expansion	0.504**	-0.366	0.673**
Hardness	-0.692**	-0.453*	-0.721**
Crispiness(mechanical)	0.930**	0.651**	0.801**
Odor(sensory)	0.228	0.565**	0.322
Stickiness(sensory)	-0.509**	0.259	-0.135
Crispiness(sensory)	0.714**	-0.046	0.233
Overall(sensory)	0.662**	-0.184	0.259
Water absorption	0.678**	0.636**	0.269
Reducing sugar(8Hrs.)	0.015	-0.727**	0.178
Reducing sugar(32Hrs.)	0.567**	0.834**	0.245

의 수침에 따른 수분 흡수율과 수침에 의해 유리되는 환원당의 함량의 양이 많은 품종의 쌀로 유과를 제조할수록 팽화도가 높고 아삭아삭한 정도가 커서 기호도가 좋은 유과를 제조할 수 있으므로  $Z_1$ 과  $Z_3$  축의 높은 쪽에 분포하는 쌀일수록 유과 의 가공성이 좋은 품종의 쌀이라고 할 수 있겠다.

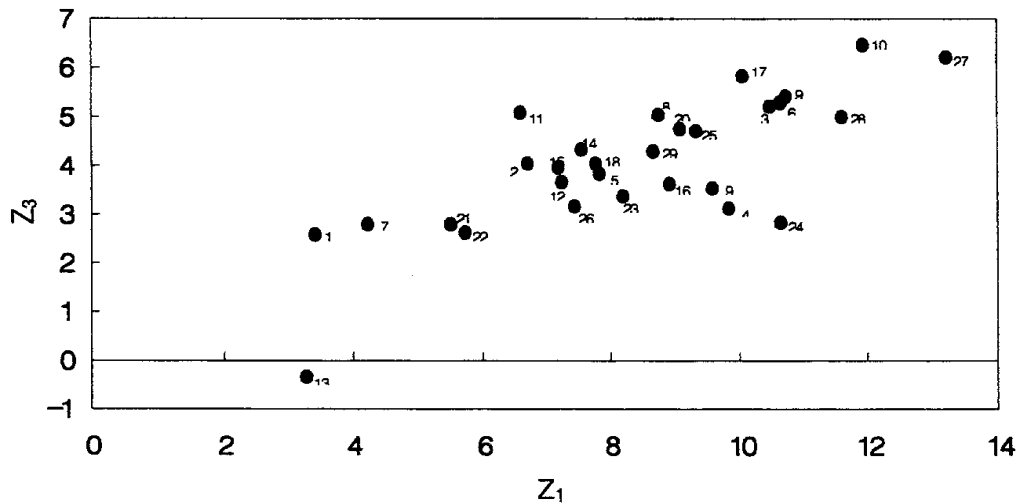


그림 6-3. 유과 가공성과 관련된 제1주성분과 제3주성분 상에서의 찰벼 품종 분포

표 6-23. 찰벼 품종별 유과 가공성과 관련된 제1, 2, 3 주성분치

Principal component	1st principal	2rd principal	3rd principal
	component( $Z_1$ )	component( $Z_2$ )	component( $Z_3$ )
1. Ilpum	3.42	2.48	2.57
2. IR 29	6.70	3.74	4.06
3. Onnemochi	10.48	2.58	5.23
4. Gangweonna	9.85	2.97	3.11
5. Malagkisinaguing	7.82	2.54	3.84
6. Yukdonongrimna 1	10.64	2.96	5.27
7. Hangangchalbyeo	4.21	2.84	2.80
8. Jinbuchalbyeo	8.74	2.54	5.05
9. Whasunchalbyeo	10.73	1.71	5.40
10. CB243	11.93	1.96	6.46
11. TP2579A1	6.60	2.99	5.09
12. Beongok	7.24	2.63	3.68
13. Sharebyeo-wx-15-1-1-B	3.28	1.33	-0.35
14. Sharebyeo-152-1-B	7.54	3.35	4.33
15. Sharebyeo-156-1-B	7.18	2.65	3.95
16. Baekna	8.91	2.76	3.63
17. Sandong 10	10.06	3.71	5.85
18. Sandong 47	7.77	2.58	4.03
19. Sandong 71	9.59	2.60	3.55
20. Dongsamsung11	9.09	3.22	4.76
21. Dongsamsung34	5.49	1.64	2.78
22. Chunghyangna	5.74	2.28	2.63
23. Keochang 1	8.18	2.56	3.36
24. Whasunchalbyeo	10.65	4.97	2.85
25. KR93045-B-B-129-5-B	9.33	5.51	4.69
26. Miyakaori	7.43	4.27	3.16
27. KR92021-B-B-5-2-B	13.22	5.58	6.20
28. KR92021-B-B-42-3-B	11.60	5.90	4.98
29. KR92021-B-B-162-1-B	8.65	6.15	4.31



### 3. 저장에 따른 인절미의 노화도 측정법 검토

전분의 노화도를 측정하는 방법으로는, 전분의 노화와 더불어 재결정화된 전분분자의 호화열을 측정함으로써 노화 엔탈피를 비교하는 방법, 전분분자 특유의 micell 구조 차이에 기인하는 X선 회절도를 노화와 더불어 재결정화 되는 전분분자의 노화 양상에 적용 비교하는 방법, NMR spectrum 분석에 의하여 전분의 노화에 따른 물 분자의 거동을 비교 분석하는 방법, 전분풀의 점탄성 측정에 의한 노화도 비교, 전분분해효소의 가수분해도 비교에 의한 노화도 추정방법 등이 있다. 각 방법마다 장·단점이 있으나 열거한 모든 방법들은 전분 분획만을 분리하여, 전분 풀을 제조한 노화도 검토용 시료로써 분석하는 것들이다. 그러나 곡류식품의 경우에는 곡류의 가루를 그대로 사용하여 가공제품을 만들기 때문에, 곡류가루로부터 전분 분획만을 제조하여 검토하는 경우와 달리 실험결과의 해석이 곤란한 경우가 많다. 이러한 점을 감안하여 본 연구에서는 시판되는 찹쌀을 시료로 인절미를 제조한 후, 저장에 따른 인절미의 노화정도를 비교하는 합당한 방법을 검토하고자, DSC thermogram에 의한 호화엔탈피 측정치, Textrometer측정에 의한 인절미의 물성치, 그리고  $\alpha$ -amylase iodine법에 의해 측정되는 노화도의 수치들을 비교 검토하였다. 그 결과, 실험결과의 해석에 가장 합당한 노화도 검토 방법으로는, 인절미의 물성을 측정하는데 사용하는 textrometer에 의해서 얻어지는 TPA parameter중 경도의 변화로부터 산출하는 노화지수를 사용하기로 하였다.

### 4. 품종별 찹쌀의 인절미 가공성 비교

#### 가. 14품종 찹쌀

##### 1) 찹쌀의 이화학적 특성의 품종간 차이

국내 및 중국찰벼를 단교배 후 수확한 14품종 찰쌀의 단백질 함량, gel consistency, 알칼리붕괴도를 측정하여 표 6-24에 나타내었다. 단백질함량이 가장 높은 품종은 CB243으로 가장 낮은 품종인 TP2579A1보다 2배나 높은 수치를 나타내어 품종별로 차이가 있었다.

Gel consistency는 쌀가루로 풀을 쏘고 후 식혀서 풀이 흘러간 길이를 측정하는 것이므로, 쌀 품종별 호화 gel의 단단한 정도를 유추하는 수단으로써 이용되는 방법이며, 61~100mm는 부드러운 gel, 41~60mm는 중간정도, 26~40mm는 단단한 gel이라고 판정한다. 인절미 제조에 대한 가공적성 검정을 위한 본 실험의 시료들은 찰쌀들이어서 TP2579A1을 제외하고는 모든 시료가 100mm 이상으로서 부드러운 gel을 형성하고 있다. 대체로 찰벼들의 gel consistency는 100mm 정도인데 본 실험에 사용하는 찰쌀의 경우에는 청향나, 동삼성 11 등이 100mm 정도이고 Beongok, 샤레벼 wx-151-1-B, 샤레벼-156-1-B, Baekna, 산동 71, 동삼성 34, Keochang 1 등은 130mm이상으로 상당히 부드러운 gel을 형성하는 찰쌀품종들이었다. 이에 비해서 TP2579A1은 57.7mm로서 찰벼품종임에도 불구하고 오히려 멥쌀 중에서 중간정도의 부드러운 gel을 형성하는 것들과 비슷한 경향이 있는 상당히 특징적인 찰쌀품종이었다. 즉 전분 gel 구조의 형성에 기여하는 긴 사슬( $\alpha$ -1,4 glucosidic linkage가 긴)의 전분분자를 함유하고 있을 가능성이 크리라고 예상되어, 장차 전분분자의 미세구조에 대한 검토와 병행하여 가공적성에 대한 검토가 필요한 흥미있는 찰쌀품종이라고 사료된다.

또한 1.2% KOH 용액에의 침지에 의한 찰쌀알갱이 퍼짐 양상의 차이로써 호화온도를 유추하는 알칼리붕괴도는 그 수치가 1~2.5는 호화온도가 높으리라 예상하는 품종이며, 2.5~5는 중간정도, 6이상은 호화온도가 낮으리라 예상하는 것이다. 본 실험에 사용한 품종들 중에서 그 수치가 2.5이하로서 호화온도가 높으리라 예상되는 품종은 CB243, 산동 47, 동삼성 11, 동삼성 34 등이고 그 밖의 모든 품종들은 2.5~5로서 중간정도의 호화온도가 예상되는 품종들이었다.

표 6-24. 찰벼 재료품종 쌀의 이화학적 성질

Varieties	Protein content (%)	Gel consistency (mm)	Alkali digestibility (1.2% KOH)
CB243	14.0	118.0	1.5
TP2579A1	7.0	57.7	4.5
Beongok	8.1	132.0	3.5
Sharebyeo-wx-151-1-B	8.7	137.3	2.0
Sharebyeo-152-1-B	8.5	127.3	4.5
Sharebyeo-156-1-B	8.4	134.0	4.5
Baek na	8.9	138.7	4.5
Sandong 10	9.1	115.0	4.5
Sandong 47	9.2	116.3	1.0
Sandong 71	7.1	134.3	4.0
Dongsamsung 11	10.9	100.7	2.0
Dongsamsung 34	10.2	136.7	2.0
Chunghyangna	9.1	92.0	3.0
Keochang 1	7.3	133.0	4.0

알칼리붕괴도에 의한 호화온도의 유추는 그 동안 주로 메벼품종을 중심으로 이루어져 왔으므로 찰벼의 경우 실제로 호화온도와 어떠한 상관관계가 있을지는 모르지만, 표 6-24에서 알 수 있듯이 찰쌀품종에 따라 알칼리붕괴도의 양상이 다르다는 점은 결국 찰쌀 곡립의 알칼리 용액(1.2% KOH)에 의한 분해양상이 다르다는 것을 의미하는 것이므로 이러한 특성은 찰쌀을 이용한 가공식품 제조시 가공적성에 영향을 미치고 있으리라 유추할 수 있는 결과라 할 수 있겠다.

## 2) 품종별 찰쌀의 호화특성 차이

일반적으로 전분질 식품의 호화에 대한 개념은 호화의 개시(전분입자의 편광현미경 관찰에 의한 편광십자의 소실)에서부터 최종적으로는 어느 정도 식힌 후, 전분 gel의 형성(구체적인 측정방법으로서 amylogram에 의한 final viscosity)에 까지를

일컫는다. 그러므로 호화특성을 파악하는 방법은 다양하다. 본 논문에서는 품종별 찹쌀의 호화특성 비교를, 찹쌀가루의 상태와 찹쌀가루로부터 분리한 전분입자 상태로 나누어 각각 비교하였다. 즉 찹쌀가루 상태의 호화특성 비교를 위해서는 amylogram의 분석을 통한 쌀가루 풀의 호화 개시온도, 최고점도, 최종점도, 최저점도, 응집점도등을 각각 측정하였으며(표 6-25), 분리한 전분입자의 호화양상 비교를 위해서는 DSC thermogram의 분석에 의한 호화개시온도, 호화종결온도 및 호화열을 각각 측정하였다(표 6-26).

Amylogram의 측정치 중 최고점도는 찹쌀가루에 물을 첨가하여 온도를 95°C까지 올렸을 때의 점도를 나타내는 것이고, 95°C의 상태를 2.5분간 유지시킨 후에 측정되는 점도를 최저점도라 하며, 95°C로부터 50°C까지 온도를 내리는 경우 온도저하에

표 6-25. 찰벼 재료품종 쌀가루의 아밀로그래프 특성

Varieties	Maximum viscosity (RVU) <sup>1)</sup>	Minimum viscosity (RVU)	Final viscosity (RVU)	Consistency (RVU)	Consistency ratio	Initial pasting temp(°C)
CB243	960.0	500.0	700.0	200.0	1.40	69.5
TP2579A1	473.0	143.5	182.0	38.5	1.27	64.3
Beongok	383.5	203.0	273.0	70.0	1.34	64.6
Sharebyeo-wx-151-1-B	248.0	131.5	186.5	55.0	1.42	75.4
Sharebyeo-152-1-B	139.0	60.0	78.0	18.0	1.30	64.5
Sharebyeo-156-1-B	230.5	98.0	127.5	29.5	1.30	64.5
Baek na	304.5	129.5	186.0	56.5	1.44	65.1
Sandong 10	257.5	142.0	197.0	55.0	1.39	64.6
Sandong 47	320.5	172.5	235.0	62.5	1.36	75.6
Sandong 71	305.0	133.5	179.0	45.5	1.34	64.6
Dongsamsung 11	254.0	135.5	182.0	46.5	1.34	68.3
Dongsamsung 34	180.5	103.0	128.5	25.5	1.25	68.3
Chunghyangna	103.5	49.5	63.5	14.0	1.28	70.1
Keochang 1	339.5	154.0	216.0	62.0	1.40	65.3

<sup>1)</sup> Rapid Visco Unit

표 6-26. 찰벼 재료품종 쌀 전분입자의 DSC thermogram 특성

Varieties	DSC characteristics			
	To <sup>1)</sup>	Tp <sup>2)</sup>	Tr <sup>3)</sup>	$\Delta H$ <sup>4)</sup> (cal/g)
CB243	65.83	72.37	82.40	2.80
TP2579A1	65.39	71.33	79.22	2.37
Beongok	65.67	72.73	79.69	2.04
Sharebyeo-wx-151-1-B	75.75	80.69	88.55	3.83
Sharebyeo-152-1-B	64.50	71.17	80.72	1.89
Sharebyeo-156-1-B	63.15	70.01	80.39	1.36
Baek na	64.29	70.38	79.09	1.88
Sandong 10	75.93	81.42	88.70	2.72
Sandong 47	75.03	80.46	87.22	3.18
Sandong 71	64.23	72.50	85.20	4.10
Dongsamsung 11	60.70	72.59	79.73	2.77
Donsamsung 34	65.96	72.98	81.00	2.21
Chunghyangna	67.06	73.25	80.53	2.35
Keochang 1	63.36	69.70	78.64	2.08

<sup>1)</sup> To : Onset temperature

<sup>2)</sup> Tp : Peak temperature

<sup>3)</sup> Tr : Recovery temperature

<sup>4)</sup>  $\Delta H$  : Heat of gelatinization

따른 점성증가가 보이면서 점도는 일정한 수준을 유지하게 되는데 이때의 점도를 최종점도라 한다. 최고점도가 가장 높은 품종은 CB243이었으며, TP2579A1 > Beongok > Keochang 1 > 산동 47 > 산동 71 > Baekna > 산동 10 > 동삼성 11 > 샤레벼 wx-151-1-B > 샤레벼-156-1-B > 동삼성 34 > 샤레벼-152-1-B > 청향나의 순이었으며, 우리가 전분질식품을 조리가공할 때의 호화를 위한 가열조건이라 생각할 수 있는 최저 점도 및 어느 정도 식힌 후의 점성인 최종점도로서 조리가공제품의 물성을 반영하고 있으리라고 생각되어지는 최종점도의 품종간 차이도 최고점도와 유사한 경향이 었다.

우리가 일반찰쌀로서 사용하고 있는 자포니카형인 신선찰벼의 최고점도가 270~300정도인 것을 감안한다면 본 실험에 사용한 찰쌀품종들의 호화에 따른 점도변이

는 상당히 다양함을 알 수 있다. 한편 응집점도는 최종점도에서 최저점도를 뺀 값이며, 응집점도율은 최종점도를 최저점도로 나눈 값으로서 이들은 호화 gel의 강도를 반영하는 수치라고도 할 수 있는데, 응집점도는 14품종의 찹쌀 중에서 CB243가 다른 품종들보다 월등히 높은 수치를 나타내고 있으며, 그 밖의 품종들은 Beongok > 산동47, Keochang 1 > Baek na, 산동 10, 샤레벼 wx-151-1-B > 동삼성 11, 산동 71 > TP2579A1 > 샤레벼-156-1-B > 동삼성 34 > 샤레벼-152-1-B > 청향 나 순으로 품종간에 차이는 나타내고 있었다.

DSC thermogram분석에 의한 품종별 찹쌀전분입자의 호화개시온도는 60°C에서 76°C미만으로 품종에 따라 달랐으며, 75°C 이상의 높은 호화개시온도를 나타내는 품종은 샤레벼 wx-151-1-B, 산동 10, 산동 47등이었으며, 가장 낮은 호화개시온도를 나타내고 있는 품종은 동삼성 11 이었다. 표 6-25에 나타내었던 찹쌀가루의 amylogram분석에 의한 호화개시온도도 샤레벼 wx-151-1-B가 가장 높았으며, 산동 10과 동삼성 11을 제외하고는 대체로 전분입자의 호화개시온도와 비슷한 경향을 보이고 있었다. 산동 10과 동삼성 11과 같이 쌀가루 풀의 호화개시온도와 전분입자의 호화개시온도가 일치하지 않는 원인에 대해서는 장차 심도깊은 연구가 필요하다고 생각된다. 한편 전분입자의 호화에 필요한 energy인 호화열은 산동 71이 가장 높았고, 샤레벼wx-151-1-B > 산동47 > CB 243 > 동삼성 11 > 산동 10, TP2579A1, 청향나, 동삼성 34, Keochang 1, Beongok, 샤레벼-152-1-B, Baekna, 샤레벼-156-1-B 등의 순이었다.

### 3) 품종별 찹쌀로 제조한 인절미의 물성 비교

이렇게 호화에 따른 점도의 변이가 다양한 찹쌀 품종별로 인절미를 제조하여 24시간 실온에 방치한 후, texture 분석계로 물성을 측정하여 얻은 texture profile로부터 인절미의 경도, 응집성, 부착성, 탄력성, 씹힘성 등의 물성을 각각 산출하여 표 6-27에 나타내었다.

표 6-27. 찰벼 품종별, 저장기간별 인절미의 texture 특성 - 저장온도 4°C

Varieties	Preserved days	Hardness (kg)	Cohesiveness	Adhesiveness	Springiness	Chewiness
CB243	1	2.868 <sup>bc1)</sup>	0.503 <sup>de</sup>	5.780 <sup>a</sup>	0.968 <sup>a</sup>	1.400 <sup>abc</sup>
	2	4.478 <sup>bcd</sup>	0.458 <sup>b</sup>	4.740 <sup>a</sup>	0.983 <sup>b</sup>	1.973 <sup>cde</sup>
	5	5.148 <sup>bc</sup>	0.498 <sup>fg</sup>	1.370 <sup>a</sup>	0.868 <sup>a</sup>	2.218 <sup>bcde</sup>
TP2579A1	1	8.077 <sup>g</sup>	0.403 <sup>c</sup>	29.177 <sup>ab</sup>	0.993 <sup>a</sup>	3.247 <sup>cd</sup>
	2	8.486 <sup>g</sup>	0.514 <sup>b</sup>	20.432 <sup>ab</sup>	0.912 <sup>ab</sup>	3.980 <sup>f</sup>
	5	10.980 <sup>e</sup>	0.395 <sup>def</sup>	1.735 <sup>a</sup>	0.878 <sup>a</sup>	3.808 <sup>g</sup>
Beongok	1	2.135 <sup>ab</sup>	0.448 <sup>cd</sup>	409.908 <sup>c</sup>	1.100 <sup>a</sup>	1.078 <sup>a</sup>
	2	3.045 <sup>ab</sup>	0.445 <sup>b</sup>	100.063 <sup>c</sup>	0.955 <sup>ab</sup>	0.973 <sup>ab</sup>
	5	5.713 <sup>c</sup>	0.438 <sup>efg</sup>	13.268 <sup>a</sup>	0.735 <sup>a</sup>	1.854 <sup>bcde</sup>
Sharebyeo-wx-151-1-B	1	5.100 <sup>e</sup>	0.180 <sup>a</sup>	38.515 <sup>b</sup>	0.895 <sup>a</sup>	0.718 <sup>a</sup>
	2	5.678 <sup>def</sup>	0.205 <sup>a</sup>	24.613 <sup>ab</sup>	0.823 <sup>ab</sup>	1.193 <sup>abc</sup>
	5	6.375 <sup>c</sup>	0.258 <sup>bc</sup>	6.865 <sup>a</sup>	0.818 <sup>a</sup>	1.315 <sup>abcd</sup>
Sharebyeo-152-1-B	1	6.318 <sup>f</sup>	0.528 <sup>de</sup>	73.665 <sup>b</sup>	1.288 <sup>a</sup>	4.310 <sup>d</sup>
	2	7.423 <sup>fg</sup>	0.478 <sup>b</sup>	3.295 <sup>a</sup>	0.890 <sup>ab</sup>	3.488 <sup>f</sup>
	5	8.205 <sup>d</sup>	0.530 <sup>g</sup>	2.563 <sup>a</sup>	0.858 <sup>a</sup>	3.443 <sup>ef</sup>
Sharebyeo-156-1-B	1	4.218 <sup>de</sup>	0.303 <sup>b</sup>	43.370 <sup>b</sup>	0.940 <sup>a</sup>	1.178 <sup>ab</sup>
	2	3.793 <sup>abcd</sup>	0.138 <sup>a</sup>	119.658 <sup>c</sup>	0.795 <sup>a</sup>	0.455 <sup>a</sup>
	5	3.674 <sup>ab</sup>	0.143 <sup>a</sup>	168.858 <sup>c</sup>	0.677 <sup>a</sup>	0.356 <sup>a</sup>
Baekna	1	1.680 <sup>a</sup>	0.473 <sup>cde</sup>	15.253 <sup>a</sup>	0.835 <sup>a</sup>	1.458 <sup>abc</sup>
	2	3.735 <sup>abc</sup>	0.473 <sup>b</sup>	14.163 <sup>a</sup>	0.918 <sup>ab</sup>	1.622 <sup>bc</sup>
	5	5.013 <sup>bc</sup>	0.495 <sup>fg</sup>	5.243 <sup>a</sup>	0.888 <sup>a</sup>	2.203 <sup>bcde</sup>

Varieties	Preserved Days	Hardness (kg)	Cohesiveness	Adhesiveness	Springiness	Chewiness
Sandong 10	1	1.253 <sup>a1)</sup>	0.495 <sup>de</sup>	72.955 <sup>b</sup>	0.975 <sup>a</sup>	0.608 <sup>a</sup>
	2	2.795 <sup>ab</sup>	0.425 <sup>b</sup>	46.745 <sup>b</sup>	0.838 <sup>ab</sup>	0.983 <sup>ab</sup>
	5	4.098 <sup>ab</sup>	0.416 <sup>defg</sup>	12.790 <sup>a</sup>	0.818 <sup>a</sup>	1.440 <sup>abcd</sup>
Sandong 47	1	6.298 <sup>f</sup>	0.505 <sup>de</sup>	6.145 <sup>a</sup>	1.183 <sup>a</sup>	3.762 <sup>cd</sup>
	2	7.298 <sup>efg</sup>	0.453 <sup>b</sup>	3.273 <sup>a</sup>	0.960 <sup>ab</sup>	2.690 <sup>e</sup>
	5	7.990 <sup>b</sup>	0.435 <sup>defg</sup>	1.583 <sup>a</sup>	0.865 <sup>a</sup>	3.021 <sup>e</sup>
Sandong 71	1	8.417 <sup>g</sup>	0.543 <sup>e</sup>	14.940 <sup>a</sup>	0.927 <sup>a</sup>	4.217 <sup>d</sup>
	2	9.060 <sup>g</sup>	0.500 <sup>b</sup>	7.540 <sup>a</sup>	0.898 <sup>ab</sup>	4.083 <sup>f</sup>
	5	8.523 <sup>d</sup>	0.478 <sup>fg</sup>	1.223 <sup>a</sup>	0.790 <sup>a</sup>	3.183 <sup>e</sup>
Dongsamsung 11	1	3.438 <sup>cd</sup>	0.538 <sup>de</sup>	84.165 <sup>b</sup>	0.950 <sup>a</sup>	1.758 <sup>abc</sup>
	2	5.533 <sup>cde</sup>	0.508 <sup>b</sup>	31.480 <sup>ab</sup>	0.910 <sup>ab</sup>	2.498 <sup>de</sup>
	5	6.025 <sup>c</sup>	0.458 <sup>fg</sup>	5.915 <sup>a</sup>	0.883 <sup>a</sup>	2.550 <sup>de</sup>
Dongsamsung 34	1	3.800 <sup>cd</sup>	0.478 <sup>cde</sup>	17.523 <sup>a</sup>	0.973 <sup>a</sup>	1.767 <sup>abc</sup>
	2	4.090 <sup>bcd</sup>	0.465 <sup>b</sup>	16.028 <sup>a</sup>	0.945 <sup>ab</sup>	1.748 <sup>bcd</sup>
	5	5.300 <sup>bc</sup>	0.355 <sup>cde</sup>	12.373 <sup>a</sup>	0.768 <sup>a</sup>	1.364 <sup>abcd</sup>
Chunghyangna	1	2.098 <sup>ab</sup>	0.453 <sup>cd</sup>	224.503 <sup>c</sup>	1.193 <sup>a</sup>	1.203 <sup>ab</sup>
	2	2.583 <sup>ab</sup>	0.430 <sup>b</sup>	16.075 <sup>a</sup>	0.995 <sup>b</sup>	1.040 <sup>ab</sup>
	5	3.748 <sup>ab</sup>	0.210 <sup>ab</sup>	0.460 <sup>a</sup>	0.748 <sup>a</sup>	0.590 <sup>a</sup>
Keochang 1	1	1.678 <sup>a</sup>	0.480 <sup>cde</sup>	26.863 <sup>ab</sup>	1.258 <sup>a</sup>	0.983 <sup>a</sup>
	2	2.090 <sup>a</sup>	0.468 <sup>b</sup>	26.443 <sup>ab</sup>	0.893 <sup>ab</sup>	0.865 <sup>a</sup>
	5	2.688 <sup>a</sup>	0.320 <sup>cd</sup>	3.688 <sup>a</sup>	0.855 <sup>a</sup>	0.713 <sup>ab</sup>

1) Values with different superscript in the same column are significantly different at P < 0.05

참쌀 품종 중 Baekna, 산동 10, Keochang 1 등의 품종으로 제조한 인절미의 경도가 다른 품종들로 제조한 인절미의 경도보다 월등히 낮아 부드러운 인절미 제조가 가능함을 시사하고 있으며, 그 밖의 품종별 참쌀로 제조한 인절미의 경도는 청향나, Beongok, CB243<동삼성 11, 동삼성 34<샤레벼-156-1-B<샤레벼wx-151-1-B<산동 47, 샤레벼-152-1-B<TP2579A1, 산동 71의 순이었고 이들 순서대로 부드러움을 알 수 있다. 그림 2-A에서 알 수 있듯이 저장시간이 경과됨에 따라 경도의 증가가 보이고 있으나, 경도의 변화 양상은 품종에 따라 다름을 알 수 있다.

품종별 참쌀로 제조한 인절미의 응집성은 샤레벼wx-151-1-B로 제조한 것의 수치가 가장 낮았고, 샤레벼-156-1-B<TP2579A1<Beongok, 청향나, Baekna, 동삼성 34, Keochang 1, 산동 10, CB 243, 산동 47, 샤레벼-152-1-B, 동삼성 11<산동 71의 순이었다. 저장에 따른 응집성의 변화는 그림 2-B에서 알 수 있듯이 시간이 경과함에 따라 응집성이 약간 높아지는 품종들과, 응집성에 변화가 거의 없거나 오히려 응집성이 현저하게 낮아지는 품종들로 대별되고 있었다.

부착성은 texture profile의 첫번째 peak 곡선이 끝나면서 (-)쪽으로 peak 곡선을 그릴 면적을 나타내는 값이므로, 이들 수치는 인절미의 찰기와 관련이 있으리라 생각할 수 있으며, 인절미에서 바람직하게 요구되는 물성이라고 생각된다. Beongok으로 제조한 인절미의 경우 품종들보다 점착성이 월등히 높았으며, 청향나도 다른 품종들과는 차별성 있게 부착성이 높았다. 그림 2-C에서 알 수 있듯이 시간이 경과함에 따라 인절미의 부착성은 낮아지며, 5일이 경과한 후에는 모든 품종의 참쌀로 제조한 인절미에서 부착성이 거의 없어졌다. 한편 인절미의 탄력성은 품종에 따른 유의미한 차이는 없었다.

그리고 경도, 응집성, 부착성과 어느 정도 연관성이 있는 씹힘성은 샤레벼152-1-B>산동 71>산동 47>TP2579A 1>동삼성 34>동삼성 11>Baekna, CB243>청향나>샤레벼-156-1-B, Beongok>Keochang 1, 샤레벼wx-151-1-B, 산동 10의 순이었다.



#### 4) 노화도 비교

인절미의 저장에 따른 노화도의 비교를 위해서, 저장에 따른 물성의 변화 중 경도의 변화로부터 저장에 따른 노화도를 산출하여 표 6-28에 나타내었다. 저장에 따른 경도변화의 폭이 큰 품종으로는 Beongok, Baekna 등이었고, TP2579A1>산동 10>동삼성 11>CB243>샤레벼-152-1-B>산동 47>청향나>동삼성 34>샤레벼 wx-151-1-B>Keochang 1 등의 순으로 경도변화에서 차이가 있었으며, 산동 71이나 샤레벼-156-1-B등은 저장에 따른 경도의 변화가 거의 없었다. 이들 경도의 변화로부터 노화도를 산출하였으므로 노화도의 품종변이 또한 저장에 따른 경도의 품종변이와 경향이 같았다. 그러나 표 6-28에서도 알 수 있듯이 대체로 인절미의 경도가 낮은 품

표 6-28. 찰벼 품종별, 저장기간별 인절미의 경도와 노화도 비교

Varieties	Hardness of Injulmi		Degree of retrogradation	
	1day(A)	5day(B)	(B)-(A)	B-A/A
CB243	2.868 <sup>bc1)</sup>	5.148 <sup>bc</sup>	2.28	0.79
TP2579A1	8.077 <sup>g</sup>	10.980 <sup>e</sup>	2.90	0.36
Beongok	2.135 <sup>ab</sup>	5.713 <sup>c</sup>	3.58	1.68
Sharebyeo-wx-151-1-B	5.100 <sup>e</sup>	6.375 <sup>c</sup>	1.27	0.25
Sharebyeo-152-1-B	6.318 <sup>f</sup>	8.205 <sup>d</sup>	1.89	0.30
Sharebyeo-156-1-B	4.218 <sup>de</sup>	3.674 <sup>ab</sup>	-0.54	-0.13
Baek na	1.680 <sup>a</sup>	5.013 <sup>bc</sup>	3.33	1.98
Sandong 10	1.253 <sup>a</sup>	4.098 <sup>ab</sup>	2.84	2.27
Sandong 47	6.298 <sup>f</sup>	7.990 <sup>b</sup>	1.69	0.27
Sandong 71	8.417 <sup>g</sup>	8.523 <sup>d</sup>	0.11	0.01
Dongsamsung 11	3.438 <sup>cd</sup>	6.025 <sup>c</sup>	2.59	0.75
Dongsamsung 34	3.800 <sup>cd</sup>	5.300 <sup>bc</sup>	1.50	0.39
Chunghyang na	2.098 <sup>ab</sup>	3.748 <sup>ab</sup>	1.65	0.79
Keochang 1	1.678 <sup>a</sup>	2.688 <sup>a</sup>	1.01	0.60

1) Values with different superscript in the same column are significantly different at P<0.05

종일수록 노화도가 높고 경도가 높은 품종일수록 노화도가 낮게 나타났으므로, 노화도가 낮다고 하여 제병적성이 좋은 품종이라고 할 수는 없을 것 같다.

## 나. 9품종 찹쌀

### 1) 인절미의 물성 비교

찹쌀 품종별로 인절미를 제조하여 24시간 실온에 방치한 후, texture 분석기로 물성을 측정하여 texture profile로부터 인절미의 경도, 응집성, 부착성, 탄력성, 씹힘성 등의 물성 및 저장에 따른 물성의 변화를 표 6-29에 나타내었다.

육도농립나 1호 및 Malagkitsinaguing으로 제조한 인절미의 경도가 다른 품종들의 인절미의 경도보다 월등히 낮아 부드러운 인절미 제조가 가능함을 시사하였고, IR 29<진부찰벼, 화선찰벼<강원나의 순으로 경도가 낮았으며, 한강찰벼 및 Onnemochi는 메벼 품종인 일품벼와 유사한 정도의 경도를 나타내어 인절미 제조에 적합하지 않은 품종인 듯하다. 그리고 저장시간이 경과됨에 따라 경도의 증가가 보이고 있으나, 경도의 변화 양상은 품종에 따라 다르지만 특히 한강찰벼는 저장기간이 길어짐에 따라 경도가 크게 증가하고 있었다.

인절미의 응집성은 진부찰벼로 제조한 것이 유의적으로 높았고 다른 품종의 찹쌀들간에는 유의한 차이가 없었다. 저장시간이 경과됨에 따라 품종에 따라 차이는 있으나 모든 품종에서 응집성의 감소가 관찰되었다.

부착성은 인절미의 찰기와 관련이 있으리라 생각할 수 있으며, 인절미에서 바람직하게 요구되는 물성이라 할 수 있겠다. IR 29 및 Malagkitsinaguing으로 제조한 인절미의 경우 타 품종들보다 부착성이 높았으며, 육도농립나 1호>진부찰벼>화선찰벼의 순으로 부착성이 높았다. 반면에 Onnemochi, 강원나, 한강찰벼 등은 부착성이 상당히 낮아 메벼 품종인 일품벼보다도 오히려 낮았다. 저장에 따른 경시적 부착성의 감소는 품종에 따라 차이를 보이면서 낮아지고 있었다.

표 6-29. 찰벼 품종벼르 저장기간별 인절미의 texture 특성

Varieties	Storage time	Hardness	Cohesiveness	Adhesiveness	Springiness	Chewiness
Ilpumbyeo	24hr	5.443 <sup>d1)</sup>	0.512 <sup>a</sup>	53.177 <sup>ab</sup>	0.960 <sup>ab</sup>	2.678 <sup>d</sup>
IR 29		1.095 <sup>ab</sup>	0.420 <sup>a</sup>	178.615 <sup>c</sup>	0.903 <sup>ab</sup>	0.393 <sup>ab</sup>
Onnemochi		5.641 <sup>d</sup>	0.534 <sup>a</sup>	39.443 <sup>a</sup>	0.911 <sup>ab</sup>	1.870 <sup>cd</sup>
Gangweonna		2.323 <sup>c</sup>	0.485 <sup>a</sup>	33.450 <sup>a</sup>	0.723 <sup>a</sup>	1.065 <sup>abc</sup>
Malagkitsinaguing		0.900 <sup>a</sup>	0.478 <sup>a</sup>	184.183 <sup>c</sup>	0.898 <sup>ab</sup>	0.385 <sup>ab</sup>
Yukdonongrimna 1		0.217 <sup>a</sup>	0.443 <sup>a</sup>	141.643 <sup>bc</sup>	0.917 <sup>ab</sup>	0.090 <sup>a</sup>
Hangangchalbyeo		5.490 <sup>d</sup>	0.518 <sup>a</sup>	22.678 <sup>a</sup>	0.970 <sup>ab</sup>	2.356 <sup>d</sup>
Jinbuchalbyeo		1.895 <sup>bc</sup>	0.703 <sup>b</sup>	95.875 <sup>abc</sup>	1.043 <sup>b</sup>	1.178 <sup>abc</sup>
Whasunchalbyeo		1.874 <sup>bc</sup>	0.582 <sup>ab</sup>	89.710 <sup>ab</sup>	1.102 <sup>b</sup>	1.230 <sup>bc</sup>
Ilpumbyeo	48hr	6.004 <sup>c</sup>	0.448 <sup>ab</sup>	28.651 <sup>a</sup>	0.913 <sup>ns2)</sup>	3.073 <sup>d</sup>
IR 29		3.753 <sup>b</sup>	0.360 <sup>ab</sup>	118.465 <sup>b<sup>c</sup></sup>	0.821	1.017 <sup>bc</sup>
Onnemochi		6.392 <sup>c</sup>	0.434 <sup>ab</sup>	19.808 <sup>a</sup>	0.914	2.598 <sup>d</sup>
Gangweonna		3.720 <sup>ab</sup>	0.325 <sup>a</sup>	15.940 <sup>a</sup>	0.863	1.211 <sup>abc</sup>
Malagkitsinaguing		2.645 <sup>ab</sup>	0.315 <sup>a</sup>	125.440 <sup>c</sup>	0.865	0.960 <sup>ab</sup>
Yukdonongrimna 1		1.675 <sup>a</sup>	0.413 <sup>ab</sup>	101.838 <sup>bc</sup>	0.865	0.738 <sup>a</sup>
Hangangchalbyeo		8.428 <sup>d</sup>	0.403 <sup>ab</sup>	12.590 <sup>a</sup>	0.917	3.886 <sup>e</sup>
Jinbuchalbyeo		3.383 <sup>ab</sup>	0.540 <sup>b</sup>	69.780 <sup>ab</sup>	0.893	1.632 <sup>c</sup>
Whasunchalbyeo		4.038 <sup>b</sup>	0.419 <sup>ab</sup>	30.831 <sup>ab</sup>	0.934	1.557 <sup>c</sup>
Ilpumbyeo	120hr	8.329 <sup>c</sup>	0.340 <sup>bc</sup>	13.351 <sup>a</sup>	0.872 <sup>b</sup>	3.922 <sup>cd</sup>
IR 29		4.175 <sup>a</sup>	0.130 <sup>a</sup>	31.655 <sup>b</sup>	0.710 <sup>a</sup>	1.386 <sup>a</sup>
Onnemochi		8.008 <sup>c</sup>	0.356 <sup>bc</sup>	16.711 <sup>a</sup>	0.891 <sup>b</sup>	3.265 <sup>c</sup>
Gangweonna		6.265 <sup>b</sup>	0.268 <sup>b</sup>	17.528 <sup>a</sup>	0.905 <sup>b</sup>	2.087 <sup>b</sup>
Malagkitsinaguing		4.470 <sup>a</sup>	0.260 <sup>b</sup>	48.910 <sup>bc</sup>	0.878 <sup>b</sup>	1.413 <sup>a</sup>
Yukdonongrimna 1		4.124 <sup>a</sup>	0.340 <sup>bc</sup>	84.748 <sup>c</sup>	0.824 <sup>ab</sup>	1.155 <sup>a</sup>
Hangangchalbyeo		10.200 <sup>d</sup>	0.320 <sup>bc</sup>	8.705 <sup>a</sup>	0.880 <sup>b</sup>	4.064 <sup>d</sup>
Jinbuchalbyeo		5.434 <sup>ab</sup>	0.390 <sup>c</sup>	30.615 <sup>b</sup>	0.786 <sup>ab</sup>	1.865 <sup>ab</sup>
Whasunchalbyeo		5.251 <sup>ab</sup>	0.327 <sup>bc</sup>	21.552 <sup>ab</sup>	0.891 <sup>b</sup>	2.012 <sup>b</sup>

1) Values with different superscript in the same column are significantly different at  $P < 0.05$

2) ns : not significant

인절미의 탄력성은 찹쌀 품종간에는 유의적인 차이가 없었으며, 저장시간이 경과함에 따라 약간 감소하는 경향을 보이고 있었다. 그리고 씹힘성은 육도농립나 1호가 가장 낮았으며, IR29 및 Malagkitsinaguing 등이 낮은 편이었고 한강찰벼는 가장 높아 메벼 품종인 일품벼보다도 높았으며, 모든 품종에서 저장시간이 경과함에 따라 씹힘성은 증가하고 있었다.

## 2) 인절미의 노화정도 비교

인절미의 저장에 따른 노화정도의 비교를 위해서, 저장에 따른 물성의 변화 중 경도의 변화로부터 저장에 따른 노화 정도를 산출하여 표 6-30에 나타내었다.

저장에 따른 경도변화의 폭이 가장 큰 품종으로는 한강찰벼이며, 강원나>육도농립나 1호>Malagkitsinaguing>진부찰벼>화선찰벼>IR 29>일품벼>Onnemochi의 순으로 경도변화에서 차이가 있었다. 이들 경도의 변화로부터 노화 정도를 산출하였으므로 노화 정도의 품종변이를 살펴보면, 육도농립나 1호가 가장 높았으며 Malagki-

표 6-30. 저장에 따른 인절미 노화정도의 찹벼 품종간 차이

Varieties	Storage times		Degree of retrogradation	
	1day(A)	5days(B)	(B)-(A)	B-A/A
Ilpumbyeo	5.443 <sup>d1)</sup>	8.329 <sup>c</sup>	2.89	0.53
IR 29	1.095 <sup>ab</sup>	4.175 <sup>a</sup>	3.08	2.81
Onnemochi	5.641 <sup>d</sup>	8.008 <sup>c</sup>	2.37	0.42
Gangweonna	2.323 <sup>c</sup>	6.265 <sup>b</sup>	3.94	1.70
Malagkitsinaguing	0.900 <sup>a</sup>	4.470 <sup>a</sup>	3.57	3.97
Yukdonongrimna 1	0.217 <sup>a</sup>	4.124 <sup>a</sup>	3.91	18.00
Hangangchalbyeo	5.490 <sup>d</sup>	10.200 <sup>d</sup>	4.71	0.86
Jinbuchalbyeo	1.895 <sup>bc</sup>	5.434 <sup>ab</sup>	3.54	1.87
Whasunchalbyeo	1.874 <sup>bc</sup>	5.251 <sup>ab</sup>	3.38	1.80

<sup>1)</sup> Values with different superscript in the same column are significantly different at P< 0.05

tsinaguing, IR 29, 진부찰벼, 화선찰벼, 강원나, 한강찰벼, 일품벼, Onnemochi의 순으로 노화 정도에서 차이를 나타내었다. 그러나 표 6-6에서도 알 수 있듯이 대체로 인절미의 경도가 낮은 품종일수록 노화 정도가 높고 경도가 높은 품종일수록 노화 정도가 낮게 나타났으므로, 노화 정도가 낮다고 하여 제병적성이 좋은 품종이라고 할 수는 없을 것 같다.

#### 다. 향미로 제조한 인절미의 물성 비교

##### 1) 인절미의 물성 비교

품종별로 인절미를 제조하여 1일간 실온에 방치한 후 texture 분석기로 물성을 측정하여, texture profile로부터 인절미의 경도, 응집성, 부착성, 탄력성, 씹힘성 등을 산출하여 표 6-31에 나타내었다.

제조한지 1일 지난 후 인절미의 물성 중 경도는 품종간에 두드러진 차이가 있어, 일반찰벼 품종으로 개발한 KR93045-B-B-129-5-B 및 향미찰벼 품종으로 개발한 KR92021-B-B-165-1-B가 가장 낮아 인절미 제조에 바람직하였으며, 그밖에 KR92021-B-B-5-2-B, 화선찰벼>KR92021-B-B-42-3-B>Miyakaori 등의 순이었다. 부착성은 인절미의 찰기와 관련이 있으리라 생각할 수 있으며, 인절미에서 바람직하게 요구되는 물성이라 할 수 있겠다. 이러한 인절미의 부착성은 향미찰벼들보다 일반찰벼들이 높았다. 인절미의 탄력성은 일반찰벼 품종인 KR93045-B-B-129-5-B가 가장 높았으며, 향미찰벼 신소재계통 중에서는 KR92021-B-B-165-1-B가 높았고, 화선찰벼, KR92021-B-B-5-2-B, KR92021-B-B-42-3-B 등은 향미 메벼인 Miyakaori와 같은 정도였다. 응집성은 일반찰벼 품종인 KR93045-B-B-129-5-B가 가장 높았고, 향미찰벼 계통인 KR92021-B-B-165-1-B가 가장 낮았다. 그리고 씹힘성은 향미 메벼인 Miyakaori가 가장 높았고, 향미찰벼인 KR92021-B-B-165-1-B가 가장 낮았다.

표 6-31. 향미찰 신소재 쌀로 가공한 인절미의 texture 특성 - 4°C에서 24시간 저장

Varieties	Hardness (Kg)	Adhesive-ness	Springiness	Cohesiveness	Gumminess	Chewiness
Whasunchalbyeo	1.722 <sup>b</sup>	0.60 <sup>b</sup>	0.92 <sup>a</sup>	0.51 <sup>ab</sup>	879.75 <sup>b</sup>	807.67 <sup>b</sup>
KR93045-B-B-129-5-B	0.290 <sup>a</sup>	1.15 <sup>b</sup>	1.97 <sup>c</sup>	0.64 <sup>c</sup>	186.48 <sup>a</sup>	366.23 <sup>ab</sup>
Miyakaori	7.400 <sup>d</sup>	-0.92 <sup>ab</sup>	0.91 <sup>a</sup>	0.55 <sup>b</sup>	3003.22 <sup>d</sup>	2763.01 <sup>d</sup>
KR92021-B-B-5-2-B	1.616 <sup>b</sup>	-2.44 <sup>ab</sup>	0.96 <sup>a</sup>	0.57 <sup>b</sup>	915.57 <sup>b</sup>	882.98 <sup>b</sup>
KR92021-B-B-42-3-B	2.855 <sup>c</sup>	-6.80 <sup>a</sup>	0.99 <sup>a</sup>	0.53 <sup>ab</sup>	1509.59 <sup>c</sup>	1487.40 <sup>c</sup>
KR92021-B-B-162-1-B	0.210 <sup>a</sup>	-5.19 <sup>ab</sup>	1.53 <sup>b</sup>	0.48 <sup>a</sup>	101.84 <sup>a</sup>	157.57 <sup>a</sup>

Values with different letter within the same column were significantly at  $P < 0.05$  by Duncan's test.

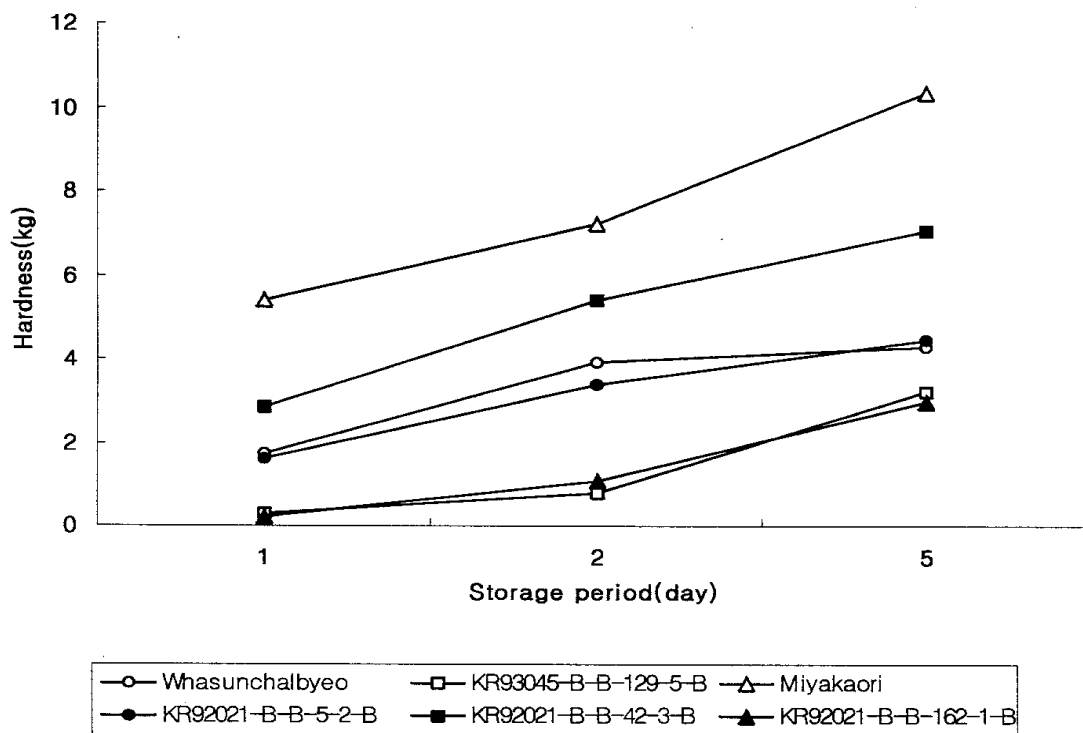


그림 6-4. 인절미 저장기간에 따른 경도변화의 품종간 차이 - 저장온도 4°C

## 2) 쌀 품종간 인절미의 노화 정도 비교

인절미의 저장에 따른 노화 정도의 비교를 위해서, 인절미를 제조하여 1일, 2일, 5

일 방치한 후의 저장에 따른 경도의 변화를 그래프로 나타내었다(그림 6-4).

#### 라. 인절미 제조를 위한 품종분포

품종별 쌀의 인절미 가공적성에 대한 주성분 분석에 의하면 표 6-32에 나타내는 바와 같이 제1주성분치, 제2주성분치 및 제3주성분치가 각각 전 변이량의 37.99%, 21.06%, 16.47%를 차지하고 있다.

이에 표 6-33에 나타내는 바와 같이 인절미의 특성과 주성분치 간의 상관정도에 따라 각 주성분의 특성을 규정지어 보면 제1주성분은 인절미의 물성 중 경도 및 씹힘성에 관한 특성이라 하고, 제3주성분은 인절미의 쫄깃쫄깃한 정도에 해당하는 부

표 6-32. 찰벼 품종 쌀의 인절미 가공성과 이화학적 성질에 근거하여 분석한 주성분치와 그 기여도

Item	Principal component		
	1st principal component (Z <sub>1</sub> )	2rd principal component (Z <sub>2</sub> )	3rd principal component (Z <sub>3</sub> )
Eigenvalue	2.66	1.47	1.15
Contribution(%)	37.99	21.06	16.47
Cumulative contribution(%)	37.99	59.05	75.51

표 6-33. 주성분 분석에서 계산한 주성분치와 인절미의 물성간 상관계수

Principal component	Principal component		
	1st principal component(Z <sub>1</sub> )	2rd principal component(Z <sub>2</sub> )	3rd principal component(Z <sub>3</sub> )
Hardness	-0.841**	0.306	-0.087
Cohesiveness	0.037	0.228	-0.020
Adhesiveness	0.571**	-0.987**	0.848**
Springiness	0.271	0.075	-0.306
Chewiness	0.773**	0.303	-0.050
HardnessB-A	0.386*	-0.021	0.381
HardnessB-A/A	0.774	-0.013	0.270

착성에 관한 특성이라 할 수 있으며, 시험에 사용한 29품종 쌀을 제1( $Z_1$ )과 제3( $Z_3$ ) 주성분의 값(표 6-34)으로 품종분포를 plotting하면 그림 6-5와 같이 나타낼 수 있

표 6-34. 찰벼 품종별 인절미 가공성과 관련된 제1, 2, 3 주성분치

Principal component	1st principal component( $Z_1$ )	2nd principal component( $Z_2$ )	3rd principal component( $Z_3$ )
1. Ilpum	-2.14	0.74	2.56
2. IR 29	5.01	-5.35	4.67
3. Onnemochi	-2.87	2.15	1.36
4. Gangweonna	0.31	2.24	2.15
5. Malagkisinaguing	5.92	-5.32	4.88
6. Yukdonongrimna 1	12.34	-2.26	1.16
7. Hangangchalbyeo	-2.11	2.82	2.94
8. Jinbuchalbyeo	2.38	-1.48	3.60
9. Whasunchalbyeo	1.35	0.44	2.46
10. CB243	-0.96	1.89	1.10
11. TP2579A1	-4.48	2.09	2.08
12. Beongok	8.11	-14.41	9.79
13. Sharebyeo-wx-151-1-B	-1.85	-0.01	1.10
14. Sharebyeo-152-1-B	-3.41	0.35	2.17
15. Sharebyeo-156-1-B	-2.15	-0.56	0.03
16. Baekna	0.69	1.72	1.84
17. Sandong 10	2.50	-0.98	2.48
18. Sandong 47	-4.50	2.84	0.73
19. Sandong 71	-6.39	2.32	0.02
20. Dongsamsung11	0.09	-1.06	2.92
21. Dongsamsung34	-1.87	1.36	0.87
22. Chungyangna	3.61	-7.32	4.88
23. Keochang 1	-0.05	0.53	0.48
24. Whasunchalbyeo	0.29	1.93	1.05
25. KR 93045-B-B-129-5-B	5.93	3.16	-1.18
26. Miyakaori	-2.45	3.56	2.87
27. KR 92021-B-B-5-2-B	0.48	2.23	1.12
28. KR 92021-B-B-42-3-B	-0.36	3.03	2.04
29. KR 92021-B-B-162-1-B	7.09	3.27	-1.88



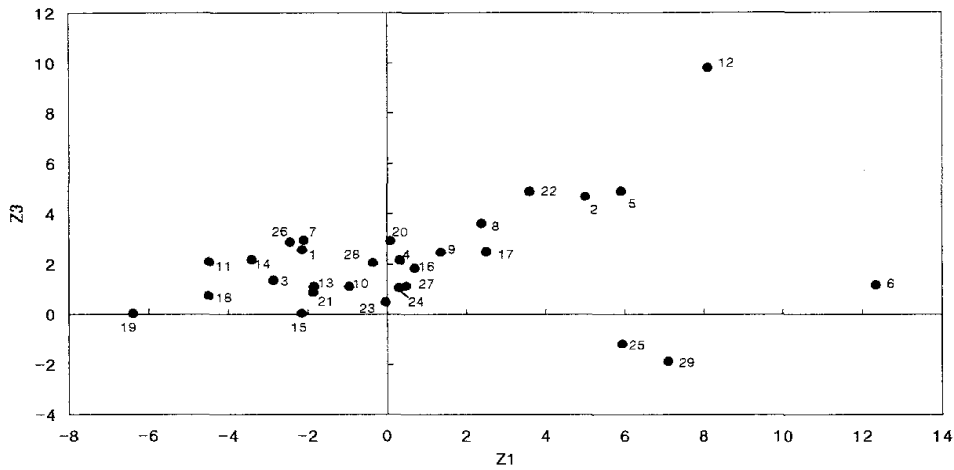


그림 6-5. 인절미 가공성과 관련된 제1주성분과 제3주성분 상에서의 찰벼 품종분포.

다. 즉  $Z_1$ 과  $Z_3$ 축의 높은 수치를 나타내는 곳에 위치하는 쌀 품종일수록 덜 딱딱하고, 씹힘성이 좋으며, 쫄깃쫄깃한 인절미를 제조할 수 있다는 의미의 품종분포를 시사할 수 있겠다.

## 5. 품종별 찰쌀의 식혜 가공성 비교

### 가. 식혜의 가공적성 검정

#### 1) 맥아 추출액에 의해 유리되는 환원당 함량의 품종간 비교

식혜 제조시, 지애밥으로부터 맥아 추출액에 함유되어 있는 아밀라아제류의 작용에 의해서 유리되는 환원당들은 제조된 식혜의 당도에 영향을 미치리라 예상할 수 있으므로 우선 찰쌀 품종별로 식혜제조시의 맥아 추출액에 의해서 경시적으로 유리되는 환원당의 함량을 측정하여 표 6-35에 나타내었다.

찰쌀 품종들에 대한 비교군으로는 멥쌀 품종 중 가장 식미가 뛰어난 일품을 사용하였다. 품종별 찰쌀들의 지애밥과 맥아 추출액과의 반응 1시간째에는 모든 종류의 찰 품종이 메 품종인 일품에 비해서 유리되는 환원당의 함량이 유의적으로 높았으

며, 찰 품종들간에도 유리되는 환원당 함량에는 유의적인 차이가 있었다. 그러나 반응 2시간 이후부터는 오히려 메 품종인 일품벼가 다른 찰 품종들에 비해서 유리되는 환원당의 함량이 많아졌고, 찰 품종들의 경우, 당화 초기에 유리되는 환원당의 함량이 많던 품종일수록 당화 후반에 가서는 유리되는 환원당의 함량이 적어지는 경향이 있었다.

예비실험에 의해 설정한 당화 종료시간인 3.5시간 후에는 육도농립나 1호, 한강찰벼를 제외한 모든 찰 품종들보다 메 품종인 일품이 오히려 높은 수치를 나타내고 있었으며, 맥아 추출액의 작용에 의해서 유리되는 환원당의 함량이 높은 찰 품종은 육도농립나 1호, 한강찰벼 > Onnemochi > 신선찰벼, Ishioka Mochi 15 등이었고, 반

표 6-35. 식혜제조를 위한 맥아 추출액에 의해 유리되는 환원당 함량의 찰벼품종간 비교 - 온도 60°C

Varieties	Content of released reducing sugar (mg/ml)			
	1hr	2hrs	3hrs	3.5hrs
Ilpum	3.31 <sup>al)</sup>	8.53 <sup>bc</sup>	14.67 <sup>i</sup>	15.78 <sup>fg</sup>
IR 29	5.56 <sup>g</sup>	8.37 <sup>b</sup>	10.34 <sup>a</sup>	12.47 <sup>a</sup>
Onnemochi	6.29 <sup>h</sup>	8.85 <sup>c</sup>	11.68 <sup>d</sup>	15.25 <sup>f</sup>
Gangweonna	5.39 <sup>g</sup>	9.47 <sup>de</sup>	12.87 <sup>f</sup>	14.50 <sup>de</sup>
Malagkisinaguing	4.36 <sup>cd</sup>	8.26 <sup>b</sup>	10.72 <sup>ab</sup>	12.27 <sup>a</sup>
Yukdonongrimna 1	4.78 <sup>e</sup>	9.50 <sup>e</sup>	14.15 <sup>h</sup>	16.28 <sup>h</sup>
Hangangchalbyeo	4.44 <sup>cd</sup>	9.38 <sup>de</sup>	13.06 <sup>g</sup>	15.65 <sup>f</sup>
Jinbuchalbyeo	4.68 <sup>cd</sup>	8.57 <sup>bc</sup>	11.71 <sup>d</sup>	14.14 <sup>d</sup>
Whasunchalbyeo	4.75 <sup>e</sup>	9.24 <sup>d</sup>	11.65 <sup>d</sup>	13.96 <sup>c</sup>
Shinsunchalbyeo	4.83 <sup>e</sup>	8.08 <sup>a</sup>	11.91 <sup>e</sup>	14.38 <sup>d</sup>
Ishioka Mochi 15	4.70 <sup>e</sup>	9.53 <sup>e</sup>	12.39 <sup>f</sup>	14.67 <sup>e</sup>
Kamui Mochi	4.05 <sup>b</sup>	8.85 <sup>c</sup>	11.58 <sup>d</sup>	13.83 <sup>c</sup>
Rikuto Norin Mochi 24	5.14 <sup>f</sup>	8.75 <sup>c</sup>	11.28 <sup>c</sup>	12.84 <sup>b</sup>
Taichung Sen Glutinous 1	5.00 <sup>f</sup>	9.81 <sup>f</sup>	12.45 <sup>f</sup>	13.74 <sup>c</sup>

<sup>1)</sup> Values with different superscript in the same column are significantly different at  $p < 0.05$

대로 유리되는 환원당의 함량이 낮은 품종으로는 IR 29, Malagkisinaguing 등이었다. 이러한 결과로부터 메 품종과 찰 품종간, 또는 찰 품종들 간에는 맥아추출액에 함유되어 있던 아밀라아제류에 의해서 생성되는 단당류, 이당류 및 여러 종류 소당류들의 함량 및 조성에 차이가 있다는 점과 결국 전분구조상에 차이가 있으리라는 것을 유추할 수 있겠다.

## 2) 당화의 진행에 따른 밥알의 변화

식혜를 제조하면서, 당화가 진행됨에 따라 밥알이 부유되는 현상은, 배유 전분입자의 amylose 및 amylopectin 분자들이 맥아 효소액에 의해 가수분해되어 전분입자로부터 빠져 나오기 때문에 상대적으로 전분입자는 비중이 가벼워지기 때문이며, 동시에 유리되는 당의 농도에 의한 당화액의 밀도 또한 영향을 미치리라 생각한다. 여하간 당화의 진행에 따른 부유 밥알의 수는 식혜의 제조성과 연관이 있으리라는 생각에서, 품종별 찰쌀의 경시적 당화에 따른 부유 밥알수 및 시간이 경과함에 따른 누적 밥알수를 측정하여 표 6-36에 나타내었다.

당화 1시간 제부터 부유되는 밥알의 수는 품종에 따라 차이가 있어 Rikuto Norin Mochi 24가 당화 초기에 부유되는 밥알의 수가 많은 품종이었고, 시간이 경과됨에 따라 시간대별로 부유되는 밥알의 수는 품종에 따라 차이가 있었으며, 부유된 밥알의 누적 수치도 품종에 따라 차이가 있었다. 최종적으로 부유밥알의 수가 가장 많은 찰쌀 품종은 Taichung Sen Glutinou 1 이었으며, Onnemochi > 진부찰벼 > IR 29 > 육도농립 나 1 및 Rikudo Norin Mochi 24 등의 순으로 당화에 따른 부유 밥알의 수가 많게 나타났다. 한편 메 품종인 일품은 찰 품종들에 비해서 부유 밥알의 수가 현저하게 적었다. 일반적으로 찰 전분의 경우 아밀로스가 존재할 곳이 비워진 상태이므로 멍쌀에 비해서 그만큼 비중이 작다는 점을 그대로 반영하고 있는 결과이라고 생각한다. 그러나 같은 찰 품종들간의 부유되는 밥알수의 차이에 대해서는 결국 전분분자 중 아밀로펙틴의 구조에 유래한 결과일 수 있겠는데, 이에 대한 연구는 장

표 6-36. 식혜제조를 위한 당화기간 중 부유 밥알수의 찰벼 품종간 비교 -60°C

Varieties	Grains-number risen as saccharification time			
	1hr	2hrs	3hrs	3.5hrs
Ilpum	0.0 <sup>a1)</sup>	0.0 <sup>a</sup>	1.0 <sup>a</sup>	1.0 <sup>a</sup>
IR 29	0.7 <sup>c</sup>	4.0 <sup>j</sup>	9.3 <sup>l</sup>	9.3 <sup>h</sup>
Onnemochi	0.3 <sup>b</sup>	6.3 <sup>l</sup>	11.0 <sup>m</sup>	11.7 <sup>j</sup>
Gangweonna	0.3 <sup>b</sup>	1.0 <sup>c</sup>	7.7 <sup>i</sup>	8.4 <sup>f</sup>
Malagkisinaguig	0.0 <sup>a</sup>	2.3 <sup>e</sup>	5.6 <sup>f</sup>	6.6 <sup>c</sup>
Yukdonongrimna 1	1.0 <sup>d</sup>	3.7 <sup>i</sup>	9.0 <sup>k</sup>	9.0 <sup>g</sup>
Hangangchalbyeo	1.3 <sup>e</sup>	2.6 <sup>f</sup>	6.9 <sup>g</sup>	7.2 <sup>d</sup>
Jinbuchalbyeo	0.3 <sup>b</sup>	3.6 <sup>h</sup>	8.9 <sup>j</sup>	10.6 <sup>i</sup>
Whasunchalbyeo	0.3 <sup>b</sup>	5.6 <sup>k</sup>	7.3 <sup>h</sup>	8.3 <sup>e</sup>
Shinsunchalbyeo	1.3 <sup>e</sup>	2.6 <sup>f</sup>	2.6 <sup>c</sup>	4.6 <sup>b</sup>
Ishioka Mochi 15	0.3 <sup>b</sup>	1.6 <sup>d</sup>	2.9 <sup>d</sup>	6.6 <sup>c</sup>
Kamui Mochi	0.7 <sup>c</sup>	0.7 <sup>b</sup>	2.4 <sup>b</sup>	6.7 <sup>c</sup>
Rikuto Norin Mochi 24	1.7 <sup>f</sup>	3.0 <sup>g</sup>	7.3 <sup>h</sup>	9.0 <sup>g</sup>
Taichung Sen Glutinous 1	0.7 <sup>c</sup>	3.0 <sup>g</sup>	5.3 <sup>e</sup>	12.0 <sup>k</sup>

<sup>1)</sup> Values with different superscript in the same column are significantly different at  $p < 0.05$

차 아밀로펙틴의 미세구조와 연관지어 검토하고자 한다.

### 3) 식혜제조에 따른 당도의 변화

찰쌀 품종별로 식혜를 제조하면서 경시적 당화에 따른 당도의 변화를 당도계로 측정하여 표 6-37에 나타내었다.

당화 초기에는 품종간의 차이를 그다지 보이지 않았으나 시간이 경과함에 따라 품종간에 차이를 보이면서 당도가 증가하였고, 3시간 이후부터 3.5시간까지는 거의 모든 품종의 찰벼들이 나타내는 당도는 각각 포화상태에 달하고 있음을 알 수 있었다.

표 6-37. 식혜제조를 위한 당화기간 중 당도변화의 찰벼 품종간 차이 -60°C

(Unit : Brix)

Varieties	Brix as saccharification time(hour)			
	1hr	2hrs	3hrs	3.5hrs
Ilpum	1.50 <sup>a1)</sup>	3.00 <sup>a</sup>	3.50 <sup>a</sup>	3.97 <sup>a</sup>
IR 29	2.50 <sup>c</sup>	3.50 <sup>b</sup>	4.50 <sup>c</sup>	4.57 <sup>b</sup>
Onnemochi	1.97 <sup>b</sup>	3.47 <sup>b</sup>	4.43 <sup>c</sup>	4.48 <sup>b</sup>
Gangweonna	2.00 <sup>b</sup>	3.00 <sup>a</sup>	3.90 <sup>b</sup>	3.98 <sup>a</sup>
Malagkisinaguing	2.53 <sup>c</sup>	3.53 <sup>b</sup>	3.97 <sup>b</sup>	3.99 <sup>a</sup>
Yukdonongrimná 1	1.97 <sup>b</sup>	3.97 <sup>c</sup>	5.00 <sup>d</sup>	5.03 <sup>cd</sup>
Hangangchalbyeo	3.00 <sup>d</sup>	4.00 <sup>c</sup>	4.97 <sup>da</sup>	5.04 <sup>cd</sup>
Jinbuchalbyeo	1.93 <sup>b</sup>	3.60 <sup>b</sup>	4.40 <sup>c</sup>	4.47 <sup>b</sup>
Whasunchalbyeo	2.47 <sup>c</sup>	3.93 <sup>c</sup>	4.93 <sup>d</sup>	5.01 <sup>c</sup>
Shinsunchalbyeo	2.53 <sup>c</sup>	4.07 <sup>c</sup>	5.07 <sup>d</sup>	5.10 <sup>d</sup>
Ishioka Mochi 15	2.00 <sup>b</sup>	4.00 <sup>c</sup>	4.53 <sup>c</sup>	4.58 <sup>b</sup>
Kamui Mochi	2.07 <sup>c</sup>	3.50 <sup>b</sup>	3.97 <sup>b</sup>	4.03 <sup>a</sup>
Rikuto Norin Mochi 24	2.03 <sup>b</sup>	3.50 <sup>b</sup>	4.00 <sup>b</sup>	4.04 <sup>a</sup>
Taichung Sen Glutinous 1	2.00 <sup>b</sup>	3.50 <sup>b</sup>	4.50 <sup>c</sup>	4.59 <sup>b</sup>

<sup>1)</sup> Values with different superscript in the same column are significantly different at  $p < 0.05$ .

최종적으로 당도가 높게 나타난 품종은 신선찰벼이었고, 한강찰벼, 육도농립나 1호, 화선찰벼 등도 거의 신선찰벼와 유사한 수준으로 높은 당도를 나타내고 있었다. 반면에 메 품종인 일품의 당도가 가장 낮았다. 일반적으로 모든 품종에서 식혜 제조 과정 중에 유리되는 환원당의 함량이 증가함에 따라 굴절당도계로 측정된 당도도 증가하고 있기는 하지만, 원료쌀 중 일반적으로 고급스런 식혜가 제조되기 위해서는 식혜의 물이 맑고 투명하며, 부유하는 밥알의 형태가 깨끗하게 유지되어야 한다고 생각한다.

품종별 찹쌀로 제조한 식혜의 투명한 정도를 600nm에서의 OD로서 비교하였으며, 당화가 끝난 시점과 당화종료 후 설탕을 일정량 첨가하여 끓인 후의 투명한 정도도

아울러 비교하였다. 당화가 끝난 시점에서의 OD가 가장 낮아 투명한정도가 높은 품종은 육도농립나 1호, 한강찰벼 등이었으며, OD가 가장 높아 투명한 정도가 낮은 품종은 Ishiokamochi 15 이었다. 한편 설탕을 일정량 첨가하여 가열하면 갈변반응과 청징효과가 어느 정도 예상되므로, 설탕을 첨가하여 끓인 후의 OD를 측정 비교하였더니, 가열전과 대체로 유사한 경향이 있기는 하지만 육도농립나 1호의 경우에는 오히려 OD가 높게 나타났다.

품종의 어떠한 특성들에 기인한 것인지는 모르겠으나 13품종의 찰벼를 시료로 하는 본 실험의 결과에 의하면 유리되는 환원당 함량과 굴절당도계로 측정되는 당도와는 상관성이 없었다.

#### 4) 품종별 찰쌀의 식혜 가공성 비교

식혜 제조시 지애밥과 맥아 추출액에 의한 당화만으로는 만족할 만한 당도에 도달하지 않으므로 일반적으로 일정시간 당화시킨 후 밥알을 건져내고, 설탕을 첨가하여 가열함으로써 효소작용에 의한 당화의 정지 및 감미의 상승효과를 가지게 한다. 이러한 식혜제조법에 준하여 품종별 찰쌀로 제조한 식혜의 사진을 그림 6-6에 나타내었으며, 설탕을 첨가하여 가열한 후의 탁도 및 당도를 각각 측정하여 표 6-38에 나타내었다.

그러나 이것은 탁도가 증가한 것은 아니고 갈변화에 의해 색이 약간 짙어졌기 때문인 것이었다. 본 실험에서 투명한 정도의 비교를 위하여 사용한 600nm 에서의 OD는 가시광선의 영역이므로 갈변반응의 결과 형성된 색소의 영향 때문에 수치가 증가한 것이라고 생각한다. 그리고 품종들에 따라 차이가 있지만 대체로 설탕을 첨가한 후에 600nm에서의 OD가 약간씩 증가한 것을 알 수 있다. 설탕을 첨가하여 가열한 후의 탁도는 한강찰벼가 가장 낮았으며, 진부찰벼<Onnemochi, 강원나, Malakitsinaguing, 화선찰벼, 일품벼<IR 29, 신선찰벼, Kamuimochi<Ishiokamochi 15, Rikutonorinmochi 24<Taiching Sen Glutinous 1의 순이었다. 그리고 굴절당도계

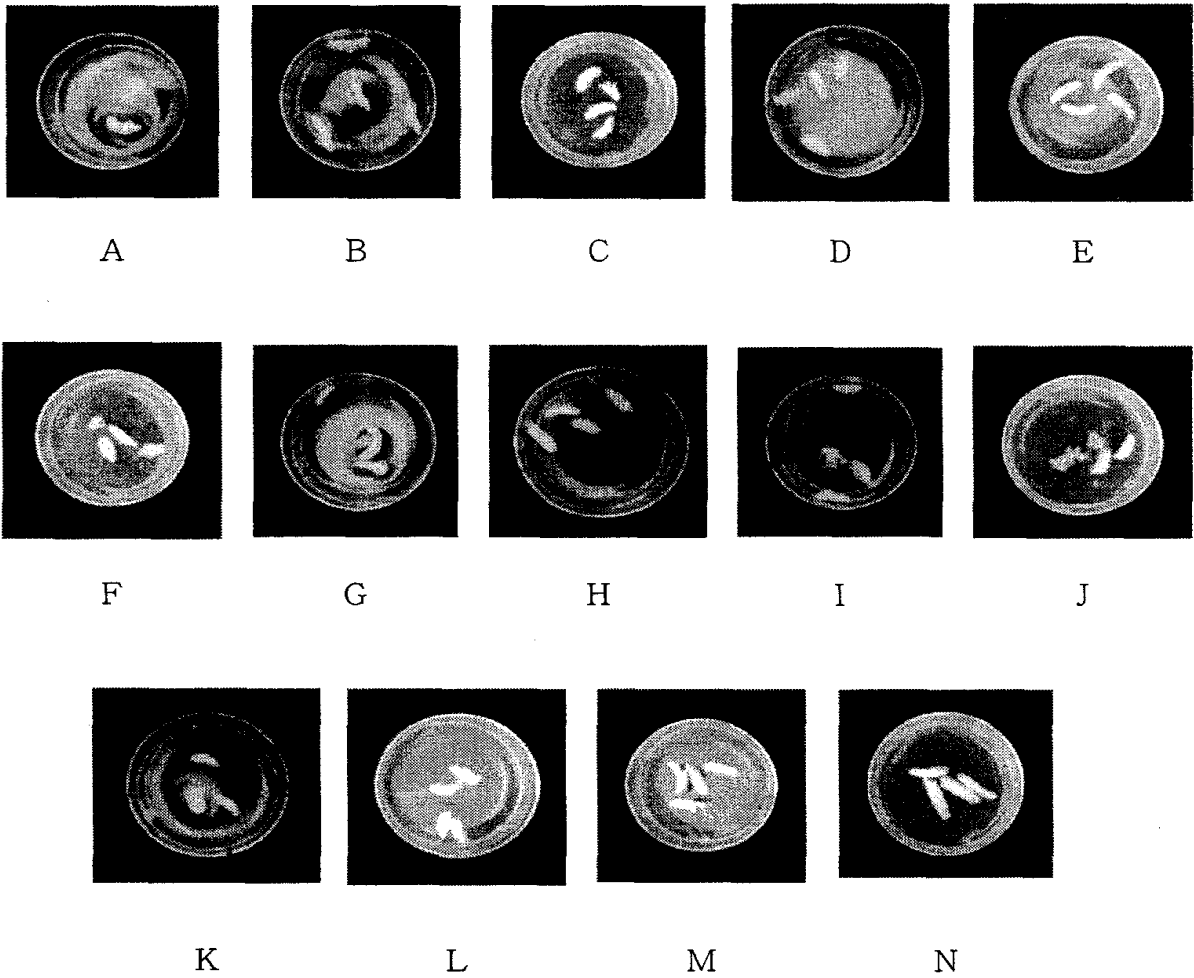


그림 6-6. 품종별 참쌀로 제조한 식혜 밥알의 외관

A: Ilpum, B: IR 29, C: Onnemochi, D: Gangweonna, E: Malagkisinaguung  
 F: Yukdonongrimna 1, G: Hangangchalbyeo, H: Jinbuchalbyeo  
 I: Whasunchalbyeo, J: Shinsunchalbyeo, K: Ishiokamochi 15,  
 L: Kamuimochi, M: Rikutonorinmochi 24, N: Taichung Sen Glutinous 1

에 의한 당도는 Ishiokamochi 15, 신선찰벼로 제조한 것이 가장 높았으며, Rikuto-  
 norinmochi 24>Onnemochi, 진부찰벼, 화선찰벼>육도농립나 1>IR 29, 강원나, 한강찰

표 6-38. 식혜의 탁도 및 당도의 찰벼 품종간 차이

Varieties	Optical density at 600nm		Brix of Sikhe
	Before boiled with sugar	After boiled with sugar	After boiled with sugar
Ilpum	1.014 <sup>cd1)</sup>	1.088 <sup>c</sup>	10.96 <sup>a</sup>
IR 29	1.025 <sup>cd</sup>	1.176 <sup>d</sup>	11.10 <sup>ab</sup>
Onnemochi	0.980 <sup>c</sup>	1.079 <sup>c</sup>	12.00 <sup>d</sup>
Gangweonna	0.977 <sup>c</sup>	1.029 <sup>c</sup>	11.07 <sup>ab</sup>
Malagkisinaguing	0.997 <sup>c</sup>	1.010 <sup>c</sup>	11.00 <sup>a</sup>
Yukdonongrimna 1	0.882 <sup>a</sup>	1.072 <sup>c</sup>	11.43 <sup>c</sup>
Hangangchalbyeo	0.895 <sup>ab</sup>	0.895 <sup>a</sup>	11.07 <sup>ab</sup>
Jinbuchalbyeo	0.919 <sup>b</sup>	0.978 <sup>b</sup>	12.07 <sup>d</sup>
Whasunchalbyeo	0.975 <sup>c</sup>	1.032 <sup>c</sup>	11.97 <sup>d</sup>
Shinsunchalbyeo	1.043 <sup>cd</sup>	1.171 <sup>d</sup>	12.97 <sup>f</sup>
Ishioka Mochi 15	1.125 <sup>d</sup>	1.301 <sup>e</sup>	13.10 <sup>f</sup>
Kamui Mochi	1.070 <sup>cd</sup>	1.153 <sup>d</sup>	11.10 <sup>ab</sup>
Rikuto Norin Mochi 24	1.096 <sup>cd</sup>	1.288 <sup>e</sup>	12.43 <sup>e</sup>
Taichung Sen Glutinous 1	1.059 <sup>cd</sup>	1.401 <sup>f</sup>	10.97 <sup>a</sup>

1) Values with different superscript in the same column are significantly different at  $p < 0.05$

벼, Kamuimochi>Taiching Sen Glutinous 1, 일품벼의 순이었다. 한편 부유하는 밥알의 형태도 품종간에 상당히 차이가 있어 형태가 좋은 것은 강원나 이었으며, 화선찰벼, 신선찰벼 등은 형태가 풀어져서 외관상 좋지 않았다.

### 5) 관능검사

품종별 찹쌀로 제조한 식혜의 색, 탁도, 냄새, 밥알의 퍼진 정도, 밥알의 조직감, 당도 및 전반적인 기호도 등에 대해서 관능검사를 실시하였다. 식혜의 색, 탁도에 대해서는 찰벼 품종간에 유의한 차이가 없었으며, 냄새는 거의 비슷하였지만 진부찰벼가 냄새에 대한 선호도가 높았으며, 강원 나 및 Taiching Sen Glutinous 1 은 냄



새에 대한 선호도가 낮았다. 밥알의 퍼진 정도에 대한 선호도가 가장 좋은 품종은 강원나 였으며, 한강찰벼가 가장 낮았다. 밥알의 질감이 질기게 느껴지는 IR 29, 신선찰벼, Ishiokamochi 15, Taiching Sen Glutinous 1 등이었으며, 메 품종인 일품의 밥알이 가장 부드럽게 느껴졌고, 찰 품종 중에서는 육도농립나 1호가 가장 부드럽게 느껴졌다. 식혜의 당도는 육도농립나 1호 및 신선찰벼로 제조한 것이 가장 달게 느껴졌으며, Kamuimochi로 제조한 것이 가장 덜 달게 느껴진다는 결과를 얻었다. 식혜에 대한 전체적인 기호도는 육도농립나 1호로 제조한 것이 가장 좋았으며, IR 29, Malakitsinaguing, Ishiokamochi 15, Kamuimochi, Taiching Sen Glutinous 1 등으로 제조한 것들이 나쁘게 나타났다.

표 6-39. 식혜관능검차치의 찰벼 품종간 차이

Varieties	Color	Thickness	Odor	Expandness	Tenderness	Sweetness	Overall
Ilpum	5.60 <sup>ns</sup>	4.80 <sup>ns</sup>	4.60 <sup>a1)</sup>	5.11 <sup>bcde</sup>	1.80 <sup>a</sup>	6.00 <sup>bc</sup>	6.90 <sup>bc</sup>
IR 29	5.30	5.20	5.20 <sup>ab</sup>	4.44 <sup>abc</sup>	7.20 <sup>c</sup>	5.50 <sup>abc</sup>	5.00 <sup>a</sup>
Onnemochi	4.22	5.10	5.70 <sup>ab</sup>	3.60 <sup>ab</sup>	5.00 <sup>abc</sup>	5.50 <sup>abc</sup>	5.70 <sup>abc</sup>
Gangweonna	5.60	6.30	4.70 <sup>a</sup>	6.80 <sup>e</sup>	5.10 <sup>abc</sup>	5.30 <sup>abc</sup>	5.50 <sup>abc</sup>
Malagkisinaguing	4.30	5.00	5.40 <sup>ab</sup>	6.60 <sup>de</sup>	6.60 <sup>bc</sup>	5.00 <sup>abc</sup>	4.70 <sup>a</sup>
Yukdonongrimna 1	5.20	5.30	5.70 <sup>ab</sup>	5.50 <sup>bcde</sup>	2.50 <sup>ab</sup>	6.56 <sup>c</sup>	7.10 <sup>c</sup>
Hangangchalbyeo	5.30	5.00	5.70 <sup>ab</sup>	3.10 <sup>a</sup>	6.80 <sup>bc</sup>	5.80 <sup>abc</sup>	5.22 <sup>ab</sup>
Jinbuchalbyeo	5.50	6.30	6.30 <sup>b</sup>	5.50 <sup>bcde</sup>	5.60 <sup>abc</sup>	5.80 <sup>abc</sup>	5.60 <sup>abc</sup>
Whasunchalbyeo	5.50	6.60	5.20 <sup>ab</sup>	6.10 <sup>cde</sup>	4.70 <sup>abc</sup>	5.50 <sup>abc</sup>	6.10 <sup>abc</sup>
Shinsunchalbyeo	5.30	5.30	5.40 <sup>ab</sup>	5.30 <sup>bcde</sup>	9.10 <sup>c</sup>	6.44 <sup>c</sup>	6.10 <sup>abc</sup>
Ishioka Mochi 15	4.90	5.30	5.40 <sup>ab</sup>	4.10 <sup>ab</sup>	7.20 <sup>c</sup>	4.60 <sup>ab</sup>	4.70 <sup>a</sup>
Kamui Mochi	4.90	5.30	6.00 <sup>ab</sup>	4.70 <sup>abc</sup>	6.20 <sup>bc</sup>	4.30 <sup>a</sup>	4.70 <sup>a</sup>
Rikuto Norin Mochi 24	4.50	6.00	5.20 <sup>ab</sup>	4.10 <sup>ab</sup>	6.20 <sup>bc</sup>	5.60 <sup>abc</sup>	5.30 <sup>ab</sup>
Taichung Sen Glutinous 1	5.50	5.56	4.50 <sup>a</sup>	4.80 <sup>abcd</sup>	7.10 <sup>c</sup>	5.40 <sup>abc</sup>	5.10 <sup>a</sup>

1) Values with different superscript in the same column are significantly different at p<0.05.

<sup>ns</sup> : not significant.

## 6) 식혜 가공성간의 상관관계

13품종의 찹쌀로 식혜를 제조하면서 각 품종에 따른 물리 화학적 특성과 제조된 식혜의 관능검사 수치들 간의 상관관계를 분석하면, 표 6-40에 나타내고 있는 것과 같이 품종별 찹쌀 지애밥의 맥아 추출액에 의한 당화의 결과 유리되는 환원당의 함량과 부유되어 떠오르는 밥알의 수와는 정의 상관관계가 있었으며, 관능검사의 항목인 밥알의 질긴 정도와는 부의 상관관계가 있어 부유되어 떠오르는 밥알의 수가 많은 품종일수록 밥알을 씹었을 때 질긴 경향이 있었으나 관능검사 결과 전반적인 기호도는 좋은 것으로 나타났다. 그리고 관능검사에 의한 식혜의 국물이 단 것 들일수록 부유하는 밥알은 질긴 경향이 있어 질감은 좋지 않았으며, 600nm에서의 OD도 높아 색이 짙은 경향이 있었다.

표 6-40. 찹벼 품종의 식혜 가공성간의 상관관계수

	Relevant characters	Correlation coefficients
Reducing sugar(1hr)	- Grains-number(2hrs)	0.687**
	- Grains-number(3hrs)	0.757**
	- Grains-number(3.5hrs)	0.757**
	- Tenderness(sensory evaluation)	-0.591*
Reducing sugar(3hrs)	- Tenderness(sensory evaluation)	-0.651*
	- Overall(sensory evaluation)	0.682**
Reducing sugar(3.5hrs)	- Tenderness(sensory evaluation)	-0.544*
	- Overall(sensory evaluation)	0.660*
Grains-number(2hrs)	- Brix(3hrs)	0.571*
Brix of Sikhe	- Brix(2hrs)	0.539*
Sweetness(sensory evaluation)	- Tenderness(sensory evaluation)	-0.699**
	- Thickness(OD at 600nm)	-0.560*

\* \*\* Significant at 5% and 1% level, respectively

## 7) 품종별 쌀의 식혜 제조성

품종별 쌀로 지애밥을 지어 일정량의 맥아추출액을 첨가하여 식혜 제조조건인 60°C에서 3.5시간 반응에 의해 유리되는 환원당 함량, 식혜의 당도, 식혜의 탁도, 부유 밥알수 등 식혜 가공성을 측정하여 표 6-41에 나타내었다. 이러한 찹쌀, 유색미, 향미 신소재들에 대한 비교군으로는 멥쌀 품종 중 가장 식미가 뛰어난 일품을 사용하였다. 맥아 추출액의 작용에 의해서 품종별 쌀의 지애밥으로부터 유리되는 환원당의 함량은 표 6-41의 첫 번째 줄에서와 같이, 시험에 사용한 찰 품종 중 육도농립나 1호를 제외한 모든 찰 품종들 보다 멥 품종인 일품이 오히려 높은 수치를 나타내고 있었으며, 맥아 추출액의 작용에 의해서 유리되는 환원당의 함량이 가장 높은 찰 품종은 육도농립나 1호였고, 낮은 품종으로는 Malagkisinaguig, IR 29 등이었다. 또한 유색미 신소재 중에서는 유색미-330, 405가 유리되는 환원당의 함량이 가장 높았으며, 유색미-328이 가장 낮았다. 향미 신소재 중에서는 향미-438이 가장 높았고, 향미-414, 424 등이 낮았다. 결국 시험한 29품종 쌀 중에서는 육도농립나 1호와 향미-438이 식혜제조시 맥아 추출액의 작용에 의해 유리되는 환원당의 양이 가장 높은 품종이었다. 이러한 결과들로부터 시험에 사용한 쌀 품종간에는 맥아 추출액에 함유되어 있던 아밀라아제류에 의해서 생성되는 단당류, 이당류 및 여러 종류 소당류들의 함량 및 조성에 차이가 있다는 점과 결국 전분 구조상에 차이가 있으리라는 것을 유추할 수 있겠다.

품종별 쌀로서 제조한 식혜의 당도는 표 6-41의 두번째 줄에 나타내는 바와 같이 모든 품종들에서 유의한 차이가 없었다. 식혜 제조시 지애밥과 맥아 추출액에 의한 당화만으로는 만족할 만한 당도에 도달하지 않으므로 일반적으로 일정시간 당화시킨 후 밥알을 건져내고, 설탕을 첨가하여 가열함으로써 효소작용에 의한 당화의 정지, 감미의 상승효과, 갈변반응 및 청징효과 등을 기대한다.

또한 일반적으로 고급스런 식혜가 제조되기 위해서는 식혜의 물이 맑고 투명하며,

표 6-41. 식혜 가공성의 찰벼 품종간 차이

Varieties	Contents of released reducing sugar (mg/ml) 3.5 hrs	당도	Optical density at 600nm (After boiled with sugar)	Grain-numbers risen as saccharification time
Ilpum	15.78 <sup>de</sup>	3.97 <sup>ns</sup>	1.088 <sup>abc</sup>	1.0 <sup>a</sup>
IR 29	12.47 <sup>a</sup>	4.57	1.176 <sup>bcd</sup>	9.3 <sup>de</sup>
Onnemochi	15.25 <sup>cd</sup>	4.48	1.079 <sup>abc</sup>	11.7 <sup>e</sup>
Gangweonna	14.50 <sup>bc</sup>	3.98	1.029 <sup>abc</sup>	8.4 <sup>d</sup>
Malagkisinaguig	12.27 <sup>a</sup>	3.99	1.010 <sup>ab</sup>	6.6 <sup>bc</sup>
Yukdonongrimna 1	16.28 <sup>e</sup>	5.03	1.072 <sup>abc</sup>	9.0 <sup>d</sup>
Hangangchalbyeo	15.65 <sup>cd</sup>	5.04	0.895 <sup>a</sup>	7.2 <sup>cd</sup>
Jinbuchalbyeo	14.14 <sup>bc</sup>	4.47	0.978 <sup>ab</sup>	10.6 <sup>de</sup>
Whasunchalbyeo	13.96 <sup>bc</sup>	5.01	1.032 <sup>abc</sup>	8.3 <sup>d</sup>
Shinsunchalbyeo	14.38 <sup>bc</sup>	5.10	1.171 <sup>bcd</sup>	4.6 <sup>bc</sup>
Ishioka Mochi 15	14.67 <sup>bc</sup>	4.58	1.301 <sup>cd</sup>	6.6 <sup>cd</sup>
Kamui Mochi	13.83 <sup>bc</sup>	4.03	1.153 <sup>abc</sup>	6.7 <sup>cd</sup>
Rikuto Norin Mochi 24	12.84 <sup>ab</sup>	4.04	1.288 <sup>cd</sup>	9.0 <sup>d</sup>
Taichung Sen Glutinous 1	13.74 <sup>b</sup>	4.59	1.401 <sup>d</sup>	12.0 <sup>e</sup>
Colored rice 0304	14.36 <sup>bc</sup>	4.41	1.149 <sup>abc</sup>	5.2 <sup>bc</sup>
Colored rice 0306	13.74 <sup>b</sup>	5.12	1.119 <sup>abc</sup>	7.3 <sup>cd</sup>
Colored rice 0309	14.54 <sup>bc</sup>	5.10	1.191 <sup>bcd</sup>	1.6 <sup>a</sup>
Colored rice 0314	14.44 <sup>bc</sup>	5.10	1.077 <sup>abc</sup>	0.5 <sup>a</sup>
Colored rice 0319	14.11 <sup>bc</sup>	5.13	1.377 <sup>d</sup>	1.2 <sup>a</sup>
Colored rice 0325	13.52 <sup>ab</sup>	4.11	1.285 <sup>cd</sup>	7.8 <sup>d</sup>
Colored rice 0328	12.22 <sup>a</sup>	4.12	1.374 <sup>d</sup>	1.2 <sup>a</sup>
Colored rice 0330	15.57 <sup>cd</sup>	4.62	1.355 <sup>cd</sup>	1.2 <sup>a</sup>
Colored rice 0405	15.18 <sup>cd</sup>	5.10	1.244 <sup>bcd</sup>	0.5 <sup>a</sup>
Colored rice 0413	13.95 <sup>bc</sup>	5.12	1.325 <sup>cd</sup>	2.6 <sup>ab</sup>
Flavored rice 0414	14.37 <sup>bc</sup>	5.13	1.271 <sup>bcd</sup>	0.5 <sup>a</sup>
Flavored rice 0424	14.46 <sup>bc</sup>	5.13	1.075 <sup>abc</sup>	1.2 <sup>a</sup>
Flavored rice 0426	15.29 <sup>cd</sup>	4.61	1.246 <sup>bcd</sup>	1.2 <sup>a</sup>
Flavored rice 0433	15.05 <sup>cd</sup>	5.10	1.149 <sup>abc</sup>	1.2 <sup>a</sup>
Flavored rice 0437	15.80 <sup>de</sup>	5.10	0.993 <sup>ab</sup>	2.8 <sup>ab</sup>
Flavored rice 0438	15.96 <sup>e</sup>	5.11	1.102 <sup>abc</sup>	3.6 <sup>b</sup>

부유하는 밥알의 형태가 깨끗하게 유지되어야 한다. 이에 본 연구에서도 3.5시간 당화시킨 당화액에 일정량의 설탕을 첨가하여 끓인 후, 식혜의 색 및 투명한 정도를 600nm에서의 OD를 측정하여 표 6-41의 셋째줄에 나타내었다. 이밖에 식혜를 제조하면서, 당화가 진행됨에 따라 밥알이 부유되는 현상은, 전분입자의 amylose 및 amylopectin 분자들이 맥아효소액에 의해 가수분해되어 전분입자로부터 빠져 나오기 때문에 상대적으로 전분입자는 비중이 가벼워지기 때문이며, 동시에 유리되는 당의 농도에 의한 당화액의 밀도 또한 영향을 미치리라 생각한다. 여하간 당화의 진행에 따른 부유 밥알의 수는 식혜의 제조성과 연관이 있으리라는 생각에서, 품종별 쌀로 제조하는 식혜들의 부유 밥알수를 측정하여 표 6-41의 넷째줄에 각각 나타내었다.

600nm는 갈색계통의 흡수대이므로 첨가한 설탕의 가열에 따른 카라멜화 및 설탕 또는 식혜제조 공정 중에 유리된 환원당에 의한 갈변반응 결과 생성되는 갈색색소의 침착 가능성 그리고 유색미 유래의 갈색에서부터 붉은색 계통의 색조 등이 반영될 수 있는 스펙트럼이며, 흔히 미생물 배양시 배양정도를 가늠하는 탁도를 측정하는 스펙트럼이기도 하므로, 본 실험에서 품종별 쌀로 제조한 식혜의 색 및 투명도를 비교하는 스펙트럼으로 사용하였다. 찰벼 품종 중에서는 한강찰벼로 제조한 식혜의 색조 및 탁도가 가장 낮았으며, Taichung Sen Glutinous 1의 흡광도가 높았고, 육안으로 보아도 다른 것들 보다 탁도가 높았다. 한편 식혜 제조시 진한색이 우리나라 예상했던 유색미 품종들은 찰벼 및 향미벼 계통보다는 높은 흡광도를 나타내었으나, 식혜 제조 공정상 맥아추출물 및 물을 다량 첨가하였기 때문인지 유색미 특유의 색상이 희석되어서, 결과적으로 다른 품종의 쌀로 제조한 것들과 유사한 정도의 색상을 나타내고 있었다. 이러한 점을 감안한다면, 유색미로 식혜를 제조할 때는 유색미를 발아시켜 제조한 발아유색미를 맥아추출액 대신 사용하는 방안을 강구하면 색상이 고운 식혜 제조가 가능하지 않을까 생각한다.

품종별 쌀의 지에밥에 맥아 추출액을 3.5시간 처리한 결과 부유되는 밥알의 수는

쌀 품종에 따라 차이가 있어, 찹쌀 품종들은 유색미, 향미 등에 비해서 부유 밥알의 수가 많았으며, 찰 품종 중에서는 Onnemochi, 진부찰벼, Taichung Sen Glutinous 1 등이 다른 찰 품종들 보다 부유되는 밥알의 수가 많았다. 유색미 중에서는 유색미-325가, 그리고 향미 중에서는 향미-438이 다른 것들에 비해서 부유되는 밥알의 수가 많았다. 비교군이면서 매 품종인 일품은 찰 품종들에 비해서 부유 밥알의 수가 현저하게 적었다. 일반적으로 찰 전분의 경우 아밀로스가 존재할 곳이 비워진 상태이므로 멍쌀에 비해서 그만큼 비중이 작다는 점을 그대로 반영하고 있는 결과이라고 생각한다. 이렇게 식혜의 제조에 따른 부유 밥알수의 차이는 어쩌면 전분분자 중 아밀로펙틴의 구조에 유래한 결과일 수 있겠는데, 이에 대한 연구는 장차 아밀로펙틴의 미세구조와 연관지어 검토하고자 한다.

## 8) 관능검사

품종별 쌀로 제조한 식혜의 색, 탁도, 냄새, 밥알의 퍼진정도, 밥알의 조직감, 당도 및 전반적인 기호도 등에 대해서 관능검사를 실시하였다.

식혜의 색에 대해서는 품종간에 유의한 차이가 없었다(표 6-42). 그리고 Taichung Sen Glutinous 1 이 탁도가 가장 높게 나타났고, 유색미-325, 328 등은 탁도가 낮아 다른 것들 보다 투명한 듯 하였다. 냄새는 향미-424가 가장 좋았으며, 향미-437 및 진부찰벼로 제조한 식혜의 냄새도 좋게 나타났다. 향미로 제조한 식혜가 다른 것들보다 냄새가 좋으리라 기대했었는데 예상보다 좋지 않았다. 이는 맥아추출물의 냄새가 향미의 냄새보다 강하기 때문이었다고 생각되며, 향미로 식혜를 제조할 때도 맥아추출물대신 발아 향미 추출물 사용을 위한 방안이 연구되면 향기가 좋은 식혜의 제조가 가능하지 않을까 기대된다. 밥알의 퍼진 정도에 대한 선호도가 가장 좋은 품종은 찹쌀 품종인 강원나 및 Malakitsinaguing 이었으며, 유색미 계통의 밥알 퍼진 정도가 나쁜 경향이 있었다. 밥알의 질감이 질기게 느껴지는 품종은 신선찰벼, IR 29, Ishiokamochi 15, Taichung Sen Glutinous 1 등이었고, 밥알이 부드럽게 느

표 6-42. 찰벼 품종별로 제조한 식혜의 관능검사치

Varieties	Color	Thi- ckness	Odor	Expan- dness	Tender- ness	Swee- tness	Overall
Ilpum	5.6 <sup>ns</sup>	4.8 <sup>ab</sup>	4.6 <sup>ab</sup>	5.1 <sup>cd</sup>	1.8 <sup>a</sup>	6.00 <sup>ab</sup>	6.90 <sup>bc</sup>
IR 29	5.3	5.2 <sup>ab</sup>	5.2 <sup>abc</sup>	4.4 <sup>bcd</sup>	7.2 <sup>d</sup>	5.50 <sup>ab</sup>	5.00 <sup>ab</sup>
Onnemochi	4.2	5.1 <sup>ab</sup>	5.7 <sup>abc</sup>	3.6 <sup>abc</sup>	5.0 <sup>bc</sup>	5.50 <sup>ab</sup>	5.70 <sup>abc</sup>
Gangweonna	5.6	6.0 <sup>b</sup>	4.7 <sup>abc</sup>	6.8 <sup>d</sup>	5.1 <sup>bc</sup>	5.30 <sup>ab</sup>	5.50 <sup>abc</sup>
Malagkisinagueng	4.3	5.0 <sup>ab</sup>	5.4 <sup>abc</sup>	6.6 <sup>d</sup>	6.6 <sup>cd</sup>	5.00 <sup>ab</sup>	4.70 <sup>a</sup>
Yukdonongrimna 1	5.2	5.3 <sup>ab</sup>	5.7 <sup>abc</sup>	5.5 <sup>cd</sup>	2.5 <sup>a</sup>	6.56 <sup>b</sup>	7.10 <sup>c</sup>
Hangangchalbyeo	5.3	5.0 <sup>ab</sup>	5.7 <sup>abc</sup>	3.1 <sup>ab</sup>	6.8 <sup>cd</sup>	5.80 <sup>ab</sup>	5.22 <sup>abc</sup>
Jinbuchalbyeo	5.5	6.3 <sup>b</sup>	6.3 <sup>bc</sup>	5.5 <sup>cd</sup>	5.6 <sup>bcd</sup>	5.80 <sup>ab</sup>	5.60 <sup>abc</sup>
Whasunchalbyeo	5.5	6.6 <sup>ab</sup>	5.2 <sup>a</sup>	6.1 <sup>cd</sup>	4.7 <sup>ab</sup>	5.50 <sup>ab</sup>	6.10 <sup>abc</sup>
Shinsunchalbyeo	5.3	5.3 <sup>ab</sup>	5.4 <sup>abc</sup>	5.3 <sup>cd</sup>	9.1 <sup>e</sup>	6.44 <sup>b</sup>	6.10 <sup>abc</sup>
Ishioka Mochi 15	4.9	5.3 <sup>ab</sup>	5.4 <sup>abc</sup>	4.1 <sup>abc</sup>	7.2 <sup>d</sup>	4.60 <sup>ab</sup>	4.70 <sup>a</sup>
kamui Mochi	4.9	5.3 <sup>ab</sup>	6.0 <sup>abc</sup>	4.7 <sup>bcd</sup>	6.2 <sup>bcd</sup>	4.30 <sup>a</sup>	4.70 <sup>a</sup>
Rikuto Norin Mochi 24	4.5	6.0 <sup>b</sup>	5.2 <sup>abc</sup>	4.1 <sup>abc</sup>	6.2 <sup>bcd</sup>	5.60 <sup>ab</sup>	5.30 <sup>abc</sup>
Taichung Sen Glutinous 1	5.5	5.6 <sup>ab</sup>	4.5 <sup>ab</sup>	4.8 <sup>bcd</sup>	7.1 <sup>d</sup>	5.40 <sup>ab</sup>	5.10 <sup>abc</sup>
Colored rice 0304	4.7	6.2 <sup>b</sup>	4.7 <sup>abc</sup>	4.2 <sup>abc</sup>	7.2 <sup>d</sup>	5.7 <sup>ab</sup>	4.0 <sup>ab</sup>
Colored rice 0306	4.5	5.1 <sup>ab</sup>	5.1 <sup>abc</sup>	5.2 <sup>cd</sup>	6.4 <sup>cd</sup>	5.4 <sup>ab</sup>	4.7 <sup>a</sup>
Colored rice 0309	5.2	6.1 <sup>b</sup>	5.2 <sup>abc</sup>	3.6 <sup>abc</sup>	6.4 <sup>cd</sup>	6.0 <sup>ab</sup>	4.9 <sup>ab</sup>
Colored rice 0314	4.4	5.0 <sup>ab</sup>	5.4 <sup>abc</sup>	5.5 <sup>cd</sup>	6.3 <sup>cd</sup>	5.5 <sup>ab</sup>	5.0 <sup>ab</sup>
Colored rice 0319	5.6	5.3 <sup>ab</sup>	4.8 <sup>abc</sup>	4.8 <sup>bcd</sup>	6.6 <sup>cd</sup>	6.1 <sup>ab</sup>	4.7 <sup>a</sup>
Colored rice 0325	4.2	3.9 <sup>a</sup>	5.5 <sup>abc</sup>	2.3 <sup>a</sup>	2.5 <sup>a</sup>	6.0 <sup>ab</sup>	5.2 <sup>abc</sup>
Colored rice 0328	3.7	3.5 <sup>a</sup>	4.9 <sup>abc</sup>	2.8 <sup>ab</sup>	1.9 <sup>a</sup>	5.7 <sup>ab</sup>	5.3 <sup>abc</sup>
Colored rice 0330	4.9	4.1 <sup>ab</sup>	5.8 <sup>abc</sup>	2.0 <sup>a</sup>	2.0 <sup>a</sup>	6.2 <sup>ab</sup>	5.3 <sup>abc</sup>
Colored rice 0405	5.1	5.3 <sup>ab</sup>	5.5 <sup>abc</sup>	3.4 <sup>ab</sup>	6.5 <sup>cd</sup>	5.2 <sup>ab</sup>	5.1 <sup>abc</sup>
Colored rice 0413	5.2	4.8 <sup>ab</sup>	6.0 <sup>abc</sup>	5.1 <sup>cd</sup>	4.6 <sup>bc</sup>	5.4 <sup>ab</sup>	5.9 <sup>abc</sup>
Flavored rice 0414	5.1	4.4 <sup>ab</sup>	5.1 <sup>abc</sup>	4.6 <sup>bcd</sup>	4.3 <sup>b</sup>	4.4 <sup>a</sup>	5.6 <sup>abc</sup>
Flavored rice 0424	5.1	5.3 <sup>ab</sup>	6.7 <sup>c</sup>	4.9 <sup>bcd</sup>	4.9 <sup>bc</sup>	6.6 <sup>b</sup>	6.1 <sup>abc</sup>
Flavored rice 0426	4.7	4.5 <sup>ab</sup>	5.8 <sup>abc</sup>	4.4 <sup>bcd</sup>	5.2 <sup>bcd</sup>	5.5 <sup>ab</sup>	5.9 <sup>abc</sup>
Flavored rice 0433	5.1	5.3 <sup>ab</sup>	5.0 <sup>abc</sup>	3.5 <sup>abc</sup>	6.0 <sup>bc</sup>	5.8 <sup>ab</sup>	5.3 <sup>abc</sup>
Flavored rice 0437	5.3	5.2 <sup>ab</sup>	6.4 <sup>bc</sup>	4.6 <sup>bcd</sup>	6.3 <sup>cd</sup>	6.0 <sup>ab</sup>	5.3 <sup>abc</sup>
Flavored rice 0438	5.4	5.8 <sup>ab</sup>	6.0 <sup>abc</sup>	5.0 <sup>cd</sup>	6.1 <sup>bcd</sup>	4.8 <sup>ab</sup>	5.4 <sup>abc</sup>

겨지는 품종들은 찰 품종 중에서는 육도농립나 1호였으며, 유색미-325, 328, 330 등이었다. 식혜의 당도는 찰 품종 중에서는 육도농립나 1호 및 신선찰벼로 제조한 것이 가장 달게 느껴졌으며, 유색미들은 품종간에 유의차가 거의 없었고, 향미 중에서는 향미-424로 제조한 것이 달게 느껴지는 결과를 얻었다. 품종별 쌀로 제조한 식혜의 전반적인 기호도는 육도농립나 1호로 제조한 것이 가장 좋았으며, Ishiokamochi 15, Malakisinaguing, Kamuimochi, 유색미-304, 306 등으로 제조한 것들이 나쁘게 나타났다

### 9) 식혜 가공성 간의 상관관계

30품종의 쌀로 식혜를 제조하면서 식혜 가공성과 제조된 식혜의 관능검사 수치들 간의 상관관계를 분석하여 표 6-43에 나타내었다.

품종별 찹쌀 지에밥의 맥아 추출액에 의한 당화의 결과 유리되는 환원당의 함량

표 6-43. 찰벼 품종의 식혜 가공성간 상관계수

	Relevant characters	Correlation coefficients
Reducing sugar	-Brix	0.419*
	-Color (sensory character)	0.421*
	-Overall (sensory character)	0.415*
Grains number risen as saccharification	-Brix	-0.367*
	-Thickness (sensory character)	0.394*
Optical density at 600nm	-Expandness (sensory character)	-0.449*
Color(sensory character)	-Thickness (sensory character)	0.534**
	-Expandness (sensory character)	0.391*
Thickness(sensory character)	-Expandness (sensory character)	0.537**
	-Tenderness (sensory character)	0.516**
Tenderness(sensory character)	-Overall (sensory character)	-0.514**
Sweetness(sensory character)	-Overall (sensory character)	0.413*



은 식혜의 당도(당도계 측정치), 관능검사의 색, 전반적인 기호도와 정의 상관관계가 있었다. 부유 밥알의 수는 당도와 부의 상관관계가 있었으며, 관능검사에 의한 식혜의 탁도와는 정의 상관성이 있었다. 관능검사간의 상관관계를 살펴보면, 식혜의 색은 식혜국물의 탁도 및 밥알의 퍼진 정도와 정의 상관성이 있었으며, 식혜의 탁도는 밥알의 퍼진 정도나 밥알의 질긴 정도와 정의 상관성이 있었으며, 밥알의 질긴 정도는 전반적인 식혜의 기호도와 부의 상관성이 있었다. 결국 관능검사간의 상관관계에 의하면 식혜의 국물의 색은 열을수록, 식혜국물이 투명할수록, 부유 밥알의 형태가 단정할수록, 부유한 밥알이 질기지 않을수록, 단맛이 강할수록 기호성이 높은 식혜임을 알 수 있었다.

#### 10) 식혜 가공성에 대한 쌀의 품종분포

품종별 쌀의 식혜 가공성에 대한 주성분 분석에 의하면, 표 6-44에 나타내는 바와 같이 제1과 제2주성분치가 각각 전 변이량의 25.4%와 22.2%를 차지하여 제1주성분치와 제2주성분치로서는 식혜 가공성에 대한 품종변이를 약 50% 정도밖에 얘기할 수 없어 무리는 있다.

그러나 표 6-45에 나타내는 바와 같이 식혜 가공성과 주성분치 간의 상관 정도에 따라 제1 및 제2 주성분의 특성을 규정지워 보면, 대체로 제 1 주성분은 식혜의 관능평가에 의한 결과들로서 부유밥알 수, 색, 탁도, 밥알의 퍼진 정도, 질긴 정도 등과 관련된 특성이고, 제 2 주성분은 유리되는 식혜의 당도와 관련된 사항으로 추정할

표 6-44. 찹쌀의 이화학적 성질과 식혜 가공성에 의하여 분석한 주성분치와 그 기여도

principal component Item	1st principal component(Z <sub>1</sub> )	2rd principal component(Z <sub>2</sub> )	3rd principal component(Z <sub>3</sub> )
Eigenvalue	2.79	2.44	1.52
Contribution(%)	25.38	22.20	13.86
Cumulative contribution(%)	25.38	47.59	61.45

표 6-45. 찰벼 품종의 식혜 가공성과 제1, 2, 3 주성분간의 상관계수

Principal component	1st principal component( $Z_1$ )	2rd principal component( $Z_2$ )	3rd principal component( $Z_3$ )
환원당	0.274	0.513**	0.207
Brix	0.270	0.307	0.557**
탁도	-0.566**	0.162	0.208
부유밥알	0.474**	-0.805**	-0.842**
Color	0.660**	-0.014	0.069
Thickness	0.825**	-0.553**	-0.147
Odor	0.137	0.231	0.062
Expandness	0.696**	-0.385*	-0.219
Tenderness	0.556**	-0.613**	0.331
Sweetness	-0.004	0.369*	-0.041
Overall	0.173	0.434*	-0.328

수 있겠다. 시험에 사용한 30품종의 쌀을 제1( $Z_1$ )과 제 2( $Z_2$ ) 주성분의 값으로 품종 분포(표 6-46)를 plotting하면 그림 6-7과 같이 나타낼 수 있다.

한편, 식혜의 국물의 색은 옅을수록, 식혜국물이 투명할수록, 부유 밥알의 형태가 단정할수록, 부유한 밥알이 질기지 않을수록, 단맛이 강할수록 기호성이 높은 식혜

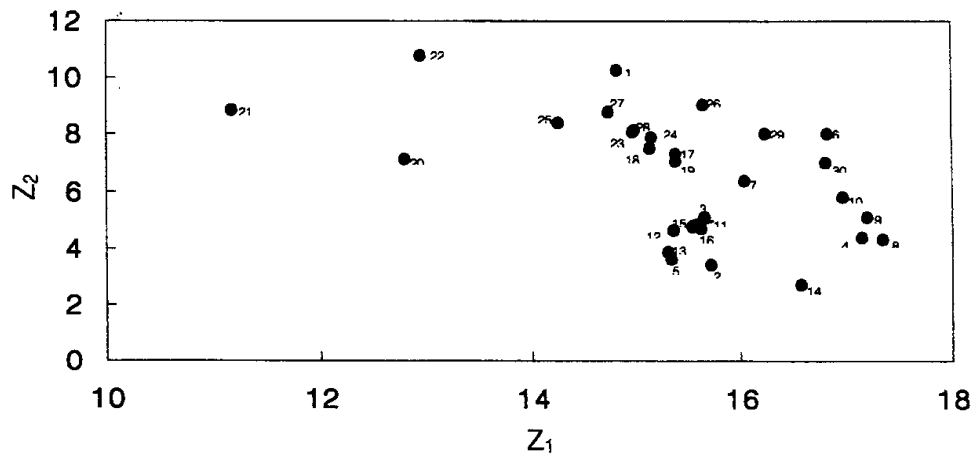


그림 6-7. 식혜 가공성에 근거한 제1주성분과 제2주성분 상의 찰벼 품종분포

표 6-46. 찰벼 재료 품종의 식혜 가공성과 관련된 주성분치

Principal component	1st principal component ( $Z_1$ )	2rd principal component ( $Z_2$ )	3rd principal component ( $Z_3$ )
1. Ilpum	14.82	10.25	0.51
2. IR 29	15.71	3.41	0.29
3. Onnemochi	15.65	5.08	-1.69
4. Gangweonna	17.15	4.35	-1.05
5. Malagkisinaguing	15.34	3.60	0.45
6. Yukdonongrimna 1	16.82	8.04	-2.23
7. Hangangchalbyeo	16.03	6.34	1.72
8. Jinbuchalbyeo	17.34	4.30	-1.35
9. Whasunchalbyeo	17.19	5.08	-0.80
10. Shinsunchalbyeo	16.97	5.80	2.89
11. Ishioka Mochi 15	15.59	4.84	2.00
12. kamui Mochi	15.36	4.62	1.02
13. Rikuto Norin Mochi 24	15.30	3.85	-0.39
14. Taichung Sen Glutinous	16.57	2.69	-0.82
15. Colored rice 0304	15.54	4.77	2.54
16. Colored rice 0306	15.61	4.67	1.12
17. Colored rice 0309	15.37	7.34	3.91
18. Colored rice 0314	15.13	7.49	3.85
19. Colored rice 0319	15.37	7.09	4.04
20. Colored rice 0325	12.79	7.14	-1.04
21. Colored rice 0328	11.16	8.86	1.24
22. Colored rice 0330	12.94	10.77	2.18
23. Colored rice 0405	14.96	8.08	4.57
24. Colored rice 0413	15.14	7.91	2.03
25. Flavored rice 0414	14.26	8.42	3.16
26. Flavored rice 0424	15.63	9.06	2.59
27. Flavored rice 0426	14.73	8.77	2.83
28. Flavored rice 0433	14.97	8.13	3.82
29. Flavored rice 0437	16.22	8.00	3.11
30. Flavored rice 0438	16.80	7.01	2.64

였다는 식혜 가공성간의 상관관계에 대한 논의와 연관시켜 보면,  $Z_1$ 측은 낮은 쪽에 분포할수록, 그리고  $Z_2$ 측은 높은 쪽에 분포할수록 식혜가공성이 좋은 쌀 품종이라는 결론을 얻을 수가 있어 식혜 제조에 적합한 품종군(1군)과 부적합한 품종군(2군)으로 구분 할 수가 있겠다.

## 6. 품종별 찹쌀의 미숫가루 가공성 비교

### 가. 미숫가루 가공성

미숫가루의 가공성 비교를 위한 척도로서 미숫가루를 물에 개었을 때의 수분흡습성, 점도를 측정하였으며, 미숫가루를 제조하였을 때 전분입자의 호화상태를 비교하기 위한 방편으로 아밀라아제에 의한 가수분해도를 측정 비교하여 쌀 품종간 비교치를 분별하기 쉽도록 막대그래프로 정리하여 그림 6-8에 나타내었다.

미숫가루의 가공성 중, 물에 개었을 때의 수분흡습성은 막대그래프 상에 나타내고 있듯이 찰 품종인 IR29로 부터 Taichung Sen Glutinous 1 까지는 메 품종인 일품벼에 비해서 수분흡습성이 높았으며, 찰벼 품종 중에서는 육도농립나 1호가 가장 높았고, Kamuimochi가 가장 낮았다. 유색미 신소재 중에서는 유색미 304, 306, 314, 319, 405, 413 등이 찰벼 품종들의 수준 또는 그 이상으로 수분 흡습성이 좋았고, 유색미 309, 325, 328, 330 등은 일반 메벼 품종인 일품과 유사한 수준이었다. 한편 향미는 시험한 모든 품종들이 찰 품종인 신선찰벼와 유사한 정도 또는 그보다 높은 정도의 수분 흡습성을 나타내고 있었다.

또한 미숫가루의 점도는 찰 품종 중에서는 육도농립나 1호가 가장 높았고, 신선찰벼, 진부찰벼의 순이었으며, Kamuimochi는 점도가 낮아 일품과 유사한 정도였다. 유색미 신소재 325, 328, 330은 일품과 유사한 정도의 점도를 나타내고 있었으며, 그 밖의 품종들은 찰 품종보다 높은 점도를 나타내고 있었으며, 유색미 신소재 중에서는 304가 가장 높은 점도를 나타내고 있었다. 모든 향미 신소재들이 높은 점도를 나

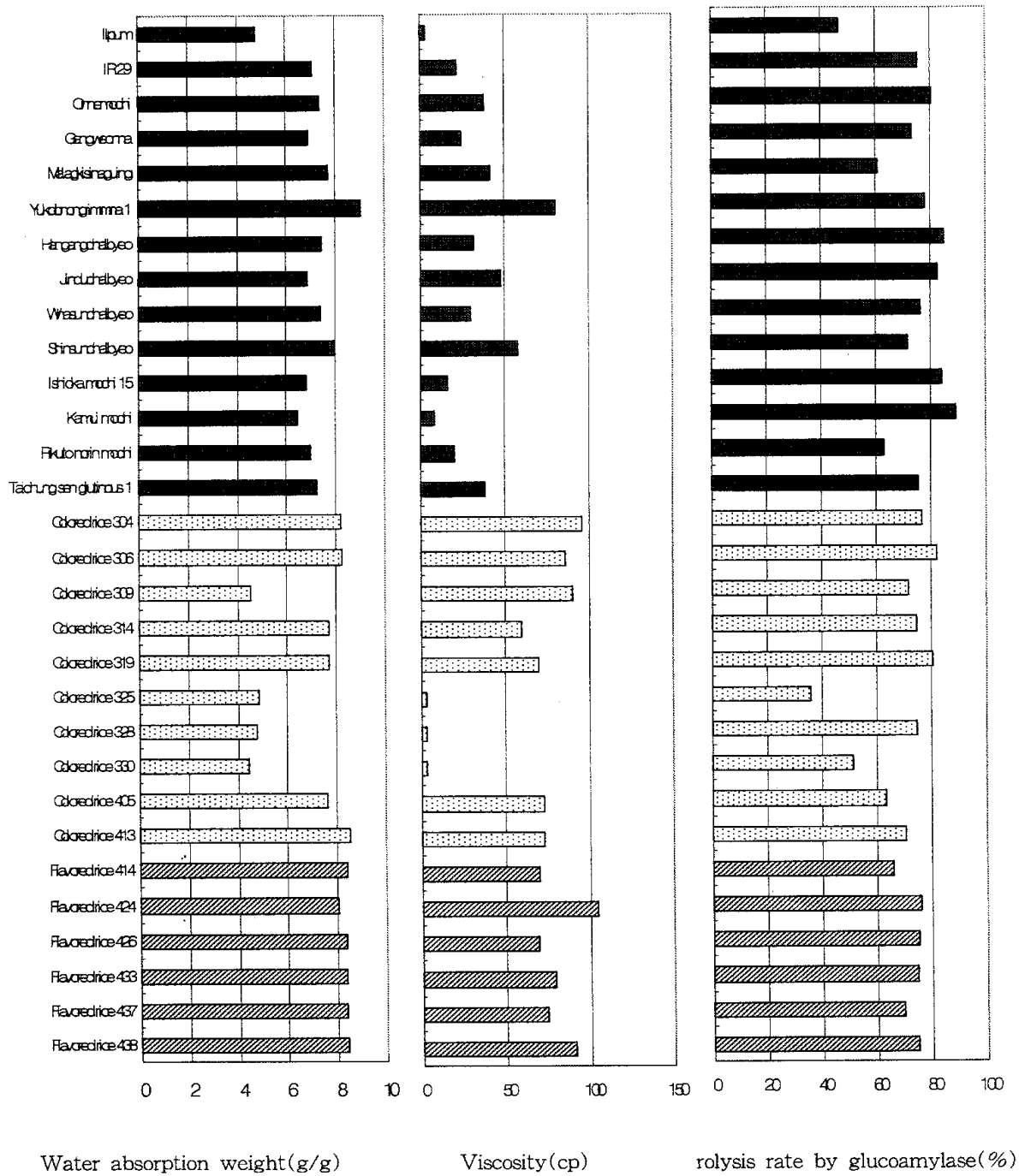


그림 6-8. 찰벼 품종간 미숫가루 가공성 비교

타내고 있었으며, 특히 향미 424는 시험한 품종들 중에서 가장 높았다.

일반적으로 찹쌀 및 향미는 백미상태 까지 도정하여 사용하지만 유색미의 경우에는 현미상태로 사용하기 때문에 미숫가루 제조공정인 볶는 과정에서의 전열 호화 및 구성 성분간의 상호작용 결과 전분입자의 호화상태가 쌀 품종에 따라 다르지 않을까 하는 생각과, 만일 호화상태가 다르다면 미숫가루의 수분 흡습성, 점도, 물에 개었을 때의 분산성 등과 어떠한 연관성이 있으리라는 생각에서 전분입자의 호화상태를 유추하는 하나의 방법으로 효소에 의한 초기 가수분해도를 측정 비교하기로 하였다. Glucoamylase는 전분분자에 작용하여 최종적으로 포도당 단위까지 가수분해하는 효소이므로, 반응초기의 가수분해율을 비교함으로써 품종별로 제조한 미숫가루 전분입자의 호화 상태가 효소의 작용을 받기 쉬운 상태인지 그렇지 않은 상태인지의 여부를 판단하는데는 별 무리가 없다고 생각되기 때문이었다.

미숫가루에 glucoamylase를 5분간 처리하였을 때의 가수분해도는 품종간에 차이가 있었으며, 유색미 계통-325를 제외한 모든 품종의 것이 비교군인 일품에 비해서 가수분해도가 높았으며, 이는 미숫가루 제조 공정시 시험한 모든 품종의 전분입자의 호화상태가 일품으로 제조한 미숫가루 전분입자의 호화상태보다는 효소(glucoamylase)의 작용을 받기 쉬운 상태인 것을 알 수 있었다. 찰 품종 중에서는 Kamui-mochi로 제조한 미숫가루의 가수분해도가 가장 높았고, Malagkitsinaguing으로 제조한 미숫가루의 가수분해도가 가장 낮았다. 유색미들도 계통간에 차이가 있었으며, 306계통이 가장 높았으며, 325계통이 가장 낮았다. 그리고 향미들은 계통간에 큰 차이는 없이 대체로 유사한 정도의 가수분해도를 보이고 있었다.

#### 나. 관능검사

미숫가루를 관능검사원이 직접 물에 개어 음용하면서 관능검사를 실시하여 표 6-50에 나타내었다. 관능검사 항목은 미숫가루를 물에 갈 때의 분산되는 정도, 즉 잘 개어지는가의 여부를 비교하기 위해서 분산성을, 구수한 정도를 비교하기 위해서 냄새를, 물에 개어 마실 때의 입안에서 느끼는 점성을, 그리고 마시면서의 색, 맛,

질감을 포함한 전반적인 기호도 등의 4가지 항목을 선정하여 비교하였다. 분산되는 정도는 전체 29 품종 중에서 유색미 계통 325, 328, 330 등이 비교군인 일품과 더불어 가장 높아, 잘 개어지는 미숫가루의 제조가 가능하였으며, 분산성이 가장 낮은 품종으로는 유색미 계통 304 였다. 찰벼 품종 중에서는 Kamuimochi의 분산성이 좋았으며, 육도농립나가 나빴다. 그리고 유색미 중에서는 계통번호 325, 328, 330 등의 분산성이 좋았고, 304가 나빴으며, 향미 중에서는 계통번호 433의 분산성이 좋았고, 437이 나빴다.

미숫가루의 구수한 냄새는 기본적으로는 볶는 과정에서 생성되는 각종의 화합물에 기인하겠지만, 쌀 품종 중에서 향미는 그 자체가 독특한 풍미가 있으므로 미숫가루를 제조한 후에도 냄새에 대한 기호도가 양호하리라 기대하였으나, 관능검사의 결과에 의하면 찰 품종들이나 유색미 계통들과 별다른 차이가 없었다. 찰쌀 품종들 중에서는 Malagkitsinaguing, 강원나, Kamuimochi 등의 냄새가 좋았고, 육도농립나 1호가 가장 낮았다. 유색미 계통들 중에서는 번호 314가 가장 좋았으며, 304가 가장 나빴다. 그리고 향미 신소재 중에서는 번호 414가 가장 좋았으며, 이것은 시험한 30 품종의 쌀 중에서 냄새에 대한 관능검사의 수치가 가장 높았다.

물에 개어 마실 때의 입안에서 느끼는 점성인 점도는 유색미 신소재 325, 328, 330 등 3계통을 제외하고는 비교군인 일품에 비해서 대체로 월등히 높은 수치들을 나타내고 있었으며, 찰 품종 중에서는 신선찰벼가 가장 높았고, 유색미 품종들은 비교군인 메벼 품종과 비슷한 정도로 낮은 점도를 보이는 그룹과 찰벼들보다 더 높은 점도를 보이는 그룹으로 나뉘었다. 향미는 모든 품종에서 점도가 높았다. 시험한 29 품종의 쌀 중에서 미숫가루의 색, 맛, 질감을 포함한 전반적인 기호도가 가장 좋은 품종은 유색미 계통 314 및 향미 계통 414이었다.

#### 다. 미숫가루의 가공특성간의 상관관계

미숫가루의 가공특성과 관능검사간의 상관관계를 살펴보면(표 6-48) 미숫가루를

표 6-47. 찰벼 품종별로 가공한 미숫가루의 관능검사치

Cultivars	Sensory properties			
	Dispersion	Odor	Viscosity	Overall
Ilpum	8.56 <sup>k</sup>	4.33 <sup>abcd</sup>	1.78 <sup>a</sup>	2.33 <sup>a</sup>
IR 29	3.78 <sup>bcdef</sup>	5.00 <sup>abcdef</sup>	4.11 <sup>bcd</sup>	5.00 <sup>efg</sup>
Onnemochi	4.78 <sup>defghij</sup>	5.33 <sup>bcdefg</sup>	5.11 <sup>cdefg</sup>	4.89 <sup>efg</sup>
Gangweonna	5.78 <sup>ij</sup>	6.67 <sup>efgh</sup>	5.11 <sup>cdefg</sup>	5.44 <sup>efg</sup>
Malagkisinaguig	4.11 <sup>bcdefgh</sup>	6.89 <sup>fgh</sup>	5.56 <sup>defgni</sup>	6.33 <sup>gh</sup>
Yukdonongrimna	3.00 <sup>abc</sup>	3.67 <sup>ab</sup>	4.67 <sup>cde</sup>	3.89 <sup>bcde</sup>
Hangangchalbyeo	4.33 <sup>cdefghi</sup>	5.67 <sup>cdefgh</sup>	5.56 <sup>defghni</sup>	5.44 <sup>efg</sup>
Jinbuchalbyeo	5.11 <sup>efghij</sup>	5.38 <sup>bcdefg</sup>	4.11 <sup>bcd</sup>	4.78 <sup>defg</sup>
Whasunchalbyeo	3.89 <sup>bcdef</sup>	6.11 <sup>cdefgh</sup>	4.89 <sup>cdef</sup>	5.00 <sup>efg</sup>
Shinsunchalbyeo	3.44 <sup>abcde</sup>	5.11 <sup>abcdefg</sup>	6.22 <sup>fghi</sup>	5.33 <sup>efg</sup>
Ishioka mochi 15	5.56 <sup>ghij</sup>	5.33 <sup>bcdefg</sup>	5.22 <sup>cdefgh</sup>	4.22 <sup>bcde</sup>
Kamui mochi	6.00 <sup>j</sup>	6.56 <sup>efgh</sup>	3.22 <sup>b</sup>	4.44 <sup>bcdef</sup>
Rikuto norin mochi	4.56 <sup>cdefghij</sup>	5.44 <sup>bcdefg</sup>	4.00 <sup>bc</sup>	4.44 <sup>bcdef</sup>
Taichung sen glutinous 1	3.11 <sup>abcd</sup>	6.11 <sup>cdefgh</sup>	5.00 <sup>cdef</sup>	5.33 <sup>efg</sup>
colored rice 304	2.11 <sup>a</sup>	3.33 <sup>a</sup>	5.67 <sup>efghi</sup>	5.11 <sup>efg</sup>
colored rice 306	3.78 <sup>bcdef</sup>	5.22 <sup>bcdefg</sup>	6.33 <sup>fghi</sup>	5.11 <sup>efg</sup>
colored rice 309	3.67 <sup>abcdef</sup>	6.22 <sup>defgh</sup>	6.67 <sup>hi</sup>	4.78 <sup>defg</sup>
colored rice 314	5.22 <sup>fghij</sup>	7.00 <sup>gh</sup>	6.67 <sup>hi</sup>	7.44 <sup>h</sup>
colored rice 319	4.33 <sup>cdefghi</sup>	6.89 <sup>fgh</sup>	6.56 <sup>ghi</sup>	6.33 <sup>gh</sup>
colored rice 325	8.67 <sup>k</sup>	5.89 <sup>cdefgh</sup>	1.56 <sup>a</sup>	3.11 <sup>abc</sup>
colored rice 328	8.67 <sup>k</sup>	4.44 <sup>abcd</sup>	1.67 <sup>a</sup>	3.00 <sup>ab</sup>
colored rice 330	8.78 <sup>k</sup>	5.44 <sup>bcdefg</sup>	1.78 <sup>a</sup>	3.22 <sup>abcd</sup>
colored rice 405	4.00 <sup>bcdefg</sup>	5.33 <sup>bcdefg</sup>	6.67 <sup>hi</sup>	5.22 <sup>efg</sup>
colored rice 413	4.00 <sup>bcdefg</sup>	4.22 <sup>abc</sup>	6.78 <sup>i</sup>	4.89 <sup>efg</sup>
flavored rice 414	4.56 <sup>cdefghij</sup>	7.44 <sup>h</sup>	6.33 <sup>fghi</sup>	7.11 <sup>h</sup>
flavored rice 424	3.00 <sup>abc</sup>	6.44 <sup>efgh</sup>	6.22 <sup>fghi</sup>	5.11 <sup>efg</sup>
flavored rice 426	3.78 <sup>bcdef</sup>	5.89 <sup>cdefgh</sup>	5.89 <sup>efghi</sup>	5.22 <sup>efg</sup>
flavored rice 433	5.67 <sup>hij</sup>	4.78 <sup>abcde</sup>	6.33 <sup>fghi</sup>	4.67 <sup>cdefg</sup>
flavored rice 437	2.56 <sup>ab</sup>	5.89 <sup>cdefgh</sup>	5.00 <sup>cdef</sup>	4.56 <sup>bcdef</sup>
flavored rice 438	4.22 <sup>bcdefghi</sup>	6.67 <sup>efgh</sup>	6.11 <sup>efghi</sup>	6.00 <sup>fgh</sup>

Means ± SD

<sup>1)</sup> values with different superscript in the same column are significant different at p<0.05



표 6-48. 찰벼 품종의 미숫가루 가공성간의 상관관계

Relevant characters		Correlation coefficient
Water absorption weight	-Hydrolysis rate by glucoamylase	0.476**
	-Dispersion(sensory evaluation)	-0.762**
Viscosity	-Water absorption weight	0.621**
	-Dispersion(sensory evaluation)	-0.745**
	-Overall(sensory evaluation)	0.518**
Dispersion(sensory evaluation)	-Hydrolysis rate by glucoamylase	-0.518**
Viscosity(sensory evaluation)	-Water absorption weight	0.726**
	-Viscosity	0.814**
	-Hydrolysis rate by glucoamylase	0.475**
	-Dispersion(sensory evaluation)	-0.763**
	-Overall(sensory evaluation)	0.785**
Overall(sensory evaluation)	-Water absorption weight	0.621**
	-Dispersion(sensory evaluation)	-0.575**
	-Odor(sensory evaluation)	0.607**

\*\* Significant at 1% level respectively

물에 개었을 때의 수분흡수량이 큰 품종들일수록 glucoamylase에 의한 가수분해도가 높아 소화 흡수되기 쉬운 상태의 미숫가루 제조가 가능하며, 물에 개었을 때 점도가 높고, 물에 개어 음용시 물에 잘 안 풀어지는 특성이 있었다. 그리고 물에 개어 마실 때의 입안에서 느끼는 점성은 수분흡수량이 클수록, 물에 개었을 때의 점도가 클수록 높았으며, 이 수치가 높을수록 미숫가루에 대한 전반적인 기호도가 좋게 나타났다.

#### 라. 미숫가루 가공성에 따른 품종분포

품종별 쌀의 미숫가루 가공성에 대한 주성분 분석에서 제1과 제2 주성분치가 각각 전 변이량의 59.5%와 18.8%를 차지하였는데(표 6-49), 이들 가공특성과 주성분

표 6-49. 찰벼 품종의 미숫가루 가공성과 쌀의 이화학적 특성에 의하여 분석한 주 성분 분치 및 그 기여도

Item	Principle component	
	1st component(Z <sub>1</sub> )	2nd component(Z <sub>2</sub> )
Eigenvalue	4.16	1.31
contribution(%)	59.45	18.76
Cumulative contribution(%)	59.45	78.21

치간의 상관정도(표 6-50)에 따라 제1 및 제2 주성분의 특성을 규정지어 보면, 대체로 제1주성분은 미숫가루를 물에 개었을 때의 수분흡습성, 점도 및 아밀라아제에 의한 가수분해도 등, 미숫가루의 가공성과 관련된 특성들이고, 제2 주성분은 관능검사의 결과로서 물에 개어 음용시 물에 잘 개어지는 정도인 분산성과 부의 상관관계이기는 하지만 물에 개어 마실때의 입안에서 느끼는 점성 및 전반적인 기호도로 추정할 수 있었다. 시험에 사용한 29 품종의 쌀을 제1(Z<sub>1</sub>)과 제2(Z<sub>2</sub>) 주성분치(표 6-51) 상으로 품종분포를 구해보면 그림 6-9와 같이 나타낼 수 있으며 이러한 품종분포도를 통하여 미숫가루 제조시 유사한 품질특성을 가질 것으로 추정되는 품종들끼리 grouping할 수가 있으리라 생각한다.

표 6-50. 찰벼 품종의 미숫가루 가공성과 제1주성분 및 제2주성분간의 상관계수

Variables	Principle component	
	1st component(Z <sub>1</sub> )	2nd component(Z <sub>2</sub> )
Water absorption weight	0.730**	-0.727**
Hydrolysis by glucoamylase	0.822**	-0.557**
Viscosity	0.807**	-0.953**
Dispersion	-0.792**	0.799**
odor	0.045	0.134
Viscosity(sensory evaluation)	0.806**	-0.791**
Overall	0.585**	-0.451*

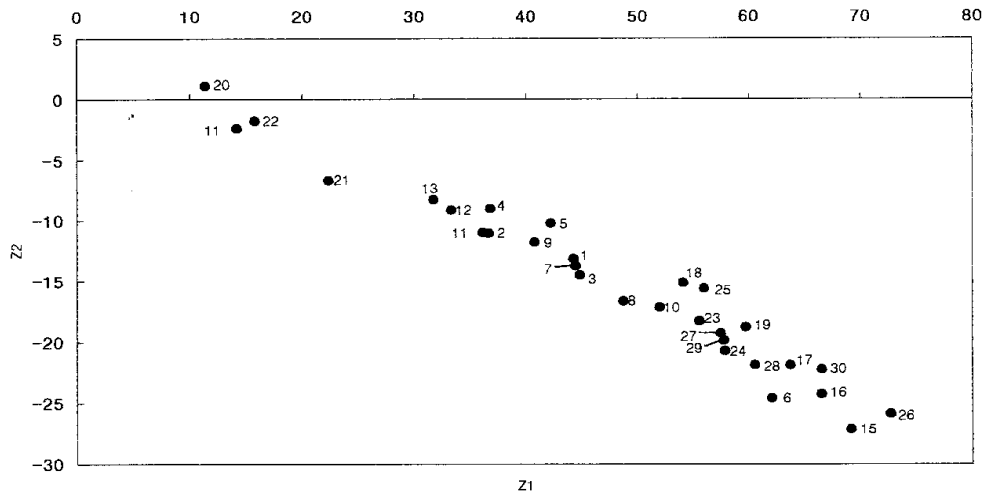


그림 6-9. 미숫가루 가공성과 관련된 찰벼 품종의 제1 및 제2 주성분 상에서의 분포

## 제 4 절 결과 요약

본 연구는 가공적성용 찰벼 신소재 개발 연구의 일환으로 찰벼의 기능성 유전자의 탐색 및 관련 유전자의 동정에 의하여 수집·개발한 29품종(계통)의 찰쌀을 재료로 하여 유과, 인절미, 식혜 및 미숫가루를 제조하면서 가공적성이 높은 찰쌀 품종을 선발하며, 이들 찰쌀 전분의 이화학적 특성간의 품종변이를 검정하였다.

1. 유과 제조에 대한 가공적성을 비교한 결과 유과의 가공성과 상관관계가 있는 찰쌀의 이화학적 특성으로는 수침에 의해 유리되는 환원당 함량이었으며, 유리되는 환원당 함량의 양이 많은 품종의 찰쌀일수록 유과의 가공성이 좋았다. 29 품종의 찰쌀 중 유과의 팽화도, 아삭아삭한 정도, 관능검사에 의한 기호도 등의 수치가 골고루 높아 유과제조에 적합한 품종으로는 CB243, 산동 71, 육도농림나 1호 및 향미 찰벼인 KR92021-B-B-5-2-B 등이었다.
2. 찰쌀의 이화학적 특성(단백질함량, gel consistency, 알칼리호화도, amylogram 특성, 품종별 전분입자의 호화특성)과 이들 14품종의 찰쌀로 제조한 인절미의

표 6-51. 찰벼 품종별 미숫가루 가공성 관련 제1 및 제2 주성분치

Cultivars	1st component( $Z_1$ )	2nd component( $Z_2$ )
1. Ilpum	14.17	- 2.39
2. IR 29	36.69	- 11.04
3. Onnemochi	44.87	- 14.52
4. Gangweonna	36.83	- 9.03
5. Malagkisinaguing	42.23	- 10.24
6. Yukdonongrimna	62.07	- 24.59
7. Hangangchalbyeo	44.47	- 13.76
8. Jinbuchalbyeo	48.75	- 16.68
9. Whasunchalbyeo	40.78	- 11.79
10. Shinsunchalbyeo	52.01	- 17.17
11. Ishioka mochi 15	36.14	- 10.99
12. Kamui mochi	33.30	- 9.15
13. Rikuto norin mochi	31.73	- 8.29
14. Taichung sen giutinous 1	44.29	- 13.17
15. Colored rice 304	69.19	- 27.16
16. Colored rice 306	66.52	- 24.27
17. Colored rice 309	63.73	- 21.90
18. Colored rice 314	54.11	- 15.16
19. Colored rice 319	59.73	- 18.29
20. Colored rice 325	11.37	1.09
21. Colored rice 328	22.37	- 6.70
22. Colored rice 330	15.77	- 1.79
23. Colored rice 405	55.58	- 18.29
24. Colored rice 413	57.85	- 20.73
25. Flavored rice 414	55.99	- 15.62
26. Flavored rice 424	72.71	- 25.89
27. Flavored rice 426	57.50	- 19.30
28. Flavored rice 433	60.55	- 21.88
29. Flavored rice 437	57.78	- 19.88
30. Flavored rice 438	66.55	- 22.24

가공특성(경도, 응집성, 부착성 탄력성, 찢힘성 등의 물성 및 노화도)을 측정

비교한 결과 단백질함량과 amylogram상의 점성간에는 상관성이 있었으나 이들 이화학적 특성과 인절미의 물성간에는 어떠한 상관성도 보이지 않았다. 그러나 품종별 찹쌀로 제조한 인절미 물성을 texture profile의 특성과 연관지어 고찰해 보면 대체로 경도, 응집성은 낮으면서 부착성이 높은 품종일수록 인절미의 제조에 적합한 품종이라고 생각할 수 있으므로, 29품종의 찹쌀 중 인절미 가공적성이 높은 품종은 청향나, Beongok, 육도농립나 1호 및 향미 찰벼인 KR92021-B-B-162-1-B 이었다.

3. 찹쌀의 식혜제조에 대한 가공적성을 검토한 결과, 식혜제조시 맥아 추출액의 작용에 의해서 유리되는 환원당의 함량이 많은 품종은 육도농립나 1호, 유색미-304, 405, 향미-438 등이었다. 식혜의 당도가 높은 찰벼 품종으로는 신선찰벼, 육도농립나 1호, 향미-424 등이었고, 부유되는 밥알의 형태가 좋은 품종은 강원나 이었고, 밥알의 질감이 부드러운 품종은 육도농립나 1호였으며, 전반적으로 식혜제조에 가장 적합한 품종은 육도농립나 1호였다.
4. 미숫가루의 분산성이 좋은 것은 품종은 Kamuimochi, 유색미-325, 328, 330 및 향미-433 이었으며, 냄새가 가장 좋은 품종은 향미-414 이었고, 미숫가루의 색, 맛, 질감을 포함하여 전반적인 기호도가 높은 품종은 유색미-314 및 향미-414 이었다.

## 제 5 절 참고문헌

1. Athapol. N., Ngamchuen. K., and Muaumi, A. : Effect of aging on the quality of glutinous rice cracker. Cereal Chem., 74, 12-15, (1997).
2. 계승희, 윤석인, 이철 : 한국 전통음식 개발 보급, 식품연구소(한국식품공업협회), 278 (1986).
3. 임양순 : 병과류 이용에 관한 실태 연구, 대한가정학회지, 16, 19-25, (1978).

4. 성성거사(허균), 屠門大嚼, (1611).
5. 안동장씨저, 황혜성편 : 飲食知味方, 한국인서출판사, 40, (1985).
6. 빙허각 이씨저, 이민수역 : 閩閩叢書, 기린원, 113, (1988).
7. 이철호, 김선영 : 한국 전통 음료에 대한 문헌적 고찰, 한국 식문화학회지 6, 50- (1991).
8. 이효지, 전희정 : 식혜제조과학적 연구, 대한가정학회지, 14, 685- (1976)
9. 조순옥 : 당화력이 강한 맥아제조 및 맥아침수시간에 따른 식혜의 비교연구, 대한가정학회지, 21, 79-85 (1983).
10. 서형주, 정수현, 황중현 : 쌀보리, 길보리 및 밀엿기름에 의한 식혜제조시 특성, 한국식품과학회지, 29, 716-721 (1997).
11. 이시경, 주현규, 안종국 : 식혜제조시 쌀 품종이 당화에 미치는 영향, 한국식품과학회지, 29, 470-475 (1997).
12. 이창성, 이근택 : 응집처리를 통한 미숫가루의 분산성 개선, 한국식품과학회지, 30, 385-390.(1998).
13. Dubois, M., Gilles, K. A., Hamilton, J. K., Rebers, P. A. and Smith, F. (1956) Colorimetric method for determination of sugars and related substances. Anal. Chem 28, 350-356.
14. Loyd, J. B. and Whelan, W. J. (1969) An improved method for enzymic determination of glucose in the presence of maltose. Anal. Biochem 30, 467-470.
15. 강인희 저: 한국의 떡과 과줄, 대한교과서, 서울, 324-329, (1997).
16. 양희천, 홍재식, 김중만 : 부수계 제조에 관한 연구 제1보: 수침공정이 원료잡쌀의 점도와 팽화력에 미치는 영향, 한국식품과학회지, 14, 141-145, (1982).
17. 김태홍 : 강정과 산자류 제조에 관한 실험조리적 연구(I), 침수시간에 따른 강정과 산자의 질감에 관한 연구, 대한 가정학회지, 19, 63-68, (1981).

18. 김중만, 웨이룬신 : 부수계 제조에 관한 연구 제2보: 대두첨가가 부수계(산자)바탕의 품질에 미치는 영향, 한국영양식량학회지, 14, 51-56, (1985).
19. 신동화, 김명곤, 정태규, 이현유 : 유과의 저장성과 팽화방법 개선시험, 한국식품과학회지, 22, 266-271, (1990).
20. Lim, Y. H., Lee, H. Y. and Jang, M. S.: Changes of physicochemical properties of soaked glutinous rice during preparation of Yukwa(in Korean). Korean J. Food Sci. Technol., 25, 3 (1993).
21. Shin. D. H., Kim, M. K., Chung. T. K. and Lee, H. Y.: Quality characteristics of Yukwa (popped rice snack) made by different varieties of rice(in Korean). Korean J. Food Sci. Technol., 21, 6 (1989).
22. Kim, S. K. and Bang, J. B.: Physicochemical properties of rice affected by steeping conditions(in Korean). Korean J. Food Sci. Technol., 28, 6 (1996).
23. White, P. J., Abbas, I. R. and Johnson, L. A.: Freezethaw stability and refrigeratedstorage retrogradation of starches. Starch, 41, 176-180 (1989).
24. Miles, M. J., Morris, V. J., Orford, P. D. and Ring, S. G.: The roles of amylose and amylopectin in the gelation and retrogradation of starch, Carbohydr. Res., 135, 271-281 (1985).
25. Hibi, Y., Kitamura, S. and Kuge, T.: Effect of lipids on the retrogradation of cooked rice, Cereal Chem. 67, 7-10 (1990).
26. Teo, C. H. and Seow, C. C.: A pulsed NMR method for the study of starch retrogradation, Starch, 44, 288-292 (1992).
27. Gudmundsson, M. and Eliasson, A. C.: Comparison of thermal and viscoelastic properties of four waxy starches and the effect of added surfactant, Starch, 44, 379-385 (1992).
28. Tsuge, H., Hishida, M., Iwasaki, H., Watanabe, S. and Goshima, G.:

Enzymatic evaluation for the degree of starch retrogradation in foods and foodstuffs, *Starch*, 42, 213-216 (1990).

29. Villareal, C. P., Juliano, B. O. and Hizukuri, S. : Varietal differences in amylopectin staling of cooked waxy milled rices, *Cereal Chem.*, 70, 753-758 (1993).



## 제 7 장 찰벼 건강기능성물질탐색

### 제 1 절 서 언

최근 들어 인간은 free radicals로 야기되는 암과 노화에 대한 대책방안을 마련하기 위해 생리활성물질인 천연 항산화 물질의 개발에 많은 관심을 보이고 있다 (Cutler, 1984). 노약자, 환자, 음주자, 흡연자 또는 정상인이더라도 오염물질이나 유해환경에 노출이 되면 인체 방어 능력이 약화된 경우 활성산소와의 균형이 깨져서 인체가 손상을 입게 된다. 따라서 최근의 연구는 superoxide radicals에 의해 유도된 질병 치료와 항암제로 인한 정상 세포를 보호하는 것으로서, 주로 식품과 의약품에 천연 항산화 물질을 적용하는데 주안점을 두고 있다.

Free radicals은 짝 짓지 않은 전자를 가진 어떤 원자 또는 분자로서 정의되어 진다 (Punchard와 Kelly, 1996). 생물학 또는 이와 관련된 분야에서 중요한 free radical species는 산소이며, 이는 oxygen free radicals (OFRs)로써 언급되어진다. OFRs는 반응적인 산소종 (reactive oxygen species, ROS)이라고 주로 불리는 거대한 분자들의 그룹 중 일부이다. 이들은 모두 산소분자(O<sub>2</sub>)보다도 더 강하게 산화되며, 여기에는 superoxide radical (O<sub>2</sub><sup>-·</sup>), 과산화수소 (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) 및 hydroxy radical (OH<sup>·</sup>) 등이 포함된다 (Sies, 1993). 저온과 고온 및 오염물질들과 같은 환경스트레스에 의해 발생하는 ROS는 식물체 내에서 생리적 장애에 많이 관여한다. 항산화물은 방어체계의 메카니즘에 따라 물질을 생산하는 일반적 성질이 있는데, 식물체들은 ROS에 의한 산화적 스트레스를 피하기 위해 넓은 범위의 효소적인 항산화 물질이나 비효소적 항산화 물질을 가지고 진화해왔다.

McCord와 Fridovich (1969)에 의해 발견된 SOD (superoxide dismutase, EC 1.15.1.1)는 superoxide free radical이 분자상의 산소와 과산화수소 ( $2\text{O}_2^{\cdot-} + 2\text{H}^+ = \text{H}_2\text{O}_2 + \text{O}_2$ )로 변환되는 것을 촉매하면서 활성 자리에 산화환원 금속을 가지는 금속단백질이다. 따라서 이 효소의 활성은 O<sub>2</sub><sup>-·</sup>와 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>의 농도에 의해 결정되어지므로 특이하다고 할 수 있다. superoxide radical은 박테리아에서부터

인간에 이르기까지 모든 호흡하는 세포에서 발생되고 많은 세포내 물질과 반응할 수 있다. 이것은 주로 식품의 품질 저하와 영양소 파괴를 일으키는데, SOD는 superoxide 손상에 대한 신체의 첫 번째 방어적인 효소로서 매우 중요하므로 가공전의 식품에 대해 항산화제로서 인정받고 있다. 그 활성 자리에는 촉매적 보결 금속 (catalytic prosthetic metal)으로서 다른 3종류의 Cu/Zn-SOD, Mn-SOD, 그리고 Fe-SOD의 metalloenzymes이 존재하고 이들은 식물조직에서 양적으로 다양하게 분포되어 있으며, 각각의 효소들의 활성은 cyanide와  $H_2O_2$ 의 저해정도에 따라서 구별된다. 특히, 고등식물에서 Cu/Zn-SOD는 cyanide와  $H_2O_2$ 에 의해 저해됨으로써 가장 뛰어난 활성을 보이며, 세포질과 색소체에서 발견되었다 (Bannister 등, 1987; Sakamoto 등, 1992). 식물의 SOD 활성은 다양한 환경적, 화학적 자극에 의해 반응이 증가한다고 알려져 있다 (Fridovich, 1986; PeriTreves와 Galun, 1988). 더구나, SOD에 의해 생성된 과산화수소는 catalase (EC 1.11.1.6)와 peroxidases (POD, EC 1.11.1.7)에 의해 물과 산소로 분해된다. Catalase는 식물체가 광호흡을 하는 동안 형성된  $H_2O_2$ 를 제거하는 역할을 하고, 주로 peroxysome에서 발견된다 (Tolbert, 1981; Lazarow와 Fujiki, 1985). 즉, 이들은 superoxide free radical의 파괴를 촉매하여 해로운 영향에 대해 oxygen-metabolizing cell을 보호하는 역할을 하는 것으로 없어서는 안 될 중요한 효소들이다.

반면에, TBA (thiobarbituric acid)가는 지질과산화의 정도를 측정하기 위하여 가장 보편적으로 이용하는 방법이다. 이 방법은 간단하고 섬세하며, 다른 방법에 비하여 볼 때, 시각적 평가와 함께 높은 상관을 보인다 (Park, 1995). 그것은 2차적인 지질과산화 생성물인 malonaldehyde (MA)를 측정하는 것인데, malonaldehyde는 산의 열처리 과정에서 TBA와 함께 복합체를 형성한다. Malonaldehyde는 제일 먼저 TBA와 반응을 하고, 최대 흡광도 532 nm에서 붉은 색원체를 형성한다.

벼 (*Oryza sativa* L.)는 우리 나라에서 가장 중요한 식량작물중의 하나로서 식량난 해결을 위한 쌀의 생산성과 이용성을 증진시키기 위하여 벼 품종의 육종 및 육성 프로그램을 수립해야 한다. 양질의 벼 종자는 저장기간동안 곡물의 산

화와 영양상태의 감소가 적은 것으로서 농업적으로 매우 중요성을 띠고 있다. 벼 종자는 flavonoids, isovitexin, cyanidin, oryzanol,  $\alpha$ -tocopherol, 그리고 phytic acid와 같이 강한 천연 항산화성을 지니고 있는 phenol성 화합물들을 함유하고 있다 (Ramarathnam 등, 1986과 1989; Wu 등, 1994; Choi and Oh, 1996; Osawa 등, 1985). 이들 화합물들 중에서 벼의 겨로부터 분리된 isovitexin과 phytic acid는 지질 과산화를 억제하는 매우 강한 항산화 물질임이 밝혀졌다 (Ramarathnam 등, 1989). 벼의 왕겨에는 이런 항산화 물질이 많아 경제적으로 천연 항산화 물질의 원천이 되기 때문에 많은 주목을 받게 되었다. 벼는 수확 후 성숙 혹은 노화하기 시작하는데, 저장양분이나 항산화 물질을 소모하기 전에 관리를 필요로 한다. 노화속도는 부분적으로 수분함량도 영향을 미치지만, 대체로 온도에 매우 큰 영향을 받는다 (Barber, 1972). 또한 저장조건중 기간은 벼 종자의 휴면타파에 영향을 미친다 (Navasero 등, 1975). 따라서 항산화 활성력이 강한 품종일수록 벼의 저장기간도 길어질 수 있다고 생각되어진다. 따라서 고향산화 물질을 많이 포함하고있는 벼 품종을 육성하기 위하여 구체적인 스크린 방법이 수립되어야 할 것이다.

호기적 생물은 산화적 대사과정중에 생체내에서 항상 free radical이 생성되고 있으며 대부분은 항산화 효소 및 항산화 물질에 의하여 소거가 되지만 항산화 방어체계에 문제가 생겼을 경우 free radical에 의한 세포구성성분의 변성, 기능장애 등 여러 가지 질병이 발생된다. 따라서 항산화 물질의 함량과 항산화 활성과는 상관성이 있는 것으로 알려져 있으나 항산화 물질은 그 종류와 구조가 매우 다양하며 체내의 과산화반응도 매우 복잡하므로 항산화 활성과 항산화 물질을 단일반응기구로 설명하는데는 어려움이 있다. 항산화 활성(antioxidative activity)은 체내의 과산화반응을 억제하는 성질로서 과산화는 크게 ① free radical chain reaction 반응에 의한 자동산화 ② 비(非) radical 반응에 의한 과산화지질의 형성 ③ 효소(lipoxygenase)에 의한 과산화반응으로 구분할 수 있으며, 항산화 물질(antioxidative substances)은 이들 산화기작을 여러 경로를 통하여 차단하거나 지연시키는 작용을 하는 것으로 산화촉진작용을 효과적으로 제거함으로

써 항산화 활성을 높이는 역할을 하는 물질을 일컫는다. 항산화 활성물질은 free radical 생성을 미연에 방지하는 예방적 항산화제(과산화억제물질)와 이미 생성된 radical을 빠르게 소거하는 연쇄절단형 항산화제로 나눈다.

본 연구는 건강기능성 특히 항산화 활성 물질을 탐색하기 위하여 수행하였는데, 항산화활성 검정을 위하여 산화반응에 있어서 매우 중요한 free radical에 관련된 활성산소소거능(지질과산화)은 TBA, DPPH, FI-CL, ESR법을 이용하여 측정하였으며, 활성산소소거에 관련된 효소계의 반응은 SOD와 POD활성으로 검정하였고, 항산화활성 물질분석은 과산화억제물질과 free radical scavenger로 작용하는 물질인 isovitexin을 대상으로 하여 실시하였다. 따라서 본 연구의 결과는 고허산화 활성 찰벼품종 육종을 위한 기초자료를 이용될 수 있을 것이다.

## 제 2 절 연구방법 및 재료

### 1. 재래유전자원의 항산화활성 및 활성물질 탐색

공시재료는 안중벼를 포함한 벼 133품종을 1996년에 건국대학교 여주 실습 포장에서 재배하여 10월에 수확하였다. 수확한 종자는 상온 (24℃)에서 보관을 한 후, SOD와 DPPH 및 TBA법의 항산화 활성 검정을 측정하기 위해 벼 종자를 저온진공냉동 건조기에서 건조시켰다. 이와 더불어 찰벼 48품종과 메벼 2품종을 HPLC 분석 시료로 사용하였다.

### 2. 찰벼의 항산화 활성 검정

공시재료는 우리 나라 재래 찰벼품종 중 고허산화 활성물질을 함유한 품종을 선별하기 위하여 1996년부터 2000년까지 5년 동안은 상남밭벼를 포함하여 15품종을 건국대학교 여주 실습 농장에서 재배·수확하여 이용하였다. 이 재료는 SOD와 POD의 활성과 DPPH법과 TBA법 및 FI-CL (Flow Injection-Chemiluminescence)을 이용하여 항산화 활성을 측정하였고, HPLC를 이용하여 물질을 분석하였다.

### 3. 재래종과 외래종의 항산화 활성 비교

공시재료는 재래 54품종 (장삼도를 포함한 유색미 8품종과 아롱벼를 포함한 일반미 46품종)과 외래 28품종 (Hweiju를 포함한 유색미 13품종과 GPNO 12856을 포함한 일반미 15품종)을 1998년과 1999년에 건국대학교 여주 실습 포장에서 재배·수확하였다. 1998년에 수확한 종자는 실온에서 1년간 저장·보관을 하였고, 1999년에는 7월 4일부터 8월 8일까지 일주일 기간으로 벼 품종 외의 SOD와 POD 활성을 조사하였으며, 수확한 종자는 50°C에서 4일간 휴면타파를 하였다. 벼는 40-mesh로 powder를 만들어 -35°C 저온냉장고에 보관하였다. 이 재료는 종피의 색도를 비롯하여 SOD와 POD 활성 및 DPPH법과 TBA법, FI-CL 및 ESR을 이용하여 항산화 활성을 측정하였으며 HPLC를 이용하여 항산화 활성 물질을 탐색하였다.

#### 가. 색도 측정

색도계 (Minolta chroma meter, CR-210)를 이용하여 종피색을 측정하였고, 명도 (Lightness, L), 적색도 (Redness, a) 및 황색도 (Yellowness, b)로 표시를 하였다.

#### 나. 항산화 활성 검정

##### 1) SOD와 POD의 활성검정

##### (가) SOD와 POD의 활성검정을 위한 조효소 추출

그림 7-1에서와 같이 SOD와 POD의 항산화 활성 검정을 측정하기 위해 벼 종자를 저온진공냉동 건조기에서 건조시켰다. 건조시료를 분쇄 (40-mesh)한 후, 시료 0.2 g과 효소추출 완충용액 (pH 7.0, 100 mM phosphate, 10 mM ascorbate, 5 mM EDTA) 2 ml를 유발에 넣은 후, 곱게 갈아서 얻은 조추출액을 15,000

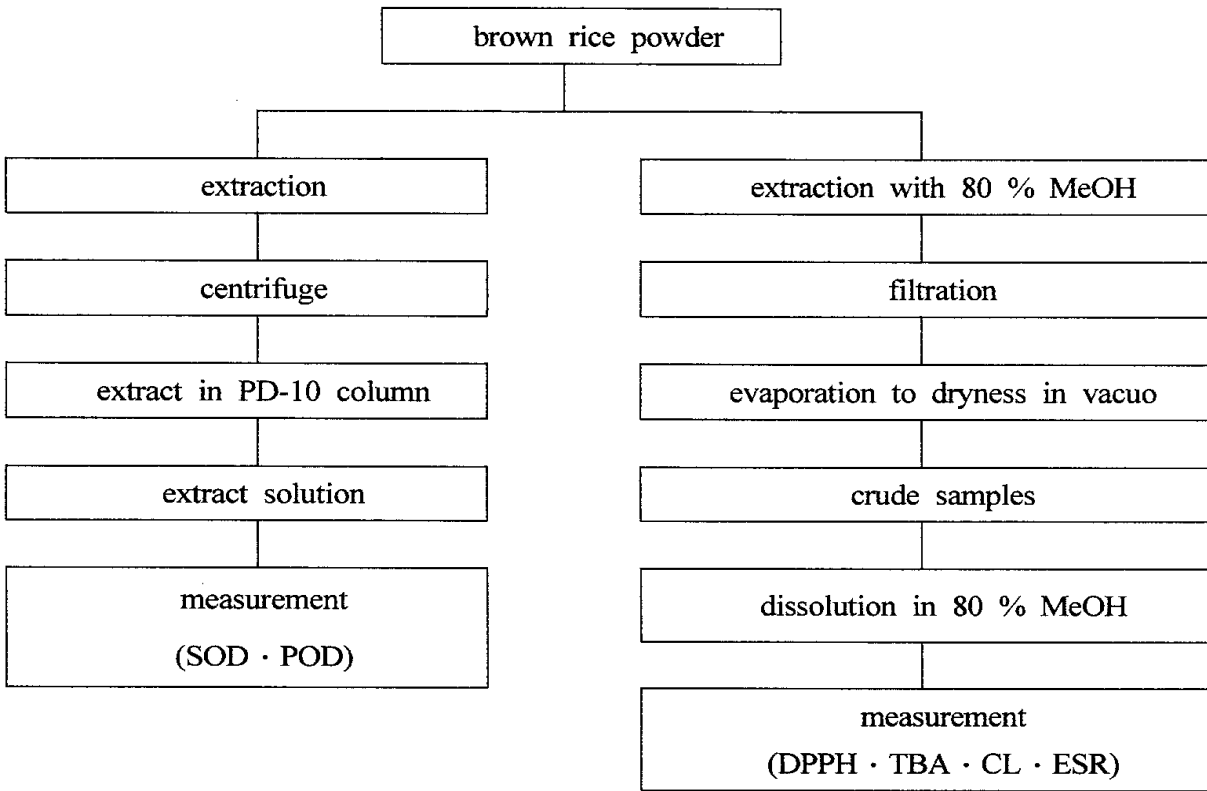


그림 7-1. SOD, POD, DPPH, TBA, FI-CL 및 ESR법을 이용한 항산화 활성 검정 모식도

rpm으로 10분간 1회 원심분리 하였다. 원심분리하여 얻은 상등액을 탈염완충용액 (50 mM phosphate, pH 7.0, 0.2 mM EDTA)으로 평형시킨 후, Sephadex G-25 column을 이용하여 탈염시킨 다음 효소활성 검정용액을 사용하였다.

#### (나) Superoxide dismutase(SOD) 활성검정

위에서 추출한 조효소 60  $\mu$ l과 assay buffer 3.0 ml 및 riboflavin 30  $\mu$ l을 혼합하여 25°C의 온도 및 광조절 식물생장상의 광원 (20-W Sylvania Groiux 형광등)에서 7분간 균일하게 조사시켰다. SOD의 활성은 NBT 환원법 (Beyer 등, 1987)에 의하여 흡광도 560 nm에서 측정하였고, 항산화 활성 정도는 NBT (Asada 등, 1974)의 환원 저해율로 표시하였으며 다음의 계산식을 이용하였다.

$$\text{항산화 활성 (\%)} = (1 - A / B) \times 100$$

A : 시료의 흡광도

B : 대조구의 흡광도

#### (다) Peroxidase(POD) 활성검정

POD의 활성은 Raa (1971)의 방법에 의하여 측정하였다. Sodium phosphate buffer (pH 7.0) 7.9 ml, 0.3% 과산화수소수 0.5 ml 및 1% o-phenylenediamine 0.5 ml와 위에서 준비한 조효소 0.1 ml를 혼합하여 반응액을 9 ml가 되도록 하였다. 조효소의 첨가에 의하여 반응이 개시되었으며, 이를 5분간 반응시킨 다음 반응정지액 (NaH<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>) 1 ml를 첨가하여 반응을 정지시키고 실온에 30분간 방치 후, 430 nm에서 UV로 흡광도를 측정하였다.

$$\text{항산화 활성 (\%)} = (1 - A / B) \times 100$$

A : 시료의 흡광도

B : 대조구의 흡광도

## 2) DPPH와 TBA 활성 검정

#### (가) 1,1-diphenyl-2-picryl hydrazyl (DPPH)법

수소공여능의 정도는 Yoshida 등 (1989)의 방법을 이용하여 측정하였다. 1,1-diphenyl-2-picryl hydrazyl (DPPH) 30 mg을 ethanol 200 ml에 용해시킨 후, 증류수 200 ml를 가하여 DPPH solution을 만들었으며, 50% ethanol을 대조군으로 하여 DPPH solution의 흡광도를 2.0으로 조절하였다. DPPH 용액 2.5 ml와

$$\text{항산화 활성 (\%)} = (1 - A / B) \times 100$$

A : 시료의 흡광도

B : 대조구의 흡광도

80% methanol에 용해한 1% 시료용액 0.25 ml을 혼합하여 1분간 반응시킨 후, 517 nm에서 흡광도를 측정하여 항산화 활성을 검정하였다.

#### (나) Thiobarbituric acid (TBA)법

기질용액과 반응액의 조제 : Lipid에 대한 malondialdehyde 생성 억제효과는 linoleic acid 기질에 대한 산패 억제 효과로 조사하였다. 즉 0.1 M potassium phosphate buffer (pH 7.0)와 ethanol을 4:1로 혼합한 용매에 0.03 M이 되도록 linoleic acid를 첨가하여 기질용액으로 사용하였다. 기질용액 20 ml에 0.1 M potassium phosphate buffer (pH 7.0) 19.2 ml와 1%의 각 시료액 0.8 ml를 첨가한 후, 40°C 항온수조에서 100 rpm으로 24시간 동안 진탕하여 다음과 같이 TBA가를 측정하였다.

##### ① Thiobarbituric acid (TBA)가 측정

TBA가는 thiobarbituric acid를 이용한 Wong 등 (1981)의 방법을 참고하여 다음과 같이 측정하였다. 경시적 반응액 2.0 ml씩을 시험관에 취하고 여기에 35% trichloroacetic acid (TCA) 1.0 ml와 0.75% TBA 시약 2.0 ml를 가한 다음 시험관 진탕기로 30초 동안 진탕하여 균질화 시킨 후, 95°C 항온수조에서 40분 동안 반응·발색시켰다. 반응이 끝난 후, 실온까지 냉각시켜 acetic acid 1.0 ml, chloroform 2.0 ml를 가하고, 시험관 진탕기로 다시 진탕시킨 후 3,000 rpm에서 5분 동안 원심분리를 하였고, 그 상등액의 흡광도를 532 nm에서 측정하여 이를 TBA가로 하였으며, 대조군의 TBA가와 비교하여 유지에 대한 산화 억제효과를 측정하였다.

$$\text{항산화 활성 (\%)} = (1 - A / B) \times 100$$

A : 시료의 흡광도

B : 대조구의 흡광도



### 3) FI-CL system을 이용한 Chemiluminescence의 측정

FI-CL은 pump와 sample injection valve가 연결된 filter-equipped photon을 측정하는 spectropotometer (CLD-110, Tohoku Electronic Industry)로 측정하였다. Granting에서 산란된 빛은 300~650 nm의 범위에서 image sensor를 가진 photocathode에 의해 산란되었고, 300~650 nm의 범위에서 측정된 photon은 total spectral intensity에서 계산되었다. 이동상은 50% MeOH와 cytochrome C (10 mg/L) 그리고 Luminol (2 mg/L)이 포함된 50 mM phosphate buffer (pH 7.4)이고, flow rate은 1.0 ml/min이었다. Radical scavenging activity를 측정하기 위하여 0.06% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (5  $\mu$ l)를 주입하였다. 0.06% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (5  $\mu$ l)의 CL intensity와 소거제가 혼합되어 환원된 CL intensity는 radical scavenging activity의 양적 분석에 이용하였다. radical scavenging activity(%)는 다음 등식에 의해 계산하였다.

$$\text{Radical scavenging activity (\%)} = (1 - B / A) \times 100$$

A: H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>만 주입되어 발생된 CL intensity

B: H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>와 소거제를 혼합하여 발생된 CL intensity

### 4) ESR을 이용한 SOD 활성의 측정

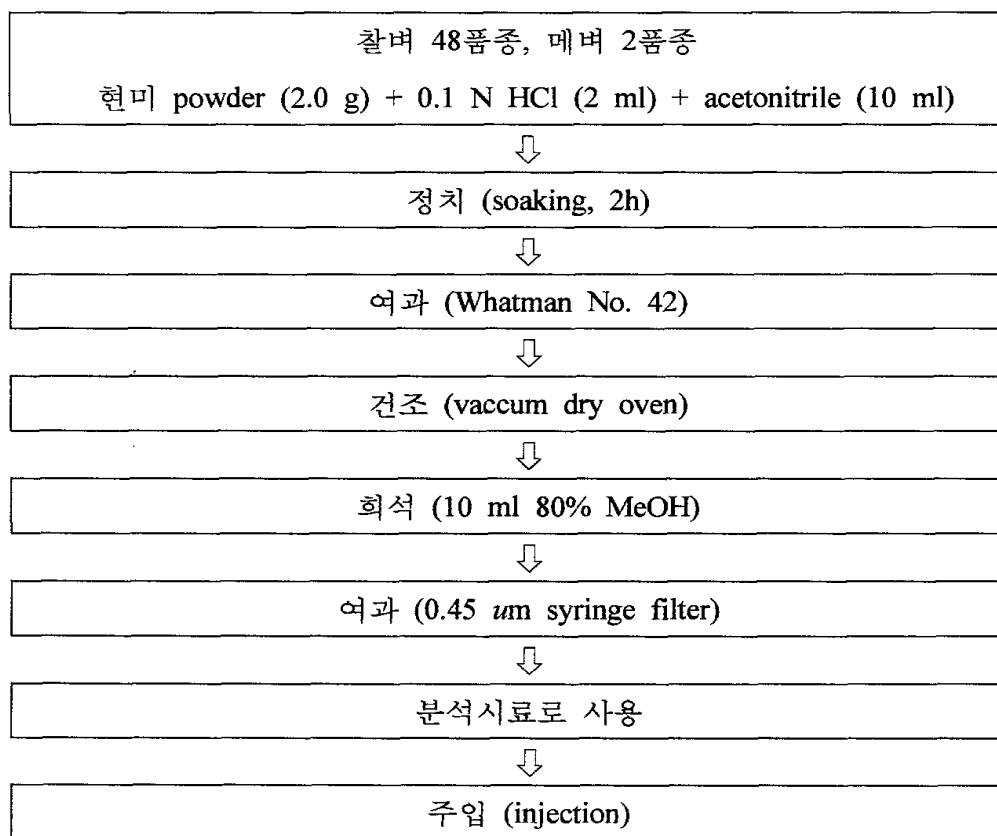
SOD 활성은 JES-RE1X ESR spectrometer (JEOL Co., Ltd, Tokyo, Japan)로 측정하였다. Hypoxanthine-xanthine oxidase system으로부터 발생된 O<sub>2</sub><sup>-</sup> radical은 DMPO에 의해서 포집하였고, hypoxanthin (2 mM) 50  $\mu$ l와 DMPO (9.2 M) 20  $\mu$ l 그리고 소거제 또는 SOD 50  $\mu$ l으로 혼합하였다. 그 다음 반응 혼합물을 균등하여 cell에 옮기고, ESR signal을 45초 후부터 측정하였다. ESR signal의 intensity는 국제 표준으로 이용되는 Mn<sup>2+</sup>의 intensity 비율로 조정하였다.

### 다. HPLC를 이용한 항산화물질 탐색

### 1) 시약제조

HPLC에 사용된 용매는 모두 HPLC용 등급을 사용하였고, 증류수는 탈이온 처리하였으며 사용 전에 0.45  $\mu\text{m}$  filter로 여과하여 사용하였다. 그 외 추출 및 조제용은 일급시약을 사용하였다.

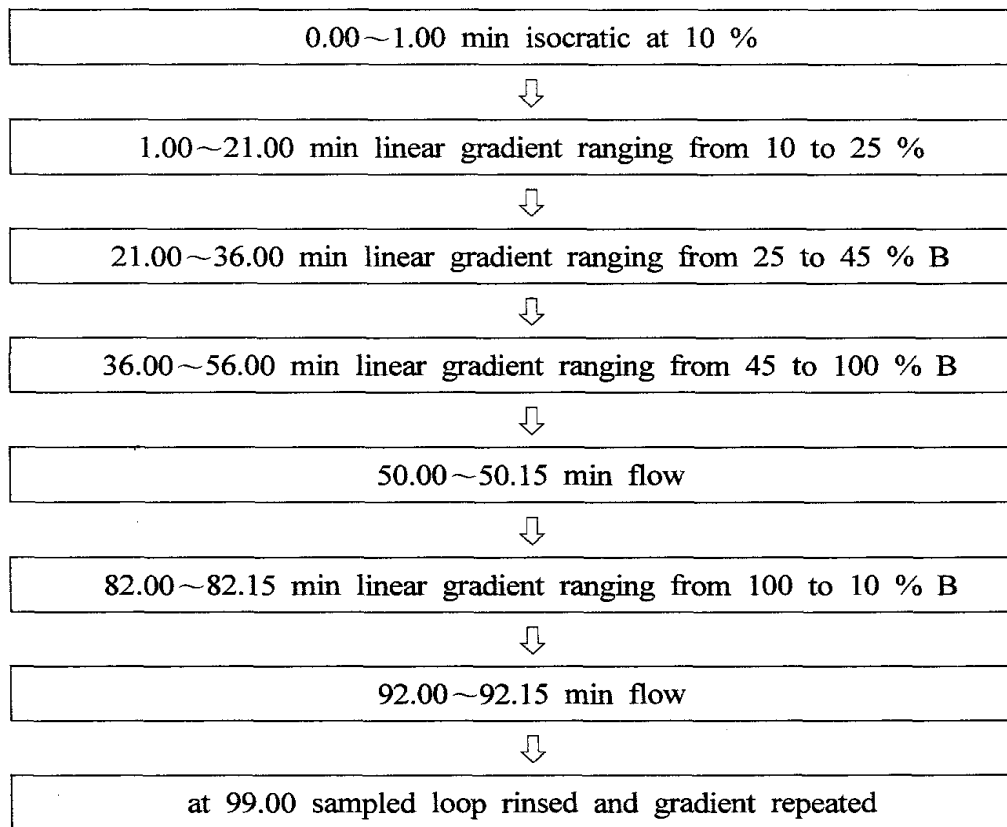
### 2) 분석 시료액 조제 과정



### 3) HPLC 분리조건

- 고정상 : YMC AM303 (4.6 × 250 mm)
- 이동상 : H<sub>2</sub>O, Acetonitrile (0.1% acetic acid 함유)
- HPLC 분석에 의한 물질동정

- injection volume : 20  $\mu$ l
- 유속 : 1.0 ml/min
- 파장 UV 280 nm
- 검량선 작성 : isovitexin (standard) 0.5 mg + 80% MeOH 5 ml  
→ 5  $\mu$ l, 10  $\mu$ l, 50  $\mu$ l injection



#### 라. 통계처리

위의 모든 활성검정은 3반복으로 수행하였으며 통계분석은 모든 데이터를 SAS (Statistical Analysis System; SAS, 1986) 프로그램으로 최소유의차 (Least significant difference, LSD)를 검정하였다.

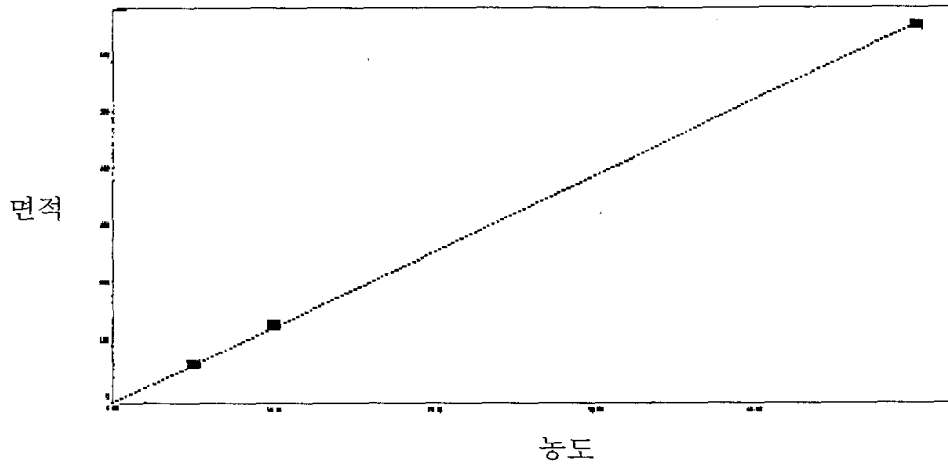


그림 7-2. Isovitexin standard의 calibration curve.

### 제 3 절 연구결과

#### 1. 재래유전자원의 항산화활성 및 활성물질 탐색

##### 가. SOD 활성검정

환경 스트레스는 oxygen free radical 생산의 불균형으로 세포대사의 장애를 야기시킨다. 따라서, 식물 세포 내에서 항산화 물질이 다양하거나 또는 항산화 물질의 수준이 높게 유지되면 특수한 스트레스에 대한 저항성이 생긴다 (Spychalla와 Desborough, 1990). 표 7-1은 133품종의 SOD 활성 (CV=27.7%)을 나타낸 것이다. Baekkyeongjo와 Dadajo 추출물은 67%로서 매우 높은 radical scavenging activity를 보였고, Seungsiljo, Agukdo, Basmati, Gin shun, Cuba 65~58A, GPNO 12856 및 CBA 65-V-58은 10% 이하의 매우 낮은 활성을 보였다. 이 연구는 벼 품종에 존재하는 항산화 물질들이 미래에 천연 항산화제의 원천으로서 이용될 수 있도록 특별한 억제 물질을 검정 및 동정하였다. 결론적으로 본 연구 결과는 벼 품종간에 존재하는 억제효과의 변화와 유전형질이 있다는 것을 시사하고 있으며, 또한 항산화 물질이 벼에 존재한다는 것을 증명하고 있

다. 이 연구의 한 가지 제한요소는 항산화 물질들의 농도가 식품에서 발견되는 것보다 더 높다는 것이다.

#### 나. DPPH와 TBA법을 이용한 항산화 활성

113 품종 추출물의 DPPH radical scavenging activities를 측정된 결과를 표 7-1에서 보여주고 있다. DPPH와 TBA법에 의한 지질 과산화 억제능은 방법상에 차이는 있으나 쌀에 항산화관련 물질이 존재한다는 것을 의미한다. 항산화 반응의 메카니즘에 대해 많은 의견들이 있지만, 그 중에서도 reactive oxygen theory가 산화, 노화 및 암에 대한 전형적인 메카니즘을 설명하여 가장 유력한 이론으로 간주되고 있다. 항산화 활성을 측정하기 위한 방법은 많으나, 그 중에서도 이 실험에서 이용된 DPPH법과 TBA법은 항산화 활성을 검정하는데 널리 이용되고 있는 방법이다.

DPPH (CV = 17.2%)에 의한 radical scavenging percentage에 근거하여 벼 추출물에 의한 scavenging potential의 등급을 10그룹으로 분류하였다. 이 실험에 사용된 벼 추출물 가운데 AC 1423 extracts (90.1%)가 가장 높은 potential scavenging activity을 보였고, 다음으로 AUS 196, HweiJu, Siga Chata Mochi와 Philippine 2로 높은 활성을 나타냈다. Hongcheongdo를 포함한 26품종은 10%이하의 낮은 활성을 보였으나, 대부분의 벼 종자가 radical scavenging activity을 가지고 있는 것으로 나타났다.

생태형에 따라 scavenging potentiality를 비교해보면, 극조생종이 30.0%, 조생종이 35.6%, 중생종이 23.1%, 만생종이 19.1%의 활성을 보였고, 재래도 (23.9%)와 외래도 (22.8%)의 scavenging activity를 비교한 결과, 재래도가 외래도보다 더 높은 항산화 활성을 보이고 있다.

TBA법 (CV = 19.0%)에 의해 측정된 항산화 활성을 검정한 결과, 장조 (90.6%)를 비롯하여 수원 357, 구중도, 차나락 및 농립나가 높은 억제율을 보였고, IRI 233 (10.1%), 휘도 (13.3%)와 흑색도 (13.8%)는 낮은 활성을 나타내고 있다.

표 7-1. SOD와 DPPH 및 TBA법을 이용한 항산화 활성.

품 종	SOD	DPPH	TBA
..... Inhibition (%) .....			
143 (PI 274471)	44.2	4.7	41.3
AC 1423	42.3	90.1	54.0
아구도	28.8	9.3	43.9
아국도	6.10	4.8	43.6
아롱벼	34.3	4.6	21.6
AUS 196	36.9	88.3	63.3
B1293B-PN-24-2-1	11.4	59.5	33.1
바달벼	44.7	52.4	40.2
바들벼	54.7	69.5	45.7
백광옥	64.4	64.0	55.0
백조	62.6	9.4	26.9
백경조	67.0	48.9	55.6
백망조	38.5	53.1	45.2
백석	65.1	5.0	30.1
반존조	43.0	53.6	50.8
바람둥구리	56.0	60.4	52.0
BASMATI	67.0	54.9	25.5
보리벼	58.3	41.1	54.2
불도	42.7	62.6	54.1
찰벼	30.2	18.5	83.4
찬나락	35.4	23.8	87.3
차나락	44.1	8.4	24.7
청군벼	39.7	7.9	17.4
청산도	39.9	4.2	46.2
Che-Shau-Nan-Bir	34.7	55.6	71.4
Chindadchiki	34.4	11.0	30.2
CICA 4	15.1	52.5	36.9
CUBA 65-58A	7.9	45.1	27.4
CUBA 65-V-58	9.8	56.9	38.8
다백조	43.5	48.9	28.4
다다조	67.0	31.6	61.7
대골벼	45.3	47.7	33.2
대구도	24.7	43.1	39.8
다마국	54.8	57.6	37.5
단간늬방주	0.9	38.8	37.4
덕적조도	44.3	57.7	37.9

표 7-1. 계속

품 종	SOD	DPPH	TBA
	..... Inhibition (%) .....		
동두니군주	14.9	57.0	38.9
동오벼	30.8	62.9	48.7
동산조	37.8	28.9	18.9
돈나	36.0	41.4	37.5
도래	37.6	48.9	35.8
두충종	57.1	51.4	38.6
EM21 (WX)	34.8	13.3	83.9
은선	47.5	16.5	21.4
은조	57.4	19.0	33.3
강청도	51.9	39.4	44.0
강루도	28.7	21.5	78.5
강릉도	46.0	47.1	46.0
금점도	40.5	43.5	41.6
Gin Shun	7.4	65.6	45.8
GPNO 12856	9.2	67.7	41.7
GPNO 3005	12.5	62.0	44.7
금도	48.5	42.3	44.3
구중도	27.1	15.8	88
함부르벼 3	33.1	7.1	47.1
한강찰벼	37.0	13.5	83.9
흑발	50.0	16.8	19.7
흑색도	49.8	7.8	13.8
흰배	44.1	35.1	19.2
호족진도	51.7	8.2	56.4
홍청도	46.3	1.5	37.0
홍도도	43.3	8.0	29.2
훼도	51.1	4.7	13.3
황해도	30.8	20.5	29.8
황조	40.9	9.8	19.6
황주	35.6	7.8	19.9
황토도	36.7	13.4	30.5
화선찰벼	23.7	15.4	85.3
HWEI JU	10.6	87.7	57.6
IRRI 10560	55.1	77.5	57.2
IET 60	61.0	54.3	58.6
일품벼	38.3	15.5	81.7
IR 1044-56	49.0	46.3	35.0
IR 329-19-5-2-2	59.0	45.2	51.4

표 7-1. 계속

품 종	SOD	DPPH	TBA
..... Inhibition (%) .....			
IR 644-1-63-1-1	30.6	58.8	49.4
IRI 233	54.6	12.0	-10.1
IRI 268	60.4	15.6	19.5
IRI 301	65.9	16.5	20.5
장조 1	35.3	28.5	90.6
장조 2	51.3	5.5	51.6
장삼도	50.3	5.2	21.3
장왕	36.3	5.8	17.0
적도	22.6	29.8	84.5
적모색	48.6	18.9	38.6
적나	48.7	21.4	22.6
정달도	58.8	22.1	29.6
정조	49.7	12.7	25.9
진도	29.0	19.7	86.6
진화	52.0	2.5	50.3
조색조	38.3	14.1	22.6
JUMA 10	34.7	69.4	60.2
Kasarwala Mundara	34.6	39.0	63.8
Kingmen Toumen Chiu Mu	36.1	57.6	65.6
Mamoriaka	20.5	42.7	64.5
Mon-Z-Wuan	43.0	57.0	51.5
Mutant 12-42	42.7	57.0	59.3
백찰벼	50.6	8.0	39.1
남강백조	37.7	41.0	47.6
남선 1	17.8	42.7	48.1
노인다리	44.2	48.3	57.8
노인도	38.5	47.1	46.7
녹두도	39.7	43.9	47.1
농립나	31.6	19.7	86.5
외국벼	53.6	11.5	26.7
올벼	50.2	10.8	27.3
P 1279	53.1	52.6	64.3
PATBYEO	38.6	5.0	31.8
Philippine 2	46.4	87.3	59.6
PI 389011 OR SD	43.9	42.8	28.4
풍우조	43.6	8.4	48.5
평북 4	51.9	11.0	38.5
평양	50.3	7.2	42



표 7-1. 계속

품 종	SOD	DPPH	TBA
..... Inhibition (%) .....			
Red Khosha Cerma	36.9	52.8	60.4
Rexmont	47.1	54.6	57.7
리구 132	45.0	58.0	59.9
San Chiao Tswen	43.1	82.1	62.3
산청도	48.5	15.4	41.1
상남밭벼	30.0	14.4	73.5
상풍	39.3	64.9	50.8
산조	51.9	13.5	32.8
성실조	2.6	13.5	38.1
Shali I Mahin	46.2	57.5	62.0
신설찰벼	25.4	18.2	70.1
Shuang Chiang-30-21	45.6	55.3	31.8
Siga-Chata Mochi	46.3	87.4	49.1
신백석	12.8	3.4	33.8
소립찰벼	29.0	14.7	84.2
수원 357	24.7	24.0	88.5
Taichung Native I	45.4	52.3	59.5
Tono Brea 439	43.8	57.4	63.6
Tsai Yuan Chon	50.0	24.0	30.3
Woo-Co-Chin-Yu	44.8	51.3	62.7
Yuan Hsing I	54.1	46.5	58.5
CV (%)	27.7	17.2	19.0
LSD (0.05)	17.7	9.6	14.0

벼 품종에서 다양한 radical scavenging effect의 중요성이 연구되었다. 이 실험의 결과는 품종에 따라 차이는 있지만, 벼에 항산화 활성이 있다는 다른 연구 보고의 결과와 일치하였다 (Choi 등, 2000; Chung 등, 1998). 추출물의 농도가 동일하다고 할지라도 반응의 차이는 유전형질의 차이이고, 품종에 따라 하나 또는 그 이상 존재하는 항산화 물질의 양에 따라 차이가 있다고 생각된다.

표 7-2. 분석 찰벼 재래종 중에 함유된 isovitexin 면적 및 농도

Varieties	Peak Area	Conc. (%)
아남조	5.3282	2.8385
아롱벼	6.1030	5.0578
백남	10.7545	4.2836
백나	5.3741	2.7353
방옥	7.3275	5.7287
불도	8.9570	7.2770
찬나락	11.9725	8.5673
청주도	9.0374	6.5545
대골도	5.0413	3.0966
대구나	9.7071	6.6577
강릉도	6.2570	3.4063
강원나	9.2508	6.1932
가위찰	9.8829	9.4446
신선찰	4.1041	1.9612
소립찰	3.7498	2.7869
구주	9.9552	7.8963
구중도	4.8361	1.7547
후발	10.5930	7.4318
호촉진도	10.3116	6.6577
호미나	8.3787	7.3802
홍도도	9.9686	6.4512
홍두도	10.8718	6.7609
홍석도	9.5895	5.1094
황해도	3.7467	5.3787
황해도	12.8001	6.5545
인부지도	4.6700	2.5805
인부지나도	9.2483	2.9934
이락도	10.3348	7.3802
장조	4.6183	2.0128
적박나	5.9522	4.3352
적도	17.8678	9.6511
적조	8.0633	4.0256
진도	11.7055	5.8835
진화	8.4842	3.6643
조도	10.7971	6.6061
조신도	3.5775	2.7869
Kim-ir-seni 22	3.3117	2.4773
Kokionzindo	4.6056	1.9612
마나조	8.5090	8.3092
몽근찰나	3.5167	1.8063
냉도	4.6830	2.9934
남선 212	4.9997	2.8902
녹두도	19.3263	5.1094
상남발벼	5.0850	2.4773
상도	4.4837	3.3030
산행땀	7.2142	5.8835
석산나	1.2579	0.5161
석나	12.5425	5.8319
소홍벼	8.5772	5.9868
일품벼	7.3491	2.2192
향미	5.5156	1.5999
CV (%)	13.9	2.9
LSD (0.05)	17.0	0.2

### 다. HPLC를 이용한 항산화 물질 탐색

항산화 물질의 함량이 가장 높은 품종을 선발하기 위해 isoflavonoid 계통인 isovitexin을 이용하여 그 함량을 조사한 결과 분석에 사용된 모든 품종에서 isovitexin이 검출되었으며, 특히 찰벼인 적도와 가위찰 품종에서 9.6%, 9.4%로 가장 높은 농도를 보였고, 대조구 품종으로 사용된 메벼품종인 일품벼와 향미는 2.2%, 1.6%를 보여 메벼와 찰벼간에 큰 차이를 나타냈다 (표 7-2). 따라서 앞으로 찰벼품종을 이용한 항산화 물질의 정제 및 동정이 가능 할 것으로 생각된다.

## 2. 찰벼의 항산화 활성 검정

### 가. 1996년에 수확한 찰벼 품종의 항산화 활성검정

우리 나라 재래종 찰벼품종 중 고함유 항산화 활성 품종을 선발하기 위하여, 1996년에 건국대학교 여주 실습 농장에서 재배·수확한 벼 품종을 TBA와

표 7-3. 농도별에 따른 1996년에 수확한 벼 10 품종의 추출물을 이용한 항산화 활성 검정

Varieties	TBA			DPPH		
	Concentration ( $\mu\text{g ml}^{-1}$ )			Concentration ( $\mu\text{g ml}^{-1}$ )		
	5	10	20	5	10	20
상남발벼	42.6	76.0	76.4	32.2	52.0	83.2
농림나 1호	35.8	78.1	81.4	66.1	85.1	87.9
소립찰	44.1	54.9	58.3	40.0	58.3	71.9
화선찰	51.6	74.8	76.4	54.7	77.8	80.5
강릉도	35.8	75.6	81.9	66.3	67.8	75.6
장조	45.8	54.4	57.4	54.7	57.9	65.6
적도	30.5	74.9	90.5	81.6	87.5	90.8
진도	43.5	82.2	82.5	56.6	78.4	86.1
차나락	59.5	74.8	78.1	48.5	59.2	67.4
찰벼	56.5	64.7	68.9	50.5	63.3	72.9

DPPH법을 이용하여 벼 추출물의 처리농도 (5  $\mu\text{g/mL}$ , 10  $\mu\text{g/mL}$ , 20  $\mu\text{g/mL}$ )에 따른 항산화 활성 반응 변화를 검정한 결과는 표 7-3과 같다. 처리농도를 증가시킬수록 지질과산화 억제율이 증가하는 것으로 나타났으나, 품종에 따라서는 추출물의 농도를 증가시켜도 산화 억제율의 증가폭이 비례하지 않는 것이 있었다. 이러한 것은 추출물 자체의 특성이거나 또는 용해도가 낮아서 일어나는 현상으로 생각된다.

TBA와 DPPH법을 이용한 항산화 활성은 처리방법에 따라 차이가 있으나, 적도의 추출물이 5  $\mu\text{g/mL}$ , 10  $\mu\text{g/mL}$ , 20  $\mu\text{g/mL}$  처리농도 모두 TBA법 (30.5%, 74.8%, 90.5%)과 DPPH법 (81.6%, 87.5%, 90.8%)에서 가장 높은 활성을 보였다.

#### 나. 1997년에 수확한 찰벼 품종의 항산화 활성 검정

표 7-4는 1997년에 재배 및 수확한 상남발벼를 포함한 15품종과 대조품종인 일품벼의 항산화 활성을 검정한 것이다. 유묘의 SOD법에서는 상남발벼와 EM 21이 각각 41.2%, 36.4%로, 종실의 SOD법에서는 한강찰과 차나락이 각각 37.0%, 35.4%로서 높은 활성을 보였으나, 유묘와 종실의 생육단계에 따른 항산화 활성은 품종에 따라 차이를 보였다. DPPH법에서는 장조 (28.5%)와 적도 (29.8%)가 수소공여능이 높게 나타났고, TBA법에서는 장조 (90.6%)와 수원 357호 (88.5%)가 높은 지질과산화 억제율을 보였다. 상남발벼, EM21, 한강찰, 차나락, 장조, 적도 및 수원 357호 등이 대조품종인 일품벼에 비해 높은 활성을 보여, 앞으로 이를 이용한 항산화 물질을 함유하는 찰벼품종의 육성이 가능 할 것으로 생각되며 항산화 물질의 정제 및 동정 또한 가능할 것으로 기대된다.

1997년에 재배·수확한 벼 품종의 isovitexin과 chlorogenic acid 및 caffeic acid의 함량을 HPLC를 이용하여 분석한 결과, isovitexin의 함량은 찰벼가 0.6897  $\mu\text{g/g}$ 으로서 가장 높았으나 농립나 1호는 0.3808  $\mu\text{g/g}$ 으로 매우 낮은 함량을 보였다. Chlorogenic acid는 장조가 3.1420  $\mu\text{g/g}$ 으로 매우 높았으나 일품벼(대조구)는 1.6707  $\mu\text{g/g}$ 으로 가장 낮게 나타났다. 상남발벼가 4.6109  $\mu\text{g/g}$ 으로 가장 높은

표 7-4. 1997년에 수확한 찰벼 15품종과 일품에 대한 항산화 활성 검정 결과

Varieties	SOD		DPPH	TBA
	유묘	종실	종실	종실
	..... Activity(%) .....		..... Inhibition(%) .....	
상남찰벼	41.2	30.1	14.4	73.5
신선찰	34.2	25.4	18.2	70.1
농림나 1호	23.1	31.6	19.7	86.5
소립찰6	35.4	29.0	14.6	84.2
화선찰	22.2	23.7	15.4	85.3
수원 357호	19.5	24.7	24.0	88.5
EM 21	36.4	34.8	13.4	83.9
구중도	34.2	27.1	15.8	88.0
강릉도	20.9	20.0	21.5	78.5
장조	30.8	26.9	28.5	90.6
적도	28.1	22.7	29.8	84.5
진도	32.7	29.0	19.7	86.6
차나락	30.5	35.4	23.8	87.3
찰벼	23.6	30.2	18.5	83.4
한강찰	27.9	37.0	13.5	83.9
일품 (대조구)	24.2	22.3	15.5	81.7
CV (%)	16.3	15.1	6.0	1.3
LSD (0.05)	7.9	7.1	1.9	1.9

caffeic acid 함량을 나타냈으나, 품종에 따라 약간의 차이를 보이고 있다 (표 7-5).

그림 7-3은 isovitexin, chlorogenic acid 및 caffeic acid를 이용한 SOD와 DPPH의 항산화 활성을 검정한 결과를 비교하여 나타낸 것이다. SOD의 활성 (LSD=5.6)은 chlorogenic acid (21.5%)>caffeic acid (18.8%)>isovitexin (17.3%)의 순이고, DPPH의 활성 (LSD = 6.5) 또한 chlorogenic acid (71.0%)>caffeic acid (49.2%)>isovitexin (19.7%) 순이었으며, SOD와 DPPH법 모두 chlorogenic acid의 항산화 활성이 가장 크게 나타났다. 따라서 chlorogenic acid를 많이 함유하고 있는 벼 품종의 항산화 활성이 크다고 사료된다.

표 7-5. 1997년에 수확한 벼 15품종의 HPLC 분석결과.

Varieties	Isovitexin	Chlorogenic acid	Caffeic acid
	..... ( $\mu\text{g/g}$ ) .....		
상남밭벼	0.6667	2.1915	4.6109
신선찰	0.4344	2.1118	3.2227
농림나 1호	0.3808	2.6969	3.3028
소립찰	0.6744	2.7890	3.2572
화선찰	0.5464	2.0165	3.8390
수원 357호	0.5227	2.5721	3.2187
EM 21	0.6304	1.8224	3.4517
구중도	0.6611	2.2500	3.1859
강릉도	0.4708	1.9654	3.1941
장조	0.4723	3.1420	3.2692
적도	0.3826	2.7008	3.2362
진도	0.5905	2.0000	3.3153
차나락	0.4920	2.8661	3.1321
찰벼	0.6897	1.9217	3.4913
한강찰	0.5766	2.1095	3.4973
일품 (대조구)	0.6120	1.6707	3.2528
CV (%)	13.6	4.4	2.8
LSD (0.05)	0.1	0.2	0.2

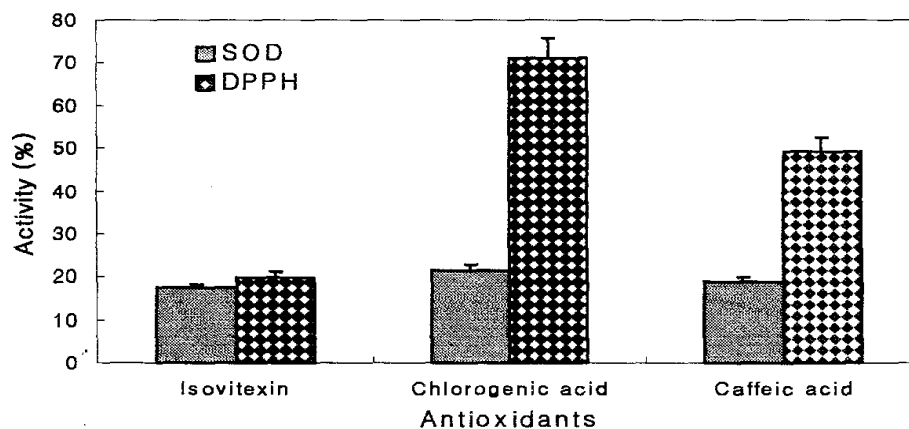


그림 7-3. SOD와 DPPH에 의한 isovitexin, chlorogenic acid 및 caffeic acid의 항산화 활성

다. 1998년에 수확한 찰벼 품종의 항산화 활성 검정

표 7-6은 1998년에 재배·수확한 찰벼 12품종과 메벼 3품종의 SOD, FI-CL (chemiluminescence), DPPH 및 TBA법을 이용하여 항산화 활성을 검정한 결과이다. SOD 활성에서는 백운찰벼 (35.4%)와 백나 (35.3%)가 가장 활성이 높았다. Chemiluminescence activity에 있어서는 화청찰벼가 67.4%로 가장 높은 활성을 나타내었고, 그 다음으로 한강찰벼 (62.5%), 대립찰벼 (61.8%), 화선찰벼 (61.3%) 및 IR 394-4-Phi 28 (60.7%)가 60% 이상의 높은 활성을 보였다. DPPH법에 의한 활성검정에서는 추청벼 (63.1%), 화청벼 (62.1%), 화선찰벼 (61.7%) 및 대립찰벼 (60.9%)가 가장 높은 활성을 보였고, TBA법에서는 화청

표 7-6. 1998년도 찰벼의 SOD, CL, DPPH 및 TBA의 항산화 활성 측정

Varieties	SOD	FI-CL	DPPH	TBA
	..... Activity (%) .....	..... Inhibition (%) .....	..... Inhibition (%) .....	..... Inhibition (%) .....
IR 394-4-Phi 28	19.7	60.7	43.7	60.7
대립찰벼	19.3	61.8	60.9	61.8
백나	35.3	47.5	32.4	47.5
백운찰벼	35.4	49.6	48.7	49.6
상남찰벼	29.8	49.6	48.7	49.6
소립찰벼	25.7	56.3	51.8	56.3
신선찰벼	21.8	52.4	51.3	52.4
인부지나도	21.1	46.7	49.9	46.7
일품	13.2	57.2	56.9	57.2
적나	14.0	45.5	46.3	45.5
추청벼	13.8	49.6	63.1	49.6
한강찰벼	24.2	62.5	54.7	62.5
화선찰벼	13.0	61.3	61.7	61.3
화청벼	17.3	52.4	62.1	52.4
화청찰벼	18.8	67.4	47.4	67.4
C.V. (%)	33.8	2.1	8.4	14.9
LSD (0.05)	11.8	1.3	7.5	13.7

FI-CL: chemiluminescence

표 7-7. 1998년 찰벼 15품종의 SOD, FI-CL과 DPPH 및 TBA의 항산화 활성 상관

	SOD	FI-CL	DPPH
FI-CL	-0.075		
DPPH	-0.1050	0.6505**	
TBA	-0.0481	0.0681	0.0539

찰벼 (67.4%), 한강찰벼 (62.5%), 대립찰벼 (61.8%), 화선찰벼 (61.3%) 및 IR 394-4-Phi 28 (60.7%)이 가장 높은 활성을 나타냈다.

SOD법, FI-CL법과 DPPH법 및 TBA법간의 상관에서는 추출물의 따라 차이는 있었으나, 일반적으로 FI-CL과 DPPH의 활성간에는 고도의 정의상관 ( $r=0.6505^{**}$ )을 보였다. (표 7-7).

#### 라. 1999년에 수확한 찰벼 품종의 항산화 활성 검정.

표 7-8에서 1999년도에 재배·수확한 찰벼 12품종과 메벼 3품종의 SOD 활성을 보면 백운찰벼가 10.7%, 백나와 화청찰벼가 9.9%로 높았고, IR 394-4-Phi 28이 2.3%로 가장 낮은 결과를 보였다. POD 활성에서는 백나의 30.2%를 비롯하여 신선찰벼가 22.5%, 상남밭벼가 21.6%, 화청벼가 20.0%로 높은 superoxide radical 소거능을 나타냈다. DPPH에서는 인부지나도가 81.4%로 가장 높은 산화억제율을 보였고, 그 다음으로 화청벼가 77.3%로서 높은 억제율을 나타냈다. TBA가의 측정결과, 추청은 64.1%, 대립찰벼는 63.5%, 화청벼는 63.1%, 신선찰벼는 62.7%의 높은 지질과산화 억제율을 보였다.

본 실험에 사용된 15 품종 모두가 항산화 활성을 가지고 있는 것으로 확인이 되었는데, 이는 일반적으로 식물체가 가지고 있는 천연물 중 phenol성 물질 등이 항산화 활성을 나타내기 때문으로 생각되며 처리방법에 따라 항산화 효과에 차이가 나는 것은 사용되는 기질에 의한 영향 때문인 것으로 생각되므로 좀 더 세밀한 연구가 수행되어야 할 것으로 판단된다.

SOD법, POD법과 DPPH법 및 TBA법간의 상관에서는 추출물의 따라 차이는 있었으나, 일반적으로 SOD법과 POD법간에는 정의상관 ( $r=0.3597^{*}$ )을 보였고,



표 7-8. 1999년도 찰벼의 SOD, POD, DPPH 및 TBA의 항산화 활성 측정

Varieties	SOD	POD	DPPH	TBA
	..... Activity (%) .....		..... Inhibition (%) .....	
IR 394-4-Phi 28	2.3	9.2	58.4	39.4
대립찰벼	8.6	14.8	58.1	63.5
백나	9.9	30.2	40.7	32.5
백운찰벼	10.7	16.0	70.6	41.0
상남찰벼	7.6	21.6	59.8	33.0
소립찰벼	5.2	5.6	67.7	34.9
신선찰벼	9.9	22.5	55.2	62.7
인부지나도	5.1	3.2	81.4	45.4
일품	4.8	14.6	65.7	41.8
적나	3.6	1.7	62.1	46.8
추청벼	6.1	14.6	69.9	64.1
한강찰벼	6.9	11.5	67.2	37.9
화선찰벼	5.8	11.3	61.8	33.4
화청벼	4.9	20.0	77.3	63.1
화청찰벼	9.9	5.0	60.3	53.9
C.V. (%)	31.5	49.4	5.9	20.9
LSD (0.05)	3.5	11.6	6.3	16.1

표 7-9. 1999년 찰벼 15품종의 SOD, POD와 DPPH 및 TBA의 항산화 활성 상관

	SOD	POD	DPPH
POD	0.3597*		
DPPH	-0.2975*	-0.3424*	
TBA	0.0958	-0.0869	0.1606

DPPH법과 SOD법, POD법간에는 부의상관 ( $r = -0.2975^*$ ,  $r = -0.3424^*$ )을 나타냈다 (표 7-9).

**마. 2000년에 수확한 찰벼 품종의 항산화 활성 검정**

표 7-10은 2000년도에 재배·수확한 찰벼 품종의 항산화 검정을 한 결과이다.

표 7-10. 2000년도 찰벼의 SOD, POD, DPPH 및 TBA의 항산화 활성 측정

Varieties	SOD	POD	DPPH	TBA
	..... Activity (%) .....		..... Inhibition (%) .....	
IR 394-4-Phi 28	6.4	17.4	42.8	39.9
대립찰벼	8.5	12.2	40.0	41.3
백나	10.1	18.7	47.6	35.7
백운찰벼	7.8	20.1	47.8	53.4
상남발벼	6.7	21.7	54.0	38.3
소립찰벼	5.0	11.3	45.8	51.0
신선찰벼	6.2	13.7	42.2	43.4
인부지나도	6.3	14.2	42.3	49.1
일품	7.1	15.5	52.0	48.2
적나	6.9	14.1	41.6	46.7
추청벼	11.8	6.1	27.6	44.2
한강찰벼	7.2	11.7	46.8	50.8
화선찰벼	5.0	16.4	54.5	46.8
화청벼	7.3	14.2	48.3	43.5
화청찰벼	8.0	13.1	52.4	45.3
C.V. (%)	50.4	33.8	20.4	30.9
LSD (0.05)	3.5	4.6	8.7	13.0

$O_2^-$  (superoxide radical)를 특이적으로  $O_2$ 와  $H_2O_2$ 로 dismutation하는 효소에 대한 상남발벼 등 15품종의 실험 결과, SOD 활성정도는 큰 차이를 보이지 않았으나 (LSD=3.5), 추청벼가 11.8%, 백나가 10.1%로 비교적 높은 활성을 나타내었고, POD에 의한 활성에서는 상남발벼가 21.7%, 백운찰벼가 20.1%로 높은 활성을 보였다. DPPH법에서는 화선찰벼가 54.5%, 상남발벼가 54.0%, 화청찰벼가 52.4%, 일품벼가 52.0%의 높은 항산화 억제율을 보였고, 지질과산화 정도를 측정된 결과, TBA법에서는 백운찰이 53.4%, 소립찰이 51.0%, 한강찰벼가 50.8%를 나타냈다.

SOD법, POD법과 DPPH법 및 TBA법간의 상관관계에서 대체적으로 SOD법과 TBA법간의 상관은 고도의 부의상관 ( $r=-0.3205^{**}$ )을 보였다 (표 7-11).

표 7-11. 2000년 찰벼 15품종의 SOD, POD와 DPPH 및 TBA의 항산화 활성 상관.

	SOD	POD	DPPH
POD	-0.1151		
DPPH	-0.0925	0.0553	
TBA	-0.3205**	-0.0438	0.0877

Flavonoids, isovitexin, cyanidin, oryzanol,  $\alpha$ -tocopherol 및 phytic acid 같은 phenol 물질들은 항산화 성질을 가지고 있는 것으로 알려져 있으나 (Ramara-thnam 등, 1986와 1989; Wu 등, 1994; Choi와 Oh, 1996) 이런 물질들은 환경 조건의 변동에 많은 영향을 받기 때문에 좀 더 세밀한 조사가 필요하다고 사료 된다.

SOD의 연차별 유의성 검정에서 상남찰벼 (LSD=11.5)는 29.8%, 7.6%, 6.7%, 로, 일품벼 (LSD=11.8)는 13.2%, 4.8%, 7.1%로, 화선찰벼 (LSD=10.0)는 13.0

표 7-12. 1998년, 1999년 및 2000년 찰벼의 연차별 항산화 활성 분석

Varieties	SOD				DPPH				TBA			
	1998	1999	2000	LSD	1998	1999	2000	LSD	1998	1999	2000	LSD
	.. Activity (%) ..				.. Inhibition (%) ..				... Inhibition (%) ...			
IR 394-4-Phi 28	19.7	2.3	6.4	8.4	43.7	58.4	42.8	8.5	60.7	39.4	39.9	27.9
대립찰벼	19.3	8.6	8.5	9.8	60.9	58.1	40.0	8.6	61.8	63.5	41.3	41.7
백나	35.3	9.9	10.1	7.0	32.4	40.7	47.6	5.0	47.5	32.5	35.7	32.8
백운찰벼	35.4	10.7	7.8	20.4	48.7	70.6	47.8	11.1	49.6	41.0	53.4	16.5
상남찰벼	29.8	7.6	6.7	11.5	48.7	59.8	54.0	12.3	49.6	33.0	38.3	29.1
소립찰벼	25.7	5.2	5.0	4.0	51.8	67.7	45.8	15.3	56.3	34.9	51.0	19.3
신선찰벼	21.8	9.9	6.2	5.2	51.3	55.2	42.2	26.2	52.4	62.7	43.4	18.8
인부지나도	21.1	5.1	6.3	5.8	49.9	81.4	42.3	4.1	46.7	45.4	49.1	17.5
일품	13.2	4.8	7.1	11.8	56.9	65.7	52.0	12.2	57.2	41.8	48.2	17.5
적나	14.0	3.6	6.9	6.1	46.3	62.1	41.6	9.5	45.5	46.8	46.7	29.6
추청벼	13.8	6.1	11.8	8.5	63.1	69.9	27.6	8.7	49.6	64.1	44.2	19.7
한강찰벼	24.2	6.9	7.2	6.8	54.7	67.2	46.8	10.6	62.5	37.9	50.8	17.8
화선찰벼	13.0	5.8	5.0	10.1	61.7	61.8	54.5	8.6	61.3	33.4	46.8	10.0
화청벼	17.3	4.9	7.3	3.7	62.1	77.3	48.3	18.5	52.4	63.1	43.5	18.5
화청찰벼	18.8	9.9	8.0	5.8	47.4	60.3	52.4	9.8	67.4	53.9	45.3	8.6

%, 5.8%, 5.0%로 유의성이 나타나지 않았다 (표 7-12). DPPH법에서 백나 (32.4%, 40.7%, 47.6%)와 인부지나도 (49.9%, 81.4%, 42.3%)는 LSD가 5.0과 4.1로 5% 유의차를 보였으나, 상남밭벼 (48.7%, 59.8%, 54.0%)와 신선찰벼 (51.3%, 55.2%, 42.2%) 및 화선찰벼 (61.7%, 61.8%, 54.5%)는 높은 항산화 활성을 보이면서 유의성이 나타나지 않았다. 또한 TBA법에서 대립찰벼 (61.8%, 63.5%, 41.3%), 백나 (47.5%, 32.5%, 35.7%), 상남밭벼 (49.6%, 33.0%, 29.1%), 인부지나도 (46.7%, 45.4%, 49.1%), 일품벼 (57.2%, 41.8%, 48.2%) 및 적나 (45.5%, 46.8%, 46.7%)는 유의차를 보이지 않았고, 화선찰벼(LSD=10.0)는 61.3%, 33.4%, 46.8%로 유의성을 나타냈다. 따라서, 상남밭벼와 화선찰벼의 항산화 활성이 SOD, DPPH, TBA법에서 모두 일정한 범위를 유지하고 있음을 알 수 있다.

한편 TBA법과 DPPH법에 있어서 활성값에 차이가 있었는데 이는 본 실험에 사용된 활성 검정 시료가 순수하게 정제되지 않은 조추출물이므로 여기에 존재하는 여러 가지 활성 물질들에 의한 영향과 TBA법 (Wong 등, 1981)과 DPPH법 (Yoshida 등, 1989)의 측정 방법에 따른 차이라고 생각된다. TBA법 반응의 발색 본체는 과산화지질에서 자동적으로, 또는 산에서 가열함으로써 생성된 수용성 malonidialdehyde (MDA)이며 MDA 한 분자와 TBA 2분자가 축합되어 생기는 적색은 532 nm에서 흡광도가 크고 수 시간 동안 안정을 유지하였다. 한편 생체조직 내에는 과산화 초기에 생성된 free radical과 반응하는 thiol기 (SH group) 화합물 등과 같은 많은 nucleophile이 존재하는데, DPPH법은 그 총량이 갖는 항산화력이며 그것을 측정하여 항산화의 진행도를 추정하는 것이다. 또한 일반적으로 DPPH는 항산화제의 측정에 이용되는 화합물인데 수소기가 붙으면 517 nm에서 특이 색조가 감소되는 특성을 이용한 방법이다.

### 3. 재래종과 외래종의 항산화 활성 비교

#### 가. 종자의 종피 색도 측정

재래 54품종 중 8품종과 외래 28품종 중 13품종이 유색미였다. 표 7-13은 종자의 종피 색도를 색도계로 측정된 결과이다. 1년간 저장된 재래도 유색미 8품종은 명도 (L)가 30.18~44.77, 적색도 (a)가 1.38~4.96, 황색도 (b)가 5.38~12.54로 나타났으며, 일반미 46품종은 명도 (L)가 40.01~46.97, 적색도 (a)가 1.51~1.95, 황색도 (b)가 6.39~13.52로 나타났다. 반면에, 1999년에 수확한 재래종 중

표 7-13. 재래도와 외래도의 종피 색도 측정

분 류	품종수		1년 저장			3개월 저장			
			L	a	b	L	a	b	
재래도	8	유색미							
		최대값	44.77	4.96	12.54	45.00	5.33	12.37	
		최소값	30.18	1.38	5.38	30.95	1.27	6.39	
		평 균	41.14	2.40	11.03	41.01	2.26	10.38	
	46	유색미							
		최대값	46.97	1.95	13.52	45.68	1.92	12.00	
		최소값	40.01	1.51	11.26	40.00	0.60	6.95	
		평 균	42.42	1.51	11.26	41.75	1.55	9.96	
	CV (%)		7.7	15.5	2.2	1.3	5.8	7.8	
	LSD (0.05)	13	5.24	0.42	0.38	0.89	0.16	1.28	
	외래도		유색미						
			최대값	44.43	5.96	11.61	43.24	5.72	10.29
최소값			30.29	1.14	5.12	30.49	1.75	5.99	
평 균			36.58	3.40	8.22	37.32	3.32	8.50	
15		유색미							
		최대값	43.91	1.92	12.09	46.11	1.83	12.08	
		최소값	40.20	1.26	9.97	41.07	0.86	9.06	
		평 균	42.30	1.38	10.87	42.77	1.62	10.29	
CV (%)			1.4	7.1	2.7	1.3	5.6	2.8	
LSD (0.05)			0.88	0.26	0.43	0.87	0.22	0.40	
CV (%)			6.4	13.1	2.4	1.3	5.9	6.5	
LSD (0.05)			4.26	0.40	0.41	0.89	0.18	1.03	

L: lightness, a: redness, b: yellowness

유색미는 명도 (L)가 30.95~45.00, 적색도 (a)가 1.27~5.33, 황색도 (b)가 6.39~12.37로 나타났으며, 일반미는 명도 (L)가 40.00~45.68, 적색도 (a)가 0.60~1.92, 황색도 (b)가 6.95~12.00으로 나타났다.

1년간 저장된 외래도 유색미 13품종은 명도 (L)가 30.29~44.43, 적색도 (a)가 1.14~5.96, 황색도 (b)가 5.12~11.61로 나타났으며, 일반미 15품종은 명도 (L)가 40.20~43.91, 적색도 (a)가 1.26~1.92, 황색도 (b)가 9.97~12.09로 나타났다. 반면에, 1999년에 수확한 외래종 중 유색미는 명도 (L)가 30.49~43.24, 적색도 (a)가 1.75~5.72, 황색도 (b)가 5.99~10.29로 나타났으며, 일반미는 명도 (L)가 41.07~46.11, 적색도 (a)가 0.86~1.83, 황색도 (b)가 9.06~12.08로 나타났다.

유색미는 다른 품종과 비교를 해 볼 때, 항산화 활성이 더 높게 나타났다. 붉은색, 보라색을 띠는 anthocyanin을 가지고 있는 벼 품종이 항산화 활성을 가지고 있다는 Choi와 Oh (1996)의 연구가 이 결과를 뒷받침하고 있다. 표 7-18과 7-19에서 색도와 DPPH 및 TBA가간에 정의 상관관계가 있다는 결과가 또한 뒷받침되고 있다. 따라서 항산화 물질로 알려진 cyanidin 같은 색소가 유색미의 추출물에서 높은 항산화 활성을 보이는 것으로 생각된다. 이 결과는 천연 항산화 물질로서 벼 색소의 역할에 대한 세밀한 연구의 필요성을 보여준다.

#### 나. 벼 잎의 SOD와 POD 활성의 변화

재래도와 외래도 잎의 SOD와 POD 활성 변화를 7월 4일부터 8월 8일까지 일주일 간격으로 조사하였다 (Table 2와 3). 품종을 출수기를 기준으로 하여 4그룹, 즉 A (~8월 10일), B (8월 11일~8월 20일), C (8월 21일~8월 31일) 및 D (9월 1일~9월 20일)로 분류하였다 (표 7-14와 7-15).

재래도의 A와 B그룹이 7월 11일에 각각 평균 13.4%와 13.1%로 높은 SOD 활성을 나타냈으나, 7월 18일에는 10.5%와 12.5%로 감소하는 경향을 보였다. 외래도의 B와 C 및 D그룹은 7월 11일에 각각 4.9%, 5.7% 7.4%로 감소하였으나, 7월 18일에는 9.2%, 12.3%, 16.2%로 증가하였다. 재래도 C그룹과 외래도 A그룹은 7월 18일에 9.8%와 12.3%로 증가를 했지만, 7월 25일에는 6.5%와 5.2%로

표 7-14. 1999년에 수확한 재래도와 외래도 잎의 SOD 활성변화

분 류	출수기	품종수		7.4 <sup>1)</sup>	7.11	7.18	7.25	8.1	8.8
				..... Activity (%) .....					
재래도	A <sup>2)</sup>	18	최대값	13.4	27.0	20.9	32.3	37.8	15.5
			최소값	0.1	4.6	3.7	1.9	4.9	3.0
			평 균	5.7	13.4	10.5	7.0	11.6	7.5
	B	25	최대값	10.0	22.0	24.7	8.5	34.9	12.3
			최소값	1.5	3.5	4.3	1.6	1.2	1.8
			평 균	5.2	13.1	12.5	4.9	9.1	5.4
	C	11	최대값	19.5	16.5	19.0	16.2	10.8	15.5
			최소값	2.7	3.7	4.1	1.2	3.5	2.6
			평 균	7.6	9.4	9.8	6.5	7.5	7.2
CV (%)				58.8	48.8	56.1	46.4	40.4	60.4
LSD (0.05)				5.18	8.71	8.78	4.22	5.43	6.03
외래도	A	12	최대값	10.6	18.8	24.2	8.1	14.4	9.9
			최소값	1.9	2.4	4.2	0.6	1.3	2.4
			평 균	5.7	6.8	12.3	5.2	9.0	5.6
	B	9	최대값	10.3	6.3	12.5	12.4	17.8	13.1
			최소값	1.0	2.8	4.2	2.7	4.9	1.7
			평 균	6.3	4.9	9.2	7.3	10.9	7.5
	C	4	최대값	11.9	9.0	16.8	7.0	8.5	11.9
			최소값	7.4	1.5	8.5	2.7	3.1	4.4
			평 균	8.9	5.7	12.3	4.7	5.6	7.4
	D	3	최대값	8.9	7.8	24.5	7.0	11.3	8.0
			최소값	7.2	7.1	8.0	4.0	5.8	6.6
			평 균	8.1	7.4	16.2	5.4	7.9	7.2
CV (%)				51.5	68.8	34.9	52.3	47.6	58.5
LSD (0.05)				5.82	6.74	6.88	4.87	7.02	6.33
CV (%)				52.5	53.4	47.4	45.9	43.8	60.4
LSD(0.05)				5.24	8.64	8.56	4.18	6.07	6.15

<sup>1)</sup>: 측정날짜, <sup>2)</sup>: A: ~8월 10일, B: 8월 11일~8월 20일, C: 8월 21일~8월 31일, D: 9월 1일~9월 20일.

표 7-15. 1999년에 수확한 재래도와 외래도 잎의 POD 활성변화

분 류	출수기	품종수		7.4 <sup>1)</sup>	7.11	7.18	7.25	8.1	8.8	
				..... Activity (%) .....						
재래도	A <sup>2)</sup>	18	최대값	97.8	97.1	98.4	98.3	97.8	98.5	
			최소값	14.5	33.1	48.4	12.8	81.9	66.7	
			평 균	87.2	90.7	82.6	87.3	95.9	92.4	
	B	25	최대값	97.6	96.5	98.0	98.2	97.4	98.2	
			최소값	18.6	13.6	74.3	52.1	77.4	68.2	
			평 균	73.3	86.4	94.2	90.9	94.0	89.9	
	C	11	최대값	96.8	96.9	98.0	97.9	97.6	98.0	
			최소값	34.9	70.9	44.6	25.9	85.7	52.3	
			평 균	73.4	90.1	89.0	79.9	94.9	87.3	
	CV (%)				7.2	3.0	4.8	6.9	1.4	2.2
	LSD (0.05)				8.42	4.33	6.86	8.68	2.09	3.24
	외래도	A	12	최대값	95.2	94.7	96.8	98.5	96.7	98.0
최소값				14.5	2.3	50.3	79.8	55.1	82.9	
평 균				61.4	60.4	91.1	95.0	81.7	95.8	
B		9	최대값	93.9	93.8	96.5	98.0	94.9	98.6	
			최소값	49.0	26.8	73.2	85.7	38.9	49.2	
			평 균	82.7	67.8	91.1	94.5	83.1	84.0	
C		4	최대값	90.4	92.8	96.6	97.7	92.0	98.2	
			최소값	22.2	79.2	90.9	12.9	56.8	97.5	
			평 균	68.3	90.3	94.5	91.9	81.9	97.9	
D		3	최대값	90.1	92.6	96.2	97.0	74.2	98.0	
			최소값	76.2	39.9	92.3	94.2	51.0	76.6	
			평 균	83.1	67.4	94.8	95.9	63.6	90.7	
CV (%)				8.1	6.1	2.3	2.5	8.4	2.7	
LSD (0.05)				8.23	6.71	3.38	10.85	4.00	3.03	
CV (%)				52.5	53.4	47.4	45.9	43.8	60.4	
LSD(0.05)				5.24	8.64	8.58	4.18	6.09	6.15	

<sup>1)</sup> : Sampling day

<sup>2)</sup> : A: ~10 Aug., B: 11 Aug.~20 Aug., C: 21 Aug.~31 Aug., D: 1 Sept.~20 Sept.



감소하였다.

재래도는 8월 1일에 가장 높은 POD 활성을 나타냈고, 외래도의 A과 C그룹은 8월 8일에 각각 95.8%와 97.9%로, B와 D그룹은 7월 25일에 94.5%와 95.9%로 POD 활성이 최대값을 가졌다. 모든 그룹의 SOD와 POD 활성은 6주 동안 불규칙적인 변화를 보였는데, 이는 벼의 생리적 생육단계의 차이에 영향을 받는 것으로 생각된다. 이것은 2차 대사산물이 환경스트레스를 받으면 증가한다는 Seigler (1995)의 보고와 유사한 결과이다. 따라서, 강우와 온도가 다른 지역에서 토양 온도, 토양수분, pH 등 다른 요인들을 조사하여 SOD와 POD 활성의 환경요인에 따른 반응양상을 보다 면밀히 검토할 필요가 있다고 생각된다.

#### 다. 종자의 항산화 활성 검정

표 7-16는 벼 중실 추출물의 SOD와 POD 활성을 나타낸 것이다. 재래도와 외래도 사이에 SOD 활성 (CV=53.3%)과 POD 활성 (CV=22.6%)은 현저한 차이를 보이고 있다. 1999년에 수확한 외래도의 SOD 활성은 12.9%로 재래도 (10.7%)보다 더 높게 나타났으나, POD 활성은 재래도 (51.1%)가 외래도 (45.9%)보다 더 높게 나타났다.

재래도와 외래도 종자의 SOD와 POD 활성은 1년간 저장한 벼보다 1999년에 수확한 벼가 더 높은 활성을 나타내었다. SOD는 활성 산소종에 대한 방어 역할을 하는 효소이며, Cho 등 (1995)은 수확한 후 1년 이상 저장한 종자에서는 peroxidase 같은 효소들의 활성은 떨어진다고 보고했는데, 본 연구의 결과와 일치하는 경향이 있었다.

표 7-17는 DPPH, TBA와 FI-CL법을 이용하여 항산화 활성을 나타낸 것이다. 1년 동안 저장한 재래도의 항산화 활성은 DPPH법에서 53.9%, TBA법에서 41.2%를 보였고, 외래도는 DPPH법에서 58.3%, TBA법에서 46.3%를 보여 외래도의 항산화 활성이 재래도보다 더 높게 나타났다. 또한, 1999년에 수확한 (저장기간 3개월) 외래도의 항산화 활성은 DPPH법에서 63.5%, TBA법에서 55.2%를 나타냈으며, 재래도는 DPPH법에서 47.2%, TBA법에서 45.6%의 활성을 보

표 7-16. 재래도와 외래도 종실간에 SOD와 POD 활성비교

저장기간	분 류	SOD	POD
		..... Activity (%) .....	
1년 저장	재래도	6.6	23.6
	외래도	8.5	13.7
CV (%)		45.8	24.5
LSD (0.05)		5.23	7.53
3개월 저장	재래도	10.7	51.1
	외래도	12.9	45.9
CV (%)		31.5	22.6
LSD (0.05)		5.71	17.69
CV (%)		53.3	57.9
LSD (0.05)		5.54	22.23

여 외래도가 재래도보다 더 높은 항산화 활성을 보였다. 유색미와 일반미를 비교해보면, 1년 저장한 외래도 품종의 유색미 (DPPH-69.5%, TBA-47.4%)는 일반미 (DPPH-47.1%, TBA-45.1%)보다 높은 라디칼 소거능을 보이고 있고, 또한 1999년에 수확한 외래도의 유색미 (DPPH-71.8%, TBA-56.4%) 항산화 활성이 일반미 (DPPH-55.1%, TBA-54.0%)보다 더 높게 나타났다.

FI-CL에서는 (CV=0.7%) 재래도 (49.3%)와 외래도 (49.2%) 사이에 radicals scavenging activity의 차이를 보이지 않았다. 그림 2는 오국벼와 Red Khosha Cerma의 chemiluminescence 크로마토그램을 보여주고 있다. CL intensity에서 1년 저장한 벼 종실의 조추출물 (80% MeOH)의 항산화 활성이 감소하는 것을 볼 수 있었다.

동일한 공시재료에 대한 DPPH와 TBA 및 FI-CL에 의해 측정된 항산화 활성의 차이는 명확히 설명할 수 없다. DPPH법은 항산화 물질들이 전자 혹은 수소를 전달하여 DPPH 라디칼과 즉각 반응한 것을 측정하는 방법이고, TBA법은 2차 지질과산화의 생성물인 malonaldehyde (MA)를 측정하는 방법으로 간 조직이나 막 조직의 항산화 활성을 측정하는데 많이 이용된다. 더구나 chemilu-

표 7-17. 재래도와 외래도 종실의 FI-CL과 DPPH 및 TBA 활성 비교

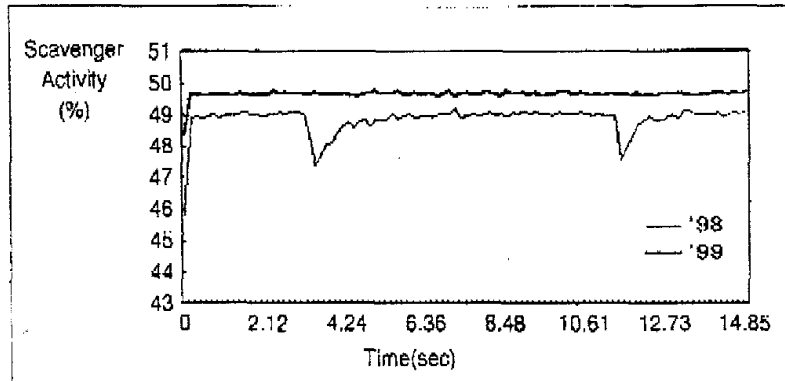
저장기간	분 류		FI-CL	DPPH	TBA	
			..... Activity (%) .....	..... Inhibition (%) .....		
1년 저장	재 래 도	유색미	49.4	59.3	41.0	
		일반미	49.1	48.5	41.4	
		평 균	49.3	53.9	41.2	
	외 래 도	유색미	49.1	69.5	47.4	
		일반미	49.4	47.1	45.1	
		평 균	49.2	58.3	46.3	
		CV (%)	0.9	7.6	15.6	
		LSD (0.05)	0.72	6.40	11.19	
	3개월 저장	재 래 도	유색미	49.3	51.3	44.4
			일반미	49.3	43.0	46.8
평 균			49.3	47.2	45.6	
외 래 도		유색미	49.2	71.8	56.4	
		일반미	49.2	55.1	54.0	
		평 균	49.2	63.5	55.2	
		CV (%)	0.4	12.6	17.1	
		LSD (0.05)	0.35	10.41	13.85	
		CV (%)	0.7	19.1	27.5	
		LSD (0.05)	0.38	11.21	14.80	

minescence는 과산화수소 (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>)와 시토크롬 C가 luminol의 산화를 중간 매개 하여 측정하는 방법이다 (Punchard와 Kelly, 1996). Chung 등 (1998)은 DPPH와 TBA법간의 항산화 활성은 차이가 있다고 보고하였다. 본 실험에서 벼 추출물의 라디칼 소거능을 측정한 것은 벼 조직 추출물에 존재하는 많은 화합물들이 항산화 활성에 있어서 중요한 역할을 한다고 생각되기 때문이다.

#### 라. Electron Spin Resonance (ESR)에 의한 SOD 활성의 측정

NBT 환원법에 의해 측정 결과에 의한 SOD 활성이 높은 품종과 낮은 품종을

(a)



(b)

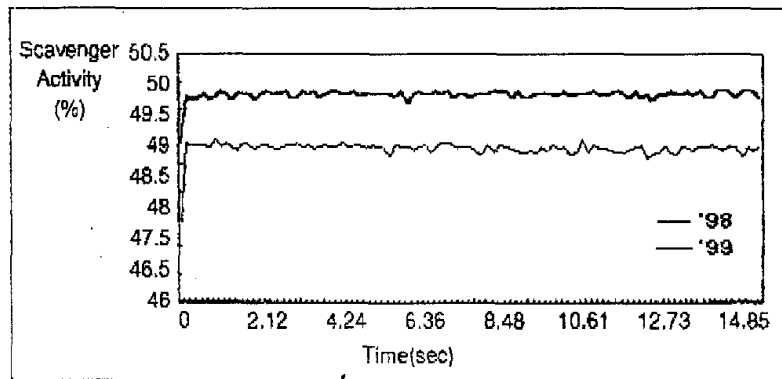


그림 7-4. 오국벼 (a)와 Red Khosha Cerma (b) 종실의 FI-CL.

hypoxanthin-xanthin oxidase system으로부터  $DMPO-O_2^-$ 를 형성하는 ESR 방법으로 검정하였다. 그림 7-5는 1999년에 수확한 재래도 품종 중에서 SOD 활성이 높았던 Hongcheongdo (17.08%)와 GinShun (16.5%), SOD 활성이 낮았던 Dabaegjo (4.75%)을 ESR 방법을 이용하여 SOD 활성을 검정한 것이다. (a)는 DMPO, (b)는 Hongcheongdo, (c)는 GinShun 및 (d)는 Dabaegjo의 SOD 활성을 나타내고 있는데, Dabaegjo는 DMPO와 같이 1:2:2:1 스펙트럼 형태를 하고 있어 SOD 활성이 낮음을 증명하고 있다. 반면에 Hongcheongdo와 GinShun은 DMPO의 스펙트럼 형태와 다른 peak를 보이고 있어 높은 SOD 활성을 증명하였다. 이 실험에서 ESR법으로 NBT 환원법을 다시 한 번 검증하여 NBT 환

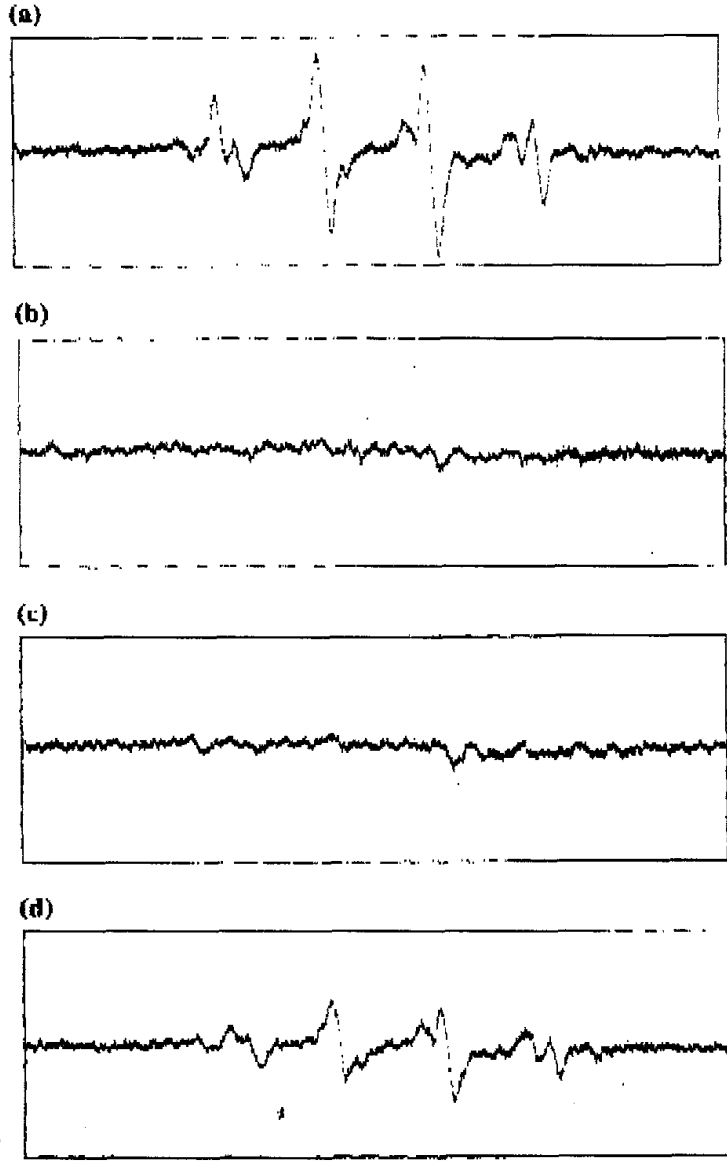


그림 7-5. Hypoxanthin-xanthin oxidase system에서 superoxide anion의 ESR signal.  
 (a) DMPO, (b) GinShun, (c) 홍청도, (d) 다백조

원법에 신뢰를 주고 있다.

ESR법은 라디칼 소거능을 측정하는 세밀한 방법 중 하나로 알려져 있다. Mitsu-ta 등 (1990)은  $O_2^-$  분자가 DMPO 스핀 트랩에 의해  $DMPO-O_2^-$  형태로 변

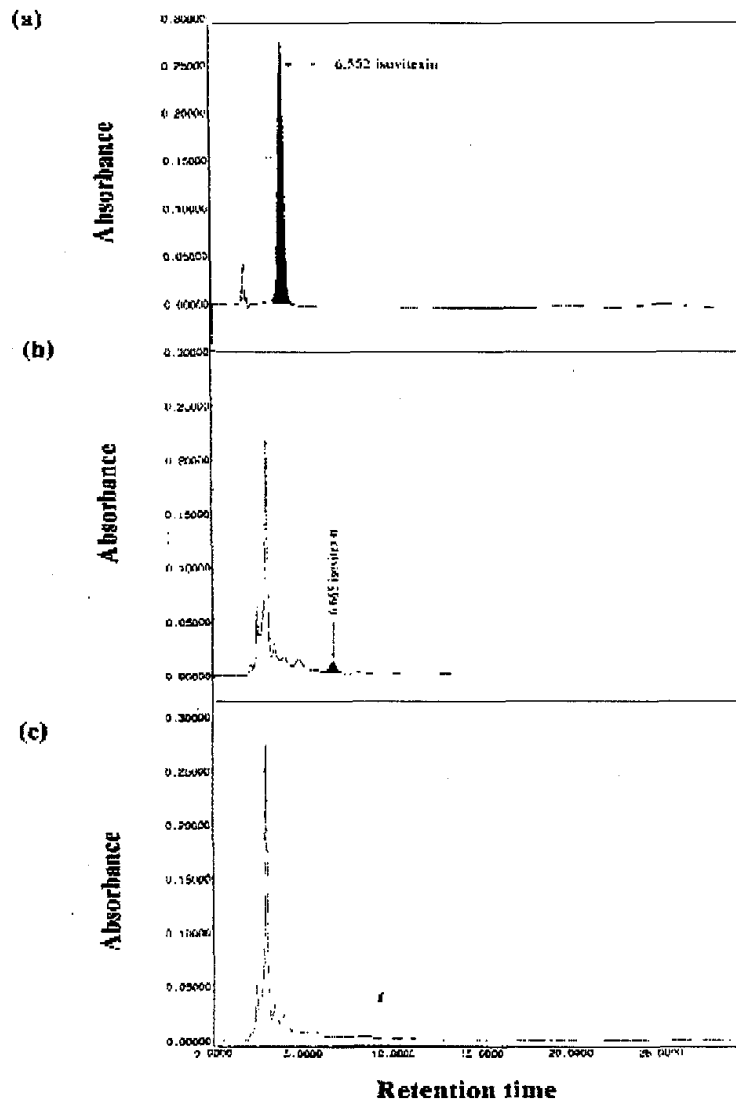


그림 7-6. 254 nm에서 벼 종실 추출물중 isovotexin의 HPLC chromatogram.

(a) Isovitexin standard, (b) GinShun, (c) 다백조

환된다고 보고하였다. 벼 종실 추출물은 phytochemicals을 함유하고 있는데, 식물의 페놀물질과 flavonoids는 지질과산화물을 억제하기 위하여 superoxide anion radicals 혹은 hydroxy radicals과 반응을 하여 활성산소 라디칼을 소거한다. Torel 등 (1986)은 지질과산화물을 억제하는 중요한 물질중의 하나가 flavonoids라

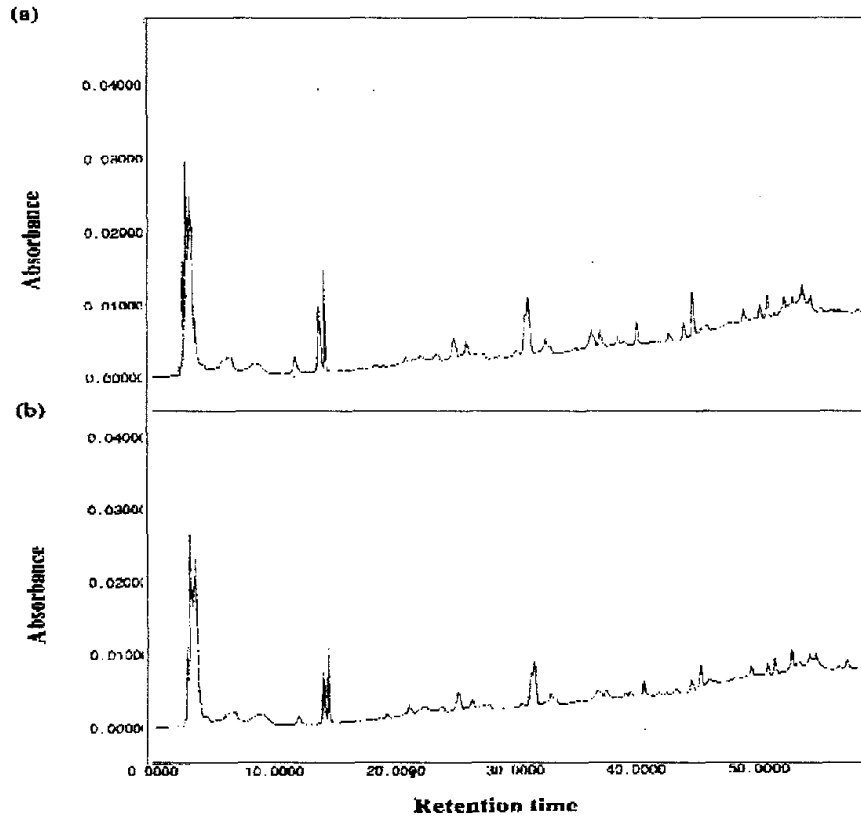


그림 7-7. 280 nm에서 벼 종실 추출물의 HPLC chromatogram.  
 (a) 홍청도, (b) 다백조

고 보고하였다. 본 연구의 결과는 지질과산화물 억제하는 물질이 isovitexin이라는 가능성을 제시하고 있다. 그림 7-6은 isovitexin standard의 peak과 일치하는 것을 나타내고 있기 때문에, 벼에 isovitexin이 함유되어 있고, 또한 항산화 활성은 isovitexin이 존재하기 때문이라고 생각되어진다. 그러나, 벼 종실의 추출물에 존재하는 항산화 물질을 HPLC로 정밀하게 분리하기는 어렵다고 사료된다 (그림 7-7). 따라서 Mass spectrometry (MS)와 nuclear magnetic resonance (NMR)는 다른 항산화 물질을 정제하는데 커다란 도움이 될 것이다.

#### 마. 항산화 활성과 색도간의 상관 분석

본 연구는 여러 가지 항산화 활성 검정 방법을 고향산화 활성 벼 품종을 선별하기 위하여 이용되었다. 표 7-18과 7-19는 항산화 활성과 벼 종피의 색도간에 상관관계를 나타낸 것이다. 1년간 저장한 벼에서, 명도와 황색도는 DPPH와 고도의 부의 상관 ( $r = -0.5163^{**}$ ,  $r = -0.6486^{**}$ )을 보인 반면, 적색도는 DPPH와 고도의 정의 상관 ( $r = 0.5744^{**}$ )을 보였다. 그러나 1999년에 수확한 벼에서, 명도 및 황색도는 DPPH ( $r = -0.5660^{**}$ ,  $r = -0.4561^{**}$ ) 및 TBA ( $r = -0.2011^{**}$ ,  $r = -0.2790^{**}$ )와 고도의 부의 상관을, 적색도는 DPPH ( $r = 0.5630^{**}$ ) 및 TBA ( $r = 0.2540^{**}$ )와 고도의 정의 상관을 보였다. FI-CL과 DPPH간의 상관에서 1년 저장한 벼 품종 ( $r = 0.2136^{**}$ )이나 1999년 수확한 벼 품종 ( $r = 0.1993^{**}$ )에서 고도의 정의 상관을 나타내고 있다. 이러한 결과는 Ramarathnam 등 (1986과 1989)과 Wu 등 (1994)이 유색미가 항산화 활성과 높은 상관을 보이고, 이는 벼의 색소가 항산화 활성에 중요한 역할을 한다는 보고와 일치하였다.

Flavonoids, isovitexin, cyanidin, oryzanol,  $\alpha$ -tocopherol 및 phytic acid 같은 페놀성 화합물들은 항산화 물질로 널리 알려져 있다 (Ramarathnam 등, 1986과 1989; Wu 등, 1994; Choi와 Oh, 1996). 그러나 종자를 저장하는 동안, 환경조건의 변화가 항산화 물질들에게 미치는 영향에 대해서는 좀 더 세밀한 연구가 필요하다고 생각되어진다.

표 7-18. 1998년에 수확한 벼 품종의 색도와 항산화 활성가들의 상관

	SOD	POD	FI-CL	DPPH	TBA	L	a
POD	0.0081						
CL	-0.1627*	0.0737					
DPPH	-0.1104	-0.0106	0.2136**				
TBA	-0.1773**	-0.2559**	0.0181	0.0262			
L	-0.0072	-0.0212	-0.0584	-0.5163**	0.0559		
a	0.0639	-0.0255	0.0945	0.5744**	-0.0641	-0.6604**	
b	0.0552	0.0527	-0.0603	-0.6486**	-0.0287	0.7903**	-0.7757**

\* means are significantly different at 5 % level.

\*\* means are significantly different at 1 % level.



표 7-19. 1999년에 수확한 벼 품종의 색도와 항산화 활성가들의 상관

	SOD	POD	FI-CL	DPPH	TBA	L	a
POD	-0.0671						
CL	0.0089	-0.0656					
DPPH	0.0303	-0.1385*	0.1993**				
TBA	0.0776	-0.0852	0.0271	0.3657**			
L	0.0119	0.0247	-0.0379	-0.5660**	-0.2011**		
a	-0.0118	-0.0195	-0.0101	0.5630**	0.2540**	-0.8724**	
b	-0.0497	0.0388	-0.0194	-0.4561**	-0.2790**	0.8290**	-0.7065**

## 제 4 절 결과요약

### 1. 재래유전자원의 항산화 활성 및 활성 물질 탐색

1. 벼 종실의 SOD 활성을 살펴 보면, 백경조와 다다조 추출물은 67%로서 매우 높은 radical scavenging activity를 보였다.
2. DPPH는 AC 1423가 90.1%으로 가장 높은 potential scavenging activity를 나타내고 있으며, 다음으로 AUS 196, HweiJu, Siga Chata Mochi와 Philippine 2로 높은 활성을 나타냈다.
3. 생태형에 따라 scavenging potentiality를 비교해 보면, 극조생종이 30.0%, 조생종이 35.6%, 중생종이 23.1%, 만생종이 19.1%의 활성을 보였다.
4. TBA법 (CV=19.0%)에 의해 측정된 항산화 활성을 검정한 결과, 장조 (90.6%)를 비롯하여 수원 357, 구중도, 차나락 및 농립나가 높은 억제율을 보였다.
5. 항산화물질로 알려진 isovitexin을 HPLC를 이용하여 분석한 결과 적도와 가위찰 품종에서 9.6%, 9.4%로 가장 높은 농도를 보였다.

### 2. 찰벼의 항산화 활성 검정

1. 80% MeOH 추출물을 이용한 농도별 항산화 활성 검정에서 DPPH와 TBA법에 의한 지질과산화 정도는 벼 추출물의 농도가 높아질수록 지질과산화 억제율이 높은 것으로 나타났고, 품종 중에서는 적도가 농도별로 가장 높은 항산화 활성을 보였다.
2. 상남발벼를 포함한 찰벼 12품종과 대조품종인 메벼 품종의 SOD와 DPPH 및 TBA법을 이용한 항산화 활성을 비교해 보면 대부분 찰벼 품종들이 일품벼보다 높은 활성을 나타냈다. 유묘와 종실의 SOD에서 품종에 따라 불규칙적인 활성을 보였고, DPPH법에서는 장조 (28.5%), 적도 (29.8%)가 높은 수소공여능을 나타냈으며, TBA법에서는 장조 (90.6%), 수원 357호 (88.5%)가 높은 지질과산화 억제율을 보였다.
3. HPLC 분석을 통하여 isovitexin과 chlorogenic acid 및 caffeic acid의 함량을 비교한 결과, DPPH법과 TBA법에서 활성이 높았던 장조가 높은 chlorogenic acid 함량을 나타냈다.
4. SOD와 DPPH법을 이용하여 isovitexin, chlorogenic acid 및 caffeic acid의 항산화 활성을 측정한 결과, chlorogenic acid > caffeic acid > isovitexin 순으로 나타났다.
5. 1999년과 2000년에 재배·수확한 찰벼 12품종과 대조품종인 메벼 3품종의 항산화 활성 검정 결과, 1999년에는 백운찰벼 (SOD, 10.7%), 백나 (POD, 30.2%), 인부지나도 (DPPH, 81.4%) 및 추청벼 (TBA, 64.1%)가 가장 높은 활성을 보였으나, 2000년에는 추청벼 (SOD, 11.8%) 상남발벼 (POD, 21.7%), 화선찰벼 (DPPH, 54.5%) 및 백운찰벼 (TBA, 53.4%) 품종들이 높은 활성을 나타내었다.
6. SOD, POD와 DPPH 및 TBA법의 상관관계를 보면 추출물에 따라 차이는 있었으나, 1999년 찰벼들은 일반적으로 SOD법과 POD법간에 정의 상관 ( $r=0.3597^*$ )을 보였고, DPPH법과 SOD법, POD법간에는 부의 상관 ( $r=-0.2975^*$ ,  $r=-0.3424^*$ )을 보였다. 그러나 2000년 찰벼들은 대체적으로 SOD법과 TBA법간에는 고도의 부의 상관 ( $r=-0.3205^{**}$ )을 나타냈다.

7. 1998년, 1999년 및 2000년의 연차별 항산화 활성 검정 분석결과, 상남밭벼와 화선찰벼의 항산화 활성이 SOD, DPPH, TBA법에서 모두 일정한 범위를 유지하고 있음을 알 수 있다.

### 3. 재래종과 외래종의 항산화 활성 비교

1. 벼 종실의 SOD와 POD 활성을 살펴보면, 재래도와 외래도 모두 3개월 저장한 종자가 1년 저장한 종자보다 강한 활성을 보였다. 외래도의 SOD 활성이 재래도보다 높은 활성을 보였지만, 반면에 POD의 활성은 외래도보다 재래도가 더 높게 나타났다.
2. DPPH는 재래도와 외래도 모두 유색미가 보통미보다 높은 억제율을 보였다. 재래도와 외래도 모두 3개월 저장한 종자들의 DPPH와 TBA의 억제율을 비교해 보면, 재래도보다 외래도가 더 높은 활성을 보였다.
3. Chemiluminescence 방법에서 재래도와 외래도 모두 라디칼 소거능 활성의 차이를 보이지 않았다.
4. SOD 활성이 높았던 Hongchungdo (7.08%) 품종과 Gishun (16.4%), SOD 활성이 낮았던 Dabaegjo (4.75%) 품종은 ESR을 통해 활성 정도를 다시 검증한 결과, Hongchungdo와 Gishun은 peak이 잔잔하게 나타난 것으로 보아 SOD activity가 높음을 알 수 있었고, Dabaegjo는 DMPO의 peak과 같이 1 : 2 : 2 : 1의 형태를 보여 SOD activity가 낮음을 입증하였다.

## 제 5 절 참고문헌

1. Asada, K., M. Takahashi and M. Nagate. 1974. Assay and inhibitors of spinach superoxide dismutase. *Agric. Biol. Chem.* 38 : 471-473.
2. Baber, S. 1972. In D. F. Houston (ed.) *Rice chemistry and technology.* Amer. Assoc. Cereal Chemists, p. 237.
3. Bannister, J. V., W. Bannister, and H. G. Rotilio. 1987. *Aspects of the*

- structure, function and applications of superoxide dismutase. *CRC Crit. Rev. Biochem.* 22 : 111-180.
4. Beyer, W. F. Jr., and I. Fridovich. 1987. Assaying for superoxide dismutase activity: some large consequences of minor changes in conditions. *Anal. Biochem.* 161 : 559-566.
  5. Cho, D. S. et al., *Physiology and Ecology of Rice*. 1995. Cho, D. S. et al. Hyangmun Press. p. 28.
  6. Choi, H. C., and S. K. Oh. 1996. Diversity and function of pigments in colored rice. *K. J. Crop Sci.* 41 : 1-9.
  7. Choi, H. Y., E. J. Jhun, B. O. Lim, I. M. Chung, S. H. Kyung and D. K. Park. 2000. Application of flow injection-chemiluminescence to the study of radical scavenging activity in plant. *Phytotherapy Research.* 14 : 250-253.
  8. Chung, I. M., K. H. Kim, and J. K. Ahn. 1998. Screening Korean medicinal and food plants with antioxidant activity. *J. K. Medicinal Crop Sci.* 6 : 311-322.
  9. Cutler, R. G. 1984. Antioxidants, aging, and longevity. 6:371-423. *In* W. A. Pryor (ed.) *Free Radicals in Biology*. Academic Press, Orlando, FL.
  10. DeGray, J. A., and R. P. Mason. 1994. (ed. N.M. Atherton, M.J. Davies, and B.C. Gilbert). *In* Specialist periodical report-electron spin resonance. Royal Society of Chemistry, Cambridge. 14 : 246-301.
  11. Fridovich, I. 1986. Superoxide dismutases. *Adv. Enzymol* 58 : 61-97.
  12. Hiramatsu, M. and M. Kohno. 1987. Determination of superoxide dismutase activity by electron spin resonance spectrometry using the spin trap method. *JEOL News.* 23 : 7-9.
  13. Lazarow, P. B., and Y. Fujiki. 1985. Biogenesis of peroxisomes. *Annu. Rev. Cell Biol.* 1 : 489-530.

14. MaCord, J. M., and, I. Fridovich. 1969. Superoxide dismutase. An enzymic function for erythrocyte hemocuprein (hemocuprein). *J. Biol. Chem.* 244 : 6049-6055.
15. Mitsuda, H., K. Yasumoto, and R. Iwamiki. 1966. Antioxidative action of indole components during the autotoxidations of linoleic acid. *J. Jpn. Soc. Food and Nutrition* 19 : 60-65.
16. Mitsuta, K., Y. Mizuta, M. Kohno, M. Hiramatsu, and A. Mori. 1990. Application of ESR spin trapping technique to the evaluation of SOD like activity of biological substances. *Bull Chem. Soc. Jpn.* 63 : 187-191.
17. Navasero, E. P., L. C. Baun, and B. O. Juliano. 1975. Grain dormancy, peroxidase activity and oxygen uptake in *Oryza sativa*. *Phytochem.* 14 : 1899-1902.
18. Osawa, T., N. Ramarathnam, K. Shunro, N. Mitsuo, and T. Toru. 1985. Antioxidative defense system in rice hull against damage caused by oxygen radicals. *Agric. Biol. Chem.* 49 : 3085-3087.
19. Park, P. W. 1995. Toxic compounds derived from lipids. p. 363. *In* I.J. Jeon, and W.G. Ikins (eds) *Analyzing food for nutrition labelling and hazardous contaminants*. Marcel Dekker, Inc., New York.
20. Peri-Treves, R., and E. Galun. 1988. The Cu/Zn-superoxide dismutase genes are developmentally regulated and respond to light and stress. *Plant Mol. Biol.* 17 : 745-760.
21. Povarova, R. I., N. P. Krasnook, I. A. Vishnyakova, and E. K. Davidenko. 1975. Change in a lipid complex in relation to the loss of germinating power by rice grains. *Izv. Vyssh. Uchbn. Zaved., Pisch. Tekhnol.* 3 : 42-45.
22. Punchard, N. A. and F. J. Kelly. 1996. *Free Radicals: A practical approach*. IRL Press. p. 1-6.
23. Raa, J. 1971. Indole-3-Acetic acid levels and the role of indole-3-acetic

- acid oxidase in normal root and club-root of cabbage. *Plant Physiology*. 25 : 130-134.
24. Ramarathnam, N., T. Osawa, M. Namiki, and T. Tashiro. 1986. Studies on the relationship between antioxidative activity of rice hull and germination ability of rice seeds. *J. Sci. Food Agric.* 37 : 719-726.
  25. Ramarathnam, N., T. Osawa, M. Namiki, and T. Tashiro. 1989. Chemical studies on novel rice hull antioxidants. 2. Identification of isovitexin, a c-glycosyl flavonoid. *J. Agric. Food Chem.* 37 : 316-319.
  26. Sakamoto, A., H. Ohsuga, and K. Tanaka. 1992. Nucleotide sequences of two cDNA clones encoding different Cu/Zn-superoxide dismutases expressed in developing rice seed. *Plant Mol. Biol.* 19 : 323-327.
  27. SAS Institute. 1986. *SAS User's Guide; Basic*. 5th ed. SAS Institute, Cary, NC. Seigler D.S. 1996. Chemistry and mechanism of allelopathic interactions. *Agric. J.* 88 : 876-885.
  28. Seigler, D. S. 1995. *Plant secondary metabolism*. Kluwer Academic, Norwell, Mass.
  29. Sies, H. 1993. Strategies of antioxidant defense. *Eur. J. Biochem.* 2 : 213-215.
  30. Szychalla, J., and S. Kesborough. 1990. Superoxide dismutase, catalase, and  $\alpha$ -tocopherol content of stored potato tubers. *Plant Physiol.* 94 : 1214-1218.
  31. Steinberg, M., and H. D. Rabinowitch. 1991. The role oxygen in thermophoto-dynamic processes leading to sun scald-like damages in green tissues. *Free Rad. Res. Commun.* 123 : 809-817.
  32. Tolbert, N. E. 1981. Metabolic pathways in peroxisomes and glyoxysomes. *Annu. Rev. Biochem.* 50 : 133-157.
  33. Torel, J., J. Cillard, and P. Cillard. 1986. Antioxidant activity of flavonoids

- and reactivity with peroxyradicals. *Phytochem.* 25 : 383-385.
34. Wong, S. F., B. Holliwell, R. Richmond, and W. R. Skowroneck. 1981. The role of superoxide and hydroxyl radicals in the degradation of hyaluronic acid induced by metal ions and ascorbic acid. *J. Inorganic Biochem.* 14 : 127-134.
  35. Wu, K., W. Zhang, P. B. Addis, R. J. Epley A.M. Salih, and J. Lehrfeld. 1994. Antioxidant properties of wild rice. *J. Agric. Food Chem.* 42 : 34-37.
  36. Yoshida, T., K. Mori, T. Hatano, T. Okumura, I. Ushara, K. Komagoe, Y. Fujita, and T. Okuda. 1989. Studies on inhibition mechanism of autooxidation by tannins and flavonoids. V. Radical scavenging effects of tannins and related polyphenols on 1,1-Diphenyl-2-picrylhydrazyl radical. *Chem. Pharm. Bull.* 37 : 1919-1923.