

발간등록번호

11-1541000-000757-01

## 최종보고서

보안과제( ), 일반과제(○)

과제번호 308015-02-2-SB010

고부가가치 기능성 혼합미(곡) 편의식품 개발  
(Development of functional convenience  
foods using agricultural grains)

등롱RPC 영농조합법인

농림수산식품부

# 제 출 문

농림수산식품부 장관 귀하

이 보고서를 “고부가가치 기능성 혼합미(곡) 편의식품개발” 과제의 보고서로 제출합니다.

2010 년 12 월 19 일

주관연구기관명 : 등룡RPC

주관연구책임자 : 신 동 화

연 구 원 : 정 은 수

연 구 원 : 정 병 희

연 구 원 : 손 동 원

협동연구기관명 : 전북대학교 바이오식품 소재개발  
및 산업화 연구센터

협동연구책임자 : 김 영 수

협동연구기관명 : 전북대학교병원 기능성식품 임상  
시험지원센터

협동연구책임자 : 채 수 완

# 요 약 문

## I. 제 목

고부가가치 기능성 혼합미(곡) 편의식품개발

## II. 연구개발의 목적 및 필요성

- 쌀밥을 주식으로 하는 전통적인 형태의 아침식사 습관이 아침을 거르거나 간편식으로 대용하는 경향으로 바뀌고 있어 다양한 형태의 가공제품 개발이 요구됨. 혼합미(곡) 그 자체와 함께 식생활의 간편화, 개별 식사화, 소비자 기호의 다양화 등을 고려해서 간편성, 고품질, 안정성 등이 강화된 맞춤형 편의식품으로 기능성을 부여한 가공식품을 개발한다면 국내산 곡물의 소비촉진에 도움을 줌과 동시에 더 높은 상품성을 가질 수 있을 것임.
- 국내에서 생산되는 미·잡곡의 영양학적 우수성 탐색과 의학적 관점에서 조합된 혼합미(곡)에 대한 임상시험 효능검증을 통해서 전체 국민의 10%에 해당하는 당뇨병 환자의 혈당 조절, 수험생의 인지능력 향상, 운동선수의 지구력 증진용 맞춤형 기능성 혼합미(곡)와 편의식품을 개발하고자 함. 이를 상품화하여 국내 농산물의 고부가가치화와 가능성 있는 수출상품으로 개발하고자 함.
- 현재 시판되는 잡곡이나 혼합미(곡)는 특별한 원칙이나 기준 없이 임의로 대상 곡류와 비율을 선택하여 판매를 하고 있으며 소비자가 임의로 제품 구성을 변형하여 사용함으로써 섭취 효과가 의심되며 잡곡의 종류는 다양하나 기능성은 확인이 안 된 상태임. 또한 임상시험 한 결과가 매우 부족하고 편의성, 기호성을 높인 혼합미(곡) 제품이 출시되지 않고 있으며 해외 시장 판매 확대 가능성이 낮은 상태로 과학적 근거를 토대로 기능성이 입증된 혼합미(곡) 제품의 개발이 필요한 시점임.
- 아울러 영양성분, 기능성 성분 및 이화학적 특성은 품종, 재배환경 및 가공방법에 따라 큰 차이가 있으므로 각 곡물의 영양학적 우수성, 이화학적 특성 및 가공적성에 관한 정확한 정보를 제공하여 곡류를 이용한 새로운 제품 개발에 기반 정보를 구축하고자 함.

## III. 연구개발 내용 및 범위

### 1. 고부가가치 기능성 혼합미(곡)의 원료 중간 소재화 및 조합 개발

- 가. 기능성 혼합미(곡)의 원료 확보 및 중간 소재화 지원
- 나. 당뇨병자용 혼합미(곡)의 관능검사 및 조합 개발
- 다. 수험생용 혼합미(곡)의 관능검사 및 조합 개발
- 라. 운동선수용 혼합미(곡)의 조합 개발
- 마. 당뇨병자용 혼합미(곡)의 편의식품(죽)의 조합 개발

### 2. 고부가가치 기능성 혼합미(곡)의 영양성분 및 기능성 성분 분석과 편의식품 개발

- 가. 혼합미(곡) 및 열처리한 강낭콩과 서목태의 영양성분 및 기능성 성분 분석
- 나. 혼합미(곡) 및 열처리한 강낭콩과 서목태의 이화학적 특성 및 취반 특성 분석
- 다. 당뇨용 혼합미(곡)의 영양성분 및 기능성 성분 분석
- 라. 맞춤형 편의식품의 개발 및 품질특성 분석

### 3. 고부가가치 기능성 혼합미(곡)의 임상시험

- 가. 당뇨환자용 혼합미(곡) 예비 혈당 검사(2009년)
- 나. 당뇨환자용 혼합미(곡)의 임상시험(2009년)
- 다. 수험생용 혼합미(곡) 임상시험
- 라. 당뇨환자용 혼합미(곡) 예비 임상시험(2010년)
- 마. 당뇨환자용 혼합미(곡) 확증적 임상시험(2010년)
- 바. 당뇨환자용 편의식품(죽)의 임상시험
- 사. 운동선수용 혼합미(곡) 전임상 동물시험
- 아. 혼합미(곡)의 기능성 입증에 위한 임상 및 전임상시험의 연구 범위 및 수행내용

## IV. 연구개발결과

### 1. 고부가가치 기능성 혼합미(곡)의 원료 중간 소재화 및 조합 개발

#### 가. 기능성 혼합미(곡)의 원료 확보 및 중간 소재화 지원

고부가가치 기능성 혼합미(곡)의 기본 미곡은 일부 도정하여 미강이 남아있는 배아미로 하였으며 일반 배아미가 아닌 국립식량과학원에서 개발한 큰눈벼를 분양받아 원료를 확보하였다. 또한 GABA함량에 따른 현미의 발아조건을 설정(젓산칼슘 0.1%, 글루탐산 0.02% 용액 45°C 8시간 침지)하고 두류 등 기타 잡곡의 팽화(3 kg/cm<sup>2</sup> ~ 5.5 kg/cm<sup>2</sup>의 압력), 분쇄 등 전처리 조건을 설정하였다.

#### 나. 당뇨환자용 혼합미(곡)

당뇨환자용 혼합미(곡)의 최종 선정된 당뇨환자용 혼합미(곡)의 조합은 다음과 같다.

- 최종 선정된 당뇨환자용 혼합미(곡)은 개인용과 단체급식용으로 2가지를 최종 선정하였다. 당뇨환자용 혼합미(곡) 개인용의 조합은 거대배아현미 50%, 찰보리 18%, 찹쌀현미 5%, 흑미 1%, 검정콩(서목태) 13%, 강낭콩 13%가 가장 적절하였다. 당뇨환자용 혼합미(곡) 단체급식용의 조합은 거대배아미 40%, 거대배아현미 10%, 찰보리 20%, 흑미 1%, 동부 3%, 검정콩(서목태) 13%, 강낭콩 13%가 가장 바람직하였다.

#### 다. 수험생용 혼합미(곡)

수험생용 혼합미(곡)의 조합 개발을 위한 관능검사 및 최종 선정된 수험생용 혼합미(곡)의 조합 결과는 다음과 같다.

- 수험생용 혼합미(곡)의 조합 구성은 1인 섭취 기준(120g), 거대배아미 40g, 거대배아 발아현미 34g, 발아찰쌀현미 22g, 흑미 4g, 강낭콩(팽화, 쪄갠) 15g, 호두 5g이다. 관능검사 결과 개발 혼합미(곡)이 외관적인 부분인 겉모양, 냄새(P<0.001), 색깔 항목에서는 백미보다 낮은 점수를 받았으나, 섭취 후 평가되는 항목인 질기, 씹힘성, 맛 항목에서는 유의적인

차이는 없었으나 백미보다 높은 점수를 받았다.

#### 라. 운동선수용 혼합미(곡)

운동선수의 경기력 향상을 위한 혼합미(곡)의 조합은 다음과 같다.

- 거대배아현미 70%, 대두(노란콩) 10%, 땅콩 10%, 밀배아 10%
- 찰보리 70%, 대두(노란콩) 10%, 땅콩 10%, 옥수수배아 10%

#### 마. 당뇨환자용 혼합미(곡)의 편의식품(죽)의 조합 개발

당뇨환자용 편의식품(죽)의 곡물 조합은 다음과 같다.

- 대두 45%, 보리 25%, 메밀 15%, 녹두 10%, 땅콩 5%

## 2. 고부가가치 기능성 혼합미(곡)의 영양성분 및 기능성 성분 분석과 편의식품 개발

### 가. 혼합미(곡)의 영양성분 및 기능성 성분

주관기관에서 2009년 선정한 혼합미(곡) 및 관능성 개선을 위해서 열처리(볶음처리와 팽화처리)한 강낭콩과 서목태의 영양성분과 기능성 성분의 결과는 다음과 같다.

- 조단백과 조회분은 서목태(팽화)가 45.03% 및 5.68%로 가장 높았으며, 조지방은 호두가 28.21%로 가장 높았다. 열처리한 강낭콩과 서목태는 수분 함량이 감소하였다. 아밀로스는 찰보리(압맥)와 당뇨대조군(백미)이 약 30~36%로 가장 높았으며 열처리한 강낭콩의 아밀로스 함량은 증가하였다.
- 무기질은 서목태(팽화)가 P(560.9 mg/100g), K(783.86 mg/100g), Ca(133.96 mg/100g), Mg(165.68 mg/100g), Fe(5.93 mg/100g) 및 Cr(87.31 g/100g)이 가장 높았으며, 열처리한 강낭콩과 서목태의 주된 무기질은 K이었다. Vitamin B군은 일반현미발아잡쌀(젓산갈슘+글루탐산)이 5.87 mg/100g로 가장 높았으며 주요 vitamin B는 niacin(5.44 mg/100g)이었다.
- 유리아미노산과 GABA는 강낭콩(팽화)이 31.34 mg/g 및 0.13 mg/g로 가장 높았으며, 강낭콩(팽화)의 주요 유리아미노산은 hydroxyproline(13.72 mg/g)이었다. 유리당은 서목태(팽화)가 33.94 mg/g로 가장 높았으며, 주요 유리당은 fructose(21.86 mg/g)이었다. 유기산은 서목태(팽화)가 21.27 mg/g로 가장 높았으며 주요 유기산은 succinic acid(7.21 mg/g)와 lactic acid(10.24 mg/g)이었다. 혼합미(곡)의 주요 지방산은 palmitic acid(C16:0), linoleic acid(C18:2n6c) 및 linoleic acid (C18:2n6c)이었다.
- 안토시아닌은 강낭콩(팽화), 서목태(팽화) 및 흑미멥쌀에서만 측정되었고, 서목태(팽화)가 201.81 mg/100g로 가장 높았다. 서목태(팽화)와 흑미멥쌀의 주요 안토시아닌은 cyanidin 3-O-β-glucopyranoside이었으나 강낭콩(팽화)은 pelargonidin 3-O-β-glucopyranoside이었다.
- Total flavonoids와 total phenolics는 호두가 323.68 μg/g와 587.36 μg/g로 가장 높았다. β-glucan은 찰보리(누른 것)가 2136.55 mg%로 가장 높았으며, 그 이외의 곡물에서는 매우 소량이었다. 총 식이섬유는 서목태(팽화)가 49.11%로 가장 높았으며 대부분 불용성식이섬유로 이루어져 있었다.

### 나. 혼합미(곡)의 이화학적 특성 및 취반 특성

주관기관에서 2009년 선정한 혼합미(곡) 및 관능성 개선을 위해서 열처리(볶음처리와 팽화처리)한 강낭콩과 서목태의 이화학적 특성 및 취반특성은 다음과 같다.

- 수분흡수속도상수( $k_0$ )는 혼합미(곡)중에서 쌀보리(누른것)이  $0.0754 \text{ min}^{-1/2}$ 로 가장 높았으며 열처리한 강낭콩과 서목태의 수분흡수속도상수는 증가하였다. 색도는 곡립보다 가루에서 명도(L)는 높았으나 황색도(b)는 낮았다. 열처리에 의해서 강낭콩과 서목태의 명도(L)와 황색도(b)는 증가하였다.
- 곡립의 경도는 보리(압맥)( $18.68 \text{ kg}_f$ )와 서목태(팽화)( $18.76 \text{ kg}_f$ )가 가장 높았으며 열처리에 의해서 강낭콩과 서목태의 경도는 감소하였다. 수분용해지수는 호두가 18.79 %로 가장 높았으며 수분흡수지수는 서목태(팽화)가  $2.34 \text{ g/g}$ 로 가장 높았다. 호화특성은 쌀보리(누른것)가 최고점도( $497.75 \text{ RVU}$ )가 가장 높았으며, 서목태와 호두의 호화특성은 매우 낮았다. 열처리에 의해서 강낭콩과 서목태의 호화특성은 낮아지는 경향을 보였다.
- 취반된 혼합미(곡) 개별 곡류의 경도는 가수량(1.3배~2.3배)이 증가할수록 경도(약 1.6~3.2배)는 감소하였고, 일반현미발아찹쌀(약 3.2배)에서 가장 많이 감소하였다. 열처리한 강낭콩과 서목태의 경도도 가수량이 증가할수록 경도는 감소하였다. 당노혼합미(곡)과 수험생혼합미(곡)의 조직감은 가수량이 증가할수록 경도와 씹힘성은 감소하였다. 가수량에 따른 당노혼합미(곡) 밥과 수험생혼합미(곡) 밥의 관능평가는 가수량 1.5배에서 가장 높게 나타났다.

#### 다. 당노용 혼합미(곡)의 영양성분 및 기능성 성분 분석

주관기관에서 2010년 선정한 당노용 혼합미(곡)의 영양성분과 기능성 성분의 결과는 다음과 같다.

- 항당뇨 실험군2가 항당뇨 실험군1보다 조단백질(14.01%)과 조회분(2.03%)의 함량이 높았으며 개별 곡류로는 서목태가 조단백질((38.15%), 조지방(15.31%) 및 조회분(4.96%)의 함량이 가장 높았다. 항당뇨와 관계있는 무기질인 K과 Mg는 항당뇨 실험군2( $623.72$  및  $123.04 \text{ mg/100g}$ )가 항당뇨 실험군1보다 높았다.
- 항당뇨 실험군1과 항당뇨 실험군2의 주요 유리아미노산은 hydroxyproline( $56.98 \text{ mg/100g}$  및  $74.47 \text{ mg/100g}$ )으로 강낭콩( $614.57 \text{ mg/100g}$ )과 동부콩( $329.52 \text{ mg/100g}$ )에서 가장 높았다. 항당뇨 실험군2는 항당뇨 실험군1보다 항당뇨와 관계되는 아미노산(serine, glycine, alanine, leucine 및 cysteine)의 함량이 높았다.
- 항당뇨 실험군1과 항당뇨 실험군2의 주요 지방산은 linoleic acid(43.95% 및 44.55%), oleic acid(23.93% 및 24.25%) 및 palmitic acid(20.21% 및 19.68%)이었으며, 항당뇨와 관계있는 오메가-3 지방산은 eicosapentaenoic acid는 항당뇨 실험군1(1.36%)이 높았으나  $\alpha$ -linolenic acid는 항당뇨 실험군2(6.93%)가 높았다.
- 항당뇨 실험군2가 항당뇨 실험군1보다  $\beta$ -glucan 함량( $1,181.28 \text{ mg\%}$ ), 총 식이섬유(18.68%) 및 불용성 식이섬유(15.01%)의 함량이 높았다.

#### 라. 맞춤형 편의식품의 개발 및 품질특성

주관기관에서 2010년 의뢰한 맞춤형 편의식품의 개발 및 품질특성의 결과는 다음과 같다.

- 당노용 혼합미(곡) 밥에 사용되는 강낭콩의 수침시간은 12 시간으로 결정하였으며, texture는 가수량이 증가할수록 경도( $4.67 \sim 1.82 \text{ kg/cm}^2$ ), 응집성(5.75~3.78), 검성(26.68~6.81) 및 씹힘성(26.55~6.79)은 감소하였으나 부착성(3.14~4.59)과 A/H(0.67~2.54)는 증가하였다. 관능평가의 종합적 평가에서 가장 높게 나타난 가수량 1.8배를 최적가수량으로 결정하였다.
- 당노용 죽의 품질특성은 총당, 아밀로스 및 점도는 고형분 함량이 증가할수록 총당(4.43~

6.31%), 아밀로스(0.13~0.20%) 및 점도(1.634.00~9,298.33 mPa·s)는 증가하였다. 관능평가의 종합적 평가에서 가장 높게 나타난 고형분 함량 17.5%를 최적 고형분 함량으로 결정하였다.

- 당뇨용 선식의 입도분포는 roll mill보다 ultrafine pulverizer에서 입도가 작았으며, 관능평가의 종합적 평가에서 높게 나타난 ultrafine pulverizer를 당뇨용 선식의 제분방법으로 결정하였다.
- 수험생용 가래떡은 물성첨가제(2% CN40H), 치대는 시간(2 분) 및 성형속도(30 rpm)를 제조 조건으로 결정하였으며 관능평가의 종합적 평가에서 높게 나타난 HPMC 첨가 수험생용 가래떡을 수험생용 가래떡으로 결정하였다.
- 운동선수용 쿠키의 품질특성은 퍼짐성은 cookie A(3.38)와 cookie B(3.58)에서 높았으며 손실율은 대조구(17.92%)와 cookie A(17.17%)에서 높았다. 경도, 총 페놀 함량 및 항산화 활성은 Cookie B(0.85 kg/cm<sup>2</sup>, 1.33 µg/mL 및 28.21%)에서 높게 나타났다. 관능평가의 종합적 평가에서 높게 나타난 Cookie B를 운동선수용 쿠키로 결정하였다.
- 맞춤형 편의식품의 영양성분은 열량과 탄수화물은 운동선수용 cookie A(456.0 kcal 및 59.2%), 당류는 운동선수용 cookie A(20.2%), 식이섬유는 당뇨용 선식(23.2%), 수분은 당뇨용 죽(82.4%), 조단백질은 당뇨용 선식(26.7%), 조지방은 운동선수용 cookie B(20.3%), 포화지방산은 운동선수용 cookie B(10.4%), 콜레스테롤은 운동선수용 cookie A(114.69 mg/100g), 나트륨은 운동선수용 cookie B(444.48 mg/100g), 칼슘은 당뇨용 선식(100.83 mg/100g), 철은 당뇨용 선식(7.34 mg/100g)이 가장 높았다.

### 3. 고부가가치 기능성 혼합미(곡) 임상시험

#### 가. 당뇨환자용 혼합(미)곡의 예비 혈당검사(2009년)

- 시판혼합곡과 개발혼합곡, 백미의 혈당을 CGMS(continuous glucose monitoring system)을 통하여 혈당 변화를 관찰한 결과, 개발혼합곡 섭취 시 혈당 변화 곡선이 완만하게 나타났다.

#### 나. 당뇨환자용 혼합(미)곡의 임상시험(2009년)

- 포도당(GI=100)을 표준식품으로 한 임상시험용 식단 간의 혈당지수는 건강한 한국인에서 혼합미(곡)이 가장 낮은 경향을 보였으나(혼합미(곡) 74.2±23.8, 대조군 1: 당뇨환자들이 현재 섭취하고 있는 잡곡밥 75.9±37.3, 대조군 2: 백미 82.7±25.3), 통계적으로 유의한 차이는 없었다.

#### 다. 수험생용 혼합(미)곡의 임상시험

- 고등학생 자원자를 대상으로 개발혼합곡과 일반식을 무작위로 배정한 후 2개월 섭취 전·후 간에 두 군 간에 인지기능의 변화에 차이가 있는지 알아본 결과 혼합곡의 섭취가 일반식의 섭취에 비해 정신적 피로도를 감소시키고 실행기능 및 언어영역을 증가시키며 BDNF 농도를 유의하게 증가시키는 기능이 있음을 나타냈다.

#### 라. 당뇨환자용 혼합(미)곡의 예비 임상시험(2010년)

- 포도당을 표준식품으로 한 임상시험용식단간의 혈당지수는 건강한 한국인과 준[準]당뇨인에서 혼합곡1 (준당뇨인 53.89±19.75, 건강한 한국인 30.77±19.02)이 가장 낮은 경향을 보였으나 통계적으로 유의한 차이는 없었다. 혼합곡2의 혈당지수는 건강한 한국인에서 두

번째로 낮은 경향을 보였고 준[準]당뇨인에서는 혼합곡3과 비슷한 정도로 낮았다.

#### 마. 당뇨병자용 혼합(미)곡의 확증적 임상시험

- 건강한 한국인에서 백미, 혼합곡1과 혼합곡2를 비교하였을 때, 포도당을 표준식품으로 한 임상시험용식단의 혈당지수는 혼합곡1( $69.3 \pm 29.3$ )이 가장 낮았으며( $p < 0.016$ ), 특히 백미와 혼합곡1을 비교 시 통계적으로 유의한 차이가 있었다( $p < 0.005$ ). 고혈당인에서는 백미, 혼합곡1과 혼합곡2를 비교하였을 때 통계적으로 유의한 차이는 아니지만 혼합곡1과 혼합곡2의 혈당지수는 거의 동일한 정도로 백미에 비해 낮은 경향을 보였다.

#### 바. 당뇨병자용 편의식품(죽)의 임상시험

- 포도당은 표준식품으로 한 임상시험용식단간의 혈당지수를 비교 평가한 결과 곡류와 두류를 혼합한 죽이 가장 낮았으나 ( $60.47 \pm 29.11$ ), 임상시험용식단 간 통계적으로 유의한 차이는 없었다.

#### 사. 운동선수용 혼합(미)곡 전임상 동물시험(2010년)

- 1차 실험결과 비슷한 열량의 곡류라도 비타민군이 다량 함유된 곡류와 결사슬아미노산이 함량이 높은 노란콩과 땅콩을 혼합하여 제조된 식이군이 급여 2주차부터 체중 증가량이 유의적으로 감소하였고, 그룹간의 유의적인 차이를 나타내지는 못했으나 음성대조군에 비하여 30-40% 정도 운동시간이 증가하였다. 본 1차 실험에서는 조합 3이 가장 좋은 결과를 도출되었다.
- 2차 실험 결과 정상 식이인 AIN-93로 급여한 정상대조군과 백미만을 급여한 음성대조군의 운동시간에 비하여 찰보리, 노란콩, 땅콩이 함유되어 결사슬아미노산이 함량이 조화로이 형성된 조합 2군의 체중 증가율이 유의적으로 감소하였으며, 조직 내의 글리코겐 저장량과 간 기능을 증가시켜 운동시간을 30%이상을 증가 시켰다.

#### 아. 혼합미(곡)의 기능성 입증을 위한 임상 및 전임상시험의 연구 범위 및 수행내용

## V. 연구 성과 및 성과활용 계획

### 1. 연구 성과

- 당뇨병자용 혼합미(곡)의 조합을 선정하고 관능검사를 통한 혼합미(곡)의 연식성을 확인하였음
- 수험생용 혼합미(곡)미곡의 조합을 선정하고 관능검사를 통한 기호도가 보통식과 차이가 없었음을 확인하였음
- 운동선수용 편의식품 개발을 위한 혼합미(곡)의 조합을 선정하여 당뇨 예방식으로 가능성을 제시하였음
- 당뇨병자용 편의식품(죽) 개발을 위한 혼합미(곡)의 조합을 선정하여 제시하였음
- 혼합미(곡)와 개별 곡류에 대한 영양성분 및 기능성 성분의 함량을 제시하였음
- 혼합미(곡)와 개별 곡류에 대한 이화학적 특성 및 취반특성에 관한 정보를 제시하였음
- 혼합미(곡)를 사용한 맞춤형 편의식품의 제조조건, 품질특성 및 영양성분을 제시하였음
- 임상시험을 통하여 당뇨병자용 혼합미(곡) 섭취 전 · 후의 혈중 glucose와 insulin 변화 양상과 혈당지수(Glycemic index)를 확인하여 당뇨병자용 식사로 적절함을 입증하였음
- 임상시험을 통하여 당뇨병자용 편의식품(죽) 섭취 전 · 후 혈당(Glucose)변화 양상과 혈당



- 지수(Glycemic index)의 차이를 확인, 당뇨병환자용 편의식으로 가능성을 확인하였음
- 전임상 동물실험을 통하여 운동선수용 혼합미(곡)의 지구력이 향상됨을 증명하였음

## 2. 연구 성과 활용 계획

- 현재 7편의 논문 및 학술발표를 하고 130여명이 참석한 학술세미나를 개최하여 획득한 연구결과를 홍보하였음
- 개발된 맞춤형 고부가가치 기능성 혼합미(곡)(당뇨환자용, 수험생용)은 주관기관인 (영)등용RPC에서 제조 공정을 보장하여 산업화 실시 예정임.
- 혼합미(곡)을 이용한 편의식품(수험생용 떡볶이 떡, 당뇨병환자용 죽 등)은 관련 산업계에 기술 이전하여 보급할 예정임
- 현재 현미 형태의 배아미는 상품화하여 판매하고 있으며 월 5,000kg, 매출액은 일천만 원/월에 달하고 있음
- 당뇨병은 지다운(GI Down)이란 상표로 포장하여 상품화 가능성을 타진하고 있으며 병원 등에 홍보할 예정임
- 인지능력향상용 제품은 열공(‘열심히 공부하다’의 약자)이란 상품명으로 포장하여 상품화 가능성을 검토하고 있음
- 이들 상표는 모두 특허를 취득하여 상표권을 확보하였음
- 향후 주관기관인 등용RPC에서 생산체제를 갖추어 대량 생산하거나 관련 업체와 제휴하여 대량생산 판매할 계획을 세우고 있음

## SUMMARY

### **I. Title**

Development of Functional Convenience Food using Agricultural Grains

### **II. Purpose and Necessity of Research and Development**

- To develop customized functional multi grain foods and convenience foods for diabetes patients that controls blood sugar, those for students that improve cognitive capabilities, and those for sports players to improve endurance and to enhance stamina through the investigation of the nutrient excellence of domestic rice and multi grains and medically coordinated clinical examination and efficacy verification. To add values to domestic agricultural products and to develop innovative export products by the commercialization of the research result.
- As the breakfast habit has been changed from the conventional one to have rice as staple food to no breakfast or convenience food substitution, we need to develop various kinds of processed food. If we develop customized convenience food to enforce simplicity, quality and stability of food considering the eating convenience, individual portion and diversified tastes of the consumers rather than the simple mixed grains, we can stimulate the consumption and enhance the marketability of domestic agricultural products.
- As nutrients, functional ingredients and physical factors can be varied according to species, growing environments and processing methods, we need exact and accurate information on the nutrient excellence, physical factors and processing appropriateness of each agricultural product.
- Currently selling Multi Grains and Mixed Grains are made without any principles or standards. They make products by selecting grains and ratios with discretion and consumers modify the product constitution in their convenience, Therefore the effects of the intake is suspicious and the functionality of the multi grains is not confirmed although there are many kinds of multi grains are being used. Additionally, clinical test results are not sufficient and we do not have many mixed grain products satisfying the convenience and individual tastes. Thus we need to develop Mixed Grain Foods with proven functionality based on the scientific grounds as the conventional products have low probability to expand the overseas market.

### **III. Contents and Scope of Research and Development**

## **1. Develop intermediate materials and the acceptable combination of Highly Value-added Functional Mixed (Rice) Grains**

- A. Secure raw materials and support intermediate materialization of functional mixed grain foods
- B. Execute sensual test on the mixed grain food for diabetes patients and develop the right combination
- C. Execute sensual test on the mixed grain food for students and develop the right combination
- D. Execute sensual test on the mixed grain food for sports players and develop the right combination
- E. Develop mixed grain convenience food (porridge) for diabetes patients

## **2. Analyze nutrient contents and functionality of highly value added functional mixed grains and develop convenience food**

- A. Analyze nutrient contents and functionality of mixed grains and heat processed Kidney Beans and Black Beans
- B. Analyze physical factors and cooking characteristics of mixed grains and heat processed Kidney Beans and Black Beans
- C. Analyze nutrient contents and functionality of mixed grains for diabetes patients
- D. Develop customized convenience food and analyze the quality characteristics

## **3. Clinical Test of Highly Value Added Functional Mixed Grains**

- A. Provisional Blood Sugar Level Test of Mixed Grains for Diabetes Patients (in 2009)
- B. Clinical Test of Mixed Grains for Diabetes Patients (in 2009)
- C. Clinical Test of Mixed grains for Students
- D. Provisional Clinical Test of Mixed Grains for Diabetes Patients (in 2010)
- E. Conclusive Clinical Test of Mixed Grains for Diabetes Patients (in 2010)
- F. Clinical Test of Convenience Food for Diabetes Patients (Porridge)
- G. Pre-clinical Animal Test of Mixed Grains for Sports Players
- H. Scope and contents of research of Pre-clinical animal test and Clinical Test to prove functional of mixed grains

## **IV. Research and Development Results**

### **1. Develop intermediate materialization of highly value added functional mixed grains and the right combination**

#### **A. Secure the raw materials for functional mixed grain products and support intermediate materialization**

The rice used for the highly value added functional mixed grains was rice with embryo buds. It was not general rice with embryo buds but special rice with big embryo acquired from the National Institute of Crop Science. We set the germination conditions of unpolished rice according to the content of GABA (Soak in the solution of 0.1% Calcium Lactate, and 0.02% Glutamic Acid at 45°C for 8 hours) and set the pre-treatment conditions such as puffing of multi grains including beans (pressure of 3 kg/cm<sup>2</sup> ~ 5.5 kg/cm<sup>2</sup>) and grinding.

#### **B. Mixed Grains for Diabetes Patients**

The final combination of the mixed grains for diabetes patients is as follows.

- The finally selected mixed grains for diabetes patients can be classified as the one for individuals and the other for group serving. The combination of the mixed grains for individual intake is 50% of Unpolished Rice with Large Embryo, 18% of Glutinous Barley, 5% of Glutinous Unpolished Rice, 1% of Black Rice, 13% of Black Bean (Seomoktae) and 13% of Kidney Bean.

The combination of the mixed grains for group serving is 40% of Rice with Large Embryo, 10% of Unpolished Rice with Large Embryo, 20% of Glutinous Barley, 1% of Black Rice, 3% of Cow Pea, 13% of Black Bean (Seomoktae) 13%, and 13% of Kidney Bean.

#### **C. Mixed Grains for Students**

Followings are the result of sensual test to develop the right combination of the mixed grains for students and the finally selected combination for the students.

- The combination of the mixed grains for the students is 40% of Rice with Large Embryo, 34% of Germinated Unpolished Rice with Large Embryo, 22% of Germinated Unpolished Glutinous Rice, 4% of Black Rice, 15% of Kidney Bean (puffed and split), and 5% of walnut. In the sensual test, the mixed grain marked lower score in exterior looking, smell (P<0.001), and color. However, in the evaluation items after intake such as stickiness, texture and taste, it marked higher score than white rice although the difference was not significant.

#### **D. Mixed Grains for Sports Players**

- 70% of Unpolished Rice with Large Embryo, 10% Soy Bean (Yellow Bean), 10% of Peanuts, and 10% of Wheat Embryo
- 70% of Glutinous barley, 10% Soy Bean (Yellow Bean), 10% of Peanuts, and 10% of Corn Embryo

#### **E. Combination for Convenience Mixed Grain Food (Porridge) for Diabetes Patients**

The followings show the combination of the grains to make porridge for diabetes patients.

- 45% of Beans, 25% of Barley, 15% of Buckwheat, 10% of Mung Bean 10%, and 5%

of Peanuts 5%

## **2. Analyze the nutrient and functional contents of highly value added functional mixed grains and develop convenience food**

### **A. Nutrient Contents and Functional Contents of Mixed Grains**

The followings are the analysis results of the nutrient and functional contents of the mixed grains selected by the host institution in 2009 and the heat-treated (toasted and puffed) Kidney Beans and Black Beans to improve sensuality.

- Black Beans (Puffed) has the highest azoprotein and crude ash as 45.03% and 5.68% respectively. In crude fat, walnuts showed the highest content as 28.21%. Heat treated Kidney Beans and Black Beans showed the reduced moisture content. In Amylose, Rice-barley (pressed) and Diabetes Control Group (White Rice) showed the highest contents as about 30~36%. In heat-treated kidney beans, the content of amylose increased.
- In Mineral Seomoktae (Puffed) showed the highest content as P(560.9 mg/100g), K(783.86 mg/100g), Ca(133.96 mg/100g), Mg(165.68 mg/100g), Fe(5.93 mg/100g) and Cr(87.31 g/100g). The main mineral of the heat-treated Kidney Beans and Seomoktae was K. In Vitamin B group, General Germinated Unpolished Glutinous Rice (Calcium Lactate + Glutamic Acid) marked the highest as 5.87 mg/100g and the major vitamin B as Niacin (5.44 mg/100g).
- In free amino acids and GABA, Kidney Bean (puffed) was highest as 31.34 mg/g and 0.13 mg/g respectively. Major free amino acids of Kidney Bean (puffed) was hydroxyproline(13.72 mg/g). In Free Sugar, Seomoktae (Puffed) was the highest as 33.94 mg/g and major free sugar was fructose(21.86 mg/g). In Organic Acid, Seomoktae (Puffed) was the highest as 21.27 mg/g and major organic acids were succinic acid(7.21 mg/g) and lactic acid(10.24 mg/g). Major fatty acids of mixed grains were palmitic acid(C16:0), linoleic acid(C18:2n6c) and linoleic acid (C18:2n6c).
- Anthocyanin was measured in Kidney Bean (Puffed), Seomoktae (Puffed) and Black Rice only, out of which Seomoktae (Puffed) had the highest as 201.81 mg/100g. Major Anthocyanin in Seomoktae (Puffed) and Black Rice was cyanidin 3-O- $\beta$ -glucopyranoside while that in Kidney bean (Puffed) was pelargonidin 3-O- $\beta$ -glucopyranoside.
- In total flavonoids and total phenolics, walnuts showed the highest as 323.68  $\mu$ g/g and 587.36  $\mu$ g/g respectively. Rice-barley (pressed) showed the highest content of  $\beta$ -glucan as 2136.55 mg%, and other grains had tiny amount only. In total diet fiber, Seomoktae (Puffed) was the highest as 49.11% and most of them were non-soluble diet fibers.

### **B. Physical Characteristics and Cooking Characteristics of Mixed Grains**

Followings are the Physical Characteristics and Cooking Characteristics of the Mixed Grains selected by the host institution in 2009 and heat-treated (toasted and puffed)

Kidney Beans and Seomoktae to improve the sensuality.

- In moisture absorption speed constant ( $k_o$ ), rice-barley (pressed) showed the highest  $0.0754 \text{ min}^{-1/2}$  and the moisture absorption speed constant ( $k_o$ ) in Kidney Bean and Seomoktae increased. In Color, powder showed higher brightness (L) than grains while powder showed lower level in yellowish color(b). When they were treated with heat, brightness (L) and yellowish color(b) of Kidney Bean and Seomoktae increased.
- In the hardness of grains, barley (pressed) and Seomoktae (Puffed) showed the highest value as  $18.68 \text{ kg}_f$  and ( $18.76 \text{ kg}_f$ ) respectively and with the heat-treatment the hardness of Kidney Bean and Seomoktae decreased. In Water Solubility Index, walnuts showed the highest as 18.79 % and in Water Absorption Index Seomoktae (Puffed) was highest as 2.34 g/g. In alphasization, rice-barely (pressed) showed the highest viscosity (497.75 RVU) and Seomoktae and walnut showed very low values in this characteristic. With heat treatment, the alphasization characteristic of Kidney Bean and Seomoktae decreased.
- The hardness of individual grains in cooked rice decreased (about 1.6~3.2 times) with the increased amount of the added water (1.3 ~ 2.3 times). Among them, general germinated unpolished glutinous rice showed the biggest decrease in hardness (about 3.2 times). The hardness of heat-treated Kidney Bean and Seomoktae decreased with the increased amount of added water. In the texture of Mixed Grains for Diabetes Patients and Mixed Grains for Students, the hardness and the chewability of the grains decreased with the increased amount of added water. In the sensual test of the mixed grain rice for diabetes patients and that for students, both showed the best results when 1.5 times of water was added.

### **C. Analysis of Nutrient and Functional Contents in Mixed Grains for Diabetes Patients**

The results of the analysis of nutrients and functional contents in Mixed Grains for Diabetes Patients selected by the host institution in 2010 are as follows.

- Anti-diabetes Experiment Group 2 showed higher content than Anti-diabetes Experiment Group 1 in azoprotein (14.01%), and crude ash (2.03%). When looking into individual grains, Seomoktae showed the highest content in azoprotein ((38.15%), crude fat (15.31%) and crude ash (4.96%). K and Mg which are the minerals related to anti-diabetes were higher in Anti-diabetes Experiment Group 2 ( $623.72$  and  $123.04 \text{ mg}/100\text{g}$ ) than in Anti-diabetes Experiment Group 1.
- Major free amino acids in Anti-diabetes Experiment Group 1 and 2 was hydroxyproline ( $56.98 \text{ mg}/100\text{g}$  and  $74.47 \text{ mg}/100\text{g}$ ), which were highest in kidney bean( $614.57 \text{ mg}/100\text{g}$ ) and cow pea( $329.52 \text{ mg}/100\text{g}$ ). Anti-diabetes Experiment Group 2 showed higher content of anti-diabetes related amino acids (serine, glycine, alanine, leuince and cysteine) than Anti-diabetes Experiment Group 1.
- Major free fatty acids in Anti-diabetes Experiment Group 1 and 2 were linoleic acid (43.95% and 44.55%), oleic acid (23.93% and 24.25%) and palmitic acid (20.21% and

19.68%) and among Omega-3 fatty acids which are related to anti-diabetes, Anti-diabetes Experiment Group 1 was higher in eicosapentaenoic acid (1.36%) while Anti-diabetes Experiment Group 2 was higher in  $\alpha$ -linolenic acid.

- Anti-diabetes Experiment Group 2 had higher content in  $\beta$ -glucan (1,181.28 mg%), total dietary fiber (18.68%) and non-soluble dietary fiber (15.01%) than Anti-diabetes Experiment Group 1.

#### **D. Development of Customized Convenience Food and its Quality Characteristics**

The status of customized convenience food development commissioned by the host institution in 2010 and the quality characteristics of the food are shown below.

- The soaking time of kidney beans used for Mixed Grain Rice for Diabetes Patients was fixed as 12 hours. Regarding the texture, with the increased added water, hardness ( $4.67 \sim 1.82 \text{ kg/cm}^2$ ), cohesion ( $5.75 \sim 3.78$ ), gum characteristic ( $26.68 \sim 6.81$ ) and chewability ( $26.55 \sim 6.79$ ) decreased while the adhesiveness ( $3.14 \sim 4.59$ ) and A/H ( $0.67 \sim 2.54$ ) increased. The added amount water ratio of 1.8 times which got the best score in the comprehensive sensual test was fixed as the most optimal added water ratio.
- Among quality characteristics of the porridge for diabetes patients, total sugar ( $4.43 \sim 6.31\%$ ), amylose ( $0.13 \sim 0.20\%$ ) and viscosity ( $1.634.00 \sim 9,298.33 \text{ mPa} \cdot \text{s}$ ) increased with the increased content of solids. The solid content of 17.5% which got the best score in the comprehensive sensual test was fixed as the most optimal solid content.
- The grain size of the special meal for diabetes patients was smaller in ultrafine pulverizer than in roll mill. Ultrafine pulverizer which got the best score in the comprehensive sensual test was selected as the most optimal milling method for the special powder meal for diabetes patients.
- For the rice cake for the students, physical characteristic additive (2% CN40H), time to kneading (2 min.) and transformation speed (30 rpm) were selected as the manufacturing conditions. HPMC added rice cake which got the best score in the comprehensive sensual test was selected as the most optimal rice cake for the students.
- Among the quality characteristics of cookies for sports players, in spreadability cookie A (3.38) and cookie B (3.58) showed high value, while in loss ratio Comparison Group (17.92%) and cookie A (17.17%) showed high value. Cookie B had the highest hardness, total content of phenol and anti-oxidation activation as  $0.85 \text{ kg/cm}^2$ ,  $1.33 \text{ } \mu\text{g/mL}$  and 28.21% respectively. Cookie B which got the best score in the comprehensive sensual test was chosen as the Cookie for sports players.
- When looking into the nutrients of the customized convenience foods, in calorie and carbohydrate cookie A for Sports Player was highest (456.0 kcal 및 59.2%), in sugar cookie A for Sports Player (20.2%), in dietary fiber Special Powder Meal for Diabetes Patients (23.2%), in water content Porridge for Diabetes Patients (82.4%), in azoprotein

Special Powder Meal for Diabetes Patients (26.7%), in crude fat Cookie B for Sports Players (20.3%), in saturated fatty acid Cookie B for Sports Players (10.4%), in Cholesterol Cookie A for Sports Players (114.69 mg/100g), in Sodium Cookie B for Sports Players (444.48 mg/100g), in Calcium Special Powder Meal for Diabetes Patients (100.83 mg/100g), and in Iron, Special Powder Meal for Diabetes Patients was the highest (7.34 mg/100g).

### **3. Clinical Tests of Highly Value Added Functional Mixed Grains**

#### **A. Provisional Blood Sugar Level Test of Mixed Grains for Diabetes Patients (in 2009)**

- The change of glucose after intake marketing mixed grains and development mixed grains, white rice through continuous glucose monitoring system.

#### **B. Clinical Test of Mixed Grains for Diabetes Patients (in 2009)**

- In the blood sugar index between the menus for the clinical test using glucose (GI=100) as the standard food, Mixed Grain showed the lowest value in healthy Koreans (Mixed grains  $74.2 \pm 23.8$ , Control 1: mixed grain for diabetic at present survey  $75.9 \pm 37.3$ , Control 2: Polished Rice  $82.7 \pm 25.3$ ), however the difference was not statistically significant.

#### **C. Clinical Test of Mixed grains for Students**

- When investigating the difference in cognitive functions of two groups after two months' intake of the food, randomly allocating voluntary highschool students to Mixed Grains Group and General Normal Diet Group, it was found that the intake of mixed grains reduce the mental fatigue, improve execution functions and language area, and significantly increase BDNF density comparing to the intake of general diet.

#### **D. Provisional Clinical Test of Mixed Grains for Diabetes Patients (in 2010)**

- In the blood sugar index between the menus for the clinical test using glucose as the standard food, Mixed Grain I showed the lowest value in healthy Koreans and semi-diabetic people (Semi-diabetic people  $53.89 \pm 19.75$ , and healthy Koreans  $30.77 \pm 19.02$ ), however the difference was not statistically significant. The blood sugar index of Mixed Grain 2 was the second lowest in healthy Koreans and in semi-diabetic people it was as low as Mixed Grain 3.

#### **E. Conclusive Clinical Test of Mixed Grains for Diabetes Patients (in 2010)**

- When comparing White Rice, Mixed Grain 1 and 2 in healthy Korean, Mixed Grain 1 ( $69.3 \pm 29.3$ ) had the lowest blood sugar index ( $p < 0.016$ ). In particular there was statistically significant difference between White Rice and Mixed Grain 1. ( $p < 0.005$ ). When comparing White Rice, Mixed Grain 1 and 2 in the people with high blood sugar, Mixed Grain 1 and 2 showed slightly lower blood sugar index than White Rice, although the difference was not statistically significant.

#### **F. Clinical Test of Convenience Food for Diabetes Patients (Porridge)**



- When comparing and evaluating the blood sugar index between the menus for the clinical test using glucose as the standard food, the porridge with mixed grains and beans showed the lowest value ( $60.47 \pm 29.11$ ). However, there was no statistically significant difference between the menus for the clinical test.

#### **G. Pre-clinical Animal Test of Mixed Grains for Sports Players**

- Comparing to the Normal Comparison Group which got AIN-93, the normal diet of experimental mice, the Negative Comparison Group which got white rice only showed the reduced exercise time. Even when they were made of grains which had similar calories the group which got mixed grain food including yellow beans and peanuts which are abundant in side chain amino acids and multi vitamins showed significant decrease in weight gaining from the second week of the experiment. Although there was no significant difference between groups in exercising running time, they showed 30 to 40% increase in exercising time comparing to Negative Comparison Group. In this experiment, **Combination 3 produced the best result.**

#### **H. Scope and Contents of Research of Pre-clinical Animal Test and Clinical Test to Prove Functional of Mixed Grains**

## **V. Achievements of the Research and Utilization Plan**

### **1. Research Works**

- It selected the best combination of the mixed grains for diabetes patients and proposed the constant consumption possibilities of the mixed grains through sensual tests.
- It selected the best combination of the mixed grains for students and proposed the result of their preference through sensual tests.
- It selected and proposed the best combination of the mixed grains to develop convenience food for sports players.
- It selected and presented the best combination of the mixed grains to develop convenience food for diabetes patients (porridge).
- It presented the content of various nutrients and functional contents of Mixed Grains and Individual Agricultural Products.
- It presented physical factors and cooking characteristics of Mixed Grains and Individual Agricultural Products.
- It presented manufacturing conditions, quality characteristics and nutrient contents of the customized convenience food using Mixed Grains.
- It presented the changes in blood glucose and insulin and glycemic index before and after the intake of the Mixed Grains for diabetes patients.
- It presented the changes in blood glucose and glycemic index before and after the intake of the convenience food for diabetes patients (porridge) through clinical tests.

- It showed that the Mixed Grains for Sports Players improved endurance of the players through pre-clinical animal test.

## **2. Application of the results to commercialize**

- At the Present, the partially polished brown rice with germ(BRG) are one sale. The sales 5,000kg/month and total sales \_\_\_ reached to 10million won/month
- Diabet mixed grains were on commercialization as G-Down as brand name. For possibility of commercial sale
- The mixed grain for recognition ability is on commercialization study as brand name of yulkong(hard study)
- The all brands have patent
- The customized highly value added functional mixed grains (for diabetes patients and students) developed in this research will be industrialized after the host institution (Deungryong RPC) supplements and enforces the manufacturing process.
- Convenience Food (Rice Cake for Students and Porridge for Diabetes Patients) using mixed grains will be distributed with the technology transfer to the related industries.

# CONTENTS

<b>Part 1. The Outline for Research and Development</b> .....	22
Section 1. Purpose of Research and Development .....	22
Section 2. Necessity and Scope of Research and Development .....	22
<b>Part 2. The Present Condition of Technical Development</b> .....	25
<b>Part 3. Contents and Results of Research and Development</b> .....	26
Section 1. Develop intermediate materials and the right combination of <b>Highly Value-added Functional Mixed (Rice) Grains</b> .....	26
1. Secure raw materials and support intermediate materialization of functional mixed grain foods .....	26
2. The mixed grain food for diabetes patients .....	29
3. The mixed grain food for students .....	38
4. The mixed grain food for sports players .....	44
5. mixed grain convenience food (porridge) for diabetes patients .....	46
Section 2. Nutrient Functional composition, Physicochemical Property <b>and Cooking Quality in agricultural grains</b> .....	52
1. Materials and Methods .....	52
2. Results and Discussion .....	59
Section 3 Analysis of Nutrient and Funtional composition for <b>Diabetes in agricultural grains</b> .....	103
1. Materials and Methods .....	103
2. Results and Discussion .....	104
Section 4. Development of Personalized Convenience Foods and <b>Nutrient composition</b> .....	109
1. Materials and Methods .....	109
2. Results and Discussion .....	120
Section 5. Pre-clinical animal test and Clinical Test of Highly Value <b>Added Functional Mixed Grains</b> .....	140
1. Provisional Blood Sugar Levels Test of Mixed Grains for Diabetes Patients (in 2009) .....	140
2. Clinical Test of Mixed Grains for Diabetes Patients ( in 2009) .....	142
3. Clinical Test of Mixed grains for Students .....	154

4. Provisional Clinical Test of Mixed Grains for Diabetes Patients (in 2010)	166
5. Conclusive Clinical Test of Mixed Grains for Diabetes Patients (in 2010)	177
6. Clinical Test of Convenience Food for Diabetes Patients (Porridge)	191
7. The First Pre-clinical Animal Test of Mixed Grains for Sports Players	195
8. The Second Pre-clinical Animal Test of Mixed Grains for Sports Players	206
9. Scope and Contents of Research of Pre-clinical Animal Test and Clinical Test to Prove Functional of Mixed Grains	217
<b>Part 4. Achievements of Purpose</b>	<b>219</b>
<b>Part 5. Results of Research and Development and</b>	
<b>Applicative Plan</b>	<b>222</b>
<b>Section 1. Results of Research and Development</b>	<b>222</b>
1. Commercialization	222
2. patent	225
3. dissertation	226
4. publicity activities	227
<b>Section 2. Results of Research and Development and Applicative Plan</b>	<b>231</b>
1. Commercialization and Technology Transfer Plan	231
2. Submission the Results to the scientific Journals	231
3. advertisement of the results	231
<b>Part 6. Collection of Foreign Informations</b>	<b>232</b>
<b>Part 7. References</b>	<b>233</b>

# 목 차

제 1 장 연구개발과제의 개요 .....	22
1절. 연구개발의 목적 .....	22
2절. 연구개발의 필요성 및 범위 .....	22
제 2 장 국내외 기술개발 현황 .....	25
제 3 장 연구개발 수행 내용 및 결과 .....	26
1절. 고부가가치 기능성 혼합미(곡)의 원료 중간 소재화 및 조합 개발 연구 ..	26
1. 고부가가치 기능성 혼합미(곡)의 원료 확보 및 중간 소재화 지원 .....	26
2. 당뇨환자용 혼합미(곡) .....	29
3. 수험생용 혼합미(곡) .....	38
4. 운동선수용 혼합미(곡) .....	44
5. 당뇨환자용 편의식품(죽) .....	46
2 절. 혼합미(곡)의 영양성분, 기능성 성분, 이화학적 특성 및 취반특성 .....	52
1. 재료 및 방법 .....	52
2. 연구결과 .....	59
3 절 당뇨용 혼합미(곡)의 영양성분 및 기능성 성분 분석 .....	103
1. 재료 및 방법 .....	103
2. 연구 결과 .....	104
4 절. 맞춤형 편의식품 개발 및 시제품의 영양성분 .....	109
1. 재료 및 방법 .....	109
2. 연구 결과 .....	120
5 절. 맞춤형 혼합미(곡)의 기능성 입증을 위한 임상 및 전임상 시험 .....	140
1. 당뇨환자용 혼합미(곡)의 예비 혈당 검사 (1차년도 2009년) .....	140
2. 당뇨환자용 혼합미(곡)의 임상시험 (1차년도 2009년) .....	142
3. 수험생 혼합미(곡) 임상시험 .....	154
4. 당뇨용 혼합미(곡) 예비 임상시험 (2차년도 2010년) .....	166
5. 당뇨용 혼합미(곡) 확증적 임상시험 (2차년도 2010년) .....	177
6. 당뇨용 혼합미(곡) 편의식 임상시험 .....	191
7. 운동선수용 혼합미(곡) 1차 전임상 동물시험 .....	195
8. 운동선수용 혼합미(곡) 2차 전임상 동물시험 .....	206
9. 혼합미(곡)의 기능성 입증을 위한 임상 및 전임상시험의 연구 범위 및 수행내용 .....	217
제 4 장 목표 달성도 .....	219

<b>제 5 장 연구개발 성과 및 성과활용 계획</b> .....	222
1 절. 연구 개발 성과 .....	222
1. 상품화 .....	222
2. 특허 .....	225
3. 논문 .....	226
4. 홍보 활동 .....	227
2 절. 연구개발 성과 활용 계획 .....	231
1. 상품화 및 기술이전 계획 .....	231
2. 연구 결과 학술지 게재 예정 .....	231
3. 학교 급식 및 단체급식 업체에 홍보 자료 제공 .....	231
 <b>제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보</b> .....	232
 <b>제 7 장 참고문헌</b> .....	233

# 제 1 장 연구개발과제의 개요

## 1절. 연구개발의 목적

- 국내에서 생산되는 미·잡곡의 영양학적 우수성 탐색과 의학적 관점에서 조합된 혼합미(곡)에 대한 임상시험을 통한 효능검증을 실시하여 국민의 10%인 500만 정도가 고통을 당하고 있는 당뇨병 환자의 혈당 조절, 수험생의 인지능력 향상, 운동선수의 지구력 증진 용 맞춤형 기능성 혼합미(곡)와 편의식품을 개발하고 이를 상품화하여 국내 농산물의 부가가치를 높이고 의료비를 획기적으로 절감하면서 국민의 삶의 질을 높이는데 기여하고자 함. 앞으로 외국의 상황에 맞게 상품을 개발하여 수출하는 방안을 모색, 새로운 수출 상품을 개발하고자 함.
- 잡곡류의 부가가치를 향상, 생산자의 소득 증대에 기여하고 쌀 중심의 농업구조를 변화시키는 데 전기를 부여하고자함.

## 2절. 연구개발의 필요성 및 범위

최근 건강식품은 전 연령층으로 확대되어 청장년층에서 노년까지 수요가 증가하고 있으며 미국의 경우 2002년 560억 달러에서 2005년 800억 달러 이상으로 증가하였고(Nutrition Business Journal, 2006) 일본의 경우 2004년 300억 달러 규모이며(GNG analysis, 2007) 국내는 2006년 3조 5천억 원 규모로(한국건강기능식품협회, 2006) 꾸준한 증가추세이다.

건강기능식품은 그 기능이 항암, 항산화, 면역기능, 관절, 뇌, 눈, 간, 심장, 전립선 등 점차 세분화 되고 있으며 건강기능식품의 제형이 일반식품형태로 확대(예: 기능성 빵, 두부, 식용유 등)됨에 따라 (건강기능식품법, 제 2008-72호 고시) 기호성이 있는 식품으로 개발이 가능하여 대상별(당뇨환자, 수험생, 운동선수 등) 맞춤형 일상식형 제품 개발 가능성이 높다.

과도한 영양 섭취와 운동부족으로 인한 질병인 비만, 이상지혈증, 당뇨병 등을 앓는 사람이 지난 10년간 크게 증가하였으며 특히 당뇨병 환자 비중도 2001년 8.6%, 2005년 9.2%, 2007년 9.5%로 꾸준한 증가세를 보였으나 당뇨병의 인지율과 치료율, 조절율 등이 2배 가까이 늘면서 당뇨병의 급격한 증가를 막았다는 분석이 있다. 이런 질환들의 증가 요인으로 지목되는 운동부족 현상은 해마다 심화돼 온 것으로 지적됨에 따라 WTO(2009)는 세계적으로 비만으로 260만 명이 사망하고 비만환자의 44%가 당뇨병자라고 발표하였다. 한국인의 당뇨병 유병률은 전체 인구의 10%수준(300-500만 명)이며 한국 당뇨병 환자의 사망률은 OECD 국가 중 1위로 나타났다. 또한 전 세계 당뇨 및 합병증 치료비용은 2천-4천억 달러이며 한국의 연간 당뇨 의료비용은 합병증이 없는 경우 120만원, 대혈관합병증이 있는 경우 1,300만원으로 집계되었다.

한편 당뇨병자는 정상 혈당 관리를 위한 식사요법으로 혈당지수가 높은 식품과 낮은 식품을 구분하여 섭취해야 할 필요가 있으며 탄수화물 식품의 종류와 섭취형태에 따라 혈당지수에 크게 영향을 받으므로 특히 탄수화물 식품 섭취 시에는 이를 주의해야 한다.

한국인이 섭취하는 탄수화물 식품의 대부분을 차지하는 밥의 경우 백미 밥이 잡곡밥보다 혈당지수가 높고 백미는 도정과정에서 필수영양소와 섬유질이 손실되지만 여러 가지 곡물과 두류를 혼합함으로써 상호 보충효과를 통해 손실 영양소를 얻을 수 있다. 이에 당뇨병자들에게는 백미 밥보다는 잡곡밥의 섭취가 권장되고 있는 것이 일반적이다.

그러나 당뇨병자들의 경우 잡곡밥의 효능을 알고 있으면서도 끈기가 부족하고 잡곡밥 특유의 거친 촉감으로 잡곡밥 섭취를 힘들어 하고 있으며 따라서 당뇨병자들에게 맛이 있어 기호성을 충족하면서 동시에 혈당 조절 기능이 고려된 당뇨병자용 잡곡밥의 조합을 개발하고자 하였다.

또한 우리나라의 수험생, 특히 고등학생의 경우 하루 중 대부분의 시간을 가정 밖에서 보내며 학교 급식과 외식 등 가정 외에서의 식생활 비중이 커지면서 잦은 결식과 과도한 학업에 대한 중압감으로 영양 불균형 등 각종 식생활의 문제점이 도출되고 있으며(이은주, 2006) 그 결과 부족한 영양물질을 건강기능식품으로 공급하려는 경향이 있다. 그러나 건강기능식품은 일정 기간에 섭취하는 영양보조제로서 특히 고비용의 부담으로 일상 식이를 통해 지속적으로 두뇌 능력과 학습 능력에 도움을 줄 수 있는 식품의 개발이 요구되고 있는 실정이다.

탄수화물은 운동 수행 시 주된 에너지원이며 섭취 종류에 따라 큰 차이가 난다. 따라서 당뇨병 환자들에게 탄수화물 식품의 종류와 섭취 형태에 따른 식사요법이 있듯이 운동선수들, 특히 마라톤, 축구 등의 운동선수에서 운동 전 고당질 식이가 운동능력을 향상 시키는 것이 알려졌으며 장시간 격렬한 운동 시 고GI식품 보다는 혈당변화가 적은 저GI식품의 에너지 효율이 높다는 것이 밝혀졌다. 또한 근래의 연구결과에 의하면 당류보다도 아미노산 공급이 근육운동 증진에 효과가 있다는 것이 밝혀짐에 따라서 당 공급과 함께 아미노산의 공급도 시험으로 확인할 필요가 있겠다.

이러한 대상 별 맞춤형 혼합미(곡)의 개발은 우리가 일상식으로 섭취하는 밥으로서 거부감이 거의 없어 식이 효과가 높으며 일상식이므로 연식 가능성이 높다.

또한 국내 충분한 원료 생산 기반이 확보 되어 대량생산이 가능하고 곡류가 주식인 일본, 중국 등에 손쉽게 수출 가능하다 할 수 있겠다. 특히 일본, 중국 등도 비만에 의한 당뇨병 이병율이 높고 이에 대한 국가적 관심이 높아 우리 개발 제품의 수출 전망이 밝다.

운동능력은 국가 이미지 제고에 큰 역할을 담당하므로 스포츠 강국으로 부상하고자 하는 인근 국가의 수요에도 부응할 수 있다.

소비자의 가공식품에 대한 수요 형태는 기호성, 안전성과 함께 편의성으로 크게 변하고 있으며 사회 구조가 복잡하고 여유시간의 부족으로 식사형태가 간편식, 편의식으로 급격히 전환 되고 있다. 건강기능식도 예외가 아니어서 전 세계적으로 간편식이 붐을 타고 있으며 제조업체에서도 소비자 요구에 부응하는 관련 제품의 출시가 많아지고 있다. 곡류식의 경우 장시간 침지, 조리해야하는 단점이 있어 그 수용 폭을 넓히기 어려운 단점이 있어 이를 극복하기 위해서는 분말식, 혹은 입자형 제품 개발이 필요하며 향후 영양성, 기능성과 함께 기호성이 우수한 가공 처리 제품의 개발 보급은 크게 각광 받을 수 있을 것으로 생각된다.

현재 시판혼합미(곡)는 원칙이나 기준 없이 임의로 대상 곡류와 비율을 선택하여 판매를 하고



있으며 소비자가 임의로 제품 구성을 변형하여 사용함으로 섭취 효과가 의심되며 잡곡의 종류는 다양하나 기능성은 확인이 안 된 상태이다. 또한 임상시험의 결과가 매우 부족하고 편의성, 기호성을 높인 혼합미(곡) 제품이 미흡상태로 해외 시장 판매 확대 가능성이 낮다. 따라서 과학적 근거를 바탕으로 대상 별 맞춤형 혼합미(곡) 및 그 편의식품을 개발하여 임상시험을 통하여 그 기능성을 확인함으로써 쌀 소비 촉진 및 국민 건강에 이바지 하고자 한다.

## 제 2 장 국내외 기술개발 현황

- 국내산 잡곡의 자급률은 1980년 이후로 지속적으로 감소하였고, 농산가공산업이 위축되고 있어 농민의 소득원 발굴과 쌀 중심 농업을 다변화하기 위하여 잡곡을 이용한 새로운 고부가가치의 식품개발 및 원료 발굴이 시급한 상황이다. 한편 밀의 경우에는 우리나라 국민 일인당 연간 밀 소비량은 33.5 kg으로 쌀 다음으로 가장 많지만 국내 밀 생산량은 2006년 기준으로 재배면적은 2천 ha이고 생산량은 약 6천 톤에 불과하여 국내에서 소비되는 대부분을 미국, 캐나다 및 호주 등에 수입한 밀에 의존하고 있다(농축산신문, 2007-2008; 농림업주요통계, 2007; 식품유통연감, 2004).
- 국내의 건강기능성 식품 시장은 1995년 9,700억 원에서 2001년 12,000억 원(추정치)으로 증가하였고, 2006년 건강기능성 식품 시장은 2조 5천억 원으로 시장의 규모는 증가하여, 3~4년 이내에 6조원 규모로 성장할 것으로 예측되고 있다(장경원 등, 2003; 이상윤, 2007; 김종수 등, 2007).
- 잡곡의 우수한 영양적 성분과 생리활성 물질을 알려지면서 잡곡을 이용한 기능성 식품의 개발이 진행되어져 왔으나, 잡곡만을 이용한 기능성 식품보다는 쌀의 섭취 시 부족한 영양성분의 균형을 잡아주는 혼합미(곡) 형태로 발전하고 있다. 잡곡을 이용한 혼합비율에 관한 정보가 부족하여 판매자의 임의대로 혼합하여 판매하는 상황이며 현재 월드그린 영농조합, 농협양미(곡)본부, 두보식품, 푸르메 등의 업체가 생산하여 판매되고 있다(금준석, 2002; 이현유, 2006).
- 국내 곡류를 이용한 즉석밥과 즉석죽의 시장규모는 2001년에 380억 원 및 100억 원에서 2006년 1,265억 원 및 350억 원으로 증가하였으며, 앞으로도 시장규모는 증가할 것으로 예상된다(한국식품공업협회, 2006). 곡물을 이용한 대표적인 편의화 제품인 선식은 2000년 국내 900억 원과 해외 130만 달러에서 2005년에는 국내 3,000억 원과 해외 1,500만 달러로 판매량이 증가하여 하였으며, 선식은 제분공정 이후 포장 공정을 제외한 별도의 과정이 필요 없어 영양학적으로 우수하고 다른 가공제품을 만드는 중간소재로도 이용이 가능하다. 국내 주요 생식업체로는 풀무원, 대상(주), CJ(주) 등의 대기업과 선식전문업체인 (주)이름라이프, (주)오행생식 등이 있다(이상윤, 2004).
- 초고압 처리를 통해서 즉석밥의 GABA 함량, 소화율 및 관능성을 향상시키며, 혼합미(곡)를 이용한 식사대용 선식이  $\beta$ -cell 활성화와 항산화 효소활성을 증가시켜 혈당을 감소시킨다고 보고되어져 있다(Kwon SM et al, 2007; Bae HH et al.). 미국은 oat와 oat bran에서 추출한 soluble fibers( $\beta$ -glucan)를 이용하여 bread · muesli · extruded breakfast flakes · muffin 등의 편의식 제품을 개발하였다(Ohr LM, 2004).
- 미국의 대두단백질은 콩단백 제조사인 ADM · Cargill · Solae · Central Soy 등에서 isoflavone을 생산하고 있으며 2006년 매출액은 약 \$ 86억으로 추정됨 (김선옥, 2006).

## 제 3 장 연구개발 수행 내용 및 결과

### 1절. 고부가가치 기능성 혼합미(곡)의 원료 중간 소재화 및 조합 개발 연구

#### 1. 고부가가치 기능성 혼합미(곡)의 원료 확보 및 중간 소재화 지원

##### 가. 원료 확보

고부가가치 기능성 혼합미(곡)의 개발을 위하여 원료는 전라북도 부안지역의 유기농 친환경 보리, 강낭콩 등 20여종의 미·잡곡을 확보하였으며 기능성 혼합미(곡)의 기본 쌀이 되는 배아미는 일반 배아미가 아닌 국립식량과학원을 통해 큰눈벼를 분양 받아 원료로 사용하였다. 큰눈벼는 거대배아미로 일반 현미에 비해 배아의 크기가 2-3배정도 크고 식이섬유의 함량이 높다. 따라서 일상적인 식생활을 통해서는 성인 1일 식이섬유소 권장량인 20-25g을 섭취하기 어려운 실정에서 거대배아미를 활용한 혼합미(곡)의 개발은 일상적으로 섭취하는 밥을 통해 안정적으로 식이섬유의 섭취가 가능하며 또한 생활습관병을 예방 할 수 있을 것으로 생각된다.

표 3-1-1은 본 연구과제에서 현재 원료로 사용하고 있는 백미와 거대배아미·거대배아현미의 영양성분의 비교를 위하여 한국식품연구원에 영양 성분 분석을 의뢰한 결과이다. 거대배아미는 백미에 비해 탄수화물의 함량은 낮으면서 식이섬유의 함량은 약 1.7배, 거대배아현미의 경우 백미 대비 약 2.4배 정도 높은 것을 알 수 있다. 또한 비타민 E는 백미 대비 거대배아미 3배, 거대배아현미 4배 정도 많이 함유하고 있는 것으로 나타났으며, 무기질 중 칼슘은 거대배아미가 백미대비 2.3배 거대배아현미가 백미대비 2.5배 많이 함유하고 있으며 철분은 거대배아미와 거대배아 현미 모두 백미보다 4.5배 정도 높은 함유량을 나타냈다. 결론적으로 거대배아미와 거대배아 현미는 백미에 비해 탄수화물 함량은 낮으면서 각종 비타민과 무기질 및 식이섬유의 함량이 높게 나타남으로 영양학적으로 훨씬 우수한 영양 조성을 갖추고 있음을 알 수 있다.

당질의 섭취를 조절해야 하는 당뇨병자들이나 하루 종일 책상에 앉아 공부를 하므로 활동성이 낮아 변비 등 질환을 겪는 수험생, 단순당 보다는 복합당질을 섭취해야 하는 운동선수에게 거대배아미와 거대배아현미를 활용한 혼합미(곡)는 최적의 효과를 나타낼 수 있을 것으로 판단된다.

표 3-1-1. 거대배아미, 거대배아현미, 백미의 영양성분 비교(한국식품연구원, 2010)

항목	거대배아미	거대배아미현미	백미	시험방법
열량 (kcal/100g)	350	353	345	식품공전(2009) 계산법
수분 (g/100g)	13.9	13.6	13.9	식품공전(2009) 상압가열건조법
지방 (g/100g)	2.0	2.4	0.4	식품공전(2009) 에테르추출법
단백질 (g/100g)	6.5	6.4	5.9	Kjeldahl법
회분 (g/100g)	1.2	1.1	0.4	식품공전(2009) 회분시험법
탄수화물 (g/100g)	76.4	76.5	79.4	식품공전(2009) 계산법
포화지방 (g/100g)	0.4	0.5	0.1	AOAC Official Method 963.22
식이섬유 (g/100g)	3.2	4.5	1.9	식품공전(2009) 총식이섬유시험법
비타민 A (mg/100g)	0.0	0.0	0.0	식품공전(2009) 비타민류시험법
비타민 E (mg/100g)	0.6	0.8	0.2	식품공전(2009) 비타민류시험법
Na (mg/100g)	7.1	7.9	7.2	ICP-AES 측정법
Ca (mg/100g)	7.7	8.1	3.3	ICP-AES 측정법
Fe (mg/100g)	0.9	0.9	0.2	ICP-AES 측정법

#### 나. 현미의 발아조건 설정

현미 발아 시, GABA의 함량 변화는 중요인자가 되는데 발아 시 침지액의 조성에 따라 그 함량은 달라질 수 있다.

표 3-1-2는 현미와 찹쌀현미를 젖산 칼슘 0.1%의 용액과 젖산칼슘 0.1%, 글루탐산 0.02% 용액에서 45℃, 8시간 침지하여 발아시킨 후 우석대학교 식품공학과에 의뢰하여 GABA의 함량을 비교한 결과이다(그림3-1-1). 젖산칼슘만을 단독으로 처리하였을 때 보다 젖산칼슘과 글루탐산을 함께 처리 하였을 경우 GABA의 함량이 약 1.8배 증가하는 것을 알 수 있다.

따라서 본 연구에서는 원료로 사용하는 발아현미의 발아조건을 45℃의 젖산칼슘 0.1%, 글루탐산 0.02% 용액에서 8시간 침지시키는 것으로 설정하였다.

표3-1-2. 시료의 아미노산 및 GABA분석 결과

< mg/F.W 100g >

	젓산칼슘 0.1% 용액 발아 현미	칼슘0.1% +글루탐산 0.02% 용액 발아 현미
GABA	5.99	10.56
Glutamic acid	1.93	3.76

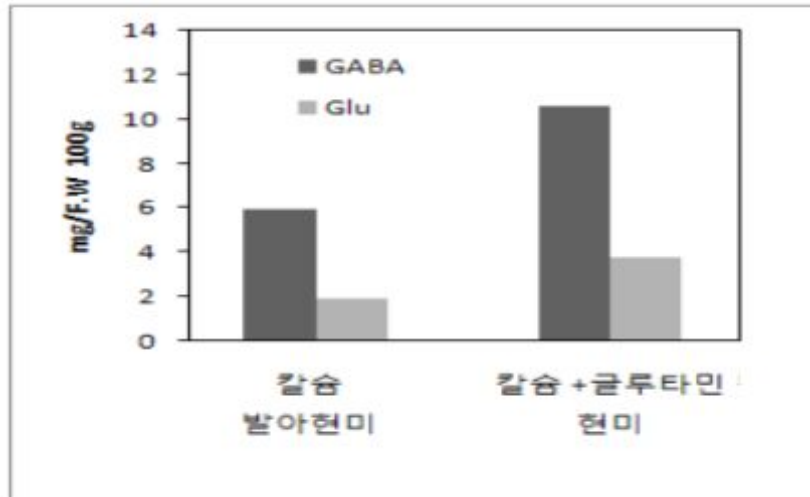


그림 3-1-1. 현미의 전처리 조건에 따른 GABA의 함량 비교

#### 다. 팽화 등 잡곡의 가공

강낭콩은 조직이 단단하여 취반 시 수분 흡수에 어려울 것으로 판단되어 이를 개선하기 위한 처리를 하였다.

본 연구에 원료로 사용하는 잡곡 중 강낭콩은 팽화기로 3 kg/cm<sup>2</sup> ~ 5.5 kg/cm<sup>2</sup>의 압력으로 팽화시켜 6 ~ 11 %의 수분을 갖도록 하였다.

위 조건으로 정선 수세 및 건조한 두류를 곡물 팽화기에서 팽화시키면 두류의 구조가 다공성 구조로 바뀌고 물과 온도의 확산이 빨라지게 되어 익는 속도가 빨라지게 된다. 따라서 혼합미 (곡)밥을 취반할 때 두류가 설익는 문제점을 개선할 수 있다. 또한 강낭콩을 팽화시키면 고소한 맛이 증가 되어 두류를 기피하는 학생들에게 보다 나은 밥맛을 제공할 수 있을 것이다. 그러나 일단 콩을 싫어하는 학생들의 경우 밥 안에 들어가는 콩은 맛을 보기도 전에 골라내어 버리므로 팽화한 강낭콩을 쪄서 사용하였다. 강낭콩을 쪄갈 경우 일단 시각적으로 콩이 눈에 띄지 않으므로 콩을 극단적으로 기피하는 학생들에게 맛 볼 수 있게 할 수 있으며 콩의 씹힘성을 좀 더 부드럽게 바꿀 수 있는 특징이 있다.

## 2. 당뇨병자용 혼합미(곡)

당뇨환자용 혼합미(곡)를 개발하기 위하여 먼저, 당뇨병자들이 현재 섭취하고 있는 잡곡밥의 실태를 조사하였다. 잡곡밥의 경우 잡곡을 각각 구입하여 백미에 혼합하여 먹거나 또는 혼합된 제품을 구입하여 바로 조리하여 먹는 경우가 있으므로 실태 조사는 당뇨병자들이 혼합하여 먹고 있는 잡곡의 종류를 조사하고, 섭취하는 잡곡밥의 잡곡 혼합 비율을 조사하였다.

### 가. 당뇨병자들의 잡곡 섭취 실태

전라북도 지역(전주, 부안, 고창)에 거주하는 당뇨병자 68명을 대상으로 중복응답을 허용하여 잡곡밥을 섭취할 때 흰밥에 혼합하는 잡곡의 종류를 조사한 결과는 표3-1-3과 같다.

가장 높은 섭취율을 나타낸 잡곡은 검정콩으로 76.5%로 조사되었고 두 번째는 찰보리 47.1%, 찹쌀 35.3%, 쌀보리 32.4%, 찹쌀현미 29.4% 등의 순으로 나타났다. Kim 등이 서울·경기 및 강원지역의 잡곡밥 섭취 실태를 조사한 연구에 의하면 쌀밥에 혼합하는 잡곡의 종류로는 콩 80.1%, 현미 73.4%, 흑미 72.7%, 찹쌀 61.0%순으로 나타났으며, 2007년 농수산물유통공사의 주요 식량작물 소비 패턴 조사(Korea Agro-Fisheries Trade Corporation, 2007)에서는 콩 63.8%, 보리 55.7%, 흑미 54.5%, 현미 35.9% 순으로 나타났다.

본 연구에서는 선행 연구들에 비해 찹쌀을 비롯한 찰성 곡물들의 섭취율이 높게 나타났는데, 메성 곡물에 비해 찰성 곡물에 많은 끈기(stickiness)는 식미 특성을 결정짓는 중요한 인자로서 우리나라와 일본 등 극동 지방에서는 끈기 있는 밥을 더 선호한다고 한다(Oh GS et al, 2002). 특히 건강을 위하여 지속적으로 잡곡밥을 섭취해야 하는 당뇨병자의 경우, 백미보다 상대적으로 끈기가 부족하고 더 거친 촉감의 잡곡밥을 부드럽게 하기 위하여 찹쌀 등 찰성 곡물들을 혼합하는 비율이 높은 것으로 생각된다. 그러나 아밀로오스가 풍부한 식이를 섭취할 경우 혈당의 초기 반응이 낮고 혈당 감소 속도가 느리지만 찹쌀은 전분의 구성성분 중 아밀로오스보다는 아밀로펙틴 성분이 많은 함량을 차지하여 오히려 멥쌀보다 혈당지수가 높아, 혈당관리를 위하여 당뇨병자들이 피해야 할 식품이다.

따라서 잡곡의 구분 없이 무조건 혼합하여 섭취하는 당뇨병자들에게 기능이 우수하면서 맛도 좋은 잡곡밥을 연구 개발하는 것이 필요하다.

표3-1-4는 당뇨병자들이 각 가정에서 섭취하고 있는 잡곡밥의 잡곡 혼합 비율을 조사한 것이다.

전라북도 지역에 거주하는 당뇨병자를 대상으로 당뇨병자들이 각 가정에서 섭취하고 있는 잡곡밥 시료를 수집하여 각 잡곡별로 혼합 비율을 산출하였다. 잡곡의 섭취 실태 조사에서도 나타났듯이 잡곡밥의 잡곡 혼합비율에서도 비교적 찰성 곡물을 많이 혼합하여 섭취하고 있는 것으로 나타났다.

표 3-1-3. 당뇨병환자들이 잡곡밥에 혼합하는 잡곡의 종류

N(%)

혼합하는 잡곡의 종류 (중복응답 허용)				
종 류	먹는다	안 먹는다	무응답	전체
검정콩	52(76.5)	12(17.6)	4(5.9)	68(100.0)
찰보리	32(47.1)	35(51.5)	1(1.5)	68(100.0)
잡쌀	24(35.3)	43(63.2)	1(1.5)	68(100.0)
쌀보리	22(32.4)	45(66.2)	1(1.5)	68(100.0)
잡쌀현미	20(29.4)	47(69.1)	1(1.5)	68(100.0)
수수	18(26.5)	49(72.1)	1(1.5)	68(100.0)
잡쌀흑미	17(25.0)	50(73.5)	1(1.5)	68(100.0)
멥쌀현미	15(22.1)	52(76.5)	1(1.5)	68(100.0)
멥쌀흑미	14(20.6)	53(77.9)	1(1.5)	68(100.0)
강낭콩	10(14.7)	57(83.8)	1(1.5)	68(100.0)
팥	10(14.7)	57(83.8)	1(1.5)	68(100.0)
차조	6(8.8)	61(89.7)	1(1.5)	68(100.0)
찰수수	6(8.8)	61(89.7)	1(1.5)	68(100.0)
울무	6(8.8)	61(89.7)	1(1.5)	68(100.0)
메조	5(7.4)	62(91.2)	1(1.5)	68(100.0)
통밀	4(5.9)	63(92.6)	1(1.5)	68(100.0)
녹두	4(5.9)	63(92.6)	1(1.5)	68(100.0)
밭아현미	3(4.4)	64(94.1)	1(1.5)	68(100.0)
기장	3(4.4)	64(94.1)	1(1.5)	68(100.0)
메밀	2(2.9)	65(95.6)	1(1.5)	68(100.0)
기타	2(2.9)	65(95.6)	1(1.5)	68(100.0)
귀리	0(0.0)	67(98.5)	1(1.5)	68(100.0)

표 3-1-4. 당뇨병환자들이 현재 섭취하고 있는 잡곡밥(당현곡)의 조합

잡곡	구성 비율(%)
백미	67
찰보리	8
찰쌀현미	6
쌀보리	6
찰쌀	6
찰흑미	2
검정콩(서리태)	5
합계	100

#### 나. 당뇨병환자용 혼합미(곡)의 관능검사

##### (1) 1차 개발 당뇨병환자용 혼합미(곡)의 관능검사 (2009년)

당뇨환자를 위한 혼합미(곡)의 개발은 2009년과 2010년 2년에 걸쳐 수행되었다.

2009년에 개발된 당뇨병환자용 혼합미(곡)는 기본적으로 일반 백미가 아닌 쌀눈이 살아있도록 도정된 배아미를 기본 쌀로 하였다. 배아미의 경우 현미의 거친 촉감을 주는 원인인, 과피를 현미보다 더 도정하되 배아부분은 그대로 남아있도록 함으로서 영양성분은 백미에 비해 우수하면서도 밥맛은 현미 보다 훨씬 부드러운 특성이 있다.

당뇨환자들은 잡곡의 우수성은 잘 알면서도 거친 촉감의 잡곡밥 섭취를 꺼려하는 것이 사실이므로 되도록 부드러우면서도 당 조절 효능이 우수한 영양성분이 살아있는 쌀, 배아미를 사용하였다. 또한 혈당을 낮추는 효능으로 잘 알려진 수용성식이섬유소의 일종인 베타글루칸을 곡류 중 가장 많이 함유하고 있는 보리(이영택, 1996; Fincher G.B. et al, 1986)를 사용하였다. 보리는 일반 형태가 아닌 압맥을 사용함으로써 밥으로 섭취하였을 때 최대한 입 안에서 곡물이 따로따로 흩어지는 느낌이 덜 느껴지도록 하였다. 현미는 배아가 일반 현미에 비해 3배 이상 큰 종자인 거대배아현미를 사용하였으며 두류는 강낭콩과 검정콩(서목태)을 사용하였다.

위와 같이 조합이 결정된 당뇨병환자용 혼합미(곡)의 관능검사는 2009년 2월부터 7월에 걸쳐 총 11회 실시되었다. 대상은 전라북도 전주시, 고창군, 부안군에 거주하는 당뇨병환자들로, 평가는 5점 척도를 사용하여 결모양, 냄새, 색깔, 밥의 질기, 씹힘성, 전체적인 맛에 대한 정도를 1점 '아주 나쁘다' 부터 5점 '아주 좋다'까지 측정하였다. 실험은 먼저, 잡곡의 혼합비를 달리한 잡곡밥 2가지 시료를 제시하여 관능검사를 실시한 후, 1차 관능검사 결과 선정된 잡곡밥과 대조군(백미, 당현곡)을 비교하는 2차 관능검사로 진행되었다(그림 3-1-2).

표 3-1-5는 1차 관능검사의 혼합미(곡) 조합 구성이다. 이때 잡곡의 비율은 50%와 60%로 구분하여 조합을 정하였으며 찰성 곡물들은 제외하고 메성 곡물들로 구성하였다. 이들 조합으로 된 혼합미(곡)를 대상으로 관능검사를 한 결과는 표 3-1-6과 같다.

당뇨환자용 혼합미(곡) 2가 당뇨병환자용 혼합미(곡) 1에 비해 결모양과 색깔 항목에서 좋은 점수를 받아 유의적



인 차이를 나타냈으며 맛 항목에서는 유의적인 차이는 나타나지 않았으나 당뇨혼합미(곡) 2의 점수가 높았다. 전체적으로 볼 때 관능검사 결과 당뇨혼합미(곡) 2의 점수가 높게 나타나 당뇨환자를 위한 혼합미(곡)로 당뇨혼합미(곡) 2가 선정되었다.

1차 관능검사 결과 선정된 당뇨혼합미(곡) 2와 대조군인 백미, 당현곡(당뇨환자들이 현재 섭취하는 잡곡밥: 표3-1-4 참조)과의 비교 관능검사 결과는 표3-1-7과 같다.

잡곡의 혼합비율이 높은 당뇨혼합미(곡) 2는 겉모양과 색깔 항목에서 가장 낮은 점수를 받았다. 그러나 맛에서는 가장 높은 점수를 받았으며 이는 유의한 차이를 나타냈다. 대조군과의 비교 관능검사에서 1차 년도에 개발한 당뇨환자용 혼합미(곡)은 대조군인 백미와 당뇨환자들이 현재 섭취하고 있는 잡곡밥(당현곡)에 비해 외관적인 면에서 완벽한 만족도를 나타내지는 못하였으나 섭취 후에 평가 되는 항목인 맛, 질기 등의 항목에서는 높은 점수를 받음으로서 대조군에 비해 관능적 특성이 결코 떨어지지 않는 것으로 생각된다. 따라서 당뇨환자용 혼합미(곡)은 당뇨혼합미(곡) 2로 최종 선정 되었으며 기능 및 일반 성분을 분석한 후 임상시험을 통해 기능성을 입증하게 될 것이다.

그러나 본 관능검사에서 외관적 측면에서 높은 점수를 받지 못하였으므로 앞으로 당뇨환자를 위한 혼합미(곡)의 외관적 특성을 보완·개선하는 연구가 더욱 지속적이고 심도 있게 이루어져야 할 것이다.



그림 3-1-2. 2009년 당뇨환자 대상 관능검사 (좌: 고창 보건소, 우: 전주 지역)

표 3-1-5. 개발 된 당뇨환자용 혼합미(곡)의 조합

		곡물종류	혼합비율 (%)			곡물종류	혼합비율 (%)
당뇨 혼합미( 곡)1		거대배아미	50	당뇨 혼합미( 곡)2		거대배아미	60
		쌀보리(압맥)	12			쌀보리(압맥)	5
		거대배아 발아현미	10			거대배아 발아현미	9
		통밀	8			통밀	4
		흑미멥쌀	1			흑미멥쌀	1
		검정콩(서목태)	12			검정콩(서목태)	12
		강낭콩(쫄갸)	7			강낭콩(쫄갸)	9
		총량	100			총량	100

표 3-1-6. 당뇨환자용 혼합미(곡)의 조합 선정을 위한 1차 관능검사 결과

M±SD

n=36	당뇨혼합미(곡)1	당뇨혼합미(곡)2	T-value	p-value
겉모양	3.33±0.68	<b>3.83±0.88</b>	-2.707	0.01
냄새	3.61± 0.73	<b>3.75±0.81</b>	-0.767	0.45
색깔	3.50±0.81	<b>3.94±0.71</b>	-2.467	0.02
질기	3.69±0.86	<b>3.81±0.86</b>	-0.551	0.58
씹힘성	3.47±0.77	<b>3.67±0.93</b>	-0.967	0.34
맛	3.69±0.82	<b>3.72±0.85</b>	-0.141	0.89

표 3-1-7. 당뇨환자용 혼합미(곡)과 대조군의 2차 관능검사 결과

M±SD

n=31	당뇨혼합미(곡)2	대조군	백미	F-value	p-value
겉모양	<b>3.35±0.75</b>	3.74±0.68	3.52±1.92	0.739	0.481
냄새	<b>3.35±0.80</b>	3.68±0.65	3.48±0.77	1.482	0.233
색깔	<b>3.39±0.76</b>	3.58±0.72	3.35±0.91	0.717	0.491
질기	<b>3.55±0.77<sup>ab</sup></b>	3.71±0.64 <sup>a</sup>	3.26±0.82 <sup>b</sup>	2.923	0.059
씹힘성	<b>3.55±0.81</b>	3.74±0.68	3.48±0.85	0.909	0.407
맛	<b>3.77±0.72<sup>a</sup></b>	3.65±0.75 <sup>a</sup>	3.19±0.70 <sup>b</sup>	5.477	0.006**

(2) 2차 개발 당뇨혼합미(곡)의 관능검사 (2010년)

2009년에 1차로 개발된 당뇨혼합미(곡)의 문제점을 수정·보완하여 2010년도에 이어서 당뇨환자용 혼합미(곡)의 조합 개발 연구를 실시하였다. 1차 년도에 실시하였던 관능검사 및 임상시험에서 만족스러운 결과를 나타내지 못했던 원인을 분석하고 조합을 재구성하여 관능검사를 실시하였다. 조합의 구성은 1차년도와 같이 기본 쌀은 거대배아미를 사용하고, 발아 현미가 아닌 일반 거대배아 현미를 사용하였다. 이는 발아 과정에서 유리당인 맥아당의 함량이 높아짐으로써 혈당이 높아지는 데 영향을 줄 것이란 판단으로 변경을 하였으며 보리는 쌀보리뿐만 아니라 찰보리도 사용하였다. 보리의 식이섬유를 분석한 연구를 살펴보면 찰성 겉보리인 찰보리가 메성 겉보리인 울보리, 진양보리에 비해 총 식이섬유 함량이 높았으며 쌀보리인 경우에서도 찰성인 찰쌀보리가 메성인 새쌀보리보다 총 식이섬유 함량이 높게 나타나 찰성이 메성에 비해 수용성식이섬유 함량이 다소 높은 것으로 나타났다(이영택, 1996). 따라서 변경된 조합에는 쌀보리와 찰보리를 각각 사용하고 그 함량도 더 높게 조절하였다.

당뇨혼합미(곡)1의 경우 거대배아현미를 기본 쌀로 하여 찰보리, 찹쌀현미, 흑미, 검정콩(서목태), 강낭콩으로 구성하였다. 찹쌀현미의 경우 거대배아현미의 비율이 50%로 높아 거친 촉감을 보다 부드럽게 하기 위하여 첨가하였다. 당뇨혼합미(곡)2는 거대배아미를 기본 쌀로 하고 거대배아현미, 찰보리, 흑미멥쌀, 동부, 검정콩(서목태), 강낭콩(쫄갸)을 사용하였다. 단체급식의 경우 일반 가정에서 사용하는 압력밥솥이 아닌 대형 급식용 솥을 사용하므로 조리 특성이 다르다.

따라서 단체급식에 본 개발혼합미(곡)의 적용을 위해서 당뇨혼합미(곡)2는 거대배아현미가 아닌 거대배아미를 기본 쌀로 하여 조합을 구성하였다. 당뇨혼합미(곡)3은 거대배아현미를 기본 쌀로 하고 당뇨혼합미(곡)1,2와 차이를 보기 위하여 찰보리가 아닌 쌀보리를 사용하였으며, 귀리, 흑미멥쌀, 검정콩(서목태), 동부로 구성하였다(표 3-1-8).

이와 같이 선정된 3가지 조합의 관능검사 결과는 표3-1-9와 같다. 2차년도 당뇨환자용 혼합미(곡) 관능검사는 당뇨환자(준건강인)와 일반 건강인을 대상으로 실시하였으며(그림 3-1-3), 관능검사결과 건강인과 당뇨환자 모두에게 당뇨혼합미(곡)3이 맛, 씹힘성, 질기 등 항목에서 높은 점수를 받았다. 그러나 통계적으로 유의적인 차이는 나타나지 않았다.

본 관능검사에서는 위와 같이 당뇨혼합미(곡)3이 대부분의 항목에서 가장 높은 점수를 받았으나, 이는 통계적으로 유의적인 차이가 나타나지 않았고, 또한 예비 임상시험 결과 당뇨혼합미(곡)1과 당뇨혼합미(곡)2의 혈당지수 및 혈당의 변화를 관찰한 결과 혈당 저하 효능이 우수하고 혈당지수(Glycemic Index)가 낮은 것으로 나타났으므로, 따라서 최종 결정된 조합은 당뇨혼합미(곡) 1(표3-1-10)과 다음 순위인 당뇨혼합미(곡) 2 (표3-1-11)로 결정하여 본 임상시험용 시료로 하였다.

표 3-1-8. 2010년 2차 당뇨환자용 혼합미(곡)의 조합

곡물의 종류		합량(%)	곡물의 종류		합량(%)	곡물의 종류		합량(%)
당뇨1	거대배아현미	50	당뇨2	거대배아미	40	당뇨3	거대배아현미	50
	찰보리(할맥)	18		거대배아현미	10		쌀보리(할맥)	18
	찰쌀현미	5		찰보리(할맥)	20		귀리	5
	흑미멥쌀	1		흑미멥쌀	1		흑미멥쌀	1
	검정콩(서목태)	13		동부콩	3		서목태	13
	강낭콩(통곡)	13		검정콩(서목태)	13		동부콩	13
합계		100	합계		100	합계		100

표 3-1-9. 2010년 2차 당뇨병자용 혼합미(곡)의 관능검사

Mean±SD

당뇨혼합미(곡) 1	겉모양	냄새	색깔	질기	씹힘성	맛
건강인	3.43±0.92	3.93±0.60	3.43±0.88	3.43±0.84	3.32±0.98	3.79±0.88
준 건강인	3.62±0.73	3.86±0.69	3.72±0.65	3.24±1.02	3.28±0.96	3.31±0.89
<b>전 체</b>	<b>3.53±0.83</b>	<b>3.89±0.65</b>	<b>3.58±0.78</b>	<b>3.33±0.93</b>	<b>3.30±0.96</b>	<b>3.54±0.91</b>
당뇨혼합미(곡) 2	겉모양	냄새	색깔	질기	씹힘성	맛
건강인	2.78±1.01	3.43±1.03	2.71±1.12	2.89±1.03	2.89±1.12	2.89±1.20
준 건강인	3.31±0.76	3.59±0.73	3.48±0.87	3.39±1.10	3.21±0.94	3.48±0.83
<b>전 체</b>	<b>3.05±0.92</b>	<b>3.51±0.89</b>	<b>3.11±1.06</b>	<b>3.14±1.09</b>	<b>3.05±1.03</b>	<b>3.19±1.06</b>
당뇨혼합미(곡)3	겉모양	냄새	색깔	질기	씹힘성	맛
건강인	3.89±0.63	3.68±1.02	3.79±0.74	3.79±0.79	3.89±0.97	3.86±0.89
준 건강인	3.48±0.99	3.62±0.78	3.45±0.95	3.75±1.00	3.79±0.94	3.86±0.83
<b>전 체</b>	<b>3.68±0.85</b>	<b>3.65±0.90</b>	<b>3.61±0.86</b>	<b>3.77±0.89</b>	<b>3.84±0.95</b>	<b>3.86±0.85</b>



그림 3-1-3. 2010년 당뇨병자용 혼합미(곡) 관능검사 (좌: 건강인, 우: 준건강인)

표 3-1-10. 최종 선정 된 당뇨환자용 혼합미(곡)의 조합 (1)

조합1	곡물의 종류	합량
1	거대배아현미	50
2	찰보리(할맥)	18
3	찰쌀현미	5
4	흑미멥쌀	1
5	검정콩(서목태)	13
6	강낭콩	13
합 계		100

표 3-1-11. 최종 선정 된 당뇨환자용 혼합미(곡)의 조합 (2)

조합2	곡물의 종류	합량
1	거대배아미	40
2	거대배아현미	10
3	찰보리(할맥)	20
4	흑미멥쌀	1
5	동부콩	3
6	검정콩(서목태)	13
7	강낭콩(쫄갸)	13
합 계		100

### 3. 수험생용 혼합미(곡)

#### 가. 고등학생의 잡곡 기호도 조사

전라북도 전주시 소재 고등학교 남녀 고등학생 75명을 대상으로 실시한 고등학생의 잡곡 기호도 조사 결과는 표3-1-12와 같다.

기존 선행 연구들의 결과와 마찬가지로 콩을 비롯한 두류의 기호도는 매우 낮았다. 콩을 ‘싫어한다’라고 응답한 학생은 32명(42.7%)로 제시한 9가지 미·잡곡 중에서 선호도가 가장 낮았으며 그 다음은 팥으로 29명(38.6%)의 학생이 싫어한다고 응답하였다.

콩은 청소년기 성장에 필요한 필수 아미노산 등 양질의 단백질 등을 다량 포함하는 몸에 좋은 식품이나 아동 청소년들 중에서는 콩의 섭취를 꺼려하는 비율이 매우 높으므로 밥에 콩을 혼합하여 제공 할 때 학생들로 하여금 콩 기피 현상을 줄일 수 있는 다양한 조리 방법 또는 콩 가공 방법 등이 개발 되어야 할 것이다. 또한 본 연구과제에서 수행하는 수험생용 혼합미(곡) 개발 시, 학생들의 잡곡에 대한 기호도를 충분히 고려하고 영양학적 측면에서 바람직한 콩의 조리 방법 및 가공법을 연구하여 이를 적용한 혼합미(곡)을 개발하였다.

두류의 기호도가 낮은 것에 비하여 멥쌀 즉 백미와 찰쌀을 ‘좋아 한다’ 이상으로 응답한 학생은 38명(50.6%), 55명(73.3%)으로 나타나 백미와 찰쌀의 기호도는 매우 높았다.

표 3-1-12. 고등학생의 잡곡 기호도 조사

							N(%)
잡곡 선호도 조사 (중복응답 허용)							
n=75	아주싫어함	싫어함	보통임	좋아함	아주좋아함	무응답	전체
멥쌀	2(2.7)	3(4.0)	32(42.7)	28(37.3)	10(13.3)	0(0.0)	75(100.0)
찰쌀	2(2.7)	1(1.3)	17(22.7)	24(32.0)	31(41.3)	0(0.0)	75(100.0)
현미	0(0.0)	6(3.0)	18(24.0)	36(48.0)	15(20.0)	0(0.0)	75(100.0)
흑미	1(1.3)	3(4.0)	21(28.0)	34(45.8)	16(21.3)	0(0.0)	75(100.0)
보리	1(1.3)	6(3.0)	24(32.0)	31(41.3)	13(17.3)	0(0.0)	75(100.0)
콩	15(20.0)	17(22.7)	19(25.3)	15(20.3)	8(10.7)	0(0.0)	75(100.0)
팥	10(13.3)	19(25.3)	26(34.7)	14(18.7)	6(8.0)	0(0.0)	75(100.0)
조	5(6.7)	6(8.0)	25(33.3)	30(40.0)	8(10.7)	0(0.0)	75(100.0)
수수	3(4.0)	5(6.7)	29(38.7)	30(40.0)	7(9.3)	1(1.3)	75(100.0)

#### 나. 고등학생 대상 잡곡 섭취 실태 조사

고등학생들의 잡곡 섭취 실태 조사 결과를 살펴보면, 잡곡밥의 건강 기여도를 묻는 질문에 ‘건강에 좋을 것 같다’라고 응답한 학생이 52명(69.3%)으로 대부분의 응답자들이 잡곡밥이 건강에 긍정적 영향을 미칠 것으로 생각하고 있었으며 잡곡밥의 섭취 여부를 묻는 질문에 잡곡밥을 먹는다고 응답한 학생이 67명(89.3%)으로 거의 대부분의 학생들이 현재 잡곡밥을 섭취하

고 있는 것으로 나타났다(표3-1-13).

표 3-1-13. 고등학생의 잡곡 섭취 실태

		N(%)
잡곡의 섭취실태		
성별	남	38(50.7)
	여	37(49.3)
건강기여도	건강에 좋을 것 같다	52(69.3)
	그저 그럴 것 같다	14(18.7)
	건강에 좋지 않을 것 같다	2(2.7)
	잘 모르겠다	5(6.7)
	건강과는 관계가 없을 것 같다	1(1.3)
	무응답	1(1.3)
잡곡밥 섭취여부	자주 먹는다	39(52.0)
	가끔 먹는다	28(37.3)
	안 먹는다	8(10.7)
전체		75(100.0)

최종 선정된 수험생용 혼합미(곡)의 2차 관능검사에 참여한 학생들에게 점심식사로 선정된 개발 혼합미(곡) 식사를 제공하고 그 잔반량을 확인하였다. 개발혼합미(곡)은 동일량(혼합미(곡) 120g)을 제공하였으며 그 결과는 표 3-1-14와 같다.

남학생의 경우 24명(63.2%)의 학생이 10%이하로 남겼으나 여학생들은 16명(42.1%)의 학생들이 50%이상의 밥을 남겨 남학생에 비하여 여학생들이 잡곡밥을 더 선호하지 않는 것으로 생각된다.

표 3-1-14. 고등학생의 잡곡밥 잔반량 실태

							N(%)
수험생 혼합미(곡)밥 잔반량 실태							
	50%이상	50-40%	40-30%	30-20%	20-10%	10%이하	합계
남	4(10.5)	0(0.0)	2(5.3)	6(15.8)	2(5.3)	24(63.2)	38(100.0)
여	16(42.1)	0(0.0)	7(18.4)	1(2.6)	7(18.4)	7(18.4)	38(100.0)
전체	20(26.3)	0(0.0)	9(11.8)	7(9.2)	9(11.8)	31(40.8)	76(100.0)



#### 다. 수험생용 혼합미(곡)의 관능검사

수험생용 혼합미(곡)의 관능검사를 수행하기 위한 혼합미(곡)의 조성은 표 3-1-15와 같다. 이와 같이 선정된 3가지 시료와 백미를 포함한, 총 4가지 시료의 관능검사(그림 3-1-4 참조)결과를 살펴보면 겉모양과 색깔 항목에 있어 대조군인 백미에 비하여 3가지의 시험군은 점수가 낮았으며 이는 유의적인 차이를 보였다(표3-1-16). 이는 잡곡 중 두류를 가장 싫어하는 것으로 나타난 잡곡 섭취실태조사에서도 알 수 있듯이 시각적으로 봤을 때 잡곡, 특히 두류의 비율이 훨씬 높은 개발 혼합미(곡)가 외관적 항목의 점수가 나쁜 것으로 생각된다.

그러나 맛과 씹힘성, 질기 등 섭취 후의 설문 항목에서는 시험군인 수험생용 혼합미(곡)1,2,3의 점수와 대조군인 백미의 점수가 통계적으로 유의적인 차이를 나타나지 않았으므로 수험생용 혼합미(곡) 1,2,3의 3가지 시료 중에서 질기와 씹힘성을 제외한 모든 항목에서 높은 점수를 받은 수험생용 혼합미(곡)2를 최종 선정하였으며(표3-1-16), 2차 관능검사에서 선정된 수험생용 혼합미(곡)2와 백미의 비교 관능검사가 수행되었다.

2차 관능검사 결과는 표 3-1-17과 같이, 역시 외관적인 부분인 겉모양, 냄새( $P < 0.001$ ), 색깔 항목에서는 백미보다 낮은 점수를 받았으나, 섭취 후 평가되는 항목인 질기, 씹힘성, 맛 항목에서는 오히려 백미보다 높은 점수를 받았다. 따라서 최종 선정된 수험생용 혼합미(곡)의 경우 학생들의 수용도가 기존에 먹고 있는 밥에 비해 밥맛이 떨어지지 않음을 알 수 있었다.



<그림 3-1-4.> 2009년 고등학생 대상 관능검사

표 3-1-15. 고등학생용 혼합미(곡) 조합

		곡물종류	혼합비율 (%)			곡물종류	혼합비율 (%)			곡물종류	혼합비율 (%)
		거대배아미	42			거대배아미	42			거대배아미	42
수험생 혼합미 (곡)1	거대배아	발아현미	30	수험생 혼합미 (곡)2	거대배아	발아현미	30	수험생 혼합미 (곡)3	거대배아	발아현미	30
		발아	찹쌀현미		29		발아		찹쌀현미	29	
		흑미	3			흑미	4			흑미	4
		검정콩(서목태, 팽화)	11			강낭콩(쫄깃)	10			대두(팽화)	10
		호두(미국산)	5			호두(미국산)	5			호두(미국산)	5
		총량	120			총량	120			총량	120

표 3-1-16. 고등학생용 혼합미(곡)의 관능검사 결과

n=30	M±SD					
	수험생혼합미(곡) <sub>1</sub>	수험생혼합미(곡) <sub>2</sub>	수험생혼합미(곡) <sub>3</sub>	백미	F-value	p-value
겉모양	2.67±0.84 <sup>b</sup>	<b>3.17±0.65<sup>b</sup></b>	2.70±1.21 <sup>b</sup>	3.70±0.99 <sup>a</sup>	7.91	0.000
냄새	3.27±1.05	<b>3.27±0.83</b>	3.00±1.05	3.23±1.07	0.49	0.688
색깔	2.93±0.78 <sup>ab</sup>	<b>3.37±0.72<sup>bc</sup></b>	2.73±1.23 <sup>a</sup>	3.73±1.05 <sup>c</sup>	6.42	0.00.
질기	3.10±0.99	<b>3.07±0.98</b>	3.53±0.90	3.40±1.10	1.57	0.199
씹힘성	3.47±0.73	<b>3.33±0.92</b>	3.60±0.97	3.63±1.00	0.68	0.566
맛	2.97±0.93	<b>3.27±0.98</b>	3.17±1.26	3.57±0.97	1.72	0.166

표 3-1-17. 고등학생용 혼합미(곡)의 관능검사 결과

n=75	M±SD			
	수험생혼합미(곡) <sub>2</sub>	백미	F-value	p-value
겉모양	<b>3.41±0.88</b>	3.79±0.75	3.27	0.073
냄새	<b>3.43±1.05</b>	3.50±0.70	18.605	0.000
색깔	<b>3.36±0.95</b>	3.70±0.86	1.31	0.254
질기	<b>3.20±0.95</b>	2.92±1.00	0.20	0.656
씹힘성	<b>3.61±0.92</b>	3.32±0.98	0.02	0.878
맛	<b>3.67±0.84</b>	3.54±0.77	1.00	0.320

**라. 수험생용 혼합미(곡)의 최종 조합 선정**

최종 선정된 수험생용 혼합미(곡)은 당뇨환자용 혼합미(곡)과 같이 기본 쌀은 배아미로 하였다. 또한 발아 현미의 비율은 56%를 사용하였다(표3-1-18).

종자의 발아과정에서 다양한 분해효소의 활성화에 의하여 고분자 유기물의 분해가 일어나기 때문에, 다량의 아미노산 유도체가 생성될 것으로 생각된다(이연리 등, 2004). 쌀의 경우도 발아과정을 통하여 특수성분으로 아라비녹실산, 감마아미노낙산( $\gamma$ -amino butyric acid; 이하 GABA)등의 성분이 증가하는 것으로 알려져 있다(Lee MH et al, 1996; Nakagawa K et al, 1996).

감마아미노낙산은 포유동물의 뇌나 척수에 존재하는 억제계의 신경전달물질로서 신경억제 작용과 정신안정 기능을 가지며 혈압 상승억제작용, 뇌의 대사촉진작용 등의 효과를 갖는 기능성 식품소재로서 주목받고 있다(Okada T et al, 2000). 따라서 수험생들의 두뇌기능 향상을 위하여 GABA의 함량이 많도록 조합을 구성하였다.

GABA의 함량을 증가시키기 위하여 현미의 발아조건은 45℃의 젖산칼슘 0.1%, 글루탐산

0.02% 용액에서 8시간 침지시키는 것으로 설정하였다(표 3-1-2 참조). 강낭콩은 두류를 싫어하는 학생들의 수용도를 높이고 밥맛에도 중점을 두어 조합을 선정하기 위하여 팽화(3 kg/cm<sup>2</sup> ~ 5.5 kg/cm<sup>2</sup>의 압력)를 하고 쪄낸 후 첨가하였다. 또한 호두는 비타민 B1, B2 등이 풍부하여 식용과 약용으로 쓰이고 prolyl endopeptidase 활성 저해율이 73%로 치매 예방 및 관리를 위한 기능성 식품으로서의 이용 가능성이 보고되었다.(Lee SH et al, 2003) 호두 속에는 불포화지방산 중 특히 오메가-3 지방산을 식물성 식품 중 가장 많이 함유하고 있다. 따라서 두뇌 기능 향상을 위한 수험생용 혼합미(곡)에 첨가하여 맛 개선과 기능 향상을 유도 하였다.

끝으로 흑미는 유색미의 화학적 성분 및 활성화 활성을 측정한 김은옥 등의 연구(김은옥 등, 2008)를 살펴보면 백미와 유색미(갈색찰벼, 갈색메벼), 흑미의 수용성 페놀함량과 항산화활성 측정 결과 흑미가 가장 많은 페놀 함량과 강한 항산화활성을 나타낸 것으로 보고되었다. 이는 흑미가 지니고 있는 높은 함량의 항산화성 anthocyanin색소에 기인된 것으로 생각된다(Tsuda T et al, 1994; Chung YA, 2003).

표 3-1-18. 최종 선정된 수험생용 혼합미(곡) 조합

시험군		
번호	곡물종류	수험생
1	거대배아미	40
2	거대배아 발아현미(젓산칼슘)	34
3	발아 찹쌀현미 (젓산칼슘)	22
4	흑미멤쌀	4
5	강낭콩(쪄낸 팽화)	15
6	호두(미국산)	5
총 량		120

#### 4. 운동선수용 혼합미(곡)

##### 가. 경기력 향상을 위한 영양소 탐색

운동선수들은 영양섭취가 운동수행에 미치는 영향에 대하여 많은 관심을 가지고 각기 자기들 나름대로 고유한 식사나 특별식을 섭취하는 예가 적지 않다. 이러한 관습적인 식사방법은 그 의도는 좋으나 실질적으로 운동수행에 미치는 영향에 대하여는 과학적인 뒷받침이 결여되어 있는 경우가 많으므로 선수들의 운동능력을 최대로 증진 시킬 수 있는 과학적인 영양관리가 요청된다(이명천 등, 2000).

옥타코사놀(octacosanol)은 고분자물질(high-molecular-weight)로 소맥 배아유와 미강유, 사탕수수, 그 외에 사과 및 포도의 껍질에 극소량 존재하는 물질로서 철새 이동의 에너지원으로 알려져 있다. 옥타코사놀의 효과를 좀 더 구체적으로 언급해보면, 근 글리코겐 저장능력 증가(Kim et al, 2003)와 근력 및 근지구력을 향상시키며(고정재 등, 1999; 박기문 등, 1999), 심장질환자(CAD)의 최대 산소섭취량 증가로 인해 지구성 능력의 향상을 나타내어 (Stusser et al, 1998), 운동 영양 보조 물질로 많이 이용되고 있다. 또한 단기간의 옥타코사놀 섭취는 단거리 육상선수의 신체 조성 중 근육량 증가로 인해 등속성 근력 증가를 나타냈다(소인철 등, 2005).

등속성 근력 증가에 효과가 있는 또 다른 물질로는 BCAA(Branched-Chain Amino Acids)가 있는데 leuine과 isoleucine 및 valine을 통칭하는 아미노산으로 대부분의 아미노산들이 간에서 이용되는 것과 대조적으로 주로 골격근에서 산화되는 아미노산으로(Wagenmakers et al, 1992) 운동 중 근육에서 에너지원으로 가장 많이 이용되는 아미노산으로 알려져 있다(양윤권, 2007).

##### 나. 운동선수용 혼합미(곡)의 조합

운동선수용 혼합미(곡)의 조합 결정을 위하여 경기력 향상에 필요한 영양성분이 다량 함유되어 있는 곡물을 탐색한 후(표3-1-19), 경기력 향상을 위한 영양성분으로 결사슬아미노산(BCAA)과 옥타코사놀에 중점을 두었으며 두 성분의 함량을 조절하여 조합을 정하였다.

옥타코사놀의 경우 보통 곡류의 배아 부분에 많이 함유되어 있으므로 밀과 옥수수 배아를 원료로 사용하였다. 또한 한국영양학회에서 제시한 한국인영양섭취기준의 식품영양가표를 통하여 곡류 중 결사슬아미노산의 함량이 많은 곡물을 검색한 결과 노란콩 등의 두류와 땅콩 등 종실류에 많이 함유되어 있는 것으로 나타났다. 따라서 대두(노란콩)와 땅콩을 원료로 사용하였다.

또한 비타민 무기질 등이 백미에 비해 풍부하게 함유되어 있는 보리와 거대배아현미, 통밀 등을 사용하였다.

표 3-1-19. 운동선수용 혼합미(곡) 기본 곡물 영양성분 조성

	곡물종류 (100g)	에너지 (Kcal)	탄수화물 (g)	단백질 (g)	지방 (g)	식이 섬유 (g)	루틴 (mg)	이소 루틴 (mg)	발린 (mg)
1	통밀 <sup>1)</sup>	366	66.6	15.4	4.2	8.9	1.92	1.06	1.60
2	거대배아 현미 <sup>1)</sup>	365	81.7	6.7	1.3	7.0	2.79	1.41	2.27
3	찰보리 <sup>2)</sup>	352	77.6	10.3	1.1	9.2	654	223	354
4	노란콩 <sup>2)</sup>	400	25.7	36.2	17.8	17.1	2308	1509	1557
5	땅콩 <sup>2)</sup>	534	17.0	24.8	45.2	7.74	1689	943	1059
6	밀배아 <sup>2)</sup>	247	47.0	27.9	9.7	14.3	1800	960	1500

<sup>1)</sup> 전북대학교 바이오식품연구센터, 당노혼합미(곡) 물리화학적 특성, 기능성분 분석 보고서, 2009

<sup>2)</sup> 한국영양학회, 식품영양가표, 2005.

운동선수용 혼합미(곡)의 경우 식사대용인 밥이 아닌 편의식품 중 쿠키 형태로 제조를 하므로 각 잡곡의 구성을 쿠키 형태가 가능한 잡곡들로 구성하였다.

조합은 기본적으로 노란콩, 땅콩, 배아(옥수수, 밀) 30%는 동일하게 적용하고 나머지 주요 탄수화물 식품으로 통밀, 찰보리, 거대배아현미, 혼합 곡류(쌀보리, 현미, 메조) 70%로 구성하여 조합을 정하였다(표3-1-20).

표 3-1-20. 운동선수용 혼합미(곡) 조합

	곡물종류	합량
편의식품 개발을 위한 운동선수용 혼합미(곡) 1	통밀	70
	노란콩	10
	땅콩	10
	밀배아	10
	합계	100
편의식품 개발을 위한 운동선수용 혼합미(곡) 2	찰보리	70
	노란콩	10
	땅콩	10
	옥수수배아	10
	합계	100
편의식품 개발을 위한운동선수용 혼합미(곡) 3	거대배아현미	70
	노란콩	10
	땅콩	10
	밀배아	10
	합계	100
편의식품 개발을 위한 운동선수용 혼합미(곡) 4	쌀보리	25
	현미(넵쌀)	25
	메조(좁쌀)	20
	노란콩	10
	땅콩	10
	밀배아	10
	합계	100

## 5. 당뇨병환자용 편의식품(죽)

### 가. 당뇨병환자들의 죽 섭취 실태 조사

당뇨환자의 죽 섭취 실태 조사자의 일반 사항은 표 3-1-21과 같다.

총 29명의 조사대상자 중 남자는 4명(13.8%), 여자는 25명(86.2%)이었다. 대부분의 대상자가 50대 이상이었으며 당뇨병 유병 기간은 10-19년이 12명(41.4%)으로 가장 많았다.

표 3-1-21. 조사대상자의 일반적 사항

		N(%)
조사대상자의 일반적 사항		
성별	남	4(13.8)
	여	25(86.2)
연령	40세 - 50세	0(0.0)
	51세 - 60세	7(24.1)
	61세 - 70세	10(34.5)
	70세 이상	11(37.9)
	무응답	1(3.4)
당뇨유병기간	10년 미만	8(27.6)
	10년 - 19년	12(41.4)
	20년 - 29년	4(13.8)
	30년 이상	1(3.4)
	무응답	4(13.8)
합계		29(100.0)

표3-1-22는 당뇨병환자들이 섭취하고 있는 죽에 대한 설문 조사 결과이다.

당뇨환자들이 가장 많이 섭취하는 것으로 조사된 죽은 기타 곡물죽으로 나타났으며 그 종류로는 깨죽, 버섯죽, 잣죽 등이었다. 기타곡물 죽 다음으로 섭취율이 높은 것은 전복죽이다. 전복죽의 경우 섭취자의 75%가 제품을 구매하여 섭취하는 반면, 기타 곡물죽은 섭취자의 81.8%가 직접 조리하여 먹는다고 응답하였다. 죽에 사용하는 쌀은 응답자 중 10명(55.6%)이 멥쌀을 넣어 먹는다고 응답하였으며 찰쌀의 비율은 16.7%, 기타 곡물은 27.8%로 나타났다. 저혈당 관리에 도움을 주는 죽이 개발 된다면 섭취하겠냐는 질문에 '섭취하겠다'라고 응답한 대상자는 53.6%로 나타났다.

표 3-1-22. 당뇨병환자의 죽 섭취 실태

N(%)

		당뇨환자의 죽 섭취실태		
		남	여	합계
흰 죽의 섭취 여부	직접 조리	1(25.0)	3(12.0)	4(13.8)
	제품 구매	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)
	외식	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)
	안 먹는다	3(75.0)	22(88.0)	25(86.2)
	무응답	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)
흰죽 섭취 횟수	년 4회 이하	0	1(33.3)	1(25.0)
	년 5-8회	0	0	0
	년 9-12회	0	1(33.3)	1(25.0)
	년 13회 이상	1(100.0)	1(33.3)	2(50.0)
	무응답	0	0	0
팥죽의 섭취 여부	직접 조리	0	4(16.0)	4(13.0)
	제품 구매	0	2(8.0)	2(6.9)
	외식	0	1(4.0)	1(3.4)
	안 먹는다	4(100.0)	18(72.0)	22(75.9)
	무응답	0	0	0
팥죽 섭취 횟수	년 4회 이하	0	6(85.7)	6(85.7)
	년 5-8회	0	0	0
	년 9-12회	0	1(14.3)	1(14.3)
	년 13회 이상	0	0	0
	무응답	0	0	0
호박죽의 섭취 여부	직접 조리	1(25.0)	2(8.0)	3(10.3)
	제품 구매	0	1(4.0)	1(3.4)
	외식	0	0	0
	안 먹는다	3(75.0)	22(88.0)	25(86.2)
	무응답	0	0	0
호박죽 섭취 횟수	년 4회 이하	0	3(75.0)	3(75.0)
	년 5-8회	0	0	0
	년 9-12회	1(100.0)	0	1(25.0)
	년 13회 이상	0	0	0
	무응답	0	0	0
기타 곡물 죽의 섭취 여부	직접 조리	1(25.0)	8(32.0)	9(31.0)
	제품 구매	1(25.0)	1(4.0)	2(6.9)
	외식	0	0	0
	안 먹는다	2(50.0)	16(64.0)	18(62.1)
	무응답	0	0	0
기타 곡물 죽 섭취 횟수	년 4회 이하	1(50.0)	3(33.3)	4(36.4)
	년 5-8회	0	0	0
	년 9-12회	1(50.0)	2(22.2)	3(27.3)
	년 13회 이상	0	3(33.3)	3(27.3)
	기타	0	1(11.1)	1(9.1)
		4(100.0)	25(100.0)	29(100.0)



표 3-1-22. 당뇨병환자의 죽 섭취 실태 (계속)

N(%)

		당뇨환자의 죽 섭취실태		
		남	여	합계
야채죽의 섭취 여부	직접 조리	0	3(12.0)	3(10.3)
	제품 구매	0	0	0
	외식	0	0	0
	안 먹는다	4(100.0)	22(88.0)	26(89.7)
	무응답	0	0	0
야채죽 섭취 횟수	년 4회 이하	0	3(100.0)	3(100.0)
	년 5-8회	0	0	0
	년 9-12회	0	0	0
	년 13회 이상	0	0	0
	무응답	0	0	0
전복죽의 섭취 여부	직접 조리	0	2(8.0)	2(6.9)
	제품 구매	0	6(24.0)	6(20.7)
	외식	0	0	0
	안 먹는다	4(100.0)	17(68.0)	21(72.4)
	무응답	0	0	0
전복죽 섭취 횟수	년 4회 이하	0	6(75.0)	6(75.0)
	년 5-8회	0	1(12.5)	1(12.5)
	년 9-12회	0	0	0
	년 13회 이상	0	1(12.5)	1(12.5)
	무응답	0	0	0
바지락 죽 섭취 여부	직접 조리	0	0	0
	제품 구매	1(25.0)	1(4.0)	2(6.9)
	외식	0	0	0
	안 먹는다	3(75.0)	24(96.0)	27(93.1)
	무응답	0	0	0
바지락 죽 섭취 횟수	년 4회 이하	1(100.0)	1(100.0)	2(100.0)
	년 5-8회	0	0	0
	년 9-12회	0	0	0
	년 13회 이상	0	0	0
	무응답	0	0	0
닭죽의 섭취 여부	직접 조리	0	2(8.0)	2(6.9)
	제품 구매	0	0	0
	외식	0	1(4.0)	1(3.4)
	안 먹는다	4(100.0)	22(88.0)	26(89.7)
	무응답	0	0	0
닭죽 섭취 횟수	년 4회 이하	0	1(33.3)	1(33.3)
	년 5-8회	0	2(66.7)	2(66.7)
	년 9-12회	0	0	0
	년 13회 이상	0	0	0
	기타	0	0	0
		4(100.0)	25(100.0)	29(100.0)

표 3-1-22. 당뇨병환자의 죽 섭취 실태(계속)

N(%)

		당뇨환자의 죽 섭취실태		
		남	여	합계
기타 혼합죽의 섭취 여부	직접 조리	0	0	0
	제품 구매	0	1(4.0)	1(3.4)
	외식	0	0	0
	안 먹는다	4(100.0)	24(96.0)	28(96.6)
	무응답	0	0	0
기타 혼합죽 섭취 횟수	년 4회 이하	0	1(100.0)	1(100.0)
	년 5-8회	0	0	0
	년 9-12회	0	0	0
	년 13회 이상	0	0	0
	무응답	0	0	0
죽에 사용하는 쌀의 비율	멥쌀 100%	1(50.0)	9(56.3)	10(55.6)
	찰쌀 100%	1(50.0)	2(12.5)	3(16.7)
	기타	0	5(31.3)	5(27.8)
	무응답	0	0	0
저혈당 개발 죽의 섭취 여부	자주 섭취	1(25.0)	7(29.2)	8(28.6)
	가끔 섭취	1(25.0)	6(25.0)	7(25.0)
	잘 모르겠다	2(50.0)	8(33.3)	10(35.7)
	섭취하지 않겠다	0	3(10.7)	3(10.7)
	무응답	0	0	0
		4(100.0)	25(100.0)	29(100.0)

**나. 당뇨병환자용 편의식품(죽)의 관능검사 결과**

당뇨환자용 편의식품(죽)의 예비 관능검사를 위하여 선정된 3가지 시료의 곡물 구성 조합은 표 3-1-23과 같다.

곡물의 조합은 탄수화물 함량이 낮으면서 혈당지수(Glycemic index)가 낮은 곡물들로 구성하였으며, 곡물의 전처리 상태에 따라 조합의 차이를 두었다. 당뇨죽 1은 메밀을 제외한 곡물인 대두와 찰보리를 분쇄과정을 거쳐 가루상태에서 죽으로 조리하였으며, 당뇨죽 2는 모든 원료곡을 분쇄시키지 않고 입자 크기를 되도록 크게 하였으며, 당뇨죽 3은 대두를 볶음 처리하여 분쇄시키고 찰보리 역시 가루상태로 조리하였다. 메밀과 땅콩은 분쇄과정을 거치지 않고 통 곡물상태로 사용하였다.

이렇게 구성된 3가지 시료의 1차 관능검사 결과는 표3-1-24와 같다. 가루 상태가 아닌 통곡상태로 만든 당뇨죽 2가 대부분의 항목에서 가장 높은 점수를 받았다. 또한 당뇨죽 1이 겉모양과 맛 항목에서 당뇨죽 3에 비해 더 높은 점수를 받았으나 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았다.

따라서 맛에서 좋은 점수를 받은 당뇨죽 1과 당뇨죽2를 가지고 2차 관능검사를 실시하였다(표3-1-25). 관능검사 결과 당뇨죽 2가 당뇨죽 1에 비해 냄새, 맛 항목에서는 더 높은 점수를 얻었고 겉모양, 죽의 농도, 색깔 항목에서는 점수가 낮았으나 유의적인 차이는 나타나지 않았다. 이에 최종적으로 맛에서 좋은 점수를 받은 당뇨죽2를 당뇨죽 조합으로 최종 선정하였다.

표 3-1-23. 당뇨병환자의 편의식품(죽)의 1차 조합

곡물		구성 비율(%)	곡물		구성 비율(%)	곡물		구성 비율(%)
당뇨 죽 1	대두(가루)	25	당뇨 죽 2	대두(노란콩)	45	당뇨 죽 3	대두(볶은것)	20
	찰보리(가루)	15		찰보리(할매)	25		찰보리(가루)	15
	통메밀	60		메밀	15		통메밀	60
				녹두	10		땅콩	5
				땅콩	5			
합계		100	합계		100	합계		100

표 3-1-24. 당뇨병환자의 편의식품(죽)의 1차 관능검사 결과

N=6	당뇨죽1	당뇨죽2	당뇨죽3	P-Value
겉모양	<b>2.67±0.82</b>	2.50±0.55	2.50±0.55	0.878
냄새	2.67±0.82	<b>3.50±0.55</b>	2.83±0.41	0.075
색깔	2.50±0.54	<b>2.67±0.82</b>	2.67±0.82	0.904
죽의 농도	2.50±0.84	2.67±0.82	<b>3.00±0.89</b>	0.595
씹힘성	3.00±0.63	3.00±0.89	<b>3.17±0.75</b>	0.911
맛	2.83±0.75	<b>3.17±0.75</b>	2.50±0.55	0.278

표 3-1-25. 당뇨병환자용 편의식품(죽)의 2차 관능검사 결과

				M±SD
N=6	당뇨죽1	당뇨죽2	P-Value	
겉모양	<b>3.57±0.37</b>	2.86±0.26	0.280	
냄새	3.57±0.98	<b>4.00±0.58</b>	0.089	
색깔	<b>3.43±0.98</b>	3.14±0.69	0.280	
죽의 농도	<b>3.71±0.76</b>	3.14±0.69	0.583	
씹힘성	3.57±0.53	3.57±0.79	0.469	
맛	3.43±0.98	<b>4.00±0.58</b>	0.089	

다. 당뇨병환자용 편의식품(죽)을 위한 최종 조합 선정

당뇨환자용 편의식품 (죽) 제조를 위하여 최종 선정된 곡물 조합은 표3-1-26과 같다.

죽은 조리 특성상 입자가 작고 물을 넣어 가열하여 만드는 식품으로 입자가 큰 식품이나 통곡 상태로 섭취하였을 때와 비교하면 소화 흡수 속도가 빠르므로 혈당 상승이 빠르다(Jennie B.M. et al, 2002). 따라서 당뇨병환자용 편의식품의 조합은 일반적으로 혈당지수(Glycemic Index)가 낮은 곡물들을 선정하여 구성하였으며, 최종 선정된 당뇨죽 조합은 임상시험 시료로 사용하였다.

표 3-1-26. 당뇨병환자용 편의식품(죽)의 조합

곡물		구성 비율 (%)	혈당지수(GI)
당뇨죽	대두(노란콩)	45	18
	찰보리(할맥)	50	43
	메밀	15	54
	녹두	10	31
	땅콩	5	14
합계		100	

## 2 절. 혼합미(곡)의 영양성분, 기능성 성분, 이화학적 특성 및 취반특성

### 1. 재료 및 방법

#### 가. 시료

본 실험에서 사용한 시료는 2009년 주관기관에서 선정된 12종의 곡물들로 표 3-2-1과 같다.

#### 표 3-2-1. 혼합미(곡)

쌀	거대배아미엿쌀, 거대배아발아현미엿쌀 (젓산갈슌+글루탐산), 거대배아발아현미찹쌀 (젓산갈슌+글루탐산), 백미엿쌀, 흑미엿쌀,
잡곡류	쌀보리(누른 것), 통밀, 호두(미국산)
두류	강낭콩, 강낭콩(팽화), 서목태, 서목태(팽화),

#### 나. 팽화 및 볶음 처리

두류(강낭콩과 서목태)의 물리적 특성과 관능성 개선을 위하여 팽화와 볶음처리를 하였다. 팽화는 두류 2 kg을 팽화기를 이용하여 3 kg/cm<sup>2</sup>(4 min), 4 kg/cm<sup>2</sup>(5 min) 및 5.5 kg/cm<sup>2</sup>(6 min)의 압력으로 처리하였으며 볶음은 볶음 스텔(신흥기계)을 이용하여 200℃의 온도에서 2분, 4분, 6분 및 8분으로 볶음 처리하였다.

#### 다. 배합

본 실험에서 사용한 당노혼합미(곡)와 수험생혼합미(곡) 배합은 주관기관에서 의뢰한 배합비를 사용하였으며 그 배합비는 표 3-2-2와 3-2-3과 같다.

당노혼합미(곡)과 수험생혼합미(곡) 대조군으로 사용된 곡물은 주관기관에서 공급받은 것을 이용하였다.

표 3-2-2. 각종 곡류를 이용한 당뇨 혼합미(곡) 배합비

시료	실험군 (g)	대조군 (g)	
		대조군 1 (당현곡 <sup>1)</sup> )	대조군 2 (백미)
흑미(멥쌀)	1		
거대배아미(멥쌀)	55		
거대배아현미(발아(멥쌀) (젓산칼슘+글루탐산))	14		
서목태(팽화)	17		
강남콩(팽화)	4		
쌀보리(압맥)	5		
통밀	4		
백미(멥쌀)		67	100
백미(참쌀)		6	
찰보리		8	
쌀보리(누른 것)		6	
현미(참쌀)		6	
흑미(참쌀)		2	
서리태(팽화)		5	
합 계	100	100	100

1) 당뇨환자들이 현재 먹고 있는 곡류 조합

표 3-2-3. 각종 곡류를 이용한 수험생 혼합미(곡) 배합비

시료	실험군 (g)	대조군 (g)
		수현곡 <sup>1)</sup>
거대배아미(멥쌀)	40	
거대배아현미(발아(멥쌀) (젓산칼슘+글루탐산))	34	
일반현미(발아(참쌀) (젓산칼슘+글루탐산))	22	
멥쌀흑미	4	
강남콩(팽화)	15	
호두(미국산)	5	
백미(멥쌀)		105
백미(참쌀)		9.4
쌀보리(누른 것)		1.4
현미(참쌀)		1.4
수수(참쌀)		1.4
흑미(참쌀)		1.4
합 계	120	120

1) 수험생들이 현재 먹고 있는 곡류 조합

## 라. 제분

제분은 roll mill(Single type stainless roller, Shinpoong Eng. Ltd., Gwangju, Gyeonggi, Korea)을 이용하여 두류(6회 제분), 쌀 및 잡곡류(3회)를 제분하여 300 mesh sieve로 체질하였다. 제조된 시료는  $-20^{\circ}\text{C}$ 의 deep freezer에서 보관하면서 실험을 실시하였다.

## 마. 영양성분 및 기능성 성분 분석

### (1) 일반성분(수분, 조단백, 조지방 및 조회분)

일반성분 분석은 AOAC법(AOAC, 1990)에 준하여 실시하였다. 수분은 상압가열건조법, 조회분은 직접회화법, 조단백은 Micro-Kjeldahl법으로 측정하였다. 탄수화물의 양은 수분, 조회분, 조지방 및 조단백의 값을 뺀 것을 나타내었다.

### (2) 아밀로스

아밀로스 함량은 Williams 등의 방법(Williams PC et al, 1970)을 응용하여 측정하였다. 아밀로스 함량은 쌀가루 400 mg (dry matter basis)을 0.5 N KOH 용액 10 mL에 분산시키고 증류수를 가하여 100 mL로 정용하였다. 희석용액 10 mL를 취하여 0.1 N HCl 5 mL와 iodine 용액(0.2 g  $\text{I}_2$  + 2.0 g KI/100 mL D.W.) 0.5 mL를 혼합하고 증류수를 가하여 50 mL로 정용하고 실온에서 20분 동안 방치한 후 680 nm에서 흡광도를 측정하였다.

### (3) 무기질

무기질 중 Na, K, Cu, Zn, Fe, Ca, Mg은 시료(3 g)에  $\text{HNO}_3$ (30 mL)을 첨가하여  $\text{HNO}_3$  용액이 맑은 암적색이 나타날 때까지 분해하였다. 분해액을 여과(Whatman No. 4)하여 50 mL로 정용한 여액을 원자흡광분광광도계(Solaar-M5, Thermo elemental Co., England)로 측정하였다. P은 몰리브덴청 비색법에 따라서 분광광도계(UV-1601, Shimadzu Co., Japan)로 650 nm에서 측정하였다. Cr은 시료(0.5 g)를 microwaving 처리를 하여 25 mL로 정용하여 ICP로 분석하였다.

### (4) 유리 아미노산

유리 아미노산은 시료(1 g)에 70% EtOH(50 mL)을 첨가하여 microwaving extractor(MARS-Xtraction, USA)로 추출( $80^{\circ}\text{C}$ , 15 min)하였다. 70% EtOH(50 mL)을 첨가하여 동일된 조건에서 재추출 하였다. 추출용액은 감압농축하여 에탄올을 제거하고 diethyl ether(20 mL)을 가하여 분액깔때기를 이용하여 EtOH층을 분리하여 감압농축 하였다. 농축액을 0.2 N sample dilution buffer(pH 2.2)로 용해하여 PVDF syringe filter( $0.45\mu\text{m}$ )로 여과하여 아미노산 자동분석장치(S-4300, Sykam Co., Germany)로 분석하였다.

### (5) 유리당 및 유기산

유리당과 유기산은 시료(4 g)에 80% EtOH(20 mL)을 가하여 진탕(1 hr)한 다음 원심분리( $3000\times g$ , 10 min)하고, 상등액을 취하여 정용(20 mL)하였다. 추출 용액은 여과(Syringe filter,  $0.25\mu\text{m}$ )한 다음 분석시료로 사용하였다. 유리당의 분석조건은 LC(Shimadzu system), detector(RID-10A, refractive index detector), column(NH2P-50 4E,  $4.6\times 250\text{mm}$ , Shodex

Asahipak), column Temp.(35°C), mobile phase(Acetonitrile/Water 75:25(v/v)), flow rate(1.0 ml/min)이었고 유기산의 분석조건은 LC(Shimadzu system), detector(SPD-10A, UV-VIS detector, 210nm), column(SH1821, 8.0×300mm, Shodex Asahipak), column Temp.(50°C), mobile phase(5mM H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), flow rate(1.0 ml/min)이었다.

#### (6) 지방산 및 비타민

지방산은 지질을 methyl ester화 시킨 후 gas chromatography system으로 분석하였다. 추출한 지질(0.2 g)에 0.5 N NaOH/methanol 용액(5 mL)을 넣고 5분간 water bath에서 가수분해 시킨 후 14% BF<sub>3</sub>-methanol 용액(5 mL)를 가하여 2분간 가열하여 methyl ester화 시킨 다음 n-heptane으로 추출하여 무수 Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>4</sub>로 건조하고 지방산 분석용으로 사용하였다. 분석조건은 GC(G-1530, Agilent technology Co., USA), detector(FID, flame ionization detector), column(HP-Innowax, 30×0.32 mm, film thickness 0.25 µm), column Temp.(initial: 150°C for 1 min, increase 3°C/min to 230°C from 1 min to 10 min), injection Temp.(250°C), detector Temp.(260°C), carrier gas(N<sub>2</sub>), split ratio(1:10)이었다.

비타민은 식품공전의 미량영양성분 시험법(한국식품공업협회, 2008)으로 분석하였다.

#### (7) 안토시아닌, total phenolics 및 total flavonoids 분석

Anthocyanin은 김 등(Kim SL et al, 2000)의 방법으로 분석하였다. 시료 10g(dry matter basis)을 500 mL 삼각 플라스크에 넣고 1% HCL이 함유한 methanol 200 mL를 가해 shaking incubator(20°C, 150 rpm)에서 15시간 추출 후 감압 농축하여 10 mL로 정용하였다. 추출액을 syringe filter(PVDF, 0.2 µm)로 여과하여 주입하였다. HPLC는 Futecs NSG-Series(Futecs Co. Ltd. Daedeok, Daejeon, Korea)를 이용하였고, 검출은 UV detector로 530 nm, 컬럼은 GROM-SIL 120 ODS-5 ST column(250 mm × 4.6 mm ID, Futecs Co. Ltd. Daedeok, Daejeon, Korea), 컬럼 온도는 35°C, 이동상은 water : acetonitrile : acetone : phosphoric acid mixture(81.7 : 8.4 : 8.4 : 1.5, v/v), 유속은 1.0 mL/min이었고, 표준물질은 Cyanidin 3-O-β-glucopyranoside, Cyanidin 3-O-(6"-O-α-rhamnopyranosyl)-β-glucopyranoside, Peonidin 3-O-β-glucopyranoside, Pelargonidin 3-O-β-glucopyranoside를 사용하였다.

Total phenolics는 Dewanto 등의 방법(Dewanto et al, 2002)을 응용하였고 total flavonoids는 Jia 등의 방법(Jia,Z et al, 1999)을 응용하였다. Total phenolic compound 함량은 추출물(0.1 mL)에 Folin-ciocalteu's phenol reagent(5 mL)을 첨가하여 1분간 반응시킨 다음 5% Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>(3 mL)을 첨가하였다. 암소에서 1시간 동안 반응시켜 725 nm(UV-1650PC, Shimadzu Co., Kyoto, Japan)에서 측정하였으며 표준물질로는 trans-sinapic acid를 이용하였다. Total flavonoid 함량은 추출물(500 µL)에 5% NaNO<sub>2</sub>(75 µL)를 첨가하여 상온에서 5분간 반응시킨 다음 10% AlCl<sub>3</sub>(150 µL)을 첨가하였다. 1 M NaOH(0.5 mL)와 증류수(275 µL)를 첨가하여 510 nm(UV-1650PC, Shimadzu Co., Kyoto, Japan)에서 측정하였으며 표준물질로는 (±)-Catechin을 이용하였다.

#### (8) β-glucan 및 dietary fiber 분석

β-glucan 함량은 Megazyme β-glucan assay kit(Megazyme Pty, Ltd, Australia)를 이용하여 McCleary와 Glennie-Holmes의 방법(McCleary BY et al, 1985)으로 측정하였다. β-glucan 추



출은 시료(0.5 g)에 50% EtOH(5 mL)를 첨가하고 가열(100°C, 5 min)하였다. 50% EtOH(5 mL)를 첨가하여 vortex을 이용하여 교반하고 원심분리(1000×g, 10min)하여 상등액을 제거하는 과정을 2회 실행하여 남은 잔사를 얻었다. 잔사에 20mM sodium phosphate buffer(pH 6.5)를 첨가(5mL)하고 가열(100°C, 5 min)한 후에 증류수(5 mL)를 첨가하고 water bath에서 냉각(4 0°C, 5 min)하였다. Lichenase 효소용액(0.2 mL, 10 Units)을 첨가하여 반응(40°C, 1 hr)시킨 후에 증류수로 정용(30 mL)하여 원심분리(1000×g, 10min)하여 얻은 상등액을 β-glucan 추출물로 이용하였다. β-glucan 추출물(0.1 mL)에 β-glucosidase 효소용액(0.1 mL, 2 U/mL, pH 4.0)을 넣고 반응(40°C, 15 min)시킨 후에 glucose Oxidase/Peroxidase/3-2-Amino-antipyrine 시약(GOPOD, 3 mL)을 첨가하여 반응(40°C, 20 min)시킨 후에 분광광도계(UV-1601, Shimadzu Co., Japan)를 이용하여 510 nm에서 흡광도를 측정하였다. β-glucan 함량은 glucose 표준 용액(100 µg/0.1 mL)을 이용하여 계산하였다.

식이섬유는 식이섬유 분석용 Kit(TDF 100A, Sigma Chemical Co. USA)를 이용하여 Prosky 등(Prosky L et al, 1998)의 방법으로 측정하였다. 시료(1 g)에 α-amylase, protease 및 glucosidase의 처리를 하여 전분과 단백질을 제거한 후 여과시킨 후 남아있는 잔사만 회수하여 불용성 식이섬유(IDF) 분석에 사용하였으며 여과된 양은 95% EtOH을 4 volume하여 침전된 잔사를 여과시킨 후 남아있는 잔사를 회수하여 수용성 식이섬유(SDF) 분석에 사용하였다. 여과하여 남은 잔사는 95% EtOH, 75% EtOH 및 acetone으로 세척하여 oven에서 건조시켜 잔사의 중량을 구했다. 잔사의 중량에서 단백질과 회분의 양을 뺀 중량을 IDF와 SDF 중량으로 하였으며 총 식이섬유 함량(TDF)은 불용성 식이섬유(IDF)와 수용성 식이섬유(SDF)의 합으로 계산하였다.

#### 마. α-glucosidase 저해 활성

α-glucosidase 저해 활성은 권 등의 방법(Kwon GJ et al, 2007)으로 측정하였으며 시료(4 g)에 80% EtOH(20 mL)을 가하여 진탕(1 hr)한 다음 원심분리(3000×g, 10 min)하고, 상등액을 취하여 정용(20 mL)하여 분석시료로 사용하였다. 추출된 시료(20 µL)에 α-glucosidase(25 mg/mL, 50 µL), 3-2-NPG(0.9133 mg/mL, 50 µL) 및 0.5 M phosphate buffer(pH 6.7, 120 µL)를 혼합하여 5 min동안 반응시켰다. 혼합물을 37°C에서 1시간동안 반응시킨 다음 0.67 M Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>(50 µL)을 첨가하여 반응을 중지시키고 405 nm에서 흡광도를 측정하였다. 대조군은 80% 에탄올을 사용하였다.

#### 사. 이화학적 특성

##### (1) 곡립의 수분흡수속도상수

시료 3.5 g(dry matter basis)를 25 mL의 증류수에 넣고 water bath에서 수침(25°C)하여 일정 시간별로 꺼내 여과지(Whatman No. 4)위에 굴리어 표면수를 제거하였다. 수침 후 무게증가량을 측정하였다. Becker의 확산방정식( $M - M_0 = k_0 \times t^{-1/2}$ )을 이용하여 수분흡수속도( $k_0$ )를 계산하였다. 이때 M은 침지 후 수분의 증가량(g H<sub>2</sub>O/g dry matter), M<sub>0</sub>는 초기 수분함량(g H<sub>2</sub>O/g dry matter), t는 수침시간(min)이다.

##### (2) 색도

색도는 색차계(SP-80, Tokyo Denshoku, Japan)를 이용하여 혼합미(곡) 곡립과 가루의

L(Lightness), a(+: redness, -: greeness), b(+: yellowness, -: blueness)값을 측정하였다.

### (3) 곡립의 외형적 특성

곡립의 외형적 특성(n=50개)은 길이(length) 폭(width) 및 두께(thickness)는 caliper로 측정하였고, 무게는 전자저울을 이용하였다. 곡립의 부피는 아래의 식을 이용하여 구하였다.

$$V = 4/3\pi ab^2$$

이때 a는 곡립의 길이(mm), b는 곡립의 폭이고, V는 부피(mm<sup>3</sup>)이다.

### (4) 경도

경도는 texture analyser(TA-XT2i, Stable Micro system Co. Ltd., Surrey, UK)를 이용하여 측정하였다. 분석조건은 return to start mode에서 load cell; 5 kg, deformation rate 60%, speed; 1.0 mm/sec, pre test speed; 2.0 mm/sec, post test speed; 5.0 mm/sec 및 cylinder probe(part No. P/25, diameter 25.0 mm)이었다.

### (5) 수분용해지수와 수분흡수지수

수분용해지수(water solubility index, WSI)와 수분흡수지수(water absorption index, WAI)는 Anderson의 방법(Anderson, 1982)을 응용하여 측정하였다. 쌀가루 2.5 g(dry matter basis)을 증류수 30 mL가 들어있는 원심관(50 mL)에 넣고 잘 혼합하여 실온에서 30분간 반응시킨 후 원심분리(3,000 rpm, 10 min) 하였다. 미리 함량을 구한 수기에 상등액을 넣어 건조하여 얻은 고형분량을 시료(2.5 g)에 대한 백분율로 WSI를 구하였으며 침전물의 무게를 측정하여 WAI를 구하였다.

$$WSI (\%) = \frac{B}{A} \times 100$$

$$WAI (g/g) = \frac{C}{A \times (100 - WSI)} \times 100$$

이때 A는 시료의 무게(g), B는 건조된 고형분의 무게(g), C는 침전물의 무게(g)이다.

### 아. 호화특성

호화특성은 RVA(RVA-4, Newport Scientific Pty. Ltd., Warriewood, Australia)를 이용하여 측정하였다. 시료 3.5 g(dry matter basis)을 증류수 25 mL에 첨가하여 잘 혼합한 다음 0-1.0 min은 50℃ 유지, 1.0~4.8 min은 95℃까지 가열, 4.8~7.3 min은 95℃ 유지, 7.3~11.01 min은 50℃까지 냉각, 11.01~12.05 min은 50℃를 유지하면서 점도(RVU)를 측정하였다. 호화특성은 peak viscosity, trough, final viscosity, pasting temperature, peak time, break down, setback으로 표시하였다.

### 자. 혼합미(곡) 밥의 취반특성

#### (1) 취반된 곡립과 혼합미(곡) 밥의 제조

원료 및 혼합미(곡)밥의 제조는 지름이 38mm이고 높이가 66mm인 고정 틀에 시료 10g에 시료 무게의 1.3, 1.5, 1.85, 2.0, 2.3배가 되도록 물을 가하여 10분간 상온에서 불린 후 취반/보온

겸용 전기 압력 밥솥(CRP-HEST1010FI, Korea)으로 취반하였다.

### (2) 취반 곡립과 혼합미(곡) 밥의 물리적 특성

색도는 취반 후 밥을 상온에서 6시간 방치 후 잘 섞어서 콩을 빼고(콩이 위부분에 뭉쳐 있어서) 10g을 취하여 cell에 넣어 color difference meter(Color Techno system Co. Ltd., Japan)로 3회 측정하여 L(명도), a(적녹도), b(황청도)값을 구하였다.

경도는 물의 첨가량에 달리하여 취반된 시료를 10분간 상온에서 식힌 후 40℃의 water bath에서 온도와 습도를 유지하며 Rheometer(COMPAC-100II, Sun Scientific Co., Ltd., Japan)에 올려놓은 후 측정하였다. Probe(cylindrical type)의 직경은 20mm이었고, 측정조건은 최대힘을 10kg으로 하였고 table speed는 100mm/min, 진입깊이는 20mm이었으며, 3회 반복하여 측정하였다.

### (3) 혼합미(곡) 밥의 관능평가

혼합미(곡) 밥의 제조는 당료혼합미(곡)과 수험생혼합미(곡)의 레시피를 이용하였으며 당료혼합미(곡)은 가수량(1.3~1.5배)과 물리적 처리(팽화와 볶음처리)한 서목태에 따른 관능평가, 수험생혼합미(곡)은 팽화 처리한 강낭콩에 따른 관능평가를 실시하였다. 평가항목은 외관(색), 구수한 향, 감칠맛, 조직감 및 전반적인 기호도이었다. 혼합미(곡) 밥의 제조는 시료 50g을 씻은 후 10분 동안 상온에서 불린 후, 유리병(지름 50mm, 높이 112mm)에 넣고 물을 첨가하여 비등석이 깔린 전기 압력 밥솥(CRP-HEST1010FI, Korea, CUCKOO)에 넣고 제조하였다.

## 2. 연구결과

### 가. 일반성분 및 아밀로스 함량 분석

혼합미(곡)과 열처리(볶음처리와 팽화처리)한 강낭콩과 서목태의 일반성분 및 아밀로스 함량의 결과는 표 3-2-4~3-2-6과 그림 3-2-1~3-2-3과 같다.

호두를 제외한 모든 시료들의 수분함량은 7% 이상이었으며, 조단백은 서목태(팽화)가 45.03%로 가장 높았다. 조지방은 호두가 28.21%로 가장 높았으며 조회분은 서목태(팽화)가 5.68%로 가장 높았다. 호두를 제외한 모든 시료는 60%이상의 탄수화물을 함유하였다. 볶음처리와 팽화처리 시 강낭콩과 서목태의 일반성분 중 수분함량은 일정한 감소를 보였으나 다른 일반성분 함량은 일정한 경향을 보이지 않았다.

아밀로스 함량은 쌀보리(누른 것)와 당노대조균(백미)이 약 30~36%로 시료 중 가장 높았으나, 서목태(팽화)와 호두는 측정되지 않았다. 혼합미(곡)중에서 일반현미발아찹쌀(젓산칼슘+글루탐산)의 아밀로스함량은 1.43%로 매우 낮았다.

볶음처리에 따른 강낭콩의 아밀로스 함량은 시간이 증가할수록 증가하는 경향을 보였으며 볶지 않은 강낭콩의 아밀로스 함량이 7.58%에서 볶음 8분후에는 아밀로스 함량이 약 12.90%로 증가하였다. 그러나 서목태는 볶음처리 후에도 아밀로스 함량은 검출되지 않았다.

팽화 처리한 강낭콩의 아밀로스 함량도 시간이 증가할수록 증가하는 경향을 보였으며 볶음처리보다 팽화처리 시 아밀로스 함량이 약 3.3% 증가하였다. 팽화 처리한 서목태의 아밀로스 함량은 검출되지 않았다.

표 3-2-4. 혼합미(곡)의 일반성분

시료	수분(%)	조단백(%)	조지방(%)	조회분(%)	탄수화물(%)
당노실험군	12.15±0.04	8.93±0.18	4.82±0.78	1.47±0.08	75.03±2.36
당노대조균 (당현곡)	13.61±0.05	7.66±0.15f	4.68 ±0.51	1.64±0.13	72.41±0.76
당노대조균(백미)	13.76±0.38	8.17±0.21	3.15 ±0.30	0.38 ±0.03	74.54±0.30
수험생실험군	11.57±0.31	10.59±0.43	3.61±0.27	1.90 ±0.07	74.13±2.59
수험생대조균(수현곡)	12.65±0.05	6.83±0.09	1.88±0.43	0.93 ±0.05	78.65±0.88
거대배아미뱀쌀	13.61±0.05	7.66±0.15	4.68 ±0.51	1.64±0.13	72.41±0.76
쌀보리(누른 것)	12.29±0.17	10.08±0.04	3.36 ±0.21	0.94 ±0.13	73.33±0.28
거대배아현미발아뱀쌀 (젓산칼슘+글루탐산)	9.57±0.02	6.67±0.08	1.26±0.13	1.41±0.04	81.72±0.53
통밀	12.92±0.02	15.36±0.50	4.24±0.28	0.88±0.71	66.60±0.75
흑미뱀쌀	12.89±0.06	7.63±0.00	5.29±0.35	1.10±0.15	73.09±0.11
서목태(팽화)	7.78±0.04	45.03±1.25	22.84±0.92	5.68 ±0.14	18.67±1.59
강낭콩(팽화)	10.11±0.11	24.15±0.89	4.34±0.28	4.41 ±0.21	56.99±1.20
일반현미발아찹쌀 (젓산칼슘+글루탐산)	13.97±0.12	6.83±0.38	2.34±0.07	0.84±0.13	77.19±1.58
호두	2.99±0.15	13.50±1.04	28.21±2.91	1.57±0.14	53.82±3.31

표 3-2-5. 볶음처리한 강낭콩과 서목태의 일반성분

	볶음(min)	수분(%)	단백질(%)	지방(%)	회분(%)	탄수화물(%)
강낭콩	0	11.04±0.17	7.19±0.21	0.52±0.03	3.84±0.06	77.41±0.01
	2	9.88±0.03	11.07±1.35	0.56±0.06	4.06±0.06	74.44±1.26
	4	8.97±0.07	11.78±1.77	0.93±0.04	4.06±0.12	74.26±1.70
	6	4.94±0.10	8.37±4.05	1.19±0.02	3.76±0.07	81.75±3.97
	8	3.51±0.18	10.55±2.13	1.75±0.09	4.37±0.03	79.72±1.84
서목태	0	9.09±0.19	9.30±0.59	1.46±0.05	5.21±0.06	74.94±0.67
	2	8.49±0.36	13.06±1.01	1.42±0.19	5.82±0.07	71.20±0.40
	4	6.51±0.13	16.51±3.49	1.44±0.26	5.27±0.12	70.28±3.06
	6	4.59±0.30	10.75±0.74	1.77±0.06	5.60±0.08	77.28±0.38
	8	3.38±0.16	11.96±0.55	1.90±0.11	5.37±0.07	77.40±0.56

표 3-2-6. 팽화처리한 강낭콩과 서목태의 일반성분

	팽화(kg/cm <sup>2</sup> )	수분(%)	단백질(%)	지방(%)	회분(%)	탄수화물(%)
강낭콩	0	11.71±0.16	8.12±0.07	0.54±0.05	4.06±0.09	76.12±0.10
	3	9.31±0.01	10.32±1.11	0.95±0.01	3.95±0.19	75.47±1.17
	4	8.91±0.16	10.32±1.58	0.15±0.00	3.95±0.16	76.66±1.29
	5.5	6.97±0.04	10.46±0.42	0.44±0.03	4.66±0.16	77.47±0.37
서목태	0	9.47±0.07	9.89±0.09	1.55±0.04	5.31±0.13	73.78±0.13
	3	7.93±0.04	11.45±0.95	1.63±0.12	6.02±0.06	72.96±0.76
	4	7.48±0.01	12.26±0.34	1.85±0.05	5.06±0.06	73.34±0.30
	5.5	5.58±0.20	11.84±0.73	1.51±0.03	5.57±0.15	75.50±0.80

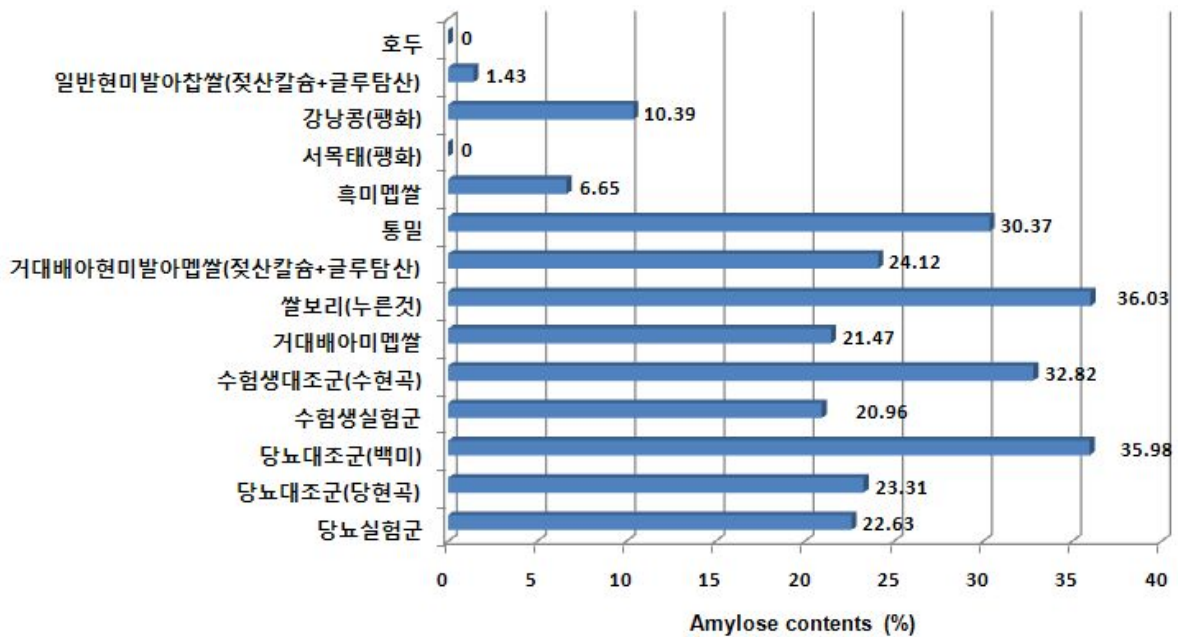


그림 3-2-1. 혼합미(곡)의 아밀로스 함량

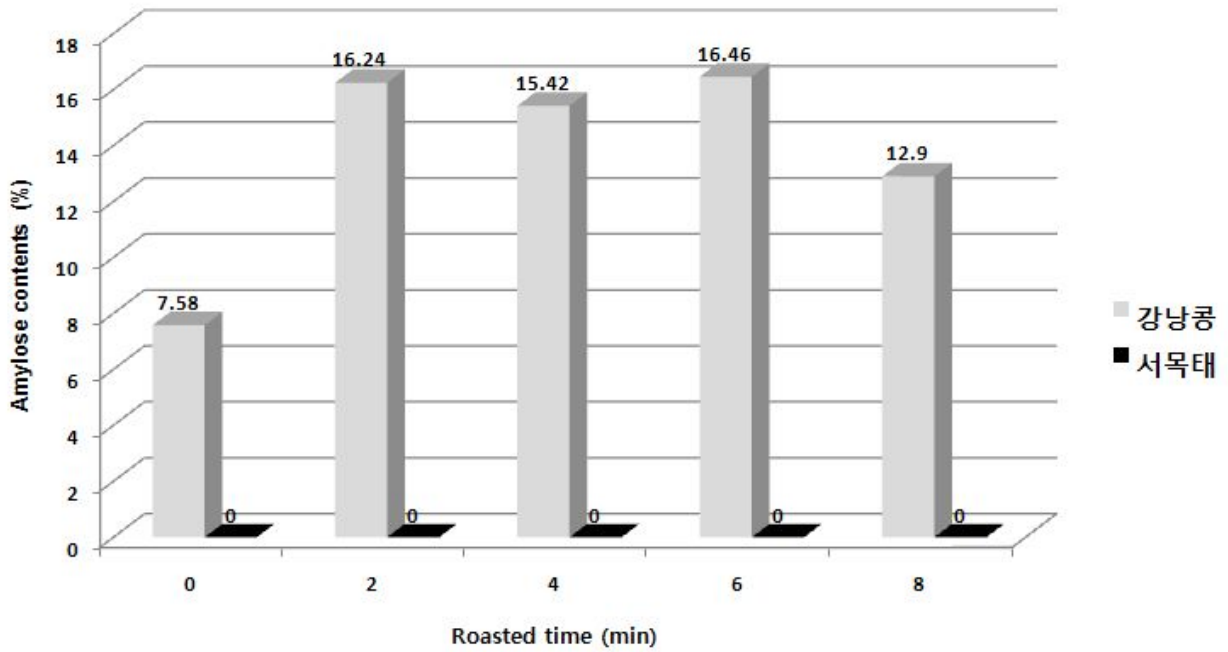


그림 3-2-2. 볶음처리한 강낭콩과 서목태의 아밀로스 함량

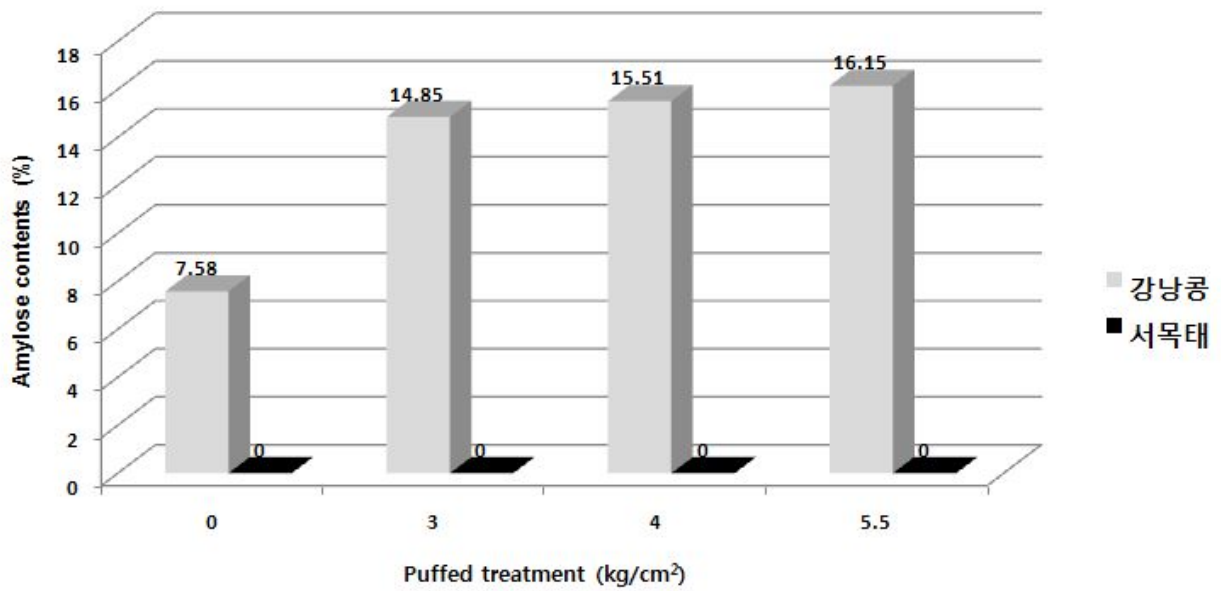


그림 3-2-3. 팽화처리한 강낭콩과 서목태의 아밀로스 함량

### 나. 무기질, 유리아미노산, 유리당, 유기산, 지방산 및 vitamin B군 분석

혼합미(곡)과 열처리(볶음처리와 팽화처리)한 강낭콩과 서목태의 무기질, 유리아미노산 및 유리당의 결과는 표 3-2-7~3-2-22와 그림 3-2-4와 같다.

혼합미(곡)중에서 서목태(팽화)가 P(560.9 mg/100g), K(783.86 mg/100g), Ca(133.96 mg/100g), Mg(165.68 mg/100g) 및 Fe(5.93 mg/100g)를 가장 많이 함유하고 있는 것으로 나타났다. 볶음처리와 팽화처리를 하면 강낭콩은 P(119.77~511.24 mg/100g와 119.77~534.06 mg/100g), Ca(56.20~158.69 mg/100g와 56.20~94.66 mg/100g) 및 Mg(101.29~247.97 mg/100g와 101.29~183.96mg/100g)가 증가하고 서목태는 P(236.67~660.07 mg/100g와 236.67~639.99 mg/100g)와 Ca(170.17~315.95 mg/100g와 170.17~221.96 mg/100g)이 증가하였다. 강낭콩과 서목태의 볶음처리(1138.29~1642.66 mg/100g, 1486.50~3566.98 mg/100g)와 팽화처리(941.74~1179.13 mg/100g, 1325.24~31533.78 mg/100g)시 주된 무기질은 K이었다. 혼합미(곡) 곡물의 Cr 함량은 강낭콩(팽화)이 87.31 g/100g으로 가장 높았으나, 흑미멥쌀이 4.26 g/100g으로 가장 낮았다.

혼합미(곡)의 vitamin B군은 일반현미발아칩쌀(젖산칼슘+글루탐산)이 5.87 mg/100g으로 가장 높았으며 주요 vitamin B는 vitamin B<sub>3</sub>인 niacin(5.44 mg/100g)이었으며, 당노대조군(백미)이 0.61 mg/100g으로 가장 낮았으며 주요 vitamin은 niacin(5.44mg/100g)이었다.

혼합미(곡)의 유리아미노산은 강낭콩(팽화)이 31.34 mg/g로 가장 높았으며, GABA의 함량도 강낭콩(팽화)이 0.13 mg/g로 가장 높았다. 강낭콩(팽화)의 주요 유리아미노산은 hydroxyproline(13.72 mg/g)이었다. GABA함량을 증가시키기 위하여 발아 또는 글루탐산을 처리한 거대배아현미발아멥쌀(젖산칼슘+글루탐산)의 GABA 함량은 0.075 mg/g으로 거대배아미멥쌀보다 약 1.7배 높았다. 수험생실험군의 biomarker인 GABA함량은 0.052 mg/g으로 수험생대조군(수현곡)보다 높은 함량을 가지고 있었다. 볶음처리와 팽화처리 시 강낭콩은 4분(26.08 mg/g와 24.62 mg/g)까지 유리아미노산 함량이 증가하다가 감소하였으나 서목태는 처리를 할수록 감소하였다.

혼합미(곡)의 유리당은 서목태(팽화)가 33.94 mg/g으로 가장 높았으며, 주요 유리당은 fructose(21.86 mg/g)로 나타났다. 유거대배아미멥쌀은 유리당이 검출되지 않았다. 볶음처리 시 강낭콩은 6분(3.94 mg/g), 서목태는 4분(15.50 mg/g)까지 증가하다가 감소하였다. 팽화처리 시 강낭콩의 유리당은 maltose만 검출되었고 5.5 kg/cm<sup>2</sup>(1.82 mg/g)가 가장 높게 나타났으며, 서목태는 3 kg/cm<sup>2</sup>(25.95 mg/g)까지는 증가하다가 감소하였다.

혼합미(곡)의 유기산은 서목태(팽화)가 21.27 mg/g로 가장 높았고, 주요 유기산은 succinic acid(7.21 mg/g)와 lactic acid(10.24 mg/g)이었다. 총유기산이 가장 낮은 것은 0.27 mg/g를 함유한 당노대조군(백미)이었다. 볶음처리와 팽화처리 시 강낭콩의 주요 유기산은 citric acid(0.94~1.70 mg/g와 0.95~1.67 mg/g)와 succinic acid(1.96~2.31 mg/g와 1.96~3.12 mg/g), 서목태는 succinic acid(5.63~6.81 mg/g와 6.27~7.29 mg/g)와 lactic acid(2.92~8.08 mg/g와 4.80~8.08 mg/g)이었으며 총유기산 함량은 강낭콩보다 서목태가 약 4배가 높게 나타났다.

혼합미(곡)의 주요 지방산 조성은 palmitic acid(C16:0), linoleic acid(C18:2n6c) 및 linoleic acid (C18:2n6c)였으며 볶음처리와 팽화처리 시에도 유사하였다.

표 3-2-7. 혼합미(곡)의 무기질 함량

시료	무기질 함량 (mg/100g)							
	P	Na	K	Cu	Zn	Fe	Ca	Mg
당노실험군	285.58±0.72	5.94±0.08	155.14±2.15	0.44±0.00	2.12±0.01	3.10±0.00	41.58±0.07	89.67±2.29
당노대조군(당현곡)	147.87±7.32	5.17±0.27	130.07±5.18	0.30±0.00	1.71±0.02	4.00±0.01	18.96±2.28	33.36±0.11
백미	91.21±0.05	3.02±0.06	75.80±3.87	0.24±0.00	1.59±0.00	3.07±0.02	6.52±0.09	16.01±0.71
수험생실험군	293.82±1.38	4.96±0.33	210.17±1.07	0.35±0.01	2.09±0.01	3.04±0.02	29.69±0.89	86.41±3.41
수험생대조군(수현곡)	88.65±0.46	6.87±0.02	46.59±1.28	0.19±0.00	1.28±0.01	2.18±0.00	6.59±0.47	13.70±0.65
거대배아미엿쌀	217.93±0.72	3.22±0.08	118.31±2.95	0.24±0.00	1.46±0.04	1.65±0.01	9.59±0.30	64.14±2.06
쌀보리(누른 것)	154.13±5.55	4.98±0.13	166.31±0.91	0.29±0.00	1.29±0.01	2.93±0.02	21.32±0.68	40.44±1.10
거대배아현미발아엿쌀 (젓산칼슘+글루탐산)	231.86±0.27	6.06±0.06	87.89±1.47	0.30±0.00	1.88±0.00	2.44±0.01	24.49±0.02	79.47±2.17
통밀	174.03±16.95	5.12±0.31	137.43±3.84	0.26±0.01	1.74±0.00	4.23±0.03	18.57±0.45	42.29±1.79
흑미엿쌀	179.90±4.33	4.74±0.70	186.00±0.54	0.28±0.01	1.68±0.00	2.58±0.01	13.39±1.58	77.08±3.21
서목태(팽화)	560.90±0.68	2.97±0.16	783.86±0.01	1.17±0.01	4.03±0.01	5.93±0.01	133.96±0.90	165.68±2.80
강낭콩(팽화)	436.05±0.14	3.08±0.22	464.99±2.54	0.62±0.01	3.17±0.01	5.63±0.00	47.98±0.98	113.67±2.11
일반현미발아찹쌀 (젓산칼슘+글루탐산)	250.79±1.09	9.72±0.02	118.07±1.89	0.18±0.01	1.84±0.00	2.55±0.00	22.06±0.61	79.15±3.09
호두	360.32±10.51	3.25±0.28	206.73±0.36	0.80±0.00	2.12±0.01	3.44±0.00	64.56±1.18	113.77±3.32

표 3-2-8. 볶음처리한 강낭콩과 서목태의 무기질 함량

볶음 (min)	무기질 함량 (mg/100g)								
	P	Na	K	Cu	Zn	Fe	Ca	Mg	
강낭콩	0	119.77±1.12	21.50±0.46	1138.29±10.57	0.46±0.01	2.67±0.01	18.27±0.04	56.20±0.32	101.29±0.11
	2	172.14±1.79	26.63±0.61	1416.30±6.91	2.08±0.01	5.19±0.04	12.86±0.02	125.68±1.52	203.55±1.59
	4	475.31±4.36	18.61±0.36	1200.39±13.16	1.60±0.00	3.73±0.03	8.60±0.08	158.69±86.93	226.73±1.87
	6	450.20±3.07	14.82±0.44	1217.36±6.01	1.59±0.00	3.82±0.06	8.74±0.03	128.39±0.78	216.19±0.90
	8	511.24±2.38	24.57±0.57	1642.66±5.76	2.33±0.00	4.37±0.06	9.42±0.04	119.67±1.65	247.97±2.24
서목태	0	236.67±3.95	32.44±0.64	1486.50±2.48	1.02±0.00	4.94±0.06	13.74±0.01	170.17±1.94	179.69±0.76
	2	578.55±5.31	15.97±0.64	1475.18±7.27	0.74±0.00	5.81±0.00	11.44±0.06	216.48±6.36	152.60±0.46
	4	602.02±9.69	12.76±0.60	1176.90±18.03	0.64±0.01	5.17±0.04	11.99±0.01	200.16±2.71	151.32±0.08
	6	660.07±3.78	12.52±0.52	1910.40±16.04	0.69±0.00	5.98±0.05	11.60±0.09	242.14±6.70	167.34±0.18
	8	592.40±6.70	14.39±1.02	3566.98±13.10	0.68±0.00	5.93±0.03	12.51±0.03	315.95±10.09	163.62±0.65

표 3-2-9. 팽화처리한 강낭콩과 서목태의 무기질 함량

팽화 (kg/cm <sup>2</sup> )	무기질 함량 (mg/100g)								
	P	Na	K	Cu	Zn	Fe	Ca	Mg	
강낭콩	0	119.77±1.12	21.50±0.46	1138.29±10.57	0.46±0.01	2.67±0.01	18.27±0.04	56.20±0.32	101.29±0.11
	3	481.33±3.75	20.91±0.81	962.65±10.11	1.65±0.02	3.84±0.02	34.44±0.54	78.75±1.01	228.14±1.98
	4	454.64±17.27	11.61±0.38	941.74±4.73	1.03±0.00	3.59±0.03	12.45±0.05	76.66±0.48	151.17±0.56
	5.5	534.06±8.08	20.27±0.57	1179.13±8.70	1.09±0.00	4.01±0.07	9.48±0.05	94.66±1.59	183.96±0.70
서목태	0	236.67±3.95	32.44±0.64	1486.50±2.48	1.02±0.00	4.94±0.06	13.74±0.01	170.17±1.94	179.69±0.76
	3	600.46±5.77	11.63±0.91	1533.78±14.67	0.70±0.00	5.65±0.04	13.36±0.12	214.34±6.96	149.02±0.69
	4	639.99±4.59	12.62±0.70	1325.24±11.47	0.96±0.00	5.08±0.03	13.18±0.07	193.35±2.38	207.27±0.95
	5.5	590.15±8.20	13.79±0.73	1502.77±4.60	0.93±0.00	5.53±0.08	13.07±0.10	221.96±1.31	205.54±0.28



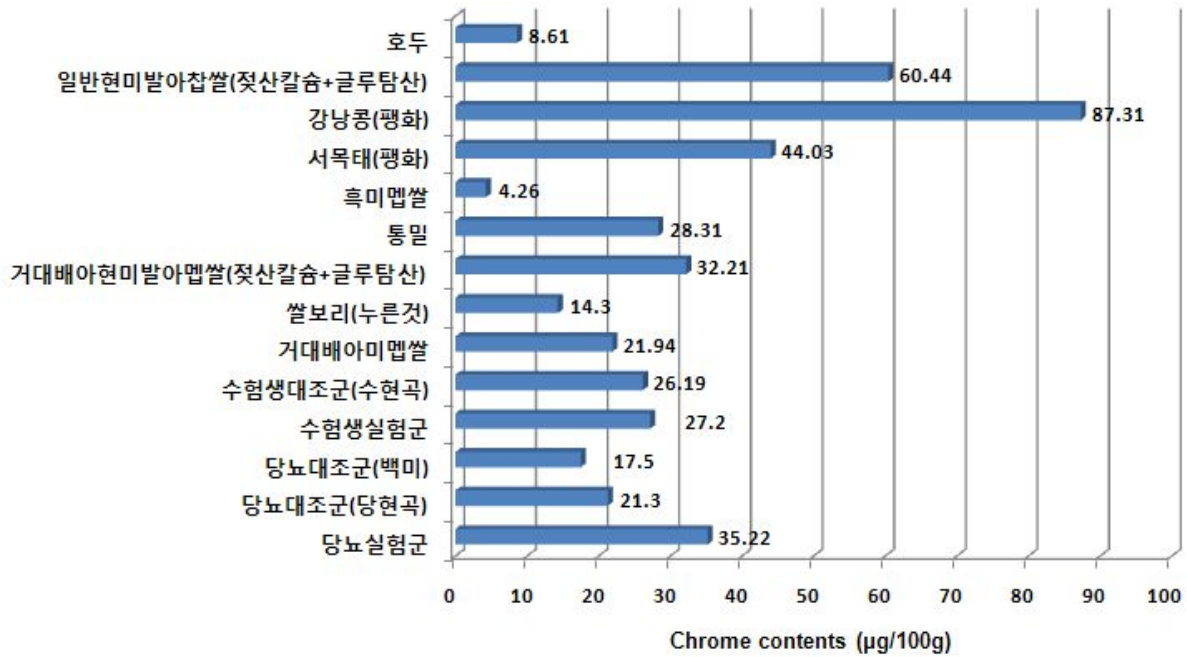


그림 3-2-4. 혼합미(곡)의 크롬 함량

표 3-2-10. 혼합미(곡)의 vitamin B군 함량

시료	Vitamin B군 함량 (mg/100g)				
	B <sub>1</sub> (Thiamin)	B <sub>2</sub> (Riboflavin)	B <sub>3</sub> (Niacin)	B <sub>6</sub> (Pyridoxine)	Total
당뇨실험군	0.12	0.21	1.95	0.09	2.37
당뇨대조군(당현곡)	0.08	0.19	0.04	1.01	1.32
당뇨대조군(백미)	0.06	0.17	0.35	0.03	0.61
수험생실험군	0.15	0.18	2.76	0.08	3.17
수험생대조군(수현곡)	ND	0.17	0.29	0.03	0.49
거대배아미멥쌀	0.08	0.19	0.47	0.07	0.81
쌀보리 (누른 것)	0.16	ND	2.30	0.04	2.50
거대배아현미발아멥쌀 (젖산칼슘+글루탐산)	0.20	0.17	2.88	0.06	3.31
통밀	0.21	0.18	5.21	0.09	5.69
흑미멥쌀	0.07	0.20	0.80	0.07	1.14
서목태(팽화)	ND	0.17	3.84	0.06	4.07
강낭콩(팽화)	ND	0.17	2.92	0.09	3.18
일반현미발아찹쌀 (젖산칼슘+글루탐산)	0.17	0.19	5.44	0.07	5.87
호두	0.53	0.20	1.15	0.07	1.95

표 3-2-11. 혼합미(곡)의 유리아미노산 함량

Component	유리아미노산 함량 (mg/g)						
	당뇨 실험군	당뇨 대조군 (당현곡)	백미	수험생 실험군	수험생 대조군 (수현곡)	거대배아미 탐찰	쌀보리 (누른 것)
Phosphoserine	0.0120	0.0037	0.0028	0.0019	0.0022	0.0038	0.0056
Taurine	0.0105	0.0023	0.0012	0.0022	0.0021	0.0037	0.0067
Phosphoethanolamine	0.0038	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Urea	0.8518	ND	ND	0.5745	ND	ND	ND
Aspartic Acid	0.1028	0.0527	0.0278	0.0173	0.0183	0.0186	0.1110
Hydroxyproline	0.4440	ND	ND	0.4002	ND	ND	ND
Threonine	0.0140	0.0052	0.0057	0.0043	0.0017	0.0060	0.0120
Serine	0.0283	0.0132	0.0160	0.0060	0.0081	0.0167	0.0147
Asparagine	0.1580	0.0609	0.0465	0.0351	0.0226	0.0434	0.1179
Glutamic Acid	0.1411	0.0579	0.0481	0.0454	0.0259	0.0312	0.0761
α-Aminoadipic Acid	0.0163	0.0010	ND	0.0129	ND	ND	0.0002
Proline	0.0128	0.0071	0.0089	0.0213	ND	0.0104	0.0138
Glycine	0.0259	0.0084	0.0104	0.0059	0.0034	0.0104	0.0152
Alanine	0.1004	0.0298	0.0398	0.0179	0.0121	0.0530	0.0457
Citrulline	0.0055	ND	ND	ND	ND	ND	ND
α-Aminobutyric Acid	0.0242	0.0063	ND	ND	ND	ND	ND
Valine	0.0192	0.0261	0.0090	0.0096	0.0017	0.0069	0.0196
Cystine	0.0198	ND	ND	0.0202	ND	ND	0.0013
Methionine	0.0071	0.0009	ND	0.0007	ND	ND	0.0023
Isoleucine	0.0127	0.0038	0.0031	0.0032	0.0011	0.0038	0.0102
Leucine	0.0176	0.0051	0.0040	0.0054	0.0015	0.0056	0.0172
Tyrosine	0.0172	0.0056	0.0036	0.0036	0.0021	0.0060	0.0180
Phenylalanine	0.0275	0.0089	0.0031	0.0064	0.0012	0.0038	0.0201
β-Alanine	0.0193	0.0026	ND	ND	ND	ND	0.0036
β-Aminoisobutyric Acid	0.0144	0.0020	ND	ND	ND	ND	0.0104
γ-Aminobutyric Acid	0.0552	0.0192	0.0125	0.0527	0.0084	0.0446	0.0378
Histidine	0.0366	0.0073	0.0030	0.0067	0.0013	0.0032	0.0105
3-Methylhistidine	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
3-2-Methylhistidine	0.0009	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Tryptophane	ND	ND	0.0497	ND	ND	ND	ND
Carnosine	0.1019	0.0262	0.0037	0.0097	0.0030	0.0059	0.0525
Ornithin	0.0022	0.0007	0.0015	0.0006	0.0003	0.0004	0.0018
Lysine	0.0161	0.0073	0.0055	0.0068	0.0044	0.0068	0.0163
Ammonia	0.0555	0.0338	0.0185	0.0322	0.0055	0.0067	0.0400
Arginine	0.4235	0.0727	0.0092	0.0282	0.0036	0.0085	0.0172
Total	2.7981	0.4707	0.3335	1.3310	0.1303	0.2994	0.6978

표 3-2-11. 혼합미(곡)의 유리아미노산 함량 (계속)

Component	유리아미노산 함량 (mg/g)						
	거대배아 현미발아뎀쌀 (젓산칼슘+글루탐산)	통밀	흑미 뎀쌀	서목태 (팽화)	강낭콩 (팽화)	일반현미 발아잡쌀 (젓산칼슘+글루탐산)	호두
Phosphoserine	0.0029	0.0035	0.0104	0.0353	0.0311	0.0035	0.0004
Taurine	0.0009	0.0065	0.0042	0.0094	0.0207	ND	0.0006
Phosphoethanolamine	ND	ND	ND	ND	0.0060	ND	ND
Urea	ND	ND	ND	ND	11.9623	ND	0.0256
Aspartic Acid	0.0149	0.0262	0.0370	0.3799	0.4209	0.0405	0.0033
Hydroxyproline	ND	ND	0.0004	ND	13.7224	ND	0.0096
Threonine	0.0205	0.0110	0.0041	0.0287	0.0595	0.0305	0.0009
Serine	0.0193	0.0126	0.0147	0.0502	0.0695	0.0359	0.0007
Asparagine	0.0318	0.1027	0.1313	0.3353	0.7438	0.0894	0.0014
Glutamic Acid	0.0207	0.0302	0.0688	0.3960	1.0551	0.0962	0.0220
a-Amino adipic Acid	ND	ND	ND	0.0878	0.3891	ND	ND
Proline	0.0181	0.0295	0.0145	0.0533	0.6688	0.0391	ND
Glycine	0.0177	0.0210	0.0101	0.0456	0.0924	0.0311	0.0010
Alanine	0.0377	0.0464	0.0317	0.1851	0.2809	0.0843	0.0036
Citrulline	0.0023	ND	ND	ND	ND	ND	ND
a-Aminobutyric Acid	ND	ND	ND	ND	0.0073	ND	ND
Valine	0.0227	0.0192	ND	0.4356	0.0721	0.0409	0.0023
Cystine	0.0016	ND	ND	ND	0.0151	0.0035	ND
Methionine	0.0004	ND	ND	0.0051	0.0110	0.0044	ND
Isoleucine	0.0141	0.0106	0.0026	0.0291	0.0362	0.0224	0.0008
Leucine	0.0279	0.0160	0.0026	0.0331	0.0719	0.0479	0.0007
Tyrosine	0.0200	0.0138	0.0044	0.0398	0.0562	0.0356	0.0008
Phenylalanine	0.0190	0.0138	0.0038	0.0734	0.1010	0.0316	0.0003
b-Alanine	ND	0.0021	ND	0.0610	0.0435	0.0005	ND
b-Aminoisobutyric Acid	0.0026	0.0051	ND	0.0188	0.0390	0.0098	ND
r-Aminobutyric Acid	0.0750	0.0253	0.0075	0.0505	0.1264	0.0501	0.0014
Histidine	0.0114	0.0061	0.0035	0.0788	0.1570	0.0179	0.0009
3-Methylhistidine	ND	ND	ND	ND	0.0009	ND	ND
3-2-Methylhistidine	ND	ND	ND	0.0030	0.0018	ND	ND
Tryptophane	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Carnosine	0.0097	0.0785	0.0164	0.2833	0.2188	0.0197	0.0043
Ornithin	0.0057	ND	ND	0.0071	0.0047	0.0061	ND
Lysine	0.0189	0.0130	0.0065	0.0382	0.0383	0.0344	0.0018
Ammonia	0.1056	0.0243	0.0078	0.1024	0.1421	0.0426	0.0094
Arginine	0.0325	0.0213	0.0102	0.9728	0.6718	0.0539	0.0053
Total	0.5539	0.5387	0.3925	3.8387	31.3374	0.8719	0.0973

표 3-2-12. 볶음처리한 강낭콩과 서목태의 유리아미노산 함량

Component	유리아미노산 함량 (mg/g)				
	강낭콩				
	0 min	2 min	4 min	6 min	8 min
Phosphoserine	0.0282±0.0002	0.0392±0.0000	0.0381±0.0005	0.0284±0.0007	0.0266±0.0001
Taurine	0.0169±0.0001	0.0205±0.0006	0.0292±0.0003	0.0237±0.0005	0.0150±0.0001
Phosphoethanolamine	0.0043±0.0001	ND	0.0242±0.0008	0.0213±0.0017	ND
Urea	5.4726±0.0228	6.9204±0.4527	7.5133±0.0097	5.5638±0.0475	3.7518±0.0029
Aspartic Acid	0.3937±0.0009	0.6185±0.0059	0.5509±0.0040	0.4307±0.0040	0.3765±0.0000
Hydroxyproline	12.1476±0.0598	15.8389±0.0930	13.1037±0.0655	8.9748±0.0830	5.9298±0.0004
Threonine	0.0247±0.0001	0.0313±0.0029	0.0272±0.0002	0.0231±0.0010	0.0197±0.0000
Serine	0.0391±0.0005	0.0499±0.0049	0.0371±0.0002	0.0293±0.0007	0.0256±0.0000
Asparagine	0.6610±0.0043	0.8528±0.0104	0.7613±0.0083	0.5613±0.0071	0.4510±0.0001
Glutamic Acid	0.8149±0.0037	1.0543±0.0079	0.9088±0.0046	0.6982±0.0030	0.5196±0.0001
α-Amino adipic Acid	0.1565±0.0009	0.1486±0.0005	0.2737±0.0048	0.4557±0.0003	0.6544±0.0001
Proline	0.4819±0.0063	0.6254±0.0175	0.5699±0.0155	0.4583±0.0018	0.3760±0.0002
Glycine	0.0450±0.0001	0.0619±0.0002	0.0629±0.0001	0.0599±0.0002	0.0587±0.0000
Alanine	0.1566±0.0004	0.1874±0.0006	0.1716±0.0002	0.1426±0.0025	0.1419±0.0000
Citrulline	ND	ND	ND	ND	ND
α-Aminobutyric Acid	0.0046±0.0002	0.0065±0.0002	0.0082±0.0027	0.0073±0.0001	0.0074±0.0000
Valine	0.2168±0.0041	0.3440±0.0070	0.2700±0.0014	0.1709±0.0000	0.1157±0.0000
Cystine	0.4118±0.0052	0.5169±0.0045	0.4748±0.0096	0.4063±0.0208	0.4003±0.0001
Methionine	0.0109±0.0006	0.0137±0.0006	0.0155±0.0002	0.0200±0.0000	0.0248±0.0001
Isoleucine	0.0200±0.0011	0.0277±0.0009	0.0238±0.0001	0.0208±0.0000	0.0164±0.0001
Leucine	0.0325±0.0019	0.0385±0.0002	0.0434±0.0000	0.0572±0.0002	0.0775±0.0001
Tyrosine	0.0301±0.0015	0.0352±0.0031	0.0344±0.0011	0.0288±0.0001	0.0231±0.0001
Phenylalanine	0.0717±0.0008	0.0720±0.0012	0.0604±0.0002	0.0477±0.0011	0.0402±0.0001
β-Alanine	0.0182±0.0039	0.0279±0.0038	0.0240±0.0001	0.0188±0.0006	0.0193±0.0004
β-Aminoisobutyric Acid	0.0190±0.0022	0.0176±0.0034	0.0155±0.0001	0.0093±0.0031	ND
γ-Aminobutyric Acid	0.0177±0.0004	0.0155±0.0002	0.0136±0.0004	0.0104±0.0005	0.0104±0.0001
Histidine	0.1061±0.0010	0.1146±0.0017	0.0954±0.0014	0.0675±0.0010	0.0555±0.0001
3-Methylhistidine	0.0006±0.0001	0.0011±0.0002	0.0010±0.0001	0.0011±0.0006	0.0004±0.0001
3-2-Methylhistidine	0.0013±0.0002	0.0028±0.0002	0.0017±0.0005	0.0021±0.0005	0.0012±0.0001
Tryptophane	ND	ND	ND	ND	ND
Carnosine	0.1571±0.0004	0.1529±0.0056	0.1365±0.0004	0.1247±0.0017	0.1142±0.0001
Ornithin	0.0029±0.0005	0.0045±0.0000	0.0044±0.0006	0.0041±0.0018	0.0023±0.0001
Lysine	0.0286±0.0010	0.0352±0.0006	0.0310±0.0004	0.0232±0.0012	0.0198±0.0001
Ammonia	0.1123±0.0009	0.1023±0.0026	0.1446±0.0017	0.1431±0.0008	0.2221±0.0000
Arginine	0.4417±0.0071	0.5761±0.0128	0.6126±0.0008	0.4276±0.0060	0.4112±0.0001
Total	22.1471±2.2064	28.5539±2.8642	26.0825±2.4947	19.0619±1.7404	13.9085±1.1548

표 3-2-12. 볶음처리한 강낭콩과 서목태의 유리아미노산 함량 (계속)

Component	유리아미노산 함량 (mg/g)				
	서목태				
	0 min	2 min	4 min	6 min	8 min
Phosphoserine	0.0433±0.0011	0.0397±0.0006	0.0398±0.0000	0.0522±0.0020	0.0435±0.0014
Taurine	0.0142±0.0001	0.3277±0.3096	0.0184±0.0000	0.0198±0.0009	0.0186±0.0003
Phosphoethanolamine	ND	ND	ND	ND	ND
Urea	ND	ND	ND	ND	ND
Aspartic Acid	0.4356±0.0018	0.3986±0.0011	0.3652±0.0000	0.4138±0.0065	0.3205±0.0050
Hydroxyproline	ND	ND	ND	ND	ND
Threonine	0.0249±0.0002	0.0226±0.0000	0.0208±0.0000	0.0263±0.0057	0.0164±0.0006
Serine	0.0544±0.0000	0.0491±0.0004	0.0408±0.0000	0.0476±0.0030	0.0330±0.0006
Asparagine	0.4577±0.0121	0.5082±0.0089	0.3820±0.0001	0.3972±0.0039	0.2519±0.0022
Glutamic Acid	0.3785±0.0047	0.3811±0.0015	0.2984±0.0000	0.2628±0.0081	0.1473±0.0015
α-Amino adipic Acid	0.0764±0.0004	0.0663±0.0005	0.0533±0.0001	0.0514±0.0011	0.0368±0.0007
Proline	0.0435±0.0054	0.0572±0.0071	0.0463±0.0001	0.0463±0.0030	0.0365±0.0061
Glycine	0.0431±0.0011	0.0474±0.0006	0.0436±0.0000	0.0449±0.0014	0.0324±0.0004
Alanine	0.2019±0.0000	0.2151±0.0018	0.1881±0.0000	0.2171±0.0021	0.1688±0.0002
Citrulline	0.0151±0.0010	0.0195±0.0002	0.0156±0.0000	0.0123±0.0041	ND
α-Aminobutyric Acid	0.1397±0.0010	0.1488±0.0032	0.1207±0.0000	0.0866±0.0067	0.0323±0.0035
Valine	0.5307±0.0016	0.4816±0.0029	0.3532±0.0000	0.2637±0.0089	0.1396±0.0045
Cystine	ND	ND	ND	ND	ND
Methionine	0.0362±0.0002	0.0320±0.0000	0.0276±0.0000	0.0341±0.0006	0.0261±0.0008
Isoleucine	0.0293±0.0004	0.0286±0.0002	0.0265±0.0000	0.0270±0.0009	0.0181±0.0003
Leucine	0.0350±0.0004	0.0355±0.0008	0.0307±0.0000	0.0324±0.0007	0.0249±0.0002
Tyrosine	0.0381±0.0010	0.0493±0.0007	0.0870±0.0000	0.1256±0.0040	0.1086±0.0012
Phenylalanine	0.0905±0.0013	0.0943±0.0001	0.1071±0.0000	0.1333±0.0043	0.1051±0.0014
β-Alanine	0.0725±0.0004	0.0565±0.0036	0.0593±0.0003	0.0609±0.0038	0.0479±0.0036
β-Aminoisobutyric Acid	0.1416±0.0045	0.0727±0.0016	0.0199±0.0003	0.0122±0.0074	0.0217±0.0001
γ-Aminobutyric Acid	0.0565±0.0001	0.0552±0.0004	0.0471±0.0001	0.0483±0.0008	0.0321±0.0017
Histidine	0.1380±0.0001	0.1053±0.0006	0.0816±0.0000	0.0778±0.0014	0.0453±0.0000
3-Methylhistidine	ND	ND	ND	ND	ND
3-2-Methylhistidine	0.0033±0.0007	0.0026±0.0004	0.0021±0.0001	0.0019±0.0001	ND
Tryptophane	ND	ND	ND	ND	ND
Carnosine	0.4251±0.0017	0.3961±0.0003	0.3233±0.0001	0.2969±0.0078	0.2033±0.0032
Ornithin	0.0050±0.0011	0.0042±0.0005	0.0069±0.0000	0.0078±0.0044	0.0050±0.0036
Lysine	0.0440±0.0009	0.0400±0.0019	0.0379±0.0000	0.0393±0.0019	0.0302±0.0010
Ammonia	0.0953±0.0007	0.1697±0.0034	0.2216±0.0000	0.3453±0.0032	0.4138±0.0036
Arginine	1.5523±0.0432	1.2412±0.0010	1.1143±0.0001	1.3148±0.0258	0.8836±0.0266
Total	5.2216±0.2861	5.1462±0.2421	4.1790±0.2091	4.5000±0.2391	3.2433±0.1688

표 3-2-13. 팽화처리한 강낭콩과 서목태의 유리아미노산 함량

Component	유리아미노산 함량 (mg/g)			
	강낭콩			
	0 kg/cm <sup>2</sup>	2 kg/cm <sup>2</sup>	4 kg/cm <sup>2</sup>	6 kg/cm <sup>2</sup>
Phosphoserine	0.0282±0.0002	0.0365±0.0010	0.0353±0.0001	0.0344±0.0003
Taurine	0.0169±0.0001	0.0283±0.0007	0.0203±0.0001	0.0270±0.0007
Phosphoethanolamine	0.0043±0.0001	0.0201±0.0034	0.0047±0.0003	0.0285±0.0029
Urea	5.4726±0.0228	8.0371±0.0633	7.6414±0.0049	4.2388±0.0478
Aspartic Acid	0.3937±0.0009	0.5347±0.0038	0.5570±0.0001	0.4949±0.0019
Hydroxyproline	12.1476±0.0598	11.8546±0.0528	11.3536±0.0007	5.1521±0.0039
Threonine	0.0247±0.0001	0.0291±0.0018	0.0310±0.0001	0.0241±0.0000
Serine	0.0391±0.0005	0.0370±0.0021	0.0392±0.0001	0.0241±0.0010
Asparagine	0.6610±0.0043	0.7567±0.0025	0.7692±0.0002	0.5480±0.0072
Glutamic Acid	0.8149±0.0037	0.8840±0.0059	0.9281±0.0001	0.6627±0.0006
α-Amino adipic Acid	0.1565±0.0009	0.4111±0.0047	0.4153±0.0001	0.9860±0.0003
Proline	0.4819±0.0063	0.5181±0.0181	0.4657±0.0004	0.4252±0.0014
Glycine	0.0450±0.0001	0.0677±0.0002	0.0749±0.0000	0.0759±0.0001
Alanine	0.1566±0.0004	0.1677±0.0030	0.1826±0.0001	0.1702±0.0014
Citrulline	ND	ND	ND	ND
α-Aminobutyric Acid	0.0046±0.0002	0.0070±0.0001	0.0067±0.0001	0.0105±0.0003
Valine	0.2168±0.0041	0.2413±0.0020	0.2356±0.0001	0.1142±0.0005
Cystine	0.4118±0.0052	0.4727±0.0036	0.4736±0.0001	0.4728±0.0041
Methionine	0.0109±0.0006	0.0208±0.0008	0.0211±0.0001	0.0345±0.0014
Isoleucine	0.0200±0.0011	0.0212±0.0000	0.0236±0.0001	0.0192±0.0003
Leucine	0.0325±0.0019	0.0508±0.0019	0.0579±0.0001	0.1102±0.0001
Tyrosine	0.0301±0.0015	0.0356±0.0023	0.0343±0.0001	0.0258±0.0021
Phenylalanine	0.0717±0.0008	0.0616±0.0007	0.0632±0.0001	0.0474±0.0001
β-Alanine	0.0182±0.0039	0.0280±0.0018	0.0293±0.0007	0.0273±0.0007
β-Aminoisobutyric Acid	0.0190±0.0022	0.0177±0.0054	0.0138±0.0007	0.0038±0.0001
γ-Aminobutyric Acid	0.0177±0.0004	0.0158±0.0001	0.0142±0.0001	0.0107±0.0002
Histidine	0.1061±0.0010	0.1022±0.0004	0.1008±0.0001	0.0626±0.0003
3-Methylhistidine	0.0006±0.0001	0.0011±0.0002	0.0006±0.0001	0.0005±0.0000
3-2-Methylhistidine	0.0013±0.0002	0.0021±0.0003	0.0023±0.0001	0.0012±0.0000
Tryptophane	ND	ND	ND	ND
Carnosine	0.1571±0.0004	0.1511±0.0026	0.1560±0.0002	0.1414±0.0009
Ornithin	0.0029±0.0005	0.0035±0.0010	0.0066±0.0001	0.0126±0.0002
Lysine	0.0286±0.0010	0.0270±0.0008	0.0352±0.0001	0.0234±0.0009
Ammonia	0.1123±0.0009	0.1833±0.0003	0.1779±0.0001	0.3082±0.0034
Arginine	0.4417±0.0071	0.6279±0.0028	0.6524±0.0001	0.4864±0.0042
Total	22.1471±2.2064	25.4535±2.3607	24.6233±2.2554	14.8046±1.0986

표 3-2-13. 팽화처리한 강낭콩과 서목태의 유리아미노산 함량(계속)

Component	유리아미노산 함량 (mg/g)			
	서목태			
	0 kg/cm <sup>2</sup>	2 kg/cm <sup>2</sup>	4 kg/cm <sup>2</sup>	6 kg/cm <sup>2</sup>
Phosphoserine	0.0433±0.0011	0.0461±0.0005	0.0471±0.0001	0.0476±0.0001
Taurine	0.0142±0.0001	0.0184±0.0001	0.0213±0.0001	0.0202±0.0001
Phosphoethanolamine	ND	ND	ND	0.0060±0.0002
Urea	0.0000±0.0000	0.1536±0.0310	ND	ND
Aspartic Acid	0.4356±0.0018	0.4151±0.0017	0.4146±0.0000	0.3980±0.0000
Hydroxyproline	ND	0.0498±0.0498	ND	ND
Threonine	0.0249±0.0002	0.0243±0.0003	0.0249±0.0000	0.0218±0.0000
Serine	0.0544±0.0000	0.0466±0.0003	0.0469±0.0000	0.0433±0.0000
Asparagine	0.4577±0.0121	0.4627±0.0012	0.4547±0.0001	0.3932±0.0001
Glutamic Acid	0.3785±0.0047	0.3519±0.0119	0.3622±0.0001	0.2833±0.0000
α-Amino adipic Acid	0.0764±0.0004	0.0643±0.0011	0.0612±0.0001	0.0522±0.0001
Proline	0.0435±0.0054	0.0482±0.0030	0.0426±0.0002	0.0518±0.0002
Glycine	0.0431±0.0011	0.0467±0.0001	0.0473±0.0000	0.0450±0.0000
Alanine	0.2019±0.0000	0.2021±0.0022	0.2014±0.0000	0.2011±0.0000
Citrulline	0.0151±0.0010	0.0191±0.0001	ND	0.0112±0.0001
α-Aminobutyric Acid	0.1397±0.0010	0.1403±0.0009	0.1064±0.0000	0.0822±0.0000
Valine	0.5307±0.0016	0.4672±0.0062	0.4054±0.0000	0.2679±0.0000
Cystine	ND	ND	ND	ND
Methionine	0.0362±0.0002	0.0283±0.0001	0.0208±0.0001	0.0268±0.0001
Isoleucine	0.0293±0.0004	0.0286±0.0000	0.0284±0.0000	0.0241±0.0000
Leucine	0.0350±0.0004	0.0342±0.0005	0.0341±0.0000	0.0295±0.0000
Tyrosine	0.0381±0.0010	0.0622±0.0011	0.0768±0.0001	0.1292±0.0001
Phenylalanine	0.0905±0.0013	0.1020±0.0016	0.1099±0.0001	0.1293±0.0001
β-Alanine	0.0725±0.0004	0.0591±0.0082	0.0691±0.0004	0.0596±0.0003
β-Aminoisobutyric Acid	0.1416±0.0045	0.0588±0.0115	0.0286±0.0004	0.0089±0.0004
γ-Aminobutyric Acid	0.0565±0.0001	0.0574±0.0001	0.0518±0.0001	0.0438±0.0001
Histidine	0.1380±0.0001	0.1065±0.0006	0.0948±0.0001	0.0754±0.0001
3-Methylhistidine	ND	ND	ND	ND
3-2-Methylhistidine	0.0033±0.0007	0.0031±0.0000	0.0018±0.0001	0.0019±0.0001
Tryptophane	ND	ND	ND	ND
Carnosine	0.4251±0.0017	0.3709±0.0033	0.3604±0.0001	0.3171±0.0001
Ornithin	0.0050±0.0011	0.0042±0.0001	0.0041±0.0001	0.0040±0.0001
Lysine	0.0440±0.0009	0.0461±0.0002	0.0474±0.0001	0.0382±0.0000
Ammonia	0.0953±0.0007	0.1898±0.0043	0.2281±0.0000	0.3876±0.0000
Arginine	1.5523±0.0432	1.3216±0.0010	1.3936±0.0001	1.1904±0.0001
Total	5.2216±0.2861	5.0292±0.2466	4.7858±0.2572	4.3905±0.2230

표 3-2-14. 혼합미(곡)의 유리당 함량

시료	유리당 함량 (mg/g)				
	Fructose	Glucose	Sucrose	Maltose	Total
당뇨실험군	5.98±2.43	1.97±0.44	3.02±1.85	7.51±1.33	18.48±1.32
당뇨대조군(당현곡)	2.61±0.08	6.72±6.40	ND	ND	9.33±6.47
당뇨대조군(백미)	ND	ND	ND	1.24±1.10	1.24±1.10
수험생실험군	1.34±1.38	3.33±0.52	ND	ND	4.68±0.96
수험생대조군(수현곡)	ND	0.62±0.54	ND	3.09±5.35	3.71±5.64
거대배아미엿쌀	ND	ND	ND	ND	ND
쌀보리 (누른 것)	2.03±0.84	ND	ND	ND	2.03±0.84
거대배아현미발아엿쌀 (젓산칼슘+글루탐산)	ND	5.15±1.68	ND	ND	5.15±1.68
통밀	4.69±4.08	6.10±3.00	ND	ND	10.79±5.39
흑미엿쌀	ND	4.42±1.11	ND	ND	4.42±1.11
서목태(팽화)	21.86±0.84	ND	12.08±1.92	ND	33.94±2.64
강낭콩(팽화)	ND	ND	ND	3.03±3.33	3.03±3.33
일반현미발아찹쌀 (젓산칼슘+글루탐산)	0.52±0.90	5.38±1.37	3.06±5.29	5.16±4.48	14.11±5.05
호두	1.73±0.16	2.50±0.07	ND	1.17±1.71	5.40±1.63

표 3-2-15. 볶음처리한 강낭콩과 서목태의 유리당 함량

볶음 (min)	유리당 함량 (mg/g)					
	Fructose	Glucose	Sucrose	Maltose	Total	
강낭콩	0	ND	ND	ND	0.61±1.06	0.61±1.06
	2	ND	ND	ND	2.58±0.48	2.58±0.48
	4	1.83±0.73	ND	ND	1.09±0.95	2.92±5.44
	6	2.04±0.70	ND	0.72±0.27	1.18±1.05	3.94±1.77
	8	1.74±0.05	ND	ND	ND	1.74±0.05
서목태	0	ND	0.98±0.93	11.76±3.36	ND	12.74±4.29
	2	ND	ND	11.01±1.28	0.66±1.14	11.67±2.40
	4	ND	ND	14.09±1.32	1.42±1.27	15.50±1.79
	6	ND	ND	14.00±2.48	0.88±1.52	14.88±3.11
	8	ND	ND	13.14±3.13	ND	13.14±3.13

표 3-2-16. 팽화처리한 강낭콩과 서목태의 유리당 함량

팽화 (kg/cm <sup>2</sup> )	유리당 함량 (mg/g)					
	Fructose	Glucose	Sucrose	Maltose	Total	
강낭콩	0	ND	ND	ND	0.61±1.06	0.61±1.06
	3	ND	ND	ND	ND	ND
	4	ND	ND	ND	ND	ND
	5.5	ND	ND	ND	1.82±1.53	1.82±1.53
서목태	0	ND	0.98±0.93	11.76±3.36	ND	12.74±4.29
	3	ND	10.57±2.86	15.38±8.05	ND	25.95±8.87
	4	ND	2.45±2.25	11.76±1.02	ND	14.21±3.00
	5.5	ND	ND	11.80±2.28	0.24±0.42	12.04±2.52



표 3-2-17. 혼합미(곡)의 유기산 함량

시료	유기산 함량 (mg/g)						
	Citric acid	Tartaric acid	Malic acid	Succinic acid	Lactic acid	Acetic acid	Total
당뇨실험군	0.23±0.01	0.18±0.00	0.17±0.00	1.45±0.02	1.16±0.02	ND	3.20±0.04
당뇨대조군(당현곡)	0.30±0.10	0.13±0.04	0.26±0.10	0.61±0.11	0.37±0.03	ND	1.66±0.32
당뇨대조군(백미)	ND	ND	ND	ND	0.27±0.01	ND	0.27±0.01
수험생실험군	1.10±0.05	ND	ND	1.85±0.17	1.03±0.16	ND	3.98±0.38
수험생대조군(수현곡)	ND	ND	ND	ND	0.26±0.01	ND	0.26±0.01
거대배아미엿쌀	ND	ND	ND	ND	0.57±0.38	ND	0.57±0.38
쌀보리(누른 것)	0.12±0.02	ND	0.61±0.08	0.87±0.11	ND	ND	1.59±0.17
거대배아현미발아엿쌀 (젓산칼슘+글루탐산)	ND	ND	0.17±0.00	1.13±0.39	0.65±0.35	ND	1.95±0.74
통밀	0.10±0.01	ND	0.37±0.02	1.94±0.12	ND	ND	2.42±0.13
흑미엿쌀	ND	ND	0.53±0.01	0.84±0.02	0.59±0.14	ND	1.97±0.15
서목태(팽화)	1.36±0.01	0.98±0.04	0.99±0.11	7.21±0.45	10.24±0.436	0.49±0.20	21.27±1.24
강낭콩(팽화)	1.57±0.04	0.00±	0.48±0.06	2.74±0.27	0.48±0.01	ND	5.27±0.30
일반현미발아찹쌀 (젓산칼슘+글루탐산)	ND	0.00±	0.00±	2.56±0.79	1.31±0.56	ND	3.87±1.34
호두	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

표 3-2-18. 볶음처리한 강낭콩과 서목태의 유기산 함량

볶음 (min)	유기산 함량 (mg/g)							
	Citric acid	Tartaric acid	Malic acid	Succinic acid	Lactic acid	Acetic acid	Total	
강낭콩	0	0.95±0.02	ND	0.27±0.02	1.96±0.25	ND	ND	3.18±0.25
	2	1.02±0.19	ND	0.28±0.06	2.23±0.33	ND	ND	3.52±0.57
	4	0.94±0.04	ND	0.25±0.02	2.28±0.15	ND	ND	3.47±0.22
	6	1.70±0.01	ND	0.31±0.01	2.90±0.01	ND	ND	4.91±0.02
	8	1.37±0.01	ND	0.27±0.00	2.31±0.01	ND	ND	3.96±0.02
서목태	0	0.89±0.01	1.12±0.02	1.29±0.04	6.27±0.16	8.08±0.15	ND	17.65±0.37
	2	1.00±0.03	0.97±0.03	1.68±0.06	5.85±0.17	2.92±0.19	ND	12.42±0.47
	4	1.58±0.05	ND	1.16±0.05	6.81±0.25	5.10±0.28	ND	14.64±0.62
	6	1.43±0.11	ND	0.99±0.15	6.11±0.69	5.97±0.84	0.72±0.02	15.21±1.78
	8	1.56±0.03	ND	1.14±0.07	5.63±0.28	3.96±0.39	1.01±0.41	13.30±1.12

표 3-2-19. 팽화처리한 강낭콩과 서목태의 유기산 함량

팽화 (kg/cm <sup>2</sup> )	유기산 함량 (mg/g)							
	Citric acid	Tartaric acid	Malic acid	Succinic acid	Lactic acid	Acetic acid	Total	
강낭콩	0	0.95±0.02	ND	0.27±0.02	1.96±0.25	ND	ND	3.18±0.25
	3	1.67±0.13	ND	0.26±0.06	2.45±0.29	ND	ND	4.38±0.48
	4	1.43±0.01	ND	0.21±0.00	1.98±0.01	ND	ND	3.62±0.01
	5.5	1.11±0.03	ND	0.38±0.03	3.12±0.18	ND	ND	4.61±0.22
서목태	0	0.89±0.01	1.12±0.02	1.29±0.04	6.27±0.16	8.08±0.15	ND	17.65±0.37
	3	1.18±0.03	0.83±0.03	1.86±0.15	6.29±0.30	6.13±0.11	ND	16.29±0.56
	4	1.66±0.01	ND	1.49±0.33	6.72±0.05	4.80±0.18	ND	14.66±0.44
	5.5	1.86±0.20	ND	1.39±0.13	7.19±0.34	4.96±0.22	ND	15.40±0.89

표 3-2-20. 혼합미(곡)의 지방산 조성

Component	지방산 함량 (%)						
	당뇨 실험군	당뇨 대조군 (당원곡)	백미	수험생 실험군	수험생 대조군 (수원곡)	거대 배아미 랩쌀	쌀보리 (누른 것)
Butyric acid (C4:0)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Caproic acid (C6:0)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Caprylic acid (C8:0)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Capric acid (C10:0)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Undecanoic acid (C11:0)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Lauric acid (C12:0)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Tridecanoic acid (C13:0)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Myristic acid (C14:0)	0.23±0.05	ND	ND	0.29±0.15	ND	ND	ND
Myristoleic acid (C14:1)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Pentadecanoic acid (C15:0)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
<i>cis</i> -10-Pentadecenoic acid (C15:1)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Palmitic acid (C16:0)	15.28±0.18	20.40±0.65	21.20±0.21	13.18±0.18	20.13±0.21	27.35±0.26	18.11±0.25
Palmitoleic acid (C16:1)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Heptadecanoic acid (C17:0)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
<i>cis</i> -10-Heptadecenoic acid (C17:1)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Stearic acid (C18:0)	2.87±0.04	3.62±0.26	3.59±0.83	2.01±0.13	2.66±0.18	ND	ND
Elaidic acid (C18:1n9t)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Oleic acid (C18:1n9c)	26.01±0.10	27.87±0.64	37.89±0.75	24.50±0.31	38.13±0.51	13.87±0.29	45.05±0.71
Linolelaic acid (C18:2n6t)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Linoleic acid (C18:2n6c)	47.91±0.13	43.80±0.07	37.32±0.72	49.31±0.47	36.50±0.83	54.47±0.98	31.66±0.62
Arachidic acid (C20:0)	0.34±0.05	ND	ND	0.44±0.25	ND	ND	ND
<i>γ</i> -Linolenic acid (C18:3n6)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
<i>cis</i> -13-2-Eicosenoic acid (C20:1)	0.31±0.01	ND	ND	0.46±0.23	ND	ND	ND
$\alpha$ -Linolenic acid (C18:3n3)	6.26±0.09	4.31±0.11	ND	9.81±0.11	2.58±1.23	4.30±0.81	5.18±0.69
Heneicosanoic acid (C21:0)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
<i>cis</i> -11,13-2-Eicosadienoic acid (C20:2)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Behenic acid (C22:0)	0.28±0.01	ND	ND	ND	ND	ND	ND
<i>cis</i> -8,11,13-2-Eicosatrienoic acid (C20:3n6)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Erucic acid (C22:1n9)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
<i>cis</i> -11,14,17-Eicistrrienoic acid (C20:3n3)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Arachidonic acid (C20:4n6)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Tricosanoic acid (C23:0)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
<i>cis</i> -13,16-Docosadienoic acid (C22:2)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Lignoceric acid (C24:0)	0.51±0.15	ND	ND	ND	ND	ND	ND
<i>cis</i> -5,8,11,14,17-Eicosapentaenoic acid (C20:5n3)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Nervonic acid (C24:1)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
<i>cis</i> -4,7,10,13,16,19-Docosahexaenoic acid (C22:6n3)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Total	100	100	100	100	100	100	100

표 3-2-20. 혼합미(곡)의 지방산 조성(계속)

Component	지방산 함량 (%)						
	거대배아 현미발아멸쌀 (젖산칼슘+ 글루탐산)	통밀	흑미 멸쌀	서목태 (팽화)	강낭콩 (팽화)	일반현미 발아멸쌀 (젖산칼슘+ 글루탐산)	호두
Butyric acid (C4:0)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Caproic acid (C6:0)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Caprylic acid (C8:0)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Capric acid (C10:0)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Undecanoic acid (C11:0)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Lauric acid (C12:0)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Tridecanoic acid (C13:0)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Myristic acid (C14:0)	0.23±0.05	ND	ND	0.29±0.15	ND	ND	ND
Myristoleic acid (C14:1)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Pentadecanoic acid (C15:0)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
<i>cis-10-Pentadecenoic acid (C15:1)</i>	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Palmitic acid (C16:0)	15.28±0.18	20.40±0.65	21.20±0.21	13.18±0.18	20.13±0.21	27.35±0.26	18.11±0.25
Palmitoleic acid (C16:1)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Heptadecanoic acid (C17:0)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
<i>cis-10-Heptadecenoic acid (C17:1)</i>	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Stearic acid (C18:0)	2.87±0.04	3.62±0.26	3.59±0.83	2.01±0.13	2.66±0.18	ND	ND
Elaidic acid (C18:1n9t)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Oleic acid (C18:1n9c)	26.01±0.10	27.87±0.64	37.89±0.75	24.50±0.31	38.13±0.51	13.87±0.29	45.05±0.71
Linolelaic acid (C18:2n6t)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Linoleic acid (C18:2n6c)	47.91±0.13	43.80±0.07	37.32±0.72	49.31±0.47	36.50±0.83	54.47±0.98	31.66±0.62
Arachidic acid (C20:0)	0.34±0.05	ND	ND	0.44±0.25	ND	ND	ND
<i>γ-Linolenic acid (C18:3n6)</i>	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
<i>cis-13-2-Eicosenoic acid (C20:1)</i>	0.31±0.01	ND	ND	0.46±0.23	ND	ND	ND
<i>α-Linolenic acid (C18:3n3)</i>	6.26±0.09	4.31±0.11	ND	9.81±0.11	2.58±1.23	4.30±0.81	5.18±0.69
Heneicosanoic acid (C21:0)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
<i>cis-11,13-2-Eicosadienoic acid (C20:2)</i>	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Behenic acid (C22:0)	0.28±0.01	ND	ND	ND	ND	ND	ND
<i>cis-8,11,13-2-Eicosatrienoic acid (C20:3n6)</i>	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Erucic acid (C22:1n9)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
<i>cis-11,14,17-Eicatrienoic acid (C20:3n3)</i>	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Arachidonic acid (C20:4n6)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Tricosanoic acid (C23:0)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
<i>cis-13,16-Docosadienoic acid (C22:2)</i>	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Lignoceric acid (C24:0)	0.51±0.15	ND	ND	ND	ND	ND	ND
<i>cis-5,8,11,14,17-Eicosapentaenoic acid (C20:5n3)</i>	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Nervonic acid (C24:1)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
<i>cis-4,7,10,13,16,19-Docosahexaenoic acid (C22:6n3)</i>	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Total	100	100	100	100	100	100	100

표 3-2-21. 볶음처리한 강낭콩과 서목태의 지방산 조성

Component	지방산 함량 (%)				
	강낭콩				
	0 min	2 min	4 min	6 min	8 min
Butyric acid (C4:0)	ND	ND	ND	ND	ND
Caproic acid (C6:0)	ND	ND	ND	ND	ND
Caprylic acid (C8:0)	ND	ND	ND	ND	ND
Capric acid (C10:0)	ND	ND	ND	ND	ND
Undecanoic acid (C11:0)	ND	ND	ND	ND	ND
Lauric acid (C12:0)	ND	ND	ND	ND	ND
Tridecanoic acid (C13:0)	ND	ND	ND	ND	ND
Myristic acid (C14:0)	ND	ND	ND	ND	ND
Myristoleic acid (C14:1)	ND	ND	ND	ND	ND
Pentadecanoic acid (C15:0)	ND	ND	ND	ND	ND
<i>cis</i> -10-Pentadecenoic acid (C15:1)	ND	ND	ND	ND	ND
Palmitic acid (C16:0)	41.52±5.35	21.55±1.00	25.88±0.81	26.30±0.29	27.43±2.20
Palmitoleic acid (C16:1)	ND	ND	ND	ND	ND
Heptadecanoic acid (C17:0)	ND	ND	ND	ND	ND
<i>cis</i> -10-Heptadecenoic acid (C17:1)	ND	ND	ND	ND	ND
Stearic acid (C18:0)	4.05±1.62	2.08±0.10	2.12±0.07	2.21±0.05	2.37±0.26
Elaidic acid (C18:1n9t)	ND	ND	ND	ND	ND
Oleic acid (C18:1n9c)	18.44±0.95	11.36±1.78	11.61±1.70	10.73±0.33	11.45±0.23
Linolelaidic acid (C18:2n6t)	ND	ND	ND	ND	ND
Linoleic acid (C18:2n6c)	35.99±3.22	29.05±0.26	29.02±0.49	29.27±0.29	31.50±0.21
Arachidic acid (C20:0)	ND	ND	ND	ND	ND
<i>γ</i> -Linolenic acid (C18:3n6)	ND	ND	ND	ND	ND
<i>cis</i> -13-2-Eicosenoic acid (C20:1)	ND	ND	ND	ND	ND
$\alpha$ -Linolenic acid (C18:3n3)	ND	35.97±0.42	31.33±0.26	31.49±0.27	32.37±2.34
Heneicosanoic acid (C21:0)	ND	ND	ND	ND	ND
<i>cis</i> -11,13-2-Eicosadienoic acid (C20:2)	ND	ND	ND	ND	ND
Behenic acid (C22:0)	ND	ND	ND	ND	ND
<i>cis</i> -8,11,13-2-Eicosatrienoic acid (C20:3n6)	ND	ND	ND	ND	ND
Erucic acid (C22:1n9)	ND	ND	ND	ND	ND
<i>cis</i> -11,14,17-Eicistrrienoic acid (C20:3n3)	ND	ND	ND	ND	ND
Arachidonic acid (C20:4n6)	ND	ND	ND	ND	ND
Tricosanoic acid (C23:0)	ND	ND	ND	ND	ND
<i>cis</i> -13,16-Docosadienoic acid (C22:2)	ND	ND	ND	ND	ND
Lignoceric acid (C24:0)	ND	ND	ND	ND	ND
<i>cis</i> -5,8,11,14,17-Eicosapentaenoic acid (C20:5n3)	ND	ND	ND	ND	ND
Nervonic acid (C24:1)	ND	ND	ND	ND	ND
<i>cis</i> -4,7,10,13,16,19-Docosahexaenoic acid (C22:6n3)	ND	ND	ND	ND	ND
Total	100	100	100	100	100

표 3-2-21. 볶음처리한 강낭콩과 서목태의 지방산 조성(계속)

Component	지방산 함량 (%)				
	서목태				
	0 min	2 min	4 min	6 min	8 min
Butyric acid (C4:0)	ND	ND	ND	ND	ND
Caproic acid (C6:0)	ND	ND	ND	ND	ND
Caprylic acid (C8:0)	ND	ND	ND	ND	ND
Capric acid (C10:0)	ND	ND	ND	ND	ND
Undecanoic acid (C11:0)	ND	ND	ND	ND	ND
Lauric acid (C12:0)	ND	ND	ND	ND	ND
Tridecanoic acid (C13:0)	ND	ND	ND	ND	ND
Myristic acid (C14:0)	ND	ND	ND	ND	ND
Myristoleic acid (C14:1)	ND	ND	ND	ND	ND
Pentadecanoic acid (C15:0)	ND	ND	ND	ND	ND
<i>cis</i> -10-Pentadecenoic acid (C15:1)	ND	ND	ND	ND	ND
Palmitic acid (C16:0)	17.32±0.50	17.35±0.37	17.45±0.31	17.04±0.72	17.80±0.53
Palmitoleic acid (C16:1)	ND	ND	ND	ND	ND
Heptadecanoic acid (C17:0)	ND	ND	ND	ND	ND
<i>cis</i> -10-Heptadecenoic acid (C17:1)	ND	ND	ND	ND	ND
Stearic acid (C18:0)	4.05±0.13	3.92±0.09	4.04±0.03	4.26±0.03	4.41±0.31
Elaidic acid (C18:1n9t)	ND	ND	ND	ND	ND
Oleic acid (C18:1n9c)	13.81±0.86	9.94±0.07	9.71±0.16	11.20±0.04	11.39±0.04
Linolelaidic acid (C18:2n6t)	ND	ND	ND	ND	ND
Linoleic acid (C18:2n6c)	57.45±0.29	59.94±0.58	60.33±0.73	59.28±0.83	58.20±0.95
Arachidic acid (C20:0)	ND	ND	ND	ND	ND
<i>γ</i> -Linolenic acid (C18:3n6)	ND	ND	ND	ND	ND
<i>cis</i> -13-2-Eicosenoic acid (C20:1)	ND	ND	ND	ND	ND
$\alpha$ -Linolenic acid (C18:3n3)	7.36±0.05	8.85±0.04	8.47±0.22	8.20±0.03	8.20±0.15
Heneicosanoic acid (C21:0)	ND	ND	ND	ND	ND
<i>cis</i> -11,13-2-Eicosadienoic acid (C20:2)	ND	ND	ND	ND	ND
Behenic acid (C22:0)	ND	ND	ND	ND	ND
<i>cis</i> -8,11,13-2-Eicosatrienoic acid (C20:3n6)	ND	ND	ND	ND	ND
Erucic acid (C22:1n9)	ND	ND	ND	ND	ND
<i>cis</i> -11,14,17-Eicistrrienoic acid (C20:3n3)	ND	ND	ND	ND	ND
Arachidonic acid (C20:4n6)	ND	ND	ND	ND	ND
Tricosanoic acid (C23:0)	ND	ND	ND	ND	ND
<i>cis</i> -13,16-Docosadienoic acid (C22:2)	ND	ND	ND	ND	ND
Lignoceric acid (C24:0)	ND	ND	ND	ND	ND
<i>cis</i> -5,8,11,14,17-Eicosapentaenoic acid (C20:5n3)	ND	ND	ND	ND	ND
Nervonic acid (C24:1)	ND	ND	ND	ND	ND
<i>cis</i> -4,7,10,13,16,19-Docosahexaenoic acid (C22:6n3)	ND	ND	ND	ND	ND
Total	100	100	100	100	100

표 3-2-22. 펄화처리한 강낭콩과 서목태의 지방산 조성

Component	지방산 함량 (%)			
	강낭콩			
	0 kg/cm <sup>2</sup>	2 kg/cm <sup>2</sup>	4 kg/cm <sup>2</sup>	6 kg/cm <sup>2</sup>
Butyric acid (C4:0)	ND	ND	ND	ND
Caproic acid (C6:0)	ND	ND	ND	ND
Caprylic acid (C8:0)	ND	ND	ND	ND
Capric acid (C10:0)	ND	ND	ND	ND
Undecanoic acid (C11:0)	ND	ND	ND	ND
Lauric acid (C12:0)	ND	ND	ND	ND
Tridecanoic acid (C13:0)	ND	ND	ND	ND
Myristic acid (C14:0)	ND	ND	ND	ND
Myristoleic acid (C14:1)	ND	ND	ND	ND
Pentadecanoic acid (C15:0)	ND	ND	ND	ND
<i>cis</i> -10-Pentadecenoic acid (C15:1)	ND	ND	ND	ND
Palmitic acid (C16:0)	41.52±5.35	25.02±1.49	25.89±0.19	25.03±0.40
Palmitoleic acid (C16:1)	ND	ND	ND	ND
Heptadecanoic acid (C17:0)	ND	ND	ND	ND
<i>cis</i> -10-Heptadecenoic acid (C17:1)	ND	ND	ND	ND
Stearic acid (C18:0)	4.05±1.62	2.48±0.12	2.30±0.04	2.06±0.09
Elaidic acid (C18:1n9t)	ND	ND	ND	ND
Oleic acid (C18:1n9c)	18.44±0.95	12.33±1.62	10.91±0.13	10.17±0.35
Linolelaidic acid (C18:2n6t)	ND	ND	ND	ND
Linoleic acid (C18:2n6c)	35.99±3.22	31.38±0.15	29.54±0.22	29.93±0.05
Arachidic acid (C20:0)	ND	ND	ND	ND
<i>γ</i> -Linolenic acid (C18:3n6)	ND	ND	ND	ND
<i>cis</i> -13-2-Eicosenoic acid (C20:1)	ND	ND	ND	ND
$\alpha$ -Linolenic acid (C18:3n3)	ND	28.79±0.14	31.36±0.06	32.80±0.09
Heneicosanoic acid (C21:0)	ND	ND	ND	ND
<i>cis</i> -11,13-2-Eicosadienoic acid (C20:2)	ND	ND	ND	ND
Behenic acid (C22:0)	ND	ND	ND	ND
<i>cis</i> -8,11,13-2-Eicosatrienoic acid (C20:3n6)	ND	ND	ND	ND
Erucic acid (C22:1n9)	ND	ND	ND	ND
<i>cis</i> -11,14,17-Eicistrrienoic acid (C20:3n3)	ND	ND	ND	ND
Arachidonic acid (C20:4n6)	ND	ND	ND	ND
Tricosanoic acid (C23:0)	ND	ND	ND	ND
<i>cis</i> -13,16-Docosadienoic acid (C22:2)	ND	ND	ND	ND
Lignoceric acid (C24:0)	ND	ND	ND	ND
<i>cis</i> -5,8,11,14,17-Eicosapentaenoic acid (C20:5n3)	ND	ND	ND	ND
Nervonic acid (C24:1)	ND	ND	ND	ND
<i>cis</i> -4,7,10,13,16,19-Docosahexaenoic acid (C22:6n3)	ND	ND	ND	ND
Total	100	100	100	100

표 3-2-22. 펄화처리한 강낭콩과 서목태의 지방산 조성(계속)

Component	지방산 함량 (%)			
	서목태			
	0 kg/cm <sup>2</sup>	2 kg/cm <sup>2</sup>	4 kg/cm <sup>2</sup>	6 kg/cm <sup>2</sup>
Butyric acid (C4:0)	ND	ND	ND	ND
Caproic acid (C6:0)	ND	ND	ND	ND
Caprylic acid (C8:0)	ND	ND	ND	ND
Capric acid (C10:0)	ND	ND	ND	ND
Undecanoic acid (C11:0)	ND	ND	ND	ND
Lauric acid (C12:0)	ND	ND	ND	ND
Tridecanoic acid (C13:0)	ND	ND	ND	ND
Myristic acid (C14:0)	ND	ND	ND	ND
Myristoleic acid (C14:1)	ND	ND	ND	ND
Pentadecanoic acid (C15:0)	ND	ND	ND	ND
<i>cis</i> -10-Pentadecenoic acid (C15:1)	ND	ND	ND	ND
Palmitic acid (C16:0)	17.32±0.50	17.77±0.38	17.90±0.28	17.82±0.41
Palmitoleic acid (C16:1)	ND	ND	ND	ND
Heptadecanoic acid (C17:0)	ND	ND	ND	ND
<i>cis</i> -10-Heptadecenoic acid (C17:1)	ND	ND	ND	ND
Stearic acid (C18:0)	4.05±0.13	4.03±0.12	4.06±0.19	4.25±0.10
Elaidic acid (C18:1n9t)	ND	ND	ND	ND
Oleic acid (C18:1n9c)	13.81±0.86	9.59±0.80	9.01±0.83	9.48±0.74
Linolelaidic acid (C18:2n6t)	ND	ND	ND	ND
Linoleic acid (C18:2n6c)	57.45±0.29	60.02±0.27	60.01±0.35	59.84±0.16
Arachidic acid (C20:0)	ND	ND	ND	ND
<i>γ</i> -Linolenic acid (C18:3n6)	ND	ND	ND	ND
<i>cis</i> -13-2-Eicosenoic acid (C20:1)	ND	ND	ND	ND
$\alpha$ -Linolenic acid (C18:3n3)	7.36±0.05	8.60±0.03	9.02±0.01	8.61±0.06
Heneicosanoic acid (C21:0)	ND	ND	ND	ND
<i>cis</i> -11,13-2-Eicosadienoic acid (C20:2)	ND	ND	ND	ND
Behenic acid (C22:0)	ND	ND	ND	ND
<i>cis</i> -8,11,13-2-Eicosatrienoic acid (C20:3n6)	ND	ND	ND	ND
Erucic acid (C22:1n9)	ND	ND	ND	ND
<i>cis</i> -11,14,17-Eicistrrienoic acid (C20:3n3)	ND	ND	ND	ND
Arachidonic acid (C20:4n6)	ND	ND	ND	ND
Tricosanoic acid (C23:0)	ND	ND	ND	ND
<i>cis</i> -13,16-Docosadienoic acid (C22:2)	ND	ND	ND	ND
Lignoceric acid (C24:0)	ND	ND	ND	ND
<i>cis</i> -5,8,11,14,17-Eicosapentaenoic acid (C20:5n3)	ND	ND	ND	ND
Nervonic acid (C24:1)	ND	ND	ND	ND
<i>cis</i> -4,7,10,13,16,19-Docosahexaenoic acid (C22:6n3)	ND	ND	ND	ND
Total	100	100	100	100

#### 다. 안토시아닌, total phenolics, total flavonoids $\beta$ -glucan, dietary fiber 및 $\alpha$ -glucosidase 저해 활성

혼합미(곡)과 열처리(볶음처리와 팽화처리)한 강낭콩과 서목태의 안토시아닌, total phenolics, total flavonoids  $\beta$ -glucan, dietary fiber 및  $\alpha$ -glucosidase 저해 활성의 결과는 표 3-2-23~3-2-25와 그림 3-2-5~3-2-12와 같다.

혼합미(곡)중에서 안토시아닌이 측정된 것은 강낭콩(팽화), 서목태(팽화) 및 흑미멥쌀 뿐이었고, 이중 가장 높은 것은 서목태(팽화)로 201.81 mg/100g이었다. 서목태(팽화)와 흑미멥쌀의 주요 안토시아닌은 cyanidin 3-O- $\beta$ -glucopyranoside이었으나 강낭콩(팽화)은 pelargonidin 3-O- $\beta$ -glucopyranoside이었다.

Total flavonoids와 total phenolics가 가장 높은 것은 호두(323.68  $\mu$ g/g와 587.36  $\mu$ g/g)이었으며 호두보다는 낮지만 흑미멥쌀(204.6  $\mu$ g/g와 245.7  $\mu$ g/g), 서목태(팽화)(201.2  $\mu$ g/g와 325.0  $\mu$ g/g) 및 강낭콩(팽화)(196.9  $\mu$ g/g와 142.2  $\mu$ g/g)에서도 많은 양이 함유되어 있었다. 볶음처리와 팽화처리 시 강낭콩(284.67~229.01  $\mu$ g/g와 301.71~189.47  $\mu$ g/g)과 서목태(275.66~245.72  $\mu$ g/g와 294.74~233.62  $\mu$ g/g)의 total flavonoids는 감소하였다.

$\beta$ -glucan은 쌀보리(누른 것)가 2,136.55 mg%로 가장 높았으며, 대조적으로 흑미멥쌀에서는 검출되지 않았다. 볶지 않은 강낭콩의  $\beta$ -glucan은 8.3 mg%로 매우 낮은 함량을 나타내었으며 8분간 볶은 강낭콩은 3.6 mg%로 약 2배정도 감소하였다. 이는 서목태(15.53~2.39 mg%)에서도 비슷한 결과를 보였다. 팽화처리 시 강낭콩은 4 kg/cm<sup>2</sup>(2.39~0.00 mg%) 이후부터 감소하였으며 서목태의  $\beta$ -glucan(15.53~0 mg%)은 지속적으로 감소하였다. 특히, 5.5 kg/cm<sup>2</sup>의 팽화처리 시  $\beta$ -glucan이 검출되지 않았다.

총 식이섬유(TDF, total dietary fiber)는 5.47~50.59%까지 광범위하게 분포하였으며, 이중 서목태(팽화)가 49.11%로 가장 많은 식이섬유를 함유하고 있으며 강낭콩(팽화)도 비교적 높은 함량(33.83%)을 보였다. 수용성 식이섬유(SDF, soluble dietary fiber)는 쌀보리(누른 것)가 3.99%로 가장 높았으며 백미는 0.41%로 가장 낮았다. 혼합미(곡)의 식이섬유 조성은 대부분이 불용성 식이섬유(IDF, insoluble dietary fiber)로 이루어진 것으로 조사되었다. 볶음처리 시 강낭콩과 서목태의 IDF(24.55~34.40%와 47.36~55.92%), SDF(0.80~8.67%와 2.79~5.80%) 및 TDF(25.35~38.37%와 50.15~61.72%)는 증가하였다. 팽화처리 시 강낭콩의 SDF(4.45~6.75%)와 TDF(31.70~34.38%)는 증가를 보여주었으나 서목태는 팽화조건에 따라서 오히려 감소하기도 하여 유의적인 변화를 관찰할 수 없었다.

$\alpha$ -glucosidase 저해 활성은 서목태(팽화)가 83.33%로 가장 높았으며 당뇨대조군(백미)이 34.33%로 가장 낮은 값을 나타내었다. 당뇨실험군은 서목태(팽화)보다는 낮은 73.33%이었으나 당뇨대조군(당현곡)과 당뇨대조군(백미)보다는 높았으며 당뇨대조군(백미)보다 약 2배정도 높은 저해 활성을 보여주었다.



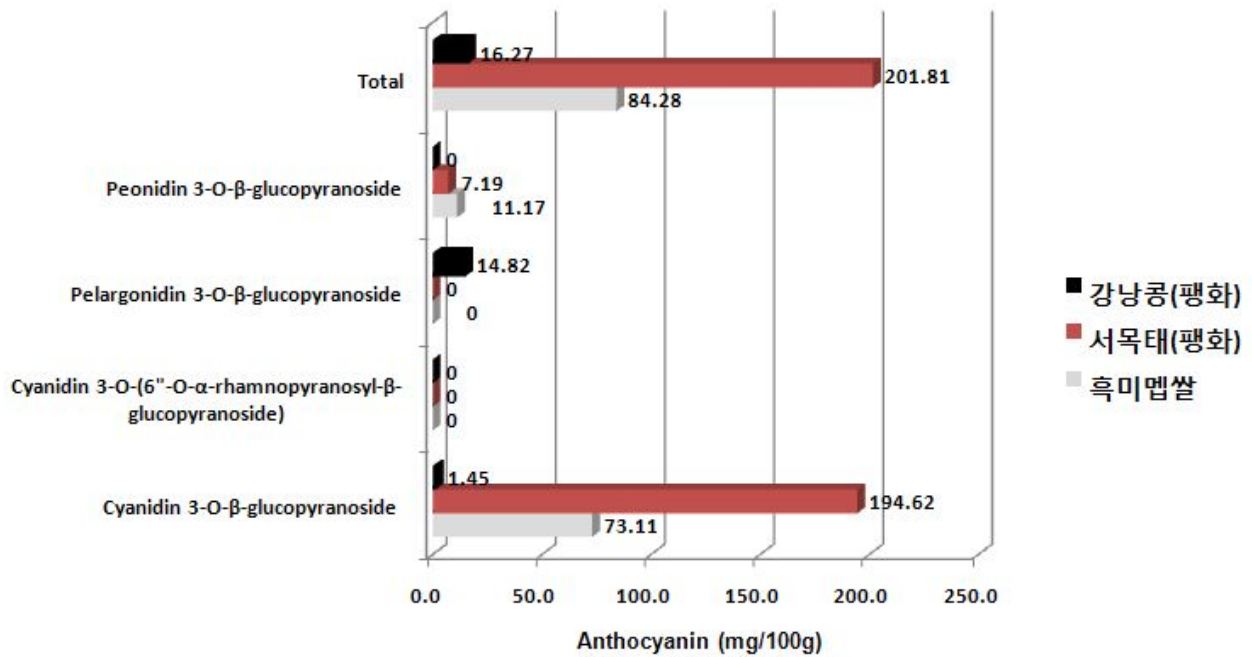


그림 3-2-5. 혼합미(곡)의 안토시아닌 함량

표 3-2-23. 혼합미(곡)의 total flavonoids와 total phenolics 함량

시료	Total flavonoids content as catechin equiv. (μg/g)	Total phenolics content as galic acid equiv. (μg/g)
당뇨실험군	176.78±0.99	150.21±2.08
당뇨대조군(당현곡)	98.42±2.63	73.47±3.82
당뇨대조군(백미)	35.59±1.64	24.34±0.52
수험생실험군	157.50±6.58	123.47±1.74
수험생대조군(수현곡)	41.32±0.39	30.76±1.74
거대배아미엿쌀	41.25±9.93	105.24±5.03
쌀보리 (누른 것)	141.58±0.92	116.53±8.33
거대배아현미발아엿쌀(젖산칼슘+글루탐산)	119.74±2.50	79.90±0.52
통밀	181.78±2.83	166.18±1.74
흑미엿쌀	204.61±1.05	245.69±6.94
서목태(팥화)	201.18±1.97	325.03±3.99
강낭콩(팥화)	196.91±0.99	141.18±7.29
일반현미발아찹쌀(젖산칼슘+글루탐산)	70.13±12.63	134.24±6.25
호두	323.68±3.82	587.36±11.11

표 3-2-24. 볶음처리한 강낭콩과 서목태의 total flavonoids와 total phenolics 함량

볶음(min)		Total flavonoids content as catechin equiv. (µg/g)	Total phenolics content as galic acid equiv. (µg/g)
강낭콩	0	284.67±1.91	259.06±7.12
	2	266.12±0.46	261.32±3.82
	4	241.91±17.70	250.90±4.17
	6	247.24±8.42	257.85±6.25
	8	229.01±4.28	355.42±12.50
서목태	0	275.66±1.05	402.64±6.60
	2	245.72±2.57	362.71±5.56
	4	246.12±4.28	373.65±6.08
	6	256.45±2.37	422.95±9.20
	8	265.26±3.16	426.25±9.38

표 3-2-25. 팽화처리한 강낭콩과 서목태의 total flavonoids와 total phenolics 함량

팽화(kg/cm <sup>2</sup> )		Total flavonoids content as catechin equiv. (µg/g)	Total phenolics content as galic acid equiv. (µg/g)
강낭콩	0	301.71±5.39	258.37±4.34
	3	258.42±0.39	248.65±3.99
	4	189.47±1.71	246.39±6.60
	5.5	269.41±0.99	292.57±4.51
서목태	0	294.74±3.95	411.32±5.21
	3	255.72±3.88	267.74±1.91
	4	233.62±0.33	372.26±3.99
	5.5	255.72±3.09	409.06±9.55

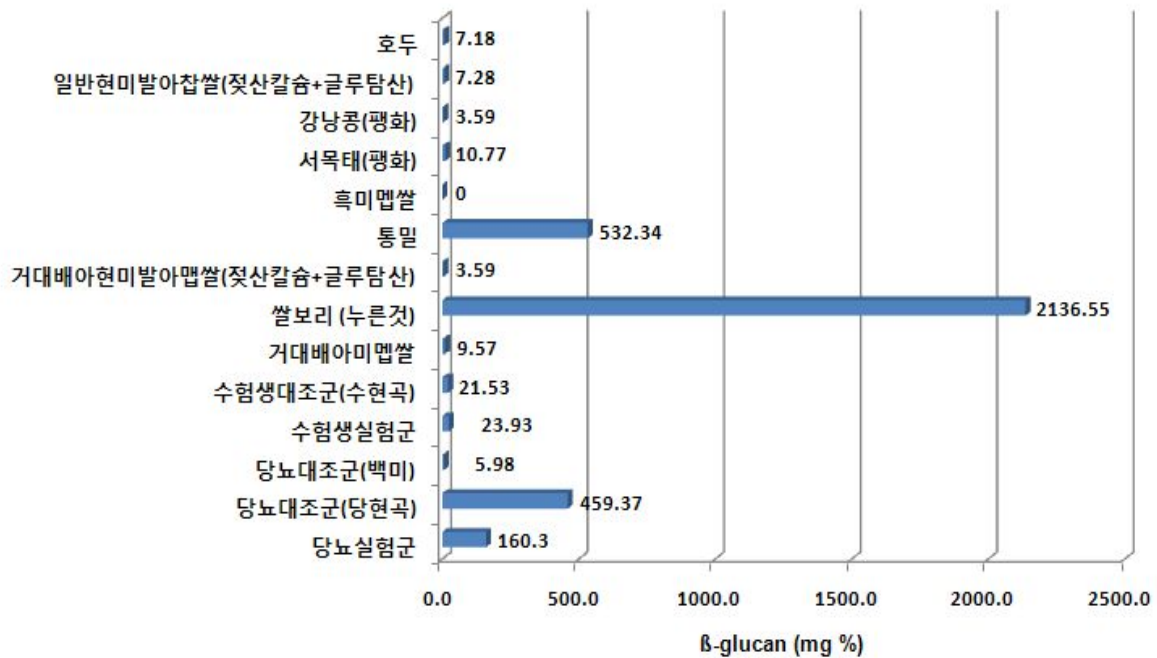


그림 3-2-6. 혼합미(곡)의 β-glucan 함량

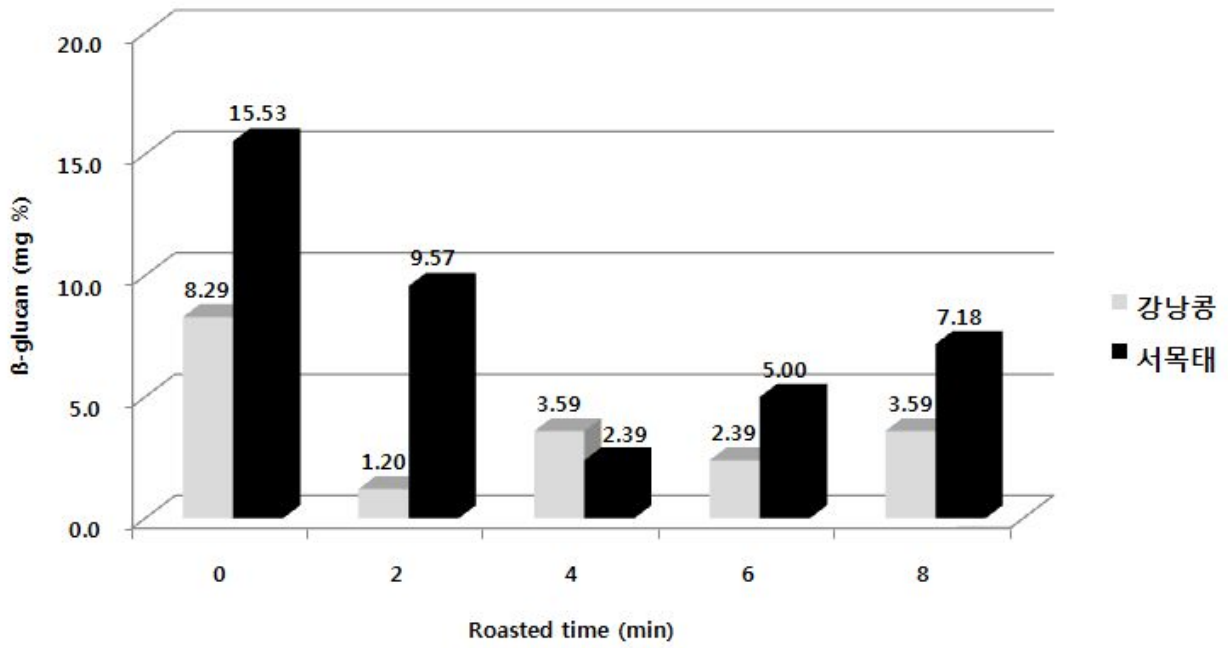


그림 3-2-7. 볶음처리한 강낭콩과 서목태의  $\beta$ -glucan 함량

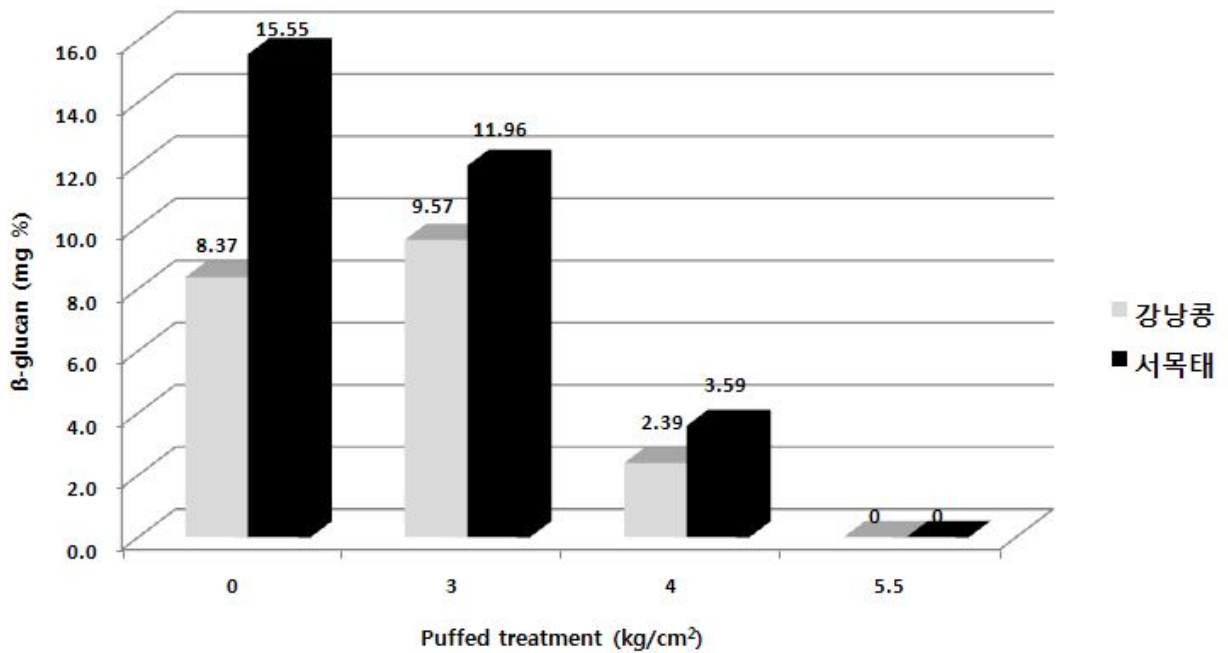


그림 3-2-8. 팽화처리한 강낭콩과 서목태의  $\beta$ -glucan 함량

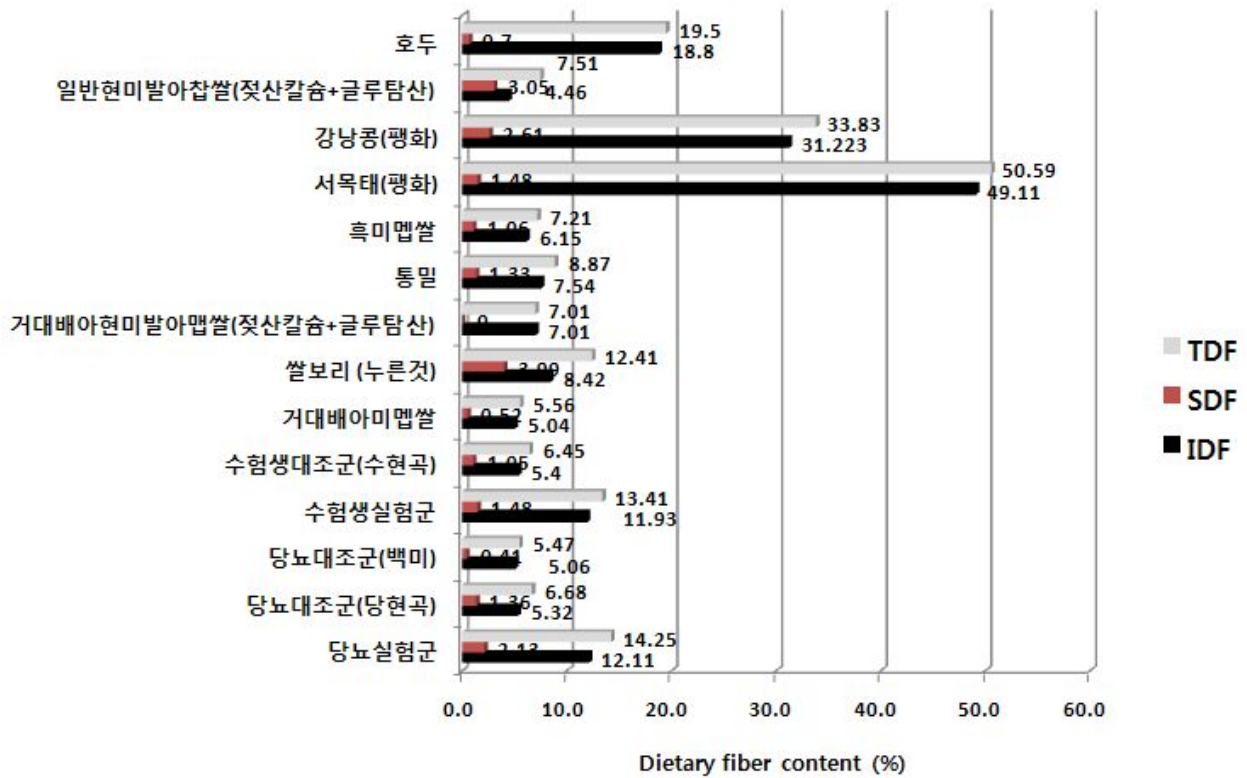


그림 3-2-9. 혼합미(곡)의 식이섬유 함량

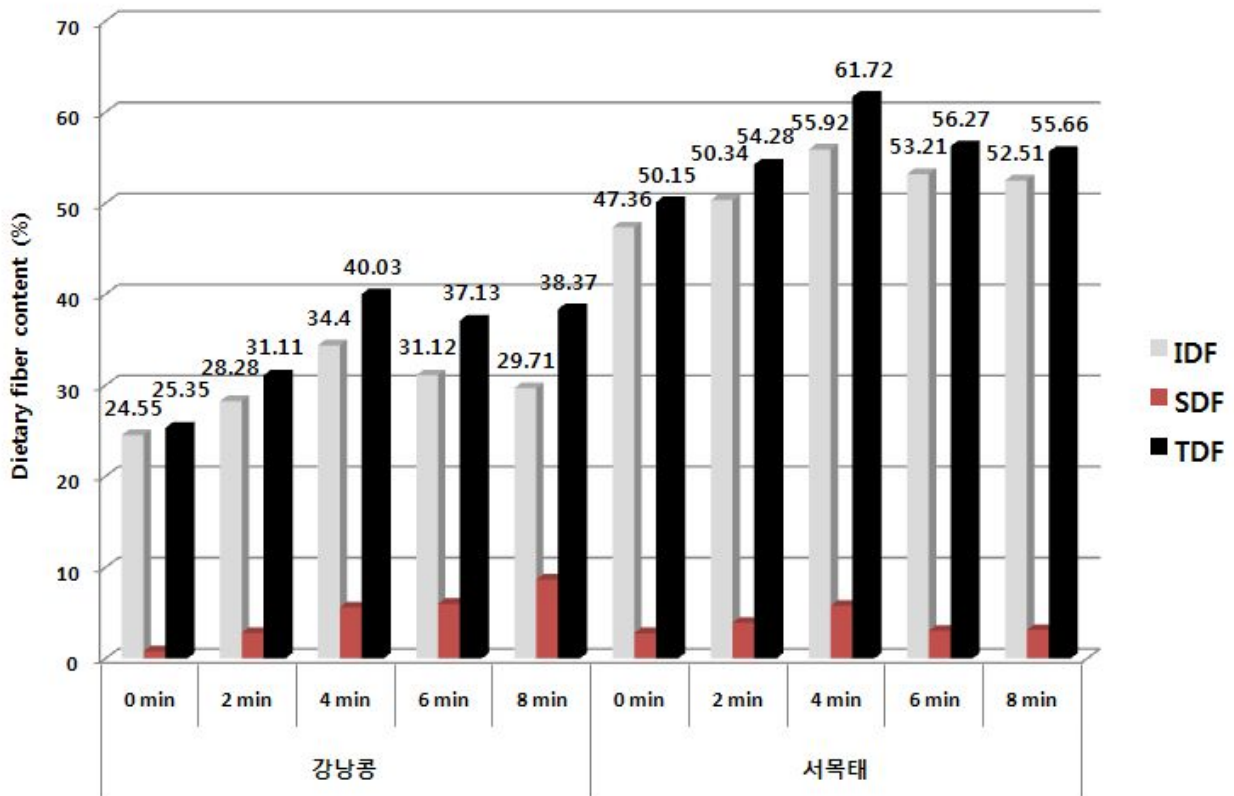


그림 3-2-10. 볶음처리한 강낭콩과 서목태의 식이섬유 함량

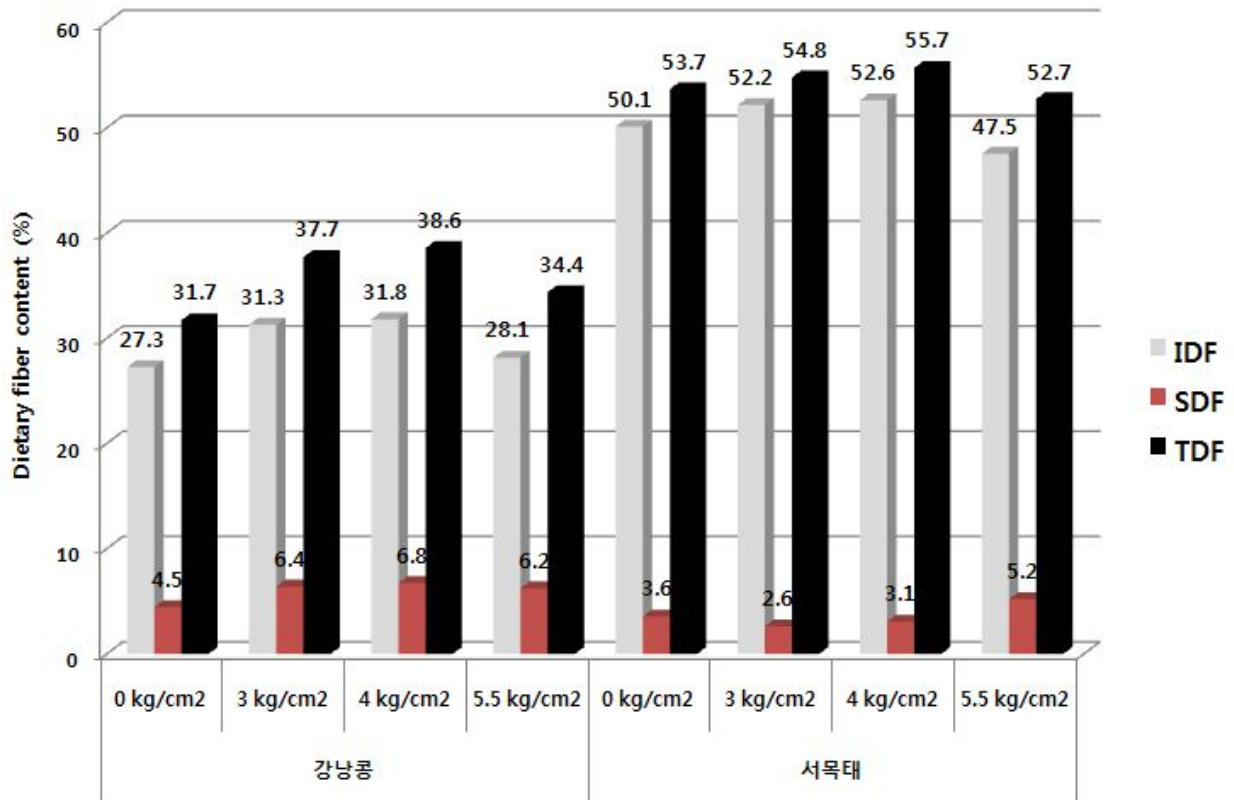


그림 3-2-11. 팽화 처리한 강낭콩과 서목태의 식이섬유 함량

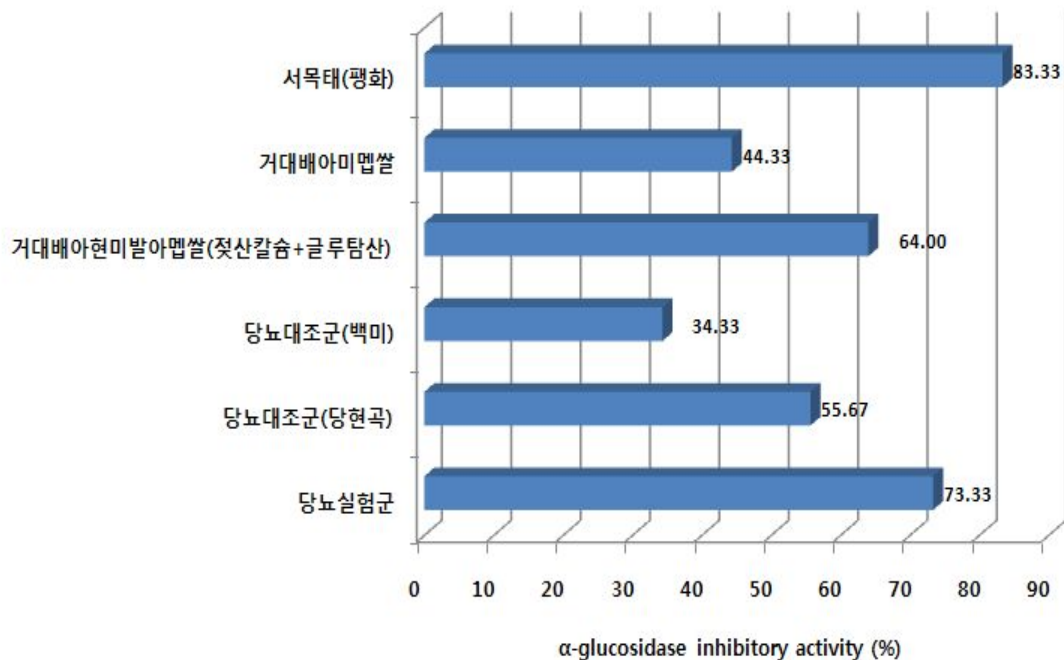


그림 3-2-12. 혼합미(곡)의 α-glucosidase 저해 활성

## 라. 이화학적 특성

### (1) 곡립의 수분흡수속도상수

수침(25°C)에 따른 혼합미(곡)과 열처리(볶음처리과 팽화처리)한 강낭콩과 서목태의 수분흡수속도상수의 결과는 그림 3-2-13~3-2-15와 같다.

수분흡수속도상수( $k_0$ )는 혼합미(곡) 곡립 중에서 쌀보리(누른 것)이  $0.0754 \text{ min}^{-1/2}$ 로 가장 높았으며 일반현미발아찹쌀(젖산갈슌+글루탐산)이  $0.0118 \text{ min}^{-1/2}$ 로 수분흡수속도가 가장 낮았다.

볶음 처리한 강낭콩과 서목태의 수분흡수속도상수는 볶음처리에 의해서 증가하는 것으로 나타났다. 강낭콩은 초기에  $0.0363 \text{ min}^{-1/2}$ 이였으나 8분 볶은 강낭콩은  $0.0438 \text{ min}^{-1/2}$ 로 증가하였으며 서목태도 유사한 경향을 보였다.

팽화 처리한 강낭콩과 서목태의 흡수속도상수도 볶음처리와 동일하게 증가하는 것으로 나타났으며 크기가 작은 서목태의 증가폭이 더 큰 것으로 나타났다. 위의 결과를 비추어 볼 때 볶음처리와 팽화처리는 곡립의 수침중 수분의 흡수에 영향을 주는 물리적 처리방법임을 알 수 있었다.

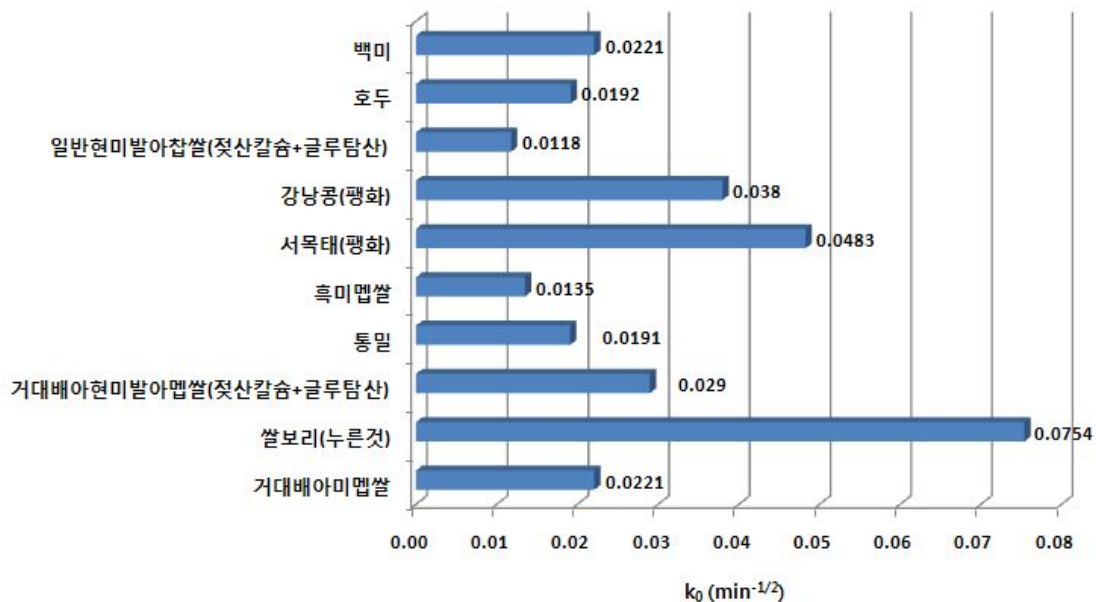


그림 3-2-13. 혼합미(곡)의 수분흡수속도상수( $k_0$ )

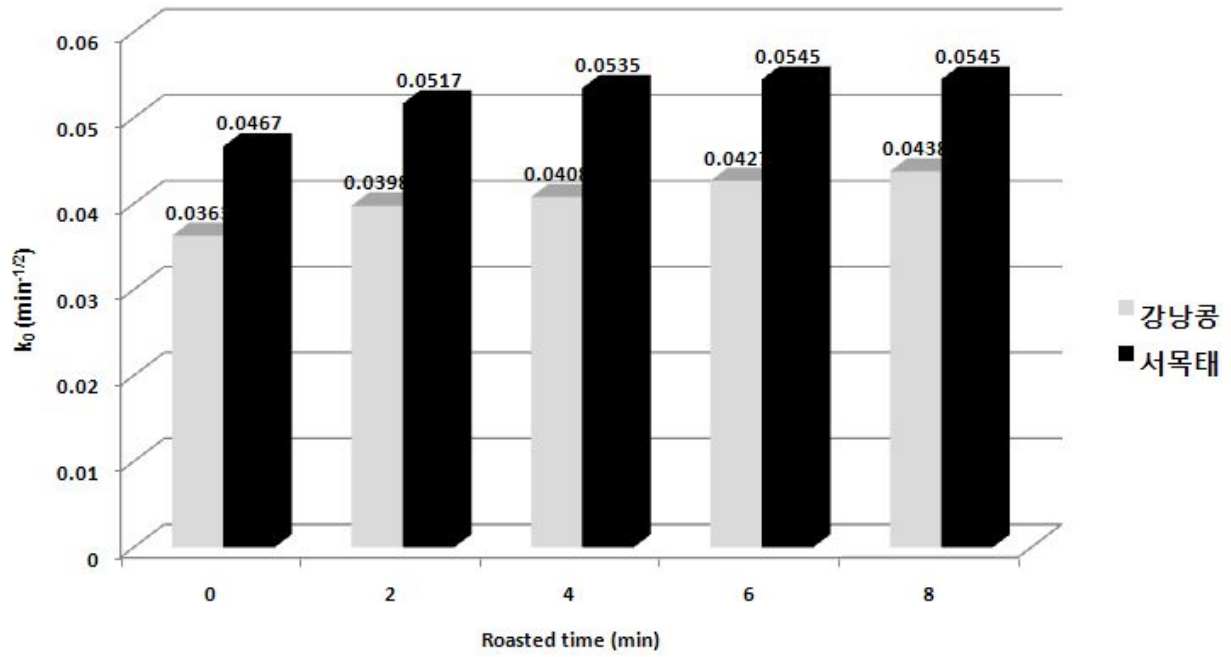


그림 3-2-14. 볶음 처리한 강낭콩과 서목태의 수분흡수속도상수( $k_0$ )

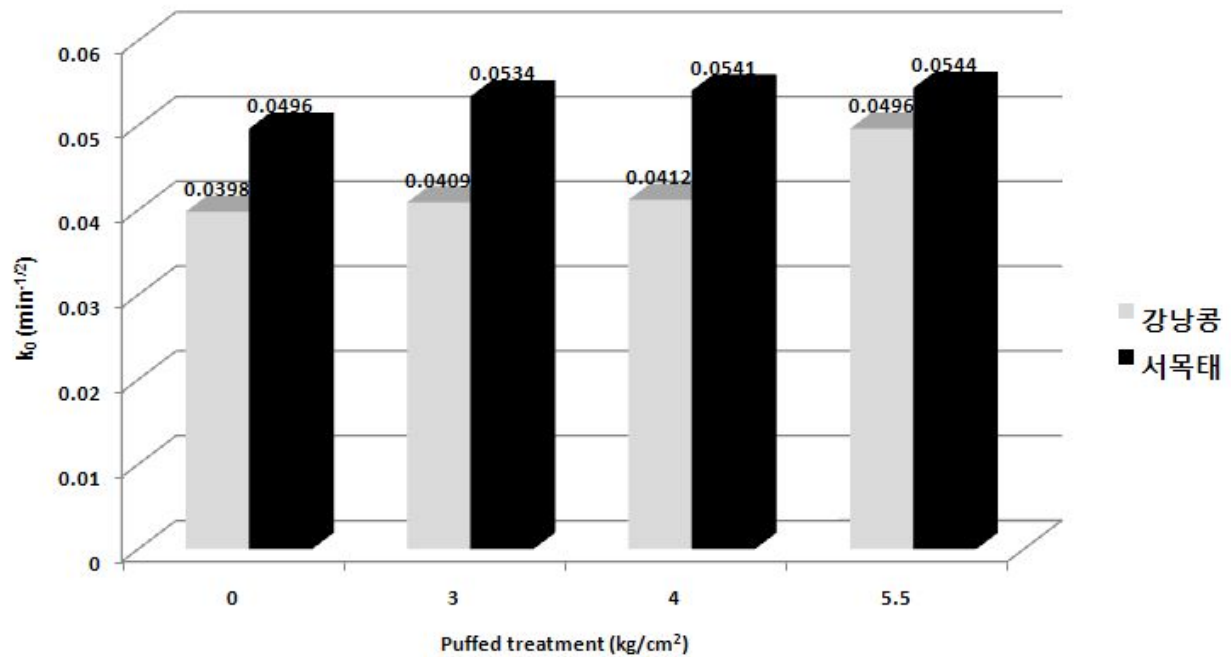


그림 3-2-15. 팽화처리한 강낭콩과 서목태의 수분흡수속도상수( $k_0$ )

(2) 색도

혼합미(곡)과 열처리(볶음처리와 팽화처리)한 강낭콩과 서목태의 색도의 결과는 표 3-2-26~3-2-28과 같다.

곡물의 형태에 따라서 색도를 비교한 결과, 유색 곡립을 제외하면 명도(L)는 가루형태가 높았으며 황색도(b)는 곡립의 형태가 높았다. 여러 가지 곡물이 혼합된 당노실험군, 당노대조군, 수험생실험군의 명도는 당노대조군(백미)보다 명도(L)가 낮았으며 강낭콩과 멥쌀흑미의 영향으로 a(적색도)는 소폭 증가하였다.

볶음처리와 팽화처리를 한 가루의 색도는 처리시간이 증가할수록 명도(L)와 황색도(b)가 증가하는 것으로 나타났다.

표 3-2-26. 혼합미(곡) 곡립과 가루의 색도

	시료	L	a	b
곡립	거대배아미멥쌀	51.16±0.41	2.18±0.08	15.03±0.28
	쌀보리(누른 것)	69.86±0.47	-0.79±0.25	14.57±0.51
	거대배아현미발아멥쌀 (젓산칼슘+글루탐산)	49.68±0.80	3.49±0.11	15.93±0.17
	통밀	44.32±0.15	4.12±0.04	14.51±0.20
	흑미멥쌀	17.51±0.93	2.51±0.33	1.98±0.28
	서목태(팽화)	13.17±0.17	-0.21±0.15	0.17±0.11
	강낭콩(팽화)	21.54±0.62	12.61±1.38	7.66±0.27
	일반현미발아참쌀 (젓산칼슘+글루탐산)	53.79±0.65	2.49±0.10	16.75±0.17
	호두	39.94±0.37	3.38±0.12	4.03±0.20
	백미	55.97±0.26	-1.38±0.06	9.80±0.45
	가루	당노실험군	78.49±0.06	-1.93±0.04
당노대조군(당현곡)		83.62±0.27	-2.71±0.05	9.09±0.02
당노대조군(백미)		86.93±0.00	-2.09±0.02	5.98±0.00
수험생실험군(수현곡)		77.99±0.21	-0.71±0.03	10.09±0.04
수험생대조군		86.08±0.14	-2.00±0.01	5.55±0.05
거대배아미멥쌀		81.95±0.05	-1.09±0.04	9.33±0.02
쌀보리(누른 것)		86.99±0.18	-2.24±0.05	5.99±0.09
거대배아현미발아멥쌀		81.15±0.05	-0.71±0.01	9.94±0.02
통밀		84.74±0.14	-1.66±0.09	7.90±0.07
흑미멥쌀		65.91±0.03	-0.69±0.03	4.50±0.07
서목태(팽화)		73.00±0.35	-3.48±0.07	20.87±0.34
강낭콩(팽화)		79.14±0.26	-0.52±0.01	10.56±0.01
일반현미발아참쌀		82.14±0.19	-1.32±0.02	9.43±0.08
호두		41.56±0.02	2.65±0.00	14.75±0.01



표 3-2-27. 볶음처리한 강낭콩과 서목태의 색도

		볶음(min)	L	a	b
곡 립	강 낭 콩	0	35.12±0.00	9.86±0.05	12.77±0.51
		2	37.44±1.20	9.45±0.02	11.99±0.52
		4	32.21±0.62	10.51±0.65	11.21±1.16
		6	25.89±1.62	11.46±0.33	8.93±1.33
	서 목 태	8	27.21±0.79	10.30±0.41	10.36±0.30
		0	16.41±0.29	-0.51±0.03	0.06±0.06
		2	17.64±0.22	-0.44±0.24	-0.02±0.05
		4	17.61±0.41	-0.39±0.14	0.40±0.09
가 루	강 낭 콩	6	18.03±0.98	-0.60±0.05	0.37±0.10
		8	19.33±0.36	-0.24±0.06	1.01±0.26
		0	78.28±0.11	-0.57±0.07	8.57±0.09
		2	79.04±0.08	-0.07±0.01	8.78±0.01
	서 목 태	4	81.38±0.20	-0.95±0.06	7.77±0.04
		6	78.32±0.14	0.17±0.16	10.58±0.17
		8	73.63±0.22	1.81±0.00	14.02±0.13
		0	68.86±0.15	-4.04±0.11	15.15±0.06
가 루	서 목 태	2	71.38±0.45	-4.29±0.01	18.74±0.33
		4	68.29±0.37	-1.93±0.08	19.09±0.16
		6	64.28±0.59	1.52±0.14	20.29±0.12
		8	61.58±0.22	3.54±0.09	20.73±0.05

표 3-2-28. 팽화처리한 강낭콩과 서목태의 색도

		팽화(kg/cm <sup>2</sup> )	L	a	b	
곡 립	강 낭 콩	0	33.45±2.70	10.15±0.82	11.10±0.08	
		3	28.99±0.90	10.40±0.21	10.70±0.07	
		4	26.23±0.24	10.81±0.19	10.10±0.20	
		5.5	23.54±1.31	10.99±0.81	9.10±0.85	
	서 목 태	0	15.24±0.12	-0.11±0.07	-0.04±0.06	
		3	13.80±0.06	0.22±0.26	-0.09±0.11	
		4	13.87±0.38	0.28±0.21	0.53±0.50	
		5.5	15.58±1.35	0.47±0.23	1.31±0.94	
가 루	강 낭 콩	0	78.50±0.37	-0.39±0.16	8.50±0.04	
		3	79.04±0.33	-0.24±0.06	8.56±0.01	
		4	78.04±0.17	0.13±0.12	9.52±0.11	
		5.5	66.00±0.64	3.71±0.16	15.67±0.02	
	가 루	서 목 태	0	69.16±0.02	-3.70±0.02	15.52±0.17
			3	70.22±0.10	-2.80±0.09	17.80±0.24
			4	68.63±0.80	-1.73±0.06	18.74±0.14
			5.5	62.64±0.06	1.90±0.14	19.41±0.21

(3) 외형적 특성

혼합미(곡)과 열처리(볶음처리과 팽화처리)한 강낭콩과 서목태 곡립의 외형적 특성의 결과는 표 3-2-29~3-2-31과 같다.

거대배아미넵쌀의 무게와 부피는 23.79 mg과 185.60 mm<sup>3</sup>이었고 서목태(팽화)의 무게와 부피는 116.07 mg과 929.65 mm<sup>3</sup>이었다. 대체적으로 혼합미(곡)의 곡물 중에서 가장 무게가 적고 부피가 작은 것은 쌀류이었고, 두류는 무게와 부피가 큰 편이었다.

볶음 처리한 강낭콩과 서목태의 외형적 특성은 처리시간이 증가할수록 무게는 감소하는 편이었으며 강낭콩이 518.78 mg에서 436.14 mg으로 줄어서 서목태보다 무게 감소폭이 더 큰 것으로 나타났다.

팽화 처리한 강낭콩과 서목태의 외형적 특성은 처리시간이 증가할수록 무게가 감소하는 것은 볶음처리와 같았으나 부피의 증가와 밀도의 감소가 관찰되었다. 강낭콩의 경우에 팽화 후의 무게는 525.61 mg에서 469.66 mg으로, 부피는 3758.55 mm<sup>3</sup>에서 4234.67 mm<sup>3</sup>으로, 밀도는 0.14 mg/mm<sup>3</sup>에서 0.11 mg/mm<sup>3</sup>로 변하였다.

표 3-2-29. 혼합미(곡) 곡립의 외형적 특성

시료	무게 (mg)	길이 (mm)	너비 (mm)	두께 (mm)	길이/너비	부피 (mm <sup>3</sup> )	밀도 (mg/mm <sup>3</sup> )
거대배아미 넵쌀	23.79±1.73	4.96±0.19	2.98±0.18	2.07±0.24	1.67±0.10	185.60±24.09	0.13±0.01
쌀보리 (누른 것)	25.43±3.89	5.41±0.37	4.28±0.34	1.44±0.06	1.27±0.08	420.68±84.23	0.06±0.01
거대배아현미 발아넵쌀 (젓산칼슘+ 글루탐산)	20.95±2.98	4.99±0.20	2.87±0.07	2.04±0.07	1.73±0.06	172.66±13.14	0.12±0.02
통밀	48.82±8.81	6.28±0.37	3.44±0.20	3.00±0.21	1.83±0.12	312.70±46.62	0.16±0.02
흑미넵쌀	21.90±1.44	5.18±0.18	2.76±0.08	1.99±0.08	1.88±0.08	164.93±11.06	0.13±0.01
서목태(팽화)	116.07±14.46	6.63±0.40	5.78±0.24	4.77±0.33	1.15±0.07	929.65±117.24	0.13±0.01
강낭콩(팽화)	432.00±103.58	14.21±0.84	8.43±0.38	0.62667±0.62	1.69±0.14	4232.20±446.67	0.10±0.02
일반현미 발아찰쌀 (젓산칼슘+ 글루탐산)	20.65±1.29	4.99±0.14	2.88±0.09	1.95±0.16	1.74±0.08	173.41±11.41	0.12±0.01
호두	1,303.00±164.24	26.94±1.23	14.58±1.74	9.04±1.15	1.87±0.25	24,292.63±5793.01	0.06±0.01
백미	24.08±3.09	5.27±0.51	2.93±0.22	2.04±0.16	1.81±0.24	190.80±33.65	0.13±0.01

표 3-2-30. 볏음처리한 강낭콩과 서목태의 외형적 특성

볶음(min)	무게 (mg)	길이 (mm)	너비 (mm)	두께 (mm)	길이/너비	부피 (mm <sup>3</sup> )	밀도 (mg/mm <sup>3</sup> )	
강낭콩	0	518.78±89.87	13.89±1.14	8.06±0.65	6.37±0.36	1.73±0.21	3798.66±670.85	0.13±0.03
	2	495.01±65.99	14.23±1.02	7.92±0.60	6.61±0.61	1.81±0.19	3750.37±613.81	0.13±0.02
	4	470.00±64.47	14.25±0.84	7.82±0.52	6.59±0.35	1.83±0.19	3656.87±481.95	0.13±0.02
	6	4673.63±56.99	14.28±1.02	7.69±0.75	6.65±0.55	1.87±0.23	3564.75±741.92	0.14±0.04
	8	436.14±72.36	14.07±0.83	7.52±0.66	6.63±0.60	1.89±0.22	3346.60±607.84	0.13±0.01
서목태	0	119.90±16.25	6.31±0.41	5.85±0.28	5.10±1.44	1.08±0.05	911.31±135.70	0.13±0.01
	2	117.27±14.65	6.46±0.41	5.69±0.32	4.93±0.25	1.14±0.06	881.62±141.66	0.14±0.03
	4	115.43±12.37	6.31±0.43	5.72±0.39	4.99±0.32	1.11±0.08	869.57±148.66	0.14±0.03
	6	109.59±14.22	6.24±0.29	5.69±0.23	4.78±0.31	1.10±0.06	848.08±89.34	0.13±0.02
	8	106.17±12.58	6.28±0.35	5.61±0.28	4.80±0.20	1.12±0.06	830.81±114.37	0.13±0.01

표 3-2-31. 팽화처리한 강낭콩과 서목태의 외형적 특성

팽화(kg/cm <sup>2</sup> )	무게 (mg)	길이 (mm)	너비 (mm)	두께 (mm)	길이/너비	부피 (mm <sup>3</sup> )	밀도 (mg/mm <sup>3</sup> )	
강낭콩	0	525.69±54.31	14.53±1.32	7.84±0.51	5.74±0.91	1.86±0.19	3758.55±642.10	0.14±0.03
	3	478.10±74.66	15.18±0.88	8.08±0.75	6.39±0.65	1.89±0.21	3848.05±830.86	0.12±0.02
	4	471.39±68.38	14.90±1.01	8.08±0.81	6.68±0.64	1.86±0.23	4101.20±858.34	0.12±0.02
	5.5	469.66±66.32	14.19±1.14	8.43±0.85	6.62±1.65	1.71±0.26	4234.67±785.84	0.11±0.03
서목태	0	119.94±15.49	6.08±0.38	5.78±0.37	4.78±0.28	1.05±0.07	858.77±145.59	0.14±0.02
	3	118.22±23.25	6.30±0.31	5.89±0.50	4.87±0.31	1.08±0.09	925.36±187.23	0.12±0.02
	4	112.43±13.21	6.72±0.47	5.79±0.37	4.98±0.42	1.16±0.08	950.40±165.92	0.12±0.01
	5.5	111.58±17.65	7.22±0.62	5.89±0.31	5.16±0.35	1.22±0.07	1060.49±203.87	0.11±0.01

(4) 경도

혼합미(곡)과 열처리(볶음과 팽화처리)한 곡립의 경도의 결과는 그림 3-2-16~3-2-18과 같다. 혼합미(곡) 곡립 중에서 거대배아미엿쌀(6.84 kg<sub>f</sub>)이 가장 경도가 낮고 쌀보리(누른것)(18.68 kg<sub>f</sub>)와 서목태(팽화)(18.76 kg<sub>f</sub>)가 가장 경도가 높았다.

볶음 처리한 강낭콩과 서목태의 경도는 처리시간이 증가할수록 강낭콩이 12.53 kg<sub>f</sub>에서 5.89 kg<sub>f</sub>로 감소하였다. 특히 서목태는 처리 전(20.64 kg<sub>f</sub>)에는 강낭콩보다 경도가 높았으나 8분 처리 후(3.92 kg<sub>f</sub>)에는 오히려 감소하였다.

팽화 처리한 강낭콩과 서목태의 외형적 특성은 처리시간이 증가할수록 무게가 감소하였다. 강낭콩은 팽화 전 경도가 12.62 kg<sub>f</sub>이었으나 8분 처리 후에는 4.89 kg<sub>f</sub>로 감소하였다.

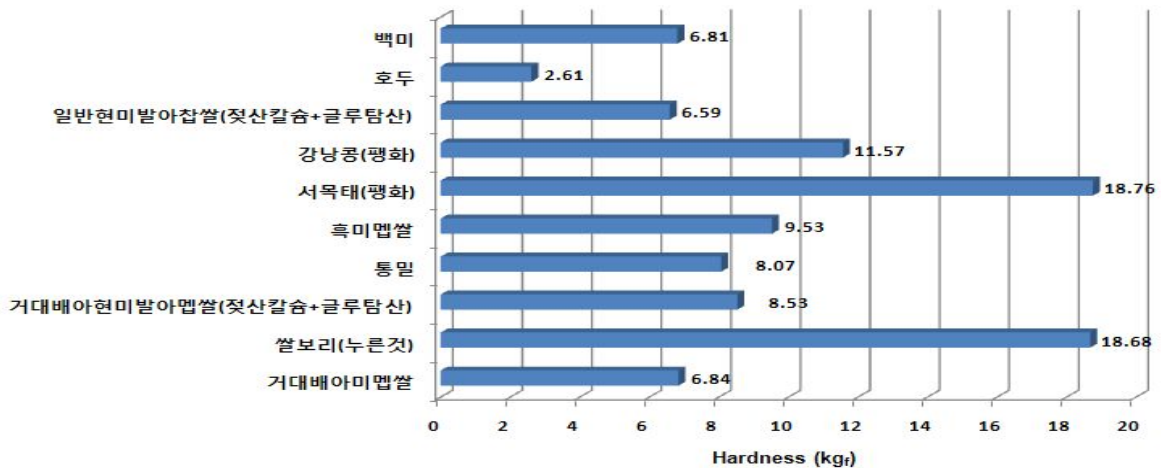


그림 3-2-16. 혼합미(곡) 곡립의 경도

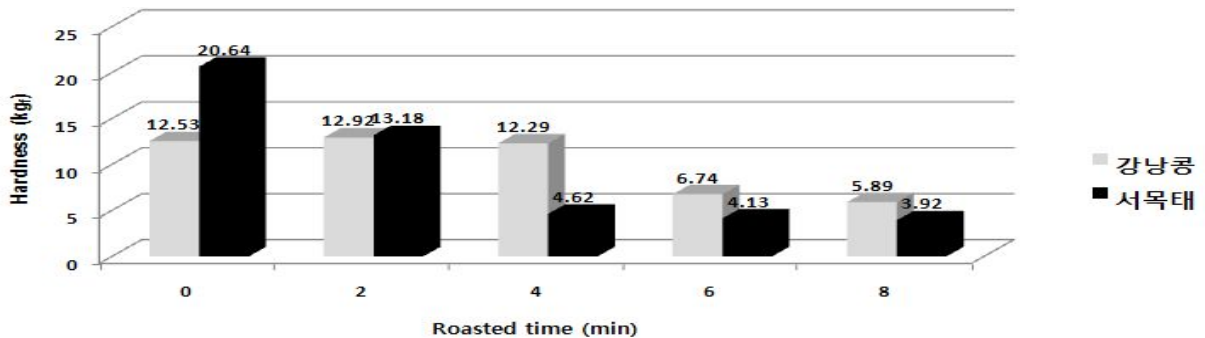


그림 3-2-17. 볶음처리한 강낭콩과 서목태의 경도

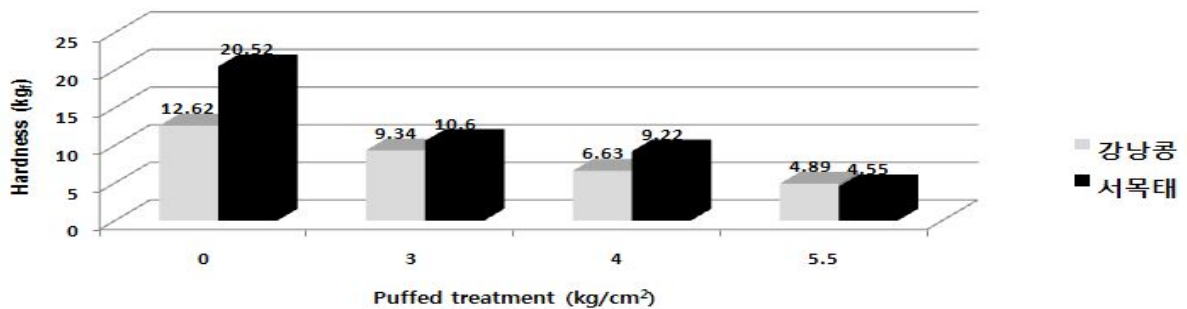


그림 3-2-18. 팽화처리한 강낭콩과 서목태의 경도

(5) 수분용해지수(WSI)와 수분흡수지수(WAI)

혼합미(곡)과 열처리(볶음과 팽화처리)한 강낭콩과 서목태의 수분용해지수와 수분흡수지수를 측정된 결과는 표 3-2-32~3-2-34와 같다.

수분용해지수가 가장 높은 것은 호두(18.79 %)였으며 가장 낮은 것은 백미(0.58 %)였다. 수분흡수지수는 서목태(팽화)가 2.34 g/g으로 가장 높았으며 호두가 1.16 g/g으로 가장 낮았다. 볶음 처리한 시료(강낭콩과 서목태)의 경우, 볶음시간이 증가할수록 수분용해지수는 감소하였으나 수분흡수지수는 증가하였다.

표 3-2-32. 혼합미(곡)의 수분용해지수와 수분흡수지수

시료	수분용해지수(%)	수분흡수지수(g/g)
당뇨실험군	4.29±1.32	1.64±0.40
당뇨대조군(당현곡)	4.59±1.11	1.56±0.64
당뇨대조군(백미)	0.58±0.14	1.90±0.64
수험생실험군	3.99±0.16	1.42±0.15
수험생대조군(수현곡)	1.19±0.13	1.68±0.01
거대배아미엿쌀	1.62±0.05	1.65±0.07
쌀보리(누른것)	3.94±0.03	1.81±0.26
거대배아현미발아엿쌀(젓산갈슌+글루탐산)	1.33±0.05	2.00±0.26
통밀	4.63±0.09	1.52±0.97
흑미엿쌀	3.47±0.06	1.57±0.20
서목태(팽화)	17.89±0.73	2.34±0.30
강낭콩(팽화)	16.99±0.54	1.72±0.20
일반현미발아참쌀(젓산갈슌+글루탐산)	2.29±0.07	1.95±0.29
호두	18.79±1.49	1.16±0.99

표 3-2-33. 볶음처리한 강낭콩과 서목태의 수분용해지수와 수분흡수지수

	볶음(min)	수분용해지수(%)	수분흡수지수(g/g)
강낭콩	0	23.43±0.05	1.73±0.05
	2	21.73±0.90	2.53±0.82
	4	18.43±0.20	2.28±0.31
	6	14.84±0.19	2.11±0.01
	8	14.98±0.11	2.17±0.04
서목태	0	30.76±1.85	2.03±0.17
	2	21.92±0.66	2.38±0.24
	4	18.26±0.30	2.17±0.06
	6	17.90±0.13	2.17±0.04
	8	17.87±0.65	2.27±0.07

표 3-2-34. 팽화처리한 강낭콩과 서목태의 수분흡수지수와 수분용해지수

	팽화(kg/cm <sup>2</sup> )	수분용해지수(%)	수분흡수지수(g/g)
강낭콩	0	23.21±0.85	2.28±0.36
	3	15.67±0.58	2.10±0.11
	4	15.94±0.43	2.32±0.04
	5.5	15.28±0.60	2.27±0.15
서목태	0	29.51±1.74	2.10±0.44
	3	16.75±0.68	2.41±0.01
	4	17.25±1.07	2.18±0.07
	5.5	19.17±0.41	2.15±0.13

(6) 호화특성

혼합미(곡)과 열처리(볶음과 팽화처리)한 강낭콩과 서목태의 호화특성 결과는 표 3-2-35~3-2-37와 같다.

대체적으로 쌀류에서 호화특성이 잘 나타났으나 쌀보리(누른 것)가 497.75 RVU로 가장 높은 최고 점도를 보였다. 흑미햐쌀의 호화양상이 일반현미발아햐쌀(젓산칼슘+글루탐산)과 유사한 경향을 보였으며, 쌀류와는 달리 두류(서목태(팽화)와 강낭콩(팽화))와 통밀의 호화개시온도(81.53~88.80℃)는 매우 높았다. 특히 서목태와 호두는 다른 시료들과는 전혀 다른 호화양상을 보였다. 이는 이들 시료가 전분을 함유하지 않았기 때문으로 생각된다.

강낭콩은 볶음 4분까지는 비교적 호화가 잘 일어났으나 6분 이후부터는 최고점도, 최저점도 및 최종점도가 낮아졌다. 볶음에 따른 전분의 호화로 인하여 최저점도의 구간이 점점 감소하는 형태를 보였다.

강낭콩의 경우, 팽화에 의해 호화개시온도를 비롯한 호화특성이 낮아졌으며, 특히 처리 압력의 증가에 따라 낮아지는 경향을 보였다.

표 3-2-35. 혼합미(곡)의 호화특성

시료	점도 (RVU)					호화개시 온도(℃)
	최고점도	최저점도	최종점도	강하점도	치반점도	
당뇨실험군	229.96±0.46	107.96±0.13	208.25±0.42	122.00±0.33	100.30±0.55	72.45±0.35
당뇨대조군(당현곡)	270.88±0.95	145.00±0.42	247.46±0.04	125.88±1.38	102.46±0.38	67.43±0.02
당뇨대조군(백미)	426.54±2.54	193.08±1.50	331.13±1.45	233.46±1.04	138.05±0.05	67.35±0.00
수험생실험군	222.54±3.71	119.67±2.25	205.29±2.96	102.88±1.45	85.62±0.71	69.68±0.02
수험생대조군(수현곡)	368.83±1.00	193.30±0.13	329.88±0.13	175.55±1.13	136.58±0.00	68.10±0.05
거대배아미햐쌀	397.63±1.13	186.13±1.79	358.63±1.88	211.50±2.92	172.50±0.08	68.90±0.00
쌀보리(누른 것)	497.75±3.83	343.42±6.59	505.04±3.71	124.33±2.75	161.63±2.88	68.55±0.40
거대배아현미발아햐쌀 (젓산칼슘+글루탐산)	401.04±2.29	192.13±2.46	327.88±3.13	208.92±4.75	135.75±0.67	69.25±0.50
통밀	242.84±0.84	147.96±0.04	276.71±0.71	94.88±0.79	128.75±0.67	87.38±0.38
흑미햐쌀	203.50±2.00	61.75±0.42	80.50±0.75	141.75±1.58	18.75±0.33	62.35±0.00
서목태(팽화)	4.25±0.08	3.46±0.29	5.59±0.67	0.79±0.21	2.13±0.38	88.80±0.50
강낭콩(팽화)	110.63±0.05	110.71±0.13	180.29±0.04	-0.09±0.17	69.59±0.08	81.53±0.02
일반현미발아햐쌀 (젓산칼슘+글루탐산)	192.96±0.63	81.34±0.41	103.96±0.21	111.63±0.20	22.63±0.20	65.40±0.40
호두	ND	ND	ND	ND	ND	ND

표 3-2-36. 볶음처리한 강낭콩과 서목태의 호화특성

볶음 (min)	점도 (RVU)					호화개시 온도(℃)	
	최고점도	최저점도	최종점도	강하점도	치반점도		
강낭콩	0	116.25±1.17	108.17±1.25	193.42±1.08	8.09±0.09	85.25±0.17	78.73±0.42
	2	127.42±0.92	54.96±2.12	223.88±0.79	10.29±0.29	168.92±1.33	78.30±0.05
	4	125.29±1.625	39.42±0.83	192.88±2.13	6.30±0.13	153.46±1.29	79.88±0.03
	6	114.63±1.13	26.63±0.63	166.96±1.13	10.71±2.37	140.33±0.50	66.48±14.98
	8	71.34±1.33	14.13±0.79	126.05±1.88	10.05±0.13	111.92±1.08	83.88±0.03
서목태	0	4.86±0.04	3.17±0.25	4.67±0.08	2.06±0.06	1.50±0.34	ND
	2	3.38±0.04	2.17±0.25	3.25±0.33	1.21±0.21	1.08±0.08	ND
	4	2.79±0.21	1.79±0.21	2.59±0.16	1.00±0.00	0.80±0.04	ND
	6	3.00±0.58	2.09±0.42	2.38±0.13	0.92±0.17	0.29±0.29	ND
	8	3.04±0.04	1.88±0.04	2.50±0.25	1.17±0.00	0.63±0.21	ND

표 3-2-37. 팽화처리한 강낭콩과 서목태의 호화특성

팽화 (kg/cm <sup>2</sup> )	점도 (RVU)					호화개시 온도(℃)	
	최고점도	최저점도	최종점도	강하점도	치반점도		
강낭콩	0	122.09±0.67	81.13±0.20	149.50±0.17	18.33±0.25	68.38±0.04	73.63±0.03
	3	109.13±0.63	26.59±0.09	156.92±0.83	8.67±0.50	130.33±0.92	80.30±0.30
	4	101.09±0.09	25.17±0.58	145.13±0.04	7.71±0.21	119.96±0.54	81.90±0.45
	5.5	1.38±0.21	0.21±0.21	1.38±0.30	1.05±0.13	1.17±0.51	ND
서목태	0	4.57±0.35	2.27±0.16	4.69±0.06	2.05±0.05	2.42±0.09	ND
	3	1.79±0.04	0.71±0.13	1.88±0.38	0.71±0.04	1.17±0.25	ND
	4	1.92±0.09	0.71±0.04	1.75±0.08	0.88±0.04	1.04±0.04	ND
	5.5	1.38±0.21	0.21±0.21	1.38±0.30	1.05±0.13	1.17±0.51	ND

## 마. 취반특성

### (1) 취반된 개별 곡류의 정도

가수량에 따른 취반된 혼합미(곡) 개별 곡류의 정도 결과는 그림 3-2-19~3-2-21과 같다.

가수량이 증가(1.3배~2.3배)하면 혼합미(곡)밥의 정도는 약 1.6~3.2배 감소하였으며 일반현미 발아잡쌀이 약 3.2배로 가장 많이 감소하였고 배아미가 약 1.6배로 가장 적게 감소하였다. 개별 곡류의 취반 혼합미(곡)밥의 정도는 가수량 1.5배와 1.85배에서 백미(1,606.7 g/cm<sup>2</sup>과 1,173.8 g/cm<sup>2</sup>)와 유사한 정도를 가지는 것으로 나타났다.

팽화처리와 볶음처리한 서목태의 취반 시 가수량이 증가하면 취반 서목태의 정도는 감소하였다. 팽화처리는 5.5 kg/cm<sup>2</sup>에서 가수량이 증가할수록 2,870.0~866.7 g/cm<sup>2</sup>로 가장 낮았으며, 볶음처리는 볶음처리 6분에서 2,776.7~853.3 g/cm<sup>2</sup>로 가장 낮았다. 서목태 볶음 6분과 8분은 취반 중에 구수한 맛보다 약간 씹쓸한 맛이 나서 혼합미(곡) 밥에 사용하기에는 부적합할 것으로 판단된다(data not shown).

예비실험을 통해서 강낭콩은 팽화 5.5 kg/cm<sup>2</sup>를 제외한 다른 시료군은 정도를 매우 높아서 혼합미(곡)밥에 사용하기에는 부적합하여 강낭콩은 팽화 5.5 kg/cm<sup>2</sup>만 사용하였다. 가수량에 따른 취반 정도는 팽화처리한 강낭콩은 가수량이 증가하면 6,300.0~3,340.0g/cm<sup>2</sup>로 약 1.9배 정도가 감소하였으나 호두는 2,523.3~4,270.0g/cm<sup>2</sup>로 오히려 약 1.7배 증가하였다.

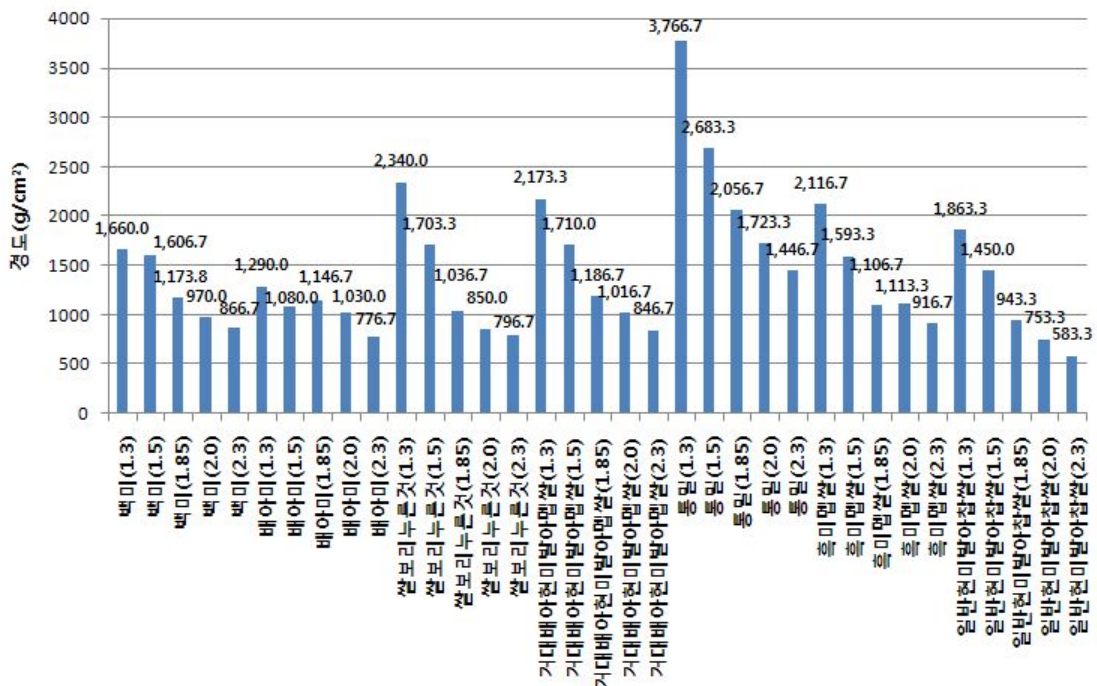


그림 3-2-19. 가수량에 따른 취반된 개별 곡류의 정도



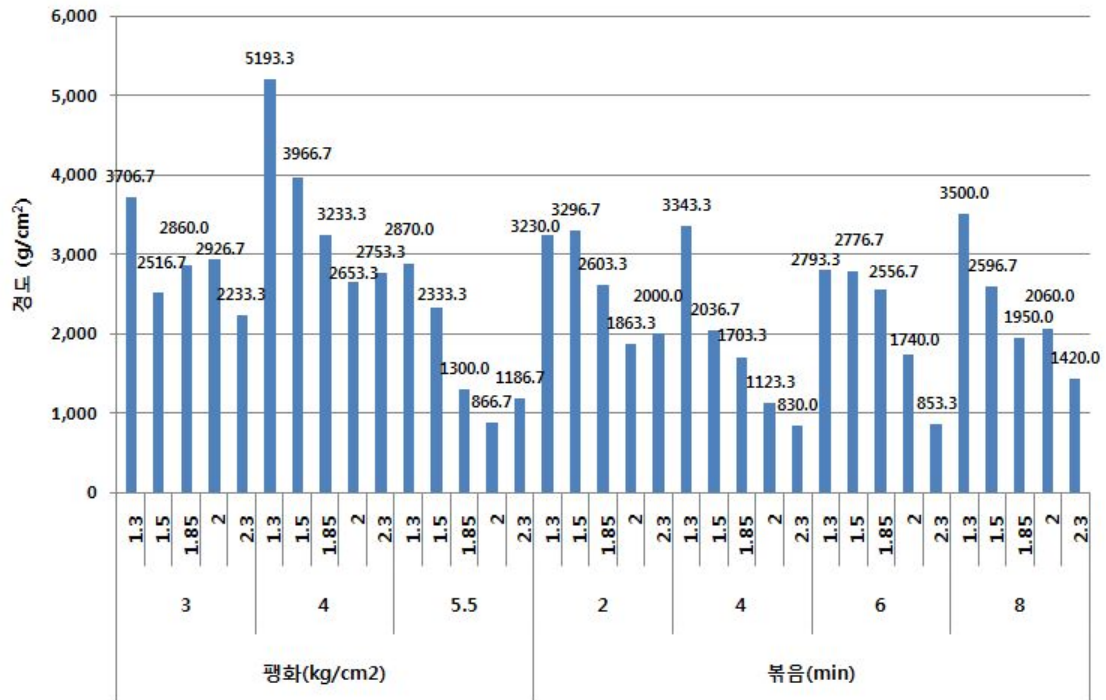


그림 3-2-20. 취반 시 가수량에 따른 물리적 처리한 서목태의 경도

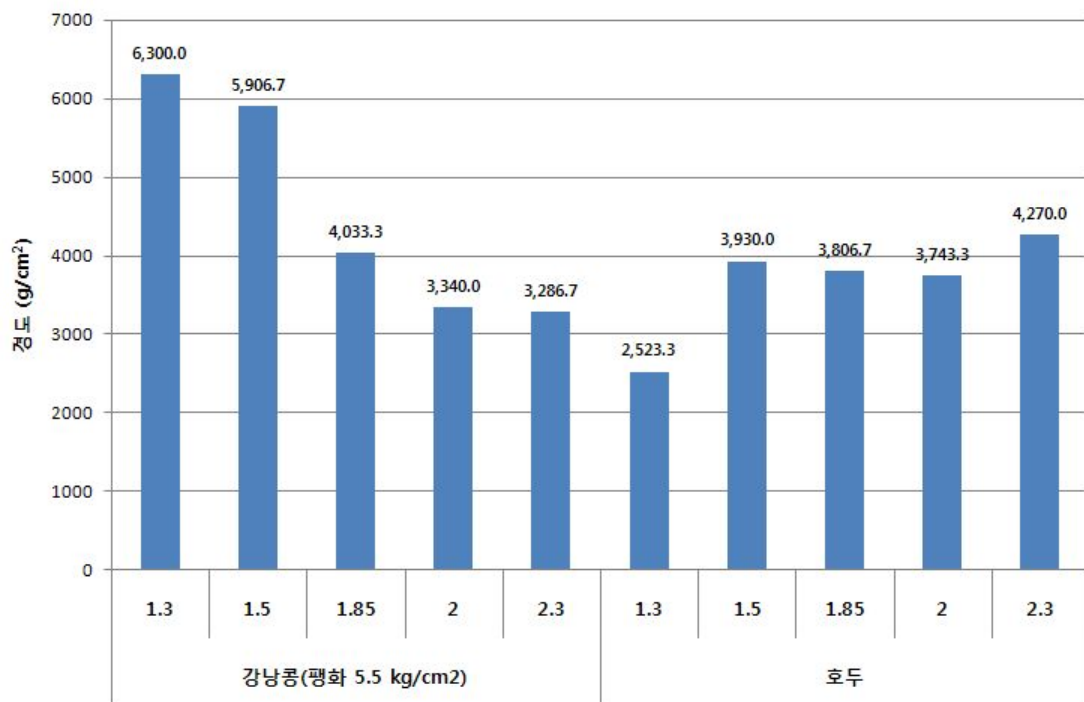


그림 3-2-21. 취반 시 가수량에 따른 평화처리한 강낭콩과 호두의 경도

(2) 가수량에 따른 혼합미(곡) 밥의 색도

주관기관에서 선정한 당노혼합미(곡)과 수험생혼합미(곡)의 배합비를 이용하여 가수량에 따른 혼합미(곡) 밥의 색도 결과는 표 3-2-38과 그림 3-2-22와 같다.

당노혼합미(곡) 및 수험생혼합미(곡)의 색도의 평균값은 명도(L)는 40.28 및 42.94, 적색도(a)는 7.42와 5.36 및 황색도(b)는 12.16과 10.83로 약간의 차이는 있었으나 외관상으로 판단하기에는 큰 차이를 보이지 않았다.

표 3-2-38. 가수량에 따른 혼합미(곡) 밥의 색도

시료	가수량	L	a	b
당노 혼합미(곡)	1.3	38.1±2.75	7.62±0.67	8.88±6.18
	1.5	41.24±3.42	6.92±0.46	12.96±0.8
	1.85	40.62±0.47	7.52±0.12	12.98±0.7
	2.0	40.28±2.72	7.47±0.33	13.3±0.3
	2.3	41.18±0.67	7.57±0.29	12.67±0.64
	평균	40.28	7.42	12.16
수험생 혼합미(곡)	1.3	44.26±3.34	5.69±0.23	11.67±0.89
	1.5	41.97±3.41	5.35±0.51	10.71±0.71
	1.85	42.91±0.31	5.23±0.44	10.57±0.53
	2.0	41.83±2.48	5.41±0.32	10.31±0.49
	2.3	43.74±0.98	5.1±0.34	10.85±0.39
	평균	42.94	5.36	10.83

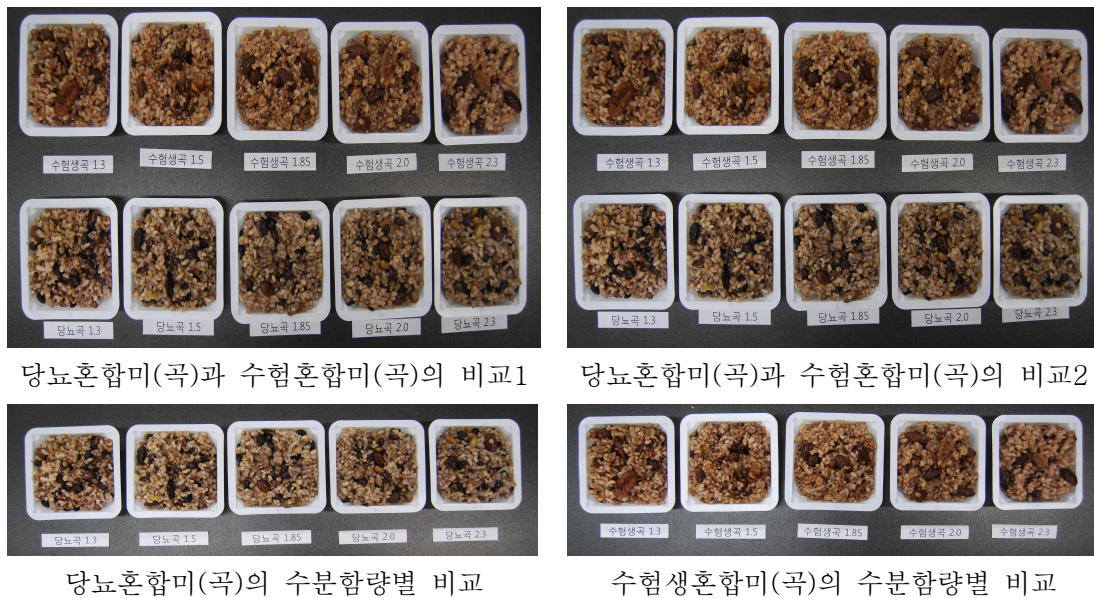


그림 3-2-22. 가수량에 따른 혼합미(곡) 밥의 외형

### (3) 혼합미(곡) 밥의 texture와 관능평가

혼합미(곡) 밥의 texture와 관능평가의 결과는 표 3-2-39와 같다.

수험생혼합미(곡)은 두류 중에 강낭콩만 혼합하므로 강낭콩(팽화) 5.5 kg/cm<sup>2</sup>를 혼합한 1개의 수험생혼합미(곡)을 제조하였고, 당노혼합미(곡)밥은 서목태(팽화) 3 kg/cm<sup>2</sup>와 강낭콩(팽화) 5.5 kg/cm<sup>2</sup>을 혼합하는 당노혼합미(곡) 밥 가군, 서목태(팽화) 4 kg/cm<sup>2</sup>와 강낭콩(팽화) 5.5 kg/cm<sup>2</sup>를 혼합하는 당노혼합미(곡) 밥 나군, 서목태(볶음) 2분과 강낭콩(팽화) 5.5 kg/cm<sup>2</sup>를 혼합하는 당노혼합미(곡) 밥 다군, 서목태(볶음) 4분과 강낭콩(팽화) 5.5 kg/cm<sup>2</sup>를 혼합하는 당노혼합미(곡) 밥 라군의 4개의 시험군을 제조하였다.

백미의 경우, 가수량이 증가함에 따라 경도와 씹힘성은 감소하였다. 탄력성과 부착성은 가수량의 증가에 따라 점차 증가하다가 가수량 2.0배에서 최고치를 보인 후 다시 감소하였다.

당노혼합미(곡)과 수험생혼합미(곡)은 가수량이 증가함에 따라 경도와 씹힘성은 감소하였다. 탄력성은 대체적으로 가수량 1.85와 2.0배에서 높은 값을 보였고, 부착성은 백미에 비해 낮은 값을 보였다.

주관기관에서 선정한 당노혼합미(곡)과 수험생혼합미(곡) 배합비를 이용하여 혼합미(곡) 밥을 제조하여 관능평가한 결과는 그림 3-2-23~3-2-25와 같다. 당노혼합미(곡)은 기존 배합비에 서목태(팽화) 4 kg/cm<sup>2</sup>과 강낭콩(팽화) 5.5 kg/cm<sup>2</sup>를 대체하였고, 가수량(1.3~2.3배)에 따른 관능평가를 통해 최적 가수량을 결정한 다음에 최적 가수량으로 결정된 가수량 1.5배로 취반한 팽화처리와 볶음처리한 서목태의 관능평가를 실시하였다.

가수량에 따른 당노혼합미(곡) 밥은 외관(색), 구수한 향, 맛, 조직감 및 전반적인 기호도에서 가수량 1.5배가 가장 높게 나타났으며, 팽화와 볶음처리한 서목태에 따른 당노혼합미(곡) 밥은 팽화처리는 4 kg/cm<sup>2</sup>, 볶음처리는 6분에서 전반적인 기호도가 가장 높게 나타났다.

수험생혼합미(곡) 밥은 가수량 1.5배를 첨가하여 팽화처리한 강낭콩에 따른 수험생혼합미(곡) 밥은 팽화처리 5.5 kg/cm<sup>2</sup>가 전반적인 기호도가 가장 높게 나타났다.

표 3-2-39. 가수량에 따른 혼합미(곡) 밥의 물성 비교

시료	가수량	경도(g)	탄력성	응집성	썩힘성	깨짐성	부착성(g)
백미	1.3	1660±202.98	53.14±14.53	26.38±5.53	432.01±53.17	22515±4541.7	-86.67±75.72
	1.5	1606.7±215.48	64.84±5.83	24.14±0.64	386.98±42.16	25233±4906	-130.00±26.46
	1.85	1173.3±188.24	63.47±2.2	22.75±1.56	268.86±62.46	17021±3700.2	-150.00±10.00
	2.0	970.00±62.45	69.42±2.9	24.29±1.08	235.63±19.46	16321±741.32	-190.00±45.82
	2.3	866.67±66.58	67.03±4.57	22.48±3.08	196.03±41.77	13154±3008.6	-156.67±47.26
당뇨 혼합미(곡) 밥 가군	1.3	1986.70±381.09	37.52±1.68	18.36±1.57	364.54±78.89	13683±3101.5	-43.33±5.77
	1.5	1443.30±215.72	36.78±16.7	17.31±0.92	250.96±50.73	9094.9±3675	-20.00±20.00
	1.85	980.00±81.85	45.5±3.75	14.7±1.78	145.01±28.94	6668.5±1827.9	-46.67±5.77
	2.0	866.600±40.42	35.88±7.09	13.27±0.79	115.15±11	4182.5±1179.5	-50.00±0.00
	2.3	713.33±120.14	52.63±5.44	14.94±2.4	104.94±11.23	5504.2±577.49	-93.33±32.15
당뇨 혼합미(곡) 밥 나군	1.3	2223.30±75.72	55.25±8.11	15.00±4.59	335.05±108.9	18073±4894.8	-46.67±5.77
	1.5	1376.70±11.55	36.96±4.38	18.24±1.09	251.2±17.12	9312.4±1543.3	-43.33±5.77
	1.85	1026.70±202.32	40.05±6.09	14.99±2.29	150.81±5.15	6060.9±1124.8	-40.00±10.00
	2.0	890.00±95.4	50.34±11.3	13.83±2.27	123.45±25.78	6162.02±1794.7	-60.00±17.32
	2.3	773.33±110.6	40.19±5.93	15.66±2.65	122.54±36.85	4779.3±631.32	-96.67±37.86
당뇨 혼합미(곡) 밥 다군	1.3	2213.3±210.08	43.44±15.34	18.85±2.14	416.21±49.92	18473±618.4	-30±10
	1.5	1676.7±40.42	41.49±9.75	19.32±2.56	324.36±48.92	13139±1256.7	-30±10
	1.85	1196.7±219.62	46.4±7.02	16.67±0.34	199.25±34.43	9084.2±95.9	-53.33±15.28
	2.0	1040.00±50.00	45.09±5.18	16.59±1.62	172.64±19.95	7745.7±842.44	-73.33±25.17
	2.3	856.67±118.46	42.09±3.25	13.5±1.41	114.67±9.05	4828.5±563.51	-80±10
당뇨 혼합미(곡) 밥 라군	1.3	2083.3±185.02	48.48±5.44	19.42±0.91	404.84±46.21	19632±3090.6	-70±26.46
	1.5	1430±245.76	46.02±11.02	20.53±1.86	290.71±24	13334±2965.8	-53.33±15.28
	1.85	943.33±144.68	35.19±10.47	19.75±3.43	184.43±25.78	6589.7±2606.4	-43.33±5.77
	2.0	896.67±115.9	47.7±19.23	17.08±1.91	154.16±33.2	7768.2±4454.6	-53.33±20.82
	2.3	723.33±144.34	56.98±9.35	18.96±1.55	135.88±17.2	7777.3±1757.4	-50.00±10
수험생 혼합미(곡) 밥	1.3	2613.3±914.68	45.72±7.43	14.62±1.28	466.64±190.98	21990±12211	-46.67±11.55
	1.5	2183.3±75.72	36.15±5.51	15.21±2.12	331.75±42.51	12033±2795.9	-30.00±10.00
	1.85	1270±36.06	60.03±19.46	15.8±1.2	200.62±15.15	11848±3167.3	-83.33±28.87
	2.0	1046.7±444.56	65.15±21.07	12.59±1.25	133.55±60.17	8061.3±3186.8	-76.67±28.87
	2.3	973.33±15.28	61.71±26.23	17.7±3.91	172.05±35.97	10404±3905	-93.33±30.55

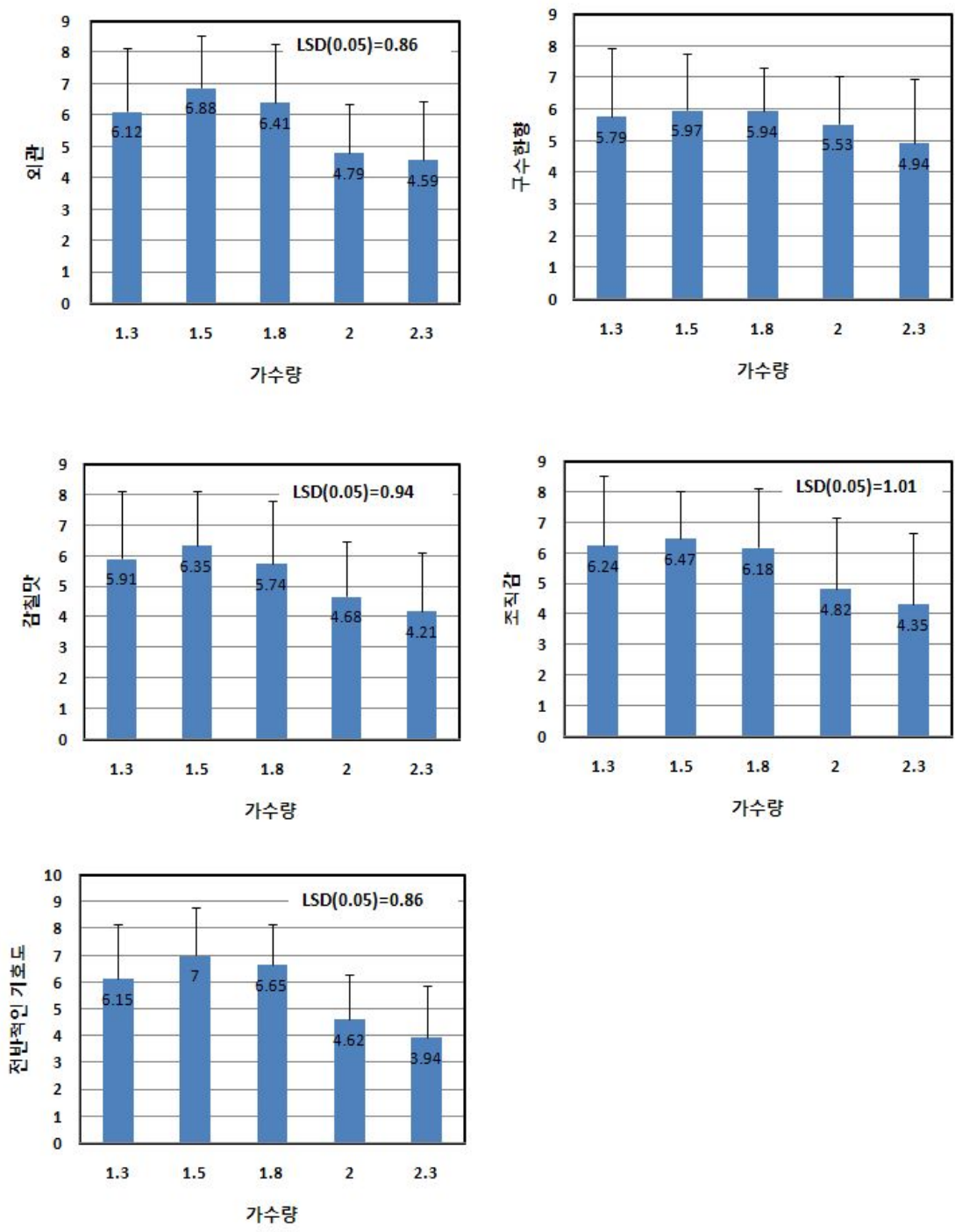


그림 3-2-23. 가수량에 따른 당노혼합미(곡) 밥의 관능평가

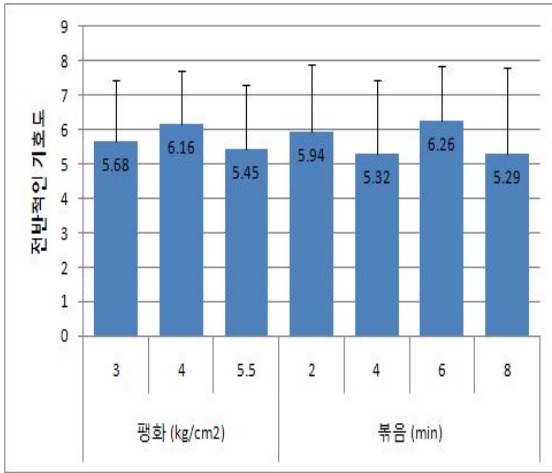
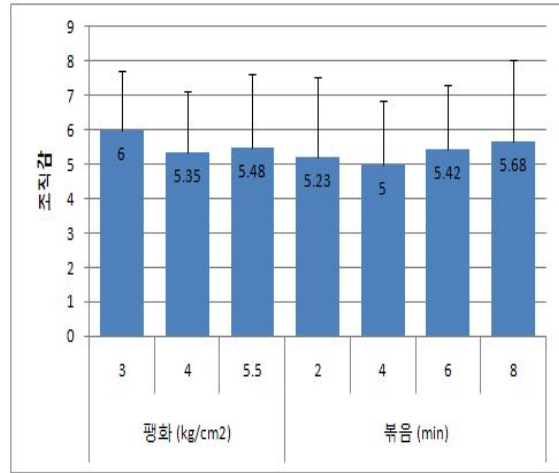
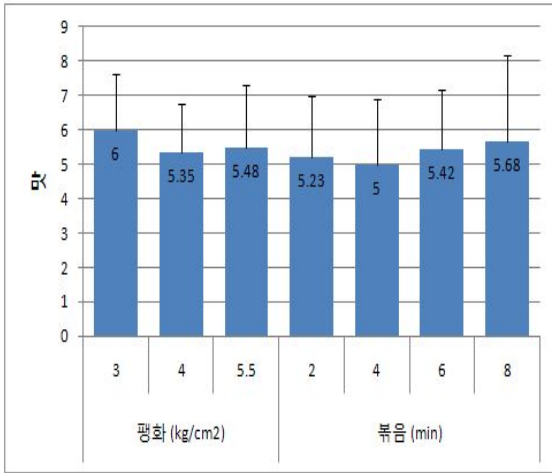
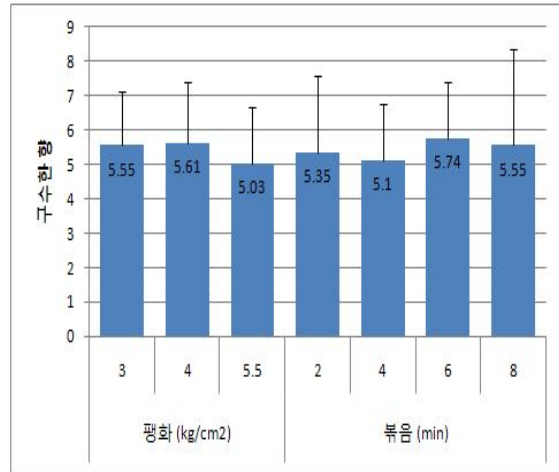
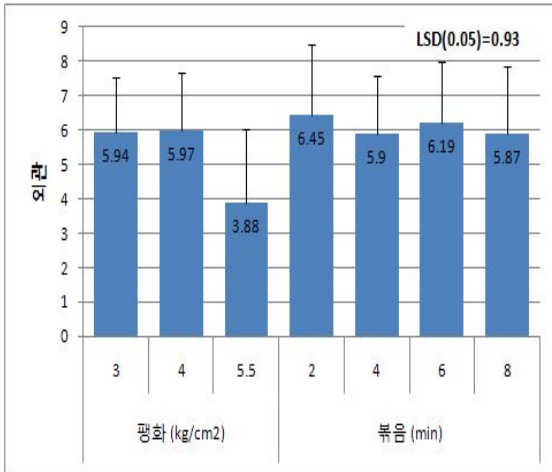


그림 3-2-24. 열처리(볶음처리와 평화처리)한 서목태에 따른 당노혼합미(곡) 밥의 관능평가

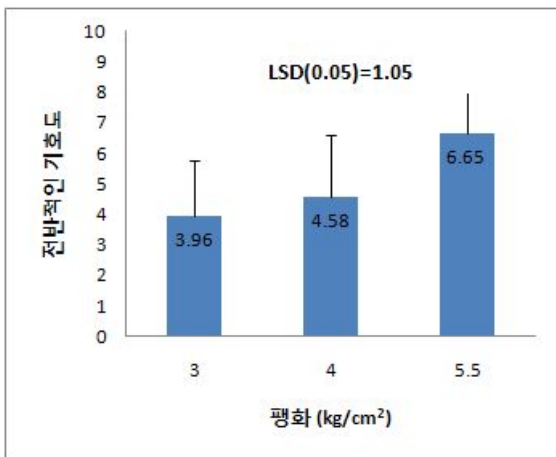
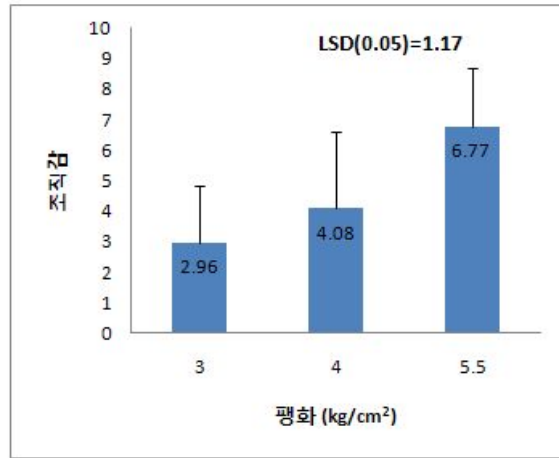
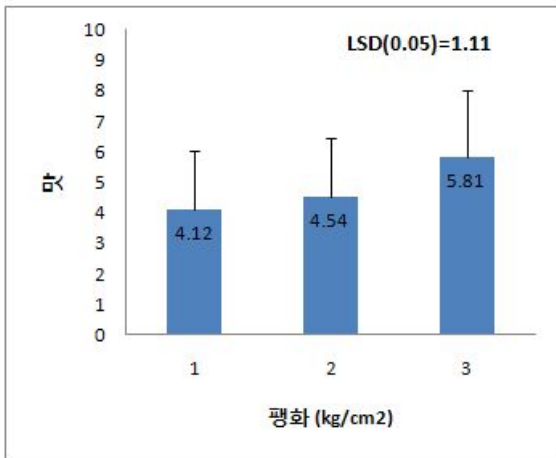
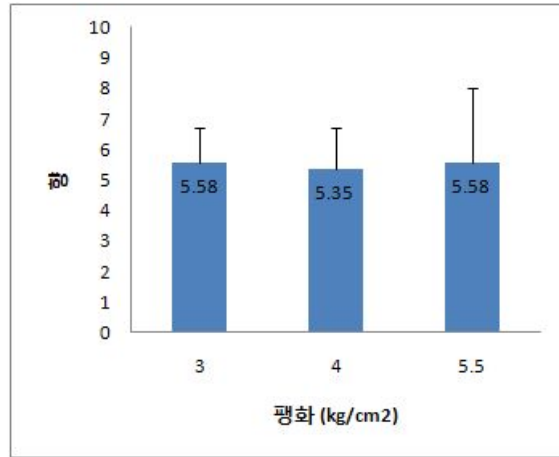
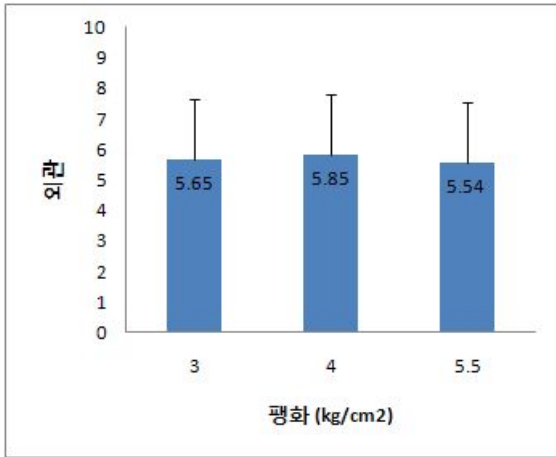


그림 3-2-25. 팽화처리한 강낭콩에 따른 수험생혼합미(곡) 밥의 관능평가

### 3 절 당료용 혼합미(곡)의 영양성분 및 기능성 성분 분석

#### 1. 재료 및 방법

##### 가. 시료

본 실험에서 사용한 시료는 2010년 주관기관에서 선정한 8종의 곡물들로 표 3-3-1과 같다.

표 3-3-1. 혼합미(곡) 종류

쌀	거대배아미, 거대배아현미, 현미찹쌀, 흑미멥쌀
잡곡류	찰보리(할맥)
두류	서목태, 강낭콩, 동부콩,

##### 나. 배합

본 실험에서 사용한 당료혼합미(곡)의 배합은 주관기관에서 의뢰한 배합비를 사용하였으며 그 배합비는 표 3-3-2와 같다.

표 3-3-2. 당료용 혼합미(곡)의 배합비

시료	실험군 (g)	
	항당료 실험군 1	항당료 실험군 2
거대배아미		40
거대배아현미	50	10
찹쌀현미	5	
흑미멥쌀	1	1
서목태	13	13
강낭콩	13	13
동부콩		3
찰보리(할맥)	18	20
합 계	100	100

##### 다. 제분

혼합미(곡)의 제분은 roll mill(Single type stainless roller, Shinpoong Eng. Ltd., Gwangju, Gyeonggi, Korea)을 이용하여 쌀류(3회 제분), 맥류(5회 제분) 및 두류(8회 제분)를 제분하여 300 mesh sieve로 체질하였다. 시료는 -20℃의 deep freezer에서 보관하면서 실험을 실시하였다.

##### 라. 영양성분 및 기능성 성분 분석

영양성분 분석은 “제 1절”에서 기술한 방법과 동일하게 실행하였다.



## 2. 연구 결과

### 가. 영양성분 및 기능성 성분

당뇨용 혼합미(곡)의 영양성분의 결과는 표 3-3-3~3-3-6과 그림 3-3-1 및 3-3-2와 같다.

항당뇨 실험군2가 항당뇨 실험군1보다 조단백질(14.01%)과 조회분(2.03%)의 함량이 높았으며 개별 곡류로는 서목태가 조단백질((38.15%), 조지방(15.31%) 및 조회분(4.96%)의 함량이 가장 높았다.

항당뇨 실험군1과 항당뇨 실험군2의 주요 무기질은 K(373.36 mg/100g과 623.72 mg/100g)이었고, 개별 곡류로는 서목태(1,193.07 mg/100g), 강낭콩(1,314.32 mg/100g) 및 동부콩(1,246.44 mg/100g)에 많이 존재하였다. 항당뇨와 관계있는 무기질인 K과 Mg는 항당뇨 실험군1보다 항당뇨 실험군2(623.72 및 123.04 mg/100g)가 높았다.

항당뇨 실험군1과 항당뇨 실험군2의 주요 유리아미노산은 hydroxyproline(56.98 mg/100g 및 74.47 mg/100g)으로 강낭콩(614.57 mg/100g)과 동부콩(329.52 mg/100g)에 많이 존재하였다. 항당뇨 실험군2는 항당뇨 실험군1보다 항당뇨와 관계되는 아미노산(serine, glycine, alanine, leuince 및 cysteine)의 함량이 높았으며, 개별 곡류로는 serine, glycine, alanine 및 leuince은 서목태와 강낭콩이 함량이 높았으며, cysteine은 강낭콩이 높았다.

항당뇨 실험군1과 항당뇨 실험군2의 주요 지방산은 linoleic acid(43.95% 및 44.55%), oleic acid(23.93% 및 24.25%) 및 palmitic acid(20.21% 및 19.68%)이었다. 항당뇨와 관계있는 오메가-3 지방산 eicosapentaenoic acid는 항당뇨 실험군1(1.36%)이 높았으나  $\alpha$ -linolenic acid는 항당뇨 실험군2(6.93%)가 높았다. 그러나 docosaehaenoic acid는 항당뇨 실험군1과 항당뇨 실험군2에 존재하지 않았다.

항당뇨 실험군2(1,181.28 mg%)가 항당뇨 실험군1보다  $\beta$ -glucan 함량이 높았으며 개별 곡류는 찰보리(할맥)가 2,712.68 mg%로 가장 높았다.

항당뇨 실험군2가 항당뇨 실험군1보다 총 식이섬유(18.68%)와 불용성 식이섬유(15.01%)의 함량이 높았으며, 항당뇨 실험군1과 항당뇨 실험군2의 주요 식이섬유는 불용성 식이섬유였다. 개별 곡물로는 서목태가 총 식이섬유(45.41%)와 불용성 식이섬유(41.26%)가 가장 높았으며, 찰보리(할맥)에서 수용성 식이섬유(7.67%)가 가장 높았다.

표 3-3-3. 당뇨용 혼합미(곡)의 일반성분

시료	수분(%)	조단백(%)	조지방(%)	회분(%)	탄수화물(%)
거대배아미	13.54±0.05	7.32±0.08	1.97±0.03	0.96±0.15	77.19±1.03
거대배아현미	13.00±0.08	7.53±0.04	2.68±0.10	1.71±0.06	75.08±0.28
현미찰쌀	12.71±0.37	10.61±0.24	3.31±0.12	1.61±0.04	71.76±0.69
흑미멥쌀	12.46±0.17	10.19±0.01	2.46±0.05	1.58±0.10	74.55±1.00
서목태	10.67±0.41	38.15±0.09	15.31±0.18	4.96±0.14	38.57±7.01
강낭콩	12.23±0.10	20.34±0.20	3.42±0.17	3.49±0.49	62.23±1.92
동부콩	11.29±0.46	21.22±0.27	2.21±0.05	4.07±0.17	61.21±0.03
찰보리(할맥)	11.56±0.15	11.15±0.32	1.94±0.05	1.11±0.30	74.24±0.82
항당뇨 실험군1	12.27±0.13	12.69±0.18	3.78±0.17	1.50±0.17	71.64±1.73
항당뇨 실험군2	11.96±0.72	14.01±0.21	3.39±0.60	2.03±0.36	68.61±0.57

표 3-3-4. 혼합미(곡)의 무기질 함량

시료	무기질 함량 (mg/100g)							
	P	Na	K	Cu	Zn	Fe	Ca	Mg
거대배아미	260.64±1.02	8.30±0.06	236.86±2.51	0.54±0.01	2.26±0.02	3.47±0.04	42.03±0.73	100.87±0.58
거대배아현미	273.21±2.24	9.27±0.02	250.40±2.54	0.40±0.01	2.04±0.01	4.37±0.03	48.15±1.75	107.09±0.81
현미찹쌀	283.69±3.46	5.69±0.11	259.07±2.36	0.40±0.00	2.15±0.01	3.36±0.01	48.56±2.70	115.60±0.84
흑미땀쌀	404.43±2.17	8.96±0.14	370.59±1.73	0.58±0.01	2.52±0.01	4.12±0.02	56.03±2.90	142.06±1.56
서목태	469.97±3.59	6.14±0.10	1193.07±5.23	0.93±0.01	2.32±0.00	9.10±0.03	244.05±1.03	184.86±2.29
강낭콩	452.75±1.82	7.01±0.09	1314.32±9.72	0.62±0.01	3.30±0.01	11.15±0.07	127.32±3.21	193.08±0.35
동부콩	440.49±3.59	8.67±0.08	1246.44±6.29	0.92±0.00	3.82±0.06	12.44±0.25	101.67±2.03	209.48±1.50
찰보리(할맥)	274.82±0.73	6.56±0.08	498.07±2.76	0.43±0.01	2.08±0.02	5.95±0.03	77.75±2.84	108.47±2.87
항당뇨 실험군1	254.54±3.65	10.49±0.11	373.36±2.80	1.49±0.02	3.20±0.02	6.65±0.01	81.65±0.29	78.93±2.41
항당뇨 실험군2	316.96±6.78	9.20±0.45	623.72±3.17	0.46±0.01	2.40±0.02	6.44±0.06	88.51±1.05	123.04±1.36



표 3-3-6. 혼합미(곡)의 지방산 조성

Component	지방산 함량 (%)								항당뇨 실험군1	항당뇨 실험군2
	거대 배아미	거대 배아 현미	현미 참쌀	흑미 햅쌀	서목태	강낭콩	동부콩	찰보리		
Butyric acid (C4:0)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Caproic acid (C6:0)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Caprylic acid (C8:0)	0.04±0.00	ND	0.03±0.00	0.08±0.01	0.15±0.02	0.13±0.00	ND	ND	ND	ND
Capric acid (C10:0)	0.03±0.00	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Undecanoic acid (C11:0)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Lauric acid (C12:0)	0.11±0.00	ND	0.02±0.02	0.12±0.01	ND	ND	ND	0.10±0.01	0.02±0.04	ND
Tridecanoic acid (C13:0)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Myristic acid (C14:0)	0.51±0.08	0.33±0.03	0.64±0.01	0.58±0.01	0.08±0.07	0.22±0.03	0.22±0.03	0.44±0.00	0.40±0.01	0.37±0.06
Myristoleic acid (C14:1)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Pentadecanoic acid (C15:0)	0.05±0.00	ND	0.05±0.01	0.08±0.00	ND	0.19±0.01	ND	0.11±0.01	ND	ND
cis-10-Pentadecenoic acid (C15:1)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Palmitic acid (C16:0)	18.58±0.34	18.73±0.15	21.54±0.33	20.15±0.25	18.02±0.44	20.87±0.04	29.01±0.41	26.36±0.06	20.21±1.04	19.68±0.07
Palmitoleic acid (C16:1)	0.19±0.01	ND	0.15±0.00	0.22±0.01	0.04±0.06	0.40±0.02	0.04±0.07	0.39±0.04	0.15±0.03	0.14±0.02
Heptadecanoic acid (C17:0)	0.05±0.00	ND	0.06±0.01	0.02±0.04	0.13±0.01	0.25±0.05	0.32±0.00	ND	ND	ND
cis-10-Heptadecenoic acid (C17:1)	ND	ND	ND	ND	ND	0.11±0.02	ND	ND	ND	ND
Stearic acid (C18:0)	1.37±0.03	1.22±0.08	2.37±0.69	1.84±0.04	5.49±0.15	2.67±0.08	4.33±0.01	ND	3.19±0.06	3.00±0.02
Elaidic acid (C18:1n9t)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Oleic acid (C18:1n9c)	36.58±1.35	34.60±0.26	33.99±0.88	31.59±1.44	12.48±0.24	13.92±0.06	8.39±0.12	11.53±0.02	23.93±0.31	24.25±0.05
Linolelaidic acid (C18:2n6t)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Linoleic acid (C18:2n6c)	39.28±1.04	42.50±0.13	37.54±0.52	41.31±1.05	54.58±0.99	27.45±0.36	37.10±0.42	55.28±0.13	43.95±0.59	44.55±0.02
Arachidic acid (C20:0)	0.31±0.01	0.27±0.04	0.35±0.04	0.55±0.06	0.26±0.03	0.38±0.04	ND	ND	0.04±0.06	ND
γ-Linolenic acid (C18:3n6)	0.40±0.01	ND	ND	ND	ND	0.13±0.01	ND	ND	ND	ND
cis-13-3-2-Eicosenoic acid (C20:1)	ND	ND	0.34±0.02	0.37±0.01	ND	0.07±0.06	ND	ND	ND	ND
α-Linolenic acid (C18:3n3)	1.57±0.03	1.64±0.07	1.37±0.01	1.67±0.04	7.79±0.16	33.22±0.09	18.67±0.90	4.07±0.25	6.71±0.12	6.93±0.12
Heneicosanoic acid (C21:0)	0.06±0.04	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
cis-11,13-3-2-Eicosadienoic acid (C20:2)	0.07±0.01	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Behenic acid (C22:0)	ND	ND	0.09±0.01	0.16±0.00	0.36±0.03	ND	ND	ND	ND	ND
cis-8,11,13-3-2-Eicosatrienoic acid (C20:3n6)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Erucic acid (C22:1n9)	0.02±0.00	0.69±0.08	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
cis-11,14,17-Eicistrrienoic acid (C20:3n3)	0.54±0.12	ND	1.18±0.05	0.98±0.04	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Arachidonic acid (C20:4n6)	0.08±0.02	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Tricosanoic acid (C23:0)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
cis-13,16-Docosadienoic acid (C22:2)	0.05±0.02	ND	0.08±0.03	ND	0.63±0.04	ND	ND	ND	ND	ND
Lignoceric acid (C24:0)	0.06±0.01	ND	0.17±0.02	0.28±0.02	ND	ND	ND	ND	ND	ND
cis-5,8,11,14,17-Eicosapentaenoic acid (C20:5n3)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1.92±0.04	1.59±0.05	1.36±0.06	1.08±0.04
Nervonic acid (C24:1)	0.03±0.01	ND	0.02±0.03	ND	ND	ND	ND	0.11±0.03	ND	ND
cis-4,7,10,13,16,19-Docosahexaenoic acid (C22:6n3)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

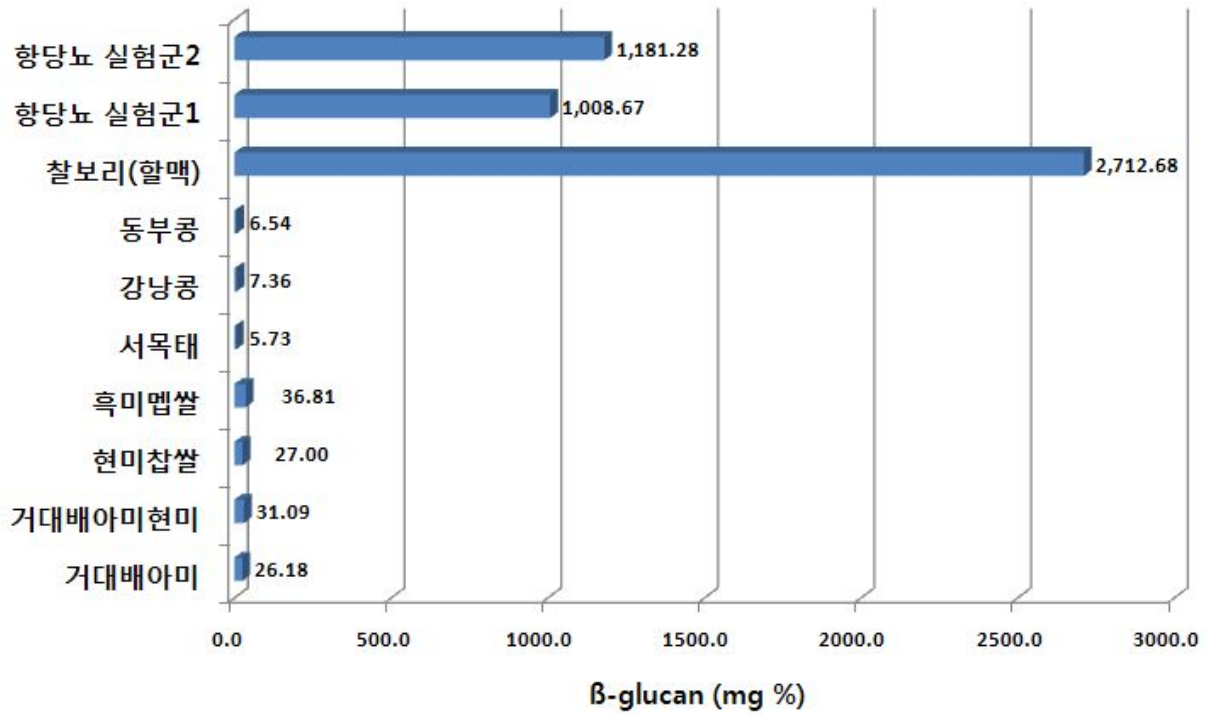


표 3-3-1. 혼합미(곡)의 β-glucan 함량

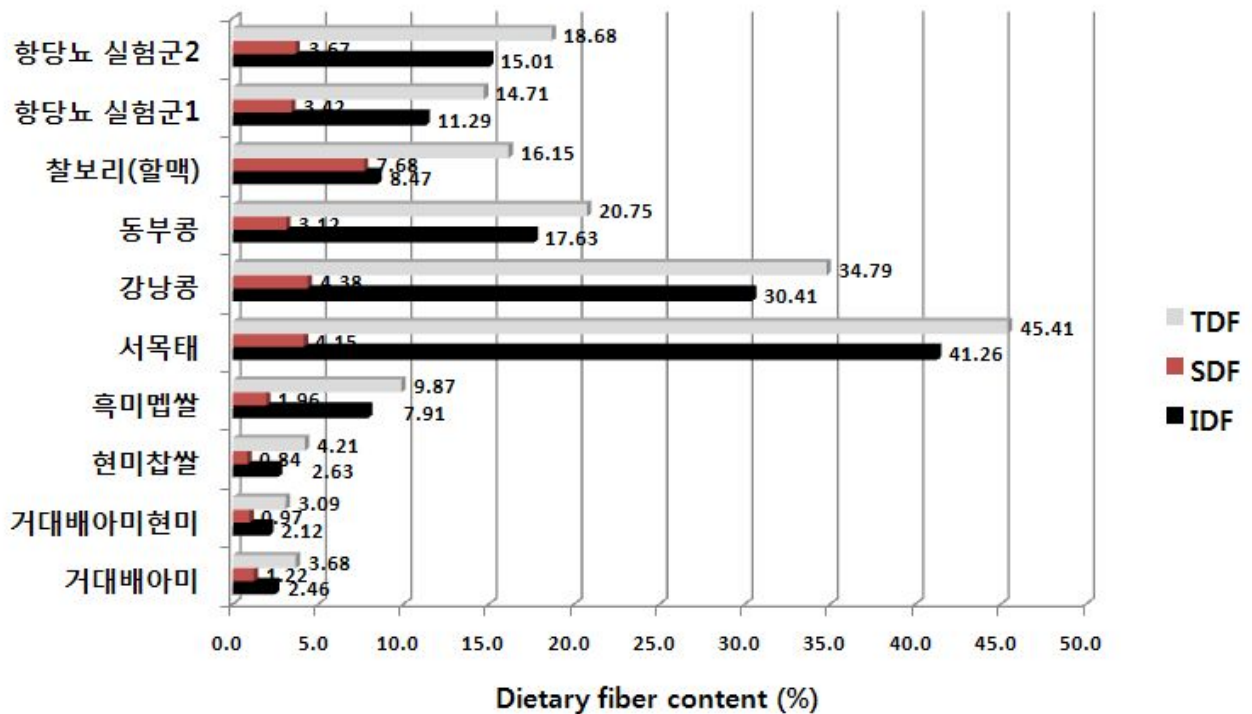


표 3-3-2. 혼합미(곡)의 식이섬유 함량

## 4 절. 맞춤형 편의식품 개발 및 시제품의 영양성분

### 1. 재료 및 방법

#### 가. 시료

(1) 당노용 혼합미(곡) 밥

당노용 혼합미(곡) 밥의 제조는 주관기관에서 선정한 8종의 곡물을 사용하였다.

(2) 당노용 죽과 당노용 선식

당노용 죽과 선식의 제조는 주관기관에서 선정한 5종의 곡물을 사용하였다.

(3) 수험생용 가래떡

수험생용 가래떡의 제조는 주관기관에서 선정한 6종의 곡물을 사용하였다.

(4) 운동선수용 쿠키

운동선수용 쿠키의 제조는 주관기관에서 선정한 6종의 곡물을 사용하였고, 박력분, 버터, 설탕, 정제염, 계란, 바닐라향 및 베이킹파우더는 롯데마트(전주점)에서 구입하여 사용하였다.

#### 나. 배합 및 처리 방법

(1) 당노용 혼합미(곡) 밥

당노용 혼합미(곡)의 배합은 주관기관에서 의뢰한 배합비를 사용하였으며 그 배합비는 표 3-4-1과 같다.

표 3-4-1. 당노용 혼합미(곡) 밥의 배합비

시료	당노용 혼합미(곡) 밥 (g)
거대배아미	50
거대배아현미	
참쌀현미	5
흑미멥쌀	1
서목태	13
강낭콩	13
동부콩	
찰보리(할맥)	18
합 계	100

(2) 당노용 죽의 배합비 및 열처리

당노용 죽의 배합비는 주관기관에서 의뢰한 배합비를 이용하였으며 그 처리방법과 배합비는 표 3-4-2와 같다.

볶음처리는 볶음 솥(신홍기계)을 사용하였다.

표 3-4-2. 당뇨용 죽류의 배합비 및 열처리

시료	비율(%)	죽(탄수화물 27 g)으로 환산한 함량(g)	곡물의 처리 방법
대두	45	24.3	5회 세분
찰보리(할맥)	25	13.5	곡립 상태로 이용
메밀	15	8.1	곡립 상태로 이용
녹두	10	5.4	곡립 상태로 이용
땅콩	5	2.7	곡물( 1 kg)을 볶음(150℃, 4분) 껍질 제거 및 5회 세분
합 계	100	54.0	

(3) 당뇨용 선식의 배합비 및 열처리

당뇨용 선식의 배합비는 주관기관에서 의뢰한 배합비를 이용하였으며 그 처리방법과 배합비는 표 3-4-3과 같다.

팽화처리는 팽화기를 이용하였으며, 볶음처리는 볶음 솥(신홍기계)을 이용하였다. 팽화처리는 개별 곡물의 예비 실험을 통해서 팽화시간을 결정하였다(표 3-4-15).

표 3-4-3. 당뇨용 선식의 배합비 및 열처리

시료	비율(g)	열처리 방법
대두	45	곡물( 1 kg)을 팽화(6 kg/cm <sup>2</sup> , 12 분)
할맥	25	곡물( 1 kg)을 팽화(10 kg/cm <sup>2</sup> , 8 분)
메밀	15	곡물( 1 kg)을 팽화(7 kg/cm <sup>2</sup> , 5 분)
녹두	10	곡물( 1 kg)을 팽화(7 kg/cm <sup>2</sup> , 5 분)
땅콩	5	곡물( 1 kg)을 볶음(150℃, 4분)후에 껍질 제거
합 계	100	

(4) 수험생용 가래떡의 배합비

수험생용 가래떡의 배합비는 주관기관에서 의뢰한 배합비를 이용하였으며 물성개량제의 종류 및 첨가량을 위한 배합비는 표 3-4-4 , 수험생용 가래떡의 제조를 위한 배합비는 표 3-4-5 와 같다

표 3-4-4. 물성개량제 결정을 위한 수험생용 가래떡의 배합비

시료	기본 배합비(g)	물성개량제(HPMC) (g)		
		BN40M	CN15U	CN40H
거대배아미뱀쌀	166.7	166.7	166.7	166.7
거대배아발아뱀쌀현미 (젓산칼슘)	141.7	141.7	141.7	141.7
거대배아발아찹쌀현미 (젓산칼슘)	91.7	91.7	91.7	91.7
뱀쌀흑미	16.7	16.7	16.7	16.7
강낭콩(팽화)	62.5	62.5	62.5	62.5
호두(미국산)	20.8	20.8	20.8	20.8
물	150	150	150	150
소금	5	5	5	5
물성개량제(HPMC)		1.5~3.0	1.5~3.0	1.5~3.0
합 계	655	656.5~658.0	656.5~658.0	656.5~658.0

표 3-4-5. 각종 곡류를 이용한 수험생용 가래떡의 배합비

시료	수험생용 가래떡 (g)	대조군 (g)	
		HPMC 무첨가 수험생용 가래떡	뱀쌀 가래떡
거대배아미뱀쌀	1,000	1,000	
거대배아발아뱀쌀현미 (젓산칼슘)	850	850	
거대배아발아찹쌀현미 (젓산칼슘)	550	550	
뱀쌀흑미	100	100	
강낭콩(팽화)	375	375	
호두(미국산)	125	125	
백미			3,000
물	900	900	900
소금	30	30	30
물성개량제 (HPMC; CN40H)	18		
합 계	3,948	3,930	3,930



(5) 운동선수용 쿠키의 배합비

운동선수용 쿠키의 배합비는 주관기관에서 의뢰한 배합비를 이용하였으며 그 배합비는 표 3-4-6과 같다.

표 3-4-6. 운동선수용 쿠키의 배합비

시료	대조군(g)	실험군 (g)	
		쿠키 A	쿠키 B
거대배아현미		29.33	
대두		4.19	4.19
땅콩		4.19	4.19
밀배아		4.19	4.19
쌀보리			10.48
현미멥쌀			10.48
조(도정)			8.38
박력분	41.9		
버터	15	15	15
설탕	17	17	17
정제염	0.4	0.4	0.4
계란	21.4	21.4	21.4
바닐라향	3.5	3.5	3.5
베이킹파우더	0.8	0.8	0.8
합 계	100	100	100

다. 제분

(1) 당료용 혼합미(곡) 밥

제분은 roll mill(Single type stainless roller, Shinpoong Eng. Ltd., Gwangju, Gyeonggi, Korea)을 이용하여 쌀류(3회 제분), 맥류(5회 제분) 및 두류(8회 제분)를 제분하였다. 제분된 가루는 300 mesh sieve로 체질하였다.

(2) 당료용 죽

제분은 roll mill(Single type stainless roller, Shinpoong Eng. Ltd., Gwangju, Gyeonggi, Korea)을 이용하여 대두와 볶은 땅콩을 각각 5회 제분하였으며 당료용 죽의 배합비를 기준으로 혼합하여 사용하였다.

(3) 당료용 전식

제분은 혼합미(곡)의 배합비를 사용하여 roll mill(Single type stainless roller, Shinpoong Eng. Ltd., Gwangju, Gyeonggi, Korea)과 초미세 기류 분쇄기(KMS-200, Korea Medi Co. Ltd., Daegu, Korea)로 각각 10회 제분하였다. 제분된 가루는 300 mesh sieve로 체질하였다.

#### (4) 수험생용 가래떡

제분은 혼합미(곡)의 배합비를 사용하였으며 사용되는 곡물을 수세(3회), 수침(10 시간) 및 탈수(1 시간)하여 습식제분을 하였다(호두는 제외). 습식제분은 roll mill(Single type stainless roller, Shinpoong Eng. Ltd., Gwangju, Gyeonggi, Korea)을 이용하여 강낭콩(팽화)을 3회 제분(1차 제분)하고 제분된 강낭콩(팽화)을 쌀류와 혼합하여 3회 제분(2차 제분)하였다. 호두는 조각내어 증자하기 전에 첨가하였다.

#### (5) 운동선수용 쿠키

제분은 roll mill(Single type stainless roller, Shinpoong Eng. Ltd., Gwangju, Gyeonggi, Korea)을 이용하여 혼합미(곡)의 배합비를 사용하여 10회 제분하였다. 제분된 가루는 300 mesh sieve로 체질하였다.

### 라. 품질특성 분석

#### (1) 당뇨용 혼합미(곡) 밥

##### (가) 색도와 호화특성

색도는 색차계(SP-80, Tokyo Denshoku, Japan)를 이용하여 L(Lightness), a(+: redness, -: greeness), b(+: yellowness, -: blueness)값을 측정하였다. 호화특성은 RVA(RVA-4, Newport Scientific Pty. Ltd., Warriewood, Australia)를 이용하여 측정하였다. 시료 3.5 g(dry matter basis)을 증류수 25 mL에 첨가하여 잘 혼합한 다음 0-1.0 min은 50°C 유지, 1.0~4.8 min은 95°C까지 가열, 4.8~7.3 min은 95°C 유지, 7.3~11.01 min은 50°C까지 냉각, 11.01~12.05 min은 50°C를 유지하면서 점도(RVU)를 측정하였다. 호화특성은 peak viscosity, trough, final viscosity, pasting temperature, peak time, break down, setback으로 표시하였다.

##### (나) 수침시간에 따른 강낭콩의 수분흡수율과 취반된 강낭콩 곡립의 경도

강낭콩(3.5 g)에 물(25 mL)을 넣고 수침(25°C, 0~15 hr)하여 일정시간별로 꺼내 여과지(Whatman No. 4)위에 깔리어 표면수를 제거하였다. 수침 후 무게증가량을 이용하여 수분흡수율을 측정하였다.

전기압력밥솥(KJP-HG100CV, Lihom living Co., Cheonan, Korea)에 수침(25°C, 0~15 hr)한 강낭콩(10 g)과 물(18 mL)을 첨가한 알루미늄관(diameter 3.78 cm, height 6.74 cm)을 넣고 고정하였다. 알루미늄관 주위에 비등석(200 g)과 물(500 mL)을 넣고 취반(약 40분)하여 취반된 강낭콩의 곡립의 경도(hardness)를 측정하였다. 수침시간과 경도의 역수로부터 최적 수침시간을 결정하였다. 분석조건은 texture analyser(TA-XT2i, Stable Micro systems Co. Ltd., Surrey, UK)를 이용하여 return to start mode에서 load cell; 5 kg, deformation rate 60%, test speed; 1.7 mm/sec, pre test speed; 5.0 mm/sec, post test speed; 10.0 mm/sec 및 cylinder probe P25(diameter 25.0 mm)이었다.

##### (다) 당뇨용 혼합미(곡) 밥의 제조 조건설정 및 취반특성

###### ① 가수량에 따른 혼합미(곡) 밥의 제조

전기압력밥솥(KJP-HG100CV, Lihom living Co., Cheonan, Korea)에 수침(25°C, 12 hr)한 강

낭공과 그 이외 곡물(시료의 총량은 15 g)을 표 2의 실험군 1의 배합비와 같이 넣고 가수량 (1.5~2.4배)을 달리 첨가한 알루미늄관(diameter 3.78 cm, height 6.74 cm)을 넣고 고정하였다. 알루미늄관 주위에 비등석(200 g)과 물(500 mL)을 넣고 취반(약 40분)하여 취반하였다.

② 가수량에 따른 당뇨용 혼합미(곡) 밥의 색도, texture 및 관능평가

색도는 색차계(SP-80, Tokyo Denshoku, Japan)를 이용하여 L(Lightness), a(+: redness, -: greeness), b(+: yellowness, -: blueness)값을 측정하였다.

Texture는 texture analyser(TA-XT2i, Stable Micro systems Co. Ltd., Surrey, UK)로 경도 (hardness), 응집성(cohesiveness), 탄성(springiness), 겹성(gumminess), 씹힘성(chewiness) 및 부착성(adhesiveness)을 측정하였다. 분석조건은 TPA(Texture profile analysis) mode에서 load cell; 5 kg, deformation rate 80%, test speed; 1.7 mm/sec, pre test speed; 1.0 mm/sec, post test speed; 1.7 mm/sec 및 cylinder probe P25(diameter 25.0 mm)이었다. 관능평가는 수 침한 강낭콩과 그 이외 곡물을 수세한 후에 철망위에 놓아(10 min) 물기를 제거한 후에 물 (450~720 mL, 시료의 1.5~2.4배)을 첨가하여 전기압력밥솥(KJP-HG100CV, Lihom living Co., Cheonan, Korea)으로 취반하여 관능평가 하였다.

관능평가는 전북대학교 식품공학과 대학생과 대학원생을 대상(20 명)으로 혼합미(곡)밥의 색 (color, 갈색이 약함 1 ↔ 갈색이 진함 9), 질은 정도(wateriness, 매우 됨 1 ↔ 매우 질음 9), 단단함(firmness, 매우 연함 1 ↔ 매우 단단함 9) 및 종합적 평가(overall quality, 매우 싫음 1 ↔ 매우 좋음 9)를 9점 척도법으로 실행하였다. 이때 색, 질은 정도 및 조직감은 강도를 평가 하였으나 종합적 평가는 색, 질은 정도 및 조직감을 포괄적으로 판단하여 평가하였다.

(2) 당뇨용 죽

(가) 당뇨용 죽의 제조

당뇨용 죽의 제조는 그림 3-4-1과 같다(붙임 1 참조).

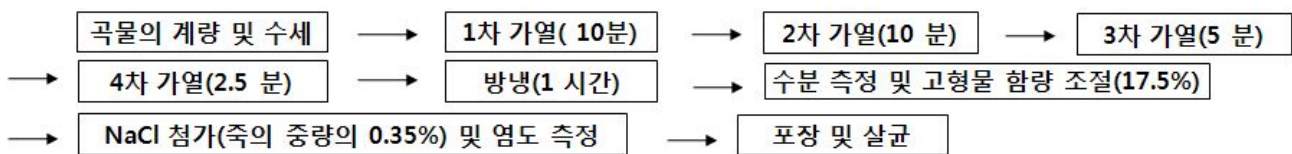


그림 3-4-1. 당뇨용 죽의 제조 공정

(나) 고형분 함량에 따른 색도, pH 및 염도

제조된 당뇨용 죽(50 g)을 블렌더(51BL31, Waring products Inc., USA)에 넣고 5분 동안 갈아서 pH, 색도, 염도, 수분함량, 총당 및 아밀로스의 분석시료로 사용하였으며 점도는 갈지 않고 알갱이 상태로 측정하였다. 상업적으로 판매되는 D사의 전북죽을 대조구로 사용하였다.

① 색도, pH 및 염도

색도는 색차계(SP-80, Tokyo Denshoku, Japan)를 이용하여 L(Lightness), a(+: redness, -: greeness), b(+: yellowness, -: blueness)값을 측정하였고 pH는 pH meter(Orion 420+, Thermo Electronic Co., Beverly, USA)를 이용하여 측정하였다.

염도는 염도계(TM-30D, Takemra Electric Wokrs Ltd., Tokyo, Japan)를 이용하여 측정하였고, 수분함량은 적외선 수분측정기(FD-600, Kett electronic laboratory, Tokyo, Japan)를 이용하여 시료(3 g)를 60분 동안 측정하였다.

## ② 총당, 아밀로스 및 점도

총 당은 당뇨용 죽(2.5 g)에 증류수로 첨가하여 균질화한 후에 정용(50 mL)하였다. 정용한 용액을 원심분리(3,500 rpm, 10 분)하여 얻은 상등액(1 mL)을 정용(100 mL)하여 총당 분석의 시료용액으로 사용하였다. 총당은 phenol-H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 방법(Dubois M et al, 1956)으로 측정하였다. 시료용액(1 mL)에 5% phenol(1 mL)를 첨가한 후에 95% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (5 mL)를 첨가하여 25 분 동안 반응시켜 470 nm에서 흡광도를 측정하였다. 당 표준 용액은 glucose(Sigma, St, Louis, Mo, USA)을 사용하였다.

아밀로스는 요오드 비색법(Kim YH et al, 1974)으로 측정하였다. 당뇨용 죽(0.3 g)을 취하여 0.5 N KOH(10 mL)를 첨가하여 균질화한 후에 정용(100 mL)하여 아밀로스 분석의 시료용액으로 사용하였다. 시료용액(10 mL)에 0.1 N HCl(5 mL), 증류수(30 mL) 및 iodine 용액(0.2 g I<sub>2</sub> + 2.0 g KI/100 mL D.W.) 0.5 mL를 순서대로 혼합한 후에 증류수를 이용하여 정용(50 mL)하였다. 실온에서 20 분 동안 반응시킨 후에 625 nm에서 측정하였다. 표준용액은 potato amylose(Sigma, St, Louis, Mo, USA)를 사용하였다.

점도는 회전점도계(VT550, Haake Instruments Inc., Karlsruhe, Germany), DC-30 Temperature controller(60°C) 및 cone and plate type(PK 5-1°)를 이용하여 1분 동안 shear rate(50 s<sup>-1</sup>)로 측정하였다.

## ③ 관능평가

당뇨용 죽의 관능평가는 전북대학교 식품공학과 대학생과 대학원생을 대상(20 명)으로 고품분 함량(15.0~22.5%)에 따른 관능평가를 실시하였다. 색(color, 갈색이 약함 1 ↔ 갈색이 진함 9), 질은 정도(wateriness, 매우 됨 1 ↔ 매우 질음 9), 부드러움(softness, 매우 거침 1 ↔ 매우 부드러움 9) 및 종합적 평가(overall quality, 매우 싫음 1 ↔ 매우 좋음 9)를 9점 척도법으로 실행하였다. 이때 색, 질은 정도 및 부드러움은 강도를 평가하였으나 종합적 평가는 색, 질은 정도 및 조직감을 포괄적으로 판단하여 평가하였다.

### (3) 당뇨용 선식

#### (가) 당뇨용 선식의 제조

당뇨용 죽의 제조는 시료(15 g)에 증류수(75 mL)를 첨가하여 선식을 제조하였다.

#### (나) 입도 분포, pH, 색도 및 수분용해지수 및 수분흡수지수

입도는 입도분석기(Multi sizer3, Backman coulter, Inc., USA)를 이용하여 0.4~12 μm의 범위에서 측정하였다. 색도는 색차계(SP-80, Tokyo Denshoku, Japan)를 이용하여 L(Lightness), a(+: redness, -: greeness), b(+: yellowness, -: byeeness)값을 측정하였고, pH는 pH meter(Orion 420+, Thermo Electronic Co., Beverly, USA)를 이용하여 측정하였다. 수분용해지수(water solubility index, WSI)와 수분흡수지수(water absorption index, WAI)는 “제 1절”에서 기술한 방법과 동일하게 실행하였다.

#### (다) 관능평가

당뇨용 선식의 관능평가는 전북대학교 식품공학과 대학생과 대학원생을 대상(20 명)으로 선식(15 g)에 설탕(5 g)을 첨가하고 물(75 mL)를 첨가하여 실행하였다. 색의 정도(color, 갈색이 약함 1 ↔ 갈색이 진함 9), 향의 정도(flavor, 향이 약함 1 ↔ 향이 진함 9), 부드러움(softness, 매우 거침 1 ↔ 매우 부드러움 9) 및 종합적 평가(overall quality, 매우 싫음 1 ↔ 매우 좋음 9)를 9점 척도법으로 실행하였다.

#### (4) 수험생용 가래떡

##### (가) 수험생용 가래떡의 제조

수험생용 가래떡의 제조는 그림 3-4-2와 같다(붙임 2 참조).

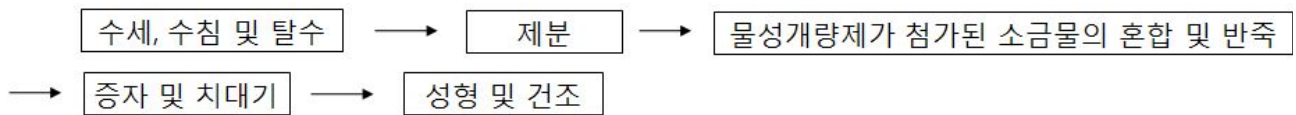


그림 3-4-2. 수험생용 가래떡의 제조 공정

##### (나) 수험생용 가래떡의 제조조건 설정

###### ① 물성개량제가 첨가된 소금용액의 점도

점도는 회전점도계(VT550, Haake Instruments Inc., Karlsruhe, Germany), DC-30 Temperature controller(30°C), cone and plate type(PK 5-1°)를 이용하여 1분 동안 shear rate(50 s<sup>-1</sup>)로 측정하여 물성개량제가 첨가된 소금용액의 겔보기 점도를 측정하였다.

###### ② 물성개량제의 종류 및 첨가량 설정

수험생용 가래떡의 물성개선을 위한 물성개량제는 HPMC(hydroxypropylmethyl cellulose) 3종류(BN40M, CN15U 및 CN40H)가 사용되었으며 소금용액의 1~2%로 첨가하였다. 제분된 혼합미(곡)(미)곡 가루에 물성개량제를 첨가한 소금용액으로 반죽하여 30분간 휴지하였다. 전기 찜기(대덕코퍼레이션, 부천)에 넣고 젖은 소창을 덮은 후 뚜껑을 닫아 30분 동안 증기를 발생시켜 증자하고 10분간 뜸을 들여 충분히 소화시켰다. 증자된 시료는 30분간 방냉하고 녹즙기를 이용하여 성형하였다. 성형된 가래떡은 상온 건조(48 시간)하였다. 건조된 가래떡은 지름×높이(6.0×40 mm)로 잘라서 가래떡의 texture를 측정하였다. 물성개량제 첨가 소금용액은 소금(5 g)을 물(150 g)에 녹인 소금용액을 끓이면서 물성개량제를 소량씩 첨가하여 용해하였다. 이를 방냉하고 증발된 물량을 보정하기 위해서 무게를 달아서 156.5~158 g이 되도록 물을 첨가하였다.

###### ③ 수험생용 가래떡의 제조를 위한 치대기 및 성형 속도 조건 설정

수험생용 가래떡 제조는 제분된 혼합미(곡) 가루에 스팀기, 치대기와 성형기를 이용하고 제조조건을 확립하기 위한 요인은 치대는 조건(0~4 분)과 성형기의 성형속도(30~75 rpm)로 결정하였다. 수험생용 가래떡 제조는 제분된 혼합미(곡) 가루(3 kg)에 물성개량제가 첨가된 소금용

액으로 반죽하여 30분간 휴지하였다. 스팀기로 30분간 증자하고 10분간 뜸을 들여 충분히 호화시켰으며 증자된 시료는 방냉(30 분), 치대기(2 분) 및 성형속도(30 rpm)의 조건에서 가래떡을 제조하고 건조(24 시간)하였다. 증자된 혼합미(곡)의 무게는 약 4 kg이었으며 2 kg씩 나누어 사용하였고 건조된 가래떡은 지름×높이(10×40 mm)로 잘라서 가래떡의 texture를 측정하였다. 이때 소금물(30 g)을 물(900 g)에 녹인 소금물에 선정된 물성개량제(CN40H, 18 g)를 첨가한 소금용액을 사용하였다.

#### ④ 수험생용 가래떡의 texture

경도는 texture analyser(TA-XT2i, Stable Micro system Co. Ltd., Surrey, UK)를 이용하여 측정하였다. 분석조건은 TPA(Texture profile analysis) mode에서 load cell; 5 kg, deformation rate 25%, speed; 1.7 mm/sec, pre test speed; 5.0 mm/sec, post test speed; 10.0 mm/sec 및 cylinder probe(diameter 75.0 mm)이었다

#### ⑤ 관능평가

수험생용 가래떡의 관능평가는 전북대학교 식품공학과 대학생과 대학원생을 대상(20 명)으로 수험생용 가래떡의 색(color, 보라색이 약함 1 ↔ 보라색이 진함 9), 단단함(firmness, 매우 연함 1 ↔ 매우 단단함 9), 부착성(adhesiveness, 입에 잘 붙음 1 ↔ 입에 잘 붙지 않음 9) 및 종합적 평가(overall quality, 매우 싫음 1 ↔ 매우 좋음 9)를 9점 척도법으로 실행하였다. 이때 색, 질은 정도 및 조직감은 강도를 평가하였으나 종합적 평가는 색, 단단함 및 부착성을 포괄적으로 판단하여 평가하였다.

#### (5) 운동선수용 쿠키

##### (가) 운동선수용 쿠키의 제조

운동선수용 쿠키의 제조는 그림 3-4-3과 같다.

배합비를 기준으로 각 재료를 계량하고 블랜더를 이용하여 크림화(10 min)하고 숙성(30 min, 4℃)한 반죽을 오븐으로 구워서(180℃에서 11 분) 쿠키를 제조하였다. 크림화 과정 중 1분 간격으로 고무주걱을 이용하여 벽면에 붙은 반죽을 잘 섞어주었다.



그림 3-4-3. 운동선수용 쿠키의 제조 공정

(나) 수분함량, 퍼짐성 및 손실율

수분함량은 쿠키를 제조하기 위해 혼합한 곡물을 사용하였으며 퍼짐성과 손실율은 쿠키를 사용하였다. 수분함량은 적외선 수분측정기(FD-600, Kett electronic laboratory, Tokyo, Japan)를 이용하여 시료(1.5 g)를 60분 동안 측정하였다. 쿠키의 퍼짐성 지수는 AACC 10-50D(American Association of Cereal Chemists 2000)의 방법(AACC, 2000)을 이용하여 측정하였다. 퍼짐성 지수(Spread factor)는 쿠키의 직경과 두께를 측정하였고, 손실율(Loss rate)은 쿠키 굽기 전과 후의 중량을 측정하여 계산하였다.

$$\text{퍼짐성(Spread factor)} = \frac{\text{쿠키 1개에 대한 평균 직경 (mm)}}{\text{쿠키 1개에 대한 평균 두께 (mm)}}$$

$$\text{손실율(Loss rate)} = \frac{\text{굽기 전 후 한 개의 중량 차 (g)}}{\text{굽기 전 반죽 한 개의 중량 (g)}} \times 100$$

(다) 색도 및 경도

색도는 색차계(SP-80, Tokyo Denshoku, Japan)를 이용하여 제조된 쿠키의 표면(윗면)의 L(Lightness), a(+: redness, -: greenness), b(+: yellowness, -: blueness)값을 측정하였고, 경도(hardness)는 Texture Analyzer(TA-XT2i, Stable Micro system Co. Ltd., Surrey, UK)를 이용하여 측정하였다. 분석 조건은 Return to Start(measure force in compression mode)에서 lode cell; 5 kg, test speed; 1.0 mm/s, pre test speed; 3.0 mm/s, post test speed; 5.0 mm/s, distance 10.0 mm 및 2 mm cylinder probe(diameter 2 mm)이었다.

(라) 총 페놀 함량 및 항산화 활성 측정

쿠키 분말(1 g)에 95% EtOH(10 mL)을 첨가하여 추출(12 hr, 교반)하고 원심분리(3,000 rpm, 10 min)하여 얻은 상등액을 PVDF syringe filter(0.45µm)로 여과하여 분석시료로 하였다.

총 페놀 함량은 “제 1절”에서 기술한 방법과 동일하게 실행하였고, DPPH radical assay는 DPPH radical assay은 Williams 등의 방법(Williams, W.B et al, 1995)을 응용하였다. 추출물 (0.2 mL)에 60 µM DPPH(2,3-4-diphenyl-3-4-picrylhydrazyl, 2.8 mL)을 첨가하여 30분간 반응시켜 515 nm(UV-1650PC, Shimadzu Co., Kyoto, Japan)에서 측정하였으며 대조구는 BHT를 사용하였고 이를 Scavenging capacity(%)로 표시 하였다.

$$\text{Scavenging capacity (\%)} = \left( 1 - \frac{\text{Absorbance of sample at 515 nm after 30 min}}{\text{Absorbance of control at 515 nm after 30 min}} \right) \times 100$$

#### (마) 관능평가

운동선수용 쿠키의 관능평가는 전북대학교 식품공학과 대학생과 대학원생을 대상(20 명)으로 색의 정도(color, 갈색이 약함 1 ↔ 갈색이 진함 9), 향의 정도(flavor, 향이 약함 1 ↔ 향이 진함 9), 단단함(firmness, 매우 연함 1 ↔ 매우 단단함 9), 부서짐(crispness, 잘 부서지지 않음 1 ↔ 매우 잘 부서짐 9), 종합적 평가(overall quality, 매우 싫음 1 ↔ 매우 좋음 9)를 9점 척도법으로 실행하였다.

#### 마. 맞춤형 편의식품의 영양성분 분석

맞춤형 편의식품의 영양성분은 한국식품연구소에 의뢰하여 분석하였으며 분석항목은 식품에 표시해야하는 항목인 당류, 식이섬유, 수분, 조단백질, 조지방, 포화지방산, 콜레스테롤, 나트륨, 칼슘 및 철 등이었다.



## 2. 연구 결과

### 가. 당노용 혼합미(곡) 밥

#### (1) 색도와 호화특성

당노용 혼합미(곡) 밥에 사용되는 곡물의 색도와 호화특성의 결과는 표 3-4-7 및 3-4-8과 같다.

명도(L)는 가루형태(56.79~86.08)에서 높았다. 명도(L)는 유색 곡물(흑미햐쌀, 서목태 및 강낭콩)이 56.79~76.62로 낮은 편이었으며, 찰보리(할맥)가 86.08로 가장 높았다. 호화특성은 최고 점도, 최종점도 및 치반 점도는 거대배아미(341.67 RVU, 338.80 RVU 및 163.21 RVU), 최저점도는 찰보리(할맥)(181.63 RVU), 강하점도는 거대배아미(166.08 RVU), 호화개시온도는 강낭콩(79.80 °C)에서 가장 높았으며 곡물에 따라 다른 호화특성을 나타내었다. 당노용 혼합미(곡) 밥의 경우, 명도(L)는 78.78, 적색도(a)는 -1.10 및 황색도(b)는 9.27이었으며, 호화특성은 최고점도는 55.13 RVU, 최저점도는 31.63 RVU, 최종점도는 72.38 RVU, 강하점도는 23.50 RVU, 치반 점도는 40.75 RVU 그리고 호화개시온도는 68.55°C로 나타났다.

표 3-4-7. 당노용 혼합미(곡)밥에 사용되는 곡물의 색도

시료	L	a	b	
곡립	거대배아미	48.57±0.53 <sup>1)</sup>	2.17±0.10	14.44±0.12
	현미햐쌀	58.19±0.25	1.77±0.15	16.19±0.21
	흑미햐쌀	16.30±0.16	0.29±0.16	0.27±0.13
	서목태	14.86±0.07	-0.68±0.01	-0.46±0.09
	강낭콩	42.00±3.85	7.84±0.67	11.65±1.12
	찰보리(할맥)	65.99±0.15	0.84±0.02	13.35±0.51
가루	거대배아미	83.02±0.12	-1.10±0.02	9.18±0.03
	현미햐쌀	81.78±0.19	-0.67±0.02	9.42±0.03
	흑미햐쌀	56.79±0.23	0.91±0.06	1.95±0.05
	서목태	63.98±0.34	-2.58±0.04	12.31±0.11
	강낭콩	76.62±0.24	0.57±0.02	9.50±0.04
	찰보리(할맥)	86.08±0.12	-1.70±0.02	7.28±0.07
당노용 혼합미(곡) 밥	78.78±0.28	-1.10±0.02	9.27±0.04	

<sup>1)</sup> Values are mean±SD (n=3).

표 3-4-8. 당노용 혼합미(곡)밥에 사용되는 곡물의 호화특성

시료	점도 (RVU)					호화개시 온도(°C)
	최고점도	최저점도	최종점도	강하점도	치반점도	
거대배아미	341.67±1.59 <sup>1)</sup>	175.59±3.92	338.80±5.38	166.08±5.50	163.21±1.46	67.60±0.40
현미햐쌀	102.88±1.04	30.13±0.13	44.25±0.00	72.75±0.92	14.13±0.13	58.58±1.42
흑미햐쌀	206.75±4.83	84.25±1.58	168.29±2.29	122.50±3.25	84.04±0.71	69.23±0.43
서목태	5.75±0.08	1.25±0.25	2.25±0.08	4.50±0.17	1.00±0.17	ND
강낭콩	144.67±3.33	135.67±3.08	216.21±3.46	9.00±0.25	80.55±0.38	79.80±0.00
찰보리(할맥)	320.38±3.96	181.63±0.70	245.67±2.66	138.75±3.25	64.04±1.96	64.90±0.00
당노용 혼합미(곡) 밥	55.13±1.29	31.63±0.45	72.38±1.71	23.50±0.83	40.75±1.25	68.55±0.40

<sup>1)</sup> Values are mean±SD (n=3).

(2) 수침시간에 따른 강낭콩의 수분흡수율과 취반된 강낭콩의 경도

수침시간에 따른 강낭콩의 수분흡수율과 취반된 강낭콩의 경도의 결과는 그림 3-4-4와 같다. 당노용 혼합미(곡) 밥의 제조에 가장 큰 문제점은 다른 곡류와 같이 밥을 할 경우에 강낭콩이 설익는 것으로 이를 해결하기 위한 방법으로 강낭콩을 수침하였다. 강낭콩의 수분흡수율은 수침시간이 증가할수록 감소하여 수침 9시간(91.77%)이후부터 둔화되기 시작하였다. 수침한 강낭콩을 취반하여 익힌 강낭콩의 경도는 수침시간이 증가할수록 감소하였고, 수침 12 시간과 15시간에서의 경도의 역수값( $\text{kg}/\text{cm}^{3-4-1}$ )은 1.01 및 1.02로 큰 차이를 보이지 않았다. 곡립의 경도는 수분흡수에 의해서 감소하는데 수침 9시간부터는 수분을 충분하게 흡수하기 시작하며, 수침 12시간부터는 충분하게 익을 수 있는 시간으로 생각되어 강낭콩의 수침조건을 12시간으로 결정하였다.

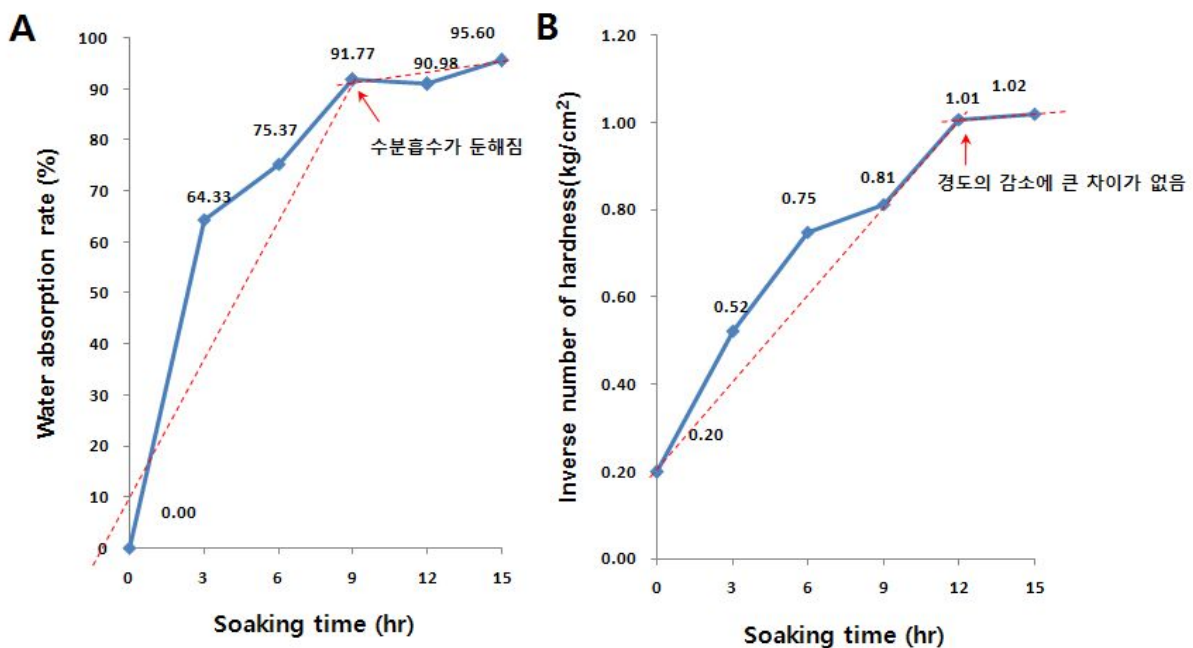


그림 3-4-4. 수침시간에 따른 강낭콩의 수분흡수율과 경도. A. 수분흡수율(%), B. 경도

(3) 가수량에 따른 당노용 혼합미(곡) 밥의 취반특성

가수량에 따른 당노용 혼합미(곡) 밥의 취반특성(색도, texture 및 관능평가) 결과는 표 3-4-9~3-4-11과 그림 3-4-5~3-4-6과 같다.

당노용 혼합미(곡) 밥의 색도는 가수량이 증가할수록 명도(L)는 증가(33.60~35.81)하였으나 황색도(b)는 감소(7.64~4.89)하였다. 당노용 혼합미(곡) 밥의 texture는 가수량이 증가할수록 경도( $4.67 \sim 1.82 \text{ kg}/\text{cm}^2$ ), 응집성(5.75~3.78), 겹성(26.68~6.81) 및 씹힘성(26.55~6.79)은 감소하였으나 부착성(3.14~4.59)과 A/H(0.67~2.54)는 증가하였다. 당노용 혼합미(곡) 밥의 가수량과 경도의 역수값( $\text{kg}/\text{cm}^{3-4-1}$ )은 가수량이 증가할수록 증가하며, 그 상관성( $R^2=0.99$ )은 매우 높아서 강낭콩을 12시간 수침함으로써 강낭콩이 익지 않는 문제점은 해결한 것으로 생각된다.

당노용 혼합미(곡) 밥의 관능평가는 가수량이 증가할수록 색깔(7.60~3.80)과 단단함(7.10~2.30)은 감소하였으나 질은 정도(4.40~7.50)는 증가하였으며 종합적 평가는 가수량 1.8배에서 높게 나타나 당노용 혼합미(곡) 밥의 최적 가수량을 1.8배로 결정하였다.

표 3-4-9. 가수량에 따른 당뇨용 혼합미(곡) 밥의 색도

가수량	색도		
	L	a	b
1:1.5	33.60±0.06 <sup>1)</sup> b <sup>2)</sup>	4.25±0.06b	7.64±0.47a
1:1.8	31.92±0.72b	5.64±0.15a	7.61±0.02a
1:2.1	31.95±1.58b	5.04±0.53a	7.05±0.56a
1:2.4	35.81±0.53a	3.29±0.32c	4.89±0.01b

<sup>1)</sup> Values are mean±SD.

<sup>2)</sup> Values within the same column followed by different letters are significantly ( $p<0.05$ ) by Duncan's multiple test.

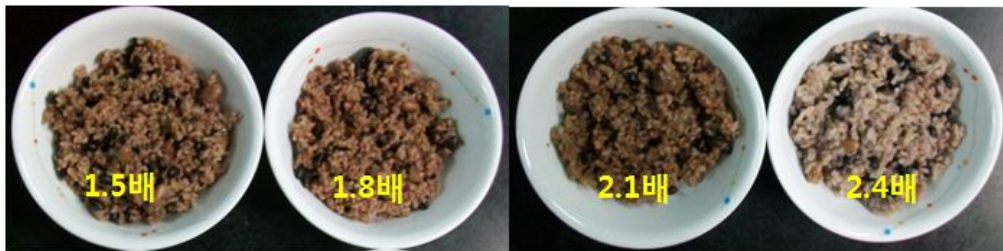


그림 3-4-5. 가수량에 따른 당뇨용 혼합미(곡) 밥의 외형

표 3-4-10. 가수량에 따른 당뇨용 혼합미(곡) 밥의 texture

가수량	경도 (kg/cm <sup>2</sup> )	응집성	탄력성	검성	씹힘성	부착성 (kg)	A/H
1:1.5	4.67±0.01 <sup>1)</sup> a <sup>2)</sup>	5.75±1.05a	0.99±0.00a	26.68±4.94a	26.55±4.93a	3.14±0.54c	0.67±0.12c
1:1.8	3.18±0.06b	5.52±1.19a	1.00±0.00ab	17.47±3.76b	17.39±3.68b	3.61±0.47bc	1.14±0.16c
1:2.1	2.47±0.08c	4.17±0.61b	1.00±0.00a	10.27±1.40c	10.25±1.39c	4.86±0.91a	1.97±0.40b
1:2.4	1.82±0.08d	3.78±0.69b	1.00±0.00a	6.81±1.06c	6.79±1.06c	4.59±1.21ab	2.54±0.70a

<sup>1)</sup> Values are mean±SD.

<sup>2)</sup> Values within the same column followed by different letters are significantly ( $p<0.05$ ) by Duncan's multiple test.

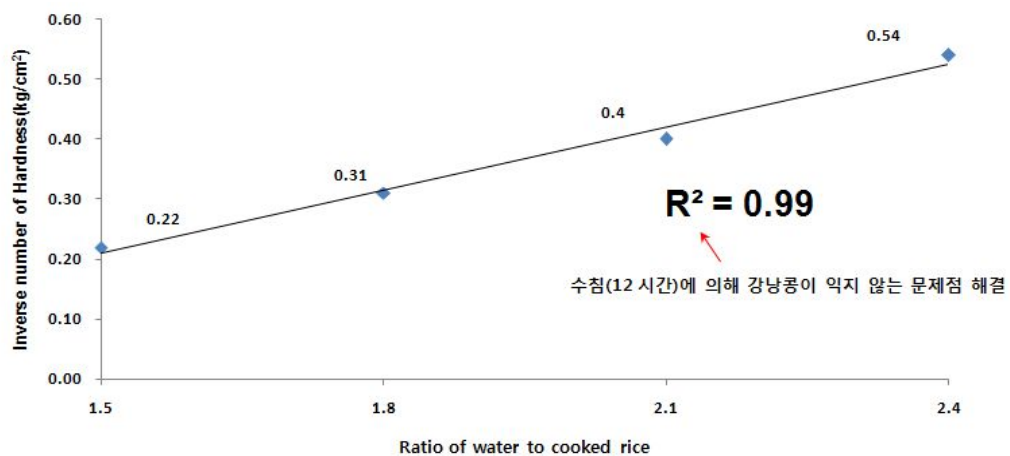


그림 3-4-6. 가수량과 당뇨용 혼합미(곡) 밥의 경도의 상관성

표 3-4-11. 가수량에 따른 당노용 혼합미(곡) 밥의 관능평가

가수량	관능평가 항목			
	색깔	질은 정도	단단한 정도	전반적기호도
1:1.5	7.60±0.94 <sup>1) 2)</sup>	4.40±0.88d	7.10±1.17a	5.55±0.60c
1:1.8	6.15±0.88b	5.45±0.69c	5.30±1.13b	6.45±0.51a
1:2.1	5.65±0.88b	6.95±0.69b	4.25±0.79c	5.95±0.22b
1:2.4	3.80±0.89c	7.50±0.51a	2.30±.80d	3.25±0.72d

<sup>1)</sup> Values are mean±SD.

<sup>2)</sup> Values within the same column followed by different letters are significantly ( $p < 0.05$ ) by Duncan's multiple test.

### 나. 당노용 죽

#### (1) 고형분 함량에 따른 색도, pH 및 염도

고형분 함량에 따른 당노용 죽의 색도, pH 및 염도의 결과는 표 3-4-12와 같다.

당노용 죽의 색도와 pH는 고형분 함량이 증가할수록 명도(L)(58.16~55.47)와 pH(6.55~6.40)는 감소하였으나 황색도(b)(8.46~9.34)는 증가하였다. 대조구(상업적으로 판매되는 D사 제품)는 당노용 죽보다 명도(L, 40.73)와 염도(0.44%)는 낮았으나 적색도(a, 0.83)와 황색도(b, 10.70)는 높았다. 당노용 죽의 소금의 첨가량이 0.35%보다 높은 0.49%로 나타났는데 소금을 첨가하지 않은 상태의 당노용 죽의 염도가 약 0.14~0.15%로 측정되었기 때문이며 이는 1~4차 가열하는 동안 당노용 죽에 포함되어 있는 NaCl의 용출 때문으로 생각된다.

표 3-4-12. 고형분 함량에 따른 당노용 죽의 색도, pH 및 염도

시료	고형분 (%)	색도			pH	NaCl (%)
		L	a	b		
당노용 죽	12.8	40.73±0.21	0.83±0.01	10.70±0.06	5.89±0.03	0.44±0.02
	15.0	58.16±0.01	-1.80±0.03	8.46±0.01	6.55±0.02	
	17.5	56.74±0.56	-1.66±0.17	8.84±0.06	6.46±0.01	
	20.0	55.71±0.11	-1.46±0.03	8.78±0.07	6.43±0.01	0.49±0.02
	22.5	55.47±0.31	-1.54±0.02	9.34±0.16	6.40±0.01	

<sup>1)</sup> Values are mean±SD.

#### (2) 고형분 함량에 따른 총당, 아밀로스 및 점도

고형분 함량에 따른 총당, 아밀로스 및 점도의 결과는 표 3-4-13과 같다.

당노용 죽의 총당, 아밀로스 및 점도는 고형분 함량이 증가할수록 총당(4.43~6.31%), 아밀로스(0.13~0.20%) 및 점도(1,634.00~9,298.33 mPa·s)는 증가하였다. 대조구는 당노용 죽보다 총당(9.03%)과 점도(9,699.33 mPa·s)는 높았으나 아밀로스 함량(0.04%)은 낮았는데 이는 찹쌀

100%로 만든 대조구의 특성이 잘 반영된 것으로 생각된다.

표 3-4-13. 고형분 함량에 따른 당뇨용 죽의 총당, 아밀로스 및 점도

시료	고형분 (%)	총당 (%)	아밀로스 (%)	점도 (mPa·s)
대조구	12.8	9.03±0.04 <sup>1)</sup>	0.04±0.00	9,699.33±516.22
당뇨용 죽	15.0	4.43±0.15	0.13±0.00	1,624.00±468.64
	17.5	4.96±0.15	0.16±0.00	3,701.33±743.07
	20.0	5.42±0.02	0.18±0.00	6,049.67±93.05
	22.5	6.31±0.01	0.20±0.00	9,298.33±225.00

<sup>1)</sup> Values are mean±SD.

(3) 고형분 함량에 따른 관능평가

고형분 함량에 따른 관능평가의 결과는 표 3-4-14와 그림 3-4-7과 같다.

당뇨용 죽의 관능평가는 고형분 함량이 증가할수록 색깔(3.60~6.80)은 증가하였으나 묽은 정도(7.05~2.95)와 부드러운 정도(7.05~3.30)는 감소하였다. 종합적 평가는 고형분 함량 17.5%(7.30)에서 가장 높게 나타나 당뇨용 죽의 최적 고형분 함량은 17.5%배로 결정하였다.

표 3-4-14. 고형분 함량에 따른 당뇨용 죽의 관능평가

시료	고형분 (%)	관능평가 항목			
		색깔	묽은 정도	부드러운 정도	전반적 기호도
당뇨용 죽	15.0	3.60±0.92	7.05±0.97	7.05±0.86	3.30±0.90
	17.5	4.45±0.92	5.60±0.73	5.35±0.73	7.30±0.71
	20.0	5.85±0.65	4.20±0.75	4.15±0.65	5.35±1.01
	22.5	6.80±0.93	2.95±0.92	3.30±0.64	3.65±1.01

<sup>1)</sup> Values are mean±SD.

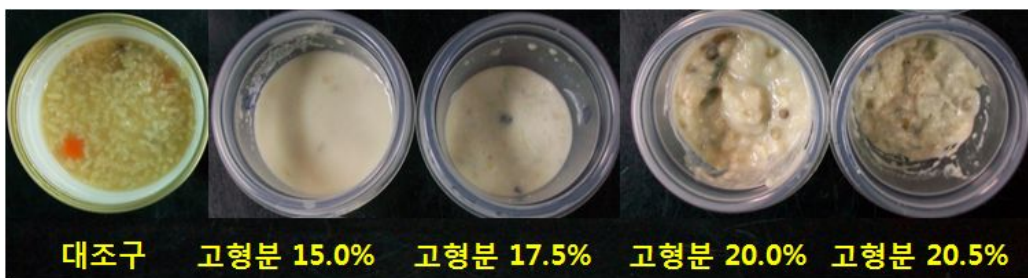


그림 3-4-7. 가수량에 따른 당뇨용 죽의 외형

다. 당뇨용 선식

(1) 팽화조건별 곡물의 외형적 특성 및 관능성

팽화조건별 개별 곡물의 외형적 특성 및 관능성의 결과는 표 3-4-15와 같다.

대두는 6 kg/cm<sup>2</sup>에서 8 분부터 익기 시작했으며 16 분에서는 쓴 맛이 느껴질 정도로 낮다. 할맥은 10 kg/cm<sup>2</sup>에서 5 분부터 익기 시작했으며 12 분부터 타기 시작하였다. 메밀과 녹두는 7 kg/cm<sup>2</sup>에서 3분에서도 팽화가 어느 정도 진행이 되었으나 5분에서 가장 좋았으며 12 분 후부터는 타기 시작하였다. 위의 조건으로 대두는 6 kg/cm<sup>2</sup>에서 12 분, 할맥은 10 kg/cm<sup>2</sup>에서 8 분, 메밀과 녹두는 7 kg/cm<sup>2</sup>에서 5 분으로 팽화조건을 설정하였다.

표 3-4-15. 팽화조건별 곡물의 외형적 특성 및 관능성

시료	팽화(kg/cm <sup>2</sup> )	외형적 특성	시간 (분)				
			3	5	8	12	16
대두	6	색	◎ <sup>1)</sup>	◎	○	○	×
		냄새	△	○	○	◎	×
		익은 정도	×	○	○	◎	◎
		맛	×	○	◎	◎	×
할맥	10	색	◎	○	○	△	×
		냄새	△	○	◎	×	×
		익은 정도	△	○	◎	◎	○
		맛	△	○	◎	○	×
메밀	7	색	◎	○	×	×	×
		냄새	○	◎	○	△	×
		익은 정도	○	◎	○	×	×
		맛	△	◎	△	○	×
녹두	7	색	◎	○	△	×	×
		냄새	◎	◎	◎	×	×
		익은 정도	△	◎	○	△	×
		맛	△	◎	○	×	×

<sup>1)</sup> ◎ ; 좋음, ○ ; 보통, △ ; 조금 나쁨, × ; 아주 나쁨.

(1) 제분방법에 따른 입도분포, 색도, pH, 수분용해지수, 및 수분흡수지수

제분방법에 따른 입도분포, 색도 및 pH의 결과는 표 3-4-16 및 그림 3-4-8과 같다.

당뇨용 전식의 입도분포는 입도(< 약 1 μm)가 작은 것은 원곡은 roll mill(64.44%), ultrafine pulverizer(96.97%)이었고 당뇨용 전식은 roll mill(59.88%), ultrafine pulverizer(71.56%)로 나타났으며, 입도(> 약 1 μm)가 큰 것은 원곡은 roll mill(36.02%), ultrafine pulverizer(25.4%)이었다. 원곡과 열처리(팽화와 볶음)한 당뇨용 전식에서 roll mill보다 ultrafine pulverizer에서 입도가 작았으며, 같은 제분조건에서는 당뇨용 전식보다는 원곡의 입도가 더 작았다. 당뇨용 전식의 색도와 pH는 원곡보다 명도(L, 59.80~61.63), 적색도(a, 5.67~5.52), 황색도(b, 19.17~19.34), pH(6.16~6.14), WSI(29.77~30.47) 및 WAI(2.56~2.58)는 증가하였다. 당뇨식 전식의 제분 방법별 전식 가루의 외형은 그림 3-4-9와 같다.

표 3-4-16. 제분방법에 따른 당노용 선식의 색도, pH, 수분용해지수 및 수분흡수지수

시료	제분방법	색도			pH	수분용해 지수	수분흡수 지수
		L	a	b			
원곡	Roll mill	77.85±0.36 <sup>1)</sup>	-2.23±0.07	14.04±0.40	5.85±0.03	24.88±0.45	1.34±0.01
	Ultrafine pulverizer	79.56±0.78	-2.45±0.13	13.13±0.24	5.74±0.02	24.93±1.00	1.37±0.00
당노용 선식	Roll miller	59.80±0.37	5.67±0.09	19.17±0.16	6.16±0.01	29.77±0.18	2.56±0.05
	Ultrafine pulverizer	61.63±0.47	5.52±0.09	19.34±0.16	6.14±0.02	30.47±0.90	2.58±0.02

<sup>1)</sup> Values are mean±SD.

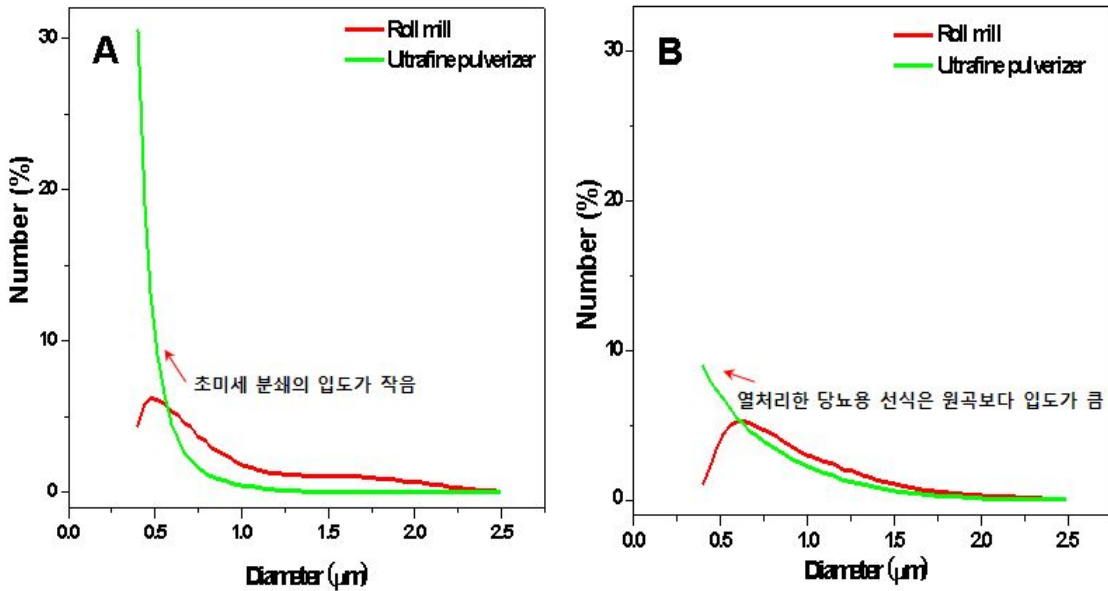


그림 3-4-8. 제분방법에 따른 원곡과 당노용 선식의 입도분포. A. 원곡, B. 당노용 선식



그림 3-4-9. 제분방법에 따른 원곡과 당노용 선식 가루의 외형

(2) 제분방법에 따른 관능평가

제분방법에 따른 관능평가의 결과는 표 3-4-17과 그림 3-4-10과 같다.

제분방법에 따른 당노용 선식의 관능평가는 roll mill보다 ultrafine pulverizer의 색깔(4.75)은 옅어졌으나 부드러움(6.80) 정도는 높았다. 종합적 품질평가는 ultra pulverizer(6.70)가 높게 나타나 당노용 선식의 제분조건은 ultra pulverizer로 결정하였다.

표 3-4-17. 제분방법에 따른 당노용 선식의 관능평가

당노용 선식	관능평가 항목			
	색깔	향	부드러운 정도	전반적 기호도
Roll mill	6.85±0.96	5.30±1.35	4.75±0.77	4.40±0.92
Ultrafine pulveriz	4.75±0.83	4.95±0.97	6.80±0.68	6.70±0.71

<sup>1)</sup> Values are mean±SD.

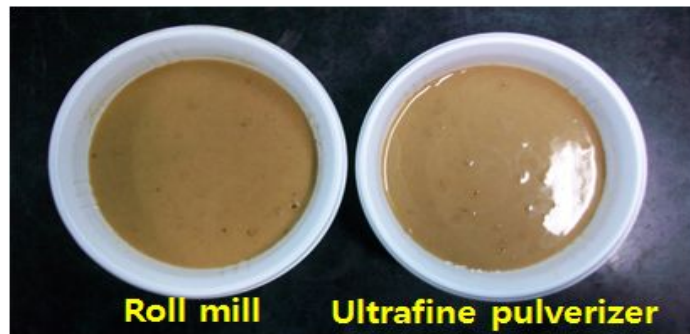


그림 3-4-10. 제분방법에 따른 원곡과 당노용 선식의 외형

라. 수험생용 가래떡

(1) 물성개량제에 첨가된 소금용액의 점도

물성개량제의 종류와 농도에 따른 소금용액의 점도의 결과는 표 3-4-18과 같다.

농도가 증가할수록 겉보기 점도는 증가하였으며 CN15U의 점도가 2,020 mpa·s로 가장 높게 나타났다.

표 3-4-18. 물성개량제가 첨가된 소금용액의 점도

농도	점도 (mpa·s)		
	BN15M	CN15U	CN40H
1%	240.82±19.64 <sup>1)</sup> C <sup>2)</sup>	528.30±44.96A	372.26±48.71B
2%	474.26±46.03C	2,020.00±59.23A	1,466.80±191.99B

<sup>1)</sup> Values are mean±SD (n=5).

<sup>2)</sup> Different letters in the same row indicate significant differences in Duncan's multiple test(p<0.05).



(2) 물성개량제에 따른 수험생용 가래떡의 texture

물성개량제의 첨가량에 따른 수험생용 가래떡의 texture의 결과는 표 3-4-19와 같다.

응집성과 탄성은 물성개량제의 첨가 효과가 없는 것으로 나타났으나 경도와 씹힘성은 첨가구가 무첨가구보다 높으며 첨가량이 증가할수록 높게 나타났다. 부착성은 측정되지 않았는데 이는 48 시간동안의 상온에서 송풍 건조를 하면 가래떡의 표면이 말랐기 때문으로 생각하며, Kim과 Chung(Kim SS et al, 2007)은 저장시간(2~24 시간)이 증가할수록 가래떡의 부착성은 7.48에서 2.20으로 감소하였다고 하였다.

물성개량제는 경도(13,243.0 g/cm<sup>2</sup>)와 씹힘성(7,724.1)이 가장 높은 2% CN40H를 선택하였다.

표 3-4-19. 물성개량제의 첨가량에 따른 수험생용 가래떡의 texture

물성개량제	경도(g/cm <sup>2</sup> )	응집성	탄력성	씹힘성	부착성(g)	
무첨가	2,931.01±758.01 <sup>1)2)</sup>	0.62±0.01a	0.98±0.01ab	1,775.42±460.58f	ND	
BN40M	1 %	4,204.63±1174.70e	0.61±0.01a	0.98±0.01ab	2,509.54±700.65e	ND
	2 %	7,112.529±652.76d	0.60±0.01a	0.97±0.01b	4,123.56±362.02d	ND
CN15U	1 %	6,438.16±256.69d	0.61±0.03a	0.99±0.04ab	3,936.01±283.92d	ND
	2 %	8,048.34±968.09c	0.61±0.01a	0.95±0.02b	4,713.40±682.23c	ND
CN40H	1 %	10,120.36±649.31b	0.61±0.01a	1.02±0.10a	6,255.90±534.23b	ND
	2 %	13,243.03±775.56a	0.60±0.00a	0.97±0.02b	7,724.08±553.31a	ND

<sup>1)</sup> Values are mean±SD (n=10).

<sup>2)</sup> Different letters in the same column indicate significant differences in Duncan's multiple test(p<0.05).

(3) 치대는 시간에 따른 수험생용 가래떡의 texture

선정된 물성개량제(2% CN40H)를 첨가하여 증자한 후에 치대는 시간에 따른 수험생용 가래떡의 texture의 결과는 표 3-4-20과 같다.

응집성은 치대는 시간에 따른 효과는 없는 것으로 나타났으나 탄성은 4분에서 0.88로 감소하였다. 부착성은 측정되지 않았으며, 경도(2,793.7g/cm<sup>2</sup>)와 씹힘성(1,507.5)이 가장 높은 2분으로 치대는 시간을 결정하였다.

표 3-4-20. 치대는 시간에 따른 수험생용 가래떡의 texture

시간 (Min)	경도(g/cm <sup>2</sup> )	응집성	탄력성	씹힘성	부착성(g)
0	2259.55±296.61 <sup>1)bc<sup>2)</sup></sup>	0.61±0.02a	0.93±0.04a	1,276.60±175.76b	ND
0.5	2111.76±239.76cd	0.59±0.01a	0.90±0.02ab	1,129.85±142.42bc	ND
1	1907.10±262.84d	0.61±0.01a	0.91±0.06ab	1,054.62±181.33c	ND
2	2793.74±514.51a	0.60±0.01a	0.89±0.02ab	1,507.47±290.50a	ND
4	2444.26±151.86b	0.60±0.01a	0.88±0.01b	1,300.08±87.30b	ND

<sup>1)</sup> Values are mean±SD (n=3).

<sup>2)</sup> Different letters in the same column indicate significant differences in Duncan's multiple test(p<0.05).

(4) 성형속도에 따른 수험생용 가래떡의 texture

선정된 물성개량제(2% CN40H)와 치대는 시간(2 분)으로 제조한 후에 성형속도에 따른 수험생용 가래떡의 texture의 결과는 표 3-4-21과 같다. 응집성은 성형속도에 따른 효과는 없으므로 나타났으나 경도, 탄성 및 씹힘성은 성형속도가 증가할수록 감소하였다. 경도(2,793.7 g/cm<sup>2</sup>), 탄성(0.87) 및 씹힘성(1,507.5)이 가장 높은 성형속도 30 rpm으로 결정하였다(성형속도 30 RPM이하에서는 가래떡이 나오는 속도가 너무 느림).

표 3-4-21. 성형속도에 따른 수험생용 가래떡의 texture

성형속도(RPM)	경도(g/cm <sup>2</sup> )	응집성	탄력성	씹힘성	부착성(g)
30	1,983.07±110.75 <sup>1) a</sup> <sup>2)</sup>	0.60±0.01a	0.88±0.03b	1,046.07±56.48a	ND
45	1,759.40±171.37b	0.59±0.01a	0.92±0.04ab	954.43±107.63b	ND
60	1,028.77±158.10c	0.59±0.01a	0.89±0.03a	536.06±74.07c	ND
75	941.20±0.58c	0.58±0.02a	0.87±0.05b	478.46±99.64c	ND

<sup>1)</sup> Values are mean±SD (n=10).

<sup>2)</sup> Different letters in the same column indicate significant differences in Duncan's multiple test(p<0.05).

(5) 선정된 조건으로 제조한 수험생용 가래떡의 texture

수험생용 가래떡을 제조조건은 물성첨가제(2% CN40H), 치대는 시간(2 분) 및 성형속도(30 rpm)로 결정하였고, 동일한 조건으로 제조한 수험생용 가래떡의 texture의 결과는 표 3-4-22와 같다.

응집성과 탄성은 멍쌀, HPMC 무첨가 수험생용 및 HPMC 첨가 수험생용이 차이가 없었으나 경도와 씹힘성은 차이를 보였다. 경도와 씹힘성이 가장 높은 것은 멍쌀 가래떡(4,317.9 g/cm<sup>2</sup> 2,544.4)이었으나 물성개량제 첨가구(2,259.6 g/cm<sup>2</sup> 1,276.6)가 무첨가(1,686.0 g/cm<sup>2</sup>)보다 높아서 물성개량제를 첨가하면 경도와 씹힘성이 증가한다는 결과와 일치하였다.

수험생용 가래떡은 멍쌀로 제조한 가래떡과 다른 조직감을 보였는데 이는 혼합미(곡)로 이루어져 멍쌀보다 낮은 amylose 함량을 가지고 있기 때문으로 생각되며 HPMC 첨가로 인하여 가래떡의 물성을 일부분 개선된 것으로 나타났다.

표 3-4-22. 멍쌀 및 수험생용 가래떡의 texture

가래떡	경도(g/cm <sup>2</sup> )	응집성	탄력성	씹힘성	부착성(g)
멍쌀	4,317.86±295.80 <sup>1) a</sup> <sup>2)</sup>	0.61±0.00a	0.96±0.01a	2,544.42±164.37a	ND
HPMC 무첨가 수험생용	1,685.97±136.14c	0.60±0.01a	1.11±0.70a	901.24±71.59c	ND
HPMC 첨가 수험생용	2,259.55±296.61b	0.61±0.02a	0.93±0.04a	1,276.60±175.76b	ND

<sup>1)</sup> Values are mean±SD (n=10).

<sup>2)</sup> Different letters in the same column indicate significant differences in Duncan's multiple test(p<0.05).

(5) 선정된 조건으로 제조한 수험생용 가래떡의 관능평가  
 선정된 조건으로 제조한 수험생용 가래떡의 관능평가의 결과는 표 3-4-23과 같다.  
 HPMC 첨가에 따른 색깔은 유의적 차이가 없었으며, 단단한 정도는 증가하지만 입안에 붙는 정도는 감소하였다. 종합적 평가는 HPMC 첨가 수험생용 가래떡이 높게 나타나 수험생용 가래떡은 HPMC 첨가한 수험생용 가래떡으로 결정하였다.

표 3-4-23. 물성개량제에 따른 수험생용 가래떡의 관능평가

가래떡	관능평가 항목			
	색깔	단단한 정도	입안에 붙는 정도	전반적 기호도
HPMC 무첨가 수험생용	7.40±0.80a	4.80±0.75b	6.45±0.74a	4.05±0.59b
HPMC 첨가 수험생용	7.30±0.64a	6.65±0.65a	4.45±0.50b	6.35±0.57a

<sup>1)</sup> Values are mean±SD (n=10).

<sup>2)</sup> Different letters in the same column indicate significant differences in Duncan's multiple test(p<0.05).

#### 마. 운동선수용 쿠키

##### (1) 수분함량, 퍼짐성 및 손실율

운동선수용 쿠키의 수분함량, 퍼짐성 및 손실율의 결과는 표 3-4-24와 같다.

수분함량 및 두께는 대조구(13.30% 및 16.96 mm)가 가장 높았으며 넓이(width)는 유의적인 차이가 없었다. 퍼짐성은 cookie A(3.38)와 cookie B(3.58)가 높았으며 손실율은 대조구(17.92%)와 cookie A(17.17%)가 높았다. 퍼짐성은 너비의 차이가 없어서 두께에 영향을 받는 것으로 나타났으며, 두께는 대조구가 가장 높아서 cookie A와 cookie B보다 많이 부풀 것으로 나타났다. 이러한 결과는 대조구의 수분함량(13.30%)보다 cookie A와 cookie B의 수분함량(11.85%와 10.90%)이 낮기 때문으로, Kim 등(Kim HY et al, 2002)은 기능성 쌀을 첨가한 쿠키에서 기능성 쌀의 수분함량(4.86%)이 대조군의 수분함량(5.48%)보다 낮아 퍼짐성(12.59)이 커졌다고 하였으며, Kim 등(Kim YJ et al, 2010)은 새송이 버섯을 첨가한 쿠키의 퍼짐성도 반죽의 수분함량이 높은 쿠키의 퍼짐성이 가장 낮고, 새송이 버섯 첨가량이 증가(10~30%)할수록 손실되는 수분 함량이 감소하여 손실율이 감소(9.20~8.35%)한다고 한 결과와 일치하였다.

표 3-4-24. 운동선수용 쿠키의 수분함량, 퍼짐성 및 손실율

운동선수용 쿠키	수분함량 (%)	너비 (mm)	두께 (mm)	퍼짐성	손실율 (%)
Control	13.30±0.90a	42.93±1.13a	16.96±1.31a	2.55±0.26b	17.92±1.35a
Cookie A	11.85±0.05b	42.75±1.95a	12.71±0.86b	3.38±0.38a	17.17±0.82a
Cookie B	10.90±0.50c	43.64±1.35a	12.29±1.20b	3.58±0.31a	15.96±1.23b

<sup>1)</sup> Values are mean±SD (n=10).

<sup>2)</sup> Different letters in the same column indicate significant differences in Duncan's multiple test(p<0.05).

(2) 색도 및 경도

운동선수용 쿠키의 색도 및 경도의 결과는 표 3-4-25와 그림 3-4-11과 같다.

명도(L)는 대조구(53.57), 적색도(a)와 경도는 Cookie A(13.42 및 0.79 kg/cm<sup>2</sup>)와 Cookie B(13.45 및 0.85 kg/cm<sup>2</sup>), 황색도(b)는 대조구(22.47)와 Cookie A(21.68)에서 높게 나타났다.

쿠키의 색도는 당(환원당에 의한 비효소적 maillard 반응과 caramelization 반응), 첨가된 재료 및 재료의 배합비에 영향을 받으며 매우 고온에서 굽기 때문에 색의 변화는 표면에서만 진행된다(Lee JA et al, 2002; Choi HY et al, 2009).

경도는 쿠키에 첨가되는 재료의 수분함량에 영향을 받으므로, 수분함량이 낮은 대조구의 경도는 낮은 것으로 생각되며, Lee 등(Lee JS et al, 2006)의 흑미를 첨가한 쿠키에서 흑미(수분함량 21.14%)의 첨가량이 증가할수록 경도가 감소한다고 하였으며, Han 등(Han JS et al, 2004)은 감자 껍질(0~20%)의 첨가량이 증가할수록 반죽의 수분양이 증가하여 경도(5.3~0.5 kg/cm<sup>2</sup>)가 낮아졌다고 하였다.

표 3-4-25. 운동선수용 쿠키의 색도 및 경도

운동선수용 쿠키	색도			경도 (kg/cm <sup>2</sup> )
	L	a	b	
Control	53.57±1.38a	10.77±0.46b	22.47±0.28a	0.54±0.03b
Cookie A	47.55±1.49b	13.42±0.67a	21.68±0.44a	0.79±0.07a
Cookie B	44.69±1.85c	13.45±0.99a	20.33±0.76b	0.85±0.09a

<sup>1)</sup> Values are mean±SD (n=10).

<sup>2)</sup> Different letters in the same column indicate significant differences in Duncan's multiple test(p<0.05).



그림 3-4-11. 운동선수용 쿠키의 외형

(3) 총 페놀 함량 및 항산화 활성 측정

운동선수용 쿠키의 총 페놀 함량 및 항산화 활성의 결과는 그림 3-4-12와 같다.

총 페놀 함량과 항산화 활성은 대조구(0.82 µg/mL 및 3.21%)가 가장 낮고 Cookie B(1.33 µg/mL 및 28.21%)가 가장 높았으며 총 페놀 함량과 항산화 활성은 상관관계(R<sup>2</sup>= 0.99)를 나타내었다.

손 등(Son YK et al, 2005)은 보리의 가열조리와 가공처리 시 보리에 함유된 polyphenolic compound의 비효소적 갈변반응이 일어나며, polyphenolic compound(cathechin)과 보리밥의 명도(L)는 부의 상관관계(R<sup>2</sup>=-0.50)를 가진다고 하였다.

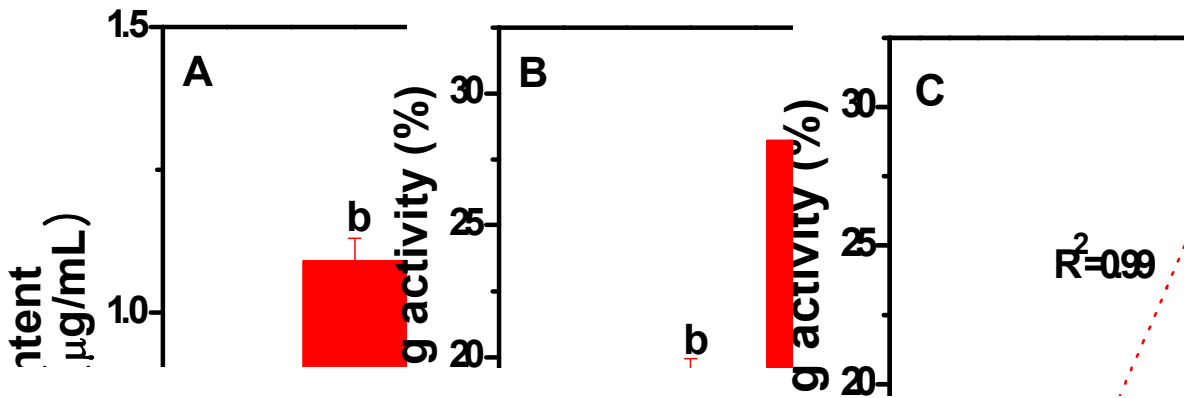


그림 3-4-12. 운동선수용 쿠키의 총 페놀 함량 및 항산화 활성. A. 총 페놀 함량, B. 항산화 활성, C 총 페놀 함량과 항산화 활성의 상관성.

(4) 관능평가

운동선수용 쿠키의 관능평가의 결과는 표 3-4-26과 같다.

Cookie B가 갈색의 정도(6.63), 향(5.53), 단단함(7.16), 부서짐(6.79) 및 종합적 평가(7.78)에서 가장 높게 나타났다.

표 3-4-26. 운동선수용 쿠키의 관능평가

운동선수용 쿠키	관능평가 항목				
	색깔	향	단단한 정도	부서지는 정도	전반적 기호도
Control	4.26±0.78c	5.11±0.55b	4.32±0.65c	4.58±0.67c	4.47±0.50c
Cookie A	5.32±0.57b	4.89±0.31b	5.63±0.93b	5.11±0.79b	5.74±0.71b
Cookie B	6.63±0.58a	5.53±0.50a	7.16±0.67a	6.79±0.77a	7.58±0.49a

바. 맞춤형 편의식품의 영양성분

맞춤형 편의식품의 영양성분의 결과는 표 3-4-27과 같다.

열량과 탄수화물은 운동선수용 cookie A(456.0 kcal 및 59.2%), 당류는 운동선수용 cookie A(20.2%), 식이섬유는 당뇨용 선식(23.2%), 수분은 당뇨용 죽(82.4%), 조단백질은 당뇨용 선식(26.7%), 조지방은 운동선수용 cookie B(20.3%), 포화지방산은 운동선수용 cookie B(10.4%), 콜레스테롤은 운동선수용 cookie A(114.69 mg/100g), 나트륨은 운동선수용 cookie B(444.48 mg/100g), 칼슘은 당뇨용 선식(100.83 mg/100g), 철은 당뇨용 선식(7.34 mg/100g)이 가장 높았다.

표 3-4-27. 맛춤형 편익식품의 영양성분

	당뇨용			운동선수용		수협생용
	혼합미(곡) 밥 (100g)	죽 (307g)	선식 (100g)	쿠키 A (100g)	쿠키 B (100g)	가래떡 (100g)
열량(kcal)	136.0	206.0	377.0	456.0	441.0	203.0
탄수화물(%)	30.1	8.8	54.1	59.5	59.2	45.5
- 당류(%)	ND	0.7	1.9	20.2	21.2	0.8
- 식이섬유(%)	5.3	5.4	23.2	8.4	9.1	3.5
수분(%)	63.5	82.4	4.7	8.3	8.4	47.9
조단백질(%)	4.8	5.3	26.7	10.6	10.0	4.7
조지방(%)	0.8	2.4	11.1	19.5	20.3	1.0
- 포화지방산(%)	0.1	0.4	1.8	10.2	10.4	0.2
- 콜레스테롤(mg/100g)	ND	ND	0.67	114.69	93.97	ND
나트륨(mg/100g)	16.61	207.76	22.97	421.87	444.48	211.07
칼슘(mg/100g)	17.97	21.59	100.83	33.63	32.60	21.57
철(mg/100g)	1.94	1.33	7.34	3.30	4.27	6.00

- \* 죽 : 과당 ND, 포도당 ND, 자당 0.7%, 맥아당 ND, 유당 ND
- \* 선식 : 과당 0.1%, 포도당 ND, 자당 1.8%, 맥아당 ND, 유당 ND
- \* Cookie A : 과당 0.2%, 포도당 0.4%, 자당 19.6%, 맥아당 ND, 유당 ND
- \* Cookie B : 과당 0.1%, 포도당 0.1%, 자당 21.0%, 맥아당 ND, 유당 ND
- \* 가래떡 : 과당 0.1%, 포도당 0.7%, 자당 ND, 맥아당 ND, 유당 ND

[붙임 1]

■ 당노용 죽의 제조 공정

1. 곡물의 계량 및 수세

- 녹두, 메밀 및 찰보리(할맥)은 곡립으로 사용하였으며 대두와 볶은 땅콩은 5회 제분하여 사용(그림3-4-13)
- 배합비를 기준으로 개별 곡물의 계량수세(흐르는 물에 3회) 및 수침(10 시간)
- 수세(흐르는 물에 3회) 및 탈수



			
녹두	메밀	찰보리(할맥)	제분된 대두와 볶은 땅콩 혼합물
곡립 상태	곡립 상태	곡립 상태	제분한 가루 상태

그림 3-4-13. 당노용 죽에 사용되는 곡물의 처리 상태 및 외형

2. 1차 가열

- 계량된 녹두와 메밀을 용기에 넣고 물(400 mL)을 첨가하여 강한 불에서 용기의 뚜껑을 닫고 10 분 동안 가열(그림 3-4-14)

	
녹두, 메밀 및 물(400 mL)을 첨가	용기의 뚜껑을 닫고 강한 불에서 가열(10 분)

그림 3-4-14. 녹두와 메밀을 익히는 1차 가열

3. 2차 가열

- 계량된 찰보리(할맥)를 용기에 넣고 물(400 mL)을 첨가하여 강한 불에서 용기의 뚜껑을 닫고 10 분 동안 가열(그림 3-4-15)



	
찰보리(할맥) 및 물(400 mL)을 첨가	용기의 뚜껑을 닫고 강한 불에서 가열(10 분)

그림 3-4-15. 찰보리(할맥)를 익히는 2차 가열

4. 3차 가열(그림 3-4-16)

- 세분한 대두와 볶은 땅콩 혼합물을 용기에 넣고 물(200 mL)을 첨가하여 중간 불에서 5분 동안 가열
- 당노용 죽이 늘어붙지 않게 고무주걱으로 잘 저어 줌

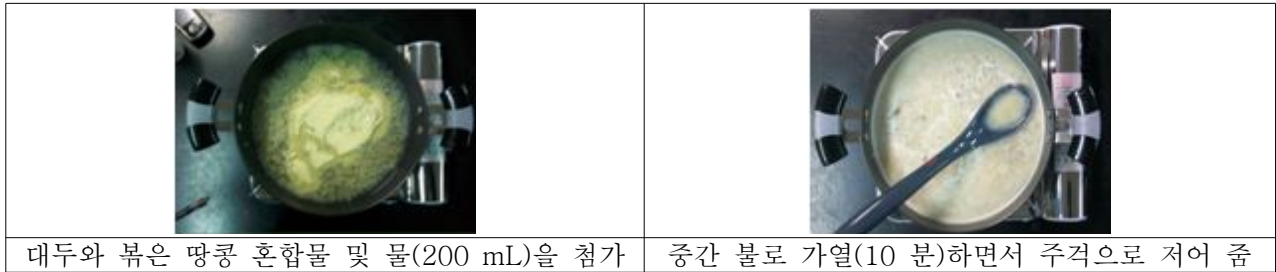


그림 3-4-16. 대두와 볶은 땅콩 혼합물을 익히는 3차 가열

5. 4차 가열(그림 3-4-17)

- 약한 불에서 2.5분 동안 가열
- 물을 첨가하지 않으므로 당노용 죽이 늘어붙지 않게 고무주걱으로 잘 저어 주어야 함



그림 3-4-17. 대두와 볶은 땅콩 혼합물을 익히는 3차 가열

5. 방냉, 수분 보정 및 소금 첨가(그림 3-4-18)

- 수분의 손실을 방지하기 위해서 밀폐 용기에 넣어서 당노용 죽을 식힘
- 식은 당노용 죽(3 g)을 적외선 수분측정기로 1 시간 동안 수분함량을 측정
- 당노용 죽의 고형물 함량이 17.5%가 되도록 물을 첨가
- NaCl(당노용 죽의 중량의 0.35%)의 첨가 및 염도계로 염도 측정

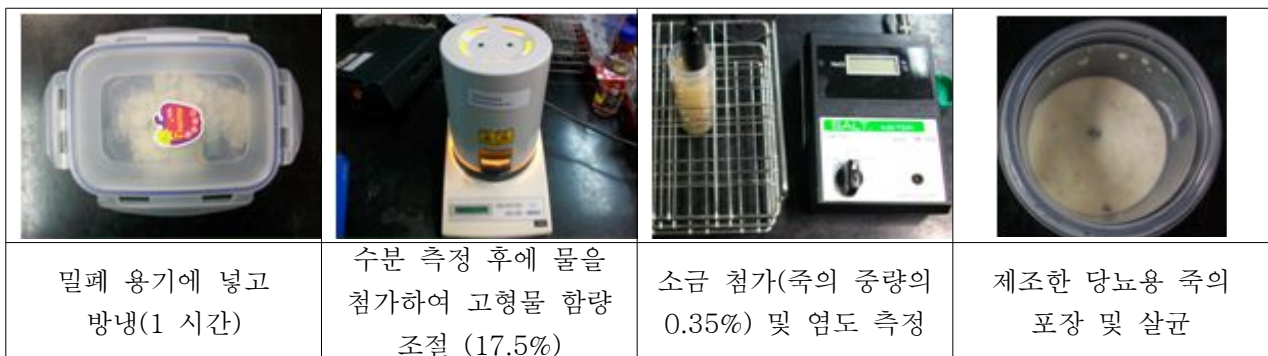


그림 3-4-18. 당노용 죽의 수분과 염도 보정을 통한 죽의 품질 조절



[붙임 2]

■ 수험생용 가래떡 제조 공정

1. 수세, 수침 및 탈수공정(그림 3-4-19)

- 수세(흐르는 물에 3회) 및 수침(10 시간)
- 곡물은 강낭콩(팽화)과 곡류로 구분하며 호두는 수침하지 않음
- 탈수는 체로 상온에서 탈수 1 시간

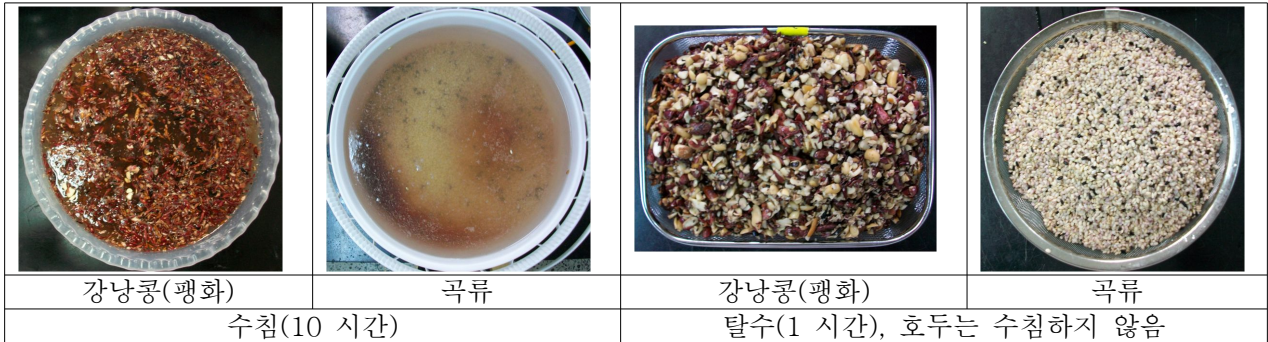


그림 3-4-19. 수침 및 탈수

2. 제분공정(그림 3-4-20, 그림 3-4-21)

- 강낭콩(팽화)을 먼저 1~3회 제분하며 1회에는 강낭콩(팽화)이 깨질 정도로 롤밀의 간격을 벌려서 제분하며 2~3회는 롤밀의 간격을 벌리지 않고 제분함
- 제분된 강낭콩(팽화)을 수침한 곡류와 혼합하여 롤밀의 간격을 벌리지 않고 3회 제분하여 총 6회 혼합미(곡)을 제분함(호두는 제외)
- 마지막 6회 제분은 손으로 뭉쳐진 부분을 풀어줌

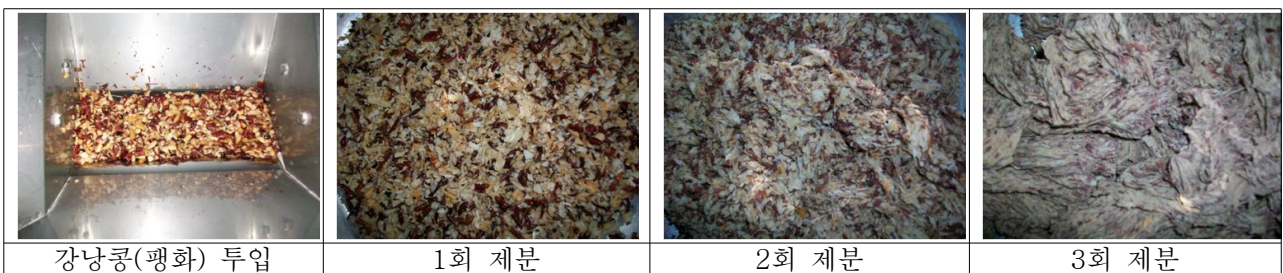


그림 3-4-20. 강낭콩(팽화)의 제분

			
제분된 강낭콩(팽화)과 곡류를 혼합 및 투입	4회 제분	5회 제분	6회 제분
			
손으로 몽친 것을 풀어줌			

그림 3-4-21. 제분된 강낭콩(팽화)과 곡류를 혼합하여 제분

3. 물성개량제가 첨가된 소금용액의 제조, 혼합 및 휴지(그림 3-4-22)

- 물성개량제가 첨가된 소금용액의 제조는 소금(30 g)을 물(900 g)에 녹인 소금용액을 끓여서 물성개량제(CN40H, 18 g)을 소량씩 넣어서 용해시키고 방냉하고 증발된 물의 양은 첨가하여 보정함
- 제분된 가루, 호두 및 물성개량제가 첨가된 소금용액을 혼합하여 반죽하여 30분간 휴지함

			
소금용액을 끓임	물성개량제를 소량씩 투입	용해가 되면 방냉	상온에서 방냉하면 색이 연해지면서 점성을 갖게 됨
			
증발한 부분은 수분을 첨가하여 보정함	제분가루에 혼합하며 이때 호두가루도 같이 혼합	반죽	휴지

그림 3-4-22. 물성개량제가 첨가된 소금용액 제조 및 가루와 혼합

4. 증자 및 치대기(그림 3-4-23)

- 시루에 휴지한 반죽을 넣고 증자(30 분) 및 뜸(10 분)을 들어서 충분히 호화시킴
- 호화된 반죽을 찬바람을 쐬어서 반죽이 따듯한 정도가 될 때까지 약 30분간 방치(뭉쌀은 뜸과 방냉은 생략)함. 30분간 반죽을 식히는 이유는 물성개량제가 높은 온도에서는 접착성이 높아서 가공과정(가래떡의 성형, 이동 및 건조과정 등)에서 다루기가 어려움
- 2분간 치대기(뭉쌀은 치대기 과정 생략)

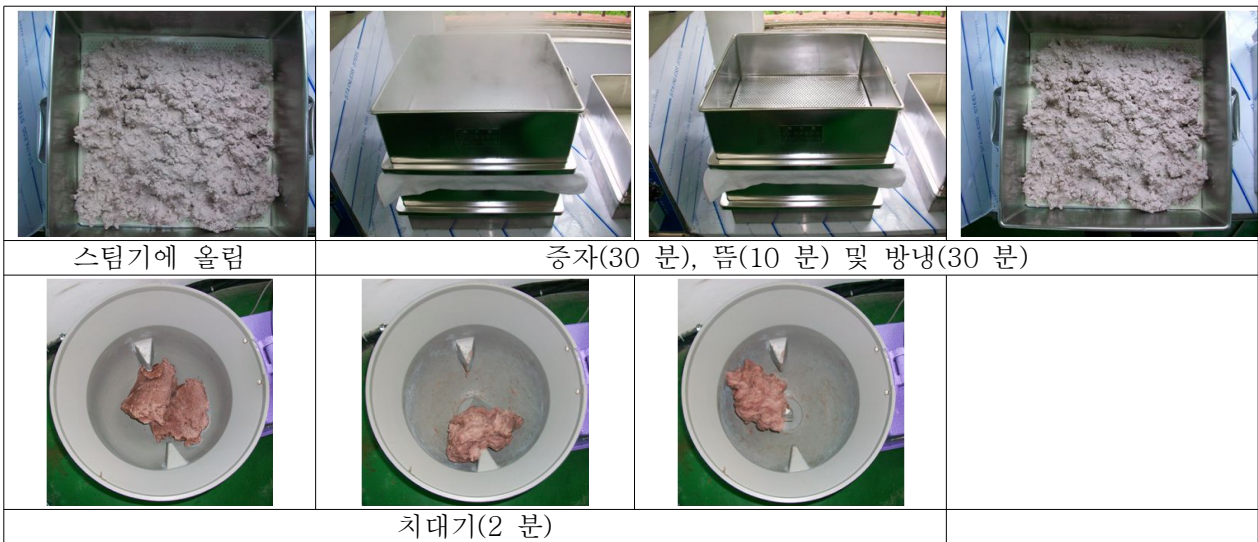


그림 3-4-23. 증자 및 치대기

5. 성형 및 건조(그림 3-4-24)

- 성형기에 넣고 성형속도 4로 치댄 반죽을 성형함
- 성형된 가래떡을 일정 크기로 잘라서 건조판에 올려놓고 선풍기로 24시간 건조함(실제 가래떡 제조할 때는 선풍기로 말리지 말고 선선한 바람이 있는 음지에서 자연건조가 좋음)



그림 3-4-24. 성형 및 건조

## 5 절. 맞춤형 혼합미(곡)의 기능성 입증을 위한 임상 및 전임상 시험

### 1. 당뇨병자용 혼합미(곡)의 예비 혈당 검사 (1차년도 2009년)

#### 가. 재료 및 방법

##### (1) 재료

예비 혈당 검사의 임상시험용 식단은 표3-5-1과 같다.

**표 3-5-1. 임상시험용 식단**

	아침	점심	저녁
첫째날	시판혼합미(곡)밥 210g	시판혼합미(곡)밥 210g	시판혼합미(곡)밥 210g
	시금치된장국	콩나물국(매운맛)	미역홍합국
	두부(100g:1쪽)구이양념장	계란(1개)부추말이	쇠고기(50g)장조림
	김구이(1봉)	조선훈박버섯볶음 70	새송이버섯볶음 70
	얼갈이김치 70	얼갈이김치 70	얼갈이김치 70
둘째날	개발혼합미(곡)밥 210g	개발혼합미(곡)밥 210g	개발혼합미(곡)밥 210g
	시금치된장국	콩나물국(매운맛)	미역홍합국
	두부(100g:1쪽)구이양념장	계란(1개)부추말이	쇠고기(50g)장조림
	김구이(1봉)	조선훈박버섯볶음 70	새송이버섯볶음 70
	얼갈이김치 70	얼갈이김치 70	얼갈이김치 70
셋째날	흰밥 210g	흰밥 210g	흰밥 210g
	시금치된장국	콩나물국(매운맛)	미역홍합국
	두부(100g:1쪽)구이양념장	계란(1개)부추말이	쇠고기(50g)장조림
	김구이(1봉)	조선훈박버섯볶음 70	새송이버섯볶음 70
	얼갈이김치 70	얼갈이김치 70	얼갈이김치 70

##### (2) 방법

본 연구는 시판혼합미(곡)과 개발혼합미(곡), 백미의 혈당을 CGMS(지속형 혈당 모니터링 시스템)을 통하여 혈당 변화를 관찰하고자 하였다. 이에 따라서 총 피험자 수는 5명으로 3일 동안 임상시험용 식단을 섭취하고 CGMS를 통해서 0, 1, 2, 3, 4시간 혈당 변화를 관찰하였다.

#### 나. 결과

CGMS를 통해서 관찰한 혈당의 변화는 표 3-5-2와 같다.

흰밥 섭취 1시간 혈당이 개발혼합미(곡) 및 시판혼합미(곡)에 비해 혈당 수치가 가장 높고, 4시간째 혈당 감소치 또한 가장 크게 나타나고 있다. 개발혼합미(곡) 섭취 시 혈당 변화 곡선이 완만하게 나타났다(그림 3-5-1).

표 3-5-2. CGMS를 통한 0, 1, 2, 3, 4 시간 혈당 변화

식사종류	0 시간	1 시간	2 시간	3 시간	4 시간
개발혼합미(곡) (n=5)	123.2±17.9	174.6±35.9	156.0±50.2	132.3±36.5	113.5±26.1
시관혼합미(곡) (n=4)	130.5±24.0	196.5±67.1	168.5±86.1	124.7±61.8	103.0±46.0
흰밥 (n=5)	123.6±17.7	180.0±27.2	174.4±59.9	141.6±44.9	109.6±23.8

원

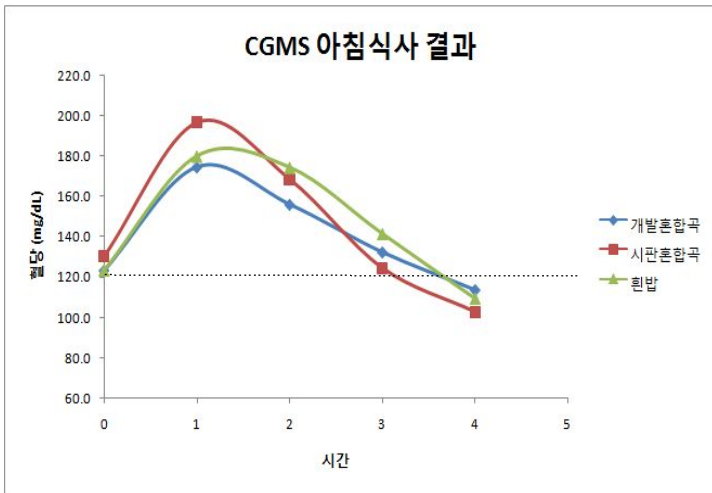


그림 3-5-1. CGMS를 통한 0, 1, 2, 3, 4 시간 혈당 변화

## 2. 당뇨병자용 혼합미(곡)의 임상시험 (1차년도 2009년)

### 가. 재료 및 방법

#### (1) 재료

당뇨환자용 혼합미(곡) 임상시험에서 사용한 재료는 2009년 주관기관에서 선정한 곡물들의 배합비와 구성은 표 3-5-3과 같다.

표 3-5-3. 항당뇨 혼합미(곡) 배합비 및 당질함량

Group	재료	배합비 (%)	탄수화물량 (1g당 함량)	혼합미(곡)량 (g)	당함량 (g)
시험군 (혼합미(곡))	흑미멥쌀	1	0.73	0.8	0.6
	거대배아미멥쌀	55	0.72	43.7	31.6
	거대배아밭아	14	0.76	11.1	8.4
	서목태(팽화)	17	0.19	13.5	2.5
	강낭콩(팽화)	4	0.57	3.2	1.8
	쌀보리(누른 것)	5	0.73	4.0	2.9
	통밀	4	0.67	3.2	2.1
	합계	100		79.4	50.0
대조군1 (당현곡)	백미(멥쌀)	67	0.48	46.2	33.5
	백미(잡쌀)	6	0.04	4.1	3.0
	찰보리	8	0.06	5.5	4.0
	쌀보리	6	0.04	4.1	3.0
	잡쌀현미	6	0.04	4.1	3.0
	잡쌀흑미	2	0.01	1.4	1.0
	서리태(팽화)	5	0.04	3.5	2.5
	합계	100	0.72	69.0	50.0
대조군2 (멥쌀)	백미	100		67.1	50.0

## (2) 방법

### (가) 시험디자인

본 임상시험은 open, 4-treatment, 4-sequence, 4-period crossover design으로 자원자에 한하여 임상시험 예정일(1일)로부터 4주 이내(-28일~-1일)에 문진, 신체검진, 검사실검사 등 스크리닝 검사를 시행하여 본 임상시험에 피험자로서 적합하다고 판단되는 자를 선정하였다.

선정된 피험자는 임상시험 예정일 전일 오후 7시까지 전북대학교병원 기능성식품임상시험지원센터에 입원하여 저녁식사를 하였고 식수를 제외하고는 금식하였다.

피험자는 1일, 2일, 3일, 4일 오전 9시경 공복상태에서 무작위배정된 투여군에 따라 각각 포도당, 시험식(혼합미(곡)), 대조식1(당현곡), 대조식2(멤쌀) 중 하나를 섭취한 후 섭취 전(0h)과 섭취시작 후 15 m, 30 m, 45 m, 1 h, 1.5 h, 2 h, 2.5 h, 3 h, 4 h 시점 혈당 및 insulin 검사를 위한 채혈을 하였다. 각 투여군에 따른 피험자 수와 섭취 일정표는 표 3-5-4와 같다.

표 3-5-4. 투여군에 따른 피험자 수 및 섭취 일정표

투여군	피험자 수	1일	2일	3일	4일
제1군	5명	포도당	시험식	대조식1	대조식2
제2군	5명	시험식	포도당	대조식2	대조식1
제3군	5명	대조식1	대조식2	포도당	시험식
제4군	5명	대조식2	대조식1	시험식	포도당

### (나) 선정/제외 기준

본 임상시험의 피험자 선정 및 제외기준은 다음과 같다.

#### ① 선정기준

- 스크리닝 검사 당시 연령이 20세 이상 45세 이하인 건강한 성인 남성
- 체중이 50 kg 이상이면서, 이상체중(ideal body weight)의  $\pm 30\%$  이내의 체중을 지닌 자
- 이상체중(ideal body weight) = (신장cm - 100)  $\times$  0.9
- 본 임상시험에 대한 자세한 설명을 듣고 완전히 이해한 후, 자의로 참여를 결정하고 주의사항을 준수하기로 서면 동의한 자

#### ② 제외기준

- 5년 이내에 특정질환의 병력 및 과거력이 있는 자  
(간, 신장, 신경계, 호흡기계, 내분비계, 혈액·종양, 악성종양, 정신질환, 심혈관계 질환이 있거나 과거력이 있는 자)
- 임상시험용식단의 흡수에 영향을 줄 수 있는 위장관계 질환(예: 크론씨 병)이나 위장관계 수술(단, 단순 맹장수술이나 탈장수술은 제외)의 과거력이 있는 자
- 검사실검사에서 다음에 해당하는 결과를 보이는 자

☞ AST, ALT > 정상범위 상한치의 1.25배

- 활력증후에서 수축기 혈압이 100 mmHg미만이거나 150 mmHg를 초과하는 자 또는 이완기 혈압이 65mmHg미만이거나 95 mmHg를 초과하는 자
- 임상시험용 식단에 대한 과민반응 혹은 임상적으로 유의한 과민반응의 병력이 있는 자
- 첫 섭취일 전 2주 이내에 어떠한 전문의약품이나 한약을 복용하였거나, 1주 이내에 어떠한 일반의약품(OTC) 또는 건강기능식품을 복용한 자(단, 시험자의 판단에 따라 다른 조건이 합당한 경우는 임상시험에 참여할 수 있다.)
- 첫 섭취일 전 2개월 이내에 타 임상시험에 참여한 자
- 첫 섭취일 전 1개월 이내에 전혈헌혈을 하였거나, 2주 이내에 성분헌혈을 한 자
- 지속적으로 음주(21 units/week 초과)를 하거나 임상시험기간 중 금주할 수 없는 자
- 검사실검사 결과를 비롯한 기타 사유로 인하여 시험자가 임상시험 참여에 부적합하다고 판단한 자

### ③ 혈당, 인슐린 평가

상완정맥 등 정맥에서 채혈하여 검사실에서 측정하였다. 시험기간 중 계획된 일정에 따라 채혈을 수행하였으며, 실제 수행 시각을 증례기록서에 기록하여 분석 시 이용하였다.

식단 섭취 전 (0 h), 섭취시작 후 15 m, 30 m, 45 m, 1 h, 1.5 h, 2 h, 2.5 h, 3 h, 4 h 시점에 시행하였다. 채취한 혈액은 즉시 tube에 담아 원심분리 하였으며, 이후 즉시 원내 진단검사의학과에서 분석하였다.

혈당, 인슐린 등의 area under the curve 평가 시 채혈시각은 각 피험자에 따라 실제 채혈시각을 사용하여 분석하였다. 실제 채혈을 시행하지 않았거나(Not Applicable) 또는 검체가 누락된 경우(Missing Data)에는 혈당농도 자료에 각각 "NA", "MD"로 기입하였다. 혈당 농도-시간 양상은 각 피험자에서 linear 또는 log/linear 형태의 그래프로 나타내었다.

혈중 농도-시간 데이터에 Excel 또는 SAS 9.2 소프트웨어 등으로 비구획방법(noncompartmental method)의 linear trapezoidal method를 적용하여 아래와 같은 파라미터를 계산하였다.

- Cmax = 섭취 후 최고혈중농도
- Tmax = 섭취 후 최고혈중농도 도달시간
- iAUC<sub>0-2h</sub> = 섭취 시작시점부터 2시간째 채혈시점까지의 기저치에 비해 상승한 혈당 농도-시간 곡선하 면적(incremental area under the curve)

(만약 기저치에 비해 혈중 농도가 낮아 상승치가 음수를 가질 경우, 이전 시점에서의 농도와 직선으로 연결하여 기저치보다 높은 부분의 면적만을 포함)

- GI = 혈당지수(glycemic index)로서 혈당치에 미치는 영향을 고려한 탄수화물의 등급체계. iAUC<sub>0-2h</sub>를 이용하여 산출.
- $GI = (iAUC_{\text{food}}/iAUC_{\text{glucose}}) \times (Wt_{\text{glucose}}/Wt_{\text{available carbohydrate in food}}) \times 100\%$
- Insulinogenic index (IGI) = 초기 인슐린 분비 지표.
- $IGI = (\text{섭취 30분 후 혈중 인슐린 농도} - \text{식전 혈중 인슐린 농도}) / (\text{섭취 30분 후 혈당 농도} - \text{식전 혈당 농도})$

Glucose와 인슐린 이외에 추가적으로 혈중 중성지방 등을 측정하여 치료군 간의 차이를 비교



하였으며, 혈중 농도 기초데이터와 해당 파라미터는 평균, 표준편차 등을 표기하여 기술통계학적 분석을 시행하였으며, 이상의 통계분석은 SAS 9.2 프로그램을 사용하여 수행하였다.

#### ④ 피험자 수 및 피험자 임상시험 참여 실태

본 연구의 총 피험자 수는 20명으로 총 37명의 자원자가 스크리닝 검사를 받았고 자원자는 서면 동의서를 작성한 후 피험자 적합성 평가를 통해 23명이 적격 피험자로 선정되어 무작위 배정 과정을 통해 해당 투여군에 배정되었다. 스크리닝을 통과하여 선정된 순서대로 무작위배정 하였다. 무작위배정을 통하여 피험자코드(subject ID)를 부여 받은 23명의 피험자 중 3명이 1일 임상시험 전에 동의를 철회하였기 때문에, 20명의 피험자만이 임상시험용 식단을 제공받았다. 임상시험용 식단을 제공받은 20명은 시험계획서에 따라 정상적으로 시험을 종료하였다. 임상시험용 식단을 제공받은 20명을 대상으로 유효성과 안전성 평가를 수행하였으며, 피험자 참여 실태는 그림 3-5-2 및 3-5-3과 같다.



그림3-5-2. 당뇨병자용 혼합미(곡) 임상시험 모습

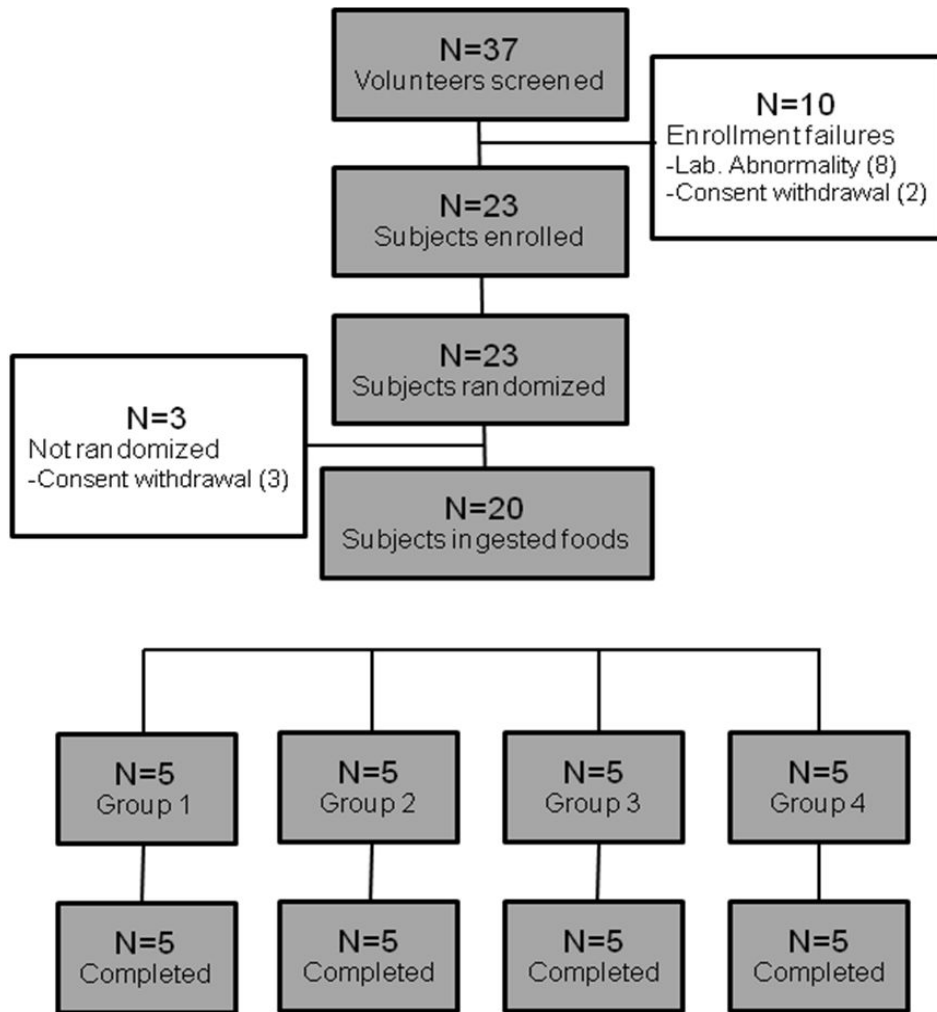


그림 3-5-3. 피험자 참여실태

### (3) 결과

#### (가) 피험자의 인구학적 정보

피험자는 총 20명으로 피험자의 자세한 인구학적 정보는 표 3-5-5에 요약하였다. 무작위 배정된 피험자들의 연령, 신장 및 체중에 있어 투여군 간의 차이는 없었다.

모든 피험자에게서 임상적으로 유의한 과거 또는 현재 병력은 발견할 수 없었다. 이상의 결과를 종합하여 볼 때 전체 피험자의 무작위배정은 문제가 없다고 판단하였다.

표 3-5-5. 피험자의 인구학적 정보

	투여군				Total (n=20)	p-value <sup>1)</sup>
	1군 (n=5)	2군 (n=5)	3군 (n=5)	4군 (n=5)		
Age (years)	24.8 ± 1.5	26.4 ± 3.5	26.8 ± 1.0	28.0 ± 4.7	26.5 ± 3.2	0.526
Height (cm)	175.6 ± 1.9	176.8 ± 4.4	173.6 ± 5.1	177.4 ± 6.6	175.9 ± 4.9	0.681
Weight (kg)	66.9 ± 9.8	65.9 ± 11.4	65.5 ± 4.9	70.8 ± 13.5	67.3 ± 10.4	0.872

Values are presented as mean ± SD

<sup>1)</sup> Analysis of variance

#### (나) 혈당 평가

SAS 9.2 프로그램을 이용하여 개인별 incremental area under the curve (iAUC), Cmax, Tmax를 산출하였으며, 통계분석은 SAS 9.2 프로그램을 이용하였다. iAUC는 혈중 농도-시간 곡선으로부터 사다리꼴 방식으로 계산하였으며, Cmax 및 Tmax파라미터는 실제 측정된 값을 그대로 사용하였다.

전체 20명 피험자의 평균 혈당 농도-시간 곡선은 그림 3-5-4와 같다. 시간에 따른 농도변화 양상에서 섭취 후 4시간째 혈당 농도가 기저치 수준으로 회복되었는지 여부를 평가한 결과, 임상시험용 식단 섭취 4시간 후에는 생체항상성에 의하여 기저치 수준으로 회복되었음을 확인하였다. 따라서 혈당 평가를 위해 실시한 채혈기간은 적절하였다고 생각된다.

포도당, 멍쌀, 당현곡, 혼합미(곡)의 Tmax, Cmax와 iAUC<sub>0-2h</sub>는 표 3-5-6, 그림 3-5-5에 정리하였다. 각각의 임상시험용 식단에 따른 혈당지수는 표 3-5-7, 그림 3-5-6에 정리하였다. 포도당을 제외한 임상시험용식단인 멍쌀, 당현곡, 혼합미(곡)의 Tmax, Cmax와 iAUC<sub>0-2h</sub>는 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다.

GI는 다음과 같은 방법을 이용하여 계산하였으며, 이때 혈당 농도의 단위는 mg/dL, incremental area under the curve (iAUC)의 단위는 min\*mg/dL 로 하였다. 통상적으로 GI는 0-2시간 곡선하면적을 기준으로 한다.

$$GI_{2h} = (iAUC_{2h,food}/iAUC_{2h,glucose}) \times (Wt \text{ glucose}/Wt \text{ available carbohydrate in food}) \times 100\%$$

포도당을 제외한 임상시험용식단인 혼합미(곡), 당현곡, 멍쌀의 0-2시간 곡선하면적을 기준으로 한 혈당지수의 경우, 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다(p=0.485).

The Mean Blood Glucose Level-Time Profile

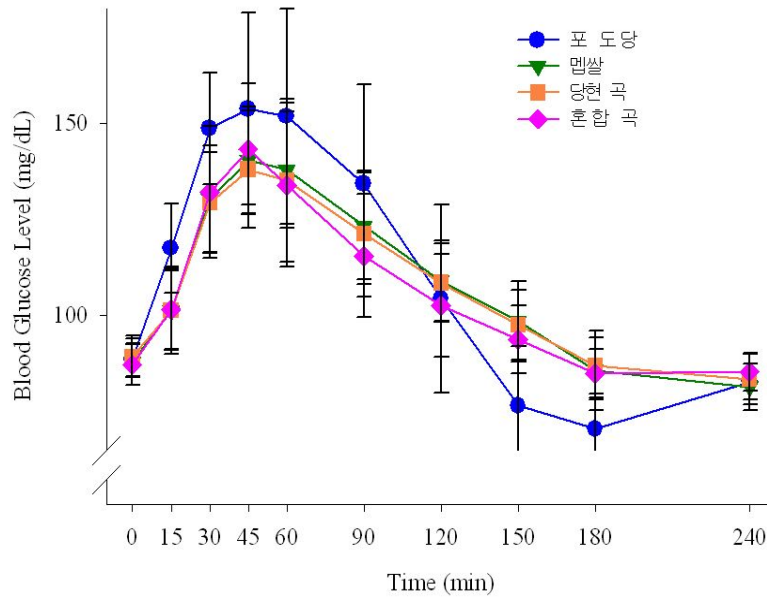


그림 3-5-4. 임상시험용식단에 따른 glucose 변화 양상

표 3-5-6. 혈당 평가 파라미터 기술통계

	투여군				p-value <sup>2)</sup>
	포도당 (n=20)	멍쌀 (n=20)	당현곡 (n=20)	혼합미(곡) (n=20)	
Tmax (min)	49.5 [45-54] <sup>1)</sup>	45.8 [41-50]	48 [44-52]	45 [41-49]	0.861 <sup>3)</sup>
Cmax (mg/dL)	163.1 ± 22.2	143.9 ± 13.6	144.6 ± 14.4	146.7 ± 17.6	0.687
iAUC <sub>0-2h</sub> (min*mg/dL)	89.6 ± 30.8	68.7 ± 15.1	63.3 ± 22.2	64.4 ± 22.4	0.468

Values are presented as mean ± SD

<sup>1)</sup> t<sub>max</sub> 통계량: median/[min-max]

<sup>2)</sup> 멍쌀, 당현곡, 혼합미(곡) 간의 비교 분석

<sup>3)</sup> Kruskal-Wallis test

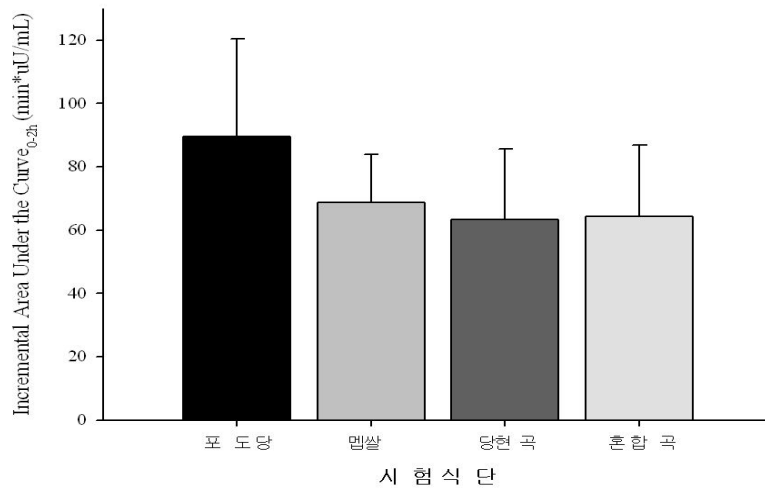


그림 3-5-5. 임상시험용식단에 따른 Glucose 의 Incremental Area Under the Curve 0-2h(iAUC0-2h)

표 3-5-7. 임상시험용식단에 따른 (상대적) 혈당지수 (GI) 비교

	투여군				p-value <sup>1)</sup>
	포도당 (n=20)	멬쌀 (n=20)	당현곡 (n=20)	혼합미(곡) (n=20)	
Glycemic index	100	82.7 ± 25.3	75.9 ± 37.3	74.2 ± 23.8	0.485

Values are presented as mean ± SD  
<sup>1)</sup> 멬쌀, 당현곡, 혼합미(곡) 간의 비교 분석

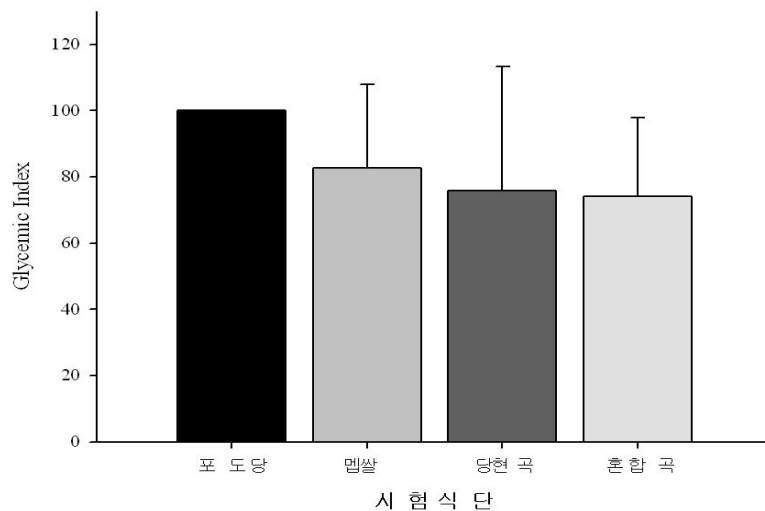


그림 3-5-6. 임상시험용식단에 따른 혈당지수(Glycemic index)

(다) 혈중 인슐린 평가

개인별 인슐린 sensitivity를 알아보기 위해서 Quantitative insulin sensitivity check index (QUICKI), insulinogenic index (IGI) 및 homeostasis model assessment of insulin resistance

(HOMA-IR)를 이용하였다.

QUICKI는 다음과 같은 방법을 이용하여 계산하였으며, 이때 혈당 농도의 단위는 mg/dL, 인슐린 농도의 단위는 uU/mL로 하였다. 또한 insulinogenic index (IGI)는 다음과 같은 방법을 이용하여 계산하였으며, 이때 혈당 농도의 단위는 mmol/L, 인슐린 농도의 단위는 uU/mL로 하였다. homeostasis model assessment of insulin resistance (HOMA-IR)는 다음과 같은 방법을 이용하여 계산하였으며, 이때 혈당 농도의 단위는 mmol/L, 인슐린 농도의 단위는 uU/mL로 하였다.

- QUICKI =  $1 / [\log(\text{insulin } 0 \text{ min}) + \log(\text{glucose } 0 \text{ min})]$
- IGI =  $(\text{insulin } 30 \text{ min} - \text{insulin } 0 \text{ min}) / (\text{glucose } 30 \text{ min} - \text{glucose } 0 \text{ min})$
- HOMA-IR =  $(\text{insulin } 0 \text{ min} * \text{glucose } 0 \text{ min}) / 22.5$

투여군 및 임상시험용 식단에 따른 QUICKI, IGI 및 HOMA-IR 를 비교한 결과는 표 3-5-8, 3-5-9에 정리하였다. 그 결과 QUICKI, IGI 및 HOMA-IR 값은 투여군 간의 차이를 보이지 않았다. 따라서 인슐린 sensitivity 측면에서 볼 때 무작위배정이 잘 이루어졌다고 생각한다.

**표 3-5-8. 투여군에 따른 QUICKI, IGI 및 HOMA-IR**

항목	투 여 군				p-value <sup>1)</sup>
	1군 (n=5)	2군 (n=5)	3군 (n=5)	4군 (n=5)	
IGI	12.23 ± 6.08	10.61 ± 6.64	11.70 ± 6.11	11.79 ± 5.77	0.959
QUICKI	0.18 ± 0.01	0.18 ± 0.02	0.18 ± 0.02	0.18 ± 0.02	0.912
HOMA-IR	0.61 ± 0.21	1.08 ± 0.90	0.79 ± 0.38	0.82 ± 0.54	0.638

Values are presented as mean ± SD  
1) Analysis of variance

**표 3-5-9. 임상시험용식단에 따른 QUICKI, IGI 및 HOMA-IR**

항목	투 여 군				p-value <sup>1)</sup>
	포도당 (n=20)	멧쌀 (n=20)	당현곡 (n=20)	혼합미(곡) (n=20)	
IGI	0.18 ± 0.02	0.18 ± 0.02	0.17 ± 0.02	0.18 ± 0.02	0.210
QUICKI	11.53 ± 6.94	10.28 ± 6.27	11.54 ± 6.94	12.62 ± 5.71	0.702
HOMA-IR	0.93 ± 0.88	0.74 ± 0.49	0.96 ± 0.46	0.77 ± 0.54	0.320

Values are presented as mean ± SD  
1) Analysis of variance

전체 20명 피험자의 평균 혈중 인슐린 농도-시간 곡선은 그림 3-5-7과 같으며, 해당 파라미터는 표 3-5-10에 정리하였다. Tmax, Cmax는 임상시험용식단간의 유의한 차이가 없었으며 (p=0.205, p=0.687), iAUC<sub>2h</sub>도 차이를 보이지 않았다(p=0.988).

The Mean Blood Insulin Level-Time Profile

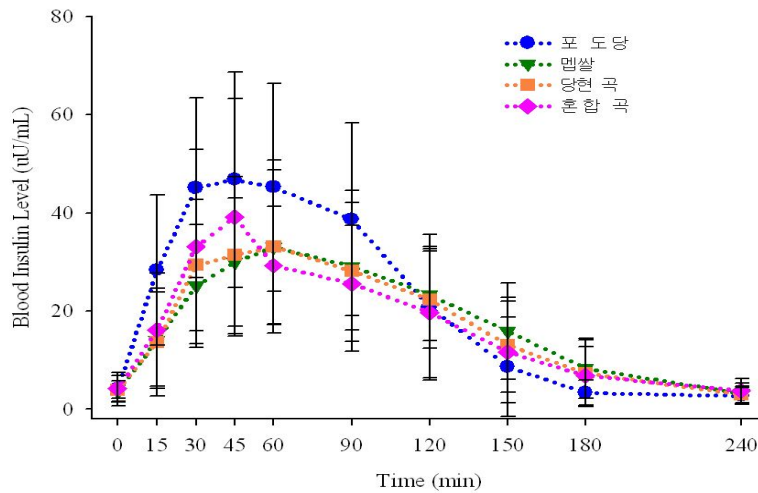


그림 3-5-7. 임상시험용식단에 따른 insulin 변화 양상

표 3-5-10. 인슐린 평가 파라미터 기술통계

항목	투여군				p-value <sup>2)</sup>
	포도당 (n=20)	멍쌀 (n=20)	당현곡 (n=20)	혼합미(곡) (n=20)	
Tmax (min)	48.8 [41-56] <sup>1)</sup>	64.5 [57-72]	54 [47-61]	49.5 [42-57]	0.205 <sup>3)</sup>
Cmax (mg/dL)	59.2 ± 21.7	37.8 ± 15.4	38.8 ± 16.4	42.3 ± 23.4	0.687
iAUC <sub>0-2h</sub> (min*mg/dL)	63.8 ± 23.2	43.3 ± 16.7	43.2 ± 20.5	42.9 ± 16.9	0.988

Values are presented as mean ± SD

<sup>1)</sup> t<sub>max</sub> 통계량: median/[min-max]

<sup>2)</sup> 멍쌀, 당현곡, 혼합미(곡) 간의 비교 분석

<sup>3)</sup> Kruskal-Wallis test

(라) 혈중 중성지방 평가

전체 20명 피험자의 평균 혈중 중성지방 농도-시간 곡선은 그림 3-5-8과 같다. 혈중 중성지방은 임상시험용식단인 멍쌀, 당현곡, 혼합미(곡) 섭취 초기에 변화가 없으나, 섭취 1시간 이후 점진적으로 감소하는 양상을 보였다.

각각의 임상시험용 식단 섭취 시 혈중 중성지방 농도 변화양상을 RM-ANOVA를 이용하여 평가하였다.

포도당, 멍쌀, 당현곡, 혼합미(곡)의 iAUC<sub>0-2h</sub>는 표 3-5-11에 정리하였다. 포도당을 제외한 임상시험용식단인 멍쌀, 당현곡, 혼합미(곡)의 iAUC<sub>0-2h</sub>는 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다.

임상시험용 식단 섭취 전 baseline 혈중 중성지방 농도와 섭취 4시간 후 혈중 중성지방 농도의 변화정도(TG<sub>4h-0h</sub>)를 비교한 결과, 임상시험용 식단 섭취 4시간 후 혈중 중성지방 농도 변화에는 유의한 차이를 보이지 않았다(p=0.528) (표 3-5-11).

The Mean Blood Triglyceride Level-Time Profile

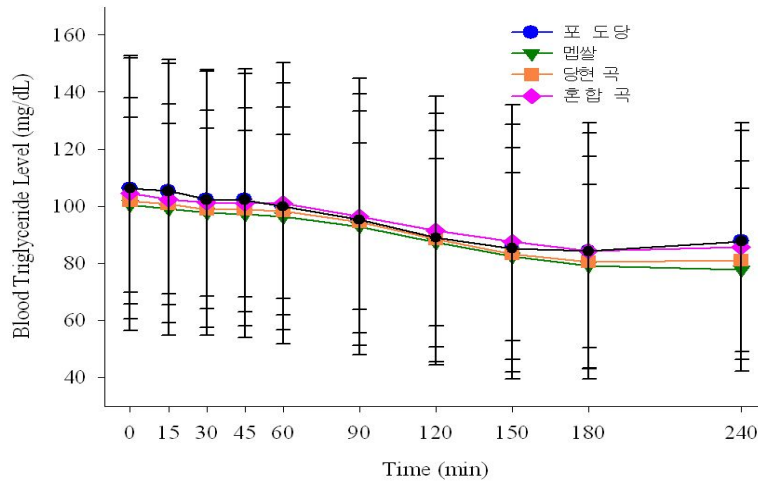


그림 3-5-8. 임상시험용식단에 따른 혈중 중성지방 변화 양상

표 3-5-11. 임상시험용식단 섭취 4시간 후 혈중 중성지방 농도 변화 정도

항목	투여군				p-value <sup>1)</sup>
	포도당 (n=20)	멍쌀 (n=20)	당현곡 (n=20)	혼합미(곡) (n=20)	
iAUC <sub>0-2h</sub> (min*mg/dL)	1.7 ± 3.4	1.4 ± 2.6	1.0 ± 1.4	2.3 ± 6.2	0.559
TG <sub>4h-0h</sub> (mg/dL)	-16.8 ± 11.0	-19.7 ± 9.0	-19.5 ± 9.0	-19.7 ± 16.7	0.528

Values are presented as mean ± SD  
<sup>1)</sup> 멍쌀, 당현곡, 혼합미(곡) 간의 비교 분석

#### (4) 고찰 및 결론

건강한 성인 남성을 대상으로 임상시험용식단인 포도당, 멍쌀, 당현곡, 혼합미(곡)을 탄수화물 50 g에 해당하는 식단을 제공하였다. 그 결과, 식단간의 혈당지수는 포도당을 100으로 보았을 때, 혼합미(곡) 섭취 시 혈당지수는 낮은 경향을 보였으나 통계적으로 유의한 차이는 보이지 않았다.

또한 Quantitative insulin sensitivity check index (QUICKI), insulinogenic index (IGI) 및 homeostasis model assessment of insulin resistance (HOMA-IR)의 경우, 투여군 및 임상시험용 식단 간에 차이를 보이지 않았다. 따라서 인슐린 sensitivity 측면에서 볼 때 무작위배정이 잘 이루어졌다고 생각한다.

혈당, 인슐린 및 중성지방 iAUC<sub>0-2h</sub>는 유의한 차이를 보이지 않았다. 임상시험용 식단 섭취 전 baseline 혈중 중성지방 농도와 섭취 4시간 후 혈중 중성지방 농도의 변화정도를 비교한 결과 유의한 차이를 보이지 않았으며, 이는 탄수화물 섭취는 중성지방 농도에 큰 영향을 미치지 않는 것을 알 수 있었다.

건강한 성인 남성 피험자를 대상으로 한 포도당, 멍쌀, 당현곡, 혼합미(곡)을 섭취한 후 체내



변화양상을 살펴 본 임상시험에서 1건의 이상반응이 발생하였다. 보고된 이상반응의 양상(발생 시점, 지속시간 등), 임상시험용식단의 특성 등을 종합하여 볼 때, 발생한 이상반응은 인과관계가 낮다고 판단되었다. 또한 섭취 전후 신체검진 시행한 결과 시험기간 중 임상적으로 의미 있는 변화는 관찰되지 않았다.

### 3. 수험생 혼합미(곡) 임상시험

#### 가. 재료 및 방법

##### (1) 재료

수험생 혼합미(곡) 임상시험에서 사용한 재료는 2009년 주관기관에서 선정한 곡물들로 표 3-5-12와 같다.

표 3-5-12. 수험생 혼합미(곡) 배합비 및 당질함량

곡물종류	혼합량 (g)
거대배아미뽕쌀	40
거대배아현미발아뽕쌀(젓산갈슘)	34
일반현미발아찹쌀(젓산갈슘)	22
찹쌀흑미	4
강낭콩(쪄갠 팽화)	15
호두	5
총량	120

##### (2) 방법

###### (가) 시험디자인

본 임상시험은 무작위배정, 공개, 평행군 임상시험으로 9주간 혼합미(곡)과 일반식을 섭취 한 후 섭취 전·후 인지기능 변화를 평가하였다.

자원자에 한하여 자원자에 한하여 임상시험 예정일(1d)로부터 4주 이내(-28 ~ -0 일)에 스크리닝 및 기초 검사를 실시하였으며, 신체검진, 신체검사, 활력증후, 12-lead 심전도, 검사실 검사, 청력검사 및 SCID 인터뷰 등의 검사를 통해서 본 임상시험의 피험자로 적합하다고 판단되는 자를 선정하여 섭취 전과 섭취 후에 S100B, BDNF를 위한 혈액 채취, FFQ, 배변기능 설문 및BCRS, VAS, STAI, SACL 설문을 실시하고, CNT, Startle response test, Mental fatigue test 를 검사하였다. 이때 임상시험 검사자는 피험자가 배정된 군을 모르는 상태에서 모든 검사를 실시하였다. 본 임상시험 디자인은 그림 3-5-9와 같다.



그림 3-5-9. 임상시험 디자인

(나) 선정/제외기준

본 임상시험의 피험자 선정 및 제외기준은 다음과 같다.

① 선정기준

- 스크리닝 검사 당시 연령이 만15 ~18세의 고등학교 남학생
- 체중이 50 kg 이상이면서, 이상체중(ideal body weight)의  $\pm 30\%$  이내의 체중을 지닌 자
  - ☞ 이상체중(ideal body weight) = (신장cm - 100) × 0.9
- 본 임상시험에 대한 자세한 설명을 듣고 완전히 이해한 후, 자의로 참여를 결정하고 주의사항을 준수하기로 서면 동의한 자

② 제외기준

- 청력검사 시 1000 Hz에서 40 dB을 인지하지 못하는 자
- 지속적으로 음주, 흡연을 하고 있는 자
- 스크리닝 시 시행되는 정신장애의 진단 및 통계 편람의 구조화된 임상면담 [Structured Clinical Interview for DSM-IV(SCID)]에서 총 1 장애가 있거나 의심되는 자
- 간, 신장, 신경계, 호흡기계, 내분비계, 혈액 • 종양, 정신질환, 심혈관계 질환이 있거나 과거력이 있는 자
- 물질의 흡수에 영향을 줄 수 있는 위장관계 질환(예: 크론씨 병)이나 위장관계 수술(단, 단순 맹장수술이나 탈장수술은 제외)의 과거력이 있는 자
- 검사실검사에서 다음에 해당하는 결과를 보이는 자
  - ☞ AST, ALT > 정상범위 상한치의 1.5배
  - ☞ 활력증후에서 수축기 혈압이 100 mmHg미만이거나 150 mmHg를 초과하는 자 또는 이완기혈압이 65 mmHg미만이거나 95 mmHg를 초과하는 자
- 임상시험용 식단에 대한 과민반응 혹은 임상적으로 유의한 과민반응의 병력이 있는 자
- 첫 섭취일 전 2주 이내에 어떠한 전문의약품이나 한약을 복용하였거나, 1주 이내에 어떠한 일반의약품(OTC) 또는 비타민 제제를 복용한 자 (단, 시험자의 판단에 따라 다른 조건이 합당한 경우는 임상시험에 참여할 수 있다.)
- 첫 섭취일 전 2개월 이내에 타 임상시험에 참여한 자

- 첫 섭취일 전 1개월 이내에 전혈헌혈을 하였거나, 2주 이내에 성분헌혈을 한 자
- 검사실검사 결과를 비롯한 기타 사유로 인하여 시험자가 임상시험 참여에 부적합하다고 판단한 자

(다) 평가방법

① 평가 일시

인지기능은 학생들의 스트레스와 관련된 요인 즉 수면 시간, 시험기간 등과 밀접한 관계가 있기 때문에 섭취 전후의 검사 모두에서 전날 충분한 수면을 취하도록 미리 공지하였고 검사 당일 수면 상태를 체크하였으며 시험일정과 1주 이상 떨어지는 날에 검사를 할 수 있도록 사전 계획하였다. 혼합미(곡) 또는 일반식의 섭취 전후의 평가 일정표는 표 3-5-13과 같다.

표 3-5-13. 혼합미(곡) 또는 일반식의 섭취 전후의 평가 일정표

항목	2009.09.06 - 2009.09.20(섭취 전, Baseline)														2009.11.17 - 2009.11.27(섭취 후, After intake)												
	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	
BDNF, S100B, 검사실 검사																											
자가평가척도 검사																											
CNT																											
Mental fatigue test																											
Startle response test																											
연합고사																											

\* BCRS, VAS, STAI, SACL, FFQ, 배변기능 설문지

② 평가 요인에 대한 설명

• CNT 평가

CNT 평가의 내용은 digit span test, auditory continuous performance test(A-CPT), Stroop test, verbal learning test, Trail making test, Wisconsin card sorting test(WCST), verbal fluency test, 그리고 finger tapping test로 구성되어 있다. Digit span test는 주의력, A-CPT는 지속 주의력(sustained attention), Stroop test는 선택적 주의력(selective attention), verbal learning test는 기억력, trail making test는 A는 주의력과 visuomotor speed, B는 executive function(cognitive flexibility), WCST는 executive function(cognitive flexibility), verbal fluency test는 언어 능력, 그리고 finger tapping test는 motor speed를 측정하는 검사이다.

• Mental fatigue test 평가

숫자를 계속 빼도록 하거나 특정 단어가 컴퓨터 스크린에 나올 때 오른쪽 버튼을 누르게 하

는 방식의 과제를 60 분 준 후 정신적인 피로도를 0점에서 100점까지의 visual analogue scale 을 이용하여 답하도록 한다. 수치가 클수록 정신적 피로도가 높은 것을 의미하는 것으로 해석 할 수 있다.

- BCRS 평가

모두 20항목으로 구성되어 있으며 하위척도로는 1-3은 주의집중력, 4-5는 즉각기억, 6-7은 단기 기억, 8-9는 장기기억, 10-11은 시공간기억, 12-13은 이해력, 14-15는 언어능력(각각 단어 회상력 및 언어표현력), 16-17은 실행능력(executive function), 18-19는 cognitive endurance(인지적 참을성, 인내력), 그리고 20은 정보처리 속도를 평가하는 항목이다. 해석은 양수 값이 클수록 인지기능의 증가를 음수 값이 클수록 인지기능의 감소를 그리고 0점은 평상 시 상태를 의미한다.

- VAS 평가

인지기능을 집중력, 이해력, 기억력, 언어 표현력, 실행능력, 인내심, 그리고 과제처리 속도로 나누어 -3에서 +3까지 해당되는 부분에 실험자가 직접 표시하도록 되어있다. 해석은 각 항목에 대해 양수 값이 클수록 인지기능의 증가를 음수 값이 클수록 인지기능의 감소를 그리고 0 점은 평상 시 상태를 의미한다.

- STAI 평가

STAI는 상태 - 불안과 특성 - 불안을 함께 측정할 수 있는 보다 간편하고 객관적인 자기 보고형의 단일 척도를 만들려는 목적으로 Spielberger 등(1970)에 의해 1964년부터 연구가 시작되어 개발되었다. 상태 - 불안을 재는 20개의 문항과 특성 - 불안을 재는 20개의 문항 총 40개의 문항으로 구성되어 있고, 4단계로 된 Likert식 척도이다. 각 문항마다 ‘거의 그렇지 않다’는 1점, ‘가끔 그렇다’는 2점, ‘자주 그렇다’는 3점, ‘거의 언제나 그렇다’는 4점으로 채점하며, 상태-불안 하위척도에서 10개, 특성-불안 하위척도에서 7개의 역문항이 포함되어 있어 반대로 채점하게 된다. 개인이 얻을 수 있는 점수의 범위는 상태 - 불안 및 특성 - 불안에서 각각 20~80점까지이며, 점수가 높을수록 불안수준이 높은 것을 의미한다.

- SACL 평가

SACL 은 현재 느끼고 있는 스트레스 및 각성 정도를 측정하기 위한 것으로 30 항목으로 구성되어 두 가지 하위 scale 을 포함하는데, 하나는 스스로 보고된 스트레스를 측정하기 위한 것이고(1, 2, 5, 6, 9, 10, 11, 12, 13, 15, 18, 21, 22, 25, 27, 28) 나머지는 스스로 보고된 각성을 측정하기 위한 것이다. 해석은 점수가 높을수록 스트레스 및 각성이 높은 상태를 의미하며 역 채점 항목은 1, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 18, 19, 23, 29, 30이다.

- 혈중 S100B 및 BDNF평가

S100B는 astroglial cell에서 생성 되어지는 calcium-binding protein의 일종으로 급성 뇌손상(cerebral ischemia, brain trauma)이나 neurodegeneration(Alzheimer’s disease)시 증가하는 것으로 알려져 있다. 최근에는 immobilization stress에 의해서도 serum 수치가 증가하는 것으로 보고되면서 스트레스나 신경정신과적 장애와의 관련성이 제시되고 있다. 따라서 본 실험 대상

에서 기저 값과 비교 시 S100B 수치의 증가는 중추신경계의 스트레스 증가를 의미하는 것으로 해석이 가능하다.

BDNF는 신경세포의 생존, 유지 그리고 성장에 있어 중요한 역할을 하는 neurotrophin family 중의 하나임. S100B와 마찬가지로 astroglial cell에서 합성되며 기억과 관련된 long-term potentiation과 regulation of synaptic strength에 특히 관여한다. Work stress가 있을 때 human serum level이 감소하는 것으로 보고되어져 있으며 우울증에서 보이는 verbal memory impairment와도 positive correlation이 있는 것으로 보고된다. 또한 실험동물에 immobilization stress를 줄 때 해마 부위의 BDNF level이 감소하지만 운동을 하거나 항우울제 치료에 의해 수치가 증가하는 것으로 알려져 있다. 따라서 본 실험 대상에서 기저 값과 비교 시 BDNF 수치의 감소는 스트레스 증가나 기억력의 감소를 의미하는 것으로 해석이 가능하다.

- Startle response test 평가

놀람 반응은 외부의 자극(청각, air puff 등)에 의해 근육과 같은 motor system에 반응이 일어나는 것을 말하는 것으로 정상인에 있어서는 전자극이 있는 후에 다시 두 번째 자극이 전달 되면 두 번째 자극과 같은 크기의 자극이 단독으로 전달되었을 때보다 반응 크기가 감소되는데 이것을 prepulse inhibition(PPI)이라고 한다. PPI는 인간에 있어 sensorimotor gating의 정상적인 작동 여부를 나타내는 것으로 정신적 피로(mental fatigue), 정신분열병, 외상 후 스트레스장애 등과 같은 정신과적 질환에서 결핍(정상적인 억제의 붕괴) 현상이 일어나는 것으로 보고된다. 따라서 본 실험 대상에서 PPI의 결핍 소견이 관찰된다면 이는 정상적인 sensorimotor 기능의 손상을 의미하며 정신적 피로 상태와 관련이 있는 것으로 해석이 가능할 수 있다.

- 교육과정평가원 연합모의고사 성적

학교에서 시행되는 시험 중 가장 객관적이고 공정성이 보장되는 시험으로 교육과정 평가원에서 주관하여 치러지는 연합고사로 정하였다.

(라) 피험자 수 및 피험자 임상시험 참여 실태

본 연구의 총 피험자 수는 28명으로 28명의 자원자가 스크리닝 검사를 받았고 자원자는 서면 동의서를 작성한 후 피험자 적합성 평가를 통해 23명이 적격 피험자로 선정되어 무작위배정 과정을 통해 해당 섭취군에 배정되었다. 스크리닝을 통과하여 선정된 순서대로 무작위 배정하였다. 무작위배정을 통하여 피험자 코드(Subject ID)를 부여 받은 28명의 피험자 중 2명이 신종플루로 인하여 중도 탈락되어 26명만이 시험계획서에 따라 정상적으로 시험을 종료하였다 (그림 3-5-10).



그림3-5-10. 임상시험용식단(좌)과 고등학생 임상시험 모습

### (3) 결과

#### (가) 피험자의 인구학적 정보

임상시험계획서에 따라 종료한 피험자는 26명으로 혼합미(곡)군과 일반식군 간의 나이 및 손잡이 부분에 있어 유의한 차이는 없었다(표3-5-14).

표 3-5-14. 대상자의 인구통계학적 특성

구분	Mean±SD			p	
	전체	혼합미(곡)	일반식		
N	26	14	12	-	
나이	16.27±0.53	16.21±0.43	16.21±0.70	1.000	
성별	남	26(100.0)	14(100.0)	12(100.0)	-
	여	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)	-
손잡이	오른손	24(92.3)	13(92.9)	11(91.7)	-
	왼손	1(3.8)	0(0.0)	1(8.3)	-
	양손	1(3.8)	1(7.1)	0(0.0)	-

Independent t-test

#### (나) CNT (Computerized Neuro-Cognitive function test)

CNT결과는 표3-5-15와 같으며 두 군 모두 각각 섭취 전에 비해 기억력과 실행기능에 있어 유의한 호전이 있었으나 두 군 간에는 20분 뒤에 기억을 하는 부분을 제외하고는 유의한 차이가 없었다.

표 3-5-15. 시험식단의 섭취 후에 나타난 CNT 변화의 분석 결과

	Mean ± SD			P
	전체 (N=26)	혼합미(곡)(N=14)	일반식(N=12)	
<b>Attention</b>				
Digit span test				
forward	0.12 ±0.43	0.07 ±0.47	0.17 ±0.39	.585
Backward	0.46 ±1.14	0.50 ±1.09	0.42 ±1.24	.857
Auditory CPT(9min)				
correct response	0.69 ±2.36	0.57 ±2.03	0.83 ±2.79	.784
commission error	-1.04 ±5.67	-0.93 ±4.95	-1.17 ±6.64	.918
Sensitivity index	0.00 ±0.01	0.00 ±0.01	0.00 ±0.01	.538
Stroop word color test				
color(B)	-0.08 ±1.85	-0.24 ±1.99	0.11 ±1.74	.643
word-color(D)	-0.26 ±2.43	-0.45 ±2.59	-0.03 ±2.33	.666
interference score	-0.18 ±2.36	-0.21 ±2.26	-0.14 ±2.57	.935
<b>Memory</b>				
Verbal learning test				
A1	3.38 ±3.06	4.00 ±3.23	2.67 ±2.81	.277
A5	0.50 ±1.14	0.29 ±0.83	0.75 ±1.42	.310
delayed-20min	1.42 ±1.79	<b>0.79 ±1.72</b>	<b>2.17 ±1.64</b>	<b>.048</b>
try A1~A5 Total	9.58 ±7.84	10.93 ±7.05	8.00 ±8.71	.353
<b>Executive functioning</b>				
Trail making test				
SET B reaction time	-3.69 ±4.87	-3.29 ±5.03	-4.17 ±4.86	.655
Wisconsin card sorting test				
category completed	-0.08 ±0.27	-0.07 ±0.27	-0.08 ±0.29	.914
perseverative response	-1.62 ±6.83	-2.57 ±6.16	-0.50 ±7.66	.452
perseverative error trials to complete	-1.08 ±3.55	-1.86 ±3.44	-0.17 ±3.61	.234
first category	0.73 ±5.71	1.64 ±6.70	-0.33 ±4.33	.390
<b>Language</b>				
word-fluency test				
동물	1.42 ±4.11	1.93 ±4.16	0.83 ±4.15	.509
문구접	1.42 ±4.73	0.14 ±4.47	2.92 ±4.76	.139
"ㄱ"	2.65 ±5.10	3.21 ±6.12	2.00 ±3.74	.556
"ㄴ"	2.19 ±5.89	3.07 ±7.33	1.17 ±3.64	.422
"ㅇ"	1.62 ±5.12	1.93 ±6.40	1.25 ±3.28	.732
<b>Visual motor</b>				
Trail making test				
SET A reaction time	-1.62 ±5.98	-2.36 ±6.26	-0.75 ±5.79	.506

change value = after-before, independent t-test

(다) Mental fatigue test

Mental fatigue test의 결과는 표3-5-16 및 3-5-17과 같으며, VAS로 정신적 피로도를 측정 한 결과 두 군 모두 섭취 전과 후 각각의 시점에서 검사 전후를 비교했을 때 피로도가 모두 유의하게 증가하였다. 그러나 섭취 전과 후를 비교하였을 때는 두 군 각각 뿐 아니라 두군 간에도 유의한 차이가 없었다.

RVIPT와 AX-CPT로 정신적 피로도를 측정하였을 때 혼합미(곡) 군은 RVIPT의 반응시간이 줄어드는 경향을 제외하고 섭취 전후에 따른 변화는 없었다. 반면 일반식 군은 섭취 후에 오히



려 AX-CPT의 표적자극 정반응수가 유의하게 감소하고 누락 오류수는 유의하게 증가하는 결과를 보였다.

표3-5-16. 시험식단 섭취기간 Mental fatigue test 후 피로도의 비교

	Mean±SD			P
	전체(N=26)	혼합미(곡)(N=14)	일반식(N=12)	
VAS for mental fatigue	5.42±23.13	5.14±27.65	5.75±17.67	.948

independent t-test between 혼합미(곡) and 일반식

End point analysis (changevalue=Afterintake때 Mental fatigue test 후 피로도점수-Baseline때 mental fatigue test 후 피로도 점수) : 식이별(change value)-independentt-test

표3-5-17. 시험식단 섭취 후에 나타난 Mental fatigue test의 변화 분석 결과

		Mean±SD			P
		전체(N=26)	혼합미(곡)(N=14)	일반식(N=12)	
<b>1차 RVIPT(5min)</b>					
정반응수		1.19 ±7.45	0.93 ±5.99	1.50 ±9.13	.850
반응시간(ms)		-30.45 ±63.52	-37.66 ±65.74	-22.05 ±62.60	.543
오반응수		-4.69 ±17.33	-6.36 ±23.00	-2.75 ±7.05	.607
<b>AX-CPT(60min)</b>					
정반응수		-4.15 ±10.78	<b>-0.14 ±7.21</b>	<b>-8.83 ±12.59</b>	<b>.038</b>
표적자극	오반응수	-1.00 ±10.86	-2.14 ±8.81	0.33 ±13.13	.573
	누락오류수	4.15 ±10.78	<b>0.14 ±7.21</b>	<b>8.83 ±12.59</b>	<b>.038</b>
	정반응수	0.08 ±3.96	0.71 ±2.79	-0.67 ±5.03	.386
비표적자극	오반응수	-1.12 ±5.72	-2.50 ±4.88	0.50 ±6.39	.188
	누락오류수	-1.73 ±7.00	-0.71 ±2.79	-2.92 ±9.97	.435
Sensitivity index		0.00 ±0.02	0.00 ±0.02	-0.01 ±0.02	.262
<b>2차 RVIPT(5min)</b>					
정반응수		1.38 ±7.12	1.14 ±4.62	1.67 ±9.48	.856
반응시간(ms)		-9.40 ±50.82	-21.04 ±51.27	4.18 ±48.87	.214
오반응수		-6.50 ±30.77	-0.57 ±2.28	-13.42 ±45.27	.347

independent t-test between 혼합미(곡) and 일반식

change value = after -Baseline

RVIPT: Rapid visual information processing task

AX-CPT: AX-Continuous performance task

Sensitivity index =  $0.5 + (HR - FAR) / (1 + HR - FAR) / 4HR(1 - FAR)$

- HR(Hit rate) = correct response/표적자극 수, FAR(False alarm) = comission error/비표적자극 수

RVIPT 표적자극 수 =40

AX-CPT 표적자극 수=420

AX-CPT 비표적자극 수=180

(라) BCRS, STAI, SACL, VAS 자가평가척도검사결과

BCRS, STAI, SACL, VAS 자가평가척도검사 결과는 표 3-5-18과 같으며, 두 군 모두 각각 섭취 전에 비해 섭취 후에 BCRS 및 VAS 점수의 유의한 호전이 있었다. 일반식의 경우는 섭취 후에 SACL의 각성 점수가 섭취 전에 비해 유의하게 증가하였다. 두 군을 비교하였을 때 실행 능력 부분에 있어서 유의한 차이가 있었다.

표3-5-18. 시험식단 섭취 후에 나타난 자가평가척도 검사의 변화 분석결과

	Mean ± SD			P	
	전체(N=26)	혼합미(곡)(N=14)	일반식(N=12)		
BCRS	주의집중력	1.35 ±3.26	1.86 ±3.51	0.75 ±2.99	.399
	즉각기억	0.27 ±2.18	0.21 ±1.63	0.33 ±2.77	.898
	단기기억	-0.58 ±2.18	-0.79 ±1.53	-0.33 ±2.81	.607
	장기기억	0.65 ±2.59	-0.07 ±1.49	1.50 ±3.34	.154
	시공간기억	0.38 ±1.98	0.57 ±1.99	0.17 ±2.04	.614
	이해력	0.62 ±2.37	1.36 ±1.39	-0.25 ±2.99	.108
	언어능력	0.38 ±1.58	0.43 ±1.28	0.33 ±1.92	.882
	실행능력	-0.27 ±2.22	<b>0.71 ±1.14</b>	<b>-1.42 ±2.64</b>	<b>.021</b>
	인지적 참을성, 인내력	0.85 ±1.93	1.07 ±1.54	0.58 ±2.35	.532
	정보처리 속도	0.62 ±1.36	1.00 ±1.04	0.17 ±1.59	.121
Total	4.27 ±8.39	6.36 ±5.64	1.83 ±10.51	.176	
VAS for cognitive strength	집중력	0.88 ±1.68	0.79 ±1.76	1.00 ±1.65	.753
	이해력	0.73 ±1.19	0.43 ±0.76	1.08 ±1.51	.165
	기억력	0.62 ±1.39	0.29 ±1.20	1.00 ±1.54	.197
	언어표현력	0.31 ±1.19	0.57 ±1.02	0.00 ±1.35	.230
	실행능력	0.69 ±1.38	0.79 ±0.89	0.58 ±1.83	.717
	인내심	0.31 ±1.85	-0.07 ±1.27	0.75 ±2.34	.267
	과제처리속도	0.54 ±1.03	0.64 ±0.93	0.42 ±1.16	.587
Total	4.08 ±6.12	3.43 ±4.03	4.83 ±8.05	.571	
STAI	상태-불안	0.19 ±9.87	0.93 ±11.23	-0.67 ±8.41	.690
	특성-불안	-2.04 ±5.93	-3.14 ±6.24	-0.75 ±5.53	.315
Total Stress	-2.35 ±10.12	-0.07 ±10.08	-5.00 ±9.91	.222	
SACL	Total Arousal	1.27 ±4.70	-0.21 ±4.41	3.00 ±4.61	.082
	Total	-1.08 ±9.91	-0.29 ±10.92	-2.00 ±8.97	.669

change value = after-before, independent t-test

BCRS: Brief Cognitive Rating Scale

STAI: State-Trait Anxiety Inventory

SACL: Stress-Arousal Checklist

VAS: Visual analogue scale

(마) 연합 모의고사 성적

연합 모의고사 성적 결과는 표 3-5-19로, 시험 식단 섭취 전 일반식 군과 혼합미(곡) 군간 기저 성적은 차이가 없었으나 식단 섭취 후 혼합미(곡) 군은 언어영역의 점수가 유의한 향상을 그리고 일반식 군은 수리영역의 점수가 유의한 저하를 보였다. 그러나 변화 값 및 식단 섭취

후 값을 두 군 간에 비교하였을 때는 유의한 차이가 없었다.

표3-5-19. 시험식단의 섭취 후에 나타난 혼합미(곡) 군과 일반식군 간의 성적 변화의 분석 결과

	Mean ± SD			p
	전체(N=26)	혼합미(곡)(N=14)	일반식(N=12)	
언어영역	2.77 ±7.47	4.57 ±6.55	0.67 ±8.19	.189
수리영역	-2.38 ±8.39	0.36 ±7.74	-5.58 ±8.26	.071
외국어영역	-3.77 ±12.79	-4.50 ±10.67	-2.92 ±15.35	.760
언·수·외 총점	-3.38 ±20.04	0.43 ±16.90	-7.83 ±23.13	.304
사탐·과탐 총점	-1.19 ±15.55	-1.29 ±14.00	-1.08 ±17.82	.974
전과목 총점	-4.58 ±27.31	-0.86 ±20.17	-8.92 ±34.29	.464

independent t-test between 혼합미(곡) and 일반식  
change value = after-before, independent t-test

(바) BDNF, S100B

혼합미(곡)군과 일반식군의 BDNF, S100B 결과는 표 3-5-20과 같으며, BDNF 및 S100B의 값은 각 군에 있어서 섭취 전후의 유의한 차이뿐 아니라 섭취 전과 섭취 후 시점 모두 두 군 간의 유의한 차이는 없었다. 그러나 섭취 후에 나타난 변화 값을 두 군 간에 비교하였을 때 유의한 차이를 보였다.

표 3-5-20. 시험식단 섭취기간 BDNF와 S100B의 섭취 후 보인 변화 값의 비교

TOTAL (N=28)	Mean±SD						P
	일반식 (N=14)			혼합미(곡) (N=14)			
	before	change value	after	before	change value	after	
BDNF	987.66±0.40	-0.54±1.10	987.12±1.13	987.39±0.43	0.21±0.46	987.59±0.33	<b>.030</b>
S100B	0.03±0.02	0.01±0.02	0.05±0.03	0.04±0.02	0.01±0.04	0.05±0.03	.952

Independent t-test between 일반식 group and 혼합미(곡) group

Change value=after-before

\* 단위는 BDNF는 pg/ml, S100B는 µg/L이다.

\* 음수값은 0으로 처리함.

(사) Startle response test

Startle response test 결과는 표3-5-21과 같으며 Startle response의 크기(magnitude) 및 PPI %에 있어서 어떤 값도 군간 내 그리고 군간 비교에 있어 유의한 차이가 없었다.

표3-5-21. 시험식단 섭취기간 섭취 후 놀람반응검사의 결과 비교

	Mean±SEM						P
	전체(N=26)		혼합미(곡)(N=14)		일반식(N=12)		
	before	after	before	after	before	after	
<b>Startle Magnitude(mV)</b>							
block I	71.08±21.28	52.51±9.59	51.43±6.58	49.75±12.33	90.73±42.19	56.02±15.76	.601
block II	26.86 ±2.33	26.28 ±2.94	29.04±3.14	30.06±4.25	24.33±3.46	21.88±3.77	.345
block III	25.66 ±2.84	24.28 ±3.23	25.32±2.35	27.83±5.28	26.05±5.66	20.13±3.15	.164
<b>PPI%</b>							
pp 30	-1.67 ±6.24	-1.68±6.07	-4.58±6.87	4.98±9.20	1.76±11.25	-10.16±6.92	.252
pp 60	5.54 ±8.32	1.32 ±5.33	-0.22±13.11	2.96±7.12	12.87±9.17	-0.76±8.39	.373
pp 120	0.43 ±13.37	1.16 ±7.31	-9.42±22.05	-3.67±9.71	11.91±13.68	6.79±11.29	.695
<b>Habituation%</b>							
	49.45±4.64	39.77 ±5.94	46.66±6.85	31.01±9.02	52.25±6.45	50.93±5.96	.174

ANCOVA(종속변수: 사후검사, 모수요인: 식이구분(혼합미(곡)&일반식), 공변량: 사전검사)

(4) 고찰 및 결론

본 연구에서는 고등학생 자원자를 대상으로 혼합미(곡)과 일반식을 무작위로 배정한 후 2개월 섭취 전후 간에 두 군 간에 인지기능의 변화에 차이가 있는 지 알아보았다.

CNT 결과는 두 군 모두 인지기능이 향상되는 결과를 얻었는데 이는 2개월 후에 같은 검사를 반복하여 시행한 연습 효과로 해석 되어질 수 있다. 또는 검사일 당시에 충분한 수면이 확보된 상태에서 검사가 이루어진 영향일 수도 있겠다. CNT의 연습 효과는 경우에 따라 6개월 또는 1년까지 간다는 보고가 있기 때문에 이에 대한 영향을 배제하기 위해서는 매번 다른 내용의 검사를 해야 하지만 서로 다른 검사의 결과는 비교할 수 없기 때문에 현재로서는 다른 방법은 없다. 중요한 것은 두 군 간에 인지기능의 향상 부분이 유의한 차이가 없기 때문에 혼합미(곡) 자체에 의한 인지기능의 향상 효과가 있다고 보기는 어렵다.

그러나 정신적 피로도 검사에서는 혼합미(곡) 군은 섭취 전후에 유의한 차이가 없지만 일반식 군은 오히려 섭취 후에 피로도가 더 나빠지는 결과를 얻었다. 이 결과는 어떤 요인에 의해 일반식 군은 쉽게 정신적 피로도가 영향을 받을 수 있지만 혼합미(곡) 군은 이러한 영향이 없다는 의미가 될 수 있기 때문에 매우 긍정적인 결과라고 볼 수 있다. 일반식 군의 정신적 피로도 검사에 영향을 줬을 만한 요인에는 섭취 기간인 2달 동안 5번의 시험이 있었는데 특히 마지막

시험은 섭취 후 검사의 1일 전에 있었다는 점 그리고 섭취 후 검사 시점에서 신중 플루와 같은 외부 스트레스 요인이 있었다는 것 등이 있겠다. 반면 섭취 전 검사는 학생들이 비교적 편안하게 방학 기간을 쉬고 개학한지 2주가 되는 시점에서 시행되었기 때문에 나쁜 영향을 주는 것이 없었을 것으로 추측된다. 즉 이러한 섭취 전과 후 검사 시점에서 작용했을 수 있는 외부 요인들이 두 군 모두에 동일하게 작용하였으나 유독 일반식 군에게만 나쁜 영향을 미쳤다는 것은 역으로 생각하면 혼합미(곡)이 외부 스트레스 요인으로 인한 인지기능의 저하를 차단하는 효과가 있다는 것을 제시한다. 일반식 군이 외부 스트레스에 의한 나쁜 영향을 받았을 가능성이 있다는 해석은 자가 보고식 검사인 SACL의 작성 점수가 섭취 후 검사에서 유의하게 증가한 것에 의해 지지되어 진다.

자가보고 검사인 BCRS와 VAS에서 두 군 모두 각각 섭취 후가 섭취 전에 비해 인지기능이 유의하게 향상되었음을 보고하였다. 군 간 비교에서는 실행기능에 있어서 군 간 유의한 차이가 있었는데 이 결과 역시 일반식 군이 섭취 후에 오히려 점수가 나빠지면서 생긴 결과로 보인다. 즉 자가보고 검사의 결과도 정신적 피로도의 결과와 마찬가지로 혼합미(곡)이 외부 요인에 의한 인지기능에의 나쁜 영향을 차단하는 효과가 있는 반면 일반식은 이러한 효과가 없음을 시사한다.

또한 식단 섭취 전후에 각각 치룬 연합고사 성적의 비교에 있어서도 혼합미(곡) 군은 섭취 후 언어 영역 점수가 유의하게 상승한 반면 일반식 군은 수학 영역 점수가 유의하게 저하된 결과를 보였는데 이는 혼합미(곡)의 섭취가 인지기능 개선에 도움을 주는 반면 일반식의 섭취는 오히려 인지기능의 저하가 일어난다는 것을 의미한다. 특히 일반식 군에서 나타난 수학 영역 점수의 유의한 저하에 대한 여러 원인이 있을 수 있겠으나 섭취 기간 내에 있었던 5 차례의 시험으로 인한 스트레스가 상당 부분 작용했을 것으로 추정해볼 수 있으며 이는 mental stress test에서 일반식 군이 섭취 후 검사에서 검사에 대한 피로도가 섭취 전보다 증가한 소견과 일치하는 결과이다. 즉 혼합미(곡)은 섭취 기간 내에 있었던 여러 차례의 시험으로 인한 스트레스를 차단하지만 일반식은 이러한 효과가 없다는 것으로 해석이 가능하다.

BDNF 및 S100B의 결과는 섭취 후 나타난 변화 값을 군간 비교했을 때 일반식 군은 BDNF 값이 음수 값이었고 혼합미(곡) 군은 양수 값으로 두군 간에 유의한 차이가 있었다. 이는 BDNF 값이 혼합미(곡) 군에서는 섭취 후에 약간 증가하는 반면 일반식 군은 오히려 감소하며 이러한 차이가 군간 유의한 차이가 있다는 뜻이다. 즉 신경세포를 강화시키는 작용을 갖는 BDNF 수치도 일반식보다는 혼합미(곡)이 유의한 변화를 가져온다는 것으로 해석이 가능하다.

결론적으로 본 결과는 혼합미(곡)의 섭취가 일반식의 섭취에 비해 정신적 피로도를 감소시키고 실행기능 및 언어영역을 증가시키며 BDNF 농도를 유의하게 증가시키는 기능이 있음을 나타낸다.

#### 4. 당노용 혼합미(곡) 예비 임상시험 (2차년도 2010년)

##### 가. 재료 및 방법

##### (1) 재료

당노용 혼합미(곡) 예비 임상시험에서 사용한 재료는 2010년 주관기관에서 선정한 곡물들로 표 3-5-22와 같다.

표3-5-22. 당노용 혼합미(곡)의 배합비 및 당질함량

Group	재료	배합비 (%)	탄수화물량 (1g당 함량)	혼합미(곡)량 (g)	당함량 (g)
시험식 1 (혼합미(곡) 1)	거대배아현미	50	0.72	42.37	30.50
	찰보리(할맥)	18	0.58	15.25	8.86
	찰쌀현미	5	0.68	4.24	2.86
	흑미햐쌀	1	0.66	0.85	0.56
	서목태	13	0.23	11.02	2.55
	강낭콩(통곡)	13	0.42	11.02	4.66
	합계	100		<b>84.75</b>	<b>50.00</b>
시험식2 (혼합미(곡) 2)	거대배아미	40	0.67	35.75	23.90
	거대배아현미	10	0.72	8.94	6.43
	찰보리(할맥)	20	0.58	17.88	10.38
	흑미햐쌀	1	0.66	0.89	0.59
	동부콩	3	0.40	2.68	1.09
	서목태	13	0.23	11.62	2.69
	강낭콩(쫄갠)	13	0.42	11.62	4.91
합계	100		<b>89.38</b>	<b>50.00</b>	
시험식3 (혼합미(곡) 3)	거대배아현미	50	0.72	42.86	30.86
	쌀보리(할맥)	18	0.61	15.43	9.40
	귀리	5	0.49	4.29	2.08
	흑미햐쌀	1	0.66	0.86	0.56
	서목태	13	0.23	11.14	2.58
	동부콩	13	0.40	11.14	4.51
	합계	100		<b>85.72</b>	<b>50.00</b>

## (2) 방법

### (가) 시험디자인

본 임상시험은 An open, 4-treatment, 4-sequence, 4-period crossover design 자원자에 한하여 임상시험 예정일(1일)로부터 4주 이내(-28일~-1일)에 문진, 신체검진, 검사실검사 등 스크리닝 검사를 시행하여 본 임상시험에 피험자로서 적합하다고 판단되는 자를 선정하였다. 선정된 피험자는 임상시험 예정일(1일)부터 4일 까지 12시간 공복상태를 유지한 상태에서 오전 8시 30분까지 전북대학교병원 기능성식품임상시험지원센터를 방문하여 무작위배정 된 섭취군에 따라 포도당, 시험식1, 시험식2, 시험식3 중 하나를 섭취한 후 섭취 전(0h)과 섭취 시작 후 15 m, 30 m, 45 m, 1 h, 1.5 h, 2 h, 2.5 h, 3 h, 4 h 시점 혈당 및 insulin 검사를 위한 채혈을 하였다. 각 투여군에 따른 피험자 수와 섭취 일정표는 표 3-5-23과 같다.

표 3-5-23. 투여군에 따른 피험자 수 및 섭취 일정표

투여군	피험자 수 (건강인/준당뇨인)	1일	2일	3일	4일
		제1군	4명/4명	포도당	시험식1
제2군	4명/4명	시험식1	포도당	시험식3	시험식2
제3군	4명/4명	시험식2	시험식3	포도당	시험식1
제4군	4명/4명	시험식3	시험식2	시험식1	포도당

### (나) 선정/제외기준

본 임상시험의 피험자 선정 및 제외기준은 다음과 같다.

#### ① 선정기준

- 건강한 한국인
  - 스크리닝 검사 당시 연령이 만40세 이상 60세 이하인 건강한 성인 남성
  - 체중이 50 kg 이상이면서, 이상체중(ideal body weight)의  $\pm 30\%$  이내의 체중을 지닌 자
    - ☞ 이상체중(ideal body weight) = (신장cm - 100) × 0.9
  - 본 임상시험에 대한 자세한 설명을 듣고 완전히 이해한 후, 자의로 참여를 결정하고 주의사항을 준수하기로 서면 동의한 자
- 준(準)당뇨인
  - 스크리닝 검사 당시 연령이 만40세 이상 60세 이하인 건강한 성인 남성
  - 체중이 50 kg 이상이면서, 이상체중(ideal body weight)의  $\pm 30\%$  이내의 체중을 지닌 자
    - ☞ 이상체중(ideal body weight) = (신장cm - 100) × 0.9

- 스크리닝 검사 당시 당뇨치료를 복용하지 않는 자로 공복혈당이 116~140mg/dl 범위를 만족하는 피험자
- 본 임상시험에 대한 자세한 설명을 듣고 완전히 이해한 후, 자의로 참여를 결정하고 주의 사항을 준수하기로 서면 동의한 자

## ② 제외기준

- 5년 이내에 특정질환의 병력 및 과거력이 있는 자  
(간, 신장, 신경계, 호흡기계, 내분비계, 혈액·종양, 악성종양, 정신질환, 심혈관계 질환이 있거나 과거력이 있는 자)
- 임상시험용 식단의 흡수에 영향을 줄 수 있는 위장관계 질환(예: 크론씨 병)이나 위장관계 수술(단, 단순 맹장수술이나 탈장수술은 제외)의 과거력이 있는 자
- 검사실검사에서 다음에 해당하는 결과를 보이는 자
  - ☞ AST, ALT > 정상범위 상한치의 2배
  - ☞ Serum creatinine > 2.0 mg/dl
  - ☞ Creatinine Kinase (CK) > 참고범위 상한치의 2배
- 활력증후에서 수축기 혈압이 100 mmHg미만이거나 150 mmHg를 초과하는 자 또는 이완기 혈압이 65mmHg미만이거나 95 mmHg를 초과하는 자
- 임상시험용 식단에 대한 과민반응 혹은 임상적으로 유의한 과민반응의 병력이 있는 자
- 첫 섭취일 전 2주 이내에 어떠한 전문의약품이나 한약을 복용하였거나, 1주 이내에 어떠한 일반의약품(OTC) 또는 건강기능식품을 복용한 자 (단, 시험자의 판단에 따라 다른 조건이 합당한 경우는 임상시험에 참여할 수 있다.)
- 첫 섭취일 전 2개월 이내에 타 임상시험에 참여한 자
- 지속적으로 음주(21 units/week 초과)를 하거나 임상시험기간 중 금주할 수 없는 자
- 검사실검사 결과를 비롯한 기타 사유로 인하여 시험자가 임상시험 참여에 부적합하다고 판단한 자

## (다) 혈당, 인슐린 평가

상완정맥 등 정맥에서 채혈하여 검사실에서 측정하였다. 시험기간 중 계획된 일정에 따라 채혈을 수행하였으며, 실제 수행 시각을 증례기록서에 기록하여 분석 시 이용하였다.

식단 섭취 전 (0 h), 섭취시작 후 15 m, 30 m, 45 m, 1 h, 1.5 h, 2 h, 2.5 h, 3 h, 4 h 시점에 시행하였다. 채취한 혈액은 즉시 tube에 담아 원심분리 하였으며, 이후 즉시 원내 진단검사의학과에서 분석하였다.

혈당, 인슐린 등의 area under the curve 평가 시 채혈시각은 각 피험자에 따라 실제 채혈시각을 사용하여 분석하였다. 실제 채혈을 시행하지 않았거나(Not Applicable) 또는 검체가 누락된



경우(Missing Data)에는 혈당농도 자료에 각각 "NA", "MD"로 기입하였다. 혈당 농도-시간 양상은 각 피험자에서 linear 또는 log/linear 형태의 그래프로 나타내었다.

혈중 농도-시간 데이터에 Excel 또는 SAS 9.2 소프트웨어 등으로 비구획방법(noncompartmental method)의 linear trapezoidal method를 적용하여 아래와 같은 파라미터를 계산하였다.

- Cmax = 섭취 후 최고혈중농도
- Tmax = 섭취 후 최고혈중농도 도달시간
- iAUC<sub>0-2h</sub> = 섭취 시작시점부터 2시간째 채혈시점까지의 기저치에 비해 상승한 혈당 농도-시간 곡선하 면적(incremental area under the curve). 만약 기저치에 비해 혈중 농도가 낮아 상승치가 음수를 가질 경우, 이전 시점에서의 농도와 직선으로 연결하여 기저치보다 높은 부분의 면적만을 포함.
- GI = 혈당지수(glycemic index)로서 혈당치에 미치는 영향을 고려한 탄수화물의 등급 체계. iAUC<sub>0-2h</sub>를 이용하여 산출.
- GI GI = (iAUC<sub>food</sub>/iAUC<sub>glucose</sub>) x (Wt glucose/Wt available carbohydrate in food) x 100%
- Insulinogenic index (IGI) = 초기 인슐린 분비 지표.
- IGI=(섭취 30분 후 혈중 인슐린 농도 - 식전 혈중 인슐린 농도) / (섭취 30분 후 혈당 농도 - 식전 혈당 농도)

Glucose와 인슐린 이외에 추가적으로 혈중 중성지방 등을 측정하여 치료군 간의 차이를 비교하였으며, 혈중 농도 기초데이터와 해당 파라미터는 평균, 표준편차 등을 표기하여 기술통계학적 분석을 시행하였으며, 이상의 통계분석은 SAS 9.2 프로그램을 사용하여 수행하였다.

### (3) 결과

#### (가) 피험자의 인구학적 정보

본 임상시험의 목표 피험자 수는 건강한 성인 남성 4명과 준[準]당뇨인 4명이었으나, 건강한 성인 남성 2명이 1일(baseline) 공복혈당이 각각 121mg/dl, 119mg/dl 임에 따라 준[準]당뇨인으로 간주하였다. 따라서 본 임상시험의 피험자는 건강한 한국인 2명 (52.0±4.2세, 70.0±3.5kg)과 준[準]당뇨인 6명(52.2±6.2세, 67.2±9.5kg)이 참여하였다(표3-5-24).

표 3-5-24. 피험자의 인구학적 정보

	준[準]당뇨인(n=6)	건강인 한국인 (n=2)	p-value <sup>1)</sup>
Age (years)	52.17 ± 6.15	52.00 ± 4.24	0.973
Height (cm)	169.67 ± 9.00	175.00 ± 4.24	0.466
Weight (kg)	67.20 ± 9.49	70.00 ± 3.54	0.710

Values are mean ± SD

<sup>1)</sup> Kruskal-Wallis test

(나) 혈당 평가

SAS 9.2 프로그램을 이용하여 개인별 incremental area under the curve(iAUC), Cmax, Tmax를 산출하였으며, 통계분석은 SAS 9.2 프로그램을 이용하였다. iAUC는 혈중 농도-시간 곡선으로부터 사다리꼴 방식으로 계산하였으며, Cmax 및 Tmax 파라미터는 실제 측정된 값을 그대로 사용하였다.

건강한 한국인과 준[準]당뇨인의 평균 혈당 농도-시간 곡선은 그림 3-5-11 및 3-5-12와 같다. 시간에 따른 농도변화 양상에서 섭취 후 4시간째 혈당 농도가 기저치 수준으로 회복되었는지 여부를 평가한 결과, 임상시험용 식단 섭취 4시간 후에는 생체항상성에 의하여 기저치 수준으로 회복되었음을 확인하였다. 따라서 혈당 평가를 위해 실시한 채혈기간은 적절하였다고 생각된다.

건강한 한국인과 준[準]당뇨인의 포도당, 시험식1, 시험식2, 시험식3의 Tmax, Cmax와 iAUC<sub>0-2h</sub>는 각각 표 3-5-25와 표 3-5-26에 정리하였다. 각각의 임상시험용 식단에 따른 혈당지수는 표 3-5-27, 표 3-5-28, 그림 3-5-13, 3-5-14에 정리하였다.

두 그룹 모두 포도당을 제외한 임상시험용식단인 시험식1, 시험식2, 시험식3의 Tmax, Cmax와 iAUC<sub>0-2h</sub>는 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다.

GI는 다음과 같은 방법을 이용하여 계산하였으며, 이때 혈당 농도의 단위는 mg/dL, incremental area under the curve (iAUC)의 단위는 min\*mg/dL로 하였다. 통상적으로 GI는 0-2시간 곡선하면적을 기준으로 한다.

- $GI_{2h} = (iAUC_{2h,food}/iAUC_{2h,glucose}) \times (Wt\ glucose/Wt\ available\ carbohydrate\ in\ food) \times 100\%$

건강한 한국인과 준[準]당뇨인에서 포도당을 제외한 임상시험용식단인 시험식1, 시험식2, 시험식3의 0-2시간 곡선하면적을 기준으로 한 혈당지수의 경우, 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다(p=0.846, p=0.368).

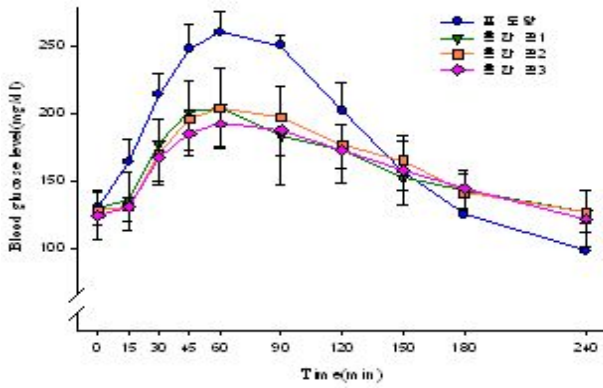


그림 3-5-11. 준[準]당뇨인에서 임상시험용식단에 따른 glucose 변화 양상

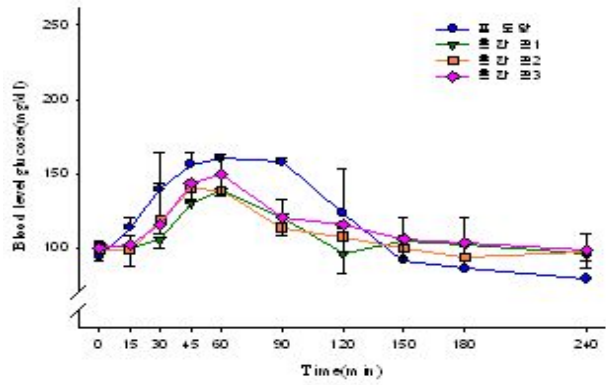


그림3-5-12. 건강한 한국인에서 임상시험용식단에 따른 glucose 변화 양상

표 3-5-25. 준[準]당뇨인의 혈당 평가 파라미터 기술통계

	준[準] 당뇨인(n=6)				p-value <sup>2)</sup>
	포도당	혼합미(곡)1	혼합미(곡)2	혼합미(곡)3	
Tmax (min) <sup>1)</sup>	60[60-90]	60[45-60]	60[45-150]	60[45-90]	0.431 <sup>3)</sup>
Cmax (mg/dL)	261.40±13.97	205.80±28.63	209.33±27.04	195.67±17.66	0.223
iAUC <sub>0-2h</sub> (min*mg/dL)	186.53±17.78	98.56±27.78	103.76±18.17	96.92±15.88	0.846

Value are mean ± SD

<sup>1)</sup> Tmax 통계량: median[min-max]

<sup>2)</sup> 혼합미(곡)1, 혼합미(곡)2, 혼합미(곡)3간의 비교분석, Linear mixed effect model

<sup>3)</sup> Kruskal-Wallis test

표 3-5-26. 건강한 한국인에서 혈당 평가 파라미터 기술통계

	건강한 한국인 (n=2)				p-value <sup>2)</sup>
	포도당	혼합미(곡)1	혼합미(곡)2	혼합미(곡)3	
Tmax (min) <sup>1)</sup>	60	60	52.5[45-60]	60	0.368 <sup>3)</sup>
Cmax (mg/dL)	160.00±2.83	138.50±3.54	147.00±9.90	149.50±14.85	0.651
iAUC <sub>0-2h</sub> (min*mg/dL)	95.50±4.77	29.60±10.09	39.46±18.61	48.38±0.35	0.368

Value are mean ± SD

<sup>1)</sup> Tmax 통계량: median[min-max]

<sup>2)</sup> 혼합미(곡)1, 혼합미(곡)2, 혼합미(곡)3간의 비교분석, Linear mixed effect model

<sup>3)</sup> Kruskal-Wallis test

표 3-5-27. 준[準]당뇨인에서 임상시험용식단에 따른 혈당지수(GI) 비교

	준[準]당뇨인 (n=6)				p-value <sup>1)</sup>
	포도당	혼합미(곡)1	혼합미(곡)2	혼합미(곡)3	
Glycemic index	100	53.89±19.75	63.36±33.27	63.28±33.67	0.828

Value are mean ± SD

<sup>1)</sup> 혼합미(곡)1, 혼합미(곡)2, 혼합미(곡)3간의 비교 분석, Linear mixed effect model

표 3-5-28. 건강한 한국인에서 임상시험용식단에 따른 혈당지수(GI) 비교

	건강한 한국인 (n=2)				p-value <sup>1)</sup>
	포도당	혼합미(곡)1	혼합미(곡)2	혼합미(곡)3	
Glycemic index	100	30.77±19.02	40.89±17.45	50.71±2.16	0.368

Value are mean ± SD

<sup>1)</sup> 혼합미(곡)1, 혼합미(곡)2, 혼합미(곡)3간의 비교 분석, Linear mixed effect modell

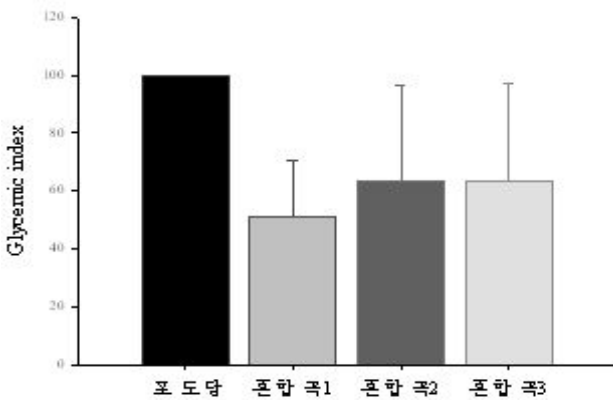


그림 3-5-13. 준[準]당뇨인에서 임상시험용식단에 따른 혈당지수(glycemic index)

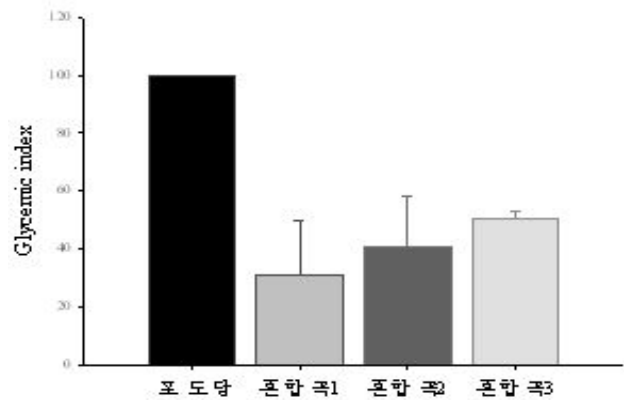


그림 3-5-14. 건강한 한국인에서 임상시험식단에 따른 혈당지수(glycemic index)

(다) 인슐린 평가

개인별 인슐린 sensitivity를 알아보기 위해서 Quantitative insulin sensitivity check index (QUICKI), insulinogenic index (IGI) 및 homeostasis model assessment of insulin resistance (HOMA-IR)를 이용하였다.

QUICKI는 다음과 같은 방법을 이용하여 계산하였으며, 이때 혈당 농도의 단위는 mg/dL, 인슐린 농도의 단위는 uU/mL로 하였다. 또한 insulinogenic index (IGI)는 다음과 같은 방법을 이용하여 계산하였으며, 이때 혈당 농도의 단위는 mmol/L, 인슐린 농도의 단위는 uU/mL로 하였다. homeostasis model assessment of insulin resistance (HOMA-IR)는 다음과 같은 방법을 이용하여 계산하였으며, 이때 혈당 농도의 단위는 mmol/L, 인슐린 농도의 단위는 uU/mL로 하였다.

- QUICKI = 1 / [log(insulin 0 min) + log(glucose 0 min)]
- IGI = (insulin 30 min - insulin 0 min) / (glucose 30 min - glucose 0 min)
- HOMA-IR = (insulin 0 min \* glucose 0 min) / 22.5

건강한 한국인과 준[準]당뇨인에서 임상시험용 식단에 따른 QUICKI, IGI 및 HOMA-IR 를 비교한 결과는 표 3-5-29 및 표 3-5-30에 정리하였다. 그 결과 건강한 한국인과 준[準]당뇨인 각각 임상시험용식단간의 QUICKI, IGI 및 HOMA-IR 차이를 보이지 않았다.

표3-5-29. 준[準]당뇨인의 인슐린분비능지표(IGI) 및 인슐린저항성대리지표(QUICKI, HOMA-IR)

	준[準]당뇨인 (n=6)				p-value <sup>1)</sup>
	포도당	혼합미(곡)1	혼합미(곡)2	혼합미(곡)3	
IGI	2.74±1.00	3.78±1.61	3.01±1.12	2.79±1.19	0.165
QUICKI	0.15±0.02	0.15±0.01	0.15±0.01	0.15±0.01	0.651
HOMA_IR	2.69±1.49	2.74±1.51	2.50±0.96	2.09±0.99	0.651

Value are mean ± SD

<sup>1)</sup> 혼합미(곡)1, 혼합미(곡)2, 혼합미(곡)3간의 비교분석, Linear mixed effect model

표3-5-30. 건강한 한국인의 인슐린분비능지표(IGI) 및 인슐린저항성대리지표(QUICKI, HOMA-IR)

	건강한 한국인 (n=2)				p-value <sup>1)</sup>
	포도당	혼합미(곡)1	혼합미(곡)2	혼합미(곡)3	
IGI	15.04±9.71	8.74	11.35±1.55	15.92±0.16	0.139
QUICKI	0.16±0.01	0.15±0.01	0.15±0.01	0.16±0.01	0.266
HOMA_IR	1.46±0.36	1.77±0.85	2.11±1.26	1.45±0.33	0.377

Value are mean ± SD

<sup>1)</sup> 혼합미(곡)1, 혼합미(곡)2, 혼합미(곡)3간의 비교분석, Linear mixed effect model

건강한 한국인과 준[準]당뇨인의 평균 혈중 인슐린 농도-시간 곡선은 그림 3-5-15, 그림 3-5-16과 같으며, 해당 파라미터는 표 3-5-31 및 표 3-5-32에 정리하였다. Tmax, Cmax는 각각 건강한 한국인과 준[準]당뇨인에서 임상시험용식단간의 유의한 차이가 없었으며 iAUC<sub>2h</sub>도 차이를 보이지 않았다.

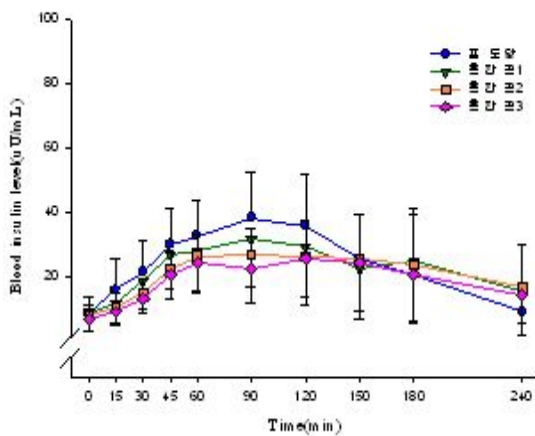


그림 3-5-15. 준[準]당뇨인에서 임상시험용식단에 따른 insulin 변화 양상

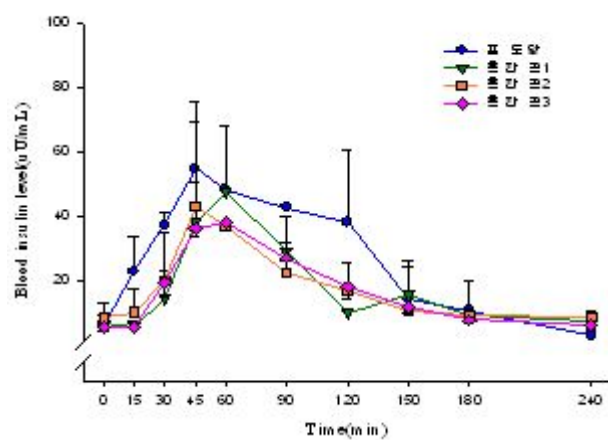


그림 3-5-16. 건강한 한국인에서 임상시험용식단에 따른 insulin 변화 양상

표 3-5-31. 준[準]당뇨인의 인슐린 평가 파라미터 기술통계

	준[準]당뇨인 (n=6)				p-value <sup>2)</sup>
	포도당	혼합미(곡)1	혼합미(곡)2	혼합미(곡)3	
Tmax (min) <sup>1)</sup>	90[60-120]	90[45-180]	60[60-180]	105[60-150]	0.671 <sup>3)</sup>
Cmax (mg/dL)	40.24±12.10	33.97±15.99	33.27±14.10	28.31±13.31	0.162
iAUC <sub>0-2h</sub> (min*mg/dL)	41.44±11.98	31.36±13.16	26.78±7.57	24.75±9.47	0.260

Value are mean ± SD

<sup>1)</sup> Tmax 통계량: median[min-max]

<sup>2)</sup> 혼합미(곡)1, 혼합미(곡)2, 혼합미(곡)3간의 비교분석, Linear mixed effect model

<sup>3)</sup> Kruskal-Wallis test

표 3-5-32. 건강한 한국인에서 인슐린 평가 파라미터 기술통계

	건강한 한국인 (n=2)				p-value <sup>2)</sup>
	포도당	혼합미(곡)1	혼합미(곡)2	혼합미(곡)3	
Tmax (min) <sup>1)</sup>	52.5[45-60]	60	52.5[45-60]	60	0.368 <sup>3)</sup>
Cmax (mg/dL)	59.41±14.44	47.73±20.14	49.21±17.96	38.35±2.85	0.867
iAUC <sub>0-2h</sub> (min*mg/dL)	65.99±11.90	36.82±14.04	31.80±3.20	36.98±0.30	0.565

Value are mean ± SD

<sup>1)</sup> Tmax 통계량: median[min-max]

<sup>2)</sup> 혼합미(곡)1, 혼합미(곡)2, 혼합미(곡)3간의 비교분석, Mixed effect model

<sup>3)</sup> Kruskal-Wallis test

#### (4) 고찰 및 결론

본 연구는 건강한 성인 남성 4명과 공복혈당이 116~140mg/dl인 준[準]당뇨인 4명을 대상으로 한 open, 4-treatment, 4-sequence, 4-period cross over 예비 임상시험으로 피험자는 4일 동안 탄수화물 50g에 해당하는 포도당과 곡물 조성이 다른 혼합미(곡)1, 혼합미(곡)2, 혼합미(곡)3 중 하나를 무작위로 각각 섭취하였다. 피험자의 혈중 glucose 및 insulin 농도 변화를 평가하기 위해서 채혈은 임상시험식단 섭취 전(0 h), 15 m, 30 m, 45 m, 1 h, 1.5 h, 2 h, 2.5 h, 3 h, 4 h에 시행하였으며, 평가항목으로 혈당지수(glycemic index), 혈중 glucose 및 insulin 의 Tmax, Cmax 및 iAUC<sub>0-2h</sub>, 인슐린분비능지표(insulinogenic index), 인슐린저항성대리지표(QUICKI, HOMA-IR)를 구하였다.

포도당을 표준식품으로 한 혼합미(곡)1, 혼합미(곡)2, 혼합미(곡)3의 혈당지수를 비교 할 때 건강한 한국인과 준[準]당뇨인 모두에서 혼합미(곡)1 (준당뇨인 53.89±19.75, 건강한 한국인 30.77±19.02)의 혈당지수가 가장 낮은 경향을 보였으나 통계적으로 유의한 차이는 없었다. 혼합

미(곡)2의 혈당지수는 건강한 한국인에서 두 번째로 낮은 경향을 보였고 준[準]당뇨인에서는 혼합미(곡)3과 비슷한 정도로 낮았다.

건강한 한국인에서 혼합미(곡)1, 혼합미(곡)2, 혼합미(곡)3의 혈중 포도당의 Cmax 및 iAUC<sub>0-2h</sub>를 비교하면 통계적으로 유의한 정도는 아니지만 혼합미(곡)1의 혈중 포도당 Cmax (138.50±3.54mg/dL) 및 iAUC<sub>0-2h</sub> (29.60±10.09min\*mg/dL)가 가장 낮은 경향을 보였고 혼합미(곡)2의 혈중 포도당 Cmax (147.00±9.90mg/dL) 및 iAUC<sub>0-2h</sub> (39.46±18.61min\*mg/dL)가 두 번째로 낮은 경향을 보였다. 이는 혼합미(곡)1의 혈당반응곡선 정점이 가장 낮고 혈당반응곡선 아래의 면적도 가장 좁음을 의미한다. 준[準]당뇨인에서는 통계적으로 유의한 차이는 아니지만 혼합미(곡)3의 혈중 포도당 Cmax(195.67±17.66mg/dL) 및 iAUC<sub>0-2h</sub> (96.92±15.88min\*mg/dL)가 가장 낮은 경향을 보였다.

건강한 한국인에서 혼합미(곡)1, 혼합미(곡)2, 혼합미(곡)3의 혈중 인슐린의 Cmax 및 iAUC<sub>0-2h</sub>를 비교하면 통계적으로 유의한 차이는 아니지만 혼합미(곡)3의 혈중 인슐린 Cmax (38.35±2.85mg/dL)가 가장 낮은 수치를 보이고, 혈중 인슐린 iAUC<sub>0-2h</sub> (36.98±0.30min\*mg/dL)는 가장 낮은 수치를 보인 혼합미(곡)2의 혈중 인슐린 iAUC<sub>0-2h</sub> (31.80±3.20min\*mg/dL)와 비슷한 정도로 낮은 결과를 보였다. 준[準]당뇨인에서는 임상시험용 식단 간 혈중 인슐린의 Cmax 및 iAUC<sub>0-2h</sub>를 비교하면 통계적으로 유의한 차이는 아니지만 혼합미(곡)3의 혈중 인슐린 Cmax(28.31±13.31mg/dL) 및 iAUC<sub>0-2h</sub>(24.75±9.47min\*mg/dL)가 가장 낮은 경향을 보이고 이는 혼합미(곡)3의 인슐린분비반응의 정점이 낮고 인슐린분비반응곡선 아래의 면적도 좁음을 의미한다.

인슐린분비능지표(insulinogenic index), 인슐린저항성대리지표(QUICKI, HOMA-IR)는 건강한 한국인과 고혈당인 모두에서 임상시험용식단간 통계적으로 유의한 차이는 없었는데 이 지표들은 결과해석에 주의를 요할 것으로 판단되며 특히 인슐린저항성대리지표는 공복 시 측정된 인슐린 수치를 통해서 얻어진 수치이므로 임상시험용 식단 군 간에 비교는 무의미한 것이고 건강인과 준[準]당뇨인에서 군간 무작위배정이 잘 되었음을 뒷받침하는 데 의미가 있겠다.

혈당지수는 특정식품에 포함된 당질의 소화 흡수되는 속도와 질적인 측면을 반영하고 있다. 혈당지수가 높은 식품을 섭취하면 섭취 2시간 이내에 혈당반응 곡선의 높은 정점이 나타나고 인슐린 분비반응도 더 높게 나타나기 때문에 섭취2시간 이후에는 혈당이 섭취 전보다 더 떨어질 수 있고 저혈당의 위험도 증가한다. 반면에 혈당지수가 낮은 식품을 섭취하면 혈당의 정점치가 낮고, 혈당반응곡선 아래의 면적도 더 적으며 인슐린 분비 반응도 더 낮으므로 저혈당의 위험도 상대적으로 감소하게 된다.

건강한 한국인에서는 혼합미(곡)1의 혈당지수, 혈중 포도당 Cmax 및 iAUC<sub>0-2h</sub>가 가장 낮았고 혈중 인슐린 Cmax 와 iAUC<sub>0-2h</sub>는 비교적 높은 경향을 보였다. 이는 혼합미(곡)1의 혈당반응곡선 정점이 가장 낮고 혈당반응곡선 아래의 면적도 가장 좁아서 혈당을 완만하게 상승시킴을

의미하지만 인슐린 측면에서는 혼합미(곡)1의 인슐린분비반응의 정점이 높고 인슐린분비반응곡선 아래의 면적도 넓어서 결국 인슐린을 급격하게 분비시키며 인슐린 총 분비량도 높이며 식후 저혈당 위험도 상대적으로 증가할 수 있음을 의미하겠다.

준[準]당뇨인에서는 혼합미(곡)1의 혈당지수가 가장 낮은 경향을 보이지만 혈중 포도당 Cmax와  $iAUC_{0-2h}$ , 혈중 인슐린 Cmax와  $iAUC_{0-2h}$ 는 혼합미(곡)3이 가장 낮은 경향을 보였다. 이는 혼합미(곡)3의 혈당반응곡선 정점이 가장 낮고 혈당반응곡선 아래의 면적도 가장 좁아서 혈당을 완만하게 상승시킴을 의미하며, 인슐린분비반응의 정점 또한 낮고 인슐린분비반응곡선 아래의 면적도 좁아서 결국 인슐린을 완만하게 분비시키며 인슐린 총 분비량도 줄이고 식후 저혈당 위험도 상대적으로 감소할 수 있음을 의미하지만 혼합미(곡) 3의 혈당지수가 상대적으로 높아 상반된 결과를 보였다 하겠다.

따라서 앞서 언급한 내용 중 혈당지수가 낮은 식품을 섭취하면 혈당의 정점치가 낮고, 혈당반응곡선 아래의 면적도 더 적으며 인슐린 분비 반응도 더 낮으므로 저혈당의 위험도 상대적으로 감소하게 된다는 이론과 상반된 결과를 보였다. 그러나 본 임상시험에서 섭취한 임상시험용 식단의 혈당지수가 백미와 같은 단일식품의 일반적인 혈당지수보다 낮은 결과를 보이고 또한 통계적으로 유의한 차이가 없는 비슷한 정도의 수치를 보이고 있음을 상기해야 하겠다. 그리고 이러한 결과들은 이 임상시험이 전형적인 통계적 가설 검정을 위한 시험과 성격이 다르며, 어떤 수식에 의한 근거보다는 그 목적을 충족시키는 한도 내에서 경험적으로 요구되는 최소한의 피험자 수로 진행하였음을 이유로 들 수 있겠다. 따라서 이번 임상시험만으로 결론을 내리기에 앞서 향후 보다 많은 수의 피험자로 임상시험을 수행할 필요가 있겠다.

본 연구를 마치면서 피험자 수가 상대적으로 많고 혈당지수의 정확성이 상대적으로 높다고 판단되는 정상 한국인의 결과를 바탕으로 당뇨용 혼합미(곡)의 확증적 임상시험 수행 시 임상시험용 식단으로 혼합미(곡)1을 선정하였으며, 추가적으로 대조식으로 혼합미(곡)2도 함께 선정하였다.



5. 당노용 혼합미(곡) 확증적 임상시험 (2차년도 2010년)

가. 재료 및 방법

(1) 재료

당노용 혼합미(곡) 예비 임상시험에서 사용한 재료는 2010년 주관기관에서 선정한 곡물들로 표 3-5-33과 같다.

표3-5-33. 당노용 혼합미(곡)의 배합비 및 당질함량

Group	재료	배합비 (%)	탄수화물량 (1g당 함량)	시험식량(g)	당질함량 (g)
백미	백미	100	0.69	72.46	50
	합계	100		<b>72.46</b>	<b>50</b>
시험식1 (혼합미(곡) 1)	거대배아현미	50	0.72	46.26	33.30
	찰보리(할맥)	18	0.58	16.65	9.67
	찰쌀현미	5	0.68	4.63	3.12
	흑미멥쌀	1	0.65	0.93	0.60
	서목태	13	0.00	12.03	0.00
	강낭콩(통곡)	13	0.27	12.03	3.30
	합계	100		<b>92.52</b>	<b>50</b>
	시험식2 (혼합미(곡) 2)	거대배아미	40	0.74	37.28
거대배아현미		10	0.72	9.32	6.71
찰보리(할맥)		20	0.58	18.64	10.83
흑미멥쌀		1	0.65	0.93	0.60
동부콩		3	0.40	2.80	1.13
서목태		13	0.00	12.12	0.00
강낭콩(쪄깎)		13	0.27	12.12	3.32
합계		100		<b>93.20</b>	<b>50</b>

## (2) 방법

### (가) 시험디자인

본 임상시험은 open, 4-treatment, 5-sequence, 5-period crossover design으로 자원자에 한하여 임상시험 예정일(1일)로부터 4주 이내(-28일~-1일)에 문진, 신체검진, 검사실검사 등 스크리닝 검사를 시행하여 본 임상시험에 피험자로서 적합하다고 판단되는 자를 선정하였다.

선정된 피험자는 임상시험 예정일 -2일 저녁 식사부터 전북대학교병원 기능성식품임상시험지원센터에서 제공하는 식사만을 섭취하였다.

피험자는 1일, 2일, 3일, 4일 오전 9시경 공복상태에서 무작위배정 된 투여군에 따라 각각 포도당, 백미, 시험식1, 시험식2 중 하나를 섭취한 후 섭취 전(0h)과 섭취시작 후 15 m, 30 m, 45 m, 1 h, 1.5 h, 2 h, 2.5 h, 3 h, 4 h 시점 혈당 및 insulin, C-peptide 검사를 위한 채혈을 하였다. 각 투여군에 따른 피험자 수와 섭취 일정표는 표 3-5-34와 같다.

표3-5-34. 투여군에 따른 피험자 수 및 섭취 일정표

투여군	피험자 수 (건강인 / 고혈당인)	1일	2일	3일	4일	5일
제1군	4명 / 2명	포도당1	백미	포도당2	시험식1	시험식2
제2군	4명 / 2명	백미	포도당2	시험식1	시험식2	포도당1
제3군	4명 / 2명	포도당2	시험식1	시험식2	포도당1	백미
제4군	4명 / 2명	시험식1	시험식2	포도당1	백미	포도당2
제 5군	4명 / 2명	시험식2	포도당1	백미	포도당2	시험식1

### (나) 선정/제외기준

본 임상시험의 피험자 선정 및 제외기준은 다음과 같다.

#### ① 선정기준

##### • 건강한 한국인

- 스크리닝 검사 당시 연령이 만20세 이상 60세 이하인 건강한 성인 남성
- 체중이 50 kg 이상이면서, 이상체중(ideal body weight)의  $\pm 30\%$  이내의 체중을 지닌 자  
 $\square$  이상체중(ideal body weight) = (신장cm - 100)  $\times$  0.9
- 스크리닝 검사 당시 당뇨치료제를 복용하지 않는 자로 공복 혈당이 100 mg/dl 미만이면서 경구 당부하 검사 결과 2시간 혈당이 140 mg/dl 미만을 만족하는 자
- 본 임상시험에 대한 자세한 설명을 듣고 완전히 이해한 후, 자의로 참여를 결정하고 주의사항을 준수하기로 서면 동의한 자

• 고혈당 피험자

- 스크리닝 검사 당시 연령이 만20세 이상 60세 이하인 건강한 성인 남성
- 체중이 50 kg 이상이면서, 이상체중(ideal body weight)의  $\pm 30\%$  이내의 체중을 지닌 자
  - ☞ 이상체중(ideal body weight) = (신장cm - 100) × 0.9
- 스크리닝 검사 당시 당뇨치료제를 복용하지 않는 자로 경구 당 부하 검사 결과 공복혈당이 100mg/dl 이상 이거나, 2시간 혈당이 140mg/dl 이상을 만족하는 자
- 본 임상시험에 대한 자세한 설명을 듣고 완전히 이해한 후, 자의로 참여를 결정하고 주의사항을 준수하기로 서면 동의한 자

② 제외기준

• 건강한 한국인

- 5년 이내에 특정질환의 병력 및 과거력이 있는 자  
(간, 신장, 신경계, 호흡기계, 내분비계, 혈액 • 종양, 악성종양, 정신질환, 심혈관계 질환이 있거나 과거력이 있는 자)
- 임상시험용식단의 흡수에 영향을 줄 수 있는 위장관계 질환(예: 크론씨 병)이나 위장관계 수술(단, 단순 맹장수술이나 탈장수술은 제외)의 과거력이 있는 자
- 검사실검사에서 다음에 해당하는 결과를 보이는 자
  - ☞ AST, ALT > 정상범위 상한치의 2배
  - ☞ Serum creatinine > 2.0 mg/dl
  - ☞ Creatinine Kinase (CK) > 참고범위 상한치의 2배
- 활력증후에서 수축기 혈압이 100 mmHg 미만이거나 150 mmHg를 초과하는 자 또는 이완기 혈압이 65mmHg 미만이거나 95 mmHg를 초과하는 자
- 임상시험용 식단에 대한 과민반응 혹은 임상적으로 유의한 과민반응의 병력이 있는 자
- 스크리닝 검사 전 2주 이내에 어떠한 전문의약품이나 한약을 복용하였거나, 1주 이내에 어떠한 일반 의약품(OTC) 또는 건강기능식품을 복용한 자  
(단, 시험자의 판단에 따라 다른 조건이 합당한 경우는 임상시험에 참여할 수 있다.)
- 스크리닝 검사 전 2개월 이내에 타 임상시험에 참여한 자
- 지속적으로 음주(21 units/week 초과)를 하거나 임상시험기간 중 금주할 수 없는 자
- 검사실검사 결과를 비롯한 기타 사유로 인하여 시험자가 임상시험 참여에 부적합하다고 판단한 자

• 고혈당 피험자

- 5년 이내에 특정질환의 병력 및 과거력이 있는 자  
(간, 신장, 신경계, 호흡기계, 내분비계, 혈액 • 종양, 악성종양, 정신질환, 심혈관계 질환이 있

거나 과거력이 있는 자)

- 임상시험용식단의 흡수에 영향을 줄 수 있는 위장관계 질환(예: 크론씨 병)이나 위장관계 수술(단, 단순 맹장수술이나 탈장수술은 제외)의 과거력이 있는 자
- 검사실검사에서 다음에 해당하는 결과를 보이는 자
  - ☞ AST, ALT > 정상범위 상한치의 2배
  - ☞ Serum creatinine > 2.0 mg/dl
  - ☞ Creatinine Kinase (CK) > 참고범위 상한치의 2배
- 활력증후에서 수축기 혈압이 100 mmHg미만이거나 150 mmHg를 초과하는 자 또는 이완기 혈압이 65 mmHg미만이거나 95 mmHg를 초과하는 자
- 임상시험용식단에 대한 과민반응 혹은 임상적으로 유의한 과민반응의 병력이 있는 자
- 스크리닝 검사 전 2주 이내에 어떠한 전문의약품이나 한약을 복용하였거나, 1주 이내에 어떠한 일반 의약품(OTC) 또는 건강기능식품을 복용한 자 (단, 시험자의 판단에 따라 다른 조건이 합당한 경우는 임상시험에 참여할 수 있다.)
- 스크리닝 검사 2개월 이내에 전신 코티코스테로이드제를 투여 받은 자
- 스크리닝 검사 전 2개월 이내에 타 임상시험에 참여한 자
- 지속적으로 음주(21 units/week 초과)를 하거나 임상시험기간 중 금주할 수 없는 자
- 검사실검사 결과를 비롯한 기타 사유로 인하여 시험자가 임상시험 참여에 부적합하다고 판단한 자

#### (다) 혈당, 인슐린 평가

상완정맥 등 정맥에서 채혈하여 검사실에서 측정하였다. 시험기간 중 계획된 일정에 따라 채혈을 수행하였으며, 실제 수행 시각을 증례기록서에 기록하여 분석 시 이용하였다.

식단 섭취 전 (0 h), 섭취시작 후 15 m, 30 m, 45 m, 1 h, 1.5 h, 2 h, 2.5 h, 3 h, 4 h 시점에 시행하였다. 채취한 혈액은 즉시 tube에 담아 원심분리 하였으며, 이후 즉시 원내 진단검사의학과에서 분석하였다.

혈당, 인슐린 등의 area under the curve 평가 시 채혈시각은 각 피험자에 따라 실제 채혈시각을 사용하여 분석하였다. 실제 채혈을 시행하지 않았거나(Not Applicable) 또는 검체가 누락된 경우(Missing Data)에는 혈당농도 자료에 각각 "NA", "MD"로 기입하였다. 혈당 농도-시간 양상은 각 피험자에서 linear 또는 log/linear형태의 그래프로 나타내었다.

혈중 농도-시간 데이터에 Excel 또는 SAS 9.2 소프트웨어 등으로 비구획방법(noncompartmental method)의 linear trapezoidal method를 적용하여 아래와 같은 파라미터를 계산하였다.

- Cmax = 섭취 후 최고혈중농도
- Tmax = 섭취 후 최고혈중농도 도달시간

- $iAUC_{0-2h}$  = 섭취 시작시점부터 2시간째 채혈시점까지의 기저치에 비해 상승한 혈당 농도-시간 곡선하 면적(Incremental area under the curve). 만약 기저치에 비해 혈중 농도가 낮아 상승치가 음수를 가질 경우, 이전 시점에서의 농도와 직선으로 연결하여 기저치보다 높은 부분의 면적만을 포함.
- GI = 혈당지수(glycemic index)로서 혈당치에 미치는 영향을 고려한 탄수화물의 등급 체계.  $iAUC_{0-2h}$ 를 이용하여 산출.
- $GI = (iAUC_{food}/iAUC_{glucose}) \times (Wt_{glucose}/Wt_{available\ carbohydrate\ in\ food}) \times 100\%$
- Insulinogenic index (IGI) 초기 인슐린 분비 지표.
- $IGI = (\text{섭취 30분 후 혈중 인슐린 농도} - \text{식전 혈중 인슐린 농도}) / (\text{섭취 30분 후 혈당 농도} - \text{식전 혈당 농도})$
- HOMA-IR = 인슐린 저항성 대리 지표

$$HOMA-IR = \frac{\text{공복인슐린}(\mu U/ml) \times \text{공복혈당}(mmol/L)}{22.5}$$

- QUICKI = 인슐린 저항성 대리 지표

$$QUICKI = 1 / [\log(\text{insulin } 0 \text{ min}) + \log(\text{glucose } 0 \text{ min})]$$

인슐린(insulin) 농도 단위: uU/mL

혈당(glucose) 농도 단위: mmol/L

### (3) 결과

(가) 피험자의 인구학적 정보

건강한 한국인과 고혈당인의 인구학적 정보는 표 3-5-35 및 3-5-36에 요약하였다.

본 임상시험의 피험자는 건강한 성인 남성 20명(24.0±2.1세, 71.2±9.1kg)과 고혈당인 7명(41.1±17.0세, 68.6±8.5kg)으로 두 군 모두 무작위배정된 피험자들의 연령, 신장 및 체중에 있어 투여군 간의 차이는 없었다.

표 3-5-35. 건강한 한국인의 인구학적 정보

	투여군					Total (n=20)	p-value <sup>1)</sup>
	제1군 (n=4)	제2군 (n=4)	제3군 (n=4)	제4군 (n=4)	제5군 (n=4)		
Age (years)	24.0±1.4	22.8±3.3	25.5±1.9	24.8±1.9	23.0±1.4	24.0±2.1	0.319
Height (cm)	174.0±0.8	179.3±3.0	174.3±6.6	173.5±3.9	173.3±6.7	174.9±4.7	0.239
Weight (kg)	69.8±12.1	78.4±9.0	70.8±10.7	72.6±7.2	64.7±4.6	71.2±9.1	0.302

Values are mean ± SD

<sup>1)</sup> Kruskal-Wallis test

표 3-5-36. 고혈당인의 인구학적 정보

	투여군					Total (n=7)	p-value <sup>1)</sup>
	제1군 (n=1)	제2군 (n=2)	제3군 (n=1)	제4군 (n=2)	제5군 (n=1)		
Age (years)	60	33.5±19.1	24	40.0±18.4	57	41.1±17.0	0.330
Height (cm)	153	171.5±5.0	170	166.5±5.0	175	167.7±7.7	0.414
Weight (kg)	54.8	77.8±0.1	74	66.3±2.9	63.2	68.6±8.5	0.216

Values are mean ± SD

<sup>1)</sup> Kruskal-Wallis test

(나) 혈당 평가

SAS 9.2 프로그램을 이용하여 개인별 incremental area under the curve(iAUC), Cmax, Tmax를 산출하였으며, 통계분석은 SAS 9.2 프로그램을 이용하였다. iAUC는 혈중 농도-시간 곡선으로부터 사다리꼴 방식으로 계산하였으며, Cmax 및 Tmax 파라미터는 실제 측정된 값을 그대로 사용하였다.

건강한 한국인과 고혈당인의 평균 혈당 농도-시간 곡선은 그림 3-5-17 및 그림 3-5-18과 같다.

시간에 따른 농도변화 양상에서 섭취 후 4시간째 혈당 농도가 기저치 수준으로 회복되었는지 여부를 평가한 결과, 임상시험용 식단 섭취 4시간 후에는 생체항상성에 의하여 기저치 수준으로 회복되었음을 확인하였다. 따라서 혈당 평가를 위해 실시한 채혈기간은 적절하였다고 생각된다.

건강한 한국인과 고혈당인의 포도당, 백미, 혼합미(곡)1, 혼합미(곡)2의 Tmax, Cmax와 iAUC<sub>0-2h</sub>는 각각 표 3-5-37, 표 3-5-38에 정리하였다. 각각의 임상시험용 식단에 따른 혈당지수는 표 3-5-39, 표 3-5-40 및 그림 3-5-19, 그림 3-5-20에 정리하였다.

건강한 한국인에서 Tmax, Cmax는 임상시험용식단간의 통계적으로 유의한 차이는 없었지만, iAUC<sub>0-2h</sub>는 백미, 혼합미(곡)1, 혼합미(곡)2 간 비교 시 혼합미(곡) 1이 가장 낮아 임상시험용식단간 통계적으로 유의한 차이가 있었다(p=0.005). 그러나 고혈당인에서는 그룹 모두 포도당을 제외한 임상시험용식단인 백미, 혼합미(곡)1, 혼합미(곡)2 간 비교 시 Tmax, Cmax와 iAUC<sub>0-2h</sub>는 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다.

GI는 다음과 같은 방법을 이용하여 계산하였으며, 이때 혈당 농도의 단위는 mg/dL, incremental area under the curve (iAUC)의 단위는 min\*mg/dL 로 하였다. 통상적으로 GI는 0-2시간 곡선하면적을 기준으로 한다.

$$\bullet \text{ GI}_{2h} = (iAUC_{2h,food}/iAUC_{2h,glucose}) \times (Wt \text{ glucose}/Wt \text{ available carbohydrate in food}) \times 100\%$$

건강한 한국인과 고혈당인에서 포도당을 제외한 임상시험용식단인 백미, 혼합미(곡)1, 혼합미

(곡)2의 0-2시간 곡선하면적을 기준으로 한 혈당지수의 경우, 건강인에서 혼합미(곡)1의 혈당 지수가 가장 낮았으며, 임상시험용식단간 통계적으로 유의한 차이가 있었지만(p=0.016). 고혈당 인에서는 백미, 혼합미(곡)1과 혼합미(곡)2를 비교하였을 때 통계적으로 유의한 차이가 없었다. 그러나 혼합미(곡)1과 혼합미(곡)2의 혈당지수는 거의 동일한 정도로 백미에 비해 낮은 경향을 보였다.

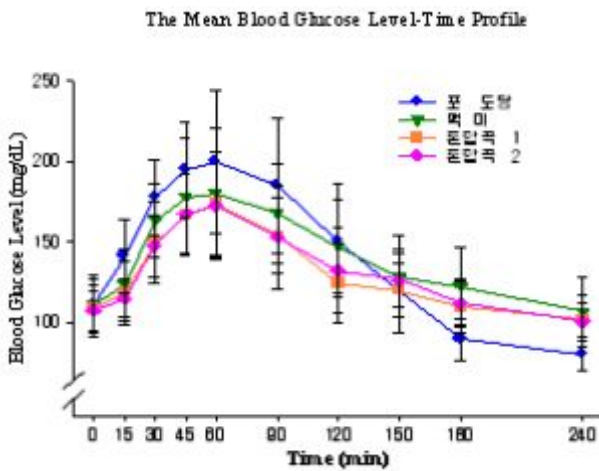


그림 3-5-17. 고혈당인에서 임상시험용식단에 따른 glucose 변화 양상

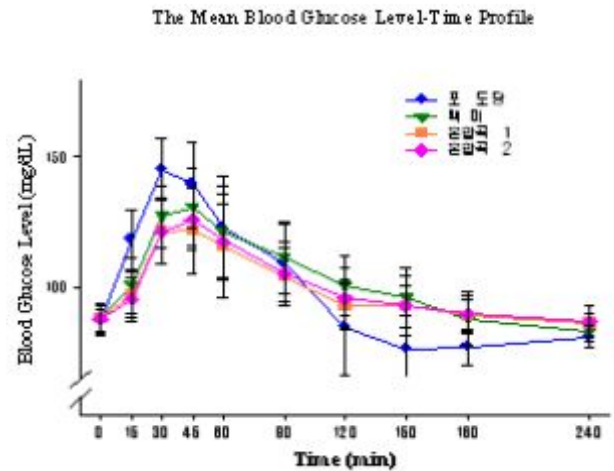


그림 3-5-18. 건강한 한국인에서 임상시험용식단에 따른 glucose 변화 양상

표 3-5-37. 건강한 한국인에서 혈당 평가 파라미터 기술통계

	건강인 한국인 (n=20)				p-value <sup>2)</sup>
	포도당	백미	혼합미(곡)1	혼합미(곡)2	
Tmax (min) <sup>1)</sup>	30 (15-160)	45 (15-90)	37.5 (30-60)	45 (30-90)	0.597 <sup>3)</sup>
Cmax (mg/dL)	147.8±13.7	136.3±12.0	129.2±12.6	131.6±9.2	0.017
iAUC <sub>0-2h</sub> (min*mg/dL)	60.4±20.5	45.0±16.7	39.1±14.1	42.2±10.2	0.005

Value are mean ± SD

<sup>1)</sup> Tmax 통계량: median[min-max]

<sup>2)</sup> 백미, 혼합미(곡)1, 혼합미(곡)2 간의 비교분석, linear mixed effect mode

<sup>3)</sup> Kruskal-Wallis test

표 3-5-38. 고혈당인의 혈당 평가 파라미터 기술통계

	고혈당인 (n=7)				p-value <sup>2)</sup>
	포도당	백미	혼합미(곡)1	혼합미(곡)2	
Tmax (min) <sup>1)</sup>	60 (30-90)	60 (30-90)	60 (30-90)	60 (45-60)	0.828 <sup>3)</sup>
Cmax (mg/dL)	207.3±38.8	184.6±36.4	175.6±30.8	175.3±30.3	0.217
iAUC <sub>0-2h</sub> (min*mg/dL)	126.0±42.5	96.3±20.6	79.0±17.1	80.9±29.1	0.124

Value are mean ± SD

<sup>1)</sup> Tmax 통계량: median[min-max]

<sup>2)</sup> 백미, 혼합미(곡)1, 혼합미(곡)2 간의 비교 분석. linear mixed effect model

<sup>3)</sup> Kruskal-Wallis test

표 3-5-39. 건강한 한국인에서 임상시험용식단에 따른 혈당지수(GI) 비교

	건강한 한국인 (n=20)				p-value <sup>1)</sup>
	포도당	백미	혼합미(곡)1	혼합미(곡)2	
Glycemic index	100	86.8±25.8	69.3±29.3	76.1±31.4	0.016*

Values are mean ± SD

1) 백미, 혼합미(곡)1, 혼합미(곡)2간의 비교 분석, Linear mixed effect model

\* 백미와 혼합미(곡) 1간 GI 비교 p <0.005, 백미와 혼합미(곡) 2간 GI 비교 p <0.072, 혼합미(곡)1과 혼합미(곡)2 간 GI 비교 p <0.247

표 3-5-40. 고혈당인에서 임상시험용식단에 따른 혈당지수(GI) 비교

	고혈당인 (n=7)				p-value <sup>1)</sup>
	포도당	백미	혼합미(곡)1	혼합미(곡)2	
Glycemic index	100	79.8±17.7	65.5±15.0	65.0±16.6	0.154

Values are mean ± SD

1) 백미, 혼합미(곡)1, 혼합미(곡)2간의 비교 분석, Linear mixed effect model

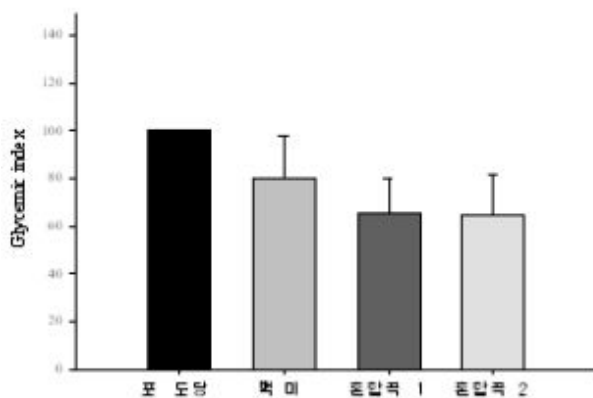


그림 3-5-19. 고혈당인에서 임상시험용식단에 따른 혈당지수(Glycemic index)

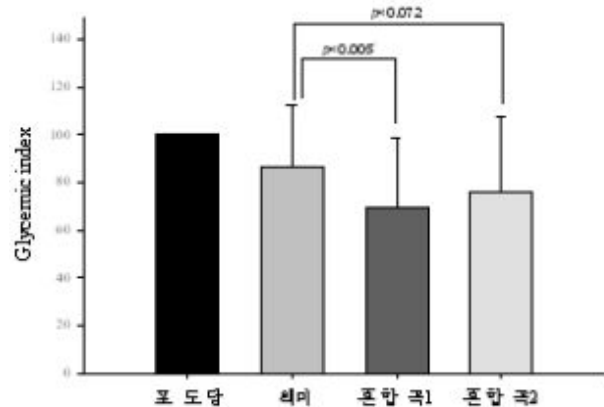


그림 3-5-20. 건강한 한국인에서 임상시험용식단에 따른 혈당지수(Glycemic index)



(다) 인슐린 평가

개인별 인슐린 sensitivity를 알아보기 위해서 Quantitative insulin sensitivity check index (QUICKI), insulinogenic index (IGI) 및 homeostasis model assessment of insulin resistance (HOMA-IR)를 이용하였다.

QUICKI는 다음과 같은 방법을 이용하여 계산하였으며, 이때 혈당 농도의 단위는 mg/dL, 인슐린 농도의 단위는 uU/mL로 하였다. 또한 insulinogenic index (IGI)는 다음과 같은 방법을 이용하여 계산하였으며, 이때 혈당 농도의 단위는 mmol/L, 인슐린 농도의 단위는 uU/mL로 하였다. homeostasis model assessment of insulin resistance (HOMA-IR)는 다음과 같은 방법을 이용하여 계산하였으며, 이때 혈당 농도의 단위는 mmol/L, 인슐린 농도의 단위는 uU/mL로 하였다.

- QUICKI =  $1 / [\log(\text{insulin } 0 \text{ min}) + \log(\text{glucose } 0 \text{ min})]$
- IGI =  $(\text{insulin } 30 \text{ min} - \text{insulin } 0 \text{ min}) / (\text{glucose } 30 \text{ min} - \text{glucose } 0 \text{ min})$
- HOMA-IR =  $(\text{insulin } 0 \text{ min} * \text{glucose } 0 \text{ min}) / 22.5$

건강한 한국인과 고혈당인에서 임상시험용 식단에 따른 QUICKI, IGI 및 HOMA-IR 를 비교한 결과는 표 3-5-41 및 표 3-5-42에 정리하였다. 그 결과 인슐린분비능지표(insulinogenic index)는 다른 임상시험용 식단에 비하여 포도당 섭취 시 건강한 한국인에서 가장 높아 (21.5±8.9) 통계적으로 유의한 차이가 있었고 (p<0.001) 고혈당인에서는 포도당 섭취 시 (9.8±7.1) 통계적으로 유의한 차이는 아니지만 혼합미(곡)1과 비슷한 정도로 낮은 수치를 보이고 있고 혼합미(곡)2(213.7±10.5)의 인슐린분비능지표가 가장 높은 경향을 보였다.

인슐린저항성대리지표(HOMA-IR, QUICKI)는 건강한 한국인과 고혈당인 모두에서 임상시험용식단간 통계적으로 유의한 차이는 없었다.

**표 3-5-41. 건강한 한국인의 인슐린분비능지표 및 인슐린저항성대리지표**

	건강한 한국인 (n=20)				p-value <sup>1)</sup>
	포도당	백미	혼합미(곡)1	혼합미(곡)2	
IGI	21.5±8.9	13.4±4.3	16.3±5.5	16.5±7.0	0.0001
QUICKI	0.2±0.0	0.2±0.01	0.2±0.0	0.2±0.0	0.747
HOMA-IR	1.3±0.5	1.4±0.5	1.3±0.4	1.2±0.5	0.804

Value are mean ± SD

<sup>1)</sup> 백미, 혼합미(곡)1, 혼합미(곡)2 간의 비교분석, linear mixed effect model

표 3-5-42. 고혈당인의 인슐린분비능지표 및 인슐린저항성대리지표

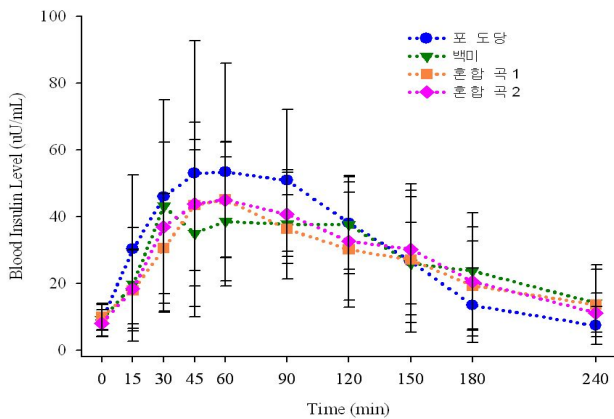
	고혈당인 (n=7)				p-value <sup>1)</sup>
	포도당	백미	혼합미(곡)1	혼합미(곡)2	
IGI	9.8±7.1	11.4±8.5	9.5±5.3	13.7±10.5	0.065
QUICKI	0.2±0.0	0.2±0.0	0.1±0.0	0.2±0.0	0.347
HOMA-IR	2.4±0.9	2.4±1.1	2.6±1.0	2.1±1.0	0.559

Value are mean ± SD

<sup>1)</sup> 백미, 혼합미(곡)1, 혼합미(곡)2 간의 비교분석, linear mixed effect mode

건강한 한국인과 고혈당인의 평균 혈중 인슐린 농도-시간 곡선은 그림 3-5-21, 그림 3-5-22와 같으며, 해당 파라미터는 표 3-5-43, 표 3-5-44에 정리하였다. Tmax, Cmax는 각각 건강한 한국인과 고혈당인에서 모두 임상시험용식단간의 유의한 차이가 없었으며 iAUC<sub>2h</sub>도 차이를 보이지 않았다.

The Mean Blood Insulin Level-Time Profile



The Mean Blood Insulin Level-Time Profile

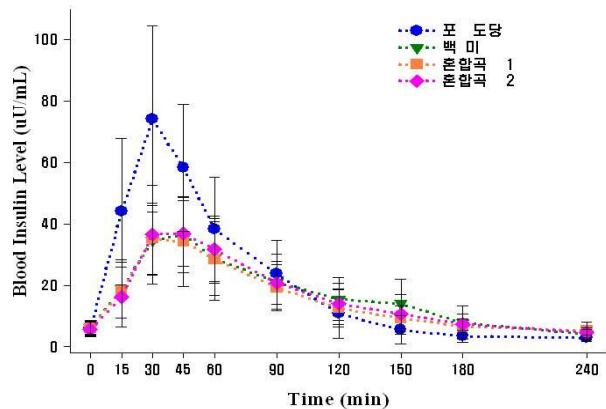


그림 3-5-21. 고혈당인에서 임상시험용식단에 따른 insulin 변화 양상

그림 3-5-22. 건강한 한국인에서 임상시험용식단에 따른 insulin 변화 양상

**표 3-5-43. 건강한 한국인에서 인슐린 평가 파라미터 기술통계**

	건강한 한국인 (n=20)				p-value <sup>2)</sup>
	포도당	백미	혼합미(곡)1	혼합미(곡)2	
Tmax (min) <sup>1)</sup>	45 (15-120)	45 (15-150)	45 (30-120)	45 (15-180)	0.981 <sup>3)</sup>
Cmax (mg/dL)	53.9±31.2	48.5±13.2	49.6±22.3	54.4±27.6	0.587
iAUC (min*mg/dL)	61.8±19.0	35.9±11.1	34.4±10.9	37.6±9.2	0.276

Value are mean ± SD

<sup>1)</sup> Tmax 통계량: median[min-max]

<sup>2)</sup> 백미, 혼합미(곡)1, 혼합미(곡)2 간의 비교분석, linear mixed effect mode

<sup>3)</sup> Kruskal-Wallis test

**표 3-5-44. 고혈당의 인슐린 평가 파라미터 기술통계**

	고혈당인 (n=7)				p-value <sup>2)</sup>
	포도당	백미	혼합미(곡)1	혼합미(곡)2	
Tmax (min) <sup>1)</sup>	45 (30-60)	30 (15-60)	30 (30-90)	45 (30-60)	0.377 <sup>3)</sup>
Cmax (mg/dL)	57.2±29.4	53.1±20.4	45.1±8.0	51.0±19.9	0.835
iAUC <sub>0-2h</sub> (min*mg/dL)	70.4±41.9	50.3±30.3	47.0±16.2	55.0±26.1	0.320

Value are mean ± SD

<sup>1)</sup> Tmax 통계량: median[min-max]

<sup>2)</sup> 백미, 혼합미(곡)1, 혼합미(곡)2 간의 비교분석, linear mixed effect mode

<sup>3)</sup> Kruskal-Wallis test

(라) C-peptide 평가

건강한 한국인과 고혈당인에서 C-peptide 결과는 표 3-5-45, 표 3-5-46과 같다.

건강한 한국인과 고혈당인 모두에서 혼합미(곡)1 섭취 시 혈중 C-peptide의 iAUC<sub>0-2h</sub>가 통계적으로 유의하게 가장 낮은 수치를 보였다(p<0.035 p<0.019).

**표 3-5-45. 건강한 한국인에서 임상시험용식단에 따른 C-peptide 농도 변화**

	건강한 한국인 (n=20)				p-value <sup>1)</sup>
	포도당	백미	혼합미(곡)1	혼합미(곡)2	
iAUC <sub>0-2h</sub> (ng/mL)	13.29±5.77	14.20±4.69	12.69±4.28	12.74±4.47	0.035

Value are mean ± SD

<sup>1)</sup> 백미, 혼합미(곡)1, 혼합미(곡)2 간의 비교분석, linear mixed effect mode

표 3-5-46. 고혈당인에서 임상시험용식단에 따른 C-peptide 농도 변화

	고혈당인 (n=7)				p-value <sup>1)</sup>
	포도당	백미	혼합미(곡)1	혼합미(곡)2	
iAUC <sub>0-2h</sub> (ng/mL)	11.44±2.44	12.66±2.55	10.01±2.14	11.39±1.84	0.019

Value are mean ± SD

<sup>1)</sup> 백미, 혼합미(곡)1, 혼합미(곡)2 간의 비교분석, linear mixed effect mode

#### (4) 고찰 및 결론

본 연구는 건강한 성인남성 20명과 경구당부하검사 결과 공복혈당이 100mg/dl 이상 이거나 2시간 혈당이 140mg/dl 이상을 만족하는 고혈당인 7명을 대상으로 한 open, 4-treatment, 5-sequence, 5-period cross-over 임상시험이다. 피험자는 5일 동안 탄수화물 50g에 해당하는 포도당과 백미, 곡물 조성이 다른 혼합미(곡)1, 혼합미(곡)2 중 하나를 무작위로 각각 섭취하였으며, 혈중 glucose 및 insulin 농도 변화를 평가하기 위한 채혈은 임상시험식단 섭취 전(0 h)과 섭취 후 15 m, 30 m, 45 m, 1 h, 1.5 h, 2 h, 2.5 h, 3 h, 4 h에 시행하였다. 평가항목으로 혈당지수(glycemic index), 혈중 glucose 및 insulin 의 Tmax, Cmax 및 iAUC<sub>0-2h</sub>, 혈중 C-peptide 농도, 인슐린분비능지표(insulinogenic index), 인슐린저항성대리지표(QUICKI, HOMA-IR)를 평가하였다.

건강한 한국인에서 백미, 혼합미(곡)1과 혼합미(곡)2를 비교하였을 때, 포도당을 표준식품으로 한 임상시험용식단의 혈당지수는 혼합미(곡)1(69.3± 29.3)이 가장 낮았으며(p<0.016), 특히 백미와 혼합미(곡)1을 비교 시 통계적으로 유의한 차이가 있었다.(p<0.005). 고혈당인에서는 백미, 혼합미(곡)1과 혼합미(곡)2를 비교하였을 때 통계적으로 유의한 차이는 아니지만 혼합미(곡)1과 혼합미(곡)2의 혈당지수는 거의 동일한 정도로 백미에 비해 낮은 경향을 보였다.

건강한 한국인에서 백미, 혼합미(곡)1과 혼합미(곡)2를 비교하였을 때, 혈중 포도당의 Cmax 및 iAUC<sub>0-2h</sub> 에서 통계적 의미가 있었다(각각 p<0.017, p<0.005). 혼합미(곡)1의 혈중 포도당 Cmax (129.2±12.6mg/dL) 및 iAUC<sub>0-2h</sub> (39.1±14.1min\*mg/dL)가 가장 낮았고 혼합미(곡)2의 혈중 포도당 Cmax (131.6±9.2mg/dL) 및 iAUC<sub>0-2h</sub> (42.2±10.2min\*mg/dL)가 두 번째로 낮았다. 이는 혼합미(곡)1의 혈당반응곡선 정점이 가장 낮고 혈당반응곡선 아래의 면적도 가장 좁음을 의미한다. 고혈당인에서는 백미, 혼합미(곡)1과 혼합미(곡)2를 비교하였을 때 통계적으로 유의한 차이는 아니지만 혼합미(곡)1과 혼합미(곡)2의 혈중 포도당 Cmax 및 iAUC<sub>0-2h</sub> 가 거의 동일한 정도로 백미에 비해 낮은 경향을 보였다. 즉 건강한 한국인과 고혈당인 모두에서 혼합미(곡)1이 혈당반응곡선 정점이 가장 낮고 혈당반응곡선 아래의 면적도 가장 좁았다.

건강한 한국인에서 백미, 혼합미(곡)1과 혼합미(곡)2를 비교하였을 때, 혼합미(곡)1의 혈중 인슐린 Cmax (49.6±22.3mg/dL)가 통계적으로 유의한 차이는 아니지만 백미와 비슷한 정도로 낮은 수치를 보이고 혼합미(곡)1의 혈중 인슐린 iAUC<sub>0-2h</sub> (34.4±10.9min\*mg/dL)는 통계적으로 유

의한 차이는 아니지만 가장 낮은 결과를 보였는데 이는 혼합미(곡)1의 인슐린분비반응의 정점이 낮고 인슐린분비반응곡선 아래의 면적도 좁음을 의미한다.

고혈당인에서도 백미, 혼합미(곡)1과 혼합미(곡)2를 비교하였을 때 통계적으로 유의한 차이는 아니지만 혼합미(곡)1의 혈중 인슐린  $C_{max}(45.1 \pm 8.0 \text{mg/dL})$  및  $iAUC_{0-2h}(47.0 \pm 16.2 \text{min} \cdot \text{mg/dL})$ 가 가장 낮은 경향을 보였다.

또한 건강한 한국인과 고혈당인 모두에서 혼합미(곡)1의 혈중 C-peptide  $iAUC_{0-2h}$ 가 통계적으로 유의하게 가장 낮은 수치를 보이고(각각  $12.69 \pm 4.28$ ,  $10.01 \pm 2.14 \text{ng/mL}$  각각  $p < 0.035$   $p < 0.019$ ) 혼합미(곡)2의 혈중 C-peptide  $iAUC_{0-2h}$ 가 두 번째로 낮았다. 인슐린과 함께 분비되어 췌장베타세포 기능을 평가하는 척도로 사용되는 C-peptide의 측정 결과가 인슐린의 결과와 유사하게 나왔음을 알 수 있었다.

인슐린분비능지표(insulinogenic index)는 다른 임상시험용 식단에 비하여 포도당 섭취 시 건강한 한국인에서 가장 높아( $21.5 \pm 8.9$ ) 통계적으로 유의한 차이가 있었고 ( $p < 0.001$ ) 고혈당인에서는 포도당 섭취 시( $9.8 \pm 7.1$ ) 통계적으로 유의한 차이는 아니지만 혼합미(곡)1과 비슷한 정도로 낮은 수치를 보이고 있고 혼합미(곡)2( $213.7 \pm 10.5$ )의 인슐린분비능지표가 가장 높은 경향을 보였다. 당뇨병 전기 또는 당뇨병 환자들의 인슐린분비능의 병태생리학적 특성상 이 결과들은 해석에 주의를 요할 것으로 판단된다.

인슐린저항성대리지표(HOMA-IR, QUICKI)는 건강한 한국인과 고혈당인 모두에서 임상시험용 식단간 통계적으로 유의한 차이는 없었는데 이 지표들은 공복 시 측정된 인슐린 수치를 통해서 얻어진 수치이므로 임상시험용 식단 군 간에 비교는 무의미한 것이고 군간 무작위배정이 잘 되었음을 뒷받침하는 데 의미가 있겠다.

혈당지수는 특정식품에 포함된 당질의 소화 흡수되는 속도와 질적인 측면을 반영하고 있다. 혈당지수가 높은 식품을 섭취하면 섭취 2시간 이내에 혈당반응 곡선의 높은 정점이 나타나고 인슐린 분비반응도 더 높게 나타나기 때문에 섭취 2시간 이후에는 혈당이 섭취 전보다 더 떨어질 수 있고 저혈당의 위험도 증가한다. 반면에 혈당지수가 낮은 식품을 섭취하면 혈당의 정점치가 낮고, 혈당반응곡선 아래의 면적도 더 적으며 인슐린 분비 반응도 더 낮으므로 저혈당의 위험도 상대적으로 감소하게 된다.

건강한 한국인에서 백미, 혼합미(곡)1과 혼합미(곡)2를 비교하였을 때, 혼합미(곡)1의 혈당지수, 혈중 포도당  $C_{max}$  및  $iAUC_{0-2h}$ 가 가장 낮았고 혈중 인슐린  $C_{max}$  와  $iAUC_{0-2h}$ 는 가장 낮은 경향을 보였다. 이는 혈당 측면에서는 혼합미(곡)1의 혈당반응곡선 정점이 가장 낮고 혈당반응곡선 아래의 면적도 가장 좁아서 혈당을 완만하게 상승시킴을 의미하며, 또한 혼합미(곡)1의 혈당지수가 가장 낮은 결과를 보임이 옳음을 뒷받침하는 결과이다. 인슐린 측면에서는 혼합미(곡)1의 인슐린분비반응의 정점이 낮고 인슐린분비반응곡선 아래의 면적도 좁아서 결국 인슐린을 완만하게 분비시키며 인슐린 총 분비량도 줄이고 식후 저혈당 위험도 상대적으로 감소할 수 있음을 의미하겠다.

고혈당인에서는 혼합미(곡)1과 혼합미(곡)2의 혈당지수, 혈중 포도당  $C_{max}$  및  $iAUC_{0-2h}$ 가 백

미에 비해 낮은 경향을 보였고 혼합미(곡)1의 혈중 인슐린 Cmax 및 iAUC<sub>0-2h</sub>가 가장 낮은 경향을 보였다. 따라서 건강한 한국인과 고혈당인 모두에서 혼합미(곡)1이 식후 혈당과 인슐린을 완만하게 상승시킴을 의미하겠다.

마지막으로 본 임상시험은 건강한 한국인과 고혈당 피험자를 대상으로 포도당과 백미, 혼합미(곡)의 혈당지수 등을 산출하여 비교하는 것을 목적으로 하는 임상시험이며 이는 전형적인 통계적 가설 검정을 위한 시험과는 성격이 다르며, 어떤 수식에 의한 근거보다는 그 목적을 충족시키는 한도 내에서 경험적으로 요구되는 최소한의 피험자 수로 진행하였다. 일반적으로 한 가지 식품의 glyceemic index를 산출하기 위하여 10명 내외의 피험자를 대상으로 수행하고 있음에 따라 본 임상시험에서는 건강한 한국인의 경우에는 혼합미(곡) 섭취 시 GI의 개체 간 변이 정도를 전제로 4명의 피험자에서 주요 파라미터인 GI가 최소 16 이상 차이를 나타내는 것을 유의수준 0.05에서 80% 이상의 검정력으로 확인할 수 있음에 따라 본 임상시험에서는 피험자 수를 각 투여군당 4명씩 총 20명으로 설정하였고 고혈당인에서는 피험자 수를 각 투여군당 2명씩 총 10명으로 설정하였다. 그러나 실제 임상시험이 진행된 고혈당인은 7명으로 피험자 수가 너무 적었던 큰 제한점이 있었음을 밝히고 싶고 향후 많은 수의 피험자를 대상으로 임상시험을 반복해야 할 필요가 있겠다.

## 6. 당뇨용 혼합미(곡) 편의식 임상시험

### 가. 재료 및 방법

#### (1) 재료

당뇨용 혼합미(곡) 편의식 임상시험에서 사용한 재료는 2010년 주관기관에서 선정한 것으로 각 제품에 대한 시험식량, 지방, 단백질 및 당질함량은 표 3-5-47과 같다.

표3-5-47. 당뇨용 혼합미(곡) 편의식 제품의 시험식량, 지방, 단백질 및 당질함량

Group	시험식량(g)	지방(g)	단백질(g)	당질함량(g)
대조식 (전복죽)	285	1.2	4	27
시험식	306.8	8.6	16.3	27

#### (2) 방법

##### (가) 시험디자인

본 임상시험은 3-treatment, 3-sequence, 3-period crossover design으로 자원자에 한하여 임상시험 예정일(1일)로부터 4주 이내(-28일~-1일)에 문진, 신체검진, 검사실 검사 등 스크리닝 검사를 시행하여 본 임상시험에 피험자로서 적합하다고 판단되는 자를 선정하였다.

선정된 피험자는 1일, 2일, 3일 오전 9시경 공복상태에서 무작위배정 된 투여군에 따라 각각 포도당, 대조식, 시험식 중 하나를 섭취한 후 섭취 전(0h)과 섭취시작 후 15 m, 30 m, 45 m, 1 h, 1.5 h, 2 h 시점 혈당을 위한 채혈을 하였다. 각 투여군에 따른 피험자 수와 섭취 일정표는 표 3-5-48과 같다.

표 3-5-48. 투여군에 따른 피험자 수 및 섭취 일정표

투여군	피험자 수	1일	2일	3일
제1군	3명	포도당	대조식	시험식
제2군	3명	대조식	시험식	포도당
제3군	3명	시험식	포도당	대조식

##### (나) 선정/제외기준

본 임상시험 피험자는 스크리닝 검사 당시 연령이 만 18세 이상 75세 이하인 건강한 성인 남녀를 대상으로 하였으며, 제외기준은 기존 당뇨용 혼합미(곡) 확증적 임상시험에서 건강한 한

국인의 제외기준과 동일하게 적용하였다.

(다) 혈당평가

본 임상시험의 혈당평가 및 혈당지수는 기존 당뇨용 혼합미(곡) 확증적 임상시험과 동일한 방법으로 평가하였으며 평가항목으로는 포도당, 대조식, 시험식 섭취 시 섭취 전(0 h), 15 m, 30 m, 45 m, 1 h, 1.5 h, 2 h 혈중 glucose 농도 및 혈당지수를 평가하였다.

(3) 결과

(가) 피험자의 인구학적 정보

피험자의 인구학적 정보는 표 3-5-49와 같다.

표 3-5-49. 인구학적 정보

	Total (n=9)
Age (years)	27.1 ± 5.9
Height (cm)	163.6 ± 6.7
Weight (kg)	52.7 ± 7.0

Values are mean ± SD

<sup>1)</sup> Kruskal-Wallis test

(나) 혈당 평가

전체 피험자 9명에 대한 평균 혈당 농도-시간 곡선은 그림 3-5-23과 같으며, 각 시험식에 대한 혈당지수(Glycemic index) 결과는 표 3-5-50과 그림 3-5-24에 나타내었다.

포도당을 제외한 임상시험용 식단인 대조식, 시험식의 0-2시간 곡선하면적을 기준으로 한 혈당지수의 경우, 시험식에서 대조식에 비해 혈당지수가 낮았으나 통계적으로 유의한 차이는 없었다(p=0.096).

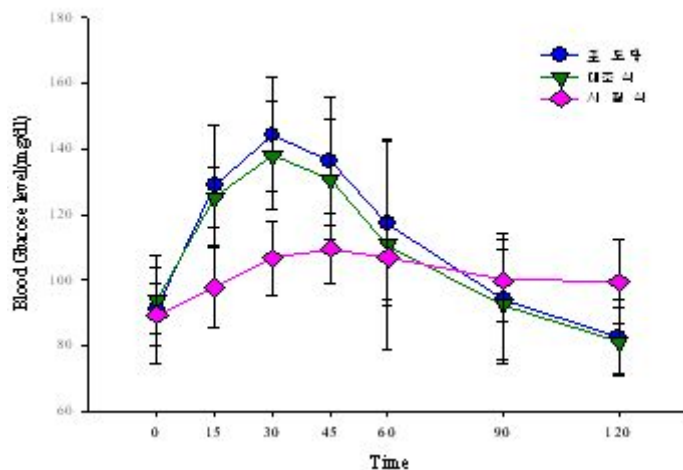


그림 3-5-23. 임상시험식단에 따른 glucose 변화 양상



표 3-5-50. 임상시험용식단에 따른 혈당지수(GI) 비교

	포도당 (n=9)	대조식 (n=9)	시험식 (n=9)	p-value <sup>1)</sup>
Glycemic index	100	81.24±32.46	60.47±29.11	0.096

Values are mean ± SD

<sup>1)</sup> 대조식, 시험식 간의 비교 분석, Linear mixed effect model

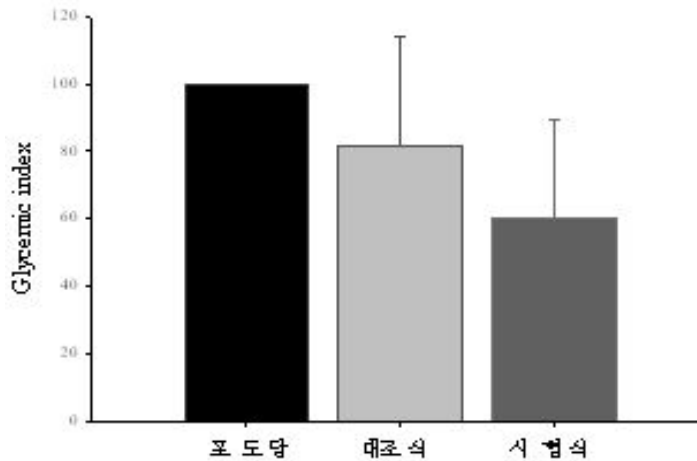


그림 3-5-24. 임상시험용식단에 따른 혈당지수(Glycemic index)

#### (4) 고찰 및 결론

본 연구는 건강한 성인 9명을 대상으로 곡류와 두류를 혼합한 죽 섭취 후 glucose 변화를 평가하기 위한 open, 3-treatment, 3-sequence, 3-period cross over 임상시험이다. 피험자는 3일 동안 탄수화물 27g에 해당하는 포도당과 대조식(전복죽), 시험식(곡류와 두류를 혼합한 죽) 중 하나를 무작위로 각각 섭취하였으며, 혈중 glucose 및 insulin 농도 변화를 평가하기 위해 손끝에서 채혈하여 측정하였으며 임상시험식단 섭취 전(0 h)과 섭취 후 15 m, 30 m, 45 m, 1 h, 1.5 h, 2 h에 시행하였다. 평가항목으로는 포도당, 대조식, 시험식 섭취 시 혈중 glucose 농도 및 혈당지수(glycemic index)를 평가하였다.

본 임상시험의 피험자는 건강한 성인 9명(27.11±5.86세, 52.72±6.97kg)을 대상으로 하였으며 임상시험용식단간의 혈당지수를 비교 평가한 결과 곡류와 두류를 혼합한 죽이 가장 낮았으나 (60.47±29.11), 통계적으로 유의한 차이는 없었다.

혈당지수란 특정 식품 섭취 후의 혈당반응을 50g의 당질을 함유한 표준식품(포도당 또는 흰 빵) 섭취 후의 혈당반응과 비교하여 비율로 나타낸 것이나 이번 임상시험에서는 탄수화물 27g에 해당하는 포도당과 대조식(전복죽), 시험식(곡류와 두류를 혼합한 죽)을 사용하였다. 그 이유는 탄수화물 50g에 해당하는 죽의 양이 피험자가 1회에 섭취하기 힘든 많은 양이며 대조식으로 사용한 시판 전복죽 1회 분량의 탄수화물 양이 27g이었기 때문이다.

본 연구의 결과로부터 곡류와 두류를 혼합한 죽의 혈당지수가 낮음을 확인하였고 일반적으로 당뇨병을 앓고 있는 이에게 죽 형태의 음식물 섭취를 권장하지 않고 있는 현실에서 곡류와 두류를 혼합한 죽의 혈당지수가 낮게 나온 것은 상당히 고무적인 결과이다.

## 7. 운동선수용 혼합미(곡) 1차 전임상 동물시험

### 가. 재료 및 방법

#### (1) 재료

운동선수용 혼합미(곡) 전임상 동물시험에서 사용한 재료는 2010년 주관기관에서 선정한 곡물들로 표 3-5-51과 같다.

이와 같이 제공된 혼합미(곡)을 이용하여 전임상 시험을 실시하였다.

표 3-5-51. 운동선수용 혼합미(곡) 재료

조합	곡물		Kcal 에너지	일반성분(g)				결사슬 아미노산(mg)		
	곡물종류	합량		탄수 화물	단백 질	지방	식이섬유	루신	이소 루신	발린
조합 1	통밀	70	256.2	46.62	10.78	2.94	6.23	1.344	0.742	1.12
	노란콩	10	40	2.57	3.62	1.78	1.71	230.8	150.9	155.7
	땅콩	10	53.4	1.7	2.48	4.52	0.774	168.9	94.3	105.9
	쌀배아	10	24.7	4.7	2.79	0.97	1.43	180	96	150
	<b>합계</b>	<b>100</b>	<b>374.3</b>	<b>55.59</b>	<b>19.67</b>	<b>10.21</b>	<b>10.14</b>	<b>581</b>	<b>341.9</b>	<b>412.7</b>
조합 2	찰보리	70	246.4	54.32	7.21	0.77	6.44	457.8	156.1	247.8
	노란콩	10	40	2.57	3.62	1.78	1.71	230.8	150.9	155.7
	땅콩	10	53.4	1.7	2.48	4.52	0.774	168.9	94.3	105.9
	옥수수 배아	10	24.7	4.7	2.79	0.97	1.43	180	96	150
	<b>합계</b>	<b>100</b>	<b>364.5</b>	<b>63.29</b>	<b>16.1</b>	<b>8.04</b>	<b>10.354</b>	<b>1038</b>	<b>497.3</b>	<b>659.4</b>
조합 3	거대배아 현미	70	255.5	57.204	4.669	0.882	4.907	1.953	0.987	1.6
	노란콩	10	40	2.57	3.62	1.78	1.71	230.8	150.9	155.7
	땅콩	10	53.4	1.7	2.48	4.52	0.774	168.9	94.3	105.9
	밀배아	10	24.7	4.7	2.79	0.97	1.43	180	96	150
	<b>합계</b>	<b>100</b>	<b>373.6</b>	<b>66.174</b>	<b>13.56</b>	<b>8.152</b>	<b>8.821</b>	<b>581.7</b>	<b>342.2</b>	<b>413.2</b>
조합 4	쌀보리	25	246.4	54.32	7.21	0.77	6.44	457.8	156.1	247.8
	현미	25		75.9	8.3	2.8	1			
	메조	20		69.5	10.4	4.7	1.7			
	노란콩	10	40	2.57	3.62	1.78	1.71	230.8	150.9	155.7
	땅콩	10	53.4	1.7	2.48	4.52	0.774	168.9	94.3	105.9
	밀배아	10	24.7	4.7	2.79	0.97	1.43	180	96	150
<b>합계</b>	<b>100</b>	<b>364.5</b>	<b>208.69</b>	<b>34.8</b>	<b>15.54</b>	<b>13.054</b>	<b>1038</b>	<b>497.3</b>	<b>659.4</b>	
Neg control	백미	100	353	77.9	6	0.7	0.83	641	288	278

#### (2) 사료 조합비

- 혼합미(곡) = 30g (두당 1일 사료 예상 섭취량) x 10두 x 28일(실험기간) = 8400g

-> 각 군당 : 총 9kg 소요 예상

- 1회 사료 제조량 : 30g x 10두 x 10일 = 3000g à 3kg

재가공 시 전주 원광제분소에 의뢰하여 전체 곡류를 사료와 혼합, 마쇄한 뒤 60도에서 4시간 건조시켜 환의 형태로 재가공(표3-5-52)하여 자율섭식 시켰다.

표 3-5-52. 운동선수용 혼합미(곡)과 일반 사료의 조합비

조합1					조합2				
사료 종류	총 소요예상 사료무게 (kg)	1회 사료 배합량 (kg)	배합 비 (%)	하루 예상 섭취량 (g)	사료 종류	총 소요 예상 사료 무게 (kg)	1회 사료 배합량 (%)	배합 비 (%)	하루 예상 섭취량 (g)
일반 사료	1.8	0.6	20	6	일반 사료	1.84	0.6	20	6
통밀	5.04	1.68	56	16.8	찰보리	5.04	1.68	56	16.8
노란콩	0.72	0.24	8	2.4	노란콩	0.72	0.24	8	2.4
땅콩	0.72	0.24	8	2.4	땅콩	0.72	0.24	8	2.4
쌀배아	0.72	0.24	8	2.4	옥수수 배아	0.72	0.24	8	2.4
총 무게	9	3	100	30	총 무게	9	3	100	30
조합3					조합4				
사료 종류	총 소요예상 사료무게 (kg)	1회 사료 배합량 (kg)	배합 비 (%)	하루 예상 섭취량 (g)	사료 종류	총 소요 예상 사료 무게 (kg)	1회 사료 배합량 (kg)	배합 비 (%)	하루 예상 섭취량 (g)
일반 사료	1.8	0.6	20	6	일반 사료	1.8	0.6	20	6
거대배 아현미	5.04	1.68	56	16.8	쌀보리	1.8	0.6	20	6
노란콩	0.72	0.24	8	2.4	현미	1.8	0.6	20	6
땅콩	0.72	0.24	8	2.4	조	1.44	0.48	16	4.8
밀배아	0.72	0.24	8	2.4	노란콩	0.72	0.24	8	2.4
					땅콩	0.72	0.24	8	2.4
					밀배아	0.72	0.24	8	2.4
총 무게	9	3	100	30	총 무게	9	3	100	30

(3) 사용동물 및 환경 조건

(가) 사용동물

- 종 및 계통: Sprague-Dawley rat
- 구입처 및 생산자: (주)샘타코 BIO KOREA
- 시험계 선정이유: SD rat는 효능평가 및 독성시험에 적당한 동물로서 효능평가에 널리 사용되고 있다. 본 계통의 랫트는 풍부한 시험기초 자료가 축적되어 있어서, 시험결과의 해석 및 평가 시에 이러한 자료를 이용하는 것이 가능하다.

- 구입 시 주령(성별) 및 체중범위: SD rat, Male, 6주령 160-190g
- 시험물질 투여 시 주령(성별) 및 체중범위: SD rat, Male, 7주령, 210-240 g

(나) 환경조건

- 사육상자(종류 및 크기) 및 사육동물 수: 폴리설폰 사육상자에 5마리씩 수용
- 온도: 22±2°C
- 습도: 50± 5%
- 환기횟수: 10회/시간, 전배기방식
- 조명시간 및 명암주기: 12 hr 점등/12 hr 소등(오전 7시~오후 7시 조명)
- 조도: 150 ~ 300 lux

(다) 사료 및 음수의 공급

사료가 배합된 고품사료 (샘타코㈜, 경기도 오산시 서량동 77-1)와 필터 및 자외선살균기로 여과 살균된 정제수를 자유롭게 섭취하도록 하였다.

(4) 시험군의 구성

운동선수용 혼합미(곡)의 동물실험을 위한 시험군의 구성은 표 3-5-53과 같다.

표 3-5-53. 운동선수용 혼합미(곡) 시험군

시험군	수컷
1. nor-con (AIN-93 일반사료 100%)	10
2. neg-con (AIN-93 일반사료 20%+ 백미 80%)	10
3. 조합1 (AIN-93 일반사료 20%+ 조합 1, 80%)	10
4. 조합2 (AIN-93 일반사료 20%+ 조합 2, 80%)	10
5. 조합3 (AIN-93 일반사료 20%+ 조합 3, 80%)	10
6. 조합4 (AIN-93 일반사료 20%+ 조합 4, 80%)	10
<b>총 6군(60두)</b>	<b>60</b>

(5) 시험방법

(가) 사료섭취량 측정

각 성분별로 조합된 사료를 자율급식 시켰으며 주 1회 일정량의 사료를 급여 후 익일 잔량을 측정하여 케이지 당 5두로 나누어 일일 사료섭취량을 측정하였다.

(나)음수 급여

일정량의 음수를 급여 후 익일 잔량을 측정하여 케이지 당 5로 나누어 주 1회 일일 음수섭취량을 측정하였다.

(다) 운동 방법 및 탈진까지의 측정법

Treadmill 법을 이용하여 1주 10m/min, 10°, 10min

2주 15m/min, 12°, 15min

3주 20m/min, 14°, 20min

4주 25m/min, 15°, 25min

개체 당 주 4회 운동을 시켰으며, 주 단위별로 경사도와 운동시간을 늘임으로써 운동량을 증가시켰다(그림 3-5-25). 탈진에 대한 최종 판정은 Tread mill의 기저부에서 머무는 동안 3번의 전기 자극에도 반응하지 않을 시 탈진으로 간주하여 총 주행시간을 기록한 뒤 Ether 마취 후 희생하여 복대정맥에서 채혈 하여 3000 rpm으로 15분간 원심분리 하여 혈청을 취하였으며, 간과 양측 가자미근을 절개하여 분석 시까지 -80도 Deep freezer에 보관하였다.

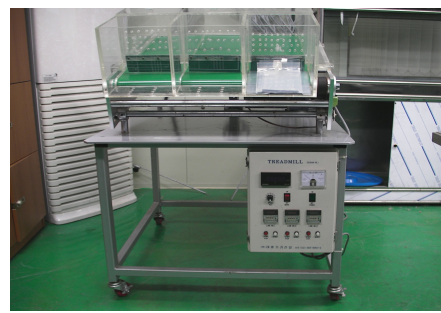
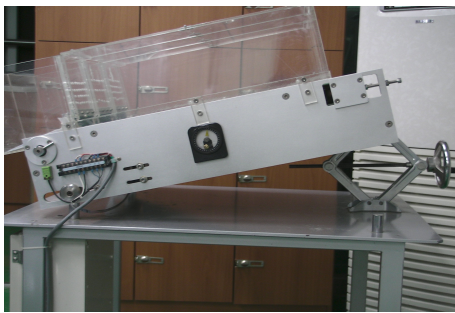


그림 3-5-25. Treadmill

(라) 혈청 중 Glucose, Lactic acid, Lactate Dehydrogenase, Creatinin Phosphokinase 분석 분리된 혈청은 (재)UB 의학연구소에 의뢰하여 자동분석기로 측정하였다.

(마) 간 및 근육의 Biomarker의 분석

① 효소원 및 시료의 제조

조직 마쇄균질액으로는 Mini Protease inhibitor가 포함된 Complete Lysis-M buffer (Roche, Germany)을 사용하여 조직 0.2g당 1ml의 용액을 가하여 Ultra-Turrax(IKA T10 basic, Germany)로 마쇄 하여 균질액을 만들었다. 이 마쇄 균질액을 냉장원심분리기(Hanil Micro 17R, Korea)로 12,000rpm, 4°C로 10분간 원심 분리한 다음 상등액을 취하여 이것을 Lactate dehydrogenase, Creatine Kinase, lactate, glycogen, 의 측정원으로 사용하였다.

② 조직에서의 각 성분 함량 및 활성 측정

조직의 lactate의 측정은 Lactate Assay Kit II (BioVision, USA)을 사용하여 제조회사의 권

장방법에 따라 lactate양을 측정하였다. 흡수파장은 450nm에서 측정하였으며, 표준 검량 곡선과 비교하여 조직 g당 lactate양을 ng으로 표시하였다. Glycogen 함량은 Glycogen Assay Kit (BioVision, USA)을 사용하여 570nm의 흡수파장에서 측정하였다.

효소의 활성측정을 위하여 먼저 Lactate dehydrogenase의 활성은 LDH-Cytotoxicity Assay Kit II (BioVision, USA)을 사용하여 450nm파장에서 제조회사의 권장방법에 따라 측정하였으며, Creatine Kinase 활성은 EnzyChrom™ Creatine Kinase Assay kit (BioAssay Systems, USA)을 사용하여 340nm에서 측정하였다.

## 나. 결과

### (1) 체중의 변화

총 4주간의 주 4회 운동을 적용시키면서 각 조합별 사료를 섭취 시킨 결과 실험식이 2주차부터 체중의 변화가 유의적으로 관찰되었으며, 최종 4주차 체중은 AIN-93일반 사료를 섭취한 정상대조군 307±16.5g에 비하여 조합 1(286±20.7g), 조합 2(284±16.1g), 조합 3(277±11.2g), 조합 4(263±24.8g)에서 유의적인 감소를 나타내었다(표 3-5-54).

표 3-5-54. 체중의 변화

Weeks	Normal	Negative	조합 1	조합 2	조합 3	조합 4
0	211±8.1	213±10	208±11.4	209±6.8	207±7.13	209±7.49
1	244±10.6	229±10.6	232±13.5	236±9.34	227±11.9	221±7.91
2	267±10.5 <sup>a</sup>	250±13.2 <sup>b</sup>	252±15.7 <sup>b</sup>	252±10.1 <sup>b</sup>	242±9.31 <sup>bc</sup>	230±20.8 <sup>c</sup>
3	283±15.7 <sup>a</sup>	278±13.9 <sup>b</sup>	273±16.3 <sup>bc</sup>	271±10.7 <sup>bc</sup>	263±9.69 <sup>c</sup>	250±22.2 <sup>c</sup>
4	307±16.5 <sup>a</sup>	292±28.3 <sup>ab</sup>	286±20.7 <sup>b</sup>	284±16.1 <sup>bc</sup>	277±11.2 <sup>bc</sup>	263±24.8 <sup>c</sup>

a,b,c : Significantly different from group(p<0.05, mean±SD, n=10)

nor : Normal control : AIN-93 normal feed

neg : Negative control : AIN-93 normal feed(20%) + 백미(80%)

조합 1 : AIN-93 normal feed(20%) + 조합 1 (80%)

조합 2 : AIN-93 normal feed(20%) + 조합 2 (80%)

조합 3 : AIN-93 normal feed(20%) + 조합 3 (80%)

조합 4 : AIN-93 normal feed(20%) + 조합 4 (80%)

### (2) 총 운동시간의 측정

총 운동시간을 측정한 결과는 표3-5-55와 같다.

총 4주간의 반복 운동과 실험식을 급여한 뒤 최종일에 탈진 시까지 treadmill에 운동을 한 시간은 정상대조군에서 34.12±1.27분에 비하여 백미만이 첨가된 음성대조군 29.71±2.79분으로써 유의적으로 감소하였으며, 곡류를 종류별로 혼합식으로 급여한 군인 조합 1(44.91±4.06분), 조합 2(44.15±4.06분), 조합 3(48.68±8.33분), 조합 4(47.74±7.06분)는 증가하는 경향을 나타내었다.

표 3-5-55. 총 운동시간

Treadmill running time (mean±SE, n=7)						
	Normal	Negative	조합 1	조합 2	조합 3	조합 4
Time(min)	34.12±1.27	29.71±2.79	44.91±4.55	44.15±4.06	48.68±8.33	47.74±7.06

(3) 혈중 Biomarker

혈중 Biomarker는 glucose, Lactic acid, creatine phosphokinase로서 분석 결과는 그림 3-5-26과 같다.

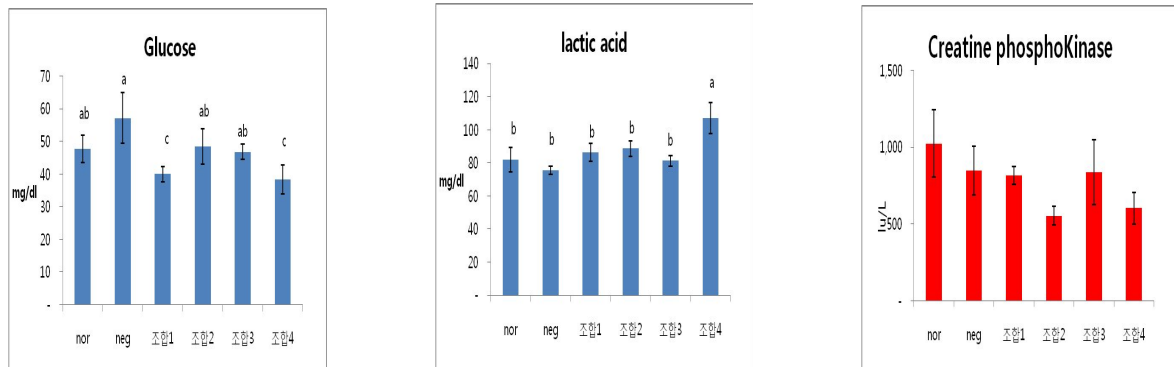


그림 3-5-26. 혈중 Biomarker

(가) 혈중 glucose 의 농도

혈중 포도당의 농도가 감소하면 피로감을 느끼게 되며 지구력운동 수행능력을 저해하는 결과가 초래된다. 탈진까지의 운동 후에 희생하여 혈당을 측정한 결과(표3-5-56), 음성대조군은 57±7.74mg/dl 이었으며 특히 조합 1(40±2.4mg/dl), 조합 4(38±4.36mg/dl)에서 혈중 glucose가 가장 낮은 수치를 나타내었다. 통계적인 유의성은 없었으나 사후 검정비교에서 그룹간의 차이를 보였는데 이는 운동시간에 비례하여 유산소 운동의 결과로 포도당이 에너지로 사용되었다고 판단된다.

표 3-5-56. 혈중 glucose 농도

	Normal	Negative	조합 1	조합 2	조합 3	조합 4
Glucose(mh/dl)	48±4.22	57±7.74	40±2.4	48±5.4	47±2.31	38±4.36

(나) 혈중 Lactic acid 농도

해당작용과 TCA 회로의 대사적 연계가 당량비로 진행되지 못하고 해당작용이 상대적으로 활발한 상황 또는 세포에서 요구되는 산소량보다 산소공급이 부족한 상황에서 근육 내에 젖산이 생성된다. 고강도 운동 시 산소 공급량이 근육의 산소 소모량에 미치지 못하는 경우 근육조직의 젖산농도가 증가하게 되고, 이때 생성된 젖산은 혈액으로 확산되어 심장 및 간에서 처리가 된다.



본 실험에서 혈액내의 젖산의 함량을 분석한 결과 표3-5-7을 살펴보면, 음성대조군 (75±2.54mg/dl)에 비해 운동시간에 비례하여 조합 4 (107±9.49mg/dl)가 유의적으로 증가하였다. 반면 운동시간이 길었음에도 불구하고 조합 2(89±4.69mg/dl), 조합 3(81±3.26mg/dl)은 그룹간의 유의적인 차이는 없었다. 조합 2, 조합 3은 음성대조군에 비하여 30-40%의 운동시간 증가량이 있었음에도 불구하고 오히려 젖산의 증가량이 낮은 것은 간 기능이 향상되어 젖산이 제거되었거나 유산소운동의 증진이 있어 젖산 생성이 감소되었을 가능성을 생각할 수 있다.

표 3-5-57. 혈중 Lactic acid

	Normal	Negative	조합 1	조합 2	조합 3	조합 4
Lactic acid (mg/dl)	82±7.32 <sup>b</sup>	75±2.54 <sup>b</sup>	86±5.37 <sup>b</sup>	89±4.69 <sup>b</sup>	81±3.26 <sup>b</sup>	107±9.49 <sup>a</sup>

a,b,c : Significantly different from group(p<0.05)

(다) 혈중 creatine phosphokinase

혈중 creatine phosphokinase를 분석한 결과는 표 3-5-58과 같다.

creatine phosphokinase 는 운동 중인 근육세포에서 무산소시 ATP 재합성 (ADP와 phosphocreatine으로부터 ATP를 합성하는 과정)에 필요한 creatinine phosphate의 합성을 촉매하는 효소로서 운동 시 산소 공급이 원활하지 않으면 혈중 CK는 증가하게 되는데 본 실험에서 그룹간의 유의적인 차이는 없었으나 운동시간에 비례하여 조합 3이 증가하는 경향을 보였다. 이는 체내 에너지 저장량이 증가하여 혈장 내 creatine phosphokinase 의 증가로 근육세포에 저장되어 있는 creatinine phosphate를 분해해서 운동에너지로 사용되었을 가능성을 생각할 수 있다.

표 3-5-58. 혈중 creatine phosphokinase

	Normal	Negative	조합 1	조합 2	조합 3	조합 4
CK (IU/L)	1,024±219.29	848±159.18	815±60.08	553±59.65	836±210.09	604±103.04

(라) 간 및 근육의 Biomarker

① Glycogen

근육에 저장된 glycogen은 고강도의 지구력 운동 시 가장 주요한 에너지원이 되며, 따라서 운동 후 회복기간 동안 근육 내에 glycogen을 효율적으로 재충전 시키는 것은 다음 번 경기력의 향상을 위해 중요한 요인이 된다.

본 실험에서는 표 3-5-59와 같이 1차적으로 근육 내에 저장된 glycogen이 먼저 에너지로 소모되었으며 이후로 간에 있는 glycogen이 소모되는 양상을 관찰할 수 있었다. 그룹 간 유의적인 차이는 없었으나 운동을 하지 않은 정상대조군에 비하여 탄수화물의 함량을 증가시킨 실험식 그룹에서 간 내 glycogen의 저장량은 높은 경향을 보였다. 또한 운동시간이 음성대조군에

비해 길었던 조합 4에서 glycogen 저장량이 더 높은 것은 그만큼 glycogen의 저장량을 늘릴 수 있었던 것으로 사료된다.

**표 3-5-59. 간과 비복근의 Glycegen**

ug/ul	Liver	Gastrocnmius muscle
Normal	17.61±2.98	0.95±0.28
Negative	28.58±5.85	1.01±0.23
조합 1	24.53±5.24	0.61±0.18
조합 2	22.59±4.07	0.73±0.24
조합 3	24.16±4.74	0.94±0.31
조합 4	30.41±5.08	1.07±0.38

② 근육 Lactic acid

해당작용과 TCA 회로의 대사적 연계가 당량비로 진행되지 못하고 해당작용이 상대적으로 활발한 상황 또는 세포에서 요구되는 산소량보다 산소공급이 부족한 상황에서 근육 내에 젖산이 생성된다. 젖산이 체내에 축적되면 체내 산성화가 초래되어 운동 중 당질대사에 관여하는 phophorylase 활성이 저해되고 결과적으로 무 산소 상태에서 운동에너지의 급원이 되는 glucose 신생이 억제된다.

본 실험에서도 그룹 간 유의적인 차이는 없었으나 운동시간에 비례하여 조합 2, 3, 4 군에서 젖산이 근육 내에 축적되는 것을 관찰할 수 있었다(표3-5-60). 그러나 이는 glycogen의 저장량이 비교적 많았으므로 운동시간이 연장된 것에 비례하여 생각할 수 있다.

**표 3-5-60. 비복근의 Lactic acid**

(nmol/g)	Normal	Negative	조합 1	조합 2	조합 3	조합 4
Lactic acid	148±28.41	113.02±15.74	97.49±19.55	138.01±24.42	122.83±27.72	132.59±25.56

③ 근육 Lactate dehydrogenase (LDH)

Lactate dehydrogenase 는 무 산소 상태에서 pyruvate로부터 lactate 생성을 촉매 하는 효소로서 고강도 운동 시 그 활성이 증가되며, 근육 피로에 있어서 중요한 인자로 알려져 있다. 과격한 운동을 할 경우 과량의 pyruvate가 생성되어 젖산 형성이 촉진되고 pyruvate를 젖산으로 전환시키는 과정을 촉매 하는 LDH 활성이 증가하게 된다. 본 실험에서도 젖산의 생성에 비례하여 LDH의 활성도 증가하였다(표3-5-61).

표 3-5-61. 비복근의 Lactate dehydrogenase (LDH)

	Normal	Negative	조합 1	조합 2	조합 3	조합 4
LDH (U/g)	5.94±1.05	4.56±0.37	5.02±1.02	4.69±0.42	5.45±0.94	4.47±0.69

다. 고찰 및 결론

한국인은 채식 위주의 전통적인 식습관으로 인하여 서구인에 비해 많은 양의 식이섬유를 섭취하고 있을 것으로 생각되나 1969-1990년 국민영양조사 보고서의 “식품별 1인당 1일당 섭취량” 자료와 일본인 상용 식품 분석치를 토대로 한 보고 결과에 따르면 우리나라 사람들의 1일 평균 식이섬유 섭취량은 1969년 전국 평균 24.4g 에서 소폭의 증감을 되풀이하여 점차적인 감소를 보이다가 1987년 큰 폭으로 감소하여 1990년 17.3g으로 떨어져 20년간 약 30%의 섭취감소를 보인 것으로 보고되었다.

탄수화물의 주요 기능은 신체활동에 필요한 에너지를 공급하는 것으로 근육수축 뿐만 아니라 다른 형태의 생물학적인 일에도 사용되며 이를 위해 혈당, 포도당 및 근육이나 간에 저장된 glycogen이 있다. 탄수화물은 운동 시 지구력을 위해 중요할 뿐만 아니라 훈련 후 에너지 유지를 위해서도 필요하다.

활동적인 사람은 1일 소비 열량의 60~65%정도를 탄수화물로부터 섭취해야 하며, 특히 지구력을 필요로 하는 운동선수들은 65~70% 정도를 탄수화물로 섭취해야 한다.

본 실험에 사용된 곡류들의 조합을 살펴보면 백미는 세계 대부분의 지역에서 중요한 기본 식량자원이고 안정성과 소비자 기호에 따른 이유로 전통적으로 도정된 백미의 형태로 생산, 소비되어 왔다.

쌀은 왕겨만을 제거한 현미의 형태로 저장시키며 이 현미의 쌀겨와 쌀눈을 포함한 전체 무게의 약 8%를 도정하면 백미가 된다. 쌀겨층의 제거는 상당한 영양소의 손실을 가져오는데 지방, 단백질, 무기질, 비타민, 비전분 다당류와 같은 영양소가 소실된다.

현미는 다양한 비타민, 무기질-나이아신, 비타민 B<sub>6</sub>, 마그네슘, 망간, 인, 셀레늄, 비타민E를 포함하고 있다. 현미는 소량의 단백질을 포함하지만 백미에 비해서는 상대적으로 제한 아미노산인 lycine의 수준이 높아 그 질이 좋다. 이 현미를 정백미로 도정할 때 생기는 쌀겨에는 혈중 콜레스테롤을 낮춰주는 작용을 가지고 있는 것으로 알려진 오리자놀, 단백질, 사이토스테론, 식이섬유 성분들이 함유되어있다.

보리는 오랫동안 우리의 주곡작물로서 쌀과 더불어 식량의 주축이 되어 왔으나, 최근 식생활의 변화로 소비량이 급격히 감소하고 있는 실정이다. 보리는 특히 식이섬유인 β-glucan의 함량이 높아 체내 혈중 콜레스테롤 수치를 저하시킴으로써 심장질환을 예방할 뿐만 아니라 체지방의 축적을 억제하여 비만에 수반되는 증상을 완화하는 등 성인병의 예방에 탁월한 효과가 있는 것으로 알려져 있다.

특히 찰보리는 메보리 보다  $\beta$ -glucan의 함량이 많아서 성인병 예방에 더 효과적인 건강식품으로서의 가능성을 보여준다고 한다.

비타민은 인체 내 탄수화물, 지방, 단백질의 대사 및 적혈구 조성, 산화·환원반응 및 생리적 반응을 조절하는 역할을 한다. 비타민B군이 결핍되었을 때 비타민 B군을 보충해 주면 지구력에 영향을 주어 운동수행능력이 향상된다.

본 실험에서 탄수화물을 많이 함유하는 곡류의 선택에 있어서 같은 열량의 탄수화물을 함유하더라도 비타민 그룹이 많이 함유된 곡류를 위주로 선택한 경우 같은 열량을 소모하더라도 보다 그 작용을 촉진할 수 있게끔 조합을 이루었다.

또한 3대 에너지원중 하나인 단백질은 효소의 구성, 면역 시스템을 위한 항체의 공급 이외에도 헤모글로빈(hemoglobin), 미오글로빈(myoglobin)과 같이 산소를 체조직에 운반하는 작용에 관여하여 운동수행능력에 영향을 준다.

운동하는 동안에 일부 아미노산의 분해가 일어나지만, 단백질은 운동 시 열량으로는 잘 쓰이지 않는다. 그러므로 열량의 10~15% 이상의 단백질 섭취는 운동을 위한 열량공급으로는 필요하지 않다. 단백질 요구량은 열량섭취량, 훈련정도, 훈련강도에 따라 다르다.

근육의 에너지 대사는 운동에 의해 현저하게 증가하여 주요 에너지원인 당질, 지방 및 단백질·아미노산의 대사가 촉진된다. 또한 골격근 조직은 운동에 의해 손상되며 그 복원 시 단백질 합성과 에너지 대사는 항진되어 아미노산의 이용은 증가한다. 이와 같이 운동은 단백질·아미노산 대사에 큰 영향을 미친다.

단백질을 구성하는 필수 아미노산 중에서 Valine, Leucine, Isoleucine은 BCAA(Branched-Chain Amino Acid)로서 음식으로 이들을 섭취해야 하는데 본 실험에 사용된 곡류 중 노란콩과 땅콩에는 이러한 결사슬 아미노산이 풍부하게 함유되어 있다.

또한 지구력에 대표 격인 마라토너의 식이요법을 참고로 하자면 국내 마라토너들은 'glycogen loading(글리코겐 로딩법)'을 많이 이용한다. glycogen loading(글리코겐 로딩)은 카보로딩(cabo loading)으로도 불리며 시합 전 5-6일간에 걸쳐 시행하는데 최초 2-4일간은 탄수화물 식단을 제외한 고지방, 고단백 식으로 전환시키고 식이요법 1일전부터 고강 지속주 훈련을 실시하여 체내 glycogen을 완전히 고갈시킨다. 그 후 시합 전 2-3일간 고탄수화물식으로 전환시켜 경기 당일 레이스 직전 식사까지 탄수화물 중심으로 섭취를 하여 체내에 glycogen을 두 배 이상 저장시키는 방법이다. 이 글리코겐 로딩법의 기본원리는 glycogen을 합성하는 물질의 활성이 glycogen을 극도로 감소시킴으로서 상승된다는 것에 있다. 즉 연료가 많을수록 더 오래 달릴 수 있는 자동차의 연료원리와 동일하다고 할 수 있다.

본 실험은 대표적인 유산소 운동으로서 지구력 증가를 위한 혼합미(곡) 식이의 비율 조절의 기준에 있어서도 근육의 피로도를 얼마나 낮출 수 있느냐에 문제보다는 운동 강도의 증가와 더불어 체내 glycogen을 더 저장할 수 있는 방법과 저장된 glycogen이 효율적으로 대사가 될 수 있도록 비타민 등이 많이 함유된 곡류를 첨가하여 곡류를 선정하였다.

그 결과로 실험쥐의 정상 식이인 AIN-93로 급여한 정상대조군에 비하여 백미만을 급여한 음성대조군은 운동시간이 감소하였으며, 비슷한 열량의 곡류라도 비타민군이 다량 함유된 곡류와 결사슬아미노산이 함량이 높은 노란콩과 땅콩을 혼합하여 제조된 식이군이 급여 2주차부터 체중의 증가량이 유의적으로 감소하였고 운동 주행시간에 있어서는 그룹간의 유의적인 차이를 나타내지는 못했으나 음성대조군에 비하여 30-40% 정도 운동시간이 증가하였다.

근육의 피로도등을 나타내는 마커에서는 유의적인 차이를 보이지는 않았으나, 혼합미(곡)의 식이가 불필요한 체지방을 줄여주며, glycogen 저장량을 늘려주어 이를 효율적으로 이용한 결과라 예측할 수 있다.

그러므로 향후 지구력 증가에 관한 혼합미(곡) 식이의 개발에서는 혈중과 근육의 피로도의 분석보다는 해당과정에 관한 바이오마커 등을 분석하여 에너지 대사가 좀 더 효율적으로 이루어질 수 있음을 분석한다면 유의한 결과를 얻을 수 있을 가능성을 제시하였다.

## 8. 운동선수용 혼합미(곡) 2차 전임상 동물시험

### 가. 재료 및 방법

#### (1) 재료

운동선수용 혼합미(곡) 전임상 동물시험에서 사용한 재료는 1차 시험에서와 마찬가지로 2010년 주관기관에서 선정한 곡물들로 사용한 재료는 표 3-5-51(p.195)과 같다.

#### (2) 사료 배합비

- 혼합곡 = 30g(두당 1일 사료 예상 섭취량) x 7두 x 28일(실험기간) = 5,880g  
-> 각 군당 : 총 7kg 소요예상
- 가공 시 전주 원광제분소에 의뢰하여 전체 곡류를 사료와 혼합, 마쇄한 뒤 60도에서 4시간 건조시켜 환의 형태로 재가공(표 3-5-61 참조)하여 자율섭식 시켰다.

표 3-5-61. 2차 시험을 위한 운동선수용 혼합미(곡)과 일반 사료의 조합비

조합1				조합2			
사료종류	총 소요예상 사료무게(kg)	배합비	하루예상 섭취량	사료종류	총 소요예상 사료무게(kg)	배합비	하루예상 섭취량
일반사료	1.4kg	20%	6g	일반사료	1.4kg	20%	6g
통밀	3.92kg	56%	16.8g	찰보리	3.92kg	56%	16.8g
노란콩	0.56kg	8%	2.4g	노란콩	0.56kg	8%	2.4g
땅콩	0.56kg	8%	2.4g	땅콩	0.56kg	8%	2.4g
밀배아	0.56kg	8%	2.4g	옥수수 배아	0.56kg	8%	2.4g
총 무게	7kg	100%	30g	총 무게	7kg	100%	30g
조합3				조합4			
사료 종류	총 소요예상 사료무게(kg)	배합비	하루예상섭 취량	사료 종류	총 소요예상 사료무게(kg)	배합비	하루예상 섭취량
일반사료	1.4kg	20%	6g	일반사료	1.4kg	20%	6g
거대배아 현미	3.92kg	56%	16.8g	쌀보리	1.4kg	20%	6g
노란콩	0.56kg	8%	2.4g	현미	1.4kg	20%	6g
땅콩	0.56kg	8%	2.4g	조	1.12kg	16%	4.8g
밀배아	0.56kg	8%	2.4g	노란콩	0.56kg	8%	2.4g
				땅콩	0.56kg	8%	2.4g
				밀배아	0.56kg	8%	2.4g
총 무게	7kg	100%	30g	총 무게	7kg	100%	30g

#### (3) 사용동물과 환경조건

(가) 사용동물

- 종 및 계통: Sprague-Dawley rat
- 구입처 및 생산자: (주)샘타코 BIO KOREA
- 시험계 선정이유: SD rat는 효능평가 및 독성시험에 적당한 동물로서 효능평가에 널리 사용되고 있다. 본 계통의 랫트는 풍부한 시험 기초자료가 축적되어 있어서, 시험결과의 해석 및 평가 시에 이러한 자료를 이용하는 것이 가능하다.
- 구입 시 주령(성별) 및 체중범위: SD rat, Male, 6주령 160-190g
- 시험물질 투여 시 주령(성별) 및 체중범위: SD rat, Male 7주령, 210-240 g

(나) 환경조건

- 사육 상자(종류 및 크기) 및 사육 동물 수: 폴리설폰 사육 상자에 3~4마리씩 수용.
- 온도: 22±2℃
- 습도: 50± 5%
- 환기횟수: 10회/시간, 전배기방식
- 조명시간 및 명암주기 12 hr 점등/12 hr 소등(오전 7시~오후 7시 조명)
- 조도: 150 ~ 300 lux

(다) 사료 및 음수의 공급

사료가 배합된 고품사료 (샘타코(주), 경기도 오산시 서량동 77-1)와 필터 및 자외선살균기로 여과 살균된 정제수를 자유롭게 섭취하도록 하였다.

(4) 시험군의 구성

운동선수용 혼합미(곡)의 동물시험을 위한 시험군의 구성은 표 3-5-62와 같다.

표 3-5-62. 운동선수용 혼합미(곡) 시험군

시험군	수컷
1. nor-con (AIN-93 일반사료 100%)	7
2. neg-con (AIN-93 일반사료 20% + 백미 80%)	7
3. 조합1 (AIN-93 일반사료 20% + 조합 1, 80%)	7
4. 조합2 (AIN-93 일반사료 20% + 조합 2, 80%)	7
5. 조합3 (AIN-93 일반사료 20% + 조합 3, 80%)	7
6. 조합4 (AIN-93 일반사료 20% + 조합 4, 80%)	7
<b>총 6군 (42두)</b>	<b>42</b>

(5) 시험방법

(가) 사료섭취량 측정

각 성분별로 조합된 사료를 자율급식 시켰으며 주 1회 일정량의 사료를 급여 후 익일 잔량을 측정하여 케이지 당 사육두수로 나누어 일일 사료섭취량을 측정하였다.

(나) 음수 급여

일정량의 음수를 급여 후 익일 잔량을 측정하여 케이지 당 사육두수로 나누어 주 1회 일일 음수섭취량을 측정하였다.

(다) 운동 방법 및 탈진까지의 측정법

- Treadmill 법을 이용하여 1주 15m/min, 10°, 10min  
2주 20m/min, 12°, 15min  
3주 25m/min, 14°, 20min  
4주 1회 차 탈진 시까지 운동  
2회 차 25m/min, 14°, 25min

상기 표와 같이 개체 당 3주차까지 주당 3회 운동을 시켰으며, 주 단위별로 경사도와 운동시간을 늘임으로써 운동량을 증가시켰으며, 글리코겐 로딩법을 적용하여 체내 글리코겐의 저장능력을 비교하기 위하여 4주차 첫 회에는 탈진 시까지 Tread mill에 운동을 적용하여 총 주행시간을 측정한 뒤 즉시 안와정맥총을 이용하여 채혈, 혈액 내 피로 바이오마커를 분석하였다, 탈진에 대한 최종 판정은 Tread mill의 기저부에서 머무는 동안 3번의 전기 자극에도 반응하지 않을 시 탈진으로 간주하여 총 주행시간을 기록한다. 바로 Ether 마취 후 안와정맥총에서 채혈하였다. 4주 2회 차에서는 같은 운동시간을 적용하여 25m/min, 경사도 14°로 운동시킨 후 Ether 마취 후 양측 가자미근을 절개하고, 개복 후 간 조직을 일부 샘플 채취 후 복대정맥에서 채혈하여 3000 rpm으로 15분간 원심분리 하여 혈청을 분리하였다. 모든 시료는 분석 시까지 -80도 Deep freezer에 보관하였다.

(라) 혈청 중 Glucose, GOT, GPT, Lactic acid, Inorganic phosphorus, Creatine phosphokinase 분석

탈진 후 안와정맥총에서 채혈한 후 분리된 혈청과 희생 후 복대정맥에서 채혈 한 후 분리한 혈청을 (재)UB 의학연구소에 의뢰하여 자동분석기로 측정하였다.

(마) 간 및 근육의 Bio marker의 분석

① 효소원 및 시료의 제조

간과 근육의 glycogen은 조직 10mg을 1차 증류수에 넣고 5분간 homogenize 시켜 효소를 비활성화 시킨 후 13,000rpm 5분간 원심분리한 후 상층액을 취한 후 검사시료로 사용하였다. 근육 내 lactate dehydrogenase의 검사샘플은 조직 0.1g을 kit내 cold assay buffer로 homogenize 시킨 후 4°C 10,000g에서 15분간 원심분리한 후 상층액을 취하여 냉장실에 보관하여 사용하였다. Lactate 검사는 kit내 assay buffer를 가한 후 homogenize 시킨 후 원심분리 하여 상층액을 검사에 사용하였다.

② 조직에서의 각 성분 함량 및 활성 측정

조직의 lactate의 측정은 Lactate Assay Kit II (BioVision, USA)을 사용하여 제조회사의 권장방법에 따라 lactate양을 측정하였다. 흡수파장은 450nm에서 측정하였으며, Glycogen 함량은 Glycogen Assay Kit (BioVision, USA)을 사용하여 570nm의 흡수파장에서 측정하였다.



Lactate dehydrogenase의 활성은 LDH quantification assay Kit(BioVision, USA)을 사용하여 450nm파장에서 제조회사의 권장방법에 따라 측정하였다.

**(6) 통계처리**

실험결과의 그룹 간 유의성 검정은 One-way ANOVA((SPSS V12. USA) Duncan 사후검정) 비교를 실시하여 p value 가 0.05 미만일 때 유의한 것으로 판정하였다.

**나. 결과**

**(1) 체중의 변화**

총 4주간의 주 4회 운동을 적용시키면서 각 조합별 사료를 섭취 시킨 결과는 3주차부터 체중 증가에 유의적인 차이가 나타났는데 AIN-93 일반사료만을 섭취한 정상대조군 (307±16.5g)과 백미를 급여한 음성대조군(323±38g)에 비하여 혼합곡 조합 4(317±16.3g)의 체중 증가량이 적었다(표 3-5-63).

이는 혼합곡의 급여가 불필요한 지방의 증가를 억제할 수 있음을 확인하였다.

**표 3-5-63. 체중의 변화**

weeks	Normal	Negative	조합1	조합2	조합3	조합4
1	280±7.91	278±8.32	279±17.8	278±6.85	278±22.7	280±12.1
2	295±8.23	299±18.4	299±20.8	302±14.4	297±28.4	298±12
3	320±19.7 <sup>a</sup>	319±18 <sup>a</sup>	320±18.7 <sup>a</sup>	321±17 <sup>a</sup>	319±33.1 <sup>a</sup>	301±12 <sup>b</sup>
4	327±23 <sup>ab</sup>	323±38 <sup>b</sup>	344±22 <sup>a</sup>	336±19 <sup>a</sup>	334±41 <sup>a</sup>	317±16.3 <sup>b</sup>

a,b: significantly different from group(p<0.05, mean±SD, n=7)

**(2) 총 운동시간의 측정**

총 3주간의 반복 운동과 실험식을 급여한 뒤 4주차 첫날에 탈진 시까지 treadmill에 운동을 한 시간은 표 3-5-64와 같다. 정상대조군(46.22±4.72분)과 백미만이 첨가된 음성대조군(49.59±10.16분), 조합1(47.77±6.26분)군에서는 유의적인 차이를 보이지 않았으며, 곡류를 종류별로 혼합식으로 급여한 군인 조합2 (76.39±7.72분), 조합3 (63.02±8.33분), 조합4(61.77±9.24분)는 유의적으로 증가하였다.

**표 3-5-64. 총 운동시간**

	Treadmill running time(mean±SE, n=6)					
	Normal	Negative	조합 1	조합 2	조합 3	조합 4
Time(min)	46.22±4.72 <sup>b</sup>	49.59±10.16 <sup>b</sup>	47.77±6.26 <sup>b</sup>	76.39±7.72 <sup>a</sup>	63.02±8.33 <sup>ab</sup>	61.77±9.24 <sup>ab</sup>

a, ab, b : significantly different from group(p<0.05, mean±SE, n=7)

### (3) 혈중 Bio marker

#### (가) 혈중 Inorganic phosphorus의 농도

체내에서 인은 organic form으로 존재하며 탄수화물, 지방, 단백질과 결합된 형태이다. 그리고 인은 당 분해 과정의 여러 효소에 필수요소이며 2,3-diphosphoglycerate 합성의 조절에 관여하여 헤모글로빈의 산소운반능력에 영향을 미친다. 또한 운동 중인 근육에서는 반복되는 근육 수축에 의해 myosin과 actin의 친화력을 높이는 단계에서 ATP가 가수분해되고 이로 인해 혈중 무기인산농도가 급격히 증가하게 된다. 아울러 일반적으로 운동 중에 혈청 무기인산 농도가 급격히 증가하면 근섬유의 cross-bridge가 약화되면서 힘 생성이 저하되는 것으로 알려져 있다. 이에 따라 혈중의 무기인산염의 농도는 근육의 피로도에 중요한 지표로서 사용된다.

4주차의 1회 차에서 탈진 시까지의 주행 후와 2주차의 25분의 제한운동 후의 혈청중 인의 농도는 그룹간의 유의적인 차이를 보이지 않았다(그림3-5-27). 그러나 조합2의 그룹이 탈진까지의 운동시간이 증가한 것과 비교할 때 피로도 지표 인자인 무기인산염의 증가량이 그룹간의 차이가 없다는 것은 혼합곡의 급여가 헤모글로빈의 산소운반능력의 증가를 야기시켜 유산소 운동을 증가시켰다고 판단된다.

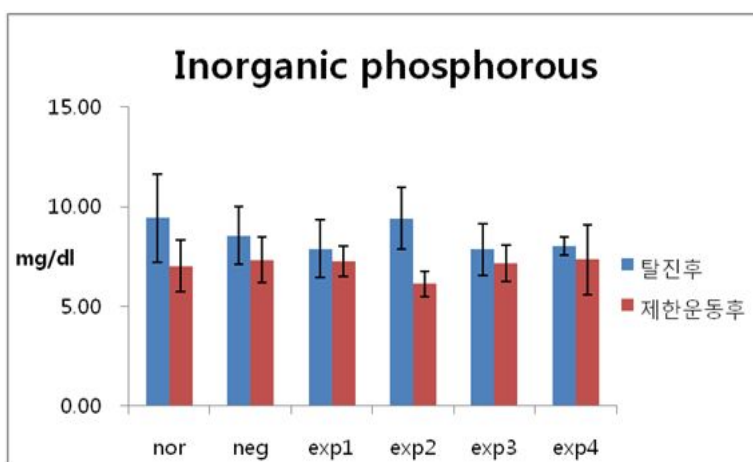


그림 3-5-27. 혈중 Inorganic phosphorus의 농도 (mean±SE, n=7)

#### (나) 혈중 Creatine phosphokinase(CPK)의 농도

creatine phosphokinase는 운동 중인 근육세포에서 무산소시 ATP 재합성 (ADP와 phosphocreatine으로부터 ATP를 합성하는 과정)에 필요한 creatinine phosphate의 합성을 촉매하는 효소로써 운동 시 산소 공급이 원활하지 않으면 혈중 CK는 증가하게 된다. 표 3-5-65와 같이 실험에서 그룹간의 유의적인 차이는 없었으나 운동시간과 비교 하였을 때 조합2 그룹의 증가하는 경향을 보였다. 이는 체내 에너지 저장량이 증가하여 혈장 내 creatine phosphokinase의 증가로 근육세포에 저장되어 있는 creatinine phosphate를 분해해서 운동에 너지로 사용되었을 가능성으로 판단할 수 있다.

표 3-5-65. 혈중 Creatine phosphokinase(CPK)의 농도 (mean±SE, n=7)

IU/dL	Normal	Negative	조합1	조합 2	조합 3	조합 4
exhaustion	1084±226.1	813±163.0	626±139.9	1054±300	832±142.2	1268±429.4
25min exercise	665±164.1	750±126.0	790±340.5	792±160.1	349±42.9	285±23.9

(다) 혈중 GOT, GPT의 농도

GPT( $\gamma$ -glutamic pyruvic transaminase)와 GOT(glutamic-oxaloacetic transaminase)는 혈중 효소로 측정되는 release enzyme 중 대표적인 효소이며, 세포의 손상이 가벼운 경우 세포막이 파괴되지 않고 효소가 세포 밖으로 유출된다. 이 과정은 세포내의 에너지공급이 감소된 결과로서 세포내의 칼륨이온이 세포외로 유출되고 나트륨, 칼슘이온 및 수분이 세포내로 유입된다. 그 결과 세포는 팽창되고 세포막이 늘어나게 되어 세포질에 존재하는 GOT, GPT가 유출되게 된다. 혈중으로 유출된 이 혈청 GOT, GPT활성을 측정하여 간 손상을 측정하게 된다. 이중 GPT가 GOT보다 간 진단에 보다 이용되는데 GOT는 근육 손상 시에도 상승하게 된다.

본 실험에서 탈진 시까지 운동 후 조합2 군에서 운동시간에 비례하여 GPT 가 유의적으로 증가하였으나(표 3-5-66) 일주일 후 25분간의 제한 운동 후의 GPT 수치가 감소되는 경향을 보여 조합2 실험군에 많이 함유된 결사슬 아미노산이 간 기능의 회복에 도움을 준 것으로 보여 운동 후의 피로회복에 도움을 줄 수 있었던 것으로 판단된다.

표 3-5-66. 혈중 GPT 농도 (mean±SE, n=7)

IU/dL	Normal	Negative	조합1	조합 2	조합 3	조합 4
exhaustion	38±1.75 <sup>c</sup>	49±6.15 <sup>abc</sup>	54±6.12 <sup>abc</sup>	71±-14.63 <sup>a</sup>	47±1.44 <sup>bc</sup>	63±5.59 <sup>ab</sup>
25min exercise	53±6.71	54±12.53	70±17.39	67±9.97	54±3.54	68±9.10

(라) 혈중 lactic acid의 농도

해당 작용과 TCA 회로의 대사적 연계가 당량비로 진행되지 못하고 해당 작용이 상대적으로 활발한 상황 또는 세포에서 요구되는 산소량보다 산소공급이 부족한 상황에서 근육 내에 젖산이 생성된다. 고강도 운동 시 산소 공급량이 근육의 산소 소모량에 미치지 못하는 경우 근육조직의 젖산농도가 증가하게 되고, 이때 생성된 젖산은 혈액으로 확산되어 심장 및 간에서 처리가 된다. 탈진 운동 후 1주후 25분간의 동량의 운동을 시킨 뒤 희생하여 분석한 젖산 수치는 표 3-5-67과 같이 조합2군이 유의적으로 감소하였다. 이와 같은 결과로 볼 때 혼합곡 급여에 의한 산소저장성 증가로 인하여 유산소운동의 증진과 간 기능을 향상시켜 혈중 젖산농도가 감소하였다고 판단된다.

표 3-5-67. 혈중 lactic acid 농도 (mean±SE, n=7)

mg/dl	Normal	Negative	조합1	조합 2	조합 3	조합 4
exhaustion	50±5.5 <sup>a</sup>	70±6.98 <sup>ab</sup>	59±5.14 <sup>bc</sup>	63±3.90 <sup>abc</sup>	63±5.26 <sup>abc</sup>	76±5.85 <sup>a</sup>
25min excercise	58±10.43 <sup>a</sup>	51±11.92 <sup>ab</sup>	39±6.86 <sup>ab</sup>	29±2.72 <sup>b</sup>	42±3.98 <sup>ab</sup>	52±11.25 <sup>ab</sup>

#### (4) 간 및 근육의 Biomarker

##### (가) Glycogen

근육 내 글리코겐의 저장량을 분석한 결과는 표 3-5-68 및 그림 3-5-28과 같다.

근육에 저장된 글리코겐은 고강도의 지구력 운동 시 가장 주요한 에너지원이 되며, 따라서 운동 후 회복기간 동안 근육 내에 글리코겐을 효율적으로 재충전 시키는 것은 다음 번 경기력의 향상을 위해 중요한 요인이 된다. 최대부하상태에 있어서 당질의 의의는 매우 중요하다. 어떤 특정 운동 강도에 있어서 운동능력은 체내에 저장된 당질의 양에 의해 영향을 받는다고 해도 과언이 아니다. 당질은 신체 내에서 두 가지 형태로 저장되어 있다. 하나는 간 글리코겐으로서 간에 저장되고 다른 하나는 근 글리코겐으로서 활동성이 높은 근육에 저장되어 있다. 간 글리코겐과 근 글리코겐은 분자량이 다르지만 구조 단위인 포도당으로 연결된 구조라는 점에서 동일하다. 각각의 근세포는 근의 활용도에 따라 포도당을 흡수하여 순식간에 사용 되거나 저장되며 근 글리코겐으로부터 유리된 포도당이 혈중으로 방출되는 일은 없다. 이와 같이 특정한 근육에 존재하는 글리코겐의 저장량은 운동효율에 있어서 커다란 의의를 가진다. 여러 가지 조건 하에서 근의 운동효율은 그 근의 글리코겐 저장량에 크게 좌우된다.

본 실험에서 탈진 시 까지 주행거리를 기록한 뒤 1주일 후 25분간의 제한운동을 시킨 뒤 희생하여 근육내의 글리코겐 저장량을 측정된 결과 혼합곡을 이용하여 탄수화물의 함량을 증가시킨 실험식이 조합2 실험군이 근육 내 글리코겐의 저장량이 유의적으로 높았다. 이는 조합2 실험군이 탈진 시까지 운동주행시간이 길었던 것은 글리코겐 저장량이 더 많았기 때문이었던 것으로 판단된다.

표 3-5-68. 근육 내 Glycogen 저장량 (mean±SE, n=7)

ug/ul	mGastrocnmius muscle
Normal	12.34±4.56
Negative	7.70±4.84
조합1	13.65±4.88
조합2	17.81±16.12
조합3	11.54±3.78
조합4	8.34±6.87

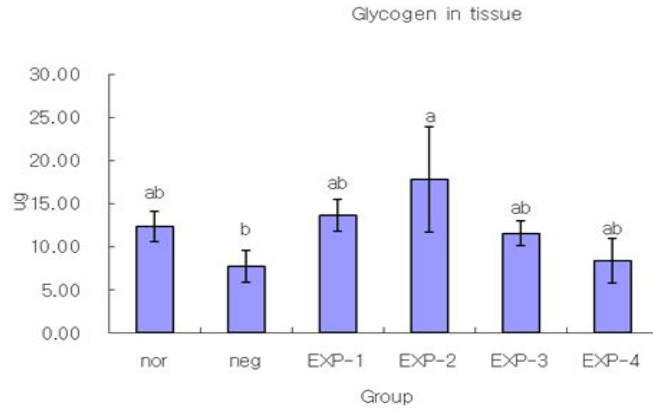


그림 3-5-28. 근육 내 Glycogen 저장량 (mean±SE, n=7)

(나) 근육 Lactate dehydrogenase

과격한 운동을 할 경우 과량의 pyruvate가 생성되어 젖산 형성이 촉진되고 pyruvate를 젖산으로 전환시키는 과정을 촉매 하는 LDH 활성이 증가하게 된다. 본 실험에서는 동일한 운동시간을 주어진 후 부검을 통하여 근육 내 조직을 얻어서 분석한 결과는 표3-5-69와 같다.

비혼합곡 급여 그룹과 혼합곡 급여 그룹간의 LDH의 활성에는 큰 영향을 미치지 않았다.

표 3-5-69. 근육 내 Lactate dehydrogenase (mean±SE, n=7)

	Normal	Negative	조합 1	조합 2	조합 3	조합 4
LDH(nmol)	49.27±18.56	37.07±21.14	44.31±12.77	44.29±13.71	41.72±10.63	36.77±9.19

(다) 근육 내 Lactate

과격한 운동을 할 경우 과량의 pyruvate가 생성되어 젖산 형성이 촉진되고 pyruvate를 젖산으로 전환시킨다. 본 실험은 각 그룹을 동일한 운동조건을 준 후 lactate를 측정하고 운동시간에 비례한 피로물질인 젖산이 근육 내에 축적되는 양이 그룹간의 유의적인 차이를 보이지 않았다(표 3-5-70). 이는 조합2군에서 간 기능 향상에 따른 젖산 생성량이 적었다고 판단되어진다.

표 3-5-70. 근육 내 Lactate (mean±SE, n=7)

Lactate	Normal	Negative	조합1	조합 2	조합 3	조합 4
(nmol)	366.2±85.27	395.8±95.99	331.9±69.17	384.9±89.05	350.7±71.01	485.2±110.26

다. 고찰 및 결론

근육이 지속적인 운동을 하게 되면 근육내의 반복적인 수축으로 인해 ATP가 가수분해 되고, 근섬유의 cross-linkage가 약화되면서 근력 생성이 저하되는 것으로 알려져 있다. 지구력을 향상시키는 작용기전으로는 혈액 헤모글로빈 농도와 근육 미토콘드리아의 대사 활성, 혈관확장 및 심근 대사의 활성화 등이 거론되어지고 있으며, 대부분 장기 운동 시에 발생하는 근육 내

무기인산, 젖산 등의 피로물질의 축적 억제와 ATP, creatine phosphate 등의 에너지 대사 물질의 빠른 재생을 통하여 근수축력을 회복시키는 효과를 나타낸다.

탄수화물의 주요 기능은 신체활동에 필요한 에너지를 공급하는 것으로 근육 수축뿐만 아니라 다른 형태의 생물학적인 일에도 사용되며 이를 위해 혈당, 포도당 및 근육이나 간에 저장된 글리코겐이 있다. 탄수화물은 운동 시 지구력을 위해 중요할 뿐만 아니라 훈련 후 에너지 유지를 위해서도 필요하다.

본 연구는 운동 시 지구력 향상을 위한 탄수화물의 공급원으로서 각종 곡류를 선별하였다. 먼저 백미는 세계 대부분의 지역에서 중요한 기본 식량자원이고 안정성과 소비자 기호에 따른 이유로 전통적으로 도정된 백미의 형태로 생산, 소비되어 왔다.

쌀은 왕겨만을 제거한 현미의 형태로 저장시키며 이 현미의 쌀겨와 쌀눈을 포함한 전체 무게의 약 8%를 도정하면 백미가 된다. 쌀겨층의 제거는 상당한 영양소의 손실을 가져오는데 지방, 단백질, 무기질, 비타민, 비전분 다당류와 같은 영양소가 소실된다.

현미는 다양한 비타민, 무기질-나이아신, 비타민 B6, 마그네슘, 망간, 인, 셀레늄, 비타민E를 포함하고 있다. 현미는 소량의 단백질을 포함하지만 백미에 비해서는 상대적으로 제한 아미노산인 lycine의 수중이 높아 그 질이 좋다. 이 현미를 정백미로 도정할 때 생기는 쌀겨에는 혈중 콜레스테롤을 낮춰주는 작용을 가지고 있는 것으로 알려진 오리자놀, 단백질, 사이토스테론, 식이섬유 성분들이 들어있다.

비타민은 인체 내 탄수화물, 지방, 단백질의 대사 및 적혈구 조성, 산화·환원반응 및 생리적 반응을 조절하는 역할을 한다. 비타민B군이 결핍되었을 때 비타민 B군을 보충해 주면 지구력에 영향을 주어 운동수행능력이 향상된다.

실험에는 탄수화물을 많이 함유하는 곡류의 선택에 있어서도 같은 열량의 탄수화물을 함유하더라도 비타민 그룹이 많이 함유된 곡류를 위주로 선택하여 같은 열량을 소모하더라도 보다 그 작용을 촉진할 수 있게끔 조합을 이루었다.

혼합곡을 4주간 투여하면서 주 3회 trad Mill을 통하여 운동을 시켰으며 주 단위로 시간 및 운동 강도를 증가시켰다. 4주차에는 탈진 시 까지 운동을 시킨 후 총 주행시간을 측정하고 ethyl ether를 이용하여 마취를 시킨 후 안와정맥총에서 채혈하여 혈청을 분리시켰으며 급여가 끝난 후 25분간 제한운동 후 채혈과 가지미근을 채취하여 피로도 지표를 분석하여 글리코겐의 저장량을 극대화 할 수 있는 혼합곡의 조합을 찾고자 하였다. 탈진까지 걸린 시간은 정상대조군 42분, 음성대조군 44분이었으나 조합1 42분, 조합2 69분, 조합3 58분, 조합4 57분으로 운동시간의 증가를 나타내었다. 선행연구에서도 본연구와 비슷한 결과를 얻었으며, 이에 혼합곡 급여가 지구력을 향상시킴을 관찰할 수 있었다.

운동을 수행할 시 근수축에는 ATP의 분해로 발생하는 에너지를 이용한다. 근운동 후에 피로를 느끼게 되는 것은 근육이 오랫동안 강력한 수축을 지속한 결과 근육에서 많은 ATP를 소모하기에 ATP의 분해산물과 또 다른 ATP를 생산하기 위한 대사 과정상에서 생겨나는 부산물의 축적이 원인이 된다. 근육이 지속적인 운동과정상에서 ATP를 다량 소모하게 되면 ATP의 분해과정에서 발생하는 무기인산염(inorganic phosphate)의 혈중 농도가 급속한 증가를 보이며 동시에 근육내의 ATP함량이 감소하게 되어 혈중의 무기인산염의 농도는 근육의 피로도에 중요한 지표로서 사용된다. 또한 근육이 지속적인 수축운동으로 인하여 무산소 에너지 대사를 이용하게 될 경우 근육 세포내에 무산소 에너지 대사의 대표적 산물인 젖산이 축적되게 된다. 또한 무산소 운동 과정상에서 ATP를 재합성하는데 필수적인 creatine phosphate의 합성을 담당

하는 creatine phosphokinase의 활성이 증가하게 된다. 따라서 젖산, 무기인산염 및 CPK의 활성은 지속적인 근육운동의 결과로 인한 근육의 피로도를 대표하는 것으로 알려져 있으며, 이들 수치의 개선은 근육의 수축운동시간을 더 증가시키고 지구력을 향상시킬 수 있다고 할 수 있다.

조합2의 경우 탈진 시까지의 운동시간이 가장 길었는데 탈진 후 혈중 젖산과 무기인산염의 농도가 가장 낮았으며 또한 동일한 운동조건인 25분 운동 후의 젖산과 CPK의 농도는 낮았으나, 이에 조합2의 혼합곡 비율이 다른 조합군에 비하여 간 기능의 회복에 따른 근육의 피로도를 낮추어 근지구력향상에 도움이 되었다고 판단된다.

GPT( $\gamma$ -glutamic pyruvic transaminase)와 GOT(glutamic-oxaloacetic transaminase)는 혈중 효소로 측정되는 release enzyme중 대표적인 효소이며, 세포의 손상이 가벼운 경우 세포막이 파괴되지 않고 효소가 세포 밖으로 유출된다. 이 과정은 세포내의 에너지공급이 감소된 결과로서 세포내의 칼륨이온이 세포외로 유출되고 나트륨, 칼슘이온 및 수분이 세포내로 유입된다. 그 결과 세포는 팽창되고 세포막이 늘어나게 되어 세포질에 존재하는 GOT, GPT가 유출되게 된다. 혈중으로 유출된 이 혈청 GOT, GPT활성을 측정하여 간 손상을 측정하게 된다. 이중 GPT가 GOT보다 간 진단에 보다 이용되는데 GOT는 근육 손상 시에도 상승하게 된다. 따라서 이에 본 실험에서 4주차에 탈진 시까지 운동을 실시하고 1주일 후 혼합곡 급여 종료 후 25분 운동 후 GOT, GPT를 측정한 결과 혼합곡투여군과 비혼합곡투여군과의 큰 차이를 보이지 않았다. 특히 조합2는 탈진 시까지의 운동시간이 길었음에도 타 그룹과의 유의적인 차이가 나지 않았으나 1주일 후 같은 조건의 제한 운동 후의 GPT 는 감소하여 간과 근육의 손상에 대해 회복력이 증가한 것을 볼 수 있었다.

지구력에 대표 격인 마라토너의 식이요법을 참고로 하자면 국내 마라토너들은 ‘글리코젠 로딩법’을 많이 이용한다. 글리코젠 로딩(glycogen loading)은 카보로딩(cabo loading)으로도 불리며 시합 전 5-6일간에 걸쳐 시행하는데 최초 2-4일간은 탄수화물 식단을 제외한 고지방, 고단백 식으로 전환시키고 식이요법 1일전부터 고강 지속 주 훈련을 실시하여 체내 글리코젠 을 완전히 고갈시킨다. 그 후 시합 전 2-3일간 고탄수화물 식으로 전환시켜 경기당일 레이스 직전 식사까지 탄수화물 중심으로 섭취를 하여 체내에 글리코젠을 두 배 이상 저장시키는 방법이다. 이에 본 실험에서도 적용한 결과 탈진시간과 근육 내 글리코젠의 수치를 비교 분석했을 때 글리코젠 저장량과 운동시간과의 비례관계가 성립함을 증명하였다.

Lactate와 LDH의 경우는 동일한 운동조건 시와 탈진 시까지 운동 후 검사상의 수치가 큰 차이를 그룹 간에 보이지 않았다.

선행실험은 지구력 증가를 위한 혼합곡 식이의 배율 조절, 운동 강도의 증가와 더불어 피로물질의 축적에 대한 부분으로 바이오마커를 선정 연구하였으며, 본 실험은 선행 실험에 대한 보강실험으로서 지구력증가에 미치는 영향을 글리코젠 저장량을 위주로 평가하였다.

이를 위해서 4주차에 탈진 시까지 운동을 시켜 총 운동시간을 측정하였으며 채혈 후 혈액검사를 통하여 혈중 바이오마커를 분석하였다. 이후 4주 급여가 끝난 후 25분의 동등한 운동을 시킨 후 채혈하고 근육을 채취하여 바이오마커를 분석하였다.

그 결과로 실험쥐의 정상 식이인 AIN-93로 급여한 정상대조군과 백미만을 급여한 음성대조군의 운동시간에 비하여 찰보리, 노란콩, 땅콩이 함유되어 결사슬아미노산이 함량이 조화로이 형

성된 조합2 급여군이 4주간의 급여기간 중 지구력을 요하는 체중의 증가율이 유의적으로 감소하였으며, 조직 내의 글리코겐 저장량과 간 기능을 증가시켜 운동시간을 30%이상 증가 시켰다.



## 9. 혼합미(곡)의 기능성 입증을 위한 임상 및 전임상시험의 연구 범위 및 수행내용

혼합미(곡)의 기능성 입증을 위한 임상 및 전임상시험의 연구 범위와 수행 내용 및 결과를 요약하면 다음과 같다.

연구 범위	수행 내용	결과
예비혈당검사	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 항당뇨 혼합미(곡)의 임상시험 시작 전 CGMS (지속형 혈당 모니터링 시스템)를 통한 예비임상시험 실시</li> <li>◦ 흰밥과 혼합미(곡)의 혈당치 비교</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 제1차 (2009.05.18~20) 예비혈당검사 실시</li> <li>◦ 제2차 (2009.05.29~31) 예비혈당검사 실시</li> </ul>
항당뇨 혼합미(곡) 임상시험	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 항당뇨 혼합미(곡) 임상시험 계획서 및 증례기록서 개발</li> <li>◦ 항당뇨 혼합미(곡) 임상시험 기능성식품인체시험심사위원회(IRB) 심의 (10월 20일)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 건강한 한국인을 대상으로 혼합미(곡) 섭취 시 임상시험 수행을 위한 계획서 및 증례기록서 개발</li> <li>◦ 기능성식품인체시험심사위원회(IRB) 심의 (2009.10.20)</li> <li>◦ 기능성식품인체시험심사위원회(IRB) 승인 (2009.10.22)</li> <li>◦ 임상시험 진행 (2009.10.23~11.13)</li> <li>◦ 임상시험 결과보고서 작성</li> </ul>
수험생용 혼합미(곡) 임상시험	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 수험생용 혼합미(곡) 임상시험 계획서 및 증례기록서 개발</li> <li>◦ 수험생용 혼합미(곡) 임상시험 IRB 승인</li> <li>◦ 수험생용 혼합미(곡) 임상시험 수행 중</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 수험생용을 위한 인지능력 효과 임상시험을 위한 계획서 및 증례기록서 개발</li> <li>◦ 기능성식품인체시험심사위원회(IRB) 심의 (2009.8.18)</li> <li>◦ 기능성식품인체시험심사위원회(IRB) 승인 (2009.8.18)</li> <li>◦ 임상시험 수행 (2009.9.21~11.27)</li> <li>◦ 임상시험 데이터 정리 및 통계분석</li> <li>◦ 임상시험 결과보고서 작성</li> </ul>
운동선수용 혼합미(곡) 전임상 동물시험	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 운동선수용 혼합미(곡) 전임상 동물시험</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 운동선수용 혼합미(곡)의 동물시험 계획서 개발</li> <li>◦ 동물시험 수행</li> <li>◦ 동물시험 데이터정리 및 통계분석</li> </ul>
당뇨용 혼합미(곡) 임상시험	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) 당뇨용 혼합미(곡) 임상시험 1 <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 건강한 한국인과 고혈당인 대상 당뇨용 혼합미(곡)의 임상시험 계획서 및 증례기록서 개발</li> <li>◦ 당뇨용 혼합미(곡)의 임상시험 수행</li> <li>◦ 당뇨용 혼합미(곡) 임상시험 데이터 정리 및 통계분석</li> </ul> </li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) 당뇨용 혼합미(곡) 임상시험 1 <ol style="list-style-type: none"> <li>① 당뇨용 혼합미(곡) 예비 임상시험</li> </ol> <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 건강한 한국인과 고혈당인 대상 당뇨용 혼합미(곡) 임상시험 수행을 위한 예비 임상시험 수행 (2010.7.5~7.8)</li> <li>◦ 예비 임상시험 결과를 토대로 당뇨용 혼합미(곡) 확증적 임상시험 수행을 위한 혼합미(곡) 선정</li> </ul> </li> </ol>

		<p>② 당뇨병 혼합미(곡) 확증적 임상시험</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 건강한 한국인과 고혈당인을 대상으로 혼합미(곡) 섭취 시 확증적 임상시험 수행을 위한 계획서 및 증례기록서 개발</li> <li>◦ 기능성식품인체시험심사위원회 (IRB) 심의 (2010.10.14)</li> <li>◦ 기능성식품인체시험심사위원회 (IRB) 승인 (2010.10.15)</li> <li>◦ 임상시험 수행(2010.10.25~11.12)</li> <li>◦ 임상시험 데이터 정리 및 통계분석</li> <li>◦ 임상시험 결과보고서 작성</li> </ul>
	<p>2) 당뇨병 혼합미(곡) 임상시험 2</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 건강인을 대상으로 당뇨병 혼합미(곡) 편의식 섭취 시 GI 측정 임상시험 계획서 및 증례기록서 개발</li> <li>◦ 당뇨병 혼합미(곡) 편의식 임상시험 수행</li> <li>◦ 당뇨병 혼합미(곡) 편의식 임상시험 데이터 정리 및 통계분석</li> </ul>	<p>2) 당뇨병 혼합미(곡) 임상시험 2</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 건강인을 대상으로 당뇨병 혼합미(곡) 편의식 섭취 시 GI 측정 임상시험 계획서 및 증례기록서 개발</li> <li>◦ 기능성식품인체시험심사위원회 (IRB) 심의 (2010.11.18)</li> <li>◦ 기능성식품인체시험심사위원회 (IRB) 승인 (2010.11.23)</li> <li>◦ 임상시험 수행(2010.12.06~12.10)</li> <li>◦ 임상시험 데이터 정리 및 통계분석</li> <li>◦ 임상시험 결과보고서 작성</li> </ul>

## 제 4 장 목표 달성도

구분 (연도)	연구기관명	세부연구목표	연구개발 수행내용	달성도 (%)
1차 년도 (2009)	주관기관	연구용 미·잡곡의 원료확보 및 기능성 임상시험 지원	◦ 배아미, 거대배아미, 잡곡 등 확보 및 협동기관 지원	100
		배아미 도정수율 및 특성 파악	◦ 구입 배아정미기를 이용한 수율 측 정 및 도정 상태 점검	
		기능성 성분의 함량에 따른 혼 합미(곡) 조합 결정	◦ 관능평가를 통한 당뇨환자 및 수험생용 혼합비 결정	
개발 혼합미(곡) 조합과 임상시 험, 관능평가 등의 특허 출원		◦ 특허등록(인지능력 향상용 혼합미 (곡) 조성물) - 등록번호 10-0968532 ◦ 당뇨환자용 혼합미(곡) 조합 특허 출원 중		
선정 혼합미(곡) 포장 방법 결 정		◦ 혼합미(곡) 이중포장 방식 특허 출원 등		
브랜드 및 디자인 개발		◦ 혼합미(곡) 브랜드 선정, 디자인 개발		
제 1협동기관	당뇨혼합미(곡)과 수험생혼합미 (곡)의 물리화학적 특성, 영양 성분 및 취반특성	◦ 혼합미(곡)의 영양성분 분석 -영양성분(일반성분, 무기질, 유리 아 미노산, 지방산, 유기산, 유리당, 아 밀로스, 비타민 B군 등) 분석	100	
		◦ 혼합미(곡)의 기능성 성분 분석 -기능성 성분(안토시아닌, GABA, $\beta$ -glucan, 식이섬유, phenolics, flavonoids 등) 분석		
		◦ 혼합미(곡)의 이화학적 특성 및 품 질 개선 -혼합미(곡)의 관능성 개선을 위한 볶음처리와 팽화처리를 통한 이화 학적 특성 및 영양성분의 변화 -혼합미(곡) 밥 제조조건 설정		
제 2협동기관	예비혈당검사	◦ 항당뇨 혼합미(곡)의 임상시험 시 작 전 CGMS를 통한 예비임상시험 실시 ◦ 흰밥과 혼합미(곡)의 혈당치 비교 완료	100	
		◦ 항당뇨 혼합미(곡) 임상시험 protocol 및 증례기록서 개발 ◦ 항당뇨 임상시험 IRB 심의 및 승 인 ◦ 항당뇨 임상시험 완료 ◦ 항당뇨 임상시험 결과보고서 작성		

		수험생용 혼합미(곡) 임상시험	<ul style="list-style-type: none"> <li>수험생용 혼합미(곡) 임상시험 protocol 및 증례기록서 개발 완료</li> <li>수험생용 혼합미(곡) 임상시험 IRB 심의 및 승인</li> <li>수험생용 혼합미(곡) 임상시험 완료</li> <li>수험생용 혼합미(곡) 임상시험 결과보고서 작성</li> </ul>	
--	--	------------------	---	--

구분 (연도)	연구기관명	세부연구목표	연구내용	달성도 (%)
2차 년도 (2010)	주관기관  (영농조합 법인 등롱알피씨)	기능성 성분 함량에 따른 운동선수용 혼합미(곡) 조합 결정	<ul style="list-style-type: none"> <li>선행 연구 결과 자료 조사 및 영양성분 분석을 통하여 특징별 혼합미(곡) 레시피 작성</li> </ul>	100
		선정된 운동선수용 혼합미(곡) 조합의 식미실험	<ul style="list-style-type: none"> <li>관능성 확보를 위한 선정 조합의 관능평가 실시</li> <li>예비 전임상시험 지원</li> </ul>	
		1차년도 연구 결과의 종합, 개선된 당뇨환자용 혼합미(곡) 조합 결정	<ul style="list-style-type: none"> <li>1차년도 결과 및 영양성분 분석 자료를 바탕으로 당뇨환자용 혼합미(곡) 레시피 재작성</li> </ul>	
		선정된 당뇨환자용 혼합미(곡) 조합의 식미실험	<ul style="list-style-type: none"> <li>관능성 확보를 위한 관능평가 및 설문조사 실시</li> <li>예비 임상시험 지원</li> </ul>	
		기능성 혼합미(곡) 편의식품 개발용 상품화를 위한 배아 도정기 및 가래떡 제조기 구입 및 원료 확보	<ul style="list-style-type: none"> <li>즉석 밥, 기능성 죽 등 최적 상품 개발</li> <li>기능성 잡곡류 제품의 질소충전 포장</li> <li>배아미 도정기 구입 완료</li> <li>수험생용 편의식품(가래떡) 제조를 위한 제조기 구입 완료</li> <li>맞춤형 혼합미(곡) 및 편의식품 특허 출원</li> </ul>	
		대량생산 및 유통 방식 확립	<ul style="list-style-type: none"> <li>내수 판매 전략 수립</li> <li>상품 홍보용 인터넷 홈페이지 구축</li> <li>인지능력 증강용 혼합미(곡) 지적재산권 확보</li> </ul>	
제1협동기관  (전북대학교 바이오식품연구센터)		총괄과제에서 선정한 당뇨용 혼합미(곡)의 영양성분 분석	<ul style="list-style-type: none"> <li>혼합미(곡)의 영양성분 분석 -수분, 조단백, 조지방, 조회분, 무기질, 유리 아미노산 지방산 GABA, 식이섬유, <math>\beta</math>-glucan 등</li> </ul>	100
		당뇨용 선식의 팽화 및 제분처리 조건 설정	<ul style="list-style-type: none"> <li>당뇨용 선식의 팽화조건 설정</li> <li>당뇨용 선식의 제분조건 설정</li> <li>당뇨용 선식의 물리적 특성 분석</li> </ul>	

		-외형적 특성, 입도, 색도, 수분용해 지수, 수분흡수지수 등	
	맞춤형 편의식품(당뇨인용, 수험생용, 운동선수용)의 제조방법과 품질개선방안 확립 및 영양성분 분석	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 당뇨인용 편의식품(즉석죽, 선식)의 제조조건 확립 및 품질개선</li> <li>◦ 당뇨인용 편의식 밥의 제조 및 품질평가</li> <li>◦ 수험생용 편의식품(가래떡)의 제조조건 확립 및 품질개선</li> <li>◦ 운동선수용 편의식품(쿠키)의 제조조건 확립 및 품질개선</li> <li>◦ 맞춤형 편의식품의 영양성분 분석 -당류, 식이섬유, 수분, 조단백질, 조지방, 포화지방산, 콜레스테롤, 나트륨, 칼슘 및 철 등 분석</li> </ul>	
	맞춤형 편의식품의 유통 기한 설정	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 저장온도에 따른 이화학적 특성 분석</li> <li>◦ 저장기간별 저장성 평가</li> <li>◦ Texture 및 관능평가</li> </ul>	
제2협동기관 (전북대학교 병원 기능성식품입 상시험지원센 터)	운동선수용 혼합미(곡) 전임상(동물시험)시험	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 운동선수용 혼합미(곡)의 동물시험 protocol 개발</li> <li>◦ 운동선수용 혼합미(곡)의 동물시험 수행</li> <li>◦ 운동선수용 혼합미(곡) 동물시험 데이터정리 및 통계분석</li> </ul>	100
	당뇨용 혼합미(곡) 임상시험	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 당뇨용 혼합미(곡) 임상시험1 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 준건강인 또는 당뇨병환자 대상 당뇨용 혼합미(곡)의 임상시험 protocol 및 증례기록서 개발</li> <li>- 당뇨용 혼합미(곡)의 임상시험 수행</li> <li>- 당뇨용 혼합미(곡) 임상시험 데이터정리 및 통계분석</li> </ul> </li> <li>◦ 당뇨용 혼합미(곡) 임상시험2 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 건강인을 대상으로 당뇨용 혼합미(곡) 편의식품(죽) 섭취 시 GI 측정 임상시험 protocol 및 증례기록서 개발</li> <li>- 당뇨용 혼합미(곡) 편의식품(죽) 임상시험 수행</li> <li>- 당뇨용 혼합미(곡) 편의식품(죽) 임상시험 데이터 정리 및 통계분석</li> </ul> </li> </ul>	

# 제 5 장 연구개발 성과 및 성과활용 계획

## 1 절. 연구 개발 성과

### 1. 상품화

#### ○ 배아미를 이용한 제품 개발

- 현미를 일부 도정하여 일반 현미에서 수율이 92-93%에 이르며 이 도정을 위하여 도정기를 구입(그림 5-1-1), 배아가 70-80% 부착되도록 하였으며 이에 따른 쌀의 특성 및 형태 시험 완료
- 현재 포장된 상품으로(그림 5-1-2) 5,000kg/월, 월 1,000만 원 정도 판매하고 있음



그림 5-1-1. 배아 정미기



그림 5-1-2. 배아미 개발 제품

- 당뇨병자용 및 인지능력 증강용 혼합미(곡) 제품 개발 및 상품화 진행 중
  - 당뇨 환자의 혈당지수(GI) 강하 효과가 있는 당뇨병자용 혼합미(곡) 개발 완료(그림 5-1-3)
  - 임상시험을 통하여 입증된 인지능력 증강용 혼합미(곡)(특히 등록)제품 개발 완료. 상품화 단계 중(그림 5-1-3)



그림 5-1-3. 당뇨병자용혼합미(곡) “지다운”(좌), 수험생용혼합미(곡) “열공”(우)

- 배아미를 이용한 다양한 떡 개발
  - 떡볶이용 떡대 생산 시설 완비 (그림 5-1-4)
  - 어린이 및 학생들에게 인기가 있는 떡볶이용 떡대를 배아미 및 수험생용 혼합미(곡)을 이용, 다양한 제품을 생산, 시판 예정(그림 5-1-5 및 그림 5-1-6)



그림 5-1-4. 떡볶이 용 떡대 생산 설비(좌: 분쇄기, 중: 반죽기, 우: 떡 성형기)



그림 5-1-5. 개발된 떡 제품들



그림 5-1-6. 떡볶이용 떡대( 좌: 배아미 떡대, 우: 열공 떡대)

- 운동선수용 비스킷 제조 및 상품화 준비 중
  - 운동선수에게 경기력을 향상 시킬 수 있는 비스킷을 개발하였으며 효능 입증을 위하여 2010년 1차 동물 실험에 이어 2차 동물실험 완료.
  - 동물실험 결과 운동선수의 지구력 향상에 효과가 있다고 판단되어 본 제품을 상품화 계획 중임
- 당뇨환자용 죽 개발 완료
  - 당뇨환자가 손쉽고 간편하게 먹을 수 있도록 식용 제품이 개발 완료되었으며 임상시험 완료됨.
  - 이 제품은 죽의 형태로 소화기능이 떨어지는 환자식이나 노인 식으로 적절할 것으로 판단 됨
  - 현재 상온 유통 가능 제품으로 개발되어 있으며 상품화 검토 중



## 2. 특허

- 혈당저하와 관련된 기존 논문은 주로 식이섬유소 함량이 많은 미(곡)류를 사용하여 혈당 지수를 낮추는 연구가 주를 이루고 있으며 단일 식품 또는 곡물 섭취 후 혈당변화에 관한 보고가 대부분이므로, 본 연구과제에서는 한국인이 주로 사용하는 두류, 보리, 흑미 등 여러 곡류가 혼합된 혼합미(곡)를 시험식으로 이용하고, 의학적 임상시험을 통해 기능성을 확인하여 혈당관리에 도움을 주는 혼합미(곡) 조성물로 출원하였음.
- 인지능력과 관련 된 기존 논문과 특허들은 특정 물질을 추출 하는 등의 방법으로 정제 하는 방법을 도입한 건강기능식품들이 대부분이나 본 연구에서는 일상식으로 섭취하는 미·잡곡을 이용하여 고등학생 대상 임상시험을 통해 효능을 입증하여 인지능력 증강용 혼합미(곡) 조성물로 특허 출원하여 등록되었음(특허 제2010-0003314 호).
- 기능성 혼합미(곡) 및 원료곡인 배아미의 상표를 다수 출원하여 등록되었음.

구분	목표	달성	발명의 명칭	출원/등록 번호	
1차년도	출원	3건	10건	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 곡물의 포장 용기</li> <li>• 왕누니 (배아미 상표)</li> <li>• 왕눈이 (배아미 상표)</li> <li>• 누니있네 (배아미 상표)</li> <li>• 누니네 (배아미 상표)</li> <li>• 지니어스 (수협생용 혼합미(곡) 상표)</li> <li>• 지다운 (당뇨환자용 혼합미(곡) 상표)</li> <li>• 다운지 (당뇨환자용 혼합미(곡) 상표)</li> <li>• 팜라이스 (맞춤형 혼합미(곡) 상표)</li> <li>• 라이스팜 (맞춤형 혼합미(곡) 상표)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 20-2009-0008825</li> <li>• 40-2009-0025361</li> <li>• 40-2009-0025413</li> <li>• 40-2009-0025443</li> <li>• 40-2009-0028389</li> <li>• 40-2009-0034261</li> <li>• 40-2009-0034350</li> <li>• 40-2009-0034426</li> <li>• 40-0718035</li> <li>• 40-0718034</li> </ul>
	등록	-	2건	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 팜라이스 (맞춤형 혼합미(곡) 상표)</li> <li>• 라이스팜 (맞춤형 혼합미(곡) 상표)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 40-0718035호</li> <li>• 40-0718034호</li> </ul>
2차년도	출원	3건	4건	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 인지능력증강용 혼합미(곡) 조성물 (수협생용 혼합미(곡))</li> <li>• 열공(수협생용 혼합미(곡) 상표)</li> <li>• 당뇨병 치료 및 예방을 위한 혼합미(곡) 조성물 1-개인용 (당뇨환자용 혼합미(곡))</li> <li>• 당뇨병 치료 및 예방을 위한 혼합미(곡) 조성물 2-단체급식용 (당뇨환자용 혼합미(곡))</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2010-0003314</li> <li>• 40-2010-0029666</li> <li>• 10-2010-0116477</li> <li>• 10-2010-0116484</li> </ul>
	등록	4건	5건	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 인지능력증강용 혼합미(곡) 조성물</li> <li>• 누니네 (배아미 상표)</li> <li>• 더 스마트 (중·고등학교급식용 혼합미(곡) 상표)</li> <li>• 더 스쿨 (초등학교급식용 혼합미(곡) 상표)</li> <li>• 지다운 (당뇨환자용 혼합미(곡) 상표)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 10-0968532 호</li> <li>• 40-0822563 호</li> <li>• 40-0823744 호</li> <li>• 40-0823743 호</li> <li>• 40-0834648 호</li> </ul>
계	출원	6건	14건		
	등록	4건	7건		

### 3. 논문

게재연도	논문명	저자	학술지명	Vol.(No.)	국내외 구분	SCI구분
2009	당뇨인 잠곡밥 섭취 실태 및 혼합비를 달리한 잠곡밥의 관능검사 (학술대회 포스터)	정은순 외	Asia Pacific Symposium on Food Safety 2009	p.188	국내	비SCI
2009	국내산 곡물의 물리적 특성 (학술대회 포스터)	김영수 외	한국식품영양과학회	p.274	국내	비SCI
2010	열처리에 따른 강낭콩의 이화학적 특성 (학술대회 포스터)	김영수 외	한국식품과학회	p.182	국내	비SCI
2010	전라북도 지역 당뇨환자의 잠곡밥 섭취실태 및 혼합비를 달리한 잠곡밥의 관능검사	정은순 외	한국식품영양과학회지	39(7)	국내	비SCI
2010	Improved Cognitive Performance Following the Consumption of School Meal of Mixed Grains in Healthy High School Students: A Randomized Controlled Trial (학술대회 포스터)	정영철 외	한국식품영양과학회	p.304	국내	비SCI
2010	건강한 한국인을 대상으로 혼합곡 섭취 시 혈중 glucose와 insulin에 미치는 영향을 평가하기 위한 무작위배정, 교차 임상시험 (학술대회 포스터)	김선영 외	한국식품영양과학회	p.304	국내	비SCI
2010	혼합곡 섭취가 건강한 성인과 준[準]당뇨인의 혈중 glucose와 insulin에 미치는 영향: 무작위배정, 교차임상 예비시험 (학술대회 포스터)	오미라 외	한국식품영양과학회	p.305	국내	비SCI
2010	Improved cognitive performance by supplementation with mixed grains in high-school students: a randomized controlled Trial	정영철 외	Journal of nutrition	게재확정	국외	SCI

#### 4. 홍보 활동

##### 가. 산업 전시 및 세미나 개최

###### (1) 2009 한국스타일 박람회 전시(문화관광부 주관)

-일시 : 2009.07.23 -2009. 07.26

-장소 : 서울 삼성동 코엑스

-내용 : 당뇨환자용 혼합미(곡) (GIDOWN) 전시 진열 및 관람객 상담



그림 5-1-7. 한스타일 박람회 제품 전시 전경

###### (2) 수험생용 혼합미(곡) 임상시험 설명회 개최

-일시 : 2009.08.12

-장소 : 전북대학교 사범대학 부설고등학교

-내용 : 참여 학생 및 학부모 초청, 수험생용 혼합미(곡) (“열공”)의 임상시험 설명회



그림 5-1-8. 수험생용 혼합미(곡) 임상시험 설명회

**(3) 국제 심포지엄 <Asia Pacific Symposium on Food Safety> 산업 전시**

-일시 : 2009.11.13-4-11.13

-장소 : 서울교육문화회관

-내용 : 당뇨환자용 혼합미(곡) (GIDOWN) 및 수험생용 혼합미(곡) (열공), 배아미 제품 전시 진열



그림 5-1-9. 국제 심포지엄 산업 전시 모습

**(4) 2009 <고부가가치 기능성 혼합미(곡) 편의식품 개발> 자문위원단 협의회 개최**

-일시 : 2009. 12. 5 - 2009. 12. 6

-장소 : 부안 대명리조트변산

-내용 : <고부가가치 기능성 혼합미(곡) 편의식품 개발> 연구 결과 중간발표 및 자문단 협의



그림 5-1-10. 자문위원단 협의회

**(5) 연구 결과 발표 세미나 <농업과 의학의 융합, 곡물에서 답을 얻다> 개최**

-일시 : 2010. 11. 23

-장소 : 서울 국민일보 사옥 CCMM웨딩홀

-내용 : <고부가가치 기능성 혼합미(곡) 편의식품 개발> 연구 결과 발표 및 특강



그림 5-1-11. 연구 결과 발표 세미나 개최

나. 언론 홍보

- 월간식품산업 2009년 8월호 [기능성 혼합미(곡) 연구 관련(등롱RPC 대표이사 인터뷰)] 기사
- 식품 외식경제 2010년 11월 29일자 고부가가치 기능성 혼합미(곡) 편의식품 개발 연구 결과 발표 세미나 개최 관련 기사
- 식품외식경제 2010년 11월 29일자 칼럼
- 농림수산식품기술기획평가원 웹진
- 코메디닷컴 2010년 11월 23일 수험생용 혼합미(곡) “열공” 관련기사 인터넷 보도
- 식품음료신문 2010년 12월 13일자 기능성 맞춤형 혼합곡 개발 관련 기사



그림 5-1-12. 언론 보도 자료 (좌: 월간식품산업 8월호, 우: 식품외식경제 2010.11.29일자 기사)



그림 5-1-13. 식품음료신문 2010.12.13일자 기사 내용

## 2. 절. 연구개발 성과 활용 계획

### 1. 상품화 및 기술이전 계획

- 개발 된 맞춤형 고부가가치 기능성 혼합미(곡)(당뇨환자용, 수험생용)은 주관기관인 (영)등 록RPC에서 제조 공정을 보강하여 산업화 실시 예정이며 현재 상품화 되어 시험 생산 중 임
- 혼합미(곡)을 이용한 편의식품(수험생용 떡볶이 떡, 당뇨환자용 죽 등)은 관련 산업계에 기술 이전하여 보급할 예정이며 이미 완주군떡메마을(전북 완주)에서 시제품을 생산 보급 한 바 있음
- 인지능력 향상용 혼합미(곡) <열공>, 당뇨용 혼합미(곡) 지다운을 개발, 현재 보급 중임.
- 수험생용 떡볶이 떡대를 제조, 시제품 생산 완료 했으며 떡볶이 제조 회사와 연계하여 향 후 기업화 할 예정임.

### 2. 연구 결과 학술지 게재 예정

- 한국식품과학회지 및 한국식품영양과학회지에 3편의 학술논문 발표 예정
- 국제 학술지에 수험생용 혼합미(곡) 임상시험 관련 학술 논문이 게재되었으며, 당뇨환자용 혼합미(곡) 임상시험 관련 학술 논문 발표 준비 중

### 3. 학교 급식 및 단체급식 업체에 홍보 자료 제공

- 학교급식 업체에 홍보책자(인지능력증강용 혼합미(곡) brochure 등) 송부 (500부)
- 병원(당뇨 치료식) 에 당뇨식 안내서 발송 (500부)



그림 5-2-1. 고부가가치 기능성혼합미(곡) 홍보 자료(좌: 당뇨환자용, 우: 수험생용)

## 제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보

- 해외의 기능성식품 시장은 NBJ(Nutrition Business Journal, 2000)에 의하면 미국·유럽·일본이 세계 기능성 식품 시장의 85%를 점유하고 있으며, 미국의 건강기능식품시장은 매년 6%의 성장, 시장규모는 2002년 약 560억 달러에서 2005년 800억 달러이상으로 증가하고 있다(장경원 등, 2003).
- 미국의 건강기능식품 시장(2005년 기준)은 비타민 34%, 허브 21%, 식사대용품 11%를 점유하고 있으며 특수용도, 스포츠강화음료 및 미네랄 제품군이 새롭게 성장하고 있다. 일본의 특정보건용 식품시장은 2007년에는 1 조엔(추정치) 시장을 형성할 것으로 추정되고 있다. 중국은 현재 1,800억엔으로 시장규모를 크진 않으나 향후 5년간은 15%의 성장을 급속한 성장을 보일 것으로 예상되고 있다(이상윤, 2007).
- 미국은 oat와 oat bran에서 추출한 soluble fibers( $\beta$ -glucan)를 이용하여 bread·muesli·extruded breakfast flakes·muffin 등의 편의식 제품을 개발하였다(Ohr LM, 2004).
- 현미를 발아시킬 경우 GABA, inositol, ferulic acid 등의 기능성 성분이 증진되거나 새로이 생성되는 것으로 알려짐. 현재 GABA의 연구는 녹차 잎을 혐기 처리하여 GABA 함량이 증진된 GABARON tea가 개발되었고, 일본 Oryza 유화(주)에서 고농도 GABA 함유 쌀배아 제조, 유산균 발효에 의해 제조한 GABA 추출물을 정신안정 효과를 보이는 기능성 소재로 활용.
- 혈당지수 GI(Glycemic index)는 처음으로 캐나다(Jenkins et al, 1981)에서 연구가 되어져 GI 식품과 혈당과의 상관성을 규명. 호주(Jennie BM et al, 2002)에서는 당뇨병, 비만, 심혈관질환자에서 GI 와 GL(Glycemic load)를 고려한 식사요법을 하도록 권고.
- GI에 영향을 주는 주요 인자가 섬유소이기 때문에 시리얼이나 빵에 첨가하여 유용성을 증명(Wolever et al, 1990)하였고, 또한 섬유소 함량이 많은 곤약을 쌀에 코팅(일본)하여 만들어 시판.



## 제 7 장 참고문헌

1. 강미란, 김지영, 현예정, 김혜진, 여현양, 송영득, 이종호. 2008. 공복 혈당장애 및 내당능장애 자에서 홍국의 섭취가 혈중지질 및 혈당 조절에 미치는 영향. 한국영양학회지, 41(1) : 33-4-40
2. 금준석. 2002. 국내 쌀 가공식품의 개발현황과 당면 과제: 국내 쌀 가공식품의 개발 현황. 한국식품저장유통학회 국제학술심포지엄. 쌀박람회. Proceeding p 109-119
3. 김선옥. 2006. 콩 기능성소재의 연구 및 산업화 현황. 식품과 산업. 39(1): 3-4-10
4. 김은옥, 오지혜, 이기택, 임정교, 김성수, 서학수, 최상원. 2008. 유색미의 화학적성분 및 항산화 활성. 한국식품저장유통학회지 15(1). pp.118-124.
5. 김종수, 권오란. 2007. 건강기능식품, 어떻게 볼 것인가?. 식품과학과 산업. 40(2): 3-3-10
6. 김훈, 강성열, 김동신. 도정수율 비교를 통한 연속식 현미 조절기의 성능 평가. 한국농업기계학회. 28(2) : 137-1427
7. 김훈, 강성열, 김동신. 정미 시스템의 도정배분 및 쌀 도정 특성. 한국농업기계학회. 12 (2) : 233-3-237
8. 농림업주요통계. 2007. 농림부. p 246-289
9. 농축산신문: 2007-2008. 2007. 한국식품연감. p 718-719
10. 박기문, 이수원. 1999. 옥타코사놀 급여에 따른 근력 및 지구력 증가 효과. 성균관대학교 생명공학연구소, 생명공학연구, 5-652-9901-02.
11. 소인철, 양윤권, 이한용, 이상훈. 2005. Octacosanol 섭취가 단거리 육상선수의 등속성 근력 및 신체조성에 미치는 효과. 한국체육학회지, 44(6), pp.587-595.
12. 식품세계. 2006. 한국식품공업협회. p58.
13. 식품유통연감. 2004. 식품저널. p 260-264.
14. 양윤권. 2007. Octacosanol과 Branched-Chain Amino Acids 혼합섭취가 단거리 육상선수의 혈중 지질과 무산소성파위에 미치는 효과. 운동영양학회지 11(2), pp.161-167.
15. 오현경, 김선희. 2006. 대두 이소플라본 섭취가 흰쥐에서 미로수행능력과 뇌 중 Acetylcholinesterase 활성에 미치는 영향. 한국영양학회지. 39(3) : 219-224
16. 이대훈, 광동훈, 김성민, 주은진, 최한길, 김옥희, 황진봉, 배남궁, 정규용, 한진철, 박흠대, 추영국. 2004. Streptozotocin-유도 당뇨 모델을 이용한 쥐눈이콩 분말의 혈당강하 및 인슐린 감수성의 효과. 33(10) : 1618-1625
17. 이명천, 김미혜, 홍희옥, 김영수. 2000. 우수선수의 운동 종목별 영양권장량 설정(1)-총설. 운동영양학회지 4(1). pp.3-4-20
18. 이상윤. 2004. 생식 산업의 현황과 전망. Korean J. Food & Nutr. 17(1): 93-4-99
19. 이상윤. 2007. 건강기능식품 시장 현황과 향후 전망. 식품과학과 산업. 40(2): 16-20
20. 이선우, 노희경, 최인선, 오승호. 2006. 셀룰로오스 및 펙틴이 식후 혈당과 혈장 지질 농도에 미치는 영향. 한국영양학회지. 39(3) : 243-4-251
21. 이연리, 강미영, 고희중, 진종현, 남석현. 2004. 발아 거대배아미의 생리활성 효과 검증. J.Korean Soc. Appl. Biol. Chem. 47(2) pp.216-221.
22. 이영택. 1996. 보리와 귀리의  $\beta$ -Glucans 및 가공에 의한 용해성의 변화. 한국농화학회지

39(6) pp.482-487.

23. 이영택. 2003. 한방 생약재 추출물을 첨가한 재성형 당노쌀의 제조 및 혈당강하 효과. 식품과학 회지. 35(3) : 527-531
24. 이은주. 2006. 고등학생의 식생활 문제점 분석 및 영양교육 프로그램 개발. 대구카톨릭대학교 대학원 박사학위논문.
25. 이현유. 2006. 편의식형태의 혼합미(곡) 제조를 위한 전처리 연구. 한국식품연구원 연구보고서. p 20-26
26. 보건복지부. 2008. 건강기능식품에 관한 법률.
27. 장경원, 박상희, 하상도. 2003. 기능성식품 시장동향. 식품과 산업. 36(1): 17-25
28. 장지호, 김민선, 김정연, 최응환, 이상선. 2007. 표고버섯 보충이 제 2 형 당뇨병 환자의 혈당, 지질 대사 및 항산화 효소 활성화에 미치는 영향. 한국영양학회지. 40(4) : 327-333
29. 한국식품공업협회. 식품공진. 문영사, 서울, 한국. p 959-960. (2008)
30. 한국영양학회 (2005) 한국인 영양섭취기준.
31. AACC. Approved methods of the AACC. 2000. 10th ed. Method 10-50D American Association of Cereal Chemists, St, Paul, MN, USA.
32. Anderson. 1982. Water absorption and solubility and amylograph characteristics of rolled-cooked small grain products. Cereal Chem. 59: 265-271.
33. AOAC. Official Methods of Analysis of AOAC Intl. 13th ed. Methods 930.04, 930.5, 979.09 and 957.13. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, USA (1990)
34. Bae HH, Song SW, Nam TH, Cho CS. Effects of uncooked Korean food on blood glucose and antioxidant enzyme activities of streptozotocin-induced diabetic rats. Kor. J. Herbiology 23(1): 63-74
35. Benkouider C. 2004. The world's emerging markets. Functional Foods and Nutraceuticals. [Http://www.ffnmag.com/NH/ASP/strArticleID/770/strsite/FFNsite/articleDisplay.asp](http://www.ffnmag.com/NH/ASP/strArticleID/770/strsite/FFNsite/articleDisplay.asp). (2005b).Ohr LM. Nutraceuticals and functional foods: Controlling cholesterol. Foodtechnology. 58(11): 73-3-76
36. Chen YJ, Wong SH, Chan CO, Wong CK, Lam CW, Siu PM. 2008. Effects of glycemic index meal and CHO-electrolyte drink on cytokine response and run performance in endurance athletes. J Sci Med Sport. in press
37. Choi HY, Oh SY, Lee YS. 2009. Antioxidant activity and quality characteristics of Perilla leaves(*Perilla frutescens* var. japonica HARA) cookies. Korean J. Soc. Food Cookery Sci. 25(5): 521-530.
38. Chung YA, and Lee JK. 2003. Antioxidative properties of phenolic compounds extracted from black rice. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr, 32 pp.948-951.
39. Dewanto, V., Wu, X., Adonm, K.K. and Liu, R.H. (2002) Thermal processing enhances the nutritional value of tomatoes by increasing total antioxidant activity. J. Agric. Food Chem., 50, 3010-3014
40. Dubois M, Gilles K, Hamilton JK, Rebers PA, Smith F. 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. Anal. Chem. 28: 350-356

41. Fincher G.B and B.A. Stone. 1986. In 'Advances in Cereals Science and Tehnol', Pomeranz, Y. ed., 8(5). AACC Inc., MN, USA.
42. Han JS, Kim JA, Han GP, Kim DS. 2004. Quality characteristics of functional cookies with added potato peel. Korean J. Soc. Food Cookery Sci. 20(6): 607-613.
43. Houghton LA, Green TJ, Donovan UM, Gibson RS, Stephen AM, O'Conneor DL. 1997. Association between dietary fiber intake and folate status of a group of female adolescents. Am J Clin Nutr. 66:1413-4-1421.
44. Jenkins DJA, Wolever TMS, Taylor RH, Barker HM, Fielden H, Baldwin JM, Bowling AC, Newman HC, Jenkins AL, Goff DV. 1981. Glycemic index of foods: physiological basis for carbohydrate exchange. Am. J. Clin Nutr. 34: 362
45. Jennie BM, Kaye FP, Stephen C. 2002. 당지수(GI)로 당뇨병, 비만, 심장질환을 잡는다.
46. Jia, Z., Tang, M. and Wu, J. 1999. The determination of flavonoid contents in mulberry and they scavenging effects on superoxide radicals. Food Chem., 64, 555-559
47. Kim HY, Lee IS, Kang JY, Kim GY. 2002. Quality characteristics of cooking with various levels of functional rice flour. Korean J. Food Sci. Technol. 34(4): 642-646.
48. Kim SL, Hwang JJ, Song J, Song JC, Jung KH. 2000. Extraction, purification, and quantification of anthocyanins in colored rice, black soybean, and black waxy corn. Korean J. Breed. 32: 146-152.
49. Kim SS, Chung HY. 2007. Texture properties of a Korean rice cake (Karedduk) with addition of carbohydrate materials. J. Korean Soc Food Sci. Nutr. 36(9): 1205-1210.
50. Kim YH, Kim HS. 1974. Studies on the properties of barley and made barley starch; on size frequency distrubution of starch granules, amylose contents and blue value of starch. Korean J. Food Sci. Technol. 6(1): 30-35
51. Kim YJ, Jung IK, Kwak EJ. 2010. Quality characteristics and antioxidant activities of cookies added with *Pleurotus eryngii* powder. Korean J. Food Sci. Technol. 42(2): 183-189.
52. Kim YS, Lee GC. 2006. A Survey on the consumption and satisfaction degree of the cooked rice mixed with multi-grain in Seoul · Kyeonggi and Kangwon area. *Korean J Food Culture* 21: 661-669.
53. Koebnick C, Heins UA, Hoffmann I, Dagnelie PC . 2001. Folate status during pregnancy in women is improved by long-term high vegetable intake compared with the average Western diet. J Nutr 131:733-3-739.
54. Kondo A, shimosuga Y. 2008. Folic acid reduces the risk of neural tube defects: awareness and folate intake among pregnant woman in 2006. Hinyokika Kiyo. 54(8):537-542
55. Korea Agro-Fisheries Trade Corporation. 2007. Important food crops consumption pattern. p 42-49.
56. Kwon GJ, Choi DS, Wang MH. 2007. Biological activities of hot water extracts from *Euonymus alatus* leaf. Korean J. Food Sci. Technol. 39(5): 569-574 (2007)
57. Kwon SM, KIm CM, Kim YH. Biological characteristics of instant rice treated with

- high hydrostatic pressure. *Food Science & Industry*. 40(3): 31-35.
58. Lara Menzies, Clinly Ooi, Shri Kamath, John Suckling, Peter McKenna. 2007. Effects of  $\gamma$ -aminobutyric acid-modulating drugs on working memory and brain function in patients with schizophrenia. *64*: 156-167
  59. Lee JA, Park GS, Ahn SH, 2002. Comparative of physicochemical and sensory quality characteristics of cookies added with barleys and oatmeals. *Korean J. Soc. Food Cookery Sci*. 18(2): 238-246.
  60. Lee JS, Oh MS. 2006. Quality characteristics of cookies with black rice flours. *Korean J. Soc. Food Cookery Sci*. 22(2): 193-203.
  61. Lee MH and Shin JC. 1996. New techniques for the cultivation of quality rice. In proc. Korean Society of Rice Research Conference pp.239-263
  62. Lee SH, Park HJ, Cho YS, Chung IK, Song KS. 2003. Screening of prolyl endopeptidase inhibition from Korean natural foods. *J, Korean Soc. food Sci. Nutr*, 32(7) pp.973-4-975
  63. Mahomed K. 2007. Folate supplementation in pregnancy. *Cochrane Database Syst Rev*. 18(3)
  64. McCleary BV, Glennie-Holmes M. 1985. Enzymatic quantification of (1 $\rightarrow$ 3),(1 $\rightarrow$ 4)- $\beta$ -D-glucan in barley and malt. *J. Inst. Brew*. 91: 285-295.
  65. Mill JL, McPartlin JM, Kirke PN. 1995. Homocysteine metabolism in pregnancies complicated by neural tube defects. *Lancet* 345:149-151.
  66. Molloy AM, Kirke PN, Brody LC, Scott JM, Mills JL. 2008. Effect of folate and vitamin B12 deficiencies during pregnancy on fetal, infant, and child development. *Food Nutr Bull*. 29(2):S103-4-11
  67. Nakagawa K and Onoto A. 1996. Accumulation of  $\gamma$ -aminobutyric acid(GABA) in the rice germ. *Food Processing* 31 pp.43-3-46.
  68. Oh GS, Na HS, Lee YS, Kim K, Kim SK. 2002. Texture of cooked milled added waxy black rice and glutinous rice. *Korean J Food Sci Technol* 34: 213-219.
  69. Ohr LM. 2004. Nutraceuticals and functional foods: Controlling cholesterol. *Foodtechnology*. 58(11): 73-76.
  70. Okada T, Sugishita T, Murakami T, Murai H, Saikusa T, Horino T, Onoda A, Kajimoto O, Takahashi R, Takahashi T. 2000. Effect of the defatted rice germ enriched with GABA for sleeplessness, depression, autonomic disorder by oral administration. *J. Jpn Soc Food Sci Technol* 47. pp.596-603.
  71. Pal S, Lim S, Egger G. 2008. The effect of a low glycaemic index breakfast on blood glucose, insulin, lipid profiles, blood pressure, body weight, body composition and satiety in obese and overweight individuals: a pilot study. *J Am Coll Nutr*. 27(3):387-93
  72. Prosky L, Asp N, Schweizer T, Devries J, Furdal I. 1998. Determination of insoluble, soluble and total dietary fiber in foods products, Interlaboratory study. *J. Assoc. Off. Anal. Chem*. 71: 1017-1025.
  73. Son JH, Chyun JH. 2001. Comparative analysis of satisfaction level on hospital foods in

- elderly and middle aged patients. *Korean J Dietary Culture*. 16(5): 443-4-450
74. Son YK, Park JH, Lee CK, Lee Y.H, Yang JS. 2005. Physicochemical characteristics of Korean milled waxy barley products. *Treat. Crop Sci*. 6, 591-596.
  75. Stusser R, Batista J, Padron R, Sosa F, Pereztol O. 1998. Long term therapy with policosanol improves treadmill exercise ECC testing performance of coronary heart disease patients. *Int. J. J. Clin., Pharmacol. Ther.*, 36(9), pp.469-473.
  76. Tamura T. 1990. Microbial assay of folates. In *folic acid metabolism in health and Disease*. Picciano MF, Stokstad ELR, Gregory JF III, eds. Wiley-Liss, NY. p123-4-137.
  77. Tsai GE, Ragan P, Chang R, Chen S, Linnoila VM, Coyle JT. 1998. Increased glutamatergic neurotransmission and oxidative stress after alcohol withdrawal. *Am J Psychiatry*. 155(6):726-32
  78. Tsuda T, Watanabe M, Ohshima K, Norinobu S, Choi SW, Kawakishi S and Osawa T. 1994. Antioxidative activity of the anthocyanin pigments cyanidin 3-3-0- $\beta$ D-glucoside and cyanidin. *J. Agric. Food Chem*, 42 pp.2407-2410.
  79. Vester B, Rasmussen K. 1991. High performance liquid chromatography method for rapid and accurate determination of homocysteine in plasma and serum. *Eur J Chem Clin Biochem* 29:549-554.
  80. Wagenmakers AJM, Coakley JH, Edwards RHT. 1992. Metabolism of branched-chain amino acids and ammonia during exercise, Clues from McArdle's disease. *Int. J. Sports Med*, 11, pp.101-113.
  81. Williams PC, Kuzina FD, Hlynka I. 1970. A rapid colorimetric procedure for estimating the amylose content of starches and flours. *Cereal Chem*. 47: 411-420.
  82. Williams, W.B., Cuvelier, M.E. and Berset, C. 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *L.W.T.*, 28, 25-30
  83. Wolever T.M. 1990. Relationship between dietary fiber content and composition in food and the glycemic index. *Am J Clin Nutr*. 51, 72
  84. Yamamoto-Honda R, Kitazato H, Hashimoto S, Takahashi Y, Yoshida Y, Hasegawa C, Akanuma Y, Noda M. 2008. Distribution of Blood Glucose and the Correlation between Blood Glucose and Hemoglobin A1c Levels in Diabetic Outpatients. *Endocr J*. in press

## 주 의

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