

최 종
연구보고서

GA0383-0256

고영양 곡물자원 아마란스의
유용성분 활용 및 가공제품 개발

Application of pseudocereal *Amaranth* and its valuable components
for development of new food products

연 구 기 관
한국식품개발연구원

농 립 부

제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “고영양 곡물자원 아마란스의 유용성분 활용 및 가공제품 개발” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2003. 8.

주관연구기관명 : 한국식품개발연구원

총괄연구책임자 : 김 성 란

연 구 원 : 석 호 문

연 구 원 : 김 흥 만

연 구 원 : 김 윤 속

연 구 원 : 최 희 돈

연 구 원 : 최 인 옥

연 구 원 : 이 지 연

협동연구기관명 : 전남대학교

협동과제책임자 : 신 말 식

연 구 원 : 최 차 란

연 구 원 : 이 승 회

협동연구기관명 : 한국식물자원연구소

협동과제책임자 : 이 재 학

연 구 원 : 전 은 자

연 구 원 : 천 기 배

요 약 문

I. 제 목

고영양 곡물자원 아마란스의 유용성분 활용 및 가공제품 개발

II. 연구개발의 목적 및 중요성

아마란스 종실과 구성성분의 특징을 살려 특수한 기능을 가진 식품 가공용 소재로 개발함으로써 새로운 농가소득 작물을 발굴하고 고 부가가치 용도 창출하고자 하였다. 이를 위해 식물성 단백질원으로서, 독특한 전분 급원으로서 소재화 하기 위한 가공기술을 개발하고 아마란스 가루와 종실의 특성을 살린 고부가가치 가공제품 개발하였으며 아마란스의 유용성분 및 우수성에 관한 연구를 수행하였다.

III. 연구개발 내용 및 범위

- 1) 아마란스를 이용한 식품 소재 및 가공제품 개발
 - 아마란스의 유지 산패로 인한 품질저하를 방지하는 기술 개발
 - 팽화된 아마란스를 이용한 스낵형 가공제품 개발
 - 아마란스를 이용한 고단백 분획 가공기술 개발
 - 아마란스를 이용한 고단백 특수 영양식품 및 곡류음료 제조
- 2) 아마란스 분말과 전분의 응용
 - popping등 1차가공처리된 분말의 특성비교 및 용도차별화
 - 아마란스 분말 및 전분의 특성 및 물성 응용연구
 - 가루 및 전분의 특성을 활용한 제품적용 특성

3) 아마란스의 유용성분 및 기능적 우수성 규명

- 국내산 아마란스의 다양한 유용성분 탐색
- 아마란스 국내적응 품종별 시료 및 가공처리 시료의 유용성분 분석
- 종자 특성별 항산화 성분과 항산화 활성 검색

IV. 연구개발결과 및 활용에 대한 건의

1. 아마란스를 이용한 식품소재 및 가공제품 개발

아마란스가 다른 곡류와 차별화 되는 장점은 우수한 조성의 아미노산과 무기질, 높은 지방 함량 및 독특한 세포벽 구조로 인한 팽화(popping) 특성이 다. 아마란스 종실과 구성성분의 특징을 살려 독특한 식품 가공용 소재로 개발하고자 팽화로 인한 아마란스의 성분 및 특성 변화를 분석하였으며 스낵형 가공제품을 제조하였다.

아마란스의 팽화는 hot air popping이 효율적이었으며 5~6배의 팽화율을 나타내었다. 팽화 전 일반 아마란스 종실의 수분 함량은 10.6 %였으며 팽화 후 6.5 %로 감소되었고. 특히 지방 함량의 감소가 컸으며 유리당도 감소되는 것으로 나타났다. 팽화로 인한 지방산과 아미노산의 조성 변화와 아마란스와 팽화 아마란스를 가속저장한 후의 지질 특성 변화를 측정하였다. 60℃에서 60일 가속저장 후에는 저장취의 영향이 나타났으나 다당류 코팅제(Shellac)를 처리한 후 저장한 결과 팽화 아마란스는 공액이중산가, 아니시딘가, TBA가 모두 낮은 값을 나타내었다. 산패조절용 코팅제 처리조건을 설정하기 위하여 5-20%의 농도범위로 코팅제 용액을 살포하여 실험한 결과 12% 농도가 적용이 용이하였다. 팽화 아마란스의 독특한 텍스처 특성과 잘 어울리는 제품으로 강정형 스낵을 제조하였으며 당액의 조성, 아마란스와 기타 부재료의 첨가량은 기호도와 함께 최종 제품의 외관, 텍스처를 고려하여 조정하였다.

우수한 아미노산 조성 등 식물성 단백질원으로서 가치가 큰 아마란스를 분말상의 첨가소재로 개발하고자 물리적 방법(Size fractionation, sieving)에 의하여 고 단백질 분획을 생산하는 공정과 상업용 α -amylase 등 효소처리에 의한 고단백분획 생산 공정을 비교하였다. 고단백 아마란스 분말은 스프, 제

과 제빵, 음료 등에 분유 대용으로 효과적으로 활용될 수 있을 것이다. 음료용 아마란스 추출액을 제조하고 영양 음료로 개발하였다. 일반적인 곡류 추출액 제조시 원료량의 8~20배를 가수하고 원료량의 0.2%의 전분 액화 효소를 첨가하나 아마란스의 경우 원료량의 15배 가수가 적합하였다. 아마란스 고유의 풍미를 살리는 배합비를 확립하였으며 기호도가 우수하면서 유화 안정성이 높고 저장 중 품질이 안정된 아마란스 음료를 개발 하였다.

2. 아마란스 분말과 전분의 응용

아마란스를 식품가공용 중간소재로 개발하기 위해 아마란스 종실을 1차 가공처리한 후 전분과 각 분말의 가공특성을 조사하였고 이를 이용하여 식품을 제조하였다. 아마란스는 전분, 생가루(Raw), 탈지(Def), 발아(GM), Roasting(RT), Popping(POP), 압출성형(EX1, EX2)하여 시료로 사용하였다. 시료의 물 결합능력은 가공방법에 따라 차이가 있어 POP시료의 물 결합능력이 740.3%로 가장 컸고, EX1이 38.5%로 가장 낮았다. 아마란스 분말의 결정형은 전형적인 A형을 보였고 탈지, 발아, Roasting 처리에 의한 결정형과 결정강도의 변화는 없었다. 그러나 Popping 처리와 압출성형에 의해서는 결정형이 사라졌다. 아마란스 분말의 광투과도 특성은 60℃에서 차이가 있어 RT, POP, EX1, EX2 시료의 광투과도가 높게 나타났다. RVA로 측정된 아마란스 시료의 호화온도는 POP와 EX1, EX2를 제외하고 68.1~73.0℃이었고, 피크점도는 GM이 31.6 RVU, RT가 401.1 RVU로 큰 차이가 있었다. DSC 결과 또한 RVA 결과와도 일치하여 POP, EX1, EX2는 melting endotherm이 나타나지 않았다. 아마란스 전분과 가루에 NaCl을 첨가하여 물 결합능력을 측정했을 때는 전분과 생가루는 0.2M 농도에서는 물 결합능력이 감소하였으나 가공처리를 거친 아마란스 가루의 물 결합능력은 모두 증가하였다. 또한, 각 시료를 5회까지 냉-해동을 반복했을 때 전분은 매우 안정적이었고, 아마란스 가루는 가공처리에 따라 다른 결과를 보여주었다. 아마란스 가루 중 예비실험을 거쳐 4종의 시료를 선택한 후 쌀가루를 기본으로 하여 아마란스를 20% 첨가한 아마란스 죽과 인절미를 제조하였다. 아마란스 죽의 점도측정 결과 압출성형한 아마란스 가루를 혼합한 죽의 점도가 비교적 일정하게 유지되

었다. 즉의 관능검사에서는 색도와 점도에서 유의적인 차이가 있었고, 구수한 맛에서는 아마란스를 첨가한 시료가 높게 나타났다. 아마란스를 첨가한 인절미는 시료마다 경도에 차이가 있었고 저장시간에 따라 경도가 증가하였다. 부착성도 같은 경향을 보였으며 탄성과 응집성은 각 시료간의 차이가 크지 않았다.

3. 아마란스의 유용성분 및 기능성

국내산 아마란스 종실의 유용성분 및 기능적 우수성 조사를 위해 2001, 2002년도 경기도 북서부에서 재배 생산된 아마란스 품종의 유용성분과 가공 처리에 따른 유용성분의 변이를 조사하였다.

아마란스 종실에는 타곡류에 비해 단백질 함량(13.0~17.2%)이 높고 인체에 유용한 미네랄함량 (2.6~3.5%)이 높은 것으로 나타났다. 아마란스 종실은 타곡류에 비해 유용한 칼슘(1450~2296 mg/kg)과, 철분(65.5~84.4 mg/kg)함량이 각각 약 25배, 15배 정도 높았다. FAO/WHO Standard에 적합한 아미노산 조성과 함량을 지니고 타 곡류에 비해 국내산 아마란스 종실의 아미노산 조성이 우수하며 단백질 함량과 더불어 라이신 함량이 기존 식품원인 화곡류에 비해 뛰어나다. 아마란스 종실에는 식물성 스쿠알렌(평균 0.3~0.4ppm)이 들어있고 발아시 함량이 높아지며 또한 알파, 감마 토코페롤과 알파, 감마 토코트리엔놀 성분이 함유되었고 그 중 항산화력이 높은 알파 토코트리엔놀 함량이 14.2~17.8ppm 정도 함유하여 기능적으로 우수하였다. 총 폴리페놀 함량을 보면 종자에서는 MT-3에서 높고(2.4 mg/g), 발아종자에서는 K432에서 높으며(6.7 mg/g) 발아시킨 후 세 품종 모두 함량이 높아졌다. Total flavonoid 함량을 보면 종자에서는 MT-3에서 높고(1.1 mg/g), 발아종자에서는 K432에서 높으며(2.0 mg/g) 발아시킨 후 세 품종 모두 함량이 높아졌다.

아마란스 종실의 항산화(DPPH)활성은 분획별, 종실의 색깔에 따라 차이를 보였으며 에틸아세테이트 층에서 강하고, 검정색 종실에서 높게 나타났다. 발아시킨 아마란스의 항산화 활성은 세 품종 모두에서 발아로 인하여 높아졌다.

S U M M A R Y

I . Title

Application of pseudocereal *Amaranth* and its valuable components for development of new food products

II. Objective and Significance

Objectives of this study were to reveal unique properties of new crop amaranth, and to develop a value-added food products. The relatively high protein content, waxy starch with smaller size, and large amounts of squalene in seed oil may offer unique opportunities for the commercial exploitation of amaranth. For effective utilization of amaranth grain, processing technologies and potential uses as protein and starch source were studied. Also functional and nutritional properties of grain amaranth cultivated in Korea were investigated.

III. Scope

1. Development of value-added food products using amaranth
 - Lipid properties of amaranth grain and prevention of its oxidative deterioration
 - Development of cereal snack with popped amaranth
 - Production of high protein amaranth flour
 - Development of high protein food and amaranth beverage
2. Food applications of amaranth starch and flours processed by various methods
 - Characteristics of starch and flours produced from amaranth

- Application of starch and processed flours from amaranth
- Food products using amaranth flours

3. Composition and nutritional properties of amaranth

- Useful components of amaranth grain cultivated in Korea
- Compositional properties of processed flours from amaranth
- Functional properties of amaranth cultivated in Korea

IV. Results and Recommendation

1. Development of value-added food products using amaranth

Amaranth grains have various attractive features that are high protein content with favorable amino acid profile, high mineral content, and popping properties by unique cotyledon structure and high lipid content. To develop value-added food products using amaranth and popped amaranth, compositional changes by popping were studied, and cereal snack with popped amaranth were developed.

For preparation of popped amaranth, hot air popping were most effective and 5~6 times volume expansion were occurred. Compositional changes by popping such as sugar content, fatty acid and amino acids contents during storage were analyzed. Creation of unfavorable flavors and mild oxidative deterioration in popped amaranth were detected after the storage at 60°C for 60 days. Application of coating materials to prevent oxidative deterioration in popped amaranth were effective. Popped amaranth coated with 12% shellac solution had lower values of conjugated linoleic acid, anicidine value, and TBA value. Cereal snack(*Kang-Jung*) was prepared from popped amaranth and sugar syrup containing sugar and thickener. Various formulations of popped amaranth, some cereals, nuts and dried fruits were tried to improve the taste.

Production of high protein amaranth flour, and development of high

protein food and amaranth beverage were investigated. High protein amaranth flours were produced by enzymatic treatment and size fractionation and can be used as dry milk extender in soup, bakery and milky beverage etc. Amaranth beverage were produced by formulation with amaranth extract and drink ingredients. Starch hydrolysis treatment before extraction were needed for production of amaranth extract for beverage. And complete emulsification in formulation and tightly controlled process in retorting were needed for stable shelf-life. Formulation of recipe for amaranth beverage and improvement of taste with flavorings were examined. The quality and taste of amaranth beverage were improved by addition of rice extracts and flavorings.

2. Food applications of amaranth starch and flours processed by various methods

This study was performed to develop processed foods using amaranth starch and flours. Amaranth seeds was defatted(Def), germinated(GM), roasted(RT), popped(POP) and extruded(EX1 and EX2). The water binding capacity of POP was the highest(740.3%) and EX1 was the lowest(38.5%). Amaranth flours showed A-type pattern on X-ray diffractograms, but the crystallinity was disappeared in POP, EX1 and EX2. The transmittances of RT, POP, EX1 and EX2 were higher than those of others. The initial pasting temperature of amaranth flours by RVA were 68.1~73.0°C, the peak viscosity of GM and RT were 31.6 RVU and 401.1 RVU, respectively. The effect of NaCl salt on the water binding capacity was studied. Addition of 0.2M NaCl enhanced the water binding capacity of amaranth starch and raw flour but decreased those of other processed flours. Amaranth starch was very stable for freeze-thaw cycles but amaranth flour was different as processing method. *Juk*(gruel) and *Injulmi*(waxy rice cake) were prepared with the mixed flours of waxy

rice and amaranth (20% of waxy rice flour). After cooking, the viscosity of *Juk* made of extruded amaranth blend was constant and the viscosity of them was the lowest value in sensory evaluation. Lightness of *Juk* made of RT blend had the lowest value of 5.31. There were no significant differences between the samples in overall quality. In the textural properties, hardness and adhesiveness of *Injulmi* made of amaranth blends was increased with storage time while springiness and cohesiveness of them was not significantly different. In sensory evaluation, the quality of *Injulmi* was not significantly different except smoothness.

3. Composition and nutritional properties of amaranth

Nutritional quality and their some variance of amaranth seeds (various genotypes) cultivated in 2001 and 2002 in North-West Kyonggi-do, Korea were investigated.

Protein and beneficial mineral content in amaranth seeds were more highly than conventional grains. Protein and ash content in amaranth seeds ranged 13.0~17.2%, 2.6~3.3% respectively. Especially Ca(1450~2296mg/kg) and Fe(65.5~84.4mg/kg) investigated were 25, 15 times respectively more concentrated in amaranth seeds than in conventional grains. The protein amino acid composition of amaranth seeds were excellent food source and showed in general that amaranth contains high levels of sulfur amino acid and lysine. The lysine content in amaranth is higher than the corresponding values for conventional grains. Amaranth seed has the components called squalene and α -, γ -tocopherol and α -, γ -tocotrienol (especially α -tocotrienol about 14.2~17.8ppm of the seeds). Total polyphenol content in amaranth seeds showed 2.4 mg/g in normal seed, 6.7mg/g in germinated seeds. Total flavonoid content showed 1.1mg/g in normal seed, 2.0mg/g in germinated seeds. DPPH

Quenching activity calibrated with BHC(unit ppm) showed high in ethylacetate extraction layer, in black seeds, and in germinated seeds. Conclusively the grain amaranth cultivated in Korea have good potential as a food source because of excellent nutritional quality.

C O N T E N T S

SUMMARY	
Chapter 1. Objective and Scope	
Chapter 2. Current Status on Domestic and Foreign Technology	
Chapter 3. Experiments and Results	
1. Materials and methods	
A. Materials	
B. Preparation of amaranth flour treated by several methods	
C. Isolation of amaranth starch	
D. Analysis of proximate composition	
E. Analysis of phenolic compounds	
F. Properties of amaranth lipid	
G. Water activity	
H. Preparation of protein-rich fraction	
I. Analysis of functional components in amaranth	
1) Squalene content	
2) Tocopherol and tocotrienol	
3) Vitamin	
4) Total polyphenol and flavonoids	
J. DPPH Quenching activity	
2. Results and Discussion	
A. Development of cereal snack using popped amaranth	
1) Popped amaranth and its compositional properties	
a) Popping of amaranth seeds	

b)	Compositional changes in popped amaranth
c)	Effect of popping on amino acid composition
d)	Effect of popping on phenolic acid content
2)	Lipid properties of amaranth and its oxidative deterioration
a)	Lipid properties of amaranth and its changes by popping
b)	Changes of amarnath lipids during storage
c)	Changes of amaranth flavors during storage
d)	Oxidation control by coating materials
3)	Development of cereal snack(<i>Kang-Jung</i>) with popped amaranth ...
a)	Sugar solution for binding material
b)	Addition of cereals and nuts for enhancing the taste
B.	Development of high protein food and amaranth beverage
1)	Production of high protein amaranth flour
a)	Fractionation by enzymatic process
b)	Fractionation by physical process
2)	Amaranth extracts for developing amaranth beverage
a)	Preparation of amaranth extract
b)	Pre-treatment for producing drink base from amaranth
c)	Extraction process for producing amaranth beverage
d)	Amino acid content of amaranth extract
3)	Development of cereal beverage using amaranth
a)	Formulation for amaranth beverage and improvement of taste
b)	Quality improvement with flavorings
c)	Addition of rice extract to amaranth beverage
C.	Characteristics of starch and flours produced from amaranth
1)	Processed flours from amaranth

2) Properties of starch and processed flours	
D. Application of starch and processed flours from amaranth	
1) Interaction with salts and sugars	
2) Freeze-thaw stability	
E. Food products using amaranth flours	
1) Gruel(<i>Juk</i>)	
2) Waxy rice cake(<i>Injulmi</i>)	
F. Composition and nutritional properties of amaranth	
1) Useful components of amaranth grain cultivated in Korea	
a) Proximate composition of amaranth	
b) Mineral content of amaranth	
c) Amino acid of amaranth	
d) Fatty acids of amaranth	
2) Compositional properties of processed flours from amaranth	
3) Functional Properties of amaranth cultivated in Korea	
a) Variance of squalene in amaranth genotypes	
b) Characteristics of tocopherols and tocotrienols	
c) Polyphenols and flavonoids	
d) Antioxidative activity	
Chapter 4. Attainment of Objectives and Contribution	
Chapter 5. Applications of the Results	
Chapter 6. References	

목 차

요 약 문	
SUMMARY	
제 1 장 연구개발 과제의 개요	
제 1 절 연구개발의 목적	
제 2 절 연구의 필요성	
제 3 절 연구의 범위	
제 2 장 국내외 기술 개발 현황	
제 1 절 아마란스의 특성	
제 2 절 국외 기술현황	
제 3 절 국내 기술현황	
제 3 장 연구개발 수행내용 및 결과	
제 1 절 재료 및 방법	
1. 재료	
2. 1차 가공처리 아마란스 분말 제조	
3. 아마란스 전분의 제조	
4. 성분 분석	
5. 페놀화합물의 분석	
6. 지질특성 분석	
7. 수분활성도 측정	
8. 고단백 분획의 제조	
9. 아마란스의 특수성분 분석	
가. 스쿠알렌 분석	
나. 토코페롤, 토코트리에놀 분석	

다. 비타민 함량	
라. 총 polyphenol 및 flavonoid 함량 분석	
10. DPPH quanching activity	
제 2 절 결과 및 고찰	
1. 아마란스를 이용한 스낵형 가공제품 개발	
가. 팽화 아마란스의 제조 및 팽화로 인한 성분 변화	
1) 팽화 아마란스의 제조	
2) 팽화 아마란스의 성분 변화	
3) 팽화처리가 아마란스의 아미노산 조성에 미치는 영향	
4) 팽화처리가 아마란스의 페놀산 함량에 미치는 영향	
나. 아마란스의 유지 특성 및 산패 조절	
1) 아마란스의 지질특성 및 팽화가 미치는 영향	
2) 가속저장한 아마란스 및 팽화 아마란스의 지질특성	
3) 향기 분석 및 가속 저장처리가 미치는 영향	
4) 산패조질을 위한 코팅제 처리	
다. 강정형태의 아마란스 스낵 제품 개발	
1) 결합용 당액 조성 및 배합비	
2) 기호도 증진을 위한 부재료 배합	
2. 아마란스를 이용한 고단백 특수영양식품 및 곡류음료 개발	
가. 단백질이 농축된 아마란스 고단백 분획 제조	
1) 효소적 방법	
2) 물리적 방법	
나. 영양음료 개발을 위한 아마란스 추출액	
1) 아마란스 추출액 제조	
2) 전처리 후 추출액 제조	
3) 추출액 제조공정	
4) 음료용 추출액의 아미노산 함량	

다. 아마란스 음료 개발	
1) 배합비에 따른 음료 제조 및 기호도 개선	
2) 아마란스 음료의 풍미 증진	
3) 아마란스와 곡류추출액 혼합 음료	
3. 아마란스 전분 및 1차 가공처리한 아마란스 분말 소재의 특성	
가. 1차 가공처리 아마란스 분말 소재	
나. 아마란스 전분 및 분말 소재의 특성	
4. 아마란스 전분 및 분말의 가공 특성	
가. 엽류 및 당류와의 상호작용	
나. 냉해동 안정성	
5. 아마란스 분말소재의 응용	
가. 죽제품	
나. 인절미	
6. 국내산 아마란스의 유용성분 및 기능성	
가. 국내산 아마란스의 유용성분	
1) 국내산 아마란스 유전자원의 일반 성분	
2) 국내산 아마란스 유전자원의 무기질 함량	
3) 국내산 아마란스 유전자원의 아미노산 함량	
4) 국내산 아마란스 유전자원의 지방산 함량	
나. 가공처리한 아마란스 분말 소재의 성분 특성	
다. 국내산 아마란스의 기능성	
1) 국내산 아마란스 유전자원의 스쿠알렌 함량	
2) 국내산 아마란스 유전자원의 토코페롤, 토코트리에놀 함량	
3) 국내산 아마란스의 폴리페놀 화합물	
4) 국내산 아마란스의 항산화 활성	

제 4 장 목표 달성도 및 관련 분야에의 기여도

제 5 장 연구개발결과의 활용계획

제 6 장 참 고 문 헌

제 1 장 연구개발과제의 개요

제1절 연구개발의 목적

아마란스 종실과 구성성분의 특징을 살려 우수한 기능을 가진 식품 가공 용 소재와 제품으로 개발함으로써 새로운 농가소득 작물을 발굴하고 아마란스의 고부가가치 용도를 창출하고자 함

제2절 연구의 필요성

아마란스(Amaranth)는 비름과(*Amaranthus spp. L.*)에 속하며 잡초종이 대부분이지만 재배용 품종은 Aztec과 Inca인들의 주식작물이었으며, 종실, 화수, 어린잎 모두 이용이 가능하고 영양 생리학적으로 구성성분이 우수하여 최근 유망한 신 작물로 관심을 끌고 있다.

아마란스는 분류학상 화곡류(cereal)로 분류되지 않으나 일반 곡류와 성질이 비슷하고 쓰이는 용도도 유사하여 pseudocereal로 불리워진다. 주로 종실을 이용하고 있는데 종실을 parching, roasting, popping시켜 분말화 한 다음 후레이크(flakes), 곡류 가공제품(cereal-based food)의 첨가제 등의 다양한 형태로 증남미를 비롯한 미국이나 유럽 등지에서 활발히 이용되고 있다.

아마란스의 잎은 채소 형태로 소비되고 있고 화수와 잎의 색소는 알콜성 음료 등에 착색제로 쓰이고 있음. 국내에서는 소규모 재배가 이루어지고 있을 뿐 아직 널리 보급되지 않았으나 아마란스 작물의 우수성이 보고되었고 국내에서 재배하기 좋은 품종이나 조건 등이 확립되었으므로, 가공제품 개발 및 고 부가가치의 판로가 개척되면 농가 소득작물로 급속히 신장 가능하며 신 소득작물의 발굴을 원하는 농가 현장을 위한 작목이라고 하겠다.

아마란스는 48~69%의 전분을 함유하며 전분 입자의 크기는 쌀 전분 입자보다 더 작은 1~4 μ m로 전분 중 가장 작아 다양한 용도로 이용이 가능하다. 또한 아마란스는 곡류에 비해 지방질의 함량이 높고 불포화도가 높은 양질의 지방산을 함유하며, lysine과 황 함유 아미노산이 풍부하고 아미노산 조

성이 뛰어난 단백질을 15~16% 함유하는 우수한 곡류 단백질원으로 주목받고 있음. 식물성 단백질 신소재로 가공 및 활용하는 연구가 필요하다.

아마란스는 Ca, Fe, Mg 등 무기질을 다량 함유하고 있으며 Fe함량은 밀보다 4배 높다. 철분제제와 함께 섭취시 체내 철분 흡수의 상승(vehicle 작용)효과도 보고되었다. 특히 스쿠알렌, 토코트리에놀, 비 발효성 식이섬유, 인지질 레시틴, 기타 항산화 성분 등 다수의 유용한 기능성 성분이 포함되어 있어 이런 기능성을 이용하기 위한 제품 개발에 대한 연구가 진행되어야 한다. 최근 원산지인 중남미를 비롯하여 유럽 등 많은 나라에서도 경쟁적으로 새로운 연구소재로 채택하고 있다.

아마란스는 종실수량이 10a당 350-450kg으로 나타나(독일 호헨하임대학, 미국 펜실바니아, 농진청 작물시험장, 한국식물자원연구소 자료) 단위면적당 생산성이 높은 작물이다. 건조 및 병충해에 강해 매년 늘어나는 휴경지 및 경작지에 건물생산이 많은 아마란스를 재배한다면 밀 등 수입곡물의 의존도 감소, 고 영양 식품이나 고가 사료의 수입대체 등 그 효과가 클 것으로 기대된다.

농업신소재 개발기술은 최근 각국의 기술보호 정책에 따라 그 도입이나 활용이 매우 어려우므로 우리나라 환경에 알맞는 유망 작물의 발굴 및 신수요 창출이 시급하다. 따라서 아마란스와 같은 신작물의 발굴하고 한국지역 특성에 맞는 적응품종 선발과 재배기술의 선진화를 이룩하며 국내 토착화를 거쳐 국민 기호에 맞는 수요 창출을 위한 가공산업 육성에 대한 연구가 필요하다.

이상과 같이 아마란스는 영양 및 이용가치가 뛰어나고, 국내에서의 재배여건도 뛰어나 현재 많은 농민들이 대체 작물로 많은 관심과 재배를 희망하고 있으나 아직 기업의 제품개발이 미비하여 판로가 불투명하므로 농가 고소득작물로 현장생산에 많은 애로가 있다. 따라서 다양한 제품생산과 연구를 통한 식품의 이용가능성 결과가 도출되어야 할 것이다.

제3절 연구범위

1. 아마란스를 이용한 식품 소재 및 가공제품 개발
 - 아마란스의 유지 산패로 인한 품질저하를 방지하는 기술 개발
 - 팽화된 아마란스를 이용한 스낵형 가공제품 개발
 - 아마란스를 이용한 고단백 분획 가공기술 개발
 - 아마란스를 이용한 고단백 특수영양식품 및 곡류음료 제조

2. 아마란스 분말과 전분의 응용
 - popping 등 1차 가공처리된 분말의 특성비교 및 용도차별화
 - 아마란스 분말 및 전분의 특성 및 물성 응용연구
 - 가루 및 전분의 특성을 활용한 제품적용 특성

3. 아마란스의 유용성분 및 기능적 우수성 규명
 - 국내산 아마란스의 다양한 유용성분 탐색
 - 아마란스의 우수성

제 2 장 국내외 기술개발 현황

1. 아마란스의 특성

○ 아마란스는 48~69%의 전분을 함유하며 전분 입자의 크기는 쌀 전분 입자보다 더 작은 1~4 μ m로 전분 중 가장 작아 다양한 용도로 이용이 가능함. 아마란스는 곡류에 비해 지방질의 함량이 높고 불포화도가 높은 양질의 지방산을 함유하며, lysine과 황 함유 아미노산이 풍부하고 아미노산 조성이 뛰어난 단백질을 15~16% 함유하는 우수한 곡류 단백질원으로 주목받고 있음.

Table 1. Composition of grains(USDA & National Research Council)

Grain type	Protein (%)	Lysine (%)	Carbohydrate (g/100g)	Calcium (mg/100g)	Iron (mg/100g)	Phosphorus (mg/100g)
Amaranth	16	0.85	0.63	162	10.0	455
Corn	9	0.25	0.74	20	1.8	256
Rye	13	0.40	0.73	38	2.6	376
Buckwheat	12	0.58	0.72	33	2.8	282
Wheat	10	0.35	0.71	41	3.3	372
Rice	7	0.27	0.77	32	1.6	360
Milk, human	3.5	0.49	5	118	trace	93

○ 아마란스는 Ca, Fe, Mg 등 무기질을 다량 함유하고 있으며 Fe함량은 밀보다 4배 높다. 철분제제와 함께 섭취시 체내 철분 흡수의 상승(vehicle 작용)효과도 보고됨. 특히 스쿠알렌, 토코트리에놀, 비 발효성 식이섬유, 인지질 레시틴, 기타 항산화 성분 등 다수의 유용한 기능성 성분이 포함되어 있음. 최근 원산지인 중남미를 비롯하여 유럽 등 많은 나라에서도 경쟁적으로 새로운 연구소재로 채택하고 있음.

○ 특히 아마란스의 스쿠알렌은 종실의 0.34%, 총 지방의 4.6~8%의 높은 함

량으로 존재하며 피부화장품, 컴퓨터디스크의 매탈제 등 공업적 용도와 함께 식품용도에서는 식물성 스쿠알렌으로서의 여러 장점이 보고되었음. 아마란스 스쿠알렌은 동물실험결과 콜레스테롤 합성에 영향을 주지 않거나 콜레스테롤을 저하시키는 효과와 함께 기존 스쿠알렌이 갖는 생체기능 조절물질의 보급, 면역기능 강화, 항종양 등에 관한 효능을 가져 주목받고 있음.

○ 아마란스에 함유된 betacyanine 계의 적색소인 amaranthine은 비트의 적색소(betanine)와 함께 우수한 천연 색소자원으로 그 개발가치가 매우 큼. FD&C Red No. 40 등 일부 식용색소의 위해성이 보고되면서 천연색소 자원을 선호하는 추세는 높아지고 있으므로 아마란스에 함유된 천연 적색색소 자원의 이용을 위한 기술 개발이 필요함.

2. 국외 기술현황

○ 현재 미국 Pennsylvania에 아마란스연구소, Guatemala에 아마란스 연구소가 설립되어 품종개량 및 재배기술의 향상, 그리고 가공체계 및 식품개발에 걸쳐 활발히 연구가 진행 중임(Bressani, 1990; RRC, 1990; Lehmann, 1990). 미국 및 유럽지역의 영국, 독일, 네덜란드 등에서도 아마란스에 관한 연구보고서가 나오고 있으며 재배면적이 점차 증가되고 건강식품으로 상품화되고 있는 추세임(Dobos, 1992; Lee 1994; Allos, 1995). 원산지인 중남미에서는 국가주력(안보)작물로 많은 투자가 진행됨

○ 아마란스는 C4식물에 속하는 유일한 쌍떡잎 식물로서 생육기간 중 타작물보다 수분 요구량이 적어(옥수수 1/2~1/3수준) 건조지역에 잘 자라며 타작물에 비해 건물수량이 높음. 또한 forage에 영양가가 높아 silage 또는 부산물이용(pellet)에 대한 연구가 미국 및 유럽에서 시작되고 있으며 사료로 사용할 때 가축의 건강에 해가 없고 옥수수 silage보다 더 우수한 것으로 인정되고 있음(Lehmann, 1990; Dobos, 1992; Allos, 1995; RRC, 1990).

○ 아마란스의 전분에 대한 연구는 품종차이에 따른 전분 특성과 전분의 구조적 특성, 전분분리 방법을 달리하여 제조한 아마란스 전분의 특성비교, 입자 크기가 작고 단백질과의 분리가 힘든 전분 추출방법의 개선에 관한 연구 및 가교결합 변성전분 특성, 냉동-해동 안정성, gum과의 상호작용에 대한 연구가 보고되었으며 특히 밀이나 옥수수 전분들과 비교한 것이 대부분임.

○ 유용한 색소 자원이용 및 다양한 생리활성물질 연구는 아직 미진한 상태임.

○ 아마란스의 영양적 우수성에 관한 많은 연구보고가 발표되었으며 가공분야, 신 유용성분의 소재화, 사료 등 관련 산업에의 이용 등으로 확장되고 있음.

○ 아마란스를 이용한 제품으로는 제과제빵용 혼합분, noodle, 비스킷 류가 많고 cereal 및 gruel(네팔의 *satto*[®]), 팽화시킨 아마란스를 이용한 캔디(멕시코의 *alrgria*[®], 인도의 *laddoos*[®]), 시럽과 혼합한 드링크(*atole*[®]) 형태로도 이용되고 있으나 국내 식습관 및 기호도에 맞지 않으므로 국내 실정에 맞는 제품 개발이 요구되고 있음.

3. 국내 기술현황

○ 국내에는 본 연구진에 의해 독일 호헨하임 대학에서 40여종의 종실이용 아마란스 종자가 처음 소개되었으며, 95년 종자번식을 위해 농촌진흥청 작물시험장과 건국대학교에서 실시한 국내 재배 환경적응 예비시험에서 아마란스 10 여 개 품종이 생육 및 수량면에서 10a당 300~400kg의 종실 수량을 보임으로서 국내 재배 가능성이 확인됨.

○ 아마란스의 유용성분인 식물성 스쿠알렌을 대량 추출해 내는 방법을 개발하여 특허(농촌진흥청)를 받았고, 추출한 스쿠알렌이 혈청 콜레스테롤 함량

에 영향을 주지 않거나 감소시킨다는 동물실험 결과를 보고하였음. 또한 MTT법으로 실시한 아마란스 조 추출물의 항암효과 시험에서도 대상 식물 11종 중 가장 높은 효과가 확인되었음.

○ 아마란스의 주요 구성성분인 전분의 가공적성을 살피고 이용을 확대하기 위하여 일반 찰성 곡류 전분과 아마란스 전분의 특성을 비교한 연구가 보고 됨.

○ 1998년에 잠시 크라운제과에서 아마란스를 팽화시켜 코팅한 초코바(상품명: 존드풍)가 출시되었으나 유지 산패 등 품질개선을 위해 시판이 중단된 바 있다. 현재는 중근당건강, 남양유업의 이유식제품 등에 영양강화용 첨가곡류로서 일부 이용되고 있음. (주)롯데, (주)대상 등 일부 대기업에서도 아마란스 계약재배 및 제품 개발에 관심 표명하였음.

○ 구성성분면에서 탁월한 신작물 아마란스를 국내 기호도에 맞게 고품질 가공제품으로 개발하고 유용성분을 활용하는 연구가 부족함.

제 3 장 연구개발 수행내용 및 결과

제 1 절 재료 및 방법

1. 재료

가공 및 특성 실험용 아마란스는 (주) 다음플란타(경기도 고양)에서 2001년에 수확한 아마란스를 시료로 사용하였다. 국내산 아마란스의 유용성분 변이 분석용 아마란스 유전자원은 2001년 한국식물자원연구소 시험포(경기도 고양시)에서 생산된 품종들과 작물시험장 특용작물과 포장(경기도 수원시)에서 생산된 자원을 분양받아 시료로 사용하였다.

2. 1차 가공처리 아마란스 분말 제조

아마란스를 각각 탈지(defatting), 발아(germination), roasting, popping, 압출성형(extrusion) 처리한 후 마쇄하여 분말을 제조하였다. 가공처리하지 않은 아마란스는 수세-풍건(실온)-마쇄(food mixer이용)-45메쉬 체에 통과한 후 시료로 사용하였다. 탈지 시료는 아마란스를 수세-건조(40℃, 3시간)-마쇄(40 메쉬, pin mill)하여 분말화한 다음 hexane으로 탈지하여 제조하였다. 발아 시료는 발아용기에 물에 적신 여과지를 놓고 아마란스를 올린 후 랩을 씌워 항온기(25℃, 2일)에서 발아시켰다. 발아된 아마란스는 가공처리하지 않은 시료와 같은 방법으로 분말화하였다. Roasting 시료는 아마란스를 수세-건조(40℃, 3시간)-roasting(170℃, 10분, 전열식 볶음기, 독일 PROVAT)하여 제조하였다. Popping은 깨를 볶는 방법과 같이 수세한 아마란스를 hot plate popping 시켰다. plate에서 툅툅 될 때로부터 5분동안 popping 시켰다. Popping된 시료 역시 마쇄하여 체에 통과시킨 후 시료로 사용하였다. 압출성형은 동방향 쌍축 압출성형기(THK-31T, 백상기계, 한국)를 사용하여 수분첨가량이 다른 조건으로 2종류의 시료를 제조하였고 위와 같은 방법으로 분말화하였다.

3. 아마란스 전분의 제조

아마란스 종실을 0.25% NaOH 용액에 침지한 후 블렌더로 마쇄하였다. 마쇄한 시료는 45, 100, 325 메쉬 체를 차례로 통과시켜 최종적인 침전물을 수집하였다. 이를 7,000 rpm에서 30분 동안 원심분리하여 분리된 전분층에서 표면의 단백질을 제거하고 뷰렛반응이 나타나지 않을 때까지 0.25% NaOH 용액을 첨가하면서 전분을 분리하였다. 분리된 전분은 중성이 될 때까지 1N HCl로 중화시켰다. 얻어진 전분은 실온에서 건조한 후 마쇄하여 100 메쉬 체를 통과시켜 시료로 사용하였다.

4. 성분 분석

일반성분은 AACC 방법에 따라 분석하였다. 유리당 분석은 시료 5 g을 80% 에탄올로 추출하고 추출액을 물로써 일정량으로 정용한 후 이를 0.45 μ m membrane filter로 여과한 후 HPLC로 유리당과 올리고당의 함량을 측정하였다. HPLC는 JASCO PU-980을 사용하였으며 컬럼은 YMC-Pack Polyamine II(4.6 \times 250 mm), 검출기는 RI 검출기(JASCO 1530), 용매는 78% acetonitrile을 사용하였다.

총 아미노산은 아미노산 자동분석기로 분석하였으며, 각 시료에 대해서 3종류로 나누어(일반 아미노산 분석용, 시스틴 정량용, 트립토판 정량용) 실시하였다. 건조 시료를 각각 1.86 mg씩 분주하고 가수분해를 실시하였다. 일반 아미노산은 110 $^{\circ}$ C에서 24시간 염산 가수분해 시켰으며, 시스틴 정량을 위해서는 peroxidation 시킨 후 염산 가수분해시켰다. 트립토판 분석을 위해서는 methanesulfonic acid로 가수분해 시켰다. 가수분해된 아미노산을 PITC(phenylisothiocyanate)로 유도체화시킨 후 시료를 완전히 건조시켜 200 μ L의 HPLC 용매(A)에 녹였다. 이를 원심분리 및 0.45 μ m membrane filter로 여과시키고 상정액을 취하여 HPLC(Hewlett Packard 1100 Series)로 분석하였다.

지방산은 건조 시료로부터 에테르 추출법으로 지방을 추출하고 40 $^{\circ}$ C 이하에서 용매를 휘발시켜 지방산 분석용 지방을 제조하였으며 AOCS법(Ce 1-62)으로 분석하였다.

무기질 분석을 위하여 시료들을 각각 예비탄화 시킨 후 560°C의 회화로에서 회화시켰다. 회화시킨 회분에 염산을 첨가하여 용해시키고 나서 일정량으로 정용한 후 ICP (Jobin Yvon 38, France)로 분석하여 Ca, Fe, Na, P, Mn, Mg, K, Zn 등의 함량을 측정하였다

5. 페놀화합물의 분석

아마란스와 팽화아마란스를 1M NaOH로 녹여 알카리에 추출된 hydroxycinnamic acids(p-coumaric acid, ferulic acid)의 함량을 구하였다. 50um크기로 갈은 아마란스와 팽화아마란스를 10mg을 취하여 500ul, 1M NaOH에 녹인 다음 질소충진하에 20°C에서 16시간 방치하였다. 이 추출물을 13000 rpm에서 15분간 원심분리한 후 상등액을 취하였고 아세트산 200ul를 넣어 pH 3으로 산성화 시켰다. 이 시료를 동량의 에틸에세테이트로 5번 반복추출한 다음 추출물들을 모아 감압농축기로 건조시킨 후 50%메탄올 0.5mL에 녹여 HPLC로 분석하였다.

6. 지질 특성 분석

시료로부터 Bligh and Dyer 법으로 지방을 추출하고 추출된 지방의 특성치를 분석하였다. 시료 5 g(W₁)에 대하여 시료중의 수분을 고려하여 80%의 수분을 함유하도록 증류수를 첨가하였다. 여기에 chloroform-methanol(1:2 v/v) 75 mL을 가한 후 3분간 균질화 시킨 다음 여과하였다. Homogenizer용 수기 중의 시료에 chloroform 25 mL을 가한 후 다시 3분간 균질화시킨 후 여지에 여과하였다. 분액 깔대기에 25 mL의 증류수를 가한 후 위의 여액을 모두 가하고 흔들어 준 후 18시간동안 정치시켜 층을 분리시켰다. 여기까지 용매의 부피비가 chloroform : methanol : water의 비가 2 : 2 : 1.8이 되도록 하였다. 층이 분리되면 아래의 chloroform층은 sodium sulfate anhydrous를 통과시켜 탈수시켰다. 통과된 chloroform층을 미리 항량을 구한 수기에 받아 감압 농축기로 농축시킨 후 시료로 사용하였다. 공액이중산가는 AOCS법(Ti-1a-64), 아미시딘가는 AOCS법(Cd 18-90), TBA가는 AOCS법(Cd-19-90)으로 분석하였으며 저장취 분석은 전자코(Aromascan plc)로 실시하였다.

7. 수분활성도 측정

아마란스 스낵의 수분활성도를 수분활성도 측정기(Novasina, HUMITAT-RC)를 이용하여 측정하였다. 25℃에서의 상대습도를 구하여 100으로 나눈 값을 수분활성도로 표시하였다.

8. 고단백 분획의 제조

아마란스를 0.5mm의 체를 끼운 Cyclotech sample mill을 사용하여 분쇄하였으며, 단백질이 농축된 획분을 제조하기 위하여 체질에 의한 분획방법과 효소 분해법을 사용하였다. 체질에 의한 분획법은 standard sieves (diameter 20cm, 60~325mesh)를 크기별로 배열한 후 Ro-Tap sieve shaker(W.S. Tyler Co., USA)에 장착하고 2-4시간 동안 체질하여 아마란스 가루를 분획하였다. 효소 분해법은 Lopez 등의 방법에 따라 실시하였다.

9. 아마란스의 특수성분 분석

가. 스쿠알렌 분석

시료를 칭량하기 전에 모든 시료는 mixer에 곱게 갈아서 시료 용기에 넣어 놓았다. 각각의 시료를 정확히 5 g 씩 칭량한 다음 8배의 hexane(40 ml)을 넣어 24시간 동안 상온에서 교반기를 이용하여 120 rpm으로 교반 시키면서 추출하였다. 이를 filter paper를 이용하여 여과시킨 후에 추출액의 용매 제거를 위해 hood에서 2시간동안 방치하였다. 이에 다시 2배의 동일 용매를 넣어 샘플을 녹인 뒤에 HPLC(Thermo Separation Products 사, USA)를 이용하여 Table 2의 분석조건으로 분석하였다.

Table 2. Conditions of HPLC system for squalene analysis

column	silica gel column(packed column)
mobile phase	hexane(100%)
detector	UV 215 nm
flow rate	1.0 ml/min
injector	auto sampler
injection volume	10 μ l

나. 토코페롤, 토코트리에놀 분석

시료 20g을 삼각플라스크에 넣고 Hexane 100ml를 혼합하여 30분씩 3회 sonication 한 후 여과하여 40℃에서 감압농축 후 추출물을 Hexane 으로 다시 녹여 50ml로 희석하고 실린지 필터로 여과한 후 HPLC(Tsp, USA)로 측정하였다. Standard 용액은 Merck사에서 구입(alpa, beta, gamma, delta Tocopherol, tocotrienol)하여 8가지를 혼합하여 standard solution으로 사용하였다. Column은 Silica column(4.6 x 250mm), Mobile phase는 hexane:1-4-dioxan(96:4), Flow rate는 0.3 ml/min, Injection volume은 0.5ul Detector는 Fluorescence(excitation wavelength 295nm, emission wavelength 330nm)조건으로 하였다.

다. 비타민 함량

비타민은 식품공전(2000년)에 있는 비타민 분석법에 준하여 분석하였다.

라. 총 Phlyphenol 및 flavonoid 함량 분석

시료 1g에 80% MeOH 50ml을 가해 80℃ 수욕상에서 환류추출(30분동안)을 3번 반복하고 40℃에서 감압농축하여 건조시킨후 수율을 측정하고 50% MeOH 5ml로 reconstitution 한 다음 원심분리 하여 상등액을 취하였다. 총 polyphenol의 경우 10ml mess flask에 1ml을 넣고 증류수 3ml 와

folin-reagent 1ml을 넣은후 3분간 방치 한 후 10% Na₂CO₃ 1ml을 넣고 정 용하고 다시 1시간 동안 방치한 후 725 or 760nm에서 측정하였으며 표준물 질은 tannic acid를 기준으로 하였다. 총 flavonoid 의 경우 시료용액 1ml와 diethyleneglycol 8ml을 혼합한 후 1N NaOH 1ml을 가하고 혼합하였다. 다음 에 37°C incubator에서 1시간 방치 후 바로 420nm에서 측정하였으며 표준물 질은 rutin을 이용하였다.

10. DPPH Quenching activity

시료를 10g 달아 80%MeOH로 침지하여 30분씩 3회 초음파 추출 (Sonication)하였으며 No.2 여과지로 여과한 후 감압농축기로 40°C에서 농축 하였다. 이를 Hexane, Ethylacetate, Rest(Water)로 각각 분액하여 농축하고 진공 dry oven에서 방냉하여 각 분획의 수율을 측정하였다.

각 분액층으로 부터 20mg을 취해 1ml EtOH(10% Hex/EtOH)에 녹인 후 0.2ml에 0.1M Phosphate buffer 2ml (pH 6.5), EtOH(1~2ml), 4×10⁻⁴M DPPH 용액 (0.8~1.8ml)을 넣고 혼합하였다. BHT도 5. 10. 25. 50. 75. 100. 500ppm 농도로 동시에 반응시켜 30분동안 방치한 후 비색계로 525nm에서 측정(흡광 도의 감소)하였다. DPPH Quenching Activity는 각 농도의 BHT의 농도 (BHC)로 표준곡선을 매 회마다 작성하여 대응하는 BHC농도로(ppm) 표시하 였다.

제 2 절 결과 및 고찰

1. 아마란스를 이용한 스낵형 가공제품 개발

아마란스가 다른 곡류와 차별화 되는 장점은 우수한 조성의 아미노산과 무기질, 높은 지방 함량 및 독특한 세포벽 구조로 인한 팽화(popping) 특성이 다. 아마란스 종실과 구성성분의 특징을 살려 독특한 식품 가공용 소재로 개발하고자 팽화로 인한 아마란스의 성분 및 특성 변화를 분석하였으며 스낵형 가공제품을 제조하였다.

가. 팽화 아마란스의 제조 및 팽화로 인한 성분 변화

1) 팽화 아마란스의 제조

아마란스를 open pan에서 고온으로 팽화시킬 때 최대 부피 팽창은 2~3.8배였으며 170 °C 이상의 고온을 필요로 하였다. 반면 일반 쌀, 옥수수등의 팽화에 사용되는 회전식 압력팽화기를 이용할 경우 5~6배의 팽화율을 나타내었고 부분팽화 종실 및 미팽화 종실의 비율도 5 % 이하로서 open pan 방법보다 우수한 것으로 나타났다. 표 3. 은 아마란스 종실 5 kg씩을 회전식 팽화기에서 팽화시킨 후 팽화율(expansion rate)을 비교한 것이다. 각 회당 팽화율이 유사하고 균일하였으며 미팽화 종실의 발생율도 2.3 ± 0.5 %로 낮았다.

Table 3. Volume changes and expansion rates of amaranth by popping

	amaranth (ml/g)	popped amaranth (ml/g)	expansion rate
popping 1	1.27	6.64	5.21
popping 2	1.27	7.04	5.26
popping 3	1.20	6.90	5.44

2) 팽화 아마란스의 성분 변화

팽화 전 일반 아마란스 종실의 수분 함량은 10.60 %였으며 팽화 후 6.50 %로 감소되었고 단백질, 지방, 유리당의 함량은 표 4와 같았다. 특히 지방 함량의 감소가 컸으며 유리당도 감소되는 것으로 나타났다.

Table 4. Proximate composition of amaranth and popped amaranth

	amaranth	popped amaranth
Moisture(%)	10.60	6.50
Protein(%, d.b.)	15.41	16.50
Lipid(%, d.b.)	9.17	6.63
Fructose	0.11	0.09
Glucose	0.16	-
Sugars		
Sucrose	1.82	0.83
(%, d.b.)		
Maltose	0.35	0.12
Raffinose	0.93	0.41
Sum	3.37	1.45

3) 팽화처리가 아마란스의 아미노산 조성에 미치는 영향

아마란스의 총 아미노산 함량은 팽화 전 113.5 mg%, 팽화 후 110.1 mg%로서 큰 감소가 나타나지 않았다. 아마란스에 roasting, popping 등 열처리는 아미노산의 조성 면에서 변화를 가져오는 것으로 일부 보고된 바 있으며 본 실험의 처리수준에서는 그림 1과 같았다. 팽화 전후에 함량면에서 차이가 난 아미노산은 CYS, ARG이였으며 PRO, TRP, LYS도 일부 감소되었으나 팽화로 인한 아미노산의 질적인 저하는 미약한 것으로 나타났다.

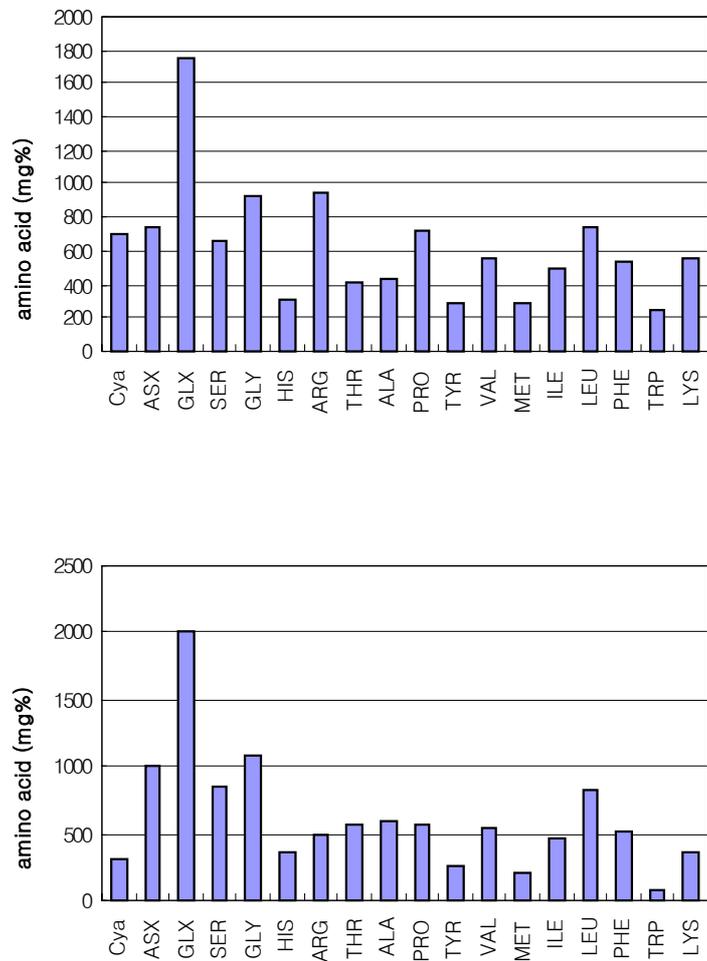


Fig. 1. Effect of popping treatment on amino acid composition and content(mg%, dry basis) of amaranth (upper) and popped amaranth (lower)

4) 팽화처리가 아마란스의 페놀산 함량에 미치는 영향

아마란스와 팽화아마란스의 페놀산은 hydrocinnamic acids류인 p-coumaric acid와 ferulic acid만이 검출되었으며 그 함량의 보리의 맥강, 배아, 쌀의 미강, 현미보다는 낮았으나 일반 백미와는 비슷한 수준이었다. 건물중으로 아마란스는 5.8 mg%의 p-coumaric acid와 14.2 mg%의 ferulic acid를, 팽화 아마란스는 6.7 mg%의 p-coumaric acid와 17.1 mg%의 ferulic acid를 함유하는 것으로 나타났다(그림 2).

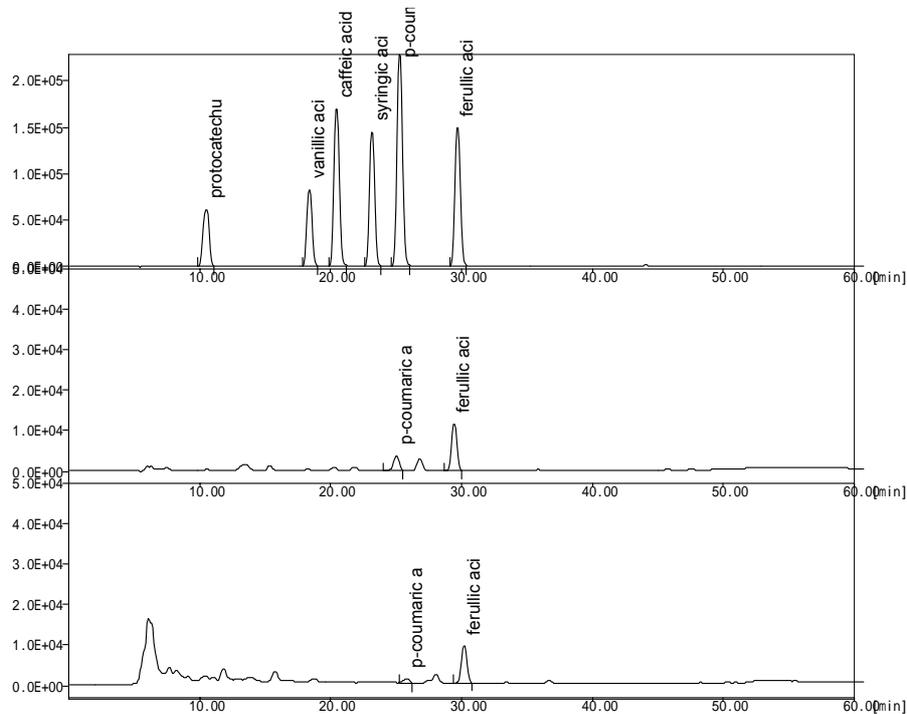


Fig. 2. The phenolic acid composition and content of amaranth(middle) and popped amaranth(bottom)

나. 아마란스의 유지 특성 및 산패 조절

1) 아마란스 지질의 특성 및 팽화가 아마란스의 지질 특성에 미치는 영향

아마란스와 팽화 아마란스의 지방산 조성은 표 3과 같다. 아마란스의 지방산은 대체적으로 palmitic acid, stearic acid, oleic acid, linoleic acid, nervonic acid등으로 구성되었다. 아마란스를 170℃ 이상의 고온에서 팽화시켰을 경우 palmitic acid, stearic acid, oleic acid, linoleic acid는 증가하였고 nervonic acid는 감소하였고 나머지 지방산 조성은 크게 변하지 않았다. 또한 아마란스를 팽화시켰을 때 포화지방산에 대한 불포화 지방산의 비율이 감소하였다.

아마란스와 팽화아마란스를 60℃에서 60일간 저장하였을 때 아마란스의 경우 palmitic acid, stearic acid, oleic acid, linoleic acid는 증가하였고 nervonic acid는 감소하였고 나머지 지방산 조성은 크게 변하지 않았으며 팽화 아마란스는 stearic acid, nervonic acid는 증가하였고 oleic acid, linoleic acid는 감소하였고 나머지 지방산 조성은 크게 변하지 않았다. 또한 아마란스와 팽화 아마란스를 60℃에서 60일간 저장하였을 때 포화 지방산에 대한 불포화 지방산의 비율이 감소하였으며 그 감소 폭은 아마란스가 큰 것을 알 수 있었다.

Table 3. Changes in fatty acid composition of amaranth and popped amaranth during storage at 60°C for 60 days

		before storage		after storage (60°C, 60days)	
		amaranth	popped amaranth	amaranth	popped amaranth
Myristic acid	C14:0	0.16	0.16	0.16	0.15
Palmitic acid	C16:0	16.80	17.33	17.39	17.37
Palmitoleic acid	C16:1	0.16	0.17	0.12	0.19
Stearic acid	C18:0	3.10	3.37	3.37	3.66
Oleic acid	C18:1	26.55	29.77	29.92	29.50
Linoleic acid	C18:2	34.43	36.71	37.62	36.20
Linolenic acid	C18:3	0.56	0.59	0.65	0.61
Arachidonic acid	C20:0	0.71	0.77	0.79	0.83
Eicosenoic acid	C20:1	0.24	0.29	0.30	0.27
Behenic acid	C22:0	0.32	0.36	0.35	0.34
Lignoserinic acid	C24:0	0.06	0.30	0.32	0.28
Nervonic acid	C24:1	16.91	10.18	9.01	10.62
Saturated FA		21.15	22.29	22.37	22.63
Mono unsaturated FA		43.86	40.41	39.36	40.56
Poly unsaturated FA		34.99	37.3	38.28	36.81
Unsaturated / Saturated		3.73	3.49	3.47	3.43

2) 가속저장한 아마란스 및 팽화 아마란스의 지질 특성

아마란스와 팽화 아마란스를 60℃에서 60일간 저장했을 때의 지질 특성변화는 표 4과 같다. 공액이중산가는 아마란스를 팽화시켰을 때 증가하였고 이는 고온에서 팽화시킬 때 불포화지방산들이 산화되면서 불포화 지방산에 존재하는 메틸렌 그룹에 의해서 격리된 이중결합체계가 열역학적으로 더 안정된 공액 이중 결합체계(conjugated double bond system)로 이성화된 결과이다. 또한 아마란스와 팽화 아마란스를 60℃에서 60일간 저장하였을 때 공액 이중 산가는 증가하였다.

아니시딘가는 아마란스를 팽화 시켰을 때 증가하였고 이는 팽화과정 중 지방이 산화되어 생성되는 과산화물의 분해물 중 각종 알데하이드류들이 증가하고 있음을 나타낸다. 또한 아마란스와 팽화 아마란스를 60℃에서 60일간 저장하였을 때 공액이중산가는 증가하였다.

TBA 가는 아마란스를 팽화시켰을 때 증가하였고 이는 팽화과정중 지방이 산화되어 생성되는 산화생성물인 특정 카아보닐 화합물의 양이 증가하고 있음을 나타낸다. 또한 아마란스와 팽화아마란스를 60℃에서 60일간 저장하였을 때 TBA가는 증가하였다.

Table 4. Changes in lipid properties of amaranth and popped amaranth during storage at 60℃ for 60 days

	before storage		after storage (60℃, 60days)	
	oil from unpopped amaranth	oil from popped amaranth	oil from unpopped amaranth	oil from popped amaranth
Lipid(%)	7.97	6.49	7.97	6.49
Conjugated diene(%)	0.31	0.43	0.34	0.53
Anisidine value	12.77	42.50	6.60	47.17
TBA value	0.03	0.05	0.04	0.05

3) 아마란스와 팽화 아마란스의 향기 분석 및 가속 저장 처리가 미치는 영향

아마란스와 팽화 아마란스를 가속저장한 후의 그 향을 전자코로 비교한 결과는 그림 3과 같다. 팽화 아마란스는 nutty flavor, pop-corn like flavor가 강하여 아마란스의 풍미와는 확연히 차이가 났으며(QF 3.8) 60일 가속저장 후에는 저장취의 영향이 나타났다.

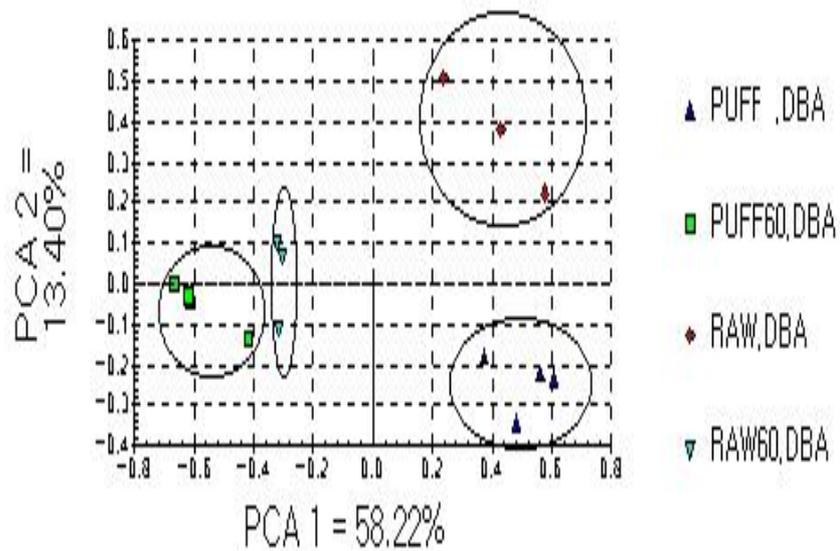


Fig 3. Flavor discrimination of amaranth and popped amaranth using electronic nose

4) 산패조절을 위한 코팅제 처리

다당류 코팅제(Shellac)를 처리한 것이 처리하지 않은 것에 비해 지방함량이 높았다. 60℃에서 60일간 저장한 결과 코팅제를 처리한 것이 처리하지 않은 것에 비해 아마란스는 공액이중산가와 아니시딘가는 낮았으며 TBA 가는 차이를 나타내지 않았으며 팽화 아마란스는 공액이중산가, 아니시딘가, TBA가 모두 낮은 값을 나타내었다(표 5).

Table 5. Lipid characteristics of unpopped and popped amaranth treated with coating materials

	after storage(60℃, 60days)	
	oil from unpopped amaranth	oil from popped amaranth
Lipid(%)	9.31	7.82
Conjugated diene(%)	0.28	0.52
Anisidine value	5.03	6.41
TBA value	0.040	0.018

산패조절용 코팅제 처리조건을 설정하기 위하여 5-20%의 농도범위로 코팅제 용액을 살포하여 실험한 결과 12% 농도가 적용이 용이하였다. 코팅량은 도포횟수로 조절하였고 코팅량은 1,2,3회 코팅시 중량증가량으로 측정하였다. 2회 이상 코팅-휘발 공정으로 산패억제 효과를 얻을 수 있었고 이때의 중량증가는 0.02g이었다. 코팅횟수가 증가될수록 광택도 증가되어 팽화 아마란스의 상품성이 더욱 커지는 것으로 평가되었다.

현재 코팅제 용액에 10%의 토코페롤 농축액(α -, β -, γ -, δ : 8, 1, 42, 18%)을 혼합하여 병행처리시 부가적인 산패억제 효과는 나타나지 않았다.

다. 강정형태의 아마란스 스낵 제품 개발

곡류를 이용한 스낵형 가공제품은 강정, 씨리얼 바, 일반 스낵류, 후레이크가 보편적이며 이들 중 전통한과에 속하는 강정은 다양한 곡류를 볶거나 튀겨 물엿, 설탕 등의 당류와 혼합하여 결착 성형 한 것으로서 팽화 아마란스의 독특한 텍스처 특성과 잘 어울리는 제품이라고 판단되었다.

강정 조식을 바삭하고 부드럽게 하면서 치아에 달라붙는 문제점이 적도록 당액 조성물을 제조하였으며 아마란스와 기타 부재료의 첨가량은 기호도와 함께 최종 제품의 외관, 텍스처를 고려하여 조정하였다.

1) 결착용 당액 조성 및 배합비

팽화 아마란스 200g을 기준으로 물엿과 설탕 혼합액(2:1)을 첨가하여 혼합한 후 성형틀과 roller를 이용하여 강정으로 성형하였다. 당액은 강정 제품의 당도와 텍스처를 좌우하는 중요한 요인으로 표 6에는 팽화 아마란스와 당액의 배합 비율에 따른 특성을 나타내었다. 아마란스의 경우 일반 곡류 강정에 적용되는 1배 당액 처리구는 쉽게 허물어지고 성형이 일어나지 않았다. 2배 당액 처리구(처리구 I)는 결착은 일어나나 모서리 단면이 부스러졌으며 3배 당액 혼합 처리구가 적절하였다.

Table 6. Characteristics of cereal snack(Kang-Jung) prepared from different ratio of popped amaranth to sugar syrup ratio

amaranth : sugar	Molding	Appearance	Sensory Properties			
			Sweetness	Hardness	Adhesiveness	Crispness
1: 1	difficult	shapeless	-	-	-	+++
1: 2	poor	broken	+	+	+	+++
1: 3	good	favorable shaped	+++	+++	++	++
1: 4	good	good shaped	++++	++	+++	+

+++ : high, + : low

팽화 아마란스의 경우 결착에 필요한 당액 량이 많은 것은 일반 쌀이나 옥수수에 비하여 입자 크기가 작아 단위 중량당 표면적이 크기 때문인 것으로 나타났다. 표 7과 같이 결착과 성형 면에서는 3배 당액 처리구가 적절하였으나 당액 첨가량이 많아 매우 달고 냉각 후 텍스처가 단단해지므로 당액의 조성을 변화 시켰다.

Table 7. Formulas of cereal snack using popped amaranth and sugar syrup

	Type I	Type II
Seed	Popped amaranth 200g	Popped amaranth 200g
Sugar syrup	Corn syrup 500g Sucrose 100g	Sugar concentrates(72°Bx) ^{a)} 200g

^{a)} prepared from sugar mixture (maltodextrin : HFCS : water=5:4:5)

처리구 I의 당액은 결착을 위하여 다량의 당액이 필요하였고 당도가 너무 높았으므로 당의 첨가량을 줄이고 바인더로서 말토덱스트린을 이용한 처리구 II로 당액의 조성을 변화시켰다.

처리구 II는 팽화 아마란스 200g을 기준으로 당 농축액(말토 텍스트린 50g, 정제수 50g, 고과당 40g을 혼합후 72°Bx까지 농축) 200g을 혼합하여 성형시킨 아마란스 강정으로서 표 8과 같이 조직감, 맛, 기호도가 향상되었다.

수분 활성도를 측정한 결과 표 10과 같이 처리구 I이 0.15였으며 처리구 II는 0.51로 처리구 I보다 높았다. 강정형 스낵의 저장성을 위하여 수분활성도를 감소시키는 것이 유리하였으므로 다음 단계는 처리구 II의 배합으로 수분 활성도 조절 및 부재료 배합실험을 실시하였다.

Table 8. Water activities and sensory results of cereal snack prepared from popped amaranth and sugar syrups

	Type I	Type II
Water activity(Aw)	0.15	0.51
Sensory result		
Appearance	5.58	6.53
Sweetness	3.61 ^a	7.10 ^b
Hardness	6.58	7.92
Crispness	6.65	6.34
Overall quality	6.12 ^a	7.08 ^b

표 9는 아마란스 스낵의 바삭한 조직감을 향상시키고 결착은 유지하면서 당 함량을 줄이고자 말토덱스트린과 젤라틴을 첨가한 배합비이다. 말토덱스트린의 첨가 비율은 처리구 III이 가장 적합하였으며, 젤라틴 함량을 당액의 5~25% 함량이 되도록 첨가한 결과 젤라틴 함량은 당액의 5% 수준이 가장 바삭하고 외관도 우수한 것으로 나타났다.

처리구 III과 처리구 IV의 경우 수분 활성도는 모두 0.3 이하인 것으로 나타났다.

Table 9. Formulas of amaranth snack prepared form popped amaranth and sugar syrup containing thickener

	Type III	Type IV
Seed		
Popped amaranth	150g	150g
Sugar syrup		
HFCS	4	4
Sucrose	2	4
Maltodextrin	5	-
Gelatin	-	0.2
Water	5	2



Fig. 4. Amaranth snack(Kang-Jung) prepared from popped amaranth and sugar syrup(formula type III)

2) 기호도 증진을 위한 부재료 배합

팽화시킨 아마란스에 곡류(기장, 좁쌀, 보리배아, 팽화 찹쌀), 견과류(호도, 땅콩), 건조 과실류(사과, 복숭아, 파인애플) 등 부재료를 첨가하여 기호도를 증진시키고 강정형 스낵의 맛을 다양화 시키고자 표 10과 같은 배합비로 아마란스 스낵을 제조하였다.

곡류를 첨가한 배합비 중에서는 보리 배아(처리구 VI)와 팽화시킨 찹쌀 처리구(처리구 V)가 우수하였다.

견과류 중 아마란스의 풍미와 가장 어울리는 것은 호도살 인 것으로 나타났으며 그 배합비는 표 10과 같았다(처리구VII).

건조 과실류는 아마란스의 풍미와 다소 이질감이 느껴져 관능검사 결과 낮은 점수를 나타내었으나 상큼한 스낵류를 선호하는 계층에는 수요가 기대된다고 판단되었다.

그림 5에 가장 기호도가 우수한 아마란스 스낵 제품을 나타내었다.

Table 10. Preparation of amaranth snack and addition of some cereals, nuts, or dried fruits for enhancing the taste

	Type V	Type VI	Type VII	Type VIII
Seed				
Amaranth(popped)	100g	100g	80g	100g
Waxy rice(popped)	40g	-	-	10g
Barley germ		50g	-	-
Walnut(steamed)		-	70g	-
fruit(freeze-dried)		-	-	20g
Sugar syrup				
HFCS	4	4	4	4
Sucrose	2	2	4	4
Maltodextrin	5	5	-	-
Gelatin	-	-	0.2	0.2
Water	5	5	2	2



Fig. 5. Amaranth snack(Kang-Jung) prepared from popped amaranth, waxy rice and walnut(formula type V and VII)

2. 아마란스를 이용한 고단백 특수 영양식품 및 곡류 음료 개발

아마란스는 14.5~17.0%의 단백질을 함유하며 lysine 함량이 매우 높고 트립토판과 합황 아미노산도 풍부한 것으로 보고되어 있다. 라이신과 트립토판은 일반 곡류에서 부족한 아미노산이며 합황 아미노산은 두류에서 부족한 아미노산이기 때문에 단백질 급원으로서 아마란스는 더욱 주목을 받고 있다.

Hansen 등은 쌀가루에 부분 효소처리를 하여 고단백질 분획과 고 탄수화물 분획을 제조하였으며 Brooks 와 Griffin은 반응시간과 온도를 감소시키면서 적은 량의 효소를 사용할 수 있도록 공정을 개선하는 연구를 수행하였다. 고 단백질 분획을 제조하는 공정에서 나오는 고탄수화물 분획은 high fructose corn syrup으로 전환이 가능할 것이라고 보고되었으며 전분에서 생산되는 syrup은 식품의 sweetener로서 응용이 가능할 것이다.

가. 단백질이 농축된 아마란스 고단백 분획 제조

우수한 아미노산 조성 등 식물성 단백질원으로서 가치가 큰 아마란스를 분말상의 첨가소재로 개발하고자 물리적 방법(Size fractionation, sieving)에 의하여 고 단백질 분획을 생산하는 공정과 상업용 α -amylase 등 효소처리에 의한 고단백분획 생산 공정을 비교하였다. 고단백 아마란스 분말은 스프, 제과 제빵, 음료 등에 분유 대용으로 효과적으로 활용될 수 있을 것이다.

1) 효소적 방법

α -amylase로 아마란스 가루를 효소처리 하기 전에 아마란스 가루에 끓는 물을 첨가하여 20% 슬러리 상태로 호화시킨 후 pH를 6.5로 조정하였다. 예비 호화된 슬러리를 70°C로 냉각시켜 효소, α -amylase를 첨가하였으며 효소의 종류와 농도에 따른 고단백 분획(HPAF)의 수율 및 단백질 함량은 표 11과 같다.

α -amylase는 protease의 혼입이 없는 효소로서 쌀가루 등에 효과적으로 이용된 바 있는 상업용 α -amylase 2종을 이용하였다. α -amylase(N)이 α -amylase (T)보다 효과적이었으며 효소농도가 증가될수록 HPAF의 수율이

감소하고 제조된 HPAF 중의 단백질 함량은 다소 증가되었으나 증가폭이 미미하여 효소는 0.1 %의 농도로도 20%이상의 단백질을 갖는 HPAF를 생산할수 있을 것으로 판단되었다.

Lopez 등도 α -amylase 와 glucoamylase를 사용하여 고단백 분획과 고탄수화물 분획을 제조하는 실험을 수행하였는데 호화시킨 20%의 슬러리에 0.10%의 효소를 처리하였을 때 고단백 분획은 38~39%의 수율을 나타내었고 단백질은 26~28%, 지방 10~16%, 전분 40~52% 였다고 보고하였다.

Table 11. Yields and protein contents at enzymatic production of high-protein amaranth flour(HPAF) ^{a)}

Enzyme conc. (v/w %)	α -Amylase(N)		α -Amylase(T)	
	Yield(%)	Protein(%)	Yield(%)	Protein(%)
0.1	47.53	22.49	72.30	16.53
0.5	45.50	23.45	60.08	18.36

^{a)} Conditions : pH 6.5, 70°C, 20 % (w/v) slurry, 30 min liquefaction

표 12는 α -amylase(N)으로 처리하여 제조한 아마란스 고단백 분획(HPAF)의 특성을 원래의 아마란스 가루와 비교한 것이다. 원 아마란스 가루는 단백질 함량이 14.47% 이며 73.2%의 전분을 함유하였으나 HPAF에서는 단백질 함량이 22.49%로 증가되고 전분 함량이 42.5%로 감소된 것으로 나타났다. 단백질과 전분외에 미량의 폴리페놀 함량과 플라보노이드 함량을 정량한 결과 원 아마란스와 HPAF 간의 차이는 미미한 것으로 나타났다.

Table 12. Characteristics of High-protein amaranth flour(HPAF) produced by α -Amylase(N) compared with raw whole amaranth flour ^{a)}

	Whole Amaranth	HPAF
Protein(%)	14.47	22.49
Total polyphenol(mg/g)	0.40	0.51
Total flavonoid(mg/g)	0.04	0.02
AIS(%)	80.01	79.50
Starch(%)	73.2	42.5

^{a)} Conditions : 0.1%(v/w) α -Amylase(N), pH 6.5, 70°C, 20 %(w/v) slurry, 30 min liquefaction

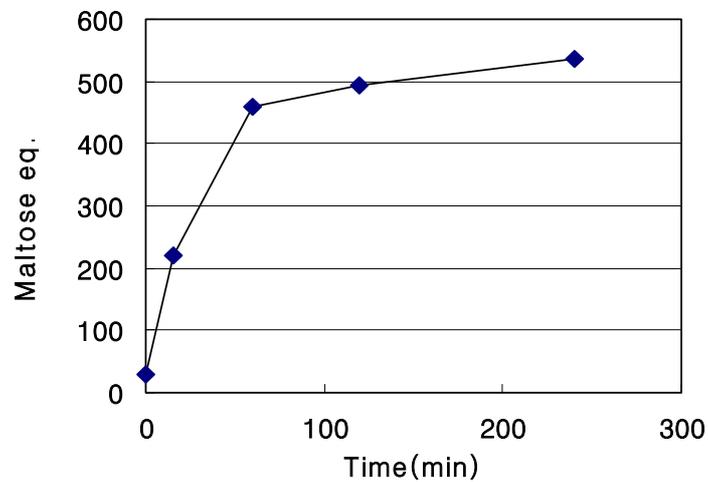


Fig. 6. Changes of reducing sugar content(mg/ml) of supernatant during α -Amylase(N) treatment for high-protein amaranth flour(HPAF) production.

그림 6은 α -amylase(N)의 적정 반응시간을 정하기 위하여 일정시간 효소 처리를 하고 원심분리하여 상등액 중의 환원당량을 DNS법으로 정량한 결과이다. 반응시간이 증가될 수록 반응액 중의 환원당량은 증가되는 것으로 나타나 전분의 분해는 100분 이후에도 계속되는 것으로 판단되나 반응시간이 길어질수록 최종 HPAF의 품질이 저하되는 것으로 평가되었다. 특히 이취의 발생이 검출되었으므로 효소 반응시간은 90분이 적절하였다.

2) 물리적 방법(Size fractionation, sieving)

효소적 공정으로 고단백질 분획을 제조하는 공정은 부수적으로 나오는 고탄수화물 분획을 high fructose corn syrup으로 이용이 가능할 것이라고 보고되었으나 아직은 고가인 아마란스를 전분당으로 이용하는 것은 비경제적인 것으로 판단되었다. 따라서 효소적 공정 보다는 물리적 공정인 Size fractionation 즉 sieving에 의해 원하는 수준으로 단백질 함량을 높이고 분획된 다른 획분들도 분말소재로 이용하고자 하였다.

아마란스를 5mm 스크린을 끼운 Cyclotech으로 미분쇄 한 후 입자크기별로 분획하기 위하여 60, 100, 270, 325 메쉬를 장착한 sieve shaker로 처리하였다. 표 1은 sieve shaker로 처리한 분말분획의 수율과 단백질을 비교한 결과이다. 단백질 함량은 Fr. I과 Fr. IV에서 높았으며 Fr. II와 Fr. III는 원 아마란스 분말의 단백질 함량과 유사하였다. 수율 면에서 Fr. III에 많은 부분이 집중된 것으로 나타났으나 shaking 시간을 증가시킬수록 Fr. IV로 이행되는 결과를 보였다. 전분의 함량은 Fr. II에서 가장 높았다.

표 13의 결과로부터 Fr. III과 Fr. IV를 혼합하여 고단백 분획용으로 활용하고 Fr. II는 제과 제빵용 분말에 활용하는 것이 유리할 것으로 보이며 높은 AIS 함량을 보인 Fr. I은 고 식이섬유 분말소재로 특성화 하는 것이 바람직할 것으로 판단되었다.

Table 13. Characteristics of amaranth fractions produced by size fractionation^{a)} compared with raw whole amaranth flour

	Whole	Fr. I	Fr. II	Fr. III	Fr. IV
		>60mesh	60-100	100-270	<270mesh
Yield(%)	100	2.30	14.63	76.11	4.82
Protein(%)	14.47	18.88	13.88	14.86	26.53
Total flavonoid (mg/g)	0.04	0.02	0.03	0.04	0.01
Total polyphenol (mg/g)	0.40	0.28	0.27	0.33	0.64
AIS(%)	80.0	94.5	88.5	83.0	81.5
Starch (maltose eq.)	537.29	471.71	688.76	601.42	437.89

^{a)} 2hr mechanical sieving by Ro-tap sieve shaker

나. 영양음료 개발을 위한 아마란스 추출액

1) 아마란스 추출액 제조

아마란스 음료를 제조하기 위한 아마란스 추출액은 아마란스를 수세 건조한 후 40 메쉬로 분쇄하고 10 ~20배의 증류수를 첨가하여 2~4시간 추출하여 제조하였다. 추출과정에서 다량의 전분이 빠져나와 착즙액의 탁도를 증가시키고 음료 저장 중 층분리 현상을 초래하므로 추출액 제조시 전분분해효소 (Brewers amyliq T. S.)를 0.05 % 첨가하였다.

표 14는 아마란스 분말과 아마란스의 분획들로부터 제조한 추출액의 특성을 나타낸 것이다. 단백질 함량이 높은 분획에서 추출한 추출액의 아미노산 함량이 매우 높았으며 색도 결과도 원 아마란스 가루와 차이가 컸다. 추출액의 당도는 15배 가수로 인하여 2.3 ~4.5 °Bx로 낮았다.

Table 14. Preparation of amaranth extracts for developing amaranth beverage

	Whole	Fr. I	Fr. II	Fr. III	Fr. IV
		>60mesh	60-100	100-270	<270mesh
Color					
L	27.82	25.65	26.60	26.29	36.79
a	-0.68	-0.41	-0.50	-0.49	-1.39
b	-0.19	0.49	-0.71	-0.26	1.53
ΔE	65.14	67.30	66.37	66.67	56.16
Amino acid (%, d.b.)	2.75	3.20	2.15	2.76	8.62

2) 전처리 후 추출액 제조

아마란스 추출액은 아마란스 특유의 구수한 맛이 강하고 일반 곡류 추출액보다 진한 우유 맛과 잘 어울리는 특징이 있었다. 따라서 추출액에서의 아마란스 고유의 풍미를 더욱 발현시키기 위하여 팽화 후 추출액 및 스팀 처리 후 추출액을 제조하여 비교하였다.

표 15는 아마란스 추출액, 팽화 후 추출액, 스팀 처리 후 추출액의 당도와 색도를 비교한 결과이다. 추출액의 당도는 고형분량이 반영된 것으로서 팽화와 스팀처리로 인하여 감소되었다. 스팀처리구의 경우 옥수수 향과 비슷한 달고 고소한 향미가 생성되었으며, 팽화 처리구는 팽화시 진행된 maillard 반응으로 추출액의 색도가 다른 처리구와 차이가 있었고 볶은 향이 가장 풍부하게 나는 것으로 평가되었다.

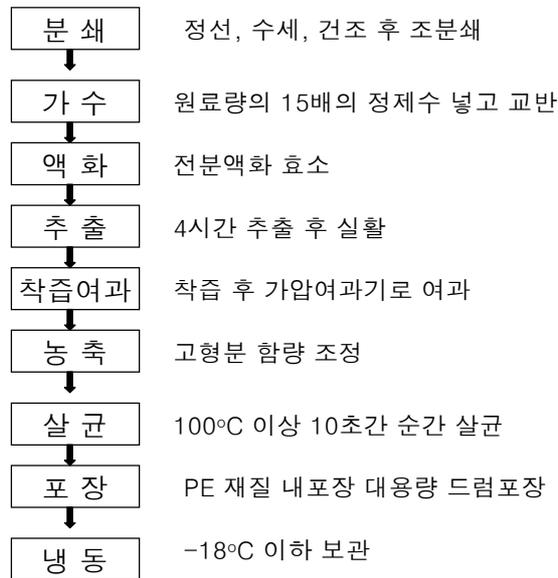
추출 수율 면에서는 팽화 후 추출액, 스팀 처리 후 추출액이 원 아마란스 추출액에 비하여 다소 감소되었으나 풍미 면에서의 장점이 있으므로 음료 제조시 3 처리구를 모두 적용하여 최종제품으로 관능특성을 비교하였다.

Table 15. Drink base extracted from amaranth and heated amaranth for developing amaranth beverage

	Amaranth base		
	Raw	Popping	Steaming
Solid (°Bx)	4.7	3.8	2.3
Color			
L	27.82	27.46	32.63
a	-0.68	0.32	-1.10
b	-0.19	2.89	-2.04
ΔE	65.14	65.60	59.78

3) 추출액 제조공정

음료용 아마란스 추출액의 제조공정은 다음과 같다. 일반 적인 곡류 추출액 제조시 원료량의 8~20배를 가수하고 원료량의 0.2%의 전분 액화 효소를 첨가하나 아마란스의 경우 원료량의 15배 가수가 적합하였다.



추출후 여과액은 4.2~4.7 °Bx로 16 °Bx와 50 °Bx로 농축하여 농축액의 품질을 비교한 결과 50 °Bx에서는 농축으로 인한 풍미 손상이 일부 진행되는 것으로 나타났다. 향후 농축보다는 음료 제조시 첨가될 당으로 당적하여 포장하는 방안도 대안이 될 수 있을 것이다. 본 실험에서는 추출후 여과액을 4.2 °Bx 로 표준화 시켜 음료제조에 이용하였다.

4) 음료용 추출액의 아미노산 함량

아마란스 음료를 우수한 단백질 조성을 갖는 차별화된 음료가 될 수 있을 것이다. 표 16은 음료용 아마란스 추출액의 아미노산 조성과 함량을 나타낸 것이다.

Table . Contents(mg/g, d.b) of Amino acids in base extracts for amaranth drink

	Whole	Fr. I	Fr. II	Fr. III	Fr. IV
		>60mesh	60-100	100-270	<270mesh
ASX ^{a)}	2.57	3.13	1.98	2.46	6.87
GLX ^{a)}	7.81	8.12	5.72	7.53	24.46
SER	1.15	1.51	0.92	1.21	3.05
HIS	1.02	1.19	0.76	1.05	3.26
GLY	2.91	3.51	2.28	3.21	9.41
ARG	1.92	1.96	1.37	1.95	7.34
THR	1.16	1.32	0.97	1.19	6.57
ALA	1.60	1.79	1.27	1.59	4.50
PRO	1.23	1.55	1.07	1.45	4.79
TYR	0.06	0.09	0.07	0.07	0.18
VAL	1.32	1.65	1.07	1.26	3.69
MET	0.44	0.40	0.28	0.37	1.13
ILE	2.02	2.68	1.77	2.06	5.66
LEU	1.42	1.89	1.23	1.36	3.91
PHE	0.54	0.72	0.48	0.52	1.69
LYS	0.31	0.45	0.24	0.28	2.66
TOTAL	27.49	31.98	21.49	27.57	86.16

^{a)} ASX, GLX mean the sum of asparagine and aspartic acid, and glutamine and glutamic acid, respectively.

다. 아마란스 음료 개발

최근 곡류를 이용한 음료 및 두유 제품이 다양하게 출시되어 아침식사 대용이나 영양음료로서 판매되고 있다. 그러나 이들 곡류 음료는 pH가 중성에 가깝고 곡류 자체의 지방이 존재하여 현탁 안정성이 떨어지므로 일반 음료 제조시보다 품질 유지가 까다롭다.

예비 실험을 거쳐 아마란스 고유의 풍미를 살리는 기본 배합비(formula A)를 선정하였으며 기호도가 우수하면서 유화 안정성이 높고 저장 중 품질이 안정된 아마란스 음료를 개발하고자 하였다.

1) 배합비에 따른 음료 제조 및 기호도 개선

표 17은 기본 배합비의 식물성 크림 함량과 당의 함량의 달리하여 제조한 처리구이다. 현탁 안정제로 Tween 80과 잔탄 겔을 첨가하였으며 저장 안정성을 위하여 천연 보존제인 DF-100을 첨가하였다. 표 18은 표17의 배합비로 제조한 음료의 당도, 색도 및 관능검사 결과이다. 배합비 B, C, D에서는 식물성 크림의 양을 줄이고 body 감을 부여하기 위해 maltodextrin을 첨가한 결과 음료로서 점도가 높고 부드러운 감미가 줄어드는 것으로 평가되었다.

Table 17. Formulation of amaranth beverage with different milkiness

	Formular A	Formular B	Formular C	Formular D
Amaranth ext. (4.2 °Bx)	90.65	90.22	90.22	90.22
HFCS	6.40	6.86	6.86	6.86
Nondairy cream	1.81	1.14	1.37	1.61
Maltodextrin	-	0.67	0.43	0.20
Xylitol	0.90	0.90	0.90	0.90
Flavor(MC)	0.02	0.02	0.02	0.02
DF-100	0.015	0.014	0.014	0.014
Xanthan gum	0.20	0.18	0.18	0.18
Tween 80	0.009	0.009	0.009	0.009

Table 18. Color and sensory characteristics of amaranth beverages with different formula

	Formular A	Formular B	Formular C	Formular D
Solid(°Bx)	12.0	12.0	11.6	11.8
Color				
L	64.39	61.34	62.71	65.00
a	-1.29	-1.43	-1.30	-1.21
b	6.73	6.32	6.41	6.80
Sensory result				
Sweetness		5.60	5.25	5.75
Flavor		5.05	6.10	5.75
Viscosity		6.85	6.15	6.40
Preference				
Taste		5.05	5.95	5.00
Flavor		4.95	5.85	5.50
Color		5.85	6.15	5.55
Viscosity		4.70	5.35	4.60
Overall quality		4.85	5.60	4.95

표 19는 배합비 B를 기준으로 음료의 당도를 조절한 처리구이다. 당도 10.8의 처리구보다는 당도 12.0의 처리구에서 기호도가 높았다. 그러나 전반적으로 점도가 가벼운 음용감을 주기보다는 우유와 같은 무거운 음용감을 보이는 것으로 평가되었고 전체 기호도 점수가 낮았으므로 말토덱스트린과 잔탄검을 배제 시키고 배합비를 조정하였다.

한편 저장성 부여를 위해 첨가한 DF-100은 특유의 뒷맛 때문에 0.015% 이상 첨가가 곤란하였으며 안전성을 확보하기 위하여 95℃ 살균 보다는 121℃ 레토르트가 필요한 것으로 나타났다. 레토르트 음료제품은 액상과당의 경우 살균과정에서 색상의 갈변이 매우 심하여 품질의 열화가 빠르게 진행되므로 표 21부터는 당을 정백당으로 교체하였다.

Table 19. Formulation of amaranth beverage with different sweetness

	Formular B	Formular D	Formular F
Amaranth ext. (4.2 °Bx)	90.22	90.54	90.87
HFCS	6.86	6.52	6.18
Nondairy cream	1.14	1.38	1.38
Maltodextrin	0.67	0.43	0.44
Xylitol	0.90	0.91	0.91
Flavor(MC)	0.02	0.02	0.02
DF-100	0.014	0.014	0.015
Xanthan gum	0.18	0.18	0.18
Tween 80	0.009	0.009	0.009

Table 20. Color and sensory characteristics of amaranth beverages with different sweetness

	Formular B	Formular D	Formular E
Solid(°Bx)	12.0	11.2	10.8
Color			
L	61.34	59.94	59.84
a	-1.43	-1.60	-1.71
b	6.32	5.55	5.29
Sensory result			
Sweetness	5.86a	6.36a	4.55b
Flavor	4.59	5.46	4.32
Viscosity	5.41	6.36	5.32
Preference			
Taste	5.36	4.96	4.27
Flavor	4.91ab	5.68a	4.36b
Color	5.41	5.50	5.86
Viscosity	4.64	4.27	5.14
Overall quality	4.55	4.68	4.64

표 21은 유화제 종류를 달리하여 제조한 아마란스 음료의 배합비이다. 유화제는 tween 80 대신 유화프리 K-2000, 모노구리, 자당지방산 에스테르를 적용한 결과 표 21과 같은 처리구에서 음용감이 현저하게 향상되었고 유지 성분들을 70℃에서 미리 유화시켜 음료제조에 투입함으로써 냉각후 유화 안정성도 매우 우수한 것으로 나타났다.

표 22는 유화제의 종류를 달리하여 제조한 음료의 특성 및 관능검사 결과이다. 배합비 G는 점도가 낮아 점성에 대한 기호도가 유의적으로 높았으며 맛, 향, 색, 전체 기호도 면에서도 배합비 F 보다 우수하였다.

배합비 G와 배합비 F는 액상과당을 정백당으로 대체한 처리구로서 당도를 조절해야 할 필요가 있었다. 따라서 당도를 낮추면서 음료 base 추출액을 다양화 시켜 음료를 제조하였으며 결과는 표 23, 표 24와 같다.

Table 21. Formulation of amaranth beverage with different types of emulsifiers

	Formular F	Formular G
Amaranth ext. (4.2 °Bx)	90.65	90.71
Sucrose	6.40	6.40
Nondairy cream	1.81	1.81
Xylitol	0.90	0.90
Flavor(MC)	0.02	0.02
DE-100	0.015	0.15
Emulsifier		
A	0.21	
B		0.13

Table 22. Color and sensory characteristics of amaranth beverages with different types of emulsifiers

	Formular F	Formular G	
Solid(°Bx)	13.2	13.8	
Color			
L	60.69	61.94	
a	-1.46	-1.35	
b	5.31	6.05	
Sensory result			F value
Sweetness	6.25	7.38	3.03
Flavor	6.50	5.81	0.95
Viscosity	6.69 ^a	4.38 ^b	17.27 ^{***}
Preference			0.47
Taste	4.50	5.13	
Flavor	5.00	6.13	2.85
Color	5.38	6.00	1.58
Viscosity	4.50 ^a	6.13 ^b	7.08 ^{**}
Overall quality	4.56	5.75	2.12

2) 아마란스 음료의 풍미 증진

아마란스 추출액은 아마란스 특유의 구수한 맛이 강하고 식물성 크림의 풍미와 잘 어울리는 특징이 있었다. 따라서 추출액에서의 아마란스 고유의 풍미를 더욱 발현시키기 위하여 볶음 처리 후 추출액, 팽화 후 추출액 및 스팀 처리 후 추출액으로부터 각각 표 23의 배합비에 따라 아마란스 음료를 제조하고 특성을 비교하였다. 음료의 pH를 6.0 조정하기 위하여 구연산을 첨가하였다. 스팀처리구의 경우 추출액 자체에 풍부한 옥수수 향과 비슷한 달고 고소한 향미는 음료에 배합되는 다른 부재료들로 인하여 상당히 희석되어 원 아마란스 음료와의 차이가 크지 않았다. 팽화 처리구는 볶음 향이 풍부하며 뒷맛이 남지 않고 특히 향에 대한 기호도가 우수한 것으로 평가되었다.

볶음 처리구는 볶음 분말 자체는 향이 우수하나 음료 base로의 추출과정에서 탄맛으로 변화되고 음료의 색에도 좋지 않은 영향을 주는 것으로 나타

났다. 따라서 음료용 base로는 아마란스와 팽화 아마란스가 적합하였다.

Table 23. Formulation of amaranth beverage with different base extracted from amaranth and heated amaranth

	Raw	Steaming	Popping	Roasting
Amaranth ext. (4.2 °Bx)	91.05	91.05	91.05	91.05
Sucrose	6.07	6.07	6.07	6.07
Nondairy cream	1.82	1.82	1.82	1.82
Xylitol	0.91	0.91	0.91	0.91
Flavor(MC)	0.005	0.005	0.005	0.005
DE-100	0.015	0.015	0.015	0.015
Emulsifier	0.13	0.13	0.13	0.13
Citric acid	0.01	0.01	0.01	0.01

Table 24. Color and sensory characteristics of amaranth beverages with different types of extracts

	Raw	Steaming	Popping	Roasting
Solid(°Bx)	12.2	10.2	12.6	11.4
pH	6.03	6.27	5.84	5.78
Color				
L	67.31	68.45	50.71	46.34
a	-1.13	-1.50	2.54	3.70
b	5.90	4.32	12.07	12.55
Sensory result				
Sweetness	6.75	5.62	5.75	4.88
Flavor	5.63	4.00	6.25	6.88
Viscosity	5.19	5.56	5.94	5.94
Preference				
Taste	6.00	5.63	6.50	4.81
Flavor	5.81 ^a	5.44 ^b	6.38 ^a	5.50 ^a
Color	6.56	6.25	6.00	5.38
Viscosity	7.25 ^a	6.25 ^{ab}	6.50 ^{ab}	5.69 ^b
Overall quality	6.31	5.38	6.19	4.56

표 25는 아마란스 음료에 첨가하는 향을 변화시킨 처리구의 특성을 비교한 것이다. 배합비 K와 배합비 F에 첨가한 향이 아마란스 음료에 잘 어울리는 향으로 평가되었다. 배합비 H는 기존의 곡류 음료에 많이 사용된 보편적인 쌀의 향으로 이 rice essence 향보다는 milk caramel계 향이 아마란스 음료에 더 어울리는 것으로 나타났으며 곡류 향을 첨가할 경우 roasted note가 있는 향이 적합한 것으로 나타났다.

Table 25. Formulation of amaranth beverage with different types of flavors and its characteristics

	Formula H	Formula I	Formula J	Formula K
Flavor	FRE (rice)	FRR (roasted rice 1)	FNF (roasted cereal 2)	FM (milk caramel)
Solid(°Bx)	12.4	12.4	12.2	12.2
pH	6.12	6.13	6.13	6.03
Color				
L	61.53	60.95	59.24	67.31
a	-1.30	-1.36	-1.05	-1.03
b	5.24	5.08	5.57	5.90
Preference				
Taste	4.25	4.25	5.50	6.00
Flavor	3.75	5.25	5.50	5.81
Overall quality	4.25	5.00	5.50	6.31

3) 아마란스와 곡류 추출액 혼합 음료

표 26의 배합비 L은 2종류의 향 즉, milk caramel 향과 roasted rice 향을 혼합 사용하고 소량의 식염을 첨가한 아마란스 음료의 배합비로서 아마란스 고유의 풍미와 맛이 살아있으면서 첨가된 향과 가장 잘 어울리는 것으로 평가되었고 음용감과 유화 안정성이 우수하였다. 이 아마란스 음료는 레토르트 후에도 밝은 우유 빛 색을 지니며 시판 곡류 음료보다 흰색을 띄어 Hunter L 값은 63.74였으며 당도는 12.5 °Bx이고 구연산을 첨가하여 pH는 6으로 제

조하였다.

배합비 M은 아마란스 추출액과 현미 및 쌀 추출액을 혼합하여 음료를 제조한 것이다. 아마란스와 현미 및 쌀의 비율은 °Bx를 고려하면 4:3:2가 된다. 이 음료는 아마란스 음료보다 명도가 다소 감소하고 점도가 더 낮은 것으로 평가되었으며 향에 대한 기호도가 높았다.

Table 26. Formulation for addition of rice extract to amaranth beverage

	Formula L	Formula M
Amaranth ext. (4.2 °Bx)	91.073	39.980
Brown rice ext. (18.8 °Bx)	-	6.447
Rice ext. (38 °Bx)	-	2.109
Sucrose	6.023	5.947
Nondairy cream	1.824	1.802
Xylitol	0.914	0.900
Flavor(FM)	0.002	0.002
Flavor(FRR)	0.002	0.002
Salt	0.005	0.005
DE-100	0.015	0.015
Emulsifier	0.134	0.133
Citric acid	0.014	0.013
Water	-	42.646

Table 27. Color and sensory characteristics of beverages produced by amaranth and rice

	Formula L	Formula M
Solid(°Bx)	12.5	12.8
pH	6.04	5.95
Color		
L	63.74	62.83
a	-1.30	-1.42
b	4.70	4.66
Sensory result		
Sweetness	6.88	6.56
Flavor	5.52	5.38
Viscosity	6.44	5.56
Preference		
Taste	5.75	5.88
Flavor	6.06	6.13
Color	6.25	5.88
Viscosity	6.44	5.56
Overall quality	6.38	6.44



Fig 7. Amaranth beverage and mixed cereal beverages produced by amaranth and rice(formula L and M)

3. 아마란스 전분 및 1차 가공처리한 아마란스 분말소재의 특성

가. 1차 가공처리 아마란스 분말 소재

아마란스로부터 전분을 분리하고 아마란스 가루를 탈지(defatting), 발아(germination), roasting, popping, 압출성형(extrusion) 처리한 1차 가공처리 분말을 제조한 후 각 분말 소재의 특성을 조사하였다.

가공처리하지 않은 아마란스는 수세-풍건(실온)-마쇄-45메쉬 체에 통과한 시료이며, 탈지 시료는 아마란스를 수세-건조(40℃, 3시간)-마쇄(40 메쉬, pin mill)하여 분말화한 다음 hexane으로 탈지하여 제조한 것이다. 발아 시료는 발아상(25℃, 2일)에서 적신 여과지 위에 아마란스를 올린 후 랩을 씌워 발아 시켰다. Roasting 시료는 아마란스를 수세-건조(40℃, 3시간)-roasting(170℃, 10분)하여 제조하였다. Popping은 깨를 볶는 방법과 같이 수세한 아마란스를 hot plate popping 시켰다. plate에서 툭툭 될 때로부터 5분동안 popping 시켰다. 압출성형은 동방향 쌍축 압출성형기(THK-31T)를 사용하여 표 29와 같이 수분첨가량이 다른 조건으로 2종류의 시료를 제조하였다. 압출성형물의 색과 두께는 수분첨가량에 따라 차이가 있어 수분이 적게 투입된 Extrusion 1이 Extrusion 2보다 색깔이 짙고 두께가 가늘었으며 딱딱한 형태를 보였다.

Table 29. Extrusion conditions of amaranth flours

		Samples	
		Extrusion 1	Extrusion 2
Pre extrusion	Moisture content (%)	13	13
Extrusion conditions	Screw speed (rpm)	250	250
	Feed rate (rpm)	24	24
	Water injection	5	15
	1(set/melt temp℃)	129	118
	2(set/melt temp℃)	128	117
	3(set/melt temp℃)	81	73
	Die hole shapes (Ψ)	3 mm	3 mm
Post extrusion	Dough moisture content (%)	16	21

아마란스 전분의 수분함량은 13.45%이었고 아마란스 분말의 수분함량은 가공처리 방법에 따라 차이가 있었다. 가공처리하지 않은 시료와 탈지 시료의 수분함량은 12.59~14.00%이었고, 가공 중 열처리 과정이 포함된 popping, roasting, extrusion 시료의 경우 4.86~7.95%의 낮은 수분함량을 나타냈다. 회분은 2.74~3.29%로 시료 간에 큰 차이는 없었다.

색차계(Minolta CR-300 Series, Japan)를 이용하여 측정한 아마란스 전분의 색도는 전분 분리에 의해 단백질이나 지질 등이 거의 제거되었기 때문에 L값이 96.83으로 가장 높았고, a값과 b값은 가장 낮았다. 아마란스 분말의 색도는 탈지시료의 L값이 가장 크고, a값과 b값은 가장 낮아 탈지에 의해 아마란스 분말의 색이 밝아짐을 알 수 있었다. 발아시료는 무처리 시료와 비슷한 명도를 나타냈으나 a값은 차이가 커 발아에 따른 영향으로 생각되었다. 또한, popping과 roasting시료의 경우 열처리에 의해 갈변화가 일어나 표면의 색이 더 짙은 갈색을 띠었다(표 30).

Table 30. Color values of amaranth starch and flours processed by various methods

Samples	L	a	b
Starch	96.84±0.0	-0.64±0.0	0.95±0.0
Raw	77.51±0.0	12.88±0.0	15.96±0.0
Defatting	83.38±0.1	0.77±0.0	10.94±0.0
Germination	77.16±0.1	1.22±0.0	16.41±0.0
Roasting	72.19±0.0	4.85±0.0	24.70±0.0
Popping	75.91±0.0	2.38±0.0	18.37±0.0
Extrusion 1	74.95±0.1	1.36±0.0	16.66±0.0
Extrusion 2	77.14±0.0	0.98±0.0	15.53±0.0

나. 아마란스 전분 및 분말 소재의 특성

아마란스 분말의 물 결합능력은 가공방법에 따라 차이가 있었다. 표 31과 같이 popping 시료의 물 결합능력이 740.28%로 가장 컸고 수분을 적게 투입하여 압출성형한 extrusion 1이 38.53%로 가장 낮은 물 결합능력을 나타냈다. 가공하지 않은 아마란스 분말에 비해 탈지, 발아, roasting 등의 방법으로 가공한 시료의 물 결합능력이 감소하였다. 압출성형물의 경우 압출성형조건에 따라 두 가지 시료의 물 결합능력이 큰 차이를 보였다.

60℃와 100℃에서 측정한 팽윤력과 용해도 또한 가공처리에 따라 차이가 있었다. 열처리 과정이 없었던 무처리, 탈지, 발아 시료의 팽윤력과 용해도는 비슷하였다. roasting시료와 popping 시료는 다른 처리시료에 비해 팽윤력은 차이가 적었으나 용해도는 매우 낮았다. 특히, roasting 시료의 경우 100℃에서의 용해도가 12.60%로 가장 낮은 값을 보여 다른 가공처리 시료와는 호화양상이 다를 것으로 생각되었다.

Table 31. Physicochemical properties of amaranth flours processed by various methods

Samples	Water binding capacities (%)	Swelling power		Solubilities (%)	
		60℃	100℃	60℃	100℃
Raw	199.49±3.9	5.13±0.1	9.50±1.3	20.05±0.1	67.14±6.5
Defatting	190.88±13.0	5.72±0.2	10.87±0.8	23.93±0.1	70.86±1.2
Germination	174.66±12.6	3.54±0.0	9.35±0.2	21.15±1.1	65.16±1.1
Roasting	197.55±10.1	4.03±0.4	13.77±0.1	9.8±0.7	12.60±0.4
Popping	740.28±4.3	10.99±0.7	13.95±0.0	11.08±1.4	34.43±1.1
Extrusion 1	38.53±8.2.1	4.61±0.8	8.59±0.8	60.74±7.5	74.10±2.3
Extrusion 2	134.36±6.40	5.61±0.4	7.58±1.0	46.73±0.9	62.46±0.4

X-선 회절기(D/max-1200, Rigaku Co. Japan)를 사용하여 회절각도 40~0. 까지 회절시켜 분석한 아마란스 분말의 X-선 회절도는 그림 8과 같다.

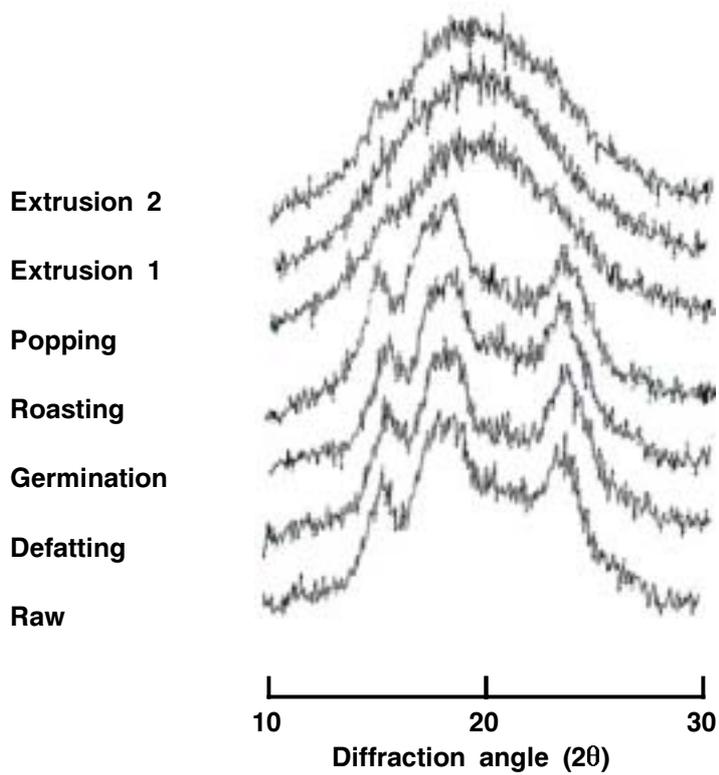
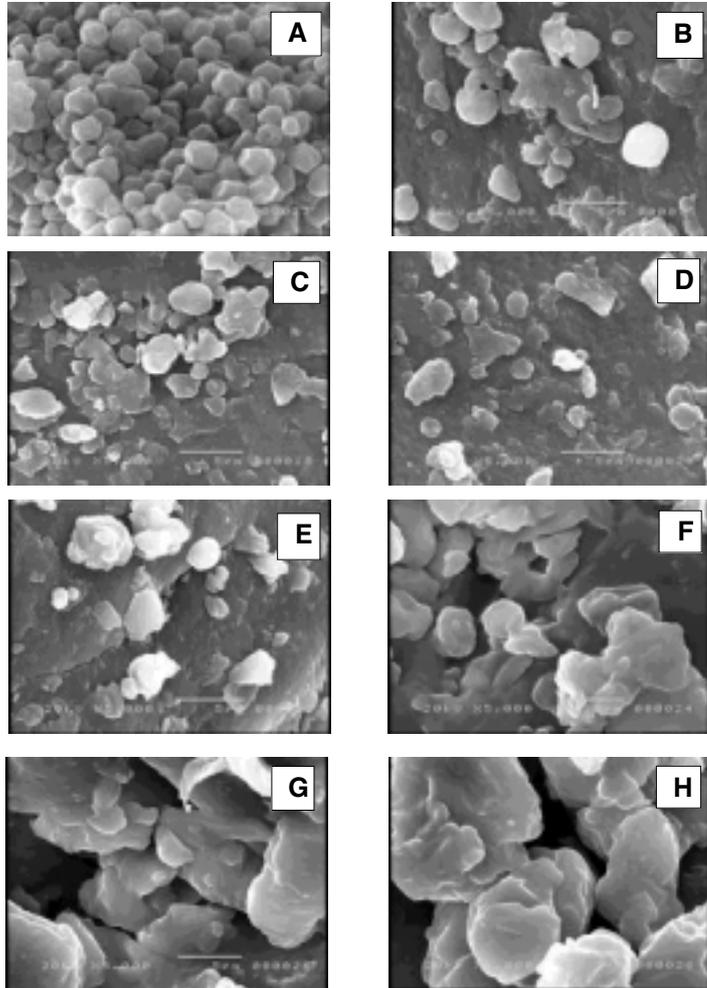


Fig. 8. X-ray diffractograms of amaranth flours processed by various methods

아마란스 분말의 결정형은 전형적인 A형을 보였고 탈지, 발아, roasting 처리에 의한 결정형과 결정강도의 변화는 없었다. 그러나 popping 처리와 압출성형에 의해서는 아마란스의 결정형이 사라져 호화가 일어났음을 볼 수 있었다.

주사전자현미경(SEM, Scanning Electron Microscope, JEOL JSM-5400, Japan)으로 관찰한 전분 및 아마란스 분말의 형태는 그림 9와 같다. 아마란스 종실로부터 분리한 전분의 형태는 다면체 모양이었고, 아마란스 분말은 외관상의 큰 차이는 보이지 않았으나 탈지한 시료(C)는 표면이 약간 매끄러워 보였고 popping 시료(F)와 extrusion 시료(G, H)의 경우 호화가 일어나 전분 입자가 풀어져 뭉쳐 있는 형태를 보였다.

광투과도에 의한 아마란스 전분과 분말의 호화특성은 0.1% 현탁액을 60°C와 100°C에서 각각 10분동안 가온한 후 실온에서 2분 방치하여 분광광도계(8452A, Diode array spectrometer, Hewlett-Packard, USA)로 626 nm에서 측정하였다. 표 32와 같이 60°C에서의 광투과도는 아마란스 전분이 가장 낮은 값을 보였고 열처리 하지 않은 무처리, 탈지, 발아 시료 등도 광투과도가 낮았다. roasting, popping, extrusion 1, extrusion 2의 경우 60°C에서의 광투과도가 높게 나타났는데 이는 가공처리 중 일부 또는 전체적으로 호화가 일어난 것이 원인이라고 생각되었다. 100°C에서의 광투과도는 아마란스 전분 및 무처리, 탈지, 발아 시료가 더 높게 나타났는데 이는 충분히 높은 온도에서 전분의 호화가 일어나 광투과도가 급격히 상승했음을 알 수 있었고, roasting, popping, extrusion 1, extrusion 2는 60°C에서의 광투과도와 거의 유사한 값을 보였다.



A: Starch B: Raw C: Defatting D: Germination
E: Roasting F: Popping G: Extrusion 1 H: Extrusion 2

Fig. 9. Scanning Electron Microscopy (SEM) of amaranth starch and flours processed by various methods

Table 32. Transmittance patterns of 0.1% amaranth starch and processed amaranth flour suspensions

Samples	Transmittance at 626 nm (%)	
	60 °C	100 °C
Starch	0.40±0.0	38.14±0.3
Raw	5.62±0.3	36.41±0.7
Defatting	7.57±0.3	32.63±6.4
Germination	2.09±0.1	31.24±3.3
Roasting	31.99±3.1	32.94±4.6
Popping	25.36±0.9	25.79±4.0
Extrusion 1	22.80±0.3	22.72±2.7
Extrusion 2	12.09±0.1	12.14±1.7

6% 아마란스 전분 및 분말 현탁액을 0.27 N NaOH 용액으로 알칼리 호화시키면서 점도변화를 측정한 결과는 그림 10과 같다. 각 시료는 Brookfield 점도계(Brookfield viscometer, model LVF)를 사용하여 spindle No. 4, 회전 속도 12 rpm로 30초마다 점도변화를 관찰하였다. 전분의 경우 알칼리에 의해 급격히 점도가 증가하여 4분 후에는 최고 점도에 도달하여 거의 일정한 점도를 유지하였고 외관상으로도 완전히 투명해짐을 관찰할 수 있었다. 전분에 비해 생가루는 알칼리에 의한 호화정도가 낮아 점도가 서서히 상승하였고 30분 후에도 16.80×10^3 cp를 나타냈다. 이는 아마란스 가루의 경우 전분 외의 성분들이 포함되어 있어 알칼리에 의한 호화가 쉽지 않은 것으로 생각되었다. 발아 시료도 비슷한 경향을 보였고 탈지 시료의 경우 생가루에 비해 빠른 점도 증가를 보였고 점도도 약간 높게 유지되었다. roasting과 popping 시

료는 비슷한 양상을 보였고 가루 중에서는 가장 높은 점도를 나타냈다. extrusion 1과 2 시료의 경우 점도가 거의 나타나지 않았는데 이는 가공처리에 의해 전분의 결정형이 모두 무정형으로 바뀌었기 때문이라고 생각된다.

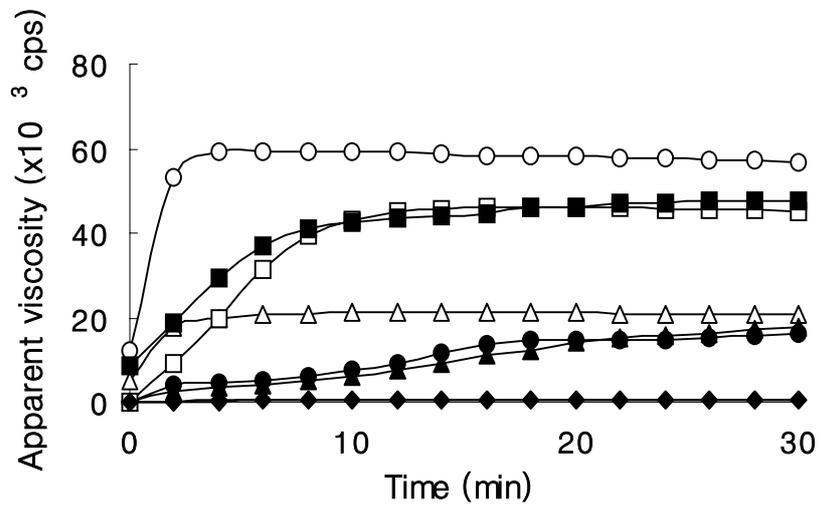


Fig. 10. Alkali gelatinization patterns of amaranth starch and flours processed by various methods

- Starch ●— Raw △— Defatting
- ▲— Germination □— Roasting ■— Popping
- ◇— Extrusion 1 ◆— Extrusion 2

신속점도측정계(RVA, Rapid Visco Analyzer, Newport Sci., Australia)로 측정된 아마란스 전분과 분말의 점도 특성값은 표 33과 같다. 점도의 변화를 나타내는 호화온도는 popping 시료와 압출성형 시료를 제외하고 68.05~72.9 5°C이었다. 아마란스 전분과 무처리 분말(Raw)의 호화온도는 거의 유사하였으나 피크 점도는 전분이 140.67 RVU, 분말이 93.92 RVU로 분말이 더 낮았다. 이는 전분 외의 성분들이 전분의 호화를 방해하기 때문이라고 생각된다. popping 시료와 압출성형 시료의 호화온도가 나타나지 않은 것은 각각의 가공처리에 의해 전분이 호화되어 무정형 상태가 되었기 때문이며, 이는 X-선 회절도의 결과와도 일치하였다. 또한, 압출성형 시료의 경우 점도의 변화가 전혀 측정되지 않았다. 그러나, popping 시료의 경우 압출성형 시료와는 달리 완전히 무정형으로 바뀐 것으로는 생각되지 않았다. 왜냐하면 호화온도는 측정되지 않았으나 점도는 나타났으며 알칼리에 의한 호화에서도 같은 양상을 보였기 때문이다. 피크점도는 가공처리하지 않은 시료가 93.92 RVU이었고, roasting 처리 시 401.08 RVU로 가장 높았으며 발아 시에는 31.58 RVU로 가장 낮았다. 발아시료의 경우 피크점도가 나타난 이후 급격한 변화없이 완만한 곡선을 보이다가 냉각점도가 약간 증가하는 양상을 보였다. roasting 처리시료는 점도가 측정된 시료들 중에서 피크점도, 95°C에서의 점도, 냉각점도 등이 모두 높게 나타났다. 전분의 노화정도를 나타낸다고 알려진 50°C에서의 냉각점도와 setback(C-P)은 germination < raw < defatting < popping < roasting 순으로 감소하였다. 일반적으로 전분 내에 함유된 지방은 전분의 노화를 억제해준다고 알려져 있으나 본 실험의 RVA 측정결과에서는 탈지시료의 setback이 무처리 시료보다 더 낮게 나타났다. 또한, 아마란스를 가공처리하지 않은 것보다 popping이나 roasting과 같은 열처리 시 setback이 현저히 감소함을 볼 수 있어 시료의 노화가 지연될 것이라고 생각되었다.

Table 33. Pasting characteristics of amaranth starch and processed amaranth flours by Rapid Visco-Analyzer

Samples	Pasting temperature (°C)	Viscosity (RVU)					
		Peak (P)	Holding at 95°C (H)	Cold (C)	Consistency (C-H)	Break-down (P-H)	Setback (C-P)
Starch	68.75	140.67	85.33	106.50	21.17	55.34	-34.17
Raw	68.80	93.92	78.08	100.92	22.84	15.84	7
Defatting	68.05	104.75	76.42	96.75	20.33	28.33	-8
Germination	70.00	31.58	-	45.42	-	-	13.8
Roasting	72.95	401.08	314.75	339.42	24.67	86.33	-61.66
Popping	-	194.33	124.83	160.17	35.34	69.50	-34.16
Extrusion 1	-	-	-	-	-	-	-
Extrusion 2	-	-	-	-	-	-	-

시차주사열량기(DSC, Differential Scanning Calorimeter, 2920 DSC, TA Instruments, USA)에 의해 측정된 전분 및 가루의 특성은 표 34와 같다. 아마란스 전분 및 가루의 호화개시온도는 57.6~78.5°C로 나타나 가공처리에 따라 차이가 있었다. popping 시료와 압출성형 시료의 경우 변화가 관찰되지 않았는데 이는 RVA 결과와도 일치하였다. 아마란스 전분과 가루의 호화개시온도는 다른 연구결과에 비해 비교적 높았고 가공처리에 의해 호화개시온도와 피크온도가 낮아졌다. 호화엔탈피는 roasting 시료를 제외하고 비슷하게 나타났다.

Table 34. DSC data of amaranth starch and flours processed by various methods

Samples	Melting endotherm		
	To(°C)	Tp(°C)	H(J/g)
Starch	78.5	82.1	3.6
Raw	70.4	73.0	4.2
Defatting	57.6	58.3	4.8
Germination	60.1	62.4	1.2
Roasting	62.1	66.1	13.9
Popping	-	-	-
Extrusion 1	-	-	-
Extrusion 2	-	-	-

4. 아마란스 전분 및 분말의 가공 특성

가. 염류 및 당류와의 상호작용

아마란스는 그 영양과 기능성의 측면에서 다양한 용도개발이 기대가 되는 작물이다. 아마란스는 전분이나 가루의 형태로 가공이 될 수 있는데, 이 때 아마란스 외에 첨가되는 기본적인 첨가물들, 즉 소금, 설탕 등과의 상호작용에 대해 알아보는 것이 필요하다고 생각되었다. 표 35에서는 가공처리하지 않은 아마란스 전분과 가루를 대상으로 NaCl을 농도별로 첨가하여 물결합능력의 차이를 비교하였다. 아마란스 전분과 가루 모두 0.2M NaCl을 첨가했을 때 물결합능력이 감소했다가 다시 증가됨을 볼 수 있었고 그 양상은 약간 다르게 나타났다. 염(Salts)은 종류나 농도에 따라 물결합능력에 매우 영향을 준다고 알려져 있는데 실험 결과는 저농도의 염은 물결합능력을 높여주는 것을 보여주었다. 여러 가지 방법으로 가공처리한 아마란스 가루에서도 NaCl의 영향을 볼 수 있었는데(표 36) 결과는 표 35와 차이가 있었다. 생전분과 생가루(Raw)는 0.2M NaCl 용액에서 물결합능력이 감소되었으나 가공처리를 거친 아마란스 가루의 물결합능력은 모두 증가하였다.

Table 35. Effect of salts (NaCl) on water binding capacity of amaranth starch and flour

Samples	Salt Conc.	Water binding capacity
Starch	No added	152.84±0.7
	0.2M	142.50±3.3
	0.4M	143.78±1.7
	0.6M	152.51±0.7
	0.8M	152.53±2.3
Flour	No added	124.46±0.4
	0.2M	119.99±5.5
	0.4M	131.39±2.9
	0.6M	120.15±3.9
	0.8M	107.18±3.6

Table 36. Effect of 0.2M NaCl on water binding capacity of amaranth starch and flour processed by various methods

Samples	No added	0.2M NaCl
Starch	152.84±0.7	142.50±3.3
Raw	124.46±0.4	119.99±5.5
Defatting	114.45±0.7	117.21±3.0
Germination	104.38±5.3	106.86±6.1
Roasting	151.04±3.1	168.30±4.0
Popping	680.70±28.1	698.70±28.1
Extrusion 1	31.01±4.1	35.86±5.7
Extrusion 2	87.99±0.0	117.61±1.7

나. 냉해동 안정성

전분을 함유한 냉동식품의 해동 시 나타나는 이수현상은 바람직하지 않은 성질로서 냉해동 안정성이 높을수록 식품가공에 유리하다. 아마란스 전분 및 가루를 일정한 조건에서 냉동-해동시키면서 14,000 rpm에서 10분간 원심분리한 후 측정된 이수율은 표 37과 같았다. 아마란스 전분은 냉동 사이클을 5회 까지 반복했을 때에도 이수율이 매우 낮았고, 아마란스 가루는 가공처리에 따라 다른 결과를 보여주었다. 열처리를 하지 않은 시료 중에서는 생가루와 탈지한 시료가 이수율이 낮아 냉해동에 비교적 안정적이었다. 그러나 발아시킨 시료는 냉해동 1회 실시에서는 이수율이 0.5745로 생가루의 0.0011에 비해 매우 높았다. 열처리를 한 시료는 popping 시료를 제외하고는 대체적으로 이수율이 높았으나 냉해동 5회 반복하는 동안에 이수율의 증가는 크지 않았다.

Table 37. Syneresis of amaranth starch and flour processed by various methods

Samples	Number of freeze-thaw cycle		
	1	2	5
Starch	0.0004±0.00	0.0007±0.00	0.0010±0.00
Raw	0.0011±0.00	0.0019±0.00	0.0023±0.00
Defatting	0.0030±0.00	0.0032±0.00	0.0048±0.00
Germination	0.5745±0.02	0.6711±0.00	0.6890±0.02
Roasting	0.4700±0.01	0.4926±0.02	0.5218±0.01
Popping	0.0017±0.00	0.0240±0.00	0.1243±0.02
Extrusion 1	0.8428±0.02	0.8626±0.03	0.8816±0.01
Extrusion 2	0.6618±0.01	0.6744±0.01	0.6781±0.01

5. 아마란스 분말소재의 응용

식품가공에 다양하게 쓰일 수 있는 전분과는 달리 아마란스 가루를 가공하여 식품을 제조하는 경우에는 그 영양적 우수성에도 불구하고 아마란스 종실의 독특한 냄새와 색깔 때문에 많은 제한을 받게 된다. 게다가 아마란스가 찰진분임을 감안하면 기존의 제품 중 찰성을 가지고 있는 제품에의 적용이 유리하다고 생각되어 아마란스 죽과 아마란스 인절미를 개발하게 되었다. 아마란스 죽과 인절미는 예비실험을 거쳐 8종의 아마란스 가루 중 열처리를 한 4종류의 시료를 이용하여 제조하였다.

가. 죽 제품

아마란스 죽에 사용된 멥쌀(일미벼)은 수세한 후 2시간동안 수침하였고 체에 받쳐 물기를 제거한 다음 푸드믹서로 마쇄하였다. 제조조건은 쌀가루 건물 당 20% 비율로 아마란스 가루를 첨가하였고, 모든 가루와 물의 비율은 1:7로 하였다. 소금은 가루를 기준하여 0.8% 첨가하였다. 준비된 재료는 모두 멸균병에 담아 끓는 물에서 10분간 호화시킨 후 저장하면서 점도와 색도를 측정하였다. 아마란스 가루를 첨가한 죽의 색은, 표 38과 같이, roasting시료의 L값이 가장 낮았고 압출성형한 아마란스 가루를 첨가했을 때는 control과 비슷하였다. control과 가장 차이가 있는 항목은 b값으로 control이 -1.32를 보인 반면 roasting 시료는 13.58로 아마란스 가루의 황색도가 높게 나타났다. 표 39는 죽을 제조한 직후부터 온도에 따라 Brookfield viscometer로 점도를 측정한 결과이다. 아마란스가루를 첨가한 시료의 점도가 control에 비해 모두 낮았는데 이는 백미에 비해 아마란스 가루는 단백질, 지방 등의 함량이 높아 호화에 영향을 준 것으로 생각되었다. 온도에 따른 점도의 변화도 각각 차이가 있었는데 쌀가루 100%인 경우 60℃에서 실온으로 갈수록 점도의 상승폭이 컸다. 이에 비해 압출성형한 아마란스 가루를 혼합한 죽의 점도는 완만하게 상승하여 점도의 변화가 비교적 적었다. 즉, 아마란스 가루를 이용하여 죽을 가공했을 때 압출성형한 형태로 첨가하는 것이 제품의 점도를 일정하게 유지하는데 유리하다고 생각된다.

Table 38. Color values of *Juk* (gruel) made with rice flour and processed amaranth flours

Samples	L	a	b
Rice 100	61.61±0.1	-1.44±0.0	-1.32±0.0
Rice 80/Roasting 20	52.29±0.4	0.79±0.0	13.58±0.1
Rice 80/Popping 20	57.87±0.2	-0.79±0.0	7.14±0.0
Rice 80/Extrusion 1 20	60.13±0.3	-1.22±0.0	5.58±0.0
Rice 80/Extrusion 2 20	59.20±0.3	-1.15±0.0	5.69±0.1

Table 39. Apparent viscosity ($\times 10^3$ cps) of gruels made with rice flour and processed amaranth flours by Brookfield viscometer

Samples	Temperature(°C)		
	95	60	Room Temp.
Rice 100	29.5	58.5	93.5
Rice 80/Roasting 20	21	40.5	71
Rice 80/Popping 20	23.5	45.5	69
Rice 80/Extrusion 1 20	18	37	43.5
Rice 80/Extrusion 2 20	17	36.5	44

주사전자현미경(SEM)으로 관찰한 죽의 표면은 그림 11과 같다. 점도 측정이 끝난 죽을 액체질소에 넣어 10분간 급냉한 후 동결건조하였고 이를 얇게 슬라이스하여 시료로 사용하였다. control(쌀가루 100%)의 경우(A) 전형적인 쌀전분입자가 호화에 의해 붕괴하는 것을 보여주었다. 이에 비해 쌀가루에 아마란스 가루를 혼합했을 때는 쪼개 생긴 듯한 양상이 나타났다. 이는 아마란스 가루가 쌀가루의 호화를 방해한 것으로 생각되며 표 11에서 아마란스를 혼합한 죽의 점도가 control에 비해 낮은 것과 관계가 있을 것이라고 생각된다.

아마란스 죽의 관능검사는 점도측정 시와 같은 조건으로 제조한 후 60℃를 유지하면서 실시하였다. 평가원은 전남대학교 식품영양학과 대학원생 8명을 대상으로 하였고 사전에 실험의 목적과 용어에 대하여 설명하였다. 평가는 색깔, 표면의 매끄러움, 점도 등의 외관과 이취 여부, 입안에서의 느낌, 전체적인 기호도 등 6가지 항목으로 실시하였다. 각 세부항목은 15cm 직선 척도를 사용하였으며 정량묘사분석(QDA)으로 비교하였다. 관능검사 결과는 SAS package로 통계 처리하여 표 40과 그림 12에 나타내었다.

관능검사 항목 중 색은 색도 측정 결과(표 38)와 마찬가지로 시료간에 유의적인 차이가 나타나 쌀죽은 가장 밝게, Roasting죽은 가장 어둡다고 평가된다. 점도에서도 차이가 있었는데 EX 1 시료가 점도가 가장 낮은 것으로 나타났고 그 외의 시료는 비슷하였다 (표 40). 구수한 맛에서는 아마란스를 첨가한 시료가 높게 나타났는데 그 중에서도 Roasting 시료가 가장 높은 점수를 받았다. 전체적인 기호도에서는 시료간에 유의적인 차이가 없다고 평가되었다. 결과적으로 쌀죽과 유사한 형태의 아마란스 죽을 제조했을 때 아마란스 가루를 20% 정도 첨가하는 것은 기호성에 큰 영향을 주지 않을 것으로 생각되었다.

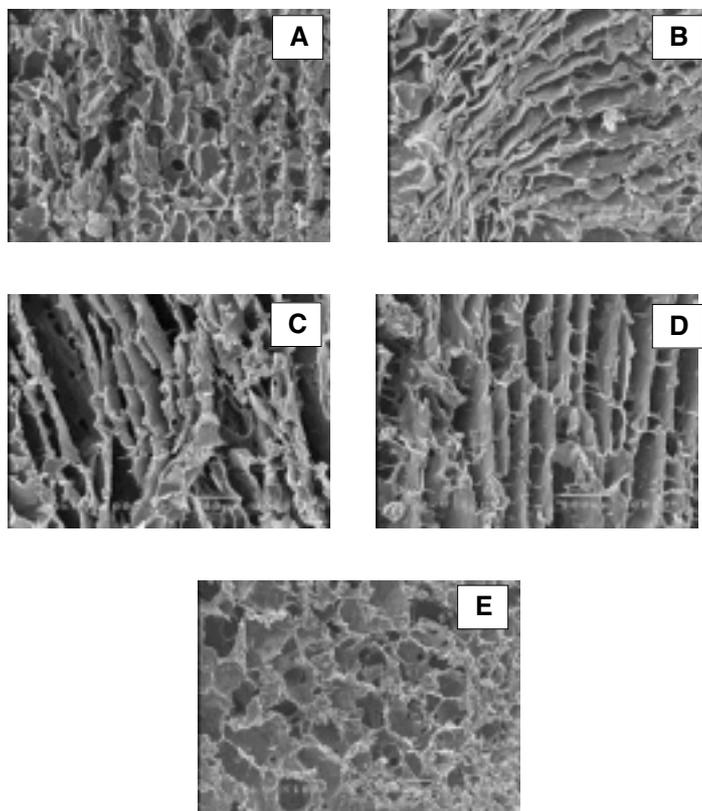


Fig. 11. Scanning Electron Microscopy (SEM) of *Juk* (gruel) made with rice flour and processed amaranth flours

A: Control B: Roasting C: Popping
D: Extrusion 1 E: Extrusion 2

Table 40. Sensory evaluation data of *Juk* (gruel) made with rice flour and processed amaranth flours

Characteristic	Control	Roasting	Popping	Extrusion 1	Extrusion 2
Appearance					
Color	11.34±2.0 ^{ab*}	5.31±1.7 ^c	9.57±1.45 ^{ab}	9.20±2.1 ^b	8.80±1.0 ^b
Smoothness	10.41±1.6	9.54±1.9	9.63±1.8	10.83±1.0	9.09±2.1
Viscosity	11.33±1.6 ^{ab}	10.50±2.1 ^{ab}	11.05±1.7 ^a	7.35±3.0 ^{bc}	12.28±1.8 ^a
Off flavor	3.00±1.5	2.84±1.6	5.06±2.4	4.40±1.5	4.78±1.9
Mouthfeel					
Nutty taste	5.62±1.6	9.46±2.0 ^b	7.64±1.04 ^{bc}	5.77±1.6 ^a	6.37±1.1 ^c
Overall quality	8.64±2.9 ^b	9.50±0.9 ^b	8.41±1.8 ^b	8.39±2.7 ^b	6.88±1.1 ^b

*) Values with same superscript in the same row are not statistically different at $p < 0.05$.
a, b) Duncan's multiple range test for sample type (row)

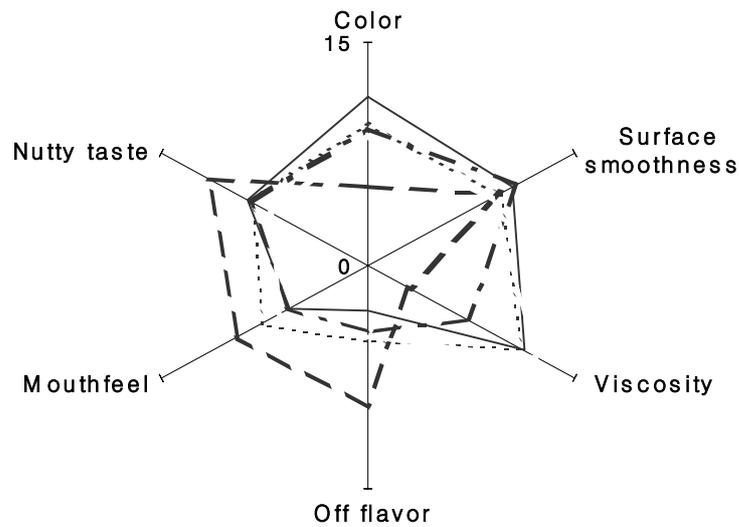


Fig. 12. QDA profile of *Juk* (gruel) made with rice flour and processed amaranth flours

— Control — RT ····· POP
- - - EX1 - - - EX2

나. 인절미

아마란스를 첨가한 인절미는 죽과 같은 요령으로 찹쌀가루 건물당 20%의 아마란스 가루를 첨가하여 제조하였다. 찹쌀(화선찰벼)은 12시간동안 수침한 후 체에 받쳐 물기를 제거한 다음 roller mill로 2회 분쇄하여 찹쌀가루를 제조하였다. 인절미의 제조조건은 죽과 같이 찹쌀가루 건물 당 20% 비율로 아마란스 가루를 첨가하였고, 가루와 물의 비율은 1:0.9, 소금은 가루의 1%를 첨가하였다. 인절미 반죽은 찜기에서 20분간 쪄 후 곧바로 절구에서 100회 쳤으며 일정한 크기로 포장하였다 제조한 인절미는 실온에서 15시간과 40시간 저장하면서 색도와 텍스처를 측정하였다. 인절미의 색도는 죽과 비슷한 경향을 나타내어 아마란스 가루를 첨가한 시료의 L값이 낮았고 a값과 b값이 낮았다(표 41).

Table 41. Color values of *Injulmi* (waxy rice cake) made with rice flour and processed amaranth flours

Samples	L	a	b
Rice 100	76.24±0.5	-0.90±0.1	5.86±0.2
Rice 80/Roasting 20	56.07±1.1	4.97±0.2	14.21±0.9
Rice 80/Popping 20	58.14±0.2	2.13±0.1	14.43±0.3
Rice 80/Extrusion 1 20	61.95±1.2	0.93±0.1	12.63±0.4

인절미의 표면을 주사전자현미경(SEM)으로 관찰한 결과는 그림 13과 같다. 여러 가지 아마란스 가루를 첨가한 인절미의 외관은 큰 차이를 보이지 않았고 크고 작은 기공이 함께 존재하였다.

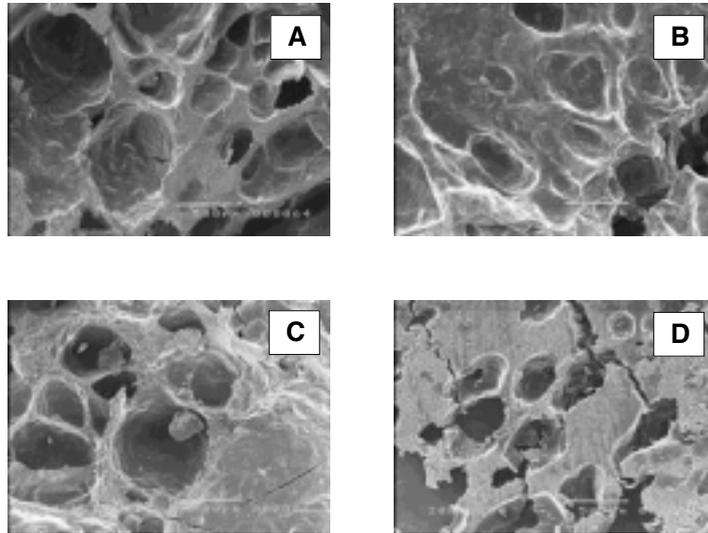


Fig. 13. Scanning Electron Microscopy (SEM) of *Injulmi* (waxy rice cake) made with rice flour and processed amaranth flours

A: Control B: Roasting C: Popping D: Extrusion 1

인절미의 텍스처 측정은 레오미터(Sun Rheometer, Compac-100, Sun Sci. Co., Japan)를 이용하였고 각 시료는 10회 반복하여 측정하였다. 측정조건은 Type; Two bite mastication test, Adaptor; No. 25, Critical diameter; 10.00 (mm), Load cell; 1.00 kg, Deformation; 50%, Sample size; 10.00 (mm) × 10.00 (mm) × 10.00 (mm), Table speed; 50.00 (mm/min), Chart speed; 85.00 (mm/min) 이었다. 인절미의 경도는 시료마다 차이가 있었는데 저장시간에 따라 경도의 증가 정도는 control을 제외하고는 모두 유의적인 차이를 보였다 (표 42). extrusion 1의 경우 15h에서의 경도가 control과 가장 유사하였다. 시료의 부착성도 같은 경향을 보여 control과 extrusion 1은 비슷하였고 roasting과 popping이 높았다. 이에 반해 탄성과 응집성은 각 시료 간의 차이가 크지 않았다.

Table 42 . Textural properties of *Injulmi* (waxy rice cake) made with rice flour and processed amaranth flours

Sample	Textural properties	Storage time (hr)	
		15	40
Control	Hardness	1633.86±529.6 ^{b*}	1983.88±212.1 ^d
	Adhesiveness	-6.86±3.5 ^a	-8.56±1.0 ^a
	Springiness	0.99±0.1 ^a	1.07±0.1
	Cohesiveness	0.96±0.1	0.97±0.1 ^a
Roasting	Hardness	^y 2729.91±471.5 ^a	^x 5141.50±919.2 ^b
	Adhesiveness	^x -14.91±4.2 ^b	^y -23.63±4.3 ^c
	Springiness	1.00±0.1 ^a	1.01±0.0
	Cohesiveness	^x 0.95±0.1	^y 0.84±0.1 ^b
Popping	Hardness	^y 2733.71±197.0 ^a	^x 7783.89±1245.3 ^a
	Adhesiveness	^x -17.00±1.4 ^b	^y -28.22±10.4 ^c
	Springiness	1.01±0.0 ^a	0.99±0.0
	Cohesiveness	^x 0.98±0.1	^y 0.73±0.1 ^c
Extrusion 1	Hardness	^y 1632.94±337.0 ^b	^x 3036.56±616.4 ^c
	Adhesiveness	^x -8.40±3.0 ^a	^y -14.22±2.2 ^b
	Springiness	^y 0.91±0.1 ^b	^x 1.01±0.0
	Cohesiveness	0.92±0.1	0.87±0.1 ^b

*) Values with same superscript in the same column and row are not statistically different at p<0.05.

a, b, c, d) Duncan's multiple range test for sample type (column)

x, y) Duncan's multiple range test for storage time (row)

아마란스를 첨가한 인절미를 제조한 후 15시간 경과하여 실시한 관능검사의 결과는 표 43와 그림 14와 같다. 아마란스 죽에 비해 인절미는 시료간에 유의적인 차이가 거의 없는 것으로 나타났으며 측정항목 중 입안에서의 부드러운 정도에서만 약간의 차이를 보였다. 죽과 달리 인절미는 시중에서도 유색미를 첨가하거나 천연색소 등을 첨가하여 제조한 제품들이 일부 나와있기 때문에 크게 다르지 않게 느끼는 것으로 생각된다. 또한 아마란스가 찰전분이므로 찰쌀전분과 유사한 질감을 주는 것으로 볼 수 있다.

Table 43. Sensory evaluation data of *Injulmi* (waxy rice cake) made with rice flour and processed amaranth flours

Characteristic	Control	Roasting	Popping	Extrusion 1	Extrusion 2
Appearance					
Moistness	11.65±1.6	11.62±1.2	10.13±0.9	11.95±1.6	10.56±1.6
Smoothness	11.53±1.2	11.24±1.5	9.95±1.1	10.98±2.1	10.96±1.6
Flavor					
Nutty flavor	7.93±3.0	10.51±1.4	8.87±0.3	8.02±2.0	6.35±2.8
Off flavor	2.40±0.9	2.56±1.3	3.28±2.3	2.39±1.2	3.35±1.9
Mouthfeel					
Hardness	3.02±1.2	3.85±1.8	5.84±3.7	5.37±2.2	3.42±1.0
Chewiness	11.57±1.7	11.41±1.5	9.58±2.2	10.73±1.6	10.85±1.8
Smoothness	11.85±1.1 ^a	10.45±1.3 ^{an}	9.05±2.4 ^b	10.72±0.9 ^a	10.91±1.0 ^a
Adhesiveness	8.87±1.2	8.33±1.6	6.23±3.7	8.31±2.0	7.30±3.0
Overall quality	9.86±1.3	8.55±1.5	7.25±0.9	9.26±1.6	9.63±1.8

*) Values with same superscript in the same row are not statistically different at p<0.05.

a, b) Duncan's multiple range test for sample type (row)

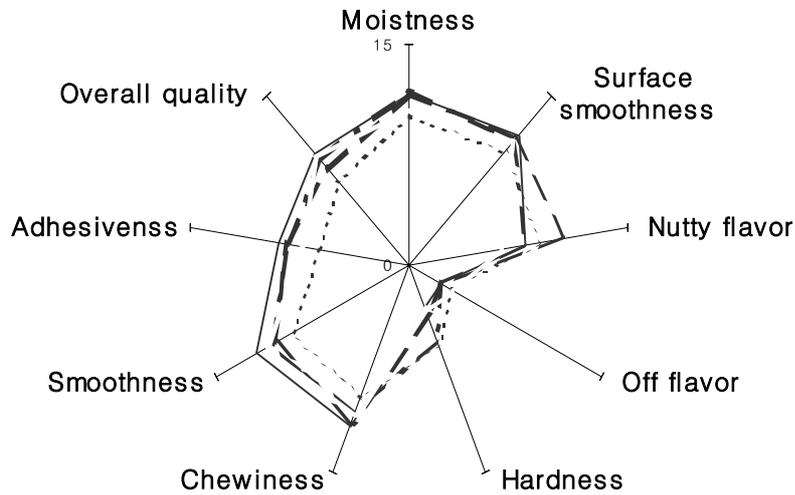


Fig. 14. QDA profiles of *Injulmi*(waxy rice cake) made with rice flour and processed amaranth flours

— control - - - RT POP
 - · - EX1 - - - - EX2

아마란스를 이용한 죽과 인절미 실험 결과, 아마란스의 특성을 살려 기존의 제품 중 일부를 아마란스 가루로 대체한다면 곡류에서 부족한 영양분을 비롯하여 질감의 개선 및 향미를 얻을 수 있다고 생각된다. 그러나 아마란스 가루를 이용하여 식품을 제조하고자 할 때 유의할 점은 특유의 이취(겨 냄새와 유사)를 효과적으로 제거하는 것인데 이번 연구에서 실시하였던 roasting 이나 popping, extrusion과 같은 열처리 분말을 이용할 경우 이취의 문제를 효과적으로 해결할 수 있는 것으로 나타났다.

6. 국내산 아마란스의 유용성분 및 기능성

아마란스(Amaranth)는 식물학적으로 옥수수, 귀리, 벼, 밀과 같은 단자엽 식물이 아니고 쌍자엽 식물이며 비름과(*Amaranthus spp.* L.)에 속하는 일년생 식물(비름 나물도 여기에 속함)이다. 지구상에 대략 60여종이 존재하는데, 단지 몇 종만이 종실용으로 재배되고 있고 나머지는 대부분 잡초종이다. 아마란스는 Aztec과 Inca시대에 그들의 주식작물이었으며, 종실, 어린잎 모두 이용이 가능하고 영양 생리학적으로 구성성분이 우수하여 최근 유망한 신소재 작물로 관심을 끌고 있다.

아마란스는 Quinoa, Buckwheat 등과 함께 pseudocereal로 구분된다. 백립종은 약 0.55g으로 매우 작으며 종자의 형태를 보면 배가 고리처럼 배유를 감싸고 있는 모양을 하고 있는데, 주로 고리 모양의 배에 단백질, 지방, 미네랄 등이 다량 축적되어 있고 배로 감싸져 있는 외배유에 전분이 축적되어 있다. 주로 종실을 이용하고 있는데 종실을 parching, roasting, popping시켜 후레이크(flakes), 곡류 가공제품(cereal-based food)의 첨가제와 잡곡 등의 다양한 형태로 중남미를 비롯한 미국이나 유럽 등지에서 활발히 이용되고 있다.

외국문헌에 보면 아마란스는 Ca, Fe, Mg 등 무기질을 다량 함유하고 있으며 Fe함량은 밀보다 4배 높다고 보고되었다. 철분제제와 함께 섭취시 체내 철분 흡수의 상승(vehicle 작용)효과도 보고되었으며, 특히 스쿠알렌, 토코트리에놀, 비 발효성 식이섬유, 인지질 레시틴, 기타 항산화 성분 등 다수의 유용한 기능성 성분이 포함되어 있어 최근 원산지인 중남미를 비롯하여 유럽 등 많은 나라에서도 경쟁적으로 새로운 연구소재로 채택하고 있다.

특히 아마란스의 스쿠알렌은 종실의 0.34%, 총 지방의 4.6~8%의 높은 함량으로 존재하며 피부화장품, 컴퓨터디스켓의 매탈제 등 공업적 용도와 함께 식품용도에서는 식물성 스쿠알렌으로서의 여러 장점이 보고되었다. 아마란스 스쿠알렌은 동물실험결과 콜레스테롤 합성에 영향을 주지 않거나 콜레스테롤을 저하시키는 효과와 함께 기존 스쿠알렌이 갖는 생체기능 조절물질의 보급, 면역기능 강화, 항종양 등에 관한 효능을 가져 주목받고 있다.

현재 미국 Pennsylvania에 아마란스연구소, Guatemala에 아마란스 연구소

가 설립되어 연구가 진행 중이며 미국 및 유럽지역의 영국, 독일, 네덜란드 등에서도 아마란스에 관한 연구보고서가 나오고 있고 재배면적이 점차 증가되고 건강식품으로 상품화되고 있는 추세이다. 원산지인 중남미에서는 국가주력(안보)작물로 많은 투자가 진행되며 아마란스의 영양적 우수성에 관한 많은 연구보고가 발표되었으며 가공분야, 신 유효성분의 소재화, 사료 등 관련 산업에의 이용 등으로 확장되고 있다.

국내에는 본 연구진에 의해 독일 호헨하임 대학에서 40여종의 종실이용 아마란스 종자가 처음 소개되었으며, 95년 종자번식을 위해 농촌진흥청 작물시험장과 건국대학교에서 실시한 국내 재배 환경적응 예비시험에서 아마란스 10여개 품종이 생육 및 수량면에서 10a당 300~400kg의 종실 수량을 보임으로서 국내 재배 가능성이 확인되었다. 이 등은 아마란스의 유효성분인 식물성 스쿠알렌을 대량 추출해 내는 방법을 개발하여 특허(농촌진흥청과제 관련)를 받았고, 추출한 스쿠알렌이 혈청 콜레스테롤 함량을 감소시킨다는 동물시험 결과가 보고되기도 하였다.

본 연구진의 선행 연구와 외국의 발표 논문을 통하여 아마란스는 농가소득을 증대시킬수 있는 새로운 작물로서 매우 가치가 크다는 확신을 얻게 되었으며 국내에서도 아마란스 보급 및 환경친화적 고품질 재배법 개발이 급진전될 전망이므로 농가 소득작물로서 유망하고, 아마란스를 이용한 개발된 고부가가치 가공제품의 산업화 전망이 크나 앞으로 국내 재배환경하에서 생산된 아마란스의 고부가가치 용도 창출과 국내산 아마란스의 우수성 규명이 뒷받침 되어야 새로운 농가소득작물과 고부가가치 식품원으로서 국내 토착화가 가능할 것이다. 따라서 본 연구에서는 국내산 아마란스의 유효성분 규명 및 가공처리간, 품종간 유효성분변이 규명에 관한 연구를 수행하였다.

가. 국내산 아마란스의 유용성분

1) 국내산 아마란스 유전자원의 일반 성분

아마란스 유전자원은 고양시 시험포에서 2001년 생산된 품종과 농촌진흥청 특작과에서 분양받은(수원 작물시험장 특작 포장에서 생산된 자원) 다양한 유전자원 중 국내재배 환경에 적합하고 특성이 서로 다른 품종을 선택하였다.

국내가 아닌 외국에서 생산된 아마란스의 유용성분 평가와 식품원료로의 이용에 대한 연구와 자료는 충분하나 국내 재배 환경하에서 생산된 아마란스의 유용성분 평가는 거의 미진한 실정이다.

국내 재배 환경 하에서 자란 국내산 아마란스의 유용성분을 외국 문헌으 결과와 비교하고 다른 곡류와 비교한 결과는 표 44와 같다. 2001년도 경기도 중북부지역의 국내 재배환경에서 재배한 4품종의 아마란스 종실의 단백질 함량은 13.0% ~ 17.2% 범위였으며 회분의 함량은 2.6% ~ 3.5%의 범위로 나타났다. 이는 현미, 통밀, 겉보리, 귀리의 평균 단백질 함량(각각 7.2, 12.0, 10.6, 13.0%)과 평균 회분 함량(각각 1.2, 1.8, 2.7, 3.0%)에 비해 높은 수치를 보여 고단백 고미네랄의 식품원료로의 가능성을 나타내었다. 외국 문헌에서도 아마란스 평균 단백질 함량으로 14.5%, 평균 회분함량으로 3.1%를 보고하고 있다. 현미, 통밀, 겉보리, 귀리의 일반 성분(보건복지부 추천 한국인 영양권장량)과 비교하면 표 과 같으며, 다른 곡류식품원인 밀, 옥수수, 쌀, 수수, 보리, 호밀의 단백질 함량(각각 12.3, 8.9, 7.5, 11.0, 11.6, 12.1%)과 회분함량(각각 1.7, 1.2, 1.2, 1.7, 2.1, 1.8%)에 비해 아마란스가 우수한 것으로 나타났다. 국내산 아마란스 품종간 성분차이를 보면 K432가 조단백이 17.2%, 회분이 3.5%로 다른 3품종에 비해 다소 높은 수치를 보였으며 아마란스 품종간 차이가 나타났다(표44).

Table 44. Composition(%) of amaranth grain cultivated in Korea

	Energy (kcal/100g)	Moisture	Protein	Fat	Ash	Carbohydrate	
						nonfiber	Fiber
Amaranth							
K432	355.9	11.2	17.2	4.1	3.5	62.5	1.5
Andy	360.3	10.8	14.4	4.1	3.1	66.4	1.2
MT-3	363.1	9.4	13.0	3.1	2.6	70.8	1.1
A10	355.4	11.4	15.2	4.8	3.1	62.9	2.7
(means)	358.7	10.7	15.0	4.0	3.1	65.7	1.6
Brown rice	368.0	11.0	7.20	2.5	1.2	76.8	1.3
Wheat	338.0	11.8	12.0	2.9	1.8	69.0	2.5
Barley	322.0	13.8	10.6	1.8	2.7	68.2	2.9
Oats	317.0	12.5	13.0	6.2	3.0	54.7	10.6

2) 국내산 아마란스 유전자원의 무기질 함량

2001년도 경기도 중북부지역의 국내재배환경에서 재배한 4품종의 아마란스 종실의 무기질 함량을 보면 칼슘(1450 ~ 2296mg/kg , 평균 1851mg/kg)과, 철분(65.5 ~ 84.4mg/kg , 평균 74.9mg/kg)의 함량이 현미, 통밀, 겉보리, 귀리의 칼슘(각각 41, 71, 43, 55 mg/kg)과 철분(각각 2.1, 3.2, 5.4, 4.6mg/kg)에 비해 칼슘 약 25배, 철분 약 15배 정도 높은 것으로 나타났다.

뿐만 아니라 미네랄 성분이 뛰어난 귀리, 메밀(독일 남부지역재배환경)의 칼륨(각각3670, 5160mg/kg), 칼슘(각각 670, 220mg/kg), 마그네슘(1130, 2400mg/kg)에 비해 아마란스 종실(독일남부지역재배환경)의 칼륨, 칼슘, 마그네슘(각각 6750, 1780, 2750mg/kg)함량이 뛰어나다는 보고에서와 같이 국내 재배환경에서 자란 아마란스의 칼륨, 칼슘, 마그네슘(각각 5138, 1851, 2840mg/kg)함량도 우수한 것으로 나타났다. 국내산 발아 흑미, 발아밀, 발아보리, 발아현미의 칼슘(각각 240, 298, 521, 159mg/kg), 철분(각각 14.5, 46.2,

41.5, 10.9mg/kg), 칼륨(2171, 2969, 3362, 951mg/kg), 마그네슘(1103, 1290, 1304, 869 mg/kg) 보다도 국내산 아마란스 종실에 무기질 함량이 우수한 것으로 나타났다.

Table 45. Mineral content(mg/kg) of amaranth grain cultivated in Korea

	Amaranth				means
	K432	Andy	MT-3	A10	
K	5731	5011	4276	5537	5138
Ca	1864	1794	1450	2296	1851
Mg	2920	2788	2458	3196	2840
Na	22.8	21.2	15.3	39.2	24.6
Co	0.3	0.3	2.1	0.3	0.8
Cr	0.2	0.1	0.1	0.2	0.2
Cu	5.2	4.8	8.9	6.3	6.3
Fe	74.2	75.5	84.4	65.5	74.9
Mn	70.0	32.3	62.4	20.3	46.3
Mo	0.6	1.2	0.5	1.2	0.9
Zn	43.0	60.6	45.5	38.0	46.8
Si	18.0	4.7	4.9	12.8	10.1
Ti	0.7	0.1	0.1	0.1	0.3
Cd	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1
Ni	0.6	1.3	1.1	0.6	0.9
Pb	0.5	0.6	0.6	1.0	0.7
As	nd	nd	nd	nd	nd
Hg	nd	nd	nd	nd	nd

국내산 아마란스의 아연, 망간, 구리, 니켈의 함량도 국내산 발아흑미, 발아밀, 발아보리, 발아현미의 아연(각각 57, 58, 36,15mg/kg), 망간(37, 41, 18, 17mg/kg), 구리(1.5, 2.0, 2.7, 0.4mg/kg), 니켈(0.2, 0.0, 0.0, 0.0mg/kg) 함량 보다 다소 우수한 것으로 나타났다. 한편 유해 미네랄 원소인 Cd, Ni, As, Pb, Hg의 함량은 아마란스 종실에 없거나 미량 존재하는 것으로 나타났다. 따라서 아마란스 종실에 함유한 유용한 미네랄함량은 다른 식품원보다 우수하거나 손색이 없는 것으로 나타났다.

아마란스 품종별로 주요 무기질 함량의 차이를 분석한 결과 표 45와 같았으며 품종간 차이는 크지 않으나 칼슘의 경우 A10에서, 철의 경우 MT-3에서, 망간의 경우 K432에서, 아연의 경우 Andy에서 높게 나타났으며 품종마다 무기질 성분의 구성비가 서로 차이가 있는 양상을 보여주었다.

Table 45. Comparison of major minerals(mg/100g) in amaranth grain with several cereals

	Ca	Fe	Na	K
Amaranth	185	75	24.6	514
Brown rice	41	2.1	6	240
Wheat	71	3.2	5	344
Barley	43	5.4	3	480
Oats	55	4.6	6	360

3) 국내산 아마란스 유전자원의 아미노산 함량

경기도 북서부 재배환경 하에서 재배된 아마란스의 4품종의 아미노산 조성과 함량을 외국에서 자란 아마란스 약30여 품종의 평균 중요 아미노산 조성과 함량을 비교하였다. 외국에서 자란 아마란스는 종실100g당 leucine 0.879g, Isoleucine 0.582g, Lysine 0.747g, Methionine 0.226g, Cytine 0.191g, Phenylalanine 0.542g, Tyrosine 0.329g, Valine 0.679g, Arginine 1.060g,

Histidine 0.389g, Alanine 0.799g, Aspartic acid 1.261g, Glutamic acid 2.259g, Glycine, 1.636g, Proline 0.698g, Serine 1.148g을 함유하였고 국내에서 재배된 아마란스는 Phenylalanine, Tyrosine, Serine 의 함량이 적었고 황 함유아미노산과 Tryptophan 을 제외한 다른 아미노산에서는 높은 수치를 보여주었다.

본 실험에 사용된 분석법에서는 정확한 황함유 아미노산과 트립토판이 검출이 어려워 앞 장의 분석 보고를 참조하면 아마란스의 아미노산은 시스테인 0.62g, 메티오닌 0.22g 으로 나타나 메티오닌은 외국의 보고와 유사하고 시스테인은 높은 수치를 보였다.

외국문헌에서 보고된 바와 같이 아마란스는 FAO/WHO Standard에 적합한 조성과 함량을 가지며 타 곡류에 비해 아미노산 조성이 우수하고 높은 단백질 함량과 더불어 라이신 함량이 기존 식품원인 화곡류(예: USDA Nutrient Database for Standard Reference, Release 12,1998; Corn 0.25%, Rye 0.40%, Buckwheat 0.58%, Wheat 0.35%, Rice 0.27%)에 비해 뛰어나고 콩과식물에 부족한 황 함유 아미노산을 충분히 함유한다고 볼수 있다(예: USDA Nutrient Database for Standard Reference, Release 12,1998; Soybean 0.3%, Rice 0.37%). 이상의 결과로 볼 때 국내 재배 환경하에서 생산되는 아마란스는 새로운 단백질과 아미노산 조성의 우수한 식품원으로 기대된다고 하겠다(표 46).

아마란스 품종간 아미노산 조성과 함량차이는 구성 아미노산에 따라 다소 차이를 보이고 있었다. 라이신의 경우를 보면 품종의 변이가 0.765 - 1.584%로 나타났으며 K432에서 높게 나타났다. 대체적으로 다른 아미노산 함량도 K432에서 다소 높게 나타났다. 이것은 단백질 함량이 K432에서 높은 것과 상관이 있는 것으로 사료된다.

Table 46. Amino acid contents(mg%) of amaranth grain cultivated in Korea

Amino acid	K432	Andy	MT-3	A10	means
L-Aspartic acid	3417	2436	1526	2366	2586
L-Threonine	721	625	458	758	640
L-Serine	576	783	491	1053	726
L-Glutamic acid	5841	3720	2579	4268	4102
L-Proline	-	-	-	-	-
L-Glycine	2502	1674	1317	2164	1914
L-Alanine	1254	835	626	1006	931
L-Cystine	65	36	21	43	41
L-Valine	1383	937	697	1129	1036
L-Methionine	126	50	41	67	71
L-Isoleucine	1173	829	607	998	902
L-Leucine	1718	1187	900	1442	1311
L-Tyrosine	7.6	3.8	71.2	395	119
L-Phenylalanine	160	93	710	1145	527
L-Lysine	1584	1160	765	1157	1166
Ammonia	1460	963	708	980	1028
L-Histidine	317	192	375	1082	491
L-Tryptophan	-	-	-	-	-
L-Arginine	4141	2746	1824	2901	2903

4) 국내산 아마란스 유전자원의 지방산 함량

국내 재배환경 하에서 자란 아마란스 4품종의 지방산 조성을 보면 일반적인 타곡류와 유사하며 주요 지방산은 올렌산과 리놀렌산이며 외국에서 재배된 아마란스 지방산 조성과의 유사한 경향을 보였다. 기존 보고와 마찬가지로 국내산 아마란스도 품종간 변이를 보였으며 문헌상의 함량보다 국내재배환경에서 자란 아마란스 종실의 Linoleic acid 함량이 적게 나타나고 불포화지방산과 포화지방산과의 비율은 약 2.1로 나타나 유지 속에 스쿠알렌, 피토스테롤과 같은 성분의 비중이 크고 국내 재배환경에 영향을 많이 받은 것으로 보였다(표47).

Table 47. Fatty Acid composition(% of total fat) of amaranth grain cultivated in Korea

Fatty acid		Content range
Myristic acid	C14:0	0.35 ~ 0.5
Palmitic acid	C16:0	17.9 ~ 20.0
Palmitoleic acid	C16:1	0.38 ~ 0.62
Stearic acid	C18:0	5.40 ~ 7.40
Oleic acid	C18:1	26.0 ~ 32.0
Linoleic acid	C18:2	27.0 ~ 31.2
Linolenic acid	C18:3	0.96 ~ 1.86
Arachidonic acid	C20:0	1.29 ~ 1.84
Eicosanoic acid	C20:1	0.00 ~ 0.38
Behenic acid	C22:0	0.66 ~ 0.82
Lignoseric acid	C24:0	0.57 ~ 0.66
Nervonic acid	C24:1	0.00 ~ 0.00
Unsaturated/saturated		2.07 ~ 2.10

나. 가공처리한 아마란스 분말소재의 성분 특성

국내산 아마란스 혼합종실의 일반성분의 가공처리별 함량변이를 보면 처리간 다소 성분의 변화를 보였으며 단백질은 가공전인 raw amaranth이 14.4%를 나타낸 반면 Extrusion 1(129-128-81℃) 시료는 11.6%, 발아 종실은 12.5%, Roasting(170℃, 10min) 시료는 12.3%로 감소되었다. 반면 popping 시료는 16.3%의 단백질 함량을 보여 함량이 증가되었다. 가공전인 raw amaranth의 조지방 함량이 6.3%이고, 조섬유 함량이 3.7%인 것에 비해 모든 가공처리에서 조지방과 조섬유 함량이 다소 감소되었으며, 반면 회분의 함량은 아마란스보다 모든 가공처리에서 증가하는 것으로 나타났다(표 48).

Table 48. Composition(%) of amaranth flours processed by various methods

	Energy (kcal/100g)	Moisture	Protein	Fat	Ash	Carbohydrate	
						nonfiber	Fiber
Raw	344	15.6	14.4	6.3	2.6	57.5	3.7
Defatting	366	9.6	14.8	4.6	3.0	66.2	1.7
Germination	367	9.2	12.5	5.2	2.7	67.9	2.7
Roasting	369	2.1	12.3	1.1	3.5	77.8	2.9
Popping	363	5.6	16.3	3.1	4.6	67.5	2.9
Extrusion 1	365	6.4	11.6	2.0	2.7	75.1	2.2
Extrusion 2	378	6.1	14.9	5.1	3.5	68.2	2.3

가공처리별 무기성분을 보면 처리 전인 raw amaranth가 칼슘(1548 mg/kg), 마그네슘(2038 mg/kg), 철분(73.5 mg/kg), 망간(25.8 mg/kg), 아연(42.6 mg/kg) 등 풍부한 무기질을 함유하고 있었으며 분말의 소재화를 위한 가공처리로 인하여 미네랄 함량은 변이 폭이 크지 않았으며 무기질 함량은 표 49와 같다.

Table 49. Mineral contents(mg/kg) of amaranth flours processed by various methods

	Raw	Defatting	Germination	Roasting	Popping	Extrusion 1	Extrusion 2
K	5260	4579	5852	5096	4923	5162.3	5174
Ca	1548	2018	1946	2002	1971	1828.7	2291
Mg	2038	2757	1964	3021	2827	2573.4	3049
Na	120	255	62.1	89	48	20.0	24
Co	0.2	0.2	0.15	0.2	0.2	0.2	0.2
Cr	1.1	0.2	0.95	0.1	0	0.7	0.2
Cu	10.0	3.5	8.1	2.5	3.7	7.7	2.3
Fe	73.5	88.3	68.5	80.1	76.1	99.1	102.0
Mn	25.8	39.2	36.15	39.9	38.4	36.7	44.5
Mo	0.1	0	0.9	0.3	0	nd	0.5
Zn	42.6	45.8	45.05	48.8	48.5	44.9	50.5
Si	10	93.1	2.75	5.4	4.7	5.8	6.3
Ti	1.4	0.2	0.65	0.1	0.7	0.2	0.2
Cd	nd	0.1	0.15	0.1	0	0.1	0
Ni	1.3	0.5	1.1	0.4	0.5	0.9	0.5
Pb	1.5	0.2	1.45	0.3	0.6	0.9	0.6
As	nd	nd	nd	nd	nd	0	0
Hg	nd	nd	nd	nd	nd	0	0

표 50은 2002년산 경기도 북서부에서 생산된 품종의 무기질 함량과 발아로 인한 변화를 나타낸 것이다. 무기질 함량 중 K가 3170 - 6040 mg/kg, Mg이 1995 -3830 mg/kg, Fe이 86 - 167mg/kg 범위로 함량 변이가 보였으며 중금속인 Cd은 검출되지 않았다. 다량원소인 K, Ca, Mg 에서는 3품종 모두 발아종자에서 다소 높은 함량을 보였으나 미량원소인 Cu, Mn, Fe, Zn에서는 처리간 변이가 품종에 따라 다르게 나타났다

Table 50. Mineral contents(mg/kg) of raw and germinated amaranth grains

	MT-3		K 432		Andy	
	raw	germinated	raw	germinated	raw	germinated
K	3170	4555	6040	6397	4629	5360
Ca	1292	1886	2156	3221	1965	2952
Na	333	225	219	710	238	723
Mg	1995	2737	3830	4080	2790	3287
Cu	12	6	6	7	6	8
Mn	59	24	28	34	26	29
Fe	167	179	86	103	89	102
Zn	42	48	31	42	50	60
Cd	nd	nd	nd	nd	nd	nd

가공처리별 아미노산 조성 및 함량 차이는 표 51과 같다. 처리간 아미노산 조성에는 큰 차이를 보이지 않으나 raw amaranrh에 비해 1차 가공처리한 분말 소재들이 L-Aspartic acid, L-Glutamic acid, L-Tyrosine, L-Phenylalanine, L-Histidine 함량이 다소 높아졌으며 popping 분말소재와 빌이 분말 소재의 경우 아미노산 대부분이 높은 함량비를 나타내었다. 일반적으로 Heat Expantion의 경우 함량이 손실되는 것으로 나타났는데 라이신의 경우 7%-55%가 소실되는 것으로 보고되었다. 본 실험의 경우 열처리나 팽화

처리 받은 분말소재에서 단백질 함량이 더 높은 것은 상대적으로 높은 단백질 함량 때문인 것으로 보여진다(표51).

Table 51. Amino acid contents(mg %) of amaranth flours processed by various methods

Amino acid	Raw	Defatting	Germinat ion	Roasting	Popping	Extrusion 1	Extrusion 2
L-Aspartic acid	1816	3039	3393	2306	3435	2434	2508
L-Threonine	476	784	820	556	958	503	494
L-Serine	444	884	828	555	845	420	375
L-Glutamic acid	3321	4842	5687	3893	6949	3804	4036
L-Proline	-	-	-	-	-	-	-
L-Glycine	1579	2176	2204	1738	3050	1772	1849
L-Alanine	898	1204	1328	837	1477	997	918
L-Cystine	39	42	29	45	40	48	41
L-Valine	832	1174	1345	903	1671	935	993
L-Methionine	72	61	80	72	94	95	107
L-Isoleucine	725	1032	1161	798	1437	797	845
L-Leucine	1048	1497	1681	1136	2110	1173	1248
L-Tyrosine	8	71	338	406	304	188	394
L-Phenylalanine	494	1198	1344	945	1708	925	1015
L-Lysine	836	982	1227	738	1709	668	932
Ammonia	1033	1060	1210	847	1463	1037	991
L-Histidine	389	688	802	555	982	540	597
L-Tryptophan	-	-	-	-	-	-	-
L-Arginine	2222	3479	4097	2599	4975	2627	2901

가공처리별 지방산 조성을 보면 Extrusion 처리구 1에서 oleic acid 함량만이 약간 존재하며 탈지 처리구에서는 유지 양은 미미하지만 지방산 조성을 보면 불포화 지방산인 올렌산과 리놀렌산으로 존재하였다. 분말의 소재화를 위한 가공 처리 후에도 지방산 조성은 비슷하며 발아종실에서 불포화지방산 비율이 다소 높아진 결과를 나타내었다(표 52).

Table 52. Fatty acid composition(% of total fat) of amaranth flours processed by various methods

Fatty acid	Raw	Defatting	Germination	Roasting	Popping	Extrusion 1	Extrusion 2
Myristic acid	0.37	-	0.38	0.39	0.37	-	0.91
Palmitic acid	19.3	18.1	19.5	18.8	18.6	-	16.7
Palmitoleic acid	-	-	-	0.46	0.19	-	1.25
Stearic acid	6.34	3.83	6.73	7.62	7.70	-	6.57
Oleic acid	28.6	28.9	31.3	30.3	29.3	8.85	26.8
Linoleic acid	28.3	37.0	27.8	24.2	26.9	-	27.0
Linolenic acid	0.98	-	1.52	0.73	1.18	-	1.12
Arachidonic acid	1.46	-	1.62	2.41	2.23	-	1.68
Eicosanoic acid	-	-	-	-	-	-	-
Behenic acid	0.75	-	0.64	1.30	1.02	-	0.71
Lignoseriic acid	-	-	-	0.81	0.68	-	-

가공처리한 분말 소재의 스쿠알렌 함량을 보면 예상대로 탈지시료에는 미량존재하고 가공시 다소 감소하는 것으로 보이며 발아종실의 경우 다소 높아진 것으로 보여 아마란스의 유용성분인 스쿠알렌 이용시 발아시켜 활용하면 유용한 것으로 나타났다(표 53).

Table 53. Squalene content(ppm) of amaranth flours processed by various methods

	Raw	Defatting	Germination	Roasting	Popping	Extrusion 1	Extrusion 2
Squalene	3209	699	3430	3061	2106	2137	3085

다. 국내산 아마란스의 기능성

1) 국내산 아마란스 유전자원의 스쿠알렌 함량

아마란스 종실은 식물성 스쿠알렌을 평균 0.34% 정도 함유하고 있으며 아마란스 기름과 아마란스에서 추출한 식물성 스쿠알렌은 기능면에서 타 곡류에 비해 매우 우수하여 전세계적으로 많은 관심을 보이고 있다. 아마란스 유전자원 198 종을 대상으로 식물성 스쿠알렌 함량을 살펴본 결과 47품종이 3000ppm이상의 함량을 지니는 것으로 나타났다(표 54). 따라서 아마란스 기름이나 식물성 스쿠알렌을 추출하거나 종실자체를 이용할 때 다른 곡류 식품원에 비해 콜레스테롤을 저하시키는 효능이 기대되며 아마란스가 함유한 식물성 스테롤과 함께 활용하면 유용 식품자원으로 다양한 가공제품에 활용할 수 있을 것이다.

Table 54. Squalene content(ppm) of amaranth grain cultivated in Korea

Content range	Numbers of cultivars
below 1500 ppm	6
1500 ~ 2000 ppm	35
2000 ~ 2500 ppm	48
above 3000 ppm	47

2) 국내산 아마란스의 비타민 및 Tocopherol, Tocotrienol 함량

외국에서 보고된 아마란스 종실의 비타민 함량을 보면 100 g당 Ascorbic acid 4.2 mg, Thiamin 0.080 mg, Riboflavin 0.208 mg, Niacin 1.286 mg, Pantothenic acid 1.047 mg, Vitamin B6 0.223 mg, Vitamin E(알파 토코페롤) 1.030 mg을 함유하고 있으며, 쌀이나 밀 등과 같은 다른 곡류자원과 큰 차이를 보이지 않는 다고 보고되었다. 토코페롤의 경우 국내산 찰옥수수의 토코페롤 함량인 15.6- 144.2 mg/kg보다는 적은 양을 함유하고 있는 것으로 보고되었다. 국내 재배환경 하에서 자란 가공용 아마란스 혼합 종실에 함유된 비타민의 함량은 표 55와 같다. 다른 연구보고에서와 유사한 함량의 비타민이 들어있으며 비타민 E(토코트리에놀 포함)의 경우 함량이 11.11 mg/kg 함유되어 있어 미량이지만 항산화 및 혈청 콜레스테롤 함량 저하에 유용할 것으로 기대되었다.

2002년도 경기 북서부에서 자란 아마란스 종실의 품종간, 발아처리간 토코페롤과 토코페롤 이성체이면서 항산화력이 높은 토코트리에놀 함량을 살펴보면 표 56과 같다.

아마란스 종실에는 알파, 감마 토코페롤과 알파, 감마 토코트리에놀 성분이 함유되었고 그 중 항산화력이 높은 알파 토코트리에놀 함량이 14.2~17.8 ppm 정도로 가장 많이 존재하며, 품종간 및 발아 처리간에는 큰 함량 변이를 보이지 않았다. 한편 보리기름에는 α -Tocotrienol이 558 mg/kg, α -Tocopherol 이 142 mg/kg 들어있고 옥수수기름에는 α -Tocotrienol 이 23 mg/kg, α -Tocopherol 이 116 mg/kg 들어있다고 보고 되었다. 아마란스 기름 중의 함량과 비교하면 환산 결과 α -Tocotrienol 함량은 200 mg/kg으로서 이 함량은 옥수수 기름과 보리 기름 중의 함량과 비교할 때 그 중간 위치에 해당하는 것으로 나타났다.

Table 55. Vitamine content of amaranth grain cultivated in Korea

	Content (mg/kg)
Vitamine B ₁	-
Vitamine B ₂	12.63
Vitamine B ₆	12.16
Vitamine C	6812.5
Vitamine A	-
Vitamine E	11.11

Table 56. Tocol and tocotrienol contents(ppm) of raw and germinated amaranth grains

	MT-3		K 432		Andy	
	raw	germinated	raw	germinated	raw	germinated
α-Tocopherol	10.43	7.28	8.20	5.94	9.25	9.68
α-Tocotrienol	14.21	14.79	17.52	11.59	17.55	17.82
γ-Tocopherol	0.22	0.64	2.97	2.33	0.53	0.10
γ-Tocotrienol	0.57	0.74	11.27	7.19	1.97	3.17

3) 국내산 아마란스의 폴리페놀 화합물

아마란스에 함유되어 있는 총 폴리페놀 함량은 표 57과 같다. 아마란스 종실에서는 MT-3에서 2.4 mg/g으로 높았으며, 발아종자에서는 K432에서 6.7 mg/g으로 높았다. 종자 상태 보다는 발아시킨 후에 세 품종 모두 총 폴리페놀의 함량이 높아졌다. 이 등(1994)에 의해 보고된 국내산 식물성 식품 중의 총 폴리페놀 화합물의 함량을 보면 멥쌀이 0.17%, 찹쌀이 0.18%, 울무가 0.19%, 보리쌀이 0.23%, 검정콩 0.26%, 찰옥수수가 0.12 ~ 0.32 % 로 나타나 국내산 아마란스 품종의 경우도 보리, 검정콩의 범주에 들어가는 것으로 나타났다.

아마란스의 총 flavonoid 함량을 보면 종자에서는 MT-3에서 높고(1.1 mg/g), 발아종자에서는 K432에서 높으며(2.0 mg/g) 총 폴리페놀 함량과 동일한 경향을 보였다. 종자보다는 발아시킨 후 세 품종 모두 총 플라보노이드의 함량이 높아졌다. 아마란스 유전자원간 총 폴리페놀함량과 총 플라보노이드 함량을 보면 특성이 황색, 검은색인 품종에서 총 폴리페놀의 경우 1.5~ 2.0 mg/g 범위였으며, 총 플라보노이드는 0.3~2.0 mg/g의 범위로 분포하였다(표 58).

Table 57. Total polyphenol and flavonoid content(mg/g) of raw and germinated amaranth grains

	MT-3		K 432		Andy	
	raw	germinated	raw	germinated	raw	germinated
Total polyphenol	2.46	4.30	1.72	6.67	1.92	5.23
Total flavonoid	1.09	1.37	0.30	1.99	0.52	1.57

Table 58. Distribution of total polyphenol and flavonoid content(mg/g) of amaranth according to different colors of seed coat and cultivars

	Numbers of cultivars	
	Group of yellow seed coat	Group of black seed coat
Total polyphenol		
below 1.0	1	-
1.0 ~ 1.5	6	6
1.5 ~ 2.0	11	9
2.0 ~ 2.5	4	2
above 2.5	1	-
Total flavonoid		
below 0.2	1	2
0.2 ~ 0.3	11	8
0.3 ~ 0.4	8	3
0.4 ~ 0.5	5	4
above 0.5	1	-

4) 국내산 아마란스의 항산화 활성

아마란스의 항산화 활성을 DPPH Quenching activity로 측정하였으며 결과는 표 59, 60과 같다. 항산화 활성은 용매의 분획에 따라 차이가 컸으며, 아마란스 종실의 색깔에 따라서도 차이를 보였다. 동일 품종인 경우 에틸아세테이트 층에서 항산화 활성이 강하였다. 종실의 색을 황색, 갈색, 검정색으로 달리하였을 때 검정색 종실에서 항산화 효과가 특히 높게 나타났다.

MT-3, K 432, Andy 세 품종을 대상으로 발아 전과 발아 후 아마란스의 항산화 효과를 비교하였다. 분획용매에 따른 DPPH Quenching activity는 품종마다 차이를 나타내었으며 MT-3 품종이 다른 두 품종에 비해 다소 높은 경향을 보였다. 발아 전후의 DPPH Quenching activity를 비교해 보면 Hexane층에서 세 품종 모두 발아 전 종자보다 발아 종자에서 높게 나타났으며, 품종별로는 Andy 발아 종자가 항산화 활성이 가장 큰 것으로 나타났다.

Table 59. DPPH quenching activities^{a)} of raw and germinated amaranth grains

	MT-3		K 432		Andy	
	raw	germinated	raw	germinated	raw	germinated
Hexane fraction	32	62	19	89	23	311
Ethylacetate fraction ^l	77	89	11	22	76	0.6
Buthanol and water fraction	73	38	7	-	-	7

a) Activity units(ppm) were calibrated with BHT.

Table 60. DPPH quenching activities^{a)} of amaranth extracts from domestic cultivars with different colors of seed coat

	Color of seed coat		
	Yellow	Brown	Black
Hexane fraction	5	7	14
Ethylacetate fraction	4	38	115
Buthanol fraction	13	25	48
Water fraction	10	13	21

a) Activity units(ppm) were calibrated with BHT.

제 4 장 목표 달성도 및 관련분야에의 기여도

구 분	평가의 착안점 및 척도	
	착 안 사 항	달성도 (점수)
1차년도(2001)	○ 연구개발 결과의 충실성 및 달성도	35
	○ 개발제품의 품질 및 우수성	35
	○ 개발기술의 활용성	30
2차년도(2002)	○ 연구개발 결과의 충실성 및 달성도	35
	○ 개발제품의 품질 및 우수성	35
	○ 개발기술의 활용성	30
최종평가	○ 연구개발 결과의 적정성	30
	○ 기술개발에 의한 가공기술 향상에 대한 기여도	35
	○ 연구개발 결과의 실용화 가능성	35

제 5 장 연구개발 결과의 활용 계획

1. 활용방안

본 연구과제의 수행으로 개발된 가공 제품 및 고부가가치 기술은 기술이전을 통하여 관련 제품의 생산 및 산업화에 적극 활용할 계획이다. 특히 아마란스 가공기술 및 개발 소재에 대한 특허 출원으로 국내 기술력을 확보할 계획이다.

본 연구과제의 수행으로 얻은 기초 연구결과는 학회에 투고하며 아마란스의 우수성에 대한 자료는 농가 신소득 작목 육성 및 생산기반 안정화를 위한 아마란스 홍보에 활용할 예정이다.

2. 활용 실적 및 활용 계획

가. 학회 관련 분야

- 1) 김성란, 이지연, 김홍만, 이재학, 신말식 “팽화(popping)로 인한 아마란스의 성분 및 특성 변화”. 한국식품과학회 제 68차 학술발표회, 서울산업대학교, 2002. 5
- 2) 최차란, 김성란, 이재학, 신말식. “가공처리를 달리한 아마란스 가루의 특성”. 한국식품과학회 제 68차 학술발표회, 서울산업대학교, 2002. 5
- 3) 연구 결과는 학회 논문 투고 예정

나. 세미나 및 전시회 발표 분야

- 1) 제1회 건강기능식품박람회 및 학술 세미나에서 주제 발표
이재학. 기능성 소재 아마란스의 연구 현황 및 이용방안.
한국건강보조특수영양식품협회와 한국식품과학회 주최.
2002년 9월 13 -16일 삼성동 코엑스(COEX) 인도양홀
- 2) 제1회 건강기능식품박람회 및 학술 세미나에서 아마란스 시제품 전시
아마란스를 주원료로 한 식사 대용식 및 특수영양식품 전시

2002년 9월 13 -16일 삼성동 코엑스(COEX) 인도양홀

다. 홍보매체 관련 분야

- 1) 식품음료신문 2002년 9월 16일 월요일
제1회 건강기능식품박람회 및 학술세미나 관련 “기능성소재 아마란스의
연구현황 및 이용방안(한국식물자원연구소 이재학)” 소개
- 2) 월간 식품세계 2003년 1월
“기능성 소재 아마란스의 연구현황 및 이용방안”
- 3) 월간 식품세계 2003년 2월
“아마란스 스쿠알렌의 기능과 변이”

라. 특허 관련 분야

- 1) “아마란스”라는 이름을 특허청에 상표출원 중
- 2) “아마란스를 이용한 영양음료의 제조방법”에 대한 특허 출원 예정

제 6 장 참고문헌

1. 서영호, 김인중, 이안수, 민황기. 찰옥수수의 전자공여작용과 페놀성화합물, Tocopherols 및 Carotenoids의 함량. 한국식품과학회지.31(3):581-585, 1999
2. 이영철, 황금희, 한동휴, 김성대. 손바닥 선인장의 성분특성. 한국식품과학회지.29(5):847-853, 1997
3. 이재학, 김성란, 송지영, 신말식. 아마란스 전분과 곡류 찰전분의 특성 비교. 한국식품과학회지 31(3):612-618,1999
4. 이재학, 문형인, 강철환, 이승택. Amaranth의 squalene 동정과 잔사추출물의 항암작용 검색. 한국작물학회지. 41(4):450-455, 1996
5. 이재학, 문형인, 강철환. Amaranth 종실의 squalene 동정과 squalene이 쥐의 혈청 콜레스테롤에 미치는 영향. 농업과학논문집. 38:141-147, 1996
6. 이재학. 비름(amaranth)과 명아주(quinoa) 재배종의 기능성 물질과 변이. 한국작물학회지. 41(별호):145-165, 1996
7. 이정희, 이서래. 국내산 식물성 식품중 페놀성 물질의 함량분석, 한국식품과학회지.26, 310, 1994
8. Becker, R. Preparation, compositional and nutritional implications of amaranth seed oil. Cereal Foods World 34:950, 1989.
9. Becker, R., Wheeler, E. L., Lorenz, K., Stafford, A. E., Grosjean, O. K., Betschart, A.A., and Saunders, R. M. A compositional study of amaranth grain. J. Food Sci. 46:1175, 1981.
10. Betschart, A. A., Irving, D. W., Shepherd, A. D., and Saunders, R. M. Amaranthus cruentus: Milling characteristics, distribution of nutrients within seed components, and the effects of temperature on nutritional quality. J. Food Sci. 46:1181, 1981.
11. Bressani, R., Elias, L. G., Gonzalez, J. M., and Gomez-Brenes, R. The chemical composition and protein quality of amaranth grain germplasm

- in Guatemala. Arch. Latinoam. Nutr. 37:364, 1987.
12. Bressani, R., Gonzalez, J. M., Zuniga, J., Breuner, M., and Elias, L. G. Yield, selected chemical composition and nutritive value of 14 selections of amaranth grain representation four species. J. Sci. Food Agric. 38:347, 1987.
 13. Correa, A. D., Jokl, L., and Carlsson, R. Amino acid composition of some Amaranthus sp. grain proteins and of its fractions. Arch. Latinoam. Nutr. 36:466, 1986.
 14. Fernando, T., and Bean, G. Fatty acids and sterols of Amaranthus tricolor L. Food Chem. 15:233, 1984.
 15. Irving, D.W., and Becker, R. Seed structure and composition of potential new crops. Food Microstruct. 4:13, 1985.
 16. Lehmann, J. W., The potential of grain amaranth in 1990's and beyond. Proceedings of the 4th National Amaranth Symposium : Perspectives on production, proceeding and Marketing. Minneapolis, Minnesota, pp1-8, 1990.
 17. Linji wang, R.K. Newman, C.W. Newman, L.L. Jackson&P.J. Hofer. Tocotrienol and fatty acid composition of barley oil and their effects on lipid metabolism. Plant Foods for Nutrition 43:9-17, 1993.
 18. Lorenz, K., and Hwang, Y. S. Lipids in amaranths. Nutr. Rep. Int. 31:83, 1985.
 19. Lorenz, K., and Wright, B. Phytate and tannin content of amaranth. Food Chem. 14:27, 1984.
 20. Lyon, C. K., and Becker, R. Extraction and refining of oil from amaranth seed. JAOCS 64:233, 1987.
 21. Paredes-Lopez, O., and Mora-Escobedo, R. Germination of amaranth seeds: Effects on nutrient composition and color. J. Food Sci. 54:761, 1989.
 22. Paredes-Lopez, O., Carabez-Trejo, A., Perez-Herrera, S., and

- Gonzalez-Casteneda, J. Influence of germination on physico-chemical properties of amaranth flour and starch microscopic structure. *Starch* 40:290, 1988.
23. Pedersin, B., Kalinowski, L. S., and Eggum, B. O. The nutritive value of amaranth grain (*Amaranthus caudatus*). I. Protein and minerals of raw and processed grain. *Plant Foods Human Nutr.* 36:309, 1987.
 24. Rodale Research Center, Amaranth : Grain production guide, Rodale Research (Kutztown, PA9530) and American Amaranth Institute (Bricelyn, MN 56014), 1990.
 25. Singhal, R. S., and Kulkarni, P. R. Composition of the seeds of some *Amaranthus* species. *J. Sci. Food Agric.* 42:325, 1988.
 26. Teutonico, R. A., and Knorr, D. Amaranth: Composition, properties and applications of a rediscovered food crop. *Food Technol.* 39(4):49, 1985.
 27. Tovar, L. R., Brito, E., Takahashi, T., Soriano, J., and Fujimoto, K. Dry heat popping of amaranth seed might damage some of its amino acids. *Plant Foods Human Nutr.* 39:299, 1989.
 28. USDA Nutrient Database for Standard Reference, Release 12(1998)
 29. Banks W., and Greenwood C. T. Fractionation of the starch granule, and the fine structures of its components. *Starch and 1st components.* 1975
 30. Bahnassey, Y.A. and W.M. Breene. Rapid visco-analyzer (RVA) pasting profiles of wheat, corn, waxy corn, tapioca and amaranth starches (*A. hypochondriacus* and *A. cruentus*) in the presence of konjac flour, gellan, guar, xanthan and locust bean gums. *Starch* 46, 134-141, 1994
 31. Barba A. P. Paredes-Lopez O., Carabez-Trejo A., and Ordorica-Falomir C., Enzymatic hydrolysis of amarath flour-differential scanning calorimetry and scanning electron microscopy studies. *Starch/starke.* 41:424, 1989

32. Betschart Antoinette A., Delilah Wood Irving, Shepherd Allan D., and Saunders R. M. *Amaranthus cruentus*: Milling characteristics, distribution of nutrients within seed components, and the effects of temperature on nutritional quality. *Journal of Food Science*. 46:1181, 1981
33. Breene William M. Contribution of amaranth to consumer products. Department of food science and nutrition university of minnesota.
34. Carlos Mendoza, and Ricardo Bressani. Nutritional and Functional characteristics of extrusion-cooked amaranth flour. *Cereal Chem*. 64:218, 1987
35. Cortella Alicia R., and Pochettino Maria L. South american grain chenopods and amaranths: A comparative morphology of starch. *Starch/starke*. 42:251, 1990
36. Doane Willima M. USDA research on starch-based biodegradable plastics. *Starch/starke*. 44:293, 1992
37. Early Daniel K. Amaranth production in mexico and peru. www.hort.purdue.edu/newcrop/proceedings1990/v1-140
38. Goering K. J. New starches II. The properties of the starch chunks from *amaranthus retroflexus*. *J. Series*. 44:245, 1967.
39. Gorinstein Shela, and Lii Cheng-yi. The effects of enzyme hydrolysis on the properties of potato, cassava and amaranth starches. *Starch/starke*. 44:461, 1992
40. Hoover R., Sinnott A. W., and Perera C. Physicochemical characterization of starches from *amaranthus cruentus* grains. *Starch/starke*. 50:456, 1998
41. Huaixiang Wu, Shaoxian Yue, Hongliang Sun, and Harold Corke. Physical properties of starch from two genotypes of *amaranthus cruentus* of agricultural significance in china. *Starch/starke*. 47:295, 1995

42. Ilo, S., Y. Liu and E. Berghofer. Extrusion cooking of rice flour and amaranth blends. *Lebensm.-Wiss. u.-Technol.* 32, 79-88, 1999
43. Jenny Ruales, Silvia Valencia, and Baboo Nair. Effect of processing on the physico-chemical characteristics of quinoa flour (*Chenopodium quinoa*, wild). *Starch/starke.* 45:13, 1993
44. Jingan Zhao and Whistler Roy L. Isolation and characterization of starch from amaranth flour. *Cereal Chem.* 71:392, 1994
45. Jingan Zhao and Whistler Roy L. Spherical aggregates of starch granules as flavor carriers. *Food. Technology.* 104, July 1994
46. Johnson Duane L. New grains and pseudograins
www.hort.purdue.edu/newcrop/proceedings1990/v1-122
47. Judith Cooley, Diane Dcuglas. Method for producing flavored popcorn. Patent No. 4,888,186, Dec. 19, 1989
48. Koeppe S. J., Harris P. L., Hanna M. A., Rupnow J. H., Walker C. E., and Cuppett S. L. Physical properties and some nutritional characteristics of an extrusion product with defatted amaranth seeds and defatted maize gluten meal(80:20 Ratio). *Cereal chemistry.* 64(4):332, 1987
49. Lew Chel W, Barlow Darren E. Encapsulated corn kernels and method of forming the same. U.S. Patent documents. Patent No. 4,880,646 Nov. 29, 1988
50. Lorenz K., Fort Collins. *Amaranthus hypochondriacus*- Characteristics of the starch and baking potential of the flour. *Starch/starke.* 33:149, 1981
51. Luis Arturo Bello-Perez, Paul Colonna, Philippe Roger, and Octavio Paredes-Lopez. Macromolecular features of amaranth starch. *Cereal Chem.* 75:395, 1998
52. Macgregor A. W. Isolation of large and small granules of barley starch and a study of factors influencing the adsorption of barley

- malt α -amylase by these granules. Cereal Chem. 56:430, 1979
53. Paredes-Lopez O., and Hernandez-Lopez D. Application of differential scanning calorimetry to amaranth starch gelatinization- Influence of water, solutes and annealing. Starch/starke. 43:57, 1991
 54. Paredes-Lopez O., Carabez-Trejo A., Perez-Herrera S., and Gonzalez-Cas-Taneda J. Influence of germination on physico-chemical properties of amaranth flour and starch microscopic structure. Starch/starke. 40:290, 1988
 55. Paredes-Lopez O., Schevenin M. L., Hernandez-Lopez D., and Carabez-Trejo A. Amaranth starch-isolation and partial characterization. Starch/starke. 41:205, 1989
 56. Perez E., Bahnassey Y. A., and Breene W. M. A simple laboratory scale method for isolation of amaranth starch. Starch/starke. 45:211, 1993
 57. Perez E., Bahnassey Y. A., and Breene W. M. Some chemical, physical, and functional properties of native and modified starches of *amaranthus hypochondriacus* and *amaranthus cruentus*. Starch/starke. 45:215, 1993
 58. Perez, E., Y.A. Bahnassey and W.M. Breene. A simple laboratory scale method for isolation of amaranth starch. Starch 45, 211-214, 1993
 59. Qian, J.Y. and M. Kuhn. Characterization of *amaranthus cruentus* and *Chenopodium quinoa* starch. Starch 51, 116-120, 1999
 60. Sanchez-Marroquin A., Del Valle F. R., Escobedo M., Avitia R., Maya S., and Vega M. Evaluation of whole amaranth(*amaranthus cruentus*) flour, its air-classified fractions, and blends of these with wheat and oats as possible components for infant formulas. J. Food Sci. 51:1231, 1986
 61. Singhal Rekha S. and Kulkarni Pushpa R. Some properties of amaranthus paniculatas (rajgeera) starch pastes. Starch/starke. 42:5,

1990

62. Singhal Rekha S., and Kulkarni Pushpa R. Utilisation of amaranthus paniculatas(rajgeera) starch in salad dressing. *Starch/starke*. 42:52, 1990
63. Sudhakar V., Singhal R. S., and Kulkarni P. R. Starch-gum interactions: Formulations and functionality using amaranth/corn starch and CMC. *Starch/starke*. 44:369, 1992
64. Sugimoto Y., Yamada K., Sakamoto S., and Fuwa H. Some properties of normal-and waxy-type starches of amaranthus hypochondriacus L. *Starch/starke*. 33:112, 1981
65. Taylor, J.R., J. Dewar, J. Taylor and R.F. von Ascheraden. Factors affecting the porridge-making quality of south african sorghums. *J. Sci. Food Agric*. 73, 464-470, 1997
66. Teo C. H., and Seow C. C. A pulsed NMR method for the study of starch retrogradation. *Starch/starke*. 44:288, 1992
67. Tom Ney, Anita Hirsch, and Linda Gilbert. Recipes for amaranth foods served at second amaranth conference, Kutztown, PA. *Amaranth proceedings*. 1979
68. Uriyapongson J., and Rayas-Duarte P. Comparison of amaranth starches using wet and dry-wet milling processes. *Cereal Chem*. 71:571, 1994
69. Vargas-Lopez J. M., Paredes-Lopez O., and Espitia E. Evaluation of lime heat treatment on some physicochemical properties of amaranth flour by response surface methodology. *Cereal Chem*. 67(5):417, 1990
70. Villareal Corazon P., and Juliano Bienvenido O. Varietal differences in quality characteristics of puffed rices. *Cereal Chem*. 64:337, 1987
71. Wankhede D. B., Gunjal B. B., Sawate R. A., Paril H. B., Bhosale M. B., Gahilod A. T., and Walde S. G. Studies on isolation and charncterization of starch from rajgeera grains(amaranthus paniculatus

- Lin.). Starch/starke. 41:167, 1989
72. Werner Thorn and Sharbanou Mohazzeb. Molecula weights, and distribution of side-chains in α -D-polyglucanes. Starch/starke. 42:373, 1990
 73. Wolf M. J., MacMasters M. M., and Rist C. E. Some characteristics of the starches of three south american seeds used for food. Cereal Chem. 27:219, 1950
 74. www. garudaint.com. Product overview amaranth grain.
 75. Yanez G. A., Messinger J. K., Walker C. E., and Rupnow J. H. *Amaranthus hypochondriacus*: Starch isolation and partial characterization. Cereal Chem. 63:273, 1986
 76. Yen Tan and Rangan Chinnaswamy, Nebraska-Lincoln. Molecular properties of cereal based breakfast foods. Starch/starke. 45:391, 1993
 77. Yotaro Konishi, Hiroko Nojima, Kazutoshi Okuno, Masako Asaoka and Hidetsugu Fuwa. Characterization of starch granules from waxy, nonwaxy, and hybrid seeds of *amaranthus hypochondriacus* L. Agric. Biol. Chem. 49:1965, 1985
 78. 김준한, 광동윤, 최명숙, 문광덕. 한국산과 중국산 홍화종실의 화학적 성분비교. 한국식품과학회지 31(4):912-918, 1999
 79. 김진수, 유희중. 아마란스(Amaranth) 종실의 가공에 따른 비스킷 제품에 의 적용. 한국식품영양학회 15(4), 321-325, 2002
 80. 문형인, 이동진, 이재학. 식용 및 약용작물의 메탄올추출물에 대한 항암효과 검색(I). 한국작물학회지
 81. 정구민. 쑥이 쌀가루의 이화학적 성질, 페이스트, 쥬에 미치는 영향. Korean J. Food Sci. Technol.. 25(6):626, 1993
 82. 조진아, 조후중. 흑미를 첨가한 인절미의 품질 특성에 관한 연구. 한국조리과학회지 16(3), 24-29, 2000

