

발간등록번호

11-1543000-000752-01

품질저하

성분

결핍

N
o
n

G
M
콩

선발계통의

품종화

및

이용

농림축산식품부

품질저하 성분 결핍 Non-GM콩 선발계통의 품종화 및 이용

(Utilization and Breeding of
Antinutritional Components free
Non-GM Soybean Selection Lines)

주 의

경상대학교

농림축산식품부

제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

이 보고서를 “품질저하 성분 결핍 Non-GM콩 선발계통의 품종화 및 이용” 과제(세부과제 “품질저하 성분 결핍 Non-GM콩 품종육성 및 지역특화재배”, 세부과제 “고품질 기능성 Non-GM콩을 이용한 가공식품의 품질 특성 및 생리활성 규명”, 협동과제 “고품질 기능성 콩 육종을 위한 지표물질의 분석”)의 보고서로 제출합니다.

2014 년 11 월 일

주관연구기관명 : 경상대학교

주관연구책임자 : 정 종 일

세부연구책임자 : 정 종 일

세부연구책임자 : 성 낙 주

연 구 원 : 박 원 경

연 구 원 : 성 미 경

연 구 원 : 이 수 정

협동연구기관명 : 경남과학기술대학교

협동연구책임자 : 남 상 해

요 약 문

I. 제 목

총괄제목: 품질저하 성분 결핍 Non-GM콩 선발계통의 품종화 및 이용

제1세부: 품질저하 성분 결핍 Non-GM콩 품종육성 및 지역특화재배

제2세부: 고품질 기능성 Non-GM콩을 이용한 가공식품의 품질 특성 및 생리활성 규명

제1협동: 고품질 기능성 콩 육종을 위한 지표물질의 분석

II. 연구개발의 목적 및 필요성

○ 연구개발 목적

- 기능성 콩 신품종의 지역특화 재배 및 상품화 (참여기업과 공동추진): Lipoxygenase 단백질이 없는 기능성콩 신품종(개척1호, 개척2호, 진양콩)의 지역재배화 및 상품화 시도
- 비린내 없는 소립 노란콩 계통 품종 육성: Lipoxygenase 단백질 부재 소립 노란콩 계통의 선발과 품종보호출원
- 비린내 및 7S α' 단백질 부재 콩 계통 육성: Lipoxygenase 및 7S α' 단백질 동시 부재된 농업형질 양호한 콩 계통 육성
- 난소화성당 저함량 콩 계통 육성: Raffinose 및 stachyose의 함량이 낮으며 농업형질이 양호한 콩 계통의 선발
- 난소화성당 저함량 자원의 선발: 년차 평가를 통하여 장려품종보다 raffinose 및 stachyose의 함량이 낮은 자원(육종계통)의 선발
- trans-resveratrol 고함량 자원의 선발: 년차 평가를 통하여 장려품종보다 trans-resveratrol의 함량이 높은 자원(육종계통)의 선발
- 기능성 콩 이용 두부의 이화학적 특성 및 생리활성 비교: 개척1호, 개척2호, 진양콩을 이용한 두부의 제조 및 두부의 이화학적 특성, 생리활성 비교 (대조군: 태광콩 두부)
- 기능성 콩 이용 된장 및 간장의 이화학적 특성과 생리활성 비교: 개척1호, 개척2호, 진양콩을 이용한 된장, 간장의 제조 및 이화학적 특성, 생리활성 비교 (대조군: 태광콩 된장, 간장)
- 기능성 콩을 이용한 두부 및 된장의 고지방-콜레스테롤 식이성 흰쥐에서 체내 지질개선에 미치는 영향 평가: 개척1호, 개척2호, 진양콩을 이용한 두부, 된장과 태광콩을 이용한 제품과의 비교 평가
- 기능성 콩을 이용한 두부 및 된장 가공품 개발 가능성 검토: 개척1호, 개척2호, 진양콩을 이용한 두부, 된장, 간장에 대한 소비자 선호도 조사등을 통한 제품 가능성 검토.

○ 연구개발 필요성

- 콩 및 콩 식품에는 단백질, 지방, 탄수화물의 아이소플라본, 안토시아닌, 사포닌, 레시틴등 기능성 성분이 다량 함유되어져 국산콩의 수요가 증가하고 있음. 그러나, 현재 우리나라의 국내 콩 소비량은 연간 140만톤이며 국내 콩 생산량은 연간 15만톤 정도로 식용콩의 국내 자급량은 25% 내외이며 전체적으로 국산 콩 자급율은 7 - 9% 정도임. 따라서, 시장에서 국산콩이 경쟁력을

갖추기 위해서는 수입콩과 쉽게 차별화된 국산콩 품종의 재배가 필요함.

- 품질을 떨어뜨리는 성분(리폭시지나아제외 2종)이 결핍된 다양한 Non-GM 계통을 이용하여 세대진전, 농업적 형질 평가, 기타 기능성 성분의 분석, 선발 콩을 이용한 가공적성 검증 및 제품화 연구로 수입콩과 차별화된 Non-GM 콩 품종 육성, 지역특화재배, 콩 제품 생산의 단일화된 연구가 필요.

III. 연구개발 내용 및 범위

- o 기능성 고품질 콩 신품종(개척1호, 개척2호, 진양콩)의 지역 특화 재배 (제주, 충북 괴산, 경남 산청, 고성, 하동, 진주, 광주, 전북 김제, 익산, 전남 순천등) 실시
- o Lipoxygenase 2,3 결핍 소립 노란콩 계통의 포장재배, 형질 평가, 품종보호출원
- o Lipoxygenase 및 7S α' 단백질 결핍 계통의 선발, 포장 평가 및 세대진전
- o 난소화성당(raffinose 및 stachyose) 저함량 계통의 선발, 형질평가 및 세대진전
- o 일반콩(태광콩) 및 개척2호, 진양콩을 이용한 두부의 제조 및 가공적성 분석
- o 두부의 수율, 조직감, 색도 및 생리 활성(라디칼 소거능, 총 페놀 및 플라보노이드 함량)측정
- o 두부 저장 안정성 분석 (지질산패도 측정)
- o 일반콩 및 개척2호, 진양콩을 이용한 된장의 제조 및 가공적성 분석
- o 일반콩/개척2호/진양콩 된장과 비교 분석
- o 된장의 저장 기간 중 물리적 특성 분석(색도, pH, 관능평가)
- o 된장의 저장 기간 중 이화학적 특성 분석(일반 성분, 유리당, 유기산, 아미노산, 무기물 함량)
- o 된장의 생리활성 분석
- o Lipoxygenase 단백질이 없어 비린맛이 없는 개척1호, 개척2호, 진양콩을 이용한 두부, 된장, 간장등의 품질특성, 생리활성 평가 및 소비자 선호도 조사 결과 이들 품종을 이용한 두부 및 된장의 제품 생산 가능성 점검
- o 1차년도 선발된 343개 자원의 raffinose, stachyose 분석 및 저함량 자원 선발
- o 1차년도 선발된 343개 자원의 HPLC 및 GC를 이용한 기능성 물질 resveratrol 및 amino acid의 함량 분석 및 선발
- o 2차년도 선발된 401개 자원의 raffinose, stachyose 분석 및 저함량 자원 선발
- o 2차년도 선발된 401개 자원의 HPLC 및 GC를 이용한 기능성 물질 resveratrol 및 amino acid의 함량 분석 및 선발
- o 3차년도 선발된 370개 자원의 raffinose, stachyose 분석 및 저함량 자원 선발

IV. 연구개발결과

- 기능성 콩신품종인 “개척1호” 및 “진양콩”을 제주, 충북 괴산, 경남 산청, 고성, 하동, 진주, 전남 광주, 전북 김제, 익산, 순천, 무안에 재배 후 지역특화 재배화 평가 (된장, 두부, 간장 등 콩 가공식품 제조 가능성 높음.
- 성숙종자에 Lipoxygenase-2, 3 단백질이 없어 비린 맛이 없으며 종피색이 노란색이고 농업 형질이 양호하며 백립중이 14g 정도로 소립인 노란콩 계통 육성 선발 후 품종보호출원 완

료.

- 콩의 품질을 저하시키는 대표적인 성분인 lipoxygenase 및 7S α' -subunit 단백질이 유전적으로 없는 노란콩 계통을 선발완료함. 선발계통은 농업형질이 양호하며 노란종피, 노란제색을 가지고 있으며 백립중이 20g으로 중립이며 비린맛이 없는 계통임.
- 콩 및 콩 제품의 소화를 떨어뜨리는 난소화성당이 일반콩에 비하여 저함량인 2개의 우수한 계통이 선발 완료됨. 선발 계통은 농업적 형질이 양호하며 종피색 및 제색이 노란색이고 성숙기가 10월초로 다소 빠른편이며 백립중은 27g 및 22g으로 대립종과 중립종 계통임.
- 1차년도 343 자원(품종, 선발계통등), 2차년도 401개 자원, 3차년도 370개 자원 이용 난소화성당 분석 후 저함량 자원 선발완료.
- 1차년도 340개 자원(품종, 선발계통등), 2차년도 401개 자원을 이용하여 trans-resveratrol 고함량 자원 선발완료.
- 기능성 콩(개척1호, 개척2호, 및 진양콩)과 일반콩(태광콩)으로 두부 제조 및 이화학적 특성 및 생리활성 비교에서 무기물 함량은 개척1호 및 진양콩 두부에서 다소 높은 함량이었음. 조직감은 개척2호 및 진양콩 두부에서 다소 높은 것으로 평가되었음. 이소플라본 함량은 개척1호와 진양콩 두부에서 함량이 높았음. 총 페놀 함량은 개척1호 두부에서 가장 높았으며, 플라보노이드 함량은 개척1호, 개척2호 두부가 태광콩 두부보다 유의적으로 높은 함량이었음. 저장기간에 따라 두부의 산도 증가는 기능성 콩 두부에서 태광 두부보다 적었음.
- 기능성 콩(개척1호, 개척2호, 및 진양콩)과 일반콩(태광콩)으로 된장과 간장 제조 및 이화학적 특성 및 생리활성 비교에서 메주의 이소플라본 함량은 태광 메주에 비해 기능성콩 메주에서 유의적으로 높았음. 무기물의 총 함량은 태광 된장에 비해 진양콩 된장이 낮은 함량이었음. 이소플라본 함량 및 항산화 활성은 태광 된장에 비해 기능성 콩 된장에서 높았음. 플라보노이드 함량은 숙성 90-150일에 진양콩에서 높았음.
- 두부 및 된장의 고지방-콜레스테롤 식이성 흰쥐에서 체내 지질개선에 미치는 영향 평가에서 콜레스테롤 흡착활성은 개척1호가 태광 제품에 비해 우수하였음. 3T3-L1세포에 대한 중성지방 축적 억제능은 태광콩에 비해 개척1호에서 유의적으로 높았음. 혈액 및 간 조직의 총 지질, 총 콜레스테롤 및 중성 지방 함량은 대조군에 비해 기능성 콩 두부 급이군에서 유의적으로 감소되었음. ALT와 AST 활성은 두부 급이군이 대조군에 비해 낮았으며, 태광 두부보다 개척1호 두부 및 진양콩 두부 급이군에서 유의적으로 낮았음. 간 조직의 항산화 활성으로 catalase, GSH-Px 활성은 개척1호 두부 급이군이 유의적으로 높았음.
- Lipoxygenase 단백질이 없어 비린맛이 없는 개척1호, 개척2호, 진양콩을 이용한 두부, 된장, 간장등의 품질특성, 생리활성 평가 및 소비자 선호도 조사 결과 이들 품종을 이용한 두부 및 된장의 제품 생산은 가능함을 보임.

V. 연구성과 및 성과활용 계획

o 연구성과

- 품종등록: 1건 (품종명: 진양콩, 등록번호:제4279호, 등록일:2012년12월28일)
- 품종보호출원: 1건(품종명:조선콩, 출원번호: 출원 2013-511, 출원일: 2013년 11월 22일)
- 연구논문: 4편

- 1) Lipoxygenase와 Kunitz Trypsin Inhibitor 단백질 결핍콩으로 제조한 간장의 이 화학적 특성 및 항산화 활성(2012, 농업생명과학연구)
- 2) Lipoxygenase 결핍된 Non-GM콩의 특성(2013, 한국식품영양과학회지)
- 3) Lipoxygenase 결여 콩 두부의 품질 특성 및 항산화 활성(2014, 한국식품저장유통학회지)
- 4) 콩 종자의 Raffinose 및 Stachyose 함량에 대한 유전자형과 환경의 영향 (2014, 한국작물학회지)

- 학술발표: 8건

o 성과활용 계획

- 개척1호 및 진양콩은 지역특화재배중임. 경남 하동지역에서 진양콩을 이용한 된장 제조중.
- 비린내 없는 소립 노란콩 계통은 품종보호출원완료 (품종명: 초선콩)
- 비린내 및 7S α' 단백질 부재 콩 선발 계통은 세대진전후 품종보호출원 예정
- 난소화성당 저함량 콩 선발 계통은 품종보호출원 예정

SUMMARY

(영문요약문)

Antinutritional factors in the raw mature soybean are exist. Lipoxygenase protein Kunitz trypsin inhibitor (KTI) protein, raffinose and stachyose are main antinutritional factors in soybean seed. Two new cultivars (Gaechuck#1, Gaechuck#2) with lipoxygenase and KTI protein-free and one new cultivar (Jinyangkong) with lipoxygenase protein free and low content of raffinose and stachyose were cultivated for three years in 11 different rural areas. Agronomical traits like as maturity date, plant type, stem height, seed quality and yield were evaluated for location specialized cultivation and industrilization. In Hadong area, Jinyangkong cultivar was cultivated and was used for making Doenjang. A new soybean soybean cultivar, "Chosunkong" with yellow seed coat and small seed size and free of lipoxygenase 2, 3 protein was developed. "Chosunkong" matured in 4 - 5 October with plant height of 50cm and a 100-seed weight of about 14g. A new soybean line with yellow seed coat, yellow hilum and lipoxygenase protein free was improved and raffinose and stachyose content was 8.65 (g·kg⁻¹). The 100-seed weight of this strain was 27.9 g. A total of 343 genotypes (1 year), 401 genotypes (2 years) and 370 genotypes (3 year) were screened for raffinose and stachyose content. Content of raffinose and stachyose was detected by HPLC. Several genotypes with low content of raffinose and stachyose were developed. A total of 340 genotypes (1 year) and 401 genotypes were screened for trans-resveratrol content. Several genotypes with high content of trans-resveratrol were developed. Quality characteristics and antioxidant activity of 3 kinds tofu made from lipoxygenase(LOX)-free genotypes such as Gaechuck#1(black, LOX2,3-free), Gaechuck#2 (yellow, LOX2,3-free) and Jinyangkong(yellow, LOX1,2,3-free) were compared to the Taekwang(LOX-present) tofu as control. The yield of tofu from tested samples was the highest in Gaechuck#2. Mineral contents of Jinyang tofu were significantly higher than control. Hardness and gumminess of tofu made from LOX-free genotypes were significantly higher than control. Gaechuck#2 tofu in terms of taste, flavor and overall acceptability showed a higher sensory evaluation to the other. Total isoflavone contents were higher in LOX-free genotypes than control. Total phenol content was similar for the Gaechuck#1, #2 and Taekwang tofu. Flavonoid content was higher in the Gaechuck#1 and #2 tofu to the control. Antioxidant activities were the highest in Gaechuck#1 tofu, followed by the Gaechuck#2. Their Meju for Doenjang and Kanjang were analysed, and compared to the Taekwangkong as control. Crude protein content of soybeans was significantly higher in the LOX free cultivars than Taekwangkong. Isoflavone contents of Meju were determined with 7 kinds. Total contents of isoflavones were higher in LOX free cultivars than Taekwangkong. Especially the content of 05C4 and LS Meju was higher than Jinyangkong. The physicochemical properties and biological activity of *Doenjang* made from non genetically modified (non-GM) soybeans such as Jinyangkong (LOX1,2,3-free), 05C4

(LOX2,3,-free and higher lecithin) and LS (LOX2,3-free) were compared to Taekwangkong (LOX1,2,3-present) as control. Moisture content was 58.67~62.72% in the all period of fermentation and significantly higher in LS *Doenjang*. Change in the pH of 05C4 *Doenjang* was increased depending on the fermentation periods. Salinity did not show noticeable difference among samples or species. Total and reducing sugar contents were gradually decreased during fermentation periods and *Doenjang* made from 3 kinds of LOX free cultivars were higher contents than control. Contents of mineral were the highest in Taekwangkong *Doenjang* than *Doenjang* made from 3 kinds of LOX free cultivars. Amino type nitrogen level increased during fermentation periods, and the content was significantly higher in *Doenjang* made from 3 kinds of LOX free cultivars than the Taekwangkong *Doenjang*. Glutamic acid content of the free amino acid was higher in *Doenjang* made from 3 kinds of LOX free cultivars than Taekwangkong *Doenjang*. The total content of isoflavones of *Doenjang* in the LOX free cultivars were higher than Taekwangkong *Doenjang*. Total phenol contents of 05C4 and LS *Doenjang* were higher than Taekwangkong *Doenjang* in fermentation for 90 days. Flavonoid contents of *Doenjang* from 3 kinds of LOX free cultivars were similar or slightly lower than Taekwangkong *Doenjang*. Antioxidant activities such as DPPH, ABTS radical scavenging activity and reducing power by ferric-reducing antioxidant potential (FRAP) was higher the *Doenjang* made from 3 kinds of LOX free cultivars were similar or higher compared to the Taekwangkong *Doenjang*. In the *Kanjang*, change in the salinity was increased depending on the fermentation periods. Total and reducing sugar contents were gradually decreased, and decreased amount was higher fermentation for 30~90 days than fermentation for 90~150 days. Amino type nitrogen level increased during fermentation periods, and the content was significantly higher in *Kanjang* made from LOX free cultivars than the Taekwangkong. Total composition amino acids of 05C4 and LS *Kanjang* were the highest after fermentation for 90 days. Otherwise, the 2 kinds of isoflavones were determined with daidzin and glycitin, and the samples did not show significant difference. Antioxidant activities by radical scavenging in *Kanjang* made from LOX free cultivars were a little higher than that of Taekwangkong. In *in vitro*, activity of the cholesterol adsorption was significantly higher in the Gaechuck#1 tofu and LS *Doenjang* than Taekwang. Inhibition activity of TG accumulation by 3T3-L1 in the soybean was significantly higher in Gaechuck#1 than Taekwangkong. In soybean for the *Doenjang*, 05C4 were significantly higher compared to the Taekwangkong. Effects of 10% tofu supplementation from non-GM soybeans with lipoxygenase (LOX)-free genotypes were investigated on serum and hepatic and fecal lipids, and hepatic antioxidant enzyme activities in rats fed a high fat-cholesterol diet for 5 weeks. Experimental groups were divided into five groups; normal, the group fed a high fat-cholesterol diet (HFC), Taekwang, Gaechuck#1 and Jinyang tofu supplemented groups (HFC-T1, HFC-T2, and HFC-T3) with HFC. Lipids profile such as total lipids, total cholesterol and triglyceride significantly decreased in the tofu supplemented groups compared to the HFC. The hepatic antioxidant enzyme activity was higher in the tofu

supplemented groups. Activities of catalase, and GSH-px were higher significantly in the group fed Gaechuck#1. Effects for 5% supplementation of Doenjang made from lipoxygenase (LOX)-free cultivar (Taekwang, 05C4 and LS) on the serum and hepatic lipid profiles in rats fed high fat-cholesterol diet were investigated. Lipids profile such as total lipids, total cholesterol and triglyceride significantly decreased in the Doenjang supplemented groups compared to the HFC. Fecal total lipid level was higher in the groups fed Doenjang, no significant within the different Doenjang. Hepatic SOD, catalase, and GSH-px activities were increased significantly in the groups fed Doenjang made from LOX free soybean. Tofu, Doenjang and Kanjang made from LOX free cultivars as non-GM soybeans were a little higher to Taekwangkong in physicochemical characteristics and antioxidant activities. Therefore, 'Gaechuck tofu', 'Gaechuck black tofu' and 'Gaechuck Doenjang' as soybean products were designed for the products.

CONTENTS

(영 문 목 차)

Section 1. Breeding of Non-GM soybean with antinutritional components free and location specialized cultivation

1. Location specialized cultivation of functional soybean cultivars (Gaechuck#1, Gaechuck#2 and Jinyangkong)
2. Breeding of new soybean line with yellow seed coat, small seed size and lipoxygenase 2,3 protein free
3. Breeding of new soybean line with lipoxygenase 1,2,3 and 7S α' protein free
4. Breeding of new soybean lines with low raffinose and stachyose content

Section 2. Analysis of indicators for a high-quality functional soybean breeding

1. Analysis of raffinose and stachyose content
2. HPLC analysis
3. Amino acid analysis
4. Trans-resveratrol analysis
5. Selection of soybean genotypes with low content of raffinose and stachyose
6. Selection of soybean genotypes with proper amino acid content
7. Selection of soybean genotypes with high trans-resveratrol content

Section 3. Physicochemical property and biological activity in soybean bio-products by high quality non-GM soybean Biological activity and quality characteristics of bio-product

1. Objective and results of research
2. Materials and methods
3. Results and discussion
 - 1) Physicochemical property and biological activity in tofu
 - 2) Physicochemical property according to storage periods in tofu
 - 3) Physicochemical property made from Meju by LOX-free soybeans
 - 4) Physicochemical property and biological activity of Doenjang made from LOX-free soybeans
 - 5) Physicochemical property and biological activity of Kanjang made from LOX-free soybeans
 - 6) Lipids improvement effect of tofu and Doenjang *in vitro*
 - 7) Lipids improvement effect of tofu in rat fed a high fat-cholesterol diet
 - 8) Lipids improvement effect of Doenjang in rat fed a high fat-cholesterol diet
 - 9) Design and consumer survey for developed products

목 차

제 1 장 연구개발과제의 개요

1. 연구개발의 목적

- 기능성 콩 신제품의 지역특화 재배 및 상품화 (참여기업과 공동추진): Lipoxygenase 단백질이 없는 기능성콩 신제품(개척1호, 개척2호, 진양콩)의 지역재배화 및 상품화 시도
- 비린내 없는 소립 노란콩 계통 품종 육성: Lipoxygenase 단백질 부재 소립 노란콩 계통의 선발과 품종보호출원
- 비린내 및 7S α' 단백질 부재 콩 계통 육성: Lipoxygenase 및 7S α' 단백질 동시 부재된 농업형질 양호한 콩 계통 육성
- 난소화성당 저함량 콩 계통 육성: Raffinose 및 stachyose의 함량이 낮으며 농업형질이 양호한 콩 계통의 선발
- 난소화성당 저함량 자원의 선발: 년차 평가를 통하여 장려품종보다 raffinose 및 stachyose의 함량이 낮은 자원(육종계통)의 선발
- trans-resveratrol 고함량 자원의 선발: 년차 평가를 통하여 장려품종보다 trans-resveratrol의 함량이 높은 자원(육종계통)의 선발
- 기능성 콩 이용 두부의 이화학적 특성 및 생리활성 비교: 개척1호, 개척2호, 진양콩을 이용한 두부의 제조 및 두부의 이화학적 특성, 생리활성 비교 (대조군: 태광콩 두부)
- 기능성 콩 이용 된장 및 간장의 이화학적 특성과 생리활성 비교: 개척1호, 개척2호, 진양콩을 이용한 된장, 간장의 제조 및 이화학적 특성, 생리활성 비교 (대조군: 태광콩 된장, 간장)
- 기능성 콩을 이용한 두부 및 된장의 고지방-콜레스테롤 식이성 흰쥐에서 체내 지질개선에 미치는 영향 평가: 개척1호, 개척2호, 진양콩을 이용한 두부, 된장과 태광콩을 이용한 제품과의 비교 평가
- 기능성 콩을 이용한 두부 및 된장 가공품 개발 가능성 검토: 개척1호, 개척2호, 진양콩을 이용한 두부, 된장, 간장에 대한 소비자 선호도 조사등을 통한 제품 가능성 검토.

2. 연구개발의 필요성

- 콩 및 콩 식품에는 단백질, 지방, 탄수화물의 아이소플라본, 안토시아닌, 사포닌, 레시틴등 기능성 성분이 다량 함유되어져 국산콩의 수요가 증가하고 있음. 그러나, 현재 우리나라의 국내 콩 소비량은 연간 140만톤이며 국내 콩생산량은 연간 15만톤 정도로 식용콩의 국내 자급량은 25% 내외이며 전체적으로 국산 콩 자급율은 7 - 9% 정도임. 따라서, 시장에서 국산이 경쟁력을 갖추기 위해서는 아래 그림처럼 생산자, 소비자가 모두 만족하는 수입콩과 쉽게 차별화된 국산콩 품종의 재배가 필수적임.
- 또한, 기상변화로 세계적으로 콩을 비롯한 주요 식량작물(벼, 밀, 콩, 옥수수 등)의 생산성이 저하되어 국제 곡물가격의 상승으로 식량 작물에 대한 연구의 필요성이 증가되고

있음.

- 국내에서 식량작물중 벼 다음으로 재배면적 및 생산량이 높은 콩을 비롯한 수입 의존도가 큰 주요 식량작물(콩, 옥수수, 밀등)에 대한 식량안보차원에서 국내 재배 및 생산성 향상이 시급해지고 있음.
- 미국, 브라질, 아르헨티나등 3개국이 세계 콩 생산의 약 80% 및 수출의 90%를 차지하고 있으며 이들 3개국과 국내의 콩 재배환경, 10a당 수확량, 재배 비용등을 고려할 때 국산 콩의 경쟁력은 매우 열악함.
- 그러나, 수입콩과 차별화된 국산콩 품종을 지역별로 특성화하여 재배 생산 가공할 경우 국내 콩 산업경쟁력은 있을 수 있다. 수입되는 콩과 비교하여 품질을 떨어뜨리는 성분이 유전적으로 제거된 국산콩 품종이 육성될 경우 수입콩과 차별화가 가능하고 국산콩의 경쟁력 및 소비는 증가할 것으로 보임.
- 성숙 콩 종실에는 Lipoxygenase, Kunitz trypsin inhibitor (KTI), 7S 단백질, raffinose 및 stachose와 같은 난소화성당등 품질을 떨어뜨리는 성분이 다수 존재하고 있음.
- 이처럼 품질을 떨어뜨리는 성분은 수입되는 모든 콩에 함유되어져 있으므로 이러한 성분이 유전적으로 제거된 다양한 종류(특수콩,장류콩,나물콩등)의 국산 Non-GM 콩 품종이 육성될 경우 수입콩과 쉽게 차별화가 가능함.
- GM 농작물의 위험성을 배제할 수 있는 non-GM 농작물 및 이를 이용한 가공품을 개발 하므로써 소비자들로부터 신뢰성 있는 고품질 콩 식품을 생산하여 수입 농산물과의 차별화 및 경쟁력을 확보하는 것이 국산콩의 경쟁력 향상에 필수적이다. 현재까지, 국내에서 시판되고 있는 콩 가공품으로 두부, 된장 및 간장의 건강 기능성에 관한 연구는 이미 많이 수행되어져 있으나, Lipoxygenase, Kunitz trypsin inhibitor (KTI), 7S 단백질, raffinose 및 stachose와 같은 품질을 떨어뜨리는 성분이 결핍된 콩을 이용한 가공품의 특성이나 생리활성에 관한 연구는 전무한 실정임.
- 따라서, 이미 선발된 품질을 떨어뜨리는 성분이 결핍된 다양한 Non-GM 계통을 이용하여 세대진전, 농업적 형질 평가, 기타 기능성 성분의 분석, 선발 콩을 이용한 가공적성 검증 및 제품화 연구로 수입콩과 차별화된 Non-GM 콩 품종 육성, 지역특화재배, 콩 제품 생산의 단일화된 연구가 필요함.

3. 연구개발의 범위

- 기능성 고품질 콩 신품종(개척1호, 개척2호, 진양콩)의 지역 특화 재배 (제주, 충북 괴산, 경남 산청, 고성, 하동, 진주, 광주, 전북 김제, 익산, 전남 순천등) 실시
- Lipoxygenase 2,3 결핍 소립 노란콩 계통의 포장재배, 형질 평가, 품종보호출원
- Lipoxygenase 및 7S α' 단백질 결핍 계통의 선발, 포장 평가 및 세대진전
- 난소화성당(raffinose 및 stachyose) 저함량 계통의 선발, 형질평가 및 세대진전
- 일반콩(태광콩) 및 개척2호, 진양콩을 이용한 두부의 제조 및 가공적성 분석
- 두부의 수율, 조직감, 색도 및 생리 활성(라디칼 소거능, 총 페놀 및 플라보노이드 함량)측정
- 두부 저장 안정성 분석 (지질산패도 측정)
- 일반콩 및 개척2호, 진양콩을 이용한 된장의 제조 및 가공적성 분석
- 일반콩/개척2호/진양콩 된장과 비교 분석

- 된장의 저장 기간 중 물리적 특성 분석(색도, pH, 관능평가)
- 된장의 저장 기간 중 이화학적 특성 분석(일반 성분, 유리당, 유기산, 아미노산, 무기물 함량)
- 된장의 생리활성 분석
- Lipoxygenase 단백질이 없어 비린맛이 없는 개척1호, 개척2호, 진양콩을 이용한 두부, 된장, 간장등의 품질특성, 생리활성 평가 및 소비자 선호도 조사 결과 이들 품종을 이용한 두부 및 된장의 제품 생산 가능성 점검
- 1차년도 선발된 343개 자원의 raffinose, stachyose 분석 및 저함량 자원 선발
- 1차년도 선발된 343개 자원의 HPLC 및 GC를 이용한 기능성 물질 resveratrol 및 amino acid의 함량 분석 및 선발
- 2차년도 선발된 401개 자원의 raffinose, stachyose 분석 및 저함량 자원 선발
- 2차년도 선발된 401개 자원의 HPLC 및 GC를 이용한 기능성 물질 resveratrol 및 amino acid의 함량 분석 및 선발
- 3차년도 선발된 370개 자원의 raffinose, stachyose 분석 및 저함량 자원 선발

제 2 장 국내외 기술개발 현황

- 국내 콩 자급율은 2009년 기준으로 8.4%로 매우 저조한 실정이고, 세계 곡물가격이 상승하고 식량을 무기로 하는 자원민족주의가 점차 확산되는 것에 대비하여 식량 안보 차원에서 콩의 자급률을 높일 필요가 있는 실정임. 정부에서는 2015년까지 식용콩을 기준으로 현행 33%수준인 자급률을 42%로 높일 계획에 있음.
- 대기업들이 신선식품 시장에 가세하면서 두부의 포장화율이 급격히 늘어나고 두부 시장의 규모가 지속적으로 성장하여 그 규모가 4,500억 원('09)이고, 이중 포장 두부가 차지하는 비중이 62%로 2,800억원이며, 포장두부는 대부분 국산콩으로 만든 것으로 수입콩으로 만든 두부에 비해 2배 이상 높은 가격으로 판매되고 있음.
- 풀무원(주)의 경우, 2000년 및 2008년 7월 두부를 포함한 모든 자사제품에 GM-free를 선언한 바 있으며, 이로써 소비자들에게 신뢰성 있는 회사로 평가 받을 수 있었던 것으로 보고되어 있음.
- 콩을 이용한 가공·발효식품이 전세계인의 건강식품으로 더욱더 주목받는 추세이므로, 국산콩을 이용하여 가공·발효 식품을 만들어 세계시장을 선점하는 것이 중요한데, 가공·발효식품의 품질을 높이기 위해서는 식재료 단계에서부터 품질과 가공적성을 획기적으로 향상시키는 것이 무엇보다 중요함.
- GM 작물의 재배면적이 가장 넓은 국가는 미국으로 대두, 옥수수, 면화, 카놀라, 알파파, 사탕무, 호박등이 있음.
- 우리나라에서 GM 대두는 수입이 증가할 것으로 보임.
- 전세계적으로 콩을 이용한 가공식품의 종류는 상당히 많음. 우리나라에서는 전통적으로 두부, 된장 및 간장 등과 같은 콩 가공식품을 상용화하여 왔으며, 현재까지 이들 식품에 관한 연구도 다수 수행되어 오고 있음.
- 특히 원료콩의 품질 특성 및 생리활성, 유효성분에 관한 연구, 콩의 품종별 연구가 다수 수행된 바 있으나, LOX 결핍콩에 대한 품질 특성 및 생리활성 측면의 종합적인 연구는 의외로 적음.
- 대표적인 콩 가공품인 두부, 된장 및 간장은 원료, 제조 공정, 발효식품의 경우 숙성 기간에 따라 품질 특성에 상당한 차이를 보이게 됨. 최근에는 된장이나 간장의 제조 시 100% 콩을 원료로 한 제품에 관심이 주목되고 있는 바 콩 가공품의 제조 시 원료콩의 선택이 중요시 되고 있음.
- 더욱이 LOX 결핍에 따른 원료콩의 육종, 성분 분석 등에 관한 연구는 일부 수행된 바 있으나, 이들 콩을 원료로 한 가공품의 가공적성에 대한 연구는 전무한 실정임.
- 콩에서 품질을 떨어뜨리는 Lipoygenase, Kunitz trypsin inhibitor (KTI), 7S 단백질, raffinose 및 stachose와 같은 성분이 유전적으로 제거되거나 감소된 품종의 육성은 국내외에서 아직 시작 단계에 있고 이러한 품종을 이용한 가공식품의 제조와 연구 또한 초기 단계임.

제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과

제1세부: 품질저하 성분 결핍 Non-GM콩 품종육성 및 지역특화재배

1. 기능성 콩 신품종의 지역특화 재배 및 상품화 (참여기업과 공동추진)

참여기업인 (주)마크프로와 공동으로 신품종으로 기 등록된 기능성 콩 신품종 “개척1호” 및 “개척2호”와 연구과제 기간에 등록된 “진양콩”(아래 그림)을 이용하여 지역 특화재배를 실시하였다.



지역 특화 재배지 및 재배면적은 다음과 같다.

(제1차년도)

지역	재배면적(평)			총재배면적(평)
	개척1호	개척2호	진양콩	
제주	137,200		10,000	147,200
충북 괴산	52,000	37,000	41,000	130,000
경남 산청	24,000		6,000	30,000
경남 고성	31,250			31,250
경남 진주			6,900	6,900
경남 의령			10,597	10,597
경남 하동	4,000		11,330	15,330
전북 김제	3,100		9,200	12,300
합 계	251,550	37,000	95,027	383,577

(제2차년도)

지역	품종	재배면적
경남 산청	개척1호, 진양콩	3만평
경남 하동	개척1호, 진양콩	1만5천평
경남 진주	개척1호, 진양콩	6천평
충북 괴산	개척1호, 진양콩	10만평
경기도 광주	진양콩	1만평
전북 김제	진양콩	4천평
전북 익산	진양콩	3만평
전남 순천	진양콩	4천평

(제3차년도)

지역	품종	재배면적
경남 산청	개척1호	2만평
경남 하동	진양콩	1만평
충북 괴산	개척1호, 진양콩	8만평
전북 무안	개척1호, 진양콩	3만평

아래 그림은 지역에서 재배되고 있는 포장의 상태를 나타낸다.



경남 산청(개척1호)



경남 산청(진양콩)



전북 김제(진양콩)



경남 의령(진양콩)



경남 진주(진양콩)



경남 하동(개척1호)

하동 지역에서는 영농조합법인 “예다맛샘골된장”을 설립하여 수확된 진양콩을 이용하여 된장을 가공하여 판매를 계획하고 있다 (그림).



2. 비린내 없는 소립 노란콩 계통 품종 육성

Lipoxygenase 2,3 단백질이 결핍되어져 비린맛이 없으며 소립 노란콩 계통을 최종 선발하여 품종보호출원을 아래와 같이 완료 하였다 (IPET 지원 타 연구과제의 공동지원).

품종보호출원서(1)					
출원인	①성명	(한글)경상대학교 산학협력단 (영문) Gyeongsang National University, Industry-Academic Cooperation Foundation		②주민등록번호 (외국인은 국적)	
	③주소	(한글)경남 진주시 가좌동 경상대학교 산학협력단 (영문) 900 Gaza-dong, Jinju City, Gyeongsang National University, South Korea		④지분	
대리인	⑥성명			⑦주민등록번호	
	⑧주소			⑨전화번호	
육성자	⑨성명	(한글) 정종일 (영문) Chung Jong Il		⑩주민등록번호 (외국인은 국적)	
	⑪주소	(한글)경남 진주시 가좌동 경상대학교 농학과 (영문)Dept. of Agronomy, Gyeongsang National Univ. Jinju city, Korea 660-701		⑫전화번호	
⑬품종이 속하는 작물의 학명 및 일반명		학명: <i>Glycine max</i> (L.) 일반명: 콩			
⑭품종의 명칭		(한글) 초선 (영문) Choseon			
「종자산업법」 제27조제3항에 따른 우선권 주장	⑮출원국명	⑯출원자	⑰출원번호	⑱증명서류	
				첨부	미첨부
⑲품종의 특성 설명		(별지사용)			
⑳품종육성과정의 설명		(별지사용)			
「종자산업법」 제26조제1항 및 같은 법 시행규칙 제28조에 따라 위와 같이 품종보호출원을 합니다.					
2013년 11월 22일					
출원인(대리인) 경상대학교 산학협력단 (서명 또는 인)					
해양수산부장관					
국립종자원장 귀하					
산림청장					

품종 특성표

- 식물의 종류 : 콩
- 출원품종의 명칭 : 초선
- 출원인의 성명 : 경상대학교 산학협력단
- 특성 조사자 성명: 정종일
- 특성 조사 년도 : 2013년
- 특성 조사 장소 : 경상대학교 부속농장외
- 대조품종(제일 유사한 품종)의 명칭 : 풍산나물콩

No	형 질	표 현 형 태									출 원 품 종		대 조 품 종	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	No	실 측 치	No	실 측 치
1	배축색	없거나 매우 약하다		약하다		중간		강하다		매우 강하다	6	자색	6	자색
2	신육형	유한신육형	중간	무한신육형							1		1	
3	생육습성	직립		반직립		중간		반포복		포복	1		1	
4	경장	매우작다		작다		중간		크다		매우크다	5	50 cm	5	60cm
5.1	모용색	회색	갈색								1		1	
5.2	모용모양	곱슬모양	반곱슬	곧은모양							3		3	
5.3	모용자세	서다	중간	눕다							2		2	
6	엽모양	피침형	피침능형중간	능형	난형	타원형					2		2	
7	엽색			담록		녹색		농록			3		3	
8	엽의 크기			작다		중간		크다			4		4	

No	형 질	표 현 형 태									출 원 품 중		대 조 품 중	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	No	실 측 치	No	실 측 치
9	화색	백색	담자색	농자색							2		2	
10	협색	회색		담갈		갈색		농갈		흑색	2		2	
11	중실크기			작다		중간		크다			3	14.5	3	12.3
12	중실모양	구형	편구형	장형	편장형						1		1	
13.1	중피색	황색	녹황	녹색	갈색	흑색					1		1	
13.2	중피의 2차색 형태	줄무늬	얼룩반점											
13.3	중피의 광택			약하다		중간		강하다			3		3	
14	제색	회색	황색	갈색	농갈	흑색					2		2	
15	개화시	매우빠르다	매우빠름과빠름중간	빠르다	다소빠르다	중간	다소늦다	늦다	늦다와매우늦다중간	매우늦다	4	2012년 6월15일 파종 8월 1일	4	2012년 6월15일 파종 8월3일
16	성숙기	매우빠르다	비교적빠르다	빠르다	다소빠르다	중간	다소늦다	늦다	비교적늦다	매우늦다	4	6월15일 파종 10월4일	5	6월15일 파종 10월5일
17	중실자엽색	황색	녹색								1		1	

※ 작성요령

- 계급(No)란에 해당되는 표현형태의 계급번호를 기입
- 실측형질의 경우 계급(No)란에 계급을 기록하고 실측치란에 정확한 수치기입

품종 특성기술서

1. 종(種) 및 학명 : 콩, <i>Glycine max (L.) Merr.</i>
2. 품종명 : 초선
<p>3. 식물체의 주요 형태적 특성</p> <ul style="list-style-type: none"> - 배축색은 자색이며 신육형은 유한신육형임 - 생육습성은 직립형이고 경장은 중간인 50cm 정도임 - 모용색은 회색이며 모용모양은 곧은모양이고 모용자세는 중간임 - 엽모양은 피침능형중간이며 엽색은 담록색이고 엽의 크기는 약중간임 - 화색은 자색이고 협색은 회색에 가까움 - 종실크기는 작은편으로 백립종이 약 14-14.5g 정도임 - 종실모양은 구형이며 종피색은 황색임 - 종피의 광택은 약한 편이며 제색은 황색이고 종실 자엽색은 황색임 - 개화기는 8월1일정도이고 성숙기는 10월4일 정도임 - 생공에서 비린내가 나지 않음 (Lipoxygenase 2,3 단백질이 없음)
<p>4. 출원품종이 대조품종과 구별되는 특성 (대조품종: 풍산나물콩)</p> <ul style="list-style-type: none"> - 협색이 대조품종은 갈색에 가까운 반면 출원품종은 회색에 가까움 - 엽모양은 대조품종이 피침형에 가까운 반면 출원품종은 피침능형중간형태에 가까움 - 백립종은 대조품종에 비하여 약간 높음 - 대조품종은 성숙종자에 Lipoxygenase 1,2,3 단백질이 존재하여 비린맛이 강한데 비하여 출원품종은 성숙종자에 Lipoxygenase 2,3 단백질이 없어 비린맛이 없음
<p>5. 출원품종의 균일성과 안정성을 기술(대조품종 포함)</p> <ul style="list-style-type: none"> - 화색은 자색/ 종피색 및 제색은 황색/ 생육습성은 직립/유한신육형으로 특성이 고정됨. - 1년차 재배시험에서 균일성이 인정되었으며, 2년차 재배시험에서 년차간 균일성이 인정되어 안정성을 확보하였음.
<p>6. 품종에 도움이 되는 추가정보</p> <p>6.1 내 병충성: 불마름병에 다소 강한 특성을 보임</p> <p>6.2 품종의 시험을 위한 특별한 조건들: 다소 밀식재배를 권장함</p> <p>6.3 기타 정보</p>
<p>7. 품종육성에 관한 정보</p> <ul style="list-style-type: none"> - 종자 크기가 다소 소립이고 성숙종자에 Lipoxygenase 2,3 단백질이 없어 비린맛이 없음. 종피색, 제색, 자엽색이 황색이고 유한신육형으로 교배육종에 의해 육성된 농업적 형질이 양호한 전형적인 Non-GM 콩임.

(시험성적)

□ 포장 시험 장소: 경상대학교 부속농장 실습포장 (경남 사천시 두량리 소재)
진주시 소재 경남농업기술원 작물연구과 전작포장

□ 경종개요

- 파종 : 6월 15일
- 파종방법 : 인력 노지직파
- 재식거리 : 60 × 10cm(1주 2본)
- 시 비 량 : N - P₂O₅ - K₂O = 3 - 3 - 3.4kg/10a
- 시비방법 : 3요소 전량 기비
- 재배방법 : 표준 재배법에 준하였음
- 시험구 배치 : 난괴법 3반복
- 조사방법 : 농촌진흥청 농사시험연구조사기준에 준하였음

- 시험성적

품종명	개화기 (월,일)	수확기 (월,일)	도복 (0-9)	경장 (cm)	절수 (개/주)	분지수	협수	불마 름병	100립중 (g)	수량 (kg/10a)
초선	8.1	10.4	0	50	11.8	4.1	58	0	14.5	280
풍산나물콩	8.3	10.5	0	60	14.8	3.6	59	1	12.3	290

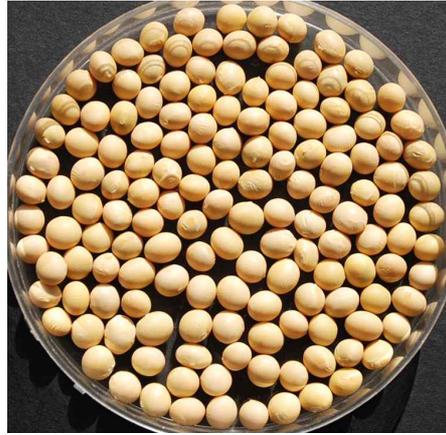
□ 육성내역

“초선”은 농업적 형질이 우수하면서 성숙종자에서 유전적으로 Lipoxygenase2,3 단백질이 없어 비린내가 나지 않으며, 노란종피 소립콩 품종 육성을 목적으로 2003년 하계에 경상대학교 부속농장 온실에서 “진품콩2호”와 불마름병에 저항성이며 소립이면서 노란종피색을 가진 PI408155의 교배로부터 2003년 F₁ 개체를 양성하였다. 2004년 포장에 F₂ 집단을 전개시켜 수확기, 초형, 종자상태등 농업적 형질에 대한 평가를 거쳐 소립계통이고 종자상태가 양호한 개체를 선발하였다. 2005년 선발계통으로부터 성숙 random 종자를 이용하여 Lipoxygenase 2,3 단백질이 개체를 선발하였으며 2006년 고정화 시켰다. 2007년 - 2011년 계통육종법에 준하여 선발을 계속하여 다소 소립 종자이며 노란종피이고 생육습성은 직립형이며 신육형은 유한 신육형이고 경장은 약 50cm 내외이며 성숙종자에서 Lipoxygenase 2,3 단백질이 없는 우수한 계통을 최종 선발하였다. 2012년 및 2013년 포장 평가 결과 배축색은 자색이며 경장은 약 50cm 이내로 중간정도였다. 화색은 자색이며 종실크기는 약소립으로 백립중이 약 14g내외이며 종실모양은 구형이고 종피의 광택이 약하며 종피 및 제색은 황색이고 개화기는 6월 중순 파종시 8월1일 정도이고 성숙기는 10월4일 정도였다. 종실 자엽색은 황색이며 성숙종자에 Lipoxygenase 2,3 단백질이 없어 비린맛이 없는 소립콩이며 농업형질과 수량성이 양호하였다.

□ 육성계통도

년도	'03	'04	'05- '06	'07- '09	'10	'11	'12	'13
세대	교배	F ₂	F ₃₋₄	F ₅₋₇	F ₈	F ₉	F ₁₀	
	<p>진품콩2호</p>							
비고	인공교배	개체선발	계통육성	계통고정				

□ 사진자료



조선 종자(노란종피 노란자엽)

□ 2012년 포장

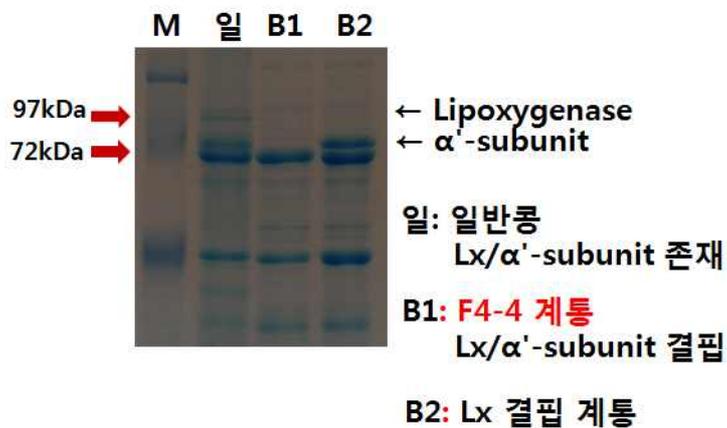


3. 비린내 및 7S α' 단백질 부재 콩 계통 육성

콩의 품질을 저하시키는 대표적인 성분인 lipoxygenase 및 7S α' -subunit 단백질이 유전적으로 결핍되어진 F3 계통을 1차년도에 선발 한 후 2-3차년도 세대진전 및 포장 평가를 실시하였다. 아래 그림은 포장에서 평가되고 있는 상태를 나타낸다.



최종 선발 계통 (F4-4)은 아래 그림 B1에서처럼 lipoxygenase 단백질 및 7S α' -subunit 단백질이 모두 결핍되어져 있으며 F4-4 계통의 종피색 및 제색은 노란색이고 백립중은 약 20g이다.



선발 계통의 종자모양은 아래 그림과 같다.



- 계통: F4-4
- 노란종피, 노란제색
- Lx/ α' -subunit 결핍
- 백립중: 20.0g

4. 난소화성당 저함량 콩 계통 육성

Lipoxygenase 단백질이 없어 비린 맛이 없으며 소화와 품질을 저하시키는 난소화성당인 raffinose와 stachyose의 함량이 적은 콩계통 육성하기 위하여 F2 세대를 포장에 전개시킨 후 초형, 탈립성, 등숙 상태 등 농업적 형질이 양호한 27개 계통을 선발하였다. 선발 계통의 random 종자를 이용하여 raffinose 및 stachyose 함량을 분석한 결과 저함량인 5개 F2 식물체 계통을 선발하였다. 선발 계통의 raffinose 및 stachyose 함량 분석 결과는 아래 표와 같다.

Strain No.	Seed coat color	Hilum color	Seed weight (g/100seed)	Content of RS(g·kg ⁻¹)
③	Yellow	Yellow	23.2	10.70
⑩	Yellow	Yellow	21.7	8.93
⑭	Yellow	Yellow	29.5	9.41
⑮	Yellow	Yellow	27.9	8.65
⑳	Yellow	Yellow	31.5	7.77

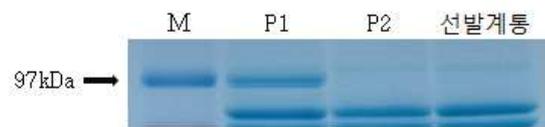
Raffinose 및 stachyose 저함량으로 선발된 계통 중에서 종자 상태가 가장 우수한 선발번호 ⑮ 계통을 최종 선발하여 개개 종자로부터 lipoxygenase 단백질의 존재여부를 분석하였다. 선발번호 ⑮ 계통의 65개의 F3 종자를 분석하여 lipoxygenase-1,2,3 단백질이 결핍된 4개의 종자를 선발하였으며, 선발된 종자는 온실에 과종·재배 하였다. 온실에서 자라는 F3 식물체의 사진이다.



F3 식물체의 초형은 대체로 양호 하였으며, 성숙시 탈립성이 강한 개체를 선발하여 F4 계통으로 유지시켰다. 초형 및 탈립등 농업형질이 양호한 개체로 선발된 F4 계통들 중에서 탈립이 강하고, 초형이 우수하고, 종자 및 제색이 노란색이며 협이 큰 계통을 최종 선발하였으며, 선발 계통의 성숙시 모습은 아래 그림과 같다.



선발 계통의 F5 종자에서 lipoxygenase-1,2,3 단백질의 부재를 재확인하였으며 그 결과는 아래와 같았다.



확인 결과 선발계통은 lipoxygenase-1,2,3 단백질이 없었으며 종자모양은 아래 그림과 같다.



선발계통은 lipoxygenase-1,2,3 단백질이 없어 비린내가 나지 않고, raffinose 및 stachyose 함량이 약 8.65g/kg인 저함량콩이다. 백립중은 27.9g로 대립에 가깝고, 종피 및 제색이 모두 노란색으로 종자의 상태가 우수하였으며, 초형이 우수하고 탈립은 강한 편이었다. 선발계통은 품종화가 가능할 것으로 보인다.

제1협동: 고품질 기능성 콩 육종을 위한 지표물질의 분석

1. 난소화성당 저함량 자원의 선발

소화 및 품질을 저하시키는 난소화성당 성분인 raffinose 및 stachyose 저함량 자원을 선발하기 위하여 제1세부과제(총괄책임자)로부터 유전자원, 육종계통 및 품종을 이용하였다.

o. Raffinose, stachyose, sucrose의 분석

각 sample 당 분말 200 mg에 3 ml의 acetone을 가하고 2시간 동안 60°C의 water bath에서 환류한 후 원심분리(2000 rpm, 5 min)하여 침전물을 취함으로서 지방질을 제거하였다. 이 침전물을 약 60°C의 heating block에서 남은 유기용매를 완전히 제거하였다. 이어서 1.9 ml의 3D water를 가하고 60°C의 water bath에 2 시간동안 담가 둔 후에 시료에 포함된 단백질을 비롯한 방해물질을 침전시켜 제거하기 위하여 0.1 ml의 1M 5-SSA (5-sulfosalicylic acid)를 가하고 하룻밤 동안 4°C의 냉장고에 넣어두었다. 다음날 원심분리(3000 rpm, 5 min)하여 침전물 (protein etc.)을 버리고 상정액을 취하였다. 이 상정액 0.8 ml에 동량의 3D water를 더 가한 후에 다시 원심분리(12000 rpm, 10 min, 4°C)하였으며, 상정액을 0.2 µm membrane filter로서 여과하고 HPLC로서 분석하였다.

o HPLC analysis

분석에 사용한 HPLC는 Agilent 1100 (Agilent, USA)이었으며, RID (reflective index detector)를 사용하였다. Analytical column은 Supelcogel 610-H column (300 × 7.8 mm i.d., 9 µm, Supelco, USA)을 사용하였으며, elution solvent는 0.1% H₃PO₃ 수용액을 사용하였다. 이동상의 flow rate는 0.6 ml/min, 시료의 주입량은 10 µl이었다.

각각의 표준용액은 100 mg/ml을 3D water에 용해하여 stock solution으로 갈색 vial에 냉장보관한 후, 희석하여 10, 5, 2.5, 1.25, 0.625 mg/ml로 하여 각각의 chromatogram을 얻었으며 peak의 면적당 표준용액 농도의 관계로 검량선을 작성하여 대두의 raffinose, stachyose 및 sucrose 함량 정량분석에 적용하였다. 제 1차년도 분석결과는 아래와 같다.

순번	계통	Sta.+Raf. (g·kg ⁻¹)	Sucrose (g·kg ⁻¹)	순번	계통	Sta.+Raf. (g·kg ⁻¹)	Sucrose (g·kg ⁻¹)
1	koujisinaz	25.1	41.5	51	경상2호	26.6	36.0
2	Tanishi	23.5	47.6	52	LS-9	26.5	27.5
3	Tanokuro	17.2	39.1	53	LS-10	23.0	25.8
4	Shiragiku	19.3	27.5	54	개1	22.0	30.2
5	J-1	23.9	35.5	55	진2	23.8	36.4
6	PI507487	24.1	24.0	56	LS-09	26.3	30.9
7	Kinkazan	24.0	37.5	57	P34-162	25.2	26.2
8	P34-162	27.3	30.6	58	05C3-2(1)	19.6	31.4
9	le-16	26.1	29.9	59	05E2-00	25.5	28.0
10	진2	42.0	42.9	60	08B14	22.1	32.5
11	개2	23.5	26.5	61	황금콩	16.2	35.3
12	황금	21.4	35.0	62	진농1호	20.0	27.0
13	태광	19.7	35.7	63	116-13	6.3	46.4
14	풍산나물	18.5	24.0	64	CJ1호	21.0	33.2
15	PI548625	23.7	23.0	65	경상3호	22.2	27.5
16	PI445837	24.4	15.1	66	J-3	20.1	39.9
17	PI506876	27.3	30.0	67	풍산나물	18.0	31.7
18	PI507487	21.6	43.4	68	08H45	21.7	30.2
19	PI594268B	21.5	32.6	69	013F9-2(2)	24.5	25.5
20	PI424444B	23.8	14.3	70	PI229343	22.5	41.2
21	PI506592	26.2	37.7	71	70F9-1	24.7	30.5
22	PI567757	26.8	30.5	72	70F7-1	22.8	33.9
23	PI506903	26.0	45.2	73	경상3호	27.9	26.3
24	PI518664	25.5	35.6	74	PI518664	19.7	30.0
25	PI594191	18.6	19.4	75	GS-146	25.1	26.3
26	PI507226A	27.1	42.6	76	Aodaiz	19.2	44.3
27	PI360844	21.1	27.8	77	다올콩	22.2	28.9
28	PI548352	28.3	36.4	78	만수	18.1	35.0
29	PI548526	21.3	24.8	79	대양	19.0	39.0
30	PI417227	19.6	24.7	80	70F7-2	23.4	28.1
31	PI438205	24.0	24.5	81	가-2	6.6	44.3
32	PI283327	29.5	25.2	82	태광	15.7	31.1
33	서리태	18.8	32.2	83	대풍콩	22.3	21.7
34	PI548392	27.2	21.5	84	86F8-2(1)	17.7	17.6
35	단파부도	23.3	29.5	85	대망2호	20.6	18.6
36	Sunburn	22.9	19.5	86	경상1호	19.0	28.0
37	PI229343	23.5	35.0	87	개1	17.4	30.6
38	10R9	27.9	27.8	88	le-16	14.8	24.5
39	진양	6.3	50.3	89	약콩	22.6	15.1
40	10R10	19.6	22.5	90	경상1호	18.2	33.2
41	10R9	21.0	27.3	91	대원콩	20.0	23.2
42	10R33	17.9	24.3	92	선유콩	19.7	24.9
43	개1	24.0	29.5	93	새올콩	19.6	21.0
44	개1	21.1	26.9	94	S-015	20.4	20.5
45	개2	22.2	28.7	95	07B1	18.1	26.6
46	개2	21.3	28.4	96	다-9	7.4	25.4
47	진농1호	22.5	27.2	97	09나	20.3	17.9
48	진농2호	25.6	28.7	98	태광	19.3	29.8
49	경상3호	25.6	24.2	99	진양	7.9	34.8
50	CJ1호	22.9	33.1	100	진양	6.7	40.0

순번	계통	Sta. #Raf. (g·kg ⁻¹)	Sucrose (g·kg ⁻¹)	순번	계통	Sta. #Raf. (g·kg ⁻¹)	Sucrose (g·kg ⁻¹)
101	황금xRS-78F2-①	25.1	41.5	151	11M1	17.2	19.3
102	황금xRS-78F2-②	12.4	22.5	152	11M2	20.4	21.7
103	황금xRS-78F2-③	11.4	21.0	153	11M4	18.3	17.3
104	황금xRS-78F2-④	18.9	15.9	154	11O3	15.3	27.6
105	RS-78xPI506903F2-①	9.2	34.1	155	11O11	12.3	33.1
106	RS-78xPI506903F2-②	16.2	18.3	156	11O12	14.1	29.1
107	RS-78xPI506903F2-③	16.0	15.9	157	11P1	16.1	25.6
108	RS-78xPI506903F2-④	18.5	19.6	158	11P3	17.2	29.6
109	RS-78xPI506903F2-⑤	9.4	32.8	159	11P12	13.3	31.4
110	RS-78xPI506903F2-⑥	6.9	38.9	160	11P14	12.3	30.4
111	RS-78xPI506903F2-⑦	20.1	25.9	161	11P15	12.9	30.7
112	RS-78xPI506903F2-⑧	20.9	24.1	162	11Q12	20.4	28.2
113	다-7xPI283327F2-①	16.5	19.4	163	11Q14	19.3	25.7
114	다-7xPI283327F2-②	10.8	21.9	164	11Q23	22.3	31.7
115	다-7xPI283327F2-③	5.9	33.7	165	11Q27	19.7	20.1
116	다-7xPI283327F2-④	19.2	28.6	166	11Q28	20.3	27.0
117	다-7xPI283327F2-⑤	18.1	21.6	167	11Q29	20.9	25.9
118	다-7xPI283327F2-⑥	22.0	15.5	168	11Q30	22.8	16.8
119	다-7xPI283327F2-⑦	7.2	24.1	169	11A3	21.0	13.4
120	다-7xPI283327F2-⑧	19.1	15.6	170	11A5	19.2	17.9
121	다-7xPI283327F2-⑨	5.2	31.9	171	11A10	21.9	14.2
122	다-7xPI283327F2-⑩	16.3	16.7	172	11A11	7.1	18.1
123	다-7xPI283327F2-⑪	12.0	10.6	173	11A12	19.3	15.9
124	다-7xPI283327F2-⑫	4.8	33.2	174	11A13	20.8	16.5
125	다-7xPI283327F2-⑬	7.1	26.9	175	11B1	7.3	26.2
126	다-7xPI283327F2-⑭	19.9	10.5	176	11B2	5.2	43.7
127	다-7xPI283327F2-⑮	13.4	20.3	177	11B3	14.9	38.3
128	개2	16.2	14.9	178	11B4	16.4	38.5
129	11H2	15.0	11.5	179	11B5	6.3	38.3
130	11H13	20.2	12.5	180	11B7	12.8	30.1
131	11H17	10.7	16.9	181	11C5	20.1	17.4
132	11H19	19.8	20.2	182	11C8	21.9	19.7
133	11H20	21.9	19.9	183	11C10	22.1	20.2
134	11H25	14.7	9.9	184	11C11	7.5	21.5
135	11H26	16.3	14.2	185	11E22	24.9	21.3
136	11H30	20.8	7.1	186	11E26	18.7	17.2
137	11H33	23.6	18.8	187	11E33	22.2	19.5
138	11H35	19.4	14.4	188	11E34	24.7	18.2
139	11H38	15.8	18.5	189	11E35	18.9	22.4
140	11H39	17.6	4.6	190	11G1	15.3	23.3
141	11H41	19.7	15.3	191	11G2	18.8	20.3
142	11I3	17.6	17.5	192	11G4	15.7	24.7
143	11J1	21.5	18.1	193	11G6	9.9	26.0
144	11J3	23.0	18.7	194	11G8	15.5	21.6
145	11J5	19.2	22.5	195	11G9	11.8	12.1
146	11J30	18.4	23.2	196	11G11	15.3	20.7
147	11J31	17.8	23.5	197	11G15	12.3	20.2
148	11L1	17.3	28.4	198	11G38	15.4	24.4
149	11L2	12.7	32.7	199	11G59	12.1	24.1
150	11L3	18.9	24.7	200	11G60	17.1	19.5

순번	계통	Sta.+Raf. (g·kg ⁻¹)	Sucrose (g·kg ⁻¹)	순번	계통	Sta.+Raf. (g·kg ⁻¹)	Sucrose (g·kg ⁻¹)
201	05C4-3	15.3	24.3	251	05E1-1	21.2	19.7
202	05C4-4	15.4	23.7	252	05E1-2	17.4	24.6
203	05C4-5	17.9	21.1	253	05E8-1	20.5	23.2
204	05C4-6	14.6	19.1	254	09M1(F4)(녹)	17.8	29.1
205	05C4-7	15.1	15.3	255	09M1(F4)(검)	18.8	31.1
206	05C4-10	14.7	28.6	256	08F18(2)	10.4	32.1
207	05C4-12	15.1	28.9	257	08I3(2)	20.4	21.5
208	05C4-13	18.0	28.3	258	08F11	9.0	25.5
209	05C4-14	14.9	29.5	259	10BC1-32	19.4	30.1
210	05C4-16	14.5	22.3	260	10BC1-33	20.2	23.6
211	05C4-17	14.9	20.3	261	10BC1-34	22.6	23.5
212	05C4-22	15.6	30.3	262	10BC1-35	20.5	26.5
213	05C4-24	13.6	27.9	263	10BC1-37	20.9	23.9
214	05C4-27	15.5	27.5	264	10BC1-38	22.8	23.0
215	가-1	6.6	29.0	265	10BC1-42	20.6	25.1
216	가-2	6.4	23.7	266	10BC1-44	20.5	22.6
217	116-6	6.8	20.1	267	10BC1-45	19.7	24.1
218	진2	18.1	23.6	268	10BC1-46	21.5	24.6
219	풍산나물	14.2	18.9	269	10BC1-1	17.3	9.4
220	10G9-1	20.9	22.2	270	10BC1-2	19.6	12.2
221	10Q21	19.7	18.6	271	10BC1-3	19.0	12.0
222	10Q22	21.0	17.3	272	10BC1-4	14.5	10.1
223	10Q37	20.2	19.7	273	10BC1-5	20.2	10.9
224	10S31	4.1	34.8	274	10BC1-⑦-1	20.1	13.1
225	10S33	7.9	25.4	275	10BC1-⑦-2	17.8	17.1
226	진2xPI283327F2-23	23.2	20.8	276	10BC1-⑧	20.6	9.8
227	1e16-1 or 1e16-2	17.2	18.5	277	10BC1-⑨	22.5	12.0
228	10F1(Brown)	21.6	15.1	278	10BC1-⑩	18.2	18.8
229	10F1(Black)	21.4	14.5	279	10BC1-⑫	23.2	13.3
230	진2xPI506876-①	20.2	18.8	280	10BC1-⑭-1	21.2	18.9
231	진2xPI506876-⑩	21.4	23.6	281	10BC1-⑭-2	17.4	8.8
232	진2xPI506876-⑮	21.7	19.6	282	10BC1-⑮	16.3	10.8
233	F4-①Brownpod	21.2	17.4	283	10BC1-⑰	18.9	12.3
234	F4-①Yellowpod	20.2	24.2	284	10BC1-⑱	17.9	14.3
235	F4-④	20.5	33.3	285	10BC1-⑳	18.9	9.8
236	F4-⑤-1	24.2	26.5	286	10BC1-㉕	18.4	15.0
237	F4-⑤-2	21.0	17.3	287	다-7	5.5	8.3
238	F4-⑥	19.1	26.5	288	PI507226A	18.1	8.8
239	F4-⑦	21.6	18.0	289	PI506903	19.5	17.9
240	F4-⑧	20.3	27.6	290	PI508269	15.2	11.7
241	F4-⑨	23.2	27.1	291	PI171451	17.2	9.6
242	F4-⑫	21.4	21.7	292	PI506982	13.9	20.8
243	F4-⑬	21.0	27.2	293	PI507487	15.0	8.2
244	F4-⑭	23.2	25.7	294	RS-78	8.6	16.0
245	F4-⑯	19.1	25.4	295	PI506876	20.7	8.0
246	05S-40	18.3	24.0	296	PI229358	17.9	10.5
247	05S-48	20.1	18.8	297	PI506592	19.3	18.9
248	05S-49	20.5	22.3	298	A29	19.1	10.1
249	05S-51	21.3	20.4	299	05C16-2	16.5	13.8
250	05S-85(2)	24.1	19.0	300	05C16-1(1)	18.8	13.4

순번	계통	Sta.+Raf. (g·kg ⁻¹)	Sucrose (g·kg ⁻¹)	순번	계통	Sta.+Raf. (g·kg ⁻¹)	Sucrose (g·kg ⁻¹)
301	05C19-1	16.4	17.7	323	RS-60	18.3	9.9
302	04S-9(2)-3	18.6	10.1	324	RS-70	4.6	11.1
303	04S-18(2)	9.5	0.9	325	RS-78	6.9	17.7
304	04S-7	16.7	12.6	326	RS-103	9.1	14.9
305	04S-50	17.6	8.1	327	RS-107	6	8.2
306	04S-6(1)	19.8	11.4	328	황금xP1506876F2-①	12.4	7.6
307	05C19-1	15.3	13.4	329	황금xP1506876F2-②	17.3	7
308	05C22-2	18.9	11.9	330	황금xP1506876F2-③	16.3	7.3
309	05C22-1	16.1	16.5	331	황금xP1506876F2-④	12.9	6.6
310	05C21-1	16.3	23.2	332	황금xP1506876F2-⑤	16	8.5
311	05C21-2	15.9	16.5	333	황금xP1506876F2-⑥	14.9	8.1
312	05C19-2	17.9	16	334	A29xRS-78F2-①	14.8	8.6
313	05C20-2	17.7	11.5	335	A29xRS-78F2-②	8.6	11.3
314	76F7-4(2)	18.6	9.5	336	A29xRS-78F2-③	17.1	9.5
315	013F9-2(3)	19.1	13.2	337	A29xRS-78F2-④	11.7	9.2
316	013F9-2(2)	17.2	12.2	338	다-7xP1508269F2-①	16.9	13.8
317	016F9-1(1)	17.5	8.7	339	다-7xP1508269F2-②	4.8	17.8
318	76F7-4(1)	16.6	8	340	다-7xP1508269F2-③	6.4	11.5
319	86F7-2(2)	17.1	8.2	341	다-7xP1508269F2-④	15.7	7.6
320	87F7-1(1)	21	12.3	342	다-7xP1508269F2-⑤	12.3	14.5
321	RS-30	9.1	12.4	343	다-7xP1508269F2-⑥	15	3.8
322	RS-33	7.5	10.6				

1차년도 난소화성당 저함량 자원은 아래와 같았다.

<Raffinose+stachyose 저함량 자원>

순위	계통	Sta.+Raf. (g·kg ⁻¹)
1	10S31	4.1
2	RS-70	4.6
3	다-7xPI508269F2-②	4.8
4	다-7xPI283327F2-⑫	4.8
5	11B2	5.2
6	다-7xPI283327F2-⑨	5.2
7	다-7(2009온실)	5.5
8	다-7xPI283327F2-③	5.9
9	RS-107	6.0
10	11B5	6.3
11	116-13(두량5번포)	6.3
12	진양(산청)	6.3
13	다-7xPI508269F2-③	6.4
14	가-2	6.4
15	가-1	6.6
16	가-2(두량5번포)	6.6
17	진양(금곡)	6.7
18	116-6	6.8
19	RS-78	6.9
20	RS-78xPI506903F2-⑥	6.9
21	11A11	7.1
22	다-7xPI283327F2-⑬	7.1
23	다-7xPI283327F2-⑦	7.2
24	11B1	7.3
25	다-9(두량5번포)	7.4
26	RS-33	7.5
27	11C11	7.5
28	10S33	7.9
29	진양(두량)	7.9
30	A29xRS-78F2-②	8.6
31	RS-78(2009온실)	8.6
32	08F11	9.0
33	RS-103	9.1
34	RS-30	9.1
35	RS-78xPI506903F2-①	9.2
36	RS-78xPI506903F2-⑤	9.4
37	04S-18(2)	9.5
38	11G6	9.9
39	08F18(2)	10.4
40	11H17	10.7
41	다-7xPI283327F2-②	10.8
42	황금xRS-78F2-③	11.4
43	A29xRS-78F2-④	11.7
44	11G9	11.8
45	다-7xPI283327F2-⑪	12.0
46	11G59	12.1
47	다-7xPI508269F2-⑤	12.3
48	11G15	12.3
49	11P14	12.3
50	11011	12.3

제 2차년도 분석결과는 아래와 같다.

순번	계통	Sta.+Raf. (g·kg ⁻¹)	Sucrose (g·kg ⁻¹)	순번	계통	Sta.+Raf. (g·kg ⁻¹)	Sucrose (g·kg ⁻¹)
1	70F7-2	28.9	42.6	51	비둘기콩	32.0	34.8
2	LS-09	32.2	36.1	52	소청2호	30.6	28.3
3	CJ1호	27.7	40.8	53	소황콩	25.3	37.3
4	진양	9.0	58.0	54	부채콩	26.0	37.9
5	경상1호	23.8	42.6	55	일품검정2호	23.3	42.4
6	경상2호	26.5	45.6	56	le16-1(yell ow)	25.4	25.1
7	경상3호	30.2	32.1	57	11Q2 F3	31.4	25.5
8	70F7-1	31.1	41.0	58	11L1 F3	27.6	31.9
9	개2	28.8	40.0	59	PI518664	29.5	34.6
10	진농1호	26.9	34.9	60	le 16(Black)	26.9	30.5
11	진농2호	31.3	38.4	61	단파부도	21.1	39.0
12	10R9	29.6	35.4	62	Tanishi	19.4	42.8
13	12N2	31.9	36.4	63	Aodaiz	30.1	45.4
14	05C4개채선발(탈립검정)	25.3	43.3	64	PI507487	26.7	38.1
15	09M1(녹)	25.3	43.9	65	11B2선발	14.8	49.2
16	신화콩	37.5	34.7	66	11011선발	22.3	34.9
17	진품2호	30.9	38.8	67	PI506903	27.4	43.1
18	le-16	22.4	32.8	68	이팔	25.5	9.2
19	원광콩	34.3	34.2	69	09M1 F4	30.2	41.8
20	청두1호	25.9	33.4	70	GS146	36.0	35.1
21	남풍콩	25.1	43.0	71	11B2-1	5.5	56.0
22	대추방콩	23.2	40.7	72	11B2-2	10.1	65.8
23	황금콩	26.5	50.1	73	11B2-3	7.3	69.6
24	개척1호	24.3	35.2	74	11B2-4	5.5	45.8
25	풍산나물	23.8	44.5	75	PI507226A	31.3	28.9
26	불태콩	28.2	38.5	76	10F1	26.7	30.2
27	P34-162	29.8	34.7	77	다-7	8.1	31.2
28	흰유태	31.6	34.8	78	진2xPI468385F2①	23.6	28.8
29	대풍콩	32.2	36.5	79	새울x10BC1-1F2①	16.1	24.5
30	조남콩	30.7	35.6	80	새울x10D4F2①	24.0	38.5
31	갈채콩	28.6	29.2	81	새울x10D4F2②	29.1	40.4
32	대양콩	26.4	45.9	82	PI548625x진2F2①	28.8	41.1
33	검은밥밀콩	24.3	30.2	83	PI548625x진2F2②	31.8	36.1
34	흰콩나물콩	28.9	37.6	84	PI548625x진2F2③	33.0	36.4
35	새울콩	28.8	31.2	85	10K25x10F1F2①	29.2	40.8
36	013F9-2(3)	33.9	34.9	86	10K25x10F1F2②	33.0	36.1
37	10S31	8.1	53.3	87	10K25x10F1F2③	29.4	38.0
38	태광콩	25.1	49.2	88	10F1xPI229343①	24.9	43.7
39	속청콩	25.9	37.8	89	10F1xPI229343②	30.5	45.8
40	흑미콩	32.9	33.9	90	10BC1-25x(태광x-)F2①	30.3	37.2
41	보석콩	29.7	28.8	91	10BC1-25x(태광x-)F2②	31.4	36.3
42	청자2호	25.2	37.9	92	10BC1-25x(태광x-)F2③	28.7	40.7
43	LS-10	23.6	35.7	93	10BC1-25x(태광x-)F2④	27.1	41.8
44	상원콩	27.1	31.2	94	10BC1-25x(태광x-)F2⑤	27.6	36.4
45	대하콩	23.2	41.3	95	10BC1-25x(태광x-)F2⑥	26.8	32.4
46	대망2호	27.8	30.2	96	10BC1-25x(태광x-)F2⑦	29.9	39.5
47	밤콩	27.8	35.2	97	10BC1-25x(태광x-)F2⑧	27.0	39.6
48	다울콩	27.2	39.8	98	10BC1-25x(태광x-)F2⑨	26.0	34.5
49	송학콩	18.8	44.1	99	10BC1-25x(태광x-)F2⑩	31.7	34.6
50	즐찬콩	24.8	40.5	100	10BC1-25x(태광x-)F2⑪	27.6	42.7

순번	계통	Sta.+Raf. (g·kg ⁻¹)	Sucrose (g·kg ⁻¹)	순번	계통	Sta.+Raf. (g·kg ⁻¹)	Sucrose (g·kg ⁻¹)
101	10BC1-25x(태광x~)F2⑩	32.5	47.4	151	12A17F3	26.8	46.1
102	10BC1-25x(태광x~)F2⑬	30.5	41.4	152	12A18	27.4	29.4
103	다올x10BC1-24F2①	32.6	30.6	153	12A22F3	31.1	50.8
104	다올x10BC1-24F2②	30.6	44.6	154	12A24F3	23.6	47.6
105	다올x10BC1-24F2③	31.9	37.9	155	12B2F3(무비)	32.9	42.6
106	다올x10BC1-24F2④	31.7	38.1	156	12B3F3	30.6	43.5
107	다올x10BC1-24F2⑤	30.3	42.4	157	12B5F3(비린맛있음)	27.7	36.1
108	09M1(녹)xPI229343F2①	23.3	30.3	158	12B11F3(무비)	31.2	39.6
109	09M1(녹)xPI229343F2②	28.9	37.9	159	12B13F3	25.3	46.7
110	09M1(녹)xPI229343F2③	32.5	51.8	160	12B15F3	25.6	41.5
111	09M1(녹)xPI229343F2④	30.3	45.6	161	11A3	30.4	28.8
112	09M1(녹)xPI229343F2⑤	28.6	51.2	162	11A5	26.6	31.8
113	09M1(녹)xPI229343F2⑥	17.0	20.8	163	11A10	26.8	31.5
114	09M1(녹)xPI229343F2⑦	12.8	29.8	164	11A11	9.6	44.2
115	09M1(녹)xPI229343F2⑧	13.6	22.3	165	11A12	23.5	36.9
116	09M1(검)x1e-16F2①	11.2	21.0	166	11A13	28.9	27.0
117	09M1(검)x1e-16F2②	14.0	19.9	167	11B4	23.5	44.2
118	09M1(검)x1e-16F2③	13.3	19.5	168	11H2	18.8	34.3
119	09M1(검)x1e-16F2④	10.0	17.4	169	11M2	25.6	37.0
120	09M1(검)x1e-16F2⑤	15.7	21.5	170	11M4	28.6	38.9
121	09M1(검)x1e-16F2⑥	14.0	16.6	171	11N2	28.8	35.7
122	황금x10F1F2①	12.7	20.5	172	11N3	28.0	31.7
123	황금x10F1F2②	17.9	23.9	173	12H1	23.1	41.8
124	황금x10F1 F2③	17.2	22.6	174	12H2	26.3	35.6
125	황금x10F1 F2④	18.6	25.2	175	12H6	23.5	39.8
126	다올x09M1(녹)F2①	20.8	22.5	176	12H12	22.8	40.9
127	다올x09M1(녹)F2②	18.3	19.5	177	12H13	21.9	34.1
128	다올x09M1(녹)F2③	22.5	28.1	178	12H14	19.2	43.7
129	다올x09M1(녹)F2⑤	21.3	28.2	179	12H15	24.2	35.4
130	다올x09M1(녹)F2⑥	16.7	19.7	180	12H16	16.3	52.2
131	다올x09M1(녹)F2⑦	12.0	41.1	181	12H19	25.0	40.6
132	다올x09M1(녹)F2⑧	32.8	39.0	182	12H20	26.0	36.1
133	다올x09M1(녹)F2⑨	29.6	33.7	183	12H30	21.9	46.4
134	다올x09M1(녹)F2⑩	31.7	41.9	184	12H44	19.9	39.3
135	다올x09M1(녹)F2⑪	33.5	35.4	185	12H50	18.6	45.9
136	다올x09M1(녹)F2⑫	33.1	36.0	186	10BC1-2	27.7	43.1
137	다올x09M1(녹)F2⑬	32.6	37.5	187	10BC1-4	27.4	39.9
138	다올x09M1(녹)F2⑭	33.5	38.8	188	10BC1-5	29.4	39.9
139	다올x09M1(녹)F2⑮	35.1	28.8	189	10BC1-7-1	26.3	38.0
140	다올x09M1(녹)F2⑯	35.4	39.2	190	10BC1-8	29.5	45.9
141	다올x09M1(녹)F2⑰	34.3	38.3	191	10BC1-9	33.7	41.4
142	다올x09M1(녹)F2⑱	32.3	39.0	192	10BC1-10	30.5	41.1
143	12D41F3(비린맛 있음)	32.3	37.4	193	10BC1-12	31.4	36.6
144	12D41F3(무비, OK)	26.1	42.6	194	10BC1-14-1	32.2	40.6
145	12D44F3(비린맛?)	24.4	45.6	195	10BC1-14-2	31.7	37.6
146	12D44F3(비린맛?)	29.4	42.3	196	10BC1-15	32.4	43.1
147	12D46F3	33.0	40.8	197	10BC1-18	32.0	43.1
148	12D46F3(무비)	30.5	43.4	198	10BC1-19	34.2	39.7
149	12A14	25.2	31.3	199	10BC1-22	31.1	39.0
150	12A16F3	31.0	47.1	200	10BC1-25	31.7	41.4

순번	계통	Sta.+Raf. (g·kg ⁻¹)	Sucrose (g·kg ⁻¹)	순번	계통	Sta.+Raf. (g·kg ⁻¹)	Sucrose (g·kg ⁻¹)
201	10BC1-32	34.6	46.9	251	116-13xPI417227F2⑦	9.4	61.5
202	10BC1-33	34.4	31.7	252	116-13xPI417227F2⑧	21.9	47.9
203	10BC1-34	33.8	40.9	253	116-13xPI417227F2⑨	27.9	50.3
204	10BC1-35	34.7	41.1	254	116-13xPI417227F2⑩	27.9	44.4
205	10BC1-37	34.7	38.3	255	116-13xPI417227F2⑪	30.3	42.5
206	10BC1-38	30.6	41.9	256	116-13xPI417227F2⑫	20.7	42.8
207	10BC1-42	34.0	41.9	257	116-13xPI417227F2⑬	7.6	54.1
208	10BC1-44	32.2	40.7	258	116-13xPI417227F2⑭	24.7	36.3
209	F4-1(Y)	34.1	39.6	259	116-13xPI417227F2⑮	6.5	63.9
210	F4-1(B.pod)	33.9	41.2	260	116-13xPI417227F2⑯	6.5	51.2
211	F4-4	33.9	48.1	261	116-13xPI417227F2⑰	27.6	42.8
212	F4-5-1	31.5	42.5	262	116-13xPI417227F2⑱	29.6	49.5
213	F4-5-2	31.9	41.5	263	12I1	24.0	41.1
214	F4-6	31.2	40.6	264	12I2	16.9	46.5
215	F4-7	28.5	43.1	265	12I3	6.2	55.4
216	F4-8	29.0	43.8	266	12O3	19.3	37.7
217	F4-9	29.5	45.3	267	12O4	24.8	40.4
218	F4-10	31.4	46.4	268	12O5	25.8	26.2
219	F4-12	31.3	35.4	269	12O8	8.5	55.3
220	F4-13(high yield?)	33.5	37.7	270	12O10	23.9	51.3
221	F4-14(high yield?)	33.2	43.8	271	12O12	24.7	45.3
222	F4-15	32.8	41.5	272	12O13	25.4	42.8
223	F4-16	31.1	39.4	273	12O15	30.0	43.0
224	76F7-4(1)	29.2	31.4	274	12O21	19.7	52.8
225	013F9-2(2)	34.1	41.1	275	12O22	26.3	45.4
226	05C4-6	32.6	42.4	276	12O24	23.0	54.2
227	05C4-4,6,7	27.0	41.8	277	12P3	20.9	44.6
228	진2(10 plants)	26.5	40.5	278	12P4	25.9	47.7
229	진2	30.2	49.4	279	12P5	17.6	55.8
230	PI548625x116-13F2①	29.9	42.5	280	12P12	18.5	50.4
231	PI548625x116-13F2②	28.3	50.2	281	12P13	7.3	64.5
232	PI548625x116-13F2③	23.3	46.7	282	12P14	20.1	31.2
233	PI548625x116-13F2④	9.6	63.9	283	12P16	22.1	54.4
234	PI548625x116-13F2⑤	11.8	59.7	284	12Q1	21.7	59.1
235	PI548625x116-13F2⑥	12.2	59.2	285	12Q2	26.4	47.2
236	PI548625x116-13F2⑦	12.4	58.7	286	12Q3	7.1	58.2
237	PI548625x116-13F2⑧	24.4	50.9	287	12Q4	21.2	49.7
238	PI548625x116-13F2⑨	11.6	53.0	288	12Q6	8.5	68.2
239	PI548625x116-13F2⑩	13.1	54.1	289	12G2-1	22.9	37.0
240	PI548625x116-13F2⑪	30.6	45.2	290	12L1	26.9	43.1
241	PI548625x116-13F2⑫	9.8	58.4	291	12L2	31.8	38.1
242	09M1(검)x116-13F2①	21.3	58.4	292	12L7	28.4	42.1
243	09M1(검)x116-13F2②	20.3	48.6	293	12L9	24.2	43.7
244	09M1(검)x116-13F2③	20.8	54.6	294	12L10	27.3	46.5
245	116-13xPI417227F2①	7.3	58.9	295	12L14	28.7	46.0
246	116-13xPI417227F2②	28.8	45.1	296	12L19	25.1	43.6
247	116-13xPI417227F2③	20.3	51.9	297	12L20	29.2	43.6
248	116-13xPI417227F2④	8.4	64.1	298	12L24	28.5	44.5
249	116-13xPI417227F2⑤	31.2	45.3	299	12L25	28.7	41.7
250	116-13xPI417227F2⑥	9.0	61.5	300	12L26	29.4	41.7

순번	계통	Sta.+Raf. (g·kg ⁻¹)	Sucrose (g·kg ⁻¹)	순번	계통	Sta.+Raf. (g·kg ⁻¹)	Sucrose (g·kg ⁻¹)
301	12L27	30.5	41.2	351	RS-78xPI506903F2㉔	20.9	37.3
302	12L28	26.5	44.9	352	RS-78xPI506903F2㉕	19.9	36.8
303	12L31	26.7	48.9	353	RS-78xPI506903F2㉖	7.8	48.2
304	12L32	21.2	42.4	354	RS-78xPI506903F2㉗	21.3	35.5
305	12K1	21.6	48.2	355	RS-78xPI506903F2㉘	20.8	43.4
306	12K2	30.4	40.5	356	RS-78xPI506903F2㉙	15.0	43.6
307	12K12	30.2	33.3	357	09M1(녹)x116-13F2①	22.2	36.4
308	12K13	31.1	35.8	358	09M1(녹)x116-13F2②	21.6	38.0
309	12K14	21.4	36.4	359	09M1(녹)x116-13F2③	7.6	57.3
310	12K19	17.4	50.1	360	09M1(녹)x116-13F2④	25.1	38.0
311	12K21	17.4	36.3	361	10F1x116-13F2①	11.6	50.2
312	12K31	23.4	39.4	362	10F1x116-13F2②	22.2	31.9
313	12K20	20.8	44.9	363	10F1x116-13F2③	19.6	31.9
314	12K32	20.0	28.4	364	10F1x116-13F2④	10.0	50.5
315	12K36	18.0	43.7	365	10F1x116-13F2⑤	18.4	38.9
316	12N1	21.1	33.2	366	10F1x116-13F2⑥	18.6	46.1
317	12N3	27.4	36.5	367	10F1x116-13F2⑦	22.6	33.2
318	12N11	27.5	43.3	368	10F1x116-13F2⑧	27.9	50.8
319	12N26	21.7	29.9	369	10F1x116-13F2⑨	26.3	35.7
320	12N34	23.1	27.3	370	10F1x116-13F2⑩	22.6	41.2
321	12E23	27.9	24.8	371	10F1x116-13F2⑪	20.9	38.8
322	12E43	29.1	27.1	372	10F1x116-13F2⑫	14.3	52.7
323	12E45	31.6	37.4	373	12T1	33.8	43.5
324	12E50	25.0	25.9	374	12T2	25.7	37.0
325	12J1	19.2	36.9	375	12T3	27.3	43.3
326	12J11	18.6	32.3	376	12T11	27.8	48.4
327	12J23	22.0	46.8	377	12T12	24.3	49.2
328	12J24	25.8	40.8	378	12T13	24.1	48.1
329	12J25	31.4	48.3	379	12T14	27.4	41.6
330	RS-78xPI506903F2①	31.7	42.3	380	12T15	29.8	45.8
331	RS-78xPI506903F2②	23.6	45.6	381	12T16	30.9	47.8
332	RS-78xPI506903F2③	10.7	54.5	382	12T17	28.1	47.1
333	RS-78xPI506903F2④	21.6	44.7	383	12T18	23.1	44.9
334	RS-78xPI506903F2⑤	24.2	31.3	384	12T21	30.9	42.5
335	RS-78xPI506903F2⑥	18.7	54.1	385	12T22	26.6	43.8
336	RS-78xPI506903F2⑦	20.2	54.4	386	12U1	29.5	33.5
337	RS-78xPI506903F2⑧	30.6	46.7	387	12U2	29.3	41.9
338	RS-78xPI506903F2⑨	31.7	42.9	388	12U3	33.0	44.1
339	RS-78xPI506903F2⑩	8.9	51.8	389	12U11	32.5	47.0
340	RS-78xPI506903F2⑪	31.5	37.2	390	12U12	30.0	42.3
341	RS-78xPI506903F2⑫	31.3	41.7	391	12U13	37.2	51.4
342	RS-78xPI506903F2⑬	16.0	48.8	392	12U14	23.4	35.3
343	RS-78xPI506903F2⑭	9.4	60.5	393	12U15	34.3	34.6
344	RS-78xPI506903F2⑮	8.7	59.5	394	12U16	28.9	40.9
345	RS-78xPI506903F2⑯	20.6	34.5	395	12U17	31.8	43.0
346	RS-78xPI506903F2⑰	19.0	45.1	396	12U18	27.4	37.0
347	RS-78xPI506903F2⑱	27.8	45.2	397	12R13	30.4	43.9
348	RS-78xPI506903F2⑲	20.7	37.7	398	12R15	32.8	44.0
349	RS-78xPI506903F2⑳	21.7	29.2	399	12R17	22.3	32.4
350	RS-78xPI506903F2㉑	30.4	43.0	400	12R18	29.7	36.9

순번	계통	Sta.+Raf. (g·kg ⁻¹)	Sucrose (g·kg ⁻¹)
401	12R19	22.3	44.0

2차년도 난소화성당 저함량 자원은 아래와 같았다.

<Raffinose+stachyose 저함량 자원>

순위	계통	Sta.+Raf. (g·kg ⁻¹)
1	11B2-4	5.5
2	11B2-1	5.5
3	12I3	6.2
4	116-13xPI417227F2⑩	6.5
5	116-13xPI417227F2⑮	6.5
6	12Q3	7.1
7	12P13	7.3
8	11B2-3	7.3
9	116-13xPI417227F2①	7.3
10	09M1(녹)x116-13F2③	7.6
11	116-13xPI417227F2⑬	7.6
12	RS-78xPI506903F2⑭	7.8
13	다-7	8.1
14	10S31	8.1
15	116-13xPI417227F2④	8.4
16	12Q6	8.5
17	12O8	8.5
18	RS-78xPI506903F2⑮	8.7
19	RS-78xPI506903F2⑩	8.9
20	진양	9.0
21	116-13xPI417227F2⑥	9.0
22	RS-78xPI506903F2⑭	9.4
23	116-13xPI417227F2⑦	9.4
24	11A11	9.6
25	PI548625x116-13F2④	9.6
26	PI548625x116-13F2⑫	9.8
27	10F1x116-13F2④	10.0
28	09M1(검)x1e-16F2④	10.0
29	11B2-2	10.1
30	RS-78xPI506903F2③	10.7
31	09M1(검)x1e-16F2①	11.2
32	PI548625x116-13F2⑨	11.6
33	10F1x116-13F2①	11.6
34	PI548625x116-13F2⑤	11.8
35	다올x09M1(녹)F2⑦	12.0
36	PI548625x116-13F2⑥	12.2
37	PI548625x116-13F2⑦	12.4
38	황금x10F1F2①	12.7
39	09M1(녹)xPI229343F2⑦	12.8
40	PI548625x116-13F2⑩	13.1
41	09M1(검)x1e-16F2③	13.3
42	09M1(녹)xPI229343F2⑧	13.6
43	09M1(검)x1e-16F2⑥	14.0
44	09M1(검)x1e-16F2②	14.0
45	10F1x116-13F2⑫	14.3
46	11B2선발	14.8
47	RS-78xPI506903F2⑳	15.0
48	09M1(검)x1e-16F2⑤	15.7
49	RS-78xPI506903F2⑬	16.0
50	새올x10BC1-1F2①	16.1

제 3차년도 분석결과는 아래와 같다.

순번	계통	Sta.+Raf. (g·kg ⁻¹)	Sucrose (g·kg ⁻¹)	순번	계통	Sta.+Raf. (g·kg ⁻¹)	Sucrose (g·kg ⁻¹)
1	진양	6.0	20.6	51	진양XCJ1호19	10.1	20.3
2	진2(5번포 3차)	15.8	19.5	52	진양XCJ1호20	8.2	21.1
3	황금(5번포 3차)	14.0	21.4	53	진양XCJ1호21	7.9	20.1
4	대풍(5번포 3차)	15.1	15.0	54	진양XCJ1호22	14.3	18.9
5	소황(5번포 3차)	12.2	14.9	55	진양XCJ1호23	7.8	19.1
6	밤공(5번포 3차)	14.8	17.2	56	진양XCJ1호24	9.8	17.1
7	대하(5번포 3차)	10.0	19.0	57	진양XCJ1호25	13.8	18.6
8	대양(5번포 3차)	8.4	20.6	58	진양XCJ1호26	12.5	19.7
9	태광(5번포 3차)	12.0	19.9	59	진양XCJ1호27	14.1	17.0
10	보석(5번포 3차)	14.6	14.9	60	진양XCJ1호28	8.3	23.9
11	CJ1호(5번포 3차)	15.0	18.7	61	진양XCJ1호29	13.4	20.6
12	05C4	10.8	15.7	62	진양XCJ1호30	11.3	20.7
13	70F7-1(5번포 3차)	12.9	17.5	63	진양XCJ1호31	8.6	21.2
14	70F7-2(5번포 3차)	11.7	14.2	64	진양XCJ1호32	15.7	17.7
15	LS-09(5번포 3차)	12.8	13.1	65	진양XCJ1호33	15.1	18.4
16	HBC(5번포 3차)	13.1	11.7	66	진양XCJ1호34	15.1	16.5
17	12J25(5번포 3차)	16.2	19.0	67	진양XCJ1호35	14.1	17.2
18	PI424459(5번포 3차)	13.1	14.3	68	진양XCJ1호36	11.1	17.9
19	15	4.8	19.1	69	진양XCJ1호37	7.6	20.3
20	12I3	6.3	14.6	70	진양XCJ1호38	8.8	22.1
21	13A1	13.1	17.3	71	진양XCJ1호39	8.1	22.0
22	13A13	9.7	17.4	72	진양XCJ1호40	11.6	19.5
23	13A22	10.8	20.5	73	진양XCJ1호41	13.9	18.6
24	13A24	10.3	22.5	74	진양XCJ1호42	13.8	17.8
25	13A25	12.7	13.2	75	진양XCJ1호43	13.1	17.4
26	13A29	9.8	13.5	76	진양XCJ1호44	8.4	20.6
27	13A30	11.1	11.9	77	진양XCJ1호45	12.8	14.0
28	13A32	10.0	20.0	78	진양XCJ1호46	14.2	18.4
29	12N2-3	12.5	11.6	79	진양XCJ1호47	12.1	14.5
30	12N2-4	13.0	12.4	80	진양XCJ1호48	13.1	15.0
31	12N2-8	13.6	11.8	81	진양XCJ1호49	13.6	15.7
32	12N2-10	11.0	14.4	82	진양XCJ1호50	9.2	18.2
33	진양XCJ1호1	8.5	21.0	83	진양XCJ1호51	9.0	18.8
34	진양XCJ1호2	14.0	17.5	84	진양XCJ1호52	12.6	18.9
35	진양XCJ1호3	13.2	17.6	85	진양XCJ1호53	10.1	15.2
36	진양XCJ1호4	12.3	17.2	86	진양XCJ1호54	12.8	15.6
37	진양XCJ1호5	10.0	21.8	87	진양XCJ1호55	12.0	15.0
38	진양XCJ1호6	12.6	17.3	88	진양XCJ1호56	7.7	17.0
39	진양XCJ1호7	10.0	19.1	89	진양XCJ1호57	11.7	19.0
40	진양XCJ1호8	14.0	16.7	90	진양XCJ1호58	14.0	16.8
41	진양XCJ1호9	13.0	19.9	91	진양XCJ1호59	11.9	17.4
42	진양XCJ1호10	13.3	18.5	92	진양XCJ1호60	12.8	17.8
43	진양XCJ1호11	13.7	19.2	93	진양XCJ1호61	12.9	16.7
44	진양XCJ1호12	9.2	19.1	94	진양XCJ1호62	12.7	16.5
45	진양XCJ1호13	8.5	21.1	95	진양XCJ1호63	13.0	16.2
46	진양XCJ1호14	14.4	17.3	96	진양XCJ1호64	12.0	16.5
47	진양XCJ1호15	14.8	17.2	97	진양XCJ1호65	13.2	18.9
48	진양XCJ1호16	13.7	16.9	98	CJ1호X진양1	14.2	16.4
49	진양XCJ1호17	8.9	20.5	99	CJ1호X진양2	13.5	18.9
50	진양XCJ1호18	13.6	18.6	100	CJ1호X진양3	13.5	16.8

순번	계통	Sta.+Raf. (g·kg ⁻¹)	Sucrose (g·kg ⁻¹)	순번	계통	Sta.+Raf. (g·kg ⁻¹)	Sucrose (g·kg ⁻¹)
101	CJ1호X진양4	16.9	15.7	151	CJ1호XP1518664②	16.0	19.3
102	CJ1호X진양5	15.1	7.3	152	CJ1호XP1518664③	18.6	21.4
103	CJ1호X진양6	11.4	19.1	153	CJ1호XP1518664④	16.5	20.2
104	CJ1호X진양7	15.7	19.1	154	CJ1호XP1518664⑤	15.7	21.4
105	CJ1호X진양8	14.6	6.7	155	CJ1호XP1518664⑥	16.2	19.8
106	CJ1호X진양9	14.9	19.6	156	CJ1호XP1518664⑦	13.5	17.7
107	CJ1호X진양10	16.6	14.0	157	CJ1호XP1518664⑧	12.3	14.9
108	CJ1호X진양11	14.2	17.3	158	CJ1호XP1518664⑨	13.3	16.3
109	CJ1호X진양12	15.3	16.6	159	CJ1호XP1518664⑩	13.2	14.8
110	CJ1호X진양13	15.1	17.5	160	GS146X12N1①	14.2	13.2
111	CJ1호X진양14	8.9	23.5	161	GS146X12N1②	14.3	13.1
112	CJ1호X진양15	15.0	19.9	162	11L3XP1229343①	14.5	16.9
113	CJ1호X진양16	16.4	16.5	163	11L3XP1229343②	14.5	13.6
114	CJ1호X진양17	15.1	17.4	164	11L3XP1229343③	14.1	15.8
115	CJ1호X진양18	15.4	20.0	165	11L3XP1229343④	12.7	14.1
116	CJ1호X진양19	15.5	20.4	166	11L3XP1229343⑤	13.6	16.0
117	CJ1호X진양20	14.8	16.6	167	11L3XP1229343⑥	13.5	14.6
118	CJ1호X진양21	16.1	16.9	168	다-7XP1518664 1	13.6	20.0
119	CJ1호X진양22	10.6	25.4	169	다-7XP1518664 2	13.2	16.7
120	CJ1호X진양23	15.9	18.3	170	다-7XP1518664 3	4.8	22.6
121	CJ1호X진양24	13.3	16.9	171	다-7XP1518664 4	12.9	18.4
122	CJ1호X진양25	8.9	23.2	172	다-7XP1518664 5	5.0	19.4
123	CJ1호X진양26	16.9	21.2	173	다-7XP1518664 6	9.2	15.1
124	CJ1호X진양27	9.1	24.6	174	다-7XP1518664 7	14.3	17.5
125	CJ1호X진양28	15.4	19.8	175	다-7XP1518664 8	13.0	19.6
126	CJ1호X진양29	16.8	18.8	176	다-7XP1518664 9	12.7	15.3
127	CJ1호X진양30	16.6	21.6	177	다-7XP1518664 10	10.4	19.0
128	CJ1호X진양31	16.8	19.3	178	다-7XP1518664 11	11.3	19.9
129	CJ1호X진양32	9.3	21.1	179	다-7XP1518664 12	10.5	20.6
130	CJ1호X진양33	16.8	21.9	180	다-7XP1518664 13	13.3	19.9
131	CJ1호X진양34	18.2	19.4	181	다-7XP1518664 14	12.4	18.5
132	CJ1호X진양35	16.7	19.2	182	다-7XP1518664 15	5.6	23.5
133	CJ1호X진양36	11.2	21.3	183	다-7XP1518664 16	12.8	19.6
134	CJ1호X진양37	10.3	23.8	184	진양X12N1 1	13.0	16.4
135	CJ1호X진양38	15.8	19.5	185	진양X12N1 2	13.2	18.4
136	CJ1호X진양39	17.3	19.2	186	진양X12N1 3	10.6	20.2
137	CJ1호X진양40	15.2	18.8	187	진양X12N1 4	11.5	20.8
138	CJ1호X진양41	16.2	19.0	188	진양X12N1 5	4.4	21.9
139	CJ1호X진양42	16.6	13.6	189	진양X12N1 6	6.2	25.8
140	CJ1호X진양43	16.0	20.8	190	진양X12N1 7	11.2	18.4
141	CJ1호X진양44	8.7	24.9	191	진양X12N1 8	12.6	20.1
142	CJ1호X진양45	12.4	16.2	192	진양X12N1 9	9.4	22.5
143	CJ1호X진양46	9.5	23.0	193	진양X12N1 10	13.1	20.7
144	CJ1호X진양47	14.9	18.9	194	진양X12N1 11	11.7	20.8
145	CJ1호X진양48	14.9	18.9	195	진양X12N1 12	13.1	21.0
146	CJ1호X진양49	7.6	23.0	196	진양X12N1 13	5.6	23.3
147	CJ1호X진양50	15.0	18.8	197	진양X12N1 14	6.1	23.6
148	CJ1호X진양51	9.1	23.9	198	진양X12N1 15	5.9	24.0
149	CJ1호X진양52	15.2	19.1	199	진양X12N1 16	10.4	21.9
150	CJ1호XP1518664①	15.6	18.4	200	진양X12N1 17	12.2	19.4

순번	계통	Sta.+Raf. Sucrose		순번	계통	Sta.+Raf. Sucrose	
		(g·kg ⁻¹)	(g·kg ⁻¹)			(g·kg ⁻¹)	(g·kg ⁻¹)
201	진양X12N1 18	12.7	19.4	251	11B2-3X진양②	6.2	21.9
202	진양X12N1 19	9.7	20.6	252	P1518664X다-7①	11.0	13.1
203	진양X12N1 20	14.2	19.3	253	11B2-4XCJ1호①	6.9	17.7
204	진양X12N1 21	12.6	19.8	254	11B2선발X1e-16,Tag1-7①	4.9	20.0
205	진양X12N1 22	6.1	22.3	255	11B2-2X1e 16 Tag C-2①	4.9	14.4
206	진양X12N1 23	5.8	22.8	256	11B2-2X진양①	9.6	17.4
207	진양X12N1 24	12.2	19.5	257	11B2-1X진양①	4.8	18.1
208	진양X12N1 25	11.0	20.3	258	11B2-1X진양②	4.4	20.1
209	11B2-3XP1507487①	14.1	19.6	259	11B2-1X진양③	5.3	20.0
210	11B2-3XP1507487②	13.9	19.2	260	11B2-1X진양④	4.8	24.0
211	11B2-3XP1507487③	10.8	13.3	261	11B2-1X진양⑤	5.3	23.1
212	11B2-3XP1507487④	14.0	18.0	262	11B2-1X진양⑥	4.3	18.7
213	11B2-3XP1507487⑤	10.8	20.5	263	11B2-1X진양⑦	7.6	15.5
214	11B2-3XP1507487⑥	13.9	17.8	264	10S31XP1518664 1	11.2	18.6
215	11B2-3XP1507487⑦	13.9	18.7	265	10S31XP1518664 2	9.6	14.8
216	11B2-3XP1507487⑧	13.3	18.5	266	10S31XP1518664 3	11.2	12.5
217	11B2-3XP1507487⑨	8.5	15.7	267	10S31XP1518664 4	8.1	16.7
218	11B2-3XP1507487⑩	5.4	24.7	268	10S31XP1518664 5	12.8	15.5
219	11B2-3XP1507487⑪	6.8	19.8	269	10S31XP1518664 6	6.2	18.8
220	11B2-3XP1507487⑫	10.6	23.5	270	10S31XP1518664 7	4.2	16.7
221	11B2-3XP1507487⑬	7.2	21.6	271	10S31XP1518664 8	8.4	14.1
222	RS-78XP1506903 1	12.7	16.5	272	10S31XP1518664 9	10.3	11.9
223	RS-78XP1506903 2	9.4	15.1	273	10S31XP1518664 10	2.9	18.1
224	RS-78XP1506903 3	11.2	15.7	274	10S31XP1518664 11	6.0	13.8
225	RS-78XP1506903 4	5.3	19.2	275	10S31XP1518664 12	4.0	16.1
226	RS-78XP1506903 5	4.7	19.0	276	10S31XP1518664 13	9.6	14.8
227	RS-78XP1506903 6	11.5	13.0	277	10S31XP1518664 14	9.2	16.7
228	RS-78XP1506903 7	9.8	20.3	278	10S31XP1518664 15	5.0	17.3
229	RS-78XP1506903 8	5.1	19.5	279	10S31XP1518664 16	9.7	15.2
230	RS-78XP1506903 9	5.2	17.5	280	116-13XP1417227①	10.1	20.1
231	RS-78XP1506903 10	12.6	17.3	281	116-13XP1417227②	10.0	15.7
232	RS-78XP1506903 11	4.5	21.1	282	116-13XP1417227③	4.4	24.4
233	RS-78XP1506903 12	9.5	17.8	283	116-13XP1417227④	9.9	15.7
234	RS-78XP1506903 13	4.7	22.1	284	116-13XP1417227⑤	9.2	17.9
235	RS-78XP1506903 14	10.6	14.5	285	116-13XP1417227⑥	4.6	23.3
236	RS-78XP1506903 15	12.7	15.0	286	116-13XP1417227⑦	11.4	16.2
237	RS-78XP1506903 16	11.9	15.3	287	116-13XP1417227⑧	3.4	21.7
238	RS-78XP1506903 17	10.9	14.4	288	116-13XP1417227⑨	11.3	16.8
239	11B2-1XP34-162①	4.6	22.3	289	116-13XP1417227⑩	9.5	21.7
240	11B2-1XP34-162②	2.9	16.1	290	116-13XP1417227⑪	5.5	23.3
241	11B2-2XCJ1호①	12.7	16.1	291	116-13XP1417227⑫	5.2	29.2
242	11B2-2XCJ1호②	5.6	20.3	292	116-13XP1417227⑬	10.9	16.9
243	11B2-2XCJ1호③	4.9	20.6	293	116-13XP1417227⑭	8.3	17.0
244	11B2-1X다-7①	4.2	22.7	294	116-13XP1417227⑮	4.3	23.7
245	11B2-1X다-7②	3.9	17.9	295	P1518664X진양 1	4.1	20.4
246	11B2-1X다-7③	5.8	21.3	296	P1518664X진양 2	10.6	16.9
247	11B2-1X다-7④	5.7	20.4	297	P1518664X진양 3	4.6	24.4
248	P1518664X다-7or11B2-3XP1507487①	9.4	17.5	298	P1518664X진양 4	11.7	16.2
249	P1518664X다-7 or11B2-3XP1507487②	10.3	16.7	299	P1518664X진양 5	12.1	16.5
250	11B2-3X진양①	4.9	26.4	300	P1518664X진양 6	9.7	16.4

순번	계통	Sta.+Raf. Sucrose		순번	계통	Sta.+Raf. Sucrose	
		(g·kg ⁻¹)	(g·kg ⁻¹)			(g·kg ⁻¹)	(g·kg ⁻¹)
301	PI518664X진양 7	10.7	19.3	335	진양X12N2⑨	12.0	18.4
302	PI518664X진양 8	12.5	17.5	336	진양XP1518664①	9.8	13.9
303	PI518664X진양 9	5.2	21.3	337	진양XP1518664②	10.3	19.0
304	PI518664X진양 10	11.2	19.6	338	진양XP1518664③	9.3	14.8
305	PI518664X진양 11	10.0	16.9	339	진양XP1518664④	4.4	20.5
306	PI518664X진양 12	4.0	20.8	340	진양X1e 16-1①	3.8	23.8
307	PI518664X진양 13	9.0	15.7	341	진양X1e 16-1②	4.1	24.2
308	PI518664X진양 14	7.0	22.1	342	진양X1e 16-1③	14.1	18.5
309	PI518664X진양 15	7.3	19.1	343	진양X1e 16-1④	9.0	18.7
310	PI518664X진양 16	8.4	17.6	344	개2XP1229343①	11.9	17.2
311	PI518664X진양 17	10.9	19.9	345	개2XP1229343②	12.9	19.6
312	PI518664X진양 18	10.7	15.0	346	TanishiX12N1①	12.6	19.2
313	PI518664X진양 19	11.0	15.4	347	TanishiX12N1②	12.7	17.6
314	PI518664X진양 20	10.9	14.3	348	TanishiX12N1③	11.7	17.9
315	PI518664X진양 21	9.4	16.3	349	GS146X12N1①	14.6	14.1
316	PI518664X진양 22	9.6	17.4	350	GS146X12N1②	12.5	13.5
317	PI518664X진양 23	8.0	17.8	351	GS146X12N1③	13.0	14.5
318	PI518664X진양 24	10.5	14.8	352	GS146X12N1④	17.4	15.4
319	PI518664X진양 25	11.4	16.8	353	GS146X12N1⑤	15.5	15.4
320	PI518664X진양 26	9.3	17.2	354	GS146X12N1⑥	13.7	17.8
321	PI518664X진양 27	10.7	16.1	355	GS146X12N1⑦	13.1	18.6
322	PI518664X진양 28	9.8	15.0	356	GS146X12N1⑧	12.4	3.9
323	PI518664X진양 29	5.4	15.0	357	GS146X12N1⑨	14.4	11.6
324	PI518664X진양 30	9.4	13.2	358	GS146X12N1⑩	15.8	15.8
325	PI518664X진양 31	9.3	15.6	359	10F1X116-13①	12.6	12.8
326	PI518664X진양 32	8.4	18.7	360	10F1X116-13②	6.6	21.3
327	진양X12N2①	5.6	21.5	361	10F1X116-13③	11.5	18.1
328	진양X12N2②	10.6	20.7	362	10F1X116-13④	5.5	19.5
329	진양X12N2③	5.3	18.1	363	10F1X116-13⑤	6.0	20.7
330	진양X12N2④	11.9	16.0	364	10F1X116-13⑥	12.5	18.2
331	진양X12N2⑤	13.7	17.5	365	10F1X116-13⑦	10.9	17.2
332	진양X12N2⑥	12.5	16.7	366	10F1X116-13⑧	5.0	21.9
333	진양X12N2⑦	11.4	14.2	367	10F1X116-13⑨	5.3	20.6
334	진양X12N2⑧	12.2	11.7				

3차년도 난소화성당 저함량 자원은 아래와 같았다.

<Raffinose+stachyose 저함량 자원>

순위	계통	Sta.+Raf. (g·kg ⁻¹)
1	10S31XP1518664 10	2.9
2	11B2-1XP34-162②	2.9
3	116-13XP1417227⑧	3.4
4	진양X1e 16-1①	3.8
5	11B2-1X다-7②	3.9
6	PI518664X진양 12	4.0
7	10S31XP1518664 12	4.0
8	진양X1e 16-1②	4.1
9	PI518664X진양 1	4.1
10	10S31XP1518664 7	4.2
11	11B2-1X다-7①	4.2
12	116-13XP1417227⑬	4.3
13	11B2-1X진양⑥	4.3
14	진양XP1518664④	4.4
15	진양X12N1 5	4.4
16	11B2-1X진양②	4.4
17	116-13XP1417227③	4.4
18	RS-78XP1506903 11	4.5
19	116-13XP1417227⑥	4.6
20	11B2-1XP34-162①	4.6
21	PI518664X진양 3	4.6
22	RS-78XP1506903 5	4.7
23	RS-78XP1506903 13	4.7
24	15	4.8
25	11B2-1X진양④	4.8
26	다-7XP1518664 3	4.8
27	11B2-1X진양①	4.8
28	11B2-2XCJ1호③	4.9
29	11B2-2X1e 16 Tag C-2①	4.9
30	11B2-3X진양①	4.9
31	11B2선발X1e-16, Tag 1-7①	4.9
32	10F1X116-13⑧	5.0
33	10S31XP1518664 15	5.0
34	다-7XP1518664 5	5.0
35	RS-78XP1506903 8	5.1
36	RS-78XP1506903 9	5.2
37	PI518664X진양 9	5.2
38	116-13XP1417227⑫	5.2
39	11B2-1X진양③	5.3
40	10F1X116-13⑨	5.3
41	11B2-1X진양⑤	5.3
42	진양X12N2③	5.3
43	RS-78XP1506903 4	5.3
44	11B2-3XP1507487⑩	5.4
45	PI518664X진양 29	5.4
46	116-13XP1417227⑪	5.5
47	10F1X116-13④	5.5
48	다-7XP1518664 15	5.6
49	진양X12N2①	5.6
50	11B2-2XCJ1호②	5.6

2. *trans*-resveratrol 고함량 자원의 선발

기능성 성분인 *trans*-resveratrol이 높은 자원을 선발하기 위하여 제1세부과제(총괄책임자)로부터 유전자원, 육종계통 및 품종을 이용하여 2회차 분석하였다.

o Extraction of *trans*-resveratrol

대두 분말 500 mg을 methanol/water (80:20, v/v) 용액 5 ml를 가하여 45°C의 어두운 곳에서 45분간 교반하여 추출하였으며, 추출액은 원심분리(12,000 rpm, 10 min)하고 상정액을 취하였다.

o Purification of *trans*-resveratrol

추출액을 정제하기 위하여 reverse phase cartridges를 이용하였다. Sep-pak C₁₈-cartridges는 사용하기 전에 activation 하기 위하여 4 ml의 methanol을 흘려주고 다시 4 ml의 물을 흘려 씻어준 후, 여기에 상기 추출액 전량을 5 ml/min의 유속으로 통과시켜 흡착시켰다. 흡착된 Sep-pak C₁₈-cartridges는 용출하기 전 물을 제거하기 위하여 aspirator로서 10분 정도 흡입하여 수분을 제거한 후, 5 ml의 methanol로서 cartridge에 흡착된 성분을 용출한다. 용출한 용액은 0.45 µm syringe filter를 사용하여 여과한 후 HPLC로서 분석하였다.

o Determination of *trans*-resveratrol by HPLC

trans-Resveratrol 분석에 사용한 HPLC는 Agilent 1100 (Agilent, USA)이었으며, UV detector를 사용하였다. Analytical column은 Agilent HC-C₁₈ column (250 × 4.6 mm i.d., 5 µm packed column)을 사용하였으며, elution solvent는 (A) glacial acetic acid : DCW (52.6 : 900)과 (B) acetonitrile : solution A (80:20)을 시간에 따라 gradient로 용리하여 분석하였다(아래 표 참조). 이동상의 속도는 1.1 ml/min, 시료의 주입량은 10 µl, UV 검출기는 306 nm에서 검출하였다.

표준용액은 10 mg/ml을 80% methanol에 용해하여 stock solution으로 갈색 vial에 냉장보관한 후, 희석하여 10, 5, 2.5, 1.25, 0.625 µg/ml하여 각각의 chromatogram을 얻었으며 peak의 면적당 표준용액 농도의 관계로 검량선을 작성하여 대두의 *trans*-resveratrol 함량 정량분석에 적용하였다.

Time(min)	Solvent A(%)	Solvent B(%)	Total flow rate(/min)
0	82	18	1.1
5	82	18	1.1
10	70	30	1.1
15	55	45	1.1
16	50	50	1.1
18	0	100	1.1
20	100	0	1.1
22	82	18	1.1
30	82	18	1.1

1회차 분석 결과는 아래 표와 같다.

순번	계통	t-RVT ($\mu\text{g/g}$)	순번	계통	t-RVT ($\mu\text{g/g}$)	순번	계통	t-RVT ($\mu\text{g/g}$)
1	koujisinaz	2.60	51	경상2호	4.45	101	황금xRS-78F2-①	2.11
2	Tanishi	1.60	52	LS-9	3.55	102	황금xRS-78F2-②	1.78
3	Tanokuro	5.31	53	LS-10	2.58	103	황금xRS-78F2-③	2.80
4	Shiragiku	1.45	54	개1	2.51	104	황금xRS-78F2-④	1.02
5	J-1	3.09	55	진2	2.45	105	RS-78xPI506903F2-①	5.44
6	PI507487	3.36	56	LS-09	2.62	106	RS-78xPI506903F2-②	2.59
7	Kinkazan	2.94	57	P34-162	3.13	107	RS-78xPI506903F2-③	2.13
8	P34-162	4.17	58	05C3-2(1)	1.71	108	RS-78xPI506903F2-④	3.25
9	le-16	2.85	59	05E2-00	0.63	109	RS-78xPI506903F2-⑤	2.75
10	진2	2.67	60	08B14	3.72	110	RS-78xPI506903F2-⑥	3.56
11	개2	1.85	61	황금콩	1.89	111	RS-78xPI506903F2-⑦	3.54
12	황금	2.37	62	진농1호	1.96	112	RS-78xPI506903F2-⑧	3.78
13	태광	2.81	63	116-13	1.82	113	다-7xPI283327F2-①	3.06
14	풍산나물	4.16	64	CJ1호	3.36	114	다-7xPI283327F2-②	3.45
15	PI548625	3.73	65	경상3호	tr	115	다-7xPI283327F2-③	2.00
16	PI445837	4.43	66	J-3	2.95	116	다-7xPI283327F2-④	1.66
17	PI506876	2.39	67	풍산나물	3.39	117	다-7xPI283327F2-⑤	2.14
18	PI507487	3.57	68	08H45	3.30	118	다-7xPI283327F2-⑥	2.11
19	PI594268B	4.05	69	013F9-2(2)	3.36	119	다-7xPI283327F2-⑦	3.89
20	PI424444B	2.81	70	PI229343	2.76	120	다-7xPI283327F2-⑧	0.94
21	PI506592	2.29	71	70F9-1	4.02	121	다-7xPI283327F2-⑨	3.01
22	PI567757	2.42	72	70F7-1	3.99	122	다-7xPI283327F2-⑩	1.11
23	PI506903	3.02	73	경상3호	0.00	123	다-7xPI283327F2-⑪	1.89
24	PI518664	2.20	74	PI518664	3.56	124	다-7xPI283327F2-⑫	2.11
25	PI594191	3.24	75	GS-146	2.55	125	다-7xPI283327F2-⑬	3.32
26	PI507226A	3.15	76	Aodaiz	2.73	126	다-7xPI283327F2-⑭	3.80
27	PI360844	tr	77	다올콩	2.41	127	다-7xPI283327F2-⑮	2.19
28	PI548352	4.91	78	만수	1.91	128	개2	2.62
29	PI548526	3.96	79	대양	1.83	129	11H2	2.33
30	PI417227	3.11	80	70F7-2	5.22	130	11H13	3.08
31	PI438205	3.96	81	가-2	3.49	131	11H17	3.12
32	PI283327	tr	82	태광	3.60	132	11H19	tr
33	서리태	2.64	83	대풍콩	2.65	133	11H20	4.91
34	PI548392	tr	84	86F8-2(1)	3.98	134	11H25	3.14
35	단파부도	2.03	85	대망2호	3.19	135	11H26	2.57
36	Sunburn	tr	86	경상1호	3.34	136	11H30	2.12
37	PI229343	3.72	87	개1	2.85	137	11H33	1.46
38	10R9	3.79	88	le-16	3.41	138	11H35	3.18
39	진양	1.81	89	약콩	1.65	139	11H38	4.44
40	10R10	2.55	90	경상1호	3.04	140	11H39	3.97
41	10R9	3.09	91	대원콩	2.56	141	11H41	1.65
42	10R33	3.87	92	선유콩	1.99	142	11I3	2.60
43	개1	3.50	93	새울콩	4.41	143	11J1	2.97
44	개1	4.42	94	S-015	4.98	144	11J3	1.87
45	개2	2.20	95	07B1	3.34	145	11J5	1.68
46	개2	1.96	96	다-9	2.52	146	11J30	1.28
47	진농1호	3.51	97	09나	4.71	147	11J31	3.25
48	진농2호	4.40	98	태광	tr	148	11L1	3.43
49	경상3호	0.97	99	진양	2.57	149	11L2	2.82
50	CJ1호	4.96	100	진양	3.42	150	11L3	4.93

순번	계통	t-RVT ($\mu\text{g/g}$)	순번	계통	t-RVT ($\mu\text{g/g}$)	순번	계통	t-RVT ($\mu\text{g/g}$)
151	11M1	1.78	201	05C4-3	2.20	251	05E1-1	2.04
152	11M2	3.30	202	05C4-4	2.35	252	05E1-2	1.35
153	11M4	4.83	203	05C4-5	2.72	253	05E8-1	2.78
154	11O3	2.36	204	05C4-6	2.17	254	09M1	1.64
155	11O11	1.35	205	05C4-7	2.36	255	09M1	1.45
156	11O12	1.33	206	05C4-10	1.82	256	08F18(2)	3.14
157	11P1	2.73	207	05C4-12	1.78	257	08I3(2)	2.50
158	11P3	2.43	208	05C4-13	2.61	258	08F11	2.44
159	11P12	2.74	209	05C4-14	1.63	259	10BC1-32	2.84
160	11P14	2.59	210	05C4-16	2.33	260	10BC1-33	2.24
161	11P15	2.48	211	05C4-17	1.46	261	10BC1-34	3.04
162	11Q12	2.91	212	05C4-22	1.89	262	10BC1-35	2.70
163	11Q14	2.50	213	05C4-24	1.85	263	10BC1-37	2.76
164	11Q23	2.54	214	05C4-27	tr	264	10BC1-38	2.58
165	11Q27	3.24	215	가-1	1.70	265	10BC1-42	2.28
166	11Q28	3.25	216	가-2	2.93	266	10BC1-44	2.59
167	11Q29	1.99	217	116-6	1.87	267	10BC1-45	2.58
168	11Q30	1.96	218	진2	2.21	268	10BC1-46	2.31
169	11A3	3.21	219	풍산나물	2.44	269	10BC1-1	3.12
170	11A5	2.54	220	10G9-1	1.38	270	10BC1-2	2.42
171	11A10	2.43	221	10Q21	2.63	271	10BC1-3	2.75
172	11A11	2.33	222	10Q22	3.41	272	10BC1-4	2.48
173	11A12	1.52	223	10Q37	2.77	273	10BC1-5	2.57
174	11A13	1.32	224	10S31	2.16	274	10BC1-⑦-1	2.02
175	11B1	3.90	225	10S33	3.71	275	10BC1-⑦-2	1.74
176	11B2	2.63	226	진2xPI283327F2-23	2.87	276	10BC1-⑧	2.26
177	11B3	2.92	227	le16-1 or le16-2	5.45	277	10BC1-⑨	3.61
178	11B4	3.45	228	10F1	3.64	278	10BC1-⑩	2.11
179	11B5	2.52	229	10F1	2.21	279	10BC1-⑫	1.78
180	11B7	2.92	230	진2xPI506876-①	3.00	280	10BC1-⑭-1	2.15
181	11C5	3.63	231	진2xPI506876-⑩	2.82	281	10BC1-⑭-2	0.20
182	11C8	3.05	232	진2xPI506876-⑮	2.88	282	10BC1-⑮	2.00
183	11C10	2.55	233	F4-①	3.31	283	10BC1-⑰	1.92
184	11C11	4.09	234	F4-①	3.99	284	10BC1-⑱	2.47
185	11E22	3.99	235	F4-④	3.49	285	10BC1-⑳	2.08
186	11E26	2.16	236	F4-⑤-1	4.02	286	10BC1-㉕	2.91
187	11E33	3.44	237	F4-⑤-2	3.66	287	㉑-7	2.61
188	11E34	4.72	238	F4-⑥	3.57	288	PI507226A	1.42
189	11E35	2.10	239	F4-⑦	3.41	289	PI506903	3.52
190	11G1	4.03	240	F4-⑧	3.88	290	PI508269	4.34
191	11G2	4.10	241	F4-⑨	4.13	291	PI171451	3.34
192	11G4	6.32	242	F4-⑫	3.18	292	PI506982	3.20
193	11G6	2.61	243	F4-⑬	tr	293	PI507487	3.20
194	11G8	4.84	244	F4-⑭	3.57	294	RS-78	1.96
195	11G9	2.80	245	F4-⑯	2.55	295	PI506876	3.28
196	11G11	3.58	246	05S-40	3.47	296	PI229358	2.31
197	11G15	3.00	247	05S-48	1.56	297	PI506592	1.85
198	11G38	3.29	248	05S-49	1.92	298	A29	3.69
199	11G59	3.48	249	05S-51	2.05	299	05C16-2	3.65
200	11G60	2.88	250	05S-85(2)	3.72	300	05C16-1(1)	3.22

순번	계통	t-AVT ($\mu\text{g/g}$)	순번	계통	t-AVT ($\mu\text{g/g}$)	순번	계통	t-AVT ($\mu\text{g/g}$)
301	05C19-1	1.87	316	013F9-2(2)	2.49	331	황금xPI506876F2-④	1.33
302	04S-9(2)-3	3.11	317	016F9-1(1)	1.68	332	황금xPI506876F2-⑤	1.96
303	04S-18(2)	3.33	318	76F7-4(1)	2.01	333	황금xPI506876F2-⑥	1.21
304	04S-7	3.9	319	86F7-2(2)	3.41	334	A29xRS-78F2-①	1.68
305	04S-50	2.53	320	87F7-1(1)	2.85	335	A29xRS-78F2-②	1.13
306	04S-6(1)	4.16	321	RS-30	1.97	336	A29xRS-78F2-③	1.28
307	05C19-1	3.2	322	RS-33	3.11	337	A29xRS-78F2-④	1.37
308	05C22-2	2.13	323	RS-60	2.9	338	다-7xPI508269F2-①	1.91
309	05C22-1	2.66	324	RS-70	1.4	339	다-7xPI508269F2-②	3.79
310	05C21-1	1.7	325	RS-78	1.15	340	다-7xPI508269F2-③	2.16
311	05C21-2	2.87	326	RS-103	2.16	341	다-7xPI508269F2-④	1.99
312	05C19-2	3.11	327	RS-107	2.49	342	다-7xPI508269F2-⑤	2.74
313	05C20-2	2.59	328	황금xPI506876F2-①	1.06	343	다-7xPI508269F2-⑥	2.44
314	76F7-4(2)	2.8	329	황금xPI506876F2-②	1.09			
315	013F9-2(3)	2.87	330	황금xPI506876F2-③	0.87			

1회차 분석 결과 높은 함량을 가진 계통(품종 포함)은 아래와 같다.

순위	계통	t-RVT ($\mu\text{g/g}$)	순위	계통	t-RVT ($\mu\text{g/g}$)
1	11G4	6.32	26	11G2	4.10
2	le16-1 or le16-2	5.45	27	11C11	4.09
3	RS-78xPI506903F2-①	5.44	28	PI594268B	4.05
4	Tanokuro	5.31	29	11G1	4.03
5	70F7-2	5.22	30	70F9-1	4.02
6	S-015	4.98	31	F4-⑤-1	4.02
7	CJ1호	4.96	32	F4-①	4.00
8	11L3	4.93	33	70F7-1	3.99
9	11H20	4.91	34	11E22	3.99
10	PI548352	4.91	35	86F8-2(1)	3.98
11	11G8	4.84	36	11H39	3.97
12	11M4	4.83	37	PI438205	3.96
13	1.10E+35	4.72	38	PI548526	3.96
14	09나	4.71	39	04S-7	3.90
15	경상2호	4.45	40	11B1	3.90
16	11H38	4.44	41	다-7xPI283327F2-⑦	3.89
17	PI445837	4.43	42	F4-⑧	3.88
18	개1	4.42	43	10R33	3.87
19	새울콩	4.41	44	다-7xPI283327F2-⑭	3.80
20	진농2호	4.40	45	10R9	3.79
21	PI508269	4.34	46	다-7xPI508269F2-②	3.79
22	P34-162	4.17	47	RS-78xPI506903F2-⑧	3.78
23	04S-6(1)	4.16	48	PI548625	3.73
24	풍산나물	4.16	49	08B14	3.72
25	F4-⑨	4.13	50	05S-85(2)	3.72

2회차 분석 결과는 아래 표와 같다.

순번	계통	t-RVT ($\mu\text{g/g}$)	순번	계통	t-RVT ($\mu\text{g/g}$)	순번	계통	t-RVT ($\mu\text{g/g}$)
1	70F7-2	0.39	51	소청2호	0.71	101	10BC1-25x(태광x~)F2⑫	6.83
2	LS-09	0.72	52	소황콩	0.80	102	10BC1-25x(태광x~)F2⑬	7.97
3	CJ1호	4.29	53	부채콩	0.39	103	다올x10BC1-24F2①	8.11
4	경상2호	0.43	54	일품검정2호	0.58	104	다올x10BC1-24F2②	9.01
5	경상3호	0.50	55	le16-1(yellow)	0.71	105	다올x10BC1-24F2③	9.32
6	진양	0.54	56	11Q2 F3	0.61	106	다올x10BC1-24F2④	7.28
7	70F7-1	0.47	57	11L1 F3	0.56	107	다올x10BC1-24F2⑤	8.82
8	개2	0.50	58	PI518664	0.61	108	09M1(녹)xPI229343F2①	10.47
9	진농1호	0.63	59	le 16(Black)	0.58	109	09M1(녹)xPI229343F2②	6.92
10	09M1(녹)	0.39	60	단파부도	0.50	110	09M1(녹)xPI229343F2③	6.72
11	경상1호	0.57	61	Tanishi	0.52	111	09M1(녹)xPI229343F2④	4.70
12	10R9	0.56	62	Aodaiz	0.62	112	09M1(녹)xPI229343F2⑤	6.00
13	진농2호	0.70	63	PI507487	0.54	113	09M1(녹)xPI229343F2⑥	4.30
14	12N2	0.53	64	11B2선발	0.69	114	09M1(녹)xPI229343F2⑦	5.48
15	05C4 개채선발	0.51	65	11011선발	0.55	115	09M1(녹)xPI229343F2⑧	6.94
16	신화콩	0.60	66	개척 2호	0.47	116	09M1(검)xle-16F2①	6.37
17	le-16	0.60	67	PI506903	0.47	117	09M1(검)xle-16F2②	7.60
18	원광콩	0.49	68	이팔	0.30	118	09M1(검)xle-16F2③	6.98
19	청두1호	0.58	69	09M1 F4	0.45	119	09M1(검)xle-16F2④	7.00
20	남풍콩	0.61	70	GS146	0.57	120	09M1(검)xle-16F2⑤	8.00
21	대추방콩	0.44	71	11B2-1	0.46	121	09M1(검)xle-16F2⑥	9.14
22	10S31	6.94	72	11B2-2	6.20	122	황금x10F1F2①	7.35
23	황금콩	0.51	73	11B2-3	5.35	123	황금x10F1F2②	5.77
24	개척1호	0.47	74	11B2-4	7.39	124	황금x10F1F2③	7.99
25	풍산나물	3.55	75	PI507226A	7.66	125	황금x10F1F2④	4.60
26	불태콩	0.62	76	10F1	5.69	126	다올x09M1(녹)F2①	7.40
27	P34-162	0.57	77	다-7	8.89	127	다올x09M1(녹)F2②	4.88
28	흰유태	0.71	78	진2xPI468385F2①	8.11	128	다올x09M1(녹)F2③	5.48
29	진2	4.09	79	새울x10BC1-1F2①	9.48	129	다올x09M1(녹)F2⑤	4.72
30	대풍콩	0.72	80	새울x10D4F2①	5.56	130	다올x09M1(녹)F2⑥	9.16
31	조남콩	0.55	81	새울x10D4F2②	9.75	131	다올x09M1(녹)F2⑦	8.02
32	갈채콩	0.65	82	PI548625x진2F2①	7.24	132	다올x09M1(녹)F2⑧	5.09
33	대양콩	0.64	83	PI548625x진2F2②	6.96	133	다올x09M1(녹)F2⑨	6.65
34	검은밥밀콩	0.56	84	PI548625x진2F2③	7.02	134	다올x09M1(녹)F2⑩	6.24
35	흰콩나물콩	0.73	85	10K25x10F1F2①	6.00	135	다올x09M1(녹)F2⑪	7.82
36	새울콩	0.67	86	10K25x10F1F2②	5.51	136	다올x09M1(녹)F2⑫	5.09
37	태광콩	0.58	87	10K25x10F1F2③	7.83	137	다올x09M1(녹)F2⑬	9.45
38	속청콩	0.44	88	10F1xPI229343①	6.09	138	다올x09M1(녹)F2⑭	5.93
39	흑미콩	0.51	89	10F1xPI229343②	7.64	139	다올x09M1(녹)F2⑮	7.11
40	보석콩	0.57	90	10BC1-25x(태광x~)F2①	5.86	140	다올x09M1(녹)F2⑯	4.68
41	청자2호	0.51	91	10BC1-25x(태광x~)F2②	5.61	141	다올x09M1(녹)F2⑰	6.53
42	LS-10	0.85	92	10BC1-25x(태광x~)F2③	7.47	142	다올x09M1(녹)F2⑱	4.89
43	상원콩	0.70	93	10BC1-25x(태광x~)F2④	7.13	143	12D41F3(비린맛 있음)	6.20
44	대하콩	0.57	94	10BC1-25x(태광x~)F2⑤	9.47	144	12D41F3(무비,OK)	7.10
45	대망2호	0.57	95	10BC1-25x(태광x~)F2⑥	6.86	145	12D44F3(비린맛?)	8.25
46	방콩	0.46	96	10BC1-25x(태광x~)F2⑦	6.13	146	12D44F3(비린맛?)	7.79
47	다올콩	0.69	97	10BC1-25x(태광x~)F2⑧	7.85	147	12D46F3	8.56
48	송학콩	0.64	98	10BC1-25x(태광x~)F2⑨	6.41	148	12D46F3(무비)	7.96
49	즐찬콩	0.70	99	10BC1-25x(태광x~)F2⑩	5.82	149	12A14	9.44
50	비둘기콩	0.61	100	10BC1-25x(태광x~)F2⑪	7.61	150	12A16F3	7.63

순번	계통	t-RVT ($\mu\text{g/g}$)	순번	계통	t-RVT ($\mu\text{g/g}$)	순번	계통	t-RVT ($\mu\text{g/g}$)
151	12A17F3	5.20	201	10BC1-32	6.31	251	116-13xP1417227F2⑦	7.81
152	12A18	7.89	202	10BC1-33	10.84	252	116-13xP1417227F2⑧	5.72
153	12A22F3	6.86	203	10BC1-34	9.32	253	116-13xP1417227F2⑨	7.54
154	12A24F3	8.49	204	10BC1-35	10.35	254	116-13xP1417227F2⑩	6.65
155	12B2F3(무비)	6.34	205	10BC1-37	10.04	255	116-13xP1417227F2⑪	6.79
156	12B3F3	8.58	206	10BC1-38	7.10	256	116-13xP1417227F2⑫	5.30
157	12B5F3(비린맛있음)	7.95	207	10BC1-42	6.69	257	116-13xP1417227F2⑬	5.48
158	12B11F3(무비)	8.99	208	10BC1-44	8.74	258	116-13xP1417227F2⑭	7.49
159	12B13F3	9.01	209	F4-1(Y)	7.15	259	116-13xP1417227F2⑮	8.23
160	12B15F3	7.57	210	F4-1(B.pod)	6.66	260	116-13xP1417227F2⑯	6.49
161	11A3	8.32	211	F4-4	8.64	261	116-13xP1417227F2⑰	7.86
162	11A5	8.52	212	F4-5-1	6.80	262	116-13xP1417227F2⑱	6.92
163	11A10	6.21	213	F4-5-2	7.82	263	12I1	8.33
164	11A11	6.99	214	F4-6	7.13	264	12I2	8.72
165	11A12	10.31	215	F4-7	7.84	265	12I3	6.54
166	11A13	5.23	216	F4-8	7.31	266	12O3	7.24
167	11B4	6.39	217	F4-9	8.09	267	12O4	7.73
168	11H2	8.24	218	F4-10	7.52	268	12O5	8.27
169	11M2	7.32	219	F4-12	6.01	269	12O8	8.25
170	11M4	7.99	220	F4-13(high yield?)	9.16	270	12O10	7.24
171	11N2	9.63	221	F4-14(high yield?)	7.99	271	12O12	8.09
172	11N3	8.62	222	F4-15	10.59	272	12O13	9.75
173	12H1	8.16	223	F4-16	10.83	273	12O15	8.55
174	12H2	9.45	224	76F7-4(1)	7.49	274	12O21	7.44
175	12H6	7.11	225	013F9-2(2)	6.94	275	12O22	9.96
176	12H12	6.29	226	013F9-2(3)	4.68	276	12O24	6.23
177	12H13	8.26	227	05C4-6	5.86	277	12P3	10.47
178	12H14	9.75	228	05C4-4,6,7	7.05	278	12P4	6.80
179	12H15	7.32	229	진2(10 plants)	7.32	279	12P5	5.44
180	12H16	12.28	230	P1548625x116-13F2①	5.99	280	12P12	7.33
181	12H19	8.87	231	P1548625x116-13F2②	6.10	281	12P13	5.78
182	12H20	8.88	232	P1548625x116-13F2③	7.18	282	12P14	6.68
183	12H30	8.68	233	P1548625x116-13F2④	6.17	283	12P16	7.60
184	12H44	10.22	234	P1548625x116-13F2⑤	2.74	284	12Q1	4.95
185	12H50	6.74	235	P1548625x116-13F2⑥	5.17	285	12Q2	6.18
186	10BC1-2	9.56	236	P1548625x116-13F2⑦	7.74	286	12Q3	7.82
187	10BC1-4	10.67	237	P1548625x116-13F2⑧	8.45	287	12Q4	6.07
188	10BC1-5	8.99	238	P1548625x116-13F2⑨	7.36	288	12Q6	3.29
189	10BC1-7-1	9.38	239	P1548625x116-13F2⑩	8.05	289	12G2-1	7.68
190	10BC1-8	8.69	240	P1548625x116-13F2⑪	7.70	290	12L1	8.85
191	10BC1-9	8.78	241	P1548625x116-13F2⑫	7.51	291	12L2	10.50
192	10BC1-10	11.42	242	09M1(검)x116-13F2①	6.81	292	12L7	8.84
193	10BC1-12	13.60	243	09M1(검)x116-13F2②	7.08	293	12L9	7.54
194	10BC1-14-1	14.47	244	09M1(검)x116-13F2③	6.47	294	12L10	8.85
195	10BC1-14-2	11.56	245	116-13xP1417227F2①	6.40	295	12L14	9.17
196	10BC1-15	12.72	246	116-13xP1417227F2②	7.17	296	12L19	9.83
197	10BC1-18	12.40	247	116-13xP1417227F2③	5.87	297	12L20	8.32
198	10BC1-19	13.24	248	116-13xP1417227F2④	7.42	298	12L24	11.19
199	10BC1-22	8.71	249	116-13xP1417227F2⑤	7.50	299	12L25	10.17
200	10BC1-25	6.60	250	116-13xP1417227F2⑥	8.56	300	12L26	9.65

순번	계통	t-RVT ($\mu\text{g/g}$)	순번	계통	t-RVT ($\mu\text{g/g}$)	순번	계통	t-RVT ($\mu\text{g/g}$)
151	12A17F3	5.20	201	10BC1-32	6.31	251	116-13xP1417227F2⑦	7.81
152	12A18	7.89	202	10BC1-33	10.84	252	116-13xP1417227F2⑧	5.72
153	12A22F3	6.86	203	10BC1-34	9.32	253	116-13xP1417227F2⑨	7.54
154	12A24F3	8.49	204	10BC1-35	10.35	254	116-13xP1417227F2⑩	6.65
155	12B2F3(무비)	6.34	205	10BC1-37	10.04	255	116-13xP1417227F2⑪	6.79
156	12B3F3	8.58	206	10BC1-38	7.10	256	116-13xP1417227F2⑫	5.30
157	12B5F3(비린맛있음)	7.95	207	10BC1-42	6.69	257	116-13xP1417227F2⑬	5.48
158	12B11F3(무비)	8.99	208	10BC1-44	8.74	258	116-13xP1417227F2⑭	7.49
159	12B13F3	9.01	209	F4-1(Y)	7.15	259	116-13xP1417227F2⑮	8.23
160	12B15F3	7.57	210	F4-1(B.pod)	6.66	260	116-13xP1417227F2⑯	6.49
161	11A3	8.32	211	F4-4	8.64	261	116-13xP1417227F2⑰	7.86
162	11A5	8.52	212	F4-5-1	6.80	262	116-13xP1417227F2⑱	6.92
163	11A10	6.21	213	F4-5-2	7.82	263	12I1	8.33
164	11A11	6.99	214	F4-6	7.13	264	12I2	8.72
165	11A12	10.31	215	F4-7	7.84	265	12I3	6.54
166	11A13	5.23	216	F4-8	7.31	266	12O3	7.24
167	11B4	6.39	217	F4-9	8.09	267	12O4	7.73
168	11H2	8.24	218	F4-10	7.52	268	12O5	8.27
169	11M2	7.32	219	F4-12	6.01	269	12O8	8.25
170	11M4	7.99	220	F4-13(high yield?)	9.16	270	12O10	7.24
171	11N2	9.63	221	F4-14(high yield?)	7.99	271	12O12	8.09
172	11N3	8.62	222	F4-15	10.59	272	12O13	9.75
173	12H1	8.16	223	F4-16	10.83	273	12O15	8.55
174	12H2	9.45	224	76F7-4(1)	7.49	274	12O21	7.44
175	12H6	7.11	225	013F9-2(2)	6.94	275	12O22	9.96
176	12H12	6.29	226	013F9-2(3)	4.68	276	12O24	6.23
177	12H13	8.26	227	05C4-6	5.86	277	12P3	10.47
178	12H14	9.75	228	05C4-4,6,7	7.05	278	12P4	6.80
179	12H15	7.32	229	진2(10 plants)	7.32	279	12P5	5.44
180	12H16	12.28	230	P1548625x116-13F2①	5.99	280	12P12	7.33
181	12H19	8.87	231	P1548625x116-13F2②	6.10	281	12P13	5.78
182	12H20	8.88	232	P1548625x116-13F2③	7.18	282	12P14	6.68
183	12H30	8.68	233	P1548625x116-13F2④	6.17	283	12P16	7.60
184	12H44	10.22	234	P1548625x116-13F2⑤	2.74	284	12Q1	4.95
185	12H50	6.74	235	P1548625x116-13F2⑥	5.17	285	12Q2	6.18
186	10BC1-2	9.56	236	P1548625x116-13F2⑦	7.74	286	12Q3	7.82
187	10BC1-4	10.67	237	P1548625x116-13F2⑧	8.45	287	12Q4	6.07
188	10BC1-5	8.99	238	P1548625x116-13F2⑨	7.36	288	12Q6	3.29
189	10BC1-7-1	9.38	239	P1548625x116-13F2⑩	8.05	289	12G2-1	7.68
190	10BC1-8	8.69	240	P1548625x116-13F2⑪	7.70	290	12L1	8.85
191	10BC1-9	8.78	241	P1548625x116-13F2⑫	7.51	291	12L2	10.50
192	10BC1-10	11.42	242	09M1(검)x116-13F2①	6.81	292	12L7	8.84
193	10BC1-12	13.60	243	09M1(검)x116-13F2②	7.08	293	12L9	7.54
194	10BC1-14-1	14.47	244	09M1(검)x116-13F2③	6.47	294	12L10	8.85
195	10BC1-14-2	11.56	245	116-13xP1417227F2①	6.40	295	12L14	9.17
196	10BC1-15	12.72	246	116-13xP1417227F2②	7.17	296	12L19	9.83
197	10BC1-18	12.40	247	116-13xP1417227F2③	5.87	297	12L20	8.32
198	10BC1-19	13.24	248	116-13xP1417227F2④	7.42	298	12L24	11.19
199	10BC1-22	8.71	249	116-13xP1417227F2⑤	7.50	299	12L25	10.17
200	10BC1-25	6.60	250	116-13xP1417227F2⑥	8.56	300	12L26	9.65

순번	계통	t-RVT ($\mu\text{g/g}$)	순번	계통	t-RVT ($\mu\text{g/g}$)	순번	계통	t-RVT ($\mu\text{g/g}$)
301	12L27	8.49	335	RS-78xPI506903F2⑥	5.12	369	10F1x116-13F2⑨	7.96
302	12L28	8.40	336	RS-78xPI506903F2⑦	5.08	370	10F1x116-13F2⑩	8.00
303	12L31	9.12	337	RS-78xPI506903F2⑧	6.42	371	10F1x116-13F2⑪	5.59
304	12L32	8.76	338	RS-78xPI506903F2⑨	7.10	372	10F1x116-13F2⑫	5.96
305	12K1	8.33	339	RS-78xPI506903F2⑩	5.53	373	12T1	6.33
306	12K2	8.25	340	RS-78xPI506903F2⑪	5.87	374	12T2	4.13
307	12K12	10.27	341	RS-78xPI506903F2⑫	5.82	375	12T3	7.14
308	12K13	10.99	342	RS-78xPI506903F2⑬	6.61	376	12T11	6.45
309	12K14	9.25	343	RS-78xPI506903F2⑭	5.14	377	12T12	6.59
310	12K19	6.05	344	RS-78xPI506903F2⑮	6.73	378	12T13	6.49
311	12K21	9.27	345	RS-78xPI506903F2⑯	7.54	379	12T14	6.80
312	12K31	10.06	346	RS-78xPI506903F2⑰	5.92	380	12T15	6.61
313	12K20	9.29	347	RS-78xPI506903F2⑱	4.72	381	12T16	6.87
314	12K32	9.07	348	RS-78xPI506903F2⑲	7.81	382	12T17	4.89
315	12K36	6.97	349	RS-78xPI506903F2⑳	7.20	383	12T18	6.23
316	12N1	10.16	350	RS-78xPI506903F2㉑	5.04	384	12T21	7.28
317	12N3	12.04	351	RS-78xPI506903F2㉒	6.62	385	12T22	6.72
318	12N11	15.04	352	RS-78xPI506903F2㉓	6.16	386	12U1	5.03
319	12N26	10.97	353	RS-78xPI506903F2㉔	5.04	387	12U2	6.70
320	12N34	11.08	354	RS-78xPI506903F2㉕	4.82	388	12U3	4.43
321	12E23	7.97	355	RS-78xPI506903F2㉖	6.68	389	12U11	5.05
322	12E43	8.32	356	RS-78xPI506903F2㉗	5.04	390	12U12	7.02
323	12E45	6.73	357	09M1(녹)x116-13F2①	6.16	391	12U13	6.83
324	12E50	7.05	358	09M1(녹)x116-13F2②	2.91	392	12U14	6.17
325	12J1	7.41	359	09M1(녹)x116-13F2③	6.58	393	12U15	7.66
326	12J11	8.47	360	09M1(녹)x116-13F2④	5.84	394	12U16	5.97
327	12J23	9.43	361	10F1x116-13F2①	6.67	395	12U17	5.74
328	12J24	8.18	362	10F1x116-13F2②	7.54	396	12U18	4.78
329	12J25	5.60	363	10F1x116-13F2③	7.47	397	12R13	5.24
330	RS-78xPI506903F2①	6.75	364	10F1x116-13F2④	7.17	398	12R15	7.11
331	RS-78xPI506903F2②	5.97	365	10F1x116-13F2⑤	5.85	399	12R17	8.75
332	RS-78xPI506903F2③	4.80	366	10F1x116-13F2⑥	7.63	400	12R18	7.76
333	RS-78xPI506903F2④	6.17	367	10F1x116-13F2⑦	6.37	401	12R19	6.68
334	RS-78xPI506903F2⑤	5.39	368	10F1x116-13F2⑧	6.62			

2회차 분석 결과 높은 함량을 가진 계통(품종 포함)은 아래와 같다.

순위	계통	t-RVT ($\mu\text{g/g}$)
1	12N11	15.04
2	10BC1-14-1	14.47
3	10BC1-12	13.60
4	10BC1-19	13.24
5	10BC1-15	12.72
6	10BC1-18	12.40
7	12H16	12.28
8	12N3	12.04
9	10BC1-14-2	11.56
10	10BC1-10	11.42
11	12L24	11.19
12	12N34	11.08
13	12K13	10.99
14	12N26	10.97
15	10BC1-33	10.84
16	F4-16	10.83
17	10BC1-4	10.67
18	F4-15	10.59
19	12L2	10.50
20	09M1(녹) × P1229343 F2①	10.47
21	12P3	10.47
22	10BC1-35	10.35
23	11A12	10.31
24	12K12	10.27
25	12H44	10.22
26	12L25	10.17
27	12N1	10.16
28	12K31	10.06
29	10BC1-37	10.04
30	12O22	9.96
31	12L19	9.83
32	12H14	9.75
33	새올 × 10D4 F2②	9.75
34	12O13	9.75
35	12L26	9.65
36	11N2	9.63
37	10BC1-2	9.56
38	새올 × 10BC1-1 F2①	9.48
39	10BC1-25 × (태광 × ~) F2⑤	9.47
40	다올 × 09M1(녹) F2 ⑬	9.45
41	12H2	9.45
42	12A14	9.44
43	12J23	9.43
44	10BC1-7-1	9.38
45	다올 × 10BC1-24 F2 ③	9.32
46	10BC1-34	9.32
47	12K20	9.29
48	12K21	9.27
49	12K14	9.25
50	12L14	9.17

제 2 세부과제 : 고품질 기능성 Non-GM콩을 이용한 가공식품의 품질특성 및 생리활성 규명의 품질특성 및 생리 활성 규명

1. 연구개발의 목표 및 주요 결과

- Lipoxygenase가 결핍된 non-GM콩(개척#1, 개척#2 및 진양콩)을 이용한 두부의 품질 특성 및 생리활성, 진양콩, 05C4 및 LS 품종으로 제조한 된장 및 간장의 품질특성 및 생리활성을 *in vitro*에서 비교하여 우수 품종을 선별하였음. 콩 가공품의 *in vivo* 생리활성 평가를 위하여 두부 및 된장의 동결건조 분말을 고지방-콜레스테롤 식이성 실험쥐에 혼합급이하여 체내 지질 개선 및 생체 내 항산화 효소계에 미치는 영향을 분석하였음.
- 두부 제조 수율은 개척#2 두부에서 가장 높았으며, 이는 태광 두부보다 유의적으로 높은 수준이었음. 두부의 총 무기물 함량은 개척#2 두부가 태광 두부에 비해 낮은 함량이었으나, 개척#1 및 진양 두부는 이보다 높은 함량이었음. 조직감은 LOX 결핍콩 두부에 다소 높았으며, 관능평가 결과 유의차는 없었으나, 개척#2 및 진양 두부에서 다소 높은 것으로 평가되었음. 두부의 이소플라본 함량은 태광 두부에 비해 개척#1과 진양 두부의 함량이 높았으며, 개척#2 두부는 태광 두부와 비슷한 수준이었음. 두부의 총 페놀 함량은 개척#1 두부에서 가장 높았으며, 플라보노이드 함량은 개척#1과 개척#2 두부가 태광 두부보다 유의적으로 높은 함량이었음.
- 메주의 수분 함량은 LS가 21.02%로 유의적으로 높았으며, 진양 및 05C4 메주는 태광 메주와 유의차가 없었음. 조단백질 함량은 진양 메주(38.33%)가 가장 낮았으며, 조지방 함량은 8.03~8.27%로 태광 및 LS 메주가 유의적으로 높았으며, 콩 품종간에 두드러진 차이가 적었음. 이소플라본 함량은 태광 메주에 비해 3종의 LOX 결핍콩으로 제조한 메주에서 유의적으로 높았으며, 특히 05C4 및 LS 메주에서 더 높은 함량으로 정량되었음.
- 된장의 숙성기간별(30, 90 및 150일) 수분 함량은 58.67~62.72%의 범위로 태광 된장이 가장 낮았으며, LS 된장이 가장 높은 함량이었음. 조단백질 함량은 숙성 150일에 LS 된장이 가장 높은 함량이었음. 조지방은 6.69~8.57%의 범위로 숙성기간에 따른 차이가 거의 없었음. 된장의 염도는 8.92~9.89의 범위로 품종간이나 숙성기간별 대차가 없었음. 총당 함량은 숙성기간의 경과에 따라 감소하였으며, 숙성 초기에 감소폭이 컸고, 시료간의 대차는 적었음. 환원당 함량도 총당과 유사한 경향이었으며, 전 숙성기간에서 3종의 LOX 결핍콩 된장이 대조구에 비해 유의적으로 높은 함량이었음. 무기물의 총 함량은 태광 된장에 비해 진양 및 LS 된장이 낮은 함량이었음. 아미노태 질소 함량은 모든 시료에서 증가하는 경향이었으며, 대조구에 비해 3종의 LOX 결핍콩 된장에서 그 함량이 많았음. 구성아미노산 함량은 숙성 30일에 태광 된장에 비해 3종의 LOX 결핍콩 된장에서 높았으며, 유리아미노산 중 glutamic

acid는 태광 된장에 비해 3종의 LOX 결핍콩 된장에서 높게 정량되었음. 이소플라본 함량도 태광 된장에 비해 3종의 LOX 결핍콩 된장에서 높은 함량이었음. 총 페놀 함량은 숙성 초기에 05C4와 LS 된장이 대조구에 비해 높았으며, 플라보노이드 함량은 대조구와 3종의 LOX 결핍콩 된장간에 두드러진 함량차가 없었음. 3종의 LOX 결핍콩 된장의 항산화 활성은 태광콩과 비슷하거나 우수한 활성을 보였음.

- 간장의 숙성기간별(30, 90 및 150일) 염도는 점차 증가되는 경향이었으나, 시료간에 큰 차이가 없었음. 총당 및 환원당은 숙성 30~90일 동안에 크게 감소하였으며, 진양 및 LS 간장이 숙성 150일에 대조구에 비해 유의적으로 높은 함량이었음. 간장의 질소화합물 중 아미노태질소 함량은 숙성이 진행됨에 따라 증가하였으며 대조구에 비해 3종의 LOX 결핍콩 간장의 함량에서 높았음. 총 구성아미노산 함량은 숙성 90일후에 05C4 및 LS 간장에서 높은 함량이었음. 유리아미노산 함량은 숙성기간의 경과에 따라 증가하였으며, 숙성 150일에 05C4 간장이 대조구에 비해 다소 높았음. 간장의 이소플라본은 daidzin과 glycitin 등의 2종이 검출되었으며, 시료간에 대차를 보이지 않았음. 간장의 숙성기간별 총 페놀 함량은 숙성기간의 경과에 따라 증가하는 경향이었으며, 플라보노이드 함량의 경우 숙성 90~150일에 대조구에 비해 진양 및 05C4 간장의 함량이 유의적으로 높았음. 3종의 LOX 결핍콩 간장에서 항산화 활성은 된장과 유사한 경향으로 태광 간장에 비해 유사하거나 다소 높았음.
- LOX 결핍콩으로 제조한 두부, 메주, 된장 및 간장 등의 콩 가공품은 일반콩인 태광콩 가공품에 비해 기능성 성분의 함량이 높았으며, 이화학적인 특성 및 생리활성이 태광콩 가공품과 비슷하거나 높은 활성을 보였을 뿐만 아니라 가공 적성에도 적합하여 기능성이 우수한 제품인 것으로 판단되었음. 따라서 원료콩의 수급 및 기능성을 고려하여 두부 가공으로는 개척#1 및 진양콩, 된장 가공으로 05C4 및 LS를 선별하여 가공품을 제조하여 생체 내 연구를 수행하였음.
- 선정된 두부 및 된장의 콜레스테롤 흡착 활성은 두부의 경우 개척#1 두부의 활성이 유의적으로 높았으며, 된장은 LS 된장의 활성이 유의적으로 높았음. 3T3-L1세포를 이용한 중성지방 축적 억제능은 태광 두부에 비해 개척#1 두부의 활성이 유의적으로 높았으며, 된장의 경우에도 태광 된장에 비해 LOX 결핍콩으로 제조한 05C4 된장에서 세포 내 중성지방의 축적이 유의적으로 억제됨을 확인할 수 있었음.
- 고지방-콜레스테롤 식이성 흰쥐에 두부 동결건조분말(태광, 개척#1 및 진양 두부)을 10% 수준으로 혼합급여하여 5주간 사육한 결과, 두부 급여군의 식이 효율은 대조군(고지방-콜레스테롤 식이군)과 통계적인 유의차가 없었음. 혈액 및 간 조직의 총 지질, 총 콜레스테롤 및 중성지방 함량은 대조군에 비해 유의적으로 감소되었음. 분변 중으로 총 지질 배출량은 대조군에 비해 유의적으로 증가되었으나, 두부의 종류에 따른 유의차는 없었다. 간 조직의 항산화 활성으로 catalase, GSH-Px 및 UDPGT 활성은 개척#1 두부 급여군에서 유의적으로 높았음.
- 고지방-콜레스테롤 식이성 흰쥐에 된장 동결건조분말(태광, 05C4 및 LS 된장)을 5% 수준

으로 혼합급이하여 5주간 사육한 결과, 된장 급이군의 식이효율은 대조군(고지방-콜레스테롤 식이군)에 비해 낮았으나, 통계적인 유의차는 없었음. 혈액 및 간 조직의 지질함량은 대조군에 비해 LOX 결핍콩으로 제조한 된장 급이군에서 유의적으로 감소되었으며, 특히 LS 된장 급이군에서 총 지질, 총 콜레스테롤 및 중성지방 함량이 낮았음. 분변 중의 지질함량은 된장을 급이함에 따라 증가되었으나 된장 종류의 따른 유의차는 없었음. 간 조직의 SOD, catalase, GSH-Px 및 UDPGT 활성은 된장 급이군에서 증가되었으며, LS 된장 급이군에서 정상군보다 높은 수준까지 상승하여 유의적으로 활성이 높았음.

- 두부 및 된장의 소비자 선호도 조사 결과 LOX 결핍콩으로 제조된 두부 및 된장의 선호도가 태광콩으로 제조된 것보다 높았으며, 소비자 선호도 평가에서도 높은 점수를 받았음. 결론적으로 LOX 결핍콩으로 만든 두부 및 된장의 품질 특성이 태광콩에 비해 손색이 없었기 때문에 LOX 결핍된 non-GM콩은 2차 가공품의 가공 적성에 적합한 것으로 평가됨. 상품화를 위해 최종 제품으로 두부는 ‘개척 두부’, ‘개척 흑두부’, 된장은 ‘개척 된장’으로 네이밍하고 포장 디자인을 확정하고 시제품을 개발하였음.

2. 재료 및 방법

1) 실험재료

(1) 원료콩

두부 제조를 위한 원료콩(태광콩, 개척#1, 개척#2 및 진양콩) 및 된장과 간장을 제조하기 위한 원료콩(태광콩, 진양콩, 05C4 및 LS)은 주관 연구기관으로부터 제공받았다(Photo 1, 2).

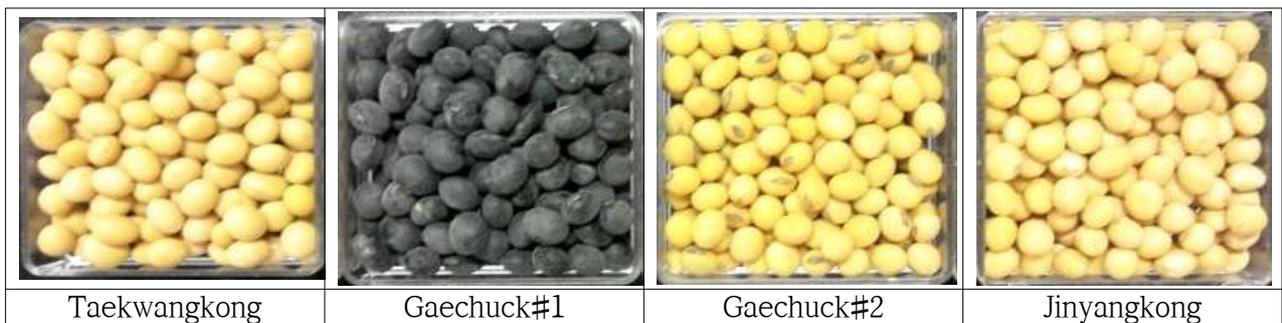


Photo 1. Different soybean cultivars for manufacture of tofu.

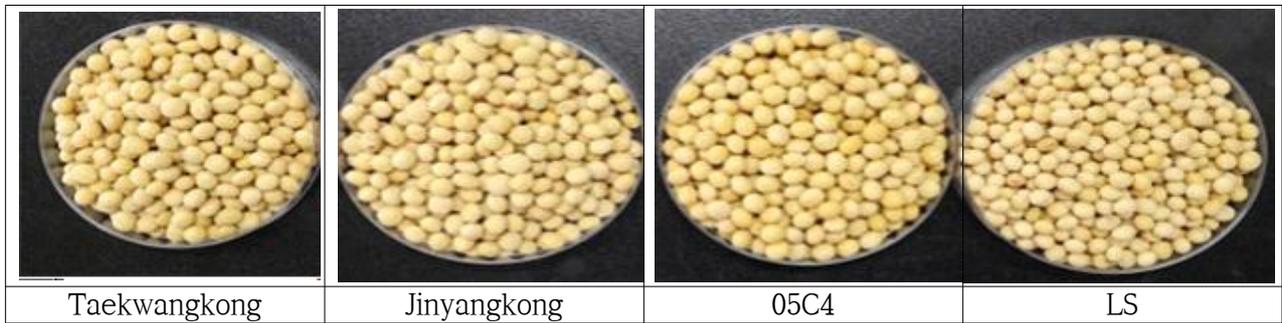


Photo 2. Different soybean cultivars for manufacture of Doenjang and Kanjang.

(2) 두부 제조

원료콩은 1 kg에 대해 10배의 수도수를 가하여 12~15시간 실온에서 침지하였다. 두부 제조 공정은 Fig. 1과 같이 수침한 콩에 수도수를 가하여 마쇄하였으며, 마쇄액의 총 부피를 3 L로 조정하였다. 이를 여과하여 두유를 얻었으며, 1 L씩 소분하여 95°C에서 40분간 가열한 후 해양 심층수를 가하여 10분간 고르게 저어준 다음 10분간 정치시켜 curd가 잘 형성되도록 하였다. 이를 두부틀(11×8×4 cm)에 붓고 20분간 누름틀(3 kg)로 압착시켰다. 두부가 형성된 후 누름틀을 제거하고 찬물에 담가 재빨리 두부를 냉각시켰다(20분). 완성된 두부는 15×12×6 cm의 plastic trap 용기에 넣고 증류수 150 mL를 충전하여 PE 필름으로 가열 밀봉하였다. 완성된 두부는 Photo 3과 같다. 두부의 수율은 원료콩(g)으로부터 얻어지는 두부의 중량비(%)로 계산하였다.

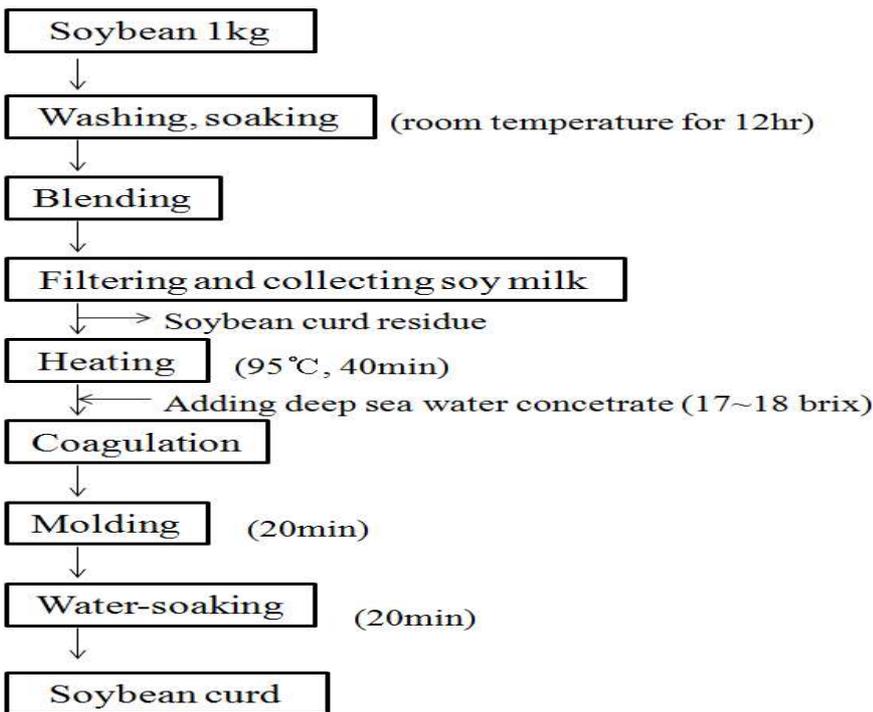


Fig. 1. Preparation flow for manufacture of tofu.

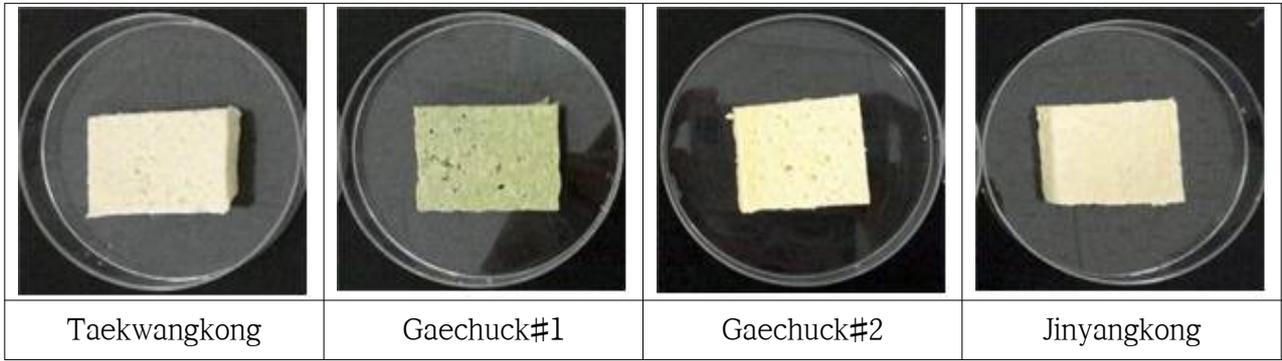


Photo 3. Tofu made from different soybean cultivars.

(3) 두부의 저장 및 추출물의 제조

PE 필름으로 포장된 두부는 4℃에서 15일간 저장하였으며, 저장기간 3, 6, 9, 12 및 15일에 시료를 각각 채취하여 분석용 시료로 사용하였다.

두부의 이소플라본 정량 및 항산화 활성 측정용 시료는 두부를 제조한 즉시 동결건조시켜 사용하였다. 두부 추출물은 동결건조시킨 두부 분말에 80% 메탄올을 가하여 20% 추출액을 만든 후 이를 10%, 5% 및 2.5%로 희석하여 이소플라본 정량 및 항산화 활성을 측정하였다.

(4) 된장 및 간장의 제조

① 메주의 제조

원료콩을 흐르는 물에 잘 수세하여 12시간 수침시킨 다음 증기압 0.4 kg/cm²의 증자기에서 3시간 30분간 증자한 후 실온에서 냉각시켰다. 여기에 *Aspergillus oryzae* 균주를 접종하여(0.2 g/증자콩 1 kg) 혼합한 후 마쇄하여 메주(20×12×10, L×W×H cm)를 성형하였다. 성형된 메주는 햇빛에서 48시간동안 걸말린 다음 발효실(온도, 28±2℃; 습도, 50±5%)에서 80일간 자연 발효시켰다(Photo 4).

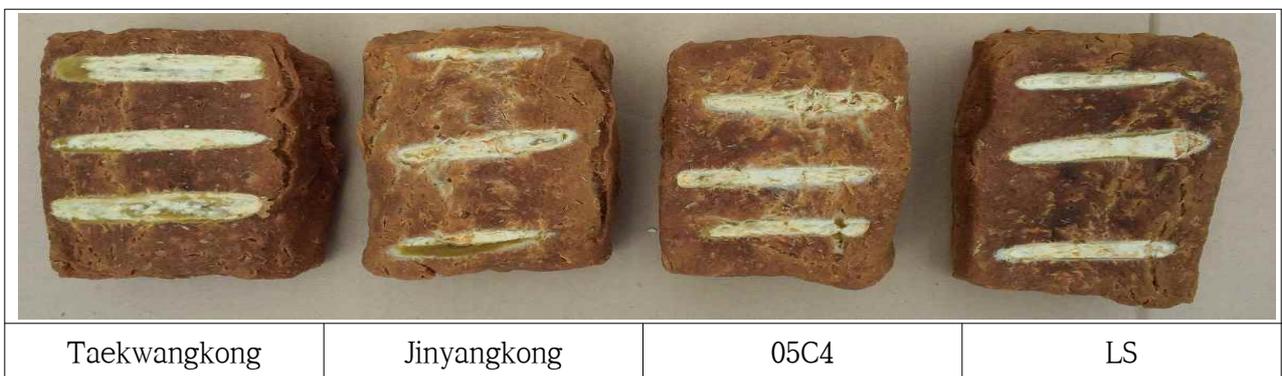


Photo 4. Meju prepared from different soybean cultivars.

② 된장 및 간장의 제조

메주는 발효 최종일에 메주의 표면을 깨끗이 씻어 물기를 제거한 후 분쇄하였다. 된장 제조는 1 L용량의 유리병에 메주가루 100 g과 15%의 염수를 1:1.5(w/v)의 비율로 혼합하여 25°C에서 150일간 숙성시켰다. 숙성기간의 경과에 따라 30일, 90일 및 150일에 숙성된 된장을 충분히 균질화하여 냉동보관해 두면서 분석에 사용하였다(Photo 5).

간장은 1 L용량의 유리병에 메주가루 100 g과 20%의 염수를 1:3(w/v)의 비율로 혼합하여 된장과 동일한 조건에서 숙성시켰다. 숙성기간의 경과에 따라 30일, 90일 및 150일에 숙성된 간장은 거즈 및 여과지로 고형분을 여과시킨 후 간장액을 냉동보관해 두면서 분석용 시료로 사용하였다(Photo 6).

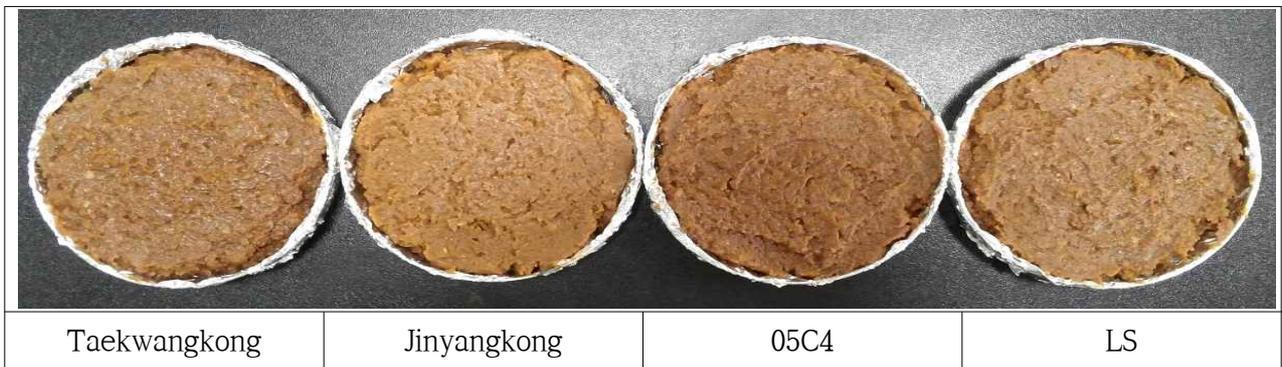


Photo 5. Doenjang prepared from different soybean cultivars by LOX-free.

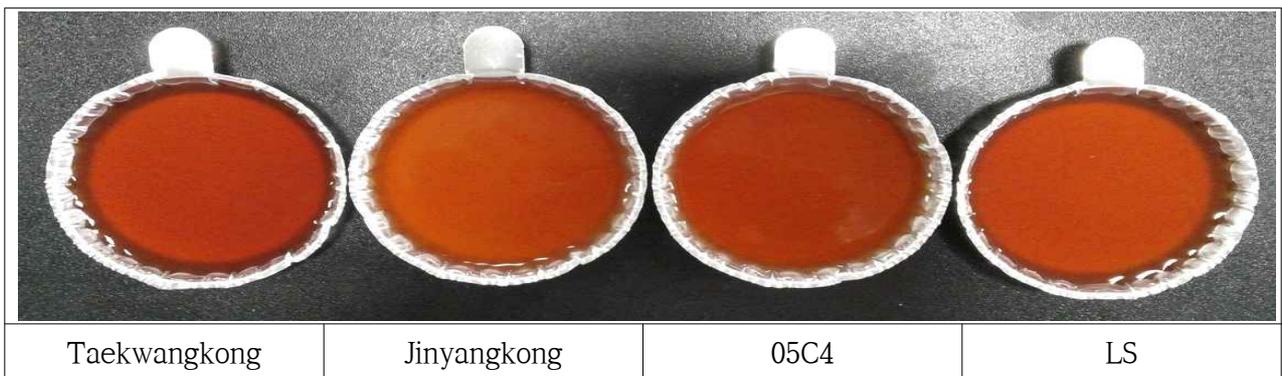


Photo 6. Kanjang prepared from different soybean cultivars by LOX-free.

③ 된장 및 간장 추출물 제조

된장 및 간장의 항산화 활성 측정을 위하여 균질화한 된장을 80% 메탄올로 추출물을 얻었으며, 간장은 증류수로 일정농도로 희석하여 사용하였다.

④ 두부 및 된장 동결건조 분말의 제조

완성된 두부 및 된장(150일 숙성)은 각각 동결건조 분말화하여 실험동물의 식이에 혼합하여 사육하였다.

2) 두부, 된장 및 간장의 이화학적 특성 및 생리활성 분석

(1) 색도 측정

색도는 색차계(Chroma meter, Minolta Co. CR 301, Japan)로 명도(lightness)를 나타내는 L 값, 적색도(redness)를 나타내는 a값과 황색도(yellowness)를 나타내는 b값을 측정하였으며, 총 색도는 ΔE 값으로 나타내었다.

(2) 조직감 측정

두부의 조직감은 일정한 크기(1×1×1 cm)로 자른 후 texture meter(TA-XT2, Stable Micro Systems Ltd., England)로 측정하였다. 경도(hardness), 점착성(adhesiveness), 탄력성(springiness), 검성(gumminess), 씹힘성(cohesiveness), 복원성(resilience)을 10회 이상 측정하여 평균±표준편차로 나타내었다. 분석 조건으로 probe는 50 mm stainless cylinder를 사용하였으며, pre-test speed 1.0 mm/s, test speed 1.0 mm/s, post-test speed 1.0 mm/s, trigger force 1.0 g, test distance 4 mm로 하였다.

(3) 관능평가

두부의 관능평가는 식품영양학과 학부 및 대학원생 20명을 대상으로 하여 두부의 색깔, 단맛, 쓴맛, 구수한 맛, 향 및 종합적인 기호도에 대해 5점 척도법으로 평가하였으며, 색, 맛, 향이 강할수록 5점을 부여하도록 하였다. 시료는 난수표로 작성되어 제공하였으며, 물로 입안을 충분히 헹군 후에 다음 시료의 평가가 이루어지도록 하였다.

(4) 무기물 정량

두부의 무기물은 일정량의 시료에 진한 황산과 질산을 각각 10 mL씩 가하여 hot plate상에서 완전 분해시킨 다음 증류수로 희석하여 Inductively Coupled Plasma (ICP, Optima 3300 DV, Perkin-Elmer Co., Melville, NY, USA)로 분석하였다.

(5) 산도 측정

두부 저장 중의 변화를 알아보기 위하여 두부 20 g을 정평한 후 증류수를 가하여 50 mL로 정용하였다. 이를 30분간 추출한 후 여과지(Whatman No 6)로 여과한 것을 산도 측정용 시료 용액으로 사용하였다. 여과액에 0.1 N NaOH를 가하여 pH 8.3이 되도록 하여 이때 첨가된 NaOH의 양을 측정하여 lactic acid 함량으로 산출하였다.

(6) 지질산패도 측정

저장기간의 경과에 따라 두부 20 g를 취한 후 증류수 40 mL 및 10% BHT 50 μ L를 가하여 균질화한 후 실온에서 30분간 추출하였다. 이 여과액 2 mL에 50% TCA 용액 2 mL, 2%

TBA 용액 2 mL를 차례로 가하여 혼합한 다음 90°C의 수욕상에서 15분간 반응시켰다. 이를 급냉하여 원심분리(5000 rpm, 15 min)한 후 상층액을 회수하여 532 nm에서 흡광도를 측정하였다. 두부의 지질산패도는 TBARS 함량으로 산출하였으며, 표준품으로 tetraethoxypropane (Sigma Co., St. Louis, MO, USA)을 사용하였다.

(7) pH 및 염도 측정

된장 및 간장의 pH는 시료를 각각 5 g 및 5 mL 취한 후 증류수 50 mL를 가하여 실온에서 30분간 추출한 다음 이를 여과하여 pH meter(Model 720, Thermo Orion, Waltham, USA)로 반복하여 측정하였다. 염도 측정은 된장 및 간장 시료를 각각 1 g 및 1 mL 취하여 증류수 50 mL를 가하고 추출한 다음 이를 여과한 여과액 10 mL에 1 N $K_2Cr_2O_4$ 1 mL를 가하고 적갈색이 나타날 때까지 소요된 $AgNO_3$ 의 양으로부터 산출하였다.

(8) 총당 및 환원당 정량

총당은 phenol- H_2SO_4 법에 따라 된장 및 간장 시료를 각각 0.3 g 및 0.3 mL씩 취하여 증류수 50 mL에 추출하여 얻은 여액 1 mL에 5% 페놀 용액 1 mL 및 진한 황산 5 mL를 차례로 가하여 30분간 실온에서 정치시킨 후 470 nm에서 흡광도를 측정하였다. 환원당은 DNS법에 따라 수행하였으며, 570 nm에서 흡광도를 측정하였다. 총당 및 환원당 함량은 glucose를 사용하여 각각 작성한 표준 검량선으로부터 계산하였다.

(9) 유기산 정량

시료를 증류수로 희석하여 IC(ICS-2100, Dionex, Salt lake city, USA)로 분석하였다. 이때 분석용 column은 IonPac ICE-AS6 analytical column (9×250 mm), detector는 suppressed conductivity를 이용하였고, 이동상은 0.4 mM heptafluorobutyric acid를 1.0 mL/min의 속도로 이동시켰으며, 칼럼 온도는 19°C로 유지하였다. 유기산 표준품은 oxalic acid, tartaric acid, citric acid, maleic acid, formic acid, lactic acid, acetic acid, succinic acid, fumaric acid, propionic acid 및 glutaric acid (Sigma chemical Co.)를 사용하였다.

(10) 아미노태 질소 정량

된장 및 간장 시료 2 g 및 2 mL를 증류수 50 mL에 교반 추출한 다음 여과하여 얻은 여과액 20 mL에 0.1 N NaOH용액을 가하여 pH 8.4로 맞추고 중성포르말린 용액 20 mL를 가한 다음 pH가 산성화되면 다시 0.1 N NaOH 용액으로 pH 8.4가 될 때까지 적정하였다. 이때 소모된 0.1 N NaOH의 양으로 아미노태 질소의 함량을 계산하였다.

(11) 이소플라본 정량

두부, 된장 및 간장은 각각 80% 메탄올 추출물을 제조하여 0.2 μ m syringe filter로 여과하여

HPLC(Agilent Technologies, Palo Alto, CA, USA)로 분석하였다. 이때 칼럼은 YMC C₁₈(5 μ m, 4.6×250 mm), 254 nm에서 UV-detector를 사용하였으며, 이동상 용매로는 0.1% acetic acid in water (A)와 0.1% acetic acid in acetonitril (B)를 사용하여 0~5분(10%, B), 5~70분(70%, B), 70~72분(98%,B), 72~80분(98%, B)의 조건에서 분석하였다. 이때 유속은 0.8 mL/min, 시료 주입량은 20 μ L였다. 이소플라본의 표준물질은 daidzein, genistein, daidzin, genistin 및 glystin 5종을 Sigma Co.(St. Louis, MO, USA)로부터 구입하였으며, dimethylsulfoxide (DMSO)에 용해하여 HPLC chromatogram에서 retention time (RT)의 비교로 동정하였으며, peak area의 실측치와 표준용액의 농도간 계산에 의해 이소플라본의 함량을 산출하였다.

(12) 총 페놀 및 플라보노이드 함량 측정

총 페놀 함량은 추출물 1 mL에 동량의 Folin-ciocalteau 시약 및 10% Na₂CO₃용액을 차례로 가한 다음 실온의 암실에서 1시간 반응시킨 후 700 nm에서 흡광도를 측정하였다. 플라보노이드 함량은 추출물 1 mL에 10% aluminum nitrate 및 1 M potassium acetate 0.1 mL, ethanol 4.3 mL를 차례로 가한 후 실온의 암실에서 40분간 반응시켜 415 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준물질로 각각 gallic acid 및 quercetin (Sigma Co., St Louis, MO, USA)을 사용하여 얻은 표준검량선으로부터 산출하였다.

(13) 항산화 활성 측정

DPPH 라디칼 소거활성은 5 mg/100 mL 메탄올에 용해한 DPPH 용액에 동량의 시료를 혼합하여 실온에서 10분간 반응시킨 후 525 nm에서 흡광도를 측정하였다. ABTS 라디칼 소거활성은 7 mM ABTS용액에 potassium persulfate를 2.4 mM이 되도록 용해시켜 냉암소에서 12~16시간 반응시킨 다음 414 nm에서 흡광도가 1.5가 되도록 증류수로 희석한 것을 ABTS 기질용액으로 사용하여 시료 추출물과 반응시켜 414 nm에서 흡광도를 측정하였다. Fe⁺² chelating 활성은 일정농도의 시료액 0.15 mL, 0.5 mM FeCl₂·4H₂O용액 0.01 mL 및 1.25 mM ferrozine 용액 0.02 mL를 혼합하여 실온에서 10분간 반응시킨 후 562 nm에서 흡광도를 측정하였다. 소거활성(%)은 $[1 - (\text{시료 첨가구의 흡광도} / \text{무첨가구의 흡광도})] \times 100$ 으로 계산하였다. FRAP (ferric-reducing antioxidant potential)법에 의한 환원력 측정은 300 mM acetate buffer (pH 3.6), 40 mM HCl에 용해한 10 mM TPTZ (2,4,6-tripyridyl-s-triazine) 용액 및 20 mM FeCl₃·6H₂O를 각각 10:1:1(v/v/v)의 비율로 만든 기질용액을 사용하였다. 96 well plate에 시료액 40 μ L, FRAP 기질용액 100 μ L 및 증류수 40 μ L를 차례로 가하여 37°C에서 4분간 반응시켜 593 nm에서 흡광도를 측정하였으며, FeSO₄·7H₂O를 표준물질로 하여 얻은 표준 검량선으로부터 계산하였다.

3) *In vitro*에서 두부 및 된장의 지질 개선 효과 측정

(1) 콜레스테롤 흡착활성

두부 및 된장 추출물(2 mg/mL)을 콜레스테롤과의 반응력을 *in vitro*에서 효소법에 따라 분석하여 시료 무첨가구에 대한 시료 첨가구의 흡광도를 측정하여 콜레스테롤 흡착활성(%)으로 나타내었다.

(2) 3T3-L1 preadipocyte의 분화 유도 및 시료처리

3T3-L1 preadipocyte주는 한국 세포주 은행(Korean cell line bank, KCLB)에서 분양 받아서 사용하였으며, 세포 배양은 10% bovine calf serum (BCS;Gibco, USA)과 1% penicillin/streptomycin (P/S; Gibco, USA)이 첨가된 Dulbecco's modified Eagle's medium (DMEM; Sigma, USA)를 사용하여 37°C에서 5% CO₂의 조건으로 실험하였다. 3T3-L1 전구세포를 DMEM 배지를 이용하여 cell culture palte에 접종한 후 배양하여 pre-confluent 상태가 되도록 한 뒤 세포주기를 맞추기 위하여 48시간 배양하였다. Confluent 상태(분화유도 0일째)에서 배양액을 분화유도 배지로 교환하여 3일간 분화 유도하였다. 두부 및 된장의 제조에 사용된 LOX 결핍콩이 지방세포 분화에 미치는 영향을 관찰하기 위해 분화유도 시 농도별로 시료를 처리하였으며, 이틀마다 인슐린이 포함된 배지로 교환하였다.

(3) Oil-Red O 염색

Oil-Red O 염색 및 정량은 분화된 세포를 PBS로 세척하고 PBS에 lipid droplets assay fixative로 15분간 고정시킨 후 건조하고 증류수로 희석하여 여과하여 제조한 Oil Red O 시약을 1 mL씩 첨가하여 20분간 염색한 뒤 3회 증류수로 세척하여 현미경으로 관찰하였다. lipid droplets assay dye extraction solution으로 지방에 염색된 Oil Red O 시약을 용해시킨 후 492 nm에서 흡광도를 측정하여 지방 축적량으로 나타내었다.

4) 고지방-콜레스테롤 식이에 두부 및 된장 동결건조 분말의 혼합 급이에 따른 체내 지질 개선효과 분석

(1) 실험동물의 사육 및 식이조성

체중이 100~110 g인 Sprague-Dawley계 5주령 수컷 흰쥐를 (주)샘타코(Osan, Korea)로부터 분양받아 1주일간 적응시킨 후 난괴법에 의해 6마리씩 5그룹으로 나누어 5주간 사육하였다. 동물사육실(DJ1-252-2, Daejong Instrument Industry Co. Ltd., Seoul, Korea)의 조건은 온도(22±2°C), 습도(50±5%) 및 명암주기(12시간; 07:00~19:00)를 자동 설정하여 사용하였다. 정상군은 AIN-93G의 normal diet를 급이하였으며, 대조군(HFC)은 normal diet에 1%의 콜레스테롤과 탄지를 첨가하여 급이하였다.

두부 급이군은 대조군(HFC)의 식이에 대해 10%의 태광 두부(HFC+T1), 개척#1(HFC+T2) 및 진양 두부(HFC+T3) 분말을 혼합급이하였으며, 된장의 식이조성은 대조군(HFC)의 식이에 각각 5%의 태광 된장(HFC+D1), 05C4 된장(HFC+D2) 및 LS 된장(HFC+D3)를 첨가하여 급이하였으며, 사육 기간 동안 물과 사료는 자유급이하였다. 이때 태광 두부의 당질(21.6%), 단백질(50.6%) 및 지질(27.8%)함량, 태광 된장의 당질(8.7%), 단백질(28.4%) 및 지질(13.0%)함량을 대조군 식이에서 제하여 총 열량을 대조군과 동일하게 하였으며 식이 조성은 Table 1과 같다.

(2) 식이섭취량, 식이효율 및 체중측정

실험기간 동안 식이는 매일 오후 4시에 급여하였고 다음날 오전 9시경에 잔량을 조사하여 식이섭취량을 산출하였다. 물은 수도수를 매일 신선하게 공급하였으며, 체중은 1주일에 1회 일정 시간에 측정하였다. 실험사육 5주간의 총 체중 증가량(g)을 실험일수로 나누어 1일 평균체중을 산출하였으며, 식이효율(food efficiency ratio, FER)은 체중 증가량을 동일 기간 동안의 식이섭취량으로 나누어 계산하였다.

Table 1. Diet compositions in experimental groups

Ingredients	Normal diet	HFC	(g/1 kg diet)					
			Group fed tofu			Group fed Doenjang		
			HFC-T1	HFC-T2	HFC-T3	HFC-D1	HFC-D2	HFC-D3
Corn starch	418	265.5		243.9			256.8	
Casein	200	200	149.4			171.6		
Dextrin	132	132		132			132	
Cellulose	50	50		50			50	
Sucrose	100	100		100			100	
Vitamin mix. ¹⁾	10	10		10			10	
Mineral mix. ²⁾	35	35		35			35	
L-cysteine	3	3		3			3	
Choline bitartrate	2	2		2			2	
Soybean oil	50	50		22.2			37.1	
Lard	-	140		140			140	
Cholesterol	-	10		10			10	
Sodium cholate	-	2.5		2.5			2.5	
Tofu powder	-	-		100 ³⁾			-	
Doenjang powder	-	-		-			50 ⁴⁾	
Total weight (g)	1,000	1000		1,000			1,000	
Total energy (kcal)	3631.5	4432.5		4432.5			4432.5	
Fat energy ratio (%)	12.4	40.6		40.6			40.6	

¹⁾AIN-93 Vitamin mixture, ²⁾AIN-93 Mineral mixture

³⁾Freeze dried powder of Taekwang tofu (HFC-T1), Gaechuck#1 tofu (HFC-T2), and Jinyang tofu (HFC-T3)

⁴⁾Freeze dried powder of Taekwang Doenjang (HFC-D1), 05C4 Doenjang (HFC-D2), and LS Doenjang (HFC-D3)

(3) 실험동물의 처리

실험동물은 실험 최종일에 16시간 절식시킨 후 에테르로 마취하여 심장으로 부터 채혈하여 혈액을 얻었다. 혈액은 약 30분간 빙수 중에서 정치시킨 후 980 ×g에서 15분간 원심분리 (Mega 17R, HANIL, Incheon, Korea)시켜 혈청을 분리하였다. 간장, 심장, 신장, 지라 및 고환 등의 장기 조직을 적출하여 중량을 측정하였다.

(4) 혈중 지질 성분 분석

혈중 총 지질(total lipid)은 혈청 20 μL에 phospho-vanillin 시약을 첨가한 후 37°C에서 15분간 배양한 후 시료 무침가구를 대조로 하여 540 nm에서 흡광도를 측정하였다. 총 콜레스테롤(total cholesterol)은 총 콜레스테롤 측정용 kit시약(AM 202-k, Asan, Korea), 중성지방(triglyceride)은 중성지방 측정용 kit시약(AM 157S-k, Asan, Korea), HDL-콜레스테롤(high density lipoprotein-cholesterol) 함량은 HDL-C 측정용 kit시약(AM 203-k, Asan, Korea)으로 측정하였다. LDL-콜레스테롤(low density lipoprotein-cholesterol) 함량은 혈청 총 콜레스테롤 - (HDL-C+중성지방/5)의 계산식, 심혈관 질환 위험지수(cardiac risk factor, CRF)는 총 콜레스테롤과 HDL-콜레스테롤 함량을 이용하여 계산하였다.

(5) AST 및 ALT 활성도 측정

간 기능 평가를 위한 혈중 지표로써 AST (aspartate aminotransferase) 및 ALT (alanine aminotransferase)활성 측정은 kit (AM 101-k, Asan pharm. Co.)시약으로 측정하여 혈액 1 mL당 Karmen unit로 표시하였다.

(6) 혈청의 지질과산화물 함량 및 항산화 활성 측정

지질과산화물 함량은 혈청 300 μL에 1/12 N 황산 용액 및 10% phosphotungstic acid를 차례로 가한 후 2800 ×g에서 10분간 원심분리시켰다. 상층액을 제거한 잔사에 증류수 및 TBA (thiobarbituric acid) 시약을 1 mL 가하고, 95°C의 수욕상에서 60분간 반응시켜 형성된 지질과산화물을 butanol에 이행시켜 532 nm에서 흡광도를 측정하였다. TBARS 함량은 1,1,3,3-tetraethoxypropane (Sigma Co.)을 사용한 표준 검량선으로부터 산출하여 mmol/mL로 나타내었다. 항산화 활성은 혈청 100 μL에 100 mM Tris-HCl 완충액(pH 7.4) 및 DPPH(2.5 mg in 100 mL ethanol) 용액 4 mL를 가한 다음 실온의 암실에서 20분간 반응시켰다. 여기에 chloroform 4 mL를 가하여 진탕 혼합하였다. 2800 ×g에서 10분간 원심분리시킨 후 chloroform 층을 회수하여 517 nm에서 흡광도를 측정하여 무침가구에 대한 흡광도 비(%)로 나타내었다.

(7) 간 및 분변 중 지질 성분 분석

간 조직 및 분변은 일정량을 취하여 chloroform:methanol 혼합액(CM, 2:1, v/v)을 가하여 tissue grinder (DAIHAN WOS01010, Wonju, Korea)로 마쇄한 후 24시간 동안 냉암소에서 지

질을 추출하였다. 추출 후 CM용액은 완전 건조시켜 진한 황산 용액 0.2 mL를 가하여 98°C의 수조에서 10분간 반응시켜 지질을 분해한 후 phospho-vanillin시약을 가하여 37°C에서 15분간 반응시킨 후 540 nm에서 흡광도를 측정하였으며, olive oil을 사용한 표준 검량선으로부터 총 지질 함량을 계산하였다. 총 콜레스테롤 및 중성지방 함량은 상기의 kit시약으로 분석하였다.

(8) 간 조직의 항산화 효소 활성 측정

간 조직 2 g에 0.25 M sucrose와 1 mM EDTA를 포함하는 50 mM 인산 완충액 (pH 7.4) 10 mL를 가하여 4°C 이하의 저온상태를 유지하면서 tissue grinder로 마쇄하여 10%(w/v) 균질액을 제조하였다. 이를 1,100 ×g에서 10분간 원심분리하여 잔사는 완충용액 3 mL를 가하여 12,000 ×g에서 20분간 재원심분리하여 mitochondria 분획물로 하였다. 상층액은 12,000 ×g에서 20분간 원심분리하였으며, 이때 상층액은 105,000 ×g에서 1시간 동안 초원심분리하여 잔사는 microsome 분획물, 상층액은 cytosol 분획물로 구분하였다. 각 분획물의 단백질 함량은 Lowry 등(1951)의 방법에 따라 bovine serum albumin (Sigma Co.)으로 정량하였다.

Superoxide dismutase (SOD) 활성은 간 조직의 cytosol 분획물에 tris-HCl 완충액(50 mM tris + 10 mM EDTA, pH 8.6) 1.4 mL와 15 mM pyrogallol 0.05 mL를 잘 혼합하여 25°C에서 10분간 반응시켰다. 여기에 0.05 mL의 1 N HCl을 가하여 반응을 정지시킨 다음 반응용액 중 산화된 pyrogallol의 양을 420 nm에서 흡광도로 측정하였으며, 반응액의 pyrogallol 자동산화율 50% 억제하는 효소의 함량(U/mg protein)으로 나타내었다.

Catalase 활성은 0.1 mL의 mitochondria 분획물, 10.5 mM H₂O₂ 0.1 mL에 50 mM potassium phosphate 완충액 (pH 7.0)을 가하여 총 부피를 3 mL로 하여 25°C에서 5분간 반응시켜 240 nm에서 흡광도의 변화를 측정하였다. 효소활성은 1분간 1 μM의 H₂O₂를 분해시키는 데 소요되는 효소량(μmol/min/mg protein)으로 나타내었다.

Glutathione peroxidase (GSH-Px)활성은 1 mM EDTA를 함유한 100 mM phosphate 완충액(pH 7.0)에 동량의 10 mM glutathione, 10 mM NaN₃, GSSG reductase 100 unit/mL 및 NADPH 2 mM를 가하여 최종 부피를 2.5 mL로 한 후 cytosol 분획물 0.05 mL를 넣어 37°C에서 5분간 반응시키고 여기에 2.5 mM H₂O₂를 가한 후 340 nm에서 1분 동안의 흡광도 변화를 측정하였다.

5) 통계분석

각 실험은 반복실험을 통하여 결과를 얻었고 SPSS 12.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 사용하여 통계처리 하였으며, 각각의 시료에 대해 평균±표준편차로 나타내었다. 각 시료군에 대한 유의차 검정은 분산분석을 한 후 $p < 0.05$ 수준에서 Duncan's multiple range test를 실시하였다.

3. 연구 결과

1) 두부의 이화학적 특성 및 생리활성

(1) 두부의 수율

일반콩(태광콩)과 LOX 결핍된 non-GM콩(개척#1, 개척#2 및 진양콩)을 원료로 하여 해양심층수를 응고제로 사용하여 두부를 제조하였을 때 수율은 Table 2와 같다. 두유에 대한 두부의 수율은 대조구에서 292.62~389.88 g이었으며, 개척#2콩으로 제조한 두부의 수율이 가장 많았다. 원료콩에 대한 두부의 수율은 대조구에서 204.83~272.92%로 개척#2로 제조한 두부에서 가장 높았으며, 이는 태광 두부보다 유의적으로 높은 수율이었다.

따라서 non-GM콩을 이용하여 두부의 제조 시 개척#2는 침지 후 수분 흡수에 의한 중량의 증가율이 크며, 원료콩의 영양성분이나 생리활성이 태광콩과 유사하고 두부 수율면에서도 효율적인 품종인 것으로 판단된다.

Table 2. Yields of tofu made from different soybean cultivars by LOX-free

	Tofu (g)/ Soy milk (L)	Yields of tofu to soybean (%)
Taekwangkong	379.64±6.75 ^C	265.75±4.72 ^C
Gaechuck#1	337.1±44.04 ^B	236.00±2.83 ^B
Gaechuck#2	389.88±4.07 ^D	272.92±2.85 ^D
Jinyangkong	292.62±5.36 ^A	204.83±3.75 ^A

All values are mean±SD (*n*=4)

^{A-D}Means with different superscripts in the same column are significantly different at *p* <0.05 by Duncan's multiple range test

(2) 두부의 무기물 함량

LOX 결핍콩으로 제조한 두부의 일반성분을 분석한 결과는 Table 3과 같다. 두부의 무기물은 총 9종이 검출되었으며, 총 함량은 개척#2 두부가 648.27 mg/100 g으로 태광 두부(731.64 mg/100 g)에 비해 낮은 함량이었으나, 개척#1 및 진양 두부는 이보다 높은 함량이었다. 무기물 중 칼륨의 함량이 가장 높았으며, 다음으로 인, 칼슘의 순이었으며, 나트륨은 83.11~110.07 mg/100 g으로 마그네슘의 함량(67.36~92.93 mg/100 g)과 비슷한 수준이었다.

Table 3. Mineral content of tofu made from different cultivars

(mg/100 g, wet base)

	Tofu made from different cultivars			
	Taekwangkong	Gaechuck#1	Gaechuck#2	Jinyangkong
K	250.72±1.83	280.72±4.95	261.83±2.25	304.39±5.29
Ca	120.29±0.59	119.15±0.85	103.35±1.34	135.03±1.29
Mg	80.49±0.69	83.80±1.06	67.36±0.40	92.93±1.43
Na	104.74±2.18	83.11±2.35	95.59±1.38	110.07±3.34
P	155.56±0.73	153.84±2.14	104.78±1.95	150.49±0.83
Fe	17.38±0.07	13.44±0.21	13.81±0.04	15.71±0.13
Mn	0.63±0	0.59±0.01	0.40±0	0.72±0
Al	1.81±0.03	1.10±0.04	1.12±0.02	2.76±0.01
Se	0.03±0.01	0.05±0.02	0.03±0.01	0.03±0.01
Total	731.64±4.00	735.81±9.69	648.27±3.03	812.12±10.70

(3) 두부의 조직감

LOX 결핍콩으로 제조한 두부의 조직감을 texture meter로 측정하였다(Table 4). 대조구에서 경도는 태광 두부가 가장 낮았으며, 개척#1, 개척#2 및 진양 두부가 유의적으로 높은 경도를 보였다. 점착성은 태광 두부에 비해 개척#1 두부가 높았고 개척#2 및 진양 두부에서 낮은 값이었다. 탄력성 및 검성은 태광 콩두부가 유의적으로 높았으나, 시료간에 차이는 작았다. 응집성은 태광 두부가 유의적으로 높았으며, 복원성은 진양 두부가 유의적으로 낮은 반면, 개척#1, 개척#2 및 태광 두부가 유의적으로 높았으나, 이들 시료간에 유의차는 없었다.

두부의 견고성은 두유 중의 고형분 함량, 응고제의 종류 및 양, 원료의 단백질 함량 및 조성 등에 따라 상당한 변화를 가지는 것으로 보고된 바 있다. 따라서 LOX 결핍콩으로 제조한 두부는 태광 두부에 비해 다소간 단단한 curd가 형성되나, 두부의 질감에 두드러진 차이를 보이지 않는 것으로 생각된다.

Table 4. Texture characteristics of tofu made from different soybean cultivars

	Taekwangkong	Gaechuck#1	Gaechuck#2	Jinyangkong
Hardness	79.81±4.29 ^A	118.88±11.32 ^B	123.21±16.68 ^B	144.00±16.64 ^C
Adhesiveness	-8.64±1.57 ^C	-3.24±0.58 ^D	-12.21±1.62 ^B	-13.83±0.52 ^A
Springiness	0.95±0.02 ^B	0.93±0.02 ^A	0.92±0.02 ^A	0.93±0.01 ^A
Gumminess	65.06±2.87 ^A	93.60±7.88 ^B	96.98±7.63 ^B	105.96±13.20 ^C
Cohesiveness	0.82±0.02 ^C	0.79±0.03 ^B	0.79±0.03 ^B	0.74±0.02 ^A
Resilience	0.44±0.02 ^B	0.44±0.02 ^B	0.43±0.03 ^B	0.37±0.02 ^A

All values are mean±SD (*n*=5)

^{A-D}Means with different superscripts in the same column are significantly different at *p* <0.05 by Duncan's multiple range test

NS: not significant

(4) 두부의 관능평가

태광콩 및 LOX 결핍콩으로 제조한 두부의 관능평가 결과는 Fig. 2와 같다. 두부의 표면색은 검정콩으로 제조한 개척#1 두부가 가장 진하였으며, 다음으로 개척#2 두부였다. 개척#2는 태광콩이나 진양콩처럼 황색종임에도 불구하고 두부의 색이 진한 것은 개척#2의 배아 부위에 존재하는 검은색 줄의 영향이라 생각된다. 두부의 맛은 담백하고 구수한 맛으로 평가되었는데, 시료간에 유의적인 차이가 없었으나 개척#2 및 진양 두부가 다소 좋았던 것으로 나타났다. 두부의 냄새는 개척#2 두부에서 콩 냄새가 다소간 감지되었으나, 진양 두부에서는 그 냄새가 더 약한 것으로 평가되었으나, 시료간에 유의차는 작았다. 조직감은 두부의 단단한 정도를 나타내는데, 태광 두부가 가장 무르고, 그 외 두부에서는 이보다 단단한 것으로 나타나 기계적인 조직감과 유사한 결과였다. 두부의 전체적인 기호도는 시료간에 유의차가 없었으나, 개척#2 두부가 다소 높은 반면, 검정콩으로 만든 개척#1 두부에서 낮았다. 본 연구 결과 LOX 결핍콩으로 제조한 두부는 일반콩 두부에 비해 조직감이 좋고 맛이나 냄새에 있어서도 일반콩 두부에 비해 손색이 없어 이들 콩은 두부 제조에 적합한 것으로 판단되었다.

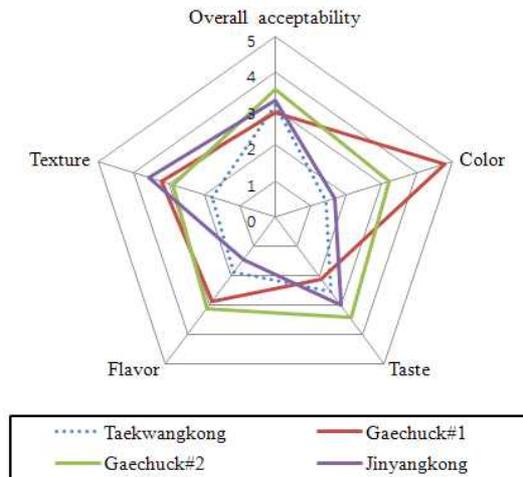


Fig. 2. Sensory characteristics of tofu made from different cultivars

(5) 두부의 이소플라본 함량

LOX 결핍콩으로 두부를 제조하여 이소플라본 함량을 분석한 결과 원료콩과 비슷한 패턴으로 12~14종의 이소플라본이 검출되었으며, 표준품으로 5종을 동정한 결과는 Table 5와 같다. 두부 중 이소플라본의 총 함량은 태광 두부에 비해 개척#1과 진양 두부에서 훨씬 높게 정량되었으며, 개척#2 두부는 태광 두부보다 약간 낮은 함량이나 비슷한 수준이었다. Genistin의 함량이 가장 높았으며, 다음으로 daidzin이었다. 이들 이소플라본 배당체를 비교해 보면, 개척#1두부는 태광 두부에 비해 훨씬 높은 함량이었으나, 진양 두부는 비슷한 수준이었다. 반면에 진양 두부는 aglycone인 daidzein과 genistein의 함량이 여타 시료에 훨씬 높은 함량이었다.

원료콩의 이소플라본은 daidzin과 genistin보다 이들의 malonyl isomer인 malonyldaidzin과 malonylgenistin의 함량이 더 높았는데, 두부에서도 malonyl isomer의 함량이 높아 이들 물질이 물에 대한 용해도가 높고 열에 의해 분해되기 쉽기 때문인 것으로 생각된다. 또한 두부 제조시 aglycon의 함량 감소는 원료콩의 침지에 의한 결과이며 특히 가열 과정은 daidzein의 감소에 유의적인 것으로 보고되어 있다(Rekha & Vijayalakshmi, 2010). 따라서 개척#1 및 개척#2는 두부 제조 시 이소플라본 함량이 작으며, LOX 결핍콩 두부에서 이소플라본 함량은 원료콩의 패턴과 유사하며, 일반콩보다 높아 두부의 기능성에 손색이 없을 것으로 판단된다.

Table 5. Isoflavone contents of tofu made from different soybean cultivars

Isoflavone	(μg/g)				
	Tofu	Taekwang	Gaechuck#1	Gaechuck#2	Jinyang
Daidzin		20.42±0.38 ^A	28.06±1.94 ^B	19.96±0.82 ^A	20.29±0.19 ^A
Genistin		36.21±2.08 ^A	45.05±3.73 ^B	33.81±2.44 ^A	36.61±2.39 ^A
Glycitin		3.53±0.12 ^B	4.72±0.19 ^D	4.33±0.07 ^C	2.00±0.09 ^A
Malonyldaidzin		139.61±12.46 ^A	244.84±27.42 ^B	153.72±13.24 ^A	154.26±16.12 ^A
Malonylgenistin		188.48±8.31 ^A	334.17±19.82 ^C	194.88±12.32 ^A	240.76±13.05 ^B
Daidzein		6.66±0.19 ^A	6.11±0.55 ^A	7.45±0.24 ^B	12.58±0.51 ^C
Genistein		6.98±0.01 ^B	6.25±0.07 ^A	7.56±0.06 ^C	13.69±0.14 ^D
Total		401.88±18.57 ^A	669.19±41.15 ^C	421.73±22.54 ^A	480.19±26.93 ^B

All values are mean±SD (n=3)

^{A-D}Means with different superscripts in the same row are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

(6) 두부의 총 페놀 및 플라보노이드 함량

LOX 결핍콩으로 제조한 두부의 총 페놀 및 플라보노이드 함량은 Table 6과 같다. 총 페놀 함량은 개척#1 두부가 태광 두부에 비해 유의적으로 높았으며, 그 외 시료는 태광 두부보다 낮은 함량이었다. 플라보노이드 함량은 개척#1과 개척#2 두부가 태광 두부보다 유의적으로 높은 함량이었다.

Table 6. Total phenol and flavonoid contents of tofu made from different soybean cultivars

	Total phenol (mg/100 g)	Flavonoid (mg/100 g)
Taekwangkong	53.80±0.78 ^C	1.81±0.22 ^B
Gaechuck#1	56.23±0.51 ^D	4.68±0.05 ^D
Gaechuck#2	52.43±0.29 ^B	2.48±0.09 ^C
Jinyangkong	45.91±0.86 ^A	1.41±0.18 ^A

All values are mean±SD (n=3)

^{A-D}Means with different superscripts in the same column are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test

(7) 두부의 생리활성

태광 및 LOX 결핍콩으로 만든 두부의 80% 메탄올 추출물에 대한 항산화 활성을 측정한 결과는 Table 7과 같다. 두부 메탄올 추출물은 25~200 mg/mL의 농도범위에서 DPPH, ABTS 라디칼 소거활성과 환원력을 측정하여 DPPH 및 ABTS 라디칼을 50% 소거하는데 관여하는 시료의 농도(EC_{50%})로 나타낸 결과, 개척#1 두부에서 50 mg/mL이하였으며, 환원력은 흡광도 값이 0.3에 도달하는데 관여하는 시료의 농도(EC_{0.3})로써 72.08 mg/mL로 여타 시료에 비해 유의적으로 활성이 높았다. 다음으로 개척#2 두부였으며, 진양 두부는 대조구인 태광 두부에 비해 유의적으로 활성이 낮았다. 진양 두부에서 항산화 활성이 낮았던 것은 시료 중 총 페놀 및 플라보노이드 함량이 여타 시료에 비해 유의적으로 낮았던 것과 관련성이 더 크다고 생각된다.

본 연구결과 개척#1 두부의 항산화 활성은 원료콩 중의 총 페놀 및 플라보노이드 함량에 의존적인 것으로 여겨진다. 더욱이 황색콩으로 제조된 개척#2 두부도 태광 두부에 비해 항산화 활성이 우수하여 기능성 두부로서의 활용 가능성도 충분할 것으로 생각된다.

Table 7. Effective concentration values for antioxidant activity in 80% methanol extracts of tofu made from different soybean cultivars

Tofu	Antioxidant activity	DPPH radical scavenging ¹⁾	ABTS radical scavenging ¹⁾	Reducing power ²⁾
Taekwang		142.95 ± 7.49 ^C	104.96 ± 5.50 ^C	138.70 ± 0.32 ^C
Gaechuck#1		47.51 ± 1.10 ^A	42.54 ± 0.57 ^A	72.08 ± 1.18 ^A
Gaechuck#2		98.85 ± 1.41 ^B	68.41 ± 2.80 ^B	101.67 ± 0.72 ^B
Jinyang		183.54 ± 7.61 ^D	129.89 ± 3.24 ^D	180.89 ± 1.92 ^D

¹⁾Effective concentration values (EC₅₀, mg/mL) were calculated from the regression lines using four different concentrations (25, 50, 100 and 200 mg/mL) and their data were presented as 50% scavenging activity.

²⁾Reducing power values (EC_{0.3}, mg/mL) were presented by the sample concentration at 0.3 of absorbance value at 700 nm.

^{A-D}Each value represents mean ± SD (n=5). Means with different superscripts among the samples are significantly different at p < 0.05.

2) 두부의 저장 중 품질특성 변화

(1) 두부의 색도 변화

LOX 결핍콩으로 제조한 두부의 저장 중 색도 변화를 색차계로 측정한 결과는 Table 8과 같다. 저장 3일째 명도는 개척#1두부에서 가장 어두웠으며, 그 외 시료에서는 비슷하였다. 저장기간이 경과됨에 따라 명도는 점차 낮아지는 경향이였다. 적색도는 명도와 상반된 경향으로 개척#1 두부에서 가장 높았으며, 그 외 시료에서는 비슷한 수준이었으나, 저장 3일째 태광 두부의 적색도가 가장 낮았다. 적색도도 저장기간이 경과됨에 따라 점차 증가하여 저장 15일에 개척#1 두부가 가장 높았으며, 다음으로 태광 두부였다. 황색도는 저장 3일에 개척#2 두부가 가장 높았다. 이는 저장기간이 경과됨에 따라 증감이 반복되다가 저장 15일에는 개척#2 및 진양 두부가 태광 두부에 비해 높은 값을 보였다. 명도, 적색도 및 황색도를 포함한 전체적인 색차는 저장 3일에 개척#1 두부가 가장 낮았으며, 저장기간이 경과됨에 따라 개척#1 두부는 점차 감소되었으며, 그 외 시료는 증감이 반복되는 현상을 보였으며, 저장 15일에 진양 두부의 색차가 가장 높았으며, 다음은 개척#2 두부였으며, 태광 두부에 비해 높은 것으로 나타났다.

Table 8. Color properties of tofu made from different soybean cultivars during storage periods at 4°C

	Storage periods (days)				
	3	6	9	12	15
Taekwangkong					
L	72.69±0.21	72.10±0.27	72.70±0.30	71.34±0.58	71.60±0.36
a	0.07±0.04	0.18±0.02	0.29±0.01	0.27±0.05	0.55±0.04
b	18.47±0.32	18.22±0.71	18.03±0.50	18.31±0.82	18.50±0.37
ΔE	75.00±0.21 ^{dB}	74.37±0.41 ^{bcB}	74.91±0.18 ^{cdB}	73.66±0.54 ^{aC}	73.96±0.28 ^{abB}
Gaechuck#1					
L	53.78±0.17	55.53±0.05	55.64±0.21	55.46±0.14	57.30±0.07
a	4.26±0.17	1.31±0.31	1.53±0.05	1.57±0.06	1.88±0.23
b	17.72±0.35	15.72±0.62	15.93±0.10	15.95±0.66	15.49±0.55
ΔE	56.78±0.25 ^{aA}	57.73±0.20 ^{bA}	57.89±0.18 ^{bA}	57.73±0.30 ^{bA}	59.39±0.22 ^{cA}
Gaechuck#2					
L	71.76±0.09	71.89±0.08	72.12±0.03	71.43±0.29	72.73±0.13
a	0.24±0.03	0.25±0.07	0.25±0.02	0.27±0.02	0.34±0.02
b	21.61±0.87	20.12±0.11	21.12±0.11	20.57±0.06	22.21±0.22
ΔE	74.94±0.30 ^{bcB}	74.66±0.12 ^{bBC}	75.15±0.01 ^{cb}	74.33±0.27 ^{aC}	76.05±0.06 ^{dC}
Jinyangkong					
L	72.74±0.08	72.84±0.22	72.65±0.29	65.47±0.46	73.21±0.08
a	0.18±0.03	0.29±0.01	0.31±0.03	0.31±0.02	0.30±0.01
b	19.46±0.09	17.83±0.20	17.82±0.29	19.05±0.47	22.45±1.05
ΔE	75.30±0.09 ^{cb}	74.89±0.20 ^{bcC}	74.81±0.31 ^{bb}	68.19±0.35 ^{aB}	76.58±0.28 ^{dD}

All values are mean±SD (n=3)

Means with different superscripts in the same sample (a-d) and concentration (A-D) are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test

(2) 두부의 산도 변화

LOX 결핍콩으로 제조한 두부를 4°C에 저장하는 동안 두부의 산도를 측정한 결과는 Table 9와 같다. 저장 3일에 대조구 두부에서는 0.08~0.11% 범위였는데, 저장하는 동안 점차 증가되어 저장 15일에는 0.23~0.30%의 범위로 태광콩 두부의 산도가 가장 높았으며, LOX 결핍콩 두부는 이보다 유의적으로 낮은 값이었다.

본 연구 결과 콩 품종을 달리하여 제조한 두부의 산도는 저장기간의 경과에 따라 통계적으로 유의차를 보이며 증가하였으나, 증가폭은 작았다. 따라서 저장 중 두부의 산도 변화가 작아 저장안정성이 있으며, 더욱이 LOX 결핍콩 두부는 일반콩 두부에 비해 저장 최종일에 낮은 산도를 보여 저장 안정성이 더 높은 것으로 확인되는데, 원료콩의 지방 함량과 관련되는 것으로 추정되며, 추후 연구가 필요한 것으로 사료된다.

Table 9. The acidity of tofu made from different soybean cultivars during storage periods at 4°C

	Storage periods (days)				
	3	6	9	12	15
Taekwangkong	0.10±0 ^{aB}	0.16±0 ^{bB}	0.18±0 ^{cA}	0.20±0 ^{dNS}	0.30±0.01 ^{eD}
Gaechuck#1	0.08±0 ^{aA}	0.13±0 ^{bA}	0.19±0.01 ^{cB}	0.19±0 ^c	0.23±0.01 ^{dA}
Gaechuck#2	0.11±0 ^{aC}	0.17±0 ^{bC}	0.18±0 ^{bCA}	0.20±0.03 ^c	0.24±0.01 ^{dB}
Jinyangkong	0.11±0.01 ^{aC}	0.20±0 ^{bD}	0.23±0 ^{cC}	0.21±0 ^d	0.25±0 ^{eC}

All values are mean±SD (n=3)

Means with different superscripts in the same sample (a-e) and concentration (A-D) are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test

NS: not significant

(3) 두부의 지질과산화물 함량 변화

심층수로 제조한 두부의 저장 중 지질과산화물 함량은 TBARS값으로 나타내었다(Table 10). 4°C에서 저장 기간이 경과함에 따라 TBARS값이 증가하는 경향이였으며, 대조구 두부는 저장 3일에 0.72~0.96 mg/kg이었는데, 저장 15일에는 6.10~6.64 mg/kg으로 증가되었으며, 원료콩의 품종에 따른 유의차는 크지 않았다.

두부의 지방산 함량은 원료콩의 1/3수준이며, 불포화 지방산의 비율이 80%이상이며, linoleic acid가 50%이상을 차지하는데, 원료콩과 유사한 조성인 것으로 보고되고 있다(Seo YJ 등, 2010). 따라서 두부의 저장시 합기포장되는 것을 고려해 볼 때 포장용기 중에 함유된 공기중의 산소에 의해 저장 기간동안 지질산화가 발생하는 것으로 생각된다. 더욱이 LOX 결핍콩으로 제조한 두부는 일반콩두부에 비해 지질과산화물 함량이 낮아 저장 안정성에 효과적인 것으로 판단되는데, 이 또한 원료콩의 지방 함량과 관련되는 것으로 추정된다.

Table 10. Lipid peroxide contents of tofu made from different soybean cultivars during storage periods at 4°C

	Storage periods (days)				
	3	6	9	12	15
Taekwangkong	0.72±0.07 ^{aNS}	1.89±0.06 ^{bC}	1.96±0.28 ^{bB}	2.78±0.03 ^{cB}	6.64±0.52 ^{dNS}
Gaechuck#1	0.80±0.09 ^a	1.64±0.12 ^{bB}	1.81±0.18 ^{bB}	1.92±0.26 ^{bA}	6.26±0.04 ^c
Gaechuck#2	0.96±0.05 ^a	1.68±0.05 ^{bB}	1.96±0.12 ^{cB}	3.15±0.13 ^{dC}	6.10±0.22 ^e
Jinyangkong	0.78±0.25 ^a	1.27±0.07 ^{bA}	1.31±0.10 ^{bA}	2.93±0.14 ^{cBC}	6.30±0.15 ^d

All values are mean±SD (*n*=3)

Means with different superscripts in the same sample (a-d) and concentration (A-D) are significantly different at *p* < 0.05 by Duncan's multiple range test

NS: not significant

3) LOX 결핍콩으로 제조한 메주의 이화학적 특성

(1) 메주의 일반성분

LOX 결핍콩으로 제조한 메주를 제조하여 건조가 완료된 메주의 일반성분을 측정한 결과는 Table 11과 같다.

Table 11. Proximate composition of Meju made from non-GM soybeans

	Moisture	Crude protein	Crude lipid	Ash	Carbohydrate
Taekwangkong	17.68±1.82 ^A	41.85±1.30 ^B	8.27±1.93 ^{BC}	6.31±0.51 ^B	25.89±1.03 ^B
Jinyangkong	18.50±0.15 ^A	38.33±1.08 ^A	3.69±0.66 ^A	5.57±0.59 ^A	33.91±2.07 ^C
05C4	17.42±1.06 ^A	42.49±1.51 ^B	6.57±0.46 ^B	9.61±0.66 ^C	23.90±3.02 ^B
LS	21.02±0.45 ^B	42.84±0.62 ^B	8.03±0.68 ^C	9.56±0.22 ^C	18.55±0.91 ^A

All values are mean±SD (*n*=3)

Carbohydrate = 100-(moisture+crude protein+crude lipids+ash).

^{A-C}Means with different superscripts in the same column are significantly different at *p* < 0.05 by Duncan's multiple range test.

수분 함량은 LS 메주가 21.02%로 유의적으로 높았으며, 진양 및 05C4 메주는 태광 메주와 유의차가 없었다. 조단백질 함량은 진양 메주(38.33%)가 가장 낮았으며, 05C4 및 LS 메주는 대조구와 유의차가 없었다. 조지방 함량은 8.03~8.27%로 태광 및 LS 메주가 유의적으로 높았

다. 회분 함량은 05C4와 LS 메주가 비슷한 함량으로 타 시료에 비해 유의적으로 높았다. 당질 함량은 진양 메주(33.91%)에서 유의적으로 높았다. 진양콩은 LOX-1,2,3 결핍콩으로 sucrose 함량이 타 시료에 비해 높은 데 당질 함량이 이와 관련이 있을 것으로 추정된다.

(2) 메주의 이소플라본 함량

LOX 결핍콩으로 제조한 메주의 이소플라본 함량을 나타낸 결과는 Fig. 3 및 Table 12와 같으며, 총 7종의 이소플라본이 검출되었다. 콩에서는 malonylgenistin의 함량이 가장 높았던 반면에, 메주에서는 aglycone 형태의 daidzein, genistein의 함량이 가장 높았고, malonylgenistin의 함량이 30 $\mu\text{g/g}$ 이하로 가장 낮은 함량이었다. 이소플라본의 총 함량은 태광 메주에서 503.72 $\mu\text{g/g}$ 로 가장 낮았으며 진양 메주, 05C4 메주 및 LS 메주는 619.80~746.94 $\mu\text{g/g}$ 로 높은 함량을 나타내었다. Kim & Yoon(1999)은 체내 이용률이 높은 aglycone의 함유율은 시판 콩으로 만든 메주에서 61.95%를 나타냈으며 이는 원료콩보다 높은 것으로 보고하였는데, 본 실험과도 일치하는 결과였다. 본 실험에서 메주의 aglycone 함유율은 약 58.83%로 원료콩의 aglycone 함유율(약 3.30%)보다 높았다.

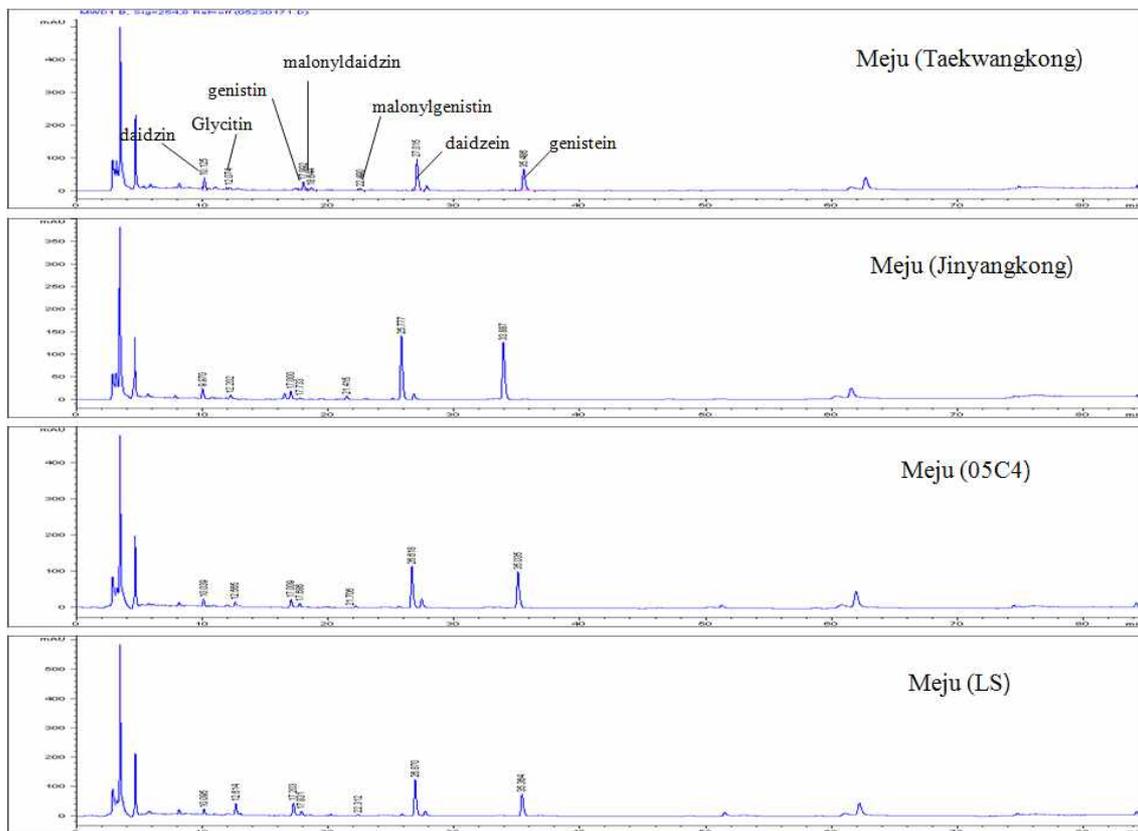


Fig. 3. HPLC chromatogram for isoflavone of Meju prepared from non-GM soybeans.

Table 12. Isoflavone contents of Meju prepared from non-GM soybeans

	($\mu\text{g/g}$)			
	Taekwangkong	Jinyangkong	05C4	LS
Daidzin	100.80	75.74	85.64	80.91
Genistin	62.17	43.20	80.48	131.62
Glycitin	9.13	18.80	30.93	81.62
Malonyldaidzin	30.81	12.12	59.70	69.13
Malonylgenistin	16.75	21.11	8.27	28.01
Daidzein	173.78	245.08	199.98	232.87
Genistein	110.28	203.76	179.86	122.77
Total contents	503.72	619.80	644.86	746.94

All values are mean \pm SD ($n=3$)

^{A-D}Means with different superscripts in the same column are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

4) LOX 결핍콩으로 제조한 된장의 숙성기간별 이화학적 특성 및 항산화 활성

(1) 된장의 색도

LOX 결핍콩으로 제조한 된장의 숙성기간 경과에 따른 색도를 측정된 결과는 Table 13과 같다. 명도(L)는 숙성 30일째 32.69~36.53에서 숙성 150일에는 30.67~34.26으로 숙성기간의 경과에 따라 점차 어두워지는 경향이었으며, 특히 진양 된장의 명도 값이 가장 높았으며, LOX 결핍콩 된장은 태광 된장에 비해 명도값이 높은 것으로 평가되었다. 적색도(a)는 숙성기간이 경과됨에 따라 다소 증가하는 경향이었으나, 대차는 없었다. 황색도(b)는 05C4 된장을 제외한 시료에서 숙성기간의 경과에 따라 증가하였는데, 이러한 결과는 저식염 된장이 숙성 중에 명도는 감소한 반면에 적색도와 황색도는 증가하였다는 보고(Lee & Kim 등, 2012)와 유사한 결과였다. 색차를 나타내는 ΔE 값을 NBS (National Bureau of Standards)의 기준(Kang 등, 2002)에서 검토해 볼 때, 숙성 150일째에서 진양 된장은 대조구인 태광 된장에 비해 5.08로 현저한 차이(3.0~6.0 범위)를 보였을 뿐 그 외 시료는 태광 된장과 뚜렷한 차이를 보이지 않아 LOX결핍콩으로 만든 된장이 일반콩 된장과 색도면에서 차이가 없을 것으로 사료된다.

된장의 색도에 차이가 나는 것은 된장 제조 시의 전분질의 배합량에 따른 amino-carbonyl 반응정도의 차이에 의한 것으로 보고되어 있는데(Ahn 등, 2012). 숙성이 진행됨에 따라 명도가 감소하고 a값이 증가하는 것으로 보아 된장의 색상은 숙성됨에 따라 amino-carbonyl 반응에 의해 점차 어두워지고 적색이 증가하는 것으로 알 수 있다. 본 연구에서 진양콩은 타 시료에 비해 sucrose의 함량이 상당히 높는데, 원료콩의 당 함량에 의존하여 숙성기간 중 갈변반응이 큰 것으로 추정된다.

Table 13. Changes of color intensity in Doenjang during fermentation

Doenjang		Fermentation days		
		30	90	150
L-value, (lightness)	Taekwangkong	34.82±0.14 ^C	33.76±0.11 ^A	30.67±0.49 ^A
	Jinyangkong	36.53±0.10 ^D	35.50±0.13 ^C	34.26±0.11 ^C
	05C4	34.49±0.08 ^B	34.38±0.16 ^B	31.34±0.14 ^B
	LS	32.69±0.03 ^A	34.36±0.12 ^B	31.50±0.33 ^B
a-value, (redness)	Taekwangkong	10.45±0.21 ^B	10.72±0.42 ^B	11.12±0.48 ^{NS}
	Jinyangkong	10.04±0.05 ^{AB}	10.47±0.03 ^{AB}	11.74±0.53
	05C4	10.39±0.39 ^B	10.68±0.28 ^B	11.30±0.39
	LS	9.76±0.12 ^A	10.00±0.06 ^A	11.28±0.56
b-value, (yellowness)	Taekwangkong	20.99±0.34 ^B	21.09±1.00 ^A	21.59±0.56 ^A
	Jinyangkong	21.37±0.36 ^B	22.95±0.24 ^B	25.35±0.41 ^B
	05C4	22.49±0.68 ^C	23.11±0.68 ^B	22.69±0.93 ^A
	LS	19.89±0.15 ^A	21.74±0.30 ^A	22.79±0.99 ^A
ΔE-value	Taekwangkong	0	0	0
	Jinyangkong	1.52±0.35 ^C	2.31±0.55 ^B	5.08±0.06 ^B
	05C4	0.49±0.13 ^B	1.55±0.64 ^{AB}	1.19±0.99 ^A
	LS	-2.49±0.32 ^A	0.64±0.61 ^A	1.36±1.23 ^A

All values are mean±SD (*n*=3)

^{A-D}Means with different superscripts in the same column are significantly different at *p* <0.05 by Duncan's multiple range test

NS: not significant.

(2) 된장의 일반성분

LOX 결핍콩으로 제조한 태광콩, 진양콩, 05C4 및 LS로 각각 된장을 제조하여 30일, 90일 및 150일간 숙성하는 동안 일반성분을 분석한 결과는 Table 14와 같다. 된장의 수분 함량은 58.67~62.72%로 태광 된장이 가장 낮았으며 LOX 결핍콩 된장에서 수분 함량이 유의적으로 높았다. 숙성됨에 따른 수분 함량 변화는 증감 현상이 불규칙적이었으나, 전반적으로 숙성 150일 경과 후에도 숙성 30일과 대차를 보이지 않았다. 조단백질의 함량은 LS 된장을 제외하면 숙성 기간의 경과에 따라 점차 감소되는 경향이었으며, 숙성 30일에는 태광 된장이 가장 높았으며 150일후에는 LS 된장의 조단백질 함량이 가장 높았다. 조지방은 6.69~8.57%의 범위로 숙성기간의 경과 따른 차이는 작았으며, 숙성 30 및 90일에 05C4와 LS 된장이 태광 된장에 비해 유의적으로 낮은 함량이었다. 회분 함량도 시료 간, 숙성기간에 따른 대차를 보이지 않았다. 당질은 태광 된장에 비해 진양콩 및 04C4 된장에서 다소간 높은 함량이었는데, 이는 시료 중의 단백질 함량차에 기인하는 것으로 생각된다.

Park(1987)은 된장의 숙성기간에 따라 수분 함량에 큰 변화를 보이지 않은 것으로 보고하였는데, 본 연구 결과와 유사하였으나, 전통식품인증규격(Korea Foods Industry Association, 2003)에서 된장의 수분 함량 기준은 55.0% 이하, 조단백질은 8.0%, 조지방은 2.0% 이상인 것으로 고려해 본다면 본 연구 결과에서 된장의 수분 함량은 다소간 높으며, 조단백질과 조지방

함량은 적합한 것으로 평가되었다.

Table 14. Changes of proximate composition in Doenjang during fermentation

(%)

	Doenjang	Fermentation days		
		30	90	150
Moisture	Taekwangkong	58.67 ± 0.66 ^A	61.47 ± 0.28 ^A	60.08 ± 0.23 ^A
	Jinyangkong	59.94 ± 1.06 ^B	61.49 ± 0.35 ^A	59.72 ± 0.39 ^A
	05C4	61.07 ± 0.03 ^C	62.28 ± 0.19 ^B	59.99 ± 0.34 ^A
	LS	61.79 ± 0.19 ^C	62.72 ± 0.49 ^B	61.12 ± 0.17 ^B
Crude protein	Taekwangkong	22.57 ± 0.60 ^B	19.53 ± 0.00 ^{NS}	15.55 ± 1.66 ^{AB}
	Jinyangkong	19.51 ± 1.23 ^A	19.51 ± 0.61	14.19 ± 1.23 ^A
	05C4	19.78 ± 0.62 ^A	19.64 ± 0.62	16.78 ± 0.62 ^B
	LS	19.26 ± 0.00 ^A	19.51 ± 0.61	20.57 ± 1.23 ^C
Crude lipid	Taekwangkong	7.74 ± 0.18 ^C	8.57 ± 0.02 ^C	7.94 ± 0.15 ^{NS}
	Jinyangkong	7.52 ± 0.07 ^B	8.19 ± 0.13 ^B	8.13 ± 0.71
	05C4	6.69 ± 0.06 ^A	7.43 ± 0.18 ^A	7.92 ± 0.05
	LS	7.32 ± 0.29 ^B	7.39 ± 0.25 ^A	8.22 ± 0.27
Ash	Taekwangkong	10.10 ± 0.09 ^{NS}	10.32 ± 0.00 ^B	10.68 ± 0.40 ^B
	Jinyangkong	9.97 ± 0.23	10.05 ± 0.15 ^A	10.11 ± 0.08 ^A
	05C4	9.99 ± 0.12	10.03 ± 0.07 ^A	10.19 ± 0.18 ^A
	LS	9.99 ± 0.09	10.00 ± 0.04 ^A	10.39 ± 0.08 ^{AB}
Carbohydrate	Taekwangkong	0.93 ± 1.22 ^A	0.12 ± 0.18 ^{NS}	5.75 ± 1.91 ^{BC}
	Jinyangkong	3.06 ± 0.75 ^C	0.76 ± 0.32	7.86 ± 1.48 ^C
	05C4	2.47 ± 0.63 ^B	0.62 ± 0.81	5.12 ± 0.69 ^C
	LS	1.64 ± 0.01 ^{AB}	0.38 ± 0.79	0.76 ± 0.35 ^A

All values are mean ± SD (*n*=3)

Carbohydrate = 100 - (moisture + crude protein + crude lipids + ash).

^{A-C}Means with different superscripts in the same column are significantly different at *p* < 0.05 by Duncan's multiple range test

NS: not significant.

(3) 된장의 pH 및 염도

LOX 결핍콩으로 제조한 된장의 숙성기간별 pH 및 염도를 측정된 결과는 Table 15와 같다. pH는 5.52~6.66의 범위로 숙성 150일에서 진양 된장의 pH가 pH 5.52로 가장 낮았으며 05C4 된장이 pH 6.66으로 가장 높았다. 05C4 된장의 pH는 숙성이 진행됨에 따라 증가한 반면, 그 외의 된장은 숙성 90일 경과 후 pH가 감소하였다. Lee & Han (2009)은 pH의 변화가 발효 과정 중에서 미생물의 대사 작용에 의해 생성되는 유기산에 의한 것이며, 유기산의 함량 차이에

따라 pH도 변화될 수 있는 것으로 보고한 바 있다.

염도는 8.92~9.89의 범위로 품종간이나 숙성기간에 따라 유의적으로 큰 차이는 없었으며 이는 혼합콩으로 제조한 전통된장의 염도가 12.30~13.20%라고 한 보고(Yoon 등, 2011)보다는 낮은 함량이었다. 본 실험 과정에서 메주 무게에 대해 1.5배의 소금물을 첨가하였으나 혼합콩으로 제조한 전통된장은 메주 무게에 대해 6배의 소금물을 첨가한 것으로 보아 된장에서 염도 변화의 주된 원인이 첨가되는 소금에 의한 영향이 가장 클 것으로 사료된다.

Table 15. Changes in pH and salinity of Doenjang during fermentation

	Doenjang	Fermentation days		
		30	90	150
pH	Taekwangkong	6.48	5.99	6.4
	Jinyangkong	6.19	5.53	5.52
	05C4	6.23	6.43	6.66
	LS	6.47	5.6	6.14
Salinity (%)	Taekwangkong	9.59±0.08 ^B	9.68±0.08 ^A	9.35±0.25 ^B
	Jinyangkong	9.42±0.08 ^B	9.67±0.08 ^A	8.92±0.15 ^A
	05C4	9.43±0.17 ^B	9.89±0.15 ^B	9.21±0.00 ^{AB}
	LS	9.19±0.00 ^A	9.66±0.08 ^A	9.07±0.15 ^{AB}

All values are mean±SD (*n*=3)

^{A-B}Means with different superscripts in the same column are significantly different at *p* < 0.05 by Duncan's multiple range test

(4) 된장의 총당 및 환원당 함량

일반콩 및 LOX 결핍콩으로 제조한 된장의 총당 및 환원당을 측정된 결과는 Table 16과 같다. 총당 함량은 숙성 30일에 대조구인 태광 된장의 함량이 가장 낮았으며, 숙성 90일에 태광 된장은 05C4된장과 유사한 함량이었으나, 진양 된장과 LS 된장이 각각 3.93 g/100 g 및 3.55 g/100 g으로 태광 된장에 비해 유의적으로 높은 함량이었다. 150일 경과 후에는 품종간 유의적인 차이가 없었으며, 모든 시료는 숙성이 진행됨에 따라 총당의 함량이 감소되었으며, 숙성 30일에서 90일 동안에 감소폭이 더 큰 것으로 나타났다.

환원당의 함량은 총당과 유사한 경향으로 숙성기간이 길어짐에 따라 숙성 30일에 비해 숙성 150일에서 약 34.76~42.19% 감소하였다. 진양 된장은 숙성기간 동안 태광 된장에 비해 유의적으로 높은 함량을 나타냈으며 숙성 150일에서는 태광 된장보다 05C4 된장의 환원당 함량이 낮았다. 진양 된장, 05C4 된장 및 LS 된장은 단맛에 영향을 미치는 환원당의 함량이 숙성이 진행됨에 따라 대조구인 태광 된장과 비슷해지는 것으로 보아 LOX 결핍콩 된장의 감미가 일반콩에 비해 숙성기간동안 감소되지는 않을 것으로 여겨진다.

대부분의 된장은 발효 초기에 당 함량이 최대치를 나타내고, 그 이후에 당은 미생물에 의해

알콜 발효 및 유기산 발효의 기질로 사용됨으로써 감소하는 것으로 알려져 있는데, 본 실험의 결과와 일치하였다. 당 함량이 최대치를 나타내는 것은 amylase의 활성이 상승한 것으로써 태광 된장 및 05C4 된장이 여타 시료에 비해 낮은 당 함량을 보인 것은 amylase의 활성이 낮기 때문이라고 사료된다.

Table 16. Changes in total sugar and reducing sugar contents of Doenjang during fermentation

		(g/100 g)		
Doenjang		Fermentation days		
		30	90	150
Total sugar	Taekwangkong	5.07±0.17 ^A	3.14±0.04 ^A	3.00±0.02 ^{NS}
	Jinyangkong	5.82±0.06 ^C	3.93±0.08 ^C	3.07±0.07
	05C4	5.44±0.02 ^B	3.05±0.02 ^A	2.99±0.02
	LS	5.53±0.05 ^B	3.55±0.06 ^B	3.01±0.08
Reducing sugar	Taekwangkong	1.28±0.02 ^A	0.59±0.01 ^A	0.54±0.00 ^B
	Jinyangkong	1.64±0.03 ^D	0.82±0.01 ^D	0.57±0.00 ^C
	05C4	1.46±0.01 ^C	0.65±0.00 ^B	0.51±0.00 ^A
	LS	1.40±0.03 ^B	0.73±0.01 ^C	0.53±0.00 ^B

All values are mean±SD (*n*=3)

^{A-D}Means with different superscripts in the same column are significantly different at *p* <0.05 by Duncan's multiple range test

NS: not significant

(5) 된장의 무기물 함량

Table 17은 일반콩과 LOX 결핍콩으로 제조한 된장의 숙성기간별 무기물 함량을 나타낸 결과이며, 모든 품종에서 총 8종의 무기물이 검출되었다. 무기물의 총량이 가장 높은 것은 대조구인 태광 된장(2601.24~3356.90 mg/100 g)이었으며, 진양 된장과 LS 된장이 각각 2458.65~3266.73 mg/100 g, 2503.38~3182.05 mg/100 g으로 가장 낮았다. 숙성이 진행됨에 따라 모든 품종의 무기물 총량은 90일경에 감소하였으며, 150일경에 다시 증가하는 경향이였다. 전체적으로 나트륨의 함량이 가장 높았으며, 그 다음으로는 칼륨이었으며, 이는 총 무기물의 약 15.27%를 차지하였다. 칼륨의 함량은 숙성 90일과 150일에서 태광콩 된장이 337.96 mg/100 g 및 487.26 mg/100 g으로 가장 높았으며 진양콩 된장이 285.28 mg/100 g 및 424.96mg/100 g으로 가장 낮았다. 진양 된장의 마그네슘 함량은 숙성 30일과 90일에서 77.23 mg/100 g 및 62.96 mg/100 g으로 대조구인 태광 된장의 74.53 mg/100 g 및 55.19 mg/100 g보다 높게 나타났다.

Table 17. Minerals of Doenjang during fermentation

(mg/100 g)

Minerals	Doenjang	Fermentation periods (days)		
		30	90	150
K	Taekwangkong	649.16±3.95	337.96±4.06	487.26±3.28
	Jinyangkong	562.44±1.74	285.28±1.74	424.96±0.35
	05C4	584.51±2.32	304.07±0.46	433.01±0.23
	LS	560.96±9.17	303.41±0.46	441.78±3.64
Ca	Taekwangkong	136.81±0.05	101.29±1.91	139.33±0.56
	Jinyangkong	108.20±1.21	90.59±0.50	118.20±4.05
	05C4	101.98±0.22	87.66±0.63	120.05±0.42
	LS	110.52±1.37	98.66±1.08	117.27±0.22
Mg	Taekwangkong	74.53±0.53	55.19±0.46	72.73±0.13
	Jinyangkong	77.23±0.75	62.96±0.32	59.46±1.53
	05C4	67.91±0.08	30.78±35.45	61.38±0.68
	LS	61.49±1.47	54.30±0.53	53.27±0.26
Na	Taekwangkong	2068.43±5.80	1879.72±15.08	2433.82±16.38
	Jinyangkong	1912.54±15.08	1815.72±17.40	2498.35±66.40
	05C4	1951.10±13.92	1905.97±5.80	2488.42±29.24
	LS	1911.72±4.64	1839.51±13.92	2390.37±16.44
Fe	Taekwangkong	8.83±0.23	10.00±0.06	18.25±0.73
	Jinyangkong	8.55±0.19	9.47±0.02	15.20±0.17
	05C4	7.54±0.06	9.13±0.06	17.03±0.06
	LS	8.58±0.26	9.76±0.03	17.52±0.07
Mn	Taekwangkong	0.85±0.01	0.72±0.00	1.08±0.00
	Jinyangkong	0.82±0.00	0.74±0.00	0.96±0.00
	05C4	0.80±0.01	0.71±0.01	1.08±0.00
	LS	0.89±0.01	0.80±0.00	1.10±0.00
Al	Taekwangkong	6.71±0.07	9.03±0.01	4.57±0.01
	Jinyangkong	7.01±0.02	7.97±0.24	3.47±0.03
	05C4	6.28±0.09	9.24±0.12	4.69±0.01
	LS	6.60±0.05	10.19±0.07	3.60±0.01
P	Taekwangkong	224.57±3.36	207.34±2.20	199.87±1.40
	Jinyangkong	175.75±0.00	185.92±2.09	146.13±0.37
	05C4	202.33±0.93	193.39±1.97	171.85±0.23
	LS	164.03±2.41	186.74±1.62	157.15±0.95
Total	Taekwangkong	3169.88±6.56 ^D	2601.24±6.39 ^D	3356.90±17.08 ^C
	Jinyangkong	2852.54±15.14 ^B	2458.65±16.01 ^A	3266.73±72.21 ^B
	05C4	2922.45±15.66 ^C	2540.95±32.78 ^C	3297.50±29.43 ^B
	LS	2824.79±10.09 ^A	2503.38±10.12 ^B	3182.05±19.53 ^A

All values are mean±SD (*n*=3)

^{A-D}Means with different superscripts in the same column are significantly different at *p* <0.05 by Duncan's multiple range test.

(6) 된장의 유기산 정량

LOX 결핍균으로 제조한 된장의 숙성기간별 유기산 함량을 정량한 결과는 Table 18과 같다. 검출된 유기산은 총 6종으로 oxalic acid가 88.64~93.79 mg/g으로 가장 많았으며 품종별, 숙성기간별 로 큰 차이가 나지 않았다. 상쾌하면서도 감미로운 신맛을 가지는 lactic acid는 숙성 90일에서 증가하였고, acetic acid는 숙성이 진행됨에 따라 증가하는 경향이였다. Citric acid는 숙성 30일에서 검출되었으며 숙성 90일과 150일에서는 검출되지 않았다. Maleic acid와 succinic acid는 05C4 된장의 숙성 150일에서만 0.92 mg/g 및 0.51 mg/g으로 검출되었다.

Table 18. Changes in organic acid contents of Doenjang during its fermentation

(mg/g)

	Doenjang	Fermentation days		
		30	90	150
Oxalic acid	Taekwangkong	90.47	91.46	89.09
	Jinyangkong	91.11	88.64	90.01
	05C4	88.77	91.04	92.95
	LS	91.75	90.07	93.79
Maleic acid	Taekwangkong	-	-	-
	Jinyangkong	-	-	-
	05C4	-	-	0.92
	LS	-	-	-
Citric acid	Taekwangkong	1.34	-	-
	Jinyangkong	2.22	-	-
	05C4	1.79	-	-
	LS	1.75	-	-
Lactic acid	Taekwangkong	2.58	13.68	10.55
	Jinyangkong	2.72	16.75	18.20
	05C4	2.39	11.23	9.21
	LS	3.17	15.98	12.35
Acetic acid	Taekwangkong	0.91	3.34	5.78
	Jinyangkong	0.78	3.39	4.58
	05C4	0.72	4.56	6.48
	LS	0.95	2.83	6.02
Succinic acid	Taekwangkong	-	-	-
	Jinyangkong	-	-	-
	05C4	-	-	0.51
	LS	-	-	-
Total	Taekwangkong	95.30	108.48	105.42
	Jinyangkong	95.83	108.78	112.79
	05C4	93.67	106.83	110.07
	LS	97.62	108.88	112.16

-: Not detected

(7) 된장의 질소화합물 함량

LOX 결핍콩으로 제조한 된장의 질소화합물 함량을 분석한 결과는 Table 19와 같다. 총 질소는 LS 된장을 제외한 3종의 non-GM콩에서 숙성기간이 길어짐에 따라 감소하는 경향이었다. 발효식품의 발효 정도를 판단하는 기준으로 사용되는 아미노태 질소는 모든 된장에서 증가하는 경향이였으며, 대조구인 태광 된장(686.36~1263.62 mg/100 g)보다 진양 된장, 05C4 된장 및 LS 된장(760.92~1586.37 mg/100 g)의 아미노태 질소 함량이 높았다. 구성아미노산 질소는 숙성 중 증가하는 경향으로 05C4 된장에서 그 함량이 다소 높았고, 유리아미노산 질소는 콩 품종에 따른 된장 간에 큰 차이가 나지 않았다. Kim 등(2011)은 발아 대두 및 검정콩으로 제조한 된장의 아미노태 질소 함량을 분석한 결과, 숙성 초기에 262.41~369.39 mg%였으며 숙성 90일에 1160.58~1256.21 mg%로 증가하는 경향이였다고 보고하였다. 이는 본 실험과 일치하는 경향이였다.

된장의 숙성 중 질소화합물의 변화는 protease의 활성이 증가함에 따라 단백질이 아미노산으로 분해되어 질소 함량이 증가하는 것으로, 대두단백질의 분해정도, 미생물의 생성조건, 숙성조건 등에 따라 차이가 나는 것으로 보인다.

Table 19. Changes in nitrogenous compounds of Doenjang during its fermentation

Doenjang		Fermentation days		
		30	90	150
Taekwangkong	Total nitrogen	3611.11	3125.00	2488.43
	Amino type nitrogen	686.36	1110.85	1263.62
	Composition amino acid nitrogen	561.41	745.11	662.72
	Free amino acid nitrogen	21.30	31.36	34.13
Jinyangkong	Total nitrogen	3120.95	3120.95	2269.78
	Amino type nitrogen	776.65	1208.98	1552.27
	Composition amino acid nitrogen	629.31	656.45	681.41
	Free amino acid nitrogen	24.69	32.33	33.11
05C4	Total nitrogen	3164.04	3142.34	2685.28
	Amino type nitrogen	774.41	1314.38	1446.66
	Composition amino acid nitrogen	721.17	824.64	596.80
	Free amino acid nitrogen	22.39	33.64	29.48
LS	Total nitrogen	3082.19	3120.95	3291.18
	Amino type nitrogen	760.92	1255.74	1586.37
	Composition amino acid nitrogen	596.80	766.19	572.79
	Free amino acid nitrogen	25.12	27.41	26.26

(8) 된장의 구성아미노산 함량

LOX 결핍콩으로 된장을 제조하여 150일동안 숙성하면서 30일, 90일 숙성 후 구성아미노산 함량을 분석한 결과는 Table 20과 같다. 총 17종의 구성아미노산이 검출되었으며 숙성 30일에 총 함량은 4101.58~5407.61 mg/100 g으로 대조구인 태광 된장에 비해 3종의 LOX결핍콩 된장의 함량이 더 높았다. 숙성 90일에는 4904.40~6336.71 mg/100 g의 함량으로 진양 된장은 대조구보다 낮았으나, 05C4 된장과 LS 된장은 대조구보다 높은 수준이었다. 된장을 90일 동안 숙성하는 동안 숙성기간의 경과에 따른 구성아미노산 함량은 점차 증가하는 경향이였다. 또한 된장의 각 구성아미노산 조성을 비교해 보면, glutamic acid가 가장 많았고 aspartic acid, leucine, lysine 등의 순서였으며, cystine과 methionine은 미량 함유되어 있는 것으로 나타났다. 이는 Yoon 등(2011)이 연구한 혼합콩으로 만든 전통 된장의 구성아미노산 조성 순서와도 일치한 결과였다. 특히 glutamic acid 함량은 대조구에 비해 숙성 30일에는 05C4 된장에서만 높았으나, 숙성 90일 경과 후에는 05C4 된장과 LS 된장에서도 높은 함량이었다. 따라서 05C4와 LS 된장은 숙성될수록 구수한 맛이 증가되어 대조구에 비해 맛이 우수할 것으로 예상된다.

Table 20. Changes in composition amino acids of Doenjang after fermentation for 150 days (mg/100 g)

	Fermentation days of Doenjang											
	Taekwangkong			Jinyangkong			05C4			LS		
	30	90	150	30	90	150	30	90	150	30	90	150
Aspartic acid	-	642.21	611.48	566.01	-	571.40	655.81	-	-	534.77	623.84	505.16
Threonine	196.12	234.59	190.02	189.25	222.27	198.88	213.96	223.39	123.15	182.32	243.40	135.42
Serine	233.30	232.90	133.09	235.56	248.46	153.20	270.16	251.85	137.93	224.95	277.88	141.76
Glutamic acid	847.81	1108.69	871.44	892.46	1002.31	1038.55	1015.48	1390.89	1013.52	829.79	1272.31	886.11
Proline	270.62	270.70	334.44	283.32	308.73	347.72	358.06	268.48	359.84	304.15	290.30	288.69
Glycine	214.34	275.32	29.88	215.24	257.79	238.67	246.98	361.93	214.36	201.88	285.58	196.19
Alanine	217.75	383.43	371.59	216.93	376.39	365.65	246.18	463.61	333.55	208.87	409.49	321.09
Cystine	57.75	65.28	46.06	59.43	62.74	79.86	64.72	-	212.94	52.38	67.08	155.95
Valine	248.72	311.34	292.41	244.50	305.50	307.47	280.62	518.89	294.50	231.04	319.89	260.65
Methionine	59.85	78.81	86.09	63.44	68.86	74.03	64.56	107.07	79.83	54.98	74.03	65.95
Isoleucine	225.05	301.39	259.16	231.41	276.49	274.86	262.20	392.16	242.17	220.42	306.77	230.72
Leucine	381.05	491.78	417.83	372.13	452.97	435.87	432.11	654.05	397.84	355.46	502.89	366.68
Tyrosine	167.02	211.82	205.36	154.96	202.48	191.74	182.17	322.73	208.23	183.37	209.44	170.09
Phenylalanine	278.97	348.68	283.51	265.83	339.44	302.48	312.28	444.77	308.10	269.22	339.71	264.04
Histidine	123.31	135.98	110.17	126.95	144.79	136.39	136.76	106.83	127.34	115.11	123.64	92.78
Lysine	337.58	481.34	554.63	331.53	455.17	439.62	361.21	638.64	402.95	322.86	498.66	322.49
Arginine	242.36	176.84	113.90	259.41	180.02	136.02	304.36	191.42	128.88	224.49	176.87	113.43
Total	4101.58	5751.09	5111.08	4708.36	4904.40	5292.42	5407.61	6336.71	4585.12	4516.07	5921.29	4517.20

(9) 된장의 유리아미노산 함량

일반콩 및 LOX 결핍콩으로 제조한 된장을 숙성기간에 따라 유리아미노산을 분석한 결과는 Table 21과 같다. 유리아미노산의 총 함량은 숙성 30일에 164.36~191.73 mg/100 g, 숙성 150일에 229.62~273.91 mg/100 g으로 숙성이 진행됨에 따라 증가하는 경향이었는데, 숙성 30~90일 동안 증가량이 90~150일 동안에 증가한 량보다 더 많아 된장의 맛을 주로 숙성 초기에 형성된 것으로 짐작된다. 구수한 맛을 갖는 glutamic acid는 대조구인 태광 된장에 비해 3종의 LOX 결핍콩 된장에서 높게 검출되었으며, 숙성 150일보다는 숙성 90일에 더 높은 함량이었으며, aspartic acid 함량은 숙성 150일 경과후에 가장 높은 함량이었다. 따라서 3종의 LOX 결핍콩 된장은 태광 된장에 비해 맛이 우수하며, 숙성 90~150일 정도에서 맛의 최대치를 나타낼 것으로 예상된다.

Table 21. Changes in free amino acids of Doenjang after fermentation for 150 days

(mg/100 g)

	Doenjang											
	Taekwangkong			Jinyangkong			05C4			LS		
	30	90	150	30	90	150	30	90	150	30	90	150
L-Aspartic acid	23.34	21.11	37.83	26.46	-	27.95	22.68	42.77	44.33	29.99	-	33.86
L-Threonine	7.66	12.89	12.62	8.76	14.19	11.75	8.13	6.94	1.92	8.53	13.49	5.80
L-Serine	9.05	7.91	1.61	10.72	13.22	1.95	9.16	6.44	0.65	10.26	13.55	3.44
L-Asparagine	-	-	-	0.21	-	-	-	-	-	-	-	-
L-Glutamic acid	23.73	39.18	27.83	24.87	43.96	41.38	24.28	44.14	40.06	28.92	43.39	42.50
L-Glycine	4.44	7.56	8.63	5.05	9.03	8.81	4.34	7.51	5.38	5.07	8.41	7.42
L-Alanine	10.35	33.14	38.05	12.12	37.85	35.64	10.84	31.26	28.53	11.73	35.99	33.29
L-Citrulline	8.86	-	-	8.29	-	-	9.26	-	-	15.13	-	-
L-Valine	11.33	20.31	25.85	13.02	21.49	24.28	11.72	24.56	22.53	13.41	19.75	21.22
L-Methionine	2.69	4.35	5.33	3.05	4.58	4.81	2.25	5.16	5.42	3.46	4.16	4.58
L-Isoleucine	11.19	20.36	22.70	11.82	20.77	22.11	10.96	21.26	16.27	11.15	19.89	19.01
L-Leucine	17.77	30.49	35.85	20.01	32.42	33.85	18.81	33.70	27.83	17.88	30.10	29.06
L-Tyrosine	6.17	4.87	7.18	6.41	4.20	6.65	4.87	4.35	5.56	6.85	6.26	6.23
L-Phenylalanine	12.08	19.65	22.36	14.21	20.79	21.89	13.28	23.17	22.62	13.22	20.20	20.42
L-Ornithine	1.17	7.91	9.35	1.31	7.26	4.15	1.15	9.56	1.28	1.55	9.42	1.07
L-Lysine	8.01	13.90	14.27	9.05	15.16	15.83	8.19	16.52	16.91	8.56	1.35	1.43
L-Histidine	3.60	5.80	4.43	4.23	6.91	6.38	2.77	0.60	5.30	3.18	0.43	0.28
L-Arginine	2.92	-	-	6.55	-	-	5.98	-	-	2.83	-	-
Total	164.36	249.42	273.91	186.13	251.82	267.44	168.67	277.94	244.60	191.73	226.38	229.62

(10) 된장의 이소플라본 함량

LOX 결핍콩으로 제조한 된장의 이소플라본을 분석한 결과는 Fig. 4 및 Table 22와 같으며 총 7종의 이소플라본이 확인되었다. 이소플라본의 총 함량은 콩, 메주와 마찬가지로 태광 된장이 373.64 $\mu\text{g/g}$ 으로 3종의 LOX 결핍콩 된장보다 낮았으며, 모든 품종에 있어 숙성이 진행됨에 따라 불규칙적인 증감을 보였다. 가장 함량이 높았던 이소플라본은 흡수되기 쉬운 상태의 aglycone 형태인 daidzein과 genistein이었으며, 이들 성분은 된장의 제조과정에서 콩에 비해 증가되는 것으로 보고된 바 있다(Oh 등, 2009). 된장에 따라 이소플라본의 함량은 원료콩의 품종에 따른 차이가 가장 크며, 된장의 숙성 과정 중 함량변화는 미생물의 β -glucosidase에 의해 이소플라본이 가수분해 되는 정도가 다르기 때문이라 사료된다.

Park 등(2007)은 된장의 숙성 중 이소플라본 함량은 배당체인 daidzin과 genistin은 숙성이 진행됨에 따라 감소하는 반면에 aglycone 형태인 daidzein과 genistein은 증가된다고 보고하였는데 이러한 된장의 이소플라본 함량은 원료 콩의 종류와 숙성기간과 온도 및 이에 작용하는 미생물의 활성에 따라 다르게 나타난다고 하였다(Lee & Cha, 2006).

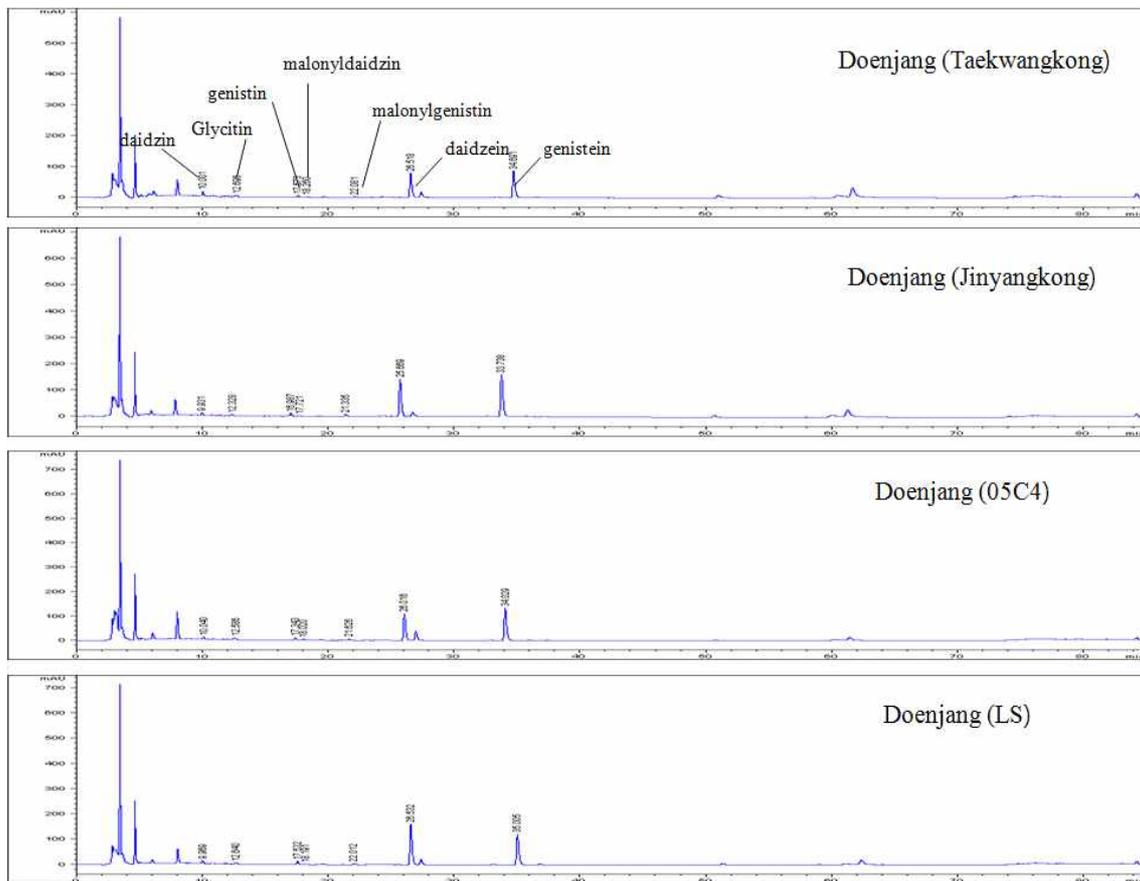


Fig. 4. HPLC chromatogram for isoflavone of Doenjang during fermentation

Table 22. Changes in isoflavone contents of Doenjang during its fermentation

($\mu\text{g/g}$)

	Doenjang	Fermentation days		
		30	90	150
Daidzin	Taekwangkong	61.13	63.41	54.94
	Jinyangkong	26.78	80.11	60.92
	05C4	69.99	47.61	36.92
	LS	50.78	41.37	85.18
Genistin	Taekwangkong	17.97	25.38	22.58
	Jinyangkong	26.45	45.42	34.37
	05C4	23.63	27.77	29.31
	LS	33.46	32.43	48.79
Glycitin	Taekwangkong	31.49	23.17	21.17
	Jinyangkong	9.86	27.49	24.50
	05C4	32.70	36.38	12.54
	LS	22.36	14.53	17.07
Malonyldaidzin	Taekwangkong	10.45	14.17	10.53
	Jinyangkong	7.02	25.19	14.53
	05C4	22.10	26.34	11.34
	LS	8.81	11.99	26.44
Malonylgenistin	Taekwangkong	6.82	6.09	6.58
	Jinyangkong	19.21	6.30	20.64
	05C4	22.10	16.22	19.14
	LS	8.81	12.28	15.55
Daidzein	Taekwangkong	138.29	126.34	131.65
	Jinyangkong	241.45	278.04	267.14
	05C4	188.17	187.00	194.61
	LS	280.99	259.03	267.30
Genistein	Taekwangkong	134.75	119.43	126.19
	Jinyangkong	254.80	277.45	275.70
	05C4	209.98	210.85	216.91
	LS	190.77	177.31	179.78
Total	Taekwangkong	400.89	377.99	373.64
	Jinyangkong	585.56	740.01	697.81
	05C4	569.34	552.16	520.77
	LS	598.97	548.94	640.12

(11) 된장의 총 페놀 및 플라보노이드 함량

된장의 총 페놀 및 플라보노이드 함량을 정량한 결과는 Table 23과 같다. 총 페놀 함량은 모든 된장에서 숙성 30일 이후 90일까지는 감소하다가 다시 증가되는 경향을 보였으며, 대조구에 비해 숙성 30일에는 05C4 된장, 숙성 90일에는 LS 된장이 유의적으로 높았으며, 숙성 150일에는 LOX 결핍콩 된장이 대조구에 비해 오히려 낮은 경향이였다.

플라보노이드 함량은 태광 된장에서 숙성기간이 길어질수록 증가하는 경향을 보였으나, 그 외 된장은 증감이 불규칙하였다. 태광 된장과 05C4 된장은 숙성 30일에 373.97 mg/100 g과 361.90 mg/100 g, 숙성 90일에는 389.48 mg/100 g과 422.24 mg/100 g으로 비슷한 함량으로 타

시료에 비해 다소 높은 수준이었다. 숙성 150일에는 태광 된장이 LOX 결핍콩으로 제조한 된장보다 다소 높은 플라보노이드 함량이었으나, LOX 결핍콩 된장간에 유의적인 차이가 없었다.

Table 23. Changes in total phenol and flavonoid of Doenjang during its fermentation

(mg/100g)

	Doenjang	Fermentation days		
		30	90	150
Total phenol	Taekwangkong	1178.74 ± 10.81 ^B	990.71 ± 14.15 ^{AB}	1090.06 ± 12.93 ^C
	Jinyangkong	1098.16 ± 0.97 ^A	967.73 ± 5.35 ^A	1001.72 ± 9.18 ^A
	05C4	1196.54 ± 1.12 ^C	1008.83 ± 24.50 ^B	1058.03 ± 5.93 ^B
	LS	1103.01 ± 7.71 ^A	1061.91 ± 14.15 ^C	1068.71 ± 1.48 ^B
Flavonoid	Taekwangkong	373.97 ± 12.43 ^B	389.48 ± 1.72 ^B	434.89 ± 7.77 ^B
	Jinyangkong	312.47 ± 10.53 ^A	271.09 ± 6.05 ^A	332.59 ± 1.72 ^A
	05C4	361.90 ± 28.49 ^B	422.24 ± 19.20 ^C	345.23 ± 17.95 ^A
	LS	295.23 ± 10.10 ^A	361.90 ± 38.05 ^B	346.95 ± 15.45 ^A

All values are mean ± SD (*n*=3)

^{A-C}Means with different superscripts in the same column are significantly different at *p* < 0.05 by Duncan's multiple range test.

(12) 된장의 항산화 활성

LOX 결핍 유무에 따른 4품종의 콩으로 제조한 된장의 숙성기간별 항산화 활성으로 DPPH와 ABTS 라디칼 소거활성, Fe⁺² chelating 활성 및 FRAP법에 의한 환원력에 대해 250~2000 µg/mL농도범위에서 측정하였다. Table 24는 1000 µg/mL농도에서 항산화 활성을 비교한 결과로 DPPH 라디칼 소거 활성은 대체로 90일 숙성 시 활성이 높았다. ABTS 라디칼 소거활성은 150일 숙성 시 80% 이상으로 가장 활성이 우수하였다. 90일 숙성시에는 태광 된장에 비해 LOX 결핍콩 된장에서 유의적으로 활성이 높았다. Fe⁺² chelating 활성 결과는 숙성 30~90일 경에 활성이 더 우수하였으며, 특히 05C4 및 LS 된장의 활성이 유의적으로 높았다. 150일 숙성 된장에서는 오히려 LS 된장의 활성이 다소 낮은 경향이였다. FRAP 활성은 30~90일 숙성 기간 동안 05C4된장의 활성이 유의적으로 높았으며, 150일 숙성 시에는 진양 된장의 활성이 유의적으로 높았다.

본 연구에서 LOX 결핍 유무에 따른 콩을 사용하여 제조한 된장의 항산화 활성을 비교한 결과 콩의 종류에 따른 차이를 보이나, LOX 결핍콩으로 제조한 된장이 일반콩에 비해 항산화 활성이 낮지 않기 때문에 이를 이용한 된장의 제조는 기능성 된장으로서의 가치가 클 것으로 사료된다.

Table 24. Antioxidant activities in 80% methanol extracts of Doenjang prepared from during its fermentation

Days	Doenjang	1000 µg/mL concentration of Doenjang extracts			
		DPPH radical scavenging(%)	ABTS radical scavenging(%)	Fe ⁺² chelating (%)	Reducing power (FeSO ₄ eq µM)
30	Taekwangkong	47.16 ± 2.61 ^{cAB}	69.88 ± 1.31 ^{cB}	80.46 ± 1.95 ^{cA}	49.00 ± 2.63 ^{cC}
	Jinyangkong	44.75 ± 4.05 ^{cA}	59.87 ± 3.44 ^{cA}	86.63 ± 1.38 ^{cB}	30.36 ± 1.78 ^{cA}
	05C4	52.58 ± 1.39 ^{cC}	70.64 ± 2.17 ^{cB}	93.94 ± 0.36 ^{cC}	55.16 ± 2.61 ^{cD}
	LS	49.06 ± 2.69 ^{cB}	70.81 ± 4.38 ^{cB}	92.81 ± 1.45 ^{cC}	43.56 ± 2.50 ^{cB}
90	Taekwangkong	79.84 ± 1.27 ^{cC}	59.45 ± 2.58 ^{cA}	86.70 ± 1.97 ^{cB}	35.00 ± 3.40 ^{cB}
	Jinyangkong	73.54 ± 0.55 ^{cB}	62.03 ± 1.49 ^{cAB}	76.76 ± 2.93 ^{bA}	28.92 ± 2.34 ^{cA}
	05C4	48.40 ± 2.11 ^{cA}	62.94 ± 1.34 ^{cB}	91.50 ± 0.91 ^{cC}	48.92 ± 1.54 ^{cC}
	LS	50.86 ± 2.97 ^{cA}	63.97 ± 3.13 ^{cB}	93.06 ± 1.91 ^{cC}	36.92 ± 3.12 ^{cB}
150	Taekwangkong	43.38 ± 1.67 ^{cB}	85.50 ± 1.92 ^{cA}	76.67 ± 3.34 ^{cC}	47.80 ± 2.18 ^{cC}
	Jinyangkong	45.70 ± 1.67 ^{cC}	84.10 ± 2.06 ^{cA}	66.06 ± 2.43 ^{cB}	51.96 ± 1.86 ^{cD}
	05C4	40.71 ± 0.49 ^{cA}	88.86 ± 1.07 ^{cB}	64.00 ± 2.99 ^{cAB}	40.36 ± 0.95 ^{cB}
	LS	39.88 ± 1.41 ^{cA}	86.04 ± 1.90 ^{cA}	60.44 ± 1.72 ^{cA}	34.60 ± 2.61 ^{cA}

All values are mean±SD (*n*=5)

Means with different superscripts in the concentration (a-d) and same column (A-C) are significantly different at *p* < 0.05 by Duncan's multiple range test.

5) LOX 결핍콩으로 제조한 간장의 숙성 기간별 이화학적 특성 및 항산화 활성

(1) 간장의 pH 및 염도

간장의 pH 및 염도를 측정한 결과는 Table 25와 같다. pH는 숙성이 진행될수록 감소하였다가 약간 증가하는 경향으로 품종간에 큰 차이는 나타나지 않았다. 해양심층수 소금을 이용하여 제조한 재래식 간장의 숙성기간에 따른 pH는 담근 직후 5.7에서 숙성이 진행됨에 따라 점차 감소하였다는 보고가 있다(Kwon 등, 2010). Jang 등(2003)은 표고버섯이 함유된 간장의 pH가 숙성 4개월 이후까지 계속 완만하게 감소하다가 5개월째 약간 증가한 후 다시 감소한다고 보고한 바 있는데, 본 실험 결과도 이와 유사한 경향이였다.

염도는 짠맛뿐만 아니라 단맛, 신맛을 부여하여 간장 특유의 맛을 구성하는 요소로써, 본 실험

험에서는 숙성기간이 경과됨에 따라 점차 증가되어 숙성 150일에는 29.93~30.62%로, 시료 간에 유의차가 없었다.

Table 25. Changes in pH and salinity of Kanjang during fermentation

	Kanjang	Fermentation days		
		30	90	150
pH	Taekwangkong	6.3	5.36	5.42
	Jinyangkong	6.17	5.25	5.32
	05C4	5.85	5.31	5.42
	LS	6.66	5.79	5.37
Salinity (%)	Taekwangkong	20.67±0.17 ^B	22.43±0.34 ^A	30.62±1.38 ^{NS}
	Jinyangkong	19.60±0.29 ^A	23.99±0.29 ^B	29.93±0.68
	05C4	21.55±0.34 ^C	24.28±0.00 ^B	30.32±0.17
	LS	19.60±0.00 ^A	22.33±0.17 ^A	29.93±0.45

All values are mean±SD (*n*=3)

^{A-C}Means with different superscripts in the same column are significantly different at *p* <0.05 by Duncan's multiple range test

NS: not significant.

(2) 간장의 총당 및 환원당 함량

일반콩 및 non-GM콩으로 제조한 간장의 총당 및 환원당의 함량을 측정한 결과는 Table 26과 같다. 총당 및 환원당 함량은 숙성기간이 경과됨에 따라 점차 감소하였는데, 숙성 30~90일 사이에 감소폭이 더 컸으며, 숙성 90~150일에는 감소되기는 하였으나 그 함량차가 작았다. 총당은 태광콩 간장에 비해 진양콩 간장이 유의적으로 높았으며, 05C4 간장 및 LS 간장은 태광콩 간장과 유의적인 차이가 없었다. 환원당도 총당 함량과 마찬가지로 진양콩 간장의 함량이 대조구에 비해 유의적으로 높았는데, 이는 진양콩의 특성상 sucrose의 함량이 여타의 콩에 비해 높았던 것에 기인된 결과라 사료된다.

(3) 간장의 질소화합물 함량

Non-GM콩 간장의 숙성 중 질소화합물 변화를 측정한 결과는 Table 27과 같다. 총 질소함량은 간장의 숙성 과정 중에 미생물과 효소에 의해 질소 성분이 분해되어 증가하게 되는데, 본 실험에서는 숙성 90일에서 증가하였다가 150일에서 다소 감소하는 경향이였다. 간장 고유의 조미료적 성질 및 영양학적 가치를 부여하는 지표로 사용되는 아미노태 질소는 숙성이 진행됨에 따라 증가하였으며 대조구인 태광콩 간장에 비해 3종의 LOX 결핍콩 간장의 아미노태 질소함량이 높았으며, 구성아미노산과 유리아미노산 질소함량은 품종간에 큰 차이가 없었다. Hwang 등(2012)은 LOX와 KTI 단백질 결핍콩으로 제조한 간장의 총 질소함량은 1060.40~1257.77

mg/100 mL라고 보고하였는데, 본 실험에서 30일간 숙성시킨 간장의 총질소 함량과 유사하였으며, 숙성 90일 및 150일에서 총 질소함량은 1361.60~1497.60 mg/100 mL로 다소 높았다.

Table 26. Changes in total sugar and reducing sugar contents of Kanjang during its fermentation

		(g/100 mL)		
Kanjang		Fermentation days		
		30	90	150
Total sugar	Taekwangkong	3.42±0.02 ^A	2.39±0.06 ^A	2.26±0.04 ^A
	Jinyangkong	3.86±0.09 ^D	2.92±0.09 ^B	2.75±0.04 ^C
	05C4	3.34±0.06 ^A	2.38±0.11 ^A	2.20±0.05 ^A
	LS	3.58±0.05 ^B	2.38±0.04 ^A	2.38±0.02 ^B
Reducing sugar	Taekwangkong	1.01±0.01 ^A	0.58±0.01 ^A	0.60±0.05 ^A
	Jinyangkong	1.09±0.01 ^B	0.69±0.04 ^B	0.90±0.00 ^C
	05C4	1.09±0.02 ^B	0.58±0.03 ^A	0.64±0.01 ^A
	LS	1.00±0.02 ^A	0.53±0.00 ^A	0.76±0.00 ^B

All values are mean±SD (*n*=3)

^{A-D}Means with different superscripts in the same column are significantly different at *p* <0.05 by Duncan's multiple range test.

Table 27. Changes in nitrogenous compounds of Kanjang during its fermentation

		(mg/100 mL)		
Kanjang		Fermentation days		
		30	90	150
Taekwangkong	Total nitrogen	1030.40	1731.20	1400.00
	Amino type nitrogen	374.00	774.75	800.20
	Composition amino acid nitrogen	197.29	275.82	311.48
	Free amino acid nitrogen	16.93	34.18	27.67
Jinyangkong	Total nitrogen	1030.40	1944.00	1361.60
	Amino type nitrogen	447.44	827.42	870.80
	Composition amino acid nitrogen	194.40	264.83	355.30
	Free amino acid nitrogen	15.47	24.94	25.17
05C4	Total nitrogen	1068.80	1778.80	1497.60
	Amino type nitrogen	426.91	848.04	967.24
	Composition amino acid nitrogen	142.13	330.58	310.83
	Free amino acid nitrogen	15.65	31.62	29.35
LS	Total nitrogen	1030.40	1886.40	1361.60
	Amino type nitrogen	486.81	821.76	862.19
	Composition amino acid nitrogen	84.77	296.41	233.17
	Free amino acid nitrogen	16.02	28.05	25.60

(4) 간장의 구성아미노산 함량

숙성이 진행됨에 따라 단백질이 분해되어 생성되는 아미노산은 감칠맛의 주요 요인으로 알려져 있는데, 일반콩 및 non-GM콩으로 제조한 간장의 구성아미노산을 나타낸 결과는 Table 28과 같다. 총 17종의 구성아미노산이 검출되었으며, 숙성 30일에 태광콩 간장의 구성아미노산 함량이 1500.08 mg/100 mL으로 가장 높았으며, 3종의 LOX 결핍콩 간장은 이보다 낮은 함량이었다. 숙성 90일에서는 05C4 및 LS 간장이 대조구에 비해 높은 함량이었다. 숙성이 진행됨에 따라 모든 품종에 있어 구성아미노산의 함량은 증가하는 경향이었으며, 그 중에서도 glutamic acid의 함량이 가장 많았으며 그 다음으로는 aspartic acid, lysine의 순서였다. 숙성 90일에서는 대조구인 태광콩 간장에 비해 3종의 LOX 결핍콩 간장의 glutamic acid, aspartic acid의 함량이 높게 나타나 숙성이 진행됨에 따라 이들 간장의 감칠맛은 증가되는 것으로 여겨진다.

Table 28. Changes in composition amino acids of Kanjang after fermentation for 150 days (mg/100 mL)

	Kanjang											
	Taekwangkong			Jinyangkong			05C4			LS		
	30	90	150	30	90	150	30	90	150	30	90	150
Aspartic acid	202.17	182.39	219.94	186.46	192.15	244.68	131.31	212.56	-	84.74	250.68	152.95
Threonine	59.49	79.39	101.15	53.50	87.10	115.53	36.99	95.59	137.76	23.87	82.63	77.86
Serine	74.11	101.11	127.13	70.03	112.75	149.15	50.12	126.28	178.11	30.02	106.59	94.28
Glutamic acid	409.11	512.75	577.43	383.80	535.44	654.31	282.33	598.71	-	169.34	582.14	461.10
Proline	71.76	149.56	160.80	105.29	134.46	209.32	98.67	184.99	235.40	55.68	132.77	128.40
Glycine	69.77	93.77	112.11	66.98	101.17	130.13	44.50	110.28	150.73	28.31	106.25	88.35
Alanine	61.84	153.25	183.09	55.64	164.85	208.79	38.67	181.57	250.09	25.78	172.36	22.16
Cystine	10.07	16.52	19.90	-	-	18.94	-	17.92	26.63	-	-	15.36
Valine	62.89	90.49	113.83	59.43	106.97	134.75	38.80	108.31	158.55	26.89	129.56	93.11
Methionine	17.74	25.49	33.01	14.52	25.66	34.23	9.43	27.12	40.82	6.76	29.22	28.60
Isoleucine	58.01	88.86	114.14	54.13	94.39	130.95	33.98	103.65	154.90	23.78	101.25	92.20
Leucine	82.46	129.12	168.54	76.73	138.44	194.23	47.30	156.08	233.80	32.03	146.79	135.69
Tyrosine	25.07	52.97	47.14	33.30	45.87	52.25	22.65	51.08	44.74	13.61	54.06	33.99
Phenylalanine	55.29	88.31	102.63	51.98	91.55	120.27	34.28	105.63	144.30	21.72	105.77	85.24
Histidine	39.39	51.33	61.78	40.35	42.21	75.38	27.61	63.88	51.44	15.90	40.80	31.43
Lysine	142.63	266.47	238.96	138.40	182.60	256.84	102.90	343.12	346.63	62.18	255.79	259.29
Arginine	58.28	31.92	34.80	67.44	29.32	34.56	55.85	31.88	35.36	24.55	30.12	23.26
Total	1500.08	2113.71	2416.38	1457.98	2084.95	2764.31	1055.38	2518.65	2189.27	645.16	2326.79	1826.26

(5) 간장의 유리아미노산 함량

Table 29는 일반콩 및 LOX 결핍콩으로 제조한 간장의 숙성기간에 따른 유리아미노산 함량을 나타낸 결과이다. 간장의 숙성 중 유리아미노산의 함량은 점차 감소되는 경향이였다. 숙성 전 기간에 걸쳐 30일에 유리아미노산의 총 함량은 대조구인 태광콩 간장의 함량이 타 시료에 비해 높았다. 반면에 숙성 150일에 05C4 간장은 대조구에 비해 다소 높은 함량이였다.

Table 29. Changes in free amino acids of Kanjang after fermentation for 150 days

	(mg/100 mL)											
	Kanjang											
	Taekwangkong			Jinyangkong			05C4			LS		
	30	90	150	30	90	150	30	90	150	30	90	150
L-Aspartic acid	-	-	3.37	5.16	-	-	4.77	-	-	6.07	-	-
L-Threonine	6.15	13.24	11.72	5.36	11.16	11.72	5.46	12.50	14.12	6.16	10.31	11.27
L-Serine	7.79	15.89	14.52	6.93	14.38	15.14	6.75	16.75	17.96	7.14	13.11	14.25
L-Asparagine	-	2.11	-	-	-	-	0.53	-	-	0.45	-	-
L-Glutamic acid	22.32	45.99	40.47	16.38	38.10	35.75	14.03	44.24	42.95	20.87	47.10	37.68
L-Glycine	4.05	8.13	7.51	3.54	6.67	7.22	3.13	7.54	8.58	3.71	7.34	7.21
L-Alanine	8.51	33.88	28.23	7.09	27.01	27.14	6.95	30.41	31.54	7.37	29.00	27.88
L-Citrulline	9.35	0.68	-	7.50	3.32	-	6.17	0.40	-	7.65	-	-
L-Valine	9.68	19.03	16.27	7.29	15.45	15.15	5.61	16.88	18.07	6.58	17.74	14.52
L-Methionine	2.89	0.42	4.85	1.84	0.34	3.25	1.40	3.54	3.97	1.47	4.21	3.00
L-Isoleucine	7.50	17.45	15.44	6.69	14.08	14.29	5.73	15.48	17.22	6.85	15.83	14.17
L-Leucine	12.23	27.23	24.02	11.24	22.85	22.57	10.96	25.39	27.18	10.65	24.51	22.36
L-Tyrosine	3.21	8.74	6.24	3.30	6.86	5.63	5.30	7.22	4.03	3.99	7.39	4.91
L-Phenylalanine	7.71	17.14	14.63	6.84	14.57	13.40	7.03	15.38	15.83	6.95	16.63	13.53
L-Ornithine	1.21	15.37	5.68	1.33	1.87	3.99	1.89	17.29	8.09	1.52	7.51	11.90
L-Lysine	9.33	19.13	15.08	8.48	15.47	14.40	9.21	18.58	16.90	8.67	17.83	13.61
L-Histidine	2.77	6.97	5.18	2.72	2.49	4.82	2.65	5.26	2.16	2.76	3.21	1.79
L-Arginine	4.58	2.01	1.49	5.59	0.54	0.69	7.87	0.62	0.57	4.70	-	-
Total	119.30	253.43	214.70	107.29	195.18	195.14	105.43	237.49	229.17	113.55	221.71	198.10

간장의 유리아미노산 조성은 간장의 맛과 향에 영향을 미치는 중요한 요인으로, aspartic acid와 glutamic acid는 감칠맛에 영향을 주고, glycine, alanine, lysine, threonine은 단맛에 영향을 주고, methionine, valine, isoleucine, phenylalanine, leucine은 쓴맛에 영향을 주는 것으로 알려져 있다(Jung 등, 2012). 재래간장에 많이 함유되어 있는 것으로 알려진 glutamic acid는 본 실험에서도 가장 많이 함유되어 있었으며, 총 유리아미노산에 대해 약 13.31~21.24%를 차지

하였다. Won & Song (2013)은 헛개 열매, 줄기, 가지를 첨가한 간장의 유리아미노산 총량이 225.6~346.8 mg%라고 보고하였으며, 이는 본 실험 결과보다 높은 함량이었다. 이는 간장에 첨가된 원료 조성의 차이, 대두의 품종, 메주 중의 각종 미생물에 의한 아미노산 조성비가 달라지기 때문이라 사료된다.

(6) 간장의 이소플라본 함량

Non-GM콩으로 제조한 간장의 숙성 중 이소플라본 함량의 변화를 나타낸 결과는 Table 30과 같다. 본 실험의 간장에서 검출된 이소플라본은 daidzin과 glycitin으로 총 2종만 검출되었으며, 품종간에 대차는 보이지 않았다. 숙성이 진행됨에 따라 이소플라본의 함량은 불규칙적으로 증감하였으며, 이렇게 이소플라본의 함량에 차이가 나는 것은 메주에 접종된 균의 활성과 숙성 과정 중 균체량에 의한 것으로 사료된다. Kim 등(2008)은 청국장 제조시 사용되는 균주인 *Bacillus* sp. SP-KSW3을 이용하여 제조한 간장에서 검출된 이소플라본 중 glucoside의 일종인 daidzin은 16.52~18.26 mg/kg으로 나타났고 genistin은 검출되지 않았다고 보고하였다. 이는 본 실험의 결과와 일치하였으며 daidzin의 함량은 본 실험 결과 숙성 30일에서 23.71~27.20 $\mu\text{g/mL}$ 으로 다소 높은 함량이었다.

Table 30. Changes in isoflavone contents of Kanjang during its fermentation

Kanjang		Fermentation days		
		30	90	150
Daidzin	Taekwangkong	27.20	17.37	27.53
	Jinyangkong	28.57	21.87	23.48
	05C4	23.71	22.85	26.31
	LS	26.99	17.68	29.07
Glycitin	Taekwangkong	6.79	8.83	13.17
	Jinyangkong	7.01	7.41	13.56
	05C4	10.94	17.65	13.58
	LS	7.11	6.08	11.21
Total	Taekwangkong	33.99	26.20	40.71
	Jinyangkong	35.58	29.27	37.03
	05C4	34.65	40.50	39.89
	LS	34.09	23.76	40.28

(7) 간장의 총 페놀 및 플라보노이드 함량

간장의 총 페놀 및 플라보노이드 함량을 나타낸 결과는 Table 31과 같다. 숙성기간이 경과됨에 따라 증가하는 경향을 보였으며, 숙성 30일에 비해 숙성 150일에 총 페놀은 1.26~2.56배 증가하였고, 플라보노이드는 1.96~5.78배 증가하였다. 30일간 숙성시킨 간장의 총 페놀 함량은 LS 간장이 829.41 mg/100 mL로 가장 높았으며, 숙성 90일과 150일에는 대조구인 태광콩 간장이 1937.94 mg/100 mL로 가장 높았다. 플라보노이드 함량은 30일간 숙성시킨 대조구에 비해

LS 간장이 높았고, 90일과 150일에는 진양콩 간장과 05C4 간장이 높은 함량이었다.

Hwang 등(2012)은 LOX와 KTI 단백질이 결핍된 non-GM콩으로 제조한 간장을 120일 숙성시킨 후 플라보노이드 함량을 측정한 결과, 321.90~349.81 mg/L이었으며, 본 연구는 이보다 훨씬 낮았다. 본 연구에서 페놀과 플라보노이드의 경향이 일치하지는 않았으나, 진양 및 05C4 간장에서 플라보노이드 함량이 더 높은 것을 볼 때 진양 및 05C4 간장은 플라보노이드성 물질이 더 많은 것으로 추정된다.

Table 31. Changes in total phenol and flavonoid of Kanjang during its fermentation

		(mg/100 mL)		
Kanjang		Fermentation days		
		30	90	150
Total phenol	Taekwangkong	755.38 ± 4.26 ^B	1022.78 ± 3.05 ^C	1937.94 ± 15.41 ^C
	Jinyangkong	716.14 ± 2.10 ^A	982.73 ± 4.59 ^A	1024.39 ± 9.93 ^A
	05C4	731.92 ± 11.95 ^A	1001.74 ± 12.28 ^B	1219.38 ± 12.63 ^B
	LS	829.41 ± 11.47 ^C	975.85 ± 10.79 ^A	1045.43 ± 6.68 ^A
Flavonoid	Taekwangkong	192.31 ± 2.49 ^B	290.01 ± 19.56 ^A	568.53 ± 14.93 ^A
	Jinyangkong	167.17 ± 14.67 ^{AB}	420.04 ± 14.13 ^C	713.65 ± 23.74 ^C
	05C4	124.78 ± 11.40 ^A	413.58 ± 8.62 ^C	722.27 ± 25.26 ^C
	LS	314.44 ± 44.01 ^C	315.88 ± 5.42 ^B	618.82 ± 17.95 ^B

All values are mean ± SD (*n*=3)

^{A-C}Means with different superscripts in the same column are significantly different at *p* < 0.05 by Duncan's multiple range test

(8) 간장의 항산화 활성

원료콩으로 제조한 간장을 증류수로 10, 20, 50, 100 μL/mL 농도의 범위로 희석하여 항산화 활성을 측정한 결과, DPPH, ABTS 라디칼 소거활성, Fe⁺² chelating 활성 및 FRAP 활성 모두 시료의 농도가 증가할수록 활성도 유의적으로 증가하였으며, 숙성기간에 상관없이 100 μL/mL 농도에서 70% 이상의 소거활성을 보였다. Table 32는 50 μL/mL 농도에서 항산화 활성을 비교한 결과로 DPPH 라디칼 소거활성은 숙성 90~150일경에 LS 간장이 타 시료에 비해 유의적으로 활성이 높았다. ABTS 라디칼 소거활성은 150일 숙성된 05C4 간장을 제외한 모든 시료에서 90% 이상의 소거활성을 보였다. Fe⁺² chelating 활성은 숙성 90일에 LS 간장의 활성이 태광 간장에 비해 유의적으로 높았으며, 150일 숙성시에는 05C4 및 LS 간장의 활성이 태광 간장에 비해 다소 높았으나 유의적인 차이는 아니었다. FRAP법에 의한 환원력은 숙성 30~90일 경에 LS 간장의 활성이 다소 높았으나, 90~150일 숙성 간장의 경우 시료간에 유의차는 보였으나, 대차는 아니었다.

Shin 등(2010)이 보고한 90일 동안 숙성한 마늘간장의 100 μL/mL 농도에서 DPPH 라디칼

소거활성(54.6%)과 ABTS 라디칼 소거활성(57.21%)에 대한 연구결과를 본 연구와 비교하면, 본 연구에서 실험한 시료에서 활성이 더 우수하다는 것을 알 수 있었다.

Table 32. Antioxidant activities in Kanjang prepared from during its fermentation

Days	Kanjang	50 $\mu\text{L}/\text{mL}$ concentration of Kanjang			
		DPPH radical scavenging(%)	ABTS radical scavenging(%)	Fe ⁺² chelating (%)	Reducing power (FeSO ₄ eq μM)
30	Taekwangkong	82.47 \pm 3.08 ^B	95.00 \pm 0.59 ^B	96.43 \pm 0.65 ^C	95.80 \pm 1.73 ^B
	Jinyangkong	85.02 \pm 2.57 ^B	95.62 \pm 1.96 ^B	91.41 \pm 2.86 ^{AB}	79.08 \pm 3.29 ^A
	05C4	84.21 \pm 5.14 ^B	99.08 \pm 0.77 ^C	93.24 \pm 2.53 ^B	93.32 \pm 2.79 ^B
	LS	70.70 \pm 2.31 ^A	90.92 \pm 1.75 ^A	89.24 \pm 1.81 ^A	96.04 \pm 2.38 ^B
90	Taekwangkong	66.51 \pm 1.09 ^A	97.54 \pm 0.28 ^B	33.06 \pm 2.42 ^B	94.84 \pm 1.66 ^{AB}
	Jinyangkong	66.32 \pm 2.40 ^A	98.15 \pm 0.93 ^B	24.22 \pm 2.09 ^A	93.40 \pm 2.20 ^A
	05C4	72.28 \pm 2.34 ^B	95.35 \pm 1.27 ^A	26.67 \pm 2.12 ^A	92.76 \pm 2.42 ^A
	LS	81.63 \pm 2.31 ^C	98.32 \pm 0.87 ^B	70.94 \pm 1.20 ^C	97.16 \pm 1.78 ^B
150	Taekwangkong	88.99 \pm 1.59 ^B	93.92 \pm 1.09 ^C	51.94 \pm 2.92 ^B	93.48 \pm 2.58 ^{AB}
	Jinyangkong	84.43 \pm 1.65 ^A	95.89 \pm 1.73 ^C	47.33 \pm 2.43 ^A	94.44 \pm 1.89 ^{AB}
	05C4	87.24 \pm 1.64 ^B	87.66 \pm 1.84 ^A	53.22 \pm 1.64 ^B	95.88 \pm 1.13 ^B
	LS	93.74 \pm 2.00 ^C	91.35 \pm 1.80 ^B	54.83 \pm 1.87 ^B	92.84 \pm 2.01 ^A

All values are mean \pm SD ($n=5$)

Means with different superscripts in the same column (A-C) are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

6) *In vitro*에서 두부 및 된장의 지질 개선 효과

(1) 콜레스테롤 흡착 활성

LOX가 결여된 non-GM콩으로 제조한 두부 및 된장의 *in vitro*에서 콜레스테롤 흡착활성을 측정된 결과는 Fig. 5와 같다. 태광 두부에 비해 개척#1 두부(70.21%)의 활성이 유의적으로 높았으며, 진양 두부(63.93%)는 유의차를 보이지 않았다. 태광 된장에 비해 05C4 및 LS 된장은 유의적으로 활성이 높았다.

개척#1 두부는 검정콩으로 제조한 두부로 황색콩인 태광 두부 및 진양 두부에 비해 총 페놀 및 플라보노이드 함량이 유의적으로 높았기 때문에 본 연구에서 개척#1 두부의 콜레스테롤 흡착활성은 시료 중의 페놀 화합물 및 이소플라본 함량과 관련이 있는 것으로 여겨진다.

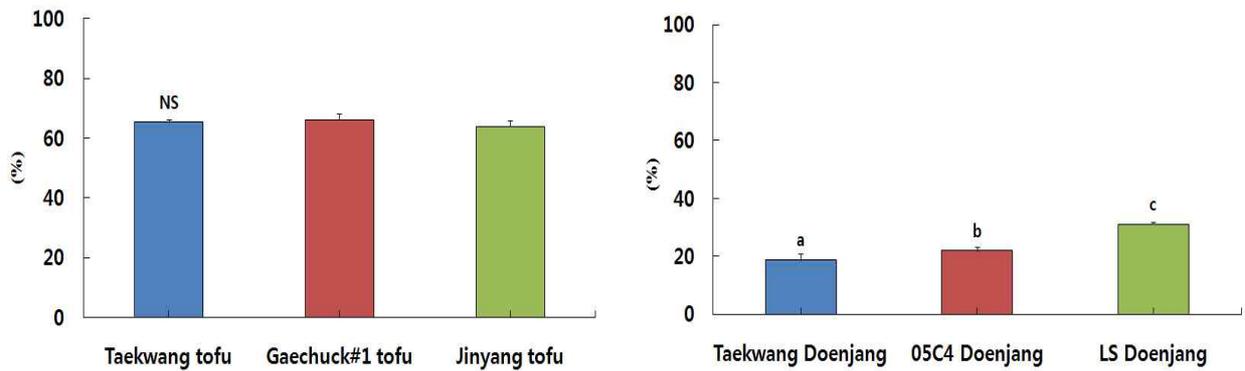


Fig. 5. Cholesterol adsorption activity of tofu and *Doenjang* manufactured from LOX-free genotypes *in vitro*.

(2) 지방세포 내 중성지방 축적에 미치는 영향

두부 및 된장의 제조에 사용된 원료콩을 사용하여 Oil red O로 세포 염색을 통한 지방세포의 형태를 관찰하고 세포내의 중성지방의 양을 측정하였다. 두부 제조에 사용된 LOX 결핍콩의 실험 결과 분화가 유도되지 않는 preadipocyte에 비하여 adipocyte의 지방생성량이 유의적으로 증가하였고 시료의 농도가 증가함에 따라 감소하는 경향이었다. 대조구(인슐린 처리구)에 비해 40 $\mu\text{g/mL}$ 및 150 $\mu\text{g/mL}$ 의 농도로 콩 추출물 처리구에서 감소하였는데, 40 $\mu\text{g/mL}$ 의 농도에서는 시료간의 유의차는 없었으며, 150 $\mu\text{g/mL}$ 의 농도에서는 개척#1의 처리 시 유의적으로 낮아 지방세포 내 지방구의 형성을 억제하였다.

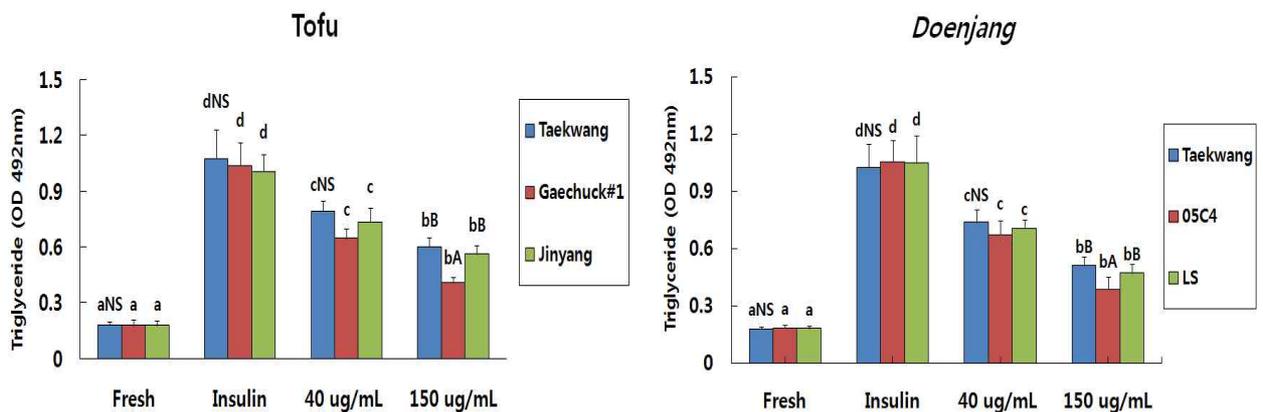


Fig. 6. Inhibitory effect in extracts of soybean for tofu and Doenjang on adipocyte differentiation in 3T3-L1 preadipocytes.

된장 제조에 사용된 LOX 결핍콩의 지방세포 내 중성지방 분화 억제능은 추출물의 농도가 증가함에 따라 감소하는 경향이었고, 콩 추출물의 처리가 adipocyte에 비하여 매우 효과적으로 지방축적을 억제함을 확인하였다. 40 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 및 150 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 의 농도에서 05C4 추출물을 처리했을 때 지방축적의 감소를 높게 나타냈으며 adipocyte에 비하여 지방생성이 약 38~66% 억제됨을 확인할 수 있었다.

7) 고지방-콜레스테롤 식이에 두부의 혼합급이에 따른 흰쥐의 체내 지질 성분 변화

(1) 체중 변화 및 식이효율

태광, 개척#1 및 진양 두부를 동결건조하여 고지방-콜레스테롤 식이성 흰쥐에 10% 수준으로 혼합급이하여 5주간 사육하였을 때 체중변화 및 식이효율은 Table 33과 같다. 식이 섭취량은 정상군에 비해 고지방-콜레스테롤 식이군에서 유의적으로 낮았으나, 체중증가량의 변화는 모든 실험군 간에 유의적인 차이가 없었고, 식이효율은 대조군 및 두부 급이군이 정상군에 비해 유의적으로 높았다.

Table 33. Changes of the body weight, food intake and food efficiency ratio in rats fed tofu supplementation

Group	Initial body weight (g)	Final body weight (g)	Food intake (g/day)	Total body weight gain (g/4 weeks)	FER (%) ³⁾
Normal	104.00±5.48 ^{NS}	316.00±16.73 ^{NS}	20.26±0.33 ^b	212.00±13.04 ^{NS}	30.76±1.64 ^a
HFC	104.00±5.48	340.00±24.49	18.04±0.60 ^a	236.00±23.02	38.45±3.11 ^b
HFC+T1	104.00±5.48	344.00±32.86	17.92±1.71 ^a	240.00±30.82	39.36±2.83 ^b
HFC+T2	106.00±5.48	340.00±31.62	18.09±1.23 ^a	234.00±27.02	37.97±2.10 ^b
HFC+T3	106.00±5.48	348.00±22.80	18.85±0.67 ^a	242.00±25.88	37.85±4.78 ^b

^{a-b}Values in a column sharing the same superscript letter are not significantly different at $p < 0.05$.

¹⁾Refer to the Table 1

²⁾Values are mean±SD ($n=6$).

³⁾Food efficiency ratio = Total body weight gain(g/4 weeks)/food intake(g/4 weeks)×100.

(2) 혈중 지질 성분 변화

고지방-콜레스테롤 식이로 비만이 유도된 흰쥐에게 LOX 결핍콩으로 제조된 두부를 5주간 급이한 흰쥐의 혈중 총 지질함량, 중성지질 및 총 콜레스테롤 함량을 분석한 결과는 Table 34

와 같다. 총 지질함량은 정상군이 가장 낮았고, 대조군에 비해 두부 급이군에서 감소하였으며, 두부 급이군 중 개척#1 두부를 급이한 HFC+T2군의 총 지질함량이 유의적으로 가장 낮았다. 중성지질의 함량은 대조군에서 가장 높았으며, 정상군과 두부 급이군이 비슷한 수준으로 유의적으로 낮은 함량을 보였다. 총 콜레스테롤 함량은 총 지질 함량과 유사한 경향으로 두부를 급이함으로 총 콜레스테롤 함량이 감소되었고, 그 중에서도 개척#1 두부를 급이한 HFC+T2군이 유의적으로 가장 낮은 함량을 나타내었다.

Table 34. Lipid profiles in serum of the rats fed high fat-cholesterol by tofu supplementation

Group ¹⁾	Normal	HFC	HFC+T1	HFC+T2	HFC+T3
Total lipid (mg/dL)	218.48±3.16 ^{a2)}	342.81±14.96 ^d	296.50±4.84 ^c	267.03±6.85 ^b	300.72±16.10 ^c
Total cholesterol (mg/dL)	56.54±3.62 ^a	126.24±3.62 ^d	118.28±2.28 ^c	107.53.±1.58 ^b	115.23±2.66 ^c
Triglyceride (mg/dL)	36.69±2.18 ^a	49.35±5.42 ^b	38.54±1.77 ^a	33.62±2.22 ^a	37.62±3.02 ^a
HDL-C (mg/dL)	33.11±3.61 ^b	22.43±3.87 ^a	23.26±1.70 ^a	29.47±6.25 ^b	21.44±0.99 ^a
LDL-C (mg/dL)	43.75±2.56 ^a	112.43±3.41 ^d	105.28±2.26 ^c	94.47±1.95 ^b	102.96±2.81 ^c
CRF	1.76±0.17 ^a	5.75±0.74 ^c	5.08±0.36 ^c	3.79±1.01 ^b	5.36±0.26 ^c

^{a-d}Values in a row sharing the same superscript letter are not significantly different at $p < 0.05$.

¹⁾Refer to the Table 1

²⁾Values are mean±SD ($n=6$).

(3) AST 및 ALT 활성

혈청 중간 기능 이상 지표를 나타내는 AST 및 ALT 활성을 측정한 결과는 Table 35와 같다. AST 활성은 정상군의 활성이 가장 낮았으며 대조군에 비해 두부 급이군에서 낮아지는 경향이였다. 두부급이군 중에서 개척#1 두부를 급이한 HFC+T2군에서 유의적으로 가장 낮은 활성을 보였으며, 태광 두부 및 진양두부 급이군간의 유의차는 보이지 않았다. ALT 활성도 대조군에 비해 두부 급이군에서 활성이 감소되었으며, LOX 결핍콩으로 제조한 개척#1 두부와 진양두부에서 활성이 감소되는 효과를 나타내었다. 특히 개척#1 두부는 정상군과 비슷한 수준으로 유의적으로 낮은 ALT 활성을 보였다.

고지방 식이에 의한 간 중량의 증가는 혈중 AST 및 ALT 활성 증가와도 (+)의 상관성이 있으며, 이때 사료에 첨가되는 시료의 항산화 활성이 높으면 AST 및 ALT 활성은 감소된다고 보고되어 있다(Mun, 2004). 따라서 본 연구결과, 고지방-콜레스테롤 식이에 두부 급이 시 AST 및 ALT 활성이 대조군에 비해 유의적으로 감소된 것은 두부 중의 총 페놀 함량에 의한 항산화 활성과 관련성이 큰 것으로 생각된다.

Table 35. AST and ALT activities in serum of the rats fed high fat-cholesterol by tofu supplementation

Group ¹⁾	AST	ALT
	(Karmen unit/mL)	
Normal	68.50±2.89 ^{a2)}	21.75±0.96 ^a
HFC	91.00±2.16 ^d	33.50±3.11 ^c
HFC+T1	82.50±2.65 ^c	27.00±2.16 ^b
HFC+T2	73.75±1.50 ^b	22.75±1.71 ^a
HFC+T3	80.75±1.71 ^c	25.25±3.20 ^{ab}

^{a-d}Values in a column sharing the same superscript letter are not significantly different at $p < 0.05$.

¹⁾Refer to the Table 1

²⁾Values are mean±SD ($n=6$).

(4) 간 조직 및 분변 중의 지질 함량

LOX 결여 콩으로 만든 두부를 고지방-콜레스테롤 식이성 흰쥐에 5주간 혼합 급이한 후 간 조직 및 분변 중의 지질 함량을 분석한 결과는 Table 36과 같다. 간 조직의 총 지질 함량은 정상군에서 22.20 mg/g이었으며 대조군은 5.9배 증가된 131.00 mg/g이었다. 태광 및 진양 두부 급이군은 대조군과 유의차를 보이지 않았으나, 개척#1 두부 급이군(HFC-T2)은 유의적으로 감소되었다. 총 콜레스테롤 및 중성지방 함량도 대조군에 비해 두부 급이군에서 유의적인 감소를 보였으며, 대조군에 비해 두부 급이군에서 모두 유의적으로 감소되었다.

두부 분말을 5주간 급이한 후 고지방-콜레스테롤 식이성 흰쥐의 분변 중 지질 함량은 Table 37에 나타난 바와 같이 총 지질, 총 콜레스테롤 및 중성지방 함량이 정상군에 비해 대조군에서 각각 2.3배, 5.1배 및 11.0배 증가되었다. 두부 급이군의 분변 중 총 지질 배출량은 대조군에 비해 유의적으로 증가되었으나, 두부의 종류에 따른 유의차는 없었다. 중성지방 함량은 태광 및 개척#1 두부 급이군이 대조군에 비해 유의적으로 증가되었으며, 특히 개척#1 두부 급이군의 배출량이 가장 많았고, 진양 두부 급이군(HFC-T3)은 대조군에 비해 유의차가 작았다. 총 콜레스테롤의 배출량도 대조군에 비해 두부 급이군에서 다소 증가되었으나, 통계적인 유의차는 없었다.

대두 단백질의 체내 콜레스테롤 저하 효과는 대두 중 arginine/lysine (A/L)의 비가 높기 때문이라는 보고가 있는데(Eklund & Sjöblom, 1980), 본 연구에 사용된 콩의 A/L비는 태광콩이 1.05, 개척#1이 1.27, 진양콩이 1.03인 것으로 볼 때(Lee 등, 2013) 대두 단백질이 카제인보다 A/L비가 높아 체내 콜레스테롤 저하에 효과적이었다는 Kim & Kim (1984)의 보고와 일치하는 결과였다. 따라서 고지방-콜레스테롤 식이에 개척#1 두부 급이군은 대조군에 비해 총 지질은 1.3배, 중성지방은 1.8배, 총 콜레스테롤은 1.3배 수준으로 배출량이 증가된 것이 식이 중의 섬

유소 및 플라보노이드에 의한다는 보고(Jang 등, 2008)와 유사한 결과라 생각되며, 두부 급이에 따른 체내 지질 감소 효과는 두부 단백질의 A/L비, 개척#1 두부의 플라보노이드성 물질에 의존적인 것으로 판단된다.

Table 36. Effect of various tofu in liver lipid contents of rats fed high fat-cholesterol diet (mg/g wet liver tissue)

Groups ¹⁾	Total lipids	Total cholesterol	Triglyceride
Normal	22.20±0.27 ^a	3.38±0.14 ^a	14.06±1.72 ^a
HFC	131.00±1.36 ^c	10.72±1.38 ^c	47.82±1.78 ^d
HFC+T1	122.28±8.91 ^c	8.13±0.80 ^b	41.29±0.82 ^c
HFC+T2	112.51±6.91 ^b	7.16±0.82 ^b	35.59±1.78 ^b
HFC+T3	124.12±8.86 ^c	7.66±0.68 ^b	37.57±0.77 ^b

^{a-d}Values in a column sharing the same superscript letter are not significantly different at p<0.05.

¹⁾Refer to the Table 1

Values are mean±SD (n=6).

Table 37. Effect of various tofu in fecal lipid contents of rats fed high fat-cholesterol diet (mg/g dried feces)

Groups ¹⁾	Total lipids	Total cholesterol	Triglyceride
Normal	19.46±3.79 ^a	2.43±0.15 ^a	0.85±0.16 ^a
HFC	44.47±2.16 ^b	26.75±2.19 ^{bc}	4.36±0.19 ^b
HFC+T1	55.60±3.97 ^c	29.46±4.00 ^{bc}	5.56±0.32 ^c
HFC+T2	58.77±3.39 ^c	32.18±1.07 ^c	7.73±0.61 ^d
HFC+T3	56.44±2.17 ^c	26.03±4.54 ^b	4.95±0.64 ^{bc}

^{a-d}Values in a column sharing the same superscript letter are not significantly different at p<0.05.

¹⁾Refer to the Table 1

Values are mean±SD (n=6).

(5) 간 조직의 항산화효소 활성

간 조직의 생체 내 효소적 방어체계인 SOD, catalase 및 GSH-Px의 활성을 측정 한 결과는

Table 38과 같다. 정상군에 비해 대조군의 항산화효소 활성이 다소 낮았으나, 통계적인 유의차는 작았다. 두부 급이군은 대조군에 비해 모두 유의적으로 증가되었는데, SOD 활성은 대조군에 비해 1.4~2.2배 증가되었으며, 진양 두부 급이군(HFC-T3)에서 활성이 가장 높았다. Catalase 활성은 1.8~2.6배, GSH-Px 활성은 1.4~1.9배 증가되어 개척#1 두부 급이군(HFC-T2)에서 유의적으로 활성이 높았다.

간 조직에서 catalase와 GSH-Px 활성은 양(+의 상관관계를 가지며 당뇨쥐에서 genistein과 daidzein 급이시 간 조직의 catalase 및 GSH-Px 활성에 동일한 양상을 보인다고 보고되어 있는데(Park 등, 2006), 이는 본 연구 결과와 일치하는 경향이었다. 이소플라본은 유리 라디칼에 의한 세포 증식이 감소되는 산화적 스트레스에서 세포증식을 상승시킴으로써 항산화 활성을 발휘하는 것으로 보고되어 있다(Lee, 2001). 본 연구 결과 고지방-콜레스테롤 급이 흰쥐에서 LOX 결여 콩 두부의 급이군에서 간 조직의 항산화 활성이 증가된 것 역시 시료 중의 이소플라본을 비롯한 페놀화합물(Kim 등, 2014)에 기인된 결과로 여겨진다.

Table 38. Effect of various tofu on SOD, catalase and GSH-Px activities in liver of rats fed high fat-cholesterol diet

Groups ¹⁾	SOD activity (U/mg protein)	Catalase activity (μ mol/min/mg protein)	GSH-Px activity (nmol/min/mg protein)
Normal	22.37 \pm 1.37 ^{ab}	1.36 \pm 0.64 ^{ab}	308.87 \pm 18.18 ^a
HFC	19.14 \pm 4.13 ^a	1.20 \pm 0.29 ^a	288.37 \pm 14.79 ^a
HFC+T1	26.69 \pm 2.70 ^b	2.67 \pm 0.42 ^{cd}	415.47 \pm 3.50 ^b
HFC+T2	32.05 \pm 2.28 ^c	3.13 \pm 0.61 ^d	553.19 \pm 1.19 ^d
HFC+T3	41.55 \pm 2.14 ^d	2.11 \pm 0.11 ^{bc}	459.24 \pm 13.23 ^c

^{a-d}Values in a column sharing the same superscript letter are not significantly different at $p < 0.05$.

¹⁾Refer to the Table 1

Values are mean \pm SD (n=6).

8) 고지방-콜레스테롤 식이에 된장의 혼합급이에 따른 흰쥐의 체내 지질 성분 변화

(1) 체중변화 및 식이효율

태광콩 된장, 05C4 된장, LS 된장 분말을 고지방-콜레스테롤 식이에 5%씩 혼합하여 5주간 급이한 후 체중 변화 및 식이효율을 나타낸 결과는 Table 39와 같다. HFC군과 HFC+D1군의 체중증가량은 3.3~3.4배로 체중증가량이 가장 높게 나타났다. 된장 급이군 중에서는 05C4 된장과 LS 된장을 급이한 HFC+D2군과 HFC+D3군이 초기체중에 비해 체중이 약 3.2배 증가하여 다른군에 비해 유의적으로 낮게 나타났다. 평균 식이섭취량은 정상군과 HFC+D3군이 가장 높

았으며 타 실험군 간에는 유의적인 차이가 없었고, 식이효율은 정상군이 가장 낮았으며 31.34~39.55%의 범위로 유의적인 차이가 없었다.

흰쥐에게 고지방식이와 전통 콩 발효식품인 청국장과 된장을 급이하였을 때 각 군에서 식이 섭취량은 차이가 없고, 청국장에 비해 된장에서 체중감소가 높게 나타났다는 보고(Kwon 등, 2006)와 비교해 볼 때, 식이섭취량은 정상군을 제외한 모든 실험군에서 유의차가 없었고 된장 급이군에서 체중증가량이 낮게 나타난 본 연구 결과와 일치하였다. 또한 고지방-콜레스테롤 식이에 대두, 청국장, 된장 분말을 혼합하여 흰쥐에게 투여했을 때 된장분말을 급여한 군에서 체중 감소효과가 가장 크게 나타났으며, 된장과 청국장의 급이가 대두보다 체중 감소효과가 높은 것은 콩의 발효숙성으로 인해 영향을 미치는 것으로 보고되어 있다(Lee 등, 2013). 따라서 본 연구에서 된장은 LOX 결여된 정도에 따라 체중 감소의 정도는 다를 수 있지만 고지방 식이에서 된장이 항 비만에 도움이 될 것으로 사료된다.

Table 39. Changes of the body weight, food intake and food efficiency ratio in rats fed Doenjang supplementation

Group ¹⁾	Initial body weight (g)	Final body weight (g)	Food intake (g/day)	Total body weight gain (g/5 weeks)	FER (%) ³⁾
Normal	110.00±0.00 ^{b2)}	326.67±11.55 ^a	20.33±0.10 ^b	216.67±11.55 ^a	31.34±1.51 ^a
HFC	110.00±0.00 ^b	360.00±20.00 ^b	18.59±0.91 ^a	250.00±20.00 ^b	39.55±2.33 ^b
HFC+D1	100.00±0.00 ^a	343.33±5.77 ^{ab}	18.60±0.88 ^a	243.33±11.55 ^b	38.50±1.07 ^b
HFC+D2	106.67±5.77 ^{ab}	346.67±11.55 ^{ab}	18.82±0.64 ^a	240.00±10.00 ^{ab}	37.53±1.93 ^b
HFC+D3	106.67±5.77 ^{ab}	346.67±11.55 ^{ab}	19.22±0.41 ^{ab}	240.00±10.00 ^{ab}	36.74±1.36 ^b

^{a-b}Values in a column sharing the same superscript letter are not significantly different at $p < 0.05$.

¹⁾Refer to the Table 1

²⁾Values are mean±SD ($n=6$).

³⁾Food efficiency ratio = Total body weight gain(g/4 weeks)/food intake(g/4 weeks)×100.

(2) 혈중 지질 성분의 변화

고지방-콜레스테롤 식이로 비만을 유도한 흰쥐에 LOX 결핍콩으로 제조된 된장 분말을 5%를 급이한 후 혈청의 지질함량 분석한 결과는 Table 40과 같다. 혈청의 총 지질과 총 콜레스테롤의 함량은 정상군이 가장 낮았으며 그 다음으로 HFC+D3군이였다. 중성지질은 HFC+D2군, HFC+D3군이 정상군과 유의차가 작았으며, HDL-콜레스테롤 함량은 HFC+D3군(34.93 mg/dL)이 정상군과 비슷한 수준을 보였다. LDL-콜레스테롤 함량 및 심혈관 질환 위험지수는 정상군이 가장 낮았고 대조군은 정상군에 비해 각각 2.6배 및 3.3배 높게 나타났으나 HFC+D3

군은 대조군에 비해 유의적으로 낮았으나, 그 외 실험군에서는 유의차가 없었다.

Lee 등(2011)은 고지방-콜레스테롤 식이에 대두, 청국장, 된장을 급여한 흰쥐에 혈청 중 총 콜레스테롤 및 LDL-콜레스테롤은 유의하게 감소하였으며 청국장과 된장의 급여군에서 HDL-콜레스테롤이 증가하였다고 보고하였는데 이는 본 연구 결과와 유사한 경향이였다. 고지방식이에서 된장은 혈중 중성지방 및 콜레스테롤의 농도를 낮추는 효과가 있으며, HDL-콜레스테롤에 대한 LDL-콜레스테롤의 농도비도 된장의 급여량이 많을수록 낮은 수치를 나타내어 된장의 급여가 혈중 콜레스테롤의 수준 저하에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 보고된 바 있다(Lee 등, 2000).

Isoflavonoid는 발효 과정 중 함량이 증가하는 것으로 발효균에 의해 생성되는 효소나 생리 활성 물질의 증가로 청국장과 된장이 혈중 지질 개선에 효과가 크다고 알려져 있다((Lee 등, 2011). 따라서 본 연구의 고지방-콜레스테롤 식이로 인한 비만 유도 흰쥐에서 된장의 급여는 대조군(HFC)에 비해 혈청의 지질, 콜레스테롤, 중성지방 및 LDL-콜레스테롤을 감소시키고, HDL-콜레스테롤을 증가시키는 것으로 나타났으며, 된장 급여군 중에서도 05C4 된장 급여군과 LS 된장 급여군(HFC+D1, HFC+D2)이 더 효과적이었으며, 특히 LS 된장 급여군(HFC+D3)이 정상군과 비슷한 수준의 혈청 지질함량을 보여 일반 된장보다 LOX 결핍콩 된장의 고지혈증 및 항비만 측면에서의 효과가 기대되며 기능성 식품으로서의 가능성도 기대된다.

Table 40. Lipid profiles in serum of the rats fed high fat-cholesterol by Doenjang supplementation

Group ¹⁾	Normal	HFC	HFC+D1	HFC+D2	HFC+D3
Total lipid(mg/dL)	198.50±17.29 ^{a2)}	331.09±9.27 ^d	281.13±9.61 ^c	270.56±9.68 ^c	237.89±11.31 ^b
Total cholesterol (mg/dL)	55.69±3.53 ^a	125.50±4.29 ^c	122.34±4.98 ^c	121.09±2.77 ^c	113.69±3.04 ^b
Triglyceride(mg/dL)	34.69±1.97 ^a	47.87±2.60 ^c	38.42±1.66 ^b	37.09±2.13 ^{ab}	35.60±2.29 ^{ab}
HDL-C (mg/dL)	32.95±2.32 ^b	22.93±2.84 ^a	24.01±2.63 ^a	22.76±2.74 ^a	34.93±2.14 ^b
LDL-C (mg/dL)	42.36±4.26 ^a	111.76±4.55 ^c	108.04±3.27 ^c	109.31±2.38 ^c	100.19±3.61 ^b
CRF ³⁾	1.70±0.15 ^a	5.54±0.52 ^c	5.07±0.64 ^c	5.37±0.51 ^c	3.28±0.23 ^b

^{a-d}Values in a row sharing the same superscript letter are not significantly different at $p < 0.05$.

¹⁾Refer to the Table 1

²⁾Values are mean±SD ($n=6$).

³⁾Cardiac risk factor = Total cholesterol/HDL-cholesterol

(3) AST 및 ALT 활성

고지방-콜레스테롤 식이에 LOX 결핍콩으로 만든 된장을 5주간 혼합급여한 후 AST 및 ALT 활성을 측정한 결과는 Table 41과 같다. AST 및 ALT 활성은 65~89 U/mL, 23~35

U/mL의 범위로 모두 정상군이 가장 낮았으며 대조군(HFC)이 가장 높았고 된장 급이 실험군에서 유의적으로 감소하는 경향을 나타내었다. 된장 급이군 중 태광 된장 급이군(HFC+D1)과 05C4 된장 급이군(HFC+D2)간에는 유의차가 없었으며, LS 된장 급이군(HFC+D3)이 가장 낮은 활성을 보였다.

간 기능 지표활성인 AST와 ALT 활성은 고지방식이나 알코올 등으로 간세포의 장애가 발생되어 혈중으로 방출이 향진되어 나타나는 것으로 수용성 식물 섬유 등이 혈중 AST 및 ALT 활성을 감소시킨다고 보고되어 있다(Lee 등, 2000). Lim 등(2008)의 연구에 의하면 혈청 콜레스테롤의 감소는 비배당체 고함량 이소플라본이 간에서 지방 식이에 의한 AST와 ALT의 활성 증가를 저해시켜 간장 장애를 지연시킨다고 보고하였다. 또한 태광 된장에 비해 LOX 결핍콩 된장의 이소플라본 함량이 더 많았다는 연구 결과(Kim, 2014)로 미루어 볼 때 본 실험에서의 LOX 결핍콩 된장인 05C4 된장 급이군(HFC+D2)과 LS 된장 급이군(HFC+D3)에서 AST 및 ALT 활성이 낮았던 것은 고지방식의 급이로 높아진 간 기능 효소활성이 된장의 이소플라본, 총 페놀 함량 등에 의해 감소된 것으로 여겨지므로 LOX 결핍콩 된장의 급이는 고지방 섭취에 따른 간 기능 개선에도 효과적일 것으로 사료된다.

Table 41. AST and ALT activities in serum of the rats fed high fat-cholesterol by Doenjang supplementation

Group ¹⁾	AST	ALT
	(Karmen unit/mL)	
Normal	65.00 ± 3.56 ^{a2)}	23.25 ± 1.26 ^a
HFC	89.00 ± 2.94 ^d	35.25 ± 1.89 ^d
HFC+D1	84.50 ± 2.38 ^c	32.00 ± 2.16 ^c
HFC+D2	81.50 ± 2.08 ^c	30.25 ± 2.22 ^{bc}
HFC+D3	76.50 ± 2.38 ^b	28.00 ± 1.63 ^b

^{a-d}Values in a column sharing the same superscript letter are not significantly different at $p < 0.05$.

¹⁾Refer to the Table 1

²⁾Values are mean ± SD ($n=6$).

(4) 혈중 지질과산화물 함량 및 항산화 활성

품종이 다른 된장을 고지방-콜레스테롤 식이에 5% 혼합하여 흰쥐에게 급이하였을 때 혈중 지질과산화물과 항산화 활성을 분석한 결과는 Table 42와 같다. 지질 과산화물의 함량은 정상군과 LS 된장 급이군(HFC+D3)이 유의적으로 가장 낮았으며 05C4 된장 급이군(HFC+D2), 태광 된장 급이군(HFC+D1), 대조군(HFC)의 순이었다. 항산화 활성은 05C4 된장 급이군(HFC+D2)과 LS 된장 급이군(HFC+D3)이 유의적으로 크게 나타났으며 정상군보다도 높은 수

준의 활성을 보였다.

대두단백 가수분해물의 섭취가 지질대사와 항산화에 미치는 영향에 대한 연구에서는(Han 등, 2008), 서리태 가수분해물 급이군의 항산화 활성이 높았으며 이는 서리태에서 이소플라본의 함량이 높은데서 기인한 것으로 보고되어 있다. 본 연구에서 지질과산화물의 함량이 정상군과 유의차가 없었던 LS 된장 급이군(HFC+D3)이 체내 지질 개선에 효과적일 것으로 생각되며, 태광 된장보다 05C4 및 LS 된장의 이소플라본의 함량이 높았던 선행 연구 결과로 보아(Kim, 2014), 특히 LOX 결핍콩 된장이 숙성과정 중 이소플라본 함량이 증가되며 발효균에 의한 효소 및 생리물질이 생성되어 혈중 지질 개선에 도움을 줄 것으로 사료된다.

Table 42. TBARS content and antioxidant activity in serum of the rats fed high fat-cholesterol by Doenjang supplementation

Group ¹⁾	TBARS content (mmol/mL)	Antioxidant activity (%)
Normal	22.37±1.48 ^{a2)}	80.43±1.27 ^b
HFC	40.64±0.86 ^d	75.20±1.08 ^a
HFC+D1	27.56±1.48 ^b	81.13±1.03 ^b
HFC+D2	30.52±1.48 ^c	84.38±0.65 ^c
HFC+D3	23.60±2.38 ^a	85.73±0.93 ^c

^{a-d}Values in a column sharing the same superscript letter are not significantly different at $p < 0.05$.

¹⁾Refer to the Table 1

²⁾Values are mean±SD ($n=6$).

(5) 간 조직 및 분변 중의 지질 함량

흰쥐에게 LOX 결핍콩으로 제조한 된장을 고지방-콜레스테롤 식이에 5주간 혼합급이한 후 간 조직 중의 총 지질, 중성지질, 총 콜레스테롤 함량을 분석한 결과는 Table 43과 같다. 간 조직의 총 지질함량은 정상군이 20.16 mg/g으로 가장 낮았고, 대조군(HFC)이 129.73 mg/g으로 가장 높았으며, 된장 급이군에서 유의적으로 감소하였는데 특히 LS 된장 급이군(HFC+D3)이 대조군에 비해 약 25.2%의 감소를 보였다. 중성지질의 함량도 대조군에 비해 된장 급이군에서 감소했으나 태광콩 된장(HFC+D1)에 비해 05C4 된장(HFC+D2)과 LS 된장 급이군(HFC+D3)이 유의적으로 낮은 함량을 보였다. 총 콜레스테롤의 함량도 대조군(HFC)에 비해 된장 급이군에서 다소 감소하였으나 통계적인 유의차는 없었다.

분변 중의 지질 함량을 분석한 결과는 Table 44와 같다. 총 지질, 총 콜레스테롤 및 중성 지질 함량은 정상군이 유의적으로 가장 낮았고, 대조군은 정상군의 약 2.4~14.5배 증가되었으며, 된장 급이군은 대조군에 비해 유의적으로 증가하였고, 수치로 볼 때 LS 된장 급이군이 가장

지질 배출량이 많았으나 통계적으로는 된장 급이군 간에 유의차가 없었다.

고지방-콜레스테롤 식이로 증가된 간 조직 중의 총콜레스테롤 함량이 감소된 것은 대두, 청국장 및 된장 분말의 급이로 대두 단백질, soy peptides, globulin 등의 성분들이 콜레스테롤 합성과 콜레스테롤 합성 속도 조절효소인 HMG-CoA reductase의 활성을 저해시켜 간의 콜레스테롤 축적을 억제시킨다는 보고가 있다(Lee 등, 2011). 청국장 분말을 고지방-콜레스테롤 식이에 4주간 급이한 흰쥐의 간 조직 중 총 지질, 중성지질, 총 콜레스테롤의 함량이 감소하였고(Kim 등, 2010a), 4주간 natto를 급여한 흰쥐의 간장 중 콜레스테롤 농도가 카제인을 급이한 실험군에 비해 유의하게 감소하였는데(Kim 등, 1995), 이는 본 연구와 유사한 경향이였다. 따라서 본 연구 결과 LOX 결핍군으로 제조된 된장의 급이가 고지방-콜레스테롤 식이에서 간 조직 중의 지질함량을 유의적으로 감소시켰으므로 05C4 된장과 LS 된장이 간의 지질 농도를 감소시키는데 도움을 줄 것으로 기대된다.

Table 43. Lipid profiles in liver of the rats fed high fat-cholesterol by Doenjang supplementation

Group ¹⁾	(mg/g liver tissue)		
	Total lipid	Total cholesterol	Triglyceride
Normal	20.16 ± 2.40 ^{a2)}	3.32 ± 0.43 ^a	11.90 ± 1.69 ^a
HFC	129.73 ± 3.11 ^e	8.74 ± 0.76 ^d	41.84 ± 1.40 ^d
HFC+D1	117.55 ± 3.18 ^d	7.82 ± 0.49 ^{cd}	40.44 ± 2.36 ^d
HFC+D2	110.73 ± 3.86 ^c	7.29 ± 0.61 ^{bc}	37.27 ± 2.28 ^c
HFC+D3	97.03 ± 3.70 ^b	6.58 ± 0.88 ^b	34.19 ± 1.71 ^b

^{a-e}Values in a column sharing the same superscript letter are not significantly different at $p < 0.05$.

¹⁾Refer to the Table 1

²⁾Values are mean ± SD ($n=6$).

청국장 분말의 급여가 정상군과 대조군에 비해 분변 총 지질 배설량이 유의적으로 증가되었고, 청국장식이군 간에는 유의차가 없었다고 보고하였는데, 이는 본 연구 결과와 유사한 경향이였다. 또한 메주 분말 섭취에 의한 고콜레스테롤 식이 흰쥐의 지질대사 연구에서는 분변 중의 담즙산 함량이 증자대두군에 비해 메주분말군이 높은 수준을 보였으며, 메주분말 섭취에 의한 혈청 콜레스테롤의 농도가 저하되는 것은 분변 중의 담즙산 배설량 증가와 밀접한 연관이 있으며, 미생물에 의해 발효된 대두단백질(메주)은 발효되지 않은 증자대두단백질에 비해 높은 콜레스테롤 저하작용이 있어 심혈관계 질환 예방에 유용할 것이라고 보고하였다(Kim 등, 1997). 이러한 연구 결과로 된장은 대두 단백질, 식이섬유소 및 콩의 발효에 의한 미생물 등에

의해 체내 지질 흡수를 억제하고 변의 지질 배설량을 증가시켜 체내 지질 축적과 콜레스테롤 저하에 효과적일 것으로 생각된다.

Table 44. Fecal lipid profiles by Doenjang supplementation in the rats fed high fat-cholesterol diet

(mg/g dried feces)			
Group ¹⁾	Total lipid	Total cholesterol	Triglyceride
Normal	18.80±0.73 ^{a2)}	2.06±0.18 ^a	1.39±0.11 ^a
HFC	44.68±3.51 ^b	29.84±1.94 ^b	5.61±0.35 ^b
HFC+D1	50.16±0.85 ^c	31.57±0.32 ^{bc}	7.08±0.48 ^c
HFC+D2	47.52±3.10 ^{bc}	31.56±2.26 ^{bc}	7.58±0.42 ^c
HFC+D3	51.65±0.68 ^c	33.80±0.97 ^c	7.87±1.25 ^c

^{a-c}Values in a column sharing the same superscript letter are not significantly different at $p < 0.05$.

¹⁾Refer to the Table 1

²⁾Values are mean±SD ($n=6$).

(6) 간 조직의 항산화효소 활성

고지방-콜레스테롤 식이에 LOX 결핍콩 된장을 혼합하여 급이한 흰쥐의 간 조직 중 항산화 효소 활성을 측정한 결과는 Table 45와 같다. SOD와 catalase 활성은 정상군과 대조군과의 유의차가 없었으며, 된장을 급이 시 증가하였다. SOD 활성은 05C4 된장 급이군(HFC+D2)과 LS 된장 급이군(HFC+D3)의 SOD 활성이 유의적으로 높았고, catalase 활성은 된장 급이군 간에 유의차가 없었다. GSH-px 활성은 대조군(HFC)에 비해 된장 급이군이 1.4~1.6배 증가되었는데, 특히 LS 된장 급이군(HFC+D3)에서 활성이 가장 높았다.

지방 및 콜레스테롤 식이를 급이한 대조구와 다원콩 및 황금콩의 추출물의 혼합 급이한 실험군에서 간 조직의 효소활성도는 대조구에 비해 실험군의 SOD 활성이 높았으나, 콩의 종류에 따른 실험군간의 유의차는 없었다고 보고된 바 있는데(Yun 등, 2005), 이는 본 연구 결과와 일치하는 경향이였다. 또한 대두단백가수분해물이 지질대사와 항산화에 미치는 영향에 대한 연구에 의하면, 분리대두단백군, 서리태가수분해물군, 용해성가수분해물군, 불용성가수분해물군 중 서리태가수분해물군의 간 항산화효소활성도가 증가했고 총 항산화능도 다른 군보다 높았는데, 그 이유는 서리태의 이소플라본 함량이 높은데서 기인한 것으로 보고되어 있으며(Han 등, 2008), 고콜레스테롤 식이에 이소플라본을 첨가한 군이 이소플라본만 첨가한 군보다 SOD 활성이 유의적으로 높았는데, 이는 고콜레스테롤 섭취로 인해 생성된 free radical의 제거를 위한 이소플라본의 항산화 작용에 의한 것으로 보고된 바 있다(Kim 등, 2010b). 따라서 본 연구의 LOX 결여 콩으로 제조된 된장을 고지방-콜레스테롤 식이에 첨가했을 경우 간 조직의 항산화

활성을 증가시킨 것은 이소플라본으로 인한 것이라 사료된다.

Table 45. Effect of the Doenjang supplementation on SOD, catalase and GSH-px activities in liver fraction of the rats fed high fat-cholesterol diet

Group ¹⁾	SOD activity (U/mg protein)	Catalase activity (μ mol/min/mg protein)	GSH-px activity (nmol/min/mg protein)
Normal	22.93 \pm 1.39 ^{ab2)}	2.79 \pm 0.59 ^a	345.16 \pm 8.42 ^b
HFC	20.90 \pm 1.37 ^a	1.57 \pm 0.33 ^a	285.49 \pm 9.83 ^a
HFC+D1	23.31 \pm 1.73 ^{ab}	4.67 \pm 1.48 ^b	458.44 \pm 14.69 ^d
HFC+D2	26.16 \pm 2.02 ^{bc}	4.69 \pm 0.82 ^b	424.53 \pm 12.98 ^c
HFC+D3	27.71 \pm 1.95 ^c	5.48 \pm 0.31 ^b	481.28 \pm 3.77 ^e

^{a-d}Values in a column sharing the same superscript letter are not significantly different at $p < 0.05$.

¹⁾Refer to the Table 1

²⁾Values are mean \pm SD ($n=6$).

9) 개발 제품(두부 및 된장)의 소비자 선호도 조사 및 제품 디자인

(1) 두부의 소비자 선호도 조사

① 조사표본의 특징

Non-GM 콩인 태광콩, 개척#1 및 진양콩으로 제조한 두부에 대한 소비자 선호도 조사를 실시한 결과, 조사표본의 성별 특징은 그림 1과 같다. 전체 설문 응답자 78명 중 남자가 29명으로 37.2%, 여자는 49명으로 62.8%였다. 조사표본의 연령대별 특징은 20~29세가 25명으로 32.05%로 가장 많았으며, 다음으로 40~49세는 17명(21.80%), 50~59세는 13명(16.67%), 30~39세는 12명(15.38%) 60세 이상이 11명(14.10%)이었다(그림 1).



그림 1. 조사표본의 남녀 성별비 및 연령.

② 개발 제품에 대한 소비자 선호도 조사

본 연구에서 개발된 3종의 두부제품(태광 두부, 개척#1 두부 및 진양 두부)은 그림 4에 나타난 바와 같으며, 소비자에 대한 선호도 조사를 5점 척도법에 따라 실시한 결과는 표 1과 같다. 태광콩 및 진양콩은 황색콩으로 백색의 두부였으며, 개척#1은 검정콩으로 종피가 제거되어 초록색 두부였다.

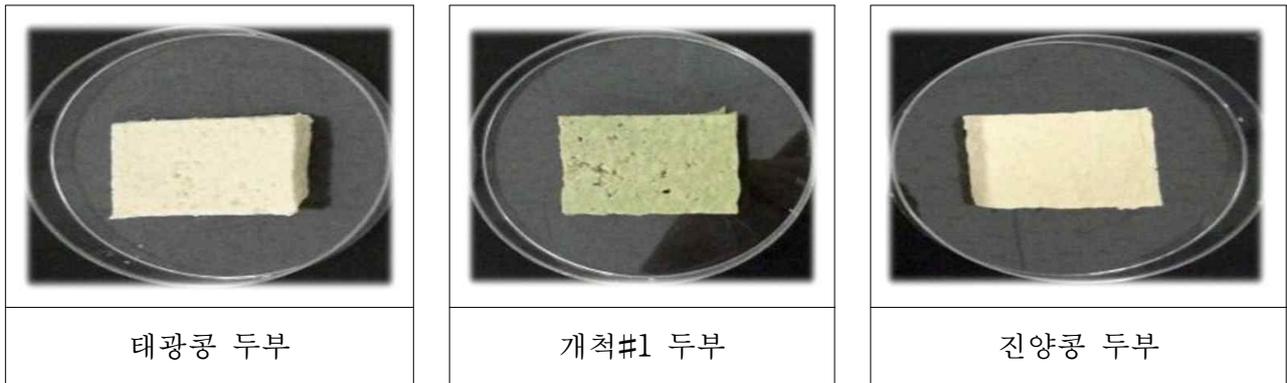


그림 2. 개발 두부의 형태.



그림 3. 두부의 소비자 선호도 조사.

개발 제품에 대한 선호도 조사 결과(Table 46), 맛은 태광 두부와 진양 두부간에 유의차는 없었으며, 개척#1 두부에서 유의적으로 높았다. 두부의 색에 대한 선호도는 3종의 두부가 비슷하게 평가되어 두부의 선호도가 두부의 색깔과는 무관한 것으로 인지되었다. 두부의 콩 비린내 정도는 개척# 1두부가 유의적으로 높았으며, 태광 두부와 진양 두부는 유의차가 없었으나, 진양 두부에서 다소 낮은 것으로 평가되었다. 두부의 부드러움 정도는 태광 두부와 개척# 1두부가 진양 두부에 비해 유의적으로 높아 단단한 두부로 평가되었다. 전반적인 선호도는 콩 비린내가 작고 부드러운 것으로 인지된 진양 두부에서 다소 높게 평가되었다.

본 연구 결과 두부의 외형적인 색깔이 두부의 선호도에는 뚜렷한 영향을 주지 않는 것으로 생각되며, 검정콩이 황색콩에 비해 기능성이 우수하다는 소비자의 인지도로 볼 때 개척#1 두부의 선호도가 낮지는 않은 것으로 평가되었으나, 전반적으로 콩 비린내 및 부드러움 측면에서

진양 두부의 선호도가 가장 높게 평가되었다.

Table 46. Consumer preference for developed tofu product

Tofu	Taste	Color	Bean fishy smell	Softy	Overall acceptability
Taekwang	3.41±0.92 ^a	3.79±0.69 ^{NS}	3.54±0.82 ^a	3.92±0.89 ^b	3.38±0.79 ^a
Gaechuck#1	4.06±0.73 ^b	3.92±0.86	3.97±0.84 ^b	3.96±0.83 ^b	3.63±1.03 ^a
Jinyang	3.65±1.05 ^a	3.82±0.94	3.41±1.12 ^a	3.05±0.92 ^a	4.00±0.87 ^b

^{a-c}Values in a column sharing the same superscript letter are not significantly different at $p < 0.05$.

NS; not significant

③ 개발 제품에 대한 소비자의 구매 경향

본 연구에서 개발된 두부 제품의 시장 판매에 대한 소비자의 구매 의사를 조사한 결과는 그림 4와 같다. 개발된 3종의 두부 제품 중 가장 구매도가 높은 제품은 진양 두부로 35명이 구매 의사를 밝혀 총 응답자의 44.87%였으며, 개척#1 두부는 32명(41.03%)였으며, 태광 두부는 11명(14.10%)이었다. 따라서 진양 두부는 대부분의 소비자가 선호하는 두부로 구매의사가 높았으며, 개척#1 두부도 기능성이 우수한 두부로 진양 두부와 비슷한 구매 의사를 보인 것으로 조사되었다.

따라서, 본 연구에서 개발된 LOX 결여된 Non-GM 콩으로 제조된 개척#1 두부와 진양 두부의 소비자 선호도 조사 결과, 일반콩인 태광 두부에 비해 부드러움이 크며, 맛이 좋고 콩 비린내가 작아 선호도가 높은 것으로 평가되어 향후 시장성이 클 것으로 기대된다.

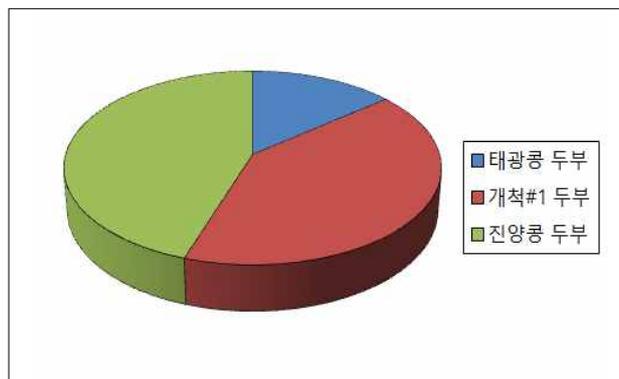


그림 4. 개발 제품에 대한 구매 의사.

(2) 된장의 소비자 선호도 조사

① 개발 제품에 대한 소비자 선호도 조사

본 연구에서 개발된 3종의 된장제품(태광콩 된장, 05C4 된장 및 LS 된장)은 그림 5에 나타낸 바와 같으며, 소비자에 대한 선호도 조사(그림 6)를 5점 척도법에 따라 실시한 결과는 Table 47과 같다.



그림 5. 개발 된장의 형태.



그림 6. 된장의 소비자 선호도 조사.

3종의 된장 개발 제품에 대한 선호도 조사 결과, 된장의 짠맛은 제품간에 통계적인 유의차가 없었다. 된장의 색깔은 태광 된장에 비해 LS 된장이 다소 진한 것으로 나타났으나, 05C4된장은 유의차가 없었으며, 시료간에 두드러진 차이는 아닌 것으로 나타났다. 된장의 구수한 맛은 LS 된장이 유의적으로 높았다. 된장 특유의 풍미는 제품간에 유의차가 없었다. 전반적인 기호도는 구수한 맛이 다소 높았던 LS 된장이 가장 높았으며, 다음으로 태광 된장, 05C4 된장이었다.

Table 47. Consumer preference for developed Doenjang product

Doenjang	Salty	Color	Savory flavor	Doenjang flavor	Overall acceptability
Taekwang	3.46±0.88 ^{NS}	3.00±0.94 ^a	2.93±0.75 ^a	3.17±0.91 ^{NS}	3.52±1.11 ^b
05C4	3.38±0.86	3.19±0.58 ^a	3.10±0.71 ^a	2.99±0.78	3.10±1.29 ^a
LS	3.51±0.95	3.58±1.09 ^b	3.39±0.91 ^b	3.14±0.94	3.81±1.30 ^b

^{a-b}Values in a column sharing the same superscript letter are not significantly different at $p < 0.05$.

NS; not significant

② 개발 제품에 대한 소비자의 구매 경향

본 연구에서 개발된 된장 제품의 시장 판매에 대한 소비자의 구매 의사를 조사한 결과는 그림 7과 같다. 개발된 3종의 된장 제품 중 가장 구매도가 높은 제품은 LS 된장으로 총 69명 중 30명이 응답하여 43.5%를 차지하였다. 다음으로 05C4 된장 20명(29.0%), 태광 된장 19명(27.5%)이었다.

따라서, 본 연구에서 개발된 LOX 결핍콩으로 제조된 LS 된장은 소비자 선호도 조사 결과, 일반콩인 태광 된장에 비해 구수한 맛이 많은 것으로 인지되어 선호도가 높은 것으로 평가되어 향후 시장성이 기대되어진다.

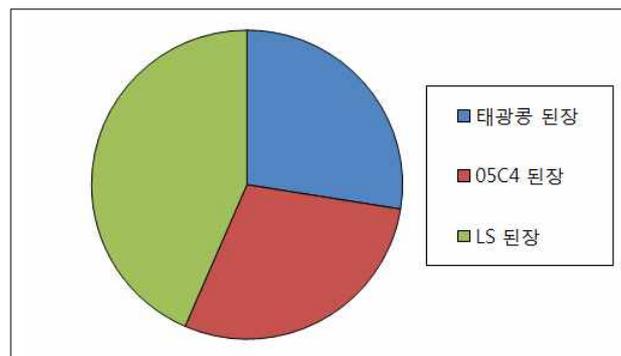


그림 7. 개발 제품에 대한 구매 의사.

(3) 개발 제품의 상품화를 위한 포장 디자인 개발

개발제품으로 두부와 된장의 제품명은 본 연구의 주관기관인 경상대학교의 상징인 ‘개척’의 의미를 담아 검정콩으로 제조한 개척#1 두부는 ‘개척 흑두부’, 황색콩으로 제조한 진양 두부는 ‘개척 두부’로 네이밍하였다. 두부의 포장 디자인은 판매되는 두부의 중량에 따라 용기의 크기를 달리하여 디자인하였다.

된장은 태광 두부, 05C4 된장 및 LS 된장을 ‘개척 된장’으로 하여, 제품의 포장 디자인에서 색깔로써 구분하였다.



그림 8. 두부 제품의 포장 디자인

윗면	측면
	
	
	

그림 9. 된장 제품의 포장 디자인

(4) 개발 제품의 시제품

- '개척 두부', '개척 흑두부' 제품



- '개척 된장' (Gaekcheok Doenjang)



제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

<1차년도>

세부연구목표	평가 착안점	달성도 (%)	연구개발 수행내용
<ul style="list-style-type: none"> ○ 기능성 콩 신제품의 지역특화 재배 및 상품화 ○ 비린내 없는 소립 노란콩 계통 품종 육성 ○ 비린내 및 7S α' 단백질 부재 콩 계통 육성 ○ 난소화성당 저함량 콩 계통 육성: 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 특화재배 지역 선정 여부 ○ 재배 여부 ○ 계통 선발 여부 	100	<ul style="list-style-type: none"> ○ 제주, 충북 괴산, 경남 산청, 고성, 하동, 진주에서 진양콩, 개척1호, 개척2호의 특화 재배 실시. 참여기업, “(주)마크프로”와 공동 수행 ○ 수량성 등 점검 ○ Lipoxygenase 2,3 결핍 소립 노란콩 F10 계통의 포장 재배 형질 평가 /품종보호등록 예정 ○ Lipoxygenase 및 7S α' 단백질 결핍 F4 계통 포장 평가 및 선발 ○ Lipoxygenase 결핍/ Raffinose 및 stachyose 저함량 F2 계통 선발
<ul style="list-style-type: none"> ○ 난소화성당 저함량 자원의 선발 ○ trans-resveratrol 고함량 자원의 선발 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 분석 여부 ○ 선발 여부 	100	<ul style="list-style-type: none"> ○ 선발된 343 계통 이용 raffinose, stachyose, 의 분석, 선발 ○ 343 계통 이용: HPLC 및 GC를 이용한 기능성 물질 resveratrol 함량 분석, 선발
<ul style="list-style-type: none"> ○ 두부의 이화학적 특성 및 생리활성 규명 	<ul style="list-style-type: none"> ○ LOX 결핍콩 두부의 품질 평가, 유효성분, 생리활성 비교 여부 ○ 저장 중 품질 변화 비교 여부 	100	<ul style="list-style-type: none"> ○ LOX가 결핍된 non-GM콩(개척#1, 개척#2 및 진양콩)으로 두부 제조, 수율은 개척#2 두부에서 가장 높았음. ○ 무기물 함량은 개척#2 두부가 태광 두부에 비해 낮았으나, 개척#1 및 진양 두부는 다소 높은 함량이었음. ○ 조직감은 LOX 결핍콩 두부에 다소 높았으며, 관능평가 결과 유의차는 없었으나, 개척#2 및 진양 두부에서 다소 높은 것으로 평가되었음. ○ 이소플라본 함량은 태광 두부에 비해 개척#1과 진양 두부의 함량이 높았으며, 개척#2 두부는 태광 두부와 비슷한 수준이었음. ○ 총 페놀 함량은 개척#1 두부에서 가장 높았으며, 플라보노이드 함량은 개척#1과 개척#2 두부가 태광 두부보다 유의적으로 높은 함량이었음. ○ 저장기간에 따라 두부의 산도 증가는 LOX 결핍콩 두부에서 태광 두부보다 적었음. ○ 저장기간에 따라 지질과산화물의 함량은 증가하였으나, 원료콩의 품종에 따른 유의차는 적었음.

<2차년도>

세부연구목표	평가 착안점	달성도 (%)	연구개발 수행내용
<ul style="list-style-type: none"> ○ 기능성 콩 신품종의 지역특화 재배 및 상품화 ○ 비린내 없는 소립 노란콩 계통 품종 육성 ○ 비린내 및 7S α' 단백질 부재 콩 계통 육성 ○ 난소화성당 저함량 콩 계통 육성: 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 특화재배 지역 선정 여부 ○ 재배 여부 ○ 계통 선발 여부 	100	<ul style="list-style-type: none"> ○ 1차년도에 이어 경기 광주, 전북 김제, 익산, 전남 순천에 진양콩 재배 확대 ○ Lipoxygenase 2,3 결핍 소립 노란콩 F10 계통의 포장 재배/형질 평가 ○ Lipoxygenase 및 7S α' 단백질 결핍 F5 계통 포장 평가 및 선발 ○ Lipoxygenase 결핍/Raffinose 및 stachyose 저함량 F3 계통 선발
<ul style="list-style-type: none"> ○ 난소화성당 저함량 자원의 선발 ○ trans-resveratrol 고함량 자원의 선발 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 분석 여부 ○ 선발 여부 	100	<ul style="list-style-type: none"> ○ 선발된 401여 계통 이용 raffinose, stachyose, 의 분석, 선발 ○ 401 계통 이용: HPLC 및 GC를 이용한 기능성 물질 trans-resveratrol 함량 분석/선발
<ul style="list-style-type: none"> ○ 된장 및 간장의 이화학적 특성과 생리활성 비교 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 된장의 품질 평가 비교 ○ 간장의 품질 평가 비교 ○ 유효성분 및 생리활성의 분석 여부 ○ 우수품종의 선별 	100	<ul style="list-style-type: none"> ○ 된장 및 간장 제조를 위한 메주의 이소플라본 함량은 태광 메주에 비해 3종의 LOX 결핍콩으로 제조한 메주에서 유의적으로 높았으며, 특히 05C4 및 LS 메주에서 더 높았음. ○ 된장의 조단백질 함량은 숙성 150일에 LS 된장이 가장 높았으며, 조지방은 숙성기간에 따른 차이가 거의 없었음. 무기물의 총 함량은 태광 된장에 비해 진양 및 LS 된장이 낮은 함량이었음. 아미노태 질소 함량은 모든 시료에서 증가하는 경향이었으며, 대조구에 비해 3종의 LOX 결핍콩 된장에서 그 함량이 많았음. 이소플라본 함량 및 항산화 활성은 태광 된장에 비해 3종의 LOX 결핍콩 된장에서 높았음. ○ 총당 및 환원당은 숙성 150일에 진양 및 LS 간장이 대조구에 비해 유의적으로 높았음. 아미노태 질소는 숙성이 진행됨에 따라 증가하였으며 대조구에 비해 3종의 LOX 결핍콩 간장의 함량이 높았음. 총 구성아미노산 함량(숙성 90일)은 05C4 및 LS 간장, 유리아미노산 함량(숙성 150일)은 05C4 간장이 대조구에 비해 다소 높았음. 이소플라본은 daidzin과 glycitin 등의 2종이 검출되었음. 시료간에 대차를 보이지 않았음. 플라보노이드 함량은 숙성 90~150일에 대조구에 비해 진양 및 05C4 간장의 함량이 유의적으로 높았음. 3종의 LOX 결핍콩 간장에서 항산화 활성은 된장과 유사한 경향이었음.

<3차년도>

세부연구목표	평가 착안점	달성도 (%)	연구개발 수행내용
<ul style="list-style-type: none"> ○ 기능성 콩 신제품의 지역특화 재배 및 상품화 ○ 비린내 없는 소립 노란콩 계통 품종 육성 ○ 비린내 및 7S α' 단백질 부재 콩 계통 육성 ○ 난소화성당 저함량 콩 계통 육성: 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 특화재배 지역 선정 여부 ○ 재배 여부 ○ 계통 선발 여부 ○ 품종보호출원여부 	100	<ul style="list-style-type: none"> ○ 개척1호 및 진양콩 지역 특화 재배 ○ 진양콩의 가공화 (하동지역) ○ Lipoxygenase 2,3 결핍 소립 노란콩 품종보호출원(조선콩) ○ Lipoxygenase 및 7S α' 단백질 결핍 F6 계통 포장 평가 및 선발 ○ Lipoxygenase 결핍/Raffinose 및 stachyose 저함량 F4 계통 선발
<ul style="list-style-type: none"> ○ 난소화성당 저함량 자원의 선발 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 분석 여부 ○ 선발 여부 	100	<ul style="list-style-type: none"> ○ 선발된 370 여 계통 이용 raffinose, stachyose, 의 분석, 선발
<ul style="list-style-type: none"> ○ 두부 및 된장의 고지방-콜레스테롤 식이성 흰쥐에서 체내 지질개선에 미치는 영향 평가 ○ 콩 가공품의 개발 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 지방세포 분화억제능 측정 여부 ○ <i>In vivo</i>에서 생리활성 평가항목의 적절성 ○ 최적 콩 가공품의 시제품 개발 여부 	100	<ul style="list-style-type: none"> ○ 콜레스테롤 흡착활성은 개척#1두부, LS 된장이 태광 제품에 비해 우수하였음. ○ 원료콩의 3T3-L1세포에 대한 중성지방 축적억제능은 태광콩에 비해 개척#1, 05C4에서 유의적으로 높았음. ○ 고지방-콜레스테롤 식이성 흰쥐에 10% 두부(태광, 개척#1, 진양), 5% 된장(태광, 05C4 및 LS)을 혼합급여하여 5주간 사육하고 관련 인자를 분석하였음. ○ 두부 급여군은 대조군에 비해 식이효율에 유의차가 없었음. ○ 혈액 및 간 조직의 총 지질, 총 콜레스테롤 및 중성지방 함량은 대조군에 비해 LOX 결핍콩 두부 급여군에서 유의적으로 감소되었음. ○ ALT와 AST 활성은 두부 급여군이 대조군에 비해 낮았으며, 태광 두부보다 개척#1 두부 및 진양 두부급여군에서 유의적으로 낮았음. ○ 분변 중으로 총 지질 배출량은 대조군에 비해 유의적으로 증가되었으나, 두부의 종류에 따른 유의차는 없었음. ○ 간 조직의 항산화 활성으로 catalase, GSH-Px 활성은 개척#1 두부 급여군이 유의적으로 높았음. ○ LOX 결핍콩으로 제조한 된장 급여군은 두부 급여와 유사한 경향이었으며, 유사한 경향으로 급여군과 유사한 경향이었음. ○ ALT와 AST 활성은 LS 된장 급여군이 태광 된장 급여군보다 유의적으로 낮았음. ○ 원료콩의 수급, 품질특성, 생리활성 평가 및 소비자 선호도 조사 결과, 개척#1 두부, 진양 두부 및 LS 된장이 다소 우수하였으며, 이를 이용하여 시제품을 개발하였음. ○ 콩 가공품으로 두부는 '개척 두부', '개척 흑두부', 된장은 '개척 된장'으로 네이밍하고 포장 디자인을 확정하였음.

제 5 장 연구개발 성과 및 성과활용 계획

1. 연구개발 성과

- 품종등록: 1건 (품종명: 진양콩, 등록번호:제4279호, 등록일:2012년12월28일)
- 품종보호출원: 1건(품종명:초선콩, 출원번호: 출원 2013-511, 출원일: 2013년 11월 22일)
- 연구논문: 6편
 - 1) Lipoxygenase와 Kunitz Trypsin Inhibitor 단백질 결핍콩으로 제조한 간장의 이화학적 특성 및 항산화 활성(2012, 농업생명과학연구)
 - 2) Evaluation of resistance to the aphid(aphid glycines matsumura) in soybean cultivars and germplasms(2012, 한국작물학회지)
 - 3) Lipoxygenase 결핍된 Non-GM콩의 특성(2013, 한국식품영양과학회지)
 - 4) Investigation of soybean cyst nematode heterodera glycines type and evaluation of resistance on soybean varieties and germplams in korea(2013, 한국작물학회지)
 - 5) Lipoxygenase 결여 콩 두부의 품질 특성 및 항산화 활성(2014, 한국식품저장유통학회지)
 - 6) 콩 종자의 Raffinose 및 Stachyose 함량에 대한 유전자형과 환경의 영향(2014, 한국작물학회지)
- 학술발표: 13건
 - 1) Physicochemical Properties and Antioxidant Activity in Non-GM Soybeans(2012, 한국식품영양과학회)
 - 2) Physicochemical Characteristics and Antioxidant Activity in Soybean Curd Prepared Non-GM Soybean Cultivars(2012, 한국식품영양과학회)
 - 3) Selection of strains with high sucrose content in soybean(2013, 한국육종학회)
 - 4) Variation of phosphatidylcholine component in soybean seed(2013, 한국육종학회)
 - 5) Physicochemical Properties and Antioxidant Activity in Non-GM Soybean, Meju and Kanjang(2013, 한국생명과학회)
 - 6) Physicochemical Properties in Kanjang Made from Non-GM Soybeans(2012, 한국생명과학회)
 - 7) Selection of genotype with high methionine content in soybean(2013, 한국육종학회)
 - 8) Antioxidant Activity of Doenjang made from Non-GM Soybeans(2013, The Korean Society of Food Science and Nutrition)
 - 9) Physicochemical properties of Doenjang made from Non-GM Soybeans(2013, The Korean Society of Food Science and Nutrition)
 - 10) Raffinose and Stachyose Content in Soybean Genotypes(2014, 한국작물학회)
 - 11) Selection of ti Genotypes using MAS Technique in Soybean(2014, 한국작물학회)
 - 12) Effect of Tofu Manufactured from Lipoxygenase-free Genotypes Soybean on the Fecal Lipids Level and Hepatic Antioxidant Enzyme Activity in Rat Fed a high Fat-cholesterol Diet(2014, The Korean Society of Food Science and Nutrition)
 - 13) Effect of Doenhang made from Lipoxygenase-free Cultivar on Serum Lipids Level of Rats Fed High fat-cholesterol Diet(2014, The Korean Society of Food Science

and Nutrition)

2. 성과활용 계획

- 개척1호 및 진양콩은 지역특화재배중임. 경남 하동지역에서 진양콩을 이용한 된장 제조중.
- 비린내 없는 소립 노란콩 계통은 품종보호출원완료 (품종명: 초선콩)
- 비린내 및 7S a' 단백질 부재 콩 선발 계통은 세대진전후 품종보호출원 예정
- 난소화성당 저함량 콩 선발 계통은 품종보호출원 예정

3. 실용화·산업화 계획(기술실시 등)

- 등록된 “진양콩” 품종은 지역 특화 재배 계속
- 하동지역에서 진양콩 품종으로 제조중인 된장은 2015년부터 판매실시

제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보

- 해외에서도 콩의 품질을 저하시키는 성분인 Lipoxygenase 단백질, Kunitz trypsin inhibitor (KTI) 단백질, 7S 단백질이 유전적으로 결핍된 콩 육종 시작
- 난소화성당 성분인 raffinose 및 stachose 저함량 콩 육종 시작

제 7 장 연구시설·장비 현황

* 해당사항 없음

제 8 장 참고문헌

- Ahn JB, Park JA, Jo HJ, Woo IH, Lee SH, Jang KI. 2012. Quality characteristics and antioxidant activity of commercial Doenjang and traditional Doenjang in Korea. *Korean J Food & Nutr* 25 : 142-148.
- Eklund A, Sjöblom L. 1980. Effect of the source of dietary protein on serum lower density lipoprotein (VLDL+LDL) and tocopherol levels in female rats. *J Nutr* 110: 2321-2335.
- Han YH, Park SK, Kim HY. 2008. Effect of soy protein hydrolyzate on lipid metabolism and antioxidant activity in the rat. *Korean J Nutr* 41: 119-126.
- Hwang CR, Lee SJ, Kang JR, Kwon MH, Kwon HJ, Chung JI, Sung NJ. 2012. Physicochemical characteristics and antioxidant activity of Kanjang made from soybean cultivars lacking lipoxygenase and kunitz trypsin inhibitor protein. *J Agri Life Sci* 46: 109-123.
- Jang DK, Woo KL, Lee SC. 2003. Quality characteristics of soy sauces containing Shiitake mushroom (*Lentinus edodes*). *J Korean Soc. Agric. Chem. Biotechnol.* 46 : 220-224.
- Jang HS, Ahn JM, Ku KH, Rhee SJ, Kang SK, Choi JH. 2008. Effect of radish leaves powder on the gastrointestinal function and fecal triglyceride, and sterol excretion in rats fed a hypercholesterolemic diet. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 37: 1258-1263.
- Jung SY, Lim JS, Song HS. 2012. Alcohol dehydrogenase activity and sensory evaluation of Hutgae (*Hovenia dulcis* Thunb) fruit soy sauce. *Korean J Food & Nutr* 25: 747-754.
- Kang KH, No BS, Seo JH, Hu WD. 2002. *Food Analysis*. Sung kyun kwan University Academic Press, Seoul, Korea, pp. 387-394.
- Kim AR, Lee JJ, Lee H, Chang HC, Lee MY. 2010a. Body-weight-loss and cholesterol-lowering effects of Cheonggukjang(a fermented soybean paste) given to rats fed a high-fat/high-cholesterol diet. *Korean J Food Preserv* 17: 688-697
- Kim BN, Kim JD, Ham SS, Choi YS, Lee SY. 1995. Effects of spice added natto supplementation on the lipid metabolism in rats. *J Korean Soc Food Nutr* 24: 121-126.
- Kim BS, Rhee CH, Hong YA, Kwon TH, Shin MK, Kim JH, Woo CJ, Kim YB, Park HD. 2008. Changes of enzyme activity and physiological functionality of traditional Kanjang(soy sauce) during fermentation in the using *Bacillus* sp. SP-KSW3. *Korean J Food Preserv* 15: 293-299.
- Kim HE, Han SY, Jung JB, Ko JM, Kim YS. 2011. Quality characteristics of Doenjang (soybean paste) prepared with germinated regular soybean and black soybean. *Korean J Food Sci Technol* 43: 361-368.
- Kim IS. 2014. Physicochemical properties and antioxidant activity of soybean Curd, *Doenjang* and *Kanjang* processed from lipoxygenase free soybeans. MS thesis, Gyeongsang Univ.
- Kim IS, Lee SJ, Lee HJ, Oh SJ, Chung JI, Sung NJ. 2014. Quality characteristics and antioxidant activity of tofu made from lipoxygenase-free genotypes. *Korean J Food*

- Preserv 21: 215-223.
- Kim JD, Lee YI, Kim BR, Choi YS, Lee SY. 1997. Effects of meju powder supplementation on lipid metabolism in rats fed hypercholesterolemic diet. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 26: 314-318.
- Kim JS, Yoon S. 1999. Isoflavone contents and β -glucosidase activities of soybean, Meju, and Doenjang. *Korean J Food Sci Technol* 31: 1405-1409.
- Kim KL, Kim WY. 1984. A study on the hypolipidemic effects of soyprotein in rats. *Korean J Nutr* 17: 68-77.
- Kim SY, Kim SY, Chung EC, Yoon S, Park JH. 2010b. Effects of isoflavone supplementation on lipid profiles and antioxidant systems in rat fed with cholesterol diet. *Journal of Life Science* 20: 1683-1690.
- Kwon OJ, Kim MA, Kim TW, Kim DG, Son DH, Choi UK, Lee SH. 2010. Changes in the quality characteristics of soy sauce made with salts obtained from deep ocean water. *Korean J Food Preserv* 17: 820-825.
- Kwon SH, Lee KB, Im KS, Kim SO, Park KY. 2006. Weight reduction and lipid lowering effects of Korean traditional soybean fermented products. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 35: 1194-1199.
- Lee HS, Kim HD, Ryu BH. 2000. Effects of soybean germ on the lipid composition of serum in cholesterol fed rats. *Korean J Food & Nutr* 131: 312-318.
- Lee HY, Cha YJ. 2006. Isoflavone content in soy sauce made with whole grain soybean Meju during fermentation. *J Korean Food Nutr* 19: 460-465.
- Lee JJ, Kim AR, Lee H, Kim CH, Chang HC, Lee MY. 2011. Effect of soybean, cheonggukjang and doenjang on serum cholesterol level and weight reduction in rats fed a high-fat/high-cholesterol diet. *Korean J Food Preserv* 18: 226-235.
- Lee S, Kim DH. 2012. Changes in physicochemical properties of low-salt Doenjang during fermentation. *Korean J Food Sci Technol* 44: 592-599.
- Lee SJ, Kim IS, Lee HJ, Chung JI, Sung NJ. 2013. Properties of non-GM soybeans with lipoxygenase free genotypes. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 42: 1629-1637.
- Lee YJ, Han JS. 2009. Physicochemical and sensory characteristics of traditional Doenjang prepared using a Meju containing components of *Acanthopanax senticosus*, *Angelica gigas*, and *Corni fructus*. *Korean J Food Cookery Sci* 25: 90-97.
- Lee YS. 2001. Effect of isoflavones on proliferation and oxidative stress of MC3T3-E1 osteoblast like cells. *Korea Soybean Digest* 18: 35-42.
- Lim AK, Jung HK, Hong JH, Oh JS, Kwak JH, Kim YH, Kim DI. 2008. Effects of the soybean powder with rich aglycone isoflavone on lipid metabolism and antioxidative activities in hyperlipidemic rat. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 37: 302-308.
- Mun JH. 2004. The risk factors of metabolic syndrome and the association between metabolic syndrome and γ -GPT. Ph. D. Thesis, Chungang University, Seoul, Korea.
- Oh HJ, Lim JH, Lee JY, Jeon SB, Kang HY, Oh YS, Oh YJ, Lim SB. 2009. Quality characteristics of Jeju traditional doenjang. *The Korean Journal of Culinary Research* 15:

298-308.

- Park HS. 1987. Studies on Korean Doenjang manufacture with *Rhizopus oligosporus*. Master's thesis, Sookmyung Women University, Korea.
- Park SA, Kim MJ, Jang JY, Choi MS, Yeo JY, Lee MK. 2006. Effect of genistein and daidzein on antioxidant defense system in C57BL/KsJ-*db/db* mice. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 35: 1159-1165.
- Park SS, Oh SH, Choi WD, Ra KS, Suh HJ. 2007. Changes in physicochemical properties during the fermentation of Doenjang prepared with black soybean. *J Food Sci Nutr* 12: 234-241.
- Rekha CR, Vijayalakshmi G. 2010. Influence of natural coagulants on isoflavones and antioxidant activity of tofu. *J Food Sci Technol* 47: 387-393.
- Seo YJ, Kim MK, Lee S, Hwang IK. 2010. Physicochemical characteristics of soybeans cultivated in different regions and the accompanying soybean curd properties. *Korean J Food Cookery Sci* 26: 441-449.
- Won SB, Song HS. 2013. Antioxidant activity and sensory evaluation in soy sauce with fruit, stem, or twig of *Hovenia dulcis* Thunb. *Korean J Food & Nutr* 26: 258-265.
- Yoon WJ, Lee SW, Moon HK, Moon JN, Kim BG, Kim BJ, Kim GY. 2011. Quality characteristics of traditional soybean paste (Doenjang) manufactured with mixed beans. *J East Asian Soc Dietary Life* 21: 375-384.
- Yun HT, Moon JY, Park KY, Kim YH, Shin MK, Kim YW. 2005. Activities of antioxidant enzymes in serum of rats feeding soybean extract. *Korean J Crop Sci* 50: 136-140.
- Axelrod B, Cheesebough T.M, Lasko S. 1981. Lipoxygenase from soybean. In *Methods in Enzymology*, Academic press, New York.71:441-451
- Davies, C. S., and S. S. Nielsen. 1986. Genetic analysis of a null-allele for lipoxygenase-2 in soybean. *Crop Sci.* 26 : 460-462
- Harborne, J.B. and C.A. William. 2000. *Advances in Flavonoid research since 1992.* *Phytochemistry.* 55 : 481 - 504
- Hildebrand, D. F., and T. Hymowitz. 1982. Inheritance of Lipoxygenase-1 activity in soybean. *Crop Sci.* 22: 851-853
- Kanamara, K.;Wang, S.; Abe, J.; Yanada, T and Kitamura, K.(2006) Identification and characterization of wild soybean(*Glycine soja* .et. Zecc) Strains with high lutein content. *Breed. Sci.,Vol.(56),No.(30),231-234* ISSN 1247-3735
- Kitamura, K., C. S. Davies, N. Kaizuma, and N. C. Nielsen. 1983. Genetic analysis of a null-allele for lipoxygenase-3 in soybean seeds. *Crop sci.* 58:583-586

Kong, J.M., L.S. Chia N.K Goh, T.F. Chia, and R. Brouillard. 2003. Analysis and Biological activities of anthocyanin. *Phytochemistry*. 61:923 - 933

Moll, C., W. Biermann, and W. Grosch 1979. Occurrence and formation of bitter-tasting trihydroxy-fatty acids in soybean. *J. Agric. Food Chem.* 27 : 239-243.

Nagai, I. 1921. A genetic-physiological study of the formation of anthocyanins and brown pigment in plant. *Tokyo Univ. coll. agric. J.* 8. 1

Prior R .L., X. Wu, and K. Schaich. 2005. standardized method for determination of antioxidant capacity and phenolics in foods and biological and food samples. *J. Agric. Food Chem.* 53 : 4290 - 4302.

Ryu, S.N. Recent Process and Future of Research on Anthocyanin in Crops. *Kor. J. Intl. Agri*, 12, 1: 41-53

Kitamura, K., C. S. Davies, N. Kaizuma, and N. C. Nielsen. 1983. Genetic analysis of a null-allele for lipoxygenase-3 in soybean seeds. *Crop Sci.* 23 : 924-927

Yang, H.C., J.M. Landau, M.T. Huang, and H.L. Newmark. 2001. Inhibition of carcinogenesis by dietary polyphenolic compounds. *Annu Rev. Nutr* 21 : 381 - 406

Steggerda, F. F. 1968. Gastrointestinal gas following food consumption. *Ann. NY Acad. Sci.* 150:57-66.

Kerr, P.S., and S.A. Sebastian. 2000. Soybean products with improved carbohydrate composition and soybean plants. U.S. Patent 6147193. Date issued: 14 November.

Jason D. Neus, Walter R. Fehr and Steven R. Schnebly. 2005. Agronomic and seed characteristics of soybean with reduced raffinose and stachyose. *Crop Sci.* 45(2): 589-592.

Emily C. Dierkinga and Kristin D. Bilyeu. 2009. Raffinose and stachyose metabolism are not required for efficient soybean seed germination. *Journal of Plant Physiology* Volume 166.

주 의

1. 이 보고서는 농림축산식품부에서 시행한 농생명산업기술개발 사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표할 때에는 반드시 농림축산식품부에서 시행한 농생명산업기술개발사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니 됩니다.