

## 녹두 첨가로 인한 탈지대두 Grits(Defatted Soybean Grits) 발효물의 *in vitro* 상에서의 콜레스테롤 개선능 상승효과

이성규<sup>1,3</sup> · 김현정<sup>2</sup> · 유미희<sup>1</sup> · 이은주<sup>3</sup> · 이삼빈<sup>1,2</sup> · 이인선<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>계명대학교 식품가공학과

<sup>2</sup>계명대학교 전통 미생물자원 개발 및 산업화 연구센터

<sup>3</sup>(주)엔유씨전자 바이오 연구소

## Cholesterol Improvement Synergistic Effects of Fermented Soybean Grits Caused by Added with Mung Bean *in vitro*

Sung-Gyu Lee<sup>1,3</sup>, Hyun-Jeong Kim<sup>2</sup>, Mi-Hee Yu<sup>1</sup>, Eun-Ju Lee<sup>3</sup>, Sam-Pin Lee<sup>1,2</sup>, and In-Seon Lee<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Dept. of Food Science and Technology and

<sup>2</sup>The Center for Traditional Microorganism Resources, Keimyung University, Daegu 704-701, Korea

<sup>3</sup>Bio Research Institute, NUC Electronics Co., Ltd., Daegu 702-858, Korea

### Abstract

This study was performed to investigate cholesterol improvement of fermented defatted soybean grits (FD) and FD added with 2.5, 5, 10% mung bean (FDM). The FD and FDM were prepared by the solid state fermentation using *Bacillus subtilis* NUC1 at 40°C for 24 hr. More than 70% cholesterol adsorption of FD and FDM groups was shown. Particularly, FDM added with 2.5% mung bean (2.5% FDM) showed highest cholesterol adsorption by 90% among FD and FDM groups. 2.5% FDM showed 42% inhibition effect on HMG-CoA reductase, and significantly decreased the intracellular cholesterol contents in HepG2 cells. Apolipoprotein A I, CIII improvement effects of FD and FDM group in HepG2 cells showed most effects in the 2.5% FDM. The results suggest that FDM added with 2.5% mung bean may be beneficial to the prevention of hypercholesterol.

**Key words:** defatted soybean grit, mung bean, hypercholesterol, apolipoprotein, HMG-CoA reductase

### 서 론

고도의 경제성장과 더불어 생활환경의 변화로 식생활이 서구화되면서 우리 국민의 동물성 식품과 정제된 식품의 섭취량이 증가하고 있으며, 특히 지방의 과다 섭취로 비만, 뇌졸중, 동맥경화증, 고혈압, 당뇨, 악성종양 등의 각종 질병이 증가되고 있다. 2006년도 보건복지부 통계에 의하면 지방 섭취량은 매년 상당히 증가하고 있어(1), 지방질의 과잉섭취에 기인하는 고지혈증 및 심혈관계 질환에 대한 예방이 절실히 요구된다. 현재 고지혈증의 치료제로써 가장 많이 사용되는 statin류는 콜레스테롤 합성을 저해할 수는 있지만(2), 근육통과 같은 부작용을 수반하므로, 부작용 없이 콜레스테롤 합성을 저해하는 생리활성물질에 관한 연구가 활발하게 진행되고 있다.

최근 각국의 전통 발효식품의 다양한 기능성이 알려지면서 국내외적으로 많은 관심을 불러일으키고 있다. 우리나라의 대표적인 전통 발효식품으로는 고추장, 된장, 청국장, 김치 등이 있다(3). 특히 청국장은 우수한 단백질원인 대두를

*Bacillus subtilis* 균으로 발효시킨 식품으로 soy peptides, globulins, isoflavones, saponin 등의 물질이 생산되어(4) 혈전용해능(5), 항암(6), 항산화 및 항동맥경화 효과(7), 그리고 혈당조절, 혈중 중성지방 및 콜레스테롤 감소로 지질대사를 개선하는 기능(8) 등이 보고되었다.

또한 대두의 고초균 발효과정 중에 생성되는 점질물은 gamma-poly-glutamic acid ( $\gamma$ -PGA)와 fructose 중합체인 레반으로 구성되고(9), 이중  $\gamma$ -PGA는 칼슘이 인과 결합한 불용성염 형성을 방지하여 칼슘 용해도를 증가시키며(10), 레반은 혈중지방 감소효과(11,12)를 나타낸다. 특히 60% 이상의 높은 단백질을 함유하고 있는 탈지대두 grits (defatted soybean grits, DSG) 발효물은 일반 청국장과 비교할 때 점질물과 단백질의 가수분해 정도를 나타내는 tyrosine 함량이 높으며(13), 항혈전 및 콜레스테롤 저하능이 우수하였다(14). 최근 대두 발효물의 제조 시에 홍삼(15), 상황버섯(16), 양파(17) 등의 소재를 첨가하여 발효시키면 고지혈증 및 지질대사에 더 우수한 효능이 있음이 보고되고 있다.

\*Corresponding author. E-mail: inseon@kmu.ac.kr  
Phone: 82-53-580-5538, Fax: 82-53-580-5538

한편 녹두는 단백질이 24.81%, 조섬유는 4.75%, 조회분은 4.17%, 당질은 46.04%가 함유되어있고 특히 지방은 0.82%로 극히 미량 함유되어 있다(18). 녹두에 관한 연구는 녹두의 비린내 발생 원인인 peroxidase(19,20), 렉틴(21) 및 flavonoid(22) 함량분석과 단백질의 질에 관한 연구(19,20,23), 항균활성(24), 그리고 혈중 콜레스테롤 저하 효과에 관한 연구(25) 등이 보고되었다. 그러므로 이러한 콜레스테롤 저하 효과가 있는 녹두를 첨가하여 대두 발효물을 제조할 경우 더 큰 콜레스테롤 개선능을 가지는 지 확인해보고자 하였다.

따라서 본 연구에서는 단백질 분해 및 점질물 생성능이 우수한 *Bacillus subtilis* NUC1 균주(13)를 이용하여 DSG에 녹두를 첨가하여 발효시킨 다음, 녹두첨가 DSG 발효물의 *in vitro* 상에서 콜레스테롤 개선능의 상승효과와 최적의 혼합비율을 검토해 보았다.

### 재료 및 방법

#### 발효물 및 추출물 제조

탈지대두 grits(defatted soybean Grit, DSG)는 ADM사(Decatur, IL, USA)에서 구입하여 사용하였고, (주)NUC전자 바이오연구소의 보유균주인 *B. subtilis* NUC1균을 사용하여 실험하였다. 녹두를 첨가한 DSG 발효물의 제조는 증류수에 분말 녹두를 2.5~10% 농도로 첨가하여 용해시킨 다음, DSG 원료에 2.5배 중량비로 첨가한 후 고압 멸균기로 121°C에서 15분간 증자한 후 냉각하여 사용하였다. *B. subtilis* NUC1균의 접종을 위해 멸균된 대두분말 용액에서 48시간 배양한 배양액을, 증자한 녹두 첨가 DSG에 *B. subtilis* NUC1균이 2%가 되게 접종한 후, 40°C에서 24시간 발효시켜 녹두첨가 DSG 발효물을 동결건조 하였다(Fig. 1). 녹두첨가 DSG 발효물의 물 추출물의 제조는 각각의 시료에 10배의 증류수를 첨가하여 상온에서 2시간 동안 추출한 후 15,000 rpm에서 15분간 원심분리 한 후 여과하여 실험에 사용(26)하였다.

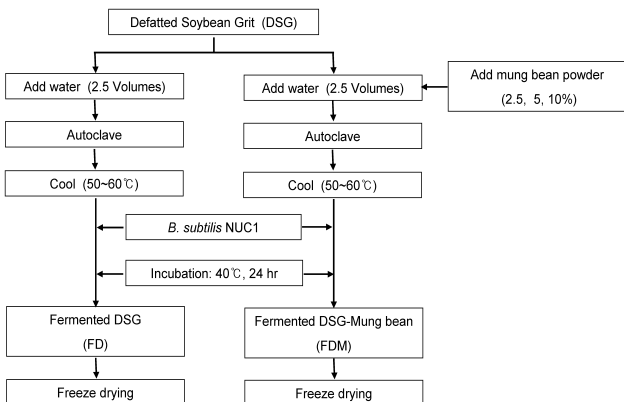


Fig. 1. Schematic diagram for preparation of fermented DSG (FD) and fermented DSG-mung bean (FDM).

#### 총 콜레스테롤 흡착능 측정

총 콜레스테롤 흡착능 측정은 효소법에 의한 kit(Asan-Pharm, Seoul, Korea)를 사용하여 측정하였다. 시료 1 mL에 30 µg의 콜레스테롤을 첨가하여 25°C에서 20분 동안 잘 섞어준 후, 0.1 M hexadecyltrimethylammonium bromide를 50 µL를 가하여 섞이게 한 뒤 15,000 rpm으로 4°C에서 10분간 원심분리 한 상층액을 취하여 효소액과 37°C에서 5분간 반응시킨 후 500 nm에서 측정하였다(27).

#### HMG-CoA reductase 저해활성

간 조직의 효소원은 Hulcher와 Oleson 등의 방법(28)을 일부 수정하여 분리하였다. 적출한 간 조직 1 g당 4배량의 0.1 M potassium phosphate(pH 7.4)을 가한 후 마쇄하여 4°C 이하에서 600×g로 10분간 원심분리 한 다음 상층액을 취해, 이를 10,000×g, 4°C에서 20분간 원심분리 하였다. 상층액을 다시 105,000×g, 4°C에서 1시간 동안 초원심분리 하여 침전물인 microsomal 분획을 얻어 사용하였다. 분획은 일정량씩 나누어 실험에 사용할 때까지 -80°C에서 보관하였다.

측정 방법은 1 mL cuvette에 시료 20 µL, 0.5 mM phosphate buffer(pH 7.0), 20 mM DTT 100 µL, 3 mM NADPH 100 µL, 효소원 100 µL를 넣었다. 반응액의 온도는 37°C로 일정하게 유지하여 약 10분간 preincubation 한 후에 3 mM HMG-CoA 100 µL를 가하여 효소 반응을 시작하였다. 반응이 시작됨과 동시에 340 nm에서 5분간의 흡광도 변화를 기록하였다. HMG-CoA reductase의 억제활성은 다음 식에 의하여 계산하였다.

$$\text{HMG-CoA reductase inhibition activity (\%)} = \left(1 - \frac{C}{T}\right) \times 100$$

T: ΔO.D. of sample C: ΔO.D. of blank

#### 세포 배양

본 실험에 사용한 인간 유래의 간암 세포주인 HepG2는 한국세포주은행으로부터 분양 받았으며, 10% FBS와 1% antibiotics를 첨가한 DMEM(Dulbecco's modified eagle medium) 배지를 이용하여 5% CO<sub>2</sub>가 존재하는 37°C incubator에서 2일에 한 번씩 계대 배양하였다.

#### 세포주를 이용한 총 콜레스테롤 함량 측정

세포주를 이용한 총 콜레스테롤 함량 측정은 Park 등의 방법(29)을 일부 수정하여 HepG2 세포를 6-well plate(Corning, Lowell, MA, USA)에 DMEM(FBS 2%)을 사용하여 5×10<sup>5</sup> cell/mL로 분주하고, 24시간 배양하여 이를 PBS로 세척한 후 10 µg/mL의 콜레스테롤이 함유되어 있는 DMEM (FBS 0%) 배지에 추출물을 각각 첨가하여 8시간 배양하였다. 그 후 상층액을 취한 다음 1% 에탄올을 함유하는 PBS로 세포를 1회 세척하고 다시 에탄올이 첨가되지 않은 PBS로 세포를 3회 세척한 후 lysis 시켜 총 콜레스테롤 함량을 효소법에 의한 kit(AsanPharm)를 사용하여 흡광도를 측정하였고, 단백질은 Lowry 법(30)으로 정량하여 콜레스테

를 양을 산출하였다.

**Apolipoprotein 분비능 검색**

Apolipoprotein의 분비능은 enzyme-linked immunosorbent 법(31)으로 검색하였다. 먼저, HepG2 세포를 high glucose DMEM 배지에  $5 \times 10^5$  cell/mL로 분주하고 시료를 처리한 뒤 24시간 후에 배양액을 96-well plate(Corning)에 50  $\mu$ L/well로 분주하고 4°C에 방치하였다. 12시간 후 5% skim milk에 37°C에서 1시간 동안 배양한 다음 1차 항체와 2차 항체를 반응시켰다. 마지막으로 발색시약인 1,2-phenylenediamine (100  $\mu$ L/well)에 30분간 반응시킨 후 492 nm에서 흡광도를 측정하였다.

**통계처리**

실험결과는 통계처리 하여 평균치와 표준편차를 계산하였으며, 각 군 간의 유의성 검정은 SAS program(Version 8.0)을 이용하여 5% 수준에서 Duncan's multiple range test를 이용하여 통계분석 하였다.

**결과 및 고찰**

**총 콜레스테롤 흡착능**

녹두를 2.5, 5, 10%의 농도로 각각 첨가한 fermented DSG-mung bean(FDM)군의 콜레스테롤 흡착정도는 Fig. 2에 나타내었다. 녹두를 첨가한 FDM군 모두 콜레스테롤 흡착능은 70% 이상으로 높게 나타났으며, 특히 녹두를 2.5% 첨가하였을 때 90% 정도의 가장 높은 흡착능을 보였다. Kim 등의 보고(13)에 의하면 탈지대두 grits에서는 점질물이 측정되지 않았으나, *Bacillus*균에 의한 대두 발효물에는 3~5% 정도의 점질물이 생성되고, DSG 발효물에서는 20% 이상의 점질물을 함유한다고 보고하였다. 점질물은 gamma-poly-glutamic acid( $\gamma$ -PGA)와 fructose 중합체인 레반으로 구성되며(9), 그중 레반은 지질 및 콜레스테롤 흡수를 저

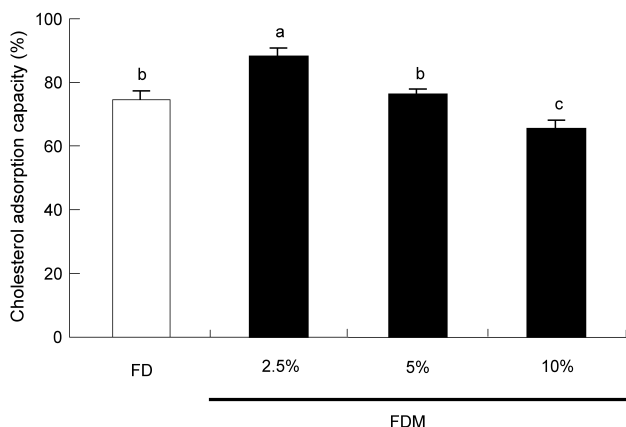


Fig. 2. *In vitro* cholesterol adsorption capacity of FD and FDM. Concentration of sample was treated at 1 mg/mL. Values represent means  $\pm$  SD. Values with different superscripts are significantly different ( $p < 0.05$ ).

해하고 변으로의 지질 배설을 증가(32)시켜 혈중지질 감소 효과(11,12)를 나타낸다고 보고되고 있다. 따라서 녹두를 첨가한 FDM군은 많은 양의 점질물 생성으로 인해 우수한 콜레스테롤 흡착능을 보인 것으로 생각되며, 이 흡착능은 FD와도 유사한(13) 것을 알 수 있었다. 그러나 녹두 첨가량이 5%일 경우 콜레스테롤 흡착능이 FD와 유의적인 차이를 보이지 않았고, 10% 첨가 시에는 오히려 콜레스테롤 흡착능이 감소되었다. 이는 5% 이상의 녹두 첨가 시에는 녹두가 가진 항균활성(24)으로 인해 *B. subtilis*균의 발효가 억제되어 점질물 함량이 감소된 것으로 여겨진다. 따라서 2.5% 함량의 녹두 첨가가 최적 배양을 위한 첨가량으로 생각되었다.

**HMG-CoA reductase 저해활성**

HMG-CoA reductase는 콜레스테롤 생합성 단계에서 작용하는 조절 효소로서 스테롤이나 isoprenoid계 화합물의 생합성 경로의 중간단계인 mevalonic acid의 합성을 매개하는 역할을 한다(33). 따라서 HMG-CoA reductase 활성이 저하되면, LDL-receptor의 활성이 증가되어 혈중 콜레스테롤 농도를 감소시킨다고 보고되고 있다(34).

시료에 의한 HMG-CoA reductase 저해활성은 Fig. 3과 같이 나타났다. 녹두를 2.5% 첨가한 FDM군에서 약 42%의 가장 높은 저해활성을 나타내었고 5, 10% 첨가한 FDM군은 저해활성이 감소되는 것을 확인하였다. 이는 2.5% 함량의 녹두 첨가 시 콜레스테롤 흡착능이 가장 증가하였다가, 녹두 첨가량이 증가할수록 콜레스테롤 흡착능이 감소된 결과와 일치된 경향이였다. 이처럼 HMG-CoA reductase의 활성이 억제되면 콜레스테롤 생합성을 억제한다고 알려져 있으므로, FDM 군은 콜레스테롤 합성을 억제하는 우수한 소재가 되리라 생각된다.

**HepG2 세포주를 이용한 총 콜레스테롤 함량 측정**

HepG2 세포내로 콜레스테롤이 가장 잘 유입되는 조건을 측정한 결과, 콜레스테롤의 농도를 10  $\mu$ g/mL, 8시간 배양했을 때 세포내 콜레스테롤 유입률이 가장 높은 것으로 나타나

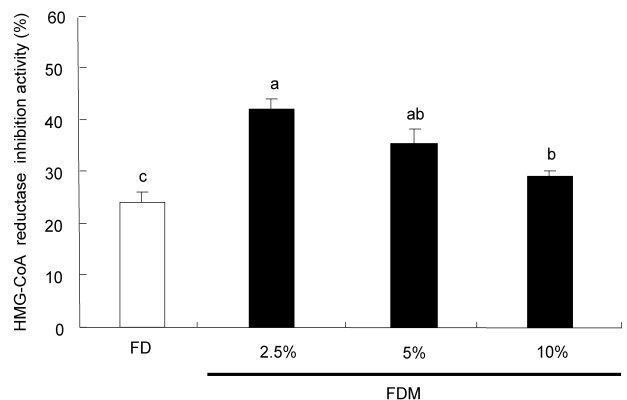


Fig. 3. HMG-CoA reductase inhibition activity of FD and FDM. Values represent means  $\pm$  SD. Values with different superscripts are significantly different ( $p < 0.05$ ).

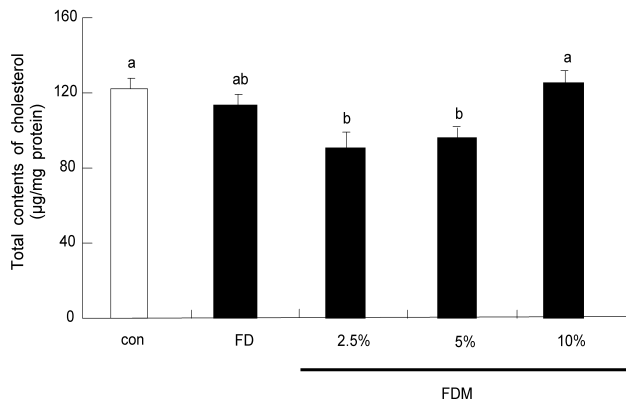


Fig. 4. Total contents of cholesterol in intracellular of HepG2 cell. Cells were treated with sample at concentration of 1 mg/mL. Values represent means  $\pm$  SD. Values with different superscripts are significantly different ( $p < 0.05$ ).

이 조건으로 세포를 배양하였다.

시료에 의한 세포 내 콜레스테롤 함량은 Fig. 4와 같이 나타났다. 먼저 콜레스테롤(10 µg/mL)만 투여한 대조군, 그리고 실험군은 콜레스테롤 첨가배지(10 µg/mL)에 녹두를 2.5, 5, 10%의 농도로 첨가하여 제조한 FDM을 1 mg/mL의 농도가 되도록 각각 처리해 8시간 배양하여 고콜레스테롤 조건하에서 HepG2 세포내의 콜레스테롤 함량을 조사하였다. 각 배지조건으로 배양한 HepG2 세포 내액의 콜레스테롤을 정량하고 단백질 대비 평균값을 구한 결과, 녹두를 2.5, 5% 첨가한 FDM군에서 대조군에 비해 세포내의 콜레스테롤 농도가 유의적으로 낮아지는 것을 확인하였다. 또한 녹두를 2.5~5% 첨가하여 발효시켰을 때 10% 첨가하여 발효시켰을 때보다 콜레스테롤 개선능이 더 높음을 알 수 있었다.

#### Apolipoprotein A I 및 CIII의 분비능 검색

혈중 지질상태 개선 측면에서 총콜레스테롤, 특히 LDL 콜레스테롤과 중성지방 농도가 저하되는 것이 바람직하지만 HDL 콜레스테롤의 증가도 매우 중요하다.

Apolipoprotein의 기능은 지방질의 운반과 지단백 구조 유지에 있고, 역할은 지단백 대사에 관여하는 효소들의 활성 인자가 되며, 지단백 내 지질이 간, 혈관 벽, 지방조직에 대사되는데 필요한 성분이다(35). 그중 apolipoprotein A I은 chylomicron과 HDL 콜레스테롤을 구성하는 중요한 지단백일 뿐만 아니라 lecithin:cholesterol acyltransferase(LCAT)를 활성화시키는 조효소 작용을 한다(36). 특히 apolipoprotein A I의 증가는 항동맥경화증의 역할을 하는 HDL2의 증가와 비례하는 것으로 알려져 있다(37). 한편 apolipoprotein C III는 VLDL, IDL, HDL의 구성 단백질로서 지단백 리파제의 활성을 억제하여 혈중 중성지질을 증가시키며, 혈중의 apolipoprotein C III 농도의 증가는 동맥경화증의 발생 위험성을 증가시키는 것으로 알려져 있다(38).

녹두를 2.5, 5, 10% 농도로 첨가한 FDM군의 apolipoprotein의 분비량 검색은 대조군을 100으로 보았을 때 apoli-

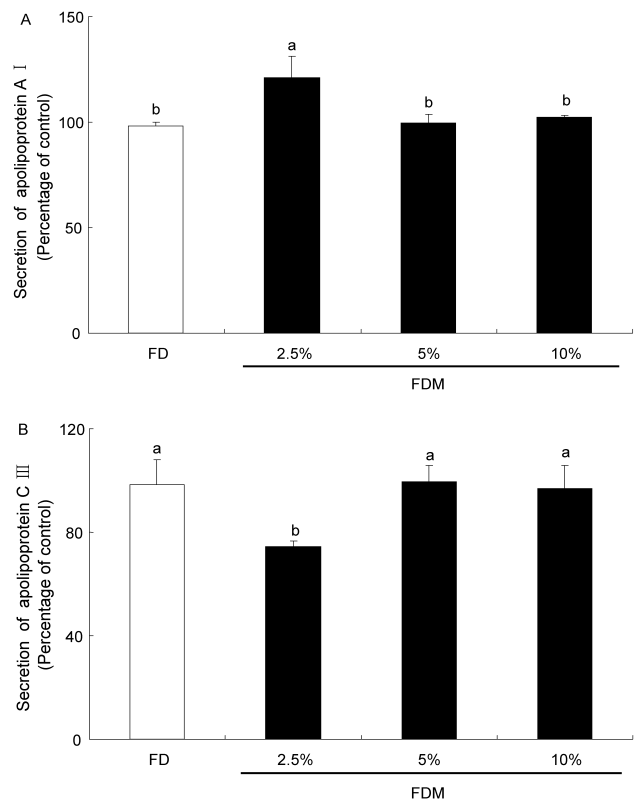


Fig. 5. Effect of FD and FDM on the secretion of apolipoprotein A I (A) and C III (B) from HepG2 cell. Cells were treated with sample at concentration of 1 mg/mL. Values represent means  $\pm$  SD. Values with different superscripts are significantly different ( $p < 0.05$ ).

poprotein A I과 apolipoprotein C III의 분비량이 Fig. 5에서와 같이 나타났다. 먼저, apolipoprotein A I의 경우 녹두를 첨가하였을 때 분비량이 증가하였고, 특히 2.5%의 농도로 녹두를 첨가한 FDM군이 유의적으로 가장 높은 분비량을 나타냈다. 반면, apolipoprotein C III의 분비량은 녹두를 2.5% 첨가한 FDM군에서 가장 낮은 분비량을 나타냈다. 따라서 녹두를 2.5% 첨가한 FDM군은 콜레스테롤의 역수송 운반체로서 항동맥경화 인자로 작용하는 HDL을 주로 구성하는 apolipoprotein A I을 증가시키고 VLDL, IDL, HDL을 구성하고 동맥경화증의 위험성을 증가시키는 apolipoprotein C III의 분비를 저해함을 확인할 수 있었다.

이와 같이 *in vitro* 상에서 FDM군의 콜레스테롤 개선능을 검색한 결과, 녹두를 2.5% 첨가하여 발효시킨 FDM의 콜레스테롤 조절능이 더 우수해지는 것을 확인하였다. 앞으로 녹두를 첨가하여 발효시키는 것에 대한 발효 적성평가와 활성성분 분석이 필요할 것으로 사료된다.

#### 요 약

본 연구에서는 *Bacillus subtilis* NUC1균주로 발효한 탈지대두 grits 발효물인 FD와 탈지대두 grits에 녹두를 2.5,

5, 10%로 각각 첨가하여 발효한 FDM을 각각 제조하여 *in vitro* 상에서의 콜레스테롤 개선능을 검색하였다. FD와 FDM군의 콜레스테롤 흡착능을 살펴본 결과, 모든 군에서 70% 이상의 흡착능을 보였다. 특히 2.5% 녹두를 첨가하여 발효시킨 FDM군(2.5% FDM)은 90%의 가장 높은 흡착능을 보였다. 2.5% FDM군은 42%의 HMG-CoA reductase 저해 활성을 보였고, 또한 HepG2 세포를 이용하여 측정된 세포 내의 콜레스테롤 함량과 apolipoprotein A I, CIII의 개선효과에서도 가장 우수한 개선효과를 보였다. 따라서 2.5% 녹두를 첨가하여 발효시킨 FDM군은 고콜레스테롤 예방에 도움을 줄 것으로 생각된다.

### 감사의 글

본 연구는 지식경제부와 한국산업기술재단의 지역혁신인력양성사업 및 지식경제부 지원 계명대학교 전통미생물자원개발 및 산업화연구센터의 지원으로 수행되었음에 감사드립니다.

### 문 헌

1. Ministry of Health and Welfare Republic of Korea. 2008. National Health and Nutrition Survey Report. p 24-35.
2. Stryer WH. 1995. Biosynthesis of membrane lipids and steroids. In *Biochemistry*. 4th ed. Freeman & Company, New York, USA. p 685-712.
3. Jo JS. 1989. Analytical survey on the study of traditional fermented food in Korea. *Korean J Diet Culture* 4: 375-392.
4. Choi YB, Sohn HS. 1998. Isoflavone content in Korean fermented and unfermented soybean foods. *Korean J Food Sci Technol* 30: 745-750.
5. Hso S, Lee SK, Joo HK. 1998. Isolation and identification of fibrinolytic bacteria from Korean traditional *chungkookjang*. *J Korean Soc Agric Chem Biotechnol* 41: 119-124.
6. Kwon EY. 2000. Standardization of Chungkookjang preparation and its cancer preventive effect. *MS Thesis*. Pusan National University, Busan, Korea.
7. Yang JL. 2000. Antiatherogenic effect of chongkukjang. *PhD Dissertation*. Pusan National University, Busan, Korea.
8. Kang MJ. 2004. Antidiabetic effect of soy pinitol and Chongkukjang: animal studies and clinical trials. *PhD Dissertation*. Inje University, Gimhae, Korea.
9. Lee YL, Kim SH, Choung NH, Yim MH. 1992. A study on the production of viscous substance during *chungkookjang* fermentation. *J Korean Soc Agric Chem Biotechnol* 35: 202-209.
10. Park C, Kim KS, Jung CM, Shin HJ, Kim CJ, Ashiuchi M, Soda K, Sung MH. 2003. Effect of poly- $\gamma$ -glutamic acid on calcium solubility *in vitro* and *in vivo*. *Environ Health Prev Med* 3: 71-75.
11. Kang SA, Hong KH, Jang KH, Kim SH, Jang EK, Kim CH, Choue RW. 2002. Effects of low level of levan feeding on serum lipids, adiposity and UCP expression in rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 31: 788-795.
12. Kang SA, Jang KH, Lee JC, Chang BI, Lim YA, Song BC. 2003. The effects of fructose polymer levan on the body fat accumulation and serum lipid profiles of Korean women. *Korean J Community Nutrition* 8: 986-992.
13. Kim HJ, Lee SG, Ji YJ, Hwangbo MH, Lee EJ, Lee SP, Lee IS. 2008. Quality characteristics of defatted soybean grits fermented by *Bacillus subtilis* NUC1. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 37: 1479-1484.
14. Lee SG, Kim HJ, Im NK, Lee EJ, Lee SP, Lee IS. 2009. Antithrombotic and cholesterol reduction effects of defatted soybean grits fermented by *Bacillus subtilis* NUC1. *Korean J Food Sci Technol* 41: 423-427.
15. Lee SI, Shin JG, Kim DS. 2005. Effect of red ginseng-chungkukjang extracts on lipid profiles of serum in alcohol administered diabetes-induced rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 34: 1362-1366.
16. Koh JB. 2006. Effects of cheonggukjang added *Phellinus linteus* on lipid metabolism in hyperlipidemic rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 35: 140-145.
17. Park JH, Kim JM, Park EJ, Lee KH. 2008. Effects of chungkukjang added with onion on lipid and antioxidant metabolisms in rats fed high fat-cholesterol diet. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 37: 1244-1250.
18. Kim YS, Han YB, Yoo YJ, Jo JS. 1981. Studies on the composition of Korean mung bean (*Phaseolus aureus*). *Korean J Food Sci Technol* 13: 146-152.
19. Jun YH, Nam MH, Lee SK, Park WC. 1983. Changes in peroxidase activity and its isozymes of soybean, red-bean and mung-bean during germination. *J Korean Agric Chem Soc* 26: 151-160.
20. Lee SK, Park WC, Hong JU. 1986. Isolation and characterization of two isoperoxidases from mung bean seeding. *J Korean Agric Chem Soc* 29: 279-284.
21. Jeune KH, An MG, Jung SN, Choi KM, Lee SH, Chung SR. 1999. Effect of mung bean lectin (MBL) on cytokine gene expression from human peripheral blood mononuclear cells. *Kor J Pharmacogn* 30: 355-369.
22. Jeong SJ, Kang TH, Ko EB, Kim YC. 1998. Flavonoids from the seeds of *Phaseolous radiatru*. *Kor J Pharmacogn* 29: 357-368.
23. Choi KS. 1982. A study of elucidation of protein quality of raw and heated legumes fed by three different dietary levels on rats. *J Korean Home Economics Assoc* 20: 91-107.
24. Wang SY. 2004. A non-specific lipid transfer protein with antifungal and antibacterial activities from the mung bean. *S Y Peptides* 25: 1235-1242.
25. Naomichi N, Yuji T, Shuhachi K. 2000. Plasma cholesterol-lowering effect on rats of dietary fiber extracted from immature plants. *Biosci Biotechnol Biochem* 64: 2543-2551.
26. Byun MW, Son JH, Yook HS, Jo C, Kim DH. 2002. Effect of gamma irradiation on the physiological activity of Korean soybean fermented foods, *Chungkookjang* and *Doenjang*. *Radiation Physics and Chemistry* 64: 245-248.
27. Soh HS, Kim CS, Lee SP. 2003. A new *in vitro* assay of cholesterol adsorption by food and microbial polysaccharides. *J Med Food* 6: 225-230.
28. Hulcher FH, Oleson WH. 1973. Simplified spectrophotometric assay for microsomal 3-hydroxy-3-methylglutaryl CoA reductase by measurement of coenzyme A. *J Lipid Res* 14: 625-631.
29. Park SC, Noh YH, Koo J. 1995. Effects of ginseng components on content of cholesterol and activity of acyl CoA:cholesterol acyltransferase in HepG2 cells cultured in cholesterol rich medium. *Korean J Ginseng Sci* 19: 212-218.
30. Lowry OH, Rosebrough NH, Farr AL, Randall RJ. 1951. Protein measurement with folin phenol reagent. *J Biol*

- Chem* 193: 265-275.
31. Sambrook J, Russell DW. 2001. Molecular cloning a laboratory manual. 3rd ed. Cold Spring Harbor Laboratory Press, Cold Spring Harbor, New York, USA. p 245-260.
  32. Iwai K, Nakaya N, Kawasaki Y, Matsue H. 2002. Antioxidative function of natto, a kind of fermented soybeans: Effect on LDL oxidation and lipid metabolism in cholesterol-fed rats. *J Agric Food Chem* 250: 3597-3601.
  33. Endo A. 1992. The discovery and development of HMG-CoA reductase inhibitors. *J Lipid Res* 33: 1569-1582.
  34. Sitory CR. 1990. Pharmacology and mechanism of action of the new HMG-CoA reductase inhibitors. *Pharm Res* 22: 555-562.
  35. Durstine JL, Grandjean PW, Cox CA, Thompson PD. 2002. Lipids, lipoproteins, and exercise. *J Cardioplml Rehabil* 22: 385-398.
  36. Kostner GM, Knipping G, Groener JE. 1987. The role of lack and cholesterol ester transfer proteins for the HDL and LDL structure and metabolism. *Adv Exer Med Bid* 210: 79-86.
  37. Taskinen MR, Kahri J, Koivisto V, Shepherd J, Dackard CJ. 1992. Metabolism of HDL apolipoprotein A I and A II in type I (insulindependent) diabetes mellitus. *Diabetologia* 35: 347-356.
  38. Gotto AM, Pownall HJ, Havel RA. 1986. Introduction to the plasma lipoproteins. *Methods Enzymol* 128: 3-40.

(2010년 2월 5일 접수; 2010년 7월 1일 채택)