

구증구포로 제조한 선식이 고지방 식이를 섭취한 비만 쥐의 생체 내 항산화력에 미치는 영향

†황 경 희

계명문화대학교 식품영양조리학부 조교수

Effects of Sunsik Following Steaming and Drying Nine Times on Antioxidative Activity in Obese Rats Fed a High-Fat Diet

†Kyung-Hee Hwang

Assistant Professor, Dept. of Faculty of Food, Nutrition and Cookery, Keimyung College University, Daegu 42601, Korea

Abstract

The purpose of this study was to investigate the effects of nine times repetitive steaming and drying process Sunsik diets on antioxidant activity in obese mice fed high fat diets to prevent oxidative stress, using drying materials comprising 23 kinds of cereals (61.5%), beans (30.0%), sweet potato and potato (3.0%), fruits (2.0%), vegetables (3.0%), and stevioside, a natural sweetener (0.5%). We produced three samples: the experimental group was classified into the normal diet group (control), the high fat diet group (HF), and the high fat diet group + the Sunsik group (3HFS, 7HFS, 9HFS) fed to the mice for eight weeks. As a result, the serum, liver lipid peroxide, and nitric oxide levels were significantly higher in the HF group than in the C group at $p < 0.05$ level, and the NO level was lower in the Sunsik supplemented groups. The antioxidant enzyme catalase activity significantly decreased in the HF group at the $p < 0.05$ level compared to the C group. The total antioxidant activity of the C group was significantly higher in serum, liver, and kidney tissues than the HF group ($p < 0.05$). The anthocyanin level in liver and spleen tissue was significantly higher in the group fed Sunsik than in the HF group.

Key words: steaming, drying, Sunsik, antioxidative activity, obese

서 론

선식은 소화에 부담이 없는 유동식으로 스트레스가 많은 수험생 뿐만 아니라 만성 퇴행성 질환자의 회복식, 식사 대용식, 영양 간식 및 이유식으로 이용되고 있다(Kim 등 2005). 선식의 주원료인 현미, 보리, 수수, 대두 및 검정콩 등의 곡류와 두류는 DNA 손상을 억제하는 항산화력과 항당뇨, 항심혈관계 질환 및 발암 억제 효과 등의 기능성이 있는 것으로 평가되고 있다(Fight & Clifton 2006). 대한의사협회에서는 공복혈당, 혈압 혈액 내 중성지질과 고밀도지단백콜레스테롤(HDL-cholesterol) 농도, 그리고 허리둘레 등의 지표들이 2개 이상 기준치 범위를 벗어난 상태를 대사증후군(metabolic syndrome)

질환으로 보고 있다(Ham 등 2017). 이러한 대사증후군은 각종 심혈관계 질환, 제2형 당뇨병, 암, 통풍 등 만성질환의 발병 위험을 높이는 것으로 알려져 있다(Grundy 등 2005).

대사증후군은 주로 체내에 활성산소로 인한 산화 스트레스를 증가시켜 생체막 단백질 및 지질의 기능 장애 및 DNA에 돌연변이를 일으켜 비정상적인 세포를 생성시켜서 유병률을 증가시키는 것으로 알려져 있다(Bonomini 등 2015). 산화적 스트레스(oxidative stress) 대사증후군에는 여러 가지 인자들이 관여하며, 이 중에서 식생활이 가장 중요한 결정요인으로 밝혀지고 있다(Chung 등 2015; Song 등 2015). 산화 스트레스는 체내에서 반응하는 항산화 효소계나 외부로부터 섭취할 수 있는 항산화 비효소적 체계를 통해 조절된다. 항

† Corresponding author: Kyung-Hee Hwang, Assistant Professor, Dept. of Faculty of Food, Nutrition and Cookery, Keimyung College University, Daegu 42601, Korea. Tel: +82-53-589-7827, Fax: +82-53-589-7821, E-mail: hkh2019@kmcu.ac.kr

산화 체계는 산소와의 반응성이 높아 다른 물질의 산화를 방지하는 기능을 갖고 있어 산화 스트레스를 완화시킬 수 있기 때문이다(Akçakaya 등 2017). 외부로부터 공급되는 항산화 성분으로는 비타민 A, 비타민 C, 비타민 E 등의 항산화 비타민과 플라보노이드(flavonoids), 카로티노이드(carotenoids), 안토시아닌(anthocyanin) 등의 파이토케미컬(phytochemicals)이 있다. 이들 항산화 물질을 제공하는 주요 급원 식품으로는 과일류, 채소류 및 콩류 등이다(Jun 등 2016; Kim 등 2016)

선식은 제조방법이나 활용되는 천연물 및 기능성 가공식품 소재 종류에 따라 항산화력, 항당뇨력, 항암력 등 다양한 효능을 가질수 있다. 선식 제조 방법에서는 선식의 주원료인 곡류나 두류를 찌고, 말리고, 볶는 과정에 따라서 영양소 함량, 항산화력, 향기 및 저장성 등이 달라지는 것으로 나타났다(Kim 등 2020). 영양소 함량 중에서는 가공 과정 중에서 비타민 B₁의 함량 변화 뿐만 아니라, 녹말이 호화되어 물에 분산이 잘 되고 소화도 잘 되며, 볶는 과정에서 고소한 향미가 생기는 것으로 나타났다(Woo JW 1989).

예로부터 약재 및 식재의 약성을 증가시키기 위해 검은깨나 참깨는 9번 찌고 말리는 과정을 거쳐 제조하였다. 찜통 등에 넣은 약재나 식재를 수증기의 열을 이용하여 9번 찌고 말리는 과정을 거친 증제법이 9중9포이며, 숙지황, 인삼, 천마 등이 대표적인 약물이다. 9중9포의 목적은 약재의 약성을 변화 시켜 치료효과를 증가시키거나 가공 혹은 절편이나 저장성을 높이는데 있다(Choi 등 2009). Rho & Park(2008)과 Jo 등(2009) 수삼을 9중9포로 제조하여 만든 흑삼은 증포를 하면 할수록 산성 배당체와 항산화력의 효과가 높아지는 것으로 나타났다. 또한 구증구포로 제조한 숙지황의 증포횟수가 증가함에 따라 항산화 성분 변화에 의하여 혈당이 낮아지고 빈혈에 대한 치료 효과가 향상된 것으로 나타났다. 이에 본 연구에서는 고지방식으로 유도된 비만 쥐의 혈액, 간 조직 내에서 구증구포 선식이 미치는 항산화력을 규명한 결과를 바탕으로 증포별 횟수에 따른 선식의 생체 내 항산화력을 규명하고자 한다.

재료 및 방법

1. 구증구포 선식 제조방법

선식 재료는 총 24종으로 쥐눈이콩과 백태콩 두류 분말(30.0%, w/w), 수수, 흑미, 찰보리, 차조, 찰현미, 옥수수, 붉은팥 및 보리로 구성된 곡류 혼합물 분말(61.5%, w/w), 고구마와 감자 서류 분말(3.0%, w/w), 시금치, 양배추, 호박, 표고버섯, 연근 및 우영으로 구성된 채소류 분말(2.0%, w/w), 밀감, 딸기 및 사과로 구성된 과일류 분말(3.0%, w/w), 그리고 천연감미료 스테비아(0.5%, w/w)로 구성하였다. 이때 선식에 사

용한 서류, 채소류 및 과일류 분말은 음용수로 깨끗히 씻은 재료를 얇게 썰어서 내부온도를 60℃로 하여 10시간 이상 건조기(LD-918B, L'EQUIP, Hwaseongsi, Korea)에서 건조하였다. 건조된 시료는 분쇄기(HMF-3260S, Hanil, wonju, Korea)를 이용하여 분말로 제조하였다.

선식의 제조는 일반 수돗물로 깨끗이 세척한 두류와 곡류를 14시간 동안 실온에서 불린 후, 115℃ 이상에서 2시간 30분 동안 용량이 큰 대형 전기 찜솥(Auto clave ED-PAC, Edun Measuring Co., Sungnam, Korea)을 이용하여 증자하였다. 그런 다음 상온에서 10분 정도 열기를 식혔다. 이후 식히는 정도를 75-85℃ 정도의 내부 온도가 될 수 있도록 하는 과정을 총 9회 반복하였다. 그런 다음 60℃에서 40시간 동안 전기 건조기(HDG 220, Grand Korea Co., Aansan, Korea)를 이용하여 건조하여 수분을 10% 이하 상태로 만들었다. 그런 다음 90-95℃에서 6-7분 동안 볶음솥(Gwangmyung Machine Co., Seoul, Korea)에서 볶은 후 자체 제작하여 만든 제분기로 100~120 mesh의 두류와 곡류 증포 횟수별 분말을 만들었다. 재료를 찌고 말리는 과정을 횟수에 따라 3중3포, 7중7포, 9중9포의 두류 및 곡류 제조 분말에 선식의 나머지 재료인 서류, 채소류, 과일류 및 천연감미료를 일정 비율로 첨가하여 증포 횟수별 선식을 제조하였다.

2. 실험동물 사육 및 식이조성

실험 동물은 SD계(HyoChang Science, Daegu, Korea) 12주령 수컷 흰쥐로 60마리를 일반고형사료(Jeilfeed Co, Korea)로 2주 간 적응한 다음, 체중에 따른 난괴법으로 5군(C, HF, 3HFS, 7HFS, 9HFS)으로 분리하여 제조한 실험식이를 공급하였다. 실험식이 조성은 Table 1과 같으며, 모든 실험식이의 제조는 AIN-93 정제식이 기준에 맞추어 이루어졌다. 정상식이군(C군)에 비해 대사증후군을 유도하기 위한 고지방식이군(HF군)의 지질 공급원과 중량은 콜레스테롤(1%, w/w) 및 라드(20% w/w)로 구성하였다. 본 실험의 고지방 식이 조성은 Park 등(2019)의 고지방 식이 처방과 비교했을 때 5% com oil 대신에 5%의 라아드로 대체했으며, 콜레스테롤 1%를 더 첨가하였다. 그리고 단백질 공급원으로 C군과 HF군에서 카제인을 20% 비율로 구성하였으나, 10%의 선식을 첨가한 식이군(3HFS, 7HFS, 9HFS)에서는 선식의 주 구성 식품인 두류에 함유되어 있는 단백질 함량을 고려하여 카제인과 선식을 각각 10%씩 공급하였다. 고지방 식이에 선식을 10% 첨가한 군은 3중3포 선식 첨가군(3HFS군), 7중7포 선식 첨가군(7HFS군) 및 9중9포 선식 첨가군(9HFS군)으로 제조하였다. 실험식이는 매주 새로운 식이를 제조하여 냉장 보관 후 8주 동안 공급하였다.

식이와 음용수는 자유롭게 섭취할 수 있도록 하였다. 매주

Table 1. Composition of experimental diet (%)

Ingredients	Groups ¹⁾				
	Control	HF	3HFS	7HFS	9HFS
Corn starch	45	39	39	39	39
Sucrose	20	10	10	10	10
Casein	20	20	10	10	10
Corn oil	5	-	-	-	-
Lard	-	20	20	20	20
Coline bitartrate	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
DL-Methionine	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
α -Cellulose	5	5	5	5	5
Mineral-mix ²⁾	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
Vitamin-mix ³⁾	1	1	1	1	1
Cholesterol		1	1	1	1
Sunsik	0	0	10	10	10
Total	100	100	100	100	100

¹⁾ The experimental diet groups are as follow; C: normal diet, HF: high fat diet, 3HFS: high fat diet supplemented with 10% 3 repetitive steaming and drying, 7HFS: high fat diet supplemented with 10% 7 repetitive steaming and drying, 9HFS: high fat diet supplemented with 10% 9 repetitive steaming and drying.

²⁾ Based on AIN-93G mineral mixture.

³⁾ Based on AIN-93 vitamin mixture.

일정 시각에 식이섭취량과 체중증가량을 이용하여 사료효율을 구하였다. 실험동물 생활 온도는 22±1°C, 상대 습도는 65±5%, 조명시간 12시간, 조도 150~300으로 설정된 조건에서 사육하였다. 본 연구에서의 실험 설계, 실험 동물의 구입 및 사육 과정 등은 대구한의대학교 동물실험윤리위원회의 승인 하에 동물실험 규정에 따라 실시되었다(DHU 2013-079).

3. 비만지수 평가

8주 동안의 실험 기간 후 대사증후군을 확인하고자 비만 지수 평가를 실시하였다. 비만지수 평가는 실험동물의 코에서 항문까지의 체장 길이를 측정하였다(Ban 등 2006). 그리고 실험 동물의 체중을 측정하는 다음 아래의 공식에 의거하여 비만지수를 평가하였다.

$$\text{Rohrer index} = \{\text{Body weight (g)} / \text{Naso-anal length (cm)}\}^3 \times 10^3$$

$$\text{Lee index} = \{\text{Body weight (g)}^{1/3} / \text{Naso-anal length (cm)}\} \times 10^3$$

$$\text{T.M. index} = \{\text{Body weight (g)} / \text{Naso-anal length (cm)}^{2.823}\} \times 10^3$$

$$\text{체지방량} = 0.581 \times \text{T.M. index} - 22.03$$

4. 시료 채취

혈액 및 장기 시료 채취는 실험 동물을 12시간 절식시킨

다음 CO₂ 가스로 마취 후 복부대정맥에서 채취한 혈액은 실온에 1시간 동안 방치하였다. 그런 다음 15분 동안 3,000 rpm에서 원심분리 한 후 혈청을 획득하였다. 적출한 조직은 1.15% KCl 완충용액으로 여러 번 세척 후 수분을 완전히 제거하고 무게를 칭량하였다.

5. 산화스트레스 및 항산화 실험

1) 지질과산화물(MDA) 및 nitric oxide(NO)

시료의 지질과산화물 함량은 MDA(malondialdehyde) 분석용 kit(Biovision, St Louis, MO, USA)를 분석하였다. 시료 10 μ L와 thiobarbituric acid(TBA) 반응물을 microplate reader를 사용하여 532 nm에서 흡광도를 측정하여 MDA 농도를 산출하였다. 혈청의 NO(nitric oxide) 함량은 nitric oxide 측정용 kit(Biovision, St Louis, MO, USA)를 사용하여 측정하였다. 일정량의 시료를 취한 후 Griess 용액을 이용하여 NO로부터 생성된 nitrate와 nitrite 함량을 540 nm에서 흡광도를 측정하였다.

2) 항산화 효소 및 총 항산화능(TAC)

시료의 catalase 항산화 효소 활성은 catalase activity assay 측정용 kit(Biovision, St Louis, MO, USA)을 이용하여 분석하였다. 시료에 10 μ L와 1 mM의 H₂O₂ 용액 첨가하여 570 nm에서 30분 동안 일정한 간격으로 H₂O₂ 분해에 따른 흡광도를 측정하여 catalase 활성도를 측정하였다. 혈청과 간 조직을 이용한 총 항산화능(total antioxidant capacity)은 TAC 측정용 kit(Biovision, St Louis, MO, USA)로 분석하였다. 시료 10 μ L와 단계별 농도의 표준용액을 각각 일정량 가한 다음 각각의 모든 well에 100 μ L의 H₂O와 Cu²⁺ working solution 100 μ L를 취하였다. 그런 다음 90분 동안 실온에 방치한 후 570 nm의 micro plate reader에서 흡광도를 측정하여 TAC를 분석하였다.

3) 안토시아닌 함량

간과 비장 조직의 안토시아닌 함량은 Park 등(2009)의 분석법에 준하여 95% 에탄올과 1.5 N HCl 혼합용액(85:15, v/v)을 일정량 가하여 추출 한 후 측정하였다. 각각의 조직을 1 g 씩 칭량한 다음 다음 추출용매 45 mL를 첨가하여 잘 혼합하였다. 그런 다음 4°C의 어두운 냉장 상태에서 24시간 동안 방치 후 여과(whatman, No 4)에 시료를 여과한 다음 일정량 취하여 535 nm의 안토시아닌 함량을 측정하였다.

6. 통계분석

실험 자료는 SPSS software 14(SPSS Corp., Chicago, IL, USA)로 분석하였으며, 그 결과는 평균±표준편차로 나타내었다. 정상군과 실험군의 평균 값의 유의적 검증은 analysis of

variance(ANOVA) 분석으로 실시한 다음 다중범위검정 (Duncan's multiple range test)으로 $p < 0.05$ 에서 수준에서 실시하였다.

결과 및 고찰

1. 비만지수 평가

실험 동물의 비만 지수는 Table 2와 같다. C군의 Naso-anal length는 26.5 ± 0.17 cm, HF군은 25.8 ± 0.20 cm로 C군에 비해 HF군은 0.7 cm 정도 $p < 0.05$ 수준에서 유의적으로 짧았다. 그러나 선식을 섭취한 HFS, 7HFS, 9HFS군은 각각 26.6 ± 0.20 , 26.3 ± 0.24 및 26.8 ± 0.11 cm로 C군의 Naso-anal length와 유의적인 차이는 없었다. 본 연구자의 선행된 연구(Hwang 등 2015)에서 발표한 바와 같이 8주간 실험식이를 공급한 후의 체중은 C군의 427.6 ± 6.79 g에 비해 HF군에서 555.2 ± 5.39 g으로 C군에 비해 12.9%의 유의미한 체중 증가를 보였다($p < 0.05$). 그러나 HF군에 비해 3HFS, 7HFS, 9HFS군에서 체중 증가량은 $p < 0.05$ 수준에서 유의적인 감소를 보였으나 C군의 수준에는 미치지 못하였다($p < 0.05$). C군의 Rohrer 지수는 26.5 ± 0.44 이였으며, 이에 비해 HF군의 지수는 32.6 ± 0.82 로 고지방 식이 섭취로 인해 유의미하게 높게 나타났다($p < 0.05$). 그러나 HF군에 비해 3HFS, 7HFS 및 9HFS 군에서 $p < 0.05$ 수준에서 감소를 보였다. Lee 지수에서 비만 기준 평가는 흰쥐에서 정상은 300 이하, 비만은 300 이상이다. 본 연구에서는 C군과 9HFS군은 정상이었으나, HF, 3HFS, 7HFS군은 비만이었다. 특히, C군의 298.1 ± 1.62 와 비교했을 때 HF군은 7.1% 증가된 319.2 ± 2.63 으로 나타났다.

TM 지수에서 비만 기준은 55 이상이다. 본 연구에서는 C, 3HFS, 9HFS군을 제외한 나머지 HF군과 7HFS군이 비만으로 판정되었으므로 고지방 식이에 의한 TM 지수에 따른 비만은 3HFS, 9HFS군에서 조절할 수 있을 것으로 판단된다. 체지방량에 의한 비만 기준은 체중 100 g당 10 이상인 경우이며, C군의 체지방량은 5.47 ± 0.42 g으로 가장 낮았다. 그러나 HF군의 체지방량은 11.6 ± 0.80 g으로 비만이었으나, 3HFS, 7HFS 및 9HFS군에서 각각 6.87 ± 0.63 , 7.47 ± 0.53 , 5.81 ± 0.67 g으로 $p < 0.05$ 수준에서 C군과 비슷한 수준을 보였다.

따라서 본 실험에서는 C군에 비해 HF군에서 높은 비만 지수를 보였으며 증포 횟수별로 3종류의 선식을 공급시켰을 때 비만지수 평가에서는 9중9포 선식을 급여한 9HFS군에서 다소 조절되는 것으로 나타났다.

2. 지질과산화물(MDA) 수준

혈청과 간 조직에 MDA 수준은 Fig. 1과 같다. 혈청에서의 단백질 mg 당 MDA 함량은 C군, HF군, 3HFS군, 7HFS군 및 9HFS군은 각각 0.68 ± 0.04 , 1.06 ± 0.05 , 0.90 ± 0.02 , 0.85 ± 0.03 , 및 0.84 ± 0.03 nmol로 C군에 비해 HF군에서 MDA 수준은 55.9% 더 높았다. 그러나 HF군에 비해서 선식을 공급시킨 군들 중에서는 3HFS, 7HFS, 9HFS군에서 $p < 0.05$ 수준에서 유의적으로 낮은 함량을 보였다. 간 조직에서는 단백질 mg 당 MDA 수준은 C군에서 1.06 ± 0.12 , HF군에서 1.50 ± 0.07 nmol로 C군에 비해 41.5% 더 높았다. HF군에 비해 선식을 공급시킨 3HFS군은 1.45 ± 0.16 로 유의적인 차이가 없었다. 그러나 HF군에 비해 7HFS군에서 1.08 ± 0.08 및 9HFS군에서 1.27 ± 0.06 nmol로 $p < 0.05$ 수준에서 유의적으로 낮은 MDA 수준을 보였다.

Table 2. Effect of 9 times repetitive steaming and drying process Sunsik on Naso-anal length, Rohrer index, Lee index, TM index and body fat in obese rats fed a high-fat diet for 8 weeks

Groups ¹⁾	Naso-anal length (cm)	Rohrer index ²⁾	Lee index ³⁾	TM index ⁴⁾	Body fat ⁵⁾
C	26.5 ± 0.17^a	26.5 ± 0.44^c	283.1 ± 1.62^c	47.3 ± 0.73^c	5.47 ± 0.42^c
HF	25.8 ± 0.20^b	32.6 ± 0.82^a	319.3 ± 2.63^a	57.9 ± 1.37^a	11.64 ± 0.80^a
3HF	26.6 ± 0.20^a	27.8 ± 0.64^{bc}	302.9 ± 2.30^{bc}	49.7 ± 1.08^{bc}	6.87 ± 0.63^{bc}
7HF	26.3 ± 0.24^a	28.5 ± 0.56^b	305.3 ± 1.93^b	50.8 ± 0.91^b	7.47 ± 0.53^b
9HF	26.8 ± 0.11^a	26.8 ± 0.37^{bc}	299.1 ± 1.38^c	47.9 ± 0.63^{bc}	5.81 ± 0.67^{bc}

¹⁾ The experimental diet groups are as follow; C: normal diet, HF: high fat diet, 3HFS: high fat diet supplemented with 10% 3 repetitive steaming and drying, 7HFS: high fat diet supplemented with 10% 7 repetitive steaming and drying, 9HFS: high fat diet supplemented with 10% 9 repetitive steaming and drying.

²⁾ Rohrer index = {Body weight (g) / Naso-anal length (cm)³} × 10³.

³⁾ Lee index = {Body weight (g)^{1/3} / Naso-anal length (cm)} × 10³.

⁴⁾ TM index = {Body weight (g) / Naso-anal length (cm)^{2.823}} × 10³.

⁵⁾ Body fat = 0.581 × T.M. index - 22.03.

⁶⁾ Values are means ± S.D (N=12).

⁷⁾ Values with different alphabet within the column indicate significant difference at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

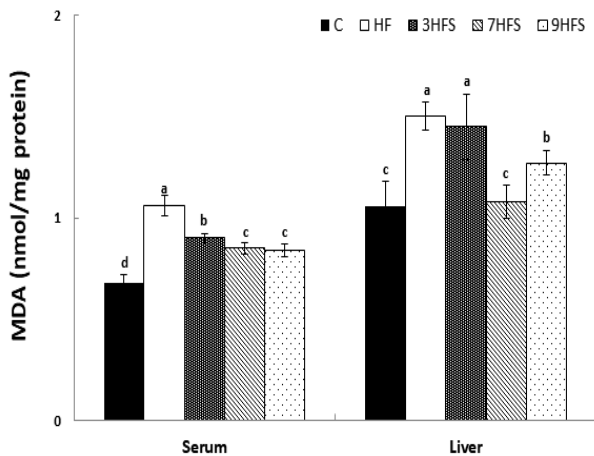


Fig. 1. Effect of 9 times repetitive steaming and drying process Sunsik on MDA levels in obese rats fed a high-fat diet for 8 weeks. C: Control diet, 3HFS: high fat diet supplemented with 10% 3 repetitive steaming and drying, 7HFS: high fat diet supplemented with 10% 7 repetitive steaming and drying, 9HFS: high fat diet supplemented with 10% 9 repetitive steaming and drying. Values are means±S.D (N=12). Means with the same lettered superscripts on bars are not significantly different at $p<0.05$ by Duncan's multiple range test.

생체는 에너지 및 물질 대사와 같은 정상적인 생체 대사 반응과 알코올, 흡연, 스트레스, 과도한 운동, 약물, 환경오염 등 여러 가지 요인으로 의해 산화적 스트레스에 노출된다(Yan 등 1994). 산화적 스트레스로 인해 생성된 MDA는 생체 내의 단백질을 변형시켜 체내에서 생화학적 반응을 일으킨다(Więcek 등 2002). 산화적 스트레스 손상 정도를 평가할 수 있는 MDA 수준은 자유유리기(free radicals)에 의한 지질과산화 반응에서 초기 생성물들의 분해물로서 MDA의 증가는 세포 손상에 따른 세포의 기능 저하를 유발하게 된다(Yokozawa 등 2004). 그러나 자유유리기에 의한 세포 손상은 효소적 및 비효소적 체계의 항산화 방어 시스템에 의해 보호를 받게 된다(Park 등 1995). Simão 등(2008)은 건강인과 대사증후군 환자들 간의 혈청에서 GGT(γ -glutamyltransferase) 활성과 지질과산화물 농도를 비교했을 때, 대사증후군 환자에서 유의미하게 높은 결과를 확인하였다. 또한 Demirbag 등(2006)의 연구에서는 대사증후군 환자가 건강인에 비해 체내 지질과산화물 수준, 산화 스트레스 정도 및 DNA 손상 정도가 유의미하게 높게 나타났다. Lee 등(2016)의 증숙 횟수에 따른 천마 추출물이 증포 횟수와 비례하여 천마의 total phenol과 total flavonoids 함량이 증가하였으며, 그 결과 산화적 스트레스로부터 야기된 위염이나 위궤양에 대해 보호 효과를 보였다고

밝혔다. 그 기전은 증포한 천마추출물이 ROS나 ONCOO-와 같은 자유 유리기의 발생을 감소시켜서 일어난 결과로 설명하였다. 본 연구에서도 고지방식으로 산화적 스트레스성 대사증후군이 유발된 HF군에서 정상군에 비해 높아진 혈청과 간 조직 내 MDA 수준은 증포별로 만든 선식의 공급으로 낮출 수 있었다. 특히, MDA 수준은 고지방식이군 중에서는 9증9포 선식에서 가장 낮은 수준을 보였다.

3. Nitric oxide(NO) 수준

혈청과 간 조직에서 NO 수준은 Fig. 2와 같다. 혈청에서 단백질 mg 당 NO 수준은 C군에서 0.87 ± 0.16 , HF군에서 1.10 ± 0.77 , 3HFS군에서 0.86 ± 0.15 , 7HFS군에서 0.97 ± 0.14 및 9HFS군에서 0.94 ± 0.06 nmol로 C군에 비해 HF군에서 $p<0.05$ 수준에서 유의미하게 높았다. 선식을 공급시킨 모든 군에서는 HF군의 NO 수준과 비교했을 때 $p<0.05$ 수준에서 유의적으로 낮았으나, C군과 비교했을 때에는 모든 군들에서 유의적인 차이가 없었다. 간 조직에서 NO 수준은 C군에서 0.96 ± 0.03 , HF군에서 2.65 ± 0.22 , 3HFS군에서 2.11 ± 0.25 , 7HFS군에서 2.41 ± 0.27 및 9HFS군에서 2.33 ± 0.47 nmol로 전 실험군 가운데 정상군인 C군에서 유의미하게 낮은 NO 수준을 보였다($p<0.05$). 그러나 HF군에 비해서는 선식을 섭취한 3HFS군에

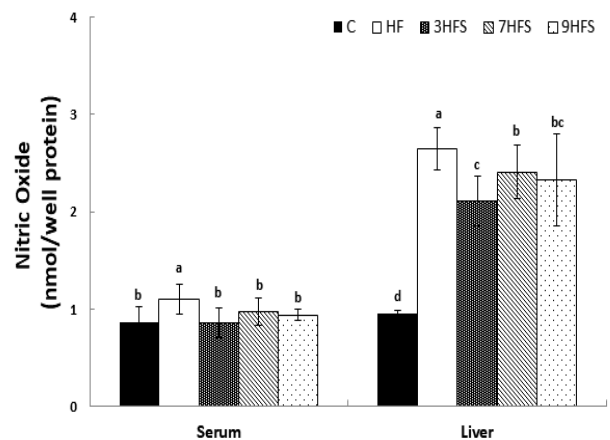


Fig. 2. Effect of 9 times repetitive steaming and drying process Sunsik on nitric oxide in obese rats fed a high-fat diet for 8 weeks. C: Control diet, 3HFS: high fat diet supplemented with 10% 3 repetitive steaming and drying, 7HFS: high fat diet supplemented with 10% 7 repetitive steaming and drying, 9HFS: high fat diet supplemented with 10% 9 repetitive steaming and drying. Values are means±S.D (N=12). Means with the same lettered superscripts on bars are not significantly different at $p<0.05$ by Duncan's multiple range test.

서 20.4%, 7HFS군에서 9.1%, 9HFS군에서 12.1%로 낮은 NO 수준을 보였다.

여러 조직과 세포에서 nitric oxide synthase에 의해 합성되는 NO는 신경전달과 면역기능 등의 역할을 하는 것으로 알려져 있다(Lowenstein 등 1994). 이렇게 NO는 정상적인 생리 기능을 담당하기도 하지만 필요 이상으로 생성되면 쇼크에 의한 혈관 확장이나 염증 반응이 유발되어 조직 손상 등에 유해한 작용을 나타낸다(Mecocci 등 1993). 본 연구에서도 HF군의 혈청과 간 조직 내에서 NO 수준은 높았다. 이때 선식의 공급은 혈청의 NO 수준을 정상 수준으로 낮출 수 있었으며, 간 조직에서도 정상 수준에는 미치지 못하였으나 어느 정도 낮출 수 있는 것으로 나타났다.

4. 항산화 효소 활성

혈청과 간 조직에서 catalase 활성은 Fig. 3과 같다. 혈청에서 catalase 활성은 C군에서 0.43 ± 0.10 , HF군에서 0.31 ± 0.13 , 3HFS군에서 0.39 ± 0.03 , 7HFS군에서 0.38 ± 0.02 및 9HFS군에서 0.43 ± 0.01 mU/mL로 HF군의 효소 활성은 C군의 86.3% 정도의 활성을 보였다. 그러므로 고지방 식이의 급여로 catalase 활성은 $p < 0.05$ 수준에서 유의적으로 낮았다. HF군에 비해서는 3HFS, 7HFS, 9HFS군에서 모두 catalase 활성은 정상 수준으로 유의미하게 유도되었다($p < 0.05$). 간 조직에서는 C군의

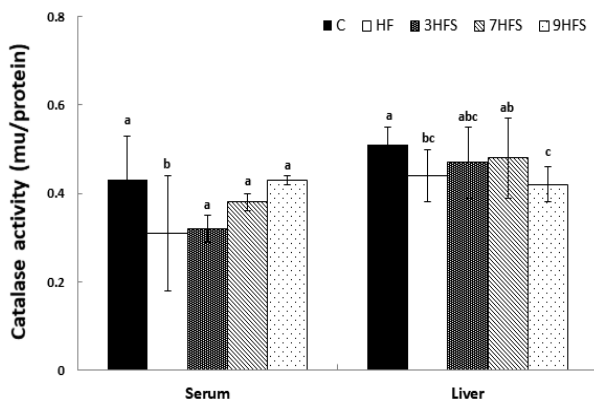


Fig. 3. Effect of 9 times repetitive steaming and drying process Sunsik on catalase activities in obese rats fed a high-fat diet for 8 weeks. C: Control diet, 3HFS: high fat diet supplemented with 10% 3 repetitive steaming and drying, 7HFS: high fat dietsupplemented with 10% 7 repetitive steaming and drying, 9HFS: high fat diet supplemented with 10% 9 repetitive steaming and drying. Values are means \pm S.D(N=12). Means with the same lettered superscripts on bars are not significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

0.51 ± 0.04 에 비해 HF군에서는 0.44 ± 0.06 로 C군에 비해 13.7% 정도 활성이 낮았다($p < 0.05$). 그러나 HF군에 비해서는 3HFS군에서 0.47 ± 0.08 , 7HFS군에서 0.48 ± 0.09 및 9HFS군에서 0.42 ± 0.04 mU/mL로 고지방식이를 섭취한 군들에서는 유의미한 차이를 볼 수 없었다.

선행연구(Santini 등 1997; Behr 등 2008)에 의하면 혈당 농도가 높은 당뇨 쥐와 당뇨 환자에게서 산화적 스트레스 지표인 MDA의 증가와 항산화 효소인 SOD 및 catalase와 비효소적 물질인 비타민 A와 E 같은 항산화 영양소의 유의적 감소가 산화적 스트레스에 의한 질병의 악화와 합병증 유발에 중요한 인자로 작용하는 것으로 나타났다. 항산화 효소 중 catalase는 간과 적혈구에 주로 많은 효소로서 각 조직의 perosome에 주로 존재하며 hydrogen peroxide(H_2O_2)를 환원시켜 물(H_2O)로 전환시키는 기능을 가지고 있다(Havel 등 1998). 만약 생체 내에서 catalase 효소 활성이 저하되어 산화적 스트레스로 인하여 생성된 자유라디칼의 분해가 제대로 이루어지지 않을 경우 생체 세포막의 변화, DNA 손상 등으로 인하여 결국 심혈관 질환이나 암 등을 유발하는 것으로 보고 되고 있다(Yan 등 1994). 본 실험에서는 혈청과 간 조직 내에서 C군에 비해서 HF군의 catalase 활성이 유의적으로 저하되었으며, 이때 혈청에서는 선식을 공급한 모든 군에서 catalase 활성이 정상 수준으로 유도되었다.

5. 총 항산화능(TAC) 수준

생체 조직에서 총 항산화능의 결과는 Table 3과 같다. 혈청 내 TAC는 C군, HF군 및 7HFS군 각각 0.36 ± 0.02 , 0.35 ± 0.01 및 0.36 ± 0.02 mM/Tolox equivalent로 유의미한 차이가 없었다. 그러나 HF군에 비해서는 3HFS군에서 0.34 ± 0.02 mM/Tolox equivalent로 유의적으로 낮은 반면에, 9HFS군에서 0.39 ± 0.00 mM/Tolox equivalent으로 유의미하게 정상군 수준을 보였다. 따라서 간 조직에서 고지방 식이로 낮아진 TAC는 9중9포 선식의 공급으로 높힐 수 있었다.

천연 항산화 식품 중에서 팥은 곡류의 열량 대사에 필요한 비타민 B₁이 다량 함유되어 있고, 도정 과정을 거치지 않은 팥은 항산화 물질인 polyphenol계 화합물인 proanthocyanidin을 다량 함유하고 있다(Jo 등 2009). 이러한 항산화 물질은 자유유리기 소거능과 같은 항산화 활성을 지니며(Arigo & Hamano 1990), 열처리를 한 상태에서도 항산화 활성을 나타내는 것으로 알려져 있다(Amarowicz 등 2008). 또 다른 선행 연구에 의하면 당뇨를 유도한 쥐에게 항산화제인 glutathione(GSH)의 전구체인 N-acetylcystein(NAC)을 보충하였을 때, 혈당이 저하되어 당뇨병이 호전되었고 부적절하게 활성화된 NF-kB(nuclear factor kappa-B)를 정상화시켰다고 보고되었다(Ho 등 1999). 따라서 천연 항산화 식품이나 기능성 식품 섭

Table 3. Effect of 9 times repetitive steaming and drying process Sunsik on TAC levels in obese rats fed a high-fat diet for 8 weeks
(mM/Tolox equivalent)

Groups ¹⁾	Serum	Liver	Kidney
C	0.36±0.02 ^b	0.42±0.05 ^a	0.38±0.01 ^b
HF	0.35±0.01 ^b	0.38±0.02 ^c	0.43±0.04 ^a
3HFS	0.34±0.02 ^c	0.41±0.01 ^{ab}	0.40±0.01 ^b
7HFS	0.36±0.02 ^b	0.39±0.01 ^{bc}	0.39±0.02 ^b
9HFS	0.39±0.00 ^a	0.38±0.01 ^c	0.39±0.02 ^b

¹⁾ The experimental diet groups are as follow; C: normal diet, HF: high fat diet, 3HFS: high fat diet supplemented with 10% 3 repetitive steaming and drying, 7HFS: high fat diet supplemented with 10% 7 repetitive steaming and drying, 9HFS: high fat diet supplemented with 10% 9 repetitive steaming and drying.

²⁾ Values are means±S.D. (N=12).

³⁾ Values with different alphabet within the column indicate significant difference at $p<0.05$ by Duncan's multiple range test.

취는 고지방식이에 의한 대사증후군 유발이나 이에 따른 관련 합병증의 예방 및 관리를 위한 산화적 스트레스 조절을 위해 중요성이 강조되고 있다.

간 조직 내에서의 TAC는 C군에서 0.42±0.05 mM/Tolox equivalent에 비해 HF군에서 0.38±0.02 mM/Tolox equivalent로 유의미한 감소를 보였다. 그러나 HF군에 비해 7HFS군에서 0.39±0.01 및 9HFS군에서 0.38±0.01 mM/Tolox equivalent로 유의적인 차이는 없었으나, 3HFS군에서 0.41±0.01로 mM/Tolox equivalent으로 높은 TAC를 보였다. 그러나 정상 수준의 TAC에는 미치지 못하였다. 신장에서의 TAC는 C군에서 0.38±0.01에 비해 HF군에서 0.43±0.04 mM/Tolox equivalent로 $p<0.05$ 수준에서 유의미하게 더 높았다. 선식을 공급한 3HFS군에서 0.40±0.01, 7HFS군에서 0.39±0.02, 9HFS군에서 0.39±0.02의 총 항산화능을 보였으며, HF군과 비교했을 때에는 유의적으로 오히려 더 낮았다($p<0.05$). 그러나 C군과는 비슷한 TAC를 보였다. 따라서 본 실험에서 생체 내에서 고지방 식이의 공급으로 혈청과 간 조직에서는 낮았으나 신장에서는 더 높았다. 결론적으로 고지방 식이를 공급한 군 중에서는 TAC는 혈청에서는 9HFS군에서, 간 조직 내에서는 3HFS군, 그리고 신장 조직 내에서는 HF군에서 높은 총 항산화능을 보여 주었다.

6. 안토시아닌(Anthocyanin) 수준

생체 조직에서 안토시아닌 수준은 Table 4와 같다. 간 조직 g당 안토시아닌 수준은 모든 실험 군 중에서 C군에서 9.90±0.02 mg으로 유의미하게 낮았다($p<0.05$). HF군에서는 13.86±0.03 mg에 비해서 3HFS군에서 15.54±0.05, 7HFS군에서 16.01±

Table 4. Effect of 9 times repetitive steaming and drying process Sunsik on anthocyanin content in obese rats fed a high-fat diet for 8 weeks
(mg/g)

Group	Liver	Spleen
C	9.90±0.02 ^e	15.81±0.03 ^b
HF	13.86±0.03 ^d	12.47±0.13 ^c
3HFS	15.54±0.05 ^c	15.43±0.02 ^c
7HFS	16.01±0.31 ^b	14.52±0.53 ^d
9HFS	18.25±0.44 ^a	18.26±0.03 ^a

¹⁾ The experimental diet groups are as follow; C: normal diet, HF: high fat diet, 3HFS: high fat diet supplemented with 10% 3 repetitive steaming and drying, 7HFS: high fat diet supplemented with 10% 7 repetitive steaming and drying, 9HFS: high fat diet supplemented with 10% 9 repetitive steaming and drying.

²⁾ Values are means±S.D. (N=12).

³⁾ Values with different alphabet within the column indicate significant difference at $p<0.05$ by Duncan's multiple range test.

0.31 및 9HFS군에서 18.25±0.44 mg으로 증포횟수가 높아질수록 $p<0.05$ 수준에서 안토시아닌 함량이 증가되었다. 비장 조직에서는 C군에서 15.81±0.03 mg에 비해 HF군에서 12.47±0.13 mg으로 간 조직과 마찬가지로 유의미하게 감소되었으며($p<0.05$), HF군에 비해 3HFS군에서 15.43±0.02, 7HFS군에서 14.52±0.53 및 9HFS군에서 18.26±0.03 mg으로 HF군과 비교했을 때에는 $p<0.05$ 수준에서 높은 안토시아닌 함량을 보였다. 간과 비장 조직 모두에서 9HFS군에서 가장 높은 함량이 분석되었다.

최근 건강에 대한 관심과 더불어 항산화 성분으로 안토시아닌은 대중의 많은 관심을 받고 있다. 항산화 식품은 대부분 과일이나 채소 혹은 일부 곡류 및 대두 등의 식물성 식품으로써 대부분 비타민, 무기질, 섬유질 및 항산화 성분인 생리활성 물질을 주 성분으로 함유하고 있다(Jun 등 2016). 특히 본 연구에서 선식의 재료인 대두 속에 함유되어 있는 생리활성 물질로 polyphenol과 isoflavone의 함량은 항산화력과 정의 상관관계를 보이며(Akitha 등 2009), 쥐눈이콩과 같은 블랙푸드에 함유되어 있는 anthocyanin은 우수한 항산화력으로 생리적으로 산화-환원 반응의 항상성을 조절하는 항산화제로 질병의 예방과 치료에 중요한 역할을 하고 있다(Joo & Park 2010).

특히, 본 실험의 식이 성분에 함유되어 있는 약콩의 껍질에는 안토시아닌이 다량 함유되어 있고, 안토시아닌 색소는 퇴행성 질환과 연계되어 산화적 스트레스, 염증반응, 발암, 바이러스 및 동맥경화에 대한 억제 작용, DNA 보호 및 면역력 강화 작용 등 여러 가지 생리 활성 효과가 밝혀지고 있다(Ramirez-Tortosa 2001). Myung & Hwang(2008)의 보고에 의

하면 블랙푸드의 대표적인 식품으로 검은콩인 약콩의 항산화력은 종피에 함유되어 있는 안토시아닌 함량과 상관성이 높은 것으로 밝혀졌다. 또한 대두 및 청국장 식이의 항산화 효과 및 활성 산소종 생성억제 효과 및 노화의 지표인 리포퓨신(lipofucin) 생성도 유의적으로 억제시켰으며, 이때 대두 자체보다 청국장의 항산화 효과가 더 큰 것으로(Ryu SH 2002) 나타났다. 이상으로 본 실험 결과에서는 간과 신장 조직에서는 정상 식이군에 비해 고지방 식이에 선식 첨가군인 3HFS군, 7HFS군 및 9HFS군에서 안토시아닌 함량이 높았으며, 증포 횟수가 많은 9증9포 선식을 공급시킨 9HFS군에서 가장 높은 안토시아닌 함량을 보였다.

요약 및 결론

본 연구에서는 3증3포, 7증7포, 9증9포 선식이 8주 동안 고지방 식이를 섭취한 흰 쥐의 체내 항산화력에 미치는 영향을 규명하고자 실시하였다. 23종의 곡류(61.5%, w/w), 두류(30.0%, w/w), 서류(3.0%, w/w), 과일(2.0%, w/w) 및 채소류(3.0%, w/w) 및 천연 감미료 스테비아(0.5%, w/w)로 구성된 재료를 이용하여 만들었다. 실험군은 5 실험군으로 설계하였다. 정상식이군(control), 고지방식이군(HF), 고지방식이군+10% 선식(3HFS, 7HFS, 9HFS)군으로 나눈 다음, 8주간 실험식이를 공급시킨 후 성장 상태, 비만 지수, 산화적 스트레스 및 항산화력 실험을 실시하였다. 그 결과, 성장상태 및 비만지수에서는 C군에 비해 HF군에서 높은 체중증가량과 비만지수를 보였다. 그러나 9증9포 선식의 공급으로 비만지수를 유의적으로 낮출 수 있었다($p < 0.05$). 혈청과 간 조직 내 지질과산화물과 nitric oxide 수준은 C군에 비해 HF군에서 $p < 0.05$ 수준에서 유의적으로 높았으며, 3 종류의 선식 공급으로 낮출 수 있었다. 항산화 효소인 catalase 활성은 C군에 비해 HF군에서 $p < 0.05$ 수준에서 유의적으로 저하되었으나, 선식의 공급으로 효소활성을 유도할 수 있었다. 총 항산화능은 HF군과 비교했을 때 혈청에서는 9HFS군에서, 간 조직 내에서는 3HFS군, 그리고 신장 조직에서는 HF군에서 높은 총 항산화능을 보여 주었다. 간과 비장 조직 내에서 안토시아닌 수준은 HF군에 비해 선식을 공급시킨군에서 유의적으로 높았으며, 증포 횟수로 봤을 때 가장 많은 9증9포로 제조한 선식을 공급시킨 9HFS군에서 가장 높은 안토시아닌 수준을 보였다. 따라서 고지방 식이를 섭취한 비만 쥐의 체내 혈청 및 간, 신장, 비장 조직 내에서 유발된 산화적 스트레스 및 총 항산화능이나 항산화 물질의 감소는 증포 횟수를 달리한 선식에 의해 조절될 수 있는 것으로 나타났다. 그러나 향후 생체 내에서의 증포별 선식의 항산화력에 대한 기전 연구는 필요해 보인다.

References

- Akçakaya H, Tok S, Dal F, Cinar SA, Nurten R. 2017. β -carotene treatment alters the cellular death process in oxidative stress-induced K562 cells. *Cell Biol Int* 41:309-319
- Akitha MK, Gondi M, Sakthivelu G, Giridhar P, Rajasekaran T, Ravishankar GA. 2009. Functional attributes of soybean seeds and products with reference to isoflavone content and antioxidant activity. *Food Chem* 114:771-776
- Amarowicz R, Estrella I, Hernández T, Troszyńska A. 2008. Antioxidant activity of extract of adzuki bean and its fractions. *J Food Lipids* 15:119-136
- Ariga T, Hamano M. 1990. Radical scavenging action and its mode in procyanidins B-1 and B-3 from azuki beans to peroxy radicals. *Agric Biol Chem* 54:2499-2504
- Ban SS, Yoon HD, Shin OC, Shin YJ, Park CS, Park JH, Seo BI. 2006. The effects of *Artemisia capillaris*, *Poncirus frotcus* and *Cartaegi fructus* in obese rats induced by high fat diet. *Korean J Herbol* 21:55-67
- Behr GA, da Silva EG, Ferreira AR, Cerski CT, Dal-Pizzol F, Moreira JC. 2008. Pancreas β -cells morphology, liver antioxidant enzymes and liver oxidative parameters in alloxan-resistant and alloxan-susceptible wistar rats: A viable model system for the study of concepts into reactive oxygen species. *Fundam Clin Pharmacol* 22:657-666
- Bonomini F, Rodella LF, Rezzani R. 2015. Rezzani R. Metabolic syndrome, aging and involvement of oxidative stress. *Aging Dis* 6:109-120
- Choi JH, Hwang SJ, Jeong SN, Lee YK, Jin MH, Park SG, Lee CK. 2009. Anti-aging effect on skin with 9 repetitive steaming and fermenting process herbal composition extract. *J Herbol* 24:101-106
- Chung S, Ha K, Lee HS, Kim C, Joung H, Paik HY, Song Y. 2015. Soft drink consumption is positively associated with metabolic syndrome risk factors only in Korean women: Data from the 2007~2011 Korea National Health and Nutrition Examination Survey. *Metabolism* 64:1477-1484
- Demirbag R, Yilmaz R, Gur M, Celik H, Guzel S, Selek S, Kocyigit A. 2006. DNA damage in metabolic syndrome and its association with antioxidative and oxidative measurements. *Int J Clin Prac* 60:1187-1193
- Fight I, Clifton P. 2006. Cereal grains and legumes in the prevention of coronary heart disease and stroke: A review of

- the literature. *Eur J Clin Nutr* 60:1145-1159
- Grundy SM, Cleeman JI, Daniels SR, Donato KA, Eckel RH, Franklin BA, Gordon DJ, Krauss RM, Savage PJ, Smith SC Jr, Spertus JA, Costa F. 2005. Diagnosis and management of the metabolic syndrome: An American heart association/National heart, lung, and blood institute scientific statement. *Circulation* 112:2735-2752
- Ham D, Jun S, Kang M, Shin S, Wie GA, Baik HW, Joung H. 2017. Association of total dietary antioxidant capacity with oxidative stress and metabolic makers among patients with metabolic syndrome. *J Nutr Health* 50:246-256
- Havel PJ, Uriu-Hare JY, Liu T, Stanhope KL, Stern JS, Keen CL, Ahrén B. 1998. Marked and rapid decreases of circulating leptin in streptozotocin diabetic rats: Reversal by insulin. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol* 274: R1482-R1491
- Ho E, Chen G, Bray TM. 1999. Supplementation of N-acetylcysteine inhibits NFκB activation and protects against alloxan induced diabetes in CD-1 mice. *FASEB J* 13:1 845-1854
- Hwang KH, Kong HJ, Lee EH, Choi EM, Hwang SJ, Jang JH, Yang KM. 2015. Effects of Sunsik prepared through steaming-drying cycles on blood glucose and inflammatory marker in rats fed high fat. *J East Asian Soc Dietary Life* 25:111-120
- Jo EJ, Kang SJ, Kim AJ. 2009. Effects of steam-and dry-processing temperatures on the benzo(a)pyrene content of black and red ginseng. *Korean J Food Nutr* 22:199-204
- Joo EY, Park CS. 2010. Antioxidative and fibrinolytic activity of extracts from soybean and Chundukjang (fermented soybeans) prepared from a black soybean cultivar. *Korean J Food Preserv* 17:874-880
- Jun S, Shin S, Joung H. 2016. Estimation of dietary flavonoid intake and major food sources of Korean adults. *Br J Nutr* 115:480-489
- Kim HY, Seo HY, Seo WD, Lee MJ, Choi MS, Ham H. 2020. Effect on angiotensin-I converting enzyme inhibition and antioxidant activities of soybean (*Glycine max* L.) following steaming and drying nine times. *Korean J Food Nutr* 33:167-173
- Kim JH, Park PS, Kim JK. 2005. Manufacture of nutritionally balanced "Sunsik" for the moderns: Its quality characteristics. *Korean J Food Preserv* 12:123-129
- Kim SA, Jun S, Joung H. 2016. Estimated dietary intake of vitamin A in Korean adults: Based on the Korea National Health and Nutrition Examination Survey 2007~2012. *J Nutr Health* 49:258-268
- Lee AR, Kwon OJ, Noh JS, Roh SS. 2016. Protective effects of *Gastrodia elata* extract by steaming time on acute gastritis. *Korean J Food Sci Technol* 48:597-603
- Lowenstein CJ, Dinerman JL, Snyder SH. 1994. Nitric oxide: A physiological messenger. *Ann Intern Med* 120:227-237
- Mecocci P, MacGarvey U, Kaufman AE, Koontz D, Shoffner JM, Wallace DC, Beal MF. 1993. Oxidative damage to mitochondrial DNA shows marked age-dependent increases in human brain. *Ann Neurol* 34:609-616
- Myung JE, Hwang IK. 2008. Functional components and antioxidative activities of soybean extracts. *Korean Soybean Digest* 25:23-29
- Park HS, Jang YJ, Choi DS, Namgung MA, Lee YJ, Kang SA. 1995. Increased oxidative stress in sciatic nerves of streptozotocin induced diabetic rats: Lack of vitamin C effect. *Diabetes* 19:279-286
- Park JH, Kim SY, Lee YJ, Park EJ. 2019. Effect of *Sulgidduk* added with pine needle juice on the body fat and antioxidant metabolism in high-fat induced obese rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 48:170-178
- Park YE, Cho JH, Cho HM, Yi JY, Seo HW, Chung MG. 2009. A new potato cultivar "Hongyoung", with red skin and flesh color, and high concentrations of anthocyanins. *Korean J Breed Sci* 41:502-506
- Ramirez-Tortosa C, Andersen ØM, Gardner PT, Morrice PC, Wood SG, Duthie SJ, Collins AR, Duthie GG. 2001. Anthocyanin-rich extract decreases indices of lipid peroxidation and DNA damage in vitamin E depleted rats. *Free Radic Biol Med* 31:1033-1037
- Rho SS, Park JH. 2008. The effects of ginseng radix preparata extract on anti-thrombotic activity. *J East West Med* 2:47-61
- Ryu SH. 2002. Studies on antioxidative effects and antioxidative components of soybean and chongkukjang. Ph.D. Thesis, Inje Univ. Seoul. Korea
- Santini SA, Marra G, Giardina B, Cotroneo P, Mordente A, Martorana GE, Manto A, Ghirlanda G. 1997. Defective plasma antioxidant defenses and enhanced susceptibility to peroxidant in uncomplicated IDDM. *Diabetes* 46:1853-1858
- Simão AN, Dichi JB, Barbosa DS, Cecchini R, Dichi I. 2008. Influence of uric acid and gamma-glutamyltransferase on total antioxidant capacity and oxidative stress in patients with metabolic syndrome. *Nutrition* 24:675-681

- Song S, Kim EK, Hong S, Shin S, Song Y, Baik HW, Joung H, Paik HY. 2015. Low consumption of fruits and dairy foods is associated with metabolic syndrome in Korean adults from outpatient clinics in and near Seoul. *Nutr Res Pract* 9:554-562
- Więcek A, Kokot F, Chudek J, Adamczak M. 2002. The adipose tissue-a novel endocrine organ of interest to the nephrologist. *Nephrol Dial Transplant* 17:191-195
- Woo JW. 1989. Physico-chemical properties of proteins, lipids and dietary fibers of job's tears (Yulmoo: *Coix lachryma-jobi* L. var. *ma-yuen* stapf. & Yeomjoo: *Coix lachryma-jobi* L.). Ph.D. Thesis, Yonsee Univ. Seoul. Korea
- Yan SD, Schmidt AM, Anderson GM, Zhang J, Brett J, Zou YS, Pinsky D, Stern D. 1994. Enhanced cellular oxidant stress by the interaction of advanced glycosylation end products with their receptors/binding protein. *J Biol Chem* 269:9889-9897
- Yokozawa T, Satoh A, Cho EJ. 2004. Ginsenoside-Rd attenuates oxidative damage related to aging in senescence-accelerated mice. *J Pharm Pharmacol* 56:107-113

Received 25 September, 2020

Revised 28 September, 2020

Accepted 07 October, 2020