

참깨박, 흑참깨박 및 들깨박 에탄올 추출물의 효소처리에 따른 생리활성

손종연[†] · 장성환

¹한경대학교 식품생물공학과 식품생물산업연구소

Physiological Activities of Enzyme Hydrolysates in Ethanol Extracts from Sesame, Black Sesame and Perilla cake

Jong-Youn Son[†] and Sung-Hwan Jang

¹Dept. of Food and Biotechnology & Institute of Food Industry and Biotechnology,
Hankyong National University, Gyeonggido 456-749, Korea

Abstract

This study was investigated physiological activities of enzyme hydrolysates in 80% ethanol extracts from sesame, black sesame and perilla cake. Total phenol contents in 80% ethanol extracts of sesame, black sesame and perilla cake were 116.90, 102.20 and 141.90 mg/g, respectively. Whereas total flavonoid contents were 64.10, 32.00 and 131.90 mg/g, respectively. Total phenol contents of enzyme hydrolysates in 80% ethanol extracts from sesame, black sesame and perilla cake were 413.30, 221.20 and 409.10 mg/g, respectively. Whereas total flavonoid contents were 361.80, 103.30 and 345.80 mg/g, respectively. Electron donating effects, nitrite-scavenging abilities, ferrous ion chelating effect and SOD-like activities increased by enzymatic hydrolysis. The order of Electron donating effects, nitrite-scavenging abilities and SOD-like activities by enzymatic hydrolysis was perilla > sesame > black sesame cake. And the order of nitrite-scavenging abilities(pH 1.2) was sesame > perilla > black sesame cake.

Key words : sesame, black sesame, perilla cake, enzyme hydrolysate, physiological activities

1. 서론

참깨, 흑참깨, 들깨는 기원전부터 약용식물로 널리 이용되어져 왔으며, 이들의 항산화작용을 비롯한 여러 생리활성이 밝혀지고 있다(Kurowska EM 등 2003, Fukuda Y 등 1985, Shahidi F 등 1997). 참깨 중에 함유되어 있는 sesamin, sesamol, sesaminol 등의 lignan 화합물은 간 해독작용(Akimoto K 등 1993)과 생체내의 과산화지질 생성억제(Sugano M 등 1990), 혈중 콜레스테롤 운반단백질인 저밀도 리포 단백질 산화억제(Kang MH 등 1999) 및 장내 콜레스테

롤 흡수억제작용(Hirata FK 등 1996) 등 체내생리활성 조절작용이 있어 기능성 식품으로 보고되고 있다(Ryu SN와 Lee EJ 2001). 참깨 종자에 함유되어 있는 lignan 화합물들은 유리형 또는 당과 결합되어 있는 배당체의 형태로 존재하며, 배당체의 양은 약 0.1% 정도로 상당량 존재한다(Kuriyama KI와 Murui T. 1993). 참깨에는 lignan 화합물 이외에 토코페롤, 플라보노이드 및 페놀산 등의 생리활성물질 들이 유리형 또는 배당체 형태로 존재한다. 흑참깨나 들깨에도 lignan 화합물이나 페놀산, triterpenoid 등의 폴리페놀 화합물의 존재가 보고되고 있어, 이들의 생리활성에 대한 많은 연구보고가 있다(Yang SY 등 2012, Kang NS 등 2011, Nam MJ & Chung HY 2008, Nakazawa T와 Ohsawa K 2000).

또한 참기름, 흑참기름, 들기름을 제조시 부산물로 얻어지는 탈지박 중에도 다양한 페놀성 화합물이 함유되어 있으며, 이들 화합물들은 포도당과 결합된 수용성 배당체 형태로 존재한다(Mohdaly AAA 등 2009, Yamamoto H와 Ogawa T 2002, Katsuzaki H 등 1992).

이와 같이 참깨박, 흑참깨박 및 들깨박에는 다양한 생리활

[†]Corresponding author : Jong-Youn Son, Dept. of Food and Biotechnology & Institute of Food Industry and Biotechnology, Hankyong National University, Gyeonggido 456-749, Korea
Tel : 82-31-670-5155
Fax : 82-31-670-5159
E-mail : nawin98@chol.com

성 물질을 함유하고 있어, 가능성을 부여한 새로운 식품소재로서의 가능성이 있다. 이러한 생리활성물질은 유리상태로도 존재하나, 대개의 경우 당류와 결합한 배당체의 형태로 존재하고 있으며, 배당체를 형성하고 있는 당류는 산, 알칼리, 효소 등에 의하여 쉽게 가수분해되며, 배당체의 경우 보다 유리형태가 생리활성이 더 강한 것으로 알려져 있어(Kumamoto H 등 1985, Miyra T 등 2002), 이들에 대한 다양한 연구가 필요한 것으로 사료된다. Miyra T 등(2002)은 대두 발효식품에서 미생물의 β -glucosidase에 의해 배당체형태가 가수분해되어 비배당체 형태로 전환되고, 이것은 체내 흡수를 보다 용이하여 배당체 형태보다 높은 생리활성을 나타내었다고 보고하였다. 한편 Fukuda Y 등(1985)은 참깨 탈지박을 80% 에탄올로 추출하여 얻어진 추출물에 β -glucosidase를 작용시킨 결과, sesamol, sesaminol 등의 지용성 lignan 화합물이 고수율로 얻어졌으며, 이들의 항산화효과를 보고하였다. 또한 Kuriyama KI와 Murui T(1993)는 참깨 탈지박을 80% 에탄올로 추출한 후 β -glucosidase만으로 작용시킨 것보다는 cellulase와 β -glucosidase를 같이 사용하는 것이 더 효과적이라고 하였다.

따라서 본 연구에서는 참기름, 흑참기름, 들기름을 짜낸 후 남은 찌꺼기인 참깨박, 흑참깨박 및 들깨박의 활용방안을 높이기 위하여 참깨박, 흑참깨박 및 들깨박의 80% 에탄올추출물을 복합효소로 처리하여 얻은 효소분해 추출물의 생리활성을 비교, 검토하고자 하였다.

II. 재료 및 방법

1. 재료 및 시료의 전처리

본 실험에서 사용된 참깨박, 흑참깨박 및 들깨박은 2012년 1월에 경기도 안성시 안성시장에서 압착식 추출장치로 기름을 짜고 남은 박을 구입하여 -40℃에서 냉동 보관하면서 시료로 사용하였다.

2. 80% 에탄올추출물 제조

참깨박, 흑참깨박 및 들깨박은 먼저 분쇄기(IKA M20, IKA, Germany)로 40 mesh로 조분쇄한 후 n-hexane을 가하여 24시간 침지, 여과하여 유지성분을 제거하였다. 유지성분이 제거된 시료는 40±1℃에서 감압건조하여 n-hexane를 완전히 제거한 후, 다시 동결건조하였다. 동결건조된 시료 100 g에 5배의 80% 에탄올을 첨가하여 환류냉각장치를 이용하여 5시간 동안 추출하였다. 각각의 추출물은 여과지(Whatman No. 2)로 여과하고 남은 잔사에 다시 용매를 가하여 위와 동일한 방법으로 3반복 추출하여 제조하였다. 이 추출물을 40±1℃에서 감압농축(rotary evaporator N-1000, EYELA, Japan)하여 용매가 제거된 상태에서 -75℃의 급속 동결기에서 24시간 동결시킨 후 동결건조기(freeze dryer, FD, TD-5075R, Korea)로 동결 건조하여 측정시료로 사용하였다. 추출 수율의 측정은 추출에 사용한 시료의 건물에 대한 추출물의 총 고형분 함량의 백분

비로 하였다. 제조된 80% 에탄올 추출물 시료는 냉동실(-40℃)에서 보관하면서 실험에 사용하였다.

3. 복합효소에 의한 효소가수분해 추출물 제조

효소분해에 사용한 효소는 Cytolase PCL5(Bision Bio Chem, Korea)로, *Aspergillus niger*의 배양물에서 얻어진 효소 제제이며, pectinase, cellulase, hemicellulase, β -glucosidase의 혼합 효소 제제이었다. 참깨박, 흑참깨박 및 들깨박의 80% 에탄올 추출물을 각각 10 g을 칭량하여 증류수 100 mL에 녹인 후 Cytolase PCL5를 칭량한 시료량의 1%를 넣어 혼합 후, 1 N HCl을 가하여 pH를 4.0으로 맞춘 후 60℃에서 8시간동안 효소분해하였다. 효소분해된 시료액은 ethyl acetate로 3회 반복 추출한 후 ethyl acetate 획분을 anhydrous sodium sulfate로 탈수시켜 여과(Whatman No. 2)하였다. 이 여과액을 40±1℃에서 감압농축(rotary evaporator N-1000, EYELA, Japan)하여 용매가 완전히 제거된 상태에서 40±1℃로 감압건조하여 냉동실(-40℃)에서 보관하면서 실험에 사용하였다.

4. 총 폴리페놀 화합물 함량 측정

총 폴리페놀 화합물 함량은 Folin-Dennis법(Folin O & Denis W 1912)에 의하여 분석하였다. 즉, Folin-Dennis시약은 sodium tungstate 10 g, phosphomolybdic acid 2 g, phosphoric acid 5 mL를 100 mL 용량 플라스크에 넣고 증류수로 정용한 후 삼각플라스크에 옮겨 2시간 동안 환류 조작하여 사용하였다. 실험방법으로는 캡튜브에 증류수 7 mL, 시료용액(100 ug/mL) 1 mL를 넣은 후 Folin-Dennis 시약 0.5 mL를 첨가하여, 정확히 3분 후에 sodium carbonate 포화용액 1 mL, 증류수 0.5 mL를 넣고 725 nm에서 흡광도를 측정하였다. 이때 표준검량곡선은 tannic acid(Sigma Co., St. Louis, USA)을 사용하여 작성하였으며, 표준곡선 작성에 이용한 tannic acid의 농도는 25, 50, 75 및 100 ug/mL이었다. 총 폴리페놀 함량은 시료 g중의 mg tannic acid로 나타내었다.

5. 총 플라보노이드 함량 측정

총 플라보노이드 함량(Kang YH 등 1996)은 시료용액(200 μ g/mL) 1 mL와 diethylene glycol 10 mL를 혼합하고, 여기에 1 N NaOH용액 1 mL 가하여 잘 혼합한 후 37℃에서 1시간 반응시킨 후, 420 nm에서 흡광도를 측정하였다. 이때 표준검량곡선은 quercetin(Sigma Co., St. Louis, USA)을 사용하여 작성하였으며, 표준곡선 작성에 이용한 quercetin의 농도는 50, 100, 150 및 200 μ g/mL이었다. 총 플라보노이드 함량은 시료 g중의 mg quercetin으로 나타내었다.

6. DPPH에 의한 전자공여능 측정

시료 추출물들에 대한 비효소계 시스템에서의 radical 소거

능을 측정하고자 DPPH에 의한 전자공여능(electron donating ability)을 검색하였다. 전자공여능은 Blois방법(Blois MS 1958)을 응용하여 DPPH(1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl)에 대한 각 시료들을 3반복하여 전자공여능으로 측정하였다. 즉, 일정농도의 시료용액(0.1 mg/mL, 0.5 mg/mL 및 1 mg/mL) 0.15 mL를 각각 취하여 3.5 x 10⁻⁵ M DPPH 용액(Absolute ethanol solution) 3 mL과 잘 혼합하여 실온에서 30분간 반응시킨 후 517 nm에서 흡광도를 3반복하여 측정하였으며, 따로 무첨가구 시험을 하여 대조구의 흡광도를 같은 조건에서 측정하였다. 비교구로 ascorbic acid와 BHT를 이용하여 위와 동일한 방법으로 전자공여능을 측정하여 시료군과 비교하였다. 이들 측정값을 다음과 같은 계산식에 의해 DPPH 전자공여능을 계산하였다. 단순회귀분석을 통하여 시료 무첨가구의 전자공여능을 50% 감소시키는데 필요한 시료의 농도(mg/mL)를 IC₅₀값으로 나타냈다.

$$EDA(\%) = (1 - \frac{Abs}{A_{lc}}) \times 100$$

Abs : Absorbance of sample
A_{lc} : Absorbance of control

7. 아질산염 소거능 측정

아질산염(NaNO₂) 소거능은 Gray JI & Dugan LR(1975)의 방법으로 측정하였다. 즉, 1 mM NaNO₂ 용액 2 mL에 시료용액(2 mg/mL) 1 mL를 가하고 0.1 N HCl(pH 1.2), 0.2 M 구연산완충액(pH 3.0 및 pH 6.0)으로 각각 pH 1.2, 3.0 및 6.0으로 조정된 후 반응액을 10 mL로 하였다. 이 용액을 37°C에서 1시간 반응시킨 후 각 반응액을 1 mL씩 취하여 2% 초산용액 5 mL와 Griess 시약(30% 초산용액에 1% sulfanilic acid 와 1% naphthylamine을 1:1 비율로 혼합한 것) 0.4 mL를 가하여 잘 혼합하였다. 이 혼합액을 15분간 실온에서 방치한 후 520 nm에서 흡광도를 3반복 측정하여 아질산량을 구하였다. 대조구는 Griess시약 대신 증류수를 0.4 mL 가하여 동일하게 행하였다. 아질산염 소거작용은 시료를 첨가한 경우와 무첨가한 경우의 아질산염 백분율로 나타내었다.

$$N(\%) = 1 - \frac{A - C}{B} \times 100$$

N: Nitrite scavenging ability
A: Absorbance of 1 mM NaNO₂ added sample after standing for 1 hr
B: Absorbance of 1 mM NaNO₂
C: Absorbance of control

8. SOD(supeoxide dismutase) 유사활성능 측정

SOD 유사활성능은 Marklund S & Marklund G(1974)의 방법을 변형하여 측정하였다. 즉, 일정농도의 시료용액(1 mg/mL, 2 mg/mL 및 5 mg/mL) 0.2 mL에 pH 8.5로 보정된 tris-HCl buffer(50 mM tris + 10 mM EDTA) 3 mL와 7.2 mM pyrogallol(containing 10 mM HCl) 0.2 mL 가하고 실온에서

10분간 방치한 후, 1 N HCl 용액 1 mL를 첨가하여 반응을 정지시킨 후, 420 nm에서 흡광도를 측정하였다. 이때 superoxide dismutase 유사활성능은 아래의 식으로부터 구하였다.

$$SOD\text{-like ability}(\%) = (1 - \frac{Abs}{A_{bc}}) \times 100$$

A_{bc}: Absorbance of control at 550 nm
Abs: Absorbance after sample treatment at 550 nm

9. Ferrous ion chelating 효과 측정

Ferrous ion chelating 효과 측정은 Marcocci L 등(1994)의 방법으로 측정하였다. 시료용액 1 mL(0.1 mg/mL, 0.5 mg/mL 및 1.0 mg/mL), 2 mM FeCl₂ · 4H₂O(iron(II) chloride tetrahydrate; 220299, Sigma, St. Louis, MO, USA) 용액 0.1 mL를 넣은 후 30분간 실온에서 반응시킨 후, 5 mM ferrozine[3-(2-pyridyl)-5, 6-diphenyl-1, 2, 4-triazine-4', 4''-disulfonic acid; P5338, Sigma] 용액 0.1 mL를 첨가한 다음 혼합하여 실온에서 10분간 반응시켰으며, 562 nm에서 흡광도를 측정하였다. 추출물의 chelating 효과는 아래의 수식에 따라 산출한 후, 대조구로는 대표적인 chelating agent인 EDTA(0.1 mg/mL)를 사용하였다.

$$Chelating\ activity\ (\%) = (1 - \frac{Abs}{A_{bc}}) \times 100$$

Abs: Absorbance of sample
A_{bc}: Absorbance of control

10. 통계 분석

실험결과는 SAS package(release 8.01)를 이용하여 평균±표준편차로 표시하였고, 평균값의 통계적 유의성은 p<0.05 수준에서 Duncan's multiple range test(SAS, Institute, Inc. 1990)에 의해 검정하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 추출 수율

참깨박, 흑참깨박 및 들깨박의 80% 에탄올 추출물의 추출수율(Fig. 1)은 각각 3.54, 5.53 및 3.80%로 흑참깨박의 추출수율이 가장 높았다. Kim EJ 등(2009)은 참기름, 흑참기름 및 들기름을 80% 메탄올로 추출하였을 때의 추출수율은 각각 2.7, 1.9 및 3.0%이었다고 하여, 본 실험에서 행한 참깨박, 흑참깨박 및 들깨박에서의 80% 에탄올 추출물의 추출수율이 참기름, 흑참기름 및 들기름에서의 추출수율보다 높은 것으로 나타났다. 한편, 참깨박, 흑참깨박 및 들깨박의 80% 에탄올 추출물을 효소분해하여 얻은 효소분해물의 추출수율은 각각 14.48, 10.71 및 18.68%로, 모든 시료군에서 효소처리에 의해

추출수율이 증가되었으며, 특히, 들깨박의 경우 가장 큰 추출수율의 증가를 보였다. 참깨박, 흑참깨박 및 들깨박에 대한 효소분해물의 추출함량은 각각 4.96 mg/g, 5.92 mg/g 및 7.10 mg/g이었다.

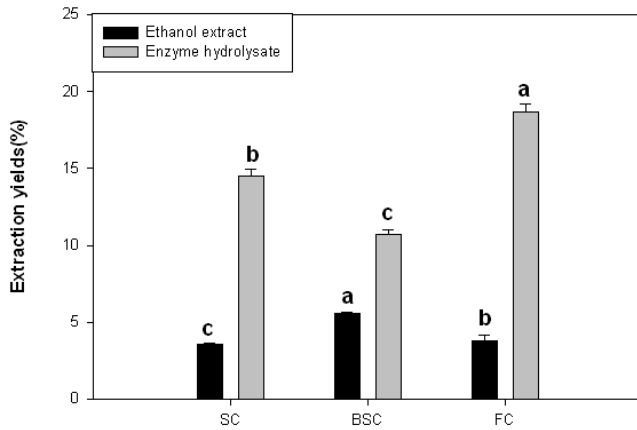


Fig. 1. Extraction yields of ethanol extracts and enzyme hydrolysates in sesame, black sesame and perilla Cake. SC, sesame cake; BSC, black sesame cake; FC, perilla cake

^{a-c}Means with the different letters in the bars show significant differences among samples with the same treatments. Values are mean±SD(n=3).

2. 총페놀화합물 함량

폴리페놀화합물은 식물에 널리 분포되어 있는 2차 대사산물의 하나로 다양한 구조와 분자량을 가지며, 분자내의 phenolic hydroxy기는 산화촉진제인 금속 또는 지질 래디칼, 효소단백질과 같은 거대 분자들과 결합하는 성질을 갖고 있어, 과산화지질의 생성 억제, 항균, 항암 등의 여러 생리활성을 나타낸다(Jang JH 등 2007, Woo HS 등 2003).

참깨박, 흑참깨박 및 들깨박의 80% 에탄올 추출물의 총페놀화합물 함량(Fig. 2)은 각각 116.90, 102.20 및 141.90 mg/g으로, 들깨박의 경우 가장 높았으며, 흑참깨박의 경우 가장 낮았다.

Yoon SK 등(1993)은 들깨박 95% 에탄올 추출물의 총 페놀화합물 함량이 93.00 mg/g으로 보고하였으나, 본 실험에서의 80% 에탄올추출물의 총페놀 화합물 함량은 이보다 높은 것(141.90 mg/g)으로 나타났다. Lee JH 등(2013)은 들깨의 항산화 특성을 갖는 페놀성 화합물로 caffeic acid-3-O-glucoside, caffeic acid, luteolin-7-O-glucoside, apigenin-7-O-glucoside, rosmarinic acid-3-O-glucoside, rosmarinic acid, luteolin, apigenin 및 chrysoeriol의 9개 화합물을 동정하였다고 보고하였다. Cho HS와 Ahn MS(1999)은 탈지 참깨박 중의 페놀산의 함량을 측정할 결과, 유리형, 에스터형, 불용성 페놀산이 각각 246.8, 109.6 및 85.8 mg/100 g으로, 유리형이 가장 높았으며, 유리형 페놀산에는 umbelliferone, protocatechuic acid, syringic

acid, galic acid 및 chlorogenic acid 이 함유되어 있었다고 하였으며, 에스터형의 페놀산은 catechol, umbelliferone, ferulic acid가, 불용성 결합 페놀산에는 syringic acid, gallic acid, caffeic acid가 함유되어 있다고 하였다.

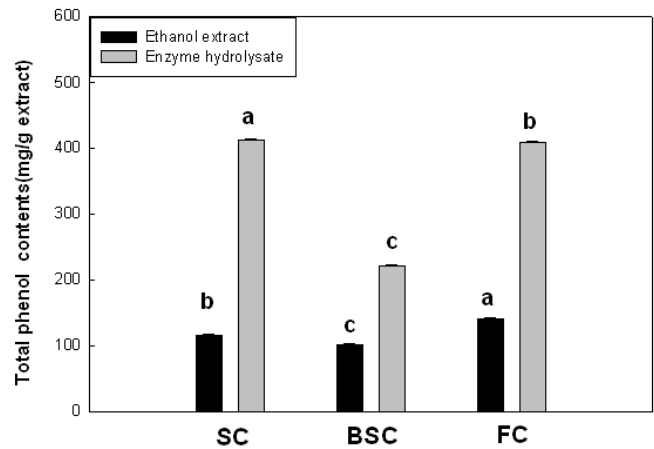


Fig. 2. Total phenol contents in ethanol extracts and enzyme hydrolysates of sesame, black sesame and perilla cake. SC, sesame cake; BSC, black sesame cake; FC, perilla cake

^{a-c}Means with the different letters in the bars show significant differences among samples with the same treatments. Values are mean±SD(n=3).

한편, 참깨박, 흑참깨박 및 들깨박 80% 에탄올 추출물을 효소처리하여 얻은 효소분해물의 총 페놀화합물 함량은 각각 413.30, 221.20 및 409.10 mg/g으로, 모든 시료구에서 효소분해에 의해 총페놀화합물 함량이 증가하였으며, 특히 참깨박의 경우 가장 높은 증가율을 보였다. 효소분해 추출물의 총페놀화합물 함량은 80% 에탄올추출물에 비해 참깨박의 경우 3.54배, 흑참깨박의 경우 2.16배, 들깨박의 경우, 2.88배 증가한 것으로 나타났다.

이러한 결과는 효소처리 중에 일부 성분이 페놀성 화합물로 전환 또는 배당체형태의 폴리페놀화합물이 유리형으로 전환되어 용출이 용이해지거나 참깨박에 존재하는 배당체성 페놀 화합물의 함량은 흑참깨박이나 들깨박보다 더 높기 때문인 것으로 사료된다(Rhee YK 등 1988, Dewanto V 등 2002, Turkmen N 등 2005).

참깨박에 존재하는 배당체형태의 페놀화합물로는 sesaminol glucoside, pinoresinol mono-, di- 및 triglucosides, sesamolol di- 및 triglucoside 등이 알려져 있다(Katsuzaki H 등 1994, Moazzami AA 등 2005, Katsuzaki H 등 1992, Kuriyama, KI 등 1993).

Moazzami AA 등(2006)은 65종 참깨를 대상으로 탈지한 참깨박을 80% 에탄올로 추출한 결과, 참깨종자 100 g당 5-232 mg(98±57 mg/100g)의 sesamolol diglucoside가 검출되었다고 하였으며, Miyahara Y 등(2001)은 참깨박 100 g 중에 790 mg의 sesaminol triglucoside가 함유되어 있으며, 이들

sesaminol 배당체는 *Absidia corymbifera*에 의한 미생물 대사 분해에 의해 대부분 가수분해되어 63%의 sesaminol로 회수되었다고 하였다.

3. 총 플라보노이드함량

참깨박, 흑참깨박 및 들깨박의 80% 에탄올 추출물의 총 플라보노이드함량(Fig. 3)은 각각 64.10, 32.00 및 131.90 mg/g으로, 들깨박의 경우 총플라보노이드의 함량이 참깨박과 흑참깨박에 비해 높은 것으로 나타났다. 들깨 중에 함유되어 있는 플라보노이드성분으로는 luteolin, apigenin, chrysoeriol 등이 있으며, 이들 중에서 luteolin은 항산화작용 등의 생리활성이 가장 강한 것으로 알려져 있다(Yamamoto H & Ogawa T 2002, Jung MJ 등 2001).

한편, 참깨박, 흑참깨박 및 들깨박 추출물의 효소분해물의 총 플라보노이드의 함량은 각각 361.80, 103.30 및 345.80 mg/g으로 참깨박의 경우 가장 높은 함량을 보인 반면, 흑참깨박의 경우 가장 낮게 나타났다. 효소분해물의 총 플라보노이드의 함량은 80% 에탄올 추출물에 비해 참깨박의 경우 5.64배, 흑참깨박의 경우 3.23배, 들깨박의 경우 2.62배 증가하였다.

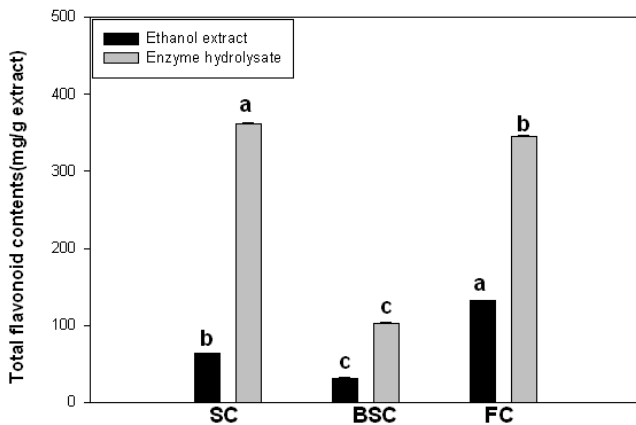


Fig. 3. Total flavonoid contents in ethanol extracts and enzyme hydrolysates of sesame, black sesame and perilla cake. SC, sesame cake; BSC, black sesame cake; FC, perilla cake

^{a-c}Means with the different letters in the bars show significant differences among samples with the same treatments. Values are mean±SD(n=3).

4. DPPH에 의한 전자공여능

DPPH(1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl)는 화합물 내 질소 중심의 안정화된 구조의 radical로 존재하지만, 반응계에서 전자를 공여하면 고유의 청남색이 없어지는 특성이 있기 때문에 이 흡광도의 감소비율을 517 nm에서 비색 정량하여 시료의 전자공여능(electron donating ability, EDA)을 측정할 수 있다. 따라서 전자공여능은 free radical에 전자를 공여하여 식품 중의

지질산화를 억제하는 척도로 널리 사용되고 있다(Shin JH 등 2005).

참깨박, 흑참깨박 및 들깨박의 80% 에탄올 추출물의 DPPH에 의한 전자공여능(1 mg/mL)을 측정된 결과(Fig. 4), 들깨박(50.26%) > 참깨박(26.02%) > 흑참깨박(66.53%)의 순으로 들깨박의 경우 가장 우수한 효과를 나타냈다. 들깨박의 80% 에탄올 추출물의 전자공여능은 대조군으로 BHT (69.37%)와 비슷하였으나, ascorbic acid(97.77%)보다는 낮은 것으로 나타났다. 참깨박, 흑참깨박 및 들깨박의 IC50은 각각 1.00, 2.06 및 0.71 mg/mL였다.

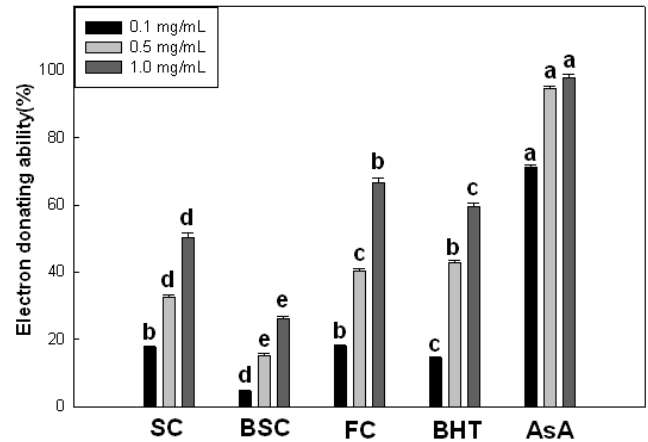


Fig. 4. Electron donating abilities of the ethanol extracts from sesame, black sesame and perilla cake. SC, sesame cake; BSC, black sesame cake; FC, perilla cake; AsA, ascorbic acid

^{a-c}Means with the different letters in the bars show significant differences among samples with the same dose. Values are mean±SD(n=3).

Ahn CY 등(1992)은 시중에서 구입한 참깨박 및 흑참깨박의 아세톤 추출물의 항산화효과를 비교한 결과, 참깨박의 효과가 흑참깨박보다 더 높았다고 하여 본 연구와 유사한 결과를 보였다.

한편, 참깨박, 흑참깨박 및 들깨박 추출물의 효소분해물의 전자공여능(1 mg/mL)을 측정결과(Fig. 5), 각각 93.18, 75.87 및 93.91%로, 들깨박 ≥ 참깨박 > 흑참깨박의 순이었다. 그러나 참깨박과 들깨박 간의 유의적 차이는 없는 것으로 나타났다(P < 0.05). 참깨박과 들깨박 추출물의 효소분해물의 전자공여능은 ascorbic acid(97.77%)보다 낮았지만, BHT (69.37%)보다는 높은 것으로 나타났다. 흑참깨 참깨박, 흑참깨박 및 들깨박 추출물의 효소분해물의 IC50은 각각 0.23, 0.60 및 0.20 mg/mL였다. Kang YH 등(1995)은 전자공여능은 전반적으로 농도가 상승함에 따라 증가한다고 하였으며, 페놀성 화합물 중 hydroxybenzoic acid류에서 gallic acid, hydroxycinnamic acids에서 hydrocaffeic acid, flavonoids 중에서는 (+)catechin류가 높은 전자공여능을 나타내었으며, 전자공여능은 환원력이 큰 것이 높은 값으로 나타낸다고 하였으며, DPPH에 의한 radical 소거활성은 페놀산, 플라보노이드 및 폴

리페놀 화합물에 의해 기인된다고 하였는데, 본 실험에서도 총 페놀화합물 함량이 가장 높은 들깨박의 80% 에탄올추출물과 효소분해 추출물에서 가장 높은 전자공여능을 보여, 참깨박 및 들깨박 에탄올추출물의 전자공여능은 80% 에탄올 추출물과 효소분해물 중에 함유되어 있는 폴리페놀 화합물과 상관관계가 있는 것으로 나타났다.

에탄올 추출물의 전자공여능(1.0 mg/mL)은 총페놀 및 플라보노이드함량이 높은 시료일수록 비교적 높은 상관관계를 보였다. 전자공여능과 총페놀 함량 및 총플라보노이드 함량과의 상관관계는 각각 $Y = 0.9812x - 70.473 (R^2 = 0.9334)$ 및 $Y = 0.3799x - 18.721 (R^2 = 0.9036)$ 이었다. 한편 효소분해물들의 전자공여능(1.0 mg/mL)과 총페놀 함량 및 총플라보노이드 함량과의 상관관계는 각각 $Y = 0.0929x - 55.327 (R^2 = 0.9997)$ 및 $Y = 0.0702x - 68.677 (R^2 = 0.9917)$ 로 에탄올추출물의 경우보다 높은 상관관계를 보였다.

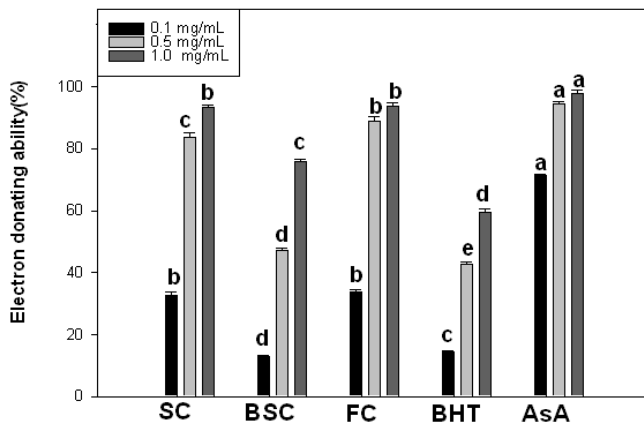


Fig. 5. Electron donating abilities of enzyme hydrolysates of sesame, black sesame and perilla cake. SC, sesame cake; BSC, black sesame cake; FC, perilla cake; AsA, ascorbic acid

^{a-c}Means with the different letters in the bars show significant differences among samples with the same dose. Values are mean±SD(n=3).

5. 아질산염 소거능

아질산염은 제2급, 제3급 아민과의 nitroso화 반응이 일어나서 발암물질인 nitrosamine을 생성할 수 있다. 또 질산염은 그 자체는 독성이 없으나 타액이나 위내에서 질산환원 효소나 환원세균에 의해 아질산염으로 환원되어 아질산염과 같은 독성을 나타낸다(Peter FS 1975, Fiddler W 등 1973).

참깨박, 흑참깨박 및 들깨박의 80% 참깨박, 흑참깨박 및 들깨박의 80% 에탄올 추출물의 아질산염 소거능을 측정된 결과(Fig. 6), pH 6.0에서, 각각 7.01, 4.47 및 5.54%로 나타났으며, pH 3.0에서 각각 20.40, 14.86 및 16.35%로 나타났고, pH 1.2에서 각각 38.46, 15.38 및 34.15%로, pH가 낮아짐에 따라 아질산염 소거능이 높아지는 경향을 보였다. 전체적인 아질산염 소거능은 pH에 관계없이 참깨박 > 들깨박 > 흑참깨박

순으로 나타났다.

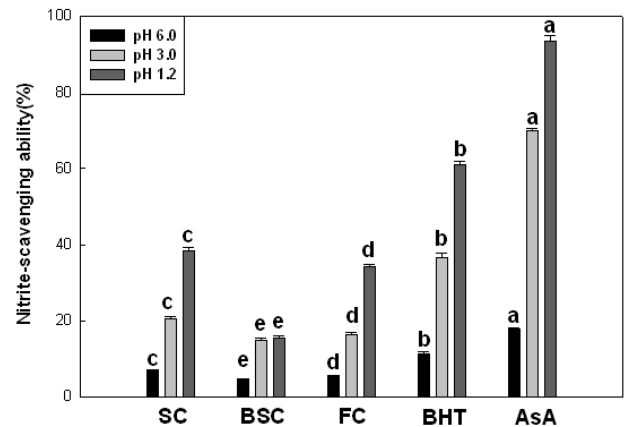


Fig. 6. Nitrite-scavenging abilities of ethanol extracts from sesame, black sesame and perilla cake. SC, sesame cake; BSC, black sesame cake; FC, perilla cake; AsA, ascorbic acid

^{a-c}Means with the different letters in the bars show significant differences among samples with the same treatments. Values are mean±SD(n=3).

참깨박, 흑참깨박 및 들깨박 추출물의 효소분해물의 아질산염 소거능 측정결과(Fig. 7), pH 6.0에서 각각 15.27, 6.40 및 7.38%로 나타났고, pH 3.0 측정결과 각각 37.31, 25.07 및 30.90%로 나타났고, pH 1.2 측정결과 각각 66.82, 57.69 및 63.94%로 나타났다.

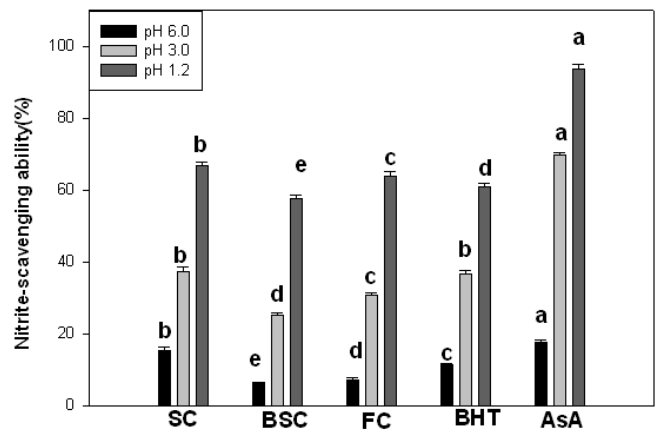


Fig. 7. Nitrite-scavenging abilities of enzyme hydrolysates of sesame, black sesame and perilla cake. SC, sesame cake; BSC, black sesame cake; FC, perilla cake; AsA, ascorbic acid

^{a-c}Means with the different letters in the bars show significant differences among samples with the same treatments. Values are mean±SD(n=3).

이들의 결과에서 참깨박, 흑참깨박 및 들깨박 추출물의 효

소분해물의 아질산염 소거능은 80% 에탄올 추출물보다 높았다. 또한 ascorbic acid (93.62%)보다 낮지만, BHT(61.05%)와는 비슷한 아질산염 소거능을 보여, DPPH 전자공여능과는 달리 참깨박에서 가장 효과적임을 알 수 있었다. 그러나 시료 간의 큰 차이는 보이지 않았다.

Kim HK 등(2002)은 팽이버섯 추출물의 기능적 특성 연구에서 팽이버섯 추출물에 함유된 폴리페놀성 물질들의 아질산염 소거능은 pH 3.0~6.0 보다 pH 1.2에서 비교적 높은 수치를 보였으며 이는 위장내의 낮은 pH 조건에서 니트로사민 형성을 보다 효과적으로 억제할 수 있다고 보고하였다. 즉, pH 1.2 조건에서 측정된 참깨박, 흑참깨박 및 들깨박의 80% 에탄올 추출물과 효소분해 추출물의 아질산염 소거능은 위장내에서의 니트로사민 형성을 효과적으로 억제할 수 있을 것으로 기대되었다. 또한, Kim SH 등(2001)은 아질산염의 소거능이 우수한 sesamol을 아질산염과 아민이 존재 할 수 있는 생체식품 및 가공식품과 함께 섭취하도록 함으로써 니트로사민에 의한 암의 발생을 예방 할 수 있을 것이라고 보고하였다.

6. SOD(superoxide dismutase) 유사활성능

생체에서 과산화지질의 형성물질로는 superoxide radical, H₂O₂, hydroxy radical(HO·), singlet oxygen(¹O₂) 등을 들 수 있으며, 보통산소에 비해 대단히 반응성이 크기 때문에 매우 중요하다. 생체에서는 SOD(superoxide dismutase), catalase, glutathione peroxidase 등의 효소계 항산화제와 tocopherol, ascorbic acid, propyl gallate, selenium과 같은 비효소계 항산화제에 의해 소거된다(Mc Cord JM와 Fridovich I 1969, Yang CT 2010). SOD는 생체내 항산화효소의 일종으로, 세포내 superoxide를 과산화수소로 전환하는 반응을 촉진하는 작용을 한다.

SOD에 의해 생체내에 생성된 H₂O₂는 catalase나 peroxidase에 의해 물과 산소로 전환된다(Kim TS 등 2007). 이러한 SOD와 똑같은지는 않지만 유사활성 측정방법이 실험실에서 사용되고 있는데 superoxide anion의 활성을 억제시키는 물질, 즉 SOD 유사활성 측정방법이 널리 이용되고 있다.

참깨박, 흑참깨박 및 들깨박의 80% 에탄올 추출물의 SOD 유사활성(Fig. 8)은 농도가 증가함에 따라 증가하는 경향을 보였다. 5 mg/mL의 농도에서 측정된 참깨박, 흑참깨박 및 들깨박의 80% 에탄올 추출물의 SOD 유사활성은 들깨박(52.20%) > 참깨박(38.98%) > 흑참깨박(18.64%)의 순으로 나타났다.

한편, 참깨박, 흑참깨박 및 들깨박 추출물의 효소분해물의 SOD 유사활성(Fig. 9)은 1 mg/mL 및 2 mg/mL에서는 큰 차이를 보이지 않았으나 5 mg/mL에서는 들깨박(67.79%) > 참깨박(40.00%) > 흑참깨박(26.10%)의 순이었다. 또한 효소분해물의 SOD 유사활성은 80% 에탄올 추출물보다 높았다. 5 mg/mL에서 참깨박의 경우 1.03배, 흑참깨박의 경우 1.4배, 들깨박의 경우 1.3배 증가하였다.

따라서 들깨박에서도 SOD 유사활성을 나타내는 생리활성 물질이 함유되어 있음을 알 수 있었다.

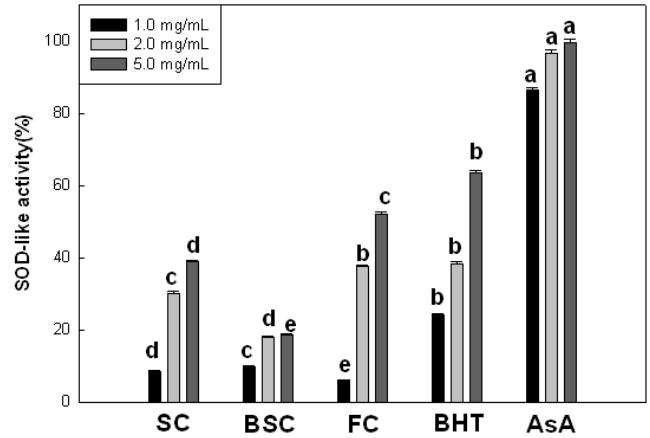


Fig. 8. SOD-like activities of ethanol extracts from sesame, black sesame and perilla cake. SC, sesame cake; BSC, black sesame cake; FC, perilla cake; AsA, ascorbic acid

^{a-c}Means with the different letters in the bars show significant differences among samples with the same dose. Values are mean±SD(n=3).

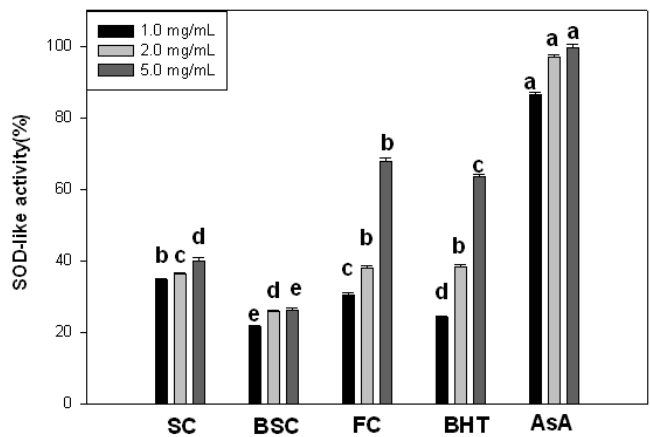


Fig. 9. SOD-like activities of enzyme hydrolysates of sesame, black sesame and perilla cake. SC, sesame cake; BSC, black sesame cake; FC, perilla cake; AsA, ascorbic acid

^{a-c}Means with the different letters in the bars show significant differences among samples with the same dose. Values are mean±SD(n=3).

7. Ferrous ion chelating 효과 측정

체내에서 세포의 지질 및 단백질의 산화를 촉진하는 Fe²⁺의 chelating 효과를 측정하기 위해 참깨박, 흑참깨박 및 들깨박의 80% 에탄올 추출물 및 이를 효소분해하여 얻은 효소분해 추출물로 측정결과, 각각 Fig. 10 및 11과 같았다. Ferrozine은 Fe²⁺와 complex를 형성하여 붉은색을 띠게 되는데 이 때 시료 중에 킬레이트 효과를 가진 물질이 존재하면 Fe²⁺ferrozine complex 형성을 방해하여 발색이 저해된다(Kim EM & Won SI 2009).

참깨박, 흑참깨박 및 들깨박의 80% 에탄올 추출물의 ferrous ion chelating 효과(Fig. 10)는 0.1 mg/mL에서 각각 2.68, 2.62 및 2.96%로, 모든 시료에서 낮은 ferrous ion chelating 효과를 보였으며, 이들 시료간의 유의차는 차이는 없는 것으로 나타났다($p < 0.05$). 0.5 mg/mL에서는 각각 10.55, 7.09 및 11.50%로 나타났고, 1 mg/mL에서는 각각 20.66, 18.92 및 25.64%로, 들깨박 > 참깨박 > 흑참깨박 순으로, 들깨박 80% 에탄올 추출물에서 가장 강한 효과를 보였으나, 시료간의 큰 차이는 보이지 않았다.

참깨박, 흑참깨박 및 들깨박 추출물의 효소분해물의 ferrous ion chelating 효과(Fig. 11)는 농도가 증가함에 따라 그 효과가 증가하였다. 0.1 mg/mL에서 각각 64.35, 42.45 및 72.62%로, 80% 에탄올 추출물에 비해 ferrous ion chelating 효과가 크게 증가하였다. 0.5 mg/mL에서 각각 70.33, 64.35 및 82.14%로 나타났고, 1 mg/mL 측정결과 각각 79.10, 76.54 및 89.77%로 나타났다. 모든 농도에서 들깨박 > 참깨박 > 흑참깨박의 순으로, 들깨박의 경우 가장 강한 ferrous ion chelating 효과를 나타냈다. 참깨박, 흑참깨박 및 들깨박 추출물의 효소분해물의 ferrous ion chelating 효과는 80% 에탄올 추출물에 비해 각각 3.83배, 4.05배 및 3.50배 증가하였다.

본 연구에서 사용한 참깨박, 흑참깨박 및 들깨박 추출물의 효소분해물들은 0.1 mg/mL에서도 64.35~72.62%의 ferrous ion chelating 효과를 보여, 금속이온 chelating agent인 EDTA(98.94%)보다 효과가 낮았지만, 체내에서 생성된 ferrous ion을 효과적으로 제거할 수 있는 천연물로 활용할 수 있을 것으로 판단된다.

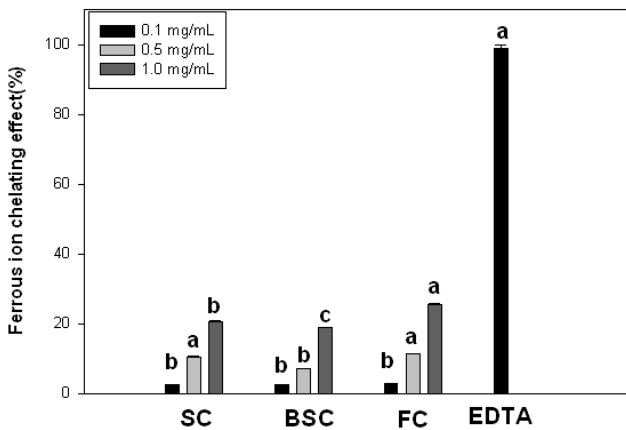


Fig. 10. Ferrous ion chelating effects of ethanol extracts from sesame, black sesame and perilla cake. SC, sesame cake; BSC, black sesame cake; FC, perilla cake
^{a-c}Means with the different letters in the bars show significant differences among samples with the same dose. Values are mean±SD(n=3).

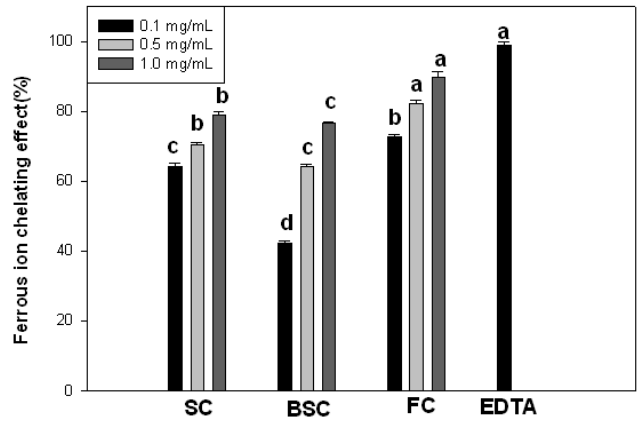


Fig. 11. Ferrous ion chelating effects of enzyme hydrolysates of sesame, black sesame and perilla cake. SC, sesame cake; BSC, black sesame cake; PC, perilla cake

^{a-c}Means with the different letters in the bars show significant differences among samples with the same dose. Values are mean±SD(n=3).

IV. 요약

본 연구에서는 참깨박, 흑참깨박 및 들깨박의 80% 에탄올 추출물과 그들의 효소분해물의 총 플라보노이드와 총 페놀 함량, DPPH에 의한 전자공여능 측정, 아질산염 소거능, SOD 유사활성능, ferrous ion chelating 효과를 비교, 조사하였다. 참깨박, 흑참깨박 및 들깨박의 80% 에탄올 추출물의 총페놀 함량은 각각 116.90, 102.20 및 141.90 mg/g이었으며, 총플라보노이드 함량은 각각 64.10, 32.00 및 131.90 mg/g이었다. 참깨박, 흑참깨박 및 들깨박 추출물의 효소분해물의 총페놀 함량은 각각 413.30, 221.20 및 409.10 mg/g이었으며, 총플라보노이드의 함량은 각각 361.80, 103.30 및 345.80 mg/g이었다. 전자공여능, 아질산염 소거능, SOD 유사활성능 및 금속제거능은 80% 에탄올 추출물보다 효소분해물에서 더 높았다. 전자공여능, SOD 유사활성, Ferrous ion chelating 효과의 크기는 들깨박 > 참깨박 > 흑참깨박의 순이었으며, 아질산염 소거능(pH 1.2)의 크기는 참깨박 > 들깨박 > 흑참깨박의 순이었다.

참고문헌

Ahn CY, Hyun KH, Park KH, 1992. Investigation of antioxidative substances in black sesame seed, Korean J Food Sci Technol, 24(1): 31-36
 Akimoto K, Kitagawa Y, Akamatsu T, Hirose N, Sugano M, Shimizu S, Yamada H, 1993. Protective effects of sesamin against liver

- damage caused by alcohol or carbon tetrachloride in rodents. *Ann Nutr Metab* 37(4): 218-224
- Blois MS. 1958. Antioxidant determination by the use of a stable free radical. *Nature* Cho HS, Ahn MS. 1999. Antioxidative effectiveness of phenolic acids in defatted sesame meal on the soybean oil. *Korean J Dietary Culture* 14(1) 43-48(10): 1199-1200
- Dewanto V, Wu X, Adom KK, Liu RH. 2002. Thermal processing enhances the nutritional value of tomatoes by increasing total antioxidant activity. *J Agric Food Chem* 50(10): 3010-3014
- Fiddler W, Pensabene JW, Piotrowski EG, Doerr RC, Wasseman AE. 1973. Use of sodium ascorbate or erythroscorbate to inhibit formation of N-nitrosodimethylamine in frankfurters. *J Food Sci* 38(10): 1084-1091
- Folin O, Denis W. 1912. On phosphotungstic-phosphomolybdic compounds as color reagents. *J Biol Chem* 12(2): 239-243
- Fukuda Y, Osawa T, Namiki M, Ozaki T. 1985. Studies on antioxidative substance in sesame seed. *Agric Biol Chem* 49: 301-306
- Gray JI, Dugan Jr LR. 1975. Inhibition of N-nitrosamine formation in model food system. *J Food Sci* 40(4): 981-985
- Hirata FK, Fujita Y, Ishikura K, Hosoda T, Oshikawa, Nakamura H. 1996. Hypocholesterolemic effect of sesame lignan in humans atherosclerosis 122(4): 135-136
- Hypocholesterolemic effect of sesame lignan in humans *Atherosclerosis* 122(4): 135-135
- Jang JH, Choi HS, Cheong HS, Kang OJ. 2007. A comparison of the antioxidant activity of barley leaf tea and green tea according to leaching conditions in distilled water. *Korean J Food Cookery Sci* 23(2): 165-172
- Jung MJ, Chung HY, Choi JS. 2001. Antioxidant activity of roasted defatted perilla seed. *Natural product Sciences* 7(3): 72-75
- Kang MH, Naito Y, Kawai T, Osawa T. 1999. Antioxidative effects of dietary defatted sesame flour : In hypercholesterolemia rabbits. *J Nutr* 129: 1111-1119
- Kang NS., & Lee JH. 2011. Characterisation of phenolic phytochemicals and quality changes related to the harvest times from the leaves of Korean purple perilla (*Perilla frutescens*). *Food Chemistry* 124: 556-62.
- Kang YH, Park YK, Lee GD. 1996. The nitrite scavenging and electron donating ability of phenolic compounds. *Korean J Food Sci Technol* 28(2): 232-239
- Kang YH, Park YK, Oh SR, Moon KD. 1995. Studies on the physiological functionality of pine needle and mugwort extracts. *Korean J Food Sci Technol* 27(6): 978-984
- Katsuzaki H, Kawakishi S, Osawa T. 1994. Sesaminol glucosides in sesame seeds. *Phytochemistry*. 35(3): 773-776
- Katsuzaki H, Kawasumi M, Kawakishi S, Osawa T. 1992. Structure of novel antioxidative lignan glucosides isolated from sesame seed. *Biosci Biotech Biochem* 56(12): 2087-2088
- Kim EJ, Hwang SY, Son JY. 2009. Physiological activities of sesame, black sesame, perilla and olive oil extracts. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 38(3):280-286
- Kim EM, Won SI. 2009. Functional composition and antioxidative activity from different organs of Native *Cirsium* and *Carduus* Genera. *Korean J Food Cookery Sci* 25: 406-414
- Kim HK, Choi YJ, Kim KH. 2002. Functional activities of microwave-assisted extracts from *Flammulina velutipes* *Korean J Food Sci Technol* 34: 1013-1017
- Kim SH, Cho YS, Sung SK. 2001. The antioxidant and nitrite scavenging ability of waste resource (crab shell, sesame meal, Korean tangrin peel) extracts. *J Korea Soc Food Sci Nutr* 30(4): 589-593
- Kim TS, Park WJ, Kang MH. 2007. Effects of antioxidant activity and changes in vitamin C during storage of *Lycil folium* extracts prepared by different cooking methods. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 36(12): 1576-1582
- Kumamoto H, Matsubara Y, Lizuka Y, Okamoto K. 1985. Structure and hypotensive effect of flavonoid glycosides in *Kinkan*(*Fortunella japonica*) peelings. *Agric Biol Chem* 49: 2613-2618
- Kuriyama KI, Murui T. 1993. Effect of cellulase on hydrolysis of lignan glycosides in sesame seed by β -glucosidase. *Ippon Nogeikagaku Kaishi* 67(12): 1701-1705
- Kuriyama, KI, Tsuchiya KY, & Muru, T. 1993. Analysis of lignan glycosides in sesame seed by high pressure liquid chromatography. *Nippon Nogeikagaku Kaishi*, 67(12): 1693-700.
- Kurowska EM, Dresser GK, Deutsch L, Vachon D, Khalil W. 2003. Bioavailability of omega-3 essential fatty acids from perilla seed oil. *Prostaglandins leukotrienes essential fatty acids* 68: 207-212
- Lee JH, Park KH, Lee MH, Kim HT, Seo WD, Kim JY, Baek IY, Jang DS, Ha TJ. 2013. Identification, characterisation, and quantification of phenolic compounds in the antioxidant activity-containing fraction from the seeds of Korean perilla(*Perilla frutescens*) cultivars *Food Chemistry* 136: 843-52
- Marcocci L, Maguire JJ, Droy-Lefaix MT, Packer L. 1994. Nitric oxide

- scavenging by curcuminoids. *Biochem Biophys Res Comm* 201(10): 748-755
- Marklund S, Marklund G. 1974. Involvement of superoxide anion radical in the oxidation of pyrogallol and a convenient assay for superoxide dismutase. *Eur J Biochem* 47(3): 468-474
- Mc Cord JM, Fridovich I. 1969. Superoxide dismutase: an enzymatic function for ethrocyuprein(Hemocuprein). *J Biol Chem* 244: 6049-6055
- Miyahara Y, Karsuzaki H, Imai K, Komiya T. 2001. Conversion of sesaminol triglucoside in fatted sesame seed into sesaminol using the fungal metabolism by *Absidia corymbifera*. *Nippon Shokuhin Kagaku Kaishi* 48(5): 370-373
- Miyra T, Yuan L, Sun B, Fujii H, Yoshida M, Wakame K, Kosuna K. 2002. Isoflavone aglycone produced by culture of soybean extracts with Basidiomycetes and its anti-angiogenic activity. *Biosci Biotechnol Biochem* 66: 2626-2631
- Moazzami AA, Andersson RE, Kamal-Eldin A. 2005. HPLC analysis of sesaminol glucosides in sesame seeds. *J Agric Food Chem* 54(3): 633-638
- Moazzmi AA, Andersson RE, Kamal-Eldin A. 2006. Characterization and analysis of sesaminol diglucoside in sesame seeds. *Biosci Biotechnol Biochem* 70(6): 1478-1481
- Mohdaly AAA, Sarhan MA, Smetanskaa I, Mahmoud A. 2009. Antioxidant properties of various solvent extracts of potato peel, sugar beet pulp and sesame cake. *J Sci Food Agric* 90: 218-226
- Nakazawa T, Ohsawa K. 2000. Metabolites of orally administered *Perilla frutescens* extract in rats and humans. *Biological and Pharmaceutical Bulletin*, 23: 122-27.
- Nam MJ, Chung HY. 2008. Oxidative stability of sesame oil prepared from black sesame flour. *Korean J Food Sci Technol* 40(2): 141-145
- Peter FS. 1975. The toxicology of nitrate, nitrite and N-nitroso compounds. *J Sci Food Agric* 26(11): 1761-1769
- Rhee YK, Kim DH, Han MJ. 1988. Inhibitory effect of *Zizyphi fructus* on β -glucosidase and tryptophanase of human intestinal bacteria. *Korean J Food Sci Technol* 30: 199-205
- Ryu SN, Kim KS, Lee EJ. 2002. Current Status and Prospects of Quality Evaluation in Sesame. *Korean J Crop Sci* 47(S): 140-149
- SAS Institute Inc. 1990. SAS User's Guide. Statistical Analysis Systems Institute, Cary NC USA
- Shahidi F, Amarowicz R, Abou-Gharbia HA, Shehata AA. 1997. Endogenous antioxidants and stability of sesame oil as affected by processing and storage. *J Am Oil Chem Soc* 74: 143-148
- Shin JH, Lee JY, Ju JC, Lee SJ, Cho HS, Sang NJ. 2005. Chemical properties and nitrate scavenging ability of citron(*Citrus junos*). *J Korean Soc Food Sci Nutr* 34: 496-502
- Sugano M, Inoue T, Koba K, Yoshida K, Hirose N, Shinmen Y, Akimoto K, Amachi T. 1990. Influence of sesame lignans on various lipid parameters in rats. *Agic Biol Chem* 54(10): 2669-2673
- Turkmen N, Dari F, Velioglu YS. 2005. The effects of cooking methods total phenolic and antioxidant activity of selected green vegetables. *Food Chem* 93(4): 713-718
- Woo HS, Choe HJ, Han HS, Park JH, Son JH, An BJ, Son GM, Choe C. 2003. Isolation of polyphenol from green tea by HPLC and its physiological activities. *Korean J Food Sci Technol* 35(6): 1199-1203
- Yamamoto H, Ogawa T. 2002. Antimicrobial activity of perilla seed polyphenols against oral pathogenic bacteria. *Biosci Biotechnol Biochem* 66(4):921-924
- Yang CT, Kuo JT, Lin ES. 2010. Screening of medium composition for the free radical-scavenging properties by *Antrodia cinnamomea*. *International Journal of Food Science & Technology* 45(2): 305-311
- Yang SY, Hong CO, Lee H, Park SY, Park B, Lee KW. 2012. Protective effect of extracts of *Perilla frutescens* treated with sucrose on tert-butyl hydroperoxide-induced oxidative hepatotoxicity in vitro and in vivo. *Food Chemistry* 133: 337-343.
- Yoon SK, Kim JH, Kim ZU. 1993. Studies on antioxidant activity of ethanol extracts from defatted perilla flour. *Korea J Food Sci Technol* 25(2): 160-164

2013년 6월 24일 접수; 2013년 7월 22일 심사(수정); 2013년 7월 25일 채택