

흑임자의 조리 조건에 따른 항산화 효과의 비교

박정리¹ · 채경연² · 홍진숙^{1*}

¹세종대학교 조리외식경영학과, ²세종대학교 생활과학과

A Comparison of Antioxidant Activities in Black Sesame Seeds according to Preparation and Cooking Conditions

Jung-Lee Park¹, Kyung-Yeon Chae² and Jin-Sook Hong^{1*}

¹Dept. of Culinary & Foodservice Management, Sejong University, Seoul 143-743, Korea

²Dept. of Human Life Sciences, Sejong University, Seoul 143-743, Korea

Abstract

In this study, we found that the moisture content of black sesame seeds increased in proportion to steaming time, and it decreased in reverse proportion to the roasting temperature and time. The crude fat and crude ash contents were shown to be in the order of steamed black sesame>raw black sesame and roasted black sesame>raw black sesame, Crude protein decreased in reverse proportion to the steaming time, and more crude protein was found in the raw black sesame samples than in the roasted black sesame samples. The contents of sesamin, sesamol, and total lignans were shown to be in the order of roasted black sesame>raw black sesame>steamed black sesame. In the steamed black sesame samples, sesamin showed its highest level with 20 minutes of treatment, and sesamol showed its highest level with 15 minutes of treatment. In the roasted black sesame samples, sesamin, sesamol, and total lignans showed their highest levels with 15 minutes of treatment at 100°C. The phenolic compound content increased in proportion to steaming time in the steamed samples, and reached a peak after 15 minutes of treatment at 100°C, and then decreased after 20 minutes. SOD-like activity reached a peak after 15 minutes of treatment, and in the roasted sample it reached a peak after 15 minutes of treatment, and then decreased after 20 minutes. SOD-like activity was comparatively lower than tocopherol and higher than sesamol. The intensity of electron donating ability, following 30 minute treatments, was shown to be highest in the steamed black sesame samples after 25 minutes of treatment, and next highest in the roasted black sesame samples after 15 minutes at 100°C. The electron donating ability was comparatively lower than tocopherol and sesamol. With regard to lecithin's antioxidant effects, the steamed samples showed a higher oxidation restriction rate in proportion to time, and the roasted samples showed the highest rate after 15 minutes of treatment, and then decreased after 20 minutes of treatment. For hydroxyl radical scavenging, similar scavenging activity to tocopherol, and comparatively higher scavenging activity than sesamol, was shown in all samples: all samples showed scavenging abilities of 90% or higher. In summary, this study applied three different treatment methods to black sesame to determine the optimum treatment conditions, and also examined the antioxidant effects and functional characteristics. The results showed that roasting can be used for other purposes than producing oil, and also suggested that methods other than roasting can be used in a variety of ways in cooking. Also, the different treatment methods can be applied in cooking in a variety of ways, to enhance functionality and preference.

Key words : Black sesame, sesamin, sesamol, phenolic, SOD-like activity, antioxidant.

서 론

항산화제는 식품의 산화에 의하여 일어나는 식품의 냄새나 풍미의 변화, 유지의 산패, 그리고 식품의 변색을 방지하거나 지연할 수 있는 기능을 가진 화합물을 총칭한다. 활성 산소를 조절할 수 있는 물질로 알려진 항산화제 개발 연구가 활발히 진행되어 효소 계열인 예방적 항산화제인 SOD(supe-

roxide dismutase), catalase, glutathione peroxidase 등과 천연 항산화제인 tocopherol, 비타민 C, 카로티노이드, catechin, glutathione 및 합성 항산화제인 BHA, BHT, Trolox-C를 필두로 한 많은 항산화제가 알려져 있고, 그 외에 많은 항산화제의 개발 연구가 보고되어 있다(Hatano T 1995). 실용화 된 것 중 식품의 가공 또는 저장 중에 일어나는 산화를 방지하기 위한 수단으로 가장 많이 사용되는 항산화제 중 하나인 tocopherol은 항산화 효과가 비교적 낮은 편이고(Corl MM 1974), 합성 항산화제인 BHA와 BHT는 효과는 뛰어나지만 그의 변이원

* Corresponding author : Jin-Sook Hong, Tel : +82-2-3408-3186, Fax : +82-2-3408-3318, E-mail : hongjs@sejong.ac.kr

성 및 독성이 Branen AL(1975)에 의해 지적되면서 보다 안전하고 효력이 강한 천연 항산화제의 개발이 절실히 요구되고 있다. 우리 몸 안에서 활성 산소에 의한 장애가 축적되면, 노화가 촉진될 뿐만 아니라 암, 동맥 경화, 당뇨병, 알레르기, 알츠하이머성 치매 등 대부분의 심각한 질병을 일으키게 될 가능성이 높아진다. 그러므로 활성 산소의 작용을 약하게 하는 물질, 즉 항산화 물질을 충분히 섭취하면 이들 질병의 예방 효과가 있다고 하여 비타민 E나 β -카로틴 등이 이용되고 있다. 이들 비타민류는 참깨에는 거의 들어 있지 않지만, 대신에 주목해야 할 것은 세사미놀을 비롯한 리그난류이다(후지마키마사오 2002). 참깨의 항산화 성분은 인체 내에서 자동산화로부터 생성되는 노화 촉진성의 과산화물을 억제하는 기능을 가지고 있는 것으로 알려지고 있는 등 여러 생리활성에 대한 보고가 있다(Rhu *et al* 1988). 흰깨와 검은깨를 비교하면 검은깨에 철분이 더 많고 약효가 높으며, 검은깨는 셀레늄, 토코페롤, 리그난, 세사몰 등 항산화 성분이 풍부하여 콜레스테롤 저하에도 그 효과가 있으며, 안토시아닌이 풍부하게 들어있다고 알려져 있다. 이 안토시아닌은 노화 억제, 항암 작용, 항균 작용, 돌연변이성 억제 작용, 항 케양 기능, 항산화 기능 등 여러 가지 생리 활성 기능이 있다고 알려져 있다(Shim *et al* 1995, Ramarathnam *et al* 1995, Shyu & 2002). 흰깨에 관한 연구는 많으나 검은깨의 가공 특성에 대한 연구는 거의 없는 실정이다(Lee DH 2004). 흑임자는 참깨과에 속하는 식물로서 흰깨에 비해 유지 함유량은 적으나 방향성이 풍부하고 맛이 좋아 우리나라에는 예로부터 한과류와 죽, 조미료 등의 식용 및 약용으로 이용되어온 식품 재료임에도 불구하고 검은깨의 항산화성 물질에 대한 보고는 매우 미비한 실정이다(Ahn *et al* 1992). 본 연구에서는 흑임자를 생 흑임자, 쥘 흑임자, 볶은 흑임자로 처리 방법을 달리하여 흑임자가 갖고 있는 이화학적 특성과 항산화 효과를 분석함으로써 기름 제조 이외의 방법으로 활용할 수 있는 처리 조건을 재설정하고, 흑임자의 새로운 처리 방법을 제시함으로써 식품에 보다 기능적이면서 다양하게 활용하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 재료

흑임자는 경기도 파주산으로 금촌농협협동조합에서 2005년산을 구입하여 사용하였다.

2. 흑임자 시료의 제조

흑임자 시료의 제조는 Fig. 1과 같이 제조하였다.

1) Raw Black Sesame

흑임자(검정깨)를 깨끗이 수세한 후 체에 받쳐 2시간 동안 물 빼기를 한 후 -70°C 에서 12시간 동결 건조하여 blender(후드믹서 FM-808, 한일전기주식회사, Korea)에 넣고 2분간 갈아 20 mesh 체에 내려 시료로 사용하였다.

2) Steamed Black Sesame

흑임자의 쥘 시간은 조리에 적합하게 이용할 수 있는 최적 조건을 찾기 위하여 예비 실험을 통해 10, 15, 20, 25분으로 정하여 실험하였다.

흑임자는 깨끗이 수세한 후 체에 받쳐 2시간 동안 물 빼기를 한 후 $26 \times 20 \times 0.6$ cm의 이중 냄비 찜통에 흑임자를 넣고 10, 15, 20, 25분으로 각각 쥘서 -70°C 에서 12시간 동결 건조하여 blender(후드믹서 FM-808, 한일전기주식회사, Korea)에 넣고 2분간 갈아 20 mesh 체에 내려 4개의 시료를 제조하였다.

3) Roasted Black Sesame

기존 깨의 연구는 대부분 깨의 볶음 온도와 시간을 참기름의 최적 조건을 기준으로 제시하고 있고, 제조법이나 설비에 따라 제조 조건을 재설정하여야 하기 때문에 본 연구에서는 참기름 제조 이외의 조건으로 조리에 적합하게 이용할 수 있도록 볶음 온도와 시간을 예비 실험을 통하여 정하였다. 볶음 온도는 깨를 볶음 처리하였을 때 깨의 내부 온도를 90°C 와 100°C 로 정하였으며, 볶는 시간은 5, 10, 15, 20분으로 정하여 실험하였다.

볶은 흑임자 시료 제조는 흑임자를 깨끗이 수세한 후 체에 받쳐 2시간 동안 물 빼기를 한 후 $13 \times 7.5 \times 0.3$ cm의 팬에서 볶았다. 90°C 의 볶은 흑임자 시료는 팬의 표면 온도(표면 측정 온도계: JQA/赤外線放射溫度計 SK-8700 II, Sato Keiryoki Mfg. Co. Ltd, Japan)가 $90 \pm 4^{\circ}\text{C}$ 일 때 흑임자를 넣고, 깨의 내부 온도(내부 측정 온도계: Sato/ Digital Thermometer Model SK-250WP, Sato Keiryoki Mfg. Co. Ltd, Japan)를 90°C 로 유지시키면서 5, 10, 15, 20분으로 각각 볶아서 blender(후드믹서 FM-808, 한일전기주식회사, Korea)에 넣고 2분간 갈아 20 mesh 체에 내려 4개의 시료를 제조하였다. 100°C 의 볶은 흑임자 시료는 팬의 표면 온도가 $100 \pm 4^{\circ}\text{C}$ 일 때 흑임자를 넣고 내부 온도를 100°C 로 유지시키면서 5, 10, 15, 20분으로 각각 볶아서 blender(후드믹서 FM-808, 한일전기주식회사, Korea)에 넣고 2분간 갈아 20 mesh 체에 내려 4개의 시료를 제조하였다.

3. 흑임자 추출 방법

흑임자 추출은 80% ethanol로 40°C 에서 4시간 반복 추출하고 여과지에 거른 후 rotary evaporator(EYELA N-1000, Japan)를 이용하여 감압 농축하여 용매를 완전히 제거시킨 후 -70°C

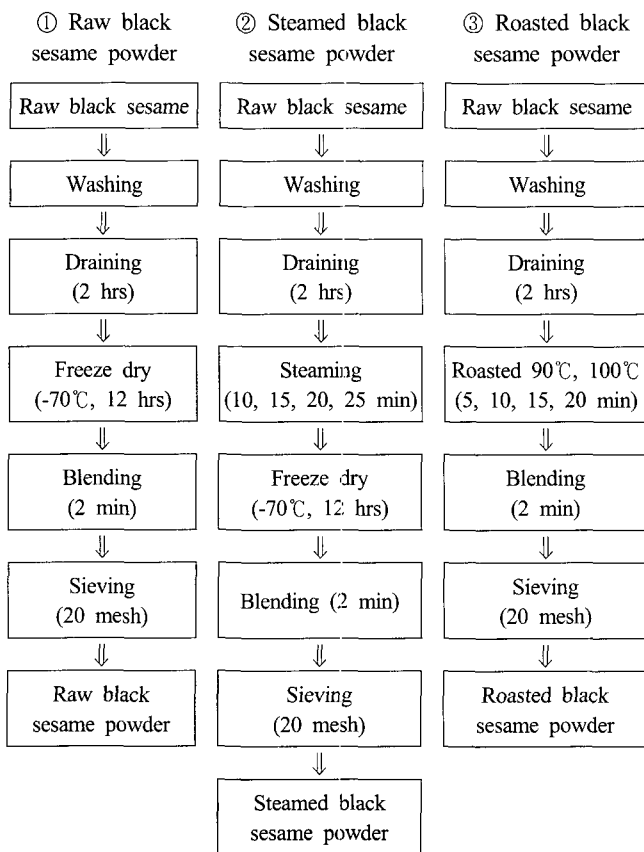


Fig. 1. Manufacturing process of black sesame.

동결 건조기를 이용하여 12시간 건조 후 시료로 사용하였다.

4. 흑임자의 이화학적 성분 분석

1) 일반 성분

흑임자의 수분, 조회분, 조단백질 및 조지방 함량은 AOAC (AOAC 1990) 방법으로 정량하였다. 즉, 수분은 상압 가열 건조법, 조회분은 550°C에서 직접 회화법, 조단백질 함량은 micro Kjeldahl 방법, 조지방질 함량은 Soxhlet 추출법에 의해 측정하였다.

5. 항산화 효과

1) Lignan 함량

(1) HPLC 분석법에 의한 Sesamin, Sesamolin 함량 정량법(Table 1)

HPLC(High Performance Liquid Chromatography)는 다음의 조건으로 분석하였다. 즉, mobile phase는 methanol H₂O(80 : 20에서 μ -Bondapak C₁₈(3.9×300 mm) 칼럼을 사용하였으며,

290 nm에서 20분간 측정하였다.

2) 페놀 화합물 정량

총 페놀 함량은 AOAC의 Folin-Denis 법을 이용하여 비색 정량하였다. 흑임자 추출물을 ethanol을 이용하여 1 mg/mL로 녹인 후 분석 시료로 이용하였다. 시료 0.1 mL에 2% Na₂CO₃ 2.0 mL를 가하고 혼합하여 실온에서 30분 정치한 후 750 nm에서 흡광도를 측정하였다. 0~1.0 mg/mL의 농도의 catechin을 이용하여 시료의 페놀성 화합물 정량을 위한 검량선을 작성하였으며, 모든 과정은 3회 반복 실험하였다.

3) SOD-liked Activity 측정(Superoxide Dismutase 유사 활성)

SOD 유사 활성 측정(Marklund & Marklund 1974)은 각 추출물 시료 0.2 mL에 tris-HCl buffer(pH 8.5) 3 mL와 0.2 mM pyrogallol를 가하여 25°C에서 10분간 방치한 후 1N-HCl로 반응을 정지시킨 후 420 nm에서 UV-visible spectrophotometer를 이용하여 측정하였다.

$$\text{SOD-liked activity}(\%) = 100 - (A/B \times 100)$$

A: 시료 무 첨가군의 흡광도

B: 시료 첨가군의 흡광도

4) 전자 공여능(Electron Donating Ability, EDA) 측정

각 시료의 항산화 활성은 DPPH free radical 소거법에 의한 전자 공여능으로 측정하였다. 각 추출 방법에 의하여 추출된 시료는 0.5 mL DPPH(1, 1-diphenyl-2-picryl hydazyl) 시약 3 mL를 가하고, 실온에서 30분간 방치 후 UV-visible spectrophotometer(Pharmacia Biotech Ultraspec 3000, England)를 이용하여 517 nm에서 측정하였다(Hwang *et al* 1984).

$$\text{EDA(Electron donating ability)}(\%) = 100 - (A/B \times 100)$$

A: 시료 첨가군의 흡광도

B: 시료 무 첨가군의 흡광도

Table 1. Operating conditions of HPLC(High Performance Liquid Chromatography)

Items	Conditions
Instrument	Young-Rin Associates
Column	μ Bondapak C ₁₈ (3.9×300 mm)
Mobile phase	MeOH : H ₂ O = 80 : 20
Detector	UV 290 nm
Flow rate	0.8 mL/min

5) Lecithin Oxidation System을 이용한 항산화 효과 측정

일정량의 lecithin을 chloroform에 녹인 후 질소가스를 이용하여 용매를 완전히 제거한 추출물, 2 mM FeSO₄, 2 mM ascorbic acid를 첨가하여 혼합한 후 37°C에서 30분간 incubating 한 후 과산화 지질을 TBARS 법(2-thiobarbituric acid relative substance)에 의하여 측정하였다.

Relative antioxidative effect(RAE) TBARS(%)

$$= (A - B) / A \times 100$$

A : 시료 무 첨가군의 흡광도

B : 시료 첨가군의 흡광도

6) Hydroxyl Radical 소거능 측정

FeSO₄/EDTA 용액, 2-deoxyribose, 각 분획물, phosphate-buffer, H₂O₂를 혼합하여 2시간 동안 반응시킨 후 TCA(trichloroacetic acid)용액과 TBA(thiobarbituric acid)용액을 넣고 15분 가열한 후 급속히 냉각시켜 532 nm에서 흡광도를 측정을 측정하여 항산화 활성을 비교하였다(Ser *et al* 1996).

Hydroxyl radical scavenging activity(%) = (A - B) / A × 100

A : 시료 무 첨가군의 흡광도

B : 시료 첨가군의 흡광도

6. 통계 처리

각 실험에서 얻은 실험 결과는 SAS(Statistical Analysis System) 통계 프로그램을 사용하여 통계 처리하였으며, 분산분석(ANOVA)을 실시한 후, 5% 수준에서 Duncan test를 통한 다중 범위 검정(Duncan's multiple range test)에 의하여 통계적 유의성을 검증하였다(김 과 구 2001).

결과 및 고찰

1. 일반 성분

전처리를 달리하여 제조한 흑임자의 일반 성분 분석 결과는 Table 2와 같다.

수분 함량의 경우, 생 흑임자 시료는 33.07%, 쪄 흑임자 시료는 10, 15, 20, 25분 처리 시 각각 38.61%, 37.07%, 37.44%, 41.16%였고, 25분 처리하였을 때 수분 함량이 높았으며, 생 흑임자 시료보다 쪄 흑임자 시료에서 수분 함량이 높았다. 볶은 흑임자 시료는 90°C에서 5, 10, 15, 20분으로 처리한 흑임자의 경우 각각 3.00%, 1.23%, 0.26%, 0.09%이었고, 100°C에서 5, 10, 15, 20분으로 처리한 흑임자는 각각 2.33%, 0.56%, 0.09%, 0.06%로 볶음 온도와 볶는 시간이 증가할수록 수분 함량이 감소하였다. Kim *et al*(1999)의 연구에서 수분 함량이 온

도 상승에 따라 점차 감소한다는 결과와 비슷한 경향을 보였다. Lee & Jang(1994)은 지질의 첨가가 호화 온도를 높이는 것으로 보인다고 하였는데(Fennema OR 1985), 본 연구에서 쪄 흑임자 시료와 볶은 흑임자 시료, 생 흑임자 시료가 수분 함량에 차이를 보이는 것으로 보아 볶음 온도와 시간 외에 지방의 함량도 수분 함량에 영향을 주는 것으로 사료된다. 조지방 함량은 생 흑임자 시료보다 쪄 흑임자 시료의 함량이 높았고, 쪄 흑임자 시료는 15분 쪄서 처리하였을 때 함량이 높았으며, 20분, 25분 처리하였을 때 함량이 감소하였다. 볶은 흑임자 시료는 90°C에서 10분, 100°C에서 15분 처리하였을 때 함량이 높았고, 20분 처리하였을 때 90°C와 100°C에서 모두 함량이 감소하였다. Kim *et al*(1999)은 지방 함량이 온도 상승에 따라 별로 차이가 없었다고 하였는데, 본 연구에서는 처리 온도와 시간에 따라 차이가 있었다. Kim J(1996)은 지방 함량이 볶는 온도가 상승함에 따라 감소하는 경향을 나타내었다고 하였는데, 본 연구에서는 20분 볶음 처리하였을 때 감소하였다. 조지방 함량은 생 흑임자 시료보다 쪄 흑임자 시료에서 높았고, 쪄 흑임자 시료는 15분, 20분 쪄서 처리하였을 때 함량이 높았으며, 25분 쪄서 처리하였을 때 함량이 감소하였다. 볶은 흑임자 시료는 90°C에서 5분, 100°C에서 20분 볶은 시료에서 유의적으로 높았고, 생 흑임자 시료보다 볶은 흑임자 시료에서 함량이 높게 나타났다. Kim J(1996)은 회분 함량이 50°C에서 10.4%, 200°C에서 15.6%로 나타났다고 하였다.

조단백질 함량은 생 흑임자 시료와 15분 쪄서 처리한 흑임자 시료가 비슷한 함량을 보였고, 쪄 흑임자 시료는 10분 처리하였을 때 가장 높았으며, 20분, 25분 쪄서 처리하였을 때 가장 낮은 함량을 보였다. 생 흑임자 시료와 90°C에서 5분 볶은 시료가 비슷한 함량을 보였고, 볶은 흑임자 시료는 100°C에서 5분 볶음 처리한 시료가 높은 함량을 보였으며, 90°C에서 10분, 15분, 20분 볶음 처리한 시료와 100°C에서 10분, 15분, 20분 볶음 처리한 시료에서 비슷한 함량을 나타내었다.

Sharma *et al*(1985)은 고온(170°C, 20분)에서 가열 처리했을 때 단백질의 함량이 감소된다고 보고하였고, 가열 조건과 단백질에 따라서 차이가 있으며, 알맞은 가열 처리는 좋은 풍미와 단백질의 함량을 증가시키는 반면 고온에서 장시간의 가열 처리는 단백질의 변성을 일으켜서 단백질의 함량이 감소하는 것으로 보인다고 하였는데, 이는 본 연구에서 볶음 온도와 시간을 달리한 흑임자 시료군의 함량 측정 결과와 유사한 경향이다. Kim HJ(1987)은 단백질의 함량이 볶음 조건에 따라서 변하는 것은 볶음 과정에 있어 열에 의하여 단백질이 Maillard 반응의 중간 생성물로 변하여 소실되거나 열 분해되었기 때문인 것으로 추정되어진다고 하였다(Koehler *et al* 1969, Koehler & Odell 1970).

Table 2. Proximate compositions of black sesame prepared by different treatments

(unit: %)

Treatment conditions		Moisture(%)	Crude fat(%)	Crude ash(%)	Crude protein(%)
Raw		33.07±0.03 ^{e1)}	23.80±0.06 ^e	3.12±0.01 ^d	8.06±0.02 ^b
Steamed (min)	10	38.61±0.01 ^{b2)}	26.80±0.02 ^c	3.53±0.01 ^c	13.44±0.05 ^a
	15	37.07±0.03 ^d	30.88±0.01 ^a	3.77±0.01 ^a	8.06±0.02 ^b
	20	37.44±0.01 ^c	27.97±0.01 ^b	3.76±0.01 ^a	5.37±0.01 ^c
	25	41.16±0.03 ^a	26.27±0.01 ^d	3.62±0.01 ^b	5.37±0.01 ^c
<i>F</i> -value		46709.2 ^{***}	27836.8 ^{***}	4482.4 ^{***}	63538.2 ^{***}
Raw		33.07±0.03 ^a	23.80±0.06 ⁱ	3.12±0.01 ⁱ	8.06±0.02 ^c
Roasted 90°C (min)	5	3.00±0.02 ^b	42.36±0.06 ^h	5.98±0.01 ^a	8.06±0.01 ^c
	10	1.23±0.02 ^d	54.34±0.02 ^a	4.78±0.02 ^b	10.75±0.01 ^b
	15	0.26±0.02 ^f	54.04±0.01 ^b	4.90±0.02 ^g	10.75±0.01 ^b
	20	0.09±0.02 ^g	52.43±0.05 ^c	4.96±0.01 ^e	10.75±0.01 ^b
Roasted 100°C (min)	5	2.33±0.04 ^c	50.16±0.01 ^f	5.40±0.01 ^d	13.44±0.02 ^a
	10	0.56±0.03 ^e	51.40±0.04 ^e	5.43±0.01 ^c	10.75±0.01 ^b
	15	0.09±0.02 ^g	52.18±0.05 ^d	4.93±0.01 ^f	10.75±0.01 ^b
	20	0.06±0.02 ^g	49.96±0.05 ^g	5.90±0.01 ^b	10.75±0.02 ^b
<i>F</i> -value		518001 ^{***}	150059 ^{***}	25043.0 ^{***}	72832.0 ^{***}

1) ^{a-i} Means in a column by different superscripts are significantly different at 5% significance level by Duncan's multiple range test. *** $p < 0.001$.

2) All value are mean±SD of 3 replications.

2. 흑임자의 항산화효과

1) Lignan 함량

흑임자의 처리 조건을 달리하여 lignan 화합물의 함량을 측정 한 결과는 Table 3과 같다.

Sesamin의 함량은 생 흑임자 시료가 썬 흑임자 시료보다 높았다. 썬 흑임자 시료는 20분 썬서 처리한 흑임자 시료가 함량이 높았고, 25분 썬서 처리하였을 때 함량이 감소하였으며, 10분 썬서 처리한 흑임자 시료에서 가장 낮게 나타났다. 볶음 처리한 흑임자 시료는 90°C에서 10분, 15분 볶았을 때, 100°C에서는 15분 볶았을 때 sesamin의 함량이 가장 높았고, 90°C, 100°C에서 모두 20분 볶음 처리하였을 때 감소하였다. sesamol의 함량은 생 흑임자 시료가 썬 흑임자 시료에 비해 함량이 높았다. 썬 흑임자 시료에서는 15분 썬서 처리한 시료에서 유의적으로 높았고, 20분, 25분 썬서 처리하였을 때 함량이 다소 감소하였으며, 10분 썬서 처리하였을 때 가장 낮은 함량을 보였다. 볶음 처리한 시료는 90°C에서 15분 볶았을 때, 100°C에서는 15분 볶았을 때 sesamol의 함량이 높았고, 90°C, 100°C에서 모두 20분 볶음 처리하였을 때 sesamol의

함량이 감소하였다. 총 lignan 함량은 생 흑임자 시료가 1,204.917 mg이었고, 썬 흑임자 시료 중에서 15분 썬서 처리한 시료가 1,142.000 mg으로 유의적으로 함량이 높았으며, 25분 썬서 시료는 1,124.160 mg으로 감소하는 경향을 보였다. 90°C와 100°C에서 볶음 처리한 시료는 모두 15분 볶음 처리하였을 때 각각 1,732.045 mg과 1,819.982 mg으로 유의적으로 함량이 높았다. sesamin, sesamol, 총 lignan 함량은 볶음 처리 흑임자, 생 흑임자, 썬 흑임자 순으로 높았다. Hwang *et al*(1984)은 sesamol과 sesamin의 함량은 참깨(유)의 저장, 볶음 등의 조건에 의해서도 변화될 수 있다고 하였는데, 본 연구에서도 흑임자의 처리 조건에 따라서 변화를 나타내었다. Yen GC(1990)의 lignan 화합물의 함량 변화 연구에서 220°C 이하의 볶음온도에서는 sesamin의 함량은 비교적 변화가 없는 반면, sesamol은 볶음 온도가 높아짐에 따라 현저하게 분해되어 감소하며, sesamol의 함량은 증가한다고 하였고, 240°C와 260°C에서는 lignan 화합물이 모두 크게 감소한다고 하였는데, 본 연구에서는 흑임자의 처리 조건에 따라 lignan 함량의 변화를 보였고, 볶음 처리한 흑임자는 20분 볶음 처리하였을 때 함량이 감소하였다. Kim HJ(1987)의 연구에서 sesamin은 날 것 과 볶은 것

Table 3. Changes in the contents of lignan in black sesame prepared by different treatments (unit: mg/100g seed)

Treatment conditions		Sesamin	Sesamol	Total lignans
Raw		613.348±0.006 ^{a1)}	591.569±0.010 ^a	1204.917±0.015 ^a
Steamed (min)	10	486.057±0.012 ^{e2)}	458.206±0.001 ^e	944.256±0.011 ^e
	15	591.919±0.100 ^c	550.081±0.006 ^b	1142.000±0.106 ^b
	20	594.704±0.005 ^b	545.630±0.020 ^d	1140.334±0.025 ^c
	25	577.715±0.003 ^d	546.445±0.004 ^c	1124.160±0.007 ^d
<i>F</i> -value		3691280 ^{***}	6.688 ^{***}	1.273 ^{***}
Raw		613.348±0.006 ⁱ	591.569±0.010 ⁱ	1204.917±0.015 ⁱ
Roasted 90℃ (min)	5	656.374±0.003 ^h	618.352±0.003 ^h	1274.726±0.001 ^h
	10	891.069±0.004 ^c	818.762±0.003 ^c	1709.831±0.007 ^c
	15	891.089±0.003 ^b	840.956±0.005 ^b	1732.045±0.007 ^b
	20	883.645±0.004 ^d	819.551±0.002 ^d	1703.196±0.006 ^d
Roasted 100℃ (min)	5	823.787±0.005 ^f	811.646±0.004 ^f	1635.433±0.001 ^f
	10	865.670±0.020 ^c	825.279±0.004 ^c	1690.949±0.024 ^c
	15	951.934±0.004 ^a	868.048±0.003 ^a	1819.982±0.007 ^a
	20	813.822±0.003 ^g	796.691±0.002 ^g	1610.513±0.001 ^g
<i>F</i> -value		6.679 ^{***}	1.555 ^{***}	1.245 ^{***}

1) ^{a-i} Means in a column by different superscripts are significantly different at 5% significance level by Duncan's multiple range test. *** $p < 0.001$.

2) All value are mean±SD of 3 replications.

에 각각 676, 692 mg%가 함유되어 있어 볶은 것이 높게 나타났다고 하였는데(Ryu *et al* 2002), 본 연구에서는 볶은 흑임자 시료가 생 흑임자 시료보다 함량이 높게 나타났다. 전반적으로 찐 흑임자 시료는 15분 찌서 처리하였을 때 함량이 높은 경향을 보였고, 25분 찌서 처리하였을 때 함량이 감소하는 경향을 보였다. 볶은 흑임자 시료는 90℃, 100℃에서 모두 15분 처리하였을 때 높은 함량을 보였고, 20분 볶음 처리하였을 때 감소하는 경향을 나타내었다.

2) 흑임자 추출물의 페놀 함량

페놀 화합물은 식물계에 널리 분포되어 있는 2차 대사산물의 하나로서 다양한 구조와 분자량을 가진다. 이들은 phenolic hydroxyl(OH)기를 가지기 때문에 단백질 및 기타 거대 분자들과 쉽게 결합하여, 항산화, 항암 등의 다양한 생리활성을 가진다(천인석 1987). 흑임자의 처리 조건을 달리하여 총 페놀 화합물의 함량을 측정된 결과는 Table 4와 같다.

총 페놀 함량을 측정한 결과, 찐 흑임자 시료는 25분 찌서 처리하였을 때 함량이 높았고, 생 흑임자 시료와 거의 비슷하지만 다소 높은 함량을 보였다. 찐 흑임자 시료는 찌는 시간

이 증가할수록 페놀성 화합물의 함량도 유의적으로 높아지는 경향을 보였다. 볶음 처리한 흑임자 시료는 90℃에서 15분, 20분, 100℃에서 볶음 처리한 시료군 모두 생 흑임자 시료에 비하여 함량이 높았고, 90℃, 100℃에서 모두 15분 볶음 처리한 시료가 유의적으로 함량이 높았으며, 90℃, 100℃에서 모두 20분 볶음 처리한 시료에서 유의적으로 감소하였다. 기존 천연 항산화제인 tocopherol보다는 페놀 화합물 함량이 다소 낮게 나타났다.

Kim J(1996)의 연구에서는 볶음 온도를 달리하여 제조한 참깨 농축 단백질의 볶음 온도가 상승할수록 총 페놀 함량이 유의적으로 증가하였다고 보고하였다. 찐 흑임자 시료는 찌는 시간이 증가할수록 함량이 증가한데 반해 볶은 흑임자 시료는 90℃, 100℃에서 모두 15분 볶음 처리하였을 때 가장 높은 함량을 보였고, 20분 볶음 처리하였을 때 함량이 감소하는 경향을 나타내었다.

3) SOD 유사 활성(Superoxide Dismutase-like Activity : SODA)

SOD(Superoxide dismutase)는 산패로 인하여 형성된 세포

Table 4. Changes in the contents of total phenolic acid by catechin in black sesame prepared by different treatments

Treatment conditions	Total phenolic acid by catechin(mg/mL)	
Tocopherol	1.82±0.004 ^{a1)}	
Raw	0.61±0.001 ^{c2)}	
Steamed (min)	10	0.53±0.004 ^e
	15	0.56±0.001 ^d
	20	0.57±0.001 ^d
	25	0.62±0.002 ^b
F-value	133893 ^{***}	
Tocopherol	1.82±0.004 ^a	
Raw	0.61±0.001 ^h	
Roasted 90°C (min)	5	0.58±0.001 ⁱ
	10	0.56±0.001 ^j
	15	0.70±0.002 ^c
Roasted 100°C (min)	20	0.63±0.003 ^e
	5	0.67±0.001 ^f
	10	0.68±0.007 ^e
Roasted 100°C (min)	15	0.77±0.001 ^b
	20	0.69±0.002 ^d
	F-value	47660.9 ^{***}

1) a~j Means in a column by different superscripts are significantly different at 5% significance level by Duncan's multiple range test. *** $p < 0.001$.

2) All value are mean±SD of 3 replications.

에 해로운 환원산소종을 과산화수소로 전환시키는 반응($2O_2^- + 2H^+ \rightarrow H_2O_2 + O_2$)을 촉매하고, catalase는 SOD에 의해 생성된 H_2O_2 를 무해한 물 분자와 산소 분자로 전환시키는 역할을 하는 효소이다(Lee *et al* 1991). 이러한 SOD와 유사한 역할을 하여 superoxide anion의 활성을 억제시킬 수 있는 유사 물질의 활성능(Lee *et al* 1991)을 측정된 결과는 Fig. 2와 같다.

SOD 유사 활성을 측정된 결과 찐 흑임자 시료에서는 15분 처리한 흑임자 시료가 활성이 높았고, 기존 천연 항산화제인 tocopherol과 sesamol을 비교하였을 때 tocopherol보다는 낮았으며, sesamol보다는 활성이 높았다. 생 흑임자 시료와 찐 흑임자 시료군 모두 기존 항산화제인 sesamol보다는 유의적으로 높은 활성을 보였다. 볶음 처리한 흑임자 시료는 90°C, 100°C에서 15분 처리한 시료가 SOD 유사 활성이 높았고, 천연 항산화제인 tocopherol과 sesamol을 비교하였을 때

tocopherol 보다는 낮게 나타났지만 sesamol보다는 유의적으로 높은 경향을 보였다.

Song *et al*(2003)의 생리 활성 연구에서 폴리페놀 성분과 단백질 다당체 등에 의해 SOD 유사 활성이 나타난 것으로 보고하였고, Na *et al*(2004)의 연구에서도 폴리페놀 성분이 SOD 유사활성을 나타내는 것으로 사료된다고 하였는데, 본 연구에서도 이와 유사한 경향을 나타내었다. SOD 유사 활성 결과와 페놀 화합물이 거의 유사한 경향을 보이는 것으로 보아 영향이 있는 것으로 사료된다.

3. 전자 공여 작용

전자 공여능은 지질과 산화 반응의 연쇄 반응에 관여하는 산화성 free radical에 전자를 제공하여 연쇄 반응을 정지시켜 산화를 억제 시키는 척도가 된다. 산화성 free radical은 인체 내에서 지질 및 단백질 등과 반응하여 각종 질병 및 노화를 일으키므로 free radical을 제거할 수 있는 항산화제를 식물에서 찾으려는 연구가 시도되고 있다(Yu PB 1994). 각 시료의 항산화 작용을 DPPH 법에 의해 측정된 결과는 Fig. 3과 같다.

전자 공여능을 시간별로 측정된 결과, 기존 천연 항산화제인 tocopherol과 sesamol이 높은 전자 공여능을 보였지만 시간대별로 크게 감소하였다. 생 흑임자 시료보다는 찐 흑임자 시료에서 전자 공여능이 높았고, 찐 흑임자 시료는 25분 처리하였을 때 점차적으로 전자 공여능이 증가하였다.

찐 흑임자 시료를 시간대별로 비교하였을 때 활성의 변화가 기존 천연 항산화제인 tocopherol과 sesamol에 비해 안정적인 경향을 보였다. 볶음 처리한 흑임자 시료는 찐 흑임자 시료와 마찬가지로 천연 항산화제인 tocopherol과 sesamol에 비해 낮았으나, 시간대별로 비교하였을 때 안정적인 경향을 보였고, 모든 시간대에서 100°C 15분 처리한 시료에서 가장 높은 전자 공여능을 보였다. 본 연구에서 전자 공여능(electron donating ability)을 측정된 결과 30분 경과 후 생 흑임자 시료가 전자 공여능이 낮았지만 시간대별로 보았을 때 tocopherol과 sesamol이 시간대별로 감소하는 경향에 비하여 감소가 적게 나타났다. 전반적으로 전자 공여능은 흑임자의 처리 조건을 달리 하였을 때 25분 찐 흑임자 시료가 가장 좋은 활성을 보였다. Song *et al*(2002)과 Kim *et al*(2002)은 식물체의 총 폴리페놀 함량과 전자 공여 작용 사이에는 밀접한 상관관계가 있어 폴리페놀 함량이 높을수록 전자 공여능이 높고, 추출 시간이 증가할수록 그 효능이 크게 나타나는 경향이 있다고 하였는데 본 연구에서도 페놀의 함량과 거의 유사한 경향을 보였다. Song JY(1996)은 볶음 온도가 높아지고 볶음 시간이 길어질수록 전자 공여 작용은 증가되었다고 하였는데, 본 연구에서는 찐 시간이 늘어날수록 증가하는 경향을 나타내었지만 90°C, 100°C에서의 볶음 시간에서는 Song JY(1996)

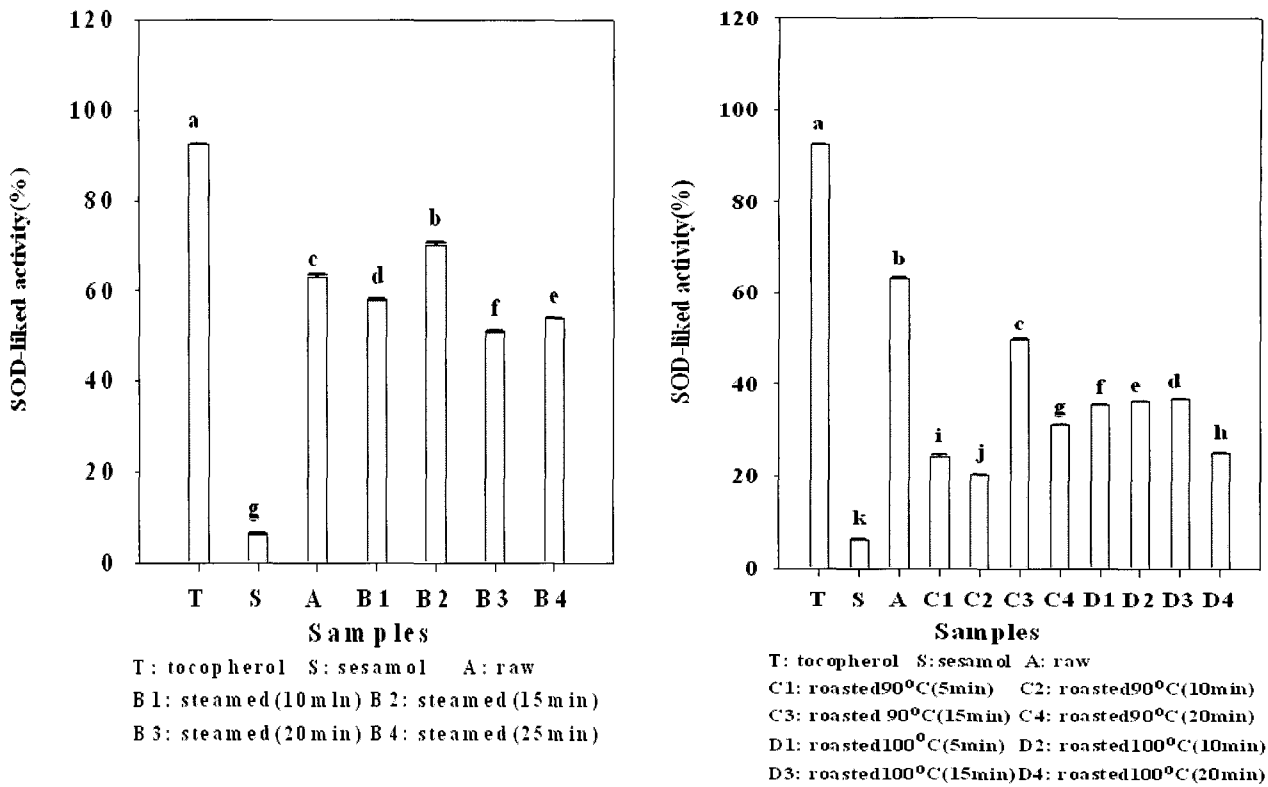


Fig. 2. Changes in the contents of SOD-like activity in black sesame prepared by different treatments.
 1) ^{a-j} Means in a column by different superscripts are significantly different at 5% significance level by Duncan's multiple range test.
 *** $p < 0.001$
 2) All value are Mean±SD of 3 replications.

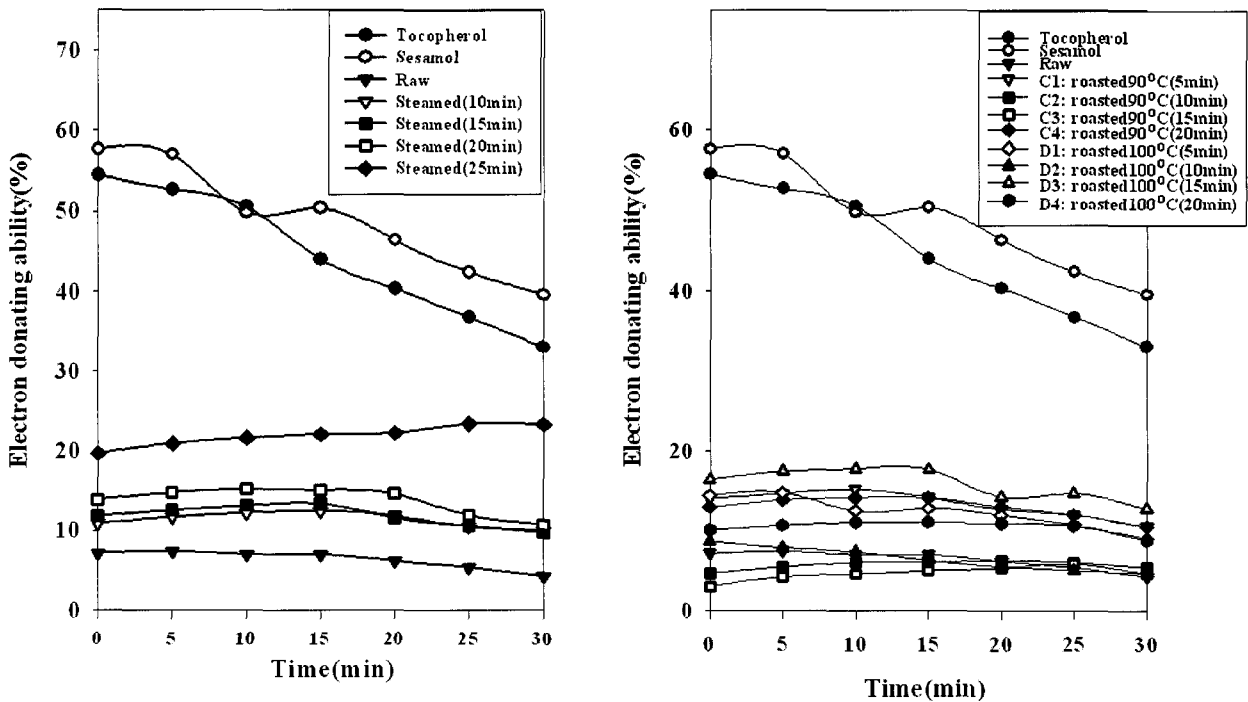


Fig. 3. Changes in the contents of electron donating ability in black sesame prepared by different treatments.

의 결과와 다소 차이가 있었다.

4. Lecithin 산화 방지 효과

Lecithin을 이용하여 TBARS를 측정한 결과는 Fig. 4와 같다.

썰서 처리한 흑임자 시료는 기존 천연 항산화제인 tocopherol과 sesamol을 비교하였을 때 25분 썰서 처리한 흑임자 시료에서 활성이 높았고, 썰는 시간이 증가할수록 활성이 높아지는 경향을 보였다. 생 흑임자 시료는 tocopherol보다는 높은 활성을 보였고, sesamol과는 유사한 활성을 나타내었다. 볶은 흑임자 시료는 90℃, 100℃에서 모두 15분 처리하였을 때 활성이 높았고, 기존 천연 항산화제인 tocopherol이나 sesamol 보다는 유의적으로 높은 활성을 보였으며, 90℃, 100℃에서 모두 20분 볶음 처리하였을 때 활성이 다소 감소하는 경향을 보였다.

5. Hydroxyl Radical 소거능

Hydroxyl radical($\cdot OH$)은 활성 산소 중 반응성이 매우 강하여 생체 산화에 주된 역할을 하는 것으로 알려져 있다(Chung SK 1997). 흑임자 시료의 처리에 따른 hydroxyl radical 소거 활성은 Fig. 5와 같다.

찐 흑임자 시료는 20분, 25분 썰서 처리한 흑임자 시료가 96.087%, 96.443%로 높은 소거 활성을 보였고, 천연 항산화제

인 sesamol과 생 흑임자 시료보다 유의적으로 높았으며, 천연 항산화제인 tocopherol보다는 다소 낮은 결과를 보였다. 볶음 처리한 흑임자 시료는 90℃, 100℃에서 모두 15분 볶음 처리한 흑임자 시료에서 높은 소거 활성을 보였고, 90℃, 100℃에서 모두 20분 볶음 처리하였을 때 소거 활성이 감소하는 경향을 보였다. 본 연구에서는 hydroxyl radical 소거능을 측정 한 결과, 흑임자 시료군 모두에서 90% 이상의 높은 소거능을 보였고, 천연 항산화제인 sesamol보다는 높은 소거 활성을 보였다. Heo *et al*(2006)의 연구에서는 hydroxyl radical 활성의 경우 DPPH와 유사한 활성을 보였다고 하였는데, 본 연구에서는 찐 흑임자 시료와 볶은 흑임자 시료는 DPPH와 유사한 경향을 보였으나 생 흑임자 시료는 DPPH와 다른 경향을 보였다.

요약 및 결론

본 연구에서는 흑임자의 전처리를 달리하여 이화학적 특성과 항산화 효과를 실험한 결과는 다음과 같다. 수분 함량의 경우, 생 흑임자 시료는 33.07%, 찐 흑임자 시료는 10, 15, 20, 25분 처리 시 각각 38.61%, 37.07%, 37.44%, 41.16%였다. 볶은 흑임자 시료는 볶음온도와 볶는 시간이 증가할수록 수분 함량이 감소하였다. 조지방 함량은 생 흑임자 시료보다 찐 흑임자 시료의 함량이 높았고, 볶음 처리한 흑임자 시료는 90℃

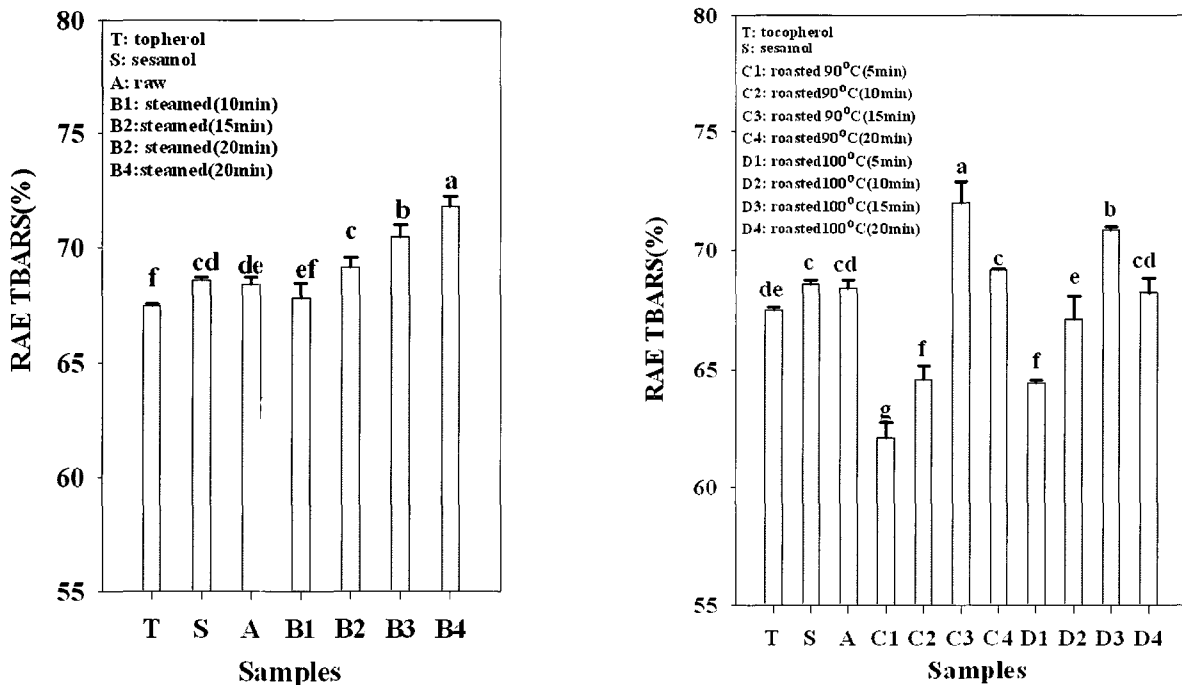


Fig. 4. Changes in the contents of relative antioxidative effects in black sesame prepared by different treatments.

1) a~g Means in a column by different superscripts are significantly different at 5% significance level by Duncan's multiple range test. *** p<0.001.

2) All value are Mean±SD of 3 replications.

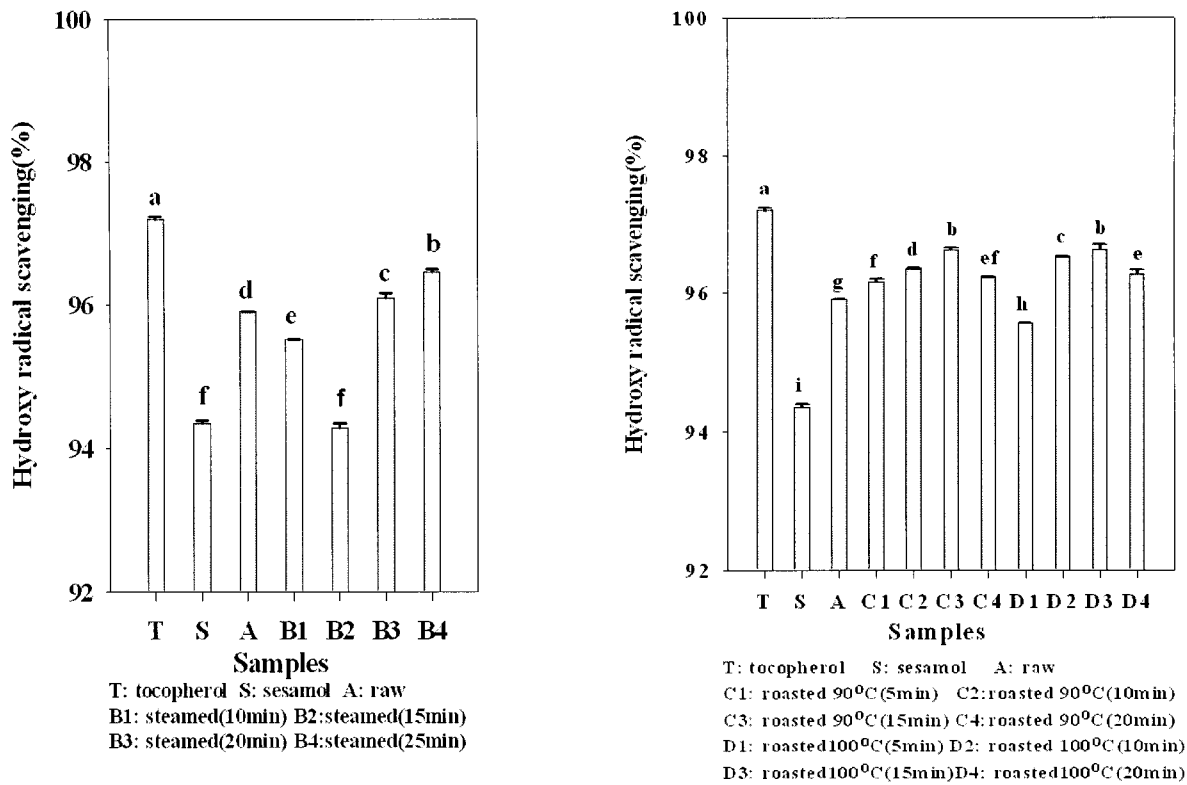


Fig. 5. Changes in the contents of hydroxy radical scavenging effects in black sesame prepared by different treatments.
 1) ^{a-i} Means in a column by different superscripts are significantly different at 5% significance level by Duncan's multiple range test.
 *** $p < 0.001$.
 2) All value are Mean±SD of 3 replications.

에서 10분, 100℃에서 15분 처리하였을 때 함량이 높았으며, 90℃, 100℃에서 모두 20분 처리하였을 때 함량이 감소하였다. 조희분 함량은 생 흑임자 시료보다 찐 흑임자 시료에서 높았고, 볶음 흑임자 시료는 90℃에서 5분, 100℃에서 20분 볶음 처리한 시료에서 유의적으로 높았다. 조단백질 함량은 찐 흑임자 시료에서 10분 처리하였을 때 가장 높았고, 생 흑임자 시료와 15분 처리한 흑임자 시료가 비슷한 함량을 보였으며, 20분, 25분 찐서 처리한 흑임자 시료가 생 흑임자 시료보다 유의적으로 함량이 낮게 나타났다. 볶음 흑임자 시료는 생 흑임자 시료와 90℃에서 5분 볶음 처리한 시료가 비슷한 함량을 보였고, 100℃에서 5분 볶음 처리한 시료에서 함량이 높았다. Sesamin, sesamol, 총 lignan 함량은 볶음 처리한 흑임자, 생 흑임자, 찐 흑임자 순으로 함량이 높게 나타났다. SOD 유사 활성은 찐 흑임자 시료에서는 15분 처리한 흑임자 시료가 활성이 높았고, 기존 천연 항산화제인 tocopherol과 sesamol을 비교하였을 때 tocopherol보다는 낮았으며, sesamol보다는 활성이 높았다. 생 흑임자 시료와 찐서 처리한 흑임자 시료군 모두 기존 항산화제인 sesamol보다는 유의적으로 높은 활성을 보였다. 볶음 처리한 흑임자 시료는 90℃, 100℃에서 모두 15분 처리한 시료가 SOD 유사 활성이 높았고, 천연

항산화제인 tocopherol과 sesamol을 비교하였을 때 tocopherol 보다는 낮게 나타났지만 sesamol보다는 유의적으로 높은 경향을 보였다. 전자 공여능을 처리 시간별로 측정한 결과, 기존 천연 항산화제인 tocopherol과 sesamol이 높은 전자 공여능을 보였지만 시간대별로 크게 감소하였다. 생 흑임자 시료보다는 찐서 처리한 흑임자 시료에서 전자 공여능이 높았고, 찐 흑임자 시료는 25분 처리하였을 때 전자 공여능이 증가하였다. 볶음 처리한 흑임자 시료는 찐 흑임자 시료와 마찬가지로 천연 항산화제인 tocopherol과 sesamol에 비해 낮았으나 시간대별로 비교 하였을 때 안정되는 경향을 보였고, 모든 시간대에서 100℃에서 15분 처리한 시료가 가장 높은 전자 공여능을 보였다. Lecithin 산화 방지 효과는 찐서 처리한 흑임자 시료는 찐는 시간이 증가할수록 활성이 높아지는 경향을 보였고, 생 흑임자 시료는 tocopherol보다는 높은 활성을 보였으며 sesamol과는 유사한 활성을 나타내었다. 볶음 흑임자 시료는 90℃, 100℃에서 모두 15분 처리하였을 때 기존 천연 항산화제인 tocopherol이나 sesamol보다는 유의적으로 높은 활성을 보였다. Hydroxyl radical 소거능을 측정한 결과, 흑임자 시료군 모두에서 90% 이상의 높은 소거능을 보였고, 천연 항산화제인 sesamol보다는 높은 소거 활성을 보였다. 전반적으로 찐 흑임자

시료는 15분 쪄서 처리하였을 때 항산화 활성이 좋았고, 볶음 흑임자 시료는 100℃에서 15분 볶음 처리하였을 때 항산화 활성이 좋게 나타났다. 이상의 결과로 볼 때 찐 흑임자 시료는 15분, 볶음 흑임자 시료는 100℃에서 15분 처리하였을 때가 가장 적절한 흑임자의 처리 방법으로 사료되며, 새로운 처리 방법과 조건으로 식품에 보다 다양하면서 기능적으로 흑임자를 이용할 수 있는 가능성을 확인하였다.

문헌

- 김우정, 구경형 (2001) 식품관능검사법. 효일출판사. pp 117.
- 천인석 (1987) 음양오행설의 기원에 관한 일고. 동서의학 12: 62.
- 후지마키마사오 (2002) 기능성 식품과 건강. 아카데미서적. pp 54-55.
- Ahn CY, Hyun KH, Park KH (1992) Investigation of antioxidative substances in black sesame seed. *Korean Soc Food Sci Technology* 24: 31-36.
- AOAC (1990) *Official Methods of Analysis*. 15th ed., Association of official analytical chemists, Washington, DC. pp 777-784.
- Branen AL (1975) Toxicological and biochemistry of butylated hydroxy anisole and butylated hydroxy toluene. *JAOCS* 52: 59-63.
- Chung SK (1997) Hydroxy radical scavenging effects of spices and scavengers from brown mustard. *Biosci Biotech Biochem* 61: 118-123.
- Corl MM (1974) Antioxidant activity of tocopherol and ascorbyl palmitate and their mode of action. *JAOCS* 51: 321-325.
- Fennema OR (1985) *Food chemistry*. 2nd ed, Marcel Dekker, Inc. New York. pp 115.
- Hatano T (1995) Constituents of natural medicines with scavenging effects on active oxygen species-tannins and related polyphenols. *Natural Medicines* 49: 357-363.
- Heo JC, Park JY, An SM, Lee JM, Yun CY, Shin HM, Kwon TK, Lee SH (2006) Anti-oxidant and anti-tumor activities of crude extracts by *Gastrodia elata* blume. *Korean Soc Food Postharvest (KoSFP)* 13: 83-87.
- Hwang KS, Hawar WD, Nam YJ, Min BY (1984) Quality evaluation of sesame oil by high performance liquid chromatography. *Korean J Food Sci Technol* 16: 348-352.
- Kim HJ (1987) Studies on the constituents of white sesame, black sesame and perilla seed. *Ph D Thesis*. Department of Food and Nutrition, Graduate School, Hanyang University, Seoul, Korea. p 21-48.
- 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 HW, Chung SY, Woo SJ (1999) Studies on the physico-chemical characteristics of sesame with roasting temperature. *Korean Soc Food Sci Technology* 31: 1137-1143.
- Kim J (1996) Effect of treatment on functional properties and antinutrition factors of sesame protein concentrates. *Ph D Thesis*. Department of Food and Nutrition Graduate School Yeungnam University. p 37-47.
- Koehler PE, Marson ME, Newell JA (1969) Formation of pyrazine compounds in sugar-amino acid model system. *J Agric Food Chem* 17: 393.
- Koehler PE, Odell GV (1970) Factors affecting the formation of pyrazine compounds in sugar-amine reactions. *J. Agric Food Chem* 18: 895.
- Lee DH (2004) Change in physicochemical and quality characteristics during storage in sesame gruels using sesame. *MS Thesis*. Department of Bio-industrial Engineering Graduate School of Industry Pukyong National University. p 2
- Lee JI, Kang CH, Bang JK, Kim KJ (1991) Sesame breeding for oil quality improvement. IV. Variety differences of oil content and fatty acid composition. *Korean J Crop Sci Quality Research* 3: 20-32.
- Lee SH, Jang MS (1994) Physicochemical properties of jatjook as influenced by various levels of pinenut. *Korean J Soc Food Sci* 10: 99-103.
- Marklund S, Marklund G (1974) Involvement of the superoxide anion radical in the autoxidation of pyrogallol and a convenient assay for superoxide dismutase. *Eur J Biochem* 47: 469-474.
- Na GM, Han HS, Ye SH, Kim HK (2004) Extraction characteristics and antioxidative activity of *Cassia tora* L. extracts. *Korean Soc Food Culture* 19: 499-505.
- Ramarathnam N, Osawa T, Ochi H, Kawakishi S (1995) The contribution of plant food antioxidants to human health. *Trends Food Sci Technol* 6: 75-82.
- Rhu SH, Kang CW, Lee ST, Kim LS, Ahn BO (1988) Function and contents of anti-oxidants in sesame. *Korean J Criop Sci* 41: 71-79.
- Ryu SN, Kim KS, Lee EJ (2002) Current status and prospects of quality evaluation in sesame. *Korean Soc Crop Sci* 47: 140-149.
- Ser JH, Kim JL, Lee GD, Kwon JH (1996) Comparison of major components of sesame oil extracted from Korean and Chinese sesames. *Korean Soc Food Hygiene Safety* 11: 215-220.

- Sharma ND, Santha IM, Patil SH, Mehta SL (1985) Fatty acid and amino acid composition of groundnut mutants. Qual Plant Pl. *Foods Hum Nutr* 35: 3-8.
- Shim YH, Cha GH, Sin JW (1995) Studies on the experimental cookery and the preservation of the hugimja dashik. *J Nat Sci Inst Seoul Woman's Univ* 6: 13-26.
- Shyu YS, Hwang LS (2002) Antioxidative activity of the crude extract of lignan glycosides from unroasted burma black sesame meal. *Food Res Int* 35: 357-365.
- Song HM, Seo MS, Kim SR, Park YK, Lee YT (2002) Characteristics of barley polyphenol extract(BPE) separated from pearling by-products. *Korean J Food Sci Technol* 34: 775-779.
- Song JH, Lee HS, Hwang JG, Jeong TY, Hong SL, Park GM (2003) Physiological activities of *Phellinus ribis* extracts. *Korean Soc Food Sci Technology* 35: 690-695.
- Song JY (1996) Effects of roasting conditions of sesame seed on oxidative stability and flavor characteristics of sesame oil. *MS Thesis*. Department of Food Science & Technology Graduate School, Dong guk University. p 24.
- Yen GC (1990) Influence of seed roasting process on the changes in composition and quality of sesame (*Sesame indicum* L.) oil. *J Sci Food Agric* 50: 563-570.
- Yu PB (1994) Cellular defenses against damage from reactive oxygen species. *Physiol Rev* 74: 134-162.
- (2007년 2월 26일 접수, 2007년 3월 20일 채택)