

## 볶은 참기름의 제조 및 저장 중 토코페롤과 리그난 함량 변화 및 산화 특성 연구

이진영 · 김문정 · 최은옥\*

인하대학교 식품영양학과

### Study on the Changes of Tocopherols and Lignans and the Oxidative Properties of Roasted Sesame Oil during Manufacturing and Storage

Jinyoung Lee, Moonjung Kim, and Eunok Choe\*

Department of Food and Nutrition, Inha University

**Abstract** This study investigated the antioxidant content and oxidative properties of roasted sesame oil during manufacturing and storage at 25°C in the dark for 18 months. The manufacturing steps included pressing of the roasted sesame seeds, and then three filtering steps. Filtering decreased the oil viscosity, but increased free fatty acid content. The peroxide value (POV) was not affected by filtering. Sesamin, sesamol, and tocopherol levels were significantly higher in the 3<sup>rd</sup> filtered oil as compared to the other oils; however, sesamol content was reduced. The roasted sesame oil oxidized slowly during storage at 25°C in the dark, and there was no POV change up to 9 months of storage. The levels of sesamol, sesamin, sesamol, and tocopherols in the oil decreased with storage time, and the tocopherol decomposition rate (-3.04%/month) was higher than that of total lignan compounds (-1.06%/month). Therefore, these results suggest that tocopherols have priority over lignan compounds in performing as antioxidants in roasted sesame oil during storage.

**Key words:** antioxidant, oxidation, roasted sesame oil, manufacturing, storage

## 서 론

호마유, 향유, 진유 등의 이름으로 사용되어온 참기름은 독특한 향미와 낮은 발연점때문에 튀김유보다는 조미유로 많이 이용되어져 왔다(1,2). 참기름은 180-260°C에서 참깨를 볶은 후 압착하고 여과하여 제조하며, 탈취, 탈색 등의 정제 과정을 거치지 않으므로 볶은 참깨의 고소한 향미와 색을 그대로 가지고 있으나(3,4), 참깨를 볶는 조건에 따라 참기름의 구성 지질, 물리화학적 특성, 휘발성 향기성분과 산화방지 물질 등의 함량이 달라지는 것으로 보고되었다(3-8).

참기름은 독특한 향미 외에도 토코페롤과 세사몰, 세사민, 세사몰린 등의 산화방지제를 함유하고 있는 우수한 기능식품이다(9-11). Budowski 등(12)은 세사몰이 참깨에는 미량 함유되어 있으나 제유 공정에서 그 함량이 증가된다고 보고하였다. Kim(13)과 Dachtler 등(14)은 세사민과 세사몰린은 산화방지능을 갖지 않는다고 하였으며, Kochhar은 세사몰린을 가열했을 때 생성되는 세사민은 유지의 산화 안정성은 증가시키지 못하지만 체내에서 생리활성을 나타내며(15), 세사몰린은 가열이나 산성백토 처리에 의해 세사몰로 분해되어 참기름의 산화안정성을 증가시킨다(3)이

보고된 바 있다. 그러나 Lee와 Choe(16)의 연구에서는 세사민과 세사몰린이 리놀레산의 자동산화 안정성을 높여주었으며 세사몰린의 산화방지 효과가 세사민보다 우수한 결과를 보였다.

현재 우리나라의 참기름 공장에서는 볶은 참깨를 압착하여 착유한 후 여과 공정을 거쳐 참기름을 제조하는데 제조과정 중 산화생성물과 유리지방산 등의 유지산화 촉진성분과 리그난 화합물과 토코페롤 등의 산화방지제 함량이 달라질 수 있으며 이에 따라 참기름의 산화안정성은 변화할 수 있다.

참기름과 관련된 연구로는 여과 및 원심분리가 참기름의 산화안정성에 미치는 영향(17), 참깨 볶음조건에 따른 참기름의 산화안정성 및 산화방지성분 변화(13, 18), 참기름의 리그난 성분이 유지의 산화안정성에 미치는 영향(16, 19) 등이 있으나 제조공정에 따른 산화방지제 함량 및 산화특성에 대한 연구는 없다.

이에 본 연구에서는 볶은 참기름의 제조공정인 볶은 참깨의 압착, 1차 여과, 2차 여과 및 3차 여과에 따른 기름산화특성과 산화방지제의 함량 변화를 살펴보고자 하였다. 또한, 제품유인 3차 여과유를 25°C에서 빛을 차단하고 18개월 동안 저장하면서 산화정도 및 산화방지제 함량 변화를 평가하여 참기름 제조공정에 대한 기초 자료를 제공하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 시료 및 시약

참기름 제조과정 중의 압착유, 1차 여과유, 2차 여과유 및 제품유인 3차 여과유는 C사(Seoul, Korea)로부터 공여받았다. 이들의 제조 공정은 정선한 참깨를 200°C에서 20분간 볶은 후 압착

\*Corresponding author: Eunok Choe, Department of Food and Nutrition, Inha University, 253 Yonghyundong, Namku, Incheon 402-751, Korea  
Tel: 82-32-860-8125  
Fax: 82-32-862-8120  
E-mail: eochoe@inha.ac.kr  
Received November 29, 2007; accepted January 7, 2008

하고(압착유), 압착된 참기름은 4  $\mu\text{m}$  cartridge filter를 이용하여 1차 여과한 후(1차 여과유), 다시 4  $\mu\text{m}$  cartridge filter를 이용하여 2차 여과(2차 여과유)와 3차 여과(3차 여과유; 제품유) 과정을 포함하였다.

메탄올, *n*-헥산, 이소프로판올은 J.T. Baker사(Phillipsburg, NJ, USA)에서 구입하였고, 세사몰과 토코페롤 표준물질은 Sigma-Aldrich 사(St. Louis, MO, USA)에서 구입하였다. 또한, 세사민과 세사몰린은 preparative-HPLC를 이용한 Lee와 Choe의 방법(16)에 따라 분리, 결정화한 후 사용하였다.

### 시료의 준비 및 저장

모든 시료는 50 mL 시료병(Supelco Inc., Bellefonte, PA, USA)에 넣고 질소를 충전한 후 테프론이 코팅된 고무마개와 알루미늄 캡으로 밀봉하고 알루미늄 호일로 감싼 후 -40°C 냉동고(LG-한빛 유니크 냉동고; LG-Hanbit, Seoul, Korea)에 넣고 저장하면서 실험에 사용하였다.

참기름의 저장 중 산화안정성 실험을 위하여 제품유를 110 mL 씩 갈색병에 담아 폴리에틸렌 뚜껑으로 막고 알루미늄 호일로 감싼 후 25°C 항온기(Dongyang Science, Siheung, Korea)에 넣어 18개월 동안 저장하면서 3개월 간격으로 꺼내어 분석하였다. 모든 시료는 2회 반복 실험을 할 수 있도록 준비하였다.

### 참기름의 산화 특성 분석

압착유, 1차 여과유, 2차 여과유 및 제품유의 산화 특성으로 점도, 유지산패 유도기간, 유리지방산값, 과산화물값을 평가하였다. 시료의 점도는 회전점도계(Programmable DV+ Viscometer; Brookfield Co. Ltd., Middleboro, MA, USA)를 이용하였으며 시료 50.0 mL를 60 rpm으로 회전시키면서 25°C에서 측정하였다. 유지산패 유도기간은 Metrohm 679 Rancimat(Metrohm Ltd., Herisau, Switzerland)를 이용하여 120°C에서 측정하였다. 유리지방산값(free fatty acid value, FFAV)과 과산화물값(peroxide value, POV)은 각각 AOCS법 Cd 3a-63과 Cd 8-53에 의거하여 구하였다(20).

### 세사몰, 세사민, 세사몰린의 함량

참기름에 함유되어 있는 세사몰, 세사민, 세사몰린 등의 리그난 화합물은 solid phase microextraction용 실리카 컬럼(Sep-pak Silica cartridge; Long Body Sep-pak Plus; Waters Co., Milford, MA, USA)을 이용하여 지질과 여분의 불순물을 제거한 후 고속액체 크로마토그래피법으로 분석하였다(21). 즉 시료 0.2 g을 취하여 실리카 컬럼에 주입한 후 메탄올 5 mL로 용출시키고 이 추출액을 polytetrafluoroethylene 시린지 필터(0.2  $\mu\text{m}$  × 13 mm; National Scientific Company, Lawrenceville, GA, USA)로 여과한 후 HPLC로 분리하였다. 사용한 기기는 C<sub>18</sub> Symmetry reverse column(4.6 mm × 150 mm; i.d., 5  $\mu\text{m}$ ; Waters Co., Milford, MA, USA)을 장착한 영린 고속액체 크로마토그래프(Younglin SP 930 D; Younglin Instrument Co., Ltd., Anyang, Korea)이었고, 용출 용매는 메탄올과 물의 혼합 용매(70:30, v/v)로 분당 0.8 mL 속도로 흘려주었으며, UV-200 detector(Uvis-200, SSI, Lemont, PA, USA)를 사용하여 288 nm에서 분석하였다. 세사몰, 세사민, 세사몰린의 정량은 세사몰(sesamol, mg/kg of oil = 96.6 × peak area - 216.0, r<sup>2</sup>=0.9996), 세사민(sesamin, mg/kg of oil = 63.6 × peak area + 118.6, r<sup>2</sup>= 0.9999), 세사몰린(sesamol, mg/kg of oil = 44.2 × peak area - 128.3, r<sup>2</sup>=0.9999)의 표준 검량 곡선을 이용하였다.

### 토코페롤 함량

참기름의 토코페롤 함량은 고속액체 크로마토그래피법으로 분석하였다(22). 시료 0.5 g을 *n*-헥산에 녹여 5 mL로 만든 후, 이 중 20  $\mu\text{L}$ 를 고속액체 크로마토그래프에 주입하여 분석하였다. 컬럼은  $\mu$ -porasil column(4.6 mm × 300 mm; i.d., 5  $\mu\text{m}$ ; Waters Co.)을 사용하였고, excitation 294 nm와 emission 330 nm로 고정된 형광검출기로 측정하였으며, *n*-헥산과 이소프로판올 혼합용매(99.8:0.2, v/v)를 분당 1.5 mL의 속도로 흘려주었다. 참기름의 토코페롤은  $\alpha$ -토코페롤( $\alpha$ -tocopherol, mg/kg of oil = 30.2 × peak area + 84.2, r<sup>2</sup>=0.9994),  $\gamma$ -토코페롤( $\gamma$ -tocopherol, mg/100g oil = 10.5 × peak area + 7.4, r<sup>2</sup>=0.9999),  $\delta$ -토코페롤( $\delta$ -tocopherol, mg/100 g oil = 6.2 × peak area - 2.6, r<sup>2</sup>=0.9998)의 표준 검량 곡선을 이용하여 정량하였다.

### 통계 처리

자료는 통계처리용 소프트웨어인 SAS/PC(version 8.2.1)를 이용하여 분산분석(analysis of variance; ANOVA), 다변량 분산분석(multivariate analysis of variance; MANOVA), 다중범위검정(Duncan's multiple range test), 회귀 분석(regression analysis) 등을 실시하여 분석하였으며, 이 때의 유의 수준은 5%이었다(23).

## 결과 및 고찰

### 제조공정 단계에 따른 볶은 참기름의 세사몰, 세사민, 세사몰린의 함량

제조공정 단계에 따른 볶은 참기름의 세사몰, 세사민, 세사몰린 함량은 Table 1과 같다. 참기름은 세사몰보다는 세사민과 세사몰린을 많이 함유하였다. 압착유, 1차 여과유, 2차 여과유 100 g에는 세사민과 세사몰린이 각각 371-380 mg과 207-224 mg이 함유되어 있었으며, 이들 기름 사이에 유의한 차이는 없었다. 그러나, 3차 여과유인 제품유의 세사민과 세사몰린 함량은 기름 100 g 당 각각 707, 302 mg으로 다른 기름에 비해 유의하게( $p < 0.05$ ) 높았다. 세사몰의 함량은 다른 기름에 비해 2차 여과유에서 높았으며 제품유에서는 현저히 낮았다. 이것은 세사민과 세사몰린에 비해 기름에서의 용해도가 낮은 세사몰(24,25)이 여과잔사에 많이 남겨져 참기름에서의 세사민이나 세사몰린에 비해 세사몰의 상대비율이 낮아진 때문일 것으로 생각된다. 참고로, 3차 여과잔사 100 g에는 세사몰, 세사민, 세사몰린이 각각 645.0 ± 0.04, 101.0 ± 0.02, 41.0 ± 0.01 mg 함유되어 있었다. 참기름의 세사몰, 세사민, 세사몰린 함량은 참깨의 볶는 시간과 온도에 따라 다른 것으로 보고되었으며(3,5,6,8,10), Han 등(4)은 볶은 참기름을 탈검, 탈산하면 세사몰 함량이 감소한다고 보고하였다. 볶은 참기름 100 g에 함유된 세사몰, 세사민, 세사몰린 함량을 Mohamed와 Awatif (26)는 각각 11.5-16.1 mg, 265.1-352.0 mg, 183.6-185.5 mg으로, Takeda와 Fukuda(11)은 각각 3.4-18.1 mg, 512.4-620.1 mg, 244.2-331.0 mg으로 보고하였다.

### 제조공정 단계에 따른 볶은 참기름의 토코페롤 함량

제조공정 단계에 따른 참기름의 토코페롤 함량은 Table 2와 같다. 참기름은 토코페롤 이성체중  $\gamma$ -토코페롤을 가장 많이 함유하였으며(17.92-24.92 mg/100 g oil),  $\alpha$ -토코페롤은 1.86-2.06 mg/100 g으로 소량 함유하였다. 참기름의  $\alpha$ -토코페롤 함량은 제조공정 단계에 따라 큰 차이가 관찰되지 않았으나,  $\gamma$ 와  $\delta$ -토코페롤 함량은 참기름 제조공정 단계에 따른 차이가 비교적 컸다. 압착유에서 1차 여과유, 2차 여과유로 제조공정이 진행됨에 따라 토

**Table 1. Contents of sesamol, sesamin, and sesamolin in sesame oil at different manufacturing steps**

	Content (mg/100 g oil) <sup>1)</sup>			
	Sesamol	Sesamin	Sesamolin	Total
Pressed oil	36.43 ± 3.38b <sup>2)</sup>	373.02 ± 15.20b	224.38 ± 8.95b	633.83 ± 27.44b
1 <sup>st</sup> Filtered oil	37.88 ± 0.68b	371.95 ± 7.97b	221.95 ± 5.21b	631.78 ± 13.81b
2 <sup>nd</sup> Filtered oil	40.77 ± 1.43a	379.51 ± 12.97b	207.41 ± 7.52b	627.69 ± 21.83b
3 <sup>rd</sup> Filtered oil (Final product; sesame oil)	25.35 ± 2.49c	706.99 ± 61.46a	301.57 ± 25.84a	1033.91 ± 89.60a

<sup>1)</sup>Mean ± standard deviation.

<sup>2)</sup>Different letters show that the means in the same column are significantly different at  $\alpha = 0.05$ .

**Table 2. Tocopherol contents in roasted sesame oil at different manufacturing steps**

	Content (mg/100 g oil) <sup>1)</sup>			
	$\alpha$ -	$\gamma$ -	$\delta$ -	Total
Pressed oil	2.01 ± 0.12ab <sup>2)</sup>	22.97 ± 0.39b	11.64 ± 0.22c	36.61 ± 0.58b
1 <sup>st</sup> Filtered oil	2.02 ± 0.06a	21.27 ± 0.56c	10.71 ± 0.27d	34.01 ± 0.86c
2 <sup>nd</sup> Filtered oil	1.86 ± 0.03b	17.92 ± 0.98d	9.36 ± 0.51e	29.14 ± 1.48d
3 <sup>rd</sup> Filtered oil (Final product; sesame oil)	2.06 ± 0.03a	24.92 ± 0.57a	16.63 ± 0.18a	43.61 ± 0.75a

<sup>1)</sup>Mean ± standard deviation.

<sup>2)</sup>Different letters show that the means in the same column are significantly different at  $\alpha = 0.05$ .

코페롤 함량은 낮아졌으나 제품유에서 유의하게 높아져 제품유 100 g 당  $\alpha$ -,  $\gamma$ -,  $\delta$ -토코페롤을 각각 2.06, 24.92, 16.63 mg 함유하였다. 제품유에서의 토코페롤 함량증가는 토코페롤이 새로이 생성되었다는 것보다는 3차여과를 통하여 비지질 화합물(non-lipid compounds)이 제거되어 참기름에서의 토코페롤의 상대비율이 높아진 때문으로 생각된다. Choe와 Moon(17)은 압착유(100 g)에서 60.93 mg 함유된  $\gamma$ -토코페롤이 여과 또는 원심분리 과정을 통해 각각 75.15 mg 과 68.12 mg으로 증가하여 볶은 참기름의 산화 안정성에 기여한다고 보고하였다. Gama 등(27)은 카놀라유에 함유된  $\gamma$ -토코페롤이 정제 공정을 거친 후 4.46 mg/100 g에서 4.72 mg/100 g으로, 해바라기유의  $\alpha$ -토코페롤 함량은 정제시 4.03 mg/100 g에서 4.13 mg/100 g으로 증가한다고 보고하였다.

**제조공정 단계에 따른 볶은 참기름의 산화 특성**

제조공정 단계에 따른 참기름의 점도, 유지산패 유도기간, 유리지방산 및 과산화물값의 변화는 Table 3과 같다. 압착유의 점도는 14.1 cp이었으나, 1차 여과와 2차 여과 후 각각 12.5, 11.2 cp로 유의하게( $p < 0.05$ ) 감소하였다. 이것은 참깨에 존재하던 수화 검질과 착색물질(1,28,29)뿐 아니라, 참깨의 볶음과정에서 생성된 산화화합물과 중합체(4)들이 압착유에 함께 용출되어 기름의 점도를 높였으나 여과과정을 거치면서 대부분 제거된 데서 기인한 것으로 생각된다. 유지의 산패 유도기간은 압착유, 1차 여과유, 2차 여과유, 제품유가 각각 15.7, 16.0, 16.0, 13.6시간으로

제품유의 유지산패 유도기간이 가장 낮았다. Kim 등(7)은 볶은 참기름의 유지산패 유도기간을 13.4시간으로 보고한 바 있다. 제품유의 유지산패 유도기간이 다른 제조공정단계의 참기름에 비해 낮은 것은 제품유의 세사몰 함량이 압착유, 1차 여과유 및 2차 여과유에 비해 유의하게( $p < 0.05$ ) 낮은 것과 관련이 있을 것으로 생각된다. Lee와 Choe(16)는 세사몰이 세사몰린이나 세사민에 비해 리놀레산의 산화 억제에 더욱 효과적임을 보고했으며, Yoshida와 Takagi(30)는 세사몰이 유지의 과산화라디칼에 수소를 제공하여 자유라디칼 연쇄반응을 줄임으로써 유지의 자동산화를 억제한다고 하였다.

압착유의 유리지방산 함량은 0.34%로 1차 여과후에는 변화가 없었으나, 2차 여과 후 0.45%로, 3차 여과 과정을 거친 제품유에서는 0.73%로 증가하였다. 이것은 여과과정을 거치면서 참기름이 공기뿐 아니라 소량의 수분을 함유한 잔사에 연속적으로 노출됨으로써 일부 아실글리세롤이 분해되어 유리지방산을 생성하는 데서 기인한 것으로 추정된다. 참기름의 과산화물값은 제조공정 단계에 관계없이 모두 0.2 meq/kg으로 차이를 보이지 않았다. 볶은 참기름의 과산화물값을 Yoshida 등(5)은 2.50-5.42 meq/kg으로, Chung과 Choe(31)는 0.12 meq/kg로 보고한 바 있다.

**볶은 참기름의 저장 중 산화 정도 및 산화방지제 함량**

제품유를 25°C 의 어두운 곳에서 18개월 동안 저장했을 때의 유리지방산값과 과산화물값의 변화는 Fig. 1과 같다. 제품유의 초

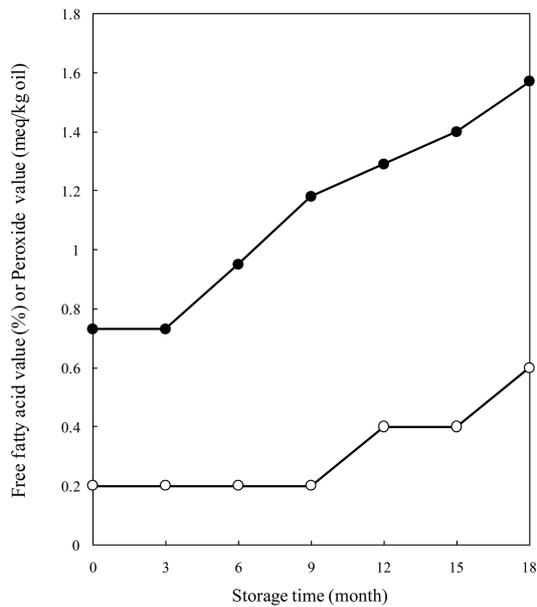
**Table 3. Changes of induction periods, free fatty acid and peroxide value in roasted sesame oil during manufacturing**

	Viscosity (cp)	Induction period (hr)	Free fatty acid value <sup>1)</sup> (%)	Peroxide value (meq O <sub>2</sub> /kg oil)
Pressed oil	14.1 ± 0.01 <sup>2)</sup> a <sup>3)</sup>	15.7 ± 0.02 b	0.34 ± 0.01 c	0.20 ± 0.01 a
1 <sup>st</sup> Filtered oil	12.5 ± 0.01b	16.0 ± 0.01 a	0.34 ± 0.01 c	0.20 ± 0.01 a
2 <sup>nd</sup> Filtered oil	11.2 ± 0.01c	16.0 ± 0.01 a	0.45 ± 0.01 b	0.20 ± 0.01 a
3 <sup>rd</sup> Filtered oil (Final product; sesame oil)	11.2 ± 0.02c	13.6 ± 0.02 c	0.73 ± 0.01 a	0.20 ± 0.00 a

<sup>1)</sup>as oleic acid.

<sup>2)</sup>Mean ± standard deviation.

<sup>3)</sup>Different letters show that the means in the same column are significantly different at  $\alpha = 0.05$ .

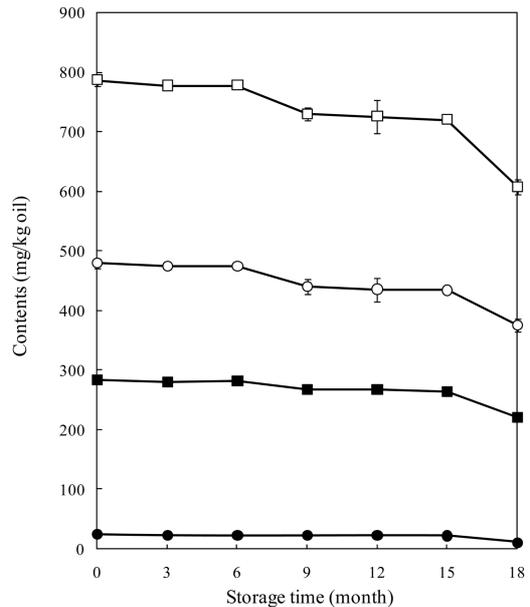


**Fig. 1. Changes of free fatty acid and peroxide value in roasted sesame oil during storage at 25°C in the dark for 18 months.** ○: free fatty acid value, ●: peroxide value

기 유리지방산값은 0.73%였으며, 저장 3개월까지는 유의한 변화가 없었으나 저장 6개월 후 0.95%, 18개월 후 1.57%로 저장 기간이 증가함에 따라 유의하게 ( $p < 0.05$ ) 증가하였다. 유리지방산은 유지의 산화에 의해 중성지방으로부터 생성되며 유리지방산은 중성지방보다 더욱 쉽게 산화될 뿐(32) 아니라, 그 자체가 기름의 산화를 촉진시키는 것으로 알려졌다(33, 34).

제품유의 초기 과산화물값은 0.2 meq/kg으로 저장 9개월까지 별다른 변화가 없었으나 이후 증가하기 시작하여 저장 18개월 후 0.60 meq/kg으로, 이는 제품유의 산화가 실온에서 9개월동안 저장한 후 비로소 유의하게 ( $p < 0.05$ ) 증가함을 의미한다. 그러나 18개월 저장후의 참기름의 과산화물값인 0.60 meq/kg 역시 다른 기름을 저장할 때 증가한 값에 비하면 매우 낮은 값이다. 예를 들어 주로 단일불포화 지방산인 팔미트올레산(40-48%)과 올레산(36-44%)으로 구성된 팜유를 65°C에서 저장하였을 때 과산화물값이 초기 약 1 meq/kg에서 6일(25°C에서 6개월) 후 약 11 meq/kg으로 증가한 것이 보고(35)된 바 있다. Hwang 등(36)과 Choe와 Moon(17)은 70°C에서 각각 9일 또는 10주 동안 저장한 참기름의 과산화물값이 변화하지 않음을 보고한 바 있다. 참기름의 높은 산화안정성은 세사몰 등 리그난 화합물 때문인 것으로 알려져 있다(18).

제품유를 25°C 어두운 곳에서 18개월 동안 저장할 때 세사몰, 세사민, 세사몰린의 함량은 서서히 감소하였으며(Fig. 2) 이것은 이들 화합물이 저장 중 분해되었기 때문이다. 세사몰은 phenolic hydrogen을 유지라디칼에 공여한 후 semiquinone 라디칼을 생성하고, 이 라디칼은 다른 라디칼과 반응하여 quinone으로 전환된다(37). 제품유를 15개월동안 저장하였을 때 제품유 100 g당 세사몰, 세사민, 세사몰린을 저장 전 90-93%에 해당하는 각각 22.6, 433.4, 263.7 mg을 함유하여 저장에 따른 함량변화는 크지 않았다. 그러나, 18 개월 동안 저장한 후 제품유의 세사몰, 세사민, 세사몰린 함량은 각각 저장 전의 44.8%(11.1 mg), 78.5%(375.5 mg)과 78.1%(220.9 mg)로 유의하게 ( $p < 0.05$ ) 감소하였다. 저장 중 세사몰이 세사민, 세사몰린에 비해 빨리 분해되는 경향은 Table



**Fig. 2. Contents changes of sesamol, sesamin and sesamol in roasted sesame oil during storage at 25°C in the dark for 18 months.** ●: sesamol, ○: sesamin, ■: sesamol, □: total lignan.

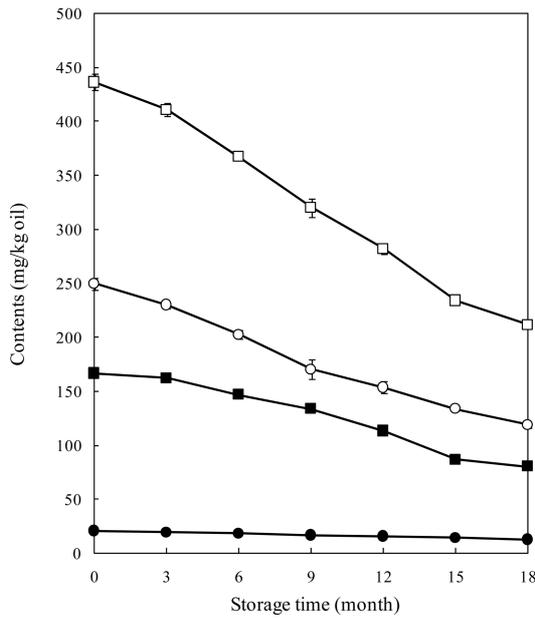
4에서 더욱 분명히 찾아볼 수 있다. 제품유를 18개월동안 저장하는 동안 세사몰, 세사민, 세사몰린의 분해속도는 각각 -1.98, -1.07, -0.98%/month였다. 세사몰의 빠른 분해는 세사몰이 세사민이나 세사몰린보다 유지 산화 억제에 우선적으로 관여했기 때문(16)인 것으로 생각된다. Kikugawa 등(19)은 참기름을 60°C에서 저장했을 때 세사몰이 세사민이나 세사몰린보다 더 쉽게 분해된다고 보고하였다. 참기름의 저장 중 세사민과 세사몰린의 높은 안정성은 다른 연구(36)에서 보고된 바 있다. 세사몰, 세사민, 세사몰린 등의 총 리그난 화합물 함량의 분해속도는 참기름을 18개월 저장하는 동안 -1.06 %/month이었다.

제품유를 25°C 어두운 곳에서 18개월 동안 저장할 때 토코페롤 함량 또한 유의하게 ( $p < 0.05$ ) 감소하여(Fig. 3) 참기름 저장 중 토코페롤이 분해됨을 알 수 있었다. 토코페롤의 분해속도는 이성체 종류에 따라 차이가 있었는데(Table 5)  $\alpha$ -,  $\gamma$ -,  $\delta$ -토코페롤의 분해속도는 각각 -2.12, -3.03, -3.17%/month로  $\alpha$ -토코페롤이  $\gamma$  또는  $\delta$ -토코페롤에 비해 안정함을 보여주었다. 이러한 경향은 토코페롤을 함유한 채종유를 40°C 어두운 곳에서 저장할 때  $\delta$ -토코페롤에 비해  $\alpha$ -토코페롤이 더 안정함을 보였던 연구(38)와 동일한 결과이다. 참기름 저장 중  $\gamma$ -토코페롤 함량의 빠른 감소는  $\gamma$ -토코페롤이  $\alpha$ -토코페롤에 비해 유지의 자동산화 방지기능이 높은 것(38, 39)과 관련이 있을 것으로 보인다.

**Table 4. Regression analysis between relative contents in lignan compounds and storage time at 25°C in the dark for 18 months**

Lignan compound	Regression parameters <sup>1)</sup>		
	a	b	r <sup>2</sup>
Sesamol	-1.98	105.2	0.459
Sesamin	-1.07	102.4	0.833
Sesamol	-0.98	102.8	0.703
Total lignan	-1.06	102.6	0.775

<sup>1)</sup>Relative lignan compound content (%) = a × storage time (month) + b, r: correlation coefficient.



**Fig. 3. Tocopherol contents in roasted sesame oil during storage at 25°C in the dark for 18 months.** ●: α-tocopherol, ○: γ-tocopherol, ■: δ-tocopherol, □: total tpcopherol.

저장 기간에 따른 제품유에서의 총토코페롤의 분해속도는 -3.04 %/month로 리그난 화합물의 분해 속도(-1.06%/month)보다 높았는데, 이는 65°C에서 35일간 저장한 볶은 참기름의 γ-토코페롤의 분해 속도가 세사민과 세사몰린의 분해 속도보다 빠르다고 보고한 Shahidi 등(9)의 결과와 유사하였다. 리그난 화합물에 비해 토코페롤의 분해 속도가 높은 것은 리그난 화합물보다 토코페롤이 참기름의 산화방지 기능을 우선적으로 수행하는 것을 암시한다(16).

Table 6은 제품유를 25°C 어두운 곳에서 18개월 동안 저장시킬 때 참기름의 유리지방산값과 과산화물값에 대한 리그난 화합물 및 토코페롤 함량 사이의 상호 작용을 보여준다. 제품유의 세사몰과 세사민 함량은 0.01% 수준에서 제품유의 유리지방산값과 과산화물값에 유의한 영향을 보였으며, 세사몰이 세사민에 비해 과산화물값에 대한 F-값이 높아 세사민보다는 세사몰이 제품유의 산화에 더욱 큰 영향을 주었음을 암시하였다. 그러나 세사몰린 함량은 저장 중인 제품유의 유리지방산값에만 유의한 영향을 나타내었으며( $p < 0.0001$ ), 리그난 화합물의 총함량은 0.01% 수준에서 제품유의 유리지방산값과 과산화물값에 유의한 영향을 보였다. 토코페롤의 이성체 중 α-토코페롤이 제품유의 유리지방산값과 과산화물값에 0.01% 수준에서 유의하게 가장 많은 영향을

**Table 5. Regression analysis between relative contents in tocopherol and storage time at 25°C in the dark for 18 months**

Tocopherol	Regression parameters <sup>1)</sup>		
	a	b	r <sup>2</sup>
α-	-2.12	99.5	0.996
γ	-3.03	99.2	0.987
δ-	-3.17	104.7	0.970
Total	-3.04	101.3	0.993

<sup>1)</sup>Relative tocopherol content (%) = a × storage time (month) + b, r: correlation coefficient.

**Table 6. Effects of lignan compounds and tocopherol on the oxidative stabilities of roasted sesame oil by using general linear models procedure**

Source	DF <sup>1)</sup>	F-values		
		FFAV <sup>2)</sup>	POV <sup>3)</sup>	
Lignan compounds (L)	Sesamol	1	597.38****	120.57****
	Sesamin	1	654.91****	29.36****
	Sesamolinn	1	25.69****	3.46
	Total	1	69.35****	79.98****
Tocopherols (T)	α-	1	1610.36****	158.01****
	γ-	1	55.91****	2.28
	δ-	1	9.60**	14.53*
Total	1	1207.48****	79.07****	
L*T	1	3.67	29.47****	

<sup>1)</sup>Degree of freedom

<sup>2)</sup>Free fatty acid value

<sup>3)</sup>Peroxide value

\*\*\*\* $p < 0.0001$ , \*\* $p < 0.01$ , \* $p < 0.05$

주었으며, 총토코페롤 함량은 0.01% 수준에서 유리지방산값과 과산화물값에 유의한 영향을 나타내었다. δ-토코페롤은 제품유의 저장 중 1%, 5% 수준에서 각각 유리지방산값과 과산화물값에 유의한 영향을 나타냈으며 γ-토코페롤은 유리지방산값에만 0.01% 수준에서 유의한 영향을 보였다. 한편, 리그난 화합물의 총함량과 총토코페롤 함량은 제품유의 과산화물값에 0.01% 수준에서 유의한 상호작용을 나타내었다. Shahidi 등(9)과 Dachtler 등(14)은 참기름의 우수한 산화 안정성이 세사몰과 토코페롤의 상호작용 때문인 것으로 보고하였다.

## 요 약

볶은 참기름의 제조공정 단계에 따른 산화방지제의 함량 및 산화특성 변화를 볶은 참깨를 압착한 압착유, 1차 여과유, 2차 및 3차 여과유를 사용하여 살펴보았다. 또한, 제품유인 3차 여과유를 25°C에서 어두운 곳에서 18개월 동안 저장하면서 산화안정성과 산화방지제 함량을 평가하였다. 제조공정에 따른 참기름의 점도는 1, 2, 3차 여과과정에 의해 감소하였고, 유리지방산값은 증가하였으나 과산화물값은 변화가 없었다. 참기름의 세사민, 세사몰린 및 토코페롤 함량은 3차 여과유에서 높았으나 3차 여과유의 세사몰 함량은 유의하게 낮았다. 제품유를 25°C 어두운 곳에서 저장하는 동안 유리지방산값과 과산화물값은 각각 저장 3개월, 9개월 이후 증가하였으나, 그 값은 매우 낮았다. 세사몰, 세사민, 세사몰린 및 토코페롤은 제품유를 25°C 어두운 곳에서 저장하는 18개월동안 분해되었으며 리그난 화합물이 토코페롤에 비해 안정하였다. 볶은 참기름에 존재하는 리그난 화합물과 토코페롤 중 세사몰과 α-토코페롤이 참기름의 저장 중 산화안정성에 가장 큰 영향을 주었다.

## 문 헌

- Ryu S, Kim K, Lee, E. Current status and prospects of quality evaluation in sesame. Korean J. Crop Sci. 47(S): 140-149 (2002)
- Kim I, Choe E. Effects of bleaching in the properties of roasted sesame oil. J. Food Sci. 70: C48-C52 (2005)
- Fukuda Y, Nagata M, Osawa T, Namiki M. Contribution of lignan analogues to antioxidative activity of refined unroasted ses-

- ame seed oil. J. Am. Oil Chem. Soc. 63: 1027-1031 (1986)
4. Han J, Moon S, Ahn S. Effects of oil refining processes on oxidative stability and antioxidative substances of sesame oil. Korean J. Food Sci. Technol. 29: 15-20 (1997)
  5. Yoshida H, Abe S, Hirakawa Y, Takagi S. Roasting influences on molecular species of triacylglycerols in sesame seeds (*Sesamum indicum*). J. Sci. Food Agric. 80: 1495-1502 (2000)
  6. Yoshida H, Abe S, Hirakawa Y, Takagi S. Roasting effects on fatty acid distributions of triacylglycerols and phospholipids in sesame (*Sesamum indicum*) seeds. J. Sci. Food Agr. 81: 620-626 (2001)
  7. Kim S, Kim I, Kim J, Lee G. Comparison of components of sesame oil extracted from sesame flour and whole sesame. Korean J. Food Preserv. 9: 67-73 (2002)
  8. Yoshida H, Takagi S. Effects of seed roasting temperature and time on the quality characteristics of sesame (*Sesamum indicum*) oil. J. Sci. Food Agr. 57: 19-26 (1997)
  9. Shahidi F, Amarowicz R, Abou-Gharbia H, Shehata A. Endogenous antioxidants and stability of sesame oil as affected by processing and storage. J. Am. Oil Chem. Soc. 74: 143-148 (1997)
  10. Yoo M, Kim H, Kim K, Kang M. Antioxidant effect of brown substances separated from defatted roasted sesame dregs. Food Sci. Biotechnol. 13: 274-278 (2004)
  11. Takeda T, Fukuda Y. Cooking properties of sesame seeds. (Part 1) Roasting conditions and component changes. J. Home Econ. Jpn. 48: 137-143 (1997)
  12. Budowski P, O'connor R, Field E. Sesame oil. VI. Determination of sesamin. J. Am. Oil Chem. Soc. 28: 51-55 (1951)
  13. Kim H. Studies on the antioxidative compounds of sesame oils with roasting temperature. Korean J. Food Sci. Technol. 32: 246-251 (2000)
  14. Dachtler M, Put F, Stijn F, Beindorff C, Fritsche J. On-line LC-NMR-MS characterization of sesame oil extracts and assessment of their antioxidant activity. Eur. J. Lipid Sci. Technol. 105: 488-496 (2003)
  15. Kochhar SP. Stabilisation of frying oils with natural antioxidative components. Eur. J. Lipid Sci. Tech. 102: 552-559 (2000)
  16. Lee J, Choe E. Extraction of lignan compounds from roasted sesame oil and their effects on the autoxidation of methyl linoleate. J. Food Sci. 71: C430-C436 (2006)
  17. Choe E, Moon S. Effects of filtration or centrifugation on the oxidative stabilities of sesame oil. Agric. Chem. Biotechnol. 37: 168-174 (1994)
  18. Yen GC, Shyu SL. Oxidative stability of sesame oil prepared from sesame seed with different roasting temperature. Food Chem. 31: 215-224 (1989)
  19. Kikugawa K, Arai M, Kurechi T. Participation of sesamol in stability of sesame oil. J. Am. Oil Chem. Soc. 60: 1528-1533 (1983)
  20. AOCS. Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists' Society. Cd 3a-63, Cd 8-53. 4<sup>th</sup> ed. AOCS Press, Champaign, IL, USA (1990)
  21. Chung J, Lee Y, Choe E. Effects of sesame oil addition to soybean oil during frying on the lipid oxidative stability and antioxidants contents of the fried products during storage in the dark. J. Food Sci. 71: C222-C226 (2006)
  22. Lee J, Choe E. Lipid oxidation and tocopherol contents change in full-fat soy flour during storage. Food Sci. Biotechnol. 12: 504-507 (2003)
  23. SAS Institute, Inc. SAS/STAT User's Guide. Version 8. 20th ed., Statistical Analysis Systems Institute, Cary, NC, USA (2001)
  24. Joshi R, Kumar MS, Satyamoorthy, Unnikrisnan MK, Mukherjee T. Free radical reactions and antioxidant activities of sesamol: Pulse radiolytic and biochemical studies. J. Agr. Food Chem. 53: 2696-2703 (2005)
  25. Yasumoto S, Katsuta M. Breeding a high-lignan-content sesame cultivar in the prospect of promoting metabolic functionality. Jpn. Agr. Res. Quart. 40: 123-129 (2006)
  26. Mohamed H, Awatif I. The use of sesame oil unsaponifiable matter as a natural antioxidant. Food Chem. 62: 269-276 (1998)
  27. Gama P, Casal S, Oliveira B, Ferreira M. Development of an HPLC/diode-array/fluorimetric detector method for monitoring tocopherols and tocotrienols in edible oils. J. Liq. Chrom. & Rel. Technol. 23: 3011-3022 (2000)
  28. Kang M, Choi J, Ha T. Chemical properties of sesame seed cultivated in Korea and China. Food Sci. Biotechnol. 12: 621-624 (2003)
  29. Ryu S, Lee J, Kang C. Thin-layer chromatographic separations of unsaponifiable components in seed oil of wild and cultivated sesame. Korean J. Breed. 27: 221-225 (1995)
  30. Yoshida H, Takagi S. Antioxidative effects of sesamol and tocopherols at various concentrations in oils during microwave heating. J. Sci. Food Agr. 79: 220-226 (1999)
  31. Chung J, Choe E. Effects of sesame oil on thermooxidative stability of soybean oil. Food Sci. Biotechnol. 10: 446-450 (2001)
  32. Kinsella JE, Shimp JL, Mai J. The proximate and lipid composition of several species of fresh water fishes. Food Life Sci. Bull. 69: 1-20 (1978)
  33. Miyashita K, Takagi T. Study on the oxidative rate and prooxidant activity of free fatty acids. J. Am. Oil Chem. Soc. 63: 1380-1384 (1986)
  34. Mistry BS, Min DB. Effects of fatty acids on the oxidative stability of soybean oil. J. Food Sci. 52: 831-832 (1987)
  35. Choe E. Effects of heating time and storage temperature on the oxidative stability of heated palm oil. Korean J. Food Sci. Technol. 29: 407-411 (1997)
  36. Hwang K, Hawer W, Nam Y, Min B. Quality evaluation of sesame oil by high performance liquid chromatography. Korean J. Food Sci. Technol. 16: 348-352 (1984)
  37. Niki E, Nohuchi N. Evaluation of antioxidant capacity. What capacity is being measured by which method? Life 50: 323-329 (2000)
  38. Kamal-Eldin. Effect of fatty acids and tocopherols on the oxidative stability of vegetable oils. Eur. J. Lipid Sci. Tech. 108: 1051-1061 (2006)
  39. Jung MY, Min DB. Effects of  $\alpha$ -,  $\gamma$ -, and  $\delta$ -tocopherols on oxidative stability of soybean oil. J. Food Sci. 55: 1464-1465 (1990)