Food Engineering Progress
Vol. 15, No. 4. pp. 420~425 (2011.11)

산업식품공학
Food Engineering Progress

Research Note

가열 산화 시 참기름 시료의 세사몰과 세사몰린 함량변화에 미치는 영향 요인

이승욱[1] · 김태수[1] · 김미자 · 이재환*
[1]서울과학기술대학교 식품공학과, 성균관대학교 식품생명공학전공

Study on the Factors Influencing the Changes of Sesamol and Sesamolin in Sesame Oils during Thermal Oxidation

Seung Wook Lee[1], Tae Soo Kim[1], Mi-Ja Kim, and Jae Hwan Lee*
[1]Department of Food Science and Technology, Seoul National University of Science and Technology
Department of Food Science and Biotechnology, Sungkyunkwan University

Abstract

Addition effects of free fatty acids (FFA), glycerol, monoacylglycerol (MAG), sesamol, and aqueous extracts of sesame seed meal (ASM) on the changes of sesamol and sesamolin were determined in thermally oxidized sesame oil (SO) at 180°C for 90 min. Sesamol and sesamolin in SO were analyzed by high performance liquid chromatography (HPLC). As the concentration of FFA and MAG in SO increased up to 10% (w/w), the concentration of sesamol increased significantly by 0.94 and 0.70 mM, respectively ($p < 0.05$) whereas sesamol in control samples increased by 0.09 mM for 90 min oxidation. Sesamolin in 10% MAG and FFA added SO significantly decreased by 15 and 18%, respectively ($p < 0.05$) compared to control samples. Sesamolin in SO with addition of 1.5 and 2.5 mM sesamol were not significantly different ($p > 0.05$). Addition effects of ASM on the changes of sesamol and sesamolin in SO were not constant during thermal treatment. Conversion of sesamol from sesamolin in SO during thermal treatment seemed to be influenced by the presence of FFA and MAG.

Key words: sesamol, sesamolin, sesame oil, free fatty acids, glycerol, monoacylglycerols

서 론

참깨(*Sesamun indicum* L)는 지질과 단백질을 각각 약 42-54%, 19-25% 함유하고 있는 주요 식용 유지 자원으로 한국을 포함한 아시아 및 아프리카 등에서 재배되어 왔다 (Namiki, 1990; Shahidi & Naczk, 2004). 참깨를 배전하고 정제과정이 없이 착유된 참기름은 독특한 풍미성분을 갖고 있으며 다양한 phytochemicals을 포함하고 있다. 참깨 및 참기름에 존재하는 주요 생리활성물질로는 세사민(sesamin)과 세사몰린(sesamolin) 등의 리그난(lignan)과 tocopherol과 세사몰(sesamol) 등이 보고되고 있다. 세사몰 및 세사몰린의 화학 구조는 Fig. 1-A에 나타내었다. 참깨에는 세사민과 세사몰린이 각각 200-500 mg/100 g과 200-300 mg/100 g이 함유된 것으로 보고되었다(Shahidi & Naczk, 2004; Kamal-Eldin & Appelqvist, 1994). 세사몰린은 고온 가열 시 세사몰과 세사몰 dimer로 변환되고 화학적 정제 및 탈색공정에 의해 세사미놀과 세사몰이 생성된다(Shahidi & Naczk, 2004; Fukuda et al., 1986). 세사몰 및 리그난 성분은 항산화, 항암작용 및 간 기능 개선, 생체 내 지질 산화 방지작용, 고도불포화지방산 대사의 조절, 콜레스테롤의 저하작용 등의 효과가 있는 것으로 알려져 있다(Fukuda et al., 1986; Shyu & Hwang, 2002). 또한, 세사몰의 항돌연변이 효과와 항산화 효과가 보고 되었으며(Kaur & Saini, 2000), 세사몰의 항산화 효과는 공존하는 tocopherol과 함께 상승작용을 일으킨다는 보고도 있다(Yoshida & Takagi, 1999). Lee & Choe(2006)는 세사몰이 세사몰린이나 세사민에 비해 리놀레산의 산화 억제에 더욱 효과적임을 보고하였으며, Yoshida & Takagi(1999)는 세사몰이 유지의 과산화라디칼에 수소를 제공하여 자유라디칼 연쇄반응을 줄임으로써 유지의 자동산화를 억제 한다고 보고하였다. 본 연구진에 의하면, 참깨의 볶음 처리 온도가 높아질수록 세사몰 함량과 산화안정성이 증가하였다(Lee et al., 2010).

*Corresponding author: JaeHwan Lee, Department of Food Science and Biotechnology, Sungkyunkwan University, Suwon, 440-746, Korea
Tel: +82-31-290-7809; Fax: +82-31-290-7882
E-mail: s3hun@skku.edu
Received April 19, 2011; revised August 2, 2011; accepted August 8, 2011

특히 247ºC에서 21 분간 볶은 참깨로 제조된 참기름은 213ºC에서 21 분간 처리된 참깨에서 유래한 참기름보다 열산화 과정 중 세사몰의 증가 및 세사몰린의 감소가 뚜렷하였다. 이는 고온에서 처리된 참기름에서 가열산화 중 세사몰의 생성 및 세사몰린의 분해에 영향을 미치는 요인의 증가 혹은 방해요인의 감소가 발생했음을 시사하는 것이다.

고온에서 볶은 참깨 유래 참기름은 상대적으로 짙은 갈색을 보유하며 가수분해가 발생하면서 다양한 휘발성분이 발생 및 증가하게 된다(Park et al., 2011). 산화과정 중 중성지질인 triacylglycerol 분해에 의한 유리지방산(free fatty acids, FFA)의 생성, diacylglycerol(DAG), monoacylglycerol (MAG) 및 글리세롤(glycerol)이 증가한다. 고온에서 착유된 참기름에서는 세사몰 함량이 저온에서 볶은 참깨 유래 참기름에 비해 증가하며(Lee et al., 2010), 갈변물질인 Maillard browning reaction 산물 역시 증가한다. 참기름에서 갈변물질 생성은 비효소적 갈변화와 함께 인지질의 분해에 의해 기인함이 보고되었다(Kahyaoglu & Kay 2006; Hussain et al., 1986)

본 연구의 목적은 볶은 참기름의 가열산화 시, 세사몰과 세사몰린 변화에 영향을 미치는 요인을 확인하는 것이다. 참기름에 FFA, 글리세롤, MAG, 세사몰, 수용성 참깨 박 추출물(ASM)을 각각 첨가한 후 가열 산화시켜 세사몰과 세사몰린의 함량 변화를 high performance liquid chromatography (HPLC)로 분석하여 세사몰린으로부터 세사몰의 전환 유도 요인을 확인하고자 하였다.

재료 및 방법

재료

참깨는 농협 하나로마트(창동)에서 2008 년도에 구입하여 사용하였고, 세사몰, 글리세롤, 유리지방산 혼합물(57.6% 리놀레산(18:2), 30.7% 올레산(18:1), 5.8% 아라키딕산 (20:0), 3.1% 팔미트산(16:0), 1.2% 스테아르산(18:0)), MAG로는 1-oleoyl-*rac*-glycerol(99%)을 Sigma-Aldrich(St. Louis, MO, USA)에서 구입하였다. *n*-Hexane은 대정 화학 (Daejung Chemical & Metal Co., Chunbuk, Korea), HPLC 용 acetonitrile은 J.T Baker사(Phillipsburg, NJ, USA)의 제품을 사용하였다.

참기름 제조

Coffee roaster(Genesis Co. Ltd., Gyeonggi-do, Korea)에 250 g의 참깨를 213ºC에서 21 분간 볶아 착유기(동아 오스카, DO-9990, Korea)를 이용하여 착유하였다. 착유된 기름은 10,000 rpm, 20ºC에서, 20 분간 원심분리하여(Hanil, Incheon, Korea) 상등액 만을 취하여 사용하였다.

수용성 참깨 박 추출물(ASM) 추출

수용성 갈변물질에 의한 세사몰린으로부터 세사몰생성에

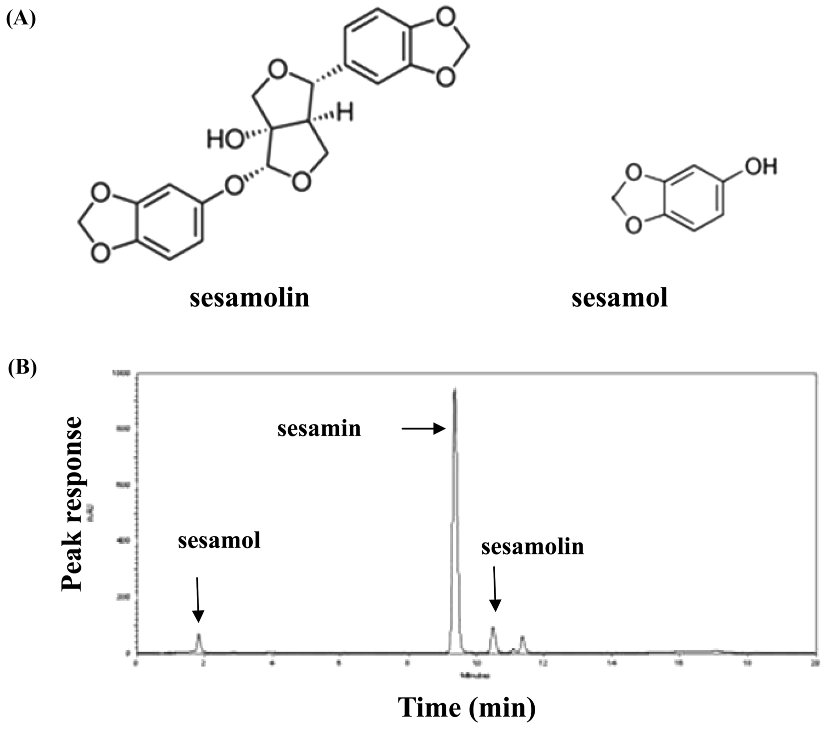

Fig. 1. Chemical structures (A) and HPLC chromatogram (B) of sesamol and sesamolin.

대한 영향을 확인하기 위해 수용성 참깨 박 추출물(ASM: aqueous extract of sesame seed meal)을 제조하였다. 참깨를 247ºC, 21 분 간 볶은 후, 기름을 채취하고 남은 참깨 박에 5 배 부피의 증류수를 넣어 24 시간 동안 교반 후 Whatman filter paper No. 2를 사용하여 여과하고, 동결 건조(Ilshinlab, Gyeonggi-do, Korea)하였다.

참기름 열산화

산화안정성에 영향을 미치는 요인을 확인하기 위해, 10 mL vial에 213ºC에서 21 분간 볶음 참깨를 이용하여 추출된 참기름 0.99, 0.95, 0.90 g과 FFA, 글리세롤, MAG, 수용성 참깨 박 추출물(ASM)을 각각 0.01, 0.05, 0.10 g 첨가하였다. 세사몰 농도에 따른 변화를 확인하기 위해 *n*-hexane에 녹인 1 mM 세사몰을 활용하여 참기름에 세사몰 최종농도 1.5, 2.5, 3.5 mM이 되도록 첨가하였다. 준비된 시료는 180ºC convection oven(Win Science, Seoul, Korea)에서 0, 30, 60, 90 분간 가열 산화시켰다. 각 처리군의 시료는 3개씩 준비하였다.

세사몰 및 세사몰린 함량 분석

가열 산화된 참기름시료의 세사몰과 세사몰린 함량 측정은 HPLC를 활용하였다(Lee et al., 2010). 가열 산화 시킨 참기름시료 0.1 g을 취하여 1 mL *n*-hexane 을 첨가 후 24 시간 동안 암실에 방치하였다. 시료를 0.2 ìm syringe filter(National Science)로 여과한 후 HPLC UV-Detector(L-2400, Hitachi, Tokyo, Japan)로 분석하였다. 고정상은 4 µm Waters Novapak C18 reverse-phase HPLC column(150 mm×3.9 mm I.D.)과 Novapak C18 stationary phase guard column 그리고 Vydac(Hesperia, CA, USA)사의 0.5 µm pre-column filter를 사용하였고 이동상은 gradient 조건으로 A용매(증류수)와 B 용매(acetonitrile)을 70 : 30(A : B)으로 시작하여 0-10 분, 40 : 60, 10-15 분, 10 : 90, 15-16 분, 70 : 30, 16-25 분, 70 : 30 비율로 사용하였고, column oven 온도는 25ºC, wavelength는 290 nm, injection volume은 10 µL, flow rate는 1 mL/min이었다.

세사몰 농도는 $y=1.388\times10^{-10}x$, (x는 HPLC peak area, y는 세사몰농도, M) 식을 활용하여 정량하였다(Lee et al., 2010). 세사몰린은 HPLC peak area로 표현하였다.

통계처리

측정된 결과는 SPSS program(SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하여 ANOVA 분산분석 후 유의차가 있는 경우, 다중비교법인 Duncan’s multiple range test를 이용하여 $p < 0.05$ 수준에서 비교하였다.

결과 및 고찰

참기름 가열산화 중 세사몰 및 세사몰린 함량 변화

세사몰, 세사민과 세사몰린은 HPLC 활용하는 경우 retention time이 각각 2.2, 11.5, 12.6 분으로, 서로 명확히 분리되었다(Fig. 1-B). 참기름에 FFA, 글리세롤, MAG, 세

Table 1. Addition effects of FFA, glycerol, sesamol, MAG, and ASM on the changes of sesamol and sesamolin in sesame seed oil during thermal oxidation at 180ºC.

Sesamol (unit: mM)	Thermal oxidation time (min)			
	0		60	90
Control	0.11±0.00[1)]b[2)]	0.07±0.00a	0.20±0.00c	0.20±0.00c
FFA[3)] 1%	0.21±0.00a	0.52±0.00b	0.48±0.00c	0.41±0.00c
FFA 5%	0.20±0.00a	0.69±0.00b	0.93±0.00d	0.78±0.00c
FFA 10%	0.21±0.00a	0.77±0.00b	1.22±0.01d	1.15±0.01c
Glycerol 1%	0.21±0.00a	0.43±0.00c	0.61±0.00d	0.31±0.00b
Glycerol 5%	0.20±0.00a	0.38±0.00c	0.48±0.00d	0.28±0.00b
Glycerol 10%	0.21±0.00a	0.43±0.00c	0.37±0.00b	0.53±0.01d
MAG 1%	0.12±0.00a	0.18±0.00b	0.31±0.00c	0.55±0.00d
MAG 5%	0.13±0.00a	0.21±0.00b	0.33±0.00c	0.66±0.00d
MAG 10%	0.15±0.01a	0.21±0.00b	0.49±0.00c	0.84±0.00d
Sesamol 1.5 mM	1.49±0.00d	1.27±0.01c	0.90±0.01b	0.53±0.00a
Sesamol 2.5 mM	2.51±0.00d	2.08±0.01c	1.47±0.01b	1.02±0.01a
Sesamol 3.5 mM	3.41±0.01d	2.61±0.01c	1.99±0.02a	2.22±0.02b
ASM 1%	0.15±0.00c	0.11±0.00b	0.06±0.00a	0.08±0.00ab
ASM 5%	0.15±0.00a	0.31±0.00d	0.21±0.00c	0.17±0.00b
ASM 10%	0.14±0.00a	0.47±0.00d	0.32±0.00c	0.28±0.00b

Table 1. continued.

Sesamolin (unit: peak area, 10^7 mAU)	Thermal oxidation time (min)			
	0	30	60	90
Control	1.72±0.10b	1.73±0.05b	1.70±0.03ab	1.63±0.11a
FFA 1%	1.71±0.11b	1.69±0.02ab	1.63±1.03ab	1.58±0.06a
FFA 5%	1.66±0.12b	1.62±0.02b	1.47±0.41ab	1.35±0.10a
FFA 10%	1.56±0.15b	1.49±0.35b	1.24±0.10ab	1.12±0.03a
Glycerol 1%	1.72±0.16b	1.71±0.23b	1.66±0.01a	1.60±0.01a
Glycerol 5%	1.65±0.01b	1.65±0.01b	1.56±0.02a	1.52±0.01a
Glycerol 10%	1.56±0.02c	1.56±0.01c	1.46±0.01b	1.37±0.03a
MAG 1%	2.13±0.01b	2.12±0.04b	1.99±0.10ab	1.89±0.22a
MAG 5%	2.05±0.04c	2.06±0.07c	1.90±0.03b	1.73±0.06a
MAG 10%	1.94±0.38c	1.93±0.15c	1.73±0.03b	1.54±0.11a
Sesamol 1.5 mM	1.68±0.03a	1.69±0.06a	1.68±0.03a	1.70±0.02a
Sesamol 2.5 mM	1.66±0.06a	1.70±0.05a	1.67±0.04a	1.64±0.02a
Sesamol 3.5 mM	1.63±0.04a	1.65±0.02a	1.63±0.03a	1.80±0.11b
ASM 1%	1.72±0.00a	1.76±0.01a	1.73±0.01a	1.83±0.00b
ASM 5%	1.67±0.00a	1.67±0.08a	1.64±0.07a	1.69±0.06a
ASM 10%	1.61±0.01a	1.62±0.08a	1.60±0.12a	1.58±0.01a

1) Mean±standard deviation (n=3)
2) Different letters are significant at 0.05 in the same row.
3) FFA; free fatty acids, MAG; monoacylglycerol, ASM; aqueous extract of sesame seed meal

사몰, 수용성 참깨 박 추출물(ASM)을 첨가한 후 가열 처리된 시료의 세사몰 및 세사몰린 함량 변화는 Table 1과 같다. 대조구(control)의 세사몰 농도는 초기 0.11 mM에서 90 분 가열 시 0.20 mM로 유의적으로 증가하였다($p < 0.05$). FFA, 글리세롤, MAG, ASM이 1% 첨가된 시료의 경우, 90 분 산화가열 시 각각 0.41, 0.31, 0.55, 0.08 mM로 변화되었다. 반면에 세사몰 첨가시료의 경우 1.49 mM에서 0.53 mM로 감소하였다. FFA, 글리세롤, MAG 첨가는 세사몰 함량을 유의적으로 증가시키는 반면 세사몰과 ASM은 세사몰을 증가시키지 않았다. 이와 같은 현상은 첨가량이 5, 10%로 증가 시 더욱 뚜렷하였다. 첨가물이 10%로 증가된 경우 FFA, 글리세롤, MAG, ASM이 첨가된 시료의 세사몰 함량은 90분 가열 시 1.15, 0.53, 0.84, 0.28 mM 이었다. 즉 FFA와 MAG가 10% 첨가된 시료의 90 분 열산화 후, 세사몰은 각각 0.94, 0.70 mM씩 증가하여 대조구의 0.09 mM 증가값과 비교 시 유의적으로 높았다($p < 0.05$). 반면에 세사몰 첨가 시료는 3.42 mM에서 2.22 mM로 감소하였다. 따라서 세사몰 생성의 주요 요인은 FFA, MAG와 밀접한 관계가 있으며 이들의 첨가량이 증가할수록 비례적으로 세사몰의 함량은 증가하였다(Table 1).

세사몰린의 경우, 대조구는 90 분 열산화에 의해 1.72 에서 1.63($\times 10^7$ mAU)으로 감소한 반면에 FFA, 글리세롤, MAG, 수용성 참깨 박 추출물(ASM)가 1% 첨가된 시료에서는 1.58, 1.60, 1.89, 1.83($\times 10^7$ mAU)로 변화하였다. 5% 첨가 시료에서는 각각 1.35, 1.52, 1.73, 1.69($\times 10^7$ mAU)로, FFA 첨가에 의한 세사몰린의 안정성 감소가 다른 요인보다 크게 작용하였다. 세사몰의 증가에 영향을 미쳤던 MAG도 세사몰린의 안정성을 감소시켰다. 1.5와 2.5 mM 세사몰 첨가 시료의 경우 세사몰린은 90분간 열산화 시 유의적인 감소를 보이지 않았다($p > 0.05$).

세사몰린에서 세사몰로 전환에는 수분함량, 열에너지, 및 proton 이온(H^+)이 영향을 미치는 것으로 보고되었다 (Shahidi & Naczk, 2004; Fukuda et al., 1986). 본 연구결과, 유리지방산의 함량(FFA)이 다른 요인에 비해 세사몰 증가 및 세사몰린 감소와 직접적인 연관성을 지닌 것으로 관찰되었다.

세사몰의 활성화에너지는 12.97 kcal/mol(54.27 kJ/mol)로 보고되었다(Yeo et al. 2011). 이는 각각 2.51, 6.05, 5.34 kcal/mol 활성화에너지를 갖는 α-, γ-, δ-토코페롤 보다 높은 수치로 세사몰이 토코페롤보다 열산화에서 보다 안정하며 더 효율적인 항산화제로서의 역할을 수행 할 수 있음을 의미한다(Chung, 2007). Wu(2007)는 180°C 20 분 열처리된 참기름에서 세사몰은 증가하고 세사몰린은 감소함을, 200°C 에서 20 분 가열 참기름 시료에서는 세사몰린이 감소하였지만 세사몰은 증가하지 않았음을 보고하였다. 200°C 고온에서 세사몰의 열안정성이 상대적으로 낮아 항산화작용 이전에 빨리 분해되나 상대적으로 낮은 180°C 온도에서는 열안정성이 높아 상대적으로 높은 항산화활성

Table 2. Regression slopes and intercept of sesamol concentration and peak areas of sesamolin in sesame oil with addition of FFA, glycerol, MAG, sesamol, and ASM.

	Sesamol				Sesamolin			
FFA	Control	1%	5%	10%	Control	1%	5%	10%
Slope	1.13	0.87	3.27	5.29	-0.05	-0.07	-0.24	-0.37
Intercept	75.95	187.4	-73.54	-49.04	100.87	-5.16	-217.77	-54.15
Comparison	1.00[1)]	0.77	2.89	4.68	1.00	1.34	4.39	6.73
Glycerol								
Slope		0.75	0.42	1.43		-0.1	-0.09	-0.13
Intercept		136.2	34.1	135.47		73.6	7.15	-32.99
Comparison		0.66	0.37	1.26		1.82	1.71	2.30
MAG								
Slope		3.88	4.45	6.05		-0.05	-0.07	-0.24
Intercept		-39.43	-18.11	-23.57		100.87	-5.16	-217.77
Comparison		3.43	3.94	5.35		1.00	1.34	4.39
Sesamol								
Slope		-0.73	-0.68	-0.41		0.02	0.01	0.08
Intercept		122.62	6.01	31.74		110.02	-42.72	-33.88
Comparison		-0.65	-0.60	-0.36		-0.31	-0.24	-1.44
ASM								
Slope		0.27	2.07	4.18		0.06	0.01	-0.02
Intercept		142.71	302.02	446.88		99.77	99.66	100.41
Comparison		0.24	1.83	3.70		-1.10	-0.18	0.37

1) Comparison was calculated as: slope of sample at each treatment/slope of control

을 보였다고 사료된다.

참기름 가열산화 중 세사몰 및 세사몰린 변화 regression 분석

참기름 가열 중 대조구와 비교하여 FFA, 글리세롤, MAG, 세사몰, 수용성 참깨 박 추출물(ASM)의 1, 5, 10% 첨가에 의한 세사몰과 세사몰린 변화 경향은 regression slopes 로 Table 2에 나타내었다. 대조구의 경우 90 분 동안 세사몰과 세사몰린의 기울기는 각각 1.13, -0.05이었다. FFA의 경우 첨가량이 1, 5, 10%로 증가 시 세사몰 함량 변화 regression slope는 각각 0.87, 3.27, 5.29이었다. 이는 FFA 첨가량이 증가 할수록 세사몰의 생성이 비례적으로 증가함을 의미한다. 세사몰린 분해 역시 FFA 첨가량이 증가할수록 -0.07, -0.24, -0.37로 대조구의 -0.05보다 1.34, 4.39, 6.73 배 높았다(Table 2).

글리세롤은 대조구와 비교 시 세사몰 생성 에 유의적인 차이가 없었으나 세사몰린은 유의적으로 분해를 촉진하였다(Table 1, 2).

MAG의 경우 1, 5, 10% 첨가량 증가 할 경우 세사몰 함량의 regression slope는 각각 3.88, 4.45, 6.05이었으며 세사몰린의 경우에는 -0.05, -0.07, -0.24이었다. 이는 MAG 도 FFA와 같이 세사몰린의 분해와 세사몰 생성에 유관함을 의미한다.

세사몰 첨가에 의한 세사몰의 기울기는 대조구와 유의적인 차이를 보이지 않았으며, 세사몰린의 기울기는 -0.02--0.08 배로 세사몰 첨가량이 증가할수록 세사몰린의 분해는 대조구에 비해 낮았다. 이는 세사몰린의 분해 결과물인 세사몰이 많을수록 산화가 덜 진행되어 유리지방산과 같은 산화생성물이 덜 발생하여 세사몰린의 분해가 억제된 것으로 여겨진다.

ASM의 경우 5, 10% 첨가 시, 세사몰 생성에는 유의적으로 높았으나 세사몰린 분해에는 유의적으로 높지 않았다. Shin & Ahn(2000)은 caramel 갈색화 반응 생성물의 항산화성에 관한 연구에서 갈색화 반응에 사용된 물질에 따라 항산화능 보유 갈색화 반응 생성물 발생에 대해 보고하였다. 본 연구에서는 수용성 참깨 박 추출물의 세사몰 생성 및 세사몰린 분해에 대한 역할이 뚜렷하게 관찰되지는 않았다.

본 연구결과, 고온에서 제조된 참기름에서, 세사몰린으로부터 세사몰 생성에는 유리지방산 및 MAG을 포함한 여러 요인이 관여함이 밝혀졌으나 보다 명확한 요인 분석을 위한 추가 연구가 필요하다.

요 약

유리지방산(FFA), 글리세롤, MAG, 세사몰, 수용성 참깨

박 추출물(ASM) 첨가에 의한 213°C에서 21분 볶아 제조된 참기름의 180°C 열산화 시 세사몰과 세사몰린 함량 변화를 분석하였다. 90분간의 열산화에 의해 FFA와 MAG가 10% 첨가된 시료는 각각 0.94, 0.70 mM의 세사몰이 유의적으로 추가 생성되었으나 대조구는 0.09 mM만 증가하였다($p < 0.05$). 세사몰린의 경우 FFA와 MAG 10% 첨가 시료는 대조구에 비해 15 및 18% 유의적으로 감소하였다($p < 0.05$). 1.5와 2.5 mM 첨가 세사몰은 세사몰린의 유의적인 변화를 유발하지 않았다($p > 0.05$). ASM 첨가 시료에서 세사몰과 세사몰린의 일관적인 변화는 확인되지 않았다. 고온에서 볶은 참깨로부터 착유된 참기름의 가열 산화 시 세사몰 생성 및 세사몰린 분해에는 FFA 및 MAG 같은 유지산화생성물의 함량에 주로 영향을 받는 것으로 사료된다.

참고문헌

Chung HY. 2007. Oxidative degradation kinetics of tocopherols during heating. J. Food Sci Nutr. 12: 115-118.

Fukuda Y, Nagata M, Osawa T, Namiki M. 1986. Chemical aspects of the antioxidative activity of roasted sesame seed oil, and the effect of using the oil for frying. Agric. Biol. Chem. 50: 857-862.

Hussain SR, Terao J, Mathuushita S. 1986. Effect of browning products of phospholipids on autoxidation of methyly lioenete. J. Am. Oil Chem. Soc. 63: 1457-1560.

Kahyaoglu T, Kaya S. 2006. Modeling of moisture, color and texture changes in sesame seeds during the conventional roasting. J. Food Eng. 75: 167-177.

Kamal-Eldin A, Appelqvist LA. 1994. Variation in fatty acid composition of the different acyl lipids in seed oils from four sesamum species. J. Am. Oil Chem. Soc. 71: 135-139.

Kaur IP, Saini A. 2000. Sesamol exhibits antimutagenic activity against oxygen species mediated mutagenicity. Mutat. Res. 470: 71-76.

Lee JY, Choe EO. 2006. Extraction of lignan compounds from roasted sesame oil and their effects on the autoxidation of methyl linoleate. J. Food Sci. 71: 430-436.

Lee SW, Jeung MK, Park MH, Lee SY, Lee JH. 2010. Effects of roasting conditions of sesame seeds on the oxidative stability of pressed oil during thermal oxidation. Food Chem. 118: 681-685.

Namiki M. Antioxidants/antimutagens in food. 1990. Crit. Rev. Food Sci. Nutr. 29: 273-300.

Park MH, Jeong MK, Yeo JD, Son HJ, Lim CL, Hong EJ, Noh BS, Lee JH. 2011. Application of solid phase-microextraction (SPME) and electronic nose techniques to differentiate volatiles of sesame oils prepared with diverse roasting conditions. J. Food Sci. 76: C80-C88.

Shahidi F, Naczk M. 2004. Phenolics in Food and Nutraceuticals. CRC press, Boca Raton, FL, USA, pp. 108-109.

Shin MJ, Ahn MS. 2000. A study on the antioxidant activity of products of caramel-type-browning reaction. Korean J. Soc. Food Sci. 16: 629-639.

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.

Yeo JD, Park JW, Lee JH. 2011. Evaluation of antioxidant capacity of sesamol and free radical scavengers at different heating temperature. Eur. J. Lipid Sci. Technol. 113: 910-915.

Yoshida H, Takagi S. 1999. Antioxidative effects of sesamol and tocopherols at various concentrations in oils during microwave heating. J. Sci. Food Agric. 79: 220-226.

Wu WH. 2007. The contents of lignans in commercial sesame oils of Taiwan and their changes during heating. Food Chem. 104: 341-344.