

## $\alpha$ -Linolenic Acid가 농축된 들깨지방산 에스테르에 대한 참깨 Lignan 물질의 항산화효과

정보영<sup>†</sup> · 류수노\* · 허한순\*

경상대학교 식품과학과 및 해양산업연구소  
\*농촌진흥청 작물시험장

### Antioxidant Effect of Sesame Lignans on $\alpha$ -Linolenic Acid-Concentrated Perilla Fatty Acid Esters

Bo-Young Jeong<sup>†</sup>, Su-Noh Ryu\* and Han-Sun Hur\*

Dept. of Food Science, Institute of Marine Industry, Gyeongsang National University,  
Tongyeong 650-160, Korea

\*Corp Experiment Station, Rural Development Administration, Suwon 441-100, Korea

#### Abstract

Antioxidant effect of several antioxidative components on the high purity  $\alpha$ -linolenic acid(HALA; ALA, 78.1%) ethyl ester concentrated from perilla oil were investigated by measuring weight-gains and peroxide value(POV) during storage at 50°C, 23°C and 4°C. Amounts of antioxidant components were 0.2g/kg HALA ethyl ester for sesamin, sesangolin and butylated hydroxytoluene(BHT), and 0.1 g/kg for sesamol and 100g/kg for ether extracts from perilla seed. The oxidative stability of HALA ethyl ester was particularly increased by adding sesamol, ether extracts and BHT, but sesamin and sesangolin scarcely showed an antioxidant effect. POV on the HALA ethyl ester added sesamol and ether extract was less than 15.0meq/kg by 9 weeks of storage at 23°C. However, in the case of low temperature storage at 4°C, all the samples estimated showed less than 7.0meq/kg in POV by 5 months. Consequently, sesamol and ether extracts were recognized as available antioxidant components on the HALA ethyl ester from perilla oil.

**Key words:** antioxidant effect, sesamol, sesamin, sesangolin, ether extracts, BHT,  $\alpha$ -linolenic acid, perilla seed oil

#### 서 론

Alpha-linolenic acid(ALA, 18:3n-3), eicosapentaenoic acid(EPA, 20:5n-3), docosahexaenoic acid(DHA, 22:6n-3) 등의 n-3계 고도불포화지방산은 동맥경화증, 고혈압 등 소위 성인병의 예방에 효과적인 생리작용을 갖고 있다(1-12). 어류에 특징적으로 많이 들어 있는 EPA나 DHA와 같은 지방산들은 원료유로부터 농축 또는 순수분리하여 의약품이나 건강보조식품으로 널리 이용되고 있다. 그러나 이들 고도불포화지방산들은 산화에 대단히 민감하기 때문에 저장안정성을 향상시키기 위해서는 항산화제의 사용이 필요하다. 대부분의 항산화제는 수소공여능이 강한 phenol성 물질이

많으며, 대표적인 것으로서는 t-butylhydroquinone(T-BHQ), butylated hydroxytoluene(BHT), butylated hydroxyanisole(BHA) 등의 합성품과 tocopherol(Toc) 등의 천연물이 보고되고 있으나, 천연물을 선호하는 소비자의 취향에 따라 천연항산화제의 검색에 관한 연구들이 최근 크게 진전되고 있다(13). 한편, 천연항산화제로서 sesamol과 같은 참깨 lignan 물질의 항산화효과에 대하여는 이전부터 알려져 왔으나(14,15), 실제 유지에 적용된 연구결과는 소수에 불과하다(16-18).

본 연구에서는 천연항산화제의 효과에 관한 연구의 일환으로서, 우리나라인이 전통적으로 애호하고 있는 참깨유로부터 수종의 lignan 물질을 분리하고, 이들의 항산화효과를 들깨유로부터 ALA를 농축한 지방산 ethyl

<sup>†</sup>To whom all correspondence should be addressed

ester 혼합물을 기질로 하여 검토하였다. 또한 항산화 효과가 있는 것으로 알려진 들깨 ether extract(17)와 합성항산화제인 BHT의 항산화효과도 병행하여 참깨 lignan 물질의 경우와 비교 검토하였다.

## 재료 및 방법

### 재료

참깨 lignan 물질인 sesamin 및 sesangolin의 추출을 위하여 야생종 참깨, *Sesamun angolens*가 이용되었고, sesamol(98%, Sigma Chem. Co., St. Louis, Mo, USA) 및 BHT(99%, Fluka Chemie AG, Switzerland)는 합성품을 사용하였으며, ALA 농축용 들깨는 안동산을 구입하여 사용하였다.

### 참깨 lignan 물질의 추출

참깨 lignan 물질의 추출은 Fukuda 등의 방법(16)과 Kamal-Eldin 등의 방법(19)에 준하여 실시한 류 등의 방법(20)에 따라 수행되었다. 즉 일정량의 참깨유에 methanol을 가하고 진탕한 후 정지하여 형성된 methanol 층을 분리, 농축하므로써 methanol extracts를 얻었다. 이와는 별도로 참깨유를 검화하여 얻은 불검화물과 methanol extracts를 각각 chloroform : ethyl acetate(9 : 1, v/v)을 전개용매로 하여 thin layer chromatography(TLC)를 수행한 결과 동일한 chromatograms을 나타냈으므로, 양자의 추출물을 이용하여 silicic acid column chromatography로서 참깨 lignan 물질을 분리하였다. 즉 hexane : ethyl acetate(9 : 1, v/v)와 chloroform을 용리액으로 하여 분획하고, 각 분획 중 TLC에서 Rf 0.47 (sesamin), Rf 0.55(seangolin)에 상당하는 획분을 모아 methanol로서 재결정화하여 침상결정을 얻었다. 한편 추출된 각 lignan 성분은 UV, <sup>1</sup>H-NMR, <sup>13</sup>C-NMR, GC/MS 등으로 동정하였으며, HPLC에 의하여 순도를 확인하였다(20).

### 들깨유 지방산 및 지방산 유도체의 조제

일정량의 들깨유를 Ackman 등의 방법(21)에 준하여 검화하였다. 즉, 약 500g의 들깨유에 6배량의 1N KOH-ethanol용액을 가하여 2시간 동안 환류가열한 후, ethyl ether에 의하여 불검화물을 제거하고, 검화물은 HCl에 의해 지방산으로 만든 다음 ethyl ether에 의해 지방산을 분리하였다. 지방산 혼합물은 일정량의 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-ethanol을 가하여 1시간 동안 환류가열하여 지방산을 ethyl ester화 하였으며, 지방산 methyl ester의 조제는 BF<sub>3</sub>-

methanol을 사용하였다. 들깨유 지방산조성의 분석은 전보(22)와 동일한 방법으로 GLC에 의하여 수행되었다.

### 고농도 ALA의 산화안정성시험

저온분별결정법(23)에 의하여 ALA가 농축된 들깨유 지방산혼합물(HALA; ALA, 78 1%)을 ethyl ester 유도체화하여 산화안정성시험을 위한 기질로 사용하였다.

Sesamin 및 sesangolin은 참깨로부터 실험실에서 순수분리한 순도 90% 이상인 것을 chloroform으로 용해시켜 1mg/ml의 농도로 만들어 사용하였다. Sesamin은 HALA ethyl ester 중량에 대하여 0.02%, 0.05%, 0.10%, 0.20%가 되도록 하여 시험되었고, sesamol(98%)은 시료중량에 대하여 0.01% 및 0.02%, 그리고 sesangolin은 0.02%가 되도록 조제하였다. 한편, 들깨 ether extract는 들깨를 speed cutter에 의하여 파쇄한 다음, 상온에서 24시간 및 40°C에서 4시간, 그리고 chloroform : methanol 혼액을 사용하는 Bligh과 Dyer의 방법(24)에 따라 각각 추출하여, Toc 함량을 HPLC(25)에 의하여 분석한 결과(Table 1), 40°C의 ether extract에서  $\gamma$ -Toc(57.2mg/100g oil)를 포함한 총 Toc 함량이 가장 많았기 때문에 이 추출물을 HALA중량에 대하여 10%가 되도록 시료를 조제하였다(17). BHT 시험구는 BHT(99%)를 methanol에 용해시켜 시료중량에 대하여 0.02%가 되도록 조제하였다.

각 시료에 대한 중량증가시험은 Olcott와 Einset의 방법(26)에 의하여 수행되었다. 즉, petri dish(5.0cm, i.d.)에 일정량의 항산화제 용액을 넣고 N<sub>2</sub> gas에 의하여 용매를 완전히 제거한 다음, HALA ethyl ester 1,000±0.003g을 가하여 50°C 항온기에 약 30분간 방치한 후, 항산화제와 잘 혼합시켜 두고, 매일 일정시간에 중량을 측정하였다. 유도기간은 최초 중량의 0.4% 증가시점까지로 하였다(26). 과산화물가(POV)의 측정은 항산화제 무첨가 및 첨가시료 약 30g씩을 50ml용의 vial 병에 넣어 23±1°C 및 4±1°C의 암소에 저장하여 두고 경시

Table 1. Difference in total lipid and tocopherol contents from perilla seed by extraction methods

Methods	Total lipid (%)	Toc(mg/100g oil)		
		$\alpha$	$\gamma$	$\delta$
R-Ether <sup>1)</sup>	42.3	10.4	52.6	trace
H-Ether <sup>2)</sup>	42.9	11.2	57.2	trace
C : M <sup>3)</sup>	39.9	trace	44.6	1.9

<sup>1)</sup>Extracted at room temperature for 24hr

<sup>2)</sup>Extracted at 40C for 4hr

<sup>3)</sup>Extracted withh chloroform : methanol mixture by Bligh and Dyer method(24)

적으로 측정하였다(27).

### 결과 및 고찰

#### 들깨유 지방산과 그 유도체의 산화안정성

저온분별결정법에 의하여 1차 농축된 지방산혼합물 (HALA; ALA 78.1%)과 이것을 methyl 및 ethyl ester 로 유도체화하여 이들의 산화안정성을 Olcott와 Einset의 방법(26)에 의하여 50°C에서 증량증가시험을 행하였다. Fig. 1에서 볼 수 있듯이 0.4%의 증량증가시험까지를 유도기간으로 보았을 때, 지방산 및 그 methyl ester는 각각 3.0 및 3.1일로 거의 차이가 없었으나, ethyl ester는 6.1일로써 전자들보다 유도기간이 약 2배 연장된 것으로 나타나, ethyl ester형이 산화에 가장 안정하였다 이와 유사한 연구로서, Holman과 Elmer(28)는 수종의 지방산 및 그 ethyl ester의 저장 중 산화율을 산소흡수량으로 조사한 결과, linolenic acid는 그 ethyl ester보다 산화율이 더 높았으며, 또한 2중결합수가 많은 것일 수록 더 높은 산화율을 나타냈다고 보고하여, 본 연구결과와 일치하였다. 따라서 ethyl ester 형이 산화안정성이 강하고 또한 상업적으로 널리 이용되고 있으므로, 본 연구에서는 ALA(약 65%)가 풍부한 들깨유를 저온분별결정법으로 더욱 농축(ALA, 78.1%)하고 이것을 ethyl ester 형(HALA ethyl ester)으로 하여 항산화효과를 검

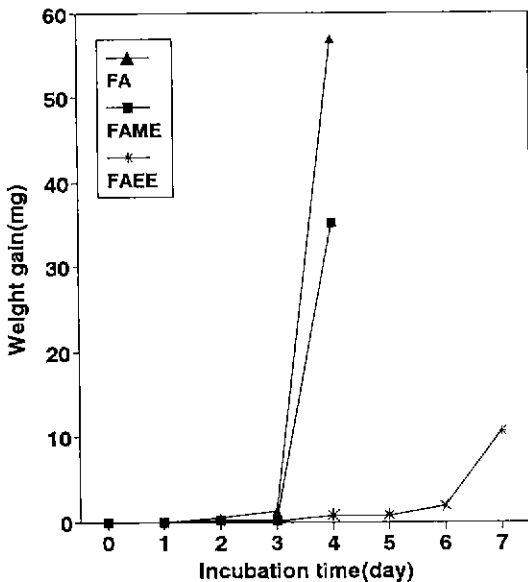


Fig. 1. Comparison in the oxidative stability of high purity  $\alpha$ -linolenic acid(HALA; ALA 78.1%) and its ester derivatives, determined by the weight-gain method at 50°C.

토하였다.

#### 참깨 lignan 성분의 첨가량

참깨 lignan 물질의 하나인 sesamin의 항산화효과에 대한 적정첨가량을 결정하기 위하여 들깨유 유래의 HALA ethyl ester(ALA 78.1%)에 0.02%, 0.05%, 0.10%, 0.20%의 sesamin을 각각 혼합하고 50°C에서 증량증가시험을 행하여 유도기를 측정하였다. Fig. 2에서 볼 수 있듯이 저장 6일까지는 sesamin의 농도에 따라 약간의 차이를 나타냈으나, 유도기에 해당하는 증량증가량(4mg, 시료 1.000g의 0.4%)에 달하였을 때는 농도에 따른 차이가 거의 인정되지 않았다. 따라서 HALA에 대한 sesamin의 적정첨가량은 경제성 등을 고려하여 0.02%로 하였다. 또한, sesamol의 경우는 0.01%, 0.02% 공히 유도기간의 차이가 인정되지 않았으므로 첨가량을 0.01%로 결정하였으며, sesangolin의 첨가량은 합성 항산화제의 일반적인 첨가기준인 0.02%로 하였다.

#### 항산화제에 의한 고순도 ALA의 산화안정성

ALA ethyl ester에 대한 합성 및 천연항산화제의 효과를 규명하기 위하여 기질(HALA; ALA, 78.1%)에 se-

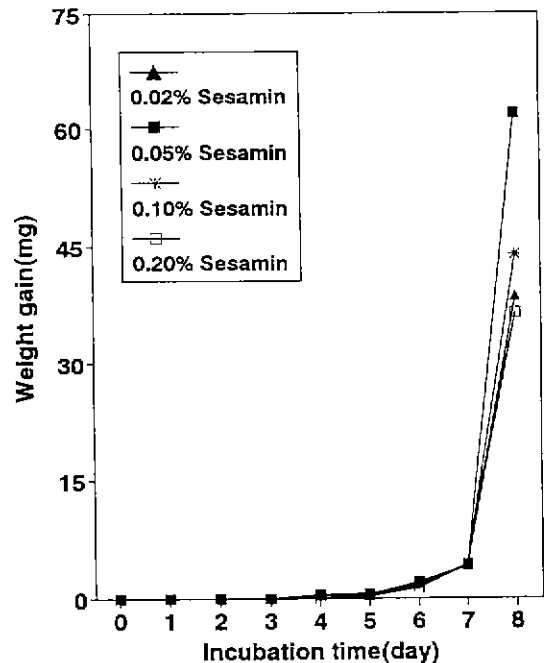


Fig. 2. Comparison in the oxidative stability of different amount of sesamin on the high purity  $\alpha$ -linolenic acid (HALA; ALA, 78.1%) ethyl ester, determined by the weight-gain method at 50°C.

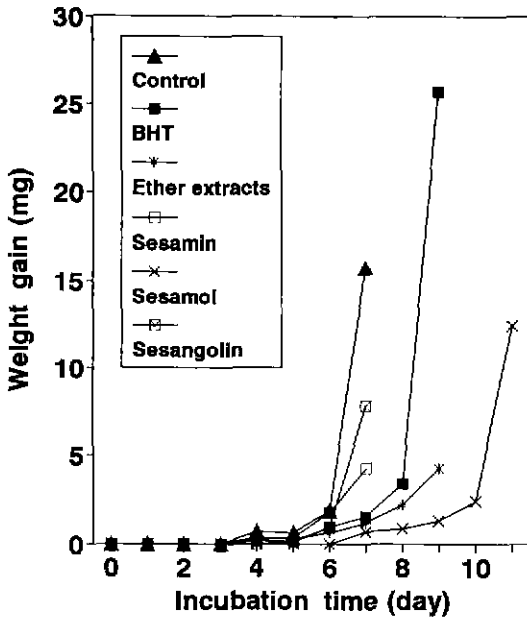


Fig. 3. Antioxidative effect of BHT(0.02%), ether extracts(10%), sesamin(0.02%), sesamol(0.01%) and sesangolin(0.02%) on the high purity  $\alpha$ -linolenic acid(HALA; ALA, 78.1%) ethyl ester, determined by the weight-gain method at 50°C.

samin(0.02%), BHT(0.02%), ether extract(10%), sesangolin(0.02%), sesamol(0.01%)를 각각 첨가 혼합하여 50°C에서 중량증가시험에 의한 유도기를 측정 비교하였다. Fig. 3에서 볼 수 있듯이 각 시료의 유도기간은 control구에서 6.2일, sesamin 6.8일, BHT 7.6일, ether extract 9.0일, sesangolin 6.5일, sesamol 10.2일이었다. 따라서, 항산화효과는 sesamol > ether extract > BHT > sesamin  $\geq$  sesangolin  $\geq$  control 순으로 높게 나타났다. 이 결과는 참깨 lignan 물질인 sesamol이 합성항산화제인 BHT보다도 강력한 항산화작용을 가지는 것을 나타냈으며, 또한 ether extract의 강한 항산화효과는 ether extract에 함유되어 있는  $\gamma$ - 및  $\alpha$ -Toc. 동족체가 주요 항산화제로서 작용하였기 때문으로 생각된다. 보통 생참깨 중에는 sesamin과 sesamol이 주성분이고 sesamol은 혼적량에 불과하나, 생참깨를 볶으면 sesamol은 감소하는 반면 sesamol이 증가하는 것으로 보아, 볶은 과정에서 sesamol이 분해되어 sesamol이 생성되는 것으로 알려져 있다(16,29,30). 한편, Fukuda 등(16)은 참깨 aceton extract 중 sesamin 동족체(0.1%)와 합성 sesamol(0.02%)의 항산화작용을 linolenic acid(1g)에 대하여 thiocyanate법으로 활성을 비교 검토한 결과, 양자가 유사하였다고 보고하여 본 연구결과와도 대체로 일치하였다. 한편, Aoyama 등(17)은 들깨, 생참깨, 볶은 참깨(150°C 및 200°C)의 ether extract를 정제 정어리유에 각각 10%씩 첨가하여 80°C에서 수행한 rancimat 시험에 의한 유도기를 측정하였을 때, 200°C 볶은 참깨 추출물의 경우가 3.3hr으로 가장 길었고 들깨 추출물의 경우는 150°C 볶은 참깨 추출물의 유도기간인 2.9 hr과 동일한 것으로 나타나 들깨 ether extract의 항산화효과를 평가하였다.

고순도 ALA의 저장중 POV의 변화

HALA ethyl ester(ALA, 78.1%)에 항산화제 첨가 및 무첨가 시료를 각각 약 30g씩 50ml용 vial병에 넣고 마개를 한 후, 23°C 및 4°C 암소에서 저장하면서 주기적으로 과산화물가(POV)를 측정하였다. Fig. 4는 23°C에서 저장 중 POV의 변화를 나타낸 것으로, POV의 증가 속도는 sesamol < ether extract < BHT < sesamin  $\leq$  sesangolin  $\leq$  control 순으로 빨랐다. 이 결과로 보아 sesamin 및 sesangolin 처리구는 control구와 거의 차이가 없었으며, sesamol 및 ether extracts 처리구는 BHT 처리구보다 산화에 안정한 것으로 나타나, 중량증가시험의 경우와 유사한 경향을 보였다. Aoyama 등(17)은 정제 정어리유를 기질로 하여 들깨, 생참깨, 볶은 참깨(200°C)의 ether extract 각 10%, m-Toc(a, 12.5%;  $\beta$ , 1.0%;

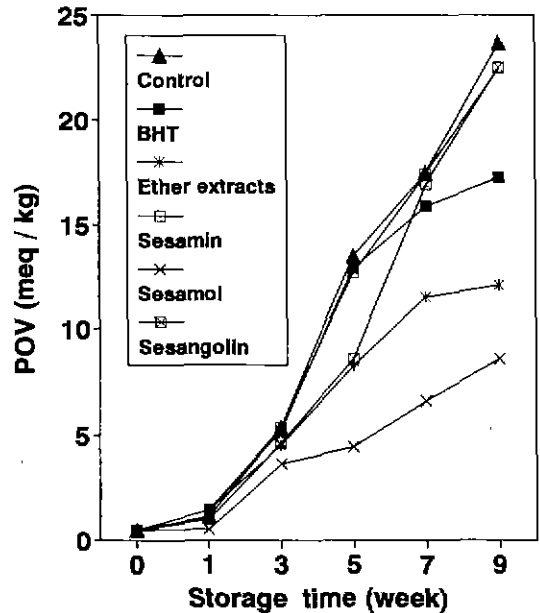


Fig. 4. Antioxidative effect of BHT(0.02%), ether extracts(10%), sesamin(0.02%), sesamol(0.01%) and sesangolin(0.02%) on the high purity  $\alpha$ -linolenic acid(HALA; ALA, 78.1%) ethyl ester during storage at 23°C.

$\gamma$ , 40.9%;  $\delta$ , 45.6%), sesamol 그리고 TBHQ를 각각 0.02%씩 첨가하여 20°C에서 40일간 저장하였을 때, POV가 TBHQ(8meq/kg)를 제외하고 들깨 ether extract의 경우가 60meq/kg으로서 다른 시험구에 비하여 가장 산화안정성이 높았고, sesamol의 경우도 69meq/kg으로서 비교적 안정하였다고 보고하여 본 연구결과와 유사하였다. 또한 김과 김(31)은 참깨 및 들깨 탈지박의 ethanol extract와 BHT를 첨가한 대두유-물 유탁기질을 46°C에서 25일간 저장 후 POV가 각각 22.6meq/kg 및 21.5meq/kg을 나타냈는데 반하여 BHT에서는 80.1meq/kg으로 나타난 것으로 보아, 이들 ethanol extract가 BHT보다도 항산화작용이 강하였다고 보고하였다. 따라서 이들 ethanol extract의 강력한 항산화력은 참깨에서의 sesamol, 들깨에서의  $\gamma$ -Toc 등(16,17, 31)의 항산화물질이 기여한 것으로 생각된다. 한편, 본 연구결과에 따르면 23°C 저장의 경우, sesamol 및 들깨 ether extract 시험구는 저장 9주까지, 그리고 다른 모든 시험구는 저장 5주까지 POV가 15meq/kg 이하였으므로 식품위생법상 이 기간을 저장안정기간으로 볼 수 있다.

한편, 4°C에서 저장 중 POV의 변화를 Fig. 5에 나타냈다. 저장 5개월째 control에서 6.89meq/kg으로 가장 높은 POV를 나타낸 것으로 보아, 이 시험기간 중 모든

시험구는 산화에 매우 안정하였다 따라서 HALA ethyl ester를 4°C 정도의 냉장고 온도에서 저장한다면 항산화제의 첨가없이도 산화에 안정하지만, 23°C와 같은 상온저장의 경우는 항산화제의 첨가가 필요하다고 판단된다. 또한 온도에 따른 항산화제의 효과가 상온(20°C) 보다는 저온(5°C)에서 더 크다는 Aoyama 등(17)의 결과와도 잘 일치하였다.

### 요 약

수종의 참깨 lignan 물질의 항산화 효과를 들깨 유래의 HALA ethyl ester(ALA, 78.1%)의 저장안정성에 대하여 중량증가와 과산화물가(POV)를 측정함으로써 연구되었다. 50°C incubator에서 중량증가법에 의하여 각 시험구의 유도기간을 측정된 결과, 참깨 lignan 물질의 하나인 sesamol 처리구(0.01% 및 0.02%)가 10.2일로 가장 안정하였고, ether extracts 처리구 9.0일, BHT 처리구 7.6일의 순으로 안정하였다. 또한, 참깨 lignan 물질인 sesamin 및 sesangolin 처리구는 대조구의 경우와 거의 차이가 없었다. 각 시험구를 23°C 암소에서 저장하였을 때, POV의 증가속도는 control  $\geq$  sesangolin  $\geq$  sesamin  $>$  BHT  $>$  ether extract  $>$  sesamol 처리구의 순이었으며, 이때 sesamol 및 ether extract 처리구는 저장 9주 후의 POV가 15.0meq/kg 이하였다. 또한, 각 시험구를 4°C의 저온에서 5개월간 저장하였을 때, 대조구에서 가장 높은 POV(6.89meq/kg)를 나타낸 것으로 보아 HALA ethyl ester의 산화안정성이 저장온도에 의하여 크게 영향을 받는 것으로 생각되었다. 결론적으로, 참깨 lignan 물질인 sesamol과 들깨 ether extracts가 들깨유 유래의 HALA ethyl ester에 대하여 유용한 항산화제로서 인정되었다

### 감사의 글

본 연구는 1995년도 농촌진흥청 농업특정연구 개발 사업에 의하여 수행된 연구결과와의 일부이며 이에 감사드립니다.

### 문 헌

1. Dyerberg, J., Bang, H. O., Stoffersen, E., Moncada, S and Vane, J. R. Eicosapentaenoic acid and prevention of thrombosis and atherosclerosis? *Lancet*, ii, 117(1978)
2. Bang, H. O., Dyerberg, J and Sinclair, H. M.: The composition of the Eskimo food in north western Greenland. *Am. J. Clin Nutr.*, 33, 2657(1980)
3. Hirai, A., Hamazaki, T., Terano, T., Nishikawa, T., Ta-

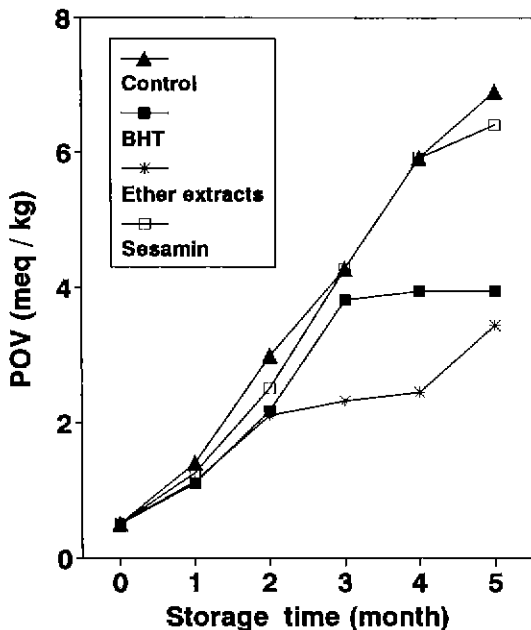


Fig. 5. Antioxidative effect of BHT(0.02%), ether extracts(10%) and sesamin(0.02%) on the high purity  $\alpha$ -linolenic acid(HALA; ALA, 78.1%) ethyl ester during storage at 4°C.

- mura, Y., Kumagai, A. and Sajiki, J. : Eicosapentaenoic acid platelet function in Japanese. *Lancet*, **ii**, 1132 (1980)
4. Singer, P., Jaeger, W., Wirth, M., Voigh, S., Naumann, E., Zimontkowski, S., Hajdue, I. and Goedicke, W. : Lipid and blood pressure-lowering effect of mackerel diet in man. *Atherosclerosis*, **49**, 99(1983)
  5. Kremer, J. M., Bigauoelte, J., Michalck, A. V., Timchalk, M. A., Lininger, L., Rynes, R. I., Huyck, C., Zieminski, J. and Bartholomew, L. E. : Effects of manipulation of dietary fatty acids on clinical manifestation of rheumatoid arthritis. *Lancet*, **i**, 184(1985)
  6. Akpalaba, C. O., Oraedu, A. C. I. and Nwanze, E. A. C. : Biochemical studies on the effects of continuous light on the Albino rat retina. *Exp. Eye Res.*, **42**, 1 (1986)
  7. Suzuki, H. and Wada, S. : Metabolism and function of eicosapentaenoic and docosahexaenoic acids. *Yukagaku*, **37**, 9(1988)
  8. de Bravo, M. G., de Antueno, R. J., Toledo, J., De Tomas, M. E., Mercuri, O. F. and Quintans, C. : Effects of an eicosapentaenoic and docosahexaenoic acids concentrate on a human lung carcinoma grown in nude mice. *Lipids*, **26**, 866(1991)
  9. Enslin, M., Milton, M. and Malnoe, A. : Effect of low intake of n-3 fatty acids during development on brain phospholipid fatty acid composition and exploratory behavior in rats. *Lipids*, **26**, 203(1991)
  10. 磯田好弘, 최춘연 ·  $\alpha$ -리놀렌산의 생리기능. *식품과학과 산업*, **23**, 58(1990)
  11. 成澤富雄, 高橋政弘, 目下尙志, 山崎好日兒 :  $\omega$ -3 多價不飽和 脂肪酸  $\alpha$ - $\gamma$ - $\omega$  高度含有 植物油脂, 시소油 によるラット大腸發痛抑制. *醫學のあゆみ*, **153**, 103(1990)
  12. Hirano, J., Isoda, Y. and Nishizawa, Y. : Utilization of n-3 plant oils, perilla and flaxseed oils. *Yukagaku*, **40**, 942(1991)
  13. 황금희, 김현구 · 기능성 식품 소재로서 생물활성 천연물의 국내연구동향. *식품과학과 산업*, **28**, 75(1995)
  14. Budowiski, P., Menezes, F. G. T. and Dollear, F. G. : Sesame oil. v. The stability of sesame oil. *JAOCS*, **27**, 377(1950)
  15. Fujimura, K. and Toyama, Y. : Changes in the contents of sesamol, sesamol and sesamin in sesame oil in the course of extraction and refining processes. *Yukagaku*, **7**, 31(1958)
  16. Fukuda, Y., Osawa, T., Namiki, M. and Ozaki, T. : Studies on antioxidative substances in sesame seed. *Agric. Biol. Chem.*, **49**, 301(1985)
  17. Aoyama, M., Kanematsu, H., Tsukamoto, M., Tokairin S. and Niiya, I. : Effect of several antioxidants on the stability of fish oil. *Yukagaku*, **42**, 681(1993)
  18. 이연재, 신동화, 장영상, 신재익 : 폐모, 어성초, 쇠비름, 및 들깨박 에탄올 추출물의 순차용매 분획별 항산화효과. *한국식품과학회지*, **25**, 683(1993)
  19. Kamal-Eldin, A., Yousif, G. and Appelqvist, L. A. : Thinlayer chromatographic separations of seed oil unsaponifiables from four sesame species. *JAOCS*, **68**, 844 (1991)
  20. 류수노, 이정일, 강삼식, 최창렬 : 참깨 종실의 항산화성분 정량 분석연구. *한국작물학회지*, **37**, 377(1992)
  21. Ackman, R. G., Ratnayake, W. M. N. and Olsson, B. : The basic fatty acid composition of Atlantic fish oils; potential similarities useful for enrichment of polyunsaturated fatty acids by urea complexation. *JAOCS*, **65**, 136(1988)
  22. 정보영, 류수노, 허한순 : 들깨유로부터  $\alpha$ -linolenic acid의 순수분리. *한국식품영양과학회지*, **26**, 1028(1997)
  23. Jeong, B. Y. : Isolation and purification of DHA from skipjack orbital tissue oil. *Bull. Korean Fish. Soc.*, **26**, 529(1993)
  24. Bhgh, E. G. and Dyer, W. J. : A rapid method of total lipid extraction and purification. *Can. J. Biochem. Physiol.*, **37**, 911(1959)
  25. Ohshima, T., Fujita, Y. and Koizumi, C. : Oxidative stability of sardine and mackerel lipids with reference to synergism between phospholipids and  $\alpha$ -tocopherol. *JAOCS*, **70**, 269(1993)
  26. Olcott, H. S. and Einset, E. : A weighing method for measuring the induction period of marine and other oils. *JAOCS*, **35**, 161(1957)
  27. A.O.C.S. : Peroxide value, acetic acid-chloroform method. A.O.C.S. official method Cd 8-53, AOCS 4th ed., Champaign, Illinois, USA(1987)
  28. Holman, R. T. and Elmer, O. C. : The rates of oxidation of unsaturated fatty acids and esters. *JAOCS*, **24**, 127 (1947)
  29. Fukuda, Y., Osawa, T. and Namiki, M. : Antioxidants in sesame seed. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi*, **28**, 461(1981)
  30. Fukuda, Y., Nagata, M., Osawa, T. and Namiki, M. : 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(1986)
  31. 김은희, 김동훈 · 탈지콩, 참깨 및 들깨박의 에탄올 추출물의 콩기름-물 기질에서의 산화억제효과. *한국식품과학회지*, **13**, 283(1981)

(1997년 9월 3일 접수)