

자동산화 및 가열산화에 대한 압착 및 혼합 올리브유의 산화안정성

문주수 · 이옥환 · 손종연*

국립한경대학교 식품생물공학과 식품생물산업연구소

The Oxidation Stability of Virgin and Pure Olive Oil on Autoxidation and Thermal Oxidation

Joo-Soo Moon, Ok-Hwan Lee and Jong-Youn Son[†]

Institute of Food Industry and Biotechnology, Dept. of Food and Biotechnology
Graduate School, Hankyong National University, Gyeonggi 456-749, Korea

Abstract

Total tocopherol and phenol contents were determined for virgin and pure olive oil, and their autoxidation and thermal oxidation were compared with those of commercial soybean oil, in the presence or absence of fluorescent light. The total tocopherol contents of virgin, pure olive oil, and soybean oil were 15.7, 11.2, and 80.7 mg/100 g, respectively. Their total phenol contents were 10.4, 1.6 and 0.5 mg/100 g, respectively. In autoxidation under dark place at 45°C, the oxidative stability of the substrate oils decreased in order of virgin olive oil, pure olive oil, and soybean oil. The average temperature coefficients of the virgin, pure olive oil and soybean oil in the range of 45~65°C were 1.73, 1.83 and 1.64, and the activation energies were 26.86, 29.49, and 24.07 KJ/mol, respectively. In temperature range of 45~65°C, pure olive oil was the most susceptible to temperature change, whereas soybean oil the least. In autoxidation under fluorescent light at 45°C, the oxidative stability of substrate oils decreased in the order of soybean oil, pure olive oil, and virgin olive oil. In thermal oxidation at 180°C, the oxidative stability of substrate oils decreased in order of pure olive oil, virgin olive oil, and soybean oil.

Key words: virgin olive oil, pure olive oil, oxidative stability

서 론

올리브 열매의 과육에서 얻어지는 올리브유는 BC 6000년 경부터 식용, 약용, 화장품용으로 이용되어 왔으며, BC 3000년 경부터 인류가 재배하기 시작하였다(1,2). 올리브유는 주로 고열, 말라리아, 고혈압, 아테롬성 동맥경화증, 결장암, 염증, 식중독 등의 증상에 효능이 있으며, 최근에는 AIDS에도 효능이 있는 것으로 알려져 있다(3-5). 이러한 이유로 국내에서 정제, 판매되는 올리브유 시장은 약 2백억원 규모로서 2000년 이후 급속히 시장이 확대되면서 매년 30~40%의 성장세를 보이고 있다(6).

일반적으로 올리브유는 냉압법(cold pressing)으로 압착되는 압착 올리브유이며 이러한 올리브유를 버진 올리브유(virgin olive oil)이라고 한다. 버진 올리브유는 '산도'에 따라 산도 1% 미만의 엑스트라 버진 올리브유(extra virgin olive oil), 산도 2% 미만의 화인 버진 올리브유(fine virgin olive oil), 산도 3.3% 미만의 세미화인 버진 올리브유(semifine virgin olive oil), 산도 3.3% 이상인 람판테 버진 올리브유(lamparte virgin olive oil)로 품질 등급이 분류된다(7). 이들

압착 올리브유 중 풍미가 좋지 않은 것들은 일반 식용유와 같은 정제공정을 거쳐 정제 올리브유(refined olive oil)를 제조한다. 현재 국내에서 시판되고 있는 올리브유는 압착올리브유, 압착 올리브유와 정제 올리브유를 혼합한 pure olive oil이며, 국내 식품 관계법상 pure olive oil을 혼합 올리브유라고 표기하고 있다.

한편 올리브유 중에 다량 존재하는 페놀 화합물들은 지질 산화의 연쇄과정 중 수소 원자의 donate로서 작용하여 유지의 산화안정성에 영향을 미치는 것으로 알려져 있다(8). 또한 올리브유 중에는 클로로필류가 다른 종자유에 비해 많이 함유되어 있어 빛의 존재하에서 일중항 산소를 생성하는 감광체로 작용하여 지질산화를 촉진시키기도 한다. 이외에 올리브유에 상당량 함유되어 있는 β -carotene은 빛의 filtering 효과로 일중항 산소를 제거하여 지질산화 억제 기능을 가지고 있는 것으로 알려져 있다(9,10). 따라서 이들 성분의 함량에 따라 압착 올리브유나 혼합 올리브유의 산화안정성에 미치는 영향이 다를 것으로 예상되며, 올리브유에 대한 국내외의 관심과 사용이 급증하고 있는 현재 상황에서 이들의 저장 조건에 따른 산화 안정성에 대한 체계적인 연구가 필요한

[†]Corresponding author. E-mail: nawin98@chol.com
Phone: 82-31-670-5155, Fax: 82 31 677-0990

것으로 사료된다.

따라서 본 연구에서는 압착 및 혼합 올리브유의 총 토크페롤 및 페놀 함량을 비교 분석하고, 아울러 빛의 존재 유무에 따른 자동산화 및 가열산화에 대한 산화안정성을 시판 대두유와 비교, 검토하고자 하였다.

재료 및 방법

재료

본 실험에서 사용된 올리브유는 압착 올리브유(extra virgin olive oil), 혼합 올리브유(정제 올리브유 80%+압착 올리브유 20%)를 국내 B(원산지: Spain)사에서 판매하고 있는 제품을 양도받아 사용하였다. 대두유는 국내 O사의 제품으로 PET(polyethylene terephthalate) 병으로 포장되어 판매하고 있는 제품을 구입하여 사용하였다.

토크페롤 분석

압착, 혼합 올리브유 및 대두유에 존재하는 토크페롤 함량 분석은 Lee 등의 방법(11)에 따라 시료 1 g을 정확히 달아 n-hexane으로 50 mL로 한 후, 그중 일정량을 취하여 희석한 것을 시험용액으로 한다. 분석조건은 HPLC(Younglin M 720 Korea), 컬럼은 LiChrosorb[®] Si 60, 이동상은 0.8%-isopropanol(n-hexane:isopropanol, 99.2:0.8, v/v), 검출기는 fluorescence detector(Ex. 290 nm, Em. 330 nm), flow rate는 1.0 mL/min, 주입량은 20 μ L이었다. 토크페롤 분석에 사용된 표준물질로는 α -, β -, γ -, δ -tocopherol(Sigma Co., USA)을 사용하였다.

페놀성 물질의 추출

압착, 혼합 올리브유 및 대두유로부터 페놀성 물질의 추출은 Folin-Ciocalteu법(12)에 따라 행하였다. 즉, 먼저 압착, 혼합 올리브유 및 대두유를 각각 5 g씩 취하여 n-hexane 5 mL에 녹인 후 80% methanol 10 mL를 가하여 페놀성 물질을 3회 반복 추출하였다. 이 추출물에 n-hexane 10 mL를 가하여 잔존하는 유지 성분을 제거한 후 무수황산나트륨을 이용하여 수분도 제거하였다. 각각의 총 분리된 80% methanol층을 감압농축기를 이용하여 용매를 완전히 제거하였다. 용매가 제거된 각각의 추출물들은 에탄올에 녹여 총페놀 함량 측정 시료로 사용하였다.

총페놀 함량

총페놀 함량은 Folin-Denis법(13)에 의하여 분석하였다. 즉, 캡튜브에 증류수 7 mL씩 넣고 시료를 1 mL 넣은 후 Folin-Dennis 시약을 0.5 mL를 첨가 후 정확히 3분 후에 sodium carbonate anhydrous 포화용액 1 mL 넣는다. 그리고 증류수 0.5 mL를 넣은 후 UV-spectrophotometer 725 nm에서 흡광도를 측정하여 총페놀 함량을 구하였다. 표준물질로는 tannic acid(Sigma, USA)를 사용하였다.

자동산화에 대한 산화안정성

압착 올리브유, 혼합 올리브유 및 대두유를 각각 150 g씩 200 mL 비이커에 분취하여 45°C, 55°C 및 65°C로 유지되는 항온기에 암소저장하면서 일정 저장기간별로 과산화물가(14)를 측정, 비교하였다. 또한 빛의 영향을 알아보기 위해 45°C로 유지되는 항온기에 형광선조사(600 Lux)하에서 저장하여 빛의 존재하에서의 과산화물가를 측정하였다. 저장 중 과산화물가의 변화에 따른 유도기간 설정은 과산화물가가 50 meq/kg oil에 도달하는데 걸리는 시간(일)으로 하였다.

Shelf-life의 측정

압착 올리브유, 혼합 올리브유 및 대두유의 Shelf-life는 과산화물가가 50 meq/kg oil에 도달하는 시간(일)로 계산하여 다음과 같은 식(Arrhenius 방정식)에 의해 활성화 에너지(Ea) 및 온도계수(Q₁₀ value)를 산출하였다.

$$\log k = \log k_0 - \frac{E_a}{2.303 R} \times \frac{1}{T}$$

여기에서 k=반응속도상수

k₀=Arrhenius constant

E_a=활성화에너지(KJ/mol)

T=절대온도(K⁰)

R=기체상수

활성화 에너지로부터 45~55°C, 55~65°C를 기준으로 하여 온도계수(Q₁₀ value)를 구하였다.

$$\log Q_{10} = \frac{2.2 E_a}{T(T+10)}$$

where, Q₁₀=온도계수(Q₁₀ value)

T=절대온도(K⁰)

E_a=활성화에너지(KJ/mol)

가열산화에 대한 산화안정성

압착 올리브유, 혼합 올리브유 및 대두유를 각각 test tube에 10 g씩 취하여 180±2°C로 유지된 oil bath(Jeio Tech., Korea)에 넣고 72시간 동안 가열산화 시키면서 12시간 간격으로 시료를 취하여 공액이중산가 및 산가의 변화를 측정하여 산화안정성을 비교하였다. 공액 이중산가와 산가는 각각 AACS 공정법 Cd 3a-63(15) 및 A.O.C.S 공정법 Ti-la 64(16)에 따라 측정하였다.

결과 및 고찰

토크페롤 함량

압착 및 혼합 올리브유의 토크페롤 동족체의 함량을 비교 분석한 결과(Table 1), 압착 올리브유의 경우, α - 및 β -tocopherol 함량은 각각 14.7 및 1.0 mg/100 g이었으며, γ - 및 δ -tocopherol은 검출되지 않았다. 혼합 올리브유의 경우, α -

Table 1. Tocopherol contents of virgin olive oil, pure olive oil and soybean oil (mg/100 g)

	Virgin olive oil	Pure olive oil	Soybean oil
α -Tocopherol	14.7 \pm 0.01 ¹⁾	10.4 \pm 0.02	8.4 \pm 0.01
β -Tocopherol	1.0 \pm 0.02	0.8 \pm 0.01	0.8 \pm 0.02
γ -Tocopherol	- ²⁾	-	57.1 \pm 0.02
δ -Tocopherol	-	-	14.4 \pm 0.02
Total tocopherol	15.7 \pm 0.03	11.2 \pm 0.03	80.7 \pm 0.07

¹⁾Mean \pm SD (n=3).

²⁾Not detected.

및 β -tocopherol 함량은 각각 10.4 및 0.8 mg/100 g이었으며, 압착 올리브유의 경우와 같이 γ - 및 δ -tocopherol은 검출되지 않았다. 한편 대두유의 경우 α -, β -, γ - 및 δ -tocopherol의 함량은 각각 8.4, 0.8, 57.1 및 14.4 mg/100 g으로 α -, β -, γ - 및 δ -tocopherol이 모두 검출되었다.

또한 압착 및 혼합 올리브유에서는 α -tocopherol이, 대두유의 경우는 γ -tocopherol이 가장 많이 함유되어 있어 올리브유와 대두유의 tocopherol 조성이 다른 것으로 나타났다.

총토코페롤 함량은 압착 올리브유(15.7 mg/100 g)와 혼합 올리브유(11.2 mg/100 g)에서 대두유(80.7 mg/100 g)보다 상당히 낮은 것으로 나타났다. 대두유의 총토코페롤 함량은 압착 올리브유보다 5.2배, 혼합 올리브유보다 7.2배 정도 높았다.

총페놀 함량

압착 올리브유, 혼합 올리브유 및 대두유의 총페놀 함량을 측정된 결과(Fig. 1), 각각 10.4, 1.6 및 0.5 mg/100 g으로 압착 올리브유의 경우 가장 높은 총페놀 함량을 보였다. 압착 올리브유의 총페놀 함량은 혼합 올리브유보다 6.5배, 대두유보다 20.8배 정도 총페놀 함량이 높았다.

Benavente-Garcia 등(17)은 올리브의 페놀성 화합물들을

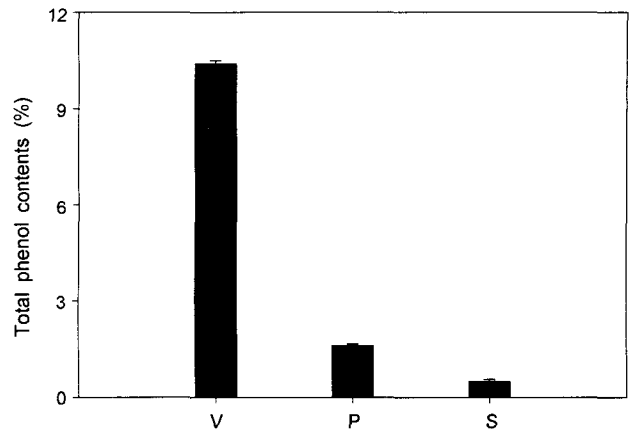


Fig. 1. Total phenol contents of virgin olive oil (V), pure olive oil (P), and soybean oil (S) (n=3).

측정한 결과, 올리브의 주요 페놀성 물질은 hydrotyrosol이었고 oleuropein, caffeic acid, vanillic acid, rutin, verbascoside, luteolin-7-glucoside, apigenin-7-glucoside, luteolin 등도 소량 존재하는 것으로 보고하였으며, 이들 페놀성 화합물의 생리적 활성의 중요성을 시사하였다.

본 실험의 결과에서 압착 올리브유에 총페놀 함량이 가장 높게 나타난 결과로 볼 때, 압착올리브유가 혼합 올리브유나 대두유에 비해 산화안정성이 클 것으로 예상되었다.

자동산화에 대한 산화안정성

저장온도 45°C, 55°C 및 65°C에서 암소 저장한 압착 올리브유, 혼합 올리브유 및 대두유의 과산화물가의 변화를 측정된 결과는 Fig. 2와 같았다.

Fig. 2에서 보는 바와 같이, 45°C에서 압착 올리브유, 혼합 올리브유 및 대두유의 과산화물가는 각각 저장기간 140일, 90일 및 18일에 급격한 과산화물가의 증가를 보였다.

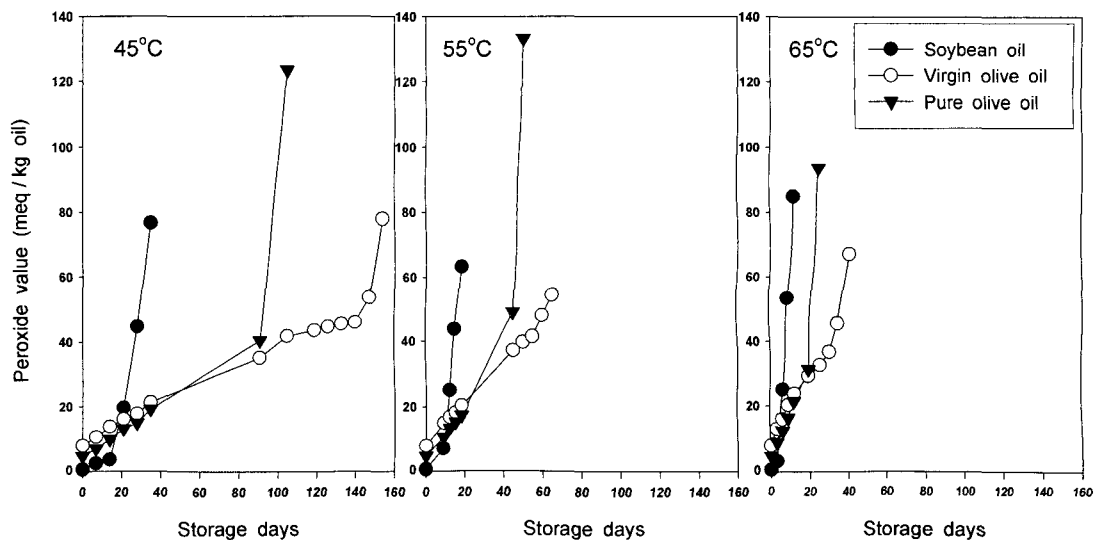


Fig. 2. Changes of peroxide values of virgin olive oil, pure olive oil, and soybean oil at 45, 55 and 65°C.

저장온도 45°C에서의 압착 올리브유, 혼합 올리브유 및 대두유의 유도기간(Fig. 2)은 각각 143.6일, 94.9일 및 29.1일로 압착 올리브유 및 혼합 올리브유는 대두유에 비해 각각 4.9배 및 1.5배정도 산화안정성이 우수한 것으로 나타났다.

또한 저장온도가 55°C 및 65°C로 증가함에 따라 이들의 산화안정성은 크게 감소하였지만, 55°C 및 65°C의 경우에도 압착 올리브유의 산화안정성이 가장 우수한 것으로 나타났다. Ahmet 등(18)이 보고한 해바라기유와 올리브유의 산화안정성에서도 단일불포화지방산의 함량이 높은 올리브유(72.7%)가 비교적 단일불포화지방산의 함량이 낮은 해바라기유(19.0%)에 비해 산화안정성이 높은 것으로 나타났다.

또한 이들의 산화안정성은 총페놀 함량(Fig. 1)과 상관관계를 보이고 있어 올리브유의 산화안정성은 함유되어 있는 페놀성 화합물들도 안정성에 어느 정도 기여하는 것으로 사료되었다.

따라서 올리브유는 산화안정성이 높은 올레인산이 주체로 리놀레인산, 리놀레닌산 등의 다가불포화지방산의 함량이 상당히 낮고, 폴리페놀 화합물과 같은 항산화성분을 다량 함유하고 있어 대두유와 같은 일반 액상유에 비해 산화안정성이 우수한 것으로 사료되었다.

빛의 존재하에서의 올리브유의 산화안정성을 알아보기와 과산화물가의 변화를 측정된 결과(Fig. 3), 압착 올리브유, 혼합 올리브유 및 대두유 모두에서 암소저장의 경우보다 빠른 과산화물가의 증가를 보였다. 압착 올리브유, 혼합 올리브유 및 대두유의 유도기간은 각각 15.3일, 16.4일 및 18.0일로 산화 안정성은 대두유>혼합 올리브유>압착 올리브유의 순이었다.

따라서 암소에서 압착 올리브유나 혼합 올리브유는 대두유보다 산화안정성이 우수하였으나, 빛의 존재하에서는 대두유보다 산화안정성이 낮은 것으로 나타났으며, 이러한 경향은 혼합 올리브유보다는 압착 올리브유에서 더 큰 것으로 나타났다.

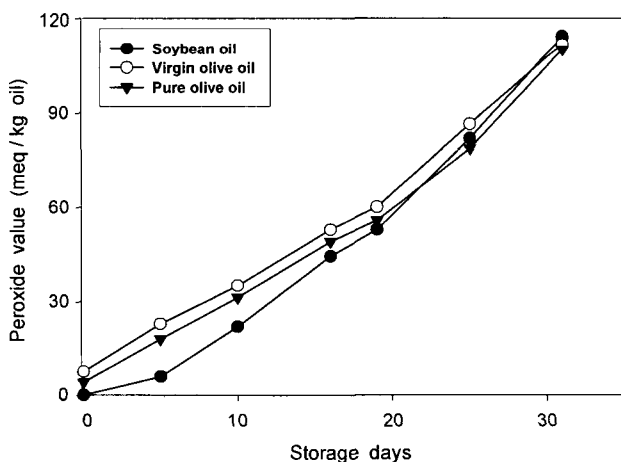


Fig. 3. Changes of peroxide values of virgin olive oil, pure olive oil, and soybean oil fluorescent light at 45°C.

식물체에 존재하는 지용성 색소인 클로로필은 빛과 삼중항 산소에 노출되었을 때 일중항 산소의 생성을 유발하며, 결국 기름의 산화를 촉진시키는 감광제(photosensitiser)로 작용한다. 클로로필의 분해산물들도 지방질의 산화를 촉진하는 것으로 알려져 있다. 또한 클로로필의 분해산물인 pheophorbide와 pheophytin도 지방질의 산화를 촉진시키는 것으로 알려져 있으며, pheophorbide는 pheophytin과 클로로필보다 강한 산화촉진작용을 갖는 것이 보고되고 있다(19,20). 한편 Ranalli(21)에 의하면 버진 올리브유에는 β -carotene, lutein, violaxanthin, neoxanthin 등이 다량 함유되었으며 이들은 올리브유를 감광체에 의한 산화로부터 안정하게 해준다고 보고하였다.

본 실험의 결과에서 빛의 존재하에서 올리브유의 산화안정성의 저하는 올리브유에 함유되어 있는 클로로필류 및 그 분해산물의 작용에 기인되며, 또한 올리브유에 함유되어 있는 β -carotene 등의 카로테노이드류는 일반적으로 일중항산소를 소거해주는 작용이 강한 것으로 알려져 있으나 올리브유의 품질저하를 완전히 억제하지는 못하기 때문인 것으로 사료되었다. 따라서 압착 올리브유의 경우는 차광에 대한 배려가 필요한 것으로 생각된다.

Shelf life

압착 올리브유 및 혼합 올리브유를 45°C, 55°C 및 65°C의 암소에 저장한 온도별 과산화물가가 50 meq/kg oil에 도달하는데 걸리는 시간(일)을 유도기간으로 하여 저장온도의 절대온도(1/T)로부터 회귀방정식과 상관관계를 구하였다. 각각의 시료별 Arrhenius 방정식은 압착 올리브유가 $y=3,131.0x-8.0$ ($R^2=0.9874$), 혼합 올리브유가 $y=3,547.4x-9.1$ ($R^2=0.9994$), 대두유는 $y=2,895.2x-7.6$ ($R^2=0.9988$)이었다.

이들 Arrhenius 방정식에 의해 압착 올리브유, 혼합 올리브유 및 대두유의 활성화에너지(activation energy)와 온도계수(Q_{10} value)를 구한 결과(Table 2), 압착 올리브유, 혼합 올리브유 및 대두유의 활성화에너지는 각각 26.86, 29.49 및 24.07 KJ/mol이었다. 또한 반응상수로부터 45~55°C의 온도계수(Q_{10} value)를 구한 결과, 압착 올리브유, 혼합 올리브유 및 대두유의 온도계수는 각각 1.76, 1.86 및 1.66이었으며, 55~65°C의 온도계수는 1.70, 1.79 및 1.61이었다.

본 실험에서 보여진 결과에서 45~65°C의 온도범위에서 올리브유는 대두유보다 온도변화에 민감하였으며, 혼합 올리브유보다는 압착 올리브유가 안정한 것으로 나타났다.

Table 2. Activation energies (E_a) and Q_{10} values of virgin olive oil, pure olive oil and soybean oil

Samples	Activation energy (KJ/mol)	Q_{10} value	
		45~55°C	55~65°C
Virgin olive oil	$26.86 \pm 0.02^{1)}$	1.76 ± 0.02	1.70 ± 0.03
Pure olive oil	29.49 ± 0.01	1.86 ± 0.01	1.79 ± 0.02
Soybean oil	24.07 ± 0.05	1.66 ± 0.02	1.61 ± 0.05

¹⁾Mean \pm SD (n=3).

가열산화에 대한 올리브유의 산화안정성

올리브유의 공액이중산가의 변화를 경시적으로 측정된 결과(Fig. 4), 압착 올리브유 및 혼합 올리브유는 완만히 증가를 보인 반면, 대두유는 급격히 증가하는 경향을 보였다. 가열산화 72시간 후 압착 올리브유, 혼합 올리브유 및 대두유의 공액이중산가는 각각 1.34, 1.04 및 3.72로 압착 올리브유 및 혼합 올리브유는 대두유 비해 각각 2.8배 및 3.6배 정도 더 낮은 공액이중산가의 증가를 보여 산화안정성이 큰 것으로 나타났다.

한편 페놀성 화합물이 가장 많이 함유되어 있는 압착 올리브유가 혼합 올리브유에 보다 산화안정성이 클 것이라는 생각과는 달리 혼합 올리브유의 산화안정성이 가장 우수한 것으로 나타났다.

또한 압착 올리브유, 혼합 올리브유 및 대두유의 산가의 변화를 경시적으로 측정된 결과(Fig. 5), 가열산화 72시간 후의 압착 올리브유, 혼합 올리브유 및 대두유는 각각 1.93, 1.87 및 1.04로 압착 올리브유의 경우, 가장 높은 산가를 보인 반

면 대두유의 경우는 가장 낮은 산가를 보여 공액이중산가의 측정 결과는 다른 경향을 보였다.

압착 올리브유의 가열 72시간 후 산가가 가장 높은 이유는 가열산화전의 초기 유리지방산의 함량이 대두유보다 높았기 때문으로 사료되었다. 가열산화전 압착 올리브유, 혼합 올리브유 및 대두유의 초기 산가는 각각 0.84, 0.43 및 0.19로 압착 및 혼합 올리브유의 산가는 대두유에 비해 각각 4.4배 및 2.3배 정도 높았다.

유리지방산의 함량은 유지 개개의 고유 특성이기 때문에 산화안정성을 측정할 때는 가열산화전의 해당하는 유지, 특히 올리브유의 산가를 고려해야 할 것으로 사료되었다.

요 약

압착 및 혼합 올리브유의 총토코페롤 및 총페놀 함량을 비교 분석하고, 아울러 빛의 존재 유무에 따른 자동산화 및 가열산화에 대한 산화안정성을 대두유와 비교 검토하였다. 압착 올리브유, 혼합 올리브유 및 대두유의 총토코페롤 함량은 각각 15.7, 11.2 및 80.7 mg/100 g이었다. 이들의 총페놀 함량은 각각 10.4, 1.6 및 0.5 mg/100g이었다. 암소에서 자동산화에 의한 산화안정성은 압착 올리브유>혼합 올리브유>대두유 순이었다. 압착 올리브유, 혼합 올리브유 및 대두유의 평균 온도계수는 45~65°C의 온도범위에서 각각 1.73, 1.83 및 1.64이었으며, 활성화에너지는 각각 26.86, 29.49 및 24.07 KJ/mol이었다. 빛의 존재하에서 자동산화에 대한 산화안정성은 대두유>혼합 올리브유>압착 올리브유의 순이었으며, 이들의 유도기간은 각각 15.3일, 16.4일 및 18.0일이었다. 가열산화에 대한 산화안정성은 혼합 올리브유>압착 올리브유>대두유의 순이었다.

문 헌

1. The Korean Society of Food and Nutrition. 1998. *Dictionary of Food and Nutrition*. Korea Dictionary Research Publishing, Seoul, Korea.
2. Fernandez-Escobar R, Moreno R, Garcia-Creus M. 1999. Seasonal changes of mineral nutrients in olive leaves during the alternate-bearing cycle. *Scientia Horticulture* 82: 25- 45.
3. Zarzuelo A. 1991. Vasoliator effect of olive leaf. *Planta Medica* 57: 417-419.
4. Samuelsson G. 1951. The blood pressure lowering factor in leaves of *Olea europaea*. *Farmaceutisk Revy* 15: 229-239.
5. Aziz NH, Farag SE, Mousa LA, Abo-Zaid MA. 1998. Comparative antibacterial and antifungal effects of some phenolic compounds. *Microbios* 93: 43-54.
6. Anonymous. 2003. *The Food and Distribution Yearbook*. The Food Journal, Seoul, Korea.
7. Shahidi F, Wanasumudara PD. 1992. Phenolic antioxidants. *Rev Food Sci Nutr* 32: 67-103.
8. Cinquanta L, Esti M, Di Matteo M. 2001. Oxidative stability of virgin olive oils. *J Am Oil Chem Soc* 78: 1197-1202.

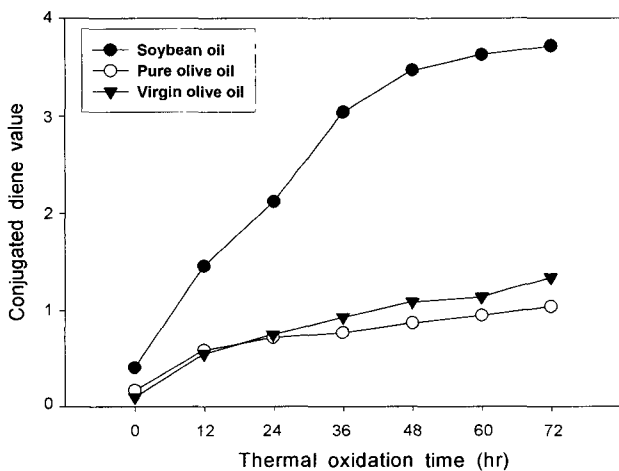


Fig. 4. Changes of the conjugated diene value virgin olive oil, pure olive oil and soybean oil during the thermal oxidation.

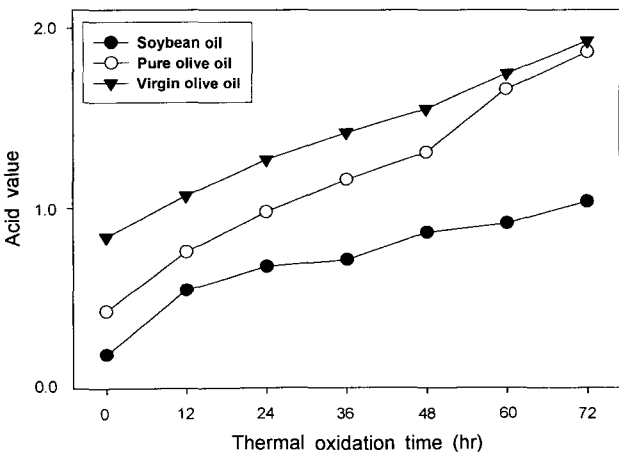


Fig. 5. Changes of the acid value of virgin olive oil, pure olive oil and soybean oil during the thermal oxidation.

9. Fakourelis N, Lee EC, Min DB. 1987. Effects of chlorophyll and β -carotene on the oxidation stability of olive oil. *J Food Sci* 52: 243-235.
10. Endo Y, Usuki R, Kaneda T. 1984. Prooxidants activities of chlorophyll and their decomposition products on the photooxidation of methyl linoleate. *J Am Oil Chem Soc* 61: 781-784.
11. Lee J, Ye L, Landan WO Jr, Eitenmiller RR. 2000. Optimization of an extraction procedure for the quantification of vitamin E in tomato and broccoli using respon surface methodology. *J Food Composition and Analysis* 13: 45-57.
12. Teresa SM, Huang SW, Edwin NF. 1995. Effect of natural antioxidants in virgin olive oil on oxidative stability of refined, bleached, and deodorized olive oil. *JAOCS* 72: 1131-1137.
13. AOAC. 1984. *Official Methods of Analysis*. 14th ed. Method 9.110. Association of official analytical communities, Arlington, VA, USA.
14. AOAC. 1990. *Official Methods of Analysis*. 15th ed. Association of official analytical chemists, Washington, DC. Cd 8-35.
15. AOCS. 1990. *Official and Tentative Method*. 2nd ed. Method Ti-1a-64. Am Oil Chem Soc Chicago, USA
16. AOCS. 1990. *Official and Tentative Methods*. 10th AOCS official Method Cd 3a-63, Am Oil Chem Soc, Chicago, USA
17. Benavente-Garcia O, Castillo J, Lorente J, Ortuno A, Del Rio JA. 2000. Antioxidant activity of phenolics extracted from *Olea europaea* L. leaves. *Food Chem* 68: 457-462.
18. Ahmet K, Ali R, Tekin and Mehmet D. 1993. Oxidative stability of sunflower and olive oils. *Lebensmittel Wissenschaft Technol* 26: 464-468.
19. Endo Y, Usuki R, Kaneda T. 1984. Prooxidant activities of chlorophylls and their decomposition products on the photooxidation of methyl linolate. *J Am Oil Chem Soc* 61: 781-784.
20. Endo Y, Usuki R, Kaneda T. 1984. The photooxidative alteration of chlorophylls in the methyl linolate and prooxidant activity of their decomposition products. *Agric Biol Chem* 48: 985.
21. Ranalli A. 1992. Carotenoids in virgin olive oils. *J Food Sci* 1: 53-57.

(2004년 10월 20일 접수; 2004년 12월 29일 채택)