

# 유지의 생리활성적인 기능성

안 명 수

성신여자대학교 생활과학대학 식품영양학과

## 1. 머릿말

지질은 식용되고 있는 유지 및 유지함유식품 중에서 여러종류의 지방산이 글리세롤과 에스테르를 형성하고 있는 것으로 대부분 triglyceride(TG) 형태로 존재하고 있다. 최근 우리나라의 식생활이 서구화되면서 구미 여러나라들과 같은 양상으로 뇌혈전, 심근경색등 순환기계 성인병에 의한 사망률이 증가되고 있는 실정이다. 이들 순환기계질병은 식사내용 즉 칼로리, 동물성지방의 과잉섭취 등과 관계가 깊은 것으로 밝혀지고 있어 유지류의 섭취시 조성지방산의 질적인 내용이 매우 중요한 것으로 인식되고 있다.

Kromann<sup>1)</sup>은 그린란드 원주민인 에스키모인과 덴마크 백인을 대상으로 역학조사를 실시한 결과 에스키모인들에게서 급성심근경색증, 다발성경화증, 기관지천식, 당뇨병등의 성인병 이환율이 아주 낮다고 보고 하였다. 이러한 사실은 에스키모인들이 상식하고 있는 수산식품 중에 Eicosapentaenoic acid(EPA)나 Docosahexaenoic acid(DHA) 등의  $\omega$ -3계 불포화 지방산이 다량 함유되어 있기 때문인 것으로 밝혀지고 있다. 齋川<sup>2)</sup>에 의하면 한국과 일본의 장수촌은 해안 농어촌지역에 많다고 하면서 한국의 북제주, 남해, 성주, 보성, 곡성 등과 일본의 오키나와, 코쿠시마, 카고시마, 카가와, 토토리 등이 장수지역이라고 보고한 바 있다(Table 1).

한편 Haumann<sup>3)</sup>들, Lee<sup>4)</sup>들과 Pariza<sup>5)</sup>들은 linoleic acid의 위치이성체인 conjugated linoleic acid(CLA)가 동물실험결과 항암효과 및 죽상동맥경화증을 감소시키고 유방암을 저해하며 생체내에서 항산화성이 있음을 보고하였다.

Table 1. The classification of longevity districts by the structural type

Korea (1980)		Japan (1975)	
District	Longevity rate (%)	District	Longevity rate (%)
District in seashores			
Sungju	1.24	Kagoshima	1.22
Bosung	1.22	Tottori	1.20
Yochon	1.19	Shimane	1.17
Kangjin	1.17	Hiroshima	1.10
Kohung	1.16	Yamaguchi	0.96
Hadong	1.16	Mie	0.92
Kwangyang	1.14		
District in isolated islands			
Pukcheju	1.65	Okinawa	2.68
Namhae	1.56	Kokushima	1.61
Ongjin	1.00	Kagawa	1.25
		Ehime	1.02
		Kochi	0.99
Rural district in mountains			
Koksung	1.20	Okayama	0.99
Tamyang	1.18	Oita	0.92
Sunchang	1.15	Miyazaki	0.92
Kurye	1.11	Gifu	0.80
Syungju	1.01	Yamanashi	0.77
Changsyung	1.01	Nara	0.74
Kumnung	1.00		

따라서 본고에서는 유지의 생리활성물질중 현재까지 그 기능이 잘 알려져 있는  $\omega$ -3계 지방산 즉 EPA와 DHA, 그리고 LA의 기하위치이성체인 CLA에 대하여 생성과 분포 및 생리활성적인 기능성을 중심으로 고찰하여 정리해 보고자 한다.

## 2. $\omega$ -3계 및 $\omega$ -6계 지방산의 eicosanoid 형성과 그의 생리활성적인 기능성

$\omega$ -6계 지방산인 linoleic acid(LA)와  $\omega$ -3계 지방산인  $\alpha$ -linolenic acid( $\alpha$ -LNA,  $C_{18:3}$ ,  $\omega$ -3) 및 그들의 불포화/장쇄산물(20:4,  $\omega$ -6, 20:5  $\omega$ -3 및 22:6  $\omega$ -3)은 세포막 지질층의 점성을 일정하게 유지되도록 조절하며<sup>6)</sup> LA는 표피의 sphingolipid의 한 성분으로서 막의 기능을 조절하는 한편  $\omega$ -3계 PUFA는 신경조직과 학습기능 등에 관계가 있는 것으로 알려졌다.  $\alpha$ -LNA와 그의 주요 대사산물인 22:6  $\omega$ -3 PUFA가 결핍되면 뇌와 망막중의  $C_{22:6}$   $\omega$ -3 PUFA 양이 감소하는 결과를 초래하게 되는 것으로 믿어지고 있다. 22:6  $\omega$ -3 PUFA는 간에서 18:3  $\omega$ -3로부터 합성된 후 지단백질형태로 혈액중에 분비되어 뇌와 망막에서 흡수되는 것으로 알려져 있다<sup>7)</sup>. 또한 이들 PUFA는 eicosanoid라고 총칭되는 prostaglandins, hydroxy fatty acids, sulfidopeptide-leukotriens와 lipoxins들의 전구물질인 것으로 국소호르몬으로 작용하여 많은 세포반응에 영향을 미친다<sup>8)</sup>.

많은 질병이 18:2  $\omega$ -6로부터 유도·생성되는 20:4  $\omega$ -6로부터 형성되는 eicosanoid가 과량으로 생성되는 것과 관련되므로 이들 PUFA의 섭취를 조절하는 것은 매우 중요하다. 왜냐하면  $\omega$ -6계 eicosanoid는 식이  $\omega$ -3 PUFA에 상반되는 작용을 한다<sup>9)</sup>고 알려졌기 때문이다. Prostaglandin을 위한 20:4  $\omega$ -6 pool이 식이성 18:2  $\omega$ -6와 20:4  $\omega$ -6 PUFA에 의해 빠르게 영향받지 않는다. 그것은 20:4  $\omega$ -6의 pool size는 큰 동시에 18:2  $\omega$ -6의 20:4  $\omega$ -6로의 전환율이 낮은 반면  $\omega$ -3 PUFA pool은 상당히 작아  $\omega$ -3 PUFA를 보충해주면 즉시 영향을 받아 생성되는 것<sup>10)</sup>으로 알려졌다.

식이 섭취된 4 group의 지방산들이 조직 내에서 탈포화되고 장쇄화하여 long-chain PUFA가 형성되는 과정은 Fig. 1 및 2에서와 같다<sup>11,12)</sup>. 18:2  $\omega$ -6는 동물조직 내에서 AA(20:4  $\omega$ -6)로 전환되므로 대부분의 육상동물의 조직 중에 많으며 따라서 동물조직 중에서 합성되는 eicosanoids는 20:4  $\omega$ -6로부터 거의 유도되는 것 이라고 볼 수 있다. 18:3  $\omega$ -3도  $\omega$ -6 or  $\omega$ -9 지방산에 작용하는 것과 동일한 desaturases에 의하여 장쇄의  $\omega$ -3 PUFA로 전환된다. Dyerberg<sup>13)</sup>과 Adam<sup>14)</sup>은 인체 내에서는 18:3  $\omega$ -3가 20:5  $\omega$ -3으로 전환되지 않는다고 보고하였다.

Eicosanoid의 종류는 조직의 type에 따라 다르게 합성된다. 즉 thromboxane $A_2$ (TXA $_2$ )는 유능한 혈소판응집소를 주로 혈소판에서 합성되는 반면 prostaglandin $I_2$ (PGI $_2$ )는 혈소판응집 억제력이 매우 큰 것으로 상피세포에 의해 형성된다. 또한 eicosanoid는 세포내에 저장되지 않으며 빠르게 대사되므로 국소적으로 생성되어 나타나는 것으로 알려져 있다.

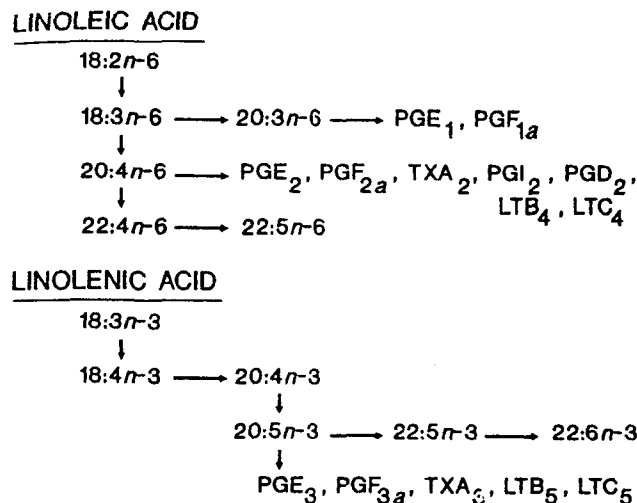


Fig. 1. Conversion of dietary fatty acids to longer chain polyunsaturated fatty acids and precursor acids for eicosanoids.

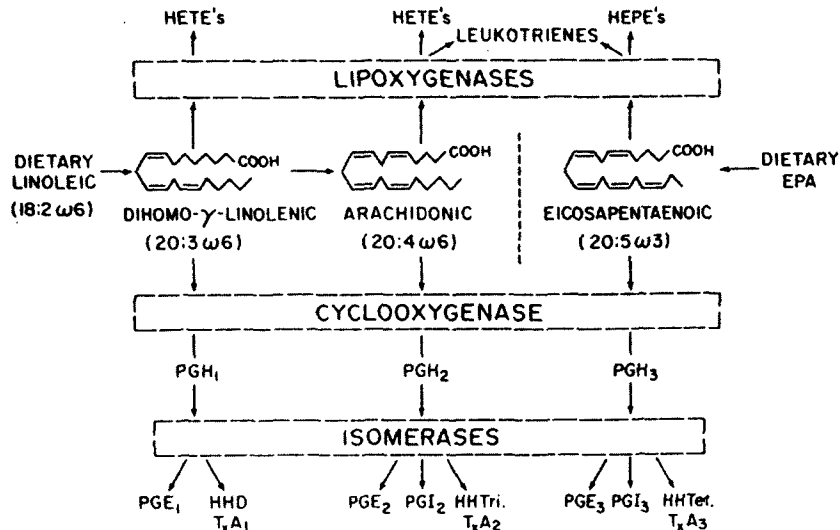


Fig. 2. Eicosanoid formation from arachidonic acid and eicosapentaenoic acid. HEPE=hydroxyeicosapentaenoic acid; HETE=hydroxyeicosatetraenoic acid; HHD=hydroxyheptadecatrienoic acid; HHTet=hydroxyheptadecatetraenoic acid; HHTri=hydroxyheptadecatetraenoic acid; PG=prostaglandin; Tx=thromboxane.

Table 2. Physiological Actions of Eicosanoids

Eicosanoid	Effect
PGE <sub>1</sub>	Inhibits platelet aggregation
PGE <sub>2</sub>	Vasodilation, increases cAMP levels, decreases gastric acid secretion, suppresses immune response, luteotropic action
PGI <sub>1</sub>	Relaxes smooth muscle; vasodilation; inhibits platelet aggregation; raises cAMP levels
TxA <sub>2</sub>	Contracts smooth muscle; causes platelet aggregation; bronchoconstriction
PGD <sub>2</sub>	Inhibits platelet aggregation; raises cAMP levels; causes peripheral vasodilation
LTB <sub>4</sub>	Neutrophil and eosinophil chemotaxis; leakage in microcirculation; raises cAMP levels; causes neutrophil aggregation
LTC <sub>4</sub> -LTD <sub>4</sub>	Contracts smooth muscle; constricts peripheral airways; leakage in microcirculation; decreases cAMP levels
12-HETE-12-HPETE	Neutrophil chemotaxis; stimulates glucose-induced insulin secretion
15-HETE	Inhibits 5- and 12-lipoxygenases
Lipoxin A	Superoxide anion generation; chemotaxis; activates protein cell activity
Lipoxin B	Inhibits NK cell activity

이들 eicosanoids는 심혈관, 생식, 호흡, 망막, 내분비, 피부, 신경, 면역체계에 다양한 작용을 하며 그 종류별 생리적 작용은 Table 2<sup>15)</sup>에서 보는 것과 같다.

### 3. Eicosapentaenoic acid(EPA)의 생성과 생리활성적 기능성

EPA는 탄소수가 20개이고 이중결합수가 5개인 고도불포화지방산으로 육상동물식물유에는 거의 없으며 어유나 해산물중에 존재하는 것이 특징이다. ω-3와 ω-6계열의 지방산으로부터 EPA와 DHA가 생성되는 경로는 Fig. 3에서 보는 바와 같다. α-Linolenic acid(LNA, 18:3, ω-3)나 linoleic acid(LA, 18:2, ω-6)는 동물체내에서 합성이 불가능하므로 식품으로부터 섭취해야 하며 또 동물체내에서는 methyl기의 말단측에 이중결합을 도입할 수 없으므로 ω-6계 지방산이 ω-3계 지방산으로 전환되지 않는다<sup>16)</sup>. 따라서 인체내에서 검출되는 EPA는 식이로부터 온 것으로

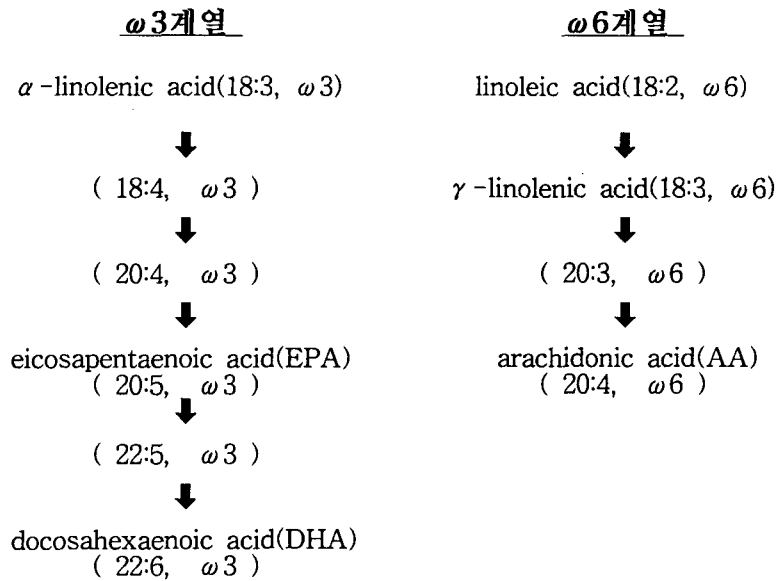


Fig. 3. EPA와 DHA의 생합성 경로.

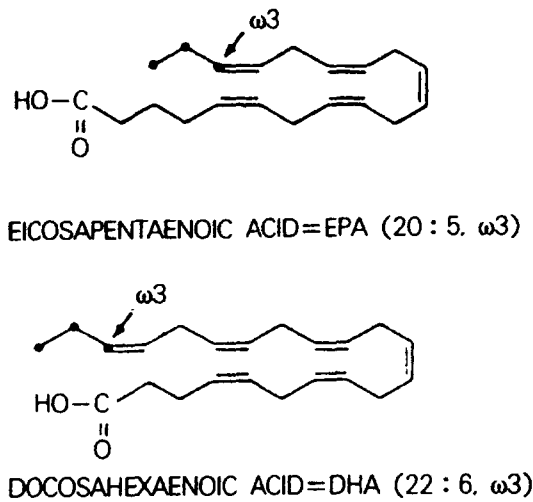


Fig. 4. Structure of EPA and DHA.

생각되고 있다.

EPA의 생리작용에 대하여는 많은 연구 결과들이 있으나 그 중에서 특히 동맥경화증에 대한 예방효과가 가장 두드러 진다. 이와같은 현상은 그린란드의 에스키모인들에게서 덴마크 백인에 비해 혈중 cholesterol, 중성지방과 같은 동맥경화를 촉진하는 지방량이 낮으며 혈중에 arachidonic acid(AA)는 낮은 반면 EPA의 양이 10배나 높게 검출된 것에서 알 수 있다. 또한 에스키모인들에게서 출혈시간의 연장이나 혈소판 응집능력도 현저하게 낮았으며 혈액 중에서 혈전이 잘 일어나지 않는다는 사실이 확인되었고 이러한 결과는 에스키모인의 유전적인 요인보다는 EPA가 다량 함유된 생선이나 바다표범을 주식으로 하고 있는데 기인한다고 설명하고 있다<sup>16)</sup>.

또한 EPA는 다른 ω-3나 ω-6계열의 고도불포화지방산과 마찬가지로 혈중 중성지방질의 감소, 혈중 총콜레스테롤의 감소 및 HDL-콜레스테롤의 증가효과가 있으며, 뿐만아니라 ω-6계열의 지방산에서는 볼 수 없고 ω-3계열의 지방산이 특이적으로 나타내는 효과, 즉 혈소판응집능력의 저하, 혈액점도의 저하 및 적혈구변형능력의 증가 등으

로 이들의 여러 가지 요인이 상호작용하여 동맥경화 예방효과가 있음이 보고 되어 있다.

EPA가 혈소판응집능력을 저하시키는 원인은 다음과 같이 설명되고 있다. 즉 AA나 EPA는 세포막 중 인지질의 주로 2위에 결합되며 phospholipase A<sub>2</sub>에 의해 유리되고 여러 가지 효소계에 의하여 PG나 염증과 관계있는 것으로 알려진 leucotriene 등의 생리활성물질로 전환된다. 그중 AA에서 생성된 Thromboxane(TX)<sub>2</sub>와 PGI<sub>2</sub>는 혈소판 기능을 강화시키는 것으로 알려졌다. 즉 혈관벽에서 만들어지는 PGI<sub>2</sub>는 혈소판응집억제작용과 혈관확장작용이 있는 반면 TXA<sub>2</sub>는 혈소판에서 생성되며 역으로 혈소판응집작용과 혈관수축작용을 나타내므로 두가지의 균형에 의해 혈액의 항상성이 유지되는 것이다.

#### 4. Docosahexaenoic acid(DHA)의 생성과 생리활성적 기능성

DHA의 생성은 Fig. 3에서 본 것과 같이 ω-3계 지방산으로부터 생성되나 사람의 조직에서는 생성율이 낮은 것으로 알려져 있다. DHA와 기타 ω-3 지방산은 생물의 조직 중에서 유리 상태가 아니고 인지질, TG 및 Cholesterol 과의 ester 상태로 뇌<sup>17)</sup>, 눈의 망막<sup>18)</sup>, 정자<sup>19)</sup> 등에 존재하며 특히 뇌의 시냅스막과 망막의 광수용체 바깥체질에 다량 존재하고 있는 것으로 알려졌다<sup>20)</sup>.

DHA의 생리적 기능은 다음과 같이 설명되고 있다. DHA는 망막의 외부막조직에 존재하는 인지질의 α-위치에 결합되어 있으면서 세포막의 기능을 도와주며 망막의 rod 세포 내 총지방산의 50~60%를 차지하므로써 rhodopsin 과 G-protein이 존재하는 막의 구성성분인 인지질의 주성분이 된다<sup>21)</sup>. 또한 DHA는 뇌의 회백질 내의 인지질인 phosphatidyl serine(PS)과 phosphatidyl ethanolamine(PE)의 80%를, 또 대뇌피질의 PS와 PE의 약 1/3을 차지하고 있어 두뇌의 기능에 매우 중요한 역할을 하고 있는 것으로 밝혀지고 있다. DHA가 풍부하게 함유되어 있는 어유와 전혀 없는 옥수수유를 새끼쥐에게 섭취시킨 결과 어유를 섭취한 어미쥐나 새끼쥐의 혈장 내 DHA량이 높았고 뇌조직 내의 DHA 수준도 유의적으로 증가되었으며 생후 21일째에 가장 높았다고 하였다<sup>22)</sup>. 또 EPA와 DHA의 함량이 높은 정어리유와 LA가 다량 함유된 홍화유를 혼합하여 흰쥐에게 급여한 실험에서 뇌지질 중의 인지질의 조성지방산 중 EPA와 DHA의 비율이 높았으며, 특히 PE에서는 DHA가 월등히 높은 양이었다고 하였다<sup>23)</sup>. 한편 영아에게 분유와 모유를 먹이면서 두뇌발달을 비교한 실험에서 분유 중 DHA가 강화되었다 하더라도 모유의 31.7~46.4% 수준에 불과하였다. 또 식이 중의 DHA 함량을 증가시켜 적혈구 내 DHA 함량을 높여주므로써 두뇌발달과 신경조직의 막구조를 변화시켜 자극에 대한 반응속도를 줄이고 정확도를 증가시켰다는 결과를 얻었다고 하였다<sup>24)</sup>. 그외에도 혈중의 LDL-cholesterol 억제효과와 동맥경화발병지표(atherogenic index)를 감소시키고 생체 내에서 조직손

Table 3 EPA and DHA contents in raw, salted, and canned fish oil

Samples	Status	Amounts (mg/g)*	
		EPA	DHA
Mackerel	raw	54.3	125.9
	salted	43.4	99.2
	canned	35.4	89.4
Saury	raw	58.2	120.2
	salted	40.0	115.3
	canned	50.9	96.4
Sardine	raw	120.3	128.2
	salted	110.1	114.0
	canned	104.4	108.0
Tuna	raw	40.1	138.2
	salted	40.4	130.5
	canned	30.1	70.8
Hair tail	raw	39.8	110.4
	salted	39.5	105.3
Chub mackerel	raw	33.8	126.8
	salted	25.2	94.0

\*Average of 3 determinations.

상을 유발하는 자유라디칼을 제거하는 능력이 있는 효소 superoxide dismutase(SOD)와 glutathione peroxidase (GSHPX)의 활성을 효과적으로 촉진시키는 것이 동물실험결과 밝혀지므로써 노화억제 효과가 있을 것이라는 보고도 있다<sup>25)</sup>.

또한 출산 산모에게 계속 DHA가 다량 함유된 어유(DHA 0.92 g/3 g 어유)를 섭취시키고 모유 중의 DHA 함량을 조사한 결과 수유 14일째부터 유의적으로 증가되었으며 어유의 보충을 중단하면 다시 원상태로 돌아가는것<sup>26)</sup>으로 나타나 두뇌발달이 왕성한 시기에 산모에게 DHA를 보충시키므로써 모유내 DHA 수준을 높여주는 것이 매우 바람직한 것으로 보인다.

한편 우리나라에서 상용되고 있는 6가지의 어유(고등어, 꽁치, 정어리, 참치, 갈치, 삼치)에 대하여 EPA와 DHA의 함량을 조사한 결과 Table 3에서와 같이 EPA는 정어리에 가장 많아 다른 생선의 2~3배 정도 높았으며 DHA는 참치에 약간 더 많으나 다른 생선과 큰 차이 없이 고르게 많이 함유되어 있는 것으로 나타났다<sup>27)</sup>.

### 5. Conjugated linoleic acid(CLA)의 생성과 생리활성적 기능성

CLA는 LA의 위치 및 기하이성체로서 사람과 쥐에게서 항암효과<sup>3)</sup>가 있음이 밝혀졌으며 dimethylbenz(a)anthracene을 장기간 섭취시킨 쥐에게서 지방종양 발생을 저지하는 능력이 있다고 보고되었다<sup>28,29)</sup>. 죽상경화증인 토끼에게 CLA를 매일 섭취시킨 결과 LDL-cholesterol과 total plasma-cholesterol 및 죽상동맥경화증이 감소되었으며<sup>34)</sup> 또한 CLA 사료로 사육된 쥐, 생쥐, 닭, 토끼에게서 체지방은 감소되고 체단백질이 증가되었으며<sup>30)</sup> in vivo와 in vitro에서 항산화성이 있음<sup>9)</sup>도 보고 되어 있다. CLA는 LA가 free radical에 의한 경로로 산화될 때 혈청 중의 albumin과 작용하여 생성된다<sup>31)</sup>고 하였으며 낙농 및 축산(반추동물)식품 중에 최고 2000 ppm 정도 함유되어 있다고 하였다<sup>32)</sup>.

본인은 현재 CLA의 생리적 기능과 그의 중요성이 부각되고 있으므로 이에 대한 자료를 얻고자 CLA의 생성과 상용되고 있는 몇가지 식품들에 있어서 CLA의 함량 그리고 유지에 대한 CLA의 항산화성을 검토하는 실험을 실시하여 다음과 같은 결과를 얻은 바 있다<sup>33)</sup>.

CLA의 생성은 Table 4에서와 같이 LA를 20°C에서 저장하는 동안은 28일 이후에 원래의 약 13배 이상으로, 56일 후에는 약 20배의 양에 도달되었으며 soybean oil(SBO)은 20°C에서 14일 후에 약 7배가량 증가되나 그 후는 약간 감소되며 40°C에서는 14일 후에 약 2배 정도가 생성되었다. 또 SBO와 다른 기름들을 40°C에서 42일간 저장 하면서 산패도와 CLA의 생성량의 관계를 검토한 결과 Cotton seed oil(CSO)의 경우 CLA의 생성량은 SBO의 약 2배 정도로 가장 높은 반면 POV는 낮은 것으로 나타나 CLA 생성자료로 유리할 것으로 관찰되었다.

그리고 CLA의 유지에 대한 항산화효과는 첨가초기에는 tocopherol보다 크고 BHT와 거의 유사하나 21일 이후에는 오히려 산화를 촉진시키는 것으로 나타났으며 citric acid를 상승제로 사용할 경우 BHT나 tocopherol보다 높았다(Table 5). 또한 유지가열시의 CLA의 항산화효과는 저온인 때보다 상당히 큰 것으로 나타나 BHT나 tocopherol과 유사한 경향을 보였다(Table 6).

한편 시판되는 몇가지 종류의 우유중의 CLA 함량은 293~2148 ppm으로 제조회사별로 차이가 큰 것으로 나타났으며 육류 중에서는 돼지고기에 2370 ppm으로 쇠고기보다 높았고 생선 중에서는 삼치에 1040 ppm으로 청어, 고등어 등에 비하여 높고 조림으로 조리하였을 때 더 양이 높아지는 것으로 나타났다(Table 7).

**Table 4. The occurrence amounts of CLA from Linoleic acid and soybean oil stored at 20±1 and 40±1°C for 56 days**

		(100 ppm)								
Stored period (days)		0	7	14	21	28	35	48	56	
SubstrateTemp. (°C)										
LA	20	188		815		2572		2299	3829	
	40	824	929	1664	1087	280	388	349		
SBO	20	112		815		696		440	508	
	40	112	767	262	0	671	358	404		

LA: Linoleic acid (methyl linoleate).

**Table 5. Peroxide values of soybean oil and corn oil with BHT, tocopherol and CLA stored at 40±1°C 28 days**

Stored period (days) Oils	0	7	14	21	28
SBO	1.95	5.96	26.13	40.22	140.13
+BHT 0.02%	1.95	1.99	6.33	4.97	29.91
+Toc 0.02%	1.95	13.85	12.10	7.73	23.73
+CLA 0.02%	1.95	2.02	14.11	40.82	139.90
+CLA 0.04%	1.95	4.02	24.09	47.12	127.70
+CLA 0.06%	1.95	2.00	28.91	22.19	134.20
CNO	6.87	5.89	18.80	10.08	67.22
+BHT 0.02%	6.87	2.03	12.11	12.11	18.53
+Toc 0.02%	6.87	2.11	4.06	16.14	11.95
+CLA 0.02%	6.87	2.20	4.99	8.091	17.54

SBO: Soybean oil.

CNO: Corn oil.

**Table 6. Peroxide value of Soybean oil without or with BHT, Tocopherol and CLA heated at 180±1°C for 33 hours (meq/kg · oil)**

	0	3	6	9	15	21	27	33
SBO	1.95	38.65	40.01	41.56	40.98	137.66	67.33	73.92
+BHT	1.95	9.26	14.82	9.48	17.31	11.27	11.27	14.11
+Toc	1.95	3.76	1.26	19.79	14.73	1.31	1.31	4.80
+CLA	1.95	11.76	10.21	3.64	3.74	14.13	14.13	25.32

SBO: Soybean oil.

**Table 7. CLA amounts in Milks, Meats and Fishes**

Foods	Amounts (ppm)	Food	Amounts (ppm)
Milk 1	1948	<u>Raw</u>	
2	847	Herring	132
3	293	Mackerel	77
4	891	Spanish mackerel	1040
5	1463	Mackerel pike	357
6	2148	<u>Broiled</u>	
<u>Raw</u>		Herring	371
Beef	1150	Mackerel	277
Pork	2370	Spanish mackerel	1068
Chicken	200	Mackerel pike	50
		<u>Boiled with seasoning</u>	
		Herring	34
		Mackerel	75
		Spanish mackerel	2039
		Mackerel pike	414

## References

1. Lands, W. E. M.; Fish and Human Health, p. 9, (1986).
2. 香川晴雄 等, 日本の長壽地域 現状, 營養學雜誌, 34(4), 163-169, (1976).
3. Haumann, B. F.; Conjugated linoleic acid offers research promise, Inform, 152, 7(2), (1996).
4. Lee, K. N., Kritchevsky, D. and Pariza, M. W. Conjugated linoleic acid and atherosclerosis in rabbits, Atherosclerosis, 19-25, 108, (1994).
5. Pariza, M. W., Ha, Y. L., Sword, J. T., Benjamin, H. and Gruter, H. Generation of anticarcinogenic fatty acids during food processing, FASEB. J., 169, 4, (1990).
6. Mead, J. F. The non-eicosanoid function of the essential fatty acids, J. Lipid Res, 25, 1517, (1984).
7. Emken, E. A., Adolf, R. O., Rohwedder, W. K. and Gulley, R. M. In vivo metabolism of deuterium-labeled linolenic

- and linoleic acid in humans, *Biochem. Soc. Trans.*, (1990).
8. Samuelsson, B., Dahlen, S. E., Lindgren, J. A., Rauzer, C. A. and Serhan, C. N. Leukotrienes and lipoxins; biosynthesis, and biological effects, *Science*. 237, 1171, (1987).
  9. Kinsella, J. E., Broughton, K. S. and Whelan, J. W. Dietary unsaturated fatty acids; interactions and possible needs in relationship to eicosanoid synthesis, *J.Nutr, Biochem.* 1: 123, (1990).
  10. Hamazaki, T., Fisher, S., Sawazaki, S., Yano, S. and Kuwamori, T. Urinary excretion of PGI<sub>2</sub>/3-M and recent n-6/3 fatty acid intake, *Prostaglandins* 37: 417, (1989).
  11. Hwang, D., Dietary fatty acid and eicosanoids, fatty acids in foods and their health implication, Dekker, p. 546, (1992).
  12. Simopoulos, A. P., Kifer, R. R. and Martin, R. E. Health effects of polyunsaturated fatty acids in sea foods, Academic Press, p. 62, (1986).
  13. Dyerberg, J., Bang, H. O. and Aagaard, O.  $\alpha$ -Linolenic acid and eicosapentaenoic acid, *Lancet*, 199, (1980).
  14. Adam, O., Wolfram G. and Zollner, N. Effect of  $\gamma$ -linolenic acid in human diet on linoleic acid metabolism and prostaglandin biosynthesis, *J. Lipid Res.* 27: 421, (1986).
  15. Chow, C. K. Fatty acids in Foods and their health implications, Dekker, p. 549, (1992).
  16. 秦和彦, 三ヶ尻, 昭博, 藤田孝夫, 青魚とEPA, *調理科學*, 16(3), (1983).
  17. O'Brien, J. S. and Sampson, E. L. Fatty acid and aldehyde composition of the major brain lipids in normal gray matter, white matter and myelin, *J.Lipid Res*, 6: 545, (1965).
  18. Anderson, R. E. Lipids of ocular tissues IV. A comparison of the phospholipids from the retina of six mammalian species *Exptl Eye Res.* 10: 339, (1970).
  19. Poulos, A., Darin-Bennet, A. and White, J. G. The phospholipid bond fatty acids and aldehydes of mammalian spermatozoa, *Comp Biochem. Physiol* 46B: 541, (1973).
  20. Neuringer, M. and Connor, W. E. n-3 Fatty acid in the brain and retina; Evidence for their essentiality. *Nutr Res* 44: 285-294, (1986).
  21. 이양자,  $\omega$ -3계 지방산의 영양생화학적 기능, *한국영양학회지*, 27(6): 600-615, (1994).
  22. 정경숙, 박현서, DHA가 풍부한 어유가 새끼쥐의 뇌발달과 학습능력에 미치는 영향, *한국영양학회지*, 29(3): 267-277, (1996).
  23. 김한수, 정효숙, 강정옥, 김희숙, 이수정, 정승용, n-3 및 n-6계 다불포화지방산의 함유 비율이 다른 유지가 식이성 고지혈증 흰쥐의 뇌, 심장 및 비장의 지방산 대사에 미치는 영향, *한국영양학회지*, 22(6): 692-701, (1993).
  24. 손보경, 조여원, 배종오; DHA 보충이 영아의 적혈구 지방산 조성 및 두뇌발달에 미치는 영향, *한국영양학회지*, 30(5): 478-488, (1997).
  25. 최진호, 윤형식; 도코사헥사엔산(DHA)과 老化, *한국영양학회지* 27(6): 646-654, (1994).
  26. 조여원, 박현서, 홍주영, 정경숙; 수유기에 식이와 함께 섭취한 DHA가 산모의 혈액과 모유의 지질조성에 미치는 영향, *한국영양학회지*, 29(2): 213-222, (1996).
  27. 장영미, 어유의 고도불포화지방산의 분포에 관한 연구, 성신여자대학교 대학원 석사학위 논문, (1990).
  28. Clement, I. P., Singh, M., Thompson, H. J. and Scimeca, J. A.; Conjugated linoleic acid suppresses mammary carcinogenesis and proliferative activity of the mammary gland in the rat, *Cancer Research*, 1213-1215, 54, March. 1, (1994).
  29. Clement, I. P., Briggs, S. P., Haegle, A. D., Thompson, H. J., Storkson, J. J. and Scimeca, J. A.; The efficacy of conjugated linoleic acid in mammary cancer prevention is dependent of the level or type of fat in the diet, *Carcinogenesis*, 1045-1050, 17(5), (1996).
  30. Ha, Y. L. and Pariza, M. W. Naturally occurring novel anticarcinogen conjugated dienoic derivatives of linoleic acid (CLA), *J. Korean soc. Food Nutr*, 401-407, 20(4), (1991).
  31. Dormandy, T. L. and Wickens, D. G.; The experimental and clinical Pathology of diene conjugation, *Chem. Phys. Lipids*, 353, 45, (1987).
  32. Ha, Y. L., Grimm, N. K. and Pariza, M. W.; Newly recognized anticarcinogenic fatty acids; Identification and quantification in natural and processed Cheeses, *J.Agric. Fd. Chem.* 37, 75, (1989).
  33. 안명수, 우나리아; Conjugated linoleic acid의 형성과 식품 중의 함량 및 항산화 효과에 관한 연구, *한국조리과학회*, 14(1), 84-90, (1998).