

정어리유 섭취시 몇가지 산화방지제의 첨가가 혈장과 간의 Tocopherol 함량에 미치는 영향

최 임 순

동덕여자대학교 식품영양학과

Effects of Some Antioxidants Added to Sardine Oil on Tocopherols Contents in Plasma and Liver of Rats

Choi, Im Soon

Department of Food & Nutrition, Dongduck Women's University

ABSTRACT

The effects of dietary intake of sardine oil containing α -tocopherol(800mg/kg oil), δ -tocopherol(1,000mg/kg oil) or rosemary extract(1,000mg/kg oil) on the tocopherols and lipid peroxide levels in plasma and liver were investigated in rats. Ten % sardine oil with antioxidant was added to the basic diet containing 30 IU of vitamin E per kg diet.

The sardine oil groups showed higher liver weight per body weight than that of lard group. Lipid peroxide(LPO) level in liver was significantly higher in the sardine oil groups, therefore the addition of antioxidants had no effect on the LPO values. α -Tocopherol contents in the plasma and liver were greatly lowered by sardine oil ingestion. The addition of α -tocopherol, β -tocopherol or rosemary extract increased the tocopherols contents in plasma and liver. However, with the amount of antioxidants used in this experiment, tocopherols levels in tissue fed sardine oil were lower than those of lard group.

KEY WORDS : sardine oil · antioxidants · plasma tocopherols · peroxide.

서 론

n-3계 고도불포화지방산을 다량 함유한 어유(fish oil)는 순환기계질환의 예방과 치료에 유익한 생리적인 효과가 있다고 알려져 있다^{1~3)}.

그러나 고도불포화지방산은 체내외에서 쉽게 산화되어 hydroperoxides를 형성하여 생체에 급성

또는 만성적 독성을 줄 수 있다고 보고 되어있다⁴⁾ 5).

저자등⁶⁾은 in vitro 실험에서 정어리유에 산화방지제로 α - 및 δ -tocopherol과 rosemary extract를 사용할 때의 최적농도를 규명하였으며, 이 농도의 산화방지제를 함유한 정어리유를 비타민 E가 결핍된 기본식이에 첨가하여 흰쥐를 사육하였을 때 간

에서 지질과산화물의 농도를 낮출수 없다는 결과를 보고한 바 있다.

따라서 본 실험에서는 흰쥐의 비타민 E의 최소 필요량인 30IU/kg diet⁷⁾를 공급하는 기본식이에 추가로 in vitro 실험에서 밝혀진 각 산화방지제의 최적농도가 첨가된 정어리유를 섭취시켜 흰쥐의 혈장과 간에서의 tocopherol 및 지질과산화물의 함량 변화를 분석하여, 투여한 산화방지제의 in vivo에서의 효과를 조사하였다.

실험재료 및 방법

1. 실험동물

생후 5주된 Sprague-Dawley종 수컷 흰쥐를 한국과학기술원 유전공학센터에서 공급받아 1주간 고형사료(제일사료)로 적응시킨 후 임의로 추출하여 7마리씩 5군으로 나누어 8주간 사육하였다. 물과 식이는 무제한 공급하였으며 사육실의 온도는 20°C~22°C로 유지시켰다.

2. 실험식이

실험에 사용된 식이의 구성성분은 Table 1과 같다. 흰쥐에서 Vitamin E의 최소필요량인 30IU/kg diet⁷⁾를 공급하는 기본식이에 지방의 급원으로 돈지(LD)나 정어리유(SO)를 식이의 10%(w/w)수준으로 첨가하였다. 정어리유에는 산화방지제로 본 연구실에서 수행한 in vitro 실험⁶⁾에서 최적수준으로 나타난 α -tocopherol(α) 800ppm, δ -tocopherol(δ) 1000ppm 및 rosemary extract(R) 1000ppm을 첨가하였다. 산화방지제로 사용된 α - 및 δ -tocopherol은 Sigma사 제품을 사용하였고 rosemary extract는 일본 McCormick사 제품으로 rosemary의 ethanol추출 분획이었다.

정어리유는 최등⁸⁾의 방법으로 착유한 다음 탈취 정제하였으며, 돈지는 서울식품(주)에서 공급받아 정어리유와 동일한 방법으로 정제하여 사용하였다. 식이유지의 공급원으로 사용된 돈지와 정어리유의 지방산 조성은 구성지방산을 methyl ester화시켜 gas liquid chromatography(Varian 37

Table 1. Composition of experimental diets

Ingredient	Experimental group ¹⁾				
	LD	SO	SO- α	SO- δ	SO-R
	g/kg diet				
Corn starch	500	500	500	500	500
Sucrose	100	100	100	100	100
Casein	200	200	200	200	200
Lard	100	-	-	-	-
Sardine oil	-	100	100	100	100
Cellulose	50	50	50	50	50
DL-Methionine	3	3	3	3	3
AIN Mineral mix ²⁾	35	35	35	35	35
AIN Vitamin mix ³⁾	10	10	10	10	10
Choline bitartrate	2	2	2	2	2

1) LD : Lard, SO : Sardine oil, SO- α : Sardine oil+800mg α -tocopherol/kg oil, SO- δ : Sardine oil+1000mg δ -tocopherol/kg oil, SO-R : Sardine oil+1000mg rosemary extract/kg oil

2) AIN-76TM(J Nutr 107 : 1340-1348, 1977)

3) Vitamin mixture(per Kg mixture) ; Thiamin · HCL : 600mg, Riboflavin : 600mg, pyridoxine · HCL : 700mg, Nicotinic acid : 3g, D-Calcium pantothenate : 1.6g, Folic acid : 200mg, D-Biotin : 20mg, Cyanocobalamin : 1mg, Vitamin A : 400,000IU, Vitamin E : 3,000IU, Cholecalciferol : 2.5mg, Menaquinone : 5mg Sucrose to make 1000g

00)를 이용하여 분석하였다⁸⁾. 본 실험에 사용된 유지의 구성지방산 함량과 peroxide value 및 α -tocopherol의 함량은 Table 2와 같다.

3. 실험방법

1) 체중측정

실험식이 공급전과 실험시작후 격주로 실험동물의 체중을 측정하였으며 체중 측정 2시간 전부터 단식시켜 식이섭취에서 오는 체중의 변화를 억제하도록 하였다.

2) 혈액 및 간의 채취

사육기간종료 후 12시간 단식시킨 흰쥐들을 ethyl ether로 마취시키고 heart puncture로 혈액을 채취한 후 heparin처리가 된 시험관에 받아 3,000rpm에서 15분간 원심분리시켜 혈장을 분리하여 tocopherol분석용 사료로 사용하였다. 간은 채혈 즉시 적출하여 생리식염수로 세척한 후 무게를 측정하고 다음 dry ice를 넣은 ethanol용액에서 급속 냉동시킨 다음 분석시까지 -20°C 에서 냉동보관하였다.

3) 분석방법

혈장과 간의 lipid peroxide 함량은 thiobarbituric acid와의 반응에 의해서 측정하는 Ohkawa법⁹⁾을 이용하였으며 보관중 산화에 의한 오차를 최소화하기 위하여 실험동물들을 희생시킨 당일 분석실험을 수행하였다.

혈장에서 tocopherol의 추출¹⁰⁾은 혈장 500 μl 에 1 ml의 ethyl alcohol을 가하여 protein을 제거하고 n-hexane 5ml을 첨가하여 3분동안 vortex mixer로 잘 혼합하여 3000rpm에서 10분간 원심분리한 다음 이중 hexane층을 4ml 취하여 질소가스로 건조시켜 냉동보관하였다. 건조시킨 시료를 분석직전 200 μl 의 methyl alcohol에 용해시켜 pore size 0.2 μm 의 membrane filter (Minisart SRP 15, Sartorius)로 여과한 다음 이 여과액에서 20 μl 를 취하여 high performance liquid chromatography(HPLC)에 주입하였다. Perkin Elmer사(Series 410)의 HPLC를 사용하여 분석하였으며, 분석조건은 Table 3과 같다.

Table 2. Fatty acid composition, peroxide value and α -tocopherol content of the dietary fats used in the experiment

Fatty acid	Sardine oil	Lard
area %		
14 : 0	6.1	2.8
15 : 0	0.7	0.1
16 : 0	18.4	25.0
: 1	7.7	3.1
: 4 n3	1.2	—
17 : 0	1.4	0.6
: 1	1.2	0.2
18 : 0	4.0	12.0
: 1	13.5	42.7
: 2 n6	1.9	9.2
: 3 n3	1.0	—
: 3 n6	0.5	0.3
: 4 n3	3.3	—
20 : 1	4.3	1.3
: 2 n6	0.3	0.3
: 4 n3	0.9	—
: 4 n6	1.7	—
: 5 n3	14.2	—
22 : 1	2.0	—
: 2 n6	1.4	—
: 5 n3	1.9	—
: 5 n6	0.4	—
: 6 n3	10.7	—
Unknown ¹⁾	1.3	2.4
n-3 poly ²⁾	33.2	—
n-6 poly ³⁾	6.2	9.8
P/S ratio ⁴⁾	1.3	0.2
PI ⁵⁾	216.6	10.1
Peroxide value,	0.6	0.2
mEq/Kg		
α -tocopherol,	1.8	1.4
mg/100g		

1) Unknown fatty acids

2) n-3 polyenoic fatty acids

3) n-6 polyenoic fatty acids

4) Polyunsaturated to saturated fatty acids ratio

5) Peroxidizability index of the PUFA. $PI^{18)} = (\% \text{ dienoic acids} \times 1) + (\% \text{ trienoic acids} \times 2) + (\% \text{ tetraenoic acids} \times 4) + (\% \text{ pentaenoic acids} \times 6) + (\% \text{ hexaenoic acids} \times 8)$

Table 3. Operating conditions for high performance liquid chromatography

Colum	Pecosphere-3CR C18
Eluent	Methanol-water (97 : 3)
Flow rate	1ml/min
Detector	LC 90UV detector
Wavelength	293 nm
Integrator	LC 1-100

Tocopherol의 표준물질의 쓰인 α -, β -, γ - 및 δ -tocopherol은 Supelco Inc. (U.S.A.) 제품을, tocopherol 추출용 용매로 쓰인 n-hexane과 HPLC 이 동상으로 쓰인 methyl alcohol 및 water는 Mallinckrodt Inc.(U.S.A.)제품을 사용하였다. 간에서의 tocopherol 측정은 10% 간 homogenate 1ml를 취하여 포화 KOH로 검화시킨¹¹⁾후 혈장에서의 동일한 방법으로 추출분석하였다. 혈장과 간의 시료로부터 chromatogram 상에 분리된 각 tocopherol의 동정은 표준물질의 retention time과 비교하여 확인하였다. 시료에서의 tocopherol의 함량은 α -, β -, γ - 및 δ -tocopherol 표준물질 0.25 μ g씩을 함유한 혼합액의 chromatogram에 나타난 각각의 tocopherol의 peak area로부터 환산하여 계산하였다¹²⁾.

3. 통계처리

모든 실험결과에 대한 통계처리는 각 실험군 별로 평균 차이가 있는가를 검정하기 위하여 분산분석(ANOVA 검정)을 수행하였으며, 분산분석결과 유의성이 발견된 경우 동질적인 군과 이질적인 군을 구분하기 위하여 Tukey의 다중비교검정을 실시하였다.

결과 및 고찰

1. 체중 및 간무게의 변화

실험동물의 일일 평균 체중증가량(Table 4)은 식이지방의 급원과 산화방지제의 첨가 유무에 따라 차이를 보이지 않았다. 한편 정어리유 섭취군에서는 돈지군에 비하여 체중에 대한 간의 무게의 비율(Table 4)이 증가하였다. 이는 대구간유나 정어리유와 같은 어유섭취시 체중에 대한 간의 무게

Table 4. Body weight gain and ratio of liver weight to body weight of rats fed the experimental diets¹⁾

Groups	Body weight gain	L.W./B.W. ²⁾
	g/day	%
LD	4.86 \pm 0.90	2.78 \pm 0.20 ^{a3)}
SO	5.01 \pm 0.74	3.15 \pm 0.19 ^b
SO- α	4.99 \pm 0.71	3.09 \pm 0.13 ^b
SO- δ	5.29 \pm 0.64	3.12 \pm 0.18 ^b
SO-R	5.47 \pm 0.84	3.18 \pm 0.09 ^b

1) $\bar{X} \pm SD$, n=7

2) Liver weight/Body weight

3) Values on the same column not sharing a common superscript are significantly different at p<0.05 by Tukey's test

Table 5. Lipid peroxide levels in plasma and liver of rats fed the experimental diets¹⁾

Groups	Lipid peroxide level	
	Plasma	Liver
	nmol MDA ²⁾ /ml	nmol MDA/g
LD	6.73 \pm 1.82	141.52 \pm 21.14 ^{a3)}
SO	8.89 \pm 1.63	639.85 \pm 71.48 ^b
SO- α	7.95 \pm 2.52	597.30 \pm 78.87 ^b
SO- δ	7.04 \pm 1.25	620.85 \pm 31.32 ^b
SO-R	7.62 \pm 2.06	586.36 \pm 69.43 ^b

1) $\bar{X} \pm SD$, n=7

2) MDA : Malnondiadehyde

3) Values within a column with different superscripts are significantly different at p<0.05 by Tukey's test

의 비율이 증가되었다는 보고¹¹⁾와 일치하였다. 어유를 섭취시킨 군에서 간의 무게가 증가되는 이유는 명확하지 않으나 어유섭취시 간에서의 total lipid가 증가되었다는 결과¹¹⁾와도 연관되어 있으리라 생각된다.

2. 혈장과 간의 lipid peroxide(LPO)함량의 변화

Table 5에 나타난 바와 같이 혈장내에서의 LPO 함량은 돈지군에 비하여 정어리유 섭취군에서 증가되고 산화방지제의 첨가에 따라 약간 감소되는 경향을 보였으나 유의성은 없었다.

간에서의 LPO함량은 식이지방의 급원이 돈지에

서 정어리유로 대체되었을때 크게 증가되었다. 어유섭취시 간에서의 LPO의 증가는 여러논문에서 일관성있게 보고⁶⁾¹³⁾되고 있다. 저자등⁴⁾은 비타민 E가 결핍된 기본식이에 산화방지제를 in vitro 실험 결과 밝혀진 최적농도로 첨가시킨 정어리유를 공급한 동물실험에서 간에서의 LPO의 감소를 가져오지 못하였다고 보고하였다. 식이 1kg당 30IU의 비타민 E가 첨가된 본 실험조건에서도 여러 산화방지제들을 추가로 첨가시켰을 때 LPO의 감소를 가져오지 못하였다. 따라서 in vitro에서 밝혀진 각 산화제의 첨가수준은 정어리유 섭취시 간에서의 LPO의 증가를 억제시키는데 충분하지 못하였다.

3. 혈장의 tocopherol함량의 변화

Tocopherol 표준물질의 Chromatogram은 Fig. 1과 같으며 aromatic ring에 붙은 methyl기의 위치 하나만 다른 β-와 γ-tocopherol은 retention time이 거의 같아서 분리되지 않았다. 이와같이 β-와 γ-tocopherol이 분리되지 않은 현상은 본 실험에서와 같이 reverse column에 이동상으로 methanol을 쓴 다른 논문들¹⁴⁾¹⁵⁾에서도 볼 수 있었다. Chromatogram에 나타난 α-tocopherol 표준물질의 retention time은 6.39분, β-와 γ-tocopherol 5.41분, δ-tocopherol 4.51분이었다.

혈장에서의 α-tocopherol의 함량(Table 6)은 정어리유를 섭취시킨 군이 둔지군에 비하여 현저히 감소되었으며 정어리유에 산화방지제로 α-toco-

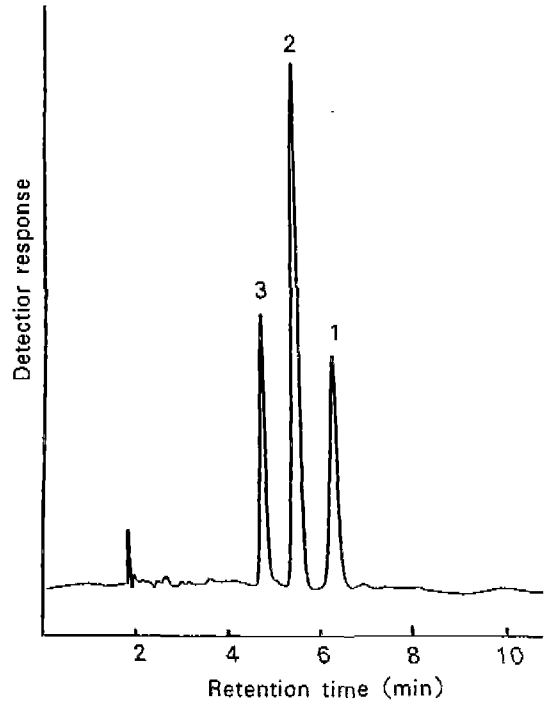


Fig. 1. High performance liquid chromatogram of standard mixture containing 0.25µg each α-, β-, γ and δ-tocopherol 1: α-tocopherol, 2: β-and γ-tocopherol, 3: δ-tocopherol.

pherol을 첨가하였을 때 혈장에서 α-tocopherol양은 증가되었으나 둔지군 수준에는 미치지 못하였다. 식이에서 불포화지방산(PUFA)의 섭취량이 많

Table 6. Tocopherols levels in plasma and liver of rats fed the experimental diets¹⁾

Groups	Plasma tocopherols			Liver tocopherols		
	α	β+γ	δ	α	β+γ	δ
	µg/ml			µg/g		
LD	6.39±0.39 ^{e2)}	0.60±0.09	NF ³⁾	16.32±1.28 ^c	2.28±0.39	NF
SO	3.87±0.40 ^a	0.48±0.07	NF	6.30±0.94 ^a	1.72±0.43	NF
SO-α	5.01±0.41 ^b	0.50±0.08	NF	10.60±1.90 ^b	1.92±0.30	NF
SO-δ	4.12±0.43 ^a	0.52±0.08	1.41±0.31	7.43±0.72 ^a	1.85±0.28	1.98±0.46
SO-R	4.98±0.37 ^b	0.54±0.04	NF	9.57±1.76 ^b	1.98±0.12	NF

1) $\bar{X} \pm SD$, n=7

2) Values within a column with different superscripts are significantly different at p<0.05 by Tukey's test

3) Not found

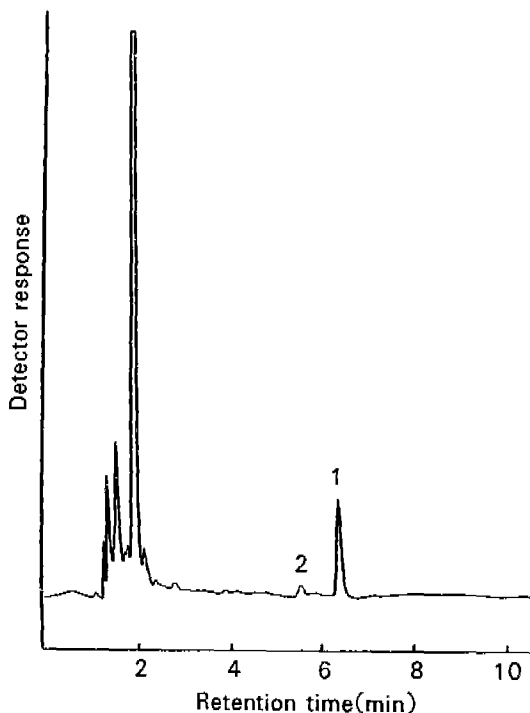


Fig. 2. High performance liquid chromatogram of a liver extract. 1: α -tocopherol, 2: β - and γ -tocopherol.

을수록 비타민 E의 요구량도 커지게 되어 식이 비타민 E와 PUFA의 비율을 0.6mg/g으로 권장¹⁶⁾¹⁷⁾ 하고 있다. 본 실험에서는 기본식으로 식이 1kg당 30IU의 비타민 E(30mg dl- α -tocopheryl acetate)를 공급했으므로 정어리유 자체에서 공급하는 1.8mg의 α -tocopherol(Table 2)과 합하면 비타민 E와 PUFA의 비율이 약 0.8mg/g으로 권장비율 이상을 공급하고 있었다. 따라서 상기의 비타민 E 권장비율은 PUFA의 급원이 주로 식물성유에 들어있는 linoleic acid에서 오는 것으로 가정한 비율이기 때문에 이중결합의 수가 훨씬 많은 고도불포화지방산을 다량 함유한 어유의 경우에는 상향 조정되어야 할 것이다. 또한 불포화지방산의 이중결합정도에 따라 계산하는 peroxidizability index¹⁸⁾가 돈지에 비하여 정어리유에서 크게 상승하는 것(Table 2)도 비타민 E의 요구량이 크게 증가되어야 한다는 것을 나타내고 있다.

한편 혈장에서 β -와 γ -tocopherol의 함량은 α -tocopherol의 변화와 동일한 경향을 나타내었으나 α -tocopherol에 비하여 상당히 낮은 수준이었으며 군간에 유의적인 차이를 보이지 않았다. 그리고 δ -tocopherol은 이 비타민을 산화방지제로 식이에 보충한 SO- δ 군을 제외하고는 본 실험의 분석조건에서는 검출되지 않았다.

δ -tocopherol을 산화방지제로 첨가시킨 SO- δ 군에서 혈장내의 α -tocopherol함량은 SO군과 유의적인 차이는 없었으나 혈장 δ -tocopherol함량은 증가되었다. 이러한 결과는 δ -tocopherol은 생체내에서 biopotency가 극히 낮아¹⁶⁾ α -tocopherol의 소모를 감소시킬수 없었기 때문으로 생각된다.

Rosemary extract 첨가군에서는 혈장의 α -tocopherol함량이 산화방지제를 첨가시키지 않은 SO군에 비하여 유의적으로 높게 나타났다. 이는 rosemary extract에 함유되어 있는 주요 항산화물질인 rosmariquinone이나 rosmaridiphenole¹⁹⁾²⁰⁾이 in vivo에서도 항산화력을 나타내어 정어리유섭취에 따른 α -tocopherol의 소모를 어느정도 대체시켰기 때문으로 생각된다.

4. 간의 tocopherol 함량의 변화

간시료에서의 각 tocopherol의 HPLC chromatogram은 Fig. 2에서 볼 수 있는 바와 같이 혈장에서의 유사한 경향을 나타내어 α -tocopherol의 함량이 가장 높고 γ -tocopherol은 α -tocopherol의 약 1/10~1/5정도 함유되어 있으며 다른형태의 tocopherol은 극히 소량 존재한다는 지적¹⁶⁾과 일치하였다.

간에서의 α -tocopherol 농도(Table 6)는 혈장에서의 같이 정어리유군에서 크게 감소되었다. 이러한 변화는 지질과산화물(LPO)의 변화(Table 5)와 연관되어 있어서 α -tocopherol의 농도가 크게 감소된 SO군에서 LPO는 크게 증가되었다. 이는 고도불포화지방산의 함량(Table 2)이 높은 정어리유의 섭취시 지질과산화를 억제하기 위해서 조직에서 α -tocopherol이 많이 소모되었거나 흡수저하에서 온것으로 생각된다. 그러나 산화방지제의 첨가로 간에서 각 tocopherol의 함량을 어느정도 상승시켰

지만 간의 LPO를 유의적으로 감소시키지는 못하였다. 이는 간에서의 α -tocopherol 함량이 일정한 계선 이하로 저하되면 LPO가 크게 증가되므로 이한계선 이상으로 α -tocopherol의 함량을 높이지 않으면 어유 섭취에 따른 LPO의 상승은 억제시킬 수 없었다는 Mouri¹¹⁾의 결과와 유사한 경향을 나타내는 것이었다.

따라서 1kg 식이당 30IU의 비타민 E를 공급하는 기본식이에 정어리유 1kg당 추가로 800mg의 α -tocopherol, 1000mg의 δ -tocopherol과 rosemary extract를 각각 산화방지제로 첨가시켰을 때 대조군인 돈지군 수준으로 tocopherol의 함량을 증가시킬 수 없었으며 LPO의 함량 또한 감소시키지도 못하였다.

그러므로 정어리유 섭취시 조직내에서의 비타민 E의 감소를 방지하고 LPO의 상승을 억제할 수 있는 적절한 산화방지제의 첨가수준을 결정하기 위한 연구는 계속적으로 이루어져야 할 것으로 생각된다.

요 약

흰쥐의 비타민 E의 최소필요량인 30IU/kg diet를 공급하는 기본식이에 산화방지제로 800mg의 α -tocopherol, 1000mg의 δ -tocopherol 및 rosemary extract를 첨가한 정어리유를 실험동물에 섭취시켜 혈장과 간에서의 tocopherol과 지질과산화물(LPO)의 함량을 분석하였다.

돈지군에 비하여 정어리유 섭취군에서 평균 체중증가량의 변화는 차이를 보이지 않았으나 체중에 대한 간의 무게의 비율은 증가하였다. 정어리유 섭취에 따라 혈장과 간에서 α -tocopherol의 함량은 크게 감소하였으며 몇가지 산화방지제 첨가에 따라 tocopherol의 함량을 유의적으로 증가시킬 수는 있었지만 대조군 수준에는 미치지 못하였으므로 효율적으로 조직의 LPO수준을 낮출 수 없었다. 따라서 정어리유 섭취시 조직내에서의 비타민 E의 감소를 방지하고 LPO의 상승을 억제시킬 수 있는 적절한 산화방지제의 첨가수준을 결정하기 위한 연구가 계속적으로 수행되어야 할 것으로 생각된다.

다.

Literature cited

- 1) Kromhout DK, Bosschieter EB, Coulander CL. The inverse relation between fish consumption and 20-year mortality from coronary heart disease. *New Eng J Med* 312 : 1205-1209, 1985
- 2) Mortensen JZ, Schmidt EB, Nielsen AH, Dyerberg J. The effect on n-6 and n-3 polyunsaturated fatty acids on hemostasis, blood lipids and blood pressure. *Thromb Haemostas* 50(2) : 543-546, 1983
- 3) Sanders TAB. Dietary polyunsaturated fatty acids and health. *Brit J Clin Sci* 38 : 24-32, 1984
- 4) Cortesi R, Privett OS. Toxicity of fatty ozonides and peroxides. *Lipids* 7 : 725-721, 1972
- 5) Saito M, Fukui Y, Hoshino T, Kaneda T. Histopathological studies on the mechanism of toxicity of heat-polymerized oils(acute toxicity). *J Jpn Soc Food Nutr* 31 : 135-141, 1978
- 6) 이효상, 최임순. 정어리유 섭취시 지질과산화 억제제를 위한 몇가지 산화방지제의 효과. *한국영양학회지* 22(6) : 1989
- 7) Lawrence JM. Vitamin E. In: Lawrence JM, eds Handbook of Vitamins. *Marcel Dekker, Inc., New York* 99-145, 1984
- 8) 최임순, 진복희. 정어리유 섭취가 혈장지질, 적혈구막 인지질의 지방산 조성 및 지질의 과산화에 미치는 영향. *한국영양학회지* 20(5) : 330-340, 1987
- 9) Ohkawa H, Ohishi N, Yagi K. Assay for lipid peroxides in animal tissues by thiobarbituric acid reaction. *Anal Biochem* 95 : 351-358, 1979
- 10) 由岐英剛. 生化学分析法. 南江堂, 東京(日本) 340-345, 1984
- 11) Mouri K, Ikesu H, Esaka T, Igarashi O. The influence of marine oil intake upon levels of lipids, α -tocopherol and lipid peroxidation in se-

- rum and liver of rats. *J Nutr Sci Vitaminol* 30 : 307-318, 1984
- 12) Thopson JN, Hatina G, Determination of tocopherols and tocotrienols in foods and tissues by high performance liquid chromatography. *J Lig Chromatogr* 2(3) : 327-344, 1979
- 13) Kuroda K, Kobatake Y, Kubota M, Nishide E, Innami S. Effects of polyunsaturated fatty acid concentrates on lipids in the serum and liver of rats. *J Jpn Soc Food Nutr* 38 : (4) : 291-299, 1985
- 14) De Leenheer AP, De Bevere VO, Cruyl AA, Claeys AE. Determination of serum α -tocopherol by high-performance liquid chromatography. *Clin Chem* 24(4) : 585-590, 1978
- 15) Driskell WJ, Neese JW, Bryant C, Bashor MM. Measurement of vitamin and vitamin E in human serum high-performance liquid chromatography. *J Chromatogr* 231 : 439-444, 1982
- 16) Friedrich W. Vitamin E. In : Friedrich W eds. Vitamins. Walter de Gruyter, Berlin 219-284, 1988
- 17) 한국인구보건연구원 · 한국인영양권장량. 고문사, 1989
- 18) Bieri JG, Poukka PKH. In vitro hemolysis as related to rat erythrocyte content of α -tocopherol and polyunsaturated fatty acid. *J Nutr* 100 : 557-564, 1970
- 19) Houlihan CM, HO CT, Chang SS. Elucidation of the chemical Structure of a novel antioxidant, rosmaridiphenol, isolated from rosemary. *JAACS* 61(6) : 1036-1039
- 20) Houlihan CM, HO CT, Chang SS. The structure of rosmariquinone. *JAACS* 62(1) : 96-98, 1985