

# 乾魚肉의 脂質酸化에 의한 褐變에 관한 研究

## 2. 燐脂質의 酸化에 의한 褐變

李康鎬·徐載壽·李鐘祐\*·柳洪秀\*\*·丁宇鎮·金忠坤

釜山水產大學 食品工學科, \*慶尙大學校 食品營養學科, \*\*釜山水產大學 食品營養學科  
(1986년 11월 5일 수리)

### Lipid Oxidative Browning in Dried Fish Meat

#### 2. Browning due to the Oxidation of Phospholipid

Kang-Ho LEE, Jae-Soo SUH, Woo-Jin JUNG, Chung-Gon KIM and  
Jong-Ho LEE\* and Hong-Soo RYU\*\*

Department of Food Science and Technology, National Fisheries University of Pusan,  
Pusan 608, Korea

\*Department of Food and Nutrition, Gyongsang National University, Chinju, 620, Korea

\*\*Department of Food and Nutrition, National Fisheries University of Pusan,  
Pusan 608, Korea

(Received November 5, 1986)

The results of previous paper(Lee et al, 1987), indicated that the role of polyunsaturated carbonyls from the polar lipid seemed more important than those of the nonpolar lipid in the browning reaction.

In this study, the role of phospholipid in lipid oxidative browning reaction was investigated.

In fatty acid composition of hair tail fish, neutral lipid and glycolipid contained the higher percent of saturated and monoenic acids while phospholipid contained more of polyenoic acids.

When this fish was dried and stored, polyunsaturated fatty acids of phospholipid and glycolipid more rapidly decreased than that of neutral lipid.

The browning was developed more rapidly in phospholipid than in glycolipid and neutral lipid.

In the test of phospholipids, the phosphatidylcholine which fractionated by CHCl<sub>3</sub>-MeOH(1:1) solution was the largest in quantity, but the phosphatidylethanolamine which fractionated by CHCl<sub>3</sub>-MeOH(4:1) was more active in the development of browning.

### 緒 論

魚肉의 加工·貯藏中의 褐變은 高度不飽和脂肪酸 含量이 높은 脂質酸化에 의하여 생성된 carbonyl 化合物이 主된 褐變反應物質이라고 보고 되고있다(Fujimoto 등, 1968).

특히 魚油含有脂質의 하나인 燐脂質은 생성된 過酸化物이 축적되지 않고 燐脂質의 酸化生成物이나

각종 生成物에 의하여 급격히 분산되어(Lee 등, 1981) 직접 carbonyl 源으로 反應에 기여하는 것으로 알려져 있다. 前報(Lee 등, 1987)에서 魚肉의 構成脂質中 非極性脂質보다는 極性脂質이 酸化가 용이하여 貯藏中 高度不飽和脂肪酸含量의 감소가 현저하여 魚肉의 褐變에 主된 역할을 함을 보고하였다.

본 연구에서는 高度不飽和脂肪酸含量이 높은 갈치 肉을 試料로 하여 갈치油의 構成脂質別로 分割하여

이들이 脂肪酸化의 褐變에 어떻게 기여하는 가를 실험하였다.

## 材料 및 方法

### 1. 材料

1985年 2월에 釜山共同魚市場에서 구입한 갈치 (*Trichiurus lepturus*, 體重 320~350 g, 體長 80~90 cm)를 氷藏하여 實驗室로 옮겨 다음과 같이 處理하여 試料로 使用하였다.

### 2. 材料의 處理 및 貯藏

貯藏試料의 調製 및 貯藏은 前報(Lee 등, 1987)와 同一한 方法으로 處理하여 貯藏試料로 하였다.

### 3. 實驗方法

#### 1) 脂質의 分割

活性化된 silicic acid(100 mesh, Mallinkrodt 社製) 15 g을 chloroform 30~40 ml에 현탁시켜 glass column(2.0×40 cm)에 均一하게 채운다음, 全脂質 150~200 mg을 chloroform 5 ml에 용해한 것을 column에 注入시켜 용매가 2~3 ml/min의 流速으로 chloroform(column의 10倍量), acetone(column의 40倍量), methanol(column의 10倍量)로써 中性脂質, 糖脂質, 磷脂質을 各各 溶出하였다. 또 磷脂質의 構成脂質을 分別하기 위해서는 磷脂質 150~200 mg을 上記와 同一한 條件의 column(2.0×80 cm)에 注入하여 chloroform-methanol溶液의 比率를 各各 7:1, 4:1, 1:1, 1:4 및 methanol溶液으로 溶出시켜 各各의 分割物을 silicagel-P(Wakogel G-100)로서 0.5 mm 두께로 塗布한 TLC plate 상에 spotting하여 chloroform/methanol/H<sub>2</sub>O(65:25:4 v/v)의 혼합용매로 展開한 후 dittmer 시약으로 脂質區分을 확인하고 dragendorff 시약으로 phosphatidylcholine, ninhydrin 시약으로 phosphatidylethanolamine 등을 동정하였다.

#### 2) 脂肪酸 組成의 分析

추출한 脂質을 methanol 性 5% 鹽酸(藤野, 1980)으로 methanolysis 하여 精製한 脂肪酸 methyl ester을 gas liquid chromatography(GLC)로 前報(Lee 등, 1987)와 같은 條件으로 脂肪酸 組成을 分析하였다. 酸化 速度가 빠르기 때문이며 (Zama, 1970). 특히

### 3) 褐變度의 測定

魚肉의 褐變物質을 脂溶性 褐變과 水溶性褐變을 區別하기 위해 Chung 과 Toyomizu(1976)의 方法으로 測定하여 魚肉貯藏中의 褐變度의 變化를 測定하였고 魚油와 各 構成脂質의 褐變度는 chloroform 溶液에 1%되게 하여 測定하였다.

## 結果 및 考察

### 1. 脂肪酸組成의 變化

全脂質을 silicic acid column에 의해 分割한 各 脂質의 脂肪酸組成을 分析한 結果를 Table 1~3에 나타내었다. 中性脂質과 糖脂質은 磷脂質에 비해 飽和 脂肪酸과 monoene 酸의 含量은 높은 반면 후자는 polyene 酸 含量이 높았다. 한편 乾燥 및 貯藏中의 各 分割의 脂肪酸組成은 전체적으로 飽和脂肪酸과 monoene 酸은 증가하고 polyene 酸은 감소하였는데 그 程度는 非極性脂質에 비해 極性脂質에서 현저하게 늘었다. 이는 非極性脂質에 비해 極性脂質의 自

Table 1. Fatty acid composition of neutral lipids in hair tail fish stored at 40°C

Fatty acid	Raw	Dried	Storage time (days)		
			7	14	21
14:0	8.7	6.5	7.0	7.0	6.6
15:0	1.2	0.9	0.8	0.9	0.7
16:0	22.6	24.1	23.7	25.9	24.6
17:0	0.6	0.6	1.0	1.2	1.4
18:0	5.4	5.2	3.8	3.8	5.8
20:0	3.5	3.3	2.5	2.0	2.1
Saturated	42.0	40.6	38.8	40.8	41.2
14:1					
15:1					
16:1	6.8	6.3	7.2	7.4	6.6
17:1	1.0	1.4	1.2	0.7	0.6
18:1	18.9	23.3	26.1	26.4	26.9
20:1	1.0	1.2	1.0	1.1	2.0
22:1	0.4	0.6	0.8	0.7	1.2
Monoene	28.1	32.8	36.3	36.3	37.3
16:2	1.0	1.0	0.9	0.1	0.1
18:2	1.9	1.6	1.6	1.3	1.4
18:3	2.9	2.1	2.0	1.4	1.1
20:2	0.1	0.3	0.2	0.2	0.3
20:4	1.2	1.1	0.9	1.1	0.9
20:5	6.9	6.8	5.8	5.3	4.9
22:3	0.3	0.3		0.4	0.1
22:4	0.2	0.3	0.5	0.4	0.3
22:5	1.4	1.5	0.9	1.2	1.3
22:6	14.0	11.6	12.1	11.5	11.1
Polyene	29.9	26.6	24.9	22.9	21.5

Table 2. Fatty acid composition of glycolipids in hair tail fish stored at 40°C

Fatty acid	Raw	Dried	Storage time (days)		
			7	14	21
14:0	11.6	5.9	6.2	8.9	7.4
15:0	3.1	0.6	0.7	0.9	0.1
16:0	18.2	23.1	23.6	22.0	30.5
17:0	1.4	0.6	1.0	0.7	0.3
18:0	6.1	5.4	7.2	7.6	7.3
20:0	1.6	2.5	1.7	1.7	1.1
Saturated	42.0	38.1	40.0	41.8	46.7
14:1					
15:1					
16:1	6.0	7.0	7.2	5.7	7.3
17:1	2.1	0.6	1.1	0.5	0.4
18:1	17.4	24.8	23.1	30.2	27.3
20:1	2.6	1.3	1.0	0.9	1.0
22:1	0.8	1.1	0.6	1.1	1.8
Monoene	28.9	34.8	33.0	38.4	37.8
16:2	0.5	0.6	0.8	0.6	0.5
18:2	2.3	1.4	0.2	1.8	1.5
18:3	0.7	1.6	1.9	1.8	1.6
20:2	0.6	0.3	0.8		1.4
20:4	2.8	1.3	1.1	0.9	0.4
20:5	3.3	7.1	6.4	3.8	3.0
22:3	0.2	0.1	0.3		0.2
22:4	0.8	0.3	0.7	0.5	0.3
22:5	1.0	1.2	0.7	0.8	0.6
22:6	16.9	13.2	13.7	9.6	6.0
Polyene	29.1	27.1	26.6	19.8	15.5

Table 3. Fatty acid composition of phospholipids in hair tail fish stored at 40°C

Fatty acid	Raw	Dried	Storage time (days)		
			7	14	21
14:0	1.4	2.9	2.3	3.3	5.1
15:0	0.3	0.4	0.5	1.1	0.7
16:0	23.7	20.6	17.1	27.0	20.2
17:0	0.7	0.7	1.4	1.0	0.5
18:0	7.2	6.2	8.2	8.2	7.7
20:0	0.5	1.7	0.7	1.2	0.6
Saturated	33.8	32.5	30.2	41.8	34.8
14:1					
15:1					
16:1	1.8	3.0	4.4	5.3	5.1
17:1	0.3	0.4	0.5	1.1	2.6
18:1	17.1	16.9	16.6	13.0	22.5
20:1	0.5	0.4	1.1	2.0	3.0
22:1	0.1	0.2	1.1	1.2	0.7
Monoene	19.8	20.9	23.7	22.6	33.9
16:2	0.3	0.3	0.6	1.2	0.7
18:2	0.8	1.2	0.7	1.2	1.3
18:3	0.3		0.5	0.4	0.1
20:2	1.1	1.1	1.4	0.5	
20:4	2.8	2.5	3.6	4.0	4.5
20:5	9.9	7.3	7.3	9.8	7.0
22:3	0.4	0.3	0.3	0.7	0.2
22:4	1.0	0.6	1.7	0.7	0.7
22:5	1.3	1.9	1.5	1.2	1.2
22:6	28.5	31.4	28.5	15.9	15.6
Polyene	46.4	46.6	46.1	35.6	31.3

磷脂質은 窒素鹽基를 含有하고 있어 酸化反應에 큰 영향을 미치는 것으로 생각된다(Pokorny 등, 1973a, 1975). 특히 polyene 酸 中에서도 C<sub>20:5</sub>, C<sub>22:5</sub>, C<sub>22:6</sub> 등 高度不飽和脂肪酸含量的 감소가 현저하였다.

2. 構成脂質의 褐變度

갈치肉의 乾燥 및 貯藏中의 含有脂質의 褐變度를 Table 4에 나타내었다. 400 nm (黃色系吸光) 및 460 nm (赤色系吸光)에서의 吸光度로서 測定한 結果 400

nm에서의 吸光度가 460 nm에서의 吸光度보다 높은 값을 나타내어 Pokorny 등(1973b, 1974)의 脂質-蛋白質 反應에 대한 實驗結果와 유사한 傾向을 보였다. 또 silicic acid column으로 分別한 各 構成脂質의 褐變度를 보면 磷脂質, 糖脂質, 中性脂質의 順으로 褐變도가 높았는데 이는 Table 1~3에서 지적한 바와 같이 磷脂質이 다른 脂質에 비해 酸化速度가 빠른 高度不飽和脂肪酸의 含量이 높을 뿐아니라 Pokorny 등(1973a, 1975)이 지적한 分子成分으로 鹽基를 含有하고 있기 때문이라고 생각된다.

Table 4. Brown pigment formation in hair tail fish lipid fractionated by silicic acid column chromatography

Storage time (days)	Total lipid		Neutral lipid		Glycolipid		Phospholipid	
	400	460	400	460	400	460	400	460
Raw	0.002	0.009	0.000	0.021	0.024	0.014	0.171	0.087
Dried	0.019	0.024	0.019	0.029	0.051	0.025	0.301	0.155
7	0.057	0.040	0.038	0.033	0.097	0.067	0.369	0.182
14	0.073	0.064	0.094	0.057	1.170	0.072	0.905	0.336
21	0.111	0.056	0.120	0.083	0.210	0.112	1.075	0.452
28	0.135	0.104	0.130	0.105	0.224	0.183	1.233	0.653
35	0.152	0.064	0.128	0.101	0.468	0.272		

### 3. 燐脂質의 分割

갈치肉의 乾燥 및 貯藏中에 抽出한 全脂質을 silicic acid column 으로 分別하여 얻어진 燐脂質을  $\text{CHCl}_3$ -MeOH 混合溶媒를 使用하여 다시 silicic acid column chromatography 를 行한 結果는 Fig. 1과 같다. 各 分割의 溶出比는 Fig. 1에서 보는 바와 같이  $\text{CHCl}_3$ -MeOH(1:1)區가 전체의 35.9%로 가장 높았고, 그 다음이  $\text{CHCl}_3$ -MeOH(1:4)區로서 14.9%였으므로 主成分은  $\text{CHCl}_3$ -MeOH(1:1)區와  $\text{CHCl}_3$ -MeOH(1:4)區에 溶出된 劃分이었다. silicic acid column chromatography 로 얻어진 네개의 획분을 다시 TLC상에서 확인해 본 結果 全 區分이 dittmer 陽性的 燐脂質 이었으며,  $\text{CHCl}_3$ -MeOH(4:1)區는 ninhydrin 陽性 으로 나타나 phosphatidylethanolamine 으로  $\text{CHCl}_3$ -MeOH(1:1),  $\text{CHCl}_3$ -MeOH(1:4) 및 ethanol 溶出區

는 dragendorff 陽性的 phosphatidylcholine 으로 判定되었다.

### 4. 構成燐脂質의 褐變 및 脂肪酸組成

燐脂質을 silicic acid column 으로 分割한 各 構成 燐脂質의 褐變度를 Table 5에 나타내었다. 貯藏中  $\text{CHCl}_3$ -MeOH(4:1) 溶出區의 褐變度가 다른 劃分에 비해 가장 높은 값을 나타내었다. 이는 Table 6~9에서 보는 바와 같이 燐質의 脂肪酸組成은 phosphatidylethanolamine 으로 判定되는  $\text{CHCl}_3$ -MeOH(4:1) 區가 다른 區에 비해 高度不飽和脂肪酸含量이 높았으며 또 phosphatidylethanolamine 은 反應性이 높은 유리 amino 基를 가지고 있기 때문에 위의 polyene 酸의 酸化生成物과 이들 유리 amino 基間的 相互反應으로 褐變度가 높게 나타난 것으로 생각된다.

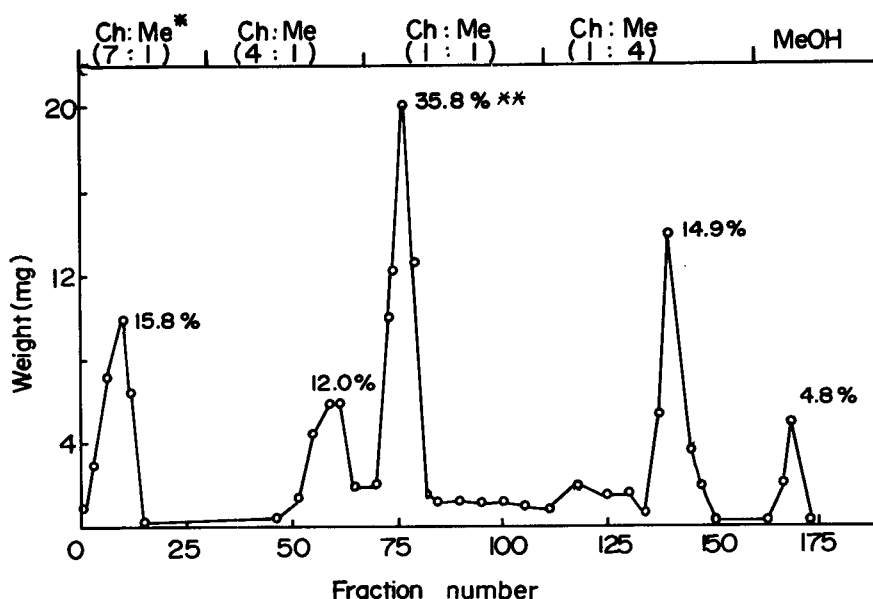


Fig. 1. Fractionation of hair tail fish phospholipid by silicic acid column chromatography.

\* Chloroform : Methanol

Table 5. Brown pigment formation in hair tail fish phospholipid fractionated by silicic acid column chromatography

Storage time (days)	$\text{CHCl}_3$ -MeOH(4:1)		$\text{CHCl}_3$ -MeOH(1:1)		$\text{CHCl}_3$ -MeOH(1:4)		MeOH	
	400	460	400	460	400	460	400	460
Raw	0.208	0.079	0.230	0.090	0.124	0.079	0.167	0.086
Dried	0.407	0.188	0.434	0.190	0.373	0.147	0.385	0.132
7	0.830	0.502	0.440	0.235	0.425	0.495	0.435	0.449
14	0.972	0.611	0.615	0.200	0.588	0.518	0.610	0.467
21	1.021	0.665	0.741	0.286	0.725	0.618	0.731	0.586
28	1.155	0.369	1.269	0.609	1.675	0.762	1.128	0.482

**Table 6. Fatty acid composition of phospholipids in hair tail fish fractionated by silicic acid column chromatography with CHCl<sub>3</sub>-MeOH(4:1) solution**

Fatty acid	Raw	Dried	Storage time (days)			
			7	14	21	28
14:0	0.2	1.7	1.0	1.7	1.7	3.6
15:0	1.4	0.4	1.6	0.7	0.9	1.0
16:0	20.0	23.2	24.4	25.7	33.5	45.3
17:0	1.1	0.7	0.8	0.7	1.1	0.8
18:0	9.1	10.6	8.3	9.1	9.5	13.7
20:0	0.6	0.5	0.4	0.6	1.5	0.7
Saturated	32.4	37.1	36.5	38.5	48.2	65.1
14:1						
15:1						
16:1	2.1	2.4	2.5	2.6	2.4	3.0
17:1						
18:1	15.1	17.9	15.9	17.7	27.9	19.6
20:1	0.2	0.9	0.3	0.4	0.3	
22:1	0.3	0.7	1.1	1.6	1.0	0.6
Monoens	17.7	21.9	19.8	22.3	31.6	20.5
16:2	1.0	1.1	0.7	0.7	2.9	1.6
18:2	0.7	1.3	0.8	0.8	5.4	1.6
18:3		0.2	0.1	0.1		
20:2					0.7	0.5
20:4	2.4	2.5	2.3	1.3	1.1	0.3
20:5	7.5	6.3	10.5	7.7	1.1	0.8
22:3	1.6	1.3	1.8	1.0	0.2	0.1
22:4	3.2	3.3	3.9	3.8	0.5	0.1
22:5	3.0	1.2	4.9	4.8	0.4	1.4
22:6	30.5	23.8	18.7	19.0	7.9	8.0
Polyene	49.9	41.0	43.7	39.2	20.2	14.4

**Table 7. Fatty acid composition of phospholipids in hair tail fish fractionated by silicic acid column chromatography with CHCl<sub>3</sub>-MeOH(1:1) solution**

Fatty acid	Raw	Dried	Storage time (days)			
			7	14	21	28
14:0	2.1	2.2	2.4	1.1	1.4	1.5
15:0	3.5	3.7	2.4	0.8	0.5	0.5
16:0	15.1	16.0	18.0	26.0	36.1	27.0
17:0	2.4	3.3	5.4	0.9	0.6	0.9
18:0	15.8	15.9	12.2	8.2	9.1	7.9
20:0	0.5	0.5	1.1	0.8	0.6	0.5
Saturated	39.1	41.6	41.5	37.8	48.3	38.3
14:1						
15:1						
16:1	2.5	3.5	4.1	2.9	2.8	12.5
17:1						
18:1	13.9	15.8	14.6	21.8	23.4	23.5
20:1	0.6	0.8	1.0	0.7	0.8	1.8
22:1			0.7	0.6	0.6	0.2
Monoene	17.0	20.1	20.4	26.0	27.6	38.1
16:2	1.0	1.7	1.7	1.0	1.0	1.3
18:2	0.2	1.0	1.4	1.4	0.8	1.6
18:3	0.6	0.3	0.3	0.3	0.4	0.3
20:2	0.2	0.8	0.2	0.1	0.4	0.4
20:4	2.3	2.5	2.3	2.7	1.9	1.6
20:5	9.5	2.9	2.9	6.2	0.7	3.0
22:3		0.9	0.3	0.8	0.8	1.0
22:4	0.7	2.8	1.4	2.3	1.9	4.2
22:5	1.4	0.1	2.3	1.5	1.0	0.8
22:6	28.0	25.3	25.3	19.9	15.2	9.4
Polyene	43.9	38.3	38.1	36.2	24.1	23.6

**Table 8. Fatty acid composition of phospholipids in hair tail fish fractionated by silicic acid column chromatography with CHCl<sub>3</sub>-MeOH(1:4) solution**

Fatty acid	Raw	Dried	Storage time (days)			
			7	14	21	28
14:0	2.1	4.2	3.7	5.3	4.8	6.2
15:0	1.5	1.0	0.4	2.3	1.9	2.6
16:0	25.4	35.3	27.6	35.4	41.3	36.3
17:0	1.3	0.7	1.2	1.7	1.3	2.2
18:0	9.0	10.1	16.1	14.0	11.6	12.6
20:0	0.9	0.8	1.4	1.0	0.7	1.5
Saturated	40.2	52.1	50.4	59.7	61.6	61.4
14:1						
15:1						
16:1	3.0	1.0	3.5	2.5	3.1	6.2
17:1						
18:1	17.3	17.9	20.1	15.6	16.4	15.1
20:1	0.3	0.4	1.2	0.5	0.9	2.6
22:1	0.6		0.9	1.7	0.3	0.4
Monoene	21.2	19.3	25.7	20.3	20.7	24.3
16:2	1.3	1.9	1.7	2.5	1.0	3.2
18:2	0.9	1.6	2.7	0.6	1.2	4.0
18:3	0.3					
20:2	0.2	0.5	0.7	1.3		
20:4	3.4	0.8	1.7	0.9	0.9	0.3
20:5	9.8	4.5	2.5	2.6	4.4	2.7
22:3	2.3	0.1	0.2	1.2	0.5	1.5
22:4	2.0	0.1	1.5	3.0	2.2	0.9
22:5	1.3	0.4	0.6	0.6	1.6	0.5
22:6	17.1	18.7	12.3	7.3	5.9	1.2
Polyene	38.6	28.6	23.9	20.0	17.7	14.3

**Table 9. Fatty acid composition of phospholipids in hair tail fish fractionated by silicic column chromatography with methanol**

Fatty acid	Raw	Dried	Storage time (days)		
			7	14	21
14:0	1.7	6.8	3.6	3.7	3.8
15:0	1.1	1.2	1.5	2.8	6.8
16:0	28.0	30.7	32.7	36.2	33.3
17:0	0.9	1.7	2.4	1.4	1.4
18:0	10.3	11.1	13.7	18.9	14.1
20:0	0.3	0.4	1.5	1.2	0.8
Saturated	42.3	51.9	55.4	64.2	60.2
14:1					
15:1					
16:1	2.2	3.3	4.3	2.7	5.0
17:1					
18:1	15.5	11.3	14.9	11.3	17.0
20:1	0.5	7.9	1.6	0.5	0.6
22:1			0.7	0.7	
Monoene	18.2	22.5	21.5	15.2	22.6
16:2	1.0	2.0	2.5	3.8	2.3
18:2	2.3	1.6	2.6	3.4	1.3
18:3	0.2	0.2			
20:2					
20:4	3.0	1.1	2.0	0.7	1.3
20:5	7.6	3.1	4.1	3.3	0.8
22:3	2.0	5.0	1.7		
22:4	2.1			1.5	0.7
22:5	3.4	6.2	5.0	0.5	1.4
22:6	22.0	7.3	1.9	5.7	9.4
Polyene	39.5	25.6	23.1	20.6	17.2

한편 400 nm 와 460 nm 에서 測定한 褐變度는 分割前의 磷脂質(Table 4)과 同一한 pattern 이었으며 赤色度보다 黄色度가 높은 값을 나타내었다.

### 結論 및 要約

高度不飽和脂肪酸의 含量이 높아 酸化되기 쉽고 褐變度가 높은 갈치肉의 加工·貯藏中の 構成脂質의 脂肪酸組成과 褐變度등을 조사한 結果는 다음과 같다.

1. 갈치油의 構成脂質의 脂肪酸組成은 中性脂質과 糖脂質은 磷脂質에 비해 飽和脂肪酸과 monoene 酸의 含量이 높은 반면 後者는 polyene 酸의 含量이 높았다.

2. 乾燥 및 貯藏中の 構成脂質의 脂肪酸組成의 變化는 polyene 酸의 含量이 감소했으며 특히 糖脂質과 磷脂質에서 감소가 현저하였다.

3. 脂質의 褐變度는 磷脂質, 糖脂質, 中性脂質의 順이며, 400 nm 에서의 吸光度가 460 nm 에서의 吸光度보다 높은 값을 나타냈다.

4. 磷脂質을 column chromatography 한 結果  $\text{CHCl}_3$ -MeOH(1:1) 溶液區의 phosphatidylcholine 이 量的으로는 가장 많았으나 褐變度는  $\text{CHCl}_3$ -MeOH (4:1)의 phosphatidylethanolamine 이 더 높은 값을 보였다.

### 文 獻

- Chung, C.H. and M. Toyomizu. 1976. Studies on the browning of dehydrated food as a function of water activity—I. Effect of  $A_w$  on the browning in amino acid-lipid systems. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish., 42(6), 697—702.
- Fujimoto, K., M. Maruyama and T. Kaneda. 1968. Studies on the brown discoloration of fish products—I. Factors affecting the discoloration. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish., 34(6), 519—523.
- 藤野安彰, 1980. 脂質分析法入門, 學令出版センター. pp. 155—156.
- Lee, J.H., K. Fujimoto and T. Kaneda. 1981. Antioxygenic and peroxide decomposition properties of Antarctic Krill lipids. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish., 47(7), 881—888.
- Lee, K.H., J.S. Suh, J.H. Lee H.S. Ryu, I.H. Jeong S.H. Song. 1987. Lipid oxidative browning in dried fish meat. 1. oxidation of fish oil and browning Bull. Korean Fish. Soc., 22(1), 0—0.
- Pokorny, J., P. Tai and G. Janciek. 1973<sup>a</sup>. Non-enzymic browning VIII. Autoxidation and browning reactions of phosphoethanolamine. Z. Lebensm., 153, 322—325.
- Pokorny, J., B. A. El-Zeany and G. Janicek. 1973<sup>b</sup>. Nonenzymic browning 3. Browning reactions during heating of fish oil fatty ester with protein. Z. Lebensm. 151, 31—35.
- Pokorny, J., B. A. El-Zeany, A. Kolakowska and G. Janicek. 1974. Nonenzymic browning IX. Correlation of autoxidation and browning reactions in lipid-protein mixtures. Z. Lebensm., 155, 287—291.
- Pokorny, J., A. Kolakowska, B. A. El-Zeany and G. Janicek. 1975. Nonenzymic browning XI. Effect of free amino groups on browning reactions in lipid-proteins mixtures. Z. Lebensm., 157, 323—326.
- Zama, K. 1970. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish., 36, 867—868.