高温加熱処理に伴う魚肉の脂質成分の変化

小泉千秋, 高田 誠, 大島敏明, 和田 俊

(1985 年 12 月 5 日受理)

Changes in the Composition of Lipids in Fish Meats on Thermal Processing at High Temperature

Chiaki Koizumi,* Makoto Takada,* Toshiaki Ohshima,*
and Shun Wada*

Minced meats of bigeye tuna *Thunnus obesus* and halibut *Hippoglossus stenolepis* were vacuum-packed in retortable pouches to give about 8 mm in thickness and subjected to thermal processing at F values of 8, 12, and 21 at 115°C and 124°C. Sablefish *Anoplopoma fimbria* was thermal-processed at 115°C in the same manner.

On heating at 115°C, the contents of phosphatidylcholine (PC) and phosphatidylethanolamine (PE) decreased in both bigeye tuna and halibut meats, being accompanied with formations of lysophosphatidylcholine (LPC) and lysophosphatidylethanolamine (LPE), while the content of free fatty acid (FFA) did not increase. Lipid composition of sablefish remained almost unchanged. On heating at 124°C, however, the contents of LPC and LPE increased in bigeye tuna and halibut meats and that of FFA decreased markedly. In addition, the PC decreased in bigeye tuna and the PE in halibut meat.

On heating at 115°C and 124°C, no appreciable change occurred in fatty acid composition of total lipid, non-polar lipid, polar lipid, PC, and PE in all fish meats examined. Only FFA changed in fatty acid composition; percentage of polyenoic acid decreased with increase in F value.

これまで、魚油、¹⁾ リン脂質、²⁻⁹⁾ 脂肪酸エステル、¹⁰⁾ 脂質にたんぱく質¹¹⁾ またはアミノ酸^{12,13)}を加えた系、食肉、¹⁴⁻¹⁷⁾ 魚肉¹⁸⁻²⁰⁾などの加熱処理に伴う脂質成分の変化を調べた研究は多いが、レトルト食品におけるような高温加熱処理に伴う食品中の脂質成分の変化をみた研究は、江ら²¹⁾の食肉についての研究以外に見当たらない。

本研究では、魚肉を素材とする優れたレトルト食品を開発するための基礎資料を得る目的で、魚肉を 115° および 124°C で F 値を変えて加熱したときの脂質成分の変化を比較検討した。

実験方法

供試魚肉 メバチ *Thunnus obesus* は凍結した四つ割りを、オヒョウ *Hippoglossus stenolepis* は凍結したフィレーを、またギンダラ *Anoplopoma fimbria* は凍結したラウンドを入手し、供試した。なお、115°C 加熱試験用魚肉と 124°C 加熱試験用魚肉とは魚体が異なるので、前者を試料 A、後者を試料 B として区別した。

試料の調製 供試魚肉の普通肉をミートチョッパーで 2 度挽きし、均一に混和してからレトルトパウチ (hi

RP-F, 13×17 cm, 東洋製缶製) に約 100 g ずつ詰め、真空度 500 mm Hg で真空包装した。このとき、径 8 mm のガラス棒をパウチの底と両側に入れて魚肉の厚さを約 8 mm に調節した。

高温加熱処理 魚肉の中心温度が 115° および 124°C で、F 値が 8, 12 および 21 になるように、レトルトシュミレーター (H60-C50-120/150-SWAR, 東洋製缶製) で加熱処理した。加熱後直ちに流水中で冷却し、分析に供するまで凍結貯蔵した。

水分, VBN, 遊離アミノ酸および TBA 値の測定 水分は常圧加熱乾燥法、VBN は Conway²²⁾ の微量拡散法、遊離アミノ酸はニンヒドリン法、²³⁾ また TBA 値は魚肉を用いる Sinnhuber and Yu²⁴⁾ の方法によった。

脂質の抽出および分画法 魚肉から Bligh and Dyer 法²⁵⁾で総脂質 (TL) を抽出した。TL は Tipton ら²⁶⁾の Bio-Beads S-X2 を用いるカラムクロマトグラフィーにより極性脂質区 (PL) と非極性脂質区 (NL) に分画した。

薄層クロマトグラフィーによる脂質組成の分析 NL を、薄層板として Kiesel gel 60 (Merck 社製, 130°C, 1 時間活性化)、展開溶剤として石油エーテル: エーテ

* 東京水産大学食品生産学科 (Tokyo University of Fisheries, Konan-4, Minato, Tokyo 108, Japan).

ル：酢酸 (82:18:1, v/v) を用いる薄層クロマトグラフィー (TLC) にかけたのち、重クロム酸カリウム飽和 70% 硫酸溶液を噴霧し、140°C で 1 時間加熱した。ついで、各スポットの 590 nm における吸光度の積算値を、高速 TLC スキャナー (島津 CS-920) を用いるデンシトメトリーで求め、組成比を算出した。各脂質クラスの魚肉 100 g 中の含量は魚肉の NL 含量と組成比とから算出した。

PL についても同様に TLC およびデンシトメトリーを行った。薄層板には上記と同じものを、展開剤にはクロロホルム：メタノール：酢酸：水 (50:30:8:3, v/v) を用いた。

遊離脂肪酸の分画 NL を Kiesel gel 60G 薄層板 (Merck 社製, 120°C, 1 時間活性化) に帯状にスポットし、石油エーテル：エーテル：酢酸 (82:18:1, v/v) で展開した。ついで、0.01% ジクロロフルオレッセン-エタノール溶液を噴霧して紫外線下で遊離脂肪酸 (FFA) 部分をかき取った。FFA の抽出には、石油エーテル：エーテル：クロロホルム：メタノール (4:4:1:1, v/v) を用いた。

脂肪酸組成の分析 けん化後 BF₃-メタノールを用いてメチル化したのち、ガスクロマトグラフィー (GLC) により以下の条件で分析した。カラム, 3 mm×2 m ガ

ラスカラム; 担体, GAS-Chrom P (80~100 メッシュ); 液相, 20% DEGS; カラム温度, 195°C。

Triglyceride 組成 NL について, acyl 基の総炭素数に基づく triglyceride (TG) 組成を GLC で分析した。触媒として白金黒を用いて水素添加したのち, 次の条件で GLC にかけた。カラム, 3 mm×50 cm ガラスカラム; 担体, GAS-Chrom Q (60~80 メッシュ); 液相, 1% JXR-Silicone; カラム温度, 240°~340°C (2°C/min 昇温)。

PL の高速液体クロマトグラフィー PL を高速液体クロマトグラフィー (HPLC) にかけて phosphatidylethanolamine (PE) および phosphatidylcholine (PC) を分取し, それぞれの脂肪酸組成を GLC で分析した。HPLC の条件は次のようである。カラム, 9.6 mm×25 cm (分取用) および 4.6 mm×25 cm (分析用) ステンレスカラム; 充てん剤, Partisil-10 SCX; 溶離液, アセトニトリル：メタノール：水 (60:30:7, v/v)。

結果および考察

水分, VBN および 遊離アミノ酸含量 高温加熱処理に伴う変化を Table 1 に示す。加熱肉の水分は, 加熱に伴って分離してくる液汁を含めて測定したため, 変化はほとんど認められなかった。

Table 1. Changes in the contents of moisture, VBN, and free amino acid in fish meats on thermal processing at various F values

Sample	Heating Temp (°C)	F value	Moisture content*2 (%)	VBN (mg/100 g)	Free amino acid content (%)
Bigeye tuna A <i>Thunnus obesus</i>	115	0*1	77.6	11.2	0.93
		8	77.9	43.5	0.96
		12	77.6	47.5	0.93
		21	77.9	49.0	0.86
Halibut A <i>Hippoglossus stenolepis</i>	115	0*1	77.0	8.4	0.35
		8	77.5	26.5	0.51
		12	77.4	33.2	0.57
		21	77.2	41.2	0.54
Sablefish <i>Anoplopoma fimbria</i>	115	0*1	72.3	6.7	0.26
		8	72.2	16.0	0.32
		12	72.1	20.0	0.35
		21	72.7	26.8	0.36
Bigeye tuna B	124	0*1	73.9	11.4	1.29
		8	72.9	24.2	1.32
		12	73.5	24.2	1.14
		21	73.3	27.2	1.15
Halibut B	124	0*1	76.8	10.8	0.55
		8	77.4	15.3	0.52
		12	76.9	17.8	0.51
		21	76.9	21.5	0.51

*1 Before heating.

*2 Includes fluid exuded from meat on heating.

VCN は、いずれの魚肉でも加熱に伴って増加し、その増加量は 124°C 加熱より 115°C 加熱で著しかった。遊離アミノ酸含量は、オヒョウおよびギンダラ肉の 115°C 加熱では増加したが、その他の場合には漸減した。

TBA 値および脂質含量 TBA 値および脂質含量の変化を Table 2 に示す。TBA 値は、メバチ肉の 115°C 加

熱で僅かに増加したが、その他の場合には減少傾向を示した。これは malonaldehyde がアミノ酸やたんぱく質と反応したためであろう。

メバチ肉の TL および NL 含量は、115° および 124°C のいずれの温度でも加熱に伴ってやや増加した。オヒョウ肉の場合には、115°C 加熱ではいずれの脂質含量もほ

Table 2. Changes in TBA values and lipid contents of fish meats on thermal processing at various F values

Sample	Heating Temp (°C)	F value	TBA value (mg/1000 g)	Lipid content (%)		
				TL*	NL*	PL*
Bigeye tuna A	115	0	0.6	0.48	0.07	0.41
		8	0.7	0.51	0.09	0.42
		12	0.6	0.50	0.08	0.42
		21	0.8	0.50	0.11	0.39
Halibut A	115	0	1.8	0.86	0.47	0.39
		8	0.7	0.87	0.48	0.37
		12	0.6	0.85	0.48	0.37
		21	0.5	0.86	0.48	0.37
Sablefish	115	0	1.0	12.89	12.44	0.45
		8	0.6	13.01	12.57	0.44
		12	0.6	13.04	12.60	0.44
		21	0.7	12.91	12.46	0.45
Bigeye tuna B	124	0	4.0	1.62	1.13	0.49
		8	1.6	1.79	1.32	0.47
		12	1.8	1.78	1.32	0.48
		21	1.4	1.74	1.24	0.50
Halibut B	124	0	1.5	1.37	0.73	0.64
		8	1.0	1.31	0.67	0.64
		12	1.0	1.31	0.64	0.67
		21	1.0	1.34	0.66	0.67

* TL: total lipid, NL: non-polar lipid, PL: polar lipid.

Table 3. Changes in the lipid compositions of fish meats on thermal processing at various F values (115°C) (mg/100 g)

Lipid class*1		F value											
		Bigeye tuna A				Halibut A				Sablefish			
		0	8	12	21	0	8	12	21	0	8	12	21
NL	DG+ST	38	49	42	57	49	56	52	58	174	176	176	174
	FFA	13	13	15	15	112	117	103	114	261	264	252	262
	TG	19	20	19	28	306	308	319	301	12.0*2	12.1*2	12.2*2	12.0*2
	HC+SE	1	4	4	9	3	8	7	8	25	25	25	25
	UK	2	2	2	3	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr
PL	LPC	5	6	8	11	6	16	18	24	26	27	27	27
	SPM	27	23	24	23	18	19	20	20	18	20	19	21
	PC+LPE	249	249	251	234	222	204	204	206	216	220	221	227
	PS	43	48	48	45	37	38	39	37	61	59	60	62
	PE	66	71	66	54	98	83	77	70	111	96	95	95
	UK	20	22	23	25	9	10	13	13	17	18	18	19

*1 DG: diglyceride, ST: sterol, FFA: free fatty acid, TG: triglyceride, HC: hydrocarbon, SE: sterol ester, LPC: lysophosphatidylcholine, SPM: sphingomyelin, PC: phosphatidylcholine, LPE: lysophosphatidylethanolamine, PS: phosphatidylserine, PE: phosphatidylethanolamine, UK: unknown.

*2 g/100 g.

ほとんど変化しなかったが, 124°C 加熱で TL および NL が減少した。ギンダラ肉の脂質含量は加熱してもほとんど変化しなかった。

魚肉脂質の抽出性は加熱処理によって変化し, その変化量は加熱条件や魚種によって相違するものと思われる。

脂質組成 脂質組成の変化を Table 3 および 4 に示す。いずれの供試魚肉も NL は, diglyceride (DG), sterol (ST), FFA, TG, hydrocarbon (HC), sterol ester (SE) および少量の末同定物質から成り, また PL は lysophosphatidylcholine (LPC), sphingomyelin (SPM), PC, lysophosphatidylethanolamine (LPE), phosphatidylserine (PS), PE および少量の末同定物質から成っていた。

メバチ肉の 115°C 加熱では, NL の脂質組成はほとんど変化しなかったが, ただ F21 加熱で (DG+ST) および TG が増加した。一方, PL では, LPC が増加し, また F21 加熱で (PC+LPE) および PE が減少した。後述するように, 加熱に伴って LPE が生成するので, 実際には PC はさらに減少しているものと思われる。

このような PL の脂質組成の変化は, PC および PE などのリン脂質が高温加熱処理に伴って加水分解したことを示唆する。しかし, リン脂質の変化量が予想されるほど FFA は増加しなかった。リン脂質や FFA の酸化や熱分解などが同時に進行したと思われる。

オヒョウ肉の 115°C 加熱の場合にもメバチ肉 A の場合と類似した変化を示したが, 変化量はメバチ肉 A の場合よりやや大きかった。一方, ギンダラ肉の脂質組成はほとんど変化しなかった。魚肉を 124°C で加熱すると, Table 4 に示すようにメバチ肉 B では NL 中の TG が増加し, FFA および (DG+ST) が減少した。また, PL では PS および PE がやや増加し, (PC+LPE) が

減少した。この場合にも LPE が生成しているので, PC の減少量はその分だけ大きい。オヒョウ肉 B の場合には, NL では FFA が著しく減少し, また PL では LPC および (PC+LPE) が増加し, PE が減少した。実際には LPE が生成しているので, PC の増加量はこれより少ないものと思われる。

メバチ および オヒョウ肉共に 115°C 加熱用試料と 124°C 加熱用試料とでは魚体が相違するので, これらの結果を直接比較することには問題があるが, F 値の上昇に伴う FFA の見掛け上の減少量は 124°C 加熱で大きく, LPC の増加量および PC, PE の減少量は 115°C 加熱で大きい傾向があった。

Fig. 1. Changes in the high performance liquid chromatogram of PL in halibut meat on thermal processing at various F values (115°C).

Table 4. Changes in the lipid compositions of fish meats on thermal processing at various F values (124°C) (mg/100 g)

Lipid class		F value							
		Bigeye tuna B				Halibut B			
		0	8	12	21	0	8	12	21
NL	DG+ST	101	74	90	82	106	98	102	112
	FFA	44	21	36	29	205	155	130	128
	TG	985	1230	1200	1130	398	405	390	402
	HC+SE	tr	tr	tr	tr	18	13	15	17
	UK	tr	tr	tr	tr	4	3	3	4
PL	LPC	13	13	13	18	10	13	14	15
	SPM	34	31	29	32	30	28	30	31
	PC+LPE	311	280	274	281	310	324	352	359
	PS	34	42	48	50	54	54	54	54
	PE	84	85	92	93	216	201	202	194
	UK	15	20	24	27	20	20	18	18

Table 5. Fatty acid compositions of TL, NL, and PL in fish meats used for thermal processing at 115°C

Fatty acid	Lipid								
	Bigeye tuna A			Halibut A			Sablefish		
	TL	NL	PL	TL	NL	PL	TL	NL	PL
14:0	0.6	2.4	0.7	2.8	3.6	1.9	4.5	4.5	0.9
15:0	0.3	0.7	0.3	0.5	0.6	0.5	0.6	0.6	0.4
16:0	22.1	20.8	21.3	14.0	14.7	12.3	15.0	14.7	19.2
16:1	1.8	6.3	1.4	8.9	12.3	2.8	12.5	12.7	3.5
16:2	0.4	0.7	0.4	0.6	0.6	tr	0.9	0.9	0.1
17:0	1.3	tr	1.4	tr	tr	0.2	tr	tr	tr
18:0	8.5	6.5	9.2	5.2	2.9	10.3	3.1	3.0	8.4
18:1	13.7	19.3	13.2	18.5	23.5	8.9	39.1	39.5	14.8
18:2	0.8	1.2	1.0	1.3	1.2	0.9	1.5	1.7	1.1
18:3	0.9	3.6	0.7	—	—	—	—	—	—
20:0	0.3	0.2	0.3	0.2	0.1	0.4	0.1	0.1	0.1
20:1	—	—	—	7.0*1	9.6*1	2.1*1	11.0*1	11.0*1	3.0*1
20:4	6.9	5.7	6.7	5.9*2	6.1*2	6.0*2	—	—	—
20:5	4.2	4.1	3.7	13.8	11.5	18.7	1.4	1.2	12.8
22:1	—	—	—	—	—	—	7.1*3	7.5*3	4.1*3
22:4	1.1	2.0	0.6	1.0	1.4	1.0	1.4	1.3	0.8
22:5	3.3	2.4	3.2	2.8	2.3	3.8	0.2	0.2	4.2
22:6	33.4	24.0	35.9	17.6	9.7	30.3	1.7	1.0	26.6
Sat	33.5	30.6	33.2	22.7	21.9	25.6	23.3	22.9	29.0
Mono	15.5	25.6	14.6	34.4	45.4	13.8	69.7	70.7	25.4
Poly	51.0	43.7	52.2	43.0	32.8	60.7	7.1	6.5	45.6

*1 Includes 18:3.

*2 Includes 22:1.

*3 Includes 20:4.

PL の高速液体クロマトグラムの加熱に伴う変化の一例として、オヒョウ肉の 115°C 加熱の場合を Fig. 1 に示す。加熱処理に伴って LPE および LPC のピークが出現し、F 値の上昇と共に増大した。124°C 加熱のオヒョウ肉および 115°C 加熱のギンダラ肉でもほぼ同様な変化を示した。しかし、メバチ肉の場合にはいずれの加熱温度でも LPE のピークは明瞭に現われたが、LPC のピークはほとんど認められなかった。

TL, NL および PL の脂肪酸組成 供試魚肉の脂質の脂肪酸組成を Table 5 および 6 に示す。115°C 加熱用メバチ肉の TL の主な構成脂肪酸は、C_{22:6}、C_{16:0} および C_{18:1} であった。NL の脂肪酸組成は TL とはやや相違し、TL より C_{18:1} の組成比が高く、C_{22:6} が低かった。PL の脂肪酸組成は TL のそれとほぼ同様であった。これらの脂肪酸組成は加熱してもほとんど変化しなかった。

115°C 加熱用オヒョウ肉の TL の主な構成脂肪酸は、C_{18:1}、C_{22:6}、C_{16:0} および C_{20:5} であった。NL の脂肪酸組成は、C_{18:1} および C_{16:1} の組成比が TL より高く、C_{22:6} が低かった。また、PL の脂肪酸組成では C_{22:6} および C_{20:5} の組成比が TL より高く、C_{18:1} が

低かった。加熱処理に伴って TL および NL の C_{22:6} の組成比が漸減したが、PL の脂肪酸組成は変化しなかった。ギンダラ肉の TL の主な構成脂肪酸は C_{18:1}、C_{16:0}、C_{16:1} および C_{20:1} で、C_{20:5} および C_{22:6} の組成比は著しく低かった。NL の脂肪酸組成は TL のそれと酷似していた。PL では、C_{22:6} および C_{20:5} の組成比が高く、C_{18:1} および C_{16:1} は低かった。これらの脂肪酸組成は加熱してもほとんど変化しなかった。

124°C 加熱用メバチ肉の TL および NL の脂肪酸組成は、メバチ肉 A に比べて C_{18:1} の組成比が高く、C_{22:6} が低かった。また、オヒョウ肉の各脂質区の脂肪酸組成は、115°C 加熱用オヒョウ肉と類似していた。124°C 加熱によるメバチおよびオヒョウ肉の各脂質区の脂肪酸組成の変化はほとんど認められなかった。

PC および PE の脂肪酸組成 供試魚肉の PC および PE の脂肪酸組成を Table 7 および 8 に示す。115°C 加熱用メバチ肉の PC の主な構成脂肪酸は C_{22:6}、C_{16:0} および C_{18:1} であり、PE は C_{22:6}、C_{18:0} および C_{18:1} であった。これらの脂肪酸組成は加熱してもほとんど変化しなかった。

オヒョウ肉 A の PC の主な構成脂肪酸は C_{22:6}、C_{20:5}

Table 6. Fatty acid compositions of TL, NL, and PL in fish meats used for thermal processing at 124°C

Fatty acid	Lipid					
	Bigeye tuna B			Halibut B		
	TL	NL	PL	TL	NL	PL
14:0	2.1	2.8	0.4	2.8	4.2	1.2
15:0	tr	0.7	tr	tr	0.4	tr
16:0	21.3	20.8	24.0	15.9	15.6	17.3
16:1	6.6	7.4	1.4	6.9	9.2	2.6
16:2	0.8	0.8	tr	0.5	0.6	tr
17:0	tr	tr	2.4	tr	tr	0.5
18:0	7.3	6.5	10.6	4.9	2.8	8.4
18:1	23.8	26.9	12.9	16.3	19.8	10.9
18:2	1.5	1.5	1.1	1.2	1.9	0.4
18:3	1.9	2.4	0.6	—	—	—
20:0	0.4	0.4	0.4	0.1	0.1	0.1
20:1	—	—	—	7.2* ¹	10.1* ¹	3.0* ¹
20:4	3.5	3.0	5.4	5.2* ²	6.1* ²	3.6* ²
20:5	4.0	4.1	2.9	14.4	13.0	15.2
22:4	1.6	2.0	1.0	1.5	1.5	1.0
22:5	3.3	3.0	4.2	3.0	3.0	3.8
22:6	21.7	17.5	32.6	20.0	11.7	32.0
Sat	31.1	31.2	37.8	23.7	23.2	27.5
Mono	30.4	34.3	14.3	30.4	39.1	16.5
Poly	38.4	34.4	47.8	45.8	37.8	56.0

*¹ Includes 18:3.

*² Includes 22:1.

および C_{18:0} であり, PE のそれは C_{22:6}, C_{18:1} および C_{18:0} であった。加熱処理に伴って, PC では C_{22:6} および C_{20:5} の組成比が, PE では C_{22:6} の組成比が減少した。ギンダラ肉の PC では C_{22:6}, C_{18:0}, C_{18:1} および C_{20:5} の組成比が高く, PE では C_{22:6}, C_{18:1}, C_{18:0} および C_{20:5} が高かった。加熱に伴って PC の C_{22:6} の組成比が僅かに減少したが, PE の脂肪酸組成はほとんど変化しなかった。

Table 7. Fatty acid compositions of PC and PE of fish meats used for thermal processing at 115°C

Fatty acid	Lipid class					
	Bigeye tuna A		Halibut A		Sablefish	
	PC	PE	PC	PE	PC	PE
14:0	0.8	2.0	1.8	1.3	1.8	2.0
15:0	0.4	0.1	0.2	0.2	0.2	0.1
16:0	29.0	7.4	19.5	7.9	24.7	7.9
16:1	1.4	4.1	3.1	3.5	4.9	2.4
16:2	0.4	0.5	0.1	0.5	0.3	0.3
17:0	tr	tr	tr	tr	0.3	tr
18:0	3.6	21.4	2.9	11.1	2.6	12.3
18:1	13.7	13.2	8.1	12.3	15.5	17.0
18:2	0.9	1.5	0.7	0.2	1.5	1.4
18:3	0.6	0.8	—	—	—	—
20:0	0.3	0.9	0.2	0.2	0.2	0.2
20:1	—	—	1.1* ¹	3.8* ¹	1.8* ¹	6.9* ¹
20:4	5.8	7.5	4.9* ²	3.6* ²	—	—
20:5	4.0	2.4	24.1	9.1	14.4	10.9
22:1	—	—	—	—	3.7* ³	5.1* ³
22:4	1.0	0.8	0.7	1.3	0.2	0.3
22:5	3.6	3.2	3.7	4.5	3.2	3.7
22:6	34.5	34.2	29.0	40.4	24.7	29.5
Sat	34.1	31.8	24.6	20.5	29.8	22.5
Mono	15.1	17.3	12.3	19.6	25.9	31.4
Poly	50.8	50.8	63.2	59.6	44.3	46.1

*¹ Includes 18:3.

*² Includes 22:1.

*³ Includes 20:4.

124°C 加熱用メバチ肉の PC の脂肪酸組成では, 主な脂肪酸は C_{22:6}, C_{18:0} および C_{18:1} であり, PE では C_{22:6}, C_{18:0} および C_{18:1} であった。これらの脂肪酸組成は, 加熱してもほとんど変化しなかった。オヒョウ肉 B の PC の主な構成脂肪酸は, C_{22:6}, C_{20:5} および C_{18:0} であり, PE のそれは C_{22:6}, C_{18:0}, C_{18:1} および C_{20:5} であった。これらのうち, PC の C_{22:6} の組成比のみが

Fig. 2. Changes in the percentages of saturated, monoenoic, and polyenoic fatty acids of FFA in fish meats on thermal processing at various F values (115°C). F value: □, 0; ▨, 8; ▩, 12; ■, 21.

Table 8. Fatty acid compositions of PC and PE of fish meats used for thermal processing at 124°C

Fatty acid	Lipid class			
	Bigeye tuna B		Halibut B	
	PC	PE	PC	PE
14:0	0.3	0.1	0.9	0.3
15:0	tr	tr	tr	tr
16:0	29.9	7.5	19.6	7.3
16:1	1.4	1.3	2.8	1.3
16:2	0.3	tr	0.3	tr
17:0	1.2	tr	0.5	0.6
18:0	3.5	24.2	2.2	12.9
18:1	14.1	9.2	8.0	10.4
18:2	0.6	0.7	0.4	0.3
18:3	0.4	0.5	—	—
20:0	0.2	0.4	0.2	0.2
20:1	—	—	1.1* ¹	4.8* ¹
20:4	5.7	6.6	2.7* ²	2.9* ²
20:5	3.4	2.1	22.2	9.8
22:4	0.7	0.8	0.4	0.6
22:5	4.1	4.9	3.6	4.7
22:6	34.3	41.4	35.0	43.7
Sat	35.1	32.2	23.4	21.3
Mono	15.5	10.5	11.9	16.5
Poly	49.5	57.1	64.6	62.0

*¹ Includes 18:3.*² Includes 22:1.

加熱処理に伴って減少した。

このように、メバチ肉のPCおよびPEは115°Cおよび124°Cで加熱しても、その脂肪酸組成はほとんど変化しなかったが、オヒョウ肉では高度不飽和脂肪酸の組成比が明らかに減少した。

FFAの脂肪酸組成 供試魚肉のFFAの脂肪酸組成をTable 9に示す。115°C加熱に供試したメバチ肉AのFFAの脂肪酸組成では、C_{22:6}、C_{18:0}およびC_{18:1}が主なものであり、またオヒョウ肉AではC_{20:5}、C_{22:6}、C_{18:0}およびC_{18:1}が主なものであった。また、ギンダラ肉のFFAの主な構成脂肪酸はC_{18:1}、C_{18:0}、C_{22:6}、C_{20:5}およびC_{18:1}であった。これらの魚肉の115°C加熱に伴う脂肪酸組成の変化を飽和酸、モノエン酸およびポリエン酸の組成比の変化としてFig. 2に示す。メバチ肉Aの場合には加熱してもほとんど変化しなかったが、オヒョウ肉Aではポリエン酸（この場合にはC_{20:5}）の組成比が僅かに減少し、飽和酸が増加した。また、ギンダラ肉では加熱処理に伴ってC_{22:6}およびC_{20:5}などのポリエン酸の組成比が僅かに減少し、C_{18:0}がやや増加した。

124°C加熱に供試したメバチ肉のFFAの主な構成脂肪酸はC_{18:0}、C_{22:6}およびC_{18:1}であり、オヒョウ肉

Table 9. Fatty acid compositions of FFA of fish meats used for thermal processing (%)

Fatty acid	Bigeye tuna		Halibut		Sablefish
	A	B	A	B	
14:0	4.3	1.2	3.6	2.1	4.5
15:0	0.4	0.5	0.6	0.2	0.5
16:0	21.5	26.7	18.4	16.9	18.9
16:1	5.7	5.6	5.8	6.7	9.8
16:2	1.0	0.7	0.5	0.5	0.9
17:0	tr	tr	tr	tr	tr
18:0	6.7	7.6	4.3	3.0	2.7
18:1	13.9	20.0	13.0	15.3	24.9
18:2	1.6	1.0	2.4	1.0	2.0
18:3	2.5	1.3	—	—	—
20:0	0.9	0.3	0.3	tr	tr
20:1	—	—	3.6* ¹	4.9* ¹	4.8* ¹
20:4	7.4	4.0	3.5* ²	3.8* ²	—
20:5	4.4	5.5	19.6	22.2	12.2
22:1	—	—	—	—	3.9* ³
22:4	1.8	0.9	1.1	0.8	0.4
22:5	2.3	2.6	4.6	2.9	1.9
22:6	25.8	22.1	18.8	19.7	12.7
Sat	31.8	36.3	26.7	22.1	26.6
Mono	19.6	25.6	22.5	26.9	43.4
Poly	47.8	38.1	50.5	50.9	30.1

*¹ Includes 18:3.*² Includes 22:1.*³ Includes 20:4.

BのそれはC_{20:5}、C_{22:6}、C_{18:0}およびC_{18:1}であった。これらの脂肪酸組成の高温加熱処理に伴う変化を同様にFig. 3に示す。メバチ肉では、加熱処理に伴ってC_{22:6}およびC_{18:1}の組成比が顕著に減少し、一方C_{18:0}が著しく増加した。オヒョウ肉の場合には、C_{20:5}およびC_{22:6}などのポリエン酸の組成比の減少とC_{18:0}の増加が明瞭に認められた。

FFAはPC、PEなどの加水分解によって生成する一

Fig. 3. Changes in the percentages of saturated, monoenic, and polyenoic fatty acids of FFA in fish meats on thermal processing at various F values (124°C). F value: □, 0; ▨, 8; ▩, 12; ■, 21.

Table 10. Triglyceride compositions of lipids in fish meats used for thermal processing (%)

Total acyl carbon number	Bigeye tuna		Halibut		Sablefish
	A	B	A	B	
44	—	—	tr	tr	tr
46	tr	tr	1.9	1.1	1.5
48	2.1	2.3	4.9	4.2	5.8
50	7.0	8.0	11.1	9.8	15.3
52	12.5	13.3	17.1	15.8	25.4
54	17.2	15.7	19.0	19.1	22.9
56	21.3	23.7	19.3	20.5	16.0
58	17.9	18.9	14.5	16.5	9.6
60	15.1	11.9	8.9	9.3	3.6
62	6.9	6.3	3.2	3.7	tr
64	tr	tr	tr	tr	—

方, 酸化や熱分解などによって減少する。Table 4 に示したように, メバチおよびオヒョウ肉の 124°C 加熱で FFA が減少したのは, 生成量を減少量が上回ったためと思われる。一方, 115°C 加熱ではいずれの魚肉の FFA 含量も, FFA の脂肪酸組成もほとんど変化しないか, 変化しても僅かであった。これは, FFA の生成量と減少量がほぼ等しかったためと思われる。しかし, このことは必ずしも 115°C 加熱より 124°C 加熱で FFA の酸化や熱分解が著しかったことを示すわけではない。それは, 加熱処理に伴うリン脂質の減少の程度が, 124°C 加熱より 115°C 加熱で著しい傾向があり, したがって生成した FFA 量も 115°C 加熱の方が多かったものと思われるからである。

TG 組成 供試魚肉の acyl 基の総炭素数に基づく TG 組成を Table 10 に示す。メバチ肉では 52~60 の TG の組成比が高かったが, オヒョウ肉では 50~60 の TG の, またギンダラ肉では 50~58 の TG の組成比が高かった。いずれも加熱処理に伴う変化は認められなかった。江ら²¹⁾は, 牛肉および豚肉を 124°C F21 以上に加熱すると TG 組成が変化すると報告しているが, 魚肉ではそのような現象は認められなかった。

終りに, 本研究を行うに当たり御協力を賜った須山三千三教授, 磯直道, 木村茂両助教授に感謝する。なお, 研究経費の一部は文部省科学研究費によった。

文 献

- 1) K. Takama and K. Zama: *Bull. Fac. Fish.*

Hokkaido Univ., **26**, 169-175 (1975).

- 2) 江井 仁, 中尾典子, 太田静行: *油化学*, **14**, 352-359 (1965).
- 3) 江井 仁, 中尾典子, 太田静行: *油化学*, **14**, 522-528 (1965).
- 4) 岡部 孜, 荻田 衛, 松原繁左右: *日食工誌*, **26**, 442-444 (1979).
- 5) 中西武雄, 須山享三: *日畜会報*, **38**, 481-485 (1967).
- 6) 中西武雄, 須山享三: *日畜会報*, **39**, 68-72 (1968).
- 7) 富岡文枝, 金田尚志: *油化学*, **23**, 777-781 (1974).
- 8) 富岡文枝, 金田尚志: *油化学*, **23**, 782-786 (1974).
- 9) 富岡文枝, 金田尚志: *油化学*, **25**, 784-788 (1976).
- 10) 山口尹通, 小林美博, 岸田 昭: *日食工誌*, **24**, 501-506 (1977).
- 11) J. Pokony, B. A. El-Zeany, and G. Janiček: *Z. Lebensm.-Unters.-Forsch.*, **146**, 31-35 (1972).
- 12) Y. C. Lien and W. W. Nawar: *J. Food Sci.*, **39**, 917-919 (1974).
- 13) R. J. Sims and J. A. Fioriti: *J. Am. Oil Chemists' Soc.*, **52**, 144-147 (1975).
- 14) 山内 清: *宮大農報*, **19**, 147-154 (1972).
- 15) J. D. Keller and J. E. Kinsella: *J. Food Sci.*, **38**, 1200-1204 (1973).
- 16) G. M. Siu and H. H. Draper: *J. Food Sci.*, **43**, 1147-1149 (1978).
- 17) D. S. Newburg and J. M. Concon: *J. Food Sci.*, **45**, 1681-1683 (1980).
- 18) 清水栄子, 金田尚志: *調理科学*, **2**, 47-49 (1969).
- 19) 小泉千秋, Cao Thi Kieu-Thu, 野中順三九: *日水誌*, **45**, 1307-1312 (1979).
- 20) K. L. Gall, W. S. Dtwell, J. A. Koburger, and H. Appledorf: *J. Food Sci.*, **48**, 1068-1074 (1983).
- 21) 江 琦, 大島敏明, 和田 俊, 小泉千秋: *日食工誌*, **32**, 349-359 (1985).
- 22) E. J. Conway: *微量拡散分析及び誤差論* (石坂音治訳), 南江堂, 東京, 1957, pp. 82-84.
- 23) 赤堀四郎, 水島三一郎編: *蛋白質化学 1*, 共立出版, 東京, 1954, pp. 201-202.
- 24) R. O. Sinnhuber and T. U. Yu: *Yukagaku*, **26**, 259-267 (1977).
- 25) E. G. Bligh and W. J. Dyer: *Can. J. Biochem. Physiol.*, **37**, 911-917 (1959).
- 26) C. L. Tipton, J. W. Paulis, and M. D. Pier-son: *J. Chromatogr.*, **14**, 486-489 (1964).