マサバの氷温貯蔵における品質低下に及ぼす 凍結・解凍処理の影響

張 俊明, 大島敏明, 和田 俊, 小泉千秋

(1989年6月2日受付)

Influences of Freeze-Thawing Process on the Quality of Mackerel during Storage at -1°C

Chun-Ming Chang,* Toshiaki Ohshima,* Shun Wada,*
and Chiaki Koizumi*

Fresh round mackerel was frozen at -20°C , subsequently stored at the same temperature for 100 days, thawed in tap water, and stored again at -1°C for 30 days. During storage, VBN content, K value, TBA value, free amino acid composition, lipid class composition, and fatty acid composition of lipids in the white muscle of fish were determined at an appropriate interval and compared with those of the unfrozen fish which was stored under the same conditions, *i.e.* at -1°C . The results obtained showed that the freeze-thawing process slightly accelerated deterioration in freshness of fish during storage at -1°C . Oxidation and enzymatic degradations of lipids during storage were also accelerated by this processing during the subsequent storage. Contents of most free amino acid increased during storage, while that of histidine decreased. The rate of increase in the content of each of the free amino acids was higher in the freeze-thawed sample than in the unfrozen sample. These deterioration in the quality of freeze-thawed fish seems to be due to disruption of membranes and other tissue structures of the fish flesh caused by freeze-thawing process.

生鮮食品は、その凍結点よりやや高い温度帯に貯蔵するいわゆる氷温貯蔵¹⁾すると、品質をあまり損うことなく比較的長期にわたって鮮度保持が可能であるといわれている。

一方、近年の凍結貯蔵技術の向上は目ざましく、一たん凍結貯蔵した魚も解凍すると、生鮮魚と見分けることは困難で、そのため解凍魚が流通上生鮮魚と同様に取り扱われる場合が多くなってきている。前報²⁾ではマイワシおよびマアジの冷蔵中における鮮度低下および脂質の劣化に及ぼす凍結・解凍処理の影響を調べ、解凍魚における鮮度低下ならびにリン脂質の加水分解は生鮮魚におけるそれより速いことを明らかにした。

本研究では、マサバの氷温貯蔵における鮮度低下、遊離アミノ酸組成および脂質の変化に及ぼす凍結・解凍処理の影響について検討した。

実験方法

供試魚 供試マサバ *Scomber japonicus* は、1987年7月に小田原漁港に水揚げされたもので、直ちに氷詰にして研究室に運搬し供試した。平均体長は約 26 cm, 平

均体重は約 300 g であった。

貯蔵試験法 2尾を1組としてプラスチック(クレハロン)袋に入れ、空気をできるだけ排除してから口を熱熔封した。これを28袋用意し、そのうちの14袋はあらかじめ発泡スチロール箱中で氷と3%食塩水を5:2の割合で混合した食塩水氷(-1°C)の中に入れ、さらに箱ごと約 2°C の冷蔵庫中に貯蔵した(以下生鮮魚区と呼ぶ)。残りの14袋は、直ちに約 -20°C のフリーザ中に100日間凍結貯蔵したのち、流水解凍後生鮮魚区の場合と同様にして -1°C に貯蔵した(以下解凍魚区と呼ぶ)。貯蔵中における魚体の温度は、サーミスタ(宝工業K.K.製)で測定した。 -1°C 貯蔵試験は30日間行い、その間5日置きに2袋の供試魚を分析に供した。同一袋中の2尾の供試魚を三枚におろし、その普通肉を合せてチョッパーで挽き肉とし分析した。したがって、分析結果は2尾の平均値となるが、一回の分析に2袋を用いたので、脂質含量以外は4尾の平均値として示した。脂質含量は、個体差が著しかったので、2尾の平均値を併記した。

VBN, K値およびTBA値の測定 前報²⁾におけると同様に測定した。TBA値はmgマロンアルデヒド/kg

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

魚肉で表示した。

エキスの調製 挽き肉を 10 ml の水と共によく磨りつぶしたのち, 10% 三塩化酢酸 (TCA) 20 ml を加えて 30 min 間攪拌抽出した。そのろ液と 5% TCA 洗液とを合せて 50 ml に定容した。この抽出液を等量のジエチルエーテルで 4 回抽出して TCA を除き, 1/5 N クエン酸リチウム溶液で定容し, アミノ酸分析用試料とした。

遊離アミノ酸組成の測定 遊離アミノ酸の定量は, 日本分光アミノ酸自動分析システムを用いて行った。なお, アミノ酸の検出はオルトフタルアルデヒド試薬を用いる蛍光法によった。

脂質の抽出および分画 前報²⁾ におけると同様に, 全脂質 (TL) の抽出は Bligh & Dyer³⁾ の方法に, TL の分画は Tipton ら⁴⁾ の方法によった。

脂質クラス組成の分析 前報²⁾ におけると同様に, 薄層クロマトグラフィー (TLC)-デンストメトリーにより極性脂質区 (PL) および非極性脂質区 (NL) の脂質クラス組成を分析した。

脂肪酸組成の分析 脂質を 1/2 N アルコール性 KOH でけん化後, BF_3 -メタノールにてメチル化したのちガスクロマトグラフィー (GLC) で分析した。GLC の条件は次のようである。カラム, Supelcowax-10 石英キャピラリー (30 m×0.25 I.D.); カラム温度, 195°C; キャリアガス, He, スプリット比 1:60。

結果および考察

鮮度変化 貯蔵中におけるマサバ普通肉の VBN および K 値の変化をそれぞれ Fig. 1 および 2 に示す。生鮮魚区の VBN は, 貯蔵 0 日目には 12 mg/100 g で低かったが, その後漸増し 25 日目には 23 mg/100 g に達し, さらに 30 日目には 49 mg/100 g まで上昇した。一方, 解凍魚の VBN は, 貯蔵 0 日目には 11 mg/100 g で生鮮魚と同様であったが, 貯蔵中に漸増し 30 日目には 28 mg/100 g に達した。このように, 貯蔵中における VBN の上昇は生鮮魚区より解凍魚区でやや遅かった。しかし, 解凍魚区の場合には貯蔵中にドリップが生成した。ドリップへの VBN の流失を考慮すれば, VBN からみた鮮度低下速度は両者間に差異はなかったものと思われる。

マサバ普通肉の K 値は Fig. 2 に示すように, 生鮮魚区の貯蔵 0 日目のものは 6% で, 鮮度は極めて良好であった。K 値は貯蔵中に漸増し, K 値 40% を良鮮度品の限界とすれば,⁵⁾ 生鮮魚区は貯蔵 8 日目にこのレベルに達した。一方, 解凍魚区の場合には, -20°C, 100 日間の凍結貯蔵中に K 値は上昇し, -1°C 貯蔵試験の開始時にすでに 15% に達していた。-1°C 貯蔵中に K 値はさ

Fig. 1. Changes in the VBN contents of mackerel white muscle during storage at -1°C . ○—, fresh fish; △—, freeze-thawed fish.

Fig. 2. Changes in the K values of mackerel white muscle during storage at -1°C . Symbols are the same as those in Fig. 1.

らに上昇し, 4 日目には良鮮度品の限界値 (40%) に達した。貯蔵 15 日目までの曲線の傾きで両者の鮮度低下速度を比較すると, 生鮮魚区より解凍魚区でやや大きかった。前報²⁾ におけるマイワシおよびマアジの場合と同様にマサバの場合にも, 凍結・解凍処理により, その後の貯蔵中における鮮度低下はやや促進されるものと思われる。

Fig. 3. Changes in the TBA values* of mackerel white muscle during storage at -1°C . Bars represent the variations of TBA values between two groups. Symbols are the same as those in Fig. 1. *mg malonaldehyde/kg flesh.

TBA 値の変化 貯蔵中におけるマサバ普通肉のTBA値の変化を Fig. 3 に示す。本測定法では部位差が比較的大きく現われるので、2 グループの測定値を図示した。生鮮魚区の TBA 値は、貯蔵 0 日目には 1.0 mg/kg であったが、貯蔵中に増加し 20 日目には最大値 4.8 mg/kg に達したのち、減少した。一方、解凍魚区の場合には貯蔵 0 日目には 0.6 mg/kg であったが、貯蔵中漸増し

20 日目には 3.2 mg/kg に達したのち、減少した。このように、貯蔵中における TBA 値の上昇は、個体差、部位差を考慮しても生鮮魚区より解凍魚区でやや遅かった。この結果は、凍結・解凍処理により脂質の酸化速度が増大した前報²⁾ におけるマサバの結果と相違する。単なる魚種による相違か、あるいは貯蔵温度の違いに基づく肉質の損傷やドリップの生成などの相違によるものと思われる。

遊離アミノ酸組成の変化 貯蔵中における変化を Table 1 に示す。生鮮魚区の普通肉のヒスチジン含量は著しく高く、貯蔵 0 日目には 532 mg/100 g であったが、貯蔵中に漸減した。その他のアミノ酸はいずれも増加した。そのうち、リジン含量の増加は他のアミノ酸に比べて緩慢であった。解凍魚区の場合にも遊離アミノ酸組成は生鮮魚区の場合とほぼ同様に变化したが、その程度は生鮮魚区の場合より著しかった。特にリジンの増加は著しかった。氷蔵中におけるマサバ肉の遊離アミノ酸の変化を調べた Sakaguchi ら¹⁾ もヒスチジンは減少し、その他のアミノ酸は増加したと報告し、ヒスチジンの減少は筋肉中に存在する histidase (EC4.3.1.3) の作用によると述べている。貯蔵中における多くの遊離アミノ酸の変化は、魚肉の自己消化と細菌の作用⁷⁾ によることはいうまでもない。なお、本研究における遊離アミノ酸の分析法では、タウリンはほとんど吸着されることなくカラムから溶離してくるので、正確な測定ができな

Table 1. Changes in the free amino acid compositions of mackerel white muscle during storage at -1°C

(mg/100 g flesh)

Amino acid	Group													
	Fresh							Freeze-thawed						
	Storage day													
	0	5	10	15	20	25	30	0	5	10	15	20	25	30
Aspartic acid	0	4	14	15	13	22	38	1	12	33	41	57	71	70
Threonine	7	12	23	23	23	31	61	7	18	34	36	50	54	58
Serine	3	10	23	24	24	33	51	5	18	43	37	53	54	57
Glutamic acid	18	24	42	48	48	54	98	17	39	47	61	86	91	104
Proline	12	12	23	15	20	23	54	1	10	3	33	39	48	56
Glycine	8	13	24	25	23	31	55	16	20	37	29	39	44	45
Alanine	31	50	81	82	86	104	115	38	66	93	85	115	127	122
Valine	8	17	37	37	37	50	92	7	28	50	52	77	84	83
Methionine	3	8	17	19	18	25	52	2	14	19	34	45	57	60
Isoleucine	7	13	22	20	21	27	52	8	14	33	36	51	57	65
Leucine	8	18	37	36	36	50	80	10	30	63	70	94	112	120
Tyrosine	5	13	20	22	19	24	33	5	17	17	37	46	54	61
Phenylalanine	2	9	21	22	22	31	62	3	18	28	42	56	68	75
Lysine	37	36	46	37	44	53	46	13	42	33	83	101	123	136
Histidine	532	546	538	521	508	487	401	588	552	499	464	442	464	431
Arginine	5	11	24	25	20	28	32	—	18	27	46	64	73	87

Table 2. Changes in the total, polar, and non-polar lipid contents of mackerel white muscle during storage at -1°C

		(g/100 g flesh)											
		Storage day											
Group		0			10			20			30		
		Lipid*											
		TL	PL	NL	TL	PL	NL	TL	PL	NL	TL	PL	NL
Fresh	1	0.84	0.54	0.30	0.90	0.43	0.47	2.31	0.40	1.91	1.05	0.32	0.73
	2	0.74	0.55	0.19	0.70	0.48	0.22	1.94	0.41	1.53	1.39	0.33	1.06
	Average	0.79	0.55	0.24	0.80	0.45	0.35	2.12	0.41	1.72	1.22	0.33	0.89
Freeze-thawed	1	1.02	0.46	0.56	2.44	0.40	2.04	3.23	0.28	2.95	0.66	0.20	0.46
	2	1.46	0.40	1.06	1.95	0.36	1.59	0.72	0.24	0.48	4.67	0.26	4.41
	Average	1.24	0.43	0.81	2.19	0.38	1.82	1.97	0.26	1.72	2.66	0.23	2.44

* TL, Total lipid; PL, Polar lipid; NL, Non-polar lipid.

Table 3. Changes in the lipid class compositions of polar and non-polar lipids in mackerel white muscle during storage at -1°C

		(mg/100 g flesh)									
		Group									
Lipid class*		Fresh					Freeze-thawed				
		Storage day					Storage day				
		0	10	20	30		0	10	20	30	
Polar lipid	PE	260	210	192	146		168	168	118	116	
	PS	26	20	25	26		14	21	20	19	
	PI	15	20	22	22		14	23	22	6	
	PC	226	179	140	110		190	132	92	74	
	SPM+LPC	19	26	20	24		45	32	16	12	
Non-polar lipid	SE	6	9	1	52		8	6	4	2	
	TG	190	210	1450	580		610	1390	1210	1720	
	FFA	2	74	202	212		116	321	404	587	
	ST+DG	46	52	67	42		40	52	51	66	

* PE, Phosphatidylethanolamine; PS, Phosphatidylserine; PI, Phosphatidylinositol; PC, Phosphatidylcholine; SPM, Sphingomyelin; LPC, Lysophosphatidylcholine; SE, Sterol ester; TG, Triglyceride; FFA, Free fatty acid; ST, Sterol; DG, Diglyceride.

かった。したがって、その結果は示さなかった。

脂質含量の変化 マサバの普通肉の TL, PL および NL 含量の貯蔵中における変化を Table 2 に示す。供試魚肉の TL 含量は比較的低く、個体差が著しかったので、貯蔵中における TL および NL 含量の変化は明らかでなかった。しかし、PL 含量は TL 含量の多寡に関係なくほぼ一定であるので、貯蔵中における変化は明瞭で生鮮魚区、解凍魚区共に減少するが、その程度は解凍魚区で著しかった。

脂質クラス組成の変化 PL および NL の脂質クラス組成の貯蔵中における変化を Table 3 に示す。本 TLC 条件下では、PL はホスファチジルエタノールアミン (PE), ホスファチジルセリン (PS), ホスファチジルイノシトール (PI), ホスファチジルコリン (PC) およびスフィンゴミエリン (SPM)+リゾホスファチジルコリン

(LPC) の 5 種の脂質クラスに分離した。生鮮魚では、PE と PC の減少量は貯蔵 10 日目でそれぞれ 50 および 47 mg/100 g, 10~20 日目でそれぞれ 18 および 39 mg/100 g, 20~30 日目でそれぞれ 46 および 30 mg/100 g であった。30 日間の貯蔵中に PE と PC の合計で 230 mg/100 g の減少が認められた。解凍魚区では PE と PC の減少量は 10 日目でそれぞれ 0 および 58 mg/100 g, 10~20 日目でそれぞれ 50 および 40 mg/100 g, 20~30 日目でそれぞれ 2 および 18 mg/100 g であった。30 日間に PE と PC の合計で 168 mg/100 g 減少した。これらの貯蔵中の減少量の変化を考えると、貯蔵の初期・中期には魚肉に本来含まれている加水分解酵素が、後期にはこれに加えて微生物由来の酵素が作用するものと推察される。なお、0 日目の解凍魚区の PC および PE 含量が、生鮮魚区のそれよりかなり低かったが、これは

Table 4. Fatty acid compositions of the total, polar, and non-polar lipids of mackerel white muscle

Fatty acid*2	Lipid*1		
	TL	PL	NL
14:0	3.02	1.10	6.13
I 15:0	0.15	0.07	0.38
A 15:0	0.08	0.06	0.12
15:0	0.68	0.58	0.90
I 16:0	0.10	0.08	—
A 16:0	1.02	0.90	0.19
16:0	23.3	27.7	16.4
17:0	0.72	0.70	0.94
I 18:0	0.31	0.26	0.44
A 18:0	0.22	0.12	0.08
18:0	7.60	8.42	6.10
20:0	0.22	0.10	0.34
22:0	—	—	0.10
Sum	37.4	40.1	32.1
16:1n-7	1.78	1.46	2.84
18:1n-9 } 18:1n-7 }	12.1	10.1	17.0
20:1n-11 } 20:1n-9 }	4.38	1.02	11.1
20:1n-7	0.04	0.12	0.33
22:1n-11	4.35	0.24	12.5
22:1n-9	0.42	0.02	1.20
Sum	23.0	12.9	45.0
16:2n-3	0.58	0.42	0.92
16:4n-3	0.30	0.30	0.48
16:4n-1	0.02	0.03	0.08
18:2n-6	1.04	0.96	1.42
18:3n-3	0.34	0.43	0.50
18:4n-3	0.52	0.20	1.38
20:2n-6	0.24	0.20	0.31
20:4n-6	2.42	2.90	1.28
20:4n-3	0.39	0.36	0.66
20:5n-3	6.08	7.48	2.90
22:5n-6	0.91	1.02	0.71
22:5n-3	1.12	1.22	1.42
22:6n-3	25.6	31.5	10.9
Sum	39.6	47.0	22.9

*1 TL, Total lipid; PL, Polar lipid; NL, Non-polar lipid.

*2 I, Iso; A, Anteiso.

−1°C 貯蔵試験前の −20°C, 100 日間の凍結貯蔵中にこれらのリン脂質が魚肉に含まれている酵素の作用により加水分解を受けたためである。

一方, NL は本 TLC 条件下ではステロールエステル (SE), トリグリセリド (TG), 遊離脂肪酸 (FFA) およびステロール (ST)+ジグリセリド (DG) の4種の脂質クラスに分離した。このうち, TG は供試魚肉の TL 含量の高いものほど高かった。FFA は, 生鮮魚区の0日目の試料には微量存在していたが, 貯蔵中に急速に増加した。この FFA の増加量 210 mg/100 g は, PL 中

の PE および PC の減少量 230 mg/100 g とほぼ一致していることから, 主にリン脂質の加水分解のためである。解凍魚区の場合には, FFA 含量は0日目ですでに高かったが, これは前述のように −20°C 凍結貯蔵中にリン脂質から生成した FFA のためである。FFA は −1°C 貯蔵中にさらに増加し, 貯蔵 30 日目には 587 mg/100 g に達し, 生鮮魚区のその 2.8 倍となった。この FFA の増加量 471 mg/100 g は PE と PC の減少量 168 mg/100 g より大きい。このことは, 解凍魚区においてはリン脂質以外に TG も加水分解を受け FFA

Fig. 4. Changes in the percentages of saturated, monoenoic, and polyenoic fatty acids in the polar lipids of mackerel white muscle during storage at -1°C . $\circ$, saturated; $\square$, monoenoic; $\triangle$, polyenoic. Open symbols show the percentages of fatty acid in the polar lipids of fresh fish and closed symbols those of freeze-thawed fish.

を遊離したことを示唆している。しかしながら、これらの加水分解が酵素によるものかどうかは不明である。

脂肪酸組成の変化 生鮮マサバ普通肉の TL, PL および NL の脂肪酸組成を Table 4 に示す。TL の主な構成脂肪酸は, $\text{C}_{22:6n-3}$, $\text{C}_{16:0}$, $\text{C}_{18:1n-7} + \text{C}_{18:1n-7}$, $\text{C}_{18:0}$, $\text{C}_{20:5n-3}$ などであった。PL の主な構成脂肪酸は, TL のそれとほぼ同様であったが, $\text{C}_{22:6n-3}$ の組成比が高く, モノエン酸の組成比が低かった。一方, NL の脂肪酸組成では, PL のそれに比べて $\text{C}_{22:6n-3}$ および $\text{C}_{16:0}$ の組成比が低く, $\text{C}_{18:1n-7} + \text{C}_{18:1n-7}$, $\text{C}_{20:1n-11} + \text{C}_{20:1n-9}$, $\text{C}_{22:1n-11}$ などのモノエン酸の組成比が高かった。TL および NL の脂肪酸組成は脂質含量の多寡の影響を強く受けるため, 本研究における供試魚のように TL 含量が著しく異なる場合には, 貯蔵中における酸化および加水分解による脂質の変化は脂肪酸組成には明瞭に現われなかった。しかし, PL 含量は TL 含量にかかわらずほぼ一定であるので, 貯蔵中における PL の脂肪酸組成の変化は, PL の酸化あるいは加水分解による変化を反映するものと思われる。Fig. 4 には, PL の脂肪酸組成の貯蔵中における変化を飽和酸, モノエン酸およびポリエン酸に整理して示した。まず, 生鮮魚区の 0 日目の飽和酸の組成比は 40.1%, モノエン酸のそれは 12.9%, またポリエン酸は 47.0% であった。一方, 解凍魚区の 0 日目の飽和酸, モノエン酸およびポリエン酸の組成比はそれぞれ 35.2%, 14.7% および 50.2% であった。すなわち, 供試魚を -20°C で 100 日間凍結貯

蔵すると, PL の飽和酸の組成比は 40.1% から 35.2% に減少し, モノエン酸のそれは 12.9% から 14.7% に, またポリエン酸は 47.0% から 50.2% に増加したことを示す。実際には貯蔵中に脂肪酸が増加することはないから, モノエン酸およびポリエン酸の組成比の増加は, 飽和酸の減少に伴う見掛け上の増加である。すでに Table 3 に示したように, 0 日目の解凍魚区の PE および PC 含量は生鮮魚区のそれより低く, 逆に FFA 含量は著しく高かった。このことは, 供試魚の -20°C , 100 日間の凍結貯蔵中に PE および PC が加水分解を受けたことを示し, また Fig. 4 の 0 日目の結果はその際にリン脂質から遊離する脂肪酸としては飽和酸の比率が高いことを示している。

貯蔵中における生鮮魚区の飽和酸の組成比は, 貯蔵 10 日目まではほとんど変化しなかったが, その後減少して 30 日目には 33.7% まで低下した。これに伴ってポリエン酸およびモノエン酸の組成比は増加した。一方, 解凍魚区の場合には前述のように -20°C 凍結貯蔵中に飽和酸の組成比が減少し, ポリエン酸およびモノエン酸が増加したが, その後の -1°C 貯蔵中には各脂肪酸の組成比はあまり変化しなかった。すなわち, 飽和酸の組成比は全貯蔵期間を通じて 35% 前後であった。生鮮魚区の 20 日目以降の飽和酸の組成比も 35% 前後であったことを考え合えると, 本研究に用いたマサバの場合には, PL の酵素による加水分解は先ず飽和酸を比較的多量に遊離し, 飽和酸の組成比が 35% 前後にまで低下すると, その後はすべての脂肪酸が均等に遊離するように進行するものと推察される。この結果は, ポリエン酸の組成比が減少し, 飽和酸が増加した前報におけるマアジの結果と相違した。

一般に, PC, PE では高度不飽和脂肪酸は β -位に分布することが多く,⁸⁾ また phospholipase A_2 (EC3.1.1.4) は β -位に結合している脂肪酸に作用してこれを遊離する^{9,10)} といわれている。したがって, 魚肉中でリン脂質が phospholipase A_2 の作用を受ければ, 高度不飽和脂肪酸が遊離する頻度は高くなり, そのため生成したリゾ型リン脂質を含むリン脂質全体の高度不飽和脂肪酸の組成比は低下するものと思われる。また, 魚類筋肉には比較的高活性の lysophospholipase (EC3.1.1.5) が存在するといわれている^{11,12)} ので, 生成したリゾ型リン脂質が直ちに本酵素の作用を受けて分解すれば, 残存するリン脂質の脂肪酸組成は変化しないことになる。しかしながら, 本研究においては前述のようにリン脂質の加水分解に伴って $\text{C}_{16:0}$ を主体とする飽和酸の組成比が減少した。その理由は, 上記のような酵素によるリン脂質の加水分解機構からだけでは説明することは困難である。今後は, 供試魚の個体差による影響を考慮して PL の各

脂質クラスの貯蔵中における変化を分子種レベルで検討し、その理由を明らかにしたい。

本研究の経費の一部は文部省特定研究費によった。

文 献

- 1) 山根昭美：魚のスーパーチリング（小嶋秩夫編），水産学シリーズ 63，恒星社厚生閣，東京，1986，pp. 109-119.
- 2) 小泉千秋，張 俊明，大島敏明，和田 俊：日水誌，**54**，2203-2210 (1988).
- 3) E. G. Bligh and W. J. Dyer: *Can. J. Biochem. Physiol.*, **37**, 911-917 (1959).
- 4) C. L. Tipton, J. W. Paulis, and M. D. Pierson: *J. Chromatog.*, **14**, 486-489 (1964).
- 5) 宇田文昭，内山 均：魚の低温貯蔵と品質評価法（小泉千秋編），水産学シリーズ 60，恒星社厚生閣，東京，1986，pp. 24-35.
- 6) M. Sakaguchi, M. Murata, and A. Kawai: *Nippon Suisan Gakkaishi*, **50**, 323-329 (1984).
- 7) J. M. Shewan and N. R. Jones: *J. Sci. Food Agric.*, **8**, 491-498 (1957).
- 8) D. B. Menzel and H. S. Olcott: *Biochim. Biophys. Acta*, **84**, 133-139 (1964).
- 9) J. Olley, J. Fraser and E. Stephen: *J. Food Technol.*, **4**, 27-37 (1969).
- 10) F. Mazeaud and E. Bilinski: *J. Fish. Res. Bd. Canada*, **33**, 1297-1302 (1976).
- 11) M. Yurkowski and H. Brockerhoff: *J. Fish. Res. Bd. Canada*, **22**, 643-652 (1965).
- 12) E. Bilinski and R. E. E. Jonas: *J. Fish. Res. Bd. Canada*, **23**, 207-220 (1966).