冷凍すり身としてのシマガツオ筋たんぱく質の有効利用

沼倉忠弘・中村哲也・高間浩蔵・藤井武治・新井健一

1983年3月28日受理

Preparation of Frozen Surimi from Pacific Pomfret Muscle

Tadahiro NUMAKURA,*¹ Tetsuya NAKAMURA,*² KOZO TAKAMA,*¹Takeji FUJII,*² and Ken-ichi ARAI*³

In terms of inactivation rate constant of myofibrillar Ca-ATPase, the thermal stability of Pacific myofibrillar protein was found to be comparable to those of Pacific mackerel and sardine but it became unstable at higher temperature and in an acidic condition. Addition of sucrose or sorbitol increased effectively the stability of this myofibrillar protein.

On the basis of the above findings, the frozen surimi of Pacific pomfret was prepared. During frozen storage, the quality of the frozen surimi was evaluated by measuring the amount of soluble protein and Ca-ATPase total activity. The Kamaboko forming ability of the same material was assessed by jelly strength and the folding test. The frozen surimi from the alkali (0.25-0.50% NaHCO₃)-washed muscle showed the highest quality, which was slightly inferior to that of SA grade frozen surimi of Alaska pollack.

The frozen surimi prepared from the minced muscle without washing was first washed with water after thawing and subjected to surimi preparation. The quality of this surimi and its Kamaboko forming ability were remarkably improved, being comparable to that of the alkali-washed muscle frozen surimi. On the other hand, the quality of the frozen surimi using frozen muscle of the Pacific pomfret was considerably inferior.

200 海里漁業水域の設定に影響されない公海水域に広く棲息し、資源量が比較的多いと推定されているシマガツオ^{1,2)} Pacific pomfret *Brama japonica* は現在、切身、粕漬ならびに味噌漬等として一部加工され食用に供されているが、著者らは冷凍すり身として高度利用を計る目的で本研究を行った。

はじめに、シマガツオ筋原繊維 (Mf と略す) の安定性に及ぼす温度と pH の影響ならびに糖類の保護効果を明らかにし、ついで、その知見を基に冷凍すり身を調製し -20°C で貯蔵中の Mf Ca-ATPase 全活性とかまぼこ形成能ならびにかまぼこの色状の変化について検討を加えた。

実験方法

筋原繊維懸濁液の調製および pH の調節 Mf は太平洋上で製造したシマガツオの冷凍すり身より加藤らの方法³⁾に準じて調製した。なお、この Mf を緩衝液を含

ない 0.1 M KCl 溶液に懸濁した後、所定の温度において懸濁液の pH が 5.8~7.9 の間の一定値を保持するように 40 mM Tris-maleate 緩衝液 (終濃度) を加えた⁴⁾。

種々の pH における Mf の加熱変性 上述の方法で種々の pH に調節した Mf 懸濁液を 1 ml ずつ分取し、所定の温度に調節した恒温槽に保持し一定時間毎に取り出して 0.5 M Tris-maleate (pH 7.0), 0.5 ml を加え、同時に氷冷して加熱変性を停止させた。⁴⁾

糖類の存在下における Mf の加熱変性 Mf 懸濁液を 1 ml ずつ分取しソルビトールまたはシュクロースを終濃度が 1 M ないし 2 M になるように添加溶解した後、所定の温度に保持し、一定時間毎に取り出して氷冷し加熱変性を停止させた。⁵⁾

Mf Ca-ATPase 活性の測定および変性速度恒数の算出 Mf Ca-ATPase 活性は 0.1 M KCl, 5 mM CaCl₂, 25 mM Tris-maleate (pH 7.0) および 1 mM ATP の反応混液中、25°C で遊離する無機リン酸を測定して比活

*¹ 北海道大学水産学部水産食品製造実習工場 (Training Factory for Food Processing, Faculty of Fisheries, Hokkaido University, Hakodate, Hokkaido 041, Japan).

*² 北海道大学水産学部練習船おしよろ丸 (Training Ship "Oshoro Maru", Faculty of Fisheries, Hokkaido University, Hakodate, Hokkaido 041, Japan).

*³ 北海道大学水産学部生物化学講座 (Laboratory of Biochemistry, Faculty of Fisheries, Hokkaido University, Hakodate, Hokkaido 041, Japan).

性を求めた。Mf Ca-ATPase の変性は糖類化合物の存在に関係なく一次反応式に従って進行するので、変性速度恒数 (K_D) を次式によって計算した。 $K_D = (\ln C_0 - \ln C_t) \cdot 1/t$, ここで C_0 および C_t は加熱時間 (t 秒) 前後における Ca-ATPase 活性の相対値である。⁹⁾

冷凍すり身の調製 漁獲したシマガツオを船上で処理して得たおとし身を、(1) 水晒しをしないでそのまま、(2) 常法通り水晒しをしてから、(3) 0.25% または 0.50% の NaHCO_3 溶液でアルカリ晒しをしてから、それぞれに多リン酸塩 (タケダ 2-D) を 0.4%, ソルビトールを 5% 加え攪拌混合してポリエチレン袋に詰め、約 -27°C で凍結して 3 種類の冷凍すり身を調製し、これらを -20°C に貯蔵して以後の実験に供した。なお、水晒しは魚肉重量の 5 倍量および 2.5 倍量の水を加えて攪拌後約 5 分間静置して換水する方法によって、それぞれ 1 回ずつ行った。アルカリ晒しは 5 倍量の 0.25% または 0.50% の NaHCO_3 溶液で、水晒しと同じ方法によってそれぞれ 1 回晒しを行ったものについてのみ 2.5 倍量の水でさらに 1 回水晒しを実施した。水晒しおよびアルカリ晒しの処理温度は約 $6^\circ\text{C} \sim 8^\circ\text{C}$ であった。

かまぼこ形成能の測定 冷凍すり身は解凍後に水分量を 78% に調整した。つぎに、食塩を 2.5% とでん粉を 3% 加えて約 $10^\circ\text{C} \sim 14^\circ\text{C}$ で 40 分間播潰して径 3 cm のサランケーシングに充填した後、直ちに $90^\circ\text{C} \sim 95^\circ\text{C}$ で 30 分間加熱してかまぼこを調製した。かまぼこ形成能は岡田式ゼリー強度計 (プランジャー径 5 mm) を用いて押しこみ強度および凹みを測定し、ゼリー強度 ($\text{g} \cdot \text{cm}$) と折り曲げテストによって表現した。

冷凍すり身とかまぼこの色状の測定 カラーエース TCA-1 型色差計 (東京電機株式会社製) を使用して冷凍すり身とかまぼこの白色度 (W)、明度 (L)、クロマテンシ指数 (a , b) およびスケトウダラ冷凍すり身に対する色差 (ΔE) を測定した。

結果および考察

生理条件下における Mf の温度安定性 最初に、シマガツオ Mf の温度安定性を既に知られている他の魚種のそれと比較検討するために、Mf を生理的な条件下に懸濁して加熱し、Mf Ca-ATPase の変性速度恒数を求めて ARRHENIUS plot した。すなわち、縦軸には得られた変性速度恒数の対数値 ($\log K_D$) をとり、横軸には温度 (絶対温度) の逆数値 ($1/T$) をとって、その結果を Fig. 1 に示した。この結果によるとシマガツオ Mf の温度安定性は Ca-ATPase を指標とすると、マイワシ

Fig. 1. Comparison of Arrhenius plots for the inactivation rate constants of myofibrillar Ca-ATPase of fishes living in various environmental temperatures.

The inactivation of myofibrils was performed at various temperatures in a medium of 0.10 M KCl-40 mM Tris-maleate (pH 7.0). ATPase assay was carried out at 25°C in the reaction medium containing 0.10 M KCl, 5 mM CaCl_2 , 25 mM Tris-maleate (pH 7.0), 1 mM ATP, and 0.25-0.40 mg/ml of myofibrillar proteins.

The first order rate constant of myofibrillar Ca-ATPase of Pacific pomfret was calculated using the relation, $K_D = (\ln C_0 - \ln C_t)1/t$, where C_0 and C_t are the ATPase activities before and after t seconds of inactivation. The data of other fishes have been previously reported (Ref. 4).

1. Little picked whale; 2. Skipjack; 3. Sardine; 4. Pacific pomfret; 5. Pacific mackerel; 6. Alaska pollack; 7. Grenadier

とマサバ⁷⁾の中間にあった。すなわち、シマガツオは亜熱帯から亜寒帯海域の広範囲に亘って季節的に南北移動しているとみられており、水温 $9^\circ\text{C} \sim 10^\circ\text{C}$ 以上の水域が生活領域とみなされている。²⁾ 従って、本研究で得たシマガツオ Mf の温度安定性は、その棲息水温と相関するという従来の結果^{8,9)}と矛盾しないものであった。

Mf の安定性に及ぼす温度と pH の影響 シマガツオ筋肉の pH は漁獲後 10°C で放置すると 12 時間後に 5.8 近くまで低下した。そこで Mf の安定性に及ぼす pH の影響を検討するために、Mf 懸濁液の pH を 5.8

* 橋本昭彦・小林章良・新井健一：昭和 55 年度日本水産学会春季大会講演要旨集，p. 192.

Fig. 2. Arrhenius plots for the inactivation rate constants of myofibrillar Ca-ATPase of Pacific pomfret at different pH values.

Experimental methods and conditions were same as in Fig. 1, except that the inactivation of myofibrils was performed in a medium of 0.10 M KCl containing 40 mM Tris-maleate of various pH values.

Table 1. The first order rate constants for the inactivation of myofibrillar Ca-ATPase at various temperatures and at different pH values

Temp. (°C)	pH			
	7.9	7.0	6.2	5.8
25	0.54	0.56	2.51	14.0
30	3.55	3.80	13.0	56.0
35	24.0	25.7	67.6	209
40	169	178	355	758

The data shown in Fig. 2 were quoted in this table.

～7.9 に調整し 30°C～35°C で加熱して変性速度恒数を求めた。その結果を Arrhenius plot して Fig. 2 に示した。これによると Mf の pH が中性から酸性に低下すると温度安定性を表わす直線は低温度側に移動して、Mf は酸性下では不安定化することが示された。また、直線の傾斜も緩くなり、温度低下にともなう Mf の安定化効果が小さくなる傾向を示した。

そこでシマガツオ Mf の不安定化に及ぼす温度と pH の影響をさらに詳しく比較するために、Fig. 2 の結果より各種の温度および pH における変性速度恒数を抜萃し Table 1 に示した。この結果の中、25°C で pH 7.0 の変性速度恒数を基準として温度および pH が変化するときの K_D を比率で表し、Table 2 に結果を示した。

Table 2. Relative stability of myofibrillar Ca-ATPase at various temperatures and at different pH values

Temp. (°C)	pH			
	7.9	7.0	6.2	5.8
25	1.0	1.0	4.5	25.0
30	6.3	6.8	23.3	100
35	42.9	45.9	121	373
40	302	318	634	1354

The data shown in Table 1 were used to calculate the relative value of K_D .

Table 2 によると、中性から弱アルカリ性にある Mf (pH 7.0～7.9) は温度が 25°C から 30°C に上ると約 7 倍、35°C まで上ると約 45 倍、40°C まで上ると 300 倍以上不安定化する。一方、pH が中性から 6.2 に低下するときは、Mf は僅か 2～4 倍不安定化されるだけであるが、pH が中性から 5.8 に低下すると、Mf は著しく不安定化し 25°C で約 25 倍、30°C で約 15 倍、40°C では約 5 倍不安定化することを示している。したがって、シマガツオ Mf を効果的に安定化するためには筋肉の pH を中性に調節し、かつ、その温度を低温に保つことが必要であることが示唆された。ただし、筋肉の pH が 5.8 から 7.0 以上に上昇したときに比べて筋肉の温度が 10°C 下がったときの方が、Mf の安定化効果が大きいことが明らかである。

Mf の温度安定性に及ぼす糖類の効果 ソルビトールおよびシュクロースは Mf たんぱく質の変性を著しく抑制することが知られている。そこで、pH を 7.0, 6.2 および 5.8 に調節した Mf 懸濁液に、1 M ないし 2 M のソルビトールまたはシュクロースを添加溶解し 30°C～40°C で加熱し、Mf Ca-ATPase の変性速度恒数を求め、その結果を Arrhenius plot して Fig. 3 (A)～(C) に示した。

この結果によると、Mf の温度安定性を表わす直線は高温度側に大きく移動すると共に急な勾配を示すようになり、Mf は著しく安定化することを示した。なお、Mf の安定化に対する糖の効果は同濃度の場合にはソルビトールよりシュクロースが、また、糖濃度の高い場合の方が大きい。この結果は大泉らが赤身魚類 Mf の変性に対する各種糖類の保護効果⁵⁾を比較した結果と同じである。また、Mf の pH が中性から酸性に低下すると、Mf は不安定化することは前述したとおりであるが、pH は異なっても糖の保護効果はほぼ同程度であることが示された。

つぎに、糖存在下におけるシマガツオ Mf の温度安定性を変性速度恒数を指標として他の魚類 Mf の安定性⁹⁾と比較する。すなわち、pH 5.8 で 35°C におけるシマガツオ Mf は、pH 7.0 で 35°C におけるソコダラおよ

Fig. 3. Effects of sugars on Arrhenius plots for the inactivation rate constants of myofibrillar Ca-ATPase of Pacific pomfret at different pH values.

Experimental methods and conditions were same as in Fig. 1, except that the inactivation of myofibrils was performed at different pH values and in the presence of sorbitol or sucrose (1 and 2 M).

(A) pH 7.0, (B) pH 6.2, (C) pH 5.8

Table 3. Effects of sugars on thermal stability of myofibrillar Ca-ATPase of Pacific pomfret at different pH values and at various temperatures

Temp. (°C)	Sugar	Concentration (mole)					
		1			2		
		pH			pH		
		7.0	6.2	5.8	7.0	6.2	5.8
25	Sorbitol	15	14	7	62	50	27
	Sucrose	23	27	11	112	105	42
30	Sorbitol	12	11	7	53	46	23
	Sucrose	19	21	10	93	81	44
35	Sorbitol	10	9	6	42	34	20
	Sucrose	17	16	9	73	64	33
40	Sorbitol	8	7	5	31	24	15
	Sucrose	13	13	7	50	44	24

The data shown in Fig. 3 were quoted in this table.
The relative K_D values were calculated on a basis of K_D at the same condition in the absence of sugar, respectively.

びイバラヒゲ (深海魚類) の Mf と同じ程度に不安定であるが, 1 M ソルビトールまたはシュクロース存在下ではアカガレイおよびソイ Mf の安定度に, また, 2 M 存在下ではホンザメおよびブリ Mf と同程度の安定度を示した。また, 温度 35°C で pH 7.0 におけるシマガツオ Mf は, 1 M のソルビトールまたはシュクロース存在下ではコイまたはスズキと同程度の安定度を示し, 糖の共存によって著しく高い安定性を獲得することが示された。

シマガツオ Mf に対する糖の保護効果の度合を詳しく比較するために, Fig. 3 (A)-(C) の結果から糖共存下における Mf の変性速度恒数を抜き出し, 糖の非共存下に

おける Mf の変性速度恒数を基にして比率で表し, その結果を Table 3 に示した。これによると, 1 M のソルビトール共存下では最高で 15 倍, 最低で 5 倍, また, 同濃度のシュクロースによって最高 27 倍, 最低 7 倍 Mf は安定化され, 2 M のソルビトールによっては最高 62 倍, 最低 15 倍, また, 同濃度のシュクロースによって最高 112 倍, 最低 24 倍 Mf は安定化されることを示し, Mf に対する保護効果はシュクロースがソルビトールより常に 1.5~2 倍高かった。また, 糖の保護効果度は pH 7.0 と 6.2 の Mf では大差はないが, pH 5.8 の Mf では前二者の 1/2 程度まで大きく低下し, また, 温度が 25°C から 40°C に上昇した場合も糖の保護効果度は 1/2 前後までに大きく低下する傾向を示した。すなわち, 糖による Mf の安定化の度合は, 見かけ上低温, 中性下で大きい, 逆に高温, 酸性下ではむしろ小さくなる傾向を示した。

シマガツオ冷凍すり身貯蔵中の品質およびかまぼこ形成能 上述のシマガツオ Mf の安定性に及ぼす温度と pH の影響および糖の保護効果に関する知見は精製した Mf 標品について得たものであるが, 福田らはこれら温度, pH および糖の影響がサバの Mf とおとし身では, 傾向的に同じ結果を示すことを報告している。⁹⁾ したがって, 精製したシマガツオ Mf について得られた結果はすり身についてもあてはまることが推定される。そこで上記の知見を基にして, 水および NaHCO₃ 溶液で晒すことによって pH を調節した冷凍すり身を調製し, その品質について検討し, その結果を Table 4 (A) に示した。すなわち, シマガツオのおとし身を無晒し, 水晒しまたはアルカリ晒しをした後, 常法に従って冷凍すり身

Table 4. Changes in quality of frozen surimi of Pacific pomfret during storage at -20°C (A)

Washing	pH	Moisture (%)	Storage (month)			
			2.5		8	
			Salt soluble protein (mg/10 g surimi)	Ca-ATPase total activity ($\mu\text{mol Pi/min} \cdot 10 \text{ g surimi}$)	Salt soluble protein ($\mu\text{mg}/10 \text{ g surimi}$)	Ca-ATPase total activity ($\mu\text{mol Pi/min} \cdot 10 \text{ g surimi}$)
Unwash	6.20	69.4	589	171	606	176
Water	6.60	72.5	899	249	894	238
Water	6.68	72.8	768	264	775	252
0.25% NaHCO_3	6.90	74.5	864	269	831	257
0.50% NaHCO_3	7.47	78.0	844	247	867	233
Water	7.00	73.9	—	—	962	245

* Alaska pollack surimi (SA grade)

(B)

Washing	Storage (month)			
	2.5		8	
	Jelly strength (g·cm)	Folding test	Jelly strength (g·cm)	Folding test
Unwash	255	C	285	C
Water	483	AA	614	AA
Water	492	AA	623	AA
0.25% NaHCO_3	606	AA	657	AA
0.50% NaHCO_3	498	AA	455	AA
Water*	—	—	1124	AA

* Alaska pollack surimi (AS grade)

The frozen surimi was prepared by the usual method from the dewatered muscles after unwashed and washed with water or 0.25–0.50% NaHCO_3 solution.

The pH and moisture content of the frozen surimi were measured by the usual method. The quality of the frozen surimi was evaluated by measuring the content of salt soluble protein and Ca-ATPase total activity and demonstrated as corrected values, taking the moisture content of frozen surimi was arranged to be 78.0%.

After thawing the frozen surimi, the content of water was adjusted by adding water to make 78.0%. Kamaboko was prepared from it upon grinding for 40 minutes with 2.5% NaCl plus 3% starch and boiled at $90\text{--}95^{\circ}\text{C}$ for 30 minutes. The quality of Kamaboko was assessed by measuring the jelly strength and the folding test.

As a contrast, the quality of frozen surimi of Alaska pollack of SA grade was also evaluated.

を調製し、 -20°C で貯蔵中の品質を Ca-ATPase 全活性を指標として測定し、市販スケトウダラ冷凍すり身と比較して示した。これによると、冷凍すり身の pH は無晒しのおとし身から調製したすり身では 6.20、水晒しの場合は 6.60 ないし 6.68 で、アルカリ晒しの場合は 6.90 ないし 7.47 になっていた。一方、Ca-ATPase 全活性値は 2.5 カ月貯蔵後の無晒しの原料から調製した冷凍すり身では $170 \mu\text{mol Pi/min} \cdot 10 \text{ g}$ であるのに対し、水晒しおよびアルカリ晒しの原料からの冷凍すり身は約 $250\text{--}270 \mu\text{mol Pi/min} \cdot 10 \text{ g}$ を示し、前者に比べて品質上優れていることを示した。無晒しの冷凍すり身の Ca-ATPase 全活性値が他と比較して低いのは（塩溶性たんぱく質量および ATPase 比活性はいずれも低値）、水溶性たんぱく質が除去されず Mf たんぱく質の濃縮が起らなかったことに起因しているように思われた。¹⁰⁾ なお、以上の結果は 8 カ月貯蔵後においてもほぼ同じであった。無晒し、水晒しおよびアルカリ晒しを行った冷凍す

り身はいずれも長期間に亘って一定の品質を保持することを示した。

つぎに、上記した同じシマガツオ冷凍すり身のカマボコ形成能について検討し、結果を Table 4 (B) に示した。この結果によると、無晒しの冷凍すり身から調製したかまぼこはジェリー強度が約 $260\text{--}290 \text{ g} \cdot \text{cm}$ 、折り曲げテストは C となり著しく劣っているが、水晒しまたはアルカリ晒しを行った冷凍すり身から調製したかまぼこのジェリー強度は約 $480\text{--}650 \text{ g} \cdot \text{cm}$ で折り曲げテストはいずれも AA となった。この結果は同時に測定したスケトウダラ冷凍すり身 (SA 級) から調製したかまぼこのジェリー強度 $1124 \text{ g} \cdot \text{cm}$ 、折り曲げテスト AA よりは劣るが、別に報告したホッケ冷凍すり身からのかまぼこ（ジェリー強度が約 $360\text{--}410 \text{ g} \cdot \text{cm}$ で、折り曲げテストが AA）に比べれば遜色のない品質であった。¹¹⁾

なお、シマガツオからかまぼこを製造する場合、スケトウダラの場合と全く同じ条件で行うことにはやや問題が

Table 5. Improving effect by washing of the minced muscle on the quality of frozen surimi of Pacific pomfret

(A)						
Storage (month)						
Washing	2.5			8		
	Moisture (%)	Salt soluble protein (mg/10 g surimi)	Ca-ATPase total activity ($\mu\text{mol Pi/min} \cdot 10 \text{ g surimi}$)	Moisture (%)	Salt soluble protein (mg/10 g surimi)	Ca-ATPase total activity ($\mu\text{mol Pi/min} \cdot 10 \text{ g surimi}$)
Unwash	78.0	585	177	78.0	606	176
Water	76.2	996	249	79.3	972	247

(B)						
Storage (month)						
Washing	2.5		Folding test	8		Folding test
	Jelly strength (g·cm)			Jelly strength (g·cm)		
Unwash	259		C	285		C
Water	536		AA	566		AA

An analogous product to the frozen surimi was prepared from unwashed and dewatered muscle, as described in Table 4. After frozen storage a portion of which was defrosted, newly washed with water, dewatered and subjected to prepare the frozen surimi by the same method as in Table 4.

The method for measurement of the moisture and salt soluble protein contents, and Ca-ATPase total activity of the frozen surimi were same as in Table 4.

The method for preparation of Kamaboko was same as in Table 4. The quality of Kamaboko was assessed by measuring jelly strength and folding test.

残っている。すなわち、温度安定性が異なっている Mf たんぱく質はゲル形成の至適条件もまた異なっていることが報じられているからである。^{*}しかし、本研究ではシマガツオのかまぼこ形成の至適条件については検討しなかった。前記の条件で比べると、すり身のかまぼこ形成能は凍結後 2.5 カ月から 8 カ月の間には変化がみられず一定の品質を保持していたが、この結果は Ca-ATPase 全活性の測定結果と良く一致するものであった。なお、Table 4 (A)–(B) の結果によると、水晒しまたはアルカリ晒しをした冷凍すり身の品質は差がなかった。したがって、シマガツオの Mf たんぱく質は pH が 6.60 から 7.47 の間ではほぼ同程度に安定化されていることが示唆される。先に、橋本らは、各種の魚類の Mf についてその Ca-ATPase 活性の K_D を指標として温度と pH の影響を検討した結果、ほぼ pH 6.8 から 8.6 までに至る範囲の K_D は余り大きな差異が認められないことを報じている⁴⁾。本実験で調製した水晒しおよびアルカリ晒しを行ったおとし身から調製した冷凍すり身が品質上差異がないことは同じ理由によると考えられる。また、pH が 6.20 である無晒し冷凍すり身の品質も、pH が中性の冷凍すり身の場合と同様に、安定であり、シマガツオの Mf たんぱく質が本来安定で、変性ににくいことを示している。そこで、無晒しの冷凍すり身を解凍し、

その約 5 倍量の水を使用して水晒しを 2 回行って脱水後、あらたにソルビトールを 5%、多リン酸塩 (タケダ 2-D) を 0.4% 添加してからかまぼこを調製し、冷凍すり身の品質とかまぼこ形成能について検討を加えた。その結果は Table 5 (A)–(B) に示した。

これによると、無晒しのおとし身から作った冷凍すり身を解凍して水晒しをすると、塩溶性たんぱく質含量と Ca-ATPase 全活性値は著しく上昇し、また、かまぼこのジェリー強度は予め水晒しまたはアルカリ晒しを行って作った冷凍すり身と同程度まで上昇し、折り曲げテストも AA を示した。以上の結果から、シマガツオのおとし身を水に晒すことなく、そのまま多リン酸塩および糖を添加して冷凍すり身様の製品を調製して低温に貯蔵すると、おとし身中の Mf たんぱく質は殆ど変性することなく、その品質を長期間保持することを示した。この結果は、先に示したように (Fig. 3 と Table 3) シマガツオ Mf は糖が共存するときは、pH 6.2 においても pH 7.0 の場合とほぼ同じ程度に安定化されるという結果と良く一致しており、したがって、冷凍すり身中の Mf の安定性は精製したシマガツオ Mf の糖の共存下における安定性を良く反映している。

なお、Table 5 (A)–(B) の実験の対照として、 -20°C で 2.5 カ月間ラウンドで凍結貯蔵したシマガツオを解

* 加藤 登・橋本昭彦・野崎 恒・丸山 勉：昭和 57 年度日本水産学会春季大会講演要旨集，p. 254.

Table 6. The quality of frozen surimi prepared from frozen muscle of Pacific pomfret

Washing	pH	Moisture (%)	Salt soluble protein (mg/10 g surimi)	Ca-ATPase total activity ($\mu\text{mol Pi/min}\cdot 10\text{ g surimi}$)	Kamaboko test	
					Jelly strength (g $\cdot$ cm)	Folding test
Unwash	6.37	66.7	568	106	193	C
Water	6.56	71.7	692	137	235	C
0.25% NaHCO ₃	7.45	80.8	734	147	220	C

The round Pacific pomfret was stored at -20°C for 2.5 months. The frozen surimi was prepared as described in Table 4, using washing of minced muscle with water or alkaline solution.

The methods for measurement of pH, moisture and salt soluble protein contents, and Ca-ATPase activity were same as in Table 4 (A).

The preparation and the assessment of Kamaboko forming ability were performed as in Table 4 (B).

凍し、おとし身を無晒し、水晒またはアルカリ (0.25% NaHCO₃ 溶液) 晒しを行って冷凍すり身を調製して、 -20°C で 10 日間貯蔵後に品質を比較検討した結果を Table 6 に示した。この結果によると、冷凍シマガツオから調製した冷凍すり身の Ca-ATPase 全活性値は、生鮮シマガツオより調製した冷凍すり身に比べて、無晒しのは勿論、晒しを行ったものでも、総てかなり低かった。また、それから製造したかまぼこの品質 (ジェリー強度、折り曲げテスト) も極めて劣る結果を示した。すなわち、一度冷凍変性した Mf たんぱく質はアルカリ晒しを行っても生鮮時の状態には回復しないことを示している。したがって、優れた品質のシマガツオ冷凍すり身を調製するためには、生鮮時に肉質の pH を中性に調整して糖を添加することが必要条件である。

シマガツオ冷凍すり身とかまぼこの色状 最後に、上で調製したシマガツオ冷凍すり身とそれから製造したかまぼこの色状を測定し、スケトウダラと比較した (結果はここでは表示しない)。無晒しのおとし身から作った冷凍すり身はスケトウダラ冷凍すり身の色状と比べて、白色度 (W) が劣り、クロマテンティ指数 (a , b) の数値から赤色 (a) と黄色 (b) が増してスケトウダラ冷凍すり身との色差 (ΔE) が大きい。水晒しやアルカリ晒しによってある程度改善されることが示された。イワシ、サバおよびホッケなどの赤身魚の冷凍すり身の色との比較ではかなり優れていることが肉眼的にも明らかであった。かまぼこの色状はすり身に比較していずれも白色度が著しく向上し、クロマテンティ指数 (赤色および黄色) および色差も減少したが、これはかまぼこに添加したでん粉に起因するように推定される。なお、無晒し肉から調製した冷凍すり身を貯蔵後、あらためて水晒しをして製造したかまぼこは、白色度およびクロマテンティ指数 (赤色および黄色) が劣り、スケトウダラの製品との色差も無晒しの冷凍すり身から直接製造したかまぼこに近い色状を呈した。これは主としてメト化した色素たんぱく質に起因するものと考えられる。^{12,13)}

要 約

本研究の結果を要約すると次のようになる。

1) 初めに、シマガツオ Mf たんぱく質の安定性に及ぼす温度と pH の影響を検討し、生理的条件下ではサバとイワシの中間の安定性を示すこと、また、他の魚種と同様に、高温および酸性下で著しく不安定となるが、ソルビトールやシュクロースなどの糖類によって安定化されることを明らかにした。

2) 生鮮シマガツオのおとし身を、無晒しのまま (A)、水晒し (B) またはアルカリ晒し (C) をしてから常法どおり冷凍すり身を調製し、数か月間、その品質を塩溶性たんぱく質量、Ca-ATPase 全活性値および常法で製造したかまぼこのジェリー強度ならびに折り曲げテストを指標として検討した。その結果、(A)、(B) および (C) の冷凍すり身の pH はそれぞれ 6.20, 6.60~6.80 および 6.90~7.47 であり、(B) の品質は (C) のそれと同じ程度であるが、(A) の品質は (B) と (C) に比べて明らかに劣っていた。

3) 無晒しのおとし身を用いて調製した冷凍すり身様の製品は、解凍して水晒しをすると塩溶性たんぱく質量および Ca-ATPase 全活性値は、予め水晒しまたはアルカリ晒しを行って調製した冷凍すり身と同程度まで上昇した。また、かまぼこ形成能も改良され、折り曲げテストは AA となった。

文 献

- 1) 昭和 53 年度えちおびあ (しまがつお) 新資源開発調査報告書、海洋水産資源開発センター、(1973)。
- 2) 島崎健二・中村 悟: 北海道大学水産学部北洋水産研究施設業績, 第 132 号, 91-103 (1981)。
- 3) 加藤 登・内山 均・塚本志朗・新井健一: 日水誌, 43, 857-867 (1977)。
- 4) 橋本昭彦・新井健一: 日水誌, 44, 1389-1393 (1978)。
- 5) 大泉 徹・橋本浩二・小倉潤子・新井健一: 日水誌, 47, 901-908 (1981)。

- 6) 新井健一・川村久美子・林 恵子: 日水誌, **39**, 1077-1085 (1973).
- 7) 橋本昭彦・小林章良・新井健一: 日水誌, **48**, 671-684 (1982).
- 8) 内山 均・加藤 登・工藤雄司・新井健一: 日水誌, **44**, 491-497 (1978).
- 9) 福田 裕・掛端甲一・新井健一: 日水誌, **43**, 717-725 (1977).
- 10) 元広輝重・沼倉忠弘: 冷凍, **49**, 953-957 (1974).
- 11) 元広輝重・沼倉忠弘: 冷凍, **51**, 559-564 (1976).
- 12) 武田 登・山口勝巳・橋本周久: 日水誌, **46**, 1269-1272 (1980).
- 13) 橋本周久: 昭和 54 年度科学研究費補助金 (総合研究 A) 研究成果報告書, 代表者秋場 稔 (課題番号 336017), p. 33-35, (1980).