スケトウダラ塩漬肉を乾燥する際に起こる 筋原線維タンパク質の生化学的变化

伊藤 剛, 北田長義, 山田典彦

関 伸夫, 新井 健一

(1990年1月19日受付)

Biochemical Changes in Myofibrillar Protein of Cured Walleye Pollack Meat induced by Dehydration

Tsuyosi Ito,*¹ Nagayosi Kitada,*² Norihiko Yamada,*²
Nobuo Seki,*¹ and Ken-ichi Arai*¹

Salt concentration of Walleye pollack minced meat was adjusted to 0.14–2.1 M by soaking in 3 M NaCl (pH 7.0) for various periods at 4°C.

During dehydration of the cured meat by leaving at 30°C, changes of NaCl concentration, Ca-ATPase activity, and myosin heavy chain in the meat were investigated.

On dehydration for 24 h, NaCl in the cured meat was concentrated to 2.5 times of its original value. At the same time, the formation of cross-linked myosin heavy chain hardly occurred in the meat containing 0.14 M NaCl, but largely occurred in the meat containing 0.9–1.8 M NaCl. In the meat containing 2.0–2.1 M NaCl, almost no further change was observed because myosin heavy chain had already been cross-linked during the soaking in the NaCl solution.

It was thus concluded that the cross-linking reaction of myosin heavy chain in the cured meat caused by dehydration depended on the soaking condition such as the concentration of NaCl and the period.

我が国の水産加工食品の中で、貯蔵性食品として乾製品は最も長い生産と流通の歴史を持っている。最近では、単に乾燥により貯蔵性を増すことを目的とするばかりでなく、消費者の嗜好を反映して味覚やテクスチャーなどを改良した製品も多く流通するようになった。

魚肉乾製品の製造工程中におけるタンパク質の変化についてはほとんど研究されていない¹⁾が、これが製品の品質に大きな影響を及ぼすと推定されるだけに、この問題に関して検討を加えることはきわめて重要であると考えられる。

製品の品質に大きな影響を及ぼす工程は「塩漬」および「乾燥」であるが、このうち塩漬過程における魚肉中の筋原線維タンパク質に起こる変化についてはすでに研究を行った。²⁾そして塩漬過程においては高濃度の食塩(NaCl)と筋原線維タンパク質との間に、かまぼこの製造における塩ずり身(肉糊)の坐りの過程で認められた

ミオシン重鎖の多量化反応³⁾が、ここでも同じように起こることを明らかにした。

そこで本研究においては塩漬したスケトウダラの筋肉を乾燥する過程で起こる種々の性状変化のうち、特に筋原線維タンパク質の性状変化について検討した。

実験方法

試料 新鮮なスケトウダラ (Walleye pollack, *Theragra chalcogramma*) より背肉を採取し、約 1 cm×1 cm×3 cm の大きさに細切し、以下の塩漬および乾燥の実験に供した。以下本文中ではこれを単に魚肉と呼ぶ。

魚肉の塩漬方法 魚肉を直径 1.59 cm の透析チューブに詰め、3 M NaCl-20 mM Tris-acetate (pH 7.0) 溶液に対して 0~24 時間の間攪拌しながら透析し、これを塩漬とみなした。透析(塩漬)後、魚肉を透析チューブから取り出し、表面に付着している水分を濾紙を用いてでき

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

*2 味の素株式会社食品開発研究所 (Laboratory of Food Products Development, AJINOMOTO Co., Inc., Kawasaki, Kanagawa 210, Japan).

るだけ除去し, 以下の実験に供した。なお以上の操作はすべて 4°C で行った。

塩漬肉の乾燥方法 塩漬した魚肉をステンレス製の金網にのせ, 通風式の乾燥機 (Hi-TALL DRY OVEN M-14, 太陽科学工業株式会社) 中に保持して 30°C の一定温度で乾燥した。

塩漬肉中の塩濃度の測定 塩漬肉を細碎し, その 1~2 g を精秤して 10~20 倍量の蒸留水を加えホモジナイズした。その懸濁液の 10 g を透析チューブに入れて蒸留水 90 g に対して 4°C で一晩透析し, その透析外液の比電導度 (ms/cm) を電導度計 (CM-20E, 東亜電波工業株式会社) により測定した。一方, 既知の濃度の NaCl 溶液について比電導度を求め, 両値の関係から作成した標準直線を用いて透析外液中の NaCl 濃度 (M) を求め, 塩漬肉中の塩濃度を算出した。

魚肉中の筋原線維 (Mf) Ca-ATPase 活性の測定 加藤ら⁴⁾の方法に準じ, 細碎した魚肉 5 g を精秤し, 25 ml の 0.1 M KCl-20 mm Tris-maleate (pH 7.5) (塩濃度の高い魚肉では代わりに 20 mm Tris-maleate (pH 7.5)) を加え, 充分に冷却しながら 1 分間ずつ 6 回のホモジナイズを繰り返し, 6,000×g で 10 分間遠心分離して沈殿を集めた。この沈殿に 0.1 M KCl-20 mm Tris-maleate (pH 7.5) を加えて攪拌し, 遠心分離をする操作を数回繰り返して洗浄した後に, 沈殿をガラス製ハンドホモジナイザーを用いて同上溶液に対して均質に懸濁させ, 全量を 100 ml として, 筋原線維 (Mf) 懸濁液とした。なお, この懸濁液のタンパク質濃度はビウレット法⁵⁾により比色定量した。また, Ca-ATPase (EC 3.6.1.3) は, 5 mm CaCl₂, 60 mm または 0.5 M KCl, 25 mm Tris-maleate (pH 7.0), 1 mm ATP および 0.2~0.3 mg/ml Mf の反応混液中で 25°C で反応させて, 生成した無機リン酸を比色定量⁶⁾して, 比活性 (μmol Pi/min·mg タンパク質) を求めた。

塩漬および乾燥肉のドデシル硫酸ナトリウム (SDS)-尿素-メルカプトエタノール混液に対する可溶化と可溶化率の測定 沼倉ら⁸⁾の採用した方法に従って, 細碎した塩漬肉および乾燥肉 0.4 g を精秤して, 7.5 ml の 8 M 尿素-2% SDS-2% 2-メルカプトエタノール-20 mm Tris-HCl (pH 8.0) 溶液を加えて攪拌し, 100°C で 2 分間加熱後さらに室温で 20 時間攪拌して可溶化させた。なお, この溶液中のタンパク質は, 水で 10 倍に希釈した後, その一定量に等容量の 15% トリクロロ酢酸溶液を加えて室温で 30 分以上放置し, 遠心分離 (10,000×g, 20 分間) して沈殿させた。沈殿したタンパク質は風乾後, 1 N NaOH で溶解してビウレット法⁵⁾により比色定量した。また, 塩漬前および乾燥前の魚肉を可溶化させた溶液を 10,000×g, 20 分間遠心分離した後, 上清液中のタンパ

ク質量も同様の方法により定量し, これを基準として可溶化率 (%) を求めた。

SDS-ポリアクリルアミドゲル電気泳動法 (SDS-PAGE) SDS-尿素混液に可溶化した Mf タンパク質の 20 μg を, 電気泳動用試料として, Weber と Osborn の方法⁷⁾により 5% アクリルアミドゲルを用いた電気泳動に供した。染色は Coomassie Brilliant Blue R により行い, 脱色は 50% メタノール-7% 酢酸で 6~8 時間, 続いて 7% 酢酸でゲルの背景が透明になるまで暗所で行った。

筋原線維タンパク質のサブユニット成分の定量 SDS-PAGE により分離した各タンパク質のサブユニット成分は, 2 波長クロマトスキャナー (CS-910 型, 株式会社島津製作所) を用いて, 640 nm と 700 nm の吸光値の差を染色強度として表わした。なお, 各サブユニット成分の含量は, ゲル上の全染色強度 (合計) に対する各成分の染色強度の相対値 (%) で表した。なお, SDS-尿素混液に対する可溶化率, および対照に比べて泳動ゲル上の全染色強度の回収率が低下する場合には, これらを補正して定量値を求めた。⁹⁾

結 果

乾燥に伴う塩漬魚肉中の塩濃度の経時変化 魚肉中の塩濃度を塩漬時間を変えることによって 0.14~2.1 M の間の濃度に調節し, 塩濃度の異なる魚肉を調製した。この塩漬魚肉を 30°C で乾燥に供し, 乾燥に伴う魚肉中の塩濃度を経時的に測定した結果を Fig. 1 に示した。これによると, 塩漬前の魚肉 (塩濃度は 0.14 M NaCl に相当している) の場合を例外とし, これより NaCl 濃度が高い魚肉の場合はいずれも, 乾燥にともない 10 時間後までは比較的急激に, それ以後は緩やかに肉中の塩濃度が増加することを示している。また, 24 時間後の魚肉中の塩濃度は, 乾燥前の塩濃度が高いものほど高いが, 塩濃度の増加倍率 (濃縮率) はいずれの場合もほぼ同倍率の約 2.5 倍になっていた。すなわち魚肉中の塩濃度が相違していてもほぼ同じ経過で塩濃縮が起こり, 水分の蒸発が起きていることが示唆された。

そこで, 塩濃度の異なる魚肉を乾燥する際に起こる魚肉からの水分の蒸発を魚肉重量の変化から検討した。すなわち, 乾燥に伴って経時的に魚肉重量を測定し, 乾燥前の重量を 100% として乾燥後の値を百分率 (%) で表し, その結果を Fig. 2 に示した。これによると, 乾燥前の魚肉中の塩濃度が異なっても乾燥により起こる魚肉重量の減少, 言い換えれば水分の蒸発はほぼ同じ経緯で起こることが示されている。

乾燥に伴う塩漬魚肉中の筋線維原 Ca-ATPase 比活性

Fig. 1. Change in NaCl concentration of cured minced meat during dehydration.

The NaCl concentration of minced meat was regulated by soaking in NaCl solution for various periods. The dehydration was conducted by a through-flow dehydrator at 30°C. During dehydration, a portion of the minced meat was taken out and its NaCl concentration was determined by measuring the electrical conductivity of outer solution for the dialysis of homogenized minced meat.

Soaking periods of the minced meat were 0 (○), 1 (△), 2 (□), 4 (▽), 8 (◇), 14 (●), and 24 (▲) h, and NaCl concentrations of the minced meat before dehydration were 0.14 (○), 0.9 (△), 1.4 (□), 1.8 (▽), 2.1 (◇), 2.0 (●), and 2.1 (▲) M, respectively.

Fig. 2. Change in weight of cured minced meat during dehydration.

The rehydration and determination of NaCl concentration of minced meat were conducted as in Fig. 1. The weight of minced meat was expressed as relative value (%) taking the weight before dehydration as 100%.

The symbols used are the same as in Fig. 1.

Fig. 3. Change in myofibrillar Ca-ATPase activity of cured minced meat during dehydration.

The determination of NaCl concentration of meat and dehydration of cured minced meat were conducted as in Fig. 1. During dehydration, a portion of minced meat was taken out and myofibrils suspension was prepared quantitatively. The myofibrillar Ca-ATPase assay was carried out at 25°C in a reaction medium containing 5 mM CaCl_2 , 60 mM KCl, 25 mM Tris-maleate (pH 7.0), 1 mM ATP and 0.2–0.3 mg/ml of myofibrillar protein.

Soaking time intervals of minced meat were 0 (○), 1 (△), 2 (□) and 4 (▽) h, and NaCl concentrations of minced meat before dehydration were 0.14 (○), 0.9 (△), 1.4 (□) and 1.8 (▽) M, respectively.

の経時変化 次に、塩漬によって塩濃度の異なる魚肉を30°Cで乾燥させたときに起こる魚肉中のMfタンパク質の変性を、Mf Ca-ATPase比活性を指標として検討し、その結果をFig. 3に示した。すなわちFig. 1の実験の場合と同様に、乾燥中の魚肉の一部を経時的に取り出し、一定重量(5g)の魚肉から定量的に均質なMf懸濁液を作成し、Mfタンパク質濃度とCa-ATPase活性を求めた。ただし、乾燥により魚肉の水分が蒸発してMfタンパク質の濃縮が起こると、定量的な扱いが困難となった。すなわち、塩濃度が1.8M以下の魚肉の場合は乾燥4時間後に至るまで均質な懸濁液を調製できたが、1.8M以上の濃度になるとそれが不可能になった。そこでここでは塩濃度が1.8M以下の魚肉について、乾燥4時間後に至るまでの間のMf Ca-ATPaseの比活性の経時変化を検討した結果のみを示した。Fig. 3によると、塩漬によって魚肉中の塩濃度が0.14M~1.8M(塩漬時間は最大4時間に相当)の間では、Mf Ca-ATPase比活性はほとんど低下せず、変性の起こっていないことが

示された。

次にこれらの魚肉を乾燥させると、ほぼ4時間後に至るまでの間、Ca-ATPase 活性は一次反応に従って低下した。また塩濃度が 0.14 M の魚肉 (塩漬していない魚肉) では乾燥6時間後まで活性の低下はわずかであり、塩濃度がこれ以上の場合には塩濃度が高いほど活性の低下速度も大きかった。しかし塩濃度が 1.4 M と 1.8 M の魚肉を乾燥したときの活性の低下速度は余り差異が無かった。

先に若目田⁹⁾は Mf Ca-ATPase の加熱変性に対する NaCl 濃度の影響について検討を行っているが、その結果と本研究の結果はほぼ同様であった。すなわち、塩漬によって魚肉中に浸透した塩の濃度は乾燥に伴ってさらに高まるため魚肉中の Mf Ca-ATPase 活性は失活しやすくなるが、その速度は乾燥に供する前の魚肉中の塩濃度が高くなるほど大きくなることが明らかである。ただし、塩漬時間を長くしても魚肉中の塩濃度は 2.1 M 以上にはならず、加えて均質な Mf 懸濁液がつくりにくく

Fig. 4. Changes in SDS-polyacrylamide gel electrophoretic pattern and in content of soluble myofibrillar protein subunit from minced meat soaked for 0 and 1 hour into SDS-urea-mercaptoethanol medium during dehydration.

By soaking the minced meat in NaCl solution for 0 (A, B) and 1 (C, D) h as in Fig.1, NaCl concentrations of minced meat were given to 0.14 (A, B) and 0.9 (C, D) M, respectively. During dehydration at 30°C, a portion of minced meat was solubilized into 7.5 ml of SDS-8 M urea-2% 2-mercaptoethanol-20 mM Tris-HCl (pH 8.0) at 100°C for 2 min, followed by continuous stirring for 20 h at room temp. After centrifugation at 10,000×g for 20 min, protein concentration of supernatant was determined by the biuret method. The supernatant containing 20 µg of protein was subjected to SDS-polyacrylamide gel electrophoresis using 5% acrylamide gel. The protein components on the gel were stained with Coomassie Brilliant Blue R. The content of each protein subunit on the gel rod was determined by the quantitative densitometry (Ref. 7). The content of each component was expressed as relative intensity taking the total intensities on the gel rod plus SDS-urea soluble-unpermeated component into the gel as 100%.

(A, C) SDS-PAGE pattern

(B, D) protein subunit content.

(>HC); (□); slow moving components relative to myosin heavy chain, as (HCn)

HC; (○); myosin heavy chain, as (HC)

(<HC); (△); fast moving components relative to myosin heavy chain, as (<HC)

A; actin, as A

なるため、これ以上の塩濃度について検討はできなかった。しかし、本質的にはよく似た傾向の Ca-ATPase の塩変性が進行しているものと推測される。

乾燥に伴う塩漬魚肉中の筋原線維タンパク質のサブユニット成分の経時変化 乾燥に伴う塩漬魚肉中の Mf タンパク質の性状変化を研究する一手段として、Mf Ca-ATPase 活性を指標として検討を行ったが、さきに述べたように乾燥初期のごく短い時間帯の変化しか検討できなかった。そこで、30°C で乾燥中の塩漬魚肉を経時的に取り出し、SDS-尿素混液に溶解して SDS-PAGE に供し、Mf タンパク質のサブユニット成分の変化を検討した。すなわち Figs. 4~6 に、SDS-PAGE 図形 (A と C) と、これを基にデンストメトリーを用いて各サブユニット成分組成 (B と D) を定量した結果をそれぞれ示した。

先ず塩漬をしない魚肉 (塩濃度が 0.14 M) を乾燥させた場合を Fig. 4 (A) と (B) に示したが、これによると、24 時間後に至るまでミオシン重鎖 (HC) やその他の成分には大きな変化が起らないことが示された。これは塩漬によって魚肉中に塩の浸透が起らなければ、

これに続く乾燥の過程においても Mf タンパク質の各サブユニット組成には大きな変化が起りにくいことを意味している。なお、ここに図示はしないが、アクチンおよびトロポミオシン含量も全く変化しなかった。

次に、1 時間の塩漬で塩濃度が 0.9 M になった魚肉を乾燥した場合の結果を Fig. 4 (C) と (D) に、また 4 時間の塩漬で塩濃度が 1.8 M となった魚肉を乾燥した場合を Fig. 5 (A) と (B) に示した。これによると、塩濃度が 0.9 M の場合はもちろん 1.8 M の場合も、塩漬処理中にはミオシン HC の減少とミオシン HC の多量体 (HC_n) およびミオシン HC より移動度が大きいことから低分子量と思われる成分 (<HC) の増加がわずかに起こるだけであるが、これに続く乾燥の過程では大きな変化が起きることを示している。すなわち乾燥前はミオシン HC の含量が 30% 前後であるが、これは乾燥初期の約 5 時間以内に約 2% 前後まで急激に減少した。そして、それに対応するように (HC_n) と (<HC) などの成分が増加する傾向を示した。この中、(HC_n) は、いったん急激にしかも多量に増加するが、さらに乾燥が進むと減少する傾向を示した。そしてこのとき同時に、乾燥肉の

Fig. 5. Changes in SDS-polyacrylamide gel electrophoretic pattern and in content of solubilized myofibrillar protein subunit from minced meat soaked for 4 and 8 hours into SDS-urea-mercaptoethanol medium during dehydration.

The soaking of minced meat in NaCl solution is conducted as Fig. 4, except that time intervals for soaking are 4 (A, B) and 8 (C, D) h and that NaCl concentration of minced meat are given to 1.8 (A, B) and 2.1 (C, D) M.

The dehydration of cured minced meat, the solubilization of myofibrillar protein of minced meat, and the determination of content of each protein components are conducted as also in Fig. 4.

The demonstration and symbols used are the same as in Fig. 4.

SDS-尿素混液に対する溶解度はほぼ 100% であったが, SDS-PAGE による泳動ゲル上の染色強度の総計は明らかに減少する事実が認められた。それゆえ, (HC_n) がいったん増加してから減少する原因はゲル中に泳動できないような大きなサイズの (HC_n)' 成分が生成したことを強く示唆するものである。その量はほぼ 15% 位であり, (HC_n) と合わせると約 35% に及んでいる。したがって, 泳動ゲル上の染色強度から各サブユニット成分量を算出するに当たり, 泳動ゲル上の全染色強度が減少する場合 (言い換えればゲル中に泳動できない (HC_n)' 成分が生成した場合) は, この減少量を含めた値を総計として各成分含量を表している。⁸⁾

次に, 8 時間の塩漬で塩濃度が 2.1 M になった魚肉を乾燥した場合の変化を Fig. 5 (C) および (D) に示した。この場合は, 魚肉中の塩濃度は塩漬を 4 時間行った魚肉中の塩濃度 (1.8 M) とあまり変わらないが, その肉中のミオシン HC 含量は塩漬後には全体の約 14% まで減少し, 多量 (30%) の (HC_n) を形成していたが, これはおそらく塩漬時間が長いこと²⁾ である。これに続く乾燥過

程ではミオシン HC はさらに減少し 5 時間後にはほとんど消失することが示されている。一方, その減少に対応して別の成分が増加することはなく, (<HC) 成分が微増するのみで (HC_n) 成分はむしろ減少する傾向が示された。この場合も先と同様に, 泳動ゲル上に認められる染色強度の総計が減少しているので, やはり泳動ゲル中に侵入できないほどの大きな分子サイズの (HC_n)' 成分が増加していることを示唆している。なおその量は約 20% に相当している。

続いて Fig. 6 には, 14 時間および 24 時間の塩漬で魚肉中の塩濃度がそれぞれ 2.0 M および 2.1 M になった魚肉を乾燥した場合に起こる変化を示した。これらの場合は塩漬時間がかかなり長いので, 魚肉の塩漬中にミオシン HC の減少とそれに伴う多量体の形成が起こっている。²⁾ すなわち塩漬肉中のミオシン HC の含量は 5% で, (HC_n) は 20% になっている。これらの乾燥過程ではミオシン HC と (<HC) の変化は極めて僅かであるが, 塩漬中に生成した (HC_n) 成分は乾燥の初期にさらに減少し 10% 前後の値となった。なお, このとき同時

Fig. 6. Changes in SDS-polyacrylamide gel electrophoretic pattern and in content of solubilized myofibrillar protein subunit from minced meat soaked for 14 and 24 hours into SDS-urea mercaptoethanol medium during dehydration.

The soaking of minced meat in NaCl solution is conducted as in Fig. 4, except that time intervals for soaking are 14 (A, B) and 24 (C, D) h and that NaCl concentrations of minced meat are given to 2.0 (A, B) and 2.1 (C, D) M.

The dehydration of soaking minced meat, the solubilization of myofibrillar protein of minced meat, and the determination of content of each protein component are conducted as also in Fig. 4.

The demonstration and symbols used are the same as in Fig. 4.

に乾燥肉の SDS-尿素混液に対する溶解性は徐々に低下する傾向を示し、かつ泳動ゲル上の染色強度の総計が明らかに低下していく傾向を示した。

これらの事実は、先に沼倉らが⁸⁾ かまぼこの製造における塩ずり肉の坐りの工程で見いだしたミオシン HC の多量化反応の経過と極めてよく似ている。したがって、この場合も SDS-尿素混液にも可溶化しないような巨大なミオシン HC の多量体 (HC_n)⁹⁾ 成分および泳動ゲル中に侵入できないような (HC_n)⁹⁾ 成分が生成したことを強く示唆している。なお、この場合それらの生成量は合わせて 30~35% に相当している。なお、Figs. 4~6 に示したいずれの実験の場合においても、塩漬及び乾燥の過程においてアクチン量およびトロポミオシン量には変化が認められなかった。

考 察

著者らは、先にスケトウダラの細切肉を塩漬すると、塩漬が 8 時間に至るまでは、時間に比例して魚肉中の塩濃度が高くなり、その後一定にとどまることを報告した。²⁾

そこで本研究では、塩漬時間を変えて塩濃度の異なる魚肉を調製した後、一定温度 (30°C) で乾燥し、その際に起こる魚肉の生化学的諸性状の変化を検討した。その結果、魚肉中の塩濃度 (0.14~2.1 M) は異なっているが乾燥する際の温度 (30°C) が同じであれば、魚肉中の水分の蒸発は同じ経過で進行し、それに伴う魚肉中の塩類の濃縮がほぼ同じ倍率で起こること (24 時間後には約 2.5 倍に増加する) が示されたが、これは、供試された魚肉が細切されているためであるように考えられる。

前報²⁾ で述べたように、塩漬に伴って魚肉中の塩濃度が高まると魚肉中のミオシン HC が多量体を形成することが知られたが、この状態下の魚肉の質は塩漬を行う前の魚肉の質となんらかの点で相違しているものと想像される。しかし、このような塩漬前後の魚肉を乾燥すると、水分蒸発は全く同様に起こることから考えると、乾燥によって蒸発する水分はいわゆる自由水に相当する部分であろうと推定される。

乾燥に伴う塩漬肉中の Mf Ca-ATPase の変性速度は魚肉中の塩濃度にはほぼ比例して大きくなることが示されたが、この結果は先に若目田ら⁹⁾ が報告した 0~2 M の間の一定濃度の塩存在下における Mf 懸濁液を加熱したときに起こる変性とよく類似している。したがって、本実験で行った塩漬とそれに続く乾燥の過程の魚肉中においても、彼らの示した高濃度の塩によって Mf タンパク質に起こる分子上の変化¹⁰⁻¹³⁾ が同様に起こることが予想される。* この内容については次報に詳述する。

なお、乾燥時間が長くなると、乾燥魚肉から均質な Mf 懸濁液を調製することが不可能となり、Mf Ca-ATPase 全活性の測定も困難となった。すなわち Mf Ca-ATPase 活性は乾燥のごく初期の段階の中だけ残存しているように考えられる。そこで、より長時間にわたる乾燥中の変化を検討するために、魚肉を SDS-尿素混液に溶解し、SDS-PAGE に供試して Mf タンパク質のサブユニット成分に起こる変化を調べた。すなわち、沼倉ら^{8,9)} はスケトウダラの冷凍すり身から調製した塩ずり身(肉糊)を加温 (20~30°C) すると、肉糊中のミオシン HC が減少してその多量体と判断される成分およびその他の成分 (ミオシン HC よりも低分子量に相当する成分など) が増加し、また多量体成分はやがては SDS-尿素混液にも可溶化されないような巨大なサイズの成分になると報告している。⁸⁾

本研究では、これと同じ方法で魚肉の塩漬・乾燥中の変化を検討した結果、この場合もミオシン HC が減少し、その多量体とその他の成分がそれぞれ増加することを見出した。また長時間塩漬した魚肉を乾燥する場合は、SDS-尿素混液に可溶化しなくなりミオシン HC の巨大な多量体が生成したことを示唆する結果が得られた。すなわち、著者らは先に、スケトウダラの筋肉を高濃度の塩溶液で塩漬すると、かまぼこの製造時における肉糊の坐りの場合と同じミオシン HC の多量化反応が起こることを報じたが、²⁾ 塩漬肉を乾燥すると、その反応はさらに進行して、分子サイズの異なるミオシン HC 多量体を形成することが示された。また、多量化反応の進行状況は魚肉を塩漬するときの条件 (特に塩漬時間) に大きく影響されることも明らかであった。この一連の反応は、かまぼこの場合はその物性 (弾性) に強く影響することが知られているので、おそらく塩乾品の品質にも関わるものと推定される。

塩濃度の異なる魚肉を乾燥する場合に、塩濃度の相違は水分の蒸発の速度には大きな影響を及ぼさないのに、Mf Ca-ATPase の変性の速度やミオシン HC の変化 (特に多量化反応) の様式には大きく影響を及ぼす。この事実は、魚肉の塩乾品の品質に対し、塩漬の過程で魚肉に起こる様々な生化学的変化と乾燥の過程で起こる変化が相互に関連し合って影響を及ぼしていることを示唆している。ただし、本研究の成果は乾燥温度が 30°C の場合だけであり、より広範囲の温度域における成果を集めて、塩乾品の品質と Mf タンパク質の変化との関係を詳細に論ずることが今後必要であると考えている。

文 献

- 1) 水産食品学 (須山三千三, 鴻巣章二編), 恒星社

* 伊藤 剛, 関 伸夫, 新井健一: 昭和 63 年度日本水産学会秋季大会, 講演要旨集, p. 165.

- 厚生閣, 東京, 1987, pp. 219-233.
- 2) 伊藤 剛, 北田長義, 山田典彦, 関 伸夫, 新井健一: 日水誌, **56**, 687-693 (1990).
 - 3) 沼倉忠弘, 関 伸夫, 木村郁夫, 豊田恭平, 藤田孝夫, 高間浩蔵, 新井健一: 日水誌, **51**, 1559-1565 (1985).
 - 4) 加藤 登, 野崎 恒, 小松一宮, 新井健一: 日水誌, **45**, 1027-1032 (1979).
 - 5) A. G. Gornall, C. T. Bardawill, and M. M. David: *J. Biol. Chem.*, **177**, 751-766 (1949).
 - 6) G. Gomori: *J. Lab. Clin. Med.*, **27**, 955-960 (1942).
 - 7) K. Weber and M. Osborn: *J. Biol. Chem.*, **244**, 4406-4412 (1969).
 - 8) 沼倉忠弘, 溝口 竜, 木村郁夫, 豊田恭平, 藤田孝夫, 関 伸夫, 新井健一: 日水誌, **55**, 1083-1090 (1989).
 - 9) 若目田 篤, 野沢誠子, 新井健一: 日水誌, **49**, 237-243 (1983).
 - 10) 若目田 篤, 新井健一: 日水誌, **50**, 635-643 (1984).
 - 11) 若目田 篤, 新井健一: 日水誌, **51**, 497-502 (1985).
 - 12) 若目田 篤, 新井健一: 日水誌, **52**, 293-300 (1986).
 - 13) 若目田 篤, 新井健一: 日水誌, **53**, 847-852 (1987).