

# サバおよびスケトウタラおとし身中のアクトミオシンの温度安定性の比較

誌名	日本水産學會誌
ISSN	00215392
著者	福田, 裕 掛端, 甲一 新井, 健一
巻/号	43巻6号
掲載ページ	p. 717-725
発行年月	1977年6月

## サバおよびスケトウタラおとし身中の アクトミオシンの温度安定性の比較

福田 裕・掛端 甲一・新井 健一

(1976年12月10日受理)

### Comparative Study on Thermo-stability of Actomyosin in Minced Muscle of Chub Mackerel and Alaska Pollack

Yutaka FUKUDA\*<sup>1</sup>, Koichi KAKEHATA\*<sup>1</sup>, and Ken-ichi ARAI\*<sup>2</sup>

During storage of the minced muscle of chub mackerel and Alaska pollack at 2°C, it was found that a decrease in the amount of actomyosin (as Ca<sup>2+</sup>-ATPase total activity) and a concomitant deterioration of the Kamaboko quality rapidly occurred in the muscle samples from chub mackerel. The pH value of raw minced muscle was found to be 5.9 for chub mackerel and 7.0 for Alaska pollack, respectively,

The suspension of the minced muscle in phosphate buffer (pH 6 and 7) was incubated at 2° or 30°C, and the denaturation of actomyosin in terms of Ca<sup>2+</sup>-ATPase total activity was compared. The results were as follows: 1) Thermo-stability of actomyosin present in the raw minced muscle of chub mackerel was comparable to that of actomyosin present in the same minced muscle suspension of pH 6; while thermo-stability of actomyosin present in raw minced muscle of Alaska pollack coincided with that of actomyosin present in the same minced muscle of pH 7.0. 2) Thus, actomyosin present in the raw minced muscle of chub mackerel was about twice as unstable as that in the raw minced muscle of Alaska pollack.

It is therefore concluded that the rapid deterioration of chub mackerel muscle quality should be attributed to the denaturation of actomyosin due to a marked decline in the pH value of raw muscle.

サバの肉質は死後非常に速く変質することが知られているが、このような肉質の特性はサバ肉を食品として加工利用するに際して、非常に困難な障害となつている。たとえば、筆者らはサバ肉のかまぼこ形成能は死後経過時間の短い新鮮な筋肉では優れているが、死後の経過時間がすすみ鮮度が低下すると著しく速く劣化すると報告した<sup>1)</sup>。この原因については死後における筋肉のpHの低下、共存する水溶性タンパク質の影響、筋原繊維タンパク質の特性の相違などが、これまで討論の課題としてとりあげられたが実験的な証明はまだ充分でない。また、サバ肉からかまぼこを製造する試みはかなり多くなされており、これまで得られた成果としてはサバ肉のpHを上げるためにアルカリ試薬を水晒工程中で使用すれば良いこと、かまぼこの足の増強剤として塩化カルシウム、ブロム酸カリが効果的に利用できること、かまぼこの加熱方法として二段加熱法や油燻等の高温加熱が優れていることなど<sup>2)</sup>が認められている。しかし、これらの対策法も実際には比較的鮮度のよいサバ肉に対しては一定の効果を示すが、鮮度の悪いしかも魚体の小さいものに対してはあまり有効ではないようである。

筆者らは将来のサバ肉の高度利用化を計るためには、まず、サバ筋肉構造タンパク質の基礎的な特性を研

\*<sup>1</sup> 青森県水産物加工研究所 (Aomori Prefectural Research Laboratory of Manufacturing Sea Food, Hachinohe, Japan).

\*<sup>2</sup> 北海道大学水産学部生物化学教室 (Laboratory of Biochemistry, Faculty of Fisheries, Hokkaido University, Hakodate, Japan).

究する必要があると考えた。本研究ではサバおとし身中のアクトミオシンの安定性とかまぼこ形成能との関係や、調製したサバのアクトミオシン標品を使つた変性に関するモデル実験を、特に pH との関連を重視して行なつた。また、スケトウタラの場合と比べることによつてサバ肉の特性を明らかにしようとした。

## 実験方法

**おとし身および冷凍すり身の調製** サバ Chub mackerel (*Scomber japonicus*) の場合は血合肉をできるだけ除去しておとし身を採取した。おとし身は 2°C または 30°C で貯蔵し、一定時間ごとにその一部をとり冷凍すり身を調製し、冷凍貯蔵 2 週間後にかまぼこ形成能を測定した。水晒は志水の方法\* により、一回目の水晒は 0.5% 炭酸水素ナトリウム溶液を用いいわゆるアルカリ晒を行い、続いて水晒を四回行つた。脱水後ソルビトールを 5%、重合リン酸塩 (市販ポリリンサン 2-D) を 0.2% 加えミキサーで混合し、直ちに -40°C にて一夜凍結後 -35°C で貯蔵した。スケトウタラ Alaska pollack (*Pleurogrammus azonus*) からえたおとし身もサバの場合と同じ温度で処理した後、常法<sup>3)</sup> にしたがつて冷凍すり身を調製した。なお、魚肉の鮮度は斉藤らの方法<sup>4)</sup> により、K 値として測定した。魚肉の pH は等量の蒸留水を加え攪拌混合した後、ガラス電極で測定した。

**おとし身の pH 調節** おとし身中アクトミオシンの異なる pH における安定性を検討するため、おとし身 10 g に対して 25 ml のイオン強度 0.05 のリン酸緩衝液を加え、おとし身の懸濁液を作り pH を調節するようにした。なお、サバおとし身の pH を 7 に調節するときは特に少量の NaOH を加えたがイオン強度は変わらないように調節した。なお、本論文でいうおとし身の pH とは、おとし身懸濁液について実測した値である。この pH は後述するように 30°C または 2°C における貯蔵中  $\pm 0.2$  の変化にとどまることを確めた。

**おとし身中のアクトミオシン量の測定法** 川島らの方法<sup>5)</sup> に従い、Ca<sup>2+</sup>-ATPase 全活性として定量した (本論文中ではこれをおとし身のアクトミオシン量として表わした)。サバ肉の場合は水溶性タンパク画分の除去に使用するイオン強度 0.05 のリン酸緩衝液には終濃度 15% の dimethyl sulfoxide を加え脂肪の遊離除去を容易にするようにした。

**魚肉からのアクトミオシンの調製および溶液の pH の調節** 魚肉からアクトミオシンの調製は高土らの方法<sup>6)</sup> に従つた。pH の異なるアクトミオシン溶液を作るときは、まず緩衝液を含まぬ 0.6 M KCl アクトミオシン溶液を調製し、これに等量の 0.6 M KCl-40 mM Tris-maleate buffer (pH 6 または 7) を加え終濃度 20 mM 緩衝液として pH を調節した。0.1 M KCl アクトミオシン懸濁液を作るときは、まず 0.4 M KCl アクトミオシン溶液を作り、これに 3 倍量の緩衝液を加え KCl の終濃度を 0.1 M に稀釈した。緩衝液の終濃度は 20 mM にした。

**おとし身中のアクトミオシンおよび調製したアクトミオシンの温度安定性の検討** サバおよびスケトウタラのおとし身の温度安定性を比較するために、先述の方法で調製したおとし身の懸濁液を 30°C または 2°C の恒温槽中に保持し一定時間毎に取り出して急冷し、その後肉質中のアクトミオシン量を定量した。一方、調製したアクトミオシン標品の安定性については、アクトミオシン溶液 (懸濁液) の一定容量をとり、これをおとし身の場合と同様に 30°C または 2°C に加温した後急冷し、0.6 M KCl 溶液の場合はそのまま、0.1 M KCl 懸濁液の場合は 3 M KCl を加え 0.6 M KCl 濃度にしてアクトミオシンを溶解してから Ca<sup>2+</sup>-ATPase 活性を測定した。反応組成は 60 mM KCl, 5 mM CaCl<sub>2</sub>, 25 mM Tris-maleate buffer pH 7.0, 1 mM ATP とし、25°C で遊離する無機リン酸を測定した。なお、おとし身および調製したアクトミオシンの場合共に、その Ca<sup>2+</sup>-ATPase の変性は、いずれも一次反応式にしたがうことを認めたので、変性速度恒数を求めて比較検討した<sup>7)</sup>。

**かまぼこの製造とかまぼこ形成能の測定** すり身に食塩を 3% 加え 30 分らい漬し、直径 3 cm のサランケーシングにつめ、スケトウタラは 85°C で 40 分、サバは 30°C で 60 分加熱後、直ちに 85°C で

\* 志水 寛：特許公報，昭和 40-21224 (1965)。

40分加熱し、いわゆる二段加熱を行いかまぼこを製造した。かまぼこ形成能の測定は折り曲げテスト法を採用して、3mmの厚さに切りAA~Dの表現方法によつた<sup>3)</sup>。

### 実験結果

2°Cで貯蔵したおとし身中のアクトミオシン(Ca<sup>2+</sup>-ATPase全活性)の変性とそれから製造した冷凍すり身のかまぼこ形成能 まず、サバ肉とスケトウタラ肉のおとし身を2°Cで貯蔵し、その間のアクトミオシン量の変化を川島らの方法で測定した。一方、同じおとし身から冷凍すり身を製造して約2週間凍結貯蔵した後、かまぼこを調製しその足の強さを折り曲げテストで測定した。これらの結果をまとめてFig. 1に示した。

この結果によると、サバのおとし身中のアクトミオシンは、2°Cにおいては、スケトウタラのおとし身に比べ変性が速く不安定であることがわかる。ただし、筋肉中のアクトミオシン量はCa<sup>2+</sup>-ATPase全活性で表わすと、サバでは303  $\mu\text{moles Pi/min}\cdot 10\text{g}$  おとし身、スケトウタラでは210  $\mu\text{moles Pi/min}\cdot 10\text{g}$  おとし身であり、絶対値としてはサバ肉の方が貯蔵中常に高い値を示している。しかし、この値は魚種ごとに異なる固有の水準にあるCa<sup>2+</sup>-ATPase比活性を反映した値であつて<sup>7)</sup>、アクトミオシン量を直接表わす数値ではない。ここでは新鮮な生肉の値に対する百分率でアクトミオシンの変化を表現した。

このおとし身原料のかまぼこ形成能を折り曲げテストの結果から判定すると、サバの場合は貯蔵前だけがAA~Aであるが2°Cにおいて1日後にはすでにCとなり2日後はDとなつてかまぼこ形成能の劣下は非常に速い。一方、スケトウタラの場合は貯蔵前がAAであるものが7日後でもなおAA~Aであり、サバに比べてかまぼこ形成能は長期間にわたり良く保持されることがわかつた。

サバすり身中のアクトミオシン量とかまぼこ形成能との関連については、加塩すり身を研究対象としてかなり相関性が高いことを確かめたが<sup>\*</sup>、本実験の結果でも同じような傾向を認めることができる。なお、おとし身中のアクトミオシンを定量した時期と冷凍すり身のかまぼこ形成能を測定した時期は2週間のずれがあるが、冷凍すり身の

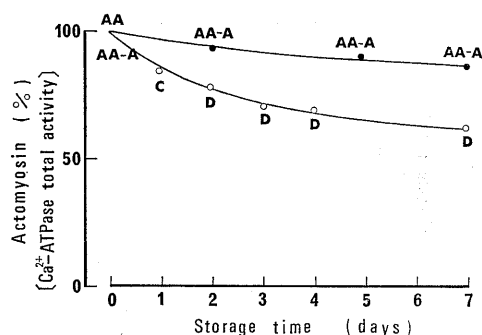


Fig. 1. Change in amount of actomyosin in the minced muscle of chub mackerel and Alaska pollack during storage relative to change in quality of Kamaboko from it.

Minced muscle, obtained from chub mackerel and Alaska pollack, was stored at 2°C, a portion of which was removed after 1, 2, 3, 4, 5 and 7 days to prepare frozen surimi, separately.

The amount of actomyosin in the minced muscle was determined as Ca<sup>2+</sup>-ATPase total activity. It was found to be 303 and 210  $\mu\text{moles Pi liberation/min}\cdot 10\text{g}$  of fresh minced muscle from chub mackerel and Alaska pollack, respectively. ATPase activity was measured at pH 7.0 in 60 mM KCl, 25 mM Tris-maleate buffer, 5 mM CaCl<sub>2</sub>, and 1 mM ATP at 25°C.

The frozen surimi was stored at -35°C for 2 weeks and then the quality of Kamaboko prepared from the same material was assessed by the folding test. The preparation of Kamaboko from frozen surimi of Alaska pollack was made by ordinary method using the steaming of ground fish meat at 85°C for 40 minutes and that from frozen surimi of chub mackerel was made by the same method, except the steaming was conducted by two consecutive steps; at 30°C for 60 minutes and at 85°C for 40 minutes.

The alphabetic code in the figure refers to the results of the folding test.

- chub mackerel
- Alaska pollack

\* 福田裕他 4名：第8回水産物利用加工試験研究全国連絡会議資料，水産庁調査研究部，10~12 (1974)。

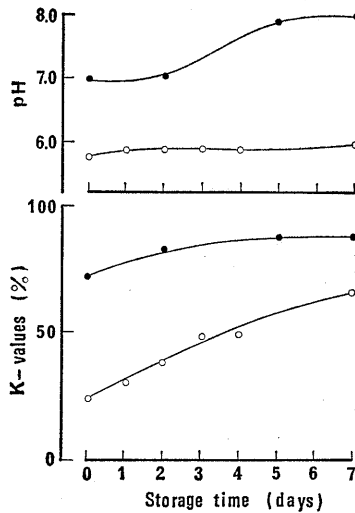


Fig. 2. Changes in pH and K value (freshness) of the minced muscle from chub mackerel and Alaska pollack during storage at 2°C. Freshness of the minced muscle was determined as K value by the method of T. SAITO *et al.* (1959).

The pH value of the minced muscle was measured using a glass electrode after adding an equal volume of distilled water.

○—○ chub mackerel  
●—● Alaska pollack

かまぼこ形成能とアクトミオシン量は凍結貯蔵が10カ月以上にわたってほとんど変化しないことが確められている<sup>9)</sup>。サバとスケトウタラを比較した場合、2°Cにおけるアクトミオシン量の減少はサバの方が速く(すなわち、おとし身中のアクトミオシンはサバの場合がスケトウタラの場合より不安定であり)、そのため貯蔵によるサバのかまぼこ形成能の劣下が速いと云うことが出来る。

しかし、本実験に使用したサバとスケトウタラ筋肉の鮮度は必ずしも同じではないので、その要因が以上の実験結果に影響を与えている可能性も考慮する必要があると思つた。そこで2°Cで貯蔵したおとし身のpHとK値の変化を測定し結果をFig. 2に示した。これによると、サバ肉のpHは特異的に低く5.9~6.0であつて貯蔵中も変化しないが、スケトウタラ肉ではpHは7.0から7.8まで上昇していた。鮮度については、K値としてサバは24%から7日後66%まで、スケトウタラでは72%から87%まで上昇していた。この結果はFig. 1の実験に使用したサバ肉の鮮度はスケトウタラの鮮度よりもかなり優れていることを示しているので、2°Cにおけるサバおとし身の速いアクトミオシンの減量とかまぼこ形成能の劣下の原因は、サバの鮮度低下が速かつたからではないことがわかる。一方、アクトミオシンの変性は低いpHで速くなることが知られているので<sup>9)</sup>、先の原因はサバ肉の低いpHにあるのではないかと推定した。

pHを6または7に調節し、2°Cで貯蔵したおとし身中のアクトミオシンの変性 以上の推定を確か

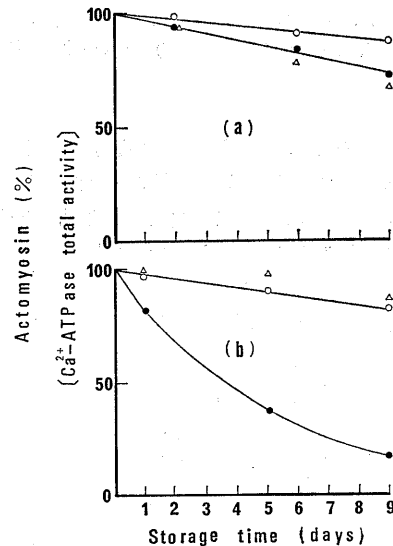


Fig. 3. Changes in amount of actomyosins in the minced muscle of chub mackerel and Alaska pollack at pH 6 and 7 during storage at 2°C.

Ten g of the minced muscle was suspended in 25 ml of phosphate buffer (ionic strength is 0.05) to keep the pH at 6 or 7 constant during storage. To the suspension of the minced muscle from chub mackerel a small quantity of NaOH was also added to neutralize the acid present in raw muscle.

The ultimate pH of the suspension was measured using a glass electrode and the deviation of pH was found to be within 0.2 during storage at 2°C.

The method of quantitative determination of actomyosin in the minced muscle was the same as in Fig. 1.

(a) chub mackerel, (b) Alaska pollack

○—○ minced muscle suspension of pH 7  
●—● minced muscle suspension of pH 6  
△ raw minced muscle

めるために、次に pH を 6 または 7 に調節したサバおよびスケトウタラおとし身懸濁液を 2°C に貯蔵し、その間における肉中のアクトミオシン量を  $\text{Ca}^{2+}$ -ATPase 全活性として定量し比較した。その結果を Fig. 3 に示す。この結果によると、2°C においてはサバおとし身中のアクトミオシンはかなり安定であり、9 日後には pH 6.0 のとき 75%、pH 7.0 のとき 90% が変性しないで残っていることがわかった。一方、同じ条件下のスケトウタラおとし身中のアクトミオシンは、9 日後には pH 6.0 のとき 20%、pH 7.0 のとき 80% が残存しているという結果であるので、いずれもサバの場合より変性は速く、特に pH 6.0 における不安定化は注目に値するほどである。サバおとし身のアクトミオシンの変性が pH 7 と pH 6 において大差がみられないのは、スケトウタラの場合に比べてアクトミオシンが著しく安定であるためであろう。特に 2°C では変性が遅いので差が小さくなる傾向にある。一方また、pH の調節をしない自然のおとし身について同じ条件下の変性を測定してみると、図中に△印で示したように、サバでは pH 6.0 における変性の進行とほぼ同じかやや速く、スケトウタラでは pH 7.0 における変性の進行とほぼ同じかやや遅い変性を示すことを認めた。なお、おとし身そのものの自然の pH はサバでは 5.9 スケトウタラでは 7.1 である。これらの結果によると、サバおよびスケトウタラいずれの場合も pH が同じであればおとし身とおとし身の懸濁液中のアクトミオシンの安定度はあまり変わらないこと、そしてアクトミオシンの変性はおとし身の pH が変化すればかなり影響を強く受けることがわかる。また、サバおとし身中のアクトミオシンは一般にスケトウタラおとし身中のアクトミオシンよりも安定であるが、一般に自然状態ではサバのおとし身の pH は 6 以下に達することが多いのに対して、スケトウタラのおとし身の pH は 6 以下になることはなく、むしろ 7 以上に保たれることが多いため、実際に自然状態の魚肉で比べるとサバのおとし身がスケトウタラよりもかなり不安定であるということになる。

なお、ここで使用した新鮮なサバおよびスケトウタラのおとし身のアクトミオシン量は  $\text{Ca}^{2+}$ -ATPase 全活性として 297 および 166  $\mu\text{moles Pi}/\text{min}\cdot 10\text{g}\cdot\text{o}\text{t}\text{t}\text{osh}\text{i}\text{m}\text{a}$  である。図には示さなかったが、2°C に貯蔵したおとし身中のアクトミオシンの変性は塩溶性タンパク質の溶解度の減少ではなく、 $\text{Ca}^{2+}$ -ATPase 比活性の低下によることを確めた。

pH を 6 または 7 に調節し、30°C で貯蔵したおとし身中のアクトミオシンの変性 次に、pH を 6 または 7 に調節したサバおよびスケトウタラおとし身の懸濁液を 30°C に保ち、その間におけるおとし身

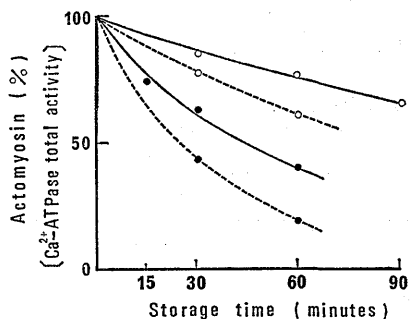


Fig. 4. Change in amount of actomyosin in the minced muscle of chub mackerel and Alaska pollack at pH 6 and 7 during storage at 30°C.

Experimental conditions and methods were the same as in Fig. 3, except the storage of the minced muscle suspension was made at 30°C.

- chub mackerel, ..... Alaska pollack
- minced muscle suspension of pH 7
- minced muscle suspension of pH 6

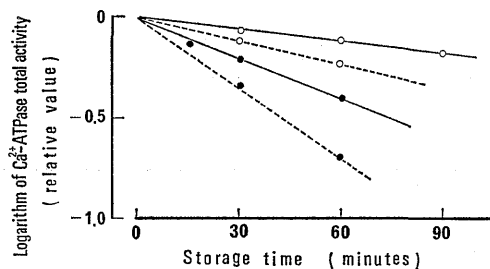


Fig. 5. Logarithmic plots of the amount of actomyosin in the minced muscle, as a function of time at 30°C.

This figure is drawn from the results shown in Fig. 4.

- chub mackerel, ..... Alaska pollack
- minced muscle suspension of pH 7
- minced muscle suspension of pH 6

のアクトミオシンの変化を測定した。その結果を Fig. 4 に示す。この結果によると、30°C においてはサバおよびスケウタラおとし身中のアクトミオシンは著しく不安定となり極めて速い変性をひき起すが、pH 6.0 のときの変性は pH 7.0 の場合よりもさらに速いことが示されている。そして、どちらの pH で比べてもサバおとし身中のアクトミオシンはスケウタラのそれより安定であった。これらの結果は 2°C におけるおとし身の貯蔵の実験結果と良く似た傾向である。なお、Fig. 4 に示したアクトミオシンの変性の進行を一次反応式によつてプロットした結果を Fig. 5 に示す。すなわち、これによると 30°C におけるサバおよびスケウタラおとし身中のアクトミオシンの変性は一次反応的に進行することがわかる。また、図には示さないが、2°C における貯蔵の場合についても同じであることを認めた。ただし自然のままのおとし身、すなわち緩衝液に懸濁しないおとし身の pH は貯蔵中にやや変化する。したがつて、その中のアクトミオシンの変性はやや不規則となり、一次反応から外れる場合もあつたがあまり大きな振れではなかつた。これらの結果からおとし身中のアクトミオン (Ca<sup>2+</sup>-ATPase 全活性) の変性速度恒数を求め比較することができるが、その結果は次項でのべる。

なお、ここで使用した新鮮なサバおよびスケウタラのおとし身のアクトミオン量は Ca<sup>2+</sup>-ATPase 全活性として 289 および 154  $\mu\text{moles Pi}/\text{min}\cdot 10\text{g}\cdot\text{o}\text{t}\text{t}\text{osh}\text{i}\text{m}\text{a}$  である。図には示さなかつたが、30°C に貯蔵したおとし身中のアクトミオシンの変性は塩溶性タンパク質の溶解度の減少によるよりも、Ca<sup>2+</sup>-ATPase 比活性の低下によることを確めた。

pH を 6 および 7 に調節したアクトミオン標品とおとし身に含まれるアクトミオシンの変性の比較サバおよびスケウタラ筋肉から常法にしたがつてアクトミオンを調製し<sup>6)</sup>、0.6 M KCl 溶液と 0.1 M KCl 懸濁液を作製した。同時に緩衝液を加えて pH を 6 または 7 に調節した後、30°C で加熱変性させた。これらアクトミオン標品の Ca<sup>2+</sup>-ATPase の変性は、先述したおとし身の場合と同様に、一次反応式にしたがつて進行するので変性速度恒数を求めることができる。Table 1 には、サバおよびスケウタラから調製したアクトミオン標品の Ca<sup>2+</sup>-ATPase およびおとし身中のアクトミオン (Ca<sup>2+</sup>-ATPase 全活性) の加

**Table 1.** The apparent rate constants of denaturation of actomyosins in vitro and in the minced muscle of chub mackerel and Alaska pollack.

Actomyosin was incubated at 30°C in 0.6 M KCl or 0.1 M KCl and at pH 6 or 7 (20 mM Tris-maleate buffer), separately.

The first order rate of denaturation of actomyosin was calculated from the following formula;  $K_D = (\ln C_0 - \ln C_t) \cdot 1/t$  where  $C_0$  and  $C_t$  were Ca<sup>2+</sup>-ATPase activity (Ca<sup>2+</sup>-ATPase total activity was used for the minced muscle) before and after incubation time (t).  $K_D' = K_D/2.303$ .

	pH	KCl (M)	Chub mackerel	Alaska pollack
			K <sub>D</sub> ' at 30°C	
Actomyosin	7	0.6	6.0 × 10 <sup>-3</sup> min <sup>-1</sup>	26.7 × 10 <sup>-3</sup> min <sup>-1</sup>
	6	0.6	92.7 × 10 <sup>-3</sup> min <sup>-1</sup> * <sup>3</sup>	— * <sup>3</sup>
	7	0.1	3.0 × 10 <sup>-3</sup> min <sup>-1</sup>	11.5 × 10 <sup>-3</sup> min <sup>-1</sup>
	6	0.1	57.3 × 10 <sup>-3</sup> min <sup>-1</sup> * <sup>3</sup>	76.0 × 10 <sup>-3</sup> min <sup>-1</sup> * <sup>3</sup>
Minced muscle* <sup>1</sup>	7		2.0 × 10 <sup>-3</sup> min <sup>-1</sup>	4.0 × 10 <sup>-3</sup> min <sup>-1</sup>
	6		6.9 × 10 <sup>-3</sup> min <sup>-1</sup>	11.0 × 10 <sup>-3</sup> min <sup>-1</sup>
			K <sub>D</sub> ' at 2°C	
Minced muscle* <sup>2</sup>	7		6.0 × 10 <sup>-3</sup> day <sup>-1</sup>	8.5 × 10 <sup>-3</sup> day <sup>-1</sup>
	6		20.8 × 10 <sup>-3</sup> day <sup>-1</sup>	84.0 × 10 <sup>-3</sup> day <sup>-1</sup>

\*<sup>1</sup> Values were calculated from the results shown in Fig. 5.

\*<sup>2</sup> Values were calculated from the results shown in Fig. 3.

\*<sup>3</sup> Approximate values were shown due to their extreme unstability under these conditions.

熱による変性速度恒数を示した。この結果の中、特に 30°C における変性に注目すると、アクトミオシン標品の懸濁液はおとし身中のアクトミオシンに比べれば変性が速く、pH 7 では 1.5~3 倍、pH 6 では 6~8 倍不安定であるという結果であつた。また、pH 7 と pH 6 の変性を比べればアクトミオシン標品では pH 6 のときは pH 7 よりも 6~19 倍、おとし身中のアクトミオシンは pH 6 のときは pH 7 よりも 3~3.5 倍不安定であつた。いいかえると、おとし身中のアクトミオシンは抽出したアクトミオシン標品よりは 2~3 倍から数倍位安定であり、さらにおとし身中のアクトミオシン標品に比べて pH の影響を受けにくいといふことができる。この傾向は 2°C におけるおとし身中のアクトミオシンの変性の場合も全く同じであつた。その理由を明らかにするため現在さらに詳細な条件にわたつて研究をしている。なお上の結果の中、特に pH 7 におけるおとし身中アクトミオシンの変性は非常に遅いので、正確な速度恒数は求めにくい。それゆゑこれらの比率はあくまで概算値である。

### 考 察

サバ肉のかまぼこ形成能はその鮮度低下につれて極めて速く劣下することは先に述べたように事実として良く知られている。しかし、サバ肉のかまぼこ形成能とアクトミオシンの溶出性の関係について検討した報告<sup>2,10</sup>)や、サバの鮮度変化とアクトミオシンの溶出性の変化の関係を検討した報告<sup>11,12</sup>)などを総合してみると、従来サバ肉のかまぼこ形成能の速い変化とアクトミオシン量の変化との間にはかならずしも一定の関係が得られたとはいひにくい。そこで本研究において筆者らは、川島ら<sup>9</sup>)がスケトウタラ冷凍すり身中のアクトミオシンの定量に採用した  $\text{Ca}^{2+}$ -ATPase 全活性を測定する方法を利用してサバおよびスケトウタラおとし身中のアクトミオシンの挙動を調べサバ肉のかまぼこ形成能とアクトミオシンの変性との間には一定の関係があることを知つた。

すなわち、サバとスケトウタラのおとし身を 2°C で貯蔵しながら品質の異なる冷凍すり身を製造し、そのかまぼこ形成能とおとし身中のアクトミオシン量 ( $\text{Ca}^{2+}$ -ATPase 全活性) を測定した結果、サバはスケトウタラに比べてかまぼこ形成能の劣下が速く、アクトミオシン量の減少も速いことがわかつた。アクトミオシンの減量が速いのは、サバのアクトミオシンが本質的により不安定であるためか、もしくはアクトミオシンを取り囲んでいるサバ肉の生理的環境条件が劣るためか、いずれかが原因でありそれがかまぼこ形成能に反映しているものと推定し、その検討を行なつた。

まず、サバ肉のアクトミオシンが本質的にスケトウタラ肉のアクトミオシンより安定であることは、従来すでに予想されていたことである<sup>7</sup>)。そこで実際に、抽出した両アクトミオシンの温度安定性を測定した結果を Fig. 6 に示す。すなわち、アクトミオシン (0.6 M KCl pH 7.0) 溶液を異なる温度で 30 分間ずつ加熱し、残存する  $\text{Ca}^{2+}$ -ATPase 活性 (%) を温度に対してプロットしてみると明らかにサバ肉のアクトミオシンが安定であり、これが、上述の原因ではないことがわかる。この条件下で  $\text{Ca}^{2+}$ -ATPase の変性が 50% 起る温度を比べるとサバでは 31.2°C、スケトウタラでは 26.4°C となり約 5°C くらいサバの方が高かつた。なお、サバのアクトミオシンはニジマスのアクトミオシンの安定性<sup>7</sup>) と類似していた。また、使用

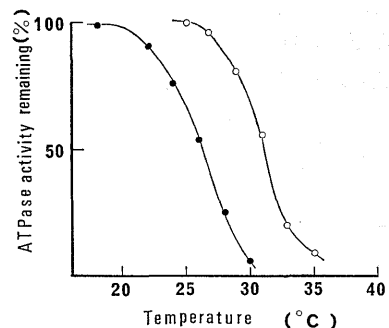


Fig. 6. Effect of temperature on the denaturation of actomyosin  $\text{Ca}^{2+}$ -ATPase from chub mackerel and Alaska pollack.

Incubation of actomyosin (5 mg/ml) was performed at various temperatures in 0.6 M KCl at pH 7.0 for 30 minutes.

Conditions for activity measurements were the same as in Fig. 1.

- chub mackerel
- Alaska pollack



したサバ肉の鮮度は対照として使用したスケトウタラ肉よりもかなり良いことを確めたので、これもサバ肉の速いかまぼこ形成能の低下とアクトミオシンの変性の原因ではなく、その肉質の低い pH が主なる原因ではないかと推定されるようになった。

そこで、おとし身をリン酸緩衝液に懸濁して pH を 6 および 7 に調節し、2°C または 30°C に貯蔵しておとし身中のアクトミオシン量 ( $\text{Ca}^{2+}$ -ATPase 全活性) の変化を追跡してみると、自然状態のサバのおとし身は pH 6 に調節したおとし身の場合と、そして自然のスケトウタラのおとし身は pH 7 に調節したおとし身の場合と極めて良く一致する変性を示すことを知った。すなわち、サバのおとし身はその pH を 7 に上げれば非常に安定化されるが、自然状態では pH が 6 以下に下りやすいためにアクトミオシンの変性が速く起るといふ推定が立証されたわけである。この事実をさらに確かめるためにサバ肉からアクトミオンを抽出分離し、これを生理的塩濃度に近い 0.1 M KCl 懸濁液とし試験管内で加熱して  $\text{Ca}^{2+}$ -ATPase の変性を測定した。特に、pH 6 および 7 におけるアクトミオシン  $\text{Ca}^{2+}$ -ATPase の変性を、同じ条件下においておとし身中のアクトミオシン ( $\text{Ca}^{2+}$ -ATPase 全活性) の変性と比較検討すると、それらは傾向として極めて良く似た結果となり、pH 6 におけるサバおとし身の変質は主としてアクトミオシンの変性に起因していることが確かめられる。ただし、おとし身中のアクトミオシン ( $\text{Ca}^{2+}$ -ATPase 全活性) の変性はアクトミオシン標品に比べて全体にやや遅いのであるが、その理由はおそらく以上二種の系の中におけるアクチンとミオシン分子の配列の状態が異なることやタンパク質濃度がかかなり異なることなどにあるのではないかと考えている。また、本実験で調製したおとし身懸濁液の pH はおとし身筋肉細胞内の pH と一致するかどうか、まだ明らかではない。これらの疑問を明らかにするため現在サバの筋原繊維に関する変性の研究を進めている。

以上述べたように、サバ肉のアクトミオンを各種の異なる条件下でスケトウタラのアクトミオンと比較研究することによつて、サバの肉質の特性が明らかになつてきたように思われる。すなわち、サバ肉中のアクトミオンはおとし身の場合のようにそれが筋肉の構造タンパク質として保持されているときは、スケトウタラ肉中のアクトミオンよりも不安定であるが、筋肉から抽出して pH を 7 に高めると、同条件下のスケトウタラよりもかなり安定であるという興味深い結果となつた。この性質は正にサバ肉の特性であるといつて良いと思われる。一般に赤味の魚肉が白味の魚肉と異なる性質の一つとして、その死後における筋肉中の速い pH 低下が知られているが、おそらく肉中のアクトミオンはサバの場合と同様に、速い変性をうける危険性にさらされるだろうと想像される。

将来、サバ肉をすり身原料として利用する場合には、魚獲後の低温管理はもとより pH の管理が重要な課題となつてくるであろう。をなわち、死後魚肉の pH 低下を停止させるか、または低下した魚肉の pH をできるだけ早く中性に回復させることがアクトミオシンの変性を抑制することになるからである。そのための努力は、たとえばサバおとし身のアルカリ晒の様に従来すでになされてはいるが、この問題が解決されれば、すでにサバ冷凍すり身の凍結耐性は優れていることが知られている<sup>9)</sup>ので、冷凍すり身原料など、サバ肉の高度利用化は前進すると考えている。

本研究の遂行にあたり、実験に御協力いただいた当研究所の長谷川幸雄、村井裕一、山内寿一、小泉正機の各氏に深謝いたします。

## 文 献

- 1) 福田 裕・山内寿一・村井裕一・藤田定男・小泉正機：青森県水産物加工研究所昭和 47・48 年度試験研究報告，23～27 (1974)。
- 2) 山本常治：食品工業，13，93～99 (1970)。
- 3) 掛端甲一・荒木 功・長谷川幸雄・川村 満・山内寿一・佐々木政則：青森県水産物加工研究所昭和 45・46 年度試験研究報告，1～7 (1972)。
- 4) 斉藤恒行・新井健一・松吉 実：本誌，24，749～750 (1959)。
- 5) 川島孝省・新井健一・斉藤恒行：同誌，39，207～214 (1973)。

- 6) 高士令二・新井健一・斉藤恒行：同誌，**36**，169~172 (1970).
- 7) 新井健一・川村久美子・林千恵子：同誌，**39**，1077~1085 (1973).
- 8) 村井裕一・福田 裕・山内寿一・長谷川幸雄・藤田定男・川村 満・小泉正機：青森県水産物加工研究所昭和 47・48 年度試験研究報告，28~40 (1974).
- 9) 新井健一・福田道代：本誌，**39**，625~631 (1973).
- 10) 佐々木政則・相沢 悟・長田美治・鳥谷部憲男・猪川喜久夫：北水試月報，**29**，2~20 (1972).
- 11) 鈴木たね子：*New Food Industry*，**9**，9~13 (1967).
- 12) 柳内直一・佐藤 勲：福島水誌研報，**1**，41~47 (1972).