

ホキの肉糊の坐りおよび加熱によるゲル形成とミオシン重鎖 の変化

誌名	日本水産學會誌
ISSN	00215392
著者	関, 伸夫 加藤, 登 李, 南赫
巻/号	56巻12号
掲載ページ	p. 2093-2101
発行年月	1990年12月

ホキの肉糊の坐りおよび加熱によるゲル形成とミオシン重鎖の変化

李 南 赫, 関 伸 夫, 加 藤 登
中 川 則 和, 照 井 正 三 郎, 新 井 健 一

(1990年8月31日受付)

Changes in Myosin Heavy Chain and Gel Forming Ability of
Salt-Ground Meat from HokiNam-Hyouck Lee,*¹ Nobuo Seki,*¹ Noboru Kato,*² Norikazu Nakagawa,*²
Shozaburo Terui,*² and Ken-ichi Arai*²

Changes in breaking strength and myosin heavy chain of the salt-ground meat from surimi of hoki were investigated in connection with the temperatures (10–60°C) for setting (setting gel), followed by heating at 90°C (setting-heating gel). The water holding capacity was also examined for setting and setting-heating gels.

The increases in breaking strength of salt-ground meat, along with formation of cross-linked myosin heavy chain in it, occurred at lower temperature below 30°C, and decreased at higher temperature over 40°C. The water holding capacity indicated also the same tendency as shown from changes in breaking strength. In addition, a water drip released from the setting and setting-heating gels involved some soluble proteins. The protein in the water drip amounted to approximately 3% relative to the myofibrillar protein content of the salt-ground meat, and the major component of protein was corresponded to tropomyosin, as revealed by SDS-polyacrylamide gel electrophoresis.

A discussion was made on a discrepancy between gelling properties of salt-ground meats from hoki and threadfin bream.

著者らは先にイトヨリダイの冷凍すり身から調製した肉糊のゲル形成能とミオシン重鎖(HCと略す)の交差結合能の関係について検討し、ゲル化反応は、筋原線維(Mfと略す)タンパク質のHCの交差結合(多量化)反応とよく相関することを示した。¹⁾ この結果は沼倉ら²⁻⁴⁾が以前に報告したスケトウダラの肉糊の場合と似ており、彼らの結果を支持するものであった。一方、ゲル化反応のもう一つの指標として用いた保水力とHCの交差結合反応との間にも同様な関係が認められ、HCの交差結合が強く起こるほど保水力は高く保たれた。また保水力が低下する際に生ずる離水液水のタンパク質量は、離水液量に比例して増加する傾向を示し、そのタンパク質の主成分はトロポミオシン(TM)に相当する成分であることを確認した。¹⁾ 本研究では、最近かまぼこの原料魚の一つとして利用し始められるようになったホキの冷凍すり身についてイトヨリダイのすり身の場合と同じ実験を行い、魚種による肉糊のゲル化の特徴を明らかにすることを目的とした。

実験方法

試料 使用したホキ *Macrurus novaezelandiae* の冷凍すり身(製造後-40°Cで約一年間貯蔵)の添加物はシロ糖4%, ソルビトール4%, 重合リン酸塩0.2%であり、ビウレット法⁵⁾によって測定したタンパク質濃度は176.3 mg/g(すり身湿重量)であった。

かまぼこゲルの調製 冷凍すり身が完全に解凍しないうちに細切し、タンパク質濃度が130 mg/gとなるように水と2.5% NaCl(終濃度)を添加してスピードカッター(ナショナルMK-K7)を用い、5分間、4°Cでらいかいし、塩すり身(肉糊と略す)を調製した。肉糊中の気泡を抜いた後にプラスチック製円筒型容器(直径3.7 cm×高さ2 cm)に充填し、キャップで密封し、10°Cから60°Cの範囲の一定温度で坐りを行った(以上の操作で得たゲルを、以下坐りゲルと呼ぶ)。さらにその一部をさらに90°Cで20分間加熱した(これを、以下坐り加熱ゲルと呼ぶ)。

*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 株式会社紀文 (Kibun Co., Ltd, Ginza, Chuo, Tokyo 104, Japan).

かまぼこゲルの物性の測定 坐りおよび坐り一加熱ゲルの物性は、レオメーター（レオナー RE-3305, 山電株式会社製）を使用して、直径 5 mm の円柱型プランジャーで破断強度 (g) を測定した。

SDS-尿素混液による坐りゲルの可溶性および可溶化率の測定⁶⁾ 細砕した坐りゲル 0.4 g を精秤し、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 100°C で 2 分間加熱した後、室温で 20 時間攪拌しながら可溶化させた。この溶液を 10,000×g で 20 分間遠心分離後、上清中のタンパク質量を測定し、塩ずり直後の肉糊について測定したタンパク質量に対する相対値 (%) を可溶化率とした。なおタンパク質量はビウレット法⁵⁾により測定した。

SDS-ポリアクリルアミドゲル電気泳動 (SDS-PAGE) による坐りゲル中の Mf タンパク質サブユニット組成の定量 Weber と Osborn の方法⁷⁾により、5% アクリルアミドゲルを用いた SDS-PAGE を行い、Coomassie Brilliant Blue R によって染色した。脱色は 50% メタ

ノール-7% 酢酸で 6~8 時間、つづいて 7% 酢酸でゲルの背景が透明化するまで行った。泳動ゲル上の各 Mf タンパク質のサブユニット成分量は、デンストメーター（島津製作所製 CS-910 型）を用いて、640 nm と 700 nm の吸光値の差として測定し、ゲル rod 上に認められる各成分の染色強度の合計値に対する相対染色強度 (%) として表した。なお、沼倉ら⁸⁾は先に、泳動ゲル上の全染色強度の回収率が減少する場合があることを見出しており、これは SDS-尿素混液に可溶化した HC 多量体の中で、より分子サイズの大きい成分が泳動ゲル中に侵入出来ないために起こったものと推測し、その量を計算した。そしてこの値を加えた全染色強度に対して泳動ゲル上の各成分の含量を補正している。前報¹⁾のイトヨリダイの場合も同様な結果が得られたためその方法に従って各成分の量を算出したが、本実験においても HC 多量体に相当する成分が生成されたときは、その補正を行った。

坐りおよび坐り一加熱ゲルの保水力と離水液中のタンパク質量の測定 保水力は前報で述べた方法¹⁾で測定し

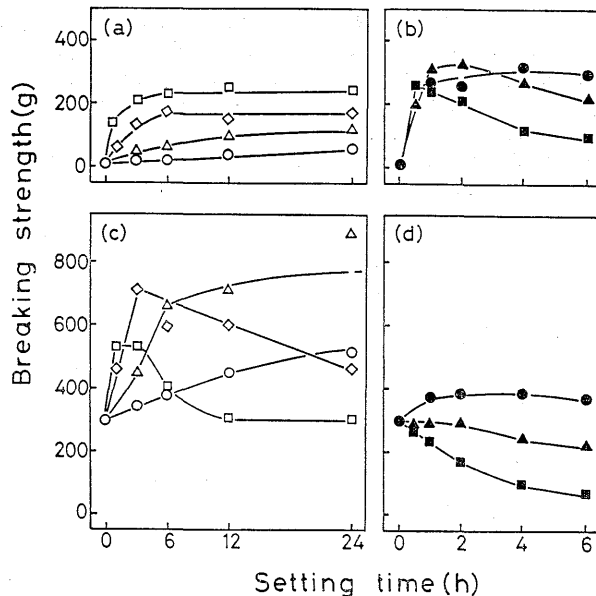


Fig. 1. Changes in breaking strength of gels formed by setting and setting-heating from salt-ground meat of hoki.

Surimi of hoki was chopped with 2.5% NaCl at a protein concentration of 130 mg/g wet weight of surimi in a speed cutter (National MK-K7) for 5 min at 4°C or below. The salt-ground meat was stuffed into plastic vessel with a cover and incubated at various temperatures to prepare "setting gel". It was subsequently heated at 90°C for 20 min to prepare "setting-heating gel". After cooling the gels with ice water for 30 min, breaking strength of the gels was measured with a rheometer equipped with a ϕ 5 mm plunger and was evaluated as load value (g) at the breaking point.

(a), (b): Setting gel.

(c), (d): Setting-heating gel.

The temperatures for the setting were 10 (○), 20 (△), 25 (◇), 30 (□), 40 (●), 50 (▲), and 60 (■) °C.

た。すなわち、直径 3.5 cm×高さ 10 cm の遠沈管に肉糊 (2.5% NaCl, タンパク質濃度 60 mg/g) 20 g を充填してサランラップで蓋をし、10°C から 60°C の間の一定温度で加温して坐りゲルを、さらにこれを 90°C で 20 分間加熱して坐り一加熱ゲルを調製した後、約 30 分間氷水で冷却したものを 10,000×g で 30 分間遠心分離して、分離した上清 (離水液) の重量比で測定した。すなわち、保水力は次式で表される。

$$\text{保水力}(\%) = (B/A) \times 100$$

$$B = A - C$$

A; 試料の重量

B; 沈殿物の重量

C; 上清 (離水液) の重量

また離水液中のタンパク質量はビウレット法⁵⁾で測定し、以下の式により算出した。

$$\text{離水液中のタンパク質量}(\%) = (b/a) \times 100$$

a; 試料中のタンパク質量

b; 上清液中のタンパク質量

SDS-PAGE による離水液中のタンパク質組成の分析
 アクリルアミドゲルを用い、上清中に含まれているタンパク質成分組成を SDS-PAGE 法によって分析した。

結果および考察

坐りおよび坐り一加熱ゲルの破断強度の経時変化 10°C~60°C の間の温度で肉糊を加温し、坐りおよび坐り一加熱ゲルの破断強度の経時変化を測定し、結果を Fig. 1 に示した。まず Fig. 1 (a), (b) に示したように 10°C から 40°C までは温度の上昇に伴い、坐りゲルの破断強度は経時的に増加するが、50°C では一旦増加した後ゆっくりと低下するようになり、60°C では一旦増加した後、急速に低下するようになった。一方、Fig. 1 (c), (d) に示した坐り一加熱ゲルの破断強度の増加は坐りゲルの場合とは温度依存性が異なった。すなわち 20°C までは経時的に増加する傾向を示すが、25°C および 30°C では一旦増加した後低下するようになり、その増加の割合はむしろ 30°C の方が小さくなる傾向を示した。ただし、40°C では破断強度はほとんど増加が認められなかった。さらに 50°C 以上では坐りゲルの場合と同様に、温度の上昇と共に破断強度の低下も速く起こる傾向を示した。この結果を先に報じたイトヨリダイの肉糊の場合と比べると、坐りゲルの破断強度が一旦増加してから減少する傾向を示す温度は、イトヨリダイの場合は 40°C 以上であるのに対し、ホキの場合は 50°C 以上であり、また坐り一加熱ゲルでそれが認められる温度は、イトヨリダイでは 40°C 以上であったのに対しホキの場合は 25°C 以上であって、魚種による相違が認められる。

坐りおよび坐り一加熱ゲル中の Mf タンパク質サブユ

ニット組成の経時変化 Fig. 1 の場合と同じ坐りおよび坐り一加熱ゲルを SDS-尿素混液に溶解し、可溶性率を求めたが、いずれのゲルについても 100% であった。また SDS-PAGE に供したタンパク質の回収率は、60°C で坐りを行った後 90°C で加熱して得た坐り一加熱ゲルの場合を例外として、ほぼ 100% を示したので、イトヨリダイの場合¹⁾のように分子サイズの大きい HC の多量体は形成されなかったものと判断される。

そこで SDS-尿素混液に溶解した坐りおよび坐り一加熱ゲル中の Mf タンパク質のサブユニット成分を、5% アクリルアミドゲルを用いた SDS-PAGE 法により定量分析し、その経時変化を温度との関係で Fig. 2 (A) と (B) に示した。

まず Fig. 2 (A) に示した坐りゲルの場合を見ると、10°C から 25°C までは温度の上昇と共に HC の低下は速くかつ大きくなり、それに伴って HC より移動度が小さいので HC が交差結合して生成したと考えられる多量体成分 (以下 (HC)n と略す) が増加する傾向を示した。しかし坐り温度が 30°C では、HC の減少の速さはずっと大きくなり、それに伴って (HC)n が増加するが、これはその後僅かに減少する傾向を示すようになった。また HC とアクチン (A) の間の移動度を示す未知成分 (X と略す) も生成するようになり、その割合は温度の上昇と共に大きくなった。またここでは図示しないが、そのほかの成分、すなわち、Mf 中の A および微量成分には変化が認められなかった。しかし、40°C ではこれらの変化はほとんど起こらなくなった。そして、50°C 以上では再び HC の減少が起こるようになるが、それと共に (HC)n 成分は増加せずに、X に相当する成分が増加する傾向を示した。

以上の結果は低温側 (10~30°C) と高温側 (40~60°C) における肉糊のゲル化反応の機構が異なることを示唆するものである。すなわち 10°C から 30°C までの温度では HC の減少に呼応するように主に (HC)n 成分が増加するのに対し、40°C ではその変化が起こらなくなり、50°C 以上では HC の減少に対応して、主に X 成分の増加が起こるようになる。

次に坐り一加熱ゲル中の Mf タンパク質のサブユニット組成の経時変化について検討し、その結果を Fig. 2 (B) に示した。この結果は全体に坐りゲルについて得られた結果とよく似ている。すなわち、10~30°C の低温においては温度の上昇と共に HC の減少は速く大きくなり、その減少に伴って初めに (HC)n、それに続いて X 成分が増加する傾向を示している。また 40°C では坐りゲルの場合と同様にすべての成分の変化が少なくなり、50°C 以上では再び HC の減少が起こり X 成分が増加するようになった。さらに 60°C の場合だけは、染色強

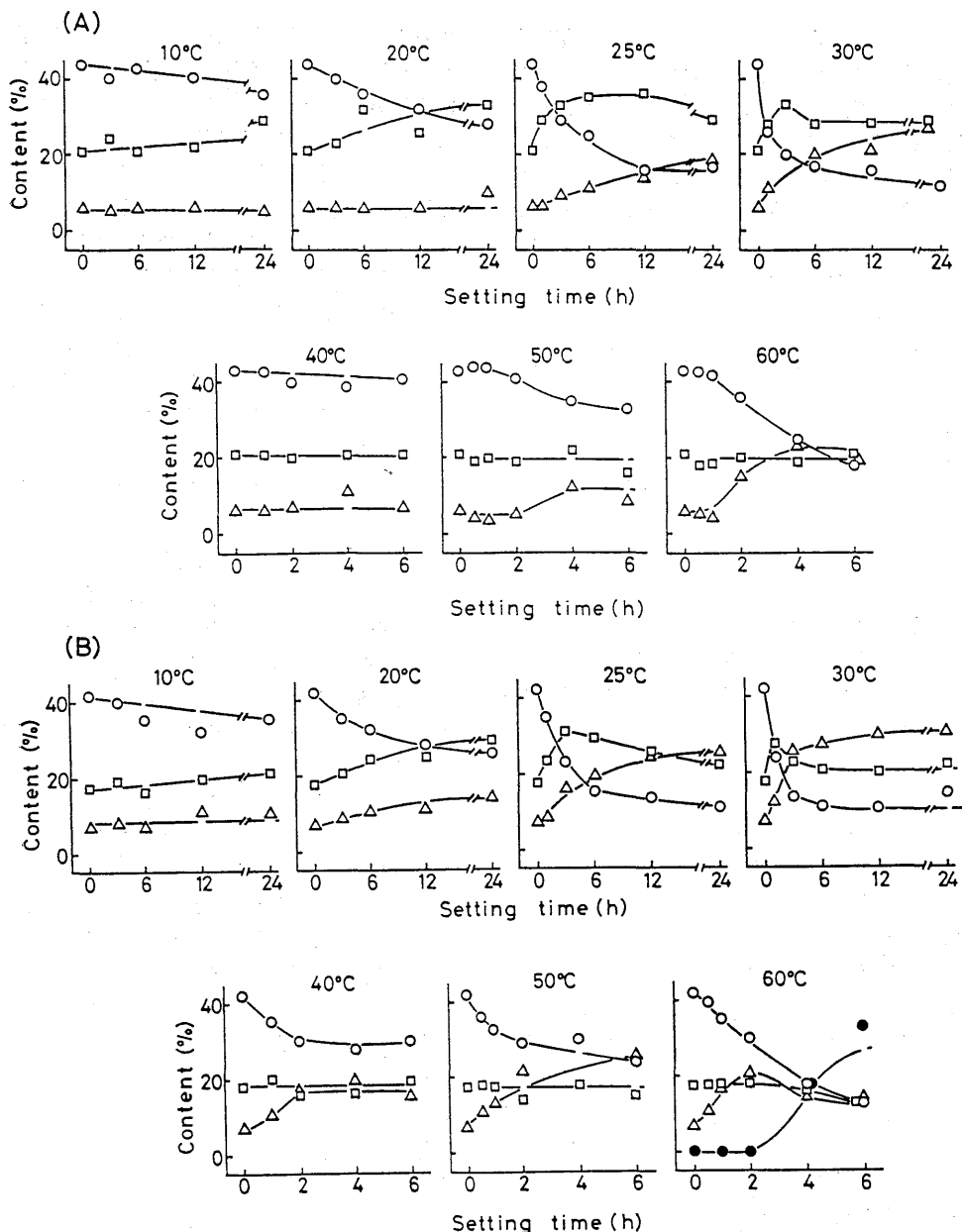


Fig. 2. Changes in subunit composition of myofibrillar protein in setting and setting-heating gels in connection with setting temperature.

(A) The setting gels were obtained by incubation at various temperatures between 10 and 60°C, as in Fig. 1.

(B) The setting-heating gels were obtained from the same setting gels as (A) incubated at various temperatures, by heating at 90°C for 20 min.

The temperatures shown in the figure are those for the setting. The setting and setting-heating gels (each 0.4 g) were solubilized with 2% SDS-8 M urea-2% mercaptoethanol-20 mM Tris buffer (pH 8.0) at 100°C for 2 min, followed by stirring at room temperature for 24 h. The SDS-polyacrylamide gel electrophoresis of the solubilized protein and quantitative determination of each subunit of myofibrillar protein were conducted by the method presented by previous paper.¹⁾

(○): Myosin heavy chain (HC).

(□): Cross-linked myosin heavy chain, ((HC)n).

(●): Cross-linked myosin heavy chain with larger molecular size, too large to enter into 5% acrylamide gel, ((HC)n').

(△): Moving component between HC and actin, (HC>X>A).

度の低下をまねく未知の成分が生成する傾向が見られる。

これらの結果は、坐りの過程において肉糊中で起こる Mf タンパク質サブユニットの変化が、90°C で加熱することによってほとんど阻止されることを示している。また、かまぼこの製造⁹⁾ 過程におけるいわゆる坐りとは、比較的低温下における肉糊中の HC の多量化に基づくしっかりした三次元の網目構造の形成の反応に相当しており、その構造が 90°C で固定されて優れた製品の弾力とその品質の安定化に寄与するものと考えられる。なお 40°C 以上の温度ではこの反応が起こりにくくなるが、このような温度では HC (他の成分をも含むかも知れない) 間には、SDS-尿素混液中で切断されやすいような弱い結合より形成されず、30°C 以下の場合とは異なるミオシンの変性反応 (熱凝集反応) が起こるためであろうと考えられる。すなわち、高温下ではいわゆる坐りの効果が全く認められないということになる。

なお坐り過程における Mf タンパク質サブユニット成分の変化を、先に報じたイトヨリダイの場合と比べると、HC の減少およびそれに伴う HC の多量体 ((HC)n) の形成の反応はイトヨリダイの場合の方が速く、大きく起こり、またサイズの大きい HC 多量体 ((HC)n') が形成され易いこと、またイトヨリダイの場合は 40°C 以上で多量化反応が僅かながら起こるのに対し、ホキの場合は極めて起こりにくくなる点が異なっている。また温度

の上昇に伴って (HC)n や X 成分が多量に生成される傾向を示す点は両魚種共に同じであるが、イトヨリダイの

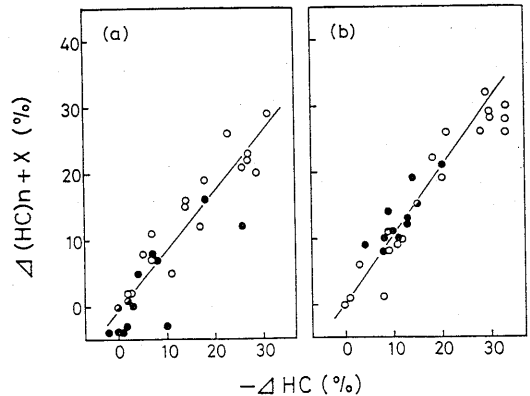


Fig. 3. Decrease in myosin heavy chain ($-\Delta\text{HC}$) versus increase in cross-linked myosin heavy chain plus moving component between myosin heavy chain and actin ($(\text{HC})n + X$).

From the data shown in Fig. 2, the amount of decrease in myosin heavy chain and the total amounts of increase in cross-linked myosin heavy chains and the component moving between myosin heavy chain and actin, in the same setting and setting-heating gels were estimated.

- (a): Setting gel.
(b): Setting-heating gel.

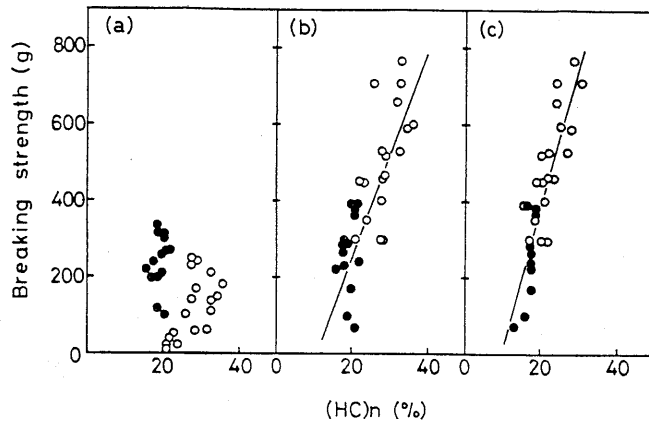


Fig. 4. Breaking strength of setting and setting-heating gels versus content of cross-linked myosin heavy chain.

From the data shown in Figs. 1 and 2, the breaking strength of setting and setting-heating gels and the content of cross-linked myosin heavy chain in the same gels were quoted. The setting and setting-heating gels were prepared from the salt-ground meat by incubation at 10–30°C (open symbols) or at 40–60°C (closed symbols).

- (a): Breaking strength of setting gel versus content of cross-linked myosin heavy chain.
(b): Breaking strength of setting-heating gel versus content of cross-linked myosin heavy chain in setting gel.
(c): Breaking strength of setting-heating gel versus content of cross-linked myosin heavy chain in setting-heating gel.

場合では 40°C 以上において, またホキの場合は 30°C 以上でそれが強く起こるようになる点が違っている。

HC 多量化反応と破断強度との関係 まず Fig. 2 の結果に基づいて, 坐りゲル中の HC の減少と新しく生成した成分との関係について検討し, その結果を Fig. 3 に示した。すなわち, Fig. 2 で示したように, 坐りに伴って変化した成分は, HC, (HC)n および X の三成分である。そこで HC の変化 (減少) 量に対して (HC)n+X の変化 (生成) 量をプロットした。これによると坐りゲル (Fig. 3 (a)) および坐り一加熱ゲル (Fig. 3 (b)), いずれの場合も相関係数 0.92 以上の高い相関関係が成立した。したがって, 坐りの進行につれて HC のほとんどが (HC)n と X 成分の二成分に変化していることを示唆している。X 成分の本体は未だ不明であるが, その生成量が多いときは, 90°C 加熱により破断強度がむしろ減少する傾向が認められる。

次に (HC)n の生成量とゲルの破断強度との関係をプロットし Fig. 4 に結果を示した。まず (a) に示した坐りゲル中の (HC)n の生成量と坐りゲルの破断強度との関係を見ると, 低温 (30°C 以下) における坐りゲルでは, 弱い相関関係があるようにもみえるが, 高温 (40°C 以上) における坐りゲルでは全く相関関係は認められなかった。次に, 坐りゲル中の (HC)n の生成量と坐り一加熱ゲルの破断強度との関係 ((b)) をみると両者間には相関係数 0.85 のかなり高い相関関係が見られた。続いて (c) に示した坐り一加熱ゲル中の (HC)n の生成量と坐り一加熱ゲルの破断強度との関係を見ると (b) の場合と同様の結果が示された。

以上の結果から, ホキ肉糊の坐りの効果は 30°C 以下の低温でのみ認められ, 40°C 以上では認められないことが明らかである。これを Mf タンパク質成分の変化から見ると, 坐りの過程で HC が減少して (HC)n や X 成分が増加するが, その後 90°C で加熱すると (HC)n の生成は僅かに減少して, X 成分の生成が多くなる傾向が強まる。このとき (HC)n の含量が高いままで X 成分が増加すると破断強度は減少しないが, 一方 (HC)n 含量が少ない状態で X 成分が増加すると, 破断強度はむしろ減少する傾向が強まるように見える。前の例が 30°C 以下の場合に相当しており, 坐りの効果が見られる条件であるが, この温度帯では HC 間に SDS-尿素混液の中でも切断されないような強い結合 (見かけは共有結合のように思われるがペプチド鎖の絡み合い¹⁰⁾ もありうる) が形成されて破断強度に寄与し, 一方, この温度帯を越えると, HC 間に切断され易い弱い結合が形成されるため, 高温 (90°C) 下でゲルが崩壊する可能性が大きいと考えられる。この結果は先に報じたイトヨリダイの肉糊の場合も同じであった。また Fig. 4 (b) と (c) の結

果が類似していることから明らかのように, 90°C で加熱することは, 製品の殺菌以外にも, HC の多量化に基づく坐り反応を適当な時点で止める効果もあることを示し, かまぼこゲルの品質はその中の Mf タンパク質サブユニット組成を分析することによって評価可能であることを示唆している。

坐りおよび坐り一加熱ゲルの保水力の経時変化 肉糊を Fig. 1 の場合と同様に 10~60°C の間の温度で加熱し, 調製した坐りゲルの保水力の経時変化を Fig. 5 (a) に示した。この結果によると, 10 から 30°C の間の温度で加熱した場合は, 24 時間に至るまで坐りゲルの保水力はほぼ 100% を保っていた。しかし 40°C 以上で加熱

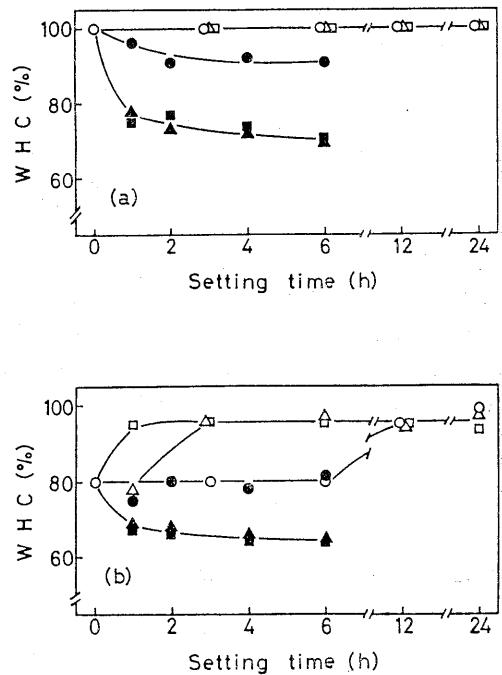


Fig. 5. Changes in water holding capacity of setting and setting-heating gels in connection with setting temperatures.

The setting and setting-heating gels were prepared as in Fig. 1, except that the protein concentration of salt-ground meat was reduced to 60 mg/g of wet weight meat by addition of water. The water holding capacity (WHC) of the gels was expressed in the following relation:

$$WHC = (B/A) \times 100,$$

where A is total weight of gel, and B is weight of gel after centrifugation at 10,000 × g for 30 min.

(a): Setting gel.

(b): Setting-heating gel.

The temperatures for setting were 10 (○), 20 (△), 30 (□), 40 (●), 50 (▲), and 60 (■) °C.

する場合は、坐りゲルの保水力は経時的に減少するようになり、また温度の上昇に伴ってその減少が速く、大きくなる傾向を示した。

次に坐り一加熱ゲルの保水力の経時変化を Fig. 5 (b) に示した。これによると、坐りを行わず (坐り 0 時間) 肉糊を 90°C で加熱した場合は、保水力が約 80% まで減少するが、10~30°C の間の温度で加温して坐りを行った坐り一加熱ゲルでは保水力の減少が起こらないため、見かけは経時的に保水力が増加したようになる。ただし、10°C の場合は坐りの進行に伴って経時的に保水力が増加するようになり、12 時間後には最大の約 90% に達しているが、20°C では約 3 時間後に、また 30°C では 1 時間以内に最大の保水力を示すようになった。一方、40°C の坐りでは坐り一加熱ゲルの保水力は増加することはなく、50 および 60°C の場合では、坐りゲルのそれと同様な経時的な減少傾向を示した。

以上に述べた保水力の変化は、Fig. 1 および 2 に示した坐りおよび坐り一加熱ゲルの破断強度や Mf タンパク質サブユニットの変化と強い関連があるように考えられる。すなわち、10~30°C の坐り過程においては、肉糊中に多量の HC 多量体を形成し、破断強度が高いばかりではなく、保水力も大きい。またこれを 90°C で加熱しても保水力は減少せず、離水しにくいしっかりした網目構造体を形成しているが、40°C 以上では HC 多量体の形成は少量であり、破断強度は変化し易く、保水力は小さい。90°C で加熱すると保水力はより減少する。この結果は先に報じたイトヨリダイ肉糊の場合¹⁾とも良く一致している。

坐りおよび坐り一加熱ゲルから得られる離水液中のタンパク質とその組成 先に著者ら¹⁾はイトヨリダイの肉糊を 40°C 以上で加温して得られる坐りおよび坐り一加熱ゲルの離水液中にはトロポミオンンが可溶化してくるのを見出した。今回のホキの肉糊の場合も同様な離水が起こったので、液中のタンパク質を定量し、またその組成を分析した。

まず、肉糊を 10~60°C の間の温度で加温したときに坐りゲルから離水液中に可溶化してくるタンパク質量を測定し、結果を Fig. 6 (a) に示した。これによると、30°C 以下で加温した場合は、タンパク質の可溶化は 24 時間後まで起こらないが、40°C 以上では可溶化するタンパク質量が増加し、50°C および 60°C においては約 1.5% で最大となった。

次に坐り一加熱ゲルについて測定した結果を Fig. 6 (b) に示すが、この結果によると、坐りを行わずに、肉糊を直ちに 90°C で加熱した場合や、坐りが 10°C で短時間の場合には、離水が起こりタンパク質が可溶化してくる。しかし 10°C で 12 時間以上におよぶ長時間の坐

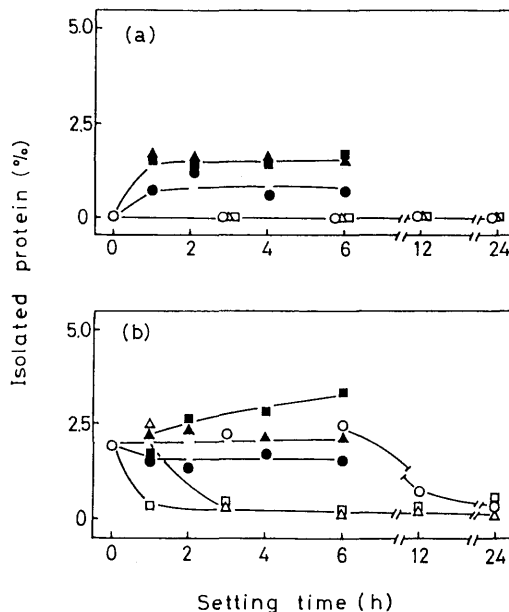


Fig. 6. Changes in protein content released by centrifugation from setting and setting-heating gels in connection with setting temperatures.

The setting and setting-heating gels were prepared as in Fig. 5. After centrifugation of the gels at 10,000×g for 30 min, the protein concentration of the supernatant and precipitate was measured by the biuret method.

$$\text{Released protein (\%)} = (D/C) \times 100,$$

$$D = (c \times d), \quad C = (a \times b + c \times d),$$

where a is weight (g) of precipitate, b is protein concentration in precipitate (mg/g wet weight), c is weight of supernatant (g), and d is protein concentration in supernatant (mg/g wet weight).

(a): Setting gel.

(b): Setting-heating gel.

The temperatures for the setting were 10 (○), 20 (△), 30 (□), 40 (●), 50 (▲), and 60 (■) °C.

りを行うと坐り一加熱ゲルからの離水液は減少しタンパク質も可溶化されなくなった。また坐り温度が 20°C の場合は 3 時間、30°C では 1 時間の坐りでも同様であった。しかし、40°C 以上で坐りを行った坐り一加熱ゲルから得られる離水液中にはタンパク質が可溶化し、坐り温度が 60°C では 6 時間後に約 3.5% の最大値となった。

次に 10% アクリルアミドゲルを用いた SDS-PAGE 法により、坐りおよび坐り一加熱ゲルから得た離水液中のタンパク質のサブユニット組成を分析し、その結果を Fig. 7 に示した。坐りゲルから得られた離水液中のタン

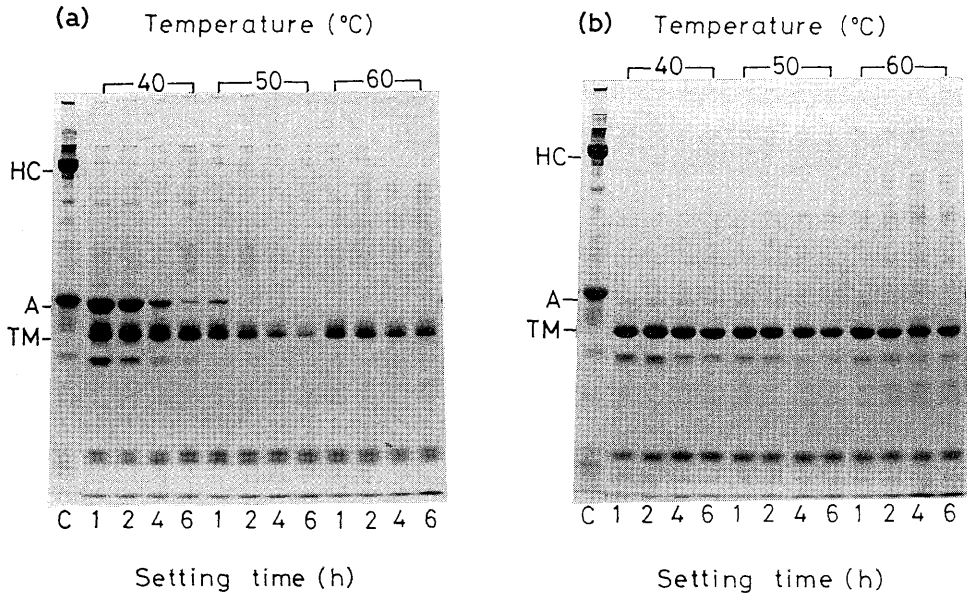


Fig. 7. Changes in SDS-polyacrylamide gel electrophoretic patterns of protein released by centrifugation from setting and setting-heating gels in connection with setting temperatures.

The setting and setting-heating gels were prepared as in Fig. 5. After centrifugation of the gel, the released protein in the supernatant was subjected to SDS-polyacrylamide gel electrophoresis using 10% acrylamide gel by the method of Laemmli.¹⁶⁾

Position of myosin heavy chain, actin, and tropomyosin are indicated as HC, A, and TM, respectively. As a control (C), myofibrillar protein in the surimi of hoki, was also electrophoresed in the same manner.

(a): Setting gel.

(b): Setting-heating gel.

パク質の主成分は、Fig. 7 (a) に示すように、トロポミオンに相当する成分であり、坐り温度が 40°C の場合はそれ以外に少量のアクチンに相当する成分も検出された。また坐り一加熱ゲルから得た離水液について得た結果を Fig. 7 (b) に示すが、同様にトロポミオンが主成分であることを示した。なお、40°C で坐りを行った坐り一加熱ゲルの場合でも、可溶化するタンパク質中にアクチンに相当するバンドは認められなかった。この結果は、可溶化するタンパク質量が最も多いときに約10%に達する点を除けば、イトヨリダイの場合と極めて良く似ている。

以上の結果は、先にも述べたように、30°C 以下の低温における坐りと 40°C 以上の高温での坐りにおいて肉糊中で起こる諸変化に明らかな相違のあることを意味している。すなわち、30°C 以下の坐りでは HC の多量化反応に基づく堅固な網目構造は保水力が強く、各種の成分をそのゲル構造中に保持し易いものに対して、40°C 以上の坐りでは HC 間の多量化反応が抑制されて、脆い構造のゲルを形成するため、保水力が劣っており、高温下においては構造が崩壊し、その離水液中にはアクチンの一部 (G-アクチンは本来水溶性である) や、水溶性で、

耐熱性の性質を有するトロポミオン¹⁴⁾の大部分が溶出してくるものと考えられる。したがって、魚肉タンパク質のゲル化におけるアクチンやトロポミオンの寄与に関する研究は、¹²⁻¹⁵⁾ ゲル形成を行う条件を含めてさらに詳細に検討をする必要がある。

なお肉糊の保水力を測定する際に得られる離水液中のタンパク質を分析し易くするため、本研究では肉糊に対する加水量を増加させた。一方ゲル物性やミオン HC の多量化の反応は、肉糊中のタンパク質濃度に比例して変化することが既に知られている。⁶⁾ それゆえ、タンパク質濃度の相違が、本研究で得た結果に及ぼす影響について検討する必要があるが、この結果については次に報ずる。

本研究の結果は、スケトウダラやイトヨリダイの場合と同様に、ホキの肉糊のゲル化も本質的には HC の多量化反応に依存していることを明らかにした。しかしながら、魚種間にいくつかの相違点が見出される理由については未だ解明されていない。

文 献

- 1) 李 南赫, 関 伸夫, 加藤 登, 中川則和, 照

- 井正三郎, 新井健一: 日水誌, **56**, 329-336 (1990).
- 2) 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).
- 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, **53**, 633-639 (1987).
- 4) 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, **53**, 2060-2065 (1987).
- 5) A. G. Gornall, C. J. Bardawill, and M. M. David: *J. Biol. Chem.*, **177**, 751-765 (1949).
- 6) 西本真一郎, 橋本昭彦, 関 伸夫, 木村郁夫, 豊田恭平, 藤田孝夫, 新井健一: 日水誌, **53**, 2011-2020 (1987).
- 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) 鴻巣章二, 須山三千三 編: 水産食品学, 恒星社厚生閣, 東京, 1987, pp. 258-268.
- 10) T. A. Gill and T. Conway: *Agric. Biol. Chem.*, **53**, 2553-2562 (1989).
- 11) P. H. Odense, T. C. Leung, W. A. Green, and J. R. Dingle: *Biochim. Biophys. Acta*, **188**, 124-131 (1969).
- 12) T. Yasui, M. Ishioroshi, and K. Samejima: *Agric. Biol. Chem.*, **46**, 1049-1059 (1982).
- 13) M. Ishioroshi, K. Samejima, and T. Yasui: *Agric. Biol. Chem.*, **47**, 2809-2816 (1983).
- 14) 鮫島邦彦, 安井 勉: 農化誌, **62**, 892-895 (1988).
- 15) K. Samejima, Y. Oka, K. Yamamoto, A. Asghar, and T. Yasui: *Agric. Biol. Chem.*, **52**, 63-70 (1988).
- 16) U. K. Laemmli: *Nature*, **227**, 680-685 (1970).