

カマボコの足とその品質管理 (3)

品質に及ぼす坐り加熱の温度,時間,および方法の影響

誌名	北海道大学水産学部研究彙報
ISSN	00183458
著者名	橋本,昭彦 西本,真一郎 加藤,登
発行元	北海道大学水産学部
巻/号	37巻1号
巻号補足	
掲載ページ	p. 85-94
発行年月	1986年2月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター

Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



カマボコの足とその品質管理 — 3
品質に及ぼす坐り加熱の温度, 時間, および方法の影響

橋本 昭彦*・西本真一郎*・加藤 登**

Quality Control of Gel-forming Ability in the
Manufacturing of the "Kamaboko"-3.
Effect of temperature and length of incubation period
of salted fish paste on the gel strength of kamaboko,
made from 3 different species of fish

Akihiko HASHIMOTO*, Shin-ichiro NISHIMOTO*
and Noboru KATO**

Abstract

Comminuted mixtures of salt and fish muscle (surimi***) undergo a sol-gel transformation when subjected to a setting**** process at 5-45°C. This process makes the texture of the subsequently cooked gel product, kamaboko*****, more elastic. We demonstrated the effect of the setting conditions (time and temperature) of salted fish paste on the texture of kamaboko made from three different species of fish.

Salted fish paste gelled more rapidly as the setting temperature increased. For kamaboko made from Alaska pollack, excellent texture was obtained in a setting condition with a temperature of 5-10°C for 8-16 h or at 25-35°C for 1-2 h. For kamaboko made from white croaker and tilapia, best results were obtained at 25-35°C for 2-6 h. At 5-10°C, these pastes didn't gel and increments of gel-forming ability were not detected.

In the setting gel, myofibrillar Ca-ATPase and solubility of myofibrils in 0.5 M KCl decreased and myosin heavy chain in myofibrillar proteins partially disappeared. It is assumed that the denaturation of myofibrils possibly influenced the setting phenomenon.

These results showed that the setting process is a very important factor in the manufacturing of kamaboko to improve the gel texture. The establishment of varied suitable setting conditions for differing fish species and its strict control is necessary to insure excellent quality for this fish product.

塩摺りしたすり身(肉糊)を, 50°C以下の温度に放置すると, "坐り"と呼ばれるゲル化を起こすが, このゲルをさらに加熱して作ったカマボコは, 肉糊をすぐ加熱して作った場合に比べて, は

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

** 株式会社 紀文 (Kibun Co. Ltd.)

*** Surimi-raw fish paste obtained by washing and dehydrating the minced tissue, and then grinding it with the addition of sugar and polyphosphate.

**** Setting-preservation of salted surimi at an appropriate temperature for a fixed amount of time.

***** kamaboko-Japanese style fish paste obtained by boiling the salt and surimi mixture.

るかに弾力の強い物性を示すことが知られている。すなわち、坐りの効果は、足の増強、保水力の向上、および、製品の均一化などに貢献すると言われ^{1,2)}、実際に、かなり広く利用されている。製品製造技術の1つである。

著者らは以前より^{3,4)}、一定のゲル物性をもつカマボコの製造を行うことを目的として、その際に障害となる品質のバラツキが製造工程中のどのような段階から生じてくるかを明らかにし、その対応策を検討してきた。そしてその結果、原料段階では冷凍すり身の品質管理の重要性を、また、すり身の解凍から塩摺り、成型に至る工程中では、品温と処理時間の厳密な管理の必要性を示してきた。

そこで、以上のような観点から、本研究では、各種坐りの条件(温度・時間・加温方法)が、スケトウダラ、シログチ、および、ティラピアの肉糊のゲル形成能に及ぼす影響を詳しく検討した。また、坐らせた肉糊中の筋原繊維(Mf)の性質も測定し、坐りゲルの形成とMfタンパク質の性状変化の関係について検討を行った。

実 験 方 法

試料 スケトウダラの冷凍すり身は市販のSA級を用いたが、その水分は75~77%、pHは7.2で、添加物として、ソルビトール4%、砂糖4%、リン酸塩0.2%がすでに加えられていた。シログチおよびティラピアの冷凍すり身は、K値⁵⁾が8-12%の鮮度の良い原料から、一般的方法に従って製造した^{2,6)}。すなわち、血合肉を含まない魚肉落とし身を調製し、肉の5倍量の水で3回晒しを行い、加圧脱水、裏ごし、添加物の混合を行った後、窒素凍結を行い-30°Cで保管した。すり身の添加物組成、水分、およびpHは、スケトウダラの場合と同じに調整した。

肉糊の坐りとゼリー強度の測定 冷凍すり身をHobart社製の小型フードカッターを用いて3%食塩とともにらひ潰し、10~15分後に品温5~10°Cの粘り肉糊を得た。これをケーシングに詰めた後、5~45°Cの各種恒温槽中に保存して坐りを行い、経時的にその一部を取り出してゼリー強度を測定した。また、対照のため、他の一部は坐りを行った後、90°Cで20分間加熱してカマボコを作り、同様に、ゼリー強度の測定に供した。ゼリー強度の測定は、以前に示したように⁷⁻⁹⁾、飯尾電機社製レオロメーターRMT-1300を用いて行い、V型プランジャー(1×12 mmの幅の刃、角度は16°)を試料の表面から11 mmまで進入させた時の荷重の変化より求めた。

坐りを行った肉糊(坐りゲル)からのMf懸濁液の調製とCa-ATPase全活性および塩に対する溶解性の測定 スケトウダラの肉糊を25°Cの恒温水槽に保管して0~7時間坐らせ、一定時間ごとに5 gを精秤して、25 mlの40 mM ホウ酸緩衝液(pH 7.0)を加えて1分間ずつ3回ホモジナイズした。続いて、遠心分離により沈殿を集め、さらに、その沈殿を0.1 M KCl, 40 mM ホウ酸緩衝液(pH 7.0)で数回洗浄した後、一定容量の同上溶液に対して均質に懸濁させた。本操作は、以前に示したように、全て定量的に行った^{9,10)}。Mfのタンパク質量はBiuret法で比色定量し¹¹⁾、サンプル5 g中のMf全タンパク質量として表わした。Mf Ca-ATPase活性(EC 3.6.1.3)は、5 mM CaCl₂, 50 mM KCl, 25 mM Tris-maleate (pH 7.0)、および1 mM ATPの反応混液下で、25°Cにおける生成無機リン酸を比色定量することにより測定し¹²⁾、肉糊5 g中の全活性($\mu\text{mol Pi/min} \cdot 5 \text{ g of sample}$)として表わした。また、MfのKClに対する溶解性は、約5 mg/mlのMf懸濁液に、等量の1 M KCl, 40 mM ホウ酸緩衝液(pH 7.5)を加え、60分間水中でタンパク質を抽出後、3,000 gで15分間遠心分離して上澄に得られたタンパク量を求め、遠心前の全タンパク質に対する割合(%)で示した。

坐りゲル中の筋原繊維タンパク質の組成 坐りゲル0.4 gを精秤し、2% SDS, 8 M 尿素, 2% 2-メルカプトエタノール, 20 mM Tris-HCl (pH 8.0)の溶液7.5 mlに溶解し¹³⁾、水で10倍に希釈し

た後、Weber and Osborn の方法に従って¹⁴⁾、その溶液の $20\ \mu\text{l}$ を 0.1% SDS, 5% ポリアクリルアミドゲルを用いて電気泳動を行った。ゲルは Coomassie brilliant blue-R で染色し、各タンパク質成分の染色強度比を島津 C-R 3A クロマトバック付きの Dual-wavelength TLC Scanner CS-910 で分析した。

結果と考察

スケトウダラのカマボコの坐り条件の検討 ねり製品の製造工程に坐りを組み入れて弾力増強をはかる技術は、カマボコをはじめ、焼チクワ、および揚げカマボコなどにも広く利用されている¹⁵⁾。一般に、カマボコの坐り条件としては、 $30\sim 45^\circ\text{C}$ の高温で $30\sim 90$ 分坐らせる高温坐りと、冷所で一晚程度放置する低温坐りが主に用いられている^{2,15)}。そこで本研究では、スケトウダラすり身より得た肉糊を高温で坐らせた場合および低温で坐らせた場合について、ゲル形成能の変化を調べ、その結果を、それぞれ、Fig. 1 と Fig. 2 に示した。まず、図のそれぞれ左側には、各種温度で肉糊が形成した坐りゲルのゼリー強度の経時変化が示してあるが、その結果は、以前に多くの研究で報告されているように^{8,16~19)}、坐り現象は温度が上昇するほど速やかに起こることがわかる。 $15\sim 35^\circ\text{C}$ の坐りの場合は、検討を行った 100 分以内では、坐りゲル化はまだ進行途中であったが、 45°C では 20 分間の坐りでゼリー強度はすでに最大に達していた。次に、最終製品であるカマボコのゼリー強度に及ぼす高温坐りの効果を調べるため、 $15\sim 35^\circ\text{C}$ では 60 分坐り、また、 45°C

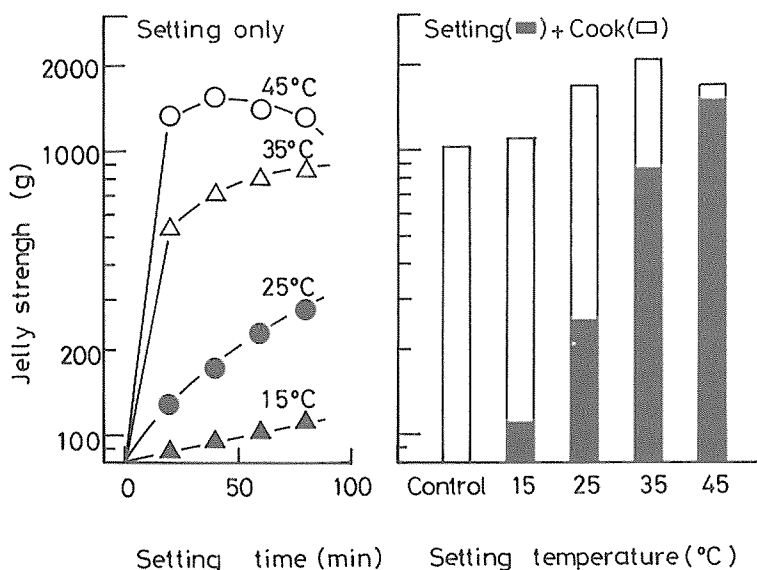


Fig. 1. Effect of the setting at $15\sim 45^\circ\text{C}$ on the jelly strength of kamaboko made from salted fish paste of Alaska pollack.

The salted fish paste ($5\sim 8^\circ\text{C}$) was obtained by grinding the surinmi with 3% NaCl and stuffing it into casings (150 g/tube). These samples were incubated in a water-bath at 15° , 25° , 35° and 45°C for 0–100 min and the jelly strength of these pastes was measured at varying intervals (Ref. 7). Samples, incubated for 1 h at 15° , 25° , 35°C , or 20 min 45°C , were subsequently cooked at 90°C for 20 min, and the jelly strength of kamaboko was also evaluated. Control is the sample that cooked at 90°C for 20 min without setting.

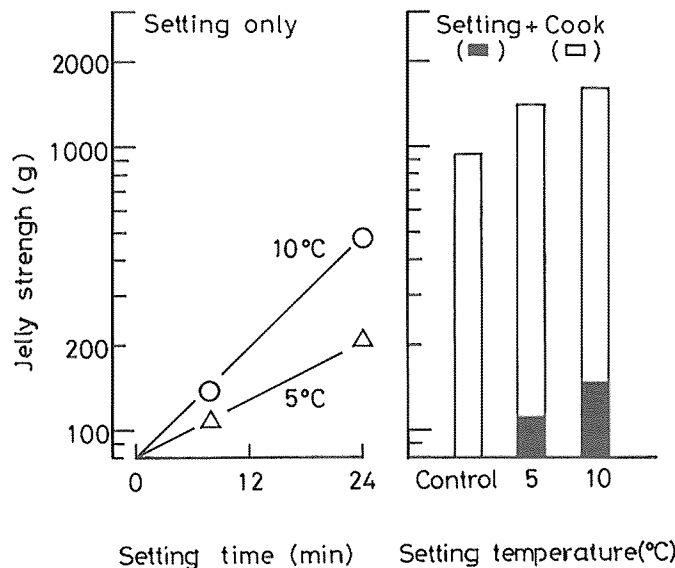


Fig. 2. Effect of the setting at 5-10°C on the jelly strength of kamaboko made from salted fish paste of Alaska pollack.

The experimental method and conditions were the same as in Fig. 1 except that the setting was carried out at 5-10°C for 0-24 h and kamaboko was prepared from fish paste incubated for 10 h at 5-10°C.

Cでは20分坐りを行い、続いて、90°Cで20分間加熱してカマボコを作り、そのゼリー強度を比較した (Fig. 1 右図)。この結果によると、25~45°Cの坐りでは明らかに効果があらわれ、弾力性の増加が観察されたが、15°Cの坐りでは、坐りなしのカマボコと比較して、あまりゼリー強度に大差はなく坐りの効果は小さかった。なお、後で示すように (Fig. 5), 坐り時間をさらに長くするとゼリー強度はさらに増大する傾向を示したが、2時間以上の坐り工程は生産性、経済性、および衛生上の観点からあまり実用的でなく、また、坐らせすぎたカマボコの食感は官能的にも好ましくないため^{2,15)}、図に示したような時間の範囲内で最も好ましい物性が得られるような温度を選定することが望ましいと思われる。一方、5°Cおよび10°Cで10時間坐らせたカマボコのゼリー強度も対照に比べて増強されており、明らかに坐りの効果が認められた (Fig. 2 右図)。

坐り加熱の方法とカマボコのゼリー強度 Fig. 1 および 2 に示した結果は、坐りを行う際に、肉糊を折径 48 mm のケーシングチューブに 150 g ずつ詰め、一定温度の恒温水槽へ保管する方法を用いたが、その時の肉糊の中心温度は、目的とする設定温度に約 12~15 分で到達していた。しかしながら、実際のカマボコ製造工程においては、坐り加熱を行う場合の媒体としては蒸気を使う場合が多く、肉糊の品温上昇スピードは、明らかに水を媒体とした場合とは異なることが予想される。そこで、スケトウダラの肉糊を折径 48 mm のケーシングに詰め、35°C の蒸し器 (A), または乾燥器 (C) で坐りを行った場合、および、量目 300 g の板付きカマボコ (いわゆる、小板⁶⁾) とし、蒸し器 (B) で坐らせた場合について、その製品の中心温度の変化を経時的に調べ、Fig. 3 (左図) とした。比較として、ケーシング詰め肉糊を、35°C の恒温水槽へ保管した場合についても検討し図中に点線で示した。この結果によると、ケーシングカマボコの中心温度が設定温度に到達するまでの時間は、水を媒体とした場合が約 13 分、蒸気の場合が約 20 分、および空気の場合が 60 分以

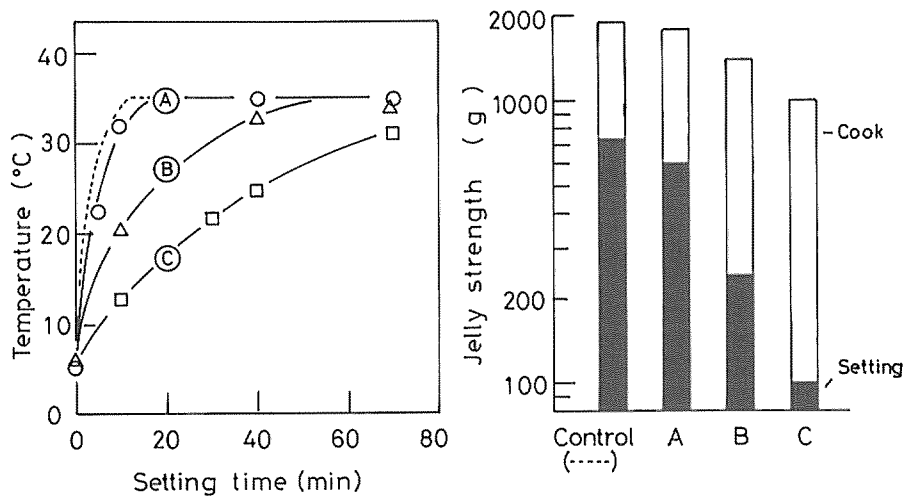


Fig. 3. Effect of the methods for incubation of salted fish paste on jelly strength of kamaboko. The experimental method and conditions were the same as in Fig. 1 except that the sample (150 g/casing tube) was incubated at 35°C in water-bath (dotted line), in steam-bath (A), and in dry-house (C) for 100 min. As a comparison, the setting at 35°C in steam-bath was conducted for "itatuki-kamaboko", made by killing the salted fish paste (300 g) upon a thin wood plate (13×5×1 cm), like a dome style (B). Kamaboko was prepared from the fish paste incubated for 15 min in each contrivance.

上で、一方、板付けカマボコの場合は約45分必要なことがわかった。そこで次に、坐り時間を15分と一定にしてカマボコを作り、得られた坐りゲルおよびカマボコのゼリー強度を測定し各坐り方法ごとに比較した (Fig. 3 右図)。その結果によると、ゼリー強度は、媒体が水、蒸気、空気順に、また、媒体が同じ場合には、量目が小さいものほど高い値を示すことが明らかとなった。すなわち、坐り工程中では、実際の肉糊自身が示す品温とその放置時間がカマボコの足に影響するため、一定の品質のカマボコを製造するには、各製造ラインおよび個々の商品ごとに、時間と品温の管理を行うことが必要である。

坐り中に起こる Mf タンパク質の性質の変化 坐り工程における品温管理の重要性をすでに述べてきたが、肉糊中で起こっている現象をより正確にとらえるには、坐りゲルから直接 Mf を調製し、そのタンパク質の変性度との関係を調べるのが大切であると思われる^{4,9)}。そこで、Fig. 4 には、25°C 坐りの場合について、坐りゲルより Mf を調製し、その Ca-ATPase 全活性、塩に対する溶解性、および、坐りゲルの SDS ポリアクリルアミドゲル電気泳動図とミオシン重鎖の含量 (相対染色強度として算出) を調べ、これらの変化と坐り (ゲル化) の進行との関係をプロットした。この結果によると、Ca-ATPase と溶解性は肉糊のゲル化が約 30% に達する 1.5 時間後にほぼ完全に失われ、一方、ミオシン重鎖の量はゲル化が約 100% に達するまで徐々に減少していくことが認められた。このことはつまり、1 時間程度の短い坐り工程の場合には、Ca-ATPase と溶解性が有効な品質管理指標となり得ることを示し、一方、長時間の坐りの場合には、ミオシン重鎖の量を追跡することが有効な手段であるように思われる。沼倉らは¹³⁾、この坐りに伴うミオシン重鎖の減少理由を、肉糊中のミオシンが交差反応を起こし高分子量成分を生成したためであると報告している。なお、SDS 電気泳動に供試した試料は、肉糊を尿素-SDS 溶液に可溶化したものであるが、その時の溶解度は Fig. 4 に示すように、7 時間坐りのものでも 97% を示し、この電気泳動図の結果

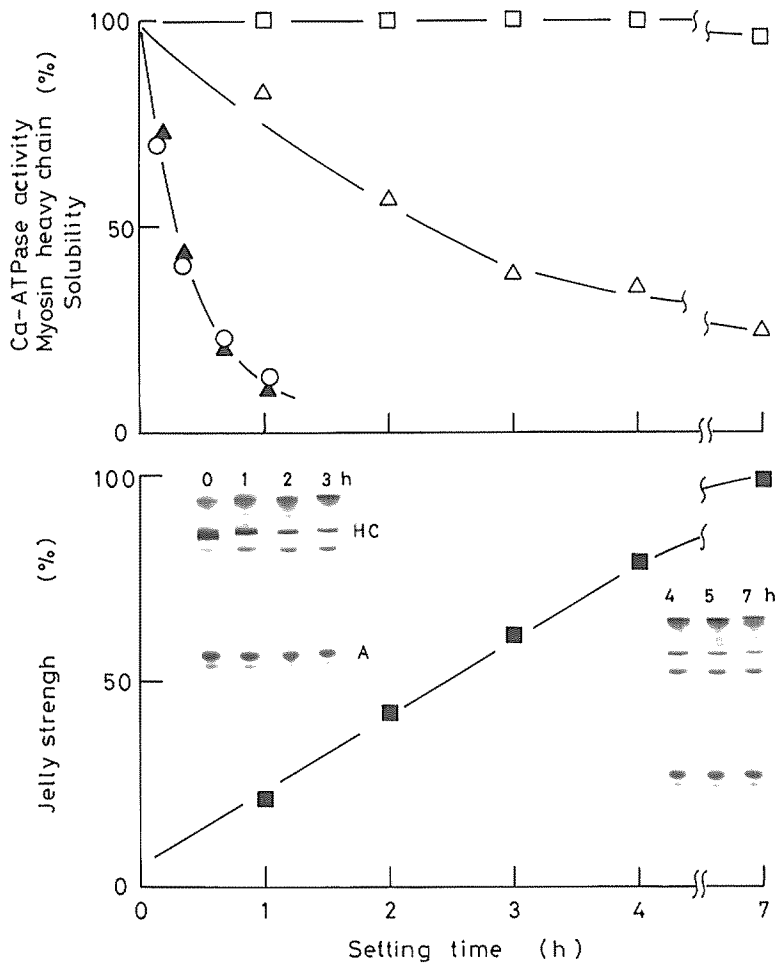


Fig. 4. Changes in some properties of myofibrillar proteins in the salted fish paste during the setting.

As shows in Fig. 1, the salted fish paste of Alaska pollack was incubated at 25°C for 7 h. During the setting, the myofibrils were quantitatively prepared from 5 g of the paste, and myofibrillar Ca-ATPase and its solubility in 0.5 M KCl were determined as described in Refs 4 and 9. 0.4 g of the paste was also dissolved in 2% SDS, 8 M urea, 2% 2-mercapto-ethanol, 20 mM Tris-maleate (pH 8.0), and applied to SDS-polyacrylamide gel (5%) electrophoresis (Refs 13 and 14). Relative intensity of the stained gel, corresponding to myosin heavy chain, was determined by densitometry. In this figure, these indexes were expressed as the the relative values and the estimated values for 100% were as follows;

Total myofibrillar Ca-ATPase activity (▲)-120 μ mol Pi/min 5 g paste

Solubility in 0.5 M KCl (○)-75%

Solubility in above urea-SDS solution (□)-100%

Myosin heavy chain in myofibrils (relative intensity) (△)-29%

Jelly strength of the setting gel (■)-910 g

Abbreviation used are; HC=myosin heavy chain, A=actin, SDS=sodium dodecyl sulfate.

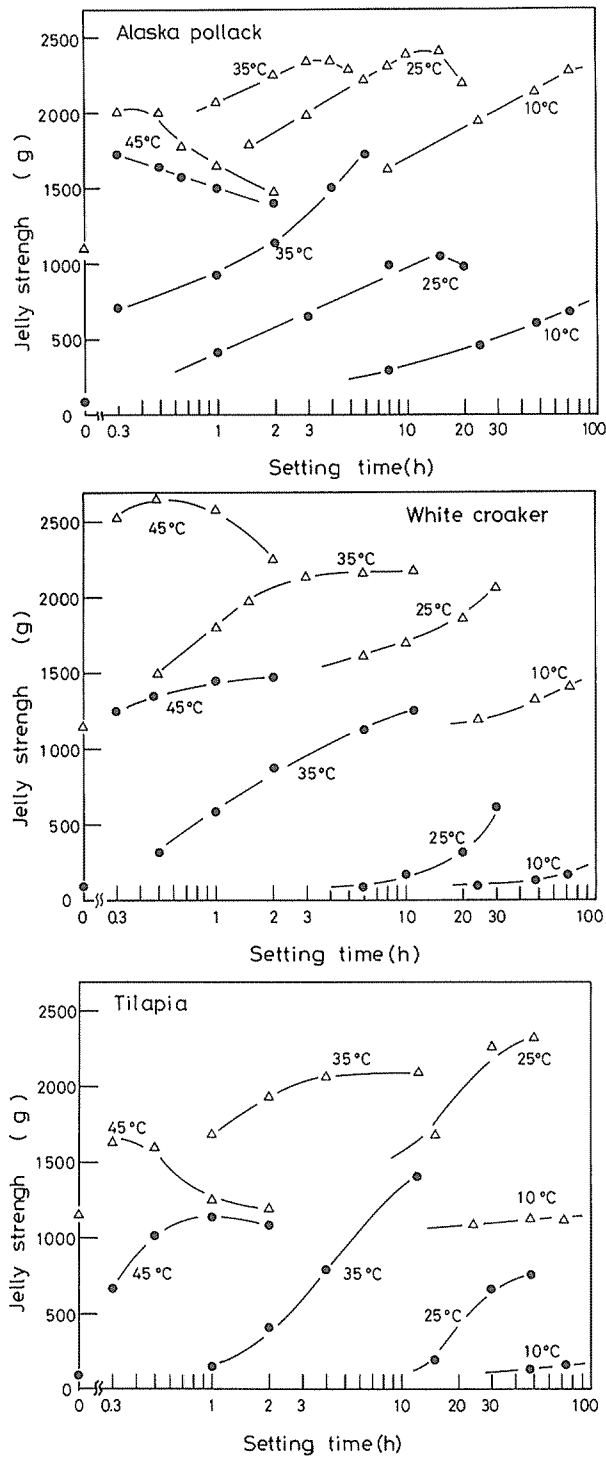


Fig. 5. Effect of the setting conditions (time-temperature) on the jelly strength of kamaboko made from salted fish pastes of Alaska pollack, white croaker, and tilapia. The experimental method and conditions were the same as in Fig. 1 except that the setting was performed at 10–45°C for 0–100 h using the salted fish pastes from 3 different species of fish. (●) Setting gel, (△) Kamaboko.

が肉糊中の全 Mf タンパク質の成分組成を示すことは明らかである。ミオシン重鎖に相当するバンドの相対染色強度は、図には示していないが、0 時間坐りの 30% から 7 時間坐りの 7% まで、約 80% 近く減少するわけであるが、一方、Mf 中にかなりの量を占めるアクチンの相対染色強度は、いずれのサンプルでも一定であり ($20.1 \pm 0.5\%$)、アクチンは坐り中に、自分自身およびミオシンとそれほど相互作用を起こさず、添加物のような形で網目構造に取り込まれていることが示唆される。また、坐りを行う前の肉糊は粘性が高く、Mg-ATP を加えると粘度低下を起こすことから、肉糊中のアクチンとミオシンはアクトミオシン複合体を形成していることが考えられるが(橋本ら、未発表)、このような状態からでも、坐り加熱によって、ミオシンは相互作用を起こせることが示唆される。いずれにしても、これら Mf の各種性質が直接測定できることは、肉糊の坐りの進行度合を調べるうえで有効な品質管理指標になり得ることは明らかである。

スケトウダラ、シログチ、ティラピア肉糊のカマボコ形成能に及ぼす坐り時間と温度の影響 スケトウダラ、シログチ、および、ティラピアの肉糊を $10 \sim 45^\circ\text{C}$ の各種恒温水槽中に保管し、その坐りゲルおよびさらに加熱して作ったカマボコのゼリー強度を経時的に測定して、その結果を Fig. 5 に示した。この実験では、これら魚種のゲル化特性を詳しく比較することを目的としたので、実際の製造工程では非現実的な時間まで坐りを行っている。この結果によると、坐りによるカマボコの足の増強効果は、温度が高いほど坐り時間が短くて済むことが明確であるが、そのパターンは魚種間で異なっていた。スケトウダラでは、 10°C でも坐りゲル化は速やかで、低温坐りの効果は大きかったが、一方、ティラピアとシログチでは、低温の坐りは遅く、むしろ、高温坐りの方が効果的であった。 35°C 坐りの場合は、いずれの魚種でも足の増強には効果的であったが、このゼリー強度を最大にするのに必要な坐り時間は、スケトウダラでは約 2 時間、シログチでは約 4 時間、および、ティラピアでは約 8 時間となり、魚種間で差がみられた。 45°C 坐りでは、いずれの魚種でも、30 分以上坐らせると肉糊のカマボコ形成能はむしろ低下する傾向を示したため、この場合には、20 分程度坐らせた後、本加熱することが望ましかった。なお、このゲル形成能の劣化は、いわゆる“戻り”と呼ばれる現象で、志水らが無晒し肉糊で行った魚種間の比較実験によると²⁹⁾、スケトウダラとティラピアは極めて戻りやすい魚に分類されており、本研究のすり身で行った結果とよく似た傾向を示した。しかしながら、この戻り現象の機構については、その原因が、タンパク自身の性質にあるのか、肉糊中に混在してくるプロテアーゼの作用によるものなのか、いまだその詳細については不明のままである²¹⁻²⁵⁾。さて、これら魚種間で得られた肉糊のゲル化特性の相違は、その主要成分である Mf タンパク質の温度感受性^{26,27)}の相違に基づくものであらうと考えられるが、実際のすり身中には、Mf タンパク質以外の成分がかなり混在しており²⁸⁾、本来のゲル化特性にかなりの影響を及ぼす可能性が考えられる²⁹⁾。最近になって志水も³⁰⁾、魚のゲル化特性には各種要因が係わってくることを認め、例えば、供試魚の漁獲期日、大きさ、年齢、雌雄、漁場、漁法、死後経歴の明示の必要性を強調している。従って、Fig. 5 で示したようなゲル化曲線を、さらに多くの魚種について、また、同じ魚種では、鮮度の異なる場合、落とし身とすり身の場合などについて、今後検討していく必要があると考えている。

以上の結果をまとめると、坐り工程は、カマボコの製造においてそのゲル物性を改良するうえできわめて重要な技術であり、魚種ごとに、最も好ましい食感の得られる坐りの温度と時間を設定し、その坐り条件を厳密に管理することが、一定のすぐれたカマボコ製品を供給するうえで大切なことである。

おわりに、論文の御校閲を賜った、本学部の新井健一博士に対して深く感謝致します。

文 献

- 1) 新水産ハンドブック (1985). 水産加工, ねり製品, 第9章 (志水 寛他編) p. 552-554, 講談社, 東京.
- 2) 岡田 稔 (1981). 新版魚肉ねり製品 (岡田 稔他編), 製造の理論と実際, ねり製品の足とその増強, 第3章, p. 189-211, 恒星社厚生閣, 東京.
- 3) 橋本昭彦・加藤 登 (1985). カマボコの足とその品質管理-1, 冷凍すり身の品質と解凍温度の影響, 北大水産彙報, **36**, 139-146.
- 4) 橋本昭彦・西本真一郎・加藤 登 (1985). カマボコの足とその品質管理-2, 肉糊の品質変化に及ぼす保管条件の検討, 北大水産彙報, **36**, 258-266.
- 5) 内山 均・江平重男・加藤 登 (1974). 魚の品質, 魚類筋肉スケレオチドの消長と生鮮度, p. 81-103, 水産学シリーズ (4), 恒星社厚生閣, 東京.
- 6) Tanikawa, E. (1971). Marine Products in Japan, p. 340-372, Koseisha-Koseikaku, Tokyo.
- 7) 橋本昭彦・加藤 登・野崎 恒・丸山 勉 (1983). 解凍したスケトウダラすり身の品質に及ぼす温度の影響, 日本誌, **49**, 1429-1436.
- 8) 加藤 登・橋本昭彦・野崎 恒・新井健一 (1984). スケトウダラ, シログチおよびティラピアの肉糊の坐り速度に及ぼす温度の影響, 同誌, **50**, 2103-2108.
- 9) 橋本昭彦・加藤 登・野崎 恒・新井健一 (1985). 塩ずりした魚肉の品質に及ぼす保管温度の影響, 同誌, **51**, 847-853.
- 10) 加藤 登・野崎 恒・小松一宮・新井健一 (1979). スケトウダラ冷凍すり身の一新品質判定法, 同誌, **45**, 1027-1032.
- 11) Gornall, A.G., Bardawill, C.S. and David, M.M. (1949). Determination of serum proteins by means of the biuret reaction. *J. biol. Chem.*, **177**, 751-766.
- 12) 高橋泰常 (1962). 生化学の領域における光電比色法, 各論 2 (関根隆光他編), p. 13-14, 南江堂, 東京.
- 13) 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 (1985). 坐りによる肉糊のゲル形成とミオシンの交差結合反応, 日本誌, **51**, 1559-1565.
- 14) Weber, K. and Osborn, M. (1969). The reliability of molecular weight determinations by dodecyl sulphate-polyacrylamide gel electrophoresis. *J. biol. Chem.*, **244**, 4406-4412.
- 15) 山本常治 (1981). 新版魚肉ねり製品 (岡田 稔他編), 製造の理論と実際, 冷凍すり身の使用方法, 第3章, p. 227-242, 恒星社厚生閣, 東京.
- 16) 清水 亘 (1967). 水産ねり製品, 製造法, 第4章, p. 192-205, 光琳書院, 東京.
- 17) 志水 寛・町田 律・竹並誠一 (1981). 魚肉肉糊のゲル形成特性に見られる魚種特異性, 日本誌, **47**, 95-104.
- 18) Lanier, T.C., Lin, T.S., Liu, Y.M. and Hamann, D.D. (1982). Heat gelation properties of actomyosin and surimi prepared from Atlantic croaker. *J. Food. Sci.*, 1921-1925.
- 19) 山内寿一・福田 裕・村井裕一 (1981). サバすり身の加熱温度, 時間によるゲル形成特性, 第15回水産物利用加工試験研究全国連絡会議資料 (水産庁), p. 18-21.
- 20) 志水 寛 (1981). カマボコの足, ニューフードインダストリー, **23**, 65-76.
- 21) 志水 寛・吉本晴樹・清水 亘 (1962). カマボコの足について-XII, “もどり”の現象, 日本誌, **28**, 610-615.
- 22) Makinodan, Y. and Ikeda, S. (1971). Studies on fish muscle protease IV. Relation between himodori of kamaboko and muscle protease. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, **37**, 518-523.
- 23) Cheng, C.S., Hamann, D.D. and Webb, N.B. (1979). Effect of thermal processing on minced fish gel texture. *J. Food. Sci.*, **44**, 1080-1086.
- 24) 岩田和士・小橋恭一・長谷純一 (1979). 筋肉アルカリ性プロテアーゼの研究-VII. かまぼこの“火もどり”におよぼすシログチおよびマアジの筋肉アルカリ性プロテアーゼとたん白質画分の影響, 日本誌, **45**, 157-161.
- 25) Lanier, T.C., Lin, T.S., Hamann, D.D. and Thomas, F.B. (1981). Effects of alkaline protease in minced fish on texture of heat-processed gels. *J. Food. Sci.*, **46**, 1643-1645.
- 26) 橋本昭彦・小林章良・新井健一 (1982). 魚類筋原繊維 Ca-ATPase 活性の温度安定性と環境適応, 日本誌, **48**, 671-684.
- 27) Hashimoto, A. and Arai, K. (1984). Temperature dependence of Mg-ATPase activity and its

- Ca-sensitivity of fish myofibrils. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, **50**, 853-864.
- 28) 西岡不二男 (1984). 魚肉ねり製品 (志水 寛編), 水晒, p. 62-73, 水産学シリーズ (50), 恒星社厚生閣, 東京.
- 29) 橋本昭彦・加藤 登・野崎 恒・新井健一 (1985). サバ筋肉中のゲル形成能低下要因について, 日水誌, **51**, 425-432.
- 30) 志水 寛 (1984). 魚肉ねり製品 (志水 寛編), カマボコ形成能, p. 9-24, 水産学シリーズ (50), 恒星社厚生閣, 東京.