

筋原線維タンパク質の性状変化からみた連続式ミキサーによるすり身の塩摺り条件の検討

誌名	日本水産學會誌
ISSN	00215392
著者	加藤, 登 中川, 則和 照井, 正三郎
巻/号	55巻7号
掲載ページ	p. 1243-1251
発行年月	1989年7月

筋原線維タンパク質の性状変化からみた連続式ミキサーによる すり身の塩摺り条件の検討

加藤 登, 中川 則和, 照井正三郎

(1988年12月22日受付)

Changes in Myofibrillar Protein in Surimi during grinding with NaCl in Relation to Operating Condition of a Continuous Mixer

Noboru Kato,* Norikazu Nakagawa,* and Shozaburo Terui*

Frozen surimis made from Alaska pollack and thread-fin bream were ground with NaCl and with three different types of mixers. The efficiency of the mixers was examined by measuring the changes in temperature of salted meat paste, the salt-solubility of myofibrillar (Mf) protein along with cross-linking of myosin heavy chains (HC) in the paste, and the jelly strength of kamaboko made from the same paste.

The highest jelly strength was obtained from salted meat paste ground at a temperature below 10°C and 23°C in the cases of Alaska pollack and thread-fin bream, respectively. As the temperature of the meat paste rises, insolubilization of Mf protein along with the formation of a myosin HC polymers was observed.

From the results above-mentioned method the necessity of grinding surimi with NaCl, so-called "shiozuri", in order to produce a favorable quality of kamaboko was revealed.

ねり製品の製造にあたって、すり身の塩摺りはその品質を左右する重要な工程である。食塩の投入量とそのタイミングおよび摺上がり温度や時間等を管理するのに、まだ経験豊かな作業者の判断に依存するのもそのせいである。本工程には石臼式播潰機やサイレントカッターが使用されており、近年は高速カッターも用いられるようになったが、これらの優劣に関する基礎的な研究¹⁻⁷⁾は余り見られない。

塩摺り工程に関する従来の方法の問題点を整理すると、①特に夏季では塩摺り時間が長くなるにつれて品温の上昇が大きくなること、②すり身の温度上昇が起こると塩摺り時間のコントロールが困難となることなどのため、製品の品質に担当者による個人差が生じやすくなる。③一度に大量の塩摺り身を調製するいわゆるバッチ式であるため、次の成型工程までの滞留時間が長くなりその結果、品質の劣化を招き易いことなどがあげられる。著者らは先に、塩摺り身の保管温度と時間が製品のゲル形成能に大きく影響することを報告した。⁸⁻¹¹⁾今回は①塩摺り時間を短縮し、②品温のコントロールをし、③塩摺り身を滞留させることなく次の成型工程に供給する工法が理想であると考えて連続式攪拌機¹²⁻¹³⁾(または連続式ミキサー)を開発した。そこで本機を使用してす

り身の塩摺り条件が製品の品質に及ぼす影響を検討し、併せてねり製品の製造における塩摺り工程の役割を明らかにすることを目的とした。

実験方法

試料 スケトウダラ *Theragra chalcogramma* の冷凍すり身は、市販の SA, FA および RA の各等級と陸上 2 級の製品を使用した。比較のため用いたイトヨリダイ *Nemipterus virgatus* のすり身は SA 級に相当するもので、-30°C に貯蔵後使用した。冷凍すり身中の添加物の表示はソルビトール 4%、砂糖 4%、重合リン酸塩 0.2% であったが、陸上 2 級とイトヨリダイの場合は砂糖 5% と重合リン酸塩 0.25% であった。なお、すり身の水分はいずれも 76~82% で pH 7.1~7.4 であった。いずれのすり身も製造 6 ヶ月以内に実験に供した。

連続式ミキサー 本機は、-4°C に解凍したすり身フレックに対して 3% 食塩、30% の水などの原料を混合してミキサー内にポンプで圧送し、ローターが回転してステーターのピンとの間に生ずる剪断作用によって均一に混合、混練および分散を行う機構となっている。また、装置内部に冷媒を通じて冷却しながら塩摺りすることが可能である。本装置の構造図を Fig. 1, に示したが、塩

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

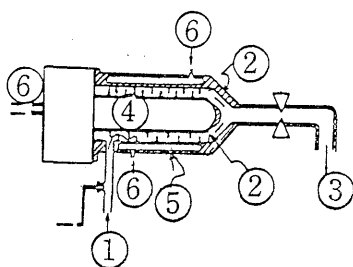


Fig. 1. Assembly of the continuous mixer

- 1 Inlet of raw material.
- 2 Surimi and salt mixing area; having 4.5 kg/h capacity.
- 3 Outlet of mixed surimi paste, leading to molding machine.
- 4 Pin-rotor shaft.
- 5 Pin-rotor drum.
- 6 Inlet and outlet of cooling water, circulating between the inside of the rotor and the outside of the stator.

摺りに際して、ローターの回転数を 160~600 rpm ので操作した。また、原料のミキサー内の通過時間を 30~1600 s の範囲で加減すると原料の処理流速として 540~10 kg/h となる。冷媒として 0~2°C の氷水を用いた。

比較のため使用した石臼式搥潰機（明石鉄工所製）は最大処理容量 10 kg のもの、サイレントカッター（山口鉄工所製）は最大容量 25 kg 用のものである。

塩摺り身中の筋原線維 (Mf) タンパク質の Ca-ATPase 活性と溶解性の測定 塩摺り中の肉糊 5 g を精秤し、25 ml の 40 mm ホウ酸緩衝液 (pH 7.0) を加え、日本精機製ユニバーサルホモジナイザー HB 型で冷却しながら 20,000 rpm で 1 分間ずつ 3 回ホモジナイズした。遠心分離で集めた沈殿を 0.1 M KCl, 40 mm ホウ酸緩衝液 (pH 7.0) で数回洗浄した後、一定容量の同緩衝液に対して均質に懸濁させた。この Mf 懸濁液のタンパク質濃度はビュレット法により比色定量し、また、Ca-ATPase 活性は 5 mm CaCl₂, 50 mm KCl, 25 mm Tris-maleate (pH 7.0), および 1 mm ATP の混液中で 25°C で反応させ、生成する無機リン酸を比色定量して求めた。^{14,15)}

Mf タンパク質の溶解性¹⁶⁾は、8~10 mg/ml の Mf 懸濁液に対して等量の 1 M KCl, 40 mm ホウ酸緩衝液 (pH 7.0) を加えて水中で 1 時間攪拌しながら抽出をおこなない、3,500×g で 15 分間遠心分離して、上澄中のタンパク質量を定量し、遠心分離前のタンパク質量に対する割合 (%) で表した。

ゲル強度の測定 塩摺り中の肉糊 200~250 g を折り径 48 mm ケーシング・チューブに詰め 35°C の恒温槽中で 1 時間坐らせ、さらに 85°C で 30 分間加熱してカ

マボコを調製した。ゲル強度の測定は飯尾電機社製レオユニット S-RMT により、厚さ 13 mm の輪切した試料の表面から V 型プランジャー (1×12 mm 幅の刃、角度 16°) を 12 mm まで進入させ、最初の破断に必要な荷重 (g) をゲル強度として表した。

SDS ポリアクリルアミドゲル電気泳動 加熱ゲルを均質に砕いた後、SDS-尿素溶液 (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) 溶液) を加えて約 20 時間攪拌して完全に溶解した。一定量を SDS ポリアクリルアミドゲル電気泳動 (5% ゲル並びに 1.8% ゲル使用) に供し、Coomassie Brilliant blue R-250 により染色を行った。デンストメーターでタンパク質の成分組成を分析し、ミノシン重鎖 (HC) 量と多量体 (HC)_n 量を測定した。^{17,18)}

実験結果と考察

塩摺り肉の品温とゲル形成能に対する攪拌機の機種の影響 従来広く使われてきた塩摺り機として代表的な石臼式搥潰機 (以下搥潰機と呼ぶ)、サイレントカッターおよび、Fig. 1 に示した連続式攪拌機 (以下連続式ミキサーと呼ぶ) の 3 機種についてそれぞれ塩摺り時間、肉糊温度およびこの肉糊から作ったカマボコのゲル強度 (以下肉糊のゲル形成能とよぶ) の関係を Fig. 2 に示した。まず、スケトウダラのすり身についての結果 (同図 A) からわかるようにいずれの機種についても塩摺りの時間経過に伴って、肉糊の温度は単調に上昇するのに対し、肉糊のゲル形成能は一旦最大値に達した後、減少する傾向を示した。サイレントカッター (○) では肉糊のゲル形成能が最大に達するまでの攪拌時間は約 20 分で、その時の肉糊の温度は 8~10°C であった。搥潰機 (□) の場合はゲル形成能が最大値に達するのは 40~60 分後で品温はやはり 8~10°C であった。ゲル形成能の最大値はサイレントカッターの場合とほぼ同じであるが、温度やゲル強度の変化が 20~30 分遅れた。一方、連続式ミキサー (△) ではわずか 10 分以内にゲル形成能が最大に達し、その値は前二者より 20~30% 大きかった。また、この時の品温も約 10°C であった。ただし、塩摺りがこれ以上長時間に及ぶと肉糊の温度がさらに上昇し、15°C に達するとゲル形成能はむしろ減少の傾向を示したが、これはいずれの機種でも同じであった。

以上の結果から、3 種の機種による塩摺りについて比べると、肉糊のゲル形成能が最大値に達するまでに要する時間は機種によってかなり異なるが、ゲル形成能が最大に達したときの肉糊の温度は機種によってほとんど相違がないことが判った。しかし、ゲル形成能の最大値は連続式ミキサーの場合他の二者より明らかに高かった。塩摺りの工程は、本来すり身と NaCl を良く混合するこ

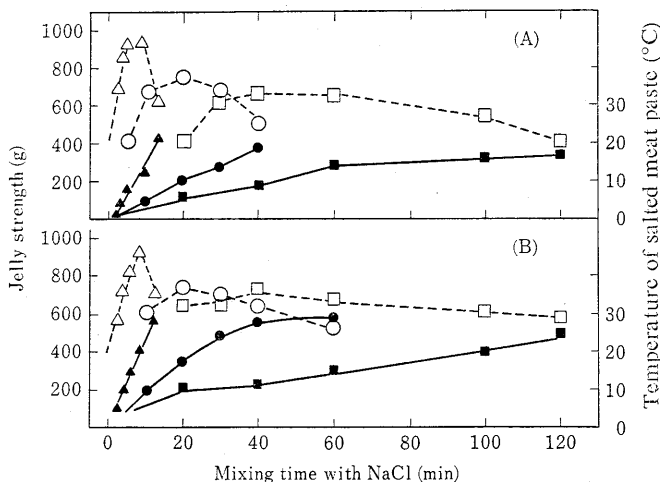


Fig. 2. Changes in temperature of salted meat and jelly strength of kamaboko prepared from the same paste during grinding surimi with NaCl.

Frozen surimi made from Alaska pollack (A) and thread-fin bream (B) were thawed at -1°C and ground with 3% NaCl in the presence of 30% water by three different types of mixers. During grinding, a portion of salted meat paste was taken out, stuffed into casing, and incubated at 35°C for 1 h followed by heating at 85°C for 30 min to produce kamaboko. The jelly strength of kamaboko measured with a Rheometer. Temperature (closed symbols) of the salted meat was also measured.

Jelly strength: stone-mill (\square), silent cutter (\circ), continuous mixer (600 rpm) (Δ).

Temperature of salted meat paste: stone-mill (\blacksquare), silent cutter (\bullet), continuous mixer (\blacktriangle).

とが目的であるが、このとき肉糊の温度が一定以下に保持されることが必要条件であることが示唆された。

次に、イトヨリダイのすり身を用いて検討した結果を Fig. 2 B に示した。これによると、塩摺りに伴って起こる肉糊のゲル形成能の増加と肉糊の温度上昇の傾向はスケトウダラの場合 (Fig. 2 A) と同じであった。すなわち、肉糊のゲル形成能が最大に達するまでに要する時間は擂潰機 > サイレントカッター > 連続式ミキサーの順であるが、その時の肉糊の温度は、機種に関わりなく $10\sim 20^{\circ}\text{C}$ の範囲で、この温度はスケトウダラの場合より高かった。しかし、ゲル強度の最大値はスケトウダラの場合と似た値であり、機種との関係もよく一致した。すなわち、ゲル形成能の最大値は常に連続式ミキサーでは他の二者より 1.3 倍高い値を示した。いずれの機種でもゲル形成能が最大になるときの肉糊の温度に変わりなかったが、冷却装置を備えているため連続式ミキサーでは所要時間が短い擂潰機とサイレントカッターによる場合は、NaCl の混合に時間がかかり、品温が上昇するため、攪拌中に Mf タンパク質の一部に変性が起こることが予想され、また、擂潰機では攪拌が均質でないことが考えられる。

塩摺り肉中の筋原線維タンパク質の性状に及ぼす攪拌機の機種の影響 次に、塩摺りによって起こる肉糊中の塩溶性タンパク質量と Ca-ATPase 全活性の経時変化を

各機種について検討した。塩溶解性の変化を Fig. 3 に示した。同図 A に示したスケトウダラについての結果によると、何れの機種についても塩摺りに伴って肉糊中の塩溶性タンパク質の溶解性は一旦増加した後、減少する傾向を示した。また、最大値に達するまでに要する時間は連続式ミキサー < サイレントカッター < 擂潰機の順に長くなり、かつこの時間は同じ肉糊のゲル形成能が最大に達する時間とほぼ一致した。さらに同図 B に示したイトヨリダイの場合も、スケトウダラと同じ傾向を示した。しかし、塩溶性タンパク質の溶解性が最大値に達するときの肉糊の温度はスケトウダラの場合よりも高く、これはいずれの機種でも同じで、さらに塩溶性が最大に達する温度はゲル形成能が最大に達するときの温度とほぼ一致した。なお、図示を省略したが、いずれの魚種についても、肉糊中の Ca-ATPase 全活性値は塩摺り工程中はほぼ一定で変化がなかったが、ゲル形成能や Mf タンパク質の溶解性が低下が始まると (肉糊がある一定温度に達する) と、徐々に減少する傾向を示した。

その攪拌効率が著しく異なる 3 種の攪拌機を使用した以上の結果から、いわゆる塩摺りは、すり身中の Mf タンパク質を変性させない状態で、NaCl と十分に混合する工程であるといえるであろう。すなわち、Mf タンパク質の食塩に対する溶解性や Ca-ATPase 全活性が低下しないような条件で塩摺りすると得られるカマボコは

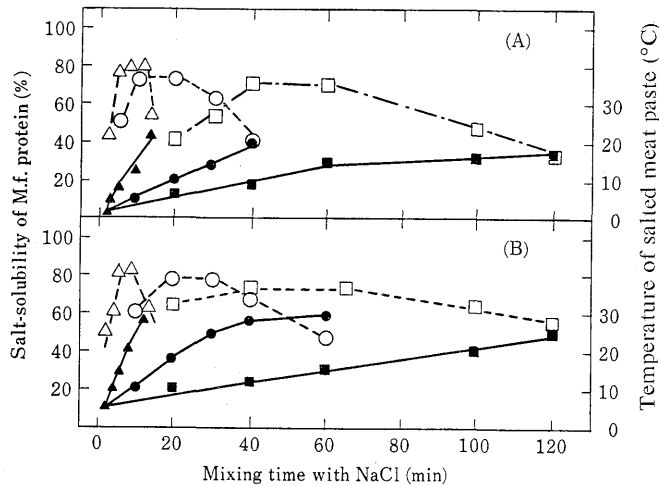


Fig. 3. Changes in salt-solubility of myofibrillar protein in surimi during grinding with NaCl. Frozen surimi made from Alaska pollack (A) and thread-fin bream (B) were thawed and ground with NaCl as in Fig. 2. During grinding, 10 g of each salted meat paste was taken out, mixed with 30 ml of water, and centrifuged at $3,500\times g$ for 15 min. The precipitate was redissolved into a 0.5 M KCl (pH 7.0) solution for 1 h. On centrifugation at $3,500\times g$ for 15 min, protein concentration in the supernatant thus obtained was determined by the Biuret method. The salt-solubility of myofibrillar protein was expressed as a relative value (%) on the basis of protein concentration in surimi not ground with NaCl.

Salt-solubility: stone-mill (□), silent cutter (○), continuous mixer (600 rpm) (△).

Temperature of salted meat paste: stone-mill (■), silent cutter (●), continuous mixer (▲).

最大のゲル強度を呈し、逆に、これらが低下する条件下ではゲル強度も減少の傾向を示すからである。これらのことは塩摺り中の肉糊の品温との関連から、またゲル強度が最大になる温度は魚種によって相違することが示された。

さらに、本研究で検討した連続式ミキサーは、従来から使用されてきた播潰機やサイレントカッターに比べて極めて短時間の内に、上記のような塩摺り効果をあげることが出来ることが示された。

連続式ミキサーの操作条件とカマボコの品質の関係

本機では、ローターの回転速度やすり身の処理量（時間当たりの身送りポンプによる供給量）を変換することが可能である。そこで回転速度と処理量が製品の品質におよぼす影響について検討した。ローターの回転速度を 160, 300, 400, および 600 rpm, すり身の供給量を 10 kg/h ~ 400 kg/h の間で変えたとき、得られたカマボコの品質を検討した。結果を Fig. 4 に示した。さらに同図にカマボコのゲル強度が最大値を示すような塩摺りの操作条件とその際の肉糊の品温の関係を示した。それによるとローターの回転速度が 600 rpm で供給量が 400 ~ 200 kg/h で操作するとき肉糊の品温は 2 ~ 8°C, 400 rpm で 200 ~ 80 kg/h のとき 0 ~ 6°C, 300 rpm で 80 ~ 30 kg/h のとき 0 ~ 8°C, さらに 160 rpm で 30 ~ 15 kg/h のとき

2 ~ 8°C に保っていることになる。これらの条件下で作ったカマボコのゲル強度はいずれも最大値を示したが、これ以外の操作条件下では品質が劣った。ただし、ゲル強度の最大値は、回転数が 300 ~ 600 rpm の場合は約 1200 ~ 1300 g に達したのに対し、160 rpm では 1000 ~ 1100 g となり、やや低い傾向を示した。

以上の結果から、回転速度が小さいときは供給量が少ない方が製品の品質が良いが、回転速度が大きいときはその逆となることが判った。さらに、このときも塩摺り後の肉糊の品温を 8°C 以下に保持することが必要条件であることが明らかとなった。

次に、回転速度とすり身の供給量が肉糊中の Mf タンパク質の溶解性とその品温に及ぼす影響について検討した。結果を Fig. 5 に示した。同図によると、溶解性がその最大値である 80% に達する条件は回転速度と供給量に依存し、回転速度が 600 rpm では供給量が 400 ~ 150 kg/h のとき、400 rpm では 150 ~ 80 kg/h, 300 rpm では 80 ~ 40 kg/h, また、160 rpm では 25 ~ 10 kg/h のときであった。またこの時の品温はいずれの場合も 10°C 以下であった。

Fig. 4 と 5 に示した結果の比較から判るように、肉糊中の Mf タンパク質の溶解性が高い値を示す連続式ミキサーの操作条件と、得られたカマボコのゲル強度が最大

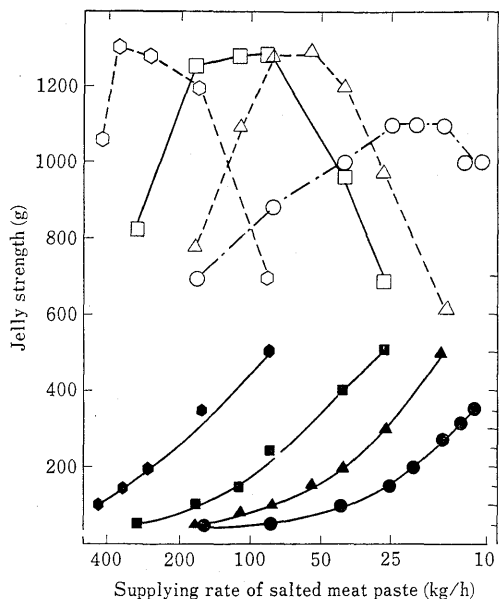


Fig. 4. Changes in temperature of salted meat paste and jelly strength prepared from the same paste during grinding with NaCl, in relation to operating condition of continuous mixer.

Frozen surimi made from Alaska pollack was thawed and ground with NaCl by using a continuous mixer as in Fig. 2. When rotatory speed of pin-rotor shaft increased from 160 to 600 rpm, the rate of supply of the salted meat paste increased from 10 to 400 kg/h.

The temperature (closed symbols) of the salted meat paste and the jelly strength (open symbols) of kamaboko prepared from surimi were measured.

Rotatory speed: 160 (○), 300 (△), 400 (□), 600 (◇) rpm.

値を示す連続式ミキサーの操作条件は良く似ているので、ゲル強度と肉糊中の Mf タンパク質の溶解性との関係を検討した。結果を Fig. 6 に示したが、両者の間に明らかに高い相関が認められた。それ故、連続式ミキサーを使用したすり身の塩摺り工程では、攪拌に伴って起こる肉糊の品温の上昇に起因する Mf タンパク質の不溶解が塩摺り肉のゲル形成に対して一つの障害になっている可能性が大きい。

つぎに、連続式ミキサーで塩摺りした肉糊中の Mf タンパク質の溶解性¹⁸⁾や肉糊のゲル形成能¹⁹⁾およびカマボコの官能評価²⁰⁾の総合評価とすり身の供給量 (kg/h) やローターの回転速度などの操作条件との関連を比較した。結果を Fig. 7 に示した。総合評価の高かったカマボコについてその塩摺り条件 (同図○印) としては、たと

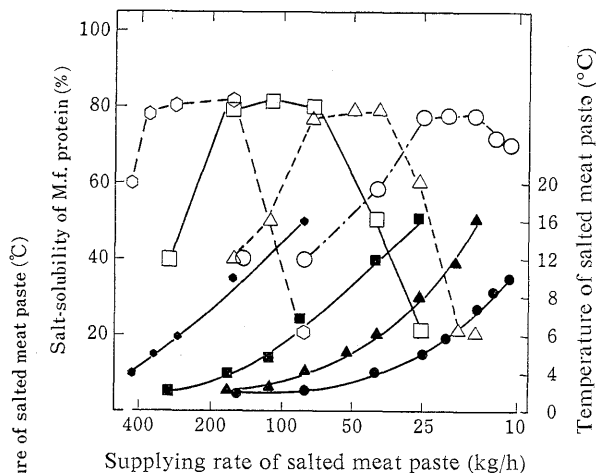


Fig. 5. Changes in salt-solubility of myofibrillar protein in surimi during grinding with NaCl, in relation to operating conditions of a continuous mixer.

Frozen surimi made from Alaska pollack was ground with NaCl under various rotatory speeds of pin-rotor shaft by using continuous mixer described in Fig. 1. During grinding of surimi with NaCl, a portion of salted meat paste was taken out to measure the salt-solubility of myofibrillar protein in the same manner as shown in Fig. 3. The temperature (closed symbols) of the salted meat paste was also measured as in Fig. 2.

Rotatory speed: 160 (○), 300 (△), 400 (□), 600 (◇) rpm.

えば、回転速度が速い場合 (600 rpm) は供給量を大きく (200~400 kg/h)、遅い場合 (160 rpm) はその量が小さい (15~25 kg/h) という条件であった。この事実は攪拌により Mf タンパク質と NaCl を均質に混合させることが塩摺りの必要条件の一つであることを示唆している。

連続式ミキサーによる肉糊の温度上昇と Mf タンパク質の変性 上記のように、連続式ミキサーによって塩摺りをするとき、他の機種に比べて肉糊の温度が急激に上昇するため、肉糊中の Mf タンパク質の変性も速められる可能性がある。そこで、この点について詳細に検討した。結果を Fig. 8 A, B に示した。まず、塩摺り中の肉糊の品温とそのゲル形成能との関係を同図 A に示したが、調製したカマボコは品温が 2~10°C の範囲の肉糊からのものが最大のゲル強度 (1000~1300 g) を示したことから、この範囲内の温度であればゲル強度はさほど温度の影響を受けないものと考えられた。しかし、15°C に昇温するとゲル形成能は著しく低下する傾向が示された。一方、イトヨリダイのすり身の場合の結果を同図に示したが、品温が 10~25°C で得られるカマボ

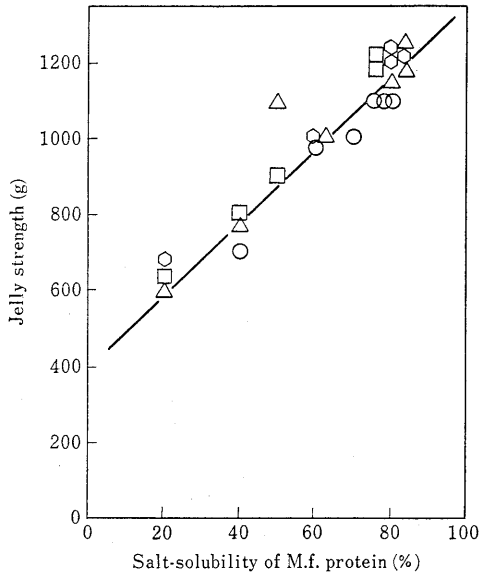


Fig. 6. Correlation between salt-solubility of myofibrillar protein of salted meat paste and jelly strength of kamaboko prepared from the same paste.

The data shown in Figs. 4 (as for jelly strength) and 5 (as for salt-solubility) were used in this figure.

Rotatory speed: 160 (○), 300 (△), 400 (□), 600 (○) rpm.

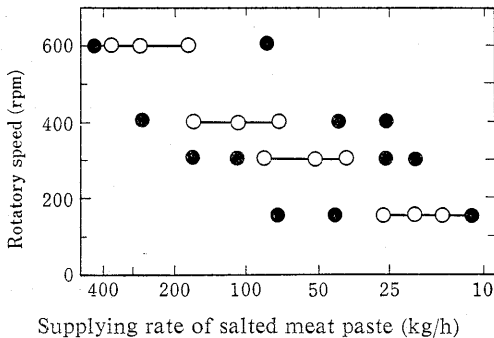


Fig. 7. Correlation between rotatory speed of the pin-rotor shaft and rate of supply raw material into continuous mixer, in relation to producing reasonable quality of kamaboko from the same paste.

The frozen surimi was ground with NaCl by using a continuous mixer as in Fig. 4. The salt-solubility of myofibrillar in salted meat paste and jelly strength of kamaboko prepared from the same paste were measured as in Figs. 4 and 5.

The quality of kamaboko was assessed by summing up the salt-solubility of Mf protein in salted meat paste, and the jelly strength of kamaboko from the same paste along with a panel test evaluation.

Reasonable (○) and unreasonable (●) qualities of kamaboko are indicated for each operating condition of the continuous mixer.

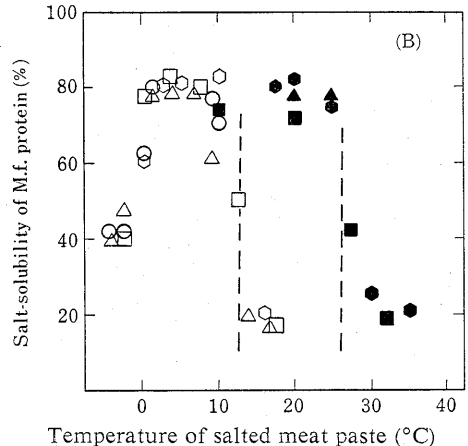
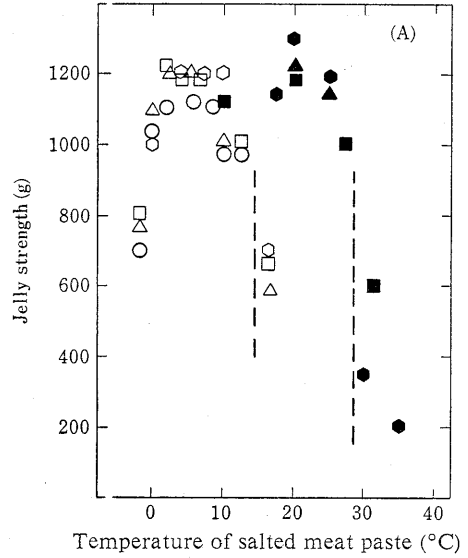


Fig. 8. Relations of temperature to salted meat paste on salt-solubility of myofibrillar protein in it and jelly strength of kamaboko prepared from the same paste.

The frozen surimi of Alaska pollack was ground with NaCl by using continuous mixer as in Fig. 4. The data shown in Figs. 4 and 5 were used to demonstrate the following relations:

(A) Temperature of salted meat paste vs. jelly strength of kamaboko from it.

(B) Temperature of salted meat paste vs. salt-solubility of Mf protein in it.

Rotatory speed: 160 (○), 300 (△), 400 (□), 600 (○) rpm.

Open symbols for Alaska pollack and closed symbols for thread-fin bream.

このゲル強度は高いが、27°C をこえたものでは著しく低いことが示された。これらの結果は、すり身の塩摺り中の品温はこの肉糊が形成するカマボコのゲル強度に影響

響を及ぼすが、影響の受け方はおそらく Mf タンパク質の温度安定性²¹⁾が魚種によって相違していることと関連しているように思われた。

そこで、塩摺り工程中における肉糊中の Mf タンパク質の溶解性と肉糊の品温との関係を検討した。結果を Fig. 8 (B) に示した。同図から判るように、肉糊の品温とゲル形成能との関係に良く似たパターンを示した。スケトウダラの場合は、2~10°C で溶解性は最大値の 80% を維持し、12°C になると急激に 20% まで低下した。一方、イトヨリダイでは約 25°C までは高い溶解性 (80%) を示すが、26°C 以上では 30% まで急激に低下し、さらにこれらの変化はスケトウダラよりも高温側で起こることがわかった。

これらの結果は、塩摺り工程中の肉糊の温度上昇は肉糊の Mf タンパク質の変性をもたらし、そのゲル形成能に影響を及ぼすことを示しているが肉糊中の Mf タンパク質に変性を起こす臨界温度は魚種によって異なり、寒帯産の魚種では低く、温帯産の魚種では高いことを示唆

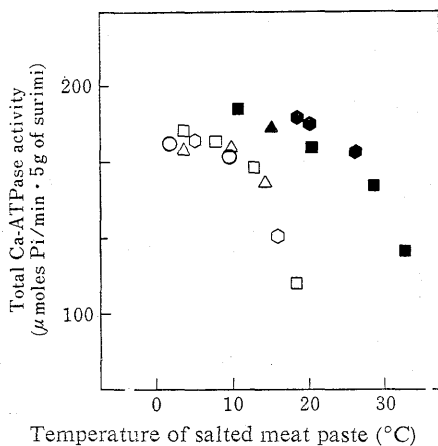


Fig. 9. Effect of Temperature of salted meat paste on myofibrillar Ca-ATPase activity in it.

The frozen surimi of Alaska pollack and thread-fin bream were ground with NaCl as in Fig. 8 by continuous mixer. During grinding with NaCl, a portion of salted meat paste was taken out to determine myofibrillar Ca-ATPase total activity according to the previous method (N. Katoh *et al.*,¹⁴⁾). The assay medium contained 5 mM CaCl₂, 100 mM Tris-maleate (pH 7.0), and 1 mM ATP. The reaction was carried out at 25°C and the liberated inorganic phosphate was colorimetrically determined by the method of Gomori¹⁵⁾. The temperature of the paste was measured as in Fig. 2.

The symbols used were the same as in Fig. 8.

している。なお塩摺りにおける肉糊中の Mf タンパク質の変性を Ca-ATPase 全活性を指標として検討した。結果を Fig. 9 に示した。活性が急激に減少する臨界温度はゲル形成能や溶解性を指標とした場合とほぼ一致し、スケトウダラの場合は 10°C、イトヨリダイの場合は 25°C を境にして、急激な減少をひき起こすことが示された。

塩摺り工程中における肉糊の品温とミオシン重鎖 (HC) に起こる変化 塩摺り工程中の肉糊の温度上昇がカマボコの品質に影響を及ぼすことが示されたので、この点を明らかにするために、塩摺り中の肉糊を経時的に取りだして SDS-尿素混液中で溶解し、肉糊中のミオ

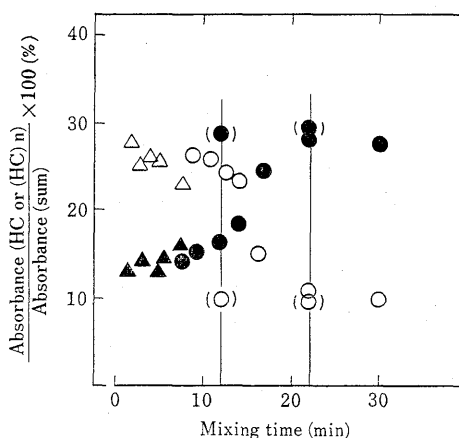


Fig. 10. Change in sub-unit composition of myofibrillar protein in surimi during grinding with NaCl.

The frozen surimi was ground with NaCl by using a silent cutter and continuous mixer as Fig. 2. During grinding, a portion (0.4 g) of salted meat paste was taken out and dissolved into 7.5 ml of SDS-urea mixture (2% 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 24 h at room temperature. After centrifugation at 10,000×g for 20 min the protein concentration of the supernatant was determined by Biuret method and expressed as the relative value (%) against the total protein in it. The supernatant (20 μg of protein) was applied to SDS-polyacrylamide gel electrophoresis using 5% polyacrylamide gel. The protein band was stained, and submitted to quantitative analysis by densitometry. The content of each component was expressed as the relative value (%) against the sum of all densities on the gel rod.

△, ○: myosin heavy chain, HC.

▲, ●: HC polymer, (HC) n.

(): values after setting at 35°C for 1 h.

シン重鎖 (HC) 量を SDS-ポリアクリルアミドゲル電気泳動法で定量した。¹⁷⁻¹⁸⁾ Fig. 10 に, 連続式ミキサーとサイレントカッターで塩摺りした肉糊中の (HC) 量と多量体 (HC)n 量の変化を示した。これによると, 連続式ミキサーで塩摺りした肉糊中では品温が 8°C に上る 5 分までは (HC) 量が多く, (HC)n 量が少なかった。しかし, それ以後になると品温の上昇と共に (HC) 量は減少し, (HC)n 量が増加する傾向を示した。一方, サイレントカッターでは, 品温が同じ 8°C になる 15 分までは (HC) 量が多く (HC)n 量が少なかった。特に注目される点は, これから作られるカマボコのゲル強度が最大値を示すようになる 14 から 30 分にかけて (HC) と (HC)n の量比は逆転した。また, サイレントカッターで 11 分間 (品温 5°C) および 21 分間 (品温 15°C) 塩摺りした肉糊を 35°C で坐らせ, 続いて 85°C で加熱してカマボコを作り, その中の (HC) 量と (HC)n 量を坐り前の肉糊中の含量と比較した。それによると, 塩摺り 11 分後の肉糊中には (HC)n が少なく, まだ多量の (HC) が含まれているが, この肉糊からカマボコを作ると (HC) は減少して (HC)n を形成し, この時ゲル強度も著しく増加した。ゲル強度は Fig. 2 に示されているとおりである。一方, 塩摺り 21 分後の肉糊中には (HC) が見出されず, 代わりに (HC)n が含まれているが, この傾向は続いて坐り加熱に供しても同じであった。

したがって, スケトウダラの肉糊では, 塩摺りの機種とは関わりなく品温が 15°C 前後となると品温が 10°C 以下では起こらなかった HC の多量化反応¹⁷⁾ が進行することが示された。この結果は塩摺り中の肉糊の品温がその中の Mf タンパク質の変性に影響を及ぼしていることを示した Fig. 7~8 の傾向と一致している。ただし, 肉糊中の HC の多量化は, 塩溶性タンパク質の不溶化や Ca-ATPase 全活性の減少が検出出来るようになるよりも優先してやや速やかに起きることが特徴であった。

連続化ミキサーを用いて生産したカマボコの品質 ローターの回転速度を 300 rpm, すり身の供給量を 50 kg/h として, 種々の等級のすり身からカマボコを作り, その品質をサイレントカッターで作った製品の品質と比較し, 結果を Table 1 に示した。なお, このとき, いずれの機種についてもその肉糊から得られるカマボコのゲル強度が最大値に達するような条件 (Fig. 2 に示されている) を採用した。その結果によると, 機種と関わりなく得られたカマボコ製品のゲル強度は大きい方から SA > FA > RA > 陸上 2 級の順位であった。しかし, 連続ミキサーを用いた製品のゲル強度は, サイレントカッターによる場合に比べていずれも約 1.3 倍高い値を示した。この結果は Fig. 2 に示した結果とも良く一致していた。

Table 1. Comparison of jelly strength of kamaboko prepared from Alaska pollack frozen surimi by grinding with NaCl using a continuous mixer and a silent cutter

Grade of surimi	Jelly strength of kamaboko (g)	
	Silent cutter* ¹	Continuous mixer* ²
SA	980±25* ³	1,250±15* ³
FA	920±34	1,150±43
RA	700±48	940±12
2nd	280±22	480±20

*¹ Surimi was ground with 3% NaCl in the copresence of 30% water for 20 min.

*² Surimi was ground with 3% NaCl by continuous mixer at 300 rpm in rotatory speed of pin-rotor shaft, with supplying rate of 80 kg of surimi/h.

*³ Average±standard deviation.

Frozen surimi of various grades were used to prepare kamaboko via grinding with NaCl by using a continuous mixer or silent cutter as described in Fig. 2. The jelly strength of kamaboko was measured with a Rheometer.

おわりに, 本論文を作成するにあたり有益なる御助言と御指導を賜った, 北海道大学水産学部 新井健一教授に対して深く感謝致します。

文 献

- 1) 清水 亘: 水産ねり製品, 光琳書院, 東京, 1967, pp. 63-64.
- 2) 岡田 稔: 魚肉ねり製品 (岡田 稔, 横関源延, 衣巻豊輔編), 恒星社厚生閣, 東京, 1981, pp. 169-223.
- 3) 志水 寛: 新水産ハンドブック, 講談社, 東京, 1985, pp. 552-554.
- 4) N. Kitabatake, Y. Shimizu, and E. Doi: *J. Food Sci.*, **53**, 344-348 (1988).
- 5) 若目田篤, 新井健一: 日水誌, **50**, 635-643 (1984).
- 6) 若目田篤, 新井健一: 日水誌, **51**, 497-502 (1985).
- 7) 橋本昭彦, 加藤 登: 北大水産彙報, **37**, 157-163 (1986).
- 8) 橋本昭彦, 加藤 登, 野崎 恒, 丸山 勉: 日水誌, **49**, 1429-1436 (1983).
- 9) 橋本昭彦, 加藤 登, 野崎 恒, 新井健一: 日水誌, **51**, 847-853 (1985).
- 10) 橋本昭彦, 加藤 登: 北大水産彙報, **36**, 139-146 (1985).
- 11) 橋本昭彦, 西本真一郎, 加藤 登: 北大水産彙報, **36**, 258-266 (1985).
- 12) 原田 勝, 丸山 勉: 特許公報 昭 62-33855.
- 13) 加藤 登, 佐久間修三, 佐藤繁雄, 若山祥夫, 野崎 恒: 特願 昭 60-213075.
- 14) 加藤 登, 野崎 恒, 小松一宮, 新井健一: 日水誌, **45**, 1027-1032 (1979).
- 15) G. Gomori: *J. Lab. Clin. Med.*, **27**, 955-960 (1942).
- 16) 加藤 登, 橋本昭彦, 野崎 恒, 丸山 勉, 新井健一: 日水誌, **52**, 875-880 (1986).

- 17) 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).
- 18) 西本真一郎, 橋本昭彦, 関 伸夫, 新井健一: 日水誌, **54**, 1227-1235 (1988).
- 19) 加藤 登, 橋本昭彦, 野崎 恒, 新井健一: 日水誌, **50**, 2103-2108 (1984).
- 20) 加藤 登: 水産食品のテクスチャー, 水産学シリーズ (67), 恒星社厚生閣, 東京, 1987, pp. 77-86.
- 21) 橋本昭彦, 小林章良, 新井健一: 日水誌, **48**, 671-684 (1982).