

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

誌名	北海道大学水産学部研究彙報
ISSN	00183458
著者名	橋本,昭彦 加藤,登
発行元	北海道大学水産学部
巻/号	36巻3号
巻号補足	
掲載ページ	p. 139-146
発行年月	1985年8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—1
冷凍すり身の品質と解凍温度の影響

橋 本 昭 彦*・加 藤 登**

Quality Control of Gel-forming Ability in
Manufacturing “Kamaboko”—1
A quality of frozen “surimi” and its deterioration
after defreezing

Akihiko HASHIMOTO and Noboru KATOH

Abstract

Frozen surimis*** of Alaska pollack, one of the most important ingredients in manufacturing kamaboko****, were sampled to analyze the quality. Jelly strength of kamaboko prepared from the surimis increased in the order of grade expressed when the surimis purchased. Surimi composition was found to be as follows; 75-78% moisture, a pH of from 7.2-7.4, 3-6% expressible water, 22-25 Hunter's whiteness, and 90-160 $\mu\text{mol Pi/min} \cdot 5\text{ g}$ sample of myofibrillar Ca-ATPase total activity. The Ca-ATPase total activity of surimi was closely related to the jelly strength of kamaboko whereas the other indexes had no relation.

Effect of temperature on the quality of defrosted surimi was studied as a function of time. A decrease in the jelly strength of kamaboko and the myofibrillar Ca-ATPase total activity of surimi mainly occurred due to prolonged preservation time and increased storage time.

From these results, the freshness of surimis purchased and the degree of deterioration caused during defreezing and preserving were found to have had a markedly effect on the quality control of gel-forming ability in manufacturing kamaboko.

一般にカマボコは、鮮度の良い魚肉を使ってすり身を製造し、塩摺り、坐り、および、加熱の操作を経て製造される日本の伝統食品で、¹⁾技術的には、今なお、専門職の経験的知識に頼るところがきわめて大きい。しかしながら、この製造理論を確立しようとする試みは、従来より食品製造学の分野でさかんに行われてきており、¹⁻⁴⁾また、製造工程の大半が魚肉の主成分である生の筋原繊維タンパク質を取り扱うという点で、最近では、生化学的分野からのアプローチがさかんになってきた。⁵⁻⁹⁾

著者らは、一定のゲル物性をもつカマボコの製造を行うことを最終目的としているが、その際

* 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・研究所
(Research Laboratory, Kibun Co. Ltd.)

*** surimi-washed and ground paste made from the flesh of fish.

**** kamaboko-boiled fish paste after grinding surimi with salt.

に障害となる品質のバラツキが、その製造工程中のどのような段階から生じ、また、その際に受ける品質の変動はどの程度であるのかを、すり身のもつゲル形成能力、および、すり身中の筋原繊維タンパク質の各種生化学的性質を指標として、一連の実験で明らかにしていく考えである。今回はそのような観点から、品質変動のもっとも重要な要因の一つと考えられる、原料の鮮度、すなわち、今日のカマボコ原料の主流であるスケトウダラ冷凍すり身について、それらロット間における品質の変動について詳しく検討を行った。また、冷凍すり身を解凍後、保管している間に起る品質の劣化についても、保管の温度と時間を変え詳しく検討を行った。その結果、以上の品質変動要因は、カマボコ製品のゲル物性をコントロールする上でかなりの影響を及ぼすことが認められた。

実 験 方 法

試料 スケトウダラ *Theragra chalcogramma* の冷凍すり身は昭和55年の6~10月に製造された市販品を12月に一括購入し、 -30°C に保管して実験に用いた。等級はSA級が40検体、A級が7検体、およびC級(陸上2級)が8検体である。水分量は、SA、A級が75~77%、C級が約78%、およびpHは全て7.1~7.4の範囲であった。添加物量は、SA、A級が、ソルビトール4%、砂糖4%、リン酸塩0.2%、およびC級は砂糖5%、リン酸塩0.2%と表示されていた。

水分およびpHの測定 すり身の水分はケットの赤外線水分計を用いて、 $125\sim 130^{\circ}\text{C}$ で測定した。pHはすり身10gを90mlの蒸留水で磨砕し、ガラス電極pH計で測定した。

色調の測定 すり身の色調は、日本電色工業製の測色色差計を用いて行い、ハンター白度¹⁰⁾で表わした。

圧出水分の測定 田中ら¹¹⁾の方法に従って、2gのすり身を、その上下を濾紙ではさみ、 0.5 kg/cm^2 で2分間加圧した。圧出水分は(%), 濾紙に吸水された水分量をもとの試料の重量で割って算出した。

Ca-ATPase 全活性の定量 先ず、加藤ら⁶⁾の方法に従って、すり身5gより定量的に筋原繊維懸濁液(0.1 M KCl, 40 mM Borate buffer pH 7.0)を得た。筋原繊維(Mf)タンパク質量は、Biuret法¹²⁾によって比色定量し、すり身5g中のMf全タンパク質量(mg/5g of surimi)として表わした。Mf Ca-ATPase 活性は、5 mM CaCl_2 , 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量することにより測定し、¹³⁾すり身5g中のMf Ca-ATPase 全活性($\mu\text{mol Pi/min} \cdot 5\text{ g of surimi}$)として表わした。

SDS ポリアクリルアミドゲル電気泳動 すり身より調製したMf (KCl 10 mM 以下)を、1% SDS, 8 M 尿素, 1% 2-メカプトエタノール, 10 mM リン酸緩衝液(pH 7.2)に溶解し、¹⁴⁾Weber and Osborn¹⁵⁾の方法に従って、0.1% SDS, 10% 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Comassie brilliant blue Rで染色を行った。

カマボコの調製とゼリー強度の測定 冷凍すり身を約50gのブロックに切断し、 10°C の室で中心温度が約 -4°C となるまで解凍後、Hobart社製の小型フードカッター(2kg用)に1.0kgを入れ品温が -1°C となるまで粉碎した。続いて、3%食塩を加え、一般には7~10分間塩摺りを行い、品温が $6\sim 11^{\circ}\text{C}$ の粘り肉糊を得た。⁹⁾肉糊は折径48mmのケーシングに詰めた後、 35°C で60分間および 90°C で20分間加熱してカマボコとした。そのゼリー強度は、飯尾電機社製レオロメーターRMT-1300を用いて行い、 $1\times 12\text{ mm}$ 幅の刃をもつクサビ型ブラジャー(角度は 16°)を、ゲルの表面より11mmまで進入させた時の荷重の変化の記録より算出した。すなわち、本研究では、最初にゲルの破断が起きた時の荷重をゼリー強度(g)として表わした。ここで、従来のゲル強度の測定には球型ブラジャーが使用されていたが¹⁻³⁾本研究でクサビ型ブラジャーを用いたのは、測

定値と著者らの官能評価による結果がよく一致したからである。

すり身の保管試験 保管試験を行うにあたって、冷凍すり身をただちに各種温度下へ保管すると、すり身の外部と内部の品温は同じにならないため、すり身の品質変化を正確にとらえることはできなかった。そこで、すり身全体の品温を短時間のうちに目的とする温度に上昇させるため、まず、冷凍すり身を上記カッターで粉碎し、1.0 kg ずつ小分けしてシート状にし、続いて、5-20°C の恒温槽中に保管した。すり身の品温は約 20 分以内に目的とする温度へ到達した。次に、0, 2, 6, 12, および 24 h 後にそれらを取り出し、上述したようにカマボコを調製してゼリー強度の測定を行った。また、同時に、Mf Ca-ATPase 全活性の測定を行った。

結果と考察

スケトウダラ冷凍すり身の等級とゼリー強度 市販のスケトウダラ冷凍すり身よりカマボコを調製し、そのゼリー強度を測定して、等級別に Fig. 1 (左図) に示した。この結果によると、SA 級のすり身では 1000~1800 g, A 級のすり身では 600~900 g, および、C 級のすり身では 300~500 g のゼリー強度を示し、その品質の順序は等級の順に、SA>A>C 級となっていた。しかし、各等級間での品質のバラツキは、特に SA 級で大きく、良いものと悪いものでは約 1.8 倍のゲル形成能の相違があった。カマボコ製造においては一般に、すり身に対して水の添加が行われるが、同じ

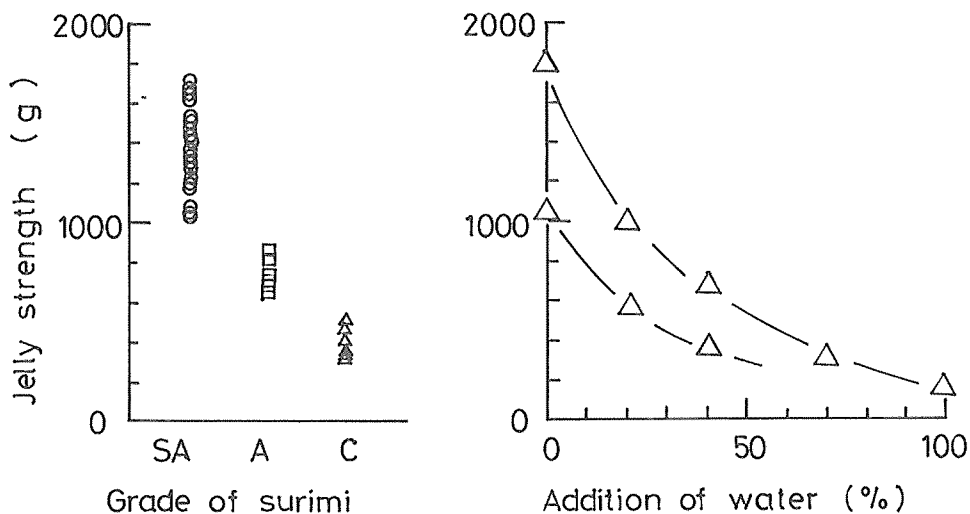


Fig. 1. Jelly strength of kamaboko prepared from Alaska pollack frozen surimi. The frozen surimis were purchased in the market and preserved at -30°C for 2 months until being used in this study. The grades of surimis were special A(40 samples), A(7 samples), and C(8 samples). A cost of the surimi was higher in the order of $\text{C} < \text{A} < \text{SA}$. The surimi was chopped with 3% NaCl using a Hobart silent cutter for 6-12 min until a temperature of 6-12°C was attained. The minced surimi was then stuffed into casings and cooked in water baths at 35°C for 60 min, followed by 90°C for 20 min. Jelly strength (g) of kamaboko was assessed using a rheolometer (Ref. 7). Two surimis, having an excellent or poor jelly strength, were chosen from among SA grade surimis, and kamaboko was prepared from them as described above except that various amounts of water was added to the minced surimi (w/w).

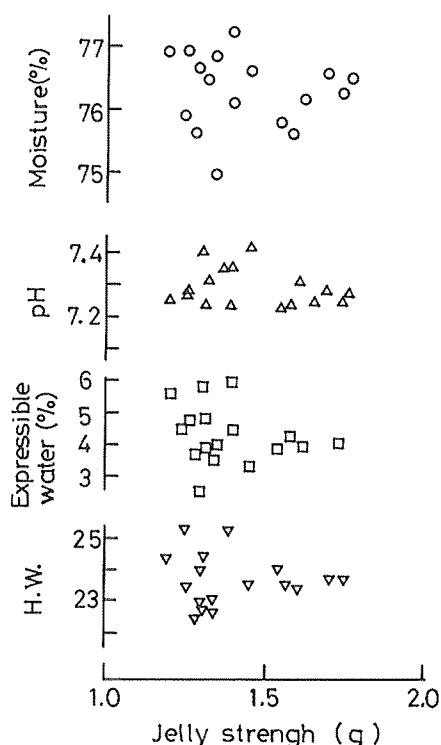


Fig. 2. Relationship between ordinary properties of surimis and their gel-forming ability. Seventeen of the SA grade surimis were sampled at random and used in this study. The preparation of kamaboko from surimis and the assessment of jelly strength were carried out as described in the legend for Fig. 1.

形成能とすり身の水分・pH・圧出水分・ハンター白度との関係を調べ、Fig. 2 に示した。従来は、水分は高いほど¹⁶⁾ および pH は低いほど^{4,17)} すり身のゲル形成能は劣ると考えられ、また、ハンター白度は高いほどゲル形成能の主役を担う筋原繊維タンパク質¹⁾ 以外の成分の少ないことが示唆され、¹⁷⁾ ゼリー強度は高くなるものと考えられている。一方、冷凍変性を起こした魚肉タンパク質においては、保水力が減少し、圧出水分の上昇が観察されている。¹¹⁾ Fig. 2 の結果によると、すり身の水分は 75~77%, pH は 7.2~7.4, 圧出水分は 3~6%, およびハンター白度は 22~25 の範囲の値を示したが、ゼリー強度との相関関係を調べてみると、いずれもその相関係数 (r)¹⁸⁾ は 0.04~0.06 と低く、すり身のゲル形成能には、その水分・pH・圧水分・ハンター白度の値は大きな影響を及ぼさなかった。

冷凍すり身のゼリー強度と Mf Ca-ATPase の関係 Fig. 2 の結果では、冷凍すり身のゼリー強度とよく相関する指標は得られなかったのので、次に、すり身の主成分である筋原繊維 (Mf) タンパク質の性質を測定することを考えた。すなわち、Fig. 3 にはすり身の Mf Ca-ATPase 全活性を測定し、ゲル形成能との関連をプロットしたが、両者の間には明らかに相関関係が認められ、検

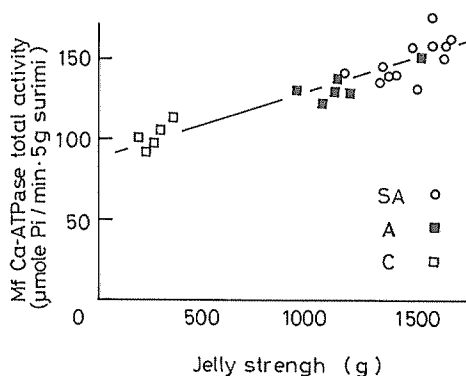


Fig. 3. Relationship between the myofibrillar Ca-ATPase total activity and the gel-forming ability of surimi. Twelve of the SA, 6 of the A, and 5 of the C grade surimis were used in this study. The quantitative determination of Ca-ATPase total activity of myofibrils in surimi was done according to the method of Katoh (Ref. 6).

SA 級の中でもゲル形成の高いものは、低いものに比べて、同じゼリー強度を得るのにより多量の加水が可能となることがわかった(右図)。例えば、1000 g のゼリー強度を得るのに、良いすり身では約 20 % の加水が可能であるが、悪いすり身では加水が不可能であった。

冷凍すり身のゼリー強度と一般的性質 先に示した、SA 級すり身における品質のパラッキがどのような原因によって生じたものであるのかを明らかにするため、同じ SA 級すり身を用いて、ゲル

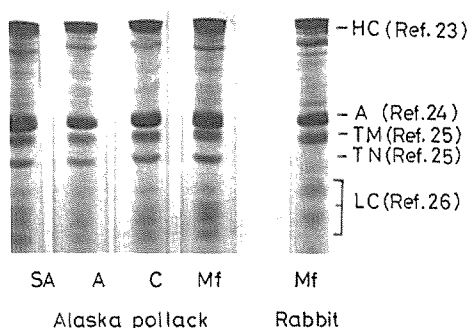


Fig. 4. Comparison of the SDS-gel electrophoretic patterns of myofibrils prepared from the different grade surimis. One sample of each grade of surimi was picked out and from them myofibrils was prepared. Electrophoresis was carried out on 0.1% SDS, 10% acrylamide gels at 8 mA/tube for 6 h according to the method of Weber and Osborn (Ref. 15). The gels were stained with Coomassie brilliant blue R. The grade of surimi is shown in this figure. Abbreviations used are; HC=myosin heavy chain, A=actin, TM=tropomyosin, TN=troponin, LC=myosin light chain, SDS=sodium dodecyl sulfate. The same experiment was also carried out for Rabbit and Alaska pollack myofibrils (Mf) prepared from fresh muscle.

討したすり身 ($n=24$) に対して得られた相関係数(r)は、 $r=0.85$ 、一方、SA 級すり身 ($n=12$) 間においては $r=0.71$ の値を示していた。したがって、この結果から、先の冷凍すり身のサンプル間におけるゼリー強度のバラツキ原因は、すり身中の Mf の変性に起因するものと考えられるが、Mf Ca-ATPase 全活性が約 30% 減少すると、ゲル形成能は 50% 以下まで低下することは明らかで、以前に行なわれた結果ともよく一致していた。^{5,6)}

なお、すり身 5 g より得られた Mf 全タンパク質量は、いずれのすり身についても 400~500 mg の間の一定の値を示しており、先に、すり身間でみられた Mf Ca-ATPase 全活性の相違は、このタンパク質量の相違によるものではないことがわかる。また、それら Mf のサブユニット組成を電気泳動を使って調べ

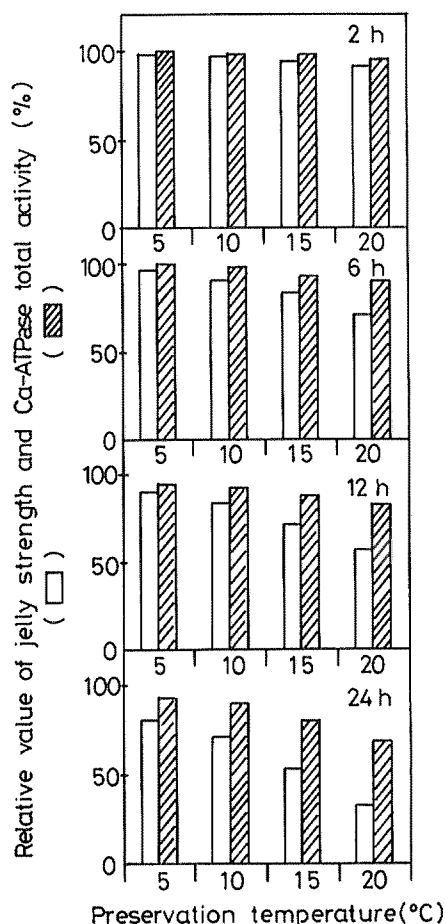


Fig. 5. Effect of preservation time and temperature on the quality of Alaska pollack surimi. Frozen surimi of Alaska pollack (SA grade) was crushed into pieces using a silent cutter until a temperature of 0°C was attained. The surimi was preserved at 5, 10, 15, and 20°C for 2, 6, 12, and 24 h respectively. After preservation, kamaboko was prepared and its jelly strength was assessed as described in the legend for Fig. 1. The myofibrils were prepared from those surimis and the Ca-ATPase total activity was estimated. In this figure, jelly strength and Ca-ATPase total activity were expressed as relative values (%), using 100 as the control. The estimated value for control was 1700 ± 60 g, and $130 \pm 10 \mu\text{mol Pi/min} \cdot 5 \text{ g}$ of surimi.

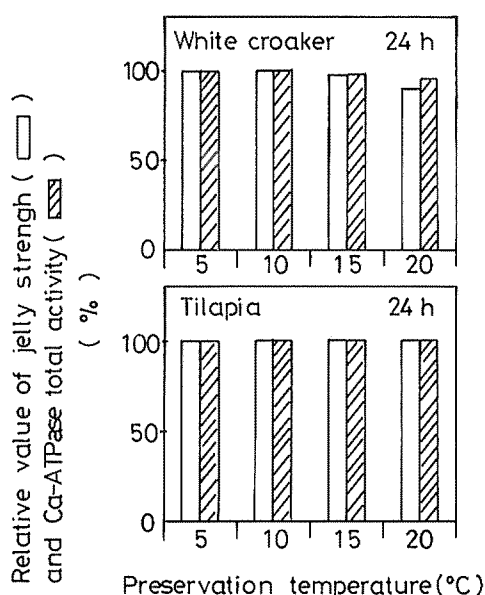


Fig. 6. Effect of preservation time and temperature on the quality of defrosted surimis of white croaker and tilapia. The surimi was prepared from very fresh muscle (K value 8-20%) of white croaker, *Argyrosomus argentatus*, and tilapia, *Tilapia mossambica*, by the routine method (Ref. 2). These surimis contained 4% sorbitol, 4% sucrose, 0.2% polyphosphate (pH 7.2), and 76% moisture. The experimental method was described in the legend for Fig. 5.

寒帯性魚類における特徴であった。^{19,20)}そこで比較のために、より温度安定性の高いMfをもつ温帯性のシログチおよび熱帯性のティラピアのすり身についても同様の保管試験を行い、結果をFig. 6に示した。

それによると、これらすり身の受ける品質劣化はわずかであり、20°Cで24 h後では、シログチのゲル形成能は約90%およびCa-ATPase全活性は約95%残存しており、一方、ティラピアはいずれも100%を保持していた。したがって、このことから、シログチより温度安定性の高いMfを保持する魚類においては、微生物学的な品質劣化を除くと、20°Cで24 h程度の保管はあまり問題がなく、すり身の製造工程を含め、塩摺りまでに起こる品質劣化は少ないものと推定される。しかしながら、シケトウダラよりも不安定なMfをもつ、例えば、深海魚¹⁹⁾やオキアミ^{21,22)}においては、よりいっそうの厳密な温度管理が必要になるものと思われる。

なお、本研究では冷凍すり身を短時間のうちに粉碎して、すぐに5~20°Cの間の一定温度で保管し、すり身の品質の劣化を、ゼリー強度とCa-ATPase全活性を用いて追究したが、実際のカマボコ製造工程における冷凍すり身は、自然解凍・温水解凍・高周波解凍などを経て、冷凍庫から取り出して後、約2~24 hぐらいの間に適宜使用されている。したがって、その間のすり身に対する

てみると (Fig. 4), いずれの場合も、典型的な筋原繊維タンパク質からなることが認められた。

また、冷凍すり身は6~10月に製造され、12月に購入されたものを使用しているが、先にSA級すり身間でみられたゼリー強度の大きなバラツキの原因は、魚の鮮度、および、すり身の製造から購入に至るまでの流通過程中での保管温度や時間に起因する筋原繊維タンパク質の変性によるものと推察した。

解凍後のすり身の品質劣化 スケトウダラSA級冷凍すり身を用いて、解凍後、すり身の品質に及ぼす保管温度と時間の影響を調べFig. 5に示した。品質の判定指標としては、ゼリー強度とMf Ca-ATPase全活性を用いて行った。その結果によると、一般には、温度が高くなるほど、および、保管時間が長くなるほどすり身の品質は劣化することが認められた。例えば、5°Cで冷却しておいても、24 h後にはゼリー強度およびCa-ATPase全活性は、それぞれもとの値の約80%および90%に低下していた。また、20°Cに保管した場合には、ゲル形成能はもとの約30%に激減し、Ca-ATPase全活性も約70%に減少していた。以前より、スケトウダラ冷凍すり身の主成分であるMfタンパク質は、低温においてもかなり変性を受け易いことが報告されているが、それは、

温度分布はさまざまな値を示すものと思われる。例えば、重ねて積まれたすり身板の中心の部分は凍結していても、表面部分のすり身の品温は室温に近づいている場合もあり、正確に品質の劣化度を調べることは難しい。しかし、すり身の正確な温度履歴が記録された部位については、本研究で示した結果が利用できるものと考えられる。スケトウダラすり身については、さらに、その保管中のゼリー強度の変化を5~20°Cで60 hにわたり調べ、一次反応式に従ってその劣化速度(K_j)を算出したが、その値は、5°Cで 0.17×10^{-5} (/s)、10°Cで 0.40×10^{-5} (/s)、15°Cで 0.65×10^{-5} (/s)、および、20°Cで 1.30×10^{-5} (/s)を示し、すり身の品質の劣化速度は温度が10°C上昇すると、約3.8倍すみやかになることが認められた。

以上の結果、カマボコ製造工程における品質の変動要因を考えると、冷凍すり身自身の品質と解凍・保管中に生ずる品質の変動は、かなり重要な要因となり、後者は、製造ラインのマニュアル化と厳密な温度管理によってコントロールできるものの、前者は、すり身中のMfタンパク質の変性が不可逆的なものであることから、品質を改善させることは不可能なことであろう。したがって、各ロットごとに、すり身の迅速な品質判定が要求されるが、ゼリー強度やCa-ATPase全活性を測定することは比較的時間のかかる専門的な方法で、今日に至っても、充分にすぐれた技術はまだ開発されていないのが現状である。

おわりに、本論文を作成するにあたって御指導と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) 清水 亘 (1967). 水産ねり製品, p.107-173. 光琳書院, 東京.
- 2) 岡田 稔 (1981). 新版魚肉ねり製品 (岡田稔・衣巻豊輔・横関源延編), p. 169-223. 恒星社厚生閣, 東京.
- 3) Tanikawa, E. (1971). *Marine Products in Japan*. p. 340-372. Koseisha-Koseikaku. Tokyo.
- 4) 志水 寛 (1981). かまぼこの足, *New Food Industry*, **23**, 65-76.
- 5) 川島孝省・大場明子・新井健一 (1973). スケトウダラ冷凍すり身中のアクトミオン量とかまぼこの品質の関係, 日水誌, **39**, 1201-1209.
- 6) 加藤 登・野崎 恒・小松一宮・新井健一 (1979). スケトラダラ冷凍すり身の一新品質判定法, 同誌, **45**, 1027-1032.
- 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保管温度の影響, 同誌, **49**, 1429-1436.
- 8) 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.
- 9) 新井健一 (1985). 冷凍すり身の化学, 水産ねり製品技術研究会誌, **10**, 385-394, 433-440.
- 10) 色彩科学協会 (1964). 色彩科学ハンドブック (第2版), p. 118-132. 南江堂, 東京.
- 11) 田中武夫 (1969). 北洋産冷凍スケトウダラの鮮度と品質との関係-I. 東海水研報, **60**, 143-156.
- 12) 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.
- 13) 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.
- 14) 関 伸夫 (1976). 筋原繊維蛋白質のSDSポリアクリルアミドゲル電気泳動による魚種の判定について, 日水誌, **42**, 1169-1176.
- 15) Weber, K. and Osborn, M. (1969). The reliability of molecular weight determinations by dodecyl sulphate-polyacrylamide gel electrophoresis. *J. biol. Chem.*, **244**, 4406-4412.
- 16) 山本常治 (1981). 新版魚肉ねり製品 (岡田稔・衣巻豊輔・横関源延編), p. 224-270. 恒星社厚生閣, 東京.
- 17) 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.

- 18) Brookes, C.J., Bettely, I.G., and Loxston, S.M. (1973). 数学と統計学 (石川馨・武田和久訳), p. 305-326. 東京化学同人, 東京.
- 19) 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.
- 20) 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.
- 21) 橋本昭彦・新井健一 (1979). 南極産オキアミ筋原繊維 Ca-ATPase の温度安定性, 日本誌, **45**, 1453-1460.
- 22) 大泉 徹・中村将俊・橋本昭彦・新井健一 (1983). 南極産オキアミたんぱく質の熱変性と糖の保護効果, 同誌 **49**, 967-974.
- 23) Lowey, S., Slayter, H.S., Weeds, A.G. and Baker, H. (1969). Substructure of the myosin molecule. 1. Subfragments of myosin by enzymatic degradation. *J. molec. Biol.*, **42**, 1-29.
- 24) Johnson, p., Harris, C.I. and Perry, S.V. (1967). 3-methyl-histidine in actin and other muscle proteins. *Biochem. J.*, **105**, 361-370.
- 25) Wilkinson, J.M., Perry, S.V., Cole, H.A. and Trayer, I.P. (1972). The regulatory proteins of the myofibril. Separation and biological activity of the components of inhibitory-factor preparations. *Biochem. J.*, **127**, 215-228.
- 26) Lowey, S. and Risby, D. (1971). Light chains from fast and slow muscle myosins. *Nature*, **234**, 81-85.