等殺菌価で加熱温度が異なるオボムコイド添加 魚肉ねり製品の破断特性

杉山雅昭, 三代達也, 塚正泰之, 鈴木鐵也, 高間浩蔵

(1996年11月22日受付)

Puncture properties of *kamaboko* with ovomucoid pasteurized at several temperatures

Masaaki Sugiyama,*¹ Tatsuya Mishiro,*¹ Yasuyuki Tsukamasa,*¹
Tetsuya Suzuki,*² and Kozo Takama*²

Fish gels were prepared with Alaska pollack frozen surimi, including ovomucoid as a *modori* inhibitor. To test different heating conditions that are equivalent to the standard set by the Japan Food Sanitation Law for fish gels (75°C heating), *Enterococcus faecalis* was used as an index of the sterilizing value. Fish meat paste was heated at 60, 65, 70, and 75°C for the respective prescribed times, and the obtained fish gels were examined with a puncture test. The breaking strength of fish gels was highest (1008 g) at 65°C heating. The puncture force of fish gels heated at 75°C, 70°C, and 60°C was 819 g, 794 g and 675 g, respectively. The deformation of fish gels was, in decreasing order of temperature, 65°C, 70°C, 75°C, and 60°C. Each parameter shows that heating fish gels at 65°C, the temperature at which *modori* occurs, gave the highest value.

キーワード：加熱，殺菌，破断強度，スケトウダラ，魚肉ねり製品，オボムコイド

食品衛生法には多くの加工食品について最低限保持すべき加熱殺菌条件が規定されている。ここで定められている温度や時間は、該当する食品群において増殖が危惧される食中毒菌を死滅させるのに必要な条件と解釈される。

従来の市販製品では、保存性を向上させることを目的として、食品衛生法の基準条件よりも過度な加熱を施すことの方がむしろ多いようである。しかし、著者らが行った食肉製品の加熱温度に関する試験の結果¹⁾では、食品衛生法の基準条件（63°C-30分間）に比べて、殺菌価は同じで殺菌温度が低い条件（55°C-304分間）で加熱した方が、むしろ好ましい品質になることが確認されている。近年は、高品質の製品が望まれ、さらには流通業の発達により長期保存が必ずしも必要でなくなったことから、加熱条件の軽減によって加工食品の品質が向上する可能性がある。また、食品製造における新しい品質管理手法として危害分析重要管理点（HACCP）システムが導入されつつある。HACCPシステムに基づき製造者自らが製造工程の各段階で徹底した品質管理を行うことによって製品自体の安全性が保証されるのであれば、食品衛生法の基準に満たない加熱条件でも流通が認められ

ることからも、食品の加熱殺菌条件は今後研究すべき分野である。

魚肉ねり製品については、魚肉ソーセージ、ケーシング詰めかまぼこ、およびその他の魚肉ねり製品それぞれに、80°C-45分間、80°C-20分間、および75°Cに保持という中心部の温度条件が食品衛生法で規定されている。スケトウダラなどを原料とした魚肉ねり製品では、60°Cから65°C付近で火戻り³⁾と称されるゲルの著しい崩壊が起こるため、この温度帯で加熱することなどは、従来、考えられないことであった。むしろ、この温度帯を早く通過させることが技術上の課題とされていた。

最近、プロテアーゼ阻害剤の添加によって火戻りを抑制できることが見い出され、⁴⁾食品に利用できる天然のプロテアーゼ阻害剤に関する報告⁵⁻⁷⁾もいくつかある。プロテアーゼ阻害剤を添加して火戻りを抑え、食品衛生法の殺菌基準を満たす75°C以下の温度で加熱殺菌することにより、これまで知られていない全く新しい品質特性を有する魚肉ねり製品が得られる可能性がある。本報は、75°Cよりも低温側で食品衛生法の基準と同等の殺菌価を有する殺菌条件を設定し、得られる魚肉ねり製品の品質特性を明らかにすることを目的とした。

*¹ 丸大食品株式会社 (Marudai Food Co., Ltd., Midori, Takatsuki, Osaka 569, Japan).

*² 北海道大学水産学部 (Faculty of Fisheries, Hokkaido University, Hakodate 041, Japan).

実験方法

供試菌 *Enterococcus faecalis* IFO 3989 株および *Enterococcus faecalis* IFO 12968 株の2株を供試菌に用いた。

冷凍すり身 平成7年4月24日に北海道網走沖で漁獲し、翌朝、魚肉1に対して、ショ糖5%および重合リン酸塩0.2%を加えて調製し、直ちに-20℃で冷凍されたすり身（水分80%, pH 7.4）を阿部十良商店㈱より購入した。冷凍すり身は、製造から実験に供するまで-20℃で保管した。

生理食塩水中における供試菌の耐熱性 供試2株についてMRS-Agar (Oxoid) に画線して37℃で48時間培養し、さらにMRS-Broth (Oxoid) 中で37℃-24時間培養した。この菌株を3,000×gで15分間遠心分離して集菌した。菌株はさらに0.8%生理食塩水（pH 7.2）で2回洗浄して60℃の生理食塩水中におけるD値(D₆₀)を測定した。

すり身中における耐熱性 冷凍すり身を凍結乾燥後に80メッシュ以下の大きさに粉碎し、プラスチック製の袋（30mm×50mm）に3gずつ秤取り、密封後にオートクレーブ滅菌（121℃で15分間）し、水分含量を最終80%および食塩含量を最終3%となるように無菌的に3.5%食塩水を加え、すり身懸濁液を調整した（pH 6.8）。この懸濁液にMRS-broth (Oxoid) 中で37℃で24時間培養した指標菌を10⁸ CFU/gとなるように添加して、再度シールし60℃から75℃まで所定の温度に設定した湯浴中で一定時間加熱した。加熱後は直ちに氷水中で冷却した。冷却後の菌液は1%ペプトン水で段階希釈し、BCP加寒天培地（日本製薬製）で37℃-48時間混釈培養して、得られた菌数からD値とZ値を求めた。

オボムコイド (OM) の粗精製 市販鶏卵の卵白からTCA-アセトン法⁸⁾で分離抽出したものをさらに蒸留水中で一晩透析し、凍結乾燥後に実験に供した。

ゲルの調製 冷凍すり身品質評価法⁹⁾に準じ、冷凍すり身1に対して食塩3%および所定量のOMを添加してサイレントカッター（ザイデルマン社製）で肉ゾルを調製した。肉ゾルは折径35mmの塩化ビニリデン製ケーシングに50gずつ充填し、長さ130mmとなるように両端を結紮した。温度センサーを中心部に装着した別試料によって中心温度をモニターしながらウォーターバスで加熱し中心温度が所定の温度に到達した時点から加熱時間を計測した。加熱後の試料は氷水で直ちに冷却した。

火戻り抑制剤としてのOMの適正添加量の設定 冷凍すり身1に対して冷水20%, 食塩3%で調製した肉

ゾルにOM終濃度で0.5%から3%まで添加し、内径12.5mm、長さ15mmのガラス製リングに充填し、60℃で2時間と80℃で15分間の加熱した。得られたゲルの形状が小さいことから測定誤差を小さくするため5mmφの球型プランジャーを用いて1mm/sの速度で押し込み、破断強度を測定した。また、火戻り時にゲルの崩壊と一緒に観察される2.5%TCA可溶性ペプチド量の変化をLowry法¹⁰⁾で測定した。ミオシン重鎖(MHC)の低分子化は2%SDS, 8M urea, 2% mercaptoethanolを含むTris-HCl (pH 6.8) 緩衝液で可溶化した試料について、10%ポリアクリルアミドゲルを用いてSDS-PAGE¹¹⁾を行い、550nmの相対吸光度をデンストメータ（CS-9300, 島津製作所製）で測定し、得られたタンパク質バンドの相対染色強度比（MHC/アクチン(AC)）によって表した。

破断特性の測定 試料の高さを20mmとし、8mmφの球型プランジャーを装着した山電製の物性測定装置を用いて押し込み（1mm/s）による破断試験を行い、破断強度と破断変形を求めた。

結果および考察

殺菌条件の設定 食品衛生法上の魚肉ねり製品の加熱基準は75℃となっており、時間に関する規定はない。中心温度が75℃に到達した時点で必要な加熱条件が満たされたと判断される。75℃と同等の殺菌条件をそれよりも低い温度で設定するためには、殺菌の対象となる微生物の温度毎の耐熱性のデータの他に、75℃における殺菌時間が必要である。そこでまず、殺菌の対象となり得る指標菌を選定し、その菌の耐熱性を基に殺菌価を求め、各温度における殺菌時間を設定することとした。

横関¹²⁾によれば、食品衛生法の75℃という加熱基準は*Enterococcus faecalis*を指標菌として設定されたものである。そこで、*Enterococcus faecalis* IFO 3989 株および*Enterococcus faecalis* IFO 12968 株の2株を入手して、耐熱性を求めた。供試菌の中で耐熱性の高い方を本試験の指標菌とするため、液体中におけるD₆₀値の測定を行い、両者の比較を行った。その結果、*Enterococcus faecalis* IFO 3989 株およびIFO 12968 株のD₆₀値はそれぞれ2.4(分)および1.7(分)であった。いずれも*Enterococcus faecalis*の既報¹³⁾のD₆₀値（0.83分から13分）の範囲に入っていたが、耐熱性の高い*Enterococcus faecalis* IFO 3989 株の方を殺菌価設定のための指標菌とした。栄養細胞型の食中毒菌の中で比較的耐熱性の高い*Staphylococcus aureus*のD₆₀値¹³⁾は0.43(分)から2.5(分)の範囲にあり、今回選んだ*Enterococcus faecalis* IFO 3989 株は*Staphylococcus aureus*の中でも耐熱性の高いグループとほぼ同等の耐熱性を有していた。

Fig. 1. Relationship between log D of *Enterococcus faecalis* IFO 3989 and heat temperature in surimi-like suspension.

Surimi-like suspension was prepared by surimi powder heated at 121°C ($F^*=4$) and 8 volumes sterilized water with 3.5% sodium chloride, and final pH of the suspension was 6.8 in a pauch (4 cm×10 cm). The microbe was incubated at 37°C for 24 hr in MRS-both (Oxoid) and the medium removed by centrifuging at 3,000 g×15 min. After washing with PBS (pH 7.2) two times, the microbe was suspended to a surimi-like suspension in the pauch to 10^8 orders under aseptic conditions. The pauch was sealed after removing air, and used for the heat resistance test of each condition.

タンパク質や糖類などが共存すると、菌体の耐熱性が高まることが知られている。¹⁴⁾そこで魚肉ねり製品を模したすり身懸濁液を調製し、懸濁液中の *Enterococcus faecalis* IFO 3989 株の耐熱性を調べ、Fig. 1 に各温度における D 値の対数をプロットした。傾きから求めた Z 値は 6.7(°C) となり、 D_{60} 値は 18.0(分)で生理食塩水中で測定した値の 7.5 倍にまで上昇していた。そこで、懸濁液中で求めた値を用いて各温度における魚肉ねり製品の加熱条件を設定することにした。

食品衛生法では中心部を 75°C に保持することが必須とされているものの、保持時間は特に定められていない。しかし、加熱条件を殺菌工学的に求めるためには時間の条件が必要となること、および 75°C 到達時点で必要条件を満たしていると考えられることから、実験操作が可能な最短時間である 30 秒間を 75°C における保持時間と仮定し、それと同等の殺菌価を与える条件として 60°C、65°C および 70°C でそれぞれ 112 分間、18 分 30 秒間および 3 分間を設定した。なお、これらの加熱条件は指標菌に対して約 7 D の殺菌価を有していた。

Fig. 2. Puncture force of gels with ovomucoid added in the range from 0 to 3.0%.

Frozen surimi was ground with 20% cold water, 3% salt and 0 to 3.0% ovomucoid at 10°C final temperature. Fish gels (12.5 mmφ×15 mm) were heated at 60°C for 2 hr (■) and at 80°C for 15 min (●). The puncture test was performed by using a Rheoner RE-3305 (Yamaden Co., Ltd., Tokyo) equipped with a 5 mmφ spherical-shape plunger. Stage speed was 1 mm/sec.

OM による火戻りの抑制 魚肉ゲルにのみ特異的に認められる火戻りの現象³⁾は、肉に内在するプロテアーゼに起因すると考えられ、大豆トリプシンインヒビター⁴⁾や血清プラズマ⁵⁾などによって火戻りの現象は抑制されると報告されている。食品への使用が可能で、においや物性など、添加物固有の特性が魚肉ゲルに影響を与えないプロテアーゼ阻害剤として OM を選んだ。OM には強力なプロテアーゼ阻害剤が含まれていることはよく知られているが、鶏卵のそれはヒトの消化酵素を阻害しない¹⁵⁾ということも選んだ理由の一つである。

肉ゾルに対する OM の添加濃度を変え、60°C および 80°C で加熱した時のゲルの破断強度を Fig. 2 に示した。OM を添加しない場合には、いずれの温度でもゲルの破断強度は高くないが、60°C で特に低く、典型的な火戻りが認められた。一方、OM を 0.5% 以上添加すると、60°C、80°C それぞれの加熱ゲルの破断強度が著しく上昇し、両者の値の差は少なくなり、2% まではほぼ同じ値を示した。また、破断変形 (mm) においても変化の程度は小さいが、0.5% 以上の OM 添加において破断強度の場合と同様の効果が認められた (データは示さず)。このことから 0.5% 以上の添加で火戻りが完全に抑制されると判断された。60°C に比べて 80°C 加熱ゲルの破断強度が高いのは、加熱温度に固有の物性値を示している

Fig. 3. Effect of ovomucoid on the relative staining intensity of MHC to AC in the fish gel with (■) or without (□) ovomucoid (2%).

Frozen *surimi* was ground with 20% cold water, 3% sodium chloride and 2% ovomucoid at 10°C final temperature and heating time was counted after core temperature attainment of each condition. Fish gels were solubilized by 2% SDS-8M urea-2% mercaptoethanol Tris-HCl (pH 6.8) buffer. Relative staining intensity of 10% SDS-polyacrylamide gel was scanned at 550 nm using a Densitometer CS-9300 (Shimadzu Co., Ltd., Kyoto). MHC: Myosin heavy chain, AC: Actin.

ものと思われる。また、3% 添加では破断強度が再び上昇していることから、この添加量にまでなると OM のタンパク質としてのゲル補強効果が現れると判断された。これらの結果から、OM の添加量をゲルに対する影響がなく、火戻りを完全に抑制できる上限値である 2% とした。

肉ゾルに対して OM を 2% 添加または無添加の条件で、60°C から 75°C までの各温度帯で等殺菌価となる時間加熱した場合の MHC/AC 比および TCA 可溶性ペプチド量をそれぞれ Fig. 3 と Fig. 4 に示した。OM 添加区ではいずれの温度帯でも MHC/AC 比に変化は認められず、TCA 可溶性ペプチド量においては OM 添加によるベースラインの増加はあるものの、75°C 区を 100 とすると最も少ない 65°C 区においても 89 であり加熱区間の違いは認められなかった。これら 2 つの結果より、ミオシン分子の低分子化が抑制されていることが示された。一方、OM 無添加区の場合には、温度が高くなるほど MHC/AC 比が高く低温側での MHC の分解を示した。また、TCA 可溶性ペプチド量も低い温度は多く、75°C 区を 100 とすると 60°C 区は 142、65°C 区は

Fig. 4. Effect of ovomucoid on 2.5% TCA-soluble materials in the fish gel with (■) or without (□) ovomucoid (2%).

The gels were homogenated with 10 volumes of water and 5% TCA solution was added to 2.5% final concentration. The sample solutions were filtered through No. 3 paper (Toyo-roshi Co., Ltd., Tokyo) and the TCA-soluble materials were determined by Lowry's method at 750 nm.

The gel preparation was the same as described in Fig. 3.

123、70°C 区では 109 となった。特に、MHC/AC 比においては 70°C で両区とも同じ値となり、75°C まで温度が上昇するとプロテアーゼの働きがなくなることがわかる。また、SDS-PAGE 上ではミオシン分子の多量化の形跡は観察されず、加熱温度における物性変動には低分子化が大きく寄与していることが示唆された。オボムコイドはトリプシンインヒビターとして火戻りを誘発するセリン型プロテアーゼの活性を阻害することが知られているが¹⁶⁾、火戻りの現象には、異なる数種のプロテアーゼの関与が報告^{17,18)}されている他、非酵素的なものも報告^{3,19)}されており、少なくとも本研究においてはプロテアーゼによる火戻りは OM によって阻害できたものと考えられる。しかし、MHC/AC 比の保持作用は解明されていない別の機能との相乗効果による可能性も考えられる。

なお、データは示さないが、加熱後の試料の一般生菌数を常法²⁰⁾により測定した結果、60°C および 65°C 加熱区の菌数は 300 CFU/g 以下であり、一般に安全と見なし得るレベルに達していた。また、検出された菌は全てグラム陽性菌 (*Streptococcus* 属と *Micrococcus* 属) であり、70°C および 75°C の加熱区では微生物は全く検出されなかった。

Table 1. Puncture force and deformation of fish gels with 2% ovomucoid

Heat conditions	Puncture force (g)		deformation (mm)	
	mean	s.d.	mean	s.d.
60°C-112 min	675.0±39.0 ^a		15.2±0.4 ^a	
65°C-18.5 min	1008.0±114.2 ^b		17.6±0.7 ^b	
70°C-3 min	794.7±20.5 ^{ab}		16.7±0.4 ^b	
75°C-0.5 min	819.3±79.5 ^{ab}		16.4±0.4 ^{ab}	

(n=5)

^{a,b}: Means with different superscripts within the same column are significantly different $p < 0.05$.

Puncture test of fish gels (25 mmφ×20 mm) were performed by using a Rheoner RE-3305 (Yamaden Co. Ltd., Tokyo) equipped with 8 mmφ spherical-shape plunger. Stage speed was at 1 mm/sec.

The gel preparation was the same as described in Fig. 3.

破断特性 得られた加熱殺菌条件で調製したゲルの物性測定結果を Table 1 に示した。65°C 加熱区が 1008 g と最大値を示し、次いで 75°C 加熱区、70°C 加熱区となり、60°C 加熱区は 675 g で最小値を示した。60°C 加熱ゲルの破断強度は 65°C 加熱区のものより 33% も低い値を示し、両者間に有意差が認められた。さらに、70°C、75°C 加熱区については、65°C 加熱ゲルと有意差は認められなかったものの、20% 前後値が低くなっている。破断変形についても 65°C が 17.6 mm と最も大きな値を示し、次いで 70°C 加熱区、75°C 加熱区、60°C 加熱区の順に小さくなった。この場合には、60°C と 65°C 加熱区の値の差が約 14% であり破断強度の場合ほどの差は現れなかったが、最小値を示した 60°C と 65°C および 70°C 加熱区との間に有意差が認められた。

スケトウダラで調製したゲルの破断強度を温度毎に調べた例は多数ある²¹⁻²³⁾が、いずれの場合にも 70°C よりもさらに高温側で最大値を示すと報告されている。ここで得られた結果は、温度毎に加熱時間が異なるものの、これまでに報告されていたものよりも低い 65°C に破断強度および破断変形の極大点が存在し、それよりも僅か 5°C 低いだけの 60°C では十分な破断強度のゲルが得られないというものであった。スケトウダラの火戻りには 60°C から 65°C で著しく起こるが、この火戻りによって見かけ上の極大点が高温側に移動したことによるものと考えられる。スケトウダラすり身を使用した魚肉ねり製品の場合には、食品衛生法で規定されていることもあるが、火戻りによるゲルの劣化が起こるために 75°C 以下の温度帯を加熱に利用することは、これまで全く考えられなかった。ここで示したように、OM を加えることにより 75°C と同じ殺菌価を用いることで 65°C で加熱し

た方が高い破断強度を得ることができた。

志水²⁴⁾は、潜在ゲル形成能、見かけのゲル形成能という表現で魚肉タンパク質が本来有するゲル形成能と火戻りなどの二次的な要因が働いた後に見られるゲル形成能を区別している。火戻りに関しては加熱時間が長いほどゲルの崩壊が起こるため 60°C と 65°C の違いが加熱時間の長短によるものとの考えも可能である。OM 添加によってミオシン分子の低分子化が抑制されていたことから、その温度に固有のゲルの性質、すなわち MHC が構成するネットワーク構造の密度や強度と OM を加えたことによる相乗効果によって加熱区毎の破断強度の違いが生じたものと考えられる。一方、ゲル化反応が加熱温度と時間に依存するという報告もあり²⁵⁾、今回の結果が温度に依存した律速のゲル強度であるかどうかは検討する必要がある。しかしながら、OM の添加により加熱条件の低減とゲル物性の改善が認められたことは、今後の魚肉ねり製品の製造条件を検討する上で興味深いものがある。

本研究において火戻りの阻害剤として用いた OM は、卵白（乾物）中に 10% も含まれているが、精製しない場合には卵白を 5% も添加しないと、最低必要量の 0.5% の OM は得られない。今後、安価な OM の精製品や、より有効な阻害剤が食品用として開発されることが期待される。併せて、65°C という新しい温度帯の利用が可能となり、ミオシンの加熱変性と OM の相互作用によりこれまでとは異なる全く新しい物性の製品の開発に活かす工夫が生まれてくるかもしれない。

今回の報告は、単にプロテアーゼの阻害剤として OM をスケトウダラに添加して、戻りを抑制した場合のゲルの破断特性を調べただけではなく、食品衛生法で規定された条件と同等の殺菌価を確保した上で、ゲルの物性を明らかにした点に意味がある。また、今回は得られたゲルの物性を破断特性だけで評価したが、60°C 加熱で得られたゲルは単に柔らかいだけではなく、ゲルの特性が通常の加熱を行った魚肉ねり製品とは異なっているようであった。この点については、官能評価およびいくつかの異なる物性測定方法によってゲルの物性を解明し、次報で報告する。

文 献

- 1) 塚正泰之, 福本憲治, 峯岸 裕, 阿武尚彦, 赤羽義章, 安本教博: 塩漬した豚肉の食味に及ぼす煮熱条件の影響. 日食工誌, 38, 484-490 (1991).
- 2) 食品衛生調査会常任委員会答申: 乳・乳製品および食肉製品に関わる総合衛生制度の導入およびその承認基準に関する食品衛生調査会の答申について. 食品衛生研究, 46 (6), 61-67 (1996).
- 3) 牧之段保男: 戻り, 「魚肉ねり製品—研究と技術—」水産学シリーズ 50 (志水 寛編), 恒星社厚生閣, 東京,

- 1984, pp. 36-48.
- 4) H. Toyohara and Y. Shimizu: Relation between the *modori* phenomenon and myosin heavy chain breakdown in threadfin-bream gel. *Agric. Biol. Chem.*, **52**, 255-257 (1988).
 - 5) D. D. Hamann, P. M. Amato, M. C. Wu, and E. A. Foegeding: Inhibition on *modori* (Gel Weakening) in surimi by plasma hydrolysate and egg white. *J. Food Sci.*, **55**, 665-669 (1990).
 - 6) H. Toyohara, K. Sasaki, M. Kinoshita, Y. Shimizu, and M. Sakaguchi: Detection of inhibitors for *modori*-induction proteinase in fish and calf serums. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **57**, 521-525 (1991).
 - 7) H. Toyohara, M. Kinoshita, K. Sasaki, S. Yamaguchi, Y. Shimizu, and M. Sakaguchi: Occurrence of a *modori* inhibitor in spinach leaves. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **58**, 1705-1710 (1992).
 - 8) H. Lineweaver and C. W. Murray: Identification of the trypsin inhibitor of egg white with ovomucoid. *J. Biol. Chem.*, **171**, 565-581 (1947).
 - 9) 新井健一, 山本常治: 「冷凍すり身」, 日本食品経済社, 東京, 1986, pp. 262-263.
 - 10) O. H. Lowry, N. Rosenbrough, A. Farr, and J. Randall: Protein measurement with the folin phenol reagent. *J. Biol. Chem.*, **193**, 265-275 (1951).
 - 11) U. K. Laemmli: Cleavage of structure protein during the assembly of the head of bacteriophage T4. *Nature*, **227**, 680-685 (1970).
 - 12) 横関源延: 水産練製品の殺菌と衛生. 食品開発, **3**, 61-70 (1968).
 - 13) 芝崎 勲: 「新殺菌工学」, 光琳, 東京, 1983, pp. 8-9.
 - 14) 西元勝也, 浅野悠輔: 浅野悠輔, 石原良三編, 「卵—その化学と加工技術—」, 光琳, 東京, 1985, pp. 98-100.
 - 15) 芝崎 勲: 「新殺菌工学」, 光琳, 東京, 1983, pp. 29-34.
 - 16) H. Toyohara, K. Kinoshita, and Y. Shimizu: Proteolytic degradation of threadfin-bream meat gel. *J. Food Sci.*, **55**, 259-260 (1990).
 - 17) M. Kinoshita, H. Toyohara, and Y. Shimizu: Diverse distribution of four distinct type of *modori* (Gel degradation)-inducing proteinases among fish species. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **56**, 1485-1492 (1990).
 - 18) 塚正泰之, 志水 寛: マイワシ肉に見られる酵素性の戻り現象. 日本誌, **57**, 2161 (1991).
 - 19) 塚正泰之, 志水 寛: マイワシ肉で見出した新型の非酵素性戻り現象. 日本誌, **57**, 1767-1771 (1991).
 - 20) 日本薬学会: 「衛生試験法・注解」, 金原出版, 東京, 1990, pp. 147-149.
 - 21) 志水 寛, 町田 律, 竹並誠一: 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 (1981).
 - 22) 永峰文洋, 福田 裕, 松原 久, 石川 哲: サケ, スケトウダラおよびマイワシの落し身の加熱温度・時間とゲル化. 水産ねり製品技術研究会誌, **12**, 162-171 (1986).
 - 23) 松原 久, 永峰文洋, 福田 裕: 魚肉すり身のゲル化魚種特異性と魚肉タンパク質の関係. 水産ねり製品技術研究会誌, **12**, 398-405 (1987).
 - 24) 志水 寛: かまぼこ形成能, 「魚肉ねり製品—研究と技術—」水産学シリーズ50 (志水寛編), 恒星社厚生閣, 東京, 1984, pp. 9-24.
 - 25) 沼倉忠弘, 木村郁夫, 豊田恭平, 藤田孝夫: スケトウダラ肉糊の坐りに伴うゲル強度とミオシン重鎖の変化の温度依存性. 日本誌, **58**, 2035-2043 (1990).