

冷凍クロアナゴから調製した落とし身および水晒し肉の加熱ゲル形成能

松本欣弘, 桑原浩一, 大島育子

Gel-forming ability of heated gel of minced meat and washed minced meat prepared from frozen Beach conger

YOSHIHIRO MATSUMOTO, KOICHI KUWAHARA AND IKUKO OOSIMA

For the purpose of utilizing Beach conger meat as raw materials for Kamaboko, the gel-forming abilities of heated gels of unwashed minced meat and washed minced meat prepared from frozen materials were studied. We concluded that the physical properties of these heated gels were utilizable level for materials of Kamaboko. Further, the physical properties of two-step heated gels treated with preliminary heating at 40-50°C in washed minced meat were shown remarkable deterioration, on the other hand in unwashed minced meat weren't shown. In the case of washed minced meat, the physical properties of heated gels rose by treating with the low temperature (5°C) setting. In addition, washed minced meat was shown as more appropriate materials for frozen stored minced fillet than unwashed minced meat.

クロアナゴ *Conger japonicus* は、本州中部以南の暖海に分布し、全長1 m 以上にも成長するアナゴ科クロアナゴ属のアナゴである。¹⁾本種は、寿司種や蒲焼等で需要度の高いマアナゴ *Conger myriaster* に比べると、大型で小骨が多いために扱いにくく、利用価値が低いため、市場では取り扱われることが少なく、海上投棄される場合がほとんどである。長崎県においては、離島を中心として、定置網や底延縄、かご漁業等で漁獲（混獲）される。1回の操業当たりの水揚量は多いとは言えないが、周年に亘り混獲されるため、本種を有効利用したいとの漁業者の要望は多い。

そのため、水産資源の有効利用と併せて、漁業所得の向上を目的として、クロアナゴをすり身、あるいはねり製品の原料として有効利用する方法を検討した。一般的に、すり身原料魚は生鮮魚が適しているが、前述のとおり、クロアナゴは一度に大量に漁獲されることはほとんどないので、定置網等で水揚げされたものを凍結保存しておき、量がまとまった時点ですり身に加工する方法が現実的である。そこで、原料

は冷凍クロアナゴとし、すり身製造時に通常行われる水晒し処理を行う場合に加え、歩留りを高めるため水晒し処理をしない落とし身の状態で利用する場合も想定し、それらの加熱ゲル形成能について検討を行った。

材料および方法

試料 長崎県五島列島沿岸海域の定置網で漁獲されたクロアナゴを平成24年4月または5月に採取し、-20°Cで2週間凍結保存したものを試料とした。

落とし身、水晒し肉および冷凍すり身の調製
5°Cの冷蔵庫中に一夜放置して半解凍状態にした冷凍魚を氷水で洗い、魚体表面のぬめり成分を除去し、頭および内臓を取り除いた。二枚におろした後、魚体表面の水分を拭き取り、網ロール式採肉機（備文機械製作所製 NF2D-X型）で処理して落とし身とした。落とし身の一部は、冷却した5倍量の水道水で水晒しを3回行った後、加圧脱水（駒形機械製作所 KS-1型）し、孔径3 mmの肉挽機（南常鉄工製 M-22A型）で処理して水晒し肉とした。予備試験での水晒

し処理により水溶性タンパク質が 3.5%除去されたため、筋原線維タンパク質濃度を一定にする目的で、落し身は 79.5%、水晒し肉は 83.0%に水分を調整し、それぞれに 5%のスクロースを添加混合した。落し身および水晒し肉は、ポリエチレン袋に密封し、 -20°C で凍結保存して冷凍すり身とした。

加熱ゲルの調製 落し身、水晒し肉または半解凍状態にした冷凍すり身に、3%の食塩を添加し、高速カッター（ステファン社製 UM-5 型）で、3 分間播潰した。播潰後の肉糊は、折径 42 mm の塩化ビニリデンチューブに充填し、直ちに $30\sim 90^{\circ}\text{C}$ (10°C 間隔)で、20 あるいは 120 分間加熱して加熱ゲルを調製した。また、 $30\sim 50^{\circ}\text{C}$ で所定時間予備加熱した後、 90°C で 20 分間加熱して、二段加熱ゲルとした。低温坐りゲルは、 5°C で所定時間坐らせた後、 90°C で 20 分間加熱した。加熱終了後、ゲルは直ちに氷水中で冷却し、室温に戻した後、ゲル物性を測定した。

加熱ゲルの物性測定 加熱ゲルを 25 mm 幅の輪切りにし、直径 5 mm の球形プランジャーを装着したレオメーター（レオテック製 RT-2005D-D 型）で荷台上昇速度を 6 cm/min として、破断応力 (gw) および破断凹み (mm) を 6 回測定し、その平均値を求めた。

SDS-ポリアクリルアミドゲル電気泳動 (SDS-PAGE) 乳鉢で播り潰した加熱ゲルに、8 M 尿素-2% SDS-2%メルカプトエタノール-20 mM Tris-HCl (pH7.5) を加え、沸騰浴中で 2 分間加熱した。次に、室温で 48 時間攪拌後、4,000 rpm で 60 分間遠心分離し、上澄みを SDS-PAGE に供した。SDS-PAGE は、Laemmli 法²⁾に準じて、0.1%の SDS を含むアクリルアミド濃度 7.5%のスラブゲルを用いて行った。

結果および考察

落し身と水晒し肉の加熱ゲル形成能の比較 落し身から調製した加熱ゲルの破断応力およ

び破断凹みを Fig. 1 に示す。 90°C 、20 分間加熱(以下、直加熱と称す)での破断応力は 167 gw、破断凹みは 6.2 mm を示し、高い数値とは言えないが、揚げ蒲鉾等を製造するには十分と考えられる物性であった。一般的に、坐り温度帯とされる 40°C 加熱では、20 分間に比べて 120 分間で、破断応力と破断凹みは高い値を示した。一方、戻り温度帯とされる 60°C 加熱では、20 分間に比べて 120 分間で、破断応力と破断凹みは低い値を示した。

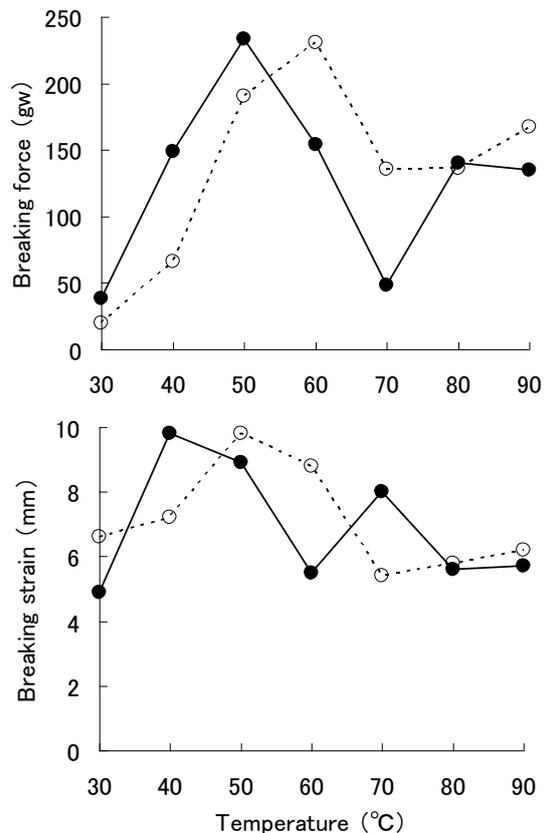


Fig. 1 Temperature-gelation curves of heated gels of unwashed minced meat prepared from frozen Beach conger. The gels were prepared by heating at $30\sim 90^{\circ}\text{C}$ for 20 or 120 min. The open and closed symbols represent the thermal gel heating times of 20 min and 120 min, respectively.

次に、水晒し肉から調製した加熱ゲルの破断応力および破断凹みを Fig. 2 に示す。直加熱では、破断応力が 218 gw、破断凹みが 7.5 mm を示し、落し身と比較して高い物性であった。

30°C加熱では、20 分間に比べて 120 分間で、破断応力と破断凹みは高い値を示したが、40°C 加熱になると、逆に、120 分間で、破断応力と破断凹みは低い値を示した。さらに、50~70°C 加熱でも、20 分間に比べて 120 分間で、破断応力と破断凹みは、低い値であった。

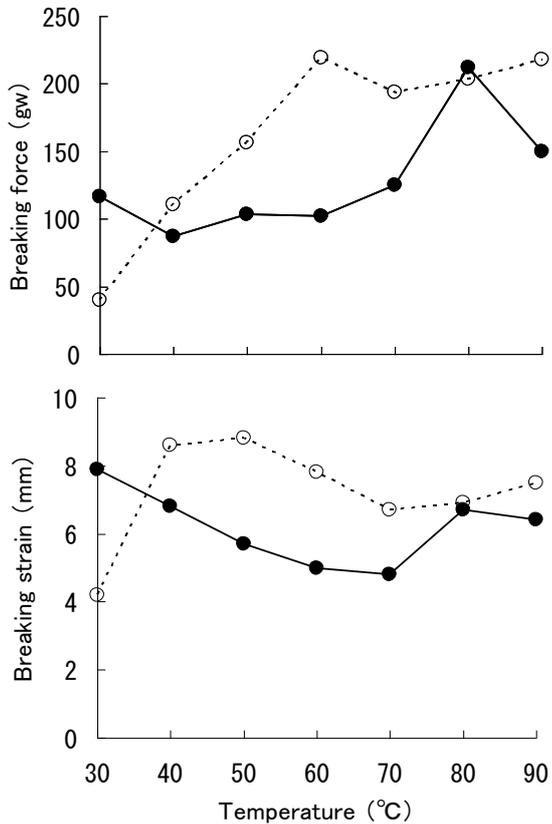


Fig. 2 Temperature-gelation curves of heated gels of washed minced meat prepared from frozen Beach conger. The symbols are the same as in Fig.1.

戻り温度帯における加熱ゲル中のタンパク質成分の解析 Fig. 1, 2 の結果から、落とし身および水晒し肉では、60°C、120 分間加熱において加熱ゲル物性が低下した。これは、一般的に、「戻り」と言われる現象であり、筋原線維を構成し、加熱ゲル形成能の発現に重要な役割を果たすミオシンが、筋肉中のプロテアーゼによって分解されるためと考えられている。^{3,4)} このことを確認するため、60°C加熱したゲル中の筋肉構成タンパク質成分を SDS-PAGE により解析した。落とし身および水晒し肉から調製し

た加熱ゲルの SDS-PAGE による電気泳動像を Fig. 3 に示す。

落とし身、水晒し肉ともに、直加熱に比べ、60°C 加熱では、加熱時間の経過とともにミオシン重鎖 (MHC) のバンドが減少し、その分解物と考えられるバンドが MHC とアクチン (Ac) の間に認められた。水晒しによって除去される水溶性タンパク質画分には、ゲル形成能を低下させる可溶性プロテアーゼが含まれることが報告されている。⁵⁻⁷⁾ また、筋原線維結合型プロテアーゼについても報告されている。⁸⁾ クロアナゴ筋肉には、水晒しでは除去されない筋原線維結合型プロテアーゼが存在し、水晒しを行った場合でも MHC が分解され、戻りが生じるものと推察された。

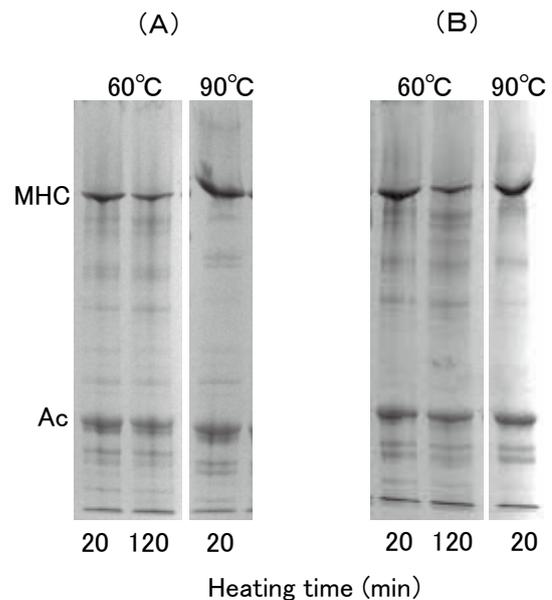


Fig. 3 SDS-PAGE pattern of heated gels at 60°C prepared from frozen Beach conger. The protein composition of heated gels prepared from unwashed (A) and washed (B) minced meat in Fig.1 and Fig.2 was examined by SDS-PAGE using 7.5%polyacrylamide gel. MHC and Ac indicate myosin heavy chain and actin, respectively.

予備加熱が加熱ゲル物性に及ぼす影響 Fig. 1 および Fig. 2 の結果から、30~40°C付近の

温度帯において、ゲル物性が向上する坐り現象が確認されたため、次に、二段加熱ゲルを調製し、その加熱ゲル物性を測定した。落とし身から調製した二段加熱ゲルの破断応力および破断凹みを Fig. 4 に示す。直加熱と比較し、30℃で予備加熱を行うと、時間が経過するにつれ、破断応力および破断凹みともに高い値となったが、40 および 50℃の予備加熱では、対照の直加熱と同程度の値であった。

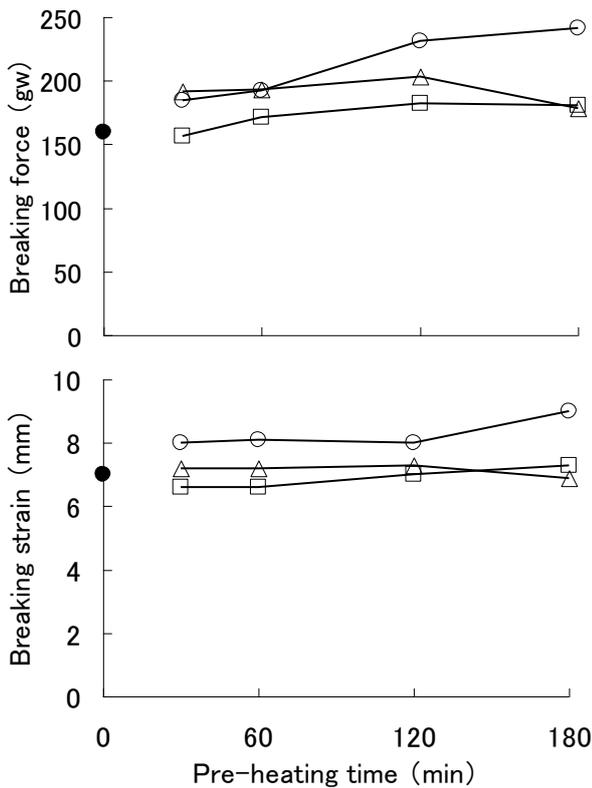


Fig. 4 Changes in breaking force and breaking strain of two-step heated gels of unwashed minced meat prepared from frozen Beach conger. The two-step heated gels were prepared by heating at 30°C (○), 40°C (□) or 50°C (△) for 30-180 min and subsequently heated at 90°C for 20 min. Control (●) was directly heated at 90°C for 20 min.

次に、水晒し肉から調製した二段加熱ゲルの破断応力および破断凹みを Fig. 5 に示す。直加熱と比較し、30℃での予備加熱では、落とし身と同様に、破断強度および破断凹みともに高い

値となった。しかし、40 および 50℃の予備加熱では、破断応力および破断凹みが時間の経過とともに低下した。

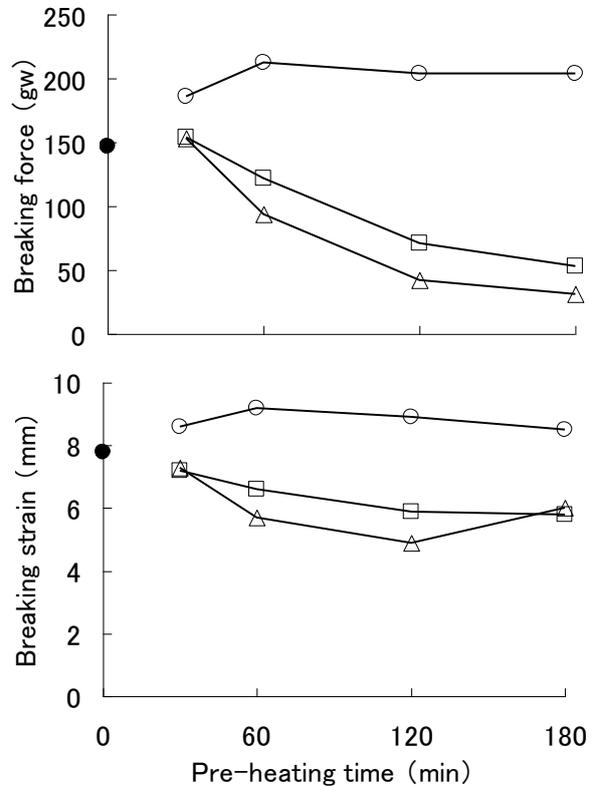


Fig. 5 Changes in breaking force and breaking strain of two-step heated gels of washed minced meat prepared from frozen Beach conger. The symbols are the same as in Fig.4.

坐り温度帯における加熱ゲル中のタンパク質成分の解析 Fig. 4, 5 の結果から、落とし身および水晒し肉では、40 または 50℃で予備加熱した場合のゲル物性の変化に、明らかな違いがみられた。そこで、Fig. 4, 5 において物性を測定した加熱ゲルを SDS-PAGE に供し、得られた電気泳動像を Fig. 6 に示す。

水晒し肉は、落とし身に比べ、40 および 50℃での MHC の分解が時間の経過とともに顕著となり、MHC のバンドの減少と MHC 分解物の増加が認められた。

野村らは、水晒しをすると 40℃付近で MHC の分解を伴った加熱ゲル物性の低下が誘発される魚種を数種見出し、⁹⁾ 水溶性タンパク質

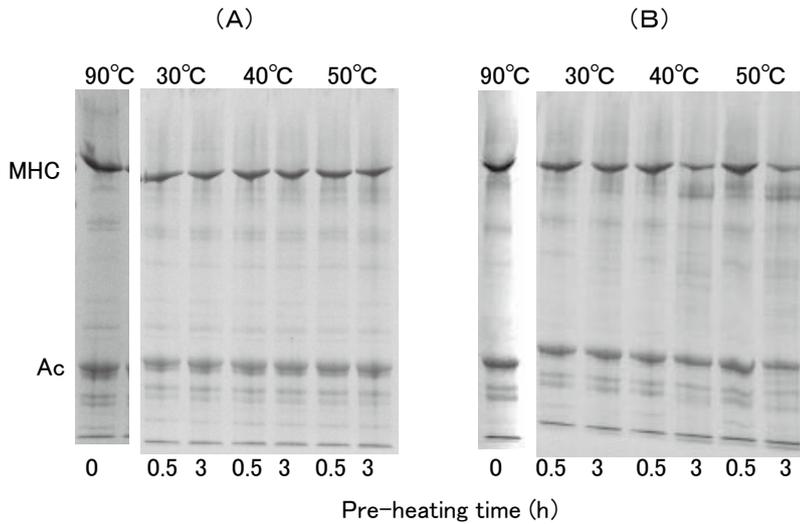


Fig. 6 SDS-PAGE pattern of two-step heated gels prepared from frozen Beach conger. The protein composition of two-step heated gel prepared from unwashed (A) and washed (B) minced meat in Fig.4 and Fig.5 was examined by SDS-PAGE using 7.5% polyacrylamide gel. MHC and Ac indicate myosin heavy chain and actin, respectively.

画分中に、MHC を分解するセリンおよびシステインプロテアーゼのインヒビターが存在することを報告している。¹⁰⁻¹²⁾

クロアナゴの場合も、水晒しによって除去される MHC 分解抑制因子が存在し、水晒し肉では、40~50°C 付近で MHC の分解を伴った加熱ゲル物性の低下が誘発されているものと推測された。したがって、他魚種と混合してねり製品を製造する場合においては、一般的な 40°C の予備加熱は避けた方がよいと考えられる。

低温坐り処理が加熱ゲル物性に及ぼす影響
一般的な 40°C よりもやや低い 30°C での予備加熱がゲル物性を向上することが確認されたため、より低温域での坐りの影響を確認した。落とし身および水晒し肉を 5°C の冷蔵庫中に 72 時間まで放置し、低温で坐らせた（低温坐りと称す）後、90°C で 20 分間加熱した。この加熱ゲルの破断応力および破断凹みを Fig. 7 に示す。直加熱ゲルと比較し、落とし身および水晒し肉ともに低温坐りによって、破断応力および破断凹みは高い値となった。特に、水晒し肉では 24 時間で破断凹みは 10 mm を超え、しなやかなゲ

ルとなった。30°C 予備加熱の二段加熱ゲル物性の最大値は、落とし身では、破断応力 241 gw, 破断凹み 9 mm, 水晒し肉では、破断応力 213 gw, 破断凹み 9.2 mm であったのに対し、低温坐りの二段加熱ゲル物性の最大値は、落とし身では、破断応力 243 gw, 破断凹み 8.9 mm, 水晒し肉では、破断応力 256 gw, 破断凹み 10.1 mm となった。5°C での低温坐りは、特に、水晒し肉において 30°C での予備加熱よりも有効であると考えられた。

なお、水晒し肉から調製した加熱ゲルの SDS-PAGE による解析では、30°C の 3 時間予備加熱では若干 MHC の分解物がみ

られたが、5°C での 72 時間の低温坐りでは、MHC の減少および分解物と予想されるバンドの出現は確認されなかった（図には示さない）。

冷凍すり身の加熱ゲル物性に及ぼす保存期間の影響
冷凍クロアナゴから調製したすり身を、さらに冷凍すり身として保管することを目的として、冷凍すり身の加熱ゲル物性を調べた。落とし身および水晒し肉から調製した冷凍すり身を 180 日間まで、-20°C で保存し、それから調製した低温坐り一加熱ゲルの物性を測定し、得られた結果を Fig. 8 に示す。落とし身から調製した冷凍すり身は、破断応力、破断凹みともに 30 日間の冷凍保管で明らかに低下したが、水晒し肉から調製した冷凍すり身では、冷凍保存期間による物性低下は認められなかった。したがって、冷凍クロアナゴから冷凍すり身を調製する場合は、落とし身より水晒し肉の方が適していると判断された。

本報においては、低利用資源であるクロアナゴについて、すり身およびねり製品への有効利用を目的に試験を行った。本報で報告しなかったが、著者らは、生鮮魚と冷凍魚から調製した

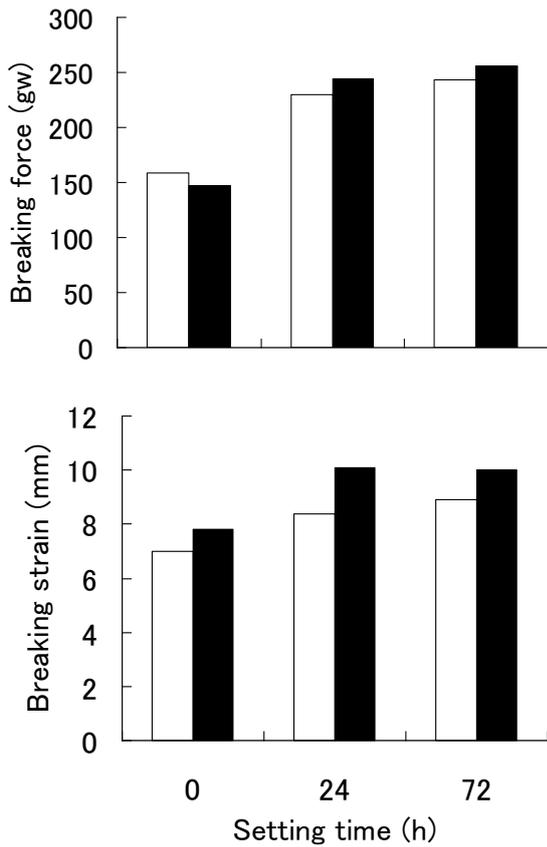


Fig. 7 Changes in breaking force and breaking strain of gel treated with the low temperature setting prepared from frozen Beach conger. The low temperature setting gels were prepared from unwashed and washed minced meat by setting at 5°C for 0-72 h and subsequently heated at 90°C for 20 min. The open and closed column represent unwashed and washed minced meat, respectively.

加熱ゲルの物性は、-20°Cで90日間まで保管した冷凍魚と生鮮魚の物性に有意な差は認められなかったことを確認している（未発表）。水揚げ後に丸体のまま冷凍保存が可能ということは、まとめて漁獲されることはないが、周年に亘り混獲されるクロアナゴを、すり身原料として確保する上で好都合である。冷凍クロアナゴは、水晒しおよび低温坐り処理を施すことによって、弾力に富み、その身色は白く、板付蒲鉾等の原料に成り得るレベルと判断された。また、冷凍すり身として保管しないのであれば、当然ながら歩留りは高くなるが、水晒しを行わ

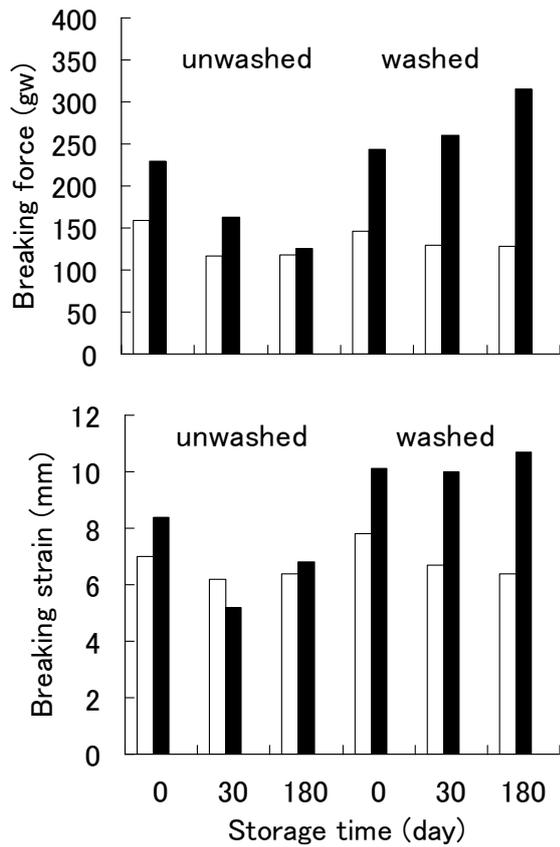


Fig. 8 Changes in breaking force and breaking strain of gels treated with the low temperature setting unwashed and washed frozen stored minced fillet prepared from frozen Beach conger. The low temperature setting gels were prepared from unwashed and washed minced meat by setting at 5°C for 0 h (open column) or 24 hr (closed column) and subsequently heated at 90°C for 20 min. The frozen stored minced fillet stored at -20°C for 0-180 days.

ない落とし身でも、坐り工程を施すことで、弾力のあるねり製品が製造可能である。

この製法は、特に、クロアナゴの漁獲が多い長崎県内の離島において活用できる有効な技術と考えており、地域特産品としての商品化が期待される。

謝 辞

本研究における試料の提供に御協力をいただいた新魚目町漁協の大谷和生氏に深く感謝いたします。また、本論文をまとめるにあたり、

御意見, 御助言を賜った長崎大学大学院水産・環境科学総合研究科長富潔教授に深く感謝の意を表します。

文 献

- 1) 浅野博利. くろあなご. 「新日本動物図鑑. 下巻. 第 8 版」(岡田要, 内田清之助, 内田亨監修) 北隆館, 東京. 1988; 212.
- 2) Laemmli UK. Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T4. *Nature*, 1970; 227: 680-685
- 3) Toyohara H, Sakata T, Yamashita K, Kinoshita M, Shimizu Y. Degradation of oval-filefish meat gel caused by myofibrillar proteinases. *J. Food Sci.* 1990; 55: 364-368.
- 4) Kinoshita M, Toyohara H, Shimizu Y, Sakaguchi M. Induction of *Modori*-phenomenon (Thermal Gel Degradation) by a latent serine proteinase. *Nippon Suisan Gakkaishi*. 1991; 57: 1935-1938.
- 5) Makinodan Y, Toyohara H, Niwa E. Implication of muscle alkaline proteinase in the textural degradation of fish meat gel. *J. Food Sci.* 1985; 50: 1351-1353.
- 6) Kinoshita M, Toyohara H, Shimizu Y. Diverse distribution of four distinct types of modori (gel degradation) inducing proteinase among fish species. *Nippon Suisan Gakkaishi*. 1990; 56: 1485-1492.
- 7) Toyohara H, Kinoshita M, Shimizu Y. Proteolytic degradation of Threadfin-bream meat gel. *J. Food Sci.* 1990; 55: 259-260.
- 8) Cao M-J, Hara K, Osatomi K, Tachibana T, Izumi T, Ishihara T. Myofibril-bound serine proteinase (MBP) and its degradation of myofibrillar proteins. *J. Food Sci.* 1999; 64: 644-647.
- 9) 野村 明, 伊藤慶明, 宗圓貴仁, 小島 渥. 土佐湾産魚種の戻り発現に及ぼす水晒しの影響. 日水誌 1993; 59: 857-864.
- 10) 野村 明, 伊藤慶明, 逢坂良昭, 北村有里, 宮崎裕規, 小島 渥. 水溶性タンパク質画分中のミオシン重鎖分解抑制因子の存在. 日水誌 1998; 64: 878-884.
- 11) 野村 明, 伊藤慶明, 八幡光一, 谷脇成幸, 小島 渥. 魚肉水溶性タンパク質画分中のミオシン重鎖分解抑制因子の性質並びに単離精製. 日水誌 2000; 66: 731-736.
- 12) 下元 哲, 野村 明, 北村有里, 伊藤慶明. 魚肉水溶性画分のプロテアーゼ阻害活性並びにスケトウダラ冷凍すり身の戻り抑制効果. 日水誌 2006; 72: 58-64.