

Pacific whiting とスケトウダラの混合肉糊の ゲル化特性と牛血漿粉末の影響

加藤 登*¹・及川 寛*²・安永廣作*²・矢野 豊*²・北上誠一*³・新井健一*³

Characteristic Gel Formation of Mixed Salt-Ground Meat from Pacific Whiting and Walleye Pollack and Effect of Bovine Plasma Powder Added

Noboru KATO, Hiroshi OIKAWA, Kosaku YASUNAGA, Yutaka YANO,
Seichi KITAKAMI and Ken-ichi ARAI

Abstract

Characteristic heat-induced gel formation of the mixed frozen surimi from different fish species was investigated in connection with further addition of bovine plasma powder.

Frozen surimis of Pacific whiting, walleye pollack and their mixture of various weight ratio were separately ground with 2.5% NaCl or with 2.5% NaCl plus 3% bovine plasma powder. The salt-ground meat was preheated at 30°C or 50°C for several hours and subsequently heated at 90°C for 20 minutes to prepare the preheated gel and the two-step heated gel. The changes in breaking strength (BS), breaking strain (bs), and gel stiffness (GS=BS/bs) of both the heated gels measured as a function of the preheating time.

The results obtained were as follows;

- (1) The BS and the bs of the salt-ground meats from mixed frozen surimi were increased with the progress of preheating at 30°C, but markedly degraded by a subsequently heating at 90°C for 20 min. Such degradations of the BS also with the bs took place without concerning to the content of Pacific whiting frozen surimi in the mixture.
- (2) When the mixed frozen surimi was ground with 2.5% NaCl plus 3% plasma powder, the heat-induced gel formation of the salt-ground meat was largely reinforced. The BS and the bs of the two-step heated gel reached to much higher values with the increase in content of walleye pollack frozen surimi in the mixture.
- (3) There were linear relations between the BS and the GS of both the heated gels formed from the mixed frozen surimi and bovine plasma powder through the preheating at 30°C. On the other hand, the BS and the GS of both the heated gels formed from the same material through the preheating at 50°C remained in lower, closed values.

These results manifested that the salt-ground meat from the mixed frozen surimi from two fish species with bovine plasma powder developed the setting-gel formation, that is the 30°C-preheating-time dependent and the following 90°C-heating caused additional large increases in the BS value with a slight degradation of the bs value.

緒 言

水産ねり製品の原料として用いられる魚介類は100種類以上にのぼると言われている (柴, 2003)。また1977年に

漁業専管水域が設定されて、スケトウダラ冷凍すり身の生産の主流がアメリカ側に移行してからは、我が国では南半球など、世界中の各海域で漁獲される多種類にわたる魚類を原料とした冷凍すり身の生産、およびねり製品への利用に関わる研究がよい盛んになっている (岡田, 1999)。

2004年9月13日受理

*1 東海大学海洋学部水産学科 (Tokai Univ. School of Marine Science and Technology, Dept. of Fisheries, Shimizuorido Shizuoka, 424-8610.)

*2 独立行政法人水産総合研究センター中央研究所 (National Research Institute of Fisheries Science, Fisheries Research Agency; Kanagawa 236-8648.)

*3 全国すり身協会技術研究所 (National Surimi Manufactures Association; Abashiri, Hokkaido, 093-0057.)

これは、原料事情の変化を反映した結果であるばかりでなく、水産物製品の需要が漸減する傾向を止め、消費拡大を計るためには特有の旨味やテクスチャーを持つ、多様化した製品を生産することが望ましいという発想が、その一端にあることにも起因している(岡田, 1999; 柴, 2003)。

複数の魚肉ないし冷凍すり身を混合したねり製品は、従来から既に生産されており、現在もいろいろな組み合わせが試みられている(柴, 2003; 岡田, 1999)。ただ、それらの生産技術に関してはおそらく熟練した経験に頼って行われており、組織立った研究が成されているようには思われない。先に西本らは、スケトウダラとシロザケの冷凍すり身を使用し、混合肉糊の加熱に伴うゲル化とそれに伴って起こる筋肉タンパク質の変化との関係を調べているが(西本他, 1988)、それによると、ゲル形成に伴う破断強度の増加能とミオシン重鎖の多量化能は、混合する二種の魚肉がそれぞれ単独で示す能力の平均に近いレベルの値となるので、両原料肉中には、上記二つの変化を特別に促進したり阻害したりする因子は含まれないと推論している。この事実は、スケトウダラとシロザケの冷凍すり身を混合してゲル化させても、その一方が他方の魚肉の生来のゲル化能を改良することが出来ないことを意味している。

本研究では、二種の魚肉の混合肉糊のゲル形成能に関してより実用的な成果を得ることを目的とし、本来ゲル形成能が極めて劣るといわれるパシフィック・ホワイティングに対して、スケトウダラを混合してその効果を調べたが、市販のパシフィック・ホワイティングの冷凍すり身に通常加えられている牛プラズマ粉末にも配慮し、これら三種のタンパク質成分の組合せがゲル形成能に及ぼす効果を、形成される加熱ゲルの破断強度とゲル剛性との相関関係の経時的変化を解析することによって、詳細に検討した。

実験方法

試料： パシフィック・ホワイティング, Pacific whiting (*Merluccius productus*) の冷凍すり身は、(株)紀文食品から提供されたもので、特に寄生虫を含まない魚肉を使用し、8%スクロースと0.3%重合リン酸塩を含む製品である。水分量は75.3%、タンパク質含量は144mg/g 湿重量であった。スケトウダラ, Walleye pollack (*Theragra chalcogramma*) の冷凍すり身は、市販の陸上二級品であって5%スクロースと0.2%重合リン酸塩を含む製品である。水分量は80.0%でタンパク質含量は134mg/g 湿重量であった。

牛プラズマ粉末は、太陽化学(株)から市販されている製品(フィッシュ・アップB)で、タンパク質含量が75.6%、水分量が10.8%、ほかにクエン酸ナトリウムなどを含んでいる。

加熱ゲルの調製： 冷凍すり身はそれぞれ解凍した後、単独、または異なる量比で混合した後、2.5% NaClを加えてスピード・カッター(ナショナル製MK-K74)により約12分間塩ずりを行い、肉糊を調製した。すり上がり後の温度は約7°Cであった。この肉糊をプラスチック製円筒容器(直径37mm、高さ20mm)に充填し、30°Cまたは50°Cの恒温水槽中にて、7-9時間後まで予備加熱した。経時的にその一部をとり出してさらに90°Cで20分間加熱した。調製された加熱ゲルはそれぞれ予備加熱ゲルおよび二段加熱ゲルと呼ぶ。なおプラズマ粉末を添加するときは解凍したすり身を塩ずりする前に、3.0%添加して1分間攪潰し混合させた。

加熱ゲルの物性測定とゲル剛性の計算： 予備加熱ゲルは測定に至るまでに経時的に変化する可能性があるため、加熱後は全て氷水中で30分以上冷却した後、また二段加熱ゲルは調製後、室温に戻して、速やかにレオメーター(不動工業(株)製, NRM-2005J)により、直径5mmの円柱状プランジャーを使用して物性を測定した。なお、物性としては、破断強度と破断凹みの測定をし、その結果から破断強度と破断凹みの比としてゲル剛性((GS)=(BS)/(bs))を算出した。

結果

パシフィック・ホワイティングとスケトウダラの混合肉糊の加熱によるゲル化： パシフィック・ホワイティングとスケトウダラの冷凍すり身を、それらの量比を変えて混合して塩ずりした後、30°Cで7時間まで加熱して予備加熱ゲルを得た。さらにこれらを90°Cで加熱して二段加熱ゲルとした。予備加熱ゲルと二段加熱ゲルの破断強度および破断凹みと予備加熱時間との関係をFig. 1(A)に示した。また50°Cで予備加熱したときの予備加熱ゲルと二段加熱ゲルについても同様の検討を行い、その結果をFig. 1(B)に示した。

Fig. 1(A)によると、予備加熱温度が30°Cにおいては、スケトウダラ(a)およびパシフィック・ホワイティング(e)単独の肉糊は、いずれもゲル化し、予備加熱ゲルの物性値は経時的に増加し、それぞれ数時間後に最大値に達した。続く90°Cでの加熱では、スケトウダラの場合は、破断強度がより増加し、一方、破断凹みは僅かに減少した。しかし、パシフィック・ホワイティングの場合は両物性値が共に著しく減少した。これらは、既に報じられたとおりである(加藤ら, 2003)。一方、混合肉糊からの場合も予備加熱ゲルの物性値は、いずれも経時的に増加し、数時間後に最大値に達し、またスケトウダラに対するパシフィック・ホワイティングの混合量比に関わりなく、最大値には大きな差は生じなかった。しかし、二段加熱ゲルの両物性値はいずれの場合においても著しい低値になった。この予備加熱ゲルの物性値が続く高温(90°C)の加熱において大

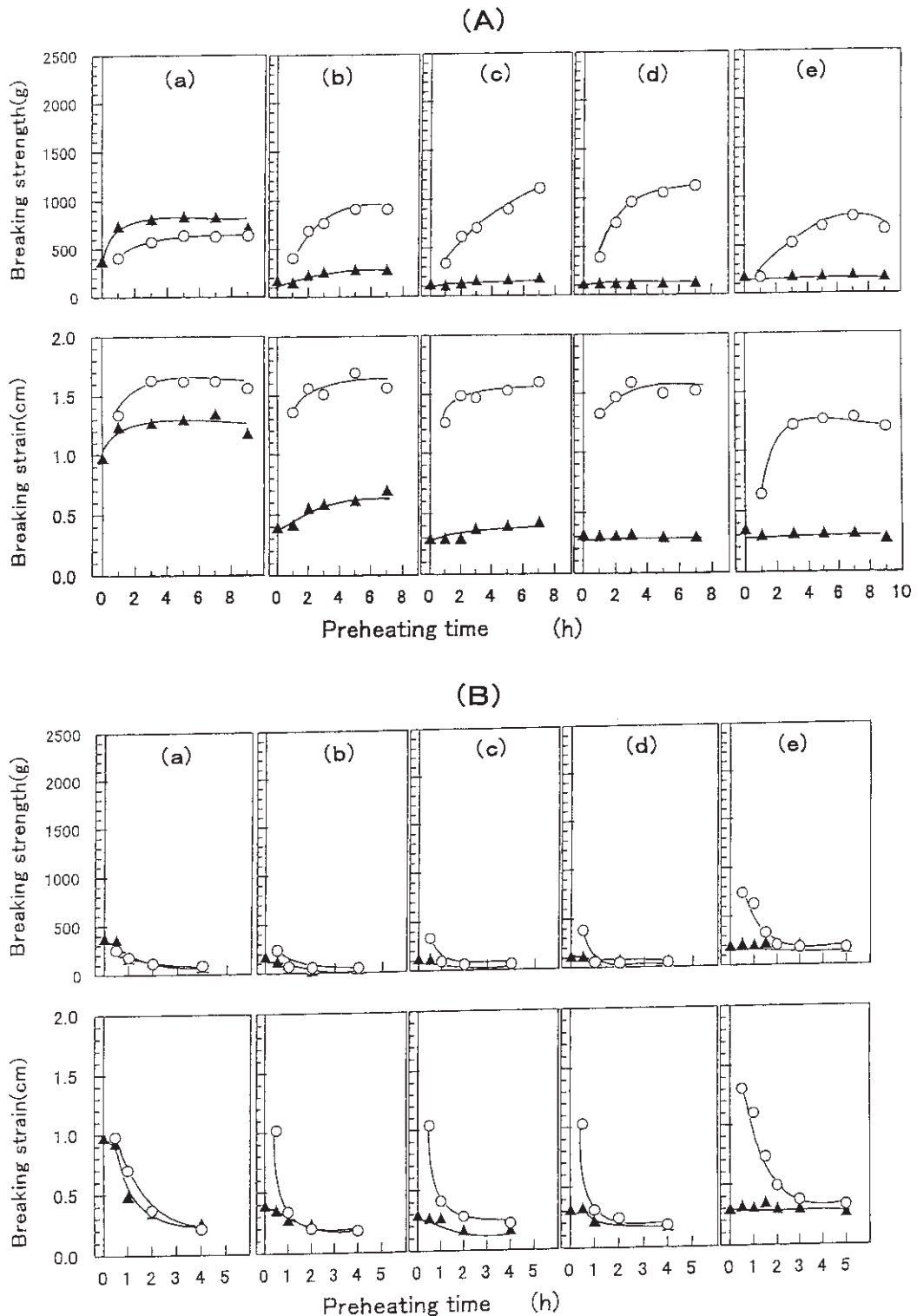


Fig. 1 Changes in breaking strength and breaking strain of preheated and two-step heated gels from two fish species frozen surimis and their mixture as a function of preheating time.

Pacific whiting (PW) and walleye pollack (WP) frozen surimis and their mixture were ground with 2.5% NaCl with and without mixing at various weight ratios (%). The salt-ground meat was preheated at 30°C (A) or at 50°C (B) and followed by heating at 90°C for 20min.

The breaking strength (BS) and breaking strain (bs) of both the heated gels were measured with a rheometer (Fudoh NRM2005J) using a cylindrical plunger (ϕ 5mm) as a function of the preheating time.

The mixing weight ratio of WP:PW are; (a) 100:0, (b) 75:25, (c) 50:50, (d) 25:75, (e) 0:100.

(○) Preheated gel

(▲) Two-step heated gel

大きく減少する現象はパシフィック・ホワイティングの肉糊に起こる特徴的な欠点であって、スケトウダラの肉糊では認められない。混合肉糊においては、スケトウダラに対するパシフィック・ホワイティングの量比が1/4以上になると減少は極めて顕著となり、パシフィック・ホワイティングすり身の貧弱なゲル化能が強く影響を及ぼしているように見える。

予備加熱温度が50°Cの場合は、Fig. 1(B) に示すように、スケトウダラ単独 (a) の場合は両加熱ゲルの物性値にはほとんど差異がみられず、予備加熱時間とともに一方的に低下した。一方、パシフィック・ホワイティング単独 (e) の場合は、予備加熱ゲルの初期にやや高い物性値になるがその後は一方的に減少した。さらに、これらの予備加熱ゲルを90°Cで加熱すると、二段加熱ゲルの両物性値は大きく減少する結果となった。また、混合比を変えた肉糊のゲル化の場合にも、二段加熱にともなうゲル物性値の著しい低下がみられ、やはりパシフィック・ホワイティングのすり身のゲル化特性が、混合肉糊からの加熱ゲルの物性に強く影響を及ぼしていること、またその半分以上をスケトウダラすり身によって代用してもこの様な変化を阻止する事は出来ないことが明らかである。

混合肉糊の加熱によるゲル化に及ぼすプラズマ粉末添加の影響： パシフィック・ホワイティングのすり身を含む混合肉糊の貧弱なゲル形成能を改良するため、プラズマ粉末を添加しその効果について検討した。Fig. 1の実験と同様に、パシフィック・ホワイティングとスケトウダラの冷凍すり身を異なる量比で混合し、これらに3.0%プラズマ粉末を添加混合した後、塩ずりし、予備加熱温度を30°Cおよび50°Cとして加熱ゲルを調製し、それらの破断強度および破断凹みと予備加熱時間との関わりをそれぞれ Fig. 2(A) および (B) に示した。

Fig. 2(A) によると、予備加熱温度が30°Cにおいては、スケトウダラ (a) とパシフィック・ホワイティング (e) 単独、および両者を混合した肉糊はいずれもゲル化し、両物性値は経時的に増加した。予備加熱ゲルの物性の最大値は、パシフィック・ホワイティング単独の場合は低値に留まるが、これを例外とし、他はほとんど同レベルの値になったが、プラズマ粉末を加える前の値 (Fig. 1A) に比べれば、特にスケトウダラすり身の量が多いほど、より高い値に達した。これは、プラズマ粉末の添加によって起こる両ゲル物性の増強の度合いが、パシフィック・ホワイティングよりもスケトウダラの方が大きいことを反映した結果であると判断される。続いて予備加熱ゲルを高温 (90°C) 加熱すると、破断強度はいずれも増加し、増加の度合いはスケトウダラすり身の量が多いほど大きく、より高い値に達した。また破断凹みはいずれについても減少するが、減少の度合いは逆にスケトウダラすり身の量が多いほど小さく、結果として高い値を保持した。プラズマを加える前の

ゲル化能 (Fig. 1) に比べれば、特にパシフィック・ホワイティングのすり身を含む肉糊において強く起こった二段加熱にともなう著しいゲル物性の劣化現象 (加藤他, 2003) が、ここでは認められなくなることが注目される事実である。二段加熱ゲルの物性の最大値を比較してみると、これは Fig. 3 に示すように、破断強度の最大値はスケトウダラすり身の含量にほぼ比例し、その量が多いほど高値に達すること、一方破断凹みも同じような関係を示すが、パシフィック・ホワイティングの含量が多いほど減少の度合いが大きくなることが示された。つまり、混合肉糊の二段加熱ゲルでは、破断強度では両原料の示す値の算術平均に近い値となるが、破断凹みについては必ずしも平均的な値にはならなかった。プラズマ粉末を加える前の同じ混合肉糊のゲル形成能は極めて貧弱で、加熱ゲルの形成には至らないことを考慮すると、Fig. 2の実験で調製された二段加熱ゲルの物性値は、スケトウダラ冷凍すり身の強力なゲル形成能にのみ依存して定まるのではないことが明らかである。なお、パシフィック・ホワイティングの冷凍すり身のゲル形成能に対するプラズマ粉末の添加効果については、既に前報において詳しく紹介した (加藤ら, 2003) が、それによると、3%に及ぶ量のプラズマ粉末は、パシフィック・ホワイティング筋肉中に混在する可能性がある寄生虫由来のプロテアーゼ活性を阻害するのに充分であると言われているが (Chang-Lee *et al.*, 1989; Chang-Lee *et al.*, 1993), その上プラズマタンパク質自体が加熱によりゲル化して二段加熱ゲルの物性に寄与している (加藤ら, 2003) と考えられるに至っている。

予備加熱温度が50°Cの場合は、Fig. 2(B) に示したように、スケトウダラ単独 (a)、パシフィック・ホワイティング単独 (e)、および両者の混合肉糊 (b~d) は、いずれもそのゲル化能が相対的に弱かった。すなわち、予備加熱時間に伴うゲル物性の増強は極めて小さいか、または僅かに減少するようになった。予備加熱を高温 (90°C) で加熱すると、破断強度は増加され、破断凹みは減少する傾向を示すが、その度合いは僅かである。また、パシフィック・ホワイティングの量が多くなると破断凹みの減少がより大きくなり、破断強度もまた減少するようになった。二段加熱ゲルの両物性の最大値を比べると (Fig. 3B) パシフィック・ホワイティングのすり身の含量が少ない方が僅かながら高い値になる傾向があるが、予備加熱温度を30°Cにした場合 (Fig. 3A) に比べていずれもかなり低いレベルの値に留まっている。これは、先に報じたように (加藤ら, 2003), 50°Cにおいて起こるゲル化に寄与しているプラズマタンパク質とすり身タンパク質の間の相互作用 (六車, 1990) または反応が、先に Fig. 2A に示した30°Cにおいて起こる強いゲル化に関与している両タンパク質間の変性反応 (シェフテル他, 1988) と、なんらかの点で異なることを示唆している。

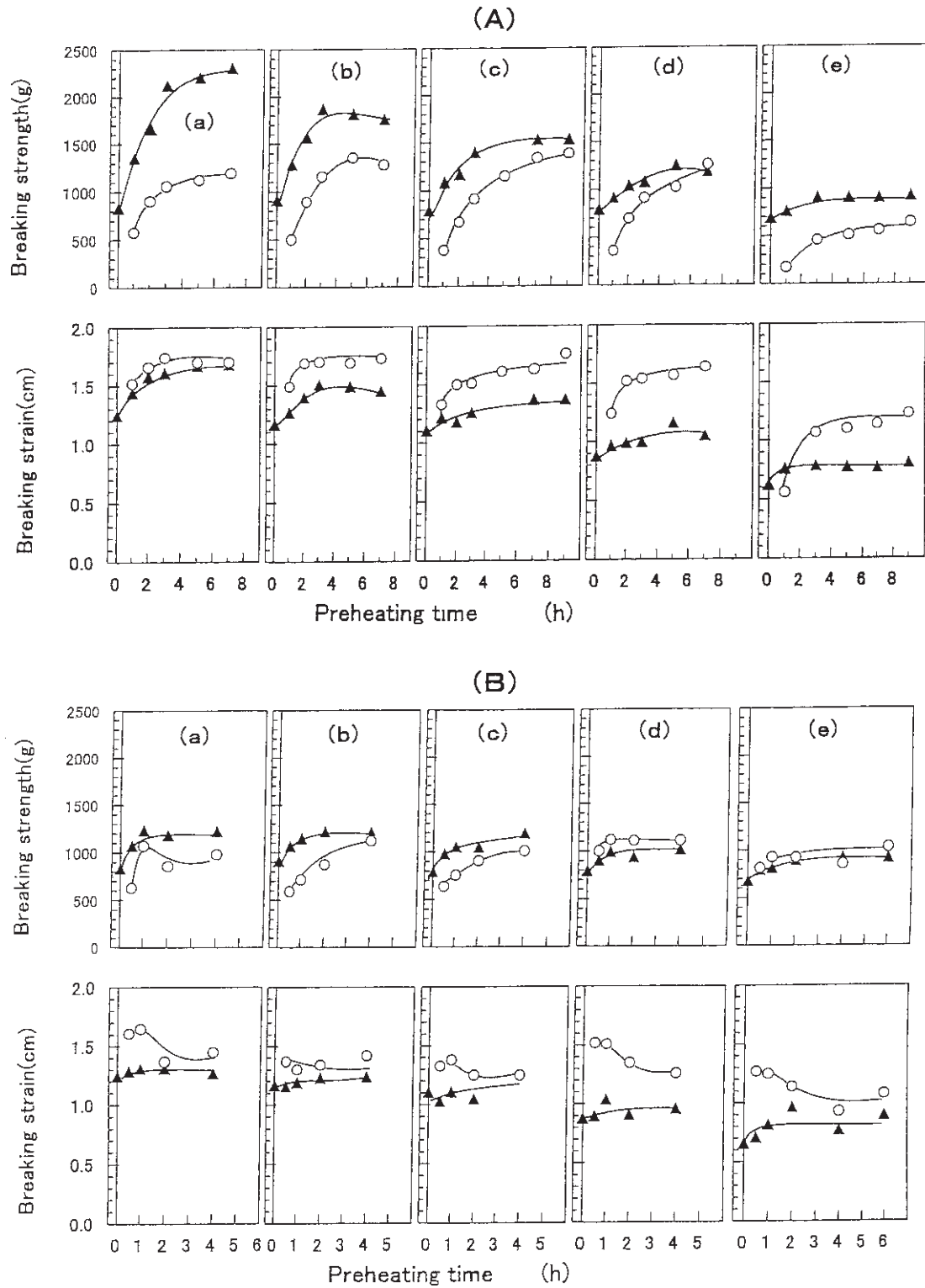


Fig. 2 Changes in breaking strength and breaking strain of preheated and two-step heated gels from two fish species frozen surimis and their mixture with premixing bovine plasma powder as a function of preheating time.

The preparation of preheating gels at 30°C (A) or 50°C (B) and two-step heated gels formed through the preheating at 30°C (A) or at 50°C (B), and the measurement of BS and bs were the same as in the legend of Fig. 1, except that the frozen surimi was premixed with 3% bovine plasma powder before the grinding with NaCl.

The mixing weight ratio of WP:PW are; (a) 100:0, (b) 75:25, (c) 50:50, (d) 25:75, (e) 0:100.

(○) Preheated gel

(▲) Two-step heated gel

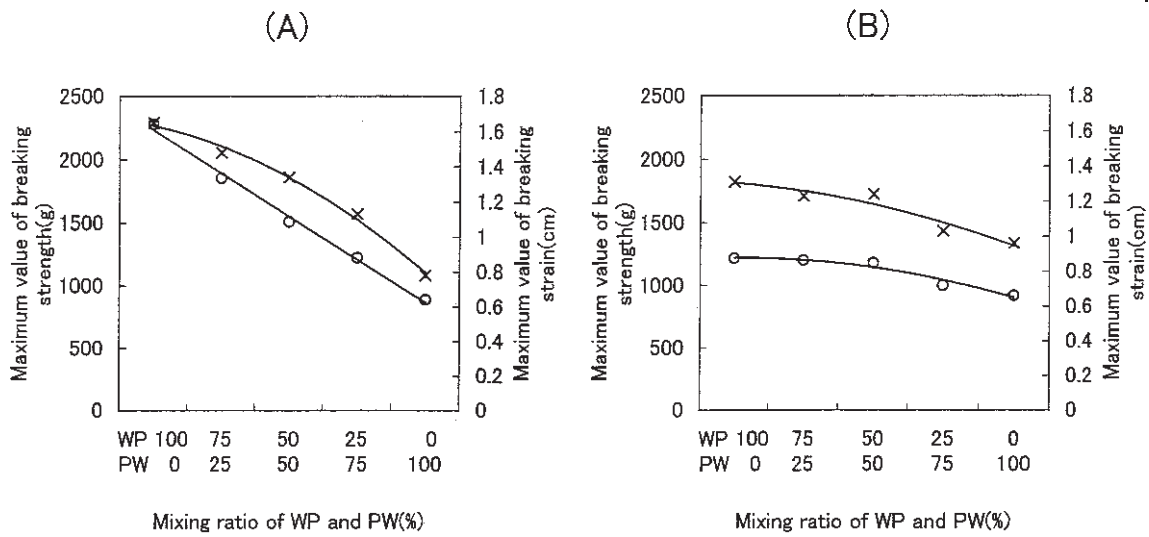


Fig. 3 Maximal values of breaking strength and breaking strain of two-step heated gels formed from two fish species frozen surimis and their mixture with premixing bovine plasma powder.

The maximal breaking strength (○) and breaking strain (×) of the two-step heated gels formed through preheating at 30°C (A) or 50°C (B) were cited from the data shown in Fig. 2 (A, B).

WP: Walleye pollack
PW: Pacific whiting

混合肉糊から形成される加熱ゲルの物性上の特徴： パシフィック・ホワイティングとスケトウダラの冷凍すり身を異なる量比で混合し塩ずりして得た肉糊は、プラズマ粉末を加えなければ、そのゲル形成能が著しく劣るため（加

藤ら、2003）、それらの加熱ゲルの物性上の特徴についてはここでは言及しない。一方、Fig. 2A, B に示したように、3%プラズマ粉末を加えた混合肉糊は加熱により優れたゲル形成能を示すようになる。著者らは、冷凍すり身の

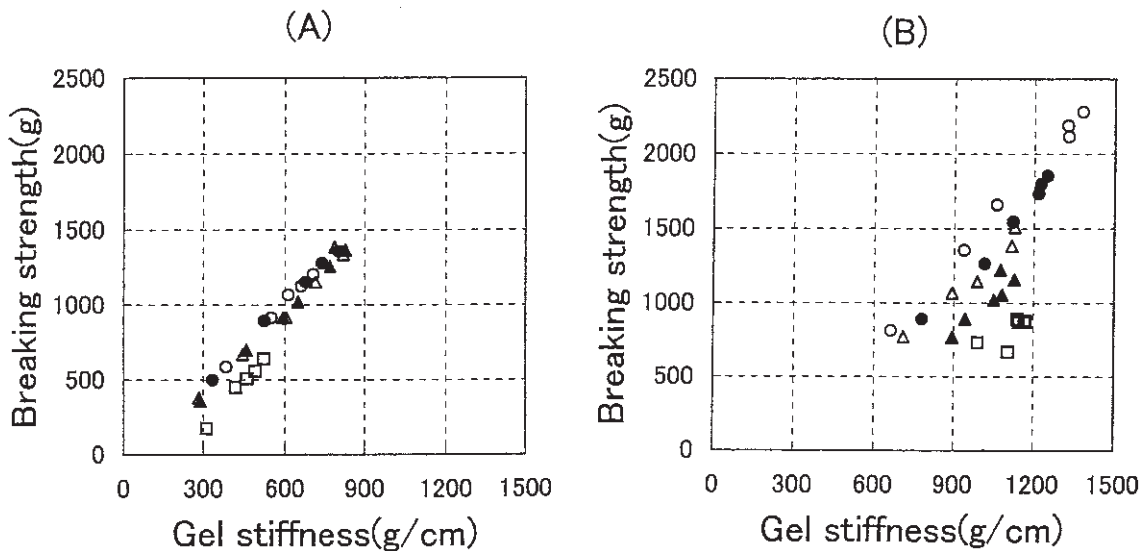


Fig. 4 Relation between gel stiffness and breaking strength of preheated and two-step heated gels formed through preheating at 30°C from two fish species frozen surimis and their mixture with premixing bovine plasma powder.

The breaking strength (BS) and breaking strain (bs) of the heated gels formed through the preheating at 30°C shown in Fig. 2 (A) were applied to calculate the gel stiffness (Gs) as BS/bs.

(A) Preheated gel
(B) Two-step heated gel

The mixing weight ratio of WP:PW are; (○) 100:0, (●) 75:25, (△) 50:50, (▲) 25:75, (□) 0:100.

ゲル形成能をより合理的に評価をするため、加熱に伴うゲル物性の変化を追跡し、ゲル剛性と破断強度の変化の関係を論ずる試みをしてきた(北上, 2003)ので、ここでもその方法を用いてそれらのゲルの物性上の特徴を検討した。すなわち、Fig. 2(A)の実験結果を基にして、30°Cにおける予備加熱ゲルと二段加熱ゲルにおいて起こる破断強度とゲル剛性との相関関係を Fig. 4(A, B)に、また50°Cの場合の両値の関係を Fig. 5(A, B)に示した。

Fig. 4によると、30°Cにおいて形成される予備加熱ゲル(A)および二段加熱ゲル(B)の破断強度とゲル剛性との間にはいずれも良い正の相関関係が認められる。予備加熱ゲル(A)ではパシフィック・ホワイティングの冷凍すり身単独の場合を例外として、スケトウダラ冷凍すり身単独および両者混合肉糊の形成する加熱ゲルの破断強度とゲル剛性との関係直線はほぼ一致した。またこの関係直線はパシフィック・ホワイティング単独の加熱ゲルの関係直線よりも同図中で明らかに左側に位置し、品質上やや異なることを示していた。

一方、二段加熱ゲル(B)では、破断強度とゲル剛性との関係直線はいずれも予備加熱ゲルのそれらよりも同図中で右側に位置するようになった。これは、Fig. 2(A)で示したように、高温(90°C)の加熱により破断強度が増加して破断凹みが減少したことを反映した結果であるが、この中では、スケトウダラ単独の加熱ゲルの関係直線は同図中で最も左側に在り、次いで混合肉糊の加熱ゲル、その中でもパシフィック・ホワイティングの量比が多いものほどそ

の関係直線は図中右側に位置すること、さらにパシフィック・ホワイティング単独のそれは最も右側に位置することが示された。これは、スケトウダラ単独の二段加熱ゲルがこれらの中では、最も変形に対して壊れにくく、混合肉糊では、パシフィック・ホワイティングの含量が多い二段加熱ゲルほど変形に対して壊れ易くなり、パシフィック・ホワイティング単独の二段加熱ゲルが最も壊れ易いことを示す。なお、それぞれの加熱ゲルが到達する破断強度の最大値は、既に Fig. 3に示したとおり、物性が変形に対して壊れにくいものになるほど、高い値になる傾向があった。

また、50°Cでは、予備加熱ゲルの物性値は、経時的に僅かに増加したが、これは両魚種それぞれ単独、および両者混合の肉糊のいずれについても同じ程度であることから(Fig. 2B)、破断強度とゲル剛性の関係プロットはほぼ同じ位置にプロットされた(Fig. 5A)。また、二段加熱ゲルの場合は、高温加熱(90°C)での破断強度の増加が僅かであるのに対し、破断凹みの低下の度合いが大きく、さらにパシフィック・ホワイティングの量比が高くなるほど破断凹みは大きく低下するので、破断強度とゲル剛性の関係は、同図中で右側に位置するようになった(Fig. 5B)。これは変形に対してより壊れ易いゲルになることを示すが、30°Cで予備加熱した二段加熱ゲルの場合と全く同じ傾向である。

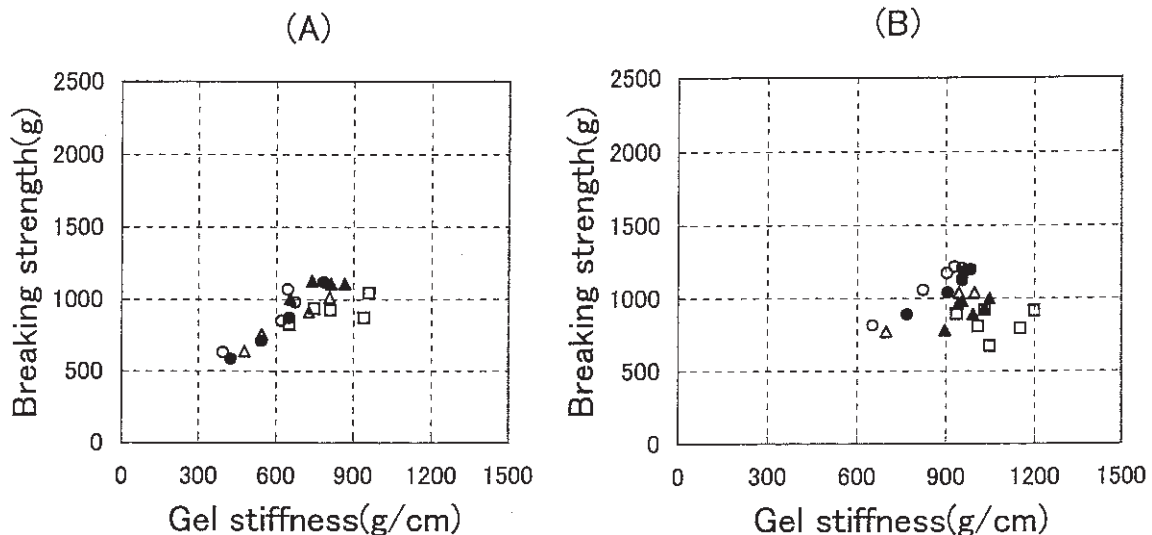


Fig. 5 Relation between gel stiffness and breaking strength of preheated and two-step heated gels formed through preheating at 50°C from two fish species frozen surimis and their mixture with premixing bovine plasma powder.

The breaking strength (BS) and breaking strain (bs) of the heated gels formed through the preheating at 50°C shown in Fig. 2 (B) were applied to calculate the gel stiffness of these gels.

(A) Preheated gel

(B) Two-step heated gel

The mixing weight ratio of WP:PW are; (○) 100:0, (●) 75:25, (△) 50:50, (▲) 25:75, (□) 0:100.

考 察

パシフィック・ホワイトニングの冷凍すり身は、本来著しくゲル形成能が劣るため、プラズマ粉末や卵白粉末などのタンパク質素材が弾力補強（ないし強化）剤として添加されて、一般に流通している。また、プラズマ粉末の添加効果については、著者らも詳細な検討を行い、先に報じた（加藤ら、2003）が、3%に及ぶ添加はすり身中に混在する可能性がある寄生虫由来のプロテアーゼ活性を阻害するだけでなく、それ自体がゲル化して、加熱ゲルの物性を増強するに足る量であることを知った。ただし、プラズマの添加量が1.0%を超えると形成される二段加熱ゲルの物性は変形に対して壊れ易いものになる。これは、最も広く普及しているスケトウダラのすり身を主体とした二段加熱ゲルに比べて、云わば硬く脆い物性に相当し、余り良い評価を得るとは思われない。またプラズマ粉末を加えるとパシフィック・ホワイトニング単独の肉糊のゲル物性は、予備加熱によって経時的に減少しなくなるが、しかし増強されることがなく（加藤ら、2003）、スケトウダラのそれに匹敵するような高値に達しないことは欠点の一つと思われる。

本研究においては、初めに本来ゲル形成能が著しく優れているスケトウダラすり身を、パシフィック・ホワイトニングのすり身の一部の代替に使用し、肉糊のゲル形成能の改良を試みた。これは、スケトウダラのすり身中には、ミオシン重鎖の多量化（交差結合）を促す酵素（トランスグルタミナーゼ）活性が検知される（本木ら、1991）など、ゲル化に寄与する要因が整っていると想像されるため、これが、パシフィック・ホワイトニングの貧弱なゲル形成能に影響を及ぼし、物性値の向上に役立つことを期待したものである。しかし、この混合肉糊が形成する二段加熱ゲルの物性値は依然として著しく低く、スケトウダラすり身の割合を多くしても、期待した効果は見られなかった。この結果は、スケトウダラ冷凍すり身の中には、パシフィック・ホワイトニングすり身の極めて貧弱なゲル形成能を改変するような、特別な要因が含まれていないことを示唆している。なお、パシフィック・ホワイトニングの冷凍すり身が有する貧弱なゲル形成能を導く原因は、すり身タンパク質のプロテオリシスによる説が多いが、それが真実とすると、スケトウダラのすり身タンパク質はプロテアーゼの作用基質となり、ゲル形成能の劣化を抑制する機能を全く持たないことにもなるので、この件に関しては今後より詳細な検討をする必要がある。

パシフィック・ホワイトニングとスケトウダラの混合肉糊のゲル形成能は、さらにプラズマ粉末を添加することによって、初めて顕著に向上するようになったが、それぞれの成分の役割は未だ明らかではない。事実として明らかなのは、予備加熱温度が30°Cにおいて、ゲル物性が予備加

熱の時間に依存して大きく増強されるようになり、いわゆる坐り効果が発揮されるようになることであるが、この効果は、プラズマ粉末のみを加えたパシフィック・ホワイトニングの肉糊やパシフィック・ホワイトニングとスケトウダラの混合肉糊では全く見られないので、肉糊中に三成分が混在し、二段加熱されることが、必要で、不可欠な条件であることになる。予備加熱温度が30°Cの低温域で起こり易く、50°Cの高温域では起こらないという点でもスケトウダラ肉糊の坐りの現象と良く似ており、またスケトウダラの混合割合が増えるに伴って形成される二段加熱ゲルの物性は、スケトウダラのすり身単独から形成される、いわゆる坐りゲルの特徴（変形に対して壊れにくいゲルの形成）に近似してくることも明らかになった。すなわち、ゲル物性は三成分の混合比と加熱条件を制御することから意図的に調節することが可能である。

なお本実験に供試した冷凍すり身のタンパク質含量は、パシフィック・ホワイトニングが144mg/gすり身湿重量およびスケトウダラ冷凍すり身が134mg/gすり身湿重量である。また牛のプラズマ粉末のタンパク質含量は75.6%とされている。それゆえ、二種の冷凍すり身の混合肉糊のタンパク質含量はその混合割合によってすり身1g当り最大で10mgの差を生じることになる。肉糊のタンパク質含量とゲル形成能との関係を調べた研究成果（北上ほか、2003）によると、二段加熱ゲルばかりでなく、予備加熱ゲルの破断強度も、タンパク質濃度の変化に伴って指数関数的に増減するが、この程度のタンパク質含量の差異は、加熱ゲルの物性値に及ぼす影響は余り大きくない（破断強度の最大値は10%以下の違いにとどまる）。また、仮にパシフィック・ホワイトニングとスケトウダラ冷凍すり身の等量混合肉糊の場合を例にとると、肉糊中のそれぞれの魚のすり身タンパク質含量は、いずれも約1/2に減ずることになるが、一般にタンパク質含量が1/2になると、上記したように得られる加熱ゲルの物性（破断強度の最大値）は数分の一以下のレベルまで低下するのが普通である。しかし、Fig. 1 および 2 の結果を見ると牛血漿粉末添加の有無に関わりなく、混合肉糊が形成する加熱ゲルの物性値はそれほど低い値になっていない。Fig. 1A に示した二段加熱ゲルの場合だけは、低いレベルの値となっているが、これは高温（90°C）での加熱に伴って起こった結果であって、タンパク質含量の差異を反映したものではない。なお、3%のプラズマ粉末の添加に伴うタンパク質含量の増加（約1.5%）もまた同じく加熱ゲルの物性値に大きな影響を及ぼさないと判断される。それゆえ、パシフィック・ホワイトニングとスケトウダラのすり身タンパク質、およびプラズマのタンパク質から成る混合肉糊が示す強いゲル形成能はタンパク質含量の増加に伴ってもたらされたものではなく、タンパク質三成分間に生ずる特別な相互作用（および反応）に起因しているものと考えられる。一般に食品タンパク質はゲル化に先立って変性し、変性タンパク質間の凝

集力と反発力の間にある場合のみ、ゲル化が起こり、また変性は部分的なもので、一定の方向性を持って集合し、網目構造を形成するとされている(中村, 1988: ジャン-クラウド・シェフテル他, 1988)。従って、2種のすり身とプラズマの混合によって形成される加熱ゲルの形成機構を明らかにするためには、タンパク質三成分に起こる変性反応とこれら成分間の相互反応についてさらに詳細に検討することが必要である。

引用文献

- 柴 真 (2003): 水産ねり製品の原料, 水産ねり製品入門 (柴真著), 日本食糧新聞社, 東京, pp.44-54.
- 岡田 稔 (1999): 主な原料魚, かまぼこの科学 (岡田 稔著), 成山堂書店, 東京, pp.99-116.
- 志水 寛 (1993): ねり製品, 水産食品学 (須山, 鴻巣編), 恒星社厚生閣, 東京, pp.259-268.
- 西本真一郎, 橋本昭彦, 関 伸夫, 新井健一 (1988): 二種の魚の混合肉糊の坐りとミオシン重鎖の交差結合, 日水誌, **54**(7), 1227-1235.
- 加藤 登, 及川 寛, 安永廣作, 矢野 豊, 阿部洋一, 新井健一 (2003): Pacific Whiting 冷凍すり身のゲル化特性と牛血漿粉末添加の影響, 東海大紀要, **56**, 49-61.
- Chang-Lee M.V., Pacheco-Aquilar R., Crawford D.L., and Lampila L.E.: Proteolytic Activity of Surimi from Pacific whiting (*Merluccius productus*) and Heat-set Gel

- Texture. J. Food Sci., **54**, 1116-1125.
- Chang-Lee M.V., Lampila L.E., and Crawford D.L. (1990): Yield and Composition of surimi from Pacific whiting (*Merluccius productus*) and the Effect of Various Protein Additives on Gel Strength. J. Food Sci., **55**, 83-86.
- Morrissey M.T, Wu J.W, Lin D. and An H. (1993): Protease Inhibitor Effects on Torsion Measurements and Autolysis of Pacific whiting Surimi. J.Food Sci., **55**, 83-86.
- 六車三治男, 速水紀文, 杉本浩二, 中村貴郎, 沼田正寛, 吉原忠志 (1993): 血液プラズマ分画成分とミオシン B の相互作用. 日本食工誌, **37**(8), 594-601.
- ジャン-クラウド シェフテル, ジャン-ルイ クック, ドゥニールロリアン (1988): タンパク質ゲル形成の概論「食品タンパク質ハンドブック」(北嶋典子訳), N.T.S.東京, 61-69.
- 本木正雄, 梅田 幸 (1991): 酵素架橋による制御, 水産加工とタンパク質の変性制御 (新井編), 水産学シリーズ84, 恒星社厚生閣, 東京, pp.56-63.
- 北上誠一, 村上由里子, 新井健一, 安永廣作, 加藤 登 (2003): スケトウダラ冷凍すり身のゲル形成能と筋原繊維タンパク質濃度との関係, 平成15年度水産利用加工関係試験研究推進会議, 都道府県部会研究会議報告要旨, pp.90-93.
- 中村 良 (1988): 食品蛋白質のゲル形成機構, 日農化誌, **62**, 879-881.

要 旨

異なる魚類の冷凍すり身を混合し、加熱によるゲル形成能上の特徴を、さらに添加する牛血漿粉末との関わりにおいて検討した。

パシフィック・ホワイティングとスケトウダラの冷凍すり身、および両者を異なる量比で混合したすり身を2.5% NaCl または2.5% NaCl と3%の牛プラズマ粉末と塩ざりした。塩ざり肉は30°Cまたは50°Cで予備加熱し、次いで90°Cで20分加熱して、予備加熱ゲルと二段加熱ゲルを調製した。両加熱ゲルの破断強度 (BS), 破断凹み (bs), およびゲル剛性 (GS=BS/bs) を、予備加熱時間を変えて測定した。結果は以下のとおりである。

- (1) 混合した冷凍すり身から調製した塩ざり肉の BS と bs は30°Cでは予備加熱の進行に伴って増加するが、続く90°C, 20分間の加熱で著しく減少した。この減少は、混合すり身中のパシフィック・ホワイティングの量比には関わりなく起こった。
- (2) 混合したすり身を2.5% NaCl と3%プラズマ粉末と共に塩ざりすると、塩ざり肉の加熱によるゲル形成能は著しく増加され、二段加熱ゲルの BS と bs は、塩ざり肉中のスケトウダラすり身の量比が大きいほどより高い値に達した。
- (3) 予備加熱が30°Cの場合は、混合した冷凍すり身とプラズマ粉末から形成される両加熱ゲルの BS と bs の間には直線関係が成立つが、50°Cにおける場合は両値は増加せずに低い値に留まった。

以上の成果から、本実験において混合した冷凍すり身とプラズマ粉末から調製した塩ざり肉は、いわゆる坐りゲル形成、すなわち30°Cにおける予備加熱時間に依存した著しい BS と bs の増加と、それに続く90°Cにおける BS のさらなる増加と bs 値の僅かな低下、を引き起こすことが明らかになった。