等級の異なるスケトウダラ冷凍すり身のかまぼこ品質に対する 牛血漿粉末添加の影響

阿部 洋一, 安永 広作, 北上 誠一, 太田 隆男

(1994 年 10 月 20 日受付)

Quality of Kamaboko Gels from Walleye Pollack Frozen Surimis of Different Grades with Bovine Plasma Powder

Yoichi Abe,*¹ Kosaku Yasunaga,*² Seiichi Kitakami,*³ and Takao Ota*⁴

Six kinds of walleye pollack frozen surimis of different grades were subjected to the preparation of kamaboko gels with and without the addition of 0.5% bovine plasma powder. The quality of the kamaboko gels thus obtained was evaluated by measuring the gel properties such as the breaking strength, breaking strain, gel strength, and spring constant. It was found that the addition of bovine plasma powder remarkably enhanced the gelling ability of all kinds of frozen surimis, although the apparent increment in gel properties of the kamaboko was larger in the frozen surimi of lower grade than that of higher grade. However, the quality of the kamaboko gel prepared from the frozen surimi of lower grade on addition of plasma was still remained inferior to that from the highest grade without the addition of plasma. These results also supported our previous conclusion that the gelling of frozen surimi with bovine plasma powder proceeded via slightly different way as compared to the case without plasma.

キーワード: 牛血漿, プラズマ, かまぼこ, スケトウダラ, 冷凍すり身, ゲル物性

さきに著者らの一人は、スケトウダラ冷凍加塩すり身（陸上 2 級品）に牛血漿粉末（以下、プラズマと略す）を添加したかまぼこを作り、そのゲル物性に対する影響を調べた。¹⁾ その結果、予備加熱温度が 30℃ 以下ではかまぼこの破断強度と破断凹みを強化するように、また 40℃ 以上ではそれらの減少を抑制するように作用すること、さらにその添加量は 0.5% が適当であることなどを知った。

現在冷凍すり身の流通の主体は無塩すり身であり、また、等級も SA 級から 2 級とさまざまである。本研究では、等級の異なるスケトウダラ冷凍すり身に市販のプラズマ標品を添加してかまぼこを製造し、そのゲル物性に及ぼす影響について比較検討した。

実験方法

本研究で使用したスケトウダラの冷凍すり身の等級と性状を Table 1 に記載した。

かまぼこの調製 冷凍すり身を解凍後、小型サイレントカッター（㈱柳屋製作所）で約 1 分間播潰した。無塩すり身の場合は 3% 食塩を添加、加塩すり身の場合は食塩無添加で、さらにこれらに 0.5% プラズマを添加して 12 分間播潰した。すり上がり後の肉糊の温度は約 9℃ とした。この肉糊を折径 48 mm のポリ塩化ビニリデン製チューブに充填し、25 および 40℃ の恒温水槽中で所定時間（0～5 時間）加熱した（この加熱処理を予備加熱と呼ぶ）後、さらに 90℃ の水槽中で 30 分間加熱した（これを二段加熱ゲルまたはかまぼこゲルと呼ぶ）。なお、プラズマ無添加のかまぼこを対照とした。

ここで使用したプラズマは、太陽化学㈱より販売されている製品（商品名：フィッシュアップ B）で、100% 牛血漿粉末とされている。

また、SA 級と 2 級のすり身中タンパク質濃度を揃える際には、SA 級に対し添加物を添加する前のすり身の水分が一定となるように加水した。

*1 株式会社阿部十良商店 (Abe Jyuro Co., Ltd., Abashiri, Hokkaido 093, Japan).

*2 中央水産研究所 (National Research Institute of Fisheries Science, Fukuura, Kanazawa, Yokohama, Kanagawa 236, Japan).

*3 全国すり身協会技術研究所 (National Surimi Manufacturers Association, Abashiri, Hokkaido 093, Japan).

*4 株式会社日本食品開発研究所 (Japan Food Research and Development Institute Co., Ltd., Ichinohashi-miyauti, Higasiyama, Kyoto 605, Japan).

Table 1. Frozen surimis from walleye pollack used in the study

Grade	Product	Additives	Moisture	pH	-20°C Period (month) of storage
(A) SA	U.S.A.	Sugar: 9% PP: 0.2%	75.5%	7.24	14
(B) SA	U.S.A.	Sugar: 9% PP: 0.2%	76.2%	7.16	10
(C) 2nd	JAPAN	Sugar: 5% PP: 0.2%	80.6%	7.15	2
(D) 2nd	JAPAN	Sugar: 5% PP: 0.2%	80.6%	7.34	0
(E) salted Fa	U.S.A.	Sugar: no record Salt: no record	73.3%	6.70	4
(F) salted 2nd	JAPAN	Sugar: 10% Salt: 2.5%	76.0%	6.80	2

PP: polyphosphate salt.

かまぼこの弾力測定 調製した二段加熱ゲルを流水で冷却後、25℃の恒温槽中に保管した。品温が25℃になったものを、厚さ25 mm、直径30 mmの円柱状試験片とし、レオメーター（不動工業製 NRM2002J）を使用し、直径5 mmの球形プランジャー（進入速度6 cm/min）で破断強度（g）と破断凹み（mm）を測定した。

ゲル強度およびバネ定数の計算方法 前報¹⁾と同様に、破断強度と破断凹みの積をゲル強度（g・cm）、破断強度を破断凹みで割った値を、破断時におけるバネ定数（g/cm）と表した。

実験結果

二段加熱ゲル（かまぼこゲル）のゲル物性に対するプラズマ添加の影響 6種類の冷凍すり身からプラズマを添加した肉糊を、25℃で予備加熱して調製したかまぼこゲルについて、破断強度および破断凹みを測定し、予備加熱時間との関係を Fig. 1 に示した。

いずれの場合も予備加熱時間の経過とともに破断強度と破断凹みは増加し、プラズマを添加した方がより速やかに、かつ大きな値に達した。破断強度では、2級品の一種と、加塩FA級品の場合を除いて、予備加熱5時間後もなお最大値に達せず増加し続け、この傾向はプラズマを添加したものの方がより著しかった。これに対して、破断凹みの方はほとんどの場合に最大値に達していた。

一方、プラズマ添加のゲル物性への影響はすり身の等級により異なり、見かけ上等級の劣るすり身の方が大きく強化された。すなわち、等級の優れたSA級品や加塩FA級品においては、予備加熱にともない、プラズマ添

加のほうが、無添加よりも常に破断強度で10～20%、破断凹みで5～10% とほぼ一定の割合で高い値であり、2級すり身においては、プラズマ添加によって破断強度で40～100%、破断凹みで13～40% 程高い値であった。

このように、プラズマの添加によるゲル物性の強化の程度には、本来そのすり身が保有しているゲル形成能の優劣がそのまま反映し、本来高い破断強度と破断凹みを示すものではさらに高い値に達するが、それらの低いものでは、プラズマによって強化を図っても、なお低い値に留まった。すなわち、2級、加塩2級、および加塩FA級のすり身からプラズマを添加して得たかまぼこの物性は、SA級のすり身からプラズマを添加せずに調製したかまぼこのゲル物性値になお及ばない。このことは破断強度と破断凹みのいずれにも認められた。

次に、プラズマを添加した肉糊を40℃で予備加熱して得たかまぼこ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. 2 に示した。

25℃の場合と異なり、かまぼこゲルの破断強度と破断凹みは、予備加熱の経過に伴って25℃の場合のように一方的な増加をしなかった。プラズマ無添加の場合には予備加熱の経過につれてゲル物性の低下が起こったが、プラズマの添加はこれを抑制した。SA級および加塩FA級では、予備加熱の初期に一旦僅かに増加した後、減少する傾向を示しているが、プラズマの添加によりその減少は抑制され、ほぼ一定値を保った。無添加のものが最大値に達する条件下で比べれば、プラズマ添加による強化の程度は破断強度で4～19%、破断凹みで2～5%であった。一方、2級のすり身では、そのゲル

Fig. 1. Changes in the breaking strength and breaking strain of two-step heating gel from walleye pollack frozen surimi of different grades with bovine plasma powder as a function of preheating time at 25°C.

(A) SA grade; (B) SA grade; (C) 2nd grade; (D) 2nd grade; (E) Salted FA grade; (F) Salted 2nd grade.

Salt-ground meats were prepared from walleye pollack frozen surimi at 9°C or below with and without 0.5% bovine plasma powder. The salt-ground meat was stuffed into a polyvinylidene tube ($\phi 30$ mm) and preheated at 25°C for various times and followed by heating at 90°C for 30 minutes. The two-step heating gel thus formed was sliced into 25 mm thickness and subjected to the measurement of the breaking strength (g) and the breaking strain (mm) with a rheometer (Fudoh Co. Ltd., NRM2002J) by adopting a spherical plunger ($\phi 5$ mm).

●, without plasma; ○, with 0.5% plasma.

物性は、無添加の場合は一方的に減少する傾向を示すのに対し、プラズマを添加した方はほぼ初めの値を保った。この場合のゲル物性の最大値は、予備加熱時間が0の時であるが、プラズマ添加による増加の程度は破断強度で30%、破断凹みで13%であった。なお、加塩2級品では、ゲル物性は、一旦増加した後大きく減少して

Fig. 2. Changes in the breaking strength and breaking strain of two-step heating gel from frozen surimi of different grades with bovine plasma powder as a function of preheating time at 40°C.

Salt-ground meats were prepared from walleye pollack frozen surimi with and without 0.5% bovine plasma powder. Preparation of two-step heating gels was then made as in Fig. 1, except that the preheating of the salt-ground meat was made at 40°C.

The breaking strength (g) and the breaking strain (mm) were measured also as in Fig. 1.

(A)~(F), ●, and ○; the same as in the legend of Fig. 1.

いるが、プラズマを添加した方はその値を保った。このプラズマ添加をしたかまぼこのゲル物性は、無添加のものの方が最大値となる時間で比べると破断強度で30%、破断凹みで7%程大きいものであった。

40°Cの予備加熱では、いずれの等級のすり身からの場合も、無添加の方のゲル物性は最大値に達した後は低下する傾向を示すため、プラズマ添加と無添加のゲル物性の差は予備加熱時間に伴って大きくなり、この差異は特に2級のすり身の方が顕著であった。しかし、プラズマ添加によるゲル物性の強化には限界があり、添加により得られたかまぼこのゲル物性は、SA級のすり身からプラズマ無添加で調製したかまぼこのそれよりも例外なく劣った。加塩2級と加塩FA級の場合は、プラズマ添加により破断強度はSA級（無添加）からのかまぼこに匹敵したが、破断凹みはなお及ばなかった。

また、このような傾向は、品質の異なる2級のすり

身、たとえば2級および加塩2級のようにゲル物性のより高いものと低いものと間で比べた場合でも同じであった。

プラズマを添加して得たかまぼこゲルの物性上の特徴調製されたかまぼこゲルの物性上の特徴を考察するために、破断強度および破断凹みから計算したゲル強度およびバネ定数と予備加熱時間との関係を、Fig. 3およびFig. 4に示した。まず、肉糊を、25°Cで予備加熱して得たかまぼこゲルの場合、ゲル強度とバネ定数に対するプラズマ添加の影響は、いずれも、破断強度への影響(Fig. 1)の場合と良く似ており、いずれの等級のすり身から調製したかまぼこでも、プラズマ添加による強化の効果は、はっきりと認められる。しかし、その効果には限界があり、等級の低いすり身からプラズマ添加によって得たかまぼこのゲル物性は、等級の高いすり身のゲ

Fig. 3. Changes in gel strength and spring constant of two-step heating gel with bovine plasma powder as a function of preheating time at 25°C.

From the data shown in Fig. 1, the gel strength was calculated by the breaking strength $\times$ breaking strain and the spring constant was calculated by the breaking strength/breaking strain.

(A)~(F), ●, and ○; the same as in the legend of Fig. 1.

Fig. 4. Changes in gel strength and spring constant of two-step heating gel with bovine plasma powder as a function of preheating time at 40°C.

From the data shown in Fig. 2, the gel strength and the spring constant were calculated in the same way described in the legend of Fig. 3.

(A)~(F), ●, and ○; the same as in the legend of Fig. 1.

ル物性を追い越すものではなかった。

次に、40°Cで予備加熱して得たかまぼこゲルの場合、ゲル強度およびバネ定数に対するプラズマ添加の影響は、いずれも、破断強度および破断凹みに対する影響(Fig. 2)と良く似ており、プラズマによる物性強化はゲル強度とバネ定数の減少を抑制し、一定値を保った。しかし、この場合もその効果には限界があり、等級の低いすり身のかまぼこゲルは高いすり身のものを追い越すほどではなかった。

すり身の等級によるプラズマ添加の影響 2級とSA級のすり身を比べると、原料およびその製造時におけるさまざまな条件の違いもあるが、特にすり身の水分と添加物量に違いがあり、これは、すり身に含まれるタンパク質濃度の違いに反映する。つまり、水分量の高い2級すり身では、プラズマ添加によるMfタンパク質濃度の低下もより大きくなる。そこで、SA級のすり身に加水をして2級すり身並の水分量に調整し、タンパク量が同じかまぼこを調製し、それらの物性を比較した。すなわち、破断強度と破断凹みをFig. 5に、またゲル強度とバネ定数をFig. 6に示す。

これらによると、加水したSA級すり身(以下、SA'級とする)から、25°Cで予備加熱して得たかまぼこゲ

Fig. 5. Comparison of changes in the breaking strength and breaking strain between two-step heating gels from SA' grade (SA grade adjusting moisture content) and 2nd grade frozen surimis with and without bovine plasma powder as a function of preheating time at 25°C or 40°C.

(A) SA' grade (SA grade containing the same amount of water as that of 2nd grade); (B) 2nd grade; (C) 2nd grade

Salt-ground meats were prepared from walleye pollack frozen surimi with and without 0.5% bovine plasma powder. Moisture content of SA grade-frozen surimi was adjusted to the same level as that of 2nd grade surimi by adding water. Preparation of two-step heating gels was then made as in Fig. 1, except that the preheating of the salt-ground meat was made at 25°C or 40°C. The breaking strength (g) and the breaking strain (mm) were measured also as in Fig. 1.

●, without plasma; ○, with 0.5% plasma.

ルの破断強度と破断凹みおよびゲル強度は、予備加熱の時間によらない、いずれも類似の増加傾向を示し、また5時間後もまだ増加途中にあるが、プラズマ添加のものの方が常に高い値を示した。ただし、その増加の程度は、2級品からのものに比べて、SA'級品からのもののほうが相対的に少なく、この傾向は加水する前のSA級からの製品の場合とほとんど同じであった。

また、40°Cで予備加熱して得たかまぼこゲルの場合も、SA'級品からのほうが高いゲル物性を示すものの、プラズマによるその強化効果は見かけ上小さく、最大値における増加は破断強度で4%、破断凹みで3%と、加水しないSA級からの場合と同じであった。したがっ

Fig. 6. Comparison of changes in gel strength and spring constant between two-step heating gels from SA' grade (SA grade adjusting moisture content) and 2nd grade frozen surimis with and without bovine plasma powder as a function of preheating time at 25°C or 40°C.

From the data shown in Fig. 5, the gel strength and the spring constant were calculated the same as in the legend of Fig. 3.

(A)~(C), ●, and ○; the same as in the legend of Fig. 5.

て、プラズマによるかまぼこのゲル物性に対する見かけの強化度合は、すり身に対する加水の有無、すなわちかまぼこ中のMfタンパク質濃度の多少を反映した結果ではなかった。

考 察

プラズマを添加したかまぼこを噛んだときの官能的な評価は、すり身の等級によって硬さやしなやかさの程度に差異はあるものの、無添加で調製したかまぼこのゲル物性を全体的により強くした食感であった。25°Cで予備加熱したかまぼこゲルにおいては、著しく硬いものになったが同時にしなやかさも伴っており、市販品と比べて違和感をほとんど感じなかった。また、ゲル強度とパネ定数の関係から、破断強度と破断凹みが比較的つりあいの取れた状態で強化されたことがわかる。一方、40°Cで予備加熱したかまぼこのゲルでは、プラズマ無添加の場合はいわゆる戻りを伴った食感であるのに対し、プラズマ添加により明らかに異なり、いわゆる戻りを感じさせなかった。また、プラズマ添加のゲル強度とパネ定数の値が予備加熱時間の経過に伴ってほぼ一定となっていることから、ほぼ同じの物性を保っていることがわかる。

プラズマによるかまぼこのゲル物性の強化は、すり身の等級に拘わらず、同じような傾向で現れることから、すり身からかまぼこゲルを形成する機構に対して同じように作用した結果であると推察出来る。ただし、その強化の度合は、等級の劣るすり身からのものにおいて相対的に大きく現れるが、等級の優れたすり身からの製品のゲル物性レベルには達しないので、プラズマによる強化の機構はすり身中の Mf タンパク質のゲル形成機構とは本質的に異なっていると考えられる。それゆえ、40℃で予備加熱したかまぼこゲルの場合のように、僅か0.5%のプラズマの添加がゲル構造を補強し、予備加熱に伴う著しいゲル物性の劣化を抑制するものと考えられる。

また、等級の異なるすり身から製造するかまぼこのゲル物性に対するプラズマによる強化度合の差異は、すり身中の Mf タンパク質濃度の高低を反映した結果ではないことから、すり身中の Mf タンパク質の質的な相違²⁾をある程度反映している可能性が考えられる。

なお、予備加熱における塩すり肉中のミオシン重鎖の多量化反応に対するプラズマの影響を検討した結果によると、既に報告したように、*5 無添加の場合に比べて、見かけ上ミオシン重鎖の減少を抑制しているにも拘らず、より分子サイズの大きな多量体の形成³⁾を促進している。したがって、プラズマ添加によるかまぼこのゲル物性の増加は、通常塩すり肉中で起こるミオシン重鎖の多量化反応を促進³⁾した結果ではなく、プラズマ標品中

のなんらかのタンパク成分がミオシン重鎖の多量体形成反応に参加し、複合体を形成することによると推定された。これはすり身の等級に関係なく同様に認められたことであり、詳細は別に報ずる。

また、上記の影響がプラズマ標品中に含まれている多種にわたるタンパク質成分⁴⁾のどの成分に依存しているかは未だ不明であるが、フィブリノーゲンなどの特定成分^{5,6)}に注目して現在追求している。

謝 辞

本研究を進めるにあたり、ご懇篤なご指導とご校閲をいただいた元・北海道大学 教授 新井健一博士に心から感謝申し上げます。

文 献

- 1) 阿部洋一：牛血漿粉末を添加したスケトウダラかまぼこの品質。日本誌, **60**, 779-785 (1994)。
- 2) 加藤 登, 野崎 恒, 小松一宮, 新井健一：冷凍すり身の筋原繊維 ATPase 活性とかまぼこ形成能の関係。日本誌, **45**, 1027-1032 (1979)。
- 3) 沼倉忠弘：スケトウダラ塩すり肉のゲル形成（坐り）における筋原線維タンパク質の変化に関する研究。学位論文, 北海道大学, 北海道, 1990, pp. 76-80。
- 4) 生化学辞典, 第2版, 東京化学同人, 東京, 1991, p. 430。
- 5) E. A. Foegeding, W. R. Dayton, and C. E. Allen: Interaction of myosin-albumin and myosin-fibrinogen to form protein gels. *J. Food Sci.*, **51**, 109-112 (1986)。
- 6) 六車三治男, 速水紀文, 杉本浩二, 中村豊郎, 沼田正寛, 吉原忠志：血液プラズマ分画成分とミオシン B の相互作用。日食工誌, **37**, 594-601 (1990)。

*5 阿部洋一, 安永広作, 福田 裕：平成6年度日本水産学会春季大会講演要旨集, 1994, p. 274。