

重曹添加無晒しカジキ肉を用いたかまぼこの折り曲げ特性*1

浜田盛承*2・柳原聡子*2・村川信博*2・片山 寂*3・都留 隆*3・
末綱邦男*2・甲斐徳久*2・田上保博*2

Effects of Added Sodium Bicarbonate on the Folding Property of Non-Rinsed Spearfish Meat Kamaboko

Moritsugu Hamada, Satoko Yanagihara, Nobuhiro Murakawa,
Shizuka Katayama, Takashi Tsuru, Kunio Suetsuna,
Nori-hisa Kai, and Yasuhiro Tanoue

The folding characteristics of spearfish kamaboko was examined to clarify the effect of added sodium bicarbonate, as a part of the investigation to process elastic kamaboko from non-rinsed fish meat. Spearfish *Tetrapturus audax* was chosen as sample fish because it has been thought unsuitable fish for kamaboko processing. The fish meat, having been stored under frozen at -25°C for more one year, was processed to kamaboko by adding either 1, 2 or 3 % sodium chloride. The folding test showed lowest assessment in either concentration. By adding 1.5% sodium bicarbonate to the non-rinsed spearfish meat together with 3.0 % sodium chloride, pH value of the kamaboko increased to about 7.2 from 5.9-6.5 at which sodium bicarbonate was not added, and the folding test showed superior assessment. The set of results showed that non-rinsed spearfish meat was changed to elastic kamaboko by adding 1.5% sodium bicarbonate together with 3 % sodium chloride.

1 緒 言

ねり製品が弾性に富む理由は、魚肉の塩溶性タンパク質が加熱時に互いに絡み合い、網状構造を作ることによると言われている。水溶性タンパク質は網状構造の形成には阻害的に働くことから、ねり製品の製造にあたっては通常水晒しを行い、水溶性タンパク質を除去する。しかし、タンパク質の有効利用という観点からは、水溶性タンパク質の除去は資源の浪費であり、魚肉を全て用いるか、あるいは水晒し回数を少なくしたねり製品加工法の開発が期待されている。一方、通常の製造方法ではかまぼこゲルになり難いといわれる赤身魚でもアルカリ晒しを行えばゲル形成は向上することが報告¹⁻³⁾されており、魚肉のpHを高くすることはかまぼこゲルの形成に有効ではないかと考えられている。

そこで、本研究では全魚肉を用いて弾性に富むねり製品を作る研究の一環として、魚肉のpHを高めるために重曹を添加したマカジキのかまぼこゲルについて、折り曲げ特性を検討した。

2 供試魚および実験方法

2.1 供試魚ならびに冷凍すり身

実験にはマカジキ *Tetrapturus audax* を用いた。本試料魚は釣獲後船上で直ちにフィレーとし、船内の急速冷凍庫 (-30°C) で凍結したものである。陸揚げ後は -25°C 下で約1年間保管されていたものを実験に用いた。試料フィレーを解凍し、表面の変色した肉 (2~3 cm厚) ならびに筋や血合肉部分を除去し、サイレントカッターを用いて均一化した。約300gずつ食品包装用ラップフィルム(フリー

2004年1月14日受付. Received January 14, 2004.

* 1 無晒しかまぼこの製造に関する研究-I (Investigation on the Kamaboko Processing from Non-Rinsed Fish Meat-I)

* 2 水産大学校食品化学科 (Department of Food Science and Technology, National Fisheries University, Nagata-honmachi, Shimomoseki, 759-6595, Japan)

* 3 株式会社かたやま (Katayama Co. Ltd; Tonda 2992-30, Wakamatsu, Kitakyushu City, 808-0112, Japan)

ザー用)で包んだ後、再度-25℃に保管し、供試時に解凍(5℃,一夜放置)して実験に用いた。

カジキ全魚肉から調製したかまぼこと比較するために、冷凍すり身2種(スケソウダラ,イトヨリ)を用いた。スケソウダラの品質は洋上FA級,イトヨリのそれはSA級であった。これら市販のすり身についてもマカジキの場合と同様に食品包装用ラップフィルムで包装後、庫内温度-25℃の冷凍庫に保管した。

2.2 食塩と重曹の添加方法

通常のかまぼこ製造においては食塩は結晶の形で加える。しかし魚肉の温度が低い場合、食塩が水に溶解し塩溶性タンパク質を溶解するまでには時間を要する。そこで本実験では結晶NaClのほかに食塩を濃食塩水(6M NaCl)として加える実験も併せて行った。一方、重曹についてもNaClの場合と同様に、結晶あるいは濃重曹水(0.8M NaHCO₃)として加えた。

2.3 試料魚肉と濃食塩水および重曹水の混合方法

氷点下近辺まで解凍した300gのマカジキまたは市販すり身をフードプロセッサー(ナショナル社製MK-K57型)を用いて3分間空すりし、これにNaClあるいはNaHCO₃を計算量加え、約3分間ホモジナイズした。

2.4 ホモジネートの加熱方法

2.3で得られたホモジネートを型枠(内径9cm円柱,高さ0.5cm)に入れて成型し、型枠を抜いて約5分間静置した。その後140℃に加熱したホットプレート上で両面をそれぞれ約3分間加熱した。焼き上がったゲルを5分ほど放冷後、折り曲げテストを行った。

2.5 ゲル物性の評価

折り曲げテストにおける評価は、得られたゲルを先ず二つに折り、角度を90度変えてさらに二つに折った(四つ折り)時の挙動から、次の5段階で行った。

- A 四つ折りにしても亀裂を生じない
- B 二つに折り曲げて亀裂を生じない
- C 二つに折り曲げて径の一部に亀裂を生じる
- D 二つに折り曲げて径の半分位に亀裂を生じる
- E 二つに折り曲げて亀裂が全部に及ぶ

3 結果と考察

3.1 NaClの添加方法および添加濃度と折り曲げ特性の関係

通常のねり製品は、すり身にNaClを加えてらい潰・加熱して製造される。NaCl添加量は3%以内であれば、

Table 1. Results of the folding test of kamaboko prepared by adding different methods of NaCl with various concentration

Sample meat	Added method of NaCl	NaCl crystal			6 M NaCl		
	NaCl, %	1	2	3	1	2	3
	Added water, g ^{*1}	24	24	24	16	8	0
Spearfish meat (1)	pH of <i>Surimi</i>	6.3	6.0	6.3	6.1	5.9	6.5
	Temp., °C ^{*2}	-2.2	-2.9	-3.9	-2.2	-3.2	-3.8
	Folding test ^{*3}	DDDDDD	DDDDDD	DDDDDD	DDDDDD	DDDDDD	DCDDCD
Spearfish meat (2)	pH of <i>Surimi</i>	—	—	—	—	—	6.0
	Temp., °C	—	—	—	—	—	10.7
	Folding test	—	—	—	—	—	DDCDDC
Walleye pollack <i>surimi</i>	pH of <i>Surimi</i>	6.7	6.6	6.8	6.5	6.8	6.7
	Temp., °C	-1.6	-2.1	-3.1	-2.2	-2.5	-3.1
	Folding test	AAAAAA	AAAAAA	AAAAAA	CDCDCC	AAAAAA	AAAAAA
Threadfin bream <i>surimi</i>	pH of <i>Surimi</i>	7.5	7.5	7.4	7.3	7.3	7.3
	Temp., °C	-1.5	-2.2	-2.2	-1.5	-2.6	-3.3
	Folding test	AAAAAA	AAAAAA	AAAAAA	AAAAAA	AAAAAA	AAAAAA

*¹To make the same water content of meat or surimi, in either 300g weight.

*²Temperature of the meat just after homogenizing.

*³Results of six samples of kamaboko gel.

NaCl添加量の増加と共に折り曲げ評価は高くなる。そこで、NaClを結晶あるいは濃食塩水（6 M NaCl）としてマカジキ普通肉あるいは市販冷凍すり身に加え、らい潰・加熱して得られたゲルについて折り曲げテストを行った。これらの結果をTable 1に示す。なお、6 M NaClを添加する場合、NaClと共に水も不本意に加えられるので、一連のかまぼこ試料の水分含量が同じになるように適宜加水した。

マカジキにNaClを結晶の形で加えた場合、1、2、3%のいずれにおいても折り曲げ評価は全てDであり、弾力のあるかまぼこゲルは得られなかった。NaClを6 M NaClとして加えた場合にもほとんどがD評価であった（カジキ実験(1)）。カジキ実験(1)の場合、約3分間のホモジナイズでは摺り上がりホモジネートの温度が-3℃前後であり、塩溶性タンパク質の溶解が不十分ではないかと考えられたので、別に10.7℃になるまで約5分間ホモジナイズした時の実験を行った（カジキ実験(2)）。しかし、折り曲げ特性は向上しなかった。したがって、カジキ実験(1)および(2)において折り曲げ評価が向上しなかったのは、必ずしもホモジネートの摺り上がり温度が原因ではなく、カジキ肉の特性によると考えられる。このことは通常のかまぼこ製法では冷凍カジキ肉はかまぼこ原料としてほとんど用いられないことを表しており、従来の多くの結果と一致する。

一方、スケソウダラおよびイトヨリの冷凍すり身では、一部（スケソウダラ、6 M NaCl添加；最終NaCl濃度1%）を除いて全てがA評価であった。これらすり身においては摺り上がり温度は-2℃前後であるが、NaCl濃度の違い（1～3%）、NaClの添加方法の違い（結晶、水溶液）に

かかわらず、折り曲げ評価は極めて良好であった。

カジキとスケソウダラあるいはイトヨリでは魚種はもちろん晒しなどの処理法に違いはあるが、その他の違いをTable 1に見ると、pHの影響もあるのではないかと推測される。すなわち、カジキ肉に比べてスケソウダラではpHが0.4～0.5高く、イトヨリでは約1高いことが分かる。このことからカジキ肉が弾力のあるかまぼこにならなかったのは、pHが低かったことも一つの要因ではないかと推測される。

3.2 NaClとNaHCO₃の併用時におけるゲル化特性

3.1の実験から、カジキ肉ではNaClを3%加えても折り曲げ評価は向上しなかった。また2種類の市販すり身の比較から、カジキ肉ではその低いpHが折り曲げ評価低下の要因になっているのではないかと推測された。

そこでカジキ肉のpHを高くするために重曹（NaHCO₃）を加え、折り曲げ評価の向上に寄与するかどうかについて実験を行った。

解凍したマカジキ肉にNaClと重曹を結晶あるいは水溶液の形で加え、先に述べた方法（2.3項）にしたがってかまぼこゲルを作った。なおNaClと重曹の最終濃度は、いずれの場合にも前者では3%、後者では1.5%とした。摺り上がりホモジネートのpHと温度の測定、加熱ゲルの折り曲げ評価を行い、それらの結果をTable 2に示す。

ホモジネートのpHは1.5%重曹を添加することによって7.1～7.3に上昇し、重曹無添加の場合と比べるとpHは約1高かった。ホモジネート温度は先の実験の場合よりも高くなったが、ほぼ0℃近辺であった。折り曲げ評価はNaClあるいは重曹の加え方にかかわらず、いずれもAで

Table 2. Results of the folding test of the spearfish kamaboko to which aqueous or crystal NaCl and NaHCO₃ were added

Sample fish	Expt. No.	No.1	No.2	No.3	No.4
	Conc. of NaCl and NaHCO ₃	3% NaCl, 1.5% NaHCO ₃			
	Method of addition* ¹	6 M NaCl	NaCl crystal	NaCl crystal	6 M NaCl
		0.8M NaHCO ₃	NaHCO ₃ crystal	0.8M NaHCO ₃	NaHCO ₃ crystal
	Added water,g* ²	0	89	24	65
	pH	7.4	7.1	7.3	7.1
Spearfish meat	Temp., °C* ³	-1.6	1.0	-1.7	3.0
	Folding test	AAAAAA	AAAAAA	AAAAAA	AAAAAA

*¹ NaCl and NaHCO₃ were added to 300g spearfish meat.

*² To make the same water content of the sample meat used.

*³ Temperature of the meat just after homogenizing.

あった。このように重曹を添加することによって、カジキ肉は水晒しを行わなくても弾力のあるかまぼこゲルになった。またNaClあるいは重曹を加える場合、加え方に違いが見られなかったことから、らい漬の省力化のために水溶液の形で加えても特に問題はないことが分かる。

このように通常の製造方法ではかまぼこ原料としてはほとんど用いられないカジキであっても、重曹を添加することによって折り曲げ評価は高くなった。その要因としてはカジキ肉のpHが高くなったことと、イオン強度の増加が原因ではないかと考えられる。前者については、Table 1に示すように低いpHがゲル化を阻害したと考えられるが、重曹添加によってpHが高くなったためにゲル化が向上したと推測される。

一方、後者の重曹添加によるイオン強度の向上の寄与について考える。まず、NaClだけの場合と比べて重曹を添加することによってイオン強度 μ がどれ程増大するかを計算してみた。ただし、この場合重曹は水中で完全解離すると仮定した。その結果、NaClだけの場合には $\mu_{\text{NaCl}}=0.513$ であり、重曹 NaHCO_3 を併用添加することによって0.692に向上した($\mu_{\text{NaCl}} + \mu_{\text{NaHCO}_3} = 0.513 + 0.179 = 0.692$)。したがって、両者の併用によってイオン強度は約35%向上したことになる。

一方、 CO_2 が水に溶解することによって H_2CO_3 が生じ、これは次のように解離する。



H_2CO_3 と HCO_3^- のpKはそれぞれ6.35と10.33であるので、Table 2に示したホモジネートのpH下(約7.2)では約20%の H_2CO_3 と約80%の HCO_3^- が共存している状態であり、 CO_3^{2-} はほとんど存在していない。このような状態のイオンや分子の存在下で重曹が加えられると反応(2)は左に進み、 H_2CO_3 の濃度は高くなるが、反応(1)によってその濃度は減少する。

1.5%重曹を添加した場合、 HCO_3^- によるイオン強度は前述の約35%よりも低いはずである。このように重曹が完全解離したとしても、イオン強度の向上はせいぜい35%で

あり、このわずかなイオン強度の向上が折り曲げ評価を飛躍的にAに向上させる原動力とは考え難い。

今回の実験から重曹添加による折り曲げ特性向上の原因を明らかにすることはできなかったが、重曹添加の有効性を確かめることができた。今後、重曹添加の有効性の原因究明と、他魚種に対しても本方法が適用できるかどうかについて検討する必要がある。

4 要約

魚肉を水晒ししないで弾性に富むかまぼこを作る研究の一環として、魚肉のpHを高めるために重曹を添加した場合、かまぼこゲルの折り曲げ特性がどのように変化するかを調べた。長期間凍結保存したマカジキ肉を用いて実験を行った結果、NaClのみの添加では1、2、3%のいずれにおいても弾性に富むかまぼこゲルは得られなかった。一方、3.0%NaClと共に1.5%重曹を加えた場合、pHは重曹無添加の場合と比べて約1高くなり、弾性に富むかまぼこが得られた。また、これら実験のいずれにおいても、NaClと重曹を結晶あるいは水溶液の形で加えても折り曲げ評価に違いは見られなかった。このように、冷凍変性したマカジキから、1.5%重曹を加えることによって弾性に富むかまぼこを作ることができた。

5 文献

- 1) 志水寛：魚肉ねり製品—理論と応用—(岡田稔・横関源延・衣巻豊輔編)，初版，恒星社厚生閣，東京，1974，pp.187-188.
- 2) 志水寛・町田律・川崎正和：多獲性赤身魚のゲル形成能の特長，昭和52年度多獲性赤身魚の高度利用技術開発研究成果の概要，水産庁研究部，pp.56-65(1978).
- 3) 志水寛：ねり製品，“水産食品学”(須山三千三・鴻巣章二編)，初版，恒星社厚生閣，東京，1987，pp.265-266.
- 4) 臼井一茂・一色竜也・原日出夫：クロカジキの成分とゲル化に及ぼす晒しの影響について，神奈川県水産研究所研究報告，No.4，9-14(1999).