

## 無晒しまぐろかまぼこのゲル特性に及ぼす重曹添加の影響\*1

浜田盛承\*2・梅林恵子\*2・沖本 詠\*2・片山 寂\*3・都留 隆\*3・  
和田律子\*2・末綱邦男\*2・甲斐徳久\*2・田上保博\*2

### Effects of Added Sodium Bicarbonate on the Heat-Induced Gel Property of Non-Rinsed Tuna Meat

Moritsugu Hamada, Keiko Umebayashi, Ei Okimoto, Shizuka Katayama, Takashi Tsuru, Ritsuko Wada, Kunio Suetsuna, Norihisa Kai, and Yasuhiro Tanoue

In a previous paper, the effects of added sodium bicarbonate to the non-rinsed spearfish meat paste were investigated for manufacturing elastic kamaboko gel. The sodium bicarbonate was demonstrated as being effective. Rational analyses, however, were insufficient to clarify the mechanism of improving the kamaboko gel's elasticity by sodium bicarbonate. Consequently, some biochemical and physicochemical analyses were carried out in the present study in order to clarify the mechanism of improving the kamaboko gel's elasticity using tuna meat. As a result, the ATPase activity of natural actomyosin was almost constant with or without the added sodium bicarbonate, and both the amounts of the extracted salt soluble protein and the water holding properties increased by adding sodium bicarbonate. On the other hand, two alkaline chemicals other than sodium bicarbonate, sodium hydroxide or ammonia water, were effective for improving the elasticity from non-rinsed tuna meat paste. These results demonstrated that the causes for improving the kamaboko gel elasticity were postulated to be the increased amount of salt soluble protein from tuna meat, and the increased water holding property due to the increased pH value by adding sodium bicarbonate.

Key words : Processed fishery products, Food additives, Kamaboko, Tuna meat.

## 1 緒 言

先に浜田ら<sup>1)</sup>は志水ら<sup>2-4)</sup>のアルカリ晒しにヒントを得て、カジキ肉に重曹 (NaHCO<sub>3</sub>) を直接加えて調製したかまぼこの折り曲げ特性について検討した。その結果、重曹を一定量以上添加すれば水晒しを行わなくても、折り曲げ特性に優れたゲルが得られることを報告した。しかし、食塩と重曹の添加量や両者の割合、製造条件等ゲル特性に与える細かい条件、あるいはゲル特性向上の要因を明らかにするまでには至らなかった。

今回種々の条件下で重曹を添加した魚肉のゲル特性を明らかにすると共に、筋肉の主要成分であるミオシンB (天然アクトミオシン) の生化学的特性や魚肉の保水性に及ぼす重曹添加の影響について検討したので報告する。

## 2 実験方法

### 2.1 供試魚

-25℃で約2年間保存されていたビンナガマグロ (albacore) *Thunnus alauunga* を実験に用いた。マグロはねり製品の原料魚としては通常用いられないし、原料保管の上からも供試魚はねり製品原料としては適当ではない。しかし、このような原料からでも弾力性に富み、しなやかなゲルができるかどうかを調べるために、あえて実験に用いた。血合肉を除去した普通肉をサイレントカッターでミンチ状とし、その約200gずつを料理用ラップで包み、再度-50℃で凍結保存した。実験の都度、4℃で自然解凍後、実験に供した。

2005年8月31日受付. Received August 31, 2005.

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

\*2 独立行政法人水産大学校食品科学科 (Department of Food Science and Technology, National Fisheries University; Nagata-honmachi, Shimonoeki, 759-6595, Japan)

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

## 2.2 魚肉ホモジネートの調製

解凍したマグロのミンチ200gを、家庭用フードプロセッサーを用いて2分間ホモジナイズ（通称空摺り）した。引き続き食塩と重曹の混液（食塩5%－重曹8.75%＝以下SP液と略称）を魚肉重量の10～30%加え、ホモジナイズした。この間、塩ずり肉の温度が10℃よりも高くないように、また水分調整を目的として碎氷を加え、4分間ホモジナイズして塩ずり肉を得た。なお一組の実験においては処理区分によって食塩あるいは重曹の濃度が異なることはあっても、水分含量は一定になるように調整した。

## 2.3 加熱ゲルの折り曲げ評価

ホットプレート上で加熱したゲル（直径9 cm, 厚さ5 mm）を作り、前報<sup>1)</sup>と同様に5段階評価（A, B, C, D, E）で折り曲げテストを行った。

## 2.4 加熱ゲルの保水性測定

4 M NaClと0.8 M NaHCO<sub>3</sub>を用いて食塩と重曹濃度が異なる加熱ゲルを作り、その1gをろ紙（No. 2）上に置き、380g/cm<sup>2</sup>の荷重で2分間加圧し、ろ紙上に拡散した水の面積を測定した。その逆数に100を乗じて保水性の指標（%）とした。

## 2.5 ミオシンBのATPase活性

普通筋の60～75%は塩溶性タンパク質であり、その中でミオシンBの占める割合は高い。このミオシンBは加熱時に網状構造を形成し、ゲル形成に重要な役割を果たすことが知られている。そこで、筋肉に重曹を加えることによってゲル特性が向上する理由を明らかにする一環として、ミ

オシンBのATPase活性を測定した。ミオシンBの調製とATPase活性は成書によった<sup>3)</sup>。ATPase活性の測定に当たっては、KClの高塩濃度下（600mM）と低塩濃度下（60mM）の2条件下で測定した。反応時間に伴う生成無機リン（Pi）の時間変動を調べた結果、6分までは時間経過と共に生成Piが直線的に増加したので、本実験では反応時間4分後の生成Pi量からATPase活性を求めた。なお、活性はμmole Pi/min/mg proteinで表示した。

## 3 結果と考察

### 3.1 加熱ゲルの折り曲げ評価

マグロ肉に食塩水と重曹水を個別に、あるいは両者を添加して得られた加熱ゲルについて折り曲げ試験を行い、それらの結果をTable 1に示す。

加熱直後に折り曲げ評価を行った場合、食塩だけを1.79%加えたゲルでは坐りの時間を長くしてもDおよびC評価であり、もろいゲルであった。一方、重曹1.25%を加えたゲルではいずれの坐り時間でもA評価であり、弾性のあるゲルとなった。食塩と重曹を併用した場合、原料の10%量のSP液を添加した時（食塩0.62%－重曹0.36%）、BおよびC評価であった。しかし、20%の添加（食塩1.25%－重曹0.72%）および30%の添加（食塩1.86%－重曹1.08%）では、いずれもA評価であり、折り曲げ特性は優れていた。一方、坐り時間の影響については、坐り時間が長いほど評価は高くはなったが、大きな効果ではなかった。

加熱ゲルを作って1日放置後に折り曲げ測定を行った場合、20%あるいは30%のSP液添加ではA評価であったが、その他の場合にはCあるいはD評価であり、加熱直後の評

**Table 1.** Bending test of the heated tuna meat-gel to which sodium chloride and/or sodium bicarbonate were added

Holding time of the homogenate at 5 °C, h	Holding time of the heated gel at 5 °C, h	Conc. of NaCl and NaHCO <sub>3</sub> , %					
		NaCl NaHCO <sub>3</sub>	1.79 0	0.62 0.36	1.25 0.72	1.86 1.08	0 1.25
0	0		D	C	A	A	A
3			D	C	A	A	A
6			C	B	A	A	A
12			C	B	A	A	A
24			C	B	A	A	A
0	24		D	D	A	A	C
3			D	D	A	A	C
6			D	D	A	A	C
12			D	D	A	A	C
24			D	D	A	A	C

価よりもそれぞれ低下した。

重曹1.25%の添加によってA評価がえられたことは先に記載したとおりであるが、重曹は食塩と異なり弱電解質であるために、本来イオンへの解離は小さい。つまり、重曹添加ホモジネート中のイオン強度は小さいはずである。したがって、塩溶性タンパク質の溶解量は小さいはずであるにもかかわらずA評価が得られたということは、折り曲げ評価Aの結果を「イオン強度の増加に基づく塩溶性タンパク質の溶解→網目構造の形成→折り曲げ評価の向上」という一連の関連からは説明できないことになる。もちろん、重曹添加によってホモジネートのpHが高くなったことがA評価になった要因とも考えられるが、重曹0.72%でもA評価が得られているということは必ずしもpHの上昇のみが折り曲げ評価の向上に起因したとは考えられない。また、一夜後に折り曲げ評価がC評価に低下したということは、重曹のみによる塩溶性タンパク質の網目構造は必ずしも強固なものではなく一時的な弱い結合、あるいは塩溶性タンパク質の抽出量は多くはなかったのではないかと推測される。しかし、重曹1.25%添加によって得られたA評価、ならびに一夜後のC評価の結果は、Table 1の結果からだけでは説明できない。

以上示したように、SP液を20%以上加えた場合には折り曲げ評価は優れていた。この時の食塩の濃度は1.25～1.86%、重曹の濃度は0.72～1.08%であった。カジキを用いた先の実験においては食塩3%－重曹1.5%におけるゲルしか作っていないが、このときの折り曲げはA評価であった。前報<sup>1)</sup>ではカジキを、今回はマグロを用いており両者は試料魚が異なるために単純には比較できないが、高いゲル特性を得るのに必要な食塩と重曹の濃度は、今回得られたようなかなりの低い濃度で充分ではないかと推測される。

### 3.2 ミオシンBのATPase活性

試料魚肉に食塩水、重曹水あるいは食塩・重曹水を添加

したホモジネートからミオシンBを抽出し、ATPase活性を測定した結果をTable 2に示す。

この結果に見られるように、高塩濃度あるいは低塩濃度KClのいずれにおいてもATPase活性は食塩と重曹の処理区分にかかわらず、それぞれほぼ一定の値であった。また、食塩と重曹の濃度がそれぞれ同一条件下では、低濃度KCl下における活性が高かった。しかし、このATPase活性値からはTable 1でみられた折り曲げ特性における重曹の添加効果とは連動しなかった。すなわち、折り曲げ特性とATPase活性の関連は見られなかったことから、重曹添加によるゲル特性向上の理由は、ATPase活性、すなわちミオシンBの生化学的特性とは関係がないものと考えられる。

### 3.3 保水性とpH

魚の鮮度低下に伴って魚肉の保水性は一般的に低下する。その理由は筋肉のpH低下に依るが、重曹を添加したゲルにおける保水性の変化を調べた。本実験においては重曹と食塩を種々に組み合わせて添加し、折り曲げ評価、保水性および筋肉のpH変化を測定した。その結果をTable 3に示す。なお、表中の保水性指標は、数値が高いほど保水性に優れていることを表す。

食塩と重曹濃度がそれぞれ1%、0.5%以上であれば、折り曲げ評価は1日経過後に測定してもA評価であり、折り曲げ特性は優れていた。これらの区分における保水性指標は12以上であり、他の区分よりも2～3倍高い値を示した。一方pHについては、重曹添加量が0.5%では6.6～6.7、1.0%では7.1～7.2であった。食塩0%－重曹1%の区分ではpHは7.2であったにもかかわらず折り曲げ評価はBあるいはCと低かったことから推測されるように、重曹の添加効果は必ずしも魚肉のpH上昇だけにあるのではないと推測される。

これらの結果から折り曲げ特性に優れた加熱ゲルを得るには、食塩は1%以上であると共に重曹は0.5%以上であ

**Table. 2.** Changes in ATPase activity of the tuna ordinary muscle to which various concentration of NaCl and/or NaHCO<sub>3</sub> were added, either at high or low concentration of KCl

Conc. of KCl	Conc. of NaCl and/or NaHCO <sub>3</sub> , %						
	NaCl	0	1.79	0.62	1.25	1.86	0
	NaHCO <sub>3</sub>	0	0	0.36	0.72	1.08	1.25
600 mM		0.093	0.086	0.083	0.100	0.080	0.094
60 mM		0.212	0.195	0.193	0.199	0.177	0.190

ATPase activity was expressed as  $\mu$ mole Pi produced/min/mg protein.

**Table 3.** Variation of the bending test, retension of water and pH of the tuna meat-gel to which NaCl and/or NaHCO<sub>3</sub> were added before heating

	Conc. of NaCl and/or NaHCO <sub>3</sub> , %									
	NaCl	0	0	0	1	1	1	2	2	2
	NaHCO <sub>3</sub>	0	0.5	1	0	0.5	1	0	0.5	1
Holding time of the heated gel at 5 °C	0 h	DDD	DDD	BBC	DDD	AAA	AAA	DDD	AAA	AAA
	24 h	DDD	DDD	CCC	DDD	AAA	AAA	DDD	AAA	AAA
Diffusion area of water on the filter paper, cm <sup>2</sup>		17.83	18.46	14.60	20.02	7.63	5.88	17.37	8.17	6.70
Retension index of water*		5.6	5.4	6.8	5.0	13.1	17.0	5.8	12.2	14.9
pH		6.1	6.7	7.2	6.0	6.7	7.1	5.9	6.6	7.1

\*Inverse number of the diffusion area of water on the filter paper × 100.

ることが必要条件であろうと考えられる。

一方加熱ゲルを作り冷却後直ちに折り曲げ評価を行った場合、食塩0%－重曹1%の区分におけるB～Cの評価 (Table 3) は、先にTable 1 で示した食塩0%－重曹1.25%区分における評価 (A評価) よりも低かった。表面的には重曹濃度が0.25%低かったことが折り曲げ評価の大きな低下になっているように思われるが、重曹添加による折り曲げ特性向上の原因が明らかになっていない段階では、0.25%という数値の大小の意味を論じるには早計かもしれない。

### 3.4 ホモジネートのpHと折り曲げ評価の関係

3.3の結果より折り曲げ評価が優れていた加熱ゲルでは、pHは6.6以上であった。この結果から、魚肉ホモジネートのpHが折り曲げ評価に大きく関連しているものと推測された。このことを確かめるために、重曹以外のアルカリ化剤を用いてpHを高くした時の折り曲げ評価を調べた。また、アルカリ化剤の塩基性の強弱の影響についても検討を行った。

強塩基性のアルカリ化剤としてNaOHを、弱塩基性剤としてアンモニア水を選び、重曹添加の場合と比較した。NaOHとアンモニア水はいずれも1N水溶液を調製し、ホ

モジネートのpHを6.6付近に調整した。なお、食塩濃度はいずれも1.0%とした。これらのホモジネートを用いて加熱試料ゲルを作り、折り曲げ評価を行った結果をTable 4 に示す。

この結果に見られるように、重曹以外のアルカリ化剤を用いた場合においても、pHを6.6近辺に設定すれば折り曲げ評価は重曹添加の場合と同様な結果になった。このことから、食塩を1%以上添加し、pHを6.6付近に調整すれば、アルカリ化剤の種類に関わらず、ゲル特性に優れたゲルが得られることがわかる。したがって、折り曲げ特性を向上させる第一の要因は、魚肉ホモジネートのpHを6.6以上に調製することであると言える。

### 3.5 抽出タンパク質濃度

重曹添加による折り曲げ特性が高くなる原因は、3.2で述べたようにATPase活性の変化からは説明ができなかった。そこで、重曹を添加することによって塩溶液 (KCl水溶液) に抽出されるタンパク質量がどのように変わるかについて検討した。前項 (3.1) で調製したホモジネートから0.45MKCl-リン酸緩衝液 (pH7.5) を用いて抽出されるタンパク質濃度を測定し、その結果をFig. 1 に示す。

この結果に見られるように対照区 (食塩と重曹の無添加

**Table 4.** Effects of different basic chemicals on the bending test and pH of the heated-gel

	Added alkaline chemicals			
	0.5% NaHCO <sub>3</sub>	1N NaOH	1N Ammonia water	
Holding time of the heated gel at 5 °C	0 h	AAA	AAA	AAA
	24 h	AAA	AAA	AAA
pH of the homogenate	6.6	6.7	6.7	

Conc. of NaCl was 1.0%, in any case.

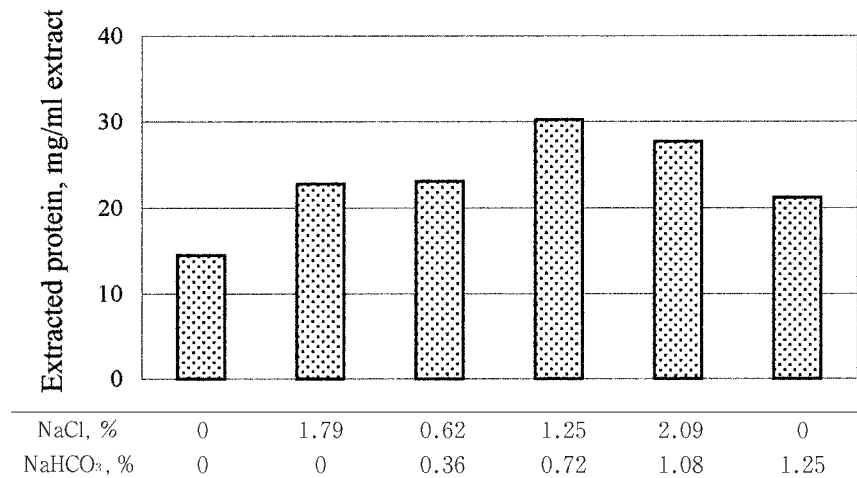


Fig. 1. Effect of added sodium bicarbonate on the amount of extracted salt soluble proteins from tuna meat homogenate. Water content of the homogenate was adjusted to the same, in either six test group.

区分)におけるタンパク質濃度は14.5mg/mlであったが、食塩と重曹の添加によりいずれの区分においてもタンパク質濃度は高くなった。SP液20%を添加した場合の抽出量が最も多く(30.2mg/ml)、これにSP液30%添加区が続いた(27.8mg/ml)が、数値的には両者ほぼ同じとみなされた。食塩だけ、10%SP液および5%重曹添加区分ではタンパク質濃度が21.2~23.2であり、SP液20%あるいは30%添加区に比べて低かったことは、これら3区分の折り曲げ特性がいずれも高くなかったことと関連するよう見なされる。

このように、折り曲げ評価が高かったSP液20%および30%添加の場合には、塩溶性タンパクが多く抽出されたことによって、加熱時における網目構造が密になり、折り曲げ評価の向上につながったものと考えられる。

#### 4 要 約

魚肉の水晒しを行わなくても重曹を加えれば、加熱ゲルの折り曲げ特性が向上する理由を明らかにするために、通常カマボコ原料としては用いられていないマグロを用いて実験を行った。食塩と重曹をそれぞれ単独で、あるいは両者を一緒に原料に加え、加熱ゲルの折り曲げ特性と筋肉の生化学的・物理化学的特性を調べた。その結果、重曹を添加してもミオシンBのATPase活性は高くならなかった。

一方、重曹の添加によって塩溶性のタンパク質量は増加し、保水性も高くなった。また、重曹以外のアルカリ化剤を加えても折り曲げ特性が向上したことから、重曹添加によるゲル特性向上の原因は、魚肉のpHが高くなったことによる溶出タンパク質の増加と、魚肉の保水性向上にあると考えられた。

#### 5 文 献

- 1) 浜田盛承・柳原聡子・村川信博・片山 寂・都留 隆・末綱邦男・甲斐徳久・田上保博：水産大学校研究報告, 52, 149-152 (2004).
- 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), 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).
- 5) 新井健一：水産生物化学・食品学実験書(河端俊治・梅本 滋・内山 均・斎藤恒行編), 恒星社厚生閣, 東京, 1974, pp.189~194.