

## 9751 水産練り製品の品質に及ぼす塩の種類の影響

助成研究者：田中 宗彦 (東京水産大学 食品生産学科)

近年、食塩の摂り過ぎが高血圧や心臓病をはじめとした疾患の原因となる可能性が示唆されたことから、水産練り製品ばかりでなく加工食品の食塩含量は低減化の傾向にある。食品加工におけるNaClの代替としてKClの使用、それに伴う品質や貯蔵性の検討が行われている。また、昨年4月から塩専売制度が廃止され、かわって塩事業法が施行された。すなわち日本たばこ産業から指定されねばならなかった塩の製造・販売・輸入が大蔵省に登録、届け出を提出することで自由に行えるようになった。その結果、店頭には、海水から伝統的な製塩法で調製された塩などが数多く陳列され、消費者にとって塩の種類について選択肢が極めて広がっている。

このような状況を踏まえて、本研究では、水産練り製品の製造に使用する塩の種類が練り製品のテクスチャー、風味、色調などに及ぼす影響について検討することとした。さらに、魚肉塩溶性タンパク質の抽出性、ミオシン重鎖(MHC)の重合度などに及ぼす各種塩類の影響と製品品質との関係も塩類組成との関連で検討し、以下のような結論を得た。

- ①試薬NaClと15種類の市販塩を用いて研究を遂行した。各種塩溶液(5%)によるスケトウダラ冷凍すり身の塩溶性タンパク質抽出率に塩組成は影響しないことが判明した。
- ②各種塩を用いてかまぼこゲルを調製した。5mm球状プランジャーの押し込み試験により、かまぼこゲル、坐りゲルの破断強度、破断歪みはNa濃度の増大にともなって増加し、K、Ca濃度が多くなると逆に減少する傾向が認められた。
- ③応力緩和試験あるいはTexture Profile Analysis (TPA) では、塩の種類の違いによるゲル物性の違いを区別できなかった。
- ④SDS-PAGEによりかまぼこゲルのタンパク質サブユニット組成を調べたところ、Na濃度が高いかまぼこゲルほどMHC重量体含量が多く、K濃度が高くなると逆にMHCの多量化は起こりにくくなることが判明した。
- ⑤3点識別法による官能検査の正解率と塩成分の関係を検討した。Kを多く含むかまぼこゲルの正解率が高い傾向が認められた。



## 9751 水産練り製品の品質に及ぼす塩の種類の影響

助成研究者：田中 宗彦（東京水産大学 食品生産学科）

### 研究目的

水産練り製品業界あるいはハム・ソーセージ業界では、需要の伸び悩みと「価格破壊」と報道されている末端価格の低価格化への対応に苦慮している。これら問題を解決するには、製品の差別化、品質の差別化、さらにコストダウンを避けて通れない。一方、練り製品の製造には食塩の添加が不可欠であるが、それらの品質は加工に用いる塩の種類によって味などが異なってくる可能性がある。また、これは塩成分の差ばかりでなく、加工調理の過程における塩の働き方が異なるためとも考えられる。食塩は、水産練り製品加工において、魚肉構成タンパク質（筋原繊維タンパク質）を溶解して肉糊とし、かまぼこのゲル形成に必須であり、通常かまぼこ製造では魚肉に対して2.5～3.0%程度（製品終濃度としては2.0～2.5%）添加されている。

近年、食塩の摂り過ぎが高血圧や心臓病をはじめとした疾患の原因となる可能性が示唆されたことから、水産練り製品ばかりでなく加工食品の食塩含量は低減化の傾向にある。食品加工におけるNaClの代替としてKClの使用、それに伴う品質や貯蔵性の検討が行われている。また、昨年4月から塩専売制度が廃止され、かわって塩事業法が施行された。すなわち日本たばこ産業から指定されねばならなかった塩の製造・販売・輸入が大蔵省に登録、届け出を提出することで自由に行えるようになった。その結果、店頭には、海水から伝統的な製塩法で調製された塩などが数多く陳列され、消費者にとって塩の種類について選択肢が極めて広がっている。

このような状況を踏まえて、本研究では、水産練り製品の製造に使用する塩の種類が練り製品のテクスチャー、風味、色調などに及ぼす影響について検討することとした。さらに、魚肉塩溶性タンパク質の抽出性、ミオシン重鎖の重合度などに及ぼす各種塩類の影響と製品品質との関係も塩類組成との関連で検討した。

### 研究方法

#### 1. 使用した塩の種類

塩事業法で「塩」の定義としては、塩化ナトリウム含有量が40%以上の固形物とされている。本研究では、試薬塩化ナトリウム(NaCl)の他、一般に市販されている塩15種類を購入もしくは寄贈により入手して、実験に供した。これら塩を便宜上AからOと仮称し、公表

されているデータから算出したナトリウム、カリウム、マグネシウム、カルシウム含量を Table 1 に示す。

Table 1. The composition of commercial salts (%)

Salt	Na	K	Mg	Ca	Remarks
NaCl	39.32	0	0	0	
A	36.90	0.156	0.300	0.131	
B	38.08	0.020	0.190	0.030	
C	29.40	0.080	0.220	0.260	
D	37.23	0.109	0.093	0.093	
E	37.58	0.286	0.680	0.259	
F	35.36	0.030	0.090	0.180	Fe 0.19%
G	37.00	0.140	0.400	0.110	Fe 1.00%
H	39.10	0.019	0.023	0.049	
I	37.00	0.140	0.400	0.110	
J	23.58	13.627	2.250	0	
K	36.45	0.010	0.410	0.029	
L	39.10	0.019	0.023	0.049	
M	7.86	37.740	0.510	0.950	
N	22.40	15.199	1.000	0.235	
O	12.27	18.090	3.930	0.397	

## 2. 塩溶性タンパク質の抽出

スケトウダラ冷凍すり身(SA級)を4°Cで1晩解凍した。正確に秤量したすり身2gに10倍量の5%塩A～O溶液を添加して、スターラーで攪拌しながら4°Cで塩溶性タンパク質の抽出を行った。抽出時間は2時間と5時間に設定した。抽出後2,500xgで10分間遠心分離を行い、上清液のタンパク質含量をビウレット法<sup>1)</sup>で定量し、塩溶性タンパク質の抽出率を計算により求めた。

## 3. かまぼこゲルの調製

スケトウダラ冷凍すり身SA級(日本水産)を4°Cの低温室で1晩解凍した後、冷却真空播潰機(Stephan UM5, Germany)により1,000rpmで1分間播潰した。最終水分含量が80%となるように冷却水を加え、さらに1,500rpmで1.5分間播潰した。NaClあるいは市販塩A～Oを2.5%(最終濃度)添加して、塩ずりを1,500rpmで1.5分間行って肉糊を調製した。全ての工程は4°C、真空下で行った。得られた肉糊を直径3.2cm、高さ3cmの円筒容器に充填し、30°Cで30分間坐らせた(坐りゲル)後、80°Cで30分間加熱してかまぼこゲルを調製した。加熱して得られたゲルは氷水中で10分間冷却し、その後20°Cに調整してからかまぼこゲルの評価を行った。

#### 4. かまぼこゲルの評価

##### 4.1. プランジャー押し込み試験

直径0.5cmの球状プランジャーによる押し込み試験をTA.XT2 Texture Analyser (Stable Micro Systems, England)を用いて行った。プランジャー速度は1mm/secとし、破断強度(g)及び破断歪み(mm)を測定した。

##### 4.2. 応力緩和試験

直径10mmのエポナイト製円筒型プローブにより、試料ゲル高さの20%相当まで圧縮した。緩和時間は1分間とした。応力緩和試験もTexture Analyserを使用し、磯ら<sup>2)</sup>及び石崎ら<sup>3)</sup>の方法により $E_0$ ,  $\tau$ ,  $n$ を計算により求めた。

##### 4.3. Texture Profile Analysis

Texture Analyserを用い、直径50mmの円筒型アルミニウム製プローブにより行った。変形速度は5mm/s、変形率は50%に設定した。Texture Expert Programを用いて、hardness、chewiness、gumminess、springiness、cohesivenessを計算により求めた。

#### 5. 電気泳動 (SDS-PAGE)

かまぼこゲル500mgを精秤し、沼倉らの方法<sup>4)</sup>に従って7.5mlの2%SDS-8Murea-2%mercaptoethanol-20mMTris-HCl (pH8.8)溶液を加え、室温で24時間溶解させた。2,500xgで15分間遠心分離して得た上清液を0.1%SDS-10mMTris-HCl (pH6.8)に対して1晩透析した後、2,500xgで15分間遠心分離を行った。その後、タンパク質濃度を一定にした試料を、Laemmliの方法<sup>5)</sup>により、Tris-glycine緩衝液を用いたスラブゲル(ゲル濃度は5~15%)によるSDS-PAGEに付した。ゲルの染色は0.05%クマシブルー-2.5%イソプロピルアルコール-10%酢酸溶液で2時間行い、その後10%イソプロピルアルコール-7%酢酸溶液で脱色した。泳動ゲル上のタンパク質サブユニット成分の含量は、シャープ(株)製カラーイメージスキャナーにより泳動ゲルの画像をコンピューターに取り込み、画像解析ソフトウェアNIH Image (version 1.55)で定量した。サブユニット組成は、ミオシン重鎖(MHC)、MHC以上の分子量を有する画分(MHC)n、MHC以下の分子量を有する画分(LMW)に分けて解析した。

#### 6. かまぼこゲルの官能検査

3点識別法による官能検査を行った(パネル21名)。<sup>6)</sup>3点識別法とは、2種の試料A,Bを識別するのにA,B2種のみを与えるのではなく、(A,A,B),(A,B,B)のようにA(またはB)を2個、B(またはA)を1個計3個の試料を1組にして同時に与え、この中から異質のものを1個選ばせる方法で、(A,A,B)ならBを、(A,B,B)ならAを選べば正解となる。本研究では試料Aを試薬NaClで調製したかまぼことし、試料Bを各種塩A~0により調製したかまぼことした。

### 研究結果と考察

#### 1. 塩溶性タンパク質抽出率に及ぼす塩の影響

試薬NaCl及び各種塩A~0溶液によるスケトウダラ冷凍すり身(SA級)からの塩溶性タン

パク質抽出率をFig. 1に示す。塩溶性タンパク質の抽出率はおおむね30%前後で、塩の種類による顕著な差は見られなかった。なお、抽出率が30%程度とかなり低いのは、スターラーで攪拌する抽出方法を用いたためであろう。また、抽出時間は2時間と5時間で特に大きな変化は見られなかった。塩溶性タンパク質の抽出率(5時間)と塩の組成(Na, K, Mg, Ca)との関係をFig. 2に示す。この図からも明らかなように、抽出率は塩の組成にはほとんど影響を受けないようであった。以上のことから、すり身塩溶性タンパク質の抽出率に、塩の種類は影響しないことが判明したので、次にこれら塩を用いてかまぼこを調製し、かまぼこゲルのテクスチャーをはじめとした品質に対する塩の種類の影響を検討した。

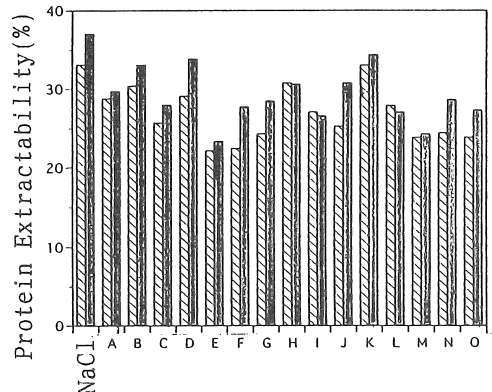


Fig.1. Effect of commercial salts on protein extractability.  
 ▨: 2 h extraction, ■: 5 h extraction

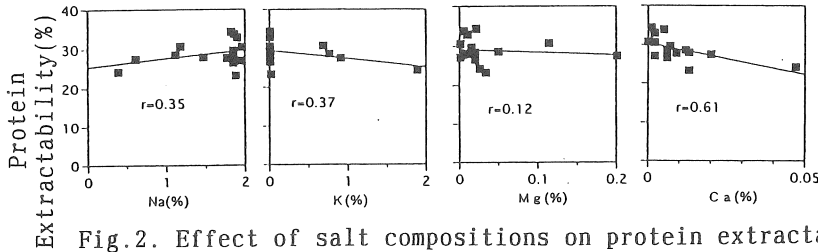


Fig.2. Effect of salt compositions on protein extractability.

## 2. かまぼこゲルの評価

### 2.1. 押し込み試験による評価

5mm球状プランジャーの押し込みによって測定した16種類の坐り及びかまぼこゲルの破断強度(g)と破断歪み(mm)をFig. 3に示す。塩の種類によりいくらか差が見られるものの、破断強度はかまぼこゲルの方が坐りゲルより高く、破断歪みは坐りゲルの方が大きい傾向であった。坐りゲルの破断強度はおおむね300~400g、かまぼこゲルのそれは600~700gの範囲であった。一方、坐りゲルの破断歪みはおおむね14~16mm、かまぼこゲルは10~11mmであった。すなわち、いずれの塩で調製しても坐りゲルはしなやかさに富み、かまぼこゲルは弾力に優れていた。

破断強度、破断歪みに及ぼす塩成分(Na, K, Ca, Mg)の影響をFig. 4に示す。かまぼこの

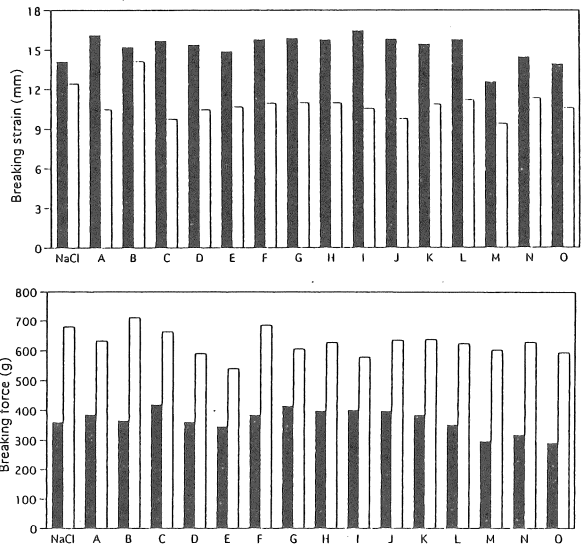


Fig.3. Effect of commercial salts on textural properties of setting and kamaboko gels.  
 ■: setting gels, ▨: kamaboko gels

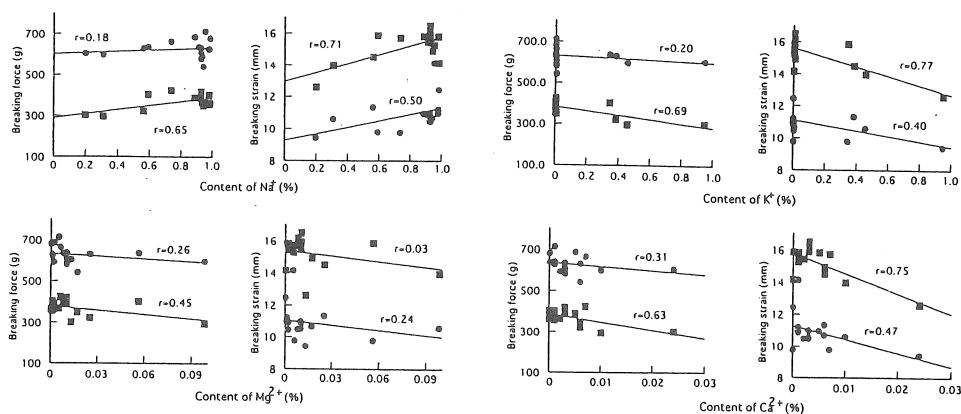


Fig.4. Effect of salt compositions on textural properties of setting and kamaboko gels. ■: setting gels, ●: kamaboko gels

破断強度はNa濃度の増大とともに増加し、K、Ca濃度が多くなると逆に減少する傾向が認められた。Mgはほとんど影響しなかった。一方、坐りゲルの破断強度はこれらイオン濃度に関係なくほとんど一定であった。また、かまぼこゲルの破断歪みも破断強度と類似した傾向を示したが、坐りゲルの破断歪みはNaの増大で大きくなり、K、Caの増大で小さくなった。以上のことから、塩のNaをKで置き換えるとかまぼこゲルの破断強度は減少し、弾力にやや乏しいゲルとなること、Caは量的にNaやKより遙かに少ないにもかかわらず破断強度の減少をもたらすことが判明した。

## 2.2. 応力緩和試験による評価

応力緩和試験で $E_0$  (elasticity),  $\eta$  (viscoelasticity),  $\tau$  (relaxation time) を求め、これらに対するNa, K, Ca, Mgの影響を検討した。データをここでは示さないがNaの増大は坐りゲルの $E_0$ ,  $\eta_1$ ,  $\eta_2$ をいくらか減少させる効果があり、一方KやCaは増加させるようであった。しかし、いずれも顕著な傾向を示さず、坐りゲルあるいはかまぼこゲルのテクスチャーに及ぼす塩の種類の影響を応力緩和試験で判定するのは困難であると結論した。

## 2.3. Texture Profile Analysis (TPA) による評価

坐りゲル、かまぼこゲルのTPAにより得たhardness, chewiness, springiness, cohesiveness, gumminessに対する塩のNa, K, Ca, Mgの影響をFig. 5にまとめた。これら図からも明らかかなように、いずれのゲルにおいてもこれらイオンの濃度はTPAパラメーターに明確な影響を及ぼしていない。

以上の結果をまとめると、本研究で用いた物理学的ゲル物性評価方法では、用いた塩の種類を判別することが不可能であった。逆に言うと、塩の種類によるかまぼこゲル物性の変化はあまり顕著でないため、これら試験法ではその差を識別できないのであろう。

なお、ここではデータを示さないが、調製したかまぼこの白色度及びpHは塩の種類に関係なくほとんど一定で、白色度は75%前後、pHは約7であった。

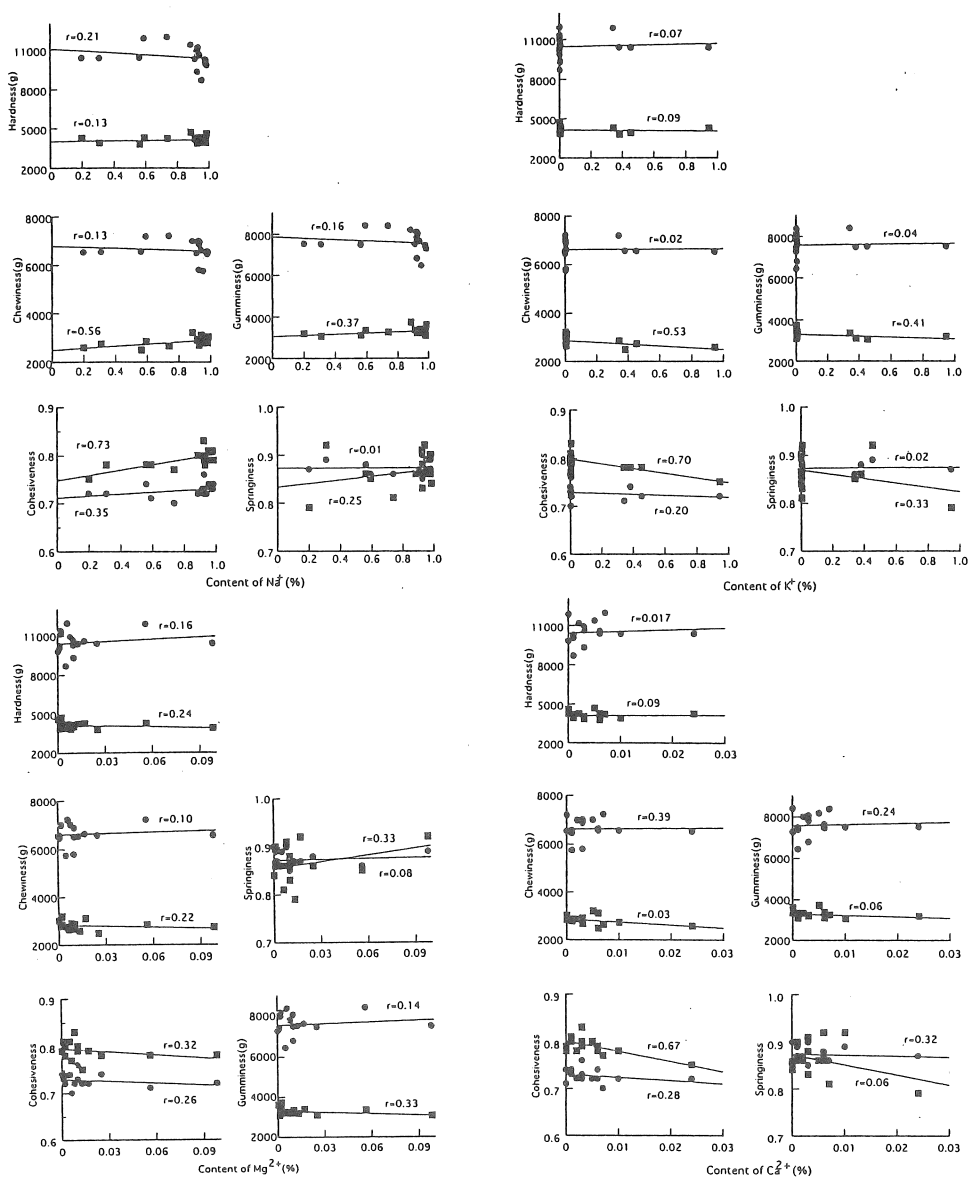


Fig.5. Effect of salt compositions on hardness, chewiness, springiness, cohesiveness, and gumminess of setting and kamaboko gels.  
 ■ : setting gels, ● : kamaboko gels

#### 2.4. SDS-PAGEによる評価

SDS-PAGEにより求めたかまぼこゲルのタンパク質サブユニット組成に及ぼす塩の種類の影響をFig. 6に示した。塩AからIまではMHC含量が塩Jから0より少なく、(MHC)nすなわちミオシン重鎖の多量体が多くなっているため、これまでの常識からいうと前者のかまぼこは後者より弾力に富むことが伺われる。これはFig. 3の結果にある程度対応している。また、Fig. 7は坐り及びかまぼこゲルのMHC、(MHC)n含量に及ぼすNa、K、Ca、Mg濃度の影響を表している。Na濃度は多くなると(MHC)nの増大、MHCの減少をもたらす、Naが多いと弾力のあるゲルが生成することを裏付けている。これに対し、K濃度は逆の効果を示している。



Ca, MgはMHCの多量化にほとんど影響しないようである。

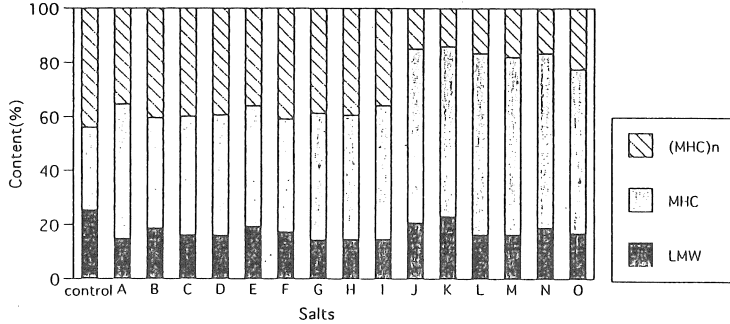


Fig.6. Effect of commercial salts on protein subunit contents of kamaboko gels.

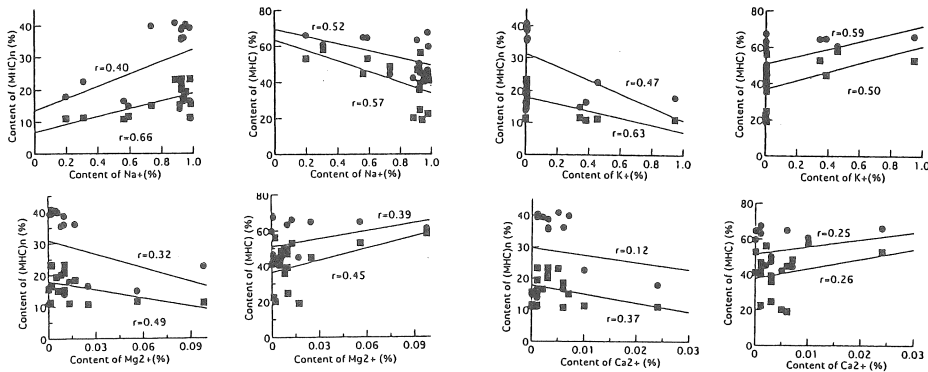


Fig.7. Effect of salt compositions on protein subunit contents of setting and kamaboko gels.

■ : setting gels, ● : kamaboko gels

### 3. 官能検査による評価

3点識別法による官能検査の正解率と塩の成分の関係をFig. 8にまとめた。正解率が高かったのは、C, G, M, O塩で、これはこれら塩で調製したかまぼこゲルは、試薬NaClで調製したかまぼこゲルと何らかの点で異なっているため識別しやすいことを意味する。MやO塩のかまぼこゲルの正解率が高かったのは、これら塩のK含量が高いためであろう。また官能検査の際、試料のかまぼこゲルがおいしいかについても質問した。その結果を塩の成分との関連でFig. 9に示す。K含量の高い塩J, M, N, Oにより調製したかまぼこゲルがおいしいと評価されなかったのは、Kによる苦味に起因していると考えられる。また、G塩のかまぼこゲルの正解率が高かった (Fig. 8) のは、この塩が鉄を含んでいたためであろう。しかしFig. 9の結果から明らかのように、含まれている鉄はかまぼこゲルのおいしさを損なうものではなかった。塩の成分に大きな特徴を持たない (Table 1) C塩で調製したかまぼこゲルの正解率が高かった (Fig. 8) のは、Fig. 9の結果から判断すると、このかまぼこゲルがおいしさを損ねていたためであろう。その原因は明かではない。Naが少なく、Kが多いJやN塩でも正解率が高くなると当初予想していたが、正解率は40%程度に留まった。

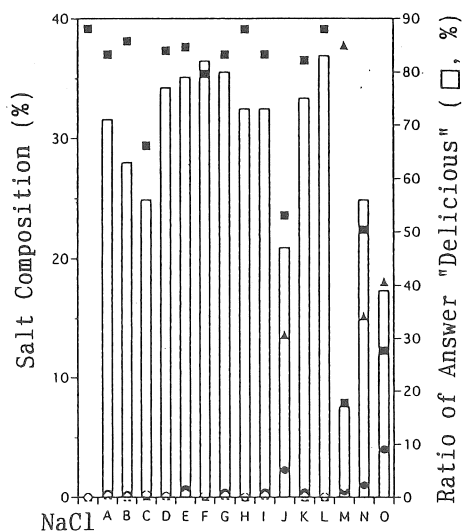
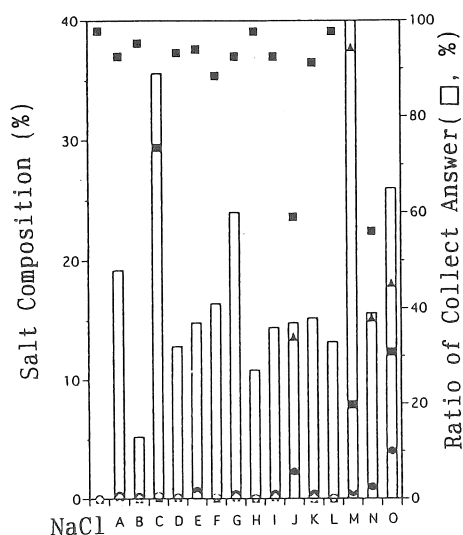


Fig.8. Results of sensory evaluation(1). Fig.9. Results of sensory evaluation(2).  
 ■ : Na, ▲ : K, ● : Mg, ○ : Ca

### 結論

水産練り製品の製造に用いる塩の種類が練り製品のテクスチャー、風味などに及ぼす影響について検討した結果、以下のような結論を得た。

- ① 試薬NaClの他15種類の市販塩を用いて研究を遂行した。各種塩溶液(5%)によるスケトウダラ冷凍すり身(SA級)の塩溶性タンパク質抽出率に塩組成は影響しないことが判明した。
- ② 各種塩を用いてかまぼこゲルを調製した。5mm球状プランジャーの押し込み試験により、かまぼこゲル、坐りゲルの破断強度、破断歪みはNa濃度の増大とともに増加し、K、Ca濃度が多くなると逆に減少する傾向が認められた。
- ③ 応力緩和試験あるいはTexture Profile Analysisでは、塩の種類の違いによるゲル物性の違いを区別できなかった。
- ④ SDS-PAGEによりかまぼこゲルのタンパク質サブユニット組成を調べたところ、Na濃度が高いかまぼこゲルほどMHC重量体含量が多く、K濃度が高くなると逆にMHCの多量化は少なくなることが判明した。
- ⑤ 3点識別法による官能検査の正解率と塩の成分の関係を検討した。C、G、M、O塩を用いたかまぼこゲルの正解率が高かった。M及びO塩を使用したかまぼこゲルの正解率が高かったのは、これら塩がKを多く含むためであった。C塩かまぼこゲルはおいしさに欠け、G塩かまぼこゲルは鉄を含有するために正解率が高くなったようである。

引用文献

- 1) A. G. Gornall, S. S. Bardawill, and M. M. David: Determination of serum proteins by means of the biuret reaction. J. Biol. Chem., 177, 751 (1949).
- 2) N. Iso, H. Mizuno, T. Saito, C. Y. Lin, T. Fujita, and E. Nagahisa: The effects of additives (egg white and soy bean protein) on the rheological properties of kamaboko. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish., 51, 485 (1985).
- 3) S. Ishizaki, M. Hamada, N. Iso, and T. Taguchi: Effect of ultraviolet irradiation on rheological properties of thermal gels from sardine and pork meat pastes. Nippon Suisan Gakkaishi, 59, 1219 (1993).
- 4) T. Numakura, N. Seki, I. Kimura, T. Toyada, T. Fujita, K. Takama, and K. Arai: Cross-linking reaction of myosin in the fish paste during setting. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish., 51, 1559 (1985).
- 5) U. K. Laemmli: Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T4. Nature, 227, 680 (1970).
- 6) 古川秀子: 「おいしさを測る、食品官能検査の実際」、幸書房、pp. 22、1994.

## Effect of Salt Compositions on the Quality of Surimi Products

Munehiko Tanaka

Department of Food Science and Technology

Tokyo University of Fisheries

### Summary

Salt is one of the most fundamental food accessory materials, since it plays an important role on enhancing food flavor and preserving food quality. Many papers have been reported that large consumption of sodium salt affects the blood pressure and causes heart diseases in old people. Thus, food manufacturers have tried to reduce the sodium content in cooking salt by substituting with other salt components such as potassium, calcium, and magnesium.

The gelation of fish protein is caused by the dissolution of myofibrillar proteins with the aid of salt. Simultaneously, dissolved myosin combines with actin filaments to yield macromolecular actomyosin. Both myosin and actomyosin have dominant roles in the gelation of surimi. The gelation of fish proteins cannot be obtained in the absence of salt even if setting is carried out for many hours. The presence of other inorganic compounds in the salt may influence on textural properties of fish gel products.

The objective of this study was to investigate the effect of salt compositions on the quality such as textural properties, pH, and whiteness of Alaska pollock surimi gels. The following results were obtained through this study.

- ① Sixteen salt samples including reagent NaCl were used in this study. The extractabilities of myofibrillar proteins from frozen Alaska pollock surimi by 5 % salt solutions were not affected by their compositions.
- ② Kamaboko gels were prepared with various salt samples. Their breaking force and strain increased with increase of Na ions and decreased with increase of K and Ca ions.
- ③ The textures of setting and kamaboko gels prepared with various salts were not able to be differentiated by stress relaxation test or texture profile analysis.
- ④ The protein subunit compositions were determined by SDS-PAGE technique. The content of polymerized myosin heavy chain in kamaboko gels increased with increasing Na content and decreased with increasing K content.
- ⑤ As a result of sensory evaluation, the taste of kamaboko gels with large amount of K was evaluated as poor.