坐りによる減塩かまぼこ^{*1}の足の補強と かまぼこ組織の電子顕微鏡観察

牧之段保夫, 中川 孝之, 安藤 正史, 松野 智

(1995年7月11日受付)

Reinforcement of *Ashi* (Elasticity) of Low Salt Kamaboko by Setting and Observation of Kamaboko-Structure by Electron Microscope

Yasuo Makinodan,^{*2} Takayuki Nakagawa,^{*2}

Masashi Ando,^{*2} and Satoshi Matsuno^{*3}

Ashi (elasticity) of kamaboko from white croaker *Argyrosomus argentatus* containing 1.5% NaCl in final concentration was weak as known already, but it was strengthened remarkably when the fish paste was set (or preheated) at 40°C for 30 min. The *ashi* of thus obtained kamaboko closely resembled that of high grade kamaboko on the market, and the structure seemed to crowd when observed by electron microscope. The reinforcement effect of *ashi* by the setting at 40°C for 30 min was hardly observed with Alaska pollack paste. However, when white croaker paste was mixed to it, the effect appeared with the increase in the amount of white croaker paste added. As above, it was elucidated that even if the amount of added NaCl is lowered to 1.5% (1.0% if salty taste is ignored), kamaboko from white croaker or containing its meat can make strong *ashi* if the salted paste is set at 40°C for 30 min.

キーワード: 坐り, 減塩, かまぼこ, 足, 電子顕微鏡

成人病を予防する立場から, 食塩 (あるいは塩化ナトリウム) の摂取量を控えようとする傾向が一般化している。食塩は各種の食品を通じて人体に取り込まれるため, 食品中の食塩含量はできれば控え目であることが望ましい。

かまぼこの製造における食塩の添加は, 足の形成と食味の上で不可欠であり, 市販かまぼこには約2.5% (終濃度) の食塩が添加されている。¹⁾ しかし, 最近の調査によれば, 水産物製品には食塩が多いとの認識が, 30~50代の, 特に女性に強いという。²⁾ このような認識が広まる中で, かまぼこの消費拡大をはかるためには, 減塩化は重要課題の一つであると思われる。すでにかまぼこ製造における食塩の低減化については, その一部を塩化マグネシウム等で代替でき,^{3,4)} またシログチ肉ではほとんど効果はないが, 市販スケトウダラ冷凍すり身では減塩に伴う足の低下は坐りにより補うことができるとの報告がある。^{5,6)}

本報において我々は, 食塩の代替品を用いるのではな

く, 坐りを用いることのみでシログチ肉を原料とする減塩かまぼこの足を補強できるかについて, かまぼこ組織の電子顕微鏡観察を含めて検討した。

材料および方法

冷凍すり身 シログチ冷凍すり身は死後硬直前~硬直中の氷蔵魚を用いて調製した。すなわち常法により得た普通肉を3mm目のチョッパープレートを通して細切し, 細切肉に上白糖を5%添加して10分擂潰した。すり身はポリエチレン袋に入れ使用時まで-35°Cで凍結貯蔵した。スケトウダラ冷凍すり身 (無塩) は株式会社極洋より供与されたSA級を-35°Cで約1年間貯蔵したものを使用した。

かまぼこの調製 冷凍すり身を10°C付近で自然解凍後細切し, その100gをすり鉢に入れ5分空すりした。つづいて蒸留水20gと食塩 (赤穂海水株式会社製, 塩化ナトリウム含量99%以上) 所定量を加え30分擂潰した。すり身を直ちに円筒形プラスチック容器 (高さ

^{*1} 食塩の添加量を低減して作ったかまぼこ。

^{*2} 近畿大学農学部 (Faculty of Agriculture, Kinki University, Nakamachi, Nara 631, Japan).

^{*3} 株式会社 極洋 (Kyokuyo, Inc., Marunouchi, Chiyoda-ku, Tokyo 100, Japan).

2 cm, 直径 2.8 cm, 厚さ 0.1 cm) に詰め, 円筒の上下両面をクレップで包んだ後輪ゴムで留めた。以上の操作は約 10°C の低温で行った。これを 90°C の熱水中で 30 分, また必要に応じて各温度で 30 分坐らせた後この条件で加熱した。氷水中で急冷後室温に約 1 時間保ちかまぼこ試料とした。

足の強さの測定 ゲル強度および官能検査によった。ゲル強度の測定には株式会社サン科学 (東京) 製のレオメーターを用いた。感圧軸にアダプター No. 2 (球の直径 7 mm) を取り付け, テーブルスピードは 0.8 mm/秒とした。試料が破断するまでの荷重 (破断強度, gw) と凹みの大きさ (cm) の積 (gw・cm) をゲル強度とした。測定は同種かまぼこ試料について 6 回行い, その平均値を求めた。なお, 厚さ 3 mm の試料片を用いて行った折り曲げテスト (5 段階評価法) の結果では高い値を示すものが多く, ゲル強度および食感と一致しなかった。このことからこのテストは足の強さの測定には用いなかった。

透過型電子顕微鏡用試料作成法および観察 かまぼこ試料を約 1×1×3 mm の大きさに切り, 2.5% グルタルアルデヒド—1% オスミウム酸で固定した。次に 50, 60, 70, 80, 90, 99.5, 100% のエタノールで各 15 分順次脱水した後, EPOK812 に包埋した。ウルトラミクローム (MT-6000) で超薄切片を作り, ウラン—鉛二重染色後, 日立—800 型電子顕微鏡 (TEM) で観察した。

走査型電子顕微鏡用試料作成法および観察 かまぼこ

試料を約 1×1×3 mm の大きさに切り, 2.5% グルタルアルデヒドで固定した後, 上と同じ条件で脱水した。次にトブタノールで置換し, 真空凍結乾燥, 金蒸着を行い, 日立 S-4100 型電子顕微鏡 (SEM) で観察した。

結果および考察

食塩添加量と足の強さ 足の強いかまぼこを作るためには, すり身への食塩添加量は肉に対して 2% 以上が必要で, これ以下では筋原繊維は溶解しないので, 良いかまぼこはできないと言われている。⁷⁾ かまぼこの減塩化を検討するに当たり, シログチおよびスケトウダラ冷凍すり身 (無塩) を用いて, まずこの報告を追試した。結果を Fig. 1 の ● 印で示す。シログチでは食塩濃度が 2% (終濃度, 以下同じ。すり身の水分は約 80% であったことから, できた塩化ナトリウム水溶液の濃度は約 0.43 mol/l) までは食塩添加量が増すにつれてゲル強度は, 200 gw・cm (0.5%) から 733 gw・cm (2%) まで, 急激に増加した。しかし, 食塩の添加量を 3% と増加させてもゲル強度はそれほど増加しなかった (813 gw・cm)。官能的に, 食塩添加量が 1.5% 以下の製品ではかまぼこ様の足は感じられなかったが, 2.0% および 3.0% の食塩添加では, 柔らかいがかまぼこ様の物性が認められた。このような官能的评价は 3 人のパネルで同様であり, ゲル強度による評価と比例関係にあった。以上のように, シログチについての結果は, 以前の報告に近いものと考えられた。一方, スケトウダラ冷凍すり

Fig. 1. Effect of the amount of added NaCl and setting on the gel strength of kamaboko. White croaker *Argyrosomus argentatus*, and Alaska pollack *Theragra chalcogramma* (frozen surimi) were used as material. Closed circle shows the gel strength of kamaboko heated at 90°C for 30 min without setting. Open circle shows the gel strength of kamaboko heated at 90°C for 30 min after setting at 40°C for 30 min.

Fig. 2. Effect of setting temperature on the gel strength of kamaboko. The amount of added NaCl was 1.5% in final concentration. Open circle shows the gel strength of kamaboko heated at 90°C for 30 min after heated at indicated setting temperatures for 30 min. Dotted line shows the gel strength of kamaboko heated at 90°C for 30 min without setting.

身を用いた場合には、ゲル強度に及ぼす食塩濃度の影響は少なく、3%の食塩を添加しても強い足は形成されなかった。ただし、食塩0.5%添加のものでも、シログチの場合とは異なる、ある種の物性が認められた。おそらく、スケトウダラ冷凍すり身に含まれている重合リン酸塩による筋原繊維の溶解作用に基づくのであろう。

減塩かまぼこの足の補強に及ぼす坐り温度の影響 かまぼこ製造における食塩の低減化を考える場合、食塩の添加量は終濃度で2%未満である。前項の実験で、食塩1%では塩味は全く感じられず、この添加量は食味上不適当と判断された。そこで、やや薄味ではあるが、添加量を1.5%として、まず足の補強に及ぼす坐り温度の影響を調べた。Fig. 2に示すように、シログチの場合、30°C~50°Cで30分の坐りを行ったもののゲル強度は、90°Cで30分直加熱して得られたかまぼこのゲル強度に比べ、いずれも強く、特にその増加は40°Cで顕著であった。スケトウダラでは30°Cで坐り効果が認められたが、その程度は小さかった。周知のように、この魚の場合、坐り効果を上げるにはより長時間の放置が必要である。

坐り効果に及ぼす食塩添加量の影響 シログチの場合、40°Cで顕著な坐り効果が認められたので、40°C、30分の坐り効果に及ぼす食塩添加量の影響を調べた。Fig. 1の○印で示すように、シログチでは、食塩添加量が1%でも、坐りによりゲル強度は著しく増加した。食塩1.5%を含むかまぼこでは、そのゲル強度は坐りを

行わないコントロール値の約3倍となり、食塩3%を含む坐りかまぼこ同等のゲル強度を示した。スケトウダラ冷凍すり身では、いずれの食塩濃度でも40°C、30分の坐りでは効果はほとんど認められなかった。このような結果は、市販スケトウダラ冷凍すり身を用いた場合、減塩かまぼこの足は坐りにより強化されるが、シログチ肉を用いた場合にはこの効果はほとんど認められないとの報告⁶⁾と相違した。

以上のようにシログチの場合、食塩濃度が1.5%でも40°Cで30分の坐りを行うことにより、かまぼこに強い弾力を与えることができる。塩味を無視するならば、食塩1%添加でも40°C、30分の坐りを併用すれば弾力のあるかまぼこを作ることができる。すでに述べたように、足のあるかまぼこを作るためには、筋原繊維を溶解させるために、肉に対して2%以上の食塩を加えて攪潰することが必要とされている。⁷⁾しかし、本実験結果からすると、シログチかまぼこの足形成そのものには、少なくとも坐りを行えば、そのような多量の食塩の添加は必要でなく、さらに筋原繊維の十分な溶解はかならずしも必要ではなさそうに思われる。

混合すり身を用いたかまぼこの足の補強に及ぼす坐りの影響 かまぼこの製造ではしばしば2種以上の魚肉が混合される。Fig. 3はシログチおよびスケトウダラの混合すり身に、食塩を1.5%添加して作ったかまぼこのゲル強度の増加に及ぼす40°C、30分の坐りの影響を調べた結果である。すでに示したように、スケトウダラ肉

Fig. 3. Effect of setting on the gel strength of kamaboko made of mixed surimi. Mixed surimi containing 1.5% NaCl in final concentration was heated at 90°C for 30 min without setting (●) or after setting at 40°C for 30 min (○). Frozen surimi of white croaker and Alaska pollack were mixed as shown in the axis of abscissa.

のみではこの坐りによる足の補強効果は認められなかったが、スケトウダラ肉にシログチ肉を混合することにより、シログチ肉量に比例して明らかな効果が認められた。このように、シログチ肉を含む混合すり身を用いた場合でも、かまぼこの減塩化は可能である。

以上のように、減塩すり身でも坐りを行えばゲル強度の強いかまぼこを作ることができる。ただし、かまぼこの足の質はゲル強度では適正に示すことができず、むしろ破断強度と破断凹みのバランスをみる必要があるという指摘もある。⁸⁾ これまでの実験に供したかまぼこについて両者の関係を示すと Fig. 4 のとおりである。なお、ここには参考のために3種の市販品についての値も示してある。市販品 B, C は筆者らの官能試験によれば、優れた食感を示し、またいずれも全国蒲鉾品評会で水産庁長官賞を受賞した製品である。このことから、かまぼこの足の質は B 点と C 点とを結んだ直線の、B 点と C 点に近い値を示すものほど良質と考えてよさそうである。この仮定からすると、Fig. 4 に示すとおり、食塩濃度が1.5%の減塩製品でも40°C、30分の坐りを行ったシログチかまぼこの足は、破断強度がやや強かったが、かなり良質と考えられる。

かまぼこ組織の観察 以上のかまぼこの組織を電子顕微鏡（電顕）を用いて観察した。Fig. 5 および 6 は透過型電顕像である。食塩濃度1.5%のかまぼこ（ゲル強度570 gw·cm）の組織（Fig. 5-2）は、同3%のかまぼ

Fig. 4. Comparison of the breaking strength and the breaking dent of various kamabokos. Numbers 1, 2, 3, and 4 show kamaboko from white croaker containing NaCl of 1, 1.5, 2.0, and 3.0% without setting, respectively. Numbers 5, 6, and 7 show kamaboko from white croaker containing NaCl of 1.0, 1.5, and 3.0% with setting, respectively. Numbers 8, 9, 10, and 11 show kamaboko from mixed surimi containing white croaker of 20% and Alaska pollack of 80% (20:80), 40:60, 60:40, and 80:20, respectively. A, B, and C show kamaboko A, B, and C, on the market, respectively.

Fig. 5. Transmission electron micrographs of kamaboko from white croaker. Numbers show the same ones as in Fig. 4. Bars represent 0.2 μm.

Fig. 6. Transmission electron micrographs of kamabokos on the market. B and C show kamabokos B and C on the market, respectively. Bars represent 0.2 μm .

Fig. 7. Scanning electron micrographs of kamabokos from white croaker. Numbers show the same ones as in Fig. 4. Bars represent 0.2 μm .

こ (ゲル強度 813 gw $\cdot$ cm) の組織 (Fig. 5-4) に比べて、タンパク質 (フィラメント) 凝集体の分散状態が粗であったが、1.5% 食塩添加すり身を 40°C で 30 分坐らせたもの (ゲル強度 1,600 gw $\cdot$ cm) では密となるようであった (Fig. 5-6)。足の強いかまぼこでは、タンパク質の分散状態が密となることはすでに明らかにされている。^{9,10)} ただし、本実験においては、1.5% 食塩添加すりかまぼこのゲル強度は 3.0% 食塩添加直加熱かまぼこのそれよりもはるかに大であったが、それらの組織像 (Fig. 5-6 と Fig. 5-4) にはこのような関係は認められなかった。参考までに、市販かまぼこの電顕像を示すと

Fig. 6 のとおりである。タンパク質凝集体の分散状態は比較的密であった。なお、すり身の調製はすり鉢とすりこぎによったが、筋原繊維の残存¹¹⁾は観察されなかった。

Fig. 7 は走査型電顕像である。各突起はフィラメントの凝集体と考えられる。その直径 (30 個の平均値 $\pm$ 標準偏差) は、1.5% 食塩添加直加熱かまぼこ (Fig. 7-2) で 48 ± 7.2 nm, 40°C で 30 分の坐りを行ったもの (Fig. 7-6) では 44 ± 7.7 nm であり、明らかな差異は認められなかった。坐りによりフィラメントの分散性は良くなるほか、それは太くなるようであるという報告もあるが、¹²⁾ 本実験結果では、足の強さにはフィラメントの太さよりはそれらの分散状態あるいは網目構造の発達がより関係しているのではないかと考えられる。参考までに 3% 食塩添加かまぼこの電顕像を示すと Fig. 7-4 のとおりで、フィラメント凝集体の直径は 50 ± 9.7 nm であった。

以上のように、食塩添加量 (終濃度) を 1.5% (塩味を無視するならば 1%) と低減したシログチすり身でも、40°C で 30 分の坐りを行うことにより、組織的にも密で、良質な足を持つかまぼこを作り得ることが明らかになった。

文 献

- 1) 山崎小万: 図説 食品成分表 (科学技術庁資源調査会編), 一橋出版, 東京, 1993, pp. 84-85.
- 2) わり製品の需要動向調査. かまぼこ新聞, 日本食品経済社, 東京, 1995, pp. 2-3.
- 3) 福田耕一, 野崎征宜, 田端義明: かまぼこ製造における減塩化について. 水産わり製品技術研究会誌, 14, 394-402 (1989).
- 4) 岡 弘康, 二宮順一郎, 大野一仁: 減塩ジャコ天ぷらの品質改善に関する研究. 水産わり製品技術研究会誌, 18, 13-21 (1992).
- 5) 水上 広, 山本常治: 減塩かまぼこならびに無塩かまぼこ製造に関する試験 (2). 水産わり製品技術研究会誌, 7, 305-310 (1982).
- 6) 山本常治: 低塩濃度領域に於ける坐りならびにかまぼこ形成能について. 水産わり製品技術研究会誌, 8, 489-496 (1983).
- 7) 志水 寛: わり製品, 「水産加工技術」(太田冬雄編), 恒星社厚生閣, 東京, 1991, pp. 128-143.
- 8) 山本常治: 市販板付蒲鉾の弾力について. 水産わり製品技術研究会誌, 12, 209-212 (1986).
- 9) 三宅正人, 林 孝市郎, 田中明子, 丹羽榮二: かまぼこにおける筋原繊維の分散状態に関する電子顕微鏡観察. 日水誌, 37, 534-539 (1971).
- 10) 丹羽榮二: 坐り, 「魚肉わり製品—研究と技術」(志水寛編), 恒星社厚生閣, 東京, 1984, pp. 25-35.
- 11) 佐藤繁雄, 土屋隆英, 松本重一郎: かまぼこの微細構造の電子顕微鏡による観察. 日水誌, 50, 1869-1876 (1984).
- 12) 佐藤繁雄, 中川則和, 土屋隆英, 松本重一郎: かまぼこの調製過程の電子顕微鏡による解析. 日水誌, 53, 649-658 (1987).