

デンプン粒の膨潤性とかまぼこに対する弾力補強効果の関 係

誌名	日本水産學會誌
ISSN	00215392
著者	山澤, 正勝
巻/号	57巻5号
掲載ページ	p. 971-975
発行年月	1991年5月

デンプン粒の膨潤性とかまぼこに対する弾力補強効果の関係^{*1}

山 澤 正 勝

(1990年12月20日受付)

Relationship between the Swelling Ability of Starch Granules
and Their Kamaboko-Gel Reinforcing EffectMasakatu Yamazawa^{*2}

Kamaboko was prepared from modified potato starches having different degrees of water-absorbing ability, together with walleye pollack frozen surimi, and the relationship between swelling ability and kamaboko gel-reinforcing effect of starch granules was investigated.

It was found that starch having a large water-absorbing ability strengthened the tensile strength and water-holding capacity of kamaboko. The volume of salt-ground surimi increased to only 1.03 times when heat processed, regardless of the presence of starch in the surimi. By a scanning electron microscope (SEM), it was observed that starch swelled depending its water-absorbing ability. The size of the starch granule in kamaboko was determined by measuring its area in the SEM photograph, assuming that its shape is spherical. As a result, the diameter and volume of fully gelatinized starch granules in kamaboko increased during the course of heat-processing about 1.7 and 5 times as large as ungelatinized granules, respectively.

As to the possible mechanism of the gel-reinforcing of starch granules, it was considered that starch granules absorbed the surrounding water in surimi and swelled up with gelatinization depending on their water-absorbing ability. As a result, the concentrated protein in surimi gave strong tensile strength to kamaboko.

デンプンのかまぼこに対する弾力補強効果には、その吸水力の寄与が大きいことをすでに明らかにした。^{1,2)}しかし、かまぼこ中のデンプン粒の吸水力とその膨潤の程度との関係や吸水・膨潤に伴うすり身部分のタンパク質の濃縮度合については必ずしも明らかではない。そこで、本研究では、デンプン粒の糊化に伴う膨潤性と弾力補強効果との関係について検討した。

実 験 方 法

試料 原料肉として市販スケトウダラ *Theragra chalcogramma* 無塩冷凍すり身 (大洋漁業製, SA 級) を使用した。デンプンは市販のバレイショデンプンの大粒子 (ホクレン製, 商品名ハイアマロン) を対照品とし、これからリン酸架橋の程度を変えることによって調製した膨潤性の異なる3種類のデンプン (日澱化学 (株) 製) を実験に供した。

デンプン添加かまぼこの調製 デンプン添加かまぼこは、前報¹⁾の方法によって調製した。デンプン添加量は製品中に無水物で6.5%になるようにした。

かまぼこの物性の測定 引張り試験による引張り強度と破断伸びは志水ら³⁾の方法によって、圧出水分は岡田⁴⁾の方法によって測定した。

アミログラフによるデンプン溶液の粘度の測定 アミログラフ (Brabender 社製, PT-100 型: ピンタイプ) を使用し、常法⁵⁾によって粘度 (Brabender Unit: B.U) を測定した。測定用試料は溶液濃度を4%とした。

デンプンの吸水力の測定 貝沼の方法⁶⁾によって85°Cで測定した膨潤力を前報²⁾と同様に吸水力の指標とした。

加熱による塩すり身の体積増加量の測定 50 ml 容ガラス製共栓遠沈管に塩すり身 25 g を精秤 (*T* g) し、冷却遠心分離 (シングローターを使用, 4,000 rpm, 20 分) した後、共栓遠沈管上部の体積を水置換によって測定 (*A* g) した。次に、この遠沈管を90°Cで30分間加熱し、直ちに冷却後、遠沈管上部の体積を同様に測定 (*B* g) した。水の比重を1とみなし、次式によってかまぼこ1g当りの体積増加量を求めた。

$$\text{体積増加量 } (\mu\text{l/g}) = (A - B) \times 1000/T$$

^{*1} かまぼこに対するデンプンの弾力補強機構に関する研究—III (Studies on the Mechanism of Gel-Reinforcing Effect of Starch in Kamaboko-Gel-III).

^{*2} 中央水産研究所 (National Research Institute of Fisheries Science, Kachidoki, Chuo, Tokyo 104, Japan).

走査型電子顕微鏡 (SEM) によるかまぼこ中のデンプン粒の形態的観察 デンプン粒の SEM による観察は、前報¹⁾の方法によった。

かまぼこ中のデンプン粒の大きさの測定 一定倍率に引き伸ばした SEM 写真 (凍結断面試料) からデンプン粒の部分の一つずつ切り取り、一視野全体の重量に占めるデンプン粒部分の重量をかまぼこ中に占めるデンプン粒部分 (%) とした。また、全体の重量とデンプン粒部分の重量の差をすり身部分 (%) とした。別に、同じ印画紙について円の直径および面積と重量との関係を求めておき、粒の断面が円であると仮定し、各粒の平均直径を求め、粒を球と仮定したときの体積を算出した。なお、SEM 試料は調製前の試料の状態によって乾燥後の収縮度が異なるため、同一加熱条件下で調製した試料について比較した。

実験結果

各種デンプンの吸水力と粘度 通常のデンプン (デンプン A) にリン酸架橋処理を施して吸水力を弱めた3種のデンプン (架橋度の低い方、すなわち吸水力の大きい方から B, C および D と呼ぶ) を吸水力の異なるデンプンのモデルとして用い、これらのデンプン類の温度と粘度の関係を示すアミログラムを Fig. 1 に示す。同図にはそれぞれの吸水力も付記した。

一般に、粘度上昇速度の速やかなデンプンほど急速に粒が膨潤し、最高粘度と粒の吸水力 (膨潤性) との間に相関関係が認められている。⁷⁾ Fig. 1 においてデンプン A (吸水力 56.7) は、82°C 付近で最高粘度約 900 B.U

を示した後、温度上昇とともに粒の崩壊による粘度低下がみられたが、架橋したものは 95°C までの加熱では粒が崩壊しないため、冷却中にも粘度の上昇が観察された。すなわち、デンプン B (吸水力 27.1) の糊化開始温度はデンプン A のそれとほぼ同じであるものの、粘度変化の様相はまったく異なった。粘度は 95°C までの加熱で約 900 B.U を示し、冷却中にも徐々に上昇して、50°C まで冷却したときの粘度はデンプン A のその約 2 倍の値を示した。しかし、架橋度がさらに高いデンプン C (吸水力 16.3) では、粘度は加熱によってあまり上昇せず、95°C で約 35 B.U にすぎなかった。さらに、デンプン D (吸水力 5.2) は、ほとんど吸水しないため粘度も上昇しなかった。

各種デンプンの弾力補強効果 これらデンプン類をそれぞれ無水物に換算して製品中に 6.5% になるように塩すり身に添加したかまぼこの物性値を比較した。結果を Table 1 に示す。デンプンの吸水力とそれらを添加したかまぼこの各物性値との関係を見ると、デンプン A および B をそれぞれ添加したかまぼこの引張り強度はほぼ同じであったが、ゲル強度、破断伸びおよび保水力はデンプンの吸水力がさらに小さくなると低下した。デンプン B, C および D の吸水力とこれらを添加したかまぼこの引張り強度との間には高い相関関係 ($r=0.982$) が認められた。このように、デンプンの吸水力がかまぼこに対する弾力補強効果に大きく寄与していることがここでも確認された。

デンプン添加塩すり身の加熱による体積変化 前報¹⁾において、かまぼこ中のデンプン粒は糊化して膨潤する

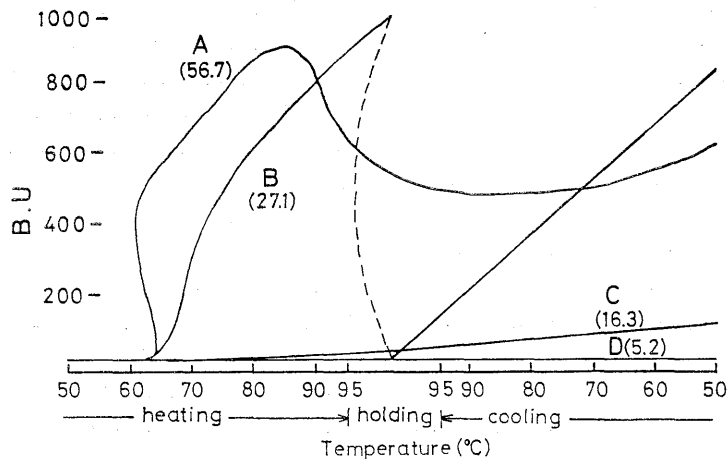


Fig. 1. Amylograms of modified potato starch differing in degree of crosslinkage. (starch concentration: 4%)

As for starch A~D, refer to the legend of Table 1.

Figures in parenthesis indicate the values of the water-absorbing ability of the respective starch.

Table 1. Effect of the water-absorbing ability^{*1} of starch on the physical properties of starch-containing kamaboko

Water-absorbing ability ^{*1} of starch	Physical properties of kamaboko			
	Tensile strength (g/cm ²)	Tensile extension (cm/cm)	Gel strength (g/cm ²)	Expressible water (%)
Potato starch A ^{*2} (56.7) ^{*3}	508	2.70	1372	16.9
Potato starch B ^{*2} (27.1) ^{*3}	518	2.55	1321	17.4
Potato starch C ^{*2} (16.3) ^{*3}	452	2.34	1058	17.6
Potato starch D ^{*2} (5.2) ^{*3}	342	2.29	780	22.9

^{*1} Water-absorbing ability of starch was determined as the amount of water (g) absorbed by 1 g of starch during the heating process at 85°C.

^{*2} A, Potato starch.

B, Potato starch with a low degree of crosslinkage.

C, Potato starch with an intermediate degree of crosslinkage.

D, Potato starch with a high degree of crosslinkage.

^{*3} Figures in parenthesis indicate the value of the water-absorbing ability of respective starch.

Table 2. Increase in volume of salt-ground surimi containing starch by heating process

Starch added	Increased volume (μl/g)
Control (non-addition)	32.5
Starch A	27.0
Starch D	38.0

The percentage of starch added in kamaboko is 6.5%.

ことを SEM により観察した。このデンプン粒の膨潤とかまぼこの物性変化の関係を明らかにするためには、まず、加熱によるデンプン粒の膨潤が塩すり身の体積変化に及ぼす影響を明らかにすることが必要のように思われた。

加熱冷却中の塩すり身の挙動を観察すると、デンプンの有無に関係なく、加熱中に膨潤した塩すり身は冷却すると直ちに収縮して加熱前に近い状態に戻っていくことが観察された。加熱前後の体積変化を測定した結果を Table 2 に示す。無デンプンかまぼこにおけるかまぼこの体積増加量は約 30 μl/g であったが、膨潤性の異なったデンプンを添加したかまぼこでも同程度であったことから、デンプンの膨潤によるかまぼこの体積増加はほとんど認められなかった。したがって、前述の加熱・冷却中のかまぼこの体積変化の主たる原因は、遠心分離によって完全に脱気されなかった空気の気泡の膨張・収縮によるものと考えられた。

走査型電子顕微鏡によるデンプン粒の膨潤の大きさの測定 上記 4 種類のデンプンについて、かまぼこ中での糊化・膨潤状態を SEM で観察した。SEM 写真を Fig. 2-A~D に示す。かまぼこ中のデンプン A の粒は十分に膨潤しているのが観察された (Fig. 2-A)。デンプン C の粒は、デンプン A のそれよりかなり小さく (Fig. 2-C)、

また、デンプン D は生デンプンに近い形状 (Fig. 2-D) で、膨潤の程度は極く小さいものと考えられた。

次に、デンプン粒の膨潤の程度について定量的な検討を行うため、SEM 写真上から便宜的に断面のすり身部分に対するデンプン粒部分が占める割合で比較した。結果を Table 3 に示す。まずデンプンの側からみると、吸水力が最も小さいデンプン D では、デンプン粒部分のかまぼこ断面に占める割合が面積比で 22% にすぎない。しかし、吸水力の大きいものほどこの割合は大きくなり、デンプン A では粒が 51.2% を占めることになる。逆に、すり身の側からみると、でん粉 D 添加かまぼこではすり身部分の面積比が約 80% であったが、デンプン A では約 50% であり、デンプン D 添加かまぼこに比べるとすり身部分が約 40% も縮小したことになる。すなわち、これらの結果はデンプンが吸水・糊化する際にゲル形成過程中的すり身中の遊離しやすき水を吸水し、その吸水力に応じて膨潤するものというこれまでの考えを支持するものである。

かまぼこ中のデンプン粒の膨潤の大きさについて、さらに詳細に検討するため、デンプン A および D について粒の大きさを測定した。かまぼこ中のデンプン粒は、写真からも明らかのように大きく変形しており、直接粒の大きさを測定することはできない。このため、粒の断面を円と仮定して SEM 写真上からかまぼこ中のデンプン A および D の平均直径を求めた。その粒度分布を Fig. 3 に示す。デンプン D では、大部分が 20~60 μm に分布 (平均直径 36.4 μm ± 8.9) しているのに対し、デンプン A では、大部分が 20~100 μm の間に分布しており、100 μm 以上に膨潤したものも約 5% ぐらい認められた (平均直径 62.6 μm ± 33.0)。もし、デンプン粒を球体と見な

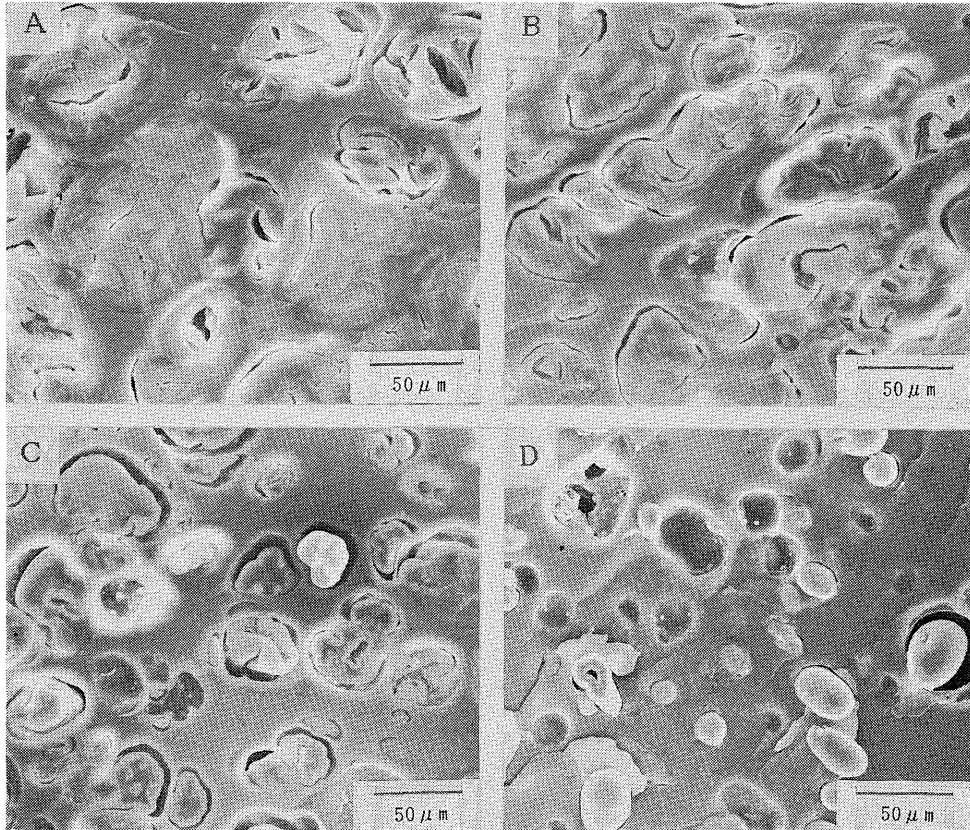


Fig. 2. Scanning electron micrographs of potato starch differing in degree of crosslinkage in kamaboko.

As for A~D, refer to the legend of Table 1.

Table 3. Ratios* of surimi part and starch granule part in kamaboko containing different types of starch (%)

Potato starch	Area	
	Surimi	Starch granules
A	48.8	51.2
B	55.9	44.1
C	62.0	38.0
D	77.8	22.2

* The ratio was, for convenience, calculated by comparing areas occupied by each part in a cross section.

すと、デンプンAはデンプンDの平均直径で約1.7倍であるので、断面積では約3倍、体積は約5倍に増大したことになる。なお、SEM用の試料調製中のアーティファクトによる縮小などに対する補正はしていない。

考 察

かまぼこ中のデンプン粒は、その吸水力が大きいほど

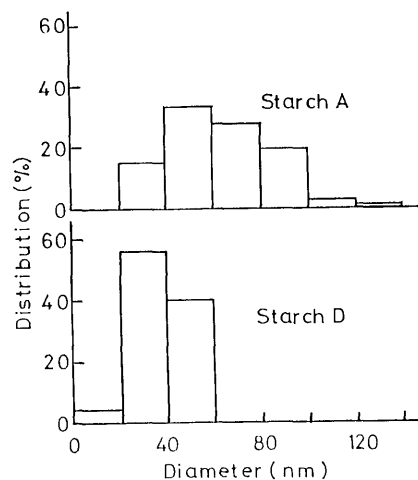


Fig. 3. Distribution of the size of starch granules embedded in kamaboko gel. The meanings of starch A and D are shown in the legend of Table 1.

大きく膨潤するが、デンプンを添加したかまぼこ自体はほとんど膨潤しないことを明らかにした。すなわち、かまぼこ中でデンプン粒が吸水・膨潤した量だけタンパク質が濃縮されたものと考えられる。古浦⁹⁾は、水中のデンプン粒の加熱膨潤による膨潤比(膨潤前後の体積比)の変化を光学顕微鏡で測定し、バレイショデンプンでは90°Cで約18倍になることを報告している。したがって、かまぼこ中のバレイショデンプンの膨潤の大きさは、本実験条件下では、懸濁液の状態に比べて1/3以下に抑制されているものと推察される。

このように、デンプン粒が膨潤する際、その体積変化に相当する量だけ吸水するものと考えられるので、すり身部分の濃縮の大きさについて考察した。すなわち、供試かまぼこの場合、デンプン無添加かまぼこのタンパク質含量は11.6%であるが、デンプン(無水物として6.5%)を添加するとかまぼこは系全体として希釈されてタンパク質濃度は10.3%となる。前報²⁾のケイ砂添加実験の結果から、この程度の粒径をもつ粒子を6.5%加えても引張り強度にはほとんど影響しないことがわかっている。6.5%デンプン添加かまぼこでは、デンプンAは体積でデンプンDの5倍に膨潤しているのので、その4倍量、すなわち26%の水をすり身から奪い、その結果、すり身部分のタンパク質濃度は15.3%にまで濃縮されていることになる。かまぼこのゲル強度はタンパク質濃度に依存する⁹⁾ので、すり身部分が濃縮されるとゲル強度は当然増大するはずである。なお、かまぼこの弾力にはデンプンの粒径も影響することが報告されている⁴⁾が、この点については別に報告する。

これらの結果から、かまぼこにおけるデンプンの弾力補強機構は以下のように推測された。

デンプン粒が糊化する際、その吸水力に応じてすでにゲル形成過程にあるすり身中の遊離しやすい水を吸水して膨潤する。そのために、すり身部分はデンプンの吸水量に相当する分だけ濃縮され、その強度が増大する。

要 約

吸水力の異なる架橋バレイショデンプンを使用し、デンプン粒の膨潤性とかまぼこの弾力補強効果との関係を検討した。

吸水力の大きいデンプン粒ほどかまぼこの中で大きく膨潤し、かまぼこの庄出水分量を減少させ、引張り強度を増大させた。したがって、かまぼこに対するデンプン粒の弾力補強効果の機構は、デンプンが糊化する際にゲル形成過程にあるすり身中の遊離しやすい水を吸水して膨潤するため、その吸水量に相当する分だけすり身部分が濃縮されて強度が増大するものと推定された。

謝 辞

本研究を行うに当たり、ご指導を賜った京都大学 志水 寛教授、各種の架橋バレイショデンプンを調製して頂いた日澱化学(株) 木尾茂樹氏およびアミログラフの使用に便宜を図って頂いた愛知県食品工業技術センター 石田欽一氏に感謝する。

文 献

- 1) 山澤正勝: 日水誌, **56**, 505-510 (1990).
- 2) 山澤正勝: 日水誌, **57**, 965-970 (1991).
- 3) 志水 寛, 町田 律, 竹並誠一: 日水誌, **47**, 95-104 (1981).
- 4) 岡田 稔: 東海水研報, **No. 36**, 21-126 (1963).
- 5) 後藤富士雄: 澱粉科学ハンドブック (二國二郎監修), 朝倉書店, 東京, 1984, pp. 227-228.
- 6) 貝沼圭二: 澱粉科学実験法 (鈴木繁男・中村道徳編), 朝倉書店, 東京, 1984, pp. 148-150.
- 7) 檜作 進: 澱粉科学ハンドブック (二國二郎監修), 朝倉書店, 東京, 1975, pp. 34-39.
- 8) 古浦二郎: 広島食工試研報, **No. 15**, 1-11 (1980).
- 9) 西岡不二男, 町田 律, 志水 寛: 日水誌, **49**, 1233-1238 (1983).