

すり身の加熱によるデンプン粒および気泡の径の増大と物性の関係

Relation between the Physical Properties of Surimi and the Increase in the Diameter of Starch Granules and Bubbles by Heating

佐藤靖子* 鈴木 惇**

(Yasuko Sato)

(Atsushi Suzuki)

The diameter of starch granules and bubbles in surimi has been shown to vary with the heating temperature. In this study, whether the breaking stress and breaking strain are correlated with the diameter of starch granules and bubbles in surimi was determined. Potato starch, processed potato starch, K-1, MR 200, Batter # 0, MT 01 and HPpotato were added separately to surimi, which were then cooked at 60-100°C for 20 min.

Starch granules and bubbles increased in diameter by heating. Increase in diameter of starch granules were positively correlated with the breaking stress in surimi including potato starch, K-1, MR 200, MT 01 or HPpotato, but not in surimi including processed potato starch or Batter # 0. Increases in diameter of starch granules were negatively correlated with breaking strain in surimi including MR 200 or HPpotato, but not in surimi including the other starches. Increase in diameter of bubbles were positively correlated with breaking stress in surimi including five kinds of starches separately, but not in surimi including potato starch or Batter # 0.

キーワード：すり身 Surimi；デンプン Starch；気泡 Bubble；破断応力 Breaking stress；破断歪 Breaking strain

緒言

魚肉すり身から作られる笹かまぼこには、増量材および足の補強としてデンプンが使用されている¹⁾。かまぼこには播潰で混入した気泡も含まれる²⁻⁴⁾。添加したデンプンはすり身のゼリー強度および圧出水分率を低下させるが、加熱温度により差があり、デンプンの種類によってゼリー強度に違いが生ずることが示されている⁶⁾。混入した気泡は、弾力性や歯ごたえの物理的性質と密接な関係があると考えられている²⁾。一般に笹かまぼこは食す前に茹でると嗜好性が増すと言われている。笹かまぼこの加熱温度は内部温度が約75°Cである。製品を茹でることにより嗜好性が増すのは、笹かまぼこに含まれる気泡とデンプン粒の加熱による

変化と関連すると考えられる。本研究では、かまぼこに含まれる気泡とデンプンの径の加熱による変化が、かまぼこの硬さに関連するかについて調べた。また、添加したデンプンの種類によるかまぼこの硬さとの関連についても調べた。

実験方法

1. 試料

市場で購入した生タラおよびキチジは、魚肉を粗く刻み20分間水晒しを行った。タラとキチジは2:1に混合してフードプロセッサー(東芝クッキングカッターCQR-62)を用いて2分間空振り後、食塩1.5%(新日本ソルト)を加えて1分間塩振りを行い、みりん(宝酒造本みりん)および砂糖(新名糖)を各1.5%加えて1分間擂った。さらに、デンプン1%および水5%を加えてすり身を調製した。すり身に添加したデンプンの種類は、ジャガイモデンプン(自家製:男爵)と笹かまぼこに用いられているデンプン(製品デンプン)

* 三島学園女子短期大学
(Mishima Gakuen Women's Jr. College, Sendai 981-8585)

** 東北大学農学部
(Faculty of Agriculture Tohoku University)

すり身の加熱によるデンプン粒および気泡の径の増大と物性の関係

表1. 化工デンプンおよび化工方法

試料デンプン名	化工方法
MR-200	アセチル化リン酸架橋タピオカ澱粉
HP ポテト	ヒドロキシプロピル化馬鈴薯澱粉
バター#0	油脂化工弱酸化コーンスターチ
MT-01	アセチル化タピオカ澱粉
K-1	油脂化工アセチル化タピオカ澱粉

(以上 日本食品化工株式会社資料より)

および5種類の化工デンプン：K-1, MR 200, バッター#0, MT 01, HP ポテト(日本食品化工株式会社製)の計7種類である(表1)。これらのデンプン1種類ずつを水で溶きすり身に添加した。

2. 標本作製および染色

生すり身は5cm×2cm厚さ1.2cmの板状に整形後、食品用ラップフィルムで包み水温20°Cで鍋に投入し、60, 65, 70, 75, 80, 90, 100°Cの各温度に達してから20分間加熱した。室温で放冷したすり身の一部は、10%ホルマリン液で固定後脱水しパラフィンに包埋して切片の作製に用いた。残りのすり身は物性の測定に使用した。

薄切した切片はPeriodic acid Schiff (PAS) およびAcrolein Schiff (AS) 反応により染色した。

3. デンプン粒子および気泡の径の測定

デンプン粒子の測定にはPASで染色した標本を用いた。気泡の測定にはデンプンおよびタンパク質を同じ色調に染めて気泡のみが区別できるようPASとASで重染色した標本を用いた。各々の標本において100個のデンプンおよび気泡の径を測定した。径の値は、一元配置分散分析を行い有意差($P < 0.05$)を調べた。加熱したすり身の破断応力および歪に対するデンプン粒子および気泡の径の影響は、回帰直線により相関係数を求めた。

4. すり身の物性

生すり身および加熱すり身は約5mmの厚さに切断し、クリープメーター(レオナーRE-3305:山電製)を用い、1mmくさび型プランジャーを使用して試料台スピード0.5mm/秒で破断応力(N/m²)および破断歪(%)を測定した。

結 果

1. 加熱によるデンプン粒および気泡の径の変化

1) デンプン粒の径の変化

すり身のデンプン粒の径は、すべてのすり身において加熱温度の上昇により増大した。ジャガイモデンプンでは、60~80°Cまでデンプン粒の径は大きくなり、

90~100°Cでは非常に大きくなった(図1A)。製品デンプンでは、60~90°Cで径の値が変動して変化の傾向が明らかでないが100°Cでは大きかった(図1B)。K-1, MR 200, MT 01 およびバター#0では75~80°Cで径が大きくなり、100°Cでは径の増大はなかった(図1C~F)。HP ポテトは、60°Cで径が非常に大きくなり、加熱温度の上昇による径の増大は小さかった(図1G)。加熱したジャガイモデンプン、製品デンプンおよびHP ポテトにおけるデンプン粒の径の増大は他のデンプンよりも大きかった(図2, 3)。

2) 気泡の径の変化

ジャガイモデンプンを加えたすり身の気泡の径は、65~70°Cと100°Cまでは増大する傾向にあるが、加熱温度の上昇による径の変化は小さかった(図4A)。製品デンプン、K-1, MR 200 およびMT 01を加えたすり身では、70°Cまでは気泡の径の変化は小さいが、75°C~100°Cでは気泡の径は増大した(図4B~E)。バター#0のすり身では、90°Cまでは気泡の径の大きさに変動がみられるが、100°Cでは増大した(図4F)。HP ポテトのすり身では、60~75°Cで気泡の径の大きさは変動し、80~100°Cで増大した(図4G)。

加熱による気泡の増大は、K-1, MT 01 およびバター#0を加えたすり身で大きく、ジャガイモデンプンを加えたすり身では小さく、その他のデンプンを加えたすり身ではそれらの中間であった(図2, 3)。

2. 加熱後のデンプンの違いによるかまぼこの物性の差異

1) 破断応力

加熱したすり身の破断応力は、生すり身よりも大きかった。製品デンプン、K-1, MR 200, MT 01 およびHP ポテトを加えたすり身の破断応力は、60~70°Cあるいは75°Cにかけて大きくなり、75~90°Cでは一定もしくは変動していることを示す。一方、100°Cでは破断応力は大きくなった(図5B~E, G)。

ジャガイモデンプンおよびバター#0を加えたすり身の破断応力は65°Cもしくは70°Cで大きくなった。しかし、100°Cまでの破断応力値の増加は明らかでなかった(図5A, F)。

100°CにおけるK-1, MR 200, バッター#0, MT 01 およびHP ポテトを加えたすり身の破断応力は、ジャガイモデンプンおよび製品デンプンを加えたすり身よりも大きかった。

2) 破断歪

デンプンの種類に関係なく60°Cにおけるすり身の破断歪は減少した。ジャガイモデンプン、製品デンプン

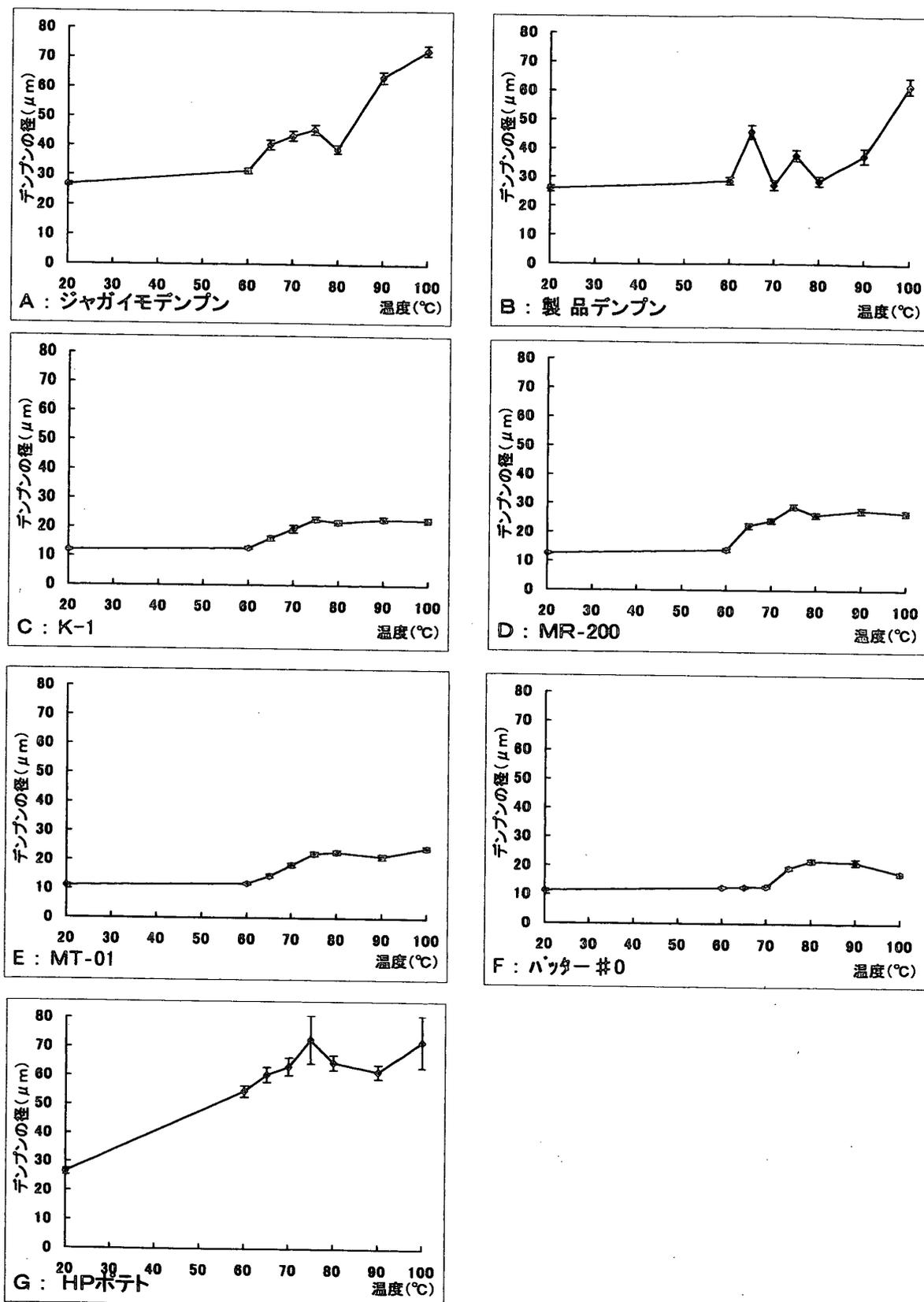


図1. すり身に添加したデンプンの加熱による径の変化：A~G

すり身の加熱によるデンプン粒および気泡の径の増大と物性の関係

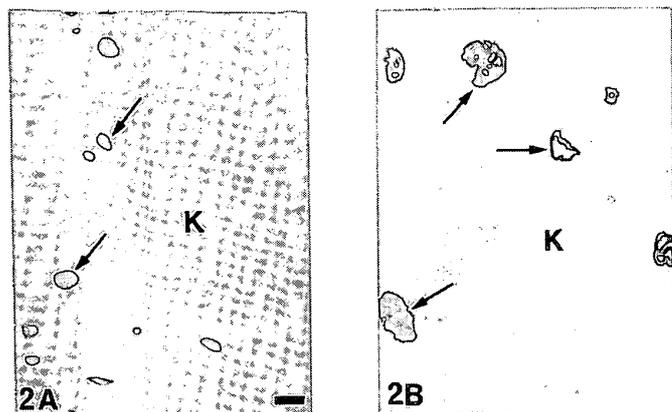


図2. ジャガイモデンプンを加えたすり身

生すり身 (2 A) に加えたデンプン粒子 (→) および混入した気泡 (K)。75°C 加熱すり身 (2 B) における糊化したデンプン粒 (→) および気泡 (K)。アクロレイン・PAS 染色。棒の長さ: 55 μm。

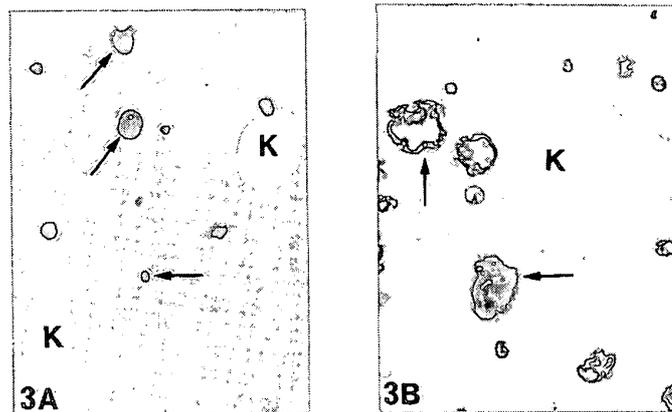


図3. HP-ポテトを加えたすり身

生すり身 (3 A) のデンプン粒子 (→) および混入した気泡 (K)。75°C 加熱すり身 (3 B) における糊化したデンプン粒 (→) および気泡 (K)。アクロレイン・PAS 染色。棒の長さ: 55 μm。

ン, K-1, MR 200, バッター #0 および HP ポテトを加えたすり身の破断歪値は, 加熱温度の上昇による変動はあるが大きな差はなかった (図 5 A~D, F, G)。MT 01 を加えたすり身の破断歪は, 加熱温度の上昇と共に緩やかに減少する傾向を示し, 100°C でもさらに減少した。(図 5 E)。

3. デンプン粒の径の増大による破断応力および破断歪との相関

ジャガイモデンプン, K-1, MR 200, MT 01 および HP ポテトを加えたすり身の破断応力とデンプン粒の径の増大とは正の相関があった。製品デンプンおよびバター #0 のすり身では, 破断応力とデンプン粒の径の増大とに相関はなかった。MR 200 および HP ポテトを加えたすり身の破断歪とデンプン粒の径の増大とに負の相関があった。これら以外のデンプンを加えたすり身では相関はなかった (表 2)。

4. 気泡の径の増大による破断応力および破断歪との相関

製品デンプン, K-1, MR 200, MT 01 および HP ポテトを加えたすり身では, 破断応力と気泡の径の増大とに正の相関があった (表 2)。ジャガイモデンプンとバター #0 のすり身では正の相関がなかった。すべてのすり身で気泡の径の増大と破断歪とに相関はなかった。

考 察

すり身の切断に要した力は破断応力で示され, 値が大きいものは歯ごたえがあることを示す⁷⁾。破断歪は, すり身を切断するまでの変形度を示し, 破断応力が小さく破断歪が大きい生すり身は軟らかいことを示して

いる。

製品デンプンおよびバター #0 以外のデンプンを加えたすり身では, デンプン粒の径の増大とすり身の破断応力とに正の相関があったので, 加熱によるデンプン粒の増大がすり身の硬さの増加と関連すると考える。破断応力とデンプン粒の径の増大とに正の相関がある MR 200 および HP ポテトのすり身では, その径の増大と破断歪とに負の相関があったので, これらのすり身は加熱により硬さに加え脆さも関連すると考える。

播潰で混入した気泡の径の加熱による増大は, ジャガイモデンプンおよびバター #0 以外のデンプンを加えたすり身では破断応力とに正の相関があり, 硬さおよび歯ごたえの増加と関連することを示している。

バター #0 を加えたすり身では, 気泡およびデンプン粒の径の増大と破断応力および破断歪との相関はなかったので, このすり身におけるデンプン粒および気泡の径の増大はすり身の硬さには影響がなかったと考える。

緩慢加熱で足が低下する減少が戻りである。戻りは, 50°C 以下の低温加熱でできた網目構造が中間温度帯を通過している間に崩壊するためにおきることが示されている⁸⁾。戻りは通常は中温域 (40~70°C) での加温による火戻りを示すが, 高温域 (60~90°C) での加温でもゲル強度は低下すると報告されている^{9~11)}。

バター #0 を加えたすり身の破断応力は 65°C に比べて 70°C で減少している。これは, デンプン粒および気泡の径の加熱変化によるものではなく, すり身タンパク質の加熱変化による戻りに相当すると考える^{9,10)}。90°C 加熱におけるバター #0 および MT 01

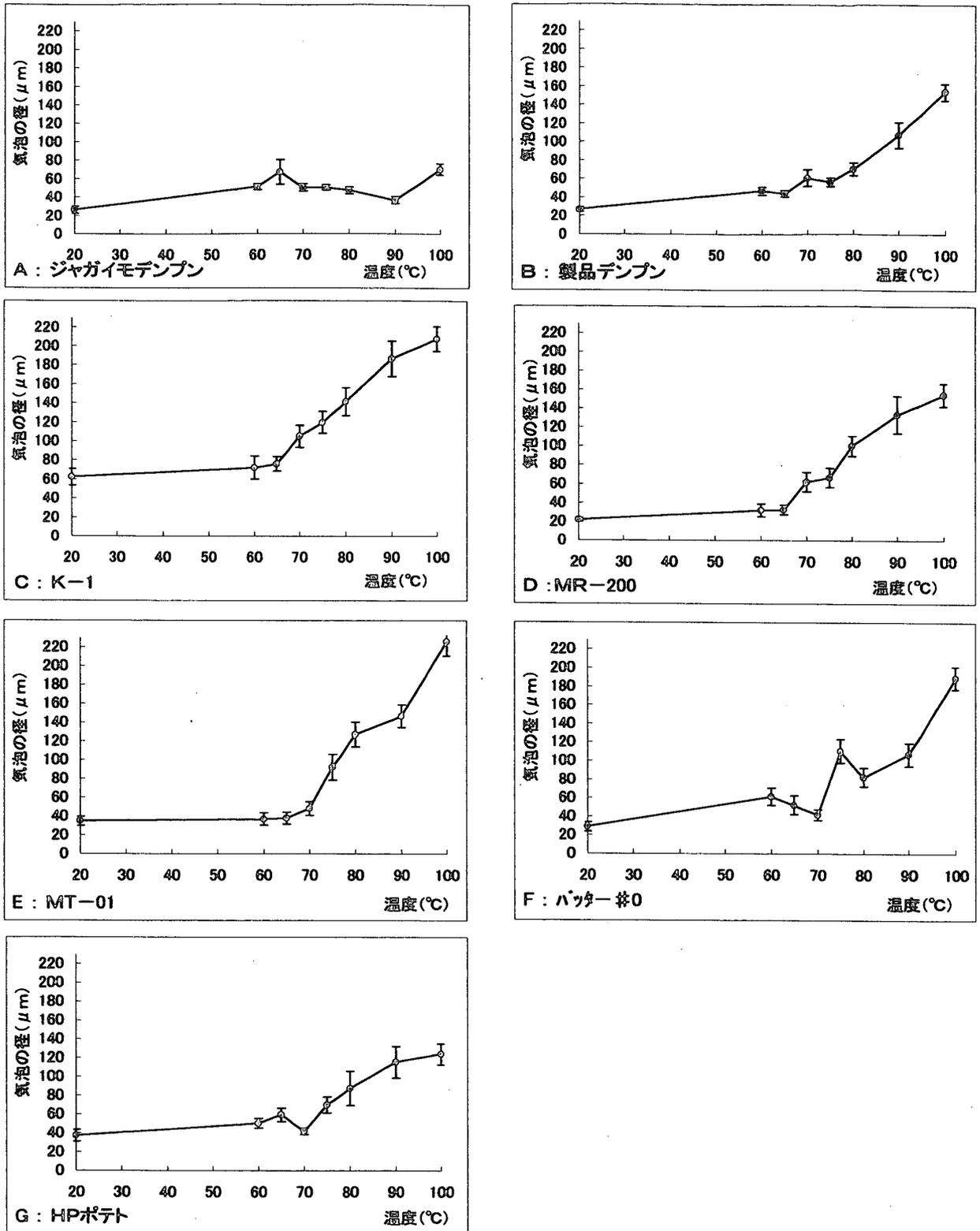


図 4. 加熱による気泡の径の変化: A~G

表 2. デンプンおよび気泡の径の変化とすり身の物性との相関係数

	破断応力		破断歪	
	デンプン	気泡	デンプン	気泡
ジャガイモデンプン	82*	46	-48	-54
製品デンプン	65	78*	-36	-40
K-1	87*	81*	-56	-33
MR 200	85*	87*	-71*	-58
バター#0	44	57	-67	-54
MT 01	86*	83*	-66	-50
HP ポテト	87*	77*	-88*	-53

相関有：数値* 相関無：数値

を加えたすり身の破断応力の低下は、高温域でゲル強度が低下する現象に類似しているように見える¹¹⁾。バター#0を加えたすり身では、デンプン粒および気泡の径の増大が破断応力および破断歪とに相関がなかったのは、すり身のゲル強度の低下が他のデンプンを加えたすり身よりも大きかったのかもしれない。

K-1, MR 200, MT 01 および HP ポテトを加えたすり身では、デンプン粒および気泡の径の増大は共に破断応力とに正の相関があり、すり身に硬さおよび歯ごたえを与える要因と関連すると考える。

すり身のデンプン粒が糊化する際には、水を取り入れたデンプン粒子が加熱により膨潤してかまぼこの足を補強することが示されている^{12,13)}。デンプン粒の糊化による径の増大が破断応力と相関しているの、水の吸収によるデンプン粒の径の増大がすり身の破断応力の増大に関連すると考える。すり身のタンパク質を濃縮して食味、外観を向上させるには、水分の一部がデンプンへ移行することが必要である^{13,14)}。

加熱におけるすり身の気泡の径の増大と破断応力に正の相関が見られたことは、加熱によりすり身の水の一部が気化することによってすり身から気泡に移行して気泡の径が増大し、デンプンの糊化による足の補強効果と同様な効果が生じたのかもしれない。デンプン粒の径が小さい値を示し、気泡の径が増大したすり身では、破断応力も大きい値を示したことは、この様な現象が生ずることを示唆している。

この研究の結果より、かまぼこを加熱するとデンプン粒および気泡の径の増大が、かまぼこの硬さあるいは歯ごたえを増加させる要因の一つと考えられた。この現象は、食す前に茹でた笹かまぼこの嗜好性が高まることに関連すると考える。しかしながら、脱気したすり身と気泡を含むすり身におけるテクスチャーを調べて気泡の増大と破断応力との関連を明確にする必要

がある。

要 約

すり身に含まれるデンプン粒および気泡の径の加熱による変化が、すり身の物性にどのように影響するかを調べた。すり身には、ジャガイモデンプン、製品デンプン、K-1, MR 200, バター#0, MT 01 および HP ポテトの7種類のデンプンを使用した。すり身に添加したデンプン粒および気泡の径は加熱 (60~100 °C) により増大した。

ジャガイモデンプン、K-1, MR 200, MT 01 および HP ポテトの5種類のすり身ではデンプンの径の増大と破断応力とに相関があった。製品デンプンとバター#0のすり身では相関を示さなかった。

MR 200 と HP ポテトの2種類すり身はデンプン粒の径の増大と破断歪には負の相関があった。その他のデンプンを加えたすり身では径の増大との相関は無かった。

製品デンプン、K-1, MR 200, MT 01 および HP ポテトを加えたすり身では、気泡の径の増大と破断応力とに相関がみられた。ジャガイモデンプンおよびバター#0のすり身では相関がなかった。

謝辞：本研究にあたり試料をご提供いただきました日本食品化工株式会社、山口孫一氏に厚く御礼申し上げます。

文 献

- 1) 志水寛, 池内常郎, 清水亘 (1995) かまぼこの足についてVIII, 澱粉による足の補強(その2), 日水誌, **20**: 898~901
- 2) 岡田 稔, 右田正男 (1956) カマボコの顕微鏡観察, 日水誌, **22**: 265~268
- 3) 市川 収 (1956) 食品組織学, pp. 273~299
- 4) 高野敬子 (1982) 市販「笹かまぼこ」の組織学的研究, 北海道教育家庭科研究, **9**: 5~8
- 5) 佐藤靖子, 鈴木惇 (1999) 笹かまぼこの組織構造: すり身タンパク質の染色性およびデンプン粒子と気泡の含有量, 調理科学, **32**: 226~233
- 6) 山下民治, 米田達雄 (1989) かまぼこの物性に及ぼすデンプンの種類および加熱条件の影響, 日食工誌, **36**: 214~221
- 7) 神山かおる, 西成勝好, 志水寛 (1990) かまぼこのテクスチャーと力学的測定, 日食工誌, **37**: 612~618
- 8) 岡田稔 (1999) かまぼこの科学 pp. 66~69
- 9) 伊藤慶明 (1999) 水産ねり製品への深層水利用, 食の科学, **258**: 24-30
- 10) 木下正人 (1996) 戻りに及ぼすプロテアーゼの影響,

すり身の加熱によるデンプン粒および気泡の径の増大と物性の関係

- 日水誌, **62**: 151-152
- 11) 関 伸夫 (1996) 坐りに及ぼすプロテアーゼの影響, 日水誌, **62**: 149-150
- 12) 岡田 稔, 山崎惇子 (1957) ねり製品の足に対する澱粉の補強効果—I. 澱粉の糊化と足の補強, 日水誌, **22**: 583-588
- 13) 岡田 稔, 山崎惇子 (1959) ねり製品の足に対する澱粉の補強効果—IV. 澱粉の物理的性質と補強効果, 日水誌, **25**: 440-447
- 14) 山澤正勝 (1990) かまぼこ中のデンプン粒の構造と弾力補強効果に及ぼす加熱温度の影響, 日水誌, **56**: 505-510

(2001年2月1日受理)