

澱粉の離水に及ぼす呈味物質の影響

Effects of Taste Substances on the Syneresis of Cornstarch Pastes

平島 円*[§] 高橋 亮** 西成勝好***

Madoka Hirashima Rheo Takahashi Katsuyoshi Nishinari

The effects of taste substances on the syneresis of cornstarch pastes were studied by a centrifugation method. The concentration of cornstarch was fixed at 3.0 wt%, and sucrose (0-50 wt%), sodium chloride (0-25 wt%), citric acid (pH 6.3-3.0), caffeine (0-2.7 wt%) and sodium L-glutamate (0-18 wt%) were added in a wide concentration range. The degree of syneresis for the cornstarch pastes in the range of 10-20 wt% of added sucrose was decreased because of the increased size of the starch granules. Moreover, no syneresis occurred for the paste with 25 wt% sodium chloride and the paste with citric acid at pH 3.0. This indicates that many amylose and amylopectin chains were leached out from the starch granules and formed entangled networks. However, these results were exceptions, and the degree of syneresis for the other pastes with added taste substances reached about 23% after 45 days of storage at 5°C. This value was the same as that for the cornstarch paste without any added taste substance. No marked effects on the syneresis of cornstarch pastes were thus apparent by adding taste substances.

キーワード：コーンスターチ Cornstarch；離水 Syneresis；呈味物質 Taste Substances

澱粉は我々の主要なエネルギー源となる食材であり、昔から様々な食品に利用されてきた。水に分散した澱粉が加熱されると、糊化過程を経て、特有のとろみ特性を持つ糊液となる。糊化は食品の増量やテクスチャー制御ばかりでなく、消化性を高めるためにも必須である。しかし、糊液を冷却すると、時間の経過とともに粘性的挙動よりも弾性的挙動が支配的になる老化現象が起こる。この現象は、ハルサメの製造などの場合を除いて¹⁾、澱粉製品の保存期間中の品質低下につながり、一般的には好ましいものではない。

澱粉粒子は、おもにアミロースとアミロペクチンの2種類の多糖で構成されている。糊化過程では澱粉粒子が崩壊し、アミロースとアミロペクチンの鎖（以下、グルコース鎖）が溶出する。糊化前の澱粉は、その粒子の外表面と粒子内の空隙にわずかな量の水分を保持するに過ぎない。これに対し、糊化の過程で膨潤した澱粉粒子内には多くの水が蓄えられるようになることに加えて、溶出したグルコース鎖上の親水性基に直接、あるいは適度な間隔で物理架橋されたグルコース鎖のネットワークの内部に、間接的に水が蓄えられる。しかし、老化が進行すると溶出したグルコース鎖の架橋領域が増大し、ネットワークが疎な構造に変化する際に保持されなくなった水が分離する。このような現象を一般に離水と呼ぶ。

糊液の離水に影響する要因には、糊液の切断、攪拌、圧縮などの機械的処理の他に、水分含量、pH、温度および加熱、冷却速度などが知られている。また、糊液を保存する容器の形や状態などの効果も大きい²⁾⁻⁵⁾。チーズのように離水を利用して作られる食品も例外的にみられるが、澱粉製品やジャム、ゼリーあるいは豆腐など、多糖類やタンパク質を用いて作られるゲル状食品では、一般に離水は好ましくない現象として知られている。これまでに、離水の抑制を目的とした多くの研究が行われており、その成果として離水を防止する方法が開発されてきた。しかし、離水に関する研究はいまだ発展途上の段階にあり、特に、食感を変えることなく離水の抑制に成功した例は見当たらない。離水に関する研究の発展を妨げている要因の一つに離水量の測定の難しさがあり、多くの場合、離水の抑制効果を評価することさえ困難である。このような理由から、離水の抑制を科学的に行うためには、まず各々の食品について適した離水測定法を開発する必要がある。

離水の測定方法としては、静置させた試料から分離した水の高さ、ゲルの質量および体積の測定^{3), 4), 6)-16)}、吸引ろ過やろ紙を用いてゲル表面の水分を取り除く測定¹⁷⁾⁻²⁰⁾、試料を遠心して分離した上澄み液の質量の測定^{5), 21)-27)}などが広く行われている。その中でもゲルの高さや体積などを測定する方法が特に一般的である。

たれやソース類などの食品には澱粉を含むものが多く、これらの食品は長期間保存されることが少なくない。保存時間の経過とともに離水は徐々に進行するが、この離水の抑制はこれらの食品の外観や食味を改善するための極めて重要な因子のひとつである。本研究では、実際の食品に即して離水の制御法を考案するための基礎知識を得ることを目的として、調味料を添加した澱粉糊の離水を評価した。

* 三重大学

(Mie University)

** 群馬大学大学院工学研究科

(Graduate School of Engineering, Gunma University)

*** 大阪市立大学大学院生活科学研究科

(Graduate School of Human Life Science, Osaka City University)

§ 連絡先 三重大学 教育学部 〒514-8507

三重県津市栗真町屋町 1577

TEL 059(231)9301 FAX 059(231)9301

呈味物質にはショ糖, 食塩, クエン酸, カフェイン, グルタミン酸ナトリウムを, 澱粉にはコーンスターチを選んだ。これらの呈味物質を添加した澱粉糊のレオロジー特性に与える影響については既に検討されており²⁸⁾⁻³⁴⁾, 本研究は呈味物質を添加した澱粉糊の保存時の特性に焦点をあてるものである。呈味物質添加による澱粉の離水のメカニズムを解明できれば, 澱粉食品の品質低下を抑制するための知見が得られる可能性がある。

実験方法

1. 試料

澱粉は三和澱粉工業(株)製のコーンスターチ Y を用い, その濃度は 3.0 wt% とした。常圧乾燥法により測定したコーンスターチ Y の水分含量は 13.4%, メタノール抽出法により求めた脂質含量は 0.67% であった。澱粉を完全に乾燥することは澱粉粒子の収縮および崩壊を誘発するので, 物性研究に供する澱粉は自然吸湿状態(室温・暗所に保存)にあることが望ましい。また, 澱粉の調理過程では水分や脂質その他の成分を含めた質量を基準として濃度を定めるのが一般的である。そこで, 本研究ではこの水分および脂質その他の非糖質成分の含量を含めたコーンスターチの濃度を 3.0 wt% とした。呈味物質を添加したコーンスターチ糊のレオロジー測定はこの濃度で検討されている²⁸⁾⁻³⁴⁾ ので, 得られたデータは澱粉糊の特性と比較可能という利点がある。また, 澱粉の離水は澱粉濃度が低いときに顕著に起こるため¹⁷⁾, 3.0 wt% 程度のコーンスターチ糊を用いることにより呈味物質添加澱粉糊の離水を短期間で観察することが可能である。ショ糖(台糖株, ショ糖濃度 99.92% 以上)および食塩(塩事業センター, 塩化ナトリウム濃度 99% 以上)は市販のものを, クエン酸, カフェインおよびグルタミン酸ナトリウム(以下, MSG)はすべて和光純薬工業(株)の特級試薬を用いた。ショ糖は 0-50 wt%, 食塩は 0-25 wt%, カフェインは 0-2.7 wt%, MSG は 0-27 wt% の範囲で添加した。クエン酸は pH が 3.0-6.3 になるように調整して用いた。また, 呈味物質を添加していない蒸留水とコーンスターチのみの試料をコントロールとした。コントロールの pH は 6.3 であった。澱粉糊内の微生物の繁殖を防ぐため, ソルビン酸カリウムを 0.05 wt% 添加した。ソルビン酸カリウムは澱粉と水の加熱前に水に溶解させて用いた。

2. 試料調製方法

蒸留水に溶解させ目的の濃度となるように調整した呈味物質水溶液にコーンスターチを分散させた。コーンスターチ分散液を 25℃ にて 30 分間 200 rpm で攪拌した後, 同様に攪拌しながら 97℃ まで加熱し, そのまま 60 分間保持した。攪拌装置の模式図は既報に記載されており, 水分の蒸発によるコーンスターチ濃度の変化は無視し得た²⁸⁾。加熱したコーンスターチ分散液 10 g を 10 ml 容の試験管

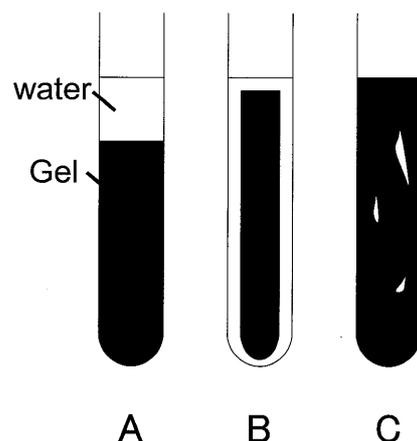


Fig. 1 Schemes of types for syneresis in test tubes.

(高さ 105 mm, 内径 13 mm) に注入した。試験管内の試料の高さは約 90 mm であった。試料の質量を測定後, 試験管の開口部をパラフィルムで覆った。試験管を 0℃ の恒温水槽に浸漬し, 30 分間で試料を 5℃ まで冷却した。その後, 5℃ のインキュベーターで 1-45 日の任意の期間保存したものを試料とした。澱粉の離水は低温で促進される³⁵⁾ ため, 低温で保存した澱粉糊の離水は短期間で進行し, 離水率の変化の観察が容易となる。

3. 離水測定

試験管内で離水が起こる場合, その離水パターンは Fig. 1 に示すように条件によって異なる。ここで, Fig. 1 A のように試験管の上部でのみ離水が起これば, 離漿した水の高さや体積を求める方法が簡便である。しかし, 実際には離水が Fig. 1 B や C のように起こることも多く, それらが同時に起こることも少なくない。これらの理由により, 分離した水の高さなどを測定するだけでは正確な離水率を求めることは極めて困難である。本研究では試料を入れた試験管をスイング式遠心機 GRX-250 ((株)トミー精工) で遠心力により離漿した水を強制的に求心し, その上澄み液量を求めることによって離水測定を行った。測定はすべて $25 \pm 2^\circ\text{C}$ で行った。

結果と考察

1. 遠心分離による離水量の測定方法

遠心分離による離水測定を行うに当たって, 遠心力と遠心時間について検討するため, 調製直後の 3.0 wt% の澱粉糊について予備実験を行った。重力加速度は 13-1,310 $\times g$, 遠心時間は 10-120 分とした。遠心分離された上澄み液をパスツールピペットで取り出し, 残りの沈殿と上澄み液の質量を量り, 上澄み液の質量と全試料の質量から次のように離水率を求めた。このとき, 澱粉糊の表面には離漿した水が残っていると思われるが, 全試料の質量と比べてわずかであるため無視できると考えた。

澱粉の離水に及ぼす呈味物質の影響

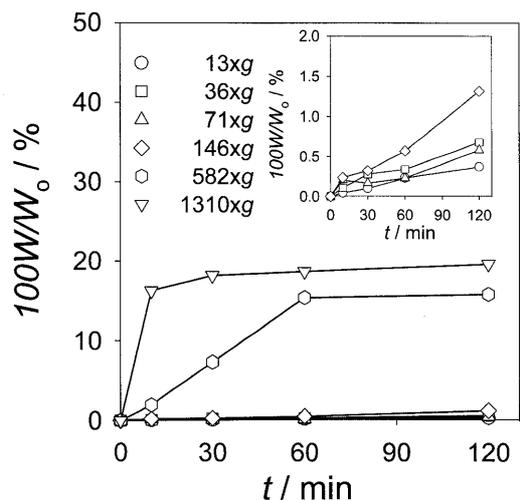


Fig. 2 Degree of syneresis $100W/W_0$ for 3.0 wt% cornstarch pastes with various centrifugation strengths as a function of centrifugation time. Measurements were immediately conducted at room temperature after the preparation of samples.

離水率 $100W/W_0$ (%)

= 上澄み液の質量 W (g) / 全試料の質量 W_0 (g) \times 100

目視観察の結果、調製直後の澱粉糊には Fig. 1 B または C のような離水はみられなかったが、582 および 1,310 \times g の条件では、582 \times g より小さい遠心力を加えたものと比べて離水率が明らかに高かった (Fig. 2)。しかし、60 分以上遠心後の離水率は 582 \times g で \sim 17%、1,310 \times g で \sim 20% と、遠心力により異なる値で平衡に達した。このことは、少なくとも 582 \times g 以上の遠心力を加えると、離水した成分 (水のみでなく低分子物質も含むと考えられる) だけではなく、おもにアミロースとアミロペクチンからなる澱粉のネットワーク構造の内部に取り込まれていた水も強制的に分離されてしまうことを意味する。加える遠心力が小さい条件でも、遠心時間の増加に伴い離水率はわずかに増加する (Fig. 2 図中) が、71 \times g 以下では離水率は遠心力にほとんど依存しない。そのような遠心条件下での離水率の平衡値を決定するためには、120 分以上の長時間にわたる遠心操作が必要であるが、遠心時間が 60 分を超えると遠心操作中に離水が進行し、離水の測定誤差が無視できないほどに大きくなってしまふ。以上の理由により、離水測定のための遠心条件は 36 \times g で 60 分間遠心分離することにより行うこととした。

2. ショ糖添加糊の離水

保存時間 t の増加に伴うショ糖添加コーンスターチ糊の離水率 W/W_0 の変化を Fig. 3 に示す。呈味物質を添加した澱粉糊の測定データは、おもに澱粉糊の十分な均質化が達成されにくいためにコントロールと比べてばらつきが大きい、特に保存期間が 30 日未満の条件では添加したシ

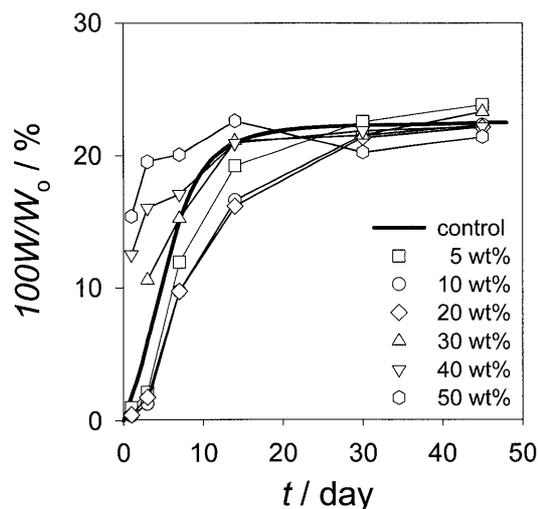


Fig. 3 Degree of syneresis $100W/W_0$ for 3.0 wt% cornstarch pastes in the presence of sucrose as a function of storage time. Samples were stored at 5°C. Measurements were made at room temperature.

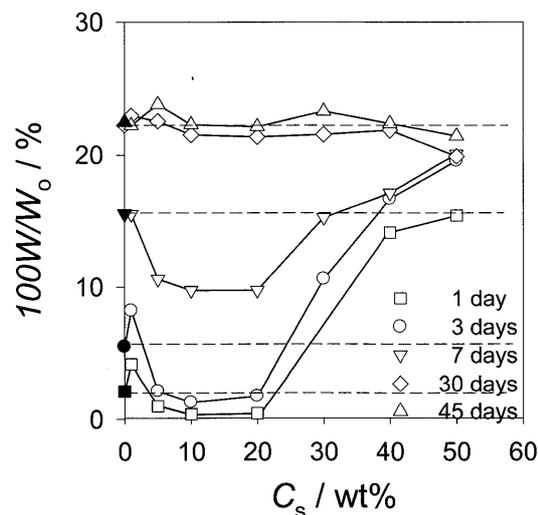


Fig. 4 Degree of syneresis $100W/W_0$ for 3.0 wt% cornstarch pastes in the presence of sucrose as a function of sucrose concentration C_s . Closed symbols and broken lines illustrate $100W/W_0$ for control. Samples were stored at 5°C. Measurements were made at room temperature.

ョ糖濃度 C_s が異なると離水率に明瞭な差がみられた。これに対して 30 日以上長期保存後は C_s の違いによる離水率の変化が認められず、さらに時間の経過に伴う離水率の増加もごくわずかで、ほぼ平衡状態に達していると考えられる (Fig. 4)。しかし、30 日未満の短期保存時にみられる離水率の変化量の違いは澱粉の老化のメカニズムがショ糖の添加量によってミクロ的に異なる可能性があることを意味し、したがって長期保存時の離水率が C_s に依存しないことは偶然の一致である可能性も否めない。少なくとも、老化によって形成された澱粉ゲルのネットワーク構造は添加ショ糖濃度により異なる可能性が高い。ショ糖添加コー

ンスターチ糊の膨潤度やグルコース鎖の相対的な解離度が C_s により著しく異なることは^{29), 33)}, この推測の妥当性を裏付けるひとつの大きな理由である。

短期間の保存時に $C_s \sim 20$ wt% で離水が最も抑えられるのは, この C_s で澱粉粒子の膨潤が促進され^{29), 33)}, 単位澱粉粒子あたりの保水量が高められるためと考えられる。一方, C_s 魚 40 wt% の澱粉糊の短期保存時における離水率はコントロールと比べて明らかに高いが, これは糊内に過剰に存在するショ糖が澱粉粒子の膨潤を阻害し, その結果, 単位澱粉粒子あたりの保水量が低下するためと考えられる^{29), 33)}。以上の結果から, 短期保存時における離水率という観点からは, C_s 刷 20 wt% のショ糖を澱粉糊に添加することは離水を抑制する上で効果的であると考えられることができる。

ただし, 実際の澱粉糊中の水分含量は添加ショ糖濃度により異なるので, 離水測定の結果は必ずしも澱粉糊の離水の起こりやすさを反映しているわけではない。そこで, 澱粉およびショ糖の澱粉糊中での水の保持力 (以下, 保水率) について検討した。保水率は次の式で求めた。

$$\begin{aligned} \text{保水率 } 100-100 W/W_w (\%) \\ = 100 - (\text{上澄み液の質量 } W(g) / \text{澱粉糊中の水分質量 } W_w(g)) \times 100 \end{aligned}$$

短期間の保存時における保水率 $100-100 W/W_w$ は, ショ糖添加澱粉の糊化およびグルコース鎖の溶出挙動を反映して, $C_s < 25$ wt% ではコントロールよりも高く, C_s 魚 25 wt% では C_s の増加に伴い減少した (Fig. 5)。一方, 長期間の保存時における保水率はほぼ単調に減少した。この結果から, ショ糖添加澱粉糊の離水は, 短期保存時には澱粉の膨潤度とグルコース鎖の溶出度に支配されているが, 時間の経過とともにショ糖が澱粉糊から水の分離を促進, または澱粉の持つ保水力を阻害する働きが大きさによって支配されることがわかった。ショ糖添加澱粉糊の長期保存時の離水率にコントロールとの顕著な差がみられないのは, ショ糖添加澱粉糊の含水率がもともと低いために離水が抑制されたことによるものである。

3. 食塩添加澱粉糊の離水

Fig. 6 に食塩を添加したコーンスターチ糊の離水率の経時変化を示す。食塩添加澱粉糊中の澱粉粒子の膨潤度は添加食塩濃度 C_n が 0.5 wt% のときに最大となる³⁰⁾ が, C_n 刷 1 wt% では, 離水率はコントロールとの間に差が認められなかった。これは, 食塩を添加した澱粉糊中の澱粉の膨潤度がショ糖を添加したときの膨潤度と比べてはるかに小さく, 澱粉粒子の保水力に与える影響が顕著ではないためである^{29), 30), 33)}。これに対し, 7日以上以上の保存を行った澱粉糊の離水率は食塩無添加時と比べて常に低く, 食塩の添加が本質的には澱粉の離水を抑制する働きを持つことが確認された。特に 30 日以上以上の長期保存時の離水率が C_n の増加

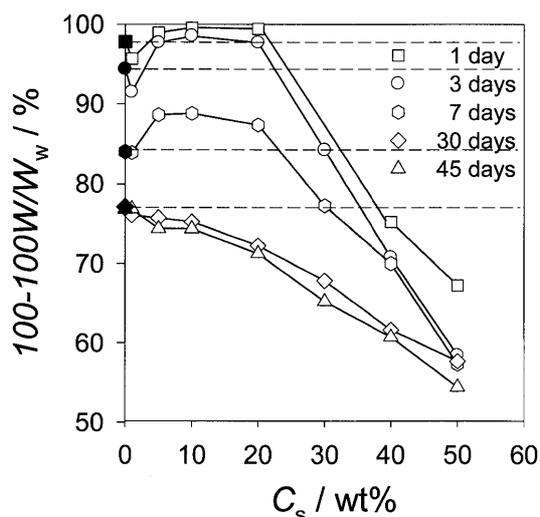


Fig. 5 Water holding capacity $100-100 W/W_w$ of starch or sucrose for 3.0 wt% cornstarch pastes as a function of sucrose concentration C_s . Closed symbols and broken lines illustrate $100-100 W/W_w$ for control. Samples were stored at 5°C. Measurements were made at room temperature.

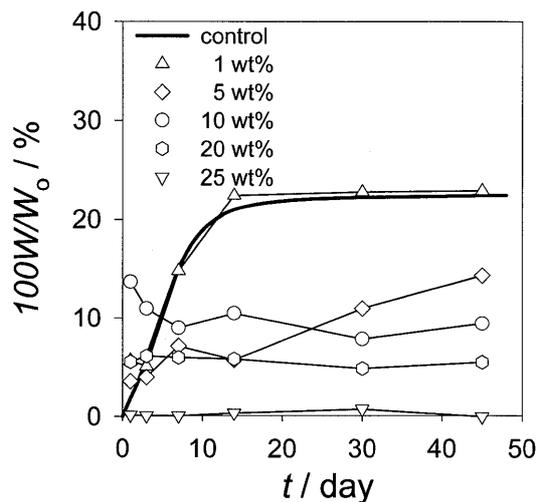


Fig. 6 Degree of syneresis $100 W/W_0$ for 3.0 wt% cornstarch pastes in the presence of sodium chloride as a function of storage time. Samples were stored at 5°C. Measurements were made at room temperature.

の順序に従って減少したこと, また $C_n = 25$ wt% では離水がほとんど起こらず保水率が全保存期間を通して 99% 以上であったことは (データ省略), 食塩添加澱粉糊中でのグルコース鎖の溶出が C_n 魚 15 wt% の条件で C_n の増加とともに顕著になり, C_n 魚 25 wt% でほぼ飽和すること³⁰⁾ とよく対応している。すなわち, 食塩添加澱粉糊の長期保存時の離水特性は, 食塩によって溶出の促進されたグルコース鎖が糊化後 30 日以内に形成されるネットワーク構造によって支配される。一方, 糊化直後の澱粉糊の性質を反映する短期保存時の離水率は, とくに $C_n = 10$ wt% の食塩添加澱粉糊でコントロールよりも大きかった。その原因は,

澱粉の離水に及ぼす呈味物質の影響

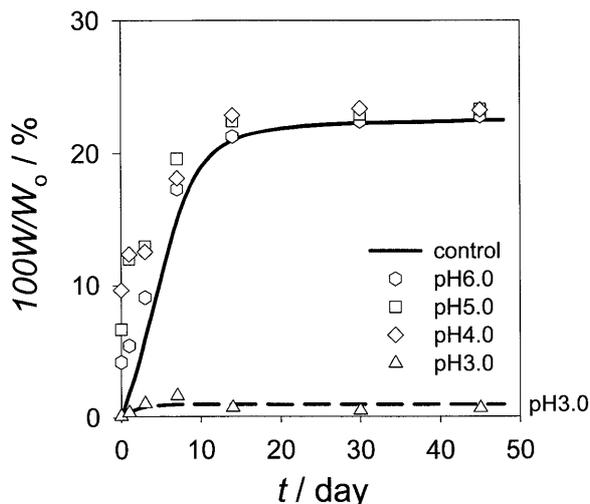


Fig. 7 Degree of syneresis $100W/W_0$ for 3.0 wt% cornstarch pastes in the presence of citric acid as a function of storage time. Samples were stored at 5°C. Measurements were made at room temperature.

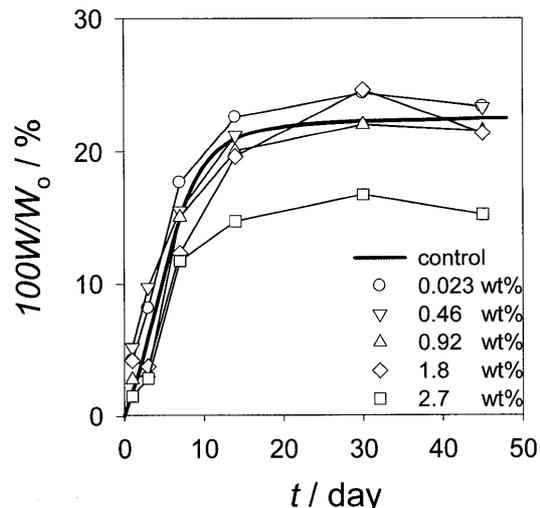


Fig. 8 Degree of syneresis $100W/W_0$ for 3.0 wt% cornstarch pastes in the presence of caffeine as a function of storage time. Samples were stored at 5°C. Measurements were made at room temperature.

$C_n = 10$ wt% で自由水の不足などの理由によって澱粉粒子の膨潤が阻害されたためである³⁰⁾。

以上の結果から、高濃度の食塩を添加することは、離水を抑制する上で有効であることがわかった。しかし、このような高濃度の食塩を食品に添加することは極めて稀であることを考えると、通常の調理過程では食塩による澱粉糊またはゲルの離水への影響は考慮する必要がないと言える。

4. クエン酸添加澱粉糊の離水

Fig. 7 にクエン酸を添加したコーンスターチ糊の離水率の経時変化を示す。クエン酸を用いて pH を 6.0, 5.0, 4.0 に調整した澱粉糊の短期保存時の離水率はコントロールよりもわずかに高かった。その理由として、クエン酸が澱粉粒子を構成するグルコース鎖を加水分解した結果（固有粘度の低下）、膨潤した澱粉粒子の大きさが酸無添加時と比べて小さくなり^{28), 32), 34)}、粒子内に取り込まれる水の量が減少したためと考えられる。したがって、特に短期間の保存において離水率が高くなったと考えられる。

一方、pH を 3.0 に調整した澱粉糊では保存期間にかかわらず顕著に離水が抑制された。この条件では酸による澱粉粒子の崩壊とグルコース鎖の加水分解が激しく起こり^{28), 32), 34)}、遊離したグルコース鎖の数が多くなり、それらが老化過程でより多くの水を束縛するのに適したネットワーク構造を形成したものと考えられる。一般にコーンスターチ糊は澱粉濃度 0.3 wt% 以上で白濁するが、澱粉濃度 3 wt%、pH=3.0 の条件では白色透明のゲルを形成する。このことは酸によるグルコース鎖の加水分解が激しく起こる結果として澱粉粒子がほとんど破壊され、同時に圧倒的に多量のグルコース鎖が溶出することを意味し、それらは糊液中で密なグルコース鎖のネットワーク構造を形成

する。pH=3.0 で離水率が低く抑えられるのはこの理由に基づく。

澱粉糊の pH を低くすると、澱粉糊の粘度は低下する^{28), 32), 34)} が、保存することにより、老化の過程で強度の高い澱粉ゲルを形成する。

5. カフェイン添加澱粉糊の離水

Fig. 8 にカフェインを添加したコーンスターチ糊の離水率の経時変化を示す。カフェイン添加濃度 C_c が 1.8 wt% 以下の場合、離水率はコントロールとの間に差がほとんど認められなかった。この結果は、澱粉糊のレオロジー特性がカフェインを添加してもほとんど変化しないことと一致している³¹⁾。しかし、 $C_c = 2.7$ wt% では試験管内でカフェインの凝集が起こり、離水率は低下した。本研究で用いたカフェインは、水溶液中では 4.5 wt% で沈殿するが、澱粉が共存するとカフェインの沈殿濃度は 2.7 wt% に減少した。これは澱粉が糊化に必要とする水を確保した結果、カフェインが分散するのに必要な水が不十分であったためであると考えられる。したがって、高濃度 (2.7 wt% 以上) のカフェインを添加することにより、澱粉の離水率が低下したのは澱粉の水を保持する力が大きくなったわけではなく、カフェインが水を吸収したためであると考えられるのが妥当である。

6. グルタミン酸ナトリウム (MSG) 添加澱粉糊の離水

Fig. 9 に MSG を添加したコーンスターチ糊の離水率の経時変化を示す。30 日以上長期保存を行った澱粉糊の離水率は MSG 濃度 C_m に依存しなかったが、14 日以内の短期間の保存では、特に $C_m = 18$ wt% の澱粉糊の離水率がコントロールと比べて非常に大きかった。これは高濃度の MSG を添加することによって、澱粉の糊化が阻害され、澱粉粒子の膨潤率が顕著に減少し³¹⁾、澱粉粒子内に取り込

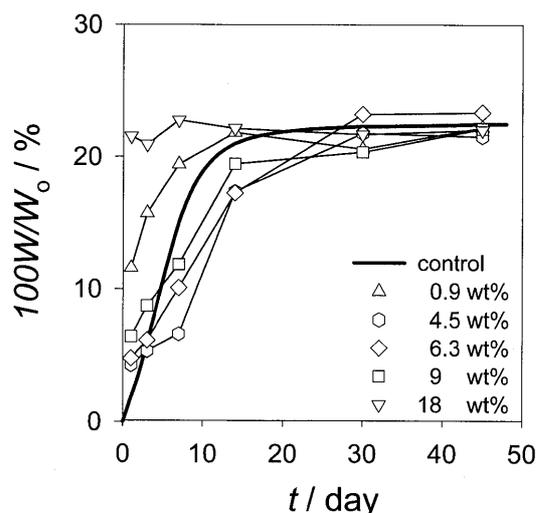


Fig. 9 Degree of syneresis $100W/W_0$ for 3.0 wt% cornstarch pastes in the presence of sodium L-glutamate (MSG) as a function of storage time. Samples were stored at 5°C. Measurements were made at room temperature.

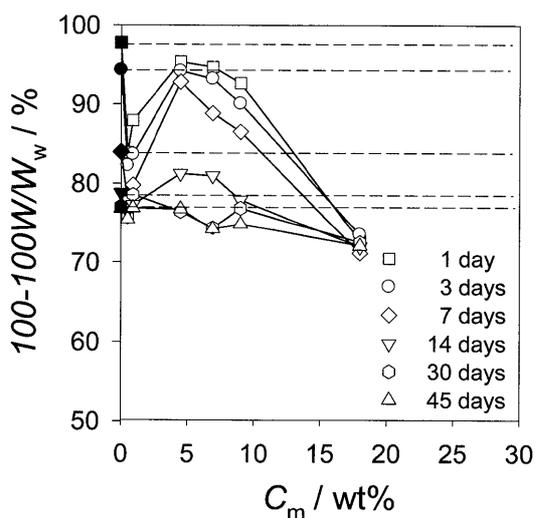


Fig. 10 Water holding capacity $100-100W/W_w$ of starch or sucrose for 3.0 wt% cornstarch pastes as a function of sodium L-glutamate (MSG) concentration C_m . Closed symbols and broken lines illustrate $100-100W/W_w$ for control. Samples were stored at 5°C. Measurements were made at room temperature.

まれる水の量が減少したためであると考えられる。 $C_m < 18$ wt% では離水率はコントロールと比べて顕著な違いが見られなかった。しかし、保水率について検討した結果 (Fig. 10) に示すように、 C_m の増加に伴い基本的には MSG 添加澱粉糊の保水率は減少するが、短期保存時の保水率は $C_m < 1$ wt% 未満でコントロールと比べて明らかに小さいことがわかった。その原因については澱粉と MSG の化学的相互作用および糊化挙動³¹⁾ について今後詳細に検討する必要がある。

結語

澱粉の離水は、老化を引き金として起こる現象であり、その制御は食品工学を中心として澱粉製品の品質向上のため重要な課題として挙げられる。離水は高分子が形成するゲルやコロイド溶液中の成分の凝集、高分子のネットワーク構造の再形成あるいは溶解性の変化、すなわち、ネットワーク構造が再構築される際に、その構造が不均一になるため水を排出することによる現象である。したがって、調味料を添加した糊液あるいはゲルの離水は糊化時の糊状態と密接な関係があるはずである。本報の結果は調味料添加澱粉糊の諸特性をよく反映しており、このことは、本研究で用いた遠心法による評価法が妥当であることを証明する。

澱粉にショ糖を添加すると、レトルト食品や缶詰、瓶詰め食品などの長期保存を目的とした食品では、ショ糖の共存による離水の効果を考慮する必要がないが、和菓子や冷蔵食品など保存を長期間行わない食品に対しては離水を効果的に抑制する。

澱粉糊に一般的に用いられる濃度の食塩を添加しても、離水に対する影響はほとんどなく、食塩の効果を考慮する必要はない。しかし、10 wt% 以上の食塩を添加した澱粉糊の離水抑制効果は顕著であり、例えば調味と食感制御を兼ねた低離水澱粉マイクロゲルなどの用途に利用できる可能性がある。

酸を添加して pH を低くすると、顕著に離水を抑制することができる。レモンはじめ果物やその果汁を使った澱粉ゼリーなどの製品では離水抑制効果が期待できる。

高濃度のカフェインを澱粉に添加すると、カフェインが水を吸収するために離水はわずかに抑制される。しかし、実際の澱粉製品でのカフェインの含有率は多くても 0.3% 程度であり、カフェインによる離水への効果を考慮する必要はない。

高濃度の MSG を澱粉に添加すると、離水は促進される。しかし、実際の食品に含まれる MSG の濃度は食塩同様、1~2% 程度であるので、MSG は澱粉糊の離水に影響は与えないと考えられる。

本研究を行うにあたり、三和澱粉工業株式会社の試料提供、飯島記念食品科学振興財団の助成に感謝いたします。

文献

- 1) 高橋節子 (1988), ハルサメの理化学的性質と食味特性, 調理科学, **21**, 2-14
- 2) Patel, M. C., Lund, D. B. & N. F. Olson (1971), Factors Affecting Syneresis of Renneted Milk Gels, *J. Dairy Sci.*, **55**, 913-938
- 3) Marshall, R. J. (1982), An Improved Method for Measurement of the Syneresis of Curd Formed by Rennet Action on Milk, *J. Dairy Res.*, **49**, 329-336

澱粉の離水に及ぼす呈味物質の影響

- 4) Pearse, M. J., McKinlay, A. G., Hall, R. J. & Linklater, P. M. (1984), A Microassay for the Syneresis of Cheese Curd, *J. Dairy Res.*, **51**, 131-139
- 5) Eliasson, A.-C. & Kim, H. R. (1992), Changes in Rheological Properties of Hydroxypropyl Potato Starch Pastes during Freeze-Thaw Treatments, *J. Texture Studies*, **23**, 279-295
- 6) Van Dijk, H. J. M. & Walstra, P. (1984), Theoretical and Experimental Study of One-dimensional Syneresis of a Protein Gel, *The Chem. Eng. J.*, **28**, B 43-B 50
- 7) Nilsen, K. O. & Abrahamsen, R. K. (1985), Difficulties in Measuring the Syneresis of Goat Milk Rennet Curd by Dilution of an Added Tracer, *J. Dairy Res.*, **52**, 209-212
- 8) Van Dijk, H. J. M. & Walstra, P. (1986), Syneresis of Curd. 2. One-dimensional Syneresis of Rennet Curd in Constant Conditions, *Neth. Milk Dairy J.*, **40**, 3-30
- 9) Yoshimura, M., Takaya, T. & Nishinari, K. (1997), Rheological Studies on Mixtures of Corn Starch and Konjac-glucomannan, *Carbohydr. Polym.*, **35**, 71-79
- 10) Yoshimura, M., Takaya, T. & Nishinari, K. (1999), Effects of Xyloglucan on the Gelatinization and Retrogradation of Corn Starch as Studied by Rheology and Differential Scanning Calorimetry, *Food Hydrocoll.*, **13**, 101-111
- 11) Lodaite, K., Östergren, K., Paulsson, M. & Dejmeck, P. (2000), One-dimensional Syneresis of Rennet-induced Gels, *Int. Dairy J.*, **10**, 829-834
- 12) Morikawa, K. & Nishinari, K. (2000), *Hydrocolloids Part I*, Nishinari K. ed., Elsevier Science Publishers B. V., Amsterdam, 319-325
- 13) Vachoud, L., Zydowicz, N. & Domard, A. (2000), Physicochemical Behaviour of Chitin Gels, *Carbohydr. Res.*, **326**, 295-304
- 14) Dunstan, D. E., Chen, Y., Liao, M.-L., Salvatore, R., Boger, D. V. & Prica, M. (2001), Structure and Rheology of the κ -carrageenan/Locust Bean Gum Gels, *Food Hydrocoll.*, **15**, 475-484
- 15) Moritaka, H., Takeuchi, M., Okoshi, H. & Fukuba, H. (2002), Particle and Matrix Gels of Gellan Gum : Effects of Filler Particles on Rheological Properties of Matrix Gels, *Food Hydrocoll.*, **16**, 1751-182
- 16) Liu, Z.-S., Chang, S. K. C., Li, L.-T. & Tatsumi, E. (2004), Effect of Selective Thermal Denaturation of Soybean Proteins on Soymilk Viscosity and Tofu's Physical Properties, *Food Res. Int.*, **16**, 1751-182
- 17) 前沢辰雄, 大久保増太郎 (1963), 澱粉糊の離水について, 澱粉工業学会誌, **10**, 111-116
- 18) 高橋史, 原田篤也 (1986), カードランゲルの冷凍, 解凍に対する抵抗性, 家政学雑誌, **37**, 251-256
- 19) Grundelius, A. U., Lodaite, K., Östergren, K., Paulsson, M. & Dejmeck, P. (2000), Syneresis of Submerged Single Curd Grains and Curd Rheology, *Int. Dairy J.*, **10**, 489-496
- 20) Lee, M. H., Baek M. H., Cha, D. S., Park H. J. & Lim, S. T. (2002), Freeze-Thaw Stabilization of Sweet Potato Starch by Polysaccharide Gums, *Food Hydrocoll.*, **16**, 345-352
- 21) Harwalkar, V. R. & Kalab, M. (1983), Susceptibility of Yoghurt to Syneresis. Comparison of Centrifugation and Drainage Methods, *Milchwissenschaft*, **38**, 517-522
- 22) Yeh, A.-I. & Yeh, S.-L. (1993), Some Characteristics of Hydroxypropylated and Cross-Linked Rice Starch, *Cereal Chem.*, **70** (5), 596-601
- 23) Hoover, R. & Manuel, H. (1995), A Comparative Study of the Physicochemical Properties of Starches from Two Lentil Cultivars, *Food Chemistry*, **53**, 275-284
- 24) Ahmad, F. B. & Williams, P. A. (1999), Effect of Sugars on the Thermal and Rheological Properties of Sago Starch, *Biopolymers*, **50**, 401-412
- 25) Pal, J., Singhal, R. S. & Kulkarni, P. R. (2002), Physicochemical Properties of Hydroxypropyl Derivative from Corn and Amaranth Starch, *Carbohydr. Polym.*, **48**, 49-53
- 26) Tovar, J., Melito, C., Herrera, E., Rascón, A. & Pérez, E. (2002), Resistant Starch Formation Does not Parallel Syneresis Tendency in Different Starch Gels, *Food Chem.*, **76**, 455-459
- 27) Singh, N., Kaul, L., Sandhu, K. S., Kaul, J. & Nishinari, K. (2006), Relationships between Physicochemical, Morphological, Thermal, Rheological Properties of Rice Starch, *Food Hydrocoll.*, **20**, 532-542
- 28) 平島円, 高橋亮, 西成勝好 (2003), 澱粉糊の諸特性に及ぼす呈味物質の影響 (第1報) 酸味調味料 (クエン酸および酢酸), 日本調理科学会誌, **36**, 225-233
- 29) 平島円, 高橋亮, 西成勝好 (2003), 澱粉糊の諸特性に及ぼす呈味物質の影響 (第2報) 甘味調味料 (ショ糖), 日本調理科学会誌, **36**, 371-381
- 30) 平島円, 高橋亮, 西成勝好 (2004), 澱粉糊の諸特性に及ぼす呈味物質の影響 (第3報) 塩味調味料 (食塩), 日本調理科学会誌, **37**, 48-56
- 31) 平島円, 高橋亮, 西成勝好 (2004), 澱粉糊の諸特性に及ぼす呈味物質の影響 (第4報) 苦味 (カフェイン) およびうま味 (グルタミン酸ナトリウム) 調味料, 日本調理科学会誌, **37**, 57-64
- 32) Hirashima, M., Takahashi, R. & Nishinari, K. (2004), Effects of Citric Acid on the Viscoelasticity of Cornstarch Pastes, *J. Agric. Food Chem.*, **52**, 2929-2933
- 33) Hirashima, M., Takahashi, R. & Nishinari, K. (2005), Changes in the Viscoelasticity of Maize Starch Pastes by Adding Sucrose at Different Stages, *Food Hydrocoll.*, **19**, 777-784
- 34) Hirashima, M., Takahashi, R. & Nishinari, K. (2005), Effects of Adding Acids before and after Gelatinization on the Viscoelasticity of Cornstarch, *Food Hydrocoll.*, **19**, 909-904
- 35) Longton, J. & LeGrys, G. A. (1981), Differential Scanning Calorimetry Studies on the Crystallinity of Ageing Wheat Starch Gels, *Starch/Stärke*, **33**, 410-414

(平成 18 年 11 月 13 日受付, 平成 19 年 5 月 7 日受理)

和文抄録

澱粉糊の離水に及ぼす呈味物質の影響について、遠心分離による方法を用いて検討した。澱粉にはコーンスターチを用い、その濃度は3.0 wt%とした。呈味物質として、任意の濃度のショ糖 (0-50 wt%), 食塩 (0-25 wt%), クエン酸 (pH 6.3-3.0), カフェイン (0-2.7 wt%), グルタミン酸ナトリウム (0-18 wt%) をそれぞれ添加した。10~20 wt% のショ糖を添加した澱粉糊ではショ糖が澱粉粒子の膨潤を促進し、粒子内に多くの水を取り込むために離水率は減少した。また、25 wt% の食塩を添加した澱粉糊と pH を 3.0 に調製した澱粉糊では離水はほとんど見られなかった。これは多くのアミロースとアミロペクチンの鎖が澱粉粒子内から溶出し、それらが新たな網目構造を形成したためであると考えられた。しかし、これらは例外の結果であり、その他の添加条件での澱粉糊の離水率は、5℃ で 45 日間の保存により約 23% となった。これは呈味物質を添加していない 3.0 wt% のコーンスターチ糊の離水率とほぼ同じであり、呈味物質を添加することによる澱粉糊の離水への影響はほとんどないことがわかった。