

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

The Effects of Taste Substances on the Physical Properties of Corn Starch Pastes. IV. Bitter (Caffeine) and *Umami* (Sodium L-Glutamate) Seasonings

平島 円* 高橋 亮* 西成勝好*

(Madoka Hirashima) (Rheo Takahashi) (Katsuyoshi Nishinari)

The effects of caffeine and sodium L-glutamate (MSG) on the rheological properties of corn starch paste samples (3.00 wt%) were studied by steady and dynamic viscoelasticity, DSC measurements, and microscopic observation. The concentrations of caffeine and MSG were varied in the respective ranges of 0 and 2.3 wt% and between 0 and 18 wt%. The viscosity of the paste samples was not affected by adding caffeine when the concentration was below 1.8 wt%, but was increased by adding caffeine above 1.8 wt%. Excessive caffeine (above 2.6 wt%) led to the aggregation of caffeine. There was no interaction between corn starch and caffeine. The viscosity of the paste samples was also not affected by adding MSG when the concentration was below 9 wt%, but was decreased by adding MSG above 9 wt%. The gelatinization temperature of starch with MSG was increased with increasing MSG concentration, while the gelatinization enthalpy was increased with increasing MSG concentration up to 9 wt%, but was decreased with increasing MSG concentration above 9 wt%. It is concluded that MSG inhibited the swelling of the starch granules and then led to the precipitation of starch when excessively added (above 20 wt%).

キーワード：コーンスターチ corn starch；粘弾性 viscoelasticity；呈味物質 taste substances；苦味 bitter taste；カフェイン caffeine；うま味 *umami*；グルタミン酸ナトリウム sodium L-glutamate

著者らはこれまでに酸味 (クエン酸, 酢酸, 乳酸, リンゴ酸, 酒石酸およびアスコルビン酸)¹⁾²⁾³⁾, 甘味 (ショ糖)⁴⁾⁵⁾ および塩味 (食塩)⁶⁾ 調味料が澱粉糊 (3.00 wt% コーンスターチ) の諸特性 (おもに力学的・熱的性質) に及ぼす影響に関する研究を行い, これらの調味料が澱粉糊のずり粘度の増加および減少を引き起こす原因についてあきらかにしてきた。本報では澱粉製品中ではごく低濃度でしか含まれない苦味およびうま味成分の影響について検討した。

苦味は一般に好まれない味であり, 食品の味付けのために, 苦味成分そのものを調味料として故意に使うことは少ない。しかし, 緑茶・紅茶・コーヒーなどに含まれるカフェインやチョコレート・ココアのアミノ酸

ロミン, ビールのフムロン, 夏みかん・グレープフルーツのナリンギンなど, 食材中にあらかじめ含まれる苦味成分は多く存在する。マーマレード, 八丁味噌, 醤油などの適度な苦味は食品の味にしまりを与える役割を担っている。澱粉製品に比較的高濃度で苦味成分が含まれている例としては抹茶を添加したものがあ

一方, うま味はアジア, なかでも日本ではなじみの深い味であり, だしには欠かせない成分である。うま味物質にはアミノ酸由来のグルタミン酸ナトリウムや核酸の5'-ヌクレオチド (イノシン酸およびグアニル酸) がある。こんぶ・かつお節・しいたけなどの天然物から抽出してだしをとった場合には, だし中にうま味成分は約1%と高濃度で含まれる。しかし, 加工品や合成のうま味調味料, あるいは複合調味料を添加する場合には, 多くても0.5%程度である。

* 大阪市立大学大学院生活科学研究科
(Graduate School of Human Life Sciences, Osaka City University, Osaka 558-8585)

ショ糖をはじめとする甘味物質および食塩をはじめとする塩類が澱粉の糊化および老化に及ぼす影響については、これまでに非常に多くの報告がある。しかし、うま味物質を澱粉に添加した報告はわずかであり⁷⁾、苦味については著者らの知るかぎり報告はない。

本報では、苦味およびうま味の代表として、官能検査において五味の識別試験に用いられているカフェイン(苦味)とグルタミン酸ナトリウム(MSG)(うま味)を選び、これらの呈味物質がコーンスターチ糊液の諸特性に与える影響について調べた。

実験方法

1. 試料¹⁾

澱粉は三和澱粉工業(株)(奈良)製のコーンスターチ Y を用い、その濃度は 3.00 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% であった。本研究ではこの水分含量を含めたコーンスターチの濃度を 3.00 wt% とした。カフェインは、0~2.3 wt% 範囲で、グルタミン酸ナトリウム(以下 MSG) は 0~18 wt% 範囲で任意の濃度になるように添加した。糊液内の微生物の繁殖を防ぐため、ソルビン酸カリウム(和光純薬工業(株))を 0.05 wt% 添加した。

2. 試料調製方法

澱粉糊液の粘度は、一般に試料の攪拌方法や熱履歴に著しく依存する。そのため、澱粉の糊化過程における攪拌条件および温度制御が非常に重要である。本研究では、既報に示す攪拌器¹⁾を用いて糊液の調製を行った。蒸留水に溶解させて目的の濃度となるように調製した呈味物質溶液にコーンスターチを分散させた。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。コーンスターチ分散液を 25°C にて 30 分間 200 rpm で攪拌した後、同様に攪拌しながら 97°C まで加熱し、97°C で 60 分間保持した。加熱したコーンスターチ分散液を 25°C の恒温槽で、60 分間マグネティックスターラーを用いて攪拌しながら、25°C に冷却したものを試料とした。また、澱粉分散液の加熱後にそれぞれの呈味物質を添加し、25°C に冷却したものについても検討した。

3. 静的および動的粘弾性測定

静的および動的粘弾性測定は Fluids Spectrometer RFS II (Rheometrics Co. Ltd., NJ, U. S. A.) で行い、ずり粘度 η_s と貯蔵剛性率 G' 、損失剛性率 G'' 、複素粘性率の絶対値 $|\eta^*|_\omega$ を得た。ジオメトリーは直径 50 mm の平板プレートで、ギャップは 1.00 mm とし

た。測定は 25.0°C で行った。動的粘弾性測定では、予備実験として歪依存性を測定し、それぞれの試料の線形領域における歪を選択した。いずれの試料も試料調製後少なくとも 250 分間は安定であり、老化による粘度の経時変化の影響は無視し得た。

4. 顕微鏡観察

粘弾性測定と同様の方法で調製した試料を蒸留水で 3 倍に希釈し、10 mM ヨウ素溶液で染色したものを試料とした。また、無加熱の澱粉分散液を同様に染色したものを試料とした。光学顕微鏡には OPTIPHOTO ((株)ニコン、東京)を用いて、汎用の 1/2.7 インチ 2 次元カラーエリア CCD センサ (1,280×960 ピクセル) で撮影した。

5. DSC 測定

DSC 6100 S (セイコーインスツルメンツ(株)、千葉)により、70 μ l の銀製容器(以下銀セル)を用いて DSC 測定を行った。3.00 wt% のコーンスターチ、MSG および蒸留水の全重量が 70 mg となるように銀セル内で秤量した。試料を針で攪拌した後、銀セルを密閉した。MSG 濃度は 10, 20, 30, 40 wt% とした。リファレンスにはそれぞれの濃度の MSG 溶液を用いた。

測定は室温から 130°C まで 1 分 1.0°C で昇温して行った。澱粉の糊化に伴う吸熱曲線から、糊化開始温度 T_i 、糊化ピーク温度 T_p 、アミロペクチン糊化終了温度 T_c^1 、アミロース+脂質複合体解離終了温度 T_c^2 、糊化温度範囲 $\Delta T (T_c^2 - T_i)$ および糊化エンタルピー ΔH を求めた。DSC 測定および解析法の詳細は既法に記載されている³⁾。

結果および考察

1. コーンスターチ糊液の粘弾性に対するカフェインの影響

1) カフェインを添加した糊液の粘度

カフェインは水中で凝集し、高濃度では沈殿することが知られている^{8)~12)}。本研究で用いた試薬では、4.5 wt% でカフェインの沈殿がみられた。そこで、カフェイン添加濃度 C_c の上限を 4.0 wt% としてカフェイン添加試料(澱粉+カフェイン+水)を調製したところ、 $C_c \geq 2.6$ wt% でカフェインが試料中で凝集した。この結果に基づき、本研究では糊液の C_c を 0~2.3 wt% として以下の測定を行った。

カフェインを添加した試料のずり粘度 η_s のずり速度 $\dot{\gamma}$ 依存性を Fig. 1 に示す。いずれの試料においてもずり流動化挙動が見られ、また、 η_s は特に $C_c > 1.8$ wt% でコントロールよりも大きくなる傾向がみられ

た。ただし、カフェインが沈殿する臨界濃度付近を除けば、カフェインの添加による試料の $\dot{\gamma}=1, 10, 100 \text{ s}^{-1}$ における定常ずり粘度(それぞれ $\eta_1, \eta_{10}, \eta_{100}$)の変化は顕著ではない(Fig. 2)。高 C_c におけるわずかな粘度の増加は、カフェインが凝集することにより澱粉糊液中で分散粒子のようにふるまうためであると考えられるが、いずれにしてもカフェインの添加がコーンスターチ糊液の粘度に与える影響は強いものではない。顕微鏡観察の結果からは、糊化した澱粉粒子の大きさや

溶出するアミロースおよびアミロペクチン鎖(グルコース鎖)の量がカフェインの添加によって変化しないことが確かめられた(写真省略)。

2) カフェインを添加した糊液のレオロジー的性質

Fig. 3にカフェイン添加糊液の貯蔵剛性率 G' と損失剛性率 G'' の角周波数 ω 依存性を示す。 $C_c \leq 1.8 \text{ wt}\%$ では、コントロールと同様に、低 ω 領域では $G' < G''$ 、高 ω 領域では $G' > G''$ であり(Fig. 3 A)、こ

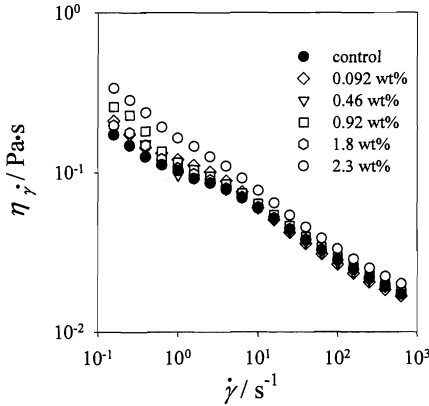


Fig. 1. Shear viscosity of 3 wt% corn starch pastes with or without caffeine. Caffeine concentrations were; 0 (control), 0.092, 0.46, 0.92, 1.8 and 2.3 wt%. Measurements were made at 25.0°C.

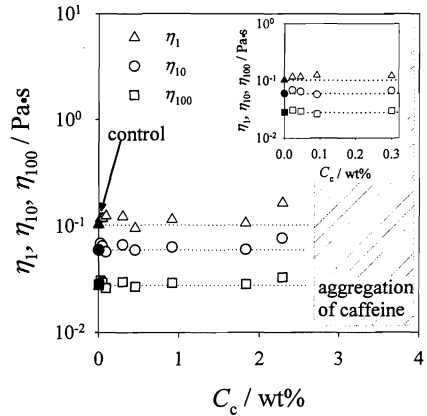


Fig. 2. Caffeine concentration dependence of shear viscosity η_1, η_{10} and η_{100} for 3 wt% corn starch pastes at the shear rates of 1, 10 and 100 s^{-1} , respectively. Measurements were made at 25.0°C.

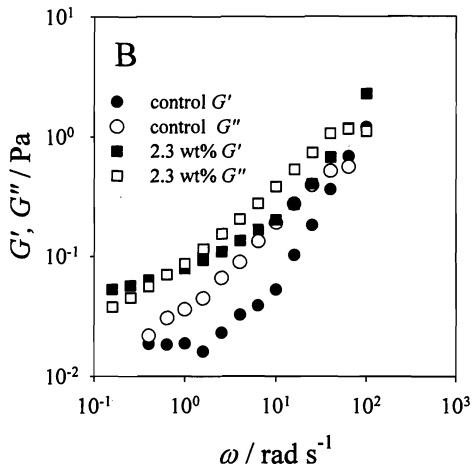
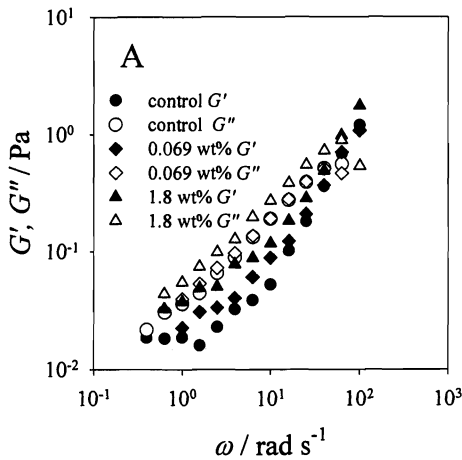


Fig. 3. Frequency dependence of G' and G'' for 3 wt% corn starch paste with or without caffeine. Caffeine concentrations were A: 0 (control), 0.069 and 1.8 wt%, B: control and 2.3 wt%. The strain for samples with 0 (control), 0.069, 1.8 and 2.3 wt% caffeine concentrations, was 30, 20, 15 and 15%, respectively. Measurements were made at 25.0°C.

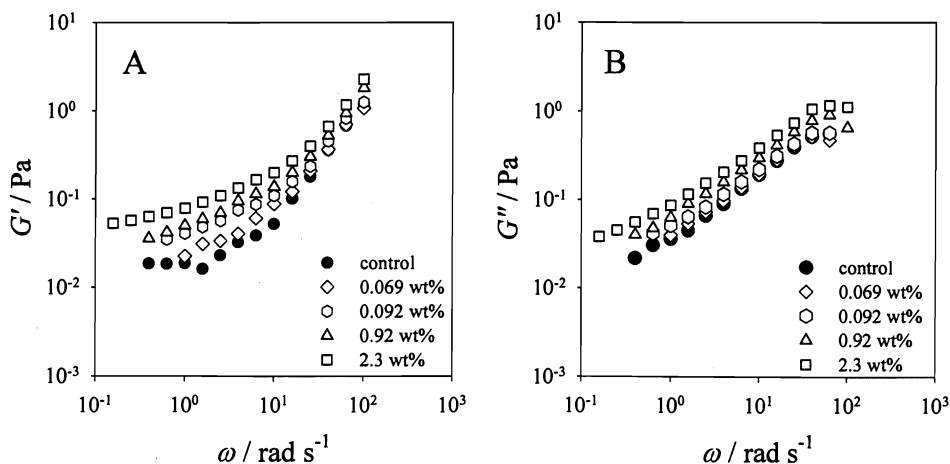


Fig. 4. Frequency dependence of G' (A) and G'' (B) for 3 wt% corn starch paste with or without caffeine. Caffeine concentrations were 0 (control), 0.069, 0.092, 0.92 and 2.3 wt%. The strain for samples with 0 (control), 0.069, 0.092, 0.92 and 2.3 wt% caffeine concentrations, was 30, 20, 20, 15 and 15%, respectively. Measurements were made at 25.0°C.

の系は鎖状高分子が溶媒中に均一に溶解した濃厚溶液にみられる挙動と同様のメカニカルスペクトルを示すことがわかった。系の動的粘弾性挙動をより詳細に検討するため、Fig. 3で得られた G' と G'' の ω 依存性を Fig. 4 に別々に示した。 G' と G'' の値の大きさは、 $C_c < 0.092 \text{ wt}\%$ ではともにコントロールとほぼ同様であったが、 $C_c \geq 0.092 \text{ wt}\%$ ではコントロールよりもわずかに大きくなった。また、 C_c の増加にともない G'' が縦軸方向にわずかにシフトするのに対し、 G' は ω の低い領域で急激に増加することがわかった。これは高分子溶液に球状粒子が分散した系でしばしば観測される挙動であり¹³⁾、低 ω 領域における平坦部の高さは凝集した分散粒子の濃度およびその大きさの増加に伴って増加することが知られている^{13)~15)}。カフェインの添加による澱粉糊液の粘度のわずかな増加は、糊液中のカフェイン凝集体の効果によるものであることがわかった。なお、澱粉糊液中でカフェインが凝集するのは、糊液中で局所的に水分が不足し、カフェインの溶解性が低下するためであると考えられる。

カフェイン添加コーンスターチ糊液の $|\eta^*|_\omega$ の C_c に対する挙動においても $C_c < 0.092 \text{ wt}\%$ では $|\eta^*|_\omega$ の値はコントロールとの間に差はみられなかったが、 $C_c \geq 0.092 \text{ wt}\%$ で大きくなった (Fig. 5)。このことは、カフェインの凝集体が澱粉の網目構造を強固なものにしているためであると考えられるが、詳細に検討するためには、今後、分子レベルでの解析が必要である。

以上のように、高濃度のカフェインを添加した澱粉

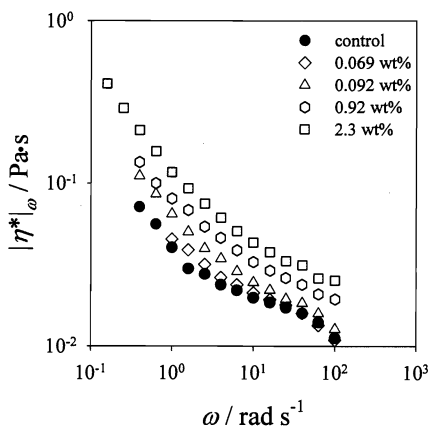


Fig. 5. Frequency dependence of dynamic viscosity for 3 wt% corn starch paste with or without caffeine. Caffeine concentrations were; 0 (control), 0.069, 0.092, 0.92 and 2.3 wt%. The strain for samples with 0 (control), 0.069, 0.092, 0.92 and 2.3 wt% caffeine concentrations, was 30, 20, 20, 15 and 15%, respectively. Measurements were made at 25.0°C.

糊にはわずかな粘度の増加がみられたが、食品に含まれるカフェイン濃度は高くても 0.3% 程度であることから、一般的な利用の範囲内では、澱粉糊へのカフェインの添加は糊液の粘度にほとんど影響を与えない

と考えられる (Fig. 2 挿入図)。

2. コンスターチ糊液の粘弾性に対するグルタミン酸ナトリウム (MSG) の影響

1) MSG を添加した糊液の粘度

Fig. 6 に MSG を加えた試料の 1, 10, 100 s⁻¹ の $\dot{\gamma}$ における定常ずり粘度 (それぞれ η_1 , η_{10} , η_{100}) の MSG 濃度 (以下 C_m) 依存性を示す。 η_1 は C_m が 9 wt% 未満ではコントロールとほぼ同様の値を取ったが、 $C_m \geq 9$ wt% では C_m の増加に伴い大きく減少した。一方、 η_{10} と η_{100} は C_m が 14 wt% 未満でコントロールとほぼ同様の値を取ったが、 $C_m \geq 14$ wt% では C_m の増加に伴い減少した。 $C_m > 18$ wt% では澱粉の沈殿が生じた。

2) 高濃度 MSG 添加による糊液粘度の低下の原因

MSG を添加したコンスターチ分散液の糊化開始温度 T_0 、糊化ピーク温度 T_p 、アミロペクチン糊化終了温度 T_c^1 、アミロース+脂質複合体解離終了温度 T_c^2 は、 C_m の増加に従いすべて高温側へ移行した (Fig. 7)。特に、 T_c^2 は $C_m \geq 9$ wt% で 97°C よりも高かった。また、糊化エンタルピー ΔH と糊化温度範囲 ΔT ($T_c^2 - T_0$) は $C_m = 9$ wt% で最大となり、それ以上の C_m では、 C_m の増加とともに減少した。したがって、分散液中に過剰の MSG ($C_m \geq 9$ wt%) が存在すると、澱粉粒子の糊化が妨げられ、その結果、糊液粘度の低下がみられたと考えられる。実際に、顕微鏡観察の結果からも 9 および 18 wt% の MSG を添加した試料では加熱冷却後の澱粉粒子の大きさがコントロールより

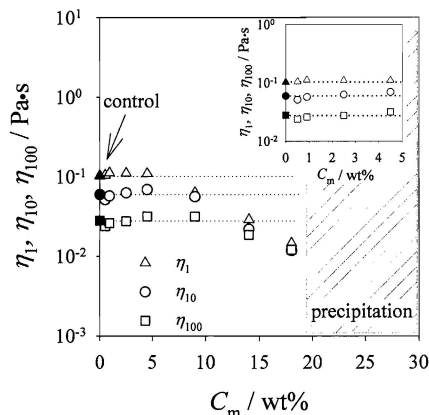


Fig. 6. Sodium L-glutamate concentration dependence of shear viscosity η_1 , η_{10} and η_{100} of 3 wt% corn starch pastes at the shear rates of 1, 10 and 100 s⁻¹, respectively. Measurements were made at 25.0°C.

も小さく、グルコース鎖がほとんど溶出しないことが確かめられた (Fig. 8)。MSG 添加試料の糊化過程における熱的挙動はショ糖添加試料のものと似ている⁴⁾⁵⁾が、ショ糖とは異なり MSG には澱粉の膨潤を促進するような働きがないために、添加濃度によらず澱粉糊の粘度増加は起こらないものと考えられる。しかし、MSG もショ糖のように澱粉の糊化に必要な水を奪う

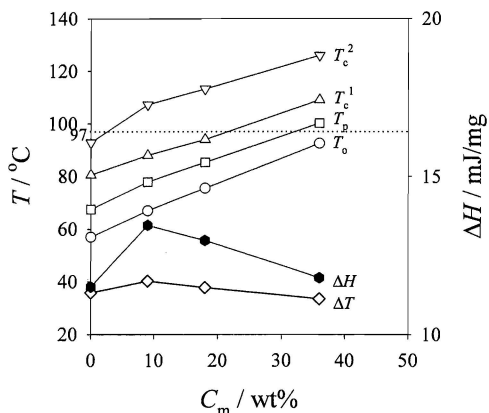


Fig. 7. Effects of sodium L-glutamate (MSG) on the gelatinization temperature and enthalpy for 3 wt% corn starch. T_0 : onset temperature, T_p : peak temperature, T_c^1 : conclusion temperature for amylopectin gelatinization, T_c^2 : conclusion temperature for amylose-lipid complex disintegration, ΔT : gelatinization range $T_c^2 - T_0$, ΔH : enthalpy for mg starch. Heating rate was 1.0°C/min.

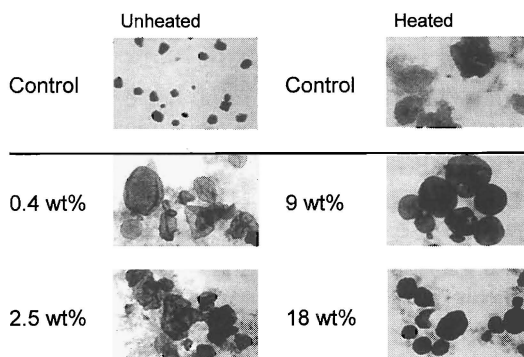


Fig. 8. Microscopic photographs of starch granules of 3 wt% corn starch dispersions with or without sodium L-glutamate. Image size is 390 μ m \times 725 μ m. Pictures were taken at ambient temperature.

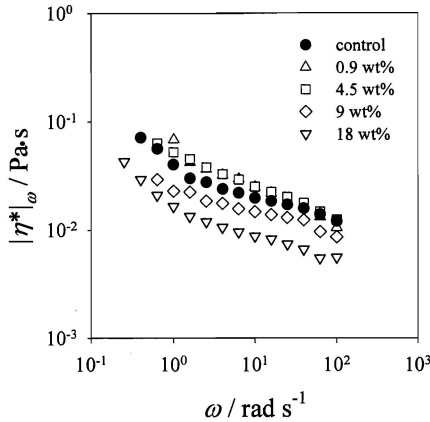


Fig. 9. Frequency dependence of dynamic viscosity for 3 wt% corn starch paste with or without sodium L-glutamate (MSG). MSG concentrations were 0 (control), 4.5, 9 and 18 wt%. The strain for samples with 0 (control), 0.9, 4.5, 9 and 18 wt% MSG concentrations, is 30, 20, 20, 40, and 80%, respectively. Measurements were made at 25.0°C.

性質があるので、これを多量に添加した場合には、粘度を減少させる。

3) MSG を添加した糊液のレオロジー的性質

MSG 添加糊液の $|\eta^*|_\omega$ の C_m に対する挙動は、定常粘度測定の結果とほぼ同様であった (Fig. 9)。 $C_m < 9 \text{ wt}\%$ の試料では、 $|\eta^*|_\omega$ の値はコントロールよりもわずかに高くなったが、顕著な差は認められなかった。 $C_m \geq 9 \text{ wt}\%$ の試料では C_m の増加に伴い $|\eta^*|_\omega$ の値は小さくなった。

高 C_m の試料では粘度の低下がみられるが、食品中に含まれる MSG 濃度は 1% 以下程度と非常に低いため、この MSG 添加濃度領域では澱粉の増粘効果に対する影響はほとんどないと考えられる (Fig. 6 挿入図)。

4) カフェインおよび MSG 添加糊液のとろみ

口腔中で評価される thickness(とろみ)や sliminess(ネバネバ感)は、 η' あるいは $|\eta^*|_\omega$ と良い相関を示すことが知られている^{16)~19)}。このとき適用可能な γ あるいは ω は液体の粘度に依存するが、口腔中で評価される粘性は $10^{-1} \text{ Pa}\cdot\text{s}$ 程度の見かけ粘度をもつ試料では η_{50} あるいは $|\eta^*|_{50}$ により評価できると考えられている。Fig. 10 と Fig. 11 にカフェインおよび MSG 添加

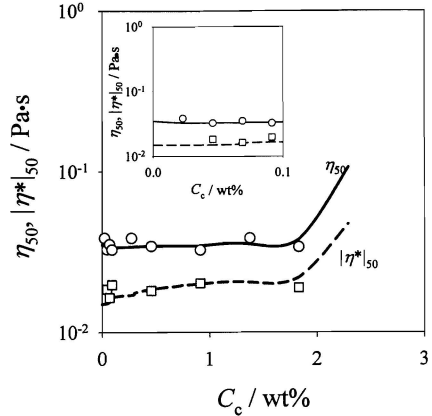


Fig. 10. Differences between shear viscosity and dynamic viscosity at the shear rate 50 s^{-1} and the frequency $50 \text{ rad}\cdot\text{s}^{-1}$ of 3 wt% corn starch pastes. Solid and dashed lines represent η_{50} and $|\eta^*|_{50}$ for pastes to which caffeine was added before gelatinization, respectively. Circle and square symbols denote η_{50} and $|\eta^*|_{50}$ for pastes to which caffeine was added after gelatinization, respectively. Measurements were done at 25.0°C.

糊液の η_{50} および $|\eta^*|_{50}$ の濃度依存性をそれぞれ示す。図中の実線は糊化前にそれぞれの呈味物質を添加した糊液の η_{50} の実測値を、破線はこの糊液の $|\eta^*|_{50}$ の実測値を線で結んだ結果である。○印は糊化後に添加した糊液の η_{50} の実測値、□印はこの糊液の $|\eta^*|_{50}$ の実測値である。糊化前にカフェインを添加した糊液の η_{50} は $C_c \leq 1.8 \text{ wt}\%$ ではコントロールとの間に差は認められず、 $C_c > 1.8 \text{ wt}\%$ で増加した。一方、 $|\eta^*|_{50}$ は、 $C_c > 0.092 \text{ wt}\%$ でわずかに増加し、その後 C_c の増加に伴う変化はみられなかったが、 η_{50} 同様 $C_c > 1.8 \text{ wt}\%$ で再び増加した。カフェイン添加糊液では常に $|\eta^*|_{50} < \eta_{50}$ であった。また、低 C_c 領域でカフェインを糊化後に添加しても糊化前の η_{50} および $|\eta^*|_{50}$ との間に差は認められなかった (Fig. 10 挿入図)。したがって、カフェイン添加糊液の「とろみ」はカフェインにより影響を受けないことがわかった。

糊化前に MSG を添加した糊液の η_{50} は $C_m \leq 9 \text{ wt}\%$ ではコントロールとの間に差は認められず、 $C_m > 9 \text{ wt}\%$ で減少した。一方、 $|\eta^*|_{50}$ は、 $C_m < 0.46 \text{ wt}\%$ で

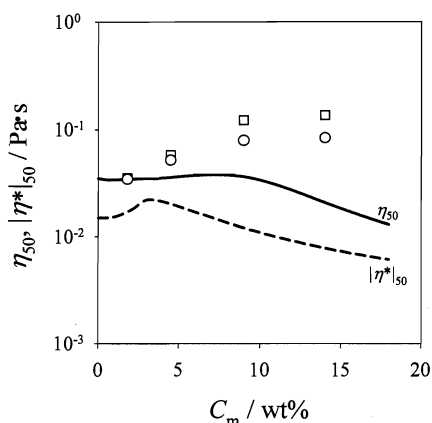


Fig. 11. Differences between shear viscosity and dynamic viscosity at the shear rate 50 s^{-1} and the frequency $50 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}$ of 3 wt% corn starch pastes. Solid and dashed lines represent η_{50} and $|\eta^*|_{50}$ for pastes to which sodium L-glutamate (MSG) was added before gelatinization, respectively. Circle and square symbols denote η_{50} and $|\eta^*|_{50}$ for pastes to which MSG was added after gelatinization, respectively. Measurements were done at 25.0°C .

C_m の増加に伴いわずかに増加し、その後 C_m の増加に伴い減少した。MSG添加糊液においても常に $|\eta^*|_{50} < \eta_{50}$ となった。また、MSGを糊化後に添加した η_{50} および $|\eta^*|_{50}$ は糊化前のものと比べて大きくなり、 C_m の増加に伴い増加した。したがって、MSGを糊液に添加する場合には、糊化後にMSGを添加したときの方がより高いとろみ(粘度)を得られるものと考えられる。

3. まとめと展望

第1報から4報にわたり、著者らは呈味物質が澱粉糊の主に粘弾性、熱的特性に及ぼす影響について検討してきた。澱粉にはコーンスターチを用い、その濃度は3.00wt%とした。呈味物質の添加が澱粉糊の粘度に影響を与えることは古くから知られているが、本研究では、調味の目的で適用される呈味物質の添加濃度に限らず、可能な限り広い添加濃度範囲について検討することで、澱粉糊と呈味物質の相互作用についての統一的理解を目指した。また、呈味物質の添加のタイミングに着目し、糊化前と糊化後に添加したときの澱粉糊の粘度を比較検討した。クエン酸および酢酸(酸

味)添加時には、少量($3.8 \leq \text{pH} \leq 5.3$)では澱粉糊の粘度はコントロールよりも大きくなったが、過剰な添加($\text{pH} < 3.5$)ではグルコース鎖の加水分解により著しい粘度の低下が起こることがわかった。このような粘度の低下は澱粉糊液の加熱・冷却後(糊化後)に酸を添加することで抑制することができた。ショ糖(甘味)を添加した場合には、ショ糖があたかも架橋剤のように働くために、基本的にはショ糖の添加は澱粉糊の粘度を増加させる働きがあった。しかし、糊化前にショ糖を添加した場合には、ショ糖濃度が20wt%で最大の粘度となり、それ以上の過剰な添加により、澱粉の増粘効果は大きく減少した。これは澱粉の糊化に必要な自由水をショ糖が奪うためと考えられた。この粘度の低下は糊化後にショ糖を添加することで避けることができた。食塩(塩味)を糊化前に添加した場合⁶⁾には糊液の粘度は食塩添加濃度に対して極めて複雑に変化した。これは Na^+ と Cl^- が澱粉粒子近傍におけるイオンバランスを崩す結果、澱粉粒子の糊化を促進あるいは阻害するためであることがわかった。糊化後に呈味物質を添加した方が高い粘度が得られることは、食塩についても同様であった。カフェイン(苦味)およびMSG(うま味)については、本報に記すとおりである。

これらすべての結果を考慮すると、ショ糖20wt%添加時のように、澱粉の糊化前に添加した場合の方が澱粉粒子の膨潤を促進するために、澱粉の持つ増粘効果以上の効果が得られる例やカフェインを添加した場合のように糊液に影響を与えない例もあったが、少なくとも澱粉の増粘効果をいかにするためには澱粉の糊化後に呈味物質を添加するほうが有効であることがわかった。しかし、例えば腎臓病治療食など、増粘効果よりもむしろエネルギー摂取を主な目的として澱粉を利用する場合には、呈味物質を澱粉の糊化前に添加した方が有効であると考えられる。

本研究では、澱粉糊がゲル化しない澱粉濃度領域を代表して、3.00wt%という低濃度の澱粉糊の諸特性を検討したが、その中で得られたレオロジー的・熱的性質に関する傾向は1.5wt%<澱粉濃度<4.0wt%の濃度範囲(1.3wt%<澱粉の乾燥重量濃度<3.5wt%)にある糊液について適用可能であると考えられる¹⁾。ゲルを形成するような高濃度の澱粉試料では、澱粉粒子間、グルコース鎖間、そして澱粉粒子-グルコース鎖間の相互作用がさらに複雑になるために、澱粉ゲルの諸特性に及ぼす呈味物質の効果を検討することは容易ではないが、澱粉食品の工業的生産の立場から

はこれを明らかにすることが急務である。この分野において早急に解決が必要なものひとつの課題としては、複数の呈味物質が澱粉糊の諸特性に及ぼす影響の検討が挙げられる。著者らはこれらの問題について現在検討中である。

要 約

カフェインおよびグルタミン酸ナトリウム (MSG) を添加したコーンスターチ糊液のレオロジーおよび熱的特性を静的・動的粘弾性測定, DSC 測定および顕微鏡観察により検討した。カフェイン添加糊液の粘度は、カフェインを添加することにより影響を受けないことがわかった。しかし、過剰なカフェイン添加 (2.6 wt% 以上) ではカフェインの凝集が起こり、その影響を受けてカフェイン濃度 1.8 wt% 以上の添加ではわずかに粘度の増加がみられた。MSG 添加糊液の粘度もカフェイン同様、MSG の添加によりほとんど影響を受けないことがわかった。しかし、MSG 添加濃度 9 wt% 以上で粘度は MSG 濃度の増加に伴い減少し、20 wt% 以上で澱粉が沈殿した。これより、MSG は澱粉の膨潤および糊化を阻害することがわかった。

本研究を行うにあたり、試料を提供していただきました三和澱粉工業株式会社、飯島記念食品科学振興財団の助成、また、DSC 測定にご協力いただきました大阪市立大学大学院工学研究科吉岡真弥先生に感謝いたします。

文 献

- 1) 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.
- 2) M. Hirashima, R. Takahashi and K. Nishinari, Effects of citric acid on the viscoelasticity of cornstarch pastes, *J. Agric. Food Sci.* 投稿中
- 3) M. Hirashima, R. Takahashi and K. Nishinari, Effects of adding acids before and after gelatinization on the viscoelasticity of cornstarch pastes, *Food Hydrocoll.* 投稿中
- 4) 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.
- 5) M. Hirashima, R. Takahashi and K. Nishinari, Effects of adding sucrose before and after gelatinization on the viscoelasticity of cornstarch pastes, *Food Hydrocoll.* 投稿中
- 6) 平島円, 高橋亮, 西成勝好, 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.
- 7) 高橋静枝, 木倉綾子 (1964), 食物調理のレオロジー的研究 (第 1 報) 澱粉糊に及ぼす添加物の影響, 家政学雑誌, **15**, 189-192.
- 8) H. Bothe and H. K. Cammenga (1983), Calorimetric investigation of aqueous caffeine solutions and molecular association of caffeine, *Thermochimica Acta*, **69**, 235-252.
- 9) K. Weller, H. Schütz and I. Petri (1984), Thermodynamical model for insertion and aggregate binding of caffeine to the homopolymer poly (riboadenylate) and model choice by data analysis, *Biophys. Chem.*, **19**, 299-310.
- 10) R. Rymdén and P. Stilbs (1985), Nucleotide aggregation in aqueous solution a multicomponent self-diffusion study, *Biophys. Chem.*, **21**, 145-156.
- 11) Y. Yanuka and F. Bergmann (1986), Spectroscopic studies on caffeine and isocaffeine, *Tetrahedron*, **42**, 5991-6002.
- 12) N. Iza, M. Gil, J. L. Montero and J. Morcillo (1988), Self-association of caffeine in aqueous solution. Study of dilute solutions by normal and second derivative UV absorption spectroscopy, *J. Mol. Struct.*, **175**, 25-30.
- 13) 小野木重治, 升田利史郎, 松本孝芳 (1968), 高分子—粒子混合系の粘弾性, 日本化学雑誌, **89**, 464-469.
- 14) T. Matsumoto, C. Hitomi and S. Onogi (1975), Rheological properties of disperse systems of spherical particles in polystyrene solution at long time-scales, *Trans. Soc. Rheol.*, **19**, 541-555.
- 15) J. D. Ferry (1980), *Viscoelastic Properties of Polymers*, 3rd ed., John Wiley & Sons, Inc., New York, U. S. A., 486-544.
- 16) F. W. Wood (1968), *Rheology and Texture of Foodstuffs*, Soc. Chem. Industry, London U. K., 40-49.
- 17) F. Shama and P. Sherman (1973), Identification of stimuli controlling the sensory evaluation of viscosity II. Oral methods, *J. Texture Stud.*, **4**, 111-118.
- 18) Z. V. Baines and E. R. Morris (1988), *Gums and Stabilizers for the Food Industry 4*, G. O. Phillips, P. A. Williams and D. J. Wedlock eds., IRL Press, Oxford U. K., 193-201.
- 19) E. R. Morris (1994), *Food Hydrocolloids: Structures, Properties, and Functions*, K. Nishinari and E. Doi eds., Plenum Press, New York U. S. A., 201-210.

(2003 年 7 月 28 日受理)