

ばれいしょ澱粉の粘度に関する研究 (第11報)

粘度およびゲルの性質におよぼす有機物の影響について

杉本勝之

前報¹⁾において著者はばれいしょ澱粉の粘弾性におよぼす無機物の影響について報告した。ばれいしょ澱粉の物性におよぼす有機物の影響については脂肪酸^{2,3)}、有機酸⁴⁾、油脂⁵⁾、たんぱく質⁶⁾、レシチン⁷⁾などについてアミログラフを用いて検討したもので、アルコールや有機酸の糊化温度への影響⁸⁾、膨潤度におよぼす尿素の影響⁹⁾などを調べたものがある。

一方、高濃度における粘性への影響については、プラストグラフによる脂肪酸¹⁰⁾、糖および糖アルコール¹¹⁾についての検討、加熱ファリノグラフによる糖類、ポリペプトン、脂肪についての報告¹²⁾がみられる程度である。

また、冷却時のばれいしょ澱粉ゲルにおよぼす有機物の影響については蔗糖¹³⁾、界面活性剤¹⁴⁾、油脂^{5,15)}などについての報告があるが、これらの澱粉ゲルの性質におよぼす要因が十分に明らかにされていないので、本報告では前報に準じて、加熱時の粘度および冷却したゲルの性質におよぼす有機物の影響について検討したので、その結果を報告する。

実 験 方 法

1. 供試試料 ばれいしょ澱粉は中斜里工場の市販品を用いた。有機物として糖類2種(ブドウ糖、蔗糖、特級試薬)、含窒素化合物4種(卵アルブミンは1級、その他は特級試薬)、その他に酒石酸(特級試薬)とカプリン酸ナトリウム(試薬1級)を用いた。

2. 測定方法

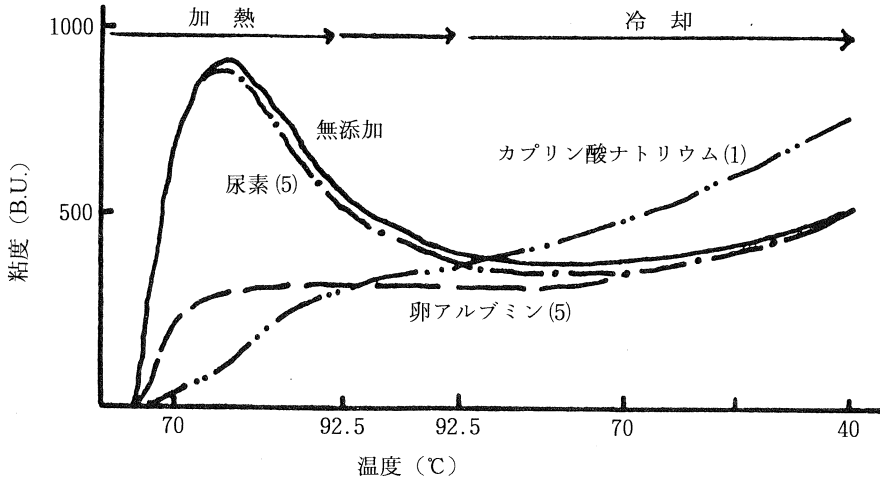
2. 1. アミログラフによる粘度 アミログラフによる粘度は4%濃度の場合は92.5℃まで加熱し、10分保持後40℃まで冷却した。濃度8%の場合は前報¹⁾に準じて95℃までの加熱とした。

2. 2. プラストグラフによる粘度 前報¹⁾に準じて、100℃まで加熱、10分間保持後、50℃まで冷却した。

2. 3. ゲルの強度、弾性率 前報¹⁾に準じて RHEO-METER により測定した。

実 験 結 果 及 び 考 察

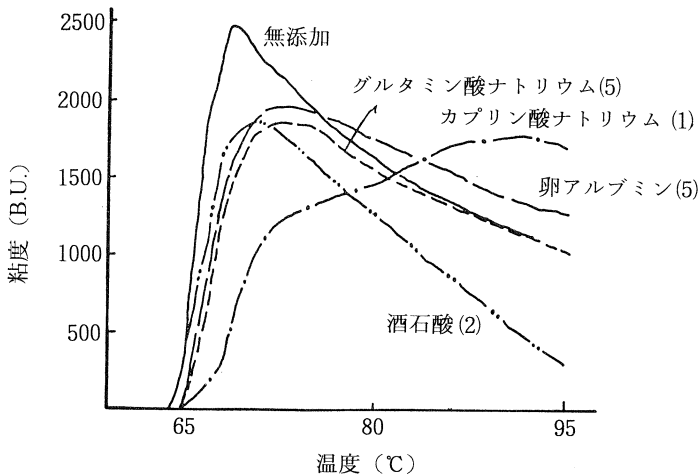
1. 粘度におよぼす有機物の影響 4%濃度のアミログラムを第1図に示した。図にみられるように、尿素添加では対照と変わらず、卵アルブミン5%添加では最高粘度の低下が著しいが、冷却時の粘度はあまり変わらなかった。カプリン酸ナトリウム1%添加では澱粉粒の膨潤が著しく抑制され、逆に冷却時の粘度が対照よりかなり高くなった。



第1図 4%濃度のアミログラムにおよぼす有機物質の影響

澱粉：中斜里(47)，()内の数字は添加量(g/100g澱粉)を示す。

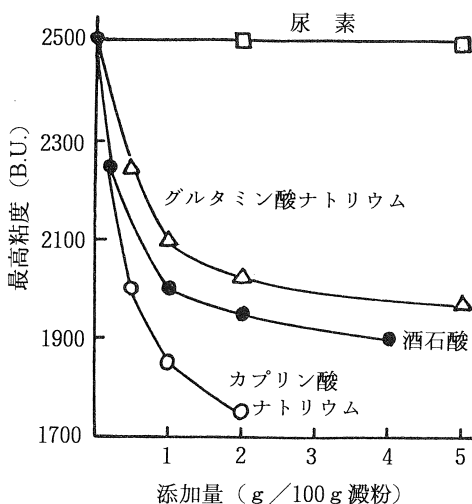
第2図には8%濃度のアミログラムを示した。図のように、グルタミン酸ナトリウム、卵アルブミン添加では、対照より粘化温度がやや高くなり、最高粘度がやや低下した。酒石酸添加では粘化温度には差はないが、加熱温度の上昇と共に粘度が低下する傾向があり、カプリン酸ナトリウム添加では4%濃度の粘度図と同じく粒の膨潤が著しく抑制され、最高粘度に達する温度も90℃付近まで上昇した。



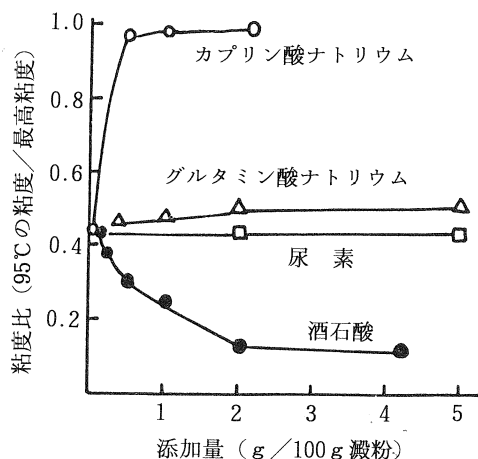
第2図 8%濃度のアミログラムにおよぼす有機物質の影響

()内の数字は添加量(g/100g澱粉)を示す。

第3図に示すように、8%濃度のアミログラムの最高粘度の低下はカプリン酸ナトリウムが最も著しく100g澱粉に対して2g添加で2,500BUから1,700BUまで低下し、グルタミン酸ナトリウム、酒石酸添加では4~5gで1,900BUまで低下した。



第3図 8%濃度のアミログラムの粘度比におよぼす有機物質の影響



第4図 8%濃度のアミログラムの粘度比におよぼす有機物質の影響

第1表 ばれいしょ澱粉の粘度およびゲルの性質におよぼす有機物質の影響

添加物	粘化温度 (°C)	最高粘度 (B.U.)	粘度比 ^{a)}	ゲル強度 ^{b)} I · II (g/cm ²)		弾性率 (10 ⁵ dyne/cm ²)
対照	63.5	2420	0.44	60.2	118.5	1.90
尿素 (5)	63.5	2420	0.40	43.3	87.9	1.47
ブドウ糖 (10)	64.0	2430	0.42	63.7	112.1	1.80
蔗糖 (10)	64.2	2450	0.43	66.2	114.6	1.75
グリシン (5)	64.0	2400	0.43	63.7	114.6	1.79
卵アルブミン(5)	64.0	2020	0.64	48.4	66.2	1.90
カプリン酸 (0.5)	65.0	1920	0.96	50.9	63.7	3.20
ナトリウム (1.0)	65.7	1770	0.99	60.2	75.0	4.80
(2.0)	66.0	1680	1.00	8.1	8.1	1.97
酒石酸 (0.2)	64.0	2160	0.39	50.9	68.8	1.92
(1.0)	64.0	1920	0.25	20.4	24.2	1.34
(4.0)	64.0	1810	0.15	40.8	51.9	3.42
グルタミン酸(0.5)	63.5	2150	0.48	59.8	91.7	1.63
ナトリウム (1.0)	63.5	2050	0.49	38.2	58.6	1.30
(2.0)	63.5	1930	0.50	28.0	35.7	1.67

() 内は添加量 (g/100g澱粉) を示す。

a) b) 次頁

P62の脚注：a) 粘度比は8%濃度のアミログラムにおける最高粘度に対する95℃の粘度の比を示す(加熱粘度低下値を意味する)。

b) ゲル強度Ⅰは表面破壊時の荷重, ゲル強度Ⅱは表面破壊後のピーク時の荷重を示す(濃度8%, 1℃2日間保存, 富士理科工業^株製の RHEO-METER)。

第4図には粘度比(95℃の粘度/最高粘度), 即ち膨潤粒の崩れ易さを示した。図のように, カプリン酸ナトリウムは添加量の増加と共に粘度比が著しく上昇するのに対して, 酒石酸は著しく低下した。これに対してグルタミン酸ナトリウム, 尿素は対照とそれほど差がなかった。

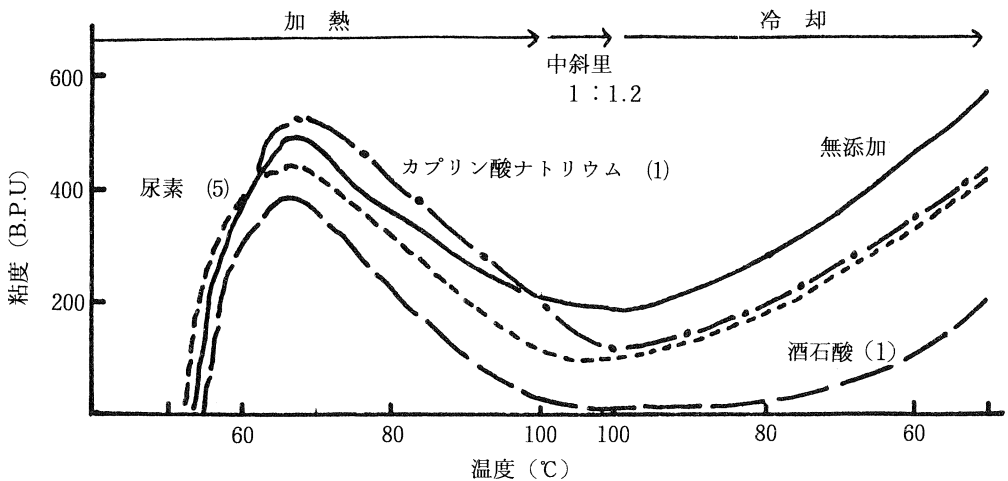
第1表に粘度およびゲルの性質におよぼす有機物の影響を総括して示した。表のように, アミログラムによる粘度はグリシン, ブドウ糖は対照と変わらず, 蔗糖10%添加では最高粘度がわずかに高くなった。

このように, 澱粉の粘度に与える添加物の影響は種類によりかなり異なり, 脂肪酸の場合は加熱時の粘度低下が少なく, 粘度比の上昇が特徴的であった。脂肪酸の影響についての報告は多いが, Gray³⁾はアミログラムの最高粘度について検討し, ステアリン酸, ラウリン酸よりカプリン酸添加の方が粘度低下が著しいことを明らかにし, 木村¹⁴⁾は非イオン界面活性剤を混合したときのアミログラムについて, 離水を生じた試料は糊化開始温度が高く, 最高粘度も低いと報告し, これらの界面活性剤は澱粉との相互作用が強く, 複合体を形成するためと推定している。

たんぱく質の影響については八木⁶⁾が卵アルブミン, 乳カゼイン, ポリペプトン, アミノ酸について検討し, 乳カゼイン, アラニンは最高粘度にあまり影響しないが, 卵アルブミン, ポリペプトン, グルタミン酸ナトリウムは著しい粘度低下を示すと報告し, 高橋¹⁷⁾はばれいしょ澱粉の糊化に際し, 大豆たんぱくを添加すると膨潤度, 溶解度が低下し, 糊化が抑制され, 冷蔵時の糊化度の低下が著しいことが明らかにされている。しかし, いずれもその原因の詳細については不明である。

糖類の影響について長谷¹¹⁾はばれいしょ澱粉のアミログラムの最高粘度について検討し, 1%濃度の蔗糖液では対照と変わらないが, 5%, 10%溶液になると最高粘度が上昇する。しかしながら, 果糖では1%溶液でもわずかに最高粘度が低下し, 濃度が高くなると著しく低下するが, とうもろこし澱粉ではいずれの糖添加でもアミログラムの粘化温度と最高粘度が上昇し, ばれいしょ澱粉とはかなり異なった挙動がみられると報告している。本実験では第1表に示したように, 糖添加量は対澱粉10%としたので, 約1%溶液となるため, 蔗糖, ブドウ糖とも対照とほとんど差がなかったものと考えられる。

第5図にプラストグラムにおよぼす有機物の影響を示した。図のように, 糊化開始温度は尿素のみが対照より低下し, 酒石酸添加では逆に上昇した。最高粘度はカプリン酸ナトリウム添加のみが対照より上昇した。酒石酸の場合, 100℃保持10分後の粘度がほぼゼロになり, 高温時に膨潤粒の崩壊や澱粉の加水分解が起っているものと推察される。



第5図 ばれいしょ澱粉のプラストグラムにおよぼす有機物質の影響

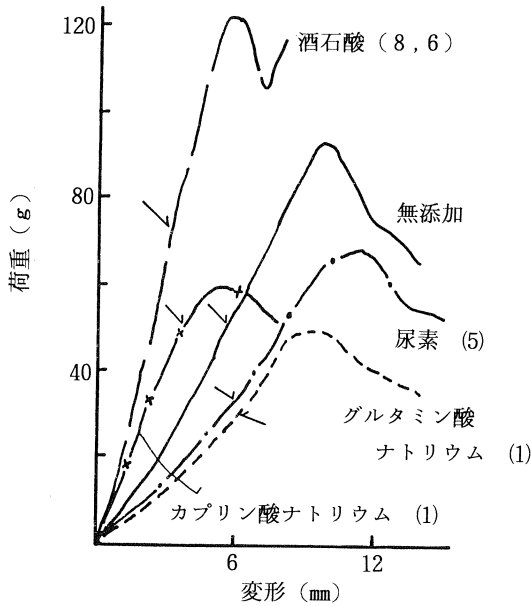
() 内は添加量 (g/100g 澱粉) を示す。

澱粉に脂肪酸を添加したときの影響について後藤¹⁰⁾はプラストグラフを用いて検討し、膨潤阻害効果の著しい脂肪酸はオレイン酸、パルミチン酸、ミリスチン酸であり、その効果は内部油脂成分として吸着された量と関係があるとしている。本実験では試料と脂肪酸を混合して加熱したときの結果であり、吸着させたときの状態とは異なるが、第5図のように糊化開始温度には差はない。しかし、最高粘度が高くなっており、また第2図の8%濃度のアミログラムでは膨潤がかなり抑制されていることから、高濃度の澱粉乳の場合も膨潤が抑制され、膨潤粒が若干硬くなっているものと推察される。

2. 澱粉ゲルの性質におよぼす有機物の影響 第6図に有機物を加えた澱粉ゲルの圧縮破壊曲線を示した。図のように、尿素、グルタミン酸ナトリウムを添加するとゲル強度Ⅰ、Ⅱともに低下した。カプリン酸ナトリウム添加の場合、ゲル強度ⅠとⅡの差がなくなり、穀類澱粉の形に似てくるのに対し、酒石酸(8.6%添加)ではゲル強度Ⅰ、Ⅱとも対照より高くなった。

その他のものについては表1のように、ブドウ糖、蔗糖、グリシン添加によりゲル強度Ⅰがやや高くなるが、ゲル強度Ⅱにはあまり差がなかった。しかしながら、卵アルブミン添加ではゲル強度は低下した。

第7図に有機物添加による澱粉ゲルの弾性率の変化を示した。図のように、カプリン酸ナトリウムと酒石酸の添加によりゲルの弾性率が著しく上昇し、前者は0.001Mの低濃度から、後者では0.025Mから上昇が認められた。グルタミン酸ナトリウム、尿素添加の場合、0.2Mの濃度範囲では弾性率はやや低下する程度であったが、その他のものは、第1表のように糖類、グリシン、卵アルブミン添加では対照とあまり差が認められなかった。



第6図 澱粉ゲルの圧縮破壊曲線におよぼす有機物質の影響

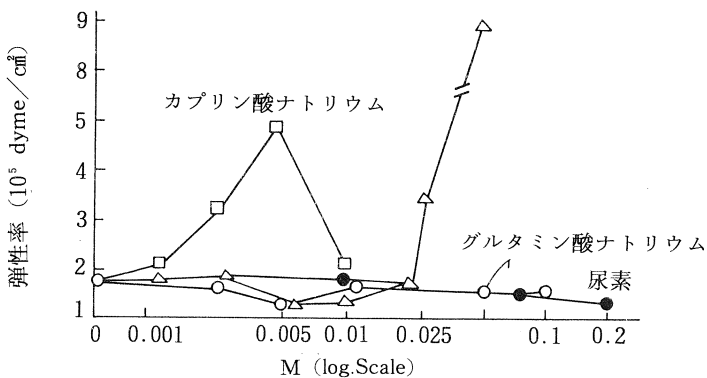
澱粉濃度 8%, 保存温度 1℃, 2日間

測定条件 プランジャー径 10mm, 圧縮スピード 45mm/min

チャートスピード 300mm/min

() 内の数字は添加量 (g/100g 澱粉) を示す。

矢印はゲルの表面破壊点 (ゲル強度 I) を示す。



第7図 有機物添加による澱粉ゲルの弾性率の変化

澱粉濃度 8%, 1℃・2日間保存

澱粉ゲルについては、木村ら¹⁴⁾は界面活性剤を混合したものはゲル強度が対照より低くなり、老化抑制能が大きいと思われるが、この効果が大きいものほどゲルの離水が促進されると報告した。また小島は菜種油の添加によりゲル強度が低下することを認めている。本実験のカプリン酸ナトリウム添加 (対

澱粉 2%) では他のものに比べてゲル強度が著しく低下したが、それ以下の添加量ではゲルの弾性率が著しく高くなり、他のものに比べて硬いゲルとなった。

蔗糖については、Whittenberger ら¹³⁾が濃度 8% の澱粉ゲル 100 g に対して 50 g までの添加でゲル強度が大となることを認めており、中浜ら¹⁶⁾はとうもろこし澱粉ゲル (12 g/100ml) に対して蔗糖、ソルビトールを 10~30 g 添加すると見かけの弾性率とゲル強度が増加すると報告している。しかしながら、本実験では約 1% 溶液での挙動を調べたため、糖類については対照とほとんど差がみられなかった。

酒石酸については、対澱粉 4% の濃度になると 1% 添加に比べてゲル強度が上昇し、弾性率の著しい上昇がみられるが、この原因は酸による澱粉粒の崩壊が起り、他のもののゲルとはかなり異った性質になっていると考えられる。

たんぱく質の影響について、小島¹⁵⁾は分離たんぱくを添加するとばれいしょ澱粉では 10~50% の添加率でゲル強度が低下するが、とうもろこし澱粉では上昇し、その影響は加熱温度によっても差を生ずると報告している。本実験の結果では、第 1 表のように、グリンでは対照と差がなかったが、卵アルブミン、グルタミン酸ナトリウムではアミログラムの最高粘度が低下し、ゲル強度も低下が認められた。しかし、グルタミン酸ナトリウムの場合はナトリウムイオンも若干影響しているものと考えられる。

これらの結果から、ばれいしょ澱粉は加熱時の澱粉粒の膨潤に添加物の影響をうけやすいので、食品製造において副原料として用いられる脂肪酸、有機酸、グルタミン酸ナトリウムなどは少量の使用により糊の粘性や冷却後の澱粉ゲルの性質に変化をおよぼすため、これらの添加物を使用する場合はそれぞれの目的に合った物性を維持できるように加熱条件などを調整する必要がある。

要 約

ばれいしょ澱粉の粘度およびゲルの性質におよぼす有機物の影響について検討を行った。

1. 4% 濃度のアミログラムによる粘度は卵アルブミン 5% (対澱粉)、カプリン酸ナトリウム 1% の添加で最高粘度が著しく低下した。8% 濃度のアミログラムではグルタミン酸ナトリウム、卵アルブミン、カプリン酸ナトリウムの添加により粘化温度が上昇し、最高粘度も低下した。酒石酸添加では高温時の粘度低下が大きく、カプリン酸ナトリウム添加のものは最高粘度に達する温度が著しく高くなった。

2. 膨潤粒の崩れ易さを示す粘度比 (95℃ の粘度/最高粘度) はカプリン酸ナトリウム添加区は添加量の増加と共に著しく上昇するのに対し、酒石酸添加では著しく低下した。

3. 高濃度のプラストグラフによる測定では、尿素のみが糊化開始温度の低下がみられ、酒石酸添加では逆に上昇した。最高粘度はカプリン酸ナトリウム添加のみが対照より上昇し、酒石酸の場合は 100℃ 保持 10 分後の粘度がほぼゼロとなった。

4. 尿素、グルタミン酸ナトリウムを添加するとゲル強度 I (表面破壊時の荷重)、II (ピーク時の荷重) とともに低下し、カプリン酸ナトリウム添加の場合はゲル強度 I と II の差が少なくなった。卵アルブミ

ン添加ではゲル強度 I, IIとも低下し, ブドウ糖, グリシン添加によりゲル強度 I がやや高くなった。

5. ゲルの弾性率はカプリン酸ナトリウムと酒石酸の添加により著しく上昇し, 前者は0.001Mの低濃度から, 後者では0.025Mから上昇した。

文 献

- 1) 杉本: 愛知食品工技年報, 30, 51 (1989)
- 2) Yasumatsu, K and Moritaka, S: J. Food Sci., 29, 198 (1964)
- 3) Gray, V.M. and Schoch, T. J.: Starke, 14, 239 (1962)
- 4) 杉本, 後藤: 澱工誌, 12, 100 (1965)
- 5) 小島: 澱粉科学, 33, 177 (1986)
- 6) 八木, 岡本: 農化, 50, 417 (1976)
- 7) 川上: 澱工誌, 10, 117 (1963)
- 8) S. Y. Gerlsma: Starke, 22, 3 (1970)
- 9) 木村, 松居: 澱粉科学, 20, 9 (1973)
- 10) 後藤: 澱粉科学, 19, 76 (1972)
- 11) 長谷ら: 食総研報, 38, 73 (1981)
- 12) 斉藤ら: 新潟食研報, 13, 75 (1974)
- 13) R. T. Whittenberger et al: Ind. Eng. Chem., 40, 1407 (1948)
- 14) 木村ら: 食品工誌, 18, 333 (1971)
- 15) 小島ら: 澱粉科学, 33, 183 (1986)
- 16) 中浜ら: 家政誌, 22, 302 (1971)
- 17) 高橋ら: 食品工誌, 30, 276 (1983)