

加工澱粉糊液の性状に関する研究

菊 地 和 美 高 橋 セツ子 吉 田 訓 子
山 本 未 穂 知 地 英 征

Abstract

Hokkaido potatoes are widely used as a source of starch. Potato starch is used for various purposes, particularly for the production of fish paste products, livestock products, and confectionery. Moreover, modified starch, which is produced by processing potato starch chemically and physically, is used in a variety of forms.

This study examines the properties of modified starch gels produced by further enhancing the starch functions of potato starch. To study the primary properties of starch gels, color tone tests, viscosity measurements, and texture measurements were performed. Acetylated distarch phosphate gel had the highest values, followed by hydroxypropyl distarch phosphate gel, starch acetate gel, and potato starch gel.

As for the degree of viscosity, hydroxypropyl distarch phosphate gel was the thickest, followed by acetylated distarch phosphate gel, potato starch gel, and starch acetate gel. In this experiment, changes in the properties of modified starch gels were observed as compared with those of potato starch gel. In the future, we would like to compare various types of modified starch and the effects of being frozen or defrosted on starch properties.

Keyword : chemically-modified starch, potato starch paste

1. 緒言

澱粉は古くから人類の大切な食糧として日本のみでなく、世界各国で利用されてきた。澱粉は採取する原料の種類によって、地上澱粉（米、とうもろこし、小麦、サゴなど）と地下澱粉（馬鈴しょ、さつまいも、タピオカなど）に分けられ、それぞれ澱粉の粒子の大きさや形状、含まれる微量成分などが異なっている¹⁾。北海道の馬鈴しょ生産量（2007年224万2,000t・全国の78.0%、2008年213万1,000t・全国の79.0%）のうち、約50%（2006年55.0%、2007年49.0%）が澱粉の原料として用いられている²⁾。馬鈴しょ澱粉は糊化する際の吸水力が大きく、糊化後の保水量も多いため、かまぼこ、ちくわ、魚肉ソーセージなど

の水産練り製品に添加されて用いられている。馬鈴しょ澱粉を糊化したものは、水にも溶け、透明で粘度が高く老化しにくいことから、粉末スープやケーキミックスなどの生地増粘や冷凍食品の組織の安定化、水産養殖飼料の粘結剤などにも用いられている³⁾。加工澱粉は、糊化特性や老化抑制などの機能を得るために物理的処理、酵素処理、化学的処理などが施され、本来の構造や物性の一部を改質・改善した澱粉である。現在では、それら単独もしくは複合的な処理が施された加工澱粉が多く加工食品に使用されている⁴⁾。澱粉にヒドロキシプロピル基を導入・付加することによって、親水性の増加や糊化開始温度の低下^{5)~6)}が起り、糊化液の物性の変化や食感改善や粘度安定性および耐熱性の向上⁷⁾などが挙げられている。

Kazumi KIKUCHI
Setsuko TAKAHASHI
Kuniko YOSHIDA
Miho YAMAMOTO
Hideyuki CHIJI

藤女子大学人間生活学部食物栄養学科
藤女子大学人間生活学部食物栄養学科
藤女子大学人間生活学部食物栄養学科
藤女子大学人間生活学部食物栄養学科
藤女子大学人間生活学部食物栄養学科

藤女子大学大学院人間生活学研究科食物栄養学専攻
藤女子大学大学院人間生活学研究科食物栄養学専攻
藤女子大学大学院人間生活学研究科食物栄養学専攻

本研究では、馬鈴しょ澱粉に澱粉の有する機能をさらに助長した加工澱粉糊液の性状について比較検討することにした。

2. 試料及び実験方法

実験に使用した加工澱粉を表1に示した。加工澱粉は松谷化学工業(株)製の酢酸澱粉：Starch acetate (S：エステル化澱粉)、アセチル化リン酸架橋澱粉：Acetylated distarch phosphate (A：エステル化・架橋澱粉)、ヒドロキシプロピル化リン酸架橋澱粉：Hydroxypropyl distarch phosphate (H：エーテル化・架橋澱粉)を用いた。比較実験用未加工澱粉として、土幌町農業協同組合製の馬鈴しょ澱粉を用いた。

表1 加工澱粉の種類

加工澱粉	水分 (%)	pH
酢酸澱粉	17.0～19.0	6.0～7.5
アセチル化リン酸架橋澱粉	17.0～19.0	6.0～7.5
ヒドロキシプロピル化リン酸架橋澱粉	16.0～19.0	6.5～8.0

松谷化学工業(株) (品質規格書)⁸⁾

1) 粘度測定

澱粉の基礎的性質を調べるために、1%澱粉糊液を作成し、粘度を測定した。測定条件は、加工澱粉および未加工馬鈴しょ澱粉1%濃度の懸濁液を電子レンジ(500 W)中央に置き、30秒間加熱した糊液を45 mlセルに充填して静置し、55°Cから35°Cまでの温度低下による粘度をSV型粘度計(SV-10 ADI(株)製)によって測定した。

2) 冷凍時の温度履歴

冷凍時の温度履歴の測定は、村上ら^{9)~10)}の方法に準じて行った。熱電対を挿入した澱粉糊液を-20°C以下の冷凍庫に入れ、1分間隔で温度を計測し、冷凍温度履歴をデータコレクタ(おんどとり、Thermo Recorder TR-71U)に取り込み測定した。

3) 色調

澱粉糊液を分光色彩計(日本電色工業(株)製、SD-5000)により、CIE系に属するL*値、a*値、b*値

を測定し、これらの数値から彩度(C*値)および色差(ΔE)を下記の計算式により算出した。

$$C^* \text{値(彩度)} = ((a^*)^2 + (b^*)^2)^{1/2}$$

$$\Delta E \text{(色差)} = ((\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2)^{1/2}$$

色差の基準は感覚的な差によって

0～0.5：trace(かすかに)、

0.5～1.5：slight(わずかに)、

1.5～3.0：noticeable(感知せられるほどに)、

3.0～6.0：appreciable(めだつほどに)、

6.0～12.0：much(大いに)

として示され¹¹⁾、本研究においてもこの基準を用いることにした。

4) 糊化澱粉ゾルの観察

澱粉の糊化とゾルの状態について、加工澱粉および未加工馬鈴しょ澱粉糊液加熱後の観察を行った。測定条件は、澱粉20 gに水200 gを加えて加熱し、糊化開始の温度と65°Cならびに85°Cの時間を測定した。さらに、加熱を行い、85°Cになった後、火から下ろして40°Cまで冷ましたゾルの状態について、藤女子大学教職員(10名)をパネラーとし、観察した。

3. 統計解析

統計解析は分散分析による二元配置分散分析を用いた。

4. 結果および考察

1) 澱粉糊液の粘度

(1) 冷凍前の粘度

澱粉糊液を作成後、粘度を測定し、図1、表2に示した。粘度は55°Cから35°Cまでいずれも温度が低下するに伴って、高くなった。粘度は、ヒドロキシプロピル化リン酸架橋澱粉糊液が高く(平均5812 mPa・s)、次いで、アセチル化リン酸架橋澱粉糊液(平均2704 mPa・s)、未加工澱粉糊液(平均1175 mPa・s)、酢酸澱粉糊液(平均518 mPa・s)の順に低くなった。高崎ら⁷⁾によれば、アミログラフによる澱粉の糊化特性はヒドロキシプロピル化により糊化開始温度が低下し、高粘度の糊が得られることを報告しており、本研究においてもヒドロキシプロピル化リン酸架橋澱粉糊液の粘度が最も高くなった。また、酢酸澱粉糊液は温度係数が最

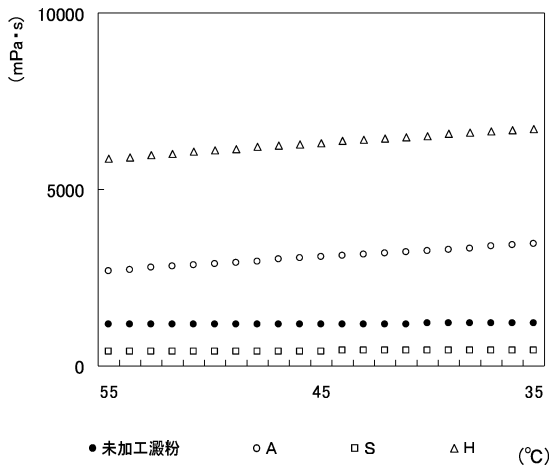


図1 澱粉糊液の粘度

表2 澱粉糊液の平均粘度および温度係数

種類	粘度(55°C)	粘度(35°C)	平均粘度	温度係数
S	532.9	509.5	518.1	-0.2
A	3044.1	2399.1	2704.6	-1.2
H	6251.0	5460.5	5872.5	-0.7
未加工澱粉	1191.1	1114.7	1175.6	-0.3

※電子レンジ加熱 30 秒

※粘度の単位：mPa・s

も小さく (-0.2)、温度に対する安定性が伺えた。

(2) 冷凍・解凍後の粘度

冷凍前と解凍後の 35°C における粘度の変化率を表 3 に示した。冷凍前と解凍後の粘度の変化率が最も低かったのはヒドロキシプロピル化リン酸架橋澱粉糊液 (-12.0%) であり、次いで、アセチル化リン酸架橋澱粉糊液 (-44.3%) であった。一方、酢酸澱粉糊液は冷凍・解凍後に粘度が増加した (+45.9%)。未加工澱粉糊液は、冷凍・解凍

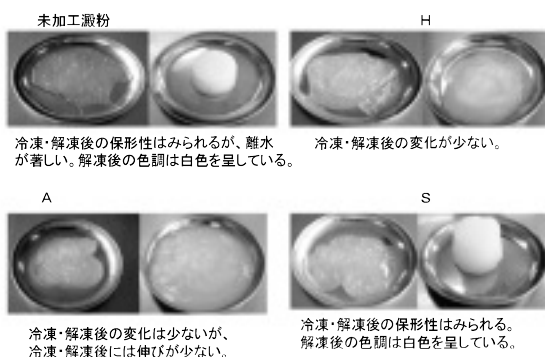


図2 冷凍前・解凍後の状態

後の保形性はみられたが、粘性は失われ、離水が著しくなった。これは、未加工澱粉は糊化後に時間の経過とともに澱粉鎖が緊密に配列した三次元網目構造を形成 (いわゆる老化) して固いゲルを作るためと考えられる。砂田¹²⁾によれば、ヒドロキシプロピル化澱粉の特徴として、粘度の増加、糊液保存安定性の向上、凍結/解凍安定性の向上、保水力の向上を挙げており、本研究においてもヒドロキシプロピル化リン酸架橋澱粉糊液に冷凍耐性を確認できた。

表3 冷凍前と解凍後の粘度の変化

	冷凍前 (Pa)	解凍後 (Pa)	変化率 (%)
未加工澱粉	3.4	—	—
H	10.2	9.0	-12.0%
A	3.6	2.5	-44.3%
S	2.9	4.3	45.9%

※粘度は 35°C の時の平均値

2) 澱粉糊液の冷凍時の温度履歴

澱粉糊液の冷凍時の温度履歴は図 3 に示した。未加工澱粉糊液の冷凍温度履歴は、0°C 付近の通過時間が加工澱粉糊液よりも長くなった。村上ら^{9)~10)}の報告においても、糖類無添加試料の冷凍温度履歴は、糖類添加試料に比べて 0°C 付近の通過時間が長くなったことを報告している。したがって、冷凍時に 0°C 付近の通過時間が短いほど、氷結晶生成帯温度の状態が短時間になり、氷の結晶が小さいことが伺えた。

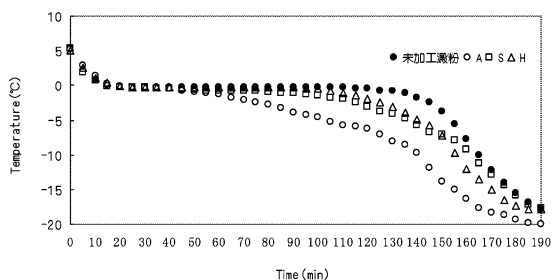


図3 澱粉糊液の冷凍温度履歴

3) 澱粉糊液の色調

澱粉糊液の色調と色差を図 4~5、表 4 に示した。澱粉糊液の明度 (L*値) は未加工澱粉が高く (冷凍前 41.7)、加工澱粉では冷凍前 28.7~33.1

に位置し、ヒドロキシプロピル化リン酸架橋澱粉、アセチル化リン酸架橋澱粉、酢酸澱粉の順に低くなった。澱粉糊液の冷凍・解凍後の明度 (L*値) は未加工澱粉糊液が高く (61.8)、加工澱粉では44.7~59.2に位置し、酢酸澱粉、アセチル化リン酸架橋澱粉、ヒドロキシプロピル化リン酸架橋澱粉の順に低くなった。

冷凍前と冷凍後の ΔE (色差) の比較では、感覚的表現において各試料ともに much (12.1~30.6)

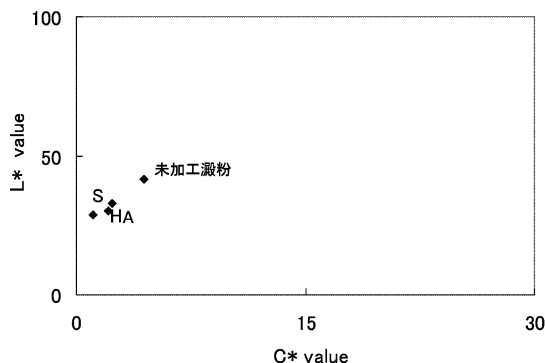


図4 澱粉糊液の色調 (冷凍前)

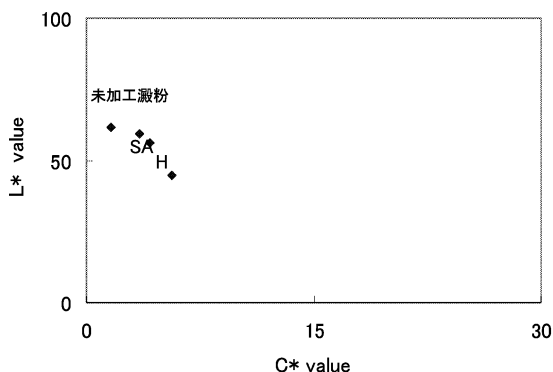


図5 澱粉糊液の色調 (解凍後)

であり、二元配置分散分析による澱粉の種類や冷凍・解凍後試料間に有意差はみられなかった。

4) 糊化澱粉ゾルの観察

澱粉の糊化とゾルの状態およびその好ましさの順位について、表5~6に示した。

ゾルは液体中に粒子が分散し、系全体として流動性を持っているものであり、ゲルは流動性を失った状態のものである。澱粉粒は水の存在下で加熱すると不可逆的に膨潤し、糊化する。糊化とともに澱粉粒の結晶性や複屈折性を失い、粘度は上昇するが、一定濃度以上では冷却するとゲル状になり、これらの性質が調理・加工に広く利用されている。澱粉ゾルの物性では、粘性、透明性、付着性、粘ちょう性、チキソトロピーなどが挙げられている¹³⁾。

糊化澱粉ゾルの特性は、糊化開始は未加工澱粉が加工澱粉より遅く、糊化開始温度は高くなった (未加工澱粉 2分34秒 62.7°C、加工澱粉 2分21~26秒 58.6~61.9°C)。すなわち、ヒドロキシプロピル化リン酸架橋澱粉は糊化開始が最も早く、糊化開始温度も低くなった (2分21秒、58.6°C)。ヒドロキシプロピル基は親水基であり、澱粉に導入されると内部結合強度を弱め、高置換度では冷水で膨潤するまでに糊化開始温度下がる¹²⁾と考えられている。

糊化澱粉ゾルの好ましさの順位は (1~4位まで最も好ましかったものを1として順位をつける)、高い順からを挙げると付着性と伸び、透明度は未加工澱粉、酢酸澱粉、ヒドロキシプロピル化リン酸架橋澱粉、アセチル化リン酸架橋澱粉になった。舌ざわりは酢酸澱粉、未加工澱粉、アセチル化リン酸架橋澱粉、ヒドロキシプロピル化リン酸架橋

表4 加工澱粉糊液の色調と色差

	種類	L*値	a*値	b*値	C*値	ΔE	ΔE
冷凍前	未加工澱粉	41.7	-0.1	-4.4	4.4	0	0
	H	33.1	-0.2	-2.3	2.3	8.9	much
	A	30.2	-0.2	-2.1	2.1	3.7	appreciable
	S	28.7	-0.3	-1.1	1.1	3.6	appreciable
解凍後	未加工澱粉	61.8	-0.5	-1.5	1.6	0	20.3
	H	44.7	-0.2	-5.6	5.6	17.6	much
	A	56.1	-0.3	-4.2	5.5	11.7	much
	S	59.2	-0.6	-3.4	3.5	3.6	appreciable

ΔE 0-0.5 : trace、0.5-1.5 : slight、1.5-3.0 : noticeable、3.0-6.0 : appreciable、6.0-12.0 : much
色調(L*値 : 明度、C*値 : 彩度)、色差(ΔE)

表5 糊化澱粉ゾルの特性

	糊化開始時間 (分.秒)	糊化開始温度 (°C)	65°C時間 (分.秒)	85°C時間 (分.秒)
未加工澱粉	2.34±0.06	62.7±1.4	2.45±0.05	4.15±0.06
H	2.14±0.04	58.6±0.4	2.24±0.06	4.44±0.10
A	2.26±0.06	61.9±0.4	2.44±0.03	4.30±0.01
S	2.23±0.08	60.0±0	2.73±0.39	4.18±0.01

表6 糊化澱粉ゾルの好ましきの順位 (点数)

	付着	伸び	透明	舌ざわり	総合評価
未加工澱粉	2	1.0	1.0	2.0	1.7
H	2.5	3.0	3.2	3.7	3.7
A	3.2	4.0	3.8	3.3	3.3
S	2.3	2.0	2.0	1.0	1.3

点数：1～4点

澱粉の順になった。

糊化澱粉ゾルの好ましきの順位（総合評価）は酢酸澱粉、未加工澱粉、アセチル化リン酸架橋澱粉、ヒドロキシプロピル化リン酸架橋澱粉の順になった。前報¹³⁾においても、小麦粉の一部に加工澱粉を添加した食パンの官能評価では酢酸澱粉が「もちもち感」があり、最も高い評価が得られていた。

以上の実験結果より、澱粉糊液では加工澱粉である酢酸澱粉の総合評価が高く、好ましいことが把握できた。一方、ヒドロキシプロピル化リン酸架橋澱粉とアセチル化リン酸架橋澱粉は未加工馬鈴しょ澱粉に比べて糊化特性や糊液の冷凍・解凍後による老化抑制を確認することができ、冷凍パンや冷凍めんなど幅広い範囲の食品における利用性も示唆された。

今後はさらに加工澱粉を用いた製パン・製めんなどの冷凍・解凍後に及ぼす影響を検討したい。

5. 要約

本研究では、馬鈴しょ澱粉に澱粉の有する機能を助長した加工澱粉糊液の性状について検討を行った。

粘性は、ヒドロキシプロピル化リン酸架橋澱粉糊液が高くなり、次いで、アセチル化酢酸リン酸架橋澱粉糊液、未加工澱粉糊液、酢酸澱粉糊液の順に低くなった。澱粉糊液を冷凍・解凍すると、ヒドロキシプロピル化リン酸架橋澱粉は最も変化

が少なく、冷凍耐性が認められた。

冷凍前・解凍後の澱粉糊液の明度（L*値）は、未加工馬鈴しょ澱粉が加工澱粉に比べて高くなった。

澱粉ゾルの特性では、糊化開始は未加工澱粉が加工澱粉より遅く、温度も高くなった。加工澱粉のうち、ヒドロキシプロピル化リン酸架橋澱粉は糊化開始が最も早く、糊化開始温度も低くなった。

糊化澱粉ゾルの好ましきの順位（総合評価）は酢酸澱粉が高くなった。

本研究は、平成22年度ノースティック財団「研究開発助成事業」の補助金を受けて行った。ここに記して謝意を表す。

研究をすすめるにあたりご協力いただいた関係各位に厚くお礼申し上げます。

参考文献

- 1) 今野正義：製菓原材料入門，日本食糧新聞社，東京，36-40（2009）
- 2) 独立行政法人農畜産業振興機構 Alic：「北海道ばれいしょ生産量に関する資料」
- 3) 調理用語辞典：全国調理師養成施設協会，959（2009）
- 4) 岡崎智一：アセチル化デンプン，酸化デンプンの特性と応用，月刊フードケミカル，食品化学新聞社，19-23（2010）
- 5) 島下昌夫：調理と化工澱粉，日調科誌，25（3）243-248（1992）
- 6) 小倉徳生：澱粉科学ハンドブック，朝倉書店，

- 東京, 92-518 (1977)
- 7) 高崎禎子, 峯木真知子: 馬鈴薯でん粉あるいは
化工馬鈴薯でん粉添加が製パン製に及ぼす影響,
日調科誌, 31(1)53-61 (2001)
 - 8) 松谷化学工業(株)品質企画書および資料
 - 9) 村上知子, 蛭田真一, 下村道子, 畑江敬子
(2008), 冷凍保存が黒豆の軟化に及ぼす影響,
日調科誌, 41, 117-125
 - 10) Tomoko Murakami, Midori Kasai, Michiyo
kumagai, Fumiko Konishi, Keiko Hatae
(2007), Effect of Freezing Pretreatment on the
Preparation of Fruit Liqueur, Science of
Cookery, 40, 266-274
 - 11) 日本電色工業(株)資料
 - 12) 砂田美和: ヒドロキシプロピル化デンプンの特
性と応用, 月刊フードケミカル, 食品化学新聞
社, 29-32 (2010)
 - 13) 川端晶子: 植物起源を異にする澱粉粒の諸性質
および澱粉ゾル・ゲルの物性, New Food
Industry, 35, No.5, 7 (1993)
 - 13) 山本未穂, 菊地和美, 知地英征, 高橋セツ子:
小麦粉の一部に化工澱粉を添加した食パンの調
理科学的特性, 藤女子大学紀要, 47(II), 33-
40 (2010)