

低アミロース米澱粉の理化学的特性

誌名	応用糖質科学 : oyo toshitsu kagaku = Journal of applied glycoscience
ISSN	13403494
著者名	久野,三智子 貝沼,圭二 高橋,節子
発行元	日本応用糖質科学会
巻/号	47巻3-4号
巻号補足	
掲載ページ	p. 319-326
発行年月	2000年8月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター

Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



[*J. Appl. Glycosci.*, Vol. 47, No. 3 & 4, p. 319–326 (2000)]

低アミロース米澱粉の理化学的特性*

久野三智子**, 貝沼圭二¹, 高橋節子

共立女子大学家政学部 (101-8433 東京都千代田区一ツ橋 2-2-1)

¹ 生物系特定産業技術研究推進機構 (105-0001 東京都港区虎ノ門 3-18-19)

Physicochemical Characteristics of Low-amylose Rice Starches*

Michiko Kuno,** Keiji Kainuma¹ and Setsuko Takahashi

*Faculty of Home Economics, Kyoritsu Women's University
(2-2-1, Hitotsubashi, Chiyoda-ku, Tokyo 101-8433, Japan)*

*¹Bio-oriented Technology Research Advancement Institution
(3-18-19, Toranomon, Minato-ku, Tokyo 105-0001, Japan)*

For the purpose of determining physicochemical properties of low-amylose rice starch, amylose content and amylopectin unit-chain distribution were studied by amperometric titration and gel filtration methods. Further, also examined were photopastography, viscosity and gel texture to determine characteristic gelatinization and retrogradation. Four kinds of low-amylose rice, an aromatic rice, a large-grain rice and a high-yield rice were used as the rice samples for comparison with two kinds of high-amylose rice, Hoshiyutaka and Yumetoiro, with Nipponbare as the control. The amylose content of low-amylose rice ranged from 4.3 to 9.6%. Snow pearl was the lowest, Ou 354 at 4.4%, Milky queen at 7.5%, Soft 158 at 9.6%, and Nipponbare at 17.1%. Fr. II, the longer chain length fraction in amylopectin, was noted at 24.0–26.3%, which was large, similar to the 4 kinds of low-amylose rice. Fr. III, the shorter chain length fraction in amylopectin, was noted at 55.8–69.8%. Fr. III/Fr. II was noted at 2.6–2.8, which was smaller, similar to the 4 kinds of low-amylose rice, than Nipponbare by 3.0. With respect to the rice starch, the amylose content showed a negative correlation for both maximum viscosity and breakdown, and there was a positive correlation with the viscosity when cooled at 50°C. The firmness of rice flour paste negatively correlated with the highest viscosity of the rice starch, while the firmness of rice flour paste and starch paste positively correlated with the setback.

米の総合的需要拡大を図る目的で、アミロース含量の低い米や高い米、多収米、大粒米や巨大胚米、香り米そして紫黒米など、形質に特徴のある新形質米の育成に期待が寄せられ^{1,2)}、すでに作出されており、これら新形質米については多くの研究がなされている³⁻⁸⁾。著者等は炊飯や食味特性、理化学的性質などを明らかにすることにより各種の調理や加工食品への利用が期待できることから、新形質米ならびにその米粉、米澱粉の調理・加工適性について報告してきた⁹⁻¹²⁾。低ア

ミロース米は粘りが強く、冷めても硬くなりにくい等の特性をもつことから、とくに注目されている。

そこで本報告では、次世代稲作研究プロジェクトで育成された低アミロース米の理化学的性質を知る目的で、ゲル濾過法によるアミロース含量およびアミロペクチンの鎖長分布を求めて米澱粉の構造的特徴を明らかにしようとした。また、フォトペーストグラフィーによる透光度、ラピッドビスコアライザーによる粘度、そして糊およびゲルの物性から米澱粉および米粉の糊化・老化特性について検討した。

*新形質米の調理・加工適性に関する研究 (第6報)
The Cooking and Processing Properties of Newly Developed Rice (Part 6)

**Corresponding author.

実験材料および方法

1. 実験材料

試料とした米は平成 6, 7 年産米を用い Table 1 に示した. すなわち低アミロース米としては, 大粒で粒揃いのよいスノーパール (奥羽 344 号), 糯に近い探系 2019 から作出された奥羽 354 号, コシヒカリの MNU 処理 (胚および胚乳突然変異を誘発する) により作出されたミルククイーン (関東 168 号) および, 団子など加工用として作出されたソフト 158 の 4 種とした. また, 長粒でバスマティ型香り米の関東 172 号, 酒米用に育成された大粒で極多収の北陸 153 号の 2 種を加え, 日本晴を基準米とした. 比較としてはすでに報告^{11,12)}した, インディカ種から作出された極多収の夢十色, ジャポニカ種とインディカ種との組み合わせにより作出された長粒のホシユタカの 2 種を用いた. なお, 米の搗精はサタケ製ニューワンバス精米機 (BS-08 A) を用い, 搗精歩留りは 92% に調製した.

2. 試料の調製

1) 米粉および米澱粉の調製

ブラベンダーテストミル (QUADRUMAT・JUNIOR Mod.-No. 8 801 02) を用いて米粉を調製し, 80 メッシュの篩を通して試料とした. 米澱粉の調製は山本ら¹³⁾の希アルカリ溶液に浸漬する方法に準拠した. す

なわち, 米粉を 5 倍量の 0.2% 水酸化ナトリウム溶液に懸濁し, ラボスターラーを用いて 3 時間攪拌し, 24 時間静置後, 上澄液を除去して 100 メッシュの篩に通した. 同様の操作を 3 回繰り返した後, 200 メッシュの篩に通した. その後, 10 倍量の蒸留水を加えて 3 時間攪拌洗浄し約 24 時間静置後, 上澄液を除去する操作を pH 7 になるまで約 10 回繰り返した後, 室温にて自然乾燥して試料澱粉とした.

2) 脱脂澱粉の調製

電流滴定によるアミロース含量の測定のため, Schoch ら¹⁴⁾の 85% メタノール抽出法により澱粉の脱脂を行った. すなわち米澱粉 50 g に 6 倍量の 85% メタノール溶液を加え, ラボスターラーで攪拌しながら 70°C の恒温槽で 6 時間加熱を行い, ガラスフィルターで吸引濾過した後, 再び 85% メタノール溶液を加えた. 以上の操作を 3 回繰り返す, 85% メタノール溶液で洗浄し, さらに蒸留水で 4 回洗浄後, 95% エタノール溶液で洗浄しアセトンで脱水後, 室温乾燥して脱脂澱粉とした.

3. 実験方法

1) 水分含量

米澱粉・米粉および米の水分含量は, 電子水分計 (Chyo Balance Corporation 製, MC-30 MB) を用い, 試料 10 g を 105°C で恒量に達するまで約 1 時間測定

Table 1. Supplier and properties of rice grains.

Sample name	Supplier	Property	Weight of polished rice (1000 grains)	Yield (year)
Nipponbare	National Agriculture Research Center	Normal	22.0	1994
Snow Pearl	Tohoku Agricultural Experiment Station	Low-amylose, large grain	24.7	1995
Ou 354	Tohoku Agricultural Experiment Station	Low-amylose	21.0	1995
Milky Queen	National Agriculture Research Center	Low-amylose	19.8	1995
Soft 158	Hokuriku Agricultural Experiment Station	Low-amylose	21.2	1994
Kanto 172	National Agriculture Research Center	Aromatic grain	15.4	1995
Hokuriku 153	Hokuriku Agricultural Experiment Station	Large grain, very high yield	27.9	1994
Hoshiyutaka ^{11,12)}	Chugoku Agricultural Experiment Station	High-amylose, long grain	17.9	1995
Yumetoiro ¹²⁾	Hokuriku Agricultural Experiment Station	High-amylose, very high yield	21.9	1995

して求めた。

2) 電流滴定法によるアミロース含量

平間理化研究所製の自動電流滴定装置 ART-3 を用い、貝沼ら¹⁵⁾の電流滴定法で測定を行った。基準とするアミロースは馬鈴薯アミロース (SIGMA CHEMICAL CO. 製 TYPE III) を用いた。

3) ゲル濾過法によるアミロース含量およびアミロペクチンの鎖長分布

ゲル濾過用の試料調製は貝沼ら¹⁶⁾の報告に準拠し、*Pseudomonas* イソアミラーゼ (林原生物化学研究所製) を用いて、おのおのの試料澱粉を枝切りし、Toyo-pearl HW-50 S のカラムでゲル濾過し、鎖長分布を求めた。

i) イソアミラーゼによる澱粉の枝切り反応：澱粉 30 mg に蒸留水 0.5 mL を加え、沸騰水浴中で 10 分間加熱糊化後、ただちに 5 M 水酸化ナトリウム溶液 0.5 mL を加えて完全に糊化した。これに 50 mM クエン酸緩衝液 (pH 3.5) 2.0 mL, 6 M 塩酸 0.4 mL を加えてさらに 1 M 塩酸で pH 3.5 に調整後、イソアミラーゼ 30 μ L (108 IU/mL) を加え、還元力が一定になるまで 18 時間 40°C で反応を行った。反応終了後、凍結乾燥し -20°C で保存した。

ii) カラムの調製：Toyopearl HW-50 S 500 g を 1 L のピーカーに移し、沸騰水浴中で攪拌しながら 30 分間加熱し脱気した。室温に冷却後カラム (2.2×90 cm) に充填し、20 mM 炭酸ナトリウム緩衝液 (pH 9.5) を 20 mL/h の流速で流し、約 2 日間平衡化した。ブルーデキストラン 10 mg を 20 mM 炭酸ナトリウム緩衝液 4 mL に溶かした液 3 mL をカラムに注入し、void volume の測定を行った。

iii) ゲル濾過法による鎖長分布：イソアミラーゼで枝切りした試料 30 mg を蒸留水 0.5 mL に懸濁し、5 M 水酸化ナトリウム溶液 0.5 mL を加えて溶解し、蒸留水を加えて 4 mL とした。このうち、3 mL をカラムに注入し、20 mM 炭酸ナトリウム緩衝液 (pH 9.5) を用いて流速 20 mL/h で溶出し、各 3 mL をフラクションコレクターで採取した。全糖量および還元糖量はマルトースを標準として、それぞれフェノール-硫酸法¹⁷⁾および Somogyi-Nelson 法^{18,19)}により求めた。

4) フォトペーストグラフィーによる透光度

貝沼ら²⁰⁾の方法に従い、平間理化研究所製のフォトペーストグラフィー ART-3 PP-1 を用いて透光度を測定した。この測定法は、糊化のごく初期段階を比較的少量の試料で感度よく検知し、フォトペーストグラムのパターン解析により糊化過程の差異を推定すること

が可能である。試料は米澱粉濃度 0.2% とし、測定の直前に調製し 50 mL をセルに入れ、25°C にて 2 分間予備攪拌を行った後、2°C/min で昇温し 372 nm における透光度を 25°C から 95°C まで測定した。

5) ラピッドビスコアナライザーによる米澱粉および米粉の粘度特性

粘度の測定はラピッドビスコアナライザー (以下 RVA という、フォス・ジャパン社製 RVA-3 D) を用い、澱粉は無水物換算で、試料濃度 7.5% とした。加熱は Walker ら²¹⁾の方法に従い、初期温度 50°C で 1 分間保持後、5.6°C/min で 95°C まで昇温させ、95°C で 2 分間保持した後 50°C まで降温した。測定に要する時間は 19 分間であった。米粉の場合は、無水物換算で 3.5 g とし蒸留水 25 mL を加えた。加熱は 10.7°C/min で 93°C まで昇温し、93°C で 7 分間保持した後、50°C まで降温し 50°C で 3 分間保持し、測定には 19 分間を要した。得られた粘度曲線から各粘度特性値を読みとり比較した。

6) 米粉糊の物性

5) の RVA による粘度測定で得られた米粉糊の物性はテンシプレッサー (タケトモ電機製 TTP-50 BX) を用いて測定した²²⁾。すなわち RVA での冷却 50°C で 3 分間保持後の糊を、ドラフティングテープを巻いた内径 24 mm、深さ 6 mm のシャーレに流し入れ、20 分間室温に放冷した後 5°C で冷蔵保存した。なお、試料は測定直前にピアノ線で上部を平らにカットし、測定には直径 11 mm の円柱型感圧軸を用い、試料の厚さの 90% まで圧縮したときの硬さおよび付着性を求めた。

実験結果および考察

1. 水分含量

各試料米の水分含量は 12.2–14.8% で米粉の 12.0–14.2% に近似し、米澱粉は 11.7–14.0% であり低アミロース米 4 種は約 13% と近い値であった。

2. 電流滴定法によるアミロース含量の測定

米澱粉のアミロース含量を Table 2 に示した。電流滴定法により求めた見かけのアミロース含量は日本晴の 16.6% に対し、低アミロース米 4 種は 3.3–9.6% といずれも 10% 以下であった。スノーパールは最も低く、奥羽 354 号が 4.2%、ミルキークイーンは 7.3%、そして団子用のソフト 158 は 9.6% と高い値を示した。夢十色は試料中最も高い値であった。

Table 2. Amylose contents and amylopectin unit-chain distributions of rice starches on Toyopearl HW-50 S.

Sample	Amylose contents ^a (%)	Gel filtration fraction of debranched starch				
		Fr. I (%)	Fr. II (%)	Fr. III ^b (%)	Ratio of	
					Fr. II/Fr. I	Fr. III/Fr. II
Nipponbare	16.6	17.1	20.9	62.0	1.2	3.0
Snow Pearl	3.3	4.3	26.3	69.5	6.1	2.6
Ou 354	42	4.4	25.8	69.8	5.9	2.7
Milky Queen	7.3	7.5	24.3	68.2	3.2	2.8
Soft 158	9.6	9.6	24.0	66.4	2.5	2.8
Kanto 172	—	16.3	20.5	63.2	1.3	3.1
Hokuriku 153	15.4	16.9	19.9	63.2	1.2	3.2
Hoshiyutaka	24.1	24.0	18.1	57.9	0.8	3.2
Yumetoiro	26.2	27.1	17.1	55.8	0.6	3.3

Starches were debranched by isoamylase for 18 h at 40°C. ^aAmylose content was measured by iodine amperometric titration using iodine affinity of potato amylose (18.9 mg I₂/100 mg amylose) as the standard. ^bThe unit-chain profile was divided into three fractions (Fr. I, II, III) as shown in Fig. 1.

3. ゲル濾過法によるアミロース含量およびアミロペクチンの鎖長分布の測定

Fig. 1に低アミロース米のスノーパールのゲル濾過溶出曲線を示した。Fr. Iはvoid volumeに溶出し、Fr. IIはアミロペクチンの長鎖長区分、Fr. IIIはアミロペクチンの短鎖長区分に相当する。

Table 2にアミロース含量およびアミロペクチンの鎖長分布を示した。測定は1試料につき3回行い、回収率は98–102%でほぼ完全に回収されていた。Fr. Iの値はアミロース含量に相当し、電流滴定法により求めた見かけのアミロース含量と良い一致を示した。アミロペクチンの長鎖長区分であるFr. IIは低アミロー

ース米4種は24.0–26.3%の値を示し、スノーパールが最も多く、次いで奥羽354号であり、ミルキークイーンとソフト158は約24%と日本晴の20.9%に比べて高い値であった。香り米の関東172号および酒米用で大粒米の北陸153号は日本晴に近い値であった。

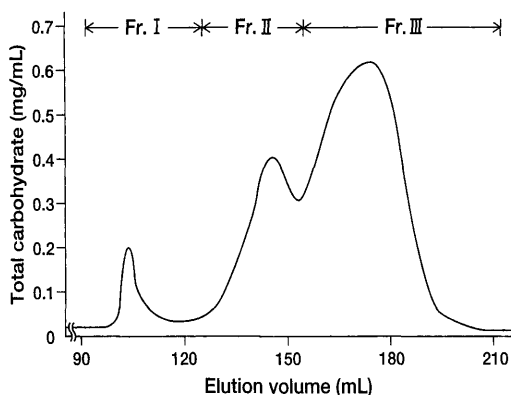
アミロペクチンの短鎖長区分であるFr. IIIの値は、低アミロース米4種は66.4–69.8%と高く、関東172号および北陸153号はこれらに次いで高い値であった。

物性との相関が高いといわれているFr. III/Fr. IIの値は低アミロース米は2.6–2.8を示し、スノーパール、奥羽354号が小さく、ミルキークイーンおよびソフト158は同値を示し、これらは日本晴の3.0に比べて小さい値であり、バスマティ型香り米の関東172号は3.1であった。そしてホシユタカは3.2、夢十色は3.3とインディカ系の米も高いことから、低アミロース米のアミロペクチンは鎖長分布において長鎖の割合が幾分低いと考えられた。

以上、ゲル濾過法によりアミロース含量およびアミロペクチンの鎖長分布を求めたところ、みかけのアミロース含量の低い米ほど、アミロペクチンの長鎖長区分を示すFr. IIの値は大きく、Fr. III/Fr. IIの値は小さいことが明らかとなりこれは前報¹²⁾と同様の傾向であった。

4. フォトペーストグラフィーによる透光度

加熱中の澱粉の糊化過程を知る目的で、澱粉濃度0.2%の希薄溶液を用いたフォトペーストグラフィー

**Fig. 1.** Unit-chain profile of isoamylase-debranched rice starches on Toyopearl HW-50 S.

—, Snow Pearl.

による透光度を測定し、結果を Fig. 2 に示した。貝沼ら²⁰⁾はフォトパーストグラムを次のように解析している。I 型は馬鈴薯澱粉に特有の曲線で一定温度に達すると透光度が急激に増加し、その後も直線的に透光度を増すもの、II 型は穀類澱粉に特有の、2 段階に透光度が上昇するもの、そして III 型はモチトウモロコシ澱粉やタピオカ澱粉に見られる曲線で、I 型と近似の曲線であるが、75–80℃ で透光度の増加が停止し減少していくものとしている。

糯米にかぎりなく近い探系 2019（奥羽 354 号の親）は透光度上昇開始温度が低く、急激な透光度の上昇を示し、80℃ の透光度が高いなど、モチ澱粉型の III 型図型を示した。低アミロースのうちスノーパールはこれに近似の曲線で 2 段階膨潤が認められず III 型図型を示したのに対し、奥羽 354 号、ミルクークイーンは穀類澱粉特有の 2 段階膨潤曲線を描く II 型であり、80℃ における透光度はアミロース含量の低い程高い結果であった。高アミロース米の夢十色は日本晴と同じ II 型を示し、透光度上昇開始温度および透光度が最も低かった。

これらフォトパーストグラムから、スノーパールは探系 2019 号の透光度に似て高く、80℃ での透光度はアミロース含量の低い米ほど高いこと、さらにアミロース含量が僅差のスノーパールと奥羽 354 号では透光度ならびに膨潤に明らかな差のあることが認められた。このように、0.2% のような希薄溶液での透光度測定から、低アミロース米 4 種のアミロース含量と膨潤・糊化との関係を明らかに捉えることができた。

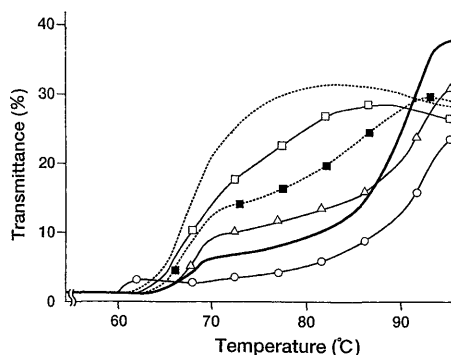


Fig. 2. Photopastograms of various rice starches.

—, Nipponbare; □, Snow Pearl; ■, Ou 354; △, Milky Queen; ○, Yumetoiro; ·····, Tankei 2019.

5. 米澱粉および米粉の粘度特性

1) 米澱粉の粘度

RVA により得られた米澱粉の粘度曲線を Fig 3 に、粘度特性を Table 3 に示した。この図および表からアミロース含量の最も低いスノーパールは最高粘度が 244 RVU と試料米中最も高く、ブレイクダウンは 149 RVU と大きく、さらに冷却 50℃ における粘度は低くセットバックは 27 RVU であった。奥羽 354 号、ソフト 158 はこれに似た曲線を示し、アミロース含量が高くなるに従い、最高粘度およびブレイクダウンは低下した。一般に食味が良いといわれる米の澱粉は最高粘度が高くブレイクダウンが大きく、冷却時の粘度が低いといわれており、アミロース含量が 10% 以下の低アミロース米についてもこれらと同様の特徴を示した。しかし、低アミロース米のうちミルクークイーンは他の 3 種とは異なり、最高粘度は高いが、ブレイクダウンは小さく、粘度図は高アミロース米に類似した。これら低アミロース米のセットバックはスノーパール、奥羽 354 号およびミルクークイーンの 3 種は 27 RVU と小さく、ソフト 158 は 48 RVU、そして北陸 153 号は 77 RVU と日本晴・夢十色に近い値であった。

以上、米澱粉の粘度測定から、低アミロース米の澱粉は高粘度でブレイクダウンが大きく、セットバックの小さい粘度特性を示した。しかしアミロース含量 7.3% のミルクークイーンは高アミロースの夢十色に似た粘度曲線を示した。

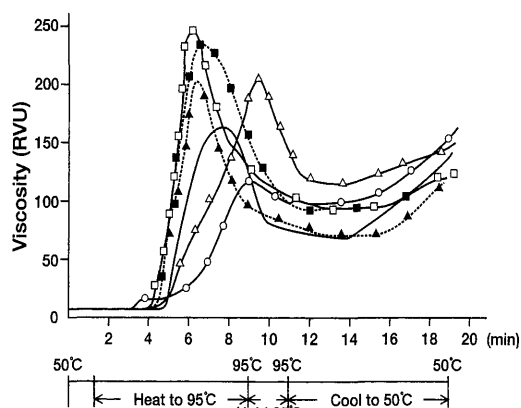
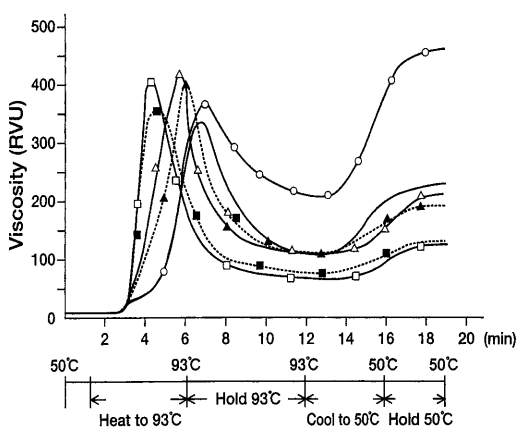


Fig. 3. Viscograms of various rice starches measured by a rapid visco-analyzer.

—, Nipponbare; □, Snow Pearl; ■, Ou 354; △, Milky Queen; ▲, Soft 158; ○, Yumetoiro.

Table 3. Viscogram properties of rice starch measured by a rapid visco-analyzer.

Sample	Gelatinization temperature (°C)	Maximum viscosity		Minimum viscosity (RVU)	Break-down (RVU)	Viscosity of cooled at 50°C (RVU)	Setback (RVU)
		(RVU)	(°C)				
Nipponbare	68.9	166	85.7	70	96	142	72
Snow Pearl	67.1	244	77.5	95	149	122	27
Ou 354	67.3	232	79.9	93	139	120	27
Milky Queen	70.5	203	94.6	118	85	145	27
Soft 158	66.1	202	78.0	76	126	124	48
Hokuriku 153	68.4	160	80.6	64	96	141	77
Yumetoiro	66.4	118	93.3	97	21	155	58

**Fig. 4.** Viscograms of various rice flour measured by a rapid visco-analyzer.

—, Nipponbare; □, Snow Pearl; ■, Ou 354; △, Milky Queen; ▲, Soft 158; ○, Yumetoiro.

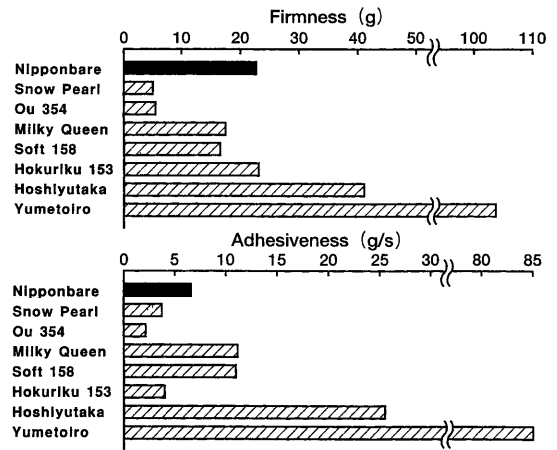
2) 米粉の粘度特性

RVAにより得られた米粉の粘度曲線を Fig. 4に示した。低アミロース米4種は最高粘度が高く、ブレークダウンが大きく、冷却50°Cでの粘度は低い値を示し、セットバックは小さいなどの結果を示した。これらは米澱粉と同様の傾向であり、高アミロース米の夢十色の最高粘度・冷却時の粘度・セットバックがともに高い特異的な図形とは明らかに異なっていた。

6. 米粉糊の物性

1) 低温保存が米粉糊の物性に及ぼす影響

テンシプレッサーで得られた米粉糊の硬さと付着性を Fig. 5に示した。この図から調製直後の米粉糊は、低アミロース米のスノーパールと奥羽354号は近似の硬さを示して軟らかく付着性の小さい糊であり、ミルキークイーンとソフト158は日本晴に比べて軟らかく付着性の大きい糊であった。北陸153号の硬さは日本

**Fig. 5.** Firmness and adhesiveness of rice flour paste measured by a Tensipresser.

晴に近いが付着性は小さく、夢十色とホシユタカは硬く、べたつきのある糊であった。そしてこれら米粉糊の硬さは、RVAによる米粉の冷却50°Cの粘度と同様の傾向であった。

低温保存が米粉糊の物性に及ぼす影響は、5°Cで2時間、1日間、7日間冷蔵保存、または7日間冷蔵保存した後・室温に1時間放置したときの硬さの変化として Fig. 6に示した。この図からわかるように、低アミロース米4種はいずれも、低温保存時の硬さは他の米に比べて変化が少なく、老化しにくいことを示した。大粒で多収米の北陸153号は日本晴に近似し、高アミロース米の夢十色はゲルを形成し、硬さの増加が著しく、ホシユタカが次いで変化が大であった。

以上、米粉糊の物性から、アミロース含量の低い米ほど軟らかく、また低温保存による硬さの変化が少ないなど、低温での貯蔵安定性に優れていることが示された。高アミロース米の夢十色の硬さは大きく、ま

た、低温に保存した際の硬さの増加が顕著で老化しやすく、これはゲル化剤としての利用に期待できる。日本晴はこれらの中間の値であるなど、アミロース含量と米粉糊の硬さには正の相関が認められた。

要 約

低アミロース米の理化学的性質を知る目的で、ゲル濾過法によるアミロース含量およびアミロペクチンの

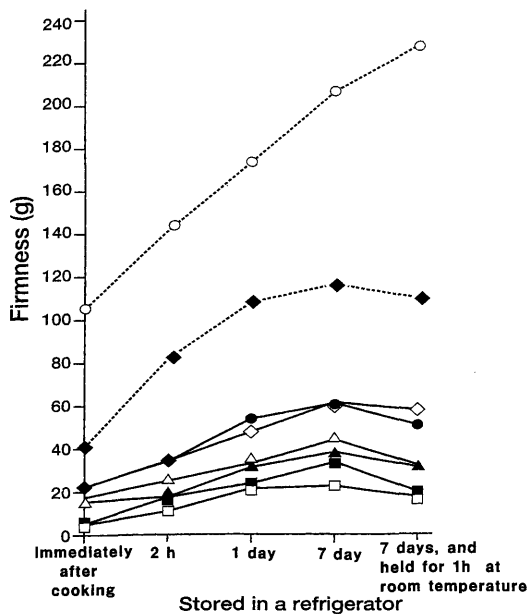


Fig. 6. Influence of storage temperature and time on firmness of rice flour gel.

●, Nipponbare; □, Snow Pearl; ■, Ou 354; △, Milky Queen; ▲, Soft 158; ◇, Hokuriku 153; ◆, Hoshiyutaka; ○, Yumetoiro.

鎖長分布を求めた。また、フォトペーストグラフィーによる透光度、ラピッドビスコアナライザーによる粘度および糊の物性から、米澱粉の糊化・老化特性を検討した。

1) ゲル濾過法により求めた低アミロース米のアミロース含量は4.3–9.6%であり、スノーパールが4.3%と最も低く、奥羽354号が4.4%、ミルクークイーンが7.5%、ソフト158が9.6%と日本晴の17.1%に対し、いずれも10%以下であった。

2) 低アミロース米のアミロペクチンの長鎖長区分であるFr. IIの値は24.0–26.3%を示し、スノーパールが大であり奥羽354号、ミルクークイーンそしてソフト158の順に大きい値であった。アミロペクチンの短鎖長区分Fr. IIIの値は66.4–69.8%と低アミロース米4種は大きい値を示した。物性と関連があるといわれているFr. III/Fr. IIの値は低アミロース米は2.6–2.8と小さく、インディカ系の米は3.2–3.3と日本晴より大きい値であった。

3) フォトペーストグラフィーによる透光度とアミロース含量との間に負の相関が認められ、スノーパールは2段階膨潤を示さず、モチ澱粉型の高い透光度を示し、低アミロース米4種のアミロース含量と膨潤・糊化との関連を明らかに捉えることができた。

4) ラピッドビスコアナライザー (RVA) による米澱粉の粘度特性から、低アミロース米4種の最高粘度は高く、ブレイクダウンが大きく、冷却50°Cにおける粘度が低いなど、良食味米澱粉の特徴的粘度曲線を示した。アミロース含量と最高粘度・ブレイクダウンには負の相関が、冷却50°Cにおける粘度には正の相関が認められた。

5) 米粉糊の硬さは、米澱粉の最高粘度と負の相関を示し、米粉および米澱粉の冷却50°Cの粘度および

Table 4. Viscogram properties of rice flour measured by a rapid visco-analyzer.

Sample	Gelatinization temperature (°C)	Maximum viscosity		Minimum viscosity (RVU)	Break-down (RVU)	Viscosity of cooled at 50°C (RVU)	Setback (RVU)
		(RVU)	(°C)				
Nipponbare	69.3	330	92.6	104	226	222	118
Snow Pearl	68.4	407	82.5	66	341	124	58
Ou 354	68.1	353	84.5	75	278	125	50
Milky Queen	69.3	411	92.5	105	306	199	94
Soft 158	70.1	383	92.7	99	284	182	83
Hokuriku 153	71.4	397	92.7	124	273	229	105
Hoshiyutaka	68.0	280	92.7	135	145	362	227
Yumetoiro	66.5	359	92.6	205	154	455	250

セットバックと正の相関を示した。

6) 低アミロース米の米粉糊は低温保存による硬さの変化が少なく、低温貯蔵安定性に優れていた。

本報告は平成6年より発足した、農林水産省の「次世代稲作技術構築のための研究」プロジェクトの一環として行ったものであり、同研究プロジェクトの委託研究費を研究費の一部として使用いたしました。貴重な試料をご提供下さいました、農林水産省農業研究センター・東北農業試験場・北陸農業試験場ならびに中国農業試験場に謝意を表します。

文 献

- 1) 藤巻 宏：“米”の高付加価値化をめざしてスーパーライス計画の全容。食品と開発，**24**，32-35 (1989)。
- 2) 大坪研一：「美味しい米」第2巻，橋淵欽也監修，(社)農林水産技術情報協会，東京，p. 118 (1996)。
- 3) 不破英次，朝岡正子，新谷宏高，重松利典，大柴正之，井ノ内直良：新形質米胚乳澱粉の性質—巨大胚米，香り米，高アミロース米，低アミロース米，大粒米について—。日食工誌，**41**，413-418 (1994)。
- 4) 朝岡正子，高橋慶一，中平 健，井ノ内直良，不破英次：新形質米胚乳澱粉の構造特性—1990,91年産うるち米について—。応用糖質科学，**41**，17-23 (1994)。
- 5) 内藤成弘，小川紀男：新形質米の食味特性プロフィール 第3報 平成3年産米。農水省食品総合研究所報告，**59**，33-41 (1995)。
- 6) 豊島英親，岡留博司，吉崎 繁，木村俊範，大坪研一：各種新形質米の物理化学特性評価。日食科工誌，**46**，123-130 (1999)。
- 7) 山田博治，笹川信夫，北沢 潤：新形質米の米菓加工適性—アミログラム特性と米菓生地膨化性の関係—。日食工誌，**40**，278-286 (1993)。
- 8) 小林明晴，鈴木保宏，小林 陽，三浦清之，大坪研一：北陸地域の新形質米の品質特性。日食科工誌，**45**，484-493 (1998)。
- 9) 高橋節子：新形質米の調理特性。食生活総合研究会誌，**2**，11-19 (1991)。
- 10) 内藤文子，高橋節子：新形質米の調理科学的研究 (第4報)—各種調理飯の物性および食味特性—。共立女子大学家政学部紀要，**40**，73-78 (1994)。
- 11) S. Takahashi, M. Ebihara and K. Kainuma: Properties and gel characteristics of flour and starch obtained from newly developed rice cultivars. *J. Home Econ. Jpn.*, **49**, 235-241 (1998)。
- 12) 高橋節子，杉浦智子，内藤文子，貝沼圭二：米の食味と米澱粉の構造。応用糖質科学，**45**，99-106 (1998)。
- 13) 山本和夫，沢田澄恵，小野垣俊雄：アルカリ法による米澱粉の調製とその性状について。澱粉科学，**20**，99-104 (1973)。
- 14) S. Lansky, M. Kooi and T.J. Schoch: Properties of the fractions and linear subfractions from various starches. *J. Chem. Soc.*, **71**, 4066-4075 (1949)。
- 15) 貝沼圭二：「澱粉・関連糖質実験法」，中村道徳・貝沼圭二編，学会誌刊行センター，東京，p. 90 (1986)。
- 16) 貝沼圭二，山本和男，鈴木繁男，高谷友久，不破英次：米澱粉の構造と物性に関する研究 (第4報) 分級馬鈴薯澱粉の構造および利用特性。澱粉科学，**25**，3-11 (1978)。
- 17) M. Dubois, K.A. Gilles, J.K. Hamilton, P.A. Rebers and F. Smith: Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Anal. Chem.*, **28**, 350-356 (1956)。
- 18) M. Somogyi: A new reagent for the determination of sugars. *J. Biol. Chem.*, **160**, 61-68 (1945)。
- 19) N. Nelson: A photometric adaptation of the Somogyi method for the determination of glucose. *J. Biol. Chem.*, **153**, 375-380 (1944)。
- 20) 貝沼圭二，小田恒郎，吹野弘武，谷田光平，鈴木繁男：フォトペーストグラフィーによる澱粉粒の糊化現象の追跡 (第2報) フォトペーストグラフィーにおける澱粉粒の糊化開始点の解析。澱粉工誌，**16**，54-60 (1968)。
- 21) L.B. Deffenbaugh and C.E. Walker: Comparison of pasting in the properties in the brabender visco-amylograph and the rapid visco-analyzer. *Cereal Chem.*, **66**, 493-499 (1989)。
- 22) 内藤文子，杉浦智子，高橋節子：米の種類と澱粉の性状。共立女子大学家政学部紀要，**40**，79-83 (1994)。

(1999年11月30日受付；2000年3月31日受理)