

うるち米デンプン老化の迅速評価の検討(Ⅱ)*

武山 進一**

米粉のデンプン老化しやすさの迅速評価として、シート状モデル団子(加水率50%)を調製し、その冷蔵処理品の動的粘弾性測定ならびにDSC熱分析による評価の検討を行なっている。本報告では、評価対象をアミロース量の異なるうるち米8品種での検討を実施した。その結果、低～高アミロース米のデンプン老化に伴う特性を確認するとともに、4～6時間処理で老化程度の迅速評価が可能であることを確認した。

キーワード：デンプン、老化、うるち米、迅速評価、熱分析、動的粘弾性測定

Rapid evaluation of starch retrogradation for non-glutinous rice (Ⅱ)

TAKEYAMA Shinichi

Keywords: starch, retrogradation, non-glutinous rice, rapid evaluation, differential scanning calorimetry, dynamic viscoelasticity measurement

1 はじめに

前報において冷凍団子製品のデンプン老化に関する迅速評価の検討を行なった。方法としては、団子の老化現象を再現すべく実際の団子製品に近い加水量でモデル団子を調製し、物性変化を動的粘弾性測定で、老化に伴うデンプンの再結晶化をDSC熱分析により評価した。

その結果、DSC熱分析での明らかなデンプンの老化の確認には、一定温度(0℃、5℃)6時間冷蔵で評価可能であること、緩慢冷蔵(6～-1℃、3回反復)によりさらに時間短縮出来る可能性も報告し、またを動的粘弾性測定による $\tan \delta$ 評価も老化の指標となることも確認した。

うるち米のデンプンは直鎖状のアミロースと分岐鎖構造を持つアミロペクチンの2成分から構成されており、その構成成分の差により糊化・老化は影響を受ける。そこで本研究では、アミロース量が異なる複数のうるち米品種を対象とする検討を実施した。

2 実験方法

2-1 試料

評価用試料米として、アミロース量の異なる8品種を使用した。低アミロース米としては、スノーパール、ミルキークイーンの2品種、中アミロース米としては、岩手県内でも栽培されているひとめぼれ、あきたこまちと、岩手県外で栽培されている日本晴、こしひかりの計4品種、そして高アミロース米として、夢十色、ホシユタカの2品種を使用した。収穫年は夢十色のみ平成30年産で、それ以外はすべて令和元年産で、すべて直前1か月以内に精米された市販品を購入した。

2-2 米粉の調製

乾式気流粉碎機SPM-R200((株)西村機械製作所製)を用い周波数40Hzにて米粉に調製した。

2-3 米粉の品質調査

粒度は、レーザー回折式粒度分布測定装置Mastersizer S (Type MAM5005) (Malvern社製)を用い、湿式法(分散媒:エタノール)で粒度分布測定を行った。

損傷デンプン量とアミロース量の測定は、それぞれ損傷デンプン分析キット、アミロース/アミロペクチン分析キット(いずれもメガザイム社製)を用いて行った。

2-4 モデル団子の調製

米粉6gに加水率50%に相当する水を添加し混合後、ラップに移し更に全体を均一にして団子生地約12gとし、前報と同様にモデル団子を調製した。

2-5 モデル団子の冷蔵処理条件

緩慢冷蔵処理は、モデル団子を動的粘弾性測定装置にセットした状態で、6℃から-1℃の間を5分毎に1℃ずつ降温および昇温させる温度制御を3回繰り返した(所要時間4時間20分)。なお、試料台全体を発泡スチロールカバーで覆うことで、結露及び試料の乾燥対策を行った。

一定温度での冷蔵処理条件は、モデル団子を0℃に設定した低温インキュベーターで4、及び6時間冷蔵保存した。

2-6 物性測定

モデル団子は、動的粘弾性測定装置AR-G2(TA Instruments社製)を用い、前報と同様の条件で貯蔵弾性率(以下、弾性率) G' 、損失弾性率(以下、粘性率) G'' を測定し、それらから損失正接 $\tan \delta$ (=粘性率 G'')

* 平成31年度 技術シーズ創成研究事業 育成ステージ

** 食品技術部

／弾性率 G') を算出した。

2-7 熱分析測定条件

熱分析用のモデル団子粉末は前報と同様に調製した。調整した粉末試料約 30mg に、加水率 70%相当の水を添加混合後、その 10mg 程度を DSC 用 3 気圧対応アルミ容器 (ネッチ社製) に精秤し、専用プレス機で密封して DSC 測定試料とした。これを示差走査熱量計 DSC204 (ネッチグレイテバウ社製) を用い、15°C で 8 分間保持後、毎分 5°C で 100°C 迄昇温し、100°C で 3 分保持する加熱条件により、試料中のデンプンの老化度合に相当する、老化デンプンの再糊化時の吸熱量 (J/g) を測定 (n=3) した。

3 結果及び考察

3-1 試料の調製と品質特性調査

製粉後の 8 品種の米粉のアミロース量、損傷デンプン量、平均粒径の測定結果を表 1 に示す。

老化の進行に影響を与える損傷デンプン量は、アミロース量に違いのある品種間でも大きな違いは無かった。粒径に関しては、高アミロース米 2 品種 (夢十色、ホシユタカ) の平均粒径が他より若干小さい傾向が確認され、米粒が他の品種よりも硬く脆い高アミロース米の特徴によると考えられた。

3-2 DSC 熱分析による迅速評価

緩慢冷蔵 (6~-1°C×3 回)、0°C 4 時間、および 0°C 6 時間冷蔵したモデル団子試料の DSC 熱分析測定結果を表 2 に示す。

8 品種の老化したデンプンの再糊化に要する吸熱量は、0°C 6 時間冷蔵処理で 0.35~1.25J/g の範囲で差が現れた。高アミロース米である夢十色、ホシユタカの吸熱量は 1J/g 前後の高値であったが、中アミロース米である日本晴、コシヒカリもそれらと同等の吸熱量であったこと、また低アミロース米であるミルキークイーンに関しても中アミロース米であるひとめぼれ、あきたこまちよりも吸熱量が高かったことは、意外な結果であった。うるち米デンプンの老化は、一般にアミロース量の影響を受けることが知られており¹⁾、今回の検討でも低アミロース米より高アミロース米が老化し易い傾向が見られたが、中アミロース米ではバラツキが見られた。デンプン老化にはアミロペクチン側鎖長が影響すると報告¹⁻²⁾されており、そちらの検討も必要であると思われた。

広範な品種の米粉を対象としたデンプン老化の迅速な評価には、明確な吸熱量 (概ね 0.3J/g 以上) が得られる 0°C 6 時間冷蔵が必要であり、高アミロース米等の吸熱量が大きい品種の場合は 0°C 4 時間冷蔵での評価も可能であると思われた。

DSC 熱分析によるデンプン老化の迅速評価では、前報にて緩慢冷蔵処理 (6~-1°C×3 回、所要時間約 4 時間) が 0°C 6 時間冷蔵と同等の老化促進効果が期待できたことを報告しているが、今回の 8 品種を対象とした検証では、この条件による効果は確認されず、更なる短縮には各々の試料による検討が必要と思われた。

表 1 調整した米粉試料の品質調査結果

品種	原産地	収穫年度	アミロース(%)	損傷澱粉(%)	平均粒径 (μm)
スノーパール	秋田県	R1	7.6	8.4	77.4
ミルキークイーン	新潟県	R1	8.7	8.1	74.8
ひとめぼれ	岩手県	R1	17.3	9.1	81.5
あきたこまち	秋田県	R1	17.5	8.9	81.8
コシヒカリ	新潟県	R1	15.7	8.2	76.4
日本晴	滋賀県	R1	19.3	8.3	77.4
夢十色	岡山県	H30	20.7	8.4	66.8
ホシユタカ	佐賀県	R1	23.3	9.5	66.5

表 2 DSC 熱分析測定結果

品種	(単位: J/g)		
	緩慢冷蔵	0°C・4時間	0°C・6時間
スノーパール	trace	trace	0.35
ミルキークイーン	trace	0.20	0.72
ひとめぼれ	0.19	0.16	0.49
あきたこまち	0.17	trace	0.35
コシヒカリ	0.17	0.47	1.01
日本晴	0.32	0.37	1.25
夢十色	0.39	0.86	1.08
ホシユタカ	0.49	0.54	0.91

* trace : < 0.15J/g

(n = 3)

3-3 動的粘弾性測定による迅速評価

8 品種のモデル団子を 0°C で冷蔵保存した場合の動的粘弾性測定結果として、損失正接 $\tan \delta$ (=粘性率 G'' ÷ 弾性率 G') の経時変化を図 1 に、またそれぞれの開始時点の $\tan \delta$ 値を基準 (100%) とした $\tan \delta$ 比 (%) の経時変化を図 2 に示す。

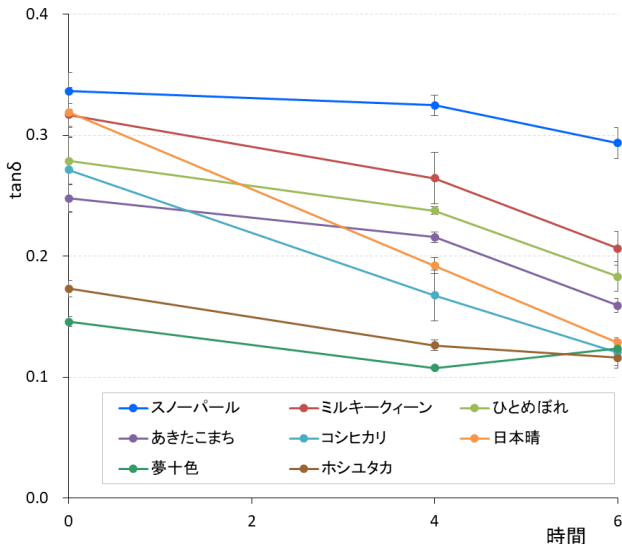


図 1 モデル団子 0°C 冷蔵処理品の $\tan \delta$ 測定結果 (n=3)

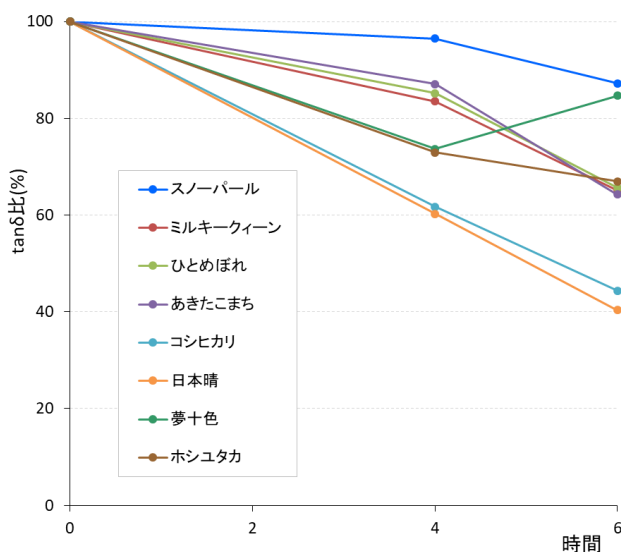


図 2 モデル団子 0°C 冷蔵処理品の $\tan \delta$ 比 (%)

前報では蒸し直後の $\tan \delta$ 値 0.3 前後から、0°C 6 時間保存で $\tan \delta$ 値 0.2 程度まで ($\tan \delta$ 比 66%) 低下し、デンプン老化に伴う物性変化は、 $\tan \delta$ の値の低下として現すことができた。今回の結果も、低アミロース米は 0°C 6 時間冷蔵後の $\tan \delta$ 値が、スノーパールでは 0.34→0.29 ($\tan \delta$ 比 87%) の低下に留まったが、ミルキークイーンでは、0.32→0.21 (同 65%) まで低下し、両者に違いが見られた。

また、中アミロース米の $\tan \delta$ 変化は、ひとめぼれでは 0.28→0.18 ($\tan \delta$ 比 66%)、あきたこまちでは 0.25→

0.16 (同 64%) の低下であったのに対し、コシヒカリは 0.27→0.12 (同 44%)、日本晴は 0.32→0.13 (同 40%) と大きくしかも直線的に低下したことから、違いがみられた。低アミロース米や、中アミロース米での品種間のこれらの違いは 0°C 6 時間冷蔵の DSC 吸熱量 (表 2) の増加傾向とほぼ一致するもので、 $\tan \delta$ の低下はデンプンの老化程度を反映していた。

高アミロース米である夢十色、ホシユタカの場合は、0°C 4 時間冷蔵後の $\tan \delta$ 変化がそれぞれ、0.15→0.11 ($\tan \delta$ 比 74%)、0.17→0.13 (同 73%) であったが、6 時間後の $\tan \delta$ は更に低下してはいなかった。DSC 吸熱量 (表 2) は両品種とも 4 時間後～6 時間後の間に増加していることを考えると、この間の $\tan \delta$ 変化はデンプン老化の進行を示すものでないと思われた。夢十色、ホシユタカの 0°C 6 時間後のモデル団子は、硬くなり過ぎ、今回の動的粘弾性測定条件での測定範囲から外れたものと考えられる。高アミロース米の場合、開始時 (蒸し直後) の $\tan \delta$ 値が既に充分低いことを考慮し、0°C 4 時間での評価にとどめるか、モデル団子調製時の加水率を上げる等の対策が必要と考えられた。

4 結 言

デンプン老化の迅速評価を目的とし、実製品を想定したモデル団子 (加水率 50%) 調製とその冷蔵保存処理での評価法について、アミロース量の異なるうるち米 8 品種による検討を行ない、以下の結果を得た。

(1) DSC 熱分析によるデンプン老化評価では、高アミロース米品種と一部の中アミロース米品種で 0°C 6 時間保存後の吸熱量が 1J/g 前後に達し、そのような品種においては 0°C 4 時間保存後での評価が可能であった。

なお、今回の緩慢冷蔵 (6～1°C×3 回) 条件では、0°C 4 時間冷蔵時の吸熱量との差が認められず、時間の短縮は出来なかった。

(2) 動的粘弾性測定によるデンプン老化評価では、品種毎に 0°C 冷蔵時の $\tan \delta$ 変化 (低下傾向) の違いを確認するとともに、低～高アミロース米いずれの品種においても老化進行の簡易評価が可能であることを確認した。

謝 辞

試料調製において、気流粉碎機 (乾式) による製粉処理を担当していただきました、府金製粉 (株) 府金 慶様に感謝いたします。

文 献

- 1) 不破英次, 小巻利章, 檜作進, 貝沼圭二編集: 澱粉科学の事典, p193, 朝倉書店 (2003)
- 2) K. Okamoto, K. Kobayashi, H. Hirasawa, T. Umemoto: *Plant Prod. Sci.*, **5**, p45-50 (2002)