

加温浸漬による米飯の品質改変

新井 映子, 清水智恵子*, 渡辺 道子**

(島根大学教育学部, * フジパン (株), ** 東京学芸大学教育学部)

平成9年1月13日受理

Quality Improvement of Cooked Rice by Hot-Water Soaking

Eiko ARAI, Chieko SHIMIZU* and Michiko WATANABE**

Faculty of Education, Shimane University, Matsue 960

** Fuji Bread Company, Ichikawa 272-01*

*** Faculty of Education, Tokyo Gakugei University, Koganei 184*

Rice grains soaked in water at 60°C and then cooked in water of 1.6-times the grains' weight became sticky. A series of reaction is proposed to explain the phenomenon: The endosperm cell walls were partially hydrolyzed at 60°C by glucanases of rice origin to liberate starch granules, and, as a result, the liberated starch was sufficiently gelatinized during cooking. In the soaking process, the enzymes in the rice grain also hydrolyzed starch to produce mono- and oligosaccharides. The resulting saccharides added the preferred sweet taste to the cooked rice.

(Received January 13, 1997)

Keywords: rice cooking 炊飯, hot-water soaking 加温浸漬, endosperm cell wall 胚乳細胞壁, enzyme 酵素, gelatinization 糊化, texture テクスチャー.

1. 緒 言

大量米を炊飯した米飯は、少量米を炊飯した米飯よりも食味が優るといわれている。少量米の炊飯では、沸点到達までの時間が短いために米の温度上昇は急速であるが、大量米ではその時間が延長されるために、米の温度上昇は緩慢になると推察される。このことから、両米飯食味の違いは、沸点到達までの米の加温状態の違いにあると考えられる。

本研究は、米の加温浸漬が米飯の品質に与える効果を明らかにするとともに、その発現機序を解明することを目的とした。

2. 実験方法

(1) 供 試 米

アルミナコーティングのポリエチレン袋に封入し、1年間冷蔵保存した広島県産アキヒカリを使用した。

(2) 大量米と少量米の炊飯および炊飯過程の温度測定

大量米の炊飯には供試米 1,450 g を、少量米には 290 g を使用した。米を 3.5 倍量の水で 3 回洗浄した

後、乾燥重量の 1.5 倍量の水 (20°C) を加え、20°C で 1 時間浸漬した。浸漬後、大量米の炊飯には 1.8 l 用電気炊飯器 (東芝, RC-189) を、少量米には 0.27 l 用電気炊飯器 (松下電器産業, SR-3 F) を使用した。

ふたのつまみ部分を外して挿入した電子温度計 (Hi-oki Temperature Hi Tester) により、通電直後から沸点に至るまでの釜中心部の温度を測定した。

(3) 米の加温浸漬および炊飯

供試米 (145 g) に 40, 50 および 60°C の温水 (200 g) または 20°C の水 (200 g) を加え、所定温度に保持しながら 1 時間浸漬した。浸漬後、液を捨てて水 (20°C, 500 g) を加えて洗米し、洗液を捨てた。この操作を 2 回繰り返した後、乾燥重量の 1.5 倍量の温水 (40, 50 および 60°C) または水 (20°C) を加え、電気炊飯器 (松下電器産業, SR-3 F) で炊飯した。

(4) 浸漬液の採取

(3) と同様の方法で、供試米を浸漬した。浸漬後、液と米とをステンレス製のふるいで分離し、得られた液を遠心分離後、上清を濾紙 (アドバンテック, No. 2) で濾過して浸漬液を得た。

(5) 米飯テクスチャー

Okabe (1979) の方法に準じて、テクスチュロメーター (General Foods, GTX-2) による 3 粒法で測定した。測定項目は硬さ、粘りおよび粘り/硬さとした。測定条件は以下のとおりである。試料、米飯 3 粒；品温、30℃；プランジャー、ルサイト製円筒（直径 18 mm）；クリアランス、0.2 mm；圧縮速度、6 回/分。

(6) タンパク質量

Protein assay kit (Bio-Rad, Kit I) を使用する色素結合法 (Bradford 1976) によった。

(7) 還元糖量

Somogyi (1952) と Nelson (1944) の方法によった。

(8) 全糖量

フェノール-硫酸法 (Dubois *et al.* 1956) によった。

(9) でんぷん遊離量

前報 (Arai *et al.* 1993) に準じた。浸漬液をトリフルオロ酢酸（終濃度、2 N）中で 100℃、4 時間加水分解した後、(7) の方法で全還元糖を定量した。全還元糖量と (7) で得られた遊離還元糖量の差に 0.9 (Fraser and Hoodless 1963) を乗じて、でんぷん遊離量とした。

(10) 固体 ^{13}C -NMR

CP-MAS 法 (Heyes and Dobson 1990) によった。測定条件は以下のとおりである。装置、OBNUC 13 C (270 MHz, 日本電子)；コンタクトタイム、2 ミリ秒；パルス繰り返し時間、10 秒。積算回数、6,028。

(11) 糖質の分子量分布

浸漬液の凍結乾燥物 (10 mg) を水に溶解し、Bio-Gel P-2 によるゲル濾過に供した。ゲル濾過の条件は以下のとおりである。カラム、2×75 cm；溶出液、水；流速、0.5 ml/分；分画、3.3 ml/分画。分画後、フェノール-硫酸法で発色させ、490 nm の吸収を測定した。分子量マーカーにはマルトヘプタオース (MW 1,153)、マルトテトラオース (MW 667)、マルトース (MW 360) およびグルコース (MW 180) を使用した。

(12) 糖質の構成糖分析

(11) で得られた多糖および単糖・オリゴ糖画分を、10 mM リン酸緩衝液 (pH 6.5) で平衡化した DEAE-セルロースカラム (2×5 cm) に通して除タンパク質した後、塩酸（終濃度、2 N）中で 100℃、24 時間加水分解した。分解後、塩酸を減圧留去して水に溶解し、強塩基性陰イオン交換樹脂カラムによる高速液体クロマトグラフィー（以後 HPLC と略す）に供した。

HPLC の条件は以下のとおりである。カラム、Finepak SIL NH₂-5 (日本分光)；移動相、アセトニトリル/水 (70/30)；流速、1 ml/分；カラム温度、40℃；検出、示差屈折計。

(13) 胚乳細胞壁画分の調製

Shibuya and Iwasaki (1978) の方法に従った。供試米を脱脂米粉 (Shibuya *et al.* 1985) とした後、40 g を還流冷却器を付けたフラスコに入れ、80% メタノール (800 ml) を加えて、沸点で 1 時間加熱した。加熱後、遠心分離して上清を捨て、沈澱物に 1% ドデシル硫酸ナトリウム-1% メルカプトエタノール溶液 (1,000 ml) を加えて 12 時間緩やかに攪拌し、タンパク質を抽出した。遠心分離後、上清を捨てて沈澱物を水洗し、90% ジメチルスルホキシド (800 ml) を加えて超音波を 5 分間照射した。12 時間緩やかに攪拌してでんぷんを溶解後、遠心分離して上清を捨て、沈澱物を水洗した後、凍結乾燥して胚乳細胞壁画分の乾燥物 (75 mg) を得た。乾燥物を走査型電子顕微鏡で観察（倍率 1,000 倍）し、でんぷん粒が残存していないことを確認した。

(14) 細胞壁分解酵素の抽出

20℃ の流水で 12 時間洗浄した供試米 (100 g) に PBS (10 mM phosphate buffered saline, 300 ml) を加え、3 分間ホモジナイズした後、4℃ で 1 時間攪拌抽出した。遠心分離して得た上清をフィルター (0.45 μm) で濾過し、濾液を PBS に対して 24 時間透析して酵素抽出液を得た。

(15) 細胞壁分解酵素の温度依存性

胚乳細胞壁画分の凍結乾燥物 (20 mg) に (14) の酵素抽出液 (0.5 ml) を加え、50~70℃ で 1 時間反応させた。反応後、メタノール (2 ml) を加えて振とうし、遠心分離して上清を得た。上清に含まれる還元糖を (7) の方法で定量し、胚乳細胞壁 1 g から遊離した還元糖量 (mg) で示した。さらに、60℃ については、0.2 および 2.0 mM 硫酸銅を添加して同様に反応を行い、遊離した還元糖量を測定した。

(16) 細胞壁分解酵素反応生成物の分子量分布

胚乳細胞壁画分の乾燥物 (100 mg) に (14) で得られた酵素抽出液 (2.5 ml) を加え、60℃ で 30 分および 1 時間反応後、フィルター (0.45 μm) で濾過して濾液を得、(11) の方法でゲル濾過に供した。分子量マーカーには、インスリン B 鎖 (MW 3,500)、マルトヘプタオース (MW 1,153) およびグルコース (MW 180) を使用した。インスリン B 鎖については、280 nm の

加温浸漬による米飯の品質改変

吸収によって溶出位置を確認した。

(17) 米飯表面物質の単糖・オリゴ糖分析

前報 (Arai and Watanabe 1994) に準じて、炊飯直後の米飯 (20 g) に沸騰水 (200 ml) を加えて攪拌し、表面物質を抽出した。抽出液をガラスフィルター (柴田, 11 G 3) で吸引濾過して米飯粒を除去し、濾液をトリフルオロ酢酸 (終濃度, 2 N) 中 100℃, 4 時間加水分解した。分解後, トリフルオロ酢酸を減圧留去して水に溶解し, (12) の方法で HPLC 分析に供した。

(18) (1→3)- および (1→4)- β -D-グルカンの定性

グルスペシー (生化学工業) を使用する特異的比色法 (Saito *et al.* 1991) によった。

(19) 官能評価

10 名で構成された消費者パネルを用いた。官能評価は食糧研究所 (1961) の「米の食味試験」に準拠した。評価項目は米飯の光沢, 香り, 味, 硬さ, 粘りおよび総合評価の 6 特性とした。基準米飯の評価値を 0 とし, +5 から -5 の評定尺度で評価した。

(20) 統計解析

平均値の差の検定はスチューデントの *t*-test (Fisher 1958) によった。

3. 実験結果および考察

(1) 加温浸漬による粘り発現

大量米と少量米の炊飯では, 沸点到達までの米の加温状態が異なると推察される。大量米 (1,450 g) と少量米 (290 g) を炊飯して釜内の温度変化を記録した結果, 大量米の炊飯では沸点到達までに 33 分間の遅れが認められ, 少量米の炊飯よりも米が長時間加温状態にあることが確認された (図 1)。

米の加温浸漬が米飯の品質に与える効果について明らかにするために, 加温浸漬した米の米飯テクスチャーと主要浸出成分を常温浸漬米の米飯と比較した (表 1)。浸漬温度を 70℃ 以上にすると米粒表面のでんぷんが糊化し, その後の炊飯が困難となるため, 加温浸漬温度は 40, 50 および 60℃ の 3 段階とした。

加温浸漬米の米飯 (以後加温米飯と略す) は, 常温浸漬米の米飯 (以後常温米飯と略す) よりも 50 および 60℃ 浸漬で硬さが, 40, 50 および 60℃ 浸漬で粘りが, 60℃ 浸漬で粘り/硬さが, それぞれ有意に増加した。日本人に食味がよいと評価される米飯の粘り/硬さは, 0.20~0.25 の範囲にある (Okabe 1979)。常温浸漬では古米米飯に相当した粘り/硬さ (0.15) が, 60℃ 浸漬では良食味米飯に相当する 0.20 にまで改変

された。この改変効果は, 60℃ 浸漬によって粘りが顕著に増加したことに起因するため, 加温浸漬は粘り発現に寄与することが明らかとなった。

浸漬液に浸出した主要成分を測定した結果, 加温浸漬によってタンパク質および糖質の浸出が大となることがわかった。特に, 糖質は温度上昇に伴って浸出量が増加した。米飯の粘りは, 米粒表面のでんぷんが浸漬過程で米粒外へ流出し, 炊飯過程で糊化・膨潤することにより, 糊状物質が米飯表面を覆うことによって形成される (Arai *et al.* 1993)。粘りの増加は, 浸漬温度が高いほど顕著であることから, でんぷんを米粒内に固定している成分が加温浸漬によって可溶化し, でんぷんの流出を促進した結果, 米飯に粘りが発現したと推察した。

加温浸漬によって浸出する成分を特定するために, 常温で一夜流水洗浄して可溶性成分を除去した供試米を出発材料に使用して, 60℃ で浸出する成分を分析し

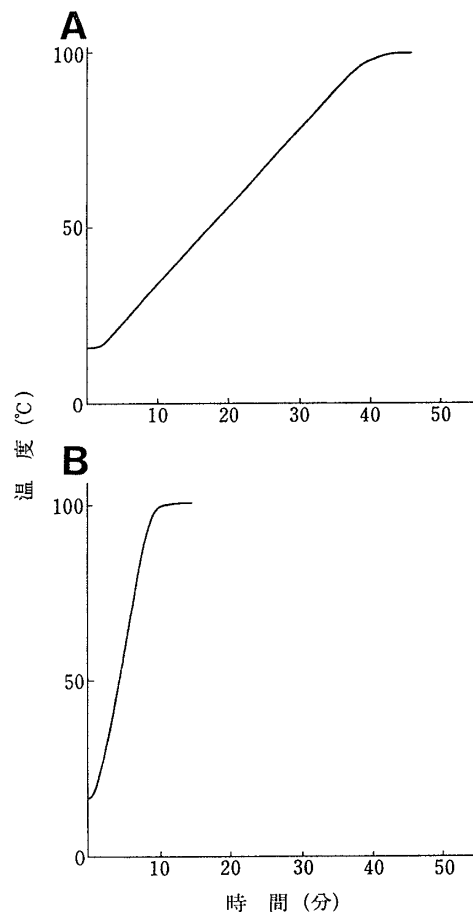


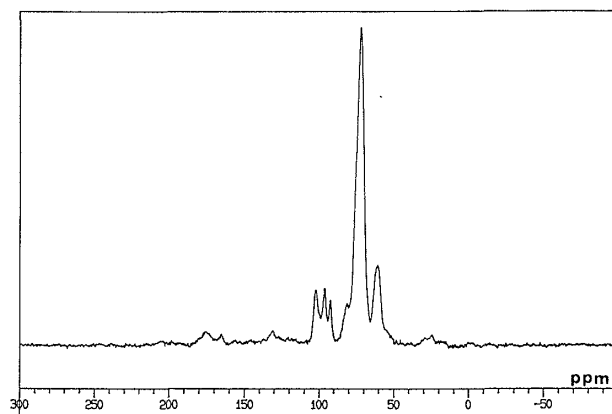
図 1. 大量炊飯および少量炊飯における沸点到達までの温度上昇曲線

A: 大量米 (1,450 g) 炊飯, B: 少量米 (290 g) 炊飯。

表 1. 米の加温浸漬が米飯テクスチャーおよび主要浸出成分に与える効果

	加温浸漬 (°C)			常温浸漬 ^a (°C)
	40	50	60	20
米飯テクスチャー特性値				
硬 さ (kg)	2.55±0.04	2.61±0.04	2.59±0.04 *	2.44±0.04
粘 り (kg)	0.49±0.02 **	0.51±0.03 **	0.54±0.03 ***	0.37±0.03
粘り/硬さ	0.19±0.01	0.19±0.01	0.20±0.01 *	0.15±0.02
浸漬液の主要浸出成分 ^b				
タンパク質 (mg)	18.6±0.8 *	18.6±0.9 *	18.4±1.0 *	16.0±1.0
糖 質				
でんぷん (mg)	28.0±1.0 ***	33.3±0.9 ***	55.2±0.7 ***	17.8±0.4
遊離糖 (mg)	11.9±0.9 ***	12.3±0.4 ***	17.6±0.4 ***	8.5±0.7

データは mean±S.E. ^a 統計解析の基準試料とした。基準 (常温浸漬) 値に対して 5, 1 および 0.1% 水準で有意差が認められたものを *, ** および *** で表した。 ^b 米 100 g からの値。

図 2. 60°C 浸漬液可溶性画分凍結乾燥物の ¹³C-NMR スペクトル

た。浸漬液の凍結乾燥物を 60°C の温水に再度溶解させたところ不溶性画分が生じたが、可溶性画分が約 80% であったため、以後、可溶性画分について分析を行った。

可溶性画分の凍結乾燥物を固体 ¹³C-NMR スペクトル分析に供した結果、タンパク質に帰属する 30~40 ppm のシグナルが微小で、70 ppm 付近のスペクトルが主ピークであったことから、主要成分の約 90% は糖質であることが確認された (図 2)。加温浸漬によって浸出する成分のほとんどは糖質であることが判明したので、以後、糖質について分析を行った。

ゲル濾過で糖質の分子量分布を測定した結果、主成分は分子量 1,000 以上の多糖画分と、単糖・オリゴ糖画分であった (図 3)。両画分を加水分解して HPLC で構成糖を分析した結果、両画分ともに主構成糖はグ

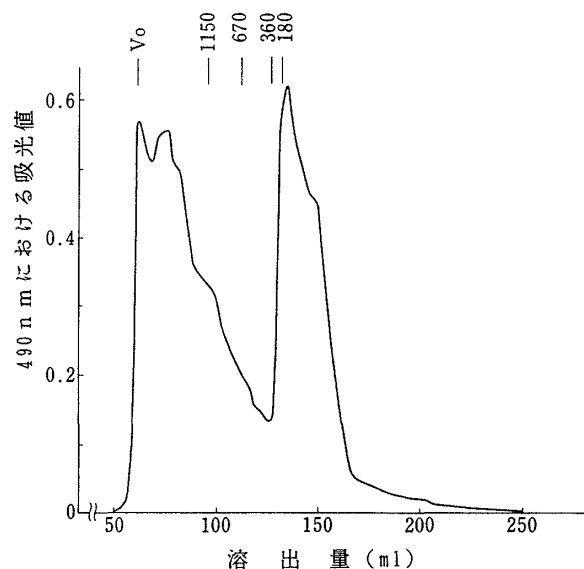


図 3. 60°C 浸漬液可溶性画分の糖質の分子量分布

ルコースであった。一夜流水洗浄して低分子量の可溶性物質を除去したにもかかわらず単糖・オリゴ糖画分が検出されたこと、両画分の主構成糖がグルコースであったことから、単糖・オリゴ糖画分は、多糖画分の酵素反応生成物であると推定した。

著者等 (Watanabe *et al.* 1991) は、でんぷんの流出を阻害する物質のひとつに、胚乳細胞壁があることを報告した。加温浸漬によって米内在性酵素が作用して、胚乳細胞壁を加水分解すれば、でんぷんの流出が促進されて、米飯に粘りが発現すると推察される。この仮説を検証するために、供試米から胚乳細胞壁画分を調製し、米の PBS 抽出物を 50~70°C で 1 時間作用

加温浸漬による米飯の品質改変

させた。その結果、50～65℃で還元糖が生成し、米内在性酵素によって胚乳細胞壁が加水分解されることが確認された（図4）。なお、硫酸銅を添加して60℃における作用を調べた結果、銅イオン存在下では還元糖の生成が著しく阻害された。最適作用温度が60℃付近（Chester and Bull 1963）にあること、反応生成物の主構成糖がグルコースであること、金属錯塩形成剤によって活性が阻害（Reese and Mandels 1959）されることから、還元糖生成に関与した酵素はグルカナーゼのような細胞壁分解酵素であり、胚乳細胞壁構成成分の（1→3）- および（1→4）- β -D-グルカン（Shibuya and Misaki 1978）が加水分解を受けたものと推察された。

細胞壁分解酵素による胚乳細胞壁の加水分解をさらに検討するために、酵素反応生成物の分子量分布をゲル濾過で測定した（図5）。60℃、30分間の反応で、分子量6,000以上の多糖が胚乳細胞壁画分より可溶化された。この画分は、（1→3）- および（1→4）- β -D-グルカン検出試薬に呈色（図は省略）したことから、これらのグルカンが加水分解を受けたことが定性的に確認された。60℃、1時間の反応では、多糖画分がさらに加水分解を受けて、単糖・オリゴ糖画分にまで分解することがわかった。

以上の結果より、米を加温浸漬すると、米内在性の細胞壁分解酵素の作用によって胚乳細胞壁が部分的に分解されることにより、でんぷんの米粒外への流出が促進されて、米飯に粘りが増すと結論した。

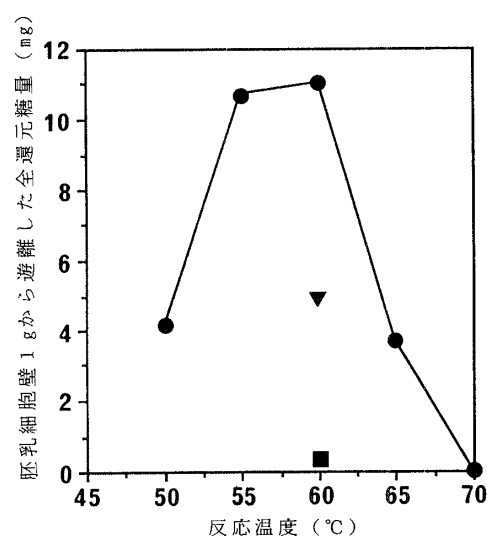


図4. 米内在性胚乳細胞壁分解酵素の温度依存性

▼, 0.2 mM CuSO₄ 存在下; ■, 2.0 mM CuSO₄ 存在下。

(2) 加温浸漬による米飯食味の向上

加温浸漬によって少量米炊飯の米飯食味を向上させるために、最適炊飯条件について検討した。米の浸漬温度は細胞壁分解酵素の最適作用温度である60℃に、浸漬時間は1時間に設定した。前述のように、米を60℃で加温浸漬し、乾燥重量の1.5倍加水で炊飯した加温米飯は、20℃で浸漬した常温米飯よりも粘りが増したが、硬さも増加した（表1）。これは、加温米飯では米粒表面のでんぷんの糊化・膨潤が促進されて、米粒内部へ水が拡散しにくくなったためと推察された。そこで加水量を1.6倍に増加させて沸騰継続時間を延長させたところ米飯が軟化し、粘り/硬さが0.22にまで上昇した（表2）。さらに、米飯表面に被膜を形成している表面物質の糖質を分析した結果、でんぷんおよび遊離糖量が常温米飯よりも増加していることがわかった（表3）。

1.6倍加水で炊飯した加温米飯の官能評価を、常温米飯を基準米飯として行った（表4）。香りのスコアにはほとんど差が認められなかったが、その他の評価項目はいずれもスコアが+となり、加温米飯は常温米飯よりも食味が向上していることが確認された。評価項目の中で、粘りと光沢の向上は流出でんぷん量の増加に起因すると考えられた。味の向上は、パネルらのコメントによると、甘味の増加によることが示唆された。

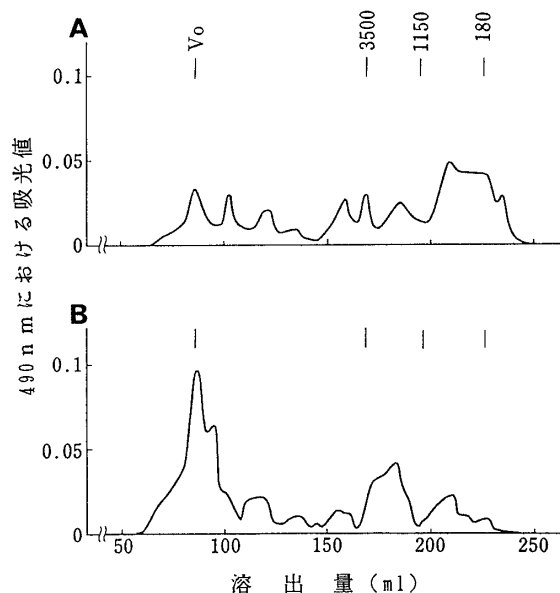


図5. 米内在性胚乳細胞壁分解酵素反応生成物の分子量分布

A: 60℃, 1時間反応, B: 60℃, 30分間反応。

加温米飯の甘味増加について検討するために、米飯表面物質の単糖・オリゴ糖類をHPLCによって分析し、常温米飯と比較した(表5)。常温米飯の表面物質に含まれる糖類は、グルコース、スクロースおよびマルトースが主成分であった。加温米飯では、グルコースとマルトースの増加とともに、マルトトリオースやマルトテトラオースなど重合度3から4のオリゴ糖類が顕著に増加した。田島等(1994)も、水漬温度が高いほど、米飯中のオリゴ糖が増加すると報告している。したがって、これら糖類の増加が米飯に甘味を付与し、食味を向上させたと推察された。

米内在性酵素の中には、でんぷん分解酵素も存在する(坂本と丸山1990)。米粒中の基質という点から考えると、胚乳細胞壁由来のグルカンよりも、でんぷんの方がはるかに多量である。したがって、加温浸漬により米飯の甘味が増加したのは、加温によりでんぷん分解酵素が活性化され、でんぷん由来の遊離糖が増加したことが主な要因であると考察される。それに加えて、胚乳細胞壁の部分的分解により、細胞内ででんぷんの水解により生じた遊離糖が細胞外に流出したこと

表2. 加水量の増加が加温浸漬米の米飯テクスチャーに与える効果^a

	加温浸漬 (60℃)
	1.6 倍加水
硬 さ (kg)	2.15±0.07 *
粘 り (kg)	0.54±0.01 ***
粘り/硬さ	0.22±0.01 ***

データは mean±S.E. ^a 表1に示した常温浸漬米飯の測定値を統計解析の基準試料とした。基準(常温浸漬)に対して5および0.1%水準で有意差が認められたものを、* および *** で表した。

表3. 加水量の増加が加温浸漬米飯表面物質の糖質量^aに与える効果

	加温浸漬 (60℃)	常温浸漬 ^b (20℃)
	1.6 倍加水	1.5 倍加水
でんぷん (g)	5.4±0.3 ***	3.8±0.3
遊離糖 (mg)	48.6±0.2 ***	19.7±0.4

データは mean± S.E. ^a 米飯 100 g からの値。 ^b 統計解析の基準試料とした。基準(常温浸漬)に対して0.1%水準で有意差が認められたものを *** で表した。

や、細胞外に漏出したでんぷん分解酵素が米粒外ででんぷんを分解したことなども考えられる。これらの結果を総合して、米を加温浸漬することにより、米飯テクスチャーの改変のみならず、味の改変も可能であると結論した。

4. 要 約

米の加温浸漬が米飯の品質に与える効果とその発現

表4. 加温浸漬米の米飯官能スコア^a

特 性	加温浸漬 (60℃)
	1.6 倍加水
光 沢 ^b	0.75±0.55
香 り ^c	-0.05±0.34
味 ^d	0.41±0.58
硬 さ ^e	1.09±0.51
粘 り ^f	1.73±0.58
総合評価 ^g	1.12±0.49

データはmean±S.E. ^a 1.5倍加水で炊飯した常温浸漬(20℃)米の米飯を基準試料(0)とした。 ^b 基準試料と比べて非常に光沢がある(+5)から非常に光沢がない(-5)までの評定尺度法。 ^c 基準試料と比べて非常によい(+5)から非常に悪い(-5)までの評定尺度法。 ^d 基準試料と比べて非常によい(+5)から非常に悪い(-5)までの評定尺度法。 ^e 基準試料と比べて非常にやわらかい(+5)から非常に硬い(-5)までの評定尺度法。 ^f 基準試料と比べて非常に粘りがある(+5)から非常に粘りが少ない(-5)までの評定尺度法。 ^g 基準試料と比べて非常に好ましい(+5)から非常に好ましくない(-5)までの評定尺度法。

表5. 米飯表面物質の単糖・オリゴ糖量^a(mg)

糖 類	浸漬温度 (℃)	
	20 ^b	60 ^c
グルコース	32.9	47.7
スクロース	29.2	27.7
マルトース	21.3	38.0
マルトトリオース	9.9	67.9
マルトテトラオース	7.3	75.0
マルトペンタオース	trace	9.9
マルトヘキサオース	trace	6.4
マルトヘプタオース	trace	6.2

^a 米飯 100 g からの値。 ^b 1.5 倍加水で炊飯。 ^c 1.6 倍加水で炊飯。

加温浸漬による米飯の品質改変

機序について検討した。

米を60℃で浸漬し、米重量の1.6倍加水で炊飯すると、米に内在する細胞壁分解酵素が胚乳細胞壁を部分的に加水分解するため、浸漬過程ででんぷんが米粒外に流出しやすくなり、炊飯過程ででんぷんの糊化・膨潤が促進されて、米飯に粘りが増した。

さらに、米内在性酵素は胚乳細胞壁のほかに、でんぷんの低分子化にも寄与すると推定されるため、でんぷんの加水分解物が米飯に甘味を付与し、官能的に好まれる米飯となった。

供試米を御恵与頂いた(株)佐竹製作所に、深甚なる謝意を表する。

引用文献

- Arai, E., and Watanabe, M. (1994) Low-Gelatinizability of Starch as a Factor Affecting the Quality of Cooked Rice, *Oyo Toshitsu Kagaku (J. Appl. Glycosci.)*, **41**, 193-196
- Arai, E., Aoyama, K., and Watanabe, M. (1993) Enzymatic Improvement of the Cooking Quality of Aged Rice: A Main Mode of Protease Action, *Biosci. Biotech. Biochem.*, **57**, 911-914
- Bradford, M.M. (1976) A Rapid and Sensitive Method for the Quantitation of Microgram Quantities of Protein Utilizing the Principle of Protein-Dye Binding, *Anal. Biochem.*, **72**, 248-254
- Chester, C.G.C., and Bull, A.T. (1963) The Enzymic Degradation of Laminarin 1. The Distribution of Laminarinase among Micro-Organisms, *Biochem. J.*, **86**, 28-31
- Dubois, M., Gilles, K.A., Hamilton, J.K., Rebers, P.A., and Smith, F. (1956) Colorimetric Method for Determination of Sugars and Related Substances, *Anal. Chem.*, **28**, 350-356
- Fisher, R.A. (1958) *Statistical Methods for Research Workers*, 13th ed., Hafner Publishing, New York, 122-128
- Fraser, J.R., and Hoodless, R.A. (1963) Calcium Chloride Starch-Dispersing Media, *Analyst*, **88**, 558-560
- Heyes, S.J., and Dobson, C.M. (1990) ^{13}C Cross-Polarization/Magic Angle Spinning and ^2H NMR Studies of the Structure and Dynamics of the (Deoxycholic Acid) $_2$ -Ferrocene Inclusion Compound, *Magn. Reson. Chem.*, **28**, S37-S46
- Nelson, N.J. (1944) A Photometric Adaptation of the Somogyi Method for the Determination of Glucose, *J. Biol. Chem.*, **153**, 375-380
- Okabe, M. (1979) Texture Measurement of Cooked Rice and Its Relationship to the Eating Quality, *J. Texture Stud.*, **10**, 131-152
- Reese, E.T., and Mandels, M. (1959) β -D-1, 3-Glucanases in Fungi, *Can. J. Microbiol.*, **5**, 173-185
- Saito, H., Yoshioka, Y., Uehara, N., Aketagawa, J., Tanaka, S., and Shibata, Y. (1991) Relationship between Conformation and Biological Response for (1 $\rightarrow$ 3)- β -Glucans in the Activation of Coagulation Factor G from Limulus Amebocyte Lysate and Host-Mediated Antitumor Activity. Demonstration of Single-Helix Conformation as a Stimulant, *Carbohydr. Res.*, **217**, 181-190
- 坂本 薫, 丸山悦子 (1990) 精白米 α -アミラーゼの精製とその性質, *澱粉科学*, **37**, 29-34
- Shibuya, N., and Iwasaki, T. (1978) Polysaccharides and Glycoproteins in the Rice Endosperm Cell Wall, *Agric. Biol. Chem.*, **42**, 2259-2260
- Shibuya, N., and Misiaki, A. (1978) Structure of Hemicellulose Isolated from Rice Endosperm Cell Wall: Mode of Linkages and Sequences in Xyloglucan, β -Glucan and Arabinoxylan, *Agric. Biol. Chem.*, **42**, 2267-2274
- Shibuya, N., Nakane, R., Yasui, A., Tanaka, K., and Iwasaki, T. (1985) Comparative Studies on Cell Wall Preparations from Rice Bran, Germ, and Endosperm, *Cereal Chem.*, **62**, 252-258
- 食糧研究所 (1961) 米の食味試験, *食糧—その科学と技術—*, **4**, 29-38
- Somogyi, M. (1952) Notes on Sugar Determination, *J. Biol. Chem.*, **195**, 19-23
- 田島 眞, 加藤万里子, 飯塚敏恵 (1994) 炊飯米に含まれるオリゴ糖, *日食工誌*, **41**, 339-340
- Watanabe, M., Arai, E., Honma, K., and Fuke, S. (1991) Improving the Cooking Properties of Aged Rice Grains by Pressurization and Enzymatic Treatment, *Agric. Biol. Chem.*, **55**, 2725-2731