連続蒸気炊飯装置を用いて炊飯した米飯の食味と保存性

竹満初穂^{1,2}, 林 康寛³, 佐古圭弘³, 北村進一^{1*}

¹ 大阪府立大学生命環境科学研究科

² 有限会社 IPE

³ エースシステム株式会社

Taste and Freshness of Cooked Rice Using a Superheated Steam Rice Cooking Machine

Hatsuho Takemitsu^{1,2}, Yasuhiro Hayashi³, Yoshihiro Sako³ and Shinichi Kitamura^{1**}

¹ Graduate School of Life and Environmental Sciences, Osaka Prefecture University,
Gakuencho, Naka-ku, Sakai, Osaka 599-8531

² International Polysaccharide Engineering (IPE) Inc., Center for R&D of Bioresources,
Osaka Prefecture University, Gakuencho, Naka-ku, Sakai, Osaka 599-8570

³ Acesystem Co., Ltd, 41-2, Mancho, Izumi, Osaka 594-1104

We investigated the physicochemical and sensory properties of cooked rice prepared with a newly developed superheated steam rice cooking machine. Rice prepared with an ordinary electric rice cooker was used as a reference. We also stored the two types of rice at 5°C and compared them, obtaining the following results. 1) The steamed rice was whiter than the ordinary cooked rice. 2) The steamed rice did not harden or decrease in stickiness after storage as much as the ordinary cooked rice did. 3) The steamed rice maintained a higher degree of gelatinization during storage than ordinary cooked rice did. 4) After slicing and staining grains of rice with aqueous iodine solution, the steamed rice grains were purplish red, while the ordinary cooked rice grains appeared bluish purple. Steamed rice grains kept their shape for the most part, while ordinary cooked rice grains were more deformed. 5) The run-off from the steaming process was analyzed with gel permeation chromatography and it consisted almost entirely of amylose. 6) Steamed rice that had been stored at 5°C for one day was preferred in overall sensory evaluation, and it was also less retrograded. This study confirms that some amount of amylose escapes during the process of steaming rice, and as a result steamed rice shows slower retrogradation than ordinary cooked rice.

(Received May 13, 2013; Accepted Jul. 19, 2013)

Keywords : steamed rice, mass production, preservation, retrogradation, sensory evaluation

キーワード : 蒸気炊飯, 大量炊飯, 保存性, 老化, 官能評価

米の大量炊飯のニーズは高く、学校や病院における給食に加え、外食・中食産業における利用拡大もあり、安全でおいしく、また低コストでの安定した大量炊飯技術が求められている。とくに米飯が保存中に硬くパサパサとした食感になる、いわゆる「老化」の抑制は、炊飯業界における大きな課題である。

これまで、大量炊飯に関する研究はガス釜を用いたものしかなく¹⁾、よりよい大量炊飯の方法やその飯の品質についての詳細な研究はみられない。そこで本研究では、大量炊飯と飯の保存特性、とくに老化の抑制が可能である炊飯方法を確立することを目的とした。そのために、今回我々は

コンベアを用いた連続式の蒸気炊飯装置を新たに設計した。この装置では、米は投入口から出口まで全長約2mのコンベア上を流れる。その工程中に下からの蒸気と上からの温水シャワーにより吸水、加熱され、約20分で炊きあがる。本研究ではこの装置を用い、保存性がよく安定した飯が提供できるよう、蒸気炊飯工程の最適化を検討し、蒸気炊飯米の特徴を物理化学的手法と官能評価を用いて定量的に評価した。さらに、蒸気炊飯米の特徴を、米からの流出成分を分析することにより、解明することを試みた。

実 験 方 法

1. 連続蒸気炊飯装置による炊飯方法および試料の調製

パイロットスケールでの連続蒸気炊飯が可能となるよう開発した炊飯装置の概略を Fig. 1 に示す。蒸気炊飯装置全体の大きさは、W 2500×H 1650×D 1100 (mm) であり、

¹ 〒599-8531 大阪府堺市中区学園町 1-1

² 〒599-8570 大阪府堺市中区学園町 1-2 公立大学法人大阪府立大学生物資源開発センター内

³ 〒594-1104 大阪府和泉市万町 41-2

* 連絡先 (Corresponding author), skita@bioinfo.osakafu-u.ac.jp

Fig. 1 Schematic views of the superheated steam rice cooking machine

そのうち蒸気が充満し、米を炊き上げる炊飯庫内は W 2100×H 415×D 544 (mm)、容積は約 0.47 m³である。

炊飯操作としてまず、試料白米を計量後(最低量 2.5 kg)、1.5 倍の水道水に 1 時間浸漬した。浸漬後、ざるにあげて 5 分静置して水を切り、蒸気炊飯装置に投入した。投入した米はネット状になったコンベアによって庫内に入り、Fig. 1 の右から左に流れる。炊飯時間はコンベアのスPEEDによって制御した。炊飯時間を 17 分から 25 分の間で検討した結果、22～23 分が最適であることが判明した。そこで以後の炊飯実験では 22 分とした。蒸気は、前半は 100℃の飽和水蒸気、後半は 125℃の過熱水蒸気を装置下部から庫内に供給した。また炊飯工程では 4 カ所の地点で加水を行った。加水温度は 85℃に設定し、加水量は予備実験より 1.05 L/min として炊き上げた(以下、蒸気炊飯米)。庫内温度は炊飯中 99～100℃に保たれていた。

比較の炊飯には、家庭用 IH 炊飯器(パナソニック、SR-SU105)を用いた。試料白米を水道水に 1 時間浸漬し、浸漬水とともに標準的な炊飯モードで炊飯した(炊飯所要時間約 43 分)。また加水比は、炊飯試験では米重量の 1.5 倍で実施されることが多いが、ここでは飯の水分含量が、大量炊飯で一般的に用いられる 62～63% となるよう加水比は 1.6 倍とした(以下、通常炊飯米)。

それぞれの方法で炊飯した飯はプラスチック製密閉容器に入れ、水滴が落ちないようにキッチンペーパーをはさんで軽くふたをして室温で 30 分放置してから、試料とした。また経時変化をみるために、炊飯米 100 g ずつをラップに包み、冷蔵(5±2℃)保存した。

なお、実験には平成 22 年滋賀県産コシヒカリ(無洗米、歩留 90% に搗精)を用いた。試料白米は、水分 14.6%、タ

ンパク質 6.5%、アミロース含量 18% であった(近赤外分光法、株式会社ケツト科学研究所、KettAN800)

2. 水分含量の測定

各試料の水分含量は、105℃で 24 時間乾燥させ、その重量減少から算出し、5 回の平均値を求めた。

3. 表面色の測定

各試料 100 g をラップで包み、できるだけ米粒同士の隙間がなくなるように成形し、ラップの上から分光測色計(コニカミノルタ、CM-700d)により測定を行った。測定は、正反射光を除去する SCE 方式を用い、測定径 8 mm で行った。結果は黄色みを示す b 値、および白色度(WI, ASTM E 3113-73, 計算式 WI=4 (0.847Z-3Y)) で比較した。測定は各条件 3 個ずつ試料をつくり、それぞれ 10 回ずつ測定し、平均値で示した。

4. 糊化度

糊化度の測定はβアミラーゼ-プルラーゼ法²⁾に従い、以下の通り行った。酵素は、ダイズβアミラーゼ(長瀬産業、粗酵素標品 5IU/mg)およびプルラーゼ(林原、crude2IU/mg)を用いた。試料飯約 0.3 g(飯粒を崩さないよう全粒のまま、7～8 粒程度)を量りとり、蒸留水 8 mL を加えてガラスホモジナイザーにより 10 回程度分散を行い、そのうち 2 mL を測定に用いた。

糊化度は以下の式より算出した。なお、冷蔵 0 日(炊飯直後)の試料をアルカリ糊化した場合の分解率を糊化度 100% とした。

$$\text{分解率 (\%)} = \frac{(\text{生成還元糖量} - \text{ブランクの還元糖量})}{\text{全糖量 (いずれも maltose 当量)}} \times 100$$

$$\text{糊化度 (\%)} = \frac{\text{試料の分解率}}{\text{完全糊化試料の分解率}} \times 100$$

試料の水分含量を別に測定し、糊化度は水分含量を補正

して求めた。測定は3回行った。

5. 物性

物性の測定には硬さ粘り計(サタケ, RHS1A, ロードセル A&D 社, LC-205-K020)を用いた。操作手順に従い、試料飯を専用金属製シャーレ(直径 32mm)に 8g 量りとり、181N で裏表 10 秒ずつプレスを行い、飯をディスク状の塊にした。塊になった飯を測定台に置き、プランジャー円柱(直径 24mm)を用い、スピード 13.3mm/sec、圧縮率 30% でテクスチャー測定を行った。飯の圧縮時にプランジャーにかかる荷重のピーク値を硬さ、圧縮から戻るときにプランジャーが引っ張られる力のピーク値を粘りとした。測定は各試料 6~7 回ずつ行った。

6. 飯粒断面の顕微鏡観察

試料炊飯米は 3% (w/v) カルボキシメチルセルロースに浸漬後に凍結包埋し、飯粒の長軸に平行に 10 μ m の切片を作成した。切片にヨウ素溶液(0.1% ヨウ素, 1% ヨウ化カリウムを、染色直前に蒸留水で 8 倍に希釈)を滴下し、3 分放置後に封入し観察した。観察には蛍光顕微鏡((株)キーエンス, BZ-9000)を用い、明視野、カラーモードで行った。

7. 流出成分の分析

流出液の回収は、米 1kg を仕込み、コンベア上に全量の米が仕込まれたタイミング(炊飯開始 4 分後)から、毎分ごとに行った。回収した流出液の全糖量をフェノール硫酸法³⁾、還元糖量をソモギ・ネルソン法⁴⁾⁵⁾により求めた。

また炊飯開始から 8 分後、12 分後、16 分後、20 分後の流出液は、濃縮後に凍結乾燥を行い、固形物重量を測定した。さらに、流出液中の固形物についてゲル濾過クロマト分析を行い、流出液中の糖の鎖長分布を確認した。カラムは Sepharose CL-2B (Pharmacia, Φ 1 $\times$ 40cm)を用い、溶離液 0.05mol/L 水酸化ナトリウム、流速 15mL/hr、サンプル溶液は流出液中の固形物 10mg/2mL 0.5mol/L 水酸化ナトリウムとし、検出方法はフェノール硫酸法³⁾を用いた。また各画分 150 μ L を 0.05mol/L 塩酸で中和後にヨウ素溶液(0.1% ヨウ素, 1% ヨウ化カリウム) 20 μ L を加えて発色させ、分光光度計(島津製作所, UV-1600)を用いて吸収スペクトルを測定し、最大吸収波長を求めた。またアミロースの標準品として、米(日本晴)を粉碎し、塩酸に浸漬、沈殿させてデンプンを得、その精製デンプンを 3mol/L 水酸化ナトリウムでアルカリ糊化させた後、飽和ブタノールで沈殿させたものを用いた。

吸水されずに残った浸漬水の重量、全糖量、還元糖量も同様に測定した。

8. 官能評価

炊飯方法の違う飯がどのように評価されるかを比較するために、炊飯直後および保存(5 $^{\circ}$ C 1 日)後に官能評価を行った。

炊飯直後の試料は蒸らし後に小分けし、常温(約 25 $^{\circ}$ C)

に冷まして実施した。また保存後の試料は、試料をプラスチック製密閉容器に入れて蒸らした後に、冷蔵保存した。官能評価の 2 時間前に取り出し、常温に戻して保存後の試料とした。炊飯直後同士、もしくは保存後同士の 2 点比較で行った。パネルは大阪府立大学生命環境科学部学生および職員 16~20 人(20 代~60 代、直後:男性 9 人、女性 11 人、保存後:男性 8 人、女性 8 人)であった。2 点比較法を用いて外観、香り(識別および嗜好)、老化感⁶⁾(識別)を確認し、有意差の検定は 2 点比較の検定表⁷⁾より実施した。また保存(5 $^{\circ}$ C 1 日)後に食感、味、総合評価の比較を行った。評価は評点法で行い、有意差の検定は Mann-Whitney's U-test を用いた。

実験結果および考察

1. 水分含量

今回試料とした飯の水分含量は、蒸気炊飯米 63.4 $\pm$ 1.7%, 通常炊飯米 62.2 $\pm$ 2.0% であった。有意な差はないが、傾向として蒸気炊飯米は通常炊飯米よりも水分含量が高かった。

2. 表面色の測定

黄色みを表す b 値は、蒸気炊飯米で 2.4 $\pm$ 0.6、通常炊飯米で 2.8 $\pm$ 0.6 であった。また白色度 WI は、蒸気炊飯米で 41.2 $\pm$ 3.2、通常炊飯米で 39.5 $\pm$ 3.3 であった。蒸気炊飯米は b 値が有意に低く(p <0.05)、官能評価の「白さ」と相関があることが示されている⁸⁾白色度は有意に高かった(p <0.05)。

今回、測定には通常炊飯では中心部分から試料をとり、測定を行った。しかし、通常炊飯米では釜に沿った部分が褐変し、黄色くなりやすく、その箇所の b 値は 5.0 と大きかった。このように通常炊飯では炊きあがりの色にムラが生じるが、蒸気炊飯では釜を使用しないため、色ムラが起こらないことを確認した。

3. 物性の経時変化

各試料の硬さ、粘りの経時変化を Fig. 2 に示す。炊飯当日の硬さは蒸気炊飯米、通常炊飯米ともにほぼ同値であり、同じくらいの硬さに炊けていることが確認できた。これらの飯を冷蔵保存した場合、通常炊飯米では 1 日後に 70.3N、2 日後に 88.6N、3 日後に 107.4N と急激に硬さが上昇した。蒸気炊飯米の硬さは 1 日後に 51.6N、2 日後に 67.0N、3 日後に 73.8N と上昇したが、通常炊飯米に比べるとゆるやかであった。

また粘りは、炊飯直後は通常炊飯米の方が蒸気炊飯米よりも大きかった。冷蔵保存により通常炊飯米では急激に粘りの低下がみられた。そのため、1 日後には蒸気炊飯米と通常炊飯米の粘りはほぼ同値となった。さらに 2 日後には蒸気炊飯米の方が通常炊飯米よりも粘りが大きかった。

物性の測定結果から、蒸気炊飯米では冷蔵保存による老化に伴う硬さの上昇および粘りの減少が、通常炊飯米より

もゆるやかであることが明らかとなった。

4. 糊化度の経時変化

各試料の糊化度の経時変化を Fig. 3 に示す。炊飯直後（冷蔵 0 日）には、いずれの試料もほぼ 100 % 糊化していた。冷蔵保存により、1 日後に蒸気炊飯米 84.5 %、通常炊飯 79.7 % と糊化度に差がみられた。さらに 2 日後には蒸気炊飯米で 74.2 %、通常炊飯米では 63.0 % と差が大きくなり、3 日後、8 日後も同様の傾向であった。これらの結果より、炊

飯直後の糊化度には蒸気炊飯米と通常炊飯米で差はないが、冷蔵保存時には蒸気炊飯米で糊化度は高く保たれており、老化が遅いことが示された。

5. 飯粒断面の顕微鏡観察

ヨウ素呈色後の飯粒断面の顕微鏡写真を Fig. 4A, B に示す。全体を見比べると、A の通常炊飯米は、細胞の形が均一でなく、ところどころに細胞の崩れがみられるが、B の蒸気炊飯米は細胞組織が保たれていた。また、切片毎にやや違いがみられたが、蒸気炊飯米は赤紫色、通常炊飯米は青紫色に呈色する傾向がみられた。とくに通常炊飯米には局所的に濃い青で染まった部分が観察された。これは、炊飯過程でアミロースがデンプン粒から溶出し、細胞組織周辺に留まっているものと考えられる。一方、蒸気炊飯米

Fig. 2 Time courses of hardness and stickiness of cooked rice

Cooked rice in each way was stored at 5°C. The samples were taken out of the refrigerator and left at room temperature 1 hour before measurement.

□, Ordinary cooked rice ; ●, Steamed rice.

Each value is the mean ± SD. ($n=6\sim7$)

** $p < 0.01$ vs. ordinary cooking at the same storage time (Welch's t -test).

Fig. 3 Changes in the degree of gelatinization of cooked rice

Cooked rice in each way was stored at 5°C and measured the degree of gelatinization by BAP method.

□, Ordinary cooked rice ; ●, Steamed rice.

Each value is the mean ± SD. ($n=3$)

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$ vs. ordinary cooking at the same storage time (Welch's t -test).

Fig. 4 Micrographs of lengthwise cross sections of the cooked rice grains

A, Ordinary cooked rice ; B, Steamed rice, after iodide staining ($\times 200$)

The scale bars are 100 μm .

Fig. 5 Changes of the total carbohydrate and solid content in the excess water during steam cooking

Heating time=0: Residual water (Raw rice was soaked in water before cooking, and the residual water was measured.)

1 kg of raw rice was pre-soaked in water, and then cooked in the superheated steam rice cooking machine. The excess water was collected every minute, and the amounts of total carbohydrate were measured. Solid content of the excess water of 8, 12, 16, and 18 minutes were measured.

にはこのような濃い青で染まる部分はみられず、広範囲が赤紫色に染まっており、デンプン粒からのアミロースの溶出が少ないと考えられる。

6. 米からの流出成分の分析

通常、炊飯器を用いた炊飯では、浸漬水とともに米を加熱するため、浸漬水の一部は炊飯過程で蒸発し、残りの水は最終的にすべて吸水されて飯となる⁹⁾。

一方、蒸気炊飯では米を浸漬し、吸水後の浸漬米だけを炊飯装置に投入し、吸水されずに残った浸漬水は廃水となる。さらに蒸気炊飯過程では温水が上からシャワーされるが、炊飯米に吸収されなかった温水はコンベアから流れ落ちる。すなわちこの流出液中の成分は炊き上がった蒸気炊飯米から取り除かれている。そこで、この流出液を調べることにした。

経過時間（毎分）ごとに回収した流出液中の固形物重量、全糖量、還元糖量を Fig. 5 に示す。浸漬水には米 1 kg から全糖量で約 1.5 g、還元糖が約 0.5 g が流出していた。また流出液には、炊飯経過時間によって推移しながらも糖が流出しつづけており、その合計は約 13.4 g であった。糖流出のピークは炊飯開始から 8 分後、12 分後、16 分後の 3 回あった。加水ポイント 1 が 6 分後、2 が 10 分後、3 が 14 分後、4 が 18 分後であるので、糖流出物のピークは、加水ポイントをちょうど試料が通りすぎたところにあたる。流出液中の還元糖は、いずれのタイミングでも検出限界以下 (0.025 mg/mL 以下) であった。また、固形物重量はほぼ全糖量と一致し、溶出物のほとんどが糖質であることが示された。浸漬水、および流出液中の全糖量を合計すると、生米 1 kg から、約 15 g、すなわち米重量の 1.5% 程度にあたる糖が流出していることが明らかとなった。

この流出液中の糖質の分子量分布を調べたところ (Fig.

Fig. 6 GPC profiles (Sephacrose CL-2B) of the excess water during steam cooking

Samples were separated by GPC on a Sepharose CL-2B column, and the total carbohydrate in each column fraction and λ max of the polysaccharide-iodine complex were determined.

6), 大きなピークがひとつみられた。日本晴米から精製したアミロース標準品とその分子量分布、最大吸収スペクトルがほぼ一致することから、流出液のピークはアミロースに該当すると考えられる¹⁰⁾。最大吸収波長が 600 nm 以上の画分 (Fr. 15~28) の合計は、溶出液中の全溶出糖の約 85% であった。この結果から、流出液中の糖は主にアミ

Table 1 Paired difference and preference tests for ordinary cooked rice and steamed rice

		Just after cooking (n=20)			Stored for a day (n=16)		
		Ordinary	Steamed	Could not tell	Ordinary	Steamed	Could not tell
Appearance	Which is whiter?	3	15*	2	2	13*	1
	Which has gloss?	7	9	4	4	11	1
	Which looks delicious? preference	6	11	3	4	11	1
Aromas	Which have more aromas?	15	2*	2	10	5	1
	Which smells good? preference	9	6	4	7	6	3
Staling score	Which is more staled?	8	2	9	12	3*	1

Ordinary cooked rice and steamed rice were evaluated just after cooking or stored at 5°C for a day. Numbers indicate the number of panelists who gave that answer.

* $p < 0.05$ vs. Ordinary cooked rice.

コースであることが示唆された。

先行研究¹¹⁾によると、通常炊飯の場合、加熱中 98°C の時点で 100 g 生米あたり全糖量として約 3 g の溶出があり、そのほとんどはデンプンである、その一部は炊飯沸騰から蒸らしの間に飯内部に再吸収されるが、残りは米飯表面を覆い、米飯の付着性、透明感、つやの増加に寄与するとされている。また竹田¹²⁾は、コシヒカリからの溶出重量は 85°C に達した時点で米の 0.8% 程度、溶出物のうち重量で 98% 以上がデンプンで、数平均重合度 (DP) が約 6000 と約 1500 の二成分からなっており、溶出物にみられる割合は品種によるが、コシヒカリでは溶出物中にはアミロペクチンが溶出されやすいことを示している。また香西¹⁰⁾は、炊飯過程 80°C、98°C で溶出する炊飯液中の固形物重量として 100 g 生米から約 0.8~0.9 g が溶出することを示している。

今回、蒸気炊飯では全行程を通しての流出量は 1.5% 程度であった。また流出物は主にアミロースであることが明らかとなり、水中で米を加熱する通常炊飯とは、流出物の構成が異なることが示唆された。流出液中には、米の表層に多く存在するタンパク質や脂質も少量ではあるが流出していると考えられ、その定量は今後の課題である。

7. 官能評価

炊飯方法の違う米飯試料の炊飯直後および保存後の、外観、香り、老化感についての官能評価の結果を Table 1 に示す。Table 1 より、炊飯直後および保存後、いずれにおいても、蒸気炊飯米は有意に「白い」と評価された。外観について「どちらがおいしそうか」の項目では、炊飯直後では蒸気炊飯米の方が「見た目においしそう」と評価した人が 11 人、通常炊飯米が 6 人であった。一方、香りについては、炊飯直後に蒸気炊飯米は有意に「弱い」と評価された。保存後に「老化感がある」と答えた人は、蒸気炊飯米で有意に少なかった。

また、Fig. 2 に示した飯の物性測定結果において、炊飯 1 日後の蒸気炊飯米と通常炊飯米では硬さに差がみられたため、保存 1 日後の食感について官能評価を行った。さらに味、総合評価についても評価を行った。その結果を Fig. 7 に示す。

硬さに関して蒸気炊飯米は通常炊飯米に比べて有意に柔らかいと評価され ($p < 0.01$)、物性測定の結果と一致がみられた。一方、物性測定 (1 日後) では差のみられなかった粘りに関して、官能評価では蒸気炊飯米で「粘りが強い」($p < 0.05$) と評価された。さらに食感の総合評価 (どちらが好ましいか) で蒸気炊飯米は有意に好まれた ($p < 0.01$)。味に関しては、甘み、総合的な嗜好いずれも差はみられなかった。外観、食感、風味をあわせた総合評価では蒸気炊飯米が有意に好まれた ($p < 0.05$)。

すなわち、保存 (5°C 1 日) 後の蒸気炊飯米の食感は通常炊飯米より好まれ、総合評価でもおいしいと評価された。

今回、断面の観察から、蒸気炊飯米では細胞が規則正しく保たれたまま、炊飯されていることが確認された。また通常炊飯米にみられた、細胞周辺に偏在したアミロースの流出物は、蒸気炊飯米にはみられなかった。さらに、蒸気炊飯過程では、アミロースが流出しており、その流出物は蒸気炊飯過程で上からシャワーされる温水により洗い流されていることが明らかとなった。すなわち、蒸気炊飯では、炊飯中に米が湯の中を「踊る」ことがなく、物理的損傷が少ないため細胞組織が保たれている。そのため米粒内でのアミロースの溶出が少なく、アミロース分子の会合によるネットワークの形成がされにくいと考えられる。その結果、蒸気炊飯米は老化しにくく、冷蔵保存後の官能評価でも、有意においしいと評価されたと考えられる。

要 約

大量炊飯が可能な連続蒸気炊飯装置を開発し、この装置

Fig. 7 Sensory evaluations of cooked rice after being stored for a day

Each rice sample was stored at 5°C for a day and samples were evaluated using a 7 point scale anchored from +3 to -3. ($n=16$)

The samples were taken out of the refrigerator and left at room temperature 2 hours before sensory evaluation.

■, Ordinary cooked rice; ■, Steamed rice.

A : softness (+3=softer, -3=harder)

B : stickiness (+3=greater, -3=lesser)

C : overall preference of texture (+3=like extremely, -3=dislike extremely)

D : taste-sweetness (+3=greater, -3=lesser)

E : overall preference of taste (+3=like extremely, -3=dislike extremely)

F : overall acceptability (+3=like extremely, -3=dislike extremely)

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$ vs. Ordinary cooked rice (Mann-Whitney's U-test).

を用いて炊飯した米飯の物理化学的な測定, および官能評価を実施し, 蒸気炊飯米の特徴を明らかにした。比較には, IH 炊飯器を用いて炊飯した通常炊飯米を用いた。表面色, 物性, 糊化度の測定, および炊飯米断面のヨウ素デンプン反応の顕微鏡観察を行った。さらに炊飯過程で流出する成分のゲルろ過分析を行った。また炊飯直後および冷蔵(5°C)保存後に官能評価を実施し食味を比較した。結果は以下の通りである。

1) 白色度は蒸気炊飯米で有意に高かった。

2) 物性測定では, 蒸気炊飯米は老化に伴う経時的な硬さの上昇, 粘りの低下が少なかった。

3) 糊化度は, 蒸気炊飯米では冷蔵保存後も, 通常炊飯米に比べ高く保たれていた。

4) ヨウ素呈色させた炊飯米断面の顕微鏡観察により, 通常炊飯米は青紫色, 蒸気炊飯米は赤紫色に呈色する傾向

がみられた。また蒸気炊飯米では細胞の形状が比較的規則正しく保たれていたが, 通常炊飯米ではその構造が変化していた。

5) 蒸気炊飯工程で米から流出する成分をゲルろ過分析により調べたところ, その流出物は主にアミロースであることが確認された。

6) 官能評価において, 冷蔵保存後の蒸気炊飯米は評価が高く, 老化せずおいしい状態が保持されていた。

これらの結果から, 連続蒸気炊飯米は, 炊飯過程で老化の原因となるアミロースが一部流出していることにより, 冷蔵保存してもおいしさが保たれることが明らかとなった。

本研究は, 経済産業省平成 22~24 年度新事業活動促進支援補助金(新連携支援事業)の補助により実施されました。

文 献

- 1) 今中鏡子, 加藤集子, 川野純子, 田方真由美, 畠山敏恵, 炊飯米の形態学的研究: 加熱過程の差, 品種による差, 炊飯量の差における炊飯米粒組織の観察, 広島文化短期大学紀要, **39**, 7-25 (2006).
- 2) 貝沼圭二, 松永暁子, 板川正秀, 小林昭一, β アミラーゼ-ブランチナーゼ (BAP) 系を用いた澱粉の糊化度, 老化度の新測定法, 澱粉科学, **28**, 235-240 (1981).
- 3) Dubois, M., Gilles, K.A., Hamilton, J.K., Rebers, P.A. and Smith, F., Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Anal. Chem.*, **28**, 350-356 (1956).
- 4) Nelson, N., A photometric adaptation of the somogyi method for the determination of glucose. *J. Biol. Chem.*, **153**, 375-380 (1944).
- 5) Somogyi, M., A new reagent for the determination of sugars. *J. Biol. Chem.*, **160**, 61-68 (1945).
- 6) 大田原美保, 畑江敬子, 島田淳子, 米飯の老化感の客観的評価, 日本家政学会誌, **46**, 841-848 (1995).
- 7) 玉城 武, 食品の嗜好的性質に関する実験, 「新食品学実験法」, 第 9 版, 高橋幸資, 和田敬三編, (朝倉書店, 東京), pp. 96-98 (2006).
- 8) 朝野目謙之, 後藤 元, 森谷真紀子, 鈴木啓太郎, 水稻新品種「つや姫」の食味特性評価: 第 4 報 分光測色計を使用した炊飯米の白色度評価法, 日本作物学会紀事別号 第 231 回日本作物学会講演会要旨・資料集, 232-233 (2011).
- 9) 山崎清子, 島田キミエ, 渋谷祥子, 下村道子, 市川朝子, 杉山久仁子, 穀類の調理, 「NEW 調理と理論」, 第 1 版, (同文書院, 東京), pp. 72-81 (2011).
- 10) 香西みどり, 谷島早苗, 大石恭子, 島田淳子, 畑江敬子, 米飯の嗜好的および物理化学的特性に及ぼす酢酸添加の影響, 日本家政学会誌, **52**, 1091-1097 (2001).
- 11) 池田ひろ, 炊飯過程に溶出する糖成分の動向と米飯の食味について, 日本家政学会誌, **52**, 401-409 (2001).
- 12) 花城 勲, 太田健介, 竹田千重乃, 水上浩之, 竹田靖史, 炊飯時に溶出する澱粉成分の構造と米飯の付着性, *J. Appl. Glycosci.*, **51**, 349-354 (2004).

(平成 25 年 5 月 13 日受付, 平成 25 年 7 月 19 日受理)