

減圧含浸技術を用いた炊飯崩壊粒発生抑制

富澤, 秀生

九州大学大学院生物資源環境科学府生産環境科学専攻生物システム科学講座生産流通科学研究室 | 九州大学大学院農学研究院生産環境科学部門生物システム科学講座生産流通科学研究室

源川, 拓磨

九州大学大学院生物資源環境科学府生産環境科学専攻生物システム科学講座生産流通科学研究室 | 九州大学大学院農学研究院生産環境科学部門生物システム科学講座生産流通科学研究室

内野, 敏剛

九州大学大学院農学研究院生産環境科学部門生物システム科学講座生産流通科学研究室

田中, 史彦

九州大学大学院農学研究院生産環境科学部門生物システム科学講座生産流通科学研究室

他

<https://doi.org/10.15017/13906>

出版情報：九州大学大学院農学研究院学芸雑誌. 64 (1), pp.45-53, 2009-02-27. 九州大学大学院農学研究院

バージョン：

権利関係：

減圧含浸技術を用いた炊飯崩壊粒発生の抑制

富澤 秀生¹・源川 拓磨¹・内野 敏剛*
田中 史彦・濱中 大介・佐藤 はるか²

九州大学大学院農学研究院生産環境科学部門生物システム科学講座生産流通科学研究室
(2008年11月11日受付, 2008年12月5日受理)

The suppression of damaged cooked rice by using vacuum infusion technique

Hideo TOMIZAWA¹, Takuma GENKAWA¹, Toshitaka UCHINO*
Fumihiko TANAKA, Daisuke HAMANAKA and Haruka SATO²

Laboratory of Postharvest Science, Division of Bioproduction System Science,
Department of Bioproduction Environmental Sciences, Faculty of Agriculture,
Kyushu University, Fukuoka 812-8581, Japan

緒 言

穀物の貯蔵性は水分が低いほど向上するが、米に関しては13% w.b. 以下に乾燥すると貯蔵性が向上すると同時に食味が低下することが知られている。Genkawa *et al.* (2008) は、米の貯蔵水分を現行の仕上げ水分である15% w.b. よりさらに低い10% w.b. まで下げることによって、常温でも低温貯蔵と同等の脂肪酸増加量、発芽率、糸状菌増殖速度が得られ、貯蔵性が向上することを報告している。しかし、低水分米は食味の低下が危惧されるため、この貯蔵方法の実用化には、炊飯後の低水分米の食味改善法の開発が必要であるとも述べている。

低水分にすることによる食味低下の原因として、炊飯崩壊粒の増加が挙げられる。柳瀬・大坪 (1985) は、低水分の白米を炊飯する場合、裂け口を生じた粒 (水浸裂傷粒) が水への浸漬中に生じ、この裂傷粒が炊飯

操作によって形状が崩壊した飯粒 (炊飯崩壊粒) となることを報告している。さらに、Genkawa *et al.* (印刷中) は、炊飯崩壊粒の形状やテクスチャーについて詳細な調査を行い、炊飯崩壊粒におけるテクスチャーの低下が食味低下を引き起こしている可能性を示唆している。

そこで著者らは、水浸裂傷粒の発生を抑制することで炊飯崩壊粒の発生を抑え、炊飯崩壊粒による食味の低下の軽減を図ってきた。水浸裂傷粒の発生は、浸漬中の白米粒の腹部側と背部側の水分差によって腹部側に生じる引張応力と、水分の増加に伴う強度の低下に起因する (村田ら, 1992)。したがって、水浸裂傷粒の発生を抑えるためには米粒内部の水分勾配の抑制が必要となる。著者らは、水分勾配の抑制法として減圧含浸技術に着目し、減圧含浸技術を用いた水浸裂傷粒発生の抑制法について検討してきた。すなわち、低水分白米の吸水を減圧含浸技術を用いて促進することで

¹九州大学大学院生物資源環境科学府生産環境科学専攻生物システム科学講座生産流通科学研究室

²九州大学農学部生物資源環境学科生物資源生産科学コース生物生産システム工学分野生産流通科学研究室

¹Laboratory of Postharvest Science, Division of Bioproduction System Science, Department of Bioproduction Environmental Sciences, Graduate School of Bioresource and Bioenvironmental Sciences, Kyushu University

²Laboratory of Postharvest Science, Program of Bioproduction System Engineering, Course of Bioresource and Bioproduction Sciences, Department of Bioresource and Bioenvironment, School of Agriculture, Kyushu University

*Corresponding author (E-mail: toshiu@bpes.kyushu-u.ac.jp)

粒内の水分勾配を抑え、水浸裂傷粒の発生が抑制される可能性を示した (Genkawa *et al.*, 2007). 減圧含浸技術は、多孔性の物質に溶液を迅速かつ均一に浸み込ませる技術の一つとして知られている。減圧含浸技術の米への適用は、まず米の表面を濡らして水膜で覆い、減圧と復帰の圧力差を利用して、瞬時に米粒内部まで水を均一に浸透させるものである。

水浸裂傷粒は炊飯崩壊粒の原因であると指摘されていること、また、減圧含浸技術には水浸裂傷粒発生の抑制効果があることが示唆されていることから、著者らは、減圧含浸技術の炊飯崩壊粒発生の抑制効果について予備的に検討した。しかしながら、減圧含浸処理による炊飯米の炊飯崩壊粒発生の抑制効果は十分ではなかった。このことから本研究では、温水浸漬処理およびテンパリング処理を減圧含浸処理に組み合わせて低水分白米に施し、これらの処理の組み合わせによる炊飯崩壊粒の発生の抑制効果について検討した。

材料と方法

1. 供試材料

2006年に九州大学附属農場にて収穫された籾 (*Oryza sativa* L., ヒノヒカリ) を実験に供試した。この籾を温風乾燥 (40°C) によって15.5%w.b.まで乾燥した後、籾すりをして玄米とした。さらに穀粒判別器 ((株)サタケ, RGQI 20A) を用いて被害粒を除去した。その後、整粒玄米を40°Cに設定した送風式恒温恒湿器 (ヤマト科学, DK-63) 内に静置し、玄米水分を10.3%w.b.に調製した。この玄米を摩擦式精米機 ((株)サタケ, SKM-5B) を用いて搗精歩合が90.3%になるように搗精し、低水分白米を得た。白米の水分は10.3%w.b.であった。水分の測定は10g粒-135°C-24h法で行った。

炊飯操作は以下の通りに行った。まず、白米20gを30秒間流水で洗い、蒸留水に完全に浸るようにして60分間浸漬した。浸漬後、金網製の籠に米を移し、卓上遠心機 (久保田製作所, MR2041-U) を用いて1500rpmで5分間遠心することで、米粒表面に付着した水を除去した。その後、白米の重量を計測し、浸漬後の水分および炊飯に要する加水量を(1)、(2)式を用いて算出した。このとき、炊飯米の適性水分が64%w.b.付近にあることから (丸山, 2001), 本研究では炊飯米の水分が64%w.b.になるように加水した。

$$M_s = 100 + (M_m - 100) \times \frac{W_m}{W_s} \quad (1)$$

$$W_w = W_s \times \left(\frac{M_s - 100}{M_c - 100} - 1 \right) \quad (2)$$

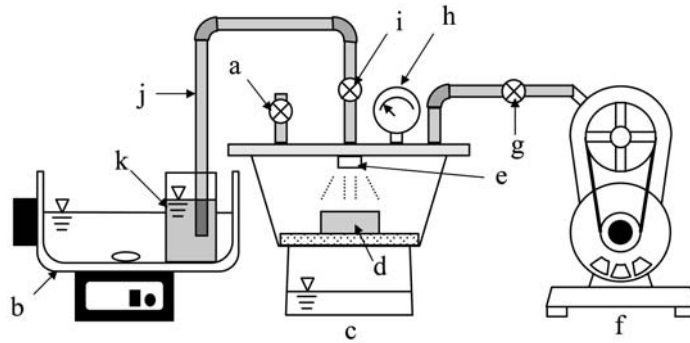
ここに、 M_s : 浸漬後の水分 (%w.b.), M_m : 浸漬前の水分 (%w.b.), W_m : 浸漬前の重量 (g), W_s : 浸漬後の重量 (g), W_w : 加水量 (g), M_c : 炊飯後の水分 (%w.b.).

浸漬後、水切りをした白米と必要量の蒸留水を100mlのピーカーに入れ、濾紙 (東洋濾紙(株), No.5A, 直径110mm) で蓋をした。さらに、ピーカーごと炊飯器 (日立製作所, RZ-DM3) の内釜に入れ、炊飯器の内釜の水位がピーカー内の水位と同じになるまで内釜に水を入れた。1回の炊飯操作につき炊飯器には1個のピーカーを設置した。炊飯条件は旧食糧庁の食味試験実施要領に基づいて設定し、加熱30分、蒸らし20分、放冷50分の条件で炊飯を行った。このようにして得られた炊飯米から表層部、底部および側面部の約10mmを取り除き、残った炊飯米を実験に供試した。なお炊飯後に、ピーカー内に水の残留がないこと、重量変化から算出した炊飯米の水分が64%w.b.であることを確認した。

2. 減圧含浸方法

図1に示す減圧含浸装置を用いて減圧含浸処理を行った。減圧含浸装置は、デシケーター (容積4.5L), 真空ポンプ (ヤマト科学, M-1064B), 真空ゲージ (ROBINAIR, 50060VB), 充円錐ノズル (霧のいけうち, J020NB-W), 塩化ビニル管 (内径13mm), 圧力開放栓, 給水栓, 減圧栓から構成される。また、添加用の蒸留水を入れたピーカーをウォーターバス内に設置し、蒸留水の温度を浸漬水温と同じに保った。試料を入れる容器は、塩化ビニル管 (内径83mm) の底部に金網 (目開き: 0.5mm) を貼り付けて作成し、これに白米20gを単層になるよう均一に広げた。

減圧含浸処理の手順は以下の通りである。まず、供試白米が入った試料容器をデシケーター内に設置し、次に真空ポンプを駆動後、減圧栓を開けてデシケーター内を減圧した。この際、減圧操作によって試料が乾燥するのを抑制するため、デシケーターの底部にはあらかじめ水道水を入れた。デシケーター内の圧力が4.0kPaまで下がった時点で減圧栓を閉め、続いて給水栓を開き、デシケーター内が負圧であることを利用して、充円錐ノズルから試料に30秒間蒸留水を噴霧させた。給水栓を閉めて噴霧を止めた後、圧力開放栓を開けることで瞬時にデシケーター内の圧力を大気圧に戻した。この一連の操作を1回の減圧含浸処理とした。



a ; 圧力開放栓 b ; ウォーターバス c ; デシケーター
 d ; 試料容器 e ; 充円錐ノズル f ; 真空ポンプ g ; 減圧栓
 h ; 真空ゲージ i ; 給水栓 j ; 塩化ビニル管 k ; ビーカー

図1 減圧含浸装置概略図.

3. 試験区の設定

本研究では含浸区、温水区、含浸+温水区、テンパリング区の4つの試験区を設けた(表1)。含浸区は、白米に減圧含浸処理を1回施した後、浸漬を水温15°Cで行い炊飯した。温水区は、白米を水温35°Cで浸漬した後に炊飯した。含浸+温水区は、1回の減圧含浸処理後、浸漬を水温35°Cで行って炊飯した。テンパリング区は、1回の減圧含浸処理後、白米をガラス製の密封容器(容積120ml)に移し、25°Cに設定したインキュベーター(ヤマト科学, IN-802)内に24時間静置(テンパリング処理)した後、水温35°Cで浸漬を行って炊飯した。なお、水温15°Cで浸漬後に、炊飯したものを対照区とした。

4. 水浸裂傷粒の炊飯

炊飯崩壊粒の詳細な発生機構の解明を目的として水浸裂傷粒と炊飯崩壊粒の関係性を明らかにするため、水浸裂傷粒を裂傷の有無と裂傷の方向別に選別し、それぞれを炊飯する。

その手順は以下の通りである。白米200gを水温15°Cで60分間浸漬し、表面に付着した水分を卓上遠心機を用いて除去した後、目視にて裂傷の有無および裂傷の方向に基づいて分類した。裂傷がない白米を正常白米粒とし、米粒の腹部側から背部側にかけて裂傷が生じた白米を横割れ裂傷粒、胚芽跡から腹部側面に沿って裂傷が生じた白米を縦割れ裂傷粒とした(図2)。分類した米粒をそれぞれ15gずつ集め、前述の炊飯方法と同様にして炊飯した。

表1 試験区の設定.

試験区	減圧含浸処理	テンパリング処理	浸漬温度
対照区	無し	無し	15°C
含浸区	有り	無し	15°C
温水区	無し	無し	35°C
含浸+温水区	有り	無し	35°C
テンパリング区	有り	有り	35°C

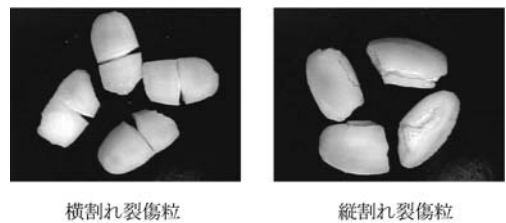


図2 水浸裂傷粒の種類.

5. 炊飯米形状の構成割合測定

炊飯米から無作為に100粒を取り出し、外観の形状を目視により正常炊飯粒、横割れ炊飯粒、縦割れ炊飯粒、扁平炊飯粒の4種類に分類し(図3)、炊飯米の形状別の構成割合を求めた。構成割合の測定は3回行い、平均値と標準偏差を算出した。平均値の差の検定にはTukey法を用いた($P < 0.05$)。

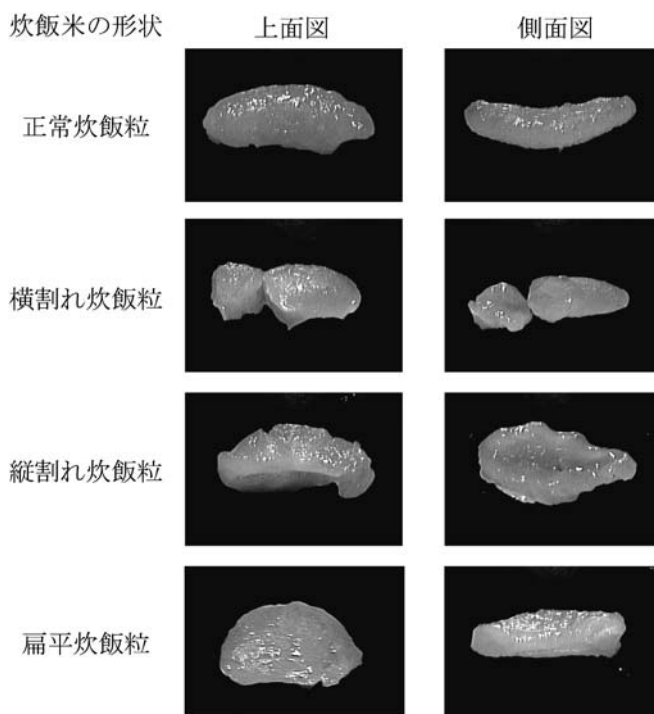


図3 炊飯崩壊粒の種類 (Genkawa *et al.*, 印刷中).

6. テクスチャー測定

テクスチャーの測定には、クリープメーター（(株)山電, RE-3305）を用いた。炊飯米1粒ずつの硬さおよび粘りを測定し、10粒の測定値の平均値を求めた。さらに、粘りを硬さで除することでバランス度を算出した (Okabe, 1979)。測定時のプランジャー速度は 0.5mm s^{-1} とし、プランジャーは直径8mmのものを用いた。また、圧縮時のプランジャーの移動距離（飯粒に接触して停止するまで）は1.5mmとした。測定は3回繰り返し、平均値と標準偏差を算出した。平均値の差の検定には Tukey 法を用いた ($P < 0.05$)。

結 果

1. 水浸裂傷粒から得られた炊飯米形状の構成割合

浸漬後の白米を目視により裂傷の有無および裂傷の方向別に分類して炊飯した際の、炊飯米の形状別構成割合を図4に示す。正常白米粒を炊飯した場合、扁平炊飯粒の割合が最も大きく（42.0%）、次いで正常炊飯粒（32.3%）、縦割れ炊飯粒（22.0%）の順であった。また、このとき横割れ炊飯粒が僅かに発生した。横割れ裂傷粒を炊飯した場合、横割れ炊飯粒が約8割

を占めたが、縦割れ炊飯粒も発生しており（14.3%）、さらに正常炊飯粒と扁平炊飯粒が数%ずつ発生した。縦割れ裂傷粒を炊飯した場合、縦割れ裂傷粒が92.3%を占め、正常炊飯粒、横割れ炊飯粒および扁平炊飯粒が僅かに発生した。これらの結果を炊飯崩壊粒について整理すると、横割れ炊飯粒は横割れ裂傷粒から、縦割れ炊飯粒は縦割れ裂傷粒から多く発生しており、扁平炊飯粒は大部分が正常白米粒から生じていることが明らかとなった。

2. 処理の違いが炊飯米に及ぼす影響

(1) 炊飯米形状の構成割合

低水分白米に種々の処理を施した後に炊飯して得られた炊飯米の形状別の構成割合を図5に示す。正常炊飯粒の割合は、対照区は15.7%であり、含浸区と温水区では対照区との間に有意差が認められなかった。しかし、含浸+温水区およびテンパリング区の正常炊飯粒の割合は有意に増加し（ $P < 0.05$ ）、テンパリング区では55.3%に達した。

横割れ炊飯粒の割合は、対照区は17.0%であり、含浸区（9.0%）、温水区（8.0%）、そして含浸+温水区

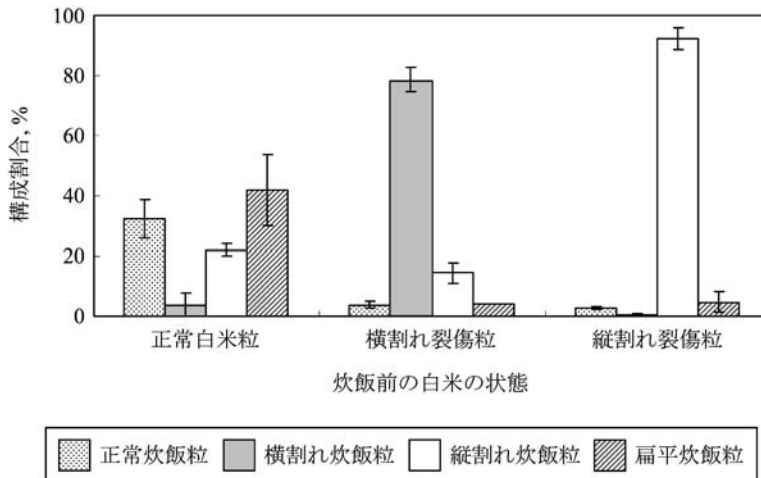


図4 炊飯前の白米の裂傷の種類による、炊飯後の炊飯崩壊粒の構成の違い。なお、エラーバーは標準偏差を表す (N=3)。

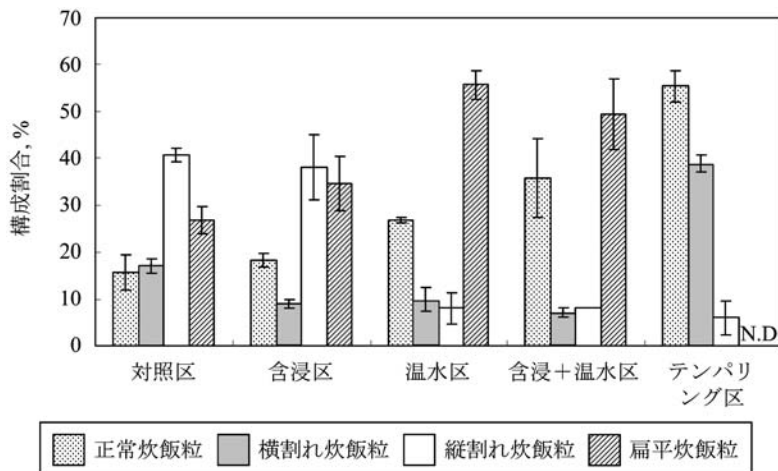


図5 低水分白米に種々の処理を施した際の、炊飯後の炊飯崩壊粒の構成の違い。なお、エラーバーは標準偏差を表し (N=3)、N.D.は値が0であることを示す。

(8.0%)は有意に減少した ($P<0.05$)。一方、テンパリング区では対照区の約2倍に増加し、その差は有意であった ($P<0.05$)。

縦割れ炊飯粒の割合は、対照区は40.7%であり、含浸区は対照区との間に有意差が認められなかった。しかし、温水区、含浸+温水区、そしてテンパリング区では対照区の約5分の1に減少し、その差は有意であった ($P<0.05$)。

扁平炊飯粒の割合は、対照区は26.7%で、含浸区

は対照区との間に有意差が認められなかった。温水区および含浸+温水区では有意に増加し ($P<0.05$)、温水区では55.7%、含浸+温水区では49.3%の割合を占めた。また、テンパリング区では扁平炊飯粒が全く発生しなかった。

(2) 炊飯米のテクスチャー

処理方法による炊飯米の硬さ、粘りおよびバランス度の違いを表2に示す。硬さについては、含浸区、温水区、含浸+温水区において対照区よりも有意に増加

表2 処理方法ごとの炊飯米の硬さ、粘りおよびバランス度の比較
(平均値±標準偏差, $N=3$).

試験区	硬さ (N)	粘り (N)	バランス度 (-)
対照区	3.23±0.300 ^a	0.28±0.030 ^a	0.09±0.016 ^{ab}
含浸区	4.25±0.390 ^b	0.28±0.080 ^a	0.07±0.024 ^b
温水区	4.42±0.370 ^b	0.51±0.060 ^b	0.12±0.004 ^{ac}
含浸+温水区	4.21±0.310 ^b	0.40±0.070 ^{ab}	0.10±0.020 ^{ab}
テンパリング区	3.15±0.361 ^a	0.40±0.022 ^{ab}	0.13±0.013 ^{ac}

同じ列のうち異なる英小文字を付した平均値の間には有意差あり
($P<0.05$, Tukey 法).

した ($P<0.05$). テンパリング区は対照区との間に有意差が認められなかった. また, 硬さが増加した3試験区の間には有意差がみられなかった.

粘りについては, 対照区と含浸区との間に有意差がみられなかったが, 温水区は対照区と比べて有意に増加した ($P<0.05$). また, 含浸+温水区とテンパリング区は, 温水区より粘りが低くなる傾向にあったが, 含浸区よりは高くなる傾向を示した.

バランス度は, 対照区と比べて含浸区は減少する傾向にあった. しかし, 減圧含浸処理に温水浸漬処理とテンパリング処理を組み合わせることで, バランス度は含浸区と比べて有意に増加した ($P<0.05$).

考 察

1. 炊飯崩壊粒の発生機構

本研究ではまず, 炊飯崩壊粒の発生機構を明らかにするため, 水浸裂傷粒と炊飯崩壊粒の関係について調査した.

裂傷の有無および裂傷の方向別に白米を分類して炊飯したところ, 横割れ炊飯粒は横割れ裂傷粒から, 縦割れ炊飯粒は縦割れ裂傷粒から大部分が発生した (図4). このことは, 炊飯崩壊粒の割れが水浸裂傷粒の割れに起因することを示している. つまり, 水浸中に生じた裂傷が炊飯操作によってさらに広がり, 結果として炊飯米の形状が崩壊し, 割れの生じた飯粒になるものと考えられる. また, 今回初めて扁平炊飯粒が正常白米粒から生じることが確認された. この結果を基に, 扁平炊飯粒の発生機構を推察すると以下のようになる. 炊飯はデンプンが糊化して組織が膨潤し, 柔らかくて粘りのある炊飯米となる過程である. このデンプンの糊化には水が必要となるが, この水が不足して

いる場合, 加熱してもデンプンの糊化が起こらないために膨潤しない. 低水分米は浸漬後も米粒の中心部に水分が不足した部分が広く存在すると仮定すると, 米粒の中心部は糊化による膨潤の度合いが側面部に比べて小さくなり, 側面部では膨潤が起こるため, 平たく潰れたような形状の炊飯米, すなわち扁平炊飯粒が形成されるものと考えられる. この仮説を検証するにはさらなる研究の積み重ねが必要になるが, 近年, 蛍光顕微鏡を用いた炊飯米の組織構造の観察 (Ogawa *et al.*, 2006) や, MRI を用いた炊飯中の米粒内の水分分布の観察 (Mohoric *et al.*, 2004) などが行われており, これらの形態学的なアプローチによる扁平炊飯粒の発生機構の解明が期待される.

2. 減圧含浸処理による炊飯崩壊粒の抑制効果

前述のとおり, 低水分白米を炊飯して生じる炊飯崩壊粒のうち, 横割れおよび縦割れ炊飯粒は水浸裂傷粒から生じており, 扁平炊飯粒については米粒中心部の水分不足, すなわち米粒内の水分分布の偏りによって発生するものと推察された. したがって, 水浸裂傷粒の発生を抑制すると同時に米粒内の水分分布の均一化を図ることで, 炊飯崩壊粒の発生を抑制できるものと考えられた. 減圧含浸処理が水浸裂傷粒の発生の抑制に有効であることは既に示されており (Genkawa *et al.*, 2007), また, 水浸中の裂傷は水温が高くなるにつれて発生率が低くなることから (村田ら, 1992), 減圧含浸処理に温水浸漬処理を組み合わせることで水浸裂傷粒の抑制効果の向上を図った. さらに, 水分分布の均一化を図るためにテンパリング処理 (豊田ら, 1983) を組み合わせた. これらの処理の組み合わせによる炊飯崩壊粒の発生の抑制効果について, 炊飯崩壊

粒の発生割合とテクスチャーの変化を指標にして検討した。

(1) 炊飯米形状の構成割合

図5に示すように含浸+温水区では横割れ炊飯粒と縦割れ炊飯粒の割合の合計は15%と試験区の中で最も低かったことから、減圧含浸と温水浸漬の組み合わせ処理は、横割れ炊飯粒および縦割れ炊飯粒発生の抑制に効果的であると思われる。しかしながら、その組み合わせ処理は扁平炊飯粒を増加させた。これは、減圧含浸と温水浸漬の組み合わせ処理が水浸裂傷粒発生を抑制するため、正常白米粒の割合を増加させ、正常白米粒の増加によって、正常白米粒から最も多く発生する扁平炊飯粒(図4参照)が増加したものと推察された。

またテンパリング区では全く扁平炊飯粒が発生しなかった。これは、テンパリング処理により米粒内の水分ムラが解消され、炊飯時の米粒部位の膨潤率に差がなくなることから扁平炊飯粒の発生が抑制されたものと考えられる。しかしながら、テンパリング区で横割れ炊飯粒の増加が見られた。横割れ炊飯粒の増加は、テンパリング処理中の米粒表面の乾燥および米粒内部への水分移動による米粒内部の亀裂に起因するものと推察される。したがって、横割れ炊飯粒の増加を抑制するためには、湿度の高い条件でのテンパリング処理が必要と思われる。

このように、テンパリング処理は扁平炊飯粒の抑制効果があり、減圧含浸と温水浸漬の組み合わせ処理は横割れ炊飯粒および縦割れ炊飯粒の抑制効果が見られたことから、テンパリング試験区のように減圧含浸処理後、テンパリング処理を行い、温水に浸漬して炊飯する方法が炊飯崩壊粒発生の抑制に有効であると考えられる。しかし、テンパリング処理によって横割れ炊飯粒が増加するため、テンパリング処理の最適化を図る必要がある。

(2) 炊飯米のテクスチャー

Genkawa *et al.* (印刷中)は、炊飯米形状ごとのテクスチャーの違いについて報告しており、硬さ、粘りともに正常炊飯粒に比べて横割れ炊飯粒および縦割れ炊飯粒は低い値を示し、扁平炊飯粒は高い値を示すとしている。

表2の結果が示すように、炊飯米の硬さが対照区に比べ含浸区、温水区、含浸+温水区で有意に増加したのは、硬さの値が低い横割れ炊飯粒と縦割れ炊飯粒の割合がその3試験区では減少した(図5)ためと考えられる。一方、テンパリング区の硬さと対照区の硬さ

との間に有意差が認められなかったのは、硬さの値が低い横割れ炊飯粒の割合の増加が原因と考えられる。

粘りに関しては、対照区と比較し、温水区のみで有意に増加した。この増加は、温水浸漬の単一処理は高い粘りを示す扁平炊飯粒の割合が他の試験区の中で最も大きい(図5)ためであろう。また、含浸区は他の試験区と比較して粘りが低くなる傾向がみられた。Yamakura *et al.* (2005)は、粘りの低下の傾向は白米の加圧処理に伴う米粒の内部構造の破壊によるとしている。このことから、本研究においても減圧含浸処理の際の圧力変化で同様の破壊が起き、粘りが低下した可能性がある。

バランス度に関しては、含浸区が他の試験区に比べ低い値を示した。これは、含浸区の粘りが他の試験区と比べ低いため、粘りと比例関係を持つバランス度(粘り/硬さ)が低い値を示したものである。一方、減圧含浸処理に温水浸漬処理とテンパリング処理を施すことでバランス度は試験区の中で最大となり、その値は0.13であった。良食味の炊飯米が得られる水分は15.5~16.5% w.b.とされており(川村, 1991), 15.6% w.b.の白米から得られた炊飯米のバランス度は0.13であったことから(Genkawa *et al.*, 印刷中), テンパリング区は低水分白米の食味低下を抑制する効果があると考えられる。

上記のように、炊飯米の形状および食味に関してテンパリング区が最も良好な結果を得た。今後は、テンパリング処理の最適処理条件の究明および形態学的なアプローチによる扁平炊飯粒の発生機構の解明を行っていかねばならない。

要 約

本研究は、減圧含浸処理に温水浸漬処理とテンパリング処理を組み合わせることで低水分白米に施し、炊飯崩壊粒の発生を抑制することを目的とした。

まず、浸漬後の白米を裂傷の有無および裂傷の方向別に分類して炊飯した際の炊飯米の形状別の構成割合を測定した。その結果、横割れ炊飯粒および縦割れ炊飯粒の多くは水浸裂傷粒から発生し、また、扁平炊飯粒は、炊飯直前の米粒中心部における水分不足によって炊飯時に米粒部位による膨潤率の差が生じ、変形を引き起こしたものと推察された。

次に、減圧含浸処理に温水浸漬およびテンパリングを組み合わせることで低水分白米を調製した後、炊飯して得られた炊飯米の形状別の構成割合を測定した。その結果、テンパリング処理は扁平炊飯粒の抑制効果があり、

また、減圧含浸と温水浸漬の組み合わせ処理により横割れ炊飯粒および縦割れ炊飯粒の抑制効果が見られた。

最後に、低水分米にそれぞれの処理を施した後の炊飯米の硬さおよび粘りを測定し、バランス度を算出した。その結果、食味と正の相関があるバランス度が、最も高い値を示したのはテンパリング区であったことから、テンパリング処理は低水分米の食味低下を抑制する効果が認められた。

これらの結果から、炊飯米の形状および食味に関し、テンパリング区が最も良好な結果を得た。今後は、テンパリング処理の最適処理条件の究明および形態学的なアプローチによる扁平炊飯粒の発生機構の解明を行う予定である。

文 献

- Genkawa, T., H. Tomizawa, T. Uchino, F. Tanaka and D. Hamanaka 2007 Reduction of open crack formation in polished rice with low moisture content by vacuum infusion. Proceedings of International Workshop on Agricultural and Bio-systems Engineering (IWABE)., Ho chi minh city, pp.410-414
- Genkawa, T., T. Uchino, A. Inoue, F. Tanaka and D. Hamanaka 2008 Development of a low-moisture-content storage system for brown rice: Storability at decreased moisture contents. *Biosyst. Eng.*, **99**: 515-522
- Genkawa, T., T. Uchino, F. Tanaka, D. Hamanaka and H. Tomizawa 印刷中 Effect of low-moisture preconditioning of rice on texture and eating quality. 農業機械学会誌, 印刷中
- 川村周三 1991 米の搗精と精白米の品質および食味 (第3報) - 精白米の品質および食味 - . 北海道大学農学部邦文紀要, **17**(3): 228-261
- 丸山悦子 2001 米飯のおいしさに関する要因. 日本味と匂学会誌, **8**(2): 177-183
- Mohoric, A., F. Vergeldt, E. Gerkema, A. D. Jager, J. V. Duynhoven, G. V. Dalen and H. V. As 2004 Magnetic resonance imaging of single rice kernels during cooking. *J. Magn. Reson.*, **171**: 157-162
- 村田 敏, 小出章二, 河野俊夫 1992 水浸時の精白米の裂傷に関する研究. 農業機械学会誌, **54**(1): 67-72
- Ogawa, Y., D. F. Wood, L. C. Whitehand, W. J. Orts and G. M. Glenn 2006 Compression deformation and structural relationships of medium grain cooked rice. *Cereal Chem.*, **83**(6): 636-640
- Okabe, M 1979 Texture measurement of cooked rice and its relationship to the eating quality. *J. Texture. Stud.*, **10**: 131-152
- 豊田浄彦, 前川孝昭, 山沢新吾, 上田貞夫 1983 穀類の水分移動特性に関する研究 (第2報) - 2槽モデルによる間欠乾燥過程の考察 - . 農業機械学会誌, **45**(2): 223-228
- Yamakura, M., K. Haraguchi, H. Okadome, K. Suzuki, U. T. Tran, A. K. Horigane, M. Yoshida, S. Homma, A. Sasagawa, A. Yamazaki and K. Ohtsubo 2005 Effects of soaking and high-pressure treatment on the qualities of cooked rice. *J. Appl. Glycosci.*, **52**: 85-93
- 柳瀬 肇, 大坪研一 1985 精米加工と米飯食味の関係 (第1報) - 精米品質と米飯テクスチャーならびに炊飯特性の関係 - . 食品総合研究所研究報告, **46**: 148-161

Summary

The objective of the present research is to develop a method for inhibition of damaged cooked rice (DCR) by using vacuum infusion technique, heated water soaking, and tempering treatment.

Firstly, open cracked rice (OCR) grains were sorted by crack direction, then a composition rate of DCR grain, included in cooked rice was measured. As a result, transverse and longitudinal cracked grains were derived from the OCR grain. In addition, it was suggested that unevenness of water distribution within soaked rice kernel caused a difference in swelling distribution between central part and periphery of the kernel, according generated it flatly-broadened grain.

Secondly, the composition rate of DCR grain in milled rice with low moisture content was measured for each treatment. As a result, the tempering treatment clearly inhibited to generate flatly-broadened grain, and vacuum infusion combined with processes of heated water soaking and tempering suppressed to generate transverse and longitudinal cracked grain.

Finally, the hardness, stickiness and balance of cooked rice were measured. The value of balance for the treatment of vacuum infusion combined with heated water soaking and tempering which is positive by correlating with eating quality was the highest among all treatments, so it appeared that this treatment maintained the eating quality of low moisture content rice.

Therefore, tempering treatment was considered as the best way for keeping the appearance and eating quality of low moisture content rice. Further experiment for investigating the optimization of tempering condition and finding the generation mechanism of flatly-broadened grain by using a morphologic approach is needed.