

## 米の超高压処理と浸漬が炊飯に与える効果

山倉美穂\*<sup>§</sup>, 岡留博司\*\*, 鈴木啓太郎\*\*, チャン チ ウェン\*,\*\*,  
本間清一\*, 笹川秋彦\*\*\*, 山崎 彬\*\*\*, 大坪研一\*,\*\*

\* お茶の水女子大学大学院人間文化研究科

\*\* 独立行政法人食品総合研究所

\*\*\* 越後製菓株式会社総合研究所

### Effects of High-Pressure Treatment and Soaking to the Cooked Rice

Miho Yamakura\*<sup>§</sup>, Hiroshi Okadome\*\*, Keitaro Suzuki\*\*,  
Uyen Thi Tran\*,\*\*, Seiichi Homma\*, Akihiko Sasagawa\*\*\*,  
Akira Yamazaki\*\*\* and Ken'ichi Ohtsubo\*,\*\*

\* Graduate School of Humanities and Sciences, Ochanomizu University,

2-1-1 Otsuka, Bunkyo, Tokyo 112-8610

\*\* National Food Research Institute, 2-1-12 Kannondai, Tsukuba, Ibaraki 305-8642

\*\*\* Research Institute, Echigo Seika Co., Ltd., 1003-1, Takanashi-machi, Ojiya, Niigata 947-0102

High-pressure (HP) treatment is a novel technique, which has been applied by food industry, including the processing of cooked rice. In Japan, before cooking, rice is usually soaked in water for a short time, about 1 h. In this report, researches on changes of properties of rice samples, which were presoaked in water for 30 min at either 25°C or 55°C, then subjected to HP at 400 MPa for a minute, thereafter soaked in water for different periods of times, were carried out. The effects of presoaking temperature, HP treatment, and soaking duration on the physicochemical and biological properties of rice, were evaluated. The results demonstrated that the surface of cooked rice treated by HP was more sticky and had a higher "balance degree" (ratio of stickiness to hardness), than that of non-treated one. The contents of sugars and free amino acids were increased with the increase of presoaking temperature, soaking time, and HP. In addition, the number of *Bacillus cereus* was reduced, when rice had been presoaked at high temperature or treated by HP. Therefore, HP processing is an advantage one method, which can be applied in processing of rice, with aims of better palatability and safety. (Received Mar. 25, 2004 ; Accepted Nov. 15, 2004)

米飯の食味は、その主成分がデンプンであるため淡泊であるが、その美味に関する要素は非常に多く、竹生<sup>1)</sup>やその他多くの研究者により検討され、その力学的性質や窒素化合物、可溶性デンプンなどが関係していると言われる<sup>2)</sup>。味と相関の高い米飯中の成分として還元糖<sup>3)</sup>や、オリゴ糖<sup>4)</sup>、アスパラギン酸とグルタミン酸量などが示唆されている<sup>5)</sup>。また、生米の還元糖<sup>6)</sup>や遊離アミノ酸<sup>4)</sup>が炊飯により増加し、炊飯による米の還元糖増加には複数のアミラーゼの作用が関連し<sup>6)</sup>、その温度依存性が米の外層と内層で異なり、それぞれの至適温度が異なることが報告されている<sup>7)</sup>。また、炊飯前に行う浸漬の食味に対する影響については、浸漬液の温度や浸漬時間、吸水量と食味との関係が

報告され、炊飯工程中の浸漬操作の重要性が明らかにされている<sup>8)~10)</sup>。米の浸漬時間や浸漬温度と食味の関連性が指摘され<sup>8)</sup>、40~60°Cの温水浸漬により、良好な米飯が得られるということが明らかにされたが、温水浸漬を行い、なおかつ1日以上以上の長時間に渡る浸漬の影響については、腐敗の恐れもあり、これまでほとんど検討されていない。

また、今日の食品加工、殺菌の主たる方法は加熱処理であるが、加熱処理法による難点を解決する方法として、圧力を利用することが提唱され<sup>11)</sup>、高压処理による食品加工が実現している。また、食品加工の目的として、酵素反応の制御や食品素材の物性変化などが重要になってきている。米においては、高压処理により水分が米粒内部に深く浸透し、通常とは物性が異なる炊飯米になることが報告されているが<sup>12)</sup>、その成分に関しての研究は多くない。また、高压処理により一般生菌が損傷を受けるという報告<sup>13)</sup>があるが、芽胞菌に関しての研究は多くない。

\* 〒112-8610 東京都文京区大塚 2-1-1

\*\* 〒305-8642 茨城県つくば市観音台 2-1-12

\*\*\* 〒947-0102 新潟県小千谷市高梨町 1003-1

<sup>§</sup> 連絡先 (Corresponding author), m-yamakura@echigoseika.co.jp

現在では炊飯の簡便化が進み、無洗米の開発<sup>(4)(5)</sup> および利用が増加しているが、食味を向上させるための十分な浸漬および炊飯に要する時間は不可欠である。簡便化という観点からは、無菌米飯が挙げられるが、炊飯された米飯であるためにその後のさらなる食味の向上は難しく、個別包装という形態もあって、業務用米飯としての利用は多少簡便性に欠けるものである。業務用米飯における要件（ニーズ）としては、安全性、簡便性、良食味、低コスト、体積膨張などが挙げられる。ここでは、超高圧処理と浸漬との組み合わせにより、安全性の向上、簡便性の向上（洗米、浸漬の省略が可能）、食味の向上を図り、業務用炊飯への適性を高めることを目的の一つとした。

本報告では、浸漬による食味の向上効果と、超高圧処理による炊飯米物性の変化、成分変化および減菌性に着目し、新しい便利な米加工品開発に向けた可能性を検討した。長時間浸漬した超高圧処理米により達成される、新しい米加工品の特色としては、①炊飯前の浸漬が不要、②呈味性の向上および食感の改良による食味総合評価の向上、③衛生面で優れた新たな米流通形態の提供という3点が想定される。炊飯以前の処理であるため、個別から大量まで随意的対応が可能である。処理後は、個別包装のまま無菌米飯化しても、業務用炊飯用途に適用しても良く、浸漬米、炊飯米の両面の利用が可能である。予備浸漬、超高圧処理および処理後の長時間浸漬が炊飯米の品質に関わる特性に及ぼす効果について、米飯物性、炊飯米成分の変化および微生物安全性向上効果を中心に検討を加え、若干の知見を得たので報告する。

### 実験方法

#### 1. 試料の調製

試料米として、平成13年新潟県産コシヒカリを低温室（4℃）に貯蔵したものを使用した。玄米水分を14.0～14.9%に調整し、研削式精米機（SATAKE GRAIN TESTING MILL）を用いて精米歩留まり90～91%に搗精した。ガーゼを用いて除糠し、試料とした。試料の調製方法を図1に示した。精米20gを軟質樹脂製袋に入れ、30mlの水を加えた後に脱気し、密封した。封入した米を、25℃および55℃の恒温水槽内で30分間の予備浸漬を行った。

#### 2. 超高圧処理

予備浸漬した米を、樹脂袋のまま圧力容器に入れ、400MPaの超高圧処理（以下、HP）を行った。圧力処理装置は、石川島播磨重工業の食品用高圧機（最高圧力1.5GPa、容量0.3-7L）を使用した。加圧保持時間を、400MPaに到達してから1分間とした。また、衛生試験のみ、10分間加圧保持した区も設けた。昇圧および減圧の時間を各々2分間とした。加圧時の温度を25℃および55℃とした。HP後に冷蔵保存（1～3℃）した。無加圧処理（以下、control）の試料は、予備浸漬後に25℃および55℃の恒温槽内で6

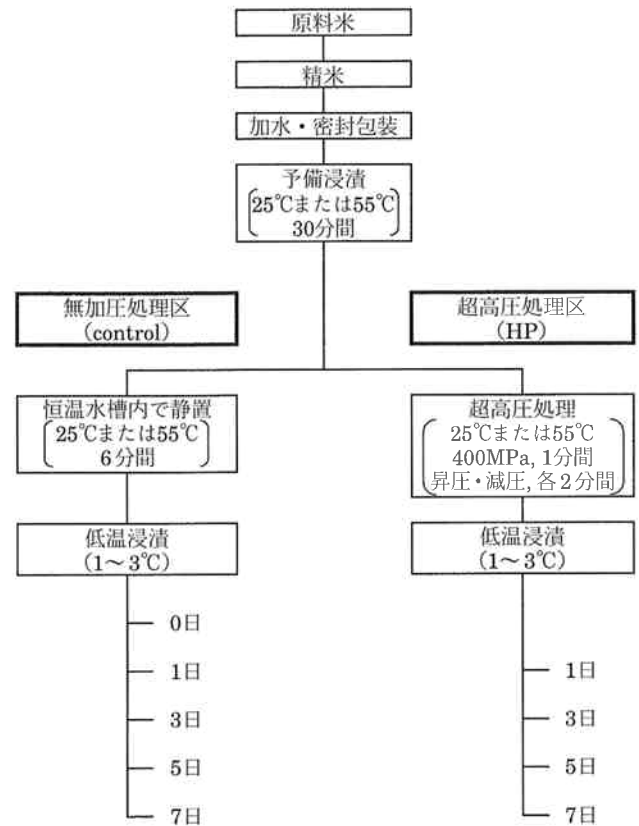


図1 試料の調製

分間静置し、冷蔵保存した。

#### 3. 浸漬条件

HP処理の終了した米を、袋のまま浸漬した（1～3℃）。浸漬日数を0, 1, 3, 5, 7日間とした。

#### 4. 炊飯方法

所定期間の浸漬を行った浸漬米および浸漬液を、全量炊飯容器（アルミ製プリンカップ）に移した。電気炊飯器（National SR-ULH18型、直接加熱式1.8リットル炊飯用）の内釜に水75mlを加え、炊飯容器を5個並べ、自動炊飯した。加熱終了後に15分間蒸らし、容器内の米飯（表層部を除く）をガラスシャーレに移し、樹脂袋で密封した。25℃で2時間静置し、実験に用いた。

#### 5. 乾燥粉末試料の調製

4で調製した炊飯米を凍結乾燥し、Cyclone Sample Mill（UDY CORPORATION製）で粉碎したものを炊飯米乾燥粉末試料とした。以下、炊飯米粉と記述する。

#### 6. 測定項目

##### (1) 物性測定

4で調製した炊飯米の物性を、岡留らの方法<sup>(6)</sup>により測定した。測定機器として、コンピューター制御による改良型テンシプレッサー（タケトモ電機製My Boy SYSTEM Analyzer and Controller）を用い、米飯粒1粒での低圧縮試験（25℃）および高圧縮試験（90℃）を行い、米飯表層

および米飯粒全体の物性を測定した。解析はテンシプレッサー付属のソフトウェアを用いて行った。

#### (2) 炊飯食味計による品質評価

炊飯食味計 ((株)サタケ製 SATAKE RICE TASTE ANALYZER STA-1A) を用い、可視・近赤外センサーにより炊飯米表面の反射光および透過光を測定した。機器の表示をそのまま用いたスコア表示<sup>17)</sup>であるが、レオメーターの測定を基に算定した推測値で、炊飯米の「食味」、「外観」を表した。

#### (3) 全糖量、還元糖量測定

炊飯米粉 1.0 g に 50% エタノールを加え、25°C で 1 時間振とうし、遠心分離 (5000 rpm, 30 分間) した上澄み液を炊飯米の全糖量および還元糖量測定に用いた。還元糖をソモギー・ネルソン法<sup>18)</sup>で、全糖をフェノール硫酸法<sup>19)</sup>で測定した。標準物質としてグルコースを使用した。

#### (4) 遊離糖分析

炊飯米粉 5.0 g に 15 ml の 50% (v/v) エタノールを加え、1 分間振とうした後、遠心分離 (5000 rpm, 30 分間) して上澄み液を採取した。残渣に 50% (v/v) エタノールを加えてホモゲナイズし、遠心分離を行い、上澄み液を採取した。同様の操作を再度繰り返し、3 回分の上澄み液を合わせて減圧濃縮機で蒸発乾固した。乾固時の設定温度を 40°C とした。乾固した抽出物を超純水 1.0 ml で再抽出し、フィルター (孔径 0.45  $\mu\text{m}$ ) でろ過した。得られた試料を分析試料とし、高速液体クロマトグラフ ((株)島津製作所) で測定した。カラムは Asahipak NH 2P-50 (昭和電工 (株))、溶離液は一定濃度でアセトニトリル/水=75/25、流速 1 ml/min とし、示差屈折計 (RI) で検出した。

#### (5) 遊離アミノ酸分析

炊飯米粉の遊離アミノ酸含量の測定はトリクロロ酢酸による抽出を行い<sup>20)</sup>、アミノ酸自動分析計 (日立, L-8500A) により測定した。

#### (6) $\alpha$ - および $\beta$ -アミラーゼ活性測定

炊飯前の浸漬米と浸漬液の  $\alpha$ - および  $\beta$ -アミラーゼ活性を測定した。浸漬米と浸漬液とを分け、浸漬米の付着水を除くために遠心分離 (3000 rpm, 3 分間) を行った。採取した浸漬米に緩衝液を加え、20 秒間ホモゲナイズした後抽出、遠心分離 (8000 rpm, 20 分間, 4°C) を行い、得られた上澄み液を浸漬米の  $\alpha$ - および  $\beta$ -アミラーゼ活性測定に用いた。また、浸漬液を遠心分離 (5000 rpm, 30 分間, 4°C) し、得られた上澄み液を浸漬液の  $\alpha$ - および  $\beta$ -アミラーゼ活性測定に用いた。測定にはアミラーゼ活性測定キット (Megazyme 製) を用いた。

#### (7) 衛生試験

指標菌として、*Bacillus cereus* (財団法人発酵研究所 IFO 番号 3457) を使用した。精米の加水時に *B. cereus* の芽胞液を  $10^5$  CFU/ml レベルとなるように接種した。比較として、リンゴ酸を添加し、pH 5.5 に調製した浸漬液も用

いた。接種後に超高压処理を施し、3. で述べた所定期間の浸漬を行った後、残存菌数を測定した。残存菌数は標準寒天培地を用い、混釈法にて測定した<sup>21)</sup>。

## 実験結果および考察

### 1. 炊飯米の物性

炊飯米物性の測定結果を表 1 に示した。25°C および 55°C の両処理温度における 0 日の測定結果と各々の処理区の測定結果との有意差検定を行った。炊飯米粒表層の物性において、25°C では、硬さ、粘り、バランス度 ( $-H1/H1$ )<sup>22)</sup>とも大きな差が見られなかったが、55°C において、HP 区での表層の粘りの増加が認められた。HP 区では、25°C および 55°C の両温度条件において、多くの試験区で表層の硬さの増加が見られたが、有意差の認められない区が多かった。炊飯米粒全体の物性では、25°C および 55°C の両処理温度ともに、HP 区で硬さが低下し、粘りが増加する傾向にあり、その結果として、炊飯粒全体のバランス度が大きくなる傾向にあった。いずれの処理区とも浸漬日数との相関は見られなかった。このことから、25°C で予備浸漬および HP を行った場合には、炊飯米粒表層の物性はほぼ安定しており、55°C では HP が粘りに影響を及ぼすことが示された。全体の物性では、HP がバランス度の向上に貢献していることが示された。炊飯米表層のバランス度は、官能の評価と高い相関が報告されており<sup>22)</sup>、55°C での HP による食味の向上が示唆された。ガラスビーズモデル実験で、炊飯米粒間を埋める炊飯米表層糊状物質の濃度が高くなるにつれて硬くなること<sup>23)</sup>、浸漬温度が高い場合、浸漬段階から浸漬液への溶出物が多くなり、炊飯米表面が内部に比べて硬くなり、弾力性の良好な米飯が得られること<sup>8)</sup>が報告されていることから、今回の実験においても 55°C での予備浸漬後の HP により、炊飯米表層糊状物質の濃度が高くなったと考えられる。また、圧力処理浸漬米はデンプン粒の内部まで水が浸入し、炊飯米での糊化の促進が報告されている<sup>12)</sup>ことから、HP により炊飯米の糊化が十分に促進され、炊飯米の粘りおよびバランス度が増加し、好ましい食感が形成されたものと推察される。

### 2. 炊飯食味計による炊飯米の特性

炊飯食味計による結果を表 2 に示した。25°C および 55°C の両処理温度における 0 日の測定結果と各々の処理区の測定結果との有意差検定を行った。「食味」、「外観」ともに、25°C では HP でのスコアが高く、55°C では control, HP ともに 0 日のスコアよりも高くなっていった。浸漬日数との相関は見られなかった。このことから、55°C 予備浸漬後の HP およびその後の浸漬が、炊飯米の外観に関与することが示された。炊飯食味計の「外観」は、炊飯米の光沢および透明度を測定し<sup>17)</sup>、光沢の高い炊飯米ほど食味が良いとされている<sup>24)</sup>。本研究における、HP の炊飯米は光沢が高くなり、良食味化されていることが推察される。加圧

表 1 低圧縮試験および高圧縮試験による炊飯米の表層および全体の物性

処理温度 (°C)	加圧	浸漬日数 (日)	低圧縮試験 (圧縮率 25%)			高圧縮試験 (圧縮率 90%)		
			表層の硬さ (10 <sup>4</sup> dyn)	表層の粘り (10 <sup>4</sup> dyn)	表層のバランス度 (-)	全体の硬さ (10 <sup>6</sup> dyn)	全体の粘り (10 <sup>5</sup> dyn)	全体のバランス度 (-)
25	control	0	9.37	1.51	0.16	2.03	4.84	0.25
		1	8.94	1.24 <sup>b</sup>	0.14 <sup>b</sup>	1.99	4.76	0.26
		3	9.16	1.47	0.16	1.94	4.55 <sup>b</sup>	0.24
		5	9.17	1.54	0.17	1.98	4.90	0.26
		7	8.98	1.52	0.18	1.91	4.68	0.25
	HP	1	9.38	1.51	0.17	1.98	5.08	0.27
		3	9.86	1.61	0.16	1.68 <sup>b</sup>	5.18 <sup>a</sup>	0.33 <sup>a</sup>
		5	9.62	1.71 <sup>a</sup>	0.18	1.78 <sup>b</sup>	5.39 <sup>a</sup>	0.31 <sup>a</sup>
		7	9.67	1.55	0.17	1.71 <sup>b</sup>	5.13 <sup>a</sup>	0.31 <sup>a</sup>
		0	9.83	1.53	0.16	2.01	4.77	0.25
55	control	1	8.87 <sup>b</sup>	1.11 <sup>b</sup>	0.13 <sup>b</sup>	1.86 <sup>b</sup>	4.56	0.25
		3	9.74	1.65	0.16	1.96	4.83	0.25
		5	9.00 <sup>b</sup>	1.41	0.16	1.94	4.48 <sup>b</sup>	0.24
		7	9.39	1.49	0.16	2.09	4.61	0.23
		1	10.12	1.96 <sup>a</sup>	0.19 <sup>a</sup>	1.73 <sup>b</sup>	5.14 <sup>a</sup>	0.30 <sup>a</sup>
	HP	3	10.64	1.93 <sup>a</sup>	0.17	1.74 <sup>b</sup>	5.31 <sup>a</sup>	0.32 <sup>a</sup>
		5	10.74 <sup>a</sup>	2.00 <sup>a</sup>	0.19 <sup>a</sup>	1.91	4.81	0.26
		7	10.84 <sup>a</sup>	1.73 <sup>a</sup>	0.16	1.85 <sup>b</sup>	5.08 <sup>a</sup>	0.28 <sup>a</sup>

<sup>a</sup>: 5% の危険率で正の有意差があることを示す.

<sup>b</sup>: 5% の危険率で負の有意差があることを示す.

処理による米の微細構造の変化が糊化に影響を与える示唆が報告されており<sup>12)</sup>, 同様の効果により, 55°C の予備浸漬と HP により米飯表層の光沢が増したものと考えられる.

### 3. 糖の分析

炊飯米の呈味成分である糖の含量を測定した. 図 2 は, 炊飯米の全糖量および還元糖量の変化を調べたものである. 全糖量, 還元糖量ともに, 25°C および 55°C の両処理区における 0 日の測定結果との有意差が認められた. いずれも予備浸漬温度が高いものほど, 糖生成量が多い傾向が見られた. また, 同じ温度, 同じ浸漬日数において, control と HP との間に有意差が認められた区もあった.

図 3 は, 遊離糖量の変化を調べたものである. グルコースおよびスクロースともに 25°C および 55°C の両処理区における 0 日の測定結果との有意差が認められ, 前述の還元糖量の増加と, 同様の傾向を示していた. 炊飯米では, 生成されたグルコースが還元糖の増加に大きく寄与することが報告されており<sup>25)</sup>, 本実験でも同様の傾向が認められた. また, 浸漬温度が高い (50°C) 程, 炊飯米に多量のオリゴ糖が生成すること<sup>4)</sup>や, デンプン分解酵素の圧力耐久性<sup>11)26)</sup>, 加圧によるデンプンの結晶構造の変化<sup>27)28)</sup>が既に報告されている. 以上のことから, 圧力耐久性のデンプン分解酵素が複数存在し, 高い予備浸漬温度でデンプンが分解され, 浸漬日数経過に伴い, さらにデンプンが分解され, 糖生成量増加が認められたと考えられる.

表 2 炊飯食味計による測定結果

(単位: スコア)

処理温度 (°C)	加圧	浸漬日数 (日)	食味 SD	外観 SD
25	control	0	84.3±1.24	8.70±0.04
		1	87.0±0.82*	9.10±0.08*
		3	86.0±1.63*	9.03±0.14*
		5	86.7±0.94*	9.03±0.14*
		7	85.3±0.94	8.87±0.12
	HP	1	88.7±1.24*	9.37±0.05*
		3	89.0±0.31*	9.47±0.09*
		5	89.0±0.82*	9.43±0.20*
		7	87.7±1.24*	9.27±0.08*
		0	82.7±0.47	8.57±0.05
55	control	1	85.7±0.47*	8.90±0.08*
		3	86.7±0.94*	9.10±0.20*
		5	86.0±0.82*	8.97±0.12*
		7	85.2±0.37*	8.93±0.12*
		1	88.7±0.47*	9.33±0.18*
	HP	3	88.3±1.70*	9.37±0.05*
		5	88.3±0.47*	9.30±0.17*
		7	87.7±0.47*	9.27±0.20*

\*: 同じ温度の 0 日に対し, 有意差があることを示す ( $P < 0.05$ ).  
SD: 標準偏差.

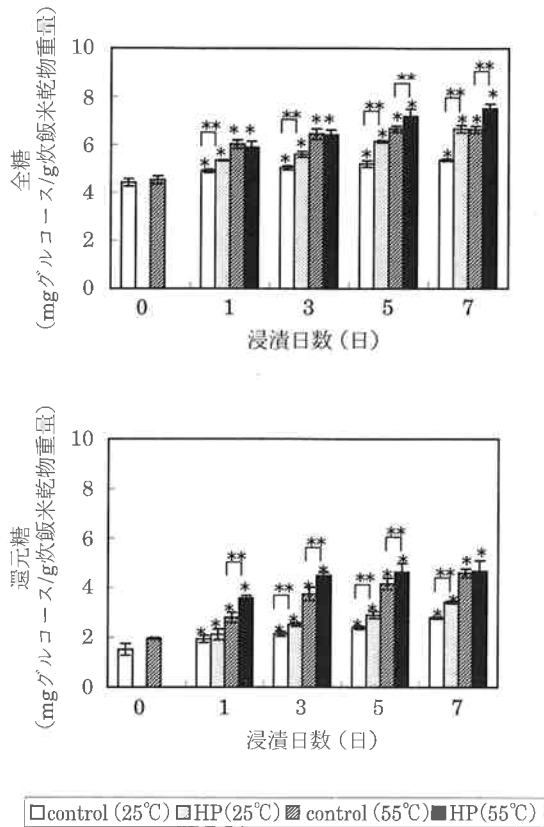


図 2 全糖量および還元糖量の変化

\* は、同じ温度の 0 日に対し、有意差があることを示す ( $P < 0.05$ ). \*\* は、control と HP との間で有意差があることを示す ( $P < 0.05$ ).

以上、3 種類の糖量の変化について述べてきたが、本実験においても 55°C での予備浸漬と HP によるデンプンの状態変化により、浸漬中にグルコース等の呈味性に関する各種の糖類が増加していたものと考えられる。

4. 浸漬米中のアミラーゼ活性

浸漬に伴い、炊飯米の糖量が増加していたため、浸漬米中のアミラーゼ活性の変化を測定した。図 4 (a) に  $\alpha$ -アミラーゼ活性の変化を、図 4 (b) に  $\beta$ -アミラーゼ活性の変化を示した。 $\alpha$ -アミラーゼ活性は、25°C の control で活性が持続しており、浸漬米と浸漬液中での活性が同程度であった。また、25°C の HP では、control よりも低いレベルであるが活性が認められた。55°C で処理した場合には、HP の有無に関わらず、酵素活性が低下していた。 $\beta$ -アミラーゼ活性は、25°C の HP で生米と同程度の活性が見られた。また、浸漬液での活性も見られたが、大部分は浸漬米での活性であった。55°C で処理した場合においても、活性が持続していた。米の還元糖生成酵素群は、外層部と内層部で温度依存性が異なり、外層部の酵素群の至適温度は 40°C であると報告されている<sup>7)</sup>。 $\alpha$ -アミラーゼ活性が、25°C 処理区では浸漬米と浸漬液にほぼ同程度の活性が見られ、55°C 処理区では活性の低下が見られた理由として、 $\alpha$ -アミラー

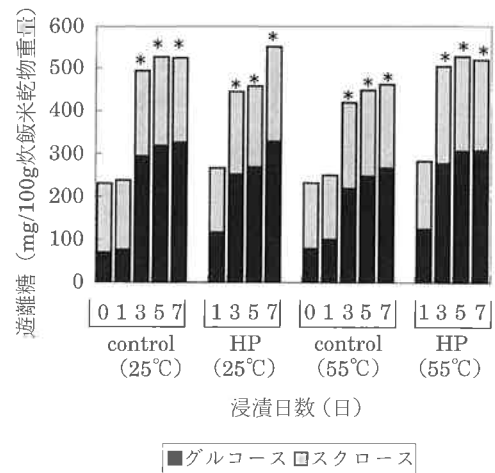


図 3 遊離糖量の変化

\* は、同じ温度の 0 日に対し、有意差があることを示す ( $P < 0.05$ ).

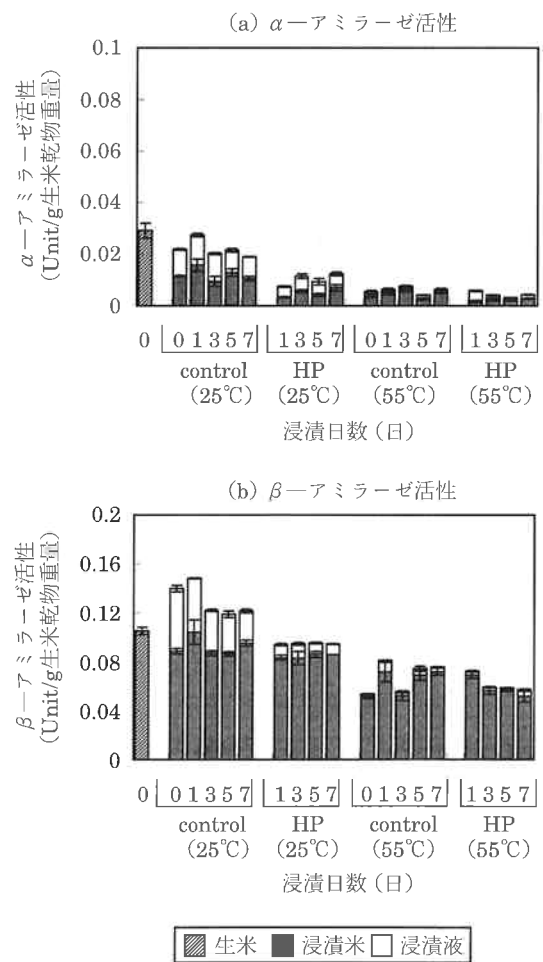


図 4 アミラーゼ活性の変化

表3 遊離アミノ酸量の変化

(mg/100g 炊飯米乾物重量)

処理温度 (°C)	加圧	浸漬日数 (日)	Asp SD	Glu SD	Gly SD	Ala SD	GABA SD		
25	control	0	5.63±0.05	7.56±0.09	0.55±0.01	1.74±0.03	2.30±0.01		
		1	5.70±0.10	8.12±0.12	0.75±0.01	1.82±0.03	2.43±0.05		
		3	6.04±0.13	8.91±0.12	1.08±0.01	2.07±0.03	2.81±0.05		
		5	6.15±0.16	9.52±0.26	1.19±0.03	2.16±0.07	2.75±0.07		
		7	6.12±0.15	9.88±0.02	1.35±0.01	2.26±0.00	2.66±0.00		
		HP	1	5.71±0.10	8.13±0.14	0.80±0.02	2.04±0.05	2.44±0.05	
			3	5.97±0.09	9.14±0.08	1.22±0.00	2.57±0.03	2.80±0.03	
			5	5.56±0.02	9.18±0.25	1.28±0.06	2.51±0.11	2.51±0.10	
	7		5.53±0.16	9.54±0.06	1.46±0.01	2.78±0.01	2.56±0.01		
	55		control	0	5.91±0.19	7.64±0.21	0.62±0.01	1.90±0.05	2.72±0.09
				1	5.65±0.09	7.86±0.16	0.76±0.01	2.01±0.04	2.62±0.06
		3		5.73±0.07	8.12±0.03	0.93±0.02	2.14±0.01	2.81±0.04	
		5		5.65±0.00	8.64±0.01	1.10±0.01	2.28±0.02	2.83±0.03	
		HP	7	5.59±0.18	8.92±0.33	1.23±0.03	2.37±0.08	2.88±0.12	
1			5.81±0.37	8.29±0.45	0.85±0.05	2.15±0.12	2.70±0.15		
3			5.35±0.06	8.25±0.30	0.93±0.00	2.05±0.01	2.51±0.02		
5			5.06±0.27	8.03±0.33	1.06±0.04	2.10±0.09	2.44±0.13		
7	5.15±0.09	8.75±0.00	1.23±0.02	2.31±0.05	2.53±0.03				

\*: 同じ温度の0日に対し、有意差があることを示す ( $P < 0.05$ ).

SD: 標準偏差.

が外層部に存在し<sup>29)</sup>、浸漬中に浸漬米から浸漬液へ移行したこと、処理温度およびHPの影響を受けたことが挙げられる。

$\beta$ -アミラーゼも精米外層部に存在し<sup>29)</sup>、 $\beta$ -アミラーゼ耐熱性酵素が報告されている<sup>6)</sup>。また、 $\beta$ -アミラーゼは $\alpha$ -アミラーゼと比較し、HPによる影響を受けにくいことが示唆された。この $\beta$ -アミラーゼ活性の持続により、浸漬に伴い遊離糖量が増加したものと考えられる。今回測定した $\alpha$ -アミラーゼおよび $\beta$ -アミラーゼの検討から、これらの酵素活性と平行現象にある、遊離糖が増加していることを明らかにした。また、試料中のグルコースが多いことから、 $\alpha$ -グルコシダーゼの活性が持続している可能性も考えられるので、今後、検討を加え、次報で報告する予定である。

### 5. 遊離アミノ酸

炊飯米の呈味成分である遊離アミノ酸量を測定し、結果を表3に示した。controlおよびHPともに浸漬日数に伴う増加が見られた。米に含まれる食味に関連する主要な遊離アミノ酸としては、グルタミン酸、アスパラギン酸、グリシン、アラニンなどが報告されている<sup>9)</sup>。また、精米に多く含まれるアスパラギン酸、グルタミン酸は、浸漬により炊飯液中で増加するという報告があり<sup>6)</sup>、本実験においても、浸漬およびその後の炊飯時にアミノ酸が増加したものと考えられる。とくに旨味に関連するグルタミン酸、甘味に関連するグリシンの増加が認められた。

### 6. 微生物的安全性

水分含量の多い試料であるため、浸漬期間中の菌の増殖の危険性が考えられる。図5は、試料に*B. cereus*の芽胞液を接種し、温度処理およびHPの菌に対する影響を調べたものである。25°Cのcontrol区では、接種時と同じレベルの菌数が残存していたが、55°Cではその数が減少していた。また、HP区では更に菌数が減少していた。HPにより、一般生菌が損傷を受けるとの報告がある<sup>13)</sup>が、今回、55°Cの予備浸漬とHPにより、菌を損傷させ、菌数を減少させることが確認された。*B. cereus*は土壌をはじめ、あらゆる場所に存在している食中毒菌であり、芽胞を持つことから、減菌することが困難であるが、この原料段階での菌数の減少は、その後の炊飯による殺菌効果も考慮すると、米飯の安全性向上に大きく貢献するものと考えられる。

以上のことから、超高圧処理が炊飯米全体の物性と炊飯米の光沢向上に、予備浸漬温度と超高圧処理の両方が炊飯米表層の物性と菌の損傷に、長時間浸漬がアミノ酸向上に関与していることが示唆された。また糖の増加には、予備浸漬温度、超高圧処理、長時間浸漬の全てが関与していた(図6)。

### 要 約

予備浸漬、超高圧処理および処理後の長時間の浸漬処理により炊飯米の品質関連特性に与える効果について、米飯

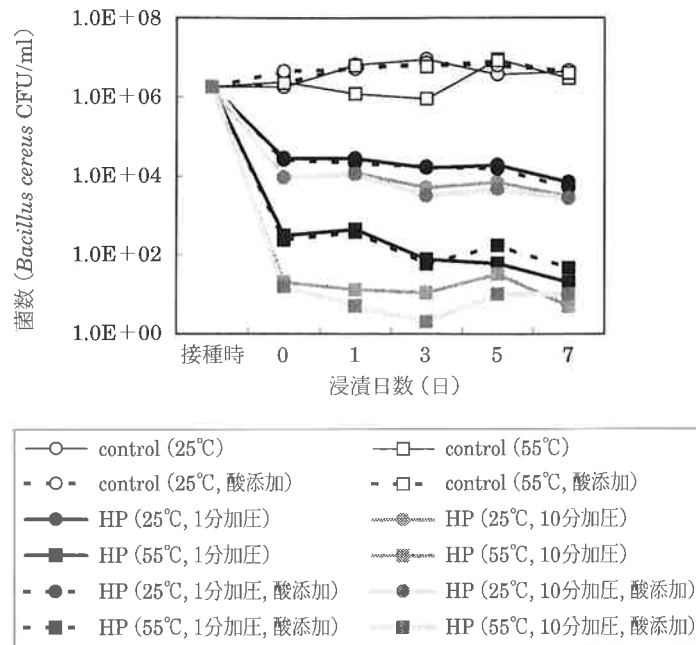
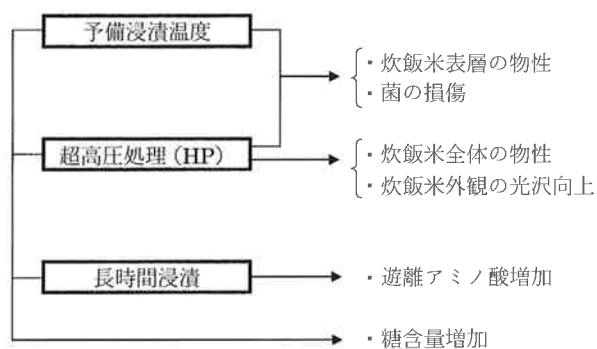
図5 *Bacillus cereus* 接種試験

図6 予備浸漬、超高压処理および長時間浸漬の効果

物性および炊飯米成分の変化を中心に検討し、以下の点を明らかにした。

- (1) 超高压処理により、試料米炊飯米の粘りおよびバランス度が増加し、好ましい食感を得た。
- (2) 超高压処理により、炊飯米表面の光沢が増加していた。
- (3) 長時間の浸漬により、糖やアミノ酸が増加していた。予備浸漬温度が高い試料で糖生成量の割合が顕著であった。
- (4) 55°Cの予備浸漬と超高压処理により、菌を損傷させ、減菌できることが確認され、原料米の食品衛生面での安全性向上が認められた。

超高压処理浸漬米は、吸水済みであるため、すぐに炊飯をはじめることができ、物性や食味、衛生面での向上が示された。これは、今後、無洗米へと応用が期待でき、米消

費の拡大に寄与するものと期待される。

本研究にあたり、衛生試験のご指導をいただいた(独)食品総合研究所発酵細菌研究室室長 伊藤義文博士、穀類特性研究室主任研究官 原口和朋博士、高压処理装置を提供し、実験にご協力いただいた越後製菓(株)の皆様深く感謝いたします。

## 文 献

- 1) 竹生新治郎, 米の食味の評価方法, 日調科誌, 3, 17-22 (1970).
- 2) 大坪研一, 食味研究の展開, 「米の食味評価最前線」, 財団法人全国食糧検査協会, (日本農民新聞社, 東京), pp. 13-70 (1997).
- 3) 丸山悦子, 東紀代香, 梶田武俊, 米飯の物理化学的特性と食味評価の関係, 家政誌, 34, 819-825 (1983).
- 4) 田島 眞, 加藤万里子, 飯塚敏恵, 炊飯米に含まれるオリゴ糖, 日食工誌, 41, 339-340 (1994).
- 5) 松崎昭夫, 高野哲夫, 坂本晴一, 久保山勉, 食味と穀粒成分および炊飯米のアミノ酸との関係, 日作記, 61 (4), 561-567 (1992).
- 6) 丸山悦子, 西千代子, 宮田康子, 梶田武俊, 炊飯に関する研究(第4報)炊飯中におけるアミラーゼ活性の挙動, 家政誌, 32, 253-258 (1981).
- 7) Awazuhara, M., Nakagawa, A., Yamaguchi, J., Fujiwara, T., Hayashi, H., Hatae, K., Chino, M. and Shimada, A. Distribution and Characterization of Enzymes Responsible for Starch Degradation in Rice (*Oryza sativa* Cv. Koshihikari), *J. Agric. Food Chem.*, 48, 245-252 (2000).
- 8) 丸山悦子, 坂本 薫, 炊飯に関する基礎的研究(第1報)温水浸漬の影響, 家政誌, 43, 97-103 (1992).
- 9) 関千恵子, 貝沼やす子, 米の調理に関する研究(第2報)炊飯条件としての浸水時間, 家政誌, 33, 228-234 (1982).
- 10) 貝沼やす子, 炊飯時に溶出する成分と飯の性状との関係に

- ついて, 家政誌, 43, 1201-1208 (1992).
- 11) 林 力丸, 高圧下現象の食品分野への利用, 「食品への高圧利用」, 林 力丸編, (さんえい出版, 京都), pp. 1-29 (1989).
  - 12) 山崎 彬, 杵淵美倭子, 山本和弘, 山田昭文, 高圧処理を施した浸漬米の炊飯後の微細構造と物性, 高圧力の科学と技術, 5, 168-178 (1996).
  - 13) 杵淵美倭子, 関谷美由紀, 山崎 彬, 山元皓二, 高圧処理により $\gamma$ -アミノ酪酸 (GABA) を蓄積させた玄米の一般生菌数の変化と加工玄米の性質, 食科工, 46, 329-333 (1999).
  - 14) 深井洋一, 松澤恒友, 石谷孝佑, 無洗米の品質特性および貯蔵性の評価, 食科工, 44, 367-375 (1997).
  - 15) 渡邊智子, 廣瀬理恵子, 安井明美, 無洗米とその米飯の成分挙動および嗜好性, 食科工, 46, 731-738 (1999).
  - 16) 岡留博司, 豊島英親, 大坪研一, 単一装置による米飯物性の多面的評価, 食科工, 43, 1004-1011 (1996).
  - 17) 三上隆司, 原 正純, 炊飯米の食味測定装置, 農業機械学会誌, 58 (4), 139-140 (1996).
  - 18) 貝沼圭二, SOMOGYI-NELSON 法, 「食品分析法」, 日本食品工業学会編, (光琳, 東京), pp. 170-171 (1982).
  - 19) 貝沼圭二, フェノール-硫酸法, 「食品分析法」, 日本食品工業学会編, (光琳, 東京), pp. 189-191 (1982).
  - 20) Saikusa, T., T, Horino and Y, Mori, Accumulation of gamma-aminobutyric acid (GABA) in rice germ during water soaking, *Biosci. Biotech. Biochem.*, 58, 2291-2292 (1994).
  - 21) 厚生省生活衛生局, 汚染指標菌, 「食品衛生検査指針 (微生物編)」, ((社) 日本食品衛生協会, 東京), pp. 67-77 (1990).
  - 22) 岡留博司, 豊島英親, 須藤 充, 安東郁男, 沼口憲治, 堀末登, 大坪研一, 米飯一粒の多面的物性測定に基づく米の食味評価, 食科工, 45, 398-407 (1998).
  - 23) 本間伸夫, 佐藤恵美子, 渋谷歌子, 石原和夫, 炊飯に伴う米の外観, テクスチャー, 香味の変化について (その1) 色, テクスチャー, 澱粉の $\alpha$ 化度, 家政誌, 34, 698-704 (1983).
  - 24) 藤巻 宏, 榎淵欽也, 炊飯米の光沢による食味選抜の可能性, 農業及園芸, 50, 253-257 (1975).
  - 25) 香西みどり, 石黒恭子, 京田比奈子, 浜藺貴子, 畑江敬子, 島田淳子, 米の炊飯過程における還元糖および遊離アミノ酸量の変化, 家政誌, 51, 579-585 (2000).
  - 26) 升井洋至, 高圧処理米におけるデンプン分解酵素の特性に関する研究, 飯島記念食品科学振興財団 平成 11 年度年報, 239-243 (1999).
  - 27) Hibi, Y., Matsumoto, T. and Hagiwara, S., Effect of High Pressure on the Crystalline Structure of Various Starch Granules, *Cereal Chem.*, 70, 671-676 (1993).
  - 28) 杵淵美倭子, 渡辺勝也, 小宮新一, 山崎 彬, 山本皓二, 圧力処理炊飯米の老化の特徴, 応用糖質科学, 46, 31-38 (1999).
  - 29) Barber, S., Milled rice and changes during aging. In "Rice : chemistry and Technology," 1st ed. D. F. Houston, ed. (Am. Assoc. Cereal Chem., St. Paul), MN. pp. 215-263 (1972).
- (平成 16 年 3 月 25 日受付, 平成 16 年 11 月 15 日受理)