

インディカ種米の食品加工への応用に関する研究

－インディカ種米米粉を使用したシューの特性－

A Study on the Use of Indicia Rice for Application to Food Processing

－Characteristics of “Chou” Using Indica Type Rice Flour－

新井 映子*

Eiko ARAI

（平成10年10月5日受理）

For the purpose of utilizing the Indica type rice (*Oryza sativa*, *L. indica*) through application to food processing, the author investigated the characteristics of the “chou” prepared from the Indica type rice flour and obtained the following results.

Using an untreated flour of Indica type rice, a “chou” was prepared, and it puffed nearly equally to the soft flour but was evaluated to be of a physically inferior quality.

To improve the quality, the rice flour was treated with papain or cellulase before it was prepared into a “chou.” The papain treated rice flour had the “chou” volume reduced, and so it was determined that the papain treatment would not be effective. The cellulase treated rice flour had the “chou” volume increased but gave a flat “chou” which had partitions produced inside and the hollow state deteriorated. However, by admixing 25% of an untreated rice flour to the cellulase treated rice flour, there was obtained a good “chou” in puffing and hollow condition. This “chou” was evaluated to be equal to the soft flour in the sensory evaluation. Generally evaluating the foregoing results, it was concluded that the rice flour having the cellulase treated rice flour and untreated rice flour admixed would be usable for preparation of “chou” as a substitute of the soft flour.

With the untreated rice flour admixed to the cellulase treated rice flour, puffing of the “chou” improved. As the reason, it was considered that the cellulase treated rice flour having the untreated rice flour admixed would have the viscosity of the “chou” paste decreased into an optimal state for puffing.

I. 緒言

ガットのウルグアイ・ラウンド農業合意を受けて、日本は1995年より米の部分的輸入を開始した。輸入米の多くは、東南アジアで栽培されているインディカ種と呼ばれる長粒米が多く、

* 家政教育講座

日本人が主食としている短粒米のジャポニカ種とは成分¹⁾や炊飯特性²⁾が大きく異なるために、嗜好性の点から白飯としての利用が困難である。そこで、今後も輸入量の増加が見込まれるインディカ種米の食品加工への有効利用法を探る目的で、米粉の製菓への応用について検討した。

現在、日本で製菓に利用される粉類は小麦粉が多い。小麦粉を利用した製菓は、おもにでんぷん特性を利用するものと、グルテン特性を利用するものとに大別される。中でもシューは、内部に大きな空洞をあけるために、糊化でんぷんの気体保持力によってシューペーストを膨張させる菓子³⁾である。そのため、グルテン形成が不可能な米粉でも、シューの調製は可能であると考えた。そこで本研究は、シュー調製における小麦粉の代替として、インディカ種米米粉の可能性について検討を行った。

II. 実験方法

1. 材料

供試粉には、収穫後約14ヶ月を経過したタイ産インディカ種米 (*Oryza satiba*, *L. indica*) を200 μ m以下に粉碎した米粉と、市販薄力粉(日清製粉製、フラワー)を使用した。その他の材料には、無塩バター(雪印乳業製)、鶏卵(市販卵、Lサイズ)および上白糖(日本甜菜製糖製)を使用した。

組織観察用の供試米には、上記インディカ種米のほかに、収穫後約12ヶ月を経過したジャポニカ種米 (*Oryza satiba*, *L. japonica*) の広島県産アキヒカリを使用した。

米粉の酵素処理にはパパイン(和光純薬製、粗酵素標品、0.5U/g)とセルラーゼ“オノズカ”3S(ヤクルト本社製、食品加工用、濾紙崩壊力活性:3,000U/g)を使用した。

2. シュー調製

瀬口⁴⁾の方法に準じた。材料配合割合と調製法を図1に示した。

3. 米粒組織

供試米に白金-パラジウムを蒸着した後、走査型電子顕微鏡(アカシビームテクノロジー製、WS-250)を用いて、加速電圧15kv、1,000倍の倍率で観察した。

4. 米粉の酵素処理

(1) パパイン処理

米粉(50g)に0.005%パパイン溶液(100ml)を加え、本酵素の最適温度に近い30℃で3時間酵素処理を行った。処理後の米粉懸濁液を7,000 \times gで5分間遠心分離して酵素反応液を除去し、沈殿を蒸留水で洗浄した。この操作を3回繰り返した後、沈殿をエチルアルコールで脱水し、真空デシケータ中で乾燥した(以後これを「パパイン処理米粉」と称す)。なお、本酵素の使用濃度は前報⁵⁾に準じた。また、本酵素の最適pHは5付近であるが、実用上処理操作を簡便化する目的で反応液のpH

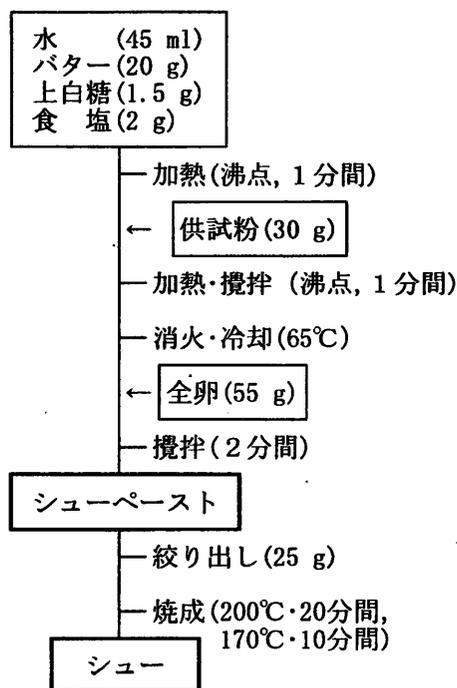


図1 シューの調製方法

調整は行わず、米粉懸濁液のpH7.23で酵素処理を実施した。

(2) セルラーゼ処理米粉

米粉 (50g) に0.05%セルラーゼ溶液 (100ml) を加え、本酵素の最適温度である40℃で(1)と同様に処理した (以後これを「セルラーゼ処理米粉」と称す)。なお、本酵素の使用濃度は前報⁶⁾に準じた。また、本酵素の最適pHは4.5付近であるが、(1)と同様の理由で反応液のpH調整は行わず、米粉懸濁液のpH7.23で酵素処理を実施した。

5. シューの特性

(1) 体積

植物種子置換法⁷⁾で測定した。すなわち、容器にアワ種子を充填し、充填に要したアワ種子の体積を測定した。容器にシューを入れて先のアワ種子を充填し、残ったアワ種子の体積を測定してみかけの体積とした。測定は10個の試料について行い、平均値と標準誤差を求めた。

(2) 高さ

シューの最高部と最底部との距離をノギスで測定した。測定は10個の試料について行い、平均値と標準誤差を求めた。

(3) 底面積

シュー底面の形状を上質紙に転写して切断し、重量を測定した。重量を上質紙1cm²の重量で除してみかけの面積とした。測定は10個の試料について行い、平均値と標準誤差を求めた。

(4) 空洞化状態

シューの中心部を超音波サンプルカッター (山電製、USC-3305) で縦方向に切断した後、中心部から左右5mmの厚さに同カッターでシューを切り取った。中心部方向を下にして切断面の形状を複写機で記録し、空洞化状態を観察した。

(5) 色

シュー側面部の色を色彩計 (ミノルタ製、CR-300) で測定し、国際照明委員会 (CIE) で規格化されたL*a*b*表色系 (CIE 1976) で示した。L*a*b*表色系では、明度をL*、色相と彩度を示す色度をa*およびb*で表す。さらに、試料間の色差 (ΔE^*ab) を、次式より算出した。

$$\Delta E^*ab = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2}$$

測定は10個の試料について行い、平均値と標準誤差を求めた。

6. シューの官能評価

(1) 無処理米粉使用シュー

焼成後20℃で1時間放冷した無処理米粉使用シューの官能評価を、20名の消費者パネル (20~22才の女子大学生) を用いて行った。評価は、薄力粉使用シューを基準試料 (0) とし、シューの膨化状態、形状、色、香りおよび硬さの6特性について、7段階評定尺度法 (+3:非常に良い、+2:かなり良い、+1:やや良い、0:同じ、-1:やや悪い、-2:かなり悪い、-3:非常に悪い) を用いて実施した。

(2) 酵素処理米粉使用シュー

焼成後20℃で1時間放冷した酵素処理米粉使用シューの官能評価を、(1)と同一のパネルを用いて行った。評価は、シューの膨化状態、形状、色、香り、味、硬さおよび総合評価の7特性について、5点満点の絶対評価法 (1点:非常に悪い、2点:やや悪い、3点:普通、4点:やや良い、5点:非常に良い) で実施した。

7. シューペーストの糊化度

図1に示した消火・冷却段階のシューペースト（全卵添加以前）を採取（5g）し、10倍量のエチルアルコール中で粉碎した。吸引濾過してエチルアルコールを除去し、同一の操作を3回繰り返した後、アセトンで洗浄して真空デシケータ中で乾燥し、脱水粉末試料とした。脱水粉末試料の糊化度を、 β -アミラーゼ-プルラーゼ法⁹⁾で測定した。すなわち、脱水粉末試料（80mg）に水（8ml）を加えてガラスホモジナイザーでホモジナイズし、そのうちの2mlを25mlに0.8M酢酸緩衝液（pH6.0）で定容し、懸濁試料とした。他の2mlを10N水酸化ナトリウム溶液（0.2ml）を加えてアルカリ糊化により完全糊化試料とした後、2N酢酸溶液（1ml）で中和してから、同様の緩衝液で25mlに定容した。懸濁試料と完全糊化試料（各2ml）の β -アミラーゼ（長瀬産業製、粗酵素標品、5,000U/g）とプルラーゼ（林原生物化学研究所製、粗酵素標品、2,000U/g）による分解性をソモギ・ネルソン法^{9) 10)}で測定し、その比から糊化度を算出した。

$$\text{糊化度}(\%) = (\text{懸濁試料の分解度} / \text{完全糊化試料の分解度}) \times 100$$

8. 統計解析

平均値の差の検定は、スチューデントの t-test¹¹⁾ によった。

III. 結果および考察

1. インディカ種米米粉使用シューの特性

はじめに、インディカ種米の米粉でシューの調製が可能か否かを検討するために、無処理の米粉を使用してシューを調製し、薄力粉使用シューと比較した。

無処理米粉使用シューの体積（表1）は、薄力粉使用シューより平均値は小さいものの、両者間に有意差は認められないことから、薄力粉と概ね同等に膨化することが確認された。しかし、シュー形状の良否を示す底面積に有意差は認められないものの、高さは有意に低くなった。

官能評価（表2）においては、無処理米粉使用シューは膨化状態、形状、色、香り、硬さおよ

び味の全特性においてスコアが負となり、薄力粉よりも官能的に悪いと評価された。無処理米粉使用シューは、体積の実測値に差がないにも関わらず膨化状態が悪いと評価されたが、これは高さが低いことによると推察された。これらの結果より、膨化性（体積）の点から無処理米粉を薄力粉の代替として使用することは可能であるが、形状や官能特性を薄力粉に近づけるためには、米粉の改変が必要であることが示唆された。

改変に先立ち、インディカ種米の特性を知るために、供試米の表面組織を走査型電子顕微鏡で観察した（図2）。比較に用いたジャポニカ種米のアキヒカリでは、でんぷん複粒が緩やかに結合して胚乳細胞内に存在し、遊離しやすい状態にある様子が観察された。一方、インディカ種米では、でんぷん複粒がジャポニカ種米より小さな胚乳細胞壁に囲まれており、さらにア

表1 無処理米粉使用シューの膨化状態

供試粉	体積 (cm ³)	高さ (cm)	底面積 (cm ²)
無処理米粉	av. \pm s. e. ^{a)} 107.0 \pm 2.4	av. \pm s. e. 3.5 \pm 0.3*	av. \pm s. e. 35.2 \pm 4.2
薄力粉 ^{b)}	112.5 \pm 1.2	4.5 \pm 0.2	37.3 \pm 2.0

^{a)} av. \pm s. e. は平均値 \pm 標準誤差を示す。

^{b)} 統計解析の基準とした。基準（薄力粉）値に対して5%水準で有意差が認められたものを*で表した。

ルブミンやグロブリンなどの水溶性または塩溶性タンパク質¹²⁾が、でんぷん粒の間隙を埋めるように連続相として多量に存在している様子が観察された。島田ら¹³⁾は、輸入インディカ種米の組織をジャポニカ種米のチヨニシキと比較し、両者の電顕的所見には明瞭な差は認められな

表2 無処理米粉使用シューの官能評価^{a)}

特 性	スコア
	av. ± s. e.
膨化状態	-0.8 ± 0.4
形状	-1.3 ± 0.2
色	-0.3 ± 0.1
香り	-0.4 ± 0.4
硬さ	-0.9 ± 0.4
味	-0.4 ± 0.3

^{a)} 薄力粉使用シューを基準試料(0)とした。基準試料と比べて非常に良い(+3)から非常に悪い(-3)までの評定尺度法による。

いと報告している。しかし、本実験に使用した供試米では、前述のように構造上の違いが認められたことから、この違いはインディカ種米間あるいはジャポニカ種米間の品種間差異に起因するものか、さらに検討が必要であると思われた。

以上の結果より、本実験に供試したインディカ種米では、ジャポニカ種米より組織が緻密なためにでんぷん内部への吸水が悪く、でんぷんの糊化・膨潤が起りにくいことが推察された。本実験では、米を200μm以下に粉碎して使用したが、粉碎後もこの構造は保持されると考えられる。従って、吸水を促進してでんぷんの糊化・膨潤を向上させればシューの膨化性が改善され、高品質のシューが得られると推察した。そこで、先^{5) 6)}に米飯の糊化特性改変に有効であることを報告した2種類の酵素処理を、インディカ種米米粉に対しても行うことにした。すなわち、パパイン処理⁵⁾によって水溶性および塩溶性タンパク質を部分的に水解したパパイン処理米粉と、セルラーゼ処理⁶⁾によって胚乳細胞壁を部分的に水解したセルラーゼ処理米粉を調製し、シューを試作した。

パパイン処理米粉を使用すると、無処理米粉よりも体積が減少して、薄力粉よりも有意にシューが小さくなっ

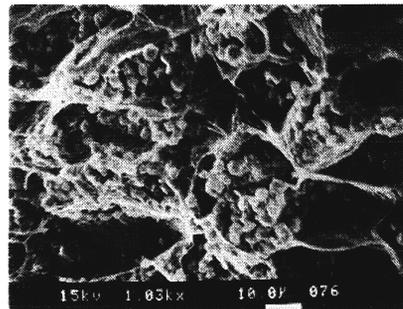
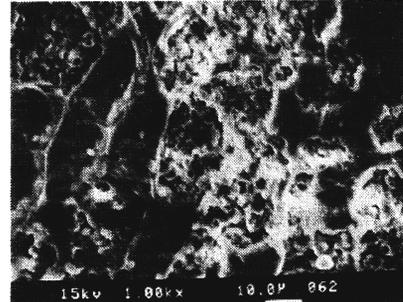


図2 供試米表面の走査型電子顕微鏡写真
A: インディカ種米
B: ジャポニカ種米

表3 酵素処理米粉使用シューの膨化状態^{a)}

供 試 粉	体 積 (cm ³)	高 さ (cm)	底面積 (cm ²)
	av. ± s. e.	av. ± s. e.	av. ± s. e.
パパイン処理米粉	101.3 ± 1.9***	3.7 ± 0.1	38.5 ± 0.8
セルラーゼ処理米粉	117.0 ± 2.0*	2.9 ± 0.2**	41.9 ± 0.8**

^{a)} 表1に示した薄力粉を統計解析の基準とした。基準(薄力粉)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。

た(表3)。この結果より、米粉の改変にパパイン処理は無効であると判定した。先³⁾に、パパイン処理は米のアルブミンやグロブリンなどのほかに、でんぷん粒に強固に結合したでんぷん粒結合タンパク質(アミロース合成酵素、推定分子量60 k daltons)をも水解することを報告した。パパイン処理でこのでんぷん粒結合タンパク質を除去したでんぷんは、無処理でんぷんよりも高度に水和するため、膨潤が著しかった。従って、パパイン処理した米粉を使用すると、でんぷんが過剰に糊化するためにシューペーストが膨化に適した強さを保てず、体積が減少したものと推察された。この結果より、シューの膨化性を向上させるためには、でんぷん内部への吸水を促進することは必要であるが、でんぷんの糊化状態を著しく改変するような処理は、逆に膨化を抑制することが示唆された。なお、本実験に使用したパパインは粗酵素標品であるため、プロテアーゼ活性以外にも、多糖分解酵素活性などが存在する可能性も否定できない。また、酵素反応をパパインの最適pHで実施していないことから、パパイン以外の酵素が作用したことも考えられる。従って、シューの体積が減少したのは、アルブミン、グロブリンおよびでんぷん粒結合タンパク質の水解以外に、夾雑酵素が複合的に関与したことも推察された。

一方、セルラーゼ処理米粉を使用すると、無処理米粉より体積が増加し、薄力粉よりも有意に大きなシューが得られた。しかし、高さが減少して底面積が増加し、形状の悪いシューとなった。これは、焼成前のシューペーストの粘性が低いために、焼成時にいわゆる「だれ」を起こしたためと推察された。しかし、セルラーゼ処理は体積増加には有効であるため、だれを防止できれば膨化性のよいシューが得られると予測した。そこで、でんぷんの糊化・膨潤を適度に抑制してシューペーストの粘性を高めるために、セルラーゼ処理米粉に無処理米粉を混合する方法を試みた。なお、本実験に使用したセルラーゼには、キシラナーゼやベクチナーゼなどの多糖分解酵素活性も存在することや、酵素反応をセルラーゼの最適pHで実施していないことから、シュー体積の増加については、セルロースの水解以外にも、夾雑酵素によるヘミセルロースの水解などが関与しているものと推察された。

無処理米粉の使用割合を25、50および75%の3段階としてシューを調製し、シューの体積、高さおよび底面積を測定した(表4)。その結果、セルラーゼ処理米粉75%と無処理米粉25%を混合した場合に、シューの体積および高さが最高値となった。また、このシューは、表1に示した薄力粉使用シューよりも有意に体積が大となり、高さおよび底面積には有意差が認められなかった。従って、このシューは薄力粉使用シューと同等に膨化したことが確認された。これらの結果より、セルラーゼ処理米粉75%と無処理米粉25%を混合した米粉(以後「混合米粉」と略す)は、膨化性(体積および形状)の観点から薄力粉の代替として使用可能であることが明らかとなった。

シューとして利用するためには、膨化性のみならず内部にフィリン

表4 セルラーゼ処理米粉と無処理米粉の混合がシューの膨化状態にあたる影響^{a)}

混合比率 ^{b)} (%)	体積(cm ³)	高さ(cm)	底面積(cm ²)
	av. ± s. e.	av. ± s. e.	av. ± s. e.
75:25	117.5 ± 1.3**	3.7 ± 0.2	36.8 ± 1.7
50:50	110.2 ± 2.5	3.6 ± 1.8	36.0 ± 1.5
25:75	109.0 ± 2.4	3.6 ± 0.8	35.5 ± 1.2

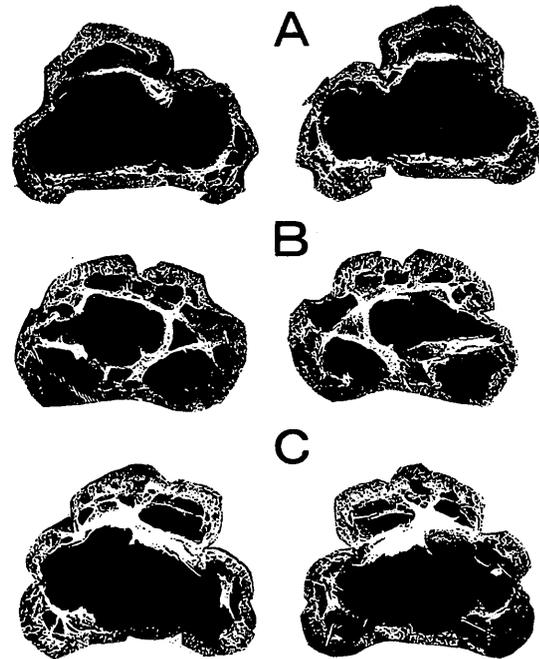
^{a)} 表1に示した薄力粉を統計解析の基準とした。基準(薄力粉)値に対して1%水準で有意差が認められたものを**で示した。

^{b)} セルラーゼ処理米粉:無処理米粉を示す。

グを充填するための空洞が必要である。そこで、混合米粉使用シューの空洞化状態を知るために、中心部縦断面の形状を観察した(図3)。その結果、混合米粉使用シューと薄力粉使用シューでは、空洞化に大きな違いは認められないことから、混合米粉を使用しても薄力粉と同様にフィリング可能なシューができることが判明した。一方、セルラーゼ処理米粉のみを使用したシューでは空洞化が悪く、内部が壁で仕切られた状態となり、フィリングは困難であった。この結果からも、セルラーゼ処理米粉に無処理米粉を混合することは、有効であると考えられた。

シューは焼き菓子であるため、焼成による着色の良否も嗜好性の点からは重要である。そこで、シューの色を測定した(表5)。その結果、混合米粉使用シューと薄力粉使用シューのカラーインデックスに有意差は認められなかったが、セルラーゼ処理米粉使用シューでは、赤色の着色を示す+a*値が有意に上昇した。これは、セルラーゼ処理によって細胞壁が水解を受けて還元糖を生じたために、焼成中にアミノ・カルボニル反応が促進されて、褐変物質が生成されたことによると推察された。また、薄力粉使用シューとの間の色差を求めたところ、セルラーゼ処理米粉では、色差が熟練パネルの識別域である2.5^{d)}を越えていることから、消費者レベルでも色の違いを識別できると思われた。従って、過度の着色を防止する点からも、無処理米粉を混合することは有効であると考えられた。

図3 シューの縦断面図



A: 混合米粉(セルラーゼ処理米粉75%と無処理米粉25%を混合したもの)
B: セルラーゼ処理米粉
C: 薄力粉

表5 シューの色

供 試 粉	カラーインデックス			
	L*	+a*	+b*	ΔE*ab ^{d)}
混合米粉 ^{b)}	av. ±s. e. 64.6±1.2	av. ±s. e. +6.9±0.6	av. ±s. e. +35.9±0.7	av. ±s. e. 1.62±0.5
セルラーゼ処理米粉	60.6±2.3	+9.1±0.5*	+35.1±0.8	3.00±0.8
薄力粉 ^{c)}	63.2±2.2	+7.7±0.4	+36.0±0.5	-

^{a)} 薄力粉との色差を示す。

^{b)} セルラーゼ処理米粉75%と無処理米粉25%を混合したもの。

^{c)} 統計解析の基準とした。基準(薄力粉)値に対して5%水準で有意差が認められたものを*で表した。

2. 混合米粉使用シューの官能特性

次に、混合米粉使用シューの官能特性を明らかにするために、薄力粉およびセルラーゼ処理

米粉使用シューとともに、5点満点の絶対評価による官能検査に供した(表6)。その結果、混合米粉使用シューは膨化状態、香り、硬さおよび総合評価のスコアが薄力粉使用シューよりわずかに低下したものの、両者間に有意差は認められないことから、官能的に薄力粉使用シューと同等であることが確認された。しかし、多くのパネリストより、混合米粉使用シューは薄力粉使用シューよりも硬いとの意見が出された。これは、米粉がグルテンを形成しないために、シューに空気層が取り込まれず、硬さが増したためと思われる。一方、セルラーゼ処理米粉使用シューは、膨化状態のスコアが薄力粉使用シューよりも有意に低下し、有意差は認められないものの形状、色、硬さおよび総合評価のスコアも低くなった。そのため、混合米粉使用シューよりも官能的に劣ると判定された。以上の結果より、セルラーゼ処理米粉に無処理米粉を混合した混合米粉は、薄力粉の代替としてシューの調製に利用可能であると結論した。

3. シューペーストの糊化度と膨化性

シューのように空洞状に膨化する製品では、シューペーストの底部が水の沸点に達するとその場所から急激に水蒸気が発生し、それ以前の加熱過程で糊化したでんぷんが、水蒸気を保持しつつ伸展して空洞を形成する¹⁰⁾。そのため、水蒸気が発生時点ででんぷんが適度に糊化して、伸展に適した粘性を有していることが望ましい。本実験では、セルラーゼ処理米粉に無処理米粉を混合すると、シューの体積や空洞化が改善されたことから、この変化はシューペーストの糊化状態に依存していると推察された。そこで、この仮説を検証するために、シューペーストの糊化度を測定した。

無処理米粉、セルラーゼ処理米粉、混合米粉および薄力粉を使用したシューペーストの糊化度は、セルラーゼ処理米粉が最高値、無処理米粉が最低値となり、薄力粉はその中間値を示した(表7)。セルラーゼ処理米粉の糊化度が無処理米粉よりも上昇したのは、胚乳細胞壁の部分的破壊により、でんぷんの吸水が向上したためと推察された。一方、混合米粉では、糊化度が薄力粉に近い値となった。これらの結果より、無処理米粉ではシューペーストの糊化度が低いために、水蒸気が発生してもペーストが十分に伸展できず膨化が悪くなるが、セルラーゼ処理米粉のように糊化度が高すぎ

表6 混合米粉使用シューの官能評価

特 性	供 試 粉		
	混合米粉 ^{b)}	セルラーゼ処理米粉	薄力粉 ^{c)}
	av. \pm s. e.	av. \pm s. e.	av. \pm s. e.
膨化状態	3.4 \pm 0.4	2.2 \pm 0.3**	3.6 \pm 0.3
形状	3.5 \pm 0.5	2.5 \pm 0.3	2.9 \pm 0.4
色	3.9 \pm 0.4	2.5 \pm 0.4	3.8 \pm 0.4
香り	2.9 \pm 0.4	3.2 \pm 0.6	3.0 \pm 0.4
硬さ	2.5 \pm 0.5	2.6 \pm 0.5	3.0 \pm 0.3
味	2.8 \pm 0.5	2.5 \pm 0.5	2.3 \pm 0.4
総合評価	3.1 \pm 0.5	2.8 \pm 0.5	3.2 \pm 0.5

^{a)} 非常に悪い(1点)から非常に良い(5点)までの絶対評価法。

^{b)} セルラーゼ処理米粉75%と無処理米粉25%を混合したもの。

^{c)} 統計解析の基準とした。基準(薄力粉)に対して1%水準で有意差が認められたものを**で表した。

表7 シューペーストの糊化度

供 試 粉	糊化度(%)
無処理米粉	65
セルラーゼ処理米粉	98
混合米粉 ^{a)}	75
薄力粉	79

^{a)} セルラーゼ処理米粉75%と無処理米粉25%を混合したもの。

てもシューペーストは軟らかくなりすぎ、焼成時にだれを起こして膨化が抑制されると推察された。従って、無処理米粉を混合することによって糊化度を薄力粉に近づけ、伸展に適した粘性に調節することは、膨化のよいシューを得るためにも有効であることが確認された。

IV. 要約

インディカ種米の食品加工への応用を目的として、インディカ種米米粉で調製したシューの特性を検討し、以下の結果を得た。

インディカ種米の無処理米粉を使用してシューを調製したところ、薄力粉と概ね同等に膨化したが、官能的に品質が劣ると評価された。

品質を向上させるために、米粉をパパインまたはセルラーゼで処理してシューを調製したところ、パパイン処理はシューの体積を減少させたために、効果がないと判定された。一方、セルラーゼ処理はシューの体積を増加させたが、形状が扁平となり、内部に仕切ができて空洞化状態が悪くなった。しかし、セルラーゼ処理米粉75%と無処理米粉25%を混合することにより、膨化および空洞化状態のよいシューが得られた。このシューは、官能評価において、薄力粉使用シューと同等であると評価された。以上の結果を総合して、セルラーゼ処理米粉と無処理米粉を混合した米粉は、薄力粉の代替として、シューの調製に使用可能であると結論した。

セルラーゼ処理米粉に無処理米粉を混合すると、膨化状態が向上した。その理由は、無処理米粉の混合によってシューペーストの糊化度および粘性が低下し、膨張に適した状態になったためであると推察した。

終わりに、供試米を御恵与下さいました株式会社佐竹製作所に対して、深甚なる謝意を表します。また、実験にご協力いただきました笹津智子さんに、心より感謝致します。

引用文献

- 1) ARAI E. and WATANABE M., 1994 : Gelatinization of starch as a factor affecting the quality of cooked rice. *Oyo Toshitu Kagaku*, **41**, 193-196.
- 2) 新井映子・渡辺道子、1994 : 高圧処理または酵素処理によるインディカ種米の米飯テクスチャー改変、*日食工誌*、**41**、619-626.
- 3) 高橋美保、上部光子、中村美晴、千葉時子、下村道子、1987 : シューの膨化に関する研究、*大妻女大家政学部紀要*、**23**、19-28.
- 4) 長尾精一編、1995 : 小麦の科学、朝倉書店、東京、173.
- 5) 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.
- 6) WATANABE M., ARAI E., HONMA, K., and FUKU, S., 1991 : Improving the cooking properties of aged rice grains by pressurization and enzymatic treatment, *Agric. Biol. Chem.*, **55**, 2725-2731.
- 7) GRISWOLF, R. N., 1962: *The Experimental Study of Foods*, Houthoun Mifflin, Boston, 525.

- 8) 貝沼圭二・松永暁子・板川正秀・小林正一, 1981 : β -アミラーゼ-プルラナーゼ (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.
- 9) NELSON, N.J., 1944 : A photometric adaptation of the somogyi method for the determination of glucose, *J. Biol. Chem.*, 153, 375-380.
- 10) SOMOGYI, M., 1952 : Notes on sugar determination, *J. Biol. Chem.*, 195, 19-23.
- 11) FISHER, R.A., 1958 : Statistical Methods for Research Workers, 13th ed., Hafner Publishing, New York, 122-128.
- 12) 竹内俊治・松田幹・中村良・田中國介, 1991 : モノクロナール抗体を用いた米アレルゲンタンパク質の研究, 日本農芸化学会講演要旨集 (京都), 245.
- 13) 島田淳子・大田原美保・綾部園子・畑江敬子・小西雅子, 1995 : タイ国産米の炊飯特性と加圧炊飯による食味改良効果, 調理科学, 28, 158-166.
- 14) 納谷嘉信, 1993 : 産業色彩学, 朝倉書店, 東京, 104.
- 15) 渕本幸恵・四宮陽子・佐々木恵子・畑江敬子・島田淳子, 1990 : 膨化調理における空洞形成の過程—シューについて—, 家政誌, 41, 1049-1054.