

9353 食塩水抽出と酵素処理の組み合わせ操作による低品質米の品質改良

助成研究者:渡辺 道子(東京学芸大学 教育学部)

共同研究者:新井 映子(東京学芸大学)

〔目的〕

米には、炊飯したときに粘るものと粘らないものがあり、日本では、粘りのあるものが高品質とされる。本研究は、新米でも粘りを与えない米、古米化して粘りを与えなくなった米および品種的にもともと粘りが無い米について、粘りを与えない要因を明らかにし、その要因を取り除いて米飯に粘りを発現させることを目的とした。

「方法および結果」

供試米として、ゆきひかり、こしひかり、アキヒカリおよびインディカ種米3品種の新米と、アキヒカリ古米を使用した。官能評価の結果から、低品質と評価されるゆきひかり、アキヒカリ古米およびインディカ種米の米飯は、基準試料に用いた高品質米の米飯と比べて、「粘りが無い」、「硬い」、「光沢がない」という共通特性を持つことが明らかとなった。米飯特性値の測定から、低品質米の米飯が粘らない要因として、炊飯過程での熱水可溶性でんぷんの生成が少ないことが示唆されたため、でんぷんの遊離を促進させる方法について検討を行った。

アキヒカリ古米に4種類のプロテアーゼ処理を行った結果、塩溶性タンパク質が水解されて、米からの遊離でんぷん量が増加し、米飯に粘りが発現した。米を1M食塩水で洗浄する処理でも同様の効果が得られ、ゆきひかり、アキヒカリ古米およびインディカ種米1品種の米飯に粘りが発現した。

1M食塩水処理で粘りが発現しないインディカ種米に粘りを発現させるために、食塩水処理後の米にプロテアーゼ処理を行った。食塩水-プロテアーゼ併用処理を行うことにより、塩溶性タンパク質およびでんぷん結合タンパク質が除去されて、インディカ種米の米飯に粘りが発現した。

以上の結果から、低品質米の米飯に粘りを発現させて食味を向上させるためには、米を1M程度の食塩水で洗浄する処理が、食塩水処理のみで粘りが発現しないインディカ種米には食塩水-プロテアーゼ併用処理が、それぞれ有効であると結論した。

9353 食塩水抽出と酵素処理の組み合わせ操作による低品質米の品質改良

助成研究者: 渡辺 道子(東京学芸大学 教育学部)

共同研究者: 新井 映子(東京学芸大学)

1. 研究目的

米には、炊飯したときに、粘るものと粘らないものがある。日本では、粘りのあるものが高品質とされ、近年、品種改良によって、炊飯したときに粘りのでる米を育種する努力がなされている。一方、昨年までのように、生産過剰のために米が消費しきれず、倉庫などで保管している間に古米化して、新米のときに高品質であったものでも粘りがなくなってしまい、品質が低下するという問題が起きている。さらに、ウルグアイラウンド農業交渉で農作物の完全自由化が実施されることになり、昨年の米不作で、今年3月から日本米より粘りの少ない外国産米が輸入されている。

本研究は、新米でも粘りを与えない米、古米化して粘りを与えなくなった米および品種的にもともと粘りが無い米について粘りを与えない要因を明らかにし、その要因を取り除いて粘りを発現させることを目的とした。

2. 研究方法

2. 1 実験材料

2. 1. 1 供試米

ジャポニカ種の新米として、ゆきひかり(北海道産)、アキヒカリ(広島県産)およびコシヒカリ(新潟県産)を冷蔵保蔵して使用した。ジャポニカ種の古米として、アキヒカリ新米を Tsugita ら¹⁾の方法に準じて古米化して使用した。外国産米として、タイ産インディカ種米3品種(以後インディカA, インディカB, インディカCと略す)を冷蔵保蔵して使用した。

2. 1. 2 プロテアーゼおよび特異的インヒビター

プロテアーゼには、試薬用標品のアクチナーゼE(科研製薬, 1,000 Tyr単位/mg), α -キモトリプシン(Sigma Chemical, 39単位/mg), パパイン(Sigma Chemical, 21単位/mg)およびトリプシン(Sigma Chemical, 11,800単位/mg)を使用した。

プロテアーゼ特異的インヒビターには、N-Tosyl-L-phenylalanine chloromethyl ketone (TPCK, Sigma Chemical), trans-epoxysuccinyl-L-leucylamido

(4-guanidino)-butane (E-64, Sigma Chemical) および $N\alpha$ -p-tosyl-L-lysine chloromethyl ketone (TLCK, Sigma Chemical) を使用した。

2. 2 官能評価

10名で構成された消費者パネルを用いた。官能評価は食糧庁の「食味試験実施要領」²⁾ に準拠した。

2. 3 タンパク質量

NCアナライザー（住化分析サービス、スミグラフ NC-90A）で得られた窒素量に、5.95を乗じた値をタンパク質量とした。

2. 4 アミロース量

基準試料にうるち米（コシヒカリ）およびもち米（満月）を使用して、オートアナライザー（Bran & Lubbe, II）で測定した。

2. 5 炊飯

米（145 g）に水（200 ml）を加えて3回洗浄した後、乾燥重量の1.5倍になるように水を加え、電気炊飯器（松下電気、SR-3F）で炊飯した。

2. 6 米飯糊化度

米飯を脱水粉末試料とした後、 β -アミラーゼ-プルラーゼ法³⁾によって測定した。

2. 7 熱水可溶性でんぷん量

米飯（20 g）に沸騰水（200 ml）を加えて穏やかに攪拌し、熱水可溶性物質を抽出した。ガラスフィルターで吸引口過し、ロ液に含まれる遊離還元糖を Somogyi⁴⁾ および Nelson⁵⁾ の方法で定量した。ロ液の一部をトリフルオロ酢酸（終濃度、2N）で水解した後、同様の方法で全糖量を定量した。全糖量と遊離還元糖量の差に0.90⁶⁾を乗じて、熱水可溶性でんぷん量とした。

2. 8 米飯テクスチャー

Okabe⁷⁾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、米飯テクスチャーを測定した。測定項目は硬さ、粘りおよび粘り/硬さとした。

2. 9 米飯光沢

光沢計（日本電色工業、VSG-1D）で測定した。

2. 10 プロテアーゼ処理

プロテアーゼ（使用量は米重量の1/5000）水溶液（200 ml）に供試米（145 g）を入れ、37°Cで30分間処理した。ふるいを通して処理水を除去した後に洗米し、2. 5の方法で炊飯した。

2. 11 でんぷん遊離量

プロテアーゼまたはプロテアーゼとインヒビターの水溶液（200 ml、濃度は結果に記載）に供試米（100 g）を入れ、37°Cで30分間処理した。処理液をガラスフィルターで吸引口過してでんぷんの懸濁液を採取し、懸濁液に含まれる遊離還元糖量を Somogyi⁴⁾ および

Nelson⁵⁾の方法で定量した。懸濁液の一部をトリフルオロ酢酸（終濃度，2N）で水解した後，同様の方法で全糖量を定量した。全糖量と遊離還元糖量の差に0.90⁶⁾を乗じてでんぷん遊離量とした。

2. 12 イオン強度

供試米（100 g）に脱イオン水（150 ml）を加え，25℃で0.5および30分間浸漬した。浸漬液をメンブレンフィルター（0.45 μm）でろ過して不溶性成分を除去し，浸漬液の無機成分（カルシウム，コバルト，銅，鉄，マグネシウム，リン，硫黄，珪素および亜鉛）を誘導結合プラズマ発光分光装置（セイコー電子，SPS-1200A）で定量した。カリウムおよびナトリウムの定量には，原子吸光分光装置（セイコー電子，ASA-760）を使用した。

2. 13 塩溶性タンパク質の抽出および定量

供試米（100 g）を円筒口紙に入れ，所定濃度（結果に記載）の食塩水（1,500 ml）を3回還流させることによって，塩溶性タンパク質を抽出した。Protein assay kit（Bio-Rad，Kit 1）を用いて，抽出されたタンパク質量を測定した。

3. 研究結果および考察

3. 1 低品質米の炊飯特性解析

日本で低品質とされる米は，品種的に粘らないものと，保蔵中に古米化して粘らなくなったものの2者に大別できる。前者の例としてジャポニカ種のゆきひかりとインディカ種米，後者の例としてジャポニカ種のアキヒカリ古米を用いて，低品質米およびその米飯が，高品質米およびその米飯と比べてどのような共通性を有するのかについて検討した。

Table 1 にゆきひかり，アキヒカリ古米およびインディカ種米の米飯官能評価を示す。官能評価の結果から，低品質米の米飯は，基準試料に用いた米飯と比べて「硬い」，「粘りが無い」および「光沢が無い」という特性を持つことが明らかとなった。古米米飯では，これらの特性のほかに「香りが悪い」という特性も加わった。

Table 2 にゆきひかりとコシヒカリ，アキヒカリ新米と古米およびインディカ種米の成分および米飯特性値を示す。ゆきひかりを高品質米のコシヒカリと比較すると，タンパク質およびアミロース含有量が高く，米飯糊化度，米飯光沢が低く，熱水可溶性でんぷん量が少なかった。ゆきひかりの米飯テクスチャーは，コシヒカリの米飯に比べて粘りがなくて硬く，粘り／硬さの値が低かった。アキヒカリ古米は，アキヒカリ新米と比べて成分に差は認められないものの，米飯糊化度，米飯光沢が低く，熱水可溶性でんぷん量が少なかった。古米の米飯テクスチャーは，新米米飯と比べて粘りがなくて硬く，粘り／硬さの値が低かった。インディカ種米の特性を，ジャポニカ種米の中では食味評価が低いとされるゆきひかりと比較した。インディカ種米のタンパク質含有量はいずれもジャポニカ種のゆきひかりより低く，アミロース含有量は高いものと低いものがあつた。インディカ種米の米飯糊化度，米飯光沢の値をゆきひかり米飯と比較すると，いずれもゆきひかり米飯よ

り低く、熱水可溶性でんぷん量も少なかった。インディカ種米の米飯テクスチャーは、ゆきひかり米飯よりさらに粘りがなくて硬く、粘り／硬さの値も著しく低かった。

以上の結果から、品種的に食味が劣る米または保蔵によって品質が低下した米は、炊飯過程で生成される熱水可溶性でんぷん量が少ないために、米飯表面を被覆するでんぷん糊が少なくなり、その結果、米飯に粘りが発現しないと推察した。そこで、低品質米の米飯に粘りを発現させるためには、炊飯過程で米粒表面のでんぷんを米粒外に適度に遊離させ、それを十分糊化させればよいと考察した。

3. 2 塩溶性タンパク質の可溶化と米飯の粘り発現

さき⁸⁾に申請者は、古米米飯をプロテアーゼ処理すると、米飯に粘りが発現することを明らかにした。この知見から、低品質米の米飯が粘らない要因として、でんぷん粒を胚乳細胞内に固定しているアルブミンおよびグロブリンが浸漬液に可溶化しないために、でんぷんの遊離が抑制されて、米飯が粘らないと推定した。この仮説を検証するために、古米を供試米として各種プロテアーゼ処理を行い、でんぷん遊離量と米飯の粘りおよび光沢を測定した。

Table 3 に示した通り、アクチナーゼ、 α -キモトリプシン、パパインおよびトリプシン処理は、いずれも古米からのでんぷん遊離量を増加させるとともに、処理米米飯の粘りおよび光沢を増加させた。各種プロテアーゼに特異的に作用するインヒビターの存在下（濃度、1 mM）では、これらの現象は認められなくなった。以上の結果から、でんぷんを胚乳細胞内に固定しているタンパク質を可溶化すると、米飯に粘りが発現することが明らかとなった。また、トリプシンの基質特異性から、プロテアーゼによって水解を受けたタンパク質は、アルブミンおよびグロブリンの塩溶性タンパク質であることが確認された。

塩溶性タンパク質を可溶化する手段として、プロテアーゼ処理よりも操作が簡単で、低コストの食塩水抽出処理が考えられる。古米を供試米に使用して、食塩水抽出処理による古米米飯の粘り発現の可能性を検討した。

新米の米飯はよく粘るが、古米化すると粘りが少なくなることを3. 1で述べた。それは、古米化に伴って塩溶性タンパク質が変性し、浸漬液への溶解度が低下した結果と推察される。米のミネラルは、米を水に浸漬している間に浸漬液へと拡散した（Table 4）。拡散量は浸漬時間に依存しており、0.5分間の浸漬では、古米、新米ともに微量のミネラルしか溶出しなかった。30分間浸漬した液のイオン強度を求めたところ、古米、新米ともにその値は0.1に近いものとなった。この値は、未変性のタンパク質を溶解するのに十分なイオン強度である。新米では、米に含まれるイオンのみで塩溶性タンパク質が溶出されるが、古米ではタンパク質が変性しているために、米に含まれるイオンにみではそれらが溶出されず、でんぷんの遊離が抑制されて、米飯が粘らないと推察した。この推察が正しければ、イオン強度の高い食塩水に古米を浸漬して塩溶性タンパク質を溶解すれば、古米米飯に粘りが発現するはずである。濃度の異なる食塩水に古米を浸漬し、抽出される塩溶性タンパ

ク質量と食塩水処理米米飯の粘りおよび光沢を測定した。

Table 5 に示した通り、1 Mまでは食塩濃度の上昇に伴って抽出される塩溶性タンパク質量は増加し、米飯の粘りも増加した（相関係数、 $r=0.87$ ）。また、粘りの増加に伴い、米飯の光沢も増した。これらの結果から、古米を食塩水処理すると、塩溶性タンパク質が可溶化してでんぶんの遊離量が増加し、古米米飯に粘りが発現することが判明した。以上のことから、保蔵中に古米化した米の米飯食味を向上させるためには、食塩水処理が有効であると結論した。

インディカ種米がジャポニカ種米より粘らない要因として、塩溶性タンパク質の溶解性の低さが示唆される。インディカ種米3品種のでんぶん遊離量とタンパク質溶出量をゆきひかりと比較した（Table 6）。1時間の水浸漬によって遊離するでんぶん量は、インディカ種米では約12 mgであるのに対し、ゆきひかりでは46 mgであった。溶出タンパク質量もゆきひかりの1/2から1/3程度であった。一方、1 M食塩水に1時間浸漬して溶出する塩溶性タンパク質量には、インディカ種米とゆきひかりでは大差は認められなかった。以上の結果から、インディカ種米は塩溶性タンパク質の低イオン強度での溶解性が低いために、米飯が粘らないと推定された。1 M食塩水処理した処理米米飯の粘りは、インディカAでは無処理の0.27 kgから0.36 kgへと増加したが、インディカBおよびCでは増加は認められなかった。以上の結果から、インディカ種米の中には、塩溶性タンパク質を可溶化してでんぶんの遊離を促進するだけで米飯に粘りが発現する品種と、でんぶんの遊離を促進するだけでは粘りが発現しない品種のあることが判明した。

3. 3 でんぶん結合タンパク質の可溶化と米飯の粘り発現

でんぶん結合タンパク質はアミロース合成酵素⁹⁾であるため、アミロース含有量の高いインディカ種米BおよびCのでんぶんには、多量のでんぶん結合タンパク質が結合していると予測される。インディカ種米BおよびCは、食塩水処理によって塩溶性タンパク質を可溶化させても、米飯に粘りは発現しなかった。インディカ種米BおよびCの米飯に粘りを発現させるためには、食塩水処理によって塩溶性タンパク質を可溶化してでんぶんを遊離させた後、プロテアーゼ処理によってでんぶん結合タンパク質を水解、可溶化することが必要であると推察された。そこで、インディカ種米Bを供試米に使用して、食塩水とプロテアーゼの2段階処理の効果を検討した。食塩濃度は1 Mに設定し、プロテアーゼにはTable 3 に示した各種処理の中で最も粘りの増加が大であったアクチナーゼを使用した。アクチナーゼの使用量は、インディカBのでんぶん結合タンパク質がジャポニカ種米よりも多量であることを考慮して、米重量の1/100とした。

Table 7 に示した通り、インディカBに1 M食塩水処理を施しても、米飯の粘りは無処理の場合とほとんど変わらなかった。次に、食塩水処理した米にアクチナーゼ処理を行ったところ、処理時間の延長に伴って米飯の粘りは増加した。これら結果から、ジャポニカ種米よりでんぶん結合タンパク質量が多いインディカ種米の米飯に粘りを発現させるため

には、食塩水処理によって塩溶性タンパク質を可溶化した後、プロテアーゼ処理によってでんぷん結合タンパク質を可溶化する処理が有効であると結論した。この食塩水およびプロテアーゼの2段階処理によってインディカ種米米飯に粘りが発現し、ジャポニカ種米米飯(ゆきひかり)に近いテクスチャーを有する米飯に改変された。

4. 今後の課題

本研究によって、粘りのない古米米飯に粘りを発現させるためには、古米を食塩水処理する方法が有効であり、古米よりもさらに粘りのないインディカ種米に粘りを発現させるためには、食塩水とプロテアーゼによる2段階処理方法が有効であることを明らかにした。

今後は、品種や保蔵状態の異なる多数のジャポニカ種米やインディカ種米に食塩水処理を行ってその効果を検証するとともに、米粉に対する食塩水処理の効果も明らかにして、米加工食品への食塩水処理の利用についても検討を行う予定である。

5. 引用文献

- 1) Tsugita, T., Ohta, T., and Kato, H. (1993). Cooking flavor and texture of rice stored under different conditions. Agric. Biol. Chem., 47:543-549.
- 2) 食糧研究所 (1961). 米の食味試験. 食糧—その科学と技術—, 4:29-38.
- 3) 貝沼圭二, 松永暁子, 板川正秀, 小林昭一 (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.
- 4) Somogyi, M. (1952). Notes on sugar determination. J. Biol. Chem., 195:19-23
- 5) Nelson, N.J. (1944). A photometric adaptation of the somogyi method for the determination of glucose. J. Biol. Chem., 153:375-380.
- 6) Fraser, J.R. and Hoodless, R.A. (1963). Calcium chloride starch-dispersing media. Analyst., 88:558-560.
- 7) Okabe, M. (1979). Texture measurement of cooked rice and its relationship to the eating quality. J. Texture Stud., 10:131-152.
- 8) 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.
- 9) Sano, Y. (1984). Different regulation of waxy gene expression in rice endosperm. Theor. Appl. Genet., 68:467-473.

Table 1. Sensory Scores of Cooked Rice Preparations from Test Sample Grains

Property	Newly-harvested			Aged	
	Yukihikari	Indica A	Indica B	Indica C	Akiahikari
	Sensory score ^a				
	av.±s.e.	av.±s.e.	av.±s.e.	av.±s.e.	av.±s.e.
Luster ^b	-1.4±0.5	-2.7±0.3	-3.2±0.2	-4.1±0.2	-2.3±0.5
Odor ^c	-0.2±0.4	-2.0±0.9	-2.1±0.3	-2.3±0.3	-2.8±0.6
Taste ^d	-0.8±0.5	-1.8±0.4	-2.0±0.5	-2.7±0.5	-1.0±0.4
Softness ^e	-1.3±0.9	-2.1±0.5	-3.7±0.2	-4.6±0.1	-1.3±0.4
Stickiness ^f	-1.5±0.5	-2.6±0.4	-3.5±0.3	-4.5±0.2	-2.1±0.5
Overall preference ^g	-1.4±0.5	-1.7±0.2	-3.3±0.3	-4.4±0.3	-2.9±0.5

^a The following references were used for sensory test: Koshihikari for Yukihikari, Ykiahikari for Indica A, Indica B, Indica C, and newly-harvested Akiahikari for aged Akiahikari. Each reference scored 0.

^b Rating from 5 (very luster) to -5 (not luster).

^c Rating from 5 (very good) to -5 (very bad).

^d Rating from 5 (very good) to -5 (very bad).

^e Rating from 5 (very soft) to -5 (very hard).

^f Rating from 5 (very sticky) to -5 (not sticky).

^g Rating from 5 (very favorable) to -5 (very unfavorable).
(quoted from Oyo Toshitsu Kagaku, 41, 1994, in press)

Table 2. Protein and Amylose Contents in Test Sample Grains and Their Cooked Rice Properties

Item	Newly-harvested						Aged	
	Yukihikari	Indica A	Indica B	Indica C	Koshihikari	Akihikari	Akihikari	Akihikari
Contents								
Protein ^a (g)	8.2	7.1	6.6	6.2	5.7	6.6	6.8	
Amylose ^a (g)	20.0	17.2	28.7	37.1	17.2	19.6	20.0	
<u>Cooked rice properties^b</u>								
Degree of gelatinization (%)	av. ±s.e. 94.2±0.1***	av. ±s.e. 92.1±0.2	av. ±s.c. 86.9±0.2***	av. ±s.e. 79.8±0.2***	av. ±s.e. 97.1±0.3	av. ±s.e. 96.8±0.2	av. ±s.e. 93.4±0.5 ^c	
Luster (%)	20.1±0.7**	17.9±1.1*	15.9±0.6***	13.9±0.8***	24.1±0.6	23.4±0.4	15.3±0.5***	
Hot-water extractable starch ^c (g)	6.2±0.5*	3.5±0.3**	2.8±0.4**	1.9±0.2**	8.3±0.4	7.9±0.3	4.0±0.4***	
<u>Textural parameters</u>								
Hardness (kg)	2.52±0.05***	3.08±0.03***	3.47±0.05***	3.95±0.05***	2.28±0.01	2.18±0.06	2.71±0.04***	
Stickiness (kg)	0.43±0.02***	0.27±0.02***	0.16±0.02***	0.04±0.01***	0.68±0.02	0.49±0.02	0.35±0.03***	
Stickiness/Hardness ratio	0.17±0.01***	0.09±0.02***	0.05±0.01***	0.01±0.01***	0.28±0.02	0.23±0.01	0.13±0.01***	

^a From 100 g grains.

^b The following references were used for statistical analysis. Koshihikari for Yukihikari, Koshihikari for Yukihikari, Ykhihikari for Indica A, Indica B, Indica C, and newly-harvested Akihikari for aged Akihikari. **, and *** mean significances at 5, 1, and 0.1% levels, respectively, between the data of the reference and that of the sample.

^c From 100 g cooked rice.

(quoted from Oyo Toshitsu Kagaku, 41, 1993, in press)

Table 3. Effects of Protease Treatments on Starch Liberation and on Cooked Rice Properties in Aged Grain

Parameter	Inhibitor	Enzyme				
		Actinase	α -Chymotrypsin	Papain	Trypsin	None ^a
Starch liberated ^b (mg)	Without	av. \pm s. e. 63.8 \pm 3.4***	av. \pm s. e. 57.6 \pm 2.8***	av. \pm s. e. 63.6 \pm 3.1***	av. \pm s. e. 48.3 \pm 2.9***	av. \pm s. e. 17.3 \pm 0.9
	With	19.1 \pm 1.8	20.0 \pm 1.9	18.7 \pm 2.2	18.3 \pm 1.8	-
Cooked rice properties	Without	0.62 \pm 0.05**	0.55 \pm 0.06**	0.65 \pm 0.10**	0.53 \pm 0.06**	0.35 \pm 0.05
	With ^c	0.35 \pm 0.06	0.39 \pm 0.03	0.35 \pm 0.04	0.37 \pm 0.08	-
Luster (%)	Without	23.5 \pm 1.1**	23.0 \pm 1.5*	23.1 \pm 1.2**	18.7 \pm 0.5	17.6 \pm 0.8
	With ^c	18.1 \pm 0.8	18.8 \pm 1.2	20.5 \pm 1.1	16.7 \pm 0.6	-

^a Grains were incubated under similar conditions in the absence of any enzyme. Each datum was used as a reference for statistical analysis. **, * and *** mean significances at 5, 1, and 0.1% levels, respectively, between the datum of the reference and that of the sample (protease-treated).
^b From 100 g of the aged grains. Liberated starch from newly-harvested grains amounted to 68 mg.
^c TLCK and TPCK, TPCK, E-64, and TLCK were used as inhibitors of actinase, α -chymotrypsin, papain, and trypsin treatments, respectively.
 (quoted from Biosci. Biotech. Biochem., 57, 911-914, 1993)

Table 4. Effects of Protein Extraction with Different Concentrations of NaCl on Stickiness and Luster of Cooked Rice

NaCl concentration (M)	Extracted protein ^a (mg)	Stickiness (kg)	Luster (%)
	av. ±s.e.	av. ±s.e	av. ±s.e
0.0 ^b	1.7±0.1	0.35±0.05	14.7±0.4
0.1	2.2±0.2	0.42±0.02	15.5±0.7
0.2	3.2±0.1	0.44±0.03	15.4±0.6
0.5	3.4±0.1*	0.47±0.04	15.7±1.3
1.0	5.4±0.2***	0.56±0.03**	22.3±1.4***
2.0	5.2±0.2**	0.52±0.02*	19.2±0.9**

^a From 100 g of the aged grains.

^b Used as a reference for statistical analysis.

*, **, and *** mean significances at 5, 1 and 0.1% levels, respectively, between the datum of the reference (intact) and that of the sample.

(quoted from Biosci. Biotech. Biochem., 57, 911-914, 1993)

Table 5. Minerals Extracted from Aged and Newly-harvested Grains into Soaking Water

Mineral	Aged grains		newly-harvested grains	
	0.5 min soaking	30 min ^a soaking	0.5 min soaking	30 min ^a soaking
	Concentration (mM)			
Ca	Trace	0.1	Trace	1.7
Co	ND ^a	ND	ND ^b	ND
Cu	ND	ND	ND	ND
Fe	ND	ND	ND	0.1
K	ND	4.4	ND	3.9
Mg	Trace	1.1	ND	0.9
Na	Trace	1.2	Trace	0.7
P ^c	Trace	3.2	Trace	2.2
S ^c	Trace	11.4	Trace	12.1
Si ^c	Trace	0.1	Trace	Trace
Zn	ND	trace	ND	Trace

^a Extracted proteins amounted to 17 mg and 30 mg from aged and newly-harvested grains (100 g), respectively.

^b Not detected.

^c Assumed as phosphate for P, silicate for Si and sulfate for S ionic strength calculation.

(quoted from Biosci. Biotech. Biochem., 57, 911-914, 1993)

Table 6. Starch Liberation and Protein Elution from Indica Rice Grains during Soaking in Water or in 1M NaCl

Sample	Liberated starch ^a (mg)	Eluted protein (mg)	
		In water	In 1M NaCl ^b
	av.±s.e.	av.±s.e.	av.±s.e.
<u>Indica</u> A	12.1±0.4***	11±2***	85±2
<u>Indica</u> B	12.3±0.8***	11±2***	84±2
<u>Indica</u> C	13.0±1.0***	12±1***	87±2
Yukihikari ^c	46.1±0.7	33±1	88±3

^a From grains (100 g) soaked in water at 25°C for 1 h.

^b From grains (100 g) soaked in 1M NaCl at 25°C for 1 h.

^c Reference for statistical analysis. Three asterisks mean significances at 0.1% between the datum of the reference and that of the sample.

Table 7. Effects of Combined NaCl-actinase Treatment on Textural Parameters of Cooked Rice Prepared with Indica Grains^a

Duration of enzymatic treatment (h)	Textural Parameter	
	Stickiness (kg)	Stickiness/hardness ratio
	av.±s.e.	av.±s.e.
0 ^b	0.18±0.02	0.06±0.01
1	0.27±0.03	0.10±0.01
2	0.31±0.02	0.12±0.01
3	0.35±0.01	0.14±0.02
4	0.40±0.03 ^{ns}	0.16±0.01 ^{ns}

^a Japonica grains (cultivar Yukihikari) were used as a reference for statistical analysis. No significance was observed between the datum of the reference and that of the sample with ns.

^b Only NaCl-treated.

Quality Improvement of Low-quality Rice Grains
by a Combined NaCl-enzymatic Treatment

Michiko Watanabe and Eiko Arai

Faculty of Education, Tokyo Gakugei University

Summary

The cooked rice preparations with low paratabilities were inferior to those with high paratabilities in hardness, stickiness and luster in sensory test. Instrumental analyses showed that the rice preparations were characterized by their low values of degree of gelatinization, stickiness, luster and hot-water extractable starch content and by high values of hardness. These results indicate that the common characteristics of unfavorable cooked rice are a hard and unsticky texture, and a dull appearance. In the case of Japonica grains treatment of grains with 1M NaCl was effective for solubilization of globulins and, as a result, liberation of starch was enhanced. The liberated starch contributed to increase in stickiness of cooked rice. In the case of Indica grains a combined NaCl-protease treatment was effective to obtain cooked rice with high stickiness like Japonica rice.