



Title	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
Author(s)	川村, 周三; KAWAMURA, Syuso
Citation	北海道大学農学部邦文紀要, 17(3), 228-261
Issue Date	1991-03-30
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/12129
Type	departmental bulletin paper
File Information	17(3)_p228-261.pdf



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

川村 周三

(北海道大学農学部農畜産加工機械学教室)

(平成2年8月8日受理)

Rice Milling and the Quality and Taste of Milled Rice

(Part 3) Quality and Taste of Milled Rice

Shuso KAWAMURA

(Department of Agricultural Process Engineering, Faculty of Agriculture,
Hokkaido University, Sapporo 060, Japan)

I. 緒言

2報²⁾で明らかにした搗精特性は、米の一次加工段階において、とくに米穀加工業者にとって最も関心の集まる加工利用上での重要な品質要素であった。

本報で取り上げる飯用米としての米の最終加工形態である精白米の品質は、米の二次加工段階すなわち炊飯や調理において食味にかかわる重要な要素であり、消費者に直接手渡される商品として備わるべき形質である。

精白米に備わるべき品質は外観、貯蔵性、食味などがその要素としてあげられる。これらの品質要素のうち消費者が直接評価できるのは食味である。そこで本研究では精白米品質の最も重要な要素として食味を取り上げた。

従来から搗精は精白米の食味に大きな影響を与える要因と予想されながらも⁶⁾、これに関する研究は少ない⁹⁾。そこで本報では、より良い搗精法を明らかにするための要因として、搗精条件が精白米の品質および食味に及ぼす影響について明らかにする。

すなわち本報で言う搗精条件とは、異なる搗精作用を持つ研削式精米機や摩擦式精米機、それらを組み合わせた際の搗精方法、また搗精前の玄米の温度や水分などを指し、これらが精白米の品質および食

味にどのような影響を与えるかを明らかにする。

II. 実験用精米機ならびに実用精米機による精白米の品質および食味

II-A. 目的

1報¹⁾で既述したように、我が国の大型精米工場では研削式精米機と摩擦式精米機とを組み合わせた、いわゆるコンパス式精米装置が多く用いられている。これらの二種類の精米機は異なる搗精作用により搗精を行っている。しかし、これらの精米機により搗精された精白米の品質および食味について比較した例は見当たらない。

一方、搗精実験では一般に小型の実験用精米機が使用される。そのため実験用精米機による精白米と実用精米機による精白米の品質および食味を明らかにする必要があるが、これらについて調査した報告はない。

そこで本章では、実験に用いた小型の研削式精米機や摩擦式精米機によりそれぞれ搗精された精白米の品質および食味を明らかにする。そのうえでこれらと実用大型精米機により搗精された精白米とについて比較検討する。また糠層剝離の程度すなわち、真搗精歩留が精白米の品質および食味に与える影響も同時に明らかにする。

II-B. 方法

1. 供試精米機

a. 実用精米機(Commercial rice mill)

* 本論文は、北海道大学農学博士論文の一部である。

供試した実用精米機はホクレン札幌ライスステーション菊水工場の佐竹製作所製コンパス式精米装置CP4A型である。

b. 実験用精米機(Laboratory rice mill)

2報³²⁾に示したように、実験には研削式精米機(Abrasive type mill)として佐竹製作所製試験用搗精機TM-05型を、摩擦式精米機(Friction type mill)として佐竹製作所製モータワンプラスMCM-250型を用いた。

2. 供試試料

試料玄米は北海道当別産「イシカリ」を中心に「ともゆたか」と「ゆうなみ」を混米した玄米を用いた。

実用精米機による精白米は上記玄米をホクレン札幌ライスステーション菊水工場で搗精中に採取した。この精白米は標準価格米として市販された。

食味試験ではこの標準価格米を基準米とした。

実験用精米機による精白米は上記玄米を研究室に持ち帰り搗精した。搗精は2報³²⁾に示した精米機使用条件で行った。

供試玄米の初期条件は水分が16.4%、白度が13.7%、容積重が851 g/lであり、搗精前の玄米温度は、実用精米機では3℃、実験用精米機では10℃であった。

3. 精白米の品質測定

商品としての精白米に備わるべき品質には外観、貯蔵性、食味がその要素としてあげられる。これらの精白米の品質を具体的に明示するために多くの品質試験⁶⁸⁾が実施されている。本研究では最適な搗精法を見出すために、搗精方法や搗精前の玄米温度と水分などの特徴が明確に示される項目を選択して実験を行った。

すなわち、精白米の外観を表わす測定項目として白度、透光度、色調、胚芽残存率などに注目した。また精白米の表面状態を推測する手段として容積重や流動性を計測した。貯蔵性の判定には脂肪酸度とカビの発生を調べた。さらに食味に最も近い物理化学特性として炊飯特性を測定し、そのうえで食味試験を実施し精白米の品質を最終的に判定した。

なお、胚芽残存率と炊飯特性を除いた他の測定は2報³²⁾に示した玄米物理化学特性の測定と同様な方法で行った。

a. 水分 (Moisture content)

水分測定法は10 g、粒、135℃、24時間法を用い、水分を湿量基準で表した。

以下の測定は佐竹製作所製インデントシリンダ型テストライスグレーダにより異物と碎粒を除去した精白米について行った。

b. 千粒重 (1000-kernel weight)

完全粒精白米1000粒の重量を測定し、これを真搗精歩留の算出に用いた。

c. 容積重 (Bulk weight)

木屋製作所製ブラウエル穀粒計を用い精白米1 lあたりの重量を求めた。

d. 流動性 (Fluidity)

本測定のために試作した逆円錐型のステンレス製ホッパから精白米が自然流下する時間により流動性を表した。すなわち、この方法では流下時間が短いと流動性が良いと判断できる。

e. 白度 (Whiteness)

ケット科学研究所製光電管白度計C-1型を用い、青色フィルターを透過した光(透過光の波長は452 nm)で精白米表面の光の反射率を測定し、これを白度として表した。

f. 透光度 (Translucency)

理研計器製ライスメータQS-101S型(精白米用)を用い精白米中の光の透過率を測定し、これを透光度として表した。

g. 色調 (Color)

日本電色工業製デジタルカラースタジオQS-101D型を用い、色立体におけるL(明るさ)a(赤緑軸)b(黄青軸)の値を求めた。さらにこれらの値からH(ハンター白度)ΔE(色差値)を算出した。

h. 胚芽残存率 (Unstripped embryo rate)

食糧庁食糧事務所検査部で行っている胚芽残存率の測定法²⁰⁾に従い、精白米400粒を胚芽全存粒(1粒カウント)半存粒(1/2粒カウント)無胚芽粒(0粒カウント)に肉眼で分類し、胚芽残存率を算出した。

i. 脂肪酸度 (Free fat acidity)

リパーゼ等の脂質加水分解酵素により生成された精白米中の遊離脂肪酸の酸度をAACC迅速法により測定し、測定値を乾物100 gあたりの水酸化カリウムのmg数で表し、これを脂肪酸度とした。

j. 炊飯特性 (Cooking characteristics)

炊飯特性は精白米をその重量の15倍から20倍量の多量の水中で加熱した際の米粒と炊飯液との状態を測定する。

BATCHER, DAWSON *et al.*^{4,5)}により開発された

この方法は米粒と炊飯液との状態を同時に知ることができることからFAOでも採用されており、我が国へは谷、竹生ら^{6,83)}が導入した。そして国内や国外で多くの研究者^{2,7,11,18,26,40,41,58,78,84)}により、例えば、炊飯特性の長粒種と短粒種間の差異、または短粒種内の品種間差異、気候や栽培条件による差異、新米と古米との差異について、あるいは炊飯特性とでんぶんのアミロース含量、アミロース鎖長、糊化温度、アミラーゼ酵素活性などとの関係について報告されている。さらに、炊飯特性と食味との関連性が強いことも報告されている^{10,15,85,93)}。

このように炊飯特性は米飯の食味に最も近い物理化学的測定法の一つであり、最適搗精法の検討を行ううえで重要な項目である。

本研究で用いた炊飯特性測定法は、BATCHER, DAWSON *et al.*^{4,5)}の方法に基づいて我が国の実情に適合させた農林省食糧研究所（現農林水産省食品総合研究所）の定めた方法⁶⁸⁾に準じ、さらに広く特性を知りかつデータの再現性を高める目的で、一部の測定を追加改良して行った。

1) 浸漬吸水率 (Water absorption ratio) 浸漬吸水率は炊飯前に精白米を水中に浸漬した状態での吸水率である。炊飯前の吸水率が米飯の食味に影響を及ぼす^{49,50)}ことから、本研究では浸漬吸水率測定を従来の炊飯特性測定に追加して実施した。

浸漬吸水率は国税庁醸造研究所が制定した統一分析試験法¹⁰¹⁾の白米吸水性測定法に準じて求めた。高さ50 mm、直径30 mmの多孔底板を持つステンレス製浸漬管に精白米10 gを入れ、これをウォーターバスで20℃(±1℃)に温度設定をした蒸留水中に2時間浸漬し、その後水切りのために久保田製作所製高速遠心分離機KH-180型(ローターはRA-3を使用)を用いて2000 rpmで10分間の遠心分離を行い、次式により浸漬吸水率を求めた。

$$\text{浸漬吸水率} = \frac{\text{浸漬後精白米重量} - \text{浸漬前精白米重量}}{\text{精白米重量}} \quad (\text{倍数})$$

この遠心分離におけるRCF (Relative centrifugal force) × t (Minute) は2590 g・分であり、これは上記の統一分析試験法の基準を満足している。

2) 加熱吸水率 (Water uptake ratio) 従来の炊飯特性測定法では市販の電気自動炊飯器を加熱に利用している。しかし、この方法では加熱終了を決定するための感熱センサの精度が高くないため、加熱温度のばらつきが予想された。

そこで予備実験として、電気自動炊飯器を用いた炊飯特性測定の再現性を調査した。その結果、炊飯液の温度に最大14℃のばらつきがあり、測定値に測定の繰り返しによる非常に有意な差があると認められた。従って、電気自動炊飯器で炊飯特性の測定を行うことは、データの再現性を確保できないため不適当と判断した。そこで本実験では温度制御の可能なウォーターバスを加熱に用いた。

加熱温度が高すぎる場合には米粒が崩壊して¹⁰⁰⁾正確な炊飯特性の測定が困難となる。そこで加熱温度を変化させて行った予備実験の結果や幾つかの研究例^{18,58,88)}を参考にして、試料間の差異を顕著に表すことのできる加熱温度として75℃を選んだ。

すなわち、高さ80 mm、直径40 mmの円筒金網かごに精白米10 gを入れ、かごの中の精白米表面を均平にした後、その高さを金網かご円周上の4カ所でノギスにより測定する。蒸留水170 mlを入れあらかじめウォーターバスで蒸留水温を75℃(±1℃)に調整したトルビーカー内に前記の試料をかごとともに投入し、75℃の水温を保ちつつ正確に20分間加熱炊飯する。20分後にトルビーカーをウォーターバスより取り出し、さらにトルビーカーよりかごを取り出しすばやく水切りをした後、次式により加熱吸水率を求めた。炊飯終了から加熱吸水率測定までは約1分間で行った。

$$\text{加熱吸水率} = \frac{\text{炊飯米重量} - \text{精白米重量}}{\text{精白米重量}} \quad (\text{倍数})$$

3) 体積膨張率 (Volume expansion ratio) 炊飯前と同様に炊飯米の高さをノギスにより測定し、次式により体積膨張率を算出した。

$$\begin{aligned} \text{体積膨張率} &= \frac{\text{炊飯米体積} - \text{精白米体積}}{\text{精白米体積}} \\ &= \frac{\text{炊飯米高さの和} - \text{精白米高さの和}}{\text{精白米高さの和}} \quad (\text{倍数}) \end{aligned}$$

なお、75℃で20分間加熱した炊飯米は米粒中心部はまだ糊化していない、いわゆる「しんがある」状態であった。

4) 炊飯液中の溶出固形物 (Extracted solids) トルビーカー内に残った炊飯液をメスフラスコに移し、これに蒸留水を加えて200 mlに定容する。ここから20 mlをアルミはく製容器に採取し、これを炊飯液の突沸を防ぐために80℃に設定したオープン内に20時間入れ、さらにオープンの温度を105℃として4時間絶乾した後固形物重量を計測し、その値を10倍して炊飯液200 ml中の溶出固形物重量を求めた。

5) 炊飯液のヨード呈色度 (Starch-iodine blue value) メスフラスコ内に残った炊飯液を濾紙 (東洋濾紙 No. 1) で濾過して浮遊物を除去する。濾液 40 ml とヨード溶液 (2.0 g I₂+20 g KI/1000 ml H₂O) 2 ml と 1N 酢酸 1 ml とを 100 ml のメスフラスコ内で酸性状態で反応させた後、これを蒸留水で 100 ml に定容する。ヨード溶液 2 ml と 1N 酢酸 1 ml とを蒸留水で 100 ml に希釈したものをブランクとし、日立製作所製分光光度計 101 型を用いて波長 600 nm における吸光度 (Absorbance) を測定し、これをヨード呈色度とした。

ヨード・でんぷん反応による呈色は、米でんぷんを構成するアミロースやアミロペクチンのうち、アミロースの直鎖状らせん構造とヨードとの反応により発色する^{63,66)}。一方、もち米でんぷんはほとんどアミロペクチンで構成されており、これが米飯の粘りを発現させている^{21,27)}。従って、米の品種間差異や栽培条件の差異を調査した数多くの研究^{6,10,18,26,39,40,41,42,85)}では、ヨード・でんぷん反応の吸光度と米飯の粘りとは負の相関関係にあり、吸光度が高いほど粘りが少ないと報告されている。

しかし、本研究で炊飯特性測定の対象とした試料は同一品種の玄米を異なる条件で搗精した精白米である。そのため、吸光度は炊飯により米粒から炊飯液中に溶け出したでんぷんの量を測定することとなる。

あらかじめ行った予備実験で、でんぷん濃度を調整した溶液の吸光度を測定しキャリブレーションカーブを求めたところ、次に示す非常に強い回帰性のある式が得られた。

$$Y=6.36 X \quad r=0.996^{**} \quad r(11,1\%)=0.683$$

ここに、Y はヨード・でんぷん反応の吸光度、

X は溶液のでんぷん濃度% (w/w) である。

従って、本研究では吸光度が高いほど炊飯液へのでんぷんの溶出量が多いことを意味する。

6) 炊飯液の PH 炊飯液の濾液の PH を横河電機製作所製 PH メータ PH-51 型を用いて測定した。

4. 食味試験 (官能試験, Taste testing, Sensory testing)

我が国における米の食味試験は、農林省食糧研究所 (現食品総合研究所) で検討改良された方法⁶⁷⁾をもとに、1966 年に食糧庁が「米の食味試験実施要綱および同実施要領」⁷⁵⁾を発表し、さらに 1968 年にこ

れを「米の食味試験実施要領」と改定し、全国で 1 年に 2 回 (1~2 月と 7~8 月) 各都道府県の食糧事務所で実施されている。

そこで本研究でもこの食糧庁の方法^{3,68)}に準拠して米の食味試験を実施した。

a. 試食者 (パネル, Panel) の選定

食味試験による判定結果に普遍性を持たせるためには、パネルの年齢や性別が適当に分散していることが望まれる。米の食味試験実施要領ではパネルは 24 名とし、年齢構成は 20~39 歳と 40 歳以上の者をほぼ同数に、かつ男女もほぼ同数にするとされている。しかし、我が国において米は主食であり、成人であれば米の味について広く長い経験を持っている。従って、米の食味試験は嗜好品や新開発食品の食味試験に比較してパネルの性別や年齢差による影響は少ない^{79,96)}。

米の食味試験のパネル数は、例えば半数の 12 名構成ですでに大きな情報の損失が生じ、食味評価の精度が著しく低下する⁹⁾。逆に、たとえ食味試験の経験に乏しいパネルを用いたとしても、30 名以上のパネル数であれば平均された全体の評価値は安定し再現性がある⁷⁹⁾。

これらのことから、本研究の食味試験では 30 名以上の可能な限り多くのパネルを用いることとした。さらにより安定した評価を得るために、パネルのうち食味試験経験者をできる限り多くするように努めた。その結果、本研究で行った食味試験を通じて信頼性の高い食味評価が得られたと考えられる。

本章の食味試験のパネルは、北海道大学農学部内の教職員や学生の中から選んだ 38 名であった。その構成は女性が 15 名、40 歳以上の者が 12 名であり、食味試験経験者は 18 名であった。

b. 炊飯方法

炊飯方法の差異が炊飯米の食味に与える影響を排除するため、次に示した手順で炊飯を行った。

炊飯には東芝製電気炊飯器 RC-187F 型 (1.8 l 炊き, 600 W) を 8 台用意した。あらかじめこれらの炊飯器を用いて炊飯テストを行った結果、炊飯時間の差は最高 4 分間であり、これは食味試験の炊飯器器差の基準 (5 分間)⁹⁾ 以内であった。これにより同一の炊飯条件が得られると確認された。

炊飯量はパネルが試食するのに必要十分な量として精白米 1 kg を用いた。洗米は充分な量の水の中で精白米を手で攪拌し水を捨て、これを 5 回繰り返す

た。加水量は予備試験や他の研究例^{16,50,69,74)}を参考にして、精白米重量の1.4倍の水すなわち、精白米1 kg に対して1.4 lの水を加え炊飯した。

浸漬時間は精白米に十分な吸水をさせるため2時間とし、その後8台の炊飯器で同時に加熱を開始した。炊飯時間はおよそ35分間であり、その後30分間蒸らして米飯を軽く攪拌した。炊飯後ある程度炊飯米を放置すると試料の差がより明確となる³⁴⁾ことから、30分間の蒸らしの後さらに1時間静置し試食を開始した。

試食開始時の米飯の温度は約50℃であった。

c. 食味評価

食味評価は個人差と季節による評価の変動が少ない相対比較法^{3,67)}で行った。

米の食味試験実施要領には「味(うま味)」という評価項目がある。しかし、味はパネルが総合評価と混同して評価することがある⁹⁴⁾ため、本試験では「味」の評価項目を除外し、味が良いか(うまいか)否かは総合評価で判定するようパネルに前もって知らせた。また精白米の外観が搗精方法や搗精歩留により異なると予想された^{23,28)}ため、本試験では従来からの米の食味評価に精白米外観の評価を加え、これを試食の前に行った。

すなわち、本食味試験では精白米外観(Appearance of milled rice)、炊飯米外観(Appearance of cooked rice)、香り(Aroma)、硬さ(Hardness)、粘り(Cohesiveness)、総合評価(Overall flavor)の6項目について基準米との相対的な比較により評価した。評点は硬さと粘りでは±3の範囲とし、その他の項目では±5の範囲とした。

食味試験は食前1時間から食後2時間までの間は実施しないことが望ましい⁴⁵⁾とされているため、午後3時から実施した。

前記の要領で選定したパネルを性別や年齢にかたよりが生じないように注意しながら6グループに分け、各パネルを同グループの2名が隣り合わせのように縦方向に配置した。試験開始に先立ちパネルに対して、あらかじめ試験の目的、進行順序、判定基準、

食味評価記入用紙の記入要領についての説明を行った。ただし試食する試料に関する情報は与えなかった。

試食は白色無地陶器製洋皿(直径23.5 cm)の4ヵ所に赤、黄、青、緑のテープを貼り、赤色テープの位置に基準とする米飯を置き、他の3ヵ所に各パネルグループごとに異なった組み合わせの試料を盛り付けて行った。試食に際して、各試料ごとに白湯で口をすすぎ、口に入れた米飯はそのまま飲み下すこととした。また試食中の私語、談話、喫煙などを禁じて静かな環境を保ち、各パネルが試験に集中できるように配慮した。

得られた食味評価は分散分析、相関分析、回帰分析などの統計的手法^{3,46,98)}を用いて解析した。

II-C. 結果および考察

1. 真搗精歩留と搗精歩留

Table 1 に供試精白米の搗精歩留と真搗精歩留を示した。

研削式精米機による精白米の搗精歩留と真搗精歩留とはほぼ同一であるが、摩擦式精米機による精白米では搗精歩留より真搗精歩留が0.5～2%大きかった。これは2報²⁾で既述したように、搗精中の異物や砕粒の発生により糠中に微砕粒が混入するため、摩擦式精米機で真搗精歩留より搗精歩留が低い値を示したものである。

従って、供試精白米の品質および食味の比較検討は同一の真搗精歩留、すなわち同一の糠除去率の精白米で行うこととした。

実用精米機による精白米はそれぞれコンパス式精米機の2、3、4番機を通過したものである。

2. 精白米の品質

a. 外観

1) 白度 Fig. 1 に白度を示した。

白度は真搗精歩留の低下にともない増加する。また同一の真搗精歩留で研削式精米機による精白米の白度が摩擦式精米機のそれより高い値を示した。

研削式精米機による精白米は金剛砂ロールによる切削の傷によりすりガラス状を呈し、そのため米粒

Table 1. Milling yield and real milling yield of milled rice.

		Abrasive type mill			Friction type mill			Commercial rice mill		
Milling yield,	%	93.7	92.7	91.4	92.7	91.2	89.5	Data could not be determined.		
Real milling yield,	%	93.6	92.6	91.4	93.3	92.2	91.5	94.4	93.0	92.5

表面の光の乱反射が強く白度計で測定した白度は高い値を示す。これに対し、摩擦式精米機による精白米は米粒相互の研磨作用により表面が滑らかな状態であり、そのために反射光が減少し白度は低い値を示した。さらに研削式精米機では精白米に付着糠が多いことも白度増加の一因と思われる。

実用精米機による精白米の白度は搗精初期には研削式精米機と摩擦式精米機の間値であった。コンパス式精米装置の搗精終了時（4番機終了時）の製品精白米の白度は摩擦式精米機のそれと同じとなった。

2) 透光度 Fig. 2 に透光度を示した。

摩擦式精米機による精白米の透光度は研削式精米機のそれより高い値を示し、さらに実用精米機によ

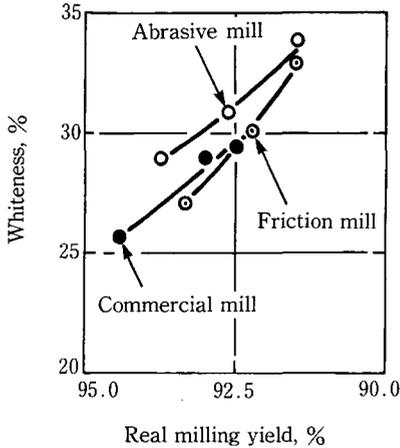


Fig. 1. Whiteness of rice milled by laboratory and commercial rice mills.

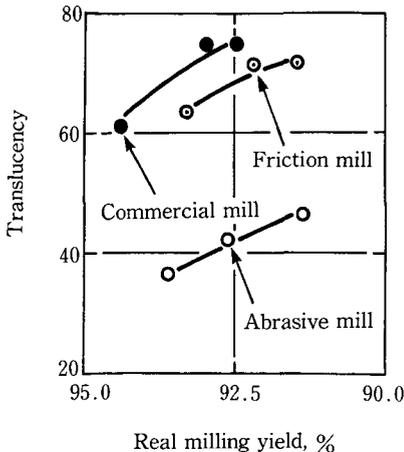


Fig. 2. Translucency of rice milled by laboratory and commercial rice mills.

る精白米の透光度は摩擦式精米機のそれよりやや高い値を示した。

研削式精米機や摩擦式精米機により搗精された精白米を肉眼で観察すると次のような特徴が認められる。すなわち、前者は米粒表面に研削ロールによる細かな傷が多く、その上付着糠があるため白くぼやけたすりガラス状で光沢や透明感がない。これに対し後者は表面が滑らかで光沢があり、付着糠がなく透明感がある。

食糧事務所検査部によれば²⁰⁾ 精白米の外観に関して次にあげるような特質を持つ精白米が良いとしている。

- ① 糠層の剥離の良いもの
- ② むら搗きでないもの
- ③ 光沢の良いもの
- ④ 付着糠および遊離糠の少ないもの
- ⑤ 胚芽残存率の少ないもの
- ⑥ 粒ぞろいの良いもの
- ⑦ 被害粒（特に着色粒）のないもの
- ⑧ 粉状質粒、心白粒、腹白粒の少ないもの
- ⑨ 砕粒の少ないもの
- ⑩ 異物（小砕粒）のないもの

これに照らし合わせると、摩擦式精米機による精白米の外観が好ましい。従って肉眼で見た精白米外観の判定と良く一致する計測値は、白度より透光度である。

本研究と同様に、多くの研究^{12,13,14,22,43,44,48,64)}で、米の透過光の測定は外観や品質評価との関連が高いと指摘されている。しかし、透過光の測定は白度のような絶対的な基準値や広く普及した測定装置がないことから、各研究者間のデータの直接の比較が困難である。そのため測定法や測定値の早急な規格化が望まれる。

3) 胚芽残存率 Fig. 3 に胚芽残存率を示した。

真搗精歩留の低下にともない摩擦式精米機や実用精米機による精白米の胚芽残存率はすみやかに低下し、真搗精歩留が92.5%で胚芽残存率は48%となった。これに対して研削式精米機の胚芽残存率は低下がゆるやかであり、真搗精歩留が92.5%で胚芽残存率は97%であった。

摩擦式精米機は米粒に圧力をかけて搗精を行うため、胚芽が他の米粒と接触し除去される。一方、研削式精米機は米粒の両端を削ることなく搗精を行う整粒作用を持っており、とくに回転数を低く調整す

るとその特徴が顕著に現れる⁸⁶⁾ため、胚芽精米の搗精に用いられている。しかし、一般の飯用米では胚芽残存率の高い精白米は外観が劣る²⁰⁾とされている。従って研削式精米機による精白米の胚芽残存率が高いことは外観に悪影響を与える。

b. 米粒表面の状態

1) 容積重 Fig. 4 に容積重を示した。

容積重はいずれの試料でも真搗精歩留の低下とともに増加した。また同一の真搗精歩留で、摩擦式精米機や実用精米機による精白米の容積重が研削式精

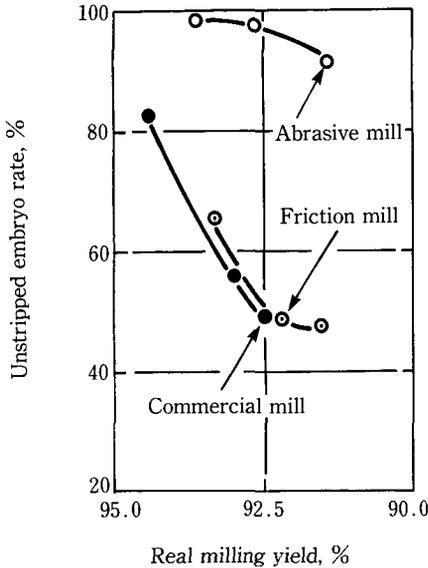


Fig. 3. Unstripped embryo rate of rice milled by laboratory and commercial rice mills.

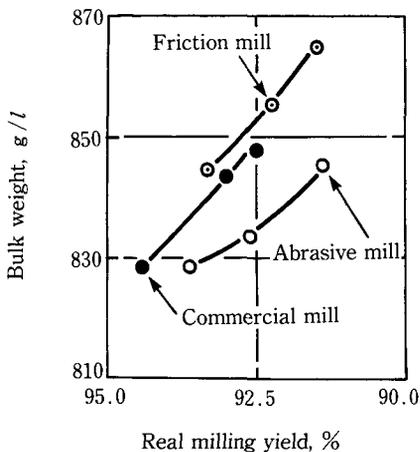


Fig. 4. Bulk weight of rice milled by laboratory and commercial rice mills.

米機のそれより 15~20 g/l 大きかった。

真搗精歩留の低下にともなう容積重増加の原因は搗精により米粒が小さくなること、米粒表面の摩擦係数が減少することが考えられる。

摩擦式精米機と研削式精米機による精白米の容積重が異なることは、前者の摩擦係数が後者のそれより小さいことを示している。このことは前記の白度と透光度で、摩擦式精米機による精白米の外観は滑らかであり、研削式精米機による精白米の外観は金剛砂ロールによる傷が多かったことと一致する。

2) 流動性 精白米の流下時間は真搗精歩留の低下とともに短くなり、流動性が良くなった。また各精米機による精白米の流動性の差異は確認できなかった。

c. 貯蔵性

Fig. 5 に脂肪酸度を示した。

真搗精歩留の高い精白米は脂肪酸度が高く、さらに同一の真搗精歩留で研削式精米機による精白米の脂肪酸度は摩擦式精米機や実用精米機のそれより高かった。

4カ月間貯蔵後の脂肪酸度の増加は真搗精歩留の高い精白米が、また研削式精米機による精白米が大

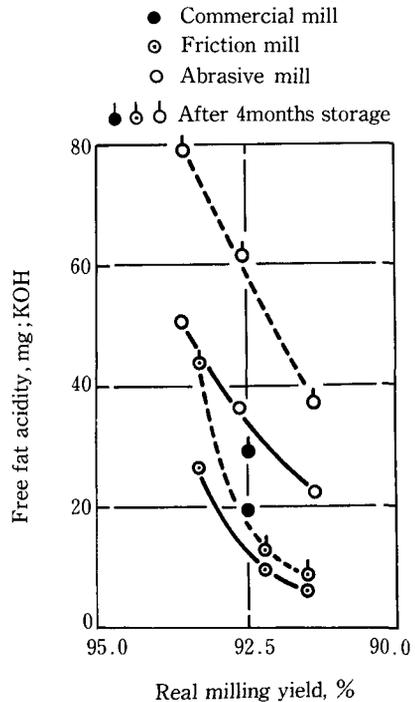


Fig. 5. Free fat acidity of rice milled by laboratory and commercial rice mills.

きかった。例えば真搗精歩留92.5%で、摩擦式精米機による精白米の脂肪酸度は14 mg から18mg へと1.29 倍に増加し、同様に実用精米機では20 mg から29 mg へと1.45 倍に、研削式精米機では35 mg から61 mg へと1.74 倍に増加した。精白米の脂肪酸度の増加はこの期間の玄米の脂肪酸度の増加が32 mg から34 mg へと1.06 倍であったのに比較して非常に大きな増加であった。

中性脂質を加水分解し遊離脂肪酸を生成する酵素は大部分糠層に存在する⁴⁷⁾。従って、精白米の脂肪酸度の増加は主として付着糠や精白米外周部に残る糠層に起因している。

玄米貯蔵に比較して精白米貯蔵で脂肪酸度が急激に上昇することは、柳井^{90,91)}や渋谷⁷⁶⁾も指摘している。精白米の脂肪酸度が急激に増加することに対し、Fig. 5 の摩擦式精米機で真搗精歩留を91.5%（搗精歩留は89.5%）に搗精した精白米の例が示すように、糠層を剝離し付着糠を除去することにより、脂肪酸度の増加を抑制することが可能である。糠を十分に除去することにより精白米の貯蔵性が向上することは、山下⁸⁹⁾、伊藤²⁴⁾が本研究と同様に確認している。

d. 炊飯特性

1) 浸漬吸水率 Fig. 6 に浸漬吸水率を示した。

研削式精米機による精白米の浸漬吸水率は摩擦式精米機や実用精米機のそれより高かった。

これは研削式精米機による精白米の表面積が研削ロールによる傷のため増加したことに起因している。

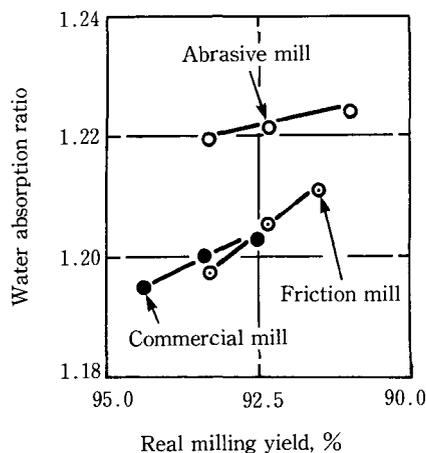


Fig. 6. Water absorption ratio of rice milled by laboratory and commercial rice mills.

2) 加熱吸水率 Fig. 7 に加熱吸水率を示した。

加熱吸水率は各精米機による差が認められなかった。これは、浸漬吸水率のように精白米を20℃の水中で吸水させる場合と異なり、75℃の温水中で加熱吸水させる場合には米粒中への水の浸透が急速に進むため、精米機の違いによる吸水率の差が現れなかったと考えられる。

浸漬吸水率と加熱吸水率はいずれも真搗精歩留の低下とともに増加した。これは、糠層は胚乳部に比較して脂質が多く疎水性であり⁸¹⁾、そのため糠層の除去にともない精白米の吸水率が増加したものである。

3) 体積膨張率 Fig. 8 に体積膨張率を示した。

摩擦式精米機や実用精米機による精白米は研削式

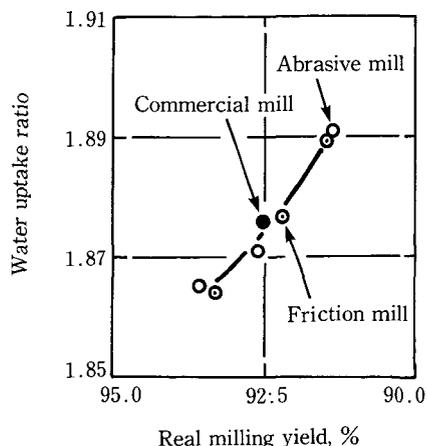


Fig. 7. Water uptake ratio of rice milled by laboratory and commercial rice mills.

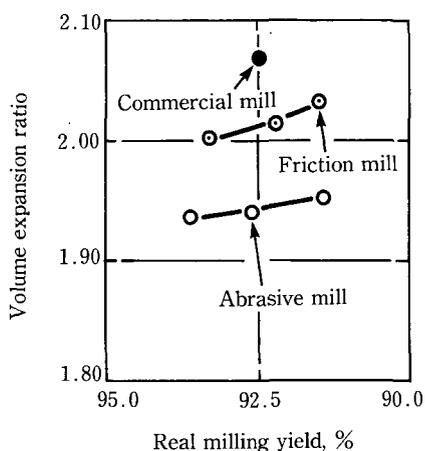


Fig. 8. Volume expansion ratio of rice milled by laboratory and commercial rice mills.

精米機より体積膨張率が大きかった。このことは米飯がふっくらと炊き上がることを示唆している。

4) 吸光度 Fig. 9 に吸光度を示した。

摩擦式精米機による精白米の吸光度は研削式精米機のそれよりも高く、しかも真搗精歩留の低下とともに上昇した。また実用精米機による精白米の吸光度は両者の中間に位置した。

これらのことは、摩擦式精米機で搗精された真搗精歩留の低い精白米を炊飯すると、炊飯液へのでんぶんの溶出が多いことを示している。炊飯液へのでんぶんの溶出が多い場合には米飯に光沢が生じ米粒間の粘着性が大きくなる²¹⁾。

5) 溶出固形物 Fig. 10 に溶出固形物を示した。

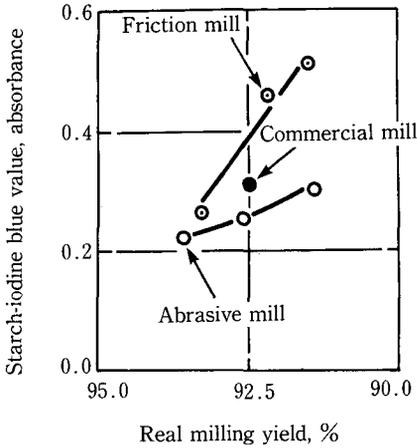


Fig. 9. Starch-iodine blue value of rice milled by laboratory and commercial rice mills.

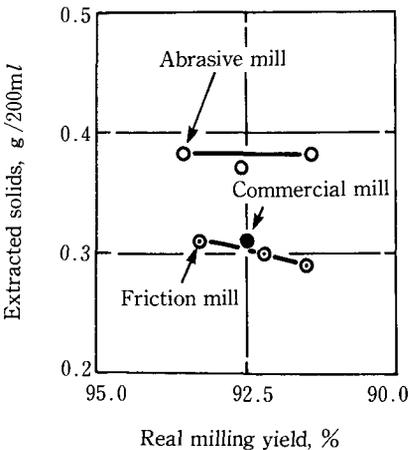


Fig. 10. Extracted solids in cooking solution of rice milled by laboratory and commercial rice mills.

研削式精米機による精白米の溶出固形物が摩擦式精米機や実用精米機のそれよりも多かった。

吸光度で明らかにしたように、研削式精米機による精白米は炊飯液中へのでんぶんの溶出量が少なかった。それにもかかわらず研削式精米機の溶出固形物が多いのは、精白米の表面に付着糠が多いことに起因している。

炊飯液を肉眼で観察した結果、摩擦式精米機による精白米の炊飯液は乳白色であるのに対し、研削式精米機のそれは乳白色であるとともに黄色味を帯びており、炊飯液中に付着糠の混在することが認められた。

溶出固形物は炊飯液に溶け出したでんぶんの量を表すと考えられている^{41,60)}。しかし本研究のように同一品種で搗精方法の異なる試料を測定した場合には、付着糠の量が溶出でんぶん量より多く、溶出固形物は主に付着糠の量を表すと考えられる。

3. 食味評価

a. 精白米外観

Fig. 11 にパネルにより判定された精白米の外観を示した。

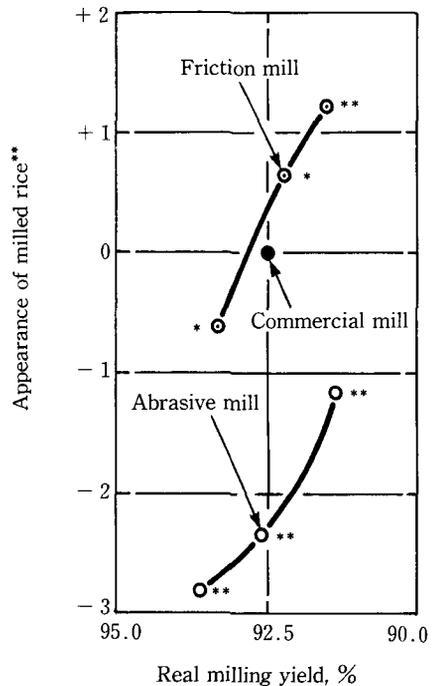


Fig. 11. Appearance of rice milled by laboratory and commercial rice mills. * and ** indicate the significance at the 5% and 1% level, respectively.

以下の食味試験結果に関する図中において、記号*と**とは実用精米機による精白米（市販された標準価格米●印）と各試料精白米との間に、それぞれ危険率5%または1%で有意な差があることを示す。また縦軸の評価項目の**は、精米機の種類と横軸の真搗精歩留とがその項目に対して危険率1%で有意な影響を与えることを示す。

Fig. 11に示したように、パネルは摩擦式精米機や実用精米機による精白米の外観が研削式精米機のそれより優れていると判断した。さらに真搗精歩留の低下とともに精白米の外観は向上し、約0.6%の真搗精歩留の差で外観に有意な差が生じた。

先に述べたように、同一の真搗精歩留で研削式精米機による精白米は摩擦式精米機より白度は高いが透光度は低い。これらを肉眼で見た外観は、前者が米粒表面に研削ロールによる細かな傷が多く、そのうえ付着糠があり白くぼやけたすりガラス状である。これに対し、後者は表面が滑らかで光沢や透明感がある。従ってパネルは滑らかで光沢と透明感のある米粒を好むことが確認された。

b. 炊飯米外観

Fig. 12にこれらの精白米を炊飯した際の外観に対する評価を示した。

炊飯米外観も精白米外観と全く同様な傾向を示

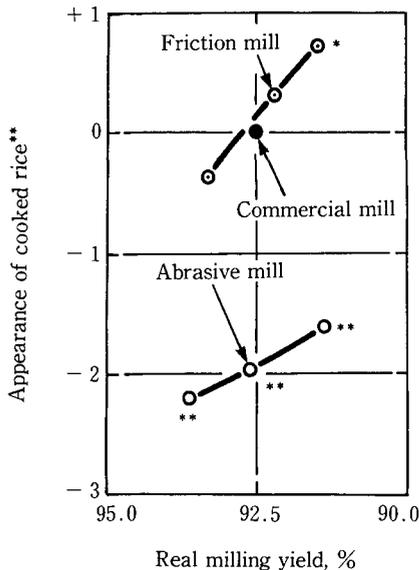


Fig. 12. Appearance of cooked rice milled by laboratory and commercial rice mills. * and ** indicate the significance at the 5% and 1% level, respectively.

し、摩擦式精米機や実用精米機による炊飯米の外観が高い評価を受けた。

c. 香り, 粘り, 硬さ

Fig. 13とFig. 14に香りと粘りの評価を示した。

摩擦式精米機や実用精米機による精白米は研削式精米機のそれらに比べて香りが良く粘りがあった。同時に、真搗精歩留の低下とともに香りが良くなり粘りが強くなった。

硬さに関しては各精米機間に有意差は認められなかった。また真搗精歩留が変化しても硬さの評価は

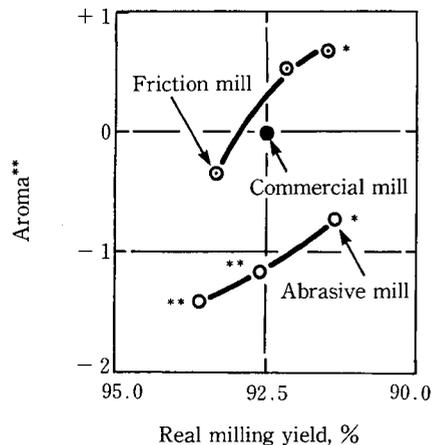


Fig. 13. Aroma of cooked rice milled by laboratory and commercial rice mills. * and ** indicate the significance at the 5% and 1% level, respectively.

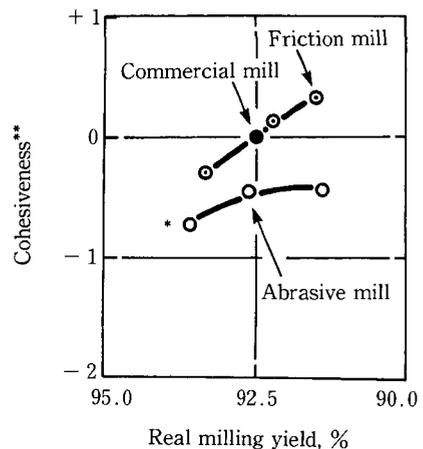


Fig. 14. Cohesiveness of cooked rice milled by laboratory and commercial rice mills. * and ** indicate the significance at the 5% and 1% level, respectively.

変わらなかった。

古米を炊飯した際の特有な臭いはカルボニル化合物が主たる原因である^{17,95)}。カルボニル化合物は中性脂質の加水分解によって生じた遊離脂肪酸がさらに酸化分解されて生成されるものである⁸²⁾。従って脂肪酸度の高い米は古米臭が強いと思われる。研削式精米機による精白米は付着糠が多く、また真搗精歩留の高い精白米は糠層の除去が完全でないため脂肪酸度が高く、そのために古米臭が強し香りが劣ると評価された。

摩擦式精米機による精白米は炊飯特性の吸光度が高いことから米飯の粘着性が大きくなると考察したが、食味試験でも粘りが強いという評価を受けた。

脂質、タンパク質の米粒内の分布は糠層や胚芽に多く^{19,71,87,99)}、これらの存在は米飯の粘りの発現を抑制する。そのため真搗精歩留が高く糠層の除去が充分でない精白米は粘りが弱いと評価された。

古米は新米と比較して米飯の粘着性が減少する^{8,25,51,70)}。従って香りや粘りに関して、摩擦式精米機による精白米と比較して研削式精米機のそれは古米と同様な特徴を持っていると考えられる。

以上の食味評価でパネルが各試料間の差異を最も大きく識別した項目は精白米外観であり、続いて炊飯米外観、香り、粘りであった。硬さは試料間の差異を識別できなかった。このことは、異なる搗精方法で搗精を行った場合、米の外観に最も顕著にその影響が生じ、次に香りや粘りに影響が生じることを示唆している。

d. 総合評価

Fig. 15 に総合評価を示した。

パネルは研削式精米機による精白米よりも摩擦式精米機や実用精米機による精白米を高く評価した。さらに真搗精歩留の低下すなわち糠層の除去にともない総合評価が向上し、0.7%の真搗精歩留の差をパネルは有意に識別した。

ROBERTS⁷²⁾が報告したように、アメリカ人のパネルによる米の食味試験では真搗精歩留の94%と90%との差を有意に識別しなかった。このことを考え合わせると上の結果は、近年我が国で米離れが指摘されながらも今もなお食生活の主食は米に収斂しており、多くの日本人が米に対する類似した嗜好性を有すると同時に繊細な味覚を持ち合わせていることを示唆するものであり、非常に興味深い。

真搗精歩留の低下にともない食味評価は精白米や

炊飯米の外観が向上し、香りが良くなり、粘りが増加し、総合評価が高くなった。このことは、古米や品質の劣る玄米または食味評価の低い品種の玄米などの搗精において、真搗精歩留を低下させる、いわゆる搗き込みにより食味向上が可能であることを示している。

4. 実験用精米機ならびに実用精米機による精白米の品質および食味の類似性

本章で測定した精白米の各物理化学特性値や食味試験の結果から、実用精米機による精白米の品質および食味が摩擦式精米機のそれと類似していることが確認された。これは、実用精米機は1番機として研削式精米機を、2, 3, 4番機として摩擦式精米機とを組み合わせたコンパス式精米装置であるため、実験に用いた小型摩擦式精米機と類似した特性を示したと考えられる。

従って、2報³²⁾で明らかにした搗精特性も含め本研究で得た知見を実用大型精米機に拡大応用することが可能である。

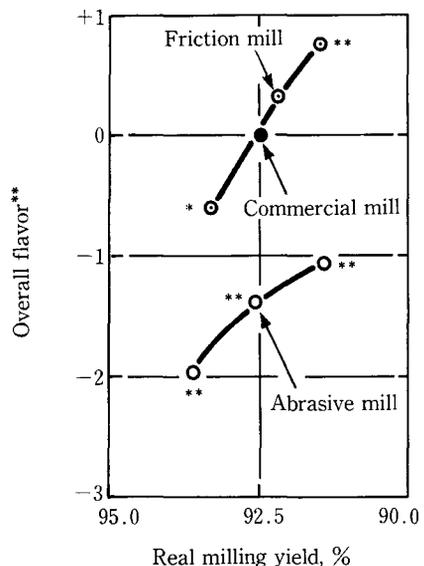


Fig. 15. Overall flavor of cooked rice milled by laboratory and commercial rice mills. * and ** indicate the significance at the 5% and 1% level, respectively.

III. 研削式精米機と摩擦式精米機とを組み合わせた際の搗精方法が精白米の品質および食味に与える影響

III-A. 目 的

II章で摩擦式精米機は精白米の品質および食味に関して研削式精米機より優れていることを明らかにした。一方、2報³²⁾で研削式精米機は搗精の効率や能率が良く、搗精による砕粒発生が少なく、玄米温度や玄米水分変化の影響が少ないなど、搗精特性に関して優れていることを明らかにした。従って、両者の短所を補い長所を発揮させる組み合わせ搗精方式（いわゆるコンパス式精米装置）が合理的な搗精方法であると考えられる。

しかし、このコンパス式精米装置を用いる際の研削式精米機と摩擦式精米機との使用割合は、いわば経験と勘とにより決定されていると言っても過言ではなく^{33,62)}、精白米の品質および食味からコンパス式精米装置の搗精方法を検討した例はない。

そこで本章では研削式精米機と摩擦式精米機とを組み合わせた際の搗精方法が精白米の品質および食味に与える影響を調査し、両精米機の最適な組合せ方法を明らかにする。

III-B. 方 法

1. 供 試 試 料

試料玄米としてホクレン札幌ライスステーション大曲工場にて採取した北海道産「イシカリ」2等級玄米を中心に混米された玄米を用いた。この玄米を実験用の研削式精米機と摩擦式精米機とを用いて搗精した精白米を試料とした。

また玄米採取と同時に、同玄米を上記工場内にてコンパス式精米装置 CP4C 型により搗精した精白米を採取し、これを対照試料として供試した。この精白米はのちに標準価格米として市販された。食味試験ではこの標準価格米を基準米とした。

供試玄米の初期条件は水分が16.4%、搗精前の玄米温度はコンパス式精米装置では22℃、実験用精米機では23℃であった。

2. 搗 精

搗精は2報³²⁾に示した精米機使用条件で研削式精米機と摩擦式精米機とを組み合わせて行い、所定の真搗精歩留の精白米を得た。

搗精特性は真搗精歩留、搗精歩留、搗精時間、砕粒割合などを測定した。

3. 搗精作用割合 (Milling rate)

搗精作用割合は、コンパス式精米装置を構成する4台の各精米機にどの程度の割合で搗精を行わせるか、を表わすために用いられている言葉である⁶²⁾。

本研究では研削式精米機と摩擦式精米機とを組み合わせて搗精する際の搗精方法として、研削式精米機の搗精作用割合に着目し、精白米の品質および食味について検討した。

例えば真搗精歩留が90%（糠除去率が10%）の精白米の場合、研削式精米機により真搗精歩留を97%（糠除去率を3%）とするまで搗精を行うと、この精白米の研削式精米機の搗精作用割合（Milling rate by abrasive type mill）は $(100-97) \div (100-90) \times 100 = 30\%$ である。同時に摩擦式精米機の搗精作用割合（Milling rate by friction type mill）は $(97-90) \div (100-90) \times 100 = 70\%$ である。

4. 精白米の品質測定および食味試験

精白米の品質の測定は透光度、白度、色調、胚芽残存率、脂肪酸度、炊飯特性を行い、搗精による損失の測定として水分減少量や砕粒発生を調べた。最後に精白米外観、炊飯米外観、香り、硬さ、粘り、総合評価について食味試験を行った。

精白米の品質測定および食味試験はII章に示した方法に準じて行った。食味試験のパネルは34名であった。パネルの構成は女性が10名、40歳以上が9名であり、パネルの中で食味試験経験者は20名であった。

III-C. 結果および考察

1. 研削式精米機の搗精作用割合

Table 2 に供試精白米の研削式精米機の搗精作用割合を示した。

精米工場です料玄米と同時に採取した精白米は1番機の研削式精米機で真搗精歩留98.1%まで搗精され、さらに2, 3, 4番機の摩擦式精米機で真搗精歩留92.2%まで搗精された。従って、この精白米の研削式精米機の搗精作用割合は24.4%である。

II章で明らかにしたように、食味試験の総合評価でパネルは0.7%以上の真搗精歩留の差を有意に識別できる。そこで本章では、真搗精歩留が92.2%を中心に最大0.3%以内の差で研削式精米機の搗精作用割合が異なるように、研削式精米機の搗精時間や摩擦式精米機の循環回数を調整して搗精を行った。その結果、真搗精歩留が92.0~92.5%で研削式精米機の搗精作用割合が0~100%までの6種類の供試

Table 2. Milling rate by abrasive type mill of milled rice.

Milling condition		Real milling yield		Milling rate by Abrasive type mill, %	Milling yield %
Abrasive type mill, Sec.	Friction type mill, Pass	After Abrasive type mill, %	After Friction type mill, %		
0	9	100.0	92.2	0.0	90.3
7	7	98.7	92.1	16.5	90.6
15	6	97.4	92.0	32.5	90.8
20	4	96.8	92.1	40.5	91.2
30	2	95.7	92.5	57.3	91.8
80	0	92.3	92.3	100.0	92.0
Commercial milled rice		98.1	92.2	24.4	90.3

精白米を得ることができた。これらの試料の搗精歩留は研削式精米機の搗精作用割合が大きいの程高く、90.3~92.0%であった。

2. 精白米の品質

a. 外観

1) 透光度 II章で透光度が精白米外観を客観的に計測する方法として優れていることを明らかにした。そこで Fig. 16 に研削式精米機の搗精作用割合が精白米の透光度に与える影響を示した。

透光度は研削式精米機の搗精作用割合が40%以下ではほぼ同一の値であるが、これ以上で透光度が低下し精白米の透明感が失われた。

2) 色調と白度 Fig. 17 と Fig. 18 に Lab 色立体の色度 a と b を示した。

色度 a は(+)が赤、(-)が緑の、b は(+)が黄、(-)が青の度合いが増すことを示す。Fig. 17 と

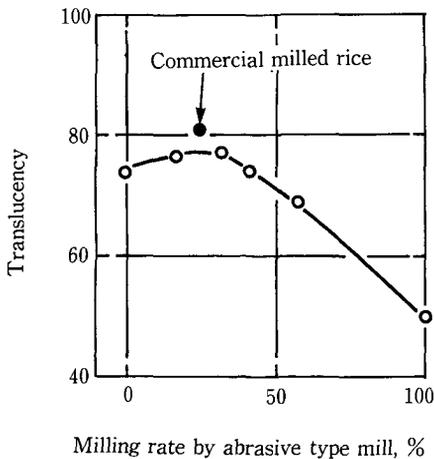


Fig. 16. Effect of milling rate by abrasive type mill on translucency of milled rice.

Fig. 18 によれば、研削式精米機の搗精作用割合が増加するにともない、精白米の色は赤と黄に近づいた。この変化は糠の色が強くなることを示しており、研削式精米機の搗精作用割合の増加とともに附着糠が増加することを定性的に表すことができた。

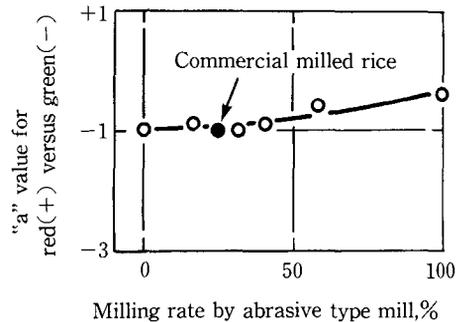


Fig. 17. Effect of milling rate by abrasive type mill on "a" value for red versus green of milled rice.

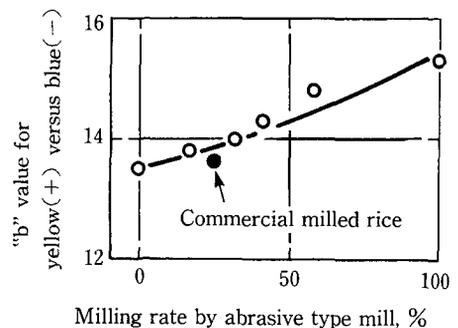


Fig. 18. Effect of milling rate by abrasive type mill on "b" value for yellow versus blue of milled rice.

Fig. 19 に白度を示した。

白度は研削式精米機の搗精作用割合の増加とともに低下した。しかし、研削式精米機の搗精作用割合が100%の精白米は0%の精白米とほぼ同じ白度を示した。これは、研削式精米機の搗精作用割合の増加とともに付着糠の影響で白度が減少する⁶¹⁾ものの、研削式精米機の搗精作用割合が100%の精白米では、研削ロールによって生じた米粒表面の微細な傷のため白度が再び上昇したと考えられる。これと同様な現象は、Lab 値より算出したハンター白度を示した Fig. 20 でも認められた。

Fig. 21 に研削式精米機の搗精作用割合が0%の精白米を基準として Lab 値より算出した色差を示した。これによれば、研削式精米機の搗精作用割合が40%以上で色差が1.5 を越えた。

伊藤ら²³⁾は精白米外観のパネル試験を行い、色差が1.5 を越えると多くの人が色合いの差異を感知できると報告している。従って、食味試験で外観の有意な差が認められることが予想された。

3) 胚芽残存率 Fig. 22 に胚芽残存率を示した。

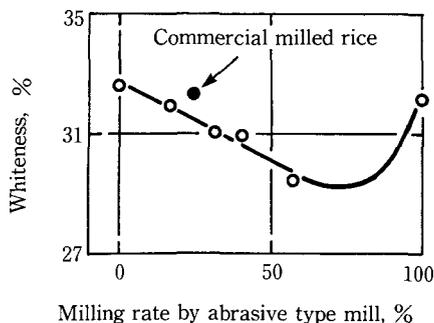


Fig. 19. Effect of milling rate by abrasive type mill on whiteness of milled rice.

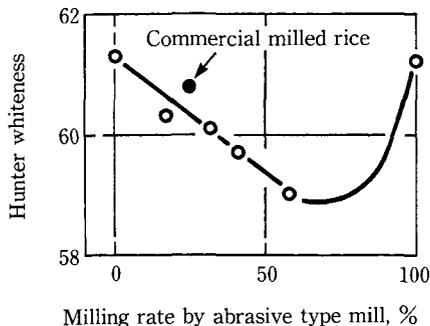


Fig. 20. Effect of milling rate by abrasive type mill on hunter whiteness of milled rice.

胚芽残存率は研削式精米機の搗精作用割合が40%以下ではほぼ一定の45%である。しかし、これが40%を越えると胚芽残存率が急増し、研削式精米機のみによって搗精された精白米は胚芽残存率が95%であった。胚芽は胚乳部に比べて黄色味が強く、そのため白度を1.5~2%低下させる⁶¹⁾。同時に肉眼で見た場合に白い精白米の中に黄色の斑点が散在しているように見えるため、胚芽残存率の高い精白米は外観が劣る²⁰⁾。

以上のごとく精白米の外観に関する計測から、研削式精米機の搗精作用割合が少ない精白米の外観が優れていることが認められた。さらに研削式精米機の搗精作用割合が40%以上となると食味試験で外観の劣化を認知できると予想された。

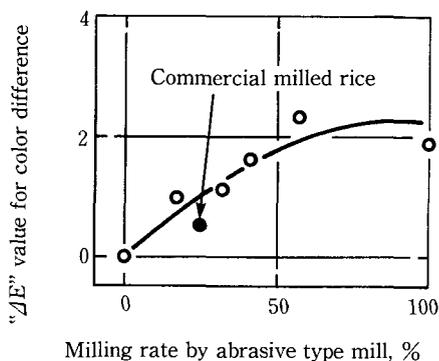


Fig. 21. Effect of milling rate by abrasive type mill on "ΔE" value for color difference of milled rice.

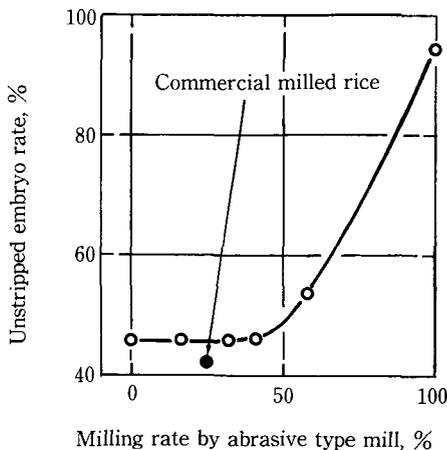


Fig. 22. Effect of milling rate by abrasive type mill on unstripped embryo rate of milled rice.

b. 貯蔵性

1) 脂肪酸度 Fig. 23 に搗精後ポリエチレン容器に密封し室温(20~24℃)で1カ月間貯蔵した精白米の脂肪酸度を示した。

研削式精米機の搗精作用割合が0~30%の範囲では脂肪酸度の増加はゆるやかであるが、30~60%で増加が大きかった。脂肪酸度増加の原因は付着糠であり、Fig. 23 は付着糠の量を表しているとも考えられる。

脂肪酸度による品質劣化の目安は20 mg で変質の注意信号⁶⁸⁾とされている。これにあてはめると研削式精米機の搗精作用割合が50%以上の精白米は1カ月以上の貯蔵には適さない。

2) カビの発生 精白米のカビの発生は室温での2カ月間の貯蔵において、いずれの試料でも認められなかった。

c. 搗精による損失

1) 水分減少量 水分減少量とは玄米と精白米との水分差を表したものであり、これは搗精による水分損失を意味する。

Fig. 24 に精白米の水分減少量を示した。

水分減少量は研削式精米機の搗精作用割合が0%, すなわち摩擦式精米機のみで搗精した精白米では0.37%であった。研削式精米機の搗精作用割合の増加にともない水分減少量は徐々に漸減し、研削式精米機の搗精作用割合が100%, すなわち研削式精米機のみで搗精した精白米では0.01%であった。

搗精による水分減少は搗精中の発熱に起因してい

る。すなわち2報²²⁾で明らかにしたように、摩擦式精米機は研削式精米機に比較して搗精による発熱量が大きく穀温上昇が大きい。そのため研削式精米機の搗精作用割合が少ない場合に精白米の水分減少量が大きい値を示した。

2) 砕粒発生 Fig. 25 に精白米中の砕粒割合を示した。

搗精による砕粒発生は研削式精米機の搗精作用割合が増加するにともない3.5%から1.2%へと減少した。

以上のように、搗精による損失は研削式精米機の搗精作用割合が増加するとともに低減した。

d. 炊飯特性

1) 浸漬吸水率 Fig. 26 に浸漬吸水率を示した。

浸漬吸水率は研削式精米機の搗精作用割合が50%以下ではほぼ一定であるが、これを越えると増加する傾向が認められた。

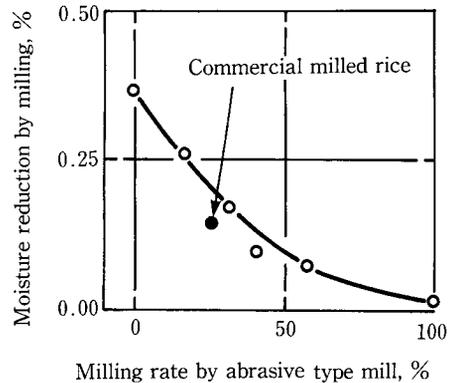


Fig. 24. Effect of milling rate by abrasive type mill on moisture content reduction calculated by difference between brown rice and milled rice.

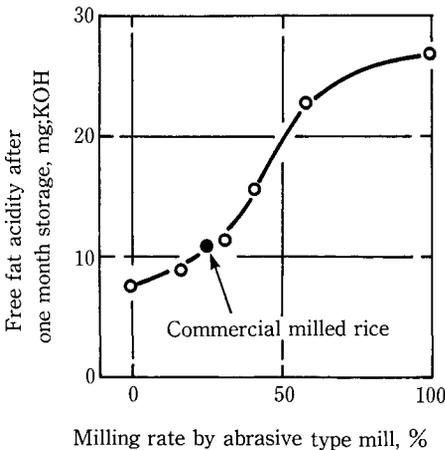


Fig. 23. Effect of milling rate by abrasive type mill on free fat acidity of milled rice after one month storage.

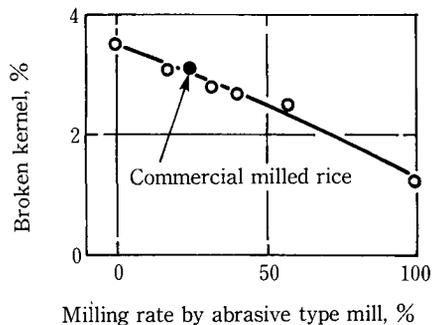


Fig. 25. Effect of milling rate by abrasive type mill on broken kernel in milled rice.

浸漬吸水率は米粒表面に研削ロールによる傷が多い場合に高い値を示す。従って、研削式精米機の搗精作用割合が50%以下であれば、研削式精米機による米粒表面の傷はその後の摩擦式精米機により平滑にすることが可能であると思われる。

2) 加熱吸水率 加熱吸水率は1.87~1.91の間であり、各試料のばらつきが大きく、一定の傾向は認められなかった。

3) 体積膨張率 Fig. 27 に体積膨張率を示した。体積膨張率は研削式精米機の搗精作用割合の増加とともに減少した。これは、研削式精米機の搗精作用割合の高い精白米は米飯の膨潤が小さいことを示

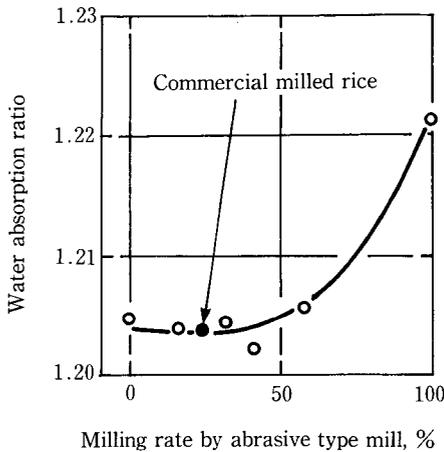


Fig. 26. Effect of milling rate by abrasive type mill on water absorption ratio of milled rice.

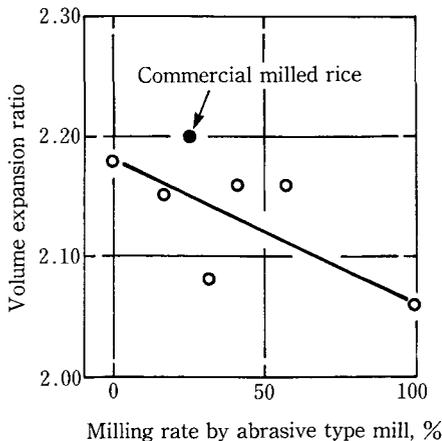


Fig. 27. Effect of milling rate by abrasive type mill on volume expansion ratio of milled rice.

している。

4) 吸光度 Fig. 28 にヨード・でんぷん反応の吸光度を示した。

吸光度は研削式精米機の搗精作用割合の増加とともに低減した。すなわち、研削式精米機の搗精作用割合の増加とともに炊飯液へのでんぷんの溶出が減少した。そのため米飯の光沢や米粒間の粘着性は減少すると考えられる。

5) 溶出固形物 Fig. 29 に炊飯液中の溶出固形物を示した。

溶出固形物は研削式精米機の搗精作用割合の増加とともに増加した。この溶出固形物の増加は主として精白米の付着糠に起因している。これにより、色調や脂肪酸度の結果と同様に、研削式精米機の搗精作用割合の増大とともに付着糠が増加することが確認された。

6) PH 炊飯液のPH は研削式精米機の搗精作

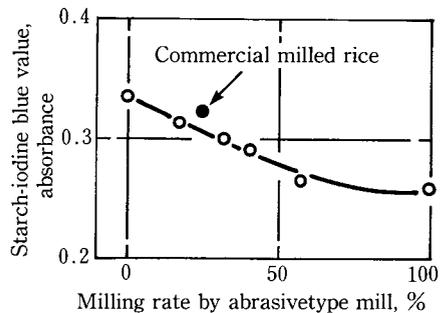


Fig. 28. Effect of milling rate by abrasive type mill on starch-iodine blue value of milled rice.

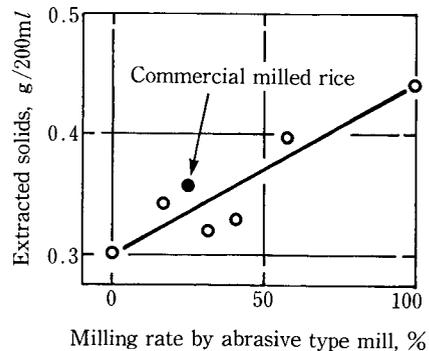


Fig. 29. Effect of milling rate by abrasive type mill on extracted solids in cooking solution.

用割合とは関係なくほぼ一定であり、6.2~6.3の弱酸性を示した。

3. 食味評価

a. 精白米外観

Fig. 30 に精白米の外観を示した。

以下の食味試験に関する図中において、記号*と**とは研削式精米機の搗精作用割合が0%、すなわち摩擦式精米機のみで搗精された精白米と他の各試料間とに、それぞれ危険率5%または1%で有意な差があることを示す。また、縦軸の評価項目の**は横軸の研削式精米機の搗精作用割合がその評価項目に対し危険率1%で有意な影響を与えることを示す。

Fig. 30 によれば、パネルは研削式精米機の搗精作用割合が増加するにともない精白米外観が劣ると判断した。

b. 炊飯米外観

Fig. 31 にこれらの精白米を炊飯した際の外観の評価を示した。

炊飯米外観も精白米外観と全く同様な傾向を示し、研削式精米機の搗精作用割合が増加するとともに評価が低下した。

精白米と炊飯米の外観の評価から、パネルは透明感と光沢があり米粒表面に微細な傷や付着糠がな

く、胚芽残存率の低い精白米を高く評価することを知った。また研削式精米機の搗精作用割合が40%以上の試料は0%の試料に対して、精白米外観と炊飯米外観の有意な差が認められた。これは色調において、研削式精米機の搗精作用割合が40%以上の精白米は0%の精白米に対して感知し得る色差を生じたことと一致した。

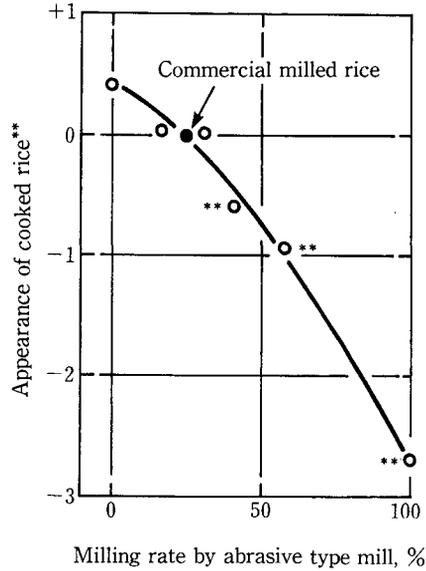


Fig. 31. Effect of milling rate by abrasive type mill on appearance of cooked rice. ** indicates the significance at the 1% level.

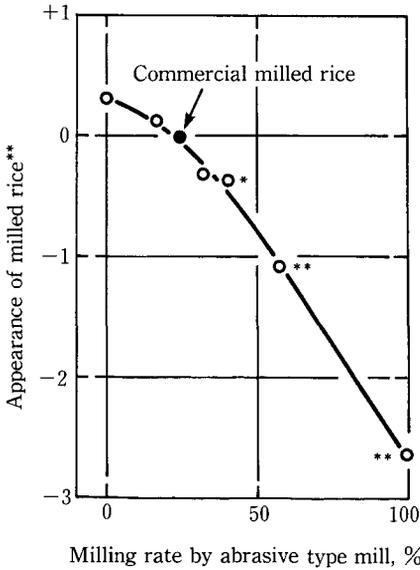


Fig. 30. Effect of milling rate by abrasive type mill on appearance of milled rice. * and ** indicate the significance at the 5% and 1% level, respectively.

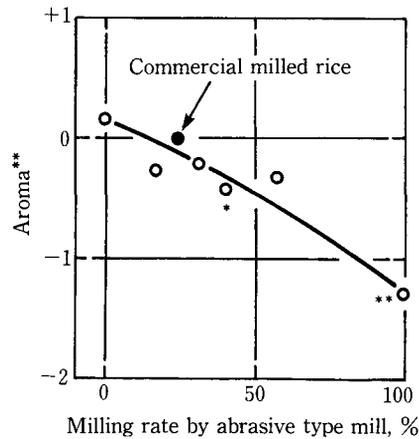


Fig. 32. Effect of milling rate by abrasive type mill on aroma of cooked rice. * and ** indicate the significance at the 5% and 1% level, respectively.

c. 香り, 粘り, 硬さ

Fig. 32 と Fig. 33 に炊飯米の香りと粘りの評価を示した。

香りの評価は研削式精米機の搗精作用割合の増加とともに劣化し、40%以上で有意な差が生じた。この原因は、研削式精米機の搗精作用割合の高い精白米は付着糠が多く脂肪酸度が高く、そのために生じ

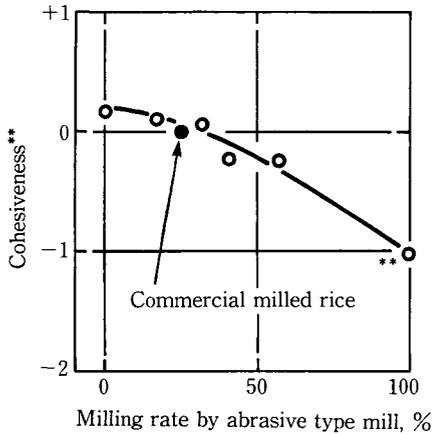


Fig. 33. Effect of milling rate by abrasive type mill on cohesiveness of cooked rice. ** indicates the significance at the 1% level.

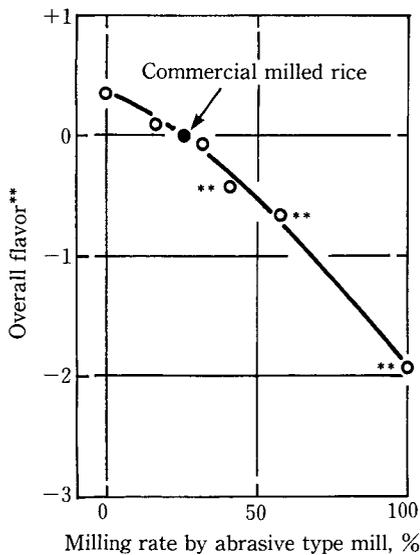


Fig. 34. Effect of milling rate by abrasive type mill on overall flavor of cooked rice. ** indicates the significance at the 1% level.

る糠臭や古米臭である。

炊飯米の粘りは研削式精米機の搗精作用割合の増加とともに弱くなった。これは、炊飯特性で研削式精米機の搗精作用割合の増加にともない吸光度が減少することから、米飯の粘着性が減少すると考察したと一致している。

炊飯米の硬さは各試料間に有意な差が認められなかった。

d. 総合評価

Fig. 34 に総合評価を示した。

パネルは研削式精米機の搗精作用割合の大きい精白米を低く評価した。また研削式精米機の搗精作用割合が0%の試料に対して40%以上の試料を有意に判別した。

4. 最適な研削式精米機の搗精作用割合

以上の結果から、研削式精米機の搗精作用割合の変化にともない精白米の品質および食味の多くの項目で変化が生じることが確認された。

すなわち、研削式精米機の搗精作用割合の増加にともない搗精による損失は低減するが、逆に精白米の外観と貯蔵性が劣化し、さらに食味試験の評価が低下した。精白米の透光度、胚芽残存率、脂肪酸度は研削式精米機の搗精作用割合が30~40%以下の範囲で変化が少なく、それ以上で大きな品質低下が認められた。また食味試験の精白米外観、炊飯米外観、香り、総合評価で研削式精米機の搗精作用割合が0%の精白米に対し35%以下の精白米は有意な差が認められず、40%以上ですべて有意な差が認められた。

研削式精米機と摩擦式精米機とを組み合わせる搗精を行う際の搗精方法、すなわち研削式精米機の搗精作用割合は搗精効率、搗精能率、搗精による発熱などの搗精特性に関しては大きいことが望ましい^{29,32)}と考えられる。しかし、近年における消費者の米の品質および食味に対する高い関心を考慮するならば、本章で明らかにしたように研削式精米機の搗精作用割合は0%から35%までの範囲が適当である。

IV. 搗精前の玄米温度が精白米の品質および食味に与える影響

IV-A. 目的

2報³²⁾で玄米温度が搗精特性に与える影響を調査した。その結果、玄米温度の変化にともなう玄米

剛度の変化が搗精特性に大きな影響を与えることを明らかにした。

しかし、本研究の目的の一つである搗精のための最適な玄米温度条件を明らかにするには、搗精特性の他に精白米の品質、特に最も重要な品質要素である食味について検討を加えることが必要である。

従来から精白米は搗精時の温度が高すぎると食味が低下し、低温で搗精すると食味が良いと一般に言われている。しかし搗精前の玄米温度と食味とについて調査した例⁵⁾は少ない。

そこで本章では、温度を調整した玄米を用いて搗精を行い搗精前の玄米温度が精白米の品質および食味に与える影響を調査し、搗精のための最適な玄米温度を明らかにする。

IV-B. 方法

1. 供試試料

供試玄米は北海道栗沢産「イシカリ」である。これは種子用もみとして架干で自然乾燥されたものである。もみの人工乾燥による高温の操作が精白米の品質および食味に影響を与える可能性がある^{59,60)}。そこで自然乾燥された玄米を試料として選択した。この玄米を次に述べる条件で搗精し供試精白米を得た。

2. 搗 精

搗精前の玄米温度は2報³²⁾と同様に10℃, 20℃, 30℃とした。

玄米温度は目的の温度に設定した恒温器内にポリエチレン容器に密封した供試玄米を一晩以上保管して調整した。さらに、精米機や実験室内の温度を設定玄米温度と同一となるように調整して実験を実施した。その結果10℃, 20℃, 30℃の玄米温度に対し実験室内の温度と湿度は、それぞれ9.8℃, 52% R. H., 20.0℃, 63% R. H., 30.4℃, 57% R. H.であった。

II章で明らかにしたように、実験用摩擦式精米機による精白米と実用精米機による精白米との品質および食味は類似している。そこで搗精は摩擦式精米機のみを用いて2報³²⁾に示した手順に準じて行った。搗精に際して真搗精歩留、搗精歩留、精米機の循環回数、精白米温度、砕粒などの搗精特性を測定した。

3. 精白米の品質測定および食味試験

精白米の品質の測定は、水分、白度、透光度、色調、容積重、流動性、脂肪酸度、カビの発生、炊飯

特性を行い、そのうえで食味試験を行った。これらの精白米の品質測定や食味試験はII章に示した方法に準じて行った。

食味試験のパネルは39名であった。パネルの構成は女性が12名、40歳以上が11名、食味試験経験者は19名であった。

IV-C. 結果および考察

1. 搗 精 特 性

Table 3に搗精特性や精白米の物理化学特性を示した。

三種類の試料の搗精は、その後の精白米の品質および食味の比較のために、真搗精歩留が同一となるように行った。その結果、真搗精歩留は91.8~92.1%、搗精歩留は90.9~91.2%の範囲であった。真搗精歩留や搗精歩留の差がそれぞれ最大0.3%であったことから、精白米の品質および食味の測定でこれらの影響は無視できると考えられる。

摩擦式精米機の循環回数は玄米温度が10℃, 20℃, 30℃の試料で、それぞれ5回, 4回, 3回であった。搗精後の精白米温度は玄米温度が10℃, 20℃, 30℃の試料に対して30.0℃, 34.0℃, 40.5℃であり、搗精による上昇穀温は20.0℃, 14.0℃, 10.5℃であった。これは2報³²⁾で明らかにしたように、低温の玄米を搗精すると穀温の上昇は大きい精白米温度の絶対値は低いことと一致している。

精白米中の砕粒割合は搗精前の玄米温度の上昇とともに増加し、それぞれ8.1%, 8.8%, 10.5%であった。

2. 精白米の品質

a. 水分

精白米の水分は15.4~15.5%であった。搗精前の玄米水分は15.6%であり、搗精による水分減少量は0.1~0.2%であった。

b. 外 観

供試精白米の白度や透光度は玄米温度が10℃から30℃へと上昇するにともない、それぞれ32.3%から31.3%へ、62.3から55.2へと低下した。これは、温度の高い玄米の搗精は精米機の循環回数が少ないために、同一の真搗精歩留の精白米ではあるが除糠が充分でないことに起因している。

筆者は30℃の玄米を搗精すると20℃以下の玄米に比較して精白米の白度が低いことを報告³⁰⁾している。搗精による穀温上昇が10℃程度と低い場合には、精白米の白さが冴えず光沢もなく外観が劣ると

Table 3. Physicochemical properties of rice milled by the friction type mill with three different kernel temperatures.

Physicochemical Properties of milled rice	Kernel temperature before milling		
	10°C	20°C	30°C
Real milling yield, %	92.1	91.8	92.1
Milling yield, %	91.1	91.2	90.9
Number of passes through friction type mill	5	4	3
Kernel temperature after milling, °C	30.0	34.0	40.5
Risen temperature, °C	20.0	14.0	10.5
Broken kernel, %	8.1	8.8	10.5
Moisture content, % w. b. 135°C	15.5	15.4	15.4
Whiteness, %	32.3	32.4	31.3
Translucency	62.3	57.3	55.2
Color			
L ; Lightness	63.0	63.3	63.1
a ; Red(+) versus green(-)	-0.6	-0.4	-0.3
b ; Yellow(+) versus blue(-)	13.4	13.6	14.0
H ; Hunter whiteness	60.6	60.8	60.5
ΔE ; Color difference	0	0.4	0.6
Bulk weight, g/l	855	852	848
Fluidity, sec./150 g	7.13	7.11	7.13
Free fat acidity, mg ; KOH	3.5	2.5	7.1
Mold growth after 3 months storage	No	No	No
Cooking characteristics			
Water absorption ratio	1.22	1.21	1.21
Water uptake ratio	1.90	1.90	1.88
Volume expansion ratio	2.23	2.21	2.10
Starch-iodine blue value	0.40	0.40	0.37
Extracted solids, g/200 ml	0.28	0.30	0.31
PH	6.7	6.7	6.7

思われる。

色調はL, a, b, Hのいずれにおいても搗精前の玄米温度の影響は認められず、色差は最大で0.6であった。

c. 容積重と流動性

容積重と流動性は各試料間に差異が認められなかった。

d. 貯蔵性

搗精から1週間後に測定した脂肪酸度は温度が10°C, 20°C, 30°Cの玄米を搗精した精白米で、それぞれ3.5 mg, 2.5 mg, 7.1 mgであった。いずれの試料でも脂肪酸度は低く品質上の問題はない。しか

し玄米温度が30°Cの試料でやや脂肪酸度が高いのは、他の試料より付着糠が多いためである。このことは白度や透光度での考察と同様に、精米機の循環回数が少ないために除糠が充分でないことを示している。脂肪酸度が高い試料はこれを炊飯した際の香りが劣ると予想される。

精白米のカビの発生は室温（17~24°C）での3ヵ月間の貯蔵でいずれの試料も認められなかった。

e. 炊飯特性

炊飯特性の各試料間の差異はわずかであった。しかし搗精前の玄米温度が高くなるにともない浸漬吸水率、加熱吸水率、体積膨張率、吸光度が減少する

傾向を示した。これは玄米温度が高い場合には、米飯が硬くなり粘りが少なくなることを示唆している。

溶出固形物は玄米温度が高くなるとともにやや大きな値を示した。これは玄米温度の高い試料は除糠が充分でないことに起因している。

炊飯液のPHは各試料間に差異はなかった。

以上のように、搗精前の玄米温度が精白米の品質に与える影響の程度はII章やIII章で述べた異なる搗精作用、搗精方法、真搗精歩留などのそれに比較するとわずかである。しかし玄米温度が高い場合に精白米の外観や貯蔵性が劣り、さらに食味評価において米飯の香りが劣り、粘りが少なく硬いという評価が下される可能性があると予想された。

3. 食味評価

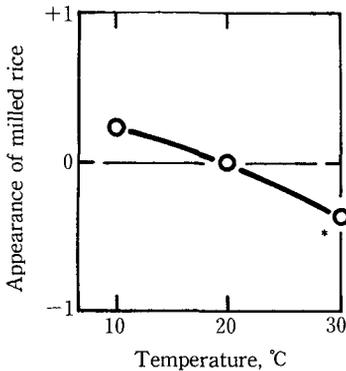


Fig. 35. Effect of brown rice temperature before milling on appearance of milled rice. * indicates the significance at the 5% level.

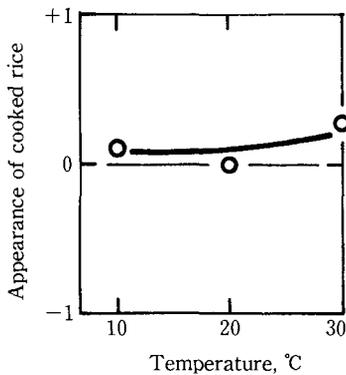


Fig. 36. Effect of brown rice temperature before milling on appearance of cooked rice.

Fig. 35 から Fig. 40 に精白米外観, 炊飯米外観, 硬さ, 粘り, 香り, 総合評価の結果を示した。

図中において、記号*は玄米温度を10°Cとして搗精した精白米と他の試料間に危険率5%で有意な差があることを示す。

各評価項目について一括すると、搗精前の玄米温度が10°Cから20°C, 30°Cへと上昇するにともない、精白米の外観が劣化するが、これを炊飯した際の外観には差がなく、炊飯米の硬さが増加し、粘りが減少し、香りが劣り、総合評価が低下する傾向が認められた。

温度が30°Cの玄米を搗精すると米飯の香りが劣り粘りが少なく硬いということは、精白米の品質測定の結果と一致する。しかし各項目での試料間の評価の差異はわずかであった。統計解析により搗精前

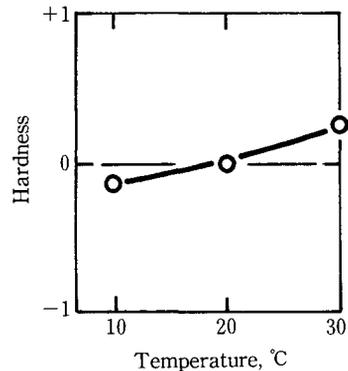


Fig. 37. Effect of brown rice temperature before milling on hardness of cooked rice.

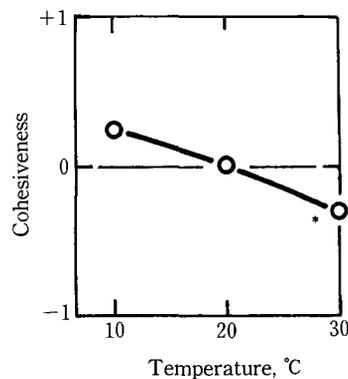


Fig. 38. Effect of brown rice temperature before milling on cohesiveness of cooked rice. * indicates the significance at the 5% level.

の玄米温度が各評価項目に与える影響はないと判断され、精白米外観と粘りの項目でのみ玄米温度 30℃の試料が 10℃の試料に対して有意差を示した。

搗精前の玄米温度が食味評価に与える影響の程度はすでに明らかにした異なる搗精作用、搗精方法、真搗精歩留のそれに比較するとわずかである。本実験で搗精を行った 10℃から 30℃の玄米温度の範囲では統計的に有意な差が生じるかどうかの境界上にあると思われた。

森高ら⁵⁵⁾は低温(0~5℃)または高温(29~35℃)で搗精を行った精白米の食味評価を報告している。森高ら⁵⁵⁾の食味試験はパネルが8~10名と少なくデータの信頼性に欠ける点があり⁹⁾、評価のばらつきも大きい。しかし低温で搗精した精白米の外観が良く総合評価が高いという結果は本研究と同様

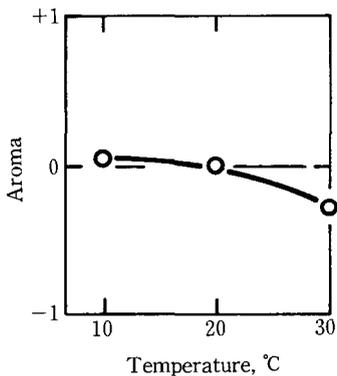


Fig. 39. Effect of brown rice temperature before milling on aroma of cooked rice.

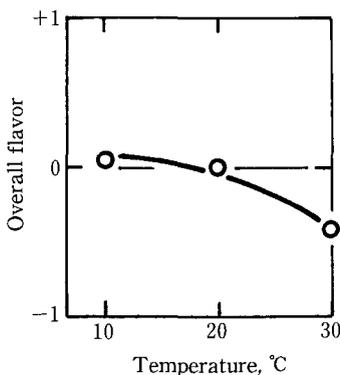


Fig. 40. Effect of brown rice temperature before milling on overall flavor of cooked rice.

である。

4. 搗精前の最適玄米温度

温度が 30℃の玄米を搗精した場合、精白米の外観や貯蔵性が劣り食味評価が低い。そのため搗精前の玄米温度として 30℃は高すぎると判断される。

1報³¹⁾で明らかにしたように、北海道のような寒冷地では夏期であっても玄米温度が 30℃となることはまれである。しかし、我が国南部の温暖地では玄米温度が 30℃以上となる可能性が高いため、これを防止する必要がある。

調質操作により玄米温度を調整する際には、精白米の品質および食味を考慮して玄米の最高温度は 25℃までが望ましい。

最低玄米温度は、精白米の品質および食味のみから考慮すると 10℃が好ましい。しかし 2報³²⁾で明らかにしたように、低温の玄米を搗精すると搗精効率や搗精能率が低下すること、実際の精米工場で冬期間の搗精の困難さが問題となっている⁶²⁾ことを考え合わせると、10℃の玄米温度で搗精を行うのは実用的でなく、15℃程度以上の玄米温度が望ましい。すなわち 10℃の玄米を搗精した場合、食味評価は若干向上するが、玄米剛度が増加して搗精効率や搗精能率が低下し、真搗精歩留の低下が困難となる。そこで逆に玄米温度を 15℃以上に上昇させた上で、真搗精歩留を低下させる、研削式精米機の搗精作用割合を減少させるなどの方策を講じることが実的には食味向上につながると思われる。

玄米調質を行う場合には、季節変動のある工場内の温度や湿度と玄米や精白米の温度との差によって生じる米粒表面の結露や急激な乾燥を避けるよう配慮しつつ、15~25℃の範囲内に玄米温度を調整することが最適であると考えられる。

V. 精白米水分が精白米の品質および食味に与える影響

V-A. 目的

2報³²⁾で玄米水分が搗精特性に与える影響を調査した。その結果、玄米水分が搗精特性に与える影響は玄米水分変化にともなう玄米剛度変化に起因していることを明らかにした。

しかし本研究の目的の一つである搗精のための最適な玄米水分を明らかにするには、搗精特性のみならず精白米の品質および食味に対して水分の与える影響を明確にとらえる必要がある。

そこで本章では水分を調整した精白米を供試試料とし、精白米水分が精白米の品質および食味に与える影響を明らかにする。その結果から食味評価の高い精白米水分を知り、さらに搗精のための最適玄米水分を求める。

V-B. 方法

1. 供試試料

供試試料として北海道新篠津産「イシカリ」2等級玄米を中心に数種の北海道産米をブレンドした玄米を、ホクレン札幌ライスステーション大曲工場でコンパス式精米装置C P 4 C型を用いて搗精した精白米を用いた。この精白米は標準価格米として市販された。

搗精前の原料玄米の温度と水分は20.8℃と16.8%であり、搗精後の精白米の温度および水分は37.5℃と16.7%であった。従って、搗精による穀温上昇は16.7℃、水分減少量は0.1%であった。供試精白米の搗精歩留は90.3%であった。

1報³¹⁾によれば、精米工場での原料玄米の水分は調査した範囲内で14.4~16.8%であり、搗精による水分減少量は0.1~0.4%であった。

過度に低水分の精白米や高水分の精白米は、いずれも食味評価が劣る⁹⁷⁾とされている。そこで、上記の供試精白米をもとに水分調整を行い、水分が14~18%までの4種類の試料を得た。

精白米の水分調整は、初期水分16.7%から水分を減少させる試料は、これを実験室内(室温は16.0~21.8℃、湿度は55~69%R.H.)に薄く1~2層に広げてゆるやかに乾燥させた。その結果、6時間後に水分15.5%の精白米を24時間後に水分14.0%の精白米を得た。これらの試料の乾燥速度は0.20%/hourと0.11%/hourであった。

また水分を増加させる試料は、温度20℃、湿度80%R.H.に設定した恒温恒湿器内に薄く1~2層に広げて緩慢に吸湿させた。その結果、11時間後に水分18.0%の精白米を得た。この試料の吸水速度は0.12%/hourであった。

以上の水分調整はいずれも急激な水分変化を避けるように配慮して行ったので、精白米のひび割粒の発生⁹²⁾は確認されなかった。

水分調整後の精白米はポリエチレン容器に密封して室温(17~20℃)で3日間放置し、水分を均一化させた後に実験に供した。

2. 精白米の品質測定および食味試験

精白米の品質の測定は水分、白度、透光度、容積重、流動性、カビの発生、脂肪酸度、炊飯特性を行った。食味試験は精白米外観、炊飯米外観、香り、硬さ、粘り、総合評価について実施した。

これらの精白米の品質測定や食味試験はII章に示した方法に準じて行った。

食味試験は精白米の水分調整直後に行った。さらに貯蔵による食味の変化を知る目的で、室温(17~24℃)で3カ月間試料を貯蔵した後に再び食味試験を行った。それぞれの食味試験のパネルは39名と31名であった。パネル構成は初回では女性が12名、40歳以上が11名、食味試験経験者は19名であり、2回目では女性が11名、40歳以上が10名、食味試験経験者は19名であった。

V-C. 結果および考察

1. 精白米の品質

Table 4に供試精白米の物理化学特性を示した。

a. 水分

供試精白米の水分は14.0%、15.5%、16.7%、18.0%であった。

b. 外観

供試精白米の白度は29.7~30.6%の幅があるが、水分変化にともなう一定の傾向は認められなかった。

透光度は精白米水分低下にともない67.1から64.7へとわずかに減少した。すなわち本実験の水分範囲では精白米水分が外観に及ぼす影響は小さいが、低水分の精白米の外観が若干劣る傾向があった。

水分差のある精白米の外観を観察した例⁹⁷⁾では、水分が18.7%(135℃、粉碎、3時間法)の精白米は10.2%の精白米と比較してやや透明感があり白く見えると報告されている。

c. 容積重と流動性

容積重と流動性は精白米水分により変化し、水分減少とともに容積重が大きくなり流動性が良くなった。

d. 貯蔵性

精白米の貯蔵性には温度、湿度、貯蔵容器などの貯蔵中の環境、そして精白米水分、精白米の糠の除去程度、精白米の脂質含量などの要因が関与する^{56,68)}。

本章では水分調整を行った精白米をポリエチレン容器に密封し、室温(3月から8月にかけての貯蔵のため温度が17℃から28℃へと徐々に変化した)で

Table 4. Physicochemical properties of milled rice with four different moisture contents.

Moisture content, % w. b. 135°C*	14.0	15.5	16.7	18.0
Moisture content, % w. b. 105°C**	13.1	14.7	15.8	17.3
Moisture content, % w. b. PB-1D***	12.3	13.8	15.1	16.7
Whiteness, %	29.7	30.5	30.0	30.6
Translucency	64.7	65.3	66.7	67.1
Bulk weight, g/l	861	856	850	839
Fluidity, sec./150 g	6.74	7.00	7.02	7.13
Mold growth				
after 1 month storage	No(-)	No(-)	No(-)	Yes(+)
after 3.5 months storage	No(-)	No(-)	Yes(+)	Yes(+++)
Free fat acidity, mg ; KOH				
after 1 week storage	7.4	9.1	9.1	10.3
after 5 months storage	18.4	25.3	×	×
Cooking characteristics				
Water absorption ratio	1.24	1.21	1.20	1.17
Water uptake ratio	2.01	1.95	1.93	1.92
Volume expansion ratio	2.23	2.23	2.19	2.23
Starch-iodine blue value	0.44	0.43	0.42	0.37
Extracted solids, g/200 ml	0.35	0.32	0.28	0.27
PH	6.8	6.8	6.8	6.7

* Method 135°C ; Moisture content was determined in accordance with SAMJ method (1975) by drying whole kernel of about 10 g for 24 hour in an oven at 135°C(±2°C).

** Method 105°C ; Moisture content was determined in accordance with drying whole kernel of about 10 g for 24 hour in an oven at 105°C(±1°C).

*** Method PB-1D ; Moisture content was determined in accordance with using a moisture content meter PB-1D made by Kett Laboratory Co. Ltd..

貯蔵した。そのため精白米水分以外の貯蔵性にかかわる要因は同一であると考えられる。

1) カビの発生 精白米水分が18.0%の試料は1カ月間貯蔵後にカビの発生が確認され、さらに2ヵ月後にはポリエチレン容器内に結露が生じ米粒がカビとともに固結した。また精白米水分が16.7%の試料は3.5ヵ月後にカビの発生が確認された。発生したカビは色と形状から米に多く発生する *Asp. glaucus* 群や *Asp. restrictus* 群に属する糸状菌類⁹⁰⁾と思われた。

カビの発生にともない米粒表面は外観上、いわゆる粉をふいたような状態で白っぽくなり透明感や光沢が減少した。このような精白米は白度が1~2%上昇し、透光度が40~70低下した。

精米工場での搗精の後、精白米が家庭で消費され

るまでの期間は平均して1ヵ月である⁶⁸⁾。そのため精白米の安全貯蔵期間は夏期の条件において2ヵ月程度必要である。

精白米水分16.7%の試料は17~25°Cの室内貯蔵で3.5ヵ月後にカビの発生が認められた。さらに気温の高い夏期には、より早いカビの発生が予想される。従って、精白米水分として16.7%は高すぎると判断した。

柳井ら⁹⁰⁾は、ポリエチレン包装した水分16.6%(135°C, 17時間法)の精白米の夏期(20~30°C)の40日間の貯蔵で、糸状菌数が $2 \times 10^6/g$ から $1 \times 10^6/g$ へと増加したことから、この試料の貯蔵限界を認めた。また同じくポリエチレン包装した水分15.0%(105°C, 5時間法、これは本研究で用いている135°C法では16.0%)の精白米は、20°Cの条件下で2ヵ月

間の貯蔵で品質劣化はない⁶⁸⁾とされている。

従って、本研究の結果と上記の研究例から精白米の貯蔵安全水分は最高16.3%程度であり、この水分以下の精白米は夏期の2カ月間の貯蔵に耐えうると判断された。

2) 脂肪酸度 1週間貯蔵後の試料精白米の脂肪酸度は精白米水分14.0%の試料が7.4 mg, 18.0%の試料が10.3 mgであった。また5カ月間貯蔵後の脂肪酸度は水分14.0%の試料が18.4 mg, 15.5%の試料が23.5 mgであった。16.7%と18.0%の試料はカビ発生のため脂肪酸度測定は行わなかった。

これらのことから、水分の高い精白米は貯蔵中の脂肪酸度の増加が大きいと、貯蔵性が劣ることが確認された。

e. 炊飯特性

浸漬吸水率は水分14.0%の精白米が1.24, 同じく18.0%の精白米が1.17であり、水分の低い精白米の浸漬吸水率が高かった。同時に低水分精白米は浸漬時に亀裂が発生しやすいことも観察した。精白米水分と浸漬吸水率とは極めて有意な負の相関関係にあり^{35,36,38,65)}、とくに低水分精白米は浸漬時に亀裂が生じやすく³⁷⁾、これが浸漬吸水率増加の一因である⁵⁷⁾とされている。

加熱吸水率も浸漬吸水率と同様に、低水分の精白米が高水分の精白米に比べて高い値を示した。

体積膨張率は精白米水分による特徴的な変化が認められなかった。

炊飯液のヨード・でんぷん反応による吸光度は精白米水分の低下とともに0.37から0.44へと増加した。これは、精白米の浸漬で観察された低水分精白米の亀裂発生に起因している。すなわち亀裂の発生した精白米は表面積が増加してでんぷんの溶出が増加し、炊飯液でのんぷん濃度を高める結果となった。

溶出固形物は精白米水分の低下とともに0.27 g/200 ml から0.35 g/200 mlへと増加した。これは先に述べた吸光度の結果と同様に、水分の低い精白米は吸水による亀裂のため炊飯液中でのんぷん濃度が高いことを示している。溶出固形物は精白米表面の糠など付着物の量と炊飯液に溶け出したでんぷんの量とを表す。しかし、本実験では同一精白米を水分調整して試料としたため、米粒表面の付着物の量は同じと考えられる。従って溶出固形物は炊飯液中でのんぷん量を表したと思われる。

炊飯液のPHは、各試料で差異は認められなかつ

た。

2. 食味評価

a. 水分調整直後の食味評価

Fig. 41からFig. 46に精白米の水分調整直後に実施した食味試験における精白米外観、炊飯米外観、硬さ、粘り、香り、総合評価の結果を示した。図中において、記号*と**は精白米水分が14.0%の試料と他の試料との間に危険率5%または1%で有意な差があることを示す。また縦軸の評価項目の*と**は横軸の精白米水分がその評価項目に対して同様に有意な影響を与えることを示す。

1) 精白米外観と炊飯米外観 精白米外観は水分14.0%の試料が劣り、他の3種類の試料はほぼ同程度の外観であった。これは、先に述べた透光度で低

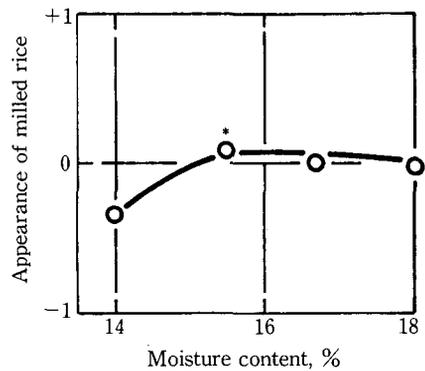


Fig. 41. Effect of milled rice moisture content on appearance of milled rice. * indicates the significance at the 5% level.

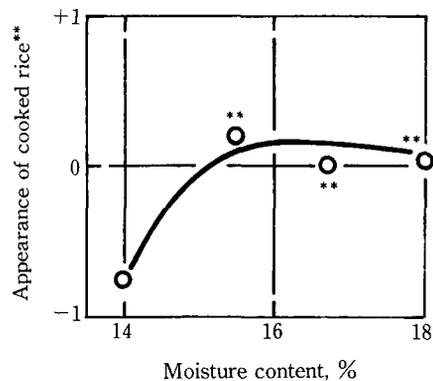


Fig. 42. Effect of milled rice moisture content on appearance of cooked rice. ** indicates the significance at the 1% level.

水分の精白米は外観評価が低下するとしたことと一致する。

精白米を炊飯した際の外観は水分14.0%の試料が他より低く評価され、精白米水分により炊飯米外観に有意差が生じると判定された。

水分14.0%の試料の炊飯米外観が精白米外観に比較して一層劣化したのは、精白米を浸漬した際に生じる亀裂に起因している。水分の異なる精白米を同一条件で炊飯した場合の炊き上がりを観察した例⁷³⁾に示されているように、低水分精白米を浸漬した際の亀裂は米飯の粒形をくずし、いわゆる「花咲米」⁹²⁾を増加させる。そのため炊飯米外観が低く評価された。

九州産米を用いて食味に及ぼす水分の影響を調査した例⁷⁹⁾でも、本研究と同様に低水分の米は炊飯米外観が劣ると評価される場合が多かった。

2) 硬さ 西山ら⁷⁹⁾は炊飯時の米と水との重量比が一定の場合には、低水分の精白米は硬く、高水分の精白米は軟らかく炊き上がると指摘している。そしてこの硬さが他の評価項目にも影響を与える恐れがあるため、精白米水分に合わせて加水量を増減し各試料の硬さをほぼ同一にして食味試験を実施している。

しかし一般家庭で市販精白米を購入する場合、精白米水分に関する情報はなく、いつもの習慣に従って水加減を行い炊飯すると思われる。そこで本食味試験では敢えて水分の異なる精白米に対して加水量を一定として炊飯を行った。

その結果、炊飯米の硬さは精白米水分の低下とと

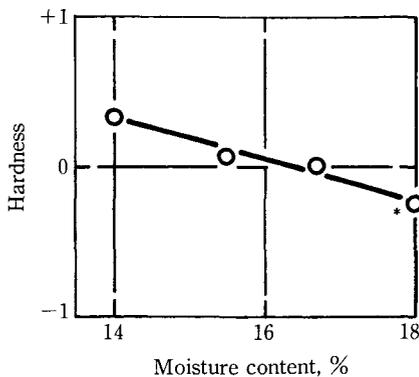


Fig. 43. Effect of milled rice moisture content on hardness of cooked rice.
* indicates the significance at the 5% level.

もに硬くなると評価され、水分14.0%と18.0%の試料間では有意差が生じた。このことは逆に米飯の硬さは加水量で調節可能なことを意味しており、炊飯時の水加減の重要性を示している。

3) 粘り 炊飯米の粘りは、水分14.0%と18.0%の試料の粘りが弱いと評価され、精白米水分は米飯の粘りに有意な影響を与えた。

炊飯特性の吸光度と溶出固形物から、精白米水分の減少とともに米飯の粘りは増加すると予想された。しかし、官能試験では低水分試料の粘りが少ないという結果になった。これは硬さが粘りに影響を与えていると考えられる。すなわち、水分が低くて硬い米飯はその噛みごたえから、感覚的に付着性が弱くパネルは粘りが少ないと判定したと思われる。

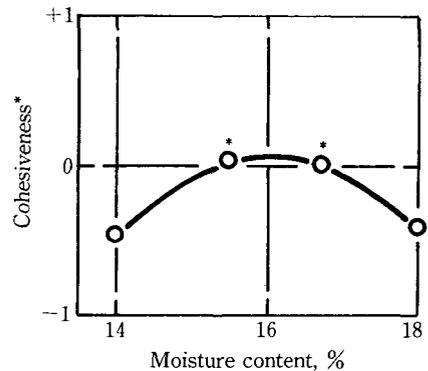


Fig. 44. Effect of milled rice moisture content on cohesiveness of cooked rice.
* indicates the significance at the 5% level.

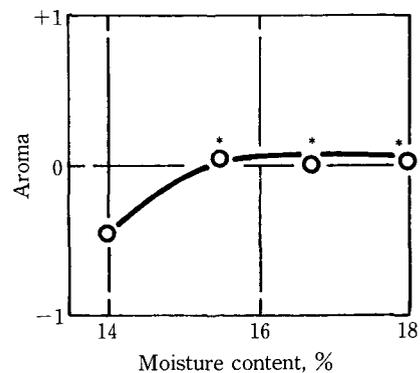


Fig. 45. Effect of milled rice moisture content on aroma of cooked rice.
* indicates the significance at the 5% level.

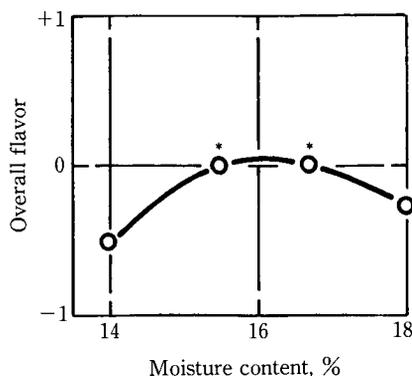


Fig. 46. Effect of milled rice moisture content on overall of flavor of cooked rice.
* indicates the significance at the 5% level.

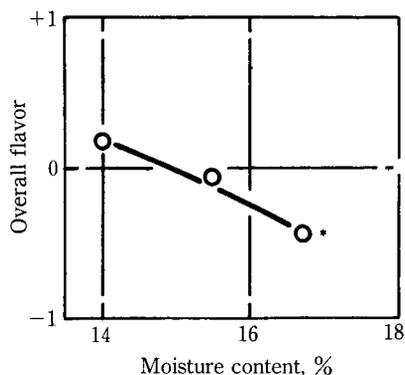


Fig. 47. Effect of moisture content of milled rice after 3 months storage on overall flavor of cooked rice.
* indicates the significance at the 5% level.

4) 香り 炊飯米の香りは、水分 14.0%の試料の香りが他の試料と比較して劣ると判定された。

5) 総合評価 パネルは水分 14.0%と 18.0%の試料の総合評価を低く評価し、15.5%と 16.7%の試料を高く評価した。水分 14.0%の試料に対して 15.5%と 16.7%の試料は有意差があると判定された。すなわち、精白米水分が高すぎる場合にも低すぎる場合にも食味は低く評価された。本試験の試料では米の食味にとって好ましい精白米水分は 15.5%から 16.7%の範囲であった。

b. 3カ月間貯蔵後の食味評価

試料精白米の一部を室温 (17~24℃) でポリエチレン容器に 3カ月間密封貯蔵し、再び食味試験を行った。なお水分 18.0%の精白米はすでにカビの発生が認められたため試食には供せず、水分 14.0%、15.5%、16.7%の 3試料のみを供試した。

Fig. 47 に総合評価の結果を示した。

各食味評価を一括すると、精白米外観は試料間の差異は認められなかった。ところが水分 16.7%の試料は 14.0%の試料に対して、炊飯米外観が劣化し軟らかく粘りが少なく香りが劣り、その結果総合評価が低下した。しかし、これらの試料間の差異は大きなものではなく、総合評価のみで水分 14.0%の試料に対して 16.7%の試料の有意差が認められた。

精白米は貯蔵により外観が劣化し、脂質やでんぷんの変化により粘りが減少し、いわゆる古米臭のために香りが劣化し、水分や温度条件によってはカビが発生する。これらの原因のため精白米の食味評価は貯蔵により低下することが多くの研

究^{52,53,54,56,76,77,91,93,94)}で認められている。供試精白米でも 3カ月間の貯蔵中に上記のような品質劣化が生じたと思われる。とくに精白米水分調整直後の食味試験で精白米外観、炊飯米外観、粘り、香り、総合評価の各項目で水分 14.0%の試料より高い評価を得ていた 16.7%の試料の評価が 3カ月間貯蔵後に逆転したことは、水分の高い精白米は低い精白米より相対的に食味の劣化が速いことを示している。

3. 搗精前の最適玄米水分

精白米水分調整直後の食味試験では水分が 15.5~16.7%の試料が高い食味評価を受け、水分 14.0%や 18.0%の試料は食味評価が低かった。しかし 3カ月間貯蔵後には水分の高い試料の品質や食味の低下が水分の低い試料より相対的に大きく、水分 18.0%の試料はカビのため食用にできず、水分 16.7%と 15.5%の試料は 14.0%の試料より食味評価が劣った。

従って、水分の低い精白米は貯蔵性が良いことを考慮して、精白米水分の下限は 15.5%よりやや低い 15.3%程度が適当であると考えられる。また貯蔵による精白米のカビの発生状態から考察したように、一般家庭での夏期における最長 2カ月程度の貯蔵を考慮して精白米水分の上限は 16.3%程度が適当であると考えられる。

すなわち、精白米の品質および食味を総合的に考慮した最適精白米水分は、15.3~16.3%の範囲であると判断される。

搗精による玄米から精白米への水分減少量は、精

米機周辺の環境条件、玄米水分、玄米温度、玄米調質の有無、研削式精米機の搗精作用割合、真搗精歩留などにより影響を受ける。本研究の実験や精米工場での調査³¹⁾の結果から判断すると搗精による水分減少量は0~0.4%であり、平均して約0.2%である。

従って、搗精前の最適玄米水分は15.5~16.5%の範囲であると考えられる。

VI. 要 約

1. 実験用精米機ならびに実用精米機に

よる精白米の品質および食味

実験に用いた研削式精米機や摩擦式精米機で搗精された精白米の品質および食味を明らかにした。さらに、これと実用精米機（コンパス式精米装置）で搗精された精白米との品質および食味を比較検討した。同時に、真搗精歩留が精白米の品質および食味に与える影響を明らかにした。以下にその結果を示す。

1) 同一の真搗精歩留で比較して、摩擦式精米機による精白米は研削式精米機より白度が低く、透光度が高く、胚芽残存率が低い。真搗精歩留の低下とともに、いずれの精白米も白度や透光度は上昇し、胚芽残存率は低減した。

2) 摩擦式精米機による精白米は容積重が大きい。しかし、流動性は両精米機の差異が認められなかった。真搗精歩留の低下とともに精白米の容積重は増加し、流動性は良くなった。

3) 脂肪酸度は研削式精米機による精白米が高く、また真搗精歩留の高い精白米が高く、これらの精白米の貯蔵性は劣った。

4) 浸漬吸水率は研削式精米機による精白米が高いが、加熱吸水率は精米機による差が認められなかった。体積膨張率と吸光度は摩擦式精米機による精白米が大きく、溶出固形物は研削式精米機による精白米が多かった。

5) 研削式精米機による精白米は米粒表面に研削ロールによる細かな傷が多く、付着糠があり白くぼやけたすりガラス状であった。一方、摩擦式精米機による精白米は米粒表面が滑らかで、光沢と透明感があった。

6) 食味試験の結果、摩擦式精米機で搗精された真搗精歩留の低い精白米は外観が良く、香りが良く、粘りがあり、高い総合評価を得た。これらの評価項

目のうち、外観の評価で二機種の供試精米機の差異が最も顕著に現れた。

7) 真搗精歩留の低下にともない食味はより高い評価を受けた。従って、古米や品質の劣る玄米、食味評価の低い品種の玄米などの搗精に際して、真搗精歩留を低下させることが食味向上につながる。

8) 精白米の品質および食味について総合すると、摩擦式精米機が研削式精米機より優れていた。

9) 実用精米機による精白米の品質および食味は、実験に用いた摩擦式精米機のそれと類似していた。

2. 研削式精米機と摩擦式精米機とを組み合わせた際の搗精方法が精白米の品質および食味に与える影響

研削式精米機と摩擦式精米機とを組み合わせる搗精を行う際の搗精方法として、研削式精米機の搗精作用割合に着目し、これが精白米の品質および食味に与える影響を明らかにした。以下にその結果を示す。

1) 研削式精米機の搗精作用割合が増加するとともに透光度、白度、明るさ、ハンター白度が低下し、付着糠の増加により赤味と黄味が強くなり、胚芽残存率が増加した。これらは精白米の外観の劣化を示唆しており、研削式精米機の搗精作用割合が40%以上で、その差を認知し得る色差を越えた。

2) 精白米の貯蔵性は研削式精米機の搗精作用割合の増加にともない低下した。

3) 搗精による損失、すなわち水分減少と碎粒発生は研削式精米機の搗精作用割合の増加とともに低減した。

4) 研削式精米機の搗精作用割合の増加にともない、浸漬吸水率と溶出固形物が増加し、体積膨張率と吸光度が減少した。

5) 研削式精米機の搗精作用割合が大きいと精白米外観と炊飯米外観が劣り、香りが悪く、粘りが少なく、総合評価が低かった。これらの食味評価項目で、研削式精米機の搗精作用割合が40%以上の試料は0%の試料に対し有意差が生じた。従って、近年の消費者の米の品質および食味に対する高い関心を考慮すると、研削式精米機の搗精作用割合は0~35%の範囲が適当である。

3. 搗精前の玄米温度が精白米の品質および食味に与える影響

温度を10℃、20℃、30℃に調整した玄米で搗精を

行い、搗精前の玄米温度が精白米の品質および食味に与える影響を調査し、最適玄米温度の範囲を明らかにした。以下にその結果を示す。

1) 搗精前の玄米温度が高い場合、精白米の白度と透光度が低く外観が劣り、脂肪酸度が高く貯蔵性が劣った。同じく玄米温度が高い場合、浸漬吸水率、加熱吸水率、体積膨張率、吸光度が小さく、溶出固形物が多かった。

2) 温度の低い玄米を搗精すると、食味は外観と香りが良く、やわらかく、粘りがあり、総合評価が高い傾向があった。

3) 30℃の玄米を搗精すると、精白米外観や貯蔵性の劣化および食味の低下が生じる。一方、10℃の玄米を搗精すると、搗精効率と搗精能率の低下が生じ、そのため真搗精歩留を低下させることが困難となる。従って、搗精前の最適玄米温度は15~25℃の範囲である。

4. 精白米水分が精白米の品質および食味に与える影響

水分を14.0%、15.5%、16.7%、18.0%に調整した精白米を用いて品質および食味を調査し、最適精白米水分を明らかにした。その上で、搗精前の最適玄米水分を求めた。以下にその結果を示す。なお水分は10 g, 粒, 135℃, 24時間法により測定した値である。

1) 精白米水分の低下にともない精白米の透光度が低下し、容積重が増加し、流動性が良くなった。

2) 精白米水分が18.0%の試料は貯蔵1ヵ月後にカビが発生し、16.7%の試料は3.5ヵ月後にカビが発生した。また高水分の試料は貯蔵による脂肪酸度の増加が大きかった。貯蔵性を考慮すると、精白米の許容最高水分は16.3%程度であると考えられた。

3) 浸漬吸水率と加熱吸水率は、精白米水分の低下とともに増加した。とくに、低水分の精白米を浸漬すると米粒に亀裂が生じることが観察された。この亀裂発生のため炊飯液へのでんぷんの溶出が増加し、吸光度と溶出固形物が増加した。

4) 水分が低い試料は精白米外観と炊飯米外観が劣り、米飯が硬く、香りが悪かった。粘りは低水分と高水分の試料がそれぞれ弱かった。総合評価は、水分が15.5%から16.7%までの精白米が、14.0%や18.0%の精白米より高く評価された。

5) 高水分の精白米は低水分の精白米に比較し

て、貯蔵による食味低下が相対的に大きく、3ヵ月間貯蔵後の食味評価が逆転し、水分14.0%の試料が他に対して高く評価された。

6) 精白米の品質および食味を考慮した最適精白米水分は、15.3~16.3%の範囲である。搗精による水分減少量が平均0.2%程度であるため、搗精前の最適玄米水分は15.5~16.5%の範囲である。

引用文献

1. 相坂浩子: 米飯の香気. 栄養食糧, 30: 421-424. 1977
2. 安藤孝雄, 市川邦介: 酒造米の特性に関する研究(3報)テクスチュロメーターによる酒造米物性の検討. 醸酵工誌, 51: 683-691. 1973
3. 伴敏三, 諏沢健三ら: 穀物に関する測定法. 農機試験測定法テキスト, 6: 66-90. 1970
4. BATCHER O., DEARY *et al.*: Cooking Quality of 26 Varieties of Milled White Rice. Cereal Chem., 34: 277-285. 1957
5. BATCHER O., LITTLE *et al.*: Cooking Quality of White Rice Milled from Rough Rice Dried at Different Temperatures. Cereal Chem., 35: 428-434. 1958
6. 竹生新治郎, 岩崎哲也ら: 米の炊飯嗜好特性に関する研究(1報)日本米と輸入米との比較. 栄養食糧, 13: 137-140. 1960
7. 竹生新治郎, 岩崎哲也ら: 低温貯蔵法における米の化学的品質の変化(その2). 栄養食糧, 18: 204-209. 1965
8. 竹生新治郎: コメの味. 食の科学, 1: 79-86. 1971
9. 竹生新治郎: 米の食味改善に関する研究(2-6)食味評価法に関する研究. 農水技術成果, 77: 91-103. 1974
10. 竹生新治郎, 渡辺正造ら: 米の食味と理化学的性質の関連. 澱粉科学, 30: 333-341. 1983
11. DESIKACHAR H. R. S. *et al.*: The Formation of Cracks in Rice During Wetting and Its Effect on the Cooking Characteristics of the Cereal. Cereal Chem. 38: 356-364. 1961
12. 江幡守衛: 測光法による米の粒質診断に関する研究(1報)粒質とその光線透過性および反射性ならびに米質検定器について. 日作紀, 41: 348-352. 1972
13. 江幡守衛: 測光法による米の粒質診断に関する研究(2報)うるち玄米の検定とくに米穀検査標準品について. 日作紀, 41: 353-358. 1972
14. 江幡守衛: 測光法による米の粒質診断に関する研

- 究(4報)とう精度ならびに白米粒質の検定. 日作紀, **47**: 400-407. 1978
15. 江幡守衛, 平沢恵子: 米飯のテクスチャーに関する研究(1報)テクスチャーと食味との関係について. 日作紀, **51**: 235-241. 1982
16. 江幡守衛, 平沢恵子ら: 米飯のテクスチャーに関する研究(2報)粒形, 成熟度, 粒質の影響. 日作紀, **51**: 242-247. 1982
17. 遠藤 勲, 竹生新治郎ら: 米飯の揮発性カルボニル化合物の測定. 日食工誌, **24**: 142-144. 1977
18. HALICK J. V., KELLY V. J.: Gelatinization and Pasting Characteristics of Rice Varieties as Related to Cooking Behavior. *Cereal Chem.*, **36**: 91-98. 1959
19. 平山 修, 松田英幸: 米の脂質成分と組織内分布. 日農化誌, **47**: 371-377. 1973
20. 北海道食糧事務所検査部: 精米の品質と鑑定方法及び計測方法. 1-24. 1976
21. 堀内久弥: 米デンプンと米質. 食糧科学技術, **12**: 1-19. 1969
22. 細川明, 松久次雄: 透過光と画像情報処理システムによるうるち玄米の品質判定法. 農機誌, **40**: 217-224. 1978
23. 伊藤和彦, 川村周三ら: 玄米および精米の白度と色あいについて. 農機北支報, **20**: 103-109. 1979
24. 伊藤和彦: 無洗米の諸特性. 農機北支報, **21**: 67-72. 1980
25. 城島昇, 吉富進ら: 水稻の品質改善に関する研究貯蔵による品質食味の変化について. 佐賀農試報, **19**: 67-77. 1979
26. JULIANO B. O. *et al.*: Relation of Starch Composition, Protein content and Gelatinization Temperature to Cooking and Eating Qualities of Milled Rice. *J. Food Tech.*, **1**: 1006-1011, 1965
27. JULIANO B. O.: 米の理化学的性質についての総括的研究. 食糧科学技術, **14**: 108-125. 1971
28. 川村周三, 伊藤和彦ら: 研削式および摩擦式精米機の搗精特性に関する基礎的研究. 農機北支報, **20**: 96-102. 1979
29. 川村周三, 伊藤和彦ら: 研削式精米機および摩擦式精米機を組み合わせた際の搗精特性. 農機北支報, **21**: 74-79. 1980
30. 川村周三, 伊藤和彦ら: 搗精特性に与える玄米物性の影響. 北大農邦文紀, **13**: 467-476. 1983
31. 川村周三: 米の搗精と精白米の品質及び食味(1報)精米工場における基礎調査. 北大農邦文紀, **16**: 375-382. 1989
32. 川村周三: 米の搗精と精白米の品質及び食味(2報)搗精特性. 北大農邦文紀, **17**: 25-49. 1990
33. 小峰卓一: 最近における精米機. 農機誌, **40**: 589-591. 1978
34. 小山八十八, 渡辺公吉ら: 北海道産米に対する米質検定方法の適用について. 北農, **38**: 10-41. 1971
35. 熊谷知栄子, 黒柳嘉弘ら: 清酒原料白米の吸水に関する研究(2報)恒湿条件下での白米水分と吸水率の変化. 日醸協誌, **71**: 788-791. 1976
36. 熊谷知栄子, 黒柳嘉弘ら: 酒造場の白米の水分と吸水率についての調査. 日醸協誌, **72**: 82-83. 1977
37. 熊谷知栄子, 大谷正人ら: 水分含量を異にした白米とその浸漬米および蒸米の形状. 日醸協誌, **74**: 859-860. 1979
38. 熊谷知栄子, 萩原康成ら: 酒造原料米の吸水に関する研究(4報)吸水率と産地および品種の関係. 日醸協誌, **75**: 55-60. 1980
39. 倉沢文夫, 伊賀上郁夫ら: 水稻粳米の食味(特に粘り)に関する研究(3, 4報)でんぶん—ようど呈色試験による粳米の粘り度の鑑識法. 新潟大農報, **14**: 93-100. 1962
40. 倉沢文夫, 伊賀上郁夫ら: 新潟産水稻粳米の食味に関する研究(5報)米飯の炊飯試験その3. 新潟大農報, **15**: 91-100. 1963
41. 倉沢文夫, 伊賀上郁夫ら: 新潟産水稻粳米の食味に関する研究(6報)米飯の食味, 粘着度, 溶出固形物量, ヨウ素呈色値及びアルカリテストとの間の相関分析. 新潟大農報, **15**: 101-109. 1963
42. 倉沢文夫, 早川利郎ら: 新潟産水稻粳米の食味(特に粘り)に関する研究(9報)米飯の炊飯特性と米デンプンのヨウ素呈色値. 新潟大農報, **19**: 149-156. 1967
43. 榎淵欽也: 米穀透明度検定器(試作品)の開発. 農業園芸, **48**: 1355-1356. 1973
44. 榎淵欽也, 藤巻 宏: 玄米透明度と米質との関係. 農業技術, **30**: 304-306. 1975
45. LARMOND E.: 食品の官能的評価法(1). 食品工業, **20**: (10) 44-64. 1977
46. LARMOND E.: 食品の官能的評価法(2). 食品工業, **20**: (12) 57-65. 1977
47. 松田英幸, 平山 修: 米貯蔵時における脂質成分ならびに脂質加水分解酵素活性の変化. 日農化誌, **47**: 379-384. 1973
48. 松久次雄, 細川 明: 画像処理によるうるち玄米の粒質ならびに胴割れの定量的測定法. 農機誌, **45**: 357-367. 1983
49. 松元文子: ご飯の炊き方と保温. 食科学, **1**:

- 75-78. 1971
50. 松元文子, 鈴木やす子: 米の調理に関する研究 (2報) 米の浸水の効果及び加熱時間の影響. 家政誌, **22**: 29-34. 1971
51. 満田久輝, 河合文雄ら: 穀類の水中心貯蔵に関する研究 (4報) 貯蔵中の米の品質変化. 栄養食糧, **24**: 216-226. 1971
52. 森高真太郎, 沢田幸七ら: 穀類に関する研究 (6報) 脱脂精白米の品質および貯蔵性について. 栄養食糧, **24**: 457-460. 1971
53. 森高真太郎, 沢田幸七ら: 穀類に関する研究 (7報) 精白米の脂質含量と貯蔵性の関係. 栄養食糧 **24**: 474-476. 1971
54. 森高真太郎, 沢田幸七ら: 穀類に関する研究 (8報) 脱脂精白米の貯蔵性について. 栄養食糧, **25**: 16-20. 1972
55. 森高真太郎, 山本憲子ら: 穀類に関する研究 (11報) 精米温度と食味の関係. 武田研報, **32**: 400-403. 1973
56. 森高真太郎: 精白米の貯蔵中の品質変化. 日醸協誌, **73**: 690-696. 1978
57. 永田興四郎, 大島雄ら: 酒造米の水分と酒造適性 (3報) 白米の吸水性ならびに蒸米消化性に対する白米水分の影響と品種特性. 日醸協誌, **74**: 179-182. 1979
58. 長戸一雄, 岸 洋一: 米の粒質に関する研究 (2報) 炊飯特性の品種間差異について. 日作紀, **35**: 245-256. 1966
59. 長戸一雄: 米の検査等級と米質との関係. 日作紀, **38**: 31-37. 1969
60. 長戸一雄: 貯蔵および乾燥方法が米の炊飯特性に及ぼす影響. 日作紀, **40**: 299-305. 1971
61. 長戸一雄, 鈴木清太ら: 米の白度に関する研究. 日作紀, **43**: 550-556. 1974
62. 日本精米工業会: 大型精米技術の進歩(1) I-233. 1975
63. 二国二郎: デンプンハンドブック. 朝倉書店, 1-741. 1961
64. 西川孝一: 国内産米穀の光線透過度について. 食糧管理報, **26**(1)35-43. 1974
65. 野白喜久雄: 白米水分と吸水率. 日醸協誌, **71**: 744-749. 1976
66. 農林省食糧研究所: 米の品質とその理化学的要素. 食糧科学技術, **4**: 13-28. 1961
67. 農林省食糧研究所: 米の食味試験. 食糧科学技術, **4**: 29-38. 1961
68. 農林省食糧研究所: 米の品質と貯蔵, 利用. 食糧技術普及シリーズ, **7**: 1-122. 1969
69. 岡田玲子: 大量炊飯の調理学的研究 (1報) 加水量の決定と温度管理について. 栄養食糧, **23**: 330-335. 1970
70. 尾崎直臣: 米飯の老化 (2報) 米飯の粘着度の変化. 栄養食糧, **26**: 289-295. 1973
71. POMERANZ Y. *et al.*: NMR-Oil Content as An Index of Degree of Rice Milling. Cereal Chem., **52**: 849-853. 1975
72. ROBERTS R. L.: Composition and Taste Evaluation of Rice Milled to Different Degrees. J. Food Sci., **44**: 127-129. 1979
73. 佐竹利彦: 米に関する水の効用. 1-10. 1979
74. 関千恵子, 貝沼やす子: 清酒添加炊飯について. 家政誌, **23**: 297-303. 1972
75. 食糧庁: 米の食味試験実施要綱および同実施要領. 1-22. 1966
76. 渋谷直人, 岩崎哲也ら: 古米化に関する研究 (1報) 玄米および白米の貯蔵中の変化について. 日食工誌, **21**: 597-603. 1974
77. 渋谷直人, 岩崎哲也ら: 古米化に関する研究 (3報) 米の貯蔵にともなう澱粉の性質の変化について. 澱粉科学, **24**: 55-58. 1977
78. SHIBUYA N., IWASAKI T.: Effect of Cell Wall Degrading Enzymes on the Cooking Properties of Milled Rice and the Texture of Cooked Rice. Npn. Shokuhin Kogyo Gakkaishi, **31**: 656-660. 1984
79. 志村英二, 岡田正憲ら: 九州地域水稲品種の食味評価に関する研究 1. パネル選定と新旧品種の食味評価. 九州農試報, **17**: 251-261. 1974
80. 志村英二, 岡田正憲ら: 九州地域水稲品種の食味評価に関する研究 2. 籾の乾燥法が食味におよぼす影響の品種間差異. 九州農試報, **17**: 263-277. 1974
81. 曾根敏磨: 米飯の物理的性質. 食糧科学技術, **7**: 14-25. 1964
82. 田中治夫: 米飯の香気. 食品工業, **15**(2)73-76. 1972
83. 谷 達雄: 米の品質. 栄養食糧, **11**: 45-50. 1958
84. 谷 達雄, 竹生新治郎ら: 低温貯蔵法における米の化学的品質の変化 (その1). 栄養食糧, **16**: 436-442. 1964
85. 谷 達雄, 吉川誠次ら: 米の食味評価に關係する理化学的要素(1). 栄養食糧, **22**: 452-461. 1969
86. 谷 達雄, 柴野正彰ら: 胚芽精米の加工. 農機誌, **40**: 598-602. 1978
87. WATSON C. A. *et al.*: A Note on Surface Lipid Content and Scanning Electron Microscopy of Milled Rice as Related to Degree of

Milling. *Cereal Chem.*, **52**: 742-747. 1975

88. WEBB B.D.: Rice: Production and Utilization; Rice Quality and Grades. Department of Food Science and Technology. Uni. of CLA. RICE, 543-565. 1979
89. 山下律也：米穀の調製加工，貯蔵法と品質。農機誌，**46**: 253-255. 1984
90. 柳井昭二，津端征一郎ら：プラスチックフィルムによる包装米の保存性。日食工誌，**25**: 563-569. 1978
91. 柳井昭二，石谷孝佑ら：白米の密封系貯蔵における不活性ガスの影響。日食工誌，**26**: 145-150. 1979
92. 柳瀬 肇，大坪研一：精米加工と米飯食味の関係（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。食総研報，**46**: 148-161. 1985
93. 安松克治，森高真太郎ら：穀類に関する研究（1報）精白米貯蔵時の各種特性の変化。栄養食糧，**18**: 123-129. 1965
94. 安松克治，森高真太郎ら：穀類に関する研究（2報）精白米貯蔵中の食味の変化。栄養食糧，**18**: 130-133. 1965
95. YASUMATSU K. *et al.*: Studies on cereals Part 5. Stale Flavor of Stored Rice. *Agri. Biol. Chem.*, **30**: 483-486. 1966
96. 吉川誠次：食品の物理的性質の官能検査。食糧科学技術，**7**: 119-127. 1964
97. 吉川誠次，山崎信蔵：米の食味改善に関する研究（1-2）食味保持と貯蔵方法の改善に関する研究結果。農水技術成果，**77**: 8-10. 1974
98. 吉川誠次：食品研究にすぐ役立つ統計処理法，官能検査におけるデータ処理。日食工誌，**32**: 537-543. 1985
99. 吉沢 淑，石川雄章ら：清酒醸造における脂質の動向（1報）酒造米の脂質の精米歩合による脂肪酸組成の変化。日農化誌，**47**: 713-717. 1973
100. 吉沢 淑，石川雄章ら：酒造米に関する研究（10報）白米の高温浸漬について。日醸協誌，**70**: 910-912. 1975
101. 吉沢 淑：酒造原料米の性質を探る。日醸協誌，**72**: 331-337. 1977

Summary

1. Quality and Taste of Rice Milled by Laboratory and Commercial Rice Mills

The quality and taste of rice milled by the abrasive type or friction type mill were investigated and the results were compared with rice milled by a commercial rice mill (a compass rice milling unit). The effect of the real milling yield on the quality and taste of milled rice was also investigated. The following results were obtained:

(1) At the same real milling yield, the rice milled by the friction type mill showed lower whiteness, higher translucency, and a lower unstripped embryo rate than that milled by the abrasive type mill. As the real milling yield decreased, both cases of milled rice showed a rise in whiteness and translucency, and a decline in unstripped embryo rate.

(2) The bulk weight of the rice milled by the friction type mill was larger than its counterpart. However, no difference was observed in the fluidity of rice milled by either type of mill. With a decline in the real milling yield, the bulk weight of milled rice increased and the fluidity improved.

(3) The rice milled by the abrasive type mill and the rice with a high real milling yield had a higher free fat acidity.

(4) Use of the abrasive type mill produced a higher water absorption ratio than in its counterpart, but there was no difference in water uptake ratio. The friction type mill produced a higher volume expansion ratio, a higher starch-iodine blue value and a lower extracted solids than the abrasive type mill.

(5) The abrasive type milled rice had many scratches on the grains caused by the abrasive rollers and residual bran, hence each grain was white and had a milky frosted appearance. On the other hand, the rice produced by the friction type mill was smooth, polished and transparent.

(6) In taste tests, the friction type milled rice with lower real milling yield had the best overall flavor, being excellent in appearance, aroma and cohesiveness. The most conspicuous difference between both types of rice was in the evaluation of appearance.

(7) With lower real milling yield, the rice obtained higher taste evaluations. Therefore, the

taste of aged rice, brown rice of lower quality, brown rice with lower taste evaluations can be improved by milling them to a lower real milling yield.

(8) In quality and taste taken as a whole, the friction type mill was superior.

(9) The quality and taste of rice produced by the commercial rice mill were similar to those produced by the friction type mill used in the experiment. Therefore, the information obtained in the present study can be applied to commercial rice mills.

2. Effect of Milling Rate Using the Abrasive Type Mill on the Quality and Taste of Milled Rice

The effect of milling rate on the quality and taste was investigated to gain a better understanding of the rice milling method which uses a combination of abrasive type and friction type mills. From the investigation, the following results were obtained:

(1) An increase of milling rate by the abrasive type mill resulted in the decrease of translucency, whiteness, lightness and Hunter whiteness, increase of redness and yellowness due to the increase of residual bran, and increase of unstripped embryo rate. All of these changes contributed to the deterioration of appearance. When the milling rate exceeded 40%, the color differences could be recognized.

(2) The storage stability of milled rice declined with the increase in the milling rate.

(3) The loss (i. e., the decrease of moisture content and the occurrence of broken kernels) declined with the increase in the milling rate.

(4) As the milling rate increased, the water absorption ratio and extracted solids increased, and the volume expansion ratio and translucency decreased.

(5) In taste test, rice produced with high milling rate had an inferior appearance, low aroma, limited cohesiveness and poor overall flavor. For each of these quality evaluation items, there was a significant difference between the rice with more than 40% milling rate and that with 0%. Therefore, considering the great concern of recent consumers for the quality and taste of rice, the milling rate by the abrasive type mill should be held within the range 0~35%.

3. Effect of Brown Rice Temperature before Milling on the Quality and Taste of Milled Rice

The effect of brown rice temperature before milling on the quality and taste was investigated. The optimal range was examined by using kernel temperatures of 10, 20 and 30°C. The following results were obtained:

(1) Higher temperature before milling resulted in lower translucency, an inferior appearance, higher free fat acidity and poorer storage stability. Moreover, it exhibited a lower water absorption ratio, water uptake ratio, volume expansion ratio and higher extracted solids.

(2) Lower kernel temperature produced rice whose taste had high overall flavor—it also had good appearance and aroma, and was soft and cohesive.

(3) There was a decline in milling efficiency with kernel temperature of 10°C. The appearance, storage stability and taste of milled rice deteriorated with kernel temperature of 30°C. Therefore, it can be said that the optimal temperature before milling is within the range 15~25°C.

4. Effect of Moisture Content on the Quality and Taste of Milled Rice

Using milled rice with moisture content adjusted to 14.0%, 15.5%, 16.7% and 18.0%, the quality and taste were investigated, the optimal milled rice moisture content was determined, and finally, the optimal brown rice moisture content before milling was calculated. The following results were obtained:

(1) With a decrease in the moisture content in milled rice, the translucency declined, the bulk weight increased and fluidity improved.

(2) After a one month storage, the growth of mold was observed in milled rice with an 18.0% moisture content; and after three and a half months with 16.7% moisture content. The rate of increase of free fat acidity caused by storage was higher in rice with a high moisture content. Considering the storage stability, the permissible maximum moisture content of milled rice is around 16.3%.

(3) With a decrease of moisture content in milled rice, the water absorption ratio and the water uptake ratio increased. It should be noted that cracks occurred on the grain surface when soaking rice with low moisture content. Due to

these cracks, the amount of starch flowing out into the cooking solution increased along with starch-iodine blue value and extracted solids.

(4) Rice with low moisture content had an inferior appearance both milled and cooked, with the cooked grains were hard and without good aroma. Both high and low moisture content rice had low cohesiveness. Overall, rice with 15.5–16.7% moisture content received a higher evaluation than that with moisture contents lower than 15.5% or higher than 16.7%.

(5) The taste deteriorating rate caused by stor-

age was higher in milled rice with high moisture content than with low. After three months, the taste evaluations for both types reversed, with the 14.0% moisture content rice evaluated to be the best.

(6) The optimal moisture content of milled rice, with consideration for quality and taste, is within the range 15.3–16.3%. Since the average moisture reduction caused by milling is around 0.2%, the optimal moisture content of brown rice before milling is within the range 15.5–16.5%.