

胚芽精米の炊飯特性に関する研究 (第1報)

物理化学的特性と食味について

高橋ひとみ, 村田安代*, 柳沢幸江*, 寺元芳子*

(織田栄養専門学校, * 女子栄養大学)

平成3年2月13日受理

A Study of Characteristics of Germ Rice Cooking (Part 1) The Physicochemical Characteristics and the Taste

Hitomi TAKAHASHI, Yasuyo MURATA,* Yukie YANAGISAWA*
and Yoshiko TERAMOTO*

Oda College of Nutrition, Nakano-ku, Tokyo 164

** Joshi Eiyuu University, Sakado, Saitama 350-02*

The aim of this study is to estimate the difference of the palatability of cooked polish rice and germ rice. The estimation is based on both the physicochemical characteristics such as color of surface, texture, gelatinization and flavor, and the result of sensory test.

The results were as follows:

- (1) The surface color of the germ rice showed deep yellow color, and the evaluation of the appearance was lower.
- (2) The viscosity of the germ rice was a little lower than that of the polished rice. Compared with the rice cooked with the same amount of water, the hardness of germ rice was higher than that of the polished rice.
- (3) The cooked germ rice had more flavor than the cooked polish rice, and the vapor of the germ rice contained more toluene, hexanal, heptanal and 1-hexanol than that of the polished rice.
- (4) The result of the sensory test showed that the total quality of the freshly cooked germ rice and that of the polished rice were about the same. But after 1-hr storage, the quality of the polished rice was higher than that of the germ rice.

(Received February 13, 1991)

Keywords: germ rice 胚芽精米, cooked rice 米飯, texture テクスチャー, flavor におい, sensory test 官能検査, gelatinization 糊化度.

1. 緒言

胚芽精米は、ビタミン B₁, B₂, E, タンパク質, 脂質, 食物繊維を多く含んでおり, 栄養的に優れている。また消化吸収の点では, 精白米と著しい差異が認められず¹⁾, しかも無洗米であるため調理の手間が省けるなど, 多くの利点をもっている。それにもかかわらず, 胚芽精米の消費量は, 精白米の消費量と比べるとわずかなものである。消費の伸びない原因の一つとして, 胚芽精米飯の食味の問題が考えられる。

胚芽精米の食味は, 精白米飯と差がないとした報告²⁾

もあるが, 多くの場合感覚的なとらえかたしかしておらず, 物理化学的な面から論じたものは少ない。そこで本実験では, 同一品種の胚芽精米と精白米を用いて, 胚芽精米飯と精白米飯の食味の差異の有無を明確にするため研究を試みたところ若干の知見を得たので報告する。

2. 実験方法

(1) 試料および試料の調製

試料米として昭和60年度・61年度産のアケボノ(岡山県産)の胚芽精米と精白米を使用した。胚芽精米の加

水量は1.6, 1.7, 1.8倍重量で予備実験を行い、飯の水分測定、テクスチャー測定、官能検査を行った。その結果、飯として適する水分で官能検査で炊き上がりの飯の好みの評価に差がなく、テクスチャー特性に特徴のある1.6, 1.8倍重量を胚芽精米の加水量に設定した。また、胚芽精米の特徴を明らかにするために、同一の加水量1.6倍重量の精白米飯を対照として加えた。炊飯方法は、胚芽精米の場合、試料米500gに脱イオン水をそれぞれの加水量加えて、20℃の恒温槽中で1時間浸水させ、電気自動炊飯器（東芝、RCT-10CMT）を用いて、100Vの定電圧で炊飯した。精白米の場合は炊飯前に洗米操作を行った。以下、加水量1.6倍、1.8倍の胚芽精米飯をそれぞれ胚芽1.6、胚芽1.8、精白米飯を白米1.6と示す。炊き上がった飯は、炊飯器の中央部の飯のみを試料とした。保存時の変化の測定のため、飯をボールに移し、ふきん、ラップで覆い、5℃、25℃で保存し試料とした。

(2) 通電時間、炊き上がり倍率、大きさ、水分量

通電時間として炊飯器での炊飯開始時点から保温に移るまでの時間を測定した。炊き上がり倍率は、炊きたての飯の重量に対する米の重量として求めた。飯の大きさは、ノギスで測定した。水分は飯を厚手のポリ袋に入れ、よくもんで均一にしたもの2gをアルミ箔にとり、135℃常圧乾燥法³⁾によって測定した。

(3) アミログラム特性

米を自動乳鉢機で磨砕し、60メッシュのふるいを通したものをういて、乾燥固形分として、8%となるように調製した。アミログラフ（ブラベンダー社製）のメジャリングヘッドは700cmgを設定した。測定は25℃で10分間保持したのち、97.5℃まで1.5℃/minの割合で昇温し、97.5℃で10分間保持したのち、1.5℃/minの割合で50℃まで冷却して行った。

(4) テクスチャー特性

テクスチュロメーターによって、3粒法⁴⁾で測定を行った。プランジャーはルサイト18mmφのものを使用し、クリアランスを0.2mmまたは0.05mmに、出力を1Vに設定した。バイトスピードは6回/min、チャート速度は750mm/minで測定した。

(5) 測 色

米粒の明度、彩度、色相および色差を、測色色差計（日本電色工業製、ND-1001DP型）を用いて測定した。これらの測定結果より白色度を計算式 $Z/1.18$ にしたがって算出した。

(6) 糊 化 度

糊化度の測定はBAP法⁵⁾で測定した。

(7) 組織観察

飯の長径の中心部を厚さ6μm輪切りにクリオスタットで凍結切片を作成し、位相顕微鏡（OLYMPUS, BH-2）で40倍で観察した。

(8) におい

電気自動炊飯器で炊いた後、蒸らした飯をデシケーター中に移して、におい成分を捕集し試料とした。また、炊飯器中で保温した時の飯のにおいを分析するために、試料をデシケーターに入れ80℃恒温水槽で6時間放置し、においを捕集した。においの捕集は、Tenaxを用いる方法⁶⁾によって行った。捕集したU字管にN₂ガスを90分間流して、水分を除去した。においを捕集したU字管をGC注入口に接続した後、200℃に加熱して捕集成分を遊離させ、Heガスを流速10ml/minで20秒間流して追い出し、分析を行った。

GC-MSは二重収束GC質量分析装置M80B形（日立製）を用いた。イオン源温度を180℃に、イオン化電圧は70eVに設定して測定した。GCの注入部温度は200℃で、カラムはFS-WCOTキャピラリカラムPEG-20MM Bonded 0.25mm i.d. 25mを用いた。カラム温度は40℃に1分間保持した後、170℃まで4℃/minの速度で昇温した。なお物質の定量においては、I₁₄₆のものをすべてdichlorbenzeneとして換算した。

(9) 官能テスト

女子栄養大学調理学系の教員および学生ら20~60歳の女性約15名をパネラーとして、試料は炊飯直後、25℃で1時間、24時間保存したもの20~30gをランダム提示し、7段階評点法によって官能テストを行った。

においの官能テストは、GC-MSによる試料設定と同様に、炊飯直後と80℃6時間保存試料で行った。試料飯は炊飯後すぐにコニカルビーカーに分け、アルミ箔で覆い恒温水槽を80℃に保った。これを2点識別法および5段階評定法によって、順序を変えて提示した。

3. 実験結果および考察

(1) 通電時間、炊き上がり倍率、飯粒の大きさ、水分量

通電時間、炊き上がり倍率、飯粒の大きさ、水分量を表1に示した。炊き上がり倍率は胚芽1.6、白米1.6ともに2.4倍程度であった。松元ら⁷⁾は飯としてよい炊き上がり倍率は2.1~2.4倍であるとしており、その値と比較すると本実験試料の炊き上がり倍率は高めの値である。しかし、これは、精白米に対する数値であり、胚芽精米飯にも同様のことがいえるかどうかは、検討が必要

胚芽精米の炊飯特性に関する研究 (第1報)

表 1. 胚芽精米飯と精白米飯の通電時間, 炊き上がり倍率, 大きさ, 水分量

試料	通電時間	炊き上がり倍率	長径 (mm)	短径 (mm)	水分量 (%)		
					炊飯直後	1 hr 後	24 hr 後*
胚芽 1.6	44 分 40 秒	2.42±0.03	9.63±0.71	3.67±0.34	64.04±1.21	63.05±0.55	62.91±1.22
胚芽 1.8	46 分 56 秒	2.58±0.02	9.51±0.60	3.64±0.27	65.89±0.96	65.10±0.54	64.49±0.78
白米 1.6	44 分 16 秒	2.45±0.01	9.46±0.44	3.84±0.32	63.99±0.78	63.17±0.28	64.29±0.23

* 25℃ 保存

表 2. 胚芽精米粉と精白米粉のアミログラフ

試料	糊化温度 温度(℃)	最高粘度 温度(℃)	最高粘度 (BU)	最低粘度 (BU)	ブレイク ダウン (BU)	冷却時(50℃) の粘度 (BU)
胚芽精米	65.7	94.3	353	208	145	537
精白米	64.4	94.5	399	244	155	528

** 1%の危険率で有意差あり

表 3. 胚芽精米飯と精白米飯の測色結果

試料	L	a	b	ΔE	白色度
胚芽 1.6	68.6±0.5	-2.3±0.1	9.3±0.4	4.8±0.5	38.0±0.8
胚芽 1.8	68.5±0.1	-2.2±0.1	9.4±0.3	5.0±0.3	37.8±0.4
白米 1.6	70.0±0.4	-2.5±0.1	5.2±0.4	基準	43.8±0.9

* 5%の危険率で有意差あり, ** 1%の危険率で有意差あり

である。胚芽 1.8 の炊き上がり倍率は胚芽 1.6 よりも 0.15 倍程度高い結果になった。

炊飯直後の飯粒の短径は、白米 1.6 が大きくなり精白米は膨らむ傾向がみられた。

水分量は、炊飯直後は 64~66% であり、1 時間後では 63~65% に変化した。これは蒸らしの効果も加わり、余分な水分が蒸発し、水分の安定化が起こったものと推測される。飯として適当な水分量は、62±3% であるといわれており、胚芽 1.8、白米 1.6 は高めの値である。

(2) アミログラム特性

胚芽精米粉と精白米粉のアミログラムの測定結果を表 2 に示した。最高粘度は胚芽精米粉で 353 BU、精白米粉で 399 BU と 1% の危険率で有意に胚芽精米が低値を示した。また最低粘度においても、胚芽精米粉 208 BU、精白米粉 244 BU と 1% の危険率で有意に胚芽精米が低い結果になった。丸山ら⁸⁹⁾は、糊化開始温度が低く、最高粘度が高い米が、食味評価において粘りが強いとしており、本実験においても胚芽精米の方が最高粘度が低く、官能検査の粘りが少ないなど同様の結果が得られた。最高粘度に影響を及ぼす因子としては、タンパク質、脂

質、無機質を報告¹⁰⁾¹¹⁾するものが多く、胚芽精米はそれらの成分の影響を受けているものと推測される。

(3) 測色

測定結果を表 3 に示す。胚芽 1.6、胚芽 1.8 と白米 1.6 に L 値に 5%、b 値、白色度に 1% の危険率で有意な差が認められた。ΔE は、感覚的な色の差とよく対応するといわれ、5 NBS ではめだつほどに差があるといわれている。生米での胚芽精米と精白米間の色差は 3.7 NBS であり、飯では、5 NBS と両者間の色差が大きくなっていることがわかる。

また、加水量の増加に伴って b 値が増加したという精白米飯での報告¹²⁾があるが、胚芽精米飯では、そのような傾向はみられなかった。それは、胚芽精米飯にかなりの黄味があり、わずかの変化をとらえにくかったためではないかと推測される。

(4) テクスチャー特性

テクスチュロメーターによる硬さ、付着性、凝集性の測定結果を図 1 に示した。硬さは、保存時間が短い時は、3 試料間に有意差はみられなかったが、25℃ 保存、24 時間後、5℃ 保存、48 時間後では、胚芽 1.6 が有意に硬

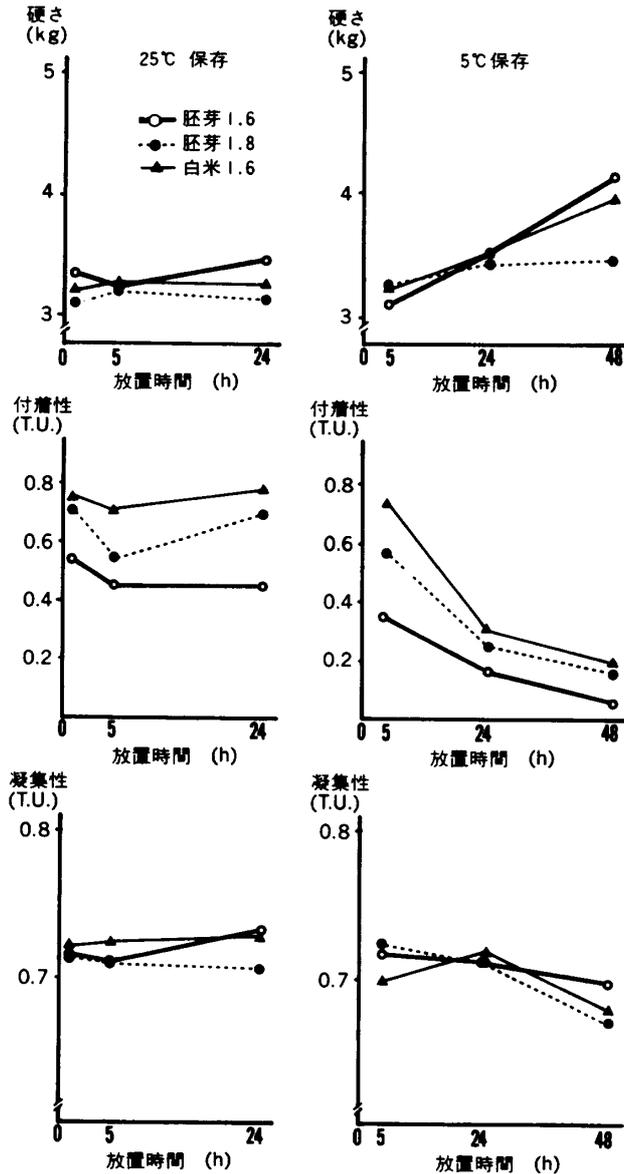


図 1. 胚芽精米飯と精白米飯の保存によるテクスチャーの変化

くなった。次いで白米 1.6 が硬くなる傾向がみられた。同じ加水量の場合、胚芽精米飯の方が精白米飯より硬かった。

付着性は保存温度、保存時間に関係なく白米 1.6 が一番値が高く、次いで胚芽 1.8、胚芽 1.6 の順になった。

凝集性は内部結合の強さを表すもので、値が大きいほど、遅延弾性としての回復力が大であることを示している。テクスチュロメーターのクリアランスが異なるので、一概にはいいきれないが、飯の凝集性は、0.7 T.U. 前後といわれており⁴⁾、本実験においても 3 試料ともほぼ 0.7 T.U. であった。胚芽 1.8 は 3 試料間では、凝集性が低い傾向がみられた。

表 4. 胚芽精米飯と精白米飯の糊化度 (%)

	炊飯直後	25°C, 24 hr	5°C, 24 hr	5°C, 144 hr
胚芽 1.6	86.6±4.0	87.6±6.4	79.1±3.9	58.5±8.6
胚芽 1.8	87.9±6.2	87.6±4.0	79.7±2.4	58.3±12.1
白米 1.6	85.1±4.6	87.2±6.6	76.4±6.1	58.6±6.2

保存による飯のテクスチャー変化は、硬さは増加し、付着性、凝集性は低下した。

(5) 糊化度

表 4 に糊化度の結果を示した。炊飯の基本的な原理は米デンプンを糊化させることであり、飯中のデンプンの糊化、老化の状態を知ることは重要なことである。実験の結果、経時的に糊化度が下がり、老化していく様子はわかったが、胚芽 1.6、胚芽 1.8、白米 1.6 の 3 試料の間の差は明確にならなかった。

(6) 組織観察

テクスチュロメーターの測定結果および官能検査で得られた結果を、組織的な面から確認する目的で、顕微鏡による飯粒断面の観察を行った。図 2-a は胚芽 1.6 の飯粒の中央部を 40 倍で撮影したものであり、白米 1.6 (図 2-c) に比較して、細胞が膨張しておらず、小さく規則正しく並んでいることが観察され、細胞壁が多く残存している。それに対して胚芽 1.8 (図 2-b) は白米 1.6 よりもさらに細胞壁が崩れて、不明瞭になっている。これはテクスチャー特性の凝集性が胚芽 1.8 は低く、内部結合が弱くなっていることと対応している。

飯のまわりの白い部分はおねば、すなわち流出した多糖類だと考えられる。飯粒のまわりの様子では胚芽 1.6 の場合、白いライン状になっており、胚芽 1.8、白米 1.6 と比べ白い部分が少ないことが認められる。

(7) におい

飯の食味の評価として、においも重要な因子であると思われるので、飯のにおいを同定、定量した。

測定結果を図 3 に示す。チャートの結果からもわかるように胚芽精米飯 6 時間保存と精白米飯 6 時間保存では、ピークの数、すなわち含有物質数や、ピークの高さ、すなわち物質量にかなりの差異が認められ、胚芽精米飯の方が総香気量が多いことが明らかになった。

これらの物質のうち 13 物質を同定した。検出された物質は、飯のにおいとして既知¹³⁾¹⁴⁾の acetone, toluene, 2-pentylfuran, hexanal, *p*-xylene, *m*-xylene, *o*-xylene, octanal, 1-hexanol, heptanal, 米ぬかのおいとして報

胚芽精米の炊飯特性に関する研究 (第1報)

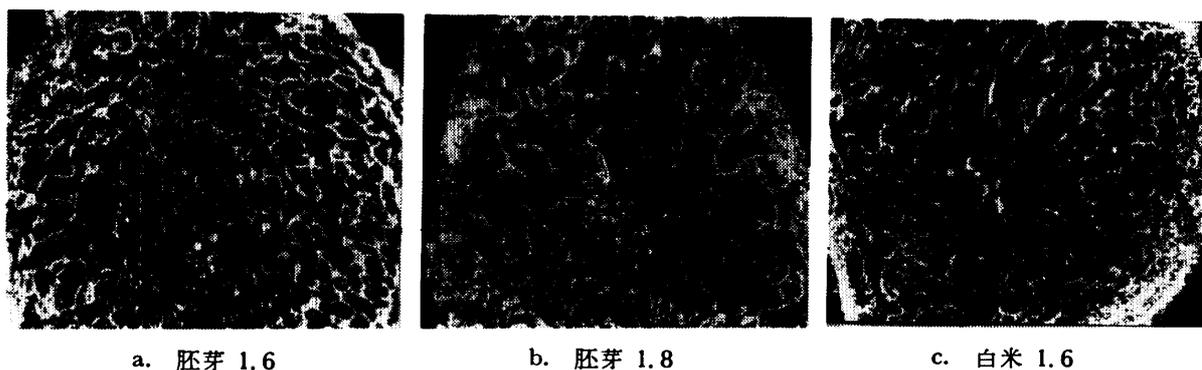


図 2. 胚芽精米飯と精白米飯の組織観察図 (40倍)

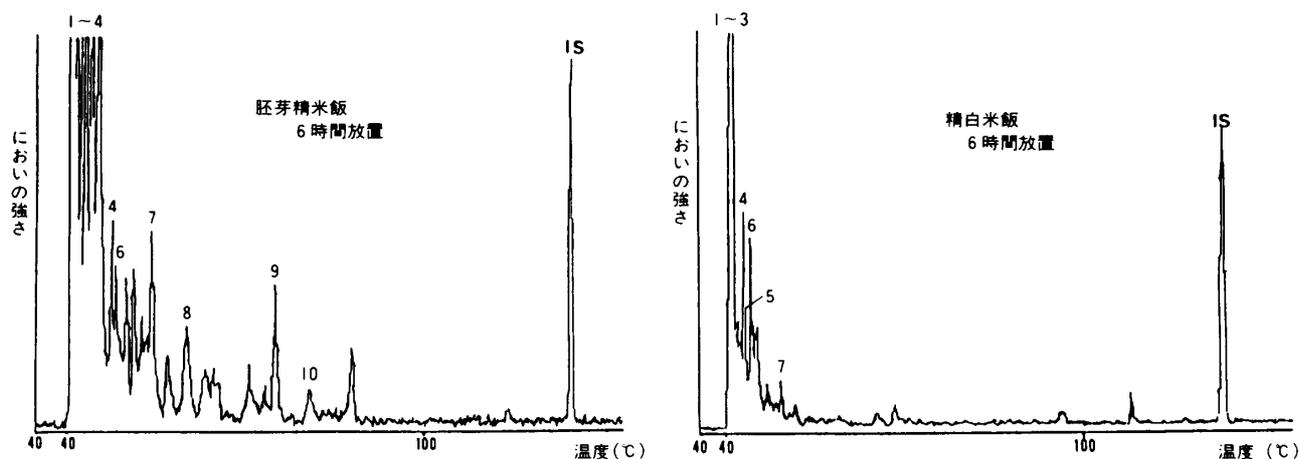


図 3. GC-MS によるにおいの測定結果

IS : naphthalene. 1 : acetone, 2 : toluene, 3 : hexanal, 4 : xylene, 5 : trimethylbenzene, 6 : heptanal, 7 : octanal, 8 : 1-hexanal, 9 : *o*-dichlorobenzene, 10 : 2-ethylhexanol.

告されている¹⁵⁾ *o*-dichlorobenzene, 2-ethylhexanol などであった。そのうち10物質を定量し、図4に示した。保存時間に関係なく、胚芽精米に多く含有されていた物質としては、toluene, hexanal, heptanal, 1-hexanol があげられる。hexanal は飯の悪臭として知られ、多くの報告¹⁶⁾で飯のにおい成分として重要視されている。trimethylbenzene, octanal, *o*-dichlorobenzene は0時間では2者間に差は見られなかったが、6時間保存において、胚芽精米飯中にのみ増加したものと認められる。また保存によって大幅に増加した物質として、toluene, hexanal, xylene, 2-ethylhexanol などがあげられる。

(8) 官能検査

1) 飯の官能検査

炊飯直後では、3者間に差のあった項目はつや、口あたりであり、3者間に大きな差異はみられなかった。つまり、炊きたては一樣に好まれた。

1時間後では、総合で白米1.6がよいという結果にな

った。胚芽精米飯と精白米飯で差が見られた項目としてはつや、好みであった。胚芽1.8は硬さ、粘り、水っぽさなどの物性において白米1.6に近い評価を受けている。飯の水分測定の結果では、胚芽1.8は白米1.6より2%程度高い水分量であった。すなわち、胚芽精米飯は水分が多くないと官能的には、精白米飯と同様に感じないといえる。

つやは測色結果にも精白米飯と胚芽精米飯に差があったが、飯は「銀シャリ」などといわれ、白いことが好まれる風潮があり、外観の評価の差が、胚芽精米飯と精白米飯の総合評価に反映されているものと思われる。

胚芽1.6では、硬く、粘りが少なく、ややつやが悪く、バサつき、口あたりがやや悪い結果となり、総合評価ではやや悪いという評価であった。これは、テクスチャー特性の結果と呼応している。

5時間後では、3試料とも粘りが弱くなり、口あたり、総合評価は悪い方に移行したが3試料間の関係はほとん

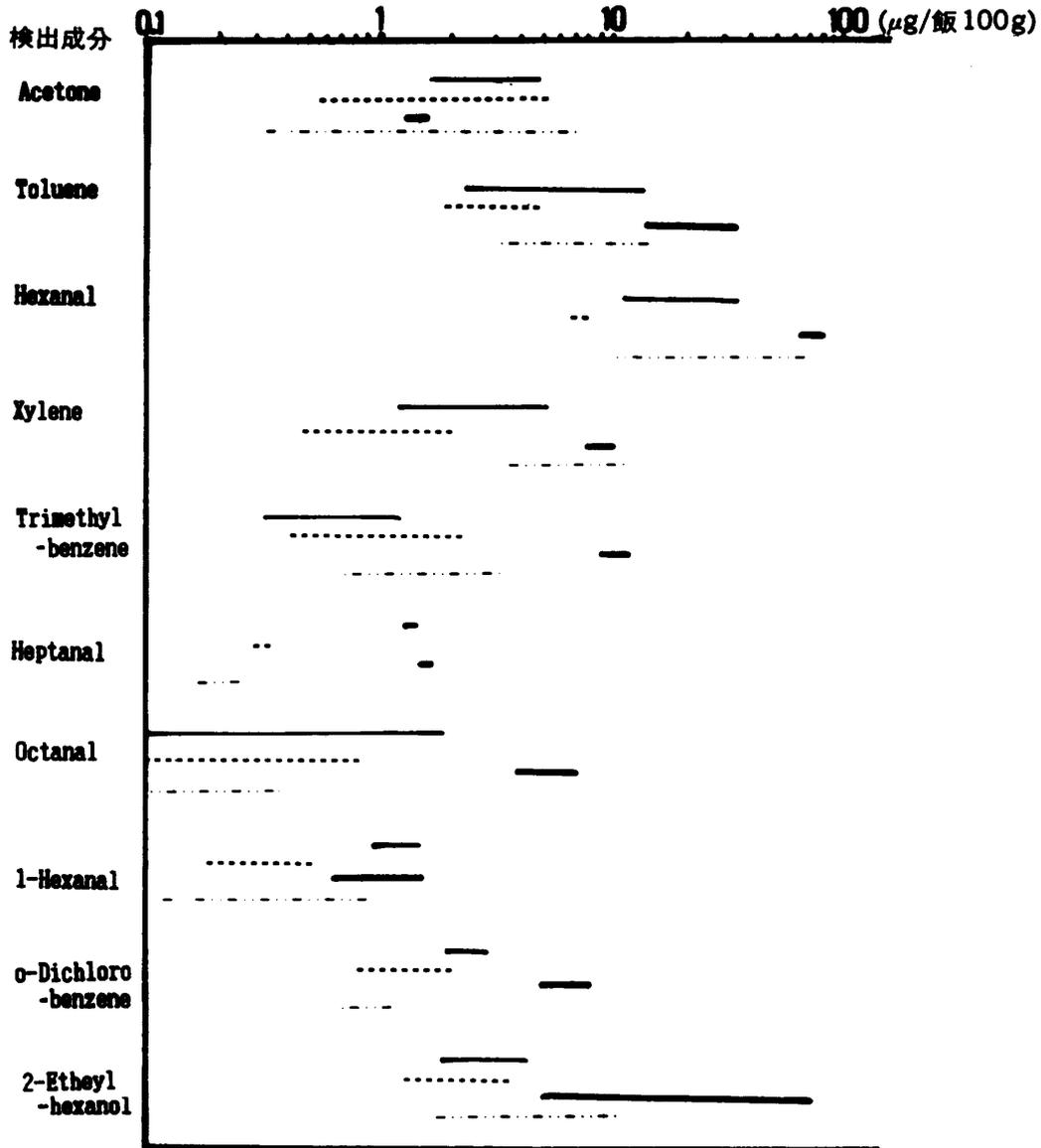


図 4. 胚芽精米飯と精白米飯のにおいの定量

—— 胚芽精米飯 0h, 精白米飯 0h, ——— 胚芽精米飯 6h, - - - - 精白米飯 6h.
(線の長さは検出範囲を示す)

ど1時間後の評価と変化はなかった。これは、テクスチャー特性の経時変化で、硬さが増加し、付着性、凝集性が減少したことにも表れている。

24時間後では、白米1.6の粘り、水っぽさ、つやなどの評価が胚芽精米飯の評価に近づいた。3試料とも評価が悪い方に移行したが、特に胚芽1.6、白米1.6の評価に変化があった。しかし、胚芽1.8の評価は、大きな変動がなかった。

パネラーの好みが多様であり、一概にどの飯がおいしいかは、明らかにならなかった。

2) においの官能検査

結果を表5に示す。炊飯直後では、胚芽精米飯と精白米飯のにおいの強さ、好ましさなどに有意な差は認められなかった。

6時間保存では、胚芽精米飯と精白米飯ともに炊飯直後とくらべ、においが強く、ぬかくさいほうに評価が動いた。そして移行は、胚芽精米飯の方が大きく、においの強さ、ぬかくささにおいて5%の危険率で2者間に有意差がみられた。この官能検査の結果は、GC-MSのにおいの定量結果とよく対応していると思われる。胚芽精米飯を保温保存した場合、においが評価を下げる一因になると思われる。

胚芽精米の炊飯特性に関する研究 (第1報)

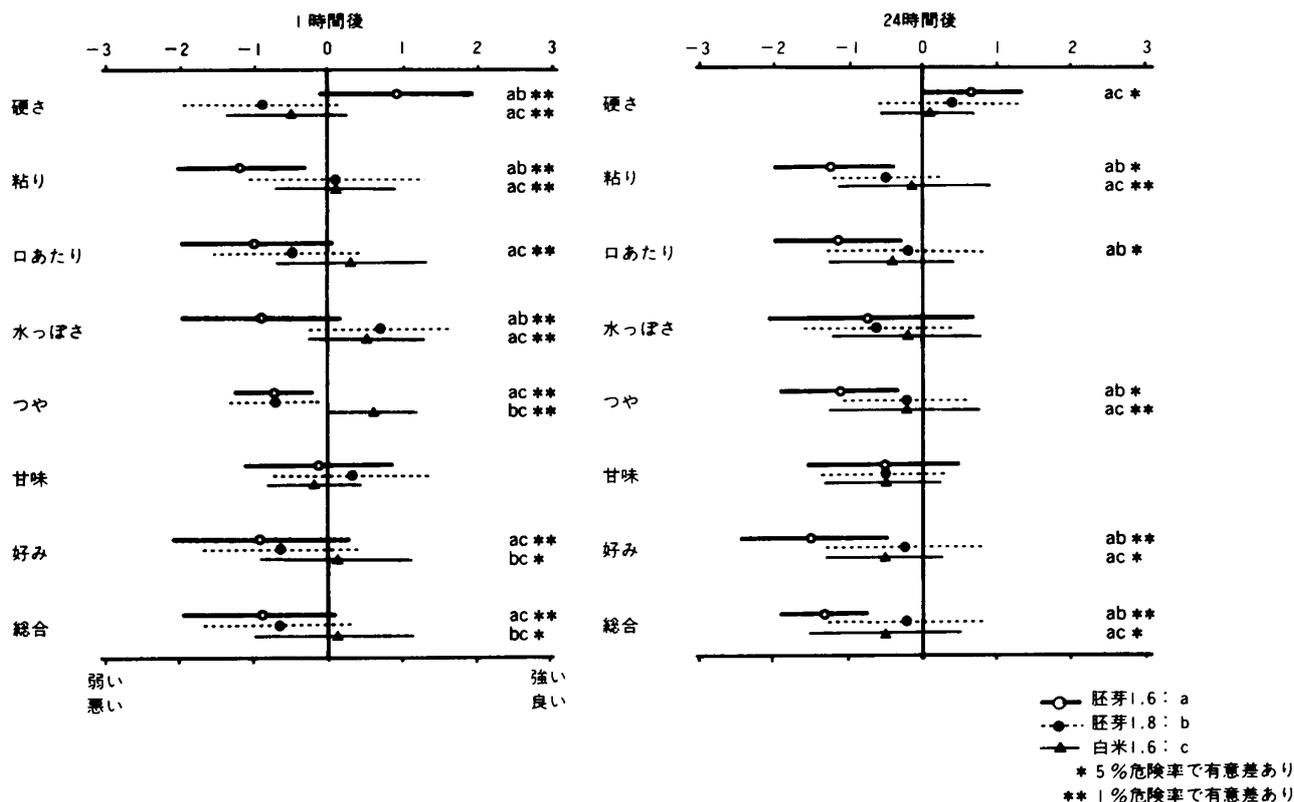


図 5. 胚芽精米飯と精白米飯の官能検査

表 5. 胚芽精米飯と精白米飯のにおいの官能検査

	胚芽精米飯	精白米飯
炊飯直後		
においの強さ	0.4 ± 1.0	-0.5 ± 1.4
ぬかくささ	0.1 ± 1.4	-0.4 ± 1.2
好ましさ	-0.5 ± 1.0	-0.1 ± 1.0
6時間放置		
においの強さ	0.9 ± 0.7*	0.2 ± 0.8
ぬかくささ	1.1 ± 0.9*	0.2 ± 0.7
好ましさ	-0.8 ± 0.8	-0.3 ± 1.0

5段階評定法による: -2 ← 0 → 2
 | 弱い | 普通 | 強い
 | 悪い | | 良い

n=15, * 5%の危険率で有意差あり

4. 要 約

胚芽精米飯の食味を物理化学的に解明し、精白米飯との差異を検討するため研究を行った。本研究では胚芽精米飯の加水量を1.6, 1.8倍重量に設定し、比較のため精白米を1.6倍重量で炊飯しそれぞれの測定に用いた。その結果次のような知見を得た。

(1) アミログラフでは、胚芽精米粉は精白米粉に比べ、

最高粘度、最低粘度が低値であった。

(2) 飯の色を測定した結果では、胚芽精米飯は胚芽が残っているため黄味が強く、白色度が精白米飯と比べると低値であった。

(3) テクスチャー測定では、同じ加水量の場合、胚芽精米飯の方が精白米飯よりも硬かった。胚芽精米飯は、精白米飯と比較して、加水量に関係なく付着性が低かった。

(4) 胚芽精米飯、精白米飯のにおいの定量では acetone など13の物質を同定、うち10物質を定量した。その結果、胚芽精米飯の方が総香気量が多く、精白米飯に比べにおいが強い結果になった。また、胚芽精米飯に多く含有されている物質としては、toluene, hexanal, heptanal, 1-hexanol が認められた。

(5) 官能検査の結果、炊飯直後では、炊きたては一樣に好まれるということがわかった。

1時間後では、総合で白米1.6がよいという結果になった。胚芽1.8は硬さ、粘り、水っぽさなどの物性において白米1.6に近い評価を受けている。外観の評価の差が、胚芽精米飯と精白米飯の総合評価に反映されているものと思われる。

24時間後では、3試料とも評価が悪い方に移行し、特

に胚芽 1.6, 白米 1.6 の評価に変化があった。

最後に, GC-MS 法のご指導をいただきました女子栄養大学徳久幸子先生, 成瀬克子先生, 横山久美代さんに感謝します。

また, 本研究は昭和 63 年度, 文部省科学研究補助金一般研究(B)課題番号(62460228)によって行われた。

引用文献

- 1) 小池五郎, 金子佳代子, 小石秀夫, 奥田豊子: 栄養と食糧, **35**, 6 (1982)
- 2) 香川 綾: 新しい胚芽米健康法, 女子栄養大学出版部, 東京, 81 (1981)
- 3) 鈴木繁男, 中村道徳: 澱粉化学実験法, 朝倉書店, 東京, 41 (1979)
- 4) 岡部元雄: *New Food Ind.*, **19**, 65 (1977)
- 5) 貝沼圭二, 松永暁子, 板川正秀, 小林昭一: 澱粉科学, **28**, 235 (1981)
- 6) Tsugita, T., Imai, T., Doi, Y., Kurata, T. and Kato, H.: *Agric. Biol. Chem.*, **43**, 1351 (1979)
- 7) 松元文子, 福場博保: 調理と米, 学建書院, 東京, 80 (1979)
- 8) 丸山悦子, 東紀代香, 梶田武俊: 家政誌, **34**, 819 (1983)
- 9) 丸山悦子, 水谷知津子, 柴田真由美, 梶田武俊: 家政誌, **34**, 549 (1983)
- 10) 庄司一郎, 倉沢文夫: 家政誌, **34**, 141 (1983)
- 11) 庄司一郎, 倉沢文夫: 家政誌, **37**, 127 (1986)
- 12) 貝沼やす子, 関千恵子: 家政誌, **38**, 567 (1987)
- 13) Yajima, I., Yanai, T., Nakamura, M., Sakakibara, H. and Habu, T.: *Agric. Biol. Chem.*, **42**, 1229 (1978)
- 14) Tsugita, T., Kurata, T. and Kato, H.: *Agric. Biol. Chem.*, **44**, 835 (1980)
- 15) Tsugita, T., Kurata, T. and Fujimaki, M.: *Agric. Biol. Chem.*, **42**, 643 (1978)
- 16) 佐藤恵美子, 本間伸夫, 渋谷歌子, 石原和夫: 家政誌, **35**, 147 (1984)