研究ノート

低たんぱく米とでんぷん米の特性と その調理特性および嗜好特性[†]

田中隆介^{1*}, 峯木眞知子²

¹ 東邦大学医療センター大橋病院

² 東京家政大学

Sensory Characteristics and Cooking Properties of Low-protein Rice and Starchy Rice

Ryusuke Tanaka^{1*} and Machiko Mineki²

¹ Toho University Ohashi Medical Center, 2-17-6, Ohashi Meguro-ku, Tokyo 153-8515

² Tokyo Kasei University, 1-18-1 Kaga, Itabashi, Tokyo 173-8602

Typically, low-protein rice and starchy rice are used in medical diets for patients with chronic kidney disease. In this study, we cooked 4 kinds of low-protein rice and starchy rice and examined their cooking properties and taste characteristics as well as observed the microstructure of the rice uncooked and cooked.

1. The moisture content of the low-protein rice and starchy rice had an effect on the added water volume and condition during storage.
2. By observation of the microstructure of the low-protein rice, we found that the sub-aleurone layer of the outer layer in low-protein rice was removed by processing. The starchy rice showed uniform microstructure.
3. The texture of the low-protein cooked rice indicated higher cohesiveness than the polished cooked rice; however, there were no differences in hardness and adhesiveness. The starchy cooked rice had a higher ratio in both hardness and cohesiveness but was lower in adhesiveness.
4. Regarding taste, sensory evaluation rated the low-protein cooked rice and starchy cooked rice as poor with low umami. In particular, the starchy cooked rice required improvement of its taste and texture.

(Received Aug. 30, 2016; Accepted Feb. 10, 2017)

Keywords : Low-protein rice, Starchy rice, Microstructure, Texture characteristics, Sensory evaluation

キーワード : 低たんぱく米, でんぷん米, 組織構造, テクスチャー特性, 官能評価

我が国の慢性腎臓病 (Chronic kidney disease 以下 CKD) の推定患者数は、約 1300 万人といわれ、患者は透析・腎移植予備軍といえる¹⁾。CKD は、末期腎不全や心血管系合併症のリスクが高いが、早期発見・治療によって進行抑制や回復も期待できる。

CKD における食事療法の目的は、腎不全への病気の進行や透析開始時期を遅らせ、透析導入後は安定して透析を続けることにある。CKD の食事管理の基本は、病態に応じてたんぱく質、塩分、リン、カリウムなどの摂取量の制限と、十分かつ必要なエネルギーの補給である²⁾。

たんぱく質は、アミノ酸スコアおよび消化吸収率の高い食品が有利と考えられ、一般的に、炊飯米はアミノ酸スコアが低く、動物性たんぱく質では、高い数値とされる³⁾。従って、主食を低たんぱく米にすることは、主菜や副菜にたんぱく質を利用できるようになるので、食事療法として

効果的である。このことから、低たんぱく米の利用を考えたい。

低たんぱく米は、在宅でも利用できるレトルトの低たんぱくご飯や調理できるタイプの米が多く販売されている。低たんぱく米は、酵素処理等をして、たんぱく質を分解・除去する方法で製造されていると表示されている⁴⁾。また、低たんぱく米としては、とうもろこしや米からでんぷんを抽出して、米の形に加工してあるでんぷん米も利用されている⁵⁾。

低たんぱく米およびでんぷん米の利用は、患者から「美味しくない」、「変な臭いがする」と言われ、飯の味や食感などが問題とされている。低たんぱく米について、中山⁶⁾は、たんぱく質含量の異なる 3 種の低たんぱく米およびでんぷん米を用い、大学生を対象にした官能評価で、精白米に対して、香りが悪く、総合評価も悪いと報告している。

[†] 〒153-8515 東京都目黒区大橋 2-17-6, ² 〒173-8602 東京都板橋区加賀 1-18-1

*連絡先 (Corresponding author), ryusuke.tanaka@med.toho-u.ac.jp

表1 試料およびその表示内容

試料	エネルギー (kcal/100g)	たんぱく質 (g/100g)	浸漬	記載加水量	開封後の保存	加熱方法
普通米	356	6.1	有	1.5	常温	記載無し
低たんぱく米 M	362	0.2	無	1.3	常温	早炊き推奨
低たんぱく米 Y	313	0.2	無	1.0	冷凍	記載無し
低たんぱく米 P	342	0.2	無	1.3	常温	早炊き推奨
でんぷん米 G	355	0.5	無	2.0	常温	記載無し

また、低たんぱく米の物理的特性は精白米に近いとしている。片山⁷⁾は、低たんぱく米の炊飯時にダマになったり、芯が残ったりするため、食感に問題があるとして、炊飯条件を検討している。

低たんぱく米およびでんぷん米の使用方法是、各加水量や開封後の保存方法、早炊きの推奨、早期喫食の勧めなど、精白米と異なる点がある。しかし、低たんぱく米およびでんぷん米自体の品質や調理特性は明らかではない。

そこで、本研究は、低たんぱく米およびでんぷん米の調理特性および食味特性を、食品組織の手法による微細構造の観察を加えて、捉えることを目的とした。

米の特性として、米の大きさ、水分含有率、組織構造をとらえ、炊飯米では、炊き上がり重量、炊飯米のテクスチャー、色度を測定して、組織構造を観察した。食味特性は、味覚センサーによる測定および官能評価を行った。

1. 実験方法

実験に供した試料は、市販低たんぱく米3種（低たんぱく米 M、低たんぱく米 Y、低たんぱく米 P）とでんぷん米1種（でんぷん米 G）の4種とした。これらは、たんぱく質含有量が一般の精白米の1/25程度である。それらの記載栄養価（エネルギー・たんぱく質）、表示による浸漬の有無、加水量、開封後の保存方法、加熱方法の推奨の表示を表1に示した。また、対照試料は、一般市販米のこしひかり（以下普通米）を用いた。

低たんぱく米およびでんぷん米の表示された加水量は、米の1.0~2.0倍であり、開封後の保存方法の表示は常温が3種、冷凍が1種（低たんぱく米 Y）である。

(1) 測定方法

1) 米の特性

1-1) 米の大きさ

米の大きさは、プラスチックノギス（株式会社エー・アンド・デイ、AD-5765 A-150）を用いて、破損していない米の長さ、幅、厚さを10粒測定した。

1-2) 米の水分含有率

各試料に表示されていた加水量および開封後の保存方法は、それぞれに異なっていることから、米の水分含有率を測定した。

各試料10gを、赤外線水分計（(株)ケット科学研究所、

FD-660）を用い、130℃、70分の条件下で測定した。

1-3) 米の組織構造

一般に精白米の外層部には、たんぱく質が多く含まれるサブアリュロン層⁸⁾が存在しているので、低たんぱく米の加工にはその部分を減じていると考えられる。酵素や加工処理の影響を見るために、米の組織構造を観察した。

各試料は、2.5%グルタルアルデヒド（TAAB社製）・リン酸緩衝液（pH7.4）溶液に浸漬して、5℃、2時間の固定を行い、エチルアルコール脱水を経て、試料とした。その米を切断後、試料台に取り付け、イオンコーティング後、その断面を走査型電子顕微鏡（(株)日立ハイテクノロジーズ、Miniscope TM-3000、以下SEM）で、加速電圧15kV下で観察した。

2) 炊飯米の調理特性

2-1) 加熱方法

低たんぱく米およびでんぷん米の加熱方法は、各試料100gにメーカー推奨量の加水量の蒸留水（pH6.9）を用いた。浸漬操作は必要がないとされているので、電気炊飯器（パナソニック株式会社、ミニクッカー SR-03GP）ですぐに通電した。普通米は、1.5倍の加水量を用い、浸漬30分を行った。

2-2) 炊飯米の重量測定

炊飯米の重量測定は、炊き上がり後ボールに移し、電子天秤（アズワン株式会社、ASP2001F）で測定した。

2-3) 炊飯米の色度

炊飯米を喫食する場合、炊飯米の色も美味しさに関与すると考え、色度を測定した。炊飯米の色度は、炊き上がり後室温放置30分の試料を、直径40mmのシャーレに15mmの高さに充填したものを測定用試料とした。測色色差計（日本電色工業(株)、ZE2000）により、CIE系に属するL*値、a*値、b*値を測定し、普通米との色差（ ΔE^* ）を求めた。

2-4) 炊飯米のテクスチャー

炊飯米のテクスチャーは、色度測定用試料と同様の容器に重鎮した試料を用い、クリープメーター（(株)山電、RHEONER II CREEP METER RE2-3305B）でテクスチャー測定を行って、その硬さ、凝集性、付着性を求めた。

測定条件は、直径20mmの円形プランジャー、クリアラ

表 2 米の長さ、幅、厚さおよび水分含有率

試料	米の大きさ (mm)			水分含有率 (%)
	長さ	幅	厚さ	
普通米	4.71±0.07 ^b	2.84±0.12 ^a	1.91±0.06 ^b	15.8±0.01 ^c
低たんぱく米 M	5.68±0.38 ^a	2.60±0.13 ^b	1.76±0.12 ^{bc}	14.4±0.01 ^d
低たんぱく米 Y	5.67±0.23 ^a	2.64±0.13 ^a	1.70±0.06 ^{bc}	28.7±0.01 ^a
低たんぱく米 P	5.72±0.10 ^a	2.89±0.11 ^a	1.64±0.04 ^c	16.2±0.01 ^b
でんぷん米 G	5.69±0.23 ^a	2.60±0.16 ^b	2.27±0.18 ^a	12.0±0.01 ^e

数値は平均±標準偏差。列別試料において異符号間に有意差あり ($p<0.05$)。

ンス 5mm, 測定速度 10mm/sec, ロードセル 200N, アン
プ倍率 10 倍で行った。測定条件は, 消費者庁の「えん下困
難者用食品の試験方法¹⁾」を参考にした。

2-5) 炊飯米の組織構造

炊飯米の組織構造は, 炊き上がり後試料温度が室温に
なった炊飯米を用い, 凍結包埋剤 (Surgipath, FSC22) に
混ぜたのち, エチルアルコール・トルエン溶液をいれた試
料凍結装置 (Leica Microsystems, UT2000F) で冷却して,
-100℃凍結させた。凍結後, クリオスタット切片 (20μm)
にし, ヨード染色を施し, 光学顕微鏡 (Laica, DM 750) で
観察した。

3) 炊飯米の食味特性

3-1) 味覚センサーによる食味

炊飯米の食味は, 味認識装置 (Intelligent Sensor Tech-
nology, inc. TS-5000Z) を用いて, 普通炊飯米を標準試料と
して測定した。

味認識装置は, 基本五味のうま味, 苦味, 塩味, 酸味,
甘味と渋味を数値化し, 「先味」と「後味」を測定する機械
である²⁾。「先味」は, 口に含んだ瞬間の味として, 酸味 2
種類, 渋味, 甘味, 旨味, 塩味, 苦味雑味/食, 苦味雑味/
薬の 8 種ある。「後味」は食品を嚥下した後の残っている
味として, 旨味コク, にがり系苦味, 苦味/薬, 苦味/食,
渋味の 5 種あり, 合わせて 13 種の食味をセンサーで感知
できる。

食味の評価³⁾は, 「苦味雑味/食の先味」, 「渋味刺激の先
味」, 「うま味の先味」のデータを用いた。それぞれ値は 1.0
以上の違いで差があれば, 官能的に識別されるとされている。

試料は, 各炊飯米 50g に超純水 200g 加えて 5 倍希釈し,
フードプロセッサーで 1 分攪拌後, 3000rpm, 10min で遠
心分離を行い, 上澄み部分を用いた。

3-2) 炊飯米の官能評価

炊飯米の官能評価は, 炊き上がり後室温放置 30 分のも
のを試料として用い, T 大学教職員および女子学生 3, 4 年
生の計 14 名をパネルとして行った。提供した試料量はい
ずれも 10g とした。普通炊飯米の評価を「0 点」とし, そ
れに対する低たんぱく炊飯米およびでんぷん炊飯米の評価
を行った。

分析型官能評価は, 香り・硬さ・粘り・甘味・うま味の
強さを評価項目とし, 評点は「-3」を大変弱い (軟らかい),
「+3」を大変強い (硬い) とした。

嗜好型官能評価は, 別試料を用い, 総合評価 (好ましさ)
を項目とし, 評点は「-3」を大変好ましくない, 「+3」を
大変好ましいとした。

これらの官能評価を行うにあたっては, 東京家政大学大
学院研究倫理委員会で承認を得た (承認番号 H27-25)。

4) 統計処理

データの解析は, 測定項目について各群間で比較し, 一
元配置分散分析後, Tukey-Kramer の HSD 多重比較を用
いて検定し, 有意水準は 5% とした。

解析ソフトは, IBM SPSS Statistics 22.0 を用いた。

2. 実験結果および考察

1) 米の特性

1-1) 米の大きさ

米の長さ, 幅, 厚さを表 2 に示した。

米の長さは, 低たんぱく米・でんぷん米が普通米に比べ
て長かったが, 低たんぱく米, でんぷん米の間で有意差は
なかった。米の幅は, 低たんぱく米 M・低たんぱく米 Y・
でんぷん米 G が普通米に比べて有意に狭かった。米の厚
さは, 低たんぱく米 P が薄く, でんぷん米 G が 2.27mm と
厚かった。

これらのことより, 低たんぱく米は, 米の長さは長く,
幅や厚さは小さく細長い形状をしているので, 大粒種の米
を用い, その表層を削っていると考ええる。でんぷん米は大
きな粒状の形態に加工されていた。

1-2) 米の水分含有率

各試料の水分含有率を表 2 に示した。米の水分含有率
は, 低たんぱく米 Y では 28.7% で高く, 低たんぱく米 M
と低たんぱく米 P では, 普通米と大差のない値を示した。
また, でんぷん米 G は, 低い値であった。

水分含有率が高い米は, 記載加水量が 1.0 倍で低く, 水
分含有率が低いでんぷん米では, 加水量が 2.0 倍で多かつ
た。一般に, 炊飯米の水分含有率は 60~65% と言われて
いることから⁴⁾, 加水量は, 米の水分含有率によって調整さ
れていると考えた。

また, 表示されている保存方法で冷凍保存を推奨してい

図 1 米の断面の走査型電子顕微鏡像

写真左側：米の外層部（ミクロン bar=500 μm） 写真右側：米の中層部（ミクロン bar=100 μm）

T1, 2：普通米 M1, 2：低たんぱく米 M Y1, 2：低たんぱく米 Y

P1, 2：低たんぱく米 P G1, 2：でんぷん米 G

矢印：サブアリューロン層の部位およびその幅

表 3 炊飯米の炊き上がり重量、倍率および炊飯米 200 g における栄養量

試料	重量	加水率 (%)	炊き上がり重量 (g)	炊き上がり倍率	炊飯米 200 g における栄養量	
					エネルギー (kcal)	たんぱく質 (g)
普通米	100	150	228.3±4.4 ^b	2.3	312	5.0
低たんぱく米 M	100	130	198.4±2.3 ^d	2.0	365	0.2
低たんぱく米 Y	100	100	181.2±0.2 ^c	1.8	345	0.2
低たんぱく米 P	100	130	214.5±1.1 ^c	2.1	319	0.2
でんぶん米 G	100	200	259.9±1.6 ^a	2.6	273	0.2

数値は平均±標準偏差。列別試料において異符号間に有意差あり ($p<0.05$)。

表 4 炊飯米の色度および色差

試料	L*値	a*値	b*値	ΔE* (色差)
普通米	71.82±2.06 ^a	-2.41±0.10 ^b	2.88±0.80 ^a	—
低たんぱく米 M	59.99±2.14 ^c	-1.54±0.23 ^a	-1.41±0.65 ^b	11.5
低たんぱく米 Y	61.74±1.43 ^c	-1.52±0.19 ^a	-2.01±0.66 ^b	7.2
低たんぱく米 P	65.04±1.02 ^b	-1.29±0.70 ^a	-0.90±0.41 ^b	10.3
でんぶん米 G	64.50±2.54 ^{bc}	-1.36±0.30 ^a	-3.03±0.59 ^c	6.8

数値は平均±標準偏差。列別試料において、異符号間に有意差あり ($p<0.05$)。

る低たんぱく米 Y では、水分含有率が高かったため、保存によるカビ等の発生防止のために冷凍保存を勧めていると考えた。

1-3) 米の組織構造

走査型電子顕微鏡 (SEM) 像による米の断面 (外層部) を、図 1 に示した。

普通米は、外層部に 130~180 μm に渡るサブアリュエロン層と、内層部で、胚乳にデンプン細胞が観察された。また、デンプン細胞は一部にデンプンの露出が見られた (図 1-T1, 2)。それに対して、低たんぱく米 M・Y は、サブアリュエロン層にあたる外層部分が薄く、普通米と同様に、胚乳の中心から放射状にデンプン細胞¹⁰⁾ が並んでいた (図 1-M1, Y1)。低たんぱく米 P では、外層部および胚乳部のデンプン細胞が崩れており、サブアリュエロン層が確認できなかった (図 1-P1)。低たんぱく米 M・Y・P の内層部では、デンプン細胞は細胞壁よりしっかりと包まれ、デンプンの露出は観察されなかった (図 1-M2, Y2, P2)。低たんぱく米では、サブアリュエロン層が除去されており、米粒内部のデンプンの露出はみられなかった。この露出がみられないことは、西村¹¹⁾ も同様に観察している。いずれもこれらは加工処理による影響と考える。

でんぶん米 G では、微小な空隙のある構造を示した (図 1-G1, 2)。これは、でんぶんを抽出して粒状に加工しているので、均一な構造になっていると考えた。内層部では、凹凸のある空隙がみられ、粒形の不明瞭なデンプンの集合体で構成されていた。

2) 低たんぱく炊飯米の調理特性

2-1) 炊飯米の炊き上がり重量および栄養価

炊飯米の炊き上がり重量を、表 3 に示した。

いずれの低たんぱく炊飯米も、炊き上がり重量は 1.8~2.1 倍を示し、普通米の 2.3 倍に比べてやや低い値であったが、でんぶん米では 2.6 倍で有意に高かった。低たんぱく米 M と P は、加水率がいずれも 130% であるが、炊き上がりの重量は低たんぱく米 M が 198g に対し、低たんぱく米 P は 215g で、低たんぱく米 P が有意に重かった。これは、低たんぱく米 P の組織構造 (図 1-P) にあるように、デンプン細胞が崩れていることにより、低たんぱく米 M に比べて吸水がよいことが考えられた。

これらの結果より、患者の 1 食分として、喫食量 200g のエネルギーおよびたんぱく質量を算出した (表 3)。低たんぱく米およびでんぶん米では、たんぱく質含有量は同等であるが、試料によって、エネルギーは 80kcal 以上違いがある。従って、使用する米によって、喫食量のエネルギー量が異なることに注意して、献立作成や栄養指導する必要がある。

2-2) 炊飯米の色度

炊飯米の色度を表 4 に示した。

L* 値は、普通炊飯米が低たんぱく炊飯米およびでんぶん炊飯米より有意に高かった。低たんぱく炊飯米間は、低たんぱく炊飯米 P が、低たんぱく炊飯米 M、低たんぱく炊飯米 Y より有意に高かった。

a* 値は、普通炊飯米が低たんぱく炊飯米およびでんぶん炊飯米より有意に低かった。低たんぱく炊飯米間は、いずれも差はなかった。

b* 値は、普通炊飯米が低たんぱく炊飯米およびでんぶん炊飯米より有意に高かった。低たんぱく炊飯米間は、でん

表5 炊飯米のテクスチャー

試料	かたさ (応力) [$\times 10^5$] Pa	凝集性	付着力 (応力) [$\times 10^4$] Pa
普通米	2.8 ± 0.3^a	0.30 ± 0.03^a	1.8 ± 0.4^a
低たんぱく米 M	3.4 ± 0.5^{ab}	0.41 ± 0.04^b	2.1 ± 0.8^a
低たんぱく米 Y	2.8 ± 0.6^a	0.32 ± 0.04^a	1.8 ± 0.7^a
低たんぱく米 P	3.2 ± 0.5^a	0.37 ± 0.02^b	2.2 ± 0.5^a
でんぷん米 G	4.0 ± 1.0^b	0.38 ± 0.08^b	0.2 ± 0.1^b

数値は平均±標準偏差. 別列試料において, 異符号間に有意差あり ($p < 0.05$).

ふん炊飯米 G がいずれの低たんぱく炊飯米より有意に低かった.

色差は, いずれの低たんぱく炊飯米も, 普通炊飯米と比較して「めだつほどに (6.0 以上)」の違いが認められた.

これらから, 低たんぱく炊飯米およびでんぷん炊飯米は, 普通炊飯米とは異なり, 明度が低いことがわかった.

2-3) 炊飯米のテクスチャー

炊き上がり 30 分後の炊飯米の硬さ, 凝集性, 付着性を, 表 5 に示した.

硬さは, 普通炊飯米と低たんぱく炊飯米に有意差はなかった. しかし, 低たんぱく米間において, でんぷん炊飯米 G は, 低たんぱく炊飯米 M 以外で有意に高かった.

凝集性は, 普通炊飯米が 0.30 であり, 低たんぱく炊飯米 (低たんぱく炊飯米 Y を除いて) はいずれも, 有意に高かった.

付着性は, 普通炊飯米と低たんぱく炊飯米に有意差はなかった. しかし, 低たんぱく米間において, でんぷん炊飯米 G は, 他の炊飯米より有意に低かった.

これらのことから, 低たんぱく炊飯米 M, Y, P のテクスチャーは, 普通炊飯米と大きな違いがないと考えられた. しかし, でんぷん炊飯米は, 硬く, 付着性の低い食感を示すと推察された. 片山⁶⁾ は, 2 種の低たんぱく炊飯米と 1 種のでんぷん炊飯米のテクスチャーについて, 低たんぱく炊飯米は普通炊飯米と差はなく, でんぷん炊飯米ではテクスチャーが異なると, 同様の結果を報告している. 従って, でんぷん炊飯米をおいしく食べるには, 硬さと付着性を改善し, 普通炊飯米に似た食感にする必要がある. もしくは, 炒飯のように付着性が小さい料理に使用する工夫なども考えられる.

2-4) 炊飯米の組織構造

光学顕微鏡による炊飯米の外層部を, 図 2 に示した.

普通炊飯米では, 外層にみられる細胞外に流失した糊化したデンプン層 (以下おねば層¹²⁾) の部分は濃く染まり, サブアリュロン層も明確に観察された.

低たんぱく炊飯米 M は, おねば層の部分は濃く染まり, デンプン細胞は不明瞭で空隙が多く観察された.

低たんぱく炊飯米 Y は, おねば層の部分は濃く染まり,

図2 炊飯米の外層部の光学顕微鏡像

クリオスタット切片 (20 μm) 後, ヨード染色.

T: 普通米 M: 低たんぱく米 M Y: 低たんぱく米 Y
P: 低たんぱく米 P G: でんぷん米 G ↑: おねば層

表 6 炊飯米の味認識装置による食味特性

試料	苦味雑味/食 (先味)	渋味刺激 (先味)	旨味 (先味)
普通米	-5.99 ± 0.18^b	-10.43 ± 0.18^{bc}	2.99 ± 0.09^a
低たんぱく米 M	-6.85 ± 0.17^c	-9.09 ± 0.15^a	-3.46 ± 0.06^e
低たんぱく米 Y	-6.33 ± 0.22^b	-10.30 ± 0.26^{bc}	-0.61 ± 0.04^b
低たんぱく米 P	-6.14 ± 0.15^b	-9.89 ± 0.04^b	-0.92 ± 0.10^c
でんぷん米 G	-4.97 ± 0.23^a	-10.72 ± 0.33^c	-2.26 ± 0.12^d

数値は平均±標準偏差。列別試料において異符号間に有意差あり ($p < 0.05$)。

表 7 炊飯米の官能評価

試料	分析型					嗜好型
	香り	硬さ	粘り	甘味	うま味	総合評価
低たんぱく米 M	0.5 ± 1.7^a	-0.3 ± 1.3^a	1.2 ± 1.1^a	0.0 ± 1.1^a	-0.6 ± 1.1^a	-1.0 ± 1.5^a
低たんぱく米 Y	-0.4 ± 1.6^a	-0.3 ± 0.9^a	0.0 ± 1.1^a	-0.1 ± 1.3^a	-0.4 ± 1.2^a	-0.6 ± 1.7^a
低たんぱく米 P	-0.2 ± 1.7^a	0.0 ± 1.4^a	0.8 ± 1.5^a	-0.3 ± 1.5^a	-0.6 ± 1.4^a	-1.2 ± 1.4^a
でんぷん米 G	0.4 ± 1.5^a	0.9 ± 1.5^a	-1.4 ± 1.1^b	-1.0 ± 1.4^a	-0.9 ± 1.4^a	-2.4 ± 0.8^b

数値は平均±標準偏差。列別試料において異符号間に有意差あり ($p < 0.05$)。

デンプン細胞が密であった。

低たんぱく炊飯米 P は、おねば層は分断された部分もみえ、中央部のデンプン細胞は不明瞭で空隙も観察された。

でんぷん炊飯米 G では、おねば層はほとんど観察されなかった。でんぷん炊飯米でおねば層が観察されなかったのは、でんぷん米は内部に空隙が多く (図 1-G2)、炊飯で流出したデンプンの一部が、粒の表面ではなく、内部に浸透した可能性が考えられる。

いずれの低たんぱく炊飯米にもおねば層が観察されたが、でんぷん炊飯米では、おねば層が見られなかった。これは、テクスチャー測定における付着性の低い結果と一致した。

3) 炊飯米の食味特性

3-1) 味認識装置による食味特性

味認識装置による炊飯米の測定結果を、表 6 に示した。

「苦味雑味/食 (先味)」は、でんぷん炊飯米 G が他の試料に比べて、有意に高く、低たんぱく炊飯米 M が有意に低かった。この項目は、炊飯米の雑味やコクの目安^{ii) iii)}とされている。コクは、口の中の数多くの味蕾が刺激、持続すること¹³⁾とされ、5 味 (甘味、塩味、酸味、苦味、うま味) のバランスと考えられる。

「渋味刺激 (先味)」は、低たんぱく炊飯米 M が他の試料に比べて、有意に高く、でんぷん炊飯米 G が有意に低かった。

「旨味 (先味)」は、いずれも普通炊飯米より有意に低く、特に低たんぱく炊飯米 M とでんぷん炊飯米 G が低い値だった。

これらから、たんぱく炊飯米 Y と低たんぱく炊飯米 P は、類似した食味の米であると考えられた。低たんぱく炊飯米 M は雑味やコク (5 味のバランス) が少なく、うま味が少ない特徴と考えられる。でんぷん炊飯米 G は、うま味が少なく、雑味やコク (5 味のバランス) がある米と考えられる。

3-2) 炊飯米の官能評価

低たんぱく炊飯米の官能評価は、普通炊飯米を 0 点として評価させ、その結果を表 7 に示した。

香り、硬さ、甘味、うま味の項目は、低たんぱく炊飯米・でんぷん炊飯米の試料間で有意差はなかった。

粘りの強さは、でんぷん炊飯米 G がいずれの試料よりも有意に低かった。

総合評価 (好ましき) は、いずれの試料も普通炊飯米よりマイナス値を示した。特にでんぷん炊飯米 G は、他の低たんぱく炊飯米試料に比べ有意に低く、好まれなかった。

低たんぱく炊飯米 M の味認識装置の結果は、旨味が有意に低かったが、官能評価では差を認めなかった。これは、低たんぱく炊飯米は、いずれも旨味が低く、識別されにくかったと考えられる。味認識装置では、1.0 以上の違いで官能的に識別されるとされるが、低たんぱく炊飯米では、これに該当しない可能性もあり、今後の検討課題である。

また、本研究では、炊飯米の香りの強弱を質問したが、その内容や質については質問していない。低たんぱく炊飯米およびでんぷん炊飯米のおいしさは、食感や味だけでないので、それ以外の要因として、香りの影響が考えられた。

でんぷん炊飯米 G は、他の試料と比較して、テクス

チャーが大きく異なり、総合評価は最も低かった。でんぷん炊飯米については、中山⁵⁾も外観、香り、味、粘り、硬さ、総合評価が最も悪かったと報告している。

でんぷん米は低たんぱく米より安価であり、給食施設で利用したい食品であるが、食味の面やテクスチャーの面からも改善の必要性があることを示している。

3. 要 約

低たんぱく米およびでんぷん米では、保存方法や加水量が普通米と異なっている。そこで、米の水分含有率を測定し、組織構造を観察した。炊飯米にした場合の調理特性および食味特性を捉えることを目的とした。

1) 低たんぱく米およびでんぷん米の加水量と保存方法は、水分含有率が関与していた。

2) 加水量の違いは、炊き上がり重量に影響した。このことは、炊飯米の栄養量に影響を及ぼす。

3) 低たんぱく米は、サブアリュロン層が薄く、胚乳部のデンプン細胞の明瞭さは、試料によって異なっていた。これは、加工による違いと考えられた。また、でんぷん炊飯米のおねば層は、観察されなかった。

4) 低たんぱく炊飯米のテクスチャーでは、普通炊飯米と比較して、凝集性が高い傾向を示したが、硬さと付着性に有意差はなかった。でんぷん炊飯米は硬さと凝集性が有意に高く、付着性が有意に低く、普通炊飯米に比べて、異なっていた。

5) 低たんぱく・でんぷん炊飯米の分析型官能評価は、香り、硬さ、甘味、うま味の項目では有意差はなかった。総合評価では、でんぷん炊飯米の評価が有意に低く好まれなかった。

6) 安価で給食施設で利用したいでんぷん米は、食味やテクスチャーを改善する必要があると考える。

本研究を遂行するにあたり、研究にご協力、ご助言いただきました東邦大学医療センター大橋病院腎臓内科医師の田中友里先生、栄養部次長の松門武先生に心より感謝し、深くお礼申し上げます。また、この研究には、東京家政大

学大学院推進費の援助を受けました。御礼申し上げます。

文 献

- 1) 一般社団法人日本腎臓学会 (2007). 1.CKD の重要性, 「エビデンスに基づく CKD 診療ガイドライン 2009」初版, 腎臓学会編. 東京医学社, 東京, p. 8.
- 2) 一般社団法人日本腎臓学会 (2013). 慢性腎臓病に対する食事療法基準 (成人), 「慢性腎臓病に対する食事療法基準 2014」初版, 日本腎臓学会編. 東京医学社, 東京, pp. 1-13.
- 3) 一般社団法人日本腎臓学会 (2007). 3.CKD と栄養, 「エビデンスに基づく CKD 診療ガイドライン 2013」初版, 日本腎臓学会編. 東京医学社, 東京, pp. 25-30.
- 4) 株式会社バイオテックジャパン (2001). 低蛋白米の製造方法. 特許第 252714 号, 11 月 11 日.
- 5) 日東ベスト株式会社 (2001). 冷凍低たんぱくごはんの製造方法. 特許第 340057 号, 12 月 11 日.
- 6) 中山優子 (2012). 低たんぱく炊飯米の官能検査と食品物性との関係. 桐生大学紀要, **23**, 31-36.
- 7) 片山直美 (2015). 低たんぱく米の炊飯条件の違いによる食味評価比較. 名古屋女子大学紀要, **61**, 79-88.
- 8) 竹生新次郎 (1995). 1. イネと米, 「米の科学」, 石谷孝佑, 大坪研一編, 朝倉書店, 東京, pp. 9-13.
- 9) 吉田恵子, 綾部園子編 (2012). 第 6 章: 食品の調理性, 「調理の科学」初版, 理工図書株式会社, 東京, p. 105.
- 10) 田村咲江 (1999). 第 2 章: 米・飯粒, 「食品・調理・加工の組織学」, 木村利昭, 鈴木 惇, 種谷真一, 田村咲江編. 学窓社, 東京, pp. 5-12.
- 11) 西村雅子 (2016). 卓上走査電子顕微鏡による米の観察. 日本家政学会誌, **67**, 49-56.
- 12) 星野忠彦, 松本エミ子, 高野敬子編 (1998). 第 2 編: 食品素材と加工食品の組織, 「食品組織学」, 光生館, 東京, pp. 203-201.
- 13) 山本 隆 (2010). おいしさとコクの科学. 日本調理科学学会誌, **43**, 327-332.

引用 URL

- i) <http://www.caa.go.jp/foods/pdf/syokuhin1539.pdf> (2016.8.8).
- ii) http://www.insent.co.jp/products/TS5000Z_web_J.pdf (2016.8.8).
- iii) <http://shinnosuke.niigata.jp/chara.html> (2016.8.8).

(平成 28 年 8 月 30 日受付, 平成 29 年 2 月 10 日受理)