

フード ケミカル

月刊

食品のおいしさと安心を科学する技術情報誌
A Technical Journal on Food Chemistry & Chemicals.

2018

1

393

特集1

季節を彩る和スイーツ

特集2

機能性スパイス



PICK UP!
編集部イチ押し

(株) 林原 ファイバリクサ™

世界の食品・原材料・添加物トピックス③③

Food Ingredients Europe 2017 報告

最新技術情報

静岡県産青みかんの機能性と食品加工品への応用





田中隆介 Ryusuke Tanaka
東邦大学医療センター大橋病院 管理栄養士

たなか・りゅうすけ

●略歴 東京医療保健大学医療保健学部卒業。東京家政大学大学院人間生活学総合研究科修士課程修了。2011年から現職



峯木眞知子 Machiko Mineki
東京家政大学 家政学部 栄養学科 教授

みねき・まちこ

●略歴 2000年に東北大学大学院農学研究科卒業。2011年より現職。農学博士、管理栄養士、専門官能評価士。
●専門分野 応用栄養学、調理科学

1. はじめに

わが国の慢性腎臓病(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・腎移植予備軍といわれている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・治療によって進行阻止や回復も期待できる。CKDにおける食事療法は、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させることができる。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を制限し、エネルギーを十分に取らせることである²⁾。

たんぱく質の制限には、アミノ酸スコアおよび消化吸収率の高い動物性たんぱく質食品を利用することが効果的であるといわれている³⁾。主食を低たんぱく米にすることは、主菜や副菜に動物性たんぱく質を利用できるので、食事療法として効果的といえる。

2. 低たんぱく食の歴史

NoordenとVolhardは、1918年に低たんぱく食が尿毒症の症状を抑制することを報告した⁴⁾。この報告が科学的背景に基づいた最初の論文といわれている。それ以降、低たんぱく食についての研究が多数報告され、尿毒症症状の軽減、延命効果、腎不全進行遅延の効果などが示されてきた^{4,5)}。

Giordanoは、1963年に低たんぱく質食に

より尿毒症患者の高窒素血症を改善し、窒素平衡を負から正に転換されうる事実を報告した⁶⁾。また、Giovannettiは、1964年にたんぱく質源を動物性食品に、エネルギー源を穀類からでんぷん製品に置き換えた食事を患者に用いた。この食事によって慢性腎不全患者の尿毒症を改善し延命効果を高めたと報告している⁷⁾。この2つの論文を契機に慢性腎不全に対する低たんぱく食は急速に普及していった。諸外国のみならず、わが国でも低たんぱく質の食事で効果があったと多数報告されている⁸⁾。1983年に、Brennerらが、たんぱく質の摂取が糸球体血行動態に負荷を与え、糸球体障害を進展する報告がなされた⁹⁾。その後、急速にたんぱく質摂取による腎障害の機序は詳細に解明され¹⁰⁾、低たんぱく食が有効とされた。

しかし、LocatelliやKlahrらの行った大規模試験の結果では、低たんぱく食による進行抑制効果は明らかではないとの報告があり^{11,12)}、低たんぱく食におけるエビデンスは一致していなかった。現在では、低たんぱく食の効果はほぼ間違いないと認識されているが、極端な低たんぱく食はさまざまなリスクの危険性を否定する判断に乏しく、今後の研究による有効性と安全性の検証が必要とされている¹⁾。

3. 低たんぱく食の治療用特殊食品の利用

CKD患者の食事療法として、たんぱく質摂取量は、一般に0.6～1.0 g/kg体重/日と

されている。低たんぱく食は、低エネルギー食になりやすくその摂取量は25～35kcal/kg体重/日とされている³⁾。そこで治療用特殊食品の利用が不可欠となっている。

低たんぱく質の治療用特殊食品は、たんぱく質調整食品とエネルギー補給食品におおまかに分類される。たんぱく質調整食品には、低たんぱく米、低たんぱく麺、でんぷん製品などがある。

低たんぱく炊飯米は、1食量200gで3回提供した場合、たんぱく質量は主食で1日の10～15g減らすことができ、その分を主菜や副菜の良質なたんぱく質に利用できるようになる。従って、たんぱく質制限にありながら一定量の動物性食品を使用することで豊かな食卓にすることができる。

低たんぱく米には在宅でも利用できるレトルトタイプのものや調理できるタイプのもが多く販売されている。一般には、低たんぱく米は、米に酵素処理などを行い、たんぱく質を分解・除去する方法で製造されている¹³⁾。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。

4. 低たんぱく米の問題点

低たんぱく米およびでんぷん米の使用方法は、加水量や開封後の保存方法、早炊きの推奨、早期喫食など、一般の精白米と違った方法が書かれている。病院食に利用した場合は、患者から「おいしくない」、「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。中山は、たんぱく質量の異なる低たんぱく米試料を用いその物理的特性は一般精白米に近いが、官能評価では香りが悪く、総合評価も悪いと報告している¹⁴⁾。片山は、低たんぱく米を炊飯する時にだまになったり芯が残ったりすることから、炊飯条件を検討している¹⁵⁾。しかし、これらの低たんぱく米における食感および味やにおいについての研究は少ない^{16, 17)}。

そこで、低たんぱく米およびでんぷん米の食感や味などを実験的に研究したので、その特徴を紹介する。

5. 低たんぱく米の特性

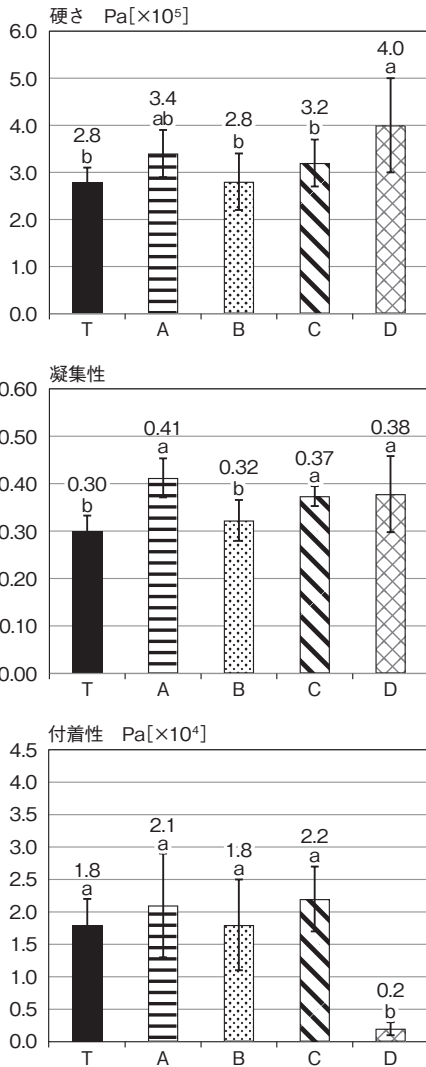
市販低たんぱく米3種(A, B, C試料)とでんぷん米1種(D試料)の記載栄養価、表示による浸漬の有無、加水量、開封後の保存方法、加熱方法の推奨の表示を表1に示した。また、対照試料は一般市販米のこしひかり(以下普通米, T試料)とした。

低たんぱく米のたんぱく質量はいずれも一般精白米の1/20～1/25で少なく、加水量は1.0～2.0の範囲であった。筆者が測定した水分含有率は14.4～28.7%で、各試料による差が大きい。開封後は常温で保存するが、冷凍での保存を進める製品もある。加熱方法も普通炊きではなく、早炊きを推奨しているものが多い。冷凍での保存を進めるB試料では、水分含有率が高く、加水量は米の水分含有率によって調整されている。水分

表1 低たんぱく米の栄養価、加水倍率、水分含有率、開封後の保存条件、加熱方法

| 試料 | エネルギー(kcal/100g) | たんぱく質(g/100g) | 記載加水倍率 | 水分含有率(%) | 開封後の保存 | 加熱方法 |
|----|------------------|---------------|--------|----------|--------|-------|
| T | 356 | 6.1 | 1.5 | 15.8 | 常温 | 記載無し |
| A | 362 | 0.2 | 1.3 | 14.4 | 常温 | 早炊き推奨 |
| B | 313 | 0.2 | 1.0 | 28.7 | 冷凍 | 記載無し |
| C | 342 | 0.2 | 1.3 | 16.2 | 常温 | 早炊き推奨 |
| D | 355 | 0.5 | 2.0 | 12.0 | 常温 | 記載無し |

「温故知新プロジェクト」は生活科学研究所藤井建夫元所長の提案による総合研究プロジェクトで、これまでに42課題の研究が行われています。



測定条件：20mm プランジャー，クリアランス 5mm，測定速度 1.0mm/s，ロードセル 200N，アンプ倍率 10 倍

図1 低たんぱく米およびでんぷん炊飯米のテクスチャー

含有率が高いので、冷凍保存しないとカビが発生する。

各試料で、加水量や水分含有率が違うので、炊き上がり重量も一般精白米より少なく、米の181～214%になる。このことは、低たんぱく炊飯米200gを食べた時に、製品によりエネルギー摂取量が違うことになる。低た

んぱく炊飯米を使用する場合には、どの製品を用いたのかを把握しないとエネルギー量が違うので、献立作成や栄養指導に注意する必要がある。

1) 低たんぱく炊飯米のテクスチャー

炊き上がり30分後の低たんぱく炊飯米の硬さ、凝集性、付着性を、図1に示した。

炊飯米の硬さは、普通のご飯(T試料)と低たんぱく米(A,B,C試料)に違いはなかったがD試料は有意に硬かった。

凝集性は、T試料が0.30に対しB試料は0.32と変わらなかった。しかし、他の試料は有意に高かったため弾力があると思われる。

付着性は、低たんぱく米の3種は普通米と同等の値であったが、D試料は他試料より有意に低かった。これらのことから、低たんぱく炊飯米のテクスチャーは、普通炊飯米と大きな違いがなかった。しかし、でんぷん米では、普通炊飯米より硬く、付着性の低い飯であった。でんぷん米の食感は、今後の課題である。

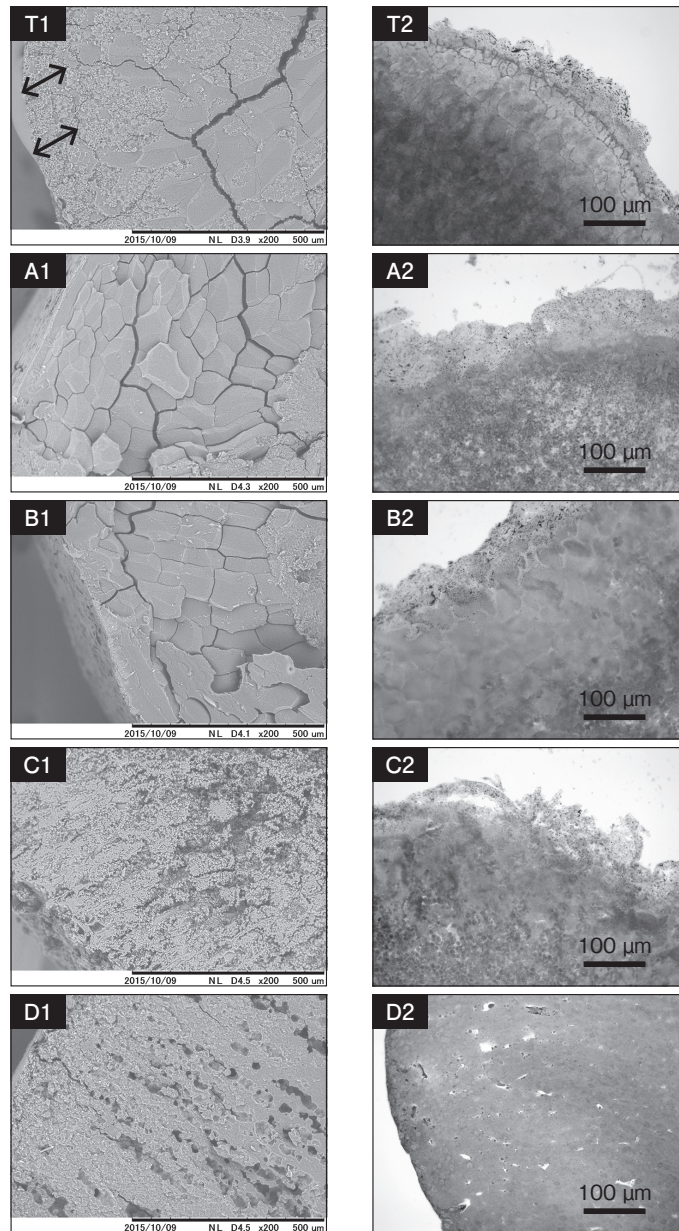
2) 低たんぱく米の組織構造

走査型電子顕微鏡像による米の断面(外層部：写真T1, A1, B1, C1, D1)および炊飯米の外層部の光学顕微鏡像(写真T2, A2, B2, C2, D2)を写真1に示した。普通の対照米T試料では、米の外層部のサブアリュロン層(玄米を搗精した際に糠を除いた最外層にあたる糊粉層)がみられ、米の中心部に向かってでんぷんの胚乳細胞¹⁸⁾が詰まっている(写真T1)。A, B試料は、外層部分が薄く、普通の米と同様に胚乳の中心から放射状にでんぷん細胞が並んでいた。

C試料では、外層部がなく内部のでんぷん細胞は不明瞭であった。外層部にあるサブアリュロン層にはたんぱく質が含まれており、この部分を除去あるいは削る加工処理に

より米粒のたんぱく質量を減らして低たんぱく米を加工しているのがわかる。D 試料は、微小な空隙のある構造を示した(写真D1)。

これは、でんぷんを抽出して粒状に加工しているため、均一な構造になっていると考えた。普通炊飯米では、米の外側におねば層¹⁹⁾が



1：米の外層部の走査型電子顕微鏡像（ミクロン bar=500 μm） 2：炊飯米の光学顕微鏡像
T：普通米 A：A 試料 B：B 試料 C：C 試料 D：D 試料 ↑：サブアリュールン層の部位およびその幅

写真1 米および炊飯米の断面の組織構造

「温故知新プロジェクト」は生活科学全般にかかわる総合研究プロジェクトですが、本誌では食のテーマについて取り上げています。

濃く染まっている。おねばは、加熱によって細胞外に流失した糊化したでんぷん層である。

A試料は、おねば層の部分は濃く染まり、米の中心部のでんぷん細胞は不明瞭で空隙が多く観察された。B試料は、おねば層の部分は濃く染まりでんぷん細胞が密であった。C試料は、おねば層は分断された部分もみえ、中央部のでんぷん細胞は不明瞭で空隙も観察された。米の種類および加工の方法により、低たんぱく炊飯米の構造には違いがみられた。でんぷん米のD試料には、おねば層がほとんど観察されなかった(写真D2)。また、内部に空隙が多く、炊飯で流出したでんぷん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。従って、付着性が他の試料と違って低いのは、この構造の違いによると考える。

3) 低たんぱく炊飯米の官能評価

低たんぱく米の官能評価は女子大学生14名をパネルとした。普通の飯(T試料)を0点として、好む3点、好まない-3点、強い3点、

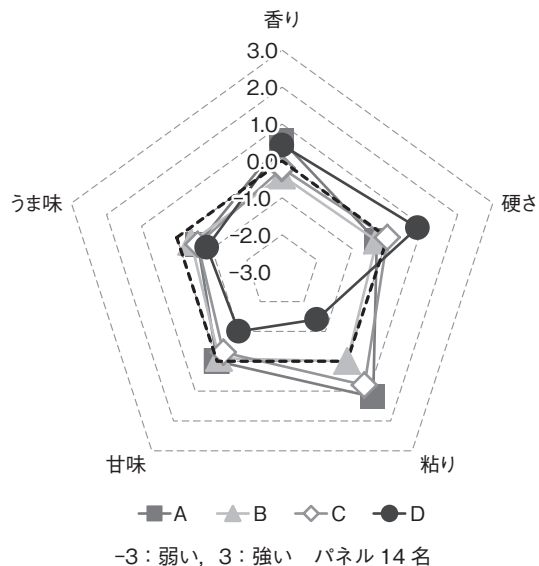


図3 低たんぱく炊飯米の分析型官能評価

弱い-3点として各試料を評価した(図3)。

香りと硬さの高さ、甘味とうま味の低さにおいて、試料間に違いはみられなかった。粘りの強さで、A、C試料で高かったがT試料との有意差はなく、D試料がいずれの試料よりも有意に低かった。

嗜好型官能評価の総合評価(おいしさ)は、好ましくないを-3点、好むを3点として評価させ、その結果を図4に示した。

いずれの試料も普通炊飯米よりマイナス値を示した。特にほか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。

4) 低たんぱく米の今後

低たんぱく米が発売されて20年以上経ち、その品質はかなり向上している。しかし、それでも病院などの給食施設にはあまり普及していない。その理由は味や匂いが良くないことの影響が大きいですが、調理方法にも問題がある。それは、一概に低たんぱく米といっても、製造会社によって、米の重さや水分量、外観、色など大きく違っていることも原因と考える。

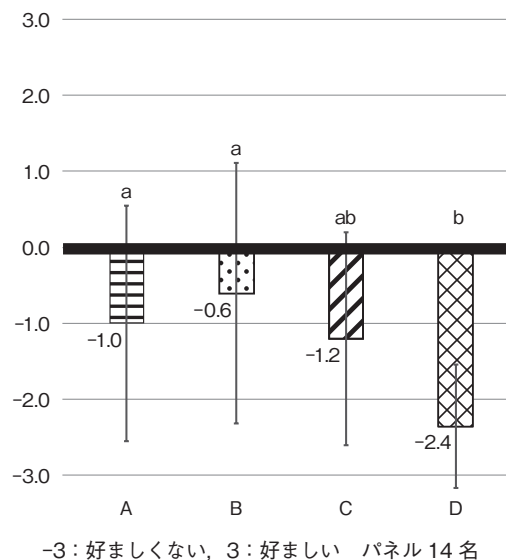


図4 低たんぱく炊飯米の総合評価

現在は高価な低たんぱく米があり、かなりおいしく食べられるようになってきた。しかし、安価な低たんぱく米は、具体的には本研究のC,D試料にあたるが、テクスチャーや味にはかなり改善する必要がある。

低たんぱく米のレトルトの製品は、炊飯米よりは価格は高いが、においが少なくおいしく食べられるという意見がある。その原因として、加熱方法を検討している。加熱方法や調味料などの添加により、低たんぱく米がさらに食べられるようになり、給食への普及率が向上することを期待している。そして、CKD患者に対する食事療法のコンプライアンス向上になることを期待する。

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。

参 考 文 献

- 1) 一般社団法人日本腎臓学会：『エビデンスに基づくCKD診療ガイドライン2009』, p.8 (東京医学社, 2007).
- 2) 一般社団法人日本腎臓学会：『慢性腎臓病に対する食事療法基準2014』, p.1-13 (東京医学社, 2013).
- 3) 一般社団法人日本腎臓学会：『エビデンスに基づくCKD診療ガイドライン2013』, p.25-30 (東京医学社, 2007).
- 4) 平田清文：『新編腎臓病の医療管理』, p.135-278 (医歯薬出版, 1981).
- 5) 出浦照國ら：日本内科学会雑誌, **33**, 1822-1829 (1993).
- 6) Giordano C : *Journal of Laboratory and Clinical Medicine*, **62**, 231-246 (1963).
- 7) Giovannetti S, *et al*: *Lancet*, **1**, 1000-1003 (1964).
- 8) 浅野誠一：日本内科学会雑誌, **46**, 912-926 (1968).
- 9) Brenner BM, *et al* : *The New England Journal of Medicine*, **307**, 652-659 (1982).
- 10) 出浦照國ら：『最新内科学大系:プログレ10』, p.311-322 (中山書店, 1997).
- 11) Locatelli F, *et al* : *Lancet*, **337**, 1299-1304 (1991).
- 12) Klahr S, *et al* : *The New England Journal of Medicine*, **330**, 877-884 (1994).
- 13) 大矢晴彦：『高純度化技術大系 第3巻 高純度物質製造プロセス』, p.450-457 (フジ・テクノシステム, 1997).
- 14) 中山優子：桐生大学紀要, **23**, 31-36 (2012).
- 15) 片山直美：名古屋女子大学紀要, **61**, 79-88 (2015).
- 16) 城田直子：日本食生活学会誌, **28**, 35-40 (2017).
- 17) 田中隆介：日本食品科学工学会誌, **64**, 365-372 (2017).
- 18) 田村咲江：『食品・調理・加工の組織学』, p.5-12 (学窓社, 1999).
- 19) 星野忠彦ら：『食品組織学』, p.203-201 (光生館, 1998).