

腎臓病治療用でんぷんご飯の嗜好性改善について

Improvement of palatability of cooked starchy rice for treatment of patients with chronic kidney disease

菊地紘美* 鎌田由香** 星 祐二**

Hiromi KIKUCHI Yuka KAMADA Yuji HOSHI

The effects of different additional food ingredients and cooking conditions on the palatability of *Gentakun* (manufactured by Kissei Pharmaceutical Co., Ltd.), which is starchy rice for treatment of patients with chronic kidney disease, were investigated.

When adding *Papa no Omoyu* (Ina Food Industry Co., Ltd.), sticky rice flour, mirin (sweet rice wine used as a condiment) or honey to *Gentakun*, it was found that these ingredients improved the palatability of *Gentakun*. Furthermore, it was confirmed that these four ingredients also improved the palatability of three other starchy rice products from different companies.

In addition, cooked starchy rice became softer by soaking starchy rice in water for 1 or 3 hours before cooking; therefore, this method also seemed to be an easy way to improve the palatability of cooked starchy rice.

The degree of gelatinization of the cooked starchy rice was 75.5%, although that of ordinary rice (Hitomebore variety) was 99.4%. On the other hand, it was shown that the gelatinization rates of the cooked starchy rice slightly increased when the above four ingredients are added. Therefore, it was considered that the gelatinization rate was one of the factors to improve the palatability.

Sensory evaluation by eight students showed higher preference for *Papa no Omoyu* and the sticky rice flour, especially.

Keywords: cooked starchy rice, palatability, chronic kidney disease
でんぷん米、嗜好性、慢性腎臓症

1. 緒言

我が国の腎臓病患者数は、生活習慣病の増加にともなって増えており、現在1,330万人（成人の8人に1人）に達し、腎臓病が進行し、維持透析を受ける患者数も約33万人となっている^{1,2)}。透析に至らないようにするためには、残存腎機能の維持が重要あり、そのためには食事療法や禁煙などの生活習慣の改善、薬剤を用いた血压管理等が必要となる。その中でも食事療法においては、食塩摂取量を1日6g未満に制限することや健常人と同程度のエネルギー（25～35 kcal/kg 体重/日）を確保しつつ、慢性腎臓病の病期分類に応じたタンパク質制限（0.6～1.0 g/kg 体重/日）を行うことが必要とされている³⁾。

タンパク質はエネルギー産生栄養素の1つであり、体構成成分やエネルギー源として重要であるが、タンパク質を過剰に摂取することで、腎臓の糸球体の内圧が上昇し、腎組織が傷害を受けることから、腎臓病患者がタンパク質を制限することは、残存腎機能低下抑制の点で有用である

とされている^{4,5)}。また、タンパク質が体内で代謝される際には、窒素化合物も生成されるが、腎機能が低下している場合には、その排泄が十分に行えず、尿毒症などの原因となる点からも、タンパク質を制限することは有用である³⁾。

その一方で、タンパク質制限を行いながらも良好な栄養状態を維持するためには、体内において利用効率の低い、つまりアミノ酸スコアの低い穀物（主食）由来のタンパク質の摂取を抑え、良質なタンパク質を多く含む肉や魚などの摂取割合を高めることが重要となる^{6,7)}。また、摂取したタンパク質をエネルギー源としてではなく、体構成成分として利用するためには、十分なエネルギー量の確保が必要となるが、主食量を減じてタンパク質摂取量の低減化を図ることは、エネルギー不足を惹起する可能性がある点に留意すべきであろう^{4,7,8)}。

このように相反する諸条件を満たしながら、腎臓病の食事療法を継続するためには、「腎臓病治療用特殊食品」を

*医療法人双桜会 やまと内科クリニック
**宮城学院女子大学大学院健康栄養学研究科

活用することも選択肢の1つとなり、これらの食品として、「たんぱく質調整食品」や「でんぷん製品」などがある。腎臓病治療用特殊食品の代表的なものとしては、「たんぱく質調整米」や、デンプンを米粒に模した「でんぷん米」、家庭食療法用のパンを焼成できる「でんぷんパンミックス」などがある⁹⁾。

たんぱく質調整食品は、酵素処理や乳酸発酵により、元となる食材からタンパク質を除去したものであるが、価格が高く、継続利用には経済的な負担が大きい。一方、デンプンを原料としているでんぷん製品は、タンパク質含有量を低く抑えながら、オリジナルな食材と同等以上のエネルギーを有し、価格面でも継続利用がしやすいという利点がある¹⁰⁾。しかしながら、でんぷん製品はコムギやトウモロコシデンプンを主原料とするため、通常のコメを原料としたたんぱく質調整米に比べ、味や匂い、食感など、嗜好性の面で課題が残ることは否めない。

著者らは、市販のでんぷんパンミックスを用いて調製したでんぷんパンの嗜好性改善に取り組み、その結果を報告している¹¹⁾。一方、でんぷん米を調理した「でんぷんご飯」の嗜好性改善方法については、特定の製品に限定した方法や一般の方の実体験に基づく方法がインターネット上に多数掲載されているものの、学術的な検証を経た報告は、ほとんど見当たらず¹²⁻¹⁷⁾、今回、でんぷんご飯の嗜好性改善方法について検討することとした。現在、複数のメーカーがでんぷん米を製造販売しているが、本研究においては、包装に電子レンジによる調理方法が記載されていた「げんたくん」(キッセイ薬品工業)を試料とし、嗜好性におよぼす各種食材添加と炊飯条件の影響について評価した。また、「げんたくん」において改善効果の認められた食材については、他社製品への適用性についても検討し、さらに、女子大学生による官能評価も行った。

なお、本論文では、タンパク質やデンプン等の化学用語はカタカナ表記とし、製品名等については、包装の記載に従った。

II. 試料、試薬および実験方法

1. 試料

1) でんぷん米および対照米

試料として用いたでんぷん米は、「げんたくん」(キッセイ薬品工業)、「ゲンブライス」(ゲンブ)、¹⁾「でんぷん1/20」(ゲンブ) および²⁾「でんぷん1/15」(オトコーポレーション)で、各種食材の嗜好性改善効果を検討するための試料は「げんたくん」とした。でんぷん米を加熱して調理したでんぷんご飯は、調理後短時間で嗜好性が変化するが、官能評価のように短時間で複数の条件のでんぷん米を調理するためには、電子レンジによる加熱が効率的であり、電子レンジによる調理方法の記載もあった「げんたくん」を試料とすることとした。電子レンジ加熱を含め、「げんたくん」を炊飯したものを、以後「でんぷんご飯」とした。

とした。

対照米として、宮城県産「ひとめぼれ」を用い、でんぷん米および対照米とも、炊飯にはミネラルウォーター(「森の水だより」日本コカ・コーラ)を使用した。

2) 嗜好性改善効果検討食材

嗜好性改善効果を検討した食材は、①すでにご飯等での改善効果が報告されているもの、②製品包装等に記載のあるもの、③新規検討食材の3グループとし、添加量および加水量を表1に示した。

すでに嗜好性改善効果が報告されている食材として、「げんた速水もち」(キッセイ薬品工業)と重湯を対象とした¹²⁾。

製品包装等に嗜好性改善効果が謳われている食材として、「ジンゾウ先生のでんぷん米用もち粉」(オトコーポレーション)、ゴマ油(「ごま油好きのごま油」;J-オイルミルズ)、サラダ油(「さらさらキャノーラ油コレステロールゼロ」;J-オイルミルズ)、およびトレハロース(「お米にトレハ」;H&B ライフサイエンス)を取り上げた¹⁴⁻¹⁹⁾。

また、「ばばのおもゆ」(伊那食品工業)、粉寒天(マルハニチロ食品)、米粉(「菅原さんちの米粉」;菅原商店)、もち粉(「白兔もち粉」;淡路製粉)、味醂(「タカラ本みりん」;宝酒造)、ハチミツ(「サクラ印 純正アカシアはちみつ」;加藤美養蜂本舗)、および「ホット&ソフト」(ヘルシーフード)については、新規食材として扱った²⁰⁻³⁰⁾。

2. 試薬類

コムギβ-アミラーゼ(3 units/mg)、グルコース定量キット(「グルコースCII-テストワコー」)、酢酸ナトリウムは、すべて和光純薬製を使用した。

Klebsiella pneumoniae プルラナーゼは天野エンザイム製(3,000 units/mL)、酵母α-グルコシダーゼはオリエンタル酵母製(75 units/mg)を使用した。

3. β-アミラーゼ・プルラナーゼ溶液の調製

β-アミラーゼとプルラナーゼをそれぞれ30 units となるよう0.1 M 酢酸緩衝液(pH 6.0)に溶解後(5 mL)、3,000回転、10分間遠心分離し、上清を使用した。

4. でんぷん米および普通米の調理方法

各種食材の嗜好性改善効果を予備的に検討する段階では、でんぷん米にとって一般的な炊飯器による調理とした。一方、予備的検討結果を受けて、学生による官能評価を行う際には、電子レンジ加熱とした。

1) 炊飯器によるでんぷん米の調理

炊飯ジャー(「炊きたて」JBH-G1;タイガー魔法瓶)付属の内釜に、「げんたくん」100 g、ミネラルウォーター200 mLを加えて混合後、「普通炊き」(炊飯時間約40分)で炊飯を開始した。炊飯開始後、製品包装の記載に準じて、湯気の立ち上がりはじめて(炊飯開始より27分後)一旦かき混ぜてから炊飯を続けた。

2) 官能評価のための電子レンジによる調理

電子レンジを用いた炊飯は、「げんたくん」の包装に記

表 1. でんぷんご飯の嗜好性改善効果を検討した食材と加水量
(でんぷん米 100g あたり)

	嗜好性改善効果を検討した食材	添加量 (g)	加水量 (mL)
先行研究で改善効果が 報告	げんた速水もち	12	200
	重湯 ^{*1}	105	100
製品包装やホームページに改善効果が記載	ジンゾウ先生のでんぷん米用もち粉	5	200
	ゴマ油	1~3 滴	200
	サラダ油	5	200
	トレハロース	3	200
	ばばのおもゆ	106 ^{*2}	100
新たに改善効果を検討 した食材	粉寒天	1	200
	米粉	5	200
	もち粉	5	200
	味醂	2	200
	ハチミツ	2	200
	ホット&ソフト	5	200

*1 重湯の添加量および加水量は、先行研究¹²⁾に準じて決定した。

*2 「ばばのおもゆ」は、熱湯 100mL に対して製品 6g を加えて調理した。

載されている方法に準じて行うこととし、電子レンジ炊飯用容器（「ご飯一合炊き」；大創産業製）に、「げんたくん」150 g と 190 mL の水を加えて混合し、冷蔵庫で 3 時間浸漬後、電子レンジ（RE-S5D；SHARP）で、500 W、3 分間加熱した。加熱後に一度かき混ぜ、再度 2 分間追加加熱を行った。なお、官能評価分析の際には、パネル全員が一度に試食できるよう、電子レンジ炊飯用容器の最大炊飯量に相当する米粒（「げんたくん」）150 g を用い、でんぷん米重量に応じて必要な加水量と食材添加量を算出した。

加水量については予備実験により決定し、また、嗜好性改善効果を検討した食材は、浸漬時に加えることとした。なお、ミネラルウォーターのみで炊飯したでんぷんご飯を、それぞれの調理方法の基準（以後、「基準のでんぷんご飯」とした。

3) 普通米飯の調理

普通米（「ひとめぼれ」宮城県産）180 g を筥に入れ、流水で 30 秒かき混ぜた後、炊飯器付属の内釜へ移し、水を加え 30 回よくかき混ぜ、水を捨てた。これを 3 回繰り返し、水切りした。洗米後、洗米時に米に付着した水分量を含め、1.33 倍の加水量となるよう 220 mL の水を加え、常温で 1 時間浸漬後、普通炊きで炊飯調理した。なお、洗米には水道水を用いた。

4) 重湯（10倍粥）の調理

精白米 50 g を、普通米炊飯時と同様に洗米し、水切り後、ミネラルウォーター 500 mL を加え、炊飯器の「粥モード」で炊飯した¹²⁾。

5. でんぷんご飯および普通米炊飯粉末試料の調製

炊飯直後のでんぷんご飯または米飯 20 g に 3 倍量のエタノール（約 60 mL）を加え、乳鉢で搗潰した。放置後、上清を捨て、再度、エタノール約 20 mL を加えて搗潰し、上清を捨てる操作を 2 度行った。その後、プフナーロート上のろ紙にエタノール処理試料を移してから、アセトン約 40 mL を注いで乾燥させた。

6. 部分糊化および完全糊化デンプン分散液の調製

上記炊飯粉末試料 100 mg をガラスホモジナイザーに移し、蒸留水 10 mL を加えて搗潰した。搗潰分散液 2 mL に 0.1 M 酢酸緩衝液を加えて 20 mL 定容とし、これを部分糊化デンプン分散液とした。

上記搗潰分散液 2 mL に 10 M 水酸化ナトリウム水溶液 0.2 mL を加え、37°C、15 分間放置した。放置後、2 M 酢酸を 1 mL 加えて中和してから、0.1 M 酢酸緩衝液を加えて 20 mL 定容とし、これを完全糊化デンプン分散液とした。

7. 糊化度測定

β -アミラーゼとプルラナーゼによるデンプンの消化

後、生成したマルトースを α -グルコシダーゼを用いてグルコースに変換し、生成したグルコース量から糊化度を求めることとした³¹⁻³⁴。部分または完全糊化デンプン分散液 4 mL に β -アミラーゼ・プルラーゼ溶液 1 mL を加え、37°C、30分間反応させた。反応後、95°C、10分間加熱して β -アミラーゼ・プルラーゼによる反応を止めた。上記反応停止液 1 mL に α -グルコシダーゼ溶液を 10 μ L (4units) 加え、37°C、90分間反応させた。その後、60°C、10分間加熱して α -グルコシダーゼによる反応を止めた。 α -グルコシダーゼ反応停止液から 20 μ L を分取し、グルコース CII-テストワコーを用いて生成グルコース量を測定した。糊化度は、以下の式から算出した。

$$\frac{\text{部分糊化デンプン試料生成グルコース濃度 (mg/mL)}}{\text{完全糊化デンプン試料生成グルコース濃度 (mg/mL)}} \times 100$$

8. 人工ハチミツの調製

人工ハチミツは、既報に従って調製した³⁵。

9. でんぷんご飯の品質評価

1) でんぷん米炊飯前後のデジタルマイクロ스코ープによる観察

炊飯前後のでんぷん米外形の観察は、デジタルマイクロSCOープ (DIM-02; アルファミラージュ) を用いて行った。

2) でんぷん米の走査型電子顕微鏡 (SEM) 観察

未炊飯の米粒試料を剃刀で切断し、切断面が上になるよう SEM 用試料台に木工用ボンドで接着した。接着後、金を蒸着してから (イオンコーター IB-3; Eiko)、SEM による観察を行った (TM-3000; HITACHI)

3) 官能評価

30代女性と60代男性が、基準のでんぷんご飯と嗜好性改善効果を検討したでんぷんご飯について評価した (以後、「試行的官能評価」とした)。評価は、日本穀物検定協会における食味試験評価法項目 (「外観」、「香り」、「味」、「粘り」、「硬さ」、および「総合評価」) の 6 項目について行った³⁶。

外観、香り、味および総合評価の各項目については、「-3」の非常に不良から、「+3」の非常に良い、粘りについては「-3」の非常に弱いから、「+3」の非常に強い、硬さについては「-3」の非常に軟らかいから、「+3」の非常に硬いまでの 7 段階評価とした。試行的官能評価において嗜好性改善効果の認められたでんぷんご飯については、本学臨床栄養学ゼミ所属学生 8 名による官能評価を実施した。評価方法および評価項目は、試行的官能評価に準じて行った。

10. 統計処理

官能評価結果については、Quade 法により検定した。解析には、「4 Steps エクセル統計」第 4 版の付録アドインソフトである Statcel 4 (オーエムエス出版) を用いた³⁷。

11. 倫理的配慮

研究協力者には、研究目的や方法、および協力は個人の自由意志であることを説明し、書面による同意を得た。

III. 結果と考察

1. デジタルマイクロSCOープおよび走査型電子顕微鏡 (SEM) による米粒の観察

図 1 に、デジタルマイクロSCOープによる「ひとめぼれ」および各種でんぷん米試料の炊飯前の外観を示した。

「グンプンライス」と「でんぷん米 1/20」は、胚芽部を除けば「ひとめぼれ」に近い形状であった (図 1a, b, c)。「でんぷん米 1/15」は、形状は「ひとめぼれ」に近かったが、一部に透明度の高い粒も観察された (図 1d)。一方、「げんたくん」は角柱状を呈し、他のでんぷん米と異なり、粒全体が白濁していた (図 1e)。

図 2 にデジタルマイクロSCOープによる炊飯後の「ひとめぼれ」および各種でんぷんご飯の外観を示した。

「でんぷん米 1/20」および「でんぷん米 1/15」は、普通米飯に近い粒立ちがあったが (図 2a, c, d)、「グンプンライス」および「げんたくん」は米粒同士が付着していた (図 2b, e)。また、いずれの製品も「ひとめぼれ」に比べ、艶は少なかった。

図 3 に「ひとめぼれ」および各種でんぷん米試料の SEM 像を示した。「ひとめぼれ」の SEM 像には (図 3a)、米のデンプン粒やアミロプラストの存在が確認できた。図 3b~e の各種でんぷん米試料の SEM 像のように、製品ごとに微細構造は異なっていた。特に「げんたくん」の場合、デンプン粒が網目状構造を呈し、また、原料のトウモロコシデンプン由来と考えられる多角形のデンプン粒が、一部溶融状態となって存在している様子が観察された (図 3e)。「げんたくん」をはじめとして、いずれのでんぷん米製品とも普通米の微細構造とは大きく異なっていた。

2. 試行的官能評価

1) 「げんたくん」の嗜好性改善におよぼす各種食材の影響

初めに、嗜好性改善の期待される食材を添加して炊飯した 13 種のでんぷんご飯について、試行的官能評価を実施した。

① 「げんたくん速水もち」

基準のでんぷんご飯は、炊飯後短時間でポロポロとした食感に変化するが、「げんたくん速水もち」を添加することで、でんぷんご飯特有の食感や透明感のある外観が改善された。これは、原料に含まれるトレハロースをはじめとする糖類のデンプン老化抑制効果やテクスチャー改善効果、および艶出し効果によるものと考えられた³⁷。その一方で、「げんたくん速水もち」の主原料は、でんぷん米と同様、デンプンであるため、味や香りに対する改善効果は少なかった。

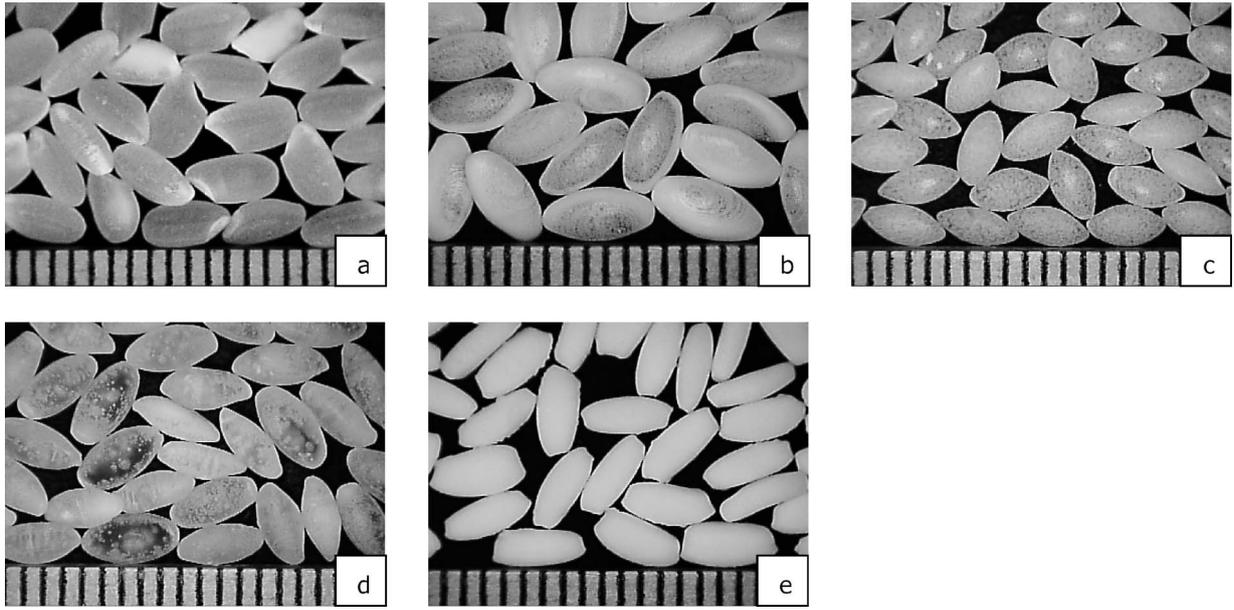


図1. 各種でんぶん米試料の炊飯前の外観

a：ひとめぼれ b：グンプンライス c：でんぶん米 1/20
d：でんぶん米 1/15 e：げんたくん

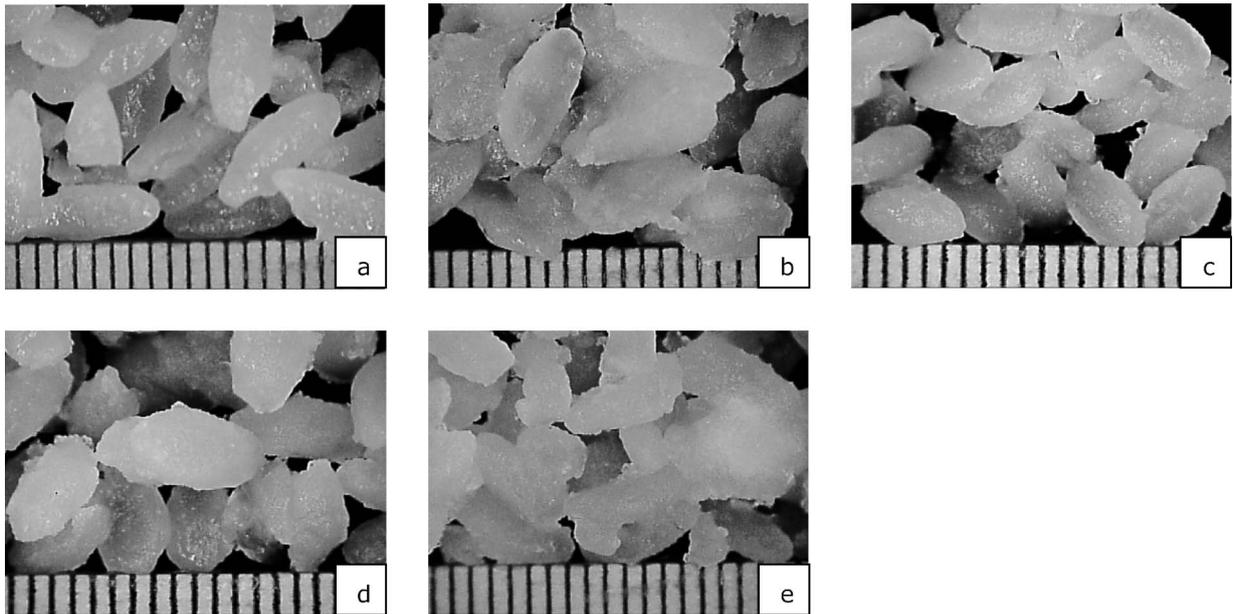


図2. 各種でんぶん米試料の炊飯後の外観

a：ひとめぼれ b：グンプンライス c：でんぶん米 1/20
d：でんぶん米 1/15 e：げんたくん

② トレハロース

トレハロースには、デンプンの老化抑制効果をはじめ、タンパク質変性抑制、脂質劣化抑制など多くの機能性があり³⁸⁾、普通米飯炊飯時に、米粒重量に対し3%のトレハロースを添加することで、嗜好性が改善されることが報告されている¹⁹⁾。また、「げんた速水もち」や後述の「でんぶん米用もち粉」にも原料との一つとしてトレハロースが用いられている。そこで、「げんたくん」100gに対し、

3gのトレハロースを添加して炊飯したところ、食味については、わずかに甘味を付与できたものの、でんぶん米特有の透明感のある外観や匂い、弾力のある食感の改善には至らなかった。

③ 重湯

重湯添加により、付着性が高まり、箸で掴みやすくなったが、咀嚼中にポロポロとした食感に変化し、著しい効果は得られなかった。今回の重湯の調理は、自宅で行うこ

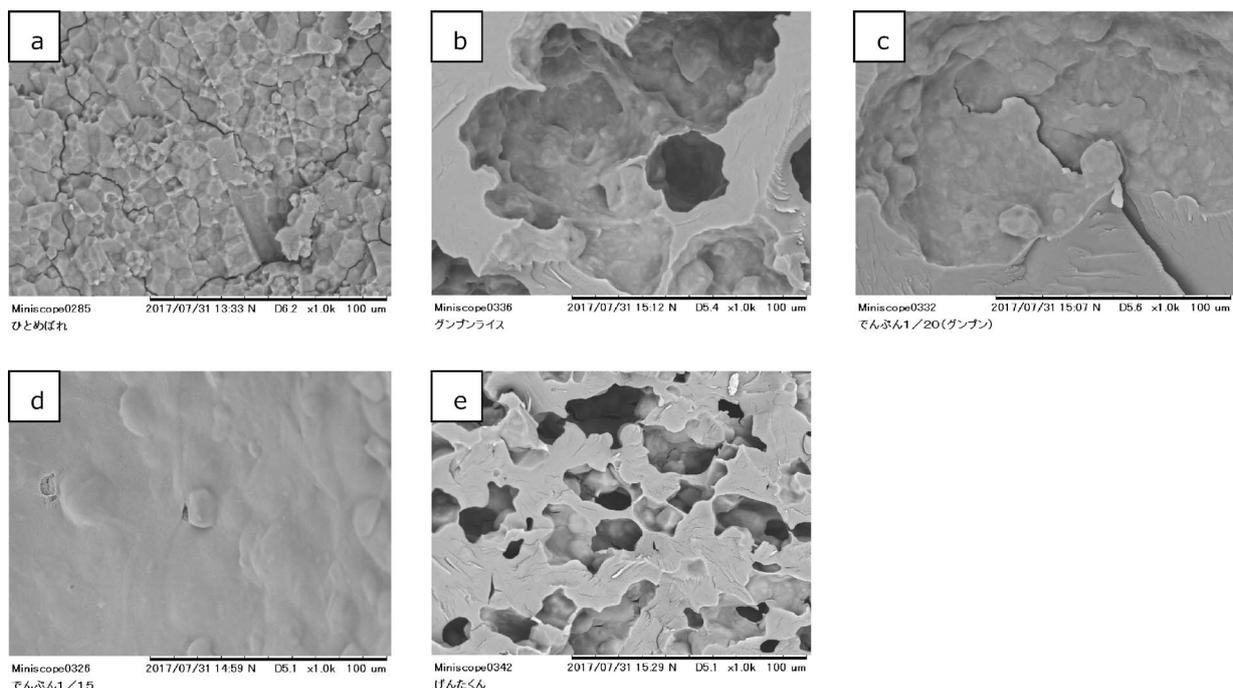


図3. でんぷん米試料の走査型電子顕微鏡による微細構造
 a : ひとめぼれ b : グンブンライス c : でんぷん米 1/20
 d : でんぷん米 1/15 e : げんたくん

とを想定したもので、使用しない粥が多量にできることを避けるとともに、十分な量の重湯を得ることを目的に、米と水を1対10とする「10倍粥」としたため、重湯の濃度が薄く、期待された改善効果が得られなかったものと考えられた。重湯の調理は、同時に粥もできるため、一般家庭には向かない方法と考えられた。

④ 「ばばのおもゆ」、粉寒天、および米粉

上記③で、でんぷんご飯の嗜好性改善のために、重湯を家庭で調理することは現実的ではないことが明らかとなったので、手軽に重湯が調理できる「ばばのおもゆ」を用いた方法について検討した。「ばばのおもゆ」を添加することによって、外観や味、香り、付着性などの嗜好性が顕著に改善された。

「ばばのおもゆ」の改善効果には、製品原料の寒天や米粉も寄与していると考えられたので³⁰⁾、それらを個別に添加し、効果を検討した。

粉寒天添加では、炊飯直後は、でんぷんご飯特有のポロポロ感および弾力のある食感が改善されたものの、寒天の凝固温度付近まで温度が低下すると塊が生じ、期待した効果は得られなかった。

米粉添加では、でんぷんご飯1粒1粒のポロポロとした食感は改善されたが、でんぷんご飯特有の弾力のある食感を改善するには至らず、特有の透明感や匂いについても、わずかな改善にとどまった。以上から、「ばばのおもゆ」添加による嗜好性改善効果は、成分素材間の相互作用によるものと考えられた。

⑤ 「でんぷん米用もち粉」

「でんぷん米用もち粉」の添加によって、でんぷんご飯特有の透明感のある外観や時間経過ともなう食感の変化が軽減し、ある程度の嗜好性改善効果が認められた。この製品にはデキストリン、砂糖/加工澱粉の他に、「げんた速水もち」と同様、トレハロースも含まれているため、これらの原料が複合的に作用し、嗜好性改善に繋がったと推測された¹⁹⁾。

⑥ もち粉

もち粉添加による改善効果を検討した結果、「でんぷん米用もち粉」に比べ、外観や味、食感が顕著に改善された。これは原料として使用されているもち米によって、普通米飯に近い香りや味が付与されたことに加え、もち粉のアミロペクチンは老化しにくいと認められた³⁹⁾。また、もち粉は一般量販店でも購入しやすい点も利点であると考えられた。

⑦ ゴマ油

ゴマ油添加については、でんぷんご飯特有の匂いがやや弱められた印象はあったが、味や食感等の改善効果は低かった。

⑧ サラダ油

サラダ油添加は、普通米に対しても糊化度低下抑制効果や嗜好性改善効果が報告されている¹⁸⁾。しかしながら、今回サラダ油を添加したでんぷんご飯については、炊飯直後の香ばしさは認められたものの、数分後には塊ができるとともに油っぽさを強く感じ、嗜好性は改善されなかつ

た。普通米にはタンパク質が6%程度含まれており⁴⁰⁾、乳化剤として作用するためと考えられたが、でんぷん米はタンパク質含有量が低く、添加した油が乳化されずに米粒表面に付着したため、普通米に添加したとき程には改善効果が得られなかったのではないかと推察された。

⑨ 味醂

でんぷんご飯は、普通米飯に比べ甘味が少ないため、甘味を補う方法として、味醂やハチミツを添加する方法についても検討した。

味醂を古米や食味の劣った米（ぬか臭のある米）に添加して炊飯すると、香りや吸水性が高められるため、匂いやパサつきの改善が報告されており²⁰⁻²⁴⁾、今回、でんぷん米に添加した場合も味や外観、香り、食感の改善効果が認められた。味醂には、グルコースやコージビオース、ニゲロースなどさまざまな種類の糖、およびグルタミン酸やアスパラギン酸などのうま味系アミノ酸が含まれているため、それらが複合的に作用し、味や外観、香り、食感などが改善したと考えられた²⁶⁾。また、味醂にはアミノ・カルボニル反応による香気の付与、また匂いのマスキング作用もあるため、でんぷんご飯特有の匂いも軽減できたのではないかと考えられた²⁰⁻²⁴⁾。

⑩ ハチミツ

でんぷん米100gに対し、ハチミツを2g添加して炊飯したところ、甘味の少ないでんぷんご飯に、程よい甘みがつくとともに、でんぷんご飯特有の弾力のある食感が改善された。これらの改善効果は、ハチミツに含まれる糖類によるものか、あるいはジアスターゼ活性によるものかについて、人工ハチミツを用いて検討した。人工ハチミツを加えて炊飯したところ、ハチミツ添加時と同等の味や食感改善効果は得られず、また、市販の砂糖（「白砂糖」；日新製糖）を単独で添加した際にも、著しい嗜好性改善効果は得られなかった。普通米炊飯時に上白糖を添加すると、コメデンプンの糊化が妨げられるとの報告もあるため^{27,28)}、今回、ハチミツ添加によって嗜好性改善効果が認められたのは、糖類の影響ではなく、ハチミツのジアスターゼ活性が関与したものと考えられた。

日本養蜂協会の国産天然ハチミツの定義では、天然ハチミツとはジアスターゼ活性10以上のハチミツとされており、「純粋ハチミツ」、「精製ハチミツ」、「巣ハチミツ」が該当する⁴¹⁾。一方、「加糖ハチミツ」は、水あめなどが加えられて成分調整がなされているため、ジアスターゼ活性が低く、また、輸入ハチミツにも、ジアスターゼ活性が10を下回る製品が多く存在しているため、でんぷんご飯の嗜好性改善を目的にハチミツを添加する場合は、使用するハチミツの種類に留意する必要がある^{41,42)}。

ハチミツの添加量については、上記のように、でんぷん米100gに対し2gとしたが、ハチミツ特有の匂いも感じられた。そこで、添加量を1gへ減量するとともに、ジアスターゼの作用を促進させるため、炊飯前に30分間浸漬

したところ、ハチミツ特有の匂いを抑えつつも、2g添加時と同等の嗜好性改善効果を得ることができた。この結果を踏まえ、学生による官能評価を実施する際にも、添加量はでんぷん米100gあたりハチミツ1gとし、調理前に30分間浸漬することとした。

⑪ 「ホット&ソフト」

「ホット&ソフト」については、ハチミツと同様、デンプン分解酵素が含まれているため、でんぷんご飯特有の弾力のある食感に対する改善効果を期待して添加したが、炊飯直後に一時的な食感の改善効果は認められたものの、製品に含まれる凝固剤の影響により炊飯後短時間で固まり、改善効果は持続しなかった。

以上のことから、でんぷん米「げんたくん」に対し、嗜好性改善効果の得られた食材は「ばばのおもゆ」、もち粉、味醂、およびハチミツの4種であった。

2) 嗜好性改善食材の他社でんぷん米製品への応用

「げんたくん」において、嗜好性改善効果の認められた4種の食材が、他のでんぷん米製品に対しても同等の改善効果を有するのかが検討した。検討対象とした製品は、ゲンブン製「ゲンブンライス」と「でんぷん米1/20」、およびオトコーポレーション製の「でんぷん米1/15」の3種とした。3種のでんぷん米に対する嗜好性改善効果の結果を表2に示した。なお、上記でんぷん米の炊飯方法は、各製品包装に記載されている方法に準じた。

「ばばのおもゆ」添加によって嗜好性改善効果が認められた製品は、「げんたくん」に加えて「でんぷん米1/20」で、両者ともコーンスターチを主原料としており、「ばばのおもゆ」は、トウモロコシデンプン製品との相性が良いのではないかと考えられた。

もち粉を添加することで改善効果が認められた製品は、「げんたくん」の他に「でんぷん米1/20」と「でんぷん米1/15」の3製品であり、中でも「でんぷん米1/20」の改善効果は「げんたくん」に匹敵するものであった。「げんたくん」と「でんぷん米1/20」は、原料に米粉は使用されていない点が共通しており、コメ由来の原料が使用されていない製品にもち粉を添加することで、味や香りだけではなく、普通米に近い付着性も得られるものと考えられた。

味醂およびハチミツを添加することで嗜好性が改善した製品は、「ゲンブンライス」および「でんぷん米1/20」であり、中でもハチミツを「でんぷん米1/20」に添加した際の改善効果が著しかった。「げんたくん」を含めたこれらの製品は、コーンスターチやコムギ由来の成分を原料としているが、「でんぷん米1/20」には、唯一、タピオカデンプンも使用されているため、ハチミツはタピオカデンプンを原料とした製品の嗜好性を高める効果があるものと推察された。

以上より、でんぷん米製品の種類によって嗜好性改善に有効な食材は異なり、利用するでんぷん米の種類に応じた食材の選択が必要であると考えられた。

表 2. 「げんたくん」において嗜好性改善効果の認められた食材の他社製品への適用性

製品名	食 材 名			
	ばばのおもゆ	もち粉	味醂	ハチミツ
げんたくん	◎	◎	○	○
グンプンライス	△	△	○	○
でんぷん米 1/20	○	◎	○	◎
でんぷん米 1/15	△	○	△	△

◎：顕著
○：良好
△：やや良

表 3. 各種食材を添加したでんぷんご飯（げんたくん）の糊化度

(n = 2)

食材名	でんぷんご飯					ひとめぼれ
	無添加	ばばのおもゆ	もち粉	味醂	ハチミツ	
糊化度 (%)	75.5±7.6	80.6±3.0	80.8±4.5	76.9±8.1	87.7±2.1	99.4±0.4

3) でんぷんご飯の嗜好性改善におよぼす炊飯条件の影響
食材添加による嗜好性改善に加え、先行研究等で行われていた炊飯前浸漬や、書籍等で紹介されている炊飯器の保温機能を活用して、加水後に6~12時間保温して調理する「保温炊き」についても検討した^{12,14)}。

浸漬時間の影響については、炊飯前に1または3時間浸漬を行った結果、「浸漬なし」に比べて、「1時間浸漬」では、でんぷんご飯特有の弾力のある食感を軽減することができた。さらに、「3時間浸漬」では、弾力性の強い食感の改善に加え、炊飯後30分経過しても硬いゴム状になりづらかった。これらのことから、炊飯前に十分な吸水を行うことで、デンプンの糊化が促進され、軟らかな食感の でんぷんご飯となったのではないかと考えられた。また、この方法は、いずれの でんぷん米製品に対しても、ある程度の改善効果を有し、簡便な改善方法といえる。

「保温炊き」については、上述のように保温時間を6時間としたが、いずれの製品においても、でんぷんご飯の米粒一粒一粒が、水に溶いた片栗粉状になるとともにでんぷんご飯臭も強く、摂食には不適であった。

でんぷん米の原料であるデンプン類の糊化温度は、トウモロコシデンプンは75~80℃、コムギデンプンで80~85℃である³⁹⁾。一般に市販されている炊飯器の保温温度は、製品により60~75℃前後と幅があり、今回使用した炊飯器の保温温度は約70℃であったため、デンプンを十分に糊化させることができず、糊化不十分な片栗粉状になったのではないかと考えられた。以上より、「保温炊き」調理

を行う場合は、炊飯器の種類も重要であり、保温温度が高めに設定できる炊飯器を用いる必要がある。

3. 糊化度測定

嗜好性改善効果の認められた食材（「ばばのおもゆ」、もち粉、味醂、ハチミツ）を、個別に加えて炊飯した4種のでんぷんご飯、および普通米「ひとめぼれ」の糊化度測定結果を表3に示した。

炊飯直後の「ひとめぼれ」の糊化度は、99.4%と100%に近い値を示したのに対し、「基準」のでんぷんご飯の糊化度は75.5%と低い値を示した。このことから、でんぷんご飯特有の炊飯後すぐに硬くなりやすい性質やポロポロとした食感は、原料となっているデンプンの糊化度が低いことも要因の1つであると考えられた。一方、嗜好性改善効果の認められた4種の食材を添加したでんぷんご飯は、「基準」のでんぷんご飯に比べ、若干ではあるが、高い糊化度を示しており、この点からもでんぷんご飯の糊化度と嗜好性改善には関連があるものと考えられた。なお、今回は測定回数が少なかったため、有意差検定は行わなかった。

4. 学生による官能評価

初めに、「基準」のでんぷんご飯と普段食しているご飯について、自由記載での比較を行った。その後、「基準」のでんぷんご飯を対照に、試行的官能評価において嗜好性改善効果の認められた「ばばのおもゆ」、もち粉、味醂、およびハチミツを個別に添加した4種のでんぷんご飯について、官能評価を実施した。パネルは、臨床栄養学ゼミ

学生 8 名とした。

「基準」のでんぷんご飯の外観については、全パネルがでんぷんご飯特有の透明感を認知した。香りについては、5 名が「気にならない」や「普通米と変わらない」と回答したが、その他としては「片栗粉の香り」、「良い香りではないが、おかずと一緒にあれば白米に近い」との回答もあった。

味については、5 名のパネルが「甘味がない」や「あまり味が無い」と回答した一方で、それとは対照に「甘い」と回答した者も 3 名いた。また、粘りや硬さについては、7 名が「粘りは少ない」、「弾力がある」との回答であったが（原文引用）、「粘りが強く弾力がある」と回答した者も 1 名存在した。これらのことから、「基準」のでんぷんご飯については、普段食べている米飯に比べ、ほぼ全員のパネルが透明感の強い外観に加え、弾力のある食感であると捉えていたが、味や粘りについては個人の感覚に差があると思われた。また、総合評価では、「思ったより不味くなかった」、「おかずと一緒に食べられる」、「食べられないこともない」等との回答があり、「食べられない」と回答したパネルはいなかった。

続いて、「基準」のでんぷんご飯のスコアを各評価項目のゼロとし、嗜好性改善を試みた 4 種のでんぷんご飯について評価した結果（平均値）を図 4 に示した。

外観、味、粘り、総合については、でんぷんご飯間に有意差があり、特に外観、味および総合の有意水準は 1% 以下であった。一方、香りと硬さについては、有意差はなかった。

「ばばのおもゆ」については、香りを除く 5 項目で高い評価値となり、パネルのコメントからも、香りを除く 5 項目で改善効果が認められた。中でも粘りや硬さ、総合の項目で高い評価となった。硬さについては、評価値はプラスの値を示し、「より硬い」という評価となるが、でんぷんご飯特有の弾力性が低下し、そのため官能的な評価が高くなったものと思われた。

以上のように、「ばばのおもゆ」を添加することで、で

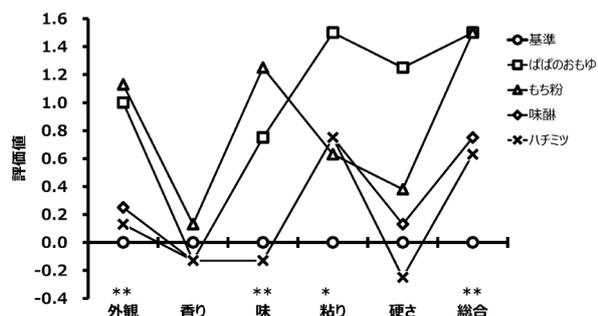


図 4. 嗜好性改善効果の認められた食材を添加したでんぷんご飯についての官能評価
* : $P < 0.05$, ** : $P < 0.01$ (検定には Quade 法を用いた)

んぷんご飯特有の粘りの低さや弾力のある食感が改善された。

もち粉については、外観、味、総合の項目における評価値が高く、コメント欄にも「ご飯に近い硬さ」や「食べやすい弾力」、「米飯のような粘り」などの記載があったことから、もち粉の添加によって、でんぷんご飯特有の外観や味、食感が改善できるものと考えられた。さらにもち粉は、一般の量販店でも購入しやすいという利点もある。

味醂やハチミツでは、粘りや総合評価において、「基準」よりも改善される傾向がうかがえ、コメント記載欄に「箸で取りやすくなった」と回答した者もいた。硬さについては、ハチミツでマイナスの評価値を示し、「(基準より) 米 1 粒 1 粒の弾力は収まっている」や「硬さはあるが食べられる」等のコメント記載があったことから、でんぷんご飯特有の弾力のある食感を改善することができたと考えられた。

これらの嗜好性改善を図ったでんぷんご飯を食した感想については、「基準のでんぷんご飯には驚きましたが、炊飯方法の工夫でおいしく食べられることが分かりました。」「基準のでんぷんご飯と炊飯方法を変えたものでは、食感がけっこう違って、青 (ばばのおもゆ) と黄 (もち粉) は特においしく感じました。青と黄はまた食べてもよいと思えるような味でした。」「炊飯の行い方だけで、こんなにも食感や舌触りが変わるのかと驚きました！」などの回答が得られた (傍点は著者による)。

以上の結果から、試行的官能評価において、でんぷんご飯の嗜好性改善効果が認められた食材は、女子大生をパネルとした官能評価においても、嗜好性改善効果があると評価された。また、味醂やハチミツを加えて炊飯する方法は、表 1 に示した添加量あたりのタンパク質含有量が極めて低いことから、患者のタンパク質制限量に関わらず利用可能であると考えられた。一方、「ばばのおもゆ」やもち粉を加える方法は、著しい嗜好性改善効果はあるものの、添加量あたりタンパク質が 0.3~0.4 g 程度増加するため、タンパク質制限の緩やかな方ででんぷんご飯特有の味や食感、匂いに馴化する際に利用することが望ましいと思われた。

今回の官能評価パネルが腎臓病患者ではなく、健常な女子大生であったことに留意する必要があるが、これらの改善方法は、食事療法実行者の QOL 向上に繋がれると考えられた。

IV. 要約

一般に嗜好性が低いとされている「でんぷんご飯」の嗜好性改善を目的に、各種食材の添加効果や浸漬時間等の調理方法の影響について検討した。でんぷん米「げんたくん」に、嗜好性改善効果が期待された食材 13 種を別個に添加して炊飯した結果、「ばばのおもゆ」、もち粉、およびハチミツを添加したでんぷんご飯については、試行

的な官能評価において嗜好性改善効果が認められた。さらに、これら4種の食材は、他のでんぷん米製品3種に対しても、改善効果が確認できた。

炊飯前に浸漬を行う方法は、デンプンが十分に吸水することにより糊化が促進し、軟らかな食感のでんぷんご飯となるため、手軽な嗜好性改善方法と考えられた。一方、「保温炊き」については、今回行った条件では改善効果はなかった。

改善効果の得られたでんぷんご飯については、 β -アミラーゼ・プルラーゼを用いた糊化度評価も行った。普通米飯の糊化度は99.4%と高い値を示したのに対し、包装に記載されている方法で炊飯したでんぷんご飯の糊化度は、炊飯直後であっても75.5%と低いことが明らかとなり、でんぷんご飯の嗜好性が劣ることの一因であると考えられた。その一方で、嗜好性改善効果の認められた4種のでんぷんご飯は、「基準」に比べ、若干ながら高い糊化度を示し、嗜好性が改善した要因の1つと考えられた。試行的官能評価により改善効果が認められたでんぷんご飯については、本学臨床栄養学ゼミ所属学生8名による官能評価を行い、「ばばのおもゆ」および、もち粉添加でんぷんご飯の嗜好性が高い傾向が認められた。

謝 辞

本研究を進めるにあたり、でんぷん米「げんたくん」を提供していただいたキッセイ薬品工業株式会社様、プルラーゼをご提供いただいた天野エンザイム株式会社様に感謝申し上げます。

また、官能評価のパネルとして協力していただいた、本学臨床栄養学ゼミ生の皆様にも感謝申し上げます。

V. 利益相反

開示すべき利益相反状態はない。

VI. 参考文献

- 1) 一般社団法人日本腎臓学会：CKD 診療ガイドライン (2012)
- 2) 一般社団法人日本腎臓学会：CKD 診療ガイドライン (2018)
- 3) 一般社団法人日本腎臓学会：医師・コメディカルのための慢性腎臓病 生活・食事指導マニュアル (2015)
- 4) 出浦照國：慢性腎不全の食事療法、日本内科学会誌、**82**(11), 64-71 (1993)
- 5) 出浦照國、吉村吾志夫：腎疾患における低たんぱく食の意義と可能性と問題点、透析会誌、**32**(5), 323-325 (1999)
- 6) 金澤良枝、中尾俊之、下光輝一：慢性腎不全の低たんぱく食事療法におけるアミノ酸摂取の質的内容に関する検討、日本病態栄養学会誌、**3**(1), 75-85 (2000)
- 7) 片山一男、渡邊慶子、川村美笑子：アミノ酸スケールによる慢性腎不全患者の低タンパク食の評価、*Trace Nutrients Research*, **27**, 97-102 (2010)
- 8) 田山宏典：保存期慢性腎不全における食事療法、昭和医会誌、**70**(2), 112-116 (2010)
- 9) 株式会社 ヘルシーネットワーク製品カタログ「たんぱく質・食塩を控えたい方へ いきいき食品」(2019)
- 10) 出浦照國：腎不全が分かる本 第3版、日本評論社、130-139 (2014)
- 11) 菊地絃美、鎌田由香、星祐二：腎臓病治療用でんぷんパンの嗜好性改善について、宮城学院女子大学生生活環境科学研究所研究報告、**51**, 1-14 (2019)
- 12) 森本純子、大和春恵、西本みつ子、柴日出美、篠原幸子：慢性腎不全の食事療法について、*Komatsushima Red Cross Hospital Medical Journal*, **4**(1), 137-142 (1999)
- 13) 田中隆介、峯木真知子：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、日本食品科学工学会誌、**64**(7), 363-372 (2017)
- 14) NPO 法人 食事療法サポートセンター：腎臓病の方へ 失敗しないための低たんぱく食レシピ、樞出版 (2014)
- 15) 有限会社オトコーポレーション：ジンゾウ先生のオトクッキングクラブ おいしく、たのしい食事療法を低たんぱく食、低たんぱく食レシピをご紹介 <http://oto-corp.com/> (2019)
- 16) 有限会社オトコーポレーション：「ジンゾウ先生のでんぷん米0.1」製品包装記載
- 17) 有限会社オトコーポレーション：「ジンゾウ先生のでんぷん米1/15」製品包装記載
- 18) 浜島教子、吉松藤子：古米飯の味におよぼすサラダ油添加の影響、調理科学、**15**(4), 222-225 (1982)
- 19) 平田健：炊飯米のテクスチャーに及ぼすトレハロースの影響、広島食工技研報、**25**, 1-4 (2009)
- 20) 郡田美樹、河辺達也、長浜源壯、森田日出男、大林晃、渡辺裕季子、奥田和子：炊飯米のフレーバーに対する本みりんの添加効果について、日本食品工業学会誌、**37**(2), 91-97 (1990)
- 21) 津田淑江：みりん、日本調理科学会誌、**42**(1), 44-48 (2009)
- 22) 河辺達也、森田日出男：みりん (2)、醸協、**93**(11), 863-869 (1998)
- 23) 奥田和子、渡辺裕季子、倉賀野妙子、河辺達也、長浜源壯、森田日出男：炊飯米に対する本みりんの添加効果について、調理科学、**23**(1), 81-85 (1990)
- 24) 奥田和子、渡辺裕季子、倉賀野妙子：本みりん添加による浸漬米の吸水、甲南家政、**23**, 21-31 (1987)

- 25) 大隈一裕：澱粉の加工と食品利用、応用糖質科学、**1**(1), 34-38 (2011)
- 26) 河辺達也：酒類調味料の調理効果について、醸協、**102**(6), 422-431 (2007)
- 27) 伊藤純子、香西みどり、貝沼やす子、畑江敬子：米粒の炊飯特性に及ぼす各種調味料の影響 (第1報)、日本食品科学工業会誌、**51**(10), 531-538 (2004)
- 28) 伊藤純子、香西みどり、貝沼やす子、畑江敬子：米粒の炊飯特性に及ぼす各種調味料の影響 (第2報)、日本食品科学工業会誌、**51**(10), 539-545 (2004)
- 29) 丸山悦子、樋口裕子、寺田佳子、梶田武俊：炊飯に関する研究 (第3報) 米飯の老化におよぼす調味料の影響、家政学雑誌、**31**(8), 568-573 (1981)
- 30) 長野県寒天水産加工業協同組合、寒天生活、<https://www.kanten.or.jp/> (2019)
- 31) 北村進一、中屋慎：糖の定量法、生物工程、**90**(12), 790-793 (2012)
- 32) 外山忠男、檜作進、二国二郎：グルコアミラーゼによる澱粉の α 化度の測定方法について、澱粉工業学会誌、**13**(3), 69-75 (1996)
- 33) 貝沼圭二、松永暁子、板川正秀、小林昭一： β -アミラーゼ-プルナーゼ (BAP) 法を用いた澱粉の糊化度、老化度の新測定法、澱粉科学、**28**(4), 235-240 (1981)
- 34) 赤間葉奈子、吉田香奈、川村祐生、星祐二：新たなデンプン糊化度測定方法と不凍タンパク質添加すし飯の糊化度について、宮城学院女子大学食品栄養学科卒業研究 (2017)
- 35) H. D. Belitz, W. Grosch : Food Chemistry, Springer Verlag, 636-643 (1987)
- 36) 日本食品工業学会 食品分析法編集委員会編：食品分析法、595-604 (1982)
- 37) 柳井久江：4 Steps エクセル統計、131-134、オーエムエス出版 (2015)
- 38) 久保田倫夫：トレハロースの新しい機能、*New Food Industry*, **44**(2), 1-8 (2002)
- 39) 畑江敬子、香西みどり：新スタンダード栄養・食物シリーズ 調理学、108-112、東京化学同人 (2017)
- 40) 文部科学省：日本食品標準成分表2015年版 (七訂)
- 41) 一般社団法人日本養蜂協会：国産天然はちみつ規格指導要領
<http://www.beekeeping.or.jp/products/standard> (2019)
- 42) 長谷幸、大立真理子、紅林暁美：加熱および貯蔵によるはちみつの品質変化 (第2報) ハチミツのジアスターゼ活性値の変化、日本食品工業学会誌、**20**(6), 257-264 (1973)
- 43) 竹田千重乃、檜作進：各種でんぷんの熱糊化の特徴、日本農芸化学会誌、**48**(12), 663-669 (1974)