

50%エネルギー低減 マンナン米粒状食品混合米の炊飯方法の検討

The study of rice Mannan granular mixed white rice
and rice cooking method reveals 50% reduction of energy levels in subject.

竹山育子^{*1*2} 山田優華^{*1} 竹谷耕太^{*3} 風岡拓磨^{*4}
松本裕一郎^{*5} 安西正弘^{*6} 福井俊弘^{*7} 石川和江^{*8}
塩谷亜希子^{*8} 山本國夫^{*9}

*1 甲子園大学大学院 *2 相愛大学 *3 独立行政法人労働者健康安全機構 大阪労災病院 栄養管理部
*4 暁生会脳神経外科病院 *5 関西電力病院 *6 大塚食品株式会社 *7 神戸赤十字病院
*8 大手前栄養専門学校 *9 大手前大学

要 旨

糖尿病等の生活習慣病の有病者の内、特に糖尿病患者は血糖コントロール、高度肥満症患者は体重管理が重要で、一日の摂取エネルギーを減らす食事療法が求められている。エネルギーを約50%低くしたマンナンごはん(以下、マンナンごはん)は、糖尿病患者等が1日2食摂取することでエネルギー制限を満たすと考えられる。そこで、マンナンごはんに着目したが、通常の水からの炊飯では「粘り気がない」「ぱさつきがある」等の食味の点で問題があった。我々は、マンナンごはんの炊飯に対して、「熱湯での湯炊き」法と「水炊き」法を用いて、炊飯時間経時による重量と大きさの変化と物性測定を行い、識別型官能評価ならびに嗜好型官能評価を実施した。

その結果、熱湯を用いて炊飯したマンナンごはんは、水炊きマンナンごはんと同様に、識別型官能評価では普通の米飯とは異なるものであるが、嗜好型官能評価においては普通の米飯に概ね近いものとして食べ続けられる可能性が示唆された。

今回は、「ぱさつき」や「水っぽさ」についての主観的な評価は行っていないが、物性測定での付着性の結果から湯炊きマンナン粒と湯炊き精白米が混ざること、食味が改善され、主食として十分活用できると考えられる。

今後、糖尿病等の患者のエネルギー制限の一助として、主食の量を減じることなく食事療法を実行できる食材としての可能性に期待できる。

キーワード

マンナンごはん、生活習慣病、湯炊き炊飯、エネルギー50%カット処方

緒 言

マンナン米粒状食品(以下、マンナン粒)は、こんにゃく精粉等を用いて米粒状に加工した食品である。一般の米と混ぜ合わせて炊飯することで、炊きあがり総量が通常の米飯と同等であり、かつ摂取エネルギーの低減をもたらす食品として開発された¹⁾。マンナン粒は、低エネルギー食品として健康増進法に基づく特別用途食品の病者用食品の一類型に位置づけられ、その使用は、肥満症や糖尿病など食事療法でエネルギー制限等を必要とする医療施設等のみの使用に限られていた¹⁾。その後、マンナン粒は、特別用途食品・病者用食品・低カロリー(穀類)から2008年のメタボ元年に合わせて特別用途食品を自主的に取り下げて一般食品にしたことから、低エネルギーの栄養強調表示の食品として一般市場で入手が可能となった²⁾。現在、マンナン粒はスティック包装(1本75g)で市販されており、製造者からは米との混合割合によって25%または33%のエネルギーを低減できる炊飯方法が推奨されている³⁾。

福井らは、マンナン粒を用いてエネルギーを“50%低くして炊飯したマンナンごはん”(以下、マンナンごはん)を試験食品に、“市販無菌パックごはんの「サトウのごはん」”(以下、通常ごはん)を対照食品として単回摂取クロスオーバー試験を行い、マンナンごはん摂取後の血

投 稿 2020年12月3日 連絡先 山本 國夫 kunio@otemae.ac.jp
改 訂 2021年2月20日
受 理 2021年2月21日

糖上昇抑制とインスリン分泌低減の有用性を報告した。また、この試験でマンナンごはんは、「粘り気がない」「ばさつきがある」等の難点があり、食味が著しく低下することも報告している¹⁾。エネルギーを50%低く（エネルギー50%カット処方）して炊飯したマンナンごはんの食味に関する研究は、この試験の以前もその後も見受けられない。

米を主食としている日本人には、米を炊飯した「ごはん」の味にはこだわりがあり、「ごはん」の食味の低下は受け入れがたいものと推量される^{4~9)}。マンナン粒と精白米を混合し、通常の炊飯器を用いて炊飯したエネルギーを25%、33%カットの米飯は、食味上概ね問題はないが、より食味を向上させたために特別な炊飯機能を搭載した専用の炊飯器が販売されている。しかしながら、この専用機能の搭載した炊飯器を使用して炊飯したマンナンごはんでも通常の炊飯器同様に食味が低下することを福井らは報告している¹⁾。

我々は、このマンナンごはんの炊飯方法は、常温水を用いた炊飯であり、炊飯器のスイッチを入れた段階から徐々に温度が上昇するためマンナン粒が炊きあがり時点で十分に吸水し切れず、この水分を精白米が過剰に吸水したことによって、「ばさつき」等の原因になったのではないかと推測した。

この改善策として、マンナン粒が炊飯初期の段階で十分に吸水する炊飯方法の検討を行った。一部の家庭では、「ごはん」を炊き忘れたときに時間短縮の炊飯方法として、熱湯を用いた湯炊き炊飯が行われている。この湯炊き炊飯の方法は、水炊き炊飯に比べて炊飯初期の段階で精白米が急速に水分を吸収することで炊飯時間の短縮になっていると考えられる。これを参考に、マンナンごはんの炊飯方法には、熱湯による湯炊き炊飯を行うと炊飯初期の段階で速やかにマンナン粒への水分吸収が起こり、精白米への過剰な水分吸収がなくなり、食味に変化を及ぼす可能性があると考えた。

そこで、本研究では、一般の家庭用炊飯器を用いてマンナン粒と精白米の混合炊飯に「熱湯での湯炊き」法と「水炊き」法を実施し、マンナン粒と精白米の炊飯時間経過による変化と物性測定ならびに官能評価試験を行ったので報告する。

試料および実験方法

1. 試料

エネルギー50%カット処方のマンナン粒と精白米の配合割合（2合炊飯の場合）

マンナン粒（製造元 大塚食品(株)マンナンヒカリ[®]）（表1）114gと精白米（2010年および2011年産のあきたこまち無洗米（BG精米製法（ヌカ式））75gを用いた。精白米とマンナン粒との栄養成分を表2に示す。日本食品標準成分表2010版¹⁰⁾に記された「こめ [水稻めし] 精白米」、に比べエネルギーを50%低くした（表3）。

表1 マンナン米粒状食品内容物

原材料	内容物	含有量
デンプン		
食物繊維	ポリデキストロース	12.7g
	セルロース	10.9g
こんにゃく精粉		
トレハロース		
グルコン酸Ca		
増粘剤	昆布類粘質物	
調味料	有機酸	

炊飯前100g当たり

表2 こめ及びマンナン米粒状食品炊飯前の栄養成分

項目名	食品成分表こめ [水稻粒状]精白米	マンナン米粒状食品
エネルギー(kcal)	356	249
たんぱく質(g)	6.1	0.2
脂質(g)	0.9	0.3
糖質(g)	77.1	59.3
食物繊維(g)	0.5	27.5
ナトリウム(mg)	0	148
塩分(g)	0	0.4

100g当たり

表3 炊飯後の栄養成分

	食品成分表こめ [水稻めし]精白米	エネルギー25%カット 炊飯の場合*	エネルギー33%カット 炊飯の場合*	エネルギー50%カット マンナンごはん
エネルギー(kcal)	168.0	126.0	113.0	86.2
たんぱく質(g)	2.5	1.9	1.5	1.4
脂質(g)	0.3	0.3	0.3	0.2
糖質(g)	37.1	27.5	24.9	19.6
食物繊維(g)	0.3	2.2	3.3	5.0
ナトリウム(mg)	1	11	18	27
塩分(g)	0	0.03	0.04	0.10

100g当たり
*大塚食品株式会社分析

2. 炊飯方法

炊飯に用いた電気炊飯器の種類

炊飯には加水直後でも炊飯可能なシステムを有する電気炊飯器（IHジャー炊飯器SR-HG104 パナソニック社）を用いた。

白飯の炊飯調理特性

炊飯の加熱過程は、①～③の3段階に分けられ、①米の吸水を促進させ、温度上昇する時期（温度上昇期）約10分、②内部まで水が浸透して、澱粉の糊化が進行する時期（沸騰期）約5分、③火力を弱めて約15分間加熱する時期（蒸し煮期）、消火後10～15分蒸らす（蒸らし期）¹¹⁾。なお、本研究では、米の浸漬を行っていない。米の浸漬温度や浸漬時間は、炊飯過程における昇温時間と相互に関連しており、昇温時間を長くすることによって浸漬時間の不足をカバーすることができるとされている。浸漬における吸水量が多くなると昇温時間は短くてよいと考えられ、浸漬による吸水量を増加させることによって浸漬時間や昇温時間を短縮することが可能と思われるが、すでに市販の自動炊飯器においては、米の浸漬中の吸水を40℃で行い、炊飯を迅速に行うために種々の工夫がされているものがあり、日常炊飯においても、米の吸水を急速に進行させるために温水を用いる場合もある¹²⁾。本研究では、炊飯を始めてから蒸らし期を除く、温度上昇期、沸騰期、蒸し煮期の加熱約30分間が、精白米とマンナン粒に大きく変化を与えることから、この間を実験観察とした。

1) マンナンごはんの水炊き炊飯

2合（660g）炊く場合の事前準備

精白米75gとマンナン粒114g、を炊飯釜に量りいれ、軽く混合する。

準備の整った炊飯釜に計量した常温の水道水約560gを加え（加水比2.96倍、使用炊飯器取り扱い説明書の指定量）、ヘラで軽く平らにならした後、炊飯釜を炊飯器にセットした。炊飯器の炊飯設定として、米の種類は「白米」を、ごはんの硬さは「ふつう」を選択し、自動炊飯した。以下、これをもって水炊きマンナンごはんとする。

2) マンナンごはんの湯炊き炊飯

2合（660g）炊く場合の事前準備

精白米75gとマンナン粒114g、を炊飯釜に量りいれ、軽く混合する。

準備の整った炊飯釜に計量した沸騰直前（90℃以上）の熱湯約560gを加え（加水比2.96倍、使用炊飯器取り扱い説明書の指定量）、ヘラで軽く平らにならした後、

炊飯釜を炊飯器にセットした。炊飯器の炊飯設定として、マンナンごはんの水炊き法と同様に、米の種類は「白米」を、ごはんの硬さは「ふつう」を選択し、自動炊飯した。以下、これをもって湯炊きマンナンごはんとする。

3) 精白米の水炊きごはんの炊飯

2合炊く場合

精白米300gを炊飯釜に量りいれ、常温の水道水約380gを加え（加水比1.26倍、使用炊飯器取り扱い説明書の指定量）、炊飯した。炊飯器の炊飯設定として、米の種類は「白米」を、ごはんの硬さは「ふつう」を選択し、自動炊飯した。以下、これをもって水炊き精白米ごはんとする。

4) 精白米の湯炊きごはんの炊飯

2合炊く場合

精白米300gを炊飯釜に量りいれ、計量した沸騰直前（90℃以上）の熱湯約380gを加え（加水比1.26倍、使用炊飯器取り扱い説明書の指定量）、炊飯した。炊飯器の炊飯設定として、米の種類は「白米」を、ごはんの硬さは「ふつう」を選択し、自動炊飯した。以下、これをもって湯炊き精白米ごはんとする。

各試験の準備のため、マンナンごはんの湯炊きの方法や水炊きの方法で、炊き上がり量、吸水量が一定となるよう炊飯を繰り返し、再現性のある炊飯方法を確立した。

3. 実験

1) 精白米とマンナン粒の炊飯時間経時による変化（実験1 ビーカー炊飯試験）

炊飯の過程は、スイッチを入れてから弱火を経て沸騰持続まで約30分間が加熱時間であり、本実験では、加熱時間でのマンナン粒の変化に着目した。

精白米とマンナン粒の炊飯時間経時ごとの重量と大きさ（長径）の変化について検討した。ビーカーでの水炊き精白米（以下、普通米飯）、ビーカーでの湯炊き精白米（以下、湯炊き米飯）、ビーカーでの水炊きマンナン粒（以下、水炊きマンナン）、ビーカーでの湯炊きマンナン粒（以下、湯炊きマンナン）の4種類について、それぞれ炊飯前、炊飯10分後、炊飯20分後、炊飯30分後に5粒の試料を採取し、1粒あたりの重量と大きさを測定し平均を求めた。

① 水炊き炊飯時間経時ごとの計測は、精白米40gとマンナン粒40gをそれぞれ別のビーカーに入れ、19℃の水300mlを加えてガスバーナーで加熱し測定した。

② 湯炊き炊飯時間経時ごとの計測は、精白米40gとマンナン粒40gをそれぞれ別のビーカーに入れ、94℃の水300mlを加えてガスバーナーで加熱し測定した。

2) 物性測定 (実験2 炊飯器炊飯試験)

通常の主食である水炊き精白米ごはんの炊飯後の精白米 (以下、普通米飯) 1種類、水炊きマンナンごはんの炊飯後のマンナン粒 (以下、水マンナン) と精白米 (以下、水M米飯) の2種類、湯炊きマンナンごはんのマンナン粒 (以下、湯マンナン) と精白米 (以下、湯M米飯) の2種類の計5種類について、1粒法^{11,13)}によりテクスチャー解析を行った。

試料は、炊飯後200gずつラップに包み、室温で1時間放置した後のものを用いた。飯の水滴の影響を受けるラップ周辺部を除いたものを軽く混合し、無作為に選択した飯粒 (完全な粒状のもの) を20粒ずつ測定した。測定条件は、クリーブメーター (RHEONER II, RE2-33005B, 山電) を用い、ロードセル2kg, 測定スピード0.5mm/sec, プランジャーは円柱 (ϕ 16mm), 測定歪率90%とした。岡留ら¹³⁾によると、圧縮率(90%)は飯全体の硬さや粘りの情報を得られることが示されている。今回は90%でかたさ応力、付着性を測定し、同時に凝集性を求めた。

水炊きマンナンごはんと湯炊きマンナンごはんは、水マンナンと水M米飯の混合物または、湯マンナンと湯M米飯の混合物として食するものであることから物性計測は、1粒法を用いることができない。そこで、水マンナン (20粒) と水M米飯 (20粒) の物性を一粒ごとの組み合わせで合算したものを水炊きマンナンごはん (20種)、湯マンナン (20粒)、湯M米飯 (20粒) の物性を一粒ごとの組み合わせで合算したものを湯炊きマンナンごはん (20種) として、普通米飯との比較検討を行った。なお、水炊きマンナンごはん (20種)、湯炊きマンナンごはん (20種) は、それぞれの物性 (かたさ応力、凝集性、付着性) の組み合わせの偶然性を排除するため測定結果に乱数を発生させランダム化し、昇順に並べ替え、この操作を20通り行い、それぞれの合計の平均値を用いた。

3) 官能評価 (実験3)

官能評価は、評価試料には、水炊きマンナンごはん、湯炊きマンナンごはん、水炊き精白米ごはん (以下、水炊き普通米飯) の計3種類を用いた。パネルは、甲子園大学の健常な18~23歳の学生31名 (男性10名、女性21名) とし、事前に口頭にて確認し、視覚、味覚、嗅覚が正常な者とした。

パネルには、食味時間を空腹や満腹を避けるため午前10~11時、午後3~4時とし¹⁴⁾、食味試験中に他の意見に影響されないように私語を禁じ、他人のアンケート結果が見えないよう官能評価室 (室温25℃ \pm 2℃、空調あり、個別ブース、蛍光灯下) で行った。アンケート用紙は先行研究で使用されたアンケート用紙を使用した (付図¹⁾)。摂取重量は共に50gとし、アンケートは5段階評点法を用いて色、光沢感、におい、硬さ、粘りの5項目の識別型官能評価とこれら5項目ごとの好みについての嗜好型官能評価、また総合的に好むか、毎日食べられるか等について調査を行った。試験食3種類と水を用意し、個人ごとに順序を無作為に提供した。各試験食について、1回ずつ評価した。

4. 統計処理

統計処理はSPSS17.0を用いて行った。

実験1については、炊飯時間経時による重量及び大きさの変化率を飯の種類ごとで比較した。実験2については、かたさ応力、凝集性、付着性を飯の種類ごとで比較した。実験3については、官能評価をごはんの種類ごとで比較した。比較解析には、一元配置分散分析を用い、その後の多重比較でTukeyの補正を行った。

5. 倫理委員会

本研究は倫理的原則を遵守し、甲子園大学倫理審査委員会において研究の実施に関する審議が行われ、承諾されたうえで実施した。

結 果

実験1. 精白米とマンナン粒の炊飯時間経時による変化

重量変化率について、分散分析の結果、炊飯10分後、20分後、30分後のいずれの炊飯時間においても有意な差が見られた ($p < 0.05$)。湯炊き米飯に比べ普通米飯の重量変化率は、炊飯10分後33.3%、20分後26.5%、30分後27.5%大きかった。湯炊き米飯と普通米飯の重量変化率の間には、有意な差は見られなかった。水炊きマンナンおよび湯炊きマンナンの重量変化率は、普通米飯および湯炊き米飯に比べて、すべての炊飯時間で有意に大きかった ($p < 0.05$)。水炊きマンナンに比べて湯炊きマンナンの重量変化率は、炊飯10分後36.9%、20分後69.0%、30分後15.5%大きく、水炊きマンナンと湯炊きマンナンの重量変化率の間には、炊飯10分後と30分後に有意な差はなかったが、炊飯20分後では、有意な差があった ($p < 0.05$) (図1)。

大きさ変化率について、分散分析の結果、いずれの炊

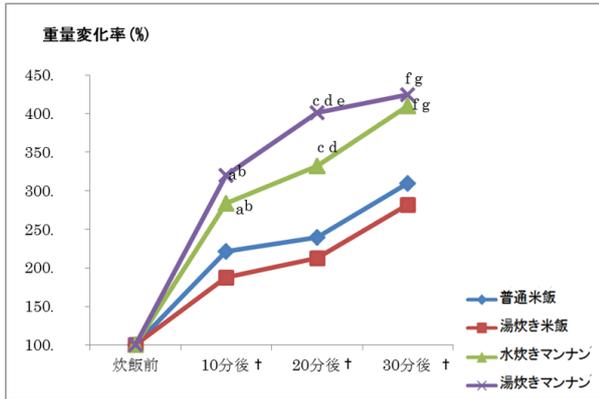


図1 炊飯前の重量を100%とした場合の重量変化率

n = 5

- † : p < 0.05 分散分析の結果を示す。
- a : p < 0.05 vs普通米飯 (10分後)
- b : p < 0.05 vs湯炊き米飯 (10分後)
- c : p < 0.05 vs普通米飯 (20分後)
- d : p < 0.05 vs湯炊き米飯 (20分後)
- e : p < 0.05 vs水炊きマンナン (20分後)
- f : p < 0.05 vs普通米飯 (30分後)
- g : p < 0.05 vs湯炊き米飯 (30分後)

飯時間においても有意な差が見られた (p < 0.05)。湯炊き米飯に比べ普通米飯の大きさ変化率は、炊飯10分後7.2%小さく、炊飯20分後2.0%大きく、30分後17.6%有意に大きくなった (p < 0.05)。水炊きマンナンおよび湯炊きマンナンは普通米飯に比べて、炊飯10分後および20分後で有意に大きく変化していた (p < 0.05)。しかし炊飯30分後では、普通米飯の変化率が最も大きくなり、水炊きマンナンおよび湯炊きマンナンとの間に、大きさ変化率の差はなかった。水炊きマンナンおよび湯炊きマンナンは湯炊き米飯に比べて、炊飯10分後および20分後で変化率は大きかったが、炊飯20分後のみに有意な差があった (p < 0.05)。炊飯30分後では、湯炊き米飯の変化率が最も小さくなり、水炊きマンナンおよび湯炊きマンナンとの変化率の差はなかった。水炊きマンナンに比べ湯炊きマンナンの大きさ変化率は、炊飯10分後に差はなく、炊飯20分後4.9%、30分後4.9%小さくなった。水炊きマンナンと湯炊きマンナンの大きさ変化率の間には、いずれの炊飯時間においても有意な差はなかった (図2)。

実験2. 物性測定

表4に示すように普通米飯、水マンナン、湯マンナン、水M米飯、湯M米飯の5群における物性の分散分析の結果、かたさ応力、凝集性、付着性のすべてで群間に有意な差が見られた (p < 0.001)。かたさ応力では、普通米飯に比べて水マンナン、湯マンナン、水M米飯、湯M米飯ともに低い値を示した (p < 0.05)。また、湯マンナン

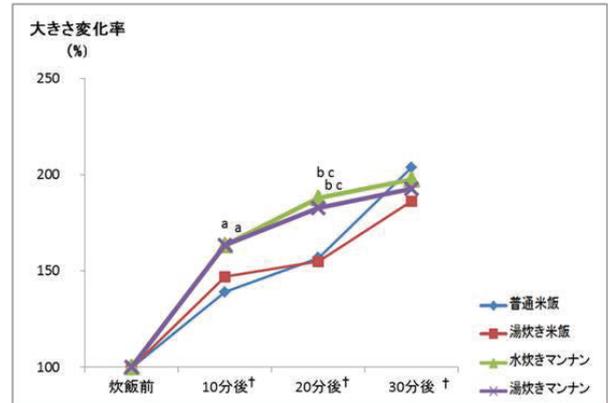


図2 炊飯前の大きさを100%とした場合の大きさの変化率

n = 5

- † : p < 0.05 分散分析の結果を示す。
- a : p < 0.05 vs普通米飯 (10分後)
- b : p < 0.05 vs普通米飯 (20分後)
- c : p < 0.05 vs湯炊き米飯 (30分後)
- d : p < 0.05 vs水M米飯 (30分後)

は、水M米飯、湯M米飯に比べて有意に低かった (p < 0.05)。水マンナンは、普通米飯以外のその他の群間では有意な差はなく、水M米飯、湯M米飯の群間にも有意差はなかった。凝集性では、普通米飯は、水M米飯より有意に高く、他の群とは有意な差はなかった。水マンナンは、水M米飯より有意に高く、他の群とは有意な差はなかった。水M米飯は、普通米飯、水マンナン、湯マンナンに比べて有意に低かった。湯マンナンは、水M米飯に比べて有意に高く、それ以外の群に比べて有意差はなかった。湯M米飯は、すべての群と有意な差はなかった。付着性では、普通米飯は、水マンナン、湯マンナンに比べて有意に高く、水M米飯と湯M米飯の間には有意差はなかった。水マンナンは、湯マンナンと有意な差はなく、他の群より有意に低かった。水M米飯は、普通米飯と湯M米飯との間に有意な差はなく、水マンナンと湯マンナンに比べて有意に高かった。湯マンナンは、水マンナンと有意な差はなく、他の群に比べて有意に低かった。湯M米飯は、普通米飯と湯M米飯との間に有意な差はなく、水マンナンと湯マンナンに比べて有意に高かった。

表5に示すように普通米飯、水炊きマンナンごはん、湯炊きマンナンごはんの3群における物性の分散分析の結果、かたさ応力、凝集性、付着性で群間に有意な差が見られた (p < 0.01)。かたさ応力では、普通米飯に比べて、水炊きマンナンごはんと湯炊きマンナンごはんは、ともに有意に低く、水炊きマンナンごはんと湯炊きマンナンごはんの群間に有意差はなかった。凝集性では、普通米飯に比べて、水炊きマンナンごはんと湯炊きマンナン

表4 各試料の物性

試料(n=20)	普通米飯	水マンナン	湯マンナン	水M米飯	湯M米飯	p
かたさ応力($\times 10^4(N/m^2)$)	6.23 \pm 1.21 ^{bde}	2.48 \pm 0.60 ^a	2.09 \pm 0.48 ^{de}	3.10 \pm 0.99 ^{ac}	3.17 \pm 0.65 ^{ac}	<0.001
凝集性	0.32 \pm 0.08 ^{de}	0.33 \pm 0.06 ^{de}	0.30 \pm 0.09 ^{de}	0.22 \pm 0.05 ^{abc}	0.24 \pm 0.04 ^{abc}	<0.001
付着性($\times 10^3(J/m^2)$)	0.58 \pm 0.48 ^{bc}	0.11 \pm 0.09 ^{ade}	0.15 \pm 0.13 ^{ade}	0.78 \pm 0.43 ^{bcde}	0.49 \pm 0.27 ^{bcd}	<0.001

平均値 \pm 標準偏差値

ロードセル2.0Kgf, 圧縮率90%, 測定スピード0.5mm/sec

a普通米飯Vs p<0.05

b水マンナンVs P<0.05

c湯マンナンVs P<0.05

d水M米飯Vs P<0.05

e湯M米飯Vs P<0.05

表5 普通米飯とマンナンごはんとの比較

試料(n=20)	普通米飯	水炊きマンナンごはん	湯炊きマンナンごはん	p
かたさ応力($\times 10^4(N/m^2)$)	6.23 \pm 1.21 ^{bc}	5.58 \pm 0.17 ^a	5.26 \pm 0.14 ^a	<0.001
凝集性	0.32 \pm 0.08 ^{bc}	0.55 \pm 0.02 ^a	0.55 \pm 0.02 ^a	<0.001
付着性($\times 10^3(J/m^2)$)	0.58 \pm 0.48 ^b	0.89 \pm 0.09 ^{ac}	0.65 \pm 0.07 ^b	0.003

平均値 \pm 標準偏差値

ロードセル2.0Kgf, 圧縮率90%, 測定スピード0.5mm/sec

a普通米飯Vs p<0.05

b水炊きマンナンごはんVs p<0.05

c湯炊きマンナンごはんVs p<0.05

ンごはんは、ともに有意に高く、水炊きマンナンごはん
と湯炊きマンナンごはんの群間に有意な差はなかった。
付着性では、普通米飯と湯炊きマンナンごはん比べて、
水炊きマンナンごはんは、有意に高く、普通米飯と湯炊
きマンナンごはんの群間に有意な差はなかった。

実験3. 官能評価

水炊き普通米飯、水炊きマンナンごはん、湯炊きマン
ナンごはんの3種類についての官能評価の結果を表6に
示した。

識別型官能評価について、分散分析の結果、米の「白

さ」について、水炊き普通米飯に比べて、水炊きマンナ
ンごはんと湯炊きマンナンごはんは、ともに有意に高く、
湯炊きマンナンごはんは水炊きマンナンごはんに比べて
も高かった (p<0.05)。「光沢感」について、水炊き普
通米飯に比べて、水炊きマンナンごはんと湯炊きマンナ
ンごはんは、ともに有意に低く、湯炊きマンナンごはん
は水炊きマンナンごはんに比べても低かった (p
<0.05)。「香り」について、水炊き普通米飯に比べて、湯
炊きマンナンごはんは有意に低く (p<0.05)、水炊き普
通米飯と水炊きマンナンごはんに有意な差はなかった。
「硬さ」について、水炊き普通米飯に比べて、水炊きマ

表6 官能評価試験結果 (3群間の比較)

	水炊き普通米飯		水炊きマンナンごはん		湯炊きマンナンごはん	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
白さ	2.6	0.8	3.2	1.0*	4.2	0.7**
色の好み	3.5	1.1	3.3	1.0	2.9	1.1*
光沢感	4.1	0.8	3.0	1.1*	1.8	0.8**
光沢感好み	4.1	1.0	3.4	1.2*	3.4	1.2*
香り	3.9	1.2	3.5	1.4	3.3	1.3*
香りの好み	4.1	1.1	3.7	1.3	3.6	1.3
硬さ	2.9	1.2	4.4	1.0*	4.5	0.7*
硬さの好み	3.7	1.2	2.0	1.2**	3.1	1.2*
粘り気	3.6	1.2	2.2	1.2*	2.4	1.2*
粘り気の好み	3.9	1.1	2.4	1.3**	3.6	1.1
味の総合評価	3.7	1.0	2.0	1.0**	3.1	1.0*
継続摂取できるか	3.9	1.2	2.9	1.6**	3.8	1.0

*: p<0.05vs水炊き普通米飯、 #: p<0.05水炊きマンナンごはんvs湯炊きマンナンごはん
平均値 \pm 標準偏差

ンナンごはんと湯炊きマンナンごはんは、ともに有意に高く（ $p < 0.05$ ）、水炊きマンナンごはんと湯炊きマンナンごはんでは、有意差は見られなかった。「粘り気」について、水炊き普通米飯に比べて、水炊きマンナンごはんと湯炊きマンナンごはんは、ともに有意に低く（ $p < 0.05$ ）、水炊きマンナンごはんと湯炊きマンナンごはんでは、有意差は見られなかった。

嗜好型官能評価について、分散分析の結果、「色の好み」について、水炊き普通米飯に比べて、湯炊きマンナンごはんは有意に低く（ $p < 0.05$ ）、水炊き普通米飯と水炊きマンナンごはんに有意な差はなかった。「光沢感好み」について、水炊き普通米飯に比べて、水炊きマンナンごはんと湯炊きマンナンごはんは、ともに有意に低く（ $p < 0.05$ ）、水炊きマンナンごはんと湯炊きマンナンごはんでは、有意差は見られなかった。「香りの好み」について、3群間に有意な差はなかった。「硬さの好み」について、水炊き普通米飯に比べて、水炊きマンナンごはんと湯炊きマンナンごはんは、ともに有意に低く、水炊きマンナンごはんは湯炊きマンナンごはんに比べても低かった（ $p < 0.05$ ）。「粘り気の好み」について、水炊き普通米飯と湯炊きマンナンごはんの間に有意差はなかったが、水炊きマンナンごはんは水炊き普通米飯と湯炊きマンナンごはんのいずれよりも有意に低かった。「味の総合評価」について、水炊き普通米飯に比べて、水炊きマンナンごはんと湯炊きマンナンごはんは、ともに有意に低く（ $p < 0.05$ ）、水炊きマンナンごはんは湯炊きマンナンごはんよりもさらに評価が低かった（ $p < 0.05$ ）。「継続摂取できるか」では、水炊き普通米飯と湯炊きマンナンごはんの間に有意差はなかったが、水炊きマンナンごはんは水炊き普通米飯と湯炊きマンナンごはんのいずれよりも有意に評価が低かった。

考 察

現在、糖尿病等の生活習慣病の有病者やその予備群は、増加の一途をたどっている。特に、糖尿病患者は血糖コントロールの維持が、高度肥満症患者は体重管理が重要で、一日の消費エネルギーより摂取エネルギーを減らす食事療法が求められている^{16,17)}。

米離れが進んでいる今日においても日本人の主食はコメであり、その需給量は国民一人当たり162.7g/日（平成30年度¹⁸⁾）、エネルギー換算で約583kcal/日である。この主食であるコメの見た目の摂取容量を減じることなくエネルギー制限ができれば、糖尿病等の有病者にとって食事療法の継続性が保てると考えられる。このコメをエネルギー25%カット処方としたマンナン粒混合米を所

定の水加減で炊飯すると437kcal/日となり、-147kcal/日のエネルギー制限となる。また、このコメをエネルギー33%カット処方としたマンナン粒混合米を所定の水加減で炊飯すると391kcal/日となり、-192kcal/日のエネルギー制限が可能となるが、これはマンナン粒混合米を3食/日摂取した場合である。しかし、エネルギー50%カット処方での混合米を炊飯したマンナンごはんであれば1日2食摂取することで-194kcal/日のエネルギー制限となり、他の1食を水炊き精白米ごはんにしても、エネルギー33%カット処方したものとほぼ同等のエネルギー制限を満たすことになる。

そこで、1日1食は、普通米飯で、残りの2食をマンナン粒50%カット処方の混合米でのエネルギー制限を継続できる方法として着目したが、福井らの報告では、通常の水からの炊飯では食味の点で問題があった。そこで我々は、エネルギーを約50%カット処方したマンナン粒混合米と精白米の混合炊飯に「熱湯での湯炊き」法と「水炊き」法を実施し、炊飯時間経時ごとの重量と大きさの変化と物性測定の実験を行った。

その結果、精白米とマンナン粒の炊飯時間経時ごとの重量変化率（図1）において、重量変化率が大きいものは、多く吸水していることが考えられ、水炊きマンナン粒、湯炊きマンナン粒ともに、炊飯0分から10分後に一気に吸水し、20分後では、湯炊きマンナン粒はいずれの試料よりも、重量変化率が大きかった。水炊き精白米と湯炊き精白米はともに炊飯0分後から10分後、炊飯20分後から30分後にかけて一気に吸水していた。湯炊きマンナン粒は、炊飯20分後から30分後にかけて、他の飯に比べ、吸水が緩やかになったと考えられる。

精白米とマンナン粒の炊飯時間経時ごとの大きさ変化率（図2）において、水炊きマンナン粒と湯炊きマンナン粒の間には炊飯時間経時による大きさ変化率に大きな違いはなかった。水炊き精白米と湯炊き精白米の間では、炊飯30分後に大きさ変化率に差が見られた。水炊きマンナン粒と湯炊きマンナン粒は、いずれも炊飯10分後に水炊き精白米、湯炊き精白米より大きく変化し、20分後には水炊き精白米、湯炊き精白米より明らかに変化率が大きかったが、30分後の膨らみは緩やかになった。水炊き精白米は炊飯20分から30分後に、大きく変化し、最終的に湯炊き精白米との差が生じた。

昇温速度と水分含有量の関係において、精白米では、水炊き精白米のように昇温時間がゆっくり経過する場合は、昇温中に米粒が糊化に必要な水分を吸収する。湯炊き精白米のように昇温が急速な場合には、水分の吸収が間に合わないために糊化が十分になされることが、こ

れまでに示されている^{19,20)}。

一方、我々は、水炊きマンナン粒と湯炊きマンナン粒では、炊飯初期の温度の違いによってマンナン粒の吸水の過程が異なることを明らかにした。特に湯炊きマンナン粒は、初期温度が高温であることによってマンナン粒が水炊きマンナン粒に比べて、炊飯の初期から水分を吸収することが示された。その後、大塚食品テクニカルサービス室でのマンナン粒の炊飯による時間経時ごとの吸水試験によって、マンナン粒は、水温を高くすればするほど、時間経時的に吸水量は多くなり、炊飯後の重量にも違いが見られることが検証された(図3)。我々の実験では炊飯30分後の重量変化率に有意な差は見られなかったが、湯炊きマンナン粒の方が水炊きマンナン粒よりわずかに重量変化率が大きかった。

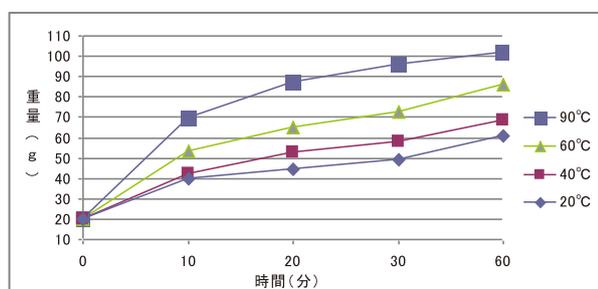


図3 水温の違いによる吸水量の変化

大塚食品株式会社 テクニカルサービス室での吸水試験

かたさ応力について、水マンナン、湯マンナン、水M米飯、湯M米飯のいずれもが、普通米飯よりも明らかに低く、1/2以下のやわらかさであった。また、水マンナンと水M米飯混合体の水炊きマンナンごはんや湯マンナンと湯M米飯混合体の湯炊きマンナンごはんのかたさ応力は、普通米飯に比べて異なるかたさであった。

凝集性については、水M米飯と湯M米飯は、普通米飯、水マンナン、湯マンナンに比べて明らかに低く、まとまりやすかった。また、水炊きマンナンごはんや湯炊きマンナンごはんは、普通米飯に比べて、異なる凝集性であった。

付着性について、普通米飯に比べて、水マンナン、湯マンナンは、明らかに低く、粘り気がなかった。また、湯炊きマンナンごはんは、普通米飯に比べて付着性に有意な差はなかった。一方、水炊きマンナンごはんは、これらに比べて明らかに異なる付着性であった。これらのことから、湯炊きマンナンごはんは、水炊きマンナンごはんと同様に、かたさ応力や凝集性では普通米飯と異なっていたが、付着性は水炊きマンナンごはんとは異なり、普通米飯に近いものと考えられる。

実験1, 2, の結果から、精白米とマンナン粒を混合し

て熱湯で湯炊きすると、湯マンナンは、初期温度が高温の湯炊き炊飯によってマンナン粒が多くの水分を吸収し、軟らかくまとまりを持ち、粘りけが出る。湯M米飯は、熱湯の湯炊きでかたく、粘り気がなくなる。この2つが組み合わせられることで、普通の米飯に近くなるのではないかと考えられる。

湯炊きマンナンごはんは、水炊きマンナンごはんとは異なり、普通の米飯の食感に近くなる可能性が実験によって示された。

そこで、エネルギーを50%カット処方したマンナン粒混合米の炊飯方法に、一般の家庭で行われている「水炊き」法と普通の米飯の食感に近いと考えられる「熱湯での湯炊き」法について、いずれが食味の点で日々の食事に利用できる可能性を有しているかについて官能評価試験を実施した。

官能評価の結果、色の識別では、湯炊きマンナンごはんは水炊き普通米飯や水炊きマンナンごはんよりも白かったが、色の嗜好では水炊き普通米飯には劣るものの水炊きマンナンごはんとの差はなかった。

光沢感の識別では、湯炊きマンナンごはんは水炊き普通米飯や水炊きマンナンごはんよりも光沢感が低かったが、光沢感の嗜好では、湯炊きマンナンごはんとは水炊きマンナンごはんの間に光沢感の好みの差は見られなかった。

においの識別では、湯炊きマンナンごはんは水炊き普通米飯や水炊きマンナンごはんよりも香りは低かったが、香りの嗜好では、水炊き普通米飯、水炊きマンナンごはん、湯炊きマンナンごはんの3群間に香りの好みの差はなかった。

硬さの識別では、湯炊きマンナンごはんは水炊きマンナンごはんと同じく水炊き普通米飯に比べて硬かったが、硬さの嗜好では、湯炊きマンナンごはんは水炊きマンナンごはんよりも硬さの好みが高かった。

粘り気の識別では、湯炊きマンナンごはんは水炊きマンナンごはんと同じく水炊き普通米飯に比べて粘り気が低かったが、粘りの嗜好では、湯炊きマンナンごはんは水炊き普通米飯と同じく水炊きマンナンごはんより有意に好まれていた。

味の総合評価では、水炊き普通米飯が最も高く、次に湯炊きマンナンごはん、水炊きマンナンごはんは最も低かった。

継続摂取できるかでは、水炊き普通米飯と湯炊きマンナンごはんは水炊きマンナンごはんより評価が高かった。以上のことから、湯炊きマンナンごはんは水炊きマンナンごはんより嗜好的に好まれ、継続して食べることが可能であると考えられた。

我々は、エネルギーを50%カット処方したマンナン粒混合米の炊飯方法について、「熱湯での湯炊き」法が「水炊き」法に比べて、普通の米飯の食感に近くなる可能性を炊飯時間経時ごとの重量と大きさの変化と物性測定によって検証し、食味の点で継続摂取の可能性について官能評価試験を行った。その結果、エネルギーを50%カット処方したマンナン粒混合米の炊飯方法として、熱湯を用いた湯炊き炊飯は、識別型官能評価では、普通の米飯とは異なるものであるが、嗜好型官能評価においては普通の米飯に概ね近いものとして食べ続けられる可能性を見出した。

90℃以上の熱湯で炊飯したマンナンごはんは、水炊きマンナンごはんに比べてマンナン粒内に一気に吸水することで、精白米への過剰な水分の流入を抑え、付着性が低くなり、マンナン粒と混ざり合い、普通の米飯の食感に近いものとなったと推測される。高温の湯炊きマンナンごはんは、識別型官能評価では、すべての項目で水炊き精白米ごはんより劣り、色や光沢感の水炊きマンナンごはんよりも劣るが、嗜好型官能評価において、光沢感を除き水炊き精白米ごはんとの差はなく、水炊きマンナンごはんに比べて硬さ、粘り、総合的な好み、継続摂取について優れており、食べ続けられるとの評価を得た。

高温の湯を用いて炊飯したマンナンごはんは、水炊きマンナンごはんに比べて「粘り気」について、識別型官能評価で差はなかったが、嗜好型官能評価では好まれていた。また、「ばさつき」や「水っぽさ」についての主観的な評価は行っていないが、物性測定での付着性の結果から湯炊きマンナンと湯炊き米飯が混ざること、食味が改善され、主食として利用することは可能と考えられる。

以上のことから、湯炊きマンナンごはんに水炊きマンナンごはんより、好みの「粘り気」となり、「ばさつき」や「水っぽさ」が抑えられ、水炊きマンナンごはんより優れていると考えられた。今後、体重管理が重要な高度肥満症及びⅡ型糖尿病等の患者のエネルギー制限の一助として、主食を減じることなく食事療法を実行できる食材であることが示唆された。

本研究はヘルシンキ宣言に準拠する。

参考文献

1) 福井俊弘, 竹谷耕太, 山本卓資, 柏計雄, 王億, 山本國夫: 健常人におけるマンナンごはん単回摂取時の食後血糖値とインスリン分泌に及ぼす影響. 日本病態栄養学会誌14(2), 133-139,2011

2) 厚生労働省医薬食品局食品安全部: 特別用途食品の表示許可等について. 平成21年2月12日付け食案発第0212001号

3) <http://www.otsukafoods.co.jp/> 大塚食品株式会社ホームページ アクセス日: 平成24年9月10日

4) 乙部和紀, 内藤成弘, 杉山純一, 菊池祐二: 米飯の動的粘弾性と官能評価. 日本食品科学工学会誌 42(10), 748-755,1995

5) 松元文子: ご飯の炊き方と保温. 食の科学 1, 75-78, 1971

6) 鈴木悦子: 嗜好に関する研究-6-連想食品に関与する因子分析. 相模女子大学紀要 43, 123-141, 1979

7) 内藤成弘, 小川紀男: 米飯評価のための新しい評価用語による「新形質米」の食味特性プロファイルおよび用途適性. 日本作物学会紀事 63(4), 569-575, 1994

8) 阿久澤さゆり, 澤山茂, 川端晶子: 種を異にする米の食味特性と嗜好性. 日本家政学会誌 42(5), 441-450, 1991

9) 稲津修, 新井利直: お米の味. 科学と生物 24 497-499, 1986

10) 日本食品標準成分表2010 本表編 14-15 2010 女子栄養大学出版部

11) 森高初恵, 佐藤恵美子: Nブックス調理科学第3版 58, 117 2014 建帛社

12) 丸山悦子, 坂本薫: 炊飯に関する基礎的研究-1-温水浸漬の影響. 日本家政学会誌 43(2), p97-103, 1992-02

13) 岡留博司, 豊島英親, 須藤充, 安東郁男, 沼口憲治, 堀末登, 大坪研一: 米飯1粒の多面的物性測定に基づく米の食味の評価. 日本食品科学工学会誌 45 398-407, 1998

14) 川村周三, 農産物・食品の安全と品質の確保技術(第7回)-官能評価: 人間の五感をセンサーとした計測技術—農業食料工学会誌. 76(5): 374~378, 2014

15) 高橋節子, 久野三智子, 西澤光輝, 貝沼圭二: 飯の食感を評価する新測定法と食味特性. J. Appl. Glycsci. 47 343-353, 2000

16) 宮崎滋: 肥満症治療ガイドラインの概要. 栄養学雑誌 65(1), 1-10, 2007

17) 吉武裕, 太田嘉城: 成人病に対する有酸素運動の効果. 栄養学雑誌50(2), 59-68, 1992

18) 農林水産省: 食料需給表. 令和元年8月6日公表

19) 鈴木洋子, 渋川祥子: 炊飯における昇温速度の影響.

調理科学 18(1) 64-68, 1985

- 20) 丸山悦子:炊飯に関する基礎研究(第2報) 炊飯
過程における温度履歴が飯の食味におよぼす影響.
調理科学 24(4) 297-301, 1991