

腎臓病治療用でんぷんパンの嗜好性改善について

Improvement of palatability of starch bread for treatments of patients with chronic kidney disease

菊地紘美 鎌田由香 星 祐二*
Hiromi KIKUCHI Yuka KAMADA Yuji HOSHI

The quality characteristics of starch bread for kidney disease treatment prepared by substituting olive oil and apple cider vinegar added as basic ingredients to “starch bread mix” manufactured by Oto Corp. with equivalent other similar food ingredients were clarified. In addition, the influences of skim milk, egg, “kanbaiko” (flour made from cooked glutinous rice), tapioca starch, honey, “mirin” (sweet sake for seasoning) and glutinous rice flour addition on palatability of starch breads were investigated.

As a result, when replacing olive oil with shortening, the color of the crust did not change, but the bulking property was improved and the crumb became denser. Apple cider vinegar was found to be indispensable for preparation of the starch bread. Furthermore, when it was replaced with lemon juice, the foaming property and crumb’s texture were similar to those of apple cider vinegar, but the odor peculiar to starch breads was reduced and palatability improving effect was confirmed.

When skim milk and other ingredients mentioned above were added individually, honey, skim milk, and eggs gave burnt color to the whitish starch breads, especially skim milk-added starch breads were not inferior to regular wheat breads in appearance.

In all of the recipes for which palatability improvement effect was recognized, the protein content could be reduced from 1/10 to 1/20 in wheat breads, and minerals were also less than those of wheat breads. Therefore, it was considered that the utility value as a therapeutic food was high.

Keywords: Special food for treating kidney disease, Starch bread, Improvement of palatability
腎臓病治療用特殊食品、でんぷんパン、嗜好性改善

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）に達している¹⁾。腎臓病が進行すると、透析療法や腎移植が必要となるが、進行を抑制するためには、食事療法や禁煙などの生活習慣の改善、薬剤を用いた血圧管理などが重要である。その中でも食事療法においては、食塩摂取量を1日6g未満に制限しながら、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）を行う必要がある²⁾。

タンパク質は3大栄養素の1つで、体構成成分やエネルギー源として重要であるが、体内で窒素化合物に代謝され、腎機能が低下している場合は十分な排泄が行えず、尿毒症などの原因ともなる²⁾。また、タンパク質の摂取によって糸球体内圧が高まり、糸球体が傷害される点からも、腎臓病患者がタンパク質を制限することは有用であるとされている³⁾。その一方で、良好な栄養状態を維持するためには、最低限のタンパク質摂取は必要であり、その際には

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）由来のタンパク質を抑えつつ、肉や魚などの良質なタンパク質の摂取割合を高めることが重要である^{4,5)}。さらに、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（25～35 kcal/kg 体重/日）を確保する必要がある。そのため、主食量を減らすことで摂取タンパク質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る^{3,5,6)}。このように相反する諸条件を充たしながら、腎臓病の食事療法を継続するためには、通常の食品と同程度以上のエネルギーを有し、かつタンパク質含有量を低減した「腎臓病治療用特殊食品」の活用が必要となる³⁻⁸⁾。これらの食品には、主食に含まれるタンパク質量を減らすことを目的とした製品（「治療用主食類」）やエネルギー補給を目的とした補食用の食品、エネルギー強化や食塩のコントロールを目的とした調味料類などがある^{4,5,7)}。その中でも、タンパク質を効果的に制限するためには、治療用主食類を活用することが、特に重

*宮城学院女子大学大学院健康栄養学研究科

要である⁶⁾。

治療用主食類としては、「たんぱく質調整米」や「でんぷん米」が主要なものであるが、この他に治療用パン類として「たんぱく質調整パン」や家庭で治療用パンを焼成するための「でんぷんパンミックス」が、麺類としては「でんぷん麺」が市販されている⁹⁾。

治療用パン類については、上述のようにたんぱく質調整パンやでんぷんパンミックス類が流通してはいるものの、嗜好性の点で問題が残ることは否めず、治療用パン類の嗜好性改善が待たれる。そこで本研究では、食事療法を行う患者が主食選択の幅を広げられるよう、でんぷんパンの嗜好性改善を図ることを目的としたが、でんぷんパンを家庭で調理する場合、①調理の簡便化が図れること、②既製品に比べ比較的安価であること、③焼成後の冷凍保存が可能であることなどから、市販のでんぷんパンミックスを使用し、でんぷんご飯の嗜好性改善効果が認められた食材などを参考に¹⁰⁾、でんぷんパンの嗜好性改善方法について検討した。

たんぱく質調整パンを家庭で調理するためのパンミックスには、オートコーポレーション製の「でんぷんパンミックス」とグンブン製の「T.Tパンミックス」がある。後者の製品パッケージに記載されている調理方法では、牛乳、バターなどの添加が前提となっており、タンパク質含有量も高い¹¹⁾。そこで本研究では、オートコーポレーション製のパンミックスを使用し、でんぷんパンの嗜好性改善について検討することとした。具体的には、オートコーポレーションでんぷんパンミックスのパッケージに基本材料として記載されているオリーブ油やリンゴ酢を他の類似の食材に変更した場合の影響について検討した。また、基本材料以外の食材として、①通常のパン調製において嗜好性改善効果が報告されているスキムミルクと鶏卵^{12,13)}、②先行研究において小麦食パンや米粉食パンに添加することで、嗜好性改善があると報告されている寒梅粉とタピオカデンプン¹⁴⁻¹⁶⁾、③でんぷんご飯で嗜好性改善効果の認められたハチミツ、味醂、もち粉の嗜好性改善効果についても検討することとした¹⁰⁾。

なお、「でんぷん」や「たんぱく質」の表記は、学術用語としてはカタカナであるが、製品の名称等については、ひらがなで表記することとした。

II. 試料、試薬および実験方法

1. 試料

1) 自家焼成でんぷんパン用食材

自家焼成でんぷんパンは、オートコーポレーション製のでんぷんパンミックスを使用し、製品パッケージ記載の方法(以後、「基準レシピ」とした)に従って調製した。パンミックスのパッケージに記載されている原材料は、澱粉(小麦粉澱粉を含む)、糖類(砂糖、麦芽糖、ブドウ糖、コーンシロップ)、油脂、食塩、海藻粉末、トレハロース、

ベーキングパウダー、乳化剤、増粘多糖類、カゼインナトリウム、香料、着色料(カロチノイド)であった。

基準レシピに従ってでんぷんパンを調製するために、でんぷんパンミックスのほかに、ミネラルウォーター(「森の水だより」日本コカ・コーラ)、オリーブ油(「BOSCO Pure & Mild」日清オイリオ)、リンゴ酢(ミツカン)も使用した。なお、オリーブ油(油脂類)とリンゴ酢(有機酸)については、以後「基本材料」と表記することとした。

2) 嗜好性改善効果検討食材

でんぷんパンの嗜好性改善効果を検討するための食材として、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)、ショートニング(「とっても便利なショートニング」日清フーズ)、レモン汁(「ポッカレモン100」ポッカサッポロフード&ビバレッジ)、ハチミツ(「サクラ印ハチミツ 純正アカシアハチミツ」加藤美養蜂本舗)、味醂(「タカラ本みりん」宝酒造)、もち粉(「白兔もち粉」淡路製粉)、スキムミルク(パイオニア企画)、卵(鶏卵、量販店にて購入)、寒梅粉(富澤商店)、タピオカデンプン(「タピオカスターチ」雪和食品)を用いた。

2. 試薬類

フルクトース、グルコース、スクロース、マルトース、グリシンはすべて、和光純薬製の特級を使用した。

3. 基準レシピによる自家焼成でんぷんパンの調製

ホームベーカリー(SPM-KP1 SANYO)付属のパンケース(高さ120 mm、幅140 mm、奥行き120 mm、容積約1400 mL)に、でんぷんパンミックス1パック(320 g)、パンミックス付属のドライイースト1パック(3 g)、ミネラルウォーター250 mL、オリーブ油13 g、リンゴ酢4 gを加えた。焼き上げまで3時間25分の「食パン」コースを選択したが、でんぷんパン生地は、通常のパン生地と比べ、粘着性が高く、パンケース内で均一に混ざらなかったため、パン羽根が一時停止した時点で(調理開始約13分後)、菜箸を用いて生地が均一になるよう混捏した。このようにして調製したでんぷんパンを以後「基準でんぷんパン」とした。また、調製時の気温が20℃を超えたため、予め冷蔵庫で冷却しておいたミネラルウォーターを使用した。パンの焼成回数は、予備的検討段階では1レシピにつき1回の焼成とし、嗜好性改善効果の認められたレシピについては3回ずつ焼成した。

4. 小麦食パンの調製

強力粉(カメリヤ 日清フーズ)250 g、ドライイースト(N & F 日仏商事株式会社)3 g、砂糖(上白糖 パールエース)15 g、食塩(公益財団法人塩事業センター)4 g、ショートニング20 g、ミネラルウォーター150 mLをパンケースに入れ、「食パン」コースで焼成した。

5. 人工ハチミツの調製

フルクトース38.2 g、グルコース31.3 g、スクロース1.3 g、マルトース7.3 gを蒸留水に溶解し¹⁹⁾、ロータリーエバポレーター(本体 EYELA N-N シリーズ、オイルバス

OSB-651東京理化）を用いて濃縮後、蒸留水を加えて100 gとした。

6. でんぶんパンの品質評価

1) でんぶんパンミックスの走査型電子顕微鏡（SEM）観察

SEM用試料台に貼付した両面テープ上に、でんぶんパンミックスを直接まぶし、余分なミックスを除去後、金を蒸着した（イオンコーターIB-3 Eiko）。金を蒸着後、SEMによる観察を行った（TM-3000 HITACHI）。

2) でんぶんパンの外観撮影とスライス

焼成後、直ちにパンケースから取り出し、室温で1時間放置後、上部および側面をデジタルカメラ（DMC-G2 PANASONIC）で撮影した。撮影後、パンローフの両端を10 mm厚に切断し、内部は20 mm厚で5枚切とし、スライス面もデジタルカメラで撮影した。なお、今回は紙面の都合上、撮影結果は示さなかった。

3) 膨化性

焼成後にパンケースから取り出し、1時間放置したパンローフの最も膨らんでいる箇所の高さを定規で測定し、膨化性評価の指標とした（膨化度）。

4) デジタルマイクロスコープによるスライス面の拡大撮影

上記20 mm厚スライス2枚を一晩冷蔵保存後、デジタルマイクロスコープ（DIM-02 アルファーマラージュ）

を用いて、スライス面の拡大撮影を行った。

5) 表色測定

色の測定は、測色色差計（ZE 2000 日本電色工業）を使用して、パンのクラスト（外相）とクラム（内相）について行った。

一晩冷蔵保存したパンローフ両端スライス2枚とスライス面撮影に供した20 mm厚スライス2枚を表色測定用試料とした。

パンローフ両端スライスはクラストの表色測定に、20 mm厚スライスはクラムの表色測定に用いることとし、各スライスから直径30 mm、厚さ10 mmとなるように切り出し、スライス1枚につき4ヶ所、計8ヶ所について測定した。

型抜きした試料片を直径35 mm、高さ10 mmのプラスチックシャーレに移し、反射モードで測定した。解析は $L^*a^*b^*$ 表色系で行い、色調（ L^* 値、 a^* 値、 b^* 値）を測定し、彩度、基準でんぶんパンに対する色差を求めた。彩度および色差は、それぞれ下記の式から求め、算出した色差は、表1に示したJIS規格などで使用されている「色の許容差事例」（一部改変）に準じて評価した^{17,18)}。

$$\text{彩度} = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2}$$

$$\text{色差 } \Delta E = \sqrt{(L_2^* - L_1^*)^2 + (a_2^* - a_1^*)^2 + (b_2^* - b_1^*)^2}$$

ここで、 L_1^* 、 a_1^* 、 b_1^* は基準となる試料の色調、 L_2^* 、 a_2^* 、 b_2^* は測定対象とした試料の色調である。

表1. 色の許容差事例

呼び名	色差 ΔE	知覚される色差の程度
評価不能領域	0~0.2	特別に調整された測色器械でも誤差の範囲にあり、人が識別不能。
識別限界	0.2~0.4	十分に調整された測色器械の再現精度の範囲で、訓練を積んだ人が再現性をもって識別できる限界。
A A A級許容差	0.4~0.8	目視判定の再現性からみて、厳格な許容色差の基準を設定できる限界。
A A級許容差	0.8~1.6	色の隣接比較で、わずかに色差が感じられるレベル。一般の測色器械間の器差を含む許容色差の範囲。
A級許容差	1.6~3.2	色の離間比較では、ほとんど気付かれない色差レベル。一般的には同じ色だと思われているレベル。
B級許容差	3.2~6.5	印象レベルでは同じ色として扱える範囲。塗料業界やプラスチック業界では色違いでクレームになることがある。
C級許容差	6.5~13.0	JIS標準色票、マルセル色票などの1歩度に相当する色差。
D級許容差	13.0~25.0	細分化された系統色名で区別ができる程度の色の差で、この程度を超えると別の色名のイメージになる。

「色の許容差事例」を一部改変

6) テクスチャー解析 (TPA : Texture Profile Analysis)

でんぶんパンは、家庭内では患者のみが喫食することが多く、当日に摂取しないパンはスライスし、冷凍庫で保存することが推奨されているため²⁰⁾、ラップで包みチャック付きプラスチック袋に入れ、冷凍庫で一晩保存後、テクスチャー (硬さと付着性) 測定に供した。

冷凍保存した20 mm厚スライス3枚を電子レンジ (RE-S5D シャープ) 付属の丸皿にのせ、500 Wで1分間加熱解凍後、クラム部から縦30 mm、横30 mm および厚さ20 mmの直方体を2個切り出し、測定試料とした ($n=6$)。でんぶんパンは、冷めると嗜好性が著しく低下するので、温かいうちに喫食することを前提に、測定直前にラップをかけた状態で再度500 W、10秒間の加熱を行ってから測定した。

テクスチャー測定は、クリープメーター (RE-2-33005S 山電) を用いて行った。直径20 mmのプランジャーを使用し、ロードセル20 N、ロードマグニチュード1、ステップ0.01 mm、圧縮速度1.0 mm/sec、圧縮率50%、圧縮回数2回とした。クリープメーターからの出力は、直流増幅器 (自製) で5倍に増幅後、Science Cube (ケニス) を介して、20ミリ秒ごとに Windows 7が稼働する PC上の Microsoft Excel 2007に取り込み、「硬さ」と「付着性」の解析は Microsoft Excel 2010を用いて行った²¹⁾。測定値の単位は、硬さについては N/m^2 による表記とした。付着性は、厚生労働省えん下困難者用特別用途食品の許可基準においては²²⁾、エネルギー密度を意味する J/m^3 となっているが、 N/m^2 と圧力の単位である Pa は J/m^3 と同値となるので、今回は付着性についても N/m^2 を用い、20ミリ秒ごとに得られる第1咀嚼時のマイナス側応力値の総計を付着性値とした。

7) 官能評価

30代女性と60代男性が、基準でんぶんパンおよび嗜好性改善効果を検討したでんぶんパンの試食を行い、外観、香り、味、硬さ、硬軟以外の食感および総合評価の各項目について予備的に評価を行った。この評価を以後「試行的官能評価」とした。

外観、香り、味、食感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、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。試行的官能評価で改善効果の認められたでんぶんパンについては、本学臨床栄養学ゼミ所属学生10名による官能評価を実施した。評価項目および評価方法は、試行的官能評価に準じた。

なお、官能評価の際には、冷凍保存していたでんぶんパンスライスを電子レンジ付属の丸皿にのせ、500 Wで1分加熱解凍後、クラム部から縦40 mm、横30 mm、厚さ20 mmの直方体を切り出し、さらに供試直前にラップをかけて20秒間加熱した。

8) 統計処理

基準でんぶんパンに対する表色値、膨化度、およびテクスチャー特性値についての多重比較は Steel 法により、官能評価の結果については Quade 法により検定を行った。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。

9) 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. 各種食材置換/添加でんぶんパンの品質特性 (外観、色彩、クラム性状および膨化性に係る予備的評価結果)

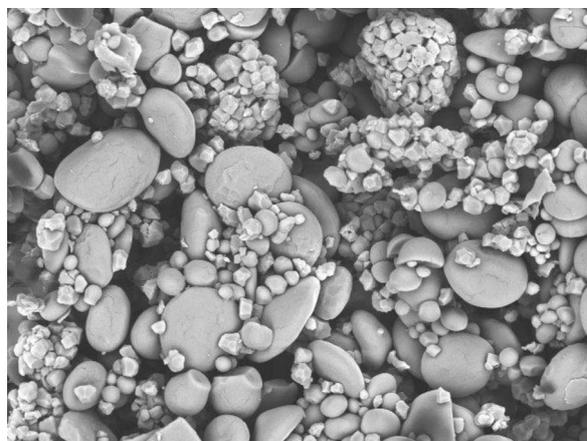
1) 走査型電子顕微鏡によるでんぶんパンミックス観察

図1にでんぶんパンミックスの走査型電子顕微鏡による微細構造を示した。コムギ由来の扁平な円形状のデンプン粒に加え、トウモロコシのデンプン粒に類似した数 μm の立方体状の粒も多数観察された。

2) 市販でんぶんパンミックスを用いたパン性状と基本材料の影響について

最初に、今回使用したでんぶんパンミックスのパッケージに記載されている調理方法に基づいて焼成したでんぶんパンの性状を通常の自家焼成小麦食パンと比較したところ、一般の小麦食パンに比べ、クラストの焼き色は薄く、クラムに直径1~5 mm大の気泡があり、肌理が粗い様子が確認できた (図2b)。

でんぶんパンは、通常の食パンの約1/20にタンパク質を低減化しているため、アミノ・カルボニル反応が起きず、焙焼による焦げ目がつきづらいものと考えられた。そこで、グルテニンとグリアジンの分子量から小麦タンパク質の概算の物質量を求め、その値を参考にグリシン0.4 gまたは0.8 gを基準のレシピに添加して焙焼したところ、



Miniscope0683 2018/08/03 09:59 N D4.7 x1.0k 100 μm
でんぶんパンミックス 1000倍

図1. 走査型電子顕微鏡によるでんぶんパンミックスの微細構造観察

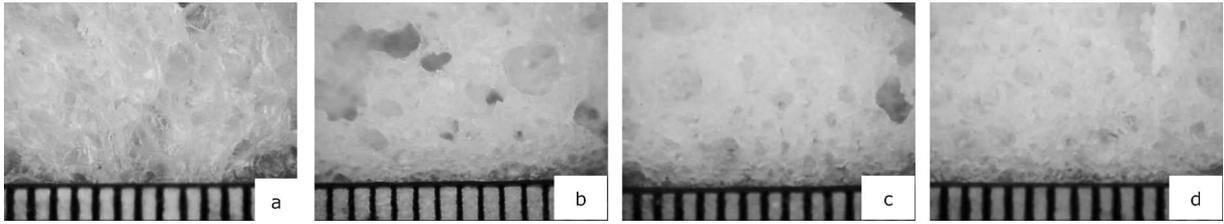


図2. 小麦食パン、基準でんぷんパン、および油脂類を変更したでんぷんパンのクラム性状
a：小麦食パン b：基準でんぷんパン c：サラダ油置換でんぷんパン d：ショートニング置換でんぷんパン

表2. でんぷんパンの品質特性におよぼす基本材料の影響

基本材料	外観	クラスト性状	クラム性状	膨化度 (cm)
基準	小麦食パンよりも、艶が少ない。 角型食パン	通常的小麦パンに比べ、焼き色は薄い。	直径1～5mm大の気泡があり、通常のパンよりも肌理が粗い。	11.0
サラダ油	基準でんぷんパンに類似	基準でんぷんパンと同様	肌理細やかとなり、改善あり。	12.0
ショートニング	全体的にふっくらしてる。 角型食パン	基準でんぷんパンと同様	油脂類中で、最も肌理が細やかで、小麦食パンに類似	12.0
リンゴ酢なし	角型食パン	焼き色ではなく、黄色味がかっている。	クラストと同様の黄色味。細かな気泡はなく、ところどころに3～5mm大の気泡	10.0
レモン汁	ふっくらしている山型食パン	基準でんぷんパンと同様	リンゴ酢添加時よりも、気泡が小さく、肌理細やか	12.4

基本材料	表色（上段：クラスト，下段：クラム）*2					物性値 (N/m ²)	
	L*	a*	b*	彩度	色差*1	硬さ*2	付着性*2
基準	78.88±1.57	0.50±0.65	19.20±2.36	19.21±2.36	-	4865±519	461±487
	80.18±0.61	-2.47±0.49	9.60±0.42	9.92±0.49	-		
サラダ油	76.94±1.61	2.00±0.35	22.30±2.89	22.39±2.90	3.95	8225±739	438±360
	76.21±9.73	-1.69±0.24	8.22±1.54	8.40±1.52	4.27		
ショートニング	77.38±1.49	1.81±1.17	22.25±3.50	22.34±3.58	3.65	9880±3897	852±1008
	83.62±1.53	-1.63±0.16	9.28±0.34	9.42±0.33	3.56		
リンゴ酢なし	74.50±10.51	0.56±1.05	20.58±2.64	20.61±2.65	4.59	8140±1728	858±1083
	79.83±1.13	-2.50±0.72	11.20±0.73	11.48±0.84	1.64		
レモン汁	78.00±1.07	1.12±0.61	19.92±2.54	19.96±2.53	1.30	5910±738	383±438
	81.48±1.35	-2.10±0.09	10.40±0.42	10.61±0.41	1.57		

*1：基準でんぷんパンに対する色差

*2：平均±標準偏差

食味の点では改善効果は認められなかったが、量依存的に焦げ目がつき、通常的小麦食パンに近いものとなった。

次に、基本材料を他の食材に等量置換した場合の影響を検討し、その結果の概略を表2に示した。なお、「試料、試薬および実験方法」でも述べたように、表色測定は1

回の焼成パンからの8検体について行い、物性値（硬さと付着性）については6検体について測定したが、予備的評価の段階では、焼成は1回のみであったため有意差検定は行わなかった。

(1) 油脂類

基準レシピのオリーブ油をサラダ油に変更したでんぶんパンは、基準レシピによるパンと同様、クラストの焼き色は薄かったが、クラムは肌理が細やかになり、改善効果が認められた (図 2b, c)。また、ショートニングに変更した場合、焼き色に変化はないものの、明度の高いクラムとなった。クラムの肌理は、3種の油脂類の中では最も細かく (図 2d)、膨化性にも優れ、小麦を原料とした一般のパンと類似していた。小麦を原料とした通常のパンにおいても、可塑性油脂であるショートニングやバター、またはマーガリンを使用することが一般的であり、でんぶんパンにおいても、デンプンの結着を抑制することで良好な仕上がりに寄与したものと推測した。

(2) 有機酸類

食酢類は、通常、小麦粉を原料としたパンを調製するには加えられないが、でんぶんパンではリンゴ酢が用いられているため、初めにリンゴ酢添加の効果について検討した。リンゴ酢を加えずに焼成したでんぶんパンは、高さ10 cmと膨らみが悪く、クラストは黄色みを帯びていた。クラムの肌理は、細かな気泡がなく、ベタつきを印象づける状態であった (図 3b)。クラムの色調は鮮やか黄色を呈しており、リンゴ酢を使用しないことでクラムの pH が高くなり、フラボノイド系色素が黄変した可能性も考えられた。

パンの膨化性には、グルテンの形成が大きく関わっているが、でんぶんパンは、タンパク質含有量が極めて少ないため、グルテンの形成が行えず、膨らみづらいという特徴がある。そのため、でんぶんパンには、膨らみを補助する役割として、ベーキングパウダーも加えられている。ベーキングパウダーには、もともとガス発生をコントロールする複数の酸性剤が含まれているため、リンゴ酢を添加することで、でんぶんパンの膨化性が高まったと考えられた²³⁾。

リンゴ酢の代替としてレモン汁を添加した場合も、基準でんぶんパンと同等の焼き色と膨化性を示した一方、クラムの気泡はリンゴ酢添加時よりも小さくきめ細やかであった (図 3c)。

以上より、基本材料の油脂については、製品パッケージ記載のオリーブ油よりも可塑性油脂であるショートニング

を使用した方が良好な膨らみが得られることがわかった。また、通常の食パン調製時には使われないリンゴ酢は、でんぶんパンには必須の食材であること、また、リンゴ酢の代替としてレモン汁を用いることで、リンゴ酢添加時と同等の起泡性が得られるとともに、でんぶんパン特有のクラムの粗さも改善できることが明らかとなった。

3) 基本材料以外の食材添加効果の検討

上述の基本材料をオリーブ油とリンゴ酢のままとし、これらとは別に7種の食材を個別に加えて焼成したでんぶんパンの品質特性を評価し、その結果の概略を表3に示した。各食材の添加量は、ハチミツ、味醂およびもち粉については、でんぶんご飯の嗜好性改善において、効果が認められた添加量に準じて算出し¹⁰⁾、ハチミツは7g、味醂は6g、もち粉は16gとした。スキムミルク、卵、寒梅粉、およびタピオカデンプンについては、それらを添加して焼成したでんぶんパンに含まれるタンパク質量が、市販の食パンの約1/10となるよう添加することとし、スキムミルクは6g、卵 (全卵) は15g、寒梅粉は16g、タピオカデンプンも16gとした。

なお、各食材を加えるにあたり、家庭での焼成を前提としたため、基準レシピの配合は変更せずに表記された食材量を添加することとした。

(1) ハチミツ

ハチミツを添加するとクラストに焼き色がつき、でんぶんパン特有の白さが軽減できるとともに、クラムについても鮮やかな黄色を呈するようになった。フルクトースやグルコースなどから作製した人工ハチミツを添加して焙焼した場合、ハチミツ添加時に比べ、焼き色がつきづらかったことから、ハチミツ添加による焼き色の付与は、ハチミツに含まれる糖分以外の成分の寄与によるものと考えられた^{24,25)}。ハチミツ添加の膨化性におよぼす影響については、きめ細やかな気泡がクラム全体にみられ、膨らみも良好となった (図 4b)。

(2) 味醂

味醂添加により、基準でんぶんパンより僅かに焼き色がつき、中央部が良く膨らむ山型のパンに仕上がった。また、クラムには細かな気泡が分散する一方、直径3~5 mm 大の気泡も分布しており (図 4c)、味醂には糖や麹由来の酵素が多く含まれているため発酵が進み、膨化性が高

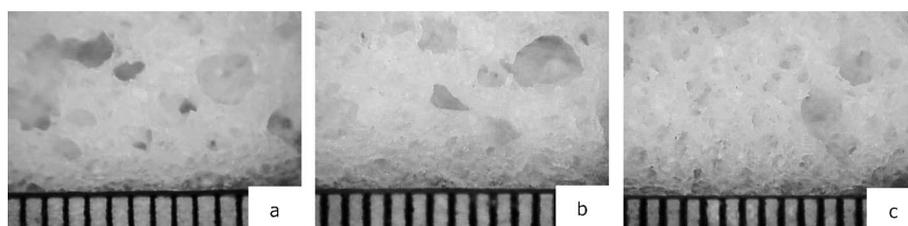


図3. 食酢類を変更したでんぶんパンのクラム性状
a: 基準でんぶんパン b: リンゴ酢抜きでんぶんパン c: レモン汁置換でんぶんパン

表 3. でんぷんパンの品質特性におよぼす各種食材の影響

添加食材	外観	クラスト性状	クラム性状	膨化度 (cm)
基準	小麦食パンよりも、艶が少ない。角型食パン	通常的小麦パンに比べ、焼き色は薄い。	直径1~5mm大の気泡があり、通常のパンよりも肌理が粗い。	11.0
ハチミツ	しっとりしている角型の食パン	焼き色がつき、でんぷんパン特有の白さ改善された。	基準よりもきめ細やか、でんぷんパン特有の白さ改善された。	12.0
味醂	中央部が良く膨らんだ山型のパン	基準より、わずかに焼き色あり。	細やかな気泡と、所々に3~5mm大の気泡	12.5
もち粉	角型パンに近い。	基準と同様	きめ細やかで、でんぷんパン特有の白さ改善された。	11.5
スキムミルク	角型の食パン	基準より、焼き色あり。	所々に1~3mm大の気泡があるものの、でんぷんパン特有の白さが改善された。	11.0
卵	起泡性があり、山型に近い食パン	基準より、焼き色あり。	3mm大の気泡があり、肌理が粗い。	12.7
寒梅粉	焙焼中に11cmまで膨らむも、放冷後には9.2cmまで中央部が低下した。	基準と同様	肌理が揃っており、でんぷんパン特有の白さも改善された。	9.2
タピオカデンプン	わずかに膨らみ、やや山型	基準と同じ焼き色とうろこ状のひび	気泡は均一で、通常的小麦食パンに近い。	11.3

添加食材	表色（上段：クラスト，下段：クラム）*2					物性値 (N/m ²)	
	L*	a*	b*	彩度	色差*1	硬さ*2	付着性*2
基準	78.88±1.57	0.50±0.65	19.20±2.36	19.21±2.36	-	4865±519	461±487
	80.18±0.61	-2.47±0.49	9.60±0.42	9.92±0.49	-		
ハチミツ	77.81±1.46	2.19±0.82	24.35±1.77	24.45±1.82	5.52	5127±739	163±146
	82.03±1.31	-2.03±0.17	11.82±0.50	11.99±0.47	3.10		
味醂	77.74±2.26	2.08±0.99	23.48±2.88	23.58±2.94	4.70	7923±2325	149±384
	79.61±0.25	-1.79±0.33	8.68±0.34	8.87±0.34	1.28		
もち粉	74.22±0.89	0.01±0.72	20.68±1.64	20.69±1.64	4.91	8209±1833	1473±1542
	77.29±0.35	-3.10±0.13	10.63±0.38	11.07±0.39	3.13		
スキムミルク	72.74±1.78	5.91±1.49	27.96±2.52	28.60±2.65	11.99	7008±1461	574±855
	77.47±0.70	-2.53±0.21	9.65±0.64	9.98±0.62	2.71		
卵	73.85±1.90	4.39±1.25	27.35±3.03	27.73±3.04	10.34	6879±1615	104±143
	79.10±0.74	-2.82±0.18	11.17±0.35	11.52±0.30	1.94		
寒梅粉	73.24±0.92	-0.30±0.86	20.44±1.83	20.46±1.83	5.83	6491±1498	196±196
	75.34±0.49	-2.99±0.29	11.08±0.76	11.47±0.75	5.09		
タピオカデンプン	79.02±0.82	0.39±0.51	19.7±2.368	19.79±2.37	0.61	5476±2189	970±530
	78.02±2.06	-2.08±0.50	8.17±0.48	8.44±0.56	2.62		

*1：基準でんぷんパンに対する色差

*2：平均±標準偏差

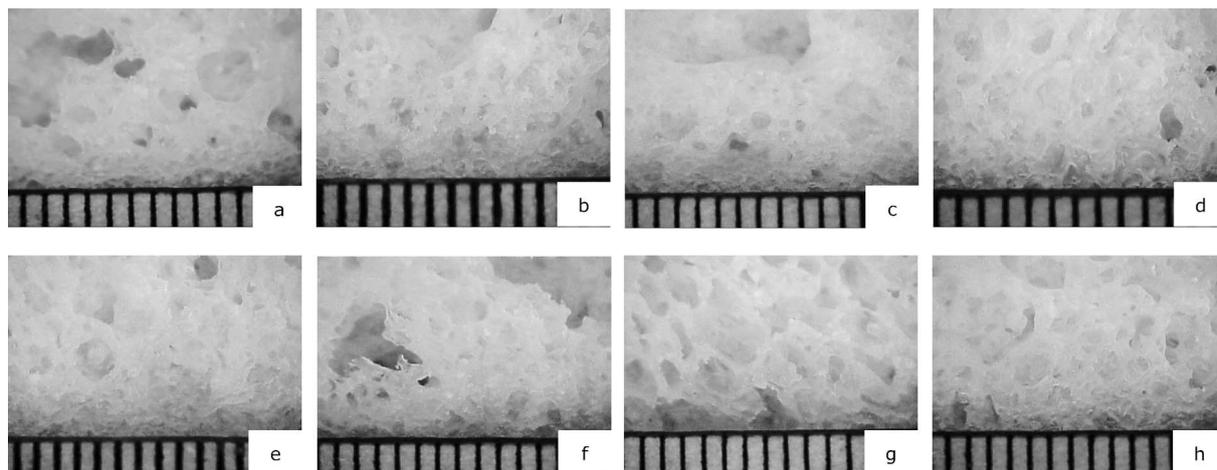


図4. でんぷんパンクラム性状におよぼす添加食材の影響

a: 基準でんぷんパン b: ハチミツ添加 c: 味醂添加 d: もち粉添加 e: スキムミルク添加 f: 卵添加 g: 寒梅粉添加 h: タピオカデンプン添加

まったためと推測した^{26,27)}。

(3) もち粉

もち粉添加では、クラストに焼き色はあまりつかなかったが、クラムについては、でんぷんパン特有の透明感が軽減されるとともに、クラムの肌理が細やかになり、改善効果が認められた(図4d)。これは、もち粉に含まれるアミロペクチンがパン内相のネットワークを強めることで、きめ細やかなクラムに仕上がったためではないかと推測した。

(4) スキムミルク

スキムミルクは、小麦を原料としたパンに加えることで、クラストに焼き目をつける効果があるとされており^{12,13)}、でんぷんパンに添加した場合も同様の効果が得られた。また、でんぷんパン特有のクラムの白さも改善され、気泡も小さく、きめ細やかなクラムとなった(図4e)。

(5) 卵

卵を添加したでんぷんパンのクラストは焼き色がつくとともに、クラムも鮮やかな黄色を呈した。また、卵は起泡性に富む食材であり、通常的小麦パンに添加したときと同様、容積が増加した一方、やや肌理の粗いクラムとなった(図4f)。この理由として、でんぷんパンでは、グルテンが形成できず、生地が脆弱なため、細かい泡が均一に分散せず、局所的に大きな泡が生成したためと考えられた。

(6) 寒梅粉

寒梅粉は、小麦や米粉を原料としたパンに添加することで、老化遅延効果が報告されており¹⁵⁾、寒梅粉を添加すると、もち粉添加と同様、でんぷんパン特有のクラムの透明感が低減し、肌理の揃ったクラムとなった(図4g)。しかしながら、膨化性については、焼成中は11 cm まで膨らんだものの、1時間放冷後には上部中央が陥没して9.2 cm となった。先行研究では、置換率を20%以上した場合、ケービングが起こるとされているが¹⁶⁾、でんぷんパンは、タンパク質含有量が少ないため生地が脆弱であり、5

%添加でも焼成後に陥没が生じたものと考えられた。

(7) タピオカデンプン

タピオカデンプンには、小麦パンに添加することで比容積向上効果や老化抑制効果が報告されており^{14,16)}、タピオカデンプンを添加すると、クラムの気泡は均一となり(図4h)、山型の膨らみとなったものの、クラストに焼き色はつかず、うろこ状のひび割れが発生した。

以上のことから、でんぷんご飯において食味改善効果が得られたハチミツ、味醂、もち粉に加え、一般に製パン性を高めるとされているスキムミルクと卵も、でんぷんパンの嗜好性改善に効果のあることが確認できた。

2. 各種食材置換/添加でんぷんパンのテクスチャー特性 (「硬さ」と「付着性」に係る予備的評価結果)

硬さについては、基準レシピによるでんぷんパンが最も低い値を示し、基本材料の置換や食材の添加により増加する傾向がうかがえた。改善効果を検討したでんぷんパンを実際に食してみたところ、後述のように、基準でんぷんパンは、電子レンジでの加熱後に蒸しパンのような軟らかな食感を示したのに対して、硬さが最大となったショートニング置換では(表2)、小麦食パンの食感に近かった。このことから、基本材料の置換および食材添加により、でんぷんパンの硬さが増加し、蒸しパンのような軟らかいでんぷんパン特有の食感が改善できたのではないかと考えた。

もち粉やタピオカデンプンは、でんぷんパンの付着性を高め、一方、ハチミツ、味醂および卵は付着性を低下させる傾向が認められた。

3. 試行的官能評価結果

1) 基本材料について

(1) 油脂類

基本材料であるオリーブ油をサラダ油に変更したでんぷんパンには、色差計による結果と同様、焼き色の改善効果は認められなかったが、でんぷんパン特有の味や匂いが緩

和され、基準のでんぶんパンよりも癖がなく、摂取しやすい印象があった。次に、油脂類としてショートニングを使用した場合、でんぶんパン特有の味や匂いを軽減できるとともに、歯ごたえのない特有の食感も改善できた。

(2) 有機酸類

リンゴ酢を用いないと、膨らみが悪く、クラムはもちもちとした食感となったが、でんぶんパン特有の酸っぱい匂いはせず、摂取しやすかった。これらのことから、リンゴ酢は膨化性に富むでんぶんパンの調製にとっては必須の食材ではあるが、リンゴ酢を加えない調理方法は、もちもちとした食感のパンを好む方や酸っぱい匂いが苦手な方に向くのではないかと考えられた。また、リンゴ酢の代替としてレモン汁を使用して焼成したパンは、わずかに黄色みを帯び、でんぶんパン特有の白い外観は、若干改善された。食味などについては、リンゴ酢添加時よりもレモン由来の酸味を感じたが、酢の匂いがせず、摂取しやすいと感じた。

2) 基本材料以外の食材

(1) ハチミツ

ハチミツを添加すると、ハチミツ由来のほのかな甘味やしっとりとした食感が得られ、クラムにも焼き色がついた。

(2) 味醂

味醂添加は、ハチミツ添加と同様、ほのかな甘味やしっとりとした食感の形成に寄与し、また、味醂の発酵促進効果により^{26,27)}、ふわふわとした食感となった。

(3) もち粉

もち粉の添加は、でんぶんパン特有のクラムの透明感を軽減し、香りもでんぶんパン特有の匂いから米粉パンのような香りとなった。

(4) スキムミルク

スキムミルク添加により、香りや味の面に加え、でんぶんパンの外観や食感も普通の小麦食パンに近づき、著しい改善効果が認められた。

(5) 卵

味や匂いの改善効果に加え、卵が持つ起泡性により、やや肌理の粗いクラムとなったものの、ふわふわとした食感となった。

(6) 寒梅粉

寒梅粉には、でんぶんパン特有のクラムの透明感や匂いを、もち粉と同程度に改善する効果のあることが確認できた。先行研究では、米粉パンに寒梅粉を添加すると、もち粉添加よりも食味改善効果が大きいとされていたが¹⁵⁾、でんぶんパンにおいては、もち粉添加時と同程度の効果にとどまった。

(7) タピオカデンプン

タピオカデンプンを添加すると、でんぶんパン特有のもちもちとした食感が改善され、歯切れのよい食感となった一方、主原料はパンミックスと同様のデンプンであるため、味や匂いの改善効果は認められなかった。

4. 改良レシピの検討

外観、膨化性、色彩、クラム性状、テクスチャー（硬さと付着性）、および試行的官能評価による予備的検討結果を踏まえ、以下のような改良レシピについて検討した。

基本材料の油脂としては、良好な膨らみや香り形成に寄与したショートニングを、有機酸は、リンゴ酢と同等の効果を示し、食酢特有の匂いを軽減できたレモン汁を選択した。基本材料以外の食材としては、焼き色と食味に改善効果の著しかったハチミツ、スキムミルク、および卵を個別に添加することとした。これらの改良でんぶんパンレシピの表記を下記に示した。

「基準」：パッケージ表記に準じて調理したものの。

「ショートニング」：基本材料のオリーブ油をショートニングに等量置換し、有機酸はリンゴ酢のままとしたもの。

「レモン汁」：基本材料のリンゴ酢をレモン汁に等量置換し、油脂はオリーブ油のままとしたもの。

「ハチミツ添加」、「スキムミルク添加」、「卵添加」：基本材料である油脂をショートニングに、有機酸をレモン汁に変更し、ハチミツ、スキムミルク、卵を個別に加えたもので、使用量は「1-3) 基本材料以外の食材添加効果の検討」に準じた。

なおここでは、1レシピにつき、3回焼成して再現性の確認も行った。基本レシピによるでんぶんパンを3回焼成し、焼成ごとの表色およびテクスチャー特性値について検定を行ったところ有意差は認められなかったので、焼成ごとに得られた表色値とテクスチャー特性値をプールした後、膨化性ととともに、Steel法による多重検定にかけた。

1) 栄養価

改良レシピの栄養価を表4に示した。改良したでんぶんパンの栄養価は、でんぶんパンミックスについては製品パッケージの記載値から1斤分を、その他の材料については、使用量をもとに「日本食品標準成分表2015年版（七訂）」から算出した。

いずれの改良レシピとも、小麦食パンと同等以上のエネルギーを有するとともに、タンパク質は1/10～1/20に低減でき、タンパク質が多く含まれるスキムミルクを添加した場合でも、小麦食パンの約1/10にとどまった。また、リン、カリウムおよび食塩の含有量についても小麦食パン以下である一方、スキムミルク添加の場合、腎症の食事療法を行っている患者にとって不足しやすいカルシウムの供給源となることも期待される。このように、改良レシピで調理したでんぶんパンは、栄養的にはタンパク質制限を必要とする腎臓病患者の日常の主食として利用可能であると判断した。

表 4. 変更レシピの栄養価

		(1斤あたり)				
でんぷんパンの種類	添加食材	エネルギー (kcal)	タンパク質 (g)	リン (mg)	カリウム (mg)	食塩相当量 (g)
基準		1327	1.7	144	88	2.4
ショートニング		1327	1.7	144	88	2.4
レモン汁		1327	1.7	144	90	2.4
ハチミツ添加	ハチミツ	1348	1.7	144	91	2.4
スキムミルク添加	スキムミルク	1349	3.7	204	198	2.5
卵添加	卵	1350	3.6	171	110	2.5
小麦食パン		948	33.6	300	348	4.8

改良したでんぷんパンの栄養価は、「でんぷんパンミックス」は製品パッケージの記載値から、その他の材料については使用量をもとに「日本食品標準成分表2015年版（七訂）」から算出した。

表 5. でんぷんパンの物性におよぼすレシピ変更の影響

		基準	ショートニング	レモン汁	ハチミツ	スキムミルク
膨化度 (cm) n=3		11.3±0.3	11.9±0.2	11.8±0.5	11.4±0.2	12.1±0.1
クラム	硬さ (N/m ²) n=30	5146±752	6957±1370**	6451±1263**	6338±1259**	5306±1215
	付着性 (N/m ²) n=30	1006±659	1118±750	1671±1093	924±963	781±485

** p < 0.01 (「基準」に対して)

多重比較検定は、Steel法により行った。

数値は、平均±標準偏差

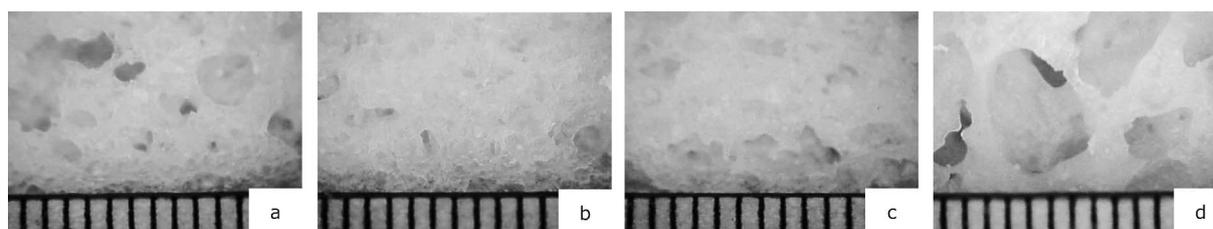


図 5. でんぷんパンのクラム性状におよぼす変更レシピの影響
a: 基準でんぷんパン b: ハチミツ添加 c: スキムミルク添加 d: 卵添加

2) 外観、色彩、クラム性状および膨化性評価

「基準」および食味改善を試みた5種のでんぷんパンのクラムをデジタルマイクロスコープで撮影した結果を図5に示した。また、3回焼成した各種でんぷんパンの膨化度の結果を表5に示した。なお、「卵添加」は、後述のようにショートニングとレモン汁の組み合わせで焼成すると、仕上がりが非常に悪かったため、膨化度や色彩、およびテクスチャー特性値の評価は行わなかった。

「ハチミツ添加」の外観・形状については、「ショートニ

ング」と同様、膨らみが良好であるとともに焼き色をつけることもできた。また、きめ細やかで均一な気泡が分散したクラムとなり(図5b)、でんぷんパン特有の透明感も軽減できた。

また、「スキムミルク添加」についても「ハチミツ添加」と同様、膨らみや焼き色が良好であるとともに、スライスした断面は小麦粉を原料とした食パンに最も類似した性状を呈していた(図5cおよび図2a)。その一方で、「卵添加」については、先述のようにパッケージ記載レシピに単独で

添加した場合は、焼き色や味、および匂いにおいて改善効果があったが、基本材料の油脂や有機酸を変更したレシピに添加した場合は、仕上がりが不良であった（図 5d）。このことから、嗜好性改善のためには材料の組み合わせも重要な要素であることがわかった。なお、「ショートニング」および「レモン汁」のクラム拡大撮影画像については、図 2d および図 3c に示した。

膨化度については、表 5 に示したように、いずれの試料も基準でんぷんパンに対する有意差はなかったが、改良レシピの膨化度が高まる傾向は認められた。

3) 色彩評価

表 6 に、でんぷんパンの色彩におよぼすレシピ変更の影響をまとめた。クラストの色調については、「基準」の L^* に対して、低い値を示すものと高い値を示すものがあり、「ハチミツ添加」では有意に高く、「スキムミルク添加」では有意に低い値となった。 a^* および b^* は、すべてのでんぷんパンで焼き色と推測される、赤黄色方向の色調がみられ、「スキムミルク添加」のみ、どちらも有意に高い値となった。目視の評価においても、「スキムミルク添加」が最も焼き色がついていることを確認できた。彩度については、「スキムミルク添加」のみ高い値となり、その差は有意であった。

クラムの色調について、 L^* は「基準」と比較して、「スキムミルク添加」を除く、全ての「でんぷんパン」において有意に高い値となった。 a^* については、「ショートニン

グ」と「スキムミルク添加」に有意差が認められた。 b^* については、すべて「基準」と同様、黄色方向の色調であったが、「レモン汁」は有意に高く、その他の 3 種のでんぷんパンでは、有意に低い値となった。彩度については、すべてのレシピで「基準」に対し有意差があり、「レモン汁」のみ高い値となった。

4) テクスチャー（「硬さ」と「付着性」）評価

硬さについては、「基準」が最も低い値となり（表 5）、嗜好性改善を試みたでんぷんパンで硬さが増す傾向があり、「ショートニング」、「レモン汁」、「ハチミツ添加」は、「基準」に対して有意に高値を示した。表 5 に示したように、改良レシピによるでんぷんパンの膨化度の方が、「基準」より高くなる傾向があり、硬さも「ショートニング」「レモン汁」「ハチミツ添加」については有意に増加した。これは改良レシピによるでんぷんパンでは、その組織がよりしっかりとした状態となり、発生する炭酸ガスの保持力が向上して膨化度が高くなる一方、適度の硬さとなったためと考えられた。

付着性については、標準偏差が大きく、定量的議論は困難であったが、「レモン汁」を除くでんぷんパンは、「基準」と同等の付着性と思われた（表 5）。「レモン汁」の付着性は、平均値としては高い値を示したが、測定ごとのバラツキが大きく、官能的にも焼成ごとの明確な差異は感じられなかった。

表 6. でんぷんパンの色彩におよぼすレシピ変更の影響 ($n=24$)

クラスト	基準	ショートニング	レモン汁	ハチミツ	スキムミルク
L^*	78.68±1.65	79.83±2.33	79.53±1.80	80.38±1.54*	75.32±1.43*
a^*	0.85±0.80	1.20±0.87	0.64±0.59	1.03±0.62	3.97±1.10*
b^*	20.14±2.39	19.78±3.35	19.19±2.03	18.73±2.83	24.86±1.94**
彩度	20.17±2.39	19.83±3.40	19.21±2.04	18.77±2.85	25.19±2.03**
色差 ^{*1}	-	1.26	1.29	2.21	6.58
クラム	基準	ショートニング	レモン汁	ハチミツ	スキムミルク
L^*	80.43±1.03	82.25±1.42**	81.30±1.02*	81.45±0.75**	80.18±0.98
a^*	-2.20±0.36	-1.87±0.33*	-2.42±0.43	-1.88±0.58	-2.49±0.32*
b^*	9.39±0.53	8.30±0.80**	10.50±0.39**	8.20±0.72**	8.61±0.40**
彩度	9.65±0.55	8.52±0.75**	10.79±0.38**	8.42±0.78**	8.97±0.39**
色差	-	2.15	1.43	1.60	0.87

*1 : 「基準」に対する色差

* $p < 0.05$ (「基準」に対して)

** $p < 0.01$ (「基準」に対して)

多重比較検定は、Steel法により行った。

色差以外の数値は、平均±標準偏差

5) 官能評価

(1) 試行的官能評価

初めに、改良レシピで調理した「でんぷんパン」5種について、2名のパネルによる試行的官能評価を実施した。

「ハチミツ添加」の外観・形状については、「ショートニング」と同様に膨らみが良好であり、焼き色もついていた。また、クラムについても、透明感の少ないきめ細やかなクラムとなり、改善効果があった。香りについては、ハチミツの匂いは特にせず、「基準」と同等であった。食味と硬さについては、うま味はないものの、ほのかな甘味があり、時間が経過しても硬くならず、小麦食パンに近い硬さが維持された。硬軟以外の食感については、パサパサせず、しっとりとした食感が持続していた。総合評価でも、外観、硬さ、味の改善効果が認識された。

「スキムミルク添加」の外観については、「ハチミツ添加」同様、膨らみや焼き色が良好であるとともに、スライスした断面は小麦粉を原料とした食パンに最も類似した外観を呈していた。香りについては、匂いの改善効果もあり、小麦食パンに近い香りがした。味については、うま味を感じ、小麦食パンと遜色がなかった。硬さおよび硬軟以外の食感については、クラム、クラストともに小麦食パンのそれに匹敵した。総合評価においても、「スキムミルク添加」は、著しい改善効果があるという結果となった。

「卵添加」については2度焼成したが、いずれも膨らみが悪く、「基準」に劣る外観を呈した。香りについては、卵由来と思われる生臭い匂いがしたが、味については、「基準」よりもうま味があった。食感については、「基準」に比べ、でんぷんパン特有のポロポロとした口当たりが強められ、雁月に近いテクスチャーであった。総合評価も「卵添加」は、良好なものとはいえなかった。

(2) 臨床栄養学ゼミ生をパネルとした官能評価

以上の検討結果を踏まえ、「基準」、「レモン汁」、「ショートニング」、「ハチミツ添加」および「スキムミルク添加」の5種のでんぷんパンの官能評価を10名のパネルで実施した。

初めに、パネルの普段の食パン摂取頻度や摂取形態、およびでんぷんパン喫食歴について質問した。パネルの普段の食パン摂取頻度は、週3回以上と頻りに摂取している者が2名いる一方で、月数回程度の摂取の者も半数おり、パネルによって摂取頻度に差があった。また、食パンの摂取形態については、ほとんどが「焼く」と回答しており、今回提供したサンプルと同様の「そのまま（加熱せずに）」摂取する者は2名のみであった。このように、個人の食パンの摂取頻度には差が大きく、摂取形態も供試でんぷんパンと同様の未加熱状態で摂取している者は非常に少ないことがわかった。また、パネル全体の8割が、でんぷんパンを初めて食べる者であった。

続いて、基準のでんぷんパンと普段摂取している食パンを比較した結果について質問した。「普通のパンと変わら

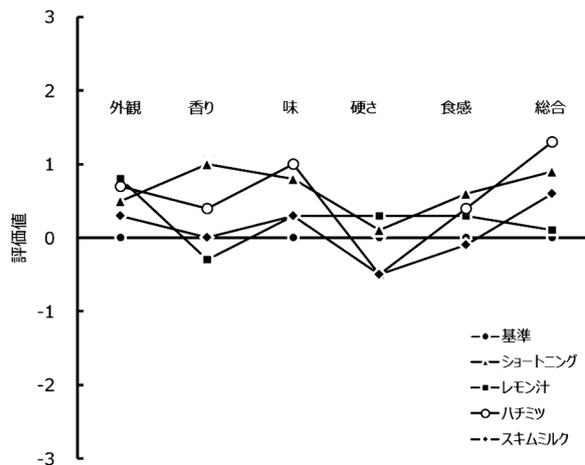


図6. 改良レシピに基づくでんぷんパンの官能評価検定は、Quade法により行った。

ない外観」という回答と「クラムの気泡の粗さ」を指摘したパネルが半数ずつ存在した。香りについては、「普通のパンと変わらない」と感じた者と「特有の香りである」と感じた者が4名ずつ存在した。味については、半数が「甘い」と回答した。硬さについては、「軟らかい」と「硬い」という対照的な評価をした者が、それぞれ5名と3名存在したことから、硬さの感じ方については、個人差が大きいと推測した。食感についても、「パサつき」や「ポロポロしている」と感じている者がいる一方（3名）、「しっとりしている」との回答も1名だが存在した。

以上のことから、普段摂取しているパンの種類や食パンに対する印象の相違により、同じでんぷんパンを喫食した場合でも、個人の感じ方は大きく異なることがわかった。

次に、「基準」のでんぷんパンの各評価項目をゼロとし、嗜好性改善を試みた4種のでんぷんパン（「ショートニング」、「レモン汁」、「ハチミツ添加」、「スキムミルク添加」）を評価した結果を図6に示した。

外観については、改善を試みたすべてのでんぷんパンが「基準」よりも高いスコアを示し、「色が普通の食パンに近いもの」や「黄色がかっている」などのコメントがあり、でんぷんパン特有の白い外観が改善したと考えられた。

香りについては有意差はなかったが、「ショートニング」で高い値を示し、「パンらしい香り」とのコメントがあった。また、「レモン汁」については、試行的官能評価の際は、「食酢特有の匂いが緩和」と認知されたが、「『基準』よりも、酸っぱい匂い」との評価で、加えた食材名を明らかにしない場合は、酸っぱい匂いを強く感じ、それがマイナスの評価に繋がったと推測した。

味についても有意差はなかったが、「基準」に比べ、「ハチミツ添加」が好まれる傾向にあり、その他についても「基準」よりスコアは高く、特に「スキムミルク添加」では、「ほんのり甘い」や「うま味がある」などの嗜好性が改善したとみなせるコメントもあった。

硬さについては、「ハチミツ添加」および「スキムミルク添加」で低く、「ふわふわ」や「丁度良い」とのコメントがあった。

食感については、「スキムミルク」を除くすべてのレシピで高い値となったが、「基準」試食時と同様、同一のでんぶんパンに対して、「もちもち」と「ポロポロ」という意見が寄せられ、個人による感覚の差が大きいことが示された。

総合評価についても有意差はなかったが、いずれのでんぶんパンも「基準」に比べ高い値を示し、中でも「ショートニング」と「ハチミツ添加」が高い傾向を示した。

今回のパネルが健常な女子大生であり、腎臓病患者ではない点に留意する必要があるが、調理方法を工夫したでんぶんパンを摂取した感想などについて質問したところ、「従来のパンを基準としているため、においや食感に気になるところはあったが、パンやでんぶんを制限している人にとっては申しぶんないものだと思います」、「それぞれ、硬さや香り、食感に違いがあった。基準のでんぶんパンを食べたとき、一番初めに香りが独特だと感じたが、調理方法を変えることで、普通の食パンと変わらないくらい美味しく食べられるということがわかった」、「たんぱく質制限とだけ聞くと、大変なイメージではあるが、こうして美味しいもので制限ができるということをもっと知ってもらいたいと思った」などの回答（原文引用）が得られたことから、今回、嗜好性を改善したでんぶんパンは、食事療法を行う腎臓病患者の主食として、十分に利用可能であると考えられた。

IV. 要約

オートコーポレーション製「でんぶんパンミックス」に基本材料として加えるオリーブ油とリンゴ酢を他の類似食材に当量置換して調製した腎臓病治療用でんぶんパンの品質特性を明らかにするとともに、他の食材（スキムミルク、鶏卵、寒梅粉、タピオカデンプン、ハチミツ、味醂、もち粉）の添加が嗜好性におよぼす影響について検討した。その結果、オリーブ油をショートニングに置換した場合、クラストの焼き色に変化はなかったが、膨化性が向上し、クラムも緻密となった。一方、リンゴ酢はでんぶんパンの調製にとって必須であり、さらにレモン汁に置換すると起泡性やクラムの肌理はリンゴ酢と同様であったが、でんぶんパン特有の匂いが軽減され、嗜好性改善効果が認められた。

スキムミルクを始めとする上記各種食材を個別に添加した場合、ハチミツ、スキムミルク、および卵は、角食白パン様のでんぶんパンに焼き色をつけることができ、嗜好性改善効果が認められた。

嗜好性改善効果の認められたレシピは、いずれもタンパク質含量が小麦パンの1/10から1/20に低減でき、ミネラル類も小麦パン以下であり、タンパク質制限を必要とする腎臓病患者が日常の主食として利用できるものである。

嗜好性改善効果が認められたでんぶんパンについて、健常女子大生による官能評価を行った結果、日々の食パン類の摂取頻度や摂取形態の影響が大きく、有意差は得られなかったが、スキムミルク添加でんぶんパンの品質は、小麦食パンに匹敵するものであった。

謝辞

官能評価のパネルとして協力をいただいた、本学臨床栄養学ゼミの皆様へ感謝の意を表します。

利益相反

開示すべき利益相反状態はない。

参考文献

- 1) 一般社団法人日本腎臓学会：CKD診療ガイド（2012）
- 2) 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）
- 3) 出浦照國：慢性腎不全の食事療法、日本内科学会雑誌、**82**(11), 64-71（1993）
- 4) 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）
- 5) 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）
- 6) 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）
- 7) 出浦照國、島居美幸：慢性腎臓病の低たんぱく食、昭和医会誌、**59**(2), 120-127（1999）
- 8) 出浦照國：腎不全が分かる本 第3版、日本評論社、130-139（2014）
- 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」（2018）
- 10) 修士論文：菊地紘美、鎌田由香、星祐二、腎臓病治療用特殊食品の品質特性および嗜好性改善に関する研究（2018）
- 11) 株式会社グンブン：タンパク調整お料理レシピ グンブンのT・Tパンミックス レシピ集、<http://gunpun.com/Resipsub-11tpanmikkusu.html>
- 12) 田中康夫、松本博：製パンの科学（II）製パン材料の科学、光琳（2016）
- 13) 越後和義：パンの研究、柴田書店（1976）
- 14) 小林功：食品のテクスチャー改良を目的とした加工澱粉の使い方、オレオサイエンス、**15**(9), 407-414（2015）

- 15) 伊藤聖子、芦澤芽衣、松永夏希、新井映子：もち米粉置換による米粉パンの老化遅延効果、日本調理科学会誌、**48**(2), 103-111 (2015)
- 16) 小嶋幸恵、伊藤聖子、新井映子：米粉パンの製パン製に及ぼす新規加工タピオカ澱粉の影響、日本調理科学会誌、**49**(3), 208-215 (2016)
- 17) コニカミノルタジャパン株式会社： $L^*a^*b^*$ 色空間、彩度算出式 (2018)
<https://www.konicaminolta.jp/instruments/knowledge/color/section2/02.html>
- 18) 日本電色工業株式会社：色の許容差の事例
https://www.nippondenshoku.co.jp/web/japanese/colorstory/08_allowance_by_color.htm
- 19) Honey: Food Chemistry, H.D. Belitz, W. Grosch, Springer Verlag, 636-643 (1987)
- 20) 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します
<http://oto-corp.com/>
- 21) A. S. Szczesniak: Classification of Textural Characteristic, *J. Food. Sci*, **28**, 385-389 (1963)
- 22) 厚生労働省：特別用途食品えん下困難者用食品許可基準、食安発第021200号 (2009)
- 23) 大宮糧食工業株式会社：<https://www.ohmiya-bp.com/index.php?data=./data/cl2/>
- 24) 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)
- 25) 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>
- 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) 河辺達也、森田日出男：みりん (2)、醸協、**93**(11), 863-869 (1998)