

家庭における主食としての米粉パン普及の可能性について

西川陽子*・秋葉さくら**

(2023年8月31日受理)

Possibility of Spreading Rice Flour Bread as a Staple Food in Households

Yoko NISHIKAWA* and Sakura AKIBA **

(Accepted August 31, 2023)

はじめに

1970年代以降、日本においては食の欧米化やグローバル化などの食生活の変化が急速に進み、それらの影響から食料自給率が著しく低下した。食料自給率はカロリーベースで1965年には73%あったが、2010年には40%を切り、現在は38%となっている（農林水産省2019）。低下の主たる要因は、食事全体に対する主食の摂取率が減少したことと、主食の内容が米以外のパン、麺類など小麦製品の利用が増加したことにより、100%自給可能な米の需要が減ったことにある。一般的に、その土地の環境と人の好みに最も適した主食が獲得できたところで人は定住し、そこに文化が築かれ発展してきた。そのため、その土地の食生活や食文化は主食を基礎に発展してきたものであり、主なエネルギー摂取源である主食が他のものに替わるということはその土地の食文化の変容ひいては崩壊を意味する。その変化が緩やかなものであれば、需要に合わせて食料生産や生活全般を変容させ新たな食文化として取り込まれていくが、戦後の日本における食生活の変化は著しいものであり、国内の食糧生産に合致しない、すなわち食料自給率の急速な低下となっている。

食料自給率の低下は、気づかれにくい環境に非常に大きな影響を与えている。輸送によるCO₂の排出量増加といった目に見えやすい環境負荷だけではなく、国内の農業用地の放棄や減少にも影響し、農業用地が持つ多面的機能、すなわち水害防止機能や温暖化の抑制、CO₂削減といった外部経済の損失にもつながっており、多方面から環境負荷と深く関わっている（農林水産省2020a）。日本の食料自給率の低下は、前述の通りその中身を見ると主食の変容を主とするものであり、問題は深刻に捉えるべきである。現在は残されている経済力によって食料を他国から取り寄せ、食生活をなんとか成り立たせているが、自然環境面だけではなく経済面からも持続可能性（サステナビリティ）は低く、早急な軌道修正を図る必要がある。

*茨城大学教育学部家政教育教室食物研究室（〒310-8512 水戸市文京2-1-1; Laboratory of Food Science in course of home economics education, Department of Education, Ibaraki University, Mito 310-8512 Japan）.

**茨城大学教育学部（〒310-8512 水戸市文京2-1-1; Department of Education, Ibaraki University, Mito 310-8512 Japan）.

日本の自給率の向上においては、栄養バランスを欠くことがない範囲で主食の摂取割合を増やし、内容も小麦から米への回帰を狙うのが最も有効であると考えられる。食材別エネルギー摂取比率においては、現在では動物性食品の摂取比率が高くなり主食由来は4割弱となっているが、この主食からのエネルギー摂取比率を6割前後まで増すことは、サステナビリティの観点だけではなく健康面からも推奨可能と考えられる。しかし、食は楽しむものであり、既に根づいたパンやパスタの嗜好性を抑制し我慢を強いることはできない。そこで考えられたのが小麦粉代替用米粉である（長沼 2003）。以前は小麦粉にはグルテン形成をはじめとする米にはない調理特性があるため米粉による小麦粉の代替は困難とされていたが、1990年以降の米粉の製粉技術開発により、デンプン粒の損傷が少なく小麦粉に匹敵する米粉の微粒子化が可能になり、問題が大きく解消された（大坪 2012）。現在では、小麦粉が持つ強い膨化特性や弾力性が求められるパンや麺類以外では、ほぼ100%代替可能となっている。しかし、原料となる米の価格の高さや製粉コスト、更に生産体制が未だ小規模であることから、小麦粉代替用米粉の価格は小麦粉に比べてかなり高い。また、価格の問題以外に、風味や調理特性の違いから代替時に小麦粉を用いたオリジナルのレシピに対して配合調整が必要となることが多く、そのような面倒さ等から小麦粉代替用米粉の利用は製パンをはじめ企業が中心で一般家庭への普及率は未だ低く、需要は伸び悩んでいる（農林水産省 2020b）。

2015年の国連サミットで採択された「持続可能な開発目標(SDGs)」(実施期間2016年～2030年)においても、人口増加を見込んだ世界的な食料不足の問題をはじめ持続可能な食生活の追求の必要が謳われている(United Nations 2015)。小麦粉代替用米粉について、期待していたような需要拡大に至っていない要因の一つに、受け入れる消費者側の理解が十分ではないことが挙げられる。なぜ多くの公的資金を投入し小麦粉代替用米粉の開発を行うのか、食料自給率を上げる必要性はどこにあるのか、食料生産に合わない食生活スタイルの問題の深刻さ、持続可能な食生活を追求する必要など、消費者側に十分理解されていないために米粉製品への関心や理解が低く購買行動につながらない可能性が多分にある。世界的なSDGsへの取り組みの動きから、日本においてもSDGsに対する意識は高まってきており、米粉の利用拡大の可能性は未だ十分あると考えられる。

近年は、朝食に米飯ではなくパンを食べる世帯も多く、特に若い世代の一人暮らしなどでは簡単に済ませたいといったことからパン食率は高い。日本における主食のパンは広く生活に根づいており、朝食に米飯を推奨しても行動変容は期待できないと考えられる。実現可能性の観点から、小麦粉代替用米粉による米の需要拡大においては小麦粉パンから米粉パンへのシフトを狙うのが有効と考えられる。特に近年では製パンして食す家庭も少しずつ増えてきている。これらのことから米の需要拡大の方法として家庭で米粉パンを日常的に容易に作ることでできる方法を提示することができれば、米を炊飯して食すように米粉パンの利用が家庭に浸透し、米の需要拡大につながる可能性が考えられる。以上を踏まえ、本研究では米粉パンを家庭で米飯のように主食として取り入れる可能性について追究する。すなわち、家庭における米粉パンの製パンに適した方法を見出し、家庭での食生活に米粉パンを日常的に取り入れる実行可能性についてその嗜好性と合わせて評価検討することを試みる。

研究方法

1) 家庭でより取り入れやすい米粉パンの製パン方法の検討

表1の材料配合にて、ホームベーカリー（panasonic SD-BMS105）を用い、標準モード（4h）にて焼成し小麦粉パン（比較対象）及び米粉パンの試料を作成した。使用した各食材は、小麦粉（スーパーカメラ強力粉、日清製粉、米粉（ミズホチカラ（熊本製粉、熊本県産ミズホチカラ（うるち米）使用）、彩のかがやき米粉パウダー（みたけ食品、埼玉県産彩のすずかぜ（うるち米）使用）、RizFarine（群馬製粉、国内産うるち米使用）、上白糖（パールエース）、塩（伯方の塩：伯方塩業）、キャノーラ油（理研農産）、ドライイースト（日清フーズ）、こめこアップ（ユニテックフーズ）である。なお、米粉パンの膨化形成の補助剤として使用したこめこアップの組成は表2の通りである。主成分のHPMC（ヒドロキシプロピルメチルセルロース）は多糖食物繊維で、熱を加えるとゲル化し増粘性を生じる性質があり、増粘剤の目的で広く食品添加物として利用されている。この性質から、グルテンが持つ粘弾性や膜形成などの性質における一部代替が可能と考えられ、既に米粉パンを含む小麦粉代替米粉製品において利用されている。本研究においても、米粉パンの形成補助剤として数種の添加剤を試験したところ、こめこアップがグルテンの機能の補助剤として最も有効であった。また、消費者の米粉パンの利用目的として小麦粉アレルギーのための対応も多いことから、その機能性は保持したいと考え、市販の米粉の形成助剤として利用の多いグルテン等の小麦たんぱく質由来のものではないといった条件にも合致することから、最終的にこめこアップをグルテン機能補助のための添加剤として用いることとした。

表1 製パン材料配合（ホームベーカリー食パン一斤分）

	添加材あり	添加材なし
米粉 or 小麦粉	220g	200g
上白糖	26g	26g
塩	4g	4g
植物油（キャノーラ）	20g	20g
ドライイースト	2.6g	2.6g
水	180ml	180ml
添加材（こめこアップ）	-	20g

表2 こめこアップ（添加剤）の内容

添加用途	増粘剤
原材料	でんぷん：キャッサバ由来 増粘多糖類：レモン ライム 豆由来 HPMC：植物繊維（セルロース） 澱粉加水分解物：キャッサバ由来

2) 調製した米粉パンの機器分析試験

焼きあがった試料（食パン）について、小麦粉パンとの外観及び物性の違いを科学的に分析した。外観については、色差計（日本電色工業 NE4000）により $L^*a^*b^*$ 値を測定した。試料となる食パンの中心部分（厚さ2cmにカットしたもの）の試料をNE4000に30φ見口→30φ試料台→試料の順に設置し、周囲の光の影響を遮断するため専用のZERO BOXを試料に被せ測定を行った。物性試験については、EZ-test（島津製作所 Model11-U1）を用い、AACCC（American Association of Cereal chemists）による標準圧縮試験法に準拠し測定した。すなわち、食パン試料をスライサーで20mmの厚さにカットした後、中心部分に対して、直径36mmの円形平版のプランジャーを100mm/min.の速度で降下させ、試料食パンの変形率が25%（プランジャーが食パン表面から5mmの深さに達

した点) になったところでの支持台が受ける圧縮応力 (CFV : Compression Force Value) をパンの硬さの指標とした。

3) 調製した米粉パンの官能評価試験

1) の配合と調理方法にて調製した米粉パンについて、市販の小麦粉パン（山崎製パン ロイヤルブレッド 8 枚切）を対象とし、パネラーによる食味試験を実施した。実施概要は以下のとおりである。

【パネラー】 大学生（18 名，女子）

【実施期間】 2022 年 12 月

【試験方法】 食味試験前に、米粉の調理特性、小麦粉代替用米粉開発の背景、小麦粉製品を米粉にて代替することによる経済効果、環境負荷低減の効果、今回試験する米粉パンのレシピ等について、約 30 分の講義を行った。その後、米粉パン（ミズホチカラにこめこアップを添加し調製したもの）と市販小麦粉パン（山崎製パン ロイヤルブレッド 8 枚切り）を配付し、食感（弾力性、柔らかさ、しっとり感、もちり感）と味に関して、好ましさを小麦粉パンを基準（0）として「-2 ~ +2」の 5 段階で評価してもらい、小麦粉パンと米粉パンの好ましさの比較を統計的に分析した。食味調査の最後では、実食した感想と食味試験前に行った講義内容を踏まえ、米粉パンを普段食している小麦粉パンの代替として自身の食生活に取り入れる可能性についても調査し、米粉パンを米飯と同様に調理し普段の食生活により深く取り入れる可能性について検討した。

結果および考察

戦後、日本における食料自給率は低下の一途をたどっており、地球温暖化をはじめとする環境問題への対応は喫緊の課題であり、全世界の各人に対しサステナビリティへの理解と行動の変容が求められている。その対象は節電などに限らず食生活においてもであり、食品ロス低減の取り組みなど盛んになってきている。しかし、食生活における環境負荷は廃棄だけではなく身の周りの食物生産と合わない食生活にも注目すべきであり、食料自給率の低下による環境負荷は非常に大きい。現在の日本の低い食料自給率による持続可能性の展望はなく、国では食料自給率アップに向けて様々な対策を講じている。自給率低下の最も大きな要因が米の需要低下であり、その原因が戦後の主食の変容、すなわち米からパンなどの小麦粉製品へのシフトと食事全体に占める主食摂取率の低下である。このことから、自給率低下の打開策の 1 つとして小麦粉を米粉で一部代替することにより、自給率の低い小麦粉の消費を抑えるとともに、米の需要を維持拡大させようという取り組みがある。米粉については、上新粉など和菓子用に生産利用されていたが、これらは粒子が大きく小麦粉の代替には利用不可能であり、1980 年代より小麦粉代替用の米粉の開発に力が入れられてきた。現在では、製菓用、製パン用など様々な製品の小麦粉代替用米粉が市販されているが、その需要は伸び悩んでいる。その要因として、かなり小麦粉に近い扱いが可能にはなっているがその調理特性は全く同じではなく、グルテン形成がされないことなど使用に際して調理によっては補足手立てが必要であり扱いが面倒であること、小麦粉に比べて単価が高いことなどが挙げられる。本研究では、米粉パンをより手軽に家庭で製パンできるようにすることで、米飯のように米粉パンを主食として普

段の家庭での食生活に取り入れることの可能性について検討を試みた。

はじめに、手軽に調理可能な米粉パンの製法について検討した。米飯と同じく、オーブンなどはいらず主食は自動調理に任せるのが適当であると考え、一般的な家庭用ホームベーカリーの食パン標準モードを利用することとした。現在市販されている小麦粉代替用米粉は、菓子用、製パン用など用途が明確にされているものもあれば、小麦粉調理全般といったものまで様々であり、更にその原料として用いられる米の品種も様々である。特にその用途が明確にされていないものを製パンに用いる場合、多くはグルテン等の添加剤が用いられる。しかし、小麦粉アレルギーなどの健康の問題からグルテンフリーの小麦粉食品を求めて米粉パンを利用するケースも多く、グルテン等の添加剤を用いずに目的とする小麦粉調理が可能な小麦粉代替用米粉に適した米の品種が求められているが、未だ完全な品種は見出せていない（興座ら 2008）。本研究では小麦粉代替用米の中でも生産量や品質に定評があり生産拡大の期待が寄せられている「ミズホチカラ」に注目した。ミズホチカラは「奥羽 326 号」と「86SH283 長」の交配によって育成された高アミロース米である。2009 年に「水稻農林 438 号」として農林認定され、2011 年に「ミズホチカラ」として商品登録された。玄米収穫量が一般米飯用米より約 20%高い多収品種であり、玄米の品質として未熟粒が多く米飯として食味があまりよくないため主食には適さないが、粉碎した際に損傷澱粉が低いといった特性があることから、他の米飯用品種を原料とした米粉よりも製パンに用いた場合に膨張率が良好であることが明らかにされている（佐藤ら 2016）。そのため今回の家庭での製パンに適していると考え試料として検討した。米粉の検討においてはミズホチカラの米粉のほか、一般的に入手しやすい市販の小麦粉代替用米粉 2 種（彩のかがやき米粉パウダー（みたけ食品）、RizFarine（群馬製粉））について、添加物は使用せず製パン試験を行った。結果として、ミズホチカラによる米粉が最も膨化が良くパン生地が良好であったため、ミズホチカラ米粉を家庭用製パンに適した米粉とし、本研究の米粉パン試料として用いることとした。しかし、ミズホチカラの米粉は試験に用いた 3 種の米粉のうちで最も良好な結果ではあったが、小麦粉パンに比べると膨化は十分ではなく製パンからの時間経過に伴う硬化は小麦粉パンに比べて依然大きく、製パン後すぐに食するのであればよいが、余って保存再加熱などをすることが多いことが見込まれる普段の食生活で利用する食パンとしては利便性において適しないと推察された。そのため、製パン時の膨化を助け、製パン後の硬化を抑制する、グルテンの役割を補填する添加剤について検討を行った。米粉パンへの関心が高く普段の食生活に取り入れている人の多くに、小麦粉アレルギーを理由とする者が多いことから、小麦粉アレルギーに対応できるレシピである必要性を考慮し、添加剤においては小麦粉由来のものは含まず多糖類を中心に文献等により検討を行った。その結果、多糖の一種である HPMC を主成分とするこめこアップの有用性が推察され、添加実験を行ったところ、膨化度、製パン後の硬化の抑制、いずれにおいても効果が確認された（図 1）。

これらから、普段の食生活において米飯の代わりとなる家庭で製パンし主食利用する米粉パンとして、ホームベーカリーの標準モードを用い、ホームベーカリー指定の材料配合において小麦粉を 100%米粉（ミズホチカラ）に替え、米粉の 10%程度のグルテン作用を補填するための添加剤（こめこアップ）を加えて作る製法が推奨可能であると推察された。

次に、この製法に基づき調製された米粉パンについて、機器分析試験、官能評価等を行い、今後の家庭での利用可能性について検討した。なお、添加剤の必要性について数値的に明らかにするた

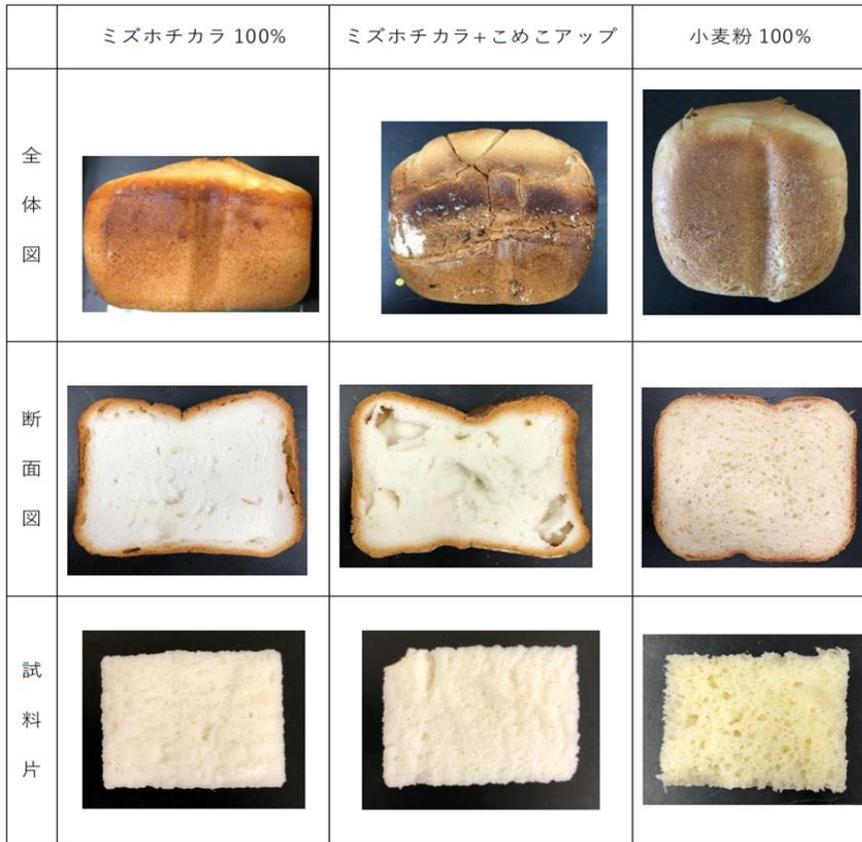


図1 製パン2h後の作成した各パン試料の状態

め、機器分析試験においては添加剤有りのものと無しのもの両試料について分析を行った。

製パン2h後のそれぞれの外観について、色差計による分析結果を表3に示す。明度（L値）が高く、赤み・黄色みを表すa値、b値は小麦粉パンよりも有意に低く、小麦粉パンに比べて米粉の特徴である白さが米粉パンには有意に違いとして表れていることを示唆する結果が得られた。また、添加剤の有無による色味への影響はなく、添加剤の有無によらず小麦粉パンに比べて白い外観の違いがあることが明らかになった。

表3 各試料における焼成2h後の色度測定結果

色度（-⇔+）	米粉のみ	米粉+こめこアップ	小麦粉のみ
L値（暗⇔明）	87.68±0.48*	89.12±0.51*	77.10±0.73
a値（緑⇔赤）	-1.07±0.20*	-0.82±0.35*	-0.60±0.32
b値（青⇔黄）	12.07±0.33*	12.74±0.46*	21.40±0.29

*：p<0.05(小麦粉パンに対して)

次に、物性試験（圧縮応力）を分析した結果を図2に示す。製パン直後は米粉パン、米粉パン+こめこアップともに小麦粉パンに近い値であり、小麦粉パンと同様に食せるが、製パン2日後に相当する40h後には米粉のみ及びこめこアップを添加した米粉パンのいずれにおいても小麦粉パンに比べて非常に硬くなり、こめこアップの添加による効果があまりないことを示唆する結果が得られた。しかし、物性試験数値としては表れなかったが、食味試験においてはこめこアップを添加した米粉パンはこめこアップを添加していない米粉パンに比べて弾力性があり硬さは抑制されているとの結果であった。これらの差については、圧縮分析試験における破断応力の数値ではなく、圧縮応力変化の波形の違いとして確認可能であった。また、製パン1日後に相当する20h後の結果では、小麦粉パンと米粉パンのいずれも添加剤の有無によらず近い値であり、逆に破断応力は米粉パンのほうが小麦粉に比べて低い値であった。これについては、食味試験と圧縮試験後のパンの外観から、小麦粉パンよりも米粉パンのほうが単にやわらかいということではなく、脆さによるものであることが推察された(図3)。製パン20h後のものにおいても、破断応力は添加剤の有無であまり違いは見られなかったが、食味試験では添加剤有りのものでは弾力性があり硬さや脆さは添加剤無しのものに比べて感じにくく、より食べやすかった。すなわち、米粉パンはグルテン形成がないことにより、粘弾性に欠け小麦粉パンに比べて硬く脆くなりやすく、物性試験では明らかな差は得られなかったが、添加剤（増粘剤）の効果は実食すると明らかに感知可能であった。

次に、推奨される製パン法による米粉パンにおける官能評価を行った。小麦粉代替用米粉に関する開発経緯や今回食味試験をする米粉パンが自身でも作れるものである手軽さなどについて講義を行った後に食味試験を行った。その結果を表4に示す。食感は米粉の特徴であるしっとり感やもちり感が好ましい点として評価され、全体的に小麦粉パンに比べて高評価となり、全体的な味も小麦粉パンを上回り、小麦粉パンよりも米粉パンのほうがより美味しいことが推察可能な結果が得ら

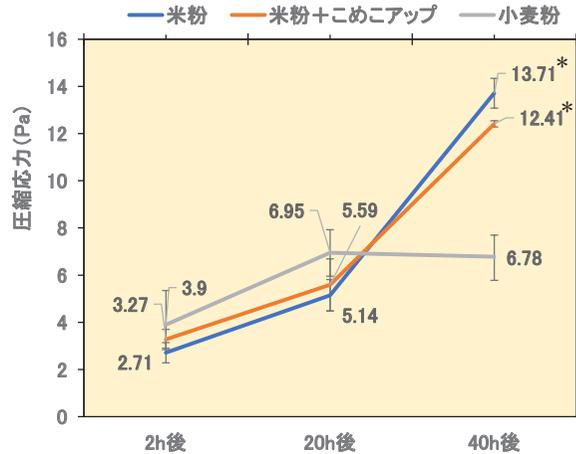


図2 米粉パン及び小麦粉パンの圧縮試験
横軸は製パン後の経過時間* : $p < 0.05$ (小麦粉に対して)

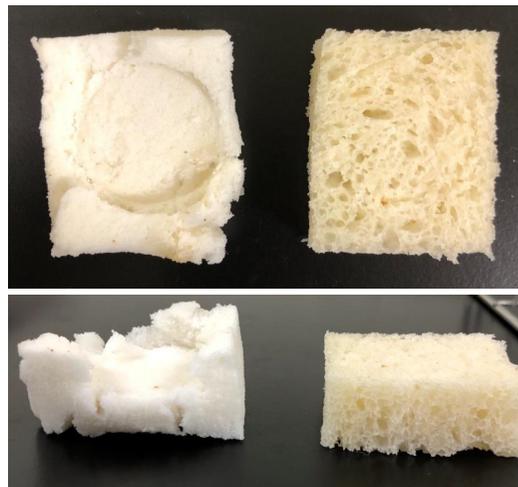


図3 圧縮試験後の試料の状態
(左：こめこアップ添加米粉パン，右：小麦粉パン)

れた。味の観点から米粉パンを日常の主食として取り入れる可能性は十分高いことが推察されたが、食味試験における官能評価とともに行った日常への取り入れ可能性に関する調査結果からは（図4）、パネラーの約40%において取り入れないとし、全体として積極的な導入は難しいことを示唆する結果であった。美味しさの面では取り入れる可能性が高いところ、日常の食生活への導入を難しくする要因として、自由記述に複数見られた理由が「コストが小麦粉パンに比べて高い」「ホームベーカリー購入のハードルが高い」「炊飯に比べ製パン時間4hは面倒」であった。パン食の魅力は安さと手軽さであるところ、今回提案した家庭で製パンする米粉パンはこれら利点を欠くものであり、環境負荷の低減の意識はあっても、普段の主食を小麦粉パンから米粉パンに、更には自身で製パンするといったところまで実践することは難しいことが推察された。米の需要増加を図る上では、普段食する小麦粉パンを米粉パンへ、それも自身で製パンするのではなく市販の米粉パンの選択を促すことが適当であり実現可能性が高いものと考えられた。市販の米粉パンの消費拡大に向けてはこれまで国の政策として積極的に宣伝取り組みがなされてきたが、実現に向けては米粉の需要が増して単価が下がること、米粉代替製品の美味しさが十分周知されること、これらが必要であると推察された。

表4 米粉パンにおける官能評価結果

	評価平均 (m±s.d.)
弾力性(-2弱い⇔+2強い)	1.78±0.42
柔らかさ(-2硬い⇔+2柔かい)	0.44±1.01
しっとり感(-2弱⇔+2強)	1.83±0.37
もっちり感(-2無⇔+2有)	2.00±0.00
味(-2嫌い⇔+2好き)	1.83±0.37

※市販小麦粉食パンを基準(0)とし、試料となる米粉パンを5段階(-2~+2)にて評価。(n=18)

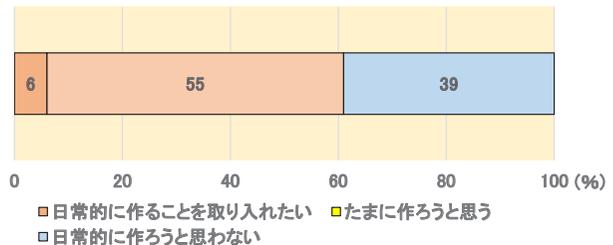


図4 食味試験後に自身の生活に米粉パンを自身の食生活に取り入れる意識について (n=18)

まとめ

本研究により以下の結果が得られた。

- ・米粉パンの家庭で実行可能な製パン法を見出すことができた。
- ・家庭で実行可能な製パン法による米粉パンについて、美味しさの面からは日常的に取り入れられることが十分期待できたが、コスト、手間などを主な要因とし実際に日常の食生活へ取り入れることは困難であると推察された。
- ・小麦粉パンから米粉パンへのシフトを狙い米粉の需要拡大を目指すには、自身で製パンするのではなく、市販の米粉パンの利用拡大に力を入れることが現実的であり、そのためには米粉の単価が下がり米粉製品が小麦粉製品と同等に手取りやすいものになること、更に米粉製品のおいしさの周知が十分にされること、これらが必要であることが推察可能となった。

謝辞

本研究の一部は日本学術振興会学術研究助成基金助成金基盤研究（C）（課題番号：19K02313，研究代表者：西川陽子）の助成を受けて行われた。

引用文献

- 長沼誠子. 2003. 「米粉の理学的性質および調理特性に及ぼす微粉化の影響」『秋田大学紀要（自然科学）』58, 29-35.
- 農林水産省. 2019. 米をめぐる関係資料. <https://www.maff.go.jp/j/council/seisaku/syokuryo/190731/attach/pdf/index-9.pdf>, (2020年8月10日閲覧).
- 農林水産省. 2020a. 令和2年食料・農業・農村基本計画. https://www.maff.go.jp/j/keikaku/k_aratana/attach/pdf/index-13.pdf, (2020年8月8日閲覧).
- 農林水産省. 2020b. 食料自給率目標と食料自給力指標について. https://www.maff.go.jp/j/keikaku/k_aratana/attach/pdf/index-10.pdf, (2020年8月8日閲覧).
- 大坪研一. 2012. 『米粉BOOK』(幸書房) 1-54.
- United Nations. 2015. 持続可能な開発のための2030アジェンダ. <https://www.mofa.go.jp/mofaj/files/000101401.pdf>, (2020年7月30日閲覧).
- 與座宏一・岡部繭子・島純. 2008. 「米粉利用の現状と課題—米粉パンについて—」『日本食品工学会誌』55(10), 444-454.
- 佐藤宏之・片岡知守ほか. 2016. 「米粉パン，飼料用米及び焼酎原料等，多用途利用される暖地向き，多収米新品種「ミズホチカラ」の育成」『九州沖縄農業研究センター報告』66, 47-63.

