

米添加パンの調製にペースト状の米を利用する効果

誌名	日本食品科学工学会誌
ISSN	1341027X
著者	貝沼, やす子 田中, 佑季
巻/号	56巻12号
掲載ページ	p. 620-627
発行年月	2009年12月

米添加パンの調製にペースト状の米を利用する効果

貝沼やす子[§], 田中佑季

静岡県立大学

Use of Rice Paste in Rice Bread Processing

Yasuko Kainuma[§] and Yuki Tanaka

Food & Nutritional Science, Shizuoka University, 52-1 Yada, Surugaku, Shizuoka 422-8526

Bread was made by a straight dough baking process from wheat flour partially substituted with rice paste. The rice paste was prepared by grinding down rice grain that had been soaked in water with a mortar and pestle. This grinding method markedly reduced the bread quality with respect to loaf volume, as large granules of more than 100 μm in length remained in the rice paste. On the other hand, rice paste ground in a pulverizing mill comprised uniform particle size distribution with an average particle size of 6 μm . Using this paste comprised of minute particle starches improved loaf volume, crumbing properties such as hardness and homogeneity, and sensory evaluation score of the bread. The minute starch particles reduced water absorption in the rice paste, allowing for water absorption in the wheat. Dough made with this rice paste was tender and leavened well, suggesting that these improved qualities of rice paste resulted in better bread quality.

(Received Apr. 1, 2009 ; Accepted Aug. 31, 2009)

Keywords : rice, bread, paste, particle size, pulverizing mill

キーワード : 米, パン, ペースト, 粒度, 摩砕

日本の食糧自給率は戦後大きく低下の一途を辿り、昭和40年度には73%だった自給率が、平成19年度には40%にまで落ち込んでいる。米は日本人の主食であり食料自給率に大きく影響を与えると考えられ、農林水産省では米を自給率向上のための重点品目とし、消費・生産両面から取り組み¹⁾、平成19年度には米緊急対策を講じて米の消費拡大に向けて取り組んでおり²⁾、平成20年度には食料自給率向上に向けた国民運動推進事業を立ち上げ、食料自給率アップ運動として「FOOD ACTION NIPPON 推進本部」を発足させている。

このような動きのなかで、粒食としての米の消費には限界があるとの考えから粉食利用への道が検討され、米の加工品である米粉の利用についても注目されるようになってきた。大部分を国内で生産している米は安定した価格で供給体制を確立できる等のメリットがあることから、小麦の価格上昇に伴い、米粉を小麦粉の代替として利用する動きがみられ始めている。

米粉を利用したものとしては、米粉ケーキや米粉パン等が挙げられ、出雲らは米粉をケーキに添加することにより硬く舌触りの悪いケーキになったが、米粉の粒径を0.1 mmにすることにより嗜好性が改善されたとの報告をしてい

る³⁾。米粉を添加したパンについては、川合らはパンの内相が粗く、窯落ちやケービング等が起きやすくなるとの報告⁴⁾を、高橋らは米粉を混入することにより膨化状態が悪化し、パンの老化が速くなるとの報告をしている⁵⁾。その他、グルテン添加による米粉パンの容積・品質改善⁶⁾や、乳化剤添加による米粉パンの老化抑制⁷⁾など、米粉パンの品質改善が検討されている。米粉の状態で添加しない方法として、炊飯した米や米糠を食パンに添加する研究⁸⁾⁹⁾も報告されている。

米粉は精白米を水洗・水切り・乾燥した後、粉碎し、さらに乾燥工程を加えた米の加工品¹⁰⁾である。米は胚乳部が硬く砕けにくい¹¹⁾ため、製粉する際に多くのエネルギーが必要となること、小麦粉に比べ米粉としての消費が少ないこと等が原因となり、米粉は小麦粉の2倍近い価格となっている¹²⁾。また、米粉は硬い胚乳部を無理に砕いて作られているため価格も高くなる上に、粉としての性質が小麦粉とは全く異なるため、パン加工した時も多くの問題が発生している。

そこで本研究では、米を添加したパンの調製を、全く異なった視点から取り組むことにした。米は水に漬けると吸水し、デンプン内の非結晶部分と水が結合を起こし¹³⁾、膨潤を起こして米粒は軟化し¹⁴⁾、砕けやすくなる。この性質を利用して水浸漬後の米を搗り潰してペースト状にし、そ

〒422-8526 静岡市駿河区谷田 52-1

[§] 連絡先 (Corresponding author), kainuma@u-shizuoka-ken.ac.jp

れをそのままパン生地に添加することを考えた。米ペーストを添加してパンを調製することの妥当性を明らかにするとともに、米ペーストを使う新しい米添加パンの調製法を提案することが本研究の目的である。本研究では、まず研究室レベルでの調製を試み、ホームベーカリーを使用してパンを焼成した。米ペーストを添加するメリットを明確にするために、米粉を添加するパンとの違いを明らかにする。

実験方法

1. 米ペーストの調製

ペースト調製用の米は、平成19年山形県産はえぬきの精白米を用いた。米粉は、精白米と同品種の山形県産はえぬき100%を原材料として作られた、メッシュ規格200メッシュパス（全体の90%以上）の米ふらわぁはえぬき（(有)吉田製粉製・乾式製法）を用いた。

米ペーストは、精白米に米の100%あるいは120%の水を加えて10℃で24時間浸漬させた後に、超微粒摩砕機（増幸産業(株)製マスコロイダーMKCA-6）で摩砕して調製した。マスコロイダーに使用した砥石（グラインダー）はE6-24（標準）を使用し、回転数1500rpm、電圧100Vで摩砕した。クリアランスは上下の砥石が接触するぎりぎりの間隔を0とし、それより間隔をあけていく場合を+、押し込んでいく場合を-とし、粗粉碎は20μm、その後-300μm、-500μm、-700μmと順に押し込んでいった。摩砕後は冷蔵庫（10℃）で保存した。調製した米ペーストの粒度は、粒度分布計（ベックマンコールター(株)製レーザー回折散乱式粒度分布計湿式LS13・320）により確認した。さらに、顕微鏡（(株)キーエンス製デジタルマイクロスコープVH-8000）下でも倍率1000倍で観察した。粒度分布は米粉、小麦粉についても、顕微鏡観察は米粉についても合わせて行った。

2. 製パン

基本となるパン材料には、ドライイースト：日清フーズ(株)製スーパーカメリア（顆粒）、砂糖：大日本明治製糖(株)製上白糖、強力粉：日清製粉(株)製特選強力小麦粉、脱脂粉乳：雪印乳業(株)製北海道スキムミルク、食塩：(財)塩事業センター食塩、バター：雪印乳業(株)製雪印バター（有塩）、水：水道水を浄水器（クリンスイ製Pxiewin）で浄化したものを用いた。いずれの材料も使用12時間以上前に20℃の恒温器に入れておき、材料の温度を一定にして使用した。ドライイースト、砂糖、強力粉、脱脂粉乳、食塩、バター、水の順にホームベーカリー（ツインバード工業(株)製PY-D536型）の型に入れ、食パンメニューの一斤用を選択して焼き上げた。このパンをコントロールパンとする。米ペースト、あるいは米粉を添加するパンについては、米粉を30%以上添加すると米粉添加パンの膨化状態が著しく低下するとの報告⁷⁾があることから、30%添加量での比較を行うこととした。米ペーストおよび米粉

表1 パン調製のための粉類と水の配合割合 (g)

	コントロール パン	米ペースト添加 パン	米粉添加 パン
小麦粉	300	210	210
米ペースト	—	180*	—
米粉	—	—	90
水	200	110	200

*米90g+水90g

その他の材料（ドライイースト：3g、砂糖：20g、脱脂粉乳：5g、食塩5g、バター：20g）

を、米重量で小麦粉の30%重量となるよう置換添加したパンを、それぞれ米ペースト添加パン、米粉添加パンと称す。米ペーストを添加する場合は、米の重量分の強力粉を減らすとともに、浸漬水の重量分の水重量を減らし、米ペーストを混捏2分後に加えた。米粉添加食パンでは、米粉の重量分強力粉重量を減らし、米粉と強力粉をふるって均一にした状態で使用した。それぞれの材料配合を示したのが表1である。ホームベーカリーによる製造工程は、混捏10分、発酵1時間20分、ガス抜き20秒、成型発酵2時間（開始より30分毎2回、20秒のガス抜きが入る）、焼成30分の製法である。パン焼成後、すぐに型から取り出し、網の上のせて2時間室温で放冷した。菜種法による体積の測定、官能検査は2時間放冷後のパンを試料として行った。パンのテクスチャー測定、破断強度測定用には、試料に余分な力をかけることなく切り分けるため、焼成後のパンを一旦ラップフィルムで二重に包んで冷凍（-20℃）保存しておき、測定時に半解凍の状態できり分けた。

3. 食パン生地の性状に関する測定

(1) 粉の吸水率

米に対する加水量120%の米ペーストと、粉に対する加水量が120%になるよう加水した米粉および強力粉をそれぞれ均一になるまで攪拌した。その後、各試料を15gずつ計量し、15ml遠沈管に入れ、蓋をして30分間室温放置し、遠心分離器（コクサン遠心器(株)製卓上遠心機H-108M₂）にて3500rpmで30分間遠心分離した。遠心分離後、分離した水をシャーレに取り、重量を測定して次の式により吸水率を求めた。吸水率(%) = {(加えた水の量(g)) - 遠心分離した水の量(g)} / 粉または米の重量(g) × 100

(2) ファリノグラフによる測定

ブラベンダーファリノグラフ（ブラベンダー社製）のミキサーに強力粉240g、または米ペースト（加水量120%）を米相当量30%置換添加、または米粉30%置換添加した場合について、最終加水量が66.7%となるようそれぞれに必要な量の水を加え、20分間混捏し、それぞれのファリノグラムを得た。

(3) 走査型電子顕微鏡観察

パン生地をホームベーカリーで10分間混捏した後に取

り出し、蓋をしたタッパー内で5時間ねかせた後、走査型電子顕微鏡（日立(株)製 Miniscope TM-1000）下、倍率1000倍で観察を行った。

(4) 発酵実験

材料を製パンと同様の順番で型に入れ、ホームベーカリーで10分間混捏した後に取り出し、生地25gずつ100ml容トルビーカーに入れてパラフィルムと輪ゴムで密閉し、温度38℃の恒温乾燥機（ヤマト(株)製 DK43）内で発酵させた。発酵1, 2, 3時間後ごとに体積を算出し、以下の式により体積増加率を求めた。体積増加率(%) = 各時間での体積(ml) / 0時間での体積(ml) × 100

4. 食パンの性状に関する測定

(1) 比容積の測定

焼成後室温で2時間放冷したパンの体積を菜種法により測定し、比容積を求めた。比容積 = 体積(ml) / パン重量(g)

(2) 食パンの外観・断面

冷凍(-20℃)保存した食パンを室温で1時間30分から2時間放置して、半解凍状態になったところで縦半分に切った断面の写真を、デジタルカメラ（オリンパス(株)製 CAMEDIA 富士フィルム(株)製 FINEPIX）で撮影した。

(3) テクスチャー解析

冷凍(-20℃)保存した食パンを室温で1時間30分から2時間放置して半解凍の状態で最初に縦半分に切り、図1に示す要領で測定部位(a)を切り出した。縦2.0cm×横4.0cm×高さ2.0cmの大きさに切り分けた試料はラップフィルムで包み、1時間30分から2時間室温で放置して完全に解凍させてから、クリープメーター（(株)山電製 RE2-33005s）にてテクスチャー測定を行った。試料を変形させるのに要した単位面積当たりの荷重をかたさ応力、2回目のピーク面積を1回目のピーク面積で除した値を凝集性として算出した。測定条件は以下に示す。ロードセル：20N、プランジャー：30mmφ円筒形、歪率：50%、測定速度：1mm/s、サンプル厚さ：20mm、接触面積：553.3mm²（プランジャーの面積から試料と接触していない部分の面積を差し引いた値）、圧縮回数：2回。

(4) 破断強度解析

図1に示した破断強度解析用試料の部位(b)を縦2.0cm×横2.0cm×高さ1.9cmの大きさに切り出し、試料とした。(3)と同様に解凍させてから、同クリープメーターにて破断強度測定を行い、圧縮変形中に生じる破断に要した単位面積当たりの荷重を破断応力、破断点と破断点の後に生じた谷との差の単位面積当たりの応力をもろさ応力として算出した。測定条件は以下に示す。ロードセル：20N、プランジャー：クサビ型、歪率：99%、測定速度：1mm/s、サンプル厚さ：20mm、接触面積：20mm²。

(5) 官能検査

コントロールパンを基準として、米ペースト添加パン、米粉添加パンの3種類を試料とした。評価項目として、き

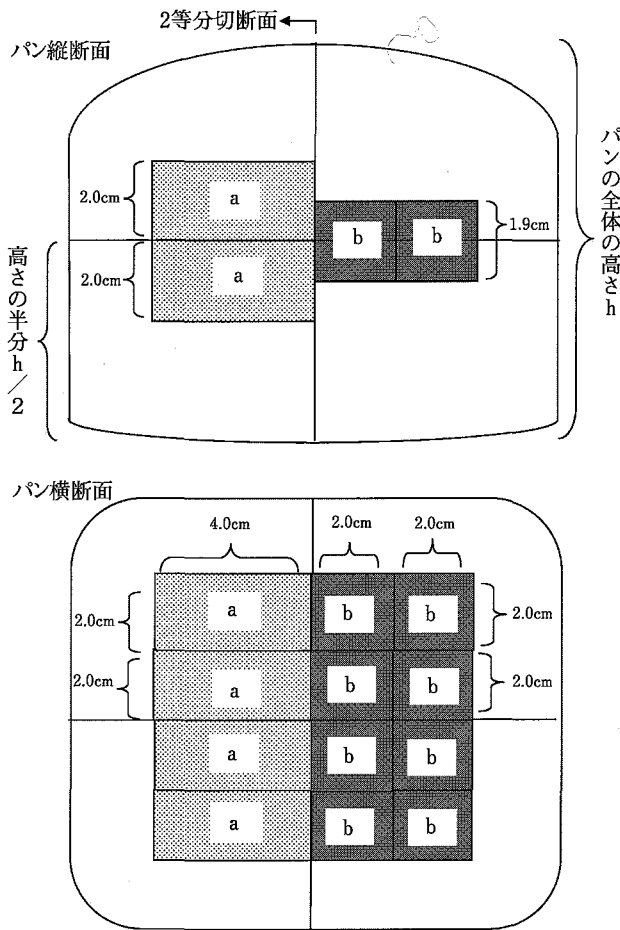


図1 テクスチャー解析および破断強度解析用の測定部位

- a テクスチャー解析
b 破断強度解析

めの均一性、弾力、フワフワ感、硬さ、噛み切りやすさ、ねちねち感、飲み込みやすさの7項目を設けた。基準としたコントロールパンと同じ評価の場合を0とし、-側の評価をきめが均一でない、弾力がない、ふわふわ感がない、硬い、噛み切りにくい、ねちねちしている、飲み込みにくいとし、+側の評価はきめが均一、弾力がある、ふわふわ感がある、柔らかい、噛み切りやすい、ねちねちしていない、飲み込みやすいとした。評価は、+3、-3はかなり、+2、-2は少し、+1、-1はやや、の7段階の評点法で行った。評価の尺度は特に示さず、パネルの感覚にゆだねた。パネルは静岡県立大学食品栄養科学部の学生20名である。

(6) 冷蔵保存によるパンの老化

冷凍保存しておいたパンを半解凍させ、図1の要領でテクスチャー測定用試料の切り分けを行い、その時点で測定したものを解凍初日試料とした。切り分けた残りの試料はポリエチレン袋に密閉して5℃に保存し、24時間・48時間後にテクスチャー測定を行ない、解凍1日後・解凍2日後試料とした。測定条件は(3)と同様である。

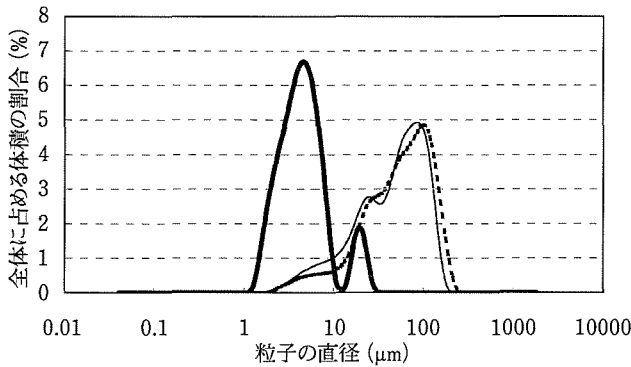


図 2 米ペースト・米粉・小麦粉の粒度分布

— 米ペースト — 米粉 小麦粉
 〈平均粒径(μm)〉 〈6.03〉 〈59.5〉 〈70.7〉

実験結果および考察

1. 米ペーストと米粉の粒度比較

米ペースト、米粉、強力粉の粒度分布の結果が図2である。米ペーストは6μm付近に高いピークが見られ、粒子の大きさは小さく、かなり均一であることが示された。石垣状に積みかさなっている米のでんぷん細胞を壊して分離すると、でんぷん粒は微小な角ばった単位粒子に分解し、この粒子の大きさは5~10μmとされている¹⁵⁾。マスコロイダーにより調製した米ペーストに最も多く分布していた粒径6μm付近のピークが、この粒子に相当するのではないかと考えられる。一方、米粉は10~100μm付近に幅広い分布がみられ、強力粉と殆ど同じ分布状態であった。粒度分布状況および図の下段に示した平均粒径から、米ペーストの方が米粉よりもまとまって分布しており、その平均粒径は米粉よりも小さかった。

米ペーストおよび米粉を顕微鏡で観察した結果を図3に示した。粒度分布の結果と同様、米ペースト中では、粒径6μm付近の粒子が大半を占めており、部分的に20μm前後の大きさの粒子が存在することが観察された。米でんぷんでは、5~15個のでんぷん微粒子が集まって複粒を構成しているとされており¹⁶⁾、米ペースト中にみられた20μm前後の大きさの粒子は複粒であると考えられる。米粉ではさらに大きい100μm以上の粒子の存在が観察され、これはでんぷん複粒の集合体ではないかと考えられた。

2. 米ペーストおよび粉の吸水率

米ペースト中の米、米粉および小麦粉の吸水率を表2に示す。強力粉の吸水率が粉重量とほぼ同量であったのに対し、米ペーストでは約65%と強力粉よりも小さく、米粉は約116%と強力粉よりも多かった。米ペースト中の米の粒子の方が米粉より水を取り込む性質が弱いということであり、小麦粉の吸水を妨げない好ましい特性を有すると言える。

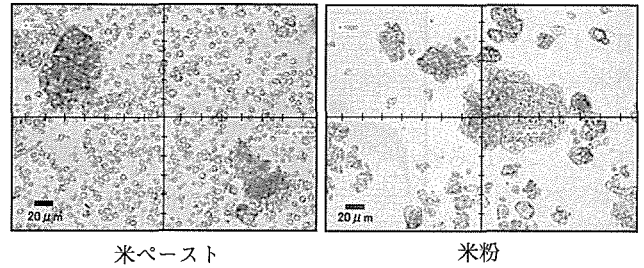


図 3 米ペーストおよび米粉の顕微鏡写真 (倍率 1000 倍)

表 2 吸水率の結果

	米ペースト	米粉	小麦粉
吸水率 (%) [※]	65.06±0.25 ^a	116.35±0.61 ^b	97.30±1.32 ^c
平均値±標準偏差			

※ 吸水率 = {(加えた水の重量(g) - 遠心分離した水の重量(g) / 粉または米の重量(g)) × 100 (%)

異なる英文字 (a, b, c) 間に有意差 ($p < 0.05$) あり。(Tukey 法)

3. パン生地の性状

(1) 生地の物性

強力粉あるいは強力粉+米ペースト、あるいは強力粉+米粉に、最終加水量が66.7%になるよう加水した生地、ファリノグラフによる測定結果が図4である。コントロール生地のピーク時の硬さ中心値は645 B.U.、米ペースト添加生地は540 B.U.、米粉添加生地は840 B.U.であり、米ペースト添加生地はコントロール生地より柔らかく、米粉添加生地はコントロール生地より硬かった。米粉は吸水率が高く、本来小麦が吸水する水を奪い、硬い生地となったのではないかと考えられた。

(2) 生地の走査型電子顕微鏡観察

コントロールパン生地、米ペースト添加パン生地、米粉添加パン生地について、走査型電子顕微鏡で観察した結果が図5である。コントロールパン生地では無数のグルテンの筋が観察できた。米ペースト添加パン生地ではグルテンの筋がコントロールパン生地に比べると少なく、でんぷん粒の中にグルテンの筋が埋まりこんでおり、でんぷん粒とよく絡み合っていた。米粉添加パン生地では米ペースト添加パン生地よりもグルテンの筋が少なく、観察されるグルテンの筋はでんぷん粒の間に絡み合うことなく存在していた。以上の観察結果から、米ペーストおよび米粉を添加することによる小麦たんぱく質の減少により、グルテンの形成が少なくなっていることがわかり、その影響は特に米粉で著しく現れていた。米ペーストは吸水率が低く、粒度も小さくなっていったため、小麦たんぱく質の水和やグリアジンとグルテニンの結合を大きく妨げることなくグルテン形成が行われたものと考えられた。

(3) 生地の発酵試験

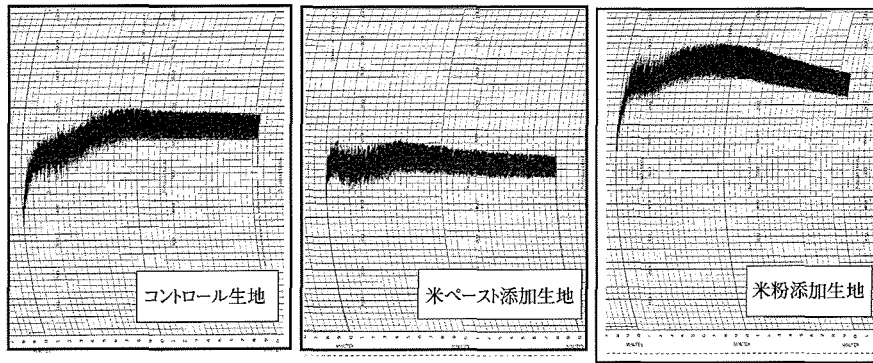


図 4 コントロールパン・米ペースト添加パン・米粉添加パン生地のファリノグラム
加水量 66.7%，米および米粉添加量：小麦粉の 30%

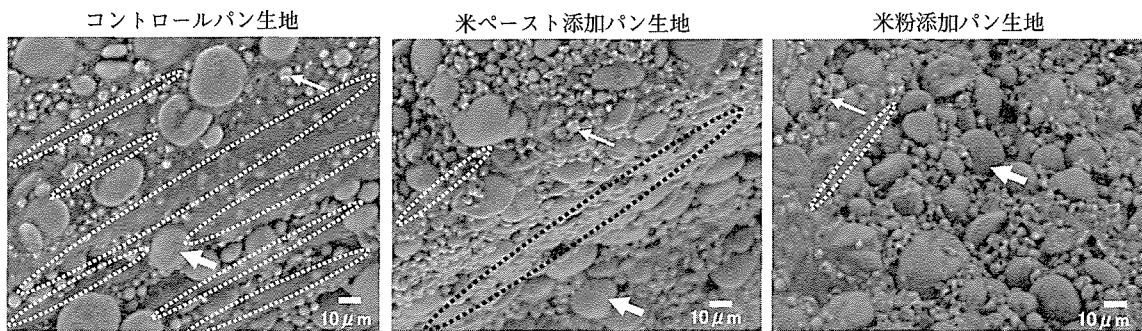


図 5 コントロールパン生地，米ペースト添加パン生地，米粉添加パン生地の走査型顕微鏡写真
(倍率 1000 倍)

米および米粉添加量：小麦粉の 30%
 白い点線で囲んだ部分はグルテンと思われる部分
 黒い点線で囲んだ部分はグルテンに米の単粒が絡まっていると思われる部分
 丸い粒子はでんぷん粒（太い矢印で示す形状は小麦でんぷん，細い矢印で示す形状は米でんぷん）

コントロールパン生地，米ペースト添加パン生地，米粉添加パン生地について発酵試験を行い，体積増加率を求めて図 6 に示した．全てにおいて時間が経過するほど体積を増していき，いずれの時間においても米ペースト添加パン生地はコントロールパン生地よりも体積増加率が高い傾向にあり，米粉添加パン生地は有意に低かった．(1)のファリノグラフによる測定では，米ペースト添加生地はコントロール生地よりも柔らかい生地になっており，グルテン形成は少ないものの，発生するガスによって生地がよく伸展して膨らみ¹⁷⁾，コントロールパン生地よりも体積が大きくなったと考えられた．米粉添加生地は硬く弾力がなく，グルテン形成の少ない生地となっていたことから，グルテンの膜が伸展性に乏しくイーストの発生するガスによって十分にふくらむことができず，パン生地の体積が小さくなったと考えられた．

4. パンの性状

焼成したパンの比容積，断面・内相，物性測定結果について表 3 にまとめた．

比容積はいずれのパンもコントロールパンとの間に有意

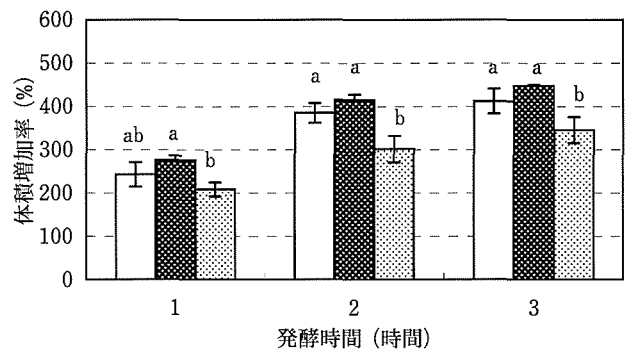
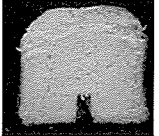

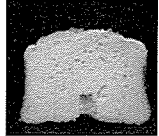
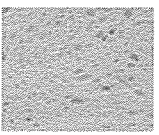
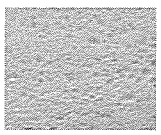
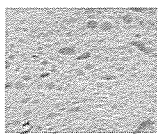


図 6 各パン生地の発酵による体積増加率
 ※ 体積増加率 = 各時間での体積 / 0 時間での体積 × 100
 各発酵時間における，各種生地間の検定結果：異なる英文字 (a, b) 間に有意差 (p < 0.05) あり．(Tukey 法)
 □ コントロールパン ■ 米ペースト添加パン
 ▨ 米粉添加パン
 (米および米粉添加量：小麦粉の 30%)

表 3 米ペーストおよび米粉 30%添加パンの性状

	コントロール パン	米ペースト 30% 添加パン	米粉 30% 添加パン
比容積	3.79±0.20 ^a	3.35±0.06 ^b	2.67±0.04 ^c
パンの 横断面			
気泡の 状態			
かたさ応力 (×10 ³ Pa)	3.61±0.57 ^a	3.50±0.59 ^a	5.36±0.98 ^b
凝集性	0.687±0.033 ^{ab}	0.711±0.039 ^a	0.678±0.045 ^b
破断応力 (×10 ⁵ N/m ²)	6.76±0.68 ^a	6.09±0.80 ^a	5.13±0.67 ^b
もろさ応力 (×10 ⁴ N/m ²)	0.00±0.00	0.00±0.00	2.24±2.31

平均値±標準偏差

異なる英文字 (a, b, c) 間に有意差 ($p < 0.05$) あり。(Tukey 法)

差がみられ、米ペースト添加パン、米粉添加パンの順に低下していった。断面写真では、米ペースト添加パンはコントロールパンとほぼ同等程度の膨化状態となり、米粉添加パンは低くなっていた。内相写真では米ペースト添加パンはきめが細かく、気泡の大きさが細かく均一に分散しており、コントロールパンの内相と類似していた。米粉添加パンでは気泡の大きさが均一でなく、大きな気泡が目立っており、気泡と気泡の間が厚い部分もみられ、きめも粗くなっていた。山形食パンにおける良い内相とは、うすい気泡膜に囲まれたわずかに粗い楕円形のすだちを有するとされる¹⁸⁾が、米粉添加パンは著しくこの状態からはずれていた。

かたさ応力は米粉添加パンが最も高かったが、米ペースト添加パンはコントロールパンと殆ど差がなかった。凝集性は米粉添加パンはコントロールパンと殆ど変わらず、米ペースト添加パンは米粉添加パンより有意に高かった。破断強度測定による破断応力の結果では、米粉添加パンはコントロールパン、米ペースト添加パンよりも有意に低くなっており、もろさ応力が見られ、噛み切りやすい状態であると考えられた。米ペースト添加パンがやわらかく、弾力のあるパンになっているのに対し、パンの膨化状態が悪い米粉添加パンは、硬く、噛み切りやすいもろい食感になっているものと思われた。いずれも、一旦冷凍保存したパンを解凍して測定した値であり、焼成直後の状態をそのまま示すものではないが、同様の傾向が焼成直後にも当てはまるものと考えている。

5. パンの官能評価

コントロールパンを基準にして評価した米ペースト添加パンおよび米粉添加パンの平均評点を図 7 に示した。米粉添加パンでは、コントロールパンに比べて有意にきめが均一でなく、ふわふわ感がなく、硬く、噛み切りにくく、ねちねちしているとされた。一方、米ペースト添加パンは、すべての項目においてコントロールパンに近い値となり、有意差がみられなかった。超微粒摩砕機により調製した米ペーストのパン生地への添加は、パンの食味に関する性状の改善に有効であり、米を 6 μm 付近のでんぷん単粒子にまで小さくすることが効果的であることが示された。

6. 冷蔵保存によるパンの老化

パンは焼成後の時間経過に伴い、その内相が硬く、パサパサした食感を示すようになり、いわゆる老化現象がみられる¹⁹⁾。米粉パンは小麦粉パンに比べ老化が著しく速いと言われている²⁰⁾ので、この点についても確認するため、冷蔵保存時の硬さの変化について検討した。かたさ応力の測定結果が図 8 である。いずれのパンも保存日数が長くなるほどかたさ応力が増していくが、米粉添加パンのかたさ応力の上昇が最も著しかった。米ペースト添加パンは米粉添加パンに比較すると、明らかに硬化の割合は小さく、コントロールパンと殆ど似通った変化を示していた。米をペースト状で添加する調製法は、パンの老化を抑制する点でも有効であった。

米ペースト添加パンでは、米ペーストの吸水率が米粉の 50% 程度と低かったため、小麦粉の吸水を妨害せずすみ、吸水したグリアジンとグルテンによるグルテンの形成がスムーズに行われたものと推察された。また、米でんぷんの微粒子も必要な水分はすでに吸水して流動状態となっていた。その結果、米ペースト添加生地は柔らかく伸展性に優れ、発酵の際に発生した CO₂ とともに十分に膨張することができ、米粉添加パンより膨化状態が良好であったのではないかと考えた。また、米ペースト添加生地中では 6 μm 前後の微細なでんぷん単粒子がグルテンと混和した状態になっているため、焼成により糊化したでんぷんがグルテン構造を補強する役目も担った結果、パンの膨化状態が良好になったのではないかと考えた。

要 約

(1) 米ペーストには粒径が 6 μm 付近のでんぷん微粒子の存在が殆どを占めていた。米粉は粒径 10~100 μm にかけて広く分布していた。また、米ペーストの吸水率は 50~60% と強力粉より少なかったのに対し、米粉は 100% を超えており、強力粉より大きかった。

(2) パン生地のフェリノグラム解析において、米ペースト添加生地はコントロール生地と同等程度の硬さであったが、米粉添加生地はコントロールより明らかに硬かった。

(3) 走査型顕微鏡観察では、米ペースト添加パン生地は

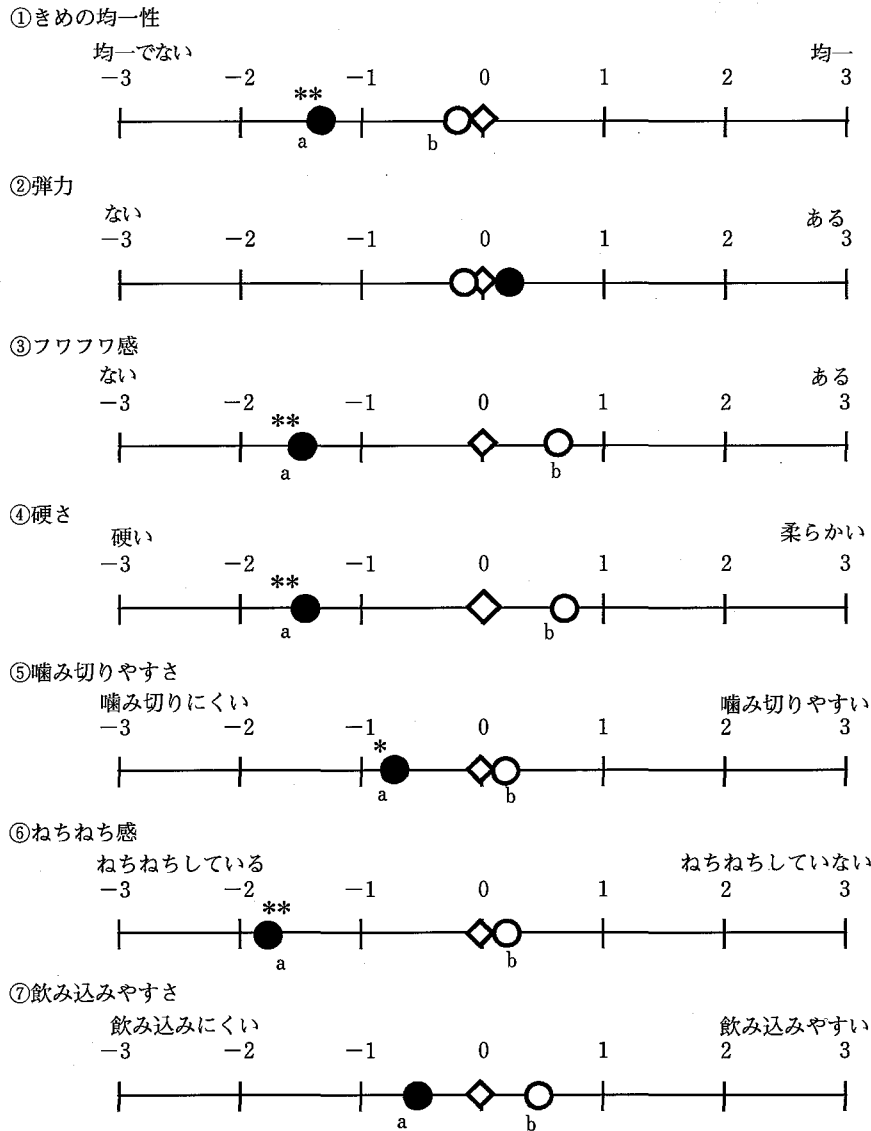


図 7 米ペーストおよび米粉 30% 添加パンの官能検査結果

◇…コントロールパン ○…米ペースト添加パン ●…米粉添加パン
 コントロールと各試料間の検定結果 ** $p < 0.01$ * $p < 0.05$
 各試料間の検定結果: 異なる英文字 (a, b) 間に有意差 ($p < 0.05$) あり.

コントロールパン生地比べるとグルテン形成が少なくなっているものの、米粉添加パン生地よりもグルテンが形成されており、でんぷん粒とよく絡み合っていた。米ペースト添加パン生地は発酵させた際の体積増加率がコントロールパン生地より大きかったが、米粉添加パン生地は明らかに小さかった。

(4) 米ペースト添加パンは米粉添加パンよりもパンの膨化状態・内相の品質・テクスチャーが改善されており、コントロールパンに近い、柔らかくきめの整った良好なパンとなっていた。

(5) 米ペースト添加パンは米粉添加パンよりも低温に保存した場合のパンの硬化が抑制されており、コントロール

パンと同等の変化を示した。

これらのことから、米をペースト状にし、そのままパン生地に添加するという新たな米添加パンの調製法は、米の調理特性を活かした有用性のある調製法であると考えられる。また、パン以外の小麦粉調理で代替利用できる可能性も秘めており、米粒、米粉に次ぐ、米の新たな活用法としての有効性が期待できる。現時点では研究室規模の実験であったが、今後は実用化に向けて米ペーストを効率的に製造できる機器の開発、米ペーストを添加した業務用生地の調製法などの検討を行っていく予定である。

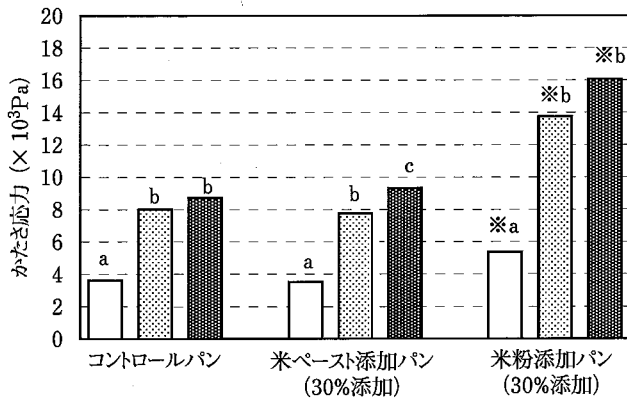


図 8 パンを低温に保存した場合の硬さの変化

□ 解凍初日 ▨ 解凍1日後 ▩ 解凍2日後
 ※は同保存期間のコントロールパンの値に対して有意差の見たもの ($p < 0.05$)
 各製法ごとの異なる英文字間に有意差あり ($p < 0.01$) (Tukey 法)

文 献

- 1) 農林水産省, 食料自給率向上のための集中事項の取り組みについて, 平成19年9月.
- 2) 農林水産省農政改革三対策緊急検討本部, 米緊急対策, 平成19年10月29日.
- 3) 出雲悦子, 山田節子, 三森一司, 今野陽子, 米粉粒径の違いが米粉ケーキの性状と嗜好に与える影響, 日本調理科学会平成16年度大会研究発表要旨集, p. 33, 札幌 (2004).
- 4) 川合俊之, トレハロースを使用した「米粉パン」の開発, 食品工業, 45 (13), 47-51 (2002).
- 5) 高橋佳子, 代谷 沢, 製パンの調理学的研究 (I) —パンの

品質に及ぼす各種副材料添加ならびに米粉混入の影響一, 京都女子大学食物学会誌, 33, 29-36 (1978).

- 6) 庄司一郎, 柴田昌英, 米粉の混入が小麦粉製品に及ぼす影響 (第1報) 発酵パンについて, 調理科学, 5, 163-168 (1972).
- 7) 辻昭二郎, 米粉パンの製造とテクスチャー特性の評価について, 調理科学, 13, 152-155 (1980).
- 8) 濱西知子, 平尾和子, 高橋節子, 米飯添加食パンの物性ならびに食味特性, 日本家政学会第57回大会研究発表要旨集, p. 150, 福岡 (2005).
- 9) 出雲悦子, 山田節子, 鈴木景子, 米糠添加が製パン性に及ぼす影響, 日本調理科学会平成15年度大会研究発表要旨集, p. 21, 神奈川 (2003).
- 10) 杉田浩一, 平 宏和, 田島 眞, 安井明美, 「日本食品大辞典」, (医歯薬出版, 東京), p. 16 (2008).
- 11) 加藤保子, 栄養・健康科学シリーズ「食品学各論」改訂第3版, (南江堂, 東京), pp. 5-11 (2005).
- 12) 與座宏一, 岡部彌子, 島 純, 米粉利用の現状と課題—米粉パンについて—, 日食工誌, 55, 444-454 (2008).
- 13) 山崎清子, 島田キミエ, 渋谷祥子, 下村道子, 「調理と理論」, (同文書院, 東京), pp. 49-50 (2005).
- 14) 関千恵子, 貝沼やす子, 米の調理に関する研究 (第2報) 炊飯条件としての浸水時間, 家政誌, 33, 228-234 (1982).
- 15) 倉澤文夫, 「米とその加工」, (建帛社, 東京), pp. 24-25 (1982).
- 16) 中村道徳, 鈴木繁男, 「澱粉科学ハンドブック」, (朝倉書店, 東京), pp. 130-133 (1977).
- 17) 田中康夫, 松本 博, 「製パンの科学<I>製パンプロセスの科学」, (光琳, 東京), p. 28 (1997).
- 18) 田中康夫, 松本 博, 「製パンの科学<I>製パンプロセスの科学」, (光琳, 東京), p. 5 (1997).
- 19) 田中康夫, 松本 博, 「製パンの科学<I>製パンプロセスの科学」, (光琳, 東京), pp. 249-254 (1997).

(平成21年4月1日受付, 平成21年8月31日受理)