

製粉方法が米粉の特性および製パン性に及ぼす影響

小河拓也*・永井耕介*

要 約

气流粉碎，スタンプミル等を用いて7種類の製粉方法の異なる米粉を調整した。米粉80%グルテン20%の割合で配合し，ストレート法により製パン試験を行った，

- 1 米粉のメディアン径は13.3~73.4 μm であり，損傷デンプン含有率は3.3~12.6%であった。
- 2 同一の粉碎方法の場合，コメに含まれる水分が多い方が粒度が細かく損傷デンプン含有率が小さくなる傾向がみられた。
- 3 パンの比容積は2.7~3.7ml/gであり，損傷デンプンおよび粒子とパンの比容積の間に負の相関関係がみられた。
- 4 水碾粉碎および湿式气流粉碎で粉碎した米粉はパン製造に適していると考えられた。

Effect of Milling Methods on the Quality of Rice Flours and Breads Made from Rice Flours

Takuya OGAWA and Kohsuke NAGAI

Summary

Seven kinds of rice flour were prepared by different milling methods such as jet milling and stamp milling. The rice flours were mixed with vital gluten (8:2) and used for bread making.

- (1) The median diameter of the rice flours ranged from 13.3 to 73.4 μm , and the damaged starch content ranged from 3.3% to 12.6%.
- (2) When crushing was performed with the same machine, methods involving a high moisture content led to the rice being crushed more minutely and produced a lower damaged starch content
- (3) The specific volume of the breads ranged from 2.7 ml/g to 3.7ml/g. A negative correlation was found between the amount of damaged starch, the mean particle size of the rice flour, and the specific volume of the rice bread.
- (4) Rice flour produced by milling using a jet mill (wet) or water mill is suitable for making bread.

キーワード：米粉，製粉，パン，損傷デンプン

緒 言

日本の食糧自給率は1965年にカロリーベースで73%であったが，2008年には41%まで低下している。また，日本人の主食であるコメの消費量も長期的に漸減傾向にあり，1962年には一人当たり年間118kgを消費していたが，平成2008年度には59kgと半減している。これまでコメの消費拡大への努力が各方面で払われてきたにもかかわらず

ず減少傾向は続いており，炊飯米としてこれ以上の消費拡大を期待することは困難と考えられている。

近年，炊飯米以外のコメの利用方法として米粉が注目されるようになった。新潟県農業総合研究所食品研究センターが開発した二段階製粉法や酵素処理製粉技術等^{7, 10)}の製粉技術や食品製造技術の進展により米粉をパンや麺などの新規用途に加工することが可能となった^{4, 12)}。現在，米粉食品に関して様々な技術開発が行われており今後も進展すると考えられる。米粉食品の開発には様々な可能性があり，特にパンは小麦粉使用食品の

2011年1月11日受理

* 兵庫県立農林水産技術総合センター北部農業技術センター

中でも最も生産量の多い品目であるので、米粉パン製造が米粉の利用用途として非常に期待されている。

米粉パンは小麦粉の一部を米粉で置換するタイプ^{5, 9)}、米粉とバイタルグルテンを用いるタイプ^{1, 8)}等が主に製造されている。最近では、米粉とは異なるが炊飯米などを生地添加到する方法等⁶⁾、様々な方式が開発されている。これらの中でバイタルグルテンを用いる米粉パンは、米粉の使用割合が高いので米粉らしい食感のパンになる。また、米粉パンの特性研究という観点から、本法は米粉の特徴が明確に現れるので、その特徴をとらえやすいことが利点となる。米粉パンの研究は食品開発を目的として行われる場合が多く、米粉の特性と製パン特性の基礎的な関係は十分には解明されていない。これらの理解が進むことにより今後の食品開発への応用が期待できる。

そこで、製粉方法の異なる米粉を用いて、米粉の特性と製パン特性との関係を調べる目的で試験を実施した。

材料及び方法

供試材料は2009年産の兵庫県産米および国産粳米を米粉原料と、品種は全て中アミロース品種を用いた。

試験に供した7種類の米粉を表1に示した。以下これらの米粉の製粉方法について記述する。遠心衝突式製粉機に分類されるピンミルを使用して製粉した米粉はK社にて委託製造した。ローターを高速で回転させて発生する渦流で粉砕する渦流式粉砕は、米粉関連業界で気流粉砕と呼ばれることから、本報でもこの方式により製粉することを気流製粉と呼ぶ。気流粉砕では米粉の製造過程において米の水洗、十分な浸漬過程を経て、製粉する湿式方式とそのまま粉砕する乾式等に分かれる。本実験では湿式方式および水洗後表面を乾燥した後粉砕を行う方式(半湿式)を調査した。気流製粉の米粉はすべてM社で委託製造した。日本で和菓子用の製粉機として一般的に普及している臼に杵を落下させた打撃衝撃で粉砕するスタンプミル(胴搗製粉機)はK社に委託製造した。和

表1 供試した米粉の製造方法

粉砕方式の略記	製造方法
ロール	ロールミルで粉砕 (M社で委託製造)
ピルミン	ピルミンによる粉砕 (K社で委託製造)
半湿式ピルミン	コメを水で洗浄後ピルミンによる粉砕： 水分22% (K社で委託製造)
スタンプ	スタンプミル(胴搗き)で粉砕 (K社で委託製造)
半湿式気流	コメを水で洗浄後気流粉砕機による粉砕： 水分22% (M社で委託製造)
湿式気流	コメを水に浸漬後気流粉砕機による粉砕： 水分32% (M社で委託製造)
水碾	水碾粉砕機による粉砕 (E社で委託粉砕)

菓子における白玉粉製造に用いられる水中で石臼の回転によるせん断力により粉砕する水碾粉砕はE社に、ロールミルはM社に委託した。

損傷デンプン含有率の測定にはMegazyme社の損傷デンプン測定キットを使用した。すなわち、米粉を微生物由来 α -アミラーゼで処理し、生じた分解物をさらにグルコースへ分解し比色定量することにより米粉に対する損傷デンプンの割合を求めた。粒度の測定にはSympatec社製レーザー回折式乾式粒度分布測定装置Heros & Rodosを用いて、粒度分布、メディアン径を求めた。

製パン試験の材料の組成は表2に示した。使用した材料はイースト：日清フーズ(株)製スーパーカメリアドライイースト、グルテン：グリコ栄養食品(株)製シトギミックスグルテンA、脱脂粉乳、油脂、砂糖、食塩を用いた。

図1の条件でワンローフ型のパンをストレート法により製パンした。製パン工程においてミキサーは東芝製PFC-20FKを用いた。焼成は(株)ツジ・キカイ製コンベクションオーブンを使用した。

製パンは5反復行い、パンの比容積および硬さの測定は製パンの翌日に調査した。焼成したパンは1時間放冷したのちポリエチレン袋に密封し20℃で保管した。体

表2 米粉パンの組成

材料	ベーカーズパーセント (%)	分量 (g)
米粉	80.0	240
グルテン	20.0	60
砂糖	8.0	24
油脂	8.0	24
脱脂粉乳	5.0	15
ドライイースト	3.0	9
食塩	2.0	6
水	80.0	240

注：ベーカーズパーセントでは、使用する粉を100として、粉に対する割合で他の材料を表す。本実験では米粉+グルテン100%とする。

混捏5分(油脂以外の材料)

↓
油脂投入

↓
混捏9分

↓
ベンチタイム 25℃ 20分

↓
ホイロ 37℃ 30分

↓
焼成 180℃ 30分

混捏 PFC-20FK：株式会社 東芝

焼成 コンベクションオーブン：株式会社 ツジ・キカイ

図1 米粉パンの製造条件

積は葉種置換法で容積を測定し、これを重量で除することによって比容積を求めた。パンの硬さは(株)山電製RE-3305を使用してAmerican Association of Cereal Chemists (AACC法) 74-09に準じて行った。

結 果

各種の製粉方法の違いが米粉の粒度に及ぼす影響を図2に示した。製粉方法の違いにより、分布の形状に特徴がみられた。ロールミルは粒度のピークが100 μ mより大きく全体的に粒度が大きい傾向がみられた。ピンミルはピークが100 μ mより大きく、ピークが鋭い傾向がみられ、半湿式ピンミルでは分布の傾向は似ているものの、ピークは100 μ mより小さく、全体的に粒度は小さくあ

る傾向がみられた。スタンプミルは粒度のピークは20 μ mと小さいが分布が広く、粒度の細かいものから大きいものまでが含まれていた。半湿式気流は粒度のピークが60 μ mと比較的高かったが、湿式気流は粒度のピークが20 μ mと小さく、粒度の分布も広がった。水碾粉砕は粒度の細かいものから大きいものまでが含まれていたが、10 μ m以下の粒度の割合が25%と多かった。

米粉の特性値および製パン試験結果を表3に示した。各種粉砕方式によるメディアン径は13.3 μ m~73.4 μ mの範囲で平均は40.9 μ mであった。ピンミルのメディアン径が73.4 μ mと最も大きく、ついでロールが58.0 μ mと高かった。上記の2方式はメディアン径が100 μ m以下の割合も他と比べて低かった。スタンプミルはメディアン径が32.5 μ mと比較的小さい一方、100 μ m以下の割合は77.5%と比較的高かった。半湿式ピンミルはピンミルよりメディアン径は小さく、粒径が100 μ mの割合は大きかった。気流粉砕は全体的に粒度は小さかったが、半湿式気流は湿式気流に比べメディアン径が大きく、100 μ m以下の割合がやや小さかった。水碾はメディアン径は13.3 μ mと極めて小さく、100 μ m以下の割合は最も大きかった。

損傷デンプン含有率に関しては、3.3~12.6%の範囲で全試料間平均は9.0%であった。ロールが12.6%と最も高く、スタンプミルと半乾式気流が10%以上を超えていた。半湿式のピンミルと湿式気流は8.8、7.6%と比較的低く水碾が3.3%と最も低かった。

米粉パンの比容積は2.7~3.6ml/gの範囲で試料間の平均値は3.1ml/gであった。水碾が3.6ml/gと最も大きな比容積を示した、ついで湿式気流粉が3.4ml/gと大きく、半湿式気流は3.0mlと半湿式ピンミルよりやや小さく、スタンプミルと同程度であった。ロールミル、ピンミルは比容積が小さかった。パンの硬さは比容積と逆の傾向を示し水碾製粉が2.8kPaと最も小さかった、ついで湿式気流製粉が小さく、半湿式気流は半湿式ピンミルおよびスタンプミルより小さかった。ロールミルおよびピンミルは5kPa以上と大きくなる傾向がみられた。

表4に米粉および米粉パンの各特性値間の相関を示した。米粉においてメディアン径と損傷デンプンには高い相関関係はみられなかった。また、米粉の損傷デンプン率とパンの比容積や米粉のメディアン径100 μ m以下の割合とパンの硬さ等に強い負の相関がみられた。

考 察

米粉が製パン性に及ぼす影響として粒度、損傷デンプン含有率の他にコメのアミロース含有率⁸⁾があげられる。

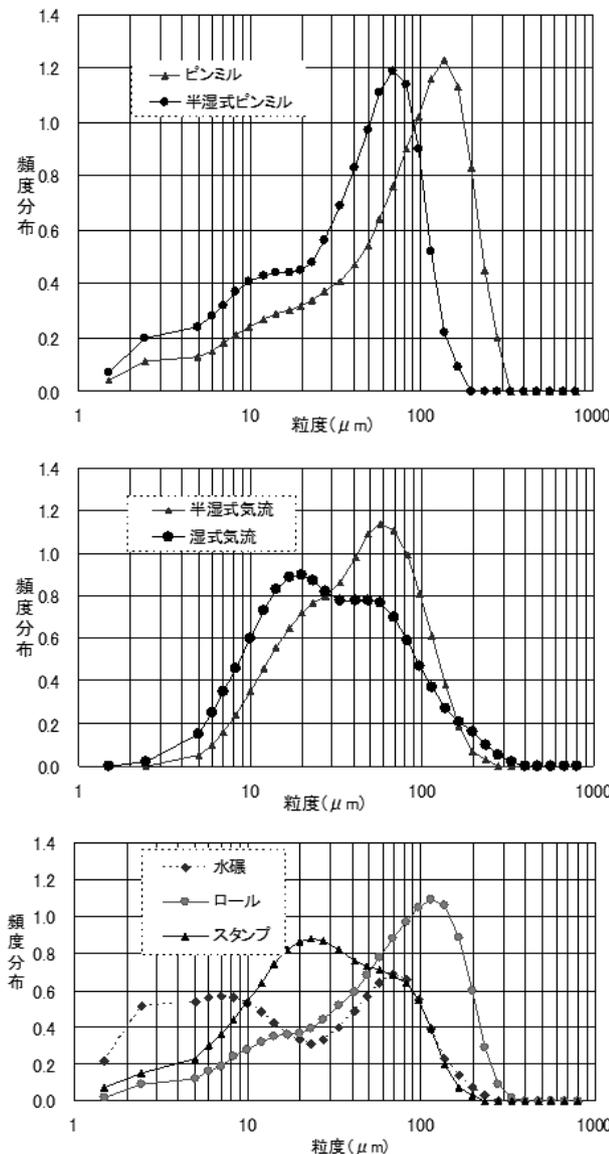


図2 各種方式で粉砕した米粉の粒度分布

表3 粉砕方法が米粉の特性並びに製パン性に及ぼす影響

	米粉の特性			製パン性	
	メディアン径(μm)	損傷デンプン(%)	粒径100 μm 以下割合(%)	比容積(ml/g)	硬さ(kPa)
ロール	58.0	12.6	58.0	2.7	7.6
ビルミン	73.4	9.6	55.4	2.9	5.7
半湿式ビルミン	47.9	8.8	86.0	3.2	3.6
スタンプミル	32.5	10.6	77.5	3.0	4.0
半湿式気流	33.4	10.8	88.0	3.0	3.4
湿式気流	27.9	7.6	90.1	3.4	3.1
水碾	13.3	3.3	90.6	3.6	2.8

表4 米粉における各特性値間の相関係数

	メディアン径	損傷デンプン	100 μm 以下割合	比容積
メディアン径	1.000			
損傷デンプン	0.629	1.000		
100 μm 以下割合	-0.867 **	-0.584	1.000	
比容積	-0.770 *	-0.943 **	0.794 *	1.000
硬さ	0.772 *	0.667 *	-0.924 **	-0.825 **

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

今回の製粉試験に用いたコメは全て中アミロース品種であることから品種の影響は無視できると考えた。

コメは小麦粉と比較し胚乳組織が硬く、粉砕した場合、粒子が細かくなりにくいため、物理的に強く衝撃を強くかける必要があり、そのため、様々な製粉方法が考案されるようになってきている¹²⁾。様々な米粉の粒度が調査されているが市販の上新粉で平均粒度115.9 μm 、粒度がロール製粉機で120~140 μm であり、損傷デンプンの範囲は1.0%~22.1%の範囲である¹⁾ことと比較すると今回の製粉された粉は粒子としては比較的小さく、損傷デンプンの幅は小さかった。今回用いた米粉は全て兵庫県下において新規用途用の米粉として技術開発され製粉された米粉であるため、比較的幅が小さくなったものと考えられる。

米粉製造において衝撃を強く与え粒子を小さくするに従ってデンプン粒子の損傷は大きくなり、乾式のジェットミルでは平均の粒度が8 μm でデンプン損傷度は22.1%になることが報告されている⁴⁾。今回の場合、機械の粉砕形式による粒度および損傷デンプン含有率の差だけでなく、気流粉砕においても湿式が半湿式、ピンミルにおいて半湿式が乾式より粒度および損傷デンプン含有率とも小さくなるという、粉砕時のコメの水分含有率の違いによる差がみられた。江川²⁾は湿式気流製粉では製粉過程で米粉に含まれる水分の気化により米粉の損傷が防がれるとしており、粉砕時のコメの水分を可能な限り高めることにより、強い衝撃を与える粉砕方法でも損傷デンプン含有率は小さくできることが示唆された。また、貝沼ら³⁾はコメを水と同時にペースト状に砕くことによ

りデンプンを単粒状態に微粉砕できることを報告している。水碾製粉はこの方法に近く、損傷デンプン含有率度も3.3%と極めて低いことから、粉砕時に水を介在させることでコメのデンプンを壊すことなく微粉砕が可能になったと考えられる。

米粉が米粉パンの品質に及ぼす影響としては、損傷デンプンの増加が米粉の製パン性と負の相関関係にある⁹⁾ことが報告されているが、今回もこのことは裏付けられた。また、平均粒径と比容積の間には有意の相関関係がみられない等の報告がなされている^{1, 10)}が本研究では負の相関関係が認められた。通常、粒径を極端に小さくするためには強い力をかけコメを粉砕する必要があり、それが損傷デンプンを増加させ、負の相関関係が認められない原因となっていると考えられるが、今回、供試した製粉方法において、粒径が小さいにもかかわらず損傷デンプン含有率が小さい水碾を試料に加えたことが影響したと考える。

米粉にグルテンを2割程度混合して使用するタイプの米粉パンに関しては多くの研究がなされている^{1, 7, 8)}。一般的にパンは食感が柔らかく適度な膨らみを持つものが好まれることから、パンを評価する方法としてパンの膨らみの指標である比容積および硬さが用いられている。小麦粉パンの一般的な比容積は山形食パンで4.0~4.5g/mlと米粉パンより大きく、米粉パンの比容積と硬さに正の相関を有することから、現状では米粉パンは比容積がより大きいほど米粉パンとしては優れていると考えられる。米粉の粒子が荒い場合パン生地調整時のグルテン形成が悪く、発生時のガス保持が難しく、デンプン損傷

の大きい米粉は吸水量が増大し、パンの製造に悪影響を及ぼす。従って、比容積の大きい米粉パンを製造するためには粒度が小さく、損傷デンプン含有率を出来るだけ小さくする必要があり、水碾製粉および湿式気流粉砕が適していると考えられる。

ただし、元々、粉砕原理が異なる製粉方法により調整した米粉を使用しており、粉砕方式によって粒度の分布が異なっているため、パン製造における最適の粒度の構成は明らかでない。また、パン加工においては先述したコメペーストや炊飯米の利用により製パン性が向上した報告³⁾もみられ、米粉パンの製造における米粉の品質の評価には不明な点が多くさらなる詳細な調査が必要である。

引用文献

- (1) Araki, E., Ikeda, T. M., Ashida, K., Takata, K., Yanaka, M., and Iida, S., (2009): Effects of Rice Flour Properties on Specific Loaf Volume of One-loaf Bread Made from Rice Flour with Wheat Vital Gluten, *Food Sci. Technol. Res.* 15, 439-448
 - (2) 江川和徳 (2001): 新たな利用開発のための米微細製粉の技術開発: 技術と普及 12, 40-43
 - (3) 貝沼やす子・田中祐季 (2009) 米添加パンの調整にペースト状の米を利用する効果, *食科工* 56, 620-627
 - (4) 長沼誠子 (2003) 米粉の理化学的性質および調理特性に及ぼす微粉化の影響, 秋田大学教育文化学部研究紀要, 59, 29-35
 - (5) 小河拓也・田畑広之進・井上喜正 (2003): 米粉の配合がパンの外観及びレオロジーの性質に及ぼす影響: *兵庫濃技総セ報* 51, 25-28
 - (6) 奥西智哉 (2009): 炊飯米を生地に添加したパンの官能評価: *食科工* 56, 424-428
 - (7) 宍戸功一・江川和徳・ (1992) ペクチナーゼ処理による米粉の製造法及びその製パン適性 (第1報): *新潟食研報* 27, 21-28
 - (8) 高橋 誠・本間紀之・諸橋敬子・中村幸一・鈴木保宏 (2009): 米の品種特性が米粉パン品質に及ぼす影響: *食科工* 56, 394-402
 - (9) 高野博幸・豊島英親・渡辺敦夫, 小柳 妙・田中康夫 (1986): 生米粉の性状がレオロジー特性および製パン特性に及ぼす影響: *食総研報* 48, 43-51
 - (10) 吉井洋一・本間紀之・赤石隆一郎, 中村幸一 (2008): 微粉米粉の製造技術と利用技術: *日作紀* 77, 223-324
 - (11) 與座宏一・松木順子・岡留博司・岡部繭子・鈴木啓太郎・奥西智哉・北村義明・堀金 彰・山田純代・松倉潮 (2010) 製粉方法の異なる米粉の特性と製パン性の関係: *食総研報* 74, 37-44
 - (12) 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—: *食科工* 55, 444-454
-