

米粉パンの加工適性評価と宮崎県産米粉間の比較

高橋克嘉, 奥西智哉*[§], 鈴木啓太郎*, 柚木崎千鶴子

宮崎県食品開発センター

* 独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構食品総合研究所

Processing Suitability Evaluation Method for Rice Bread and Evaluation of Rice Flour Produced in Miyazaki

Katsuyoshi Takahashi, Tomoya Okunishi*[§], Keitaro Suzuki* and Chizuko Yukizaki

Miyazaki Prefectural Food R&D Center, 16500-2 Higashikaminaka
Sadowara-cho, Miyazaki, Miyazaki 880-0303

* National Food Research Institute, NARO, 2-1-12 Kannondai, Tsukuba, Ibaraki 305-8642

Rice bread was made using a mixture of rice flour and vital gluten (85 : 15). The volume of water farinograph and specific volume were examined to elucidate differences in bread properties. About 300BU farinograph was estimated to result in the largest specific volume of rice flour bread. Rice flour was prepared from 4 different types of rice, produced in Miyazaki, for analyzing the rice flour characteristics and rice bread quality. The specific volume of Mizuhochikara and Nankai141 was larger than that of Koshihikari for the rice flour produced with a large-scale mill. The specific volume of Mizuhochikara and Nankai141 was larger than that of Koshihikari for the rice flour produced with a small mill. However, the specific volume of rice flour produced with a small mill was about 0.3 mL/g lower than rice flour produced with a large-scale mill. Mizuhochikara had the highest evaluation for crumb grain and Takanari had the highest evaluation for taste on the sensory test. However, no significant differences were detected.

(Received Aug. 31, 2010 ; Accepted Nov. 17, 2010)

Keywords : rice flour, rice bread, farinograph, specific volume

キーワード : 米, 米粉パン, ファリノグラフ, 比容積

日本の食料自給率は低下傾向にあり, その要である米の消費も落ち込んできている。平成 20 年度における 1 人・1 年当たり米消費量は 59 kg と¹⁾, ピークである昭和 37 年の約半分まで落ち込んでいる。一方, 水田利用については転作や休耕で利用率が減っており, 主食用水稻が生産されているのは水田全体の 6 割にすぎない²⁾。そこで米の消費拡大を目的とした, 米の新規用途開発が進められている³⁾⁴⁾。新規用途としては, 米粉として利用する研究が進んでいるが, なかでも米粉パンに関する研究は数多くの報告が行われている^{5)~10)}。しかし, 米粉パンを比較するための明確な基準はまだ定まっておらず, それぞれ独自の原料配合等により評価している現状がある。

製パンの原料配合において, 加水量は製パン性やその後のパン品質に大きく影響を与える。小麦粉の製パン性評価ではファリノグラフを用いた試験での 500 BU の硬さに生

地を捏ね上げる水量が適正加水量の重要な指標とされている¹¹⁾。グルテンを添加するタイプの米粉パンの場合, 小麦粉と同じく 500 BU となる加水にて試験を行っている報告や¹²⁾, 粉 100 に対し加水 80 として試験を行っている報告⁹⁾¹³⁾¹⁴⁾が見られるが, 明確な基準が定まっていない。そこで本研究では, 米粉と活性グルテンの割合が 85 : 15 の米粉ミックスを用いて, 主に比容積の観点から加水量を中心に製パン性の検討をおこなった。また, その結果に基づき宮崎県産米の製パン適性について評価検討を行った。

実験方法

1. 米粉の調製

試料は市販米粉(お米の粉「薄力米粉」, (株)波里製, 気流式粉碎機による湿式粉碎)および宮崎県産米 4 種(ミズホチカラ, タカナリ, 南海 141 号, ヒノヒカリ)を製粉した米粉を使用した。宮崎県産米の製粉は, 熊本製粉に依頼した大型製粉機(熊本製粉方式)による湿式製粉および, 宮崎県食品開発センターの衝撃式小型製粉機(HS-20 型,

〒880-0303 宮崎県宮崎市佐土原町東上那珂 16500-2

* 〒305-8642 茨城県つくば市観音台 2-1-12

[§] 連絡先 (Corresponding author), tomoyaok@affrc.go.jp

(株)名濃製)による湿式製粉(1時間浸漬後, 1000 rpm で1分間遠心脱水した米を使用)の2種類の方法で行い, 水分13%前後に調整後試験に用いた。

2. 米粉ミックスの調製

米粉に, 活性グルテン(グル A-GX, グリコ社製)を混合した米粉ミックスとして試験に供した。米粉と活性グルテンの混合割合は85:15(米粉水分13%換算)とした。

3. ファリノグラフによる試験

ファリノグラフ(8101型, Brabender製)を用い, 小麦粉生地 of 物理性検定¹¹⁾に準じて測定した。加水量を任意に変えて最高粘度を与える条件を得た。

4. 製パン試験

表1に示す原料および配合により, 米粉パンを製造した。製法は直捏生地法¹⁵⁾にて行った。油脂を除く原料をミキサー(KTM-10, 関東混合機工業(株)製)を用いて1速3分, 2速2分のミキシングした後, 油脂を添加し1速3分ミキシングした。さらに最適生地になるまで2速でミキシングした(1.5分~5分)。最終生地の判断は, 生地を指でのばした時にちぎれず薄膜となり指が透けて見える状態とした。生地は420gずつ分割し, 27°C, RH 75%に設定したドウコンデショナー(NS-D923FA, 松下電器製)で20分ベンチタイムをとった。ワイドファインモルダー(WS-01S, (株)オシキリ製)を用いて最大間隙4.5mm, 展圧4.0mm~4.0mmにてワンローフ型に成形してパン型(スルトン加工1斤型, 内寸L180×W80×H90mm)に詰め, 38°C, RH 85%に設定したホイロ(PR-10, TOKURA製)で65~70分発酵を行った。発酵終了は生地上端高さが焼型縁と一致した時点とした。熱風式ロータリーオーブン(9H923, Revent製)で200°Cで20分焼成した。

5. 米粉パンの比容積および硬度測定

焼成後の米粉パンは常温で放冷し, 1時間後に重量計付レーザー体積計測機(Selnac-WinVM2100, ASTEX製)で比容積を求めた。

焼成後, 常温で放冷し, 1時間後ポリエチレン袋に入れ, 口を閉めて0~3日常温貯蔵した。厚さ2cmにスライスし, クラムの中央部を4×4cmにカットした試料をテンシプレッサー(MY Boy, タケモト電気製)の試料台に設置し, 直径3cmの円盤形プランジャーをバイトスピード6.0mm/sで作動させ, 試料厚みに対する圧縮率が25%の時点の応力を測定しパンの硬さとした。0~3日におけるパンの硬さの1日あたりの増加量を平均硬化速度とした。

6. 米粉成分および特性

タンパク質含量は窒素分析装置(FP-528, LECO製)で測定し, タンパク換算係数5.95を用いて換算した。見かけのアミロース含量はJuliano法¹⁶⁾により測定した。検量線の作成には標準アミロース(ポテトアミロース Type III, Sigma)とヒヨクモチを用いた。粒度分布はレーザー回折散乱式粒度分布計(LS13320, BECKMAN COULTER製)

表 1 米粉パンの原料および配合

原料	ベーカーズ%
米粉ミックス	100
米粉(水分13%換算)	(85)
グルテン	(15)
食塩	2
砂糖	6
ドライイースト	1.5
脱脂粉乳	5
ショートニング	3
バター	3
水	70~86

で, 乾式により1回当たりのサンプル量を3.0gとして測定した。平均粒径は, 体積荷重による算術平均粒径とした。損傷澱粉量はStarch damage assay kit (Megazyme社)により測定した。米粉形状の観察は, 走査型電子顕微鏡(S-510, 日立製作所製)を用いて, 加速電圧15kV, 倍率500倍で観察を行った。

7. 官能評価

焼成後, 常温で放冷し, 1時間後ポリエチレン袋に入れ, 口を閉めて1日間常温貯蔵した。厚さ2cmにスライスし, 試験に供した。すだちの状態¹⁷⁾, 色相¹⁷⁾, 香り¹⁷⁾, 蝕感¹⁷⁾および試食時の味¹⁷⁾, 硬さ¹⁷⁾, もちもち感, しっとり感, 甘味を評価項目とし, 嗜好性の相対評価を行った。良好と判断されたものから1~4位の順位付けを行った。パネルは, 食品総合研究所の職員10名(男性5名, 女性5名)で構成した。

実験結果および考察

1. ファリノグラフ最高粘度と製パン性

市販米粉を用いて, 各加水量におけるファリノグラフの最高粘度を測定した結果, 最高粘度は加水量の増加とともに直線的に減少した。一方, 米粉パンの比容積は加水とともに増加し, 300BU付近で最大となった(図1, 表2)。山木らは加水量を71~80%まで変化させ, 加水量の増加に伴い比容積が増大することを報告している¹⁰⁾。しかし今回の結果では, 加水量の増加に伴い比容積は増大するが, 比容積が最大となるポイントが存在し, そのポイントは最高粘度が300BUを示す生地の硬さを与える加水量であった。また, パンの硬さ, 平均硬化速度に関しても, おおむね比容積の最大値を与えるものが最も低い値となった。

大型製粉機にて製粉した宮崎県産米4種について, 同様に各加水におけるファリノグラフ最高粘度測定と製パン試験を実施した。いずれの米粉も最高粘度は市販米粉の場合と同じく加水量の増加とともに直線的に減少した(図2)。しかしながら, その変化については品種間に差があり, 南海141号がヒノヒカリとほぼ同じ挙動を示したのに対し, ミズホチカラおよびタカナリは, 全体的に生地が硬めであ

り、ヒノヒカリと同じ最高粘度にするにはより多くの加水が必要であった。ミズホチカラおよびタカナリは、他2種に比べ平均粒径が若干小さく、損傷澱粉率が若干高い(表3)。損傷澱粉は通常の澱粉よりも吸水が大きいことから、これらが品種間差の一つの原因と考えられる。また、タカナリは加水による最高粘度の変化が小さかった。タカナリは他品種に比べタンパク質含量が高く、この影響が考えられたが関係は明確ではなかった。高橋らもアミロース含量とフェリノグラフ吸水率には相関があるが、タンパク質含量との関係は明確ではなかったと報告しており¹²⁾、フェリノグラフ最高粘度に対する米粉成分および特性の影響は、育成時の施肥等の影響も含め、今後更に調査を行う必要があると考えられる。

製パン試験による比容積の結果は、4種ともおおむね最高粘度が300 BUを示す生地の硬さを与える加水量で比容積が最大となる傾向が見られた(図3)。以上の結果は市販米粉の結果と一致するものであり、300 BUの生地の硬さを与える加水量が比容積を最大とするポイントであるということを示している。

小麦では製パン性を総合的に判断する指標として、最高

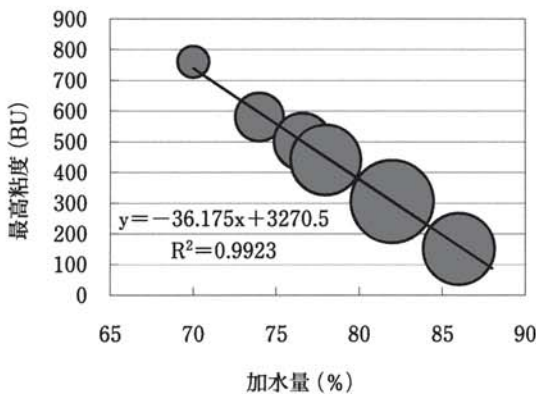


図1 加水量と最高粘度、比容積の関係

円の大きさは各加水量における米粉パン比容積を相対的に表したものの

粘度が500 BUを示す生地の硬さを与える加水量が重視される。しかし、米粉パンにおいては、生地物性に関する知見に乏しい。よって本論では製パン指標のうち客観性が高い比容積に着目し、300 BUの生地の硬さを与える加水量をその米粉の最適加水量とする。

2. 米粉成分および特性

タンパク質含量は、ヒノヒカリ、ミズホチカラ、南海141号の3品種が約6%とほぼ同じであったが、タカナリのみ7%近い値を示した(表3)。アミロース含量に関しては、

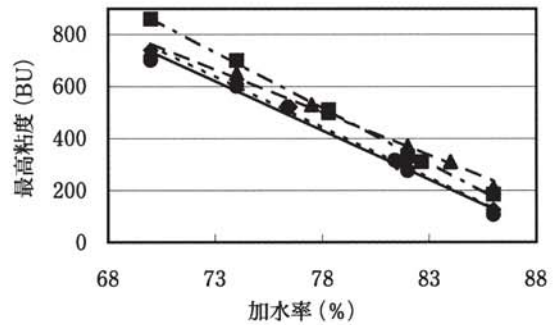


図2 加水量と最高粘度の関係(大型製粉機の米粉)

●: ヒノヒカリ; -■-: ミズホチカラ; -▲-: タカナリ; -◆-: 南海141号。

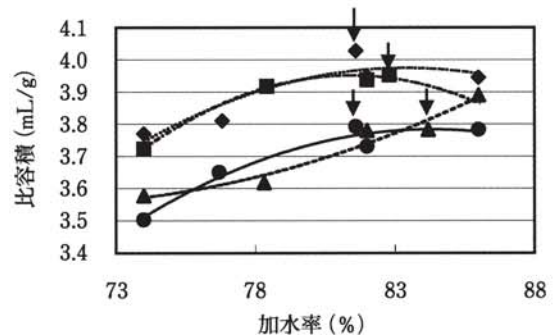


図3 加水量と比容積の関係(大型製粉機の米粉)

矢印は最高粘度300 BUの生地硬さを与える加水量

●: ヒノヒカリ; -■-: ミズホチカラ; -▲-: タカナリ; -◆-: 南海141号。

表2 加水量とパン品質

加水量 (%)	比容積 ^{a)} (mL/g)	パン硬さ ^{a)} (kPa)				平均硬化速度 (N/日)	ミキシング時間 (min)*
		0日目	1日目	2日目	3日目		
70.0	2.99±0.03	3.8±0.1	9.4±0.2	17.5±1.0	19.4±1.0	0.55	5
74.0	3.11±0.03	2.9±0.1	6.4±0.2	11.0±0.5	15.0±0.4	0.41	5
76.5	3.19±0.02	2.5±0.1	5.3±0.0	9.6±0.2	12.9±0.1	0.35	5
78.0	3.34±0.07	2.2±0.1	4.3±0.2	7.8±0.5	9.6±0.4	0.26	5
82.0	3.51±0.06	1.6±0.1	2.8±0.0	5.1±0.4	6.5±0.2	0.17	5
86.0	3.36±0.11	1.2±0.0	2.5±0.1	4.4±0.2	6.6±0.5	0.18	5

^{a)} 平均値±標準偏差 n≥3

市販米粉を使用

*油脂添加後の2速の時間

表 3 米粉試料の成分特性

製粉	試料名	含水率 (%)	タンパク質含量 ^{a)} (%)	アミロース含量 (%)	平均粒径 (μm)	損傷澱粉率 (%)
	市販米粉			16.1	57.0	3.22
大型製粉機	ヒノヒカリ	13.1	5.8±0.04	15.7	40.4	2.69
	ミズホチカラ	12.9	5.8±0.06	21.2	33.9	3.71
	タカナリ	12.7	6.9±0.04	18.7	32.9	3.15
	南海 141 号	13.2	6.0±0.01	20.0	37.3	2.55
小型製粉機	ヒノヒカリ	13.0			79.2	2.61
	ミズホチカラ	12.7			67.6	3.34
	タカナリ	12.8			69.4	2.57
	南海 141 号	12.1			66.5	2.34

^{a)} 平均値±標準偏差 n=3

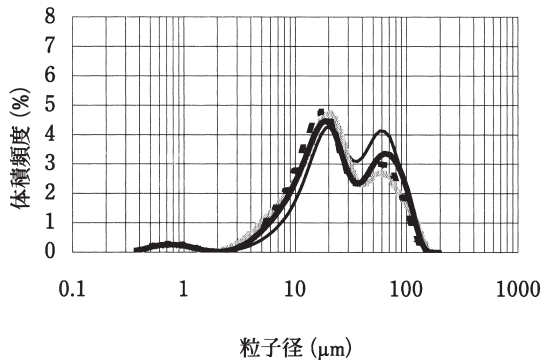


図 4 米粉試料の粒度分布 (大型製粉機)

—, ヒノヒカリ; - - -, ミズホチカラ;
 ····, タカナリ; - · - ·, 南海 141 号.

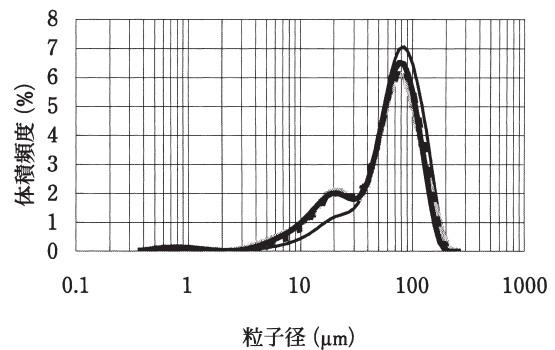


図 5 米粉試料の粒度分布 (小型製粉機)

—, ヒノヒカリ; - - -, ミズホチカラ;
 ····, タカナリ; - · - ·, 南海 141 号.

新規用途米 3 品種はいずれもヒノヒカリより高い値を示したが、すべて中アミロース米 (アミロース含量 15~25%) であった。損傷澱粉率は、4 品種とも低いが、ミズホチカラがわずかに高い傾向が見られた。

平均粒径に関しては、ヒノヒカリに比べ 3 品種とも低い値を示した。大型製粉機の粒度分布を見ると、4 種とも 0.7 μm 付近、20 μm 付近、60 μm 付近の 3 つのピークが確認された (図 4)。Araki らは、20 μm 付近は複粒澱粉および単粒澱粉の凝集物のピーク、60 μm 付近のピークはその複粒が集まった細胞断片粒子のピークと報告している¹³⁾。3 品種はヒノヒカリに比べ、60 μm 付近が低くなり、20 μm 付近が高くなっていることから、3 品種はヒノヒカリより複粒・単粒の状態まで粉碎しやすい米であると言える。一方、小型製粉機の粒度分布を見ると、0.7 μm 付近、20 μm 付近、80 μm 付近の 3 つのピークが確認された (図 5)。80 μm 付近の大きなピークから、複粒が集まった細胞断片粒子が多く存在すると考えられる。しかし、大型製粉機の場合と同様に、3 品種はヒノヒカリに比べ、20 μm 付近が高くなっている。このことから 3 品種はヒノヒカリより複粒・単粒の状態まで粉碎しやすい米であると言える。

損傷澱粉率をみると、両方の製粉方法とも 2~3% 台と低く、電子顕微鏡による観察でも澱粉粒の形状が保持されたまま粉碎されている様子が観察された (図 6)。Araki ら¹³⁾ や與座ら¹⁴⁾ らは損傷澱粉率とパン比容積に負の相関があると報告しており、一般的には乾式で行う衝撃式小型粉碎機においても湿式での製粉がパン品質向上に有効であると考えられた。

3. 製パン特性比較

大型製粉機および小型製粉機にて製粉した米粉の、300 BU の生地 hardness を与える加水量での製パン特性を比較した結果 (表 4)、比容積に関しては 4 品種とも小型製粉機の米粉の方が有意に約 0.3 mL/g 低い結果となった ($p < 0.05$)。Araki ら¹³⁾ や與座ら¹⁴⁾ は、損傷澱粉率と比容積に負の相関があることを報告しているが、今回用いた米粉は損傷澱粉率と比容積に相関が見られなかった。今回用いた米粉は損傷澱粉率の幅が 2.34~3.71% と狭いため、相関が見られなかったものと考えられた。また、Araki ら¹³⁾ や與座ら¹⁴⁾ は、加水量を一定にして製パン試験を実施しているのに対し、本報では生地 hardness を一定 (300 BU) にして実施している。損傷澱粉は通常の澱粉より吸水が多く、同一の

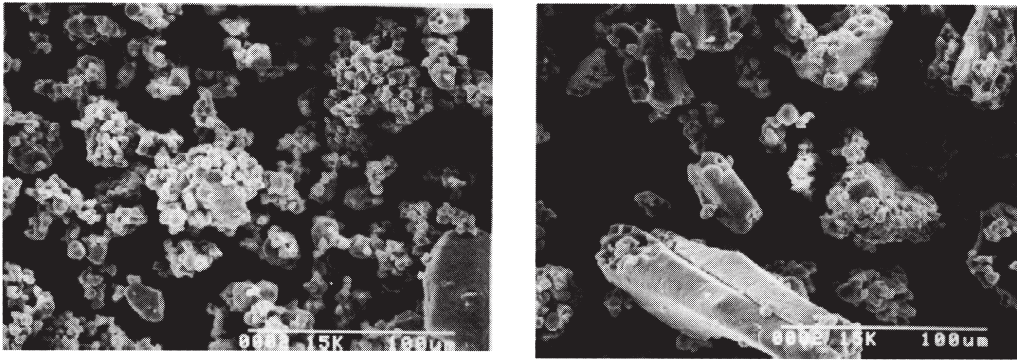


図 6 電子顕微鏡による米粉表面形状の観察
左：大型製粉機 右：小型製粉機 米品種：ヒノヒカリ

表 4 各品種の製パン特性

製粉	試料名	加水量 (%)	比容積 ^{a)} (mL/g)	硬度 ^{a)} (kPa) 1日目	パン高さ (cm)	ホイロ時間 (min)	ミキシング時間 (min)*
大型製粉機	ヒノヒカリ	81.6	3.79±0.10	1.7±0.1	12.03±0.11	65	3
	ミズホチカラ	82.8	3.95±0.08	1.9±0.1	12.38±0.33	65	2
	タカナリ	84.2	3.78±0.12	1.7±0.1	11.83±0.38	65	3
	南海 141 号	81.6	4.03±0.10	1.6±0.2	12.62±0.34	65	2
小型製粉機	ヒノヒカリ	81.2	3.43±0.04	1.9±0.1	10.98±0.22	70	3
	ミズホチカラ	80.7	3.68±0.09	2.1±0.1	11.99±0.21	65	1.5
	タカナリ	79.5	3.53±0.06	2.4±0.1	11.26±0.14	65	2
	南海 141 号	79.5	3.73±0.09	2.0±0.1	12.00±0.20	65	1.5

^{a)} 平均値±標準偏差 $n \geq 3$

* 油脂添加後の 2 速の時間

加水の場合は、損傷澱粉率が高いほど生地が硬くなり、比容積の低下の原因と考えられる。本研究では、製パン現場を想定して生地の硬さを一定にした。このことも損傷澱粉率と比容積の相関が薄れた一因であろう。2つの製粉方法による米粉は、発酵段階では同じ状態（高さ9cm）までほぼ同じ時間（65～70分）で膨張していた。これは、生地の硬さを均一にしたことで、生地の状態が近くなったためだと考えられた。発酵段階で同じ状態に膨らんだにもかかわらず、最終的な比容積の差が生じたのは、焼成時の釜のびに違いがあるためである。2つの製粉方法による米粉の釜のび（パンの高さ）には、有意の差が見られた ($p < 0.05$)。この差が生じた原因として考えられるのは、平均粒径や粒子形状等の米粉粒子状態の違いである。小型製粉機による米粉は、大型製粉機による米粉より平均粒径が大きく、比較的大きな細胞断片粒子の割合が多い（図4、図5）。比容積と平均粒径との相関性を見ると、平均粒径の小さい米粉ほど膨らみが良くなる傾向が見られた（図7）。また、荒木らは、比容積が大きく釜のびするパンの米粉は損傷澱粉が少なく単粒・複粒澱粉の構造が保持されており、釜のびしないパンの米粉は損傷澱粉が多く大きな細胞断片粒子あるいは澱粉構造を持たない微細粒子を多く含むと報告してい

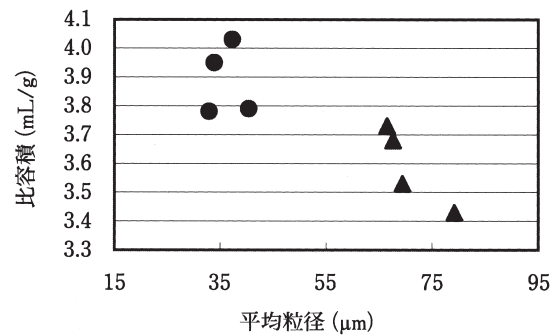


図 7 平均粒径と比容積の関係
●, 大型製粉機; ▲, 小型製粉機.

る¹⁸⁾。たしかに小型製粉機による米粉は、大型製粉機による米粉より比較的大きな細胞断片粒子の割合が多いが、損傷澱粉率に差がないのでこの報告に完全には合致しない。今回の結果では、損傷澱粉率が同程度の場合、焼成時の釜のびには粒度分布等の粒子構造が大きく関与し、最終的な比容積に大きな差をもたらすものと考えられた。小型製粉機による米粉は、比較的多く存在する大きな粒子が焼成時の急な膨張の際に影響を与え、生地のガス抜け等により釜のびを小さくしているのではないかと推測される。

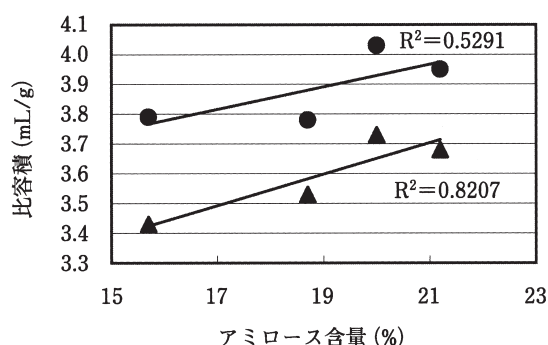


図 8 アミロース含量と比容積の関係

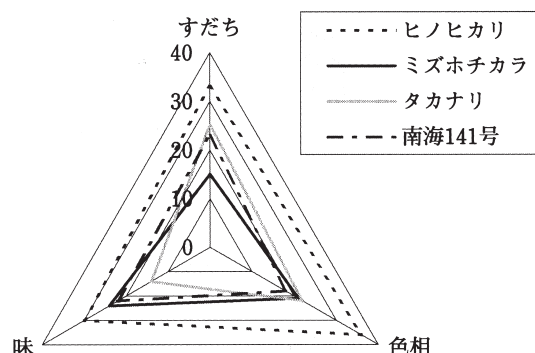
●, 大型製粉機; ▲, 小型製粉機.

4 品種の比容積を比較すると、両方の製粉方法による米粉とも同様の傾向を示し、ヒノヒカリとタカナリがほぼ同じ値を示したのに対し、ミズホチカラと南海 141 号は約 0.2 mL/g 増大した (表 4)。同じ製粉機による米粉は、平均粒径等の差がわずかであり、この比容積の差を粒子構造の違いにより説明することは難しい。高橋らは比容積とアミロース含量に相関があり比容積が最大となるアミロース含量は 25% 前後と推定されたと報告している¹¹⁾。今回用いた米粉の比容積とアミロース含量との相関を調べたところ、有意差は無かった。今回用いた米粉はすべて中アミロース米であり、アミロース含量に差が少なかったため有意差が検出できなかったものと考えられる。しかし、アミロース含量と共に比容積が増加する傾向が見られ (図 8)、この結果は高橋らの報告と合致している。今回用いた中アミロース米においては比較的高いアミロース含量の米が米粉パンに向いているのではないかと推測された。

4. 官能評価

大型製粉機による米粉を用いたパンの官能評価を行ったところ、4 種の差はあまり見られなかった。だが、すだち、色相、味に関して若干差が見られた (図 9)。ヒノヒカリは新規用途米 3 種に比べ、3 項目とも劣る結果となった。すだちに関しては、ミズホチカラが一番高い評価を得た。味に関しては、タカナリが一番高い評価を得た。ただ、各項目とも品種間の差はわずかであり評価にばらつきが多く見られた。今後、評価方法自体の検討を行う必要があると考えられる。

小型製粉機を用いた場合でも、湿式にて製粉を行うことにより、損傷澱粉率の低い製パンに適した米粉を製造可能であった。米粉の製粉施設が、比較的規模が大きく高価になる傾向があることを考えると、製粉から製パンまで行う小規模施設においては、小型製粉機を用いて湿式製粉を行うことも選択肢の 1 つになると考えられる。これにより地域の米の特長を生かした米粉パンの普及が期待される。しかし、大型製粉機と比べると粒子が粗くなり比容積が小さくなることから、比容積向上にはさらに微粉化する手法を

図 9 米粉パンの官能評価
(順位評価の合計: 低いほど優良)

検討する必要がある。

要 約

米粉とグルテンを 85 : 15 で配合する米粉パンを作成し加水、ファリノグラフ強度およびパン比容積の比較を行った。ファリノグラフの最大強度が 300 BU となる加水付近において比容積が最大となる傾向が見られた。

宮崎県産米 4 品種の米粉の特性と製パン特性を測定した。大型製粉機にて製粉した米粉の場合、ミズホチカラ、南海 141 号の比容積は 4.0 mL/g 近く、ヒノヒカリと比べ 0.2 mL/g ほど良好であった。小型製粉機で製粉した米粉もミズホチカラ、南海 141 号が良好であった。ただ、大型製粉機で製粉した米粉より比容積が 0.3 mL/g ほど低かった。官能評価の結果、差はわずかであったが、すだちはミズホチカラが、味はタカナリが良好であった。

文 献

- 1) 農林水産省, 国民 1 人・1 年当たり供給純食糧, 食糧需給表 (2008)。
- 2) 農林水産省, 平成 20 年農作物作付 (栽培) 延べ面積及び耕地利用率, 農林水産統計 (2008)。
- 3) 與座宏一, 岡部繭子, 島 純, 米粉利用の現状と課題—米粉パンについて—, 食科工, **55**, 444-454 (2008)。
- 4) 奥西智哉, 炊飯米を生地に添加したパンの官能評価, 食科工, **56**, 424-428 (2009)。
- 5) 高野博幸, 山形次郎, 花木 満, 小柳 妙, 田中康夫, 調製法を異にする米粉の添加が小麦粉生地物性及び製パン性に及ぼす影響, 食品総合研究所研究報告, **34**, 35-43 (1979)。
- 6) 高野博幸, 豊島英親, 渡辺敦夫, 小柳 妙, 田中康夫, 生米粉の性状がレオロジー特性および製パン性に及ぼす影響, 食品総合研究所研究報告, **48**, 43-51 (1986)。
- 7) 高野博幸, 豊島英親, 小柳 妙, 田中康夫, 米粉高置換ライスペッドの品質改善, 食品総合研究所研究報告, **48**, 52-62 (1986)。
- 8) 穴戸功一, 江川和徳, 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) 米の粉食化に関する研究, 新潟県食品研究所研究報告, **27**, 21-28 (1992)。
- 9) 福山明子, 日高照利, 十川隆博, 工藤哲三, 県産米を利用した米粉パンの開発, 宮崎県工業技術センター・宮崎県食品開発センター研究報告, **49**, 89-93 (2005)。

- 10) 山木一史, 清水英樹, 岩下敦子, 太田智樹, 中野敦博, 佐藤里奈, 田中常雄, 道産米を用いた微細米粉の製造と加工利用, 北海道立食品加工研究センター研究報告, **7**, 17-20 (2007).
- 11) 柴田茂久, 小麦粉の加工適性評価法, 「食品分析法」, 日本食品工業学会編, (光琳, 東京), pp. 619-626 (1982).
- 12) 高橋 誠, 本間紀之, 諸橋敬子, 中村幸一, 鈴木保宏, 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 (2009).
- 13) Araki, E., Ikeda, T., Ashida, K., Takata, K., Yanaka M. and Iida, S., 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 (2009).
- 14) 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, 製粉方法の異なる米粉の特性と製パン性の関係, 食品総合研究所研究報告, **74**, 37-44 (2010).
- 15) 内田迪夫, パンの種類と製法, 「製パンプロセスの科学」, 第1版, 田中康夫, 松本 博編, (光琳, 東京), pp. 1-26 (1991).
- 16) Juliano, B.O., A simplified assay for milled-rice amylose. *Cereal Sci. Today*, **12**, 334-360 (1971).
- 17) 内田迪夫, 官能的評価法, 「製パンプロセスの科学」, 第1版, 田中康夫, 松本 博編, (光琳, 東京), pp. 234-244 (1991).
- 18) 荒木悦子, 池田達也, 芦田かなえ, 高田兼則, 谷中美貴子, 飯田修一, 損傷デンプンの量と米粉の形状は米粉の製パン性に影響する, 平成18年度近畿中国四国農業研究成果情報, 21-22 (2007).

(平成22年8月31日受付, 平成22年11月17日受理)