

## 資 料

## 島根県産米粉の製パン適性に関する評価

上野 祐美\*・土佐 典照\*\*・小林 こずえ\*・大渡 康夫\*・松林 和彦\*

## 1. 目 的

米の消費拡大を目的として米粉の活用が進められている。米粉の研究においては特に米粉パンに関する研究が数多く取り組まれており、製パンに適した米粉の特徴が報告されている<sup>1), 2)</sup>。島根県産業技術センターでも島根県産きぬむすめで製造された米粉の特性について分析が行われ、より製パンに適した製粉方法が構築された<sup>3)</sup>。近年では米の品種改良が重ねられており、さらに製粉技術も向上しているなど、より製パンに適した米粉の開発が進められている。

きぬむすめの米粉を用いてパンを製造する場合はグルテンや強力粉の添加が必要となる<sup>3)</sup>。一方で、県内製パン業者からは県産米を使いたいものの、アレルギーの観点からグルテンや強力粉の添加を抑えたいというニーズが寄せられていた。また島根県農業協同組合（JAしまね）からは、県内で栽培拡大の取り組みを進めている米粉専用品種「笑みたわわ」について、加工特性や用途拡大について相談を受けた。そこで本報では、島根県産笑みたわわ米粉を他産地や他品種の米粉と比較し、製パン適性について検討を行ったので報告する。

## 2. 方 法

## 2.1 原料

試験に供した米粉は島根県産笑みたわわ（JAしまねより提供）、京都府産笑みたわわ（JAしまねより提供）、島根県産きぬむすめ（熊本製粉株式会社製）、九州産ミズホチカラ（熊本製粉株式会社製）の3品種4検体である。ミズホチカラは製パン適性に優れた特性をもち、近年利用が拡大している米粉専用品種である<sup>4)</sup>。笑みたわわはミズホチカラの早生化及び耐寒性改良品種である<sup>5)</sup>。製パン性に優れた米粉専用品種の対照として一般的な飯米であるきぬむすめを、また産地別の比較のために京都府産の笑みたわわの米粉を用いた。いずれの米粉も粉砕方式は湿式气流粉砕である。また島根県産きぬむすめ及び九州産ミズホチカラは同一メーカー製であるが、島根県産笑みたわわ及び京都府産笑みたわわはそれぞれ別のメーカーにより加工されたものを用いた。製パン試験に用いたイーストは、低糖生

地用インスタントドライイースト赤（フランス、ル・サッフル社製）を用いた。

## 2.2 米粉の糊化特性

糊化特性測定装置（RVA：Rapid Visco Analyzer, TecMaster, NSP Perten, AUSTRALIA）により粘度測定を行った。米粉は、島根県産笑みたわわ、島根県産きぬむすめ、九州産ミズホチカラの3種類を用いた。

米粉を  $3.50 \pm 0.01\text{g}$  採取し、蒸留水を  $25.00 \pm 0.05\text{g}$  を加えた。なお、米粉は自然対流式定温乾燥機（SP-650, 株式会社アドバンテック製）を用いてあらかじめ  $135^\circ\text{C}$  で1時間乾燥させて水分を測定した後、水分量が14%となるように水添加量を調節して試験に用いた。RVAの温度プログラムを表1に示す。得られたRVA曲線から、最初に示すピークを最高粘度とし、冷却前の粘度が最も低い点を最低粘度、測定時間終了時点の粘度を最終粘度とした。

## 2.3 粒度分布測定

粒度分布の測定はふるい分け法により行い、目開き 250, 212, 150, 125, 106, 75,  $46\mu\text{m}$  のふるいを使用した。試料 50g をふるいに取り、電磁ふるい振とう機（AS200, 株式会社レッチェ製）を用いて 40rpm で3分間ふるい分けした。全体の回収量に対する各ふるい上の残重量の割合を求めた。

## 2.4 損傷澱粉

米粉試料の損傷澱粉は Starch Damage Assay Kit（Megazyme 製）を用いて測定した。

米粉試料をガラス遠心管に  $0.1\text{g}$  秤量し、 $40^\circ\text{C}$  で5分間予熱した後、溶液1（ $\alpha$ -アミラーゼ  $50\text{U}/\text{mL}$ ） $1\text{mL}$  を各遠心管に添加した。なお溶液1は予め  $40^\circ\text{C}$  で5分間予熱した。ボルテックスミキサーで5秒間攪拌し、 $40^\circ\text{C}$  で正確に10分間加温した。10分後、各遠心管に希硫酸（ $0.2\% \text{v}/\text{v}$ ） $8\text{mL}$  を添加し、ボルテックスミキサーで5秒間攪拌し

表1 RVAの温度プログラム

時間 (hh:mm:ss)	温度 ( $^\circ\text{C}$ )
00:00:00	50
00:01:00	50
00:04:45	95
00:07:15	95
00:11:06	50
00:15:00	(End)

\*：食品技術科，\*\*：元・食品技術科

表 2 グルテンフリー食パンの配合

材料	配合 (%)
米粉	100
上白糖 (日本甜菜製糖株式会社製)	8.9
塩 (財団法人塩事業センター製)	1.4
こめ油 (株式会社シジシージャパン製)	3.6
インスタントドライイースト	1.1
水	78.6

た。遠心管を 3,000rpm で 5 分間遠心分離し上清 0.1mL を試験管に分取した。各試験管に溶液 2 (アミログルコシダーゼ 20U/mL) 0.1mL を添加しボルテックスミキサーで攪拌した。40℃ で 10 分間加温した後、各試験管に GOPOD 試薬 4mL を添加した。再び 40℃ で 20 分間加温したものを分析用試料とし、510nm の吸光度を測定した。また、グルコース標準としてグルコース標準液 (グルコース 7,150 $\mu$ g/0.1mL) と 5mM 塩化カルシウム含有 100mM 酢酸緩衝液 (pH5.0) を各 0.1mL、試薬ブランクとして 5mM 塩化カルシウム含有 100mM 酢酸緩衝液 (pH5.0) を 2mL 用い、それぞれ GOPOD 試薬を 4mL 添加して 40℃ で 20 分間加温した後 510nm の吸光度を測定した。

### 2.5 製パン試験<sup>6)</sup>

各米粉を用いて製パン試験を行った。強力粉やグルテンは加えず、米粉のみの生地とした。この試験における仕込み配合を表 2 に示した。配合 (%) はパーセントを表し、米粉量に対する各材料の割合を示す。

全ての原料をボウルに入れて泡だて器で混ぜ合わせた後、室温で 20 分間静置した。再度泡だて器で混ぜ合わせた後、油を敷いた一斤パン型 (内寸 L180×W80×H90mm) に流し入れて 38℃ に設定したホイロ (MH-T, 株式会社ワールド精機製) で発酵させ、生地が 2 倍に膨らんだ時点を発酵終点とした。発酵終了後、210℃ に設定した電気オーブン (WEE-12T, 株式会社ワールド精機製) で 40 分間焼成した。

## 3. 結 果

### 3.1 米粉の糊化特性

RVA の測定で得られた粘度変化を図 1 に、各米粉の特性値を表 3 に示した。

今回の試験においては最高粘度、最低粘度及び最終粘度のいずれにおいても最も高い値を示したのは島根県産きぬむすめであった。島根県産笑みたわわと九州産ミズホチカラは最高粘度及び最低粘度は同程度の値を示したものの、最終粘度は九州産ミズホチカラの方が高い結果になった。

### 3.2 粒度分布測定

原料米粉の粒度が細かいほど、米粉パンは膨らみが良く比容積が増加する<sup>7)</sup>。

粒度分布測定の結果を表 4 に示した。今回の試験に用いた米粉のうち、島根県産笑みたわわ、島根県産きぬむすめ、

及び九州産ミズホチカラは 46 $\mu$ m 以下の割合が大半を占める結果となった。一方で京都府産笑みたわわは 106~75 $\mu$ m の割合が最も多く、島根県産笑みたわわ、島根県産きぬむすめ、及び九州産ミズホチカラよりもやや粗いことが示された。

### 3.3 損傷澱粉

米粉の損傷澱粉度とパンの比容積との間には負の相関があり、損傷澱粉度が小さいほど比容積の大きいパンを作ることができることが知られており<sup>8)</sup>、『「米粉の用途別基準」及び「米粉製品普及のための表示に関するガイドライン」』ではパン用米粉の損傷澱粉度は 10% 未満が推奨されている<sup>9)</sup>。製粉方法は米粉の損傷澱粉度に大きな影響を与えるが、湿式気流粉碎は比較的製粉時の米粉の損傷が少ない方法であり、損傷澱粉度を 6% 程度に抑えることができる<sup>10)</sup>。

表 5 に各種米粉の損傷澱粉の測定結果を示した。最小値は京都府産笑みたわわの 1.4%、最大値は島根県産きぬむすめの 2.7% であった。今回測定に用いた米粉はいずれも澱粉の損傷が極めて低いことが示された。

### 3.4 製パン試験

米粉 100% パンにはアミロース含有量が 22% 程度の品種が適している<sup>11)</sup>。笑みたわわやミズホチカラはアミロース含有量が 22% 程度<sup>11)</sup> であるのに対し、きぬむすめは 17% 程度<sup>12)</sup> である。そのため製パン試験は京都府産笑みたわわ、島根県産笑みたわわ、及び九州産ミズホチカラの 3 種類の米粉を用いて行い、島根県産きぬむすめは除外した。

焼成した米粉パンの断面を図 2 に示す。京都府産笑みたわわ、島根県産笑みたわわ、及び九州産ミズホチカラの米粉パンはいずれも同程度の膨らみを示したが、京都府産笑みたわわでは上面がやや陥没した形状となった。また京都府産笑みたわわの米粉パンは内相の気泡の大きさが小さく、もちり感の強い食感になった。島根県産笑みたわわの米粉パンは気泡の大きさが大きく不均一な内相となった。九州産ミズホチカラの米粉パンは内相の気泡の大きさが小さく均一であり、きめが細かく最も柔らかい食感になった。

以上の結果から、既知の通り原料米の品種や製粉時の粒度及び損傷澱粉が製パン適性に関与している可能性が示された<sup>7),8),11)</sup> が、今後はさらに再現性について検討する必要がある。

表 3 各米粉の最高、最低、最終粘度

	島根県産 笑みたわわ	島根県産 きぬむすめ	九州産 ミズホチカラ
最高粘度 (cP)	206.0	321.8	212.8
最低粘度 (cP)	126.4	181.3	128.0
最終粘度 (cP)	215.6	281.3	242.8

n=3

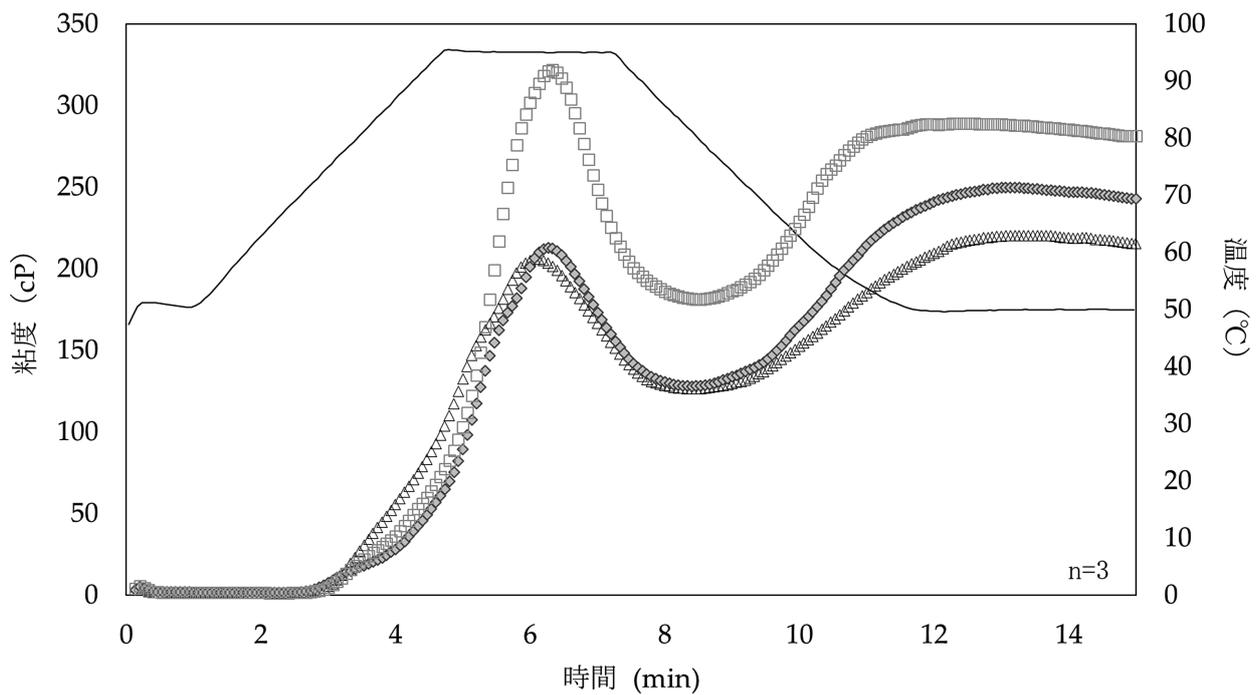


図1 各米粉の粘度変化

—：温度，△：島根県産笑みたわわ，◆：九州産ミズホチカラ，□：島根県産きぬむすめ

表4 各米粉の粒度の割合

ふるい目開き ( $\mu\text{m}$ )	割合 (%)			
	島根県産 笑みたわわ	京都府産 笑みたわわ	島根県産 きぬむすめ	九州産 ミズホチカラ
< 250	0.06	0.74	0.20	0.27
250~212	0.48	0.56	0.06	0.21
212~150	1.7	6.3	0.60	3.2
150~125	1.2	19	0.52	1.7
125~106	2.2	1.6	1.1	2.0
106~75	15	50	8.0	8.2
75~46	40	16	38	26
46>	39	6.1	50	59

表5 各米粉の損傷澱粉度

測定試料	島根県産 笑みたわわ	京都府産 笑みたわわ	島根県産 きぬむすめ	九州産 ミズホチカラ
損傷澱粉度 (%)	2.53 $\pm$ 0.01	1.39 $\pm$ 0.07	2.71 $\pm$ 0.02	1.90 $\pm$ 0.05

n=3, average $\pm$ S.D.

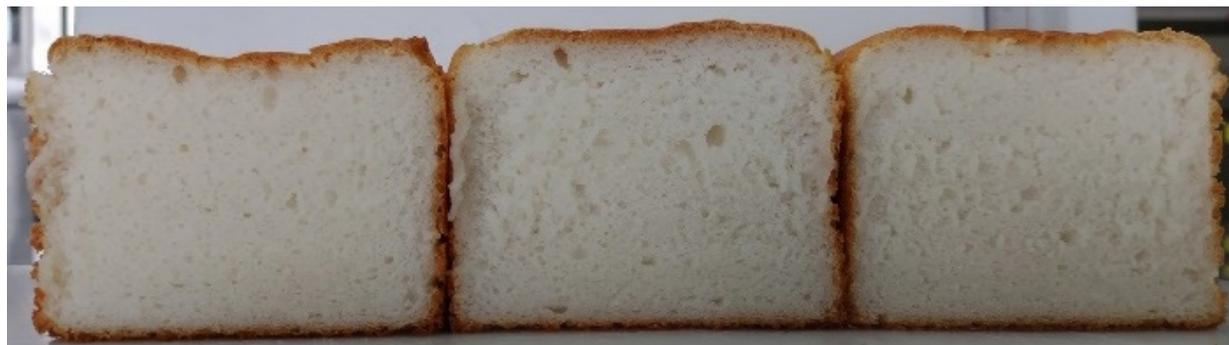


図2 焼成した各米粉パンの断面写真

(左) 京都府産笑みたわわ, (中央) 島根県産笑みたわわ, (右) 九州産ミズホチカラ

### 3.5 まとめ

米粉の製パン適性について、品種や産地の違いで比較した。今回の試験に供した米粉はいずれも損傷澱粉度が低かったものの、糊化特性および粒度ふるい分布について差がみられた。また島根県産及び京都府産の笑みたわわの米粉と九州産ミズホチカラ米粉はいずれもグルテンフリーの食パンを作ることができたものの、内相や食感に差が生じた。

きぬむすめの米粉は以前より製パン適性が検討されてきたものの、発酵ガスの保持と焼成時の膨潤のためにはグルテンや強力粉の添加が必要であった<sup>13)</sup>。今回はグルテンや強力粉を添加しなくても米粉パンを作ることができる島根県産米粉の可能性として、島根県産笑みたわわに注目して製パン適性の検討を行った。島根県産笑みたわわ米粉は粒度分布や損傷澱粉度が製パンに適した数値であり、また製パン試験でもパンの形状に陥没がなく、製パンに適している米粉であることが確かめられた。

### 謝 辞

本研究の実施にあたり、試料提供及び有益なご助言をいただいた島根県農業協同組合営農経済本店営農対策部山下稔之様に感謝いたします。

### 文 献

- 1) 松木順子. 米粉利用のための特性評価の現状と課題. 応用糖質科学. 2012, vol.2, p7-11.
- 2) 奥座宏一, 岡部繭子, 島純. 米粉利用の現状と課題—米粉パンについて. 日本食品科学工学会誌. 2008, vol.55, no.10, p.444-454.
- 3) 土佐典照, 野津智子, 秋吉渚月, 大渡康夫, 上池貴晃, 近重

- 克幸, 永田善明. 島根県産きぬむすめの米粉と世界遺産石見銀山の梅花から単離された酵母の米粉パン製造特性. 日本食品科学工学会誌. 2015, vol.62, no.5, p.250-256.
- 4) 水稻の多収新品種「ミズホチカラ」を開発. 農研機構. [https://www.naro.go.jp/publicity\\_report/press/laboratory/karc/013085.html](https://www.naro.go.jp/publicity_report/press/laboratory/karc/013085.html). 2024. 9.30.
- 5) 中西愛, 田村克徳, 片岡知守, 佐藤宏之, 田村泰章, 坂井真, 伏見力. 暖地・温暖地向けの米粉パンに適した多収水稻新品種「笑みたわわ」の育成. 育種学研究. 2022, vol.24, no.2, p.160-167.
- 6) 熊本製粉. 【九州ミズホチカラ米粉】グルテンフリー米粉パン (オープン使用) [https://www.bears-k.co.jp/recipe/detail\\_81.php](https://www.bears-k.co.jp/recipe/detail_81.php). 2024. 9.30.
- 7) 本間紀之, 高橋誠, 吉井洋一. 米の特性が製粉性に与える影響および米粉性状と製パン性の関係. 日本食品科学工学会誌. 2016, vol.63, no.12, p.551-560.
- 8) 奥座宏一, 食糧—その科学と技術—, 農研機構食品研究部門, 2017, no.55, p.51-62.
- 9) 農林水産省政策統括官. 「米粉の用途別基準」及び「米粉製品普及のための表示に関するガイドライン」. 2017.
- 10) 奥座宏一, 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. 2010, vol.74, p.37-44.
- 11) Noriaki AOKI, Tomomori KATAOKA, Yoichi NISHIBA. Factors underlying the differential properties of gluten- and additive-free rice bread following rice flour pulverization. Food Science and Technology Research, 2022, vol.28, no. 2, p.151-158.
- 12) 梶亮太, 坂井真, 田村克徳, 平林秀介, 岡本正弘, 八木忠之, 溝淵律子, 深浦壮一, 西村実, 山下浩, 富松高治. 温暖地向き極良食味水稻新品種「きぬむすめ」の育成. 2009, no.52, p.79-94.
- 13) 香田智則, 西岡昭博. グルテンを用いない米粉パンの製造技術. 日本調理科学会誌. 2017, vol.50, no.1, p.1-5.