

# コーンスターチ添加が米粉パンの物性と食味に及ぼす影響

大場君枝, 小嶋梨予, 平坂美空

家政学部健康栄養学科

(2023年11月7日受理)

## Effects of Cornstarch on the Properties and Taste of Rice Flour Bread

Department of Health and Nutrition, Faculty of Home Economics,  
Gifu Women's University, 80 Taromaru, Gifu City, Japan (〒501 - 2592)

OHBA Kimie, KOJIMA Riyo, and HIRASAKA Miku

(Received November 7, 2023)

### 要 旨

給食現場でアレルギーの有無に関わらず、皆が同じ給食を食べる機会を増やすことを目指して大量調理に向く小麦・卵・乳を含まない主食としての米粉パンレシピを検討した。米粉100%で作成したパンはもちもち感が強く、歯につきやすい特徴があることから、米粉の10%, 20%, 25%をコーンスターチ（以下、CSと示す）に置換した時の米粉パンの硬さ、付着性、弾力性、凝集性を食感試験機を用いて調べた。その結果、CSを20%, 25%添加した場合に焼成2時間後の米粉パンの硬さが有意に硬くなった ( $p < 0.05$ )。付着性はCS添加によって低くなる傾向がみられたが有意差は認められなかった。CS添加による弾力性・凝集性への影響はみられなかった。官能評価の嗜好試験ではCSを10%添加した米粉パンの硬さおよびCSを10%, 20%添加した米粉パンの弾力・もちもち感がCS0%に比べて有意に好まれた。

### I. 緒言

令和3年度即時型食物アレルギーによる健康被害に関する全国実態調査では、原因食物として鶏卵33.4%, 牛乳18.6%, 木の実類13.5%, 小麦8.8%が占めており、小麦・卵・乳の主要三大原因食物が全体の6割を占めていた<sup>1)</sup>。柴田らは平成27年度岐阜市学校給食献立1か月分について小麦・卵・乳を含む料

理を分析した結果、給食1か月で小麦を含む給食が提供された日が $58.2 \pm 0.8\%$ と最も多いことを報告している<sup>2)</sup>。小麦を含む日が多いのは週に1~2回程度パン、麺が提供されていることや揚げ物に使用されることに起因していた。主食のパンが小麦を含まない米粉パンとして提供できれば保育園・幼稚園をはじめ学校などでアレルギーの有無に関わらず、皆が同じ給食を食べる機会を増やすこと

ができ、米の消費拡大にもつながる。そこで、令和元年から大量調理に向くグルテンフリーの米粉パンレシピを検討してきた。検討したレシピで作成した米粉パンは、本学の4月から8月に開催するオープンキャンパスに来場した高校生と保護者に提供し、意見・感想を聞きながら改善を行ってきた。米粉パンの生地は、小麦粉を使ったパンの生地のようなドウではなく、バター状であり、グルテンを含まないことからイースト菌が作り出した気泡が生地内で保持されにくく、パンが膨らみにくい。気泡が保持されるには、生地に粘りを与えることが必要であり、粘りを与える方法として、米粉のみで米粉パンを生成する場合は、米粉の粒度を調整する方法とアルファ化米を用いる方法があると報告されている<sup>3)</sup>。大量調理で米粉パンを生成するには、材料が手に入りやすく、作業工程が少なく短時間で提供できることが優先される。したがって、本研究では米粉の粒度が細かい製菓用米粉を用いて米粉パンを作成しランチで提供してきた。しかし、米粉100%で作成した米粉パンはもちもちとした食感が強く、独特の食感があり、菌につきやすい特徴があった。そこで、本研究では手に入りやすい身近で安価な食材としてコーンスターチを米粉パンに添加し、その添加割合が米粉パンの物性や食感に及ぼす影響を調べた。米粉パンは老化しやすい特徴もあることから、焼成2時間後と24時間後の物性の変化についても調べた。

## II. 試料および実験方法

### 1. 実験材料

米粉パンの材料は米粉（熊本県産米（ミズホチカラ）製菓用米粉、富澤商店）、砂糖（上白糖、伊藤忠製糖株式会社）、ドライイースト（インスタントイースト赤、ルサッフル社）、

コーンスターチ（とうもろこし澱粉、富澤商店）、塩（食塩、株式会社日本海水）、なたね油（キャノーラ油、株式会社J-オイルミルズ）を用いた。グルテンを用いない米粉パンには澱粉損傷度の低いものが適しており、「ミズホチカラ」は碎けやすい品種の米で澱粉の損傷が抑えられていると言われることから、熊本県産米ミズホチカラの米粉を用いた<sup>4)</sup>。

### 2. 米粉パンの配合および調製方法

#### [米粉パンの配合]

米粉パンの配合を表1に示した。CS添加0%の場合、米粉100に対して砂糖8、ドライイースト1.7、塩0.9、なたね油5.5、水94の割合で配合した生地をCS0%米粉パンの生地とした。この生地を基本として米粉100のうち10%、20%、25%をコーンスターチに置換してCS10%、CS20%、CS25%添加米粉パンの生地を調製した。

#### [米粉パンの調製方法]

ボウルに米粉、塩を入れ、中央に溝を作り、砂糖とドライイーストを入れ、さらになたね油と35℃にした微温湯を加えた。CS10%、20%、25%添加米粉パンの場合は、米粉とともにCSも加えた。泡だて器で粉っぽさがなくなるまで混ぜた後、ハンドミキサーを用いて高速で50秒攪拌し、続けて低速で10秒混ぜた。テフロン加工の蓋付き食パン型〔200×100×90（高さ）mm〕に生地を565g流し入れた。蓋をした後、35℃に設定したオーブンレンジ（Panasonic NE-MS 231）の中に入れ、型に生地を流し入れたときの生地の高さが約1.7倍になるまで約30分発酵させた。発酵後、160℃に予熱したオーブン内で蓋をしたまま160℃15分間、170℃10分間、190℃20分間焼成した。焼成後、型から網の上に取り出して20℃に設定したインキュベーター（三洋電機株式会社 MIR-153）で

表 1. 各米粉パンの配合割合 (%)

材料名	コーンスターチ添加 (%)			
	0	10	20	25
米粉	100	90	80	75
コーンスターチ	0	10	20	25
砂糖	8	8	8	8
ドライイースト	1.7	1.7	1.7	1.7
塩	0.9	0.9	0.9	0.9
なたね油	5.5	5.5	5.5	5.5
水	94	94	94	94

CS 0%の米粉重量を100%とした時の各材料の配合 (%)を示す。

放冷した。2時間後にホームベーカリー専用パン切りガイド(貝印株式会社)を用いて20 mmの厚さに8枚に切断した。そのうち, 2, 4, 6枚目を2時間後, 3, 5, 7枚目を24時間後の物性測定用の試料とした。

### 3. 生地のとろみ測定

材料をすべて混合した生地のとろみの程度は, 嚥下食の評価などに用いられる簡単とろみ測定板(サラヤ株式会社)を用いて評価した。評価方法はとろみのついた溶液が一定時間に広がる距離を見ることによって「とろみの程度」を数値化する方法であり, LST 値で示される。

### 4. 米粉パンの物性

20 mm 厚さに切った米粉パンを底面から10 mm で切断後, 30 × 30 × 20 mm の直方体に切り, 測定用試料とした。装置は食感試験機 TEX-100 N (日本計測システム株式会社)を用いて測定した。各試料から3個を切り出し, 5回焼成した試料の計15個を測定して平均と標準偏差を求めた。測定条件はプランジャー(直径20 mm 平型), 測定速度600 mm/min, 圧縮率50%, 運動回数2回とした。

### 5. 米粉パンの断面画像

焼成後の米粉パンの断面をプリンターのスクリーン機能を用いて撮影して画像データとした。米粉パンの断面画像について Adobe photoshop Elements 10 でコントラストを強調し, パンのきめの大きさが際立つように調整した。

### 6. 米粉パンの官能評価

官能評価は CS を添加しない CS 0%の米粉パンを対照として CS 10 %, CS 20 %, CS 25 % について5段階評価の評点法を用いて識別試験, 嗜好試験を行った。識別試験の質問項目は, 「硬さ: やわらかい (-2) - 硬い (+2)」, 「付着性: 弱い (-2) - 強い (+2)」, 「弾力・もちもち感: 弱い (-2) - 強い (+2)」, 「まとまりやすさ: まとまりにくい (-2) - まとまりやすい (+2)」とした。嗜好試験の質問項目は識別試験の項目に, 総合評価を加え, いずれの項目についても「好ましくない (-2) - 好ましい (+2)」とした。パネルは岐阜女子大学の学生23名とした。官能評価用試料は, 焼成2時間後の米粉パンを20 mm の厚さに切断し, 外側を除いた1/4片を1試料とした。

### 7. 統計処理

統計ソフト (SPSS Statistics 20, IBM (株) 製) を使用して解析を行った。物性測定結果は, 一元配置分散分析を行い, 有意差が認められた場合には, Tukey の HSD 法により多重比較を行った。2時間後と24時間後の物性の比較には t 検定を用いた。官能評価は, CS 0%の米粉パンを基準とした Dunnett 法による多重比較を行った。有意水準は  $p < 0.05$  とした。

## 8. 倫理的配慮

本研究は、岐阜女子大学研究倫理委員会による審査、承認を得て実施した（倫委第104号）。

## Ⅲ. 実験結果及び考察

### 1. 生地のとろみ

米粉パン生地のとろみの程度を測定した結果を図1に示した。値が高いほど、とろみの程度が弱いことを示す。CS 0%米粉パンの生地のLST値は $43.4 \pm 4.9$ であり、CS 10%添加 $49.0 \pm 1.4$ 、CS 20%添加 $49.6 \pm 1.5$ 、CS 25%添加 $51.5 \pm 2.1$ に比べて有意に低かった。つまり、CSを添加しない生地のとろみの程度はCSを添加した生地に比べて強く、CSの割合が増えるほど生地のとろみが弱くなる傾向がみられた。

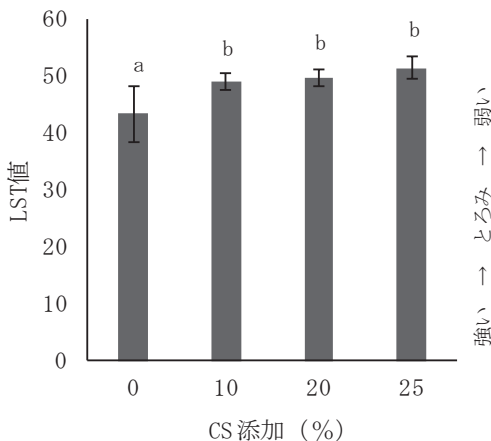


図1. 米粉パン生地のLST値  
値は4個の平均値±標準偏差を示す

向がみられた。澱粉の粒径について、米澱粉は平均粒径が $4.8 \mu\text{m}$ に対してコーンスターチは $12.2 \mu\text{m}$ と2倍以上大きいことが報告されている<sup>5)</sup>。CS 0%の米粉パン生地のとろみの程度がCSを10%、20%、25%添加した生地に比べて有意に強かったのは、CS 0%生地では粒径が小さい米澱粉の割合がCSを添加した生地に比べて多かったことが要因と考えられた。

### 2. 米粉パンの断面画像

CS 0%、10%、20%、25%添加した米粉パンの断面画像を図2に示した。パンの断面のきめの大きさに注目してみるとCS 0%の大きさが最も大きく、CS添加割合が10%、20%、25%と増えるほど、きめの大きさが細かい状態が観察された。前述の生地のとろみ測定結果では、米粉にCSを添加することで生地のとろみの程度が弱くなっていた。したがって、CSを生地に添加することによってとろみの程度が弱くなり、発酵時に細かな気泡が生成されやすく、焼成後の米粉パンのきめが細かくなると推察した。

### 3. 焼成2時間後と24時間後のパンの物性

CS添加割合を米粉の10%、20%、25%とした時の焼成2時間後と24時間後の米粉パンの硬さの結果を図3-1)に示した。焼成2時間後のCS 0%、10%、20%、25%の米粉パンの硬さは $1.95 \pm 0.35$ 、 $2.20 \pm 0.40$ 、 $2.34 \pm$

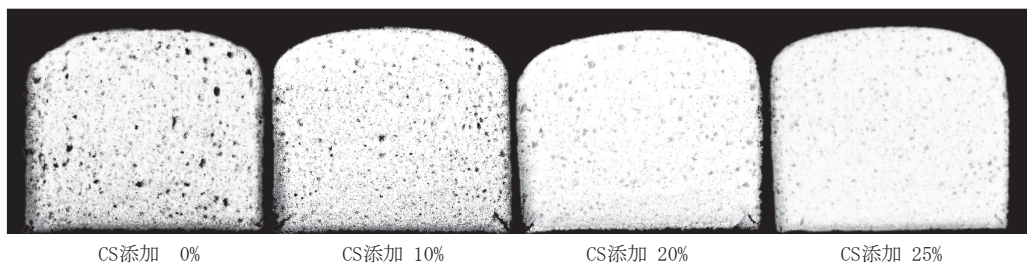


図2. コーンスターチを添加した米粉パンの断面画像

0.35,  $2.74 \pm 0.43 \text{ N/m}^2$ であり, CSを20%, 25%添加した米粉パンではCS 0%に比べて有意に高値を示した。焼成24時間後のパンの硬さも焼成2時間後と同様に $4.92 \pm 0.79$ ,  $5.94 \pm 0.97$ ,  $7.51 \pm 1.48$ ,  $9.16 \pm 1.41 \text{ N/m}^2$ とCSを20%, 25%添加した米粉パンではCS 0%に比べて有意に高かった。よって, CSの添加割合が増えると焼成2時間後および24時間後のパンの硬さが硬くなることが明らかとなった。また, 焼成24時間後の米粉パンの硬さは2時間後のパンに比べて2~3倍の値を示した ( $p < 0.05$ )。CSを添加割合

が増えるほどその倍率も2.5, 2.7, 3.2, 3.3倍と高くなり, 硬くなる傾向が示された。

付着性については焼成2時間後ではCS 0%  $2.58 \pm 0.87$ , CS 10%  $2.28 \pm 0.46$ , CS 20%  $2.05 \pm 0.60$ , CS 25%  $2.17 \pm 0.52 \times 10^{-2} \text{ J/m}^3$ とCS 0%に比べてCSを添加した場合に付着性が低くなる傾向がみられたが, 有意差は認められなかった (図3-2))。焼成24時間後の付着性は2時間後の付着性に比べて顕著に低値を示した ( $p < 0.05$ )。焼成24時間後の付着性はCS添加20%, 25%の場合 $0.18 \pm 0.10$ ,  $0.10 \pm 0.09 \times 10^{-2} \text{ J/m}^3$ とCS 0%の $0.33 \pm$

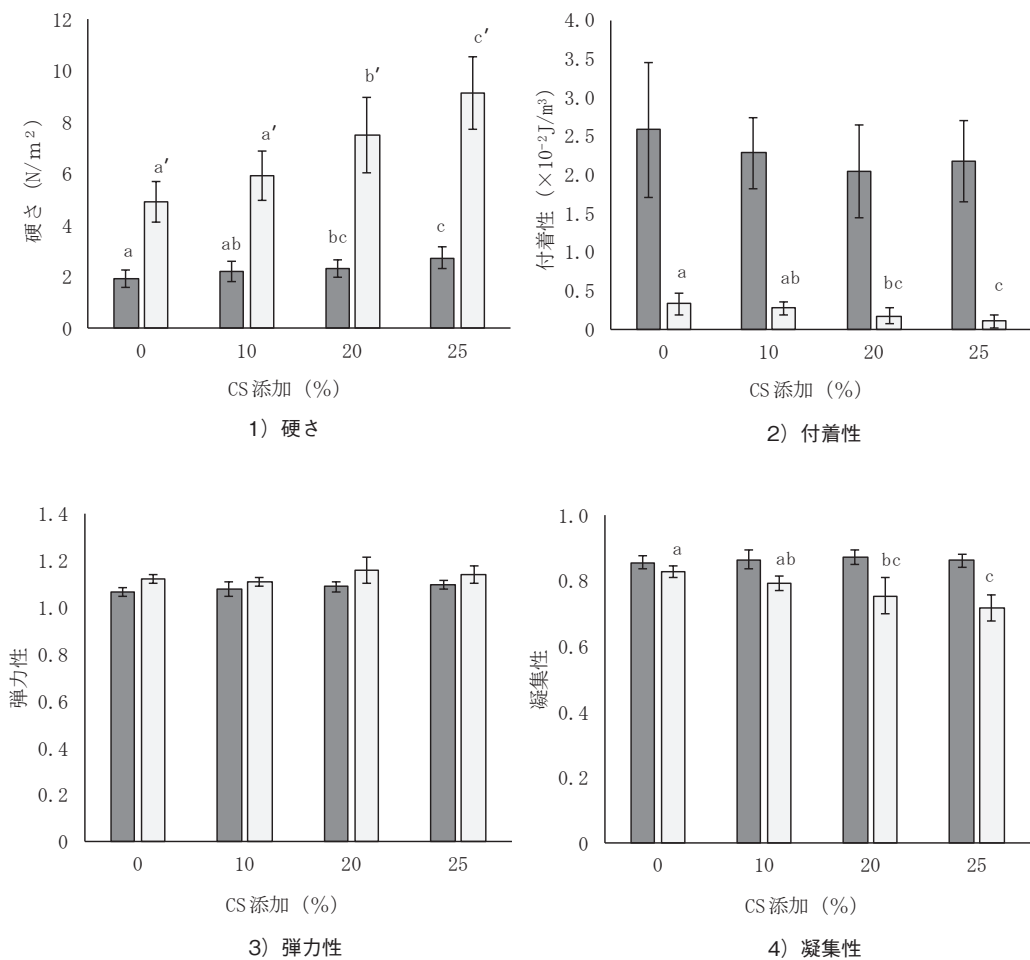


図3. コーンスターチを添加した米粉パンの物性

■2時間後 □24時間後

異なる文字間 (a, b, c) で有意差あり ( $p < 0.05$ ) n = 15



$0.14 \times 10^{-2} \text{ J/m}^3$  に比べて有意に低かった。

弾力性は焼成2時間後、24時間後いずれの場合もCS添加による変化はなかった(図3-3))。

凝集性の結果を図3-4)に示した。焼成2時間後ではCS添加による凝集性への影響は認められなかった。焼成24時間後では焼成2時間後に比べてCS 0%, 0%, 20%, 25%いずれの場合も凝集性が低値を示した( $p < 0.05$ )。焼成24時間後のCS添加の影響は、CSを20%, 25%添加した場合に凝集性が $0.76 \pm 0.06$ ,  $0.72 \pm 0.04$  となり、CS 0%の $0.83 \pm 0.02$  に比べて有意に低かった。

焼成2時間後の米粉パンの硬さがCS 0%に対してCSを20%, 25%添加した場合に硬くなった要因の一つとして、図2に示したパンのきめの大きさが考えられた。パンの断面画像ではCS 0%の米粉パンはきめが粗く、CS 20%, 25%添加の米粉パンはきめが細かく密な状態が観察されたことから、硬さ測定において応力が高まり、硬さが高値を示したと推察した。図1より、パンのきめの大きさには生地のとろみが影響していると考ええることから、米粉パンの生地に20%, 25%のCSを添加することで、CSを添加しない生地に比べて生地のとろみが弱くなり、米粉パンのきめが細かく焼き上がり、パンが硬くなることが示唆された。また、24時間後の米粉パンについて、CSを20%, 25%添加することでCS 0%の米粉パンより硬くなったことには、澱粉の老化の影響が考えられた。直鎖分子のアミロースの方が分岐鎖分子のアミロペクチンより老化しやすく、アミロース含量の高い澱粉ほど老化しやすいと言われて<sup>5)</sup>いる。一般的に米澱粉のアミロース含量は17%に対してとうもろこし澱粉では28%と高い<sup>6)</sup>。また、芦田らは今回試料として用いた米「ミズホチカラ」は高アミロース米であ

りアミロース含量は25%と報告している<sup>7)</sup>。僅かではあるがコーンスターチのアミロース含量がミズホチカラの米澱粉のアミロース含量に比べて多いことから、米粉パン生地のCS添加割合が高いほど、生地のアミロース含量が多くなり、老化が進み24時間後のパンがより硬くなったと考えられた。

焼成24時間後の付着性において、CSを20%, 25%添加するとCS 0%のパンに比べて有意に低値の示したことも、コーンスターチのアミロース含量に起因すると推察した。

24時間後の凝集性はCS添加20, 25%の米粉パンが低値であったことから、米粉パン生地にCSを20%, 25%添加すると、翌日パンを食べた場合に口の中でまとまりにくくなると推察された。実際にCS添加量の異なる米粉パンを喫食した時の感想を表2に示した。CSを20%, 25%添加した米粉パンは翌日食べるとパサつきが強く、口の中でほそほそとした感触があり、CS添加割合の少ない米粉パンと比べてまとまりがなかった。井川らはコーンスターチ置換に伴うケーキ物性上の特徴の一つは、もろさや砕けやすさの増加と報告していることから、米粉パン生地へのCS添加が焼成24時間後の凝集性を低下させた可能性が示唆された<sup>8)</sup>。

#### 4. 官能評価

識別試験では硬さ、付着性、弾力・もちもち感についてCS 0%の米粉パンとCSを10%, 20%, 25%添加した米粉パンは識別されなかったが、口の中でのまとまりやすさはCS 10%添加した米粉パンが対照と比較して有意にまとまりやすいという結果であった。図3に示した物性測定の前2時間後の凝集性はCSを10%添加では凝集性に違いはみられず、口の中でのまとまりやすさの評価とは一致しなかった。また、硬さの測定ではCSを

表 2. 焼成 2 時間後及び翌日の米粉パンを喫食したときの感想

CS 添加 (%)	焼成2時間後	翌日
0	<ul style="list-style-type: none"> <li>・やわらかい</li> <li>・大変もちもちしている</li> <li>・米の甘みが感じられる</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・再加熱しなくても食べられる</li> <li>・もちもちしている</li> <li>・温めるとやわらかく, 2時間後の米粉パンと同様の食感</li> </ul>
10	<ul style="list-style-type: none"> <li>・やわらかい</li> <li>・もちもちしている</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・バサつきが気になる</li> <li>・温めると美味しく感じる</li> </ul>
20 25	<ul style="list-style-type: none"> <li>・弾力があり, 少し硬い</li> <li>・付着する感じがなく</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・バサつきが強く感じられる。</li> <li>・口の中ではほそほそとして, まとまりがない</li> <li>・硬い食感</li> <li>・温めても美味しくない</li> </ul>

20%, 25%添加することで有意に硬くなったが, 官能評価では CS 添加による硬さの違いは識別されなかった。付着性については, 結果に有意差はみられなかったが, CS を 10%, 20% 添加した場合に評価が 0 未満であったことから, 付着性を感じにくい傾向がみられた。

嗜好試験では硬さにおいて CS 10% 添加した米粉パンが  $0.74 \pm 1.05$  であり, CS 0% と比較して有意に好まれた。付着性については,

CS 0% に対して CS 20% が  $0.57 \pm 0.79$  と有意差は認められなかったが, やや好まれる傾向がみられた。弾力・もちもち感は CS 10, 20% 添加した米粉パンが CS 0% に比べて有意に好まれた。総合評価においては弾力・もちもち感と同様の結果であり, CS 0% の米粉パンに比べて CS 10%, 20% 添加した米粉パンが有意に好まれた。

米粉パンの調製時, すべての米粉パンの焼成を同時に行うことができなかったため, 試料提供までに要する時間に差があった。またオーブンを 3 台使用したため, オーブンの個体差や, 1 台のオーブンで 2 型の米粉パンを焼成したことによる焼きムラなどが, 物性測定と官能評価結果が一致しなかった一要因として考えられた。

#### IV. 要約

本研究はアレルギーの有無に関わらず, 皆が同じ給食を食べられる機会を増やすことを目指し, 小麦・卵・乳を含まない米粉パンについてコーンスターチ添加による物性および食味に及ぼす影響を調べた。得られた結果は以下のようにまとめられる。

表 3. コーンスターチ添加 0 % を対照とした 5 段階の評点法による官能評価

	CS 添加 (%)	硬さ	付着性	弾力・もちもち感	まとまりやすさ	総合評価
識別	対照(0)	0	0	0	0 a	
	10	$0.48 \pm 0.79$	$-0.04 \pm 1.19$	$0.70 \pm 1.15$	$0.96 \pm 0.88$ b	
	20	$0.43 \pm 0.99$	$-0.22 \pm 0.80$	$0.52 \pm 0.99$	$0.43 \pm 1.04$ a	
	25	$0.30 \pm 1.15$	$0.00 \pm 1.17$	$0.39 \pm 1.34$	$0.35 \pm 1.37$ a	
	対照(0)	0 a	0	0 a		0 a
嗜好	10	$0.74 \pm 1.05$ b	$0.48 \pm 0.90$	$1.13 \pm 0.87$ b		$1.09 \pm 1.00$ b
	20	$0.52 \pm 0.90$ a	$0.57 \pm 0.79$	$0.73 \pm 0.94$ b		$1.00 \pm 0.90$ b
	25	$0.04 \pm 0.93$ a	$0.26 \pm 1.14$	$0.13 \pm 1.14$ a		$0.30 \pm 1.36$ a
	対照(0)	0 a	0	0 a		0 a

値は, 23 個の平均値  $\pm$  標準偏差を示す。  
異なる文字間 (a, b) で有意差あり ( $p < 0.05$ )。

米粉の10%, 20%, 25%をCSに置き換えるとパッター状である米粉パンの生地のとろみの程度は有意に弱くなった。

パンの断面画像からCSを10%, 20%, 25%と添加することで焼成後の米粉パンのきめが細くなることが明らかとなった。

焼成2時間後の米粉パンの硬さはCSを20%, 25%添加することでCSを添加しないパンに比べて有意に硬いパンとなった。付着性はCS添加によって低下する傾向がみられ、弾力性、凝集性はCS添加による影響はみられなかった。

焼成24時間後の米粉パンについて、CS0%のパンに比べてCSを20%, 25%添加したパンは有意に硬く、付着性、凝集性は低下した。弾力性はCS添加による影響は認められなかった。

官能評価ではCSを10%添加した米粉パンがCS0%に比べて口の中でまとまりやすいと評価された。嗜好試験結果からCS10%添加の米粉パンの硬さが有意に好まれ、CS10%, 20%添加の弾力・もちもち感がCS0%よりも有意に好まれた。総合評価も弾力・もちもち感と同様の結果が得られた。付着性の好ましさは有意な差は認められなかったが、CS20%添加の米粉パンの評価点が最も高かった。

以上のことから、米粉パンにCSを20%添加することでCSを添加しない場合に比べてきめ細かいパンとなり、喫食者にとって好ま

しい弾力・もちもち感、付着性の米粉パンとなる可能性が示唆された。

## V. 文献

- 1) 消費者庁：令和3年度食物アレルギーに関連する食品表示に関する調査研究事業報告書、即時型食物アレルギーによる健康被害に関する全国実態調査, p 4 (2022).
- 2) 柴田（石渡）奈緒美, 藤根悦子, 大場君枝：栄養価に基づく学校給食における食物アレルギー対応に向けた提言, 日本食生活学会誌, 28, 125-131 (2017)
- 3) 香田智則, 西岡照博：グルテンを用いない米粉の製造技術, 日本調理科学会誌, 50, 1-5 (2017)
- 4) 大坪研一, 米の機能性食品化と新規利用技術・高度加工技術の開発—食糧, 食品素材, 機能性食品, 工業原料, 医薬品原料としての米—, 株式会社テクノシステム, 東京, p 306
- 5) 不破英次, 小巻利章, 檜作進, 貝沼圭二：澱粉科学の事典, 株式会社朝倉書店, 東京, p 373, p 199
- 6) 吉田恵子, 綾部園子, 管理栄養士養成課程『栄養管理と生命科学シリーズ』調理の科学, 理工図書株式会社, p 187
- 7) 芦田（吉田）かなえ, 幸谷かおり, 梅本貴之：高アミロース米の米粉から調整したゲルの物性, 日本食品科学工学会誌, 66, 290-298 (2019)
- 8) 井川佳子, 白土弘子：澱粉置換率の異なるスポンジケーキの性質, 日本家政学会誌, 46, 1055 ~ 1062 (1995)