

新規米粉生パスタ麺の開発

—米ゲルを添加した米粉生パスタ麺の物性と構造観察および官能評価—

Development of New Fresh Rice Flour Pasta Noodles: Mechanical Properties, Structural Observation, and Sensory Evaluation of Noodles Supplemented with Rice Gel

谷口 泉, 堤 浩一, 成田 裕一

Izumi TANIGUCHI, Koichi TSUTSUMI, Yuichi NARITA

要旨: 弾力 (こし) のある米粉生パスタ麺を開発するために、米ゲル (米粉生パスタ麺 Q)、リン酸架橋澱粉と米ゲル (米粉生パスタ麺 R)、アセチル化リン酸架橋澱粉と米ゲル (米粉生パスタ麺 S) を添加した米粉生パスタ麺 3 種類を調製し、未加工のタピオカ澱粉のみを添加した米粉生パスタ麺 P を対照として、ゆで麺の物性および嗜好性、生麺およびゆで麺の構造について比較検討を行った。物性については、ゆで 1 分後では、米ゲルを添加したすべての試料 (米粉生パスタ麺 Q, R, S) において、対照に比べ破断強度の値が高かった。しかしながら、ゆで後の破断強度の保持性が高かったのは、米ゲルと加工澱粉を併用した試料であった。走査型電子顕微鏡による生麺の構造観察では、米ゲルが添加された試料は、対照と比較して、米澱粉粒同士の空隙が少なかった。これらより、米ゲルと加工澱粉との併用が米粉生パスタ麺への弾力 (コシ) を付与する副材料としては有効であると示唆された。一方、官能評価では、すべての評価項目において、対照に比べ、米ゲルを添加したすべての試料 (米粉生パスタ麺 Q, R, S) の方が好ましい結果となった。さらに、総合評価と味に相関関係があることが示された。

Abstract: To develop fresh, elastic rice flour pasta noodles, we prepared three types of noodles using rice gel as a dough binder. These included noodles containing rice gel alone (Q), noodles in which rice gel was combined with phosphate-crosslinked starch (R), and noodles in which rice gel was combined with acetylated phosphate-crosslinked starch (S). The properties of these noodles were compared with those of a control noodle sample (P), which was prepared from unmodified tapioca starch alone. In terms of physical properties, after 1 min of boiling, samples Q, R, and S exhibited higher fracture strength than sample P. Moreover, samples in which rice gel was combined with the modified starches (R and S) maintained fracture strength more effectively during post-boiling storage. Observation of the fresh noodle structure using scanning electron microscopy revealed that compared with the control, samples containing rice gel had fewer voids between the rice starch granules. These findings indicate that the combined use of rice gel and modified starch effectively imparts elasticity to fresh rice flour pasta noodles. Sensory evaluation further supported these findings. Across all sensory attributes, samples Q, R, and S received higher scores than sample P. In addition, overall acceptability was strongly correlated with the taste.

キーワード: 米粉, 米粉生パスタ麺, 米ゲル

Key Words: rice flour, rice flour pasta noodles, rice gel

1. 緒言

農林水産省は、米消費拡大の取組の一環として、米粉の普及を目指している。令和 5 年度米粉の利用拡大支援

対策事業では、米粉の利用拡大に向け、国産米粉の特徴を活かした新商品の開発、米・米粉製品の利用拡大に向けた情報発信、需要の拡大に対応するための製造能力強

化に向けた取組を支援している¹⁾。

米粉を使用したパンは数多く市場に出回っている。しかし、グルテンを含まない米粉では製麺が難しく、麺類についてはまだ製品の数は少ない²⁾。米粉で生パスタ麺を調製するにはグルテンのような粘弾力性のある副材料が必要である。先行研究では、副材料に油脂類³⁾や、植物繊維⁴⁾等で調製した米粉麺がある。

既報⁵⁾では、麺類の食感改良に使用されているタピオカ澱粉、および麺への粘弾性付与に有効とされる馬鈴薯澱粉⁶⁾をつなぎとして用いることにより、米粉生パスタ麺の調製を試みた。つなぎとして使用する澱粉を糊化させた場合の製麺性や麺の物性についても比較検討を行った。その結果、糊化させた澱粉を加えることにより生麺の状態でも切れにくい麺を調製することができた。物性については、調製した米粉生パスタ麺は全て小麦生パスタ麺と比べ破断荷重の値が低く、調製した米粉生パスタ麺はいずれも柔らかくコシのない麺であった。

既報⁷⁾は、副材料として加工澱粉（リン酸架橋澱粉およびアセチル化リン酸架橋澱粉）を一部糊化して生地を混合することにより、ゆで麺の破断強度を向上できる可

能性があること、および生麺の表面が滑らかになり、麺が切れにくくなるなど製麺性も向上できることを示した。

本研究では、さらなる破断強度の向上を目的に、物性の経時変化が比較的緩やかで、保水性が高いことが報告されている高アミロース米をダイレクト GEL 転換した米ゲル^{2,8)}に着目し、つなぎとなる副材料として米ゲルのみ (Q)、米ゲルとリン酸架橋澱粉 (R)、米ゲルとアセチル化リン酸架橋澱粉 (S) を添加した米粉生パスタ麺 3 種類を調製し、未加工のタピオカ澱粉のみをつなぎとして使用した米粉生パスタ麺 (P) と比較した。米粉生パスタ麺の品質評価として、破断強度の測定によるゆで麺の物性の評価、走査型電子顕微鏡 (SEM) を用いた生麺およびゆで麺の断面の構造観察、ゆで麺の嗜好性に関する官能評価を行った。

2. 実験方法

2.1 材料と配合

米粉（うるち米）（みたけ食品（株））、食塩（（財）塩事業センター）、オリーブ油（（株）J-オイルミルズ）、鶏卵とグルテンの代わりとなる副材料を使用し、3種類の

表 1. 米粉生パスタ麺の材料配合

	P	Q	R	S
米粉	250	218	200	200
食塩	5	5	5	5
鶏卵	50	50	30	30
オリーブ油	15	15	15	15
熱湯	30	30	-	-
リン酸架橋澱粉	-	-	30	-
アセチル化リン酸架橋澱粉	-	-	-	30
タピオカ澱粉(糊化)	120	-	-	-
リン酸架橋澱粉(糊化)	-	-	120	-
アセチル化リン酸架橋澱粉(糊化)	-	-	-	120
米ゲル	-	100	50	50
総重量	470	418	450	450

重量(g)

米粉生パスタ麺を調製した。副材料としては、米ゲル（ライスジュレ、ヤンマー（株））、リン酸架橋澱粉（RK-08、グリコ栄養食品（株））、アセチル化リン酸架橋澱粉（GMIX-F1、グリコ栄養食品（株））を使用した。未加工のタピオカ澱粉（（株）GABAN、以下タピオカ澱粉）を副材料として使用した米粉生パスタ麺を対照として比較した。

糊化した澱粉については、直径18 cmの雪平鍋にタピオカ澱粉40 g、水200 gを入れ攪拌しながら70℃まで加熱し、糊化させたものから120 g計量し使用した。リン酸架橋澱粉、アセチル化リン酸架橋澱粉も同様の方法を行い、これらを糊化澱粉として使用した。

米ゲルは、700 Wの電子レンジで100 g使用の場合は40秒間、50 g使用の場合は20秒間加熱し、軟らかい状態で使用した。

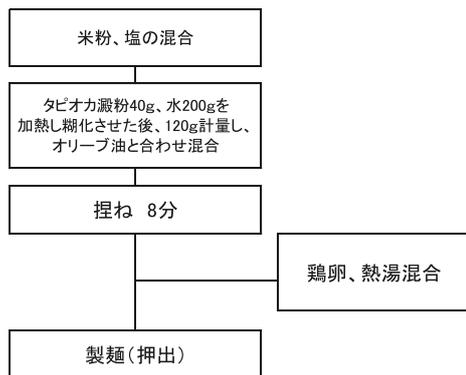
2.2 調製方法

3種類の米粉生パスタ麺を調製した（表1）。グルテンの代わりとなるつなぎの副材料としてQ：米ゲルのみを使用、R：米ゲルとリン酸架橋澱粉（糊化澱粉）を使用、S：米ゲルとアセチル化リン酸架橋澱粉（糊化澱粉）を使用した。各副材料の配合割合は、予備検討として複数の割合で調製した試料で破断試験を行い、最大荷重が最も高い値を示した条件を採用した。対照としてP：未加工のタピオカ澱粉（糊化澱粉）を使用して調製した米粉生パスタ麺を用いた。

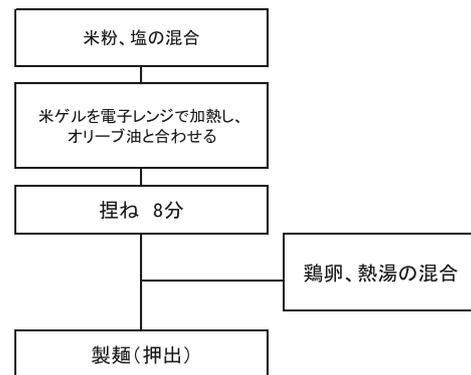
2.3 製麺方法

図1に示した方法に従って米粉生パスタ麺を作製した。押し出し式製麺機（ヌードルメーカー、フィリップス製 HR2365/01）を使用し、攪拌から製麺まで全自動で行い、太さ2.0 mmの麺を調製した。熱湯中で1分間加熱後、すぐに氷水で10秒間冷却し、ゆで麺とした。

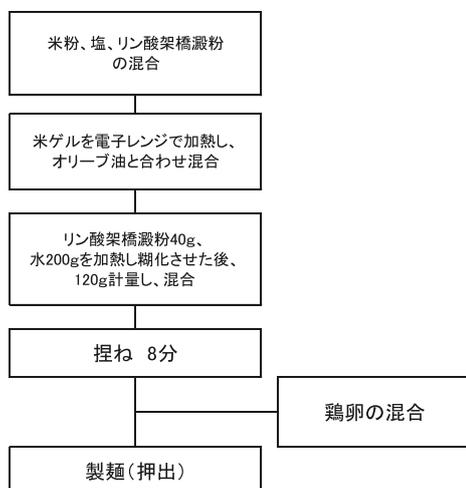
1) 米粉生パスタ麺P



2) 米粉生パスタ麺Q



3) 米粉生パスタ麺R



4) 米粉生パスタ麺S

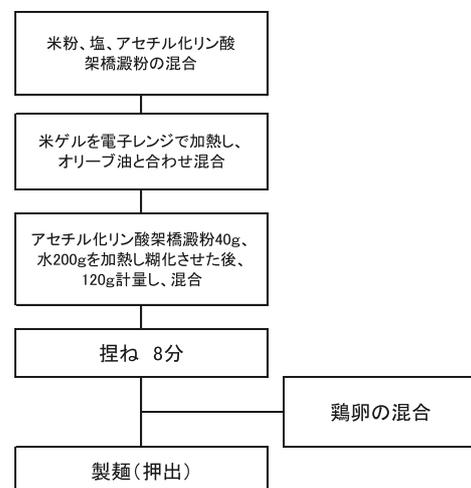


図1. 米粉生パスタ麺の調製法

2.4 破断測定

ゆで上げ1・3・5・7・9・30分後の米粉生パスタ麺を約10 cmに切り、破断試験を行った。破断試験には、クリープメータ (RE-33005C, 株式会社山電)「破断強度解析 Windows Ver2.5」を用いた。ゆで麺をプランジャーに対して垂直に置いてくさびのプランジャー (No.49, W13×30°先端, 1 mm幅平面くさび) を使用し、ロードセル: 20 N, 測定速度: 1 mm/sec, 歪率: 90%, 破断回数: 1回で測定した。ゆで上げ1・3・5・7・9・30分後の米粉生パスタ麺については一つの試料につき5点の試験を行い、平均値を算出した。

2.5 構造観察

製麺後の生麺と、熱湯中で1分間加熱後すぐに氷水で10秒間冷却したものをゆで麺とし、約5 mmに切断し液体窒素で冷却凍結した後、真空凍結乾燥機で乾燥を行い切断した。麺の横断面については、イオンスパッタリング装置 (日本電子 (株) 製, JFC-1100E) で金蒸着をした後、加速電圧10 kVで走査型電子顕微鏡 (日本電子 (株) 製, JSM-6010PLUS/LAJFC-1100E) で構造観察を行った。

2.6 麺の官能評価

米粉生パスタ麺3種類について、本学学生36名をパネルとし、1分間ゆでた麺を2分以内に提供し、官能評価を実施した。評価票を提出し、評価項目に完全に回答した26名を分析対象とした。官能評価用紙については、喜多ら^{9,10)}を参考に作成した。白い紙皿のリムにP, Q, R, Sの順で記号を書き、基準の試料Pを含む4種類の茹でた米粉生パスタ麺を3~5本ずつ並べた。パネリストは、ラテン方格を用いて指定された順番で試食し、評価項目とした「つや」、「弾力〈こし〉」、「なめらかさ」、

「におい」、「味」、「総合評価」の6項目について両極性の7段階尺度を用いて評価を行うテストを実施した。タピオカ澱粉のみを用いた米粉生パスタ麺Pについては比較の基準とするため、全ての評価項目を0に設定した。このため統計解析では米粉生パスタ麺Q, R, S間の差を検討した。

2.7 統計解析

破断試験による測定値については、一元配置分散分析を行い、有意な差が認められた場合には、TukeyのHSD検定による多重比較を行った。官能評価による測定値については、反復測定による一元配置分散分析のノンパラメトリック検定であるFriedman検定を用いた。さらに各官能評価項目と総合評価との関連性を検討するため相関分析を行った。統計解析には統計ソフト (IBM SPSS Statistics ver29.0) を使用した。各検定においては危険率5%を有意水準とした。

2.8 倫理的配慮

本研究は名古屋文理大学倫理委員会の審査・承認を受けて実施した (承認番号第48番)。

3. 結果及び考察

3.1 米ゲルを添加した米粉生パスタ麺の物性

米粉生パスタ麺 (P~S) のゆで麺について、クリープメータを用いて破断強度を測定した結果を表2、測定値のグラフを図2に示した。

米粉生パスタ麺Qは、対照と比較すると、1分後については有意に高い破断強度を示した。しかし、時間経過に伴う低下が著しく、3分後以降は対照より有意に高い結果は得られなかった。この要因として、米ゲルは高い保水性を有することから、ゆで後には麺表面から内部

表2. ゆで麺の破断強度

n=5 (平均値±標準偏差)

	最大荷重 (N)					
	1分後	3分後	5分後	7分後	9分後	30分後
P	0.47 ± 0.11 b	0.52 ± 0.13 b	0.53 ± 0.08 b	0.47 ± 0.12 b	0.41 ± 0.07 c	0.39 ± 0.09 b
Q	0.94 ± 0.16 a	0.83 ± 0.11 ab	0.73 ± 0.16 ab	0.67 ± 0.13 ab	0.56 ± 0.03 bc	0.36 ± 0.11 b
R	1.10 ± 0.16 a	0.99 ± 0.17 a	0.87 ± 0.25 a	0.85 ± 0.17 a	0.77 ± 0.16 ab	0.62 ± 0.19 a
S	1.10 ± 0.19 a	1.02 ± 0.31 a	1.00 ± 0.17 a	0.90 ± 0.17 a	0.88 ± 0.19 a	0.64 ± 0.07 a

異文字間に有意差あり (P<0.05)

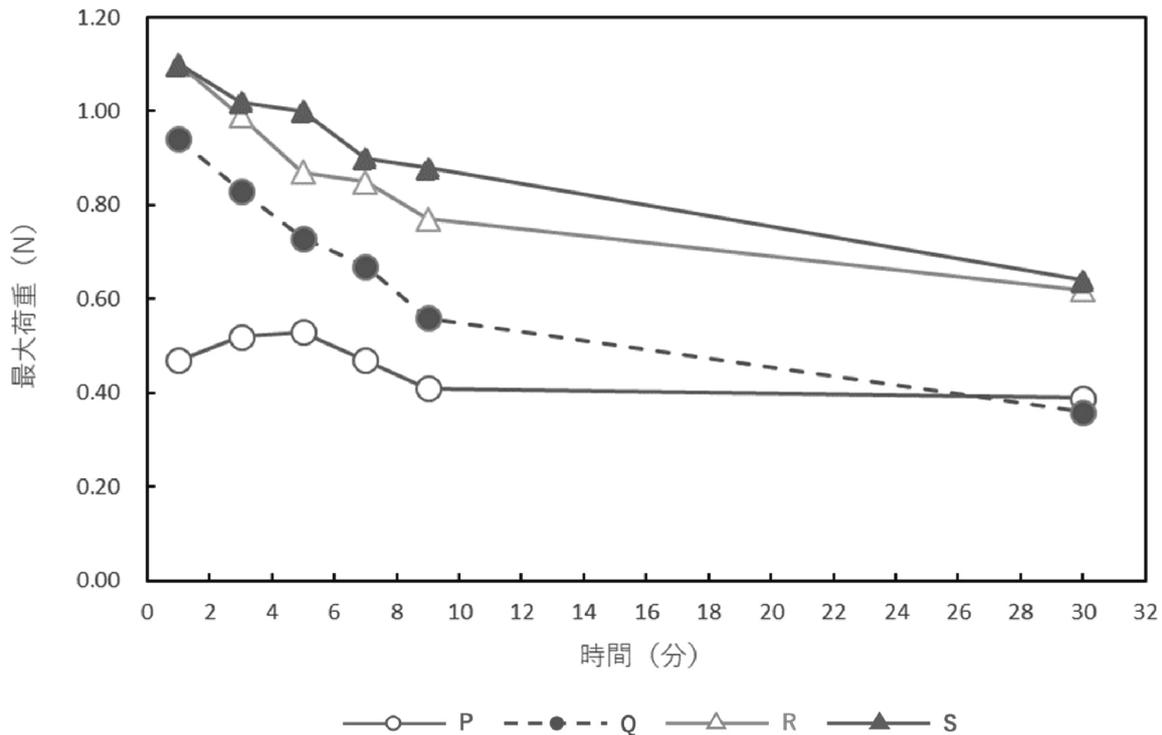


図2. ゆで麺の破断強度

への水分移行が進行しやすくなった可能性が考えられる。米粉生パスタ麺 R と S は、1 分後から 30 分後にかけて対照よりも有意に高い破断強度を示した。これらは、加熱時に膨潤しにくいというリン酸架橋澱粉、アセチル化リン酸架橋澱粉の性質¹¹⁾の影響により、澱粉粒が網目構造を維持することで、物性を保持できているのではないかと考えられる。さらに、米粉生パスタ麺 S が経時的に破断強度の低下が緩やかであったのは、アセチル化リン酸架橋澱粉の老化を防ぐ性質が影響していると推察される¹¹⁾。また既報⁷⁾においても、米粉生パスタ麺の副材料にリン酸架橋澱粉およびアセチル化リン酸架橋澱粉を使用し比較した場合、ゆで上げ直後の破断試験において最大荷重の値に差がなく、ゆで上げ 30 分後の破断荷重の値については、アセチル化リン酸架橋澱粉を使用した米粉生パスタ麺は他の試料に比べ低下がやや抑制されたと報告した。したがって、米ゲルは米粉生パスタ麺において初期の破断強度向上には寄与するものの、単独使用では経時的な物性保持には限界があり、経時安定性の付与には、加工澱粉と併用することが有効であると考えられる。

3.2 米ゲルを添加した米粉生パスタ麺の構造観察

図 3 に米粉生パスタ麺 (P ~ S) の生麺、ゆで麺の破断面の電子顕微鏡観察像を示した。

電子顕微鏡で観察したところ、吉村ら¹²⁾の報告と同様

に、米粉生パスタ麺 P の生麺では米澱粉粒のはっきりした多角形構造が確認できた。米ゲルのみ使用した米粉生パスタ麺 Q は、糊化された米ゲル (図 3, 1) が米澱粉粒同士を密着させ、生地全体が緻密な構造になっていた。米粉生パスタ麺 R, S についても、対照に比べ、米澱粉粒同士の空隙が少なかった。これらは、生地のまとまりや製麺性の良さに関連していると考えられる。米粉生パスタ麺 R ではリン酸架橋澱粉 (図 3, 2)、米粉生パスタ麺 S ではアセチル化リン酸架橋澱粉 (図 3, 3) が球体の状態または一部割れた状態でパスタ麺中に分散しているのが確認できた。これらは糊化せず添加した粉末の加工澱粉と推測される。常見ら⁴⁾は、米粉麺の生麺中に分散している微小繊維状セルロースがつなぎの役割を果たし、麺生地の強度を向上させたと報告している。本研究においても、加工澱粉が生麺中に分散することで、類似の構造補強効果を示し、麺の物性改善に寄与した可能性が示された。また、ゆで後の米粉生パスタ麺においては、P と比較して Q, R, S では、結晶構造 (多角形構造) の澱粉が見られず、生地全体が緻密な構造になっていたため、高い破断強度が得られたと考えられる。一方、米粉生パスタ麺 P では一部に澱粉粒の輪郭が残存しており、糊化が完全には進行していない可能性も否定できない。しかし、米粉生パスタ麺 Q, R および S では、同一条件で加熱処理を行ったにもかかわらず澱粉粒が確認されなかったことから、米ゲルの添加が糊化の進行に影響

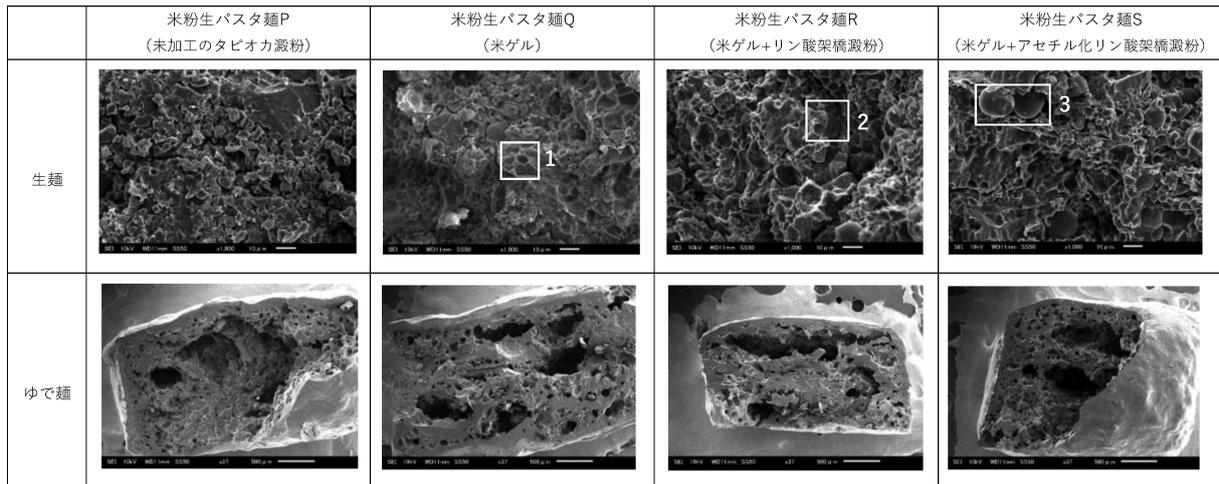


図3. 生麺 (A) およびゆで麺 (B) の走査型電子顕微鏡写真
スケールバーは A : 10 μm , B : 500 μm

を及ぼした可能性も考えられる。したがって、米ゲルが加熱過程に与える影響については、今後さらなる検討が必要である。

3.3 米ゲルを添加した米粉生パスタ麺の官能評価

タピオカ澱粉のみを使用した米粉生パスタ麺 P を基準として、米粉生パスタ麺の官能評価を行った「総合評価」の結果を表3に示した。評価項目とした「つや」、「弾力〈こし〉」、「なめらかさ」、「におい」、「味」の平均値については図4に示した。対照と比較すると、すべての評価項目において、米粉生パスタ麺 Q, R, S の方が好ましい結果となった。米粉生パスタ麺 Q, R, S の3試料間については、Friedman 検定の結果、いずれの評価項目においても有意な差は認められなかった。官能評価の各評価項目と総合評価の相関係数を表4に示した。総合評価は全ての評価項目と有意な正の相関を示したが、特に「味」と総合評価との相関が最も高く、総合評価に強く寄与していることが明らかになった。麺類の嗜好性に関する先行研究においても、中垣ら¹³⁾は、麺の総合的な官能評価には弾力と食味が大きく寄与していると報告されており、今回の結果と一致している。一方で、「つや」、「弾力〈こし〉」、「なめらかさ」も中程度の有意な相関を示し、総合評価に寄与していることが示唆された。「弾力〈こし〉」については、これまで著者ら^{5,7)}が破断強度の向上を目的に改善を進めてきた要素であり、本研究においても総合評価との間に有意な正の関連が確認された。しかしながら、今回の解析では「味」の寄与の方が相対的に大きいことが明らかになったことから、今後の米粉生パスタ麺の改良にあたっては弾力改善に加えて、味の向上をより重視する必要があることが示され

た。

4. 研究の限界

本来、副材料の種類以外は統一した配合で分析を行うことが理想であるが、本研究においては、米粉パスタ麺 (P ~ S) を調製する際に、副材料の添加割合を一律にしてしまうと、製麺性が損なわれ解析可能な麺の調製を行うことができなかった。そのため、各試料の副材料の配合が統一されておらず、米ゲルや加工澱粉の効果を直接比較できないという限界がある。製麺方法のさらなる改善などにより統一した配合を可能にすることで、明確に米ゲルや加工澱粉の寄与を評価できると考えられる。

表3 評点法 総合評価結果

総合評価	P	Q	R	S
平均値	0	0.85	0.77	0.73

(n = 26)

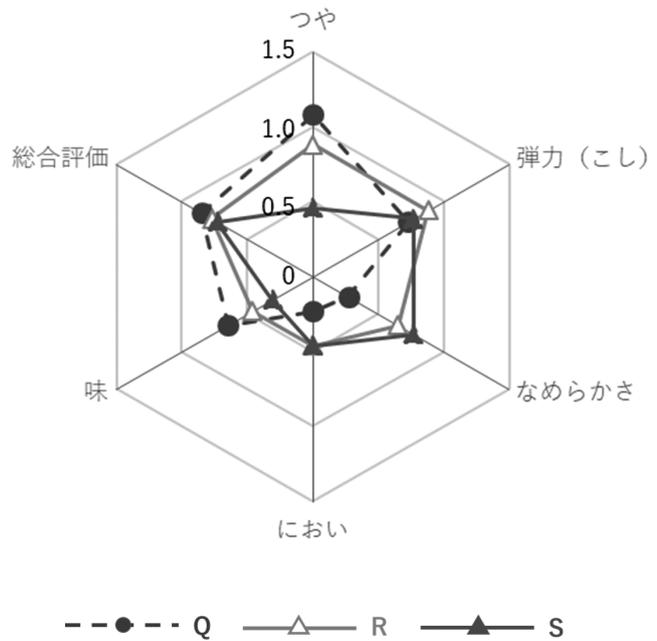


図4. 官能評価 (評点法) の結果 (n = 26)

表4. 各官能評価項目と総合評価の関連

項目	つや	弾力 (こし)	なめらかさ	におい	味	総合評価
つや	-	0.25 *	0.19	0.21	0.31 **	0.44 **
弾力 (こし)		-	0.08	0.18	0.28 *	0.40 **
なめらかさ			-	0.21	0.33 **	0.41 **
におい				-	0.24 *	0.29 *
味					-	0.63 **
総合評価						-

*p<0.05, **p<0.01

謝辞

本研究は、令和元年度「公益財団法人エリザベス・アーノルド富士財団」の助成を受けて実施しました。本研究に関して申告すべき利益相反 (COI) はありません。

引用文献

- 1) 農林水産省, 令和5年度米粉の利用拡大支援対策事業
https://www.maff.go.jp/j/seisan/keikaku/komeko/R5_12hosei.html より2024年8月21日検索
- 2) 松山信悟, 柴田真理朗, 杉山純一, 藤田かおり, 蔦瑞樹, 吉村正俊, 粉川美踏, 平野由香里, 荒木徹也, 鍋谷浩志, 高アミロース米の機械的攪拌ゲル化処理を利用した米麺加工法の開発, 日本食品科学工学会誌, **61-3**, 127-133 (2014)
- 3) 山口智子, 池田千穂, 時田菜実, 坂井淳一, 米粉麺

の性状に及ぼす油脂添加の影響, 新潟大学教育学部研究紀要, **8-2**, 157-166 (2015)

- 4) 常見崇史, 小島登貴子, 仲島日出男, 米粉を用いた新規製麺技術の開発 (2) - 植物繊維を利用した米粉麺 -, 埼玉県産業技術総合センター研究報告, **9**, 25-29 (2011)
- 5) 谷口泉, 堤浩一, 成田裕一, 米粉を用いた新規生パスタ麺の開発, 名古屋文理大学, **19**, 43-49 (2019)
- 6) 独立行政法人 農畜産業振興機構, 中島徹, 加工澱粉の機能性と食品・繊維加工への利用
https://www.alic.go.jp/joho-d/joho08_000168.html より2024年8月30日検索
- 7) 谷口泉, 堤浩一, 成田裕一, 米粉を用いた新規生パスタ麺の開発 - 加工澱粉を添加した米粉生パスタ麺の製麺性および物性 -, 名古屋文理大学, **25**, 39-45 (2025)
- 8) 北條健一, 杉山純一, 米ゲルの物性的特徴とその応

- 用展開, 日本食品科学工学会誌, **64-9**, 483-489 (2017)
- 9) 喜多記子, 千田真規子, 永塚規衣, 長尾慶子, タマリンドを添加した玄米麵の調製と物性と抗酸化性, 日本調理科学会誌, **42-3**, 183-187 (2009)
- 10) 喜多記子, 中津川かおり, 植草貴英, 田代直子, Tran thi HA, 長尾慶子, ジャボニカ種米粉麵の力学特性および官能評価, 日本食品科学工学会誌, **53-5**, 261-267 (2006)
- 11) 厚生労働省, アセチル化アジピン酸架橋デンプン, アセチル化リン酸架橋デンプン, アセチル化酸化デンプン, オクテニルコハク酸デンプンナトリウム, 酢酸デンプン, 酸化デンプン, ヒドロキシプロピルデンプン, ヒドロキシプロピル化リン酸架橋デンプン, リン酸モノエステル化リン酸架橋デンプン, リン酸化デンプン及びリン酸架橋デンプンの食品添加物の指定に関する添加物部会報告書 (案)
https://www.mhlw.go.jp/shingi/2008/07/dl/s0704-15l_0001.pdf より2025年9月30日検索
- 12) 吉村明浩, 大津崇, 鈴木寿, 米飯・米穀加工品の物性評価技術の開発 (第2報), 岐阜県産業技術センター研究報告書, **9**, 39-40 (2015)
- 13) 中垣孝子, 大羽和子, 麵 (うどん) のおいしさを決定する要因 - 官能評価による解析 -, 名古屋女子大学紀要, **34**, 93-101 (1988)