

## 高灰分ストリーム粉の応用による麺製品の高付加価値化の検討 (第2報)

成澤朋之\*1 松本美樹\*2 焼田裕之\*\*\* 仲島日出男\*1

## Study on Enhancing the Value of Noodle Products through the Application of High-Ash Stream Flour (Part 2)

NARISAWA Tomoyuki\*1, MATSUMOTO Miki\*2, YAKITA Hiroyuki\*\*\*, NAKAJIMA Hideo\*1

抄録

麺製品の風味向上を目的とした高灰分ストリーム粉(高灰分粉)の利用技術確立のため、高灰分粉及び全粒粉置換によるゆで麺の官能特性の比較を官能評価により行い、さらに揮発性成分生成への効果をガスクロマトグラフ質量分析装置により確認した。官能評価において、高灰分粉と全粒粉では異なる官能評価特性を示し、高灰分粉では「くすみ」「ざらつき」「ふすま臭」を抑えて風味強化が可能であることが示された。揮発性成分特性でも高灰分粉と全粒粉は異なる特性を示した。このことから、高灰分粉及び全粒粉を使い分けることで地粉風味を増強した様々な麺製品へのニーズに対応が可能となることが示唆された。

キーワード：国内産小麦，麺，官能評価，香り成分，高灰分ストリーム粉

## 1 はじめに

近年、小麦粉加工品においては風味や食感などを向上させた付加価値の高い製品開発が課題となっている。このような課題を受け、これまでに高灰分ストリーム粉(高灰分粉)をパンへ応用することにより風味を向上する研究を行ってきた<sup>1,2)</sup>。

小麦の製粉工場において、その製粉工程の各段階で数多くのストリーム粉が生成し、そのストリーム粉の配合により各種の小麦粉が製造されている。小麦粒の皮部近傍部位を多く含む高灰分ストリーム粉(高灰分粉)は、風味の向上につながる不飽和脂肪酸やアミノ酸などを豊富に含む反面、その生菌数や色調などから、食品への利用は限定的である。一方、小麦粉加工品であるパンや麺の風味の強化や栄養価の向上などを目的として、原料

\*1 食品プロジェクト担当

\*2 食品・バイオ技術担当

\*\*\* 現 環境部大気環境課

小麦粉に全粒粉や微粉碎した小麦種皮(ふすま)が添加されることがある。ただし、これらの使用は専用の製造工程が必要となるため、原料のコストアップにつながる。製粉工場で日常的に得られる高灰分粉を活用することで、低コストでの風味強化を図ることが可能になると考えられる。また、通常の製粉工程では篩をかけることにより小麦ふすまが取り除かれているため、全粒粉のように小麦ふすまによるざらつきなどの食感への悪影響も少ないと推測された。

麺類についても風味向上技術についての需要は高く、パンにおいて添加効果が確認された高灰分粉の利用が期待される。しかしながら、添加した際の影響は明らかになっていない。小麦粉加工品の中でも麺類は、加工工程が簡便であり、基本的には原材料が小麦粉と食塩水のみであるという特徴から、小麦粉の品質が最終製品へ大きく影響することが知られている<sup>3)</sup>。

昨年度の研究報告にて、麺用粉と高灰分粉では、粒度分布全体に大きな差は認められなかったものの、高灰分粉の方が粒度の大きい粒子がやや多いこと、また、揮発性成分生成の影響として国産小麦を使用した麺の独特な風味の形成要因であると言われている不飽和アルデヒド類の(*E,E*)-2,4-デカジエンールなどの増加効果が大きいことを報告した<sup>4)</sup>。

そこで本研究では、麺用小麦粉へ高灰分粉及び全粒粉を添加したゆで麺を喫食した際に感じられる差異を解明することを目的とした。具体的には、ゆで麺を試食した際の高灰分粉及び全粒粉の官能特性の違いについて官能評価を行い、揮発性成分生成の違いについてガスクロマトグラフ質量分析装置(GC-MS)による分析を行った。

## 2 実験方法

### 2.1 小麦粉試料

使用した国産小麦麺用粉(中力粉)及び高灰分粉は星野物産(株)より入手した。国産小麦全粒粉は前田食品(株)より入手した。

### 2.2 官能評価

官能評価用ゆで麺は、官能評価直前に製麺した。麺用粉、麺用粉に高灰分粉を10%、20%、30%、40%、50%添加したブレンド粉、麺用粉に全粒粉を10%、20%、30%添加したブレンド粉500gに対して、4%食塩水を180mL加え、縦型ミキサー(愛工舎製作所製KENMIX major)を用いて合計3分間混捏した。麺生地をロール幅2.4mmで粗延べ後、同じロール幅で1回複合し、30分熟成させ、再度同じロール幅で1回複合した。その後、2.2mm、1.9mm、1.75mmと段階的に圧延し、10番の角切刃を使用して生麺を切り出した。麺の長さは25cmとした。この生麺を12分30秒間ゆでることで、ゆで麺試料を得た。

各種ゆで麺試料の官能価は、埼玉県産業技術総合センター北部研究所の職員2名と星野物産(株)の職員4名の合計6名を評価パネルとして行った。なお、評価パネルには実験に先立ち、予め本実験の趣旨を十分に説明して、実験協力者として同意

を得た。

国産麺用小麦粉及びその50%を高灰分粉で置換した小麦粉から作製したゆで麺試料(それぞれC1、C2とした)を試食し、それぞれの味や香りの特徴を表す単語を出し合った。その中でパネル間での合意が取れた単語を官能評価用語として採用した。C1のゆで麺の特徴を表す用語の評点は、C1で10点、C2で1点とした。一方、C2のゆで麺の特徴を表す用語の評点は、C1で1点、C2で10点とした。ふすま臭は全粒粉置換試料の評価を開始した際に追加要望が出た官能評価用語であったため、全粒粉置換割合30%をC2の代わりに高評点試料とし、C1を0、全粒粉置換割合30%を3とした4段階の簡易評価を行った。採用した官能評価用語を用い、パネルのトレーニングを十分行った後に、各種ゆで麺試料の官能評価を行った。得られた各評点を因子分析(最尤法・プロマックス回転)に供した。

### 2.3 揮発性成分測定

これまでの研究から<sup>3)</sup>、麺製品の揮発性成分は小麦生地の段階で生成されていることが分かっており、試料調製が容易である点から、生地の揮発性成分の測定を行った。麺用粉、麺用粉に高灰分粉を10%、20%、30%、40%、50%添加したブレンド粉、麺用粉に全粒粉を10%、20%、30%添加したブレンド粉に対して、4%食塩水を対粉比で50%加えて混練することにより生地を調製した。この生地について、既報<sup>1,2)</sup>の方法によりGC-MSを使用して揮発性成分分析を実施した。ゲステル製MPS robotic pro オートサンプラー、加熱脱着装置(TDU)及びクールドインジェクションシステム(CIS)を装備したアジレント・テクノロジー製8890ガスクロマトグラフをホスト側GCとして使用した、5977B シングル四重極質量分析装置(アジレント・テクノロジー製)を分析に使用した。3.0gの生地試料を20mLスクリュウキャップ付きバイアルに秤量し、30℃のインキュベータ内で2時間熟成を行った後に、揮発性成分分析に供した。

得られたクロマトグラムについて、MassHunter Quantitative Analysis ソフトウェアパッケージ(アジ

レント・テクノロジー製)中の Unknowns Analysis ツールを用いてデコンボリューション処理を行った。アルカン標準溶液(C<sub>8</sub>~C<sub>20</sub>)を用いてリテンションインデックス(RI)の算出を行った。その後、NIST17 ライブラリと照合、及び Aroma Office (ゲステル製)にて RI を照合して化合物の推定を行った。また、生成したイオンの中でその化合物に特徴的なイオンをターゲットイオン(TI)として、その面積値(n = 3)を算出した。

## 2.4 統計解析

各種統計解析はR version 4.4.1 (R Core Team, Austria)を用いて計算した。

## 3 結果及び考察

### 3.1 官能評価

6名の評価パネルでゆで麺試料(C1、C2)を試食し、それぞれの外見や食感、味、香りの特徴を表

す単語を出し合った結果、合意が取れた表1に示す17の単語を官能評価用語として採用した。

これらの官能評価用語を用い、各種ゆで麺試料の官能評価を行った結果を表2に示す。

表1 使用した官能評価用語とその定義

色	
くすみ	麺表面のくすみ
物性	
表面のざらつき	咀嚼前に舌で感じる麺表面のざらつき感(つぶ感込み)
表面のなめらかさ	咀嚼前に舌で感じる麺表面のなめらかさ・ぬめり感
全体の柔軟性	咀嚼初期に感じる麺全体の柔軟性
全体のかたさ	咀嚼初期に感じる麺全体のかたさ
味	
甘さ	咀嚼時に感じる甘さ
塩味	咀嚼時に感じる塩味
雑味	咀嚼時に感じる雑味
全体の強さ	咀嚼時に感じる味全体の強さ
香り	
草の香り	咀嚼時に感じるフレッシュグリーン様の香り
ふすま臭	咀嚼時に感じる枯草様の香り
全体の強さ	咀嚼時に感じる香り全体の強さ(草・ふすまを含む)
【咀嚼時】	20回以上咀嚼した時

表2 各種ゆで麺試料の官能評価結果

	麺用粉	高灰分粉					全粒粉			
		10%	20%	30%	40%	50%	10%	20%	30%	
色	くすみ	1.0 ± 0.0	2.8 ± 0.4	5.0 ± 0.6	7.0 ± 0.6	8.5 ± 0.5	10.0 ± 0.0	7.3 ± 1.2	11.2 ± 1.6	14.7 ± 0.0
物性	表面のざらつき	1.0 ± 0.0	2.7 ± 0.5	4.3 ± 0.7	6.5 ± 0.5	8.0 ± 0.6	10.0 ± 0.0	9.2 ± 2.3	14.3 ± 1.4	19.3 ± 0.0
	表面のなめらかさ	10.0 ± 0.0	8.5 ± 0.5	6.2 ± 0.7	4.5 ± 0.5	3.2 ± 0.4	1.0 ± 0.0	4.8 ± 1.9	2.8 ± 1.5	1.8 ± 1.0
	全体の柔軟性	10.0 ± 0.0	8.2 ± 0.7	6.3 ± 0.5	4.3 ± 0.7	2.8 ± 0.4	1.0 ± 0.0	5.5 ± 1.1	5.0 ± 1.2	3.8 ± 0.7
	全体のかたさ	1.0 ± 0.0	2.8 ± 0.4	4.3 ± 0.5	6.5 ± 0.5	8.2 ± 0.4	10.0 ± 0.0	4.8 ± 1.1	6.0 ± 1.0	7.7 ± 0.5
味	甘さ	10.0 ± 0.0	8.3 ± 0.5	6.5 ± 0.5	4.2 ± 0.9	2.7 ± 0.5	1.0 ± 0.0	7.2 ± 0.7	5.7 ± 0.5	4.3 ± 0.7
	塩味	10.0 ± 0.0	8.2 ± 0.4	6.8 ± 0.4	4.3 ± 0.7	2.5 ± 0.5	1.0 ± 0.0	6.8 ± 1.3	5.5 ± 0.8	4.2 ± 1.1
	雑味	1.0 ± 0.0	2.7 ± 0.5	4.3 ± 0.7	6.3 ± 0.5	8.2 ± 0.4	10.0 ± 0.0	4.7 ± 1.2	6.2 ± 0.7	7.7 ± 0.4
	全体の強さ	1.0 ± 0.0	2.7 ± 0.5	4.3 ± 0.7	6.7 ± 0.5	8.0 ± 0.0	10.0 ± 0.0	4.3 ± 1.1	5.5 ± 0.5	7.3 ± 0.5
香り	草の香り	1.0 ± 0.0	2.5 ± 0.5	4.8 ± 0.7	6.8 ± 0.7	8.2 ± 0.7	10.0 ± 0.0	3.5 ± 0.8	4.8 ± 0.7	6.2 ± 0.7
	全体の強さ	1.0 ± 0.0	2.5 ± 0.5	4.8 ± 0.7	6.8 ± 0.7	8.2 ± 0.4	10.0 ± 0.0	3.8 ± 0.7	5.3 ± 0.5	6.7 ± 0.4
	ふすま臭	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.8 ± 0.4	1.0 ± 0.0	1.2 ± 0.4	1.2 ± 0.4	2.0 ± 0.0	2.8 ± 0.0

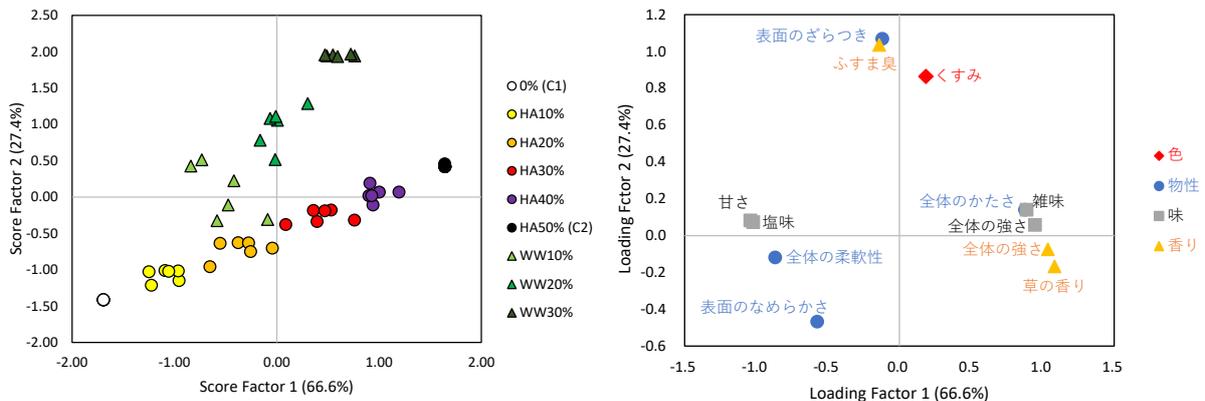


図1 官能評価結果の因子分析

n = 6。各因子の寄与率は、それぞれの軸のカッコ内に示す。

C1、C2は基準試料。HA：高灰分粉、WW：全粒粉。

これらの結果を因子分析(最尤法・プロマックス回転)に供した結果を図1に示す。第1因子及び第2因子でそれぞれ66.6%、27.4%の寄与率を示し、第2因子までの積算寄与率は94.0%となった。

高灰分粉置換サンプルでは、置換割合が増加するにつれてC1からC2にプロット位置が直線的に近づいた。一方、全粒粉置換サンプルでは、置換割合の増加と共に第2因子が大きい方向へプロットされており、高灰分粉置換サンプルとは分離した。ローディングプロットにより各サンプルに寄与した因子を確認すると、C1側に物性の「なめらかさ」「柔軟性」、味の「甘さ」「塩味」がプロットされており、C2側に物性の「かたさ」、味の「雑味」「全体の強さ」、香りの「草の香り」「全体の強さ」がプロットされた。これらC2側にプロットされた因子は、高灰分粉を置換することにより増強される風味であることが示唆された。また、第2因子として値が大きかったのは、色の「くすみ」、物性の「ざらつき」、香りの「ふすま臭」であった。これら第2因子が大きい側にプロットされた因子は、全粒粉を置換することにより増強される風味であることが示唆された。これらの結果から、高灰分粉添加では「くすみ」「ざらつき」「ふすま臭」を抑えて風味を強くすることが可能であると考えられた。

### 3.2 揮発性成分測定

小麦粉及び高灰分粉より調製した生地 GC-MS 測定の結果、合計 104 化合物検出し、その内訳は、有機酸類 6 種類、アルコール類 21 種類、アルデヒド類 27 種類、フラン類 5 種類、炭化水素類 21 種類、ケトン類 13 種類、ラクトン類 5 種類、その他 6 種類であった。高灰分粉置換ではアルデヒド類やフラン類、ケトン類の増加が確認された。一方、全粒粉置換では、上記の化合物の他、アルコール類の増加もあわせて確認された。

これらの化合物の中で、昨年度の報告にて高灰分粉置換することにより増加すると報告したヘキサナールと(E,E)-2,4-デカジエナール、及びアルコール類として2-ブタノール、3-メチル-1-ブタノール

の TI 面積値を図2に示す。

これらのアルデヒド類はこれまでの研究から、リポキシゲナーゼ(LOX)という不飽和脂肪酸酸化酵素により、小麦粉に含まれる不飽和脂肪酸が

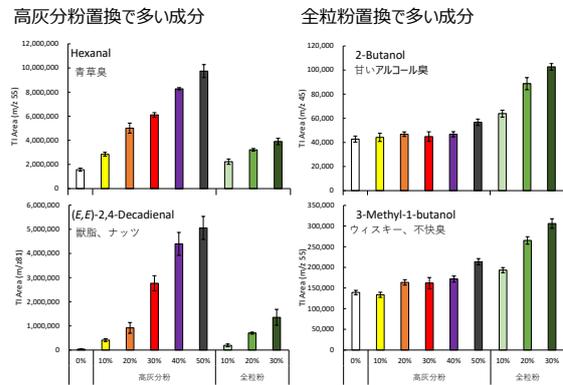


図2 高灰分粉置換及び全粒粉置換において特徴的であった化合物のTI面積値  
エラーバーは標準偏差を示す(n=3)

酸化されることにより生成されると示唆されている<sup>5)</sup>。また、灰分の高い小麦粉では LOX 活性が高く、脂質及び不飽和脂肪酸の含有量が多いことも報告されている<sup>5)</sup>。このことから、高灰分粉を添加することにより、LOX 及びその基質となる不飽和脂肪酸が添加されることにより揮発性成分が多く生成されたものと推測された。一方、3-メチル-1-ブタノールのようなアルコール類は、外皮由来の微生物中のエムデン・マイヤーホフ・パルナス経路による炭水化物代謝物やエールリッヒ経路によるアミノ酸代謝物だと推測された<sup>6-8)</sup>。これらの結果から、官能評価の結果における「草の香り」などはアルデヒド類が、「ふすま臭」はアルコール類が強く影響しているものと考えられた。

## 4 まとめ

麺製品の風味向上を目的とした高灰分ストリーム粉(高灰分粉)の利用技術確立のため、高灰分粉及び全粒粉置換によるゆで麺の特性を官能評価により比較した。また、揮発性成分生成への効果を GC-MS により確認した。

官能評価において、国産麺用小麦を使用したゆ

で麺の特徴を表す単語として、物性の「なめらかさ」「柔軟性」、味の「甘さ」「塩味」が、高灰分粉 50%置換のゆで麺の特徴を表す単語として、物性の「かたさ」、味の「雑味」「全体の強さ」、香りの「草の香り」「全体の強さ」が選定された。また、全粒粉 30%置換のゆで麺の特徴を表す単語として、色の「くすみ」、物性の「ざらつき」、香りの「ふすま臭」が選定された。これらの結果から、高灰分粉添加では「くすみ」「ざらつき」「ふすま臭」を抑えて風味を強化できることが示唆された。

また、揮発性成分生成の影響としては、高灰分粉置換ではアルデヒド類などが増加するのに対し、全粒粉置換ではアルコール類が増加した。これらの化合物が官能評価特性の差に関与しており、風味に対する高灰分粉と全粒粉の添加効果の違いを生み出しているものと推測された。

以上のことから、高灰分粉と全粒粉で添加した際の効果は異なるため、最終製品の設計に応じて使い分けることで地粉風味を増強した麺製品へのニーズに対応が可能となると考えられる。

#### 謝 辞

本研究を進めるにあたり、原料の国産小麦粉麺用粉及び高灰分粉を提供いただいた星野物産株式会社に感謝いたします。また、客員研究員として御指導いただきました帝京平成大学健康メディカル学部の前田竜郎教授、及び東京電機大学理工学部の椎葉究特定教授に感謝の意を表します。

#### 参考文献

- 1) 成澤朋之, 江原雅人, 原田雅典, 海野まりえ, 金子雅明, 仲島日出男, “高灰分ストリーム粉の添加による国産小麦を原料としたパンの風味変化”, 日本食品科学工学会誌, 70 (7), 279–291 (2023).
- 2) 成澤朋之, 江原雅人, 原田雅典, 海野まりえ, 金子雅明, 仲島日出男, “高灰分ストリーム粉を継代に使用した醗酵種がパンの風味に与える影響”, 日本食品科学工学会誌,

- 71 (7), 231–249 (2024).
- 3) Narisawa T., Nakajima H., Umino M., Kojima T., Asakura T., Yamada M., “Volatile compounds from Japanese noodles, “udon,” and their formation during noodle-making”, *J. Food Process. Technol.* 8 (11), (2017).
- 4) 成澤朋之, 松本美樹, 原田雅典, 海野まりえ, 仲島日出男, “高灰分ストリーム粉の応用による麺製品の高付加価値化の検討” 埼玉県産業技術総合センター研究報告, 22, 37–40 (2024).
- 5) Narisawa T., Nakajima H., Umino M., Kojima T., Yamashita H., Kiribuchi-Otobe C., Yamada M., Asakura T. “Cultivar differences in lipoxygenase activity affect volatile compound formation in dough from wheat mill stream flour”, *J. Cereal Sci.*, 87, 231–238 (2019).
- 6) Giri, A., Osako, K., Ohshima, T., Identification and characterization of headspace volatiles of fish miso, a Japanese fish meat based fermented paste, with special emphasis on effect of fish species and meat washing. *Food Chem.* 120, 621–631 (2010).
- 7) Corrêa Lelles Nogueira, M., Lubachevsky, G., Rankin, S.A., A study of the volatile composition of Minas cheese. *LWT - Food Sci. Technol. (Lebensmittel-Wissenschaft-Technol.)* 38, 555 - 563 (2005).
- 8) Morales, P., Feliu, I., Fernández-García, E., Nuñez, M., Volatile compounds produced in cheese by Enterobacteriaceae strains of dairy origin. *J. Food Prot.* 67, 567–573 (2004).