

## 未利用小麦ストリーム粉の活用による国産小麦パンの風味向上

仲島日出男\*<sup>1</sup> 原田雅典\*<sup>1</sup> 海野まりえ\*<sup>1</sup> 成澤朋之\*<sup>1</sup> 常見崇史\*<sup>2</sup>

### Flavor Improvement Technology for Domestic Wheat Bread by High-ash Stream Flours

NAKAJIMA Hideo\*<sup>1</sup>, HARADA Masanori\*<sup>1</sup>, UMINO Marie\*<sup>1</sup>,  
NARISAWA Tomoyuki\*<sup>1</sup>, TSUNEMI Takashi\*<sup>2</sup>

#### 抄録

小麦の製粉工程で生成する高灰分ストリーム粉（高灰分粉）を活用した国産小麦パンの風味向上技術について検討した。高灰分粉の使用により、パン生地中の遊離アミノ酸、遊離糖ともに含有量が増加した一方、焼成後は遊離アミノ酸が増加し、遊離等の含有量は減少した。また、揮発性成分分析から、高灰分粉の添加により、焼成後のパンの外皮部分でピラジン類やフラン化合物などのメイラード反応生成物が増加することが示された。高灰分粉使用パンでの遊離アミノ酸や遊離等含量の差異が加熱生成物の量と関連し、これらの増加が高灰分粉使用パンの風味向上につながるものと考えられた。

キーワード：国内産小麦，製パン，香り成分，味成分，ストリーム粉

## 1 はじめに

近年、製パン業界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。現在、国内で流通しているパンの多くが輸入小麦を使用して製造されている一方で、国内産小麦を使用したパンは、外国産小麦にはない風味や食感などが好まれ、こだわりのパンとして消費者に根強い人気がある。

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。小麦粒の皮部に近い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、パンの風味の強化や栄養価の向

上などを目的として、原料小麦粉に全粒粉や微粉砕した小麦種皮が添加されることがあるが、これらの使用は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ができれば、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。

本研究では高灰分粉の使用によるパンの味・香り成分の変化を確認するとともに、高灰分粉を使用した国産小麦パンの風味向上技術について検討した。

## 2 実験方法

### 2.1 試料

製パンに使用した国産小麦パン用粉および高灰分粉は、星野物産（株）より入手した。表1に示した配合・工程により、国産小麦パン用粉およびその一部を高灰分粉で置換した小麦粉を使用して試料パンを焼成した。

\*<sup>1</sup> 食品プロジェクト担当

\*<sup>2</sup> 化学技術担当

## 2.2 味成分分析

国産小麦パン用粉、高灰分粉 10%置換、20%置換の3種類を原料としたパン生地および焼成したバゲット型のフランスパンのクラム（内相）について、遊離アミノ酸、有機酸および遊離糖の分析を行った。パン生地および焼成パンについては、凍結乾燥処理後、カッターミルで粉碎処理したものを分析試料とした。また、比較として原料の小麦粉についても同様の分析を行った。

分析試料 20mg に超純水 1ml を加え、試験管ミキサーを使用して1分間激しく攪拌後、65W で1分間超音波処理を行った。超音波処理溶液を 13,000 rpm で 20分間遠心分離後、得られた上清について、カットオフ分子量 3,000 の 500 $\mu$ L 容遠心式フィルターユニット 2本を使用して、4 $^{\circ}$ C、14,000 $\times$ g で 20分間遠心ろ過処理を行った。フィルター通過溶液を回収後、フィルターユニット上部に 400 $\mu$ L の超純水を加え、再度遠心処理を行った。遠心式フィルターユニット 2本・2回分の通過溶液を合わせて、2ml に定容したものを分析試料溶液とした。

これらの試料溶液について、アジレント・テクノロジー製 1260 Infinity II HPLC および 6120 シングル四重極質量分析装置を使用して、既報と同様の分析条件により、アミノ酸・有機酸分析<sup>1)</sup>および糖分析<sup>2)</sup>を実施した。

## 2.3 揮発性成分分析

表1の配合のパン生地を 80g に分割した丸パンを焼成し、パンのクラムおよびクラスト（外皮）のそれぞれについて、ガスクロマトグラフ質量分

析装置(GC/MS)により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宿主側 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。

パンの揮発性成分は Multi-Volatile Method による 2段階のダイナミックヘッドスペース法（DHS-MVM 法）<sup>3)</sup>により抽出した。2.0g のクラム及びクラスト試料を 20ml スクリューキャップ付きバイアルに秤量し、揮発性成分分析に供した。DHS-MVM 法による試料抽出及び GC への試料注入条件を表 2 に、GC/MS の分析条件を表 3 にそれぞれ示した。

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 Unknown Analysis ツールを用いてデコンボリューション処理を行った。その後、NIST17 ライブラリと照合して化合物の推定を行った。

## 3 結果及び考察

### 3.1 製パン工程における味成分の変化

国内産小麦パン用粉および高灰分粉を使用したパンについて、製パン工程の各段階における遊離アミノ酸量、有機酸量および遊離糖含量を図 1 に示した。

遊離アミノ酸含量は原料への加水・ミキシング後に大きく増加した。高灰分粉の置換割合が高い

表1 製パン条件

配合		工程	
小麦粉	100 %	ミキシング	低速 3分 中速 4分
ドライイースト	0.7 %	捏ね上げ温度	24 $^{\circ}$ C
塩	2 %	1次発酵	120分(パンチ 60分)
モルトエキス	0.3 %	ベンチタイム	25分
加水	70 %	2次発酵	32 $^{\circ}$ C 75% 60分
		焼成	220 $^{\circ}$ C 30分

表 2 DHS-MVM 法による揮発性成分分析条件

DHS 1段階目			DHS2段階目		
DHS	パージガス	N <sub>2</sub>	DHS	パージガス	N <sub>2</sub>
	試料捕集	試料温度 25°C		試料捕集	試料温度 80°C
		加熱時間 5分			加熱時間 5分
		捕集管充填剤 Carbopack B&X			捕集管充填剤 TENAX TA
		捕集管温度 30°C			捕集管温度 25°C
		パージガス流速 10ml/min			パージガス流速 10ml/min
		パージガス流量 650ml			パージガス流量 60ml
		トランスファーライン温度 150°C			トランスファーライン温度 150°C
	ドライパージ 捕集管温度	30°C		ドライパージ 捕集管温度	40°C
		パージガス流速 50ml/min			パージガス流速 50ml/min
		パージガス流量 300ml			パージガス流量 280ml
TDU	開始温度	30°C	TDU	開始温度	30°C
	昇温速度	720°C/min		昇温速度	720°C/min
	脱着温度	300°C		脱着温度	240°C
	脱着時間	3分		脱着時間	3分
	トランスファーライン温度	300°C		トランスファーライン温度	300°C
CIS	トラップ温度	-40°C	CIS	トラップ温度	10°C
	ライナー充填剤	TENAX TA		ライナー充填剤	TENAX TA
	平衡化時間	1分		平衡化時間	1分
	昇温速度	720°C/min		昇温速度	720°C/min
	最終温度	240°C		最終温度	240°C
	保持時間	20分		保持時間	20分

表 3 GC/MS 分析条件

GC	キャリアガス	He
	試料注入	スプリット(1:2)
	カラム	DB-WAX (60m × 0.25mm i.d., 膜厚 0.25μ m)
	カラム流量	1.5ml/min
	カラム温度	40°C 10分保持 → 4°C/min 昇温 → 200°C 10分保持
MS	インターフェース温度	250°C
	イオン化方法	電子イオン化(EI)
	イオン源温度	230°C
	質量範囲	m/z 29-350

ものほど遊離アミノ酸含量が多かった。その後、生地の1次発酵の段階でその量は大きく低下し、パン酵母による遊離アミノ酸の消費がこの要因であると考えられた。パンの焼成に伴う変化は小さく、高灰分粉置換割合が高いものほど最終的なパンに含まれるアミノ酸含量が多くなることが確認された。

有機酸については、ミキシング時の大きな変化は見られなかった。アミノ酸と同様に高灰分粉の置換割合が高いものほどその含量が多かった。発

酵とともにその量が増加しており、パン酵母により有機酸生成が要因であると考えられた。焼成に伴う変化は小さく、高灰分粉の使用により焼成後のパンに残存する有機酸が増加することが確認された。

遊離糖については、アミノ酸と同様にミキシング後においてパン生地中の含量が増加したが、その後の発酵とともに減少した。アミノ酸と異なり、1次発酵および2次発酵の各段階でその量は減少していたが、パンの焼成時に再び増加した。長野らはパン生地の焼成時の加熱により焼成パン中の麦芽糖が増加することを報告しているが<sup>4)</sup>、本研究の結果と一致するものであった。焼成パンの遊離糖含量は、コントロールの国産小麦パン用粉が最も多くなり、高灰分粉使用パンでの焼成時の含量増加は小さかった。この原因の一つとして、焼成時のメイラード反応より糖が消費されたことが考えられた<sup>5)</sup>。

### 3.2 焼成パンの揮発性成分

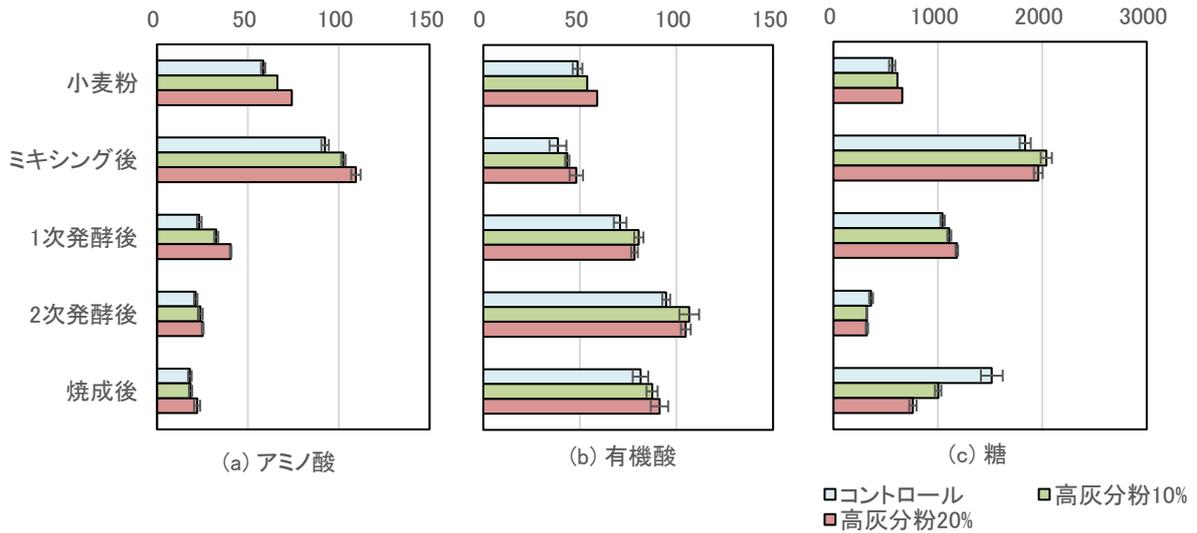


図1 高灰分粉使用パンにおける遊離アミノ酸、有機酸および遊離糖含量の変化 (mg/100g 乾物重)

誤差線は標準偏差 (n=3) を表す

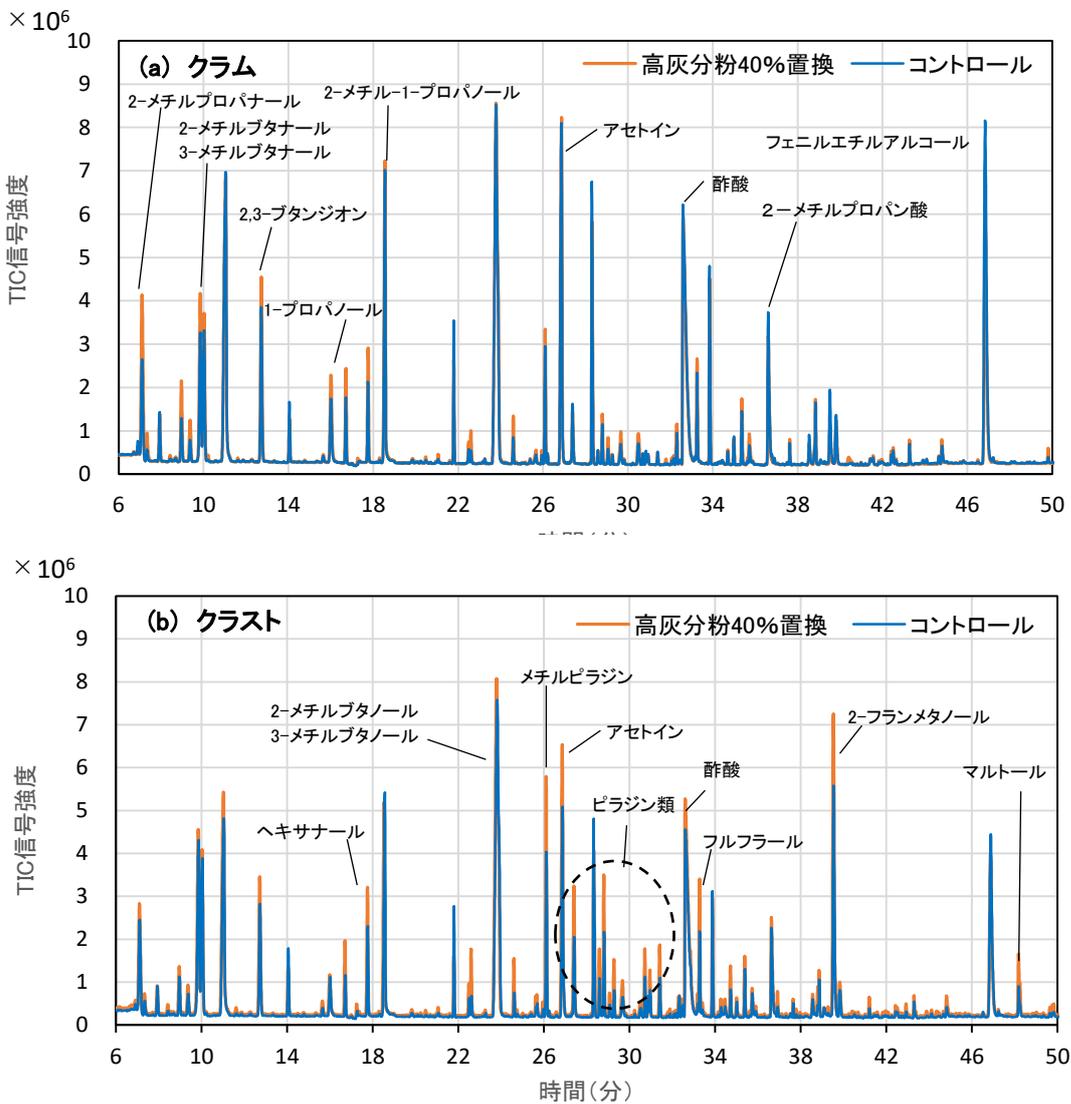


図2 高灰分粉添加パンの GC/MS TIC クロマトグラム

国産小麦パン用粉および高灰分粉40%置換小麦粉を使用したパンのGC/MSによる全イオン電流(TIC)クロマトグラムを示した。パンのクラムとクラスト(外皮)を切り分けて、それぞれについてGC/MS分析を実施した。

図2(a)に示したクラムのクロマトグラムでは、2-メチルプロパナール、2-メチルブタナール、3-メチルブタナールなどの低沸点化合物のピークが高灰分粉使用で大きくなっていた。クロマトグラム後半の高沸点化合物の差異は小さかった。

一方、図2(b)のクラストでは、全体的に高灰分粉置換のものでピークが大きかった。アセトインなどの発酵生成物だけでなく、焼成時の加熱により生じるメチルピラジンなどのピラジン類、フルフラールや2-フランメタノールのようなフラン化合物など、メイラード反応生成物のピークが大きくなっていた。高灰分粉は、生地中のアミノ酸や遊離糖などの成分が多く、結果として焼成時の加熱により生じる揮発性成分が増加していると考えられた。また、これらの成分の差異は加熱の影響を大きく受けるパン表面のクラストのクロマトグラムで顕著にみられた。

#### 4 まとめ

国内産小麦を使用したパン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)の利用技術を確認するため、国内小麦パン用粉への高灰分粉の添加による製パン工程の各段階における遊離アミノ酸、有機酸、遊離糖含量の変化を確認するとともに、焼成されたパンの揮発性成分分析を実施した。

小麦粉への加水・ミキシングに伴い、パン生地中の遊離アミノ酸及び遊離糖含量が増加するが、パンの発酵とともにその量は減少した。生地中のアミノ酸、有機酸および糖のいずれも、高灰分粉の置換割合とともにその含量が増加した。アミノ酸及び有機酸については焼成時の変化は小さく、焼成後のパンにおいてもその含量差は維持されており、高灰分粉の使用によりこれらの味成分が増加することが確認された。遊離糖は焼成時に再び

増加したが、高灰分粉置換割合の高いものではその増加幅が小さかった。

パンの揮発性成分分析では、クラストにおいて高灰分粉の使用による差異が大きかった。特に、焼成時のメイラード反応により生成するピラジン類やフラン化合物のTICクロマトグラムにおけるピークが、特にクラストにおいてコントロールよりも大きくなっていた。高灰分粉使用パンでの遊離アミノ酸や遊離糖含量の差異が、これらの加熱反応生成物の量と関連していると考えられ、また、これらの生成物により、高灰分粉使用パンの風味を向上させることができると考えられた。

#### 謝辞

本研究を進めるにあたり、原料の国産小麦粉パン用粉及び高灰分粉を提供いただくとともに、製パン試験にご協力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の前田竜郎教授に感謝の意を表します。

#### 参考文献

- 1) 仲島日出男, 成澤朋之: 食品中の多成分同時検出技術の確立, 埼玉県産業技術総合センター研究報告, **16**, (2018) 304
- 2) 仲島日出男, 成澤朋之, 常見崇史, 富永達矢: 麵製品の高付加価値化に向けた味・香り向上技術の開発, 埼玉県産業技術総合センター研究報告, **17**, (2019) 22
- 3) Ochiai N., Tsunokawa, J., Sasamoto, K. and Hoffman, A.: Multi-volatile Method for Aroma Analysis using Sequential Dynamic Headspace Sampling with an Application to Brewed Coffee, *J. Chromatogr.* **1371**, (2014) 65
- 4) 長野宏子, 堀光代, 粕谷志郎, 下山田真: 石窯パンの特徴に及ぼす焼成温度の影響, 日本家政学会誌 **62**, (2011) 659
- 5) 藤巻正生, 倉田忠男: 食品の加熱香気, 化学と生物 **9**, (1972) 85