

グルテンフリー米粉パンの風味制御技術の確立

仲島日出男*¹ 海野まりえ*¹ 原田雅典*¹ 成澤朋之*¹
常見崇史*² 荒木和樹** 奥西智哉***

Flavor Control of Gluten-free Rice Bread

NAKAJIMA Hideo*¹, UMINO Marie*¹, HARADA Masanori*¹, NARISAWA Tomoyuki*¹,
TSUNEMI Takashi*², ARAKI Kazuki** , OKUNISHI Tomoya***

抄録

米由来原料を活用したグルテンフリー米粉パンの製造技術の普及のため、生産現場で課題となっているチーズやみそ・しょうゆ様の風味の制御技術について検討した。米麴を使用した米粉パンの揮発性成分分析から、チーズやみそ・しょうゆ様の風味の指標化合物を決定した。市販米麴や焼成条件を変更した米粉パンにおけるこれらの化合物量の変動を確認したところ、米麴の選択や焼成条件の調整により、風味の制御が可能であると考えられた。

キーワード：グルテンフリー，米粉パン，香気成分，風味制御

1 はじめに

近年、日本をはじめ世界の多くの国や地域では、小麦粉のグルテンに対して自己免疫反応を引き起こすセリアック病などの小麦アレルギー疾患が増加している。これらの疾患を持つ人は生涯にわたって小麦粉を原料とするパン、麺類、菓子類などを食べることができない。米粉の使用はこれらの患者でも摂取可能なパンを得るために有効な手段となる¹⁾。

グルテンフリーパンを膨らませるためには、パン酵母が生成した炭酸ガスなどを保持するため、生地粘度を高めて膜状の生地組織を形成することが必要である²⁾。米粉パンの製造にあたっては、この目的のために食品添加物に指定されている増

粘剤などが使用されるケースが多い。

増粘剤などの食品添加物を使用せずに米粉パンを得る技術として、食品用酵素剤を使用する方法が開発されている³⁾。この方法では、米タンパク質の酵素分解により生成する粘性を持ったペプチドを、パン生地の粘性向上に利用している。

(株)味輝では、酵素剤ではなく、米麴に含まれるプロテアーゼなどの作用により、米由来原料のみを使用して米粉パンを得る技術を開発し、現在、自社製の米麴を使用した米粉パンが販売されている。しかし、生産現場では、米粉パンに使用している自社製造の米麴のロットにより、チーズやみそ・しょうゆ様の風味が強くなりすぎてしまうことがあり、米粉パンの品質の安定化が課題となっている。本研究では、この米粉パンの製造技術の普及のため、米粉パンの風味制御技術について検討した。

*¹ 食品プロジェクト担当

*² 化学技術担当

** 株式会社味輝

*** 農研機構食品研究部門

2 実験方法

2.1 試験製パン

米粉パンの製パンには、みたけ食品工業（株）の米粉パウダー 2 番を使用した。また、表 1 に示した市販の米麴および（株）味輝で米粉パンの製造に使用しているロットの異なる自社製米麴を試験製パンに使用した。

米粉、米麴および水を加えて調整した米粉バターを一晩おき、酵素による分解処理をした。この米粉バターに砂糖、塩およびドライイーストを加えたのち、パン生地をマフィン型に分注した。この型に入れた状態でホイロに入れて 45-60 分発酵後、210℃で 15 分間焼成し、米粉パンを得た。

表 1 使用米麴

市販A	乾燥米麴、甘酒・塩こうじ・みそ用
市販B	乾燥米麴、甘酒・塩こうじ・みそ用
市販C	粉碎米麴、甘酒・塩こうじ用
味輝1	（株）味輝が自社の米粉パンに使用する自社製米麴
味輝2	

2.2 揮発性成分分析

焼成後15分間放冷した米粉パンについて、焼成時にマフィン型から露出したパン上面のクラスト部分と、オープンに露出していない中心のクラム部分のそれぞれについて、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）から構成されるガスクロマトグラフ室質量分析装置（GC/MS）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）⁴⁾により抽出した。1.0g 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 への試料注入条件は既報⁵⁾と同様の条件により実施した。ホスト側の GC/MS の分析条件を表 2 に示した。

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。

表 2 GC/MS 分析条件

GC	キャリアガス	He
	試料注入	スプリット(1:20)
	カラム	DB-WAX (60m × 0.25mm i.d., 膜厚 0.25μ m)
	カラム流量	1.2ml/min
	カラム温度	40℃ 10分保持→4℃/min昇温 →200℃ 10分保持
MS	インターフェース温度	250℃
	イオン化方法	電子イオン化 (EI)
	イオン源温度	230℃
	質量範囲	m/z 29-350

3 結果及び考察

3.1 焼成米粉パンの揮発性成分

本研究で評価を行った米粉パンの外観を図 1 に、市販 A 米麴を使用した米粉パンのクラム及びクラストの GC/MS トータルイオンクロマトグラム (TIC) を図 2 に示した。2-メチルプロパノール（イソブタノール）、3-メチルブタノール（イソアミルアルコール）は、清酒にもみられる香り成分であり、酵母によるアルコール発酵により生成する⁶⁾。ジアセチルおよびアセトインはヨーグルトなどの乳製品でもみられる香り成分であり⁷⁾、これらの化合物が米麴パンのチーズ様の香りの一



図 1 米粉パンの外観

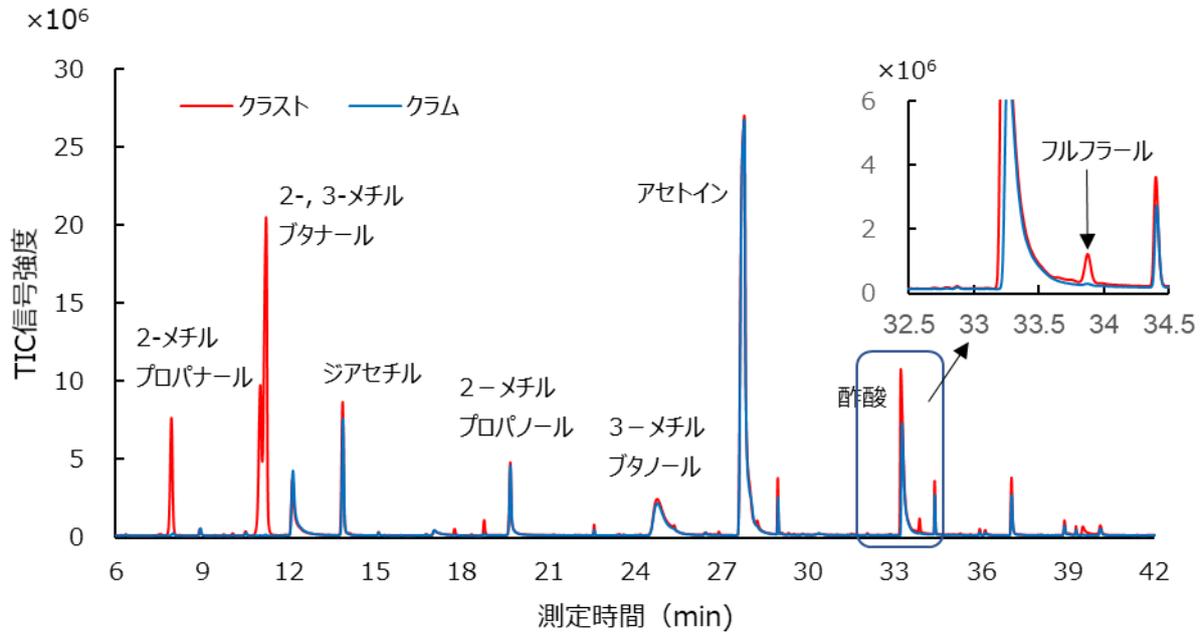


図2 米粉パンのGC/MS TICクロマトグラム

因となっていると考えられた。2-メチルプロパノール、2-メチルブタノール、3-メチルブタノールおよびフルフラールは、パンの焼成時に糖とアミノ酸の熱反応により生成する化合物である⁸⁾。特にフルフラールは、しょうゆを含むつゆ⁹⁾やみその加熱により生成する成分¹⁰⁾である。これらの化合物は、クラムよりも加熱の影響を直接受けるクラストにおいて検出されていた。

以上の結果から、(株)味輝の米麴パンで課題となっているみそ・しょうゆ様の風味についてはフルフラールを、またチーズ様の香りについてはジアセチルおよびアセトインを指標化合物として使用することとした。また、米麴パンの揮発性成分の比較には、クラムではなく加熱香气成分を豊富に含むクラストの測定を行うこととした。

3.2 米麴使用米粉パンの揮発性成分比較

(株)味輝では、米麴のロットの変更に伴い、米粉パンの香りが変化する場合があることが確認されている。そこで、市販米麴および(株)味輝のロットの異なる米麴を使用した米粉パンについて、GC/MSによる揮発性成分分析を実施し、前節で決定した指標化合物量を比較した。各成分の質量スペクトルで特徴的に観測されるターゲット

イオンに注目し、その面積値を比較した。結果を図3に示した。

チーズ様の風味の指標化合物であるジアセチルとアセトインは同様の傾向を示しており、市販米麴AおよびBで検出量が多く、市販C米麴パウダーで最小であった。(株)味輝の2種類の米麴はこれらの中間的な値であった。

一方、みそ・しょうゆ様の風味の指標であるフルフラールについては米麴間の違いが大きかったが、チーズ様の風味と同様に市販Aの米麴で生成量が大きく、市販Cの米麴パウダーで最小であった。これらのことから、米粉パンの製造に使用する米麴の選択により、チーズやみそ・しょうゆ様の風味の制御が可能である可能性が示唆された。

一方、(株)味輝で使用している米麴間での差異も大きく、麴のロット間における差も大きいことが確認された。

3.3 焼成条件の調整による風味の制御

みそ・しょうゆ様の風味の指標化合物であるフルフラールが食品の加熱工程で生成する化合物であることから、最終工程である米粉パンの焼成条件の調整により、この生成量を制御できるか検討した。

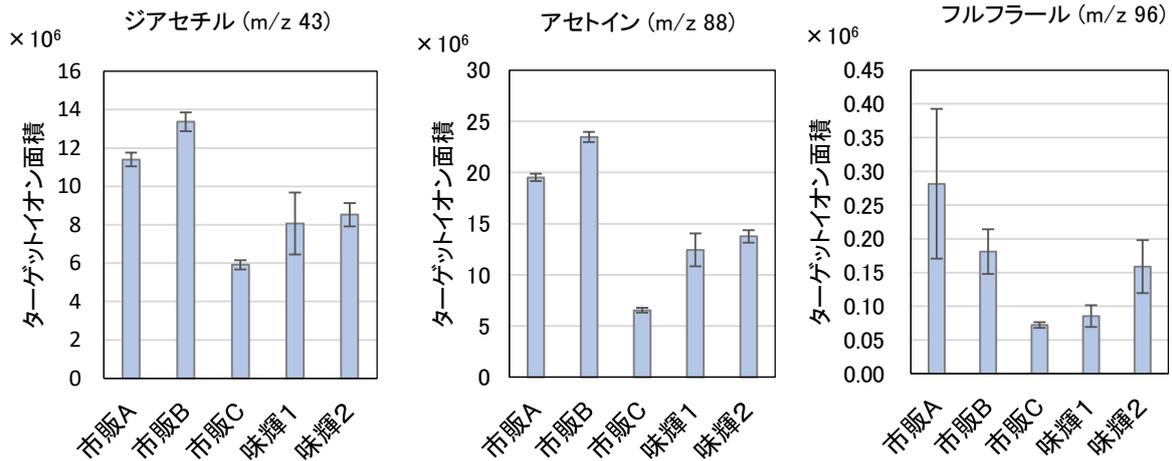


図3 米麴間での米粉パンの風味指標化合物量の比較

比較に用いたターゲットイオンを () 内に示した。誤差線は標準偏差 (n=5) を表す

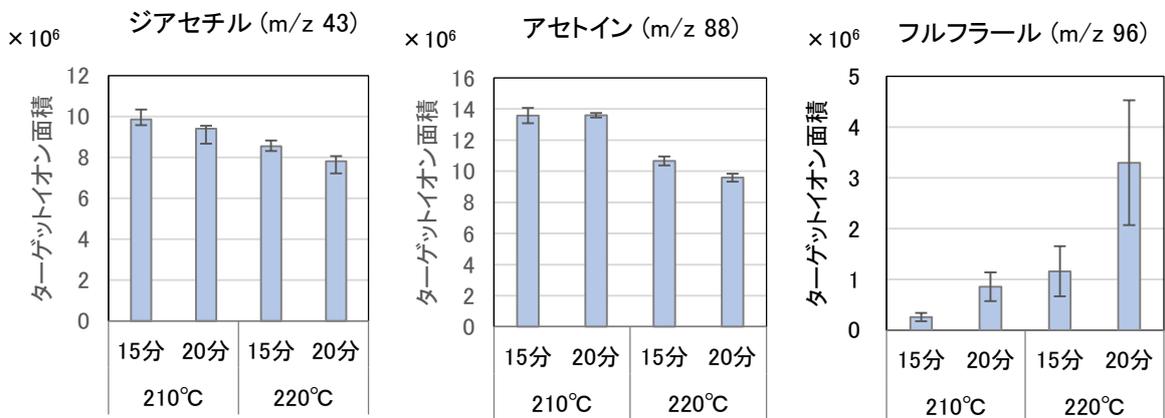


図4 米粉パンの焼成条件と風味指標化合物量

比較に用いたターゲットイオンを () 内に示した。誤差線は標準偏差 (n=5) を表す

市販 A 米麴を使用した米粉パンの製パンの際に、焼成時間を通常の 15 分から 20 分に、焼成温度を通常の 210°C から 220°C にした際の指標化合物生成量の変化を図 4 に示した。

チーズ様の風味の指標化合物であるジアセチルおよびアセトインの生成量は、焼成時間の延長および焼成温度の上昇に伴い、わずかに減少した。一方、みそ・しょうゆ様の風味の指標化合物であるフルフラールの生成量は、加熱時間の延長や焼成温度の上昇のいずれにおいても増加した。特に焼成温度の影響が顕著であった。

以上の結果から、チーズやみそ・しょうゆ様の

風味は、焼成条件の調整により制御が可能であり、特にみそ・しょうゆ様の風味についてはこの効果が非常に大きいことが確認された。

4 まとめ

米麴を利用した米粉パンの製パン技術の普及に向けた製品品質の安定化のため、課題となっているチーズやみそ・しょうゆ様の風味の制御技術について検討した。

風味制御のため、チーズ様の風味についてはジアセチルおよびアセトインを、みそ・しょうゆ様の風味についてはフルフラールを決定した。

市販米麴を含む5種類の米麴を使用した米粉パンの揮発性成分を比較したところ、米麴の選択によりこれらの指標化合物の生成量が異なることが確認された。また、みそ・しょうゆ様の風味については、焼成条件の調整により、その生成量が大きく変化することが確認された。これらのことから、米麴の選択や焼成条件の調整により、米粉パンの風味の制御が可能であると考えられた。

今後、米麴の選択に向けた酵素活性や酵素分解物の確認などの検討を行い、米麴を利用した米粉パンの製パン技術の普及に向けた品質安定化技術の検討を進めていく予定である。

謝 辞

本研究を進めるに当たり、客員研究員として御指導いただきました石川県立大学の本多准教授に感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 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，テクノシステム，2022，303
- 2) 奥西智哉：米粉パン研究の現状とこれから，日本調理学会誌，**48**，6(2015)385
- 3) Hatta E., Matsumoto K. and Honda Y.: Bacillolysin, papain, and subtilisin improve the quality of gluten-free rice bread, *J. Cereal Sci.*, **61** (2015) 41
- 4) 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
- 5) 原田雅典，海野まりえ，成澤朋之，常見崇史：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，埼玉県産業技術総合センター研究報告，**19**，(2021) 15
- 6) 小川治雄：日本酒の成分と香味，におい・かおり環境学会誌 **46**, 5 (2015) 330
- 7) 江本英司：乳酸菌が生み出す香気とその活用，日本乳酸菌学会誌，**24**, 2 (2013) 71
- 8) 奥村蒸司：メイラード反応とフレーバーの生成，日本醸造協会誌，**88**, 3 (1993) 178
- 9) 早瀬文孝，渡辺寛人：ツユの香気成分とコク寄与成分，日本醸造協会誌，**109**, 3 (2014) 161
- 10) 岩淵せつ子，佐藤光子，柴崎一雄：味噌の香気成分に関する研究，日食工誌，**24**, 2 (1977) 65