

V 米を用いたパン

1. はじめに

「21世紀新農政2008」では、「米を消費が減少している『ご飯』としてだけでなく、『米粉』としてパン、麺類等に活用する取組を本格化する」ことが明記されている。米利用の新たな可能性の追求により、我が国の貴重な食料生産装置であるとともに、国土保全、景観保持等の多面的な機能を有する水田の有効活用を図り、同時に世界的な気候変動あるいは経済構造の変化による穀物の需給ひっ迫と価格高騰に耐え得る国内における食料供給力の強化に取り組まれている。

米粉利用研究がターゲットとするところは、総熱量のおよそ1割を占めながら国内供給量が低い小麦粉の加工品分野である。パンはその多くを占めることから、パン用途としての米粉活用で自給率を向上し、米消費を拡大する取り組みが全国的に本格化している。

2. 米粉を製パン素材として用いる場合の課題点

1) タンパク質（グルテン）

米をパン材料として用いるときの最大の問題点は、米のタンパク質はグルテンを形成しないということである。小麦にはグルテニンとグリアジンという2種のタンパク質が多く含まれる¹⁾。グルテニンは弾力に富むが伸びにくい性質のタンパク質であり、パン焼きにおいてパン生地に安定性を与える。パン生地をこね上げる間に、タンパク質分子間でジスルフィド結合が3次元ネットワークを形成し、安定性が増強される。グリアジンは逆に、弾力は弱い粘着力が強く伸びやすい性質を持っている。水を加え生地を捏ねている間に、この異なる性質の蛋白質が結びつき、両方の性質（粘着性と弾性）を適度に兼ね備えたグルテンが生成され生地に粘りがでる（図1）²⁾。この粘りにより発酵時の気泡が捉えられパンの膨らみを維持す

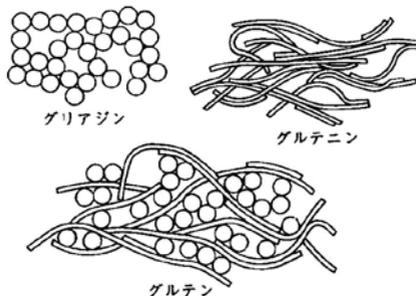


図1. グルテンのモデル図

る。小麦が粉体として利用されていることで、グルテンが形成されやすくなっている点もおもしろい。一方、米には残念ながらこの特性がないため、単純に米粉をパン材料に用いるとパンのふっくらとした膨らみを失う。膨らみはおいしさと直結しているため、品質が劣るパンと評価されてしまう。そこで、1) 主原料を小麦粉ベースにし、グルテン要因の影響がカバーできる低い米粉添加比率（20%程度）にとどめるか、あるいは2) 米粉ベースに新しくグルテンや増粘多糖類を添加し、生地に粘りを付与させることにより、品質の維持³⁾を図ることがなされている。

2) 粉砕方法の違いが生み出す特性の多様さ

米も小麦も植物の種子で、でん粉質を取り出して利用している。小麦は肉厚の外皮（ふすま；麦偏に皮）をできるだけ砕かないようにしながら、あたかも搔き取るかのごとく胚乳部を外皮から分離させ、小麦粉を得る。その際には剪断力と圧縮力により製粉するロール粉砕機が用いられる。一方、米は比較的軟らかい外層の糠をこすり落とすことにより、中心部の精白米を得る。米粉利用の場合は、この硬い粒状の精白米をさらに粉砕する必要があり、それには種々の異なる粉砕原理を用いた製粉機が用いられている。小麦製粉で用いられるロール粉砕のほか、高速回転するピンやハンマー等と米が一定の粒度以下まで衝突を繰り返すことによる衝撃式粉砕、あるいは高速で回転するブレードによって発生した気流中で米粒どうしを衝突させることによる渦流式気流粉砕等の方法が用いられる。加えて、原料米をそのまま粉砕機に投入する「乾式法」と、浸せきすることで予め水を十分に含ませる「湿式法」が、多様な粉砕方法をさらに複雑にする。特に「湿式法」は、浸せき時間、温度、単なる水ではなく酵素溶液を用いる等、多様な処理条件が穀粉メーカーのノウハウとなっていることも、単純に「米粉」とひとくくりにできない特性の多様さの原因である。

3) 品質評価指標

千差万別の米粉であるがゆえに、様々な特性がパン用途としての指標として有効かが評価されている。米粉の粒度⁴⁾、損傷澱粉率^{5,6)}、安息角^{4,6)}、濡れ特性⁴⁾、デンプンのアミロース含量⁷⁾、タンパク質含量^{7,8)}等である。これらの多くはパン比容積に関連付けられて評価されているが、試験に用いる各米粉特性の分布範囲が異なる、およびパン材料の配合および製法が統一されていないからか、相互に矛盾する結論や考察に至っている例もある。例えば、粒度と損傷澱粉率との負の相関が粒度の指標としての有効性をマスクしている、あるいは吸水量と正の相関をもつことが損傷澱粉率の生地硬さへの影響で相乗的に評価されている可能性もあることから、今後より精密な試験が期待される。

米粉パンの開発あるいは研究に携わっている各位の最終目標は、『「いい」米粉で、「上手に」作って、「おいしい」パンにする』ことであると思う。ここに評価

のポイントを置くにあたっての大きなヒントがある。つまり、1) 米粒を粉砕して米粉を製造する「一次加工」、2) 米粉から製パンを行う「二次加工」、3) 焼成されたパンについての「品質」の各特性評価をバランス良く行うことで最終目標に到達することが出来るのではないだろうか。現在は1)の米粉製造に関する開発が中心であるが、徐々に開発あるいは研究勢力の中心がシフトしてきている。ファリノグラフの最高粘度⁸⁾や比容積の最大値⁹⁾で加水量を選択するような二次加工性に着目した試験に期待する。それらの知見の整理が3)の品質研究につながると思われるからである。

3. 品種によるパン製造のちがい

米粉特性は粉砕方法によるところが大きいですが、国内には近年の育種成果による多様な米品種が開発されている。米粉利用促進のために解決すべき問題点のひとつとして生産コストの高さが挙げられる。多収穫米はそれを解決するための有効な手段であると考えられており、整粒割合が低いことがかえって製粉に有利であるような場合もある。粉質米も製粉性の良さから簡易な粉砕機での良質の米粉製造が期待できる^{10, 11)}。多収穫米についてもアミロース含量はパン品質の重要な指標で、低いとケービングが発生し、高いとパンが硬くなるので15-20%のアミロース含量が米粉パンに適している^{12, 13)}。またアミロペクチンの構造に起因する糊化温度が70度を超えるとパンの老化が顕著になる(図2)。例えば、「タカナリ」が適性品種のひとつとして挙げられる。



図2. 多収穫米の米粉パン

4. 地域活性化のための米利用パン

1) 玄米粉パン^{14, 15)}

玄米を長時間吸水させた後に粉砕することで、パン用途に向いている米粉が調整できる(図3)。この技術を用いることにより、未利用であった糠層を利用することによる収量増加だけでなく、栄養機能性が付与されることで他者との差別化が可能である。しかし、貯蔵安定性や通常米粉製造ラインとの切り替えが今後の検討課題であろう。アントシアニン等の色素成分は機能成分と同様、外層に多く存在するため、当面はこれらを利用した特色のあるパンで地域活性化が期待される。

2) ごはんパン

粉としての利用ではないが、炊飯米は製パン材料として非常に好適である。グルテン添加なしで比容積が維持され、食味もよいことが示された¹⁶⁾。パン素材として米に期待される「もちもち」「しっとり」といった特性が出やすいという特徴をもつ(図4)。また、粘る米飯がパンをよく膨らませる¹⁷⁾。これらの研究結果を反映した「ごはんパンコース」搭載のホームベーカリーがパナソニック(株)

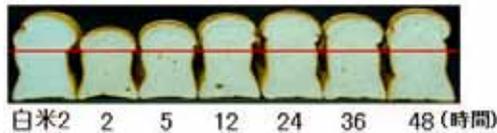


図3. 吸水時間と玄米粉パン適性

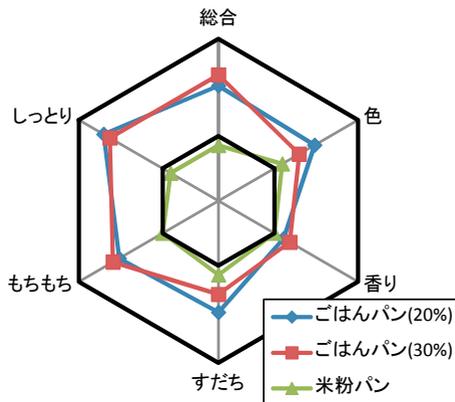


図4. ごはんパンの特徴

より 2011 年秋に発売された (図 5)。家庭には、炊いたごはんは常にあることから普及しやすいと思われる。

ごはんパンについてはリテールベーカリーからも注目されており、筆者も新潟県佐渡市の(有)中川製パン所 (図 6) や、長野県佐久市と信州大学のコンソーシアムに技術指導に赴いた。その他にも、岩手県一戸町の一野辺製パン(株)もごはんパンシリーズを販売するなど地域に根差している。大手製パンでは敷島製パン(株)が月 100 本限定で通信販売している米粉入り食パンにもごはんが入っており、お米独特の甘みと粘りが感じられる食パンになっている。

炊飯米の好製パン性は可能性が色々あると思う。今後やっていきたいこととしては、国産率あるいは地産率を上げていくような方向性を出すことである。国産小麦粉の製パン性が劣る部分を補助したり、グルテン入り米粉パンのグルテン使



図 5. 「ごはんパン」コース搭載ホームベーカリー



図 6. 小規模ベーカリーによるごはんパン製造

用割合を減らしたり、地域特有の食材を副資材として用いた特色のあるパンの開発であったりする。

また、ごはんパンの特徴の甘みやしっとり感により砂糖あるいは油脂量を減らすことも可能であり、カロリー計算の面から、学校給食あるいは病院給食の献立の幅が広がるかもしれない。

5. 大規模製造

平成 21 年度から 2 年間行われた農林水産省プロジェクト研究「米粉利用を加速化する基盤技術の開発」において米粉の品質管理に利用できる品質評価指標や広域流通に適した米粉パン製造技術開発が行われた。このプロジェクト研究の大規模製パン技術の開発課題を山崎製パン(株)に参画・担当してもらった。

大規模製パンラインで米粉パンを製造する場合、前述した米粉が持つ課題のほかに、1) 機械耐性、2) 生地安定性について考慮する必要がある。捏ねあがった生地は、デバイダーによる分割、ラウンダーによる丸めを経た後、延伸機で薄く延ばされ、カール状に成形したものを折りたたみ、発酵および焼成へと進む。高度に機械化された工程の連続で生地への負担は非常に大きい。小規模生産でも同様の機器を用いることはあるが、処々に手作業が入り、生産技術者のテクニックで生地への負担を軽減することは可能である。米粉を使用した生地は小麦粉単独の生地と比べ、弾力がなく弱々しくなる。ファリノグラフでもチャートに描かれる線の幅が小麦粉はしっかり太いのに対して、2タイプの米粉パン材料ではいずれも細い線幅にしかっていない(図7)。ライン試験でも生地が機械にべったりと貼りつき緊急停止に追い込まれるような場合があった。

機械製パンの負担に耐えるために、米粉生地に不足グルテンを補ったところ、違う問題が生じた。生地の安定性についてである。生地を捏ねる段階はバッチで行うが、デバイダーでの分割以降、袋詰めまで連続流れ作業になる。つまり、デバイダーで分割された最初の生地と最後まで残る生地にはタイムラグが生じ、それが 20 分にもなることがある。その間、生地の性質は不変ではなく、時間と

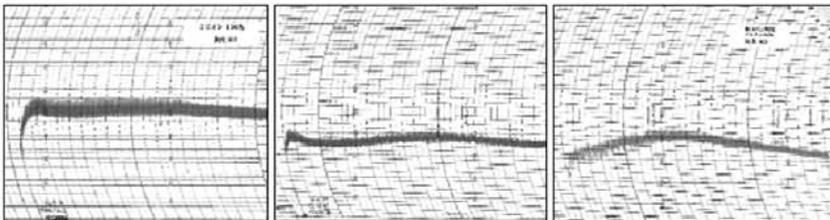


図7. 各種製パン材料のファリノグラフ

左から小麦粉、米粉入り小麦粉、米粉グルテンミックス粉



図 8. 大規模製パンラインで製造された米粉パン

ともに伸展度の減少と抗張力の増大の傾向を示す¹⁸⁾。現場では「生地が締まる」という表現であったが、グルテン追補により「締まる」程度がより強くなった。

フロアタイム延長による生地物性の変化の抑制¹⁹⁾を期待して、グルテン構成タンパク質のうち粘性を示すグリアジン画分(アサマ化成(株))を用いたところ、非常に有効であり、米粉50%入りパンを大規模製パンラインで製造することが可能になった(図8)。

6. 業界に向けた情報発信

1) 農業界に向けての情報発信

米には様々な特性を持った品種がある。また、同時に品種特性を評価する指標も多い。例えば、デンプン中のアミロース含量や、タンパク質含量といった成分割合であったり、炊飯米の硬さや粘りといった物理特性が評価指標として用いられている。「ごはんパン」の膨らみに対して米品種がどのような挙動を示すかは、品種特性指標で説明できる(図9)。成分指標ではアミロース含量が負の相関、炊飯米物性では粘りが正の相関をそれぞれ高い相関係数とともに示した¹⁷⁾。つまり、柔らかく粘る米飯になる低アミロース品種ほどパンを膨らませることができる。ごはんの粘りが漏出ガス量を抑えることでパンの膨らみにつながっていると推察される(図10)。同じ品種でも炊飯方法やその加減によって、炊飯米の特性は変わる。その影響も含め、ごはんの特性とパンの品質の関係をより詳細に明らかにし、適正な製造法を示していく必要がある。

2) パン業界に向けての情報発信

パン生地を機械で作成するとき、まず油脂以外の材料を入れ、低速および高速ミキシング操作を行う。油脂を投入後、低速、中速および高速ミキシングを行

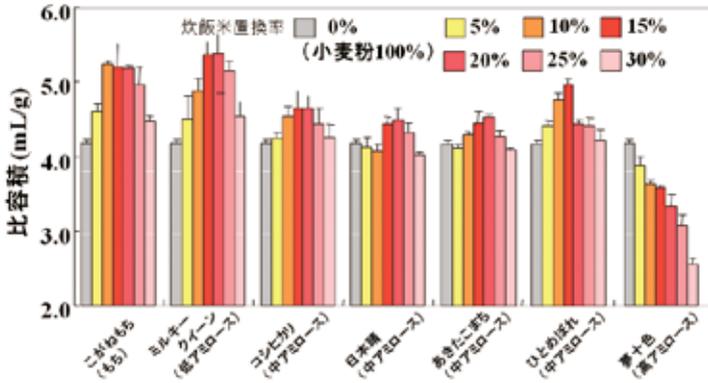


図 9. 米品種別のパンの膨らみ

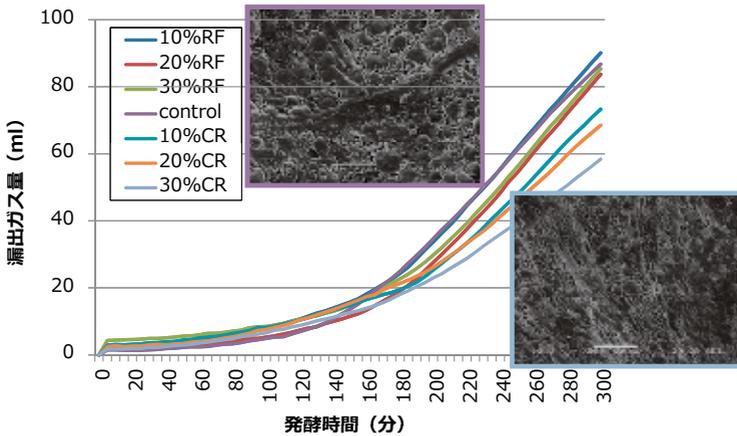


図 10. 発酵中パン生地からの漏出ガス量

い、生地形成を完成させる。油脂前の低速ミキシングでは水を含めた材料の混和が重要であり、筆者は飯粒がよくすり混ざっていることが重要であると提唱している。ごはんの割合が多くなるほど生地にとまるまでの時間（青い部分）が長いですが、すり混ざるまでの時間（赤い部分）は短くなり、小麦粉（0%）の場合に比べて、少し長い低速ミキシングを行う。その後の中速ミキシングは小麦粉に比べかなり短くてよい。油脂と生地をなじませる油脂後低速ミキシング工程では、小麦粉生地では油脂と均一になり、さらになじませる余裕（赤い部分）があるが、ごはんの割合が多くなると徐々にその余裕はなくなる。油脂後中速・高速では生

地を鍛えることは考える必要がなく、ごはん割合が多くなると高速ミキシングは行わなくてもよくなる（図 11）。

各種パン（図 12）に関しては、新潟県佐渡市の（有）中川製パンは地元のスーパー等に各種パンを卸している。「ごはんパン」は地元高校で販売されているとのことである。また、長野県佐久市は特産品開発を信州大学と行っているが、筆者はこの一部を手伝わせていただいた。地元パン業者の数社に技術指導を行っ

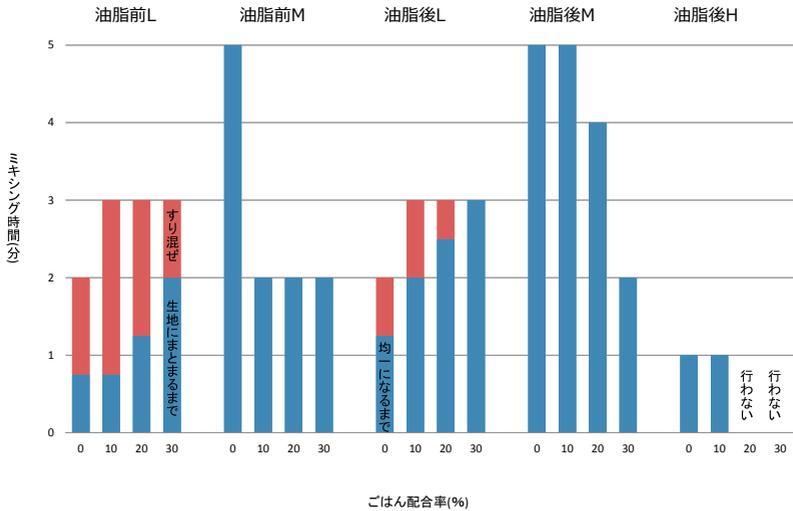


図 11. パン製造条件の提案



図 12. 各種ごはんパン例

た。この他にも、岩手一戸町の一野辺製パン株式会社も独自に「ごはんパン」を販売されているが、筆者も何度か意見交換を行った。

3) 食品関連業界に向けての情報発信

産業用あるいは家庭用において食品関連の機器が増えている。機器メーカーがデバイス開発するにあたり、食品素材としての特性挙動は非常に重要である。近年、家庭で簡単にパンを作るためにホームベーカリーが注目されている。前述のようにパナソニック株式会社は業界に先駆け「ごはんパンコース」搭載の機器を発売したが、研究成果が参考にされた。

7. おわりに

米粉パンはパンそのものの課題がまだ残っている段階である。その点で2. 3) で述べたようなバランスのとれた研究開発が必要である。同時に、米粉パンとしての独自の価値を確立するために、米粉パン特有の品質評価を行い、そのような特徴が際立つような加工法、米粉の選択が求められている。走ればたまに転ぶ幼児に、アスリートとしての走りも同時に教えるようなものであるので、例えば、製パン改良材の観点からみた加工法の提案なども必要かもしれない。

2011年6月筆者は台湾において1週間の講演旅行を行った。中華民国建国100周年事業で台湾政府から招聘されたのだが、食生活の変化により国内生産可能な米の需要が減っており国土保全や自給率の向上を目指すために米粉として利用を考える、とどこかで聞いたような冒頭のあいさつを台湾政府関係者が行っていた。その前年、韓国での国際シンポジウムに招かれた時も、韓国政府関係者は全く同じ話を展開していた。日本農業が米粉利用で光明を見出すだけでなく、それが隣国まで照らすことになれば幸いである。

(食品素材科学研究領域 穀類利用ユニット 奥西 智哉)

参考文献

- 1) 遠藤繁 分担執筆：「小麦の科学」, 朝倉書店, P91-97 (1995)
- 2) Heubner FR : Baker's Dig, 51, 25 (1977)
- 3) 小河拓也, 田畑広之進, 井上喜正 : 兵庫農技総セ報, 51, 25-28 (2003)
- 4) 宍戸功一, 江川和徳 : 新潟食研報, 27, 21-28 (1992)
- 5) Araki E, Ikeda T, Ashida M, Takata K, Yanaka M, Iida S : Food Sci Tech Res, 15, 439-448 (2009)
- 6) 与座宏一, 松木順子, 岡留博司, 岡部繭子, 鈴木啓太郎, 奥西智哉, 北村義明, 堀金彰, 山田純代, 松倉潮 : 食研報, 74, 37-44 (2010)
- 7) 高橋誠, 本間紀之, 諸橋敬子, 中村幸一, 鈴木保宏 : 食科工, 56, 394-402 (2009)

- 8) 川越靖, 恩田弥生, 高星千恵美, 熊丸敏博, 佐藤光: 特開 2009-213370
- 9) 高橋克嘉, 奥西智哉, 鈴木啓太郎, 柚木崎千鶴子: 食科工, 58, 55-61 (2011)
- 10) Ashida K, Iida S, Yasui T: Cereal Chem, 86, 225-231 (2009)
- 11) Ashida K, Araki E, Iida S, Yasui T: Food Sci Tech Res, 16, 305-312 (2010)
- 12) 青木法明, 梅本貴之, 鈴木保宏: 食科工, 57, 107-113 (2010)
- 13) 青木法明, 濱田茂樹, 鈴木保宏, 佐藤徹: 農研機構 2010 年度成果情報
- 14) 濱田茂樹, 鈴木保宏: 特開 2012-10660
- 15) Hamada S *et. al*: Food Sci Tech Res, 18, 25-30 (2012)
- 16) 奥西智哉: 食科工, 56, 424-428 (2009)
- 17) Iwashita K, Suzuki K, Miyashita K, Okunishi T: Food Sci Tech Res, 17, 121-128 (2011)
- 18) 松本博, 団野源一 分担執筆: 「製パンプロセスの科学」, 光琳, P77-78 (1991)
- 19) 新井千秋, 丹下幹子, 廣瀬理恵子, 宮森清勝, 鈴木実, 山口聡, 飛田美菜, 野口智弘, 菊池修平, 高野克己: 食科工 58 回大会講演集, 63 (2011)