

サワー種製パン(1) ～ FODMAP の低下に期待 ～

過敏性腸症候群(IBS)とFODMAP(フォドマップ)の関係

食品の FODMAPs(複数の FODMAP を含む)は過敏性腸症候群(IBS)の人にとって、お腹の痛みや調子が悪いというような症状を発症させます。発症の程度には個人差がありますが、具体的には小腸に過剰な水分を呼び込んで下痢になる人もいれば、FODMAP が未消化のまま大腸に送られて腸内細菌による発酵代謝によってガスが発生し、腹部膨満感や腹痛などの症状を起こす人もいます。また、大腸に腫瘍や炎症などの病気がないにも関わらず、お腹の不調と関連して便秘や下痢などのお通じの異常(排便回数や便の形の異常)が数ヵ月以上続くような場合は、過敏性腸症候群が疑われます。

一方、過敏性腸症候群は診断が困難で、発症者は一般に広まっている情報を頼りに自己診断し、何らかの食事制限を行うケースが散見されます。これが欧米などでは過敏性腸症候群の患者がグルテンフリー(小麦フリー)食品を選択する一因となっていることもあり、グルテンフリー食や低 FODMAP 食を続けた結果、食物繊維不足に陥り、二次的な栄養障害になるというケースも見受けられます。

FODMAP とは

FODMAP とは、 F (Fermentable /発酵性)、 O (Oligosaccharides /オリゴ糖)、 D (Disaccharides /二糖類)、 M (Monosaccharides /単糖類)、 A (and)、 P (Polyols /糖アルコール類) の頭文字をとって名付けられた略称で、小腸では吸収されにくい **短鎖炭水化物** のことを指します。

表1 FODMAP を比較的多く含む食品の一例

FODMAP(分類)	成分	多く含む食品の一例
フルクトオリゴ糖(FO)	フルクタン	小麦、ライ麦、大麦、タマネギ、ニンニク
ガラクトオリゴ糖(FO)	ガラクタン	大豆、エンドウ豆
二糖類(D)	乳糖	牛乳
単糖(M)	果糖	リンゴ、洋梨、スイカ、マンゴー、アスパラガス、スナックエンドウ、蜂蜜
糖アルコール(P)	ソルビトールなど (後述のマンニトールも含む)	リンゴ、洋梨、アボカド、桃、プラム、スイカ、サツマイモ、マッシュルーム、カリフラワー

低 FODMAP 化のためのサワー種製パンの可能性

特定の FODMAP を発酵代謝する乳酸菌や酵母を使ってサワー種を調製し、そのサワー種を全粒粉パンなど(長時間発酵製法)の製造に利用すると、食物繊維の含有量に影響を与えることなく、パン中の FODMAP 含有量を著しく減らすことができます。

腸内細菌の大腸菌や乳酸菌、酪酸菌、ビフィズス菌は、オリゴ糖などを取り込んで代謝します。その発酵代謝の結果、ガスが発生したりして、そのガス圧に対して感受性の高い人は腹部に不快を感じるのですから、逆に人が摂取する前に乳酸菌の発酵代謝に頼るサワー種発酵によって、事前にFODMAPを減らせる可能性があるということは容易に類推できます。

今回、引用した文献では、従来のサワー種におけるFODMAPの代謝を概説し、低FODMAPサワードウブレッドの開発を可能にするフルクタンおよびマンニトール(糖アルコールの一種)代謝に関連するこれらの消失について概説しています。

また、低FODMAP&高繊維のライ麦粉サワードウブレッドについて、腸の発酵および消化管症状への影響についてテストした臨床研究でも、非常に有望な結果を得ています。サワー種のパン製造プロセスは、IBS患者向けの繊維が豊富な低FODMAPベーカリー製品を開発する手段を提供し、それにより食物繊維の摂取量を増やすのに役立つという結果です。

サワー種製パン中のFODMAPの変化

小麦やライ麦に含まれる糖類は僅かです。そのうち主要なオリゴ糖は、ショ糖とラフィノース、フルクタンです。これらに加えて小麦粉やライ麦粉に含まれるアミラーゼ類によって、損傷澱粉から麦芽糖(僅かにブドウ糖も)を遊離させます。これら以外の非デンプン多糖は、アラビノキシランなどの食物繊維と微量のペクチンが含まれます。

これらに酵母や乳酸菌が介在するパン生地中では、フルクタンは酵母に存在するインベルターゼにより、部分的に分解されます。しかし、サワー種発酵させた場合、乳酸菌の種類によってはマンニトール(糖アルコール)に部分的に変換(代謝)されます。このマンニトールは腸内微生物叢によって急速に発酵されるポリオールです。したがって、正確なFODMAP定量化のために、サワードウパンのマンニトールレベルも測定する必要があります。

サワー種製パンの色々

製パン法におけるストレート法では、生地は主として酵母で発酵され、2時間以下の後に発酵が達成されます。これに対してサワー種使用製パンでは、酵母以外に乳酸菌が併用されることとなり、製パン工程では一部の穀粉がサワー種の発酵により、長期間発酵されることとなります。そのサワー種をタイプ別に示します。

I型サワー種(スターターから起こす伝統的なサワー種)は、伝統的にパン製造における唯一の膨張剤として使用されてきました。I型サワー種製パンは十分な代謝活性と発酵能力を確保するために、生地を混合する前に、スターターを1~3回の発酵ステップで増殖させます。そしてI型サワー種の酵母では、一般に *Kazachstania humilis*、*Candida milleri*、*Saccharomyces cerevisiae* または *S. exiguus* が含まれます。乳酸菌では *Lactobacillus sanfranciscensis*、*L. brevis*、*L. plantarum* など、多様な乳酸菌が世界中のサワー種から検出されています。

一方、近代化されたサワー種製パンでは、一般に酵母(圧搾あるいは乾燥タイプ)以外に、I型サワー種や**II型サワー種**(大量培養される発酵済みサワー種)も使用されます。近代化されたサワー種製パンにおけるサワー種発酵は、製パン性の改善と品質向上の目的で使用されます。発酵条件は目的に応じて多様で、生産現場固有の条件で調製されます。

これら以外のケースでサワー種がベーカリーで使用される場合、これらサワー種は品質と物流状の安定化の目的で殺菌処理や、乾燥化によって微生物が不活性している場合もあります。これらはⅢ型サワー種として区別され、ベーカリーでは不活性化サワー種と酵母を生地に練り込んで製パンされます。

低 FODMAP パン製造の可能性

I型とII型のサワー種微生物叢には、一般に、フルクトースをマンニトールに変換するヘテロ発酵性乳酸菌が含まれます(図1)。

したがって、低 FODMAP の製品を得るには、マンニトール発酵性乳酸菌も必要となります。マンニトール分解能は *L.delbrueckii*, *L.casei*, *L.plantarum* などのホモ型発酵乳酸菌(通性ヘテロ型も含む)に存在することが知られています。

そしてホモ型発酵乳酸菌のマンニトール代謝はブドウ糖によって抑制されるため、ブドウ糖の消費にヘテロ型乳酸菌の共存が必要になる可能性が高いといわれています。

さらに引用文献の最後に低 FODMAP ライ麦パンを使用した臨床試験の結果が示されています。

結果は低 FODMAP ライ麦パンが、胃腸症状と腸内発酵で生成されるガス生成の程度に影響し、その優位性が示されています。

注目すべきは、FODMAPレベルが3分の1に低下しただけにもかかわらずパンは高い食物繊維含有量(10 g / 100 g)を保持していたという点です。

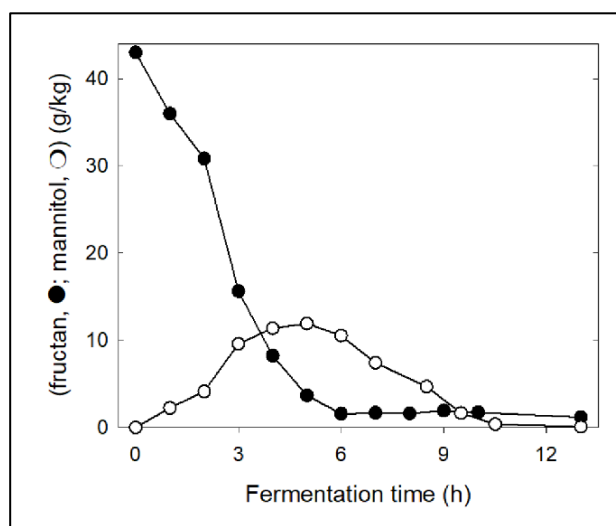


図1 サワー種発酵によるマンニトールの減少

結論と今後の方向性

伝統的なサワー種製パンは、穀粉の FODMAP を減らします。ただし、FODMAP の減少の程度は、発酵微生物菌叢、発酵プロセス、穀物原料、および最終パン生地へのサワー種の配合量に依存します。

まず、低 FODMAP パンの製造には、細胞外フルクタン分解酵素活性が必要です。その酵素活性を持つ乳酸菌や、同様の酵素反応を行うインベルターゼ活性を持つ酵母の使用によりパンの FODMAP 含量が低くなります。

さらにマンニトール分解能をもつ乳酸菌の共存下において、サワー種中の FODMAP は極めてゼロに近づきます。そして、得られた製品は過敏性腸症候群の患者の症状を緩和することができます。

特に、全粒粉など高灰分粉を用いた低 FODMAP パンは穀物からの食物繊維の摂取量の増加に寄与し、患者の栄養面の改善に極めて有効です。

[参考文献](#)

Jussi Loponen and Michael G. Gänzle ; Foods 2018, 7, 96; doi:10.3390/foods7070096

2020 年 4 月