

令和 2 年 5 月 21 日現在

機関番号：23803

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K00822

研究課題名(和文) グルテンフリー米粉パンの物性を制御するオリゴ糖と酵素併用効果の解明

研究課題名(英文) Effects of combined use of oligosaccharides and enzymes to control the physical properties of gluten-free rice bread

研究代表者

伊藤 聖子 (Ito, Seiko)

静岡県立大学・食品栄養科学部・助教

研究者番号：70466506

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、保存中の硬化が著しいグルテンフリー米粉パンの品質向上を目的として、焼成後のパンに残存して保水効果を維持する可能性の高いオリゴ糖の添加と、糖質分解酵素の併用効果について検討した。パンの副材料の砂糖の一部をマルトオリゴ糖またはイソマルトオリゴ糖で置換すると、製パン性は改善することが示されたが、ペクチナーゼを併用すると適度にバターの粘度が高まり、比容積はさらに向上することが明らかとなった。また、マルトオリゴ糖とペクチナーゼの併用は、保存による糊化度の低下が抑制され、テクスチャーの改善効果が高いことが示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

近年増加している小麦アレルギー患者のQOL向上のため、グルテンフリー米粉パンの需要は高まっている。しかし、米粉を小麦粉の代替として製パンするには、パンの製法と品質に関する課題が多い。特に、米粉パンはパンの硬化が速く、テクスチャーの改変には至っていなかった。本研究のオリゴ糖と酵素の併用によって、グルテンフリー米粉パンの硬化が制御できる可能性が示され、米粉パンの普及拡大への意義は大きい。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study is to investigate combinations of oligosaccharides and enzymes that can improve the quality of gluten-free rice bread by significantly slowing hardening during storage. We found that the bread properties were improved by substituting some of the sucrose content with maltooligosaccharide or isomaltooligosaccharide. Furthermore, it was shown that the combined use of pectinase appropriately increased the viscosity of batter and improved the specific volume. It was suggested that the combined use of maltooligosaccharide and pectinase suppresses the decrease in the degree of gelatinization due to storage and thereby significantly improves texture.

研究分野：調理科学

キーワード：米粉パン グルテンフリー オリゴ糖 糖質分解酵素

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

(1) 我が国の基幹作物である米の用途開発と消費拡大は、食料自給率を格段に向上させるために重要である。また、小麦粉の価格高騰によるパンや麺の販売価格が値上げしている現状や、近年増加している小麦アレルギー患者の QOL 向上のため、米粉パンへの需要は今後も拡大すると考えられる。しかし、米粉を小麦粉の代替として製パンするには、パンの製法と品質に関する課題が非常に多い。

(2) 米粉パンは、しっとりモチモチした食感が特徴である一方で、パンの硬化が速いのが最大の欠点である。特にグルテンフリー米粉パンの場合、硬化の速度は著しく速く、保存性に大きな課題があり、需要があるにもかかわらず流通の問題点から広く普及していないのが現状である。

2. 研究の目的

パンの硬化は、保存中におこる澱粉の構造変化が要因の一つと考えられており、アミラーゼ添加によるテクスチャーの改善や、オリゴ糖添加による保水性の保持等が報告されている。しかし、アミラーゼ以外の糖質分解酵素の影響や、オリゴ糖との併用効果については不明な点が多い。

本研究では、グルテンフリー米粉パンの品質向上を目的に、発酵基質として作用するだけでなく、焼成後のパンに残存して保水効果を維持する可能性の高いオリゴ糖の添加と、澱粉やオリゴ糖側鎖に作用する糖質分解酵素の併用効果について検討した。

3. 研究の方法

(1) オリゴ糖および酵素添加パンの製パン性評価

オリゴ糖試料は、市販のマルトオリゴ糖 (MO) およびイソマルトオリゴ糖 (IMO) を、糖質分解酵素は市販の -アミラーゼ (AB: Biozyme A, AK: Kleistase T10S) および -アミラーゼ (BL: -amylase L/R, BS: -amylase 1500S)、ペクチナーゼ (PE: Cellulosin PE60)、キシラナーゼ (HC: Cellulosin HC)、セルラーゼ (C3S: Cellulase "ONOZUKA" 3S, YNC: Cellulase YNC, CA3: Cellulase A "Amano" 3) の粗酵素標品を用いた。

グルテンフリー米粉パンは、米粉、水、砂糖、食塩、オリーブオイル、ドライイーストを基本材料とし、オリゴ糖および酵素無添加のパンをコントロールとした。オリゴ糖置換パンは、砂糖の一部を各オリゴ糖で置換し、各酵素添加の有無による比較を行った。予備実験の結果から、酵素の添加量は米粉の 0.01% とし、ドライイーストと同時に添加して生地を調製、マフィン型で各パンを焼成した。製パン性は、パンの内相と比容積、焼成後 1 日および 2 日間保存したクラムのテクスチャー解析から評価した。

(2) バッター特性と糊化度がテクスチャーに及ぼす影響

バター生地を用いて、発酵試験および粘度測定を行った。発酵試験は、既報 (日本調理科学会誌, Vol. 49(3), 208-215, 2016) の方法を基に、バター 40 g を 200 mL 容のトルビーカーに入れ、38 °C のインキュベーター内で発酵させ、発酵開始から 10 分毎に 120 分経過までの体積膨化率を求めた。バター粘度は、コーンプレート型回転式粘度計 (HAAKE, Viscotester 550) で測定し、得られた流動曲線からみかけの粘度を比較した。

また、焼成後 1 日および 2 日間保存したクラムの糊化度をグルコアミラーゼ法で測定した。

4. 研究成果

(1) オリゴ糖および酵素添加パンの製パン性評価

マルトオリゴ糖およびイソマルトオリゴ糖を用い、アミラーゼ系の他、ペクチナーゼおよびヘミセルラーゼ系酵素との併用による膨化試験とテクスチャー解析を行った。その結果、各オリゴ糖置換によって製パン性は向上し、酵素を添加することでさらに比容積が大きく、保存による硬さの変化も小さくなる傾向が示された。しかし、焼成中に気泡が合一し、クラムに空洞が生じやすいオリゴ糖と酵素の組合せがあることも明らかとなった。

-アミラーゼ (AB, AK) の添加は、オリゴ糖の有無に関わらず、比容積がコントロールより小さく、テクスチャーの改善傾向もみられなかった。AK 添加はいずれもクラムに大きな空洞が生じ、テクスチャー測定試料の採取ができなかった。一方、-アミラーゼ (BL, BS) の添加は、

-アミラーゼと異なり、比容積がコントロールより大きくなる傾向が示された。しかし、クラムのテクスチャーへの影響は BL と BS 添加では異なり、BL 添加はオリゴ糖と併用することで保存 2 日後のクラムがかたくなったが、BS 添加はイソマルトオリゴ糖との併用でコントロールよりやわらかくなることがわかった。

また、ペクチナーゼおよびヘミセルラーゼ系酵素と各オリゴ糖との併用によって、いずれも比容積はコントロールより大きくなる傾向が示された。しかし、保存によるテクスチャーの変化は酵素によって大きく異なった。PE 添加は、マルトオリゴ糖置換パンの比容積がコントロールより有意に大きくなり、クラムも有意にやわらかくなった。セルロシン HC 添加は、クラムのきめが細かく、マルトオリゴ糖よりイソマルトオリゴ糖との併用によってクラムがやわらかくなる傾向があった。セルラーゼ系酵素は、C3S 添加パンは比容積もコントロールより有意に大きく、クラムもやわらかくなったが、YNC および CA3 の添加はマルトオリゴ糖と併用することで、酵素添加のみの場合よりもクラムがかたくなることが明らかになった。それに対して、イ

ソマルトオリゴ糖と YNC および CA3 添加を併用した場合は、酵素添加のみのパンよりやわらかくなることがわかったが、HC および PE 添加パンよりクラムのきめが粗くなることも示された。

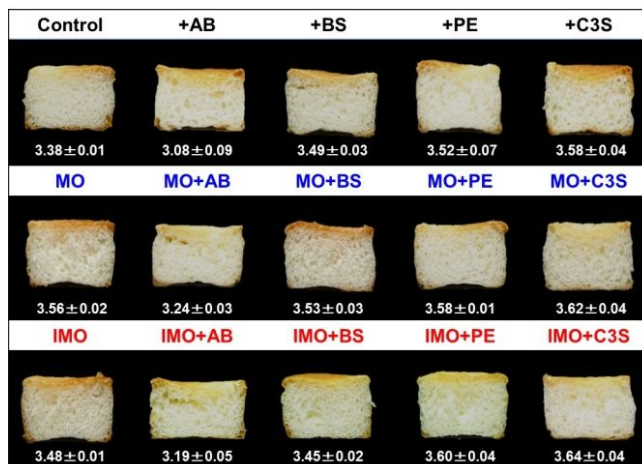


図 1. 各パンの内相と比容積

以上のことから、アミラーゼ系およびヘミセルラーゼ系の酵素との併用効果が高いと考えられた各パンの内相と比容積を図 1 にまとめた。グルテンフリー米粉パンへのオリゴ糖 (MO および IMO) 置換と、AB 以外の BS、PE および C3S 添加によって、比容積が向上することが明らかとなった。また、各オリゴ糖と酵素を併用すると、酵素のみを添加した場合よりいずれも比容積は大きくなることが示唆された。しかし、本試験の条件では、アミラーゼの添加はオリゴ糖置換によって改善される膨化を阻害する傾向があり、グルテンフリー米粉パンの製パン性向上に寄与しないことが明らかとなった。

図 1 にまとめたオリゴ糖と酵素併用パンについて、保存によるクラムのテクスチャーの変化を図 2 にまとめた。保存 1 日後のクラムのかたさは、いずれのパンもコントロールとほぼ同程度の値が示されたが、2 日後になると AB 併用パンはコントロールより硬くなる傾向が示された。BS、PE および C3S を併用したパンは、コントロールよりクラムがやわらかくなり、特に、ペクチナーゼの PE とマルトオリゴ糖 (MO) を併用することで、テクスチャーが改善されることが明らかとなった。

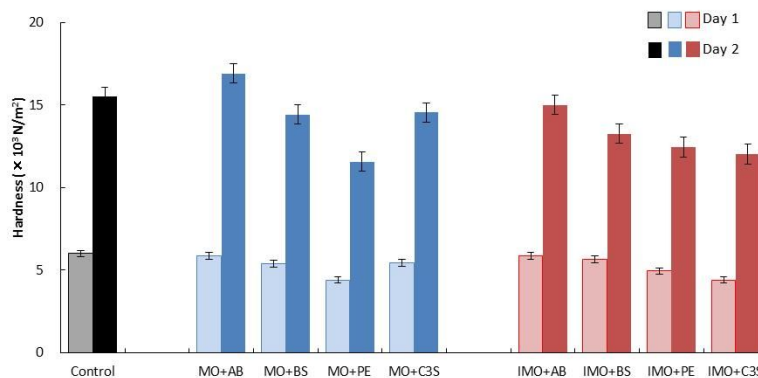


図 2. クラムのテクスチャー変化

(2) バッター特性と糊化度がテクスチャーに及ぼす影響

テクスチャーに及ぼすバター生地の特性を検討するため、生地の発酵試験と粘度測定を行った。発酵試験の結果、ペクチナーゼの PE 添加は、オリゴ糖の有無に関わらず、バター生地の膨化を促進する傾向が確認された。さらに、マルトオリゴ糖 (MO) およびイソマルトオリゴ糖 (IMO) と PE を併用すると、製パン工程の焼成直前にあたる 80 分間発酵させた生地の増加率が他のバター生地より大きくなり、コントロールより生地の伸展性が高くなる様子が観察された。

バター粘度を測定した結果、アミラーゼの AB および BS を添加した生地は、コントロールと比べて、みかけの粘度が低下する傾向があり、イソマルトオリゴ糖との併用で有意に低下することも分かった。一方、PE 添加生地はコントロールより粘度が高くなる傾向があり、AB および BS 添加生地より有意に高くなることが分かった。図 3 に、各オリゴ糖と PE の添加の有無による、みかけのバター粘度の違いと生地の発酵試験の結果をまとめた。これより、オリゴ糖の置換だけでもバターのみかけの粘度が高くなり、マルトオリゴ糖よりイソマルトオリゴ糖を置換した生地の粘度が高いことがわかった。しかし、PE を併用すると、オリゴ糖無置換の場合とマルトオリゴ糖置換で生地粘度はさらに高まるが、イソマルトオリゴ糖置換と併用すると、

生地粘度が若干低下する傾向になることもわかった。

生地粘度と発酵中の生地体積の増加は、パンの膨化に関係することが報告されているが、本研究の結果からも、コントロールより生地粘度が高い方が、膨化改善に寄与することが示唆された。しかし、クラムのテクスチャー改善と生地粘度の関係において、明らかな相関は得られなかった。そこで、各オリゴ糖とPE併用パンの糊化度を測定し、保存によるテクスチャー変化と糊化度の関係について検討した。その結果、1日保存後のパンの糊化度は、コントロールが約57%であったのに対し、オリゴ糖(MOおよびIMO)置換パンはいずれも約62%となり、PE併用時も同程度であることがわかった。しかし、2日保存後のパンの糊化度は、コントロールが49%に低下したのに対し、オリゴ糖置換パンはいずれも約52%とコントロールより高く、PE併用パンは約55%とさらに糊化度が保持される傾向が示された。

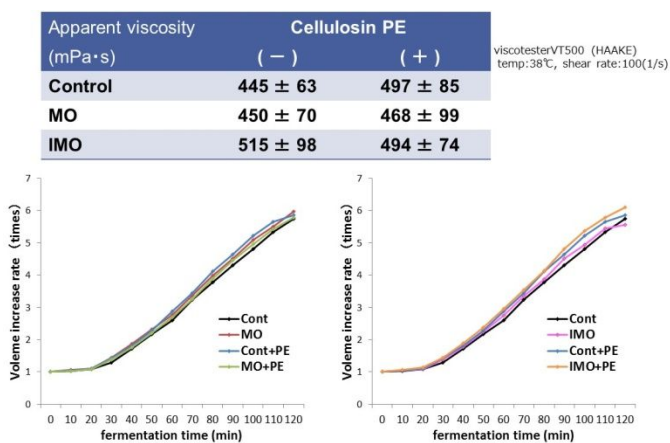


図3. オリゴ糖およびPE併用生地の特性

以上のことから、マルトオリゴ糖およびイソマルトオリゴ糖置換によってグルテンフリー米粉パンの製パン性は改善されるが、ペクチナーゼのPEを併用すると、適度にバツター粘度を高め、生地に伸展性を付与することで比容積がさらに向上することが明らかとなった。そして、マルトオリゴ糖とPEとの併用は、保存による糊化度の低下が抑制され、テクスチャーの改善効果が示唆された。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 加藤愛梨・伊藤聖子・新井映子
2. 発表標題 オリゴ糖と酵素の併用によるグルテンフリー米粉パンの品質向上
3. 学会等名 日本応用糖質科学会中部支部石川講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 伊藤聖子・加藤愛梨・新井映子
2. 発表標題 グルテンフリー米粉パンの製パン性に及ぼすオリゴ糖と酵素の併用効果
3. 学会等名 日本調理科学会2019年度大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 渡邊直子・伊藤聖子・新井映子
2. 発表標題 グルテンフリー米粉パンにおけるキシログルカンと酵素の併用効果
3. 学会等名 日本応用糖質科学会中部支部三重講演会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----