

高 β -グルカン大麦粉の蒸しケーキの力学的特性に及ぼす影響

高橋 真美

食物栄養科

I. 緒 言

大麦は食物繊維を多く含み、水溶性と不溶性の比率にも優れており、健康機能性に富む食品素材である。大麦は精麦しても食物繊維量が減少することなく、他の穀類に比べて水溶性食物繊維含量が多いことが特徴である。食物繊維は水溶性と不溶性をバランスよく摂取することが重要とされており、水溶性：不溶性の比率は1：2が望ましいとされている¹⁾。水溶性食物繊維は、食後血糖値の上昇抑制、動脈硬化の原因となる低比重リポタンパク質 (Low Density Lipoprotein : LDL) コレステロールの排出を促進、内蔵脂肪蓄積抑制、排便効果などが知られている²⁾。

特に、食物繊維が豊富な食品は、グリセミック・インデックス (glycemic index : GI) が低い傾向にある。食後血糖応答の大きさを表す GI 値は、糖尿病や代謝疾患との関連が指摘されており、低 GI 食品は摂食後の GI 値だけでなく、食後の血糖応答を低減するセカンドミール効果も報告されている³⁻⁴⁾。不溶性の食物繊維は便のカサを増し、腸のぜん動運動を活発し、「 β -グルカン」などの水溶性食物繊維は、腸内細菌のエサとなることで腸内環境を整え、腸の動きを改善したり、他にも数多くの効果が報告されている⁵⁻⁶⁾。また、高大麦 (高繊維) 食の摂取が、健康な女性の脂質代謝および腸機能に及ぼす影響では、血漿総コレステロールおよび LDL-コレステロール、血漿トリアシルグリセロール濃度の低下や大麦摂取により排便量の増加も報告されている⁷⁻⁸⁾。これらの結果より、大麦が脂質代謝および腸機能に対する有益な効果を有し、高繊維食品である大麦摂取が慢性疾患の予防として推奨されている。

2019年の食物繊維の摂取状況としては、1日の平均食物繊維摂取量では、20~50歳では2.0~4.0g/日

の不足と報告されている⁹⁾。5年ぶりに見直された「日本人の食事摂取基準 (2020年版 厚生労働省)」では、成人男性の食物繊維摂取量の目標量は20.0g/日から21.0g/日以上に引き上げられ (18~64歳の場合)、さらに、子どもの頃の食習慣が成人後の健康状態に影響する可能性があることから、初めて3~5歳の食物繊維摂取目標量も設定された¹⁰⁾。

食物繊維は、不溶性食物繊維は、セルロース、ヘミセルロース、リグニン、キチン、海藻多糖類の一部 (アルギン酸) に代表される。水溶性食物繊維は、ペクチン、グルコマンナン、グアーガム、海藻多糖類の一部 (アルギン酸ナトリウム、アガロース、アガロペクチン) であり、果物、野菜、豆類、こんにゃく、海藻などのいわゆる伝統的な日本型の食物に多く含まれている。食物繊維の摂取量は、数多くの生活習慣病の発症率又は死亡率との関連が検討されており、数多くの疾患と有意な負の関連が報告されている栄養素である。Wu Yらは、食物繊維をほとんど摂取しない場合に比較して、20.0g/日程度摂取していた群では心筋梗塞の発症率が15.0%ほど低いと報告している¹¹⁾。

これまで大麦の食品開発としては、大麦の β -グルカンをはじめとする水溶性食物繊維を効果的に摂取可能なメニュー開発なども研究されている¹²⁾。本研究では、大麦の機能性成分を有効活用することを目的に、 β -グルカンが高含有の「機能性大麦 β -グルカン粉」¹²⁾ (以下、大麦粉) を用いて、蒸しケーキに添加し、その力学的特性に及ぼす影響を検討した。

II. 実験試料及び実験方法

1. 試料

大麦は、粉末化の焙煎 β -グルカンリッチ大麦粉

(みたけ食品工業(株))を用いた。薄力粉は、日清フラワー薄力粉(日清フーズ(株))、強力粉は、日清カメリア強力小麦粉(日清フーズ(株))を用いた。砂糖は、上白糖(三井製糖(株))、食塩は、国産塩(財団法人塩事業センター)、ベーキングパウダーは、日清ベーキングパウダー(日清フーズ(株))、ドライイーストは、日清スーパーカメリアドライイースト(日清フーズ(株))、スキムミルクは、森永スキムミルク(森永乳業(株))、バターは、雪印北海道バター(雪印メグミルク(株))、水は、南アルプスの天然水(サントリーフーズ(株))を用いた。

2. 大麦粉の添加及び調製方法

蒸しケーキは、薄力粉280.0gに対して、大麦粉を重量で置換し、0%、0.5%、1.0%、2.0%、5.0%添加した。薄力粉、大麦粉、砂糖20.0g、食塩4.0g、スキムミルク6.0gをふるいにかけて、ベーキングパウダー8.4g、バター20.0g、水190.0g(26°C)を加え、生地を調製した。クッキングシートを敷いた型(9.0cm¹×17.5cm²×9.0cm³)に生地を流し込み、蒸し器で30分蒸煮した。蒸煮後、1時間放冷し、ラップに包みビニール袋で26°C、24時間保存し、実験材料に供した。

3. 物性測定

物性測定用試料として、蒸しケーキ及び焼成パンを40mm¹×40mm²×20mm³に切断し使用した。物性測定は、硬さ、凝集性、付着力を、卓上型物性測定器(TPU-2D/2DL、山電社製)を用いて測定した。測定は、直径16mmの円筒型のプランジャーにより、圧縮率50%、試料間の差を明確にするために1mm/sの定速圧縮により行った。蒸煮又は焼成後24時間、48時間、72時間後の経時変化を測定した。

4. 統計処理

一元分散分析を行い、有意差の検定はTukey法の多重比較により解析した。統計解析はSPSSを用い、いずれの場合も危険率5.0%未満をもって有意と判定した。データは、平均値±標準偏差で求めた。

Ⅲ. 結果および考察

1) 硬さ

大麦粉を添加した蒸しケーキの硬さの経時変化をFigure 1に示した。大麦粉の添加濃度における経時変化では、保存1日目、2日目および3日目における比較を行った。大麦粉添加濃度における比較では、0%、0.5%、1.0%、2.0%、5.0%添加濃度での比較を行った。経時変化の比較では、保存1日目、2日目および3日目と保存日数が増すほど大麦粉添加の蒸しケーキの硬さは高い値となった。大麦粉添加濃度での比較では、0%から2.0%添加濃度間では、保存1日目、2日目および3日目いずれも有意差は認められなかった。しかし、5.0%添加濃度では、いずれの保存日数でも0%から2.0%添加濃度間と比較すると有意に硬さが高い値となった。ただし、保存2日目と3日目の比較では、5.0%添加濃度間では、有意差は認められなかった。

本実験に用いた大麦粉は、 β -グルカン高含有の大麦粉である。蒸しケーキに応用した場合、大麦粉5.0%添加濃度で硬さが有意に高い値になったのは、大麦粉に含まれる β -グルカンなどの不溶性食物繊維が良好なグルテンネットワークの形成を阻害したことが要因の1つと考えられた。さらに、Yiping Wらは、保存中のパンクラムの硬化は、主にパン中のデンプンゲル中のアミロースとアミロペクチンの結晶化に起因していると報告している¹³⁾。本実験において、保存日数の増加、大麦粉の添加濃度が高い濃度ほど硬さが増したのは、これらの要因が示唆された。

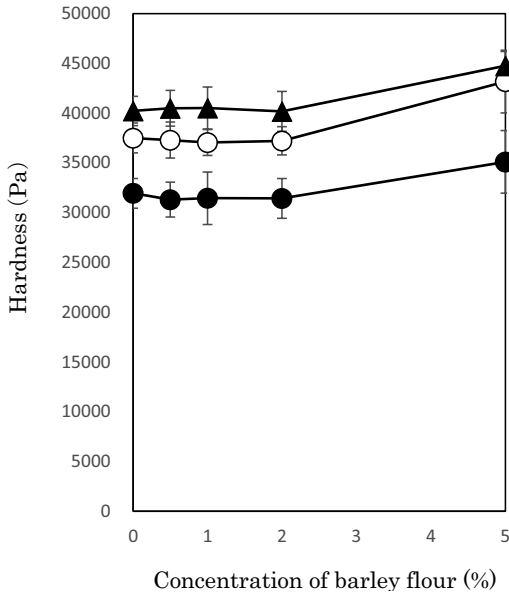


Figure 1 Hardness of steamed cake containing barley flour
●:1day, ○:2day, ▲:3day

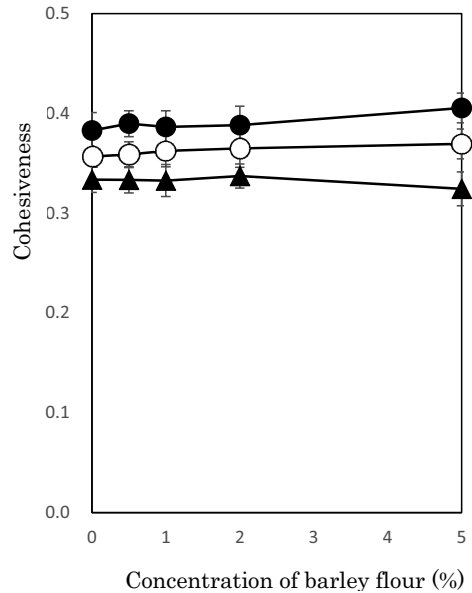


Figure 2 Cohesiveness of steamed cake containing barley flour
●:1day, ○:2day, ▲:3day

2) 凝集性

凝集性の結果は、Figure 2 に示した。大麦粉の添加濃度における経時変化は、保存1日目の蒸しケーキの凝集性は、0%から5.0%添加濃度いずれにおいても保存2日目および3日目と比較して有意に高い値であった。さらに、保存2日目と3日目の比較では、保存日数が経過するほど凝集性が低い値となった。各々の保存日数における大麦粉添加濃度間での比較では、0%から5.0%添加濃度間においては、いずれの保存日数においても有意差は認められなかった。

これらの結果から、凝集性においては、保存1日目が有意に高い値であったが、いずれの保存日数においても大麦粉の添加濃度間における差がなかったことから、蒸しケーキに大麦粉を添加した場合、大麦粉5.0%添加濃度までは0%添加濃度と同様の凝集性が保持され、凝集性への影響はほとんどないものと推察された。

3) 付着性

付着力の結果は、Figure 3 に示した。大麦粉の添加濃度における経時変化は、保存1日目および2日目では、0%から5.0%添加濃度間の比較では、いずれも有意差は認められなかった。しかし、保存3日目では、0%から2.0%添加濃度間では有意差が認められなかったが、5.0%添加濃度では付着性は低い値となった。保存期間での比較では、保存1日目、2日目、3日目と保存日数が増すほど付着性が高い値となった。

これらの結果から、付着性では保存日数が長く、大麦粉の添加濃度が増すほど付着性に及ぼす影響は大きいことが推察された。

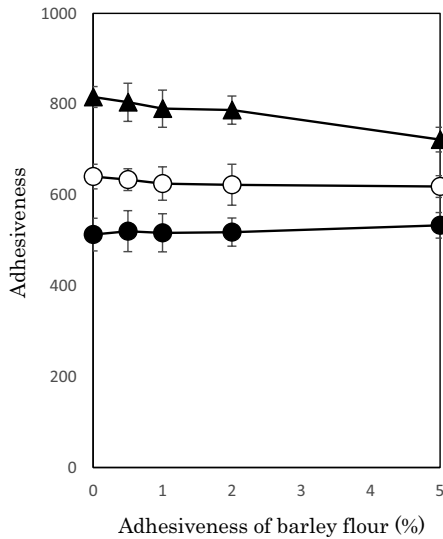


Figure 3 Adhesiveness of steamed cake containing barley flour
●:1day, ○:2day, ▲:3day

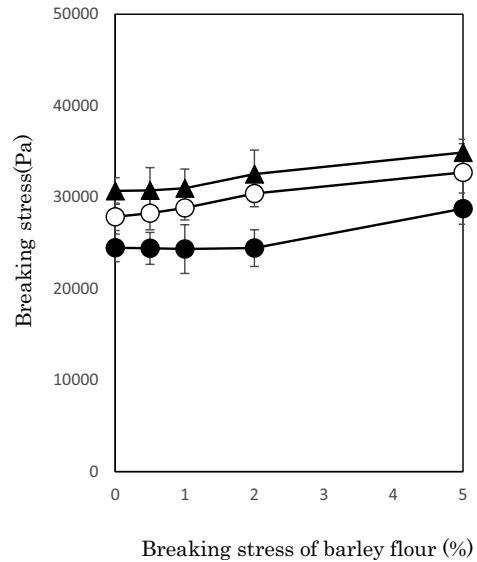


Figure 4 Breaking stress of steamed cake containing barley flour
●:1day, ○:2day, ▲:3day

4) 破断応力

破断応力の結果は、Figure 4 に示した。

保存1日目、2日目および3日目の比較では、保存日数が増すほど破断応力は高い値を示した。大麦粉の添加濃度の影響では、いずれの保存日数とも大麦粉5.0%添加濃度で有意に破断応力が高い値となった。

Yiping Wらは、破断試験はパンクラムの水分含量と高い相関があると報告している¹⁴⁾。一方、松下らは、保存期間ではパンクラムの水分含量の差異、変化がほとんど認められなかったことから、保存中のパン中の老化アミロペクチンエンタルピー、パンの硬さの値が大きく関係していると報告している¹⁵⁾。

本実験の破断応力の結果では、蒸しケーキの硬さにおいて、いずれの保存日数でも大麦粉5.0%添加濃度で有意に高い値を示したことから蒸しケーキの硬さが主に大きく関係しているものと推察された。

IV. 要 約

近年、大麦の種々の特性を改良した品種や製粉技術の向上によって、調理加工の応用が広がっている。 β -グルカンなどの水溶性食物繊維を効率的に摂取できる食品の開発も盛んに展開されている。本実験では、機能性が注目されている β -グルカン高含有の大麦粉を日常摂取可能な食品への応用として、蒸しケーキに添加してその力学的特性に及ぼす影響について検討した。

蒸しケーキに β -グルカン高含有の大麦粉を添加すると、硬さおよび破断応力では、保存日数が長く、大麦粉の添加濃度が増すほど高い値となった。しかし、凝集性への影響では、保存日数が増すほど凝集性は低い値であったが、大麦粉の添加濃度による差は認められなかった。付着性では、保存3日目の5.0%大麦添加濃度で低い値となったが、保存1日目および2日目では添加濃度による影響はほとんど認められなかった。

以上の結果から、蒸しケーキに β -グルカン大麦粉を添加する場合、保存日数および添加濃度を調整することで大麦粉の機能性成分を活用した食品加工として大麦粉の利用可能性をさらに拡大できるものと考えられた。

参考文献

- 1) 斎藤衛昭, 高橋敦彦, 武林享 (2000), 高コレステロール血症の改善、虚血性心疾患および糖尿病の予防のための食物繊維の適正摂取量, 日本栄養食糧学会誌, 53, 87 - 94.
- 2) 青江誠一郎 (2015), 大麦 β -グルカンの機能性について, 日本食生活学会誌, 26 (1), 3 - 6.
- 3) 福原育夫, 池永武, 野口洋樹, 小梯知英子, 小長井里織, 前佛佳菜子, 富田晋平, 甲田哲之 (2013), β -グルカン高含有大麦混合米飯の食後血糖応答とそのセカンドミール効果に及ぼす影響, 薬理と治療, 41, 789 - 795.
- 4) Johansson, EV., Nilsson, AC., Ostman, EM., Bjorck, IME. (2013), Effects of indigestible carbohydrates in barley on glucose metabolism, appetite and voluntary food intake over 16h in healthy adults, *Nutrition J*, 12, 46.
- 5) Ho, H V., Sievenpiper, J L., Zurbau, A., Blanco, Mejia S., Jovanovski, E., Au-Yeung, F., et al. (2016), A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials of the effect of barley β - glucan on LDL-C, non-HDL-C and apoB for cardiovascular disease risk reduction (i-iv), *Eur J Clin Nutr*, 70, 1239 - 1245.
- 6) Tosh, S M. (2013), Review of human studies investigating the post-prandial blood-glucose lowering ability of oat and barley food products, *Eur J Clin Nutr*, 67, 310-317.
- 7) Jue, Li., Takashi, Kaneko., Li-Qiang, Qin., Jing, Wang., Yuan, Wang. (2003), Effects of barley intake on glucose tolerance, lipid metabolism, and bowel function in women, *Nutrition*, 19 (11 - 12), 926 - 929.
- 8) 荒木茂樹, 伊藤一敏, 青江誠一郎, 池上幸江, 大麦の生理作用と健康強調表示の現況, 栄養学雑誌, 67 (5), 235 - 251.
- 9) 国民健康・栄養調査 (2019)
- 10) 日本人の食事摂取基準 (2020年版) 厚生労働省
- 11) Wu, Y., Qian, Y., Pan, Y., et al. (2015), Association between dietary fiber intake and risk of coronary heart disease, A meta-analysis, *Clin Nutr*, 34, 603 - 611.
- 12) 上野茂昭 (2017), 高 β -グルカン含有大麦粉の調理加工特性, 日本家政学会誌, 68 (4), 174 - 179.
- 13) Yiping, W., Hiroshi, M., Yasuhisa, S., Yasuyuki, S., and Kenji, I. (1992), Studies on rheology of white bread (part 4)-Viscoelastic characteristics of crumb, *Journal of the Japanese Society of Agricultural Machinery*, 54, 89 - 96 (王益平, 森嶋博, 瀬尾康久, 相良泰行, 芋生憲司. 食パンのレオロジに関する基礎的研究 (第4報), 農業機械学会誌).
- 14) Yiping, W., Hiroshi, M., Yasuhisa, S., Yasuyuki, S., and Kenji, I. (1992), Studies on rheology of white bread (part 3), Effect of the change in moisture content of loaf during storage and testing conditions on the breaking characteristics of crumb, *Journal of the Japanese Society of Agricultural Machinery*, 54, 69 - 76. (王益平, 森嶋博, 瀬尾康久, 相良泰行, 芋生憲司. 食パンのレオロジに関する基礎的研究 (第3報), 農業機械学会誌).
- 15) 松下耕基, 寺山采花, 五嶋大介, 高田兼則, 山内宏昭 (2019), 角型食パンの品質特性に対する全粒粉使用と酵素添加の影響, 日本食品科学工学会誌, 66 (6), 201 - 209.

