

地域の特徴をアピールできる食品素材による健康機能新食品の開発と特性解析

Development of Healthy and Functional New Foods Produced from Characteristic Local Agricultural Products

田谷 陽一^{1*}、川嶋 かほる²
Yoichi Tsumuraya¹, Kaoru Kawashima²

¹ 埼玉大学 理工学研究科 生命科学部門

Division of Life Science, Graduate School of Science and Engineering, Saitama University

² 埼玉大学 教育学部 家政教育講座

Department of Home Economics, Faculty of Education, Saitama University

Abstract

We have attempted to develop new foods based on a characteristic local agricultural product, barley, cultivated in Saitama Prefecture in order to contribute to regional agricultural and food industries as well promotion of human health. Barley grains contain β -glucan together with starch as a main component. The β -glucan has been shown to have favorable physiological functions such as promotion of human health by enhancement of immune capacity. We have developed an improved flour milling technique for barley grains, resulting in fine barley powder with excellent whiteness, which can be applied to new healthy and tasty barley foods. Under cooperation with noodle makers and a backing company, we could successfully make new potentially commercializing barley foods.

Key Words: Barley, Dietary fiber, β -Glucan, Healthy and tasty foods, Innovation project

1. はじめに

本報告は、平成 22 年度「埼玉大学地域イノベーション支援共同研究」の成果のまとめである。本共同研究の埼玉大学側は、標記の理工学研究科、田谷陽一ならびに教育学部、川嶋かほる、の二名が参画し、民間機関側は、(株)アイ・シー・テイ、伊藤万吉、が参画した。

本共同研究は、埼玉県地域の特色のある農産物を活用し、健康機能向上を指向した新食品を開発、商品化することを目的として実施した。得られた成果を、埼玉県地域ブランド創出と地域振興に寄与する事業展開に資することを目指した。

具体的には、大麦種子に含まれる(1 \rightarrow 3),(1 \rightarrow 4)- β -グルカン(略して、 β -グルカン、と呼ぶ)に着目して、美味しく健康維持増進機能を持つ大麦食品の開発を試みた。

2. 大麦 β -グルカンとは

β -グルカンはイネ科植物穀物に多く含まれ、稲、小麦、等に含まれている。その中でも、 β -グルカン含量が高いのは大麦種子である。大麦は昔から、麦ご飯、ビールの原料、などで利用されてきたが、近年、 β -グルカンの健康維持・促進機能が注目されている。図 1 に大麦種子組織の模式図を示す。 β -グルカンは胚乳細胞の細胞壁の主成分である[1]。大麦品種によって異なるが、 β -グルカン含量は全重量の 3~5%である。近年、 β -グルカンが高い品種として、ビュ

* 〒338-8570 さいたま市桜区下大久保 255
電話：048-858-3401 FAX：048-858-3384
Email：tsumura@mail.saitama-u.ac.jp

ーファイバー（原麦で9.6%、精麦で12%）、等が開発され、様々な大麦食品の開発が進んでいる[2]。

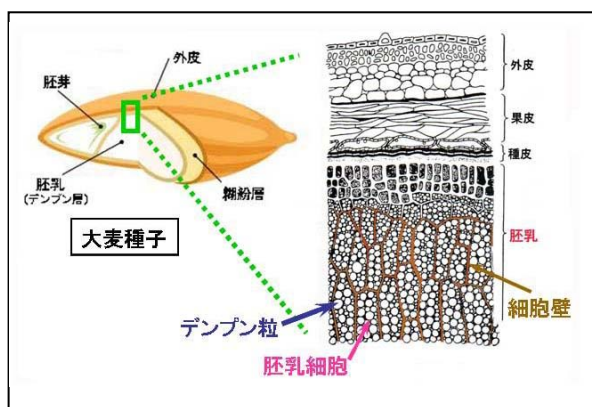


図1. 大麦種子の模式図[1]。大麦種子は多数の胚乳細胞を含み、各細胞は細胞壁（図中の茶色の多角形）で囲まれている。胚乳細胞の主成分はデンプン（全重量の60~70%；図中の多数の黒丸がデンプン粒）である。細胞壁は主に多糖で構成されており、種子全重量の約10%を占める。細胞壁多糖の主成分はβ-グルカンで、その他に少量のアラビノキシラン、グルコマンナン、セルロースを含んでいる。

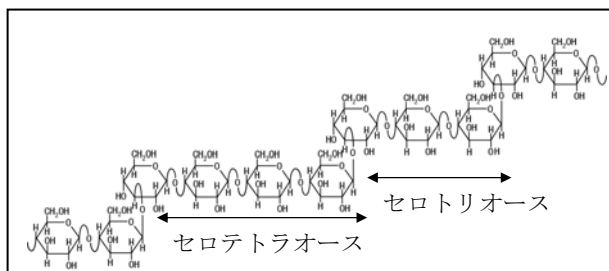


図2. 大麦(1→3),(1→4)-β-グルカン（β-グルカン）の構造。グルコースが3残基β-(1→4)-結合したセロトリオース単位と4残基結合したセロテトラオース単位がβ-(1→3)-結合した直鎖状構造に特徴がある。穀物種・器官によって多少変化するが、セロトリオース単位とセロテトラオース単位はほぼ2:1の比率である[3]。

大麦β-グルカンの構造模式図を図2に示す。その基本構造はグルコースがβ-(1→4)-結合とβ-(1→3)-結合で連なった多糖で分子量は数十

万から数百万に達する高分子化合物である。大麦の場合に限らず、β-グルカンは水に溶け、粘性の高い溶液となる。

3. β-グルカンの生理機能

植物由来のリグニンと細胞壁多糖（セルロース、ヘミセルロース、ペクチン、その他）はヒトの消化酵素で加水分解されない難消化性あるいは難吸収性の食品成分であり、食物繊維（ルミナコイド）と呼ばれている。食物繊維はさらに水溶性食物繊維と不溶性食物繊維に分けられる。由来によっても異なるが食物繊維は、整腸作用（腸の蠕動運動活発化、排便状態改善、老廃物除去、等）、血中脂質調整作用、血糖値調節作用、等の様々な生理機能が知られており、食物繊維を含む機能性食品として数多くの「特定保健用食品」が開発・市販されている[4]。種々の食物繊維の中でも大麦種子は水溶性食物繊維（主成分はβ-グルカン）含量が高いのが特徴である。

大麦β-グルカンは水溶性食物繊維に共通の一般的な機能以外にも多彩な生理機能が知られている（図3）。

- ①心臓の健康維持
血中コレステロール低下， 血圧上昇抑制作用， 脂質吸収の抑制作用
- ②血糖値の維持
血糖値上昇の抑制作用， 血中インスリン濃度の調節作用， 糖尿病予防効果
- ③体重のコントロール
体重増加率の低減作用， 満腹感の持続作用
- ④整腸作用， 粘膜保護効果
プレバイオティクス効果， 腸内細菌による発酵促進， 胃粘膜保護作用
- ⑤免疫機能の調節作用
腸管免疫の賦活作用， 感染防御作用， 抗ガン剤の副作用軽減作用， 抗アレルギー効果

図3. 大麦β-グルカンの主な生理機能[5]

大麦β-グルカンの健康機能に関する知見に基づき、2006年、米国食品医薬品局（FDA）は、1食0.75gの大麦水溶性食物繊維含有食品に対し

て、血中コレステロールを低下させ、心臓病のリスクを低減する健康強調表示を認可した[6]。FDAは1日3g以上の摂取を推奨しているが、我が国の国民一人当たりの年間大麦水溶性食物繊維摂取量は、FDA推奨量の1/50~1/100に過ぎない。β-グルカン含量の高い大麦新品種を用いた大麦食品を摂取することで心臓病に限らず、生活習慣病や免疫力の改善が期待されている。

大麦β-グルカンの生理機能のメカニズムはまだ完全には明らかになっていない。大麦β-グルカンの免疫能増強作用は、β-グルカンのヒト腸管での吸収と腸管の免疫細胞の活性化が重要であると考えられている[7, 8]。例えば免疫細胞の一種であるNK(ナチュラルキラー)細胞はがん細胞やウイルスなどに感染した細胞を破壊する作用を持っている。このような免疫細胞の約6割は腸管に含まれているといわれている。

ヒトが摂取したβ-グルカンは小腸上皮組織の一種であるパイエル板のM細胞によって腸管管腔から腸管内に吸収される。パイエル板の下には、免疫細胞である樹状細胞やマクロファージが待ち構えている。これらの細胞の表面にはデクチン-1などのβ-グルカンと結合する受容体タンパク質が分布している(図4)。β-グルカンが結合することでこれらの細胞が活性化されサイトカインなどの情報伝達物質が分泌され、NK細胞、T細胞、好中球などの免疫細胞が活性化される。さらに、抗体産生も亢進し免疫能が高まると考えられている。

4. 大麦粉製粉技術の開発

従来、大麦は、麦ごはんとして摂取されてきたが、現代の食生活では麦ごはんはその外観や食感から、消費者の評価は高くない。そこで、我々は大麦を消費者が受け入れやすい主食の一つとして、大麦粉入りうどん、食パンに着目し、その開発を進めた。その結果、特殊な製粉方法によって大麦微粉「ソフト大麦粉」を開発した(特許、商標出願中)[9]。サッポロビールが開発した埼玉県産、高β-グルカン含量大麦品

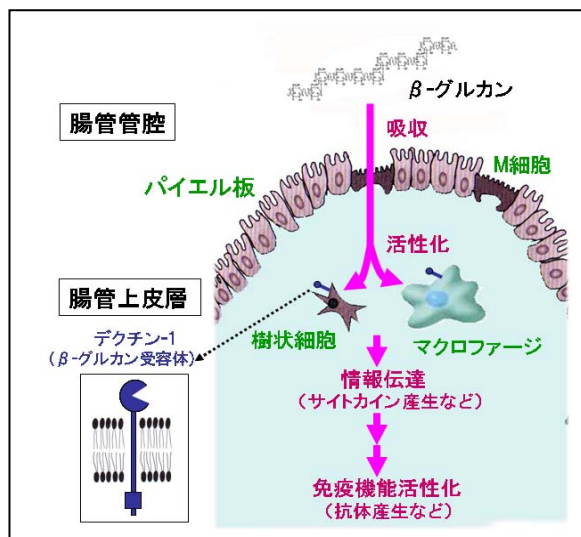


図4. β-グルカンのヒト腸管での吸収と免疫系の作用。β-グルカンは腸管のM細胞によって吸収され、免疫細胞の細胞表面に分布しているデクチン-1などのβ-グルカン受容体と結合する。結果、各種免疫細胞の活性化、抗体産生能増進、などが起こると考えられる(文献7,8から作図)。



図5. 大麦微粉技術の開発。特許出願法による微粉・高白度大麦粉(「ソフト大麦粉」)(左図)と従来法による大麦粉(右図)。

種を材料とした「ソフト大麦粉」は、大麦のデンプン粒(平均粒子径50μm)を損傷しないように大麦を微粉化(デンプンの熱変性を抑えた特殊気流式粉碎法で、平均粒子径約80μm)したもので、麺やパンに適した弾力性、膨張性、滑らかさを発揮できる(図5)。

5. 大麦食品の試作

大麦微粉「ソフト大麦粉」は大麦食品の開発に優れた特性を持つと期待できるので、「ソフト大麦粉」を配合したうどんと食パンを試作し食味評価を行った。

粗粉とコムギ粉を1:1に比率で配合して作成したうどんと比べて、粗粉の代わりに「ソフト大麦粉」を配合したうどんの場合は白度が高いことが判る(図6)。一般に、うどんは白度が高いものが好まれるので「ソフト大麦粉」は良質な食品素材と言える。

「ソフト大麦粉」と小麦粉の配合比率を、全く添加しない場合、15%、30%、50%添加した場合、100%大麦粉、の5通りでうどんを試作して食味評価した(図7)。15%配合の場合、色、におい、味、コシの強さ、のど越し、等の全ての評価項目で他の場合より優れていた(図8)。



図6. 手延べ生麺試作。大麦粗粉 50%配合うどんと比べて大麦微粉(「ソフト大麦粉」)の場合は白度が高い。微粉 100%ではやや褐色となる。

大麦粉の種類		微粉						粗粉
大麦粉配合率		0%	15%	30%	50%	100%	15%	
外観	色	4.7	5	4.5	4	3.7	4.3	
	異物感	5	5	5	5	5	2	
におい		5	5	5	5	4	5	
味		4.7	5	5	5	3.7	5	
コシの強さ		4	5	4.5	4.3	4	4.7	
のど越し		4	5	5	4.5	4	4.7	
総合評価(美味い)		4	5	4.7	4.5	4	4.5	

評価	美味しい		普通		まずい
	良い		普通		悪い
評点	5	4	3	2	1
	◎	◎~○	○	△	×
盛りつぶし色					

図7. 大麦粉配合生麺の食味評価。下段の表が評価スコア付で。黄色が最高点5、ピンクが2点である。上段の表で、「ソフト大麦粉」15%配合の麺が全ての評価項目で優れている。粗粉15%配合麺の食味評価は低い。

以上の結果より、「ソフト大麦粉」は外観と食味の両方で優れており、うどん食品として商品化が期待できる。

「ソフト大麦粉」配合の食パンも試作してその食味評価を行った。大麦粉 15%配合で含水率を高めたパンは外観、味、テクスチャー、等で評価が高く小麦粉のみのパンと遜色のない食品と評価できた(図8)。

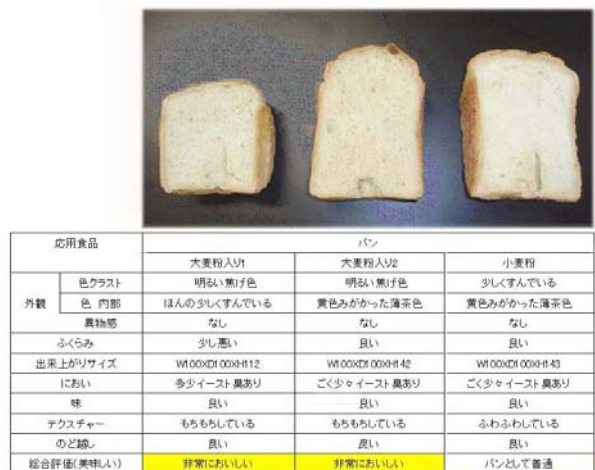


図8. 大麦粉配合食パンの食味評価。右端が小麦粉のみのパン、左端が「ソフト大麦粉」15%配合で低含水率での試作品、中央が同配合比率でやや含水率を高めた試作品。「ソフト大麦粉」配合食パンは小麦粉のみの場合と同等か総合評価で勝っている。

6. 企業と連携した大麦食品の開発

我々の大麦食品の試作結果では、高 β -グルカン大麦微粉「ソフト大麦粉」配合食品の商品化が期待できたので、実際に食品メーカーと連携して大麦食品の開発に取り組んだ。具体的には、生うどんは埼玉県八潮市のメーカー、乾麺は秋田市湯沢市のメーカーのご協力を得て試みた。両メーカーとも品質の優れた大麦食品を開発することができ、現在、テスト販売されている(図9)。未だ、消費者の方々の食味評価データ数が少ないが、上々の評価との感触を得ている。

また、埼玉大学の学園祭(むつめ祭)でもメ

メーカーの協力を得て、「ソフト大麦粉」配合焼きうどんを販売して好評を博した（図10）。



図9. 食品メーカーとの共同開発生うどんの一例（左図）と乾麺（右図）。埼玉大学「大麦力（バリーパワー）」（商標出願中）を書き込んだ商品名でテスト販売（2011年4月現在）されている。



図10. 埼玉大学 大学祭（2010年10月）での「ソフト大麦粉」配合焼きうどんの出店風景（左図）と宣伝チラシ（右図）。

パンについても埼玉県三芳町のメーカーと協同で開発を進めており、食味の優れた試作品が出来上がっている。

7. まとめと今後の展望

大麦は昔から大切な食料として用いられてきたが、大麦麺や大麦パンは小麦粉の麺やパンと比べて美味しさに欠け、一部の用途に限られ、食品として広く普及するには至っていない。大麦粉が小麦粉や米粉のように汎用の食品素材として普及していない理由の一つは食品に適した大麦粉の製造方法が未完成で、美味しい大麦食

品の開発が不十分な点にある。我々が開発した高β-グルカン含有大麦微粉「ソフト大麦粉」は優れた特性を持っており、大麦食品の商品化・普及に大きく貢献することが期待される。

大麦β-グルカンについてはその生理機能が注目されてきたが、最近、そのメカニズムも明らかになりつつある。高齢化社会を迎えて、生活習慣病の予防と改善、免疫力の強化による健康の維持増進は大きな社会的・国民的課題である。飽きずに毎日食べられる「美味しい大麦食品」の普及は健康の維持増進への貢献が見込める。その結果として、医療費の抑制効果が期待できる。

我々の取り組みが地域・社会貢献に繋がることを目指して今後も大麦食品の開発に取り組んでいきたい。

参考文献

- [1] Briggs DE: The morphology of barley; the vegetative phase. In: Barley. Chapman & Hall, London, pp 1-38, 1978.
- [2] 吉岡藤治: 食用大麦新品種「ビューファイバー」の育成と大麦粉の利用、2010年、http://www.oh-mugi.com/topics/sympo_08/20101023hpyoshiokasama.pdf#search='ビューファイバー'
- [3] Stone BA, Clarke AE: (1→3),(1→4)-β-Glucans in higher plants. In: Chemistry and biology of (1→3)-β-glucans. La Trobe University Press, Australia, pp 431-489, 1992.
- [4] 「健康食品」の安全性・有効性情報、(独)国立健康・栄養研究所ホームページ、http://hfnet.nih.go.jp/contents/sp_health_listA004.html
- [5] 椿 和文: 大麦βグルカンの健康機能性とその応用について。大野尚仁監修「βグルカンの基礎と応用」、シーエーシー出版、pp 180-196, 2010.
- [6] U.S. Food and Drug Administration, Federal Register, 71, 29247 (2006).

- [7] 八村敏志:食品と免疫（接点としての腸管免疫系を中心に）。化学と生物、43, 509-515, 2005.
- [8] 日野真吾、松田 幹: β -グルカンの腸管吸収と免疫系の作用。日本栄養・食糧学会監修「ルミナコイド研究のフロンティア」、建帛社、pp 59-83, 2010.
- [9] 「穀物粉体及び応用食品」特願 2010-241161, 出願 2010 年 10 月 27 日