

大麦 β -グルカンの添加が各種調理食品の嗜好性に及ぼす影響Effect of Added Barley β -Glucan on the Palatability of Cooked Foods

瀬尾 弘子* 浜田 陽子* 高橋 恭子* 香西みどり*
 (Hiroko Seo) (Yoko Hamada) (Kyoko Takahashi) (Midori Kasai)
 畑江 敬子* 杉山 宏** 椿 和文**
 (Keiko Hatae) (Hiromu Sugiyama) (Kazuhumi Tsubaki)

Barley β -glucan was added to nine kinds of cooked food, and its effect on the taste was studied by a sensory analysis. It was possible to add barley β -glucan to various cooked foods. The results of the sensory analysis showed, however that an increasing addition of the amount of barley β -glucan resulted in a decreasing taste rating.

The effect of adding barley β -glucan on the physical properties of six of the nine cooked foods was also studied. With those foods that expand when heated, the expansion was restrained and the loaf volume decreased with increasing addition of barley β -glucan. It was found for all the cooked foods tested that L^* value was decreased, the a^* value increased and the color of food darkened by adding barley β -glucan. With solid foods, the hardness was increased and the cohesiveness tended to be decreased with increasing addition of barley β -glucan.

キーワード：大麦 β -グルカン barley β -glucan；食物繊維 dietary fiber；官能検査 sensory analysis；嗜好意欲尺度 food action rating scale method；物性 physical property

大麦 β グルカンは大麦から抽出して得られた天然多糖類で、グルコースが β 1-3 結合および β 1-4 結合でつながった可溶性食物繊維である。この β グルカンは大麦、オーツ麦に多く含まれているが、オーツ麦に含まれる β グルカンには各種の健康機能性があり、米国では「栄養補助食品健康教育法」に基づきその機能性を表示することが許可されている¹⁾。

大麦由来の β グルカンも、血中コレステロール値の低下など食物繊維としての機能だけでなく、免疫増強作用があることが報告されている²⁾。大麦 β グルカンは無味無臭に近い粉末であることから、健康機能性を持つ新しい食品素材としての可能性が期待されるが、これまで調理への利用に関する研究はほとんど行われていない。

そこで本研究では、① 大麦 β グルカンの添加が各種

調理食品の嗜好特性および物性特性にどのような特性を及ぼすかを検討し、② 大麦 β グルカンを日常的に無理なく摂取するために必要とされる、調理食品別の適正な添加量を明らかにした。

試料および実験方法

1. 大麦 β グルカン

本実験には、旭電化工業(株)製大麦 β グルカン「大麦グルカン」を用いた。これは無味無臭に近い灰色～淡黄色の粉末で、温水 (50～70℃) に可溶、熱に安定で、温度可逆性のゲル形成能を有し、乳化物の安定化機能がある。組成は水分 4.8%、タンパク質 3.7%、脂質 0%、全炭水化物 88.2%、可溶性食物繊維 76%、灰分 3.3% である。

2. 試料の調製

予備実験として、大麦 β グルカンをどのような食品にどの程度の量添加できるかを検討した。その際、① 食物繊維量として 1 食 5g 程度摂取できる量の添加を目安とし、② 定法での調理操作が可能であることを条件とした。この結果、大麦 β グルカンは、添加量を変

* お茶の水女子大学生活科学部
 (School of Human Life and Environmental Science,
 Ochanomizu University)

** 旭電化工業株式会社
 (Asahi Denka Co.)

大麦β-グルカンの添加が各種調理食品の嗜好性に及ぼす影響

えることにより、日常摂取される多くの調理食品に添加できることが確認された。

そこで本研究では、この予備実験の結果をふまえて、大麦βグルカンを摂取しやすいと思われる以下の調理食品を選択し、検討した。

- ① 常食することで摂取が容易である食品：食パン、白飯、ピラフ、味噌汁
- ② 大麦βグルカンをつなぎおよび増量剤として利用できる食品：ハンバーグステーキ
- ③ 大麦βグルカンとの親和性が高い油脂の使用量が多い食品：パウンドケーキ、クッキー
- ④ 大麦βグルカンのゲル化する性質を利用し「とろみ剤」として利用できる食品：カレー
- ⑤ 大麦βグルカンを粉の代用として利用できる食品：天ぷら衣

次に、表1の基準材料を用い、各種濃度の大麦βグルカンを含む試料を調製した。それぞれの調製法は以下のとおりである。

1) 食パン

基準材料をすべて自動餅つき機（松下電器産業(株) SD-MA 18C）に入れ、混捏（20分間）から一次発酵（40分間）までを自動で行った。一次発酵後ガス抜きし、2等分して成形、室温で20分間静置した。これを型に入れ、38℃で40分間二次発酵した後、160℃に熱したオーブン（東京ガス SN-008 SLC）で40分間焼成した。基準材料における強力粉重量の7.5、15、20、30%を大麦βグルカンで置換したものもそれぞれ同様

に調製した。この際、まとまりにくく調製がやや困難であるため、基準材料で作ったものと同程度の状態になるよう、水を一定の割合で増量した^{3,4)}。

2) 白飯

定法通りに炊飯した。すなわち白米を水洗後、加水比1.5の水を加え、30分間浸漬し、電気炊飯器（東芝(株)・RCK-5 EM）により炊飯した。米重量の1、2、3%の大麦βグルカンを浸漬後に添加し、よく混ぜた後同様に炊飯した。

3) ピラフ

洗米後水切りし、30分間放置した。これを食用油で3分間炒めた後、米重量の1.3倍の水と1.5%の食塩を加え、電気炊飯器により炊飯した。炒めた米に米重量の1、3、6%の大麦βグルカンを添加したものもそれぞれ同様に炊飯した。

4) 味噌汁

基準材料で調製した味噌汁に、味噌汁重量の3%および5%の大麦βグルカンを添加し、よく混ぜた後強火で加熱し、沸騰後直ちに消火した。

5) ハンバーグステーキ

みじん切りにした玉ねぎを食用油で炒め、室温まで冷却したものに、他の材料を全て加えて混捏した。1個80gずつを直径8cmの円形に成形し、200℃に熱したホットプレート（松下電器産業(株)IH調理器KZ-P 58 H）で両面を計7分間焼いた。基準材料のパン粉重量の20、50、60%を大麦βグルカンで置換したものもそれぞれ同様に調製した。

表1. 各調理食品の使用材料及び基準材料配合

調理食品	基準材料配合
食パン	強力粉 200g(カメリア・日清製粉(株)), 水 140g, 食塩 4g, ドライイースト 4g (顆粒スーパーカメリア・日清製粉), 上白糖 20g (白砂糖・日新製糖(株)), バター 10g (北海道バター・雪印乳業(株))
白飯	精白米 200g (新潟県産コシヒカリ, 平成13年度産), 水: 米重量の1.5倍
ピラフ	精白米 200g, 水: 米重量の1.3倍, 食用油(日清サラダ油・日清製油(株)): 米重量の7%, 食塩(精製塩・日本たばこ(株)): 米重量の1.5%
味噌汁	味噌 60g (米みそ(カツオ・昆布だし入り)・マルコメ(株)), 水 600g
ハンバーグステーキ	合びき肉 200g (牛肉 70%, 豚肉 30%), パン粉 30g (フライスター7・フライスター(株)), たまねぎ 80g, 全卵 20g, 牛乳 30g, 食塩 1.4g
パウンドケーキ	薄力粉 100g (フラワー・日清製粉(株)), ベーキングパウダー 1.5g (愛国産業(株)), 全卵 100g, 上白糖 100g, バター 100g
クッキー	薄力粉 100g, 卵黄 10g, 上白糖 15g, バター 40g
カレー	カレールー 250g (バーモンドカレー・ハウス食品(株)), 豚肉 500g (もも, 5cm角切り), 玉ねぎ 300g, 食用油 30ml, 水 1,900g
てんぷら衣	薄力粉 20g, 水 34g

6) パウンドケーキ

室温のバターに砂糖を加えて泡立て、卵を加えてさらに泡立てた後、ふるった粉を加え、さっくり混ぜた。これを型に流し入れ、170℃に熱したオーブンで15分間焼成した。基準材料の薄力粉重量の20、40%を大麦βグルカンで置換したものもそれぞれ同様に調製した^{5,6)}。

7) クッキー

クリーム状のバターに砂糖を入れ泡立て、卵黄を加えよく混ぜ、小麦粉をさっくりと混ぜ合わせた。棒状(小口一辺2.5cmの正方形)に成形した後冷凍し、凍ったクッキーを電動スライサー(EMIDE AS 221)で5mm厚さに切り分け、室温で2時間放置後、160℃に熱したオーブンで10分間焼成した。基準材料の薄力粉重量の20、40、60%を大麦βグルカンで置換したものもそれぞれ同様に調製した。この際、基準材料で作ったものと同程度の状態になるよう、卵黄を基準配合量より一定の割合で増量した。

8) カレー

豚肉と玉ねぎを食用油で炒め、水を加えて強火で加熱し、沸騰後弱火で40分間加熱した。肉、玉ねぎを取り除いたスープにカレールーを加え、弱火で15分間加熱したものをカレーソースとし、カレーソース重量の2%および5%の大麦βグルカンをそれぞれ添加して15分間加熱し溶解させ試料とした。

9) 天ぷら衣

基準材料の薄力粉の25%を大麦βグルカンで置換し、これに基準材料で調製した場合と同程度の状態になるように水を加え(46g)、天ぷらの衣とした。揚げ種には鶏ささみ5gを用い、180℃の食用油で30秒間揚げた。

3. 官能検査

大麦βグルカンを添加した調理食品の嗜好性を評価するために官能検査を行った。

調理食品は、試料調製直後の白飯・ピラフ・味噌汁・カレー・天ぷら衣、焼成後40分間室温で放熱した食パン・パウンドケーキ・クッキー、焼成直後および焼成後90分間室温で放熱したハンバーグステーキを対象とした。

官能検査は、次の9段階の嗜好意欲尺度⁷⁾を用いて絶対評価を行った。1.おそらく食べる気にならない2.もし強制されれば食べる3.他に何もなときは食べる4.たまたま手に入れば食べてみる5.時には好きだと思ふこともある6.好きだから時々食べたい7.機会があればいつもこれを食べたい8.○○のときはいつ

もこれを食べたい9.最も好きな○○である。(○○:食品名)

このほか、試料の色、におい、味、口触りについて自由記述させた。パネルはお茶の水女子大学調理学研究室の学生と教職員15~45名である。

4. 物性測定

1) 重量・体積・サイズ

食パンは焼成後40分間放熱し、菜種法により体積を測定するとともに、これを重量で除して比容積を求めた。焼成後24時間室温に放置しておいた食パンについても同様に比容積を求めた。ハンバーグステーキは焼成直後および焼成後室温で90分間放冷した後にそれぞれ重量、高さを測定した。

2) 色調

食パン、白飯、味噌汁、パウンドケーキについて測色色差計(日本電色NDH 1001 DP)で測定した。Lab表色系L(明度)、a(+赤み度、-緑み度)、b(+黄み度、-青み度)を示し、色差ΔEを算出した($\Delta E = (\Delta a^2 + \Delta b^2 + \Delta L^2)^{1/2}$)。なお、白飯・味噌汁はアクリル製容器に均一に試料を充填し、食パン・パウンドケーキは厚さ15mmに切りその中心部20×20×15mmを試料片として測定した。

3) テクスチャーの測定

食パン、白飯、ピラフ、ハンバーグステーキおよびパウンドケーキの硬さ、凝集性、付着性をテクスチュロメーター(全研GTX-2型)で測定した。白飯、ピラフは炊飯30分および90分後にそれぞれ11gを飯用カップ(内径38mm、深さ13mm)に均一に充填し、食パン、パウンドケーキは焼成40分および24時間後に中心部より40×40×15mmの試料片を作り、ハンバーグステーキは焼成直後および90分後に試料を2等分し測定に用いた。プランジャーはルサイト18mmφ、クリアランスは1.2および2mm、バイトスピードは6回/分である。

4) 粘度

味噌汁の見かけの粘度をコーンプレート型粘度計(東機産業(株)TVE-30形)を用い測定した。半径24mm、1°34'のコーンローターを使用し、1.0mlのシリンジで試料1.0mlを粘度計にセットし、20℃および60℃で、回転数を0.1~100rpmまで階段状に上昇下降させて粘度計指数値θ(%)を自動記録した。この指数計をずり応力sに換算したとき、最も高い値を「最大粘度」とし、各々の条件において最大粘度(Pa.s)がどのように異なるかを調べた。

大麦 β -グルカンの添加が各種調理食品の嗜好性に及ぼす影響

結果および考察

1. 嗜好特性 (官能検査結果)

大麦 β -グルカンを添加した調理食品の官能検査結果を表2に示した。また、9段階の嗜好意欲尺度においては、尺度4が「たまたま手に入れば食べてみる」、尺度5が「時には好きだとも思うこともある」であることから、官能検査の結果得られた嗜好意欲尺度の平均値を求め、その値が4.5以上であった大麦 β -グルカン添加量を「利用可能添加濃度」とした。

1) 食パン

食パンの利用可能添加濃度は、小麦粉15%置換であった。しかし、20%、30%置換食パンについては、自由記述において「ライ麦パンのようである」と、食パンとは異なる種類のパンとして高い嗜好意欲が示された。このことから、食パンとしての添加には限界があるものの、食パン以外のパンとしては、高濃度添加が十分に可能であることが示唆された (図1)。

2) 白飯, ピラフ

白飯の利用可能添加濃度は米重量の1%添加であった。ピラフでは米重量の3%添加であった。白飯よりピラフの方が高濃度の添加が可能であった理由としては、①大麦 β -グルカン添加飯がわずかに褐色を呈するため、米を主食とするわが国においては米飯に対する評価が厳しいことのほか、②もともとピラフはカレー粉やケチャップなどの調味料で色づけされたものが少なくないことなどが考えられる。

これらのことから、白飯ではなく醤油などの調味料を加えた飯に大麦 β -グルカンを添加することで、より高い利用可能添加濃度が得られると推察された。

3) 味噌汁

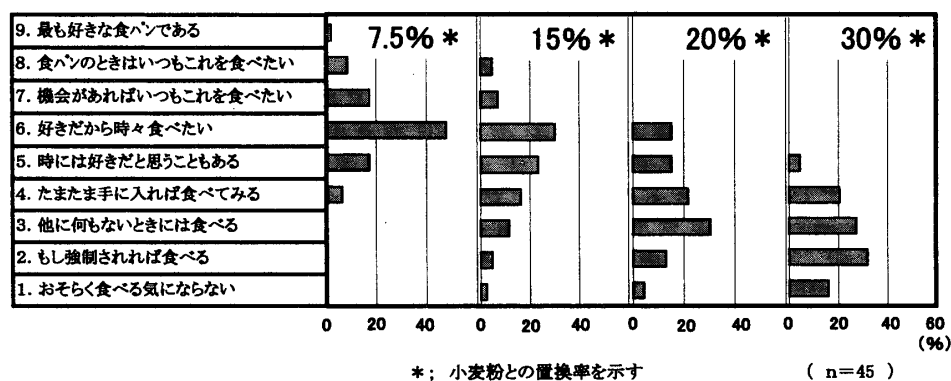
味噌汁重量に対して3%の大麦 β -グルカンを添加すると、低温で「とろみ」がついてくる。そのため、

表2. 官能検査の結果

調理食品	大麦 β -グルカン濃度 (%)	嗜好意欲尺度* 平均±標準偏差
食パン	小麦粉との置換 7.5	6.1±1.1
	15	5.0±1.6
	20	3.8±1.4
	30	2.7±1.1
飯	米重量に対する添加 1	5.2±1.1
	2	4.1±1.2
	3	3.9±1.7
ピラフ	米重量に対する添加 1	5.0±1.1
	3	4.5±1.1
	6	3.8±1.0
みそ汁	全重量に対する添加 3	4.8±1.1
	5	4.1±1.3
ハンバーグステーキ 焼成直後	パン粉との置換 20	5.3±1.0
	50	5.0±0.9
	60	4.1±1.0
焼成 90 分後	20	4.6±1.1
	50	3.9±1.2
	60	3.6±1.0
パウンドケーキ	小麦粉との置換 20	6.1±0.9
	40	5.4±1.1
クッキー	小麦粉との置換 20	5.8±1.0
	40	4.6±1.4
	60	3.6±1.6
カレー	全重量に対する添加 2	5.5±1.0
	5	5.0±1.4
天ぷら衣	小麦粉との置換 25	4.6±1.2

* : 9段階の嗜好意欲尺度による検定 n=15~45

これを上限として官能検査を実施した。この結果、室温状態でやや粘性が見られ、自由記述では「滑らか、とろりとしている」などの指摘がなされた。しかし嗜好意欲尺度では4.8の評価が得られ、重量の3%添加

図1 大麦 β -グルカン添加食パンの官能評価—嗜好意欲尺度—

が味噌汁における利用可能添加濃度であった。

これは、①大麦βグルカンの添加により味噌汁に粘度がつくが、味噌汁自体にもともと粘度があること、②大麦βグルカンの添加によって生じるにおいては、味噌の香気成分がカバーしてくれることなどの理由から、大麦βグルカンの添加が感じられにくく、嗜好意欲尺度が比較的高くなったものと考えられる。

これらの結果から、日常的に摂取できる味噌汁への添加は有効であると判断される。

4) ハンバーグステーキ

焼成直後と90分後では利用可能添加濃度が異なった。焼成直後ではパン粉との置換50%、90分後では20%が利用可能添加濃度であった。50%置換試料の嗜好意欲尺度は焼成直後では5.0であったが、焼成90分後では3.9となり、利用可能添加濃度とした4.5に及ばなかった。

これは、大麦βグルカンは加熱時にゾル状であるが、温度が低下するとゲルが形成されることによる⁸⁾ためと考えられる。これらの点を考慮し、食事中に冷めることが予想されるハンバーグの利用可能添加濃度はパン粉置換20%とした。

この添加濃度で調製したハンバーグについての自由記述では、焼成直後「ねっとりしている」、「結着感がない」、冷却後「べたつく」など、大麦βグルカンを添加したことで生じたと思われるテクスチャーの特性が上げられた。しかし、温度が低下するに伴いゲル化することで結着性が強まり、ハンバーグのつなぎとしての利用は十分可能であることが示唆された。実際の製品に添加する際はこの点を考慮することが必要であろう。

5) パウンドケーキ、クッキー

いずれも大麦βグルカン利用可能添加濃度は、小麦粉置換40%と高い値であった。自由記述では添加濃度の増加に伴って、「もろい、サクサクしている」という評価が得られた。これは大麦βグルカン抽出物に含まれるたんぱく質の乳化作用および構造由来の界面活性により油脂となじみやすいためと考えられる⁹⁾。

この結果は、菓子だけでなく油脂量の多い他の食品への利用も可能であることを示唆している。

6) カレー

大麦βグルカンを全重量の5%添加したカレーは、室温でもゲル化するため、これを上限として官能検査した。このため、自由記述では5%添加で「べたつく、とろみ強い、ねっとりする」などのテクスチャー特性が見られた。しかし一方で、この添加濃度で高い嗜

好意欲が示された。このことは、大麦βグルカンを添加することによって生じる物性変化が、カレー本来の「とろみ」と捉えられるためと考えられる。

これらのことから、大麦βグルカンの添加によりルーの量を調整することが可能であり、大麦βグルカンを添加する調理食品としてカレーは適していることが示唆された。

7) 天ぷら衣

小麦粉との25%置換が、利用可能添加濃度であった。大麦βグルカンを添加した衣は、揚げ材料への付着が悪かったが、これは大麦βグルカンを小麦粉と置換する形で添加したために、衣のグルテン量の少なさが付着性に影響したと考えられる。また、揚げることで着色しテクスチャーも天ぷらとは異なるものとなった。

1食あたり的大麦βグルカン摂取量もわずかであることを考え合わせると、天ぷら衣だけでなく揚げ衣への利用はあまり適当でないと考えられる。

2. 物性特性

官能検査でよい評価を得られた添加濃度の試料について物性を測定し、大麦βグルカンを添加しない試料と比較した。

比較したのは、食パン、白飯、ピラフ、味噌汁、ハンバーグステーキ、パウンドケーキの6品目である。

1) 食パン

利用可能添加濃度とされた小麦粉15%置換、およびより高い評価で受容された7.5%置換試料を無添加試料と比較した(図2、表3)。

色は添加量の増加に伴い黒味を帯びた色になったがL, a, b値ともに有意な差はなかった。しかし無添加試料と7.5%置換試料間の色差が2つの試料間に色の差がないと認められる程度の値3.2であったのに対し、15%試料では8.3と高くなり無添加試料との色の差は明らかであった。比容積は15%置換試料において有意に($p<0.05$)小さくなり、底辺部のふくらみが悪く、押しつぶされたような焼き上がりとなった。また添加量の増加とともに有意に($p<0.05$)硬くなり、凝集性は減少してぼそぼそとしたテクスチャーになった。

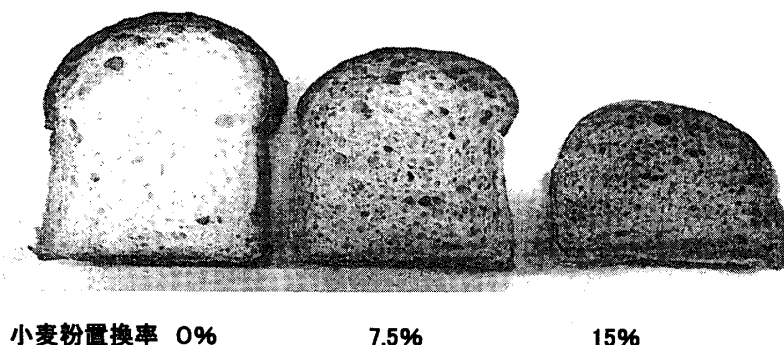
いずれの添加量においても、焼成1時間後と1日後の試料間の物性値に差はなかった。大麦βグルカン添加により比容積が小さくなった理由の一つは、食パンの全重量に対して小麦粉と置換する形で大麦βグルカンを添加したため、置換割合の増加に伴い膨化に寄与するグルテン量も少なくなったためと考えられる。

大麦 β -グルカンの添加が各種調理食品の嗜好性に及ぼす影響表 3. 大麦 β グルカン添加による食パンの物性変化

大麦 β グルカン 濃度* ¹	色 調				比容積		硬さ (kgf)		凝集性	
	L 値	a 値	b 値	ΔE * ²	焼成 1 時間後	焼成 1 日後	焼成 1 時間後	焼成 1 日後	焼成 1 時間後	焼成 1 日後
0%	58.8 $\pm$ 2.2	-2.3 $\pm$ 0.3	9.0 $\pm$ 0.7	—	3.40 $\pm$ 0.30 ^a	3.83 $\pm$ 0.30 ^a	1.40 $\pm$ 0.20 ^a	2.48 $\pm$ 0.21 ^x	0.85 $\pm$ 0.00 ^a	0.75 $\pm$ 0.03 ^x
7.5%	57.1 $\pm$ 1.7	-0.5 $\pm$ 0.2	11.1 $\pm$ 0.7	3.2	3.54 $\pm$ 0.65 ^a	3.44 $\pm$ 0.47 ^a	2.55 $\pm$ 0.20 ^b	4.24 $\pm$ 0.40 ^y	0.79 $\pm$ 0.01 ^b	0.72 $\pm$ 0.01 ^x
15%	52.8 $\pm$ 1.5	1.5 $\pm$ 0.3	13.4 $\pm$ 0.4	8.3	1.80 $\pm$ 0.15 ^b	1.83 $\pm$ 0.14 ^b	4.53 $\pm$ 0.49 ^c	6.50 $\pm$ 0.27 ^z	0.68 $\pm$ 0.04 ^c	0.63 $\pm$ 0.02 ^y

*¹: 小麦粉に対する置換率を示す。*²: 0% との色差を示す。

同一測定項目内で異なった文字間には有意差のあることを示す。P<0.05

図 2 大麦 β グルカン添加食パン

大麦 β グルカン添加量の多いパンは、官能検査の結果から食パンというよりむしろライ麦パンのような風味であり、一方、テクスチャーの面でも、このような特徴のパンとして受容される可能性のあることが示唆された。

2) 白 飯

官能検査により利用可能添加濃度とされた 1% 添加試料と無添加試料とを比較した。また白飯では受容されなかったがピラフでは利用可能添加濃度とされた 3% 添加試料についても比較した (図 3, 表 4)。

白飯の利用可能添加濃度は 1% と低かったが、これは白飯において色が重要な要素であるにもかかわらず、無添加試料との間に色の差が認められたためと考えられる。両者間の色差は、一般の人が 2 つの試料間

に色の差がないと認める許容差 3 よりもやや大きい 4.1 であった。

硬さ、凝集性、付着性については炊飯終了 30 分後の試料および 90 分後の試料ともに有意差が認められなかった。このことが、白飯としてはやや色がついているものの、1% 添加試料が官能検査で利用可能と評価された理由と考えられる。

3% 添加試料では無添加試料と比べ L 値は減少, a, b 値は増加し全体にやや黒味を帯び、色差からも色の差は明らかであった。硬さにおいても 30 分後, 90 分後の試料ともに、無添加および 1% 添加試料との間に有意差が認められた (p<0.01)。一方、凝集性、付着性には差が認められた。

これらのことから、大麦 β グルカンを添加した白飯

表 4. 大麦 β グルカン添加による白飯およびピラフの物性変化

	大麦 β グ ルカン 濃度* ¹	硬さ (kgf)		凝集性		付着性 (T. U)		色 調			
		炊 飯 30分 後	炊 飯 90分 後	炊 飯 30分 後	炊 飯 90分 後	炊 飯 30分 後	炊 飯 90分 後	L 値	a 値	b 値	ΔE^{*2}
白 飯	0%	2.73 $\pm$ 0.24 ^a	3.11 $\pm$ 0.27 ^x	0.39 $\pm$ 0.04	0.39 $\pm$ 0.02	0.64 $\pm$ 0.24	0.64 $\pm$ 0.14	81.8 $\pm$ 0.4	-2.6 $\pm$ 0.1	6.6 $\pm$ 0.4	—
	1%	2.96 $\pm$ 0.16 ^a	3.53 $\pm$ 0.54 ^x	0.41 $\pm$ 0.01	0.41 $\pm$ 0.02	0.58 $\pm$ 0.07	0.57 $\pm$ 0.10	78.3 $\pm$ 0.1	-0.9 $\pm$ 0.2	8.7 $\pm$ 0.1	4.1
	3%	3.88 $\pm$ 0.19 ^b	4.65 $\pm$ 0.34 ^y	0.42 $\pm$ 0.01	0.44 $\pm$ 0.03	0.64 $\pm$ 0.10	0.78 $\pm$ 0.30	73.2 $\pm$ 0.3	0.8 $\pm$ 0.0	9.9 $\pm$ 0.1	9.3
ピラフ	0%	2.55 $\pm$ 0.23 ^a	2.67 $\pm$ 0.16 ^x	0.37 $\pm$ 0.01	0.37 $\pm$ 0.02	0.18 $\pm$ 0.03	0.16 $\pm$ 0.08				
	1%	3.22 $\pm$ 0.26 ^b	4.04 $\pm$ 0.51 ^y	0.39 $\pm$ 0.01	0.40 $\pm$ 0.04	0.21 $\pm$ 0.01	0.15 $\pm$ 0.07				
	3%	4.19 $\pm$ 0.19 ^c	4.76 $\pm$ 0.26 ^z	0.40 $\pm$ 0.01	0.40 $\pm$ 0.01	0.15 $\pm$ 0.02	0.22 $\pm$ 0.12				

*¹: 米の重量に対する添加量を示す。*²: 0% との色差を示す。

同一測定項目で異なった文字間には有意差のあることを示す。P<0.01

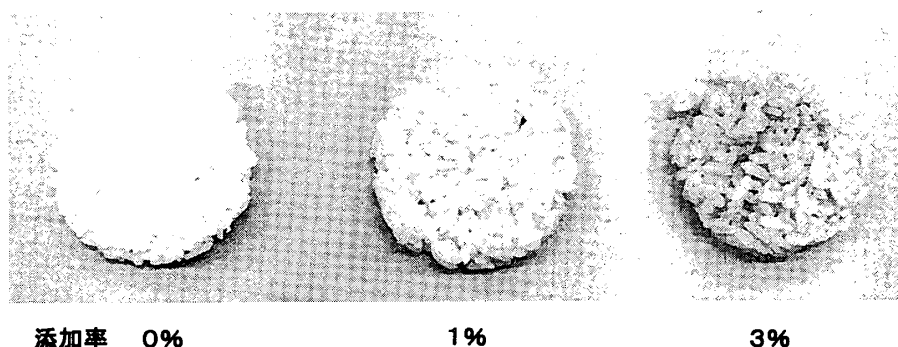


図3 大麦βグルカン添加白飯

の受容には、飯の色および硬さが影響していると考えられ、醤油などを添加した味付け飯や、油脂で炒めて炊くことで硬めのパリリとしたテクスチャーが好まれるピラフへの利用が示唆された。

3) ピラフ

ピラフでは、利用可能添加濃度とされた3%添加試料、および1%添加試料を無添加試料と比較した。

硬さにおいては30分後、90分後試料ともに、無添加、1%、3%試料間に有意差が認められた($p < 0.01$)。30分後の試料と、90分後の試料間には差が認められなかった。また凝集性、付着性にも差はなかった。

このように、3%添加で有意に硬くなり明らかに色づいているにもかかわらず、ピラフにおける官能検査では、白飯と異なり、これらの点は問題とされなかった。

4) 味噌汁

味噌汁重量に対し3%、5%のβグルカンを添加して無添加試料と比較した(表5)。

この結果、①色は添加によりa値は増加、L、b値は減少して全体に黒っぽくなり、②粘度は3%添加では無添加のものとの差がなかったが、5%添加では室温でゲル化するために粘度が大幅に増加した($p < 0.01$)。

物性面の結果から見ると、大麦βグルカンの添加により味噌汁の色が濃くなり汁に粘度が付くが、味噌の種類は多く色の濃い味噌も存在すること、味噌汁自体に粘度があることから3%程度の添加であれば味噌汁への添加は有効であるといえよう。

5) ハンバーグ

焼成直後および90分後にそれぞれ高い評価を得たパン粉置換50%、20%試料の物性を無添加試料と比較した(表6)。

表5. 大麦βグルカン添加による味噌汁の物性変化

大麦βグルカン濃度*1	色 調				粘度 (Pa·s)	
	L 値	a 値	b 値	ΔE*2	20℃	60℃
0%	51.7±1.2	5.9±0.7	27.8±0.8	—	18.5±8.7 ^a	5.0±0.6
3%	46.3±0.6	7.2±0.1	24.3±0.3	6.6	18.3±8.7 ^a	3.5±0.9
5%	44.5±0.7	7.6±0.6	23.2±0.1	8.7	127.9±36.9 ^b	14.8±10.6

*1: 米の重量に対する添加率を示す。

*2: 0% との色差を示す。

同一測定項目で異なった文字間には有意差のあることを示す。 $P < 0.01$

表6. 大麦βグルカン添加によるハンバーグの物性変化

大麦βグルカン濃度*	重量 (g)	高さ (mm)	硬さ (kgf)		凝集性	
			焼成直後	90分後	焼成直後	90分後
0%	70.6±0.6 ^a	22.3±0.8 ^a	0.80±0.09 ^a	1.10±0.08 ^b	0.23±0.05 ^a	0.26±0.02 ^a
20%	68.5±0.6 ^b	24.0±0.7 ^b	0.84±0.03 ^a	1.03±0.11 ^b	0.31±0.04 ^b	0.28±0.02 ^{ab}
50%	65.4±1.0 ^c	23.5±0.5 ^{ab}	0.84±0.07 ^a	1.46±0.17 ^c	0.27±0.04 ^{ab}	0.30±0.02 ^b

*: パン粉に対する置換率を示す。

同一測定項目内で異なった文字間には有意差のあることを示す。 $P < 0.05$

大麦 β -グルカンの添加が各種調理食品の嗜好性に及ぼす影響

焼き上がりの重量は、加熱による肉汁の流出がみられたため、添加量の増加とともに有意に ($p<0.05$) 減少した。この理由としては、① 水に溶けにくい大麦 β -グルカンよりパン粉のほうが肉汁を吸収しやすいこと、あるいは② 大麦 β -グルカンが肉汁を吸収しても焼成直後の温度が高い状態ではゾル状であるため肉汁として放出されてしまうこと、などが考えられる。

また、硬さについては、焼成直後と 90 分後で異なる特性が観察された。加熱されて温度が高い間は、肉汁を吸収した大麦 β -グルカンはゾル状であるため、肉汁を吸収しハンバーグを柔らかくする役割をもっているパン粉と同様の働きをしていると考えられる。これは官能検査においては「ねっとりしている」と表現された。

しかし、焼成 90 分後には温度が下がり有意に硬くなる傾向を示し、50% 置換試料で顕著に硬くなった。大麦 β -グルカンには特有のゲル形成能があり、室温程度に温度が下がるとゲル化して硬くなるものと考えられる。このことは、官能検査において、添加量にかかわらず時間の経過とともに嗜好意欲が低下する原因になっていると考えられる。凝集性は焼成直後と 90 分後に差はなかったが、20% 置換試料においてやや高くなる傾向が見られた ($p<0.05$)。

今回の研究では、大麦 β -グルカンをパン粉との置換という形で添加し比較を試みたが、利用にあたっては温度による物性変化を考慮する必要があるものの、ハンバーグなどひき肉調理への利用可能性が示唆された。

6) パウンドケーキ

小麦粉を大麦 β -グルカンで 20% 置換、40% 置換した 2 試料につき、無添加試料と物性を比較した。大麦 β -グルカンは油脂との親和性は高いが、予備実験において大麦 β -グルカン量が増すにつれ成形が困難になったため、本研究では 40% 置換を最大とした (表 7)。

焼き上がり重量はほとんど変化しなかったが、体積が減少したため比容積は低下した ($p<0.05$)。また、

添加量の増加に伴い b 値が減少し、パウンドケーキらしい黄色身が減少して全体に黒っぽくなった。硬さ・凝集性については、20% 置換に無添加との差はなかった。しかし、40% 置換では差が認められ、もろさも測定された。成形・切断の困難さが物性値からも裏づけられ、40% 置換は官能検査では受容されたものの、物性面からは添加の限界であると考えられる。

大麦 β -グルカンは、乳化性があることから油脂となじみやすく、油脂を多く使う他の菓子類への高濃度添加も期待されるが、今回のパウンドケーキの結果からは、40% 置換では物性面の問題が顕現化することが明らかになった。

3. 食物繊維摂取量

各調理食品に利用可能添加濃度の「大麦グルカン」を添加した場合の、1 食あたり食物繊維摂取量を算出し表 8 に示した。

国民栄養調査の結果により、日本人が 1 日あたり不足しているとされる食物繊維量は約 5g である¹⁰⁾。今回の実験結果から推計すると、1 食でこの量を満たすことのできる調理食品は、① 小麦粉 15% 置換食パン、② 小麦粉 40% 置換パウンドケーキおよびクッキー、③ 5% 添加のカレーであった。

このほか、1% 添加白飯と 3% 添加味噌汁を合わせて摂取することで約 4g の食物繊維摂取が可能になり、これを 1 日 1 回食することで食物繊維不足の解消に貢献できることも明らかになった。

要 約

大麦 β -グルカンを各種調理食品に添加し、嗜好特性および物性特性について検討した結果、以下の結論を得た。

大麦 β -グルカンを各種調理食品に添加して利用することが可能であった。

- 1) 各種調理食品への利用可能濃度を明らかにした。
- 2) 膨化調理食品では添加量の増加に伴い膨化が抑

表 7. 大麦 β -グルカン添加によるパウンドケーキの物性変化

大麦 β -グルカン濃度 ^{*1}	色 調				比容積	硬さ (kgf)	凝集性	もろさ (kgf)
	L 値	a 値	b 値	ΔE^{*2}				
0%	64.1 $\pm$ 1.3	-2.4 $\pm$ 0.6	22.3 $\pm$ 0.4	—	2.02 $\pm$ 0.08 ^a	2.87 $\pm$ 0.29 ^a	0.32 $\pm$ 0.03 ^a	
20%	53.3 $\pm$ 0.5	1.7 $\pm$ 0.5	18.5 $\pm$ 0.2	7.9	1.87 $\pm$ 0.06 ^b	3.14 $\pm$ 0.33 ^a	0.32 $\pm$ 0.02 ^{ab}	
40%	48.8 $\pm$ 2.7	2.8 $\pm$ 0.3	16.9 $\pm$ 0.6	11.6	1.61 $\pm$ 0.05 ^c	3.64 $\pm$ 0.24 ^b	0.29 $\pm$ 0.02 ^b	2.24 $\pm$ 0.35

^{*1}: 小麦粉に対する置換率を示す。

^{*2}: 0% との色差を示す。

同一測定項目内で異なった文字間には有意差のあることを示す。P<0.05

表 8. 利用可能添加濃度における食物繊維摂取量

調理食品	大麦 β グルカン 濃度 (%)	食物繊維摂取量 1食あたり (g)
食パン	小麦粉との置換	7.5
		15
飯	米重量に対する添加	1
		3
ピラフ	米重量に対する添加	1
		3
味噌汁	全重量に対する添加	3
ハンバーグステーキ 焼成直後	パン粉との置換	20
		50
	焼成 90 分後	20
パウンドケーキ	小麦粉との置換	20
		40
クッキー	小麦粉との置換	20
		40
カレー	全重量に対する添加	2
		5
天ぷら衣	小麦粉との置換	25

制され、比容積が減少した。

- 測定したいずれの調理食品においても、添加量の増加に伴い L 値は減少、a 値は増加し、全体に黒味を帯びた色になった。
- 固形の調理食品においては、添加量の増加に伴い硬さが増し、凝集性は低下する傾向が見られた。
- 利用可能添加濃度の大麦 β グルカンを添加した白飯、味噌汁を 1 日 1 回食することで、約 4g の食物繊維摂取が可能であった。

本研究の概要は日本調理科学会平成 14 年度大会で発表したものである。

文 献

- FDA Food labeling: health claims; soluble fiber from certain foods and coronary hearts disease: final rule 21 CFR Part 101. *Federal Reg.* Feb 18, 1998; **63** (32): 8103.
- 免疫増強作用を有する低分子化 β グルカン, 旭電化工業(株), 公開特許広報, 公開 2001-323001 (2001, 11.20)
- 高崎禎子, 唐沢恵子(1993), パン生地物の物性, イース

トの発酵能および製パン性に及ぼす小麦全粒粉混入の影響, 調理科学, **26**, 327-334

- 竹内枝穂, 津田淑江(2003), 品種の異なる大麦粉の食パンへの応用, 日本調理科学会誌, **36**, 23-31
- 荒木千佳子, 市川朝子(1992), 全粒粉を用いたスポンジケーキの調製, 調理科学, **25**, 207-215
- 中里トシ子, 松本憲一, 長谷川千佳子, 尾田文芽, 川瀬真貴子(2003), ダッタンそば粉がマフィンの性状や食味に及ぼす影響, 日本食生活学会誌, **13**, 35-40
- 島田保子, 川端晶子, 亀城和子, 村山篤子(1975): 最新調理学実験, 学建書院, 東京, 149
- Keith R. Morgan, Clive J. Roberts, Saul J. B. Tandler, Martyn C. Davies, Phil M. Williams (1999), A¹³CCP/MAS NMR spectroscopy and AFM study of the structure of GlucagelTM, ageing of glucan from barley, *Carbohydr. Res.*, **315**, 169-179 (1999)
- Zvonko Burkus & Feral Temelli (2000), Stabilization of emulsion and foams using barley β -glucan, *Food Research International*, **33**, 27-33
- 健康・栄養情報研究会編(1999), 第六次改訂 日本人の栄養所要量 食事摂取基準, 第一出版, 東京, 41-51

(2003 年 5 月 29 日受理)