

# 低アレルギー化小麦グルテンの調整と製パンへの応用

## Some attempts at decreasing in allergenic activity in wheat, and examination of the bread making method which used it

桑守正範<sup>1</sup>、菊池和美<sup>2</sup>、高橋享子<sup>3</sup>、谷口誠<sup>4</sup>

Masanori KUWAMORI, Kazumi KIKUCHI, Kyouko TAKAHASHI, and Makoto TANIGUCHI

### 1. まえがき

食物アレルギーは「食物によって引き起こされる抗原特異的な免疫機序を介して生体にとって不利益な症状が引き起こされる現象」と定義される<sup>1)</sup>。現在、アレルギーとなりうる食品は多様を極めており、複数の食品を原因とする人においては原因食品の除去によって食事の豊かさや、健康を損なう可能性がある。特に発達途上にある乳児や幼児においては除去食によって不足する栄養素を補うために代替食を用いる必要も生ずる。しかし、除去食や代替食の不十分さから、成長障害を引き起こすケースも実際に報告されている<sup>2)</sup>。

食物アレルギーを引き起こす三大アレルギーは鶏卵・牛乳・小麦である。多数存在する原因食品のなかでも小麦は、諸外国において baker's asthma セリアック病などのアレルギー疾患の要因として知られており<sup>3)</sup>、日本においては食事依存性運動誘発アナフィラキシー (FDEIA) の原因食品として小麦が最も頻度が高い食品であるとしている<sup>4)</sup>。FDEIA はアレルギー摂取のみでは症状を引き起こさず、アレルギー摂取後に運動を伴うことで発症し、吐き気、蕁麻疹、血管性浮腫、鼻炎、呼吸困難、喘息、意識障害などのアナフィラキシーショック症状が起こるとされている。これらの疾患を引き起こす小麦中の主要なアレルギーである。グルテンは特有の粘弾性を有しており、うどんのコシやパンの膨らみなどはグルテンの性

質によって与えられていることが一般に知られている<sup>5)</sup>。すなわち、グルテンは小麦食品の調理・加工に必要な成分として重要な役割を担っている。また、その特有の性質から、グルテンは米粉パンなど小麦粉を主原料としない加工食品にも添加物として応用されているため、グルテンをいかに対処するかが重要となってくる。

そこで今回は小麦中の主要なアレルギー成分であるグルテンに焦点をあて、低アレルギー食品への応用に繋げるための小麦グルテンの低アレルギー化法の検討を行った。

### 2. 本論

#### 2-1. 実験1 各種処理グルテンの高次構造を持つたんぱく質の定量

##### 2-1-1. 目的

小麦グルテン(グリコ社製:A-グルK)を電磁波処理、塩麹菌処理、界面活性剤処理、低温処理の4つの方法で処理を行い、グルテンの変性を目指し、低アレルギー化の足がかりを求めた。

##### 2-1-2. 試料および方法

部分変性の評価はタンパク質の高次構造変化によっても低アレルギー化されたという報告<sup>6)</sup>を参考に、たんぱく質の高次構造のみに反応するブラッドフォード法<sup>7)</sup>を用いて行った。実験においてはグルテンをエタノール(グリアジン)および尿素(グルテニン)を用いて水和させた<sup>8)</sup>。

### 2-1-2-1. グルテン処理手順

以下に水和させたグルテンの処理手順を記載する。

- ①電磁波処理：グルテン 1 g を耐熱容器に量り、700W の電子レンジで各 3 分・5 分加熱した。
- ②塩麹菌処理：グルテン 1 g、塩麹（ハナマルキ社）1 g を 50ml チューブに量り、ガラス棒で攪拌後、恒温槽で 3 日間保温した。
- ③界面活性剤処理：グルテン 1g、界面活性剤（ココナード ML・エマゾール S-120V：花王株式会社）1g を 50ml チューブに量り、ガラス棒で攪拌後、3 日間静置した。
- ④低温変性：グルテン 1 g を 50ml チューブに量り、家庭用冷凍庫（-18℃）と超低温冷凍庫（-80℃）で 3 日間冷凍させた。

### 2-1-2-2. 試料調整方法

各種の方法で処理したグルテン 1g をチューブにとり、100%エタノール 10ml を加え攪拌し、3000 × g、室温で 15 分遠心分離を行った。上清を回収したものをグリアジン溶液とした。また、沈殿物に 1%尿素 10ml を加え攪拌したものをグルテニン溶液とした。本試料をブラッドフォード法を用いて吸光度を測定した。

### 2-1-3 ブラッドフォード法による測定結果

ブラッドフォード法による結果を表 1 に示す。記載の結果は、各処理ごとのグルテニンとグリアジンの換算値を足したものをローリー法によって求めたタンパク質の総量で除したものである。ブラッドフォード法は、たんぱく質の高次構造のみに反応するため、未処理グルテンと比較した場合にたんぱく質濃度の低下が見られる場合、該当処理で高次構造が壊れたことが示唆される。本実験では電磁波処理（5 分）、電磁波処理（3 分）、塩麹処理の 3 つの処理において高次構造を持つたんぱく質の有意な低下がみられた。特に、塩麹処理では、著しい低下が見られた。食品界面活性剤処

理でも同様に未処理グルテンとの比較を行ったが、ココナード ML、エマゾール S-120 V とともに高次構造を持つたんぱく質の有意な低下は見られなかった。

表 1. ブラッドフォード法を用いた各種処理小麦グルテンの高分子タンパク比

未処理グルテン	0.239±0.078
電磁波処理 (3分)	0.152±0.065*
電磁波処理 (5分)	0.137±0.059*
麹処理	0.112±0.039*
界面活性剤処理 (ココナード ML)	0.242±0.088
界面活性剤処理 (エマゾール S-120V)	0.241±0.071
低温処理 (80℃)	0.229±0.066
低温処理 (18℃)	0.213±0.072

値は平均±標準偏差で示した。

\*:未処理グルテンと比較して P<0.05 有意差を認めた。

表 2. 各種配合生地を用いたパンのレオメーターによる計測結果

	硬さ (N)	弾性	凝結性	粘性
ファリネックス				
なし群	167±3.47	0.047±0.001	0.035±0.001	0.051±0.001
①群	169±1.29	0.026±0.001	0.014±0.001	0.010±0.001
②群	132±1.59	0.006±0.001	0.016±0.001	1.402±0.630*
③群	126±1.37	36.7 ±12.4*	0.436±0.007*	0.086±0.001
④群	138±2.43	30.1 ±10.2*	0.114±0.009	0.055±0.001
⑤群	148±0.61	6.181±1.281*	0.881±0.080*	0.026±0.001
⑥群	140±0.53	5.572±1.746*	0.837±0.057*	0.038±0.001
⑦群	73.1±3.38*	10.5 ±8.92*	0.408±0.056*	0.064±0.001

各群の試料配合は以下の通りであった。

- ①米粉 100g、ファリネックス 50 g、里芋 50 g、水 60g
- ②米粉 75g、ファリネックス 50 g、里芋 50g、水 40 g
- ③米粉 50g、ファリネックス 100 g、里芋 50g、水 40 g
- ④米粉 50g、ファリネックス 100 g、里芋 100g、水 25 g

- ⑤米粉 50g、ファリネックス 100 g、里芋 100g、水 30 g
- ⑥米粉 50g、ファリネックス 100 g、里芋 50g、水 60 g
- ⑦米粉 50g、ファリネックス 100 g、里芋 50g、水 80 g

値は平均±標準偏差で示した。

\*:ファリネックスなし群と比較して  $P<0.05$  有意差を認めた。

## 2-2. 実験 2 グルテン以外の粘性物質を他食材・他物質に求める検討

### 2-2-1. 目的

実験 1 で得られたグルテンは著しく粘性を失っており、これらの処理グルテンを用いた通常的小麦製品の再現は難しい。そこで実験 2 として、グルテン以外の粘性物質を他食材・他物質に求め、パンを焼き上げることが出来るかどうかの検討を行った。

### 2-2-2. 試料および方法

今年度は岡山県勝田郡奈義町の産業振興課から里芋を用いた加工品の相談があったため、粘性源を里芋にも求めて検討を行った。また、今年度は藤女子大学の菊池和美教授から助言を受け、松谷化学の機能性高粘度デンプンであるファリネックスを粘性源として検討した。生地に米粉と、ファリネックスを使用する場合は米粉にファリネックスを合わせたものに食塩、砂糖、ドライイーストを混ぜ、水と里芋を使用する場合は里芋を加え 10 分間こね、バターを加えて更に 8 分間捏ねた。35℃で 90 分間一次発酵させ、生地を丸め、15 分間常温でねかした。成形し 40℃で 60 分間二次発酵したのち、180℃のオーブンで 20~25 分焼成した。フローチャートを図 1 に示す。また、各材料の各試験群ごとの混合比は以下の通りである。①群「米粉 100g、ファリネックス 50 g、里芋 50 g、水 60g」、②群「米粉 75g、ファリネックス 50 g、里芋 50g、水 40 g」、③群「米粉 50g、ファリネックス 100 g、里芋 50g、水 40 g」、④群「米粉 50g、ファリネッ

クス 100 g、里芋 100g、水 25 g」、⑤群「米粉 50g、ファリネックス 100 g、里芋 100g、水 30 g」、⑥群「米粉 50g、ファリネックス 100 g、里芋 50g、水 60 g」、⑦群「米粉 50g、ファリネックス 100 g、里芋 50g、水 80 g」。生地は、米粉 150 g に塩 2 g (1.3%量)、砂糖 15 g (10%量)、ドライイースト 3 g (1.6%量)、バター12 g (8%量)を加えたものを基本とした。また試料として用いた食材は以下の通りである。米粉（うるち米：岡山県勝田郡奈義町 産業新興課）、里芋（里芋：岡山県勝田郡奈義町 産業新興課）、食塩（食卓塩：日本食塩製造株式会社：神奈川県川崎市）、砂糖（上白糖：三井製糖株式会社：東京都中央区）、ドライイースト（日清スーパーカメリア：日清フーズ株式会社：東京都千代田区）、バター（雪印北海道バター食塩不使用：雪印メグミルク株式会社：東京都新宿区）。

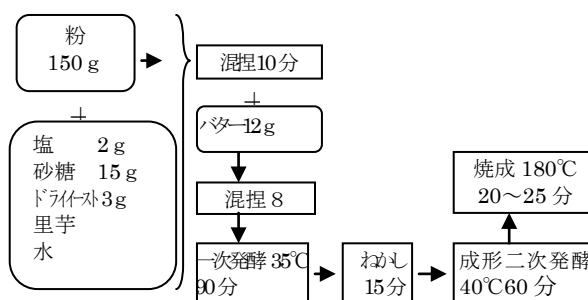


図 1.製パンフローチャート

パン制作後に米粉群と里芋添加群の物性測定を行った。項目は、「硬さ」、「弾力性」、「凝集性」、「付着性」、「粘性」を選択した。測定機器は、レオメーター（サン科学 CR-500DX）を用いて、咀嚼試験（プランジャー円柱型 20mm径、速度 60mm/sec、挿入距離 80%、挿入回数 2 回）を行った。

### 2-2-2-1 物性測定結果

米粉 100 g、里芋 50g に塩 2 g (1.3%量)、砂糖 15 g (10%量)、ドライイースト 3 g (1.6%量)、バター12 g (8%量)を加えたものを対照とし、ファリ

ネックス添加群との比較を行った。結果を表2に示す。硬さでは⑦群が一番高くなり、弾力性は③群と④群が特に高くなり、凝集性では③群と⑤群と⑥群が特に高くなった。粘性は③群と⑦群が高い傾向を示した。ファリネックスを加えることにより、弾力性と粘性、凝集性が数値として有意に高くなり、硬さは⑦群のみ有意に高くなった。

ファリネックスはでん粉を酸化プロピレンでエーテル化して得られる。でん粉へのヒドロキシプロピル基の導入・付加により親水性が増大し、糊化開始温度が低下することによって、最高粘度が上昇する。老化耐性に優れ、冷蔵安定性や凍結融解にも優れる特性を持つ。食品へは、食感改良や物性改良、老化耐性の付与を中心に、冷凍食品やベーカリー食品の経時安定性向上など広範囲に利用されている。本実験では米粉にファリネックスを加えることで、もちのような食感のパンになった。これはファリネックスがアミロペクチンのような役割としてはたらいたと考えられる。

また、発酵時に多少の膨らみが見られたが、焼成するとしぼんだため、加熱に対する耐性が低いと考えられる。ファリネックスを添加すると弾力性と粘性、凝集性が高くなることが分かったが、凝集性が高くなったのは、里芋の効果ではないかと考えられる。

生地への水分量が増加すると、発酵時によく膨らむという傾向が見られた。米粉は小麦粉に比べ吸水率が高く、水を取り込みやすいため小麦パンよりも水分を多く添加する必要があると考えられる。米粉パンでは、パンに焼き色がつかなかった。通常的小麦粉パンはタンパク質やアミノ酸と糖が化学的に作用し、アミノカルボニル反応を示し焼き色がつくが、米粉パンにはタンパク質が少ないため焼き色がつかなかったと考えられる。

### 3. 結語

本研究の結果、ブラッドフォード法では電磁波処理・塩麴処理ともに高次構造を持つたんぱく質の減少は見られたため、低アレルギー化した可能性もあると考えられる。しかし、FASTKIT エライザ Ver. II 小麦での実験では、抗原小麦たんぱく質の減少は見られなかった。またこれらの処理においてグルテンの粘性は大幅に減じるため、高粘度の機能性デンプンに減じた粘性を求めたが、多孔質の形成には至らずいわゆる「モチ」状になるにとどまった。

### 4. 謝辞

実験を行うに当たり、サンプルを提供いただいた花王株式会社様、松谷化学株式会社様に本紙面を借りて厚く御礼申し上げます。

### 5. 参考文献

- 1) 海老沢元宏、厚生労働省科学研究班による「食物アレルギー診療の手引き 2011」、2011
- 2) 五藤和子、高増哲也、池辺敏市、栗原和幸、食物アレルギーおよびその治療としての除去に起因する体重増加不良をきたした12例、アレルギー、45、260、1996.
- 3) アンブロシア株式会社「小麦アレルギーとセリアック病」 2010
- 4) 香西はな、矢野博己、加藤保子、小麦たんぱく質とアレルギー - 小麦依存性運動誘発アナフィラキシーに注目して - 川崎医療福祉学会誌, 16 (1), 11-19, 2006.
- 5) 川端晶子「食品とテクスチャー」光琳 2003
- 6) Cooke SK, Sampson HA (. 1997) . Allergic properties of ovomucoid in man. J Immunol, 159:2026-2032.
- 7) MARION M .BRADFOAD : A Rapid and Sensitive Method for the Quantitation of Microgram Quantities of Protein Utilizing the

## Principle of Protein-Dye Binding

8) 裏出 令子：グルテンたんぱく質のネットワーク形成における食塩の役割 「2008-12 食品と技術」

9) 片岡栄子、古庄律、安原義 「食品化学実験」  
116 - 119 2003.

1. 美作大学短期大学部栄養学科 教授 Prof.,Dept. of Nutrition Sciences, Mimasaka Junior College, Ph.D.

2. 藤女子大学人間生活科学部食物栄養学科 教授 Prof.,Dept. of human life sciences,Fuji Women's University

3. 武庫川女子大学生生活環境学部食物栄養学科 教授 Prof.,Dept. of Environmentology, Mukogawa Women's

4. 美作大学大学院 生活科学研究科 教授 Graduate School of life Sciences course, Mimasaka University, Ph.D

