

各種大麦粉のアレルゲン性と低アレルゲン食品への応用

Allergenic properties of various barley flours and their applications to the low-allergenic foods

前田 智子* 安藤 ひとみ** 光永 俊郎*** 森田 尚文****
MAEDA Tomoko ANDOU Hitomi MITSUNAGA Toshio MORITA Naofumi

近年、食物アレルギー疾患患者に対応するため、アレルゲンを含む食品の代替品を用いた低アレルゲン及びノンアレルゲン食品の開発が望まれつつある。なかでも多くの加工食品に用いられている小麦のたんぱく質は、代表的なアレルゲンのひとつである。本研究では、小麦に代わる代替素材として国産・外国産の大麦をとりあげ、それらのアレルゲン性と製粉特性を調べた。さらに、大麦粉ケーキを調製し、その物性や味わいから、小麦粉製品に代わる良好な低アレルゲン性ケーキへの実際応用についても併せて検討を行った。5種類の大麦粉では、それらの色彩やアレルギー試験で差が見られた。一般的にアレルギー反応が無いとされる市販大麦粉であっても、判定しがたい結果となり、明らかに陰性となったのは1種類の大麦粉、ハウシュンのみであった。一方、加工食品への応用については、5種いずれの大麦粉からも市販小麦粉や市販大麦粉よりも有意に膨らみの大きな、破断されやすく、柔らかい炊飯ケーキが調製できた。特にハウシュンのケーキは、アレルギー反応も陰性となった。ケーキの官能評価では、ハウシュンは市販小麦粉よりも総合評価は低いスコアとなったが、市販大麦粉とは有意差が見られない項目もあり、特に食感や味わいについては、受け入れられる可能性も示唆された。従って、ハウシュンは低アレルゲン性で、かつ美味しい加工食品を調製できる小麦粉代替素材として期待された。以上の結果より、アレルギー食品の代替品を考慮する場合、同じ食品素材であってもそのアレルギー反応が一定でない可能性があり、詳細なアレルギー試験が必要と考えられた。さらに、調製方法により加工食品の物性に差が認められたため、小麦粉による加工食品と同程度まで品質を向上させるためには、水分量の調整など、加工方法に更なる検討が必要であると考えられた。

キーワード：アレルゲン、大麦、小麦、テクスチャー

Key words : Allergen, barley, wheat, texture

1. 緒言

人間の身体はもともと免疫という生体防御機能によって守られており、自分の身体になじまない異物（抗原）が侵入してくると、抗体を作ってこれを排除しようとする免疫反応が働く。しかし、時に抗原と抗体が過剰反応し、異常な症状が現れることがある。これをアレルギー反応という。また、抗原の中でもアレルギー反応を引き起こす抗体などを作るものをアレルゲンと呼ぶ¹⁾。

食物アレルギーとは、食物を食べることにより体に不利益な免疫反応をおこす現象である²⁾。年齢別の食物アレルギーの原因食物をみると、0歳から6歳まででは、1位が鶏卵、2位が乳製品、3位が小麦となっているが、その後、加齢と共に80~90%は耐性を獲得していくといわれている。症状としては、じんましん、かゆみなどの粘膜症状がもっとも多く、嘔吐、下痢、腹痛などの消化器症状、咳、喘鳴、呼吸困難などの呼吸器症状が続く。そのほか、くしゃみや鼻づまり、膀胱炎症状、頭痛やイライラなど多彩な症状が見られることもある。また、皮膚症状にとどまらず、消化器や呼吸器など複数の臓器に及ぶことをアナフィラキシーという³⁾。

食物アレルギーの治療の基本は、アレルギーの原因となっている食品を除去することである。しかし、原因となる食品やアレルギー症状の程度、食品を除去する程度や範囲、いつまで除去するか等、人によって異なってくる。また、アレルギー症状が比較的軽い時など完全除去する必要がない場合には、加熱してアレルゲンの作用を弱めたり、アレルゲンの成分を分解した低アレルゲン食品を用いる。さらに除去食を行う場合には、必ず代替食品となる食品を取り入れて栄養のバランスをとるようにする。食事療法で、アレルゲンとなる食物を完全除去すると、成長に必要な栄養が不足してしまうこともある。そのような時には、アレルギーを抑える薬を使って症状を和らげる薬物療法が必要になる。

現在、小麦はアレルギーを引き起こす三大食品のひとつとされているが、その原因となるのは食品に含まれるたんぱく質であり、小麦ではグルテン（グリアジンとグルテニン）が大部分（全たんぱく質量の約85%）を占めている⁴⁾。世界でも小麦は主食として多く用いられ、その用途は幅広いため、小麦アレルギーをもつ人にとっては、小麦に代わる食品を用いることが必須となる。小麦

*兵庫教育大学大学院教育内容・方法開発専攻行動開発系教育コース **京都文京短期大学

近畿大学名誉教授 *(株)FUDAI, 東洋食品工業短期大学

平成23年10月21日受理

をアレルゲンとする場合、代替食品は数種類あるが、わが国で馴染み深いものには片栗粉や上新粉がある。最近では、南米産のキヌア粉・アマランサス粉やきび粉、ひえ粉などが市販されている。しかし、いずれの素材も、適する料理や加工方法があるものの、使用できる範囲が限られている。

本研究では、特に、小麦粉のようにグルテンを含まず、また、これまで粉としてあまり利用されてこなかった大麦粉を取り上げ、そのアレルゲン性を調べることにした。更に、小麦粉の代替品としての可能性を評価するため、大麦粉による加工食品のアレルゲン性についても併せて検討することとした。

2. 実験試料

一般にケーキは薄力小麦粉で作られるため、日清製粉(株)の薄力粉を、市販小麦粉としてコントロールに用いた。更に、イトメン製粉(株)の市販大麦粉もコントロールとして使用した。大麦粉は、表1に示す鳥越製粉(株)で製粉された国産・外国産の5種類とした。さらに、ケーキを調製するために、市販の天然およびリン酸架橋タピオカ澱粉も使用した。

3. 実験方法

3-1. 製粉特性

(1) 色彩測定⁵⁾

測色計(ミノルタ(株)CM-3500d)の彩チェックを用いて、各種穀粒および粉の色彩を測定した。直径3.0cm、高さ1.0cmの円形ガラスシャーレの底辺に、隙間なく試料を敷き詰め、D65光源、視野10度で測定した。

(2) アレルギー試験

各種粉試料、ならびにそれぞれの加工製品について、食品アレルゲン検出キット(ナノトラップーアレルゲン検出シリーズ・小麦、生化学バイオビジネス((株))を用いて、アレルギー試験を行った。

3-2. 加工食品の調製

(1) 大麦粉による炊飯ケーキ

材料は、各種粉200g、上白糖60g、重曹1g、ドライイースト3g、蒸留水250gとし、家庭用炊飯器(National SR-DG10E-N)を使用し、下記の手順で炊飯

ケーキを調製した。

1. 各種粉、上白糖、重曹、ドライイーストを計量し、均一になるよう混ぜ合わせる。
2. ボウルに蒸留水を入れ、1を加え、ゴムべらでダマが残らないよう十分に混ぜ合わせる。
3. ラップをして、室温(25度)で30分間発酵させる(写真1)。



写真1. 発酵後の大麦粉炊飯ケーキ生地(手順3)

4. 炊飯器にセットし炊飯調理する。(48分間)(写真2)。



写真2. 完成した大麦粉炊飯ケーキ(市販大麦粉)

(2) 大麦粉による蒸しケーキ(カップ型)

材料は、各種粉100g、上白糖30g、重曹0.5g、蒸留水95gとした。粉の詳細な材料配合を表2に示す。家庭

表1. 炊飯および蒸しケーキ(カップ型)に使用した大麦粉

試料	産地	搗精歩留まり	平均粒度
ハウシユン	国産大麦	69%	63.69 μm
ニシノチカラ	国産大麦	72%	66.32 μm
ニシノホシ	国産大麦	64%	83.74 μm
スクーナー	外国産大麦(オーストラリア)	61%	72.75 μm
スターリング	外国産大麦(オーストラリア)	68%	71.68 μm

搗精歩留まり; 原麦から精麦に搗精した場合の原麦重量に対する精麦重量の割合。

用蒸し器を使用し、下記の手順で、カップ型蒸しケーキを調製した。

1. 各種粉、上白糖、重曹、ドライイーストを計量し、ふるいにかける。
2. ボウルに蒸留水を入れ、1を加え、混ぜ合わせる。
3. 型に流し込み、ラップをして、室温（25度）で30分間発酵させる。
4. 蒸し器で、強火で15分間蒸す。

3-3. ケーキの品質特性

(1) 大きさと重量測定

炊飯ケーキ調製後、室温（25度）で30分間冷却後、ケーキの重量を測定した。また、ケーキを中央で二つに切断し、最も膨らんでいる箇所の高さを計測した。

(2) 物性試験（破断、テクスチャー試験）⁵⁾⁻¹¹⁾

各種ケーキを調製後、1-2日間25℃で保存し物性を測定した。ケーキを噛んだ時や、手で押さえた時を想定した物性を調べるために、クリープメーター（(株)山電 RE-3305S）を用いて破断及びテクスチャー試験を行った。破断試験は、試料の大きさを2×3×2cmとし、プランジャー No. 49（くさび型）、歪み率50%で行った。一方、テクスチャー試験は、試料の大きさを2×3×4cmとし、プランジャー No. 1（円型）、歪み率25%で行った。

(3) 色彩測定⁵⁾

測色計（ミノルタ（株）CM-3500d）の彩チェックを用いて、各種ケーキの色彩を測定した。2×3×4cmに切断した試料を2個使用し、各々、2回ずつ、3-1（1）と同様に測色した。

(4) 画像解析¹²⁾

蒸しケーキ（カップ型）のキメの状態を確認するため、

断面図の画像をスキャナー（Epson smart panel）で取り込み、画像解析ソフト（Image Hyper2）により、ガスセルの平均粒径と分散性について解析した。

(5) 官能評価¹¹⁾

- ・対象 A 短期大学 学生12名
- ・時期 平成20年11月27日（木）
- ・試料 炊飯ケーキ4点（市販小麦粉、市販大麦粉、ホウシユン、スターリング）

ケーキを調製し2日後、対象者に食味してもらい、評点法による5段階評価により官能評価を行った。

ホウシユンは、粉のアレルギー反応が陰性であり、1日目の物性試験では、市販小麦粉、市販大麦粉と比較して、各々約2倍、3倍柔らかく、ケーキも約1.3倍大きく膨らんでいた。従って、ホウシユンは、低アレルゲン性で、かつ食感的、味覚的にも良好なケーキであると考え、試料として取り上げた。また、ホウシユンが国産大麦であったため、比較試料には、外国産大麦で、予備実験で、特に甘みが強いと感じられたスターリングを取り上げ、併せて評価を行った。

3-4. 有意差検定

上記の実験結果の一部について、解析ソフト SPSS（Version 11.0; SPSS Inc., Chicago, IL）を用いて有意差検定を行った。

3. 実験結果

3-1. 大麦粉の特性について

(1) 大麦穀粒および粉の色彩結果

表3に示すように、全穀粒については、ホウシユンの表面反射率は最高値で、もっとも白く明るい粒であった。精麦穀粒では、ニシノチカラで黄色味が、スターリング

表2. 大麦粉による蒸しケーキ（カップ型）の粉の配合表

試料	小麦粉および大麦粉 (g)		天然澱粉 (g)		加工澱粉 (g)	
市販小麦粉	市販力小麦粉	100	タピオカ澱粉	0	リン酸架橋タピオカ澱粉	0
市販大麦粉	市販大麦粉	50	タピオカ澱粉	50	リン酸架橋タピオカ澱粉	0
ホウシユン	ホウシユン	50	タピオカ澱粉	50	リン酸架橋タピオカ澱粉	0
ニシノチカラ	ニシノチカラ	50	タピオカ澱粉	50	リン酸架橋タピオカ澱粉	0
ニシノホシ	ニシノホシ	50	タピオカ澱粉	50	リン酸架橋タピオカ澱粉	0
スクーナー	スクーナー	50	タピオカ澱粉	50	リン酸架橋タピオカ澱粉	0
スターリング	スターリング	50	タピオカ澱粉	50	リン酸架橋タピオカ澱粉	0
架橋デンプン	市販大麦粉	50	タピオカ澱粉	25	リン酸架橋タピオカ澱粉	25

表3. 各種穀物試料の色彩結果

試料	各種粉				全穀粒				精麦穀粒			
	L*	a*	b*	表面反射率	L*	a*	b*	表面反射率	L*	a*	b*	表面反射率
市販小麦粉	92.68	0.22	8.39	82.24	—	—	—	—	—	—	—	—
市販大麦粉	90.29	0.69	6.80	76.93	—	—	—	—	—	—	—	—
ホウシユン	91.27	0.43	7.52	79.08	91.27	0.43	7.52	79.08	73.42	3.00	18.63	45.81
ニシノチカラ	91.17	0.39	7.00	78.86	91.17	0.39	7.00	78.86	74.64	2.76	20.33	47.70
ニシノホシ	91.19	0.48	6.79	78.89	91.19	0.48	6.79	78.89	73.71	2.55	18.19	46.25
スクーナー	90.93	0.60	7.92	78.34	90.93	0.60	7.92	78.34	71.96	3.60	20.17	43.59
スターリング	90.63	0.52	8.88	77.66	90.63	0.52	8.88	77.66	69.48	3.73	20.19	40.02

で赤味が強くなった。さらに、製粉後の粉については、市販小麦粉でもっとも白く明るくなった。市販大麦粉はもっとも赤味が強く、ハウシュンは大麦粉の中でもっとも白く明るい粉となった。

(2) アレルギー試験結果

アレルギー試験に対して、以下の表記に統一した。

陽性 (+) : アレルギー反応がみられる。

陰性 (-) : アレルギー反応がみられない。表4より、完全に陰性だったのは、ハウシュンだけであった。また、そのキットの写真を写真3に示す。

表4. 各種粉のアレルギー試験結果

試料	判定
市販小麦粉	+
市販大麦粉	±
ハウシュン	-
ニシノチカラ	±
ニシノホシ	+
スクーター	+
スターリング	+



写真3. キットによる粉アレルギー試験
(左, 市販小麦粉 (+) ; 右, ハウシュン (-))

3-2. 大麦粉による炊飯ケーキについて

(1) 外観結果

表5に示すように、市販小麦粉と市販大麦粉に対して、5種類の大麦粉ケーキは有意に大きく膨らんだ。特に、ニシノホシやスクーターで顕著であり、これらは他の大麦粉ケーキよりも有意に大きく膨らんだ。一方、重さは、大麦粉ケーキは全て、市販小麦粉よりも有意に重いケーキとなったが、大麦粉ケーキ間では有意差は見られなかった。

表5. 大麦粉炊飯ケーキの高さと重量の結果

試料	高さ (cm)	重量 (g)
市販小麦粉	3.00	a 433.0
市販大麦粉	3.00	a 462.0
ハウシュン	4.10	bc 466.0
ニシノチカラ	4.25	bc 467.5
ニシノホシ	4.40	d 468.0
スクーター	4.50	d 468.5
スターリング	3.85	b 464.5

同列で異なる文字をもつもの同士が互いに有意差がある。(P<0.05)

等分散性が仮定されている項目はDuncanで、仮定されていない項目はDunnett T3で有意差検定を行った。

(2) 色彩結果

各種炊飯ケーキの色彩結果を表6に示す。市販小麦粉と比較して、ハウシュンやスターリングでは有意に赤色と黄色味が強かった。ハウシュンは市販大麦粉よりも、有意に黄色味が強く、さらにその値はスターリングより有意に大きかった。

(3) 物性試験結果

1) 破断試験

市販小麦粉と市販大麦粉のいずれと比較しても、1日目には、ハウシュン、ニシノチカラ、ニシノホシが有意に柔らかく、2日目には、ニシノホシ、スクーター、スターリングが有意に崩れやすくなった(表7)。両日共に、いずれの試料もコントロールに比べて、崩れやすい物性となった。

2) テクスチャー試験

1日目では、市販小麦粉と市販大麦粉に比べて、5種類の大麦粉ケーキはいずれも有意に柔らかくガム性が小さくなり、特にハウシュンは、両日共に2種のコントロールと比較して、有意にその傾向を示した(表8)。凝集性については、1日目は試料間で差が見られなかったが、2日目には試料間で有意差が認められた。しかしながら、保存中の数値の変化は顕著に大きくはなく、保存中に凝集性の大きな変動は見られないと思われた。

また、既述の破断試験では、保存中に最大荷重の増加が見られたが(表7)、丸形ブランジャーでの圧縮を行うテクスチャー試験では、2日目において、1日目よりも最大荷重とガム性の減少が見られる試料が殆どであった。粉を用いた加工食品の保存試験としては一般的にはあまり見られない結果だったが、調製方法が多量の加水を伴う「炊飯」であったことも関係するのではないかと推察された。特に2種のコントロールで、その減少が大きく、今回用いた5種類の大麦粉は、炊飯調理によるケーキの保形性には良好な粉であったといえる。

(4) 官能評価結果

表9に示す項目について、官能評価を行った。市販小麦粉、市販大麦粉に対して総合的に、ハウシユンとスターリングは有意に好ましくないと評価された。しかし、ハウシユンはスターリングより有意に色が薄く、また柔らかく、更には、もちもち感やふわふわ感が強いと評価されていた。

3-3. 大麦粉による蒸しケーキ（カップ型）について

(1) アレルギー試験結果

蒸しケーキ（カップ型）のアレルギー試験結果を表10に示す。市販小麦粉は陽性、市販大麦粉は判定しがたい結果であった。ハウシユンとスターリングは各々陰性と陽性であった。従って、ハウシユンは、表4と写真3に見られたように、粉としても加工食品としても陰性であ

ると確認された。

(2) 物性試験結果

各種蒸しケーキの外観と色彩結果を写真4および表10に、各々示す。市販小麦粉での蒸しケーキは、L*値や表面反射率は最高値を示し、最も白く仕上がった。市販大麦粉でのケーキは全試料中、最も茶色味があり、色の濃いケーキとなった。5種類の大麦粉では、市販大麦粉よりも茶色味の薄いケーキとなったが、市販小麦粉ケーキの白さには至らず、全体に赤味の濃い仕上がりととなった。

表6. 大麦粉炊飯ケーキの色彩結果

試料	L*	a*	b*	表面反射率
市販小麦粉	54.87	a 2.81	a 16.94	a 22.77
市販大麦粉	55.83	ab 3.74	b 17.76	ab 24.34
ハウシユン	57.59	ab 4.51	bc 19.58	c 25.19
ニシノチカラ	58.04	ab 4.53	bc 19.88	c 25.87
ニシノホシ	58.29	ab 5.07	c 19.95	c 26.06
スクーター	59.22	b 7.71	d 24.89	d 27.21
スターリング	57.35	ab 3.91	b 18.48	b 25.06

同列で異なる文字をもつもの同士が互いに有意差がある。(P<0.05)
等分散性が仮定されている項目は Duncan で、仮定されていない項目は Dunnett T3で有意差検定を行った。

表7. 大麦粉炊飯ケーキの破断試験結果

試料	最大荷重 (N) (1日目)	最大荷重 (N) (2日目)
市販小麦粉	4.38 c	9.88 b
市販大麦粉	6.56 bc	10.15 b
ハウシユン	2.28 a	9.21 b
ニシノチカラ	2.25 a	8.89 b
ニシノホシ	2.40 a	6.31 a
スクーター	2.36 ab	6.21 a
スターリング	3.40 abc	5.48 a

同列で異なる文字をもつもの同士が互いに有意差がある。(P<0.05)
等分散性が仮定されている項目は Duncan で、仮定されていない項目は Dunnett T3で有意差検定を行った。

表8. 大麦粉炊飯ケーキのテクスチャー試験結果

試料	1日目			2日目		
	最大荷重 (N)	凝集性	ガム性荷重 (N)	最大荷重 (N)	凝集性	ガム性荷重 (N)
市販小麦粉	4.65 c	0.904 a	4.20 d	3.90 c	0.899 bc	3.51 c
市販大麦粉	7.00 bc	0.891 a	6.20 cd	4.56 bc	0.893 b	3.68 bc
ハウシユン	2.04 a	0.909 a	1.85 a	1.48 a	0.902 c	1.35 a
ニシノチカラ	2.34 ab	0.907 a	2.07 ab	2.33 ab	0.905 c	2.11 a
ニシノホシ	2.69 ab	0.899 a	2.42 ac	2.46 bc	0.893 b	2.21 b
スクーター	3.37 b	0.826 a	2.74 bc	1.97 ab	0.877 a	1.72 a
スターリング	2.81 ab	0.904 a	2.53 abc	2.19 ab	0.883 a	1.97 a

同列で異なる文字をもつもの同士が互いに有意差がある。(P<0.05)
等分散性が仮定されている項目は Duncan で、仮定されていない項目は Dunnett T3で有意差検定を行った。



写真4. 大麦粉蒸しケーキ（カップ型）の外観
試料の内容は表2と同じとする。

各種蒸しケーキの物性（破断，テクスチャー試験）ならびに画像解析結果を表11，12に各々示す。いずれも調製1日後の試料であったが，ハウシユンが最も硬い仕上がりととなった。スクーナーを除き，全ての大麦粉蒸しケーキで硬くガム性に富んだ緻密な蒸しケーキとなった。

しかし，表12に見られるように，ケーキ内相部のキメの状態は，市販小麦粉，市販大麦粉，ハウシユン，ニシノチカラなどでは，細かい気泡となりキメ細かく緻密な

組織をしていた。しかし，その他の試料では平均粒径が大きく，組織は粗いと考えられた。一方で，これらの試料は，表11より凝集性も高いことから，キメは粗いが崩れにくい組織であるものが推察された。

結論

人間には外部から体内に異物が入ってくると抗体を作り，異物を排除しようとする「免疫反応」が備わっており，自己の身体を守る働きをしている。しかし，この免疫反応が，逆に自己の身体に不利益をもたらす状態を「アレルギー反応」という。近年，このアレルギー疾患をもつ人が増加しており，中でも食物アレルギー疾患患者に対応するためには，アレルゲンとなる食品の代替品を用いた低アレルゲン及びノンアレルゲン食品の開発が望まれつつある。今や多くの加工食品に用いられている小麦のたんぱく質も代表的なアレルゲンのひとつである。

そこで本研究では，小麦の代替素材として産地や品種の異なる多種類の大麦を取り上げ，それらの穀物としての特性を調べると共に，大麦粉を用いたケーキを調製し，その物性や味わいから，より好まれる低アレルゲン性ケーキの実際応用について検討した。

試料として国産・外国産の5種類の大麦粉を取り上げ，

表9. 大麦粉炊飯ケーキの官能評価結果

試料	色	キメ	気泡	香り	口ざわり	硬さ	弾力
市販小麦粉	2.25 a	3.58 b	3.25 a	3.67 a	3.92 c	2.92 b	4.00 b
市販大麦粉	2.42 a	2.67 a	2.83 a	3.42 a	3.50 bc	3.50 b	4.17 b
ハウシユン	4.25 c	2.17 a	2.33 a	3.08 a	2.58 ab	3.25 b	2.92 a
スターリング	3.50 b	2.83 ab	3.00 a	3.33 a	2.08 a	2.00 a	3.00 a

試料	もちもち感	ふわふわ感	崩れにくさ	甘さ	味	総合
市販小麦粉	3.50 b	2.83 ab	3.92 b	3.25 b	3.83 c	3.75 b
市販大麦粉	4.25 c	3.58 b	3.83 b	3.25 b	3.67 bc	3.67 b
ハウシユン	3.17 b	3.33 b	2.75 a	2.92 ab	3.00 ab	2.92 a
スターリング	2.08 a	2.33 a	3.25 ab	2.50 a	2.50 a	2.33 a

同列で異なる文字をもつもの同士が互いに有意差がある。(P<0.05)

等分散性が仮定されている項目は Duncan で，仮定されていない項目は Dunnett T3で有意差検定を行った。

表10. 大麦粉蒸しケーキ（カップ型）の色彩およびアレルギー試験結果

試料	L*	a*	b*	表面反射率	アレルギー判定
市販小麦粉	74.03	0.40	24.11	46.76	+
市販大麦粉	55.20	5.09	21.02	23.12	±
ハウシユン	57.22	3.98	19.69	25.15	-
ニシノチカラ	60.13	4.45	21.18	28.27	-
ニシノホシ	57.80	3.73	19.96	25.75	+
スクーナー	58.46	2.97	20.04	26.44	-
スターリング	55.40	3.32	20.09	23.32	+
架橋デンプン	61.56	4.31	19.19	29.90	+

試料の内容は表2と同じとする。

コントロールとして市販の薄力小麦粉と大麦粉も使用した。5種類の大麦では、それらの色彩やアレルギー試験でも、差が見られた。市販大麦粉であっても、アレルギー反応は陰・陽性判定しがたい結果となり、明らかに陰性となったのは一種類の大麦粉のみであり、それは加工食品においても陰性であった。

またケーキへの応用については、炊飯ケーキの場合、いずれのケーキもコントロールよりも有意に膨らみ、破断されやすく、柔らかいケーキとなった。官能評価でも、市販小麦粉よりも総合的には低く評価されたが、有意差がみられない項目もあり、特に食感や味わいについては、受け入れられる可能性も見られた。しかし、カップケーキとして調製した場合、同じ大麦粉素材であってもそのケーキの物性は、炊飯の場合と若干異なっていた。

以上の結果より、アレルギー食品の代替品を検討する場合、同じ食品素材であってもそのアレルギー反応が一定でない可能性があり、詳細なアレルギー試験が必要と考えられた。さらに、大麦粉による低アレルゲン性ケーキの品質を小麦粉による加工食品と同程度にまで向上させるためには、水分量の調整など、加工方法に更なる検討が必要であると考えられた。

引用文献

- 1) 斎藤博久, アレルギーはなぜ起こるか: ヒトを傷つける過剰な免疫反応の仕組み, p. 20, 講談社 (2008).
- 2) 池澤善郎, 低アレルゲン食品の開発, p. 3, 63, シーエムシー出版 (2004).
- 3) 厚生労働科学研究班, 食物アレルギー診療の手引き2008, p. 3, 10, 「食物アレルギーの診療の手引き2008」検討委員会 (2008).
- 4) 松本 博, 製パンの科学, p. 64, 大蔵印刷工業(株) (2004).
- 5) 前田智子, 溝内尚子, 森田尚文, 各種古代米の性質と製パンへの応用, 食品と科学, 51, 65-72 (2009).
- 6) 前田智子, 森田尚文, 新しい食品素材—分級小麦粉—の特性と製パンへの利用 (その1), 食生活研究, 22, 1-42 (2001).
- 7) T. Maeda, M. Ohkura and N. Morita, Characterization of wheat flour graded by polishing and its application to breadmaking, J. Appl. Glycosci., 46, 413-422 (1999).
- 8) T. Maeda, N. Maeda and N. Morita, Effect of polished-graded flour substitution to commonly milled wheat flour on the properties of dough and bread, J.

表11. 大麦粉蒸しケーキ（カップ型）の破断およびテクスチャー試験結果（調製1日後）

試料	破断試験		テクスチャー試験	
	最大荷重 (N)	凝集性	最大荷重 (N)	ガム性荷重 (N)
市販小麦粉	2.28	0.859	2.78	2.39
市販大麦粉	2.73	0.871	3.00	2.61
ハウシュン	5.04	0.861	8.70	7.39
ニシノチカラ	4.22	0.918	6.48	5.95
ニシノホシ	2.39	0.853	2.26	1.92
スクーナー	1.63	0.924	3.34	3.06
スターリング	3.65	0.916	5.25	4.80
架橋デンブン	3.33	0.866	2.99	2.59

試料の内容は表2と同じとする。

表12. 大麦粉蒸しケーキ（カップ型）のクラムの画像解析結果（調製1日後）

試料	平均 (mm)	最大 (mm)	最小 (mm)
市販小麦粉	3.985	8.623	2.837
市販大麦粉	3.946	7.242	2.878
ハウシュン	3.845	7.604	2.518
ニシノチカラ	3.931	7.716	2.642
ニシノホシ	4.732	10.676	2.803
スクーナー	4.873	10.464	2.984
スターリング	4.723	7.909	3.100
架橋デンブン	4.978	11.513	3.012

試料の内容は表2と同じとする。

- Appl. Glycosci., 47, 1-12 (2000).
- 9) T. Maeda and N. Morita, Effect of polished-graded hard-type wheat flour substitution to commonly milled hard type wheat flour on the properties of dough and bread, J. Appl. Glycosci., 48, 27-36 (2001).
- 10) T. Maeda and N. Morita, Effect of quality of hard-type polished-graded flour on breadmaking, J. Appl. Glycosci., 48, 63-70 (2001).
- 11) 前田智子, 田中香織, 森田尚文, ハイアミロース小麦粉を用いた製パンおよび製菓に関する研究, 食品と科学, 53, 81-90 (2011).
- 12) T. Maeda, N. Mizouchi, T. Moto, K. Nagasawa and N. Morita, Characteristics of stamping mixer on breadmaking, Proceedings of the 60th RACI Cereal Chemistry Division Conference (2011) (in press).