

米粉を用いたグルテンフリーパンの品質改善に関する研究

Quality improvement of gluten-free rice flour bread

大野 正博¹⁾、福田 優麻¹⁾
Masahiro Ohno¹⁾, Yua Fukuda¹⁾

要旨

小麦アレルギーやセリアック病の高い罹患率を示す報告が蓄積されつつあることから、高品質のグルテンフリーパンの開発は食品工業における緊急課題である。しかし、グルテンフリーパンの膨らみに関していくつかの課題がある。そこで、本報ではこれらの課題の解決に取り組んだ。同一加水量の場合、サラダ油使用の米粉パンの方がマーガリンを使用したものより膨らみが有意に大きくなった。油脂にサラダ油を使用した場合、硬さは油脂の種類よりも加水量に依存すると考えられる。また、油脂量だけを変化させた試験では油脂量の違いによる硬さの違いに有意差は見られなかった。

キーワード：米粉パン、グルテンフリー、テクスチャー

Owing to accumulating evidence of the high prevalence of wheat allergy and celiac disease, the development of high quality gluten-free breads has become an urgent issue in the food industry. However, several problems for swelling of the bread remain to be solved. In this paper, we sought to overcome the problem. In the case of same rate of additional water, addition of cooking oil made the bigger the volume of the rice flour bread in comparison with margarine. When using cooking oil, the hardness is considered to depend on the amount of water than the type of oils. The hardness between different amounts of oil showed no significant differences.

Keywords : rice flour bread, gluten-free, texture

1) 山口県立大学看護栄養学部栄養学科

序論

小麦の用途は幅広く、主食や菓子の主原料として使用されるほか、調味料の原料や食材のつなぎ等にも用いられている。小麦製品の中でも、特にパンは数多くの種類があり日常的に食べられる食品である。しかし、小麦はセリアック病やアレルギーを引き起こす食物としても知られている。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学的機序を介して生体にとって不利益な症状が惹起される現象¹⁾」と定義されており、食物中のたんぱく質が抗原（アレルゲン）となる。アレルギーの原因となる食物は数多く存在するが、成長するにつれて耐性を獲得し摂食可能になることがあるため年齢によって原因となる食品は異なる。しかし、原因食品の中でも小麦は、鶏卵、牛乳とともにどの年齢においても発症数が多いことから三大食物アレルゲンとされている¹⁾。

小麦アレルギーの原因は小麦たんぱくのグリアジンとグルテニンである。グリアジンは吸水すると粘着力を生じ、グルテニンは弾性を示す。小麦粉に水を加えて練るとグリアジンとグルテニンが絡み合って網目構造を示し、粘弾性を持つグルテンを形成する。このグルテンがイーストの発酵によって生成されたガスを保持するため、パンは大きく膨らむことができる。グルテンの作用によりパンのふわふわとした食感が生み出されるため、グルテンはパンの品質に大きく関与している。近年では小麦アレルギー患者のためにグルテンを含まない、いわゆるグルテンフリーパンも登場している。グルテンフリーパンでは小麦の代替物として米粉が使用されることが多い。しかし米粉はグルテンを含まないため、イーストによって生成されたガスを保持することができず、出来上がるパンは膨らみがなくずっしりした状態になる。その食感は小麦パンのようにふっくらとしたものではなく、密度が高い生地になりやすい。

そこで、より小麦粉パンに近い米粉パンの開発を目的として、米粉を用いたグルテンフリーパン（以下米粉パン）の食味や物性改善の方法を検討した。最近ではアレルギー患者の増加に伴い様々なアレルギー対応食品が販売されてきているが、高価格や販売店の少なさによる入手の困難さといった課題も存在する。そこで本研究では、一般家庭においても入手しやすい材料を用いて米粉パンの品質を改善することを目指した。

実験方法

1. 試料

1-1. 小麦粉パン試料

強力粉（日清製粉株式会社製、日清カメリヤ）、無塩バター、スキムミルク（雪印メグミルク株式会社製）、砂糖（日本甜菜糖株式会社製、上白糖）、食塩（公益財団法人塩事業センター製）、ドライイースト（日清フーズ株式会社製）、水（上水道水）を使用した。

1-2. 米粉パン試料

米粉（有限会社名田島農産製、ゆめいしん米粉）、油脂（日清オイリオグループ製、サラダ油）、無塩マーガリン（明治油脂株式会社製）、砂糖（前記に同じ）、食塩（前記に同じ）、ドライイースト（前記に同じ）、大豆粉（マルコメ株式会社製）、水（前記に同じ）を使用した。

2. パンの調製

2-1 小麦粉パンの調製法

基準となる小麦粉パンはホームベーカリー（Panasonic 社製、SD-BMT1000）を使用し、食パンコース（ねり、ねかし、ねり、発酵、焼きの合計4時間）で焼成した。材料配合は表1のとおりである。

表1 基準の小麦パン

材料	重量(g)
強力粉	250
水	180
砂糖	17
塩	5
バター	10
スキムミルク	6
ドライイースト	3

2-2 米粉パンの調製法

米粉パンはホームベーカリー（前記に同じ）を使用し、米粉パンコース（小麦無しコース）（ねり、ねかし、ねり、発酵、焼きの合計1時間55分）で焼成した。

3. 実験方法

3-1 加水量および油脂の種類の検討

米粉総量に対し、加水量を90、100、110および120%に変化させた4つの試験区と2種の油脂(マーガリンまたはサラダ油)を組み合わせた計8つの試験区(表2-1、表2-2)を用意し、それぞれ米粉パンを焼成した。焼成後は高さおよび物性を測定し、官能評価を行った。

表2-1 加水量および油脂の種類の検討における米粉パンの材料配合

材料(g)	加水量(%)			
	90	100	110	120
米粉	300	300	300	300
水	270	300	330	360
砂糖	10	10	10	10
塩	5	5	5	5
マーガリン	10	10	10	10
ドライイースト	3	3	3	3

表2-2 加水量および油脂の種類の検討における米粉パンの材料配合

材料(g)	加水量(%)			
	90	100	110	120
米粉	300	300	300	300
水	270	300	330	360
砂糖	10	10	10	10
塩	5	5	5	5
サラダ油	10	10	10	10
ドライイースト	3	3	3	3

3-2 油脂量の検討

表3のとおり、米粉総量に対し油脂量を2、4、6、8および10%に変化させた各試験区で米粉パンを焼成し、焼成後の高さおよび物性を測定した。

表3 油脂量検討における米粉パンの材料配合

材料(g)	油脂量(%)				
	2	4	6	8	10
米粉	300	300	300	300	300
水	330	330	330	330	330
砂糖	10	10	10	10	10
塩	5	5	5	5	5
サラダ油	6	12	18	24	30
ドライイースト	3	3	3	3	3

3-3 大豆粉添加における嗜好性の検討

表4のとおり、米粉総量の5および10%を大豆粉に置換した大豆粉添加米粉パンを焼成した。焼成後の高さおよび物性を測定し、官能評価を行った。

表4 大豆粉添加米粉パンの材料配合

材料(g)	大豆粉(%)	
	5	10
米粉	285	270
水	330	330
砂糖	10	10
塩	5	5
サラダ油	18	18
大豆粉	15	30
ドライイースト	3	3

4. 分析方法

4-1 高さ

焼成後室温にて2時間放冷した米粉パンの中央部を垂直方向に切り、最も高い部位および最も低い部位の高さを物差しで測定した。得られた結果より平均値と標準偏差を算出し、対応のないt検定を行い基準の小麦粉パンと各米粉パン試験区間にそれぞれ有意差があるか求めた。

4-2 物性測定

物性はクリープメーター(山電株式会社製、RE2-33005S)のテクスチャー試験モードで圧縮試験を行い、かたさ応力、凝集性、付着性を測定した。測定条件は、プランジャー No.3(直径16mm、円柱型)、測定速度5mm/sec、測定歪率50%とした。

測定試料は、焼成後室温にて2時間放冷したのち上下と側面のクラスト部分を除き、パン用ナイフで縦30mm、横30mm、厚さ20mmに切り出したものを使用した。

また経時変化を見るために焼成後2時間経過した試料に加え、24時間および48時間経過した試料も同様に測定した。得られた結果より平均値と標準偏差を算出し、対応のないt検定を行い基準の小麦粉パンと各米粉パン試験区間にそれぞれ有意差があるか求めた。

4-3 官能評価

加水量および油脂の種類を検討では8種類の米粉パン試験区と、基準となる小麦粉パンの計9種類の試料を用意し識別評価および嗜好評価を行った。試料は、焼成後室温で24時間放置したパンの上部と側面のクラスト部を除き、パン用ナイフで縦30mm、横30mm、厚さ20mmに切り出したものを使用した。識別評価での評価項目は①キメ（粗い－細かい）、②小麦の香り（弱い－強い）、③口内での硬さ（硬い－軟らかい）、④食感（バサつく－しっとり）、⑤小麦の味（弱い－強い）の5項目とし、基準の小麦粉パンと比較してそれぞれ-2（好ましくない）から+2（好ましい）の5段階の評価とした。同試料の嗜好評価における評価項目は①キメ、②香り、③口内での硬さ、④食感、⑤味の5項目とし、基準の小麦粉パンと比較してそれぞれ-2（好ましくない）から+2（好ましい）の5段階の評価とした。パネルは山口県立大学栄養学科の学生を中心とした12名であった。得られた結果より平均値と標準偏差を算出し、対応のないt検定を行い基準の小麦粉パンと各米粉パン試験区間にそれぞれ有意差があるか求めた。

大豆粉添加における嗜好性の検討では、2種類の米粉パン試験区と基準の小麦粉パンの計3種類の試料を用意し識別評価および嗜好評価を行った。試料の調製および評価方法は先述した通りである。パネルは山口県立大学栄養学科の学生を中心とした16名であった。得られた結果より平均値と標準偏差を算出し、対応のないt検定を行い基準の小麦粉パンと各米粉パン試験区間にそれぞれ有意差があるか求めた。

結果および考察

1. 加水量および油脂の種類を検討

1-1 高さ

図1は焼成した各試料の断面である。油脂の種類に関係なくすべての米粉パン試験区が小麦粉パンより有意に低いという結果になった（図2）。これは、米粉にはグルテンが存在しないからであると考えられる。小麦粉中にはグリアジンとグルテニンというタンパク質が存在し、水を加えて捏ねるとこれらが絡み合って、網目構造を持つグルテンを形成する。グルテンは粘弾性を示すため、イーストの働きによって生成した炭酸ガスを網目構造中に保持し、温度上昇によるガスの体積増大に伴って生地を伸

長させ大きく膨らんだパンを焼成することができる²⁾。しかし米粉にはグルテンが存在しないため、イーストによって生成したガスの十分な保持や、ガス体積増大時の生地の伸長が行われず膨らみが小さくなったと考えられる。

米粉パン試験区間の比較では、マーガリン使用試験区は加水量90-100%、90-110%、90-120%区間で、サラダ油使用試験区では加水量90-100%、90-110%区間で有意差が見られ、いずれも加水量が多いほど高さの最大値は大きくなった。水分が少ないと硬く、流動性のない生地になり、ガスの力で膨らむことができなくなると考えられる³⁾。一方で水分量が多くなるにしたがってパン上部の中心がへこみ、高さの最低値/最高値の値は小さくなる。これは水分量の増加に伴い全体の重量が増えることにより、生地の膨らみを維持することが難しくなるからであると考えられる。

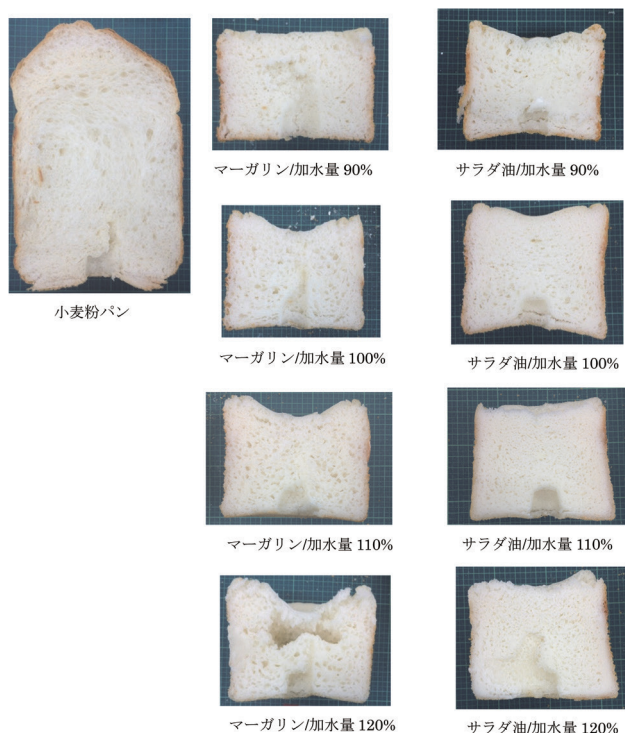


図1 加水量および油脂の種類を検討における各試料の断面

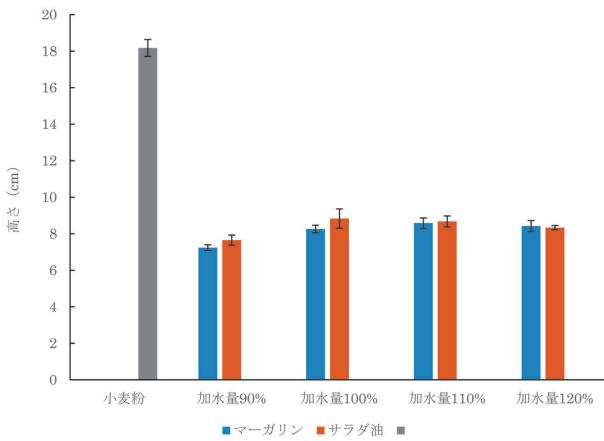


図2 加水量および油脂の種類の見直しにおける各試料の焼成後の高さ

1-2 物性

1-2-1 硬さ

焼成後2時間経過時における米粉パンの硬さはすべての試験区において小麦粉パンより有意に硬かった(図3)。米粉パンは小麦粉パンのように生地が膨らまず、焼成後のパンの密度が大きくなるため硬さが増大したと考えられる。米粉パン試験区間の比較では、マーガリン使用区においては90-110%区間で、サラダ油使用区では90-100%、90-110%、90-120%区間で有意差が見られ加水量が多い試験区がより軟らかくなった。これは水分量の増加による硬さの低減だけでなく、加水量の増加に伴い焼成した米粉パンの膨らみが大きくなり、密度が低下したことも関係していると考えられる。また、油脂の種類の違いによる比較では、加水量100%および120%のとき、サラダ油を使用した試験区が有意に軟らかくなった。通常の製パンでは可塑性を持つ固形状の油脂を使用する。生地に練り込まれた油脂はミキシングによりグルテン膜に沿って分散する。発酵によって生地が膨張する際に潤滑油の役割をして生地のスムーズな膨張を助け、焼き上がりをソフトに仕上げる⁴⁾。一方、液状油には可塑性がなく表面張力を有するのでパン生地中でグルテン膜に沿って分散せず、油脂としての機能を発揮することができないといわれている⁵⁾。しかし、今回の実験では液状油であるサラダ油を使用した試験区が軟らかく仕上がった。これらのことから、米粉パンを作るのに適した油脂は、必ずしも小麦粉パンに適する油脂とは一致しないということが推察されるとともに、さらに詳細な検証が必要であると言える。

経時変化をみると、時間が経つにつれて硬さは増大していくことが分かった(図4)。これはでんぷんの老化によるものだと考えられる。硬さの増大は各試験区で異なり、加水量90%試験区で特に顕著であるが、他の試験区では緩やかに硬くなっていくことが読み取れる。このことから米粉パンの水分量をコントロールすることで老化のスピードを抑制できる可能性が示唆された。

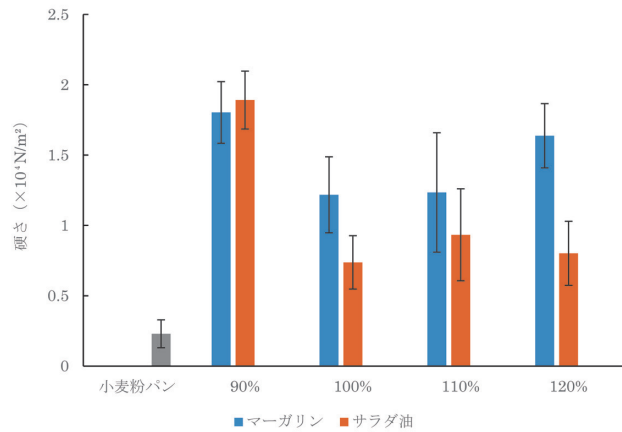


図3 加水量および油脂の種類の見直しにおける各試料の硬さ

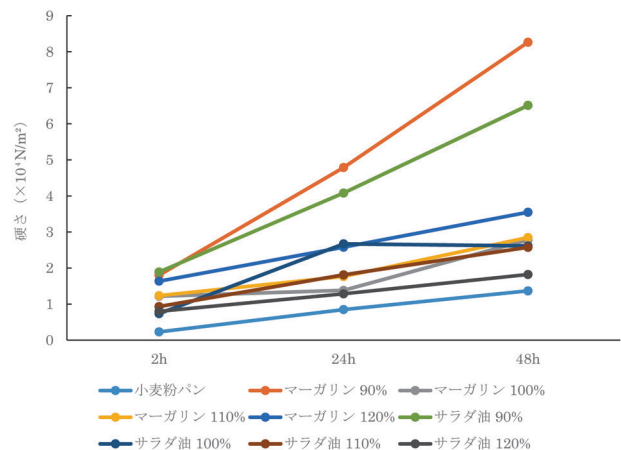


図4 硬さの経時変化

1-2-2 凝集性

焼成後2時間経過時における米粉パンの凝集性はすべての試験区において小麦粉パンより有意に小さかった(図5)。米粉パンには複雑に絡み合ったグルテンネットワークが存在しないため小麦粉パンより歯切れのよいテクスチャーになったと考えられる。米粉パン試験区間の比較では、マーガリン

使用区において加水量 90-120% 区間で有意差が見られ加水量 120% 区の凝集性は有意に小さかった。サラダ油使用区においては加水量 90-120%、100-110%、100-120% 区間で有意差が見られ、加水量が多い試験区の凝集性は小さくなった。凝集性は食品の形態を構成するために必要な力（まとまりやすさ）を指し、圧縮試験では食品に連続して 2 回負荷をかけ、1 回目と 2 回目の負荷面積の比から算出される⁶⁾。水分量が多い米粉パンを圧縮すると生地が変形したまま戻りにくくなるため凝集性が低下したと考えられる⁷⁾。一方、経時変化を観察すると加水量 90% 試験区は時間経過に伴い凝集性が低下していく(図 6)。これは乾燥やでんぷんの老化により米粉パンの生地がもろくなったからであると考えられる。

1-2-3 付着性

マーガリン使用米粉パンの焼成後 2 時間経過時における付着性は加水量 90% および 100% 試験区において小麦粉パンより有意に大きかった(図 7)。サラダ油使用区ではすべての試験区で小麦粉パンより有意に付着性が大きくなった。これは米そのものの粘りに由来すると考えられる。米粉は小麦に比べて吸水性が高い⁸⁾ため小麦よりもでんぷんの膨潤が促進され、加熱による糊化で粘りを生じた結果⁹⁾、付着性が大きくなったと考えられる。また、小麦粉パンと比較して水分含有量が多いことも付着性に影響を与えている可能性がある¹⁰⁾。米粉パン試験区間の比較では有意差は見られなかった。

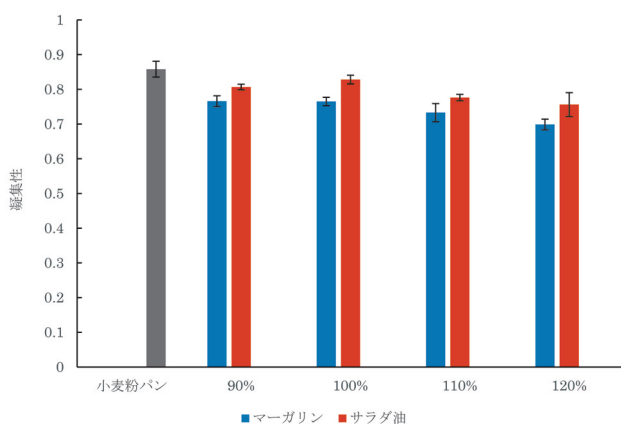


図 5 加水量および油脂の種類を検討における各試料の凝集性

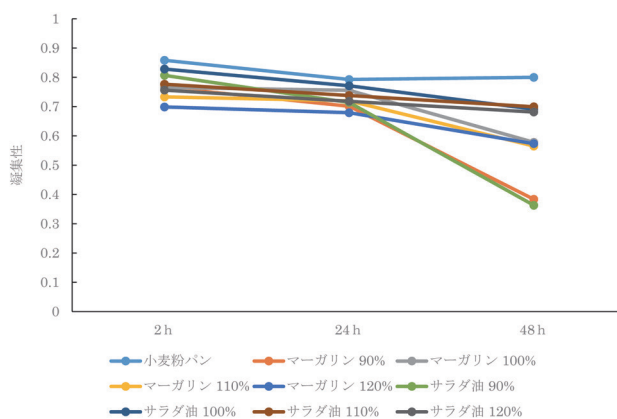


図 6 凝集性の経時変化

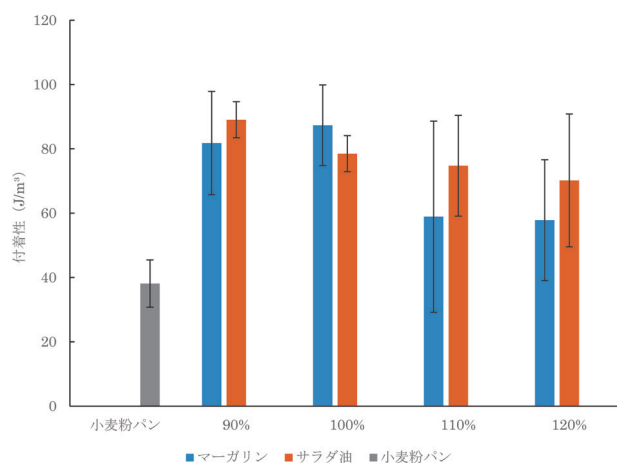


図 7 加水量および油脂の種類を検討における各試料の付着性

1-3 官能評価

「キメ」に関する識別評価ではマーガリン使用・加水量 90% 試験区と、サラダ油を使用した全試験区で小麦粉パンよりキメが細かいという評価になった(図 8-1)。嗜好評価では有意差は見られず、きめが細かいものが必ずしも好まれるというわけではない(図 8-2)。

「香り」に関する識別評価では「小麦の香り」を評価基準とした。米粉パンの評価は低く、全米粉パン試験区と小麦粉パンの間に有意差が見られ、小麦の香りは感じられないという結果になった(図 9-1)。嗜好評価ではサラダ油使用・加水量 120% 試験区が有意に好まれない香りとなった(図 9-2)。しかし全試験区 0 点を下回る結果となり、米粉パンの香りは小麦粉パンと比較して好まれない傾向にあるといえる。「口内での硬さ」に関する識別評価では米粉パンと小麦粉パンの間に有意差は見られず、物性測定

の結果とは異なるものとなった(図10-1)。嗜好評価では全ての試験区で有意差は見られなかった(図10-2)。「食感」に関する識別評価ではマーガリン使用・加水量100%試験区とサラダ油使用・加水量90%試験区を除く全ての試験区で小麦粉パンとの間に有意差が見られ、小麦粉パンよりしっとりした食感であるという結果になった(図11-1)。有意差が見られなかった2試験区も0点を上回る点数であり、米粉パンはその水分の多さからしっとり感が強くなったと考えられる。嗜好評価では有意差は見られずしっとり感は嗜好性に大きく影響しないと言える(図11-2)。「味」に関する識別評価では「小麦の味」を基準とした。米粉パンの評価は低く、全米粉パン試験区と小麦粉パンの間に有意差が見られ小麦の味は感じられないという結果になった(図12-1)。嗜好評価では有意差は見られなかったが好みが見られる結果となった(図12-2)。官能評価の結果から、より小麦粉パンに近い米粉パンの開発のためには小麦の香りと味の再現が重要であると言える。

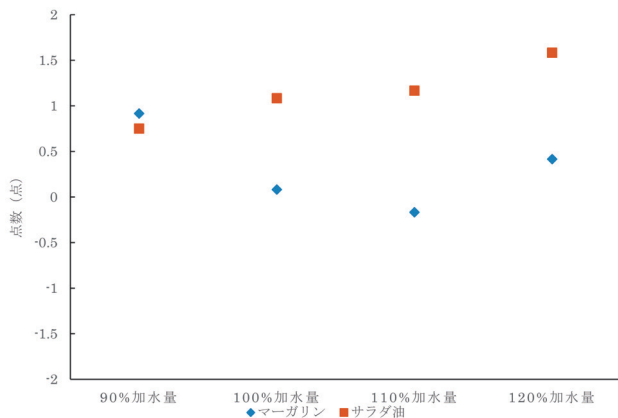


図 8-1 識別評価 —キメ—

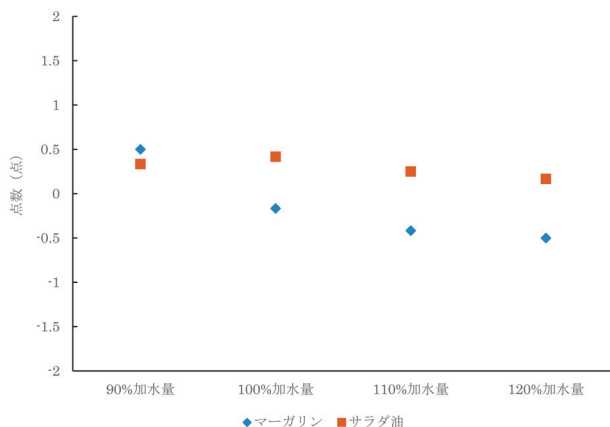


図 8-2 嗜好評価 —キメ—

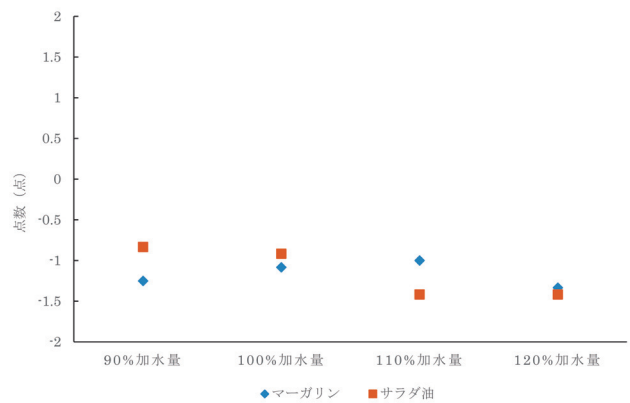


図 9-1 識別評価 —小麦の香り—

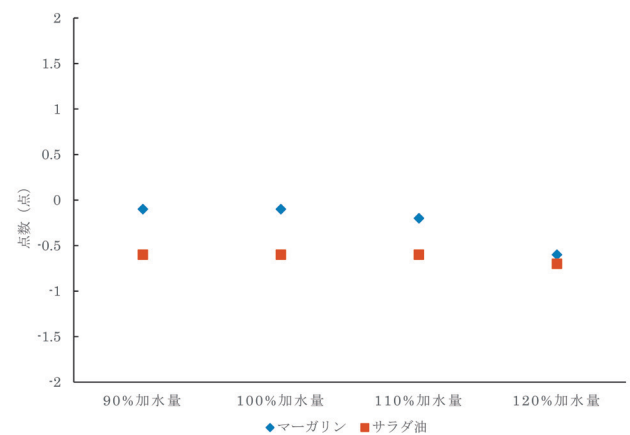


図 9-2 嗜好評価 —香り—

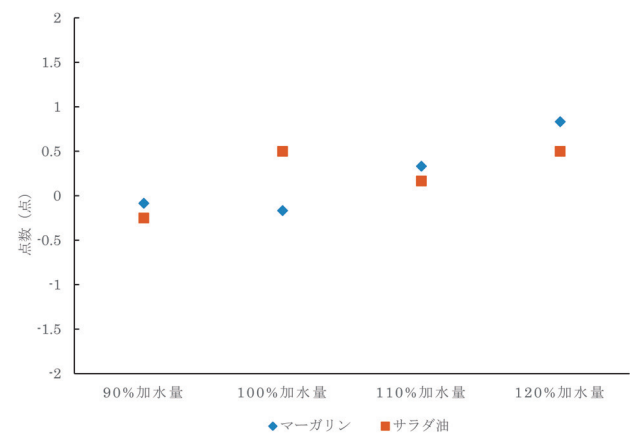


図 10-1 識別評価 —硬さ—

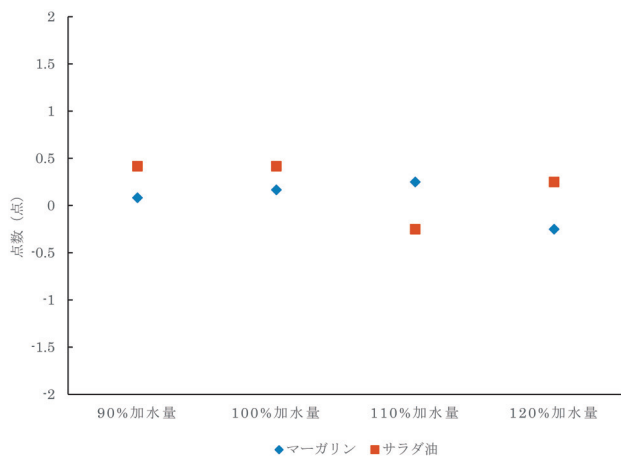


図 10-2 嗜好評価 —硬さ—

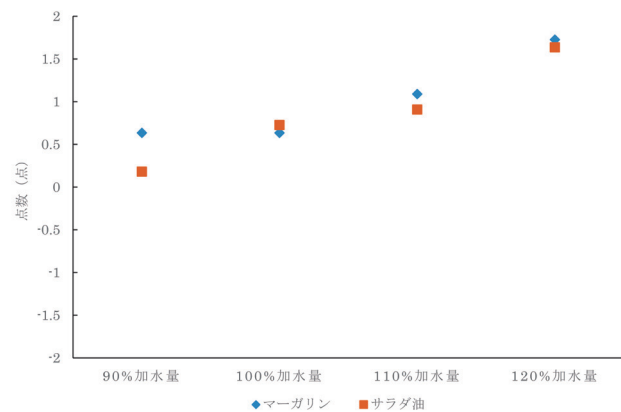


図 11-1 嗜好評価 —食感—

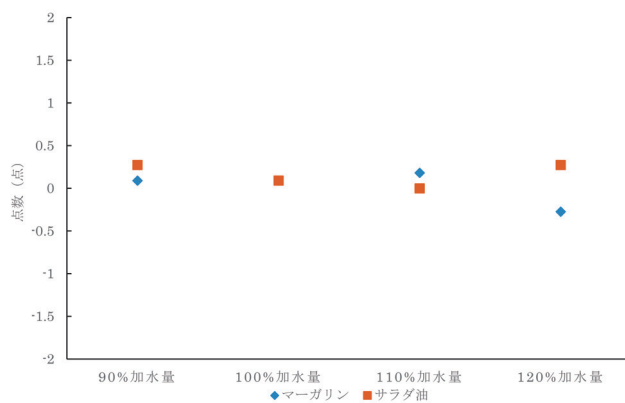


図 11-2 嗜好評価 —食感—

2. 油脂量の検討

2-1 高さ

各試料の断面を図 13 に示した。製パンにおける油脂の働きは、容積の増大や食感・キメの改良、クラスト・クラムのソフト化等多岐にわたる。油脂の増加による容積の増大が期待されたが、すべての米粉パン試験区が小麦粉パンより有意に低いという結果になった (図 14)。また米粉パン試験区間の比較でも有意差は見られず、油脂量は米粉パンの高さに影響しないと言える。

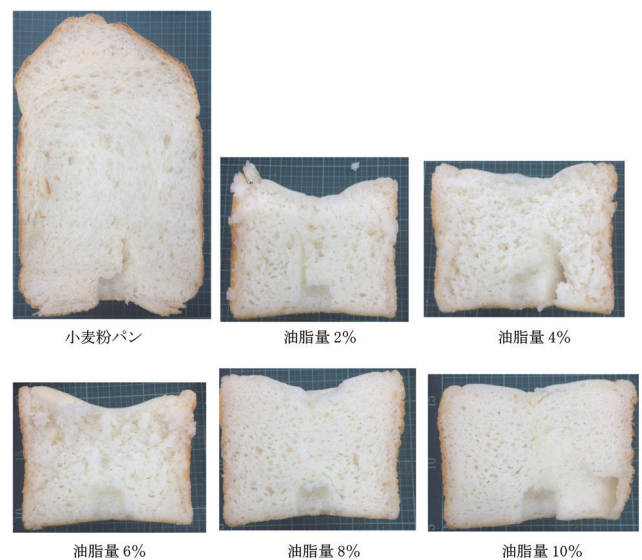


図 13 油脂量検討における各試料の断面

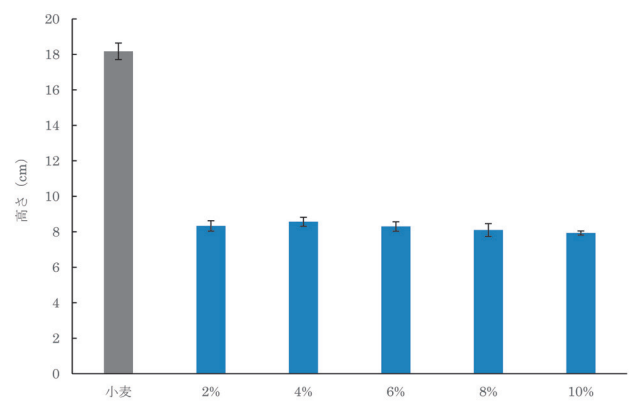


図 14 油脂量検討における各試料の焼成後の高さ

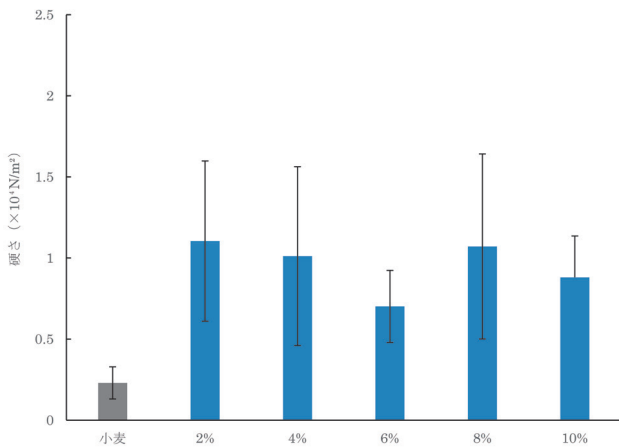


図15 油脂量検討における各試料の硬さ

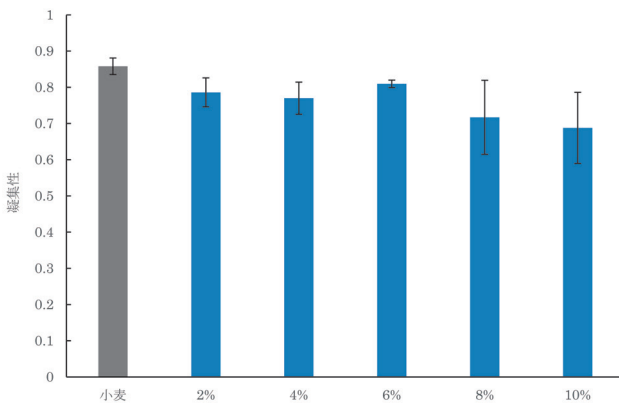


図16 油脂量検討における各試料の凝集性

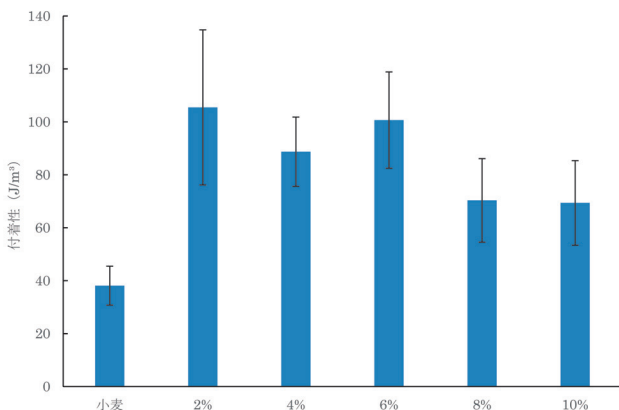


図17 油脂量検討における各試料の付着性

2-2 物性

2-2-1 硬さ

油脂量の増加によるパンのソフト化が期待されたが、焼成後2時間経過時における米粉パンの硬さは全ての試験区において小麦粉パンより有意に硬かった(図15)。米粉パン試験区間の比較では有意差は見られず、油脂量は硬さに影響しないことが明らかとなった。

2-2-2 凝集性

焼成後2時間経過時における米粉パンの凝集性は全ての試験区において小麦粉パンより有意に小さかった(図16)。米粉パン試験区間の比較では有意差は見られず、油脂量は凝集性に影響しなかった。

2-2-3 付着性

焼成後2時間経過時における米粉パンの付着性は全ての試験区において小麦粉パンより有意に大きかった(図17)。米粉パン試験区間の比較では、油脂量2-8%区、2-10%区間で有意差が見られ油脂量が多い試験区の付着性は有意に小さくなった。油脂によって米粉パンの粘りやべたつきが抑えられたと考えられる。

3. 大豆粉添加における嗜好性の検討

3-1 高さ

各試料の断面を図18に示した。焼成後2時間経過時における大豆粉添加米粉パンの高さは小麦粉パンより有意に低かった(図19)。また米粉パン試験区間での有意差は見られなかった。

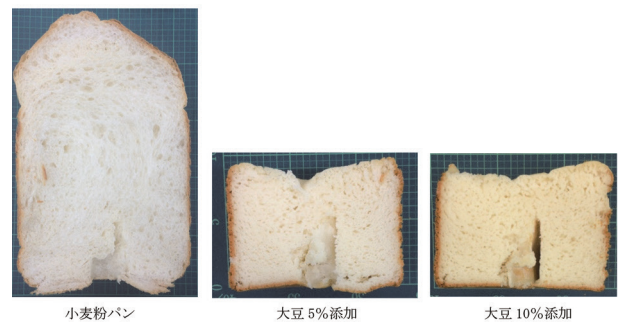


図18 大豆粉添加時の各試料の断面

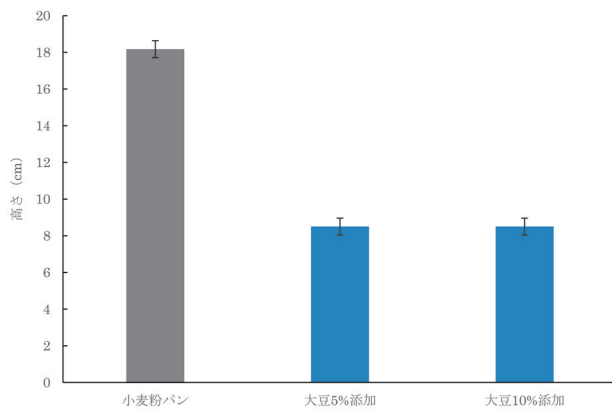


図 19 大豆粉添加時の各試料の高さ

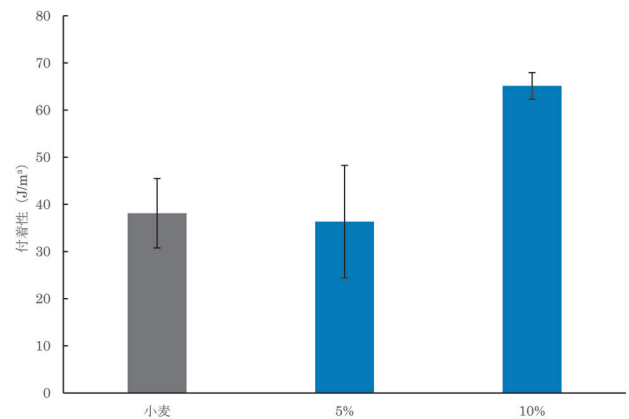


図 22 大豆粉添加時の各試料の付着性

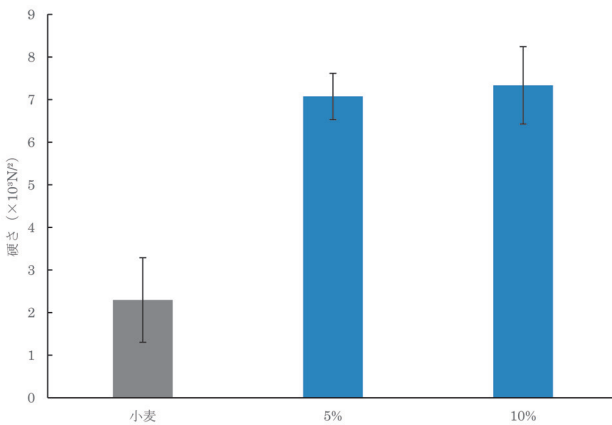


図 20 大豆粉添加時の各試料の硬さ

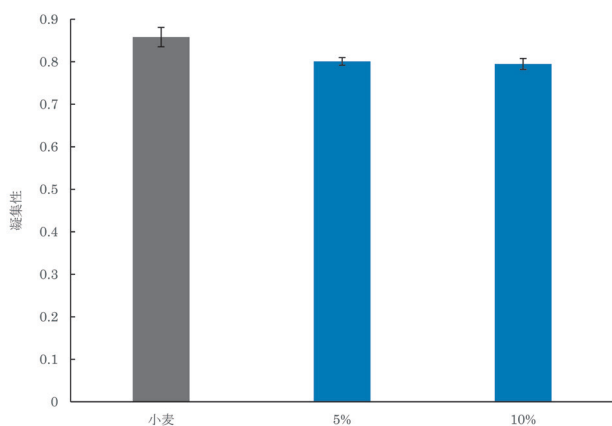


図 21 大豆粉添加時の各試料の凝集性

3-2 物性

3-2-1 硬

焼成後2時間経過時における米粉パンの硬さは全ての試験区において小麦粉パンより有意に硬かった(図20)。米粉パン試験区間の比較では、有意差は見られなかった。また大豆粉無添加の米粉パンと比較しても有意差は見られなかった(結果は示していない)。大豆たんぱく質はゲル化する性質を持つため¹¹⁾、大豆粉の添加により生地に適度な粘弾性を与えガスの保持を行うことで物性改善につながると考えたが、期待した結果は得られなかった。

3-2-2 凝集性

焼成後2時間経過時における大豆粉添加米粉パンの凝集性は全ての試験区において小麦粉パンより有意に小さかった(図21)。米粉パン試験区間の比較では有意差は見られなかった。

3-2-3 付着性

焼成後2時間経過時における大豆粉添加米粉パンの凝集性は、5%試験区では有意差は見られなかったが10%試験区では小麦粉パンより有意に大きくなった(図22)。米粉パン試験区間の比較では有意差が見られ10%試験区の付着性は5%試験区よりも優位に大きかった。大豆たんぱく質である7S-グロブリンは温度上昇に伴い粘度も増加し、それは冷却後も持続する¹²⁾。そのため、より大豆粉量の多い10%試験区で付着性が増大したと考えられる。

3-3 官能評価

「キメ」に関する識別評価では、大豆粉添加米粉パンはいずれも小麦粉パンと比較して有意にキメ

が粗いという結果になった(図23-1)。米粉と大豆粉で粒子径や吸水性が異なったため不均一で粗いキメになったと考えられる。嗜好評価では5%添加のものは有意差が見られなかったが10%添加のものは5%添加のものよりキメが粗く有意に好まれなかった(図23-2)。「香り」に関する識別評価では「小麦の香り」を基準とした。大豆粉添加米粉パンはいずれも基準より有意に評価が低く、小麦の香りは感じられないという結果になった(図24-1)。嗜好評価では有意差は見られなかったものの評価は0点を下回っていた(図24-2)。「口内での硬さ」に関する識別評価では、いずれの大豆粉添加米粉パンも基準より有意に軟らかいという結果になった(図25-1)。しかし大豆粉無添加米粉パンとの間に有意差は見られないため(結果は示していない)、大豆粉の影響は小さいと考えられる。嗜好評価では10%添加のものが有意に好まれた(図25-2)。「食感」に関する識別評価では大豆粉添加米粉パンはいずれも基準より有意にしっとりしているという結果になった(図26-1)。しかし大豆粉添加パンと無添加米粉パンを比較しても有意差は見られなかったため(結果は示していない)、大豆粉添加の影響よりも水分による影響が大きいと考えられる。嗜好評価ではいずれも有意差は見られなかった(図26-2)。「味」に関する識別評価では「小麦の味」を基準とした。大豆粉添加米粉パンはいずれも小麦粉パンとの間に有意差が見られ、小麦の味はしないという結果になった(図27-1)。嗜好評価では有意差は見られなかった(図27-2)。大豆粉添加により嗜好性の向上を図ったが、期待した結果は得られなかった。

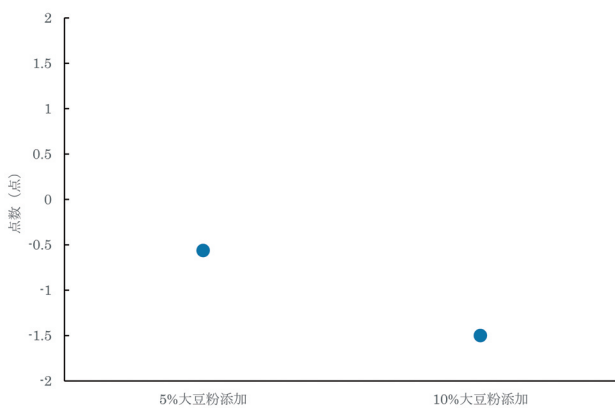


図23-1 識別評価 —キメ—

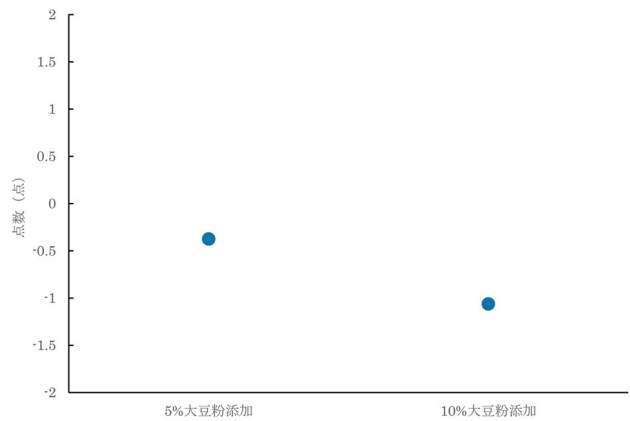


図23-2 嗜好評価 —キメ—

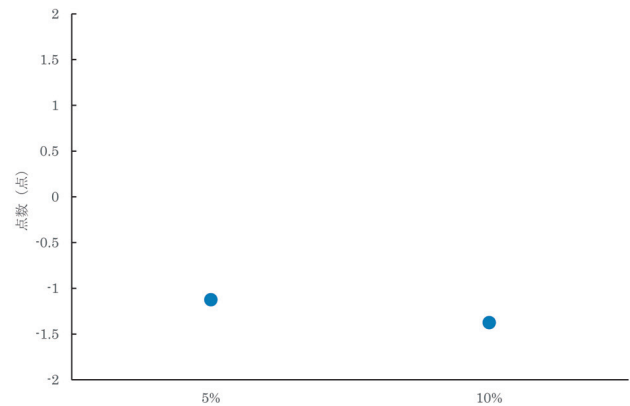


図24-1 識別評価 —小麦の香り—

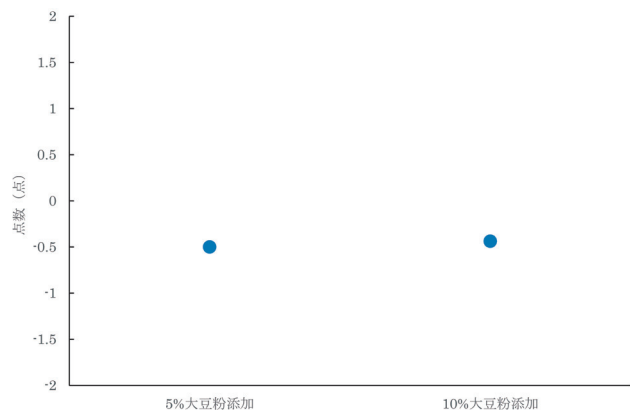


図24-2 嗜好評価 —香り—

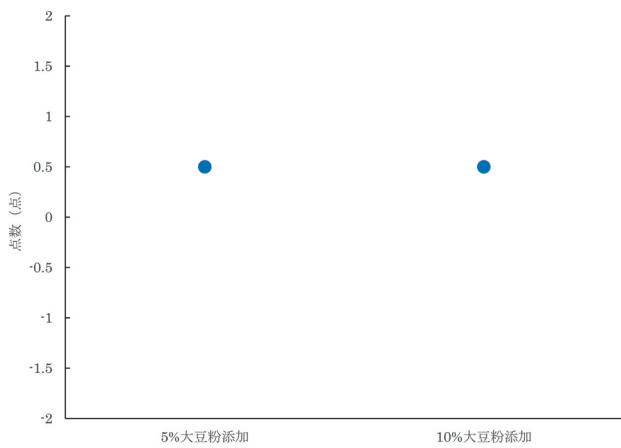


図 25-1 識別評価 一口内での硬さー

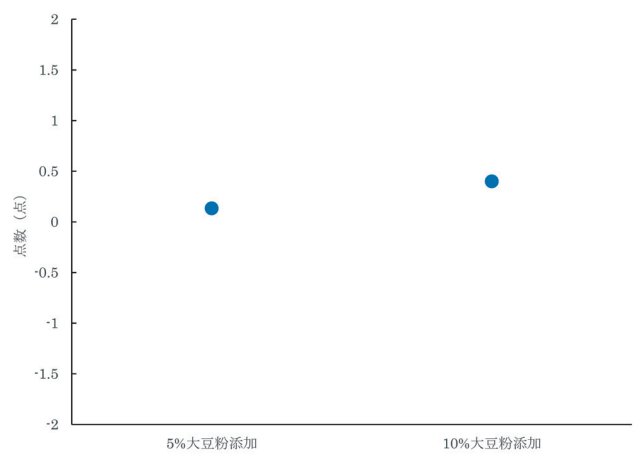


図 26-2 嗜好評価 ー食感ー

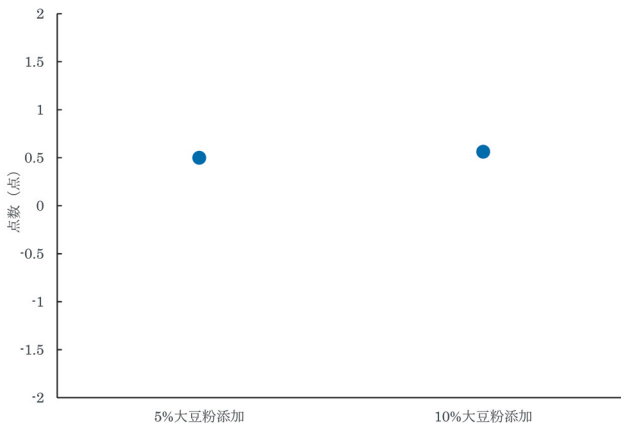


図 25-2 嗜好評価 一口内での硬さー

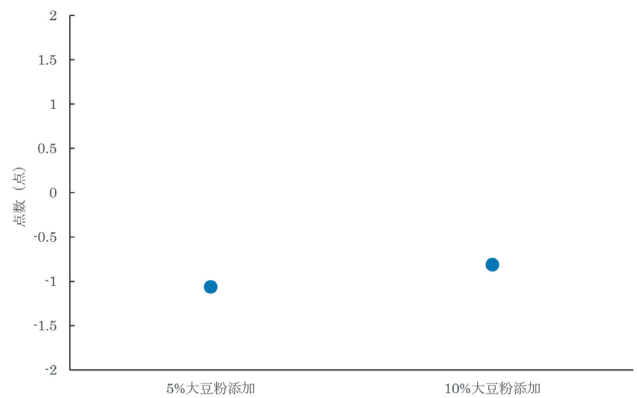


図 27-1 識別評価 ー小麦の味ー

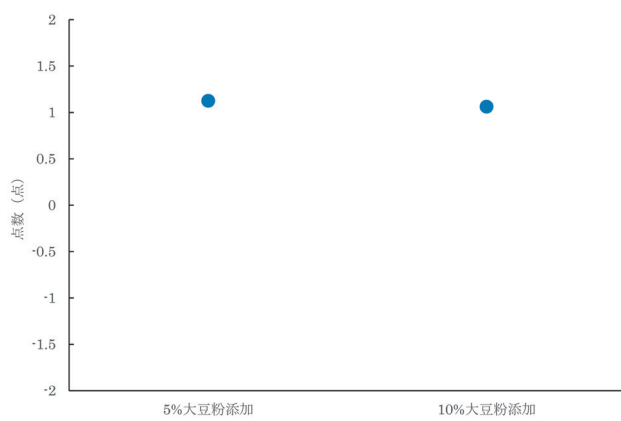


図 26-1 識別評価 ー食感ー

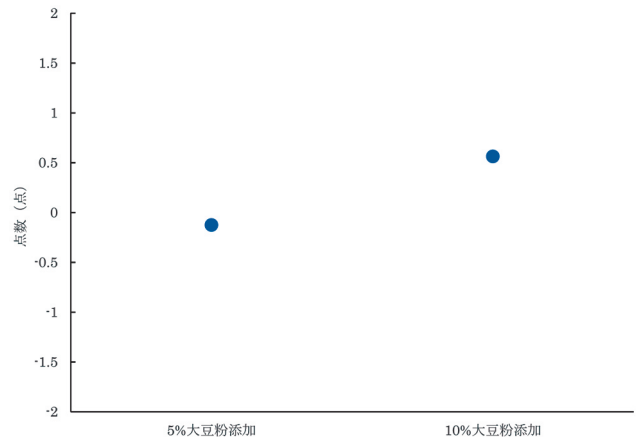


図 27-2 嗜好評価 ー味ー

引用文献

- 1) 日本小児アレルギー学会食物アレルギー委員会：食物アレルギー診療ガイドライン、2012
- 2) 吉野精一：基礎からわかる製パン技術、柴田書店、22-23、2017
- 3) 奥西智哉、中村健治、宮本守、宮下香苗：米粉パン製造の適正加水量決定方法、日本食品科学工学会誌、59、409-413、2012
- 4) 田中康夫、松本博：製パン材料の化学、光琳、106-107、2002
- 5) 梶原慶春、浅田和宏：パン作りに困ったら読む本、池田書店、139-140、2016
- 6) 島津製作所・製品情報・材料試験・静的試験・テクスチャーアナライザ、(2018. 11. 29 閲覧)
<https://www.an.shimadzu.co.jp/test/products/mtrl03/mtrl0313.htm>
- 7) 樋口才二、鈴木太士、小山清人：米と米粉の配合食パンの製造方法および力学特性、味覚特性、官能評価、日本食育学会誌、9、19-26、2015
- 8) 貝沼やす子、田中佑季：米添加パンの調製にペースト状の米を利用する効果、日本食品科学工学会誌、56、620-627、2009
- 9) 久保田紀久枝、森光康次郎：食品学 - 食品成分と機能性 -、東京化学同人、46-47、2012
- 10) 村上洋子：炊飯米（もち米）の添加がパンの物理特性に及ぼす影響、静岡大学教育学部研究報告 人文・社会・自然科学編、64、159-173、2014
- 11) 上野山あつこ、江口智美、吉村美紀：大豆タンパク質・米粉混合系の力学的および熱的特性、日本調理科学会誌、49、147-153、2016
- 12) 山内文男：大豆蛋白質の構造と食品特性、日本食品工業学会誌、41、233-240、1994