

ういろうの品質に及ぼすグルテンの影響

Effect of Gluten on Quality of Uirou

佐藤 生一, 中島 千枝, 山澤 正勝

Seiichi SATOH, Chie NAKASHIMA, Masakatsu YAMAZAWA

要旨

現在市販されているういろうに使用されている原料粉は、米粉、小麦粉、小麦デンプンおよびそれらを組み合わせた混合物などが使用され、非常に多種多様である。ういろうの品質は、米粉の粒度分布、原料粉の種類、加熱条件などによって影響されることが知られている。

著者らは先に、各種原料粉の特性と得られたういろうの物性および官能評価との関係と、ういろうの物性に及ぼす各種原料粉配合比(1:1)の影響について検討し、それぞれのういろうは著しく物性が異なることを報告した。本研究ではういろうの品質に及ぼすグルテンの影響について検討した。

まず、RVAによる最高粘度は、小麦デンプンをグルテンに置換すると、置換量が多くなるほど低下する傾向を示した。一方、これら原料粉で調製したういろうの物性の特徴は、小麦デンプンういろうは破断強度が最も強く、グルテン置換量が増加するほど低下する傾向を示した。色調においてはグルテン置換量に比例してb*値が高く、黄色みが強くなる傾向を示した。官能検査では、強力粉ういろうとグルテン15%置換ういろうが有意に好まれた。

The flour ingredients in commercially available Uirou products include rice flour, wheat flour, wheat starch and mixtures of these, and they are used in a wide variety of combinations in order to meet changing consumer preferences. The quality of Uirou is known to be affected by several factors, such as particle size distribution of rice flour, types of flour ingredients, and heating conditions.

In our previous research on the relationships among the properties of flour ingredients, the physical properties of Uirou made with the flour ingredients and sensory evaluation, as well as the effects of different combinations (1:1) of the flour ingredients on the physical properties of Uirou, we reported that the properties of Uirou made with different flour mixtures varied markedly.

In the present study, we investigated the effects of gluten on the quality of Uirou made with wheat flour. The maximum viscosity measured by Rapid Visco Analyzer (RVA) tended to decrease as more of the wheat starch was substituted with gluten. On the other hand, investigation of the physical properties of Uirou made with these flour ingredients showed that the breaking strength was highest in Uirou made with wheat starch only, and tended to be lower in Uirou containing a larger amount of gluten in place of wheat starch. With regard to color, b value increased in proportion to the amount of gluten, indicating that Uirou made with wheat starch and gluten was more yellowish than Uirou made with wheat starch only. Sensory evaluation results showed significantly higher preferences for Uirou made with strong wheat flour and Uirou made with a mixture of 85% wheat starch and 15% gluten.

キーワード：ういろう, 物性, グルテン, RVA, 官能検査

Uirou, physical property, gluten, Rapid Visco Analyzer, sensory evaluation

1. 緒言

現在市販されているいろいろに使用されている原料粉は、嗜好の多様化などにより米粉、小麦粉、小麦デンプンあるいはその他のデンプン、それらの組み合わせなどと非常に多様である。従来いろいろに関する研究には、調製時の糊化条件¹⁾、テクスチャー^{2)–5)}、老化⁶⁾、米粉粒度の影響⁷⁾などに関するものがある。前報^{8),9)}において、各種原料粉単独およびその組み合わせた原料粉が有する特徴と、得られたいろいろとの関係について物性と嗜好性を検討し、破断強度、破断凹み、付着力などの物性値は全く異なり、それぞれの原料粉のもつ特徴がいろいろの物性に大きく影響を及ぼしていることが認められた。特に小麦デンプンいろいろは小麦粉いろいろに比べて破断強度が著しく大きく、この相違は両者の成分の比較から、小麦粉中のタンパク質の影響が大きく関与していると推察された⁹⁾。デンプンゲルに対するタンパク質の影響については、米粉ではタンパク質量が少なくなるにつれてアミログラフの最高粘度が大きくなることが明らかにされている¹⁰⁾。一方、小麦粉中に含まれるタンパク質に由来するグルテンは、水産練り製品の弾力補強、麺のコシや歯ごたえの改良、製パンにおける食感改良などに利用されている。本研究では、いろいろの物性に及ぼすタンパク質の影響を明らかにするため、タンパク質として市販活性グルテンを使用し、物性測定および官能検査の両面から総合的に検討した。

2. 実験方法

(1) 原料粉

小麦デンプンは市販浮粉（きくや商店、デンプン含量86%）、小麦粉は市販日清製粉社製薄力粉（タンパク質含量8%、デンプン含量76%）および強力粉（タンパク質含量12%、デンプン含量72%）、活性グルテンはグリコ栄養食品製A-グルG（タンパク質含量73.5%）、砂糖はグラニュー糖を使用した。

(2) いろいろの調製

原料配合は石田⁷⁾の配合に準じ、原料粉23%、砂糖26%、水51%とした。小麦デンプンいろいろのうち、小麦デンプンの一部を活性グルテンと置換（小麦デンプン100のうち5%、10%、15%を置換）したいろいろをグルテン置換いろいろとした。小麦粉いろいろの場合は砂糖溶液中での分散性が良いため、40℃に加熱した砂糖溶液を小麦粉に投入し、よく混合後篩い（60

メッシュ）でろ過し、湯がきをせずにポリ塩化ビニリデン製ケーシングチューブ（以下ケーシング）に充填した。小麦デンプンいろいろおよびグルテン置換いろいろの場合、小麦粉と異なり分散性が悪いので湯がきを行う必要があるが、米粉いろいろのように湯がきを行うと急激に粘度が上昇してケーシングへの充填が困難であった。そのため、直接ケーシングに小麦デンプン、グルテンおよび砂糖溶液を充填し、75℃の恒温水槽中で混合を続け、内容物の粘度が上昇し始めた時点が湯がき終了とした。各いろいろとも、沸騰水中で60分間湯煮し、湯煮後直ちに水中で30分間冷却した。本報告では、各原料粉から調製したいろいろを、“小麦デンプンいろいろ”およびグルテン置換いろいろをそれぞれ“グルテン5%いろいろ”、“グルテン10%いろいろ”、“グルテン15%いろいろ”とした。小麦粉いろいろは“薄力粉いろいろ”、“強力粉いろいろ”と表した。

(3) ラピッドビスコアライザー（RVA）による原料粉の粘度特性

粘度の測定には、ラピッドビスコアライザー（Newport Scientific社製、以下RVA）を使用し、専用アルミ缶に各原料粉3.5g（乾物換算）を取り、これに砂糖溶液（33.3%）を25ml加え、専用パドルとともにRVAに装着した。この時の原料粉濃度は12.3%（無水物換算）である。パドル回転数160rpmとして、回転粘度を連続して測定した。測定条件は豊島らの米粉粘度特性試験¹¹⁾を参考に、50℃で1分間保持後95℃まで5分間で昇温させた。95℃で10分間保持した後、50℃まで5分間で降温させ、50℃で5分間保持し終了とした。RVAでの特性値の表現は¹¹⁾、50℃から95℃に温度を上昇させるに伴い粘度が立ち上がる時間を粘度上昇開始時間、最初に示すピークを最高粘度、それまでの経過時間を最高粘度到達時間とした。加熱の保持に伴い粘度は減少していき、冷却前の粘度が最低に達した点を最低粘度、冷却すると再度粘度が上昇し、50℃で5分間保持した後の測定時間終了時点の粘度を最終粘度とした。また、最高粘度と最低粘度の差をブレイクダウン、最低粘度と最終粘度の差をセットバック値とした。

(4) いろいろの物性の測定

山電（株）製卓上型物性測定器TPU-2S(B)型を使用し、試料は常温に戻した後、直径30mm、高さ25mmに切断し、直径10mmの円筒形プランジャーにより破

断強度および破断凹みの大きさを測定した。付着力の測定には、直径20mmの円盤型プランジャーを用い、試料片を5mm圧縮してプランジャーといろいろを付着させた後、プランジャーを引き上げたときの強度を付着力とした。

(5) 色差測定

測色色差計 (NE-2000: 日本電色工業株式会社) を用いて、いろいろの切断面について、L*値, a*値, b*値を測定した。

(6) 官能検査

実験に供した6種類のいろいろを常温に戻して厚さ10mmに切断したものについて、パネルに順位を付けさせた。評価項目は硬さ・弾力・歯切れ・粘り・なめらかさ・香り・色調・甘味・後味の9項目に総合評価を加えた10項目を順位法(好む順番で1から6)で評価した。パネルはいろいろ調製の経験がある、本学食料栄養学科製菓専攻学生13名により平成22年2月に実施した。

(7) 統計処理

いろいろ間のデータについては多重比較検定(Scheffe)で行い、 $p < 0.05$ を有意差ありとした。なお、官能検査において、総合評価についてはKramerの順位合計の検定で行い、いろいろ間の差についてはNewell & MacFarlaneの検定で行った。

3. 結果および考察

(1) RVAによる原料粉の糊化特性

RVAによる原料粉の加熱による粘度変化を図1に、それぞれの特性値を表1に示した。各原料粉間の粘度

特性を比較すると、小麦デンプンに対しグルテン置換量が5%, 10%, 15%と多くなるほど最高粘度到達時間が遅くなり、最高粘度および最低粘度は低下し、ブレイクダウンは小さくなった。また小麦粉間では、強力粉は薄力粉に比べ最高粘度到達時間は大きく遅延し、最高粘度の低下は大きかった。

RVAにおける粘度は、デンプン粒子の膨潤の程度と相関関係があり、最高粘度到達時間は粒の膨潤とRVAによる抵抗が最大になる時間である。

デンプンにタンパク質を加えた場合における粘度変化については、デンプンとタンパク質のそれぞれの種類によって粘度が高くなったり、低下したりする¹²⁾。ジャガイモデンプンにカゼインを添加した例では、糊化開始温度は高くなり、最高粘度は著しく低下しており¹³⁾、図1の結果はこれと同様の傾向であった。

この最高粘度到達時間が遅延した要因の一つとしては、デンプン-タンパク質-スクロース-水系において、親水性基を有する三者が競争的に水を奪い合い、それぞれの水和状態が関係していることが予想される。また、水分の少ない状態(例えば水分40~60%:いろいろは約50%)では、親水性高分子はデンプンの膨潤に必要な水分を少なくするため糊化を妨げるといわれている¹⁴⁾。

そのため、いろいろ製造工程中ではデンプンが糊化する前にグルテンが吸水するため、デンプンの糊化に必要な水の減少が推察され、デンプン量に対するグルテンの割合が多くなるほど遅延が大きくなったものと推察された。

一方、最高粘度がグルテン置換量の増加により低下した原因としては、パンに関する研究の中で糊化した小麦デンプンはグルテンと結合することが知られている¹⁵⁾。いろいろ製造条件においてデンプンとグルテン

表1 RVAによる異なるグルテン含量の粘度特性

原料粉	粘度上昇開始時間 (min)	最高粘度到達時間 (min)	最高粘度 (cp)	最低粘度 (cp)	ブレイクダウン (cp)	最終粘度 (cp)	セットバック (cp)
小麦デンプン	4:00	7:43	10484	8731	1753	17873	9142
グルテン5%	3:48	7:42	9733	8159	1574	15951	7792
グルテン10%	3:48	8:22	9106	7967	1139	15909	7942
グルテン15%	4:04	8:54	8397	7391	1007	15115	7724
強力粉	4:00	11:36	7421	7190	231	12230	5040
薄力粉	3:52	9:54	8194	6713	1481	12790	6077

が結合するかどうかは今後の課題であるが、デンプン含量の減少に加えてデンプン溶液中にグルテンが分散しているため、デンプンの糊化にともなうゲルの形成を抑制するためと推察された。さらに小麦デンプンの最高粘度に比べて小麦粉の方が大きく低下している理由については、小麦粉中にはデンプンおよびグルテン形成タンパク質（グリアジン、グルテリン）以外に、アルブミン、グロブリンや α 、 β -アミラーゼ、脂質等が含まれており¹⁶⁾、これら成分がデンプンのゲル化の抑制に関与しているものと推察された。今後、これらの成分のうち、何が主に関与しているか検討する必要がある。

以上のことから、小麦デンプンにグルテンを置換した原料粉では、デンプンの糊化に伴う粘度上昇に対し、グルテン類が最高粘度到達時間の遅延や最高粘度の低下等に影響しているものと推察された。

(2) 各原料粉から調製したいろいろの物性の特徴

いろいろの物性の特徴については、かたさ、歯切れ、付着性などが重要な要因と考えられている²⁾。いろいろの弾力の指標と考えられる破断強度の結果を図2に示した。

破断強度の値の順位は、小麦デンプンいろいろおよびグルテン置換いろいろ間では、小麦デンプンいろ

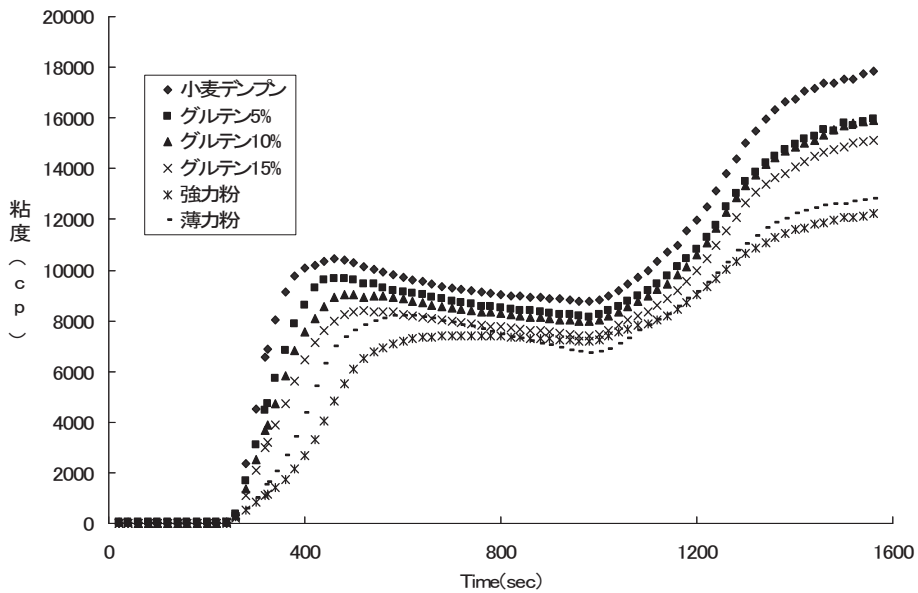


図1 RVAによる異なる原料粉の粘度特性

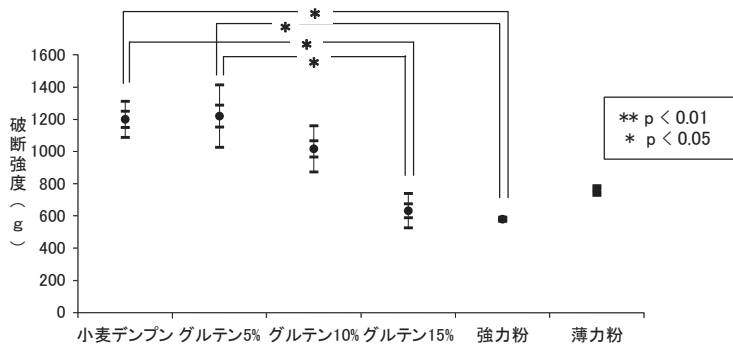


図2 いろいろの破断強度

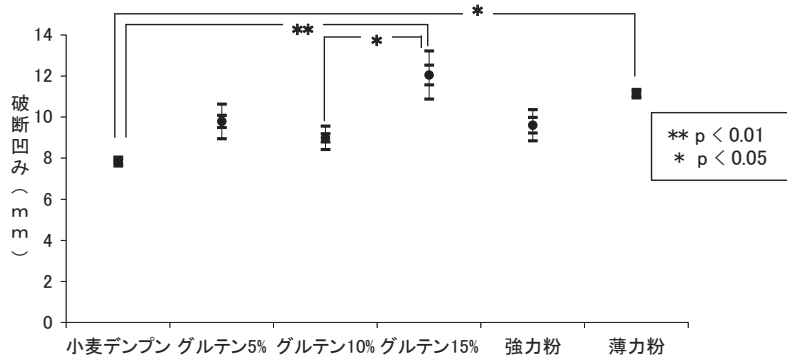


図3 ういろいろの破断凹み

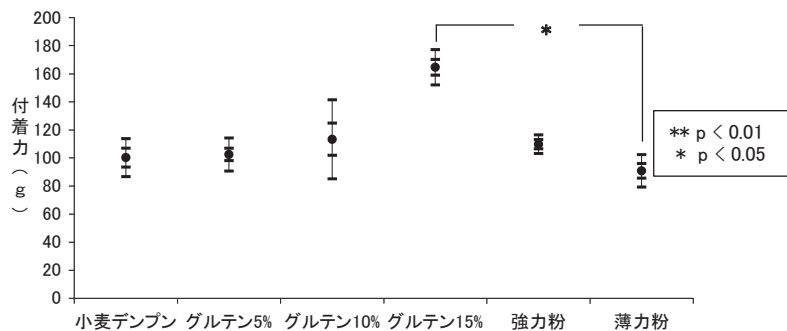


図4 ういろいろの付着力

う>グルテン5%ういろいろ>グルテン10%ういろいろ>グルテン15%ういろいろであり、小麦粉ういろいろ間では薄力粉ういろいろ>強力粉ういろいろであった。いずれもグルテン量あるいはタンパク質量が増加するほど弱くなった。なお、ほとんどのういろいろ間で有意な差が認められた。

また、小麦デンプン（デンプン含量86%）ういろいろの破断強度は1200gであるのに対し、グルテン15%置換（タンパク質含量11%、デンプン含量73%）ういろいろではデンプンの減少量は約15%であるのに対し、破断強度は約600gと半減している。また、薄力粉、強力粉においてもタンパク質含量が8~12%、デンプン含量が76~72%で破断強度600~700gであった。

以上の結果、前述のRVAの測定結果の項で考察したように、小麦デンプンをグルテンで置換することにより、単純なデンプン含量の減少以外に、ういろいろのゲル形成条件下で、タンパク質の吸水力によるデンプンの糊化に必要な水の減少とデンプン溶液中に分散したグルテン等によるデンプンゲルの形成抑制のためと推

察された。また、小麦中のグルテンと水溶性タンパク質は小麦デンプンゲルの粘弾性に同じ影響を及ぼすことが知られており¹⁷⁾、上述の粘度に及ぼす影響の場合と同様に、小麦粉中の水溶性タンパク質がデンプンの破断強度の減少にも関与しているものと推察された。

ういろいろのしなやかさの指標と考えられる破断凹みの結果を図3に示した。破断凹みの値の順位は小麦デンプンういろいろおよびグルテン置換ういろいろ間では、グルテン15%ういろいろ>グルテン5%ういろいろ>グルテン10%ういろいろ>小麦デンプンういろいろであり、グルテン含量が多いほど破断凹みが大きい結果が得られた。破断凹みが大きくなる要因としては、グルテンがデンプンゲルの形成を抑制するため、その結果としてういろいろ自体の破断凹みは大きくなったものと推察された。一方、小麦粉ういろいろ間では薄力粉ういろいろ>強力粉ういろいろの順であり、破断強度および破断凹みの場合とは逆の傾向であった。この要因については小麦粉中のグルテン以外の成分の影響について検討する必要が認められた。なお、グルテン15%ういろいろおよ

び小麦デンプンいろいろ間、グルテン10%いろいろおよびグルテン15%いろいろ間、薄力粉いろいろおよび小麦デンプンいろいろ間で有意な差が認められたが、破断強度の場合のような明確な傾向はみられなかった。

次にいろいろの付着力の結果を図4に示した。いろいろの付着力の値の順位は小麦デンプンいろいろおよびグルテン置換いろいろ間では、グルテン15%いろいろ>グルテン10%いろいろ>グルテン5%いろいろ>小麦デンプンいろいろであった。小麦粉いろいろ間では強力粉いろいろ>薄力粉いろいろであった。グルテン15%いろいろおよび薄力粉いろいろ間のみで有意な差が認められたが、付着力とグルテンあるいはタンパク質含量との間に明確な傾向はみられなかった。

これらの結果を小麦デンプンいろいろの物性値を100%としたときの比率でまとめ、図5にレーダーチャートとして表した。各いろいろの物性の特徴を要約すると、小麦デンプンいろいろは破断強度は最も強いが、破断凹みは最も弱く、付着力も弱い。小麦粉で調製したいろいろを含めグルテン置換いろいろはグルテン量が増加するほど破断強度は弱くなり、破断凹みは強い傾向にあった。

(3) いろいろの色調

各いろいろの断面の色調の測定結果を表2に示した。L*値、a*値、b*値は、いずれのいろいろ間においても有意な差が見られた。小麦デンプンいろいろは前報⁸⁾⁹⁾で述べたようにb*値が低く青みがかった透明

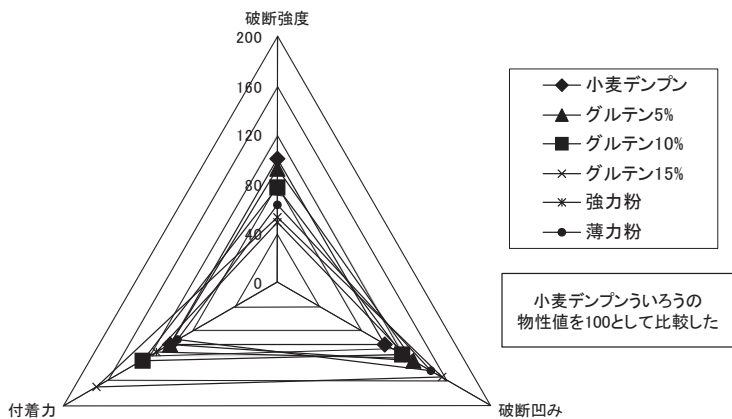


図5 レーダーチャート

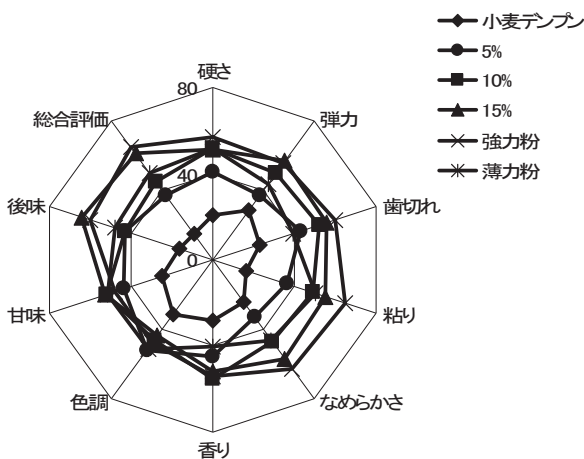


図6 官能評価結果 各種いろいろ

表2 ういろいろの色調

	L*	a*	b*
小麦デンプン	57.73	-1.52	-7.76
グルテン5%	61.85	-2.64	0.58
グルテン10%	62.25	-3.24	5.84
グルテン15%	63.99	-2.84	9.74
強力粉	68.50	-2.84	15.43
薄力粉	67.78	-4.70	15.78

感を示しているのに対して、グルテン置換量に比例してb*値は高くなった。一方、薄力粉ういろいろおよび強力粉ういろいろはグルテン置換ういろいろよりb*値が高く、とくに黄色みを帯びているのは、小麦粉中の色素によるものと推察された。

(4) 官能検査

ういろいろの官能検査の結果を、図6に示した。グルテン15%ういろいろおよび強力粉ういろいろはほとんどの項目で評価が高く、強力粉ういろいろは菌切れ、後味、総合評価で、グルテン15%ういろいろは後味、総合評価で有意に好まれた。また、小麦デンプンういろいろはすべての項目で評価が低く、総合評価において有意に好まれないという結果であった。

ういろいろは、一般的に高濃度糖液中において主原料である米粉や小麦粉のゲル化によって製造されている。そのため前述のように、ういろいろ製造工程中ではデンプンタンパク質(グルテン)一糖一水系であり、それぞれの親水性物質間で複雑な水の奪い合いが行われているものと推察される。本研究では、小麦デンプンのゲル形成に対するグルテンの影響について、粘度およびテクスチャーの変化について、現象面における若干のデータが得られた。

今後は高濃度糖液中におけるデンプンとタンパク質の相互作用について、デンプンの膨潤度、吸水力、粒構造の変化などういろいろの物性との関係について検討していく予定である。また、新しい嗜好性をもったういろいろの開発の観点からも、グルテン以外のタンパク質や親水性多糖類等の組み合わせによる物性変化についても検討していく予定である。

4. 要約

- (1) RVAによる原料粉の粘度特性は、小麦デンプンの一部をグルテンに置換すると、グルテン量が多くなるほど最高粘度到達時間は遅くなり、最高粘度、最低粘度、ブレイクダウンは低下した。
- (2) ういろいろの物性値における特徴として、小麦デンプンういろいろは破断強度は最も強いが、破断凹みおよび付着力は弱い傾向を示した。グルテン置換量が多くなると破断強度は弱くなり、破断凹みおよび付着力は強くなるという傾向を示した。
- (3) ういろいろの色調においては、小麦デンプンういろいろはa*値が高く青みを帯びた透明感を示しているが、グルテン置換ういろいろは、グルテン置換量が多くなるほどb*値が高くなり、黄色みを帯びる傾向を示した。
- (4) 官能検査においては、グルテンを含有するグルテン15%ういろいろおよび強力粉ういろいろが有意に好まれ、小麦デンプンういろいろは有意に好まれないという結果が得られた。

5. 謝辞

本研究にあたり、ご助言いただきました愛知県産業技術研究所食品工業技術センター児島雅博氏、RVA等機器使用に多大なご配慮をいただきました岐阜県産業技術センター加島隆博氏に深く感謝致します。

引用文献

- 1) 齊藤靖子, 加藤静子, 勝田啓子, 富岡和子, 丸山悦子, 橋本慶子, 長谷川千鶴: ういろいろの調製時における糊化条件について, 家政学研究, 21, 150-155 (1974).
- 2) 齊藤靖子, 加藤静子, 橋本慶子, 長谷川千鶴: 市販ういろいろのテクスチャーと成分について, 家政学研究, 20, 11-14 (1973).
- 3) 中野典子, 森奥登志江: ういろいろの物性について(第1報) 相山女学園大学研究論集, 26, 69-83 (1995).
- 4) 加賀屋みえ子: 食品の物性に関する基礎的研究—白ういろいろのレオロジー的性質—, 相山女学園大学研究論集, 27, 51-66 (1996).
- 5) 大下市子: 山口ういろいろのテクスチャー特性, 日本家政学会誌, 56, 807-810 (2005).
- 6) 齊藤靖子, 加藤静子, 勝田啓子, 富岡和子, 丸山悦子, 橋本慶子, 長谷川千鶴: 市販ういろいろの老

- 化について, 家政学研究, 21, 145-149 (1974).
- 7) 石田欽一: ういろいろの品質に及ぼす米粉粒度の影響, 愛知食技センター報告, 36, 28-35 (1995).
 - 8) 佐藤生一, 中島千枝, 山澤正勝: 各種原料粉で調製したいろいろの品質特性, 名古屋文理大学紀要, 第9号, 7-15(2009).
 - 9) 佐藤生一, 中島千枝, 山澤正勝: ういろいろの物性に及ぼす各種原料粉配合比の影響, 名古屋文理大学紀要, 第10号, 7-13(2010).
 - 10) 庄司一郎, 倉沢文夫: 米ならびにデンプンのアミログラムによる粘度特性について(第2報)もち, うるち米デンプンの粘度におよぼすタンパク質, 脂質の影響, 家政学雑誌, 32, 167-171 (1981).
 - 11) 豊島英親, 岡留博司, 大坪研一, 須藤 充, 堀末 登, 稲津 脩, 成塚彰久, 相崎万裕美, 大川俊彦, 井ノ内直良, 不和英次: ラピッドビスコアライザーによる米粉粘度特性の微量迅速測定方法に関する共同研究, 日食科工誌, 44, 579-584 (1997).
 - 12) 山内文男: 食品中の炭水化物とタンパク質の相互作用, 澱粉科学, 28, 33-40 (1981).
 - 13) 高橋節子, 福場博保: ブラマンジェのレオロジー的研究(第2報)アミログラムに及ぼす牛乳の影響, 家政誌, 25, 450-454 (1974).
 - 14) 檜作進: 澱粉の糊化と老化(上), 食品工業, 12, 89-98 (1969).
 - 15) L.K.DAHLE: Wheat Protein-Starch Interaction-Some Starch-Binding Effects of Wheat-Flour Proteins, Cereal Chem. 48, 706-714 (1971).
 - 16) 長尾精一編: 小麦粉の成分, 小麦の科学(朝倉書店), p81-105 (2003).
 - 17) Lennart Lindahl and Ann-Charlotte Eliason: Effect of Wheat Proteins on the Viscoelastic Properties of Starch Gels, J. Sci. Food Agric. 37, 1125-1132 (1986).