

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 3 年 6 月 6 日現在

機関番号：16401

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18K02256

研究課題名(和文)小麦アレルギー患者向け新食感グルテンフリー食品の試作とその品質評価

研究課題名(英文) Trial production of new texture gluten-free food for wheat allergic patients and its quality evaluation

研究代表者

村井 正之 (MURAI, Masayuki)

高知大学・その他部局等(名誉教授)・名誉教授

研究者番号：00166240

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：小麦粉と米粉の水分吸収率(速度)は、それぞれ73%と88%であったのに対して、食用セルロースの水分吸収率は290%から650%もの高い値を示した。一方、食用セルロースの比熱は小麦粉の約3分の2であり、これは主として水分含量の差によるものと推定した。製パンの生地発酵量は、セルロースの添加量が増えるにしたがって減り、同時に、製パンのヤング率は、セルロースを20%添加した場合には約3倍になった。カステラの場合も、セルロースの添加によって硬くなるが、製パンほどに色差には影響はなかった。製パンとカステラともに、20%までのセルロース配合では、老化速度は、標準サンプルと同じであることが分かった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

小麦粉代替素材の食品への適合性を実証的に研究し、その一つとして食用セルロースを代替素材として用いた。素材の熱水分特性を明らかにすることは、素材の混和適用(利用)上、重要な知見を与える。適用対象の食品は製パンとカステラに絞ったが、結果として20%程度の適用までであれば、無配合の場合と比較して食感にかかわる物理的特性が著しく変わることがないことが明らかとなり、食用セルロースの食品素材としての実用面での応用可能性が示された。

研究成果の概要(英文)：The water absorption rates of wheat flour and rice flour were 73% and 88%, respectively, while the water absorption rates of edible cellulose were as high as 290% to 650%. On the other hand, the specific heat of edible cellulose is about two-thirds that of wheat flour, which is presumed to be mainly due to the difference in water content. The amount of dough expansion of bread making decreased as the amount of cellulose added increased, and at the same time, the Young's modulus of bread making increased about 3 times when 20% of cellulose was added. In the case of sponge cake samples, the addition of cellulose made it harder, but it did not affect the color difference as much as bread making. In both cases of bread making and sponge cakes, it was found that the aging rate was almost the same as that of the standard sample up to the addition amount of cellulose up to 20%.

研究分野：育種学

キーワード：グルテン 小麦粉 セルロース 素材適性

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

神戸淡路大震災や東日本大震災など、我が国は近年、自然災害が多発しており、非常時の食の確保は益々重要になっている。災害時の非常食と言えば、長期保存性と消化吸収性が重要視される。健常者用の非常食であれば、長期保存性があり、消化性の良い高カロリーな保存食を用意すればよい。しかし食物アレルギー患者の場合は、非常薬を失い、医療機関への移動も困難になる場合があり、健常者向けの非常食ではたいへん危険である。食物アレルギー患者が安心できる食材を研究し、それを実用技術へと応用するための手法を開発することは、生活科学分野の学術的な役割の一つと考えられる。

2. 研究の目的

食物アレルギーを起こす原因素材にも様々な種類があるが、なかでも小麦粉は利用する食品の裾野も広く、パンを始めとして日常食品の多くで利用されており、アレルゲンとしてのグルテンを含有する小麦粉の使用量を除去・低減した食品の開発は、非常食も含め、国民の食生活の向上の点で有用である。

そこで本研究では、米粉および食用セルロースの小麦粉代替素材としての適用性について、主として物性の点から分析を行うとともに、小麦粉に置換配合して試作した各種食品の食感分析を通じて、その適用配合と食品評価の関係を明らかにすることで、これら素材の適用性の合理的な利用方法の知見を明らかにすることを目的とした。

3. 研究の方法

小麦粉、米粉および食用セルロースそれぞれの素材としての基本特性を知るため、熱水分特性を測定した。測定項目は1)吸水特性、2)熱特性、3)乾燥特性である。吸水特性の測定では、遠心分離法を用いて室温一定時間における吸水率を求めた。熱特性の測定は、示差走査熱量計(DSC)を用いて、素材の加工過程に関連する室温から120℃までの比熱を求めた。乾燥特性は、素材の粉末性を考慮して、示差熱・重量同時測定装置を用いて、初期質量3mgを、DSCと同じく室温から120℃まで昇温させた際の質量変化より求めた。

当初、米粉および食用セルロースの組み合わせでグルテン・フリーを目指したが、米粉と食用セルロースとの間で添加水分の奪い合いが著しく、いわゆる「だま(粉の塊)」になり易く、両者の同時使用では食品としての品質が維持できないことが実験的に明らかとなった。このため、小麦粉代替素材には食用セルロースのみを用いることとし、各種の小麦粉利用食品(製パン、菓子類)に対して代替配合割合を変えつつ、その素材適性を、仕上がり食品の食感物性(膨張力や粘弾性、色調)により評価し、実用上の適用限界について検討した。

(熱水分特性の測定)

1)吸水特性 食用セルロースは、比容積(単位質量当たりの容積)が非常に大きく、小麦粉に比較して吸水性が非常に大きいことが予想されるため、その吸水性を二つの方法で測定した。その一つは、食用セルロースを円筒のストロー(直径6mm、長さ90mm)に充填したあと、透明ストローの片側から食用色素の入った溶液0.8mLを注入し、その呈色溶液がストロー内に浸透していく際の、注入口から呈色最前線までの距離を10分間に亘り計測する方法である。

二つ目は、食用セルロースに対して直接水分を注入したあと、一定の回転条件で遠心分離して、食用セルロースがその遠心力に対して保持する水分量を測定する方法である。具体的には、食用セルロース0.1gを容積15mLの遠沈管にとり、5mLの水を加えて攪拌し、室温で5分から30分間吸水された試料に対して3,000rpm、30分間の条件で遠心分離によって水分を奪ったあとの、遠沈管底に固着した食用セルロースの質量をもとに、初期投入セルロースの質量差から吸水量

を評価するものである。

2)熱特性 小麦粉利用食品のほとんどは熱加工を伴うため熱特性を知る必要がある。そこで、示差走査熱量計(DSC)を用いて薄力粉、米粉および食用セルロースの比熱を測定した。薄力粉および米粉については7mg、食用セルロースは比容積が大きいいため、測定試料に封入可能な5mgを供試量として、室温(24)から120 まで、5 /min.の昇温速度で加熱する間の比較標準試料(-アルミナ)との熱量差を計測した。なお、パージガスにはN₂ガスを50mL/min.を通じた。

3)乾燥特性 素材の加工時には加熱による乾燥が同時に起こることから、示差熱・重量同時測定装置(DTG-60)を用いて、薄力粉、米粉および食用セルロースの粉末状態の乾燥特性を測定した。具体的には、素材3mgをアルミニウム製セル容器に入れ、質量比較に -アルミナ6mgを用いて、室温から120 まで5 /min.の昇温速度でプログラム加熱させた際の質量変化を計測した。熱特性の測定と同様に、プログラム加熱時には、パージガスとしてN₂ガスを50mL/min.通じた。(代替素材の配合とその仕上がり食感物性評価)

標準的な製法の小麦質量に対して小麦代替素材の食用セルロースの配合を替えて、製パンおよびカステラに対して適用し、その食感物性を評価した。予備試験の結果、製パンでは20%を超える配合では、仕上がり時の製パンが非常に硬くなったため、配合の上限は20%までとし、カステラについては80%までとした。

製パンについては、1)生地発酵力、2)比容積、3)仕上がり製パンの色調、4)老化、カステラについては、1)仕上がり高さ、2)表面色調、3)硬さ、4)老化を評価した。老化とは、一定の温度状態で食品が硬くなる性質を言う。生地発酵力は、標準製法により作製したパン生地の1次発酵および2次発酵時の生地膨張容積をメスシリンダー計測した。比容積の評価に必要な容積計量は菜種種子による置換法、色調計測は色差計を用いたL*a*b*表色系により評価した。老化試験は、試作した製パンやカステラをそれぞれ6日間および7日間、室温に放置したときの硬さをプランジャー試験により評価することで行った。

4. 研究成果

(熱水分特性の測定)

1)吸水特性 食用セルロースは吸水速度が予想よりも非常に速く、円筒ストローを用いた計測の場合、その浸透状態を追うことが困難であった。このため、吸水特性の測定は実質的に遠心分離による方法とした。吸水率を素材の湿重量を基準とした水分の保持量の割合として定義した場合、薄力粉は73%、米粉は88%と同じ程度であったのに対して、食用セルロースは粒子径によって異なるが、粒子径の最も大きな試料(50メッシュパス)のもので約650%、粒子径の最も小さな試料(400メッシュパス)でも290%と、非常に吸水性が高い結果を得た。供試薄力粉および米粉ともにその含水率は約13%であったのに対して、食用セルロースは7%であったことから、素材そのものの初期含水率による影響がその要因の一つと考えられる。吸水率の差は、加工時の水分の奪い合いを起し、吸水率の高い方に水分が優先的に吸収することから、食用セルロースと他の素材とを組み合わせた場合、いわゆる「ダマ」になりやすいことを示している。

2)熱特性 室温から120 までの平均の比熱を算出してみると、薄力粉が2.09(Jg⁻¹K⁻¹)、米粉が1.95(Jg⁻¹K⁻¹)であるのに対して、食用セルロースは粒径の最も大きい試料で1.32(Jg⁻¹K⁻¹)、粒径の最も小さい試料で1.74(Jg⁻¹K⁻¹)と低い値を示した。水の比熱は4.2(Jg⁻¹K⁻¹)であり、薄力粉や米粉と食用セルロースの比熱のこの差は、主として水分含量の違いによるものと推定されることから、加工時にどの程度、投入した水分を、それぞれの素材がどの配分で奪取するかによって混合加熱時の加熱ムラ状態が決まるものと考えられる。

3)乾燥特性 米粉の質量減少率(測定開始前の湿重量に対する含有水分の重量の比)は、120 までに 12.3%に達するのに対して、食用セルロースの場合は 5.3%から 6.8%程度であった。食用セルロースでは初期含水率(水分含量)が少ないことが質量減少率の小ささに影響しているものと考えられる。

(代替素材の配合とその仕上がり食感物性評価)

A)製パン試験の結果 1)生地発酵力 メスシリンダー法による生地膨張容積の比較では、小麦粉のみを用いた製パンでは 1 次発酵時に 75mL 程度の膨張が見られるのに対して、小麦粉代替素材の食用セルロースを配合した場合には、10%配合(小麦粉総量に対する質量%)では 55mL から最大で 68mL 程度の膨張にしか至らず、配合割合が 20%の場合では 50mL 未満と、膨張力が弱くなることが分かった。2)比容積 生地発酵力に連動するため、比容積でも食用セルロースの配合割合が多いほど比容積は小さくなり、手に取った場合に重量感のある密度の高い製パンとなった。参考までに測定したプランジャー試験による押圧試験では、20%配合した場合には、配合しない製パンに対して約 3 倍の見かけヤング率となった。3)仕上がり製パンの色調 食用セルロース配合の製パンは配合割合の増加に伴い L 値(明度)が有意に高くなる傾向となり、無配合では L 値が 53 前後であるのに対して、20%配合では 80 程度であった。L*,a*,b*による色差ベクトルの差 E による評価では 20%配合は、人の視覚的にも明確に差を感じる 2.5 以上の値を示した。4)老化 食用セルロースを配合した製パンと無配合の標準製パンとの間に、老化速度の点では差はなく、老化試験開始時点の差がそのまま平行移動する関係となった。

B)カステラ試験の結果 1)仕上がり高さ 一定容積での仕上がり高さを評価した結果、無配合では 32mm 程度だが、小麦粉代替の食用セルロースの配合割合を増すにつれ、高さは減少し、例えば粒子の最もおおきな食用セルロースでは、28mm(配合 20%)、27mm(同 40%)、24mm(同 60%)、21mm(同 80%)となった。これは主として、食用セルロースの配合に伴い卵白中の空気が少なくなったことが要因と考えられる。2)表面色調 製パンでは食用セルロースの配合により、有意な色差が現れたが、カステラでは無配合の試料との色差は 80%配合でもほとんどなく、人の視覚で配合の有無を識別できない程度であった。3)硬さ プランジャーによる押圧試験の結果、ピーク押圧力で比較すると、無配合では 0.7N 程度であったが、食用セルロースの配合により著しく硬度が増し、例えば粒子の大きな食用セルロースでは、直径 8mm の円形プランジャーによる押圧で 60%配合は最大押圧 3.8N、80%配合では同 4.5N と、非常に硬くなることが分かった。しかし、20%配合までであれば、硬さは 1N(約 100gf)未満であるため、無配合のカステラとの差はないことも明らかとなった。4)老化 無配合のカステラでは老化速度は 0.2N/day であるのに対して、食用セルロースの配合割合が 60%では 0.47N/day、80%では 1.25N/day と急速に老化が進んだ。しかし一方で、20%配合までであれば 0.4N/day 程度まで押えることが可能であることが分かった。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計8件（うち査読付論文 8件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Ikeda, T., W. Tanaka, T. Toriba, C. Suzuki, A. Maeno, K. Tsuda, T. Shiroishi, T. Kurata, T. Sakamoto, M. Murai, H. Matsusaka, T. Kumamaru, H. and Y. Hirano	4. 巻 98
2. 論文標題 BELL1-like homeobox genes regulate inflorescence architecture and meristem maintenance in rice	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The Plant Journal	6. 最初と最後の頁 465,478
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Rana, B. B., M. Kamimukai, M. Bhattarai, Y. Koide and M. Murai	4. 巻 156:36
2. 論文標題 Responses of earliness and lateness genes for heading to different photoperiods, and specific response of a gene or a pair of genes to short day length in rice	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Hereditas	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Murai, M., B. B. Rana, I. Takamura, H. Nakazawa and M. Bhattarai	4. 巻 6
2. 論文標題 Lateness gene concerning photosensitivity increases yield, by applying low to high levels of fertilization, in rice, a preliminary report	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Nepal Agricultural Research Council	6. 最初と最後の頁 136,145
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Kamimukai, M., T. Iwakura, T. Akaoka and M. Murai	4. 巻 52(4)
2. 論文標題 High-yielding japonica-rice lines carrying <i>Ur1</i> (Undulate rachis-1) gene, possessing various heading times	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 SABRAO Journal of Breeding and Genetics	6. 最初と最後の頁 465,492
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Kamimukai, M., K. Nagano, T. Iwakura, T. Akaoka, K. Sakai, M. Sakai, M. Sakata, K. Masuda and M. Murai	4. 巻 52(4)
2. 論文標題 Eating qualities of high-yielding japonica-rice lines carrying <i>Ur1</i> gene	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 SABRAO Journal of Breeding and Genetics	6. 最初と最後の頁 523,544
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Rana Birendra Bahadur, Kamimukai Misa, Bhattarai Mukunda, Rana Lokendra, Matsumoto Ayaka, Nagano Hironori, Oue Hiroki, Murai Masayuki	4. 巻 -
2. 論文標題 Effects of tall alleles <i>SD1-in</i> and <i>SD1-ja</i> to the dwarfing allele <i>sd1-d</i> originating from 'Dee-geo-woo-gen' on yield and related traits on the genetic background of <i>indica</i> IR36 in rice	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Breeding Science	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1270/jsbbs.21001	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Bhattarai, M., M. Kamimukai, B. B. Rana, H. Oue, S. Matsumura and M. Murai	4. 巻 7
2. 論文標題 A Dwarfing Gene <i>sd1-d</i> (Dee-geo-woo-gen dwarf) on Lodging Resistance and Related Traits in Rice	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Nepal Agricultural Research Council	6. 最初と最後の頁 2392,4543
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Maekawa, M., M. Kashihara, E. Gichuhi, E. Himi, M. Murai, N. Ishikawa, Y. Hiei, Y. Ishida, T. Komari and T. Komori	4. 巻 140
2. 論文標題 Vigorous growth and high yielding of rice (<i>Oryza sativa</i>) introgression lines and transformants carrying a PRR37 allele from wild rice <i>O. longistaminata</i>	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Plant Breeding	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計0件

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	河野 俊夫 (KAWANO Toshio) (60224812)	高知大学・教育研究部自然科学系農学部門・教授 (16401)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------