

令和 4 年 6 月 14 日現在

機関番号：23102

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2021

課題番号：18K02207

研究課題名(和文) 化米粉を乳化剤として活用した新規栄養強化粥とアレルギー対応食品の開発

研究課題名(英文) Development of new porridge with enhanced nutrition and allergy-free foods using gelatinized rice flour as an emulsifier

研究代表者

山岸 あづみ (Yamagishi, Azumi)

新潟県立大学・人間生活学部・准教授

研究者番号：00400531

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,900,000円

研究成果の概要(和文)：本実験では、異なる方法で作成した 化米粉を用いて粥を作製し、粥の物性への影響を検証した。また、化米粉が非加熱で利用できる特徴を活かし、食物アレルギーの代替食品への利用を検討した。実験結果から、炊飯した後に乾燥させて作成した 化米粉と加熱せん断粉碎法で作成した 化米粉では、粉の吸水性や吸油性が異なることが確認できた。加熱せん断粉碎法による 化米粉の吸水性や吸油性には、製造工程における摩擦による粉表面の凹凸が関与していることが示唆された。本実験では、加熱せん断粉碎法で作成した 化米粉の吸油性を利用し、米油、酒粕、トウモロコシ粉末を用いることでマヨネーズ風調味料を作成することができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

ウルチ米および高アミロース米を原料として、異なる方法で作成した 化米粉に水を添加した際の粥の物性を明らかにできたことは、調理学分野において同じ米粉でも上新粉や白玉粉とは異なる、新たな食品素材の基盤データとして学術的意義がある。また、加熱せん断粉碎法で作製した 化米粉の吸油性を活かしてマヨネーズ風調味料を作製できたことは、従来から行われている米粉を食物アレルギーの特定原材料である小麦粉の代替ではなく、新たに卵の代替としての利用を提案したことになる。これは食料需給率が100%である米の消費拡大の一助になる可能性もあることから、社会的意義があると言える。

研究成果の概要(英文)： In this experiment, porridge was cooked using gelatinized rice flour with different preparation methods, and the effect on physical properties of porridge was examined. In addition, gelatinized flour could be used unheated. We investigated the use of gelatinized rice flour instead of foods that cause allergies. The results showed that the gelatinized rice flours prepared using the method of drying after cooking and shear heat milling were differed to their water and oil absorption. It was suggested that the water and oil absorption of the gelatinized rice flour prepared using the method of shear heat milling was related to the roughness of the powder surface due to friction in the preparation process. In this experiment, it was possible to make a mayonnaise-like seasoning by using rice oil, sake lees, and corn powder by taking advantage of the oil absorption ability of gelatinized rice flour prepared by the shear heat milling method.

研究分野：調理学

キーワード： 化米粉 加熱せん断粉碎法 非加熱調理

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

(1) 食物アレルギーとは、「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」と定義されている。食物アレルギーの3大アレルギーは卵・牛乳・小麦粉であり、これらの食品に対するアレルギー患者は子どもが多い。一方、これらの食品は使用頻度が高く、様々な加工食品にも利用されている。例えば、小麦粉はグルテンが含まれるのでパンや麺に用いられる。卵は卵黄の乳化作用を利用してマヨネーズが作られる。さらに、牛乳は子どものおやつを作る際の原料となることから、これらの食品の摂取制限は食の楽しみを半減させ、QOLを低下させることが懸念される。すなわち、アレルギーとなる食品の代替品を活用して、食べる楽しみを増やすことが求められる。しかし、小麦粉の代替品として用いられる米粉に関する研究は、米粉を用いてパンや麺の作製する際のグルテンの代替となる物性改良因子を探索する内容が多く、その他の加工品、特に非加熱調理に用いた報告はほとんどない。

(2) 米粉に熱を加えて製造した 化米粉はヒトが消化・吸収できる状態であり、吸水性を有することから、現在、水を添加しただけで作製できるお粥として利用されている。すなわち、化米粉の「吸水性」を活用して添加する水の量や溶液を変えることにより、様々な種類の米粉溶液を作製することが可能になると推察される。一般的に 化米粉の製造は炊飯工程を経るため、エネルギーや時間を消費する。一方、加熱せん断粉碎による 化米粉は炊飯せずに、加熱とせん断を同時に行うことで粉碎後に 化した状態の米粉が得られる。予備実験において、加熱粉碎法および炊飯法で作製した 化米粉では、水やお湯を添加した際の物性が異なること、また、化米粉は吸油性があることを確認した。この結果から、製造法の違いによる 化米粉の調理特性に関するデータを蓄積すれば、米の新規活用法が提案できると考えた。

2. 研究の目的

本研究では、炊飯法および加熱せん断粉碎法で作製された 化米粉の粒子表面の性状、米粉粥の物性への影響を明らかにする。さらに、吸水性や吸油性について確認することで、乳化剤の代替品として利用可能な 化米粉の選定を行う。これらのデータを基に、化米粉を乳化剤として活用した非加熱のアレルギー代替食品を作製するための条件設定および代替食品を開発することを目的とした。

3. 研究の方法

実験1：異なる方法で作製した 化米粉が粥の性状に及ぼす影響に関する実験

本実験ではウルチ米および高アミロース米を用いて、粥、飯を作製した後、これらを凍結乾燥して粉末化した 化米粉および、外部委託により加熱せん断粉碎法により作製された 化米粉を用いた。実験試料には粉碎した後、ふるいにかけて 化米粉を使用した。これらの 化米粉の表面の性状は電子顕微鏡写真により確認した。また、これらの 化米粉を用いて5、10、15、20%粥を作製した。作製した粥はテクスチャー、粘度の測定を行った。コントロールには、米から作製した粥をミキサーにかけてペースト粥を用いた。以降、粥から作製した 化米粉を粥-米粉、飯から作製した米粉を飯-米粉、加熱せん断粉碎法で作製した米粉を加熱せん断-米粉と略す。

実験2：製造法が異なる 化米粉の各種溶液に対する親和性に関する実験

実験の試料には炊飯した後、熱風乾燥して製造されている市販の 化米を粉末化したもの(以降、市-炊飯米粉)および、加熱せん断粉碎法で製造されている 化米粉(以降、市-加熱せん断米粉)を用いた。市-炊飯米粉と市-加熱せん断米粉を用いて、水、酢、サラダ油を溶媒として1%の米粉懸濁液を作製し、ハンドミキサーで攪拌した。攪拌後の米粉懸濁液をメスシリンダーに入れ、常温で静置した。米粉懸濁液は、一定時間ごとに沈殿挙動を観察し、米粉の沈殿割合を算出した。以降、炊飯米粉の各懸濁液は、炊飯-水、炊飯-酢、炊飯-油、加熱せん断米粉の各懸濁液は、加熱せん断-水、加熱せん断-酢、加熱せん断-油と略す。

実験3： 化米粉を活用したマヨネーズ風調味料に関する実験

(以降、 化米粉を用いて作製したマヨネーズ風調味料の総称は 化米粉マヨネーズと略す。)

実験3-1： 化米粉の配合割合が 化米粉マヨネーズの物性に及ぼす影響

市販の炊飯米粉は親油性が低かったことから、 化米粉を用いたマヨネーズの作製には市販の加熱せん断米粉を使用した。予備実験より、市販のマヨネーズに近い物性を示した配合割合を基準の 化米粉マヨネーズ(以降、米粉マヨ)とし、 化米粉の添加量を0.5g増やした条件(以降、増-米粉マヨ)および、0.5g減らした条件(以降、減-米粉マヨ)で 化米粉マヨネーズの作製を行った。 化米粉マヨネーズの作製は、ボウルに水、酢、食塩、米粉の順に添加して手動で攪拌したのち、油を滴下しながらハンドミキサーを用い攪拌した。なお、対照試料は市販マヨネーズ(以降、市販マヨ)、卵を添加していない市販のマヨネーズ風調味料(以降、卵無マヨ)、卵黄を用いた手作りマヨネーズ(以降、手作りマヨ)とした。対照試料および作製した試料は、pH、

テクスチャー、とろみ、乳化安定性の測定と油滴の観察を行った。

実験 3-2：異なる溶媒が 化米粉マヨネーズの物性に及ぼす影響

酢が 化米粉マヨネーズの物性に及ぼす影響を確認するため、米粉マヨの配合割合を基準に水分を水のみ（以降、水-米粉マヨ）、酢のみ（以降、酢-米粉マヨ）で作製した。作製方法および測定項目は実験 3-1 と同様の方法で行った。

実験 3-3：異なる油脂で作製した 化米粉マヨネーズに関する実験

サラダ油、こめ油、オリーブオイルを用いて 化米粉マヨネーズ（以降、サラダ油-米粉マヨ、こめ油-米粉マヨ、オリーブ-米粉マヨと略す。）の作製を行った。各種調味料の配合割合および作製方法は、実験 3-1 の米粉マヨと同様の条件で行った。対照は市販マヨ、卵無マヨとした。対照試料および 化米粉マヨネーズは、pH、テクスチャー、粘度、色差、乳化安定性を測定した。

実験 3-4：酒粕および野菜ペースト添加による 化米粉マヨネーズの味と色の調整に関する実験

本実験は米の利用拡大や SDGs の観点から 化米粉以外でも米の加工品を用いることとした。実験 3-4 ではこめ油-米粉マヨを基盤とし、酒粕ペーストおよび、野菜ペーストを添加した 化米粉マヨネーズの作製を行った。酒粕ペーストは酒粕に蒸留水を添加して加熱し、アルコールを除去して作製した。酒粕ペーストは米粉マヨの全量に対して、20%、25%、30%になるように添加した（以降、酒粕 20%-米粉マヨ、酒粕 25%-米粉マヨ、酒粕 30%-米粉マヨ）。野菜ペーストは、とうもろこし、にんじん、かぼちゃの乾燥粉末に煮沸した蒸留水を添加して作製した。用いる野菜ペーストは、予め各野菜ペーストおよびミックスペーストを 5、10、15、20%の割合で、酒粕 25%-米粉マヨに添加し、色差の確認を行って決定した。その結果、とうもろこしペーストを 20%添加したものが、市販のマヨネーズの色差に類似していたことから、色の調整はとうもろこしペースト 20%添加で行った。化米粉マヨネーズの作製は実験 3-1 と同様の方法で行った。その後、酒粕ペーストを米粉マヨに添加し、さらに攪拌して作製した。野菜ペーストの添加は、各種酒粕マヨネーズに 20%添加して、泡だて器で混ぜた（以降、酒粕とうもろこし-米粉マヨと略す。）。対照試料、測定項目は実験 3-3 と同様とした。

実験 3-5： 化米粉マヨネーズの官能評価

実験 3-4 で酒粕ととうもろこしペーストを添加して作製した 化米粉マヨネーズの嗜好性の確認は、酒粕 20%-米粉マヨネーズ、酒粕 25%-米粉マヨ、酒粕 30%-米粉マヨにとうもろこしペースト 20%添加した 3 種類（以降、酒粕 20%ととうもろこし-米粉マヨ、酒粕 25%ととうもろこし-米粉マヨ、酒粕 30%ととうもろこし-米粉マヨ）を用いて、女子大学生を対象に官能評価を行った。

実験 4：生クリームの代替品としての 化米粉クリームの活用法に関する実験

マヨネーズと同様に油脂が含まれる生クリームの代替品としての活用について、加熱せん断米粉を用いて検討した。ボウルに水、米粉、レモン汁、砂糖を添加して手動で 1 分間十分に混合したのち、油を滴下しながら、ハンドミキサーを用いて攪拌した。対照試料には動物脂肪 35%を含む生クリームおよび植物性脂肪 30%を含む市販の生クリームを用い、化米粉クリームと同様の条件でホイップクリームの作製を行った。作製したホイップクリームは、保形性、テクスチャー、オーバーランの測定を行った。

統計解析

実験 1、3、4 は n=5 で行い、実験 2 は n=3 で行った。測定した値の平均値の差の検出を行うため、実験 2 は各溶液で t 検定を行い、実験 1、3、4 は正規性および等分散性が確認できた場合は一元配置分散分析を行った後、Turkey-Kramer の多重比較検定を行った。統計処理は JMP pro13 を用いた。

4. 研究成果

実験 1 の結果

電子顕微鏡写真から、加熱せん断-米粉の表面は、ウルチ米およびアミロース米のいずれにおいても飯-米粉や粥-米粉に比べて、凹凸が多く存在していた。ウルチ米のテクスチャーの結果から、10%粥では粥-米粉は他の粥に比べてかたさが有意に高く、20%粥では粥-米粉や飯-米粉がコントロールや加熱せん断-米粉に比べ、かたさや付着性が有意に高かった。加熱せん断米粉の粥は、かたさや付着性が飯-米粉、粥-米粉に比べて低い傾向であった。この要因として、飯や粥から作製した米粉は、作製時に胚乳から流出したでんぷんが米表面に付着することで吸水力が高まり、付着性や粘性が出やすくなった可能性が推察された。

高アミロース米の粥のかたさや付着性はウルチ米とは異なり、15、20%粥では加熱せん断-米粉が飯-米粉や粥-米粉に比べて高い傾向であった。高アミロース米は、アミロースが多いため吸水力が低い。すなわち、ウルチ米のように粉表面にでんぷんが付着してもウルチ米に比べて吸水力が低く、粘性が抑制されたことが推察された。加熱せん断粉碎の米粉は、作製時の摩擦により粉表面に凹凸が形成され、その部分に水が入り込むことにより飯-米粉や粥-米粉に比べて付着性や粘性が高くなった可能性が考えられた。これらの結果から、ウルチ米において 化米粉の吸

水性を高めるには、加熱時にでんぷんを流出させて米表面に付着させることが効果的であり、高アミロース米のように吸水力が低い米では、米表面の凹凸を利用することが吸水力の向上には効果的であることが示唆された。

実験 2 の結果

全ての溶液において市-炊飯米粉および市-加熱せん断米粉のいずれにおいても、時間経過とともに沈殿物が増加した (Table 1)。水および酢に添加した際は、添加後 30 分まで沈殿物の量は増大し、60 分以降では平衡状態であった。水と酢に浸漬し比較では、どちらの米粉も水に比べて酢の沈殿割合が高い傾向であった。酢酸を添加して炊飯した飯は粘りの増加やかたさの低下、また、米飯から飯洗液へのタンパク質や糖の流出が増加することが確認されている^{1,2)}。本実験による水および酢酸溶液中の添加による沈殿物量の違いも、酸性溶液によるタンパク質や糖の流出が関係している可能性が考えられた。一方、油では水や酢に比べて沈殿する速さや沈殿物の量が少なかった。これは、水と油の密度の違いが関係していることが推察された。

水および酢に添加した市-炊飯米粉と市-加熱せん断米粉の沈殿割合の比較では、10 分後までは市-加熱せん断米粉に比べ、市-炊飯米粉は沈殿量が多かった。本実験で用いた製品の原料米の種類は異なるが、おそらく実験 1 と同様に加水して炊飯した米は、糊化したでんぷんが米表面に付着するため吸水しやすい状態であったことが考えられた。一方、油では市-加熱せん断米粉は 30 分後から沈殿物が確認でき、180 分後まで炊飯米粉に比べて沈殿量が多かった。これは、加熱せん断米粉の米表面は炊飯米粉に比べて、凹凸が多く、その部分に多くの油が吸着した可能性が推察された。

Table 1 製造法が異なる 化米粉の各溶媒における沈殿割合の結果

	1分後	3分後	5分後	10分後	30分後	60分後	180分後	24時間後
加熱せん断-水	0.60 ± 0.15	1.04 ± 0.15	2.68 ± 0.89	3.13 ± 0.45	4.76 ± 0.30	5.36 ± 0.00	5.65 ± 0.30	5.65 ± 0.30
炊飯-水	1.79 ± 0.52	2.98 ± 0.30 [†]	3.87 ± 0.30 [†]	4.76 ± 0.30 [†]	5.65 ± 0.30	5.65 ± 0.30	5.65 ± 0.30	6.25 ± 0.51
加熱せん断-酢	0.74 ± 0.15	2.23 ± 0.26	2.98 ± 0.30	5.36 ± 0.00	8.63 ± 0.30	8.93 ± 0.00	8.93 ± 0.00	9.23 ± 0.30
炊飯-酢	2.38 ± 0.30 [†]	5.65 ± 0.30 [†]	6.84 ± 0.30 [†]	8.33 ± 0.60 [†]	9.52 ± 0.78	10.12 ± 0.59	10.42 ± 0.79	10.42 ± 0.79
加熱せん断-油	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.89 ± 0.00 [†]	2.08 ± 0.30 [†]	2.68 ± 0.00 [†]	2.68 ± 0.00
炊飯-油	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.89 ± 0.00	1.79 ± 0.00	2.68 ± 0.00

各溶媒の時間帯ごとの炊飯および加熱せん断で作成した 化米粉の懸濁液の分離率を測定した。結果は平均値 ± 標準誤差で示す (n=3)。† は米粉間で有意差 (p < 0.05) があることを示す。

実験 3 の結果

実験 3-1: 加熱せん断米粉の添加量を変えて 化米粉マヨネーズのテクスチャーへの影響を確認した結果、米粉の量が増加することにより、かたさと付着性が有意に高くなることが明らかであった。米粉マヨは市販マヨと同等のかたさであり、増-米粉マヨは卵無マヨと同等のかたさだった。分離率は市販マヨに比べて米粉マヨは有意に増加したが、米粉の増量により液体の分離は添加前に比べ有意に減少した。

実験 3-2: 米粉マヨ、水-米粉マヨおよび酢-米粉マヨの物性を測定した結果、酢-米粉マヨは他の 2 つに比べて有意にかたさや付着性があった (Table 2)。炊飯時に酢を添加すると米飯からの糖などの流出は増加し、付着性は増加し、かたさが低くなると言われている²⁾。本実験の酢-米粉マヨの付着性が有意に高くなったのも、酸による糖やタンパク質への影響が示唆された。

Table 2 異なる溶媒が米粉マヨネーズの物性に及ぼす影響

	かたさ(応力) [10 ³ N/m ²]	凝集性 [10 ⁻¹]	付着性 [10 ² J/m ³]
米粉マヨ	2.27 ± 0.01 ^b	9.50 ± 0.07	8.28 ± 0.11 ^b
水-米粉マヨ	1.92 ± 0.02 ^c	9.27 ± 0.07	6.89 ± 0.15 ^c
酢-米粉マヨ	2.76 ± 0.01 ^a	9.48 ± 0.06	10.08 ± 0.11 ^a

水および酢を用いて作製した 化米粉マヨネーズのテクスチャーを測定した。結果は平均値 ± 標準誤差で示す (n=5)。異なるアルファベット間で有意差 (p < 0.05) があることを示す。† はノンパラメトリック検定を行った。

実験 3-3：加熱せん断米粉を乳化剤とし、3種類の液体油脂を用いて 化米粉マヨネーズを作製した結果、3種類すべての油脂において作製直後から2~3%の分離液が確認できたが、その後7日まで分離液の増加は見られなかった。油層の分離は油滴のサイズが小さいほど分離しにくい。サラダ油に比べてオリーブオイルの分離率が有意に多かった要因として、油脂の粘度が高いため、小さい油滴が生じにくかった可能性が示唆された。

実験 3-4：加熱せん断米粉を活用した 化米粉マヨネーズの風味は、米の消費拡大や SDGs の観点から酒粕を用いた。色は食物アレルギーを考慮し、とうもろこし粉末を用いた。本実験で作製した酒粕 25、30%にとうもろこしペースト 20%添加した 化米粉マヨネーズは市販のマヨネーズと同等の粘性であった。色は酒粕添加のみに比べ、とうもろこしペーストを添加することで、市販マヨや卵無マヨに類似した黄色になった。実験 3-5 の官能評価の結果から、酒粕 25%-米粉マヨにとうもろこしペーストを 20%添加した 化米粉マヨネーズがもっとも好まれた。以上より、加熱せん断粉碎法で作製された米粉を基盤として、こめ油、酒粕、とうもろこし粉末を使用することで、食物アレルギーの原因物質である卵を使用しなくてもマヨネーズ風調味料を作製できることが確認できた。

実験 4 の結果

化米粉は生クリームのように攪拌による脂肪球の網目構造への含気が生じないため、ホイップクリームへの代替は困難であった (Table 3)。化米粉で作製したクリームはカスタードクリームの性状に類似しており、非加熱で卵未使用のカスタードクリームの代替品として利用できる可能性が示唆された。

Table3 各クリームのオーバーラン

	オーバーラン [%]	
動物性生クリーム	106.6	± 4.6 ^b
植物性生クリーム	146.2	± 1.0 ^a
α化米粉クリーム	2.5	± 0.4 ^c

化米粉、水、砂糖、レモン汁でホイップクリームを作製した。結果は平均 ± 標準誤差で示す。異なるアルファベット間で有意差 ($p < 0.05$) があることを示す。

結論

本実験から、化米粉は作製法の違いによりウルチ米および高アミロース米の水や油の吸収性が異なることが明らかであった。ウルチ米では、粥のようにでんぷんを多く流出させることで、化米粉の懸濁液にした際に付着性や粘性が高くなることが明らかであった。一方、高アミロース米の 化米粉は、アミロースが多いため飯や粥から作製した 化米粉では吸水性が低く、加熱せん断粉碎法のように粉表面への影響が大きい作製法では吸水性が高くなることが確認できた。また、加熱せん断粉碎法で作製したウルチ米の 化米粉は、本実験において 化米粉マヨネーズ作製で添加した油脂の量に対して吸油性を有することが確認できた。さらに、加熱せん断粉碎法で作成した 化米粉の吸油性と米の加工品を活用することで、化米粉を用いたマヨネーズ風調味料を作成することができた。今後は 化米粉の応用化利用についてさらに検証するとともに、その他の高でんぷん食材の 化粉末の特性についても研究する予定である。

参考文献

- 1) 大石 恭子、香西 みどり、島田 淳子、畑江 敬子 . 炊飯過程の成分溶出に及ぼす酢酸添加の影響、日本調理科学会誌、39、132-139 (2006)
- 2) 香西みどり、谷島早苗、大石恭子、島田敦子、畑江敬子 . 米飯の嗜好的および物理化学的特性に及ぼす酢酸添加の影響、日本家政学会誌、52、1091-1097 (2001)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 山岸あづみ、田村朝子
2. 発表標題 加工方法および米の種類が異なる 化米粉で作成した粥の性状比較
3. 学会等名 日本栄養改善学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 山岸あづみ、中易萌香、権代陽奈子、鈴木拓史、田村朝子
2. 発表標題 化米粉のマヨネーズ風調味料への活用と作製条件の検討
3. 学会等名 日本栄養改善学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Azumi Yamagishi, Asako Tamura
2. 発表標題 Preparation of Egg-Free Mayonnaise-Like Seasoning Using Gelatinized Rice Flour for Food Allergise
3. 学会等名 Asian Congress of Dietetics
4. 発表年 2022年

〔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	田村 朝子 (Tamura Asako) (60240991)	新潟県立大学・人間生活学部・教授 (23102)	

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
---------	---------