

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 14 日現在

機関番号：14301

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2013～2015

課題番号：25850088

研究課題名(和文) 液状乳化系食品分野への米粉利用の展開

研究課題名(英文) Development of rice flour toward food emulsions

研究代表者

松宮 健太郎 (MATSUMIYA, KENTARO)

京都大学・(連合)農学研究科(研究院)・助教

研究者番号：60553013

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、乳化系食品分野への米粉利用の展開を主題とし、米粉分散液を油脂代替成分として利用する、あるいは油脂を乳化するための機能性素材として利用することを目標として実験を行った。その結果、米粉分散液を油脂代替成分として利用できる可能性があること、および油脂を乳化するための機能性素材として利用できることを示した。これらの知見は、今後の米粉利用を促進する際に、有用になると考えられる。また、乳化系食品に米粉を利用する際、どのように品種改良を行うのがよいのかを示すものとなる可能性もある。

研究成果の概要(英文)：In this study, in order to develop rice flour toward food emulsions, the applicant carried out technical and analytical experiments to utilize rice flour suspensions as a fat replacer and an emulsifying agent. He demonstrated that rice flour can be used as a fat replacer and an emulsifying agent for practical food products. These results will be useful for increased consumption of rice flour in the food industry.

研究分野：食品コロイド学

キーワード：エマルション サスペンション 米粉 乳化安定性 酵素修飾 澱粉 油脂代替物

1. 研究開始当初の背景

近年日本では、平成 21 年に「米穀の新たな用途への利用の促進に関する法律」が制定されるなど、米の消費拡大に向けて、米粉の利用が促進されている。米粉用米は、工業用米や飼料用米と同じ「新規需要米」の範疇に入るため、生産調整（いわゆる減反政策）の対象にならないというメリットがある。そのため、今後、我が国の農作物生産環境を守り、食料自給力を維持・向上させるためには、米粉の用途拡大が急務となっている。

米粉の用途としては、これまでのところ、従来の和菓子や上新粉などに加え、パンやケーキなど、小麦粉の代替物としての利用が主要なものとなっている。その一方で、油脂を含有する液状乳化系食品への応用はそれほど注目されてこなかった。

これまで米粉を乳化系の食品に利用することがあまり検討されなかった背景として、澱粉系食品素材特有の「糊化」という問題がある。澱粉系食品素材は、水分存在下で加熱を行うことで一般的に糊化が生じ、粘度の上昇や分散液の透明化が起こる。また、冷却・保存後には澱粉粒子の再結晶化に伴って老化が生じ、澱粉が不溶化する。殺菌などの加熱工程が必要となる加工食品においては、これらの化学的な変化が生じることにより、食品の品質を安定的に保持することが難しくなるため、米粉は乳化系の食品には利用しにくいと考えられてきた。

しかしながら、申請者らのグループによるこれまでの研究から、国産の米を利用して調製した直径 $10\mu\text{m}$ 程度の米粉の低濃度分散液では、粘度や外観に対する糊化・老化による顕著な影響は現れないことが確認された。このような事実に加え、分散された米粉に強力なせん断を加えることにより、(I) 粒子径数 μm 程度の粒子に粉砕できること、あるいは (II) 米粉分散液に油脂を乳化する能力があるという興味深い知見が予備的な検討を行う中で見出された。

申請者らは、(I) において、米粉分散液と一般の乳化物が類似していること、すなわちそれぞれ米粉微粒子と微小油滴が水中に分散された構造をとっていることに着目することにより、米粉微粒子を油脂代替成分として利用できる可能性があると考えた。

一方、(II) の米粉分散液で油脂の乳化が可能であるという結果からは、例えば乳タンパク質や卵タンパク質のように、米粉分散系を乳化剤として利用できる可能性のあることが見込まれた。

2. 研究の目的

本研究では、以上のような背景を踏まえ、米粉の分散・乳化系におけるさらなる基礎的知見の蓄積、および応用展開を含めた実験を行うことを目的とした。(I) の微粒子分散系では、米粉分散液の基礎的な特性を詳細に解析するとともに、油脂含有食品への展開を含めた実験を行う。また、同時に (II) 米粉乳化剤による乳化系では、これまであまり注目されてこなかった「米粉による乳化」のメカニズムを詳細に探るとともに、乳化安定性という観点から米粉を改良し、米粉の高機能化を図るような取り組みを行った。

項目 (I) では、まず米粉分散液がどのような性質を有するかを明らかにし、油脂代替成分として使用する場合の基礎的知見を得る。澱粉性素材は口腔内でアミラーゼによる分解を受けやすく、油脂の口どけやクリーミーさを模倣しやすいことが知られている。このような情報をもとに、クリームやマヨネーズを想定した乳化系のモデル食品を設計し、実際の製品に求められるような乳化安定性が得られるのかを検討した。ここでは、さらに澱粉の混合時の糊化・老化特性も把握するとともに、乳化物の特性についても、既存の食品との類似点や相違点を比較論的に明らかにした。

項目 (II) では、これまでの基礎研究の続きとして、乳化物の油滴表面に吸着した物質の分析を詳細に進める。ここでは特に、澱粉の吸着を直接的に証明することを目指すとともに、吸着物質同士の相互作用について明らかにした。

また、最近の研究では、トウモロコシ澱粉における知見を生かし、米粉に油脂とクエン酸を混合して過熱水蒸気処理したものを、ケーキ等の小麦粉製品に利用可能な乳化剤代替物としての利用も試みられている。このような最新の知見と申請者らの解析により得られた知見をもとに、主に液状乳化食品を対象として、米粉分散物の乳化機能性向上に取り組んだ。

3. 研究の方法

(1) 平成 25 年度—米粉分散液と米粉乳化物の基礎的解析

①分散液の特性解析 … これまで申請者らは、米粉分散液の目視的な挙動、あるいは、各種調製条件下での粒子径等の現象論的な解析を進めてきた。初年度は、米粉分散液のレーザー共焦点顕微鏡やクライオ SEM によって観察を行い、主に澱粉粒子の存在状態を明らかにするような実験を行った。

②界面での挙動解析 … 米粉を乳化物として使用した場合に、タンパク質以外に乳化物の油滴表面にどのような物質が吸着しているか生化学的手法を用いて詳細な解析を行った。ここでは特に澱粉に着目した解析を行った。乳化物の安定性は表面に吸着する物質の界面科学的な特性に大きく依存することが知られているため、米粉の乳化機能性改良に向けた有用な知見を得られる可能性があった。

(2) 平成 26 年度—液状乳化系食品への米粉の展開

平成 26 年度は、前年度に行った分散液の特性解析の結果と、これまで申請者らが行なっている乳化物の最適調製条件を基にして、液状乳化系食品への米粉の展開を開始した。

油脂代替成分としての利用 … クリームやマヨネーズを想定した乳化系のモデル食品を設計し、ここに米粉分散液を混合したものをサンプルとして、油脂をさまざまな割合で米粉粒子で代替した。これらの混合物が、マクロな視点からどのような挙動を示すかを観察し、米粉を含まないサンプルと比較した。

一般的に、澱粉粒子に油の粒子と完全に同じ性質を与えることは難しいことが知られているため、次に測定と分散液の解析で用いた構造観察法により、米粉を代替物として配合する場合の課題を具体的な数値目標として把握することを目標とした。

(3) 平成 27 年度—乳化物の機能性向上

平成 27 年度は、前年度までの検討結果を踏まえ、乳化物の機能性向上を目的とする実験を行った。

乳化機能性の向上 … これまでの研究で得られた知見を基に、油滴表面の乳化機能性の向上を目的とした試行錯誤を行った。これまでの研究で、穀物タンパク質では、乳化機能性を向上させる手段として、酵素によるタンパク質の修飾が行われたことがある澱粉の性質を変化させる加熱と酵素修飾による方法を組み合わせ、米粉の乳化機能性の向上を試みた。

4. 研究成果

(1) 平成 25 年度—米粉分散液と米粉乳化物の基礎的解析

米粉サスペンションに加熱処理とホモジナイズ処理を加えて分散安定性を調べた結果から、両方の処理を組み合わせることでサ

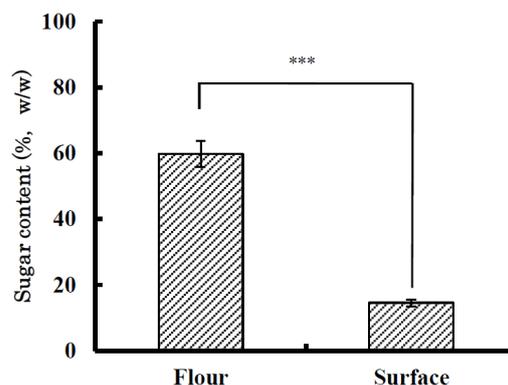


図 1. 乳化物の油滴表面に吸着した澱粉を定量した結果 (糖等量)
左は米粉における澱粉の含量を表し、右は油滴の表面における澱粉の存在量を表す。

スペンションの分散安定性が向上することがわかった。

そのメカニズムについて検討したところ、分散安定性の向上は主に澱粉の糊化と粒子の微細化によるものであることが明らかになった。

また、米粉サスペンションに油脂を加えて調製したエマルションを解析した結果、改良の余地はあるものの、米粉を用いて比較的安定なエマルションを調製できることがわかった。エマルションの安定化には、主に澱粉とタンパク質が寄与していることが明らかになり、特にタンパク質では、プロラミンの寄与が大きいことが示された。本研究では下図のように特に澱粉の油滴表面への吸着を明らかにしたことが成果である。

(2) 平成 26 年度—液状乳化系食品への米粉の展開

凍結融解安定性試験より、冷凍保存をしてから加熱処理すると米粉添加モデル乳化物で油脂の分離を抑制する効果が見られた。このことから、米粉がモデル乳化物の冷凍融解安定性に影響を及ぼしている可能性が示された。

また、DSC 測定を行った結果より、大豆油を用いて調製した米粉添加モデル乳化物では、油脂結晶の融解温度が上昇することが明らかになった (図 2) ことから、米粉が油脂結晶の安定化に関与していることが考えられた。大豆油では油脂結晶の融解温度の上昇が見られた一方で、オリーブ油、ナタネ油、パーム油では DSC 曲線の変化がほとんど見られなかったことから、米粉は特に大豆油に対して影響を与えていることが考えられた。また、食塩などの添加物の添加は、マヨネーズの冷凍安定性に対してほとんど影響を与え

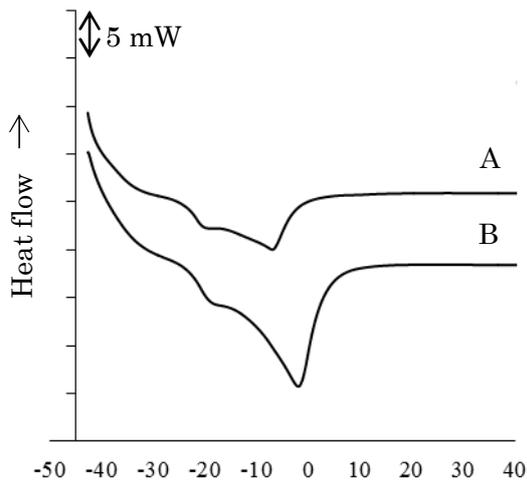


図2. 米粉乳化物のDSCプロファイル
Aはモデル乳化物の曲線を示し、Bはモデル乳化物の油滴を一部米粉で置き換えた場合の曲線を示す。

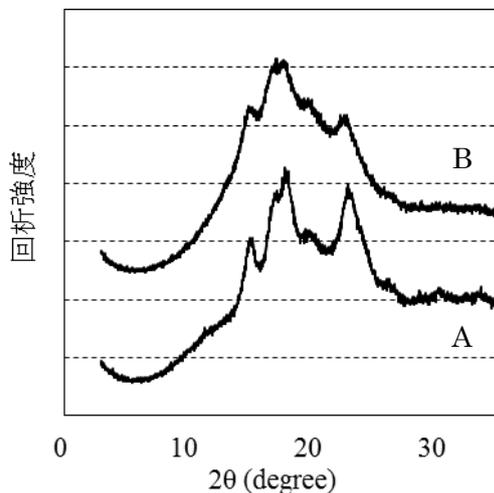
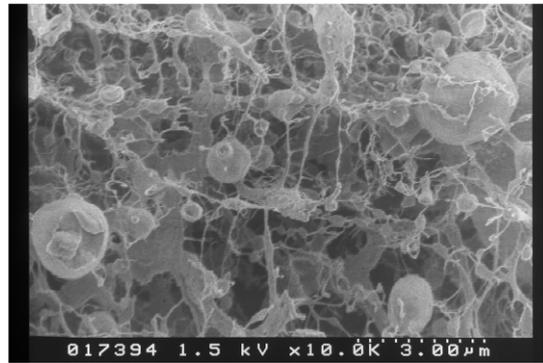


図3. 微細化米粉のX線回折強度
Aは通常の米粉から得られる曲線を示し、Bは微細化米粉から得られる曲線を示す。

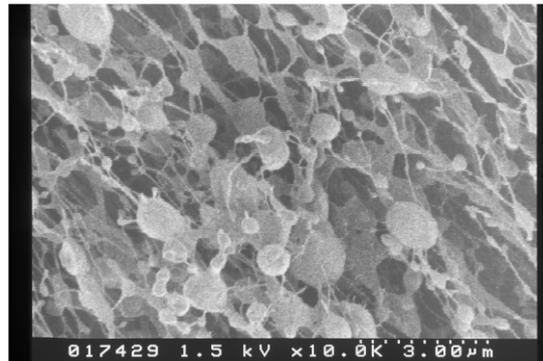
ないことがわかった。

米粉を微細化して用いた実験では、微細化処理によってモデル乳化物中における米粉の吸水性が増加していることがわかった。通常の米粉と微細化米粉のX線回折強度の違いを図3に示す。なお、DSC測定の結果から、微細化米粉は微細化の際に受ける熱の影響で約50%が糊化していることが分かったが、これにより油相よりも連続相である水相に作用しやすくなったことが考えられた。

米粉が油脂や水相に与える影響のメカニズムの解明し、今回の結果を食品へ応用するためにはさらなる検討が必要である。



酵素処理なし



酵素処理あり

図4. 酵素処理の有無による精白米粉で調製した米粉乳化物の構造的差異

(3) 平成27年度一乳化物の機能性向上

平成25年度に行った米粉乳化物の安定性試験より、米粉分散液の段階で加熱処理(95°C)を行うと、比較的安定な米粉乳化物を調製することができることが明らかになってきたことから、この最適条件で調製した分散液に酵素処理を行った。

平成25年度の成果から、油滴表面にはタンパク質の一種であるプロラミンが吸着していることが明らかになってきたことから、使用する酵素製剤はタンパク質の修飾作用を有するものを利用した。

酵素処理の有無によって、米粉乳化物の乳化安定性に明確な変化はみられなかった。また、米粉の種類においても、米の搗精によって取り除かれる糠や胚芽が米粉乳化物の乳化安定性に関与する可能性を考え、米粉サンプルに白米粉、玄米粉、胚芽米粉の3種類を用いて実験を行ったが、安定性に明確な違いは見られなかった。図4に酵素処理の有無による精白米粉で調製した米粉乳化物の構造的差異を示す電子顕微鏡写真を示す。

今回の実験条件では、酵素処理の有無や米粉の種類が、米粉エマルジョンの乳化安定性に与える影響を明確に示すことができなかった。

ったが、米粉乳化物の調製方法の見直しや、静置期間の延長により、何らかの違いを見いだせる可能性があると思われる。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 1 件)

①松宮健太郎*, 奥野勇樹*, 松村康生 (*共同筆頭著者). 高水分食品への応用を目指した米粉の分散性の評価と乳化能の検証. 日本食品科学工学会誌 (2013), 査読有, 60 巻 11 号, 644-653.

〔学会発表〕(計 2 件)

①松宮健太郎, 奥野勇樹, 松村康生. 高水分食品への応用を目指した米粉の分散性の評価と乳化能の検証. 日本食品科学工学会第 60 回記念大会, 2013 年 8 月 30 日, 実践女子大学 (東京都日野市).

②K. Matsumiya, Y. Okuno & Y. Matsumura. Rice flour as a potential fat replacer and emulsifier. 1st UK Hydrocolloids Symposium, 10th September 2013, University of Huddersfield (Huddersfield, UK).

③松宮健太郎 (招待講演). 澱粉で食品からの香気放散は制御できるのか, 平成 27 年度日本応用糖質科学会中国・四国シンポジウム, 2015 年 11 月 20 日, 福山大学 (広島県福山市).

〔図書〕(計 0 件)

該当なし

〔産業財産権〕

○出願状況 (計 0 件)

該当なし

○取得状況 (計 0 件)

該当なし

〔その他〕

該当なし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

松宮 健太郎 (MATSUMIYA, Kentaro)

京都大学大学院農学研究科・助教

研究者番号: 6 0 5 5 3 0 1 3