

学位論文審査の結果の要旨

氏名	Rini Yulianingsih
審査委員	主査 合谷 祥一
	副査 吉井 英文
	副査 小川 雅廣
	副査 森岡 克司
	副査 岸田 太郎

論文名

Pregelatinized waxy rice starch as an emulsifier for oil-in-water emulsion
(O/W エマルジョンの乳化剤としての部分糊化もち米デンプン)

審査結果の要旨

低分子の合成乳化剤は、炎症性疾患の増加の促進、炎症性疾患の誘発、肥満/メタボリックシンドローム、不安様行動の変化など、健康に悪い影響を与えることが一部で報告されているが、デンプンをベースとした乳化剤は、この様な作用が無い事が期待される。デンプンは、農作物から得られる炭水化物であり、豊富に入手可能で安価である。これまでも、デンプンはエマルジョン系の安定剤として使用されており、オクテニルコハク酸デンプン等、一部の化学修飾した加工デンプンは乳化剤としても使用されている。一方、非化学修飾デンプンである糊化デンプンが乳化剤としての作用をもつという報告もある。しかし、糊化の程度や糊化温度等が、乳化性にどの様な影響を与えるかというような、詳細な研究は多くない。そこで本研究では、予め糊化デンプンとして乳化性を有することが確認されたもち米デンプンにおいて、まず最初に、油相としてココナッツオイルを用い、調製温度 (65、75、85°C) と部分糊化デンプン (PWRS) 濃度 (3、5、7、9wt%) が PWRS の分散性や乳化性にどの様な影響を与えるか調べた。

その結果、調製温度は、PWRS の乳化剤としての作用に大きく影響した。PWRS 分散液の小角 X 線散乱曲線の Kratky プロットによる解析は、65°C で調製された PWRS 間において引力的な相互作用が発生したことを示したが、75°C および 85°C で調製された PWRS は反発相互作用を有することを示した。65°C で調製された PWRS は、油滴面に吸着できない多くの顆粒を含み、油滴のクリーミングに対して見かけ上安定であるが、合一に対しては不安定であった。75°C で調製した PWRS は糊化度が 65°C で調製した PWRS より高く、エマルジョンの合一に対して高い安定性を示したが、クリーミングに対して不安定であった。85°C で調製した PWRS はほぼ完全に糊化しており、乳化剤として機能し、5%以上の濃度で乳化剤として用いると、少なくとも 3 週間安定したエマルジョンを調製できた。これは、高い調製温度 (糊化温度) によって、分散媒中に膨潤したデンプンによる高密度ポリマーネットワークが形成され、このポリマーネットワークが、結晶状態のデンプンよりも液滴の合一に対して強い保護作用を有するためと考えられた。この様に、85°C で調製された部分糊化もち米デンプンは食品グレードの乳化剤として有用であると考えられた。

次に、この 85°C で調製された部分糊化もち米デンプン (PWRS) について、乳化性や調製されたエマルションの特性に対する、乳化に用いる油の種類 (ココナツオイルとヘキサデカン)、乳化時の攪拌速度 (8000、11000、15000 rpm)、およびエマルション周辺の環境条件 (静的条件と熱処理) の影響について、顕微鏡観察、粘度測定、クリーミング及び合一に対する安定性評価、示差走査熱量計測定 (DSC) 及びプロトン核磁気共鳴測定 (¹H-NMR) を用いて調べた。

どの攪拌速度に於いても、ココナツオイルエマルションの油滴の粒径がヘキサデカンエマルションの油滴の粒径より大きかった。また、ココナツオイルおよびヘキサデカンエマルションのどちらに於いても、乳化時の攪拌速度が 15000rpm の場合に、攪拌速度 8000 及び 11000rpm と比較して、エマルションの液滴の粒径が小さいにもかかわらずクリーミング安定性が低下し、保存中にクリーム層と透明相層に分離した。もち米デンプンの主成分であるアミロペクチンはせん断応力に敏感であり、乳化中の高速攪拌によって構造が変化して粘度の低下などが起こり、その結果 PWRS のクリーミングと合一を抑制させる効果が低下したと考えられた。

エマルション液滴の合一は攪拌速度に加えて油の種類とエマルション周辺の環境条件 (静的条件と熱処理) にも影響された。そして、静的な貯蔵条件では、8000 及び 15000rpm で乳化したココナツオイルエマルションは、全ての攪拌速度で高い安定性を示したヘキサデカンエマルションよりも合一に対する安定性が低かった。一方、DSC による熱処理 (-30~50°C、3 サイクル) を行った場合、ヘキサデカンエマルションはココナツオイルエマルションよりも合一に対する安定性が低くなった。DSC 曲線から、ヘキサデカンエマルションの凝固温度はココナツオイルエマルションより高く、また、顕微鏡観察により、ヘキサデカンエマルションの結晶はココナツオイルのエマルションに比べて鋭くて不規則であった。これらのことから、-30~50°C、3 サイクルの熱処理下では、ヘキサデカンエマルションの方が凝集しやすく、不安定になったと考えられた。また、ココナツオイルエマルションではエマルション中の油の結晶化温度は液滴径の影響を受けなかったが、ヘキサデカンエマルションでは影響を受けた。¹H-NMR 分析によって PWRS はヘキサデカンよりもココナツオイルの液滴表面によく吸着されることが分かった。以上から、PWRS によって調製されたエマルションの安定性は、油滴表面への PWRS の吸着より、油の特性とエマルション周辺の環境条件に大きく影響されると考えられた。

今回検討した PWRS で調製したエマルションの粘性挙動は、いずれもズリ流動性を示した。乳化時の攪拌速度の影響では、8000rpm ではどちらも明らかな降伏応力を示したが、11000rpm ではどちらも大きく低下し、ココナツオイルエマルションではほとんど見られなくなった。11000rpm で調製されたエマルションは降伏応力がほとんど見られずクリーミング安定性が高かった。

以上より、部分糊化デンプン (PWRS) は、調製時の温度、乳化時の攪拌速度など、適切に処理された場合に食品用乳化剤として有用であることが明らかとなった。

本学位論文の公開審査会は令和 2 年 2 月 8 日に愛媛大学農学部で開催され、口頭発表と質疑応答が行われた。引き続き開催された学位論文審査委員会において本論文の内容について審査し、審査委員全員一致して本論文が博士 (農学) の学位を授与するに値するものと判定した。