

学位論文審査の結果の要旨

氏名	松浦 傳史
審査委員	主査 合谷 祥一 副査 深田 和宏 副査 小川 雅廣 副査 森岡 克司 副査 岸田 太郎

論文名

ショ糖脂肪酸エステルによる乳化に関する研究

審査結果の要旨

食品に使用可能な界面活性剤である乳化剤は、多様な食品において、その様々な機能が利用されている。しかし、成分が複雑である食品の中で、乳化剤がどのようなメカニズムにより機能を発揮しているかを把握することは難しく、機能確認は、対象とする食品に乳化剤を添加し影響をみるトライアンドエラーで検証されているのが現状である。そのため、本検討では、(1) 乳化剤機能のメカニズム解明を目的とし、代表的な食品用乳化剤であるショ糖ステアリン酸エステルについて、水・食用油を含むモデル系における相状態およびその乳化性に対する、各種アルコール類（エタノール、1-プロパノール、プロピレングリコール、グリセリン、スクロース）添加の影響について検証した。また、(2) ショ糖ステアリン酸エステルによる乳化を用いたアプリケーションの一例として、近年、使いやすさと安定性から需要が増している粉末化した油脂、すなわち、乳化剤を用いて油脂を乳化し、賦形剤溶液と混合した後、噴霧乾燥することにより得られる乳化油脂粉末について、特に、用いる賦形剤が乳化油脂粉末を水に溶解した際の再構成エマルションの安定性に及ぼす影響について検討した。

(1) ショ糖ステアリン酸エステルとしては、親水性疎水性バランス（HLB）の異なるS-570、S-1170、S-1670（順にHLBは5、11、16）の3種類を用いた。これらと食用油（大豆・菜種混合油）、水または各アルコール類水溶液の3または4成分系について相図を作成した。また、相図上の複数の経路により乳化した試料の粒子径をレーザー回折式粒度分布計により測定し、乳化経路における相状態と粒子径の関係について考察した。検討の結果、スクロースの添加によって相図上の油分離領域が縮小し、最も油分離領域が小さくなったのは、HLB 16の親水性の高いショ糖ステアリン酸エステルであった。また、HLB11のショ糖ステアリン酸エステルの相図に対しては、プロピレングリコール、グリセリン添加系では、スクロース同様、相図上の油分離領域が縮小したが、エタノール、1-プロパノール添加系では、逆に相図上の油分離領域が拡大した。次に、相図上の経路を変えて、乳化を行い、粒子径を比較した結果、プロピレングリコール、グリセリン、スクロースの添加によ

り、明確に粒子径が小さくなる傾向がみられた。小角エックス線散乱測定の結果を元に、各系のミクロ構造を解析した結果、ショ糖ステアリン酸エステルが形成するラメラ液晶構造に対する油の取り込み量が、良好な乳化性を示すために重要であることが示唆され、このことから、今回検討を行った系は、液晶乳化法のメカニズムと同様の機構により説明ができるのではないかと考えられた。

(2) ショ糖ステアリン酸エステルとしてはS-570を、油としては硬化ヤシ油を用いた乳化油脂粉末を対象とし、その再構成エマルジョンの乳化安定性に対し、賦形剤として用いたマルトデキストリンのデキストロス当量 (DE) 及び、アミロース/アミロペクチン含有量が異なる澱粉を原料とするマルトデキストリンの影響について検証した。乳化安定性の評価は、再構成エマルジョンの経時的な外観変化およびレーザー回折式粒度分布計を用いて測定した粒子径変化により行った。また、乳化油脂粉末自体のFTIR、粉末X線ディフラクトグラム測定、等温滴定型カロリメトリー測定、小角エックス線散乱測定の結果から、ショ糖ステアリン酸エステルとマルトデキストリンの相互作用について考察した。その結果、再構成エマルジョンの安定性は、マルトデキストリンのDEが10、原料澱粉がコーンスターチの場合、液温が硬化ヤシ油の融点以下の温度域において非常に不安定であった。また、DE=10では、平均エマルジョン粒子径の増加速度定数はDE=2、25の場合に比較して非常に大きかったが、増加速度定数の活性化エネルギーは殆ど同じであった。これは、エマルジョンの安定性がエントロピー項に大きく依存しているためと考えられた。原料澱粉としてアミロースをほぼ含有せず、アミロペクチンで構成されるワキシコーンスターチ由来のマルトデキストリンを用いた乳化油脂粉末の再構成エマルジョンが最も保存安定性が良好であった。乳化油脂粉末のFTIR測定、粉末X線ディフラクトグラムの測定から、マルトデキストリンとショ糖ステアリン酸エステルとの間の相互作用が、再構成エマルジョンの安定化/不安定化に関与していることが示唆された。しかし、等温滴定型カロリメトリー測定、小角エックス線散乱測定からは再構成エマルジョンの安定性と相関する明確な傾向は得られず、メカニズム解明には、硬化ヤシ油も含めたマルトデキストリンとショ糖ステアリン酸エステルの高次構造とそれらの相互作用に関する、さらなる検討が必要であると考えられた。

以上の本研究結果により、食品産業において汎用されるショ糖ステアリン酸エステルを用いた乳化に関してショ糖ステアリン酸エステルが形成する液晶構造が大きく影響していることが明らかになり、その液晶構造をアルコール類が強化することで、より効率的な乳化が行えることが示唆された。この結果は、食品工業における乳化操作の最適化に要する時間やコストを短縮することに大きく貢献すると考えられる。また、本研究で検討した乳化油脂粉末については、前述の基礎的な知見を活かしメカニズムに基づき課題の明確化を図ることができたため、今後、従来型のトライアンドエラーではなく、根本的に課題を解決する方策が確立できるものと考えられる。そして、食品という複雑系における糖質系界面活性剤の役割を明らかにすることは、将来的には生体内における糖脂質の働きを解明するための知見につながると期待される。以上より、本論文は、学術的にも実用的にも極めて質の高い博士論文として評価できる。

本論文に関する公開審査会は2018年2月3日に愛媛大学農学部において開催され、論文審査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会において本論文の内容について慎重に審査を行った結果、審査員全員一致して博士（農学）の学位を授与するに値するものと判定した。