

科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）研究成果報告書

平成 25 年 6 月 6 日現在

機関番号：14301

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2011～2012

課題番号：23780133

研究課題名（和文）構造類似性に基づく静菌性乳化剤の乳化破壊メカニズムの解明と食品分野への応用

研究課題名（英文）Analysis of emulsion destabilization by bacteriostatic emulsifiers based on the structural similarity and its application to food technology

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：60553013

研究成果の概要（和文）：本研究では、静菌性乳化剤の乳化破壊現象を基礎的に解析し、それを利用して油脂の抽出および香気放散挙動の変化について研究を行った。静菌性乳化剤によって油脂を抽出することが可能であることが明らかになったが、その一方で、乳化剤と油の構造の類似性は、必ずしも乳化物の不安定化の程度とは関連しないことが分かった。また、香気放散を解析した結果からは、油の合一によってフレーバーの放出挙動が変化する可能性のあることが分かった。

研究成果の概要（英文）：In this work, we analyzed emulsion destabilization by bacteriostatic emulsifiers and applied the phenomenon to oil extraction and the control of flavor release. We revealed that oils can be extracted by the emulsifiers and the structural similarity between emulsifiers and oils did not necessarily relate to the oil extraction efficiency. Flavor release from model emulsion can be affected by oil droplet coalescence.

交付決定額

（金額単位：円）

| | 直接経費 | 間接経費 | 合計 |
|-------|-----------|-----------|-----------|
| 交付決定額 | 3,500,000 | 1,050,000 | 4,550,000 |

研究分野：食品科学

科研費の分科・細目：農芸化学・食品科学

キーワード：静菌性乳化剤、乳化物、フレーバー、不安定化

1. 研究開始当初の背景

研究代表者らはこれまでに、ミルクコーヒーの品質低下をテーマとして研究を行ってきた。缶入りミルク飲料では、静菌効果を有する乳化剤が利用されることが多い。しかしながら、「乳化剤」という名称にもかかわらず、静菌性の乳化剤はしばしばエマルションの不安定化を促進することが知られている。

研究代表者らはまず、静菌性乳化剤が油滴表面の性質に与える影響について調べた。その結果、静菌性乳化剤が油滴表面のタンパク質量を減少させ、油滴表面の強度や油滴同士の物理的な反発力を低下させていることが明らかになった。これにより、油滴同士が凝集や合一を起こしやすくなり、エマルション

の不安定化が起こりやすくなっていることが考えられた。

タンパク質の吸着量を減少させても、乳化破壊を引き起こさない乳化剤も存在する。そこで、静菌性乳化剤の効果をさらに詳細に検討するため、典型的な乳化剤で、脂肪酸組成を比較的自由に換えられるジグリセリンモノ脂肪酸エステル（DF）に着目した（図1）。

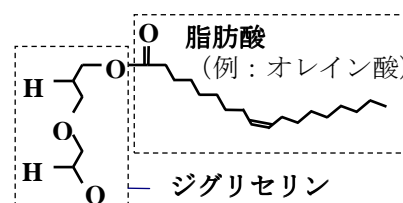


図1. DFの構造

これまでに脂肪酸の種類と分散する油の種類を様々に組み合わせて行った我々の研究からは、分散された油と乳化剤中の脂肪酸の鎖長の類似性の高いものほど乳化破壊が起こりやすい可能性のあることが明らかになった。しかし、実際の食品系を想定する場合、使用する油の種類を増やしてさらなる基礎的な解析をすることが必要であると考えられた。

以上のような基礎的研究に加え、研究代表者らは静菌性乳化剤のもつ乳化破壊効果を「香気分析」と「油脂分別抽出」などの応用研究に利用することを考えた。香気成分は食品の「おいしさ」に影響を与える重要な因子である。

一般的に香気物質は有機化合物で、食品中では油の中に溶け込んでいることが多い。食べ物から直接鼻に入るにおいと咀嚼中に感じるにおいとは大きな違いがあることが知られているが、これには咀嚼中の油の存在状態の変化が関与している可能性がある。食品中の油滴の合一しやすさが食感に影響を与えることは既に報告されているが、合一が香り立ちに与える効果も大きいものと推察される(図2)。

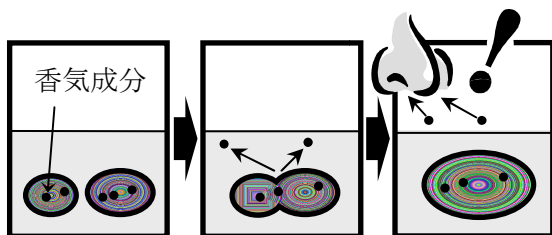


図2. 合一と香気成分の放散

2. 研究の目的

これまでの研究の背景を踏まえ、本研究では、脂肪酸メチルや脂肪酸組成がある程度揃ったパーム油やヒマワリ油などを用いて、油脂と乳化剤の構造の類似性とエマルジョンの不安定化の関連性を調査する。また、乳化破壊現象を利用することにより、有機溶媒を使用しない抽出法が可能になるのか、あるいはその際に脂肪酸組成の異なる油脂を分別して抽出できるのか検討を行う。以上のことに加え、静菌性乳化剤の乳化破壊効果を利用し、口の中で起こる合一のモデル系を構築し、合一が香り立ちに与える効果を検討する。

3. 研究の方法

研究は、京都大学大学院が研究計画の立案および実験の進行を行い、適宜食品乳化剤メーカーから研究用サンプルの提供を受けた。乳化剤は脂肪酸組成の異なる5種類のものを使用した。基礎研究においては、脂肪酸メチ

ルおよび食品油脂を用いて研究を行った。平均粒子径の変化を時間依存的に測定する方法で不安定化の評価を行い、平均粒子径変化の測定にはレーザー回折式粒度分布計を使用した。

また、応用研究は次のようにして行った。香気分析への応用では、まず炭化水素と単一の香気成分によるモデル系を構築して放散挙動を解析した後、さまざまな疎水性を有する香気成分を分析した。香気成分はガスタイトシリンジとSPMEを利用して捕集し、ガスクロマトグラフィーで定量することにより解析を進めた。油脂分別抽出の試みでは、種々の条件検討(加熱・酵素処理等)を系統的に試みることにより、油脂の抽出条件の最適化を行った。

4. 研究成果

基礎的な解析を行った結果、すなわち分散された油と乳化剤中の脂肪酸の鎖長の類似性に応じた乳化不安定化の程度を検討した結果からは、脂肪酸メチルを油相として使った場合でも、あるいは一般的な食用油脂を使用した場合でも、構造の類似度は必ずしも乳化物の不安定化の程度とは関連しないことが分かった。このような結果から、これまでも報告のある通り、ミネラルオイルである炭化水素と、脂肪酸の化合物やトリアシルグリセロールとは油の性質が大きく異なることが確認されたと考えられる。

その一方で、大豆油やコーン油、あるいはパーム油を用いた実験から、油脂の種類によって不安定化の程度が異なることが分かった。構造の類似度だけでは現状説明がつかないが、今後詳細に調査を行うことで、何らかの有用な知見が得られる可能性がある。

続けて、研究代表者らは、天然のエマルジョンを用いて、溶媒を用いずに油脂を抽出できるかを検討した。その結果を表1に示す。ココナッツミルクや牛乳および豆乳を用い

表1. さまざまな天然乳化物の油分の分離

| | ココナッツ ミルク | 牛乳 | 豆乳 |
|-----------|--------------|----|----|
| Control | × | × | × |
| + 0.2 wt% | × | × | × |
| + 0.5 wt% | × | × | × |
| + 1.0 wt% | ○ | ○ | × |
| + 2.0 wt% | ○ | ○ | × |

て行った実験からは、それらを乳化剤溶液と混合して攪拌処理を施すような比較的穏やかな処理条件では、油脂の分離が生じなかった。天然のエマルジョン（牛乳とココナッツオイル）で乳化破壊を引き起こすためには、攪拌処理に加え、オートクレーブによる高温加熱処理が必要なることが明らかになった。その場合、乳化剤は 1.0 wt%以上添加が必要であることが確認された。

豆乳はこれらの処理によっても乳化破壊は起こらず、油滴が安定に存在することが分かった。豆乳にはさらに塩やアルコール、あるいはプロテアーゼを添加して不安定化させることを試みたが、油脂の分離は見られなかった。また、これらの分離した油脂について、溶媒で抽出した油脂との組成の違いがあるかについて検討を行ったところ、顕著な違いがない可能性が高いことがわかった。

以上のことに加え、研究代表者らは、静菌性乳化剤の乳化破壊効果を利用し、口の中で起こる合一のモデル系を構築し、合一が香り立ちに与える効果を検討した。

予備実験として、ジグリセリンモノオレイン酸エステル（DO）添加後のC16炭化水素エマルジョンの油滴の粒子径を測定した結果を図 3 に示す。ここでは乳化剤の濃度は 0.2wt%とした。添加 1 分後から油滴の合一は盛んに起こっていることが確認された。また、図 4 に示すように、エマルジョンを実際に光学顕微鏡で観察したところ、油滴の合一も観察することができた。以上のことから、我々の構築した系を用いることで、口腔中の油滴の合一をシミュレートできる可能性が高いことが明らかになった。

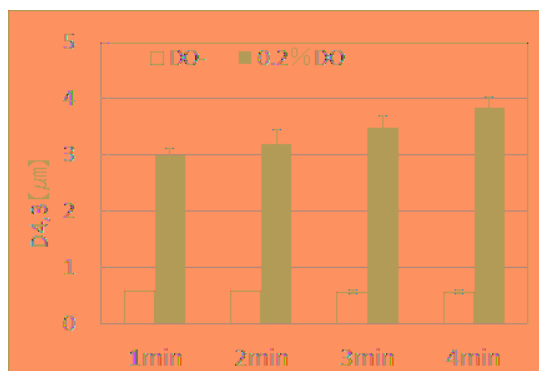


図 3. 油滴の平均粒子径の変化

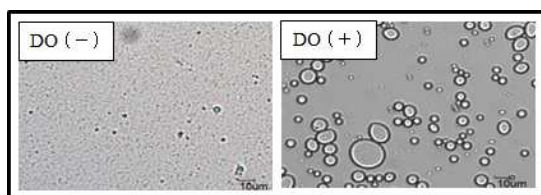


図 4. 油滴の合一による変化

このような結果を受け、実際に香気性物質として、フルーティーな香りを有するエチルエステル化合物を用いて、エマルジョンの存在状態の変化、すなわち油滴の合一が起こることにより、フレーバーリリースの挙動が変化するかどうかを解析した。代表的なフレーバーとして、ヘキサン酸エチル（EE8）と酢酸エチル（EE4）を供試して実験を行った。

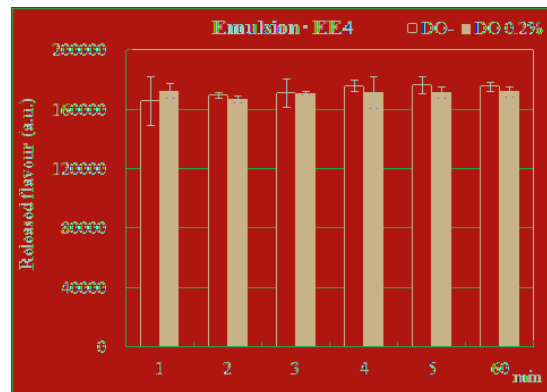


図 5. EE4 の放散挙動の変化

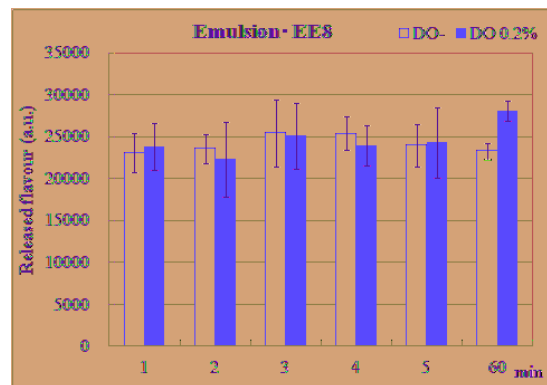


図 6. EE8 の放散挙動の変化

図 5 と図 6 で示すように、EE4 と EE8 の両方の香気性物質において、油滴の合一が起こった場合にも、起こらなかった場合に比べて放散挙動はほとんど変わらなかった。その一方で、DO 溶液にはミセルの形成等によりフレーバー物質の香気放散を少なからず抑制する働きがある。このような香気放散抑制挙動は、我々の実験から EE8 で顕著に起こり、EE4 では観察されないことが明らかになっている。これらのことを総合して考えると、油滴の合一によって、疎水性の相対的に高い香気物質の放散が促進される可能性のあることが分かる。

以上のような結果は、口腔内でのエマルジョンの状態変化を適切に制御することで、食品からの香り立ちを制御できる可能性があることを示すものであり、今後の食品開発において重要な知見となるであろう。

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)

[学会発表] (計3件)

- (1) Miya, H., Park, E. Y., Matsumura, Y., Matsumiya, K., Nakamura, Y., & Sato, K., Emulsion stability and anti-oxidant activity of protein hydrolysates fractions, World Congress on Oleo Science & 29th ISF Congress, 2012年09月30日~2012年10月04日, Sasebo, Nagasaki
- (2) K. Matsumiya, T. Inoue, J. Niida, T. Katagiri, T. Nishizu & Y. Matsumura, A novel method for rapid determination of aggregation forces between colloidal particles, The Food Colloids 2012: Creation and Breakdown of Structures, 2012年04月16日~2012年04月18日, Copenhagen, Denmark
- (3) 松宮健太郎、中西浩一、松村康生、溶媒を用いない新規油脂抽出法開発の試みー静菌性乳化剤の活用ー、日本食品科学工学会第58回大会、2011年9月10日、東北大学(宮城)

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：60553013