

(続紙 1)

京都大学	博士 (農 学)	氏名	松宮 健太郎
論文題目	Destabilization of protein-based emulsions caused by bacteriostatic emulsifiers (タンパク質で乳化したエマルジョンの静菌性乳化剤による不安定化)		
(論文内容の要旨)			
<p>缶コーヒーや缶紅茶のような牛乳や乳素材を使用する食品には、耐熱芽胞菌の生育を抑制するために静菌性の乳化剤を添加することが必要である。その一方で、静菌性の乳化剤はしばしばエマルジョンを不安定化させることがあるため、長期安定性を維持するためには、乳化安定性の向上効果をもつ別のタイプの乳化剤を添加することが不可欠である。このようにして製造されるエマルジョンは、乳化剤の組成によって長期保管時の安定性が異なることが知られているが、長期保存性に適したエマルジョンを合理的に設計する基礎的知見は十分に得られていない。本研究では、静菌性乳化剤によってエマルジョンが不安定化されるメカニズムを明らかにすることを目的として検討を行った。また、エマルジョンの長期安定性を迅速に評価する手法の開発を試みた。</p> <p>はじめに全粉乳を主要材料として、そこにさまざまな乳化剤を組み合わせ、4つの組成のエマルジョンを調製した。これらのエマルジョンの長期安定性は、3ヶ月保管後にクリーミングの程度を測定することによって判定したが、結果は、乳化剤の組成によって異なっていた。このような安定性に差異が生じた要因を解析するために、粒子径とゼータ電位の測定、油滴に含まれるタンパク質とリン脂質の定量を行ったところ、タンパク質含量のみが安定性の違いに対応する結果となった。すなわち、タンパク質の油滴への吸着量が多いほど、エマルジョンの安定性が高かった。また、吸着タンパク質の組成分析の結果から、κ-カゼインとβ-ラクトグロブリンがエマルジョンの安定性に関与していることが示唆された。</p> <p>代表的な静菌性乳化剤であるジグリセリン脂肪酸エステル (DO) を対象として、乳化剤の構造と不安定化効果の関連性について検討を加えた。カゼインナトリウム水溶液と5種類の炭化水素よりエマルジョンを調製し、そこに異なる構造の脂肪酸残基を含む5種類のDOを加え、エマルジョンの不安定化を検討した。その結果、炭化水素の鎖長とDOの脂肪酸の鎖長の類似性が高いほど、エマルジョンの不安定化の程度が大きいことを明らかにした。</p> <p>炭化水素を油相として含むエマルジョンに比べ、食用油脂を油相としたエマルジョンの場合には、DOによる不安定化は起こりにくい。しかし、攪拌条件下では、食用油脂のエマルジョンでも、DOは油滴の合一を促進し、水と油の相分離を引き起こす。この現象のメカニズムを明らかにするために、DOに加えて、同じグリセリン系の乳化剤でありながら乳化不安定化作用を示さないモノグリセリン脂肪酸エステルとトリグリセリン脂肪酸エステルを対象として、それらの物理化学的性質とコロイド学的性質を比較検討した。その結果、DOは、他の2種類の乳化剤とは異なり、油水界面に吸着した後、そこに止まらず、自由に水相と油相の間を移動することが明らかとなった。また、DOは単独で食用油脂を乳化させる能力がないにもかかわらず、油滴表</p>			

面に吸着したタンパク質を脱着させる能力をもっていることを示した。以上の結果から、本来乳化能力を欠いているDOが、油滴表面からタンパク質を脱着し優先的に表面を覆うことで油滴の合一を促進することが明らかになった。

エマルションの長期保管時の不安定化は、主に油滴の凝集に起因するものと考え、エマルションやサスペンションの粒子間に働く凝集力を迅速に評価する新規な方法を開発し、乳飲料の長期安定性を迅速かつ簡便に予測できるかを検討した。この方法では、エマルションやサスペンション中に浮遊するコロイド粒子を遠心処理によって強制的に凝集させた後、加振機によって再分散させる。このような処理によって得られた再分散液では、コロイド粒子同士の凝集力が強いほど濁度の低い分散液が得られ、逆に粒子同士の凝集力が弱いほど濁度の高い分散液が得られると考えられる。以上の原理に基づき、濁度を測定することにより粒子の凝集力を評価した。この方法を、実際の缶コーヒーに含まれるエマルションの長期安定性の予測に用いた。比較のために、エマルションやサスペンションの長期安定性の予測によく用いられているタービスキャンによる評価も行った。その結果、今回開発された新規な手法を用いた場合、タービスキャンを用いた場合と比較して、精度よくエマルションの長期安定性を予測できることが明かとなった。

注) 論文内容の要旨と論文審査の結果の要旨は1頁を38字×36行で作成し、合わせて、3,000字を標準とすること。

論文内容の要旨を英語で記入する場合は、400～1,100 wordsで作成し
審査結果の要旨は日本語500～2,000字程度で作成すること。

(論文審査の結果の要旨)

食品の多くはエマルションやサスペンションなどの分散系の状態で存在しており、その安定性を支配する要因を明らかにすることや、長期保管時の安定性を評価することは、産業上、非常に重要である。本研究は、食品製造の現場で頻用される乳タンパク質と、静菌性乳化剤を含むさまざまな乳化剤を用いてエマルションを調製し、長期安定性を支配する要因の解析を行った。また、乳化状態を不安定化させる静菌性乳化剤のジグリセリン脂肪酸エステル (DO) を取り上げ、その構造と不安定化効果の関連性を系統的に検討した。さらに、分散粒子の凝集性を定量化する方法を開発することにより、乳飲料の長期保管時の安定性を予測することを可能にした。本研究の評価すべき主要な点は以下の通りである。

1. 乳原料を主成分とするエマルションに様々な乳化剤を加え、その長期安定性を評価するとともに、安定性に関連すると考えられる様々な要因を検討した。その結果、長期安定性の高いエマルションほど、油滴に吸着したタンパク質量が多かった。また、乳タンパク質のうち、特定の成分がエマルションの安定性に参与していることを明らかにした。
2. 静菌性乳化剤であるDOは、食用油脂であるトリアシルグリセロールよりも炭化水素のエマルションを不安定化させやすいことを示した。また、静菌性乳化剤の脂肪酸の鎖長と炭化水素の鎖長の類似性が高いほど、乳化物の不安定化の程度が大きくなる傾向があることを確認した。
3. 食用油脂を乳タンパク質で安定化させたエマルションにDOを加えて激しく攪拌すると油と水の相分離を引き起こす。この現象は、DOがエマルション中の油滴表面からタンパク質を置換する能力をもちながら、それ自身は乳化能をもたないため、油滴の合一が促進されるためであることを明らかにした。
4. エマルションやサスペンション中に浮遊するコロイド粒子を遠心処理によって強制的に凝集させ、加振機によって再分散させるという方法で、コロイド粒子の凝集力を評価する新たな手法を確立した。また、これを缶コーヒー中に添加するエマルションに対して適用し、長期安定性の評価を行った。その結果、食品その他の産業でエマルションやサスペンションの安定性評価に広く利用されているタービスクャンと比較して、精度よく長期保管時の乳化安定性を予測できることを示した。

以上のように、本研究は、静菌性乳化剤が含まれるエマルションにおいて、その安定性に影響を与える要因を明らかにするとともに、DOの構造とエマルションの不安定化の関連性を明らかにした。また、エマルションの安定性を迅速かつ簡便に評価するための新たな方法を開発した。これらの研究成果は、食品科学、品質科学、食品工学に寄与するところが大きい。

よって、本論文は博士(農学)の学位論文として価値あるものと認める。

なお、平成26年2月14日、論文並びにそれに関連した分野にわたり試問した結果、博士(農学)の学位を授与される学力が十分あるものと認めた。

また、本論文は、京都大学学位規程第14条第2項に該当するものと判断し、公表に際しては、当該論文の全文に代えてその内容を要約したものとすることを認める。

注) 論文内容の要旨、審査の結果の要旨及び学位論文は、本学学術情報リポジトリに掲載し、公表とする。

ただし、特許申請、雑誌掲載等の関係により、要旨を学位授与後即日公表することに支障がある場合は、以下に公表可能とする日付を記入すること。

要旨公開可能日： _____ 年 _____ 月 _____ 日以降 (学位授与日から3ヶ月以内)