

(続紙 1)

京都大学	博士 (農 学)	氏名	花澤 智仁
論文題目	Effects of fat particles on the stability of complex food systems (食品混合系の安定性に与える脂肪球の影響)		
(論文内容の要旨)			
<p>食品の多くは水を連続相とし、多種多様なタンパク質、脂肪球、多糖類、空気などを含む多成分混合系である。これら成分間の複雑な相互作用は、分散状態の安定性に影響するため、その制御は食品製造業において重要な課題となっている。例えば、タンパク質と多糖類の混合物は、条件によって相分離を引き起こすことが知られている。実際の食品においては、それに加えて脂肪球を含むことが多いものの、その存在がタンパク質と多糖類の相分離現象に与える影響については、ほとんど解明されていない。一方、含気食品においては、起泡操作において新たに作り出された気泡表面(気液界面)に、素早く強固な界面吸着構造を形成させることが気泡の安定化に重要である。代表的な含気食品であるホイップドクリームにおいては、そのような界面吸着構造の形成に脂肪球が寄与すると考えられているが、脂肪球の気液界面における界面吸着構造の形成プロセスについては、依然、未解明な部分が多い。</p> <p>本研究では、このようなタンパク質と多糖類の混合物の相分離や、ホイップの過程で生じる界面吸着構造の形成に対して、脂肪球の存在やその固体脂比率(SFC)がどのような影響を与えるのかを明らかにすることを目的とした。</p> <p>第1章では、概論としてタンパク質と多糖類の相分離現象の原理を述べ、脂肪球のような分散粒子が相分離現象に及ぼす影響についての近年の知見をまとめ概説した。また、クリームホイップ中の脂肪球の気液界面への吸着プロセスについて記述した。さらに、脂肪球同士の凝集過程における油脂結晶の重要な役割に言及した上で、本研究の意義と目的を明らかにした。</p> <p>第2章では、カゼインナトリウム(以下、SC)とキサントラン(以下、XAN)のモデル混合物を対象として、その相分離に対する脂肪球の添加効果の検討を行った。まず、脂肪球を含まないSC-XAN混合物を対象に、相分離に及ぼすSC濃度、XAN濃度、pH、Ca²⁺濃度の影響を調べた。その結果、pH 6.4と5.9の系ではCa²⁺濃度20 mM以上でSCとXANの相分離が認められたのに対し、pH 5.4では、Ca²⁺濃度5 mM以上で相分離が発生し、かつ、相分離を生じるSC濃度、XAN濃度も他のpHに比べて低かった。次に、これらの相分離現象に対する脂肪球の添加効果を調べた。pH 6.4のSC-XAN混合物に、SCで乳化したn-テトラデカンのO/W型エマルジョンを加えた際の相分離挙動の変化を調べたところ、Ca²⁺濃度22 mMの系で相分離の抑制効果が認められた。一方、Ca²⁺濃度32 mMの系では、エマルジョンの添加により相分離を最終的に抑制することはできなかった。しかし、そのような場合でも、エマルジョン添加により相分離の進行が遅くなる傾向が示された。このような脂肪球の添加効果は、脂肪球がSC相とXAN相の、いわゆるWater-Water界面に吸着することによって、より強固な界面が形成されたためであると考えられた。</p> <p>第3章では、脂肪球のSFCがタンパク質-多糖類混合物の相分離に与える影響に着目し、20°Cで液体脂であるn-テトラデカン(以下、T〔液体〕)と固体脂であるエイコサン(以下、E〔固体〕)、両者の1:1混合脂(以下、MIX)の3種類の油脂を用いてO/W型エマルジョンを調製してSC-XAN混合物に加え、相分離の抑制効果の比較を20°Cで行った。その結果、Ca²⁺濃度22 mMの系で最も高い相分離抑制効果を示したのはMIXのエマルジョンであり、次いでT〔液体〕のエマルジョンであった。それに対して、E〔固体〕のエマルジョンでは、相分離の抑制効果が認められなかった。Ca²⁺濃度32 mMの系</p>			

では、いずれのエマルションも相分離を抑制することはできなかったが、MIXとT〔液体〕のエマルションを加えた混合物では、相分離の進行が遅くなっている可能性が示された。一方、脂肪球を含むSC相とXAN相の界面せん断粘度を測定した結果、加えた脂肪球の種類に応じて、その値は変化し、MIX>T〔液体〕>E〔固体〕の順で高かった。液状の油脂と固体脂が共存する脂肪球においては、脂肪球同士が接触すると、表面に存在する固体脂を介して脂肪球の部分合一が起こることが知られている。したがって、以上の結果において、MIXのエマルションにより高い相分離抑制効果が認められたのは、界面に吸着した脂肪球間で油脂結晶を介した部分合一による構造形成が生じ、より強固な界面が形成されたためであると考えられた。

第4章では、ホイップドクリームを対象に気液界面への脂肪球の吸着現象に与えるSFCの影響を調べた。SFCの異なる3種類の植物性脂肪とSCを用いて脂肪分10~40%のO/W型エマルションであるクリームを調製した。SC濃度は、全てのクリームで2%とした。クリームを希釈して液相とし、界面粘弾性計を用いて気液界面への脂肪球の吸着による界面張力と界面粘弾性の経時変化を10~40℃の範囲で測定した。その結果、界面張力の低下速度および界面粘弾性のパラメーターである貯蔵弾性率は、共に温度、脂肪分、SFCの影響を受け、特に脂肪球中の油脂のSFCが10~50%の時に大きく増加することが明らかとなった。ホイップドクリームの微細構造観察の結果、SFCが約30%のクリームの場合に、脂肪球が気液界面に吸着し、吸着した脂肪球同士の合一も進んでいることが確認された。これらの結果から、気液界面への脂肪球の吸着と吸着層における構造形成は、脂肪球中の油脂結晶を介した部分合一により促進されていることが示された。

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。

(続紙 2)

(論文審査の結果の要旨)

タンパク質、脂肪球、多糖類、空気などを含む多成分混合系である食品は、成分間の相互作用が分散安定性や物性、味などの製品特性を左右する。そのため、これら複雑な相互作用の制御が食品製造業において重要な課題である。これまでの研究から、タンパク質と多糖類の混合物は条件によって相分離を引き起こすことが知られていたものの、脂肪球の存在がタンパク質と多糖類の相分離現象に与える影響については、ほとんど解明されていなかった。また、代表的な含気食品であるホイップドクリームにおいては、脂肪球の気液界面における界面吸着構造の形成が、その物性や安定性に関わっていると考えられているが、そのプロセスについては、依然、未解明な部分が多かった。本研究では、脂肪球の存在やその固体脂比率(SFC)がタンパク質と多糖類の混合物の相分離や、ホイップの過程で生じる界面吸着構造の形成に与える影響を、コロイド科学および界面レオロジー的手法を用いて明らかにすることを目的とした。評価される点は以下の通りである。

1. カゼインナトリウム(以下、SC)とキサンタン(以下、XAN)のモデル混合物における相分離挙動は、pHやCa²⁺濃度によって変化することを明らかにした。次いでO/W型エマルジョンの添加により、SCとXANの相分離現象が抑制されることを明らかにした。その効果は、O/W型エマルジョンがSC相とXAN相のいわゆるWater-Water界面に吸着することによって、より強固な界面が形成されたためである可能性が示された。
2. 3種類の油脂を用いて比較を行った結果、O/W型エマルジョンによるSC-XAN混合物の相分離の抑制効果は脂肪球のSFCの影響を受け、液状の油脂と固体脂が共存する脂肪球が最も高い抑制効果を持つことを明らかにした。さらに界面せん断粘度測定の結果から、その効果が認められたのは、Water-Water界面に吸着した脂肪球間で、油脂結晶を介した部分合一による構造形成が生じ、より強固な界面が形成されたためであることを示した。
3. SFCの異なる3種類の植物性脂肪とSCを用いて脂肪分10~40%のクリームを調製し、界面粘弾性計測定と電子顕微鏡観察により気液界面への脂肪球の吸着現象に与えるSFCの影響を調べた。その結果、気液界面への脂肪球の吸着と吸着層における構造形成は、脂肪球中の油脂結晶を介した部分合一により促進されていることを明らかにした。

以上のように、本論文は、SFCの異なる脂肪球の添加によりタンパク質と多糖類の相分離挙動やホイップドクリーム中の気液界面の安定性に生じる変化を、コロイド科学的手法および界面レオロジー的手法を用いて解析することによって、界面への脂肪球の吸着と吸着層における構造形成が食品混合系の分散状態の安定化に寄与していることを明らかにしたものであり、品質評価学、食品コロイド科学、食品工学、食品製造学の発展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31年2月21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。

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)