



岐阜大学機関リポジトリ

Gifu University Institutional Repository

Kinetic Analysis of Freeze-thaw Stability of Mayonnaise

メタデータ	言語: English 出版者: 公開日: 2019-01-10 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: ISLAM MUHAMMAD SHARIFUL メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/20.500.12099/77262

氏 名 (本 国 籍)	ISLAM MUHAMMAD SHARIFUL (バングラデシュ人民共和国)
学 位 の 種 類	博士 (農学)
学 位 記 番 号	農博甲第 6 9 6 号
学 位 授 与 年 月 日	平成 3 0 年 9 月 2 1 日
研 究 科 及 び 専 攻	連合農学研究科 生物資源科学専攻
研究指導を受けた大学	岐阜大学
学 位 論 文 題 目	Kinetic Analysis of Freeze-thaw Stability of Mayonnaise (マヨネーズの冷解凍安定性に関する動力的解析)
審 査 委 員 会	主査 岐阜大学 教授 中野 浩 平 副査 岐阜大学 教授 西津 貴 久 副査 静岡大学 教授 加藤 雅 也 副査 岐阜大学 助教 勝野 那嘉子

論 文 の 内 容 の 要 旨

マヨネーズは半固体の水中油滴型エマルジョンであり、世界中で消費されている。油相として、大豆油、菜種油、ヒマワリ油などの植物油が用いられ、水相は卵黄、酢、砂糖、塩、水から構成される。通常、水相の質量分率より油相の質量分率が高い(70%以上)。水中油滴型エマルジョンのマヨネーズは冷凍保存中に不安定化するが、これは水と油の結晶化が不安定化の原因と考えられる。そのため、冷凍保存中の不安定化の理解のためには、氷結晶と油脂結晶の不安定化に対する役割に注目することが重要となる。本研究では、マヨネーズの不安定化に対する氷結晶と油脂結晶の影響を定量的に検討することを目的においた。氷結晶の影響を検討するために氷結晶量の減少による油滴の合一に注目するとともに、油脂結晶の影響を明らかにするためにエマルジョンの不安定化と油脂の結晶化に関する動力的解析を行った。

菜種油マヨネーズ(RoM)試料を用いて凍結・融解過程の油滴合一について検討を行った。クライオSEMを用いた観察結果は、冷凍保存中に油滴が合一することを示していた。試料解凍中に分離が進行し、油の分離量は凍結時間が長くなるほど増加した。凍結中の物理的変化(水相および油相の結晶化)がマヨネーズの不安定化に影響を及ぼすことが明らかになった。

位相差顕微鏡下で菜種油マヨネーズ(RoM)試料に乾燥空気を吹き付けて水分を低下させながら油滴の合一を観察した。乾燥前の油滴のメジアン径は $1.09 \mu\text{m}$ であり、乾燥が進行すると油滴合一が進行し、メジアン径は $2.09 \mu\text{m}$ に達した。また油滴も乾燥が進行するとともに非球状に変形した。これらの結果は、水相の体積分率の減少により、油滴の変形および凝集が引き起こされることを示唆している。氷結晶の成長を抑制するために、水相に不凍多糖(APS)を添加したマヨネーズを用いて、 -20°C および -40°C での乳化安定性の評価を行った。APS 濃度依存的に、分離した油分の減少および不安定化速

度定数 k_d の減少が確認された。また X 線回折 (XRD) 測定より、APS 濃度依存的に氷結晶量も減少することが明らかになった。以上の結果から、凍結中の氷結晶の生成がマヨネーズの不安定化に影響を及ぼすことが明らかになった。

マヨネーズの冷凍時間別に分離した油分を測定し、その油分の経時変化について、べき乗則を用いた動力学的解析を行った。試料のサイズが動力学的解析結果に与える影響を検討したところ、試料サイズにより分離する油の量が異なることを見出した。5 種類の異なる内径 (0.34, 0.8, 1.8, 3.4, 12.6 mm) のチューブを用いて油分離までの誘導時間と油分離に関する動力学的パラメーターを求めた。菜種油マヨネーズを -20°C から -40°C の温度で保存し、分離した油分の経時変化および誘導時間を測定し、不安定化に関する動力学的パラメーターを計算した。チューブの内径が増加するにつれて誘導時間は増加し、また温度の上昇とともに不安定化速度定数 k_d は減少した。内径 0.34 mm のキャピラリーおよび直径 12.6 mm のチューブの -40°C における誘導時間はそれぞれ 0.9 min および 16 min であった。そして、キャピラリーおよびチューブについては -20°C でそれぞれ 251 min および 1430 min であった。不安定化速度定数 k_d もチューブの内径によって変化し、キャピラリーおよび直径 12.6 mm のチューブの -40°C における不安定化速度定数は 0.04699 min^{-1} および 0.01195 min^{-1} であった。また、 -20°C でそれぞれ 0.0012 min^{-1} および $0.000147 \text{ min}^{-1}$ であった。チューブの径と動力学パラメーターのプロットから外挿によって、チューブ径が限りなく零に近い時のパラメーターとして求めた値は、サイズ効果のない極限パラメーターと言える。これらの結果から、キャピラリーを用いて計算した誘導時間と k_d は、極限パラメーターの値に近く、信頼性が高いことが明らかになった。このキャピラリーを用いて測定した各温度における k_d は、RoM の方が大豆油マヨネーズ (SoM) よりも高くなった。一方、不安定化次数 n に温度依存性を見出すことはできなかったが、不安定化速度定数 k_d と誘導時間には強い温度依存性がみられた。

RoM または SoM を -20°C 、 -30°C および -40°C で等温保持しながら油の結晶化の様子を偏光顕微鏡によって観察した。その結果、結晶化の誘導時間は SoM の方が RoM よりも大きく、また誘導時間の温度依存性は、前述のようにキャピラリーを用いた冷凍保存凍結中の油分離実験で得られた誘導時間の温度依存性と同様の傾向であった。また結晶成長速度はいずれの温度帯でも不安定化速度の大きい RoM の方が SoM よりも大きかった。Avrami モデルを適用して等温条件下での油の結晶化挙動を検討したところ、Avrami 指数は、RoM の場合、 -20°C から -40°C で 0.778 から 1.457 に、SoM の場合、0.763 から 1.340 に増加し、温度が低くなると、結晶成長の様式が変わる傾向にあることが明らかになった。この結晶様式の違いは不安定化速度の温度依存性に関与する可能性がある。以上の結果は凍結中の油脂結晶の生成もまたマヨネーズの不安定化に影響を及ぼす可能性があることを示唆するものと考えられる。

本研究により、APS の添加により水相の氷結晶生成を抑制したマヨネーズ試料の冷凍による不安定化の定量的評価を行うとともに、キャピラリー法を用いて冷凍マヨネーズの油分離現象に関する動力学的解析を行った結果、冷凍中の氷結晶と油脂結晶両方の生成速度が冷凍マヨネーズの不安定化速度を決定する重要な因子であることを明らかにした。

審査結果の要旨

申請者 ISLAM MUHAMMAD SHARIFUL は、不凍多糖の添加により水相の氷結晶生成を抑制したマヨネーズ試料の冷凍による不安定化の定量的評価を行うとともに、キャピラリー法を用いて冷凍マヨネーズの油分離現象に関する動力学的解析を行った結果、冷凍

中の氷結晶と油脂結晶両方の生成速度が冷凍マヨネーズの不安定化速度を決定する重要な因子であることを明らかにした。本研究で得られた知見は、食品科学分野において学術的価値があるものと判断し、本論文が岐阜大学大学院連合農学研究科の学位論文として十分価値あるものと認める。

基礎となる学術論文

- 1) Muhammad Shariful, I., N. Katsuno and T. Nishizu: Kinetic analysis of freeze-thaw stability of mayonnaise. *Foods*, 7, 75, doi: 10.3390/foods7050075, 2018.
- 2) Muhammad Shariful, I., N. Katsuno and T. Nishizu: Factors affecting mayonnaise destabilization during freezing. *Reviews in Agricultural Sciences*, 6, 72-80, 2018.