

令和4年3月30日

京都大学大学院農学研究科品質評価学分野  
准教授 松宮健太郎

一般財団法人杉山産業化学研究所  
2021年度研究助成 報告書

## 研究題目

「油脂を添加して調製した豆乳エマルションの加工機能性に油脂の種類が与える影響」

### 【背景と目的】

本研究では、新たな食感を有する半固形状食品を創出するため、植物性素材を利用して作製したエマルションの加工機能性を調査した。昨年度当研究グループは豆乳に油脂を添加して得られるエマルションをゲル食品の基材として利用できるかどうかを確認するため、これに種々のゲル化剤を添加することにより豆乳エマルションのゲル化性を確認した。その結果、豆乳エマルションゲルが作製できること、そして凝固剤の種類によって、油分濃度とゲルの硬さの間関係性が異なることが分かった。本研究では、さらなるゲル物性の多様性を生み出すことを目的に、添加する油脂の種類および種々の凝固条件が作製したエマルションゲルの物性に与える効果を検討した。それに加えて、凍結乾燥処理が豆乳エマルションゲルのさらなる変化をもたらすかどうかを調べた。

### 【材料および方法】

豆乳は市販の一般的な製品（国産大豆の無調整豆乳、マルサン）を購入し、エマルションゲルの作製に供試した。豆乳は配合比を40 wt%とした油脂（大豆油（融点-7°C）または大豆極度硬化油（同67°C））と混合して、高速ブレンダー（NS-52K、マイクロテック・ニチオン）を用いて10,000rpmで2分間90°Cで均質化処理を行うことにより豆乳エマルションを得た。豆乳エマルションには0.04~0.20Mの塩（ $MgCl_2$ ,  $CaCl_2$ ）またはグルコデルタノラクトン（GDL）を添加して、80°Cの恒温水槽中で7.5分間加熱することによりゲル化処理を施し、その後4°Cで一晩保存することにより豆乳エマルションゲルを得た。また、豆乳エマルションゲルは凍結乾燥を行い、乾燥豆乳エマルションゲルも作製した。サンプルは目視観察により豆乳エマルションゲルが形成されているか確認した。その後物性評価のために貫入試験を行い、弾性率や破断強度、破断歪を算出した。

### 【結果と考察】

油相濃度40wt%の条件下で豆乳エマルションの作製を試みたところ、昨年度の結果とは

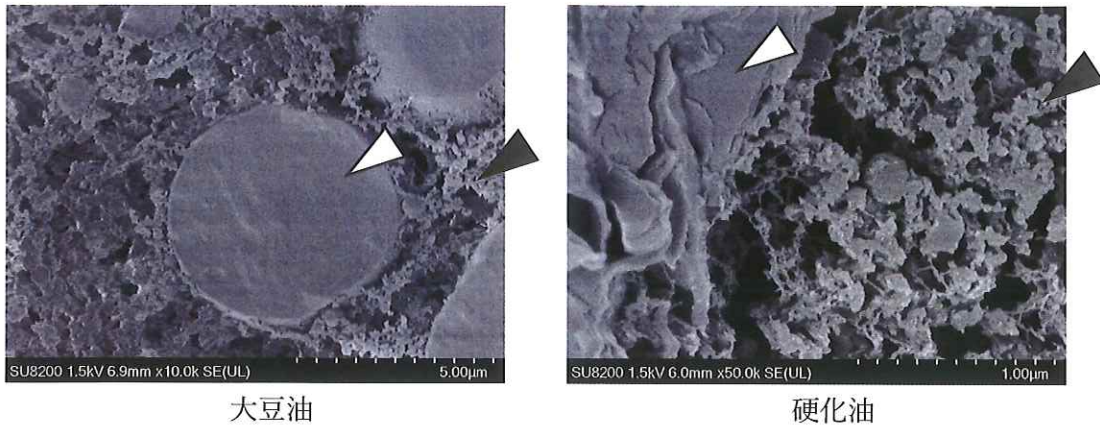


図. 大豆油またはその極度硬化油を用いて調製した豆乳エマルションゲルのクライオ電子顕微鏡像

異なり、凝固剤  $MgCl_2$  および GDL を用いると豆乳エマルションゲルが形成されたが、 $CaCl_2$  では豆乳エマルションゲルが形成されなかった。豆乳エマルションゲルが形成された  $MgCl_2$  および GDL において、大豆極度硬化油を用いて作製したゲルは、通常の大豆油を用いる場合よりも、弾性率と破断強度が増加し、かつ破断歪は低下することが明らかになった。これは油脂の種類によってゲルが硬くて塑性的な物性に变化したことを示すものである。このような変化を微細構造の観点から考察するためにクライオ電子顕微鏡観察を行ったところ、大豆極度硬化油を用いて作製した豆乳エマルションゲルは大豆油を用いて調製したそれよりもネットワーク構造 (▲) が緻密で、かつ油滴 (△) の形状も球形ではなく不定形になっていた (上図)。これらの違いがゲルの弾性率と破断強度の増加および破断歪の減少につながっていたことが示唆された。

これらの豆乳エマルションゲルを凍結乾燥したところ、大豆油を添加して調製したゲルは油分が分離してエマルションゲルの状態が維持されなかった。その一方で、大豆極度硬化油を添加して調製した豆乳エマルションゲルは油分が分離せずに未処理ゲルと同様の状態が維持された。そこで貫入試験によって物性の变化を調べたところ、凝固剤  $MgCl_2$  および GDL のどちらを用いても、凍結乾燥処理を経ると豆乳エマルションゲルの初期弾性率は低下して、破断点が消失し、結果的に硬いゲルに変化することが明らかになった。これらのサンプルの微細構造をクライオ電子顕微鏡観察によって確認したところ、タンパク質のネットワーク構造が凍結乾燥処理前よりも疎になっていることが分かった。これは凍結時の氷結晶の成長によるタンパク質の変性によって生じたことが考えられ、結果として豆乳エマルションゲルの弾性の低下と破断点の消失が生じたのではないかと推察される。

以上の結果より、昨年度確認した油脂の添加濃度と凝固剤の種類よりも、油脂の種類や凍結乾燥処理の方が豆乳エマルションゲルの物性に与える影響は大きいことが示された。このような結果は、今後植物性素材だけを利用して新たな食感を有する半固形状食品を創出することにつながるものであるということが出来る。

令和4年3月30日

京都大学大学院農学研究科品質評価学分野  
准教授 松宮健太郎

一般財団法人杉山産業化学研究所  
2021年度研究助成 報告書

## 研究題目

「油脂を添加して調製した豆乳エマルションの加工機能性に油脂の種類が与える影響」

### 【背景と目的】

本研究では、新たな食感を有する半固形状食品を創出するため、植物性素材を利用して作製したエマルションの加工機能性を調査した。昨年度当研究グループは豆乳に油脂を添加して得られるエマルションをゲル食品の基材として利用できるかどうかを確認するため、これに種々のゲル化剤を添加することにより豆乳エマルションのゲル化性を確認した。その結果、豆乳エマルションゲルが作製できること、そして凝固剤の種類によって、油分濃度とゲルの硬さの関係性が異なることが分かった。本研究では、さらなるゲル物性の多様性を生み出すことを目的に、添加する油脂の種類および種々の凝固条件が作製したエマルションゲルの物性に与える効果を検討した。それに加えて、凍結乾燥処理が豆乳エマルションゲルのさらなる変化をもたらすかどうかを調べた。

### 【材料および方法】

豆乳は市販の一般的な製品（国産大豆の無調整豆乳、マルサン）を購入し、エマルションゲルの作製に供試した。豆乳は配合比を40 wt%とした油脂（大豆油（融点-7°C）または大豆極度硬化油（同67°C））と混合して、高速ブレンダー（NS-52K, マイクロテック・ニチオン）を用いて10,000rpmで2分間90°Cで均質化処理を行うことにより豆乳エマルションを得た。豆乳エマルションには0.04~0.20Mの塩（ $MgCl_2$ ,  $CaCl_2$ ）またはグルコデルタノラクトン（GDL）を添加して、80°Cの恒温水槽中で7.5分間加熱することによりゲル化処理を施し、その後4°Cで一晩保存することにより豆乳エマルションゲルを得た。また、豆乳エマルションゲルは凍結乾燥を行い、乾燥豆乳エマルションゲルも作製した。サンプルは目視観察により豆乳エマルションゲルが形成されているか確認した。その後物性評価のために貫入試験を行い、弾性率や破断強度、破断歪を算出した。

### 【結果と考察】

油相濃度40wt%の条件下で豆乳エマルションの作製を試みたところ、昨年度の結果とは



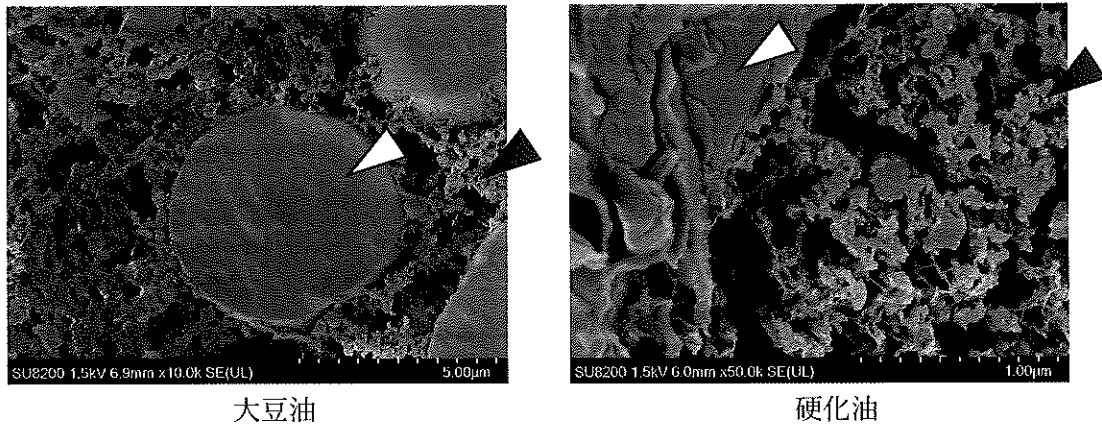


図. 大豆油またはその極度硬化油を用いて調製した豆乳エマルションゲルのクライオ電子顕微鏡像

異なり、凝固剤  $MgCl_2$  および GDL を用いると豆乳エマルションゲルが形成されたが、 $CaCl_2$  では豆乳エマルションゲルが形成されなかった。豆乳エマルションゲルが形成された  $MgCl_2$  および GDL において、大豆極度硬化油を用いて作製したゲルは、通常の大豆油を用いる場合よりも、弾性率と破断強度が増加し、かつ破断歪は低下することが明らかになった。これは油脂の種類によってゲルが硬くて塑性的な物性に変化したことを示すものである。このような変化を微細構造の観点から考察するためにクライオ電子顕微鏡観察を行ったところ、大豆極度硬化油を用いて作製した豆乳エマルションゲルは大豆油を用いて調製したそれよりもネットワーク構造 (▲) が緻密で、かつ油滴 (△) の形状も球形ではなく不定形になっていた (上図)。これらの違いがゲルの弾性率と破断強度の増加および破断歪の減少につながっていたことが示唆された。

これらの豆乳エマルションゲルを凍結乾燥したところ、大豆油を添加して調製したゲルは油分が分離してエマルションゲルの状態が維持されなかった。その一方で、大豆極度硬化油を添加して調製した豆乳エマルションゲルは油分が分離せずに未処理ゲルと同様の状態が維持された。そこで買入試験によって物性の変化を調べたところ、凝固剤  $MgCl_2$  および GDL のどちらを用いても、凍結乾燥処理を経ると豆乳エマルションゲルの初期弾性率は低下して、破断点消失し、結果的に硬いゲルに変化することが明らかになった。これらのサンプルの微細構造をクライオ電子顕微鏡観察によって確認したところ、タンパク質のネットワーク構造が凍結乾燥処理前よりも疎になっていることが分かった。これは凍結時の氷結晶の成長によるタンパク質の変性によって生じたことが考えられ、結果として豆乳エマルションゲルの弾性の低下と破断点の消失が生じたのではないかと推察される。

以上の結果より、昨年度確認した油脂の添加濃度と凝固剤の種類よりも、油脂の種類や凍結乾燥処理の方が豆乳エマルションゲルの物性に与える影響は大きいことが示された。このような結果は、今後植物性素材だけを利用して新たな食感を有する半固形状食品を創出することにつながるものであるということが出来る。

