

湯葉のような膜は他の食材からでも作れるのか

Can a film like yuba be made from other ingredients?

Abstract

We studied the formation of membranes, such as yuba, by protein aggregation. Based on previous studies, we investigated the conditions under which membranes are formed, and aimed to generate new membranes by changing the combination of proteins and lipids.

1. はじめに

豆乳や牛乳を温めると、表面に膜ができる。特に、豆乳からできる膜は湯葉と呼ばれ、古くから日本で親しまれてきた。膜ができるのは、牛乳や豆乳などを加熱すると表面の水分が蒸発し、表面はタンパク質と脂質の濃度が高い状態になるからである。さらに加熱を続けると、タンパク質が変性し、表面に集まった脂質をつつむ形で膜ができる。

そこで本研究では、タンパク質が凝集・変性して膜ができる現象を利用して、いろいろなタンパク質と脂質を混ぜ合わせ、美味しい膜を作ることを目標とした。

先行研究で挙げられていたタンパク質の膜の生成条件には、蒸発面があること、タンパク質が変性すること、そしてタンパク質が液体中によく溶けていることがある。また、膜の生成には脂質が重要であることが示されていた。図1は、卵のアルブミンというタンパク質と、脂質、乳化剤を用いて、脂質の割合とタンパク質の割合をそれぞれ変化させ、それが膜の質量にどのように影響するかについてまとめたグラフである。このグラフから、脂質が少ないと膜ができにくいことがわかる（図1, 梅田ら2018）。

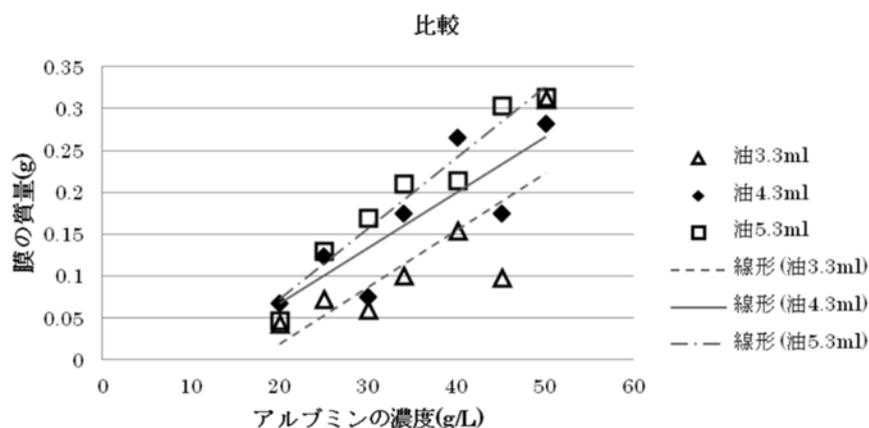


図1 ラムスデン現象における溶質を変えた時の膜の質量の変化（梅田弘紀 深井俊輔 2018年）

2. 実験1

(1) 方法

膜の生成条件をもとに、膜の生成に適するタンパク質と脂質を選定し、恒温槽で湯煎して膜が生成するかどうかを次に示す手順で調べた。

(i) タンパク質を水に溶かした。溶けない場合は pH を他の食材（レモン水など）で調整して溶かした。

(ii) 膜の強伸度を上げるため、(i) の溶液に脂質を加えた。脂質が均一に混ざらなかったものには乳化剤を加えた。

(iii) (ii) の溶液を湯煎し、膜を生成した。

(iv) できた膜の強度などを観察した。また、食べて味の評価を行った。

(2) 実験結果

カシューナッツ、小麦のグルテン、卵、ゼラチンの四種類のタンパク質を用いて実験を行った。表1は、実験を行ったタンパク質と脂質の組み合わせとその結果をまとめたものである。

表1 実験を行ったタンパク質と脂質の組み合わせとその結果

	タンパク質	脂質	結果
①	カシューナッツ		薄い膜ができた
②	小麦のグルテン	サラダ油	膜ができなかった
③	卵	サラダ油	薄い膜ができた
④	ゼラチン	マヨネーズ	丈夫な膜ができた

① カシューナッツ (図2)

まず、豆乳は大豆からできているという点から、大豆以外の豆でも膜ができるのかを調べようと考え、入手が安易なカシューナッツを用いて実験した。カシューナッツにはタンパク質、脂質の両方が含まれているため、1つの食材だけで実験を行った。カシューナッツを用いた実験で生成された膜は、針金で持ち上げようとするすると破れるくらいの薄い膜だった (図2)。

しかし、豆を潰して濾して液体を作り、膜が出来るかどうかを調べるという方法だと、濾した後の成分が分からなかったり、成分の誤差が大きくなったり、水分量の調整が難しくなったりなどの様々な問題点があった。

また、色々な豆で膜を作るという先行研究を見つけたため、このまま研究を続ける意味が無くなったため、方向転換することにした。

② 小麦のグルテン・サラダ油 (図3)

次に、分量をはっきりさせるために、タンパク質だけを抜き出せるものにしようと考え、小麦をこねて図3のようなグルテンを作り、それを用いた。しかし、グルテンは水に溶けないため、pHの調節をする必要があった。グルテンをうまく水に溶かすことができなかったため、膜を生成することができなかった。

③ 卵・サラダ油（図4）

次に卵を使って実験を行った。卵は水に溶けるタンパク質が含まれているだけでなく、乳化剤も含まれており、実験に適していると考えたが、図4のようなもろくて薄い膜しか生成することしかできなかった。その原因には、卵のタンパク質の性質が膜に適していなかったことが挙げられる。また、もともと卵に含まれている水分を考えていなかったため、水分量が多くなってしまった可能性が考えられる。

④ ゼラチン・マヨネーズ（図5）

図5のように、弾力のある、丈夫な膜を生成することができた。味と食感の評価を行ったところ、味はマヨネーズが温かい水で薄められたような感じで、食感は見えた目ほど弾力がなく、食べることも考えるとあまり良いとはいえなかった。



図 2



図 3



図 4



図 5

(4) 実験1のまとめ

水に溶けないタンパク質を他の食材を用いて pH を調節し、水に溶かすことは難しいので、まずは水に溶けるタンパク質から考えるべきである。水分量は水を入れる量だけではないので、その食材にすでに含まれている水分量も考慮すべきである。乳化剤は個人向けの販売をしているところが少なく入手が困難なため、すでに乳化されている食材や乳化作用のある食材を用いると良い。タンパク質の種類によって膜の強度は変化することが分かった。

生成した膜を試食するとなると毎回の実験で衛生面に配慮が必要となるため、実験が困難になると考え、美味しい膜の生成は諦め、膜の生成に必要なタンパク質と脂質の割合を調べることにした。

3. 実験2

(1) 方法

脂質であるマヨネーズと水分の量を固定し、タンパク質であるゼラチンの量だけを変化させて膜の質量を調べた。膜を作るときの時間や方法は実験1と同様にし、膜の質量は膜を作ったあと、膜を取り出す前のビーカーの質量から、膜を取り出したあとのビーカーの質量を引くことによって調べた。基準のマヨネーズと水の量は、豆乳の成分割合を参考に設定した（マヨネーズ 6.8g、水 86g）。

(2) 実験結果

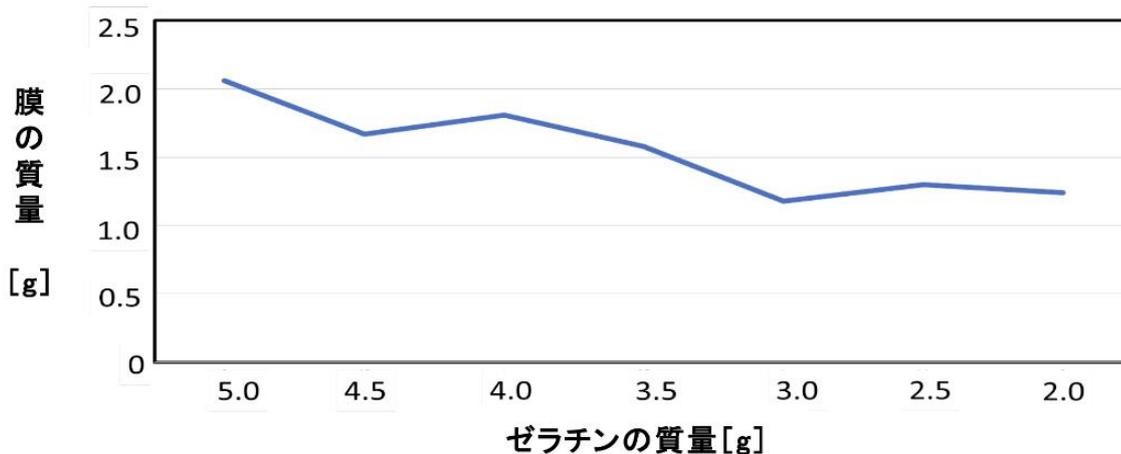


図6 ゼラチンの質量と膜の質量の関係

図6は結果のグラフである。縦軸は膜の質量、横軸は使用したゼラチンの量を表している。このようにゼラチンの量が少なくなると、生成される膜の質量は減少する傾向にあることがわかった。

4. 考察

今回の結果では液体に2%のタンパク質が含まれていれば膜を生成することができるということがわかった。これは、温めることによってタンパク質が液面に集まるためだと考えた。

5. 結論

豆乳や牛乳を使用しなくても、湯葉のような膜は作ることができ、湯葉のように強度の高い膜を生成することもできた。しかし、ゼラチンとマヨネーズを使用してできた膜は味や食感の観点で新たな食品としてはあまり適していない。

6. 今後の展望

今回ゼラチンとマヨネーズで丈夫な膜を作ることができたため、これを元にして美味しい膜を作りたい。市販のマヨネーズではなく、マヨネーズを自作して膜を作りたい。

6. 参考文献

- ・湯葉のひみつ (春日井美緒 2020年 筑波大学附属小学校)
- ・蛋白質の皮膜化に関する研究 (岡本奨 1977年 日本食品工業学会誌)
- ・ラムスデン現象における溶質を変えた時の膜の質量の変化 (梅田弘紀 深井俊輔 2018年 千葉県立船橋高等学校)