

# 牛乳の膜の形成に影響を与える条件

## Conditions that affect the formation of milk skin

### Abstract

When milk is warmed, a film is formed on the surface. This is called the "Ramsden phenomenon". In this study, we determine the heating time and the milk components required to produce milk skin. As a result of our experiments we found the longer the milk is heated, the heavier the mass of the skin, but the rate of increase goes down. Also, the greater the amount of fat and protein contained in the milk, the greater the mass of the milk skin. From the results, we also considered how to suppress the formation of it.

### 1. はじめに

牛乳を温めると表面に薄い膜ができる。これはラムスデン現象と呼ばれる現象である。加熱によって牛乳表面の成分が濃縮されると、 $\beta$ -ラクトグロブリンというタンパク質が変性する。その際に、周囲にある脂肪や乳糖を包み込み、膜を形成するということが、原理として知られている。私たちは牛乳を温める条件や成分を変化させることで膜の発生を防げるのではないかと考えた。本研究では牛乳を温める時間やタンパク質・脂質といった成分が膜の発生にどのような影響を及ぼしているのかを調べた。さらに、その結果から膜の発生を抑える方法についても考察した。

### 2. 研究方法

#### 【実験 I】

牛乳を温める時間と膜の質量の関係を調べた。

#### (I-1)

##### (手順)

- ① ホットプレートに2リットルの水を入れ、液温が65度になるまで温める。
- ② 4つの200ml ビーカーに牛乳を50ml ずつ入れ、同時にプレートの中央に並べて10分間温め続ける。
- ③ ②のビーカーを取り出し、5分間冷ます。
- ④ 針金を使って膜を取り出し、1日以上自然乾燥させる(図1)。
- ⑤ 乾燥した膜の質量を電子天秤で量り、事前に量っておいた針金の質量を引いて、膜の重さを記録する。
- ⑥ 温める時間を3分ずつ変化させて①~⑤を8回行い、時間ごとに膜の質量の平均値を求めて比較する。

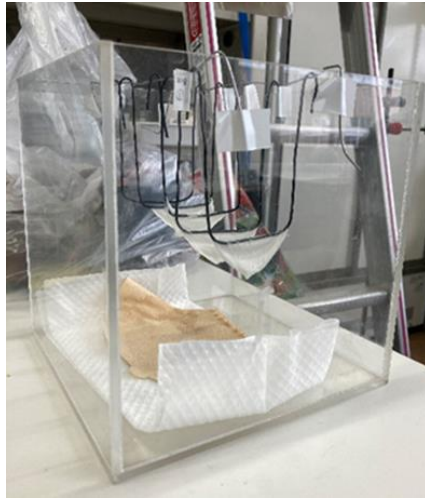


図1 膜を乾燥させている様子

(I-2)水分の蒸発と膜の関係

- ① 牛乳を入れたビーカーにラップをして、加熱する。

【実験Ⅱ】

牛乳の成分(タンパク質量・脂質量)と膜の質量の関係を調べた。

タンパク質量の比較は脂質量が近いという点から、低脂肪牛乳と低脂肪高タンパク牛乳を比較した。脂質量の比較はタンパク質量が近いという点から、成分無調整牛乳、低脂肪牛乳、無脂肪牛乳を比較した(表)。

(手順)

- ① 恒温槽の容器にビーカーが浸かるくらいの水を入れ、液温が65度になるまで温める(図2)。
- ② 4つの200mlビーカーに4種類の牛乳をそれぞれ50mlずつ入れ、同時に恒温槽に入れて20分間温め続ける。
- ③ ②のビーカーを取り出し、5分間冷ます。
- ④ 針金を使って膜を取り出し、1日以上乾燥させる(図1)。
- ⑤ 乾燥した膜の質量を電子天秤で量り、事前に量っておいた針金の質量を引いて、膜の量を記録する。
- ⑥ ①～⑤を5回行い、牛乳の種類ごとに膜の質量の平均値を求めて比較する。

表 200ml 当たりのタンパク質、脂質量

	タンパク質 [g]	脂質 [g]
成分無調整牛乳	6.8	7.8
低脂肪牛乳	7.0	2.0
無脂肪牛乳	6.6	0.2
低脂肪高タンパク牛乳	10.1	2.3



図2 恒温槽でビーカーを温めている様子

### 3. 結果と考察

#### 【実験Ⅰ】

(I-1) 図3のように、牛乳を温める時間が長くなるほど膜の質量は大きくなった。また、グラフの傾きが徐々に緩やかになっていくのは、時間が経つにつれて表面に膜が形成され、蒸発を阻害するため、新たな膜が形成されないからだと考えられる。

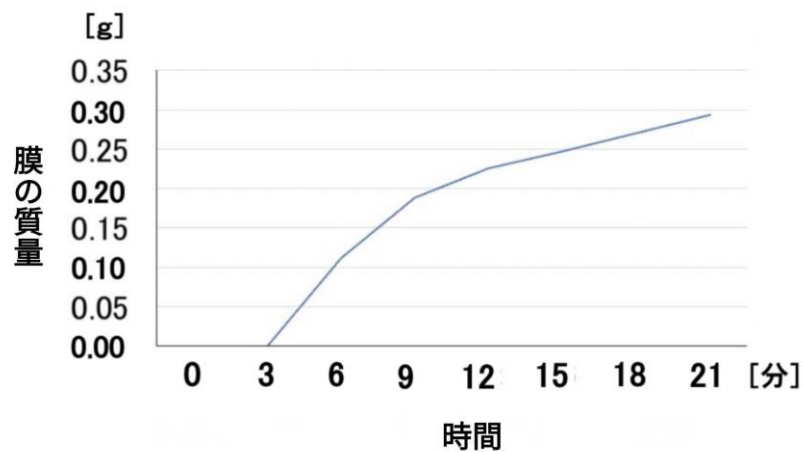


図3 時間による膜の質量の変化

(I-2) 牛乳の膜は形成されなかった。ラップによって水分の蒸発が抑えられたためだと考えられる。

#### 【実験Ⅱ】

<タンパク質量の違いによる膜の質量の比較>

図4のように、低脂肪牛乳よりも、タンパク質量が多い低脂肪高タンパク牛乳のほうが、膜の質量が多くなった。タンパク質は膜の形成を促進していると考えられる。

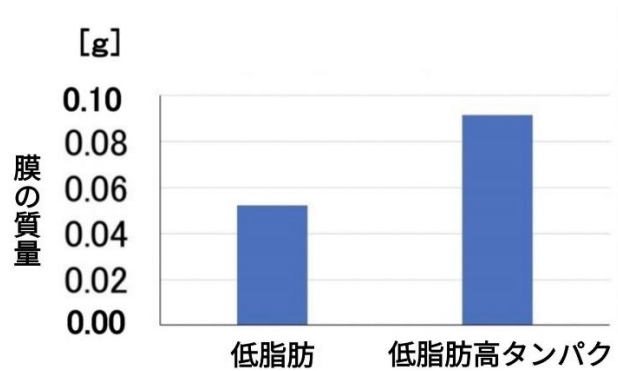


図4 タンパク質量の違いによる膜の質量の比較

<脂質量の違いによる膜の質量の比較>

図5のように、成分無調整牛乳、低脂肪牛乳、無脂肪牛乳の順で、含まれる脂質の量が多いほど、膜の質量も多くなった。脂質は膜の形成を促進していると考えられる。

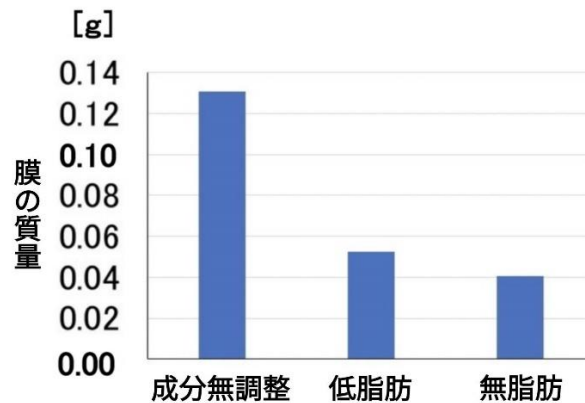


図5 脂肪量の違いによる膜の質量の比較

4. まとめ

以上の実験結果から、牛乳の加熱時間が長い（蒸発量が多い）ほど膜の質量が増加すること、牛乳のタンパク質や脂質の濃度が高くなるほど膜の質量が増加することが明らかになった。この結果を踏まえると、牛乳の膜の発生を抑えるには、温める際にラップなどで蓋をして水分の蒸発を抑えることやタンパク質量・脂質量が少ない牛乳（低脂肪牛乳）を選ぶことが、効果的な方法だと考えられる。今後は牛乳を加熱する温度を変化させたり、別の物質を加えたりと、条件を変えて、膜の発生状況を調べていきたい。

5. 謝辞

大阪教育大学 種田将嗣教授より研究手法などのご助言を頂きました。御礼申し上げます。

6. 参考文献・URL

ゆば形成のメカニズムの解明ならびに品質向上に関する研究（国正重乃，2017）  
 乳と乳製品のQ&A <https://nyukyou.jp>（2021年11月12日閲覧）