



### ○はじめに

牛乳にエタノールを加え凝固させる、アルコールテストという方法が知られている。しかし、アルコールテストで生成する凝固物について、詳しく調べられている研究はほとんどない。

そこで、この凝固物がどのように凝固するのかということに明らかにすることを目的に研究を行った。

### ○結論

牛乳にエタノールを加えると、**カゼイン**と**ラクトース**を主成分とした凝固物が生成する。また、凝固物中の液には、ラクトースが高濃度になって存在しているため、時間の経過とともに**結晶化**する。



### ○実験1 凝固物の主成分の推定

凝固物の成分を明らかにする。

**方法** 1. 牛乳 5 mL にエタノール (99.5%) 10 mL を加え、その容器を 10 回振とうし、凝固物を作った。

2. 凝固物の質量を計測し、食品表示と比較した。

#### 結果・考察

「凝固物の質量 < 成分の組み合わせの質量」(赤文字) となる成分の組み合わせを考えた。

「凝固物の質量 < 成分の組み合わせの質量」となるときの、組み合わせの成分が凝固物の成分だと考えられる。

・無調整牛乳：凝固物の質量 **0.397g**

表1 無調整牛乳の成分

無調整牛乳	5 mL	組み合わせ	質量の和
タンパク質	0.170g	タ+脂	= 0.365g
脂質	0.195g	タ+炭	= <b>0.413g</b>
炭水化物	0.243g	脂+炭	= <b>0.438g</b>
食塩相当量	0.005g	タ+脂+炭	= <b>0.608g</b>
カルシウム	0.006g		

凝固物の主成分 → タンパク質、脂質、炭水化物

・無脂肪牛乳：凝固物の質量 **0.348g**

表2 無脂肪牛乳の成分

無脂肪牛乳	5 mL	組み合わせ	質量の和
タンパク質	0.203g	タ+脂	= 0.213g
脂質	0.010g	タ+炭	= <b>0.503g</b>
炭水化物	0.300g	脂+炭	= 0.310g
食塩相当量	0.005g	タ+脂+炭	= <b>0.513g</b>
カルシウム	0.015g		

凝固物の主成分 → タンパク質、炭水化物

2つの牛乳での比較より、次のように考えられる。

牛乳中の タンパク質 → カゼイン (80%)  
炭水化物 → ラクトース (99.9%)

凝固物の主成分 → **カゼイン、ラクトース**

### ○凝固物生成の仕組みの考察

牛乳にエタノールを加えると親水性の高いエタノールがカゼイン・ラクトースに付着している水分子を奪う → 凝固物が生成  
**カゼイン**

コロイド間の水分子が奪われることで、**コロイド同士が凝集**する。

#### ラクトース

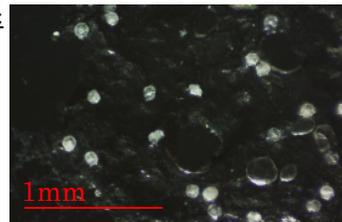
濃度が大きくなることで析出したラクトース分子が規則正しく配列することによって**結晶化**する。

### ○実験2

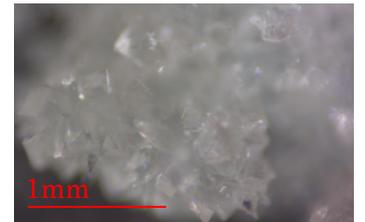
凝固物の形態を顕微鏡で観察する。

**方法** 実験1と同様の方法で作った凝固物(糸あり、糸なし)を時間経過をふまえて反射光で観察する。

#### 結果



実験開始後1か月(糸なし)

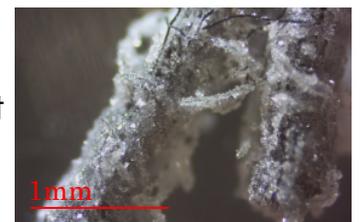


実験開始後2か月(糸なし)

凝固物中に角ばって、光を反射する凝固物がみられ、さらに時間の経過とともに大きくなった。

また糸ありでは、角ばって、光を反射する同様の凝固物がみられた。

→糸の周りに析出する特徴を持つ、結晶の可能性はある。



実験開始後1週間(糸あり)

### ○実験3

結晶がラクトースであるか確認する。

#### 方法

1. 水 2 mL に対し、ラクトースを加え、濃度の違うラクトース溶液をつくり、エタノール 4 mL を加えた。

※濃度は牛乳のラクトース濃度 3.8% 前後のものをつくった。

2. 結晶が析出したか確認した。

#### 結果・考察

ラクトース	0.05g	0.10g	0.15g	0.20g
濃度	2.4%	4.8%	7.0%	9.1%
結晶の析出	△	△	○	○

○目視で結晶を確認

△チンダル現象で結晶を確認



チンダル現象



結晶の析出

牛乳のラクトース濃度前後のすべての条件で結晶が析出した。  
→凝固物中の結晶は**ラクトース**

### ○参考文献

・日本甜菜製糖株式会社飼料事業部低酸度二等乳

[http://www.nitten-feed.jp/tec\\_news/950/](http://www.nitten-feed.jp/tec_news/950/)

・牛乳凝固の化学

[https://www.jstage.jst.go.jp/article/kagakutoseibutsu1962/3/9/3\\_9\\_458/\\_pdf](https://www.jstage.jst.go.jp/article/kagakutoseibutsu1962/3/9/3_9_458/_pdf)