



〇はじめに

牛乳に 1mol/L の水酸化ナトリウム水溶液を加えると、①**白い凝固物**が形成され、溶液が②**黄色く変色**したのち③**赤褐色**になるという現象が見られた。本研究の目的は、牛乳の主成分である、タンパク質、脂質、糖に焦点をあて、これらの現象の原因を解明することである。



〇結論

牛乳に 1mol/L の水酸化ナトリウム水溶液を加えると、白い凝固物が形成され、溶液が黄色く変色した後赤褐色になる原因として、次のことが明らかになった。

<現象>	<関係している成分>	<反応>
①白い凝固物	→ 脂質	— けん化
②黄色への変色	→ タンパク質と糖	— 芳香族アミノ酸の酸化
③赤褐色への変色	→ 糖	— メイラード反応

〇実験 1

<目的> 牛乳の脂質、カゼイン、ラクトースの水酸化ナトリウム水溶液による反応を明らかにする。使用する水酸化ナトリウム水溶液は 1mol/L とし、加える量は 3mL とする。凝固物が形成された場合は質量を計測した。

実験 1-1: 脂質について

牛乳、低脂肪乳、無脂肪乳に水酸化ナトリウム水溶液を加えた。

脂質 + NaOH	0h→2h→5h	凝固物
牛乳(7.6g)	○→●→●	0.312g
低脂肪乳(2.4g)	○→●→●	0.129g
無脂肪乳(0.4g)	○→●→●	0.090g



牛乳 無脂肪乳

牛乳中の脂質の量が減少するにつれて、凝固物の量も少なくなった。

実験 1-2: タンパク質について

牛乳 3mL 中のタンパク質の質量 0.132g を全てカゼインであるとみなし、水酸化ナトリウム水溶液を加えた。

タンパク質 + NaOH	0h→2h→5h	凝固物
牛乳	○→●→●	0.312g
カゼイン	○→●→●	—



カゼイン

時間の経過とともに黄色く変色した。

実験 1-3: 糖について

牛乳 3mL 中の糖の質量 0.147g を全てラクトースとみなし、0.14mol/L の水溶液にし、水酸化ナトリウム水溶液を加えた。

糖 + NaOH	0h→2h→5h	凝固物
牛乳	○→●→●	0.312g
ラクトース	○→○→●	×



ラクトース

時間の経過とともに黄色、赤褐色と変化した。

<考察 1>

- ・脂質 → 凝固物の形成
- ・カゼイン → 黄色の変色
- ・ラクトース → 黄色、赤褐色の変色

※脂質のみによる変色かは不明

〇実験 2

<目的> 牛乳の主成分以外の脂質、タンパク質、糖の水酸化ナトリウム水溶液における反応を明らかにする。実験 1 と同様の方法で行った。

実験 2-1: 脂質について

牛脂、サラダ油、アマニ油に水酸化ナトリウム水溶液を加えた。

脂質 + NaOH	0h→2h→5h	凝固物
牛脂	○→○→○	2.603g
サラダ油	○→○→○	1.640g
アマニ油	○→○→○	1.221g



牛脂

どの脂質にも凝固物が形成された。色の変化は見られなかった。

実験 2-2: タンパク質について

卵白、豆乳とコラーゲン 0.132g に水酸化ナトリウム水溶液を加えた。

タンパク質 + NaOH	0h→2h→5h	凝固物
卵白	○→●→●	×
コラーゲン	○→●→●	×
豆乳	○→●→●	0.197g



豆乳

時間の経過とともに黄色く変色した。

実験 2-3: 糖について

0.14mol/L のマルトース水溶液、グルコース水溶液、スクロース水溶液に水酸化ナトリウム水溶液を加えた。

糖 + NaOH	0h→2h→5h	凝固物
マルトース	○→○→●	×
グルコース	○→○→●	×
スクロース	○→○→○	×



マルトース

時間の経過とともに黄色、赤褐色と変化した。

<考察 2>

- ・凝固物の形成 → 脂質
- ・黄色の変色 → タンパク質と糖
- ・赤褐色に変色 → 糖

〇実験 3

<目的> 凝固物の形成、黄色、赤褐色への変色の仕組みを明らかにする。

実験 3-1: 凝固物について

仮説: 脂質と水酸化ナトリウムによるけん化により凝固物(石鹸)が形成される。

実験方法: ろ過した後の凝固物を再び水に溶かし、ガラス棒でかき混ぜた。

結果: 泡立った。



実験 3-2: 黄色への変色について

仮説: タンパク質中の芳香族アミノ酸の酸化により、黄色に変色する。

実験方法: 実験 1, 2 で使用したタンパク質を酸化させるために酸化剤として 1mol/L の次亜塩素酸ナトリウム水溶液 3mL を加えた。

結果 全てにおいて黄色く変色した。

タンパク質 + NaClO	0h→2h→5h
牛乳	○→●→●
カゼイン	○→●→●
卵白	○→●→●
コラーゲン	○→●→●
豆乳	○→●→●

実験 3-3: 黄色→赤褐色への変色について

仮説: タンパク質と糖のメイラード反応により、牛乳が黄色→赤褐色に変色する。

※メイラード反応の初期状態は黄色であり、高 pH で反応が促進する。

実験方法: 0.1mol/L の水酸化ナトリウム水溶液 3mL を牛乳 3mL に加えた。

結果: 12 時間後でも変色は起こらなかった。

<考察 3>

- ・凝固物の形成 → けん化
- ・黄色の変色 → 芳香族アミノ酸の酸化
- ・黄色→赤褐色の変色 → メイラード反応

〇参考文献

味博士の研究所 <https://aissy.co.jp/ajihakase/blog/archives/6582>

りんたらくと <http://fami.lin.gr.jp/lint/faq/detail/?s=36>

栄養士のための食品化学実験

<http://shokujikken228.hatenablog.com/entry/2013/10/23/110135>

〇謝辞

この研究を行うにあたり、元新潟青陵大学荒井威吉先生、金沢大学太田明雄先生、西村達也先生より、多くの助言をいただきました。この場を借りてお礼を申し上げます。

