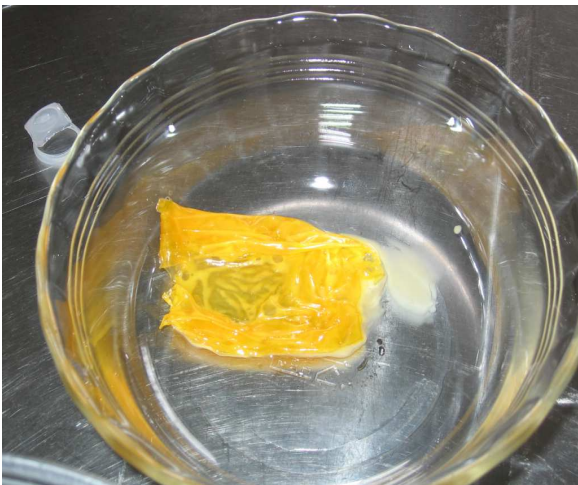


牛乳を温めると、なぜまろくが
できるのか？



愛知県碧南市立中央中学校

今井美由 齋藤由季 池間彩乃

目次

| | |
|--|-----------|
| 1 研究の動機 | 1 |
| 2 研究を始める前に | 1 |
| 学校の先生に聞く | 1 |
| 3 確認実験 | 1 |
| 4 研究の目的 | 3 |
| 5 研究の内容 | 3 |
| 追究1：加熱する温度とまくのでき方について調べる | 3 |
| 実験1：何度でまくができるか調べる | 3 |
| 追究2：牛乳の成分とまくのでき方について調べる | 4 |
| 実験2-1：たんぱく質が関係していると思ひ卵でまくができるか調べる | 5 |
| 実験2-2：水の量を計って調べる | 7 |
| 実験2-3：たんぱく質と脂質を混ぜたらまくができるか調べる | 9 |
| 追究3：混ぜながら冷ますとまくができるかについて調べる | 10 |
| 実験3：加熱した後に混ぜながらだままくができるか調べる | 11 |
| 追究4：どのように冷ますとまくができるか調べた | 12 |
| 実験4：急激に冷やすとまくができるか調べる | 12 |
| 追究5：まくのでき方と空気について調べる | 13 |
| 実験5-1：酸素 二酸化炭素 窒素 が関係しているか調べる | 13 |
| 実験5-2：水蒸気が関係しているか調べる | 13 |
| 追究6：追究5の結果から、まくできる原因が水分の蒸発ならば、再使用の牛乳で 何回でも、まくはできるのではないかと考え、調べることにした | 14 |
| 実験6：1度使ってまくができた牛乳を冷やし、再度温めてまくが できるか調べる | 14 |
| 6 追究のまとめ | 15 |
| 7 終わりに | 16 |

1 研究の動機

私たちは、冬になるとホットミルクをよく飲みます。牛乳を温めると、牛乳の表面にまくができて、飲むときにまくが口についてすごく飲みにくくて、なぜできるんだろうと不思議に思い、時間のある夏休みを使ってまくができる原因を徹底的に調べてみました。

2 研究をはじめる前に

【学校の先生に聞いてみた】

「牛乳を温めて飲んだことがありますか？」と聞いたら、ほとんどの先生が「ある」、と言っていました。次に、「その牛乳にまくができたことがありますか？」と聞いたらほとんどの先生が「まくができたことがある。」と言っていました。その牛乳のまくは、「どうしてできるのだと思いますか？」ということ、6人の先生に質問したら、5つの意見ができました。

家庭科の先生・・・「加熱することでなにかの成分がういてくるんじゃない？」

英語の先生・・・「牛乳の中の成分が熱によってかたまっただけから？」

国語の先生・・・「ある温度に達すると、たんぱく質がかたまる性質があるんじゃない？」

社会の先生・・・「カルシウムがうきあがってくるんじゃない？」

保健の先生・・・「そういう成分が含まれている？」

数学の先生・・・「カルシウムじゃない？」

という意見ができました。

そこで、私たちは研究に入る前に牛乳を温めると本当にまくができるのかを確認し、その様子を観察することにしました。



3 確認実験

本当に牛乳を温めるとまくができるのか？

〈実験方法〉

300ccの牛乳をガスコンロで加熱し温めて、本当にまくができるかを調べる。

〈実験結果〉

加熱している最中はまくができず、火を止めてしばらく放置しておいたらまくができた。
また、加熱を続けたところ、牛乳は固まった。



↑
温めている様子

↑
10分間放置



↑
加熱後10分間放置した後にできたまく

〈考察〉

加熱を止めてから、冷ましているときにまくができる。

牛乳は加熱をすればまくができると考えていました。

しかし、加熱するだけではまくはできなかつた。

牛乳のまくができるのは加熱した後に火を止めて、しばらく放置することでまくができることがわかりました。

4 研究の目的

確認実験から、牛乳にまくができるには加熱するだけでなく、他にも条件が必要であることが分かりました。

そこで、私たちは、「温めた牛乳にまくができる秘密を科学的に解明する」ということを目的に研究を進めることにしました。

5 研究の内容

【追究1】

加熱する温度とまくのでき方について調べる。

〈仮説1〉

確認実験の様子から、まくができる温度に決まりがあるのではないかと。

〈実験1〉

何度まで加熱すればまくができるのかを調べる。

〈実験方法1〉

300ccの牛乳をなべにいれ、ガスコンロでそれぞれ70℃、65℃、60℃、55℃、50℃まで温める。

確認実験から加熱後に冷まさないとまくができないことがわかっているので、それぞれ加熱後に10分間冷ます。その後、まくができていないかを調べる。

次に、まくができた温度とできなかった温度のさかい目を調べるため、1℃単位でまくのできる温度を調べる。

なお、これからの実験の条件をそろえるため、以下の2つの条件を設けた。この2つの条件は、以下共通のものとする。

条件1、使用する牛乳はヤマナカ牛乳 3.6 とする。



条件2、まくができていないかの判別は、網目の細かいたもですくい、一体となっているまくがとれるかどうかで判別する。

〈実験結果1〉

55℃～60℃の間でまくができ、50℃ではできず、55℃より上の温度ではすべての温度でまくができた。次に1℃単位で53℃、54℃、55℃で温めたときに、55℃でまくができた。

このとき、10分間冷やしたあとの温度は、44℃だった。

〈考察1〉

55℃まで温めて、その後放置するとまくができることが分かった。

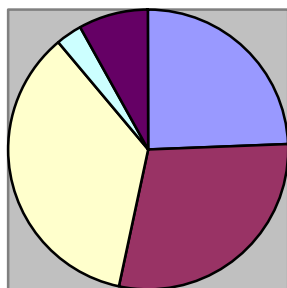
この55℃という温度をもとに、この温度まで達すると、牛乳の成分がまくになるのではないかと考えた。

【追究2】

牛乳の成分とまくのでき方について調べる。

牛乳パックに表記されている成分は以下の通りである。

牛乳の成分



| |
|-------|
| たんぱく質 |
| 脂質 |
| 炭水化物 |
| ナトリウム |
| カルシウム |

| | |
|-------|--------|
| たんぱく質 | 6.8 g |
| 脂質 | 8.0 g |
| 炭水化物 | 9.9 g |
| ナトリウム | 85 mg |
| カルシウム | 227 mg |

100gあたり

〈仮説2〉

牛乳の成分のうち、成分の含有量が多いたんぱく質が関係しているのではないかと考え、まくができるかを調べた。

〈実験2-1〉

仮説2から、たんぱく質の多い卵だと牛乳と同様に55℃程度まで加熱すればまくができるのではないかと考え、まくができるかを調べた。

〈実験方法2-1〉

卵白と卵黄をわけて、300ccの水と混ぜて加熱した。
加熱後、10分間冷まし、まくができるかを確かめた。

〈実験結果2-1〉

卵白は、白くなって、固体になったが、まくはできなかった。

卵黄は、加熱してすぐ、鍋のまわりに固体ができたが、やはりまくはできなかった。

10分後の冷ましたときの温度は、卵黄は50℃。卵白は49℃。



〈考察 2-1〉

今回の実験でまくができなかったのは、牛乳におけるたんぱく質の割合と、卵におけるたんぱく質の割合が異なるため

まくができなかったのではないかと考えた。

そこで、インターネットで、卵の成分の割合を調べた。

| 主な成分 | 単位 | 全卵(100g) | 卵黄(100g) | 卵白(100g) |
|---------|------|----------|----------|----------|
| エネルギー | kcal | 162 | 363 | 48 |
| 水分 | % | 74.7 | — | — |
| たんぱく質 | g | 12.3 | 15.3 | 10.4 |
| 脂質 | g | 11.2 | 31.2 | — |
| 糖質 | g | 0.9 | 0.8 | 0.9 |
| 炭水化物 | g | 0.9 | 1.7 | 0.7 |
| カルシウム | mg | 55 | 140 | 9 |
| リン | mg | 200 | 520 | 11 |
| 鉄分 | mg | 1.8 | 4.6 | 0.1 |
| ナトリウム | mg | 130 | 40 | 180 |
| カリウム | mg | 120 | 95 | 140 |
| マグネシウム | mg | 10 | 10 | 10 |
| 亜鉛 | mg | 1.4 | 3.9 | 0.02 |
| ビタミンA効力 | IU | 640 | 1800 | 0 |
| ビタミンB1 | mg | 0.08 | 0.23 | 0.01 |
| ビタミンB2 | mg | 0.48 | 0.47 | 0.48 |
| ビタミンD | IU | 10 | 30 | 0 |
| ビタミンE | mg | 1.1 | 3.2 | 0 |
| ビタミンK | μg | 12.0 | 32.0 | 1.0 |
| ナイアシン | mg | 0.1 | — | 0.1 |

卵白には100g中にたんぱく質が10.4g、卵黄には15.3g入っており、牛乳には6.8gまでであるので、割合が異なることがわかる。そこで、牛乳のたんぱく質の割合と同程度の割合にして、卵にまくができるかを検証してみることにした。

〈仮説 2-2〉

牛乳のたんぱく質の成分割合と同じにしたら、卵にもまくはできるのではないか。

〈実験 2-2〉

卵白、卵黄ともに、水で薄めて牛乳のたんぱく質の割合と同程度にして、加熱するとまくができるかを調べる。

〈実験方法 2-2〉

まず、卵白、卵黄ともにどれだけの水を入れれば牛乳と同程度のたんぱく質の割合になるか調べた。

※ 牛乳に含まれるたんぱく質・・・100 g あたり 6.8g = 6.8%

◎ 卵白

卵白 100 g に含まれるたんぱく質の量・・・10.4g

たんぱく質 10.4g ÷ (卵白 100g + 水 Xg) × 100 = 6.8%

X = 約 53 g



卵白 100 g に水 53g を入れると、牛乳と同程度のたんぱく質の割合になる。

◎ 卵黄

卵黄 100 g に含まれるたんぱく質の量・・・15.3 g

たんぱく質 15.3 g ÷ (卵黄 100 g + 水 Y g) × 100 = 6.8%

Y = 約 125 g

卵黄 100 g に水 125 g を入れると、牛乳と同程度のたんぱく質の割合になる。
以上のことから、次のア、イの方法で実験した。

ア 水 53 g に卵白約 100 g (卵約 4 個分) を入れてよく混ぜ、加熱する。

イ 水 125 g に卵黄約 100 g (卵約 5 個分) を入れてよく混ぜ、加熱する。

〈実験結果 2-2〉

ア. 卵白は、なべの底で固体ができておりまくはなかった。全体的に白かった。

イ. 卵黄は、鍋のそこに固体できていて、表面にまくができた。



ア

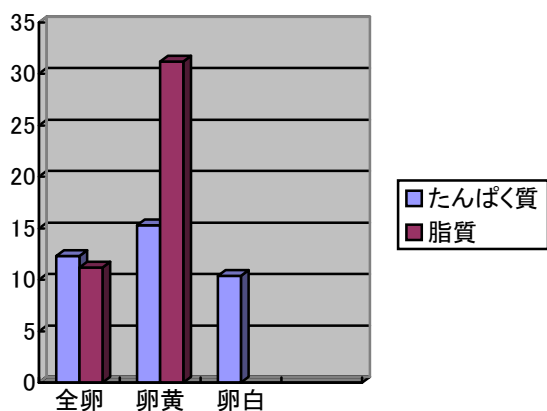
イ

〈考察 2-2〉

卵白にはまくはできずに、卵黄には表面にまくができていた。温度も実験結果 1 とほぼ同じのため、卵黄でできたまくと、牛乳にできたまくは同じではないかと思われる。

また、卵白にまくができず、卵黄にはまくができたことから、何か成分に違いがないかと考え、成分表を見たところ、卵白には脂質がなく卵黄には入っていた。

卵の成分のたんぱく質と脂質



| | 全卵 | 卵黄 | 卵白 |
|-----------|------|------|-------|
| たんぱく質 (g) | 12.3 | 15.3 | 10.4 |
| 脂質 (g) | 11.2 | 31.2 | ----- |

100 gあたり

〈仮説 2-3〉

実験 2-2 の結果からまくができる条件には、脂質が関係しているのではないかと。

〈実験 2-3〉

まくのできなかった卵白に、脂質を混ぜたらまくができるかを調べる。

〈実験方法 2-3〉

牛乳のたんぱく質と脂質の割合を調べ、卵白にサラダ油と水を入れて、たんぱく質と脂質をそれぞれ牛乳と同程度の割合にして加熱する。

※牛乳の脂質・・・100 gあたり 8.0 g = 8%

水・・・x g、油・・・y g、卵白・・・100 g とすると

$$\textcircled{1} \text{たんぱく質 } 10.4\text{g} \div (100\text{g} + x\text{g} + y\text{g}) \times 100 = 6.8\%$$

$$\textcircled{2} \text{脂質 } y\text{g} \div (100\text{g} + x\text{g} + y\text{g}) \times 100 = 8\%$$

①と②を解くと、x・・・水約 41 g y・・・油約 12 g となる。

そこで、卵白 100 g に水 41 g、サラダ油 12 g をよく混ぜて加熱した。

〈実験結果 2-3〉

加熱後、10 分間冷ましたら脂質が浮いていたが、まくはあった。また、なべの底には、固体もあった。下は、たもで、まくをすくっている写真であり、赤い丸の部分がまくである。



〈考察 2-3〉

まくの成分はたんぱく質と脂質の組み合わせたものであると考えられる。まくができる成分はわかったので、次に冷まし方に着目した。

【追究 3】

混ぜながら冷ますとまくができるかについて調べる。

〈仮説 3〉

成分を固まらせないように混ぜたらまくはできないのではないか

〈実験3〉

加熱したあとに、混ぜながら冷ますとまくができるか調べる。

〈実験方法3〉

牛乳 300 c c を 55℃まで加熱をしたあと火を止め、はしでかき混ぜながら 10 分間冷ました。

〈実験結果3〉

まくは、できなかった。

10 分後の冷ましたときの温度は、45℃。

〈考察3〉

混ぜながら冷やすとまくはできないことがわかった。まくができるには放置したまま冷まさなければならないことがわかった。

これは何となく予想していた通りだったが、加熱するだけではまくができず冷まさないとまくができないことがはっきりしなかったため、さらに冷まし方について追究していくことにした。



【追究4】

どのように冷ますととまくができるかを調べる。

〈仮説4〉

冷やされたところでまくができるのではないか。

〈実験4〉

まぜながらだとまくができず放置するとまくができるのは、空気にふれているところが冷やされてそこだけまくができるからだと考えた。そこで、なべごと急激に冷やしたとき、なべの面にそってまくができるのかどうかを調べる。

〈実験方法4〉

ボールに氷水をはり、そこに 55℃まで加熱した牛乳をなべごとつけて急激に冷やした。

〈実験結果4〉

鍋の底と、牛乳の表面にまくはなかった。
10分後の冷ましたときの温度は、16℃。

〈考察4〉

私たちは、加熱した後冷やされていることでまくができると考えたが、鍋の底にも表面にもまくはできなかつた。よって、まくのできる原因は温度変化によるものだけではないことがわかった。この実験の時に、ふたをしたままにしておいたので、まくができる原因は触れる空気と関係があるのではないか、特に酸化ではないかと考えた。



【追究5】

まくのでき方と空気について調べる。

〈仮説5-1〉

空気中の成分が特に酸素と結びついて酸化しているのではないか。

〈実験5-1〉

酸素、二酸化炭素、窒素が関係しているかを調べる

〈実験方法5-1〉

55℃まで加熱し、火を止めたら、それぞれの気体を実験用ポンベを使って鍋の中に十分に入れる。ふたをして10分間冷まし、まくができるかを調べる。

〈実験結果5-1〉

どの気体でもまくはできなかった。

〈考察5-2〉

まくの原因は酸化ではなかった。また、他の空気の成分との反応でもなかった。このことから、ふたをしたままだと冷ましてもまくができず、気体との反応でもないことがわかった。なので、ふたをしているときと、していないときの違いとして、水蒸気関係しているのではないかと考えた。

〈仮説5-2〉

実験5-1から、水蒸気が飽和している状態ではまくはできず、蒸発できる状態ではまくができるのではないか。

〈実験5-2〉

水蒸気で飽和にした状態、飽和に達していない状態でまくのでき方を調べる。

〈実験方法 5-2〉

鍋に水を入れふたをし、加熱して湿度を高くする。

牛乳は300cc計り、70℃まで加熱した。その後、50ccを2つの容器に入れ、1つを湿度の高いなべの中に入れ、もう1つは室内に10分間放置した。

その時のなべの中は、40℃。湿球は、40℃。そのため、湿度は100%。

室内の湿度は、乾球31℃。湿球が、27℃。そのため、湿度は72%。である。

〈実験結果 5-2〉

湿度が高い方は、まくはなかった。湿度が低い方は、まくがあった。

10分後の冷ましたときの温度は、湿度が高いほうは、42℃。湿度の低いほうは、38℃。

〈考察 5-2〉

まくのできる原因は温度が高いとまくができず、温度が低いとまくができたことから、加熱後、表面の水分が蒸発してまくのできるのではないかと考えた。

そのため、ふたをしておくと飽和してしまい、蒸発がすすまないためまくができないのであろうと考えられる。

【追究 6】

追究5の結果から、まくのできる原因が水分の蒸発ならば、再使用の牛乳で何回でも、まくはできるのではないかと考え、調べることにした。

〈仮説 6〉

1度まくを作り、取り去った残りの牛乳でも、さらに加熱し冷ませば表面にまくのできるのではないか。

〈実験 6〉

1度まくができた牛乳でも再びまくができるか調べる。

〈実験方法 6〉

1度使ってまくができた牛乳からまくを取りのぞき、再度温めてまくができるかを調べる。

〈実験結果6〉

1度まくができた牛乳でも、まくができることが分かった。再使用でもまくの量は、同じだった。



〈考察6〉

55℃まで温めてその後冷ますと何度でもまくができることが分かった。牛乳は成分が均一になっており、その表面で水分が蒸発することで、まくができる。そのため、まくをとりのぞき再度加熱することで再び蒸発がおき、まくができると考えられる。

6 追究のまとめ

- ・ 追究1から、55℃まで加熱し、その後冷ますとまくができることが分かった。なので、まくができるには55℃以上まで熱し、その後冷ますことが必要である。
- ・ 追究2から、まくのできる成分は、たんぱく質と脂質ということが分かった。
- ・ 追究3から、冷やす時に混ぜながらだと、まくはできないことが分かった。
- ・ 追究4から、急激に冷やしても、まくはできないことが分かった。また、冷やした部分にまくができるわけではないことが分かった。
- ・ 追究5から、まくができる原因は、水分の蒸発であることが分かった。
- ・ 追究6から、一度まくのできた牛乳でも再びまくはできて、そのときのまくの量は、はじめと同じだということが分かった。

以上のことから、まくのできないホットミルクを作るには、55℃以上あたためないか、加熱後混ぜながら冷ますか、ラップなどでふたをしておけばよいことがわかった

7 終わりに

なかなか、うまくいかなかったこともあったけど、みんなで意見をだしあって協力できた。実験をしているなかで、私たちの仲は実験前より、深まった。

実験で牛乳をいっぱい使い、あたためたときのおいがきつかったのが牛乳が、苦手になってしまった。

実験は、予想通りにはいかなかったこともあったけど、そのおかげで実験が成功した時は、すごく嬉しかった。みんなで最後まで、研究をやりぬくことができ、良かった。ほかにも興味がわいて、たんぱく質や脂質が入ったものでもまくはできるか、調べてみたいと思った。

