

卵の不思議Ⅲ ～卵白（たんぱく質）の変性～

沼津市立金岡中学校
1年 中村 彩友香

1 動機

『卵の不思議Ⅰ』の研究で、卵のカラを酸で溶かし、中が透けて見える状態でゆでた時、沸騰するかなり前から白くなっていたことに着目。一体何度で固まるのか？卵黄と卵白に差があるのか？など、実際に確認しようと思った。そのことがきっかけとなり、実験するたびに生まれた新たな疑問、たんぱく質の変性する温度、熱変性以外の変性、変性した卵白を溶かす、など実験して確認しようと思った。

2 研究

(1) 研究1-A 卵白と卵黄は何度で固まるのか？

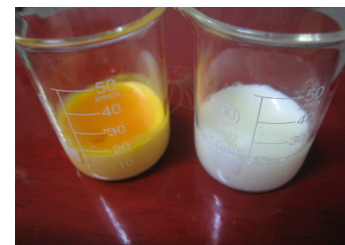
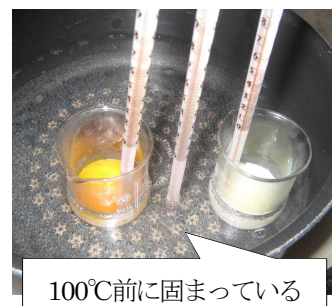
ア 方法

- (ア) ビーカーに卵白、卵黄をわけると (18ml 卵黄の量に合わせる)。
- (イ) 鍋に水をはり、2つを入れる。
- (ウ) 外の水の温度が、30、40、50、60、70、80、90、100℃の時の卵白、卵黄の様子を観察する (その時の温度も計る)。

イ 実験

(卵黄と卵白の温度による変化) (□)

外の水	卵黄		卵白	
30	30	変化なし	30	変化なし
40	36	変化なし	36	変化なし
50	43	混ぜるとレモン色のうず	42	変化なし
60	53	下の方が固い	53	下の方が白くなる
70	59	全体的に固く、動かない	64	下の方だけ白い
80	65	固まる	69	下半分が白い
90	74	変化なし	80	固まる
100	82	変化なし	86	変化なし



ウ 結果

卵黄は 43℃ で固まり始め、65℃ で完全に固まった。

卵白は 53℃ で固まり始め、80℃ で完全に固まった。

よって、卵黄と卵白は、固まる温度に差があり、卵黄の方が早く固まることがわかった。

エ 考察と新たな疑問

予想通り、100℃前で固まっていた。参考のために外の水の温度も計っていたが、ビーカーの中と外の温度には、約5℃～10℃の差があった。この温度差は、ビーカー(ガラス)の熱の伝わり方に原因があるのか？卵黄や卵白が原因か？確認しようと思った。

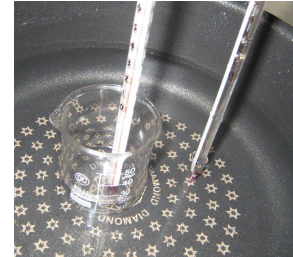
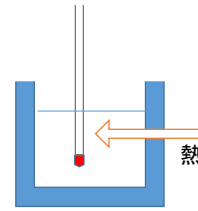
(2) 研究1-B ビーカー(ガラス)の中と外の温度は、なぜ違うのか？

ア 方法

- (ア) 卵黄と卵白を水に変えて、研究1-Aと同じ実験をして結果を比較する。
 (イ) ビーカーが原因の場合、中を水に変えても同じように $-5 \sim -10^{\circ}\text{C}$ の差が出る。
 一方、卵黄や卵白が原因の場合、ビーカーの中と外は同じ温度になる。

イ 実験

外の水	卵黄		卵白		ビーカーの中の水	
30	30		30		30	
40	36	(-4)	36	(-4)	36	(-4)
50	43	(-7)	42	(-8)	47	(-3)
60	53	(-7)	53	(-7)	56	(-4)
70	59	(-11)	64	(-6)	66	(-4)
80	65	(-15)	69	(-11)	75	(-5)
90	74	(-16)	80	(-10)	84	(-6)
100	82	(-18)	86	(-14)	91	(-9)



研究1-Aの結果

ウ 結果と新たな疑問

ビーカー（ガラス）が原因で、外の水より約 5°C 低くなる。
 卵黄や卵白が固まり始めると、さらに熱は伝わりにくくなる（ -10°C 以上）。

※研究は、ビーカーの中の温度を基準とする

卵黄、卵白、水のうち、水だけが元の状態になった。卵黄、卵白は元に戻らないのか？

(3) 研究2 卵白は何度から変性するのか？（何度までなら元の状態に戻るのか？）

ア 方法

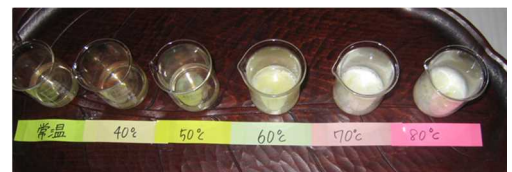
- (ア) ビーカーに卵白（18ml）を6個用意する。
 (イ) 1つ残し、水の入った鍋に入れる。
 (ウ) 水の温度を上げていき、30、40、50、60、70、 80°C になった時点で、1つずつ取り出して観察する。
 (エ) そのまま1日おき、元の状態に戻るか観察する。



イ 実験と結果

- 40°C ・・・変化なし。
 50°C ・・・白い部分が出てきた。
 60°C ・・・下の方が全体的に白い。
 70°C ・・・下半分が白く固まる。上はゼリー状
 80°C ・・・完全に固まる。

1日後、白い部分はそのまま、元に戻らなかった。
 よって、 40°C までは変性しないことがわかる。



(4) 研究3-A 熱以外で卵白（たんぱく質）を変性させるものがあるか？

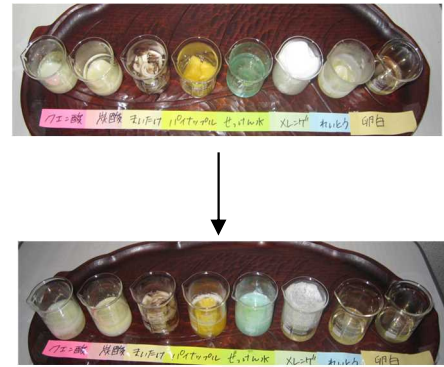
ア 方法

卵白（たんぱく質）に色々な刺激を加え、変性するか調べる。

- (ア) ビーカーに卵白（18ml）を8個用意する。
 (イ) 変性しそうなもの（15g）を入れて変化を確認、1日おいて様子を見る。
 〈クエン酸・炭酸・まいたけ・パイナップル・せっけん・メレンゲ・冷凍〉
 (ウ) 元に戻らなかったら変性したとする。

イ 実験

	5分後	30分後	1時間後	1日後
クエン酸	固まりだす	二層（下に卵白）	変化なし	固まって動かない
炭酸	固まりだす	二層（上に卵白）	変化なし	炭酸が沈む
まいたけ	小さな泡がある	変化なし	変化なし	泡だっている
パイナップル	小さな泡がある	変化なし	変化なし	泡だっている
せっけん	二層（下に卵白）	変化なし	変化なし	混ざっている
メレンゲ	変化なし	下に卵白（さらさら）	変化なし	下に卵白、泡残る
冷凍	溶け始める	溶ける（水っぽい）	変化なし	<u>元に戻る</u>
卵白 ※比較の為	変換なし	変化なし	変化なし	変化なし



ウ 結果と新たな疑問

冷凍以外は変性しているように見える。見た目は変化しているが、実際に中のたんぱく質の量はどうなっているのだろうか？

(5) 研究3-B 卵白の中のたんぱく質の量は変化したのか？

ア 方法

研究3-Aの結果に『たんぱく検査薬（尿検査用）』をつける。※卵白は緑(++)

イ 実験と結果

	色	たんぱく	たんぱく質の量
クエン酸	黄	—	たんぱく質がない
炭酸	青	?	不明
まいたけ	うす緑	+	たんぱく質が少ない
パイナップル	うす緑	+	たんぱく質が少ない
せっけん	黄緑	±	ほぼ分解している
メレンゲ	こい緑	+++	成分が濃い
冷凍	緑	++	変化なし
卵白 ※比較の為	緑	++	



たんぱく検査薬の結果、左表のような違いがあることがわかった。

ウ 考察と新たな疑問

たんぱく質がなくなったら、ゆでても固まらないのか？（固まり方に変化があるのか？）

(6) 研究3-C たんぱく質がなくなったら、卵は固まらないのか？

ア 方法

研究3-Bの結果に熱を加え、たんぱく質の量と固まり方の関係を確認する。

イ 実験と結果

	固まり方	たんぱく量
クエン酸	色の変化はない・ゆるくなった	黄 (-)
炭酸	白い部分がある・あふれた	青 (?)
まいたけ	白い部分がまだら	うす緑 (+)
パイナップル	白い部分がまだら	うす緑 (+)
せっけん	白い部分がまだら	黄緑 (±)
メレンゲ	<u>白く固まる（早く固まる）</u>	こい緑 (+++)
冷凍	白く固まる	緑 (++)
卵白 ※比較の為	白く固まる	緑 (++)

クエン酸は、たんぱく質がないので、固まらなかった。まいたけ、パイナップル、せっけんは、たんぱく質が少ないので、白い部分がまだらで完全に固まらなかった。メレンゲは、卵白より早く固まった。

よって、たんぱく質の量によって、固まり方に違いがあることがわかった。

(7) 研究3-D 熱以外で卵白(たんぱく質)を変性させるものがあるか?(パート2)

ア 方法

研究3-A~Bと同じ方法で、塩、にがり、みょうばん、エタノールについても調べる。

イ 実験

	開始直後	→	1日後	たんぱく量	固まり方 ※終了(80℃)
塩	二層(塩が下)	→	卵白がさらさら	黄(-) 緑(++)	シャリシャリ固まる
にがり	二層(にがりが上)	→	変化なし	黄緑 土	牛乳プリンのようにゆるく固まる
みょうばん	かき混ぜるとクリーム状	→	変化なし	黄 (-)	クリーム状のまま・下の方だけ固い
エタノール	入れた瞬間、白くなる	→	変化なし	青 (?)	80℃で沸騰した
卵白 ※比較の為	変換なし	→	変化なし	緑(++)	固まる

ウ 考察

たんぱく質は、色々なもので変性してしまう繊細なものだとわかった。
一度変性したたんぱく質は、二度と戻らないのだろうか?

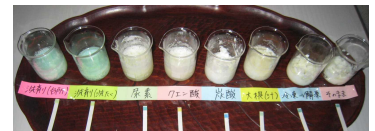
(8) 研究4-A 熱で変性された卵(ゆで卵)を溶かす

ア 方法

- (ア) 熱を加えた卵白(18ml)を8個作る。
- (イ) 卵白(たんぱく質)を溶かしそうなものを入れて、よく混ぜる。
- (ウ) 一日おいて様子を見る(検査薬でたんぱくの量も確認)。

イ 実験

	5分後	1日後	たんぱく量
洗剤(台所)	溶けている。つぶつぶした白い固まりがある	変化なし	黄緑(土)
洗剤(洗たく)	台所洗剤より小さなつぶつぶ	変化なし	黄緑(土)
尿素	白いかたまりがない。シャーベット状	ゼリー状。常温に戻る	こい緑(+++)
クエン酸	尿素より水っぽい	ジョリジョリ	黄(-)
炭酸	水気がなく、ポソポソ	ふわふわ	青(?)
大根汁	細かい白いかたまりがたくさん	変化なし	うす緑(+)
冷凍→解凍	水気がなく、シャキシャキ	卵白と変わらない	緑(++)
卵白 ※比較の為	変換なし	変化なし	緑(++)



白いかたまりがなくなり、タンパク質の反応もあったのは、尿素だけだった。
尿素を入れた時、温度が下がっていた。(吸熱反応)

ウ 考察

尿素有量を変えたら、生卵に近い状態になるのか?

(9) 研究4-B 尿素有量による溶け方の違いと温度変化

ア 方法

研究4-Aと同様に卵白を作り、尿素を10%きざみで入れ様子をみる。

イ 実験

尿素	温度	5分後	2時間後
0%	40℃	変化なし	変化なし
10%	38℃	変化なし	変化なし
20%	35℃	少し湿っぽい	透明な部分がない
30%	32℃	透明と白が混ざっている	少し透明
40%	26℃	液体と塊があってゴツゴツ	白い部分が残っている
50%	23℃	所々かたまりがある	少し白い部分がある
60%	18℃	かたまりが少ない	ほぼ透明
70%	15℃	白いかたまりがなく、シャーベット状	ゼリー状。透明



60%より少ないと白い部分が残る。
70%より多いとゼリーのように固まってしまう。

3 まとめと感想

今回の研究で、たんぱく質は、熱や色々なもので変性してしまう繊細なものだとわかった。
また、変性してしまうと元に戻らないことを学んだ。尿素を使って卵白を溶かしてみたが、たんぱく質は残り、ゼリー状だったものの、生卵にはほど遠い(食べられそうにない)。

変性を元に戻せれば、医療や料理など、可能性が広がると思うので、あきらめず研究したい。