

豆乳の固まり方～ミネラルによる違い～

班員 金森 かずか、久水 あかり、菅原 みゆき、山本 花
担当教諭 池田 智恵

キーワード：豆乳、固体化、凝固、ミネラル、ゲル化

Soy milk was heated at different temperature. After that, it was added to calcium chloride, magnesium chloride, and bittern. Then, the mass of the resulting substance was measured. The mass of substance formed by bittern soy milk was the lowest. The difference in results between different mixture was not due to differences in pH or the presence of sodium.

1 はじめに

豆乳に塩化カルシウムや塩化マグネシウムが主成分であるにがりを加えると豆腐になる。これは、タンパク質のゲル化がおこるためである。ゲル化とは、加熱されたことによってほどけたタンパク質に、凝固剤であるマグネシウムイオンやカルシウムイオンを加えることで液体が固体や半固体に変化することである(図1、図2)。

そこで、本研究では豆乳に塩化カルシウム水溶液や塩化マグネシウム水溶液をそれぞれ加えた場合、にがりを加えた場合との間にゲル化がおこる様子に違いはあるか、またその違いは何が原因でおこるかを調べることを目的とした。

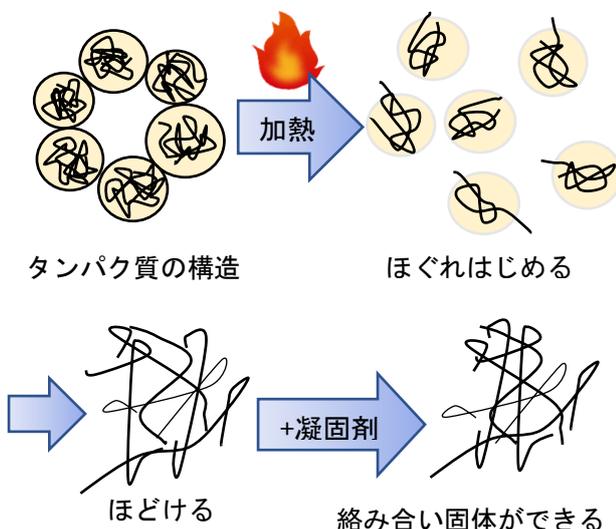


図1 豆乳の凝固特性

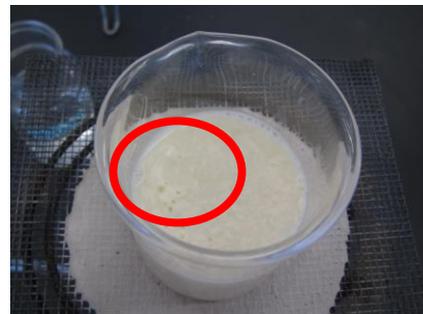


図2 豆乳が凝固した様子

2 実験に用いた材料

- ・市販の豆乳(キッコーマン調整豆乳)
- ・塩化カルシウム水溶液(1mol/L)
- ・塩化マグネシウム水溶液(1mol/L)
- ・にがり

使用したにがりの主成分が塩化マグネシウムだった。そこで、にがりに含まれるすべての物質が塩化マグネシウムだと仮定し、塩化マグネシウムの分子量を利用してにがりの濃度も1mol/Lに調整した。

3 実験の目的と方法

【実験1】3種類の溶液によって生成される凝固物の質量の比較

目的

塩化カルシウム水溶液、塩化マグネシウム水溶液、にがりによって凝固する豆乳の質量の違いを調べる。

仮説

凝固する質量はすべて等しくなる。

方法

90度に加熱した豆乳50mLに塩化カルシウム水溶液、塩化マグネシウム水溶液、にがりのいずれかの溶液を25mLずつ加えた。アルミホイルとシャーレで蓋をし、30分放置した。その後、吸引ろ過器でろ過し、凝固物のみを取り出した(図4、図5、図6)。ろ紙に残ったすべての物質を乾燥させた後、精密量りを使って質量を量った。これを4回行い、平均値を求めた(図7)。



図4 アルミホイルとシャーレで蓋をした様子



図5 吸引ろ過器

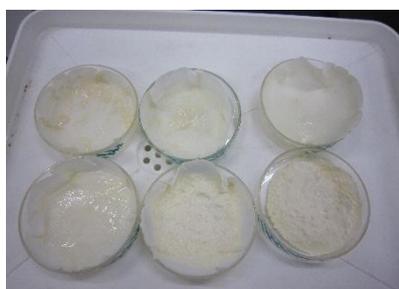


図6 生成した固体(乾燥前)

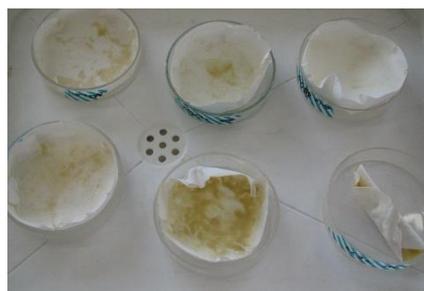


図7 生成した凝固物(乾燥後)

【実験2】 溶液のpHが生成される固体の質量に与える影響の有無

目的

それぞれの溶液の、pHの値と凝固した質量には関係があるのか調べる。

仮説

pHの値が小さいほど凝固する質量が大きくなると考えたため、塩化カルシウムのpHの値が最も小さくなる。

方法

実験1で用いた塩化カルシウム水溶液、塩化マグネシウム水溶液、にがりの3種類の溶液のpHをpH測定器で測った。

【実験3】 ナトリウムイオンが生成される凝固物の質量にあたる影響の有無

目的

にがりに含まれるナトリウムイオンが凝固した質量に影響したのか調べる。

仮説

塩化ナトリウムが豆乳の凝固を阻害するため、凝固する質量は実験1よりも小さくなる。

方法

塩化ナトリウム水溶液を加えた水溶液を、塩化カルシウム水溶液、塩化マグネシウム水溶液のかわりに用いて実験1と同様に凝固物

の量を比較した。成分規格の含量について、にがり等の海水が原料の食品に関して、ミネラルであるナトリウムの含量が6.5%未満だった場合、表記しなくてもよいというきまりがあった。そこで、使用したにがりには6.5%未満のナトリウムが含まれているのではないかと考え、実験3で溶液全体の6%を塩化ナトリウム水溶液がしめるように塩化カルシウム水溶液と塩化マグネシウム水溶液にそれぞれ加えた(図8)。

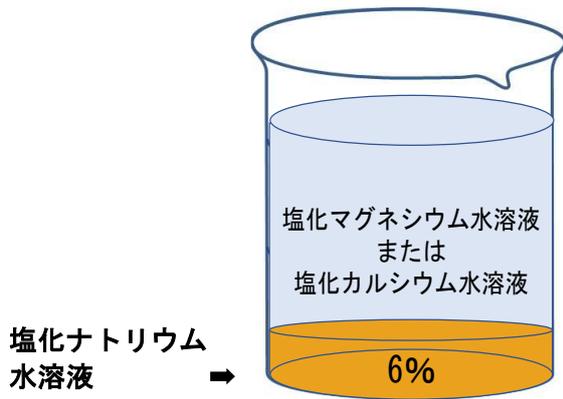


図8 実験3の溶液の調整方法

4 結果と考察

【実験1】

結果

凝固した質量は、塩化カルシウムが 3.58 ± 0.989 g、塩化マグネシウムが 2.97 ± 0.799 g、にがりが 1.36 ± 0.363 gになった。

質量は、塩化カルシウムが最も大きく、にがりが最も小さくなった。

標準偏差は、にがりが最も小さくなった(図9)。

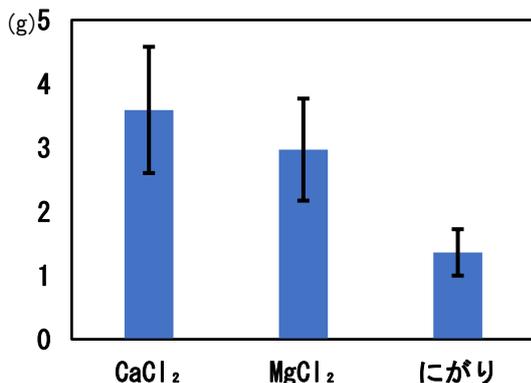


図9 生成した固体の乾燥重量

考察

塩化カルシウムや塩化マグネシウムでも豆乳の凝固は起こり、その質量は、にがりよりも大きくなった。そこで、pHが豆乳の凝固する質量に影響しているため、塩化マグネシウムと塩化カルシウムの凝固物の質量が大きくなったと考えた。あるいは、にがりに含まれるナトリウムイオンが豆乳の凝固を阻害したため、にがりの凝固物の質量が小さくなったのではないかと考えた。

【実験2】

結果

塩化カルシウム水溶液のpHは5.28、塩化マグネシウム水溶液は4.98、にがりは4.78となった(表1)。

表1 3種類の溶液のpHの値

溶液	pH
CaCl ₂	4.98
MgCl ₂	5.28
にがり	4.78

考察

pHの値は、にがり、塩化カルシウム水溶液、塩化マグネシウム水溶液の順に大きくなったが、生成した質量は、塩化カルシウム水溶液、塩化マグネシウム水溶液、にがりの順に大きくなった。このように、溶液のpHと生成される凝固物の質量に関係はみられず、したがって、pHによる影響はないと考えられる(図10)。

また、pHが豆乳の凝固する量に関係していないならば、にがりに含まれるナトリウムイオンが関係しているのではないかと考えた。

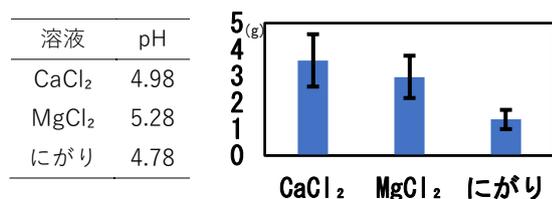


図10 実験1の結果と実験2の結果の比較

結果

生成された固体の質量は、塩化カルシウム水溶液と塩化ナトリウム水溶液の混合液は4.74 ± 0.36 g、塩化マグネシウム水溶液と塩化ナトリウム水溶液の混合液は4.09 ± 0.313 gとなった。どちらも実験1の結果よりも大きくなった。また、標準偏差はどちらも実験1よりも小さくなった(図11)。

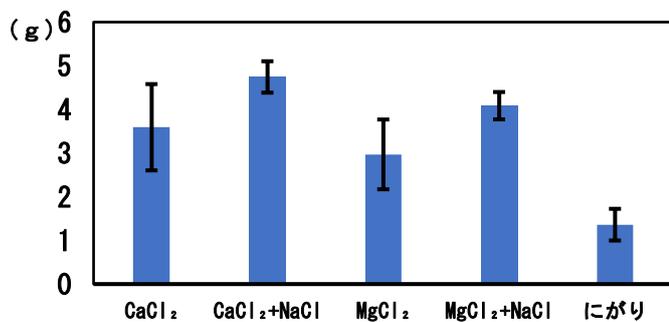


図11 生成した固体の乾燥重量

考察

どちらの場合も、塩化ナトリウムを加えた方が凝固物は多く生成された。このため、ナトリウムイオンは豆乳の凝固を阻害していないと考えられる。

にがりにはナトリウムイオン以外に、カリウムイオン、鉄イオンなどのミネラルが含まれており、これらが豆乳の凝固を阻害しているのかもしれない。

また、標準偏差が実験1より小さくなったことから、ナトリウムイオンには豆乳の凝固量を安定化させるはたらきがあるのではないかと考えた。

5 結論

にがりの主成分である塩化カルシウム、塩化マグネシウムでも反応はおこり、生成された凝

固物の質量はにがりより大きくなることがわかった。

また、pHは生成される固体の質量に与える影響はないと考えられる。

ナトリウムイオンは豆乳の凝固を阻害しているとはいえない。また、豆乳の凝固を安定しておこす可能性があると考えられる。

6 今後の課題

塩化ナトリウムに次いで塩化カリウムの含有量が多いので、塩化ナトリウムのかわりにミネラルである塩化カリウムを用いて実験を行い、豆乳のゲル化を阻害しているのか調べる。

ナトリウムイオンが本当に生成される凝固物の質量を安定化させる働きがあるのか確かめるために実験回数を増やして、結果をより正確にする。

7 参考文献

- 科学の目で見た伝統食品～豆腐の化学～.
東工大Science Techno
<https://tmp.t-scitech.net/history/miraikan/shokuhin/kouzou2.html>
(参照2022-01-19)

渡辺 篤二, 阿部 和可. 各種酸類及び塩類による豆乳の凝固について. 日本食品工業学会誌第9巻第4号. 1962. p158-161.