

ラムスデン現象の膜生成に対する阻害方法

班員 池田 陽翔、小石 丈琉、島田 英嗣、宮田 さつき
担当教諭 福光 英徳

キーワード：ラムスデン現象、牛乳、塩析、親水基

We conducted research on how to inhibit the production of scum on milk called the Ramsden phenomenon. We found that this phenomenon is inhibited by reducing evaporation and salting out..

1 はじめに

ラムスデン現象とは、たんぱく質と脂肪を含む液体を加熱することにより、表面に膜ができる現象である。ラムスデン現象において、膜の生成を阻害する方法と発生要因の解明を目的とし研究した。「3 塩化ナトリウム量と膜生成量の関係」では、溶質粒子が直接膜の生成を阻害すると考えて、塩化ナトリウムを加えた。

「4 リン酸アンモニウム量と膜生成量の関係」では、「3 塩化ナトリウム量と膜生成量の関係」で起こった膜の生成量の増加が塩析によるものかどうかの検証のため、1 価の塩化ナトリウムよりも電荷の大きい3 価のリン酸アンモニウムを加えた。「5 エタノール量と膜生成量の関係」では、親水基(ヒドロキシ基)が牛乳の蒸発を抑制することによって、膜の生成を阻害できると考え、ヒドロキシ基を1 つもつエタノールを加えた。「6 グルコース量、ラクトース量と膜生成量の関係」では、「5 エタノール量と膜生成量の関係」の反省を踏まえ、共沸がおこらないグルコース、ラクトースを加え、親水基がもつ保水性のみによる膜の生成の阻害について調べた。

2 材料と方法

牛乳30mLに実験の対象とする溶質を一定の

量ずつ入れ、ウォーターバス(図1)を用いて75℃で1時間湯煎した。放冷による膜の生成量の増加がみられたため、その上限であった5分間放冷した。その後、吸引ろ過装置(図2)を用いて2日後に膜を取り出した。これも乾燥時に膜の生成量の増加がみられたため、その上限であった2日後に膜の生成量を量った。以下の実験は全てこの方法で行った。なお「3 塩化ナトリウム量と膜生成量の関係」の実験では加える溶質粒子である塩化ナトリウム量を0.20g～1.60gの8段階で変化させ実験を4回行った。「4 リン酸アンモニウム量と膜生成量の関係」ではリン酸アンモニウム量を0.11g～0.56gの5段階で変化させ実験を3回行った。「5 エタノール量と膜生成量の関係」ではエタノール量を1.1g～5.4gの5段階で変化させ実験を3回行った。「6 グルコース量、ラクトース量と膜生成量の関係」ではグルコース量とラクトース量を $2.9 \times 10^{-3} \text{mol}$ ～ $1.5 \times 10^{-2} \text{mol}$ の5段階で変化させ実験を5回行った。



図1 ウォーターバス



図2 吸引ろ過装置

3 塩化ナトリウム量と膜生成量の関係

仮説

ラムスデン現象は液体表面の蒸発によって発生すると考えられている。実際に、牛乳の表面を覆って、実験したところ、膜の生成が阻害された。そこで、液体表面の蒸発を抑制する溶質粒子を加えることによって、蒸発が抑制され、膜の生成を阻害することができる(図3)と考えた。そこで、「3 塩化ナトリウム量と膜生成量の関係」では、牛乳に塩化ナトリウムを加えることで、溶質粒子が膜の生成にどのように影響しているかを調べた。

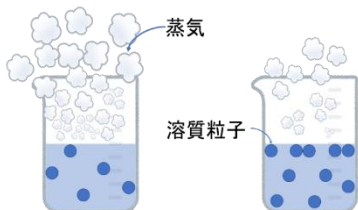


図3 溶質粒子による蒸発の抑制の様子

実験結果

図4は加えた塩化ナトリウムの質量と膜の生成量の関係について表している。グラフを見たらかわくように、膜の生成量は、加えた塩化ナトリウムの質量が1.2gまでは減少し、それ以降は増加した。

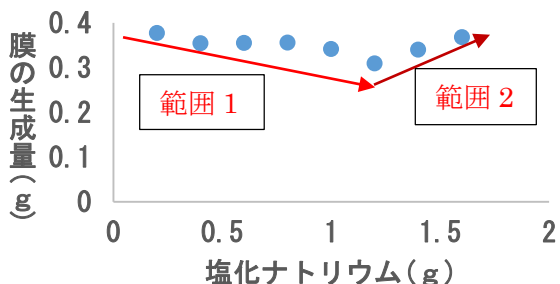


図4 塩化ナトリウム量と膜生成量の関係

考察

範囲1の膜の生成量の減少は溶質粒子による物理的阻害、範囲2の膜の生成量の増加は塩析の影響で、凝固物が生成されることにより、体

の質量が増加して起こった。

4 リン酸アンモニウム量と膜生成量の関係

仮説

「3 塩化ナトリウム量と膜の生成量の関係」における1.2g以降の膜生成の増加の原因は塩析によるものであると考察をしたが、その確からしさを調べようと、より価数の大きい3価のリン酸アンモニウムで「3」と同様に実験を行った。なお、塩析とは牛乳などのコロイド溶液に大量の電解質を加えることによって、コロイド粒子と結びついている水和水が電解質に奪われて、コロイドが集まり、沈殿が生じる現象のことである。

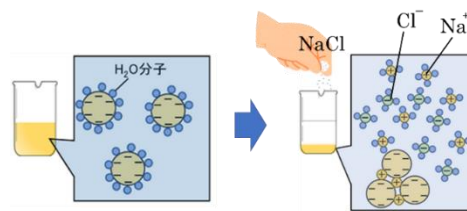


図5 塩析の様子

実験結果

下の表は、加えたリン酸アンモニウムの量と膜の生成の関係を表している。図6からリン酸アンモニウムを加えるほど、凝固物が生成されていることがわかる

表1 リン酸アンモニウム量と膜の生成

リン酸アンモニウム	膜の生成
0.11g	○ (0.364g)
0.22g	○ (0.346g)
0.34g	△
0.45g	△
0.56g	×

※ ○：膜のみが生成 △：膜と凝固物が生成
×：凝固物のみが生成



図6 リン酸アンモニウムの増加に伴う
凝固物の変化

※ 左からリン酸アンモニウムを0.11 g、
0.34 g、0.56 g 加えたもの。

考察

リン酸アンモニウムの増加に伴い膜の生成が阻害され、凝固物の生成が促進された。この結果は塩析の影響によって得られたと考えられる。

5 エタノール量と膜生成量の関係

仮説

「3 塩化ナトリウム量と膜生成量の関係」でも述べたように、ラムスデン現象は、液体表面からの蒸発によって起こると考えられる。そこで、「5 エタノール量と膜生成量の関係」では、牛乳の保水性を上昇させ、液体表面からの蒸発を抑制することによって、膜の生成を阻害できると考えた。牛乳に保水性を持たせるために、親水基に着目した。親水基は、水との親和力が大きいため、親水基を持つ物質が加えられると、その物質と牛乳の間の結びつきが強くなり、蒸発を抑制できると考えた。そこで、「5 エタノール量と膜生成量の関係」では、1分子あたり1つの親水基をもつエタノールを牛乳に加え、エタノール量と膜の生成量の関係を調べた。親水基が蒸発を抑制するため、膜の生成量は次第に減少すると考えた。

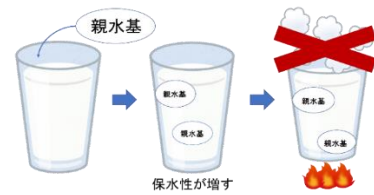


図7 親水基による蒸発の抑制の様子

実験結果

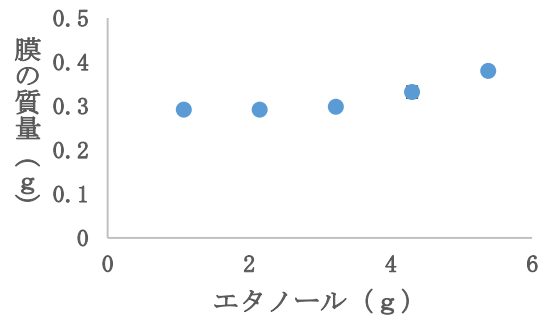


図8 エタノール量と膜生成量の関係

この図8は、加えたエタノールの量と膜の生成量の関係を表している。

考察

図8からわかるように、エタノール量を増やすにつれて、膜の生成量は増加した。これは、共沸による結果だと考えられる。共沸とは、特定の混合物を加熱したときに、沸点が下がる現象である。牛乳とエタノールの混合物の沸点が下がり、蒸発量が増加したことで、膜の生成量が増加したと考えられる。

6 グルコース量、ラクトース量と膜生成量の関係

仮説

「5 エタノール量と膜生成量の関係」において、共沸が起こったことから、親水基を持ち、共沸を起こさないグルコースとラクトースをそれぞれ一定の物質質量ずつ牛乳に加えることによって、親水基の数の違いによる膜の生成量

の変化を比べることができると考えた。グルコースは一分子あたりに親水基を5個持ち、ラクトースは一分子あたり8個持つ。

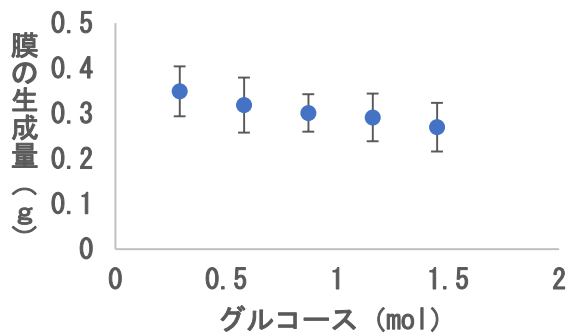


図9 グルコース量と膜生成量の関係

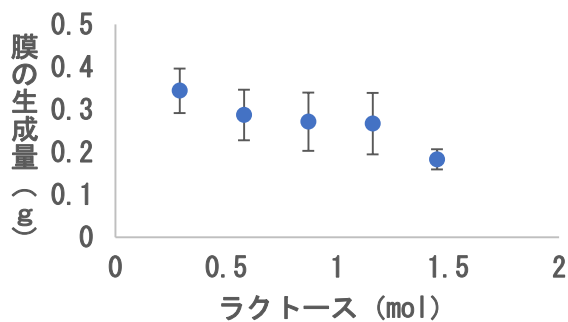


図10 ラクトース量と膜生成量の関係

実験結果

図9、10のグラフは加えたグルコース、ラクトースの量と膜の生成量の関係を表している。グルコースは一分子あたりに親水基を5個持っている。加えるグルコースの量が増加するほど膜の生成量は減少した。ラクトースは一分子あたりに親水基を8個持っている。加えるラクトースの量が増加するほど膜の生成量は減少した。

考察

親水基をもつグルコースまたはラクトースを加えることにより膜の生成量は減少した。親水基の数がグルコースとラクトースでは異なるにも関わらず、加えた物質が同じ時の膜の生成量に差がほとんど見られず有意差がなか

った。よって親水基の数と膜の生成量には関係がなく、膜の生成が阻害された要因は溶質粒子による阻害だと考えられる。

7 全体の考察

塩化ナトリウムを加えた実験では溶質粒子が蒸発を抑制することにより膜の生成を阻害し、また塩析により凝固物の生成が促進された。リン酸アンモニウムを加えた実験では塩析による凝固物の増加の確からしさを示した。エタノールを加えた実験では共沸により蒸発量が増加し膜の生成が促進された。また、ラクトースとグルコースを加えた実験では溶質粒子が蒸発を抑制することによる膜の生成の阻害の確からしさを示した。これらの実験を通して、ラムスデン現象と牛乳の蒸発が関係していることは正しいといえる。すなわち、この現象を阻害する第一の方法としては、溶質粒子を加えることによって牛乳の蒸発を阻害することにある。また、今回の実験で塩析による牛乳に含まれる成分の凝集により膜の生成が阻害されていることを考えると、その凝集されている成分は膜の成分であることが考えられる。

8 今後の展望

現段階で、ラムスデン現象によって生成される膜の成分やその組成についてははっきりとはわかっていない。この膜の成分を知ることは本研究の発展につながると考えられる。そこで、今後は膜の成分を明らかにし、本実験以外の方法で膜生成の阻害方法について考えていきたい。また、これからは、牛乳の蒸発量を定量的に量る実験を行うことで、本実験で考慮しなかった蒸発量と膜の生成量の関係について調べていきたい。