



過冷却を継続させる方法

目的

過冷却継続時間が長くなる溶液の条件を見つけ、より低い温度を保って、食品を新鮮な状態で届けるため。

仮説

低温の水では部分的にクラスター構造という水分子の集体を形成している。この集合体を壊すためにエネルギーが必要であり、水素結合により規則正しい結晶構造である氷の配列に並び替える必要があるため、高温の水に比べて低温の水の方が過冷却時間が長くなると考えられている。このような現象のことをムペンバ現象という。

また、カゼインが不凍タンパク質としてはたらき、過冷却を継続させるという研究が報告されている。低温の水のクラスター構造が形成される部分にはカゼイン分子が水和できないため、高温の水のカゼイン溶液のほうがカゼインが均等に分散でき、過冷却時間が長くなると考えられる。

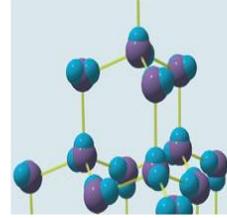


図1 水の結晶構造

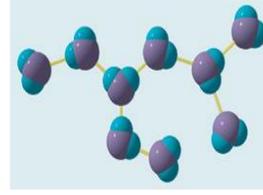


図2 低温の水のクラスター構造

実験方法

〈試薬〉 カゼイン、塩化ナトリウム、リン酸二カリウム

〈器具〉

葉包紙、葉さじ、ビーカー(500 mL、300 mL)、駒込ピペット、メスシリンダー、試験管、試験管立て、ゴム栓、ガスバーナー、セラミック金網、三脚台、水、温度センサー、SPARK、気泡緩衝材、緩衝材、発泡スチロール

〈実験〉

- ①冷却前の温度を低温(15℃)と高温(40℃)の2種類とした。水のみ及び1.0%のカゼイン溶液を用意する。
- ②右のような実験装置を作る。
- ③①で作成した装置と氷を用いて、冷やす。

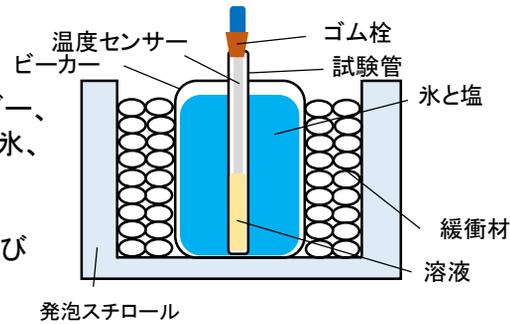


図1 実験装置

結果

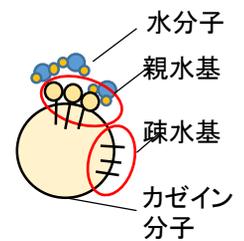
表1 溶液と温度、過冷却継続時間の関係

溶液と温度、過冷却継続時間の関係				
溶液	水	水	カゼイン1%	カゼイン1%
温度(℃)	15	40	15	40
測定平均値(s)	584	720	739	5240

- ・凍らせる前の溶液の高温(40℃)の方が、低温(15℃)の方に比べて、過冷却継続時間が長い。
- ・カゼインを加えると、過冷却継続時間が長くなった。

考察

- ・高温(40℃)の方が過冷却継続時間が長くなったことから、ムペンバ現象は観察することができなかった。
- ・カゼインは親水基と疎水基を持っている両親媒性分子である。カゼインの親水基は水分子と水和するが、疎水部分では水和することが出来ないため、水分子の配列がうまくできず、氷核が形成されにくくなる。カゼイン分子が氷核と結合することで、水分子との結合を阻害し氷核の成長を妨げると考えられる。



展望

- ・氷を冷凍庫からだし、実験に用いるまでの時間を統一する。
- ・実験の回数を増やして、誤差を小さくする。
- ・高温(40℃)のカゼイン溶液での実験も行い、カゼインと水分子間の水素結合との関わりを調べたい。
- ・カゼインはアレルギーの原因であると考えられている物質であるため、他のタンパク質を用いた実験を行いたい。

参考文献

- 佐賀県立佐賀西高等学校 過冷却を継続させるには？～タンパク質の量と種類による変化～
福岡県立香住丘高等学校化学部 ムペンバ現象について (平成30年度)
天然カゼインの水溶液化方法及びこれを利用した粉末コーヒークリーマーの製造方法
改訂 化学 東京書籍
三訂版 フォトサイエンス化学図録 数研出版

