

2022年【全國科學探究競賽-這樣教我就懂】

高中(職)組 成果報告表單

題目名稱：凍彈不得——研究冰塊與鹽之比例對茶凍凝固狀態的影響

一、摘要

本次實驗以茶凍為主要研究對象，我們藉由調整冰塊與鹽的比例，來改變系統溫度，讓茶凍在不同溫度下凝固。再利用力量感測器連接SPARKvue分析軟體，以及Excel圖表等工具進行數據收集與匯總整理，探討溫度對茶凍凝固狀態的影響，試圖分析所觀察及統計出之現象。從實驗數據中我們可以得知，當冰塊與鹽的比例接近3:1時，冰鹽浴的溫度最低，茶凍硬度也最大，而當冰鹽比例與3:1差距較大時，溫度降低的幅度就相對較小，茶凍表面的最大承受力也較小。由此可知，茶凍的彈性和硬度會受到凝固時環境溫度的影響而有所變化。

二、探究題目與動機

從生活中可以得知，布丁、果凍在製作過程中皆需要嚴密地把控溫度等環境因子，因此我們十分好奇，溫度是如何影響這類膠體食品的凝固狀態？這和市面上販售的茶凍彈性和硬度彈性不一是否有關聯？為了探究這個現象背後的原因，我們鎖定溫度這項操縱變因並設計了這個實驗，想知道茶凍凝固時的溫度會對茶凍的彈性和硬度造成何種影響。

三、探究目的與假設

本實驗希望能藉由冰鹽混合建立一個溫度變化較穩定的低溫環境，研究茶凍在不同的溫度之下，凝固狀態以及表面在以力量感測器往下壓至破裂時的最大承受力。

實驗前提出的假設有二：

1. 根據文獻資料，冰與鹽比例為3:1時，系統溫度應為最低溫。
2. 若茶凍表面尚未結冰，則溫度越低，凝固越徹底，彈性越大，表面可受最大力應最高。

四、探究方法與驗證步驟

1. 秤取鹽(操縱變因)分別0g、75g、150g、225g、300g
2. 取450克的冰(控制變因)共5杯
3. 混合冰與鹽，攪拌均勻
 - 常溫
 - 0g鹽+450g冰
 - 75g鹽+450g冰(鹽:冰=1:6)
 - 150g鹽+450g冰(鹽:冰=1:3)
 - 225g鹽+450g冰(鹽:冰=1:2)

- 300g鹽+450g冰(鹽:冰=2:3)
- 將茶凍粉加入500毫升85.6度的熱水, 快速攪拌, 利用量筒量測分裝, 每個茶凍的份量皆為90ml。
 - 將分裝完成的茶凍放入冰鹽混合物中, 每個茶凍放入的深度皆相同。
 - 量測每個實驗組冰的溫度
(注意:溫度計放置於茶凍底部附近的冰)
 - 將茶凍倒出, 觀察茶凍外觀
 - 使用力感測器配合SPARKvue測量茶凍開始受壓直至破裂之力圖

第一次實驗:

我們進行了第一次實驗後, 發現實驗結果有違常理, 身處225g鹽+450g冰中的茶凍明顯結冰程度最大, 推測所量測到的溫度應較低, 但實際測到的溫度並非最高。

如圖:

鹽 (g)	溫度 (°C)	平均可受力	外觀
0	室內常溫	0.375	凝固狀態不完全
0	0	0.45	未結冰、凝固不完全, 彈性頗大
37.5	-13.33	0.525	未結冰、凝固剛剛完全, 彈性極大
75	-15.5	0.475	未結冰、凝固完全、堅挺、彈性頗大
150	-22	0.35	結冰結成脆脆的樣子, 一壓即破
225	-14.375	0.725	結冰結超硬, 幾乎沒有彈性

圖(一)第一次實驗實驗結果

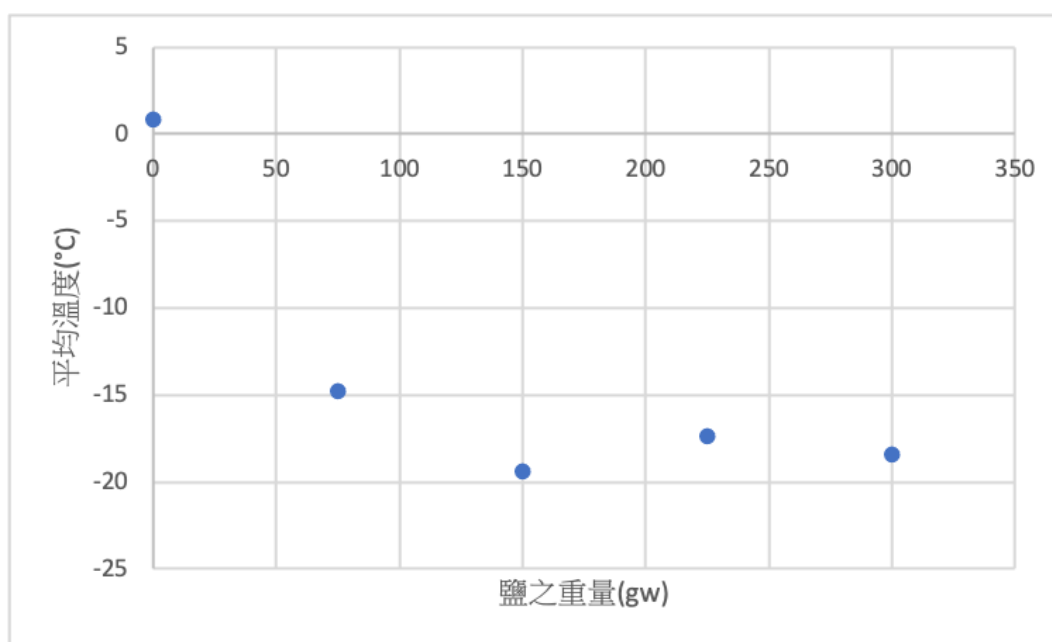
推測原因:溫度計放置時感測到的的整個系統之最底部, 測到的溫度並非茶凍所處的環境溫度。

第二次實驗:

將溫度計底端放置於茶凍底部附近之冰處, 較可準確得知茶凍環境溫度, 以此溫度推測茶凍結凍與結冰狀態。

編號	實驗環境	最終溫度	平均可承受最大力(單位:牛頓)
1	室內常溫	24°C	0.3
2	冰450克+0克鹽	0.8°C	0.45
3	冰450克+75克鹽	-14.8°C	0.475
4	冰450克+150克鹽	-19.4°C	0.74(MAX)
5	冰450克+225克鹽	-17.4°C	0.46
6	冰450克+300克鹽	-18.4°C	0.41

圖(二)改善過的第二次實驗結果



圖(三)不同克重之鹽所測得的平均溫度

假設:根據文獻資料,冰與鹽比例為3:1時,系統溫度應為最低溫。

驗證:實驗結果符合推測。

最低溫度可由 NaCl 的溶解度曲線與拉午耳凝固點下降曲線($\Delta T C = - \times \times 1.86$)的交叉點求得。

假設:溫度越低,凝固越徹底,彈性越大,表面可受最大力應最高。

驗證:根據實驗結果得知,室內常溫、0g鹽+450g冰、75g鹽+450g冰時茶凍可受力越大,彈性確實越大;而225g鹽+450g冰、300g鹽+450g冰,茶凍可承受之力下降,推測因表面形成結冰薄膜,一壓即破;而150g鹽+450g結冰厚度高,茶凍可受力是因結冰完全而驟增,與硬度應較為相關,而與彈性無關。

五、結論與生活應用

在觀察數據結果後，我們主要針對兩個面向去討論：

1. 冰鹽比例對溫度變化的影響
2. 不同溫度對茶凍(膠體)膠凝過程與狀態的差異

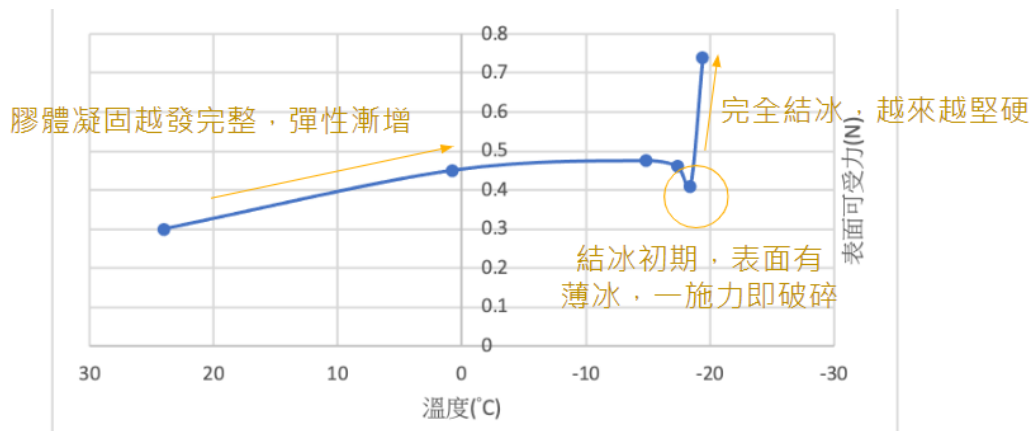
首先，冰鹽比例對溫度的影響，經由多次的實驗結果，都可以證實冰比鹽為三比一的情況下，溫度是可以被降到最低的，而當比例與3:1差距越來越大時，所能降低溫度也越來越少。

我們利用SPARKvue紀錄得出的圖表，



圖(四)以力量感測器下壓時果凍表面所承受的力圖

至於在不同冰鹽比例所產生不同溫度的環境所產生的茶凍，也可從最終溫度的高低發現一些趨勢，在茶凍結冰之前，隨著溫度的下降，茶凍凝固的越來越完整，彈性也逐漸增大，所以能承受的力量也隨之增加，直到茶凍結冰前，數據有一小段下滑的趨勢，我們推論是因為茶凍凝固後變硬挺，彈性變小，所以能承受的力也變小。在茶凍表面剛結成薄冰時，是茶凍所能承受力量最小的時候，我們認為薄冰薄脆的性質，是導致此結果的原因，而隨著茶凍的結冰範圍增加，茶凍也越來越硬挺，因此能夠解釋在數據圖後半部數據漸增的結果。



圖(五)溫度與茶凍平均表面最大可受力之關係圖

我們所研究的對象茶凍，可以算是凝膠的一種形式，因為凝膠的化學性質，凝膠在生活中所應用到的層面非常廣泛，適用於食品、醫療、農業、和化學工業的許多應用中。如生活中常見的退熱貼、保冷劑便是善用凝膠導熱性質低的特性。

我們希望能透過此實驗對凝膠有更清晰認識，了解凝膠和溫度之間的關係，讓凝膠的特性可以發揮到最大化。

參考資料

Chatterjee, S. & Bohidar, Himadri. (2006). Effect of salt and temperature on viscoelasticity of gelatin hydrogels. *Journal of Surface Science and Technology*. 22. 1-13.

Ma, Li, et al. "Understanding the Function of Water during the Gelation of Globular Proteins by Temperature-Dependent near Infrared Spectroscopy." *Physical Chemistry Chemical Physics*, vol. 20, no. 30, 2018, pp. 20132–20140., <https://doi.org/10.1039/c8cp01431k>.

Cui, Steve W. "Food Carbohydrates: Chemistry, Physical Properties, and Applications." Taylor & Francis, Taylor & Francis, 23 May 2005, <https://www.taylorfrancis.com/books/mono/10.1201/9780203485286/food-carbohydrates-steve-cui>.

註：

1. 報告總頁數以6頁為上限。
2. 除摘要外，其餘各項皆可以用文字、手繪圖形或心智圖呈現。
3. 沒按照本競賽官網提供「表單」格式投稿，不予錄取。
4. 建議格式如下
 - 中文字型：微軟正黑體；英文、阿拉伯數字字型：Times New Roman
 - 字體：12pt為原則，若有需要，圖、表及附錄內的文字、數字得略小於12pt，不得低於10pt
 - 字體行距，以固定行高20點為原則
 - 表標題的排列方式為向表上方置中、對齊該表。圖標題的排列方式為向圖下方置中、對齊該圖