

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： 乳酪製作大解密

一、摘要：

製作乳酪大致可分為酸化及凝乳兩步驟，我們決定針對此兩項步驟設定變因並進行實驗。我們訂定的變因有兩個，分別是酸液種類與 pH 值，由於我們的儀器與實驗方法不足以讓我們深入研究各酸液中所含物質，所以我們只能得出利用不同酸液的凝乳結果，選出最適合製作乳酪的酸劑，無法得知其內容物是如何影響凝乳，雖然如此，我們卻製造出了不同風味的乳酪，於是我們改變方向，轉而進行問卷調查，找出能夠使大眾喜愛的乳酪。至於 pH 值，經過資料查找，我們知道當 pH 值達到等電點，蛋白質會沉澱的現象較為明顯。而藉由這個實驗，我們可以得知當 pH 值正好是等電點時，其凝乳量會不會如同資料上所說的理論般，有最好的凝乳情形。

二、探究題目與動機

市面上的乳酪千種百種，品質也良莠不齊，為了取得較大的利益，某些廠商可能會利用乳化劑、植物油等食品添加物製作出風味、口感跟天然發酵起絲毫無分別的加工起司。正值青春期身體還在發育的我們，說到補充鈣質，大多數人都會想到乳酪，然而品質差的加工乳酪食用後不僅難以補鈣，還可能造成鈣質流失。於是，我們決定嘗試自製乳酪。在高一時的探究與實作課我們有做到關於乳酪的製作。查閱相關資料，資料中有幾則中有提到等電點會影響它的凝乳。等電點是一個分子在不攜帶淨電荷時的 pH 值，或者可以說是統計平均值中電中性時的 pH 值，故酪蛋白在 pH 值等於等電點 4.6 時酸液的正電荷 (H⁺)和酪蛋白的負電荷(磷酸根) 互相中和，使得整個分子不帶電，此時蛋白質分子顆粒在溶液中因無相同電荷的相互排斥，分子相互之間的作用力減弱，使顆粒極易碰撞、凝聚而產生沉澱。所以酪蛋白在等電點時，其溶解度最小，最易形成沉澱物。牛奶本身的 pH 值為 5.6，隨著酸劑的加入其 pH 值會越來越接近牛奶的等電點，乳酪製作的原理主要是乳製品在酸性環境下達到等電點而凝出。相關研究很少見，大多數的實驗都是已加入的酸液量當作變因以比較凝乳量，這讓我們感到困惑，畢竟牛奶的凝乳與否應該是取決於它的 pH 值，因此我們決定從加入的酸液種類與牛奶溶液的 pH 值著手設定變因並進行實驗。

三、探究目的與假設

(一)研究目的

- 1、已加入不同酸液作為變因，固定牛奶溶液的 pH 值，探討凝乳情形
- 2、加入固定種類的酸液，比較不同牛奶溶液 pH 值之凝乳情形
- 3、考慮到凝乳量和風味後綜合評估製作起司之最佳酸劑

(二)假設

- 1、檸檬酸的凝乳量應較大

2、在等電點時應會達到凝乳量最大值

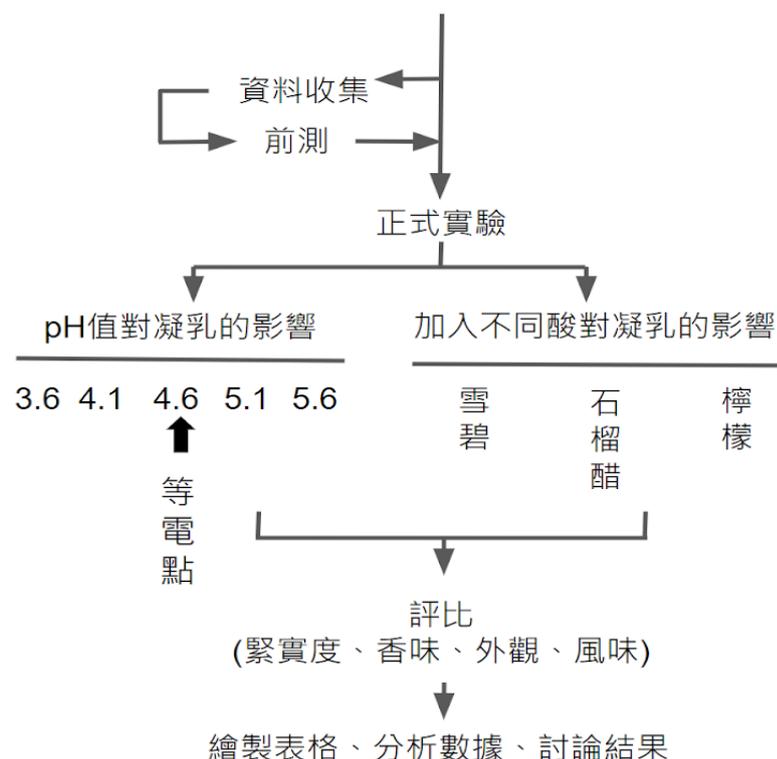
3、以等電點為產生最大凝乳量之最大 pH 值，pH 值大於與小於等電點的凝乳量下降情形相同

四、探究方法與驗證步驟

(一)實驗器材

牛奶、石榴果醋、檸檬汁、雪碧、鍋子、筆形酸鹼度計、電子秤、電磁爐、豆腐模具、量杯

(二)實驗方法



圖一：凝乳研究流程架構圖

(三)實驗流程

步驟一：將牛奶與酸液在鍋中混合達到指定 pH 值並均勻攪拌

步驟二：放置在電磁爐上加熱至 45 度

步驟三：均勻攪拌 1 分鐘

步驟四：冷卻靜置 10 分鐘

步驟五：倒入網中將過多的水分過濾

步驟六：在豆腐模裡重壓 1 分鐘以去除乳酪內剩餘的水分

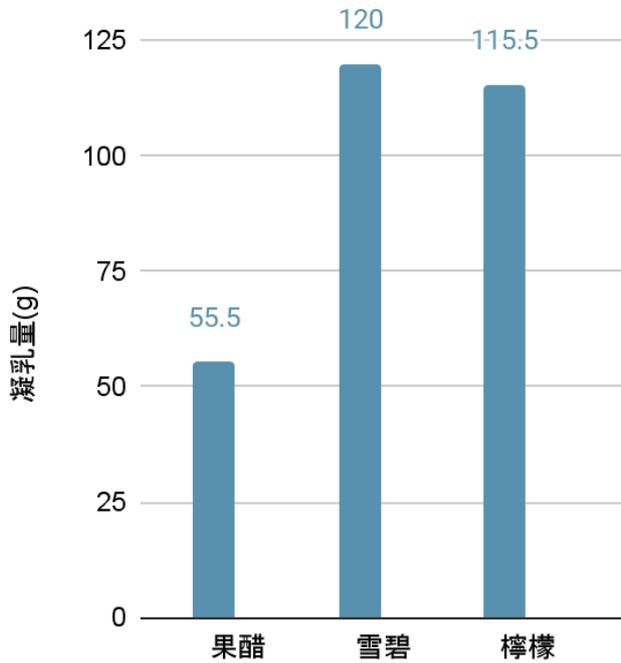
步驟七：秤重並記錄其凝乳重量

步驟八：依序重複進行不同變因之實驗

(四)研究結果

1、不同酸液對牛奶的凝乳情形

加入不同酸液對凝乳量的影響



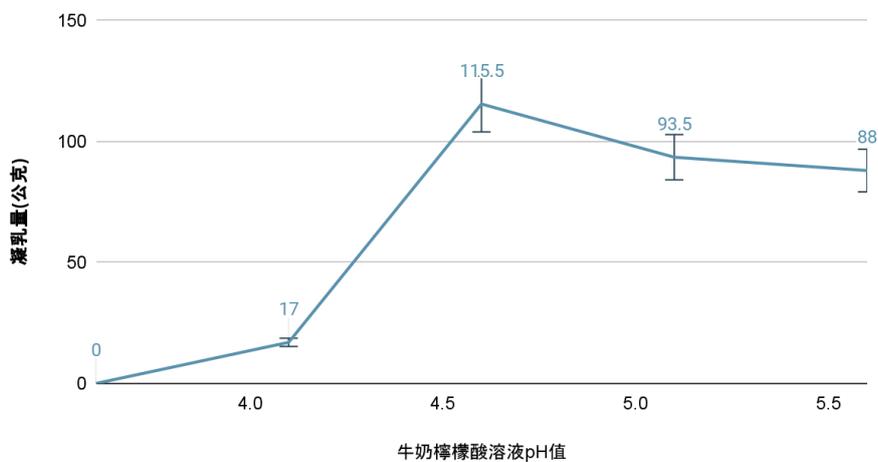
加入500ml牛奶

圖一：不同酸液與 500ml 牛奶的凝乳量比較長條圖

此實驗中，因為雪碧與檸檬中都含有檸檬酸，所以產生的凝乳情況相似，而果醋中則是含有醋酸，導致有不同的凝乳情況。

2、不同 pH 值的檸檬對牛奶的凝乳情形

不同pH值的牛奶檸檬酸溶液與凝乳量關係圖



圖三：500ml 牛奶在不同 pH 值下的凝乳量折線圖

綜觀實驗結果，pH 值從 5.6 開始下降時凝乳量上升趨勢不明顯，到 pH 值 4.6 時達到最高峰，pH 值再繼續下降時，凝乳量便會急速下降。

3、自製乳酪風味調查

本調查針對受試者 20 人對不同酸液製成的乳酪以緊實度、香味、外觀、風味，做綜合評分，滿分為十分。此調查是為了提供製乳酪的人想使用不同酸液時，能有依據。

表(一)、不同乳酪的口味評分

	緊實度	香味	外觀	風味	綜合
雪碧	3.6	3.7	5.6	4.4	4.3
果醋	2.1	6.6	1.6	6.9	6
檸檬酸	4.5	4.3	5.5	4.2	3.7

由此可知果醋做為酸液時綜合評分相較於雪碧與檸檬酸高出許多，但是在緊實度方面就明顯較雪碧與檸檬酸差。

五、結論與生活應用

(一)結論

1、綜觀實驗結果大致與我們第二點假設符合，但高於 pH 值 4.6 的溶液凝乳量明顯較低於 pH 值 4.6 的高，與我們的第三點假設有些許落差，經過查詢文獻後，我們推測是因為牛奶的各種酪蛋白本身分子量較大，要維持游離狀態本來就較不易，加入酸液，正好可以中和酪蛋白的負電，低於 pH 值 4.6 的溶液凝乳量明顯下降許多，由於 pH 值與酸根呈對數關係，使得牛奶的磷酸根不僅會被中和，倍於磷酸根數量的酸根將會附著在酪蛋白上，表面的正電荷使離子們互斥，牛奶難以沈澱。因而加入少量酸劑就可以幫助沈澱，凝乳情況的折線圖也符合我們的推測，在酸劑濃度到達 pH 值 4.6 之前凝乳量緩慢上升，但到達等電點後其離子被酸跟覆蓋迅速下降。

2、由實驗一可得知檸檬與雪碧的檸檬酸明顯凝乳效果較果醋的醋酸好。

3、由實驗二可證實等電點溶液的凝乳量確實為最大值。在一開始 pH 值下降到等電點為止凝乳量會持續增加，但一旦過了等電點後，凝乳量就會快速下降。

(二)生活應用

由實驗三可得知果醋的凝乳風味最佳，檸檬酸的風味其次，食用時有較重的檸檬味，可加適量食鹽中和之，風味會提升一個層次。

1、果醋製成的乳酪香味與風味非常特別，口感類似優格但香氣更為濃厚，推薦大家在家製作。

2、如欲在家中調配，凝乳量達到最大時（等電點）的比例的混合溶液配方為下列

(1)牛奶(ml)：雪碧(ml) 1：4

(2)牛奶(ml)：檸檬(ml) 5：1

(3)牛奶(ml)：果醋(ml) 3：1

參考資料

- 一、蔡介筠、鄧羽嫻、王瞳、陳俊源、張睿軒(2013)。少年起司的奇幻漂流~探討牛奶與豆漿的凝乳現象。中華民國第 53 屆中小學科學展覽會。
- 二、羅習謹、蔡昀蓁、蕭弘毅、林承邑、呂錫昱、楊思恩(2014)。新鮮乳酪製作原理與應用探。永福國小。
- 三、廖品哲、施允中、吳雅涵(2020)。「茅」起來當「酸」民-剖析酸與茅屋乾酪之對話。全國高級中學小論文寫作。
- 四、余佳臻、黃宥昕、楊柏成(2018)。農業類篇名：司你作「漿」會起者 - 松山工農。全國高級中學小論文寫作。
- 五、vlab.amrita.edu,. (2011). Isoelectric Precipitation of Proteins: Casein from Milk。