

# 2023 年【科學探究競賽-這樣教我就懂】

## 普高組 成果報告表單

<b>題目名稱：豆漿辛酸開花史——能用醋做成豆花？</b>
<b>一、摘要</b>
<p>生活中，爽口的點心總惹人垂涎。豆花更是炙熱夏季沁人心脾的美饌。然而，食安議題襲捲的世代中，自製豆花，似乎也成了家庭的趨勢。</p> <p>在豆花製作中，發現用一般的方法，很難用醋酸成功做出豆花，故本次探究活動希望從改變做豆花的方法，探討用醋酸做出豆花的可能性。最後發現將醋結凍後放於豆漿內且靜置數十小時後，能提升成功機率。然因耗時與限制過多，市售或一般豆花仍然較佔優勢。</p>
<b>二、探究題目與動機</b>
<p>近年來，食安議題高漲，人人無不躍躍欲試的嘗試自製點心，豆花正是一種誘人的甜品。嘗試過用電解質讓豆花結晶後，查詢到改變酸鹼度也可能有類似效果，不禁聯想食醋或可成為原料，加上傳統市集中有鹹豆漿（醋加豆漿）一詞，更令我們倍感興奮，想要一探究竟，能否由改良製作方法使醋酸加上豆漿可以形成豆花，並探究其箇中滋味。</p>
<b>三、探究目的與假設</b>
<p>豆漿的主要成分之一為蛋白質，這是一種十分特別的物質，由數種胺基酸組成。它們是膠體粒子，而（其中的胺基酸）也有兩性物質的特性。兩性物質改變所處環境酸鹼後可能達到等電點，等電點指的是兩性離子達電中性時之 pH 值，部分胺基酸的等電點即可由酸度係數推算。而兩性分子在其等電點的溶解度是最低的，也就是容易析出，這與酸鹼改變氫離子和氫氧根有關。而豆漿的蛋白質加酸後恰可達上述效果。故其原理就是因蛋白質的電荷改變而凝聚，且反應速率偏快。</p> <p>（一）探究之目的</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. 如何用醋加入豆漿並產生完整狀結晶。</li><li>2. 依據上述，如何使其結晶更為漂亮（完整且夠大，與市面所售目視差異不大）。</li><li>3. 觀察時間與醋量對其結晶之影響。</li><li>4. 比較與市面豆花差異，分析將其推入市場之可能與加以改良的願景。</li></ol> <p>（二）預期結果</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. 存在方法可以用醋成功做出豆花或接近豆花（漂亮的結晶）。</li><li>2. 做出豆花口感與口味應該差不多。</li></ol>
<b>四、探究方法與驗證步驟</b>
<p>（一）如何用醋加入豆漿並產生完整狀結晶</p> <p>▲ 依照不同實驗結果，規劃出以下幾種方式比較，豆漿濃度和醋濃度請見「註」。控制變因為實驗材料，操縱變因為實驗方法。但這些實驗的變因差異很多，無法完整比較，故後續還有更深入的探討</p>

▲註：豆漿濃度使用的是將 10 克豆漿蒸乾後，會蒸發 9 克水者；而使用醋的 PH 為 2.32；此外，使用的豆漿不含消泡劑，避免增加變因影響實驗

▲實驗步驟為配置相關原料後用不同方法執行，最後目視結果

※表 1：實驗 1 介紹與結果

組別	內容	圖片	結果
1-1	醋酸 80 克加豆漿 10 克	1-a	鹹豆漿狀
1-2	同上，降溫進行	1-b	一樣是鹹豆漿狀
1-3	同上，但都先結凍再打成碎冰並融化	1-c	鹹豆漿狀，但結晶有稍微變大
1-4	10 克豆漿冰塊泡在醋中，約 2 小時	1-d	豆皮狀
1-5	10 克醋冰塊泡在豆漿 80 克中，約 2 小時	1-e	有完整小塊結晶



※圖 1-a 依序到 1-e：實驗 1 圖片

▲以下針對實驗做說明與分析

1. 在第 1-1 組中，直接加入只能產生鹹豆漿狀不完整結晶，故推測其反應速率過快，在未來得及均勻擴散前就開始反應，導致結晶不完整。
2. 我們進而將兩種液體冰入冰箱，再做 1-2 卻發現仍無效果，故提出「醋酸和豆漿的反應速率極快」。
3. 而當兩種液體沒有均勻混合時就發生反應，可能會造成結晶的不完整，並思考「改變反應發生的條件」，及改變相態，使溶化後慢慢擴散的過程中逐次反應，也許可以解決問題。

4.承上，執行實驗 1-3 到 1-5，發現將冰醋酸放入豆漿中的結晶最完整。推測與固態醋本身形態較完整，故溶化後反應也較完整，而對這組做延伸探討。

## (二) 如何使其結晶更為漂亮

▲上述實驗中把醋冰塊放入豆漿的方法，最有可能達到預期目標，故針對該方法加以變化，最後目視結果或測量結晶質量（方法見下文），期望結果更能靠近目標

▲3 小時下，針對冰醋酸 8 克（一塊完整狀）的放置方法，做了實驗 2-1 到 2-4

※表 2：實驗 2-1 / 2-2 介紹與結果

組別	變化內容	圖片	3 小時後結果
2-1	豆漿放在杯碗狀容器	2-a	較好結晶
2-2	豆漿放在狀盤容器	2-b	較難結晶



※圖 2-a 依序到 2-b：實驗 2-1 / 2-2 圖片

▲以下針對圖表提出幾點分析

- 1.第 2-1 組相較另一組更能凝結出完整結晶（呈碗狀結晶），推測豆花凝結情形與容器大小、形狀、與深度有關聯。
- 2.第 2-2 組的容器為一深度淺、無壁緣的盤子，推測該組結晶是以直接往外散開的方式凝結而成，觀察結果發現其結晶呈一薄片狀。
- 3.綜合以上實驗可得「豆花凝結情形與容器大小、形狀有關聯且用杯碗狀的容器較好」。

※表 3：實驗 2-3/2-4 介紹與結果

組別	內容	3 小時後測量結晶克數	3 小時後結果
2-3	冰塊放在碗中	27.8	較好結晶
2-4	冰塊放在碗旁邊	21.9	較難結晶

▲以下針對圖表提出幾點分析

- 1.觀察以上兩組實驗推測醋冰塊的擺放位置會影響冰塊溶解後與豆漿的凝結。
- 2.醋冰塊因密度較豆漿小，故放入時不會立即沉下去，溶解時因為下方有表面張力做支撐，而會漂浮於液面與四周的豆漿反應。據此觀察第 2-3 組可以發現因冰塊置中，所以其結晶是均勻向周圍與下方凝結的。
- 3.第 2-4 組冰塊的擺放位置與碗壁相當接近，推測當冰塊與豆漿反應時，朝碗壁方向的凝結

現象會受壁緣阻礙並影響結晶形成，觀察結果發現其結晶相較 2-4 組的小，朝碗壁方向幾乎無結晶生成。

4.上述兩組實驗，可得出「醋冰塊的擺放位置會影響冰塊溶解後與豆漿的凝結」，但仍然不是預期中漂亮的結晶（完整且夠大，與市面所售目視差異不大）。

### （三）時間和醋量的影響

▲前面兩組實驗雖有完整結晶，但質量太小，故設計如下實驗，分別以時間和醋（一塊完整狀、固態）量為變因，期望能增加結晶質量。豆漿 80 克，溫度設定在豆漿較不會變質的 7 度，並測量其結晶克數。

#### ▲測量結晶克數的步驟

- 1.將濾網與另一個碗放在秤上歸零。
- 2.將豆花中心凹洞與周圍的殘留的醋吸起，避免後續與未凝聚的豆漿反應。
- 3.倒入濾網瀝乾，將濾網下方水倒掉並量取質量。



※圖 3：裝置示意

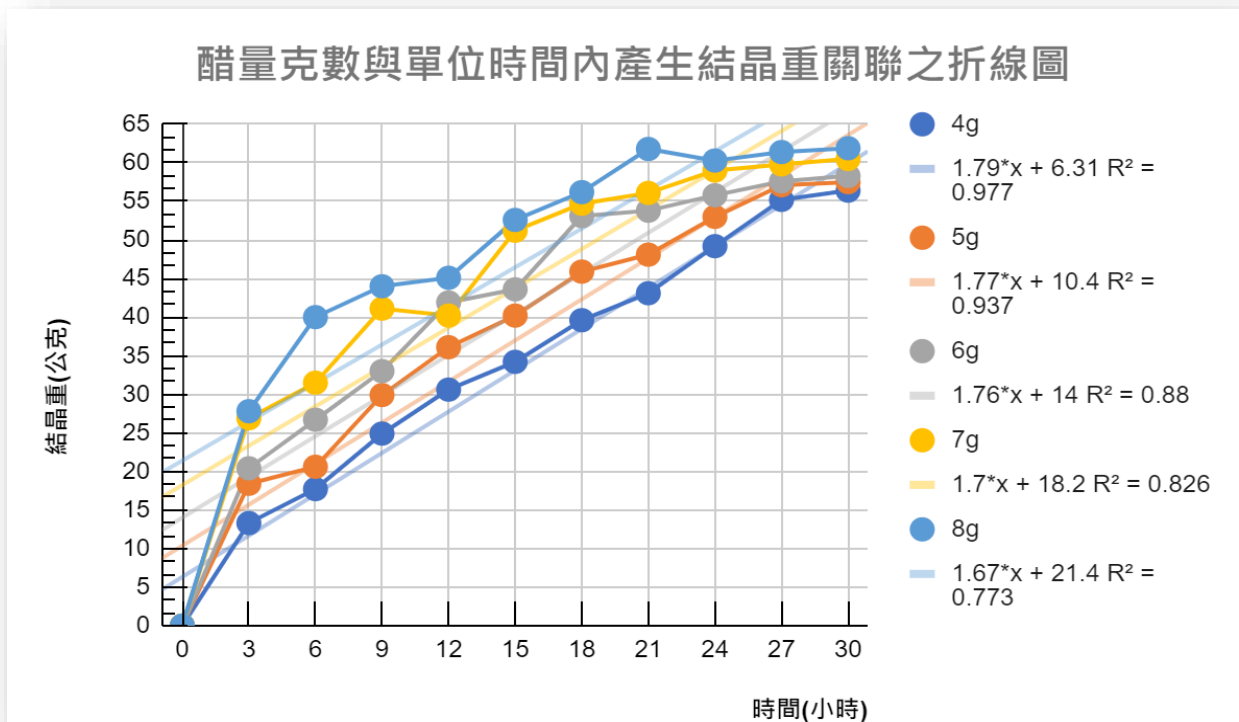


※圖 4：中間凹洞

※表 4：實驗 3 數據（攝氏 7 度下）

時間(小時)/ 醋量(公克)	4	5	6	7	8
0	0	0	0	0	0
3	13.3	18.4	20.4	26.9	27.8
6	17.7	20.6	26.7	31.5	40.0
9	24.9	29.9	33.0	41.1	44.0
12	30.6	36.1	41.9	40.2	45.1
15	34.2	40.2	43.6	51.2	52.6
18	39.6	45.9	53.1	54.7	56.2
21	43.1	48.1	53.8	56.1	61.8
24	49.2	53.0	55.8	59.0	60.3

27	55.2	57.1	57.6	59.8	61.4
30	56.4	57.5	58.3	60.5	61.9



※圖 5：實驗 3 折線圖

▲以下針對圖表提出幾點分析

- 1.結晶質量與時間和醋的量有關，在 21 小時內呈正相關。
- 2.醋定量的情況下，放置時間越久且不太久（21 小時），基本上結晶重越重。
- 3.時間固定且豆漿足夠下，醋量越多基本上結晶重也越重。
- 4.80 克豆漿結晶的最大質量約為 60 克左右，且推測是豆漿用完，因為據目視結果醋還有剩。
- 5.可能產生誤差的因素：醋冰塊擺放位置（置中後可能會飄移導致位置改變）、測量結晶重時豆漿過濾不夠乾淨導致數值有偏差。
- 6.如何減少誤差產生：放置冰塊時應輕輕放入避免豆漿過度晃動、豆漿需靜置於水平表面避免傾斜、過濾豆漿時可以左右輕搖至目視表面無液體流動、確實將豆花中心凹洞與周圍殘留的醋吸起，避免後續與未凝聚的豆漿反應。
- 7.大致來說，27 小時後的結晶是最多的，且目視完整，近乎預期目的。

**（四）比較與市面豆花差異，分析將其推入市場之可能與加以改良的願景**

- 1.口感：口感實際上較主觀，對我而言，兩種豆花的口感並無差異太大不過偏硬，而口感也會受醋量影響。
- 2.酸鹼：市售豆花的 pH 落在 6.0-7.0 間，而醋酸做的豆花 pH 在 5.0-5.5 左右，可得知這種豆花偏酸。

※表 5：80 克豆漿與醋冰塊放 30 小時後 pH 值

醋酸克數	4	5	6	7	8
結晶的 pH 值	5.25	5.22	5.15	5.1	5.08

3.製作成本：金錢方面並未差太多。但時間成本過多。

4.賣相：不適合做太大的。

▲ 雖不符合一開始假設，但日後仍有改良空間，以下為日後研究願景

1.針對蛋白質（胺基酸）「等電點」的應用，期許能用最少的醋做出最多的豆花。

2.改變冰醋酸的濃度，或許可已讓形成的結晶較不酸。

3.針對杯碗狀容器，進一部探討深度與寬度對結晶的影響。

4.探究其結晶是否具有最大值。

5.針對蛋白質加熱後形成之雙硫鍵做深入探討，研究其結晶狀態。

## 五、結論與生活應用

綜上所論，可以發現將醋結冰（一塊完整狀）後放入豆漿，置中於大小適中的碗中，且放足夠的時間（約 27 小時），極有可能形成豆花狀結晶。然而，因為其製作過於費時，且口味偏酸，相較於市面所受之豆花仍略遜一籌。

這簡單的小實驗在日常生活中就可以進行，十分適合寓教於樂，且或許，再經過適當的改良，日後真的能在日常生活中，自己用醋做出有食用價值的豆花。成果圖片如下。



※圖 6：豆花



※圖 7：豆花

## 參考資料

（一）豆漿加醋為什麼會結塊？化學解密鹹豆漿之謎 擷自泛科學網站，活躍星系核編寫

（二）等電點- 維基百科，自由的百科全書

（三）烹調的科學，國立科學工藝博物館，2F 常設展