

2025 年【科學探究競賽-這樣教我就懂】

國中組 普高組 技高組 成果報告格式

題目名稱： 豆漿的腐敗密語：蛋白質與時間的交錯

一、摘要

本報告探討豆漿腐敗過程中，蛋白質含量與時間之間的微妙關係。豆漿富含植物性蛋白質，這些營養成分不僅是人體所需的能量來源，也為微生物提供了理想的生長條件，因此隨著時間的推移，在常溫或儲存不當的環境下，微生物容易開始大量繁殖，導致蛋白質分解、氣味變化、pH 值下降等腐敗現象。

本研究透過最一開始的比較不同來源豆漿的蛋白質含量，到觀察不同儲存時間與條件下的豆漿樣本，最後再結合過錳酸鉀氧化還原反應作為間接檢測腐敗程度的指標，嘗試建構蛋白質含量與腐敗速度之間的關聯性。藉由實驗數據，我們得以窺見豆漿從新鮮到腐敗的化學變化，並反思日常飲食中食品保鮮與蛋白質穩定性的意涵。本報告除了著眼於豆漿腐敗歷程中的物理、化學變化外，亦嘗試從科學角度詮釋其腐敗機制，揭示蛋白質含量、時間推移與微生物活動間錯綜複雜的交互作用，進而解密「豆漿的腐敗密語」。

二、探究題目與動機

小時候的我特別喜歡喝豆漿，但健忘的個性卻令我常常忘記洗杯子，結果隔天發現豆漿變得濃稠、沉澱，甚至有異味，年幼的我並不知道為什麼豆漿這麼容易變質？直到上了國中，對有機化合物有了一定的知識，會不會是因為豆漿富含植物性蛋白，從而可能影響其腐敗速度呢？因此本研究將探討豆漿蛋白質含量與腐敗之間的關聯，希望找出影響豆漿保存時間的關鍵因素，也解決了小時候的疑惑。

三、探究目的與假設

(1)豆製品專賣店所賣的豆漿蛋白質含量最高

基於組員實測，我們發現豆製品專賣店的豆漿特別濃郁、也充滿著豆香，由此我們猜測豆製品專賣店的豆漿中蛋白質含量最高。

(2)蛋白質含量越高，腐敗程度也就越快

根據網路資料，在蛋白質含量高的環境中，水解成胺基酸的反應更加頻繁，微生物的代謝活性因此上升，繁殖速率加快，也隨著微生物族群迅速擴大，其代謝副產物（如胺類、硫化氫、有機酸）亦隨之累積，導致 pH 值下降、氣味改變等，這些都是腐敗的表現。

四、探究方法與驗證步驟

#原理

A 部分：蛋白質含量的測定

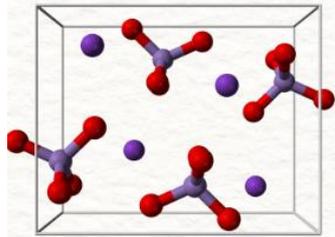
蛋白質還原碘的原理涉及蛋白質中的還原性胺基酸（如半胱氨酸）與碘分子（ I_2 ）反應，

將碘還原為無色的碘離子 (I⁻)，從而使碘的顏色褪去。這一反應是因為氨基酸中的硫醇基 (-SH) 具有還原性，能與碘分子生成二硫鍵 (-S-S-) 和碘離子，使溶液由深藍色變為透明或顏色變淺。反應式為： $2R-SH+I_2\rightarrow R-S-S-R+2I^-$

B 部分：蛋白質腐敗的測量

過錳酸鉀具有強氧化性，能夠與豆漿腐敗時所釋放的還原性胺基酸(如半胱氨酸和甲硫氨酸)產生反應，逐漸將過錳酸根中的錳從+7 還原至+2。在這個過程中，顏色由紫紅色變為無色或淺粉色，這種顏色變化有助於定量分析。反應式為： $5R-SH+2(MnO_4^-)+6H^+\rightarrow 5R-S-S-R+2(Mn^{2+})+4H_2O$

#實驗器材

 <p>各式豆漿</p>	 <p>電磁加熱攪拌器</p>	 <p>分光光度儀</p>	 <p>專業型電子天秤</p>
<p>分別有超商的市售盒裝豆漿、一般的早餐店杯裝豆漿以及豆製品專賣店的豆漿</p>	<p>用於加熱時保持攪拌澱粉水至 90 度，幫助澱粉均勻溶於水中</p>	<p>用於測量不同溶液的透光度，經過有加入碘液的樣本與無加入的對比，可得該蛋白質對於澱粉的還原能力</p>	<p>用於精密測量實驗中所加入的豆漿質量，使實驗數據更加準確</p>
 <p>碘液</p>	 <p>澱粉</p>	 <p>過錳酸鉀</p>	 <p>燒杯及其他工具</p>

<p>碘分子可鑽入澱粉的螺旋結構中就可以使其呈現藍紫色，因此在澱粉水溶液中固定滴入兩滴即可</p>	<p>以 0.18 公克澱粉與 100 公克蒸餾水所調和成樣品</p>	<p>用於與豆漿腐敗食釋出的還原性胺基酸進行反應，一開始為紫色，在中性環境中會被還原成紅褐色</p>	<p>包含 2 個大燒杯、4 個小燒杯、3 隻滴管以及 2 個分光光度計的比色皿</p>
---	-------------------------------------	--	--

#實驗步驟

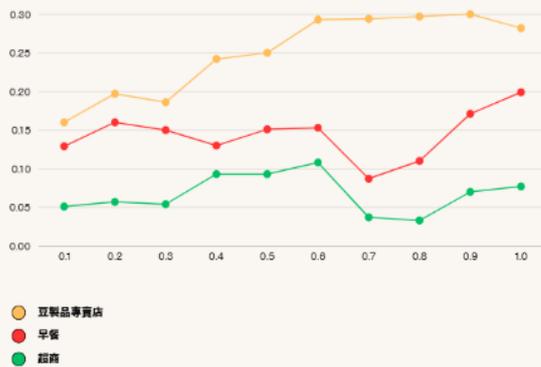


#研究分析與結果

A 實驗：比較蛋白質差異

數據

透光度差異



由數據可得知，超商豆漿實驗組(0.18克澱粉、100水與解與碘液)與對照組(不加入碘液)的平均數值差較小，等於碘液被還原的程度較大，也就是蛋白質含量最高；相對來說，豆製品專賣店豆漿則最少。

B 實驗：比較三組豆漿的腐敗程度

放置時間與透光度差異



已放置6小時來說，早餐店豆漿的數值(實驗組:15克過錳酸鉀+4克豆漿\對造組:15克蒸餾水+4克豆漿)差異最小，也就是腐敗程度最嚴重，只是與其他兩組數值差異不大，因此不列入考量。而放置12小時後，超商豆漿的實驗組已遠超對照組，還原性蛋白質已經大量還原紫色的過錳酸鉀溶液，因此視為腐壞程度最快

五、結論與生活應用

A 實驗結論



B 實驗結論



本研究所探討的腐敗現象，雖源於日常飲品豆漿，卻揭示了食品與時間、微生物及化學反應之間密不可分的動態關聯，透過過錳酸鉀的氧化還原反應，我們能夠以簡易且具科學依據的方式，觀察蛋白質含量與腐敗速度之間的關聯，將抽象的化學原理轉化為具體的變化指標。這樣的研究在生活中具備實際應用潛力，未來若能將相關反應原理導入簡便的檢測工具，將有助於家庭與食品業者及早察覺食品變質狀況，提升食安意識與保存效率，減少不必要的浪費，尤其在高蛋白植物性食品日益受到重視的趨勢下，此類快速檢測方法的需求也將更加迫切。

此外，這項研究也體現了化學在食品科學、微生物學等跨領域應用中的價值與靈活性，從氧化還原反應、蛋白質水解到微生物代謝產物的產生，每一個環節都牽動著化學基本概念的實際應用，讓我們得以從分子層級理解食品品質變化的本質。透過這樣的觀察與實作，科學不再只是實驗室中的理論，而是能深入日常、回應現實需求的有力工具。

參考資料

<https://health.ettoday.net/news/483736>

ETTODAY 破除迷思 豆漿易壞並非蛋白質指標

https://www.dietpedia.fullfoods.org/lunch_explain_content.php?pid=8

包裝冰豆漿為什麼可以保存十幾天？

<https://teaching.ch.ntu.edu.tw/gclab/wp-content/uploads/slide->

過錳酸鉀的氧化還原滴定

<https://helloyishi.com.tw/healthy-eating/sports-nutrition/soy-milk-benefits-for-exercise/>

HELLO 醫生 豆漿蛋白質含量高！運動增肌該怎麼喝？