

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：探討 TDS 與咖啡粉細度對咖啡風味的影響研究

一、摘要

本研究探討咖啡粉粒徑對咖啡液濃度與咖啡風味的影響。

利用(1) iDrip 可程式咖啡機編寫萃取程式，提供穩定的萃取流程，(2) Kurve 咖啡粉篩套組可以透過更換不同孔徑的篩網，將研磨的咖啡粉粒徑限制在設定的上下限之間，(3) Difluid R1 咖啡濃度計測量咖啡液的 TDS(Total Dissolved Solids, 總固體溶解)，再計算出萃取率。iDrip 萃取程式寫成三段式的仿手沖流程，在固定粉水比與萃取程式的前提下，選擇不同粒徑範圍的咖啡粉，量測三階段個別 TDS 以及最終混合的數值。結果發現，當咖啡粉粒徑過粗時，有效萃取面積偏低使平均萃取率降低；反之粒徑過小時則容易過度萃取，過高的萃取率使咖啡中的苦澀感與瑕疵風味被強化；粗粉粹取可以調低水粉比(例如從 15:1 調至 12:1)，改善濃度過低的問題；而細粉除了可能造苦澀感與瑕疵風味之外，更容易因為濾紙阻塞增加滯留時間讓前述問題更顯惡化。我們在實驗過程中發現細粉早成濃度的不合理數據，推斷可能是因為細粉阻塞造成，隨即改寫 iDrip 萃取程式調整注水速度以增加上下對流的動力，分段萃取的 TDS 數值果然趨於正常。研究成果顯示，藉由控制研磨細度與注水條件，消費者可在家中製作出口感穩定、風味佳、符合自己喜好的咖啡。

二、探究題目與動機

本組研究起源於日常生活的觀察與需求。因組員平時習慣飲用咖啡，經常在忙碌的早晨前往便利商店或咖啡店購買外帶咖啡，雖然便利，卻長期產生較高的花費，並難以掌控風味品質。因此我們開始思考是否能透過居家沖煮，製作出既經濟又符合個人口味的高品質咖啡。

在精品咖啡逐漸普及的當下，研磨細度與沖煮參數已被視為影響風味表現的關鍵因素。為探討其對咖啡萃取與風味的影響，本研究以研磨粒徑與 TDS (全溶解固體) 濃度為主軸，進行量化分析，尋求最佳沖煮平衡。

我們發現，不同品質的磨豆機對研磨均勻度有明顯差異，粗細不一的咖啡粉會影響萃取效果與整體風味表現。因此，本組透過篩網分離不同粒徑的咖啡粉，在固定條件下進行 TDS 測量與比較，期望提供消費者改善居家咖啡品質的實用參考依據。

三、探究目的與假設

(一) 探究目的

本研究旨在探討咖啡粉的細度與 TDS 濃度對咖啡風味的影響，透過篩選不同粒徑的咖啡粉，並以固定的分段沖煮方式進行萃取，進一步量測各段 TDS 值與最終混合 TDS，藉此分析不同細度與萃取濃度在風味表現的關聯性。

(二) 探究假設

假設 1：咖啡粉越細，TDS 值越高，風味越濃烈，易產生苦澀感

假設 2：咖啡粉越粗，TDS 值越低，風味偏淡，易出現萃取不足

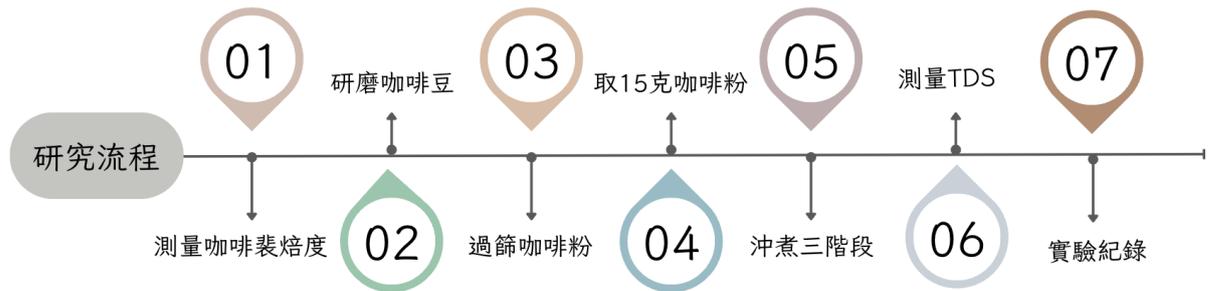
(三) 名詞定義：全溶解固體 (Total Dissolved Solids)

可簡稱為 TDS，指在液體中溶解的所有固體物質的總量。在咖啡沖煮過程中，TDS 代表了咖啡液中溶解的各種物質，如咖啡的溶解咖啡因、酸類、糖分、油脂等。這些溶解物質對咖啡的風味、濃度和口感有直接影響。

四、探究方法與驗證步驟

一、實驗器材：Aroma ACR-100S 焙度儀、DiFluid R1 咖啡濃度計、iDrip 咖啡機、Hario 電動磨豆機、解剖顯微鏡、滴管

二、研究流程



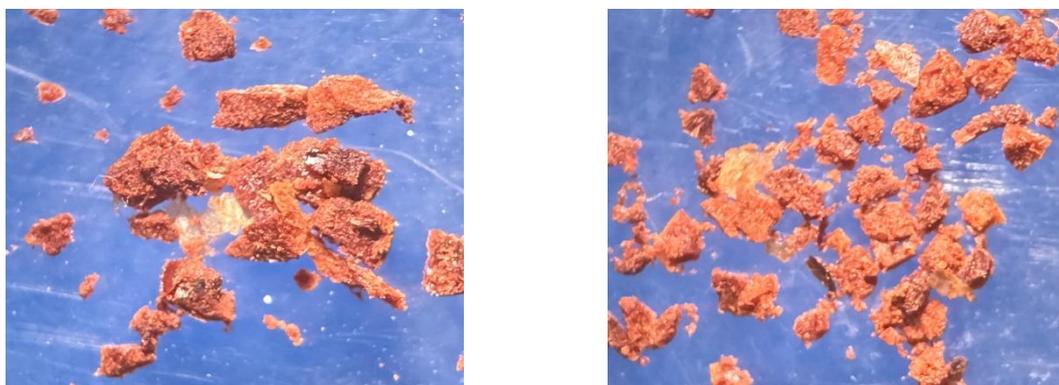
圖一 研究流程表

三、驗證步驟

第一步：測量咖啡豆焙度。採用焙度儀，對咖啡豆進行焙度檢測，確保所有咖啡豆達到相同區間的焙度。排除因烘焙程度差異而引起風味不相同。焙度儀的原理是基於光學比色與反射光譜分析。具體來說，當咖啡豆經過烘焙後，其表面顏色會隨著烘焙程度的不同而發生明顯變化，而影響豆子對不同波長光線的反射能力。

由於本組發現市面上常見的磨豆機常常會出現研磨顆粒大小不均勻的問題，這影響了咖啡的萃取效果和口感。為了解決這個問題，本組使用 Kurve 咖啡粉篩套件，將咖啡粉粒徑驗至在組裝的兩片濾網的孔徑範圍之內，因此粉水比的粉量並不是熟豆的量，而是過篩之後符合粒徑範圍的咖啡粉質量。因此本組可以在較窄的粒徑範圍內探討萃取風味，避免因為磨豆機的粒徑分佈差異而難以單就研磨刻度來探討。

圖二 研磨刻度差異



第二步：將研磨好的咖啡粉倒入篩網，搖晃均勻，使粉末在篩網之間均勻分布。篩網設置間隔在 $600\ \mu\text{m}$ ，如： $1600\sim 1000\ \mu\text{m}$ 、 $1500\sim 900\ \mu\text{m}$ 、 $1400\sim 800\ \mu\text{m}$ 、 $1300\sim 700\ \mu\text{m}$ 、 $1200\sim 600\ \mu\text{m}$ 、 $1100\sim 500\ \mu\text{m}$ 、 $1000\sim 400\ \mu\text{m}$ 、 $900\sim 300\ \mu\text{m}$ 及 $800\sim 200\ \mu\text{m}$ ，分離出不同粒徑的咖啡粉末，並運用顯微鏡觀察。

圖三 篩網咖啡粉差異



$1600\sim 1000\ \mu\text{m}$



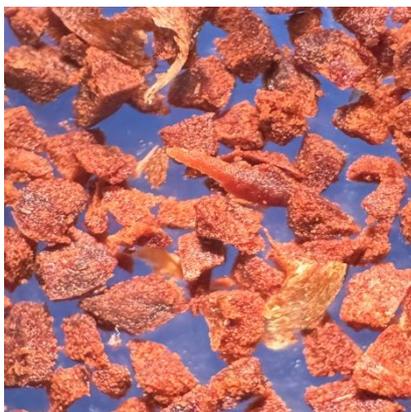
$1500\sim 900\ \mu\text{m}$



$1400\sim 800\ \mu\text{m}$



$1300\sim 700\ \mu\text{m}$



$1200\sim 600\ \mu\text{m}$



$1100\sim 500\ \mu\text{m}$



$1000\sim 400\ \mu\text{m}$



$900\sim 300\ \mu\text{m}$



$800\sim 200\ \mu\text{m}$

第三步：利用 iDrip 程式萃取咖啡，分三階段注水：

第一階段悶蒸注水 30cc ， 15 秒完成後靜置 30 秒；第二階段注水 100cc 水， 55 秒內完成後靜置 10 秒；第三階段注水 100cc ， 20 秒完成後靜置 20 秒。

iDrip 萃取程式可以精準控制注水速率與時序間隔量，確保每個實驗樣本的萃取過程穩定。

在 iDrip 程式階段間暫停時更換接收咖啡液的容器，所以抹以個咖啡粉的樣本，可以萃取三段階段各自的咖啡液，分別測量分段的 TDS，再混合測量總量的平均 TDS。從數據可以看到第一階段注水會先被乾燥的咖啡粉吸收，所以萃取出的咖啡液較少 TDS 數值最高；第二階段萃取萃取液量比第一階段高，TDS 濃度則較低；第三階段萃取的咖啡液 TDS 濃度最低。就分段萃取液的颜色來說，第一階段顏色最深，第三階段最淺，受限於手機攝影的限制，照片中無法清楚顯示深淺，但是在現場可以由肉眼判別差異。

圖四 咖啡沖煮階段差異



第一段

第二段

第三段

第四步：本研究透過 TDS 計測量咖啡萃取過程中各段液體的濃度，將咖啡液分為三段分別收集，並對每段進行 TDS (全溶解固體) 測定，以了解不同階段的萃取濃度變化。隨後將三段液體混合，再測一次整體 TDS，模擬實際飲用時的濃度狀況。透過此方式可深入掌握不同研磨粗細的咖啡粉在固定沖煮條件下的萃取表現與溶解物質釋放效率，進一步分析其對風味與濃度的影響，作為調整沖煮策略與研磨設定的重要依據。

表一 TDS 測量

實驗組別	培度	研磨顆度 (μm)	第一次 TDS	第二次 TDS	第三次 TDS	混合 TDS
第 1 組	47 ~ 49	1600 ~ 1000	2.37%	0.82%	0.14%	0.68%
第 2 組	47 ~ 49	1500 ~ 900	3.15%	0.91%	0.81%	1.84%
第 3 組	47 ~ 49	1400 ~ 800	3.35%	0.15%	0.82%	0.73%
第 4 組	47 ~ 49	1300 ~ 700	4.45%	0.48%	4.0%	0.95%
第 5 組	47 ~ 49	1200 ~ 600	0.10%	0.52%	5.59%	2.05%
第 6 組	47 ~ 49	1100 ~ 500	0.31%	0.85%	1.85%	4.77%
第 7 組	47 ~ 49	1000 ~ 400	0.19%	1.10%	3.06%	2.06%
第 8 組	47 ~ 49	900 ~ 300	0.49%	1.04%	0.32%	3.64%
第 9 組	47 ~ 49	800 ~ 200	2.87%	0.44%	2.56%	4.76%

*實驗組 3,4,5,6,7,8,9 都有後段濃度高於前段問題

發現問題：本組在本次實驗中，發現當咖啡粉研磨至較細顆粒 (1400μm 以下) 時，雖然面積增加有助於提升萃取效率，但也更容易造成萃取不均、堵塞或過度萃取等問題，進而影響 TDS 數值的準確性，上述表格標示紅色的部分為錯誤數據。為改善此情況，我們將原本的旋轉速度由 1.0x (標準速度) 調整為 1.25x (加快速度)，藉此提升注水的均勻性與水流穿透力，使

水能更平均地通過咖啡粉層，減少局部萃取過重或不足的情況。這項調整有效提升了萃取過程的一致性與數據的可靠度，讓我們能更準確掌握不同研磨細度對 TDS 與風味表現的影響。

表二 為調整轉速注水程式設定

階段 \ 設定	水量/s	秒數	總注水量	間隔	注水速度
第一階段	2cc	15s	30cc	10s	1.0 倍
第二階段	2cc	55s	110cc	35s	0.75 倍
第三階段	5cc	20s	100cc	35s	1.25 倍

表三 為調整轉速注水程式設定

階段 \ 設定	水量/s	秒數	總注水量	間隔	注水速度
第一階段	2cc	15s	30cc	35s	1.25 倍
第二階段	2cc	55s	110cc	35s	1.0 倍
第三階段	5cc	20s	100cc	35s	1.25 倍

圖五 注水程式設定

第一組 (未調整轉速)

第二組 (以調整轉速)

起始水溫		90 °C
1	30 cc 15 秒 間隔 30 秒 1x 中速 中圈注水	
2	110 cc 55 秒 間隔 10 秒 0.75x 慢速 中圈注水	
3	100 cc 20 秒 間隔 20 秒 1x 中速 全圈連續注水	

起始水溫		90 °C
1	30 cc 15 秒 間隔 35 秒 1.25x 快速 全圈連續注水	
2	110 cc 55 秒 間隔 35 秒 1x 中速 全圈連續注水	
3	100 cc 20 秒 間隔 35 秒 1.25x 快速 全圈連續注水	

表三 更改轉數後 TDS 測量

實驗組別	培度	研磨顆度 (μm)	第一次 TDS	第二次 TDS	第三次 TDS	混合 TDS
第 1 組	47 ~ 49	1600 ~ 1000	2.37%	0.82%	0.14%	0.68%
第 2 組	47 ~ 49	1500 ~ 900	3.15%	0.91%	0.81%	1.84%
第 3 組	47 ~ 49	1400 ~ 800	3.35%	0.82%	0.15%	0.73%
第 4 組	47 ~ 49	1300 ~ 700	1.82%	1.26%	0.11%	1.05%
第 5 組	47 ~ 49	1200 ~ 600	3.59%	1.60%	0.17%	1.07%
第 6 組	47 ~ 49	1100 ~ 500	3.64%	1.64%	0.26%	1.26%
第 7 組	47 ~ 49	1000 ~ 400	4.53%	1.87%	0.41%	1.27%

第 8 組	47 ~ 49	900 ~ 300	4.55%	1.88%	0.42%	1.30%
第 9 組	47 ~ 49	800 ~ 200	4.59%	1.89%	0.52%	1.42%

透過調高實驗樣本 3~9 的注水速率，分段濃度後段高於前段的現象影經消除。

五、結論與生活應用

(一) 結論

本研究透過對咖啡粉細度的探討，發現咖啡粉的細度對 TDS 有顯著的影響。咖啡粉的細度影響水流與粉末間的接觸面積，進而影響萃取濃度。實驗結果顯示，過細的咖啡粉可能導致萃取過度，TDS 過高，風味濃烈，易苦澀，因此與假設 1「咖啡粉越細，TDS 值越高，風味越濃烈，易產生苦澀感」，獲得支持。粉末過粗則可能導致萃取不足，TDS 過低，風味偏淡，萃取不足，因此與假設 2「咖啡粉越粗，TDS 值越低，風味偏淡」，獲得支持。從本實驗研究結果得知：透過精確控制咖啡粉細度與沖煮參數，可達到理想的 TDS 範圍，從而製作出口感平衡、風味豐富的咖啡。

然而風味喜好因人而異，就像 1952 年由美國國家咖啡協會 (SCAA) 提出的金杯理論 (Golden Cup Brewing Standard)，利用 TDS 濃度與萃取率繪製管制圖，畫出當時美國人對咖啡喜好的範圍區間(金杯範圍)，持續上述實驗，不久之後我們應該也可以設定出屬於我們自己的金杯範圍。

(二) 生活應用

透過瞭解 TDS 與咖啡粉細度的關聯，消費者可以根據個人口味偏好，調整篩網間隔，進一步改善咖啡的風味。例如：咖啡愛好者不再需要花費幾萬元去購買昂貴的磨豆機，只需花小錢購買篩網來調整咖啡的萃取率，即可實現符合個人口感的濃度與風味。這種以科學數據為基礎的沖煮方法，大大提升了咖啡的風味體驗。

參考資料 (明天會將文獻補進去)

(一) 參考資料：

國立自然科學博物館 (2024)。想入咖啡細說咖啡特展。<https://reurl.cc/DqmlEe>

張家祺、陳嘉駿、黃國勝、洪嘉志 (2020)。咖啡沖煮參數對萃取濃度與風味的影響研究。《食品科學期刊》,47(5),123-132。

陳俊霖、林家瑋、張仁慈 (2019)。不同沖煮方式對咖啡 TDS 及風味的影響。《飲料科學期刊》,36(3),45-56。

林蔓禎 (著)、楊志雄 (攝影)。(2016)。《咖啡沖煮大全：咖啡職人的零失敗手沖祕笈 = Coffee》。四塊玉文創出版：三友總代理。

(二) 參考影片：

一招讓你磨豆機大躍進！改善咖啡細粉！研磨更集中！取自 <https://reurl.cc/vQmlkk>