

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：不同清洗方式對蔬果農藥殘留去除效果的探究

一、摘要

本研究旨在探討不同清洗方式對蔬果中有機磷農藥殘留的去除效果，採用酶抑制法準確測定殘留濃度。實驗選用芹菜和聖女果作為樣本，通過比較清水、食鹽水、小蘇打溶液、麵粉水、專用果蔬洗滌劑及洗米水的清洗效果，評估其對農藥殘留的抑制率。結果顯示，未清洗的樣品農藥殘留較高，經過各種清洗方法處理後，抑制率顯著下降，顯示清洗能有效去除農藥殘留。其中，果蔬洗滌劑的去除效果最佳。研究還探討了聖女果去蒂與否對清洗效果的影響，結果表明去蒂的影響不顯著。最終，研究為消費者提供了科學有效的蔬果清洗指導，並強調使用天然清洗方法以保障食品安全和環境保護的重要性。

二、探究題目與動機

隨著民衆生活水平不斷提升，對食品安全的關注度亦日漸高漲。蔬果作為日常飲食中至關重要的一環，其農藥殘留問題直接牽繫著消費者的身體健康。近年來，農藥濫用現象致使農產品的農藥殘留問題備受矚目。當前世界各國的農藥種類多種多樣，品種超過了 1400 種。按農藥分子化學結構，通常可以將農藥分為：有機磷類農藥、有機氯類農藥、氨基甲酸酯類農藥以及擬除蟲菊酯類農藥等四類^[1]。其中，有機磷農藥因能卓有成效地提高農產品的產量與品質，在農業生產中被大量使用，約佔所有殺蟲劑使用量的七成^[2]。

農藥的廣泛使用雖然保障了蔬果產量，但也帶來農藥殘留超標的潛在風險。若無法有效去除蔬果上的農藥殘留，長期食用可能對人體健康造成慢性損害，甚至引發各種疾病。面對這一嚴峻形勢，市場上雖有多種宣稱能去除農藥的方法，常見的清洗方式包括清水、食鹽水、小蘇打溶液及專用果蔬洗滌劑等。然而，這些方法的實際效果仍存在爭議，且不同清洗方式的效果差異需進一步研究。此外，聖女果去蒂與否對清洗效果的影響也有待探討。因此，開展這項研究對於引導民衆有效清洗蔬果、保障食品安全具有重要意義。篩選高效、環保且經濟的清洗方法，並普及科學清洗知識，將提升公眾的食品安全意識和自我保護能力。我們期望透過這項研究深入了解不同清洗方式及處理條件下蔬果農藥殘留去除的內在機制，掌握化學反應過程和生物酶抑制原理，從而保障食品安全，並挖掘其在化學和生物學科學學習中的應用價值。

本次實驗選用了芹菜和聖女果作為研究樣本。芹菜是一種常見蔬菜，其葉片多且表面積大，容易吸附農藥，適合用於研究農藥殘留的去除。芹菜汁在健康飲食中具有重要地位，對農藥殘留的去除要求較高。聖女果則是受歡迎的水果型蔬菜，常用於零食和沙拉中，深受消費者喜愛。實驗中選用的有機磷農藥是含磷的有機化合物，根據磷原子的電子構型，其 3d 空軌道能參與成鍵，形成含 d-p π 配鍵的五價磷化合物。全球已知的有機磷農藥超過 150 種，主要屬於酯類，通常難溶於水但易溶於有機溶劑。這些農藥在環境中易於降解，殘留時間短，對地下水的污染貢獻較小，且對動植物體內酶的抑制性較低（除了膽鹼酯酶），

易被酶水解，因此被認為是一種污染較小的農藥。這些特性使得針對有機磷農藥的清洗方法研究顯得尤為重要，以保障消費者的健康與食品安全。

三、探究目的與假設

探究目的：本次探究旨在系統評估不同清洗方法（如清水不同浸泡時間、食鹽水、小蘇打溶液、面粉水、專用果蔬洗滌劑及洗米水）對芹菜和聖女果表面有機磷農藥殘留的去除效果，為民眾提供科學有效的蔬果清洗指導。此外，深入探討聖女果去蒂與否對農藥清洗效果的影響，以完善清洗過程中的注意事項。通過酶抑制法準確測定農藥殘留抑制率，為豐富和完善蔬果農藥殘留去除的科學理論和實踐方法提供可靠數據支持。同時，了解不同清洗方式及處理條件下蔬果農藥殘留去除的內在機制，掌握化學反應過程和生物酶抑制原理，探索其在化學和生物學科學學習中的潛在應用。

假設 1：清水清洗時間對蔬菜中的農藥殘留量產生影響

有機磷農藥可溶於水，延長浸泡時間能增加農藥分子向水中的擴散效率，且翻動蔬果可破壞液體—固界面邊界層，促進農藥溶解脫離表面，從而降低殘留量。

假設 2：鹼性環境（小蘇打溶液， NaHCO_3 ）對有機磷農藥的去除效果優於中性或弱酸性清洗溶液（清水、食鹽水、麵粉水、洗米水）

有機磷農藥分子結構中的磷酯鍵易在鹼性條件下發生水解反應，生成無毒或低毒產物，而鹼性環境可加速此過程，提升去除效率。

假設 3：聖女果去蒂與否對蔬菜中的農藥殘留量產生影響

果蒂部位因結構凹陷、蠟質層較厚，易成為農藥滯留的「死角」，且清洗時，水流難以充分接觸；去除果蒂可直接移除高農藥殘留區域，減少農藥附著點位，提升清洗徹底性。

四、探究方法與驗證步驟

4.1 實驗原理：有機磷和氨基甲酸酯類農藥能抑制昆蟲中樞及周圍神經系統中的乙醯膽鹼酯酶活性，導致乙醯膽鹼的積累，影響正常的神經傳導過程，最終導致昆蟲中毒死亡。基於這一昆蟲毒理學原理，該原理被應用於農藥殘留檢測。在檢測過程中，加入反應試劑後，利用分光光度計測定吸光度隨時間的變化，計算抑制率，以判斷蔬菜中是否含有有機磷或氨基甲酸酯類農藥殘留。正常情況下，乙醯膽鹼酯酶催化乙醯膽鹼水解，生成膽鹼和乙酸，然後膽鹼與顯色劑（DTNB）反應生成黃色物質。當有機磷或氨基甲酸酯類農藥存在時，乙醯膽鹼酯酶的抑制程度越高，生成的黃色化合物越少，顯示樣品中的農藥殘留越多。該黃色物質在 412 nm 處有特定的吸收峰，通過測定吸光度的變化，可以定量分析樣品中的農藥殘留量，從而間接反映膽鹼酯酶的活性，判斷樣品中是否存在農藥殘留。

4.2 實驗儀器和試劑：實驗儀器：電子天平、燒杯、濾紙、玻璃棒、試管、500mL 容量瓶、移液槍、Jenway 7305 紫外可見分光光度計。材料與試劑：芹菜、聖女果、有機磷農藥、pH 7.5 緩衝溶液、乙醯膽鹼酯酶、硫代乙醯膽鹼（作為底物）、二硫代二硝基苯甲酸（作為顯色液）

4.3 實驗步驟：

4.3.1 蔬果農藥處理

按說明書用自來水稀釋，稀釋倍數為:30%有機磷農藥配製為 3mL/500L 將新鮮的芹菜和聖女果放入農藥液中浸泡 15min 並不時的攪拌以確保農藥在蔬果表面均勻的分佈，置於通風廚中瀝乾水分，用保鮮袋包裝密封後放置於 4°C 冰箱中冷藏 24h，製成含農藥蔬果樣品。

4.3.2 對污染蔬果的清洗處理

將冰箱中浸泡了農藥的芹菜和聖女果取出，聖女果分為去蒂和保留蒂兩份，然後用 6 種不同的清洗方法進行清洗：

- (1) 清水清洗組：將蔬果分為三等份，分別在清水中浸泡 5min、15min 和 30min（每 5min 翻動），然後用清水漂洗一次，自然晾乾。
- (2) 食鹽水清洗組：將蔬果置於 1.5%食鹽水中常溫浸泡 15min（每 5min 翻動），然後用清水漂洗一次，自然晾乾。
- (3) 小蘇打溶液清洗組：將蔬果浸泡在 1.5% NaHCO₃水溶液中常溫浸泡 15min（每 5min 翻動），然後用清水漂洗一次，自然晾乾。
- (4) 麵粉水清洗組：將蔬果置於 3g 麵粉/200mL 水中常溫浸泡 15min（每 5min 翻動），然後用清水漂洗一次，自然晾乾。
- (5) 果蔬洗滌劑清洗組：按照配比製備果蔬洗滌劑溶液，浸泡蔬果 15min（每 5min 翻動），然後用清水漂洗一次，自然晾乾。
- (6) 洗米水清洗組：將蔬果置於洗米水中常溫浸泡 15min（每 5min 翻動），然後用清水漂洗一次，自然晾乾。

4.3.3 農藥測定方法：酶抑制法

蔬菜樣品農藥殘留檢測前處理：取 2g 蔬菜樣品，葉菜剪成約 1cm 碎片，塊莖類取橫截面或表皮，放入取樣瓶中，加入 10mL 緩衝液，震盪 2 分鐘，靜置後上清液為待測樣品。在空白對照中，取試管，加入 2.5mL 緩衝液、100 μ L 的酶液和 100 μ L 的顯色劑，搖勻後在 37°C 下靜置 15 分鐘。隨後，加入 100 μ L 底物，搖勻後立即倒入比色皿，進行測定，顯色反應持續 3 分鐘，讀取 3 分鐘後的吸光度變化。進行樣品檢測時，取 2.5mL 待測液，加入 100 μ L 的酶液和 100 μ L 的顯色劑，靜置 15 分鐘後再加入 100 μ L 底物，搖勻後測定吸光度。注意：顯色時間為 1 分鐘時，空白對照值應在 0.15-0.3 之間；若 <0.15，需重做對照。3 分鐘時，對照值應 \geq 0.3，<0.3 時更換酶試劑。

4.3.4 結果計算：抑制率(%) = $[(\Delta A_0 - \Delta A_t) / \Delta A_0] \times 100\%$

其中， ΔA_0 為空白對照組 3min 前後的吸光度之差； ΔA_t 為實驗組 3min 前後的吸光度之差。

4.3.5 實驗結果判定

當抑制率小於 50%時，結果為陰性，基本上說明不含氨基甲酸酯類或有機磷類農藥殘留。當抑制率大於等於 50%時，結果為陽性，說明氨基甲酸酯類或有機磷類農藥確實存在。

五、結論與生活應用

實驗結果與結論：

5.1 不同清洗方法對殘留農藥的去除效果：

表 1 不同清洗方法對蔬果農藥殘留的檢測結果 (酶抑制法)

樣品名稱	清洗方法	抑制率	結果
芹菜	不洗	74.70%	陽性
	清水	42.38%	陰性
	麵粉水	41.77%	陰性
	果蔬洗滌劑	13.11%	陰性
	鹽水	38.41%	陰性
	NaHCO ₃ 水溶液	27.13%	陰性
	洗米水	36.59%	陰性
聖女果	不洗	69.49%	陽性
	清水	32.49%	陰性
	麵粉水	31.92%	陰性
	果蔬洗滌劑	12.99%	陰性
	鹽水	25.71%	陰性
	NaHCO ₃ 水溶液	15.82%	陰性
	洗米水	14.97%	陰性



圖 1 不同清洗方法蔬菜水果的抑制率對比

從表 1 和圖 1 表明，無論是芹菜還是圣女果，不清洗時抑制率較高，結果呈陽性，表明農藥殘留量較高，而經過各種清洗方法處理後，抑制率均顯著下降，結果大多呈陰性，說明清洗能有效去除農藥殘留。在不洗狀態下，芹菜不洗時的抑制率為 74.70%，圣女果不洗時的抑制率為 69.49%，說明在未清洗的情況下，芹菜表面的農藥殘留可能相對更多，或者其殘留的農藥性質導致抑制率更高。而在所有清洗方法下，芹菜的抑制率均高於圣女果，例如在使用果蔬洗滌劑清洗時，芹菜的抑制率為 13.11%，而圣女果為 12.99%，在使用洗米水清洗時，芹菜是 36.59%，圣女果為 14.97%，這可能暗示芹菜表面的農藥殘留更難被清洗掉，或許是由於芹菜的葉片結構、表面積等因素，使得農藥更容易附著且難以去除。

在所有清洗方法中，果蔬洗滌劑對芹菜和圣女果的農藥去除效果最佳，抑制率最低，分別為 13.11%和 12.99%。鹼性的果蔬洗滌劑能有效地去除農藥。NaHCO₃水溶液和洗米水的清洗效果也較好，對兩種蔬果的抑制率都相對較低。麵粉水、鹽水和清水的清洗效果相對較弱，但也能明顯降低農藥殘留，使抑制率達到陰性範圍。

有機磷農藥大多呈油狀或結晶狀，一般不溶於水，但易溶於有機溶劑，並且對光、熱和氧均較穩定。而有機磷農藥在鹼性條件下更容易被分解和去除，這主要是由其化學結構和反應特性所決定的，因有機磷農藥屬酯類，多數有機磷農藥含有磷醯或硫代磷醯基團。在這些化合物中，極化的磷醯基會在磷原子上產生一個正電荷，使其親電性顯著增強。而在鹼性環境裏，存在大量親核性的羥基離子。親電性強的磷原子極易與親核試劑發生反應，於是水解過程便隨之展開。例如，對於含有 P—O(S)—C 結構的磷酸酯或硫代磷酸酯，羥基既能進攻其中的磷原子，使 P—O(S) 鍵斷開，也能進攻碳原子，致使 O(S)—C 鍵斷裂。因此，對有機磷農藥的鹼降解而言，就是鹼性水中的羥基有選擇的進攻磷原子，伴以 P—O(S) 鍵斷開的過程。這一過程不僅破壞了農藥分子的結構，使其失去活性，還生成了無毒或低毒的分解產物。此外，有些有機磷農藥中的官能團易與鹼發生中和反應，從而減少甚至消失其活性成分。因此，在清洗過程中使用鹼性溶液，如果蔬洗滌劑或 NaHCO₃ 水溶液，能顯著降低農藥殘留，減少對健康的潛在影響。這些方法能有效提升清洗效果，保障食品安全。然而，使用果蔬洗滌劑時需注意，可能會在果實表面殘留，造成二次污染，在使用時必須按照說明書的要求操作，並在清洗後用清水充分沖洗，以確保安全。這樣可以有效降低農藥殘留對健康的影響，保持果蔬的安全性。

表 1 的數據也顯示了洗米水對農藥的清洗效果也較好。洗米水含有淀粉、維生素、礦物質及植物內源的酶，其中淀粉具有吸附性，能吸附部分農藥殘留。此外，洗米水的 pH 值通常在 5.5 到 7.5 之間，符合有機磷農藥在鹼性條件下易發生水解的特性。然而，使用洗米水時需注意大米本身可能含有農藥殘留，這可能導致二次污染。因此，在選用洗米水作為清洗液時，應謹慎考慮大米的來源及其農藥殘留情況，以避免加重污染。

5.2 去蒂與保留蒂對聖女果農藥清洗效果的影響

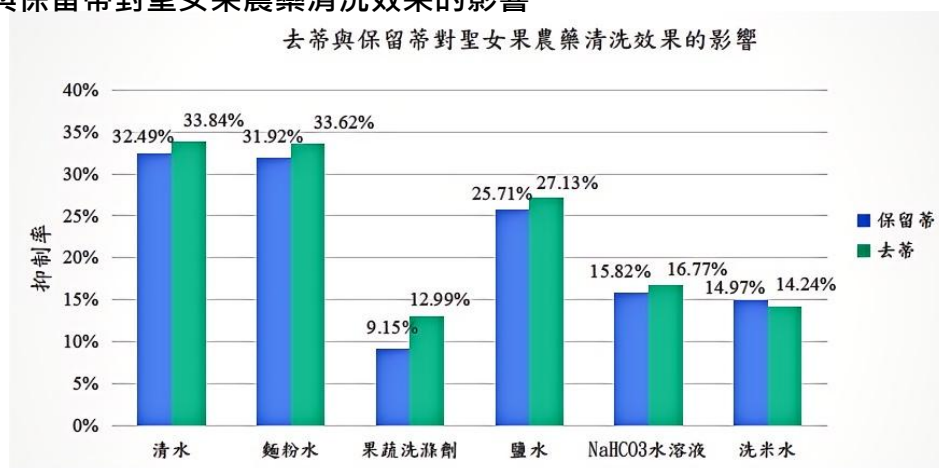


圖 2 去蒂與保留蒂對聖女果的抑制率對比

對比保留蒂和去蒂的聖女果在相同清洗方法下的抑制率，整體差異並不顯著（圖 2）。在各種清洗方式下，兩者的抑制率結果均為陰性，這表明去蒂與否對聖女果農藥清洗效果影響不大。不過，去蒂的抑制率略高，因為去蒂的聖女果在水中浸泡時，殘留的農藥可能隨水進入果實內部，造成更嚴重的污染。因此，在清洗聖女果時，需特別注意不要摘掉果蒂，以避免農藥隨水進入果實，導致更嚴重的污染。

5.3 不同清水清洗時間對蔬果中殘留的有機磷農藥的抑制率

表 2 不同清水清洗時間對蔬果中殘留的有機磷農藥的抑制率

樣品名稱	時間 (min)	抑制率	結果
聖女果 (保留蒂)	5min	36.60%	陰性
	15min	32.49%	陰性
	30min	31.99%	陰性
聖女果 (去蒂)	5min	44.82%	陰性
	15min	33.84%	陰性
	30min	34.57%	陰性
芹菜	5min	68.60%	陽性
	15min	42.38%	陰性
	30min	45.12%	陰性

表 2 數據表明，對於聖女果，隨著清水清洗時間的增加，抑制率呈現下降趨勢。清洗 5 分鐘時，抑制率相對較高，但在清洗 15 分鐘和 30 分鐘時，抑制率較低且數值接近，顯示清洗時間延長有助於去除農藥殘留，但超過 15 分鐘後，效果變得有限。相對於芹菜，清洗 5 分鐘的抑制率為 68.60%，結果呈陽性。然而，隨著清洗時間延長至 15 分鐘和 30 分鐘，抑制率降至陰性，分別為 42.38% 和 45.12%。這顯示芹菜的農藥殘留較難清洗，需要至少 15 分鐘的清洗時間才能有效降低殘留量。過長的清洗時間並未顯著提高去除效果，反而可能使農藥深入蔬果內部，導致更難去除。因此，合理的清洗時間對於有效去除農藥殘留至關重要，應避免過長的浸泡時間，以防農藥進一步滲透到果實內部。

生活應用：通過以上結論，可以應用於日常生活和環境保護。實驗結論為蔬果清洗提供科學依據。家庭主婦或消費者可根據實驗結果，選擇果蔬洗滌劑或小蘇打水溶液進行清洗，這兩種方法對有機磷農藥去除效果顯著。使用果蔬洗滌劑時，根據說明書配製溶液，浸泡蔬果 15 分鐘，最後用清水沖洗。經濟實惠的選擇是洗米水，因其澱粉可吸附農藥，微弱鹼性有助於水解，但需注意大米來源以避免污染。實驗表明，清水浸泡 5 分鐘效果有限，而浸泡 15 分鐘和 30 分鐘的效果接近。因此，建議家庭在清水清洗時，浸泡時間控制在 15 分鐘，以達到較好效果，避免過長時間導致農藥滲入蔬果內部。對於芹菜等農藥殘留難以清洗的蔬菜，建議延長浸泡至 30 分鐘，以確保徹底去除殘留。在清洗聖女果時，建議先保留果蒂，清洗後再去除，以避免農藥隨水進入果實。在環境保護層面，實驗結論同樣具有積極意義。家庭和食品行業應儘量減少使用化學洗滌劑，改用天然清洗方法，如洗米水、鹽水等。這些方法不僅有效，還能減少生活污水中的化學殘留，降低對水體的污染。推廣天然清洗方法，減少化學洗滌劑的使用，有助於保護生態環境，減少水資源污染。

參考資料

- [1] Kim KH, Kabir E, Jahan SA. Exposure to pesticides and the associated human health effects. *Sci Total Environ.* 2017 Jan 1;575:525-535. doi: 10.1016/j.scitotenv.2016.09.009. Epub 2016 Sep 7. PMID: 27614863.
- [2] 吳蕊,牛明芬,郭穎,等. 設施大棚農藥汙染殘留調查分析[J]. 農業環境科學學報,2009,28(1):130-134. DOI:10.3321/j.issn:1672-2043.2009.01.024.
- [3] 雷甜甜,劉世軍,唐志書,等. 采用酶抑制法檢測大棗中的農藥殘留[J]. 陝西農業科學,2018,64(5):21-22. DOI:10.3969/j.issn.0488-5368.2018.05.006.