

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：搶救活水槽大作戰

一、摘要

本研究針對自助餐廳中常見的活水槽 (Dipper well) 進行探討，該裝置透過持續注水形成活水流動，以清洗並存放重複使用的食器，如冰淇淋勺與飯匙。然而實際觀察中，活水槽內仍可見食物殘渣滯留，導致細菌孳生、衛生風險升高。

本研究製作模擬裝置，針對注水量、注水位置、水槽形狀及食材種類四項變因進行實驗，並以田口式工法優化試驗數量，透過影像分析與量表評估殘渣排除效果。結果顯示，注水量對排除效率影響最顯著，並與食物殘渣的尺寸及漂浮性息息相關。本研究提供未來餐飲業者調整設備參數的參考依據，以兼顧衛生與用水效率。

二、探究題目與動機

一起有關冰淇淋勺活水槽飄浮泡沫的新聞¹引起我們對食安議題的關注。在自助餐廳，使用過的餐具往往會直接放入持續注水的活水槽中清洗，但我們的田野調查發現，多數業者的水槽內仍可見食物殘渣殘留，顯示排除機制並不完全。

根據東京大學的研究²指出，餐具泡水超過 10 小時，表面微生物量可從 60 個急遽增長至 2900 萬個，顯示水中有機殘渣對於細菌孳生極具促進作用。若殘留細菌如金黃色葡萄球菌、糞大腸桿菌或沙門氏菌進一步污染食物，將造成腸胃疾病，甚至可能致命。因此，提升活水槽排除效率是重要的食安改善目標。



圖 1 水槽漂浮泡沫狀況



圖 2 食物殘渣沉澱狀況

三、探究目的與假設

傳統活水槽 (Dipper well) 需依賴高流量水流維持衛生³，但此設計不僅耗水，還因為必須使用淨水器才能取得生飲水，長期使用增加營運成本，因此許多店家只開啟極少的注水量或者關閉不用，導致水槽內的活水率很低，同時因為很多的冰淇淋內含有果粒、餅乾等成分，因此水槽中的食物殘渣，除了溶於水中的乳品外還有固體碎屑，這些食物殘渣長時間滯留在水槽內，會造成活水功用喪失以及資源浪費。

因此本研究旨在探討影響活水槽中食物殘渣滯留的主要因素，透過量化不同操作參數對殘渣排除效果的影響，進而提出優化建議。

根據觀察與初步推論，提出以下假設：

假設一：存在最適注水量，可在節能與殘渣排除效率間取得平衡。

假設二：注水位置會改變水流路徑，進而影響殘渣的排除效能。

假設三：水槽形狀改變將影響水流循環及死角分布，進而影響殘渣排除表現。

假設四：殘渣的尺寸和是否漂浮，比食材種類更能影響是否能被水流帶出水槽。。

四、探究方法與驗證步驟

1. 器材說明

本研究以試驗方式探究各項因子影響性，因此製作一個活水槽試驗裝置來實驗，注水裝置直接使用淨水器水龍頭，以 3 分管連結實驗室水龍頭，安裝在木製盆栽架上，方便調整注水位置，下方也放置水盤以便收集食物殘渣，避免直接流入排水管。試驗水槽採用兩種形狀的，為便於未來進一步設計不同的形狀，目前試驗水槽均以 3D 列印製作，外觀尺寸與實際活水槽相近，但以漸層色列印以利於目視清澈程度。



圖 3 活水槽試驗裝置與試驗水槽

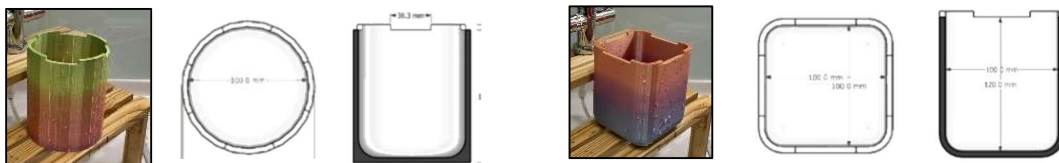


圖 4 圓形及方形水槽與其設計圖

2. 變因說明

控制變因

試驗水槽容積為 980cc，試驗之食材體積均為 2 oz (60ml)，注水龍頭口徑為 2 分，注水口距離水面高度為 12 公分，總試驗時間為 240 秒。

操作變因

試驗操作變因共有 4 組，並以田口式工法縮減試驗組數，各組因子水準說明如下：

因子一：食材種類

本研究以米飯、山粉圓以及冰淇淋為試驗之食材，除了冰淇淋本身直接溶於水外，另外兩種食材則是在水中浮沉，經以游標卡尺測量食材尺寸，泡在水中的米飯，約為 9.2mm x 2.5mm，而山粉圓則是直徑約 2.1mm，試驗時加入的食材數量為 2 oz，而冰淇淋則為 30 公克。



圖 6 食材尺寸測量及試驗量

因子二 水槽形狀

以內徑 10 公分為基本標準，設計成正圓形及正方形，水槽深度統一設定為 12 公分，並且於四個方向留設溢流位置。

因子三 注水量

活水槽的供水是來自淨水器，而目前常見的淨水器最大出水量為 1.5 l/min，而特殊設備則能到達 2.0 l/min，因此在水量的變化上，設定大水量為 2.0 L/min，中水量為 1.5 l/min，而小水量則以店家自行縮減為依據，設定為 1.0 l/min。

因子四 注水位置

注水位置分成水槽正中央、一半以及邊緣等三處。

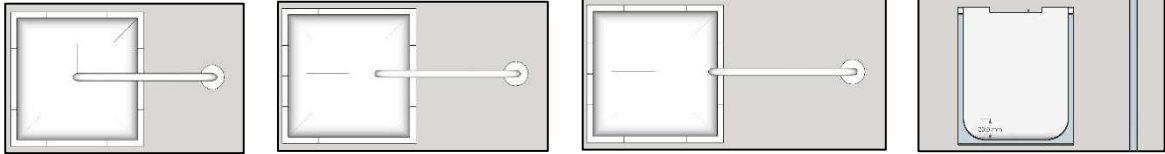


圖 5 注水龍頭與水槽相對位置俯視圖 (以方形水槽為例)

3. 實驗步驟

● 試驗準備

1. 以空水槽測量注水量並調整水龍頭之開關，使其能夠穩定在固定放水數值。
2. 標定水槽中心之位置。
3. 準備測試食材、計時器及攝影機。

● 試驗執行

1. 將水槽依標示放置，開啟水龍頭於指定位置以固定水量。
2. 在水槽內注水至深度 10 公分後放入測試食材。
3. 啟動攝影機及計時器開始記錄。

● 數據記錄與取樣

1. 以最初 5 秒目測之狀態為最高殘留量，至目測低於 5%以下為最低標準，再依時間平分成 8 個時段，截圖做成比較量表。
2. 從試驗影片中每 30 秒擷取一張照片，再比對量表之截圖取得殘留程度分級。

實驗結果

表 1 注水 240 秒後之殘留狀況一覽表

編號	食材	形狀	水量	位置	殘留
C-C1	山	圓	小	中	4
C-C2	山	圓	小	半	4
C-C3	山	圓	小	邊	3
C-C4	山	圓	中	中	3
C-C5	山	圓	中	半	4
C-C6	山	圓	中	邊	3
C-C7	山	圓	大	中	1
C-C8	山	圓	大	半	1
C-C9	山	圓	大	邊	1
C-S1	山	方	小	中	2
C-S2	山	方	小	半	3
C-S3	山	方	小	邊	4
C-S4	山	方	中	中	2
C-S5	山	方	中	半	3
C-S6	山	方	中	邊	3
C-S7	山	方	大	中	1
C-S8	山	方	大	半	1
C-S9	山	方	大	邊	2

編號	食材	形狀	水量	位置	殘留
R-C1	米	圓	大	中	4
R-C2	米	圓	大	半	5
R-C3	米	圓	大	邊	6
R-C4	米	圓	中	中	6
R-C5	米	圓	中	半	5
R-C6	米	圓	中	邊	5
R-S1	米	方	大	中	4
R-S2	米	方	大	半	5
R-S3	米	方	大	邊	6
I-C1	冰	圓	小	中	4
I-C2	冰	圓	大	中	1
I-S1	冰	方	小	中	4
I-S2	冰	方	大	中	1

食材 水量 位置

山：山粉圓 大：2.0 l/min 中：中央

米：米飯 中：1.5 l/min 半：一半

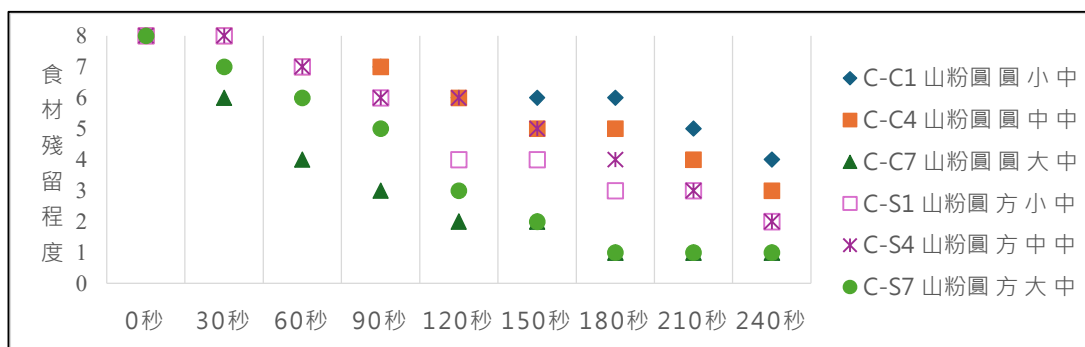
冰：冰淇淋 小：1.0 l/min 邊：邊緣

完整實驗結果數據附件 <https://docs.google.com/spreadsheets/d/1k4akRDB6-gAZLCrKwlc63-xnW0CU4N/edit?gid=1361302478#gid=1361302478>

4. 分析與說明

● 不同注水量對於殘渣排除效能的比較

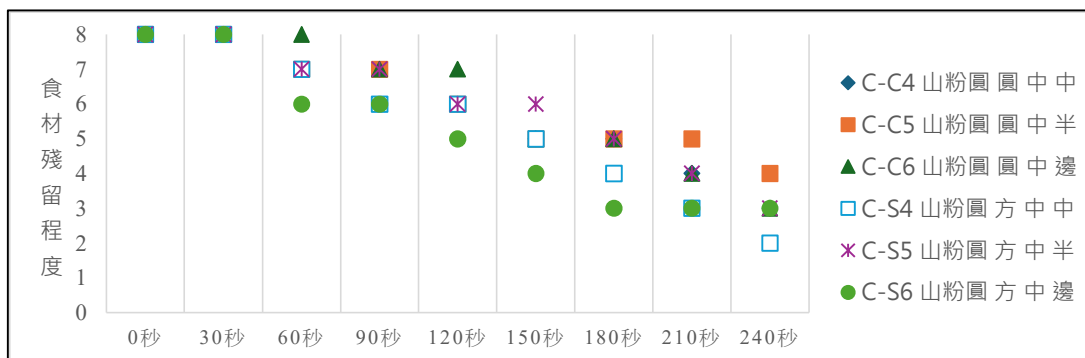
表 2 相同食材、注水位置，但不同水量之比較



說明：實驗結果顯示，在控制食材與注水位置條件不變的情況下，注水量對殘渣排除效果具顯著影響，注水量越高，殘渣排除效率越佳，但是採用方形水槽時，給予足夠時間，小水量也有適當的效果，證明假設一是正確的，有機會用較小水量達成排除目標。

● 不同注水位置對於殘渣排除效能的比較

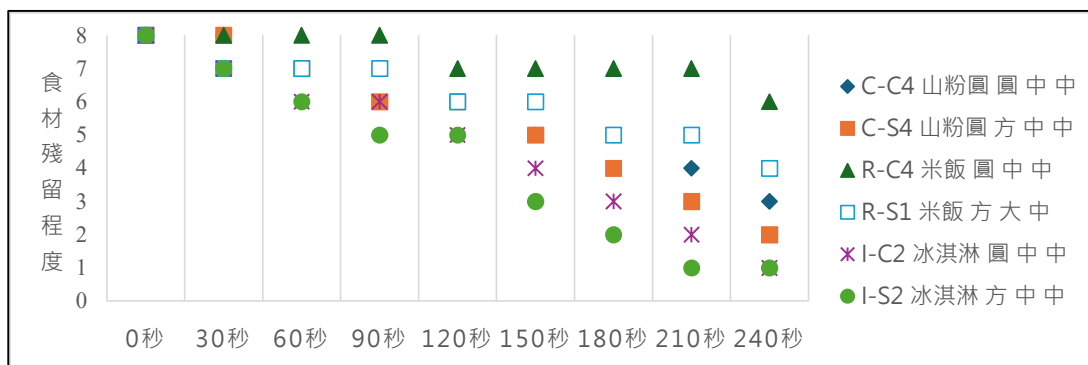
表 3 相同食材、水量，但不同注水位置之比較



說明：實驗結果顯示，中央效果最佳，推測其水流擴散較均勻，有助於大面積沖刷，而邊緣效果最差，可能因動能分散無法有效接觸殘渣而影響。試驗中觀察到邊緣注水時，距離較遠的溢流口有迴流產生，導致殘渣無法排出，而較近的溢流口有比較強的向下水流，反而造成殘渣被沖離，證明假設二是正確的，注水位置對於排除效果有明顯影響。

● 不同水槽形狀對於殘渣排除效能的比較。

表 4 相同食材、注水量及位置，但不同水槽形狀之比較



說明：以 240 秒的殘渣殘留值比較，方形水槽平均值為 3.15，圓形則為 3.89，顯示方形水槽在排除效率上表現優於圓形水槽，這與過去的相關科展研究⁴有不同的結果，試驗中觀察到方形水槽的水舌角度大於圓形水槽，證明方形水槽的流速度較高，推論是因為方形水槽有線性水流，而圓形水槽則為旋流，相較下殘渣被推送到溢流口的數量稍微少一點，但是以冰淇淋來說，基本上沒有太大差異，整體來說，假設三是正確的，在排除效能上的差異很明顯。。

- 不同食材種類對於殘渣排除效能的比較

表 5 不同食材與注水量之交互比較

食材種類	小水量	中水量	大水量
山粉圓	3.67	3.33	1.33
米飯	-	5.33	5.11
冰淇淋	3.5	1.0	-

說明：交叉分析顯示，不同食材對注水量之反應差異顯著。山粉圓與冰淇淋皆隨注水量提升而有明顯殘渣減少，尤以冰淇淋由小水量 4.0 降至中水量 1.0 最為明顯，顯示其易於清除，無須加大水量。

反觀米飯無論水量大小皆維持高殘渣值（表 5），顯示其對水流抗性較高，透過增加注水量提高效率有限，推測是因為食物殘渣必須經過溢流孔排出，在流速不夠高的情況下，溢流水舌（Water Nappe）的厚度決定了能夠通過的殘渣大小，而這個厚度與注水量直接相關，經測量不同水量之溢流厚度（圖 7），發現大水量約為 6mm，而中水量則有 5mm，而小水量則剩 3mm，三種食材中以米飯之尺寸超過溢流厚度，當混合兩種食材進行測試時，可以發現山粉圓可以順利排出，而米飯仍是大半留在水槽中（圖 8），因此可知當溢流厚度接近或者低於殘渣的尺寸時，殘渣無法有效被排除，所以證明假設四是正確的，殘渣的尺寸和是否漂浮，比食材種類更能影響是否能被水流帶出水槽。

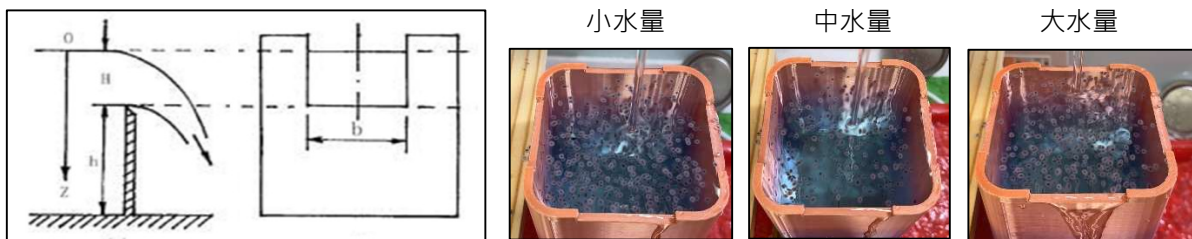


圖 7 溢流水舌（Water Snap）之概念與不同注水量之溢流狀況



圖 8 相同水量下，山粉圓與米飯混和之試驗紀錄

● 各因子的權重分析

本研究利用 EXCEL 分析試驗紀錄，獲得四個操作因子的權重。表 6 顯示，食材種類權重最高，但考慮米飯不是現在的活水槽能夠有效排除的種類，因此不計入米飯後得到的表 7 則呈現注水量權重最高，而水槽形狀及注水位置的權重，不管計不計入米飯，都是排名次高以及最低的權重。

表 6 因子權重分析表（全部類型）

操作變因	全體平均值	各分組平均值	平均差異平方總和	權重比例 %
食材種類	3.53	2.78, 5.22, 2.25	20.9	47%
水槽形狀	3.53	3.94, 3.06	15.7	35%
注水量	3.53	3.63, 3.83, 2.60	5.6	12%
注水位置	3.53	3.19, 3.44, 3.75	2.7	6%

表 7 因子權重分析表（不含米飯）

操作變因	全體平均值	各分組平均值	平均差異平方總和	權重比例 %
食材種類	2.68	2.78, 2.25	0.92	18%
水槽形狀	2.68	3.94, 3.06	1.63	33%
注水量	2.68	3.63, 3.83, 2.60	2.06	41%
注水位置	2.68	3.19, 3.44, 3.75	0.38	8%

五、結論與生活應用

本研究以四個變因針對活水槽設備進行量化分析，探究殘渣排除效果之結論如下：

1. 食材種類為影響最大的因子，特別是米飯類，由於尺寸超過水舌厚度，幾乎難以透過現有設備直接排除。
2. 注水量在排除效果中也扮演重要角色，尤其在排除山粉圓與冰淇淋等小顆粒或可融性食材時，大水量有顯著優勢。
3. 水槽形狀方面，方形水槽整體優於圓形，推測與線性水流及流速分布較佳有關。
4. 注水位置的影響相對較小，但中央注水可促進水流均勻擴散，仍值得優先採用。

整體而言，本研究建議餐飲業者在處理小顆粒或可溶性食材殘渣時，採用「方形水槽 + 中央注水 + 中水量」的配置可達最佳效果，因其能兼顧清潔效率與水資源利用，若涉及較大尺寸殘渣，則需重新設計水流結構或溢流口厚度，以因應不同殘渣特性。未來研究方向，將進一步以抑制微生物孳生的角度切入，探究及開發新式活水槽的設計方案。

參考資料

1. [新聞報導：火鍋店冰淇淋挖勺「水飄泡沫」！過來人曝噁爛經驗：不吃。](#)
2. [新聞報導：【食用安全】日本研究：飯後碗筷泡水不洗會加快細菌繁殖，可成為病毒溫床。](#)
3. Gibson, K. E., & Almeida, G. (2016). Evaluation of a Recirculating Dipper Well Combined with Ozone Sanitizer for Control of Foodborne Pathogens in Food Service Operations. *Journal of Food Protection, 79*(9), 1537–1548. <https://doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-16-055>
4. [中華民國第 48 屆中小學科展作品---八卦池傳奇~池型與水流的相關性研究](#)