

中華民國第 64 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組 生活與應用科學(二)科

082912

達克比揪出壞『蛋』-讓人類『饗』有蛋蛋的幸福

學校名稱： 南投縣草屯鎮北投國民小學

| | |
|--|-----------------------------|
| 作者： 小五 張循 小五 廖浩均 小五 何致毅 小五 洪丞駿 小五 羅鈺翔 | 指導老師： 張錫敏 嚴文材 |
|--|-----------------------------|

關鍵詞： 雞蛋新鮮度、貯藏天數、可靠度預測模型

達克比揪出壞『蛋』-讓人類『饗』有蛋蛋的幸福

摘要

為探究雞蛋新鮮度與貯藏天數的相關性，來確定新鮮度指標顯著變化的時間點，藉以建立新鮮度與貯藏時間的可靠度模型。實驗採用洗選與否的雞蛋，分別於常溫(20±5°C)及冷藏(4~7°C)環境進行貯藏試驗。進而模擬長期冷鏈貯藏運輸對蛋品質的影響，並分析蛋品質，包括：重量、比重、氣室面積、蛋黃直徑與高度、蛋白高度、pH 值。歸納出豪氏單位(Haugh unit, HU)以及蛋黃指數(Yolk index, YI)，並計算各測定項目間之相關性。結果顯示，為期4週的冷鏈運輸，不論雞蛋水洗與否，蛋品質皆能達到美國農業部(USDA)訂定標準 AA 級。雞蛋抵台後且全程經低溫貯藏9週之後，品質仍能達到 A 級。本研究建立的雞蛋新鮮度與貯藏環境、時間的相關性模型將作為評估雞蛋新鮮度。

壹、研究動機

蛋是重要的民生物資，台灣人一年狂吃80億顆蛋(林倖妃，天下雜誌，2023/03/08 [1])，人們對雞蛋的需求非常驚人，從2022年春節出現「蛋荒」事件，缺蛋甚至跨年到2023年。每日新聞不斷報導各賣場蛋架上空空如也，只剩下皮蛋和鹹蛋，民眾「一蛋難求」，蛋荒情況持續燃燒，一顆平均不到十元的雞蛋，竟在台灣掀起一陣陣家庭恐慌。為解決國內蛋荒問題，為解決國內蛋荒問題，政府開放進口雞蛋，但進口蛋處理過程爭議頻傳，不少民眾會擔心缺蛋，又害怕買到隨時可能爆發新問題的『核蛋』，導致民眾憂心深陷食安風暴之中。然而在吃蛋之餘，人人都懂得怎麼挑選國內、外生產的新鮮雞蛋嗎？因此，網路上開始流傳一張「如何判斷雞蛋是否新鮮」的圖片，圖中表示可以把雞蛋放入水中，觀察蛋是否浮起，從雞蛋在水中的沉浮分辨是新鮮、存放1週、2至3週或3週以上，如圖1所示(台灣事實查核中心，事實查核報告#2309，2023/04/14 [2])。畢竟是沸沸揚揚的民生議題，小小柯南的我們也不遑多讓，好奇的想多了解這種方法能不能精準的檢測出雞蛋存放的天數呢？國產雞蛋、進口雞蛋，以及前處理(清潔、塗層...)過的雞蛋可以保存多久呢？正確的保存方式又是如何呢？雞蛋壞掉了，又該怎麼判別呢？讓我們透過蛋蛋的實驗，來驗證這些疑問，讓這些群體響應的數據結果一次告訴大家，讓人類都能安心『饗』有蛋蛋的幸福！

貳、研究目的

本研究目的分析雞蛋新鮮度指數與貯藏天數的相關性，確定新鮮度指數值顯著變化的時間，建立新鮮度與貯藏時間的相關模型。實驗中，利用衡量雞蛋新鮮度的指標為基礎：針對

各貯藏天數之間的雞蛋失重量的變化，在不同濃度的食鹽水中沉浮的變化、氣室直徑、豪氏單位(HU)、蛋黃指數(YI)，以及蛋白 pH 值等，對未洗選與洗選蛋進行貯藏環境隨保存時間變化的相關性研究，透過有系統脈絡的方式，建立相關之檢量參考線為蛋品新鮮度判別依據，以進行蛋品品質評估，及提供一般消費者判別雞蛋新鮮度的參考依據。同時，模擬探討進口蛋在生產國當地前處理後，全程冷鏈運輸進口到台灣，通關後分散至消費者，或加工業者的手上，這些雞蛋保鮮時間的變化，來解開食安的疑慮。

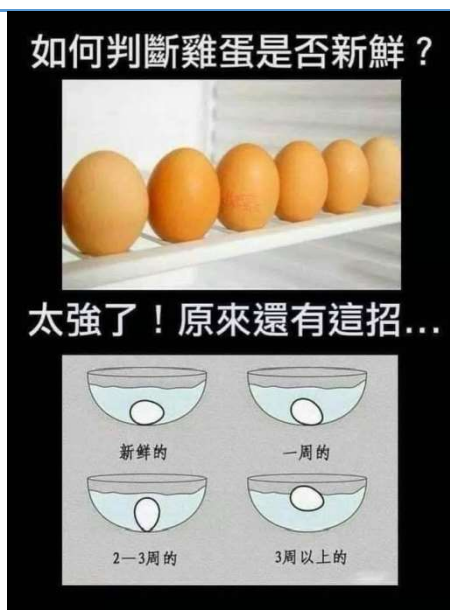


圖1 網路流傳的檢測雞蛋是否新鮮方法(引用自台灣事實查核中心，事實查核報告#2309，2023/04/14 [2])

一、文獻回顧

蛋的主要結構分為四部分：蛋殼 (Shell)、蛋白 (Albumen)、蛋黃 (Yolk) 及薄膜 (Membrane)，如圖2所示(楊悠娟，臺灣化學教育，第12期，2016/03[3])。

(一)蛋殼(見圖2之1、15)：由角質層、毛孔及其他部分組成的結構，可保護胚胎完整或避免雞蛋損壞。其主要成分為碳酸鈣(95%)，次要為蛋白基質(3%)，以及碳酸鎂(1%)，磷酸鈣(1%)等，殼厚度約在0.24~0.27mm。其中蛋白基質可以協助鈣質沉積及礦化，能增加蛋殼硬度，避免過脆。蛋殼上約有17000個氣孔，呈不規則的彎曲毛細管狀，它是孵化過程中胚胎進行呼吸氣體的通道，也可讓空氣與水分通過，最外層的角質層可防止細菌和灰塵入侵。

(二)蛋白(見圖2之4-6、12-13)：內殼膜與卵黃膜之間即是蛋白，它是一種透明的半流動膠體物質，保護胚胎，可做為緩衝劑，並提供胚胎成長所需的部分蛋白質和水分。其結構組成包含薄蛋白、厚蛋白、繫帶等；主要成分約10%的蛋白質水溶液，包含40種以上的蛋白

質；其他物質1%，包含核黃素、尼克酸、生物素、鈣、磷、鐵等物質。由外向內第一層為外層稀蛋白(見圖2之5)，薄蛋白較靠近蛋殼，環繞厚蛋白；第二層為濃蛋白(見圖2之6)，是核黃素和蛋白質的主要來源；第三層為內層稀蛋白。繫帶(見圖2之4、13)：是不透明且螺旋狀的濃蛋白質，形似扭轉的錨，可以固定卵黃的位置於蛋中央；繫帶越突出代表蛋越新鮮，因為煮熟後繫帶的蛋白緊貼蛋殼薄膜，所以不容易剝殼。蛋白的凝結溫度大約60~65°C。

(三)蛋黃(見圖2之7-11)：是黃色膠狀物質，是由一層透明的薄膜(卵黃膜)包圍著，結構組成包含蛋黃膜、黃蛋黃(深色)、白蛋黃(淺色)以及胚盤等。蛋黃是蛋中最富營養的部分，也是胚胎發育的重要營養庫。富含維生素、礦物質、脂肪、全蛋將近一半的蛋白質，估計水分48%、蛋白質17%、脂肪13%、無機質1%。礦物質(鐵、鈣、磷酸)、硫胺素(維生素 B1)、核黃素(維生素 B12)、卵磷脂(乳化劑)等，維生素(A/B 族/D/E/K/葉酸)。蛋黃膜(見圖2之7)：可以一定程度地防止蛋黃與蛋白相混，能夠保持蛋黃的完整性。

(四)薄膜(Membrance)：又被稱為「卵殼膜」，其實就是連接蛋殼與蛋白(蛋清)的一層半透明薄膜，它的厚度約有0.07mm，其包含外膜、內膜、氣室等結構。外膜(見圖2之2)和內膜(見圖2之3)都是透明蛋白質薄膜，外膜(見圖2之7)比較靠近蛋殼；二者都相當強韌，成分為 α -角蛋白(人頭髮成分)，空氣和水可以通過，但能阻擋微生物進入蛋的內部，對雞蛋起保護作用。氣室(見圖2之14)：位於雞蛋較大端或較圓端，介於內、外膜間，深度約2~8mm 的空隙。新鮮雞蛋的二氧化碳含量較高，但時間越久，二氧化碳微量釋出並伴隨水分蒸發，外面空氣進入造成氣室逐漸變大，而氣室大小亦反映出雞蛋的新鮮程度。

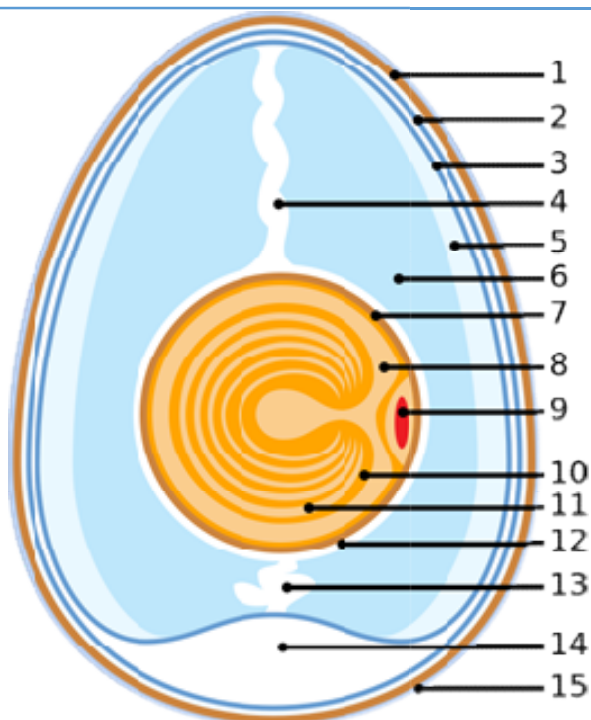


圖2：雞蛋剖面圖。數字含義：1.蛋殼；2.蛋殼外膜；3.蛋殼內膜；4.繫帶；5.外蛋白(薄蛋白)；6.中蛋白(厚蛋白)；7.蛋黃膜；8.潘德爾核；9.胚盤；10.黃蛋黃；11.白蛋黃；12.內蛋白；13.繫帶；14.氣室；15.蛋殼膠護膜。(引用自楊悠娟，臺灣化學教育，2016/03[3])

當母雞產蛋後，立即出現一系列反應，包括白蛋白增加使 pH 值提高、重量損失、蒸發和微生物污染的發生，導致物理和化學性質的變化，改變雞蛋的功能特性。而造成這些現象的主要因為氣體(主要是二氧化碳)和濕度透過孔洞和蛋殼裂縫增加交換等因素；衡量雞蛋新鮮度的重要常規參數包括：豪氏單位(HU)、蛋白 pH 值、蛋黃指數(YI)、濃稀蛋白比例、S-卵白蛋白(S-ovalbumin)含量、失重率、氣室直徑÷高度(Air chamber diameter÷height)、雞蛋相對密度、蛋殼厚度、蛋形指數等(戴妍等人，食品工業科技，2023 [4])。近年來，為了能更客觀監控雞蛋品質變化，國內外關於雞蛋新鮮度的研究已經發展出多種評估雞蛋品質的方法，並且可以區分破壞性和非破壞性方法。因此，我們收集、分析相關雞蛋新鮮度的計量、影響因素，以及辨識指標的方法，如表1所示，為這近期蛋荒衍生出國產蛋、進口蛋的新鮮度食安疑慮，總結了所考慮的可能因子，並根據簡單測量技術方面著手，進行了本研究實驗方案，期許給予大眾提供更多選蛋時的判別參考。

表1 摘錄相關技術應用於評估雞蛋的品質和新鮮度

| 方法 | 貯存環境 | 觀察指標 | 預測新鮮度 | 文獻 |
|-------------------------------|--------------------|---|---|-----|
| 1.外觀法 | | 1.蛋殼色澤、平滑度、 破損、斑點 | 比較外表觀察法、比重 法、蛋黃指數法等與蛋 鮮度測定儀測定結果比 較出各種方法的準確度 並分級 | [5] |
| 2.比重(10%食鹽 水) | 室溫/冷藏 與不同時 間 | 2.蛋在鹽水中的位置 3.蛋黃指數 4.蛋的重量、濃厚蛋白 的高度以及豪氏單位 (HU)值 | 浮沉程度，位置較低的 較新鮮 | [6] |
| 1.光譜檢測 2.蛋鮮度測定儀 | 室溫 | 利用雞蛋光譜響應變化 找出其對應豪氏單位指 數之演算法相關性 | 判別新鮮度之最適之波 長為850nm | [7] |
| 1.電腦視覺影像 2.蛋鮮度測定儀 3.pH計 | 室溫 | 利用雞蛋視覺影像變化 找出其對應蛋黃高度、 蛋黃/蛋白 pH 值、蛋黃 和蛋白密度以及豪氏單 位(HU)之演算法相關性 | 找出最適合的視覺系統 方法，以預測雞蛋品質 | [8] |

豪氏單位(HU)是運用蛋白高度的雞蛋蛋白質品質的衡量標準。這項測試由 Raymond Ho 於1937年提出，是評估雞蛋品質的重要行業指標，僅次於蛋殼厚度和強度等其他指標。將雞蛋秤重，將一個敲開的蛋放在水平的托盤上，用於測量蛋白的高度，厚蛋白距蛋黃1cm，避免合點介面處，然後使用千分指示量表測量雞蛋質量如圖3所示(NABEL, Co.,Ltd.[11])，測量蛋黃周圍厚蛋白的高度如圖4所示(NABEL, Co.,Ltd.[11])，以確定豪氏單位(HU)等級(Haugh, U.S. Egg Poultry Magazine, 1937 [9])。數字越高，雞蛋的品質就越高(新鮮、優質的雞蛋蛋白更濃)。

豪氏單位的計算公式(Doyon 等人，Poultry Science, 1986[10])

$$: HU=100 \times \log [(H-1.7W^{0.37}+7.6)]$$

式中 H：蛋白高度(mm)，W：蛋的重量(g)

蛋黃指數(YI)是將打開的雞蛋攤平在平板上的(雞蛋蛋黃高度)÷(蛋黃直徑)算出的值，從1930年代被開始作為衡量雞蛋內部品質的指標。隨著時間流逝，蛋黃膜的纖維組織變鬆緩而逐漸失去強度，品質變差，該值也隨之降低。用攤平在平板上的雞蛋蛋黃高度(YH)與蛋黃直徑(YD)，蛋黃指數(YI)計算公式(NABEL, Co.,Ltd.[11])： $YI=YH/YD$

式中 YH：蛋黃高度(mm)，YD：蛋黃直徑(mm)



圖3 雞蛋質量測量台
(引自 NABEL, Co.,Ltd.[11])



圖4 濃蛋白品質參數測定方法
(引自 NABEL, Co.,Ltd.[11])

參、研究設備及器材

一、實驗材料

(一)、雞蛋

- 1.連鎖超市販售之洗選蛋共計120顆(製造日期：2023/12/21)，如圖5所示。
- 2.牧場之未洗選蛋共計120顆(生產日期：2023/12/21)，如圖6、7所示。

(二)、高級精鹽與 RO 飲水機，如圖8所示。



圖5 洗選蛋



圖6 養雞牧場



圖7 未洗蛋



圖8 RO 飲水機
+ 食鹽原料

圖片來自作者拍攝

二、實驗器材，如圖9、10、11所示。

| 項目 編號 | 儲放裝置 | 物理測定 | 化學測定 |
|----------|-----------|---------------------|------------------|
| 1 | 紙蛋盒(30入) | 電子秤(<3000g) | #304不鏽鋼圓盤(Ø25cm) |
| 2 | 標籤紙 | DIY 光照箱(40x40x25cm) | 游標卡尺(0~150mm) |
| 3 | 冰箱(Kolin) | LED 手電筒(~1200lm) | 三角板組(11cm) |
| 4 | | 鋼尺(0~15cm) | pH 計(平面電極) |
| 5 | | 玻璃燒杯(1000ml) | |
| 6 | | 玻璃攪拌棒(20cm) | |
| 7 | | 不鏽鋼夾子(PP) | |



圖9 冷藏冰箱

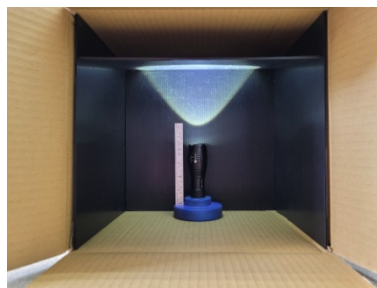


圖10 光照箱



圖11 物理化學測定工具

圖片來自作者拍攝

肆、研究過程或方法

本實驗利用定性觀察方法尋找雞蛋貯藏方式與時間對品質影響的模式，建立非破壞、破壞性的新鮮度判斷方法。本試驗參數設計將雞蛋分為 A、B(未洗常溫)；C、D(未洗冷藏)；E、F(洗選常溫)；G、H(洗選冷藏)四組別，分別於教室陰涼處涼藏，冰箱冷藏環境中進行貯藏試驗，並於星期一、三、五，每週三天進行蛋品質的物理，及化學性質測定。實驗中，利用秤重法觀察雞蛋貯藏時間其質量的變化；光照法搭配影像處理軟體(ImageJ)觀察雞蛋氣室光影面積的變化，比重法觀察雞蛋置入於6%和10%食鹽水中的浮沉程度。除此之外，利用游標卡尺、三角板、pH 計等量具來觀察蛋黃指數和豪氏單位指數作為新鮮度的對應指標，並計算各測定項目間之相關性。

一、投『石』問路先導型試驗：好蛋這樣挑-通過浮力測試辨別雞蛋新鮮度

利用浮力法，探究雞蛋貯存天數於不同的介質分別為：自來水(比重~1.00)、RO 水(比重~1.00)、6%食鹽水(比重~1.03)、次氯酸水(比重~1.02)等，其相對的位置浮沉狀態之影響。將貯藏於室溫與冷藏之不同日期購買的雞蛋分別放入溶液中，如此一來可以瞭解雞蛋在不同介質溶液中隨時間變化的浮沉狀況，進而評估後續實驗設計方向，如圖12所示。

➤ 實驗參數設計表

| 介質 天數 | 水 ($\rho \sim 1.00$) | RO水 ($\rho \sim 1.00$) | 食鹽水 ($\rho \sim 1.03$) | 次氯酸水 ($\rho \sim 1.01$) |
|----------|---------------------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------------|
| 7天(~常溫) | | | | |
| 7天(~冷藏) | | | | |
| 14天(~常溫) | | | | |
| 14天(~冷藏) | | | | |
| 19天(~冷藏) | | | | |



圖12 浮力法實驗試水溫(作者拍攝)

二、磨刀霍霍向壞『蛋』實驗步驟

其實驗流程如圖13所示，而各項實驗方法之細節敘述於以下各節。

(一)樣品準備與前置作業

首先將連鎖超市販售的洗選蛋與牧場的未洗選蛋共計240顆，利用電子秤逐顆記錄其初始重量(g)，並以標籤紙依據實驗設計表標示，如圖14所示。接著，利用自製的照光箱裝置搭配 LED 手電筒(白光~1200ml)，在光線較暗的暗室中依序水平放立在手電筒光源直射處，

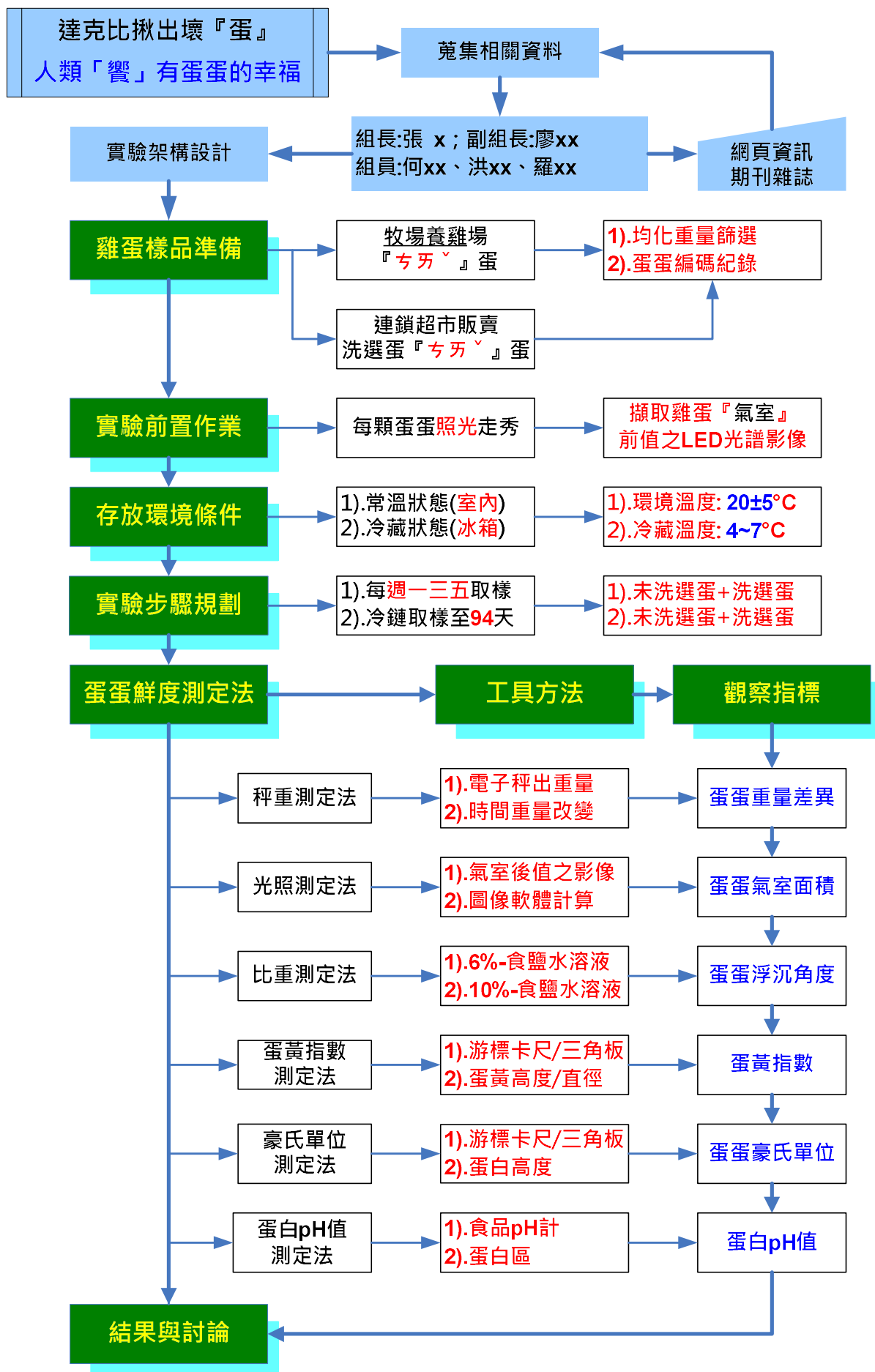


圖13 實驗流程圖(作者自繪)

調整其雞蛋氣室端適當位置，使其氣室輪廓明顯且目視為最大直徑狀態，逐顆進行氣室照光走秀，並藉數位影像採集每一枚雞蛋的白光譜透射影像建檔，如圖15、16所示。緊接著將實驗的蛋樣品分別置入於涼藏(20±5°C)，及冷藏(4~7°C)環境中開始進行47、94天貯藏試驗，如圖17、18所示。與此同時，透過影像處理軟體(ImageJ)著手計量貯藏前氣室直徑面積(mm²)，如圖19所示，以利接下來與取樣後值進行隨貯存時間變化比較。



圖14 樣品秤重編碼

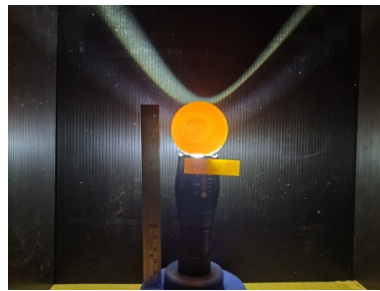


圖15 樣品逐一照光走秀

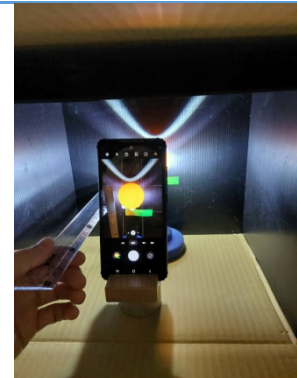


圖16 樣品數位影像建檔



圖17 常溫貯放



圖18 冷藏貯放

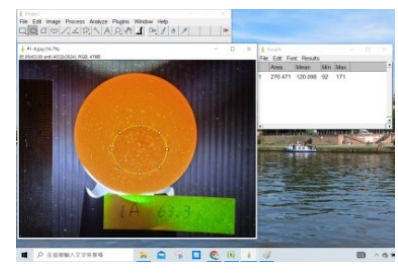


圖19 貯放前氣室面積計量

圖片來自作者拍攝

(二)新鮮度指標分析

1.雞蛋重量測定

雞蛋在貯存過程中會受到溫度、濕度的影響，其水分及營養成分也會隨之減少，導致雞蛋重量減輕，因此測定雞蛋的重量可以作為衡量雞蛋新鮮度的其中一個重要指標。每隔2天取樣，以電子秤分別測量其重量(精度0.1g)，並對每次測定後重量數值進行記錄，如圖20所示。併計算其失重量 a 和失重率 b ，計算公式： $a=c_1-c_2$, $b=(c_1-c_2)/c_1=a/c_1$

式中： a -失重量(g)； b -失重率(%)； c_1 -貯藏前重量(g)； c_2 -貯藏後重量(g)

2.雞蛋氣室面積測定

隨著貯藏時間的增加，雞蛋內部的水和二氧化碳會經由殼擴散至外部，引發雞蛋內部體積減少，雞蛋氣室深度出現增大。因此，利用自製的光照箱裝置搭配 LED 手電筒(白光

~1200ml)，置入一個圓柱固定座組合一鋼尺為比例尺參照，如圖21所示。在光線較暗的暗室中依序水平放立在手電筒光源出口處，調整雞蛋氣室端適當位置，使其氣室輪廓明顯，如圖22所示。逐顆進行氣室照光走秀，並藉數位影像採集每一枚雞蛋的白光譜透射影像建檔，並透過影像處理軟體(ImageJ)著手計量貯藏前氣室直徑面積(mm²)，如圖23所示。以利後續與取樣前值進行隨貯藏時間變化的差異分析。

3.雞蛋相對密度測定

相對密度採用食鹽水漂浮法進行測定，將食鹽按濃度梯度配製成不同相對密度6%和10%的鹽水溶液，如圖24所示。再將雞蛋依鹽水比重，由低到高的順序依序放入食鹽水溶液中，直至雞蛋懸浮，表示雞蛋與當前鹽水比重相近，以此判別雞蛋的相對密度。其全蛋的比重隨著蛋鮮度的劣化而降低，乃因新鮮蛋的比重約為1.08~1.09(g/cm³)，而6%和10%食鹽水之比重分別約為1.03(g/cm³)和1.06(g/cm³)，導致新鮮蛋在6%和10%食鹽水中應下沉，而不新鮮蛋則因比重減小而上浮，如圖25所示。除此之外，我們自製一組可量測雞蛋於食鹽水中浮沉的量角器置具，提供可參考新鮮度的相關性，如圖26所示。但從先導試驗中可知其角度量測只能概略判斷，因而我們聯想可應用氣室測定方法來達到目的，並藉數位影像採集每一枚雞蛋的浮沉影像建檔，並透過影像處理軟體(ImageJ)著手計量其漂浮角度，如圖27、28所示。

4. 雞蛋豪氏單位測定

豪氏單位可以用來做為評價雞蛋品質好壞的標準，是評估雞蛋鮮度的指標之一。數值高表示蛋白稠、品質好；數值低表示蛋白稀、品質差。將雞蛋打破後將內容物倒進不鏽鋼器皿中，如圖29所示。標出距離蛋黃1~1.5cm處的3個蛋白點，盡可能保證所取的3個點分佈均勻，且3個點連接起來組成近似的三角形，用三角板測定蛋白高度，如圖30所示。再將相關參數帶入計算過程依照公式進行。

5.雞蛋蛋黃指數測定

蛋黃高度與直徑的比值為蛋黃指數取樣程序，這步驟銜接豪氏單位測定之後，以精密度為0.02mm的遊標卡尺測定出蛋黃直徑，且以十字字號取兩組直徑平均值，如圖31、32所示。再以平視蛋黃，以三角板組並用選取蛋黃最高點處測量高度如圖33所示。再將相關參數帶入計算過程依照公式進行。

6.pH值測定

隨著雞蛋貯藏時間增加，雞蛋內部的蛋白質成分會受到各種因素的影響產生氨類化合物，雞蛋的pH值就會升高，所以測定雞蛋蛋白的pH值有利於確定雞蛋的新鮮度。利用平面式電極pH計，置入不鏽鋼托盤內的膠態蛋白，待讀數穩定時測定其pH值結果，如圖34所示。(上述圖片皆來自作者拍攝)



圖20 重量測定法



圖21 自製光照器具



圖22 光照測定法

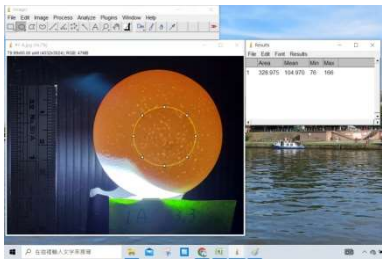


圖23 影像處理軟體計量



圖24 食鹽水調製



圖25 浮力法測定



圖26 客製置具計量角度



圖27 浮力測定影像

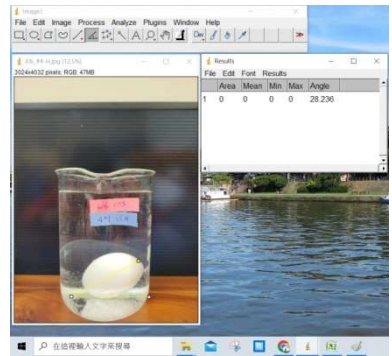


圖28 浮力測定角度計量



圖29 蛋打入不鏽鋼器皿

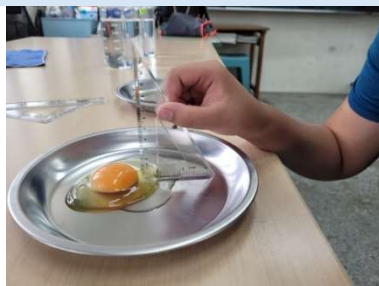


圖30 三角板測定蛋白高度

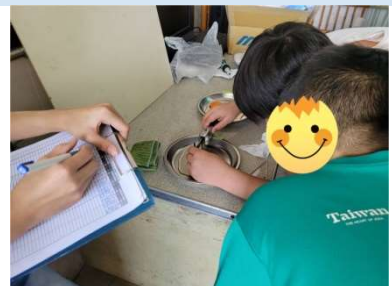


圖31 游標卡尺測定直徑-1



圖32 游標卡尺測定直徑-2



圖33 三角板測定蛋黃高度



圖34 pH 值的測定

伍、研究結果

一、投『石』問路先導型試驗：好蛋這樣挑-通過浮力測試辨別雞蛋新鮮度

表2 貯存時間與環境對於不同介質之浮力試驗結果

| 天數 | 介質 | | 水 | | RO水 | | 食鹽水 | | 次氯酸水 | |
|----------|----|-----|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | | | ($\rho \sim 1.00$) | ($\rho \sim 1.00$) | ($\rho \sim 1.03$) | ($\rho \sim 1.01$) | ($\rho \sim 1.03$) | ($\rho \sim 1.01$) | ($\rho \sim 1.03$) | ($\rho \sim 1.01$) |
| 7天(~常溫) | 沉 | 45° | 沉 | 45° | 沉 | 45° | 沉 | 45° | 沉 | 45° |
| 7天(~冷藏) | 沉 | 90° | 沉 | 45° | 沉 | 45° | 沉 | 45° | 沉 | 90° |
| 14天(~常溫) | 沉 | 90° | 沉 | 45° | 沉 | 90° | 沉 | 90° | 沉 | 90° |
| 14天(~冷藏) | 沉 | 45° | 沉 | 45° | 沉 | 45° | 沉 | 45° | 沉 | 45° |
| 19天(~冷藏) | 沉 | 45° | 沉 | 45° | 沉 | 90° | 沉 | 90° | 沉 | 45° |

小結：該實驗結果顯示於不同介質下，其雞蛋浮力位置皆於底部呈現沉平與直立狀態。

二、磨刀霍霍向壞『蛋』：新鮮度指標分析

(一)雞蛋重量測定

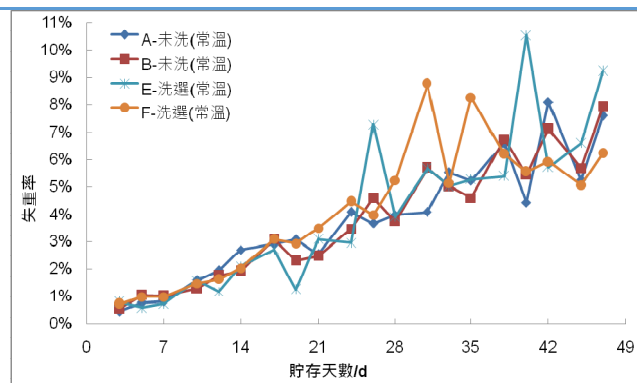


圖35 洗選與否的失重率與常溫貯藏天數的變化關係圖

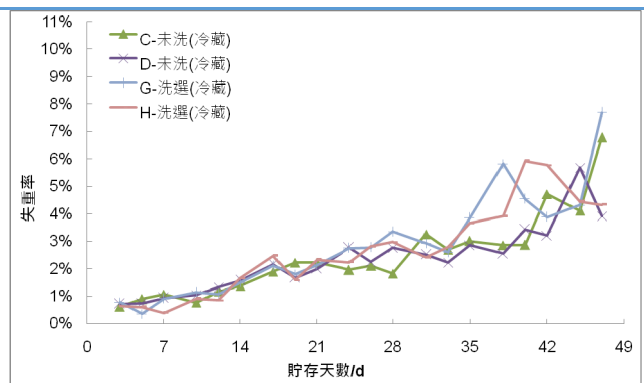


圖36 洗選與否的失重率與冷藏貯藏天數的變化關係圖

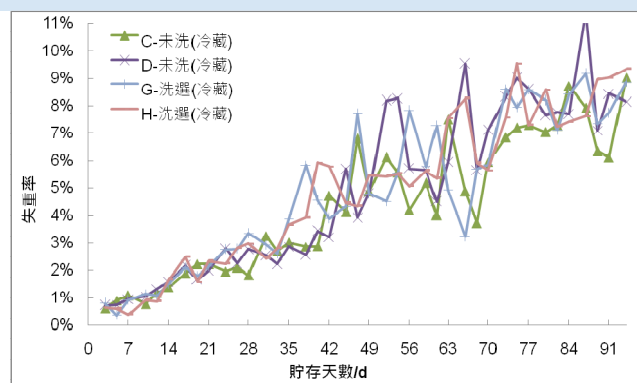


圖37 冷鏈貯存完整性對於洗選與否的失重率與天數的變化關係圖

小結：該實驗結果顯示洗選與否之失重率分別與常溫、冷藏貯藏時間呈正比趨勢。除此之外，該冷鏈貯存完整性實驗結果顯示洗選與否的失重率與貯存天數呈正比趨勢。

(二)雞蛋氣室面積測定

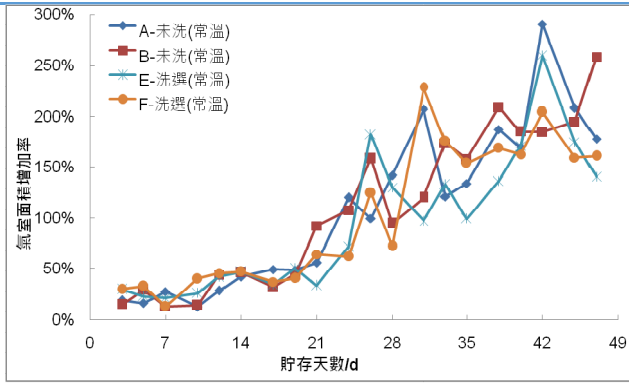


圖38 洗選與否的氣室面積與常溫貯藏天數的變化關係圖

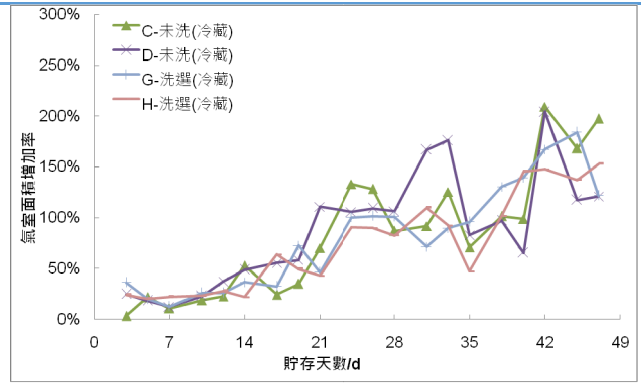


圖39 洗選與否的氣室面積與冷藏貯藏天數的變化關係圖

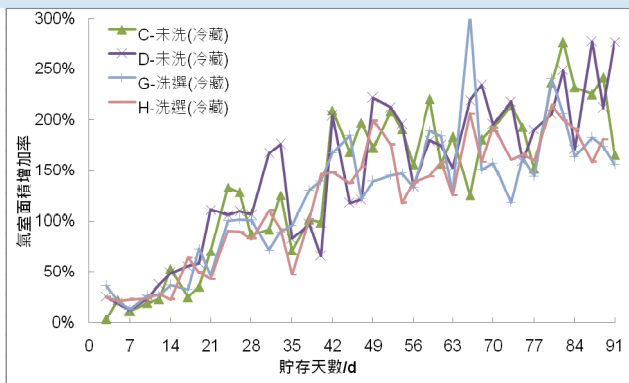


圖40 冷鏈貯藏完整性對於洗選與否的氣室面積與天數的變化關係圖

小結：該實驗結果顯示洗選與否之氣室面積分別與常溫、冷藏貯藏時間呈正比趨勢。除此之外，該冷鏈貯存完整性實驗結果顯示洗選與否的氣室面積與貯藏天數呈正比趨勢。

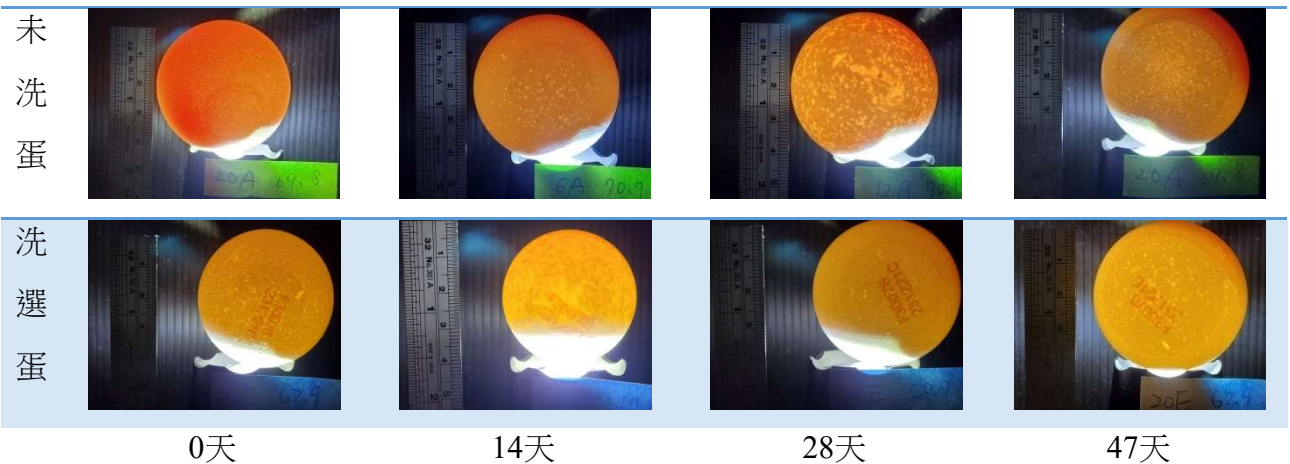


圖41 洗選與否的氣室面積與常溫貯藏不同天數影像圖(圖片來自作者拍攝)

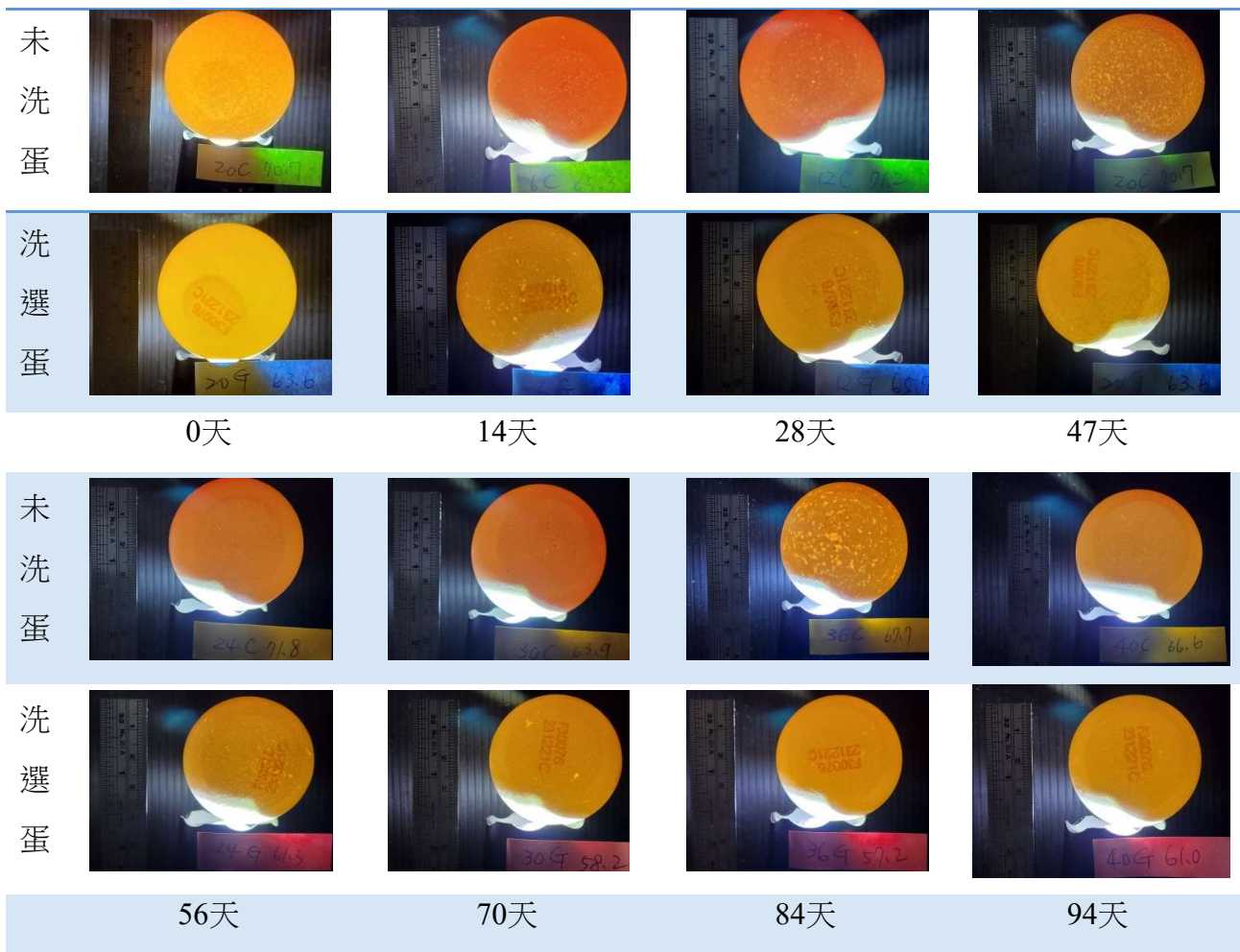


圖42 洗選與否的氣室面積與冷藏貯藏不同天數影像圖(圖片來自作者拍攝)

(三)雞蛋相對密度測定

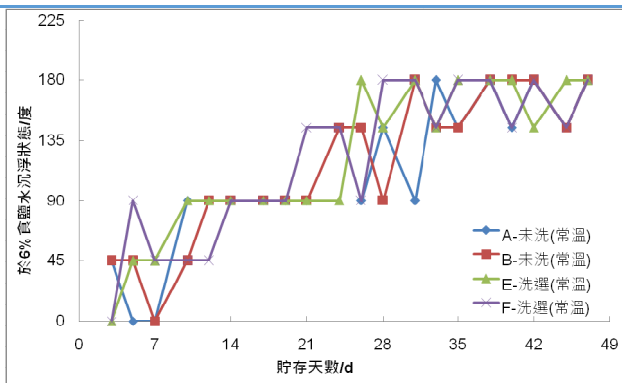


圖43 洗選與否於6%食鹽水浮力對常溫貯藏天數的變化關係圖

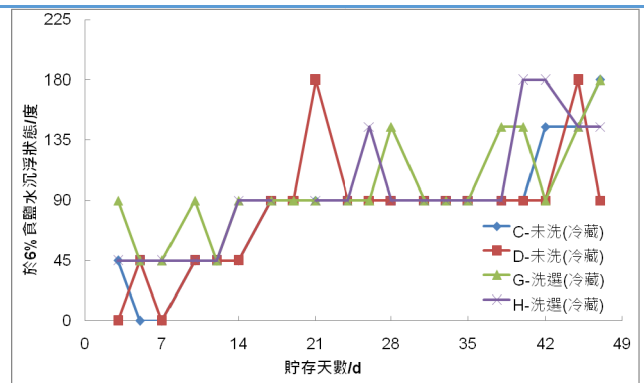


圖44 洗選與否於6%食鹽水浮力對冷藏貯藏天數的變化關係圖

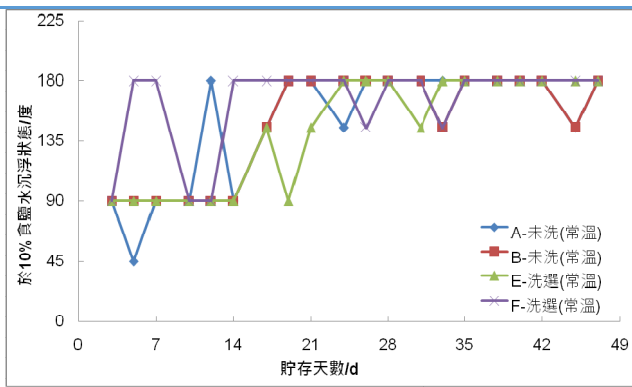


圖45 洗選與否於10%食鹽水浮力對常溫貯藏天數的變化關係圖

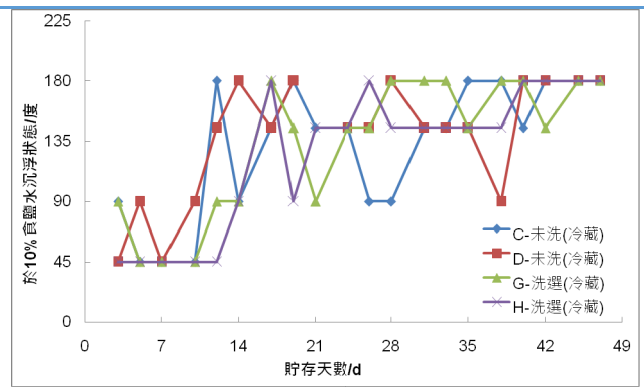


圖46 洗選與否於10%食鹽水浮力對冷藏貯藏天數的變化關係圖

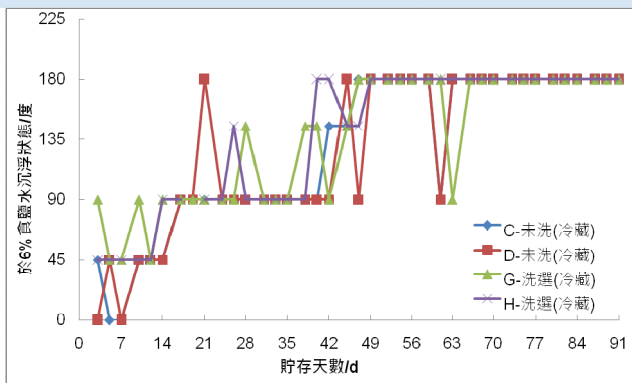


圖47 冷鏈貯存完整性對於洗選與否的6%食鹽水浮力與天數的變化關係圖

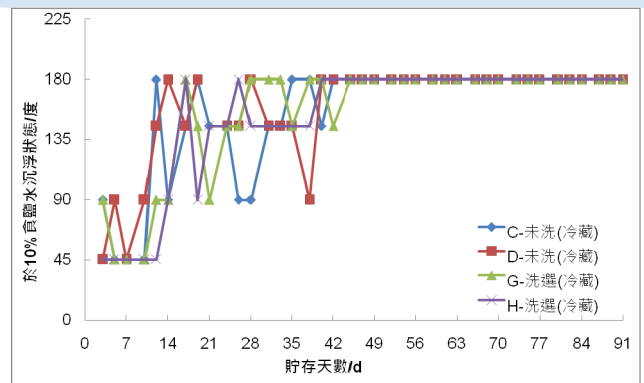


圖48 冷鏈貯存完整性對於洗選與否的10%食鹽水浮力與天數的變化關係圖



圖49 定義浮力位置、角度主要評斷依據圖 (圖片來自作者自繪)

小結：該實驗結果顯示洗選與否之浮力沉浮狀態分別與常溫、冷藏貯藏時間呈正比趨勢。除此之外，該冷鏈貯存完整性實驗結果顯示洗選與否的浮力沉浮狀態與貯存天數呈正比趨勢。

(四)雞蛋豪氏單位測定

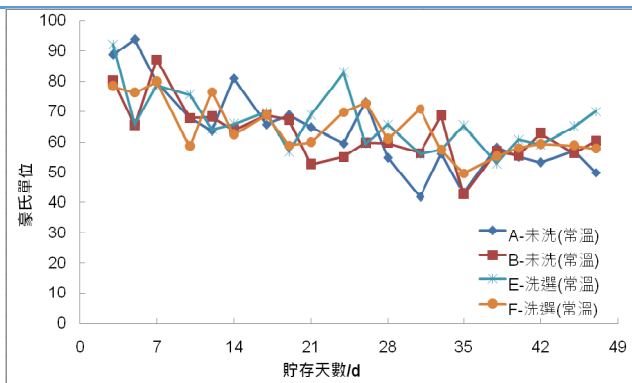


圖50 洗選與否的豪氏單位對常溫貯藏天數的變化關係圖

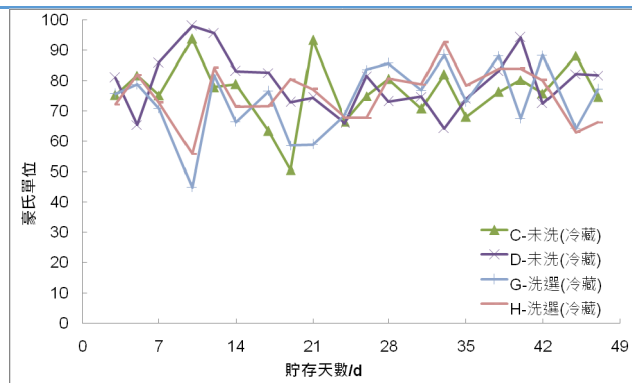


圖51 洗選與否的豪氏單位對冷藏貯藏天數的變化關係圖

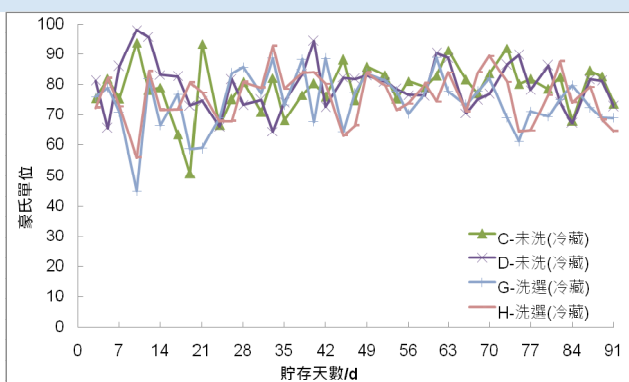


圖52 冷鏈貯存完整性對於洗選與否的豪氏單位與天數的變化關係圖

小結：該實驗結果顯示洗選與否之豪氏單位分別與常溫、冷藏貯藏時間呈反比趨勢。除此之外，該冷鏈貯存完整性實驗結果顯示洗選與否的豪氏單位與貯存天數呈反比趨勢。

(五)雞蛋蛋黃指數測定

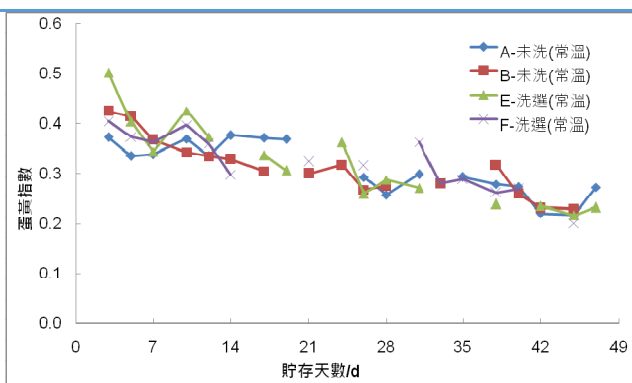


圖53 洗選與否的蛋黃指數對常溫貯藏天數的變化關係圖

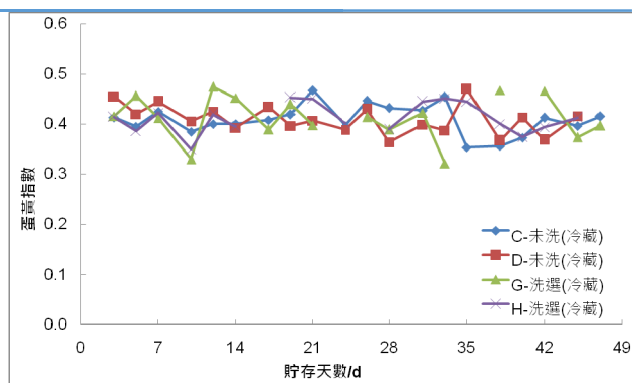


圖54 洗選與否的蛋黃指數對冷藏貯藏天數的變化關係圖

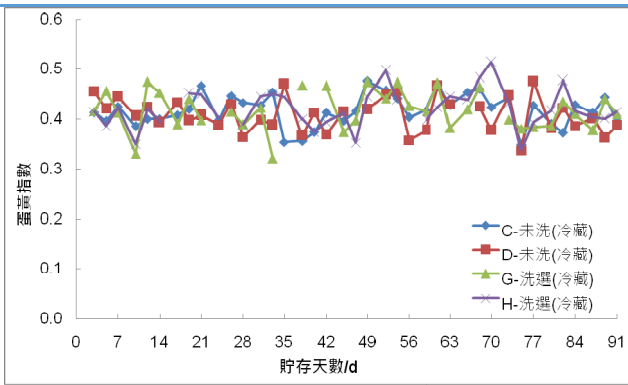


圖55 冷鏈貯存完整性對於洗選與否的蛋黃指數與天數的變化關係圖

小結：該實驗結果顯示洗選與否之蛋黃指數分別與常溫、冷藏貯藏時間呈反比趨勢。除此之外，該冷鏈貯存完整性實驗結果顯示洗選與否的蛋黃指數與貯藏天數呈反比趨勢。

(六)蛋白 pH 值測定

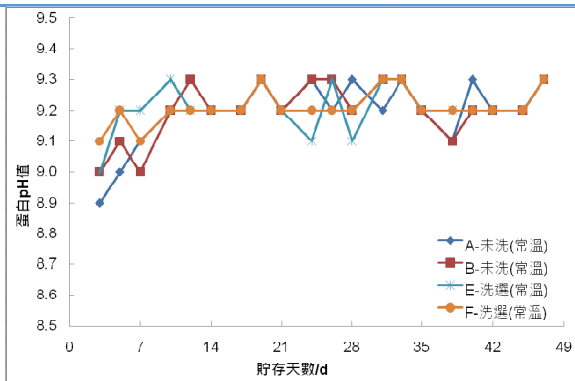


圖56 洗選與否之蛋白 pH 對常溫貯藏天數的變化關係圖

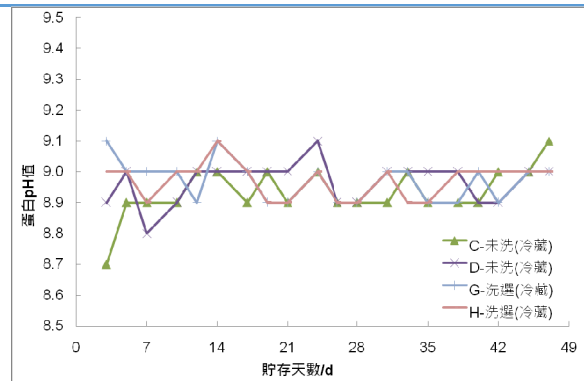


圖57 洗選與否之蛋白 pH 對冷藏貯藏天數的變化關係圖

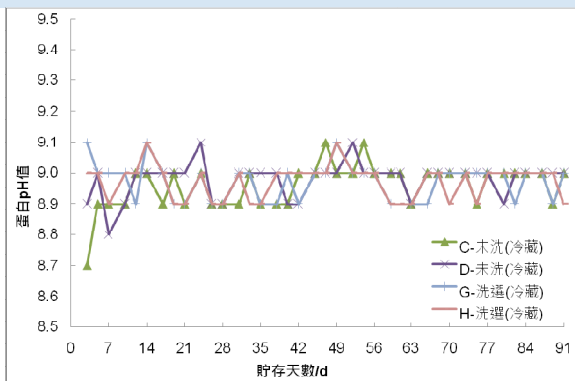


圖58 冷鏈貯存完整性對於洗選與否之蛋白 pH 與天數的變化關係圖

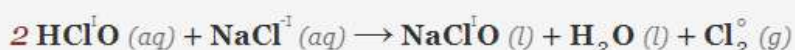
小結：該實驗結果顯示洗選與否之蛋白 pH 分別與常溫、冷藏貯藏時間呈正比趨勢。除此之外，該冷鏈貯存完整性實驗結果顯示洗選與否的蛋白 pH 與貯存天數呈正比趨勢。

陸、討論

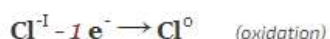
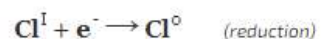
一、投『石』問路先導型試驗：好蛋這樣挑-通過浮力測試辨別雞蛋新鮮度

透過三年級自然科學的浮力活動單元，在水中的物品會受到浮力作用的概念。在不同物質密度的測定上，液體成為了相當好的參照物質。我們以不同液體介質為基礎進行雞蛋新鮮度試驗，依密度比液體介質小的物體能夠浮起來是自然界不變的規律，依序將不同貯藏環境與時間的雞蛋放進介質，分別觀察到因實驗的雞蛋密度(新鮮雞蛋的理論密度約為 $1.08\sim 1.09$ (g/cm^3))似乎仍比液體高一點點，其浮沉結果無庸置疑雞蛋也會沉下水底。然而，從水介質觀察得到常溫14天與冷藏19天的雞蛋，其雞蛋浮沉角度雖較符合圖1網路流傳的資訊。但依浮力科學角度來說，水中漂浮的方式只能概略判斷雞蛋新鮮度，很難精確定義實際天數、周數多少，應並非傳言說的依雞蛋漂浮的程度可分為1週的、2-3週的、3週以上等等。從結果論所言甚是，但此法只能視第一步大約判斷新鮮與否，仍須更多的大數據統計，及藉以其它更準確的方法反覆驗證，小心謹慎求證方才能下此論點。因此我們以食鹽水當基礎介質改變液體的密度來做新鮮度實驗評估。那麼雞蛋在於不同溶液的密度下，會出現什麼樣的結果呢？下面讓我們一起來做個實驗吧！

補充說明：我們在這個先導試驗選用次氯酸水(化學式為： HClO)當介質，其實是一個一舉兩得的篩選、清潔系統設備的發想，透過洗選殼蛋清潔的製程同步，亦可將浮力測試應用於食品安全與品質檢測，來篩選雞蛋的新鮮度分類，其概念來自蔬果的分類系統。但欲向次氯酸水裡加食鹽(NaCl)來調整次氯酸水液體的密度，初步從化學反應式得知會生成氯氣(Cl_2)風險如圖59所示(Chemical Equations online 網站[12])。且是否更亦導致次氯酸水本不穩定的弱酸，惡化其穩定性及其失去本質的化學特性；因而，再尚未諮詢正確的解惑資訊前，我們決議暫將該發想保留日後再探究其議題，我們深信這問題應該會很有趣。



This is an **oxidation-reduction** (redox) reaction:



HClO is an **oxidizing** agent, NaCl is a **reducing** agent (synproportionation (comproportionation)).

This is a **gas evolution** reaction, Cl_2 is the formed gas.

圖59 次氯酸添加氯化鈉化學式(引自 Chemical Equations online 網站[12])

二、磨刀霍霍向壞『蛋』：新鮮度指標分析

(一)雞蛋重量測定

水分損耗屬於物理變化之一，也是雞蛋失重的重要原因之一。而蛋殼本身就是一個多孔結構，使雞蛋內部的水分和氣體隨時間和貯藏環境條件而發生的變化，導致雞蛋重量下降，而雞蛋失重越多，其新鮮度越低。雞蛋貯藏實驗過程中失重率的變化如圖35~37所示，雞蛋失重率與貯藏時間呈正比趨勢，依失重率的變化強度為常溫大於冷藏貯藏，尤以常溫貯藏達31天時，其雞蛋失重率呈顯著增加至~5%，相較冷藏貯藏其雞蛋失重率增加至~3%。再者，觀察到洗選蛋於常溫的失重率較未洗蛋有偏高且逸失差異變化大，說明雞蛋失重量能夠有效反應雞蛋的新鮮度，在這兩者貯藏條件下，不同天數之間雞蛋失重量差異顯著。除此之外，探討冷鏈貯存完整性對於洗選與否後失重率的變化，結果顯示雞蛋洗選與否經4~7°C之完整冷鏈後，在貯存4週後失重率幅度增加至~3%，然而雞蛋經長期冷藏貯藏13週後變得更加顯著，其洗選與否兩者失重率增加至~8%左右。

與此同時，發現洗選蛋在常溫貯藏3週後，相較未洗蛋的失重率高低起伏較劇烈，推測這現象與蛋的外圍角質層，經水洗之後，氣孔打開，使蛋殼表面氣孔結構與外界通透性增加有相關。如圖60蛋殼的結構所示(Maxwell 等人, *Frontiers in Bioscience*, 2012/06/01[13])，藍色部分就是角質層，它是由一層醣蛋白，組成的薄膜，它平常會覆蓋在蛋殼表面，及覆蓋到氣孔部分，功用就像防護罩。這與興大動物科學系助理教授-陳彥伯博士提出的研究結果相符，如圖61所示(Yu-Chi Liu 等人, *Food Chemistry*, 2016[14])。雞蛋洗選與否貯藏在常溫、冷藏環境，經過4週後的蛋殼掃描式電子顯微照片，就能看出清洗過後的差別，左邊是沒洗的蛋，表面只有些微裂痕，右邊是洗過之後，氣孔清晰可見。此外，本實驗洗選與否的冷藏貯藏結果發現，雞蛋的失重率受氣孔效應影響幅度較輕微。

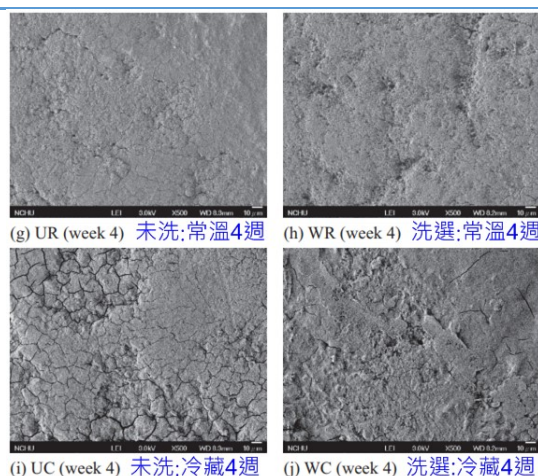
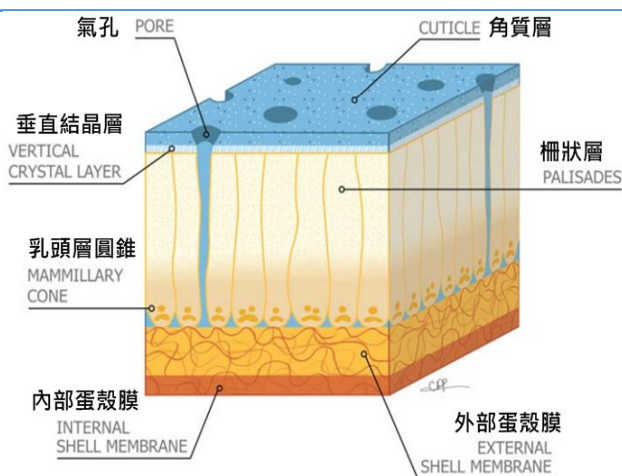


圖60 蛋殼構造(引自 Maxwell 等人, *Frontiers in Bioscience*, 2012/06/01[13])

圖61 蛋殼的掃描式電子顯微照片(引自 Yu-Chi Liu 等人, *Food Chemistry*, 2016[14])

(二)雞蛋氣室面積測定

隨著貯藏時間的增長，雞蛋內部水分會透過蛋殼的氣孔蒸發，氣室不斷增大。本實驗中雞蛋氣室面積的變化如圖38~40所示。結果顯示，可以看出氣室面積與貯藏天數之間呈正比趨勢。此趨勢與雞蛋失重率趨勢相符，且無論常溫或冷藏環境貯藏達21天時其氣室面積增加率平緩上升至~50%，隨著貯放天數的增加，氣室面積在貯藏21天起顯著上升，這與雞蛋重量測定的實驗結果相符，隨著貯藏時間的延長，蛋重降低，隨之氣室面積也會逐漸增加。在貯藏7週後，氣室面積增加至~80%左右(平均)，越久的貯藏天數與氣室面積之間有極顯著的正比關係，其測定程序亦可用來定量雞蛋新鮮度的觀察指標參數。除此之外，探討冷鏈貯存完整性對於洗選與否，氣室面積的變化，然而雞蛋經長期冷藏貯藏13週後變得更加顯著，洗選蛋相對未洗氣室面積增加的幅度較低~15%左右(平均)。

與此同時，進一步將圖41、42影像數據，藉以影像處理軟體(ImageJ)估算貯放不同天數對雞蛋氣室直徑(mm)變化，探究可能響應的相關性模型。根據表3估算結果顯示，洗選與否於常溫貯藏4週後，估算得知氣室直徑 $\approx 30\text{mm}$ ；於冷藏貯藏13週後，氣室直徑增加至 $\approx 35\text{mm}$ 。然而，歸納數據分析結果，可建立非破壞性的雞蛋氣室直徑與貯藏天數的相關性，應用在提供消費者，簡易判斷新鮮度的模型參考應是可行的。附帶一提，可透過隨手皆擁有3C 產品-手機的手電筒功能來配合氣室直徑做為概略判斷雞蛋新鮮度方法，如圖62所示。再者，從圖41、42影像明顯可觀察到貯放前後的氣室輪廓擴大外，蛋殼表面形貌似乎從原先較緻密且光滑面，轉變疑似較多氣孔的形貌。

(三)雞蛋相對密度測定

同一批次，同一日齡的蛋，在相同溫度濕度的貯藏條件下，由於蛋內水分不斷蒸發和二氧化碳的逸出結果顯示，隨著貯放時間的增長促使蛋的氣室氣室逐漸增大，導致重量減輕，因而相對密度會隨之減少。根據圖43~48顯示，貯藏環境與時間對雞蛋於不同食鹽水濃度之浮沉變化關係圖得知，伴隨貯藏時間的增加，無論常溫或冷藏雞蛋的相對密度皆呈現降低趨勢，並於食鹽水液體中呈 180° 的位置，顯示雞蛋氣室端浮出液面的情況逐漸增加。除此之外，從貯藏環境來觀察，於6%食鹽水浮力得知，冷藏較常溫氣室浮出液面天數多延長約14天；反觀從10%食鹽水得知，常溫、冷藏兩貯藏環境約莫10~12天，其氣室皆已浮出面。換句話說，相較新鮮蛋密度(約為 $1.08\sim 1.09\text{ g/cm}^3$)，推斷貯藏賞味期經過約莫10~12天，雞蛋密度已減少至約 $1.03\sim 1.06(\text{g/cm}^3)$ ，而較不新鮮蛋則因密度減小而上浮。再者，未洗蛋較洗選蛋數據觀察較為穩定，不過部分邊界條件與數據分母數影響下，僅是看圖解說須待更多資料驗證得知。

表3 雞蛋洗選與否與貯藏不同天數的氣室直徑估算

| 貯放環境 | 天數(d) 直徑(≈mm) | 天數(d) | | | | | | | |
|------|------------------|-------|----|----|----|----|----|----|----|
| | | 0 | 14 | 28 | 47 | 56 | 70 | 84 | 94 |
| 常溫 | 未洗 | 21 | 26 | 30 | 34 | - | - | - | - |
| | 洗選 | 23 | 25 | 30 | 35 | - | - | - | - |
| 冷藏 | 未洗 | 19 | 25 | 28 | 32 | 30 | 31 | 35 | 35 |
| | 洗選 | 20 | 25 | 30 | 34 | 32 | 31 | 34 | 35 |

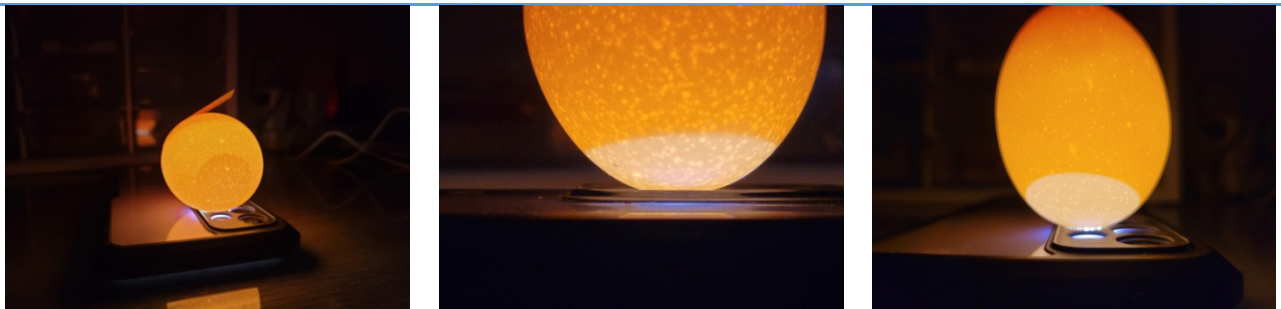




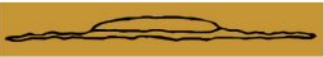
圖62 開啟手機的手電筒功能概略判斷氣室直徑法(圖片來自作者拍攝)

(四)雞蛋豪氏單位測定

豪氏值是美國農業部蛋品標準規定的檢驗和表示蛋品新鮮度的指標，如圖63參照(吳鈴彩等人，畜產專訊，2023/03[15])。由於蛋白質的水解，導致隨著貯藏時間的延長使濃厚蛋白質變稀，蛋白質高度下降，豪氏單位變小(謝文斌，復文圖書，2022[16])。雞蛋貯藏過程中，豪氏單位的大小及變化情形如圖50~52所示，其豪氏單位與貯藏時間呈反比相關。相關性分析結果顯示，隨著常溫貯藏天數的增加，新鮮雞蛋豪氏單位從 ≥ 72 的AA級減少至61~72左右的A級。反觀冷藏貯藏天數增加，新鮮蛋豪氏單位通常維持在 ≥ 72 的AA級~A級的上限之間的關係。上述說明豪氏單位能夠有效反應雞蛋的新鮮度，且在常溫此貯藏條件下，豪氏單位0~21天顯著下降，而21天後豪氏單位變化較不明顯。

從均值方面來綜述結果可得知：(1)常溫貯藏下，洗選蛋於31天豪氏單位指標：63.4仍屬A級，而未洗蛋A級期限僅能於26天的豪氏單位指標：66.4。(2)冷藏貯藏下，相同47天後洗選與否皆為A級，但其豪氏單位指標仍為未洗：78.3優於洗選：71.8近9.05%新鮮度。除此之外，探討冷鏈貯藏完整性對於洗選與否豪氏單位的變化，發現雞蛋經長期13週冷藏貯藏後，豪氏單位雖維持於A等級以上，但其豪氏單位指標仍為未洗蛋稍優於洗選蛋。可歸因於未洗蛋蛋殼本身表面的一層角質，在沒清洗的情況下，這層角質不會被破壞，能保護雞蛋不被細菌

侵入。

| 級別 | HU | 雞蛋內部示意圖 | 說明 |
|------|-------|---|-------------------------------|
| AA 級 | ≥ 72 |  | AA 級濃厚蛋白與蛋黃皆高挺、結實。 |
| A 級 | 61~72 |  | A 級蛋黃圓而挺立，厚蛋白多圍繞著蛋黃，而散開的範圍亦大。 |
| B 級 | 31~60 |  | B 級不可販售，其蛋黃平坦，稀薄的蛋白或比厚蛋白多。 |

$HU=100*\log [H+7.57-1.7*(W^{0.37})]$
 H 為濃厚蛋白的高度 (mm)，W 為雞蛋的重量 (g)。

圖63 美國農業部蛋品品質分級判定方法(引自吳鈴彩等人，畜產專訊，2023/03[15])

(五)雞蛋蛋黃指數測定

蛋黃指數是衡量雞蛋新鮮度的重要指標之一。雞蛋貯藏過程中，蛋黃指數的大小及變化如圖53~55所示，其雞蛋蛋黃指數變化與貯藏天數之間顯示出反比相關。相關性分析結果顯示，隨著常溫貯藏天數的增加，蛋黃指數在快速減小(約莫從0.45至0.2左右)。反觀冷藏貯藏天數增加，蛋黃指數在0~35天時些微下降(約莫從0.4至0.35左右)，而35天後蛋黃指數變化不明顯。可歸咎於貯藏過程中，雞蛋白水分向蛋黃內部遷移擴散，使蛋黃體積增大，導致蛋黃膜強度和彈性下降，蛋黃變扁平狀致蛋黃指數下降，如圖64所示。

從均值方面來綜述結果可得知：(1)常溫貯藏下，未洗蛋於40天蛋黃指數：0.3較洗選蛋31天的蛋黃指數：0.3延長貯藏天數。(2)冷藏貯藏下，相同47天後洗選與否，蛋黃指數：0.4的新鮮度。除此之外，探討冷鏈貯藏完整性對於洗選與否之蛋黃指數的變化，發現雞蛋經長期13週冷藏貯藏後，蛋黃指數仍維持於0.4以上。



圖64 長時間貯藏蛋黃形狀的變化(圖片來自作者拍攝)

(六)蛋白 pH 值測定

蛋在貯藏過程中，由於蛋內二氧化碳 (CO₂)向外擴散，加之蛋白質在微生物和自溶酶的

作用下不斷分解，產生氨及氨態化合物，使蛋內 pH 值向鹼性方向改變。由圖56~58得知，蛋白 pH 值與貯藏時間之間呈現正比相關，且變化速度先快後慢。在常溫貯藏條件下，蛋白 pH 值在 0~10天時顯著增加，從~8.9至~9.2，10天後蛋白 pH 值變化不明顯。反觀在冷藏貯存條件下，蛋白 pH 值在 0~7天時略為增加，7天後蛋白 pH 值變化不明顯。除此之外，探討冷鏈貯藏完整性對於洗選與否之蛋白 pH 值的變化，發現雞蛋經長期13週冷藏貯存後，蛋白 pH 值仍維持於 ≤ 9.0 左右。再者，隨貯藏時間增加，愈新鮮的雞蛋愈「條理分明」，從蛋黃挺實飽滿、濃蛋白、稀蛋白和繫帶都層次分明；放愈久，層次會愈不明顯，濃蛋白也會慢慢變成稀薄化之現象，將降低消費者接受度。同時，蛋白裡的二氧化碳(CO₂)也會透過蛋殼的孔隙擴散到外面，導致蛋白的 pH 值上升，造成蛋白中的蛋白對 pH 值的變化比較敏感，整體稠度會降低，從略不透光的渾濁變澄清。

(七)雞蛋內容物之感官形貌觀察

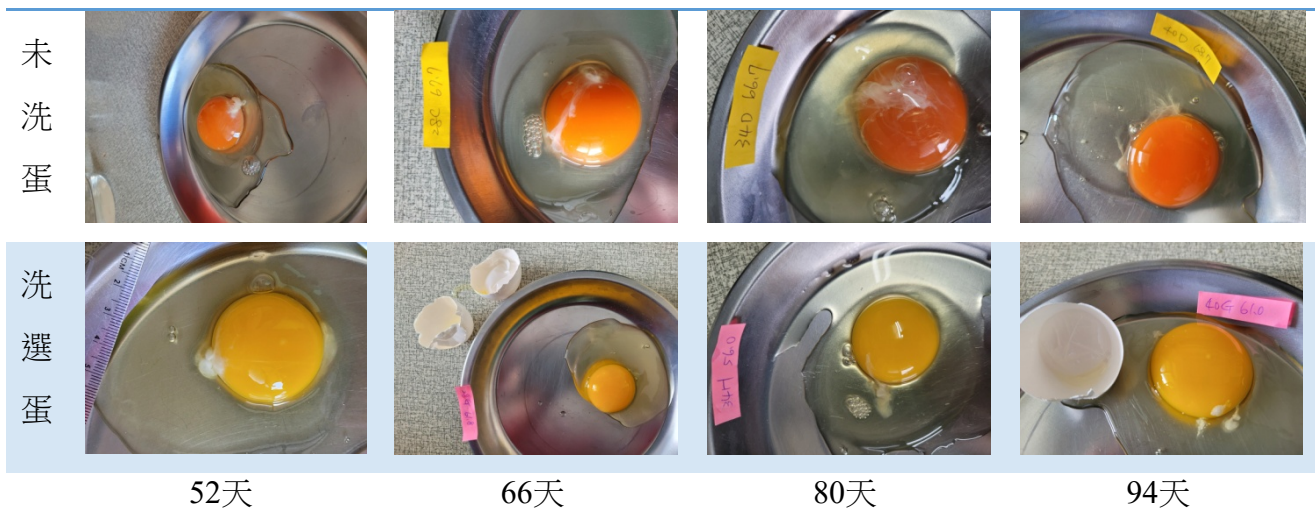
蛋打開後的視覺狀態及氣味的優劣也是消費者接受與否的判斷依據。然而，於每次進行蛋品質測定時，其蛋白外觀、蛋黃形貌及嗅覺等感官觀察結果顯示，不論殼蛋洗選與否，於常溫環境中，發現隨貯藏時間的增加，其打蛋的腥氣味日漸濃郁。甚至於47天後有觀察到編號#20-A 未洗蛋繫帶顏色異常(黑褐色)，如圖65所示。除此之外，於89天後有觀察到編號#38-H 洗選蛋蛋黃中有異常(淺褐色)，如圖66所示。分別檢測其相關新鮮度測定指標無重大差異，暫以單一個案備註，追蹤至所有試驗樣品取樣完畢，並無發現其他異常。另外，發現蛋白外觀有一現象，在長時間的貯藏後，繫帶也開始出現明顯結團特徵，如圖67所示。



圖65 雞蛋內容物的感官形貌異常觀察(圖片來自作者拍攝)



圖66 雞蛋內容物的感官形貌異常觀察(圖片來自作者拍攝)



柒、結論

本研究透過相關模型分析，確立了雞蛋洗選與否，及進口雞蛋冷鏈模式對於新鮮度指標與貯藏天數的相關性，結果顯示了新鮮度指標數值顯著變化的時間，建立了新鮮度與貯藏時間相關性模式。

1. 經相關性分析結果得知，各組實驗之物理性質：失重率、氣室面積、比重，與化學性質：豪氏單位(HU)、蛋黃指數(YI)、蛋白 pH 值呈較具相關性。實驗中，雞蛋的比重、豪氏單位和蛋黃指數等指標，隨著貯藏時間的延長而逐漸下降，失重率、氣室面積和蛋白 pH 值指標逐漸上升，說明雞蛋品質也在逐漸降低。
2. 提出一可行的非破壞性方法應用，即雞蛋氣室直徑與貯藏天數的相關性，供給消費者簡易判斷新鮮度的模型可靠度。歸納數據分析結果：洗選與否於常溫或冷藏環境貯藏2週後，預估氣室直徑增至 $\approx 25\text{mm}$ ；貯藏4週後，預估氣室直徑增至 $\approx 30\text{mm}$ 。
3. 無論雞蛋洗選與否於常溫貯藏環境中，新鮮度指標之 HU 及 YI 於14天內顯著下降，且蛋白 pH 值上升。根據美國農業部蛋品品質分級 A 級判定標準， $\text{HU} \geq 61$ 、 $\text{YI} \geq 0.28$ 品管條件下，可獲得未洗蛋保鮮度為26天，而洗選蛋保鮮度為31天。
4. 無論雞蛋洗選與否，經冷藏環境貯放47天後，其 HU 及 YI 分別仍維持於 ≥ 61 和 ≥ 0.4 ，蛋白之 pH 值雖升，不過上升幅度較為趨緩，維持於8.9~9.0左右；並無造成蛋品質顯著差異，於低溫(4~7°C)下貯存的雞蛋能在整個貯存過程中維持蛋品質。
5. 在綜合實驗結果考量下，建議民眾購買雞蛋回家，於常溫(冬春季 $\sim 20 \pm 5^\circ\text{C}$)環境貯藏者，盡量應於14天內食用完畢，確保雞蛋有較佳的鮮度。然而值得注意的是，消費者除參考包裝之保存期限外，應實際觀察及檢視雞蛋外觀品質以保障食品安全。
6. 模擬進口雞蛋以低溫(4~7°C)冷鏈模式，且為期31天進行運輸的貯存狀態，並分析蛋品質測定。結果顯示，在冷鏈模擬運輸中無論雞蛋水洗與否，其雞蛋的失重率 $< 3\%$ 、 $\text{HU} \geq 72$ 、 $\text{YI} \geq 0.4$ 、蛋白 pH 值 ~ 9.0 ，皆能達到美國農業部訂定標準之 AA 級($\text{HU} \geq 72$)，仍可保持較佳的蛋品質。再進一步解析，可推論，未洗蛋新鮮度之 HU 值遠高於洗選蛋15%，意味著未洗蛋蛋殼本身表面的角質層被覆，在沒清洗的環境下，這角質層不會被破壞，能保護雞蛋不被細菌侵入，而低溫貯存顯示其蛋的品質優勢。
7. 模擬進口雞蛋經以低溫冷鏈模式儲運4週後，豪氏單位結果顯示無論洗選與否，仍保有頂級 AA 級的水準。追蹤低溫環境貯藏至13週分析蛋品質測定，根據分析、綜述推斷，在扣除運輸時間4週後，全程仍低溫貯藏，才能使雞蛋繼續再保存9週，且能達到美國農業部訂定標準之 A 級($\text{HU}: 72-61$)可食用安全的保鮮期。

捌、參考資料及其他

- [1] 林倖妃，“台灣人一年狂吃80億顆蛋，平均比美日都多!缺蛋、高蛋價為何難解?”，天下雜誌 Web only，2023年03月08日。
- [2] 台灣事實查核中心，事實查核報告#2309 “網傳圖卡「把雞蛋放進水裡就可以辨別新鮮度」?”，2023年4月14日。
- [3] 楊悠娟，“飲食文化與化學：蛋的化學(上)”，臺灣化學教育，第12期，2016年3月。
- [4] 戴妍，陳德會，劉忠洪，路蘊，張靜，常海軍；“殼蛋新鮮度評價、影響因素及保持的研究進展”，食品工業科技，第44卷第8期(2023)。
- [5] 謝環宇，邱垂青，顏伯論，陳彥儒，“神奇出奇蛋變棉花了”，中華民國第四十屆中小學科學展覽會作品說明書，國小組化學科。
- [6] 賴靜宣，何詒詠，詹鎧駿，許晏賓，洪郁翔，“水中的芭蕾舞-利用比重的原理判斷雞蛋的新鮮度”，中華民國第四十八屆中小學科學展覽會作品說明書，國小組自然科。
- [7] 余宗霖，“非破壞性光譜檢測方法用於雞蛋新鮮度之研究”，碩士論文，國立中興大學，2017。
- [8] Elham Nematinia, Saman Abdanan Mehdizadeh, “Assessment of egg freshness by prediction of Haugh unit and albumen pH using an artificial neural network”, *Journal of Food Measurement and Characterization*, 2018.
- [9] Haugh R.R. (1937): The haugh unit for measuring egg quality. *U.S. Egg Poultry Magazine*, 43: 552-555.
- [10] Doyon et al. (1986). Egg quality 2. Albumen quality of eggs from five commercial strains of white leghorn hens during one year of lay. *Poultry Science*, 65(1):63-66.
- [11] NABEL Co., Ltd. (蛋的品質測定裝置技術簡介)
- [12] Chemical Equations online (化學方程式網站)
- [13] Maxwell T. Hincke, Yves Nys, Joel Gautron, Karlheinz Mann, Alejandro B. Rodriguez-Navarro, Marc D. McKee, “The eggshell: structure, composition and mineralization”, *Frontiers in Bioscience* 17, 1266-1280, January 1, 2012.
- [14] Yu-Chi Liu, Ter-Hsin Chen, Ying-Chen Wu, Yi-Chain Lee, Fa-Jui Tan, “Effects of egg washing and storage temperature on the quality of eggshell cuticle and eggs”, *Food Chemistry* 211 (2016) 687-693.
- [15] 吳鈴彩，葉瑞涵，陳怡兆，郭卿雲，“淺談雞蛋的品質判定與儲存”，畜產專訊，123期(2023/03) pp. 1-3。
- [16] 謝文斌，“食品加工含實習總複習下”，復文圖書，2022。

【評語】 082912

這篇研究報告旨在探討雞蛋新鮮度與貯藏天數的相關性，確定新鮮度指標顯著變化的時間點，並建立新鮮度與貯藏時間的可靠性模型，研究主題具有實用性，研究結果有助於解決民眾對於雞蛋新鮮度的疑慮，並為雞蛋的貯藏和食用提供科學指導。幾項建議如下：

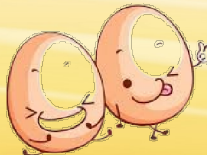
1. 各組的雞蛋經過實驗照光後，是否會影響或干擾其品質？是否有做過驗證？
2. 常溫或冷藏之洗選蛋失重率於天數較長時出現高低落差變異，只是因儲存因素？或是有其他干擾因素導致？
3. 氣室變化可做為一般消費者運用 3C 產品觀察蛋品質的簡易方式，也是食藥署建議一般民眾的作法，此研究結果如何表現出更具有亮點的特色呢？
4. 冷鏈運送是假設理想情況...如何控制其過程才是重點。
5. 研究結果分析及圖表呈現可以更具體清楚。

作品簡報



Source : 作者利用Copilot設計

達克比揪出壞『蛋』-讓人
類『饗』有蛋蛋的幸福



Source : freepik免費圖庫

摘要

為了探究雞蛋新鮮度指標與貯藏天數的相關性，來確定新鮮度指標顯著變化的時間點，透過實驗建立新鮮度與貯藏時間的可靠度模型。實驗採用洗選與否的雞蛋，分別於常溫(20±5°C)及冷藏(4~7°C)環境中進行貯藏試驗。進而模擬長期冷鏈貯藏運輸對蛋品質的影響，並分析蛋品質(含物理與化學特徵)，包括：重量、比重、氣室面積、蛋黃直徑與高度、蛋白高度、pH值。歸納出豪氏單位(Haugh unit, HU)以及蛋黃指數(Yolk index, YI)，並計算各測定項目間之相關性。結果顯示，為期4週的冷鏈運輸，不論雞蛋水洗與否，蛋品質皆能達到美國農業部(USDA)訂定標準AA級(HU: ≥ 72)。雞蛋抵台後且全程經低溫貯藏9週之後，品質仍能達到A級(HU: 72-61)。經由本研究建立的雞蛋新鮮度與貯藏環境、時間的相關性模型將作為評估雞蛋新鮮度。

關鍵詞：雞蛋新鮮度、貯藏天數、可靠度預測模型

七合一分析法-5W2H

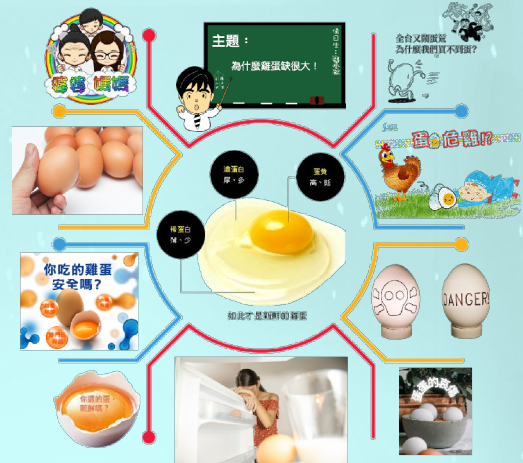


- 發生什麼問題?
- 問題何時發生?
- 此問題是誰發現的? 影響那些人?
- 問題在哪裡被發現的?
- 問題如何被發現?
- 問題影響層面多廣?



Source: 作者自繪

Source: freepik免費圖庫



Source: freepik免費圖庫、勳德食品科技、SOLCLEAN水可樂的節流格、聯合線上公司、張政說經濟-第78期、學校沒教的社會學-蔡政霖、FB-婆婆媽媽

實驗流程與方法



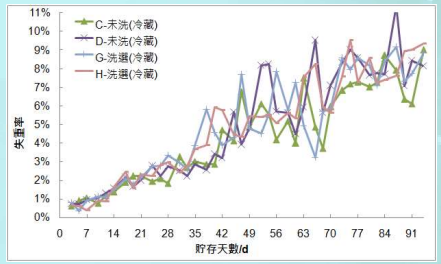
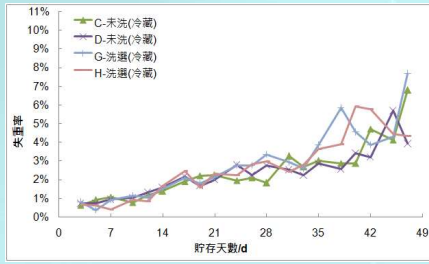
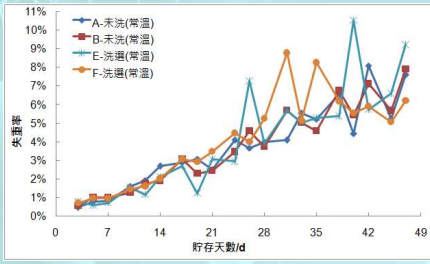
結果與討論



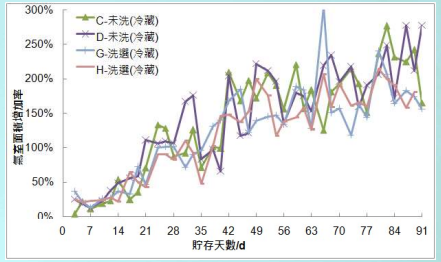
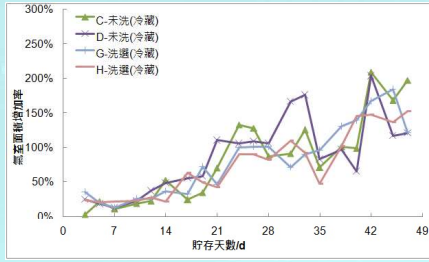
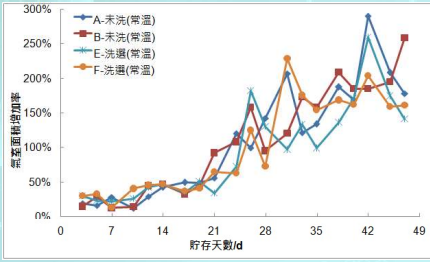
➤ 磨刀霍霍向壞『蛋』：新鮮度指標分析

本研究透過相關模型分析，確立了雞蛋洗選與否，及進口蛋冷鏈模式對於新鮮度指標與貯藏天數的相關性，結果顯示了新鮮度指標數值顯著變化的時間，建立了新鮮度與貯藏時間相關性模式。

● 雞蛋重量測定



● 雞蛋氣室面積測定

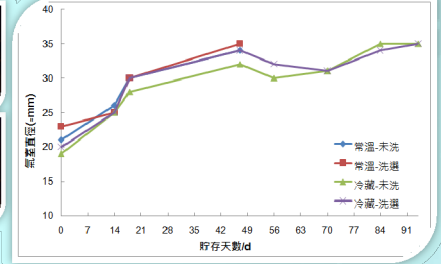
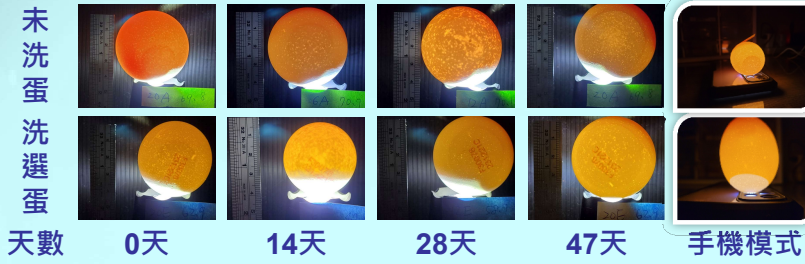


● 雞蛋氣室形貌與貯藏環境不同天數影像圖

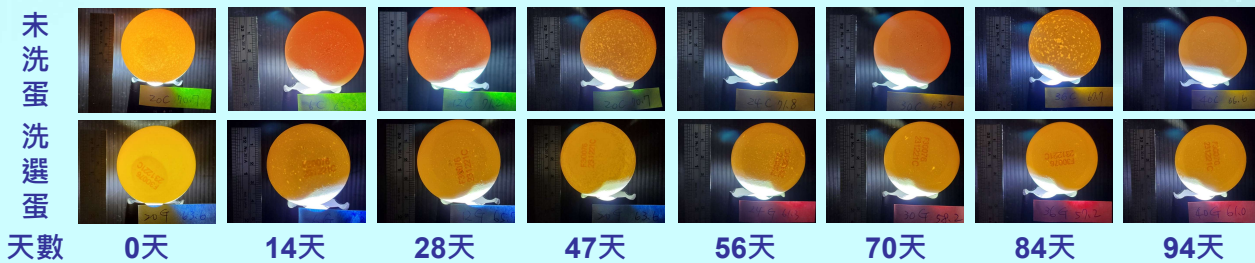
Source: 作者拍攝

➤ 雞蛋新鮮度判斷-簡易預測模型

貯藏環境
~
常溫



貯藏環境
~
冷藏



● 雞蛋相對密度測定

➤ 該結果顯示洗選與否之浮力沉浮狀態分別與常溫、冷藏貯藏時間呈正比趨勢。



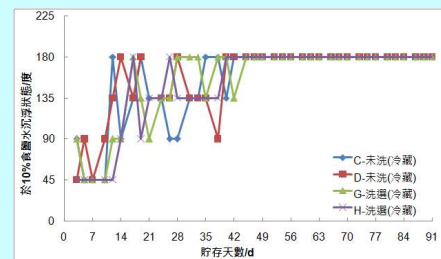
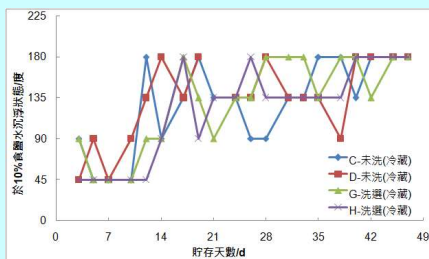
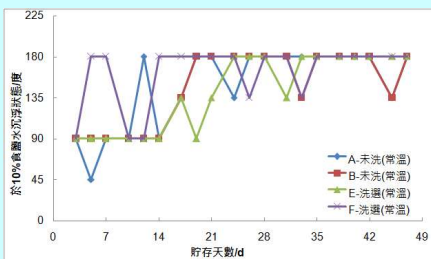
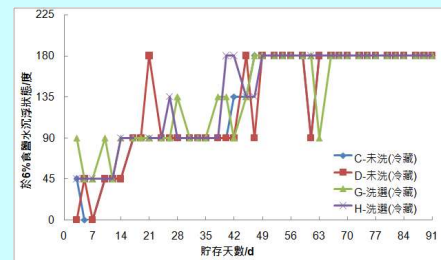
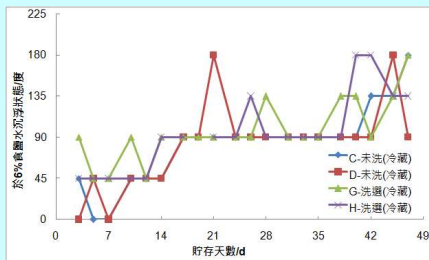
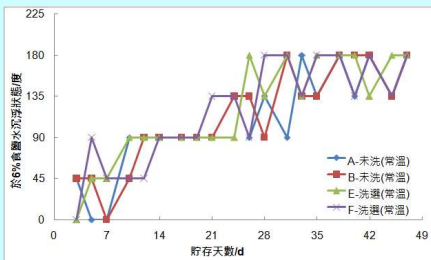
Source: freepik免費圖庫·作者自攝



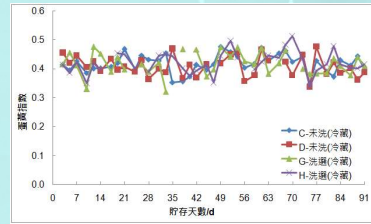
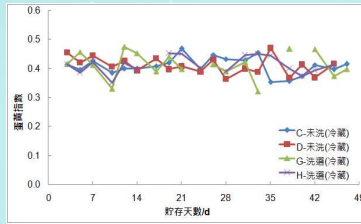
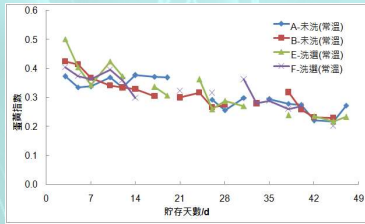
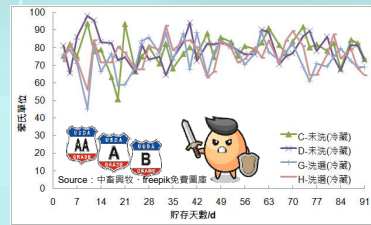
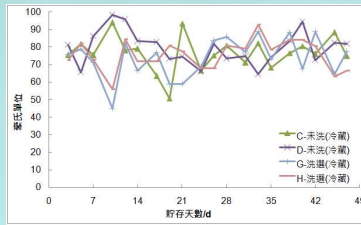
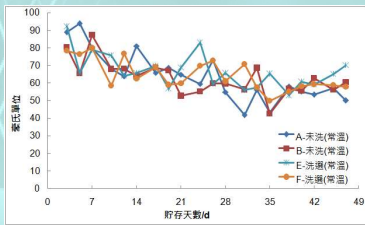
Source: freepik免費圖庫



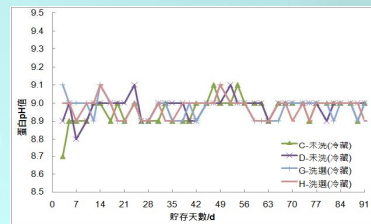
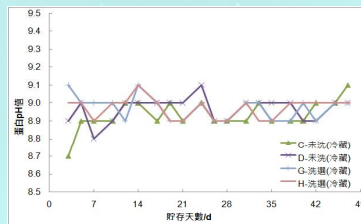
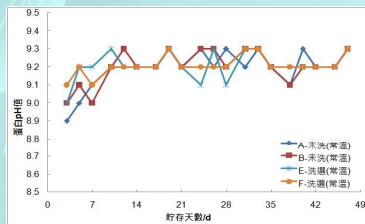
Source: 作者拍攝



●雞蛋豪氏單位與蛋黃指數測定

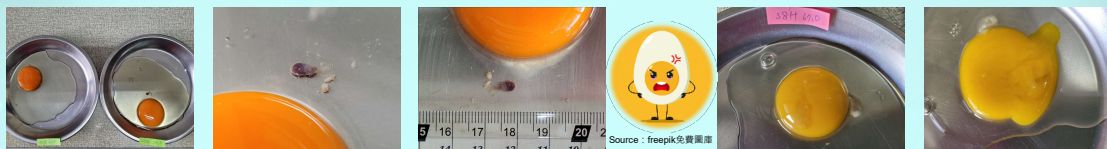


●雞蛋蛋白pH值測定



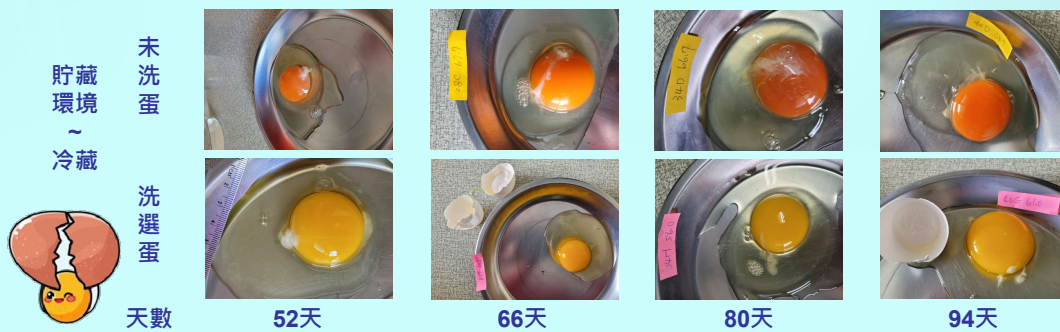
●雞蛋內容物之感官形貌觀察

Source: 作者拍攝



●常溫47天·#20-A未洗蛋繫帶顏色異常(黑褐色)

●冷藏87天·#38-H洗選蛋黃中有異常(淺褐色)



Source: freepik免費圖庫

●雞蛋長時間的貯藏，雞蛋繫帶變化特徵觀察

➤ 結論

- ✓實驗之物理與化學特徵，經相關性分析結果獲知，測定新鮮度指標：失重率、氣室面積、比重、豪氏單位、蛋黃指數、蛋白pH值等與新鮮度較具相關性。
- ✓提出一可行的非破壞性方法應用，即氣室直徑與貯藏天數的相關性，簡易判斷新鮮度的可靠度模型：貯藏2週時，氣室直徑約25mm。每延長2週，直徑大約增加5mm。
- ✓無論雞蛋洗選與否於常溫貯藏環境下，化學性質指標14天內變化顯著。依美國農業部蛋品品質分級：豪氏單位A級標準，未洗選蛋保鮮26天，洗選蛋保鮮31天。
- ✓無論雞蛋洗選與否於冷藏貯藏環境下，依豪氏單位A級標準，保鮮47天。
- ✓模擬冷鏈運輸模式下，依豪氏單位AA級標準，保鮮31天。未洗選蛋黃指數優於洗選。
- ✓模擬進口雞蛋從出口國以低溫冷鏈貯藏模式下，依豪氏單位A級標準，可保鮮13週。



Source: freepik免費圖庫



Source: 作者利用Copilot設計

如能在低溫保存，可讓雞蛋保持一定的鮮度，藉以讓品嚐時間大幅增加，同時雞蛋新鮮度也能夠保持