

中華民國第 57 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國小組 化學科

佳作

080210

健「鹼」happy 蛋~健康皮蛋新面貌

學校名稱：臺北市大安區新生國民小學

| | |
|--|-------------------------|
| 作者： 小五 陳22昕 小五 謝晉瑤 小五 鄧乃碩 小五 楊維鈞 小五 謝昀威 | 指導老師： 鄧茹云 廖章棋 |
|--|-------------------------|

關鍵詞：皮蛋、pH 值、鹼化

摘要

皮蛋是我們喜愛的食物，但具有獨特的色澤和風味，並含重金屬，因此多數外國人望而生畏。在研究中，我們先了解市售皮蛋製作方法與原理，再自製不含金屬的咖啡、胡蘿蔔、苦瓜等共 8 種改良雞蛋皮蛋，過程中我們先以光照檢測蛋白是否凝固以找出適合的浸泡天數，再更改浸漬液 pH 值以及溫度。我們發現不添加金屬化學藥劑，咖啡皮蛋 pH 為 12，室溫約 25°C 時，浸泡 12 到 14 天的製成率最高。當 pH 為 13，室溫約 17°C 浸泡 21 天，咖啡皮蛋的製成率最高，胡蘿蔔其次，且外觀極剔透漂亮。浸漬液 pH13 所需的浸泡天數較 pH12 少。室溫 25°C 所需的浸泡天數較室溫 17°C 時少。在硬度測試方面，當 pH 為 13，室溫約 17°C 浸泡 21 天時，咖啡、苦瓜、胡蘿蔔皮蛋硬度均較高，觸感也較 Q 彈。

壹、研究動機

在自然課「水溶液」單元中，討論到鹼性水溶液在生活中的運用時，提及了皮蛋就是浸泡在鹼性水溶液中製成的。正好我們是喜愛吃皮蛋的一群皮蛋，且皮蛋是華人平常食用的料理之一。但有一次看到美國有線電視新聞網(Cable News Network, CNN)於 2011 年將皮蛋評為世界最噁心的食物第一名，令我們感到很意外。對於外國人對皮蛋錯誤的認知，我們希望能透過實驗研究，改良皮蛋製作的配方，使皮蛋製作過程更符合健康的概念，且並使外觀更受歡迎，嘗試減少皮蛋風味上的不良氣味，進而提高大眾對皮蛋的接受度。

貳、研究目的

- 一、了解皮蛋製作的方法與原理
- 二、是否添加含有金屬的化學藥劑對皮蛋製成率的影響
- 三、靜置熟成溫度不同對皮蛋製成的影響
- 四、浸泡水溶液天數不同對皮蛋製成的影響
- 五、浸泡不同添加物的水溶液對皮蛋製成的影響
- 六、浸泡不同 PH 值水溶液對皮蛋製成的影響

七、浸漬水溶液放置室溫不同對皮蛋製成的影響

八、不同製成方法對皮蛋彈性和硬度的影響

九、對不同製成方法的皮蛋進行品評測試

參、研究設備與器材

一、食品類

洗選雞蛋 825 顆、阿里山高山茶葉 100g、食鹽、無糖豆漿 1L、醬油、耶加雪夫咖啡豆、胡蘿蔔綜合蔬果汁、澳洲紅酒、食用級小蘇打粉、苦瓜、胡蘿蔔、檸檬、以及紫高麗菜各數個。



洗選雞蛋



食鹽



胡蘿蔔



苦瓜



紫高麗菜



茶葉



豆漿



醬油



咖啡豆



蔬果汁



紅酒



小蘇打粉

二、化學藥品

(一)氫氧化鈉(Sodium hydroxide, NaOH)：又稱燒鹼或苛性鈉，為具有高腐蝕性之強鹼，通常為白色片狀或顆粒(圖 1)。其用途廣泛，但容易在空氣中潮解。

(二)磷酸鐵(Iron(III) phosphate, FePO_4)：有機農業中少數批准使用的滅螺劑之一，對寵物或野生動物不具有毒性。但從 2007 年起，歐盟從獲准列表中將磷酸鐵於食品添加劑中撤銷。

(三)氯化亞鐵(Iron(II) chloride, FeCl_2)：為綠色的水合物，原配方中應為氧化亞鐵(FeO)，但因一般化工材料行皆無販售氧化亞鐵，在考量其為著色劑後，改以同為綠色的氯化亞鐵取代。



氫氧化鈉



氯化亞鐵(左)、磷酸鐵(右)

三、實驗器材

5 公升裝廣口瓶 12 個、燒杯數個、藥匙、電子秤、手套、口罩、pH 筆、果汁機、透明塑膠杯、尺、砝碼。



廣口瓶



燒杯、藥匙



電子秤



手套及口罩



pH 筆

肆、研究過程或方法

一、皮蛋製作的方法與原理

(一)文獻探討

1.根據行政院農委會畜試所加工組的文章中指出，皮蛋為利用強鹼滲入蛋中使蛋白因鹼性而產生凝固的產品，在 25°C，pH=12 以上，於藥劑中浸漬 10~14 天可以形成良好的膠體，但若 pH 超過 12.8 時，則會因過鹼而導致自體溶解液化的現象，一般氫氧化鈉的濃度大約會控制在 4~6%左右。

2.皮蛋傳統製作上有三種方法：塗敷法、浸漬法、以及混合法。塗敷法意指將材料混入紅土後，包覆於蛋殼外側，再鋪以米糠靜置熟成；浸漬法則是將鮮蛋置入浸漬液內浸泡，浸漬液主要的成分有氫氧化鈉、氯化鈉鹼、茶沫及其他微量元素。浸泡一段時間後取出熟成，也是現代最為廣泛的製作方法。混合法則是先透過浸泡後，再塗以敷料熟成，因製作過程較久，一般不以採用。

(二)我們參考了教育部食品加工科學網頁來進行皮蛋的製作。在皮蛋製作的三種方法中，我們考量到原料購買的便利性與製成時間，因此實驗中均以浸泡法作為皮蛋製成的方法。以下為我們各項實驗的皮蛋製作過程與成功率檢測法：

1.製作浸漬水溶液：首先我們依照配方秤取或量取所需的氫氧化鈉(NaOH)、食鹽(NaCl)、其他藥品以及取代鹼性茶沫的添加物，再將所有配方倒入廣口瓶中，加入純水攪拌均勻直到所有配方溶解後，測量 pH 值，再將新鮮雞蛋放入並封口。

2.將廣口瓶在室內陰涼處靜置，測量室溫，於浸泡的 6 到 8 天起取出以光照搖動檢測是否凝固，於檢測到凝固起的第 3 天將雞蛋取出洗淨，並用溫水浸泡 20 分鐘。

3.最後將雞蛋放置於室溫或冰箱內靜置熟成 14 天後再取出。

4.靜置熟成後，撥開皮蛋檢測其完全凝固製成的數量比率。

二、是否添加含有金屬的化學藥劑對皮蛋製成率的影響

(一)實驗 A-1 添加含有金屬的化學藥劑來製作皮蛋

1.以氫氧化鈉(NaOH)、食鹽(NaCl)、磷酸鐵(FePO₄)、氯化亞鐵(FeCl₂)再加上取代鹼性茶沫的添加物，依據以下浸漬水溶液配方表秤取或量取所需藥品及添加物的量，製成 pH 值為 12.5 的浸漬水溶液。每組放入 25 顆雞蛋，在室溫約 25°C 浸泡 14 天後取出，於冰箱冷藏靜置 14 天以熟成。

2.小蘇打組為不添加氫氧化鈉，改添加小蘇打粉以製造鹼性效果，但其 pH 值未達 12。

添加金屬浸漬水溶液配方表

| pH=12.5 室溫 25°C 浸泡 14 天 | 水 (kg) | 雞蛋 (顆) | NaOH (g) | NaCl (g) | FePO ₄ (g) | FeCl ₂ (g) | 其他添加物 |
|-------------------------------|-----------|-----------|-------------|-------------|--------------------------|--------------------------|----------|
| 茶葉組 | 3 | 25 | 150 | 300 | 15 | 6 | 茶葉 60g |
| 豆漿組 | 3 | 25 | 150 | 300 | 15 | 6 | 豆漿 60g |
| 咖啡組 | 3 | 25 | 150 | 300 | 15 | 6 | 咖啡豆 60g |
| 醬油組 | 3 | 25 | 150 | 300 | 15 | 6 | 醬油 60g |
| 紅酒組 | 3 | 25 | 150 | 300 | 15 | 6 | 紅酒 100ml |
| 蔬果組 | 3 | 25 | 150 | 300 | 15 | 6 | 果汁 1 瓶 |
| 小蘇打組 | 3 | 25 | 0 | 300 | 15 | 6 | 茶葉 60g |





(二) 實驗 A-2 不添加含有金屬的化學藥劑對皮蛋製成率的影響

1. 不添加金屬化學藥劑，以氫氧化鈉(NaOH)、食鹽(NaCl)再加上取代鹼性茶沫的咖啡添加物，製成 pH 12.5 的浸漬水溶液。放入 25 顆雞蛋，在室溫約 25°C 浸泡 14 天後取出，於冰箱冷藏靜置 14 天以熟成。

不添加金屬浸漬水溶液配方表




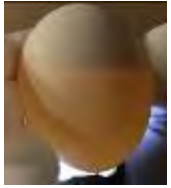



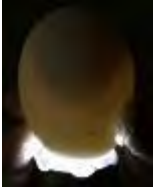
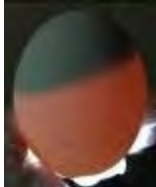




| pH12.5 室溫 25°C 浸泡 14 天 | 水 | 雞蛋 | NaOH | NaCl | FePO ₄ | FeCl ₂ | 其他添加物 |
|------------------------------|------|-----|------|------|-------------------|-------------------|---------|
| | (kg) | (顆) | (g) | (g) | (g) | (g) | |
| 咖啡組 | 3 | 25 | 150 | 300 | 0 | 0 | 咖啡豆 60g |

三、靜置熟成溫度不同對皮蛋製成的影響

實驗 B 不添加金屬化學藥劑，以氫氧化鈉(NaOH)、食鹽(NaCl)再加上取代鹼性茶沫的咖啡添加物，製成 pH 12.5 的浸漬水溶液。將 24 顆雞蛋在室溫約 25°C 浸泡 14 天後取出，分成兩堆，每堆 12 顆。再將其中一堆放置於室溫約 25°C 靜置 14 天熟成，另一堆放置於冰箱約 -2°C 冷藏靜置 14 天熟成。

四、浸泡水溶液天數不同對皮蛋製成的影響

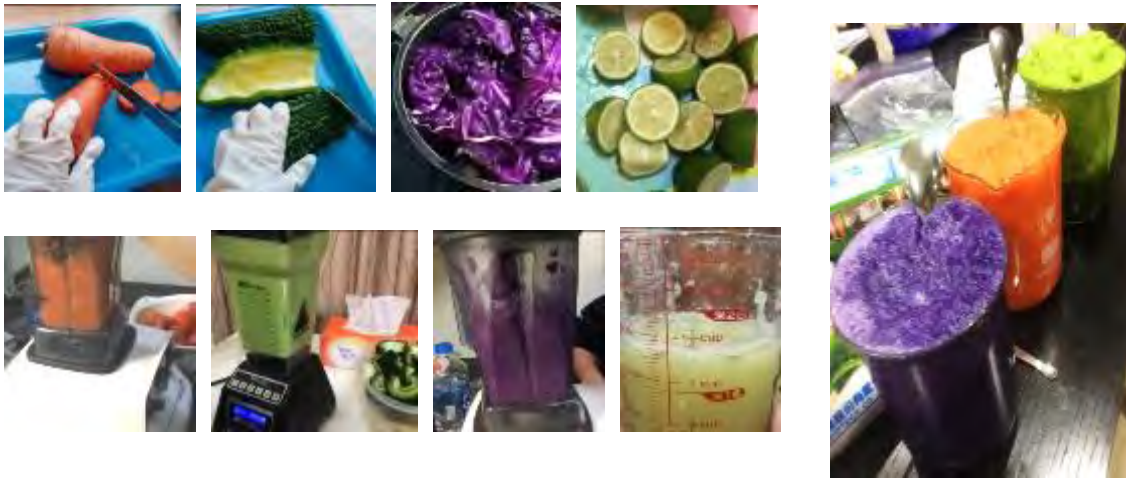
(一) 實驗 C-1 不添加金屬化學藥劑，以氫氧化鈉(NaOH)、食鹽(NaCl)再加上取代鹼性茶沫的咖啡添加物製作浸漬水溶液。由於不添加含金屬化學藥劑，我們無法準確預測皮蛋浸泡的最佳天數，因此我們在室溫約 25°C，pH 為 12 的咖啡浸漬水溶液放入 30 顆雞蛋，浸泡第 8 天開始，分 6 次，每隔 2 天拿出 5 顆雞蛋放置於冰箱冷藏以熟成。每次取蛋時於熟處理前、後均以光照搖動檢驗蛋黃是否會移動，以確認蛋白是否凝固。

| | | | |
|---|---|---|---|
|  | 口味：咖啡 PH：12 浸泡：8天 | 口味：咖啡 PH：12 浸泡：10天 | 口味：咖啡 PH：12 浸泡：12天 |
| |  |  |  |
| |  |  |  |
| | 口味：咖啡 PH：12 浸泡：14天 | 口味：咖啡 PH：12 浸泡：16天 | 口味：咖啡 PH：12 浸泡：18天 |
| |  |  |  |
| |  |  |  |

(二) **實驗 C-2** 不添加金屬化學藥劑，以氫氧化鈉(NaOH)、食鹽(NaCl)再加上取代鹼性茶沫的咖啡添加物製作浸漬水溶液。我們在室溫約 25°C，pH 為 13 的咖啡浸漬水溶液放入 30 顆雞蛋，浸泡第 6 天開始每天以光照搖動檢驗蛋白是否凝固，檢測到凝固後開始每天拿出放置於冰箱冷藏，熟成後撥開檢驗外觀成形的狀態，以確認光照檢驗凝固的準確性。

五、浸泡不同添加物的水溶液對皮蛋製成的影響

(一) 製作浸漬水溶液時，除了不添加含有金屬的化學藥劑，且為了達到更為健康的訴求，也希望能進行不同蔬果汁的製作比較，因此不再採用市售的綜合蔬果汁，而改用新鮮蔬果來進行浸漬液的調配。首先將購入的蔬果洗淨，再切成小塊，放入果汁機中打成泥狀。我們所使用的蔬果為紫高麗菜、胡蘿蔔、以及苦瓜，再加上品質優良的黑咖啡，共製成四種不同風味的皮蛋。



(二)添加含有金屬的化學藥劑的功能為促進蛋白質凝固，以提高皮蛋的製成率；由於皮蛋本身便是一種鹼性凝固蛋，因此在不添加金屬化學藥劑的情況下，我們在室溫約 17°C，提高 pH 值為 13 來製作。



(三)實驗 D 以氫氧化鈉(NaOH)、食鹽(NaCl)再加上取代鹼性茶沫的紫高麗菜泥、胡蘿蔔泥、苦瓜泥、咖啡添加物，每組 30 顆雞蛋放入 pH 值為 13 的浸漬水溶液中，在室溫約 17°C 浸泡，第 8 天開始每一組抽 1 顆，以光照檢驗當蛋白凝固後的第 3 天取出，再放冰箱冷藏靜置 14 天以熟成。



六、浸泡不同 pH 值水溶液對皮蛋製成的影響

(一)實驗 E-1 不添加金屬化學藥劑，以氫氧化鈉(NaOH)、食鹽(NaCl)再加上取代鹼性茶沫的咖啡添加物，製成浸漬水溶液，我們以 pH 筆量測並調整，製作了 pH 值為 11、12 和 13 的三組浸漬液。每組放入 30 顆雞蛋，室溫約 17°C 時，依據實驗 D 的經驗，浸泡 21 天取出後，於冰箱冷藏靜置 14 天以熟成。



(二)不添加金屬化學藥劑，以氫氧化鈉(NaOH)、食鹽(NaCl)再加上取代鹼性茶沫的紫高麗菜泥、胡蘿蔔泥、苦瓜泥添加物，製成浸漬水溶液。我們以 pH 筆測量並調整，製作 pH 值為 12 和 13 的各兩缸浸漬液。

1. **實驗 E-2-1** pH 值為 12 的紫高麗菜泥、胡蘿蔔泥、苦瓜泥三組浸漬液中各放入 30 顆雞蛋，在室溫約 17°C 浸泡，第 8 天開始每一組抽 1 顆，以光照檢驗當蛋白凝固後的第 3 天取出，再於冰箱冷藏靜置 14 天以熟成。

2. **實驗 E-2-2** pH 值為 13 的紫高麗菜泥、胡蘿蔔泥、苦瓜泥三組浸漬液中各放入 30 顆雞蛋，在室溫約 17°C 浸泡，依據實驗 D 的經驗，浸泡 21 天取出後，於冰箱冷藏靜置 14 天以熟成。



七、浸漬水溶液放置室溫不同對皮蛋製成的影響

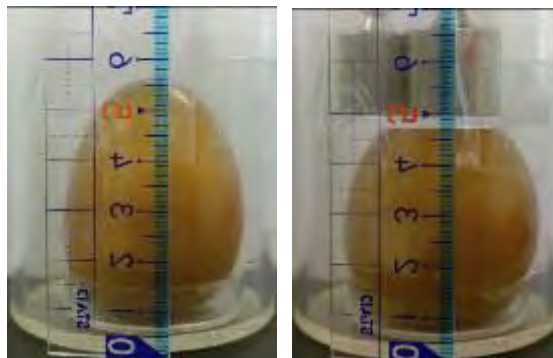
實驗 F 不添加金屬化學藥劑，以氫氧化鈉(NaOH)、食鹽(NaCl)再加上取代鹼性茶沫的咖啡和胡蘿蔔添加物製作浸漬水溶液。由於實驗進行期間季節氣候不同，在秋、冬季時我們以不開空調的平均室溫 17°C 進行實驗，而春、夏季時我們以空調控溫 25°C 進行實驗。兩次實驗中，每組放入 30 顆雞蛋，pH 值為 13，在其他條件均相同的情況下，浸泡到光照檢驗蛋白凝固的第 3 天取出，皆再冷藏靜置 14 天後，比較其所需的浸泡天數以及撥開檢測皮蛋完全凝膠成形的數量與比率。

八、不同製成方法對皮蛋彈性和硬度的影響

(一) **實驗 G-1** 在所有實驗組別的石蛋皆取出並靜置熟成 14 天以上後，我們將剝開的石蛋放在電子秤上，用手指向下施力擠壓，觀察石蛋破裂時磅秤顯示的重量。未成形的石蛋不予進行硬度測試。我們以磅秤荷重的上限(2 公斤重)做為硬度測試的極限，施力超過 2 公斤仍沒破裂的一律以大於 2kgw 標示。



(二) **實驗 G-2** 將實驗 C 浸泡 12 天、14 天、16 天的咖啡石蛋靜置熟成後，進一步以砝碼檢測其受重後高度的差異，以推測其彈性與硬度的差異。我們先將石蛋直立擺放在一高筒的圓形透明罐中，後方黏貼一把直尺，上方放入一個較小但剛好可以碰到大罐邊緣的透明量筒，如此可使小量筒不會歪斜而能使底部保持水平，以測量石蛋的高度。接著在小量筒內分別放入 50g、100g、150g、200g、250g、300g 的砝碼，測量石蛋受重擠壓後的高度，再將砝碼全部移除，測量石蛋是否可恢復原高度。



九、對不同製成方法的石蛋進行品評測試

(一) 針對 **實驗 A-1** 和 **實驗 A-2** 的品評方面，食品感官品評(劉、莊，2014)一書中列出了數種定性差異分析法。由於石蛋的風味較為強烈，餘味較久，且我們皆非專業品評員等條件下，為了減少干擾並提高正確度，在考量了三角測試法(triangle test)與 2-3 點測試法(duo-trio test)後，選用了 2-3 點測試法來做為後續評比的標準。所謂的 2-3 點測試法，便是在配對樣本中找出與對照組相同或不同的組別，此法雖快且便利，但無法決定各組之間的差異方向，意即我們無法得知不同配方之間風味之優劣。因此，我們另外再進行了評級測試，也就是針對不同組別的石蛋進一步給予分數，最後再進行加總列出名次，進而選出在風味上較為被大家接受的石蛋。

(二) **實驗H-1**品評測試方面，我們採用前述的2-3點測試法進行，其推演流程如下：

1. 提出問題：對照組和其他口味之間是否有差異？
2. 假設：對照茶葉組與其他口味間沒有差別。
3. 進行2-3點測試。
4. 收集資料：挑選出正確樣本的品評員人數。
5. 分析：計算所有的統計量，並評估是否能夠拒絕假設。
6. 結論：若能拒絕假設，便表示不同的操作組與對照茶葉組之間有明顯的風味差異；若無法拒絕假設，表示對照組與操作組之間沒有明顯差別。

(三)品評員由我們小組成員組成，實際進行品評前已有先進行相關課程的了解，以求品評過程之公正與可靠性。首先由家長進行皮蛋的分切，並將分切好的皮蛋放置於隨機編號的盤子，形成兩兩成對的樣本。每一組樣本中皆包含一個對照茶葉組以及另一種口味的實驗組，小組成員在整個品評測試結束前都不會知道皮蛋的正確口味，可有效降低主觀偏見。我們會先品嚐一個額外提供的對照茶葉組後，才開始進行成對樣本測試。在測試過程中，我們將嘗試選出與對照茶葉組相同的樣本編號，並在測試結束後統計正確率。由於皮蛋風味較強烈，我們在品評過程中會不停的喝水及漱口，以避免味道相互干擾。此外，每個組員所品嚐每個口味的皮蛋份量皆相當小(每種口味約1/8顆蛋)，可避免因飽足感或味覺疲勞等因素而產生的偏差。當所有試驗皆結束後，便根據所有組員的正確率來進行結果分析。

(四) **實驗H-2**由於2-3點測試僅能表現出兩個樣本之間的差異，卻無法描述出兩個樣本之間差異的方向，因此在第二個品評測試中，我們進行了評級測試。評級測試共進行2次，首先先依照皮蛋製作順序將6個口味的操作組分成兩群，每群再和對照茶葉組形成一組樣本。每位組員在品嚐整組的皮蛋後，給予每種口味評分，從最低1分至最高4分。每種口味最高可得到滿分20分，最低為5分。評分完畢後，我們將所有組員的分數進行加總，選出得分最高者。



伍、研究結果

一、皮蛋製作的方法與原理

(一) 皮蛋製作過程中，在浸泡於鹼性浸漬液中時，由於蛋殼有呼吸滲透的作用，使蛋白質經化學變化而凝膠，形成富有彈性的固體，蛋黃則形成溏心狀。

(二) 皮蛋製作過程中，若蛋殼有裂痕，將導致蛋白質水解，使蛋白無法成凝膠狀而失敗。

(三) 在浸泡於鹼性水溶液過程中，浸漬液的 pH 值與浸泡天數需控制得宜，若鹼性過強或浸泡天數過久，將造成已凝膠的蛋白質水解，成為液態而無法製成。

二、是否添加含有金屬的化學藥劑對皮蛋製成率的影響

(一) 實驗 A-1 添加含有金屬的化學藥劑來製作皮蛋

1. 以氫氧化鈉(NaOH)、食鹽(NaCl)、磷酸鐵(FePO₄)、氯化亞鐵(FeCl₂)再加上取代鹼性茶沫的添加物，製成 pH 值為 12.5 的浸漬水溶液。每組 25 顆雞蛋，室溫約 25°C 浸泡 14 天後取出，冷藏靜置 14 天後，撥開檢測皮蛋完全凝膠成形的數量與比率。

| pH=12.5 室溫 25°C 浸泡 14 天 | 浸泡雞蛋數量(顆) | 完全凝膠成形數量(顆) | 成功率(%) |
|-------------------------------|-----------|-------------|--------|
| 茶葉組 | 25 | 25 | 100 |
| 豆漿組 | 25 | 16 | 64 |
| 咖啡組 | 25 | 23 | 92 |
| 醬油組 | 25 | 13 | 52 |
| 紅酒組 | 25 | 4 | 16 |
| 蔬果汁組 | 25 | 21 | 84 |
| 小蘇打組 | 25 | 0 | 0 |

2. 以蛋殼外觀而言，茶葉的添加有著色的作用，賦予蛋殼上些許的茶色，使得外觀更為有光澤；豆漿組因本身為白色，因此使得製作出來的皮蛋蛋殼外觀仍呈現白色；紅酒和蔬果汁組的蛋殼顏色亦較接近蛋殼原本的顏色；咖啡和醬油的添加可以有效的使蛋殼外觀賦予較深的顏色。



3. 將各組皮蛋剝開後，蛋白部分呈現晶瑩剔透的凝膠狀，有些微的松花結晶。蛋黃外圍帶有些綠色，進一步將蛋黃切開後，可以觀察到未完全凝固的溏心現象。小蘇打組剝開後內部的蛋白完全沒有凝固。



(二) **實驗 A-2** 不添加含有金屬的化學藥劑對皮蛋製成率的影響

1. 不添加含有金屬的化學藥劑，以氫氧化鈉(NaOH)、食鹽(NaCl)再加上取代鹼性茶沫的咖啡添加物，製成 pH 值為 12.5 的浸漬水溶液。每組 25 顆雞蛋浸泡 14 天後取出再冷藏靜置 14 天，撥開檢測皮蛋完全凝膠成形的數量與比率。

| pH=12.5 室溫 25°C 浸泡 14 天 | 浸泡雞蛋數量(顆) | 完全凝膠成形數量(顆) | 成功率(%) |
|-------------------------------|-----------|-------------|--------|
| 咖啡組 | 25 | 20 | 80 |

2. 將皮蛋剝開後，蛋白部分呈現晶瑩剔透的凝膠狀，有少許松花結晶。蛋黃外表同樣帶有些綠色，進一步將蛋黃剝開後，可以觀察到未完全凝固的溏心現象。成功率較添加含金屬化學藥劑的低。



三、靜置熟成溫度不同對皮蛋製成的影響

(一) **實驗 B** 以氫氧化鈉(NaOH)、食鹽(NaCl)、磷酸鐵(FePO_4)、氯化亞鐵(FeCl_2)再加上取代鹼性茶沫的咖啡添加物，製成 pH 值為 12.5 的浸漬水溶液。將 50 顆雞蛋在室溫約 25°C 浸泡 14 天後取出，再將 25 顆靜置於室溫約 25°C 14 天，另外 25 顆靜置於冰箱 -2°C 冷藏 14 天。靜置熟成後撥開檢測皮蛋完全凝膠成形的數量與比率。

| 咖啡組 pH=12.5 室溫 25°C 浸泡 14 天 | 浸泡雞蛋數量(顆) | 完全凝膠成形數量(顆) | 成功率(%) |
|--|-----------|-------------|--------|
| 室溫熟成 | 25 | 19 | 76 |
| 冰箱冷藏熟成 | 25 | 20 | 80 |

(二) **實驗 B** 冷藏熟成的組別蛋白顏色會較常溫熟成的透明，凝膠更完整且手摸的觸感較 Q 彈。冷藏與室溫熟成的蛋黃均呈溏心狀，但冷藏的蛋黃觸感也較 Q 彈。



四、浸泡水溶液天數不同對皮蛋製成的影響

(一) **實驗 C** 不添加含有金屬的化學藥劑，以氫氧化鈉(NaOH)、食鹽(NaCl)再加上取代鹼性茶沫的咖啡添加物，製成 pH 值為 12 的浸漬水溶液。共 30 顆雞蛋，在室溫約 25°C 浸泡第 8、10、12、14、16、18 天時每次取出 5 顆，於冰箱冷藏靜置 14 天熟成後，撥開檢測皮蛋完全凝膠成形的數量與比率。每次取蛋時於熱處理前、後均以光照搖動檢驗蛋白是否凝固，蛋黃是否會漂移。

1. 完全凝膠成形的數量與比率：





| 咖啡組 pH=12 室溫 25°C | 浸泡雞蛋 數量(顆) | 完全凝膠成 形數量(顆) | 光照搖動檢測 蛋白是否凝固 (是：√) (否：×) | 光照搖動檢測 蛋黃是否固定 (不漂移) (是：√) (否：×) | 成功率 (%) |
|-------------------------|---------------|-----------------|---------------------------------|--|------------|
| 浸泡 8 天 | 5 | 0 | × | × | 0 |
| 浸泡 10 天 | 5 | 0 | × | × | 0 |
| 浸泡 12 天 | 5 | 3 | √ | √ | 60 |
| 浸泡 14 天 | 5 | 3 | √ | √ | 60 |
| 浸泡 16 天 | 5 | 2 | √ | √ | 40 |
| 浸泡 18 天 | 5 | 0 | × | √ | 0 |



2. 浸泡天數不同製成的咖啡皮蛋，蛋白的顏色以及透明度也有些微差異。浸泡 12 天的蛋白顏色較淡，也較混濁，蛋黃顏色較篇濁黃色。浸泡 14 天的蛋白顏色較偏橘，也較剔透，蛋黃也較有光澤，邊緣綠色較多。浸泡 16 天的蛋白較偏咖啡色，顏色較深，蛋黃顏色較深，邊緣綠色部分也較多。



(二) **實驗 C-2** 不添加金屬化學藥劑，以氫氧化鈉(NaOH)、食鹽(NaCl)再加上取代鹼性茶沫的咖啡添加物製作浸漬水溶液。我們在室溫約 25°C，pH 為 13 的咖啡浸漬水溶液放入 30 顆雞蛋，浸泡第 6 天開始每天以光照搖動檢驗蛋白是否凝固，檢測到第 8 天發現蛋白凝固後，開始每天拿出放置於冰箱冷藏，熟成後撥開檢驗外觀成形的狀態，以確認光照檢驗凝固的準確性。

| 光照檢測蛋白已凝固的浸泡天數 | 第 8 天 | 第 9 天 | 第 10 天 | 第 11 天 |
|-------------------------------------|--|--|---|--|
| 光照搖動檢測蛋白是否凝固 (是：√)(否：×) | √ | √ | √ | × |
| 光照搖動檢測蛋黃是否固定 (不漂移) (是：√)(否：×) | √ | √ | √ | √ |
| 冷藏靜置後 撥開檢測 |  |  |  |  |

五、浸泡不同添加物的水溶液對皮蛋製成的影響

(一) **實驗 D** 不添加含有金屬的化學藥劑，以氫氧化鈉(NaOH)、食鹽(NaCl)再加上取代鹼性茶沫的紫高麗菜泥、胡蘿蔔泥、苦瓜泥和咖啡添加物，製成 pH 值為 13 的浸漬水溶液。每組 30 顆雞蛋，室溫約 17°C，第 8 天開始每一組抽 1 顆，以光照檢驗當蛋白凝固後的第 3 天取出，也就是浸泡 21 天後取出，再冷藏靜置 14 天後，撥開檢測皮蛋完全凝膠成形的數量與比率。

| pH=13 室溫 17°C 浸泡 21 天 | 浸泡雞蛋數量(顆) | 完全凝膠成形數量(顆) | 成功率(%) |
|-----------------------------|-----------|-------------|--------|
| 紫高麗菜組 | 30 | 15 | 50 |
| 胡蘿蔔組 | 30 | 26 | 86.7 |
| 苦瓜組 | 30 | 25 | 83.3 |
| 咖啡組 | 30 | 27 | 90 |



六、浸泡不同 pH 值水溶液對皮蛋製成的影響

(一) **實驗 E-1** 不添加含有金屬的化學藥劑，以氫氧化鈉(NaOH)、食鹽(NaCl)再加上取代鹼性茶沫的咖啡添加物，製成 pH 值為 11、12 和 13 的三組浸漬水溶液。每組浸泡 30 顆雞蛋，室溫約 17°C，依據實驗 D 的經驗，浸泡 21 天後取出，再冷藏靜置 14 天後，撥開檢測皮蛋完全凝膠成形的數量與比率。

| 咖啡組 室溫 17°C 浸泡 21 天 | 浸泡雞蛋數量(顆) | 完全凝膠成形數量(顆) | 成功率(%) |
|---------------------------|-----------|-------------|--------|
| pH=11 | 30 | 0 | 0 |
| pH=12 | 30 | 0 | 0 |
| pH=13 | 30 | 27 | 90 |



(二)不添加含有金屬的化學藥劑，以氫氧化鈉(NaOH)、食鹽(NaCl)再加上取代鹼性茶沫的紫高麗菜泥、胡蘿蔔泥、苦瓜泥添加物，製成 pH 值為 12 和 13 的浸漬水溶液。

1. **實驗 E-2-1** pH 值為 12 的紫高麗菜泥、胡蘿蔔泥、苦瓜泥三組浸漬液中各放入 30 顆雞蛋，室溫約 17°C，浸泡到第 8 天開始每一組抽 1 顆，以光照檢驗當蛋白凝固後的第 3 天取出，也就是浸泡 29 天，再冷藏靜置 14 天後，撥開檢測皮蛋完全凝膠成形的數量與比率。

| pH=12 室溫 17°C 浸泡 29 天 | 浸泡雞蛋數量(顆) | 完全凝膠成形數量(顆) | 成功率(%) |
|-----------------------------|-----------|-------------|--------|
| 紫高麗菜組 | 30 | 9 | 30 |
| 胡蘿蔔組 | 30 | 25 | 83.3 |
| 苦瓜組 | 30 | 22 | 73.3 |



高麗菜 pH 12



胡蘿蔔 pH 12



苦瓜 pH 12

2. **實驗 E-2-2** pH 值為 13 的紫高麗菜泥、胡蘿蔔泥、苦瓜泥三組浸漬液中各放入 30 顆雞蛋，室溫約 17°C 時，依據實驗 D 的經驗，浸泡 21 天取出，再冷藏靜置 14 天後，撥開檢

測皮蛋完全凝膠成形的數量與比率。

| pH=13 室溫 17°C 浸泡 21 天 | 浸泡雞蛋數量(顆) | 完全凝膠成形數量(顆) | 成功率(%) |
|-----------------------------|-----------|-------------|--------|
| 紫高麗菜組 | 30 | 15 | 50 |
| 胡蘿蔔組 | 30 | 26 | 86.7 |
| 苦瓜組 | 30 | 25 | 83.3 |



高麗菜 pH 13



胡蘿蔔 pH 13



苦瓜 pH 13

七、浸漬水溶液放置室溫不同對皮蛋製成的影響

實驗 F 不添加金屬化學藥劑，以氫氧化鈉(NaOH)、食鹽(NaCl)再加上取代鹼性茶沫的咖啡添加物製作浸漬水溶液。每組放入 30 顆雞蛋，pH 值為 13，在其他條件均相同的情況下，依據實驗 D，在室溫約 17°C 時浸泡 21 天取出，室溫約 25°C 時浸泡到光照檢驗蛋白凝固的第 3 天取出，皆再冷藏靜置 14 天後，比較其浸泡天數以及撥開檢測皮蛋完全凝膠成形的數量與比率。

| 咖啡 pH=13 | 浸泡天數 (天) | 浸泡雞蛋數量 (顆) | 完全凝膠成形數量 (顆) | 成功率 (%) |
|-------------|-------------|---------------|-----------------|------------|
| 室溫 17°C | 21 | 30 | 27 | 90 |
| 室溫 25°C | 10 | 30 | 28 | 93.3 |

八、不同製成方法對皮蛋彈性和硬度的影響

(一)**實驗 G-1** 將各組實驗凝膠成形的皮蛋中，選取剝開後最完整的一顆放置於磅秤上進行硬度測試。用手指向下施力擠壓，觀察皮蛋破裂時磅秤顯示的重量。以磅秤荷重的上限(2 公斤重)做為硬度測試的極限，施力超過 2 公斤仍沒破裂的一律以大於 2kgw 標示。

1. 檢測 **實驗 B** 皮蛋硬度

| 咖啡組 pH=12.5 室溫 25°C 浸泡 14 天 | 室溫 | 冷藏 |
|--------------------------------------|-----|----|
| 硬度測試(kgw) | 1.8 | >2 |

2. 檢測 **實驗 C** 皮蛋硬度

| 咖啡組 pH=12 室溫 25°C | 浸泡 12 天 | 浸泡 14 天 | 浸泡 16 天 |
|-------------------------|---------|---------|---------|
| 硬度測試(kgw) | 1.4 | 1.5 | 1.3 |

3. 檢測 **實驗 E-2-1** 皮蛋硬度

| pH=12 室溫 17°C 浸泡 29 天 | 紫高麗菜 | 胡蘿蔔 | 苦瓜 |
|-----------------------------|------|-----|-----|
| 硬度測試(kgw) | 1.1 | 1.5 | 1.6 |

4. 檢測 **實驗 E-2-2** 皮蛋硬度

| pH=13 室溫 17°C 浸泡 21 天 | 紫高麗菜 | 胡蘿蔔 | 苦瓜 | 咖啡 |
|-----------------------------|------|-----|----|----|
| 硬度測試(kgw) | 1.3 | >2 | >2 | >2 |

(二) **實驗 G-2** 將實驗 C 浸泡 12 天、14 天、16 天的咖啡皮蛋靜置熟成後，進一步以砝碼檢測其受重後高度的差異，以推測其硬度的差異。

1. 皮蛋受重後的高度變化：

| 咖啡 pH=12 室溫 25°C | 0g (原高度) | 50g | 100g | 150g | 200g | 250g | 300g | 0g 恢復 |
|------------------------|-------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|----------|
| 浸泡 12 天 | 5.8 cm | 4.7 cm | 4.5 cm | 4.3 cm | 4.2 cm | 4.0 cm | 4.0 cm | 5.8 cm |
| 浸泡 14 天 | 5.6 cm | 5.0 cm | 4.7 cm | 4.5 cm | 4.3 cm | 4.3 cm | 4.2 cm | 5.6 cm |
| 浸泡 16 天 | 5.7 cm | 4.5 cm | 4.4 cm | 4.3 cm | 4.1 cm | 4 cm | 3.8 cm | 5.5 cm |

2.皮蛋受重後的高度佔原高度的比例(百分比取到小數第 2 位)

| 咖啡 pH=12 室溫 25°C | 0g (原高度) | 50g | 100g | 150g | 200g | 250g | 300g | 0g 是否 恢復 |
|------------------------|-------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|----------------|
| 浸泡 12 天 | 5.8 cm | 81.03% | 77.59% | 74.14% | 72.41% | 68.97% | 68.97% | 是 |
| 浸泡 14 天 | 5.6 cm | 89.29% | 83.93% | 80.36% | 76.79% | 76.79% | 75.00% | 是 |
| 浸泡 16 天 | 5.7 cm | 78.95% | 77.20% | 75.44% | 71.93% | 70.18% | 66.67% | 否 |

(: 受重後高度改變最少 : 受重後高度改變最多)

九、對不同製成方法的皮蛋進行品評測試

(一)針對實驗 A-1和實驗 A-2的品評測試中，各操作組皆成功通過 2-3 點測試，顯示其與對照組間在風味上有明顯差異。在評級測試中，以冷藏熟成的蔬果組得到最高分數(18 分)，冷藏的紅酒組和常溫咖啡組並列第 2 (17 分)，對照組無論是冷藏或常溫均為分數最低(6 分)，如下表所列。在口感上，冷藏熟成的蛋黃則較常溫熟成的略硬，但沒有顯著差異。

不同添加物製成皮蛋之品評評級測試分數表

| | 品評員 1 | 品評員 2 | 品評員 3 | 品評員 4 | 品評員 5 | 總分 |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|----|
| 茶葉組 | 1 | 1.5 | 1.5 | 1 | 1 | 6 |
| 豆漿組 | 2 | 3 | 4 | 2 | 3 | 14 |
| 咖啡組 | 4 | 4 | 3 | 4 | 2 | 17 |
| 醬油組 | 3 | 2 | 2 | 3 | 4 | 14 |
| 紅酒組 | 3 | 4 | 3 | 4 | 3 | 17 |
| 蔬果組 | 4 | 3 | 4 | 3 | 4 | 18 |

陸、討論

一、皮蛋的製作

市售皮蛋是以鴨蛋製作，但因鴨蛋成本較高，且較不容易購買到，此外家中沒有滅菌設備，因此我們改由超市購入洗選雞蛋來進行實驗。

二、是否添加含有金屬的化學藥劑製作皮蛋實驗

(一)在添加含有金屬的化學藥劑實驗中，不添加茶葉的所有實驗組的製成率都不及對照茶葉組的高。在測量茶葉 pH 值的問題後發現，茶葉泡開後為弱酸性。我們推測，這些微弱的酸性，中和了氫氧化鈉的強鹼性，使得 pH 值得以維持在 12.5 左右的範圍，不至於過鹼而導致蛋白重新溶解回去。茶葉是配方中不錯的添加物，不但是一種著色劑，而且可以微調酸鹼值，還能提供額外的香氣來平衡浸漬液中不好聞的氣味，這應該也是市售皮蛋浸泡液中含有茶沫的原因。

(二)市售皮蛋在製作的過程中會額外添加重金屬以提高製成之安定度，傳統上為添加氧化鉛，而所謂的「無鉛皮蛋」往往是利用硫酸銅等其他重金屬鹽類來製作，對健康上仍有許多疑慮。本次試驗中，我們除了在「實驗 A-1」中添加著色劑之外，其餘都沒有使用其他的重金屬鹽類來提高製成率，因此製成率不易到達 100%。製作失敗的皮蛋僅會有蛋黃成形，而蛋白的部分會有程度不一的凝固，或是完全沒有凝固。根據行政院農委會所發表的文章顯示，添加氧化鉛 150ppm 及氧化銅 200ppm 以上，皮蛋製成率可高達 100%，但會有重金屬殘留的問題。如何在製成率與健康之間尋求平衡，相信是皮蛋推廣上最需要被解決的課題。



製作失敗的皮蛋，蛋白幾乎不會凝固，僅有蛋黃能夠成形。

(三)我們完全移除了氯化亞鐵以及磷酸鐵的添加，也不額外添加其他市面上皮蛋常添加的硫酸銅或其他重金屬鹽類，以達到重金屬鹽類零驗出的完美層級，未來將有助於推廣到有

機市場，甚至是外銷到國外等等。隨著各種食安問題日益漸增，我們的皮蛋製作不但沒有添加重金屬，而且食材來源相當安全可靠，且產品外觀與風味也較為良好，相信一定有助於我們將皮蛋推廣到華人世界以外的地區。

(四)小蘇打組剝開後內部的蛋白完全沒有凝固，因其鹼性程度不足而使得皮蛋無法成形，因此不列入後續實驗。

三、靜置熟成溫度不同對皮蛋製成的影響

在此實驗中，我們發現放置在冰箱冷藏熟成的皮蛋觸感較為 Q 彈，且在後續實驗中我們考量到要減少微生物汙染或是天氣變化導致高溫腐敗的情況，因此我們決定將所有從浸漬液中取出的皮蛋放在冰箱冷藏熟成。

四、浸泡水溶液天數不同對皮蛋製成的影響

(一)雖然皮蛋本身是利用蛋白質的鹼化作用來達到凝固的效果，但浸泡過久導致蛋白質重新溶解，因此尋找恰到好處的浸泡天數是非常重要的。

(二)使用燈照搖動檢驗蛋白是否凝固時，我們發現蛋白尚未凝固時，轉動蛋可看見蛋黃都會漂移到上方，可推知蛋黃密度較小，質量比蛋白輕。

(三)當皮蛋浸泡天數過多時，經由光照搖動檢驗可發現蛋白有流動的現象，且有非常微小的氣泡出現，可推知蛋白已開始水解，而此時蛋黃仍是凝固部會移動的。

(四)經由再次每天以光照搖動檢驗蛋白是否凝固實驗中，可發現光照觀察到蛋黃不會漂移時，經冷藏靜置後，確實是成功凝固的。且光照觀察到凝固的第 3 天取出靜置後撥開檢驗是形狀最完整，且成功率最高的，因此後續實驗我們都以光照搖動檢驗發現凝固後的第三天將單取出靜置。

五、浸泡不同添加物的水溶液對皮蛋製成的影響

(一)我們選用新鮮蔬菜自製成蔬果泥來替代市售蔬果汁時，我們發現苦瓜、紅蘿蔔、以及紫高麗菜本身都接近中性，因此在不添加茶葉的情況下，我們必須另外尋找可以提供酸性且天然的添加物以調整浸漬水溶液的 PH 值。於是我們選擇了只須滴入幾滴的檸檬汁做為

輔助的添加劑，除了具有一定的香氣外，同時還有著相當低的 pH 值(pH=2.6)。



紅蘿蔔

苦瓜

紫高麗菜

檸檬原汁

(二)紫高麗菜組的製成率比苦瓜或胡蘿蔔組的製成率還要低許多。硬度也較差。此外紫高麗菜的浸漬液是三種蔬菜中氣味最不佳者。

(三)苦瓜組的製成率大約為七到八成，其浸漬液是三種蔬菜中氣味最佳者，沒有任何刺鼻的味道產生。在食用的時候，苦瓜的風味會在皮蛋咬下後慢慢在嘴裡散開，有效的提高了皮蛋在風味上的層次感。若我們能進一步的將製成率提高，苦瓜皮蛋會是一個良好的選擇。

(四)紅蘿蔔組有著最高的製成率與較佳的蛋黃色澤，是我們公認賣相最好的口味。在實際食用的時候，胡蘿蔔組也有著相當低的氨味，口感亦不錯。未來的實驗中，我們希望可以找出提升紅蘿蔔皮蛋製作成功率的方法，透過穩定的製成率，來作為推廣健康皮蛋的第一步。



胡蘿蔔皮蛋



紅蘿蔔以及紫高麗菜蛋黃差異比較

(五)咖啡本身具有特殊的風味和香氣，是許多人喜愛的飲品，取得容易，同時市面上也有相當多咖啡口味的產品。然而，咖啡皮蛋至今卻仍未見於市面上，因此我們在實驗中，嘗試使用咖啡來做為製作浸漬液的添加物。

由於咖啡本身就是酸性食品，而且具有香氣，因此在製作時可以替代茶葉的部分。在第一項實驗時，我們採用了咖啡豆直接加入浸漬液中，但後來發現浸漬液的氣味會過於濃郁而強烈，不太好聞。因此在之後的實驗中，我們改用剛沖泡好的黑咖啡來直接添加，同

時也有助於我們配製不同 pH 值的浸漬水溶液。



(六)若以健康為取向，我們可以選擇紅蘿蔔組的皮蛋做為我們推廣的主要產品；若是以新奇、風味具有層次等為取向，我們可以選擇咖啡組的皮蛋做為主要產品。

六、浸泡不同 pH 值水溶液對皮蛋製成的影響

(一)我們以取代鹼性茶沫的紫高麗菜泥、胡蘿蔔泥、苦瓜泥、咖啡作為添加物，製成 pH 值為 12 和 13 的浸漬水溶液時，發現雞蛋浸泡在浸漬液時，其蛋內的 pH 值不會到達浸漬液的鹼性程度，添加蔬果製成的皮蛋蛋內 pH 的讀數大約都少了 2.5~3，添加咖啡製成的皮蛋蛋內 pH 的讀數大約少了 1。



(二)pH 為 11 的組別均未成功凝膠，我們研判應該是因為未達蛋白質凝固的鹼化程度，因而導致整缸都沒有成功。此外小蘇打組失敗的原因應該也是如此。

(三)當雞蛋放在浸漬水溶液中的過程中，水溶液的 pH 值會逐漸下降，我們研判應該是因為鹼性物質逐漸滲入雞蛋中造成的。

(四)依據文獻資料，浸漬水溶液 pH 值超過 12.8 時，會過鹼而無法成功。但我們在沒有添加含金屬化學藥劑的情況下，pH13 仍能成功做出皮蛋。因此後續希望能再做 pH13 到 15 的實驗，以確認能製作成功的最高 pH 值。

七、浸漬水溶液放置室溫不同對皮蛋製成的影響

(一)由於實驗進行期間季節氣候不同，在秋、冬季時我們以不開空調的平均室溫 17°C 進行實驗，而春、夏季時我們以空調控溫 25°C 進行，因此我們想對於浸漬液溫度不同對皮蛋製成的影響加以探討。

(二)此次實驗在室溫不同的實驗中只有針對兩種情況進行比較，若有機會我們想嘗試實驗皮蛋製作能夠成功的室溫範圍，但須依靠冷氣控溫卻又是件不環保的事，因此是件有挑戰性的實驗。

八、不同製成方法對皮蛋彈性和硬度的影響

(一)起初我們想到以磅秤測量皮蛋受力不會破裂時所能承受最大的重量來推測其硬度，但當施力超過磅秤上限 2 公斤仍沒破裂的，就無法加以比較。

(二)進而我們想到測量皮蛋受重時高度改變的程度來推測其彈性與硬度，當我們剛開始進行測試時遇到了困難，因皮蛋頂端尖尖的，上方放置砝碼的容器會歪斜而無法準確測量，經過多次更換實驗器材，終於找到盛裝砝碼的容器放入盛裝皮蛋的容器中時，邊緣會剛好貼合，如此沒有歪斜的空間，終於能測量出準確的數據。

(三)我們發現檢測硬度較大的皮蛋，其觸感也較有彈性，口感相對也較 Q 彈。但皮蛋的硬度其實並沒有絕對的好壞，端視每個人的口感和喜好而定。

九、對不同製成方法的皮蛋進行品評測試

(一)針對實驗 A-1 和實驗 A-2 的品評過程中，口感和氣味是我們比較注重的重點，因為在 2011 年的一篇 CNN 報導中便有提到，皮蛋除了外觀噁心之外，聞起來亦有臭味。皮蛋之氨味來自於浸漬過程中蛋白質變性的緣故，進而釋放出硫化氫等氣味較重之氣體，且本身亦有強烈的氨味。其實，皮蛋在剝開之後可以先靜置一會，讓這些氣味自然揮發掉，便能品嚐到皮蛋的美味。透過品評，我們認為額外添加咖啡、蔬果汁、以及紅酒的皮蛋在風味上有著較佳的表現。

(二)雞蛋在浸漬過程中，蛋白的黏性會降低成水狀，水解密度變大，使得蛋黃易上浮，我們在浸泡過程中因空間有限，為避免雞蛋互相碰撞產生裂痕導致製成率下降，因此沒有刻

意去攪拌浸漬液，也使得我們的皮蛋蛋黃都會偏向一側。若為大規模製作時，可以使浸漬液不時攪拌，讓成品更為好看。

(三)依據硬度測試實驗，我們發現硬度較高(耐重較佳)的皮蛋，觸感較 Q 彈，因此我們推測其口感也會較 Q 彈。

(四)對於實驗 D製成的不同口味皮蛋我們也有進行品評測試，但測試成員人數不多，且只有我們小組成員，因此不列入此次實驗內容中。但我們品評後有著志同道合的想法，我們都覺得咖啡和胡蘿蔔皮蛋的味道非常好，值得推薦給大家。

(五)對於其餘實驗的品評測試，我們期許能繼續進行，測試員除了本國人士以外，還會邀請外籍人士進行品評，也可藉此推廣我們自製的健康皮蛋。

柒、結論

一、了解皮蛋製作的方法與原理

皮蛋的製成是使強鹼滲入蛋殼中，蛋白遇鹼先水解後再凝膠成固態，蛋黃遇鹼呈現溏心狀態。以浸泡法製作皮蛋時，鹼性浸漬水溶液的 pH 值與浸泡天數必須配合適宜，若鹼性過強或浸泡天數過多，將導致已經凝膠成固態的蛋白再水解，而無法製成。

二、是否添加含有金屬的化學藥劑對皮蛋製成率的影響

我們從實驗 A-2開始以後，便全程採用無著色劑及重金屬鹽類添加的製作過程來進行皮蛋製作，同時也是其他實驗或是市面上不會見到的操作方法。結果顯示，紅蘿蔔組有著非常良好的製成率與色澤，其製成率高達九成以上。苦瓜組和咖啡組也有著相當不錯的製成率。由此可知，在控制好 pH 值與浸泡天數的製程中，不添加含金屬化學藥劑的情況下，我們一樣可以達到不錯的製成率。

三、靜置熟成溫度不同對皮蛋製成的影響

皮蛋放冰箱冷藏靜置熟成與放室溫靜置熟成相比，冷藏的蛋白色澤較淺，且觸感較為 Q 彈，可知靜置時溫度較低，會造成口感上的些微差異，但並沒有非常明顯。

四、浸泡水溶液天數不同對皮蛋製成的影響

(一)以光照搖動檢驗，當蛋白凝固且蛋黃不會漂移開始的第三天，將蛋取出浸漬液靜置，可獲得較佳的製成率。

(二)不添加含金屬化學藥劑時，咖啡浸漬液 pH 值為 12，室溫約 25°C 所製成的皮蛋，浸泡 12 到 14 天可獲得較佳的成功率。咖啡浸漬液 pH 值為 13，室溫約 25°C 所製成的皮蛋，浸泡 10 天可獲得較佳的成功率。浸泡天數不可過多，否則會導致蛋白水解而失敗。

五、浸泡不同添加物的水溶液對皮蛋製成的影響

(一)不同添加物製成皮蛋的成功率：茶葉可以維持最佳的製成率與添加額外的色澤，若在不加茶葉的情況下，可以添加胡蘿蔔或是咖啡，都有極高的成功率。

(二)不同的添加物會影響皮蛋的外觀和色澤：添加物為胡蘿蔔製成的皮蛋蛋白色澤十分剔透好看，蛋黃也呈現較鮮亮的溏心狀，外觀較目前市售皮蛋美觀許多，也是我們公認最美的皮蛋。

(三)不同的添加物會影響皮蛋的氣味：添加物為胡蘿蔔、咖啡和苦菜的氣味最沒有刺鼻的氨味，且聞起來又淡淡香氣。

六、浸泡不同 pH 值水溶液對皮蛋製成的影響

(一)不添加含金屬化學藥劑時，蔬果浸泡液 pH 值 12 製成的皮蛋，室溫 17°C 浸泡 29 天時，胡蘿蔔可獲得較高的成功率。

(二)不添加含金屬化學藥劑時，pH 值 13 製成的皮蛋，室溫 17°C 浸泡 21 天時，咖啡和胡蘿蔔均可獲得極高的成功率。

(三) pH11 的浸泡液無法使皮蛋成形。pH12 的蔬果汁組需要較長的浸泡時間才能讓皮蛋成形，而成形後的皮蛋在硬度上也較小，製成率較低。pH13 製成的皮蛋除了所需浸泡的時間較短，硬度較大，且有較高的製成率。

(四)在不浸泡過久導致蛋白質重新溶解的情況下，較高的 pH 值會愈有利皮蛋的成形，同時也能有效的縮短製作時間。但 pH 值仍須維持在一定的範圍，過高會造成蛋白質水解。

七、浸漬水溶液放置室溫不同對皮蛋製成的影響

以室溫 25°C 浸漬液製作皮蛋所需的浸泡天數較室溫 17°C 所需的天數少，可推知室溫低所需的浸泡天數會越多。

八、不同製成方法對皮蛋彈性和硬度的影響

(一)由[實驗 G-1]可推知：

- 1.添加物為蔬果的浸泡液製成的皮蛋，硬度由高到低為：苦瓜>胡蘿蔔>紫高麗菜
- 2.浸泡液 pH 值 13 製成的皮蛋硬度大於浸泡液 pH 值 12 製成的皮蛋。
- 3.添加物為咖啡的 pH12 浸漬液浸泡天數不同製成的皮蛋，硬度大小為：浸泡 14 天>浸泡 12 天>浸泡 16 天。

(二)由[實驗 G-1]可推知：

皮蛋受重後高度改變較少的，且施力移開後能恢復原高度的，彈性較佳，硬度較高。
皮蛋受重後高度改變較多的，且施力移開後無法恢復原高度的，彈性較差，硬度較低。

九、對不同製成方法的皮蛋進行品評測試

- 1.針對[實驗 A-1]和[實驗 A-2]的品評測試結果，蔬果口味的皮蛋獲得最高分，是最受歡迎的。咖啡和紅酒口味的皮蛋口味相當獨特，也獲得不錯的得分。
- 2.在添加天然蔬果製成的皮蛋當中，我們覺得苦瓜和紅蘿蔔是最佳的選擇。而添加咖啡製成的皮蛋，品嚐起來咖啡的香氣確實能浸潤到皮蛋成品中，而咖啡的苦味也會在咬下皮蛋後慢慢在嘴中散開，有效的提高皮蛋風味的層次感。

捌、參考文獻

1. 湖南旅遊網(2004)。益陽旅遊頻道，美食篇。檢自：
<http://www.gotohn.com/yiyang/20041110160318.htm>
2. 王士雄(1861)。隨息居飲食譜。大陸：三秦出版社。
3. CNN Travel. (2011). iReport: The most 'revolting' food I've had is.... Retrieved from
<http://travel.cnn.com/explorations/eat/ireport-most-disgusting-foods-world-053021/>
4. 陳怡兆(2010)。皮蛋製造原理及製程改良。檢自：
<http://kmweb.coa.gov.tw/subject/ct.asp?xItem=274207&ctNode=6537&mp=339&kpi=0&hashid=>
5. 何慶民(1965)。皮蛋速成製法。豐年半月刊，15，13。
6. 劉伯康，莊朝琪(2014)。食品感官品評-理論與實務。新北市：新文京。
7. 教育部(2000)。蛋品加工。檢自：
https://market.cloud.edu.tw/content/vocation/food_production/tn_ag/egg2.htm
8. 洪毓琪(2016)。皮蛋含鉛吃多易致癌？營養師這樣說...。檢自：
<https://www.top1health.com/Article/248/36621>

【評語】 080210

本作品在探討製作健康皮蛋的方式，皮蛋的製作也在歷年的科展主題中多次出現，本實驗設計多種類添加食材來浸泡皮蛋，也成功獲得相當多風味的皮蛋製作方式，有點像是製作皮蛋的食譜，雖然作品非常完整且實驗數據相當豐碩，實驗報告的撰寫也相當完整，但是科展的主要元素是「科學」，很可惜的是此作品還是無法呈現出對已知理論提出新的科學觀察或新的科學結論。研究步驟中缺少控制組的實驗，必須與只有以氫氧化鈉和食鹽製成皮蛋的結果比較，也缺少重覆的成功率實驗，但是呼應食安及生活議題，推廣台灣美食的心意，值得嘉許。

作品海報

摘要

皮蛋是我們喜愛的食物，但具有獨特的色澤和風味，並含重金屬，因此多數外國人望而生畏。在研究中，我們先了解市售皮蛋製作的方法與原理，再自製不含金屬的咖啡、胡蘿蔔、苦瓜等共 8 種改良雞皮蛋。過程中我們先以光照檢測蛋白是否凝固以找出適合的浸泡天數，再更改浸泡液 pH 值以及溫度。我們發現不添加金屬化學藥劑，咖啡皮蛋 pH 為 12，室溫約 25°C 時，浸泡 12 到 14 天的製成率最高。當 pH 為 13，室溫約 17°C 浸泡 21 天，咖啡皮蛋的製成率最高，胡蘿蔔其次，且外觀相當剔透漂亮。浸漬液 pH13 所需的浸泡天數較 pH12 少。室溫 25°C 所需的浸泡的天數較室溫 17°C 時少。在硬度測試方面，當 pH 為 13，室溫約 17°C 浸泡 21 天時，咖啡、苦瓜、胡蘿蔔皮蛋硬度均較高，觸感也較 Q 彈。

壹、研究動機

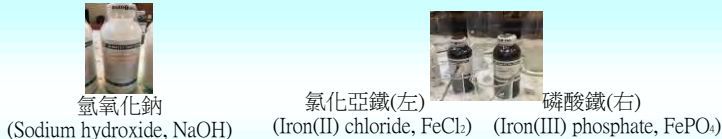
在自然課「水溶液」單元中，討論到鹼性水溶液在生活中的運用時，提及了皮蛋就是浸泡在鹼性水溶液中製成的。正好我們是喜愛吃皮蛋的一群皮蛋，且皮蛋是華人平常食用的料理之一。但有一次看到美國有線電視新聞網(Cable News Network, CNN)於 2011 年卻將皮蛋評為世界最噁心的食物第一名，令我們感到很意外。對於外國人對皮蛋的錯誤認知，我們希望能透過實驗研究，改良皮蛋製作的配方，使皮蛋製作過程更符合健康的概念，且並使外觀更受歡迎，嘗試減少皮蛋風味上的不良氣味，進而提高大眾對皮蛋的接受度。

參、研究設備及器材

一、食品類



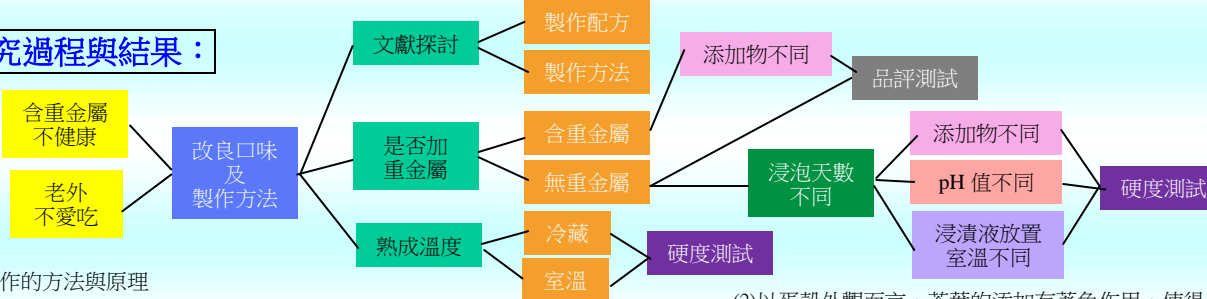
二、化學藥品



三、實驗器材



肆、研究過程與結果：



一、皮蛋製作的方法與原理

(一)文獻探討

- 根據行政院農委會畜試所加工組的文章，皮蛋為利用強鹼滲入蛋中使蛋白因鹼性而產生凝固的產品，在 pH=12 以上，於藥劑中浸漬 10-14 天可以形成良好的膠體，但若 pH 超過 12.8 時，則會因過鹼而導致自體溶解液化的現象。因鹼性過高或過低皆難以控制，一般氫氧化鈉的濃度大約會控制在 4-6% 左右。
- 皮蛋傳統製作上有三種方法：塗敷法、浸漬法、以及混合法。其中浸漬法將鮮蛋置入浸漬液內浸泡，浸漬液主要的成分有氫氧化鈉、氯化鈉、鹼性茶沫等。浸泡一段時間後取出熟成，也是現代最為廣泛的製作方法。

(二)我們參考教育部食品加工科學網頁來進行皮蛋的製作，因考量原料購買的便利性與製成時間，因此均以浸泡法來製作。以下為我們各項實驗的皮蛋製作過程與成功率檢測法：

- 製作浸漬水溶液：依照配方量取氫氧化鈉(NaOH)、食鹽(NaCl)、其他藥品以及取代鹼性茶沫的添加物，加入純水攪拌均勻使配方溶解後，測量 pH 值，再將新鮮雞蛋放入廣口瓶並封口。
- 將廣口瓶在室內陰涼處靜置，測量室溫，於浸泡的第 6 到 8 天以光照搖動檢測是否凝固，於檢測凝固起的第 3 天將雞蛋取出洗淨，並進行熱處理(以溫水浸泡 20 分鐘)。
- 再將雞蛋放置於室溫或冰箱 14 天靜置以熟成。
- 靜置熟成後，剝開皮蛋觀察其外觀並檢測完全凝固製成的數量比率。

二、實驗 A 是否添加含有金屬的化學藥劑對皮蛋製成率的影響

(一)實驗 A-1 添加含有金屬的化學藥劑來製作皮蛋

- 過程與方法：每缸以水 3kg、食鹽(NaCl) 300g、磷酸鐵(FePO₄) 15g、氯化亞鐵(FeCl₂) 6g，以及鹼性藥劑和添加物，製成 pH 約 12.5 的浸漬水溶液。每組 25 顆雞蛋，室溫約 25°C 浸泡 14 天後，靜置冰箱冷藏熟成。

(1)加入氫氧化鈉(NaOH) 150g 以及其他添加物

| 室溫 25°C 浸泡 14 天 | 其他添加物 | | | | | |
|-----------------|-------|-----|-----|-----|-------|-------|
| | 茶葉 | 豆漿 | 咖啡豆 | 醬油 | 紅酒 | 市售果汁 |
| 含量 | 60g | 60g | 60g | 60g | 100ml | 150ml |

▲添加氫氧化鈉含金屬浸漬水溶液添加物配方表

(2)不添加氫氧化鈉，改添加小蘇打(NaHCO₃)，但其 pH 值未達 12。

| 室溫 25°C 浸泡 14 天 | 氫氧化鈉 | 食鹽 | 磷酸鐵 | 氯化亞鐵 | 小蘇打 | 其他添加物 |
|-----------------|------|------|-------------------|-------------------|--------------------|-------|
| | NaOH | NaCl | FePO ₄ | FeCl ₂ | NaHCO ₃ | 茶葉 |
| 含量 | 0g | 300g | 15g | 6g | 150g | 60g |

▲添加小蘇打粉含金屬浸漬水溶液配方表



2. 研究結果：

(1)剝開檢測皮蛋完全凝膠成形的數量與比率：

| 室溫 25°C 浸泡 14 天 | 浸泡雞蛋數量(顆) | 完全凝膠成形數量(顆) | 成功率(%) |
|-----------------|-----------|-------------|--------|
| 茶葉組 | 25 | 25 | 100 |
| 咖啡組 | 25 | 23 | 92 |
| 蔬果汁組 | 25 | 21 | 84 |
| 豆漿組 | 25 | 16 | 64 |
| 醬油組 | 25 | 13 | 52 |
| 紅酒組 | 25 | 4 | 16 |
| 小蘇打組 | 25 | 0 | 0 |

貳、研究目的

- 了解皮蛋製作的方法與原理
- 是否添加含有金屬的化學藥劑對皮蛋製成率的影響
- 靜置熟成溫度不同對皮蛋製成的影響
- 浸泡水溶液天數不同對皮蛋製成的影響
- 浸泡不同添加物的水溶液對皮蛋製成的影響
- 浸泡不同 pH 值的水溶液對皮蛋製成的影響
- 浸泡水溶液放置室溫不同對皮蛋製成的影響
- 不同製成方法對皮蛋硬度的影響
- 對不同製成方法的皮蛋進行品評測試

(2)以蛋殼外觀而言，茶葉的添加有著色作用，使得外觀更為有光澤；豆漿本身為白色，因此製作出來的外觀仍呈白色；紅酒和蔬果汁組的顏色亦較接近蛋殼原本的顏色；咖啡和醬油組的蛋殼外觀呈現較深的顏色。



(3)各組皮蛋剝開後，蛋白呈現晶瑩剔透的凝膠狀，並有些許松花結晶。蛋黃外表帶有些許綠色，蛋黃內部呈現未完全凝固的溏心現象。小蘇打組的蛋白完全沒有凝固。



(二)實驗 A-2 不添加含有金屬的化學藥劑對皮蛋製成率的影響

1. 研究過程：不添加金屬化學藥劑，以氫氧化鈉(NaOH)、食鹽(NaCl)再加上取代鹼性茶沫的咖啡添加物，製成 pH 約 12.5 的浸漬水溶液。放入 25 顆雞蛋，在室溫約 25°C 浸泡 14 天後取出，靜置冰箱冷藏熟成。

| 室溫 25°C 浸泡 14 天 | 水 (kg) | 雞蛋 (顆) | NaOH (g) | NaCl (g) | FePO ₄ (g) | FeCl ₂ (g) | 其他添加物 |
|-----------------|--------|--------|----------|----------|-----------------------|-----------------------|---------|
| 咖啡組 | 3 | 25 | 150 | 300 | 0 | 0 | 咖啡豆 60g |

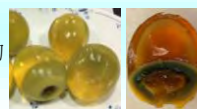
▲不含金屬浸漬水溶液配方表

2. 研究結果：

(1)剝開檢測皮蛋完全凝膠成形的數量與比率：

| 室溫 25°C 浸泡 14 天 | 浸泡雞蛋數量(顆) | 完全凝膠成形數量(顆) | 成功率(%) |
|-----------------|-----------|-------------|--------|
| 咖啡組 | 25 | 20 | 80 |

(2)蛋白呈現晶瑩剔透的凝膠狀，有少許松花結晶。蛋黃外表帶有些許綠色，蛋黃內呈現未完全凝固的溏心現象。成功率較添加含金屬化學藥劑的低。



三、實驗 B 靜置熟成溫度不同對皮蛋製成的影響

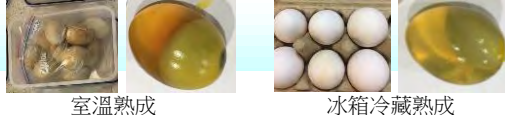
(一)研究過程：不添加金屬化學藥劑，以氫氧化鈉(NaOH)、食鹽(NaCl)再加上取代鹼性茶沫的咖啡添加物，製成 pH 約 12.5 的浸漬水溶液。將 50 顆雞蛋在室溫約 25°C 浸泡 14 天後取出，分成兩堆，其中一堆放置於室溫約 25°C 靜置熟成，另一堆放置於冰箱約冷藏靜置熟成。

(二)研究結果：

1. 剝開檢測皮蛋完全凝膠成形的數量與比率：

| 咖啡組 室溫 25°C 浸泡 14 天 | 浸泡雞蛋數量(顆) | 完全凝膠成形數量(顆) | 成功率(%) |
|---------------------|-----------|-------------|--------|
| 室溫 | 25 | 19 | 76 |
| 冰箱冷藏 | 25 | 20 | 80 |

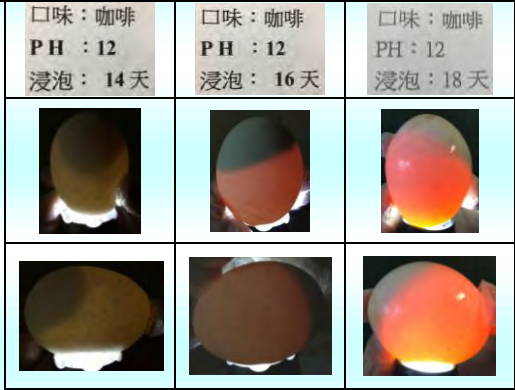
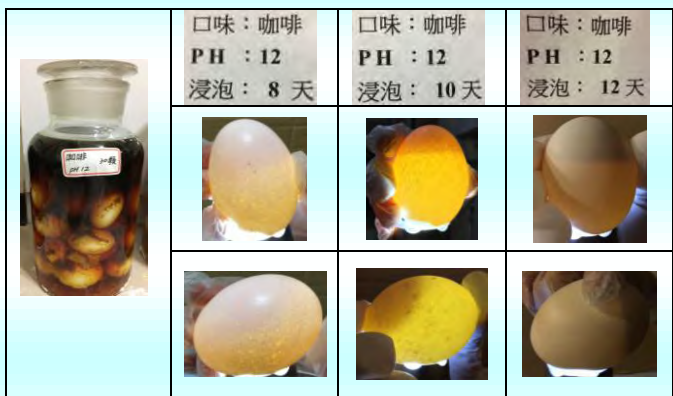
2. 冷藏熟成的組別蛋白顏色較常溫熟成的透明，凝膠更完整且手摸的觸感較 Q 彈。冷藏與室溫熟成的蛋黃均呈溏心狀，但冷藏的蛋黃觸感也較 Q 彈。



四、實驗 C 浸泡水溶液天數不同對皮蛋製成的影響

(一)實驗 C-1

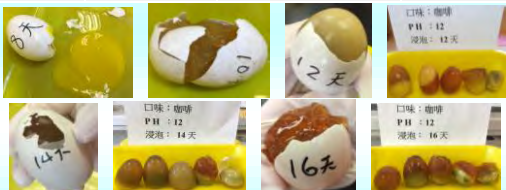
1. 研究過程：不添加金屬化學藥劑，以氫氧化鈉(NaOH)、食鹽(NaCl)再加上取代鹼性茶沫的咖啡添加物製作浸漬水溶液。由於不添加金屬化學藥劑，我們找出皮蛋浸泡的最佳天數，因此在室溫約 25°C，pH12 的咖啡浸漬液放入 30 顆雞蛋，浸泡第 8 天開始，分 6 次，每隔 2 天拿出 5 顆雞蛋放置於冰箱冷藏以熟成。每次取蛋時於熱處理前、後均以光照搖動檢驗蛋黃是否會移動，以確認蛋白是否凝固。



2. 研究結果：

(1) 完全凝膠成形的數量與比率：

| 咖啡組 pH=12 室溫 25°C | 浸泡雞蛋 數量(顆) | 完全凝膠 成形數量 (顆) | 光照搖動檢測 蛋白是否凝固 (是:√)(否:×) | 光照搖動檢測 蛋黃是否固定 (不漂移) (是:√)(否:×) | 成功率 (%) |
|-------------------------|---------------|---------------------|--------------------------------|---|------------|
| 浸泡 8 天 | 5 | 0 | × | × | 0 |
| 浸泡 10 天 | 5 | 0 | × | × | 0 |
| 浸泡 12 天 | 5 | 3 | √ | √ | 60 |
| 浸泡 14 天 | 5 | 3 | √ | √ | 60 |
| 浸泡 16 天 | 5 | 2 | √ | √ | 40 |
| 浸泡 18 天 | 5 | 0 | × | √ | 0 |



(2) 比較切開後蛋白和蛋黃的顏色差異：



(二) 實驗 C-2

1. 研究過程：不添加金屬化學藥劑，以氫氧化鈉(NaOH)、食鹽(NaCl)再加上取代鹼性茶沫的咖啡添加物製作浸漬水溶液。在室溫約 25°C，pH13 的咖啡浸漬液放入 30 顆雞蛋，浸泡第 6 天開始每天以光照搖動檢驗蛋白是否凝固，檢測到凝固後開始每天取出 5 顆置於冰箱冷藏，熟成後撥開檢驗成形的狀態，以確認光照檢驗凝固的準確性。

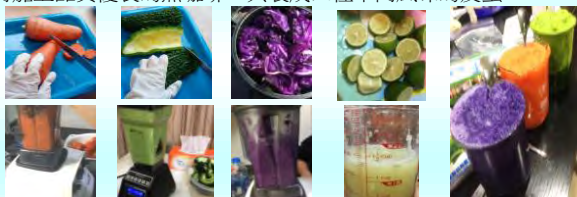
2. 研究結果：

| 光照檢測蛋白已凝固的 浸泡天數 | 第 8 天 | 第 9 天 | 第 10 天 | 第 11 天 |
|-------------------------------------|-------|-------|--------|--------|
| 光照搖動檢測 蛋白是否凝固 (是:√)(否:×) | √ | √ | √ | × |
| 光照搖動檢測蛋黃 是否固定(不漂移) (是:√)(否:×) | √ | √ | √ | √ |
| 冷藏靜置後 撥開檢測 | | | | |

五、實驗 D 浸泡不同添加物的水溶液對皮蛋製成的影響

(一) 研究過程：

1. 不添加金屬化學藥劑，且為了達到更為健康的訴求，並同時進行不同蔬果汁的製作比較，因此改用新鮮蔬果打成泥狀來進行浸漬液的調配。我們使用紫高麗菜、胡蘿蔔、以及苦瓜，再加上品質優良的黑咖啡，共製成四種不同風味的皮蛋。



2. 添加金屬化學藥劑的功能為促進蛋白質凝固，以提高皮蛋的製成率，因此在不添加金屬的化學藥劑的情況下，我們決定提高 pH 值約為 13 來製作。



3. 以氫氧化鈉(NaOH)、食鹽(NaCl)再加上取代鹼性茶沫的紫高麗菜泥、胡蘿蔔泥、苦瓜泥、咖啡添加物，每組 30 顆雞蛋放入 pH 值為 13 的浸漬水溶液中，在室溫約 17°C 浸泡，第 8 天開始以光照檢驗蛋白凝固後的第 3 天取出，再於冰箱冷藏靜置以熟成。



(二) 研究結果：撥開檢測皮蛋完全凝膠成形的數量與比率：

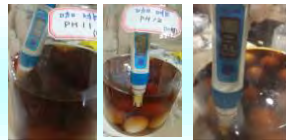
| pH=13 室溫 17°C 浸泡 21 天 | 浸泡雞蛋 數量(顆) | 完全凝膠成形 數量(顆) | 成功率 (%) |
|-----------------------------|---------------|-----------------|------------|
| 紫高麗菜組 | 30 | 15 | 50 |
| 苦瓜組 | 30 | 25 | 83.3 |
| 胡蘿蔔組 | 30 | 26 | 86.7 |
| 咖啡組 | 30 | 27 | 90 |



六、實驗 E 浸泡不同 pH 值水溶液對皮蛋製成的影響

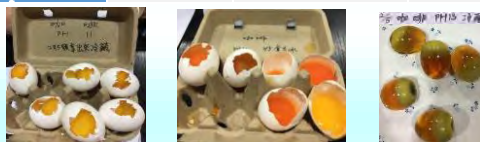
(一) 實驗 E-1

1. 研究過程：不添加金屬化學藥劑，以氫氧化鈉(NaOH)、食鹽(NaCl)再加上取代鹼性茶沫的咖啡添加物，製成 pH11、12 和 13 的三組浸漬水溶液。每組浸泡 30 顆雞蛋，室溫約 17°C，依據實驗 D 的經驗，浸泡 21 天後取出，放置於冰箱冷藏以熟成。



2. 研究結果：撥開檢測皮蛋完全凝膠成形的數量與比率：

| 咖啡組 室溫 17°C 浸泡 21 天 | 浸泡雞蛋 數量(顆) | 完全凝膠成形 數量(顆) | 成功率 (%) |
|---------------------------|---------------|-----------------|------------|
| pH=11 | 30 | 0 | 0 |
| pH=12 | 30 | 0 | 0 |
| pH=13 | 30 | 27 | 90 |



(二) 實驗 E-2

1. 研究過程：不添加金屬的化學藥劑，以氫氧化鈉(NaOH)、食鹽(NaCl)再加上取代鹼性茶沫的紫高麗菜泥、胡蘿蔔泥、苦瓜泥添加物製成浸漬液，分為實驗 E-2-1 pH 值為 12 和實驗 E-2-2 pH 值為 13 的浸漬水溶液。每組放入 30 顆雞蛋，在室溫約 17°C 浸泡，第 8 天開始以光照檢驗蛋白凝固後的第 3 天取出，再於冰箱冷藏靜置以熟成。



2. 研究結果：撥開檢測皮蛋完全凝膠成形的數量與比率：

(1) 實驗 E-2-1

| pH=12 室溫 17°C 浸泡 29 天 | 浸泡雞蛋數量 (顆) | 完全凝膠成形 數量(顆) | 成功率 (%) |
|-----------------------------|---------------|-----------------|------------|
| 紫高麗菜組 | 30 | 9 | 30 |
| 苦瓜組 | 30 | 22 | 73.3 |
| 胡蘿蔔組 | 30 | 25 | 83.3 |



(1) 實驗 E-2-2

| pH=13 室溫 17°C 浸泡 21 天 | 浸泡雞蛋數量 (顆) | 完全凝膠成形 數量(顆) | 成功率 (%) |
|-----------------------------|---------------|-----------------|------------|
| 紫高麗菜組 | 30 | 15 | 50 |
| 苦瓜組 | 30 | 25 | 83.3 |
| 胡蘿蔔組 | 30 | 26 | 86.7 |



七、實驗 F 浸漬水溶液放置室溫不同對皮蛋製成的影響

(一) 研究過程：不添加金屬化學藥劑，以氫氧化鈉(NaOH)、食鹽(NaCl)再加上取代鹼性茶沫的咖啡添加物製作浸漬水溶液。由於實驗進行期間氣候季節不同，在冬季時以不開空調的平均室溫約 17°C 進行實驗，而其他季節以空調控溫 25°C 進行實驗。兩種室溫實驗中，每組放入 30 顆雞蛋，pH 值為 13，在其他條件相同的情況下，浸泡到光照檢驗蛋白凝固的第 3 天取出，皆再冷藏靜置 14 天以熟成。

(二) 研究結果：撥開檢測皮蛋完全凝膠成形的數量與比率

| 咖啡 pH=13 | 浸泡天數 (天) | 浸泡雞蛋 數量(顆) | 完全凝膠成形 數量(顆) | 成功率 (%) |
|-------------|-------------|---------------|-----------------|------------|
| 室溫 17°C | 21 | 30 | 27 | 90 |
| 室溫 25°C | 10 | 30 | 28 | 93.3 |

八、實驗 G 不同製成方法對皮蛋硬度的影響

(一) 實驗 G-1

1. 研究過程：將實驗 B、C、E 製作成功的皮蛋放在電子秤上，用手指向下施力擠壓，觀察皮蛋破裂時磅秤顯示的重量。我們以磅秤荷重的上限(2 公斤重)做為硬度測試的極限，施力超過 2 公斤仍沒破裂的一律以大於 2kgw 標示。



2. 研究結果：

(1) 檢測實驗 B 皮蛋硬度：

| 咖啡組 pH=12.5 室溫 25°C / 浸泡 14 天 | 室溫 | 冷藏 |
|-------------------------------------|-----|----|
| 硬度測試(kgw) | 1.8 | >2 |

(2) 檢測實驗 C-1 皮蛋硬度：

| 咖啡組 pH=12 / 室溫 25°C | 浸泡 12 天 | 浸泡 14 天 | 浸泡 16 天 |
|------------------------|---------|---------|---------|
| 硬度測試(kgw) | 1.4 | 1.5 | 1.3 |

(3) 檢測實驗 E-1 皮蛋硬度：

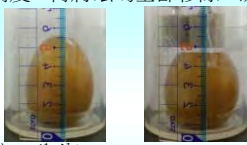
| pH=12 室溫 17°C / 浸泡 29 天 | 紫高麗菜 | 胡蘿蔔 | 苦瓜 |
|----------------------------|------|-----|-----|
| 硬度測試(kgw) | 1.1 | 1.5 | 1.6 |

(4)檢測[實驗 E2-2]皮蛋硬度

| pH=13 室溫 17°C / 浸泡 21 天 | 紫高麗菜 | 胡蘿蔔 | 苦瓜 | 咖啡 |
|----------------------------|------|-----|----|----|
| 硬度測試(kgw) | 1.3 | >2 | >2 | >2 |

(二)[實驗 G-2]

1.研究過程：將[實驗 C]的皮蛋進一步以砝碼檢測受重後高度的變化，以推測其彈性與硬度的差異。將皮蛋直立擺放在一圓形高筒透明罐中，後方黏貼一把直尺，上方放入一個較小但剛好可以碰到大罐邊緣的透明量筒，如此可使小量筒不會歪斜而能使底部保持水平，以測量皮蛋的高度。接著在小量筒內分別放入 50g、100g、150g、200g、250g、300g 的砝碼，測量皮蛋受重擠壓後的高度，再將砝碼全部移除，測量皮蛋是否可恢復原高度。



2.研究結果：

(1)皮蛋受重後的高度變化：(單位：公分)

| 咖啡 pH=12 室溫 25°C | 0g 原 高度 | 50 g | 100 g | 150 g | 200 g | 250 g | 300 g | 恢復 0g |
|------------------------|---------------|---------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 浸泡 12 天 | 5.8 | 4.7 | 4.5 | 4.3 | 4.2 | 4.0 | 4.0 | 5.8 |
| 浸泡 14 天 | 5.6 | 5.0 | 4.7 | 4.5 | 4.3 | 4.3 | 4.2 | 5.6 |
| 浸泡 16 天 | 5.7 | 4.5 | 4.4 | 4.3 | 4.1 | 4 | 3.8 | 5.5 |

(2)皮蛋受重後的高度佔原高度的比例(百分比四捨五入到小數第 2 位)

| 咖啡 pH=12 室溫 25°C | 0g 原 高度 | 50 g | 100 g | 150 g | 200 g | 250 g | 300 g | 0g 是否 恢復 |
|------------------------|---------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|----------------|
| 浸泡 12 天 | 5.8 cm | 81.03 % | 77.59 % | 74.14 % | 72.41 % | 68.97 % | 68.97 % | 是 |
| 浸泡 14 天 | 5.6 cm | 89.29 % | 83.93 % | 80.36 % | 76.79 % | 76.79 % | 75.00 % | 是 |
| 浸泡 16 天 | 5.7 cm | 78.95 % | 77.20 % | 75.44 % | 71.93 % | 70.18 % | 66.67 % | 否 |

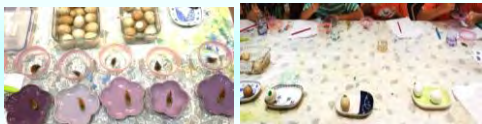
(黃色)：受重後高度改變最少 (紅色)：受重後高度改變最多)

九、[實驗 H]對不同製成方法的皮蛋進行品評測試

(一)研究過程：

1.由於皮蛋的風味較強烈，且我們皆非專業品評員，為了減少干擾並提高正確度，在考量了三角測試法(triangle test)與2-3點測試法(duo-trio test)後，選用了2-3點測試法做為評比的標準。所謂的2-3點測試法，是在配對樣本中找出與對照組相同或不同的組別，此法雖快且便利，但無法決定各組間的差異，意即我們無法得知不同配方間風味之優劣，因此，我們另外再進行了評級測試。

2.評級測試共進行 2 次，將 6 種口味皮蛋和對照茶葉皮蛋形成一組樣本。每位組員在品嘗整組皮蛋後，給予口味評分，從最低 1 分至最高 4 分。每種口味最高可得到滿分 20 分，最低為 5 分。評分完畢後，我們將所有組員的分數進行加總，選出得分最高者，進而選出風味較為受大家喜愛的皮蛋。



(二)研究結果：

1.各組皆成功通過 2-3 點測試，顯示其與茶葉組在風味上有明顯差異。

2.評級測試結果如下表：

| | 品評員 1 | 品評員 2 | 品評員 3 | 品評員 4 | 品評員 5 | 總分 |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|----|
| 蔬果組 | 4 | 3 | 4 | 3 | 4 | 18 |
| 咖啡組 | 4 | 4 | 3 | 4 | 2 | 17 |
| 紅酒組 | 3 | 4 | 3 | 4 | 3 | 17 |
| 豆漿組 | 2 | 3 | 4 | 2 | 3 | 14 |
| 醬油組 | 3 | 2 | 2 | 3 | 4 | 14 |
| 茶葉組 | 1 | 1.5 | 1.5 | 1 | 1 | 6 |

伍、討論

一、皮蛋的製作

因鴨蛋成本較高，且無滅菌設備，因此我們以洗選雞蛋進行實驗。

二、是否添加含有金屬的化學藥劑製作皮蛋實驗

(一)市售皮蛋製作過程會添加重金屬以提高製成率，傳統為添加氧化鉛，而所謂的「無鉛皮蛋」是以硫酸銅等其他重金屬來製作，對健康上仍有疑慮。我們除了[實驗 A-1]，其餘都不再添加重金屬，因此製成率都未達 100%。製作失敗的皮蛋僅有蛋黃成形，而蛋白有程度不一的凝固，或完全沒有凝固。根據行政院農委會的文章顯示，添加氧化鉛 150ppm 及氧化銅 200ppm 以上，皮蛋製成率可高達 100%，但會有重金屬殘留的問題。因此在製成率與健康之間尋求平衡，是皮蛋製作的研究重點。



(四)小蘇打組剝開後內部的蛋白完全沒有凝固，因其鹼性程度不足而使得皮蛋無法成形，因此不列入後續實驗。

三、靜置熟成溫度不同對皮蛋製成的影響

放置在冰箱冷藏熟成的皮蛋觸感較為 Q 彈，且考量到要減少微生物汙染或天氣變化導致高濕腐敗，因此後續實驗都將皮蛋放在冰箱冷藏以熟成。

四、浸泡水溶液天數不同對皮蛋製成的影響

(一)使用燈照搖動檢驗蛋白是否凝固時，發現蛋白尚未凝固，轉動蛋可看見蛋黃都會漂移到上方，可推知蛋黃密度較小，比重較輕。

(二)皮蛋浸泡過多天時，經由光照搖動檢驗可發現蛋白有流動的現象，且有微小的氣泡出現，可推知蛋白已開始水解，而此時蛋黃仍是凝固不會移動的。

(三)以光照搖動檢驗蛋白是否凝固實驗中，可發現當蛋黃不會漂移時，冷藏靜置後，確實是成功凝固的。且觀察到凝固的第 3 天取出靜置後剝開檢驗是形狀最完整，且成功率最高的，因此後續實驗我們都以光照搖動檢驗發現凝固後的第三天將蛋取出靜置。

五、浸泡不同添加物的水溶液對皮蛋製成的影響

(一)苦瓜、胡蘿蔔和紫高麗菜都接近中性，因此我們選擇 pH 值 2.6，只須幾滴的檸檬汁來調整 PH 值。

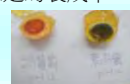


(二)苦瓜組製成率約七到八成，食用時，苦瓜的風味在皮蛋咬下後慢慢在嘴裡散開，具有層次感。若能將製成率提高，苦瓜皮蛋會是一個良好的選擇。

(三)紅蘿蔔組有著最高的製成率與較佳的色澤，是我們公認實相最好的。在食用時，也有著相當低的氨味，口感亦佳。希望未來提高穩定的製成率，作為推廣健康皮蛋的第一步。



紅蘿蔔皮蛋



胡蘿蔔和紫高麗菜蛋黃差異比較

(五)咖啡是弱酸性，且具有香氣，因此可以替代茶葉。在[實驗 A-1]我們採用咖啡豆直接加入浸漬液中，但發現氣味過於濃烈，因此在之後的實驗，我們改添加剛沖泡好的黑咖啡，同時也助於配製不同 pH 值。



(六)若以健康為取向，我們選擇紅蘿蔔皮蛋為推廣的主要產品；若是以新奇、風味具有層次等為取向，我們選擇咖啡組皮蛋做為主要產品。

六、浸泡不同 pH 值水溶液對皮蛋製成的影響

(一)我們發現雞蛋浸泡在浸漬液時，其蛋內的 pH 值不會到達浸漬液的鹼性程度，蔬果皮蛋蛋內 PH 值大約都少了 2.5~3，咖啡皮蛋蛋內 pH 的讀數大約少 1。



(二)pH 為 11 的咖啡組別均未成功，應該是因為未達蛋白質凝固的鹼化程度，此外小蘇打組失敗的原因應該也是如此。

(三)依據文獻資料，浸漬水溶液 pH 值超過 12.8 時，會過鹼而無法成功。但我們在沒有添加含金屬化學藥劑的情況下，pH13 仍能成功做出皮蛋。因此後續希望能再做 pH13 到 14 的實驗，以確認能製作成功的最高 pH 值。

七、浸漬水溶液放置室溫不同對皮蛋製成的影響

此次實驗只針對兩種室溫製作進行比較，未來希望找出皮蛋製作能成功的室溫範圍，以避免依靠冷氣控溫如此不環保的製作方式。

八、不同製成方法對皮蛋硬度的影響

硬度較大的皮蛋，其觸感也較有彈性，口感相對也較 Q 彈。但皮蛋硬度的大小並沒有絕對的好壞，視每個人的口感和喜好而定。

九、對不同製成方法的皮蛋進行品評測試

(一)皮蛋之氨味源於浸漬過程中蛋白質變性而釋放出硫化氫等強烈的氨味，皮蛋在剝開後可以先靜置一會，讓這些氣味自然揮發掉，便能品嚐到皮蛋的美味。

(二)在品評過程中，我們會不停漱口，以避免味道相互干擾。此外，我們品嘗每個口味的皮蛋份量皆相當小(約 1/8 顆蛋)，可避免因飽足感或味覺疲勞等因素而產生偏差。

陸、結論

一、了解皮蛋製作的方法與原理

(一)以浸泡法製作皮蛋時，鹼性浸漬水溶液的 pH 值與浸泡天數必須配合適宜，若鹼性過強或浸泡天數過多，將導致已經凝膠成固態的蛋白再水解，而無法製成。

(二)皮蛋浸泡於鹼性浸漬液中時，由於蛋殼有呼吸滲透的作用，使蛋白質經化學變化而凝膠，形成富有彈性的固體，蛋黃則形成溏心狀。

(三)製作過程中若蛋殼有裂痕，將導致蛋白無法成凝膠狀而失敗。

二、是否添加含有金屬的化學藥劑對皮蛋製成率的影響

我們從[實驗 A-2]開始，便全程採用無著色劑及重金屬鹽類添加的製作過程來進行皮蛋製作。結果顯示，紅蘿蔔組有著非常良好的製成率與色澤，其製成率高達九成以上。苦瓜組和咖啡組也有著相當不錯的製成率。由此可知，在控制好 pH 值與浸泡天數的製成中，不添加含金屬化學藥劑的情況下，一樣可以達到不錯的製成率。

三、靜置熟成溫度不同對皮蛋製成的影響

放冰箱靜置熟成的蛋白色澤較淺，且觸感較為 Q 彈，可知靜置時溫度較低，會造成口感上的些微差異。

四、浸泡水溶液天數不同對皮蛋製成的影響

(一)以光照搖動檢驗，當蛋白凝固且蛋黃不會漂移開始的第 3 天取出，可獲得較佳的製成率。

(二)咖啡浸泡液 pH 值 12，室溫約 25°C 製成的皮蛋，浸泡 12 到 14 天可獲得較佳的成功率。浸泡天數不可過多，否則會導致蛋白水解而失敗。

五、浸泡不同添加物的水溶液對皮蛋製成的影響

(一)成功率：不加茶葉的情況下，添加胡蘿蔔或是咖啡，都有極高的成功率。

(二)外觀和色澤：胡蘿蔔皮蛋的蛋白色澤十分剔透好看，蛋黃也呈現較鮮亮的溏心狀，外觀較目前市售皮蛋美觀許多，也是我們公認最美的皮蛋。

(三)氣味：胡蘿蔔、咖啡和苦瓜皮蛋聞起來有淡淡香氣，且沒有刺鼻的氨味。

(四)紫高麗菜組的製成率最低，硬度也較小，是三種蔬果中氣味最不佳者。

六、浸泡不同 pH 值水溶液對皮蛋製成的影響

(一)蔬果浸泡液 pH 值 12 製成的皮蛋，室溫約 17°C 浸泡 29 天時，胡蘿蔔可獲得較高的成功率。

(二) pH 值 13 製成的皮蛋，室溫約 17°C 浸泡 21 天時，咖啡和胡蘿蔔均可獲得極高的成功率。

(三)pH11 的浸漬液無法製成皮蛋。pH12 的浸漬液需要較長的浸泡時間，且皮蛋硬度較小，製成率較低。pH13 浸漬液所需浸泡的時間較短，硬度較大，且有較高的製成率。

七、浸漬水溶液放置室溫不同對皮蛋製成的影響

在室溫約 17°C 和 25°C 的實驗中比較得知，室溫較低所需要的浸泡天數越多。

八、不同製成方法對皮蛋硬度的影響

(一)蔬果皮蛋中，硬度由高到低為：苦瓜>胡蘿蔔>紫高麗菜

(二)浸泡液 pH 值 13 製成的皮蛋硬度大於浸泡液 pH 值 12 製成的皮蛋。

(三)咖啡皮蛋 pH 值為 12，浸泡天數不同製成的皮蛋，硬度大小為：浸泡 14 天>浸泡 12 天>浸泡 16 天。

(四)皮蛋受重後高度改變較少，且能恢復的，彈性較佳，硬度較高。

九、對不同製成方法的皮蛋進行品評測試

在蔬果皮蛋中，苦瓜和紅蘿蔔是最佳的，而咖啡皮蛋品嘗起來確實有咖啡的香氣，而咖啡的苦味也在咬下皮蛋後慢慢在嘴中散開，使皮蛋的風味具有層次感。

柒、參考資料及其他

一、何慶民(1965) • 皮蛋速成製法 • 豐年半月刊，15，13。

二、陳怡兆(2010) • 皮蛋製造原理及製程改良 • 行政院農業委員會 • 取自 <http://kmweb.coa.gov.tw/subject/ct.asp?xItem=274207&ctNode=6537&mp=339&kpi=0&hashid=>

三、洪璇琪(2016) • 皮蛋含鉛吃多易致癌？營養師這樣說... • 華人健康網 • 取自 <https://www.top1health.com/Article/248/36621>