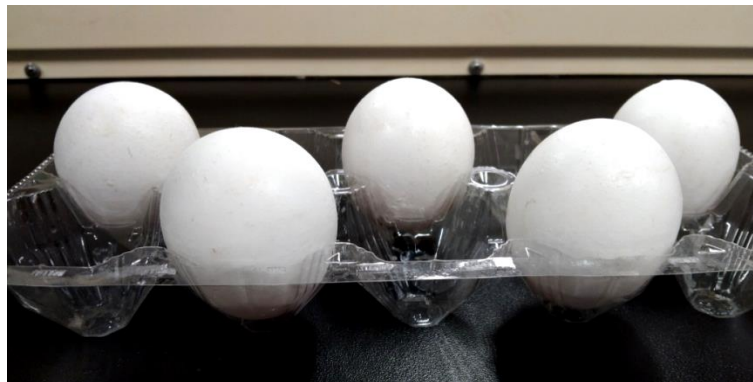
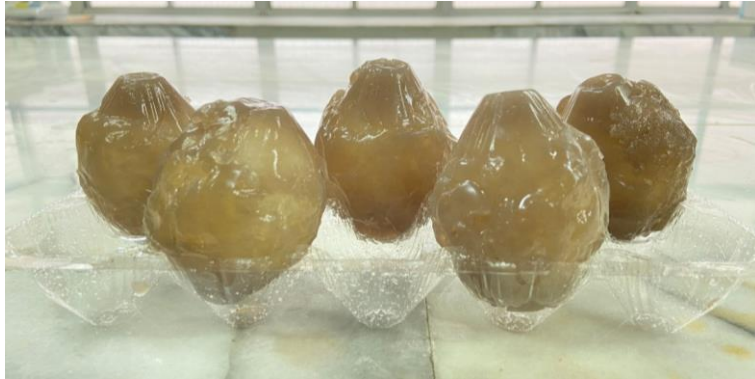


全國高級中等學校專業群科 111 年專題及創意製作競賽
「專題組」作品說明書



群 別：食品群

參賽作品名稱：鍛燒蚵殼對蛋品保鮮及延伸應用

關鍵詞：蚵殼、雞蛋、氧化鈣

目錄

摘要.....	1
壹、研究動機.....	1
貳、文獻回顧主題與課程之相關性或教學單元之說明.....	2
一、蚵殼之產量.....	2
二、蚵殼組成成分.....	3
三、蚵殼鍛燒後特性.....	3
四、氧化鈣之抑菌機制.....	3
五、雞蛋品質指標.....	4
參、研究方法.....	5
一、研究架構.....	5
(一) 不同溶液浸泡之保鮮試驗.....	5
(二) 不同鍛燒條件蚵殼粉液浸泡之保鮮試驗.....	5
(三) 700 1 hr 蚵殼凝膠包覆之保鮮試驗.....	6
(四) 香蕉保鮮試驗.....	6
二、實驗材料及設備.....	7
三、實驗方法.....	7
肆、研究結果.....	11
伍、討論.....	18
一、雞蛋浸泡前後之透光檢視.....	18
二、雞蛋保鮮實驗前後之 pH 值變化.....	19
三、雞蛋保鮮實驗前後之蛋黃係數及霍氏單位.....	21
四、雞蛋浸泡後凝膠包覆之重量變化.....	22
五、香蕉保鮮試驗.....	22
陸、結論.....	23
柒、參考資料.....	24
附錄一、競賽日誌	
附錄二、作品分工表	

【鍛燒蚵殼粉液對蛋品保鮮之效果】

摘要

本實驗係利用鍛燒蚵殼粉加水後形成氫氧化鈣 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ，來達到延長雞蛋的保存期限。我們將雞蛋浸泡於鍛燒蚵殼粉液中或於蛋殼上包覆鍛燒蚵殼凝膠（洋菜或海藻酸鈉）。 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 水中溶解度低，雞蛋浸泡於鍛燒蚵殼粉液中，未發生蛋白質鹼變性，雞蛋氣室內二氧化碳 CO_2 釋出會與蚵殼粉液中鈣離子結合，形成碳酸鈣而阻塞蛋殼上的細孔，減緩雞蛋呼吸作用，達到保鮮效果。雞蛋使用蚵殼凝膠包覆之保鮮效果優於雞蛋浸泡，以鍛燒蚵殼粉液搭配海藻酸鈉包覆保鮮效果最佳，雞蛋外殼上呈透明無色，而以洋菜包覆雞蛋之外觀色澤不佳，呈咖啡色，洋菜膠會持續脫水而表面形成龜裂，無法穩定雞蛋保鮮效果。香蕉浸泡於鍛燒蚵殼粉液中，無法阻擋香蕉皮受傷部位黑變，但可保持綠色有助於延遲成熟，延長香蕉保存。若香蕉浸泡鍛燒蚵殼粉液後暴露空氣，則會加速香蕉皮黑變，以海藻酸鈉凝膠包覆香蕉，雖可延長香蕉成熟期，但香蕉皮略為皺縮，呈灰白色，外觀不盡理想。

壹、研究動機

住在鄰近盛產牡蠣的東石，這裡隨處可見成堆的蚵殼，牡蠣剖開取出後的空殼，因為回收率不高，經常被當成廢棄物棄置，不僅佔空間、經濟價值低且有環境污染的疑慮，而蚵殼成分 98% 以上為碳酸鈣，經過高溫鍛燒後可轉變為氧化鈣，其水溶液呈強鹼具有抑菌效果，因此，我們想利用鍛燒蚵殼取代氫氧化鈉來醃漬皮蛋，可惜浸泡長達 3 個月，蛋還是原本的蛋，蛋黃蛋白一樣分明（圖 1）。一般狀況下，蛋常溫頂多保存 15 ~ 20 天，就開始敗壞，皮蛋的失敗，反而促使我們的好奇心，鍛燒蚵殼是否可以用來保持雞蛋鮮度以延長貯存期限，也能促使蚵殼的利用，朝多元化及提高附加價值目標發展。



圖 1. 醃漬約 100 天的失敗皮蛋

貳、文獻回顧主題與課程之相關性或教學單元之說明

一、蚵殼之產量

牡蠣 (Oyster) 之學名為 *Crassostrea gigas*，俗稱蚵仔、青蚵、石蚵、正蚵，屬於軟體動物門雙殼綱牡蠣科的貝類，目前世界上有一百多種，臺灣則有十餘種 (于，2001)。其外表呈現灰色略長之不規則狀，生長在水流交換良好之潮間帶，目前臺灣養殖區域從新竹香山起，南至屏東大鵬灣，連離島澎湖金門等地皆有養殖，養殖面積、產量及產值均位居其他貝類之冠，為台灣最重要的沿海養殖經濟貝類之一 (李，2005)。

表 1. 牡蠣年產量

年份	100 年	101 年	102 年	103 年	104 年
產量(噸)	34,643	26,923	27,793	25,277	21,866
產值(元)	5,291,75	5,061,50	6,156,28	5,339,83	5,388,89
年份	105 年	106 年	107 年	108 年	109 年
產量(噸)	22,339	23,270	22,111	19,473	19,243
產值(元)	4,651,06	4,383,70	4,267,21	3,644,40	3,736,29

來源：行政院農委會漁業署 101~109 漁業統計年報

台灣每年牡蠣養殖所造成之廢棄蚵殼產量驚人，根據行政院農委會漁業署於 109 至 100 年所公告漁業統計年報彙整出牡蠣年產量平均達 2 萬噸以上，伴隨而來的是成堆的廢棄蚵殼，有研究指出假設以 12% 的剝殼率計算，則每年的空殼重量即高達 16 萬公噸以上 (圖 2)，雖有些廢棄蚵殼可作為飼料、肥料，但使用量有限，這些廢棄殼大多都被任意丟棄堆置於路邊，造成環境雜亂、蚊蟲孳生、惡臭四散。台灣地區每年事業廢棄物約有 1800 萬噸，卻只有 20~30% 被處理，因此廢棄蚵殼的回收再利用是現今所要執行的目的 (朱，2003)。



圖 2. 路邊廢棄蚵殼

二、蚶殼組成成分

蚶殼由外而內主要由三層結構組成，最外層可抗酸性耐腐蝕，中層是碳酸鈣 CaCO_3 方解石柱狀結晶所形成之稜柱層，此為蚶殼主要結構，最內層是碳酸鈣片形結晶及部分珍珠層。蚶殼成分含量最多者為 CaCO_3 約占 98%，其餘為微量礦物質，有學者以感應耦合電漿原子發射光譜法 (ICP-AES) 分析蚶殼金屬元素，研究顯示鈣佔蚶殼乾重 37.4%，鈉、鎂各約佔 0.6% 及 0.3%，其餘成分如鉀 K、鐵 Fe、鋁 Al、錳 Mn、銅 Cu、鋅 Zn、銦 Sr、矽 Si 等元素，皆低於 0.09% 以下 (林，2008)。

三、蚶殼鍛燒後特性

蚶殼經過鍛燒處理後，碳酸鈣會轉化為氧化鈣 CaO ，其 $\text{pH} > 12$ ，水中溶解度極低，在氧化物成分中，以 CaO 含量最高佔 54.6%，其次為二氧化碳 CO_2 佔 43.5%，其餘成分如氧化鈉 Na_2O 、氧化鎂 MgO 、三氧化硫 SO_3 、二氧化矽 SiO_2 、氧化銦 SrO 、水 H_2O 共佔約 2% (林，2007)。

表 2. 蚶殼之主要成分

氧化物成分	含量%	化學成分	含量 ppm
氧化鈣 CaO	54.6	甲烷 CH_4	400
二氧化碳 CO_2	43.5	氯 Cl	340
水 H_2O	0.58	鋁 Al	200
氧化鎂 MgO	0.33	鐵 Fe	180
氧化鈉 Na_2O	0.32	磷 P	116
二氧化矽 SiO_2	0.16	錳 Mn	110
三氧化硫 SO_3	0.16	氟 F	54
氧化銦 SrO	0.12	鉀 K	30
		鈦 Ti	12
		鋇 B	5
		銅 Cu	3
		鋅 Zn	2
		溴 Br	1

來源：行政院農委會水產試驗所水試專訊第 031 期

四、氧化鈣之抑菌機制

研究將蚶殼鍛燒 1000°C ，1 小時後，配置成濃度 0.5% 將此蚶殼粉液浸洗於含食品病原菌之蛋殼 5 分鐘，可完全清除表面菌量，與 200 ppm 次氯酸鈉 NaClO 效果相同 (陳，2011)。這是由於蚶殼鍛燒後所產生的氧化鈣加水形成氫氧化鈣屬強鹼溶液，一般細菌最適生長 pH 為 6.5 ~ 7.5，因此可達抑菌效果。但除了透過 pH 值抑菌外， CaO 其主要抑菌機制為活性氧。活性氧亦可稱為自由基，含有不成對電子，所以它必須搶奪其他

原子的電子來變安定進而造成細胞的細胞膜破裂，而形成抑菌效果 (顧，2018)。CaO 在氫氧基的誘發下會生成活性氧，如：過氧化氫 H_2O_2 、超氧陰離子及羥基自由基。因此在 CaO 與水融合形成 $Ca(OH)_2$ 時，就會有活性氧的產生 (黃和吳，2010) (圖 3)。

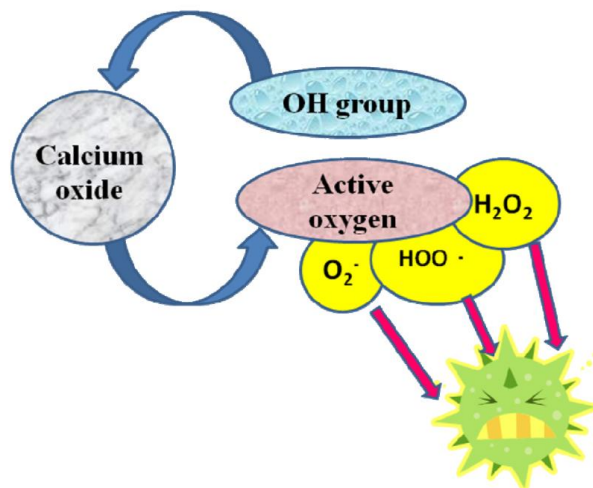


圖 3. 氧化鈣抑菌機制

來源：行政院農委會水產試驗所水試專訊第 031 期

五、雞蛋品質指標

表 3. 雞蛋品質指標

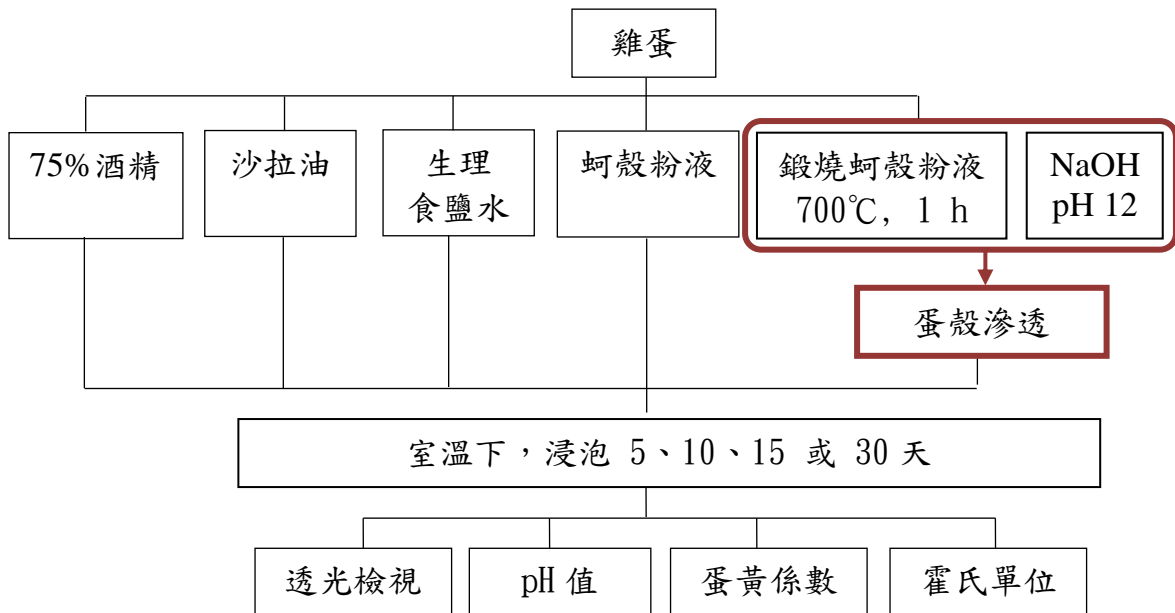
外觀法	蛋殼粗糙	新鮮蛋有角皮層，所以蛋殼粗糙者為新鮮品；蛋愈陳舊，表面則愈光滑。
	光線透視	利用燈光或照蛋器來檢查，蛋黃不易淨動，在中央者為新鮮蛋。氣室直徑在 10 ~ 15 mm、深度在 3 mm 以下者，屬於新鮮蛋。
內容物檢驗法	破蛋觀察	將蛋打破置於碗中，蛋黃飽滿隆起位於中心者品質為佳。蛋白濃厚、濃厚蛋白與稀薄蛋白層次清晰可見者代表蛋很新鮮，蛋白變稀新鮮度較差
	蛋黃係數	即蛋黃高度與蛋黃直徑之比值。新鮮蛋黃係數為 0.40 ~ 0.44，蛋黃膜強度隨著鮮度下降而減弱，蛋黃係數也變小，如果在 0.3 以下則為不新鮮
	蛋白係數	繫帶愈長表示蛋愈不新鮮；蛋白高度除以直徑之商叫做蛋白係數，一般新鮮蛋白係數為 0.106，值愈小表示品質愈差
	霍氏單位	霍氏單位是採濃厚蛋白高度與蛋重之比值，其範圍值在 0 ~ 130；一般新鮮蛋數值在 60 以上。
	pH 值測定	新鮮蛋白 pH 值約 7.5 ~ 8.5，若在 9.0 以上表鮮度下降。蛋黃 pH 值約為 6.0。

來源：復文圖書食品加工含實習總複習下

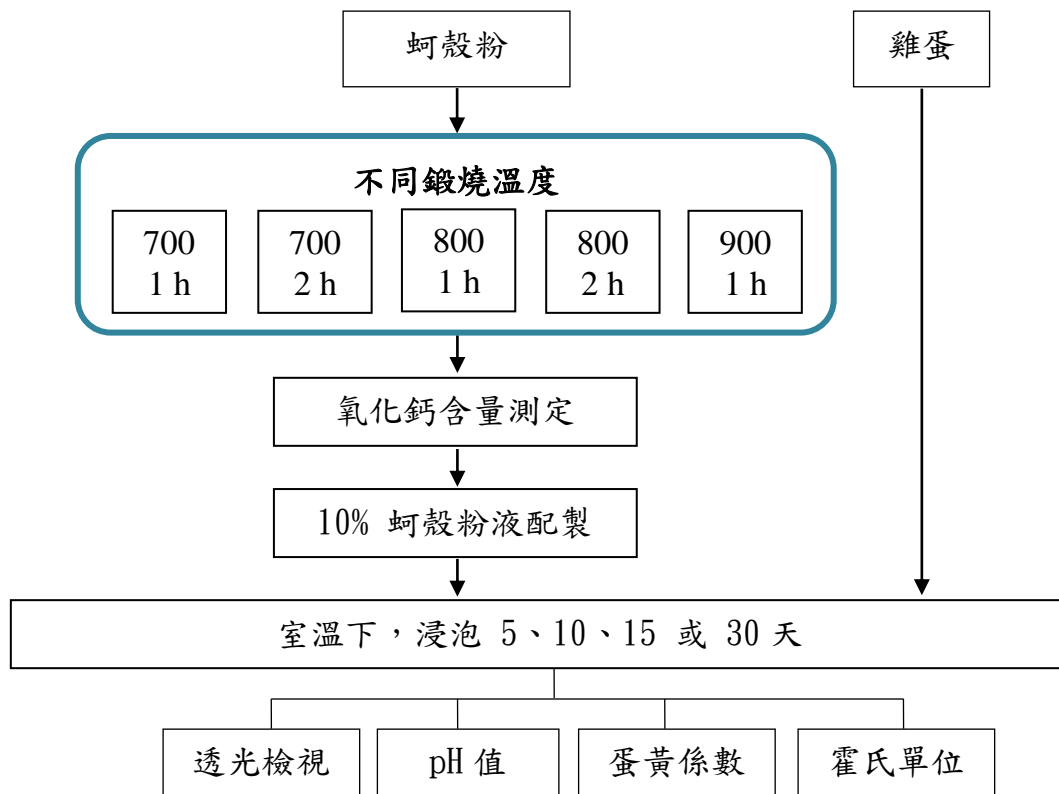
參、研究方法

一、研究架構

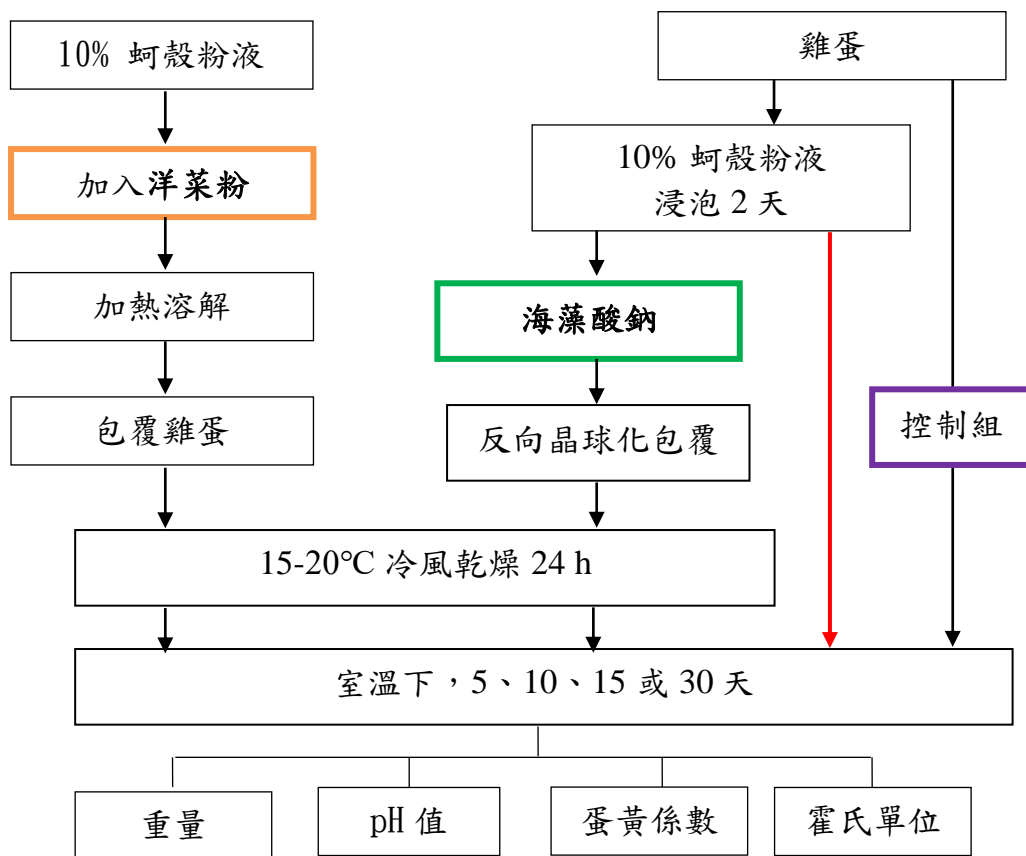
(一) 不同溶液浸泡之保鮮試驗



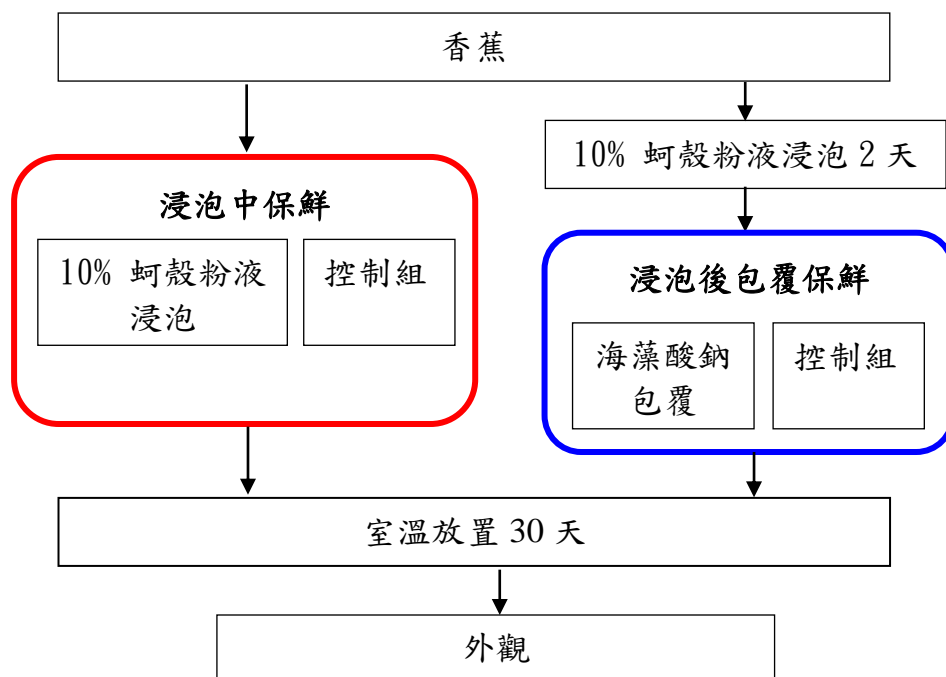
(二) 不同鍛燒條件蚵殼粉液浸泡之保鮮試驗



(三) 700 1 hr 蚶殼凝膠包覆之保鮮試驗



(四) 香蕉保鮮試驗



二、實驗材料與設備

(一) 實驗材料

1. 試藥：75% 酒精、氯化鈉 NaCl、氫氧化鈣 Ca(OH)₂
2. 材料：芥花油、雞蛋、蚵殼、香蕉



▲ 芥花油



▲ 雞蛋



▲ 蚵殼



▲ 青香蕉

圖 4. 實驗材料

(二) 實驗設備



▲ 粉碎機



▲ 灰化爐



▲ 烘箱



▲ pH meter



▲ 游標卡尺



▲ 微量天平

圖 5. 實驗設備

三、實驗方法

(一) 蚵殼鍛燒

1. 蚵殼洗淨，以 105°C 放入烘箱烘乾。
2. 分別以 700°C 1hr、700°C 2hr、800°C 1hr、800°C 2hr 或 900°C 1hr 放入灰化爐鍛燒。

(二) 氧化鈣 CaO 含量測定

蚵殼粉置於坩鍋中，放入灰化爐，分別以不同溫度及時間條件進行鍛燒，處理後坩鍋冷卻置室溫。各樣品精秤鍛燒前後重量，並事先測得蚵殼粉中含水量將其扣除，重量差作為鍛燒過程碳酸鈣 CaCO_3 分解散逸之二氧化碳 CO_2 之重量，再以化學反應方程式之二氧化碳莫耳數換算鍛燒後殼粉所占 CaO 之比例及計算鍛燒過程之 CaO 轉化率 (范等人, 2011)。

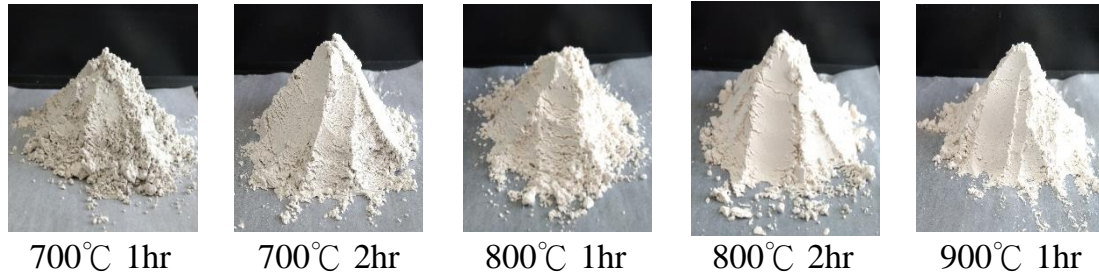
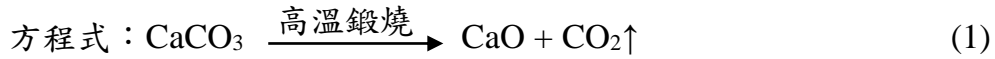


圖 6. 不同鍛燒條件之蚵殼粉

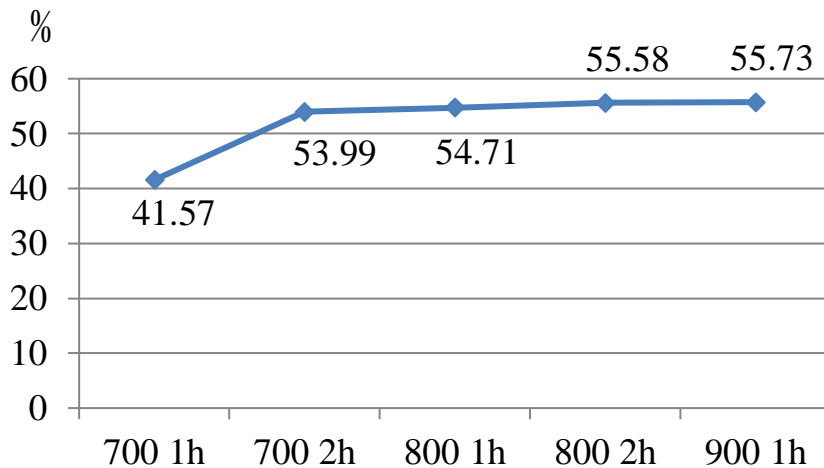


圖 7. 不同鍛燒條件之蚵殼粉氧化鈣 CaO 轉化率

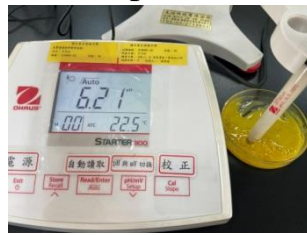
(三) 浸泡液及凝膠之配置

1. 10% 鍛燒蚵殼粉液配置：取 10 克蚵殼粉定量至 100 mL 後過濾。
2. 75% 酒精配置：取 95% 酒精 316 mL 加水定量至 400 mL。
3. 生理食鹽水配置：秤取氯化鈉 8.5 g 溶於蒸餾水 1000 mL 中，高壓濕熱滅菌 121°C，15 分鐘。
4. 氫氧化鈉溶液配置：秤取 0.4g 氫氧化鈉 NaOH，加水定量至 100mL。
5. 2% 洋菜膠：配置 10% 鹼液 500 ml，加入 10 克洋菜粉
6. 1% 海藻酸鈉溶液：取 99 ml 蒸餾水，加入 1 克海藻酸鈉

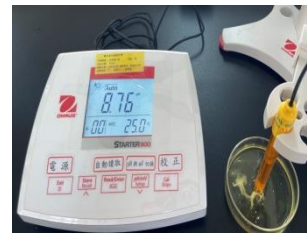
(四) pH 值測定：各養品使用 pH meter 進行測定。



▲ 蚵殼粉液 pH 值



▲ 蛋黃 pH 值



▲ 蛋白 pH 值

圖 8. pH 值測定

(五) 蛋黃係數測定

將蛋置於培養皿中，測定蛋黃高度、直徑，再將蛋黃高度除以直徑即為蛋黃係數。

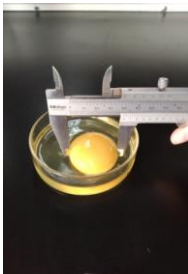
(六) 霍氏(哈夫)單位(Haugh unit, HU)

$$\text{公式： } HU=100 \times \log(H - 1.7W^{0.37} + 7.6) \quad (2)$$

H：蛋白高度，W：蛋重量

(七) 透光檢視

雞蛋擺於光源上方，使用智慧型手機於暗處，逆光模式進行雞蛋側面及氣室拍攝。



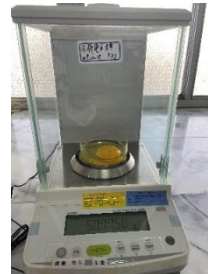
▲ 蛋黃直徑



▲ 蛋黃高度



▲ 蛋白高度



▲ 蛋重



▲ 氣室直徑

圖 9. 雞蛋品質相關測定

(八) 雞蛋浸泡保存試驗

雞蛋分別浸泡於各種浸泡液，各樣品依實驗設計分別浸泡 5、10、15、或 30 天，再進行品質量測。



▲ 不同溶液浸泡

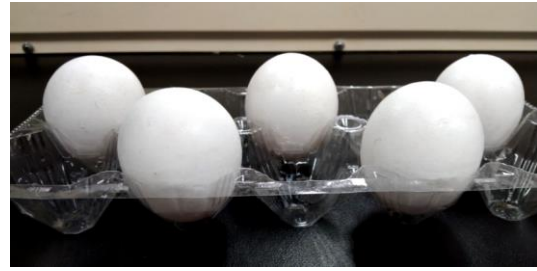


▲ 不同鍛燒溫度蚵殼粉液浸泡

圖 10. 雞蛋浸泡保存試驗



▲洋菜包覆



▲海藻酸鈉包覆

圖 11. 凝膠(洋菜、海藻酸鈉)包覆試驗

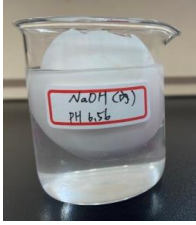
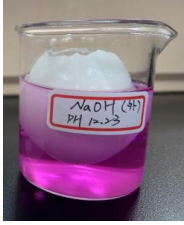
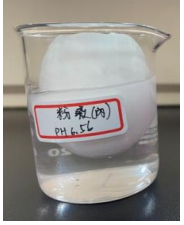
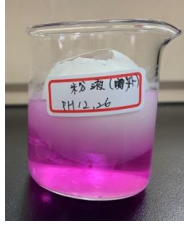





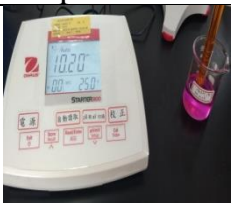


滲透前	 pH 6.56	 pH 12.23	 pH 6.56	 pH 12.26
滲透後(內)	 pH 8.08	 pH 9.60	 pH 8.05	 pH 8.58
滲透後(外)	 pH 8.69	 pH 10.20	 pH 7.99	 pH 9.28
項目	▲蒸餾水	▲NaOH	▲蒸餾水	▲Ca(OH) ₂
	NaOH		蚵殼粉液 Ca(OH) ₂	

圖 12. 滲透反應

(九) 香蕉保存試驗



▲0 天



▲5 天



▲15 天



▲30 天

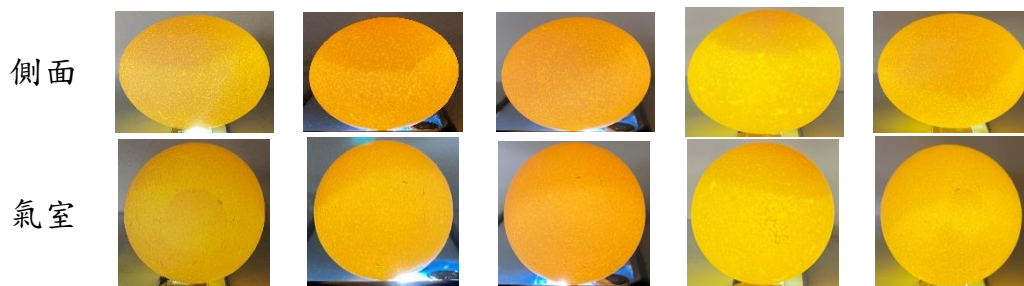


▲45 天

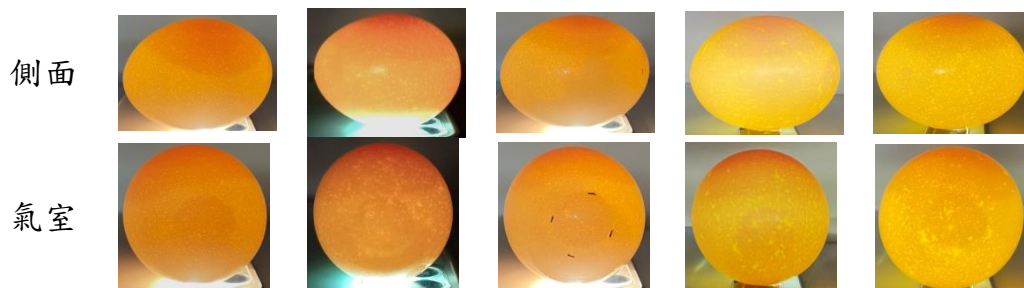
圖 13. 香蕉以 700°C 1 h 蚵殼粉液浸泡

肆、研究結果

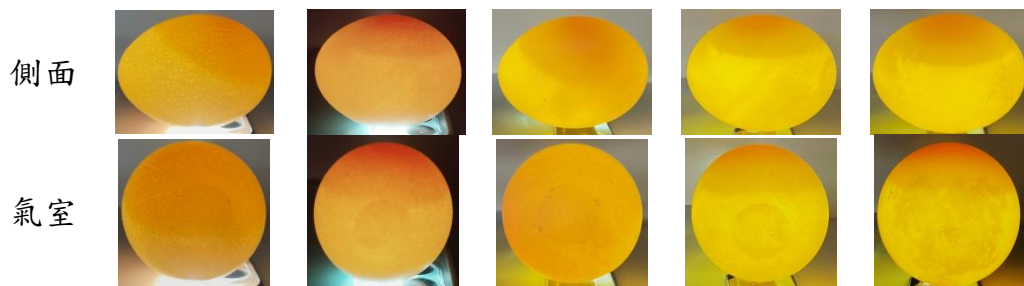
A. 酒精浸泡



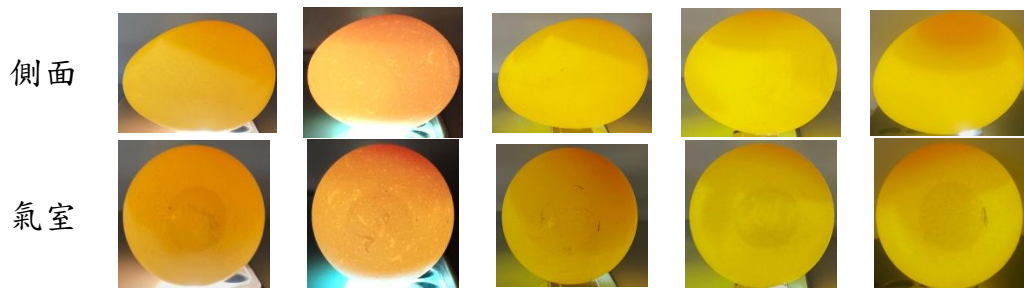
B. 沙拉油浸泡



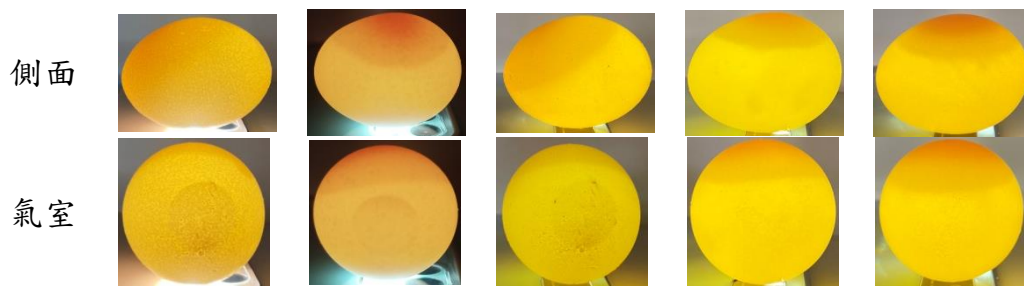
C. 生理食鹽水浸泡



D. 蚶殼粉液浸泡 (未鍛燒)



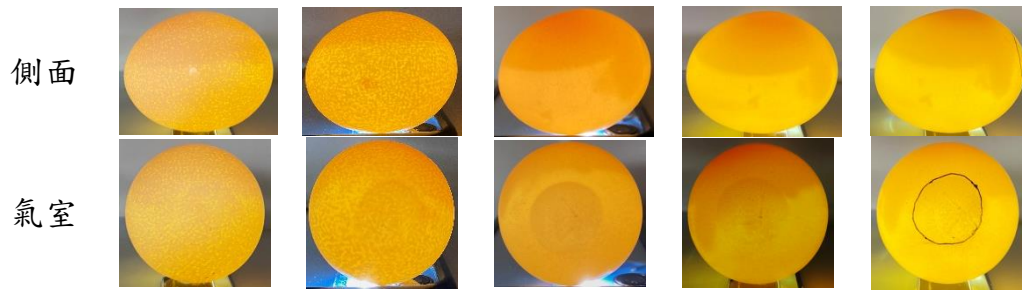
E. NaOH 溶液浸泡



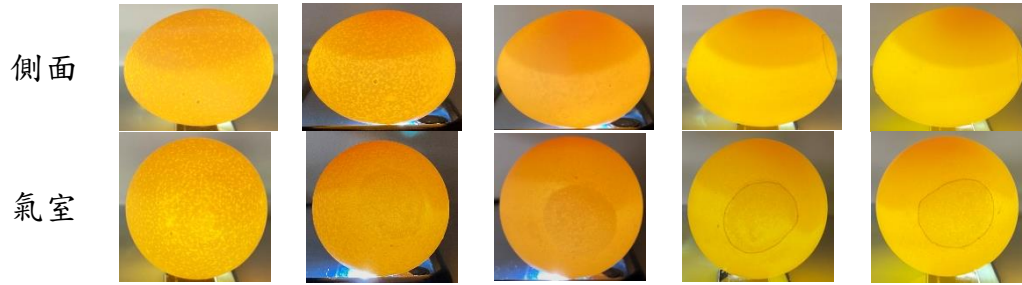
天數	0 天	5 天	10 天	15 天	30 天
----	-----	-----	------	------	------

圖 14. 不同溶液浸泡之雞蛋變化

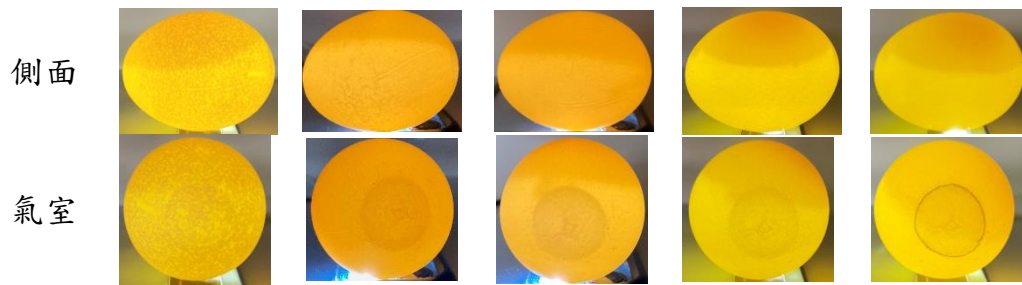
A. 700°C 鍛燒 1h 蚵殼粉液浸泡



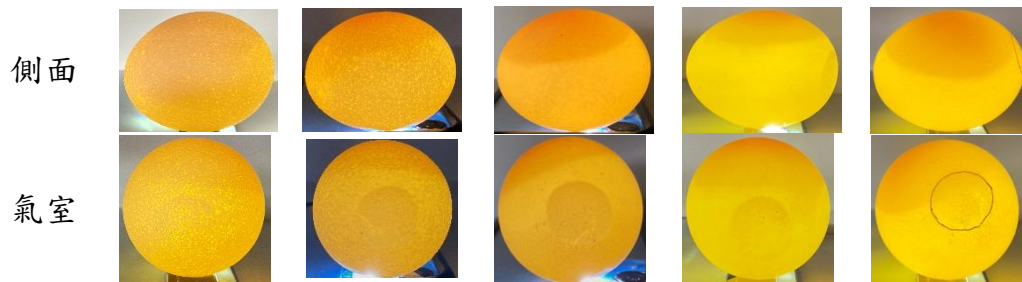
B. 700°C 鍛燒 2h 蚵殼粉液浸泡



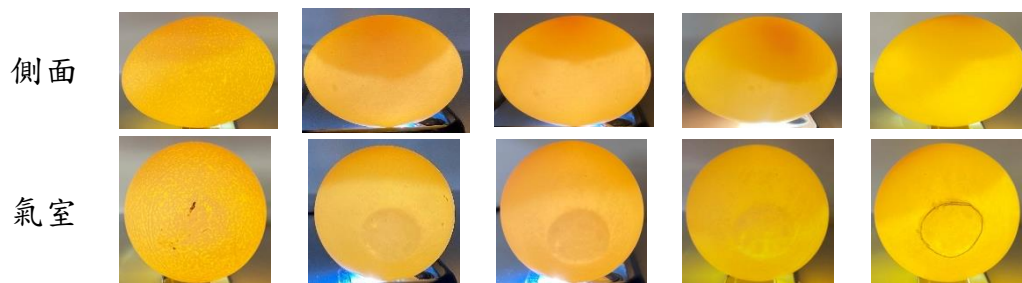
C. 800°C 鍛燒 1h 蚵殼粉液浸泡



D. 800°C 鍛燒 2h 蚵殼粉液浸泡



E. 900°C 鍛燒 1h 蚵殼粉液浸泡



天數	0 天	5 天	10 天	15 天	30 天
----	-----	-----	------	------	------

圖 15. 不同鍛燒條件蚵殼粉液浸泡之雞蛋變化

表 4. 不同溶液浸泡保存期間雞蛋之氣室直徑 (mm)

保存期間	75%酒精	沙拉油	生理食鹽水	蚵殼粉液 (未鍛燒)	NaOH 溶液
0 天	17.67 ± 0.03	16.90 ± 0.03	18.06 ± 0.04	15.98 ± 0.05	17.69 ± 0.05
5 天	—	17.29 ± 0.03	18.95 ± 0.04	16.88 ± 0.02	18.55 ± 0.02
10 天	—	18.17 ± 0.03	18.63 ± 0.02	17.15 ± 0.03	19.52 ± 0.06
15 天	—	19.45 ± 0.04	18.44 ± 0.03	17.76 ± 0.03	—
30 天	—	19.56 ± 0.02	34.48 ± 0.03	17.98 ± 0.02	—

表 5. 不同鍛燒條件蚵殼粉液浸泡保存期間雞蛋之氣室直徑 (mm)

保存期間	700°C 1h (pH 12.19)	700°C 2h (pH 12.30)	800°C 1h (pH 12.32)	800°C 2h (pH 12.62)	900°C 1h (pH 12.96)
0 天	—	—	—	—	—
5 天	19.46 ± 0.02	19.14 ± 0.03	17.25 ± 0.05	16.74 ± 0.04	16.07 ± 0.04
10 天	20.30 ± 0.02	19.33 ± 0.02	19.52 ± 0.05	17.33 ± 0.03	17.16 ± 0.02
15 天	20.55 ± 0.02	21.80 ± 0.02	20.13 ± 0.03	18.23 ± 0.03	17.17 ± 0.02
30 天	22.46 ± 0.03	21.44 ± 0.04	20.56 ± 0.03	19.13 ± 0.02	17.75 ± 0.05

表 6. 不同溶液浸泡保存期間蛋黃之 pH 值

保存期間	75%酒精	沙拉油	生理食鹽水	蚵殼粉液 (未鍛燒)	NaOH 溶液
0 天	5.89 ± 0.13	5.89 ± 0.13	5.89 ± 0.13	5.89 ± 0.13	5.89 ± 0.13
5 天	6.25 ± 0.14	6.05 ± 0.24	6.01 ± 0.21	6.09 ± 0.20	6.42 ± 0.24
10 天	5.91 ± 0.41	5.97 ± 0.26	6.02 ± 0.37	6.03 ± 0.16	6.30 ± 0.22
15 天	6.32 ± 0.35	6.25 ± 0.17	6.19 ± 0.45	6.31 ± 0.33	6.53 ± 0.42
30 天	6.64 ± 0.26	6.69 ± 0.36	6.27 ± 0.19	6.84 ± 0.20	6.65 ± 0.13

表 7. 不同鍛燒條件蚵殼粉液浸泡保存期間蛋黃之 pH 值

保存期間	700°C 1h (pH 12.19)	700°C 2h (pH 12.30)	800°C 1h (pH 12.32)	800°C 2h (pH 12.62)	900°C 1h (pH 12.96)
0 天	5.89 ± 0.13	5.89 ± 0.13	5.89 ± 0.13	5.89 ± 0.13	5.80 ± 0.06
5 天	6.10 ± 0.26	5.80 ± 0.15	6.02 ± 0.42	5.96 ± 0.21	5.80 ± 0.41
10 天	6.01 ± 0.30	6.15 ± 0.11	6.11 ± 0.14	6.03 ± 0.15	6.04 ± 0.52
15 天	6.10 ± 0.27	6.16 ± 0.26	6.33 ± 0.12	6.00 ± 0.38	6.10 ± 0.50
30 天	6.20 ± 0.33	6.25 ± 0.46	6.45 ± 0.12	6.43 ± 0.33	6.51 ± 0.19

表 8. 蚵殼凝膠包覆保存期間蛋黃之 pH 值

保存期間	洋菜+ 鍛燒蚵殼粉液	海藻酸鈉+ 鍛燒蚵殼粉液	鍛燒蚵殼粉液	控制組
0 天	5.85 ± 0.07	5.88 ± 0.13	5.89 ± 0.13	5.77 ± 0.19
5 天	5.85 ± 0.17	5.89 ± 0.13	6.05 ± 0.28	5.86 ± 0.19
10 天	5.92 ± 0.16	5.94 ± 0.19	6.03 ± 0.20	5.91 ± 0.14
15 天	6.02 ± 0.32	6.01 ± 0.21	6.18 ± 0.09	6.03 ± 0.26
30 天	6.05 ± 0.22	6.00 ± 0.36	6.24 ± 0.52	6.28 ± 0.03

表 9. 不同溶液浸泡保存期間蛋白之 pH 值

保存期間	75%酒精	沙拉油	生理 食鹽水	蚵殼粉液 (未鍛燒)	NaOH 溶液
0 天	8.82 ± 0.13	8.82 ± 0.13	8.82 ± 0.13	8.58 ± 0.02	8.82 ± 0.13
5 天	8.90 ± 0.42	8.98 ± 0.15	8.92 ± 0.34	8.58 ± 0.29	9.29 ± 0.42
10 天	9.05 ± 0.12	9.25 ± 0.21	8.99 ± 0.12	9.20 ± 0.35	9.29 ± 0.34
15 天	8.90 ± 0.14	9.22 ± 0.26	8.87 ± 0.39	8.89 ± 0.11	9.55 ± 0.43
30 天	9.37 ± 0.12	9.33 ± 0.39	9.32 ± 0.44	9.31 ± 0.21	9.65 ± 0.30

表 10. 不同鍛燒條件蚵殼粉液浸泡保存期間蛋白之 pH 值

保存期間	700°C 1h (pH 12.19)	700°C 2h (pH 12.30)	800°C 1h (pH 12.32)	800°C 2h (pH 12.62)	900°C 1h (pH 12.96)
0 天	8.82 ± 0.13	8.31 ± 0.05	8.33 ± 0.03	8.82 ± 0.13	8.82 ± 0.13
5 天	8.33 ± 0.06	8.31 ± 0.48	8.97 ± 0.40	9.20 ± 0.36	8.92 ± 0.14
10 天	8.61 ± 0.23	8.55 ± 0.11	9.05 ± 0.42	9.14 ± 0.24	9.14 ± 0.41
15 天	8.56 ± 0.33	8.76 ± 0.24	9.19 ± 0.52	8.82 ± 0.05	9.14 ± 0.21
30 天	8.75 ± 0.36	8.87 ± 0.29	9.13 ± 0.37	9.24 ± 0.15	9.38 ± 0.61

表 11. 蚵殼凝膠包覆保存期間蛋白之 pH 值

保存期間	洋菜+ 鍛燒蚵殼粉液	海藻酸鈉+ 鍛燒蚵殼粉液	鍛燒蚵殼粉液	控制組
0 天	8.82 ± 0.13	8.82 ± 0.13	8.82 ± 0.13	8.76 ± 0.11
5 天	8.93 ± 0.10	8.88 ± 0.12	9.11 ± 0.12	9.15 ± 0.15
10 天	8.90 ± 0.40	8.82 ± 0.14	9.15 ± 0.21	9.27 ± 0.17
15 天	9.02 ± 0.34	8.82 ± 0.54	9.15 ± 0.29	9.49 ± 0.33
30 天	9.03 ± 0.47	8.80 ± 0.31	9.16 ± 0.42	9.42 ± 0.09

表 12. 不同溶液浸泡保存期間雞蛋之蛋黃係數

保存期間	75%酒精	沙拉油	生理食鹽水	蚶殼粉液(未鍛燒)	NaOH溶液
0天	0.4511 ± 0.0063	0.4511 ± 0.0063	0.4511 ± 0.0063	0.4511 ± 0.0063	0.4511 ± 0.0063
5天	0.3349 ± 0.0063	0.3375 ± 0.0033	0.4321 ± 0.0076	0.3839 ± 0.0041	0.3436 ± 0.0046
10天	0.3362 ± 0.0019	0.3128 ± 0.0020	0.4063 ± 0.0037	0.3729 ± 0.0030	0.3539 ± 0.0037
15天	0.3312 ± 0.0021	0.3078 ± 0.0042	0.3243 ± 0.0036	0.3503 ± 0.0020	0.2930 ± 0.0023
30天	0.3168 ± 0.0037	0.2930 ± 0.0014	0.2956 ± 0.0039	0.3030 ± 0.0013	0.2160 ± 0.0045
增減	-0.1343	-0.1581	-0.1555	-0.1481	-0.2351

表 13. 不同鍛燒條件蚶殼粉液浸泡保存期間雞蛋之蛋黃係數

保存期間	700°C 1h (pH 12.19)	700°C 2h (pH 12.30)	800°C 1h (pH 12.32)	800°C 2h (pH 12.62)	900°C 1h (pH 12.96)
0天	0.4511 ± 0.0063	0.4511 ± 0.0063	0.4511 ± 0.0063	0.4511 ± 0.0063	0.4511 ± 0.0063
5天	0.3956 ± 0.0019	0.4167 ± 0.0017	0.3987 ± 0.0035	0.3942 ± 0.0034	0.3367 ± 0.0020
10天	0.3936 ± 0.0062	0.3906 ± 0.0021	0.3863 ± 0.0016	0.3487 ± 0.0031	0.3206 ± 0.0026
15天	0.3626 ± 0.0051	0.3879 ± 0.0012	0.3521 ± 0.0042	0.3296 ± 0.0014	0.3164 ± 0.0031
30天	0.3436 ± 0.0011	0.3203 ± 0.0015	0.3160 ± 0.0016	0.3162 ± 0.0044	0.3144 ± 0.0032
增減	-0.1075	-0.1308	-0.1351	-0.1349	-0.1367

表 14. 蚶殼凝膠包覆保存期間雞蛋之蛋黃係數

保存期間	洋菜+ 鍛燒蚶殼粉液	海藻酸鈉+ 鍛燒蚶殼粉液	鍛燒蚶殼粉液	控制組
0天	0.4511 ± 0.0063	0.4511 ± 0.0063	0.4511 ± 0.0063	0.4511 ± 0.0063
5天	0.4505 ± 0.0043	0.4421 ± 0.0026	0.3816 ± 0.0032	0.4036 ± 0.0042
10天	0.4430 ± 0.0027	0.4039 ± 0.0049	0.3162 ± 0.0045	0.3533 ± 0.0052
15天	0.4287 ± 0.0017	0.4039 ± 0.0022	0.3162 ± 0.0032	0.3770 ± 0.0046
30天	0.3279 ± 0.0030	0.3857 ± 0.0016	0.3016 ± 0.0025	0.3093 ± 0.0034
增減	-0.1232	-0.0654	-0.1495	-0.1418

表 15. 不同溶液浸泡保存期間雞蛋之霍氏單位

保存期間	75%酒精	沙拉油	生理食鹽水	蚶殼粉液(未鍛燒)	NaOH溶液
0天	106.18 ± 0.21	106.18 ± 0.21	106.18 ± 0.21	106.18 ± 0.21	106.18 ± 0.21
5天	105.88 ± 0.17	104.78 ± 0.12	103.24 ± 0.22	104.63 ± 0.41	105.45 ± 0.13
10天	104.74 ± 0.16	104.54 ± 0.18	102.69 ± 0.10	103.49 ± 0.21	104.03 ± 0.10
15天	93.66 ± 0.13	101.83 ± 0.15	97.15 ± 0.21	102.59 ± 0.06	101.37 ± 0.08
30天	91.22 ± 0.22	95.10 ± 0.26	92.08 ± 0.08	99.38 ± 0.07	98.81 ± 0.16

表 16. 不同鍛燒條件蚶殼粉液浸泡保存期間雞蛋之霍氏單位

保存期間	700°C 1h (pH 12.19)	700°C 2h (pH 12.30)	800°C 1h (pH 12.32)	800°C 2h (pH 12.62)	900°C 1h (pH 12.96)
0天	106.18 ± 0.21	106.18 ± 0.21	106.18 ± 0.21	106.18 ± 0.21	106.18 ± 0.21
5天	103.87 ± 0.12	103.95 ± 0.16	102.72 ± 0.13	105.65 ± 0.09	105.49 ± 0.13
10天	101.93 ± 0.13	100.91 ± 0.18	100.58 ± 0.16	102.74 ± 0.15	104.86 ± 0.31
15天	100.89 ± 0.12	100.79 ± 0.19	99.58 ± 0.35	95.95 ± 0.17	100.71 ± 0.11
30天	99.59 ± 0.11	98.31 ± 0.08	99.04 ± 0.13	95.42 ± 0.15	93.50 ± 0.11

表 17. 蚶殼凝膠包覆保存期間雞蛋之霍氏單位

保存期間	洋菜+ 鍛燒蚶殼粉液	海藻酸鈉+ 鍛燒蚶殼粉液	鍛燒蚶殼粉液	控制組
0天	106.18 ± 0.21	106.18 ± 0.21	106.18 ± 0.21	106.18 ± 0.21
5天	104.54 ± 0.29	106.09 ± 0.14	104.63 ± 0.28	102.68 ± 0.10
10天	103.79 ± 0.14	105.87 ± 0.07	102.64 ± 0.41	99.57 ± 0.09
15天	103.06 ± 0.18	101.21 ± 0.28	102.09 ± 0.11	97.66 ± 0.23
30天	98.26 ± 0.12	99.28 ± 0.14	92.60 ± 0.23	92.60 ± 0.11

表 18. 蚶殼凝膠包覆保存期間雞蛋之重量(g)

保存期間	洋菜+ 鍛燒蚶殼粉液	海藻酸鈉+ 鍛燒蚶殼粉液	鍛燒蚶殼粉液	控制組
5天	71.1874 ± 3.8936	71.8725 ± 6.0442	59.5015 ± 3.2666	60.3327 ± 3.5424
10天	71.0054 ± 3.8866	71.6225 ± 6.1335	59.3949 ± 3.2705	60.2218 ± 3.5783
15天	70.8237 ± 3.8613	71.5023 ± 6.0947	58.6469 ± 3.2939	59.6764 ± 3.2939
30天	69.4977 ± 3.7005	71.0640 ± 6.0620	58.1192 ± 3.3241	59.2119 ± 3.4896
增減	-1.6897	-0.8085	-1.3823	-1.1208

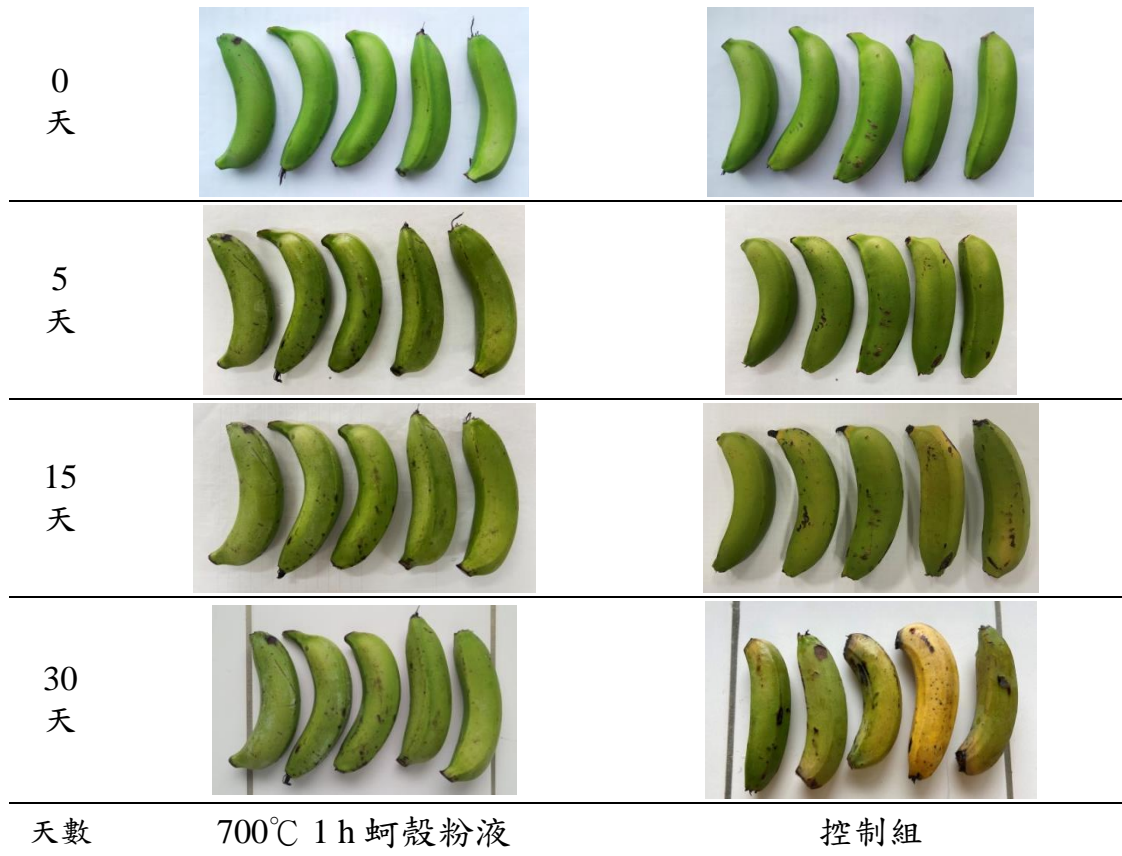


圖 16. 以鍛燒蚶殼粉液浸泡香蕉與控制組之變化

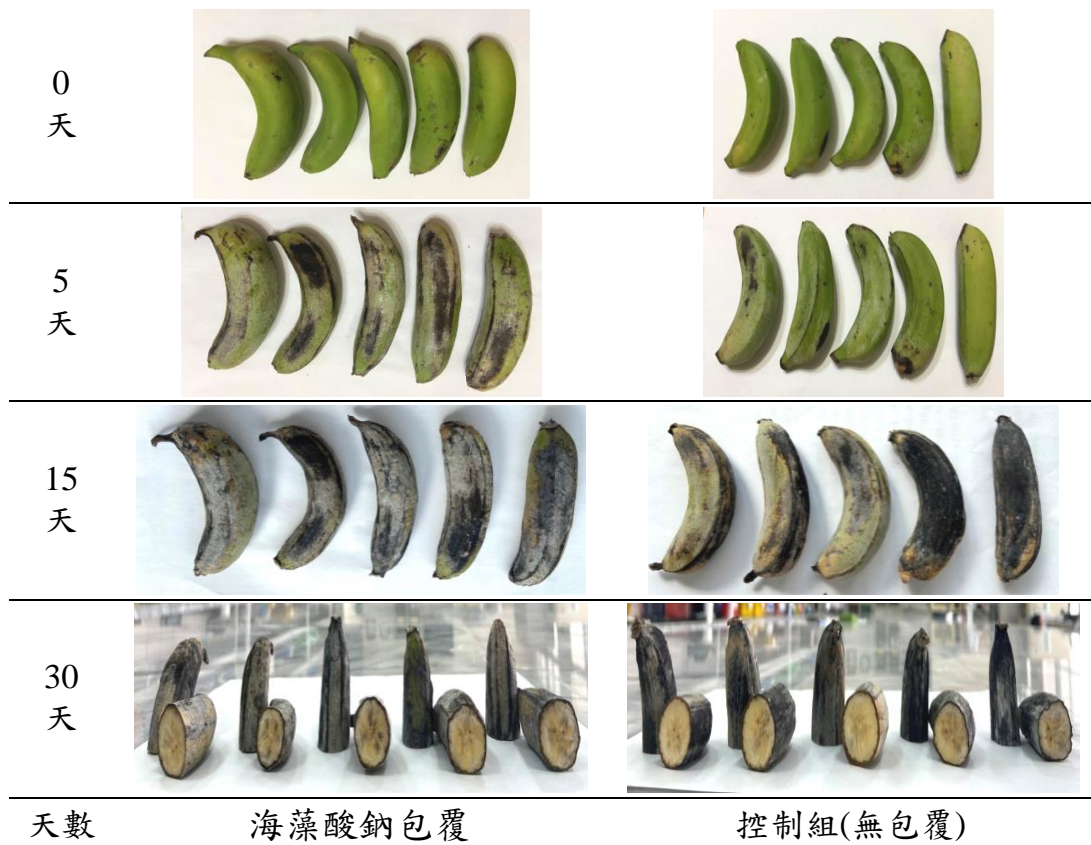


圖 17. 鍛燒蚶殼粉液浸泡後香蕉以海藻酸鈉包覆與控制組之變化

伍、討論

一、雞蛋浸泡前後之透光檢視及氣室測量之結果

新鮮雞蛋的氣室直徑在 10 ~ 15 mm，我們可以透過雞蛋透光照來檢視出雞蛋的氣室直徑，除此之外，亦可觀察雞蛋濃厚蛋白或蛋殼厚薄之變化。圖 14, 15 結果顯示，0 至 30 天浸泡期間，雞蛋透光程度增加，這可能由於浸泡期間，蛋殼中的 CO₂ 及水分釋出，且濃厚蛋白減少及蛋殼變薄所致。

(一) 不同溶液浸泡之雞蛋變化

透過蚵殼粉液與其他溶液浸泡雞蛋，了解各不同溶液對雞蛋保鮮效果之差異。75% 酒精為實驗室常用消毒劑，可滅菌；沙拉油能隔絕空氣，而蛋膜為半透膜，能阻擋油進入蛋中；鍛燒殼蚵殼粉液及 NaOH 溶液皆為鹼性 (pH > 12)，可抑菌；以蚵殼粉液對比鍛燒前後之間差異；生理食鹽水為等滲溶液，細胞內外濃度相似 (黃, 2020)，可避免雞蛋萎縮或變性，做為控制組。

表 4 結果顯示，75% 酒精浸泡對雞蛋保鮮效果較佳，於第 5 天進行觀察測量時，氣室消失，這可能是因為 75% 酒精能將雞蛋外層細菌之蛋白質溶解，防止細菌進入雞蛋內部，氣室的 CO₂ 溶入後不再產生，得以延長保存。沙拉油浸泡之蛋黃下緣部分越來越不明顯 (圖 14)，沙拉油本身在保存時容易氧化敗壞，且用沙拉油泡過的蛋會油油滑滑的觸感不佳沙拉油浸泡之雞蛋，0 ~ 30 天期間，氣室由 16.90 mm 增加至 19.56 mm，透過沙拉油浸泡來保鮮雞蛋不甚理想。

生理食鹽水浸泡雞蛋的氣室直徑在 30 天時，數值飆升到 34.48 mm，浸泡液內有些雜質懸浮，由於我們的生理食鹽水沒有經過高壓滅菌，其 pH 值適合細菌生長，且觀察期間雞蛋會重複取出放入，因此導致雞蛋趨向敗壞，因此以生理食鹽水浸泡來延長雞蛋的保鮮期限，成效不佳。

以蚵殼粉液浸泡雞蛋，0 ~ 30 天期間，氣室直徑由 15.98 mm 增至 17.98 mm，增加 2.00 mm，而每天新增幅度不大，是各樣品中相對穩定的，亦可從圖 14 透光照中觀察出，可能是氣室內 CO₂ 釋出溶於水，產生碳酸氫根 (-HCO₃)，然後碳酸氫根與鈣離子結合，像鐘乳石作用，所形成碳酸鈣而阻塞蛋殼上的細孔，將 CO₂ 封存於氣室中，外界氧氣 O₂ 也不易進入雞蛋內行呼吸作用。

NaOH 溶液浸泡雞蛋之氣室，在第 15 天觀察時消失，原因可能為 NaOH 造成蛋白質變性，光線穿透不易辨明氣室，亦可能 NaOH 與 CO₂ 作用，因而造成透光檢視時，雞蛋氣室消失不見。

本次浸泡實驗雞蛋氣室直徑大多隨保存期間增加而增加，但第 0 天剛從養雞場取回時，所測定之數值就超過新鮮雞蛋氣室 15 mm，因此，僅使用氣室直徑測定單一方式，來判斷雞蛋是否新鮮度，是不夠客觀的。

(二) 不同鍛燒條件蚶殼粉液浸泡之雞蛋變化

圖 7 結果顯示為蚶殼粉在不同鍛燒溫度下之 CaO 轉化率，最高值為 900°C 鍛燒 1 小時 (900°C 1 h) 之蚶殼粉，轉化率 55.73%，最低值則為 700°C 鍛燒 1 小時 (700°C 1 h) 之蚶殼粉，轉化率為 41.57%。鍛燒蚶殼粉溶於水後所產生的 Ca(OH)₂ 能將雞蛋表面細菌殺滅，本實驗目的是為了得知不同鍛燒溫度的蚶殼粉配製之粉液，對雞蛋抑菌效果的差異，以探討 CaO 轉化率高低對於延長雞蛋保鮮之影響。

本次實驗從養雞場特選沒有氣室的雞蛋來進行，表 5 結果顯示，5 ~ 30 天期間氣室直徑之變化，700°C 1 h 由 19.46 mm 增至 22.46 mm；700°C 2 h 由 19.14 mm 增至 21.44 mm；800°C 1 h 由 17.25 mm 增至 20.63 mm；800°C 2 h 由 16.74 mm 增至 19.13 mm；900°C 1 h 由 16.07 mm 增至 17.75 mm。以上數據得知，700°C 1 h 蚶殼粉轉化率最低，其浸泡後雞蛋產生之氣室直徑最大，而 900°C 1 h 轉化率最高，其氣室直徑最小，因此，雞蛋產生之氣室直徑隨 CaO 轉化率增加而遞減。

根據圖 12 滲透實驗顯示，可得知 NaOH 溶液與鍛燒蚶殼粉液兩者都能由外到內滲透入蛋殼中，且 NaOH 溶液滲透入雞蛋中的速度比鍛燒蚶殼粉液快了不少，由於在 20°C 時，NaOH 水中溶解度為 111 g / 100 g，而 Ca(OH)₂ 水中溶解度僅為 0.166 g / 100 g，可能因此雞蛋浸泡於鍛燒蚶殼粉液中，才並未發生蛋白質鹼變性的狀況。

二、雞蛋保鮮實驗前後之 pH 值變化

新鮮蛋白 pH 值約為 7.5 ~ 8.5，蛋黃 pH 值約為 6.0 ~ 6.8，隨著貯存時間增加，蛋內 CO₂ 從氣孔散失，蛋白 pH 值上升，蛋黃 pH 值則變動不大 (謝，2022)，本實驗透過測量雞蛋蛋白及蛋黃之 pH 值，以判斷雞蛋新鮮程度。

(一) 雞蛋浸泡試驗

表 6 為不同溶液浸泡雞蛋之蛋黃 pH 值變化，第 30 天，75% 酒精浸泡為 pH 6.64；沙拉油浸泡為 pH 6.69；生理食鹽水浸泡為 pH 6.27；蚶殼粉液浸泡為 pH 6.84；NaOH 溶液浸泡為 pH 6.65。表 7 則為不同鍛燒條件蚶殼粉液浸泡雞蛋之蛋黃 pH 值變化，700 1 h 為 pH 6.20；700 2 h 為 pH 6.25；800 1 h 為 pH 6.45；800 2 h 為 pH 6.43；900 1 h 為 pH 6.51，兩個結果均顯示蛋黃在保存期間 pH 值持續上升，但變動不大。

表 9 為不同溶液浸泡雞蛋之蛋白 pH 值測定結果，第 30 天時，75%酒精浸泡為 pH 9.37；沙拉油浸泡為 pH 9.33；生理食鹽水浸泡為 pH 9.32；蚵殼粉液浸泡為 pH 9.31；NaOH 溶液浸泡為 pH 9.65。表 10 為不同鍛燒條件蚵殼粉液浸泡雞蛋之蛋白 pH 值測定結果顯示，在 30 天時，700 1 h 為 pH 8.75；700 2 h 為 pH 8.87；800 1 h 為 pH 9.13；800 2 h 為 pH 9.24；900 1 h 為 pH 9.38。新鮮蛋白的 pH 值約為 7.6~8.5，而在產蛋第二天即上升至 pH 8.0，本次實驗在第 0 天測定之 pH 值，就高於普遍認定新鮮蛋白之數值，雞蛋蛋白的 pH 值，可能受到蛋雞餵食飼料或養殖環境之影響而偏高，因此，藉由雞蛋蛋白 pH 值測定，來判斷雞蛋新鮮度並非是理想方式。

NaOH 溶液浸泡之蛋白 pH 相較於其他數值都高出不少，由於 NaOH 溶液會滲透進雞蛋中，造成鹼變性，且隨浸泡時間增加，NaOH 溶液的 pH 值會降低。NaOH 溶液先與蛋白接觸，進而使蛋白的 pH 值上升，而 NaOH 溶液的 pH 值下降後，不足以持續影響蛋黃，因此，蛋黃的 pH 值則未有太大變化。

(二) 雞蛋包覆試驗

由於浸泡試驗的用水量大，且還需要適當的存放空間以及合適環境，如果用浸泡的方法，多顆蛋泡在同一個鹼液，無法整顆蛋都泡到鹼液，難以確保品質，進而利用洋菜或海藻酸鈉，設法將鍛燒蚵殼粉液包覆於雞蛋外表。

本次實驗鍛燒蚵殼粉液選用 700°C 1 h 之蚵殼粉進行配製，高溫鍛燒非常耗能，基於成本考量，700°C 1 h 也能達到 pH 12 以上，在抑菌方面應該也能達到不錯的效果。將洋菜粉加入 10% 鍛燒蚵殼粉液中，加熱至完全溶解，待降溫後澆淋於雞蛋外殼上後，冷風乾燥成膜，由於溫度 > 60°C 時，雞蛋容易熱變性凝固，操作時須特別注意溫度上的控制，亦無法使用熱風乾燥。

先將雞蛋於鍛燒蚵殼粉液中浸泡 2 天，抑制附著在蛋殼上之細菌，再利用海藻酸鈉液與鍛燒蚵殼粉液的鈣離子產生反晶球作用，包覆於雞蛋外殼上，進行冷風乾燥形成一層膜覆蓋。實驗原先預計配製 5% 鍛燒蚵殼粉液，即可達到 pH 12，但因 5% 鍛燒蚵殼粉液中鈣離子含量不夠多，無法與海藻酸鈉形成強度足夠的凝膠，後來改配製 10% 就成功了。

海藻酸鈉包覆於雞蛋外殼，呈透明無色，用肉眼難以觀察到其存在，但摸起來的觸感依舊有所差別，且用手電筒照射即可發現蛋的表面反光透亮。洋菜包覆的外觀色澤不佳，呈咖啡色，與雞蛋原先顏色差異明顯，較不易被大眾所接受。

表 8 為蚵殼凝膠包覆雞蛋之蛋黃 pH 值測定結果顯示，蛋黃在保存期間 pH 值持續上升，但變動不大。表 11 為蚵殼凝膠包覆雞蛋之蛋白 pH 值測定結果顯示，在 30 天時，海藻酸鈉包覆維持於 pH 8.8 左右，幾乎沒有變動，雞蛋保鮮效果顯著。

三、雞蛋保鮮實驗前後之蛋黃係數及霍氏單位

新鮮雞蛋的蛋黃係數約在 0.4 ~ 0.44 左右，如果 0.3 以下則為不新鮮，而霍氏單位的指標等級分為 AA (HU 72.0~)、A (HU 60.0 ~ 71.9)、B (HU 31.0 ~ 59.9)、C (HU ~ 39.9)，新鮮蛋的霍氏單位數值在 60 以上。雞蛋在貯存期間，受溫度、時間及蛋白水解酶等作用，濃厚蛋白逐漸稀薄，溶菌酶減少，稀蛋白增加，而逐漸腐敗(謝，2022)。透過測量雞蛋重量以及蛋黃或濃厚蛋白之高度和寬度，再以公式換算出雞蛋的蛋黃係數及霍氏單位。

(一) 雞蛋浸泡試驗

表 12 為不同溶液浸泡雞蛋之蛋黃係數結果顯示，第 30 天時，75% 酒精浸泡蛋黃係數為 0.3168，數值降低 0.1343；沙拉油浸泡為 0.2930，數值降低 0.1581；生理食鹽水浸泡為 0.2956，數值降低 0.1555；蚵殼粉液浸泡為 0.3030，數值降低 0.1481；NaOH 溶液浸泡為 0.2160 浸泡，數值降低 0.2351。其中生理實驗水第 5 天時，蛋黃係數數值高於 0.4，而第 30 天時卻下降至 0.3 以下，為不新鮮之表現。

表 13 為不同鍛燒條件蚵殼粉液浸泡雞蛋之蛋黃係數結果顯示，第 30 天時，700 1 h 蛋黃係數為 0.3436，數值降低 0.1075；700 2 h 為 0.3203，數值降低 0.1308；800 1 h 為 0.3160，數值降低 0.1351；800 2 h 為 0.3162，數值降低 0.1349；900 1 h 為 0.3144，數值降低 0.1367。各樣品蛋黃係數均在 0.3 以上，而 900°C 1 h 之蚵殼粉 CaO 轉化率最高，但是其蛋黃係數上並沒有 700°C 1 h 的表現佳，雞蛋蛋黃係數隨鍛燒蚵殼粉液雞蛋產生之蛋黃係數隨 CaO 轉化率增加反而下降。

900°C 1 h 與 75% 酒精浸泡之結果相近，於第 5 天時，蛋黃係數急降後趨緩，蛋中含有蛋白酶、脂肪酶、氧化酶及觸酶等酵素，即使無菌處理的雞蛋，也會因為長時間貯存發生自家消化(吳等人，2020)。

表 15 為不同溶液浸泡雞蛋保存期間之霍氏單位結果顯示，第 30 天時，75% 酒精浸泡為 91.22；沙拉油浸泡為 95.10；生理食鹽水浸泡為 92.08；蚵殼粉液浸泡為 99.38；NaOH 溶液浸泡為 98.81。表 16 為不同鍛燒條件蚵殼粉液浸泡雞蛋保存期間之霍氏單位結果顯示，第 30 天時，700°C 1 h 霍氏單位為 99.59；700°C 2 h 為 98.31；800°C 1 h 為 99.04；800°C 2 h 為 95.42；900°C 1 h 為 93.50。雞蛋霍氏單位隨保存期間增加而降低，雞蛋浸泡於溶液中，隔絕大多數空氣，第 30 天的霍氏單位數值均在 60 以上，

等級為 AA 級，其中以 700°C 1 h 鍛燒蚵殼粉液浸泡之數值最佳，其次為未鍛燒蚵殼粉液。

(二) 雞蛋包覆試驗

表 14 為蚵殼凝膠包覆雞蛋 0 ~ 30 天期間之蛋黃係數結果顯示，在第 15 天時，洋菜或海藻酸鈉包覆雞蛋，蛋黃係數均 > 0.4，洋菜包覆優於海藻酸鈉包覆；鍛燒蚵殼粉液於第 5 天就低於正常值 0.3，而控制組到第 10 天才低於正常值，鍛燒蚵殼粉液與控制組於試驗期間中，雖然外觀正常，聞起來並無異味，但破蛋後可明顯見到蛋黃扁塌而外擴，濃厚蛋白大部分也轉變成稀蛋白，已有不新鮮形態顯現。因此，經過鍛燒粉液浸泡 2 天後暴露空氣放置，並無法達到雞蛋保鮮效果。

第 30 天時，洋菜包覆蛋黃係數降低 0.1232，蛋黃係數僅略高於控制組一些；海藻酸鈉包覆降低 0.0654 數值最低，保鮮效果相對最佳；鍛燒蚵殼粉液降低 0.1495；控制組降低 0.1418。凝膠包覆可以阻隔空氣中的細菌，使之無法進入雞蛋中，所以比較不易變敗，而第 30 天洋菜包覆破蛋時，蛋黃高度明顯下降，濃厚蛋白減少，應該是包覆於雞蛋表面的洋菜龜裂而導致。

表 17 為蚵殼凝膠包覆雞蛋保存期間之霍氏單位結果顯示，第 30 天時，洋菜包覆為 98.26；海藻酸鈉包覆為 99.28；鍛燒蚵殼粉液為 92.60；控制組為 92.60。第 30 天的霍氏單位數值均在 60 以上，等級為 AA 級，以海藻酸鈉包覆之數值最佳。

四、雞蛋浸泡後凝膠包覆之重量變化

表 18 數據顯示，從 0 ~ 30 天，洋菜包覆的重量下降 1.6897 g，海藻酸鈉包覆下降 0.8085 g，控制組下降 1.1208 g，鍛燒蚵殼粉液減少 1.3823 g，其中洋菜包覆重量降低最多，海藻酸鈉包覆重量降低最少。放置過程中，洋菜包覆依舊持續在脫水中，當放置到 30 天的時候洋菜包覆的雞蛋表面的洋菜已經龜裂了，所以包覆洋菜的品質還不夠穩定。以海藻酸鈉包覆雞蛋能減少雞蛋失重，且外觀與一般雞蛋差異不大，商品較無突兀感，因此，使用海藻酸鈉包覆雞蛋保鮮的可行性高。

五、香蕉保存試驗

(一) 香蕉浸泡

從圖 16 可看出，在 30 天時控制組香蕉已經變黃，而浸泡於蚵殼粉液之香蕉，依舊保持翠綠，摸起來也很硬。之後，我們將香蕉的一半浸泡在蚵殼粉液中，另一半置於空氣中，在 45 天時，浸泡在蚵殼粉液中的那一半依舊翠綠且摸起來還硬的，而置於空氣的那一半已經整根變黑，且摸起來已經軟了。證實了浸泡鍛燒蚵殼粉液有助於延長香蕉的儲存期限。

當香蕉皮受到傷害時，受傷部位會加速酵素活化，與氧結合產生醜化合物，接著再繼續聚合產生黑色素，因此使香蕉表皮產生黑變。在無傷害的部分鹼液能抑制酪胺酸酶，而且葉綠素在鹼性下，變成葉綠酸，形成鮮綠色，所以浸泡的香蕉才能經過 30 天都維持綠色。香蕉為更性水果，採收後乙烯的含量大量上升，造成呼吸躍變的現象，呼吸作用產生的 CO_2 會與 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 反應，造成 pH 值持續下降，而酪胺酸酶抑制效果減弱，所以當香蕉暴露於空氣中時，香蕉易快速黑變(圖 13)。

(二) 香蕉包覆

先前我們雞蛋包覆試驗運用海藻酸鈉包覆雞蛋的結果還不錯，亦曾有人以海藻酸鈉製成可食膜而包覆於蔬果上，尤其有包覆在更性水果。而香蕉在夏天時，成熟速度特別快，但又吃不完那麼多，容易放到爛掉，導致浪費食物，藉此，我們想利用鍛燒蚵殼粉液與海藻酸鈉雙管齊下，以延長香蕉的成熟時間。

香蕉浸泡 2 天鍛燒蚵殼粉液後，再以海藻酸鈉進行包覆，未包覆者則作為控制組。圖 17 結果顯示，第 5 天時，浸泡時香蕉皮受傷部分亦會呈現黑色，浸泡後暴露於空氣中，黑變速度加快，香蕉以海藻酸鈉包覆後乾燥，較控制組之外皮略為皺縮。

第 15 天時，海藻酸鈉包覆的香蕉皮上有明顯灰白色，這是因香蕉呼吸作用產生的 CO_2 與 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 反應形成 CaCO_3 顯露出，香蕉皮綠色部分肉眼仍可見到，而控制組原黑色的部分仍持續擴大，且已轉黃色。

第 30 天時，海藻酸鈉包覆的灰白色及黑色部分擴大，香蕉摸起來還是硬的，而控制組整個幾乎轉變為黑色甚至發霉，且香蕉已軟化。雖然本實驗在香蕉外觀上不盡理想，但仍有達到延長香蕉成熟期之目的。

陸、結論

- 一、雞蛋氣室內 CO_2 釋出會與蚵殼粉液中鈣離子結合，形成碳酸鈣而阻塞蛋殼上的細孔，減緩雞蛋呼吸作用，達到保鮮效果。
- 二、 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 水中溶解度低，為 $0.166 \text{ g} / 100 \text{ g}$ ，雞蛋浸泡於鍛燒蚵殼粉液中，並未發生蛋白質鹼變性之狀況。
- 三、雞蛋使用蚵殼凝膠包覆之保鮮效果優於雞蛋浸泡，以鍛燒蚵殼粉液搭配海藻酸鈉包覆保鮮效果最佳，雞蛋外殼上呈透明無色，用肉眼難以觀察到其存在。
- 四、鍛燒蚵殼粉液搭配洋菜包覆雞蛋，洋菜膠會持續脫水而表面形成龜裂，無法穩定保鮮效果。

五、洋菜包覆雞蛋之外觀色澤不佳，呈咖啡色，與雞蛋原先顏色差異明顯，較不易被大眾所接受。

六、香蕉浸泡於鍛燒蚵殼粉液中，無法阻擋香蕉皮受傷部位黑變，但可保持綠色有助於延遲成熟，延長香蕉保存。

七、香蕉浸泡鍛燒蚵殼粉液後暴露空氣，會加速香蕉皮黑變。

八、香蕉以海藻酸鈉包覆，雖可延長香蕉成熟期，但香蕉皮略為皺縮，呈灰白色，外觀不盡理想。

柒、參考資料或其他

1. 于名振，2001。動物系統分類綱要。水產出版社。
2. 朱東川，2003。廢棄牡蠣殼粉取代水泥及細骨材對水泥砂漿性質之影響。碩士論文。國立雲林科技大學營建工程研究所。
3. 李哲榮，2005。牡蠣殼粉資源化做為水泥膠結材料之研究。碩士學位論文。國立臺灣海洋大學河海工程學系。
4. 吳啟瑞、陳坤地和陳麗瑄，2020。食品加工下。台科大圖書。
5. 何淇義和李玉環，2021。食品化學與分析下冊。復文圖書。
6. 林雅雯，2007。以廢棄牡蠣殼製備懸浮性重金屬吸附劑之研究。碩士論文。國立屏東科技大學環境工程與科學系所。
7. 林壹鴻，2008。灰化牡蠣殼粉應用於截切蔬菜對其品質影響之研究。碩士學位論文。中國文化大學生活應用。
8. 范繼中、藍惠玲、楊涵婷和吳純衡，2011。鍛燒溫度對貝殼結晶構型之影響。行政院農業委員會水產試驗所水產研究。19 (2): 93-101。
9. 陳岍汝，2011。牡蠣殼粉溶液對食品及食品接觸面上食品病原菌及組織胺生產菌之清除效果。碩士論文。國立高雄海洋科技大學水產食品科學研究所。
10. 陳昕怡，2012。牡蠣殼水溶液對魚漿、全蛋液之物理化學變化。碩士論文。國立澎湖科技大學食品科學研究所。
11. 黃忠村，2021。食品微生物下，復文圖書。
12. 黃培安、高淑雲和吳純衡，2009。鍛燒牡蠣殼粉抗菌能力之多元利用研究。行政院農業委員會水產試驗所水試專訊。第 26 期。
13. 黃培安和吳純衡，2010。淺談鍛燒殼粉與金屬氧化物之抑菌作用。行政院農業委員會水產試驗所水試專訊。第 031 期。
14. 謝文斌，2022。食品加工含實習總複習下。復文圖書。
15. 顧世紅，2018。科學新知系列—具雙重作用的活性氧分子(上)。科博館訊。第 364 期。

附錄一、競賽日誌

作品名稱		鍛燒蚵殼對蛋品保鮮及延伸應用			
年	月	日	進度	紀錄	工作分配
110	01	06	討論皮蛋製作流程	地點:食品工廠實驗室 器材:電腦 時數:5 小時	同學 A: 討論 同學 B: 討論
110	01	09	確認實驗架構	地點:食品工廠實驗室 器材:電腦 時數:4 小時	同學 A: 討論 同學 B: 討論
110	01	11	鍛燒蚵殼 700 1hr	地點:食品工廠實驗室 器材:灰化爐 時數:2 小時	同學 A: 鍛燒蚵殼 同學 B: 鍛燒蚵殼
110	01	12	鍛燒蚵殼 700 2hr	地點:食品工廠實驗室 器材:灰化爐 時數:3 小時	同學 A: 鍛燒蚵殼 同學 B: 鍛燒蚵殼
110	01	13	鍛燒蚵殼 800 1hr	地點:食品工廠實驗室 器材:灰化爐 時數:2 小時	同學 A: 鍛燒蚵殼 同學 B: 鍛燒蚵殼
110	01	14	鍛燒蚵殼 800 2hr	地點:食品工廠實驗室 器材:灰化爐 時數:3 小時	同學 A: 鍛燒蚵殼 同學 B: 鍛燒蚵殼
110	01	15	鍛燒蚵殼 900 1hr	地點:食品工廠實驗室 器材:灰化爐 時數:2 小時	同學 A: 鍛燒蚵殼 同學 B: 鍛燒蚵殼
110	01	17	鍛燒蚵殼粉液+製作皮蛋材料(室溫+重金屬)	地點:食品工廠實驗室 器材:燒杯、玻棒、pH 計 時數:2 小時	同學 A: 浸泡製作 同學 B: 浸泡製作

110	01	18	煨燒蚵殼粉液+製作皮蛋材料(室溫)	地點:食品工廠實驗室 器材:燒杯、玻棒、pH計 時數:2小時	同學 A: 浸泡製作 同學 B: 浸泡製作
110	01	19	煨燒蚵殼粉液+製作皮蛋材料(冷藏)	地點:食品工廠實驗室 器材:燒杯、玻棒、pH計 時數:2小時	同學 A: 浸泡製作 同學 B: 浸泡製作
110	01	20	煨燒蚵殼粉液+製作皮蛋材料(室溫下真空)	地點:食品工廠實驗室 器材:燒杯、玻棒、pH計 時數:2小時	同學 A: 浸泡製作 同學 B: 浸泡製作
110	01	27	10 天室溫+重金屬破蛋(觀察鴨蛋蛋液是否有變化、測 pH)	地點:食品工廠實驗室 器材:燒杯、玻棒、pH計 時數:3小時	同學 A: 檢測 pH 值 同學 B: 觀察鴨蛋、浸泡製作
110	01	28	10 天室溫破蛋(觀察鴨蛋蛋液是否有變化、測 pH 值)	地點:食品工廠實驗室 器材:燒杯、玻棒、pH計 時數:3小時	同學 A: 觀察鴨蛋、浸泡製作 同學 B: 檢測 pH 值
110	01	29	10 天冷藏破蛋(觀察鴨蛋蛋液是否有變化、檢測 pH 值)	地點:食品工廠實驗室 器材:燒杯、玻棒、pH計 時數:3小時	同學 A: 檢測 pH 值 同學 B: 觀察鴨蛋、浸泡製作
110	01	30	10 天真空破蛋(觀察鴨蛋蛋液是否有變化、測 pH 值)	地點:食品工廠實驗室 器材:燒杯、玻棒、pH計 時數:3小時	同學 A: 檢測 pH 值 同學 B: 觀察鴨蛋、浸泡製作
110	02	01	15 天室溫+重金屬破蛋(觀察鴨蛋蛋液是否有變化、測 pH 值)	地點:食品工廠實驗室 器材:燒杯、玻棒、pH計 時數:3小時	同學 A: 觀察鴨蛋、浸泡製作 同學 B: 檢測 pH 值

110	02	02	15 天室溫破蛋(觀察鴨蛋蛋液是否有變化、測 pH 值)	地點:食品工廠實驗室 器材:燒杯、玻棒、pH 計 時數:3 小時	同學 A:觀察鴨蛋、浸泡製作 同學 B:檢測 pH 值
110	02	03	15 天冷藏破蛋(觀察鴨蛋蛋液是否有變化、測 pH 值)	地點:食品工廠實驗室 器材:燒杯、玻棒、pH 計 時數:3 小時	同學 A:觀察鴨蛋、浸泡製作 同學 B:檢測 pH 值
110	02	04	15 天真空破蛋(觀察鴨蛋蛋液是否有變化、檢測 pH 值)	地點:食品工廠實驗室 器材:燒杯、玻棒、pH 計 時數:3 小時	同學 A:觀察鴨蛋、浸泡製作 同學 B:檢測 pH 值
110	02	16	30 天室溫+重金屬破蛋(觀察鴨蛋蛋液是否有變化、檢測 pH)	地點:食品工廠實驗室 器材:燒杯、玻棒、pH 計 時數:3 小時	同學 A:檢測 pH 值 同學 B:觀察鴨蛋、浸泡製作
110	02	17	30 天室溫破蛋(觀察鴨蛋蛋液是否有變化、檢測 pH 值)	地點:食品工廠實驗室 器材:燒杯、玻棒、pH 計 時數:3 小時	同學 A:觀察鴨蛋、浸泡製作 同學 B:檢測 pH 值
110	02	18	30 天冷藏破蛋(觀察鴨蛋蛋液是否有變化、檢測 pH 值)	地點:食品工廠實驗室 器材:燒杯、玻棒、pH 計 時數:3 小時	同學 A:檢測 pH 值 同學 B:觀察鴨蛋、浸泡製作
110	02	19	30 天真空破蛋(觀察鴨蛋蛋液是否有變化、檢測 pH 值)	地點:食品工廠實驗室 器材:燒杯、玻棒、pH 計 時數:3 小時	同學 A:檢測 pH 值 同學 B:觀察鴨蛋、浸泡製作
110	03	14	60 天室溫+重金屬破蛋(觀察鴨蛋蛋液是否有變化、測 pH 值)	地點:食品工廠實驗室 器材:燒杯、玻棒、pH 計 時數:3 小時	同學 A:檢測 pH 值 同學 B:觀察鴨蛋、浸泡製作

110	03	15	60 天室溫破蛋(觀察鴨蛋蛋液是否有變化、測 pH 值)	地點:食品工廠實驗室 器材:燒杯、玻棒、pH 計 時數:3 小時	同學 A: 檢測 pH 值 同學 B: 觀察鴨蛋、浸泡製作
110	03	16	60 天冷藏破蛋(觀察鴨蛋蛋液是否有變化、測 pH 值)	地點:食品工廠實驗室 器材:燒杯、玻棒、pH 計 時數:3 小時	同學 A: 觀察鴨蛋、浸泡製作 同學 B: 檢測 pH 值
110	03	17	60 天真空破蛋(觀察鴨蛋蛋液是否有變化、檢測 pH 值)	地點:食品工廠實驗室 器材:燒杯、玻棒、pH 計 時數:3 小時	同學 A: 觀察鴨蛋、浸泡製作 同學 B: 檢測 pH 值
110	06	12	90 天室溫+重金屬破蛋(觀察鴨蛋蛋液是否有變化、測 pH 值)	地點:食品工廠實驗室 器材:燒杯、玻棒、pH 計 時數:3 小時	同學 A: 觀察鴨蛋、浸泡製作 同學 B: 檢測 pH 值
110	06	13	90 天室溫破蛋(觀察鴨蛋蛋液是否有變化、測 pH 值)	地點:食品工廠實驗室 器材:燒杯、玻棒、pH 計 時數:3 小時	同學 A: 觀察鴨蛋、浸泡製作 同學 B: 檢測 pH 值
110	06	14	90 天冷藏破蛋(觀察鴨蛋蛋液是否有變化、測 pH 值)	地點:食品工廠實驗室 器材:燒杯、玻棒、pH 計 時數:3 小時	同學 A: 檢測 pH 值 同學 B: 觀察鴨蛋、浸泡製作
110	06	15	90 天真空破蛋(觀察鴨蛋蛋液是否有變化、測 pH 值)	地點:食品工廠實驗室 器材:燒杯、玻棒、pH 計 時數:3 小時	同學 A: 觀察鴨蛋、浸泡製作 同學 B: 檢測 pH 值
110	08	24	討論雞蛋保存製作流程	地點:食品工廠實驗室 器材:電腦 時數:5 小時	同學 A: 討論 同學 B: 討論

110	08	27	浸泡不同溶液、不同鍛燒溫度的蛋試驗	地點:食品工廠實驗室 器材:燒杯、玻棒、電子秤 時數:2 小時	同學 A: 準備器材、浸泡製作 同學 B: 準備器材、浸泡製作
110	10	02	確認實驗架構流程	地點:食品工廠實驗室 器材:電腦 時數:2 小時	同學 A: 討論 同學 B: 討論
110	11	30	浸泡不同溶液、不同鍛燒溫度的蛋 浸泡香蕉於蚵殼粉液測試	地點:食品工廠實驗室 器材:燒杯、玻棒、電子秤 時數:2 小時	同學 A: 準備器材、浸泡製作 同學 B: 準備器材、浸泡製作
110	12	05	5 天不同溶液、不同鍛燒溫度破蛋(測量蛋黃高、蛋黃寬、蛋重、蛋白高、pH 值,透光觀察)	地點:食品工廠實驗室 器材:游標卡尺、pH 計、培養皿 時數:4 小時	同學 A: 透光觀察、拍照、製作報告 同學 B: 5 天不同溶液、不同鍛燒溫度破蛋
110	12	10	10 天不同溶液、不同鍛燒溫度破蛋(測量蛋黃高、蛋黃寬、蛋重、蛋白高、pH 值,透光觀察)	地點:食品工廠實驗室 器材:游標卡尺、pH 計、培養皿 時數:4 小時	同學 A: 透光觀察、拍照、製作報告 同學 B: 10 天不同溶液、不同鍛燒溫度破蛋
110	12	15	15 天不同溶液、不同鍛燒溫度破蛋(測量蛋黃高、蛋黃寬、蛋重、蛋白高、pH 值,透光觀察)	地點:食品工廠實驗室 器材:游標卡尺、pH 計、培養皿 時數:4 小時	同學 A: 15 天不同溶液、不同鍛燒溫度破蛋 同學 B: 透光觀察、拍照、製作報告
110	12	17	1%海藻酸鈉+10%蚵殼粉液包覆測試 2%洋菜+10%蚵殼粉液包覆測試 蚵殼水分測定 蛋殼滲透實驗 700 1hr CaO 含量	地點:食品工廠實驗室 器材:燒杯、加熱板、磁石、灰化爐 時數:7 小時	同學 A: 包覆測試、700 1hr CaO 含量測定、蚵殼水分測定 同學 B: 準備器材、蚵殼水分測定、蛋殼滲透實驗

110	12	18	2%洋菜+10%蚵殼粉液包覆實驗 800 1hr CaO 含量測定 放置蛋於室溫觀察	地點：食品工廠實驗室 室器材：燒杯、加熱板、磁石、灰化爐 時數：5 小時	同學 A:800 1hr CaO 含量測定 同學 B:包覆實驗
110	12	20	700 2hr CaO 含量 浸泡香蕉於蚵殼粉液中	地點：食品工廠實驗室 室器材：灰化爐 時數：3 小時	同學 A: 700 2hr CaO 含量測定、浸泡香蕉 同學 B: 準備器材
110	12	21	浸泡蛋於蚵殼粉液 2 天 800 2hr CaO 含量	地點：食品工廠實驗室 室器材：灰化爐、燒杯、玻棒 時數：3 小時	同學 A: 800 2hr CaO 含量測定 同學 B:浸泡蛋
110	12	28	5 天海藻、粉液/10 天洋菜、室溫破蛋 (測量蛋黃高、蛋黃寬、蛋重、蛋白高、pH 值)	地點：食品工廠實驗室 室器材：培養皿、pH 計、游標卡尺 時數：4 小時	同學 A: 5 天海藻、粉液破蛋 同學 B: 10 天洋菜、室溫破蛋
110	12	30	30 天不同溶液、不同鍛燒溫度破蛋- (測量蛋黃高、蛋黃寬、蛋重、蛋白高、pH 值，透光觀察) 10 天浸泡香蕉觀察拍照	地點：食品工廠實驗室 室器材：培養皿、pH 計、游標卡尺 時數：4 小時	同學 A：透光觀察、拍照、製作報告 同學 B：30 天不同溶液、不同鍛燒溫度破蛋
111	01	02	10 天海藻、粉液 /15 天洋菜、室溫破蛋(測量蛋黃高、蛋黃寬、蛋重、蛋白高、pH 值)	地點：食品工廠實驗室 室器材：培養皿、pH 計、游標卡尺 時數：4 小時	同學 A：10 天海藻、粉液破蛋、拍照 同學 B：15 天洋菜、室溫破蛋
111	01	04	15 天浸泡香蕉觀察拍照 浸泡香蕉於粉液中 2 天	地點：食品工廠實驗室 室器材：手機 時數：30 分鐘	同學 A：拍照 同學 B：浸泡製作
111	01	06	放置香蕉於室溫觀察 1%海藻酸鈉+10% 蚵殼粉液包覆實驗	地點：食品工廠實驗室 室器材：燒杯、波棒、加熱版 時數：3 小時	同學 A：包覆香蕉 同學 B：包覆香蕉

			(香蕉)		
111	01	07	15 天海藻、粉液破蛋(測量蛋黃高、蛋黃寬、蛋重、蛋白高、pH 值)	地點：食品工廠實驗室 室器材：培養皿、pH 計、游標卡尺 時數：3 小時	同學 A：15 天海藻破蛋、拍照 同學 B：15 天粉液破蛋
111	01	11	5 天香蕉室溫，海藻包覆香蕉觀察拍照	地點：食品工廠實驗室 室器材：手機 時數：30 分鐘	同學 A：拍照 同學 B：準備器材
111	01	14	25 天浸泡香蕉觀察拍照	地點：食品工廠實驗室 室器材：手機 時數：30 分鐘	同學 A：拍照 同學 B：準備器材
111	01	17	30 天洋菜、室溫破蛋(測量蛋黃高、蛋黃寬、蛋重、蛋白高、pH 值)	地點：食品工廠實驗室 室器材：培養皿 pH 計、游標卡尺 時數：3 小時	同學 A: 30 天洋菜破蛋 同學 B: 30 天室溫破蛋
110	01	19	30 天浸泡香蕉觀察拍照	地點：食品工廠實驗室 室器材：手機 時數：30 分鐘	同學 A：拍照 同學 B：準備器材
111	01	20	放置香蕉於室溫觀察	地點：食品工廠實驗室 室器材：燒杯、波棒、加熱版 時數：3 小時	同學 A: 包覆香蕉 同學 B: 包覆香蕉
111	01	21	15 天香蕉室溫觀察拍照 15 天海藻包覆香蕉觀察拍照	地點：食品工廠實驗室 室器材：手機 時數：30 分鐘	同學 A：拍照 同學 B：準備器材
111	01	22	30 天海藻、粉液破蛋(測量蛋黃高、蛋黃寬、蛋重、蛋白高、pH 值)	地點：食品工廠實驗室 室器材：培養皿、pH 計、游標卡尺 時數：3 小時	同學 A：30 天海藻破蛋、拍照 同學 B：30 天粉液破蛋
111	01	31	25 天香蕉室溫觀察拍照 25 天海藻包覆香蕉觀察拍照	地點：食品工廠實驗室 室器材：手機 時數：30 分鐘	同學 A：拍照 同學 B：準備器材
111	02	03	45 天浸泡香蕉觀察拍照	地點：食品工廠實驗室 室器材：手機 時數：30 分鐘	同學 A：拍照 同學 B：準備器材
111	02	05 20	寫報告，數據整理	地點：食品工廠實驗室 室器材：電腦 時數：1 周	同學 A：寫報告 同學 B：寫報告

附錄二、作品分工表

參賽學生	工作任務
A	準備器材、浸泡製作、透光觀察、拍照、製作報告、破蛋、CaO 含量測定、蚶殼水分測定、海藻包覆實驗
B	準備器材、浸泡製作、破蛋、透光觀察、拍照、製作報告、蚶殼水分測定、蛋殼滲透實驗、洋菜包覆實驗