

中華民國第42屆中小學科學展覽會

::: 作品說明書 :::

國中-應用科學科

科 別：生活與應用科學

組 別：國中組

作品名稱：酸鹼性、溫度對蛋的影響及應用

關 鍵 詞：

編 號：030803

學校名稱：

嘉義市立大業國民中學

作者姓名：

吳明誠、曾博昶、黃資喻、張珮瑜

指導老師：

曾 玉、黃文章



酸鹼性、溫度對蛋的影響及應用

一、研究動機：

國中生物課本第七章蛋的構造，使我們知道蛋的性狀都不相同，蛋的外觀及內部的色澤、凝固強度差異極大。我們吃的酸蛋、皮蛋、水煮蛋、溫泉蛋，是否受到溫度、酸鹼性的影響？是否蛋浸泡不同酸鹼溶液及加熱會影響蛋黃、蛋白的色澤及凝固性？激起了我們的興趣而去深入研究探討。

二、研究目的：

- (一) 探討液蛋白、液蛋黃及液全蛋經不同加熱溫度 50、60、70、80 及 90 各 30 分鐘後，觀察外部、內部測試及放在冷藏庫內 19 天之變化。
- (二) 探討液蛋白、液蛋黃調整不同 pH 值變化。
- (三) 探討液蛋白、液蛋黃及液全蛋調整不同 pH 值，經加熱 80、30 分鐘後，觀察外部、內部變化。
- (四) 探討水煮蛋、溫泉蛋、酸蛋、皮蛋的製作及其應用價值。
- (五) 將實驗三液蛋白、液蛋黃放在冷藏庫內 37 天後之變化。

三、研究器材：

PH 值測定儀、恆溫水槽、燒杯、滴管、0.1N 氫氧化鈉 (pH 值為 13.32)、1N 氫氧化鈉 (pH 值為 14.61)、30% 檸檬酸 CaH_8O_7 (pH 值為 0.85)、50% 檸檬酸 CaH_8O_7 (pH 值為 0.12)、試管、色差儀 (Handy Colorimeter, MR-3000, Nippon De nshoku)、物性測定儀 (Fudoh Rheometer, RT 2002 D.P)、蒸餾水、玻璃棒、電子磅秤、試管架、照相機、雞蛋 (嘉義大學畜產試驗場來亨雞產 1-2 天雞蛋)。

四、研究過程與方法：

(一) 實驗一：將液蛋白、液蛋黃經加熱 50、60、70、80 及 90 後放在冷藏庫 19 天後之外觀內部變化。

將 15 個液全蛋分開成液蛋白和液蛋黃分別置入 15 個 100ml 燒杯中，再分別經 50、60、70、80 及 90 的恆溫循環水槽中加熱 30 分鐘(每一加熱溫度放 3 個燒杯)，冷卻後記錄其外觀之變化並分別測定樣品色澤和凝固強度，並冷藏放置 19 天後觀察發霉情形。

(二) 實驗二：將液蛋白、液蛋黃或液全蛋調整不同 PH 值觀察外觀內部變化。

1. 液蛋白：將 13 個雞蛋分別去殼分離取完整的蛋白，並分別置入 13 個 100ml 的燒杯中，以 pH 測定儀 (Suntex, SP-701) 測定其原始 pH 值，並分別加入酸或鹼溶液伴勻將 pH 值調整為 2、3、4、5、6、7、8、9、10、11、12 和 12.46，其中取一個未經調整 pH 值之液蛋白作為對照組。
2. 液蛋黃：將 12 個雞蛋分別去殼分離取完整的蛋黃，並分別取蛋黃 15g 置入 12 個 100ml 的燒杯中，再加入 15ml 的蒸餾水伴勻，以 pH 測定儀測定其原始 pH 值，並分別加入酸或鹼溶液伴勻將 pH 值調整為 2、3、4、5、6、7、8、9、10、11 和 11.94，其中取一個未經調整 pH 值之液蛋黃作為對照組。
3. 液全蛋：將 12 個雞蛋分別去殼分離取完整的全蛋，並分別置入 12 個 100ml 的燒杯中，以 pH 測定儀測定其原始 pH 值，並分別加入酸或鹼溶液伴勻將 pH 值調整為 2、3、4、5、6、7、8、9、10、11 和 11.7，其中取一個未經調整 pH 值之液全蛋作為對照組。

(三) 實驗三：將液蛋白、液蛋黃及液全蛋調整不同 pH 值，經加熱 80、30 分鐘後之外觀內部變化。

1.2.3.同實驗二步驟

4.將處理好的樣品(液蛋白、液蛋黃及液全蛋),分別置入 80 的恆溫循環水槽(WISDOM, BC2D)中加熱 30 分鐘,冷卻後記錄及內部之變化並分別測定樣品之色澤和凝固強度。

(四)實驗四：水煮蛋、溫泉蛋、酸蛋、皮蛋之製法。

1.水煮蛋的製法

先將 24 顆雞蛋放置在恆溫水槽內煮至 95 , 3 為一組,共八組,各煮 3 分鐘、5 分鐘、10 分鐘、15 分鐘、20 分鐘、30 分鐘、40 分鐘和 50 分鐘後取出比較。

2.溫泉蛋的製法

將 3 顆雞蛋放入恆溫水槽內煮至 70 、 30 分鐘後取出。

3.酸蛋的製法

6 顆帶殼雞蛋浸漬在 pH1.3 檸檬酸液中 14 天,使蛋殼慢慢腐蝕溶在溶液中,雞蛋沒有蛋殼只剩外層軟軟蛋膜即酸蛋。

4.皮蛋的製法

6 顆帶殼雞蛋浸漬於 pH13 的氫氧化鈉中 14 天後,液蛋黃呈墨綠色、液蛋白呈黃色,浸泡越久越像皮蛋。

(六)實驗六：將實驗一中液蛋白、液蛋黃、液全蛋調整不同 pH 值後加熱 80 、 30 分鐘後,放入冷藏庫中 37 天後觀察其外部變化。

說明：測定項目：

(一)外觀變化

樣品加熱處理經冷卻後以肉眼觀察其外觀之變化並記錄之。

(二)色澤

樣品加熱處理經冷卻後,分別以色差儀測定其色澤變化,有 L 值(明亮

度)、a 值(紅色度)、b 值(黃色度), 如附錄一。

(三) 凝固強度

樣品加熱處理經冷卻後, 分別以物性測定儀測定其凝固強度之變化。

五、研究結果與討論

(一) 實驗一: 液蛋白、液蛋黃經不同加熱溫度 50、60、70、80 及 90 各 30 分鐘後之外觀內部變化。

1. 外觀觀察結果(圖 1 至圖 2)

(1) 液蛋白分別在 50、60 加熱各 30 分鐘後呈淡黃色; 在加熱 70、80 及 90 各 30 分鐘後呈乳黃色, 冷藏 19 天後均未發霉。

(2) 液蛋黃分別加熱 50、60、70、80 及 90 各 30 分鐘後呈黃色, 冷藏 19 天後, 外觀均有發霉情形。

結果發現: 液蛋白比液蛋黃有抑制微生物生存與增殖作用, 蛋白中存在的溶菌蛋白、伴蛋白、抗生物素等, 均可阻止微生物之生存與增殖, 所以蛋白比蛋黃在 19 天後還未發霉。



圖 1 液蛋黃分別經 50 (A)、60 (B)、70 (C)、80 (D) 及 90 (E) 30 分鐘後，冷藏 19 天之外觀皆有發霉情形。

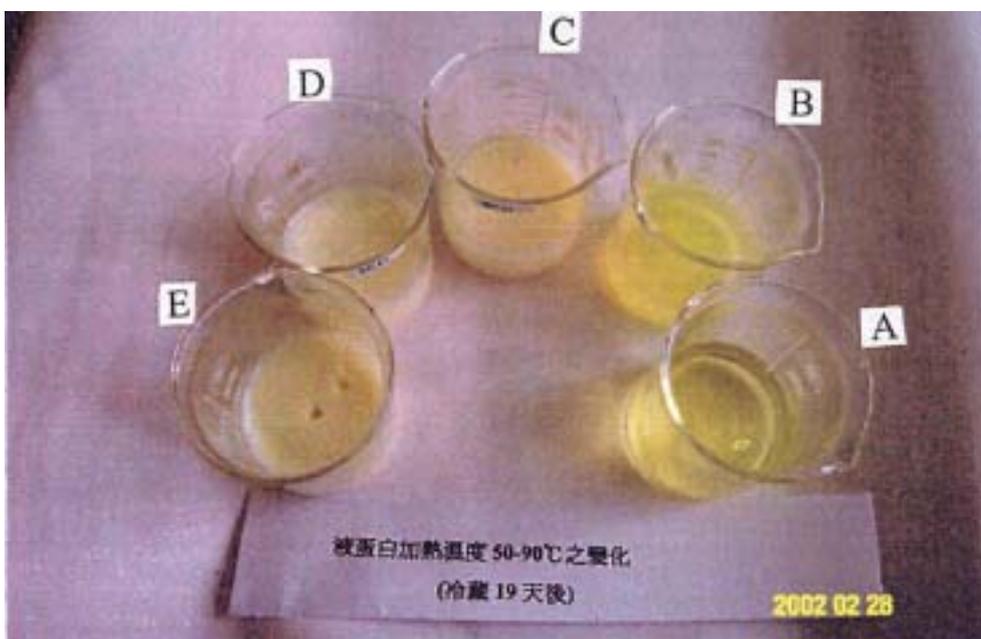


圖 2 液蛋白分別經 50 (A)、60 (B)、70 (C)、80 (D) 及 90 (E) 30 分鐘後，冷藏 19 天之外觀皆未發霉。

2. 內部測試結果

表 1 液蛋白及液蛋黃於不同溫度加熱後 L 值之比較

溫度 (°C)	液蛋白 L 值	液蛋黃 L 值
50	5.9	31.97
60	16.18	35.56
70	53.31	37.85
80	55.81	51.44
90	59.39	57.02

表 2 液蛋白及液蛋黃於不同溫度加熱後 a 值之比較

溫度 (°C)	液蛋白 a 值	液蛋黃 a 值
50	0.91	-0.7
60	-5.21	-0.45
70	-9.3	-2.25
80	-9.02	-7.39
90	-9.64	-7.12

表 3 液蛋白及液蛋黃於不同溫度加熱後 b 值之比較

溫度 (°C)	液蛋白 b 值	液蛋黃 b 值
50	1.12	18.81
60	-2.66	19.13
70	4.81	15.98
80	4.22	17.39
90	5.5	16.39

表 4 液蛋白及液蛋黃於不同溫度加熱後凝固強度之比較

溫度 (°C)	液蛋白凝固強度	液蛋黃凝固強度
50	0	0
60	0	0
70	0	72
80	45	95
90	62	125

(一) 實驗一

2. 內部測試結果：茲說明如圖 3、4、5、6

(1) L 值 (明亮度)：正值呈白色，負值呈黑色。

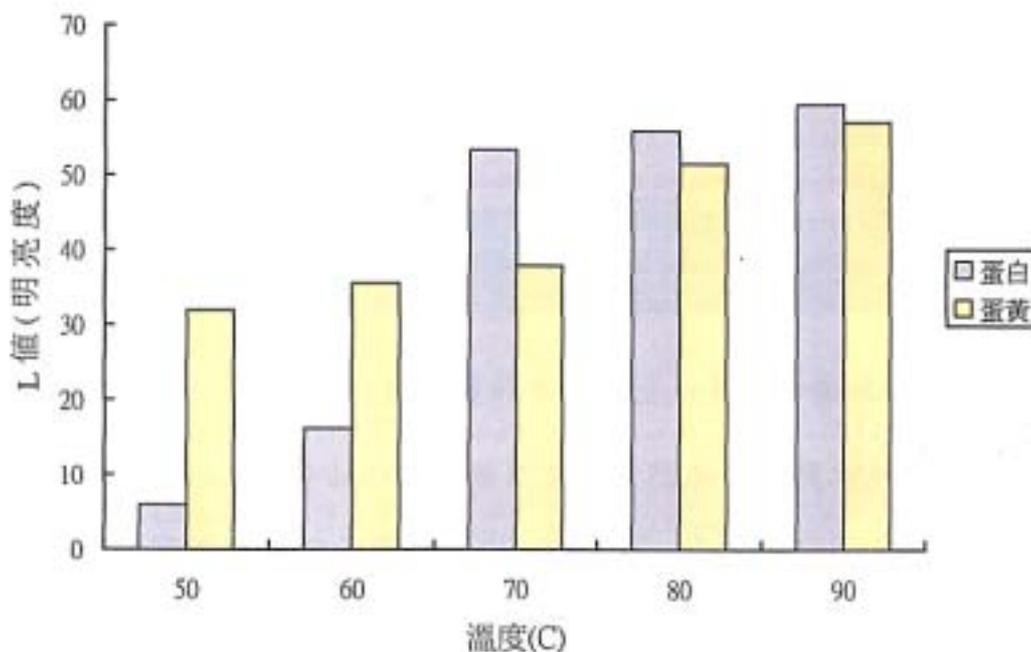
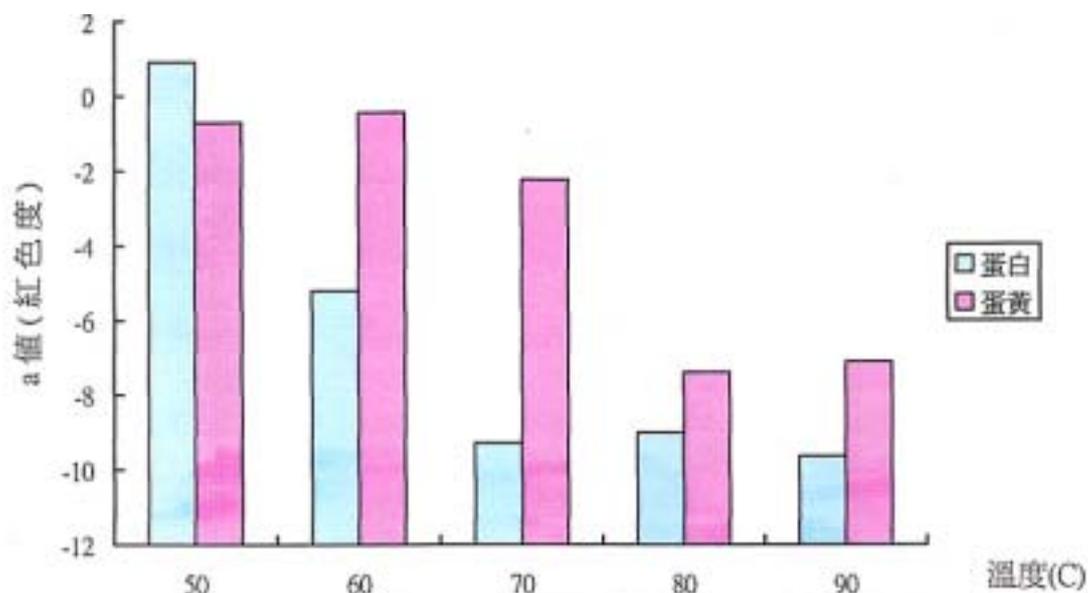


圖 3 液蛋白及液蛋黃於不同溫度加熱後 L 值之比較

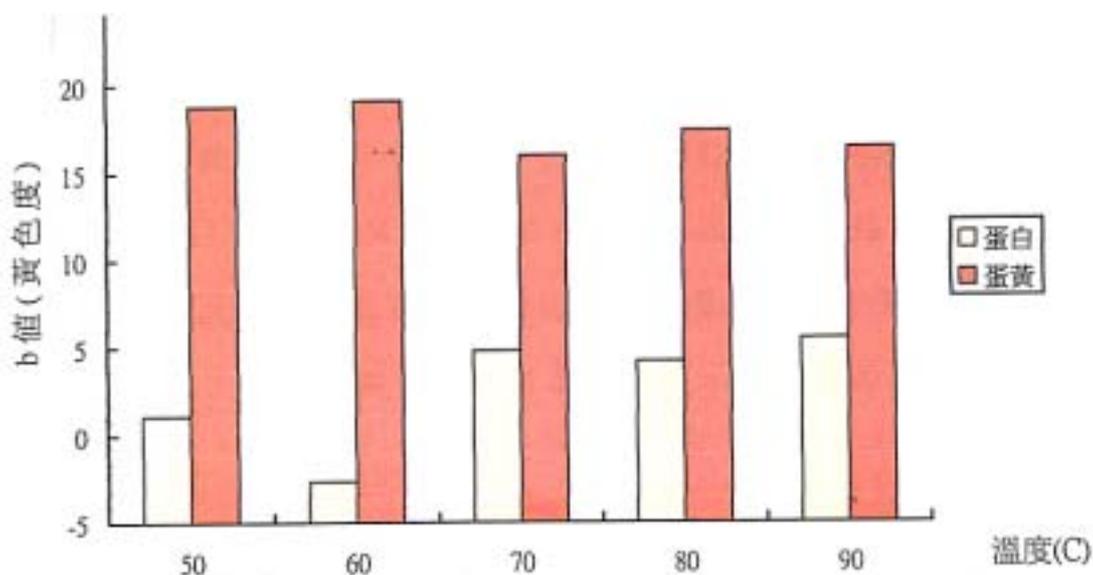
實驗結果顯示，液蛋白之 L 值在 50 60 之間是較液蛋黃低，呈淡黃色；在 70 90 之間則以液蛋白 L 值高於液蛋黃呈現白色，所以在 80 、90 液蛋白視覺外觀呈白色。(和圖 2 相呼應)

(2) a 值 (紅色度): 正值呈赤色, 負值呈綠色。



實驗結果顯示, 液蛋白和液蛋黃之 a 值皆隨加熱溫度增加而減少, 液蛋白、液蛋黃受熱凝固後兩者顏色變淡。

(3) b 值 (黃色度): 正值呈黃色, 負值呈青色。



實驗結果顯示, 液蛋黃之 b 值皆較液蛋白為高, 也就是蛋黃之黃色度較高, 此與蛋黃的視覺外觀是黃色是相符合的。

(4) 凝固強度 (g)

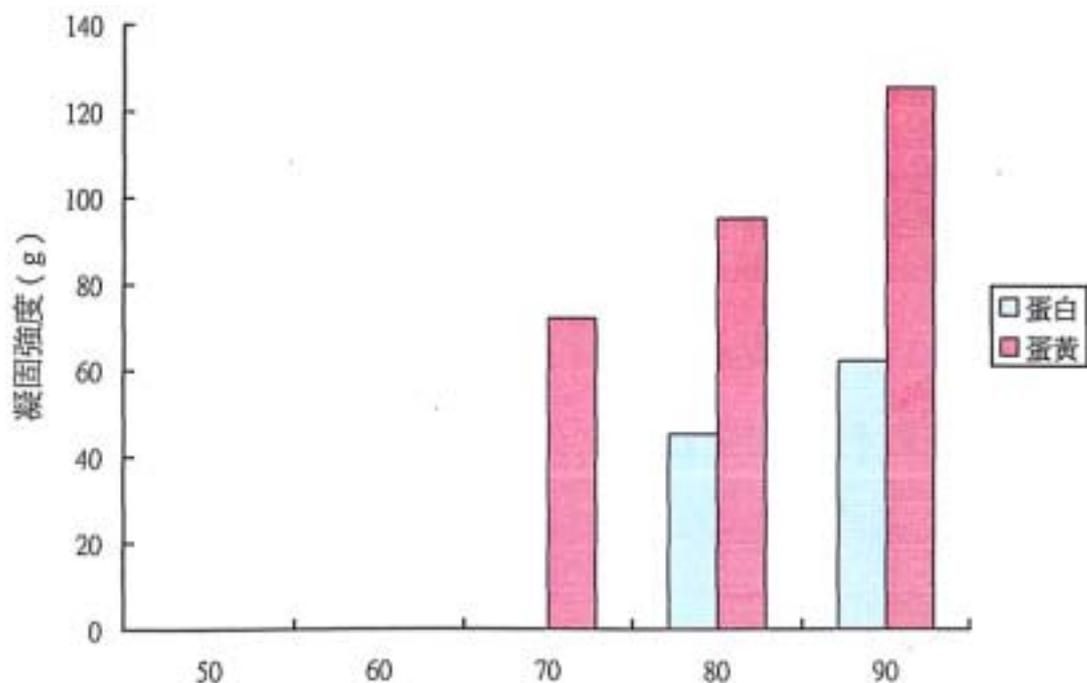


圖 6 液蛋白及液蛋黃於不同溫度加熱後凝固強度之比較

實驗結果顯示，液蛋白經 50、60、70 加熱後並未凝固，經 80 和 90 加熱後才有凝固如圖 2，且以 90 高於 80 處理者；液蛋黃經 50 和 60 加熱後並未凝固，經 70 以上加熱才有凝固，且其凝固強度隨加熱溫度增加而增加，蛋黃之強度又高於蛋白者。此現象顯示蛋白之熱凝固點是在 80 以上，而蛋黃則在 70 左右即會凝固，此外因蛋黃之水分含量較蛋白低，故其凝固強度較高。

(二) 實驗二：液蛋白、液蛋黃調整不同 pH 值

1. 外觀觀察 (圖 7 12) 及表 5

表 5 液蛋白、液蛋黃經調整不同 pH 值加熱前之外觀特徵

	PH=1	pH=2	pH=3	pH=4	pH=5	pH=6	pH=7	pH=8	pH=9	pH=10	pH=11	pH=12	pH=13
液蛋白	幾乎透明流動性佳	淡黃色有氣泡 蛋白有酸性凝膠	蛋白酸性凝膠 數量比 pH2 多	淡黃色有白色 蛋白凝固漂浮有氣泡	上有氣泡，有蛋白漂浮	透明淡黃色 上有許多氣泡 有少許蛋白凝固漂浮	上面有氣泡，有白色凝固蛋白漂浮	上面氣泡小且多	呈透明黃色 沒有氣泡	呈透明淡黃色 有小氣泡	呈淡黃色，少量氣泡 比 pH10 少	淡黃色液體 少許氣泡	蛋白鹼性凝膠 呈透明 有少許氣泡 12.95
液蛋黃	透明淡黃色液體	黃色液體	黃白色	黃白色	黃白色 流動性慢	黃白色 流動性佳	顏色黃白色 流動佳	乳黃色 流動性比 pH7 佳	顏色變黃色液體	金黃色液體	黃色液體	凝膠 流動性差，上有少許氣泡	淡黃黏稠 有許許多多小氣泡

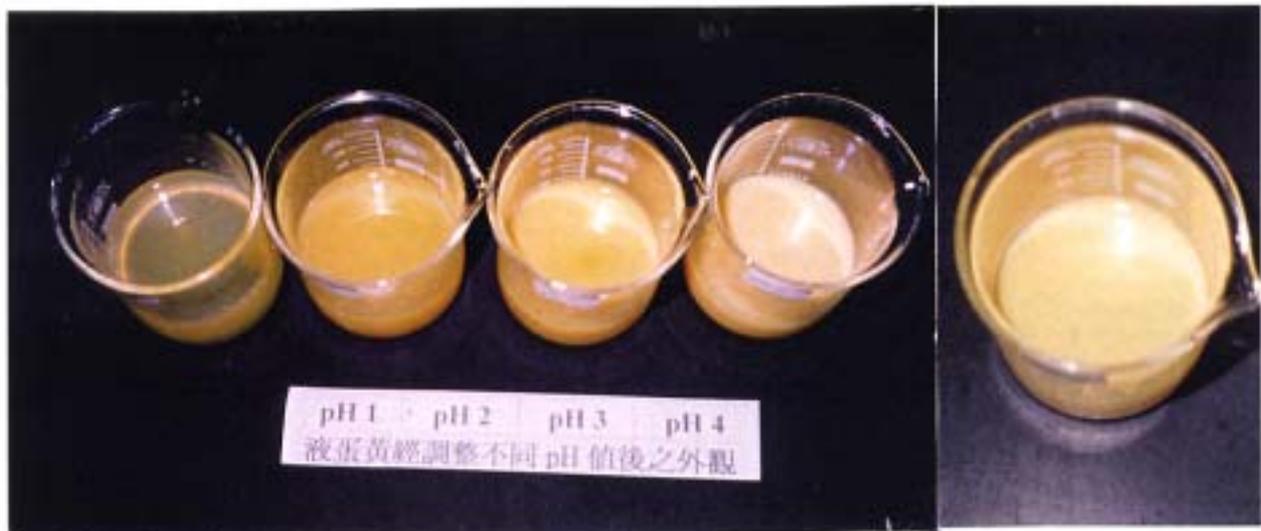


圖 7 液蛋黃在 pH1 呈淡黃色，在 pH4 時顏色比 pH2、pH3 淺 對照組



圖 8 液蛋黃 pH5、pH6、pH7 顏色淡黃色，pH8 呈金黃色顏色比 pH7 深



圖 9 液蛋黃 pH 值越高顏色越深也更黏稠，如 pH12、pH13 因加入氫氧化鈉，pH12 凝固不流動



圖 10 液蛋白加入酸性液時，pH1 的顏色最淺，而 pH2、pH3 上層會出現乳濁狀蛋白，此為蛋白酸性凝膠，pH4 顏色較 pH3 淡



圖 11 pH 值接近中性，其顏色較深，且流動性較好，有白色蛋白漂浮



圖 12 pH 值為鹼性時，顏色接近原蛋白，且上層乳濁狀蛋白不見，pH12、13 時呈半透明凝膠狀，不流動，產生蛋白鹼性凝膠

表 6 液蛋白、液蛋黃經調整不同 pH 值加熱前之色澤測定

項 目	pH=1	pH=2	pH=3	pH=4	pH=5	pH=6	pH=7	pH=8	pH=9	pH=10	pH=11	pH=12	pH=13
L 值	6.14	17.79	21.85	18.72	17.31	6.9	12.1	9.85	8.32	4.45	5.61	5.7	6.58
液蛋白 a 值	0.02	-5.48	-4	-2.39	-3.15	-0.48	-7.65	-8.91	-11.16	-5.69	-4.34	-0.1	-4.84
b 值	-0.31	-5.03	1.71	0.9	-2.97	0.24	1.22	-0.27	2.25	-0.27	-1.36	3.62	0.26
													蛋白 pH=12.95
L 值	16.33	28.24	39.4	54.61	47.44	42.84	54.29	45.19	47.28	21.89	24.17	22.82	22.57
液蛋黃 a 值	-9.63	-12.55	-9.76	-10.58	-10.33	-8	-9.55	-8.39	-10.14	-11.07	-12.45	-11.91	-12.33
b 值	0.29	10.64	19.04	24.55	20.04	23.7	24.71	20.79	22.04	9.47	7.92	9.79	8.05

(二)2. 內部測試結果

(1)

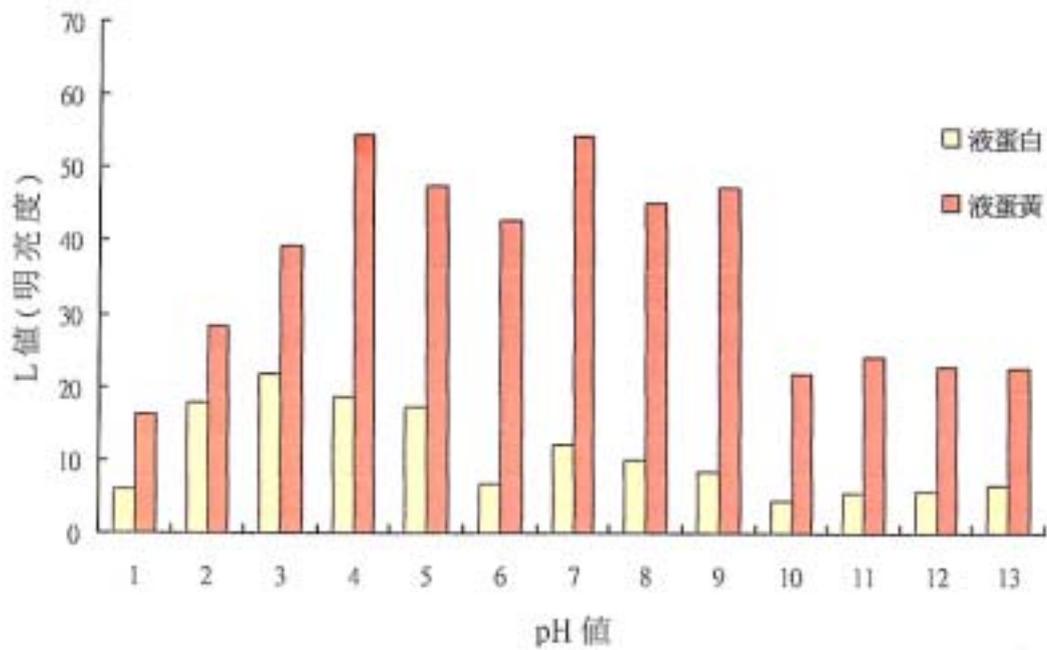


圖 13 液蛋白、液蛋黃經調整不同 pH 值 L 值之比較

實驗結果顯示：液蛋白比液蛋黃 L 值大，表示液蛋黃明亮度較明顯成黃色；液蛋白在酸性中明亮度較不明顯，一些白色凝固蛋白質，但沒有完全凝固。

(2)

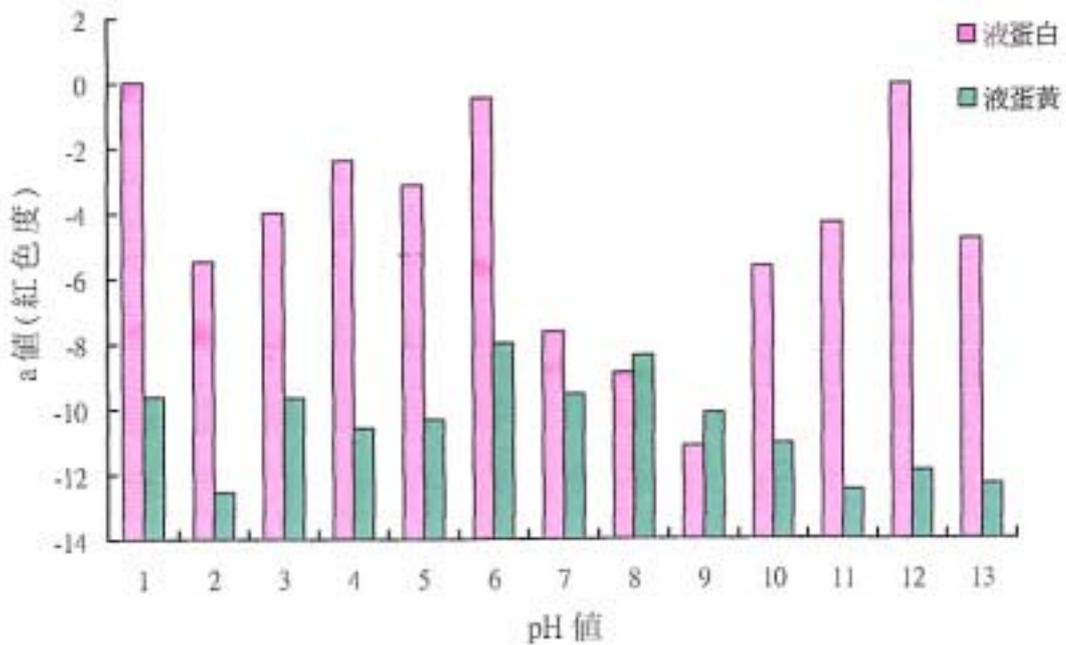


圖 14 液蛋白、液蛋黃經調整不同 pH 值 a 值之比較

實驗結果顯示：液蛋白的 a 值紅色度比液蛋黃大，表示蛋白在酸鹼性是呈黃色，液體中有白色凝固蛋白質。而液蛋白是呈 a 值紅色度較低的黃色。

(3)

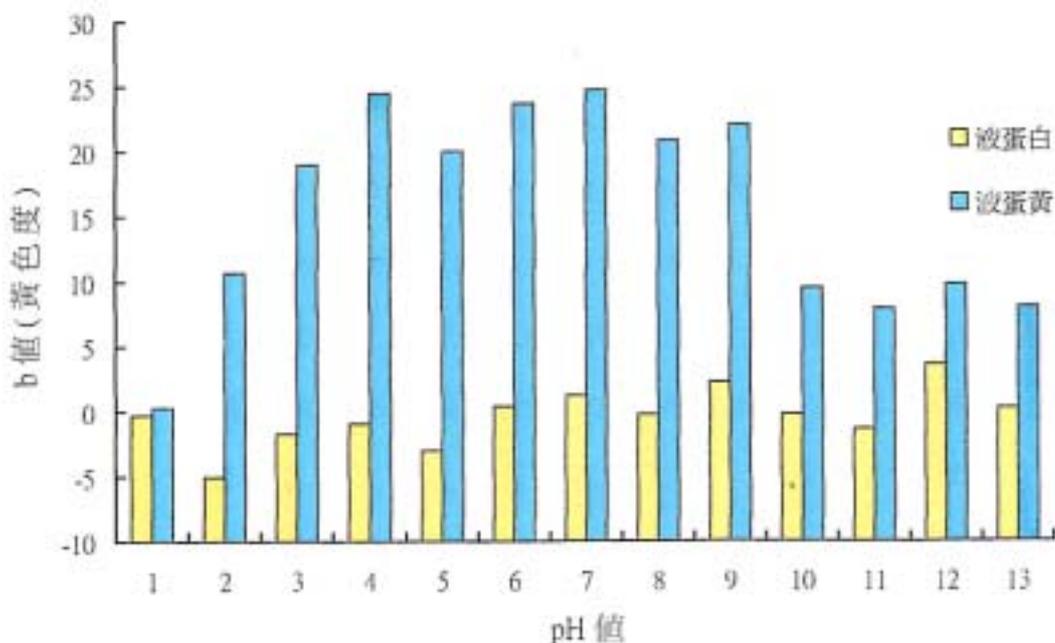


圖 15 液蛋白、液蛋黃經調整不同 pH 值 b 值之比較

實驗結果顯示：液蛋黃的 b 值黃色度比液蛋白大，表示液蛋黃在酸鹼性中整個溶液呈金黃色，不像液蛋白只有少部分有白色凝固溶在液體中。

(三) 實驗三：液蛋白、液蛋黃、液全蛋調整不同 pH 值加熱 80 、 30 分鐘之變化：

1. 液蛋白外觀觀察結果 (圖 16 至圖 28)

液蛋白加熱 80 、 30 分鐘，對照組 pH=0 乳白有光澤、有氣泡；調整 pH2，蛋白呈酸性凝膠糊狀，聚集許多氣泡；pH3 至 pH4，外觀乳白色糊狀，裡頭有許多黃色氣泡聚集；液蛋白顏色在 pH10 以上出現二種顏色 pH11 呈洋菜般凝固；pH12 加熱後，蛋白呈鹼性凝膠，上層半透明凝固膠狀，下層乳黃白色，上下層氣泡減少。pH 為 12.46 加熱半透明之外觀，上層半透明凝膠，金黃色較多，其餘乳白色。

pH 值越高則卵白腥味越重，將 pH 調至 11.92 以上，蛋白呈半透明凝固，可見卵白會受熱影響外，亦受酸鹼等的影響而凝固，卵白由適量鹼而凝固，如製造皮蛋。

2. 液蛋黃外觀觀察結果 (圖 29 至圖 40)

液蛋黃調整不同 pH 值加熱 80 、 30 分鐘，對照組 pH0，上層金黃色，側面淡黃色；pH2 至 pH6，上層側面均黃色凝膠，有聚集小氣泡；pH7 時顏色接近對照組，中央沒有完全凝固，側面有許多聚集小氣泡；pH8、pH9 時上層顏色深黃色氣泡變少；pH10 以上，液蛋黃顏色出現二層不同顏色；pH10 時上層深黃色有少許氣泡，下層墨綠色；pH11 時，上層灰綠色有一點氣泡，下層深黑綠色；pH11.94 時，上層墨綠色，下層深墨綠色，液蛋黃起泡性較少，比液蛋白少很多氣泡。

3. 液全蛋外觀觀察結果 (圖 41 至圖 52)

液全蛋 (攪拌雞蛋) 加熱 80 、 30 分鐘，對照組 pH0，上層中央呈深黃色，周圍淡黃色，側面淡黃及白色，有許多小氣泡；pH2 液全蛋呈黃色凝膠有氣泡；pH3 呈淡黃色凝膠底部有小氣泡；pH4 顏色變

黃色底部有聚集多氣泡；pH5 至 pH6 顏色黃色側面有許多聚集小氣泡；pH7 顏色深黃色，中央沒有完全凝固，側面有少許氣泡；pH8 顏色深黃色仍比對照組淺，側面有聚集小氣泡；pH9 以上液全蛋顏色變成二層氣泡減少；pH9 至 pH10 液全蛋顏色改變成二層，上層是黃褐色，下層墨綠色；pH11 上層淺灰綠色，下層深墨綠色；pH11.7 上層淺墨綠色，下層深墨綠色，像皮蛋。



圖 16 對照組之液蛋白經加熱 80 、 30 分鐘後之外觀
乳白色有光澤，有許多氣泡

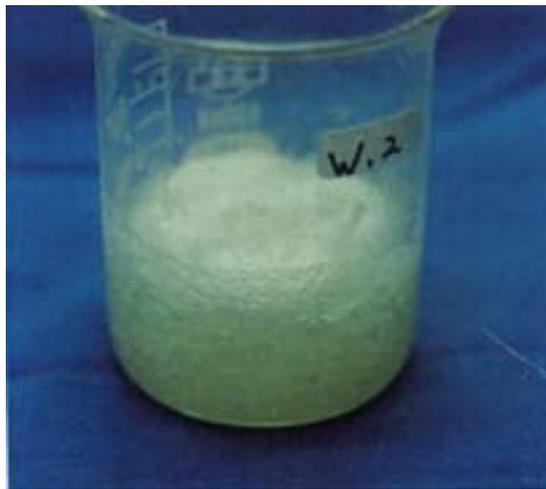


圖 17 液蛋白調整 pH 值為 2，經加熱 80 、 30 分鐘後之外觀
蛋白呈糊狀，有透光性，透明的凝固蛋白有許多聚集氣泡。



圖 18 液蛋白調整 pH 值為 3，經加熱 80 、 30 分鐘後之外觀
蛋白呈乳白色，杯壁有大氣泡。



圖 19 液蛋白調整 pH 值為 4，經加熱 80 、30 分鐘後之外觀
蛋白呈乳白色糊狀，有很多氣泡。

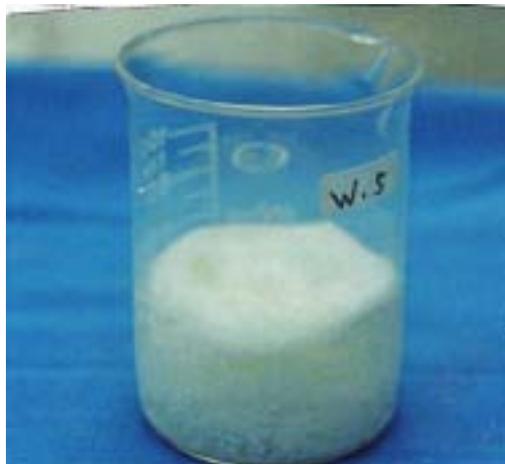


圖 20 液蛋白調整 pH 值為 5，經加熱 80 、30 分鐘後之外觀
上層蛋白呈乳白色，空隙最多，氣泡也多；下層沒完全凝固，氣泡
最多，空隙最多。



圖 21 液蛋白調整 pH 值為 6，經加熱 80 、30 分鐘後之外觀
蛋白呈乳白色，留有空隙很少，氣泡也較小



圖 22 液蛋白調整 pH 值為 7，經加熱 80 、 30 分鐘後之外觀
蛋白呈乳白色，表面光滑，氣泡少許。

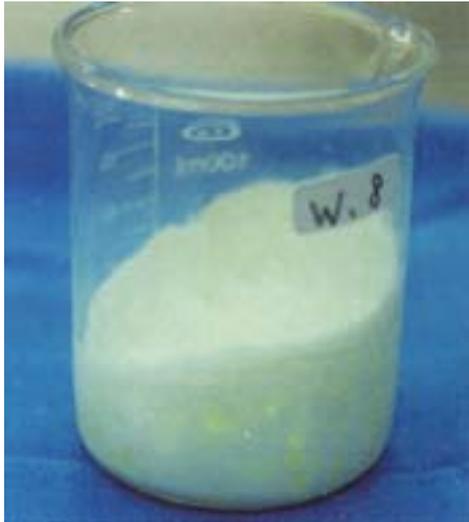


圖 23 液蛋白調整 pH 值為 8，經加熱 80 、 30 分鐘後之外觀
蛋白呈乳白色，上層氣泡小且多呈淡黃色，下層氣泡較大



圖 24 液蛋白調整 pH 值為 9，經加熱 80 、 30 分鐘後之外觀
上層光滑呈乳白色，與對照組相似，有光澤



圖 25 液蛋白調整 pH 值為 10，經加熱 80 、 30 分鐘後之外觀

上層液乳黃色，完全凝固，部分不透明但有透光性成膠態，下層呈白色



圖 26 液蛋白調整 pH 值為 11，經加熱 80 、 30 分鐘後之外觀

上層淡乳黃色半透明狀膠體，下層呈黃色，洋菜般凝固



圖 27 液蛋白調整 pH 值為 12，經加熱 80 、 30 分鐘後之外觀

上層淡黃色半透明，側面呈身黃色，表面杯壁有氣泡

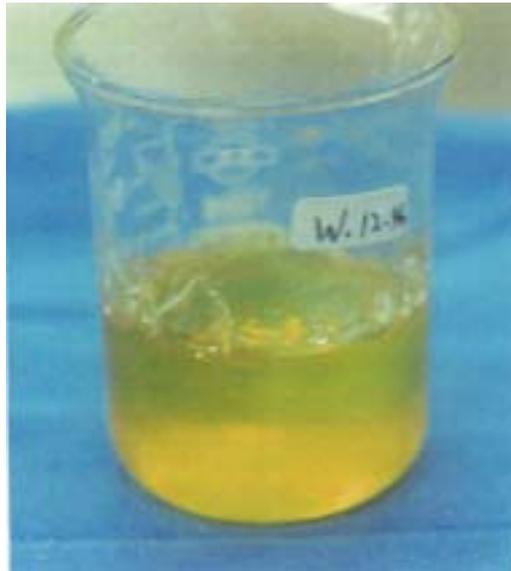


圖 28 液蛋白調整 pH 值為 12.46，經加熱 80 ℃、30 分鐘後之外觀
蛋白半透明、金黃色，上層有氣泡

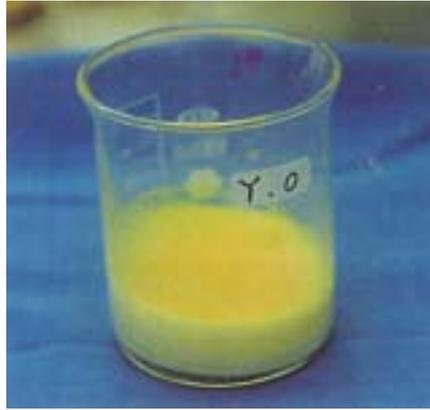


圖 29 對照組之液蛋黃(未調整 pH 值)經加熱 80 、 30 分鐘後之外觀
上層金黃色，側面蛋黃色



圖 30 液蛋黃調整 pH 值為 2，經加熱 80 、 30 分鐘後之外觀
上層、側面均呈黃色氣泡



圖 31 液蛋黃調整 pH 值為 3，經加熱 80 、 30 分鐘後之外觀
上層、側面均呈淡黃色，有氣泡

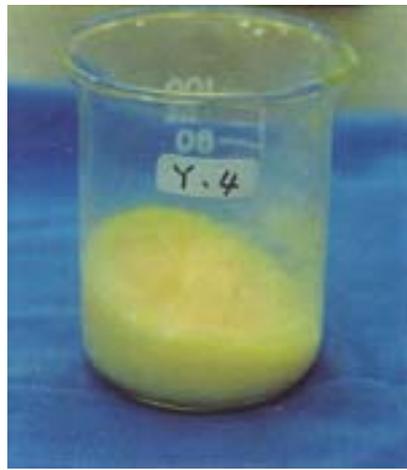


圖 32 液蛋黃調整 pH 值為 4，經加熱 80、30 分鐘後之外觀
顏色黃色，但較對照組淺，有許多小氣泡



圖 33 液蛋黃調整 pH 值為 5，經加熱 80、30 分鐘後之外觀
呈黃色，有許多小氣泡



圖 34 液蛋黃調整 pH 值為 6，經加熱 80、30 分鐘後之外觀
顏色更深黃色，氣泡集中在旁邊



圖 35 液蛋黃調整 pH 值為 7，經加熱 80 、 30 分鐘後之外觀
顏色接近對照組，中央沒完全凝固，氣泡集中旁邊



圖 36 液蛋黃調整 pH 值為 8，經加熱 80 、 30 分鐘後之外觀
顏色深黃色，氣泡變少



圖 37 液蛋黃調整 pH 值為 9，經加熱 80 、 30 分鐘後之外觀
上層黃色，下層黃白色



圖 38 液蛋黃調整 pH 值為 10，經加熱 80 、 30 分鐘後之外觀
上層黃色，下層青綠色



圖 39 液蛋黃調整 pH 值為 11，經加熱 80 、 30 分鐘後之外觀
上層青黃色，下層深青綠色



圖 40 液蛋黃調整 pH 值為 11.94，經加熱 80 、 30 分鐘後之外觀
上層灰綠色，下層青綠色

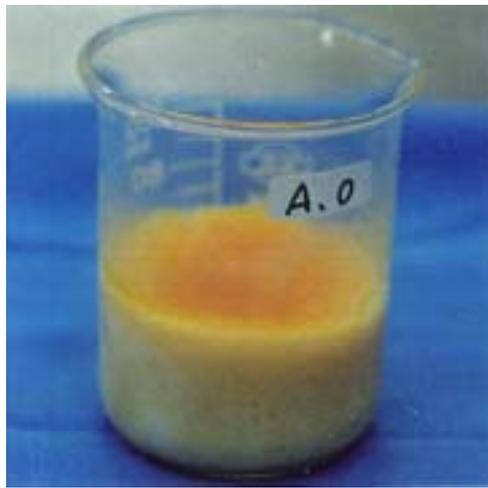


圖 41 液全蛋對照組未調整 pH 值，經加熱 80 、 30 分鐘後之外觀
上層中央呈深黃色，周圍淡黃色，側面淡黃和白色，有許多小氣泡



圖 42 液全蛋調整 pH 值為 2，經加熱 80 、 30 分鐘後之外觀
呈黃色凝固，側面有氣泡。



圖 43 液全蛋調整 pH 值為 3，經加熱 80 、 30 分鐘後之外觀
淡黃色凝固，從底部看有小氣泡。

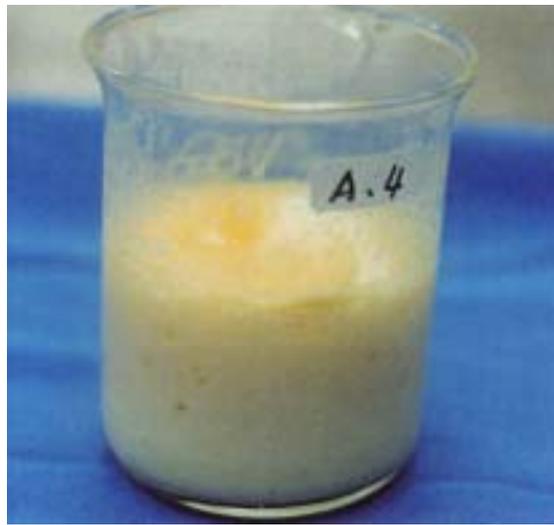


圖 44 液全蛋調整 pH 值為 4，經加熱 80 、 30 分鐘後之外觀
顏色變黃色但較對照組淺，底下有更多氣泡



圖 45 液全蛋調整 pH 值為 5，經加熱 80 、 30 分鐘後之外觀
呈黃色，側面有許多聚集小氣泡

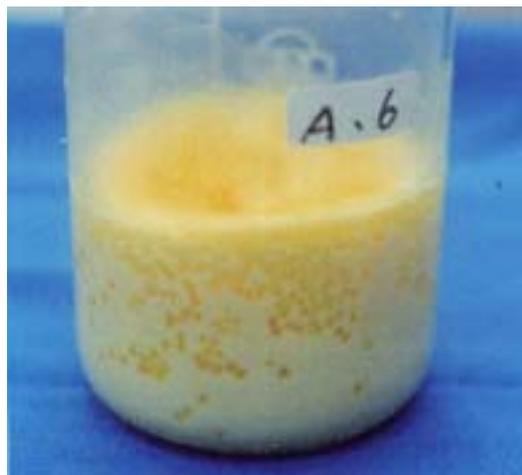


圖 46 液全蛋調整 pH 值為 6，經加熱 80 、 30 分鐘後之外觀
顏色深黃色仍比對照組淺，側面有許多聚集小氣泡



圖 47 液全蛋調整 pH 值為 7，經加熱 80 、 30 分鐘後之外觀
顏色接近對照組呈深黃色，但中央沒完全凝固，側面有少許氣泡

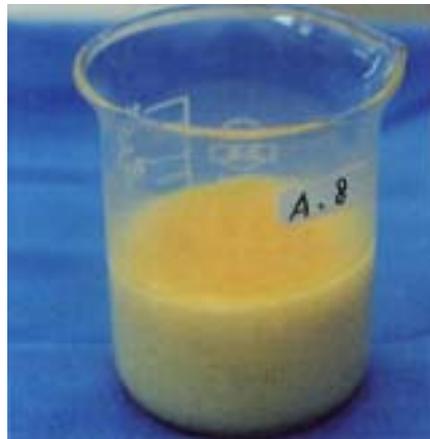


圖 48 液全蛋調整 pH 值為 8，經加熱 80 、 30 分鐘後之外觀
顏色深黃色仍比對照組淺，側面有聚集小氣泡



圖 49 液全蛋調整 pH 值為 9，經加熱 80 、 30 分鐘後之外觀
上層顏色黃褐色，下層墨綠色



圖 50 液全蛋調整 pH 值為 10，經加熱 80 、 30 分鐘後之外觀
上層黃褐色，下層灰綠色



圖 51 液全蛋調整 pH 值為 11，經加熱 80 、 30 分鐘後之外觀
上層淺灰綠色，下層深墨綠色

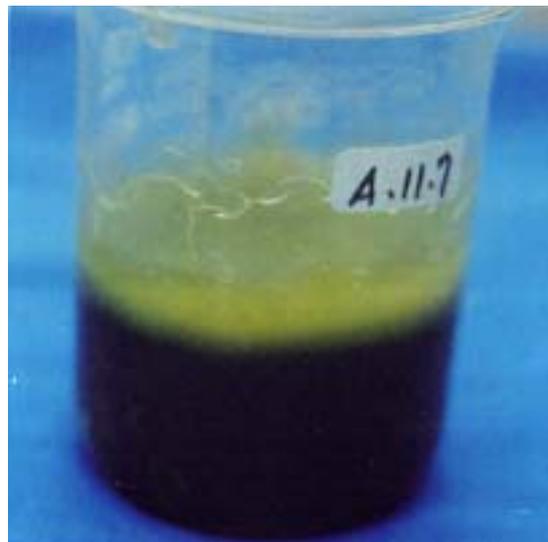


圖 52 液全蛋調整 pH 值為 11.7，經加熱 80 、 30 分鐘後之外觀
上層淺墨綠色，下層深墨綠色，氨味濃



圖 53 液蛋黃調整不同 pH 值，加熱 80 °C、30 分鐘後之外觀

由左至右其 pH 值分別為：

對照組、pH2、3、4、5、6、7、8、9、10、11、11.94

對照組：上層是金黃色，側面淡黃色。

實驗組：pH2 至 pH9 上層呈黃色，有光澤、腥味。至 pH10 至 pH11.94 時變成上層黃灰色有光澤，下層深灰綠色。



圖 54 液蛋白調整不同 pH 值為，加熱 80 °C、30 分鐘後之外觀

由左至右其 pH 值分別為：

對照組、pH2、3、4、5、6、7、8、9、10、11、12、12.46

對照組：乳白色光澤，有少許氣泡。

實驗組：pH2 至 pH9 蛋白由乳白色，pH10 至 pH12.46 呈黃色，有氣泡。



圖 55 液全蛋調整不同 pH 值為，加熱 80 ℃、30 分鐘後之外觀

由左至右其 pH 值分別為：

對照組、pH2、3、4、5、6、7、8、9、10、11、11.70

對照組：上層中央深黃色，周圍較淡黃色，側面黃白色有氣泡。

實驗組：pH2 至 pH5 呈淺黃色膠狀有氣泡，pH6 至 pH8 時上層漸變深黃色，下層乳黃色；pH9 至 pH11.7 時上層由灰綠色變成墨綠色，下層深黑綠色。

實驗 (三) 2. 內部測試結果

表 7 液蛋白、液蛋黃及液全蛋調整不同 pH 值經加熱 80°C 30 分鐘後 L 值之比較

pH 值	液蛋白 L 值	液蛋黃 L 值	液全蛋 L 值
對照組	60.44	59.72	54.16
2	34.32	26.26	29.49
3	65.94	49.37	55.1
4	75.48	54.12	53.58
5	65.2	55.38	60.11
6	56.38	54.93	54.33
7	69.77	58.69	64.81
8	65.12	55.83	62.33
9	64.72	56.78	59.03
10	42.42	23.69	26.66
11	21.21	17.81	19.3

表 8 液蛋白、液蛋黃及液全蛋調整不同 pH 值經加熱 80°C 30 分鐘後 a 值之比較

pH 值	液蛋白 a 值	液蛋黃 a 值	液全蛋 a 值
對照組	-6.58	-5.32	-5.26
2	-4.87	-8.56	-7.1
3	-8.02	-5.61	-7.23
4	-8	-6.39	-5.41
5	-8.3	-6.24	-7.4
6	-7.54	-5.25	-6.5
7	-6.7	-6.42	-8.08
8	-6.74	-7.84	-7.05
9	-9.21	-11.08	-10.81
10	-9.35	-11.3	-9.9
11	-9.66	-11.9	-10.2

表 9 液蛋白、液蛋黃及液全蛋調整不同 pH 值經加熱 80°C 30 分鐘後 b 值之比較

pH 值	液蛋白 b 值	液蛋黃 b 值	液全蛋 b 值
對照組	7.13	21.3	20.33
2	3.04	6.13	4.93
3	8.02	19.39	7.61
4	7.8	19.98	17.76
5	4.43	21.85	15.15
6	5.64	20.58	19.13
7	8.07	19.95	19.01
8	8.46	20.32	18.94
9	6.72	20.39	12.79
10	2.68	-3.74	-2.69
11	3.87	-3.86	-2.98

表 10 液蛋白、液蛋黃及液全蛋調整不同 pH 值經加熱 80°C 30 分鐘後凝固強度之比較

pH 值	液蛋白凝固強度	液蛋黃凝固強度	液全蛋凝固強度
對照組	42.12	89	81
2	59	126	89
3	56	100	84
4	48	94	82
5	41	97.5	87.3
6	53.3	102.6	90.6
7	39.9	88.8	78.3
8	57	82.3	64
9	61.3	80.1	64
10	74	124.3	83
11	83.6	126	81.6

(三) 實驗三：內部測試

1. 將液蛋白、液蛋黃及液全蛋調整不同 pH 值，加熱 80 、 30 分鐘後，冷卻測其色澤 (L)，茲說明 L 值 (明亮度) 如下圖 56：

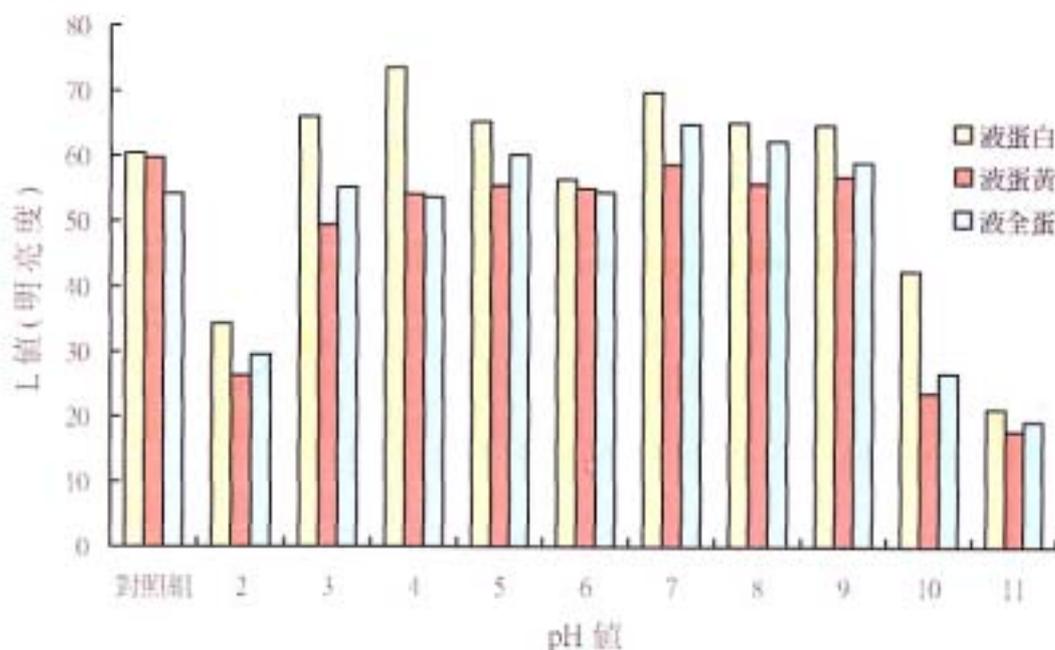


圖 56 液蛋白、液蛋黃及液全蛋調整不同 pH 值經加熱 (80 、 30 分鐘) 後 L 值之比較

由圖 56 測定結果：

對照外觀圖 53、54、55，液蛋白之 L 值皆較液蛋黃和液全蛋為高，此可能與液蛋白之視覺上為白色有關；此外液蛋白、液蛋黃和液全蛋經調整 pH 值為 2、10 和 11 時的 L 值皆有下降現象，此可能受到酸或鹼之影響所致。

L 值正值為白色，負值為黑色，測量液蛋白、液蛋黃、液全蛋均為正值，液蛋白 L 值最高，在 pH 為 3、4、5、6、7、8、9 時 L 值均高於其他，代表液蛋白均呈乳白色，在 pH11 時下降，出現一部份黃色。

2. 將液蛋白、液蛋黃及液全蛋調整不同 pH 值，加熱 80 、 30 分鐘後，測其 a 值（紅色度）之比較，茲說明如下圖 57：

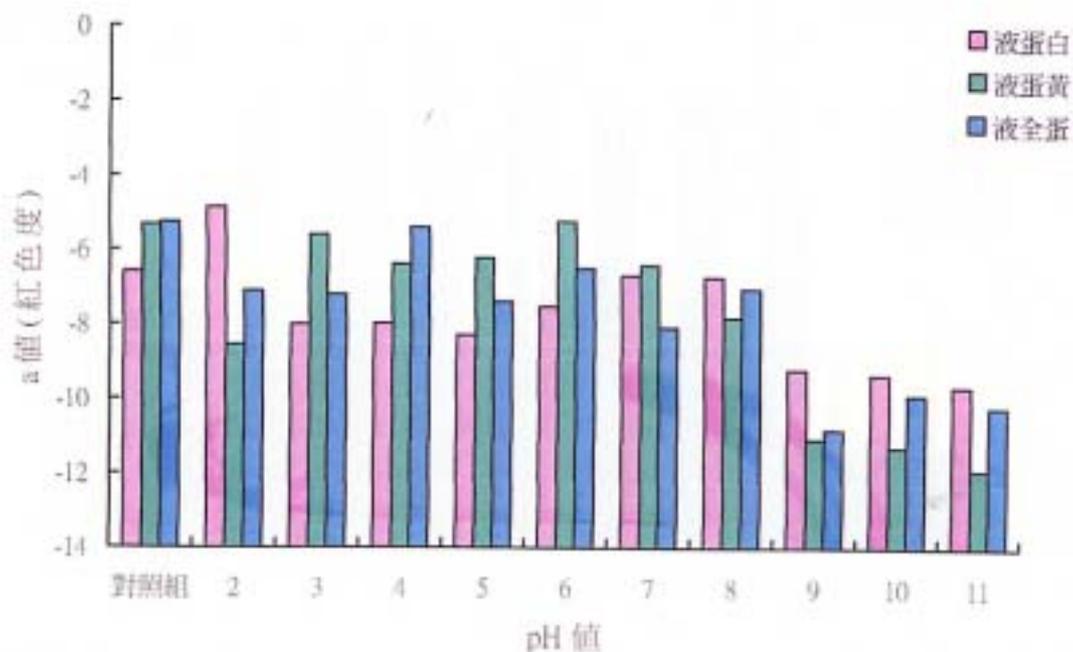


圖 57 液蛋白、液蛋黃及液全蛋調整不同 pH 值經加熱（80 、 30 分鐘）後 a 值之比較

由圖 57 測試結果：

a 值正值為紅色度，負值為綠色度，pH 值調整為 9、10 和 11 時的 a 值皆明顯下降，且皆為負值，並以液蛋黃為最低，其外觀也皆呈現灰或灰綠色澤，此因鹼作用使在這些 pH 值之下會使蛋白中之硫化氫與蛋黃中的鐵作用產生硫化亞鐵所致。pH11 時，液蛋白 a 值是負 8 以下和標準對照表得知灰色，液蛋黃在負 12 接近灰綠色，呈皮蛋顏色。

3. 將液蛋白、液蛋黃及液全蛋調整不同 pH 值，加熱 80 、 30 分鐘後，測其 b 值（黃色度）之比較，茲說明如下圖 58：

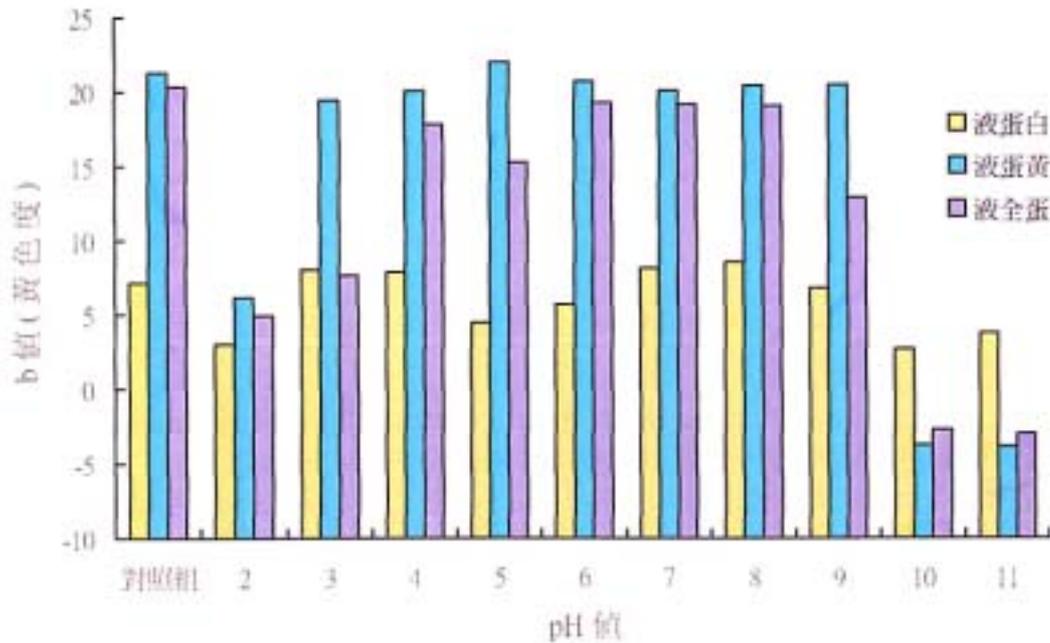


圖 58 液蛋白、液蛋黃及液全蛋調整不同 pH 值經加熱（80 、 30 分鐘）後 b 值之比較

由圖 58 測試結果：

b 值正值為黃色度，負值為青色度，測定結果顯示，對照組和調整 pH 值為 2、3、4、5、6、7、8、9 時，皆以液蛋黃之 b 值為高呈黃色，此與視覺之外觀呈現黃色一致，但是 pH10、11 時液蛋黃和液蛋白則為負值，液蛋白呈青黃色，液蛋黃呈青綠色，此可能為受鹼作用產生硫化亞鐵所致。

4. 將液蛋白、液蛋黃及液全蛋調整不同 pH 值，加熱 80 、 30 分鐘後，冷卻測其凝固強度之比較，茲說明如下圖 59：

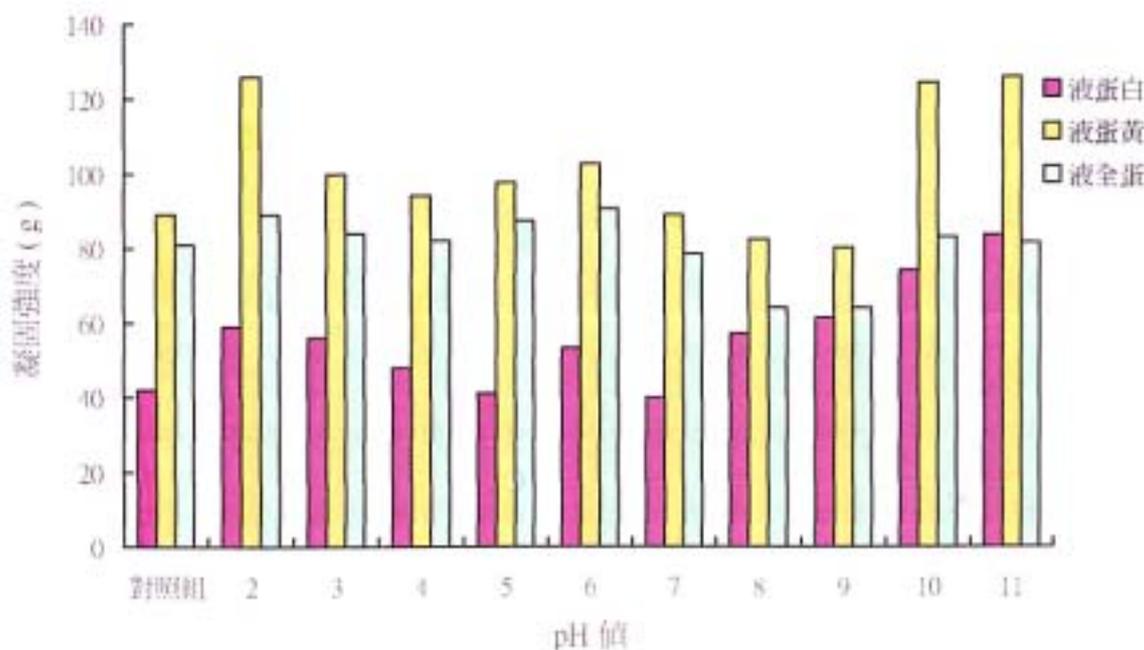


圖 59 液蛋白、液蛋黃及液全蛋調整不同 pH 值經加熱 (80 、 30 分鐘) 後凝固強度之比較

由圖 59 測試結果：

測試結果顯示，液蛋黃凝固強度最高，液蛋白為最低，此可能與蛋黃、蛋白水分含量分別為 51%、88% 有關；液蛋白就水分含量高較柔軟，故其凝固強度較低液蛋黃的水分含量較少，煮 70 、 30 分鐘即完全凝固。而在 pH2、10 和 11 時的凝固強度也較其他的 pH 值範圍為高，此可能受酸、鹼之作用增加其凝固強度所致。

實驗四：酸蛋、皮蛋、水煮蛋及溫泉蛋的製作及應用（圖 60 65）

1. 酸蛋：帶殼全蛋浸漬於 pH1 及 pH2 中。（如表 12）

剛開始加入 pH1 或 pH2 溶液時，蛋殼就和溶液起化學變化。蛋殼表面上先產生一些小氣泡，然後繼續與酸液反應，氣泡往上漂浮。等到氣泡越來越多，蛋殼就開始腐蝕，時間約一小時，殼渣隨著反應往上漂浮，液面的白色殘留物聚集且容易較混濁，剛開始的腐蝕速率很快，等到蛋殼面積剩下約 1/3，腐蝕速率漸慢，因部分碳酸鈣與酸液中和，使酸液濃度變小，反應便不那麼強烈了，而蛋殼完全被腐蝕所需的時間約三天，殼渣碳酸鈣接著向下沉澱。無殼的全蛋只剩下一張透明蛋膜包住蛋白、蛋黃。但酸液會往膜的空隙中滲入，與蛋白、蛋黃反應。取出全蛋剖開後，會發現蛋白、蛋黃酸性凝膠化，因已不像其他剖開的生蛋，所以可品嚐，根據我們品味的結果，蛋白、蛋黃都很酸，像檸檬的酸度；但蛋白又比蛋黃更酸，推測的原因，可能是蛋白被滲入的酸液較多，而蛋黃在最內層，所以蛋白與酸液的反應較多。

凝膠：未加熱前調 pH 值已成膠化稱之。

凝固：加熱後固化稱之。

2. 皮蛋：帶殼全蛋浸漬於 pH13 中

全蛋浸漬於 pH12 或 pH13 溶液中，在浸漬了約 14 天後，剖開蛋，發現蛋白呈黃綠色，蛋黃呈墨綠色，此乃蛋白（硫化氫）與蛋黃的鐵離子結合成硫化亞鐵呈墨綠色。關於皮蛋的製造，可分為塗敷法、浸漬法與混合法，在此用的方法為浸漬法，漬泡在氫氧化鈉所調的強鹼 pH 液中。

表1. 浸漬酸蛋之比較

變化項目	時間	浸漬1天	浸漬2天	浸漬3天	浸漬1週	浸漬2週	放在空氣中1天	放在空氣中2天	放在空氣中3天
蛋殼外觀		蛋殼慢慢腐蝕，露出一部份被蛋殼膜包住的蛋黃，殼渣與氣泡往上聚集，下層澄清 $\text{CO}_3^{2-} + 2\text{H}^+$ $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$	蛋殼腐蝕更多，氣泡逐漸消失且部分沉澱，溶液混濁	蛋殼幾乎完全腐蝕，只剩下不被反應的蛋殼膜	蛋殼完全腐蝕，殼渣沉澱底部	溶液呈現白色混濁之碳酸鈣	蛋內水分蒸發，而蛋白、蛋黃好像凝固了	蛋內水分蒸發，蛋膜皺狀，而蛋白已凝固，蛋黃似乎已凝固	蛋內水分蒸發更多，蛋縮小吸收空氣 CO_2 中之碳，蛋硬化，蛋膜有白色碳酸鈣包住成雛形
氣泡		++++	+++	++	+	-	-	-	-
顏色		蛋白透明略見蛋黃	蛋白仍透明蛋黃呈黃色	蛋白略白，蛋黃為深黃色	水分滲入，蛋白成白色，露出一點蛋黃。	水分滲入更多，蛋光滑飽滿。	蛋白白色，蛋黃深黃色	蛋白白色，蛋黃淡黃色，但不像一般熟蛋那樣鮮豔	蛋白白色，蛋黃黃色
重量		60.6g	58.5g	57.2g	65.8g	70.3g	63.8g	50.1g	46.3g
增加或減少之重		-2.9g	-5g	-6.3g	+2.3g	+6.8g	+0.3g	-13.4g	-17.2g

實驗前蛋重=63.5g

(五) 酸蛋實驗



圖 60 雞蛋浸漬在 $\text{pH}=1.3$ ，蛋殼就有看到氣泡冒出，蛋殼慢慢地被腐蝕，氣泡不斷往上聚集，下層清澈



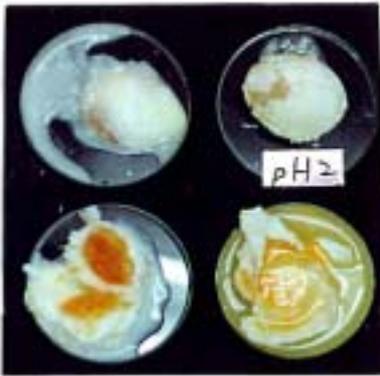
圖 61 露出一部份被蛋殼膜包住蛋黃，溶液漸漸混濁



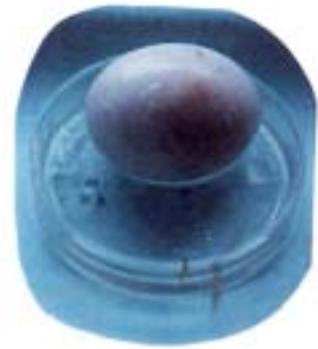
圖 62 蛋殼被腐蝕更多，氣泡逐漸消失，溶液有白色碳酸鈣混濁



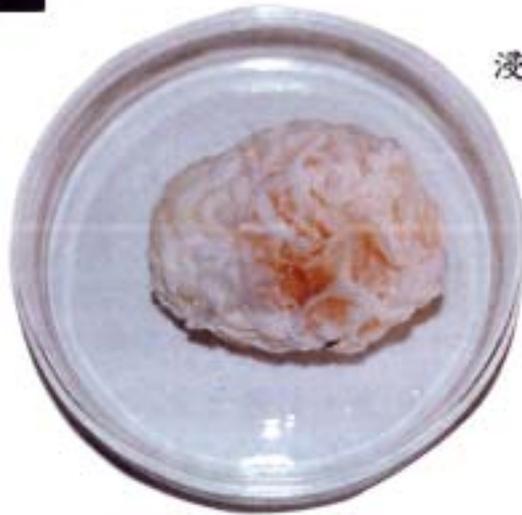
圖 63 A：是剛從檸檬酸溶液(浸 2 天)中拿出來的酸蛋，B：已放在空氣中 4 天，蛋內水分已流失，蛋膜吸收空氣中的碳變硬



酸蛋



浸泡 pH1.3 中 14 天的酸蛋



酸蛋放在空氣中 4 天，
蛋膜吸收空氣中二氧化碳的碳變硬



雞蛋皮蛋



對照組 pH=0

圖 64 帶殼雞蛋浸漬於 pH1.3、pH2、pH3 中，14 天後之變化

實驗四：水煮蛋、溫泉蛋之外觀觀察



圖 65 1.液蛋白煮 95 °C、5 分鐘未凝固，有流動性。煮 10 分鐘蛋白完全凝固。
2.液蛋黃煮 95 °C、5 分鐘未完全凝固。煮 10 分鐘後已凝固，顏色金黃色。
3.煮 10 分鐘至 50 分鐘，蛋黃表面處有一層灰色的色澤，隨著加熱時間的增加，蛋黃顏色加深由淺灰色變灰綠色

水煮蛋



圖 66 溫泉蛋與水煮蛋不同的地方就是在加熱溫度的差異，水煮蛋的加熱溫度
高，故蛋已完全凝固；但溫泉蛋是經加熱 70 °C、30 分鐘，所以蛋黃已
凝固，而蛋白凝固點高，尚未完全凝固，仍有流動性，而溫泉蛋可食用，
是因裡頭的細菌已殺菌完全，吃來別有一番味道

表 11 溫泉蛋與水煮蛋之外觀觀察

項目	溫泉蛋 (70 °C、30 分鐘)	水煮蛋 (95 °C、5 分鐘)	水煮蛋 (95 °C、10 分鐘)	水煮蛋 (95 °C、15 分鐘)	水煮蛋 (95 °C、20 分鐘)	水煮蛋 (95 °C、30 分鐘)	水煮蛋 (95 °C、40 分鐘)	水煮蛋 (95 °C、50 分鐘)
液蛋白	顏色呈乳白色，液蛋白半凝固部分有流動性	蛋白凝固未完全，但較前一明顯	蛋白已凝固	已凝固	已凝固	已凝固	已凝固	已凝固
液蛋黃	顏色呈深黃色，已凝固	流動性變差，未完全凝固	顏色金黃色，已凝固	金黃色凝固，但蛋黃和蛋白接合處有墨綠色的層	金黃色凝固，墨綠色層變深	黃色凝固，有墨綠色層	顏色變淺，墨綠色層變深，蛋黃凝固層，蛋黃凝固	顏色呈淺黃色，有墨綠色層，蛋黃凝固

(六) 實驗六：液蛋白、液蛋黃調整 pH 值經加熱 80 30 分鐘放在冷藏庫 37 天
後之變化

外部觀察



圖 67 蛋白在強酸 pH2 或強鹼 pH11、pH12、pH12.94 放置冷藏庫內 37 天仍未發霉，顯示蛋白在強酸、強鹼有抑制黴菌及微生物生長作用



圖 68 蛋黃調整 pH7~ 12 經加熱 80 30 分鐘放在冷藏庫 37 天候皆發霉

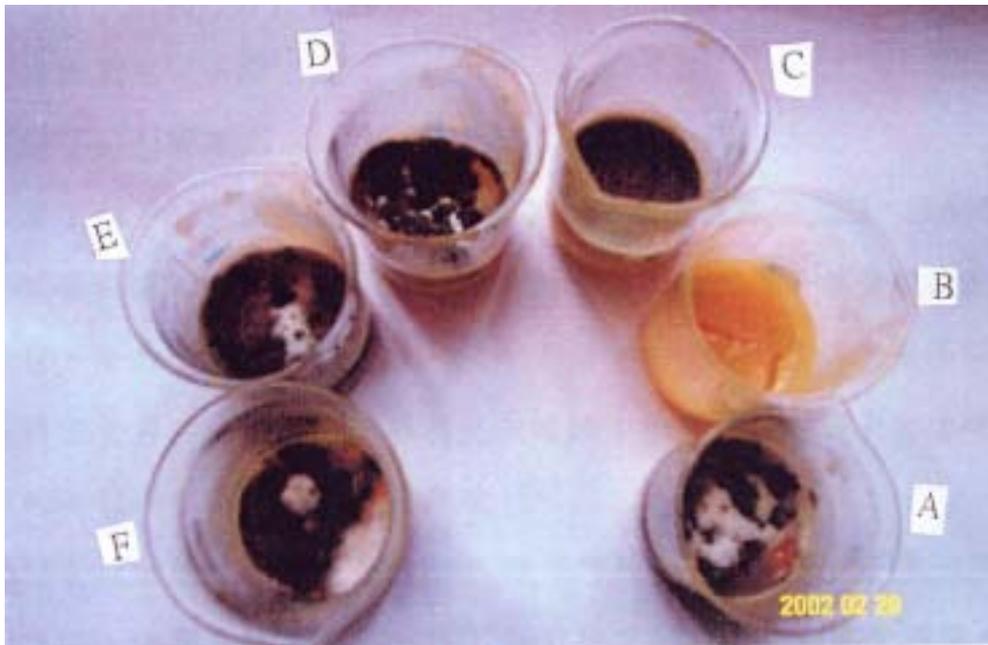


圖 69 液蛋黃調整 pH 值 (A : 對照組 ; B : pH2 ; C : pH3 ; D : pH4 ; E : pH5 ; F : pH6)
 經加熱 80 30 分鐘後冷藏 37 天之外觀
 pH 值 2 者未發霉



圖 70 液蛋黃調整 pH 值 (H : pH7 ; I : pH8 ; J : pH9 ; K : pH10 ; L : pH11 ; M : pH12)
 經加熱 80 30 分鐘後冷藏 37 天之外觀
 全皆發霉

(六) 結論與應用

一、溫度對蛋的影響及應用

1. 蛋白內有 12% 13% 是蛋白質，蛋白質為一鏈狀氨基酸合成體，這些氨基酸鏈狀體決定蛋白質的化學及生物特性。加熱會使蛋白質獲得熱量致使氨基酸螺旋鍵斷裂，蛋白質因而舒展開來，至是蛋白質的變性。當溫度更高時，蛋白質因獲得能量與其他蛋白分子形成更強的鍵，而煮蛋時即因高溫迫使蛋白質分子內的液體釋出，易使蛋白質變硬。
2. 未經稀釋蛋白加熱至約 60 ，漸進入凝固階段，70 則失去流動性而漸成柔軟的果凍狀，溫度在提高 80 、 90 加熱後才凝固、蛋白完全凝固。
3. 卵黃於 65 時成黏稠而開始膠化，70 流動性消失，蛋黃則在 70 以上即會完全凝固，蛋黃水分含量較蛋白低，故其凝固強度較蛋白高。
4. 溫泉蛋即蛋加熱 70 、 30 分鐘後，使蛋黃凝固，蛋白半熟未完全凝固。溫泉蛋與水煮蛋是在控制溫度的不同使蛋品味有差異。
5. 水煮蛋是煮 95 、 5 分鐘蛋白、蛋黃均未凝固，煮 95 、 10 分鐘以上蛋白、蛋黃均凝固，煮越久蛋白與蛋黃介面呈暗色出現越多（含硫化氫）。
6. 高溫會使蛋白變得韌性，同時引起蛋白和蛋黃的化學變化，由蛋白中的硫化氫和蛋黃中的鐵作用產生灰綠色的硫化亞鐵，無毒。
7. 液蛋白加熱 50 、 60 、 70 、 80 和 90 各 30 分鐘後，放在冷藏庫 19 天後皆未發霉。但液蛋黃外觀卻全部發霉。原因是液蛋白因本身存在的蛋白、伴蛋白、抗生物素有阻止霉菌之生存與增殖。
8. 起泡性影響：

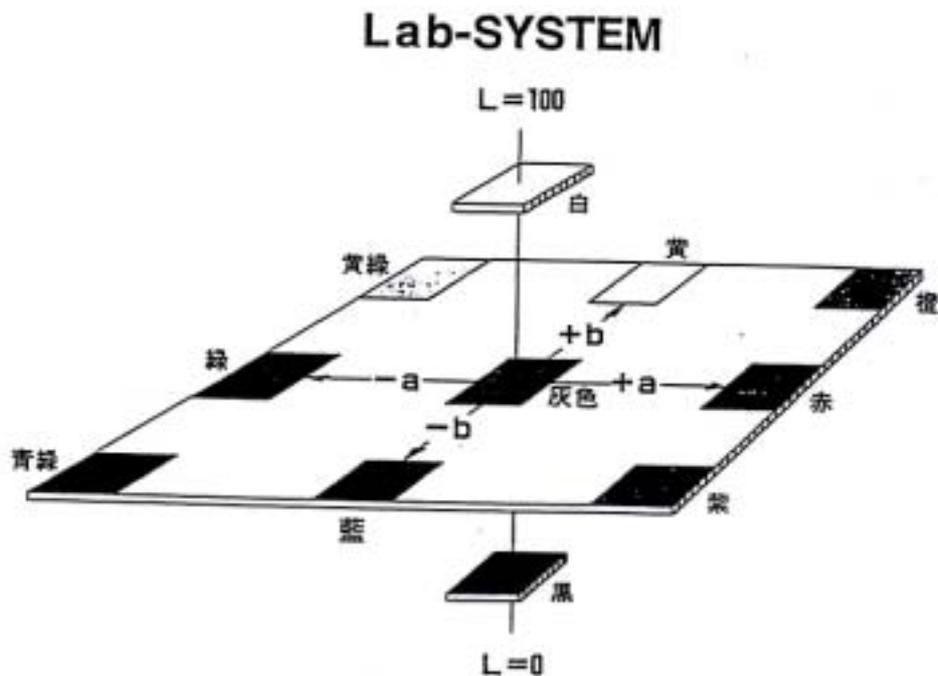
蛋白加熱至 57 以上會使起泡性降低。蛋黃含多量脂肪起泡性比蛋白小。蛋白在 pH 4.6 至 4.9（蛋黃等電點附近）之範圍，起泡力最大。蛋白之室溫比低溫易起泡，泡沫之體積亦較大，加熱至 65 以上 15 分鐘，泡沫安定性降低。

二. 酸性、鹼性對蛋的影響及應用

1、pH 調在 2.2 以下，蛋白會引起凝膠化，稱為蛋白之酸性凝膠化，蛋白成膠態透明，有許多聚集氣泡，而 pH 在 2.2 以上至中性時，不成凝膠化，但調高到 pH 12.0 以上又會形成半透明凝膠，稱為蛋白之鹼性凝膠，但在一定時間後會自行液化成濃稠液體。酸鹼性會使蛋白級蛋黃之色澤改變。

2、色澤有 L 值（明亮度）、a 值（紅色度）、b 值（黃色度）之變化：

由右圖色澤標準對照表



3、酸性、鹼性對蛋白、蛋黃之影響：

由液蛋白、液蛋黃調整不同 pH 值，及製作酸蛋、皮蛋之實驗結果可知，pH 2 以下或 pH 12 以上皆可使蛋白、蛋黃產生凝膠。而且，產生凝膠後之蛋白、蛋黃之色澤也會改變；如蛋白在酸性下呈白色混濁，在鹼性下呈淡黃色，蛋黃在酸性下，顏色變淺，在鹼性下呈黃色。

4、酸蛋的應用：

雞蛋浸漬強酸 pH 1 及 pH 2 時，蛋殼的碳酸鈣 CaCO_3 與酸 (H^+) 離子鍵作

用，會產生很多氣泡，其化學變化作用如下：



產生的很多氣泡會浮出水面。蛋殼的碳與酸反應，會持續發生，約一天的時間作用，直到蛋殼的碳用完。剩下蛋膜包住雞蛋而浮在酸液上面，此時雞蛋稱為酸蛋，用手拿出來摸是軟軟的感覺；把酸蛋放入空氣中會慢慢吸入空氣中的二氧化碳中之碳，又會使酸蛋之蛋膜表面增加碳的重量，產生碳酸鈣又變硬了。酸蛋吃起來與檸檬酸一樣酸，可增進食慾；酸蛋加點蜂蜜可塗敷臉上美白，食酸蛋可醫好筋骨酸痛。

5、鹼蛋（皮蛋）的應用

蛋浸漬於 pH 12.0 或 pH 13 中呈鹼性凝膠，14 天後蛋白呈淡黃色，蛋黃呈灰綠色，性質其完全和生蛋不同，此乃蛋白的硫化氫與蛋黃內的鐵結合成硫化亞鐵(FeS)。皮蛋製造有很多種，本實驗是用浸泡法，用雞蛋浸泡在 pH 11 以上的氫氧化鈉中，才能產生皮蛋，本實驗也會用小蘇打(NaHCO₃ 碳酸氫鈉) 來做，但不易產生皮蛋，所以皮蛋是用少量強鹼氫氧化鈉製成之雞蛋皮蛋，製作皮蛋鹼不能低於 11 以下。平日食用皮蛋其實氫氧化鈉之含量已起化學變化，不致傷害身體，它是鹼性食品，可中和胃酸。

三.溫度、酸鹼性對蛋的影響及應用

- 1、液蛋白浸漬 pH2、pH3、pH4 中加熱 80 、30 分鐘後成糊狀，pH11、pH12 呈洋菜般凝固。
- 2、此外，液蛋白在強酸性 pH2 或強鹼 pH11、pH12、pH12.94 加熱 80 、30 分鐘放置冷藏庫內 37 天仍未發霉，顯示蛋白在強酸、強鹼有防止黴菌及微生物生長作用。
- 3、色澤的變化：
液蛋白、液蛋黃只調整 pH 值，其二者顏色變化不大，液蛋黃顏色也不變

黑綠色。但液蛋白、液蛋黃調整 pH 值又加熱，其顏色變化較大，液蛋黃在 pH10 以上會呈現二種顏色及灰綠色及墨綠色。

4、凝固強度之影響：

加酸或鹼會影響蛋白之蛋白質之 pH 及等電點。當 pH 調至接近蛋白質之等電點時，熱之吸收達最高點，在高溫下蛋白凝固幾乎是瞬間發生。影響蛋白熱凝固之因素有溫度、pH 等，相互作用而影響蛋白質之熱凝固性，凝固強度有加熱比沒加熱影響較大。



圖 71 物性測定儀 (Fudoh Rheometer , RT 2002 D.P)



圖 72 恆溫水槽 (Inspection Certificate)



圖 73 pH 測定儀 (pH/mv/TEMP. METER)

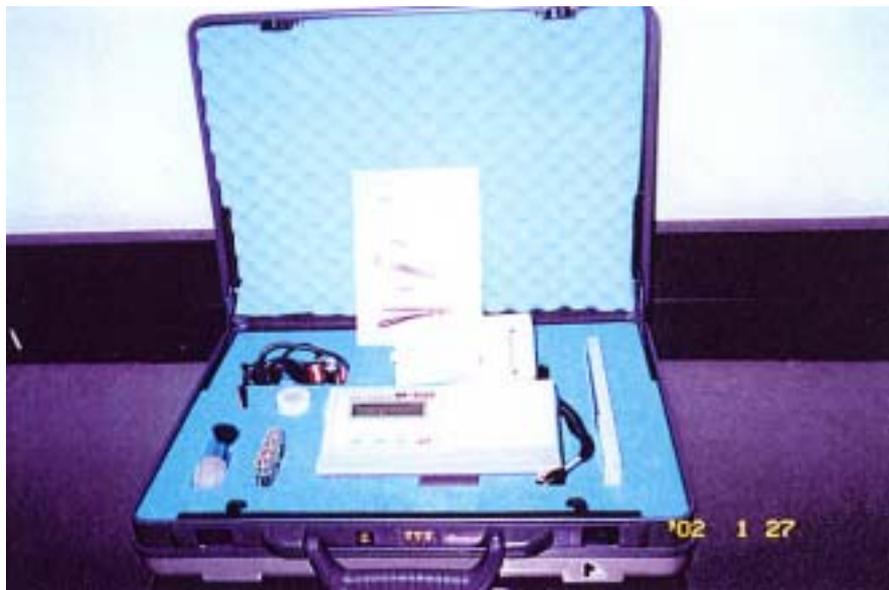


圖 74 色差測定儀 (Handy Colorimeter , MR-3000 , Nippon De nshoku)

參考書目

林慶文編著（民 65）。蛋之化學與應用。台北：華香園出版社。

張勝善編著（民 81）。蛋品加工學上下冊。台北：華香園出版社。

國立編譯館主編（民 81）。國中生物課本上冊 — § 7-2 蛋之觀察。

國立編譯館主編（民 81）。國中理化課本第三冊 — § 13-2 酸與鹼。

附錄 1

Lab-SYSTEM

CIE 1976 L* a* b* (CIELAB)

$$L^* = 116 Y^{1/3} - 16$$

$$a^* = 500 (X^* - Y^*)$$

$$b^* = 200 (Y^* - Z^*)$$

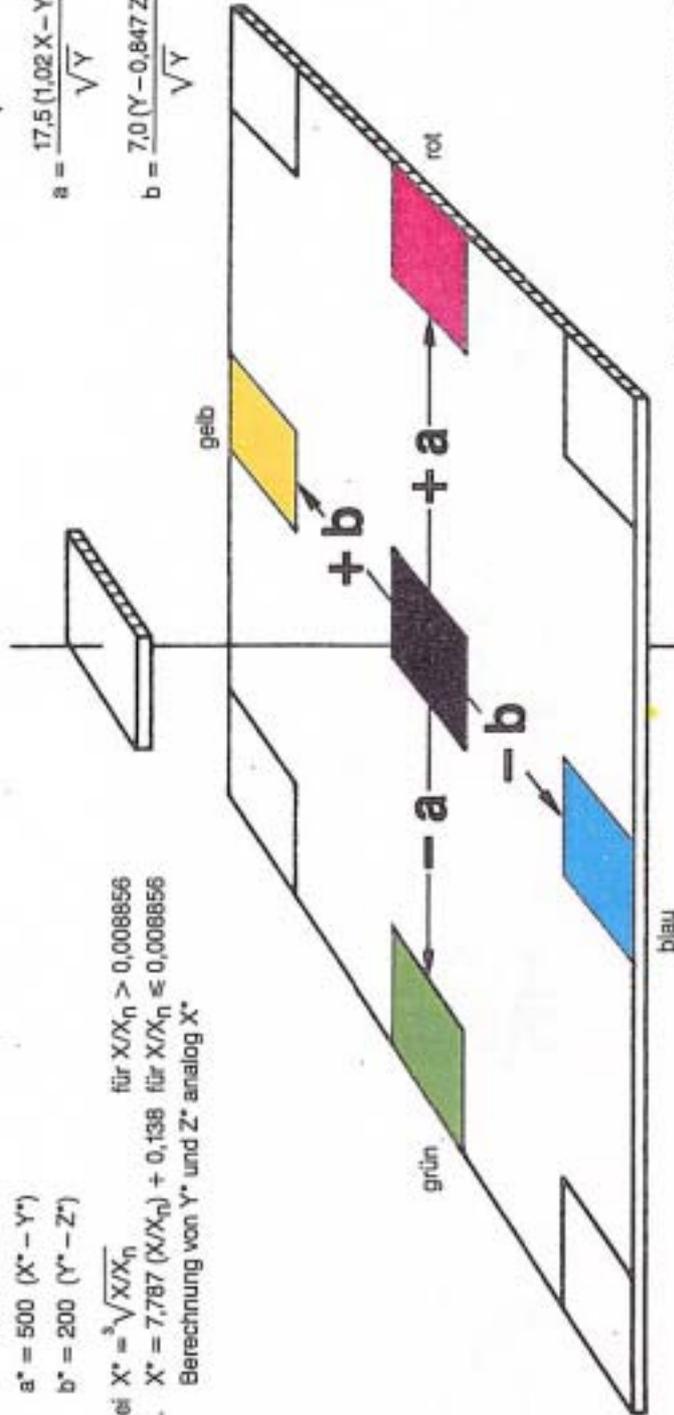
wobei $X^* = \sqrt[3]{X/X_n}$ für $X/X_n > 0,008856$
 bzw. $X^* = 7,787 (X/X_n) + 0,138$ für $X/X_n \leq 0,008856$
 Berechnung von Y^* und Z^* analog X^*

HUNTER Lab

$$L = 10 \sqrt{Y}$$

$$a = \frac{17,5 (1,02 X - Y)}{\sqrt{Y}}$$

$$b = \frac{7,0 (Y - 0,847 Z)}{\sqrt{Y}}$$



X_n, Y_n, Z_n sind die Normfarbwerte einer vollkommen mathematischen Fläche für die Lichtart und den Normalbeobachter, auf den sich die Normfarbwerte X, Y, Z beziehen.

Lichtart/Beobachter	X_n	Y_n	Z_n
A/2°	109,85	100,00	35,88
C/2°	98,07	100,00	116,22
D ₉₈ /2°	95,05	100,00	108,90

	X_n	Y_n	Z_n
A/10°	111,14	100,00	35,20
C/10°	97,28	100,00	116,14
D ₉₈ /10°	94,81	100,00	107,34