

中華民國第四十七屆中小學科學展覽會
作品說明書

高中組 生物(生命科學)科

040711

鮮嚐為快-香米保鮮大作戰

學校名稱：國立嘉義高級中學

作者：	指導老師：
高二 陳伯瑜	翁惠珍
高二 鄧智仁	鄭榮泉

關鍵詞：香米 鮮度 細胞膜

摘要

本實驗採用目前滿熱門的「益全香米」-台農 71 號，探討在不同的環境(如緩凍、急凍及灌加不同的氣體方式)下，對其鮮度的影響。我們以 pH 計觀察酸鹼度的變化、以電導計測量導電度的改變、以 KMnO_4 酸性溶液滴定偵測抗氧化力的差異，最後討論出在哪些保鮮模式下，能最有效率地將米的鮮度維持，以符合人們的需求。我們根據此三項鮮度指標與實際理論，並透過統計概念分析實驗結果，發現在三天的時間內，溫度樣本中以**緩凍二天+急凍一天**的處理組延緩細胞衰敗的效果最佳，不同於一般的認知(即急凍三天的保鮮效果最好)；氣體處理組方面則發現在高濃度的 CO_2 及 O_2 環境中皆有助於香米保鮮，推估 CO_2 保鮮的效果最好，而 C_2H_4 最能促使香米衰敗。

壹、研究動機

身為用功讀書的高中生，從小培養起主動在大考結束後，報紙公佈解答時，親自做一次練習，以增強自己的經驗與實力。一天意外在 92 年學測國文試題非選部分，首次見到香米這個名詞，看完其內容介紹後，頓時令我倍感好奇，對其獨特的性質印象深刻。沒想到當時的一段緣份竟啟發我三年後作科展的靈感，此時才驚覺多閱讀是有好處的。在現代重視飲食品質的社會中，新鮮度是影響米質的一項重要因子，不僅是大家關心的問題，也是保持人體健康的關鍵所在。在尋找適宜的指標後，我們決定以學校實驗室能取得的材料與器材，分別以冰箱冷藏室及冷凍庫模擬緩凍與急凍，另外以環境氣體的不同，共同探討香米在不同處理變因下，鮮度的改變情形。由於台農 71 號是由我們台灣郭益全博士耗盡心血領導研發出來的革命性稻作品種，尤其面對台灣加入「世界貿易組織」(WTO) 後，世界各國的米將大舉進軍台灣對農業的衝擊，加上中國大陸各方面的緊緊追趕，本土生產的益全香米肩負著台灣米對抗外來米的重責大任，希望能藉己之力能提升其附加價值及競爭力，不僅立足台灣，更能放眼國際，對台灣不失為一項重大的貢獻。

貳、研究目的

- 一、探討在相同的時間裡，經緩凍、急凍處理及在不同高濃度的氣體(CO_2 、 O_2 、 C_2H_4)環境下，香米保鮮情形的差異。
- 二、藉由 pH 計的測定，比較香米在變因下的酸鹼度差異。
- 三、藉由電導度計的測定，比較香米在變因下的電解質導電度改變情形。
- 四、以 KMnO_4 溶液滴定，比較香米在變因下的抗氧化能力差異。

參、研究器材

一、試劑、藥品、材料：

香米(台農 71 號)【圖(一)】、 KMnO_4 溶液、硫酸水溶液、蒸餾水、BTB(溴瑞香草藍)、MR(甲基紅)、乙醇溶液、

二、器材：

燒杯、量筒、玻璃滴管、試管、滴定管、滴定架、鑷子、微量吸管、深棕色瓶、容量瓶、秤紙、沖洗瓶、

三、設備：

冰箱【圖(二)】、pH 值計【圖(三)】、電導計【圖(四)】、果汁機【圖(五)】、離心機【圖(六)】、電子天平、計時器、吹風機、溫度計



圖(一)



圖(二)



圖(三)



圖(四)



圖(五)



圖(六)

肆、研究原理及文獻參考

一、甚麼是香米？

「香米」，顧名思義即是煮熟後會散發出香味的米。民國 66 年，農業試驗所嘉義分所開始從事香米育種研究，引進國外香米品種與台灣優良水稻品種進行雜交育種。

益全香米穀粒大而飽實，米粒透明度佳，黏度適中、彈性優、口感 Q。據實驗，其單位面積產量比一般稻作多，育苗時間短，對於稻熱病的抵抗力強。益全香米具獨特的芋頭香，據吃過的人表示，掀開飯鍋時，會被那股香芋味感動。

「台農 71 號」是以「台梗 4 號」為父本，取其具有國人喜愛的芋頭香味，母本則為外觀、品質均佳的「日本絹光米」。農試所自民國 81 年起正式將「台梗 4 號」與「絹光米」進行雜交，據參與育種的人員指出，「台農 71 號」不僅是二十幾年來農試所自行雜交育種成功的第一個稻作新品種，也是農業界首度跳脫舊框架，以品質而非產量或抗病性為主要育種目的的新品種。(以上節選自 92 年學測國文考科試題)

益全香米除了當作日常主食外，由於其具有高附加價值之芋頭香氣與品質之特性，還可以釀製高級芋香米酒、製作各式米食、甜點，增加稻米利用種類與消費量，提昇國人飲食品質。

香米與白米的比較 (每 100 公克之營養成分)	益全香米	一般白米
熱量 (cal)	353	356
蛋白質 (g)	7	6.8
脂肪 (g)	0.6	1.3
纖維質 (g)	0.6	0.12
維他命 B1 (mg)	0.1	0.12
碳水化合物 (g)	77.7	77.7
鈉 (mg)	4	3.5

(資料來源：益全香米及行政院農委會資料)

二、稻米品質在儲藏期間有何變化？

(一).碳水化合物

澱粉含量在儲存期間變化不大，但結構會發生改變，其中直鏈性澱粉與游離脂肪酸結合形成複合物而抑制澱粉顆粒膨脹，促使米飯質地變硬。此外，總糖含量會下降，所以新米吃起來較舊米甘甜。

(二).脂質

脂質是儲存期間最容易發生劣變的成分。脂質分解，游離脂肪酸增加，造成米粒酸度增加；且分解為活性高之不穩定小分子如酯類、酮類與醛類，是異味的主要來源。

(三).蛋白質

粗蛋白質含量於儲藏期間，不易起增減變化。脂肪或游離脂肪酸氧化後產生氫過氧化物及羰基化合物會促進儲藏性蛋白質性質的改變。蛋白質中的 S-H 基由於氧化作用產生 S-S 基的雙硫鍵結，使蛋白質結構更緊密，米粒硬度增加、色澤變黃且透明度降低。另一方面，揮發性硫化物含量降低亦會影響米飯的風味。

(四).酵素、核酸等具有生化活性之大分子

隨儲存時間的增加，與種子生理活性相關之酵素等物質之活性，都逐漸下降。

伍、研究過程

一、樣本處理

(一).香米經急凍與緩凍處理(以下簡稱「溫度樣本」)

1. 前晚先各取香米 20g，以同樣處理方式，分別置於已標示 R(室溫)、S1(緩凍一天+急凍二天)、S2(緩凍二天+急凍一天)、S3(緩凍三天)、F(急凍三天)之封口袋裡【圖(1-a)】。
2. 將 S 系列放在冰箱下層(約 5.4°C)冷藏，各依時間先後置入冷凍庫(約-18°C)裡，總共長達三天。
3. 將 F 直接置入冷凍庫(約-18°C)裡冷凍，長達三天。
4. 將 R 放置室溫中，長達三天，做對照組。
5. 將 S 系列、F 依時間取出，隔自來水解凍五小時，與 R 一同存放於陰暗的環境中待測。



圖(1-a)

(二).香米填入不同氣體處理(以下簡稱「氣體樣本」)

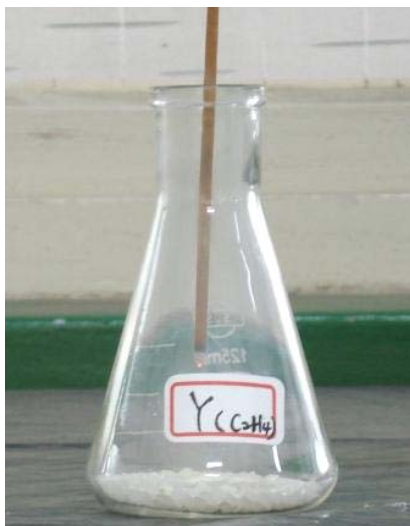
1. 將香米各取 10g，以相同的處理方式，分別置於已標示 A、C、O 之錐形瓶裡。
2. A 錐形瓶直接加上塞子，而 C、O 錐形瓶加上穿有兩根玻璃管的塞子，分別灌入 CO₂【圖(1-b)】和 O₂【圖(1-c)】，直到瓶中充滿此氣體並排出空氣為止(模擬高濃度氣體的環境)。
3. Y 錐形瓶以點燃的線香倒插入，使煙充滿其中【圖(1-d)】，模擬高濃度 C₂H₄ 的環境，加上塞子。
4. 將 A、C、O、Y 之錐形瓶置於室溫之陰暗處，放置三天。
5. 三天後，將 A、C、O、Y 之錐形瓶依序取出【圖(1-e)】，存放於陰暗的環境中待測。



圖(1-b)



圖(1-c)



圖(1-d)



圖(1-e)

二、保鮮度指標的測量

(一). pH 值的測定

1. 以 0.15g BTB(溴瑞香草藍)加 0.05g MR(甲基紅)溶於 100ml 95%的乙醇中配成原液，置於深棕色瓶中。
2. 取待測香米樣本各 5g，分別置入已標示之試管中。
3. 以量筒量取稀釋 50 倍之試劑 30ml，加入試管中。
4. 封上石蠟膜，以手腕力量上下顛倒試管五次（來回算一次）。
5. 靜置試管 5 分鐘。
6. 取下石蠟膜，以校正過的 pH 值儀測量其 pH 值，並紀錄之。
7. 另外測實驗中所始用的蒸餾水之 pH 值。

(二).導電度的測定

1. 取待測香米樣本各 100 粒，分別置入已標示之 100ml 燒杯中。
2. 各以量筒量取 100ml 蒸餾水，緩緩倒入燒杯中，靜置 3 小時。
3. 利用電導度計分別測其導電度，並紀錄之。
4. 另外測實驗中所使用的蒸餾水之導電度。

(三).抗氧化力測定

1. 取待測樣本之香米 150 顆，加水 100ml，利用果汁機絞碎後，倒入 100ml 燒杯裡，以石蠟膜封上待測。
2. 將米溶液以濾紙過濾後，並經過離心處理，取較上層的溶液，置入已標示之試管裡。
3. 取待測樣本米溶液樣本 5ml，分別置入已標示之試管中。
4. 以玻璃滴管吸取 1M 稀 H_2SO_4 ，分別滴入 2 滴進試管中，以製造酸性環境。
5. 以 0.005M KMnO_4 各別滴定，直到 KMnO_4 的紫紅色不退去，並記錄所耗的 KMnO_4 滴數。



圖(1-f)
實驗用 KMnO_4
滴定器材

陸、研究結果

註：本實驗每單一變因處理後，均取樣五次，測量後求平均值及標準差。

一、pH 值的測定

(一).溫度樣本



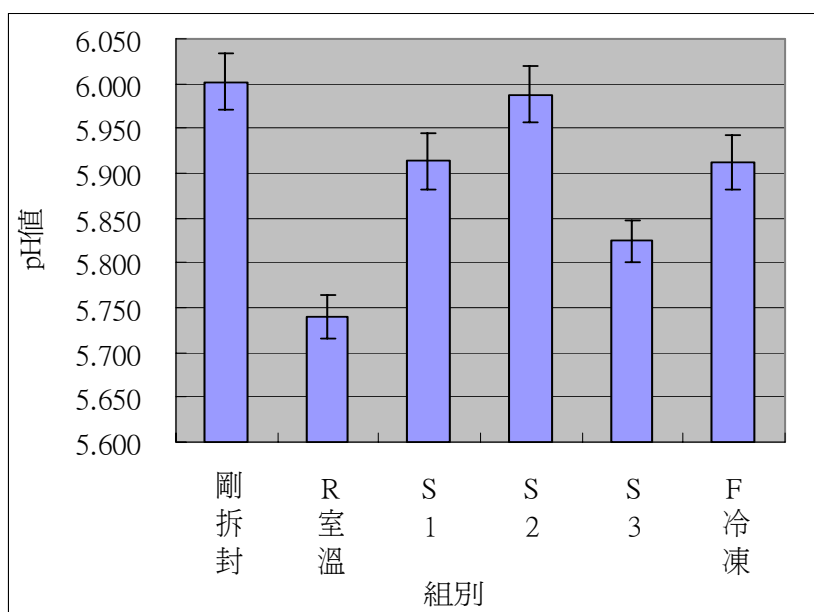
圖(2-a)，米粒處理前



圖(2-b)，加入 BTB-MR 試劑，反應後

	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均值	樣本標準差
剛拆封	6.00	5.96	6.02	6.05	5.98	6.002	0.031
R(室溫)	5.74	5.72	5.78	5.75	5.71	5.740	0.027
S1(緩凍一天)	5.89	5.93	5.87	5.96	5.92	5.914	0.035
S2(緩凍二天)	5.94	6.01	5.97	6.03	5.99	5.988	0.035
S3(緩凍三天)	5.83	5.86	5.81	5.83	5.79	5.824	0.026
F(急凍三天)	5.87	5.91	5.94	5.95	5.89	5.912	0.033

註：蒸餾水之 pH 值 7.03



數據分析：隨著低溫處理方式不同，pH 值也隨之改變，以 R(室溫)最低，B2(緩凍二天)最高

直交對比(orthogonal contrast)：(F 檢定值 > F 臨界值，代表有顯著差異，以紅色標示)
令 μ_1 為 R(室溫)的平均值， μ_2 為 S1(緩凍一天)的平均值...依此類推。

- (1). 冷凍保鮮是否有效？ C_1 ($H_0: 4\mu_1 = \mu_2 + \mu_3 + \mu_4 + \mu_5$)
- (2). 緩凍與急凍在保鮮效果上是否有具體的差異？ C_2 ($H_0: 3\mu_5 = \mu_2 + \mu_3 + \mu_4$)
- (3). 不同的緩凍時間是否會影響保鮮效果？ C_3 ($H_0: \mu_2 = \mu_4$)
- (4). 三種時間的平均值是否為線性關係？ C_4 ($H_0: 2\mu_3 = \mu_2 + \mu_4$)

資料來源	SS(平方和)	df(自由度)	MS(均方)	F 檢定	F(臨界值)
Between Groups	0.182416	4	0.045604	45.604	2.87
C_1	0.1149	1	0.1149	114.9	4.35
C_2	4.167×10^{-5}	1	4.167×10^{-5}	0.04167	4.35
C_3	0.02025	1	0.02025	20.25	4.35
C_4	0.047	1	0.047	47	4.35
Error	0.02	20	0.001		
Total	0.202416	24			

統計分析：從直交對比的結果來看，可以證明冷凍保鮮確實有效、不同的緩凍時間確實會影響保鮮效果、三種緩凍時間的平均值是線性關係，但看不出緩凍與急凍間的差異，我們進一步用 T-test 去比較 S2(緩凍兩天)與 F(急凍三天)之間的差異

T-test：(顯著性(雙尾)值若 <0.01 代表非常顯著，以紅色標示)

	F 檢定	Sig.(顯著性)	t	df(自由度)	Sig.(two-tailed) 顯著性(雙尾)
S2(緩凍兩天) F(急凍三天)	.000	1.000	3.513 3.513	8 7.985	.008 .008

統計分析：S2(緩凍兩天)與 F(急凍三天)之間有明顯的差異

(二).氣體樣本



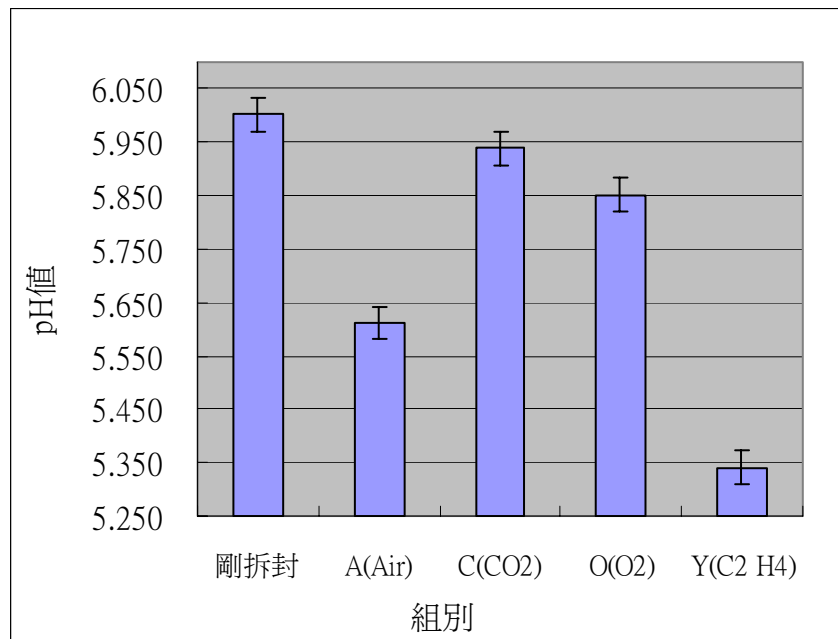
圖(2-c)，米粒處理前



圖(2-d)，加入 BTB-MR 試劑，反應後

	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均值	樣本標準差
A(air)	5.62	5.57	5.65	5.63	5.59	5.612	0.032
C(CO ₂)	5.92	5.97	5.95	5.91	5.94	5.938	0.024
O(O ₂)	5.83	5.84	5.88	5.85	5.86	5.852	0.019
Y(C ₂ H ₄)	5.38	5.31	5.37	5.35	5.29	5.340	0.039

註：蒸餾水之 pH 值 7.03



數據分析：隨著環境氣體不同，pH 值也隨之改變，以 C(CO₂)最高，而 Y(C₂H₄)最低
直交對比(orthogonal contrast)：

令 μ_1 為 A(air)的平均值， μ_2 為 C(CO₂)的平均值...依此類推。

(1).灌加氣體是否會影響鮮度？ C_1 ($3\mu_1 = \mu_2 + \mu_3 + \mu_4$)

(2).O₂ 及 CO₂的保鮮能力是否有差異？ C_2 ($\mu_2 = \mu_3$)

(3).乙烯是否能使鮮度明顯下降？ C_3 ($\mu_2 + \mu_3 = \mu_4$)

資料來源	SS(平方和)	df(自由度)	MS(均方)	F 檢定	F(臨界值)
Between Groups	1.081	3	0.3603	411.771	2.87
C ₁	0.065	1	0.065	74.286	4.35
C ₂	0.02311	1	0.02311	26.411	4.35
C ₃	1.28343	1	1.28343	1466.777	4.35
Error	0.014	16	0.000875		
Total	1.095	19			

統計分析：上述三種假設均成立，我們進一步用 T-test 比較[A(air)與 C(CO₂)]及[A(air)與 O(O₂)]之間的差異

T-test：

	F 檢定	Sig.(顯著性)	t	df(自由度)	Sig.(two-tailed) 顯著性(雙尾)
A(air)	.746	.413	-18.281	8	.000
C(CO ₂)			-18.281	7.407	.000

	F 檢定	Sig.(顯著性)	t	df(自由度)	Sig.(two-tailed) 顯著性(雙尾)
A(air)	2.013	.194	-14.394	8	.000
O(O ₂)			-14.394	6.565	.000

統計分析：兩組均有顯著差異

二、導電度測定

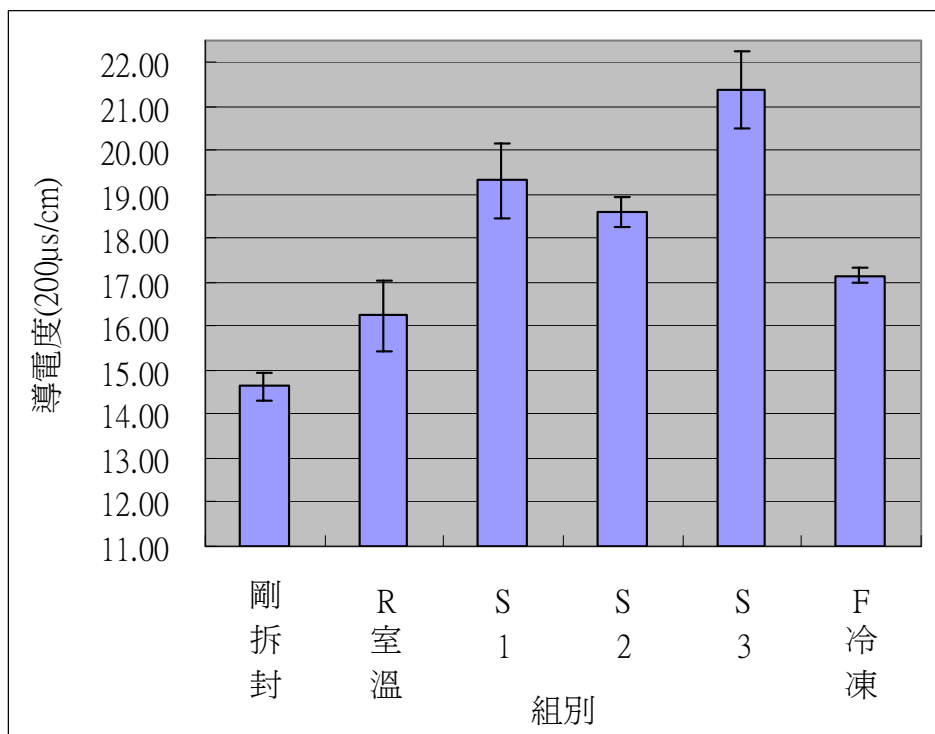
(一).溫度樣本



圖(3-a)，米粒加入 100ml 蒸餾水，靜置三小時

	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均值	樣本標準差
剛拆封	14.4	15.1	14.8	14.7	14.2	14.64	0.314
R(室溫)	15.7	17.8	15.5	16.0	16.2	16.25	0.913
S1(緩凍一天)	19.0	20.1	19.1	18.0	20.4	19.32	0.958
S2(緩凍二天)	18.4	18.1	18.6	19.2	18.7	18.73	0.406
S3(緩凍三天)	22.8	21.0	20.1	21.7	21.3	21.30	0.988
F 急凍三天)	17.3	16.9	17.1	17.4	17.1	17.18	0.195

註：蒸餾水之導電度 1.8 導電度單位 200.0 μ s/cm



數據分析：隨著低溫處理方式不同，導電度也隨之改變，平均以 R(室溫)最低，S3(緩凍三天)最高

直交對比(orthogonal contrast)：

令 μ_1 為 R(室溫)的平均值， μ_2 為 S1(緩凍一天)的平均值...依此類推。

- (1). 冷凍保鮮是否有效？ C_1 ($H_0: 4\mu_1 = \mu_2 + \mu_3 + \mu_4 + \mu_5$)
- (2). 緩凍與急凍在保鮮效果上是否有具體的差異？ C_2 ($H_0: 3\mu_5 = \mu_2 + \mu_3 + \mu_4$)
- (3). 不同的緩凍時間是否會影響保鮮效果？ C_3 ($H_0: \mu_2 = \mu_4$)
- (4). 三種時間的平均值是否為線性關係？ C_4 ($H_0: 2\mu_3 = \mu_2 + \mu_4$)

資料來源	SS(平方和)	df(自由度)	MS(均方)	F 檢定	F(臨界值)
Between Groups	79.36	4	19.84	33.857	2.87
C_1	33.2352	1	33.2352	56.715	4.35
C_2	25.415	1	25.415	43.37	4.35
C_3	9.801	1	9.801	16.725	4.35
C_4	8.3213	1	8.3213	14.2	4.35
Error	11.72	20	0.586		
Total	91.08	24			

統計分析：上述 4 種假設均成立

(二). 氣體樣本

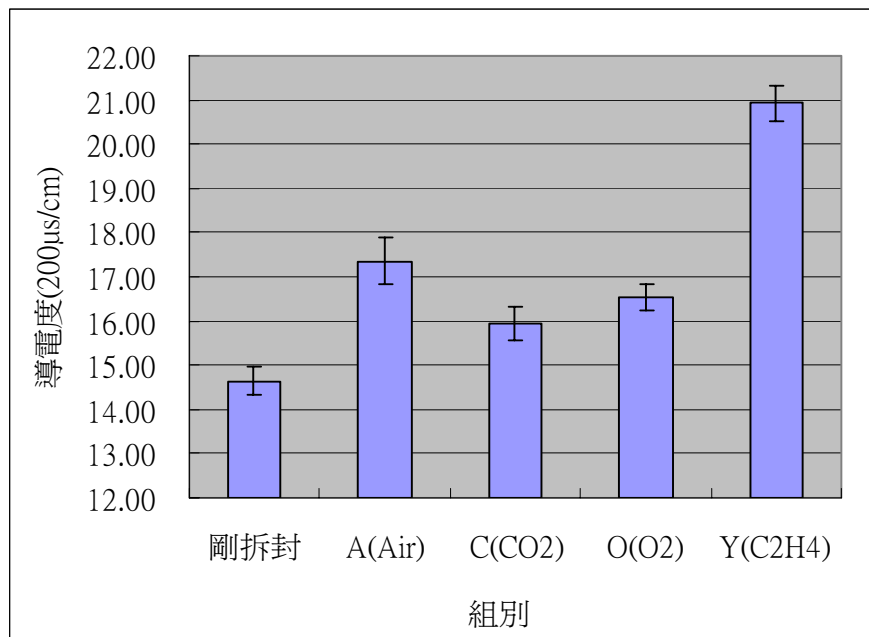


圖(3-b)，米粒加入 100ml 蒸餾水，靜置三小時

	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均值	樣本標準差
A(air)	17.6	16.6	17.9	16.9	17.8	17.36	0.577
C(CO ₂)	15.9	16.2	16.5	15.7	15.4	15.94	0.428
O(O ₂)	16.1	16.8	16.3	16.6	16.9	16.54	0.336
Y(C ₂ H ₄)	21.5	20.3	20.7	21.0	21.1	20.9	0.449

註：蒸餾水之導電度 1.8

導電度單位 200.0 μ s/cm



數據分析：隨著環境氣體不同，導電度也隨之改變，以 Y(C₂H₄)最高，而 C(CO₂)最低
直交對比(orthogonal contrast)：

令 μ_1 為 A(air)的平均值， μ_2 為 C(CO₂)的平均值...依此類推。

(1).灌加氣體是否會影響鮮度？ C_1 ($3\mu_1 = \mu_2 + \mu_3 + \mu_4$)

(2).O₂ 及 CO₂的保鮮能力是否有差異？ C_2 ($\mu_2 = \mu_3$)

(3).乙烯是否能使鮮度明顯下降？ C_3 ($\mu_2 + \mu_3 = \mu_4$)

資料來源	SS(平方和)	df(自由度)	MS(均方)	F 檢定	F(臨界值)
Between Groups	74.634	3	19.84	95.499	2.87
C ₁	(0.8802)	1	0.8802	4.401	4.35
C ₂	(1.125)	1	1.125	5.415	4.35
C ₃	(90.48167)	1	90.48167	435.531	4.35
Error	3.324	16	0.20775		
Total	77.958	19			

統計分析：上述 3 種假設均成立，我們進一步用 T-test 分別比較[A(air)與 C(CO₂)]、
[A(air)與 O(O₂)]之間的差異

T-test：

	F 檢定	Sig.(顯著性)	t	df(自由度)	Sig.(two-tailed) 顯著性(雙尾)
A(air)	1.527	.252	4.420	8	.002
C(CO ₂)			4.420	7.377	.003

	F 檢定	Sig.(顯著性)	t	df(自由度)	Sig.(two-tailed) 顯著性(雙尾)
A(air)	4.178	.075	2.476	8	.025
O(O ₂)			2.476	6.434	.031

統計分析：兩組均有顯著差異

三、抗氧化力測定
(一). 溫度樣本



圖(4-a)，研磨處理後



圖(4-b)，離心處理後

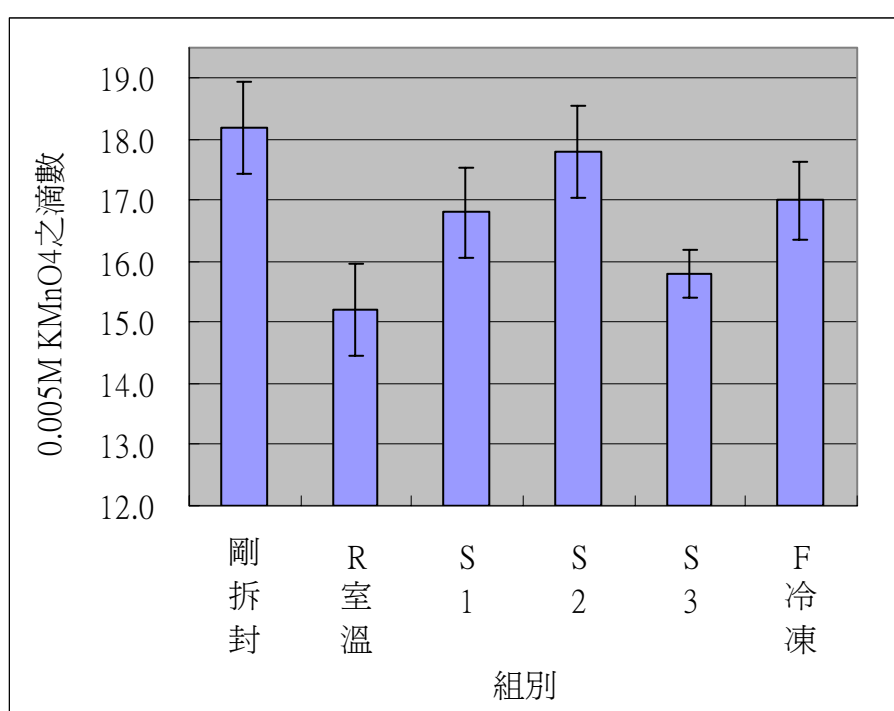


圖(4-c)，取上層離心液 5ml



圖(4-d)，滴定完成後

	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均值	樣本標準差
剛拆封	18	19	17	18	19	18.2	0.75
R(室溫)	16	15	16	14	15	15.2	0.84
S1(緩凍一天)	17	18	16	17	16	16.8	0.84
S2(緩凍二天)	18	19	17	18	17	17.8	0.84
S3(緩凍三天)	16	16	16	15	16	15.8	0.45
F(急凍三天)	17	16	17	18	17	17.0	0.71



數據分析：隨著低溫處理方式不同，抗氧化力也略有優劣，以平均趨勢可看出以 S2(緩凍二天)的抗氧化力最佳，R(室溫)敬陪末座。

直交對比(orthogonal contrast)：

令 μ_1 為 R(室溫)的平均值， μ_2 為 S1(緩凍一天)的平均值...依此類推。

- (1). 冷凍保鮮是否有效？ C_1 ($H_0: 4\mu_1 = \mu_2 + \mu_3 + \mu_4 + \mu_5$)
- (2). 緩凍與急凍在保鮮效果上是否有具體的差異？ C_2 ($H_0: 3\mu_5 = \mu_2 + \mu_3 + \mu_4$)
- (3). 不同的緩凍時間是否會影響保鮮效果？ C_3 ($H_0: \mu_2 = \mu_4$)
- (4). 三種時間的平均值是否為線性關係？ C_4 ($H_0: 2\mu_3 = \mu_2 + \mu_4$)

資料來源	SS(平方和)	df(自由度)	MS(均方)	F 檢定	F(臨界值)
Between Groups	21.04	4	5.26	9.39	2.87
C ₁	(10.89)	1	10.89	19.45	4.35
C ₂	(0.15)	1	0.15	0.268	4.35
C ₃	(2.5)	1	2.5	4.46	4.35
C ₄	(7.5)	1	7.5	13.392	4.35
Error	11.2	20	0.56		
Total	32.24	24			

統計分析：從直交對比的結果來看，上述第一、第三和第四項假設成立，但看不出緩凍與急凍間的差異，我們進一步用 T-test 去比較 S2（緩凍兩天）與 F（急凍三天）之間的差異。

T-test：

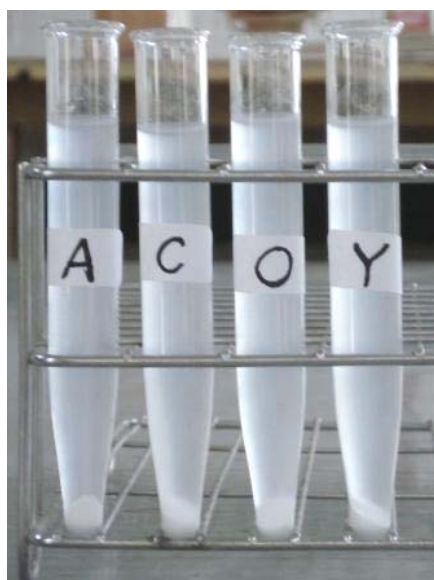
	F 檢定	Sig.(顯著性)	t	df(自由度)	Sig.(two-tailed) 顯著性(雙尾)
S2(緩凍兩天)	.590	.464	1.633	8	.141
F(急凍三天)			1.633	7.784	.142

統計分析：看不出 S2(緩凍兩天)與 F(急凍三天)之間的差異

(二).氣體樣本



圖(4-e)，
研磨處理後



圖(4-f)，
離心處理後



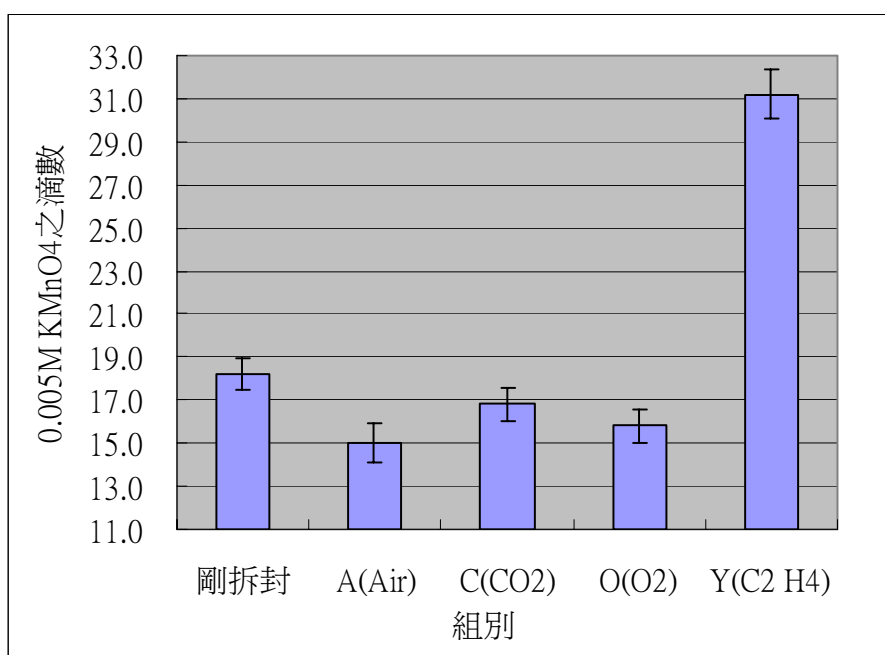
圖(4-g)，取上層離心液 5ml



圖(4-h)，滴定完成後

	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均值	樣本標準差
A(air)	15	14	16	14	16	15.0	1.00
C(CO ₂)	17	16	18	16	17	16.8	0.84
O(O ₂)	16	15	17	16	15	15.8	0.84
Y(C ₂ H ₄)	30	32	31	33	30	31.2	1.30

註：單位：0.005M KMnO₄之滴數



數據分析：隨著環境氣體不同，抗氧化力也有增減，由平均趨勢可看出，Y(C₂H₄)的抗氧化力特高，遠大於第二名的 C(CO₂)，而 A(air)則敬陪末座，但其他三

組差異不大。

直交對比(orthogonal contrast)：

令 μ_1 為 A(air)的平均值， μ_2 為 C(CO₂)的平均值...依此類推。

(1).灌加氣體是否會影響鮮度？ C_1 ($3\mu_1 = \mu_2 + \mu_3 + \mu_4$)

(2).O₂ 及 CO₂的保鮮能力是否有差異？ C_2 ($\mu_2 = \mu_3$)

(3).乙烯是否能使鮮度明顯下降？ C_3 ($\mu_2 + \mu_3 = \mu_4$)

資料來源	SS(平方和)	df(自由度)	MS(均方)	F 檢定	F(臨界值)
Between Groups	889.8	3	296.6	289.366	2.87
C ₁	(184.0833)	1	184.0833	179.593	4.35
C ₂	(3.125)	1	3.125	3.049	4.35
C ₃	(925.0417)	1	925.0417	902.480	4.35
Error	16.4	16	1.025		
Total	906.2	19			

統計分析:上述第一和第三項假設成立，看不出 O(O₂)與 C(CO₂)的之間的差異，我們進一步用 T-test 比較[A(air)與 C(CO₂)]及[A(air)與 O(O₂)]之間的差異。

T-test：

	F 檢定	Sig.(顯著性)	t	df(自由度)	Sig.(two-tailed) 顯著性(雙尾)
A(air)	.330	.582	-3.087	8	.015
C(CO ₂)			-3.087	7.758	.016

	F 檢定	Sig.(顯著性)	t	df(自由度)	Sig.(two-tailed) 顯著性(雙尾)
A(air)	.330	.582	-1.372	8	.207
O(O ₂)			-1.372	7.758	.208

統計分析: 鮮度在[A(air)與 C(CO₂)]之間有差異，而[A(air)與 O(O₂)]看不出明顯差異

柒、討論

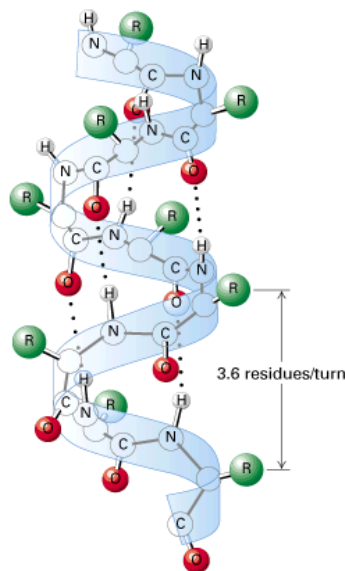
一、pH 值的測定

- (一).向上游製米公司專業人員詢問後，確保本實驗所使用之益全香米均沒經過防腐及溫度處理，真空包裝販售，純度無虞。
- (二).測定米粒酸鹼值是利用米粒在儲存期間內，由於酵素或光化學反應，使得大分子物質如碳水化合物、脂肪、蛋白質等逐漸分解，產生具酸基性的小分子化合物(如脂肪酸、胺基酸等)，使得組織漸趨酸性的原理，以 Bromothymol Blue 及 Methyl Red (BTB-MR) 混合配製之酸度呈色劑與米粒進行呈色反應，以評估米粒的新鮮度，因此隨著米粒的鮮度下降，所測得之 pH 值亦會下降。
- (三).向農糧署專業人員詢問後，此測量法並無所謂的絕對新鮮度之 pH 值，所有數據皆須在相對比較下才有意義，故本實驗測定皆以未經特殊處理之組別作為對照組，且在他們的採樣經驗中，不同鮮度的米粒可肯定的反映在 pH 值上的差異。

(四).原實驗以 BTB-MR 試劑作為酸鹼指示劑，可另以色度判斷其 pH 值，但經農糧署專業人員的解釋後，因其不夠客觀且小範圍內其顏色不易判斷，故本實驗一律採 pH 計檢測。

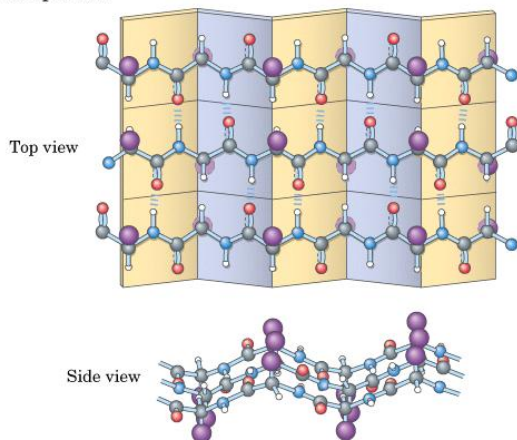
(五).溫度樣本

1. 每一組變因處理皆取 5 次樣本測定求其平均值，發現其樣本標準差很小，即一致性高。
2. 由實驗數據得知 pH 值的趨勢是 R(室溫) < S3(緩凍三天) < F(急凍三天) $\approx$ S1(緩凍一天) < S2(緩凍二天)，亦即鮮度以 R(室溫)最差，S2(緩凍二天)的鮮度最高。
3. 依照數據及統計結果看來，經低溫處理確實可以有效保鮮。當外界環境溫度降低時，因細胞中的蛋白質氫鍵強度在低溫時有減弱的情形，細胞中蛋白質的立體結構【圖(5-a)】【圖(5-b)】會因此改變，使得蛋白質酵素與其他分子如一些反應物(effectors)間的作用方式或親和力發生變化，造成蛋白質的功能及其調控方式與正常環境溫度時不相同。故推因此估香米內酵素在低溫時生理代謝無法正常運作，因而降低米粒本身衰敗的速度。

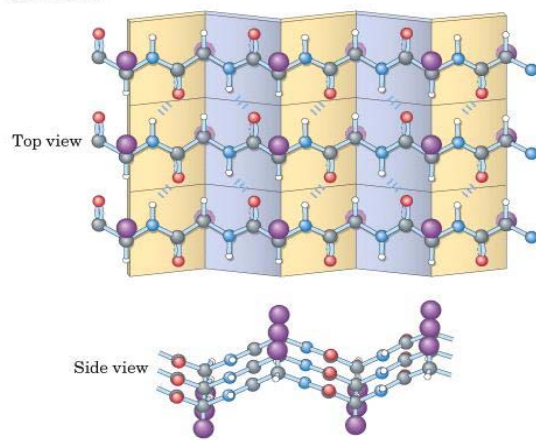


圖(5-a)， α -螺旋形 (α -helix)，C=O 基與在同一 peptide(縮氨酸)中距離約第 4 個胺基酸之 N-H 基形成分子內氫鍵

(a) Antiparallel



(b) Parallel



圖(5-b)， β -摺板 (β -pleated sheet)，又依原子排列的不同有反平行與平行之別，C=O 基與另一 peptide(縮氨酸)上之 N-H 基產生分子間氫鍵

4. 而低溫處理中又進一步有所區別，在三天的時間內，一般概念可能會推測 F(急凍三天)的溫度最低、最久，鮮度應該會最高，但實驗結果並非如此，其鮮度大約和 S1(緩凍一天)差不多(pH 值平均只差 0.002, T-test 如下)，反而是 S2(緩凍二天)的鮮度最高。即香米先經 5°C 緩凍一段時間後，再以-18°C 急凍，兩段漸進式的低溫處理比直接急凍的方式，更能達到抑制米粒內的酵素及保鮮的效果，此由 T-test 的結果可以支持，推估可能在緩凍過程中，低溫下(5°C)會誘導某些保護性蛋白的形成，阻礙米粒的衰敗，詳因有待探討。

	F 檢定	Sig.(顯著性)	t	df(自由度)	Sig.(two-tailed) 顯著性(雙尾)
S1(緩凍一天)	.006	.941	0.092	8	.929
F(急凍三天)			0.092	7.983	.929

統計分析：S1(緩凍一天)與 F(急凍三天)的鮮度沒有明顯差異

(六). 氣體樣本

1. 依實驗得知，其數據之樣本標準差小，即一致性高。
2. 由實驗數據得知 pH 值的趨勢是 $Y(C_2H_4) < A(air) < O(O_2) < C(CO_2)$ ，亦即鮮度以 $Y(C_2H_4)$ 最差， $C(CO_2)$ 的鮮度最高。
3. 由實驗數據，推測空氣中之 CO_2 和 O_2 的比例對其保鮮有一定的效果，所以在兩種氣體的高濃度環境中，其鮮度皆比 A(air) 組好，這點由其對外密封的有無，導致 A(air) 的鮮度比溫度樣本中的 R(室溫) 差的結果(比較 pH 值，T-test 如下)可獲得支持。

	F 檢定	Sig.(顯著性)	t	df(自由度)	Sig.(two-tailed) 顯著性(雙尾)
R(室溫)	.006	.941	18.246	8	.000
A(air)			18.246	7.937	.000

統計分析：R(室溫)與 A(air) 的鮮度有明顯差異

4. 理論上 O_2 會促使細胞行呼吸作用，加速酸化使鮮度下降，而 CO_2 會抑制呼吸作用，但數據統計分析結果反而呈現兩者皆有助於保鮮，且 $C(CO_2)$ 與 $O(O_2)$ 鮮度的差異性明顯。
5. 由於燃燒線香其成分較複雜而不單純，但依然可視作 C_2H_4 環境的象徵。由實驗數據得知， $Y(C_2H_4)$ 的鮮度最差，依 C_2H_4 的性質，可促進果實成熟及老化，且乙烯可催生更多的乙烯，更加速其衰敗，由數據可看出 $Y(C_2H_4)$ 的 pH 值遠小於其他組別，證明 C_2H_4 對香米也有相似的影響。

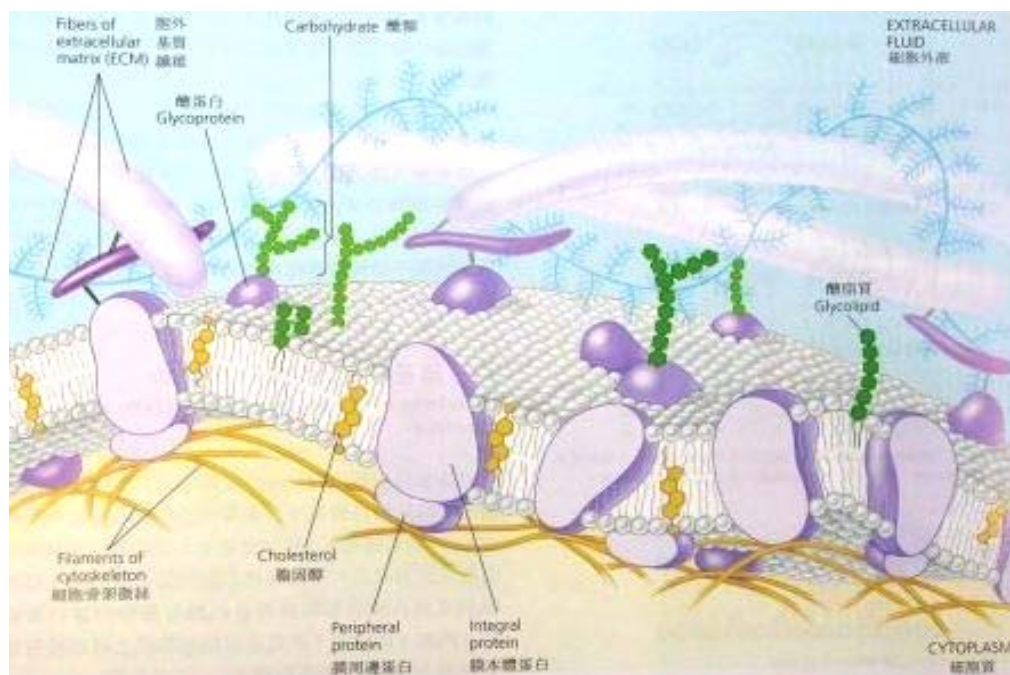
二、導電度測定

- (一). 導電度本身是依種子劣變過程中，細胞膜的完整性逐漸受到傷害，浸水時會將電解質滲到水中的現象，而這些電解質可能存在種子表面或組織中的細胞壁、

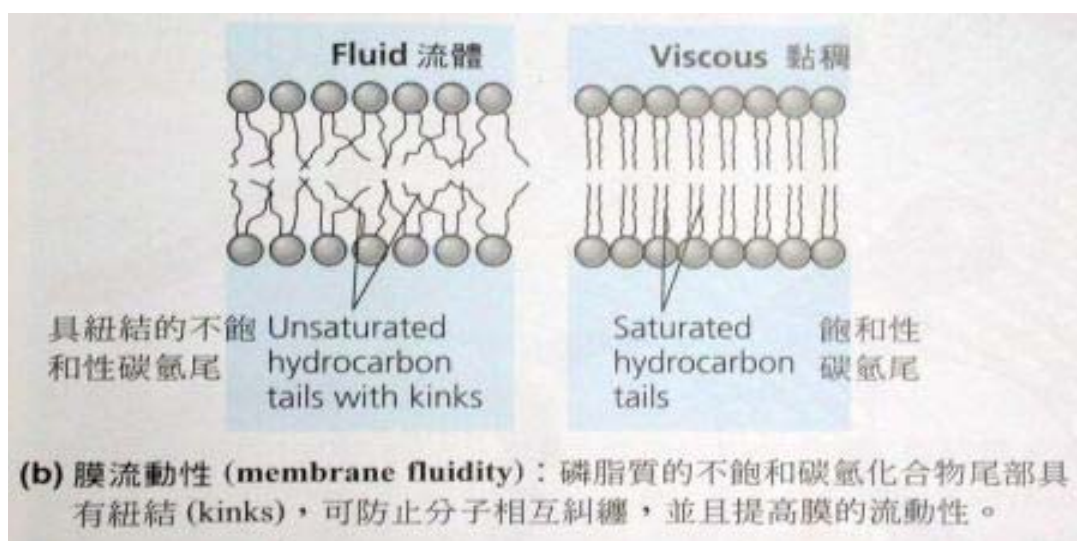
細胞間隙內(所謂 apoplast)。因此所測之導電度愈高，鮮度也就愈低。

(二).溫度樣本

1. 香米本身差異(可能原本就有細胞膜完整性較差的米粒)無法以肉眼經外觀精準掌握，經低溫度處理對細胞膜磷脂質排列影響的問題，差異性更加顯著，數據標準差較大，較 pH 值來得不穩定。
2. 導電度趨勢是 S3(緩凍三天) > S1(緩凍一天) > S2(緩凍二天) > F(急凍三天) > R(室溫)
3. 依導電度對其鮮度的判斷，我們發現 R(室溫)的導電度均小於經低溫處理的組別，對此結果尚持保留的態度。當外界環境溫度下降時，細胞膜中磷脂質的不飽和性碳氫尾(具雙鍵、紐結)比例的增加【圖(5-d)】，以維持細胞膜流動性。推估低溫處理可能會影響米粒之細胞膜磷脂質的排列，導致其結果。



圖(5-c)，細胞膜構造圖(擷取自 campbell)



圖(5-d)，(擷取自 campbell)

4. 由實驗數據得知，在低溫處理的組別裡，以 F(急凍三天)的鮮度最高。因為細胞內大部分是水分，緩凍在冰晶形成帶時會產生大而不規則的冰晶，可能破壞細胞組織細胞；而急凍則是溫度快速下降，快速通過冰晶形成帶，亦即可能有過冷現象產生(液體的溫度快速低於冰點時尚未凝固的現象)，所形成冰晶細小而均勻，細胞破壞相較之下較不嚴重。因此推測香米在急凍的溫度對其整體細胞組織完整性較緩凍組好。
5. 由實驗得知，在緩凍處理組別中，依然以 S2(緩凍二天)的鮮度最好，僅次於 F(急凍三天)，這項結果也間接支持 pH 值的趨勢。

(三).氣體樣本

1. 依實驗得知，由於氣體處理較無低溫處理受細胞膜磷脂質排列影響的問題，其測量值之樣本標準差小於溫度樣本。
2. 在導電度方面，兩氣體整體實驗數據平均也小於經低溫處理的組別，此結果亦符合前面低溫處理對細胞膜磷脂質排列影響較大的推論。
3. 由實驗得知，導電度的趨勢是 $Y(C_2H_4) > A(\text{air}) > O(O_2) > C(CO_2)$ ，亦即鮮度以 $Y(C_2H_4)$ 最差， $C(CO_2)$ 的鮮度最高，統計分析顯示 $C(CO_2)$ 與 $O(O_2)$ 有明顯差異。
4. 由實驗數據分析得知， CO_2 和 O_2 兩種氣體中，以 CO_2 的保鮮能力較好， $Y(C_2H_4)$ 最差。

三、抗氧化力測定

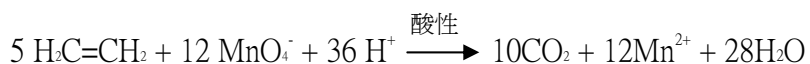
- (一).米粒在衰敗的過程中，細胞內由於活躍的氧化作用所產生的自由基會與鄰近分子發生過氧化的連鎖反應，使磷脂質發生過氧化作用，使不飽和脂肪酸變成飽和脂肪酸，導致膜系結構改變而喪失滲透性及電子傳遞功能(因為粒腺體也是雙層膜胞器)，而膜的降解也將影響膜蛋白之活性，進而影響細胞內各種代謝機能。
- (二).細胞內部水解酵素(如澱粉酶、蛋白質酶等)的作用，使細胞組織遭到破壞，而細胞內部本身抗氧化物質亦隨之減少(例如澱粉、類胡蘿蔔素、維生素、礦物質、金屬離子等)，因此無法清除細胞內由自由基及過氧化物以減輕細胞所可能受到的傷害。因此我們測量米粒的抗氧化力可以作為一項鮮度的指標。**鮮度愈高，抗氧化力愈好。**

(三).溫度樣本

1. 由實驗數據得知，米粒本身抗氧化力差異不大，略可看出抗氧化力的趨勢是 $S2(\text{緩凍二天}) > F(\text{急凍三天}) \approx S1(\text{緩凍一天}) > R(\text{室溫})$ ，就鮮度而言，S2(緩凍二天)最好，R(室溫)最差。
2. 由實驗數據分析得知，經低溫處理過的組別其抗氧化力皆大於 R(室溫)，由此推得低溫有助於抑制細胞內本身氧化及延遲其內部抗氧化物質的分解。
3. 各組數據差異雖不顯著，推估米粒(胚乳)其本身的水解酵素可能不足或缺乏適當誘發因子(如激素等)的關係。然而，經統計分析後，有足夠差異性以支持前面的推論，但 S2(緩凍二天)與 F(急凍三天)的差異性不明顯。

(四). 氣體樣本

1. 由實驗數據得知，抗氧化力的趨勢是 $Y(C_2H_4) > C(CO_2) > O(O_2) > A(\text{air})$ ，就鮮度而言， $Y(C_2H_4)$ 最好， $A(\text{air})$ 最差。
2. 由實驗得知， $Y(C_2H_4)$ 的抗氧化力異常得好，推測可能是米粒吸附或殘有 C_2H_4 的成分，因為 C_2H_4 具有雙鍵(π 鍵)，易與 $KMnO_4$ 酸性溶液發生劇烈的氧化，導致雙鍵的斷裂，進行反應，使 $KMnO_4$ 褪色，故無法看出米粒本身的衰敗情形，因此 C_2H_4 處理的樣本也許不適用以 $KMnO_4$ 溶液滴定的方法。在統計分析的部份，雖然 C_3 (乙烯能使鮮度明顯下降) 這項假設成立，但其實是因差異性很大所導致，所以這個部份的假設捨棄不用。



3. 以此想法考慮其他氣體，由於 CO_2 中的 C 氧化數已達最高的 +4， O_2 中 O 氧化數已達最高的 0，在常溫、非特殊環境下，本身無法氧化，並不具還原能力，故可排除其影響抗氧化力測定結果的可能。
4. 就其餘的組別結果來說，數據間差異性依然不大，但趨勢符合前面的推論，以 CO_2 的鮮度最好， $A(\text{air})$ 最差，惟獨 $C(\text{CO}_2)$ 與 $O(\text{O}_2)$ 鮮度的差異性不明顯。

(五). 數據資料彙整

溫度樣本 鮮度排名	R(室溫)	S1 (緩凍一天)	S2 (緩凍二天)	S3 (緩凍三天)	F (急凍三天)
pH 值方面	④	②	①	③	②
導電度方面	①	④	③	⑤	②
抗氧化力方面	④	②	①**	③	①**

氣體樣本 鮮度排名	A(air)	C(CO ₂)	O(O ₂)	Y(C ₂ H ₄)
pH 值方面	③	①	②	④
導電度方面	③	①	②	④
抗氧化力方面	③	②**	②**	①

ps. 統計分析上無明顯差異者，以**表示

捌、結論

一、溫度樣本

- (一).根據 pH 值、抗氧化力的結果，以及評估過導電度的實驗數據後，我們發現低溫處理可以有效地延遲香米的衰敗現象，達到保鮮的目的。
- (二).根據實驗數據的統計結果分析後，不同的緩凍時間也會影響保鮮效果。
- (三).根據實驗數據的統計結果分析後，發現緩凍與急凍在保鮮效果上沒有具體的差異，顛覆了一般人們的認知急凍能有最佳保鮮效果的想法。
- (四).我們進一步用 T-test 做評估比較，發現 **S2 緩凍兩天**(即緩凍二天+急凍一天)的處理對其保鮮的效果最佳，較 F(急凍三天)處理更好。

二、氣體樣本

- (一).根據 pH 值、導電度的數據，以及評估過抗氧化力的滴定結果後，我們發現高濃度的 CO_2 及 O_2 皆有助於香米保鮮，而經本實驗數據統計結果分析後，推估以 CO_2 的效果較佳，有待更深入的測試。
- (二).雖然 C_2H_4 不適用於抗氧化力測試，但我們亦在 Y(C_2H_4)的 pH 值、導電度實驗結果中，加上數據統計分析，可看出 C_2H_4 對香米能夠加速香米內部的衰敗而導致鮮度下降，符合高中生物課程中對 C_2H_4 催熟果實的介紹與理論。

玖、未來展望

一、繼續探討其他變因下對香米所造成的鮮度改變情形

- (一).探討在其他不同氣體(如 N_2 、Ar、He)環境下，香米保鮮情形的差異。
- (二).探討在真空的環境下，香米保鮮情形的差異。
- (三).改變環境溼度，探討香米保鮮情形的差異。
- (四).利用可調溼度之恆溫箱，配合氣體的加入，利用氣體的感應 sensor，記錄其時間與氣體改變量，找出最佳的濃度組合，並探討各因子的合併效益。

二、毒素測定

- (一).探討香米在儲存保鮮中，不同的變因是否會對其產生對人體有害的物質。

三、加長本研究的保鮮時間

- (一).就我們研究的初步結果，進一步將時間拉長，依人類的需求探討出更符合實際效益的時間長度。

四、追加其他抗氧化力測驗方法，以彌補 KMnO_4 滴定方法的侷限(附錄)

- (一).DPPH 檢測法
- (二).螯合能力(Fe^{2+})檢測法
- (三).還原力 $[\text{Fe}_4(\text{Fe}(\text{CN})_6)_3]$ 檢測法

壹拾、參考資料

- 一、Campbell·Reeve：生物學(上冊)-第六版，第八單元”膜的結構與功能”，偉明圖書有限公司、台灣培生教育出版股份有限公司合作出版，第 171~173 頁
- 二、國家圖書館-全國博碩士論文，<http://etds.ncl.edu.tw/theabs/index.jsp>
- 三、Yahoo!奇摩知識+，<http://tw.knowledge.yahoo.com/question/?qid=1305091506337>
<http://tw.knowledge.yahoo.com/question/?qid=1305091802045>
<http://tw.knowledge.yahoo.com/question/question?qid=1306060900809>
- 四、中華民國消費者文教基金會，消費新聞：「市售散裝米，品質差異大」
<http://www.consumers.org.tw/unit412.aspx?id=691>
- 五、行政院農業委員會-稻米品質資訊網，稻米新鮮度酸鹼值檢驗法，
<http://www.coa.gov.tw/program/rice/examine/examine-5.htm>
- 六、行政院農業委員會，稻米新鮮度品質檢驗技術之應用，
<http://www.coa.gov.tw/view.php?catid=2315&print=1>
- 七、行政院農業委員會，「稻米品質在儲藏期間有何變化？」
<http://www.coa.gov.tw/program/rice/knowledge/knowledge-13.htm>
- 八、行政院農業委員會-農業試驗所，技術服務季刊第四十六期，色、香、味俱全之臺農七十一號（益全香米），
http://www.tari.gov.tw/variety/rice/水稻台農 71 號_技.htm
- 九、種子活勢檢驗，<http://seed.agron.ntu.edu.tw/vtseed/testing/test11.htm>
- 十、抗氧化力測定方法，
<http://www.khjh.kh.edu.tw/science40/%B0%AA%A4%A4/%B0%AA%A4%A4%A4%C6%BE%C71/%BB%A1%A9%FA%AE%D1.htm>
- 十一、龍騰版物質科學化學篇(下)實驗活動手冊，第 17~22 頁
- 十二、龍騰版生命科學(上)，第 116~123 頁
- 十三、中華民國第 46 屆中小學科學展覽會化學科作品

壹拾壹、附錄

- 一、稻米新鮮度品質檢驗技術之應用(節錄自行政院農業委員會)

日前開放稻米進口後，國外高品質、低成本之食米進入國內市場，勢必對稻米相關產業人員產生嚴重衝擊，因此國產食米強調「新鮮」將成為賣點之一。雖然稻米儲存期間的各種物理化學變化皆可以用來判斷新鮮度，然實際應用時需考慮準確性、簡單快速及推廣性等原則，惟何種方法最具代表性，目前則尚無定論。本研究係利用米粒儲存期間，由於酵素或光化學反應，使得大分子物質如碳水化合物、脂肪等逐漸分解，產生具酸性的小分子化合物，使得組織漸趨酸性的原理，以 Bromothymol Blue 及 Methyl Red (BTB-MR) 混合配製之酸度呈色劑與米粒進行呈色反應，加上 pH 計的應用，測定米粒酸鹼值，評估以米粒的酸鹼值判斷食米的新鮮度品質狀態及應用於公、民糧檢驗的可行性，以為提昇公、民糧新鮮度品質管理，建立食米新鮮度等級科學化檢驗技術與品質分級標準之基礎。

以 BTB-MR 混合配製之酸度呈色劑，應用米粒新鮮度品質愈好其浸泡溶液顏色愈綠（酸鹼值較高），愈差米的溶液則呈黃至橘紅色（酸鹼值較低）的原理進行稻米新鮮度檢驗，不僅可目視樣品呈色差異，亦可快速測定單粒米的酸鹼值及樣品的平均值與標準差，客觀評估受檢樣品之新鮮度品質狀態。

另由試驗結果顯示，白米儲存於 30℃ 環境，隨儲存時間增加酸鹼值逐漸下降，食味品質亦逐漸下降，因此利用此方法測定酸鹼值可以評估食米的新鮮度品質狀態，並由標準差了解樣品的均勻性，標準差愈大顯示該樣品單粒米間新鮮度品質差異愈大。此結果在未來配撥新期公糧時，可以作為對品質要求之佐證。

新鮮度品質檢驗目前雖未列入 CNS 稻米品質規格項目，但有鑑於稻米市場即將有國際化競爭壓力，為提昇國產米競爭力，除了落實分級制度，加強外觀與產品標示檢驗外，為凸顯國產良質米特點，對於 CAS 良質米之品質，實有於外觀品質標準外增訂與食用品質相關之理化分級標準，以區隔出真正的好米，促進良質米產品品質提昇，達到好米賣好價之目的。「食味」是目前深受消費者重視的米質項目，惟國內實務上尚無快速且客觀的檢驗方法，由於米質新鮮度為食味良好的項目，如將新鮮度酸鹼值項目列入良質米分級標準，有利於提昇米質與國產米競爭力。

二、電導度量測

遠在 1928 學者(Hibbard and Miller)就利用種子浸水時所釋出的電解質來測驗種子的活度。然而要等到 40 年後，Matthews and Bradnock(1967)才能提出預測豌豆種子田間萌芽的例行活勢檢驗法。目前除了英國外，歐美及紐澳等國皆也廣泛的使用電導度法於豌豆種子。其他大粒型的豆類，如大豆、綠豆、菜豆、蠶豆等，蔬菜如甘藍、禾穀類如水稻、小麥、玉米，其他如甘藍、棉花、番茄，以及一些禾草種子皆有多少進行過研究。

種子劣變過程中，細胞膜的完整性逐漸受到傷害，發生於畸形苗產生甚至於發芽速度減緩之前，因此測量細胞膜完整性的方法按理應可以很靈敏地偵測種子的活勢。除了硬實外，乾種子浸水時會將電解質滲到水中，這些電解質可能存在種子表面或組織中的細胞壁、細胞間隙內(所謂 apoplast)，不過多數會來自細胞膜以內。因此測量浸潤滲出液的電導度可望評估一批種子的活勢，亦及鮮度愈差，測得的導電度也愈高。

三、氣體的特性

(一).CO₂物理及化學性質

物質狀態：可壓縮氣體	顏色：無色
化學特性：CO ₂	氣味：無味
分子量：44	沸點：-88.1℃ (-127°F)
生物特性：窒息性氣體	化學特性：惰性氣體
自燃溫度：不適用	燃燒特性：不適用
液態變氣態體積比: 514 倍(STP)	水中溶解度：2 g/l
急毒性：只造成窒息、人體會因為急速缺氧造成傷害甚至死亡。	

(二).O₂物理及化學性質

物質狀態：可壓縮氣體	顏色：無色
化學特性：O ₂	氣味：無味
分子量：32	沸點：-183℃ (-297.3°F)
生物特性：生物生存必要之元素	化學特性：氧化性氣體
自燃溫度：不會燃燒	燃燒特性：助燃
液態變氣態體積比: 798 倍(STP)	水中溶解度：0.049 vol./vol
急毒性：人類曝露富氧濃度 100%環境超過一天，會產生中樞神經中毒現象。	

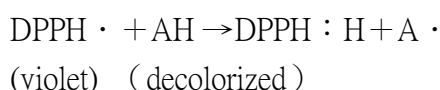
(三).C₂H₄物理及化學性質

物質狀態：可壓縮氣體	顏色：無色
化學特性：C ₂ H ₄	氣味：香甜的
分子量：28	沸點：-103.7℃ (-154.7°F)
生物特性：氣體	化學特性：氧化性氣體
自燃溫度：不適用	燃燒特性：易燃
液態變氣態體積比: 912 倍(STP)	水中溶解度：0.111 vol./vol
特性：高濃度乙烯(20ppm 以上)，會使木本植物葉片脫落，濃度較低時，危害較小，偶會使新葉褐化或變形。	

四、其他抗氧化力測驗方法

(一).DPPH 檢測法

DPPH 為一相當穩定的自由基，其乙醇(或甲醇)溶液在 517nm 有強烈之吸光值，當 DPPH 經由抗氧化劑所提供的氫質子將其還原後，其吸光值會降低，因此在有關抗氧化的實驗中，常使用 DPPH 自由基來測試檢品藉由氫質子的提供而達到清除自由基之效力。當吸光值低則表示樣品對 DPPH 自由基的清除效力愈強，亦即表示其具有良好之提供氫質子的能力，有清除自由基的能力。其反應可能如下：



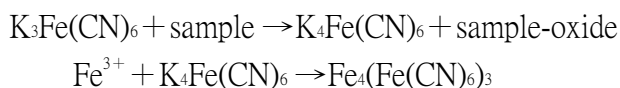
(二).螯合能力(Fe²⁺)檢測法

在多種金屬離子中，Fe²⁺經常是最具影響力的助氧化劑，其會促進脂質氧化作用的進行。利用 Fe²⁺與 ferrozine 的複合物在 562nm 之呈色反應，可測得檢品對 Fe²⁺離子的螯合能力。當樣品螯合 Fe²⁺離子時，會造成 562nm 吸光值的降低。



(三).還原力[Fe₄(Fe(CN)₆)₃]檢測法

還原力的測定是以普魯士藍[Fe₄(Fe(CN)₆)₃，prussian blue]之生成量作為指標；其主要的原理是將赤血鹽〔K₃Fe(CN)₆〕還原成黃血鹽〔K₄Fe(CN)₆〕，黃血鹽再利用 Fe³⁺形成普魯士藍，藉由 700nm 處吸光值的變化來檢測還原力的大小，吸光值愈高表示還原力愈強。



【評 語】 040711 鮮嚐為快-香米保鮮大作戰

1. 能清晰表達研究成果。
2. 對於實驗樣品的狀況應瞭解，建議改用新鮮打出的香米，而非市售包裝之香米。
3. 應加強科學文獻探討。