

中華民國第四十六屆中小學科學展覽會  
作品說明書

---

高中組 化學科

第二名

040220

黃金種子的探索

學校名稱： 國立嘉義高級中學

作者：	指導老師：
高二 何漢章	羅慶龍
高二 謝宇傑	鄭榮泉

關鍵詞：稻米、發芽米、養生

## 摘要

本實驗探討於不同生長環境條件(如溫度、溼度)下，稻米發芽時其化學成分與性質改變的情況。我們用碘液遇到澱粉及本氏液遇到葡萄糖會變色的現象，來研究其澱粉和葡萄糖含量的變化、以「縮二脲檢驗法」測量蛋白質的含量變化、以導電度測離子含量的增減、以 pH 計觀察酸鹼性的變化，以  $KMnO_4$  酸性溶液滴定紀錄發芽米的抗氧化能力，另外還購買「亞洲瑞思公司」所出產的發芽米進行比較，進而探索「發芽米」的奧秘。我們發現發芽米中的養分經過酵素分解後，其化學物質的分子會比未發芽的米小，有助於胃腸較不好的人吸收。於澱粉及葡萄糖的測定實驗，我們發現澱粉的含量隨發芽時間的增加有下降的趨勢，而葡萄糖在未發芽時則有上升的趨勢。一旦發芽後，葡萄糖的含量因當作發芽時所需的養分而含量減少。在  $KMnO_4$  的滴定實驗中，我們發現發芽米的抗氧化能力有日漸提昇的現象，有助於防止肌肉老化。另外我們仿造身體的消化模式，測量發芽米燃燒的 pH 值，發現有愈來愈高的趨勢，有助於維持身體的酸鹼性。最後，在導電度的檢測中，我們發現稻米隨著發芽的天數增加，導電度逐漸上升，表示發芽米中離子的含量逐漸增加，有助於維持身體的機能。結果顯示稻米處在溫度 35°C 下、發芽二天時，對人體是最適合的。

## 壹、研究動機

在報章雜誌上看到一則報導，報紙上介紹有一位植物病理學博士和幾個種植稻米維生的中年農民共同開創台灣農業新的風貌，他們創立了「亞洲瑞思生物科技公司」，使我國成為繼日本之後第二個擁有發芽米生長技術的國家。由於我們位於台灣穀倉—嘉南平原上，農民皆以種稻為主，更是適合研究發芽米，如果我們能使稻米與飲食文化結合，再加上發芽米對於養生有很大的助益，如果能提升產品的附加價值，發芽米便能成為嘉義的名產，甚至能使發芽米立足台灣，放眼國際。

於是便引起我們的好奇心，想要了解稻米在發芽的過程，其化學物質含量有何變化，和化學物質所引起的特性，以及在不同環境下稻米發芽的情況。

## 貳、研究目的

- 一、學習並觀察發芽米的培育過程。
- 二、探討在不同生長環境條件下與不同發芽時間下，稻米發芽的狀況和化學成分的差異。
- 三、藉由 pH 計的測定，比較在各種條件下發芽米的酸鹼性改變情形。
- 四、藉由電導度計的測定，比較在各種條件下發芽米的導電度改變情形。
- 五、以  $KMnO_4$  酸性溶液滴定，比較在各種條件下發芽米抗氧化能力的差異。
- 六、比較市售發芽米和我們自行培育的發芽米之化學成分的差異。
- 七、加入不同的水量烹煮市售發芽米，比較口感的差異。

## 參、研究設備及器材

### 一、藥品：

稻米、市售發芽米、 $KMnO_4$  溶液、 $H_2SO_4$ 、碘酒、蒸餾水、本氏液  
( $CuSO_4 + Na_2CO_3 +$  檸檬酸鈉的水溶液)。

## 二、器材：

培養皿、燒杯、陶瓷纖維網、三腳架、酒精燈、量筒滴管、燃燒匙、試管、離心試管、滴定管、燈泡、長尺、CD 片

## 三、設備：

果汁機、pH 儀【圖（一）】、離心機【圖（二）】、電導度計【圖（三）】、光度計【圖（四）】、恆溫箱(可調溼度【圖（五）】、溫度【圖（六）】)二台



圖（一）



圖（二）



圖（三）



圖（四）



圖（五）



圖（六）

## 肆、文獻參考

### 一、發芽米有別於一般白米的特徵主要有六個

生命的加油站(常景國際健康事業出版)

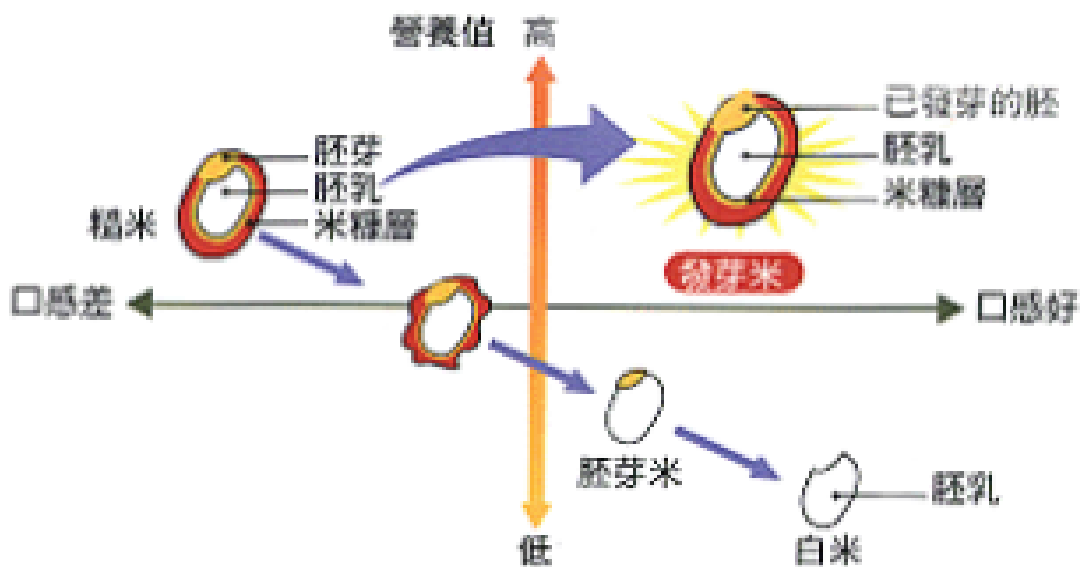
- 1.富含 $\gamma$ -氨基丁酸是糙米的3倍，白米的10倍： $\gamma$ -氨基丁酸可改善大腦的血流、增進氧的供給、改善大腦的代謝、有助於治療因腦中風、頭部外傷後遺症、腦動脈硬化後遺症等產生的頭痛、耳鳴、意識模糊等病症。對改善肝臟、腎臟的功能有作用有促進乙醇代謝的作用、改善高血脂症高低血壓、防止中性油脂肥胖、消除體臭的效果。
- 2.發芽米含有較多的生育酚、三烯生育酚：具有防止皮膚氧化損傷，抗血管硬化。最近有報告指出，三烯生育酚可抑制癌細胞的增值。
- 3.發芽米含有較多的食物纖維，比糙米多0~15%，比白米多約4倍：米糠中所含食物纖維有很強排毒效果。食物纖維攝入量增加能增加腸胃的蠕動，並改善消化道有益菌群的環境，加速體內毒素的排出與順利排泄體內廢棄物，對改善便秘與宿便更有效。

- 4.發芽米含有豐富的抗脂質氧化的物質，如阿魏酸、植酸、穀維素、三烯生育 酚等抗氧化成分，能在體內有效捉住活性氧，並消除其毒素，而促進皮膚的新陳代謝、預防老人斑的出現。
- 5.發芽米有豐富的微量元素，Mg、Se、K、Ca、Zn、Fe 等：Mg 有防止心臟病的作用，Se 有安定神經、防癌作用， K 有降低血壓的作用，Ca 是壯骨所必須的成份，Zn 有防止生殖能力低下、動脈硬化的作用，Fe 可以防止貧血。發芽米中這些元素的含量不僅超過白米，也優於糙米。發芽糙米可以淨化血管、抗憂鬱、消除黑斑皺紋、美白肌膚、消除中性脂肪、利尿消腫、抑制血糖值及提升注意力、增強記憶力等作用。
- 6.發芽米中含有豐富的維生素。已知有維生素 B1、B2、B6、H、E、K、以及菸鹼酸、泛酸等。

## 二、發芽米介紹

板橋農會(<http://www.pcfarm.org.tw>)

- 1.稻穀脫殼後但仍保留著外皮、糊粉層和胚芽的稻米叫糙米，它在一定溫度下糙米會像種子一樣發芽，孕育著新生命的開始，其中的變化是內部酵素活化後產生生長變化，這都將是提供水稻從種子孕育成苗所需營養物質。



## 2.發芽米與白米之營養成分比較表

營養素(100g)	倍數	白米	發芽糙米
醣類	0.88	75.5g	69.9g
蛋白質	1.07	6.8g	7.3g
脂肪	2.23	1.3g	2.9g
維生素 B1	2.5	0.12mg	0.3mg
維生素 E	4.25	0.4mg	1.7mg
Γ-氨基丁酸(GABA)	11	1.5mg	16.5mg
IP6	4.56	99.1mg	452mg
食物纖維	3.78	0.74g	2.8g
鎂	2.24	33mg	74mg
鐵	2.2	0.5mg	1.1mg
鈣	1.35	6mg	8.1mg

3.製造過程：精選無污染原料糙米，經超音波強力洗淨，去除表面雜質後運用高效能滅菌法再次去除可能污染物，直接以溫水發芽 18~22 小時，提升營養成分達到高峰點後停止發芽程序，經低溫烘焙乾燥後製成發芽米。



### 三、 $\gamma$ -氨基丁酸對人體的影響

$\gamma$ -氨基丁酸的功能是在改善腦部的血液循環，增加氧氣的供給，並且能夠使腦代謝（腦內的物質處理）亢進。正因為如此，一向被當成腦中風、頭部外傷後遺症（頭痛、耳鳴）等的治療藥。且專家已經證實，腦內的 $\gamma$ -氨基丁酸不足時，將會引起精神不安定的症狀，或者老人癡呆症。其物質並且能夠對血管運動中樞產生作用，不僅能夠使偏高的血壓下降，也能夠擴張血管，使血流通暢。

（節錄自世茂出版社 李承翰編著 吃糙米尚健康 一書）

### 四、IP-6 對人體的影響

IP-6（肌醇六磷酸-Inositol hexaphosphate（註：IP6 是醣分子附屬在六個磷酸分子，它能有效對付結腸癌、肝癌、乳癌和其他軟細胞組織的癌症））具有強力的抗氧化能力能幫助治療腎臟結石、降低膽固醇和血脂肪，且在各種實驗也證明了 IP-6 對於前列腺癌和腺癌的成長有抑制作用，科學家也已經發現癌細胞在 IP-6 中可恢復成

正常細胞，所以 IP-6 又有天然的癌症殺手之稱。

## 五、新一代發芽米 可健腦【聯合新聞網 記者張雅雯／報導】

米，不只有飽足的功能而已，日本已有多項研究報告證實，發芽米內含的氨基丁酸（GABA），具有促進腦部功能、增進學習與記憶力，國內新一代自行研發的發芽米，已申請專利的標準化製程，經實驗測定可維持 GABA 達到更高的數量，也提供未來米加工產品更好的原料選擇。

台北醫學大學生藥所講座教授楊玲玲表示，糙米富含營養素，然而，精緻化飲食爲了增進口感，往往把米麩去除，成爲一般人常吃的白米，營養成分所剩無幾；發芽米則是透過讓胚胎萌芽的過程，營養素爲了輸送到胚胎會產生成分變化，除了大分子轉化成小分子，就含有很多氨基丁酸，而且比原來的糙米好吃。

透過產學合作研發的新一代發芽米，從選種、種植、成分品管都建立一套標準化流程，楊玲玲表示，實驗測定在白米、糙米以及新一代發芽米營養成分中的 GABA 含量，每 100 公克中分別有 5、8、40 毫克之別，若與過去發芽米相比，新一代的含量增加了兩倍，應用成加工產品的原料時，可以提升品質。

楊玲玲指出，日本在「生命科學雜誌」、「生物藥學雜誌」中就有研究陸續提出，發芽米可增進腦部功能，並因富含不溶解纖維而在膳後能夠降低血糖濃度。她在研究中藉由乳酸脫氫酶酵素的分析，把發芽米萃取物注入取出的老鼠胚胎，培養神經細胞，發現發芽米不會傷害神經細胞，還可以保護神經細胞免於氧化性壓力的傷害，對於麩胺酸引起的神經毒性也有保護作用，證實 GABA 可保護神經細胞。

楊玲玲認爲，米是東方人的主食、也是必須攝取的營養來源，如果透過技術的開發，比如證實這些藥理上的作用，來提升米的食用價值，可以吃得更養生。

## 伍、研究過程或方法

### 一、發芽米的培育過程及米溶液的製作

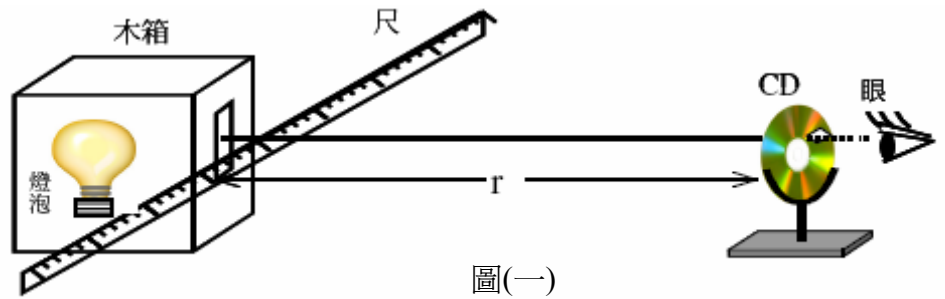
- 1.取出 150 顆米，浸泡水一天，使其種皮軟化。
- 2.利用培養皿，將浸泡好的米均勻放在棉花上。
- 3.共進行 4 組實驗，第一組放於室溫 25°C，第二組放於溫度 35°C 的恆溫箱，第三組放在室溫 25°C 溼度 35% 的恆溫箱，第四組放在室溫 25°C 溼度 65% 的恆溫箱，其中各組分別發芽 1~4 天。
- 4.米溶液的製作：
  - (1)取不同天數的發芽米各 150 顆，利用果汁機絞碎後，配成 100ml 的溶液。
  - (2)利用隔水加熱的方式，加熱至 75°C，將米溶液的酵素破壞。
  - (3)將米溶液以數層紗布過濾後，並經過離心處理，取較上層的溶液，作爲下列各實驗測定之用。
  - (4)取市售發芽米 150 顆，利用果汁機絞碎後，配成 100ml 的溶液，以作爲對照組。

### 二、單狹縫繞射實驗

#### 1.裝置：

- (1)木箱內放入一顆爲連續光譜的燈源，並在單狹縫下方放一長尺。

(2)邊緣切掉一小塊(長 3.3 cm寬 0.5 cm)鋁層的 CD 放在架子上，使單狹縫、CD 的孔、和人眼在一直線上，如圖(一)所示。



圖(一)

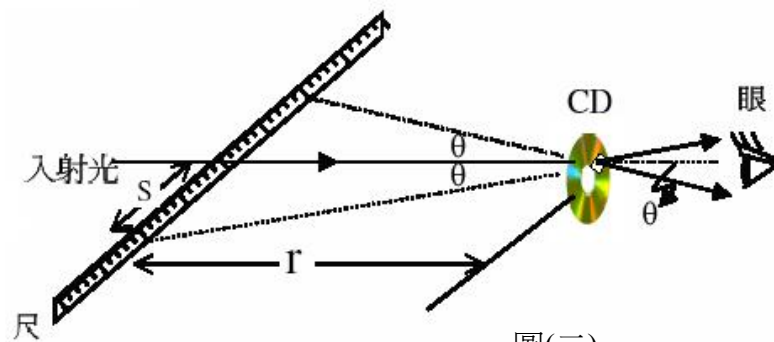
## 2.原理及實驗方法：

(1)燈光經單狹縫後，照射到距離  $r$  處的 CD，經 CD 的槽距產生繞射，槽距  $d$ ，由  $d\sin\theta=m\lambda$ ，眼睛貼著 CD，因  $d$  甚小， $\theta$  很大，眼睛只看到  $m=0$  的經狹縫直接照射眼睛的光，以及  $m=1$  的繞射亮紋。

(2)白光連續光譜， $m=0$  處各色光混成一起成白光的顏色， $m=1$  處各色光的波長  $\lambda$  不同而分開。

(3)由光的可逆性，眼睛看到各色光在尺上距縫  $s$  處，量  $s$ 、及  $r$ ，由  $\tan\theta=\frac{s}{r}$

可求得  $\sin\theta$ ，由  $d\sin\theta=m\lambda$  可量出  $\lambda$  如圖(二)。



圖(二)

## 三、澱粉的測定

- 1.取不同天數的稻米水溶液 5ml 放入小試管中。
- 2.滴入 7 滴碘酒溶液，並適當搖晃後，觀察其顏色變化並記錄。
- 3.同樣方式取市售發芽米溶液作測試，作為對照組。
- 4.利用單狹縫繞射實驗測出各組的波長並記錄。
- 5.利用測出的波長的範圍，設定光度計測量位置，測出強度並紀錄之。

## 四、葡萄糖的測定

- 1.取不同天數的稻米水溶液 5ml 放入小試管中。

- 2.加入 7 滴的本氏液於各試管中，觀察其變化，並記錄下來。
- 3.將各溶液以隔水加熱方式，加熱到 75°C，觀察與步驟 2 之間的差異。
- 4.同樣方式取市售發芽米溶液作測試，作為對照組。
- 5.利用單狹縫繞射實驗測出各組的波長並記錄。
- 6.利用測出的波長的範圍，設定光度計測量位置，測出強度並紀錄之。

## 五、蛋白質的測定

- 1.不同天數的稻米水溶液 15ml，放入試管中。
- 2.先滴入  $NaOH$  (3M) 10 滴，再加入  $CuSO_4 \cdot 5H_2O$  (0.1M) 10 滴，均勻混合後，觀察其顏色變化。  
<註> 此試驗採取雙脲反應：具有兩個以上的醯胺鍵蛋白質，加入  $NaOH$  使成鹼性，再加入  $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ ，若有蛋白質反應，會呈現紫色。
- 3.利用單狹縫繞射實驗測出各組的波長並記錄。
- 4.利用測出的波長的範圍，設定光度計測量位置，測出強度並紀錄之。

## 六、pH值的測定

- 1.取不同天數的稻米水溶液 50ml，放入乾淨的小燒杯中。
- 2.以 pH 儀測其 pH 值，並記錄之。
- 3.實驗中所使用的蒸餾水測量 pH 值。
- 4.同樣方式取市售發芽米溶液作測試，作為對照組。

## 七、發芽米燃燒後 pH 值的測定

- 1.將不同天數的發芽米各 4 個，放在燃燒匙，以酒精燈燃燒成灰燼。
- 2.將燃燒後的剩餘物放入研鉢中研磨成粉，以避免灰燼溶解不完全。
- 3.將粉末放入 50 ml 蒸餾水中適當攪拌後，稍溶後，再將溶液以濾紙過濾數遍，使溶液呈現澄清狀。
- 4.濾液以 pH 儀測量其 pH 值，並紀錄之。
- 5.以同樣方式燃燒市售發芽米並測量其 pH 值，作為對照組。

## 八、導電度的測定

- 1.取不同天數的稻米水溶液 50ml，放入乾淨的大試管中。
- 2.利用電導度計測其導電度，並紀錄之。
- 3.另外取實驗中所使用的蒸餾水來測量導電度，作為對照組。



4.同樣方式取市售發芽米溶液作測試，作為對照組。

### 九、抗氧化能力的測定

1.取不同天數的稻米水溶液 5ml，放入小試管中。

2.以  $KMnO_4$  (濃度 0.01M) 酸性溶液 ( $H_2SO_4$  (1M)) 滴定，直到  $KMnO_4$  的紫紅色不退。

3.同樣方式取市售發芽米溶液作測試，作為對照組。

### 十、口感的測定

1.取市售發芽米加入不同比例的水煮熟。

2.請全班同學試吃並紀錄。

## 陸、研究結果

### 一、發芽米的培育過程及米溶液的製作

1.室溫  $25^{\circ}C$ ：1~3 天體積僅有膨脹現象，1~3 天如圖(一)到圖(三)；第 4 天有發芽如圖(四)



圖(一)



圖(二)



圖(三)



圖(四)

2.溫度 35°C：第 1 天有發芽如圖(五)；第 2 天有發芽如圖(六)；第 3 天有發芽如圖(七)；第 4 天有發芽如圖(八)



圖(五)



圖(六)



圖(七)



圖(八)

3.室溫 25°C 溼度 35%：第 1 天~第 4 天無明顯變化，但體積稍有膨脹現象，發芽情形如圖(九)到圖(十二)。



圖(九)



圖(十)



圖(十一)



圖(十二)

4. 室溫 25°C 溼度 65%：第 1 天~第 4 天無明顯變化，但體積稍有膨脹現象，其膨脹程度比室溫 25°C 溼度 35% 還要不明顯，發芽情形如圖(十三)到圖(十六)。



圖(十三)



圖(十四)



圖(十五)



圖(十六)

## 二、不同天數的發芽米水溶液其澱粉的測定



0 天    1 天    2 天    3 天    4 天

室溫 25°C



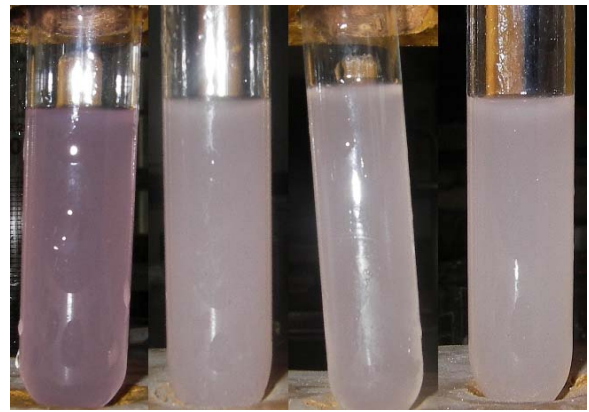
1 天    2 天    3 天    4 天

溫度 35°C



1天 2天 3天 4天

溼度 35%



1天 2天 3天 4天

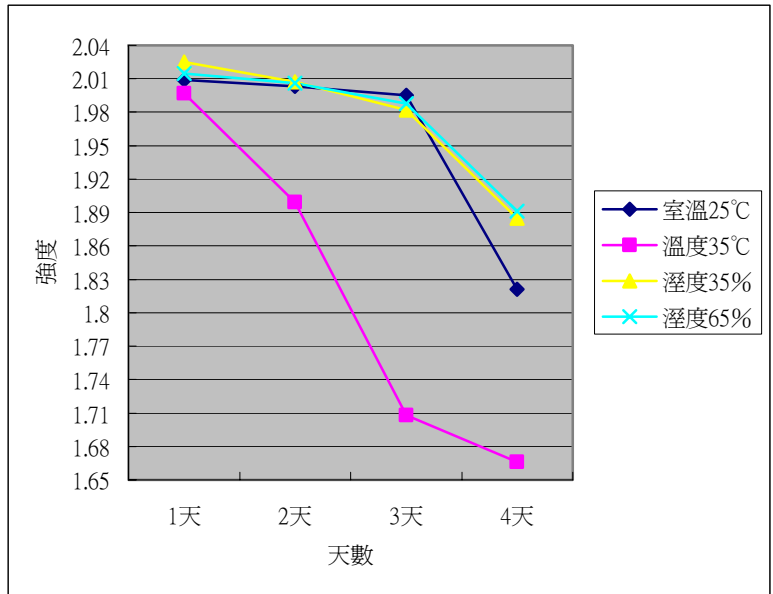
溼度 65%



市售

市售發芽米		室溫 25°C		溫度 35°C		溼度 35%		溼度 65%	
		0天	401.4±12 2.014	0天	401.4±12 2.014	0天	401.4±12 2.014	0天	401.4±12 2.014
吸收波長	400.2±24	1天	403.1±19 2.009	1天	401.5±27 1.997	1天	400.6±15 2.025	1天	400.2±19 2.015
		2天	401.2±21 2.003	2天	401.9±29 1.899	2天	400.2±20 2.007	2天	401.3±16 2.006
吸收強度	0.921	3天	400.2±22 1.995	3天	400.2±17 1.708	3天	400.1±23 1.982	3天	401.9±20 1.988
		4天	402.4±23 1.821	4天	403.1±14 1.666	4天	402.3±26 1.885	4天	402.0±25 1.891

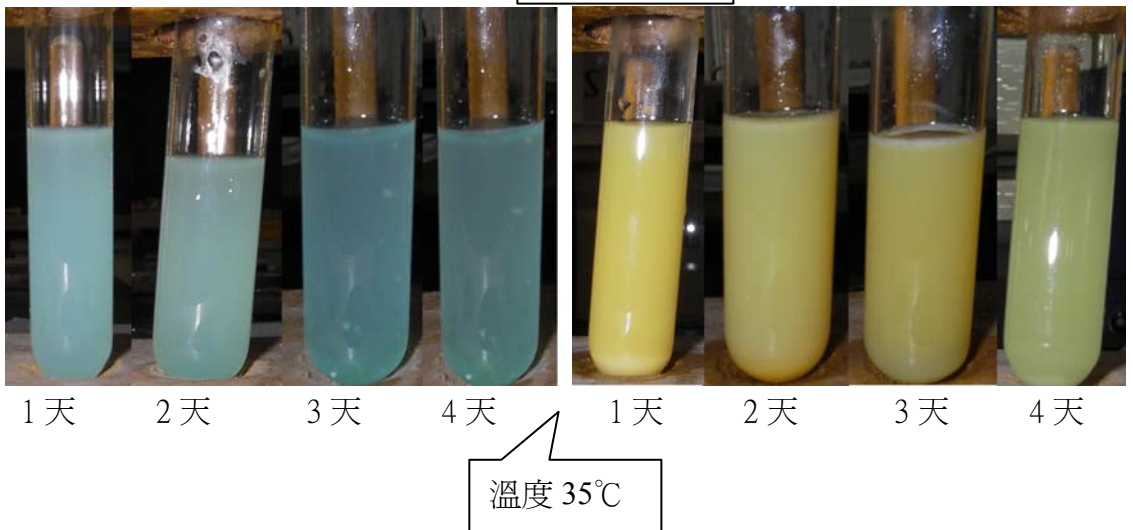
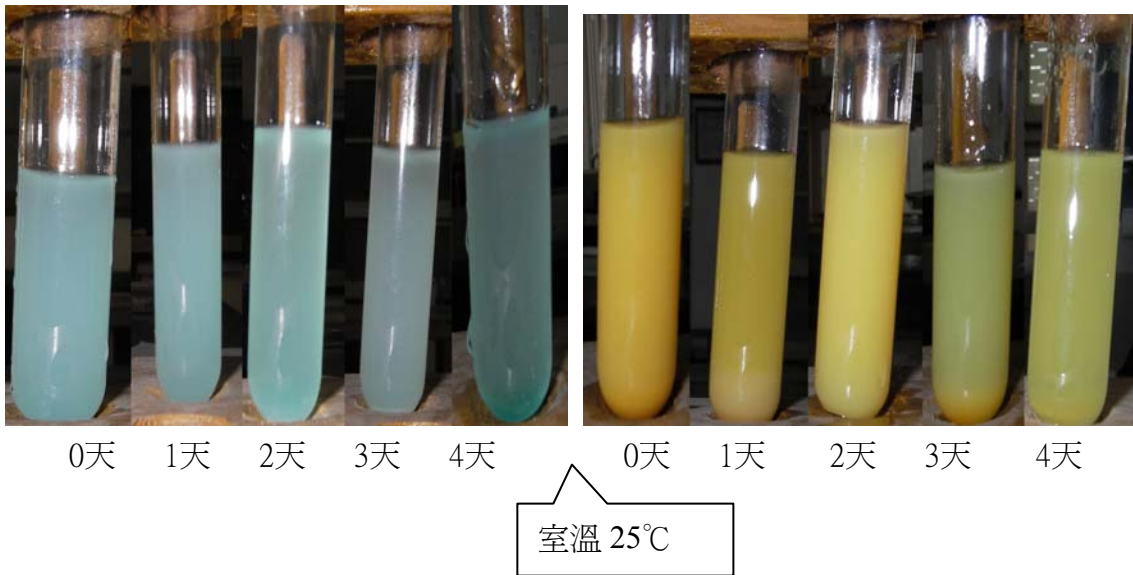
<註>表格中數據上為吸收波長(nm)，下為吸收強度



三、不同天數的的發芽米水溶液其葡萄糖的測定

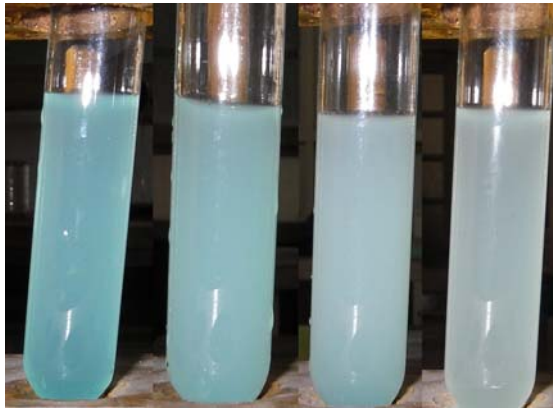
<未加熱>

<已加熱至75°C>



<未加熱>

<已加熱至 75°C>



1天

2天

3天

4天

1天

2天

3天

4天

溼度 35%



1天

2天

3天

4天

1天

2天

3天

4天

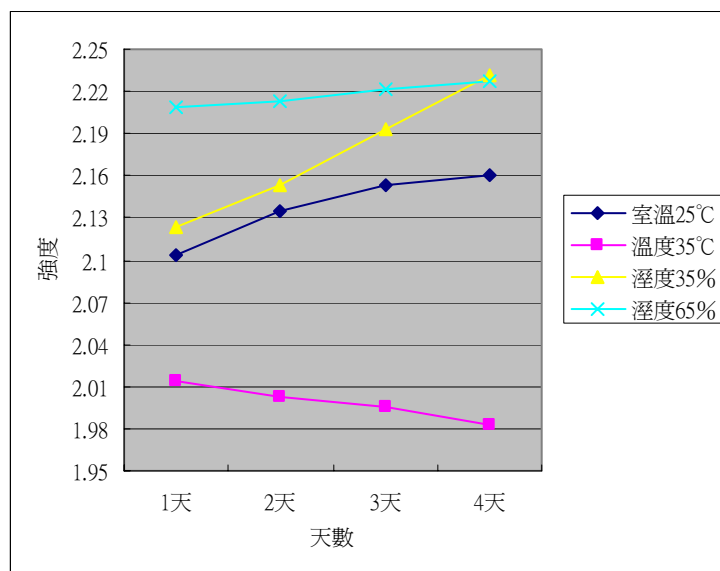
溼度 65%



市售

市售發芽米		室溫 25°C		溫度 35°C		溼度 35%		溼度 65%	
		0 天	574.1±25 2.089	0 天	574.1±25 2.089	0 天	574.1±25 2.089	0 天	574.1±25 2.089
吸收波長	575.1±20	1 天	574.2±16 2.103	1 天	575.2±24 2.014	1 天	576.0±17 2.124	1 天	576.1±21 2.209
		2 天	575.1±23 2.135	2 天	574.1±28 2.002	2 天	574.9±19 2.153	2 天	575.7±24 2.213
吸收強度	2.320	3 天	575.1±25 2.154	3 天	574.2±22 1.995	3 天	576.1±25 2.193	3 天	576.0±28 2.221
		4 天	575.2±17 2.161	4 天	574.8±23 1.983	4 天	576.1±0.2 2.231	4 天	576.2±27 2.227

<註> 表格中數據上為吸收波長(nm)，下為吸收強度



#### 四、不同天數的的發芽米水溶液其蛋白質的測定



0 天    1 天    2 天    3 天    4 天

室溫



1 天    2 天    3 天    4 天

溫度 35°C



1天 2天 3天 4天



1天 2天 3天 4天

溼度 35%

溼度 65%

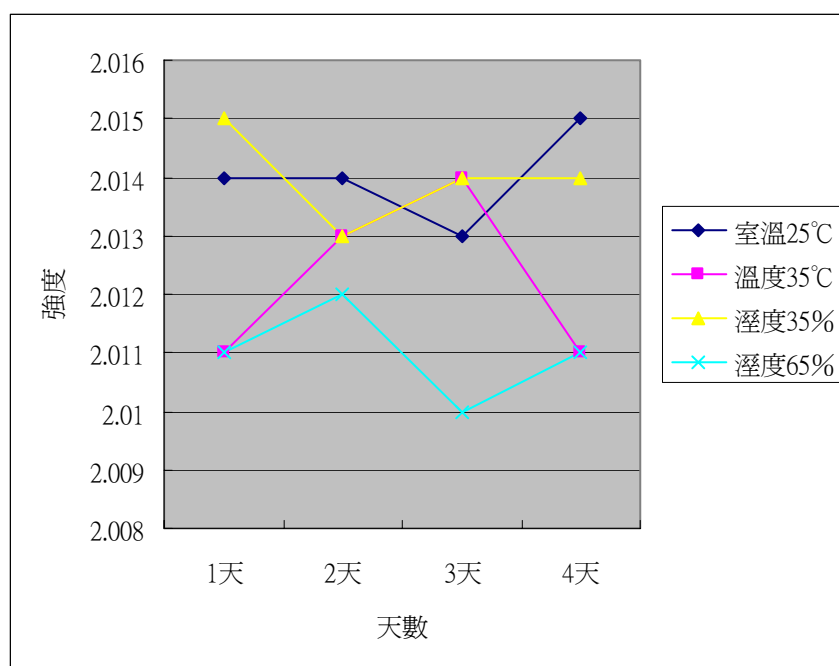


市售

市售發芽米		室溫 25°C		溫度 35°C		溼度 35%		溼度 65%	
		0天	461.3±24 1.987	0天	461.3±24 1.987	0天	461.3±24 1.987	0天	461.3±24 1.987
吸收波長	460.1±21	1天	457.1±23 2.014	1天	457.6±17 2.011	1天	457.3±15 2.015	1天	459.0±23 2.011
		2天	457.1±19 2.014	2天	457.9±16 2.013	2天	458.2±18 2.013	2天	459.4±26 2.012
吸收強度	2.012	3天	458.3±14 2.013	3天	457.4±27 2.014	3天	457.9±22 2.014	3天	458.7±18 2.010
		4天	457.8±22 2.015	4天	457.5±21 2.011	4天	458.1±20 2.014	4天	460.1±21 2.011

<註> 表格中數據上為吸收波長(nm)，下為吸收強度





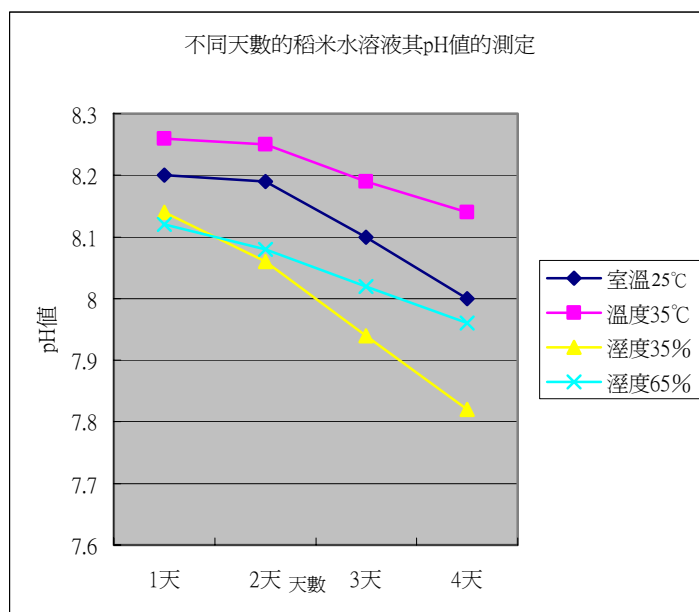
### 五、不同天數的稻米水溶液其 pH 值的測定

pH 值	市售發芽米	室溫 25°C		溫度 35°C		溼度 35%		溼度 65%	
	8.52	0 天	8.24	8.24	8.24	8.24	8.24	8.24	8.24
1 天		8.20	8.26	8.14	8.12	8.14	8.12	8.14	8.12
2 天		8.19	8.25	8.06	8.08	8.06	8.08	8.06	8.08
3 天		8.10	8.19	7.94	8.02	7.94	8.02	7.94	8.02
4 天		8.00	8.14	7.82	7.96	7.82	7.96	7.82	7.96

蒸餾水：6.9

< 註 >以上數值為測量 5 次的平均數值，此後的數據也是測量 5 次的平均。

數據分析：從表格看出，隨著天數的增加而 pH 值下降，且溶液偏鹼性。

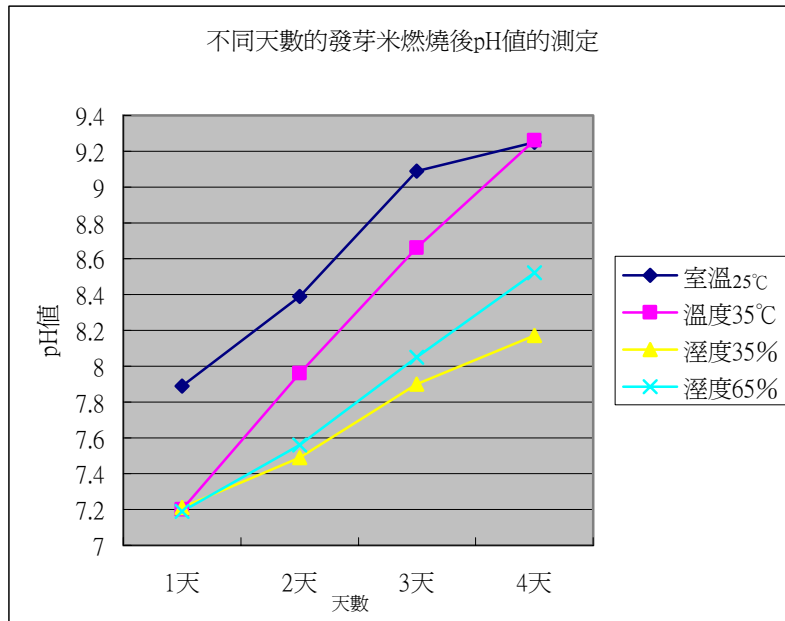


#### 六、發芽米燃燒後 pH 值的測定

pH 值	市售發芽米	室溫 25°C		溫度 35°C		溼度 35%		溼度 65%	
		0 天	7.20	0 天	7.20	0 天	7.20	0 天	7.20
7.44	1 天	7.89	1 天	7.20	1 天	7.21	1 天	7.19	
	2 天	8.39	2 天	7.96	2 天	7.49	2 天	7.56	
	3 天	9.09	3 天	8.66	3 天	7.90	3 天	8.05	
	4 天	9.25	4 天	9.26	4 天	8.17	4 天	8.52	

蒸餾水：6.9

數據分析：從表格看出，發芽米燃燒後的物質溶於水會使水溶液 PH 值上升，且隨發芽時間增加而愈鹼

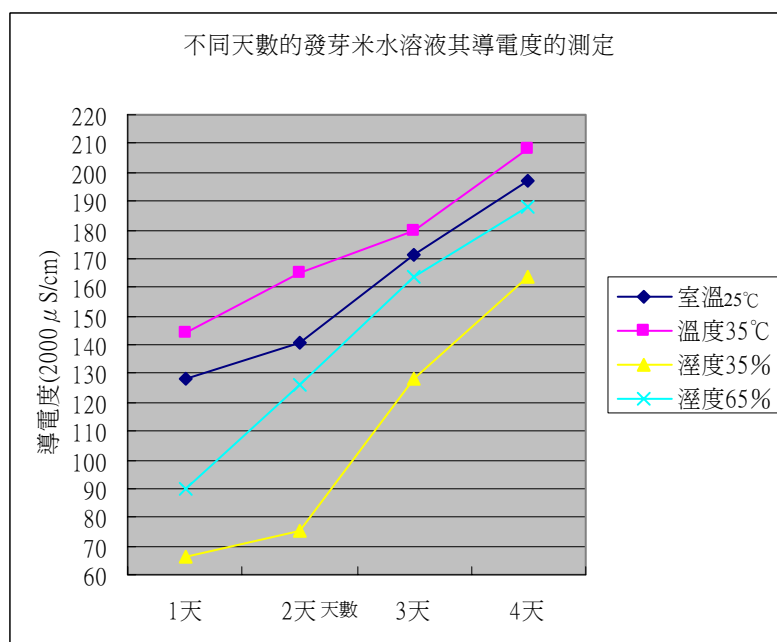


### 七、不同天數的發芽米水溶液其導電度的測定

導電度	市售發芽米	室溫 25°C		溫度 35°C		溼度 35%		溼度 65%	
		0天	103	0天	103	0天	103	0天	103
118	1天	128	1天	144	1天	66	1天	90	
	2天	141	2天	165	2天	75	2天	126	
	3天	171	3天	180	3天	128	3天	164	
	4天	197	4天	208	4天	164	4天	188	

蒸餾水：0.96

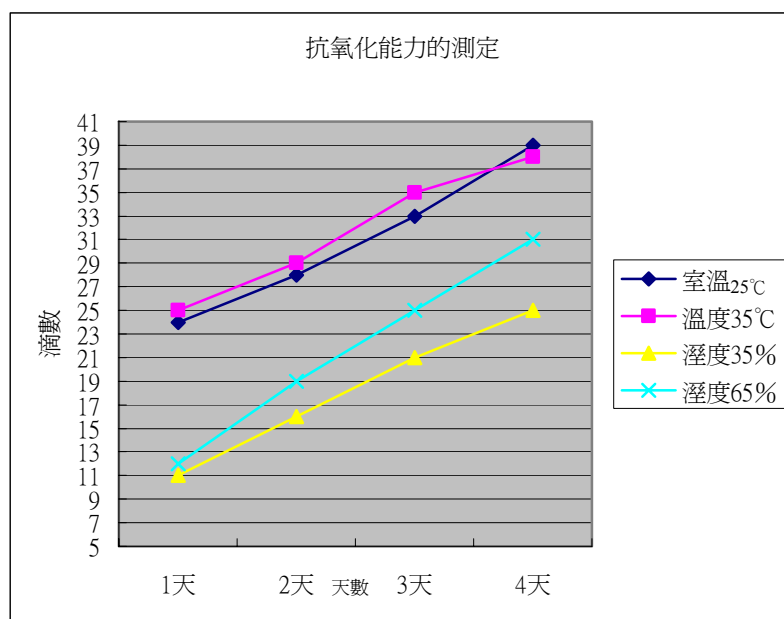
數據分析：各組均隨發芽時間增加，導電度隨之增加。



## 八、抗氧化能力的測定

滴數	市售發芽米	室溫 25°C		溫度 35°C		溼度 35%		溼度 65%	
		0 天	16	0 天	16	0 天	16	0 天	16
	27	1 天	24	1 天	25	1 天	11	1 天	12
		2 天	28	2 天	29	2 天	16	2 天	19
		3 天	33	3 天	35	3 天	21	3 天	25
		4 天	39	4 天	38	4 天	25	4 天	31

數據分析：發芽天數的增加，使得稻米的抗氧化能力提高，除了「室溫溼度 35%」這組之外，其它組的抗氧化能力都有明顯增加。



九、口感滿意度調查表

米：水 編號	1：2	1：3	1：3.5	1：4
1	○			
2		○		
3			○	
4			○	
5		○		
6	○			
7		○		
8		○		
9			○	
10			○	
11		○		
12		○		
13		○		
14			○	
15		○		
16	○			
17		○		
18		○		
19			○	
20	○			
21		○		
22			○	
23		○		
24			○	
25		○		
26		○		
27			○	
28		○		
29	○			
30			○	
31		○		
32		○		
33		○		
34			○	
35		○		
統計(人數)	5	19	11	0

## 柒、討論

### 一、發芽米的培育過程

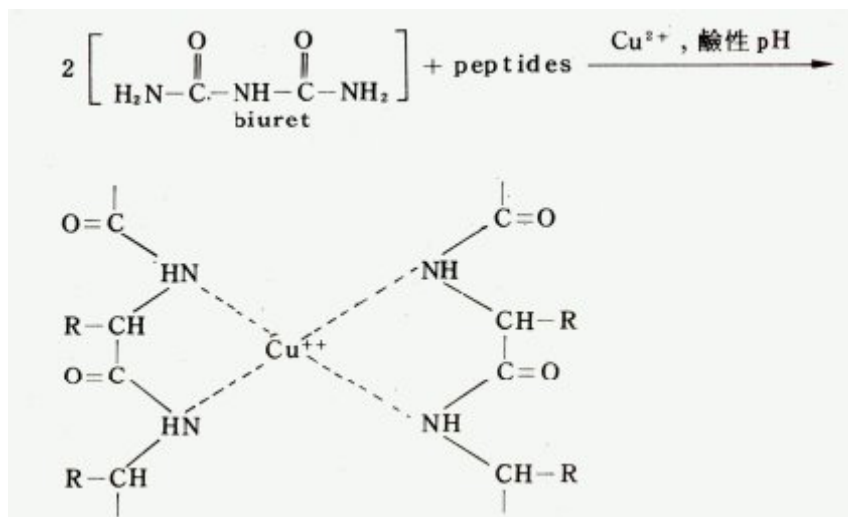
- 1.用隔水加熱法來煮發芽米，主要目的是利用高溫來破壞酵素使其停止分解發芽米中的養分再轉化為其他的物質。
- 2.我們發現在 35°C 時，稻米發芽的速率明顯增快，只要一天便可發芽約 5mm，發芽四天後，其芽已經長約 6cm 了！至於室溫 25°C，直到第四天，才發芽約 3mm，而在濕度 35% 的環境下，生長速度十分的緩慢，直到第四天，都沒有發芽的跡象，濕度 65% 也是一樣。顯然溫度的操控，有助於發芽。

### 二、澱粉和葡萄糖的測定

- 1.由澱粉遇碘液會呈深藍色之化學反應： $I_2 + \text{澱粉} \rightarrow \text{藍色錯合物}$   
我們由實驗中發現未發芽米溶液藍色較深可知其澱粉含量較高，而隨著發芽的天數的增加，因為內部的酵素活化，將澱粉轉變成葡萄糖，故其藍紫色的顏色隨著發芽的天數增加而變淡，代表著澱粉的含量也是越來越少。
- 2.由本氏液的加熱中可以發現，在未發芽之前本氏液的顏色有加深的趨勢，但一旦發芽後，本氏液的顏色變的越來越淺，顯示稻米在發芽的過程中會消耗葡萄糖，用來做發芽時所需的養分。
- 3.我們發現本氏液顏色的深度是溼度 65% 略大於溼度 35% 大於室溫 25°C 大於溫度 35°C，根據生物上的知識，稻米在發芽的過程中，會氧化葡萄糖，以供給發芽時所需的養分。由於 35°C 的生長速度最快，所以本氏液的顏色也會比其他環境中還要淡。
- 4.我們從波長位置及強度的比較中，更能發現隨著天數的增加，澱粉的含量是逐漸減少，葡萄糖是逐漸增加的。

### 三、蛋白質的測定

1. 本實驗原理乃利用蛋白質過鹼性硫酸銅稀液時會形成粉紫紅色至深紫紅色之配位錯合複合物，由顏色的變化或深淺來推測蛋白質含量高低，其反應式如下：



- 2.由我們的結果發現蛋白質顏色變化不夠顯著，此項原因後來我們從板橋農會的資料中觀察到，米中蛋白質的含量原本就不多，而且發芽米中蛋白質的含量只有白米的 1.07 倍，故蛋白質分解為胺基酸的變化量有限且蛋白質含量十分的少，所以以我們實驗的方法（「縮二脲檢驗法」測出蛋白質的含量變化），似乎較難看出蛋白質的顏色有明顯

的變化。

- 3.從波長位置及強度的比較中，我們雖然測出波長的位置和強度，但是我們發現位置及強度的十分接近，並不足以比較出含量多寡的差異。
- 4.但是根據分解過程中 pH 值變化下降的趨勢，可推論蛋白質的確有轉變成胺基酸（ $\gamma$ -氨基丁酸(GABA)）。

#### 四、米溶液 pH 值的測定及發芽米燃燒後 pH 值的測定

- 1.由實驗數據得知，發芽時間越長 pH 值便會越低，推測其發芽過程中，其酵素將蛋白質分解成胺基酸，而原本發芽米溶液成弱鹼性，而胺基酸成弱酸性，兩者混合後，稻米水溶液的 pH 值也因此而下降，但因為胺基酸是成弱酸性，所以在 pH 值上並沒有太明顯的改變。
- 2.從實驗結果得知，我們發現發芽米溶液的 pH 值下降趨勢是溼度 35% > 溼度 65% > 室溫 25°C > 溫度 35°C，我們可以推測，蛋白質上可能是依附有鹼性離子，在發芽的同時也獲得解套，或是在發芽過程中，吸收了水中的金屬離子，致使 35°C 的 pH 值下降的幅度較小。
- 3.發芽米燃燒後 pH 值的測定主要是模擬人體的消化過程，從數據中可以看出隨著發芽天數增加發芽米的 pH 值也越來越鹼，顯示金屬離子的含量越來越多。而與食物酸鹼有關的金屬離子如  $\text{Fe}^{3+}$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Na}^+$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{K}^+$  等等氧化後溶於水中生成鹼性物質使其 pH 值增加。此結果正也可以和導電度的實驗結果互相對照，即 pH 值增加，導電度也上升了。經我們的實驗得知，發芽米是有利於人體的鹼性物質，對於改變人體的酸性體質有很大的幫助。而發芽的過程正好製造如此的環境可維持血液的恆定，確實有益健康。
- 4.雖然發芽米燃燒後 pH 值都成鹼性，但若是太鹼反而無助益，甚至可能有害，所以最佳的 pH 值應該是像溫度 35°C、發芽二天時的情況。

#### 五、導電度的測定

- 1.由實驗結果中，我們發現導電度隨著天數的增加，導電度也跟著上升，表示發芽米中所含的電解質也越來越多，又根據發芽米燃燒後 pH 值，是越來越鹼，表示電解質含量增加，正好跟電導度的結果相符合。
- 2.由實驗數據中，我們可以看出溫度 35°C 的導電度 > 室溫 25°C > 市售發芽米 > 溼度 65% > 溼度 35%。

#### 六、抗氧化能力的測定

- 1.發芽米含有的抗脂質氧化的物質，如 IP6，阿魏酸、植酸、穀維素、三烯生育酚等。
- 2.由實驗數據中，發現隨著天數的增加，稻米的抗氧化能力也逐漸增加。
- 3.由實驗數據中，發現 35°C 的抗氧化能力 > 室溫 25°C > 市售發芽米 > 溼度 65% > 溼度 35%。

## 捌、結論

- 1.從本氏液和碘液的顏色變化及波長位置及強度的比較中我們可以知道在發芽過程中，酵素會將大分子的澱粉轉變成小分子的葡萄糖，以作為發芽時養分的來源。

- 2.蛋白質的變化雖然不明顯，但是根據 pH 值變化的趨勢及文章的資料中，顯示出蛋白質確實有轉變成胺基酸（ $\gamma$ -氨基丁酸(GABA)）。
- 3.從 pH 值和導電度的測定中，我們可以知道發芽的過程中，電解質的含量會增加，也就是發芽米中的礦物質有增加的趨勢。
- 4.從  $KMnO_4$  的滴定中，我們可以發現隨著天數的增加，發芽米的抗氧化能力也逐日增加的趨勢。
- 5.不同環境下，我們發現在溫度  $35^\circ\text{C}$  的環境下，不論導電度、pH 值，甚至抗氧化能力的測定，其數值皆是對人體最有利益的，可是發芽米燃燒後的 pH 值並不能太鹼，否則對人體不僅無益，可能還會有害，所以最佳的生長環境應該是在  $35^\circ\text{C}$ 、發芽二天的狀況。

## 玖、未來展望

### 一、繼續探討改變不同條件下發芽的實驗

- 1.探討不同 pH 值溶液下，稻米發芽的狀況和化學成分的差異，如可利用生活中隨手可得食醋和竹炭來改變 pH 值。
- 2.探討不同溫度、濕度及有光照的條件下，稻米發芽的狀況和化學成分的差異。
- 3.探討在減壓及加壓(高濃度氧氣)下，稻米發芽的狀況和化學成分的差異。

### 二、毒素測定

- 1.探討在稻米發芽的過程中，是否有對人體有害的物質產生。

## 拾、參考資料

- 一、常景國際事業，”發芽糙米茶的秘訣與特徵”，生命的加油站
- 二、板橋農會網站-----發芽米專欄，<http://www.pcfarm.org.tw/rice-index.htm>
- 三、亞洲瑞思網站，[http://rd.tmu.edu.tw/data/default03%20data/member\\_asiarice.htm](http://rd.tmu.edu.tw/data/default03%20data/member_asiarice.htm)
- 四、Yahoo！奇摩知識，<http://tw.knowledge.yahoo.com/question/?qid=1305092002614>  
<http://tw.knowledge.yahoo.com/question/?qid=1105053106934>  
<http://tw.news.yahoo.com/060613/15/38128.html>
- 五、中華民國第四十三屆高中化學組科展作品
- 六、中華民國第四十四屆高中物理組科展作品
- 七、Nei A. Campbell、Jane B. Reece：生物學（下冊）－第六版，第六單元”植物的形態與功能”，偉明圖書有限公司、台灣培育教育出版股份有限公司合作出版，第 1027~1340 頁，民國 94 年 4 月初版
- 八、南一版選修化學（上）學生實驗活動手冊，第 19~21 頁，民國 90 年 8 月初版
- 九、南一版選修化學（下）學生實驗活動手冊，第 43~44 頁，民國 92 年 2 月修訂版
- 十、南一版高中物理（上）物理實驗活動手冊，第 31~36 頁，民國 94 年 8 月再版
- 十一、姜淑惠，這樣吃才健康—出版，台北原神出版社，第 48~60 頁，民國 88 年出版



## 評 語

### 040220 黃金種子的探索

本件作品迅速地反應了市面上熱門的食物，發芽米的研究。

探討不同生長條件下的發芽過程發芽米的化學成份與性質

的改變。實驗步驟與過程仔細且嚴謹，研究發現也有適

當的數據支持。就研究過程而言，嚴謹且合乎科學思考的邏

輯，本件作品有其新穎且科學的貢獻。

本件作品內容豐富，不過在形成結論的時候未能就全部的發

現歸納出更好的論點。如能就此點小小的缺失加以改進會使

本件作品生色不少。