

中華民國第四十七屆中小學科學展覽會
作品說明書

國中組 生物及地球科學科

031706

情「豆」初開，「酵」一下！

學校名稱：臺北縣立義學國民中學

| | |
|-----------------------------------|---------------------|
| 作者： 國二 潘芄諭 國二 柯唯婷 國二 林志鴻 | 指導老師： 陳又君 徐燕華 |
|-----------------------------------|---------------------|

關鍵詞：蛋白質分解 種子萌發 黃豆酵素

摘要

係因市面上的豆漿都標榜高營養價值，本實驗將探索如何製出易於人體吸收的豆漿，即泡製豆漿的條件如能讓黃豆酵素充分作用，將有利豆漿中大分子轉為小分子。

本實驗以不同浸泡時間、溫度、pH值、添加物來探討澱粉酶和蛋白酶的作用，結果顯示在乾燥黃豆泡水 26.5 小時內，澱粉酶表現極佳，蛋白酶則表現很少；澱粉酶在 23~26 小時、50°C、加入添加物綠茶粉、維生素 C、葡萄籽、鐵劑作用最佳，因此泡製過程中依此條件將可助豆漿的澱粉轉為葡萄糖，蛋白酶在 35°C 作用效果略佳。如要直接攝取豆漿中的胺基酸，黃豆須先催芽一天酵素才能釋放分解蛋白質；在豆漿中加入乳酸菌，幫助蛋白質的分解。應用此項結果能製造較易於人體吸收的豆漿。

壹、 研究動機

現代人對於購買講求健康、營養的食物總是不辭辛勞，電視上的廣告也一直在標榜最富含營養的豆漿，類似的廣告看多了，我們不禁懷疑，廣告所說的「營養價值極高」是否為真？對人體而言，營養價值越高，指的應該是豆漿內的養分可以迅速且容易使人體吸收，什麼樣子的豆漿才能達到這樣的效果呢？為了找出這些問題的答案，我們展開了黃豆酵素尋奇之旅！

貳、 研究目的

本實驗基本上假設黃豆酵素作用愈好，愈能將養分分解成小分子，所以將分別測試，在不同的條件下，黃豆酵素作用的能力

- 一、浸泡的時間對黃豆酵素有何影響
- 二、浸泡時的溫度對黃豆酵素有何影響
- 三、不同酸鹼度的水對黃豆酵素有何影響
- 四、不同的添加物對黃豆酵素有何影響
- 五、催芽對黃豆蛋白酶的影響

參、 研究設備與器材

無糖豆漿、生黃豆、RO 逆滲透水、洋菜膠粉、玉米粉、培養皿（附蓋子）、恆溫箱、pH計、綠茶粉、鈣片、鐵劑、葡萄籽、維生素 C 片、表飛鳴、碘液、碘化鉀、硫酸銅、氫氧化鉀、氫氧化鈉、酒石酸鉀鈉、光電比色計、比色管、Auto CAD



pH計

光電比色計

調配成功的雙縮脲試劑

圖 1：實驗材料及器材圖

肆、 研究方法及步驟

一、如何測試澱粉酶的活性

- (一) 製作澱粉洋菜膠，黃豆裡的澱粉酶會將洋菜膠內的澱粉(玉米粉)分解掉，碘液可測出澱粉，澱粉酶作用前，洋菜膠呈現藍黑色；作用後，洋菜膠變回原本的顏色。(如圖 2)
- (二) 以 150 cc 的水+洋菜膠粉 5 g + 玉米粉 2.5 g 的比例來製作三塊洋菜膠，凝固後，利用玻棒在洋菜膠上戳出三個小洞，再把剝掉種皮後的黃豆輕壓下去，加入碘液 2 cc 後輕搖一下，使整塊洋菜膠表面佈滿碘液。
- (三) 利用描圖紙描繪變色範圍，再利用 Auto CAD 計算出其面積。

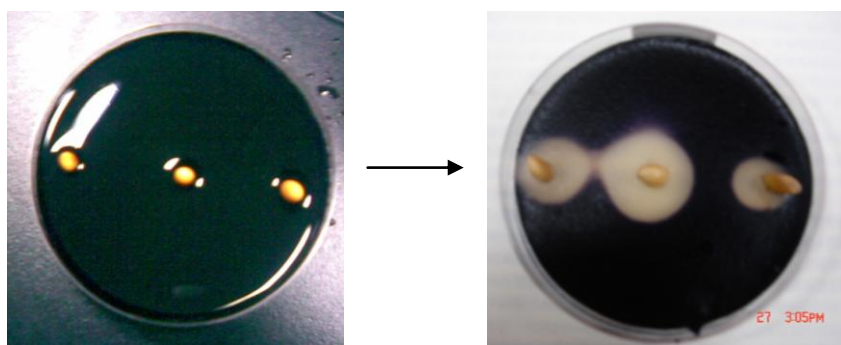


圖 2：作用前及作用後的澱粉洋菜膠



圖 3：本氏液檢驗其黏稠物為葡萄糖

二、判斷種皮內是否有酵素

種子萌發實驗得知去種皮的種子較易萌發，故推測種皮的存在不利於酵素的釋放，本實驗分別比較去種皮和不去種皮的黃豆，哪一個酵素作用比較好。

1. 製作洋菜膠，放入恆溫箱定溫 25°C，時間為 24 小時
2. 分為有種皮及無種皮，共 2 組，每組 5 塊洋菜膠
3. 計算其面積

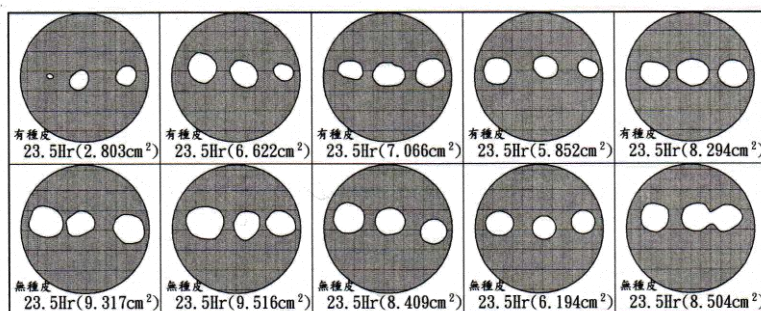


圖 4：黃豆種皮的有無之實驗結果

實驗證實黃豆剝皮，酵素較能釋放

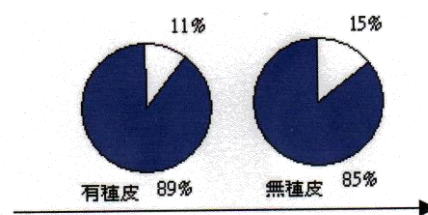


圖 5：黃豆種皮的有無之百分比圖

三、其他因子對澱粉酶作用的影響

(一) 時間

1. 製作澱粉洋菜膠，放入三顆黃豆，置於恆溫箱定溫 25°C，時間為 16~26.5 小時，每隔 30 分鐘為一組，共 22 組，每組 5 塊洋菜膠
2. 計算其反應面積

(二) 溫度

1. 製作澱粉洋菜膠，放入三顆黃豆，置於恆溫箱定時 24 小時，溫度設定為 20~50°C，每隔 5°C 為一組，共 7 組，每組 5 塊洋菜膠
2. 計算其反應面積

(四) pH 值

1. 調配出 pH5~pH10 的水溶液，並以此水溶液依照比例製作出不同酸鹼度的澱粉洋菜膠
2. 放入三顆黃豆，置於恆溫箱定時 24 小時，溫度設定為 25°C，從 pH5 到 pH10 每隔一個 pH 值為一組，共 6 組，每組 5 塊洋菜膠
3. 計算其反應面積

(五) 添加物

1. 製作洋菜膠，綠茶粉比例為 2g/450 cc，其餘每塊洋菜膠各添加 1 克
2. 利用不同裝置來檢測表飛鳴對澱粉酶的影響
 - (1) 製作八塊澱粉洋菜膠
 - (2) 在每塊洋菜膠的中心挖一個約五十元硬幣大小的洞
 - 1 加入表飛鳴 1.5 cc (比例為水：表飛鳴=5：1) 及 10 顆黃豆
 - 2 加入清水 1.5 cc 及 10 顆黃豆
 - 3 加入表飛鳴 1.5 cc (比例為水：表飛鳴=5：1)
 - 4 加入清水 1.5 cc
3. 放入三顆黃豆 (不添加碘液，因為表飛鳴液影響碘液表現)，置於恆溫箱定時 24 小時，溫度設定為 30°C，計算其反應面積。

四、如何測試蛋白酶的活性

(一) 製作不同的洋菜膠來改變黃豆的環境

(二) 作用後的豆漿可利用雙縮脲試劑來檢驗蛋白酶的活性，因為雙縮脲試劑碰到蛋白質會變成紫色，再利用比色機檢驗蛋白質濃度的差異

(三) 裝置如下圖 6，試管中加入稀釋到一半濃度的豆漿

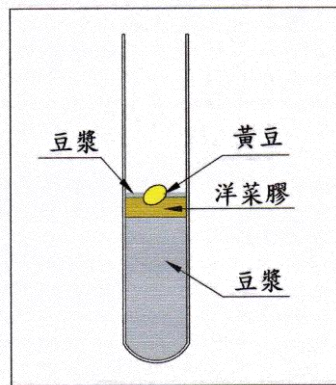


圖 6：蛋白質實驗裝置

(四) 作用後取出 1 cc，以 20 cc 的逆滲透水稀釋（為使吸光值的可信範圍落於 0.2~1 之間），加入 1 cc 的雙縮脲試劑，倒入比色管內，以比色機檢驗，吸光值（A）的波長設定為 595 nm。

(五) 調配雙縮脲試劑

溶 9g 的酒石酸鉀鈉於 40ml 0.2M 氫氧化鉀加入 1g 硫酸銅混合使之溶解。再加入 1g 碘化鉀混合使之溶解；最後以 0.2N 氫氧化鈉稀釋至 200ml，此試劑非常穩定。

五、其他因子對蛋白酶作用的影響

(一) 時間

1. 製作無添加物的洋菜膠
2. 放入三顆黃豆，置於恆溫箱定溫 25°C，時間為 1~8.5 小時，每隔 30 分鐘為一組，共 16 組，每組 4 支試管，一支為對照組（不放黃豆）
3. 作用後，檢驗其吸光值

(二) 溫度

1. 製作無添加物的洋菜膠
2. 放入三顆黃豆，置於恆溫箱定時 3 小時，溫度設定為 20~50°C，每隔 5°C 為一組，共 7 組，每組 4 支試管，一支為對照組（不放黃豆）
3. 作用後，檢驗其吸光值

(三) pH 值

1. 製作不同酸鹼度（pH 5~pH 10）的洋菜膠
2. 放入三顆黃豆，置於恆溫箱定溫 25°C，定時 3 小時，從 pH 5 到 pH 10 每隔一個 pH 值為一組，共 6 組，每組 5 支試管
3. 作用後，檢驗其吸光值

(四) 添加物

1. 分別製作各種添加物的洋菜膠
2. 放入三顆黃豆，置於恆溫箱定溫 25°C，定時 3 小時，綠茶粉共 5 支試管；其他

添加物則共 4 支試管，一支為對照組（不放黃豆）

3. 在測試表飛鳴添加物的實驗中，為了使表飛鳴粉末可以充份和黃豆蛋白酶作用，做了以下四種實驗裝置測試：

(1): 製作表飛鳴洋菜膠，比例為 150 cc 水+5g 洋菜膠粉+0.6g 表飛鳴，製作洋菜膠時，表飛鳴須在煮沸後溫度降於 50°C 以下才可加入，降溫過程中需持續攪拌，避免凝固

(2): 先不要將豆漿溢出洋菜膠表面，在洋菜膠表面塗上一層表飛鳴濃稠液（表飛鳴：水=5：4）

(3): 設置蛋白質實驗裝置時在豆漿內加入 1 cc 表飛鳴液（表飛鳴：水=1：5）

(4): 在洋菜膠上，添加表飛鳴液（表飛鳴：水=5：4）；洋菜膠下的豆漿加入表飛鳴液（表飛鳴：水=1：5）

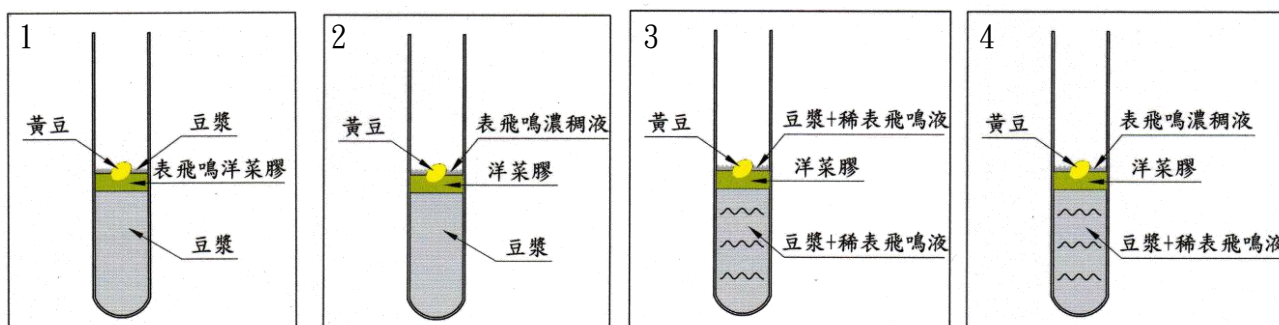


圖 7: 表飛鳴蛋白質實驗裝置

4. 作用後，檢驗其吸光質

(五) 催芽

1. 製作洋菜膠（無添加物的）

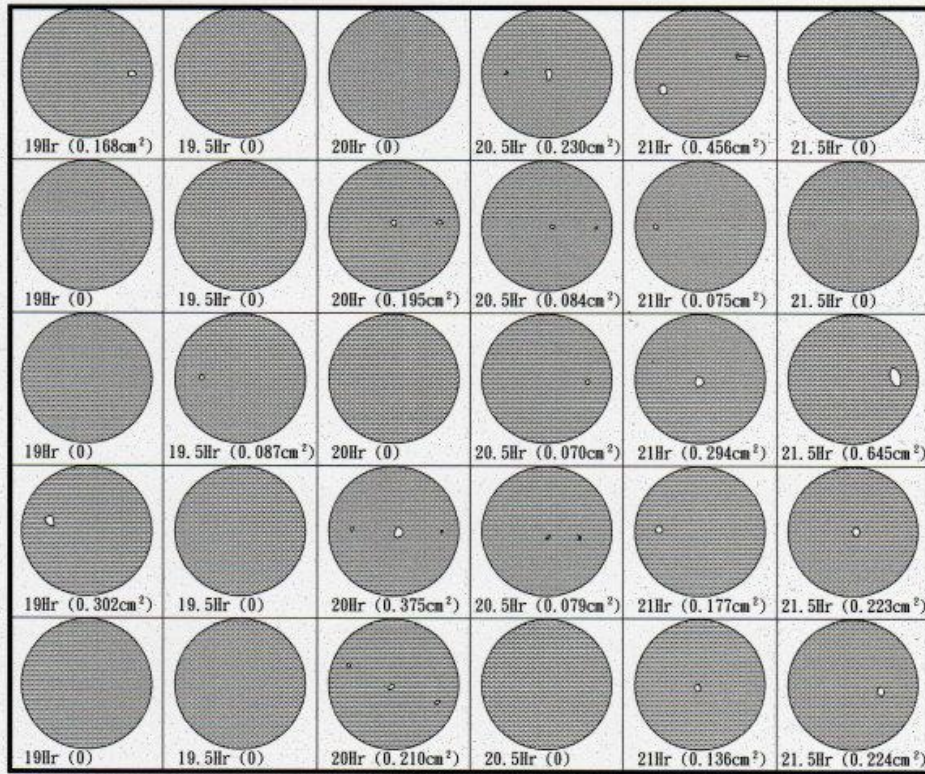
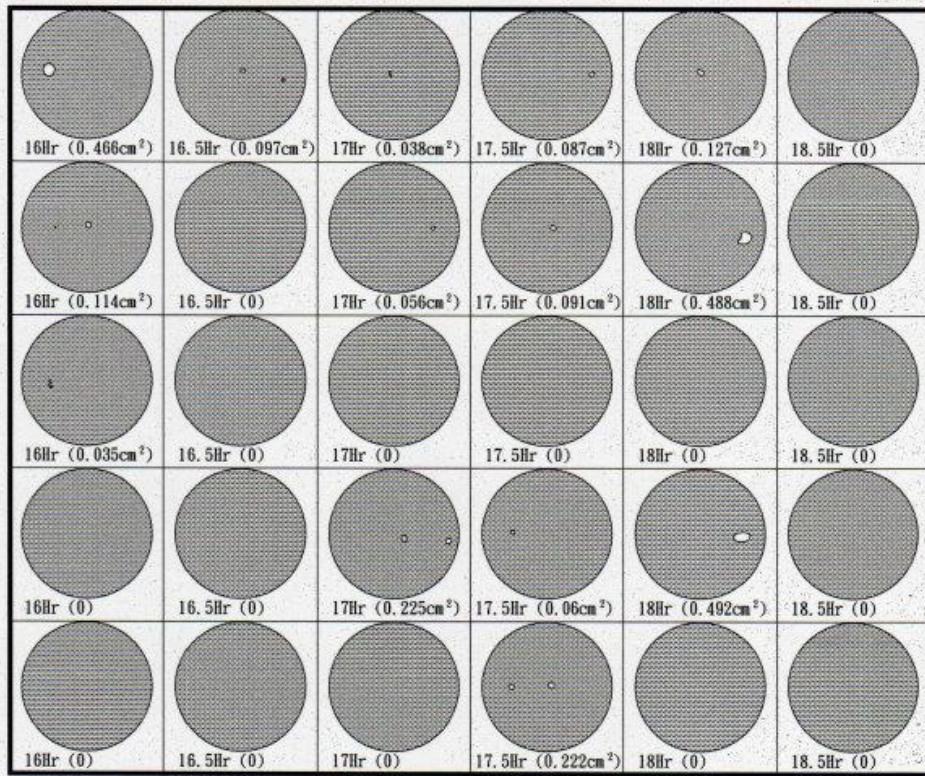
2. 放入三顆黃豆，置於恆溫箱定時 3 小時，溫度設定為 30°C，分為無黃豆、無催芽的黃豆和催芽一天的黃豆共 3 組，每組 3 支試管

3. 作用後，檢驗其吸光值

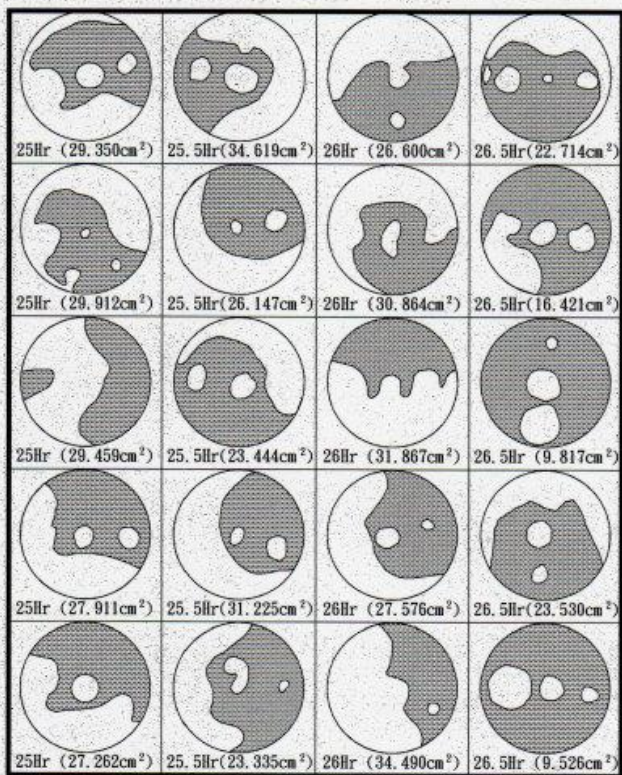
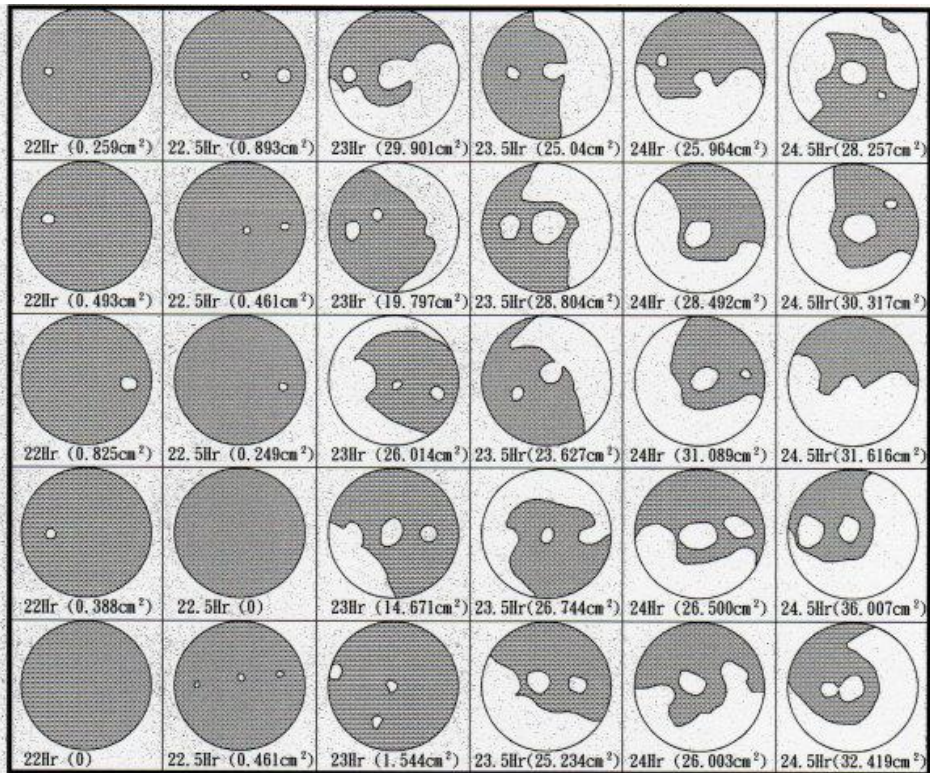


圖 8: 催芽一~三天的黃豆

伍、 研究結果



黑色部分為未作用部分，白色部分為已作用部分



黑色部分為未作用部分，白色部分為已作用部分

圖 9：澱粉酶隨時間作用範圍改變圖

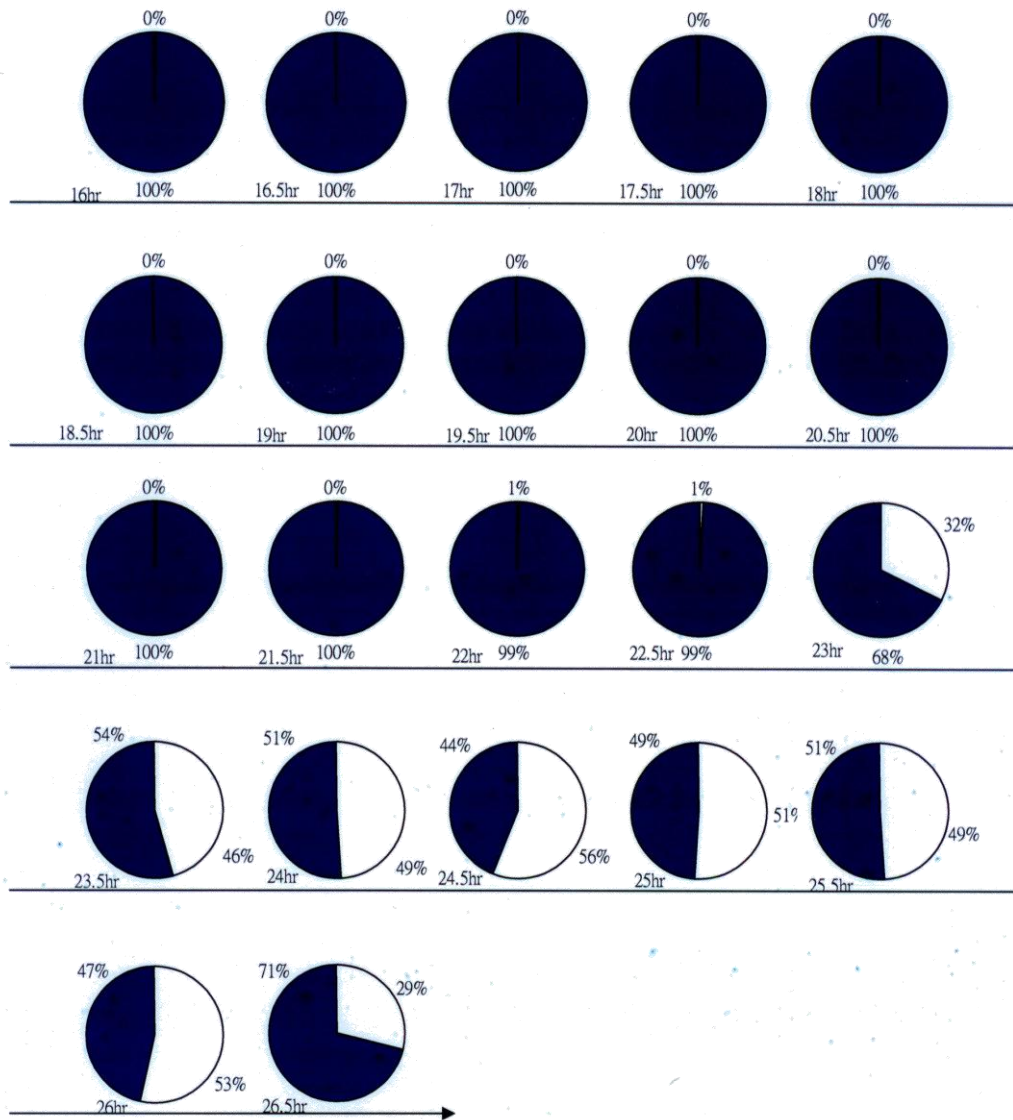


圖 10：澱粉酶隨時間作用範圍改變的百分比圖

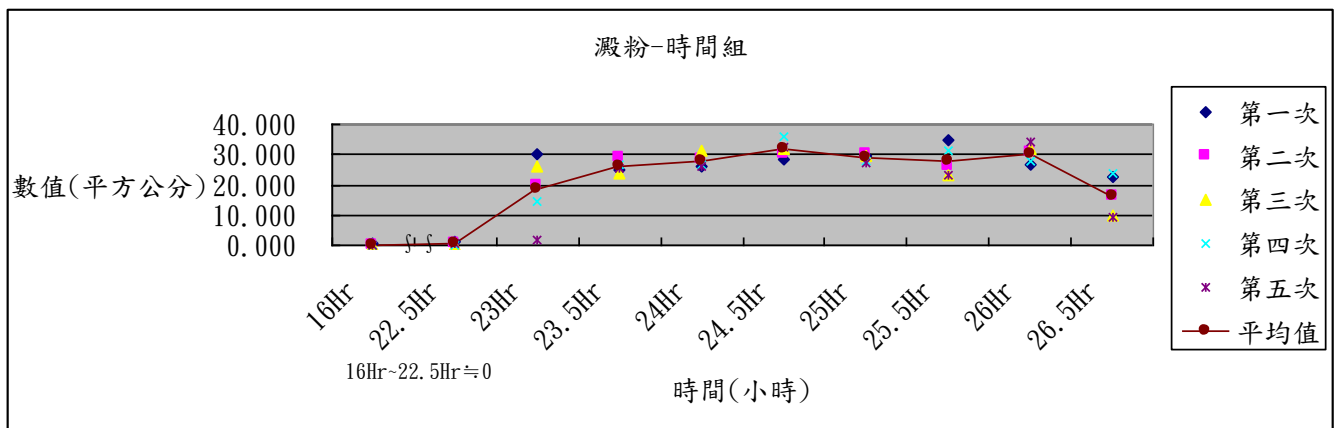


圖 11：澱粉酶隨時間作用範圍改變的折線圖

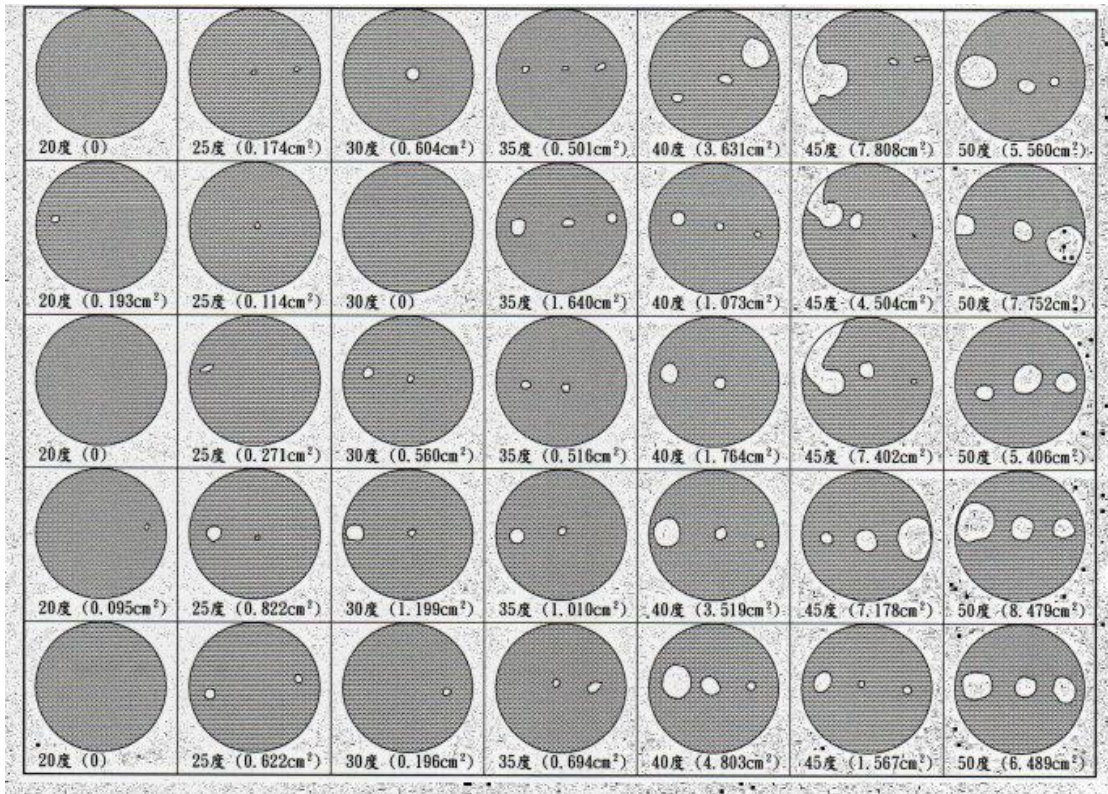


圖 12：澱粉酶隨溫度作用範圍改變圖

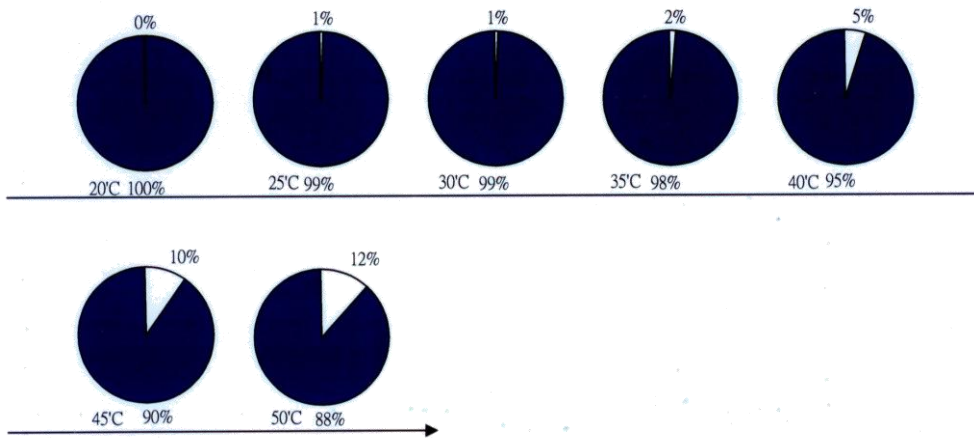


圖 13：澱粉酶隨溫度作用範圍的百分比圖

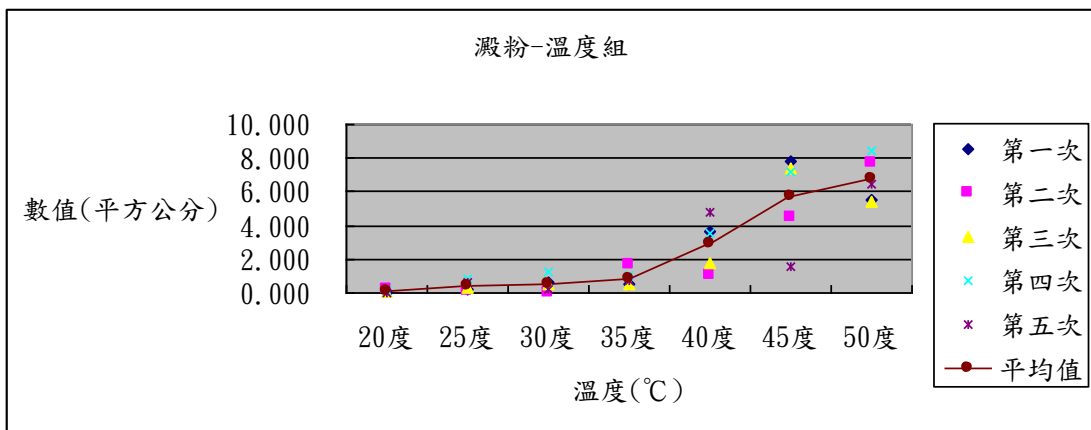


圖 14：澱粉酶隨溫度作用範圍的折線圖

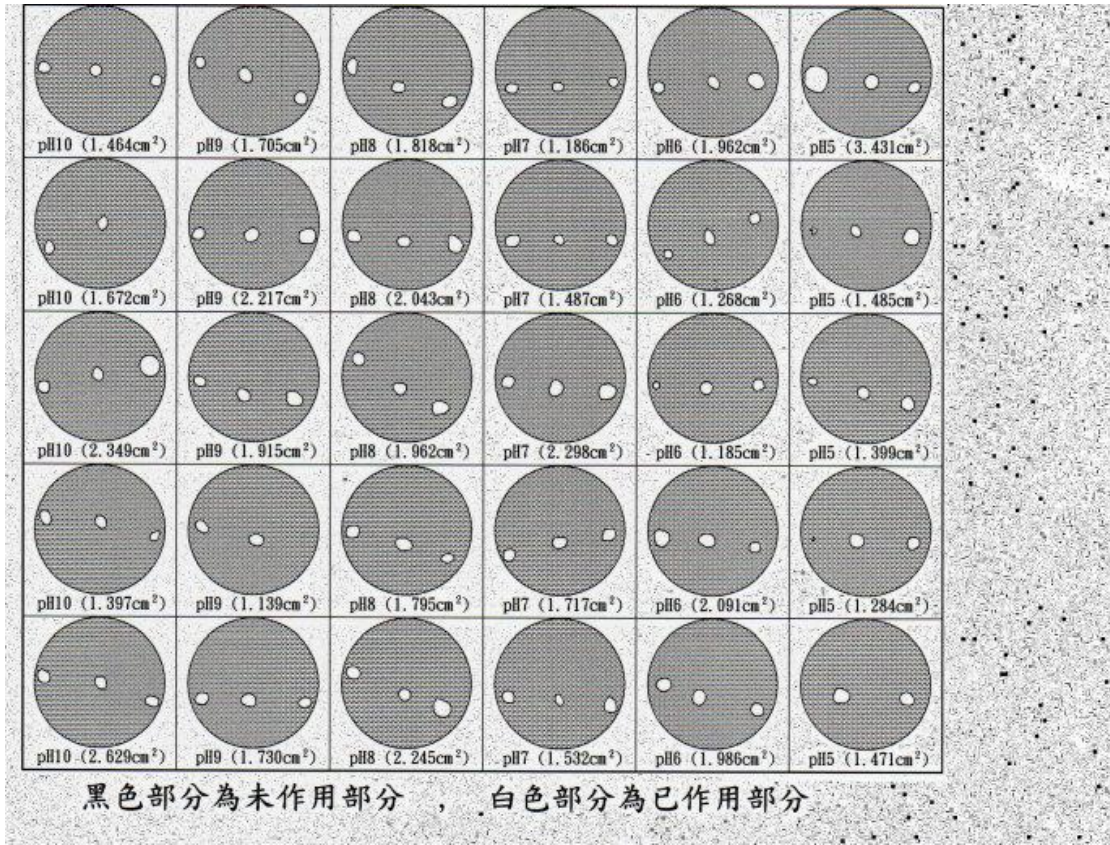


圖 15：澱粉酶隨 pH 值作用範圍改變圖

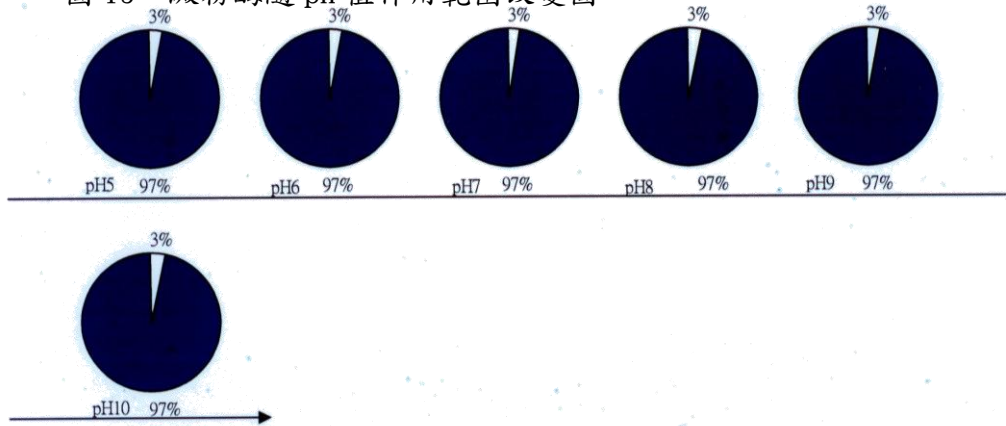


圖 16：澱粉酶隨溫度作用範圍的百分比圖

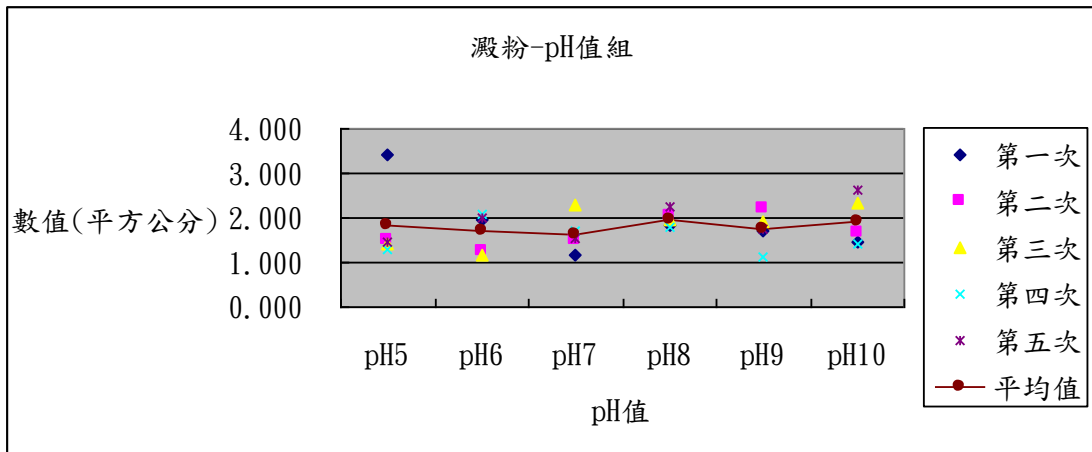


圖 17：澱粉酶隨 pH 值作用範圍的折線圖

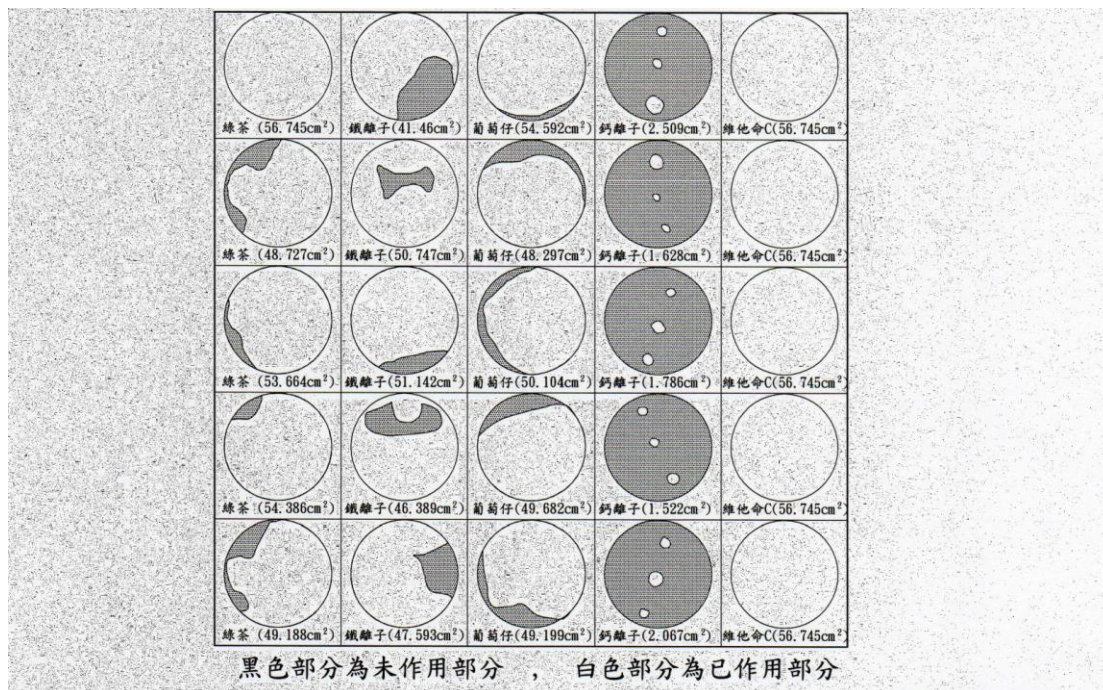


圖 18：澱粉酶隨不同添加物作用範圍改變圖

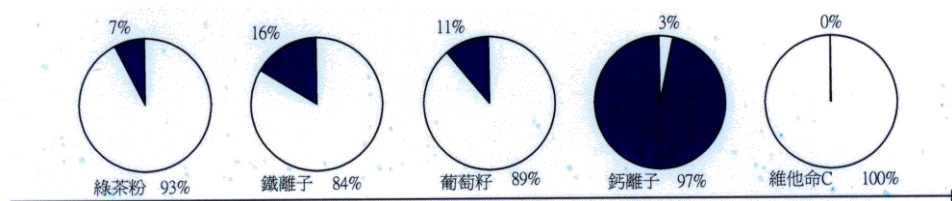


圖 19：澱粉酶隨不同的添加物作用範圍改變的百分比圖

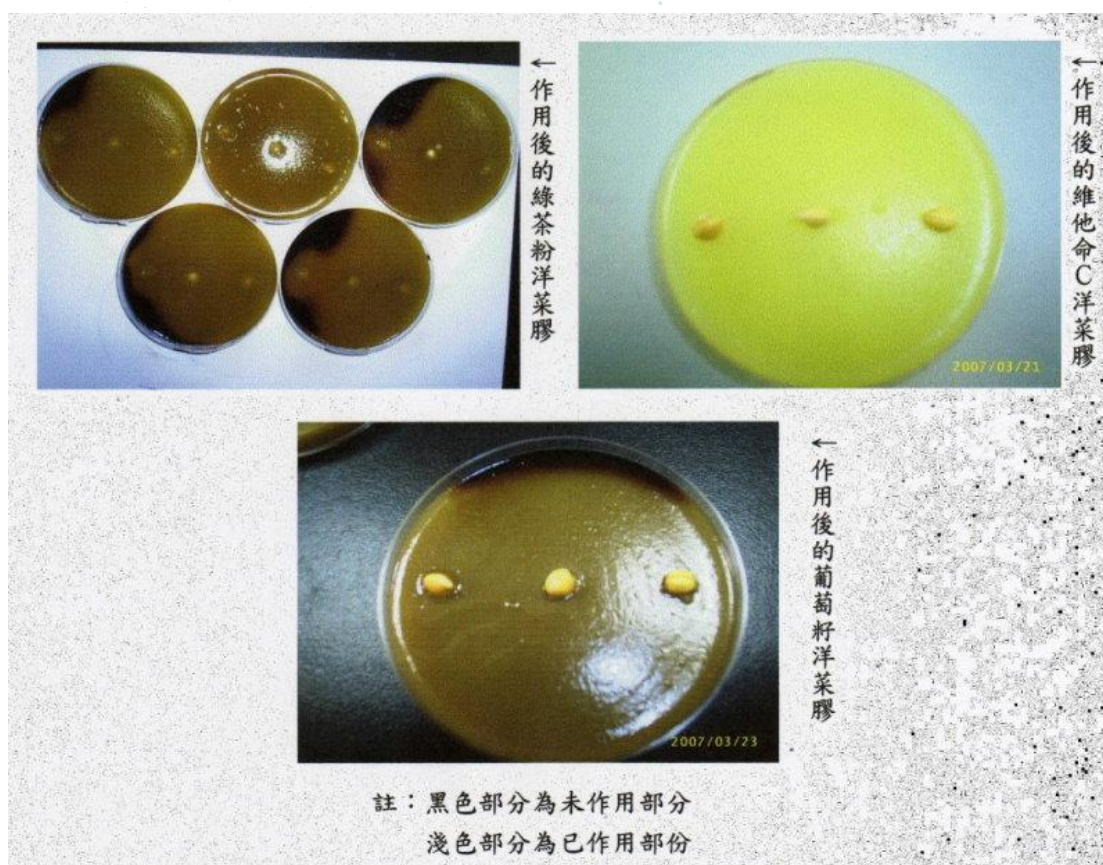


圖 20：各添加物作用圖



A 添加表飛鳴對黃豆澱粉酶的影響



B 不添加表飛鳴對黃豆澱粉酶的影響

圖 21：有無添加表飛鳴作用圖

二、蛋白質

(一) 時間

原始數據請見附錄 1

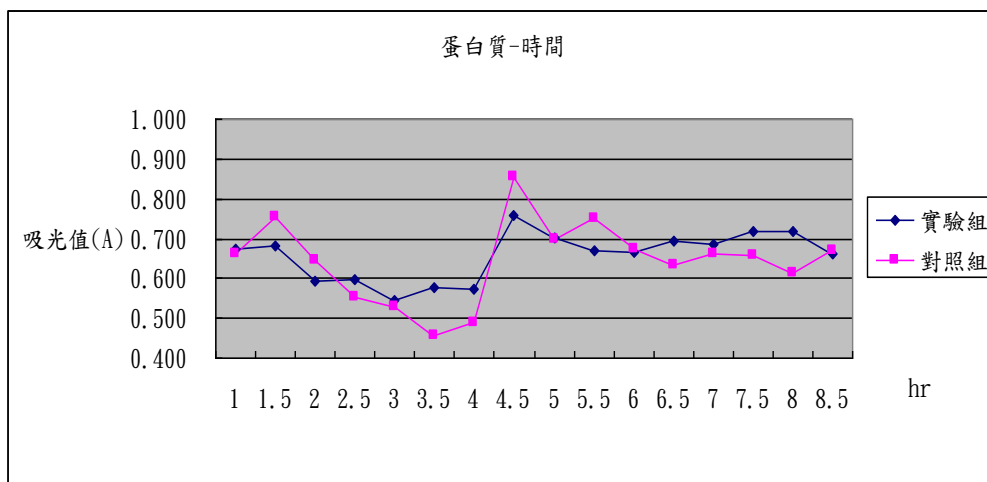


圖 22：蛋白酶在不同的時間作用下的表現

(二) 溫度

原始數據請見附錄 2

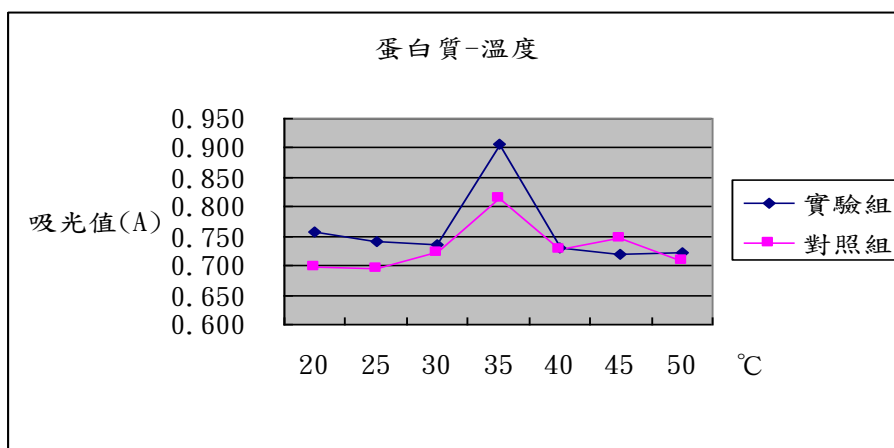


圖 23：蛋白酶在不同溫度下的表現

(三) pH 值

原始數據請見附錄 3

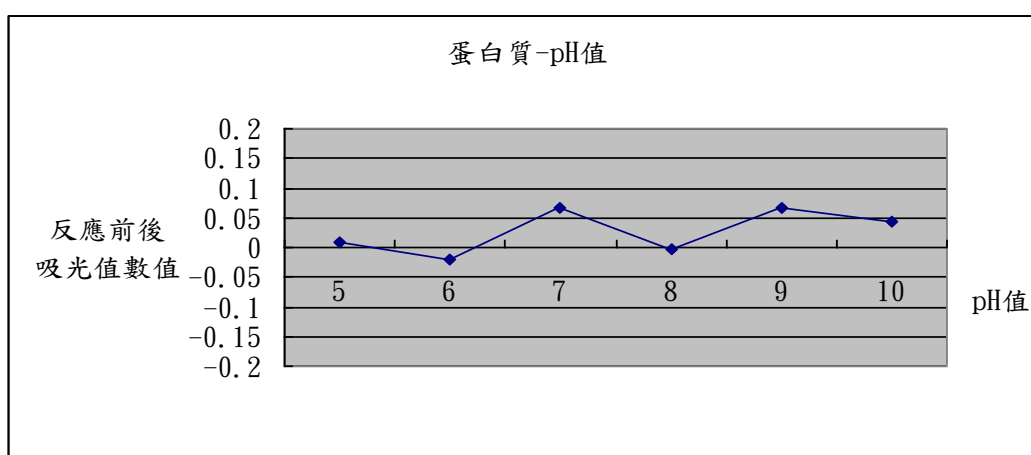


圖 24：蛋白酶在不同 pH 值下的表現

(四) 添加物

1. 綠茶粉的影響

表 1：綠茶粉對蛋白酶作用的影響

| 添加物 | 吸光值 (A) | | | | | 平均值 | 作用前 | 差值 |
|------|---------|-------|--------|-------|-------|--------|-------|--------|
| 有綠茶粉 | 879 | 0.884 | *1.144 | 0.874 | 0.875 | 0.878 | 0.94 | -0.062 |
| 無綠茶粉 | 0.802 | 0.985 | 0.813 | 1.023 | 0.989 | 0.9224 | 0.728 | 0.1944 |

2. 其他添加物的影響

表 2：不同的添加物對蛋白酶作用的影響

| 添加物 | 吸光值 (A) | | | 平均值 | 對照組 | 原汁 |
|-----|---------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 鈣 | 0.663 | 0.727 | 0.746 | 0.712 | 0.728 | 0.724 |

| | | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 維生素 C | 0.732 | 0.657 | 0.702 | 0.697 | 0.693 | 0.724 |
| 鐵 | 0.673 | 0.690 | 0.675 | 0.679 | 0.665 | 0.613 |
| 葡萄籽 | 0.601 | 0.491 | 0.525 | 0.539 | 0.512 | 0.613 |

3-1. 表飛鳴的影響

表 3：不同的表飛鳴裝置對蛋白酶的作用的影響

| | 有表飛鳴 無黃豆 1 | 有表飛鳴有黃豆 2 | | *平均值 | 無表飛鳴 有黃豆 3 | 無表飛鳴 無黃豆 4 |
|-----|---------------|-----------|-------|--------|---------------|---------------|
| (1) | 0.657 | 0.710 | 0.703 | 0.7065 | 0.731 | 0.834 |
| (2) | 0.690 | 0.790 | 0.793 | 0.7915 | 0.731 | 0.834 |
| (3) | 0.586 | 0.835 | 0.740 | 0.7875 | 0.731 | 0.834 |
| (4) | 0.666 | 0.730 | 0.702 | 0.716 | 0.731 | 0.834 |

*2 重覆二次所得的平均值

以不同裝置來了解表飛鳴和黃豆酵素對蛋白質的作用，發現(3)的效果最明顯，再重覆(3)五次。

3-2. 重複(3)的實驗

表 4：(3)之裝置對蛋白酶表現的影響

| 表飛鳴組 別形式 | 有表 飛鳴 無黃 豆 1 | 有表飛鳴有黃豆 2 | | | | | 平均值 | 無表飛 鳴有黃 豆 3 | 無表飛 鳴無黃 豆 4 | 實驗前 豆漿 |
|-------------|-----------------------|-----------|-------|-------|-------|-------|--------|-------------------|-------------------|-----------|
| 吸光值(A) | 0.605 | 0.686 | 0.695 | 0.643 | 0.728 | 0.717 | 0.6938 | 0.712 | 0.733 | 0.770 |

4. 催芽

表 5：催芽的天數不同對蛋白酶作用的影響

| 組別 | 作用前豆漿 | 無黃豆 | 無催芽 | 催芽一天 | 催芽兩天 | 催芽三天 |
|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 吸光值(A) | 0.845 | 0.886 | 0.808 | 0.703 | 0.725 | 0.962 |
| | 0.882 | 0.915 | 0.889 | 0.782 | 0.864 | 0.943 |
| | 0.905 | 0.790 | 0.765 | 0.798 | 0.899 | 0.771 |
| 平均值(四捨五入 進小數點第三位) | 0.877 | 0.864 | 0.821 | 0.761 | 0.829 | 0.892 |

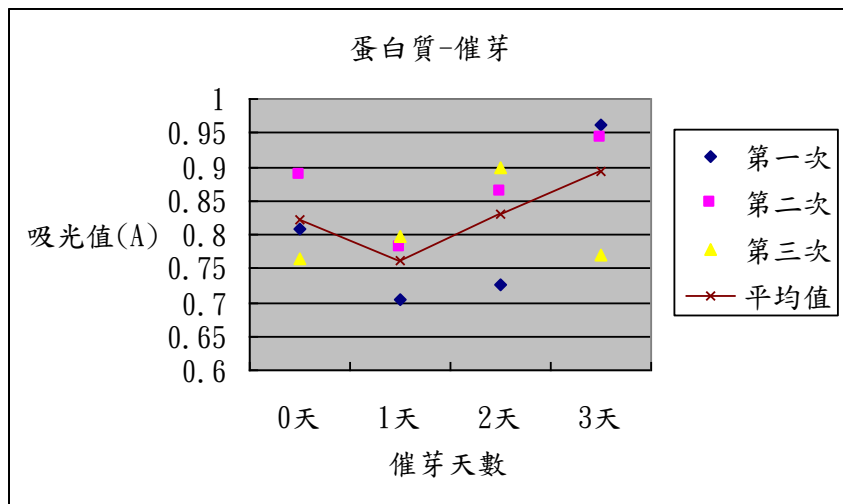


圖 25：蛋白酶在不同催芽天數下的表現

陸、討論

一、種皮

依照實驗結果，種皮會阻擋黃豆胚芽內酵素的釋放，所以本實驗所用的黃豆一律都去種皮。

二、時間

(一) 澱粉：

經過測試後，洋菜膠至少要放 16 小時才能看到顏色的變化，放一天以上就會發霉爛掉，所以將時間範圍設定為 16~26.5 小時。

(二) 蛋白質：

牛奶在外面放 2 小時就會壞掉，豆漿也可能會如此，而一般豆漿店泡黃豆都是泡 6~8 小時，所以將觀察時間延到了 8.5 小時，因此將時間設為 1~8.5 小時。

(三) 反應時間的差異

蛋白酶作用時間比澱粉酶短是因澱粉酶是在洋菜膠（固體）內進行，而蛋白酶則只是經過洋菜膠，主要還是在豆漿（液體）內進行，所需的時間也就較少。

(四) 時間對澱粉酶作用結果

從 16~22.5 小時，澱粉酶作用不佳，可能是澱粉酶未充分釋出，23 小時後，很明顯澱粉酶活性持續增加直到 26 小時，不過到了 26.5 小時，澱粉酶的活性反而降低，可能是因為黃豆準備要發芽，因此把葡萄糖轉換成澱粉，並儲存起來，所以看起來像是澱粉酶的活性降低。

(五) 時間對蛋白酶作用結果

從實驗結果來看，實驗組與對照組的數值相近，推測在 1~8.5 小時內，黃豆內的蛋白酶並沒有充分的釋放出來，以致吸光質和沒有放黃豆的極接近。至於為何

兩組吸光值仍隨時間產生變化，推測豆漿裡或許含有某些可抗高溫的細菌，可分解或聚合蛋白質，3~4 小時細菌分解蛋白質的作用最好。這項推論可由參考文獻 5「蛋白質的分解利用」：「綠豆子葉在吸潤 12 小時以內，蛋白粒仍完整無缺，管狀的內質網很少與核糖體連接。在 12~24 小時之間，管狀內質網減少，連接有核糖體的 cistern 內質網增多。」也許黃豆的蛋白酶在黃豆發芽後 2~3 天才開始釋放，和參考文獻 4：高中科展「養生的秘密~養生全豆奶的化學成分探討」內的「其蛋白質含量為未發>短發>子葉>長發>莖」，由於本實驗的黃豆為未發到短發之間，所以推測黃豆蛋白酶因時間不足，來不及釋放出來。

三、溫度

(一) 澱粉與蛋白質的溫度

本實驗將溫度範圍為 20~50°C 是因為一般酵素的最佳溫度是 37°C，所以將最低溫度設為 20°C，而最高溫度則為 50°C。

(二) 溫度對澱粉酶作用結果

從 20°C~50°C 很明顯可以看出澱粉酶的活性漸漸上升，大致上從 35°C 開始轉折，兩組之間的溫度變化急遽增加，到達 50°C 時最佳。

(三) 溫度對蛋白酶作用結果

從實驗結果看來，雖然實驗組與對照組數值並無太大的差異，且根據上個時間組的推測，3 小時或許不夠黃豆蛋白酶的釋放與作用，但在 35°C 實驗組的數值最大且與對照組有明顯的差異，依據參考文獻 6 顯示「有些食物如黃豆及大豆，含有抑制胰蛋白酶之成分，加熱處理可破壞這些抑制物質，因而改善蛋白質的消化率」，再加上「蛋白質的分解利用」上的「分解大分子蛋白質的酵素，由其作用的部位分成兩大類，其一是由蛋白質長鏈的內部將蛋白質一切為二，稱為內切肽酶(endopeptidase)，此酵素將蛋白質切成分子量較小的多肽(polypeptide)，多肽進一步需要用肽酶(peptidase)來分解成氨基酸。」，推測 35°C 可破壞抑制物質，促進黃豆酵素的釋放與作用，又因內切肽酶將蛋白質切成小蛋白質，增加蛋白質表面積而使吸光質也跟著增加的關係，所以吸光質不是變小反而變大。但從「蛋白質經些微加熱後，其橫向鍵即斷裂，因而可加速消化之進行；但相反的，過度的加熱反而可能造成橫向鍵的生成，而使消化進行困難。」得知，過高的溫度不但不會促進蛋白酶的活性，反而會造成反效果，所以 35°C 以上的溫度才不助於黃豆蛋白酶的作用。

四、pH 值

(一) 設定 pH 值

pH 值為 5~10 有兩個原因，一是因為測試過在極酸和極鹼的環境下，黃豆酵素根本無法作用，二是不可能將黃豆泡在極酸或極鹼的環境，這樣人類根本不能喝下去，所以才不採用強酸到強鹼的環境來做實驗。

(二) pH值對澱粉酶與蛋白酶作用結果

從結果來看，發現其實數值之間差距都不大，最可能的原因就是pH值對澱粉酶影響不大；蛋白質的實驗組中，我們推測還有一個原因，以時間組的結果來看，三小時的時間可能不夠酵素出來作用，以致於數值差距不大，或是pH值真的不助於蛋白酶的作用。

五、添加物

(一) 綠茶粉

1. 添加物採用綠茶粉是因為在市面上看到「綠豆飲」此豆漿產品。
2. 結果發現與時間組 24 小時的結果比較，很明顯可以看出加入綠茶粉的環境可以使澱粉酶的活性增加。市售的綠豆飲可能營養價值很高。

(二) 鈣片

1. 鈣也是一種常見的食品添加物，故以此實驗檢驗。
2. 實驗結果很明顯看出作用並不是很好，有作用的範圍很小，所以雖然鈣是一種很好的離子，但並不助於黃豆澱粉酶的作用。

(三) 維生素 C

1. 綠茶粉可增加澱粉酶的活性，其中含有大量的維生素 C，而維生素 C 是一種抗氧化劑，也是一種輔酶，故以此實驗檢驗。
2. 原本預計過了 24 小時檢驗結果，但發現才過了 3 小時澱粉酶已完全作用完畢，整塊洋菜膠的澱粉都被分解成葡萄糖，表示維生素 C 真的對澱粉酶的作用很有幫助。

(四) 鐵劑

1. 鐵離子也是一種輔酶，因此採用它來做實驗。
2. 經過了 24 小時後發現澱粉酶幾乎全部作用完畢，只有少部分的澱粉沒有被分解，與維生素 C 比較之後雖然略遜一籌，但是它仍是一種有助於澱粉酶作用的離子，可能在此扮演輔酶的角色。另外從實驗結果發現，鐵劑洋菜膠的黃豆的芽生長的比其他種離子洋菜膠的芽好，推測鐵離子有助於生長激素的作用。



圖 26：作用後的鐵劑洋菜膠

(五) 葡萄籽

1. 葡萄籽是一種常見的添加物，含有花青素是一種抗氧化劑，故以此實驗檢驗。
2. 經過了 24 小時後發現澱粉酶幾乎全部作用完畢，只有少部分的澱粉沒有被分解，與維生素 C 比較之後雖然略遜一籌，但是它仍是一種有助於澱粉酶作用的離子。

(六) 表飛鳴

1. 實驗組 A 與實驗組 B 的面積數值相近，範圍大小差不多，表示乳酸菌對黃豆澱粉酶並沒有特別的影響。
2. 研究表飛鳴對蛋白酶的影響實驗中，比較黃豆及對照組處理的各組別實驗後的吸光值卻都較原豆漿的吸光值低，表示蛋白質被分解成胺基酸。比較蛋白質被分解的多寡依序是：1>2>3>4。由此結果推論，表飛鳴能促進蛋白質分解，表示乳酸菌可以分解蛋白質。第 3 組蛋白質被分解的情形不如 2，但第 2 組又不如 1，可能是黃豆在發芽前會分泌抑菌物，會抑制乳酸菌的作用。由此實驗證明，在泡製豆漿的過程中，若要加速黃豆蛋白酶的作用，添加乳酸菌是無用的，但可以在製好的豆漿內加入乳酸菌來加速黃豆蛋白質轉變為小分子的胺基酸，易於人體吸收。

(七) 各項添加物對蛋白酶的影響

從實驗結果來看，除了表飛鳴洋菜膠以外，任何一種添加物的實驗組與對照組的數值也都很接近，依照時間組的推論，推測 3 小時的作用時間不夠黃豆蛋白酶釋放作用，或是這些添加物真的無法增加蛋白酶的活性。

(八) 催芽對蛋白酶作用結果

蛋白質被分解的多寡依序為：催芽一天>無催芽>無黃豆>作用前豆漿。無黃豆及無催芽的數值仍然接近，表示黃豆的酵素沒有作用，是細菌所致。催芽一天的黃豆最能使黃豆的蛋白質分解為小分子，推測黃豆經泡水後，胚軸才大量產生激素，促使蛋白酶作用，此即驗證文獻 6「黃豆的蛋白酶確實在 12~24 小時之後才會開始釋放出來作用」，然而催芽二、三天的黃豆，分解蛋白質的效果反而不穩定，根據文獻 7，有些酵素如「去支鏈酵素」在乾燥種子即存在，有些酵素是發芽後才合成（文獻 8），推測催芽一天的結果是原本存在乾燥黃豆的酵素作用所致，催芽二、三天的黃豆則是因為一些酵素新合成導致蛋白質濃度增加，而使得吸光值不穩定。

六、洋菜膠的製作

為了製作出均質無氣泡的洋菜膠，製作時，先將洋菜膠粉倒入水中攪拌均勻，再倒入玉米粉，如果先倒玉米粉會使洋菜膠粉不容易溶於水，這樣會不容易沸騰和凝固，而且易冒泡泡（如圖 27），進而影響實驗結果。另外一次要煮大批的洋菜膠時，必須先以燒杯分批讓洋菜膠粉和玉米粉溶解，再全部倒入鍋中，這樣可避

免粉末結塊，才可做出漂亮的洋菜膠。



圖 27：失敗的洋菜膠（泡泡太多）

七、蛋白質實驗裝置注意事項

- （一）洋菜膠不可太薄，因洋菜膠與試管壁接觸面積太小，而易造成洋菜膠滑入豆漿中，如果洋菜膠沉入豆漿內，黃豆酵素無法以洋菜膠作為改變環境的因素，而造成實驗誤差。
- （二）壓入洋菜膠時，豆漿需溢出洋菜膠表面，較能促進黃豆萌發，釋放酵素。

柒、 結論

一、澱粉

時間為 23~26 小時最好，溫度為 50°C 最佳，pH 值和乳酸菌則對澱粉酶沒有特別的影響，維生素 C、綠茶粉、鐵劑及葡萄籽顯著增加澱粉酶的活性，幫助豆漿中的澱粉轉變為葡萄糖，利於人體吸收。

二、蛋白質

黃豆的澱粉酶較蛋白酶早釋放出來，所以如果要得到豆漿的葡萄糖小分子養份，應該要著重於澱粉酶的作用。本實驗驗證結果顯示催芽一天，豆漿中的蛋白質有被分解，表示黃豆蛋白酶在 24 小時之後表現很好，也就是說如果使用催芽一天的黃豆來做豆漿會得到含胺基酸的豆漿。蛋白酶作用的最佳溫度是 35°C，豆漿本身存在的細菌也會分解其中的蛋白質，因此如果控制製造豆漿的過程存在益菌，如乳酸菌，就可以幫助豆漿中的蛋白質分解為胺基酸；如果是害菌，必須想辦法抑制它，避免影響人體的健康。

捌、 參考文獻

1. 潘榮隆（無日期）。U-BET 大學生命科學教學改進計畫。民 95 年 9 月 10 日，取自「基礎生命科學實驗」：
<http://life.nthu.edu.tw/~lsteduip/U-BET/ubet/F2/biosci.htm>
2. 莊榮輝（無日期）。酵素化學實驗。民 95 年 12 月 16 日，取自「蛋白質定量法」：
<http://juang.bst.ntu.edu.tw/ECX/Anal.htm>

3. 王月雪、陳是瑩、童武夫編著（民 76）。植物生理學實驗，**實驗三：細胞內原生質的化學組成**（25-28 頁）；**實驗八：徒長素（G A）誘導澱粉酶的產生**（184-186 頁）（修訂版）。台北市：藝軒。
4. 黃煒軒、高伯誠、陳敏傑、蘇崇豪（無日期）。**養生的秘密~養生全豆奶的化學成分探討**（科展）。民 95 年 11 月 29 日，取自「歷年科展作品」：
<http://www.ntsec.gov.tw/activity/race-1.asp>（編號：040212）
5. 台灣大學種子研究室網站，（無日期）。民 96 年 3 月 19 日，取自「蛋白質的分解利用」：
<http://seed.agron.ntu.edu.tw/vtseed/germin/ger9.htm>
6. 教育部學習加油站—國中生物科教材資源學習加油站（無日期）。民 96 年 3 月 19 日，取自「蛋白質」：
http://content.edu.tw/junior/bio/tc_wc/textbook/ch02/supply2-0-7.htm
7. 台灣大學種子研究室網站，（無日期）。民 96 年 5 月 17 日，取自「碳水化合物的分解利用」：
<http://seed.agron.ntu.edu.tw/vtseed/germin/ger10.htm>
8. 台灣大學種子研究室網站，（無日期）。民 96 年 5 月 17 日，取自「養份分解轉運的控制」：
<http://seed.agron.ntu.edu.tw/vtseed/germin/ger13.htm>

附錄

| | | | | | | | |
|-----|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | 16Hr | 16.5Hr | 17Hr | 17.5Hr | 18Hr | 18.5Hr | 19Hr |
| 第一次 | 0.466 | 0.097 | 0.038 | 0.087 | 0.127 | 0.000 | 0.168 |
| 第二次 | 0.114 | 0.000 | 0.056 | 0.091 | 0.488 | 0.000 | 0.000 |
| 第三次 | 0.035 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 第四次 | 0.000 | 0.000 | 0.225 | 0.060 | 0.492 | 0.000 | 0.302 |
| 第五次 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.222 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 總數值 | 0.615 | 0.097 | 0.319 | 0.460 | 1.107 | 0.000 | 0.470 |
| 平均值 | 0.123 | 0.019 | 0.064 | 0.092 | 0.221 | 0.000 | 0.094 |
| | 19.5Hr | 20Hr | 20.5Hr | 21Hr | 21.5Hr | 22Hr | 22.5Hr |
| 第一次 | 0.000 | 0.000 | 0.230 | 0.456 | 0.000 | 0.259 | 0.893 |
| 第二次 | 0.000 | 0.195 | 0.084 | 0.075 | 0.000 | 0.493 | 0.461 |
| 第三次 | 0.087 | 0.000 | 0.070 | 0.294 | 0.645 | 0.825 | 0.249 |
| 第四次 | 0.000 | 0.375 | 0.079 | 0.177 | 0.223 | 0.388 | 0.000 |
| 第五次 | 0.000 | 0.210 | 0.000 | 0.136 | 0.224 | 0.000 | 0.461 |
| 總數值 | 0.087 | 0.780 | 0.463 | 1.138 | 1.092 | 1.965 | 2.064 |
| 平均值 | 0.017 | 0.156 | 0.093 | 0.228 | 0.218 | 0.393 | 0.413 |
| | 23Hr | 23.5Hr | 24Hr | 24.5Hr | 25Hr | 25.5Hr | 26Hr |
| 第一次 | 29.901 | 25.040 | 25.964 | 28.257 | 29.350 | 34.619 | 26.600 |
| 第二次 | 19.797 | 28.804 | 28.492 | 30.317 | 29.912 | 26.147 | 30.864 |
| 第三次 | 26.014 | 23.627 | 31.089 | 31.616 | 29.459 | 23.444 | 31.867 |
| 第四次 | 14.671 | 26.744 | 26.500 | 36.007 | 27.911 | 31.225 | 27.576 |
| 第五次 | 1.544 | 25.234 | 26.003 | 32.419 | 27.262 | 23.335 | 34.490 |
| 總數值 | 91.927 | 129.449 | 138.048 | 158.616 | 143.894 | 138.770 | 151.397 |
| 平均值 | 18.385 | 25.890 | 27.610 | 31.723 | 28.779 | 27.754 | 30.279 |

附錄 1：不同時間對澱粉酶作用的影響

| | 20 度 | 25 度 | 30 度 | 35 度 | 40 度 | 45 度 | 50 度 |
|-----|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|
| 第一次 | 0.000 | 0.174 | 0.604 | 0.501 | 3.631 | 7.808 | 5.560 |
| 第二次 | 0.193 | 0.114 | 0.000 | 1.640 | 1.073 | 4.504 | 7.752 |
| 第三次 | 0.000 | 0.271 | 0.560 | 0.516 | 1.764 | 7.402 | 5.406 |
| 第四次 | 0.095 | 0.822 | 1.199 | 1.010 | 3.519 | 7.178 | 8.479 |
| 第五次 | 0.000 | 0.622 | 0.196 | 0.694 | 4.803 | 1.567 | 6.489 |
| 總數值 | 0.288 | 2.003 | 2.559 | 4.361 | 14.790 | 28.459 | 33.686 |
| 平均值 | 0.058 | 0.401 | 0.512 | 0.872 | 2.958 | 5.692 | 6.737 |

附錄 2：不同溫度對蛋白酶作用的影響

| | pH10 | pH9 | pH8 | pH7 | pH6 | pH5 | 綠茶 |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|
| 第一次 | 1.464 | 1.705 | 1.818 | 1.186 | 1.962 | 3.431 | 78.540 |
| 第二次 | 1.672 | 2.217 | 2.043 | 1.487 | 1.268 | 1.485 | 67.442 |
| 第三次 | 2.349 | 1.915 | 1.962 | 2.298 | 1.185 | 1.399 | 74.275 |
| 第四次 | 1.397 | 1.139 | 1.795 | 1.717 | 2.091 | 1.284 | 75.274 |
| 第五次 | 2.629 | 1.730 | 2.245 | 1.532 | 1.986 | 1.471 | 68.080 |
| 總數值 | 9.511 | 8.706 | 9.863 | 8.220 | 8.492 | 9.070 | 363.611 |
| 平均值 | 1.902 | 1.741 | 1.973 | 1.644 | 1.698 | 1.814 | 72.722 |

附錄 3：不同 pH 值對澱粉酶作用的影響

| 時間(hr) | 數值(A) | | | 平均值 | 對照組 |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1 | 0.678 | 0.649 | 0.700 | 0.676 | 0.661 |
| 1.5 | 0.732 | 0.634 | 0.682 | 0.683 | 0.756 |
| 2 | 0.583 | 0.639 | 0.560 | 0.594 | 0.647 |
| 2.5 | 0.558 | 0.617 | 0.611 | 0.595 | 0.554 |
| 3 | 0.545 | 0.567 | 0.521 | 0.544 | 0.528 |
| 3.5 | 0.536 | 0.616 | 0.577 | 0.576 | 0.456 |
| 4 | 0.507 | 0.494 | 0.714 | 0.572 | 0.490 |
| 4.5 | 0.818 | 0.741 | 0.721 | 0.760 | 0.855 |
| 5 | 0.711 | 0.764 | 0.625 | 0.700 | 0.700 |
| 5.5 | 0.690 | 0.677 | 0.643 | 0.670 | 0.750 |
| 6 | 0.659 | 0.725 | 0.618 | 0.667 | 0.675 |
| 6.5 | 0.671 | 0.707 | 0.698 | 0.692 | 0.634 |
| 7 | 0.717 | 0.717 | 0.620 | 0.685 | 0.661 |
| 7.5 | 0.688 | 0.740 | 0.722 | 0.717 | 0.659 |
| 8 | 0.824 | 0.639 | 0.696 | 0.720 | 0.614 |
| 8.5 | 0.664 | 0.690 | 0.630 | 0.661 | 0.671 |

附錄 4：不同時間對蛋白酶作用的影響

| 溫度(°C) | 數值(A) | | | 平均值 | 對照組 |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 20 | 0.756 | 0.722 | 0.794 | 0.757 | 0.697 |
| 25 | 0.724 | 0.735 | 0.762 | 0.740 | 0.694 |
| 30 | 0.697 | 0.707 | 0.805 | 0.736 | 0.722 |
| 35 | 0.860 | 0.940 | 0.920 | 0.907 | 0.815 |
| 40 | 0.722 | 0.687 | 0.785 | 0.731 | 0.727 |
| 45 | 0.703 | 0.681 | 0.777 | 0.720 | 0.747 |
| 50 | 0.706 | 0.753 | 0.704 | 0.721 | 0.708 |

附錄 5：不同溫度對蛋白酶作用的影響

| pH 值 | 數值(A) | | | | | 平均值 | 作用前 | 差值 |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|------|---------|
| 5 | 0.902 | 0.835 | 1.034 | 0.954 | 1.015 | 0.948 | 0.94 | 0.008 |
| 6 | 0.983 | 1.011 | 0.912 | 0.91 | 0.786 | 0.9204 | 0.94 | -0.0196 |
| 7 | 1.095 | 1.054 | 1.013 | 0.926 | 0.962 | 1.008 | 0.94 | 0.068 |
| 8 | 0.789 | 0.94 | 0.97 | 0.938 | 1.055 | 0.9384 | 0.94 | -0.0016 |
| 9 | 1.114 | 0.973 | 0.937 | 1.061 | 0.942 | 1.0054 | 0.94 | 0.0654 |
| 10 | 0.979 | 0.942 | 1.008 | 0.899 | 1.09 | 0.9842 | 0.94 | 0.0442 |

附錄 6：不同 pH 值對蛋白酶作用的影響

【評 語】 031706 情「豆」初開，「酵」一下！

研究頗具創意，但試驗之處理宜合理。應多參考其也有關資料。