

# 中華民國第 55 屆中小學科學展覽會 作品說明書

---

高中組 化學科

040202

碘食呈經～澱粉碘液呈色及穀物分解探討

學校名稱：臺中市私立明道高級中學

作者： 高二 陳重宇 高二 蘇煥鈞	指導老師： 王姍佩 蘇育慧
-------------------------	---------------------

關鍵詞：澱粉碘液呈色、 $\alpha$ -amylase、澱粉分解

## 摘要

在這篇研究中，我們希望探討溫度、酸鹼和還原糖是否影響澱粉碘液反應呈色。我們希望藉由分析各類穀物澱粉分解的幅度及效率，是否有迅速的量測方式。我們使用的方法為澱粉碘液呈色法，透過澱粉與  $I_3$  形成的藍色變化，我們可以看出澱粉和碘離子是否發生還原、分解等反應。

研究結果我們發現許多有趣現象。首先透過不同濃度的澱粉水溶液與碘液的反應，確認澱粉含量和碘液之間呈現極佳的線性關係，可依據此測定澱粉含量變化。我們發現澱粉碘液的呈色會隨著 pH 值上升而變淺、隨著溫度上升而變淺、因為還原醣而變淺。不同穀物間以蕎麥最容易消化，蕎麥最不容易消化。茶類商品中訴求減緩餐後血糖上升的產品可以抑制澱粉分解，蕎麥萃取物也有相同效果。

## 壹、研究動機

近年來精緻化的飲食，讓碳水化合物過量的攝取成為肥胖的主因之一。為了探討澱粉分解此一現象，我們先後想到了數個有趣的探討方向：

- 不同穀物間，澱粉及抗性澱粉含量多寡，或許會影響該穀物可被消化的特性，可能會影響到餐後血糖值（glycemic index, GI）變化。低 GI 值的的食物，食用後對餐後血糖值上升較為和緩，對於糖尿病患此特性相當重要。
- 影響穀物 GI 值的可能產品，例如許多市售茶飲強調不易形成體脂肪，是否是因為影響到穀物消化特性，並間接影響到 GI 值並不得而知，但對於想減重的人相當重要。

有鑑於此，我們也將抗澱粉分解物質納入實驗範圍，希望可篩選出特定族群較適合的穀物。

在高中化學中學到三碘陰離子可和直鏈澱粉形成藍紫色錯合物，我們希望可以找出不同濃度的澱粉和碘液反應是否呈現線性的呈色關係，並藉由內插法推算其他數據（如穀物內的澱粉含量）。

由於實驗涉及到了溫度、酸鹼值、還原糖的形成以及酵素反應機構等複雜因素，為了呈現最真實的數據，我們針對了不同因子如溫度、酸鹼值等因子對澱粉碘液呈色所造成的影響。

## 貳、研究目的

- 一、探討不同濃度的澱粉碘液反應是否存在現性關係，以藉此建立標準曲線，量測不同反應的直鏈澱粉含量變化。
- 二、研究溫度及酸鹼是否對澱粉碘液呈色造成影響
- 三、分析各類穀物可溶性澱粉含量及分解幅度、分解效率
- 四、分析市售茶飲料對抑制澱粉分解的效果
- 五、研究還原醣對澱粉碘液呈色造成的影響
- 六、探討各式還原變因對澱粉碘液呈色的影響

## 參、研究設備及器材

### 一、研究設備：

#### (一) 分光光度計：

分光光度計為至台中區農業改良場所提供使用的 96 孔盤式分光光度計（Anthos 2010 microplate readers），可以自動掃描所設定的波長，並將結果輸出至印表機或是螢幕上。

分光光度計定律：比爾—蘭伯定律

比爾定律，又作比爾—蘭伯定律（Beer-Lambert Law）。光穿透樣代測溶液時，吸光值（A）與吸收係數（ $\alpha$ ）、光徑長（在此為深度）（l）、濃度（c）三者皆呈正比 $A = \alpha lc$

(二) 恆溫烘箱：

為可程式控制溫度的控溫烘箱（Thermo Scientific），在澱粉水解反應過程中，將反應溫度控制在37°C。

(三) 恆溫水浴槽：可控制澱粉水解環境溫度於室溫~70°C。

(四) 八爪微量分注器：可以有效率的分注反應液。

(五) 微量分注器（最小刻度0.25  $\mu$ L）

(六) 電磁加熱器

(七) 粉碎機（台製，四兩裝）

(八) Excel 2007 軟體

二、材料：

(一) 不同穀物的製備：

白米台梗九號、台中秈17號，臺中194號香米、長糯米、小米、蕎麥、韃靼種蕎麥以及小麥。使用時分別用粉碎機粉碎，以10mg/mL的比例溶於水中，取上清液備用。

(二) 碘液：濃度為0.02N

(三) 豬胰臟  $\alpha$ -amylase :

為購自sigma公司之藥品，使用時以10mg/mL的比例與緩衝溶液於水中溶解，其單位為每mg有23.7 unit的活性。

(四) 市售茶飲料：

購買號稱可以延緩餐後血糖、減少體脂肪形成之茶飲料商品，包括雙健茶王、愛之味分解茶、茶花綠茶、雙茶花綠茶、每朝健康與腰の果。

(五) 植物萃取物：

由台中區農業改良場提供蕎麥及韃靼蕎麥的根和葉片萃取物，以及紫錐菊的水萃取物，所有的萃取物濃度都依比例稀釋到10mg/mL，取10  $\mu$ L加入反應液。

(六) 各式醣類：

葡萄糖Glucose, 蔗糖Saccharose, 半乳糖Galactose, 乳糖Lactose, 甘露糖Mannose, 麥芽糖Maltose

(七) 直鏈澱粉標準品 (from potato)

## 肆、研究過程或方法

### 一、文獻、資料探討與整理

#### (一) 澱粉碘液呈色

澱粉－碘液的藍色反應是大家所熟知的一個反應，然而從文獻中也提到科學家目前對於此反應的詳細細節並不了解。在維基百科網路資料中敘述：「似乎」是直鏈澱粉強迫碘離子 ( $I_3^-$ ) 進入直鏈澱粉所形成的螺旋溝槽中，同時如果存

在過多的氧化物，這個錯合物會維持藍色狀態，但如果有過多還原物存在時，會形成碘離子（I<sup>-</sup>）而變成無色狀態。

## (二) 國人肥胖問題與對策

依據台大莊立民教授等以健保資料庫（1999-2004）進行之研究，台灣糖尿病患者約有150 萬人，而衛生署統計資料也顯示，在2010年台灣18歲以上男性肥胖（BMI值超過24）人口的比例達50%，2007-2010 年四年間與肥胖直接相關的健保支出達2,400億，對國家健保支出造成極大的負擔。

針對肥胖的問題，國民健康局所研擬的政策方向包括調整國人飲食習慣，建議國人多食用全穀類穀物、減少食用精緻餐點、糕餅及多運動等。除此之外，食品廠商則紛紛推出抑制澱粉分解的茶飲料相關產品，用以減少餐後血糖波動與體脂肪形成。

## (三) 全穀類食物的概念

全穀是指小麥、玉米、大米、燕麥、大麥、粟米等各種穀物中全部可食用的部分，由麩皮、胚乳和胚芽等3部分組成。與之相對比的是精製穀物，後者僅含胚乳。

全穀類食物的主要營養成分包括：

### 1. 澱粉：

澱粉包括直鏈澱粉與支鏈澱粉，消化分解後直接產生葡萄糖作為能量來源。另有一類是抗性澱粉（包括可溶性與不可溶性），抗性澱粉（resistant starch, RS）是指一種無法被人體內的消化酵素分解，但可在結腸中被微生物發酵的澱粉或澱粉水解產物，又稱為難消化澱粉。它具有類似膳食纖維的生理功能，有利於餐後的血糖控制，調節血脂代謝、促進腸道健康等效果。

2. 蛋白質：

在全穀物中大約含有10-15%的蛋白質，主要為種子貯存蛋白。

3. 不飽和脂肪酸：主要包括油酸和亞油酸等，約佔穀物所含脂肪的75%。

4. B群維生素：

穀類的麩皮和胚芽中富含維生素B2。全穀類或粗加工的穀類食物中有效保存了B群維生素，而過度加工的糧穀類可損失70%以上的B群維生素。

5. 抗氧化劑：包括維生素E、硒等。

6. 植物化學物：包括植物雌激素、酚類化合物等。

7. 膳食纖維：可溶性纖維約佔1/3，其餘是不溶性纖維。

(四) 全穀類食物的健康益處

全穀類食物具有以下幾種主要的健康益處：

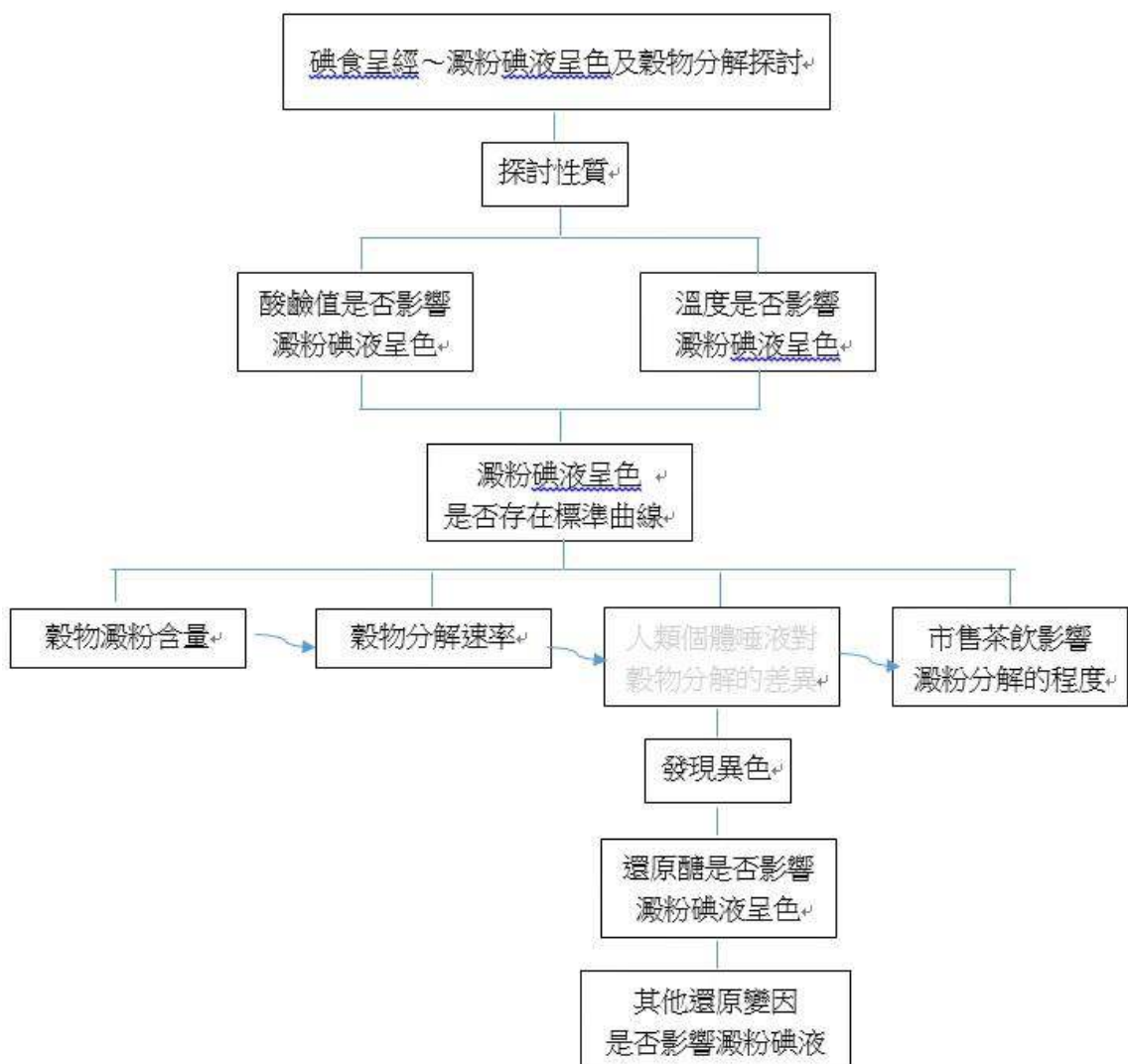
1. 降低膽固醇
2. 降低慢性病、心血管疾病、第2型糖尿病和癌症等慢性疾病之風險
3. 促進消化道健康
4. 全穀中富含膳食纖維、抗性澱粉和寡糖，能改善排便和腸道菌群。

(五) 如何選擇穀類以及如何得知市售產品營養成分

市面上有多樣化的全穀類產品，每一種的特性都不相同，有些產品可以吃的有飽足感，又不會造成血糖大幅度波動，另外有些富含膳食纖維或是特殊營養，可以依據人們的需求，開發作不同用途的保健食品。例如節食的朋友需要

高纖、低熱量，糖尿病患者的食物則需要低GI值又要有飽足感，老年人則需要豐富的維他命、好消化吸收的澱粉與蛋白質，研究人員需要仔細分析食物的營養成分，設計配方，進行體外試驗與動物試驗。在公司和實驗機構有完善的設備可以支持研究，但是一般人或國高中生如何利用簡單的儀器設備來作實驗分析呢？這些問題一直縈繞在我們的腦海，希望能得到一個解答。

## 二、實驗流程設計





### 三、不同溫度、酸鹼對澱粉碘液呈色影響探討

#### (一) 不同溫度對澱粉碘液呈色影響探討

在準備實驗所要使用的溶液時，常常需要經過加熱的程序。因此我們想要探討不同溫度情況下澱粉碘液呈色是否會受到影響。

##### 1. 配置各種溫度的澱粉水溶液和碘液

- (1) 將澱粉標準品 (from potato) 以1g/1L比例溶於NaOH<sub>(aq)</sub> (pH12.8) (四小時水浴，70°C，封保鮮膜)
- (2) 四小時調回中性
- (3) 分裝至五支試管 (10ml)，分別置於20、30、40、50、60°C的恆溫環境，待其熱平衡 (水浴槽兩個、恆溫箱兩個、20度冷氣房，封保鮮膜)
- (4) 0.02N碘液也分別植於上列溫度環境中平衡 (五支試管，各2mL，封保鮮膜)

##### 2. 反應

- (1) 以澱粉水溶液：碘液=10：2的比例加入試管，在各溫度環境等待30分鐘反應。

##### 3. 測量OD值

- (1) 取120  $\mu$ L加入96孔盤
- (2) 置入分光光度計讀取數據 (OD值，透光值)

## (二) 不同酸鹼對澱粉碘液呈色影響探討

為了溶解澱粉，我們會加入NaOH來增進其溶解速度。但是這個步驟是否會造成澱粉碘液呈色的影響呢？

### 1. 配置各種酸鹼值的澱粉水溶液

(1) 將澱粉標準品 (from potato) 以1g/1L比例溶於NaOH<sub>(aq)</sub> (pH12.8)

(2) 以NaOH<sub>(aq)</sub>、HCl<sub>(aq)</sub>調整澱粉水溶液酸鹼

(3) 酸鹼樣本分為pH3, 5, 7, 9, 11

### 2. 測量OD值

(1) 加入0.02N碘液 (20  $\mu$ L)

(2) 將不同酸鹼的澱粉水溶液分為blank (H<sub>2</sub>O), pH3, 5, 7, 9, 11加入96孔盤中 (每組16格, 100  $\mu$ L)

(3) 置入分光光度計讀取數據 (OD值, 透光值)

## 四、澱粉碘液標準曲線分析

在過去的科展中，有作品探討澱粉碘液的呈色反應，但是並未探討澱粉及碘液之間是否存在線性關係，以及如何建立？我們使用不同用量的碘液去分析不同含量澱粉的吸光值，用以製定標準曲線。若成立，未來將使用內插法搭配標準曲線測定吸光值定出不同試驗樣品的澱粉含量。

### (一) 配置各種酸鹼值的澱粉水溶液

1. 將台梗九號白米磨成粉末

2. 加熱糊化並溶於水

3. 以倍數稀釋方式稀釋到 0.01, 0.02, 0.05, 0.1, 0.2, 0.5, 1, 2, 5 mg/mL等不同濃度

## (二) 測量OD值

1. 取各濃度澱粉水溶液加入96孔盤中
2. 各濃度澱粉水溶液皆加入0.002N碘液0, 10, 50, 100  $\mu$ L
3. 置入分光光度計讀取數據 (OD 值, 透光值)

## 六、不同穀物可溶性澱粉含量及分解幅度分析

### (一) 配置穀物的澱粉水溶液

1. 將穀物磨成粉末
2. 加熱70°C糊化並溶於水，濃度為10mg/mL

### (二) 配置 $\alpha$ -amylase水溶液

1. 將  $\alpha$ -amylase以10mg/mL的比例，與緩衝溶液溶於水

### (三) 測量OD值

1. 取穀物澱粉水溶液之上清液100  $\mu$ L、0.002N碘液10  $\mu$ L、酵素水溶液10  $\mu$ L 加入96孔盤
2. 使其於37°C下進行反應
3. 置入分光光度計，每30分鐘讀取數據 (OD值, 透光值)
4. 以內差法搭配標準曲線計算澱粉含量

## 七、市售茶飲料對抑制澱粉分解之效果分析

### (一) 配置各種酸鹼值的澱粉水溶液

1. 將台梗九號白米磨成粉末
2. 加熱糊化並溶於水，濃度為10mg/mL

### (二) 測量OD值

1. 取100  $\mu$ L澱粉水溶液加入96孔盤中
2. 澱粉水溶液皆加入0.002N碘液10  $\mu$ L
3. 加入酵素水溶液10  $\mu$ L
4. 加入茶飲、蕎麥萃取物、紫錐花萃取物10  $\mu$ L
5. 置入分光光度計每 30 分鐘讀取數據（OD 值，透光值）

## 八、還原醣對澱粉碘液呈色影響探討

我們曾經嘗試不同人類個體的唾液在澱粉分解上有不同族群的差異。然而，96孔盤中竟然出現我們從未見過的顏色—綠色。由於唾液會分解澱粉形成含醛醣，針對這個現象，我們探討還原醣是否為造成異色的原因。

### (一) 配置各種溫度的澱粉水溶液和糖類水溶液

1. 將澱粉標準品（from potato）以1g/1L比例溶於NaOH<sub>(aq)</sub>（pH12.8）
2. 配置各種單、雙醣類溶液（0.02M 葡萄糖、半乳糖、甘露糖、蔗糖、乳糖、麥芽糖）

## (二) 反應

1. 取澱粉溶液 $100\ \mu\text{L}$ ，6種糖類溶液 $40\ \mu\text{L}$ ， $0.02\text{N}$ 碘液 $20\ \mu\text{L}$ 於96孔盤中

## (三) 測量OD值

1. 置入分光光度計每 30 分鐘讀取數據（OD 值，透光值）

## 九、各式還原變因對澱粉碘液呈色影響探討

以下試驗以  $130\ \mu\text{L}$  定基，其中含碘液者  $20\ \mu\text{L}$ ，含澱粉液者  $100\ \mu\text{L}$ ，含酵素、葡萄糖者  $10\ \mu\text{L}$  其餘體積未達  $130\ \mu\text{L}$  的皆以水補足。

1. 將台梗九號米粉溶於  $100\text{ml}$  水中，比例為  $1\text{mg}/\text{mL}$

$(180-18) * N + 18$  是單醣類聚合物分子量通式， $N$  為葡萄糖單體數，設  $N > 1000$

以上則可視脫水葡萄糖單體為獨立，分子量趨近於  $162 = (180-18)$

$10\text{g}/162 = 0.06172\text{mole}$  單體數，共可生成  $0.06172/2\text{mole}$  的麥芽糖，於  $10\text{ml}$  溶液中則最多可生成  $0.003086\text{mole}$

同樣以此推論  $100\text{g}$  澱粉可生成  $91.12\text{g}$  葡萄糖

$1\text{mg}/\text{ml}$  澱粉液  $100\ \mu\text{L}$  可產生  $0.091\text{mg}$  葡萄糖

進行還原試驗時加入  $10\ \mu\text{L}$   $0.91\text{mg}/\text{mL}$  葡萄糖溶液即可達成與  $\text{amylase}$  分解所生之澱粉等量的還原醣

2. 配置濃度為  $0.91, 1.82, 3.64, 7.28\text{mg}/\text{mL}$ ，用於比較還原速率的差異
3. 配製  $1\text{mg}/\text{mL}$   $\alpha$ -amylase 水溶液
4. 將所有反應物依比例加入 96 孔盤反應，含實驗及對照共分成 12 組。每 15 分鐘測定一次，之後進行數據（OD 值，透光值）比對。96 孔盤分配如下（於下頁）：

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	20 $\mu$ L 碘液、100 $\mu$ L 澱粉水溶液、10 $\mu$ L 水							
2	20 $\mu$ L 碘液、110 $\mu$ L 水							
3	100 $\mu$ L 澱粉水溶液、30 $\mu$ L 水							
4	20 $\mu$ L 碘液、100 $\mu$ L 澱粉水溶液、10 $\mu$ L 酵素水溶液							
5	20 $\mu$ L 碘液、100 $\mu$ L 澱粉水溶液、7.28mg/mL10 $\mu$ L 葡萄糖水溶液							
6	20 $\mu$ L 碘液、100 $\mu$ L 澱粉水溶液、3.64mg/mL10 $\mu$ L 葡萄糖水溶液							
7	20 $\mu$ L 碘液、100 $\mu$ L 澱粉水溶液、1.82mg/mL10 $\mu$ L 葡萄糖水溶液							
8	20 $\mu$ L 碘液、100 $\mu$ L 澱粉水溶液、0.91mg/mL10 $\mu$ L 葡萄糖水溶液							
9	20 $\mu$ L 碘液、100 $\mu$ L 水、7.28mg/mL10 $\mu$ L 葡萄糖水溶液							
10	20 $\mu$ L 碘液、100 $\mu$ L 水、3.64mg/mL10 $\mu$ L 葡萄糖水溶液							
11	20 $\mu$ L 碘液、100 $\mu$ L 水、1.82mg/mL10 $\mu$ L 葡萄糖水溶液							
12	20 $\mu$ L 碘液、100 $\mu$ L 水、0.91mg/mL10 $\mu$ L 葡萄糖水溶液							

## 伍、研究結果

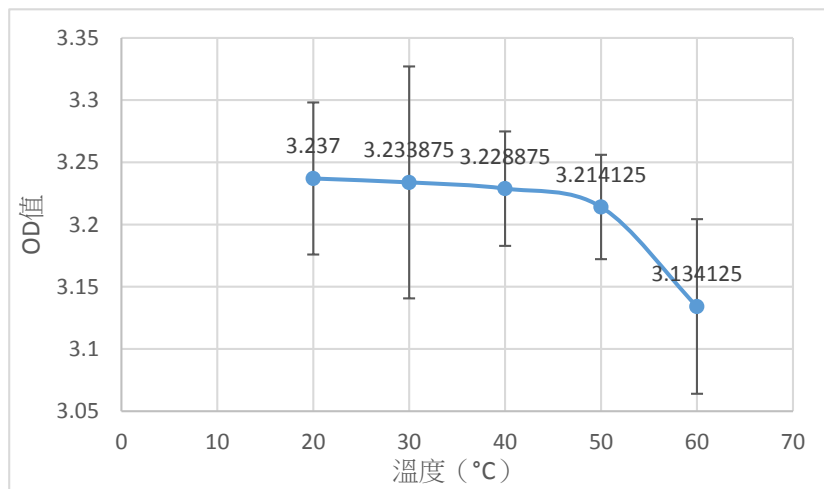
### (一) 不同溫度對澱粉碘液呈色影響探討

#### (三) 實驗數據

表一 不同溫度下澱粉碘液呈色OD值數據

temperature	60°C	50°C	40°C	30°C	20°C
OD值	3.108	3.264	3.206	3.262	3.153
	3.067	3.155	3.331	3.262	3.153
	3.067	3.155	3.206	3.204	3.204
	3.108	3.155	3.206	3.153	3.204
	3.205	3.155	3.206	3.262	3.329
	3.108	3.155	3.206	3.262	3.262
	3.205	3.41	3.264	3.262	3.262
	3.205	3.264	3.206	3.204	3.329
average	3.134125	3.214125	3.228875	3.233875	3.237

(四) 圖表分析



圖一 不同溫度下澱粉碘液呈色OD值圖表

(五) 實驗分析與討論

由實驗結果得知，溫度對澱粉碘液呈色會造成影響。圖表中可發現20°C~40°C間的反應較具線性，50°C、60°C的數據有可能因為撕開保鮮膜分注時的揮發造成讀數的降低，也可能是因為在高溫的環境下，多碘離子較難保持原狀態而分解，或是因而與澱粉單體有了些電荷的轉移。

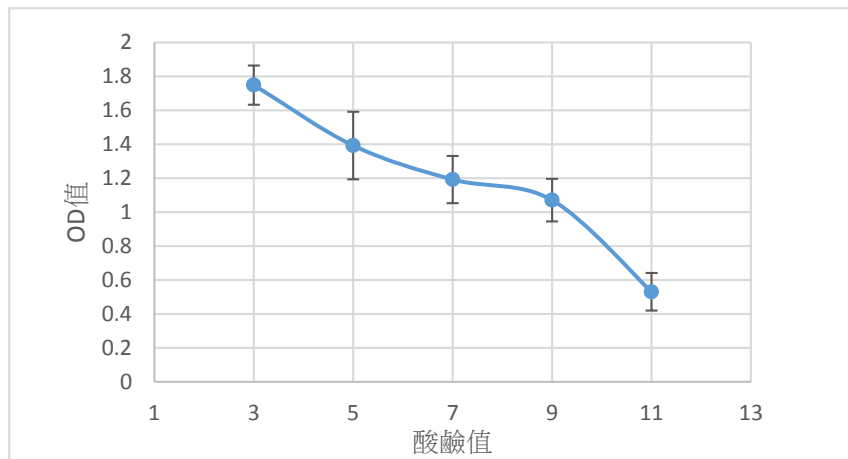
(二) 不同酸鹼對澱粉碘液呈色影響探討

(三) 實驗數據

表二 不同酸鹼下澱粉碘液呈色OD值數據

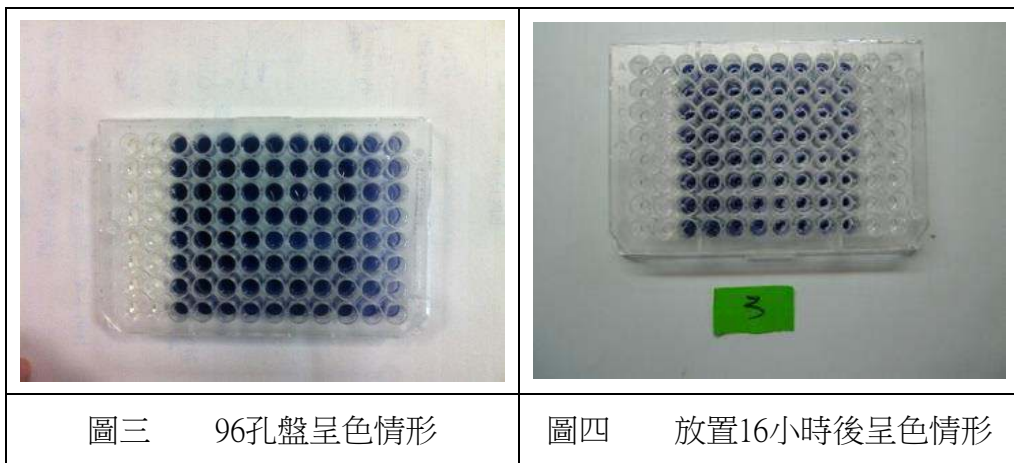
blank		ph3	3	5	5	7	7	9	9	11	11
0.039	0.049	1.518	1.644	1.312	1.344	1.2	1.021	1.022	0.92	0.666	0.396
0.045	0.038	1.855	1.831	1.417	1.391	1.229	1.208	0.98	1.119	0.621	0.447
0.048	0.042	1.787	1.87	1.525	1.241	1.278	1.182	1.007	1.23	0.696	0.454
0.039	0.038	1.772	1.785	1.601	1.276	1.343	1.285	1.108	1.175	0.702	0.442
0.037	0.036	1.666	1.774	1.697	1.352	0.906	0.896	0.724	1.128	0.531	0.505
0.039	0.039	1.704	1.964	1.661	1.373	1.24	1.231	1.143	1.217	0.585	0.463
0.293	0.038	1.795	1.782	1.619	1.332	1.205	1.35	1.055	1.156	0.616	0.334
0.042	0.038	1.661	1.57	1.112	0.967	1.167	1.336	1.057	1.096	0.577	0.458

#### (四) 圖表分析



圖二 不同酸鹼下澱粉碘液呈色OD值圖表

#### (五) 實驗圖片



#### (六) 實驗分析與討論

實驗結果顯示，酸鹼確實會影響澱粉碘液呈色，pH 值愈高則藍色愈淺。pH 值在 11 時產生明顯的變化。造成呈色改變的原因主要是  $I_2$  和  $OH^-$  產生的自身氧化還原反應，碘液內有  $I_3^-$ 、 $I_2$  及  $I^-$  存在， $OH^-$  使其中的  $I_2$  還原成  $I^-$ ，而  $I^-$  無法與澱粉反應，因此藍色變淡。另外， $I_3^-$ 、 $I_2$  及  $I^-$  是動態平衡，當碘液中  $I_2$  數量變少時， $I_3^-$  會形成  $I^-$  和  $I_2$ ，以恢復平衡，也會使藍色變淡。





另外，96孔盤放置16小時之後，產生明顯的沉澱現象，我們推測是澱粉重新組合形成抗性澱粉所造成。

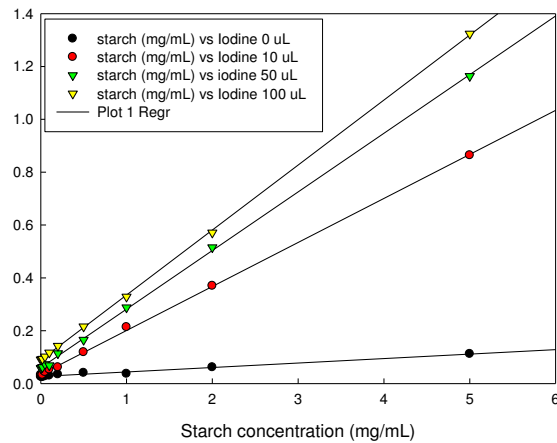
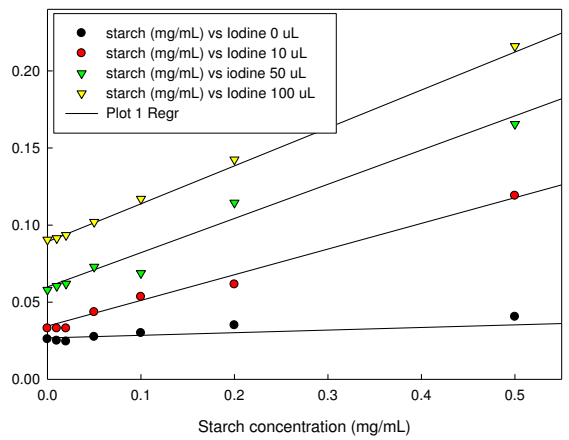
### (三) 澱粉碘液標準曲線探討

#### (一) 實驗數據

表三 澱粉碘液標準曲線相關係數分析

Curve 1 :		Curve 2 :		Curve 3 :		Curve 4 :	
Iodine 0 uL		Iodine 10 uL		iodine 50 uL		Iodine 100 uL	
Coefficients :		Coefficients :		Coefficients :		Coefficients :	
b[0]	0.026836	b[0]	0.034477	b[0]	0.059921	b[0]	0.089205
b[1]	0.016964	b[1]	0.166563	b[1]	0.221817	b[1]	0.245997
r <sup>2</sup>	0.983148	r <sup>2</sup>	0.999593	r <sup>2</sup>	0.99952	r <sup>2</sup>	0.999841

#### (二) 圖表分析



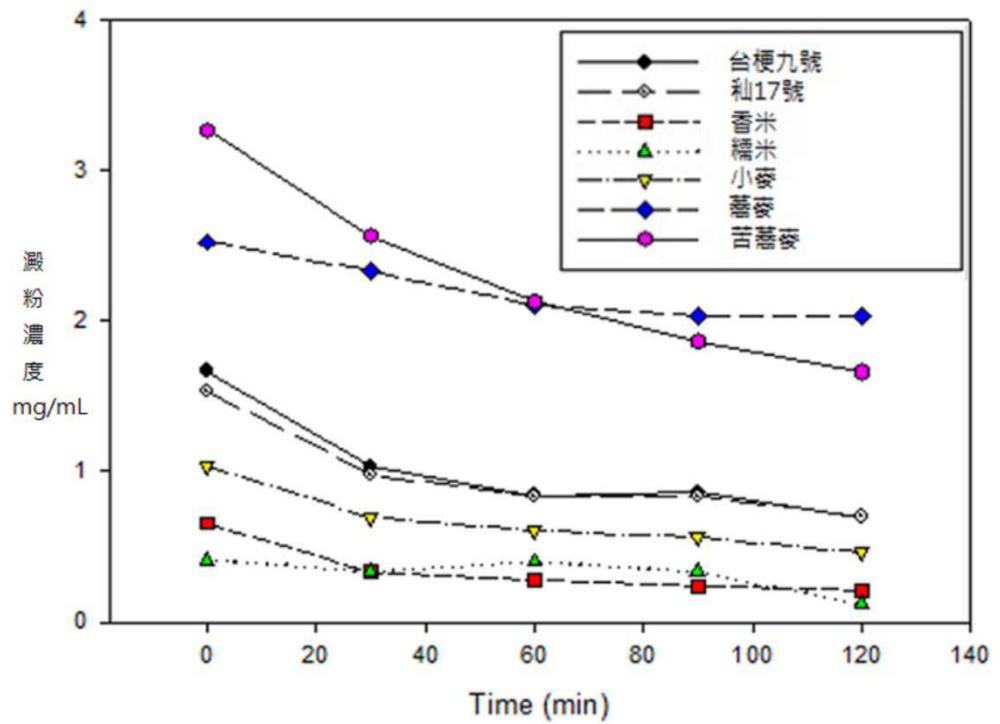
圖五  
不同碘液 (0.1N) 使用量  
對不同澱粉濃度吸光值  
(OD 620 nm) 之迴歸曲線  
分析

### (三) 實驗分析與討論

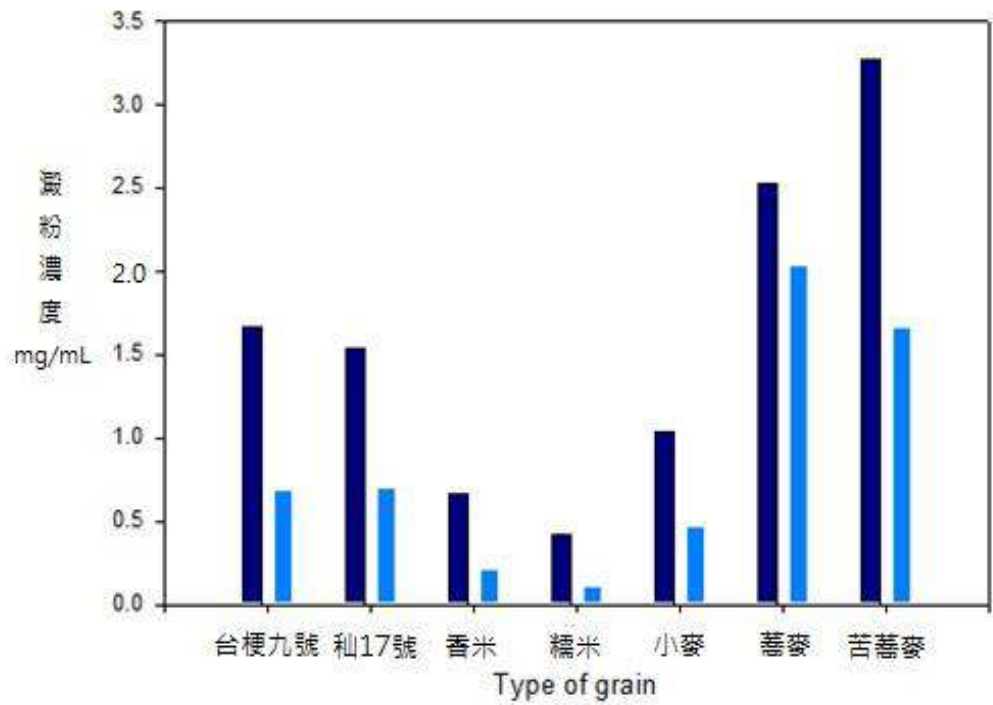
澱粉 0.02 ~ 5.0 mg/mL 和碘液之間存在良好線性關係，在此區間可進行定量。以 0.002N 碘液，不論使用 10, 50, 100  $\mu$ L，均呈現良好線性，迴歸曲線的相關係數  $r^2 > 0.999$ 。由於考慮未來的實驗中，加入碘液的碘離子過多可能影響實驗，故未來的實驗以加入 20  $\mu$ L 碘液反應為主。

### (四) 不同穀物可溶性澱粉含量及分解幅度分析

#### (一) 圖表分析



圖六 不同穀物水煮糊化兩小時後可溶性澱粉含量差異，以及利用  $\alpha$ -amylase 分解兩小時中澱粉殘餘量變化



圖七 分解前後澱粉殘餘量比較

(二) 實驗數據

表四 各穀物分解前後澱粉剩餘含量比較

	台梗九號	秈17號	香米	糯米	小麥	蕎麥	苦蕎麥
起始量 (mg/mL)	1.665	1.533	0.657	0.414	1.035	2.524	3.268
最終值 (mg/mL)	0.693	0.703	0.211	0.116	0.463	2.034	1.662
減少量 (mg/mL)	0.972	0.829	0.446	0.299	0.572	0.49	1.606
殘留百分比 (%)	41.63	45.9	32.14	27.88	44.73	80.59	50.85

### (三) 實驗分析與討論

穀物的分解幅度與效率皆存在差異。糊化兩小時之後可溶性澱粉含量以苦蕎麥最高，其次為蕎麥，糯米最低，糯米中澱粉以 amylopectin 為主，此結果符合一般認知。以豬胰臟的  $\alpha$ -amylase 分解這些澱粉，可以發現苦蕎麥的澱粉被分解幅度最大，糯米最小。但是以分解的效率來說，糯米反而是最好的，可能是澱粉含量較少的緣故。

若是澱粉需求較少者，建議食用蕎麥類製品，可以維持較久的飽足感。需要較易消化的穀物者的飲食則建議使用苦蕎麥，雖然飽足感較不持久，但是其分解幅度之大也說明它比較容易被分解。兩者之間是台梗九號及秈 17，是最適合一般人的澱粉穀物，足以說明其在台灣地區的廣泛程度跟化學也是有關係的。

### (五) 市售茶飲料對抑制澱粉分解之效果分析

#### (一) 實驗數據

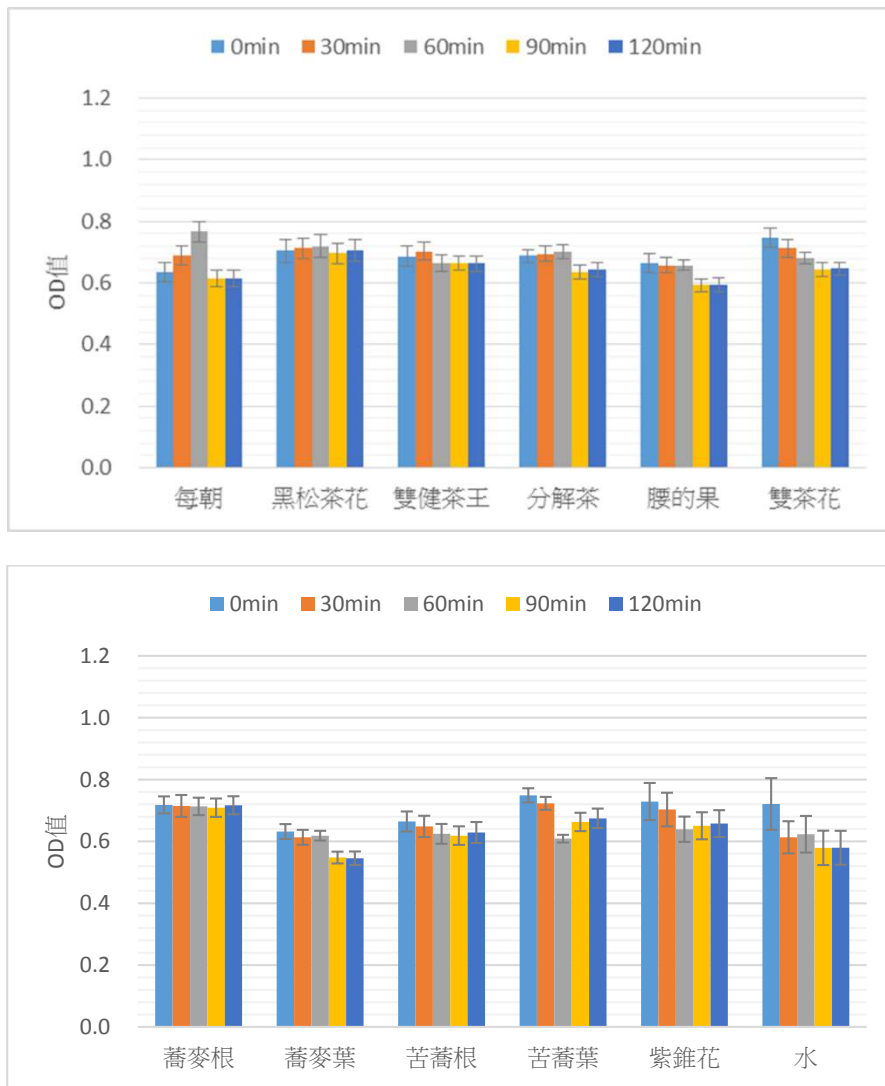
表五 加入不同抗解物下 OD 值數據變化

	0min	30min	60min	90min	120min
每朝	0.6334	0.68975	0.766875	0.616	0.61625
黑松茶花	0.7043	0.712875	0.7198	0.696	0.704875
雙健茶王	0.6850	0.702875	0.6625	0.663	0.66225
分解茶	0.6869	0.6945	0.701875	0.636125	0.643125
腰的果	0.6633	0.65775	0.657625	0.59275	0.59375
雙茶花	1.0393	1.033	0.923571	0.962875	0.963875

	0min	30min	60min	90min	120min
蕎麥根	0.7181	0.714875	0.71325	0.709	0.717
蕎麥葉	0.6319	0.61325	0.618375	0.548	0.5455
苦蕎根	0.6646	0.648625	0.6245	0.61875	0.62875
苦蕎葉	0.7489	0.723	0.609	0.662875	0.674625
紫錐花	0.7290	0.70325	0.63925	0.650375	0.65775
水	0.7210	0.613375	0.623125	0.579125	0.5795

## (二) 圖表分析



圖八 加入不同抗解物下 OD 值變化

## (三) 實驗分析與討論

試驗結果可以發現有兩個處理在實驗過程中 OD 值沒有降低的趨勢：加入黑松茶花綠茶以及蕎麥根萃取物讓酵素幾乎完全沒有作用。一般認為蕎麥具有非常高的芸香苷和槲皮素，具有抗氧化及延緩餐後血糖上升的功能，作用機制可能即為抑制澱粉水解酶的活性。

我們所使用的材料依序為每朝健康綠茶、黑松茶花綠茶、雙健茶王、愛之味分解茶、腰の果、雙茶花綠茶、蕎麥根萃取物、蕎麥葉片萃取物、韃靼蕎麥根萃取物、韃靼蕎麥葉片萃取物，以及紫錐菊萃取物。最後我們發現，如果在澱粉酵素反應液中加入不同的茶飲，會造成澱粉分解受到抑制，抑制的情形又以茶花綠茶及蕎麥根萃取物最明顯。

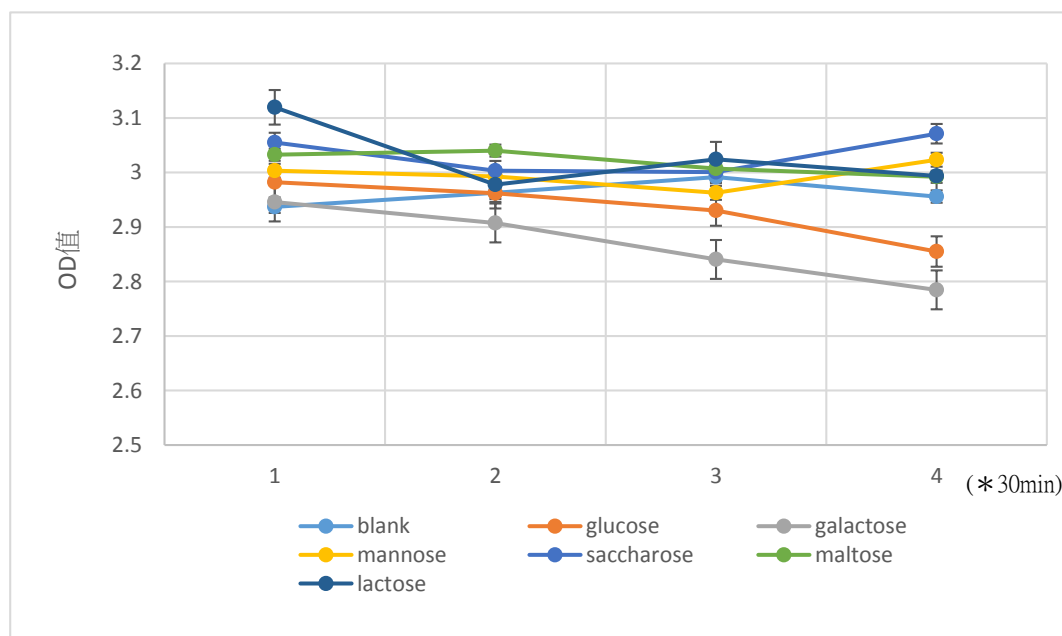
## (六) 還原醣對澱粉碘液呈色影響探討

### (一) 實驗數據

表六 加入不同還原醣 OD 值呈色隨時間變化

	time	blank	glucose	galactose	mannose	saccharose	maltose	lactose
平均OD值	0min	2.937	2.982	2.945875	3.003375	3.055	3.0325	3.119625
	30min	2.96275	2.96175	2.907375	2.99275	3.00325	3.040125	2.97775
	60min	2.991625	2.930125	2.8405	2.962625	3.000625	3.007	3.02425
	90min	2.95575	2.854875	2.784625	3.023375	3.071125	2.992125	2.993625
	120min	2.293875	2.586625	3.177375	3.229	3.272	3.296	3.23775

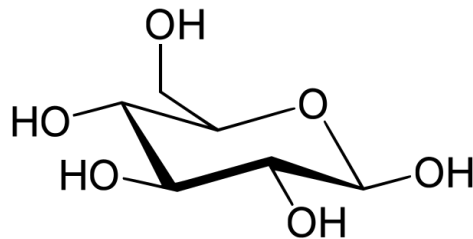
### (二) 圖表分析



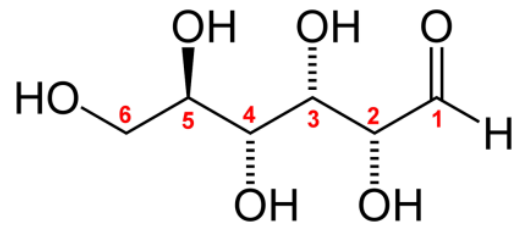
圖九 加入不同還原醣 OD 值呈色變化

### (三) 實驗分析與討論

1. 從圖表中可以發現，含醛糖（glucose—橘色, galactose—灰色, maltose—綠色, lactose—深藍色）內的醛基確實還原了澱粉-碘錯離子產生反應，使得藍色逐漸變淡。其餘醣類（sacchrose—藍色, mannose—黃色）並未產生反應，因此藍色沒有變淡。
2. 120 分鐘時部分的 OD 值都產生回升的現象（圖表未顯示），我們推測可能是澱粉的沉澱影響到分光光度計的讀取數據分布不規則。
3. 在弱鹼的環境中，葡萄糖會氧化成葡萄糖酸並生成 I<sup>-</sup>（Baker, J.L. and Hulton, H.F.E.,1920）其中碘錯離子被還原，因此藍色變淡。

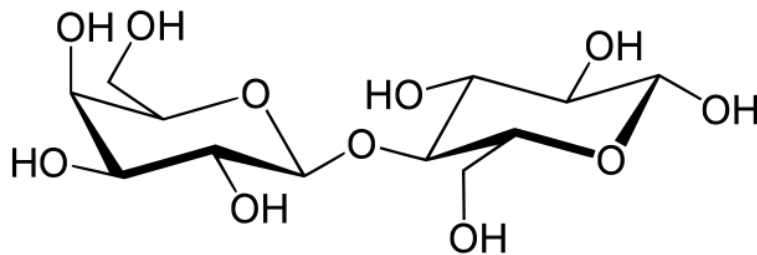


圖十 葡萄糖（環狀）



圖十一 葡萄糖（鏈狀）

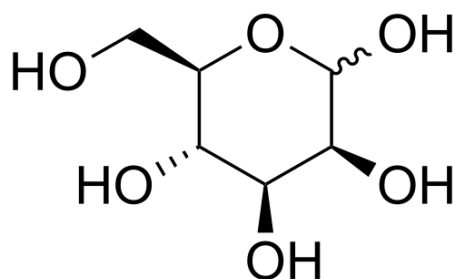
4. 麥芽糖（maltose）的 OD 值也有些微的下降，同樣是遵守以上的反應。



圖十二 麥芽糖

5. 乳糖（lactose）理論上下降幅度應該為麥芽糖的兩倍。根據前人文獻，乳糖還原碘（弱鹼下）時會分解為半乳糖及葡萄糖各自反應，但因反應條件的不同，實驗結果與前人研究有些出入。

6. 甘露糖 (mannose) 根據我們的實驗結果，甘露糖不易被氧化，與前人研究有相同的結論。



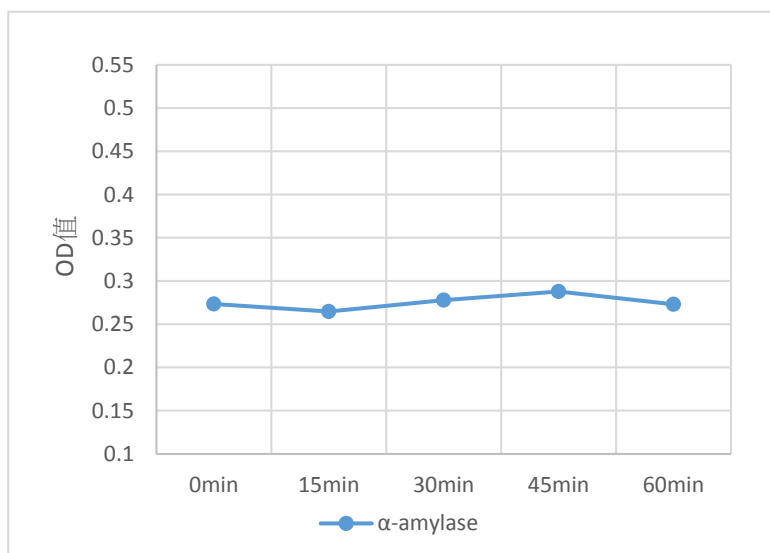
圖十三 甘露糖

7. 六碳糖類中，不同種類的糖對於碘的還原效力不盡相同，不能單以分子內所含之有效醛基數作為還原力的判定 (Baker, J.L. and Hulton, H.F.E.,1920)

#### 八、各式還原變因對澱粉碘液呈色影響探討

##### (一) 實驗、圖表分析與討論

1. 第 4 組 (20  $\mu$ L 碘液、100  $\mu$ L 澱粉水溶液、10  $\mu$ L 酵素水溶液)



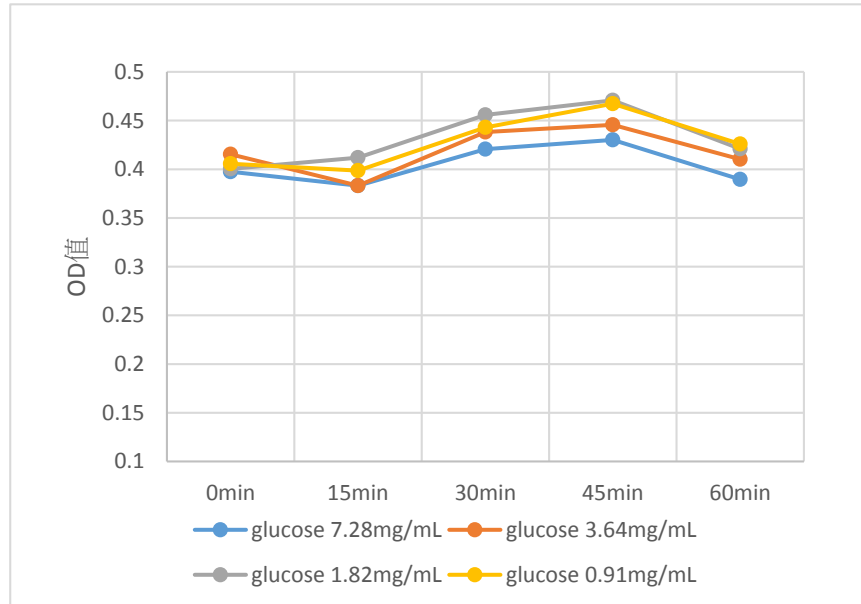
圖十四 加入酵素水溶液 OD 值變化

其讀值曲線趨勢和第 5 組到第 8 組類似，讀值先降再升是沉澱所造成，但其 30 分、45 分及 60 分的讀值皆小於第 5 組到第 8 組可知酵素有正常作



用而且在起始加入反應盤時便迅速分解了澱粉，和還原糖的共同作用下，使讀值大幅低於第 5 組到第 8 組的結果。

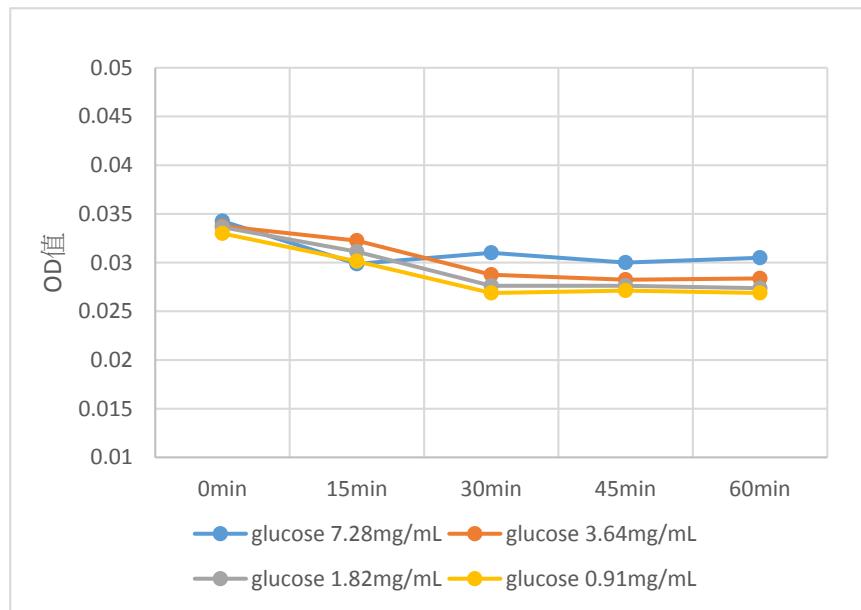
2. 第 5 組到第 8 組（20  $\mu$ L 碘液、100  $\mu$ L 澱粉水溶液、(0.91~7.28mg/mL)10  $\mu$ L 葡萄糖水溶液）



圖十五 加入不同濃度葡萄糖水溶液 OD 值變化

圖表的初讀值以 7.28mg/mL 葡萄糖組的最低、3.64mg/mL 葡萄糖組次之，代表葡萄糖加入的那一刻便已還原部分碘液。3.64mg/mL 葡萄糖組的第一讀值略低於 7.28mg/mL 葡萄糖組的第一讀值，但到了 15 分鐘後 3.64mg/mL 葡萄糖組的讀值已下降到了 7.28mg/mL 葡萄糖組的水準，可看出濃度差所造成的反應速率差。四張圖表的趨勢大致相同，30 分鐘讀取時皆因沉澱而造成讀值上升，但仍保持著 7.28mg/mL 葡萄糖組讀值最低，讀值隨著葡萄糖濃度降低而升高。

3. 第 9 組到第 12 組 (20  $\mu$ L 碘液、100  $\mu$ L 水、(0.91~7.28mg/mL)10  $\mu$ L 葡萄糖水溶液)



圖十六 加入不同濃度葡萄糖水溶液之碘液 OD 值變化

觀察表圖表比較其 0~2 小時的吸光值變化發現：如果葡萄糖對三碘離子還原此反應成立，0.91mg/mL 葡萄糖組的讀值下降是因為碘被還原所致，那 7.28mg/mL 葡萄糖組的讀值應該比 0.91mg/mL 葡萄糖組的讀值下降來得更快更低。但結果並非如此，0.91mg/mL 葡萄糖組的反應中溶液的最終讀值在 0.27 附近，而 7.28mg/mL 葡萄糖組的在 0.3 附近。

一開始的讀值下降是源自碘液揮發，而 7.28~0.91mg/mL 葡萄糖組間的讀值差異應是出自葡萄糖濃度。根據拉午耳的依數性質 ( $\Delta P/P_0=CX$ ；C：近似常數、X：溶質莫耳分率) 可知，而 7.28mg/mL 葡萄糖組的溶質莫耳分率比其他組都高。也就是說碘液在高濃度的其他溶質中較難揮發，所以讀值較高。

#### 4. 第 5~8 組與第 9~12 組比較

由第 5~8 組與第 9~12 組的圖表比較可得，第 9~12 組的試驗有揮發的影響，反觀第 5~8 組因為三碘離子已和澱粉錯合看不出有揮發反而是沉澱造成讀值上升。最重要的是，我們由此試驗得知，葡萄糖可還原錯合狀態下的碘分子，其氧化數已經改變，葡萄糖可與其反應，而無法和單純黃褐色的三碘陰離子發生反應。

## 陸、討論

- 一、溫度對澱粉碘液呈色會造成影響。20°C~40°C 間的反應較具線性，50°C、60°C 的數據有可能因為撕開保鮮膜分注時的揮發造成讀數的降低，或是因為在高溫的環境下，多碘離子較難保持原狀態而分解，或是與澱粉單體有了些電荷的轉移。
- 二、酸鹼會影響澱粉碘液呈色，pH 值愈高則藍色愈淺。pH 值在 11 時產生明顯的變化。造成呈色改變的原因主要是  $I_2$  和  $OH^-$  產生自身氧化還原反應。
- 三、澱粉 0.02 ~ 5.0 mg/mL 和碘液存在良好線性關係，此區間可進行定量。0.002N 碘液 10, 50, 100  $\mu$ L，呈現良好線性，迴歸曲線的相關係數  $r^2 > 0.999$ 。
- 四、糊化兩小時之後可溶性澱粉含量以苦蕎麥最高，其次為蕎麥，糯米最低。以  $\alpha$ -amylase 分解這些澱粉，苦蕎麥的澱粉被分解幅度最大，糯米最小。
- 五、在澱粉酵素反應液中加入不同的茶飲，會造成澱粉分解受到抑制，抑制的情形又以茶花綠茶及蕎麥根萃取物最明顯。
- 六、含醛醣內的醛基和  $I_3^-$  離子產生反應，使得滑入澱粉鏈的  $I_3^-$  離子減少，藍色逐漸變淡。其餘醣類並未產生反應，藍色沒有變淡。

七、還原糖與澱粉碘液錯合物可發生氧化還原反應，對於  $I_3^-$  則不反應。

八、在澱粉溶液的配置上存在著許多問題。最大的莫過於沉澱這個極度影響分光光度計判讀的因素，在部分實驗所調配的澱粉液加入碘液後不會產生沉澱，而其他實驗沉澱的情況較明顯。每次澱粉液的配製皆相同，但與最初的結果卻有差別。澱粉本身成為了實驗的不確定因子，其性質可能因為儲存時間拉長，溫度變化而變質。米粉更有可能因生產狀態不同而有成分差異。

九、對於此份報告中碘液呈色異常的因子如以下歸納：

- 還原糖造成碘－澱粉錯合物顏色消失
- 部分藍紫色錯合物因澱粉分解而變回黃褐色，於特定的比例下混和藍色呈現綠色，但對於波長 620nm 的掃描並無影響（目標物質是吸收波長一樣）。
- 對於來自人體的酵素的反應僅能做為參考，不同年齡、性別、高矮胖瘦、健康狀態、及飲食習慣的不同皆可能影響酵素濃度或活性。此外，每個個體口腔中存在著不同的共生菌，可能在 37°C 的酵素反應提供優良環境給細菌孳生，可能使澱粉加速消耗或造成碘液與細菌產生交互作用。

十、推測誤差成因—抗性澱粉：

學界對於此類物質的具體構造並不明朗，已知其可能自然存在於植物體中也能透過溫度變化或化學方法來改造一般澱粉而製成。而抗性澱粉是否可溶於水，能否與碘液呈色至今成謎。也許在我們實驗中的誤差起因於它，希望未來能以這些誤差為契機找到抗性澱粉的真身。

## 柒、結論

本篇研究除了探討澱粉與碘液呈色的化學特性、探討其標準曲線之外，還分析了穀物的分解特性與茶類影響穀物分解的程度。雖然其中有微小的誤差有待改進，但是研究的內容確實讓我們對於簡單的澱粉碘液呈色和複雜的穀物分解反應有更深一層的認識，也提供了很大的未來研究空間。

在溫度影響澱粉碘液呈色的研究中，溫度在 50、60°C 時有較大的變化，其餘 OD 值呈現線性下降。酸鹼性則對呈色影響較明顯，深藍色隨著 pH 值上升逐漸透明，分光光度計的讀取結果呈指數下降的趨勢，下降的幅度漸小。含醛醣確實會影響呈色，其餘醣類則不會影響，醛基將錯合物中的碘還原成 I，使其無法與澱粉鏈反應呈藍色，探討其化學結構也與結果相符。其他還原變因也說明碘離子需要在錯合的情況下才能被還原。

標準曲線提供我們計算穀物澱粉的含量及分解過程中的剩餘量。藉由圖表我們得知分解幅度及效率，並對減肥者和老人家提出建議的穀物，減肥者適用蕎麥，老人飲食則是用韃靼蕎麥。若欲抑制澱粉分解的效率，則建議使用黑松茶花綠茶，在澱粉分解表現佳的蕎麥，其根部在抗分解表現佳。在個體間唾液對澱粉分解的影響實驗中，更是發現了異色的現象。

在進行實驗的過程中，常常因為沉澱的緣故造成數據上的些許誤差，其情況較為不穩定，希望將來可以歸納出最適合的溶液配置方法。本研究對於澱粉碘液呈色法的定性實驗只侷限於較廣泛的酸鹼、溫度及還原醣，更深入的條件及反應的詳細過程有待我們未來用更進階的方法去探討。穀物澱粉分解的實驗僅侷限於純穀物，希望在未來可以設計出整套飲食來符合不同族群的需求。

## 捌、參考資料及其他

- 一、Baker, J. L., & Hulton, H. F. E. (1920). The Iodimetric Estimation of Sugars. *Biochemical Journal*, 14 (6), 754.
- 二、Yoshinaga, T., Shirakata, T., Dohtsu, H., Hiratsuka, H., Hasegawa, M., Kobayashi, M., & Hoshi, T. (2001). Polyvinyl alcohol as a useful indicator on iodometry: Volumetric and spectrophotometric studies on iodine-PVA and iodine-starch complexes. *Analytical sciences*, 17 (2), 333-338.
- 三、Saenger, W. (1984). The structure of the blue starch-iodine complex. *Naturwissenschaften*, 71 (1), 31-36.
- 四、Topping, D. L., & Clifton, P. M. (2001). Short-chain fatty acids and human colonic function: roles of resistant starch and nonstarch polysaccharides. *Physiological reviews*, 81 (3), 1031-1064
- 五、David, R. Klein (2006), *Organic Chemistry I/II as a Second Language*. John Wiley & Sons, Inc.
- 六、三宅捷, &林金雄(1936)米澱粉的生化學研究・第三包. 台灣銀行金融研究室, 8(1), 39-48
- 七、三宅捷, &林金雄(1936)米澱粉的濃度反應考察. 台灣銀行金融研究室, 8(2), 103-109
- 八、三宅捷, &林金雄(1936)米澱粉的生化學研究・第四包. 台灣銀行金融研究室, 8(3), 70-73
- 九、衛生署(2007)健康食品之調節血糖功能評估方法 衛署食字第 0960403114 號公告 修正
- 十、Sri Owen, &王莉莉譯(2011), 稻米全書. 遠足文化, 13-16

## 【評語】 040202

此作品主要是研究碘液和不同澱粉的呈色反應，此類研究已被許多其他科學家研究過，然而，不同穀物所含的澱粉及蘊含的營養研值及可能在糖尿病人的應用，若能再多加研討，將有相當貢獻。