

中華民國第 58 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國中組 生物科

030322

碘光火石-豆漿內澱粉含量的探討

學校名稱：臺中市立大道國民中學

作者： 國二 李益先 國二 洪筱鈞 國二 林宜勳	指導老師： 李祥菁 李易儒
---	-----------------------------

關鍵詞：澱粉、碘液、手機光譜儀

摘要

本研究利用碘液、糖度計及手機光譜儀分光光度計模組等分析方式檢驗豆漿中澱粉含量。結果顯示不同濃度高至低的直鏈澱粉與碘液形成的複合物顏色依序：深藍、藍、淺綠及黃綠色，支鏈澱粉與碘液的錯合物呈現深紫紅色。糖度計無法用於澱粉含量判讀，但可測可溶性糖量，做為澱粉分解的佐證。利用手機光譜儀分光光度計模組測量澱粉與過量碘複合物，在波長 595nm 有高的吸收峰，依此繪製 $R^2=0.99$ 檢量線。利用這些方法檢測市售、早餐店及自製豆漿的澱粉及糖的含量顯示：不同來源黃豆豆漿大多含有澱粉，且其含量皆遠低於其他種類豆子的豆漿。另外豆漿製程中的泡水、過濾及離心皆會使豆漿內澱粉的含量下降。市售含糖豆漿的含糖量高，限制醣類攝取者需特別注意。

壹、研究動機

一年級上學期第二次段考時有一考題：「喝了一杯無糖豆漿，請問最早分解豆漿養分的是哪個消化器官？」當下我覺得植物的種子中都會儲存澱粉作為養分來提供種子發芽的需要，所以我選了人體最早分解澱粉的器官是「口腔」。但是考試的正確解答卻是「胃」，這讓我們覺得非常奇怪，因此上網搜尋豆漿的成分，發現大多的網站都說豆漿幾乎沒有澱粉。實在太奇怪了！因此，我們非常很好奇豆漿內到底有沒有澱粉？如果有，到底還是甚麼原因，造成大家的認知普遍錯誤？如果沒有，難道黃豆有其他儲存醣類的形式？我們為了解決這個問題，開始研究有什麼方法可以檢測澱粉的有無，我們又該如何對澱粉定量？希望可以從一連串的實驗中找到這些疑問的解答？

貳、研究目的

一、澱粉檢驗方法的探討

- (一)實驗 1-1 碘液與澱粉反應的顏色變化
- (二)實驗 1-2 糖度計用於檢驗澱粉及蔗糖溶液檢驗
- (三)實驗 1-3 手機光譜儀-分光光度模組測量澱粉的穩定性與準確度

二、了解各種來源豆漿中否含有澱粉

- (一)實驗 2-1 不同種類的豆子所自製豆漿中是否含有澱粉
- (二)實驗 2-2 檢驗市售豆漿是否含有澱粉
- (三)實驗 2-3 傳統早餐店製作的豆漿是否含有澱粉

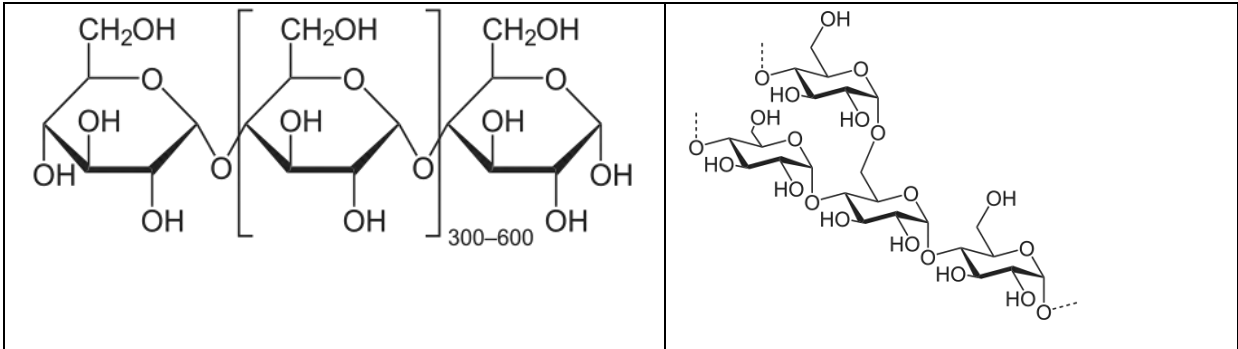
三、豆漿製程對豆漿內澱粉含量的影響

- (一)實驗 3-1 泡豆時間長短對黃豆澱粉含量的影響
- (二)實驗 3-2 泡豆時間長短對豆漿澱粉含量的影響
- (三)實驗 3-3 豆漿製程中濾渣對豆漿澱粉含量的影響
- (四)實驗 3-4 離心時間對豆漿澱粉含量的影響

參、文獻討論

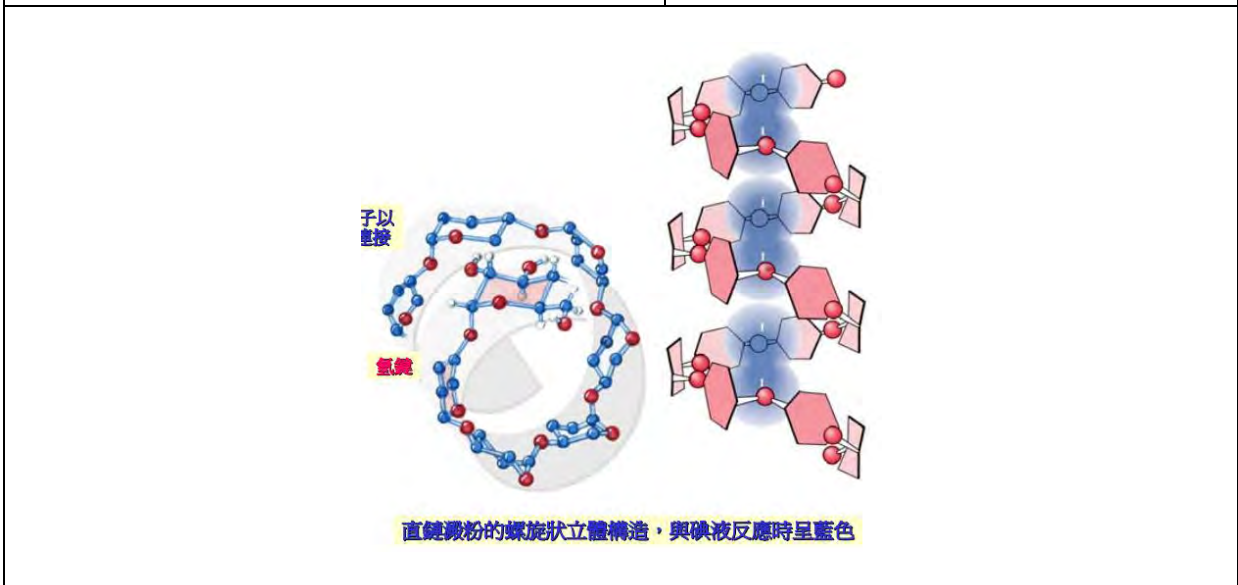
一、**豆漿**⁽¹⁾：豆漿又稱豆奶。是以黃豆或黑豆為原料製作的飲料。富含植物性蛋白質與微量鈣質，是素食者的優良蛋白質攝取來源。豆漿的製造方法：黃豆放在水中浸泡約 3 至 8 個小時，然後將黃豆磨碎或用粉碎機打碎，接著用紗布將豆渣分離，即得到生豆漿。將生豆漿加水燒開，持續 5 至 10 分鐘，即可食用。現在亦有使用無需過濾的高速研磨加工法，因為無需過濾殘渣，而使大豆的纖維得以保存。

二、**澱粉**^(2、6、7)：純澱粉是一種白色，無味，無臭的粉末，不溶於冷水或酒精，分子式為 $(C_6H_{10}O_5)_n$ 。澱粉因分子內氫鍵捲曲成螺旋結構的不同分成直鏈澱粉(amylose)與支鏈澱粉(amylopectin)。前者為無分支的螺旋結構。其螺旋中央空穴恰能容下碘分子，兩者形成一種藍黑色錯合物，因此直鏈澱粉遇碘呈藍色；支鏈澱粉遇碘呈紫紅色，此二反應均極靈敏。其中直鏈澱粉含量之高低對澱粉特性有很大影響。



圖一 直鏈澱粉化學結構

圖二 支鏈澱粉化學結構



圖三 直鏈澱粉立體結構與碘結成形成複合物的示意圖

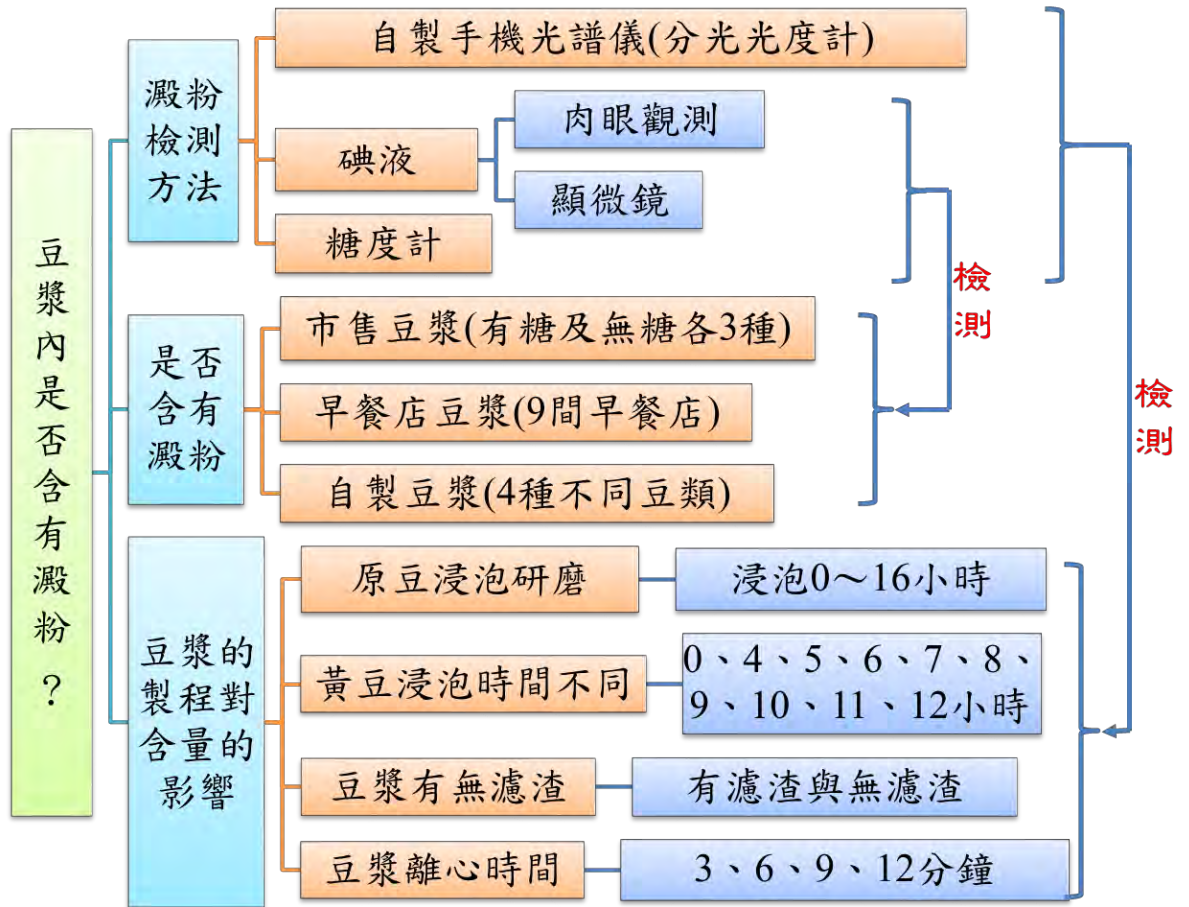
三、**糖度計**⁽³⁾：又稱光折射計，用來水果或從作物糖度值的儀器，測量的數值為白利糖度 (Degrees Brix，符號°Bx) 是測量糖度的單位，代表在 20°C 情況下，每 100 克水溶液中溶解的蔗糖克數。雖然在蔬果中許多溶於水的化合物都不是蔗糖。不過這些物質不是和蔗糖物理性質類似（如葡萄糖、果糖），就是所占比例很小（如礦物質、單寧酸等）。因此°Bx 還是能用來提供相對糖度的比較。

四、**澱粉糊化**⁽⁴⁾：澱粉在常溫下不溶於水，但當水溫至 53°C 以上時，澱粉的物理性能發生明顯變化。澱粉在高溫下溶脹、分裂形成均勻糊狀溶液的特性，稱為澱粉的糊化 (Gelatinization)。

五、**分光光度計**⁽⁵⁾：利用分光光度法對物質進行定量定性分析的儀器，分光光度法則是通過測定被測物質在特定波長處或一定波長範圍內光的吸收度，對該物質進行定性和定量分析。常用

的波長範圍為：(1)200~400nm的紫外光區,(2)400~760nm的可見光區,(3)2.5~25 μm (按波數計為 4000cm⁻¹~400cm⁻¹) 的紅外光區。

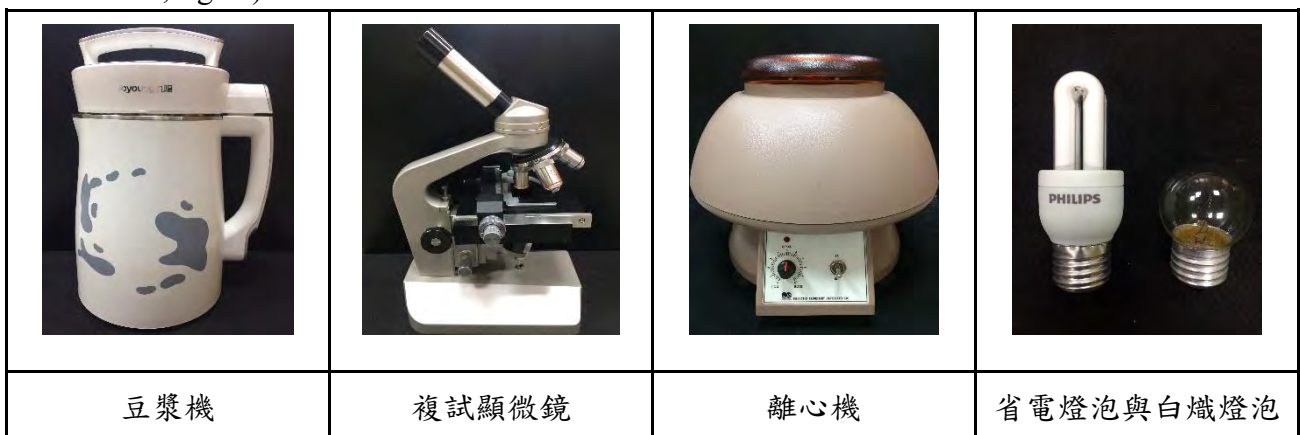
六、研究架構圖







圖四 研究架構圖

肆、研究設備及器材

- 一、儀器：豆漿機(九陽 DJ13M-D08SG)、離心機(DSC-200T made in Taiwan)、複試顯微鏡(Hamlet H332)、糖度計(0-32Brix)、數位相機(samsung)
- 二、材料及耗材：黃豆、黑豆、紅豆、綠豆、省電燈泡(philips 5w E27 120v 60Hz)、白熾燈泡(朝日 E27-105C-2)、培養皿、滴管、碘液(0.1M)、塑膠杯、試管、洗滌瓶、豆漿布、濾網
- 三、藥品：碘液 0.1M、直鏈澱粉標準品(from potato, Sigma)、支鏈澱粉標準品(from maize, Sigma)。



	
<p>糖度計</p>	<p>手機光譜儀分光光度計模組</p>
	
<p>黃豆、黑豆、紅豆及綠豆</p>	<p>其他器材</p>

伍、實驗過程及結果

一、澱粉檢驗方式探究

(一)實驗 1-1 碘液與澱粉反應的顏色變化

1.實驗目的：觀察不同濃度直鏈澱粉與碘產生複合物的顏色變化

2.實驗變因：

(1)操作變因：不同濃度的直鏈澱粉

(2)應變變因：直鏈澱粉-碘複合物顏色變化

3.實驗方法

(1)將直鏈澱粉以下列不同濃度配製

I. 取 0.2g 直鏈澱粉標準品加水定量至 100ml，配置成 0.2%澱粉液。(0.2%)

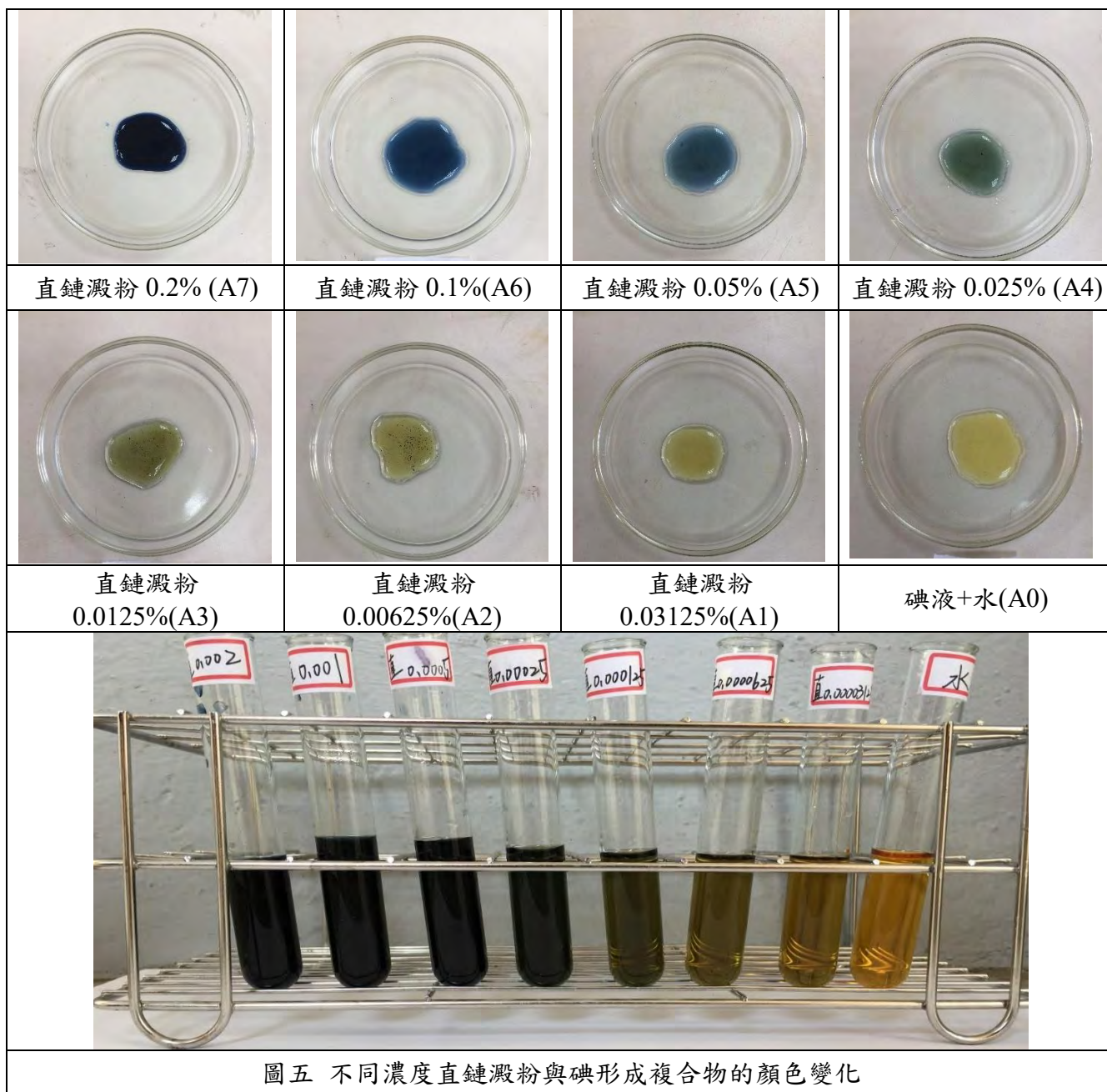
II. 再利用 0.2%直鏈澱粉液 50ml 加水定量至 100ml 配置成 0.1%澱粉液依此方式配置 0.05%、0.025%、0.0125%、0.00625%及 0.003125%直鏈澱粉溶液

(2)取 10ml 不同濃度直鏈澱粉液加入 0.1M 的碘液 1ml 後取 1ml 充分混合後取 1ml 置於培養皿中觀察顏色變化

(3)以支鏈澱粉重複以上步驟(1)-(3)

4. 實驗結果

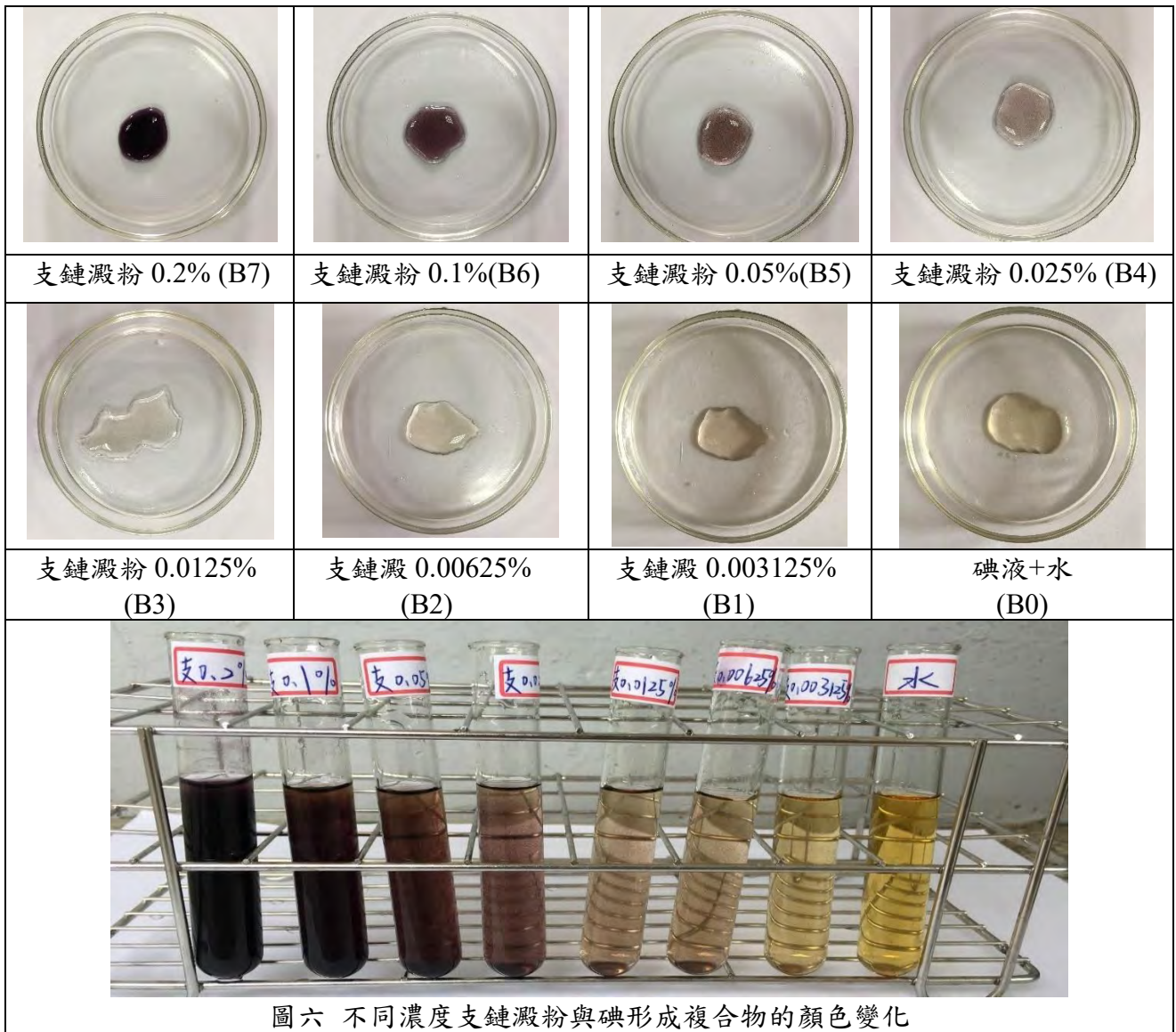
(1) 直鏈澱粉



結果：

- I. 直鏈澱粉難溶於水，以熱水溶解可增加分布均勻程度。
- II. 濃度高至濃度低直鏈澱粉與碘離子形成的錯合物顏色依序呈現：深藍色、藍色、淺綠色及黃綠色
- III. 利用 0.1M 碘液檢測直鏈澱粉的濃度可達 0.03125%，在此濃度下澱-碘複合物會呈現分散狀的微粒，需仔細觀察。
- IV. 為方便描述直鏈澱粉-碘複合物呈現的顏色變化,我們依澱粉濃度由低至高呈現不同的顏色以 A0(沒有澱粉-黃褐色)、A1(0.03125%澱粉)、A2(0.0625%澱粉)... 依此類推，數字越大代表濃度越高。
- V. 當碘液與澱粉在培養皿中混合時，兩者混合的形式好像翻滾沸騰狀，非常特別。

(2) 支鏈澱粉



結果

- I. 支鏈澱粉難溶於水，但溶解性比直鏈澱粉佳，以熱水溶解可增加分布均勻程度。
- II. 支鏈澱粉與碘液的複合物呈現紫紅棕色，顏色不向直鏈澱粉有較多顏色變化。
- III. 在碘液與澱粉混合液下方有深色沉澱，**碘液與澱粉複合物**，可為未來另一種可開發的新定量方法。
- IV. 為方便描述支鏈澱粉-碘複合物呈現的顏色變化，我們依澱粉濃度由低至高呈現不同的顏色以 B0(沒有澱粉-黃褐色)、B1(0.03125% 支鏈澱粉)、B2(0.0625% 支鏈澱粉)……依此類推，數字越大代表濃度越高。
- V. 要判斷澱粉有無時，當待測物加入碘液後以肉眼觀色呈現紫紅棕色、深藍色、藍色、綠色可判斷有澱粉，不同顏色可代表所含澱粉種類及濃度有所差異。



(二)實驗 1-2 糖度計用於檢驗澱粉及蔗糖溶液檢驗

1.澱粉濃度檢驗

澱粉濃度	0.2%	0.1%	0.05%	0.025%	0.0125%	0.00625%	0.003125%
結果	糖度值皆為 0						

2.不同濃度蔗糖糖度值 (單位：°Bx)

(1)想法：澱粉是植物醣類的儲存形式，不過當植物要利用醣類時會將澱粉分解成小分子的蔗糖或葡萄糖等，因此透過澱粉分析還有糖度值的分析，還是可以間接推測其生理狀況。

(2)方式：

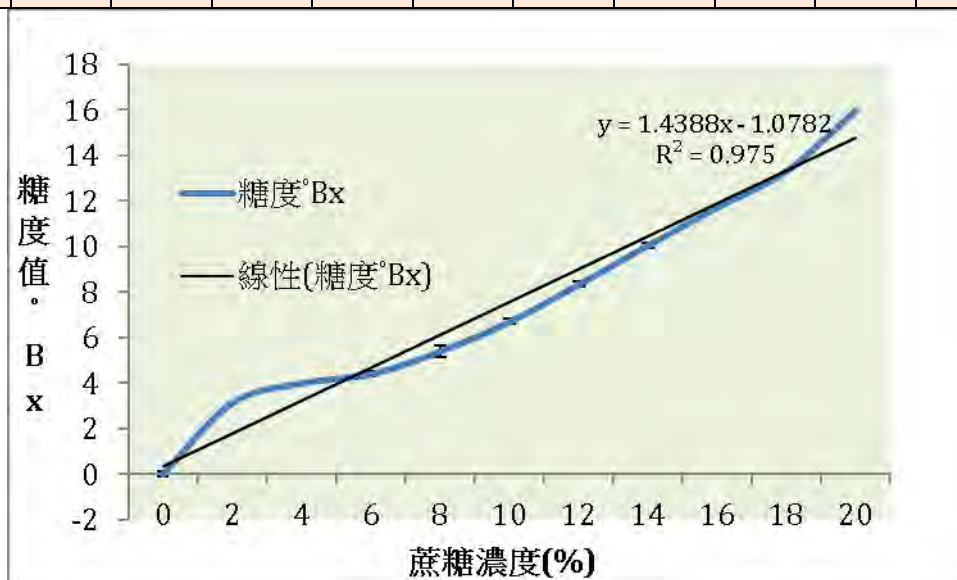
i. 我們先拿二號砂糖(蔗糖)配置 0%-20%不同濃度的蔗糖溶液。

ii. 取一滴不同溶液的蔗糖以糖度計測量豆漿的糖度值。

iii. 重複此實驗 3 次求平均後利用 excel 作圖畫出糖度值與蔗糖濃度的標準曲線

表一 不同溶液的蔗糖的糖度值

次數/蔗糖濃度	0%	2%	4%	6%	8%	10%	12%	14%	16%	18%	20%
第一次	0	3	4	4	5	7	8	10	12	13	16
第二次	0	3	4	5	5	7	8	10	12	13	16
第三次	0	3	4	4	6	7	8	10	12	13	16
平均	0	3	4	4	5	7	8	10	12	13	16
標準差	0.00	0.12	0.00	0.20	0.20	0.10	0.12	0.12	0.23	0.12	0.00



圖七 蔗糖濃度與糖度的檢量線(標準曲線)

3.結果

(1)糖度計無法檢驗澱粉的濃度

(2)0%-20%的蔗糖溶液其濃度糖度值(Y)與蔗糖濃度(X)呈現良好的線性關係($R^2=0.98$)，其

直線方程式為 $Y(\text{糖度值})=1.4388X(\text{蔗糖濃度})-1.0782$ ，可用以檢測溶液中可溶性糖的

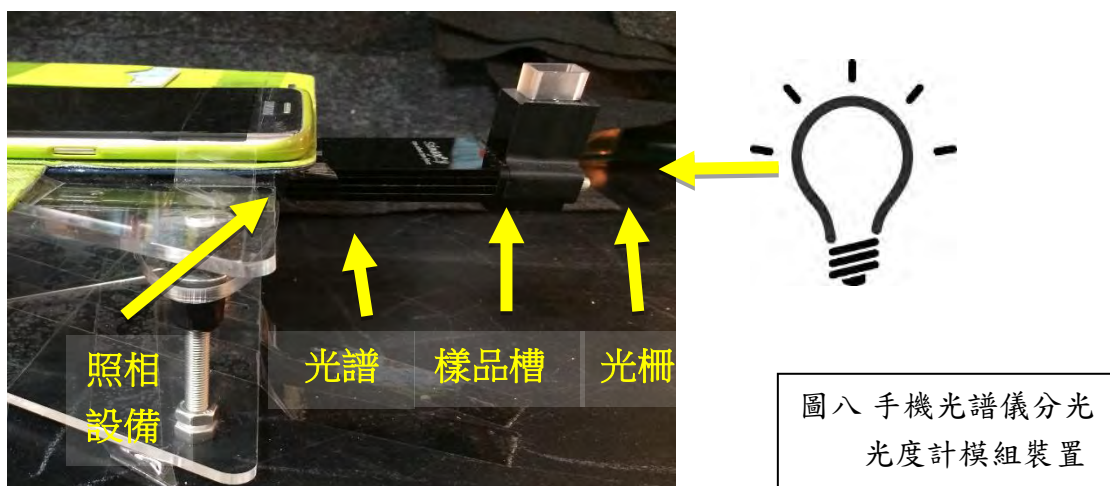
濃度。計算方式蔗糖濃度($\%$)= $(\text{糖度值}+1.0782)/1.4388$

(三)實驗 1-3 分光光度計測量澱粉的穩定性與準確度

1.自行組裝手機光譜儀-分光光度計(photometer)裝置

(1)說明：分光光度計是專業實驗室常用的定量儀器，可是價格非常昂貴，因學校沒有預算買分光光度計，且我們學校附近也沒有可合作的高中或大學，因此我們不斷思考及找尋是否有可替代分光光度計的儀器，後來在 FB 社群中發現有一個科學 maker 的科學社群，其創立人江宏仁老師開發了一款手機光譜儀，只要贊助就可以獲得。透過網路我們找到「阿簡生物筆記」部落格中也有一系列關於此儀器的使用方式可供我們自學，因此我們花了一段時間學習與摸索並嘗試用這種隨身儀器嘗試進行實驗探究。

(2)組裝完成的手機光譜儀分光光度計模組裝置圖八



2.手機光譜儀-分光光度計的穩定度與準確度

(1)想法：檢驗手機光譜儀-分光光度計的穩定度

(2)方法：

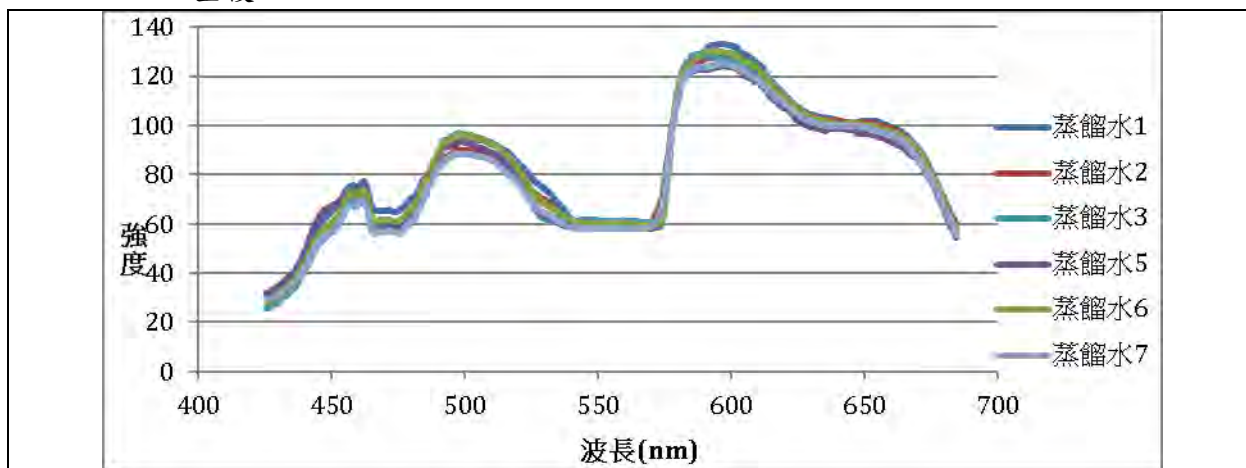
I.取純水 4cc 於樣品槽中

II.利用自製手機分光光度計下以拍攝白熾燈光譜

III.將光譜圖匯入 imageJ 中並以內插法以省電燈泡對照白熾燈泡光譜圖進行波長校正

IV.將校正後的值匯入 excel 中作圖(使用方法參考阿簡生物筆記)¹⁰

V.重複 7 次



圖八 手機光譜儀-分光光度計的穩定度

(3)結果

I.重複測驗吸收光譜的波峰位置幾乎重疊，顯示此儀器穩定度高，所以我們以此裝置進行後續實驗。

3.以手機光譜儀-分光光度計檢測不同濃度澱粉並製作檢量線

(1)實驗目的：製作不同濃度直鏈澱粉與碘複合物的檢量線

(2)實驗變因：

I.操作變因：不同濃度的直鏈澱粉

II.應變變因：直鏈澱粉-碘複合物光譜吸收值

(3)實驗方法

I.取實驗 1-1 配置不同濃度的直鏈澱粉-碘混合溶液

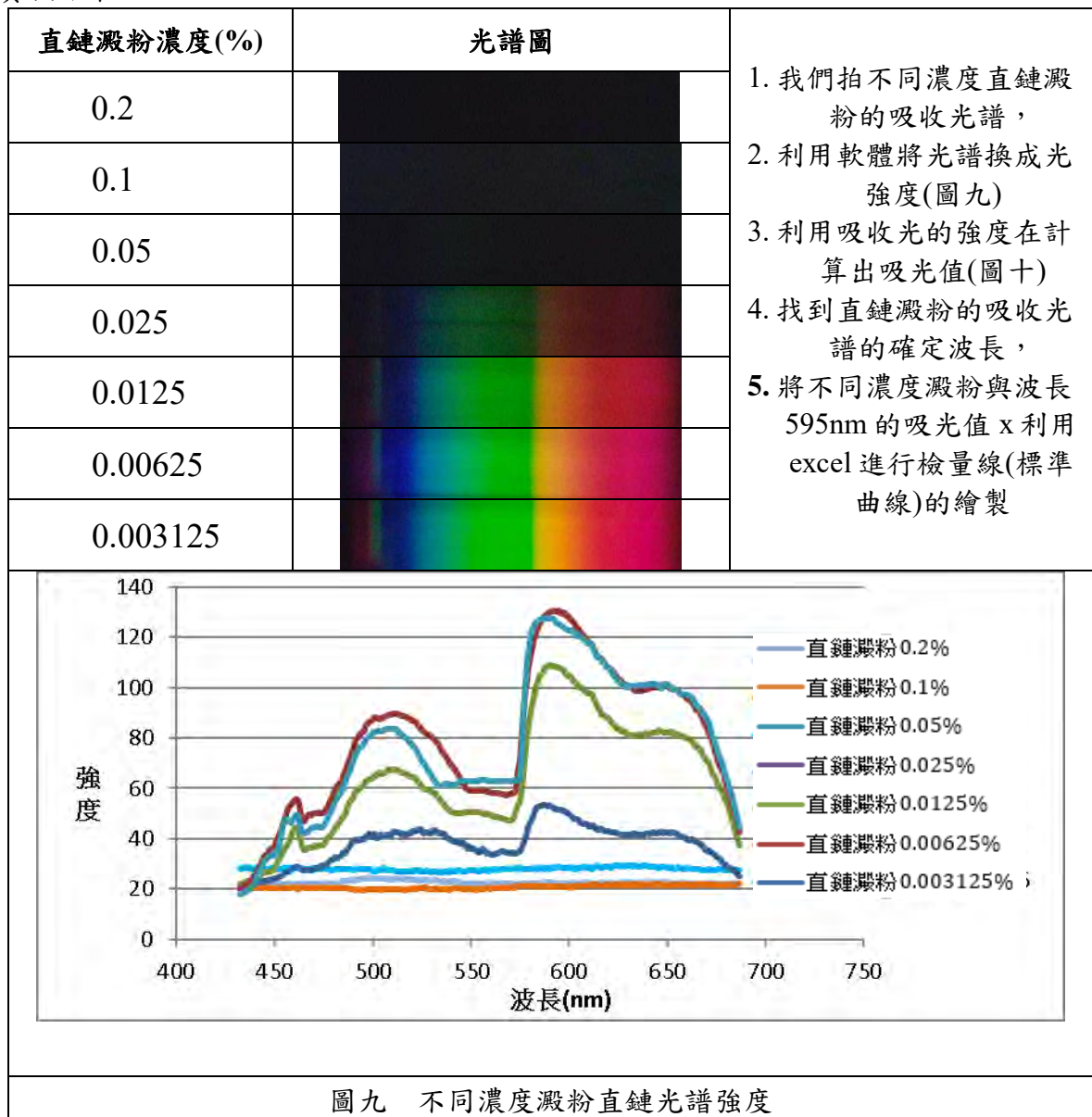
II.置於自製分光光度計設備下拍攝光譜

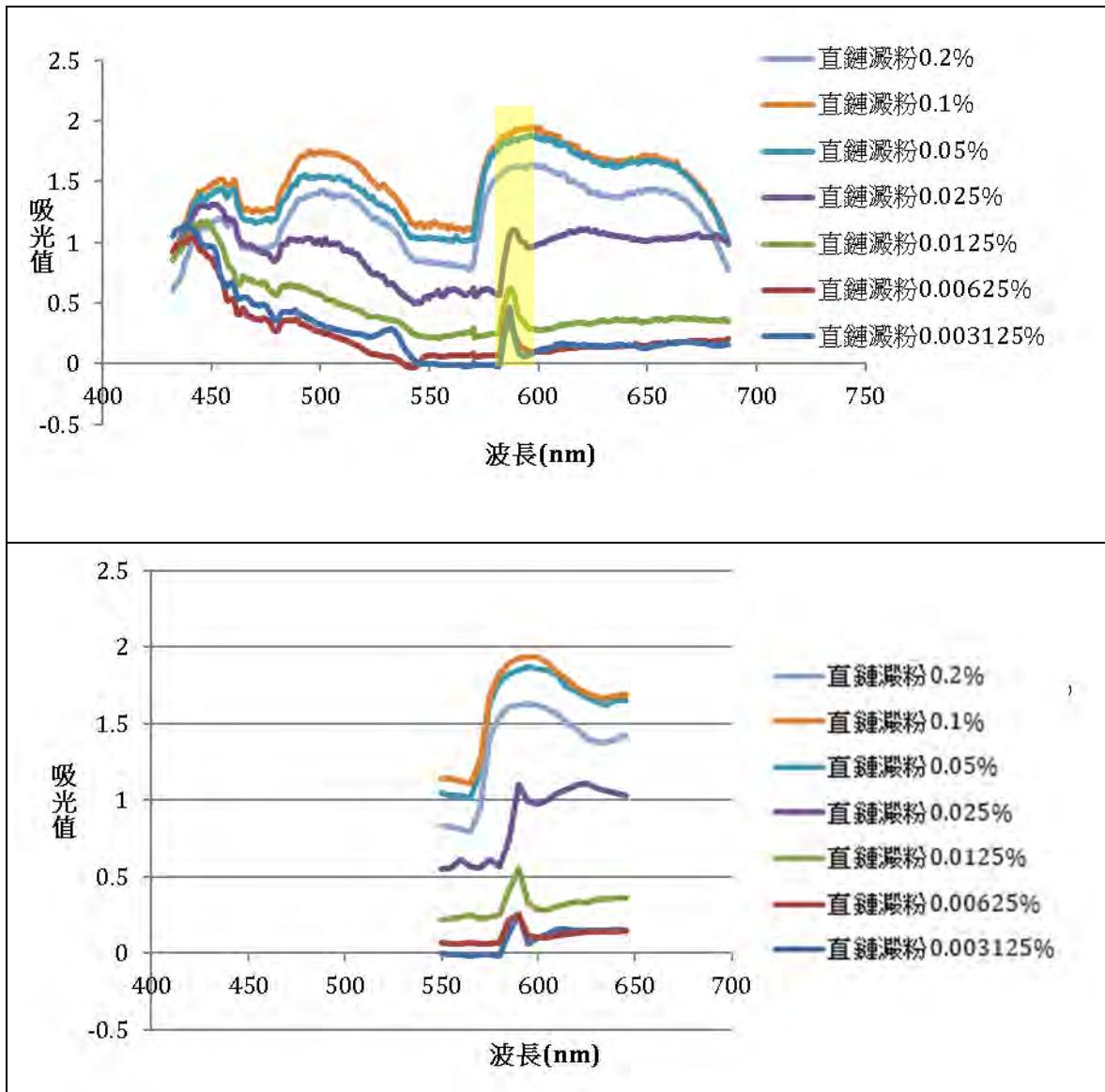
III.利用內插法以省電燈泡對照白熾燈泡光譜圖進行波長校正

IV.利用 image J 將光譜轉換成透光度，再利用將校正後波長 595nm 下不同濃度的直鏈澱粉-碘複合物光譜，再利用此光譜求出透光率及吸光值(請參考附錄)。

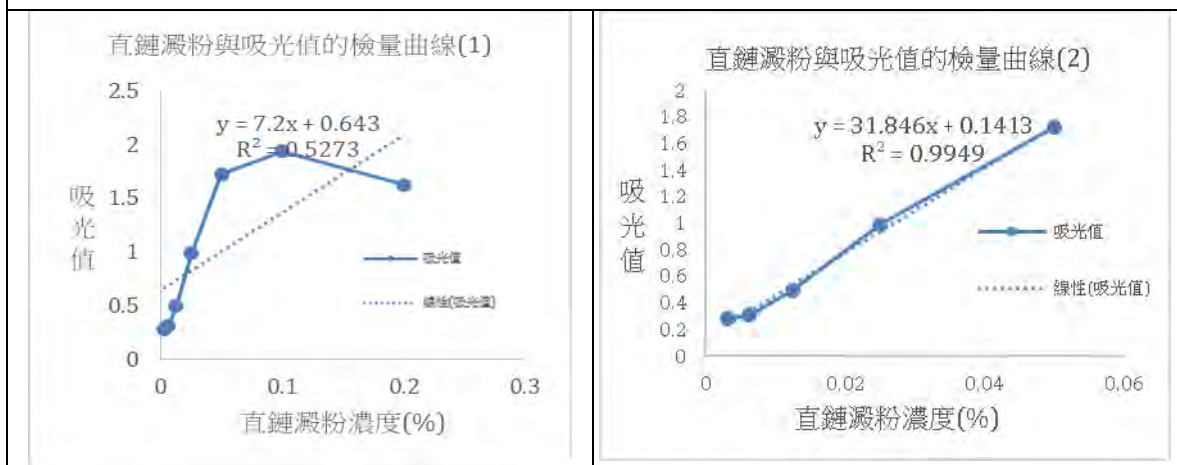
V.最後以吸光值來利用 excel 繪製線性迴歸曲線，即得到吸光值與濃度的檢量線。

(4)實驗結果





圖十 不同濃度直鏈澱粉的吸光值



圖十一 直鏈澱粉與吸光值的檢量曲線圖

- I. 直鏈澱粉標準品在本儀器測量光譜經轉換後在波長 595nm 有高的吸收峰
- II. 直鏈澱粉以此方式測量在 0.05%-0.003125%具有極優的線性關係，其直鏈澱粉濃度(X)與吸收值(Y)的線性方程式為 $Y=31.846X+0.1413(R^2=0.9949)$
- III. 直鏈澱粉濃度 0.1-0.2%濃度太高，不適用此檢量線。

二、豆漿中是否含澱粉

(一)實驗 2-1 不同種類的豆子的自製豆漿中是否含澱粉

1. 實驗目的：不同種類的豆子所製造的豆漿是否有澱粉

2. 實驗變因：

(1) 操作變因：不同豆子所製造的豆漿

(2) 應變變因：澱粉的有無

3. 實驗方法：

(1) 用不同種類豆子(紅豆、黃豆、黑豆、綠豆)50g，加水定量至 900cc 後以豆漿機製成豆漿。

(2) 每一種豆漿吸取 1cc，滴至培養皿中，滴入 1cc 的碘液後觀察有無顏色變化。

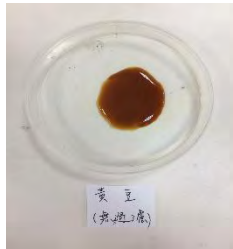

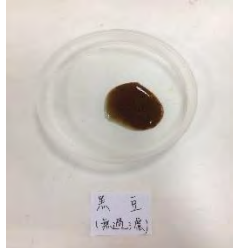

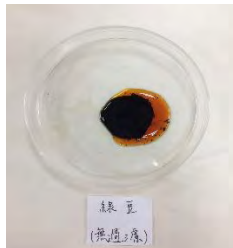

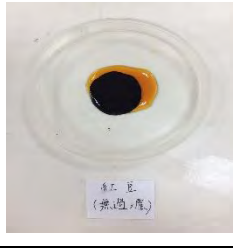

(3) 取一滴豆漿以糖度計測量豆漿的糖度值。

(4) 利用蔗糖濃度與糖度值的標準曲線計算出豆漿所含的蔗糖濃度。

(5) 重複此實驗 3 次，並記錄觀察結果

4. 實驗觀察與結果：

(1) 碘液檢測結果

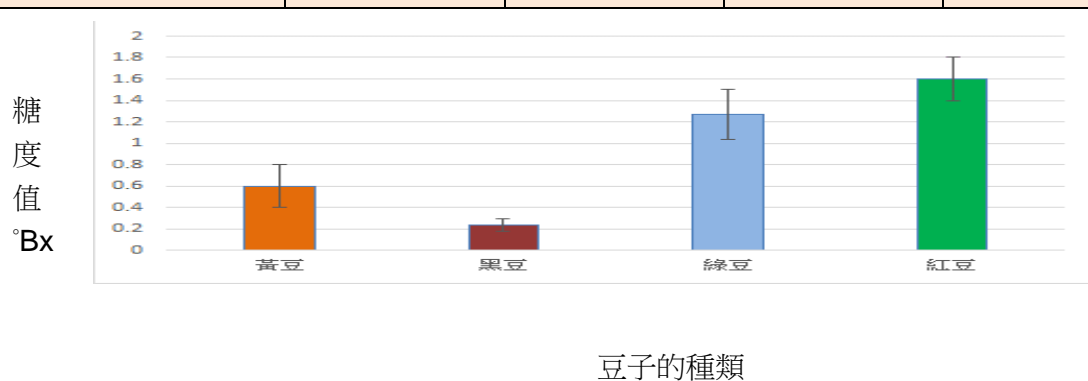
豆子種類	實驗結果		
黃豆			黃豆與碘液的呈色反應最小，呈色顏色接近 A5，是所有豆類中變化最小的。
黑豆			黑豆與碘液的反應碘液顏色呈現 A6，比黃豆的反應顏色深很多。
綠豆			綠豆與碘液的反應是第二多的，碘液顏色已接近 A7 的顏色，在這四種豆類中是呈色第二深的。
紅豆			綠豆與紅豆與澱粉的反應皆極佳，但紅豆與綠豆相比還是紅豆的反應較多，碘液的反應顏色是 A7 的顏色。

圖十二 不同豆子的自製豆漿澱粉呈色狀況

(2)不同豆子製成的豆漿的糖度值：(單位：°Bx)

表二 不同溶液的蔗糖的糖度值

不同豆子	黃豆	黑豆	綠豆	紅豆
第一次	0.6	0.2	1.4	1.6
第二次	0.8	0.3	1.4	1.8
第三次	0.4	0.2	1	1.4
平均	0.6	0.2	1.2	1.6
標準差	0.2	0.06	0.23	0.2
蔗糖濃度(每 100g 豆漿含糖量(g))	2.96	2.68	3.38	3.66



圖十三 不同豆子自製豆漿的糖度值

結果：

- (1)四種豆類製成的豆漿中皆含有澱粉，黃豆呈色最不明顯紅豆最明顯。
- (2)紅豆的澱粉反應是最多的，滴入碘液反應呈色為 A7，。
- (3)紅豆的澱粉最多且糖度值也最高，而綠豆的澱粉含量與糖度值是第二高的。

(一)實驗 2-2 檢驗市售豆漿是否含有澱粉

1. 實驗目的:不同品牌的豆漿是否有澱粉
2. 實驗變因：
 - (1)操作變因：不同品牌的豆漿
 - (2)應變變因：澱粉的有無
3. 實驗方法：
 - (1)準備市售各種品牌的豆漿
 - (2)同**實驗 2-1** 實驗方法(2)-(5)
4. 實驗觀察及結果：
 - (1)碘液檢測結果

品牌名稱	實驗結果		
統一 (有糖)			此品牌的有糖豆漿較無糖豆漿呈色深許多，碘液顏色將近 A6 的顏色。
義美 (有糖)			這個品牌的有糖豆漿呈色較無糖豆漿深，碘液顏色將近 A5。
光泉 (有糖)			此品牌與有糖與無糖豆漿相較有糖豆漿的呈色較淺，碘液顏色為 A5。
統一 (無糖)			此品牌的有糖豆漿較無糖豆漿的呈色深，約 A4 的顏色。
義美 (無糖)			義美的無糖豆漿呈色較有糖豆漿淺，約為 A4 的顏色。
光泉 (無糖)			光泉無糖豆漿與碘液反應呈色較有糖豆漿的顏色深許多，為 A6 的顏色。
圖十四 市售品牌豆漿澱粉呈色的狀況			

(2)不同市售豆漿的糖度：(單位：°Bx)

表三 不同品牌豆漿的蔗糖糖度值及蔗糖濃度						
品牌	統一(有)	義美(有)	光泉(有)	統一(無)	義美(無)	光泉(無)
第一次	11	9.6	8.2	6.6	4.8	4.8
第二次	11	9.6	8.2	6.4	4.6	4.8
第三次	11	9.8	8.2	6.6	4.6	5
平均	11	9.7	8.2	6.5	4.7	4.9
標準差	0	0.16	0	0.2	0.2	0.2
蔗糖濃度 (每 100g 豆漿 含糖量(g))	10.22	9.29	8.27	7.11	5.80	5.94

市售豆漿品牌與種類

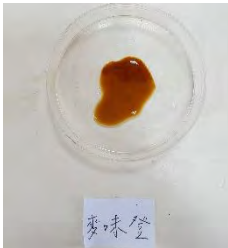
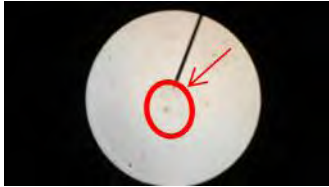


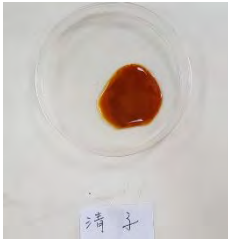
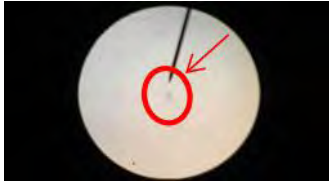
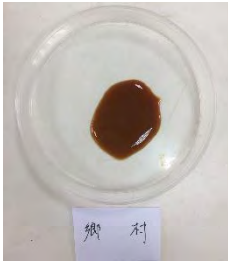



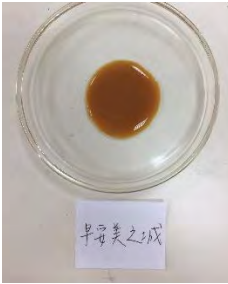

圖十五 不同市售豆漿的糖度

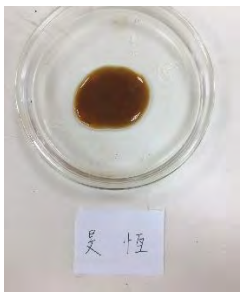
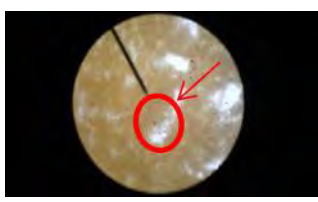


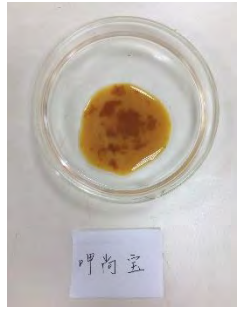

結果：

- (1)從碘液變色反應來看，每一種市售豆漿都含澱粉，但顏色變化小，表示澱粉含量很低。
- (2)利用檢量線 $Y(\text{糖度值})=1.4388X(\text{蔗糖濃度})-1.0782$ ，可用以檢測溶液中可溶性糖的濃度。計算方式蔗糖濃度(%)= $(\text{糖度值}+1.0782)/1.4388$ ，經換算後市售的豆漿含糖量每 100g 中 6-10 克可溶性糖，尤其是市售含糖豆漿含糖量不容小覷。

實驗 2-3 傳統早餐店製作的豆漿是否含有澱粉

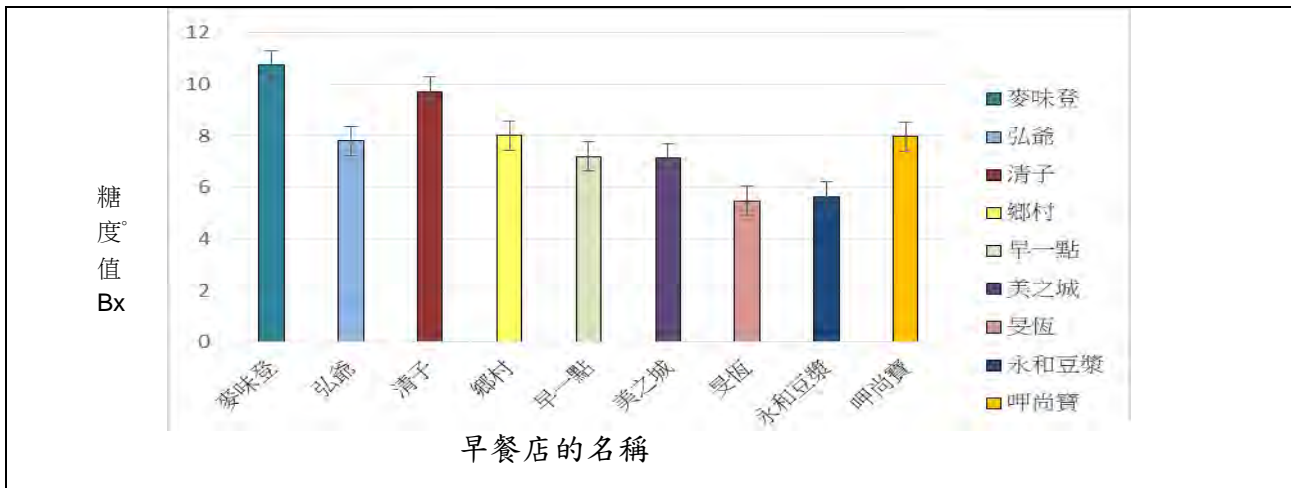
1. 實驗目的：不同早餐店的豆漿是否有澱粉
2. 實驗變因：
 - (1)操作變因：不同家早餐店的豆漿
 - (2)應變變因：澱粉的有無
3. 實驗方法：
 - (1)準備各家早餐店豆漿
 - (2)同實驗 2-1 實驗方法(2)-(4)
4. 實驗觀察及結果：
 - (1)早餐店豆漿碘液檢測澱粉結果

店家名稱	實驗結果		
麥味登	 <p>麥味登</p>		此店家豆漿使碘液顏色變低，碘液顏色將近 A5。
弘爺	 <p>弘爺</p>		這間早餐店的早餐豆漿與碘液無反應。
清子	 <p>清子</p>		這家早餐店的豆漿與碘液反應的顏色變化最小，顏色較 A4 深。
鄉村	 <p>鄉村</p>		這家早餐店的豆漿與碘液反應的顏色變化大，變化的顏色接近 A6 的顏色。
早一點	 <p>早一點</p>		此早餐店的豆漿與碘液反應的顏色變化大，碘液顏色轉變成 A6 的顏色。
美之城	 <p>早美之城</p>		此間早餐店豆漿與碘液無反應。

旻恆			這間早餐店的豆漿與碘液反應呈現 A6 的顏色，反應顏色最深。
永和豆漿			這間早餐店的豆漿呈色為 A5，反應顏色較淺。
呷尚寶			此間早餐店豆漿與碘液無反應。
圖十六 傳統早餐店豆漿澱粉的呈色狀況			

(2) 早餐店豆漿的糖度值：(單位：°Bx)

表四 不同品牌的蔗糖的糖度值及蔗糖濃度						
早餐店名稱/°Bx	第一次	第二次	第三次	平均	標準差	含糖量(g)/每 100g 豆漿
麥味登	10.8	10.8	10.6	10.7	0.12	8.19
弘爺	7.8	7.6	8	7.8	0.2	6.17
清子	9.9	9.6	9.6	9.7	0.17	7.49
鄉村	8	8	8	8	0	6.31
早一點	7.2	7.2	7.2	7.2	0	5.75
美之城	7.2	7	7.2	7.1	0.12	5.68
旻恆	5.4	5.6	5.4	5.5	0.12	4.57
永和豆漿	5.6	5.8	5.6	5.7	0.12	4.71
呷尚寶	7.8	7.9	8.2	8	0.2	6.31



圖十七 傳統早餐店豆漿的糖度值

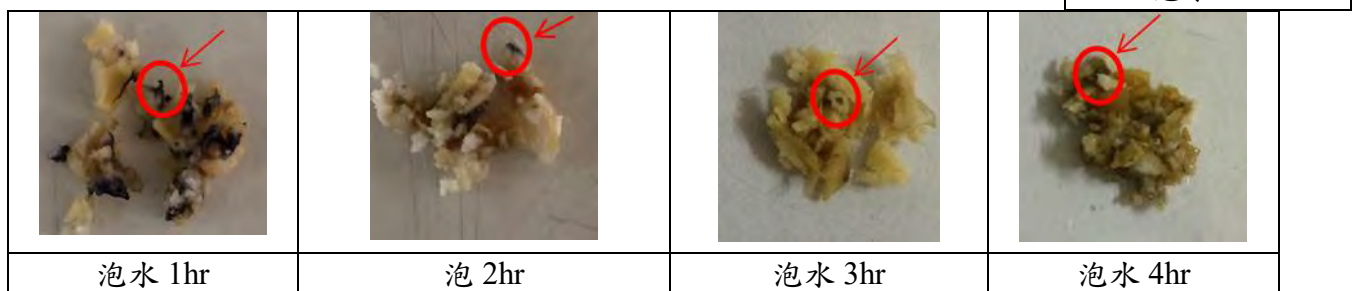
5. 討論：

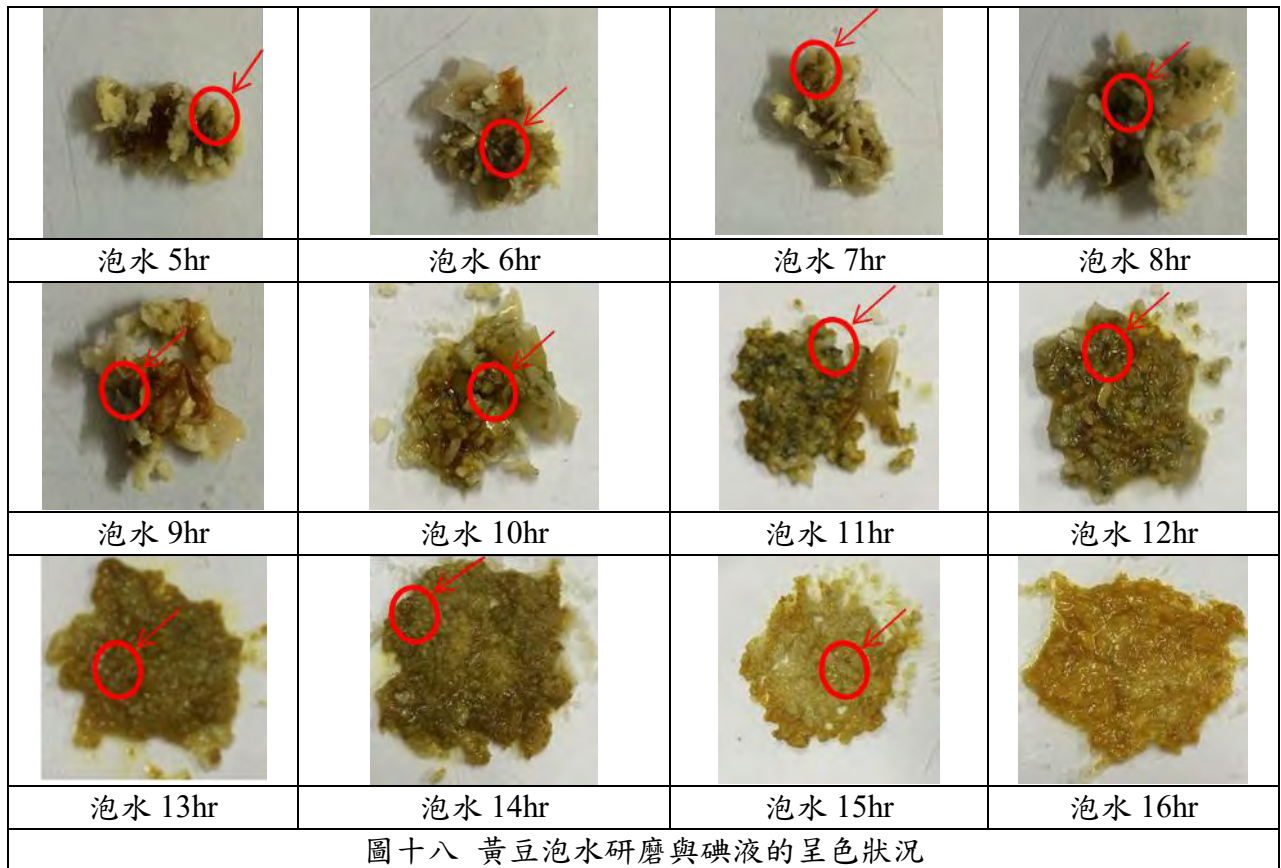
- (1) 傳統早餐店有 3 家的豆漿不含澱粉，其餘 6 家皆測出含有澱粉。市售各種豆漿都是有濾渣的豆漿。
- (2) 旻恆早餐店的豆漿在顯微鏡下與澱粉反應時的澱粉粒是 9 間早餐店中最明顯的，第二明顯的則是鄉村漢堡的早餐豆漿。
- (3) 使用豆漿滴入培養皿的實驗中，旻恆早餐的豆漿也是與碘液反應最明顯，顏色最深而顏色第二明顯第二深的也是鄉村漢堡。
- (4) 但澱粉最多的豆漿不一定是糖度中最高的、旻恆早餐店的豆漿雖然澱粉的含量最高但糖度值卻是 9 家早餐店中最少的。
- (5) 除了旻恆及永和豆漿外，早餐店的含糖量大多數介在 6-8 公克/100g 豆漿，跟一般市售包裝的含糖豆漿相當。

三、豆漿製程對豆漿內澱粉的影響

實驗 3-1 泡豆時間長短對黃豆澱粉含量的影響

1. 實驗目的：探討黃豆不同泡水時間對澱粉含量的影響
2. 實驗變因：
 - (1) 操作變因：豆子泡水的時間長短
 - (2) 應變變因：黃豆澱粉的有無
3. 實驗方法：
 - (1) 黃豆泡水 0-16 小時，每小時取一顆黃豆，用研鉢磨碎後加入 0.1M 碘液觀察顏色變化
 - (2) 重複實驗 3 次
4. 實驗觀察及結果：



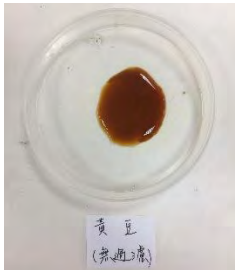


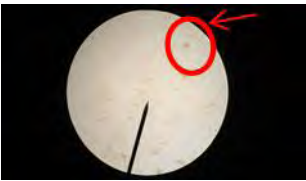
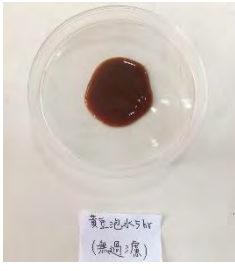

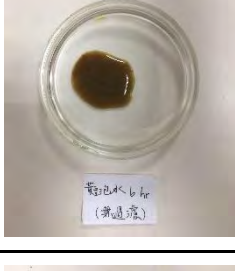

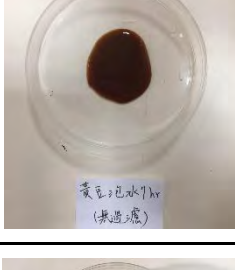
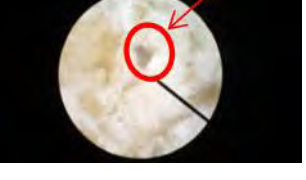




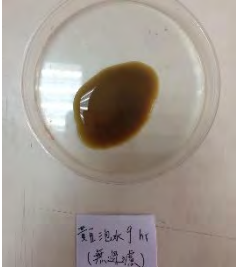

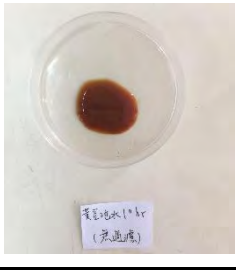

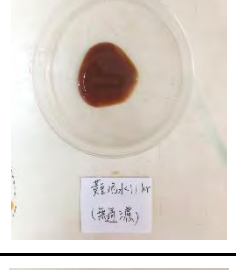

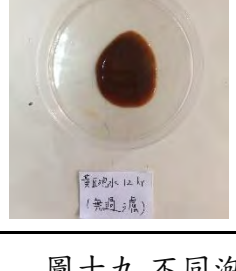

結果

- (1) 黃豆直接磨碎滴加碘液檢測，發現有澱粉，呈色為藍黑色，判斷為直鏈澱粉。
- (2) 黃豆泡水時間越久，黃豆吸水膨脹後更好研磨，且磨出來的黃豆會有漿而且黏黏的。
- (3) 在泡水 0-12 小時內澱粉皆無明顯下降，在 13 小時後澱粉減少，泡水 15 小時後澱粉幾乎消失，16 小時後完全沒有澱粉。
- (4) 不過因為一般豆漿製作時泡水時間是 3-8 小時，泡水太長時間恐會造成細菌滋生，所以後續豆漿製作均以泡水 12 小時以內來討論。

實驗 3-2 泡豆時間長短對豆漿澱粉含量的影響

1. 實驗目的：探討不同泡豆子的時間對豆漿中澱粉的影響
2. 實驗變因：
 - (1) 操作變因：豆子泡水的時間長短
 - (2) 應變變因：豆漿澱粉的有無
3. 實驗方法：
 - (1) 準備分別各泡 0 小時、4 小時、5 小時、6 小時、7 小時、8 小時、9 小時、10 小時、11 小時、12 小時的水的黃豆 50g 放入豆漿機加水至 900ml 製作豆漿
 - (2) 豆漿吸取 1cc，滴至培養皿，滴入 1cc 碘液後觀察變化
 - (3) 取一滴豆漿以糖度計測量豆漿的糖度值。
 - (4) 取豆漿與碘液混合液稀釋後以手機光譜儀分光光度計模組測量吸收光譜。
 - (5) 重複實驗 3 次
4. 實驗觀察及結果：
 - (1) 碘液檢測澱粉結果

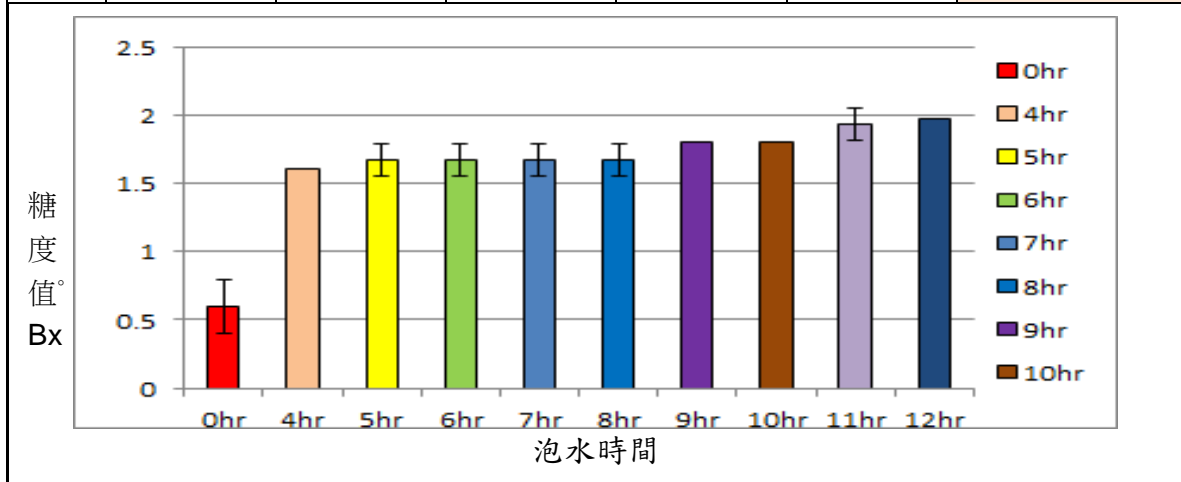
泡水時間	實驗結果		
0 小時	 <p>黃豆 (未過濾)</p>		沒泡水的黃豆漿內含有澱粉，澱粉粒的呈色變化為 A6。
4 小時	 <p>黃豆泡水4hr (未過濾)</p>		此豆漿內含有澱粉，顏色變化不大，只有比沒泡水的黃豆漿還要略為深一點，澱粉粒顏色將近 A6。
5 小時	 <p>黃豆泡水5hr (未過濾)</p>		此豆漿內含有澱粉，顏色反應不大，但比泡水四小時的豆漿還要深一點，碘液顏色將近 A6。
6 小時	 <p>黃豆泡水6hr (未過濾)</p>		此豆漿內含有澱粉，澱粉粒顏色轉變為 A5。
7 小時	 <p>黃豆泡水7hr (未過濾)</p>		此豆漿內含有澱粉，碘液顏色變化將近 A5。
8 小時	 <p>黃豆泡水8hr (未過濾)</p>		此豆漿內含有澱粉，澱粉顏色轉為 A5。

9 小時			此豆漿內含有澱粉， 碘液顏色變化小，澱 粉粒顏色為 A4。
10 小時			此豆漿內含有澱粉， 顏色變化比上者低一 點，碘液顏色將近 A4。
11 小時			此豆漿內含有澱粉， 顏色變化不大，碘液 顏色變為 A3。
12 小時			此豆漿內含有澱粉， 顏色變化小，碘液顏 色接近 A2。
圖十九 不同泡豆時間製成豆漿的澱粉呈色狀況			

(2) 黃豆泡水時間對糖度的影響：

表五 黃豆不同泡水時間的蔗糖的糖度值及蔗糖含量						(糖度單位：°Bx)
時間	第一次	第二次	第三次	平均	標準差	含糖量(g)/ 每 100g 豆漿
0hr	0.6	0.8	0.4	0.6	0.2	1.17
4hr	1.6	1.6	1.6	1.6	0	1.86
5hr	1.8	1.6	1.6	1.7	0.12	1.93
6hr	1.6	1.8	1.6	1.7	0.12	1.93
7hr	1.8	1.6	1.6	1.7	0.12	1.93
8hr	1.6	1.6	1.8	1.7	0.12	1.93
9hr	1.8	1.8	1.8	1.8	0	2.00
10hr	1.8	1.8	1.8	1.8	0	2.00

11hr	1.8	2	2	1.9	0.12	2.07
12hr	2	2	1.9	2	0.06	2.14



圖二十 不同泡豆時間製成豆漿的糖度值

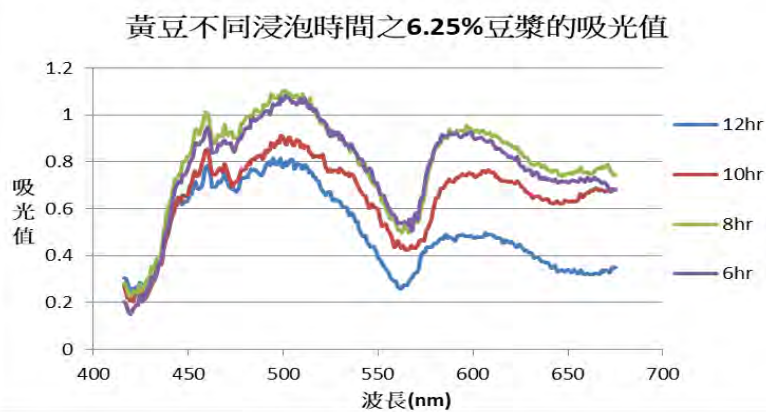
- I. 黃豆泡水時間越長製作出來的豆漿的糖度值有越高趨勢。
- II. 自製豆漿的所有糖度皆比市售豆漿以及早餐店豆漿的數值低很多。

(3) 黃豆浸泡不同時間製造的豆漿的吸收光譜與澱粉濃度

黃豆泡水 豆漿 稀釋濃度	6 小時	8 小時	10 小時	12 小時
3.125%				
6.25%				
12.5%				
25%				
50%				

圖二十一 黃豆浸泡不同時間製造的豆漿的吸收光譜

- (1) 泡水時間越長所製成的豆漿在同一稀釋濃度下吸收光譜有所差異，此現象在稀釋濃度 6.25%-12.5% 更明顯，因此我們進一步計算豆漿稀釋濃度為 6.25% 的吸光值，再利用實驗 1-3 中的標準檢量線來看澱粉量是否有改變。



圖二十二 黃豆不同浸泡時間之 6.25% 豆漿吸光值

結果

(1) 利用檢量線 $Y(\text{吸光度}) = 31.846X(\text{澱粉濃度}) + 0.1413$ 。計算黃豆浸泡不同時間後所製得豆漿隨著浸泡時間越久所含的澱粉濃度會下降。同時也觀察到糖度值稍微提升，顯示黃豆泡水後澱粉酶會活化來分解澱粉。

表六 黃豆浸泡不同時間製造的豆漿的澱粉濃度

時間	6hr	8hr	10hr	12hr
吸光值	0.915406	0.935332	0.742006	0.482299
檢量濃度	0.024308	0.024933	0.018863	0.010708
澱粉 g 數/100g 豆漿	0.388925	0.398936	0.301805	0.171324

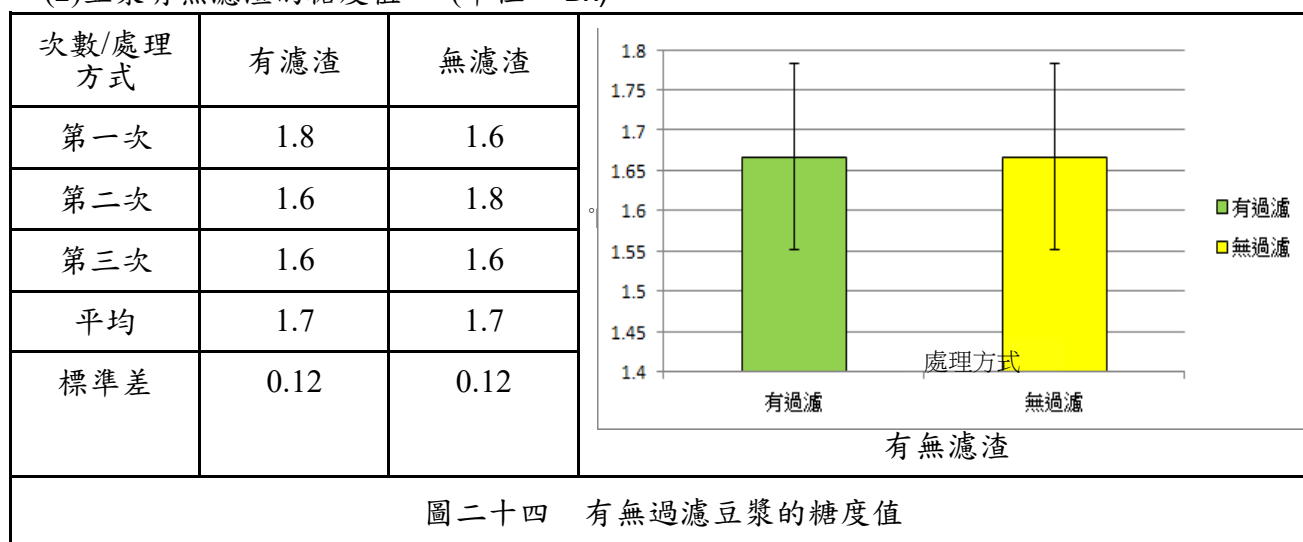
實驗 3-3 豆漿濾渣對豆漿澱粉含量的影響

- 實驗目的：測驗有無濾渣的豆漿是否有無澱粉
- 實驗變因：
 - 操作變因：有無濾渣的豆漿
 - 應變變因：豆漿中澱粉的有無
- 實驗方法：
 - 將製做好的豆漿取一些用豆漿袋濾渣
 - 同實驗 3-2 實驗方法(2)-(5)
- 實驗觀察及結果：
 - 碘液檢測澱粉結果

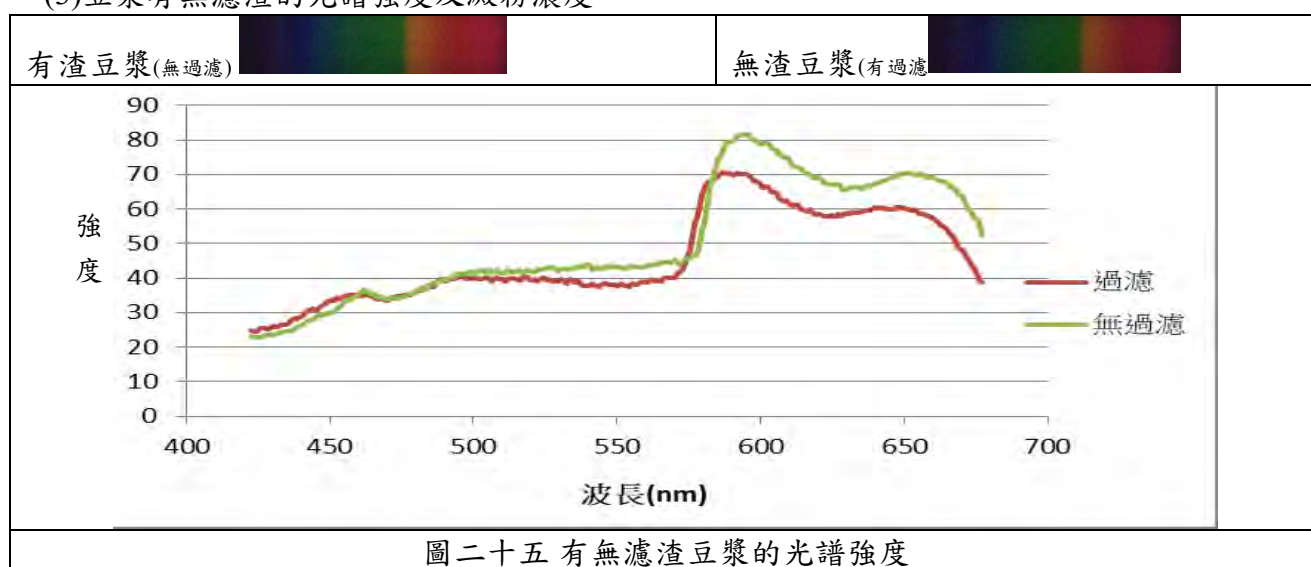
種類	實驗結果		
有過濾豆漿			有過濾豆渣的豆漿顏色較淺，反應顏色接近 A5，推測過濾掉的豆渣中含有澱粉。
無過濾豆漿			相較於有過濾豆渣的豆漿，無過濾豆渣的豆漿顏色較深，呈色顏色將近 A6，可能是因為較大的澱粉粒沒有被過濾掉。

圖二十三 有無過濾豆漿澱粉呈色狀況

(2)豆漿有無濾渣的糖度值：(單位：°Bx)



(3)豆漿有無濾渣的光譜強度及澱粉濃度



表七 有無濾渣豆漿的澱粉濃度		
豆漿種類	無過濾豆漿	有過濾豆漿
吸光值	0.915406	0.729619
澱粉量/100g	0.388925g	0.295582g

結果：

- (1)無過濾的豆漿的澱粉含量極深，且在顯微鏡下澱粉反應顆粒較大。
- (2)過濾與沒過濾的豆漿糖度沒什麼改變。
- (3)定量後發現濾渣的澱粉量在每 100g 豆漿從 0.388925g 下降到 0.295582g，豆漿濾渣會使澱粉量減少。

實驗 3-4 豆漿離心時間對澱粉含量影響

1. 實驗目的：測量不同離心時間的豆漿是否有無澱粉

2. 實驗變因：

(1) 操作變因：離心不同時間的豆漿

(2) 應變變因：豆漿中澱粉的有無

3. 實驗方法：






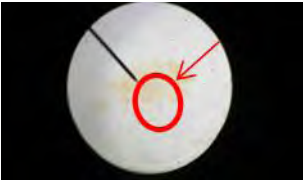


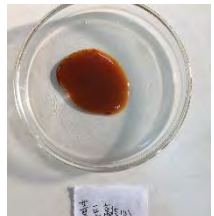

(1) 將取 9cc 自製豆漿加入試管內再放入離心機中

(2) 使用 1600rpm 轉速離心 3、6、9、12 分鐘

(3) 同實驗 3-2 實驗方法(2)-(5)

4. 實驗觀察及結果：

(1) 碘液檢測澱粉結果

離心時間	實驗結果		
0 分鐘			<p>澱粉粒可能沒有沉澱到試管底部，所以無離心豆漿的反應顏色最深接近 A7，澱粉的含量最多。</p>
3 分鐘			<p>相較於無離心的豆漿，反應呈色較淺為 A6，但也比離心 6 分鐘的顏色深許多。</p>
6 分鐘			<p>反應呈色較不明顯，與離心 3 分鐘相較顏色淺許多，反應呈色為 A5。</p>
9 分鐘			<p>相較於離心 12 分鐘的豆漿離心 9 分鐘的豆漿反應呈色顏色較深呈色將近 A5。</p>
12 分鐘			<p>這是本次實驗離心時間最長的豆漿，澱粉反應的顏色最淺，顏色將近 A4 在顯微鏡下的顆粒也最不明顯。</p>

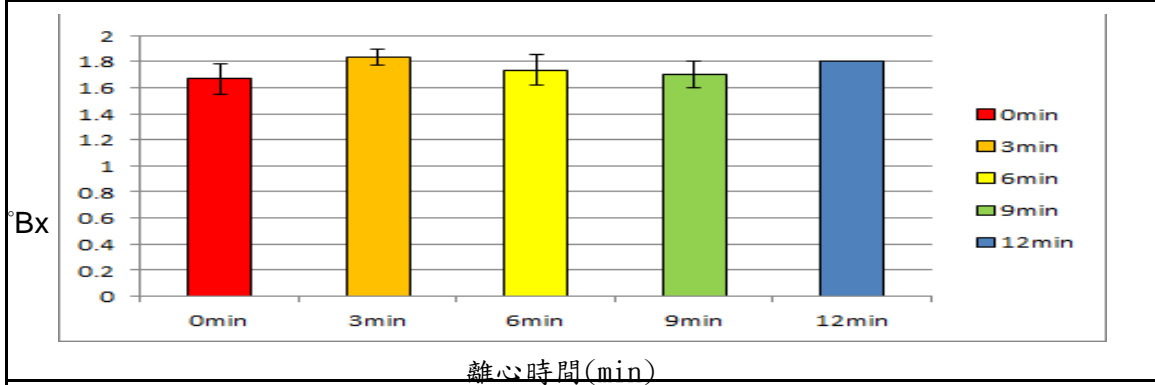
圖二十六 不同離心時間豆漿澱粉呈色狀況

(2) 豆漿不同離心時間的糖度：

(表八 黃豆不同泡水時間的蔗糖的糖度值及蔗糖濃度)

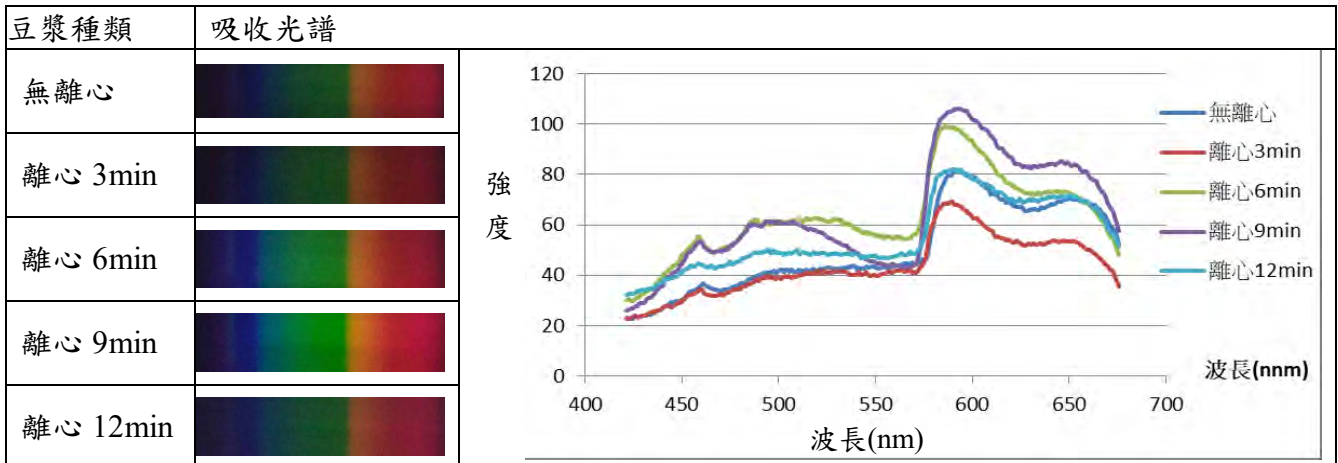
(糖度單位：°Bx)

離心時間	0 分鐘	3 分鐘	6 分鐘	9 分鐘	12 分鐘
第一次	1.6	1.9	1.6	1.8	1.8
第二次	1.8	1.8	1.8	1.7	1.8
第三次	1.6	1.8	1.8	1.6	1.8
平均	1.7	1.8	1.7	1.7	1.8
標準差	0.12	0.06	0.12	0.10	0.00
含糖量(g)/ 每 100g 豆漿	1.93	2.00	1.93	1.93	2.00



圖二十七 不同離心時間豆漿的糖度值

不同離心時間豆漿的光譜



圖二十八 不同離心時間豆漿的光譜強度

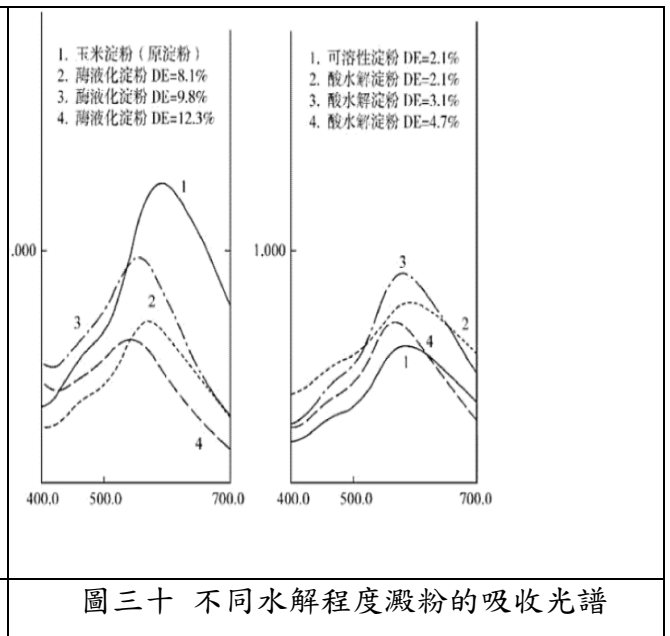
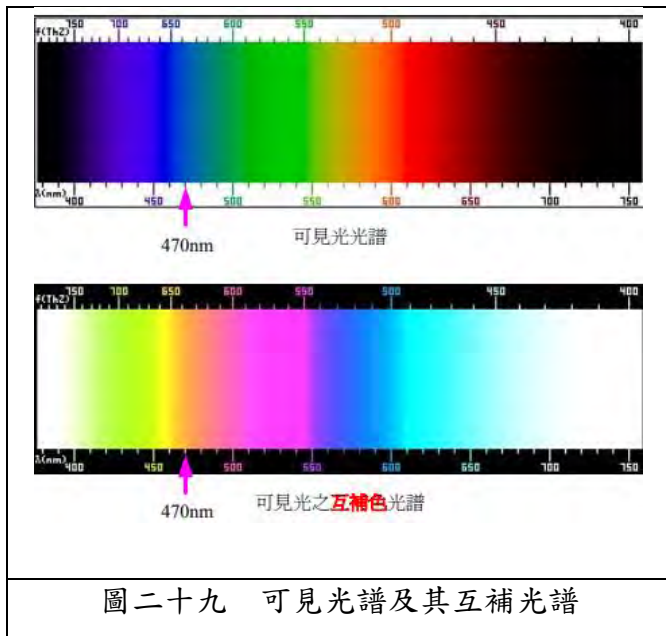
豆漿製程種類	吸光值	每 100g 豆漿含澱粉 g 數
無離心	0.915319	0.388881
離心 3min	0.685938	0.273636
離心 6min	0.313794	0.086664
離心 9min	0.224227	0.041664
離心 12min	0.486975	0.173673

結果：

- (1) 離心的時間越久澱粉的含量越少，離心可讓部分澱粉沉澱。
- (2) 離心時間增加，糖度沒有明顯的變化，顯示可溶性糖不會因離心沉澱。

陸、討論

- 一、利用 0.1M 碘溶液檢測直鏈澱粉的濃度可達 0.03125%。濃度高至濃度低直鏈澱粉與碘形成的複合物顏色依序呈現：深藍色、藍色、淺綠色及黃綠色，支鏈澱粉與碘液的錯合物呈現紫紅棕色。因此在判斷豆漿是否含有澱粉時可觀察是否轉變成紫紅棕色、深藍色、藍色、綠色及紫紅色，且不同顏色可粗判澱粉種類及濃度。
- 二、澱粉皆難溶於水，支鏈澱粉溶解性比直鏈澱粉佳，因為直鏈澱粉感覺較鬆會形成像棉絮狀一小團一小團的。支鏈澱粉緊密，在水中會散開。直鏈澱粉和支鏈澱粉都與碘作用的靈敏度佳，肉眼可觀測澱粉-碘複合物的顏色變化。
- 三、糖度計僅可檢驗可溶性糖濃度，無法檢驗澱粉的濃度。0%-20%的蔗糖溶液其濃度糖度值(Y)與蔗糖濃度(X)呈現良好的線性關係($R^2=0.98$)，其直線方程式為 $Y(\text{糖度值})=1.4388X(\text{蔗糖濃度})-1.0782$ ，可用以檢測溶液中可溶性糖的濃度。計算方式蔗糖濃度(%)=(糖度值+1.0782)/1.4388，經計算後市售豆漿與早餐店的豆漿每 100g 含有可溶性糖含量約在 6g-10g 左右。因糖度計檢測可溶性糖的原理是光經過不同濃度溶液時會折射，藉由折射角度來計算溶質濃度，因此不能保證溶質貢獻都是蔗糖，但是如果比較自製無糖豆漿的糖度值僅 0.5-2°Bx 之間，兩者差異還是覺得很驚人。尤其有些慢性病患者需要限制醣類攝取以免血糖不穩定，根據我們的實驗發現自製豆漿的糖度皆比市售以及早餐店的豆漿低很多。因此需限制醣類攝取者建議時用自製含渣豆漿。因此，豆漿真的還是選無糖較佳，以免喝下一堆糖，反而增加身體負擔。
- 四、市售豆漿無論標示有糖或無糖都可檢測出澱粉，早餐店豆漿大多含有澱粉，顏色變化不像研磨黃豆明顯，少數豆漿店的豆漿不含有澱粉。另外，根據碘液測試的呈色反應(為藍黑色)，可以判斷黃豆及豆漿內所含澱粉為直鏈澱粉。
- 五、利用自行組裝的手機光譜-分光光度計模組測量直鏈澱粉吸收光譜經轉換後在波長 595nm 有高的吸收峰。有的參考文獻提到澱粉在波長 620nm 有最高吸收值，這跟我們的結果不同讓我們非常納悶，推測應是我們使用的碘液濃度為 0.1M，用來檢測直鏈澱粉會有深藍色複合物產生，而深藍光是的波長 620nm 之偏黃色光譜的互補光譜，故會有吸收光譜值位移現象⁸。此外，曹龍奎、李鳳林(2008)⁹澱粉-碘的複合物生成反應最大吸收波長如下：原澱粉的 λ_{\max} 為 595-600nm，可溶性澱粉 λ_{\max} 585-590nm，隨者澱粉水解程度不同，澱粉在可見光譜最高吸收峰的波長會不同，由此可解釋我們所測出 595nm 有吸收值高峰的實驗結果。



- 六、直鏈澱粉以此方式測量在 0.05%-0.003125%具有極佳的線性關係，其直鏈澱粉濃度(X)與吸收值(Y)的線性方程式為 $Y=31.846X+0.1413(R^2=0.9949)$
- 七、4種豆自製的豆漿中皆含有澱粉，顯示植物的確以澱粉為儲存養分的重要形式。紅豆漿的澱粉及糖度值均最高，綠豆漿的澱粉及糖度都是第二高，黃豆漿的糖度及澱粉量均最低。
- 八、黃豆直接磨碎滴加碘液檢驗發現含有有澱粉。隨著泡水時間越久，黃豆吸水膨脹後會更好研磨，且磨出來的黃豆會有漿而且黏黏的。黃豆泡水 15 小時後澱粉幾乎消失，16 小時後完全沒有澱粉。顯示黃豆吸水後，需要時間打破休眠讓黃豆體內酵素系統活化，接著分解澱粉轉化為葡萄糖產生能量，故澱粉在 16 小時時會消失。
- 九、當黃豆泡水時間越長的時候，製作出來的豆漿滴入碘液到顯微鏡下觀察時，會有澱粉的咖啡色塊狀物，豆漿中的成分富含蛋白質，尤其是濃度較高的豆漿會在表面形成豆皮，因此我們認為其顯微鏡下的塊狀物應包含蛋白質、膠狀物及糊化後的澱粉。
- 十、以碘液檢驗市售豆漿(全部都有濾渣)，有些含有澱粉有些沒有澱粉。我們從研磨黃豆檢驗，進一步自製豆漿改變豆漿的製程去觀察過濾渣、離心、浸泡等因素是否會影響豆漿內澱粉的含量，結果發現自製豆漿都有澱粉，不過含量每 100g 不到 1%，此外在調製過程中的黃豆浸泡、豆漿濾渣及豆漿離心會使豆漿內澱粉含量下降，所以有些早餐的的豆漿以碘液檢測會測不出有澱粉，引此造成大家會覺得豆漿沒澱粉的錯誤觀念。
- 十一、到底做豆漿要不要泡水?早期製作豆漿會先浸泡-研磨-過濾-煮漿，隨者高轉速豆漿機問世，許多人做豆漿時已經不再浸泡及過濾，有趣的是我們發現浸泡會讓黃豆中的澱粉量下降，糖度值上升，而且即使是過濾或離心糖度值也不會下降，這意味著如果對糖要斤斤計較的族群(如糖尿病患者)來說，在食用某些富含澱粉種子製成的植物奶時，製作前要不要浸泡，都可能影響飲用者的升糖值，含糖更是應該避免。但是另一角度來看，當澱粉分解時也意味此時種子內有較多活化的酵素，這些酵素也可能對人體有另類的好處!這又是很

好玩的題目!

十二、**人體最早分解豆漿養分的消化器官在哪?**根據我們實驗結果應該是口腔，但製造豆漿過程會讓澱粉量下降造成檢驗時結果不明確而做出錯誤判斷。因此這個題目不夠嚴謹，不適合做考題?我們建議將題目改成：**最早分解動物肌肉(或雞蛋)的消化器官在哪裡?**這樣較不會有爭議!

柒、結論

- 一、利用 0.1M 碘溶液檢測直鏈澱粉的濃度可達 0.03125%。濃度高至濃度低直鏈澱粉與碘形成的複合物顏色依序呈現：深藍色、藍色、淺綠色及黃綠色，支鏈澱粉與碘液的錯合物呈現紫紅棕色。
- 二、澱粉皆難溶於水，支鏈澱粉溶解性比直鏈澱粉佳。直鏈澱粉和支鏈澱粉都與碘作用的靈敏度佳，肉眼可觀測澱粉-碘複合物的顏色變化。
- 三、糖度計僅可檢驗可溶性糖濃度，無法檢驗澱粉的濃度。6%-20%的蔗糖溶液其濃度糖度值(Y)與蔗糖濃度(X)呈現良好的線性關係 $Y(\text{糖度值})=1.4388X(\text{蔗糖濃度})-1.0782$ ，可用以檢測溶液中可溶性糖的濃度。計算方式蔗糖濃度(%)=(糖度值+1.0782)/1.4388 ($R^2=0.98$)。自製豆漿的糖度皆比市售以及早餐店的豆漿低很多。
- 四、早餐店豆漿多含有澱粉，顏色變化不像研磨黃豆明顯，顯示其澱粉含量低。
- 五、利用自組手機光譜-分光光度計模組測量直鏈澱粉吸收光譜在波長 595nm 有高的吸收峰。
- 六、直鏈澱粉以此方式測量在 0.05%-0.003125%具有極優的線性關係，其直鏈澱粉濃度(X)與吸收值(Y)的線性方程式為 $Y=31.846X+0.1413(R^2=0.9949)$
- 七、4種豆製成的豆漿中皆含有澱粉，顯示植物的確以澱粉為儲存養分的重要形式。
- 八、黃豆直接磨碎滴加碘液檢驗發現含有有澱粉。泡水 15 小時後澱粉幾乎消失，16 小時後完全沒有澱粉。
- 九、市售豆漿(全部都有濾渣)，有些含有澱粉有些沒有澱粉。此外在調製過程中的黃豆浸泡、豆漿濾渣及豆漿離心會使豆漿內澱粉含量下降。且浸泡會讓黃豆中的澱粉量下降，糖度值上升。

捌、具體貢獻

- 一、研究生物科學常需要分光光度計來做濃度定量，過去做科展如果想要更精確就必須跟大專院校合作，才能得到較精準確結果，但這對許多偏鄉學校根本不可能!透過我們的研究證明手機光譜儀分光光度計可做為生活科學家的實用儀器，有助於科學研究普遍推廣。
- 二、對生物段考試題找到疑問之處及網路中的普遍錯誤認知(以為豆漿中沒有澱粉)，證明有誤並提出具體修正建議。

三、驗證市售豆漿飲料為迎合大眾口味，含糖量均高，但卻可能有害健康，因此需限制醣類攝取者建議食用自製含渣豆漿。

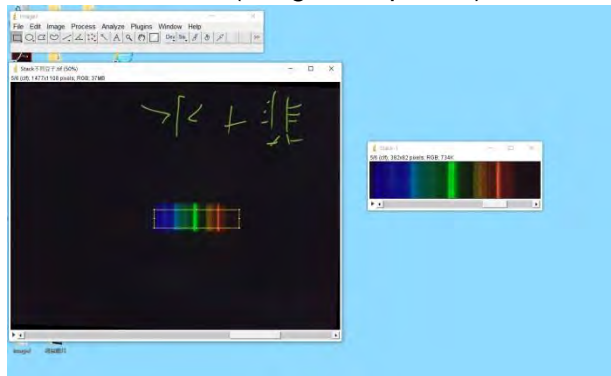
玖、參考資料

- 一、豆漿。維基百科。取自 <https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E8%B1%86%E6%B5%86>
- 二、澱粉。維基百科。取自 <https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E6%B7%80%E7%B2%89>
- 三、糖度計。維基百科。取自 <https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E7%99%BD%E5%88%A9%E7%B3%96%E5%BA%A6>
- 四、澱粉糊化。A+醫學百科。取自 <http://cht.a-hospital.com/w/%E7%B3%8A%E5%8C%96>
- 五、分光光度計。A+醫學百科。<http://cht.a-hospital.com/w/%E5%88%86%E5%85%89%E5%85%89%E5%BA%A6%E8%AE%A1>
- 六、生物大分子簡介。取自 <http://www2.nsysu.edu.tw/Bio/images/commen/biomacro10103.pdf>
- 七、王暉律、郭主歆、邱耀慶（2007）。解開澱粉-碘的藍色密碼。中華民國第47屆中小學科學展覽優勝作品。
- 八、周芳瑜、江庭瑩、卜嘉榕、何毓倫(2008)。碘液調色盤--直鏈澱粉定量方法之改良。中華民國第48屆中小學科學展覽優勝作品。
- 九、曹龍奎、李鳳林(2008)。澱粉製品生產工藝學。6-3 澱粉現代分析技術。高等專業學校教材(簡體書)。
- 十、阿簡生物筆記。取自 <http://achien.blogspot.tw/search?q=%E5%88%86%E5%85%89%E5%85%89%E5%BA%A6%E8%A8%88>

附錄:利用 imageJ 計算吸收光譜的方式

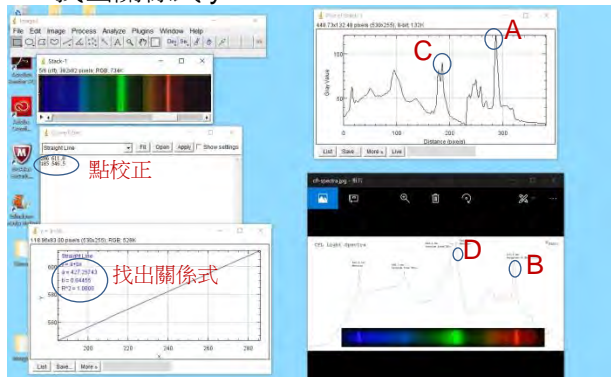
(1)用 imageJ 開啟檔案

將多個檔案合成一組 stacks 並轉向
截取分析範圍(Image→Duplicate)

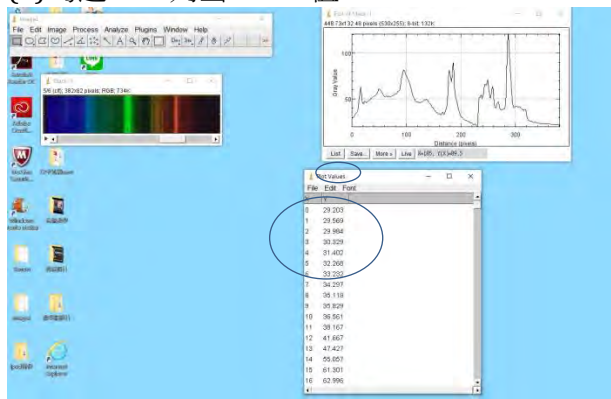


(2)選擇 Analyze→Plot profile 將省電燈泡光譜繪出

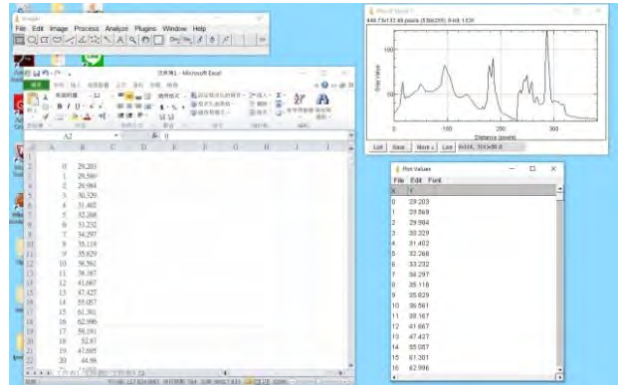
對照省電燈泡光譜正確波長值
將 A 點 286 修正為 C 點 611.6
將 B 點 185 修正為 D 點 546.5
找出關係式 $y=427.25743+0.64455*X$



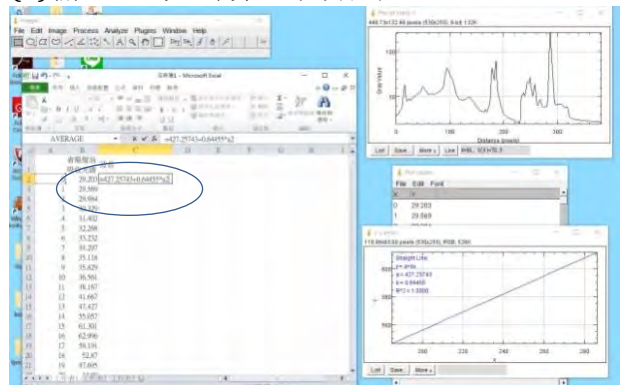
(3)勾選 List 列出 X、Y 值



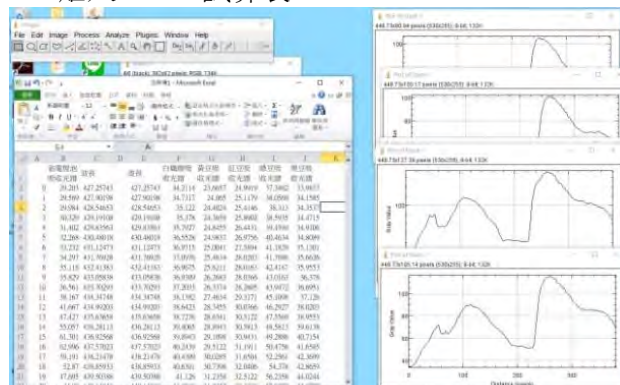
(4)將 XY 值貼入 Excel 試算表



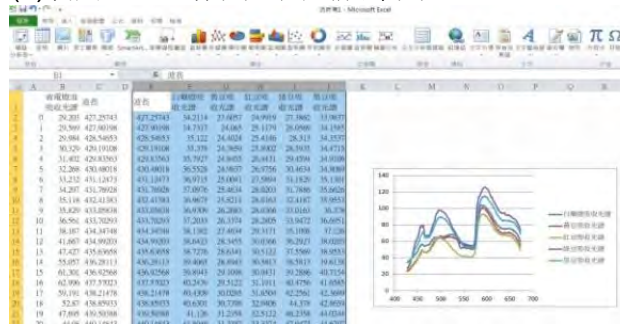
(5)輸入公式，計算正確波長值



(6)重複步驟，將其他圖片吸收光譜算出 貼入 Excel 試算表



(7)利用 Excel 作圖，劃出散布圖



(7)利用 Process→Image Calculator 與對照組比較計算透光率

(8)利用 Process→Math→Macro 輸入公式 $v=-\log(v)$ 計算吸光值

【評語】 030322

1. 本科展研究作品是探討三種不同的分析方式以檢驗豆漿中澱粉含量。
2. 自行組裝手機光譜儀,利用科技協助實驗,構想做法很好。
3. 手機光譜儀-分光光度計的穩定度在文中以蒸餾水測定,但準確度未知,建議考慮以已知波長的樣品測試準確度。
4. 探討不同豆漿來源及製程對其澱粉含量影響的報告少見,故尚有些新穎性,但看不出其實用價值。
5. 有些調查似乎是一次性實驗,資料的數據分析雖有使用統計方法,但沒有顯著性檢定,以確定該分析是否具顯著性差異。
6. 有些實驗結果說明屬於觀察性的敘述,建議可以量化並比較,如圖 12 的實驗結果就可以利用圖 5-6 的測試來量化表示。

摘要

本研究利用碘液、糖度計及手機光譜儀分光光度計模組等分析方式檢驗豆漿內澱粉含量。結果顯示不同濃度高至低的直鏈澱粉與碘液形成的複合物顏色依序：深藍、藍、淺綠及黃綠色，支鏈澱粉與碘液的錯合物呈現深紫紅色。糖度計無法用於澱粉含量判讀，但可測可溶性糖量，做為澱粉分解的佐證。利用手機光譜儀分光光度計模組測量澱粉與過量碘複合物，在波長595nm有高的吸收峰，依此繪製 $R^2=0.99$ 檢量線。利用這些方法檢測市售、早餐店及自製豆漿的澱粉及糖的含量顯示：不同來源黃豆豆漿大多含有澱粉，且其含量皆遠低於其他種類豆子的豆漿。另外豆漿製程中的泡水、過濾及離心皆會使豆漿內澱粉的含量下降。市售含糖豆漿的含糖量高，限制醣類攝取者需特別注意。

壹、研究動機

一年級上學期第二次段考時有一考題：喝了一杯無糖豆漿，請問最早分解豆漿養分的是哪個消化器官？當時我覺得植物的種子中都會儲存澱粉作為養分來提供種子發芽的需要，所以我選了人體最早分解澱粉的器官是「口腔」。但是考試的正確解答卻是「胃」，讓我覺得非常奇怪，因此上網搜尋黃豆豆漿的成分，發現大多的網站都說豆漿幾乎沒有澱粉，我非常很好奇豆漿內到底有沒有澱粉？還是甚麼原因會使豆漿內的澱粉減少，而造成大家的認知普遍錯誤？我們為解決這個問題，開始研究有甚麼方法可以檢測澱粉的有無？如何對澱粉定量？希望可以從一連串的實驗中找到這些疑問的解答。

貳、研究目的

一、澱粉檢驗方法的探討

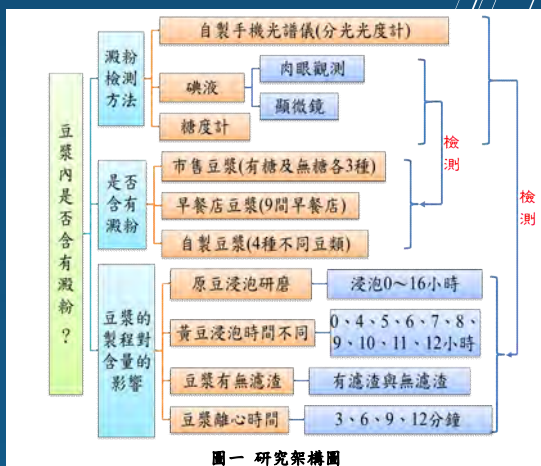
- 實驗1-1 碘液與澱粉反應的顏色變化
- 實驗1-2 糖度計用於檢驗澱粉及蔗糖溶液檢驗
- 實驗1-3 分光光度計測量澱粉的穩定性與準確度

二、了解各種來源豆漿中是否含有澱粉

- 實驗2-1 不同種類的豆子所自製豆漿中是否含澱粉
- 實驗2-2 檢驗市售豆漿是否含有澱粉
- 實驗2-3 傳統早餐店製作的豆漿是否含有澱粉

三、豆漿製程對豆漿內澱粉含量的影響

- 實驗3-1 泡豆時間長短對黃豆澱粉含量的影響
- 實驗3-2 泡豆時間長短對豆漿澱粉含量的影響
- 實驗3-3 豆漿濾渣對豆漿澱粉含量的影響
- 實驗3-4 離心時間對豆漿澱粉含量的影響



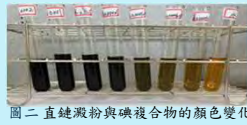
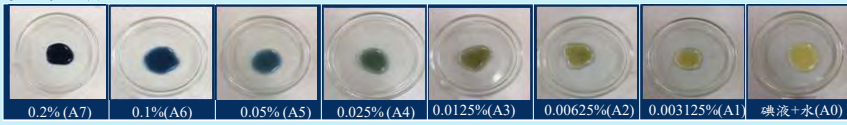
圖一 研究架構圖

參、研究方法與結果

一、澱粉檢驗方法的探討

實驗1-1 碘液與澱粉反應的顏色變化

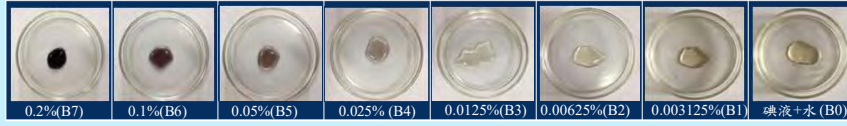
直鏈澱粉



圖二 直鏈澱粉與碘複合物的顏色變化

- 直鏈澱粉難溶於水，以熱水溶解可增加分布均勻程度。
- 濃度高至濃度低直鏈澱粉與碘離子形成的錯合物顏色依序呈現：深藍色、藍色、淺綠色及黃綠色。
- 為方便描述直鏈澱粉-碘複合物呈現的顏色變化，我們依澱粉濃度由低至高呈現不同的顏色以A0(沒有澱粉-黃褐色)、A1(0.03125%澱粉)、A2(0.0625%澱粉)...依此類推，數字越大代表濃度越高。

支鏈澱粉

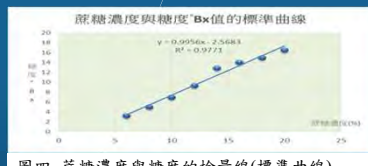


圖三 支鏈澱粉與碘複合物的顏色變化

- 支鏈澱粉難溶於水，但溶解性比直鏈澱粉佳，以熱水溶解可增加分布均勻程度。
- 支鏈澱粉與碘液的複合物呈現紫紅棕色，顏色不像直鏈澱粉有較多顏色變化。
- 在碘液與澱粉混合液下方有深色沉澱，碘液與澱粉複合物，可為未來另一種可開發的新定量方法。
- 為方便描述支鏈澱粉-碘複合物呈現的顏色變化，我們依澱粉濃度由低至高呈現不同的顏色以B0(沒有澱粉-黃褐色)、B1(0.03125%)、B2(0.0625%)...依此類推，數字越大代表濃度越高。

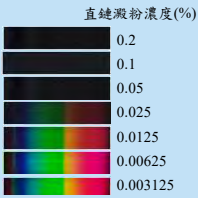
實驗1-2 糖度計用於檢驗澱粉及蔗糖溶液檢驗物

- 糖度計無法檢驗澱粉的濃度。
- 6%-20%的蔗糖溶液其濃度糖度值(Y)與蔗糖濃度(X)呈現良好的線性關係($R^2=0.98$)，其直線方程式為 $Y(\text{糖度值})=0.9956X(\text{糖濃度})-2.5683$ ，可用以檢測溶液中可溶性糖的濃度。計算方式糖度(%)=(糖度值+2.5683)/0.9956。

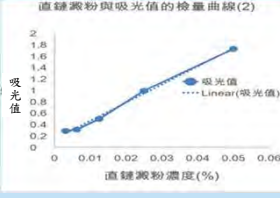


圖四 蔗糖濃度與糖度的檢量線(標準曲線)

實驗1-3 分光光度計測量澱粉的穩定性與準確度



圖五 直鏈澱粉吸收光譜

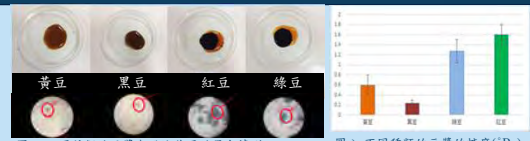


圖六 直鏈澱粉與吸光值的檢量曲線

1. 重複測驗吸收光譜的波峰位置幾乎重疊，顯示此儀器穩定度高。
2. 直鏈澱粉標準品在本儀器測量光譜經轉換後在波長595nm有高的吸收峰。
3. 直鏈澱粉以此方式測量在0.05%-0.003125%具有極優的線性關係，其直鏈澱粉濃度(X)與吸收值(Y)的線性方程式為 $Y=31.846X+0.1413$ ($R^2=0.9949$)。
4. 直鏈澱粉濃度0.1-0.2%濃度太高，不適用此檢量線。

二、了解各種來源豆漿中否含有澱粉

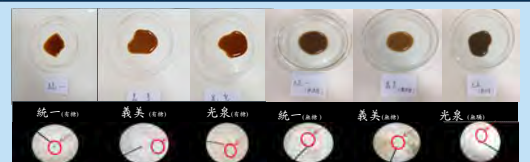
實驗2-1 不同種類的豆子的自製豆漿中是否含澱粉



圖七 不同種類的豆漿與碘液作用的呈色情形

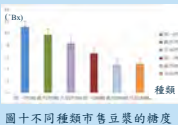
1. 四種豆類製成的豆漿中皆含有澱粉，黃豆成色最不明顯，紅豆最明顯。
2. 紅豆的澱粉反應最多的，滴入碘液反應成色成A7。
3. 紅豆的澱粉最多且糖度也最高，而綠豆的澱粉含量與糖度值市第二高的。

實驗2-2 檢驗市售豆漿是否含有澱粉



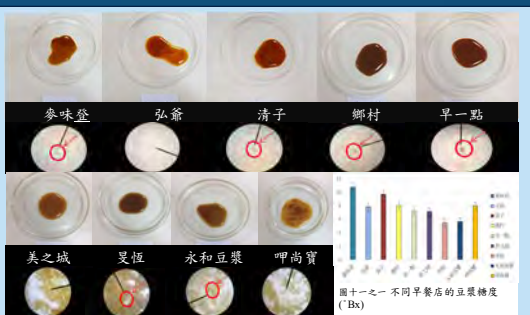
圖八 不同種類市售豆漿與碘液作用的呈色情形

1. 依據碘液變色反應來看，每一種市售豆漿都含澱粉，但變色程度不大。
2. 利用檢量線 $Y(\text{糖度})=0.9956X(\text{糖濃度})-2.5683$ ，可用以檢測溶液中可溶性糖的濃度。
計算方式 $\text{糖}(\%) = (\text{糖度值} + 2.5683) / 0.995$ ，經換算後市售的豆漿糖度都在8-11度左右，換算約每100ml有10-13g可溶性糖，所以市售豆漿含糖量不容小覷。



圖九 不同種類市售豆漿的糖度

實驗2-3 傳統早餐店製作的豆漿是否含有澱粉



圖十 不同早餐店的豆漿與碘液作用的呈色情形

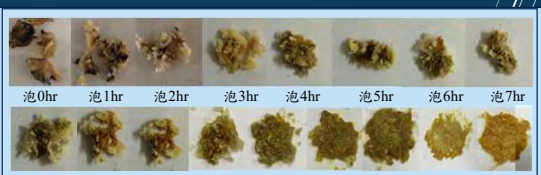
1. 傳統早餐店有3家的豆漿不含澱粉，其餘6家皆測出含有澱粉。
2. 市售豆漿都是有澱粉的豆漿。
3. 昱恆早餐店的豆漿在顯微鏡下與澱粉反應時的澱粉粒是9間早餐店中最明顯的，第二明顯的則是鄉村漢堡的早餐豆漿。
4. 豆漿滴入培養皿的實驗中，昱恆早餐的豆漿是與碘液反應最明顯顏色最深，顏色第二明顯第二深的也是鄉村漢堡。
5. 但澱粉最多的豆漿不一定是糖度中最高的、昱恆早餐店的豆漿雖然澱粉的含量最高但糖度值卻是9家早餐店中最低的。
6. 除了昱恆及永和豆漿外，早餐店的含糖量大多數介在6-8公克/100g豆漿，跟一般市售包裝的含糖豆漿相當。

早餐店	每100g豆漿含糖量(g)
麥味登	8.19
弘爺	6.17
清子	7.49
鄉村	6.31
早一點	5.75
美之城	5.68
昱恆	4.57
永和豆漿	4.71

圖十一 不同早餐店的豆漿糖度

三、豆漿製程對豆漿內澱粉含量的影響

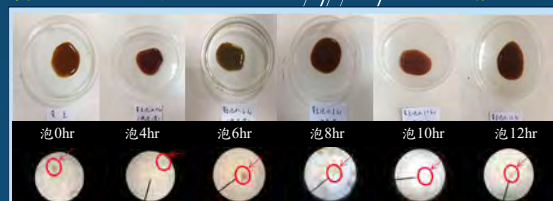
實驗3-1 泡豆時間長短對黃豆澱粉含量的影響



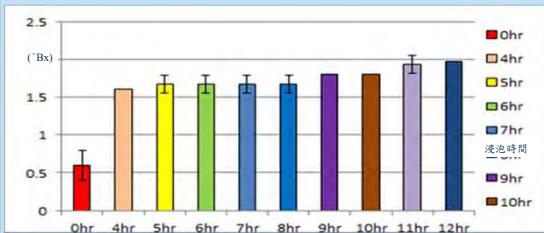
圖十二 不同泡豆時間黃豆與碘液作用的呈色情形

1. 黃豆直接磨碎滴加碘液檢測，發現有澱粉。
2. 隨著泡水時間越久，黃豆吸水膨脹後會更好研磨，且磨出來的黃豆會有漿而且黏黏的。
3. 在泡水0-12小時內澱粉皆無明顯下降，在13小時後澱粉減少，泡水15小時後澱粉幾乎消失，16小時後完全沒有澱粉。
4. 不過因為一般豆漿製作時泡水時間是3-8小時，泡水太長時間恐會造成細菌滋生，所以後續豆漿製作均以泡水12小時以內來討論。

實驗3-2 泡豆時間長短對豆漿澱粉含量的影響

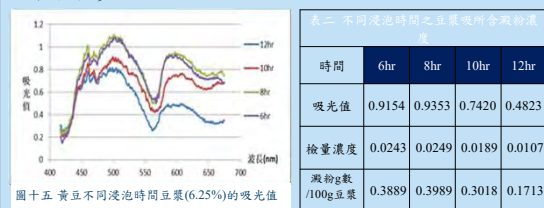


圖十三 不同泡豆時間的豆漿與碘液作用的呈色情形



圖十四 不同泡豆時間的豆漿的糖度情形

1. 黃豆泡水時間越長製作出來的豆漿的糖度值有越高趨勢。
2. 自製豆漿的所有糖度皆比市售豆漿以及早餐店豆漿的數值低很多。



圖十五 黃豆不同浸泡時間豆漿(6.25%)的吸光值

時間	不同浸泡時間之豆漿吸光值			
	6hr	8hr	10hr	12hr
吸光值	0.9154	0.9353	0.7420	0.4823
檢量濃度	0.0243	0.0249	0.0189	0.0107
澱粉g數 / 100g豆漿	0.3889	0.3989	0.3018	0.1713

1. 利用檢量線 $Y(\text{吸光值})=31.846X(\text{澱粉濃度})+0.1413$ 。計算黃豆浸泡不同時間後所製造得豆漿隨著浸泡時間越久所含的澱粉濃度會下降。同時也觀察到糖度值或為提升，顯示黃豆泡水後澱粉酶會活化來分解澱粉。

