

中華民國第 57 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組 化學科

佳作

080203

「可」不「可」以抗氧化-可可抗氧化力之研究

學校名稱：屏東縣屏東市忠孝國民小學

作者：	指導老師：
小五 蘇宥任	洪茂原
小五 顏梓勛	林傑恒
小五 徐恩雅	
小五 楊凱婷	
小五 李皓哲	
小五 李冠緯	

關鍵詞：可可、巧克力、抗氧化

摘要

本研究從天然的蔬菜、水果，以及可可、咖啡、茶等沖泡飲品著手，確認可可具有絕佳的抗氧化能力，而天然可可豆需經發酵、烘焙等程序後，其抗氧化效果才顯著。

「無糖、無鹼化」之天然可可粉為主要實驗素材，並以間接碘滴定法測定其抗氧化能力，研究結果顯示，沖泡可可粉的濃度越高，抗氧化效果越好；以高溫水沖泡可可粉釋放出較多的可可多酚，亦能增加抗氧化力；在可可飲品中添加物質，常見的加糖、加奶皆無法增加其抗氧化能力；而市售可可飲品因含添加物較多，其抗氧化能力未如純可可粉來的顯著。

因此，寒冬中，自己動手泡一杯熱可可，以高溫沖泡純可可粉，不加糖、奶等添加物，直接品嚐香純原始的可可風味，是個不錯的養生保健選擇。

壹、研究動機









「好冷哦！」冬天的寒流，吹來陣陣讓人發抖的寒風，這時，總讓人想起一句熟悉的廣告台詞「寒冷的冬天一定要來杯溫暖你心的熱可可」。的確，這是一個不錯的選擇，但比起可可，我們似乎更愛又甜又濃的巧克力。看著老師泡熱可可來喝，我們忍不住問老師為什麼不直接把牛奶加巧克力醬就好，又方便又好喝。老師說，可可與巧克力不同哦！既然要喝，就要把健康也喝進去，純的可可好處多多呢，不但可以舒緩壓力，降低心血管疾病的風險，還有很棒的抗氧化效果。哇！沒想到可可的好處有這麼多，不禁讓我們對它產生極大的好奇心，尤其抗氧化、抗老一直是現今高齡化社會的熱門話題，因此本次研究的重點主要探討可可抗氧化的部分，希望透過實驗讓我們對它有更進一步的認識。

貳、研究目的



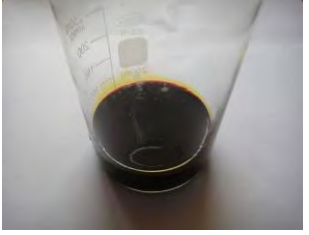





- 一、探討不同蔬果與沖泡飲品的抗氧化情形。
- 二、探討可可樹不同部位的抗氧化情形。
- 三、比較不同濃度可可的抗氧化的情形如何。
- 四、比較不同沖泡溫度對可可的抗氧化影響。
- 五、探討不同的添加物是否影響可可抗氧化的效果
- 六、探討市售可可飲品的抗氧化力情形如何。

參、研究設備及器材

一、研究器材：

			
電子秤	燒杯	溫度計	滴管
			
榨汁機	手動壓汁機	酒精燈、架、 石棉心網	小湯匙 攪拌棒

二、實驗藥品及材料：

			
可可粉	玉米粉	碘液	可可葉、花、果、豆
			
蔬菜、水果	咖啡、茶	添加物	市售可可飲品

肆、研究方法、結果與討論

一、資料蒐集和文獻探討

巧克力香濃的口感一直是小朋友的最愛，然而，我們對於它的原料 - 「可可」的認識卻是少之又少。為了認識可可樹，瞭解可可的製作過程，我們前往屏東縣萬巒鄉的可可莊園，進行實地訪查。經過莊主的介紹，將資料整理如下：

(一) 認識可可樹

- 1.可可樹：用種子、枝條或樹苗栽培，喜愛炎熱多雨的氣候，產地多集中於中南美洲、西非、東南亞等三地，而台灣地區的可可樹大多種植於屏東內埔、萬巒一帶。
- 2.可可葉：葉片寬闊，長約 15~30 公分。
- 3.可可花：簇生於枝幹上，白色，花萼為粉色，直徑約 1 公分。
- 4.可可果：果實為莢狀，果身帶有深刻紋路，長 15 至 30 公分，外為綠色，內有 20 至 100 粒種子。
- 5.可可豆：豆中 50%至 60%的成分是可可脂，可可鹼和咖啡因。



(二) 了解可可製作過程

可可果裡的可可豆，經發酵、曬乾、研磨可提煉成可可漿，用來製造可可粉，也是製造巧克力的主要原料，其製作過程如下：

- 1.採收：採收可可樹上成熟的可可果莢，把果莢剝開，取出可可豆串。
- 2.發酵：新鮮的可可豆必須經過六到七日的陽光曝曬及自然發酵，使溫度升高導致果肉發酵，進而使果豆產生變化，使顏色變為暗紅。
- 3.曝曬：持續日曬或使用加熱的方法，去除可可豆中所含的大量水分；乾燥後的可可豆，內含 50%以上的「可可脂」，是可可豆中最具營養的成分。
- 4.烘焙：曬乾後的可可豆還需經過高溫烘焙的過程，此步驟也具有殺菌與熟成的效果。
- 5.脫殼：可可豆經烘焙後，外殼變得較為酥脆，輕壓即可將外殼壓碎，使果仁完整地脫離出來。之後，再經由碾壓、震動與鼓風的動作，讓外殼的碎屑與碾碎的果仁顆粒完全分開。

6. 研磨：利用研磨機把可可豆碎仁研磨，即得到可可漿。經過幾次精細研磨後，可以讓可可漿變得更加滑順柔軟。

7. 製成巧克力：不同比例的糖、可可脂、乳化劑等，加熱回溫注入模型中，待降溫凝固成型後，就成了我們常吃的巧克力。

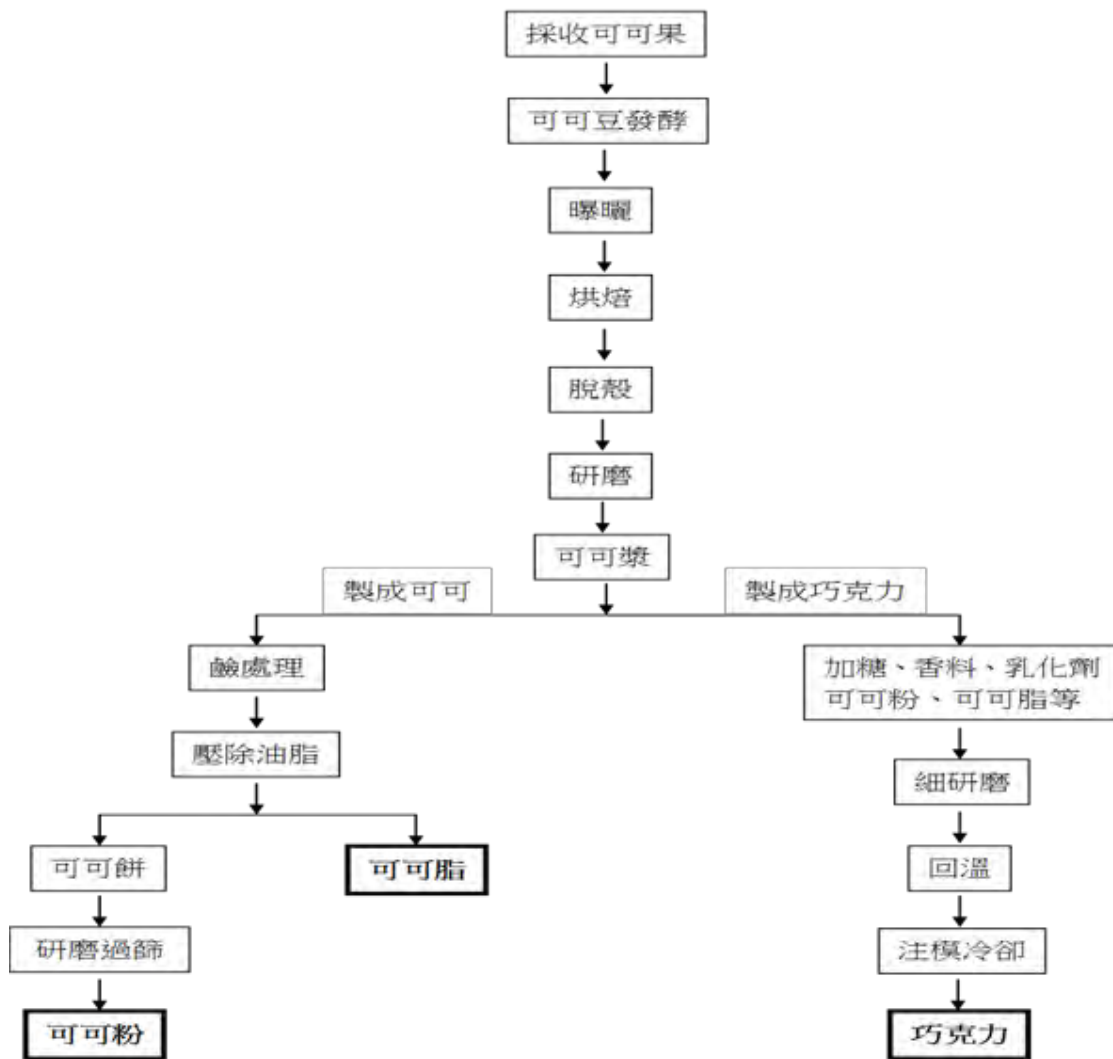


圖 1 可可製作過程

(三) 有關歷屆全國科展「抗氧化」主題之文獻探討

與抗氧化主題相關的歷屆科展作品中，大多以不同種類的蔬菜、水果為主要研究對象，多數研究發現蔬果的部位不同，其抗氧化效果亦不同，且加熱溫度也是影響抗氧化效果的重要因素。非蔬果的食物中，沖泡的茶類飲品亦有不錯的抗氧化力。

表 1 歷屆全國科展「抗氧化」主題相關文獻

參展屆數	題目名稱	抗氧化研究主題	研究結果
50	我是「地」一名—地瓜葉抗氧化力之探討	地瓜葉	在 24 種現榨蔬果汁中，地瓜葉抗氧化能力最好，而加熱和放置時間是影響其抗氧化力的重要因素。
51	你『蒜』哪根『蔥』—蔥蒜抗氧化力之探討	蒜、蔥	蔥頭、蒜頭的抗氧化能力佳，蔥在低溫、蒜在常溫下有較好的抗氧化力，添加米酒也會提高蔥蒜的抗氧化力。
52	大家來找「茶」—茶抗氧化力之探討	茶飲、茶包 茶葉	茶類飲均有好的抗氧化力，綠茶尤佳，高溫沖泡、沖泡時間越久其抗氧化力越好，添加物多無法再增加茶的抗氧化力。
55	紫色魔力，非茄莫屬～天然抗氧化劑紫色茄子之探討	茄子	在 5 種紫色蔬果中，紫茄子的抗氧化力最佳，其中又以茄皮的效果最好，加熱、加酒會降低抗氧化力，而添加蒜頭也可增強紫茄子的抗氧化力。

(四) 本研究相關名詞解釋

1. 間接碘滴定法

為常見的抗氧化測定方法，將具有抗氧化力的待測氧化性物質，滴入碘液和澱粉指示劑的混合溶液中，碘離子與待測氧化性物質會析出碘分子，當到達滴定終點時，溶液的顏色會由藍色變成透明。

2. 氧化與抗氧化

人藉由呼吸取得空氣中的氧，來進行體內各項機能的運作，因此氧是維持生命不可或缺的物質。然而，我們吸入體內的氧氣有一部分會轉變成活性氧（自由基），此種不安定的氧自由基會造成體內物質的氧化，進而加速細胞氧化，當細胞發生氧化時，也會造成皮膚的老化，如：皺紋、斑點等，內在器官與血管也會因氧化而產生功能衰退與老化的現象。因此人類既要依賴氧氣又需要避免這類氧化反應與自由基的產生，除了依賴人體本身形成的抗氧化酵素外，亦可從食物中攝取抗氧化的物質。

二、前置作業

(一) 配置澱粉指示劑

- 1.取 2 克玉米粉放入燒杯中，量取 100 毫升蒸餾水倒入燒杯中。
- 2.加熱攪拌至沸騰，靜置冷卻到室溫備用。

(二) 碘液稀釋：本實驗以 10 毫升配 90 毫升蒸餾水調製而成。









研究問題一：探討不同蔬果及沖泡飲品的抗氧化力有何差別？

從歷年抗氧化文獻研究中，我們發現，除了一般大眾所認知的天然蔬果抗氧化效果好之外，沖泡類的飲品也具有不錯的抗氧化力。因此，我們選擇了茄子、蒜、地瓜葉、番茄四種蔬菜以及椪柑、芭樂、葡萄、蘋果、柳丁五種水果，與三大沖泡飲品-咖啡、茶、可可一同比較其抗氧化力。

一、實驗步驟

- (1) 將蔬菜、水果洗淨、瀝乾，切成適當大小後，用榨汁機及手動壓汁機榨出新鮮原汁並過濾，取得濾液。
- (2) 取咖啡、茶、可可粉 5 克放入燒杯中，加入 100 毫升的蒸餾熱水沖泡，充分攪拌均勻後過濾，取得濾液。
- (3) 燒杯裝水 20 毫升，滴入碘液 5 滴及澱粉指示劑 10 滴，均勻混合成藍色液體。
- (4) 取濾液滴定燒杯內藍色液體，至藍色液體變透明即為滴定終點。
- (5) 重複上述步驟，測定三次 (A.B.C) 取平均值。

二、實驗流程

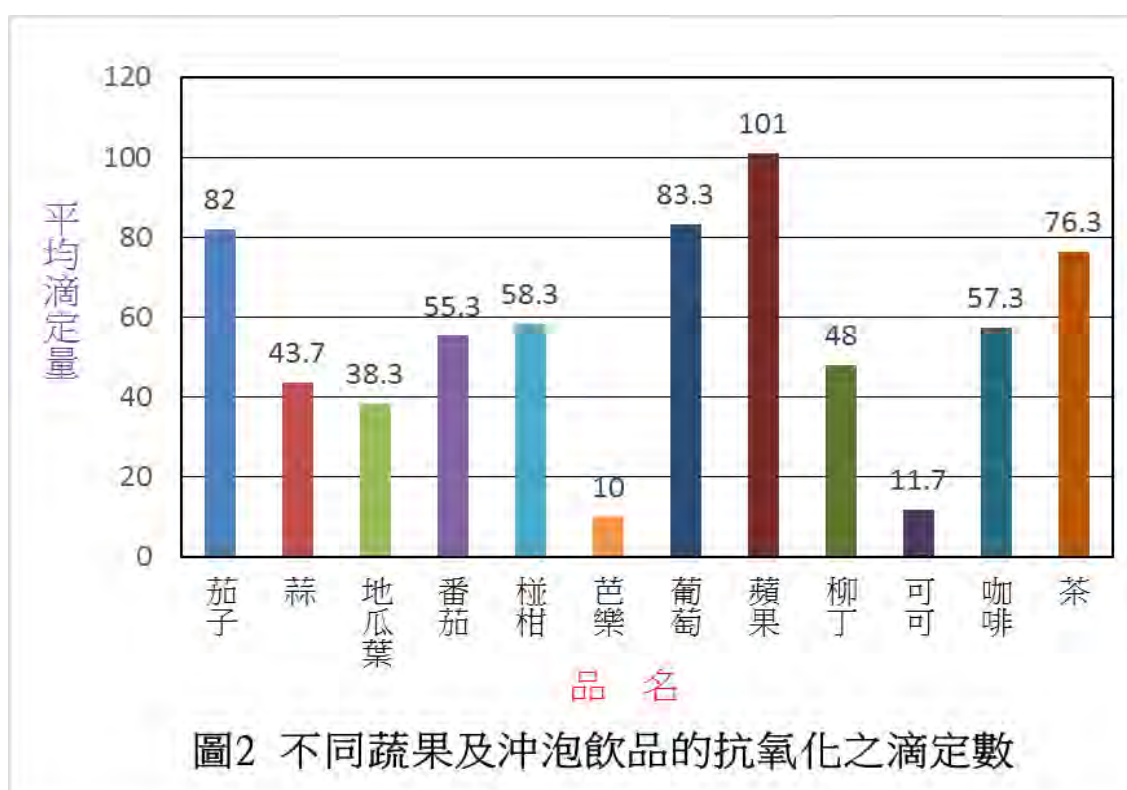
			
準備蔬果	榨汁取得原汁濾液	進行滴定	記錄結果
			
秤 5 克咖啡、茶、及可可粉	取得濾液	進行滴定	記錄結果

三、實驗結果

不同蔬果及沖泡飲品的抗氧化力實驗結果如下：

表 2 不同蔬果及沖泡飲品的抗氧化之滴定量

分類	品名	A 滴定量 (滴)	B 滴定量 (滴)	C 滴定量 (滴)	平均滴定量	抗氧化力排序
蔬菜類	茄子	85	80	81	82.0	10
	蒜	41	45	45	43.7	4
	地瓜葉	35	40	40	38.3	3
	番茄	55	53	58	55.3	6
水果類	椪柑	60	50	65	58.3	8
	芭樂	10	10	10	10.0	1
	葡萄	80	90	80	83.3	11
	蘋果	100	100	103	101.0	12
	柳丁	55	41	48	48.0	5
沖泡類	可可	10	11	14	11.7	2
	咖啡	54	62	56	57.3	7
	茶	72	81	76	76.3	9



四、實驗結果討論

- (1) 從表 2 中，我們發現這十二項食物，抗氧化力最佳的前 5 名分別是「芭樂、可可、地瓜葉、蒜、柳丁」。其中，第一名芭樂的平均滴定量 10，與第二名可可的平均滴定量 11.7 的數值接近，此兩者與第三名地瓜葉平均滴定量 38.3 相比，達 3 倍以上之多。
- (2) 此次實驗所取樣的食物中，第一名的芭樂來自水果類，第二名的可可來自沖泡類，第三名地瓜葉來自蔬菜類，發現抗氧化力和類別無顯著關係，與個別食物的特性有關。
- (3) 經本實驗確認可可具有絕佳的抗氧化能力，接著探討不同變項是否影響其效果。

研究問題二：可可樹不同部位的抗氧化情形如何？

有一句廣告流行的台詞「天然的尚好」，研究一所使用的研究材料「可可粉」抗氧化效果好，那麼，追朔可可粉源頭，天然「可可樹」各部位的抗氧化情形又是如何？會不會比可可粉更好呢？

一、實驗步驟

- (1) 摘下新鮮可可葉、可可花，並將可可果削皮剖開，取得可可果皮及可可豆後，榨出原汁並過濾，取得濾液。
- (2) 燒杯裝水 20 毫升，滴入碘液 5 滴及澱粉指示劑 10 滴，均勻混合成藍色液體。
- (3) 取濾液滴定燒杯內藍色液體，至藍色液體變透明即為滴定終點。
- (4) 重複上述步驟，測定三次 (A.B.C) 取平均值。

二、實驗流程

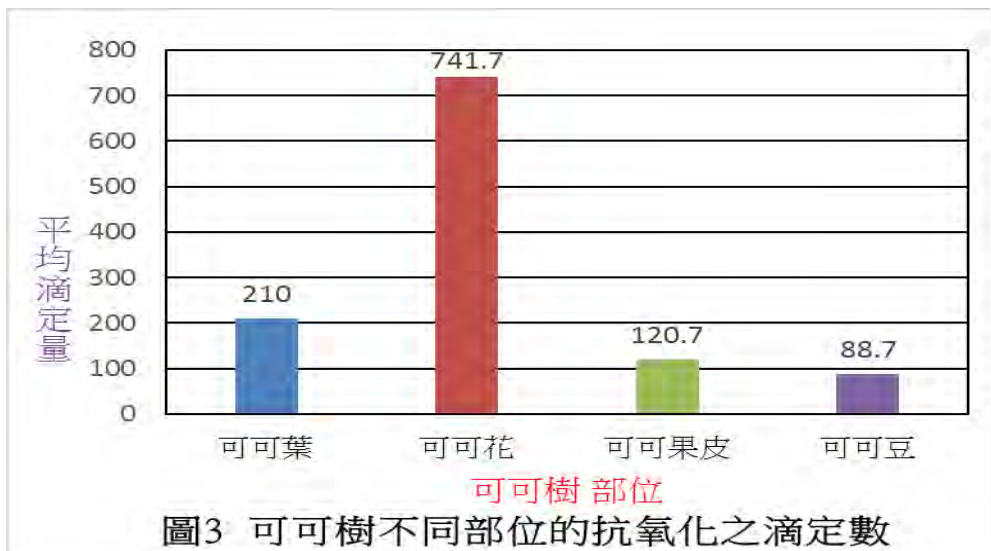


三、實驗結果

可可樹各個部位的抗氧化力實驗結果如下表：

表 3 可可樹不同部位的抗氧化之滴定數

可可樹部位	A 滴定量(滴)	B 滴定量(滴)	C 滴定量(滴)	平均滴定量
可可葉	200	220	210	210.0
可可花	745	700	780	741.7
可可果皮	120	126	116	120.7
可可豆	93	85	88	88.7



四、實驗結果討論

- (1) 從表 3 中，我們發現可可樹各部位的抗氧化效果差異甚大，其中，以可可豆平均滴定量 88.7 的效果較好，可可花平均滴定量 741.7 的抗氧化效果最差。
- (2) 對應研究一，沖泡可可粉的抗氧化效果很好，平均滴定量為 11.7，而本次實驗所用的新鮮可可豆雖然是可可粉的前身，但其平均滴定量達 88.7，可見新鮮可可豆未經發酵、烘焙、研磨等製作過程，其抗氧化效果較不顯著。

研究問題三：探討可可濃度與抗氧化之關係

既然可可的抗氧化效果不錯，那溶液中，可可粉量的多少，其抗氧化力會有什麼樣的不同呢？以實驗三來探討可可濃度與抗氧化的關係。

一、實驗步驟

- (1) 取可可粉 5 克、10 克、15 克、20 克分別放入 4 個燒杯中，均以 100 毫升的蒸餾水沖泡，充分攪拌均勻後過濾，取得濾液。
- (2) 燒杯裝水 20 毫升，滴入碘液 5 滴及澱粉指示劑 10 滴，均勻混合成藍色液體。
- (3) 取濾液滴定燒杯內藍色液體，至藍色液體變透明即為滴定終點。
- (4) 重複上述步驟，測定三次 (A.B.C) 取平均值。

二、實驗流程

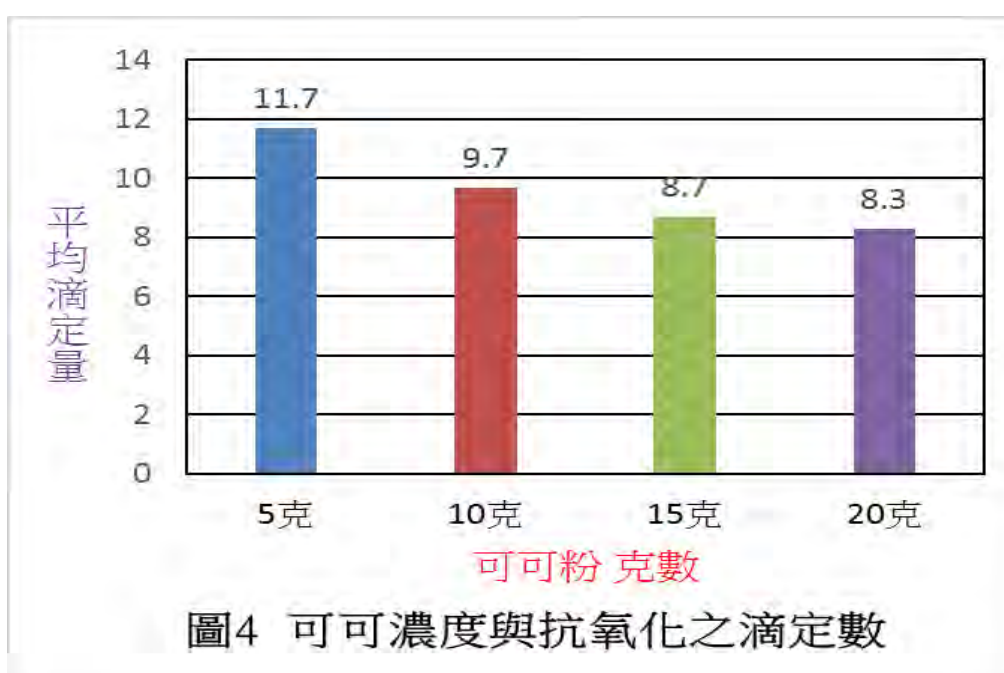


三、實驗結果

可可濃度與抗氧化之關係的實驗結果如下表：

表4 可可濃度與抗氧化之滴定數

可可粉克數	重量百分濃度	A 滴定量 (滴)	B 滴定量 (滴)	C 滴定量 (滴)	平均滴定量
5 克	4.8 %	10	11	14	11.7
10 克	9.1 %	8	11	10	9.7
15 克	13.0 %	8	9	9	8.7
20 克	16.7 %	8	9	8	8.3



四、實驗結果討論

- (1) 從表4發現，以相同容量100毫升的蒸餾水沖泡，當放入5克可可粉時，平均滴定量為11.7，而放入20克可可粉時，平均滴定量降為8.3，放入可可粉的量越多，平均滴定量也逐漸下降，顯示當濃度增加時，其抗氧化能力越強。
- (2) 放入可可粉的量越多，濃度越濃，但平均滴定量並不是以等比例下降，因為水能溶解的可可粉有一定的量，當溶解量逐漸達飽和時，加入更多的量也無法使其濃度增加。

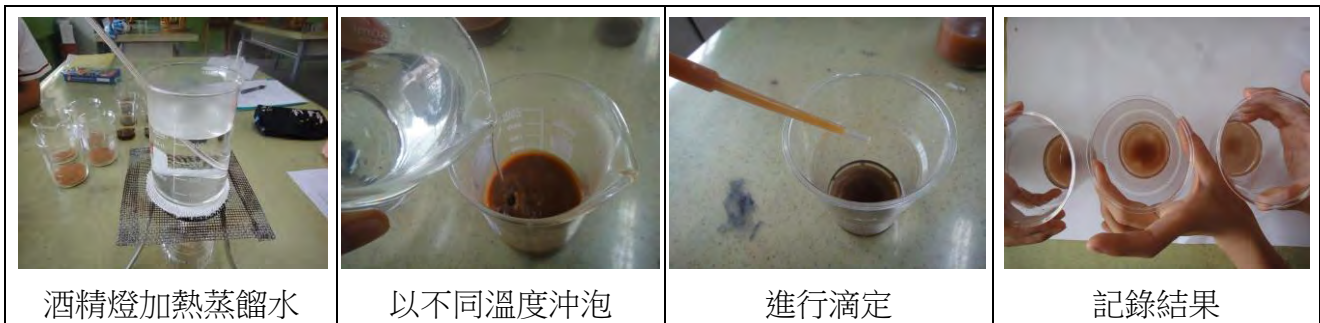
研究問題四：沖泡溫度對可可抗氧化力之影響

可可粉若以不同溫度的水沖泡，其抗氧化力是否會有所不同呢？以實驗四來探討沖泡溫度對可可粉抗氧化力的影響。

一、實驗步驟

- (1) 取 4 個燒杯，均放入 5 克的可可粉，分別以 30 度、50 度、70 度、90 度的 100 毫升蒸餾水沖泡，充分攪拌均勻後過濾，取得濾液。
- (2) 燒杯裝水 20 毫升，滴入碘液 5 滴及澱粉指示劑 10 滴，均勻混合成藍色液體。
- (3) 取濾液滴定燒杯內藍色液體，至藍色液體變透明即為滴定終點。
- (4) 重複上述步驟，測定三次 (A.B.C) 取平均值。

二、實驗流程

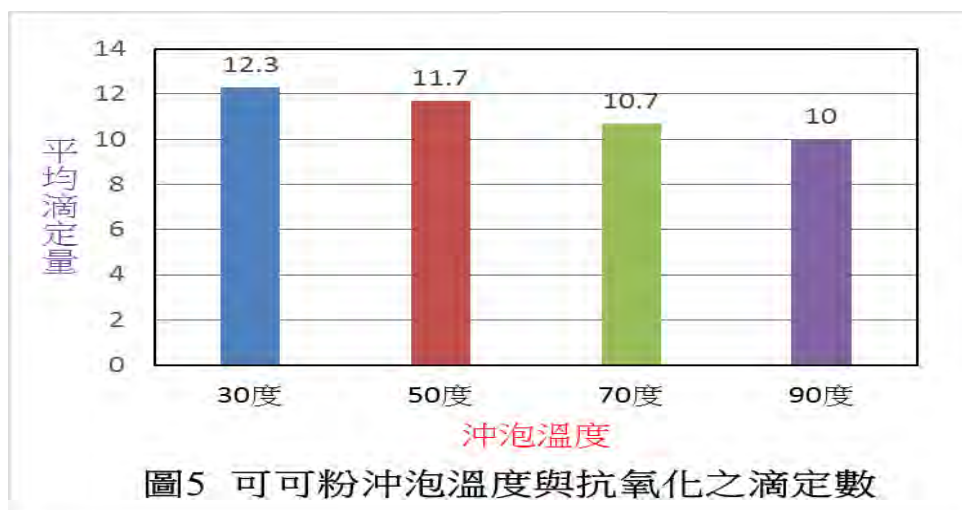


三、實驗結果

可可粉沖泡溫度與抗氧化之關係的實驗結果如下表：

表 5 可可粉沖泡溫度與抗氧化之滴定數

沖泡溫度	A 滴定量(滴)	B 滴定量(滴)	C 滴定量(滴)	平均滴定量
30 度	13	12	12	12.3
50 度	12	11	12	11.7
70 度	10	11	11	10.7
90 度	10	10	10	10.0



四、實驗結果討論

- (1) 從表 5 中發現，水溫在 30 度時，平均滴定量為 12.3，當水溫為 90 度時，平均滴定量降為 10，沖泡水溫逐漸升高，平均滴定量也逐漸降低，顯示沖泡可可粉的水溫越高，越能增加抗氧化的效果。
- (2) 以高溫水進行沖泡，可可粉溶解較完全，也釋放出較多的可可多酚，因此有較佳的抗氧化力。
- (3) 文獻中有關地瓜葉、蔥蒜、茄子的抗氧化力研究，溫度越高其抗氧化效果越差！可是這些蔬菜類食物通常都需要經過加溫煮熟的過程才能食用，然而，可可和茶類的研究一樣，不受高溫的影響，反而因沖泡溫度越高，抗氧化效果越好。

研究問題五：添加物對可可抗氧化力之影響

如果在可可液中加入一些添加物，如市面上常見的糖、奶精…等，加入這些東西於可可中，其抗氧化力是否會受到影響呢？以實驗五來探討添加物對可可抗氧化力的影響。

一、實驗步驟

- (1) 取 8 個燒杯，均放入 5 克的可可粉，並以 100 毫升蒸餾水沖泡，分別加入 5 克「蜂蜜、焦糖、果糖、奶精、鮮奶、肉桂粉、全穀粉、芝麻粉」等添加物，充分攪拌均勻過濾。
- (2) 另取 1 個燒杯，放進 5 克可可粉，加入 100 毫升的蒸餾水沖泡，不放入任何添加物，充分攪拌均勻後過濾，取得濾液後做對照組。
- (3) 燒杯裝水 20 毫升，滴入碘液 5 滴及澱粉指示劑 10 滴，均勻混合成藍色液體。
- (4) 取濾液滴定燒杯內藍色液體，至藍色液體變透明即為滴定終點。
- (5) 重複上述步驟，測定三次 (A.B.C) 取平均值。

二、實驗流程

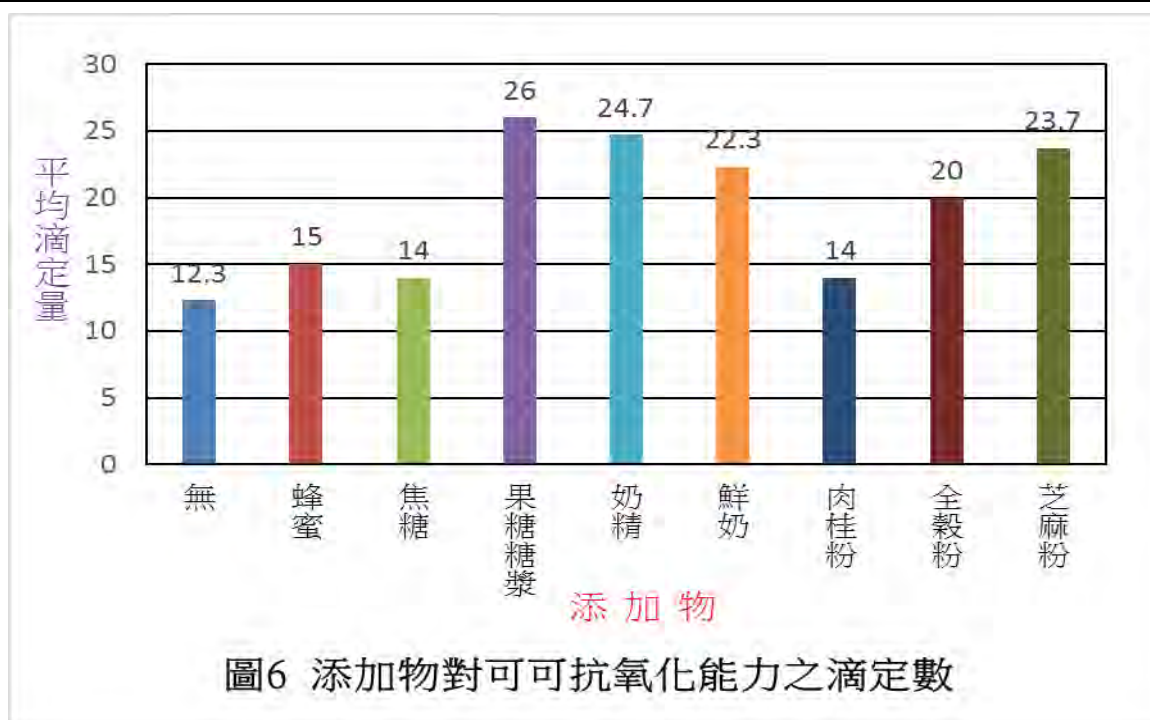


三、實驗結果

添加物對可可抗氧化能力的實驗結果如下表：

表 6 添加物對可可抗氧化能力之滴定量

添加物	A 滴定量(滴)	B 滴定量(滴)	C 滴定量(滴)	平均滴定量
無	14	12	11	12.3
蜂蜜	15	15	15	15.0
焦糖	14	13	15	14.0
果糖糖漿	26	25	27	26.0
奶精	25	25	24	24.7
鮮奶	22	23	22	22.3
肉桂粉	13	14	15	14.0
全穀粉	15	20	25	20.0
芝麻粉	25	24	22	23.7



四、實驗結果討論

- (1) 本次實驗中，無添加物的可可液平均滴定量為 12.3，以此為對照組，在可可液中放入任何添加物，其滴定量都比 12.3 還高，顯示添加物雖能增添風味，卻無法增加可可的抗氧化力。
- (2) 市面上的可可飲品，經常會添加蜂蜜、果糖、奶精、鮮奶等糖類或奶類添加物，來增加可可的香氣與滑順口感，但這些添加物卻反而降低了純可可的抗氧化效果。

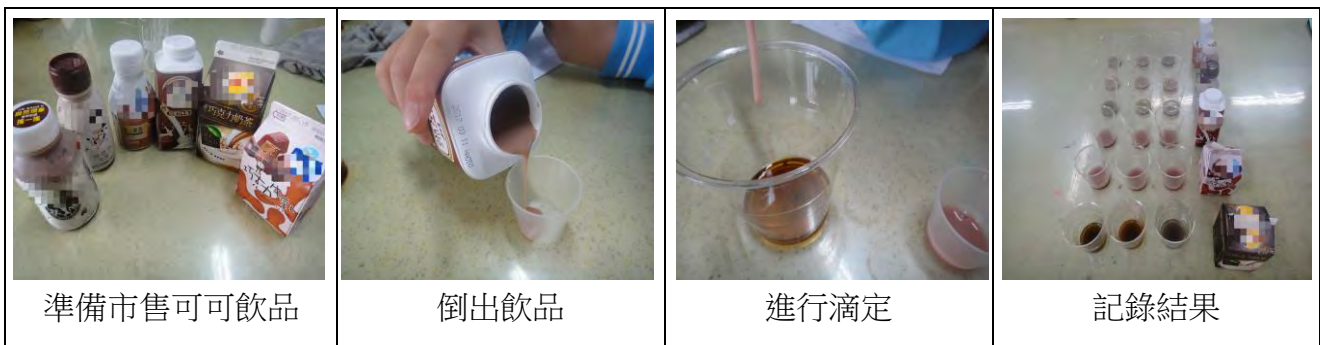
研究問題六：市售可可飲品的抗氧化能力

我們發現純可可粉的抗氧化能力極佳，而市售的可可（巧克力）飲品呢？其抗氧化能力是否也是一樣好呢？我們找了一般超市、量販店常見的可可相關飲品來做測試。

一、實驗步驟

- (1) 分別取「比○○可可好朋友、國○巧克力牛乳、光○巧克力牛乳、福○巧克力牛乳、立○巧克力奶茶、福○巧克力歐蕾」6個樣本飲品倒入小塑膠杯中備用。
- (2) 燒杯裝水 20 毫升，滴入碘液 5 滴及澱粉指示劑 10 滴，均勻混合成藍色液體。
- (3) 取濾液滴定燒杯內藍色液體，至藍色液體變透明即為滴定終點。
- (4) 重複上述步驟，測定三次 (A.B.C) 取平均值。

二、實驗流程

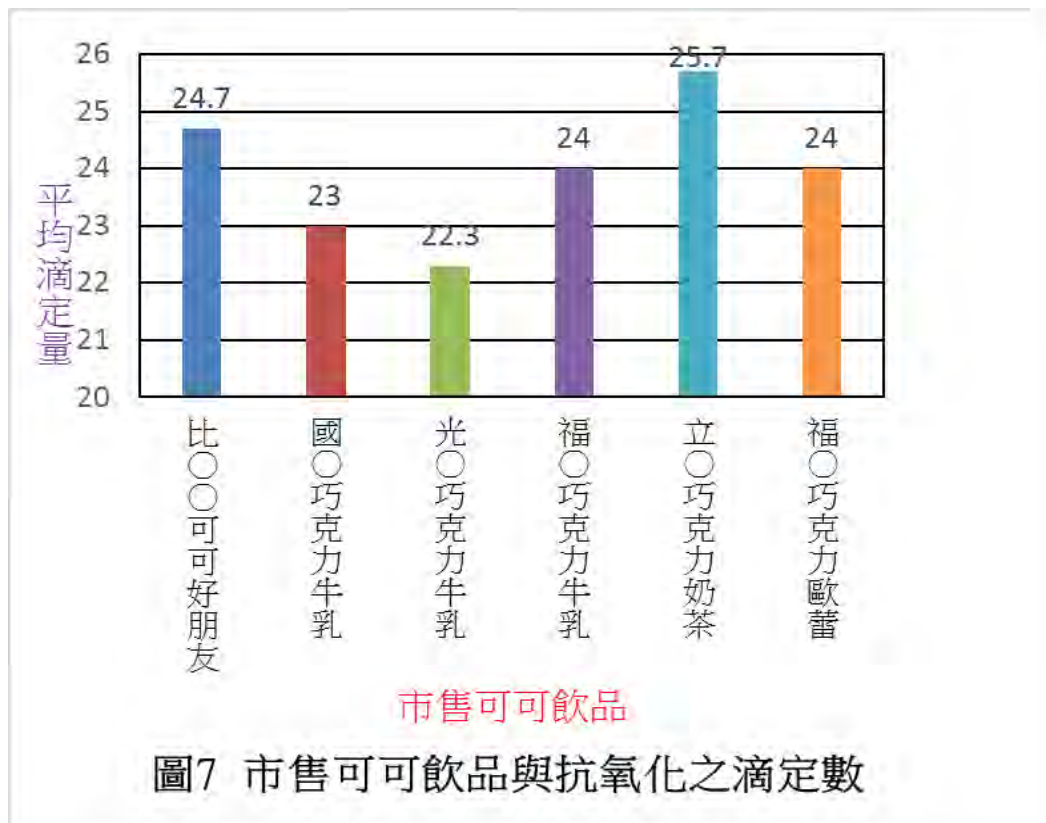


三、實驗結果

市售可可飲品抗氧化能力的實驗結果如下表：

表 7 市售可可飲品與抗氧化之滴定數

沖泡溫度	A 滴定量 (滴)	B 滴定量 (滴)	C 滴定量 (滴)	平均滴定量
比○○可可好朋友	27	22	25	24.7
國○巧克力牛乳	26	20	23	23.0
光○巧克力牛乳	20	25	22	22.3
福○巧克力牛乳	25	24	23	24.0
立○巧克力奶茶	25	28	24	25.7
福○巧克力歐蕾	20	27	25	24.0



四、實驗結果討論

- (1) 從表 7 發現，光○巧克力牛乳的平均滴定量 22.3 最低，立○巧克力奶茶的平均滴定量 25.7 最高，平均滴定量分布在 22~26 之間，顯示市售可可飲品的抗氧化力的差距不大。
- (2) 市售的純可可飲品極少，幾乎都有加牛乳調味，從研究五的添加物實驗中，加入奶精於純可可液的平均滴定量為 24.7，加鮮奶則為 22.3，其數值恰好落在本實驗所測得的市售飲品平均滴定量 22~26 之間。
- (3) 對照研究三，市售可可飲品與純可可粉所沖泡的飲品相比較，後者平均滴定量較低，顯示純可可粉的抗氧化效果比市售可可飲品來的佳。

伍、結論與建議

- 一、本實驗所測十二項食物中，以芭樂和可可的抗氧化效果最佳。不論蔬菜、水果或沖泡飲品皆各自有抗氧化力高的品項，顯現抗氧化力與類別無關，只與個別食材本身的特性有關。
- 二、可可樹各部位的抗氧化效果以可可豆的效果較好，可可花的抗氧化效果最差。新鮮可可豆雖然是可可粉的前身，但未經發酵、烘焙、研磨等製作過程，其抗氧化效果較不顯著。
- 三、當可可濃度增加時，亦能增強其抗氧化力，然其平均滴定量並非以等比例下降，顯示當溶解量已接近飽和時，可可抗氧化力的增加幅度也有限。
- 四、以高溫水沖泡，可可粉溶解較完全，釋放出較多的可可多酚，因此有較佳的抗氧化力。而可可不像蔬菜類食物，反而會在加熱煮熟的過程中降低了抗氧化能力。
- 五、可可液中放入任何添加物，都無法再增加可可的抗氧化力。而市面上的可可飲品，經常添加糖類或奶類添加物，來增加可可的香氣與滑順口感，卻反而降低了純可可的抗氧化效果。
- 六、可可包裝飲品均有加糖、加牛乳調味，無論任何品牌所測得的抗氧化力都差不多。且因市售可可飲品含添加物較多，其抗氧化效果未如純可可粉來的顯著。

綜上研究發現，本次實驗所選用的「無糖、無鹼化」之天然可可粉具有絕佳的抗氧化能力。因此，在寒冷的冬天，可以自己動手泡一杯熱可可來暖和身體，建議以高溫沖泡純可可粉，不加糖、奶等添加物，直接品嚐香純原始的可可風味，是個不錯的養生保健選擇。

陸、未來研究方向

- 一、本實驗為求原物料的取得方便，以及實驗操作秤量的精確性，以可可粉為研究的主要材料，若能與可可工廠合作，運用其烘焙器材，改變可可豆發酵程度、烘焙時間長短、研磨顆粒的粗細等不同變項，即可更進一步探究其他影響可可的抗氧化因素。
- 二、本實驗從巧克力的原料「可可粉」著手，得知天然無加糖、無鹼化的可可粉抗氧化力極佳。然而，巧克力的種類很多，製作過程也與可可粉不同，其抗氧化力是否也相同是未來值得探討的問題。

柒、參考資料

- 一、陳威翰，蘇煥鈞，周傳益，我是「地」一名—地瓜葉抗氧化力之探討，中華民國第 50 屆中小學科學展覽會作品集。
- 二、阮子銘，蔡耕慧，姜若淳，呂致廣，徐嘉芊，周栩仡，你『蒜』哪根『蔥』—蔥蒜抗氧化力之探討，中華民國第 51 屆中小學科學展覽會作品集。
- 三、黃閔淪，林欣理，陳冠樺，大家來找「茶」—茶抗氧化力之探討，中華民國第 52 屆中小學科學展覽會作品。
- 四、施雅馨，黃浚硯，許峻瑋，蔡柏宏，『紫』色魔力，非『茄』莫屬 ~天然抗氧化劑紫色茄子之探討，中華民國第 55 屆中小學科學展覽會作品集。
- 五、可可粉的功效與作用（2015 年 7 月 15 日）。壹讀•取自 <https://read01.com/0dgOgz.html>
- 六、原來純可可粉，還有分兩種？（2015 年 11 月 9 日）。壹讀•取自 <http://okogreen.com.tw/blog/3879>

【評語】 080203

本作品在探討可可的抗氧化能力並與歷屆科展作品所探討之抗氧化食物作比較，雖然可可的抗氧化能力已是確知的事實，但此作品仍具有實驗設計的獨立性，也能將化學與生活知識結合，值得鼓勵。然而學生對間接滴定法的認知不足，實驗上欠缺嚴謹的定量基準點，碘試液與澱粉先行調配，碘將會被澱粉包住，終點判斷容易造成誤差；可可粉在水中為非均勻的懸浮狀態，添加物包覆可可懸浮微粒的可能性被忽略。實驗數據的不確定性概念並未如實呈現。由於實驗是以樣品濾液滴定藍色碘與澱粉混合液，當混合液由藍色液體變透明即為滴定終點，由於不同樣品顏色深淺差異很大，建議探討這些顏色對於滴定終點判定的影響。實驗結果與推論需再考量其嚴謹性及深化，例如：結論中寫到可可豆未經發酵、烘焙、研磨等製程，抗氧化效果較不顯著。應該提供數據以佐證。

作品海報

表 1 歷屆全國科展「抗氧化」主題相關文獻

參展屆數	題目名稱	抗氧化研究主題	結果
50	我是「地」一名—地瓜葉抗氧化力之探討	地瓜葉	在 24 種榨蔬果汁中，地瓜葉抗氧化能力最好，而加熱和放置時間是影響其抗氧化力的重要因素。
51	你『蒜』哪根『蔥』—蔥蒜抗氧化力之探討	蒜、蔥	蔥頭、蒜頭的抗氧化能力佳，蔥在低溫、蒜在常溫下有較好的抗氧化力，添加米酒也會提高蔥蒜的抗氧化力。
52	大家來找「茶」—茶抗氧化力之探討	茶飲、茶包 茶葉	茶類飲均有好的抗氧化力，綠茶尤佳，高溫沖泡、沖泡時間越久其抗氧化力越好，添加物多無法再增加茶的抗氧化力。
55	紫色魔力，非茄莫屬—天然抗氧化劑紫色茄子之探討	茄子	在 5 種紫色蔬果中，紫茄子的抗氧化力最佳，其中又以茄皮的效果最好，加熱、加酒會降低抗氧化力，而添加蒜頭也可增強紫茄子的抗氧化力。

壹、研究動機

冬天寒流吹來陣陣寒風，總讓人想起一句熟悉的廣告台詞「寒冷的冬天一定要來杯溫暖你心的熱可可」。的確，這是一個不錯的選擇，但比起可可，我們似乎更愛又甜又濃的巧克力。看著老師泡熱可可來喝，我們忍不住問老師為什麼不直接把牛奶加巧克力醬就好，又方便又好喝。老師說，可可與巧克力不同哦！既然要喝，就要把健康也喝進去，純的可可好處多多呢，不但可以舒緩壓力，降低心血管疾病的風險，還有很棒的抗氧化效果。哇！沒想到可可的好處有這麼多，不禁讓我們對它產生極大的好奇心，尤其抗氧化、抗老一直是現今高齡化社會的熱門話題，因此本次研究的重點主要探討可可抗氧化的部分，希望透過實驗讓我們對它有更進一步的認識。

貳、研究目的

- 一、探討不同蔬果與沖泡飲品的抗氧化情形。
- 二、探討可可樹不同部位的抗氧化情形。
- 三、比較不同濃度可可的抗氧化的情形如何。
- 四、比較不同沖泡溫度對可可的抗氧化影響。
- 五、探討不同的添加物是否影響可可抗氧化的效果
- 六、探討市售可可飲品的抗氧化力情形如何。

參、研究設備或器材

電子秤、燒杯、溫度計、榨汁機、手動壓汁機、酒精燈、酒精燈架、石棉心網、攪拌棒、小湯匙、滴管、可可葉、可可花、可可果、可可豆、可可粉、玉米粉、碘液、蔬菜、水果、咖啡、茶、添加物、市售可可飲品。

肆、研究方法、結果與討論

一、資料蒐集

我們對於巧克力的原料 - 「可可」的認識少之又少。為了認識可可樹，瞭解可可的製作過程，我們前往屏東縣萬巒鄉的可可莊園，進行實地訪查。經過莊主的介紹，整理可可製作過程如下圖：

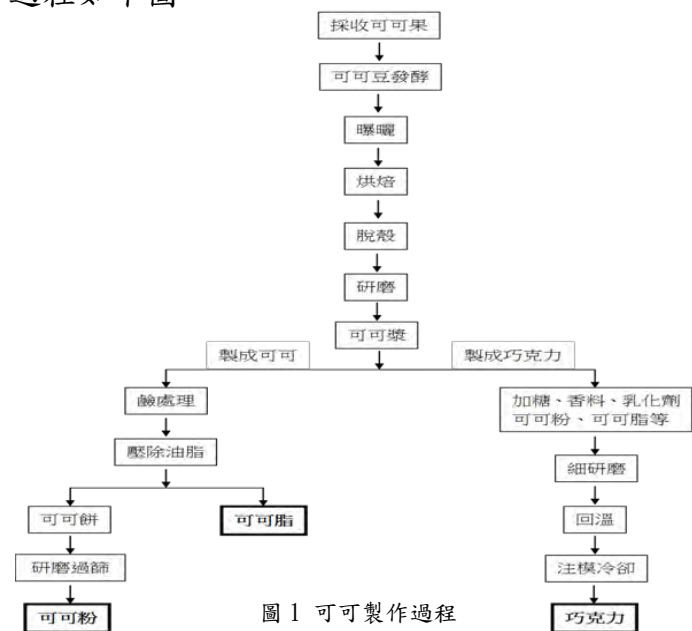


圖 1 可可製作過程

二、文獻探討

與抗氧化主題相關的歷屆科展作品中，大多以不同種類的蔬菜、水果為主要研究對象，多數研究發現蔬果的部位不同，其抗氧化效果亦不同，且加熱溫度也是影響抗氧化效果的重要因素。非蔬果的食物中，沖泡的茶類飲品亦有不錯的抗氧化力。

三、本研究相關名詞解釋

1. 間接碘滴定法

將具有抗氧化力的待測氧化性物質，滴入碘液和澱粉指示劑的混合溶液中，碘離子與待測氧化性物質會析出碘分子，當到達滴定終點時，溶液的顏色會由藍色變成透明。

2. 氧化與抗氧化

我們吸入體內的氧氣有一部分會轉變成活性氧（自由基），此種不安定的氧自由基會造成細胞氧化，產生皺紋、斑點等。人類除了依賴人體本身形成的抗氧化酵素外，亦可從食物中攝取抗氧化的物質。

四、前置作業

1. 配置澱粉指示劑：取 2 克玉米粉與 100 毫升蒸餾水加熱攪拌至沸騰，冷卻後備用。
2. 碘液稀釋：以 10 毫升碘液原汁配 90 毫升蒸餾水調製而成。

研究一：探討不同蔬果及沖泡飲品的抗氧化力有何差別？

我們選擇了茄子、蒜、地瓜葉、番茄四種蔬菜以及椪柑、芭樂、葡萄、蘋果、柳丁五種水果，與三大沖泡飲品-咖啡、茶、可可比較其抗氧化力。

一、實驗步驟

1. 將蔬果洗淨、瀝乾，切成適當大小後，用榨汁機或手動壓汁機榨出原汁並過濾，取得濾液。
2. 取咖啡、茶、可可粉 5 克放入燒杯中，加入 100 毫升的蒸餾熱水沖泡，充分攪拌均勻後過濾，取得濾液。
3. 燒杯裝水 20 毫升，滴入碘液 5 滴及澱粉指示劑 10 滴，均勻混合成藍色液體。
4. 取濾液滴定藍色液體變透明即達滴定終點，測三次取平均值。



二、實驗結果

表 2 不同蔬果及沖泡飲品的抗氧化之滴定數

分類	品名	A 滴定量 (滴)	B 滴定量 (滴)	C 滴定量 (滴)	平均滴定量	抗氧化力排序
蔬菜類	茄子	85	80	81	82.0	10
	蒜	41	45	45	43.7	4
	地瓜葉	35	40	40	38.3	3
	番茄	55	53	58	55.3	6
水果類	椪柑	60	50	65	58.3	8
	芭樂	10	10	10	10.0	1
	葡萄	80	90	80	83.3	11
	蘋果	100	100	103	101.0	12
	柳丁	55	41	48	48.0	5
沖泡類	可可	10	11	14	11.7	2
	咖啡	54	62	56	57.3	7
	茶	72	81	76	76.3	9

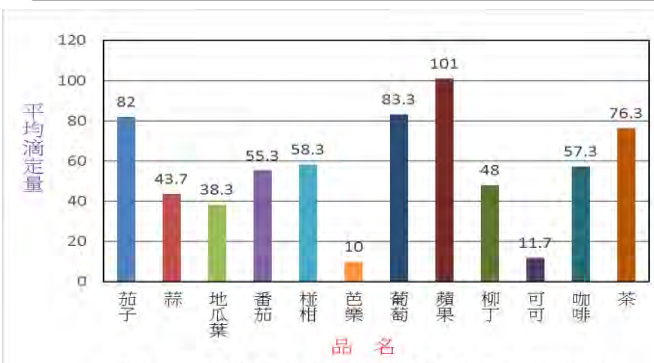


圖 2 不同蔬果及沖泡飲品的抗氧化之滴定數

三、實驗結果討論

1. 從表 2 中，我們發現這十二項食物，抗氧化力最佳的前 5 名分別是「芭樂、可可、地瓜葉、蒜、柳丁」。其中，第一名芭樂的平均滴定量 10，與第二名可的平均滴定量 11.7 的數值接近，此兩者與第三名地瓜葉平均滴定量 38.3 相比，達 3 倍以上之多。
2. 所取樣的食物中，第一名的芭樂來自水果類，第二名的可可來自沖泡類，第三名地瓜葉來自蔬菜類，發現抗氧化力和類別無顯著關係，與個別食物的特性有關。
3. 經本實驗確認可可具有絕佳的抗氧化能力，接著探討不同變項是否影響其效果。

研究二：可可樹不同部位的抗氧化情形如何？

有一句廣告流行的台詞「天然的尚好」，研究一所使用的研究材料「可可粉」抗氧化效果好，那麼，追溯可可粉源頭，天然「可可樹」各部位的抗氧化情形又是如何？會不會比可可粉更好呢？

一、實驗步驟

1. 摘下新鮮可可葉、可可花，並將可可果削皮剖開，取得可可果皮及可可豆後，榨出原汁並過濾，取得濾液。
2. 燒杯裝水 20 毫升，滴入碘液 5 滴及澱粉指示劑 10 滴，混合成藍色液體。
3. 取濾液滴定燒杯內藍色液體至透明即為滴定終點，並測定三次取平均值。



二、實驗結果

表 3 可可樹不同部位的抗氧化之滴定量

可可樹部位	A 滴定量(滴)	B 滴定量(滴)	C 滴定量(滴)	平均滴定量
可可葉	200	220	210	210.0
可可花	745	700	780	741.7
可可果皮	120	126	116	120.7
可可豆	93	85	88	88.7

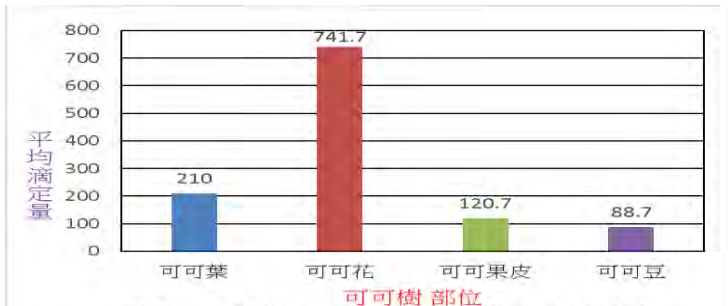


圖 3 可可樹不同部位的抗氧化之滴定量

三、實驗結果討論

1. 我們發現可可樹各部位的抗氧化效果差異甚大，其中，以可可豆平均滴定量 88.7 的效果較好，可可花平均滴定量 741.7 的抗氧化效果最差。
2. 對應研究一，沖泡可可粉的抗氧化效果很好，平均滴定量為 11.7，而本次實驗所用的新鮮可可豆雖然是可可粉的前身，但其平均滴定量達 88.7，可見新鮮可可豆未經發酵、烘焙、研磨等製作過程，無法發揮其抗氧化能力。

研究三：探討可可濃度與抗氧化之關係

既然可可的抗氧化效果不錯，那溶液中，可可粉量的多少，其抗氧化力會有什麼樣的不同呢？以實驗三來探討可可濃度與抗氧化的關係。

一、實驗步驟

1. 取可可粉 5 克、10 克、15 克、20 克分別放入 4 個燒杯中，均以 100 毫升的蒸餾水沖泡，充分攪拌均勻後過濾，取得濾液。
2. 燒杯裝水 20 毫升，滴入碘液 5 滴及澱粉指示劑 10 滴，混合成藍色液體。
3. 取濾液滴定燒杯內藍色液體至透明即為滴定終點，測定三次取平均值。



二、實驗結果

表 4 可可濃度與抗氧化之滴定量

可可粉克數	重量百分濃度	A 滴定量(滴)	B 滴定量(滴)	C 滴定量(滴)	平均滴定量
5 克	4.8 %	10	11	14	11.7
10 克	9.1 %	8	11	10	9.7
15 克	13.0 %	8	9	9	8.7
20 克	16.7 %	8	9	8	8.3

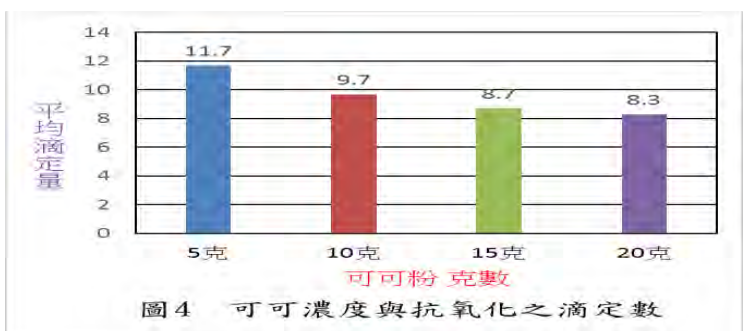


圖 4 可可濃度與抗氧化之滴定量

三、實驗結果討論

1. 從表 4 發現，當放入 5 克可可粉時，平均滴定量為 11.7，而放入 20 克可可粉時，平均滴定量降為 8.3，放入可可粉的量越多，平均滴定量也逐漸下降，顯示當濃度增加時，其抗氧化能力越強。
2. 放入可可粉的量越多，濃度越濃，但平均滴定量並不是以等比例下降，因為水能溶解的可可粉有一定的量，當溶解量已達飽和時，加入更多的量也無法使其濃度增加。

研究四：沖泡溫度對可可抗氧化力之影響

可可粉若以不同溫度的水沖泡，其抗氧化力是否會有所不同呢？以實驗四來探討沖泡溫度對可可粉抗氧化力的影響。

一、實驗步驟

1. 取 4 個燒杯，均放入 5 克的可可粉，分別以 30 度、50 度、70 度、90 度的 100 毫升蒸餾水沖泡，攪拌均勻後過濾，取得濾液。
2. 燒杯裝水 20 毫升，滴入碘液 5 滴及澱粉指示劑 10 滴，混合成藍色液體。
3. 取濾液滴定燒杯內藍色液體至透明即為滴定終點，並測定三次取平均值。



二、實驗結果

表 5 可可粉沖泡溫度與抗氧化之滴定量

沖泡溫度	A 滴定量(滴)	B 滴定量(滴)	C 滴定量(滴)	平均滴定量
30 度	13	12	12	12.3
50 度	12	11	12	11.7
70 度	10	11	11	10.7
90 度	10	10	10	10.0



圖 5 可可粉沖泡溫度與抗氧化之滴定量

三、實驗結果討論

1. 從表 5 中發現，水溫在 30 度時，平均滴定量為 12.3，當水溫為 90 度時，平均滴定量降為 10，沖泡水溫逐漸升高，平均滴定量也逐漸降低，顯示沖泡可可粉的水溫越高，越能增加抗氧化的效果。
2. 以高溫水進行沖泡，可可粉溶解較完全，也釋放出較多的可可多酚，因此有較佳的抗氧化力。
3. 文獻中有關地瓜葉、蔥蒜、茄子的抗氧化力研究，溫度越高其抗氧化效果越差！可是這些蔬菜類食物通常都需要經過加溫煮熟的過程才能食用，然而，可可和茶類的研究一樣，不受高溫的影響，反而因沖泡溫度越高，抗氧化效果越好。

研究五：添加物對可可抗氧化力之影響

如果在可可液中加入糖、奶精等添加物，其抗氧化力是否會受到影響呢？以實驗五來探討添加物對可可抗氧化力之情形。

一、實驗步驟

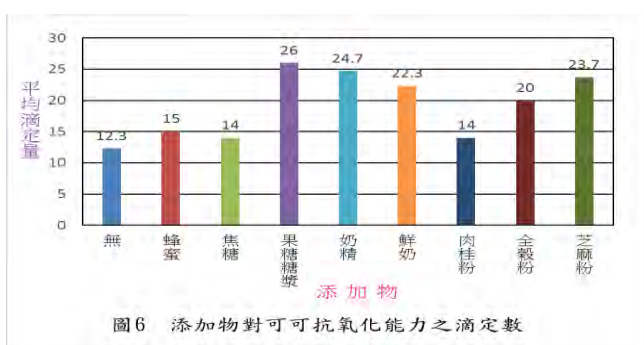
1. 取 8 個燒杯，均放入 5 克的可可粉，並以 100 毫升蒸餾水沖泡，每燒杯再加一種添加物 5 克，攪拌後過濾。
2. 另取 1 個燒杯，同上步驟但不放入任何添加物，取得濾液後做對照組。
3. 燒杯裝水 20 毫升，滴入碘液 5 滴及澱粉指示劑 10 滴，均勻混合成藍色液體。
4. 取濾液滴定藍色液體至透明即達滴定終點，測三次取平均。



二、實驗結果

表 6 添加物對可可抗氧化能力之滴定數

添加物	A 滴定量(滴)	B 滴定量(滴)	C 滴定量(滴)	平均滴定量
無	14	12	11	12.3
蜂蜜	15	15	15	15.0
焦糖	14	13	15	14.0
果糖糖漿	26	25	27	26.0
奶精	25	25	24	24.7
鮮奶	22	23	22	22.3
肉桂粉	13	14	15	14.0
全穀粉	15	20	25	20.0
芝麻粉	25	24	22	23.7



三、實驗結果討論

1. 無添加物的可可液平均滴定量為 12.3，以此為對照組，加入添加物的可可液，滴定量都比 12.3 還高，顯示添加物雖能增添風味，卻無法增加可可的抗氧化力。
2. 市面上的可可飲品，經常會添加蜂蜜、果糖、奶精、鮮奶等糖類或奶類添加物，來增加可可的香氣與滑順口感，卻反而降低了純可可的抗氧化效果。

研究六：市售可可飲品的抗氧化能力

我們發現純可可粉的抗氧化能力極佳，而市售的可可（巧克力）相關飲品呢？其抗氧化能力是否也是一樣好呢？我們找了一般超市、量販店常見的可可飲品來做測試。

一、實驗步驟

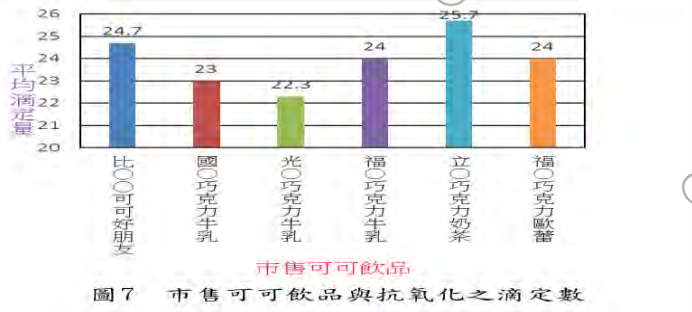
1. 分別取 6 個樣本飲品倒入小塑膠杯中備用。
2. 燒杯裝水 20 毫升，滴入碘液 5 滴及澱粉指示劑 10 滴，均勻混合成藍色液體。
3. 取濾液滴定藍色液體至透明即達滴定終點，測三次取平均。



二、實驗結果

表 7 市售可可飲品與抗氧化之滴定數

沖泡溫度	A 滴定量(滴)	B 滴定量(滴)	C 滴定量(滴)	平均滴定量
比○○可好朋友	27	22	25	24.7
國○巧克力牛乳	26	20	23	23.0
光○巧克力牛乳	20	25	22	22.3
福○巧克力牛乳	25	24	23	24.0
立○巧克力奶茶	25	28	24	25.7
福○巧克力歐蕾	20	27	25	24.0



三、實驗結果討論

1. 從表 7 發現，市售可可飲品平均滴定量分布在 22~26 之間，顯示市售可可飲品的抗氧化力差距不大。
2. 市售的純可可飲品很少，幾乎都有加牛乳調味，對照研究五，加入奶精於純可可液的平均滴定量為 24.7，加鮮奶則為 22.3，其數值恰好落在本實驗所測得的市售飲品平均滴定量 22~26 之間。
3. 對照研究三，市售可可與純可可粉所沖泡的飲品相比較，其抗氧化力相對較低。

伍、結論與建議

- 一、本實驗所測十二項食物中，以芭樂和可可的抗氧化效果最佳。不論蔬菜、水果或沖泡飲品皆各自有抗氧化力高的品項，顯現抗氧化力與類別無關，只與個別食材本身的特性有關。
- 二、可可樹各部位的抗氧化效果以可可豆的效果較好，可可花的抗氧化效果最差。新鮮可可豆雖然是可可粉的前身，但未經發酵、烘焙、研磨等製作過程，其抗氧化效果較不顯著。
- 三、當可可濃度增加時，亦能增強其抗氧化力，然其平均滴定量並非以等比例下降，顯示當溶解量已接近飽和時，可可抗氧化力的增加幅度也有限。
- 四、以高溫水沖泡，可可粉溶解較完全，釋放出較多的可可多酚，因此有較佳的抗氧化力。而可可不像蔬菜類食物，反而會在加熱煮熟的過程中降低了抗氧化能力。
- 五、可可液中放入任何添加物，都無法再增加可可的抗氧化力。而市面上的可可飲品，經常添加糖類或奶類添加物，來增加可可的香氣與滑順口感，卻反而降低了純可可的抗氧化效果。
- 六、可可包裝飲品均有加糖、加牛乳調味，無論任何品牌所測得的抗氧化力都差不多。且因市售可可飲品含添加物較多，其抗氧化效果未如純可可粉來的顯著。

綜上研究發現，本次實驗所選用的「無糖、無鹼化」之天然可可粉具有絕佳的抗氧化能力。因此，在寒冷的冬天，可以自己動手泡一杯熱可可來暖和身體，建議以高溫沖泡純可可粉，不加糖、奶等添加物，直接品嚐香純原始的可可風味，是個不錯的養生保健選擇。

陸、未來研究方向

- 一、本實驗以可可粉為研究的主要材料，若能與可可工廠合作，運用烘焙器材，改變可可豆發酵程度、烘焙時間長短、研磨顆粒的粗細等不同變項，即可更進一步探究其他影響可可的抗氧化因素。
- 二、本實驗從巧克力的原料「可可粉」著手，而巧克力的製作過程與可可粉不同，添加成分也較多，其抗氧化力是否也相同是未來值得探討的問題。