

中華民國第 62 屆中小學科學展覽會

作品說明書

高級中等學校組 工程學(二)科

第三名

052412

觀「茶」思維-酸柑茶中總酚含量與還原力之特性探討

學校名稱：國立苗栗高級農工職業學校

作者： 職二 林秉辰 職二 江珮禎 職二 黃兆辰	指導老師： 王淑璟 羅維真
---	-----------------------------

關鍵詞：酸柑茶、總酚含量、赤血鹽還原法

摘要

茶湯中的兒茶素、多酚類等天然抗氧化劑其皆具有抗氧化活性，多酚類是茶湯中主要具有生物活性的成分。其中，客家酸柑茶屬於重發酵茶和老化茶的一種，又名為客家普洱茶。本實驗以 1 年、3 年、5 年、6 年酸柑茶為研究主題，以茶種加工方式的不同及貯放年份作為研究方向，再以總酚含量測定及赤血鹽還原法進一步檢驗多酚含量與抗氧化活性變化。研究中發現，以 3 年酸柑青茶葉/果皮的總酚含量(444.22ppm/482ppm) 及赤血鹽還原力(471.83ppm/455.71ppm)所具備的抗氧化性最佳。訂定酸柑茶為主題分析意義，在於通過結合傳統客家文化精神與科學研究分析，期許能產生更大的文化經濟價值。

壹、前言

一、研究動機

老師在課堂上講解到氧化還原反應的原理，且實習課時有學習到碘滴定法測定維生素 C 含量，因好奇其他的還原力測定方法，促使我們尋找其他可測定還原能力的檢驗方法，藉由茶為出發點並融合在地客家文化特色的酸柑茶。實驗測定茶中的總酚含量及赤血鹽還原後的變化量進行儀器分析，此外將酸柑茶分為果皮及內部茶葉作為實驗樣品，以水為溶劑分別萃取不同貯放年份及不同茶種的酸柑茶，進一步探討總酚含量與抗氧化活性變化。

二、研究目的

柑橘類所含有的維生素與礦物質能預防血管破裂或硬化，而茶中獨有的茶多酚具有抗癌、抗氧化及抗菌之活性(張祐維 2020)。其中酸柑茶同時承襲了柑橘類及茶類的優點，成分內含多種的有機酸和維生素可促進新陳代謝(林志城 2015)。酸柑茶是源自於客家人勤儉、惜福的概念所衍化出的茶種，是一種極為特殊的茶品。本實驗目的為探討酸柑茶保健的附加價值及作為日後判斷酸柑茶品質的依準，並分析加工後總酚與抗氧化活性的變化。

- (一) 探討酸柑茶於不同加工茶種填裝之變化。
- (二) 討論不同貯放年份酸柑茶之抗氧化能力關聯性。
- (三) 討論酸柑茶及果皮間抗氧化之差異。

三、文獻回顧

(一) 總酚含量測定

福林酚試劑 (Folin-Ciocalteu) 中的磷鉬酸 (Na_2MoO_4) 可以將多酚類物質定量，並使 Mo^{6+} 還原成 Mo^{5+} ，可生成鉬藍化合物與鎢藍化合物，總酚含量多寡可以由藍色深淺辨認，兩者呈現正關係 (陳良宇等 2012)，由於福林酚試劑必須在鹼性環境下才可呈色完全，進行總酚測定時常搭配碳酸鈉 (Na_2CO_3) 進行反應 (鄭建瑋等 2012)。

福林酚試劑添加的先後順序會影響呈色感度 (陳良宇等 2012)，因此要先加入福林酚試劑反應後才可加入碳酸鈉。比色法常以沒食子酸的相對量作為標準品，並繪製標準曲線以此計算樣品中總酚的含量。

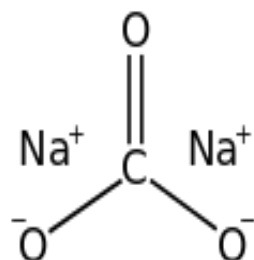


圖 1 碳酸鈉結構式

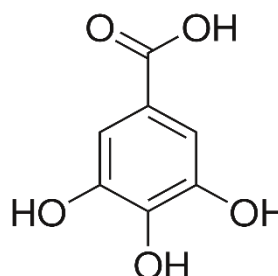


圖2 沒食子酸結構式

(二) 福林酚試劑 (Folin-Ciocalteu)

檢驗總酚含量的方法之一，是由多種化合物所配製成的試劑，透過使樣品中酚類物質於鹼性溶液中，與福林酚試劑中的鎢鉬酸在遮光條件下進行氧化反應，使得鎢鉬酸被還原而生成藍色化合物。藍色化合物的深淺程度與含酚基團的數目成正比，針對反應後的樣品進行吸光度測定後，可根據沒食子酸檢量線計算出樣品中總多酚含量。(劉輝等人 2016)



圖 3 福林酚試劑反應過程

(三) 赤血鹽 ($\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$) 還原力測定

將赤血鹽加入茶湯樣品中會使赤血鹽 ($\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$) 被還原成黃血鹽 ($\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$)，赤血鹽溶液於反應後會將導致吸光值下降，於 421 nm 下測 0~40 分鐘之混合試液吸光值變化量，並以赤血鹽變化量作為還原力之依據即可得出數值。而吸光值差值越高，表示抗氧化劑之還原力愈強。(沈馨仙等 2014)

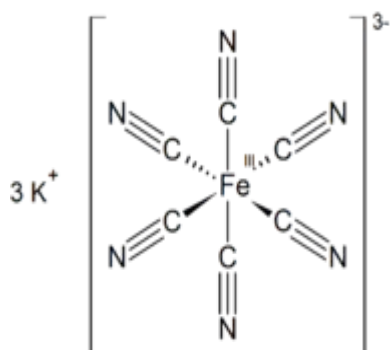


圖 4 赤血鹽結構式



圖 5 赤血鹽藥品

赤血鹽加入樣品後之反應式如下：





















(四) 鹼對沒食子酸穩定性之影響

沒食子酸及其他酚類物質在鹼性環境下具有化學的不穩定性，若將碳酸鈉在福林酚試劑前添加，沒食子酸會因鹼而產生不可逆的化學反應，而對酚類定量造成干擾。(鄭建瑋等 2012)，因此本實驗加入碳酸鈉使得混和液呈弱鹼性 (pH 值 9-11)，並將碳酸鈉添加於福林酚試劑反應完全後，可使混合試液較為穩定，以利於後續實驗分析。

(五) 可見光光譜顏色及原理介紹

茶湯樣品在經由福林酚試劑與碳酸鈉的添加後，會生成深藍色的鉬藍化合物及鎢藍化合物，藉由蒸餾水稀釋至五倍後可由光譜儀進行分析，觀察波長範圍內是否具有吸收帶，進一步確認此樣品的吸收光數值，以利設定分光光度計的吸收波長。

表 1 溶液顏色對應吸收波長表

溶液顏色	黃綠色 	黃色 	橙色 	紅色 	紫紅色 	紫色 	藍色 	綠藍色 	藍綠色 
光波顏色	紫色 	藍色 	綠藍色 	藍綠色 	綠色 	黃綠色 	黃色 	橙色 	紅色 
吸收波長	400~435 (nm)	435~480 (nm)	480~490 (nm)	490~500 (nm)	500~560 (nm)	560~595 (nm)	595~610 (nm)	610~650 (nm)	650~760 (nm)

(六) 減積原理(Size Reduction)

減積為採用各種方式將固體顆粒變小的的操作，減積後可使固體體積減少、表面積增加，能提高固體的溶解速率及化學反應速率(陳慎平 2019)，本實驗應用減積原理於茶葉樣品，達到茶葉中的有效活性物質釋放於溶劑中的目的，因茶葉樣品的水分小於 4%，故本次實驗對茶葉樣品以乾研磨進行操作。

依本次樣品處理方式而言，其主要原理是使用剪切(Shearing)來進行茶葉的減積，利用研磨調理機的刀刃高速旋轉，使茶葉粒徑變小；而果皮則使用撞擊(Impacting)進行初步的減積，利用槌子施力作功於果皮上，使果皮碎裂成小塊狀，以利於研磨調理機剪切。

減積方法可分為四種，以下說明：

1. 壓縮(Compression)：利用鋼板施壓，使試樣碎裂。
2. 撞擊(Impacting)：利用擊錘或試樣與試樣間的碰撞力使試樣碎裂。
3. 摩擦(Attrition)：對物料施壓並於粗糙磨面上進行摩擦，產生細小粉末。
4. 剪切(Shearing)：利用剪切力使試樣斷裂、破碎獲得小顆粒。

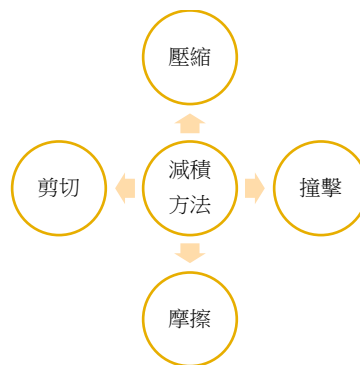


圖 6 減積方法圖

貳、研究設備與器材

本實驗使用的藥品及器材如下：



圖 7-1 實驗藥品
由左至右分別為：
福林酚試劑、沒食子
酸、無水碳酸鈉、鐵氰
化鉀、維生素 C

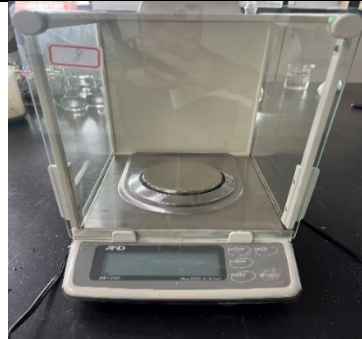


圖 7-2 精秤天平
精秤藥品及茶粉樣品克
數



圖 7-3 研磨調理機
研磨茶葉及酸柑茶果皮



圖 7-4 離心機
離心未過濾完全之茶粉



圖 7-5 分光光度計
測量樣品及標準品之吸
光值



圖 7-6 光譜儀
測量樣品及標準品吸收
波長



圖 7-7 恆溫箱
設定準確溫度以利樣品
於控制變因下反應完全



圖 7-8 研磨後的茶粉
用於檢測各試驗之操作
變因

參、研究過程或方法

一、酸柑茶製作流程

(一) 酸柑茶製作流程

1. 必須挑選厚實、果皮青的虎頭柑。
2. 清洗果皮表面髒污並擦拭至完全乾燥，在果皮上方開一個孔洞。
3. 以機械或人力破壞虎頭柑內部果肉將其取出。
4. 將烘焙好的茶葉與果肉混和後填入虎頭柑。
5. 再將果皮蓋上填好的開口，以繩子綑綁後將果皮蒸軟。
6. 進行重複烘烤後，進行壓塑。
7. 以輕敲的方式判斷虎頭柑內是否還含有水，若還有水分即再重複上述第六點直到水份完全蒸發。
8. 存放 3~5 個月進行養茶，等待催化。

(二) 本研究所使用的酸柑茶成分說明

1. 酸柑青茶(1、3、6年)：青茶、酸柑、甘草粉、陳皮粉、薄荷粉、鹽。
2. 酸柑紅茶(1、3年)：紅茶、酸柑、香檬、桂花。
3. 酸柑混茶(1、3、5年)：青茶、烏龍茶、紅茶、甘草粉、陳皮粉、薄荷粉、鹽。



圖 8 酸柑茶製作流程



圖 9 未成熟的虎頭柑



圖 10 蒸軟後的虎頭柑

二、研究架構流程圖

(一) 酸柑茶製作流程圖

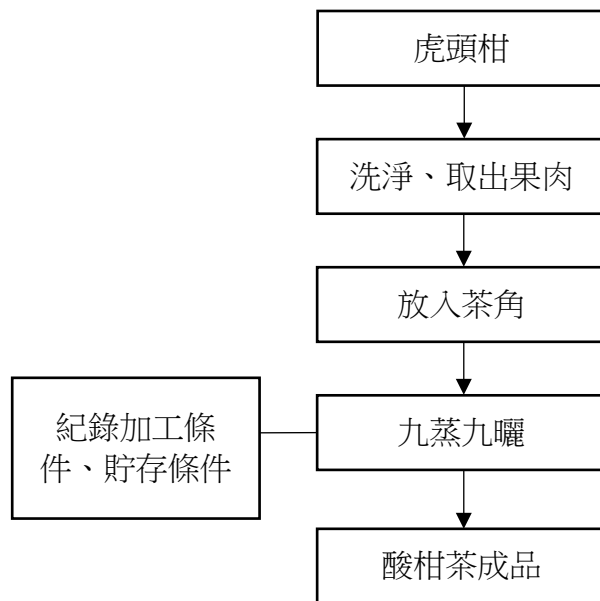


圖 11 酸柑茶製作流程圖

(二) 實驗分析流程圖

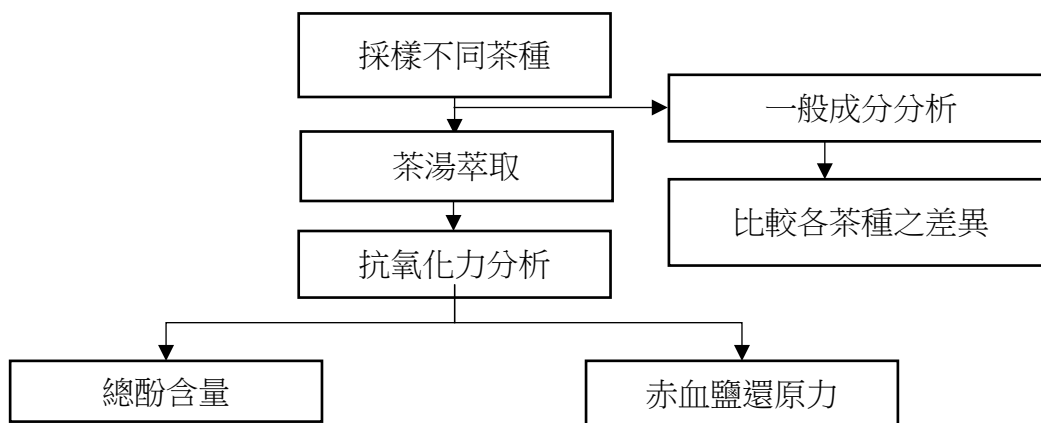


圖 12 實驗分析流程圖

三、實驗步驟

(一) 赤血鹽還原力測定實驗

實驗一：配製維生素 C 標準品

1. 粗秤 0.5 克維生素 C，加入 1000 克蒸餾水，配成 500ppm 溶液。
2. 粗秤 500ppm 維生素 C 溶液 80 克，加入 20 克蒸餾水，配成 400ppm 溶液。
3. 粗秤 500ppm 維生素 C 溶液 60 克，加入 40 克蒸餾水，配成 300ppm 溶液。
4. 粗秤 500ppm 維生素 C 溶液 40 克，加入 60 克蒸餾水，配成 200ppm 溶液。
5. 粗秤 500ppm 維生素 C 溶液 20 克，加入 80 克蒸餾水，配成 100ppm 溶液。
6. 取 100ppm -500ppm 維生素 C 溶液各 1 克，加入 0.001M 赤血鹽，放入分光光度計中在 421nm 下測 0 分鐘樣品吸光值並紀錄。
7. 取出標準液樣品，並放入 20°C 恆溫箱中 10~40 分鐘，測其在 421nm 下測各濃度之混合液吸光值並紀錄。
8. 將各濃度標準液樣品 30 分鐘之吸光值扣除 0 分鐘吸光值並紀錄。

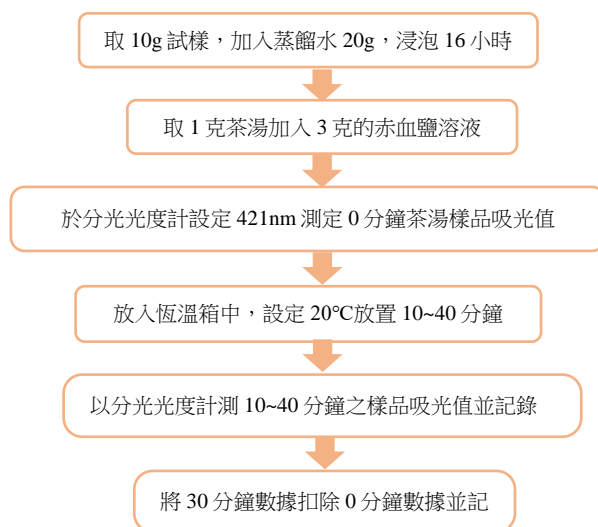


圖 13 維生素 C 標準品配製之流程圖

實驗二：酸柑青茶赤血鹽還原力測定

1. 取 1、3、6 年酸柑青茶粉各 10 克，加入蒸餾水各 20g，浸泡 16 小時。
2. 將各 3 克 0.001M 赤血鹽溶液與 1 克的酸柑茶湯混合。
3. 分別放入分光光度計中在 421nm 下測出 0 分鐘茶湯混合液之吸光值並記錄。
4. 分別放入恆溫箱中，設定 20°C 放置 10~40 分鐘。
5. 分別將樣品放入分光光度計中，在 421nm 下測 10~40 分鐘樣品吸光值並記錄。
6. 將 30 分鐘樣品吸光值扣除 0 分鐘樣品吸光值並記錄。

實驗三：酸柑紅茶赤血鹽還原力測定

1. 取 1、3 年酸柑紅茶粉各 10 克，加入蒸餾水各 20g，浸泡 16 小時。
2. 將各 3 克 0.001M 赤血鹽溶液與 1 克的紅茶茶湯混合。
3. 分別放入分光光度計中在 421nm 下測出 10~40 分鐘茶湯混合液吸光值並記錄。
4. 分別放入恆溫箱中，設定 20°C 放置 10~40 分鐘
5. 分別將樣品放入分光光度計中，在 421nm 下測 10~40 分鐘樣品吸光值並記錄。
6. 將 30 分鐘樣品吸光值扣除 0 分鐘樣品吸光值並記錄。

實驗四：酸柑混茶 赤血鹽還原力測定

1. 取 1、3、5 年酸柑混茶粉各 10 克，加入蒸餾水各 20g，浸泡 16 小時。
2. 將各 3 克 0.001M 赤血鹽溶液與 1 克的烏龍茶茶湯混合。
3. 分別放入分光光度計中在 421nm 下測出 10~40 分鐘茶湯混合液吸光值並記錄。
4. 分別放入恆溫箱中，設定 20°C 放置 10~40 分鐘。
5. 分別將樣品放入分光光度計中，在 421nm 下測 10~40 分鐘樣品吸光值並記錄。
6. 將 30 分鐘樣品吸光值扣除 0 分鐘樣品吸光值並記錄。

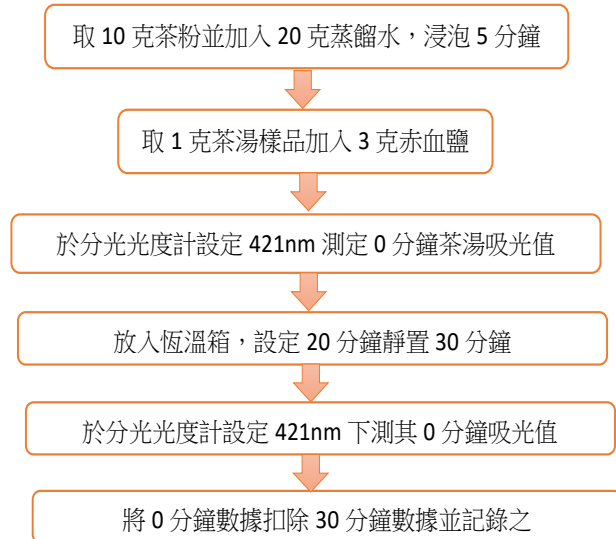


圖 14 赤血鹽還原法測定之流程圖

(二) 總酚含量測定實驗

實驗一：配製沒食子酸標準品

1. 粗秤 0.5g 沒食子酸，加入 1000g 蒸餾水，配成 500ppm 溶液。
2. 粗秤 500ppm 沒食子酸溶液 50g，加入 50g 蒸餾水，配成 250ppm 溶液。
3. 粗秤 500ppm 沒食子酸溶液 25g，加入 75g 蒸餾水，配成 125ppm 溶液。
4. 粗秤 500ppm 沒食子酸溶液 12.5g，加入 87.5g 蒸餾水，配成 62.5ppm 溶液。
5. 粗秤 500ppm 沒食子酸溶液 6.25g，加入 93.75g 蒸餾水，配成 31.25ppm 溶液。
6. 粗秤 500ppm 沒食子酸溶液 3.125g，加入 96.875g 蒸餾水，配成 15.625ppm 溶液。

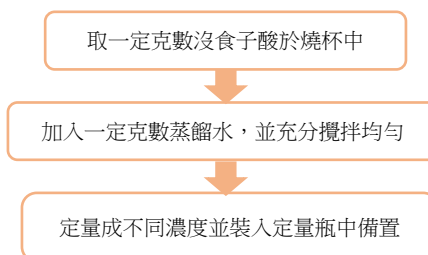


圖 15 沒食子酸標準品流程圖

實驗二：酸柑青茶總酚含量測定

1. 取 1、3、6 年酸柑青茶粉各 10 克，加入蒸餾水各 20 克，浸泡 16 小時。
2. 取 1、3、6 年的酸柑青茶湯各 0.5 克與 1 克的蒸餾水至離心試管中。
3. 各加入 0.5 克 0.5% 的福林酚試劑，放至室溫下反應 5 分鐘。
4. 各加入 0.8 克 7% 的碳酸鈉溶液與 1 克的蒸餾水。
5. 分別置室溫下反應 90 分鐘，在 750nm 下測其吸光值。

實驗三：酸柑紅茶總酚含量測定

1. 取 1、3 年酸柑紅茶粉各 10 克，加入蒸餾水各 20 克，浸泡 16 小時。
2. 取 1、3 年酸柑紅茶湯各 0.5 克與 1 克的蒸餾水至離心試管中。
3. 各加入 0.5 克 0.5% 的福林酚試劑，放至室溫下反應 5 分鐘。
4. 各加入 0.8 克 7% 的碳酸鈉溶液與 1 克的蒸餾水。
5. 分別置室溫下反應 90 分鐘，在 750nm 下測其吸光值。

實驗四：酸柑混茶總酚含量測定

1. 取 1、3、5 年酸柑混茶粉各 10 克，加入蒸餾水各 20 克，浸泡 16 小時。
2. 取 1、3、5 年酸柑混茶各 0.5 克湯與 1 克的蒸餾水至離心試管中。
3. 各加入 0.5 克 0.5% 的福林酚試劑，放至室溫下反應 5 分鐘。
4. 各加入 0.8 克 7% 的碳酸鈉溶液與 1 克的蒸餾水。
5. 分別置室溫下反應 90 分鐘，在 750nm 下測其吸光值。

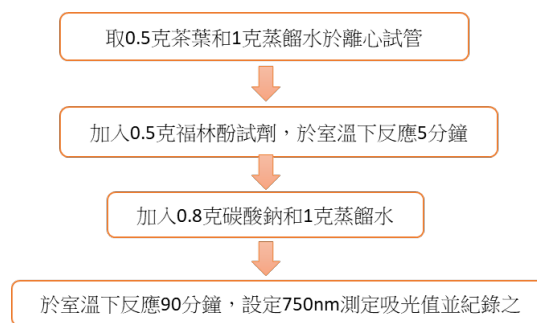


圖 16 總酚含量測定實驗之流程圖

肆、研究結果

一、赤血鹽還原力測定

(一) 赤血鹽還原法之檢量線製作(以維生素 C 為標準品)

本次實驗將不同濃度之維生素 C 標準品進行分析、實驗數據彙整，並以此建立檢量線，藉由測量每克試樣含有多少毫克之維生素 C，探討不同試樣之還原力特性。由下表可知 0~40 分鐘試樣之赤血鹽變化量，並重複試驗提升準確性，其中，30 分鐘赤血鹽變化量較為穩定，因此將 0 分鐘數據與 30 分鐘數據相減即可得出表 2。

表 2 各濃度中赤血鹽與維生素 C 在 421nm 下作用之吸光值(差值)

維生素 C (ppm)	0	100	200	300	400
0 分鐘平均	0	0.535	0.387	0.475	0.294
10 分鐘平均	0	0.474	0.254	0.462	0.271
20 分鐘平均	0	0.464	0.245	0.338	0.246
30 分鐘平均	0	0.45	0.235	0.270	0.027
40 分鐘平均	0	0.446	0.234	0.267	0
0-30 分鐘平均	0	0.085	0.152	0.205	0.267

將表 2 數據整理後，繪製出圖 17 以此得知維生素 C 檢量線公式，並以此換算各茶種試樣赤血鹽還原力。

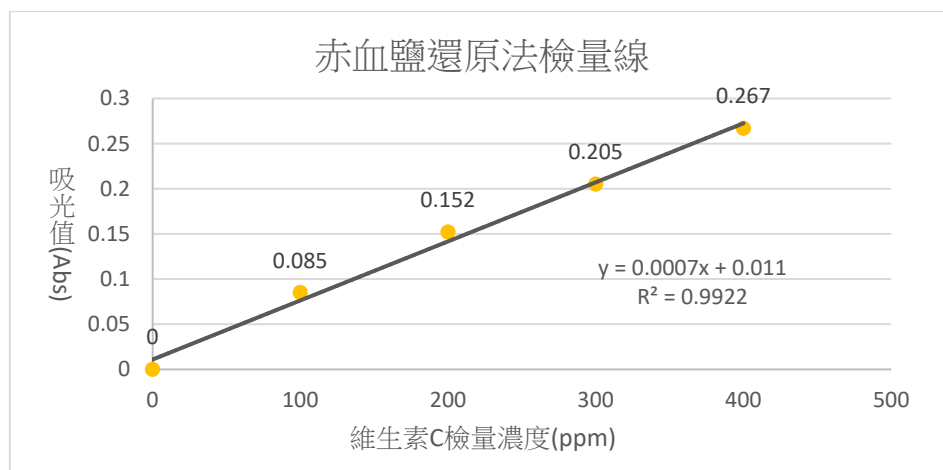


圖 17 赤血鹽還原法之檢量線製作

(二) 各茶種吸光值代表之還原能力

將酸柑茶試樣依適當比例添加於赤血鹽溶液中進行還原力測定，並記錄 0~40 分鐘吸光值，而由圖 13 得知 30 分鐘下的赤血鹽反應較為穩定，因此本次實驗將針對混合溶液之初始(0 分鐘)及反應後(30 分鐘)結果以分光光度計進行赤血鹽變化量分析測量，並將其吸光值數據記錄以圖 13 表示。

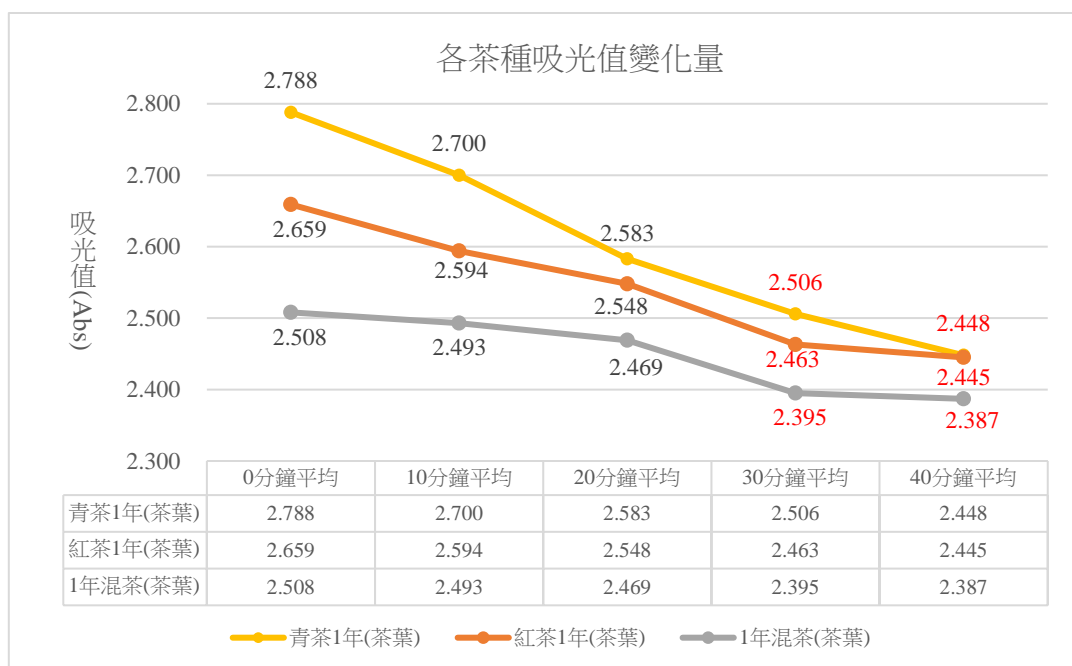


圖 18 各茶種吸光值變化量圖

(三) 酸柑茶系列之還原力吸光值變化量數據

本次實驗針對混合溶液之初始(0 分鐘)及反應(30 分鐘)結果，以分光光度計測量赤血鹽變化量數值，並將其吸光值數據記錄於表 3~5。

表 3 酸柑青茶系列之還原力吸光值變化量

酸柑青茶 茶葉及果皮 Abs	1 年(茶葉)	1 年(果皮)	3 年(茶葉)	3 年(果皮)	6 年(茶葉)	6 年(果皮)
0 分鐘平均	2.788	2.141	3.556	3.820	2.774	2.578
10 分鐘平均	2.700	2.042	3.473	3.550	2.750	2.573
20 分鐘平均	2.583	1.994	3.347	3.538	2.679	2.547
30 分鐘平均	2.506	1.893	3.215	3.490	2.644	2.490
40 分鐘平均	2.448	1.888	3.210	3.466	2.637	2.484

表 4 酸柑紅茶系列之還原力吸光值變化量

酸柑紅茶 茶葉及果皮 Abs	1 年(茶葉)	1 年(果皮)	3 年(茶葉)	3 年(果皮)
0 分鐘平均	2.788	2.141	3.556	3.820
10 分鐘平均	2.700	2.042	3.473	3.550
20 分鐘平均	2.583	1.994	3.347	3.538
30 分鐘平均	2.506	1.893	3.215	3.490
40 分鐘平均	2.448	1.888	3.210	3.466

表 5 酸柑混茶之還原力吸光值變化量

酸柑混茶 茶葉及果皮 Abs	1 年(茶葉)	1 年(果皮)	3 年(茶 葉)	3 年(果皮)	6 年(茶葉)	6 年(果皮)
0 分鐘平均	2.788	2.141	3.556	3.820	2.774	2.578
10 分鐘平均	2.700	2.042	3.473	3.550	2.750	2.573
20 分鐘平均	2.583	1.994	3.347	3.538	2.679	2.547
30 分鐘平均	2.506	1.893	3.215	3.490	2.644	2.490
40 分鐘平均	2.448	1.888	3.210	3.466	2.637	2.484

(四) 酸柑茶系列之赤血鹽還原力分析

將各茶種混合溶液之初始(0 分鐘)及反應(30 分鐘)結果進行比對分析，並將吸光值差值計算後記錄於表 6~8，以此表示各試樣之還原能力。

表 6 酸柑青茶系列 0-30 分鐘之還原力吸光值差值

酸柑青茶 茶葉及果皮 Abs	1 年(茶葉)	1 年(果皮)	3 年(茶葉)	3 年(果皮)	6 年(茶葉)	6 年(果皮)
吸光值差值	0.282	0.248	0.341	0.330	0.130	0.088

表 7 酸柑紅茶系列 0-30 分鐘之還原力吸光值差值

酸柑紅茶 茶葉及果皮 Abs	1 年(茶葉)	1 年(果皮)	3 年(茶葉)	3 年(果皮)
吸光值差值	0.196	0.310	0.240	0.205

表 8 酸柑混茶系列 0-30 分鐘之還原力吸光值差值

酸柑混茶 茶葉及果皮 Abs	1 年(茶葉)	1 年(果皮)	3 年(茶葉)	3 年(果皮)	5 年(茶葉)	5 年(果皮)
吸光值差值	0.113	0.127	0.359	0.201	0.163	0.158

由觀察以上實驗數據可知，當試樣間吸光差值越大時，代表赤血鹽變化量越大，可得知吸光差值最大者，其還原能力亦較為顯著。

二、總酚含量測定

本實驗將試樣加入蒸餾水進行稀釋後加入福林酚試劑，於室溫下反應 5 分鐘，接著加入碳酸鈉溶液，置室溫下反應 90 分鐘後於分光光度計以最大吸收波長 (750nm) 測定其吸光值，並以沒食子酸作為標準品，以評估試樣中酚類的比值。

(一) 總酚含量測定之檢量線製作(以沒食子酸為標準品)

本實驗規劃參考張淑芬(2013)及黃敬雲(2017)等人實驗設計，以沒食子酸作為標準品建立檢量線，以評估每克試樣含有多少毫克的沒食子酸，探討其中總酚含量。

表 9 各濃度沒食子酸平均 Abs

沒食子酸 (ppm)	500	250	125	62.5	31.25	15.625
1st Abs	0.921	0.526	0.321	0.107	0.074	0.032
2nd Abs	0.896	0.501	0.206	0.149	0.075	0.031
平均 Abs	0.909	0.514	0.264	0.128	0.075	0.032

將表 6 數據彙整後，繪製出圖 14。並參考其數據得出檢量線公式，以此換算各試樣之總酚含量比值。

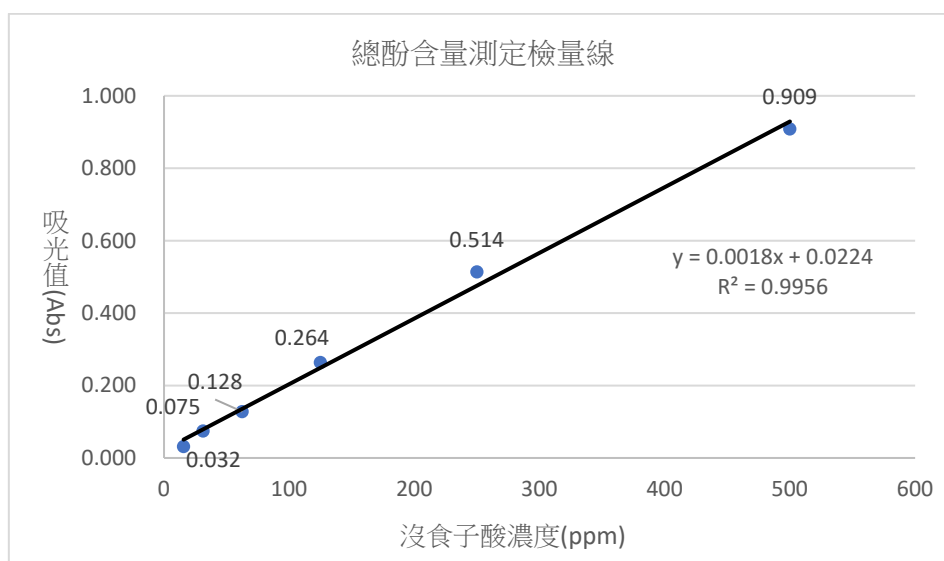


圖 19 總酚含量測定檢量線

(二) 酸柑茶系列之總酚含量測定

由表 10 總酚測定結果得知，酸柑茶果皮中的酚類物質含量皆高於酸柑茶湯，因此可推斷酸柑茶果皮中具有良好的抗氧化能力。

表 10 酸柑青茶系列之總酚含量平均 Abs

酸柑青茶 茶葉及果皮 Abs	1 年(茶葉)	1 年(果皮)	3 年(茶葉)	3 年(果皮)	6 年(茶葉)	6 年(果皮)
1st Abs	0.793	0.511	0.878	0.884	0.737	0.966
2nd Abs	0.711	0.598	0.796	0.896	0.768	0.952
平均 Abs	0.752	0.555	0.837	0.89	0.753	0.959

表 11 酸柑紅茶系列之總酚含量平均 Abs

酸柑紅茶 茶葉及果皮 Abs	1 年(茶葉)	1 年(果皮)	3 年(茶葉)	3 年(果皮)
1st Abs	0.456	0.585	0.824	0.848
2nd Abs	0.486	0.511	0.792	0.853
平均 Abs	0.471	0.548	0.808	0.851

表 12 酸柑混茶系列之總酚含量平均 Abs

酸柑混茶 茶葉及果皮 Abs	1 年(茶葉)	1 年(果皮)	3 年(茶葉)	3 年(果皮)	5 年(茶葉)	5 年(果皮)
1st Abs	0.743	0.649	0.808	0.872	0.986	0.940
2nd Abs	0.753	0.844	0.857	0.701	0.757	0.866
平均 Abs	0.748	0.747	0.833	0.787	0.872	0.903

經由進一步的探究，並藉比對以上實驗結果發現，酸柑茶試樣吸光值越大時，表示其酚類物質含量越高，研究中亦特別的發現到酸柑茶具備的抗氧化能力可較其他單純茶種時能有更為出色的表現。

伍、討論

一、不同茶種之酸柑茶抗氧化能力比較

(一)赤血鹽還原力測定

以不同茶種的酸柑茶作為試樣（如表 13 所示），並藉由赤血鹽溶液進行氧化還原反應，將反應後變化量差值帶入圖 12 的赤血鹽還原法檢量線公式，以此針對不同填裝茶種之酸柑茶還原力有初步的瞭解。

表 13 酸柑茶系列之相對赤血鹽還原力

酸柑茶還原力	青 1 年 (茶葉)	青 1 年 (果皮)	紅 1 年 (茶葉)	紅 1 年 (果皮)	混茶 1 年 (茶葉)	混茶 1 年 (果皮)
ppm	388.29	339.71	428.29	330	145.71	165.71

由表 13 之數據整合後繪製出圖 16，由下圖可知，酸柑茶會因不同的填裝茶種而使其赤血鹽還原力有所不同，其中，1 年酸柑青茶葉赤血鹽還原力 (388.29ppm) 及 1 年酸柑紅茶葉 (428.29ppm) 皆有很不錯的表現。

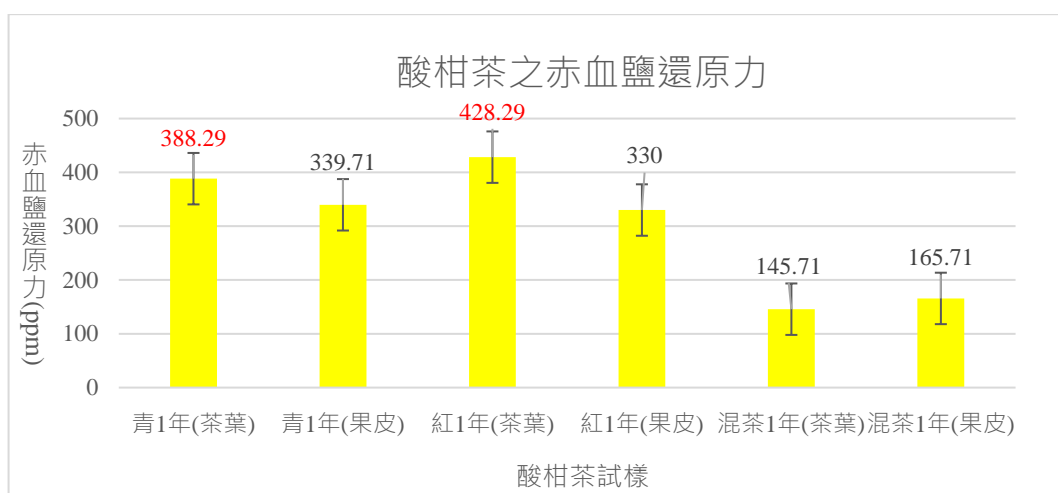


圖 20 不同茶種之酸柑茶試樣還原力比較圖

(二)總酚含量測定

本實驗以不同填裝茶種之酸柑茶作為試樣進行總酚含量測定，將各茶種之數據帶入圖 14 總酚含量檢量線公式，以此得出不同試樣之總酚含量，由表 14 表示。

表 14 酸柑茶系列之總酚含量

酸柑茶 總酚含量	青 1 年 (茶葉)	青 1 年 (果皮)	紅 1 年 (茶葉)	紅 1 年 (果皮)	混茶 1 年 (茶葉)	混茶 1 年 (果皮)
ppm	380.21	276.53	232.32	272.84	378.1	276.53

將表 14 之數據整合後繪製成圖 17，由下圖得知，酸柑茶會因填充茶種不同而使總酚含量及還原力皆有所差異，可說明茶種的加工方式對於酸柑茶熟成過程中的成分變化具有一定影響，而其中酸柑青系列及酸柑混茶系列之總酚含量較高。

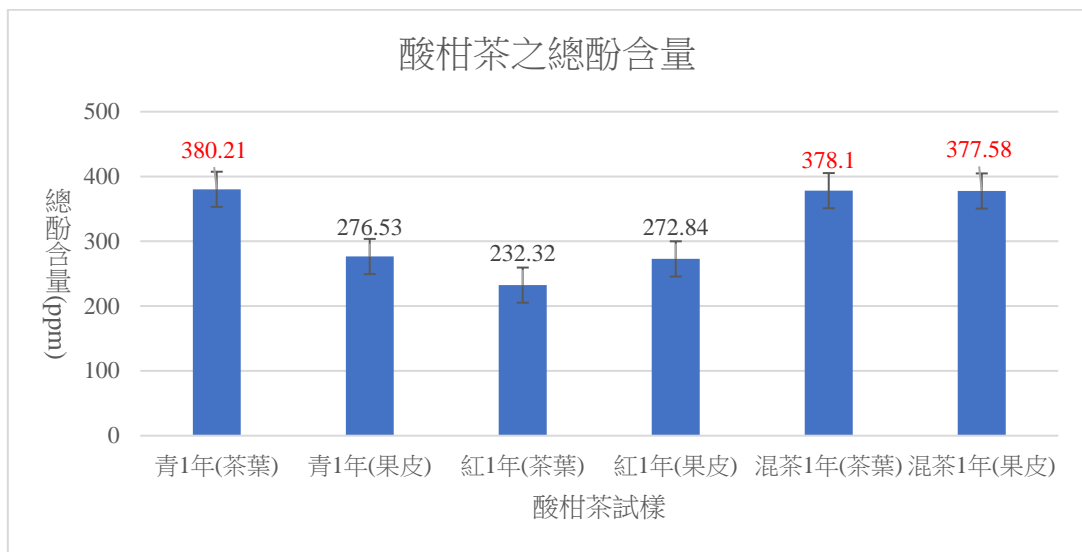


圖 21 不同茶種之酸柑茶試樣總分含量比較圖

由以上實驗可得知，填裝不同茶種的酸柑茶其抗氧化能力會有所不同，從文獻中得知(張淑芬 2013)，總酚含量會隨著茶葉發酵程度的增加而遞減，因此發酵程度較低的酸柑青茶葉其總酚含量較高。

二、不同年份之酸柑茶抗氧化能力

(一)不同年份酸柑青茶之抗氧化能力比較

將不同年份之酸柑青數據帶入圖 14 總酚含量檢量線公式及圖 12 的赤血鹽還原法檢量線公式，以此得出不同試樣之總酚含量及赤血鹽還原力，進而比較不同年份的酸柑青抗氧化能力，以表 15 表示。

表 15 不同年份酸柑青茶之抗氧化能力

不同年份酸柑青茶 抗氧化能力	1 年茶葉	3 年茶葉	6 年茶葉
總酚含量(ppm)	380.21	444.22	405.89
還原力(ppm)	388.29	471.83	170

由表 15 之數據繪製成圖 18，從下圖中可得知 3 年酸柑青(茶葉)的總酚含量(444.22ppm)及赤血鹽還原力(471.83ppm)相較於其他年份高，因此可明顯的發現 3 年的酸柑青茶葉抗氧能力最好。

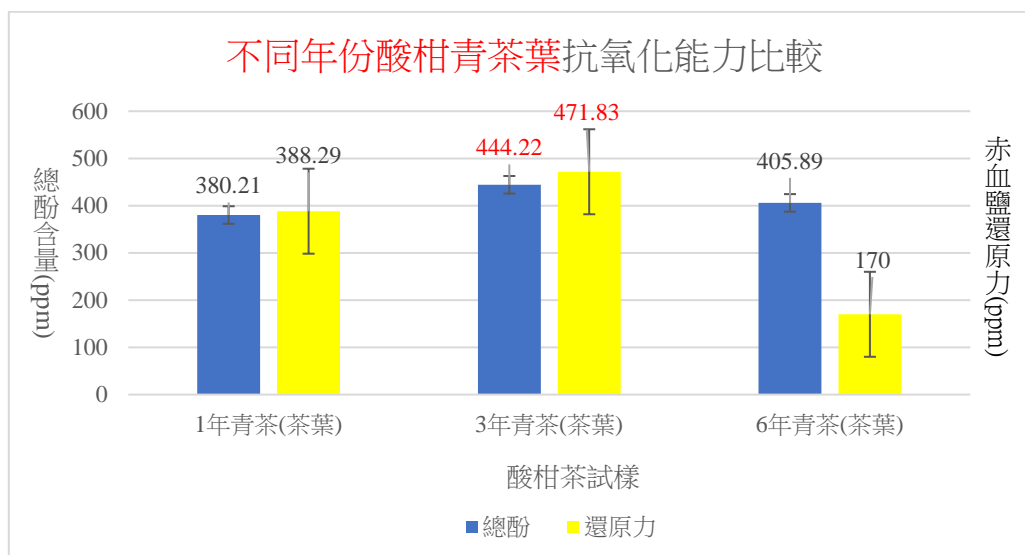


圖 22 不同年份酸柑青茶抗氧化能力比較圖

(二)不同年份酸柑紅茶之抗氧化能力比較

將不同年份之酸柑紅數據帶入圖 14 總酚含量檢量線公式及圖 12 的赤血鹽還原法檢量線公式，以此得出不同試樣之總酚含量及赤血鹽還原力，進而比較不同年份的酸柑紅抗氧化能力，以表 16 表示。

表 16 不同年份酸柑紅茶之抗氧化能力

不同年份酸柑紅茶 抗氧化能力	1 年茶葉	3 年茶葉
總酚含量(ppm)	232.32	436.44
還原力(ppm)	265.43	330

由表 16 之數據繪製成圖 19，從下圖中可得知 3 年酸柑紅(茶葉)的總酚含量(436.44ppm)及赤血鹽還原力(330ppm)相較於 1 年的高，因此可說明 3 年的酸柑紅茶葉抗氧化能力最好。

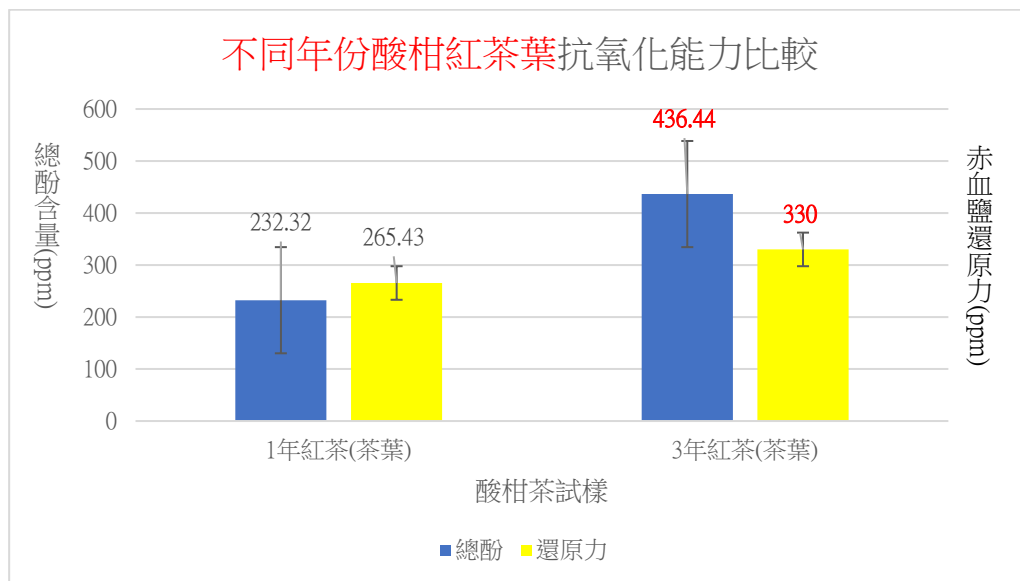


圖 23 不同年份酸柑紅茶葉抗氧化能力比較圖

由以上實驗結果可得知，不同貯放年份之酸柑茶茶葉，抗氧化能力會隨年份增長而發生有增加的現象，從文獻中得知（張祐維 2021）茶葉隨貯放年份拉長時，其中總酚含量初期可能會有先增加的現象，與文獻實驗結果相符。

三、酸柑茶茶葉及果皮之抗氧化能力探討

(一) 不同年份之酸柑青茶葉及果皮抗氧化能力比較

本實驗以不同年份之酸柑青作為試樣進行總酚測定及赤血鹽還原力測定，將不同年份之酸柑青數據帶入圖 14 總酚含量檢量線公式及圖 12 的赤血鹽還原法檢量線公式，以此得出不同試樣之總酚含量及還原力，進而比較不同年份的酸柑青抗氧化能力，以表 17 表示。

表 17 酸柑青茶葉及果皮之抗氧化能力

不同年份 酸柑青茶	1年 茶葉	1年 果皮	3年 茶葉	3年 果皮	6年 茶葉	6年 果皮
總酚含量 (ppm)	380.21	276.53	444.22	482	405.89	520.33
還原力 (ppm)	388.29	339.71	471.83	455.71	170	110

由表 17 之數據繪製成圖 20，由下圖數據可知，隨著貯放年份的增加，酸柑青的果皮及茶葉之總酚含量，均有隨著年份先增加後減少的趨勢，以此說明酸柑茶會隨著年份推移而降低茶中的酚類含量，而果皮中的酚類則發生增加的現象。因此本研究分析發現 6 年的酸柑青(果皮)的總酚含量(520.33ppm)明顯較優於其他茶種。

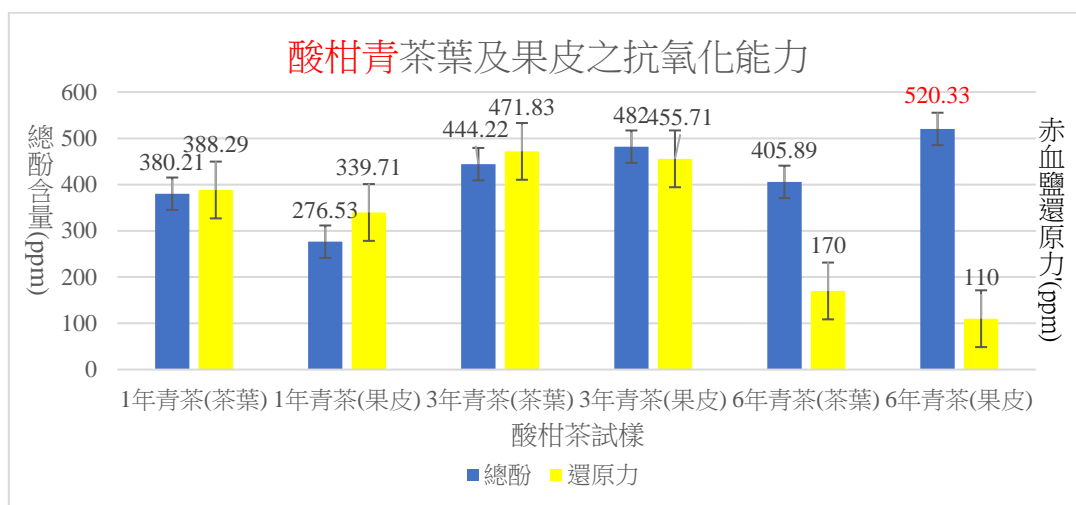


圖 24 酸柑青茶葉及果皮抗氧化能力圖

(二) 不同年份酸柑混茶茶葉及果皮抗氧化能力比較

本實驗以不同年份之酸柑混茶作為試樣進行總酚測定及赤血鹽還原力測定，將各年份數據帶入圖 14 總酚含量檢量線公式及圖 12 的赤血鹽還原法檢量線公式，以此得出不同試樣之總酚含量及還原力，進而比較不同年份的酸柑混茶抗氧化能力，以表 18 表示。

表 18 酸柑混茶葉及果皮之抗氧化能力

不同年份 酸柑混茶	1年 茶葉	1年 果皮	3年 茶葉	3年 果皮	5年 茶葉	5年 果皮
總酚含量 (ppm)	378.1	377.58	422.84	398.63	443.37	459.68
還原力 (ppm)	145.71	165.71	497.14	271.43	217.14	210

由表 18 之數據繪製成圖 21，從下圖中可得知，隨著貯放年份的增加，酸柑混茶的總酚含量也有逐漸轉移至果皮的現象，與酸柑青茶均有相同之實驗結果。因此 5 年的酸柑混茶果皮總酚含量(459.68ppm)略優於其他年份茶種。

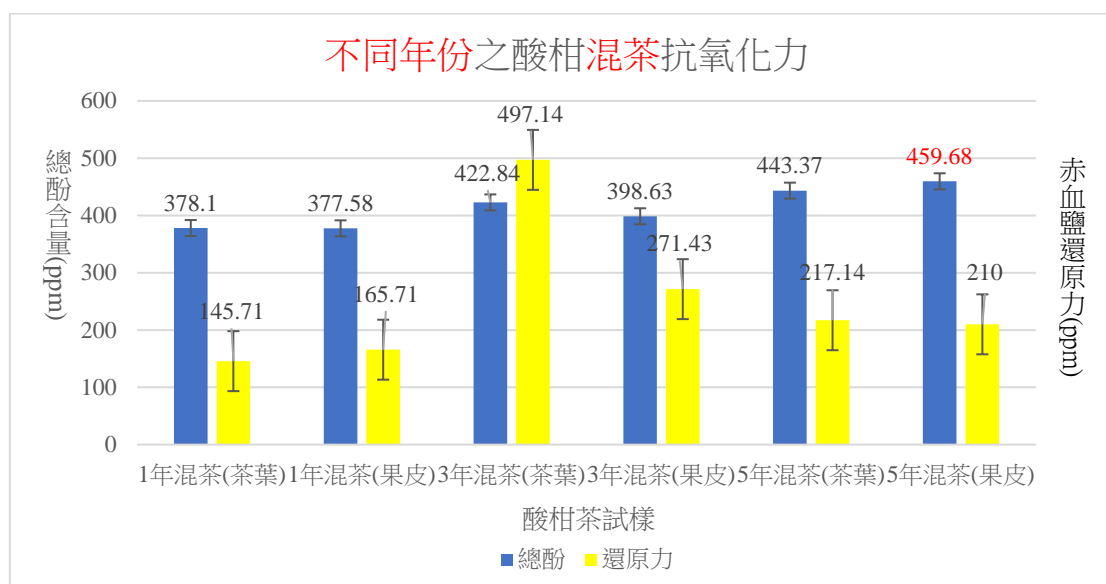


圖 25 酸柑混茶茶葉及果皮抗氧化能力圖

(三)比較不同年份酸柑混茶與酸柑青之抗氧化能力

將 3 年、6 年的酸柑青與 3 年、5 年的酸柑混茶之總酚含量及還原力數據整合於表 19 中，以進一步探討兩者間的抗氧化能力之關聯性。

表 19 不同年份酸柑青茶與酸柑混茶之抗氧化能力比較

不同年份酸柑茶	3 年青茶 (茶葉)	3 年青茶 (果皮)	6 年青茶 (茶葉)	6 年青茶 (果皮)	3 年混茶 (茶葉)	3 年混茶 (果皮)	5 年混茶 (茶葉)	5 年混茶 (果皮)
總酚含量 (ppm)	444.22	482	405.89	520.33	422.84	398.63	443.37	459.68
還原力 (ppm)	471.83	455.71	170	110	497.14	271.43	217.14	210

將表 19 之數據繪製成圖 22，下圖可看出 3 年酸柑青(茶葉)及 3 年酸柑混茶(茶葉)之抗氧化能力皆高，整體而言觀察數據可知，3 年酸柑青茶葉/果皮的總酚含量 (444.22ppm/482ppm) 及赤血鹽還原力(471.83ppm/455.71ppm) 相較 3 年酸柑混茶佳，因此我們較為推薦 3 年酸柑青茶。

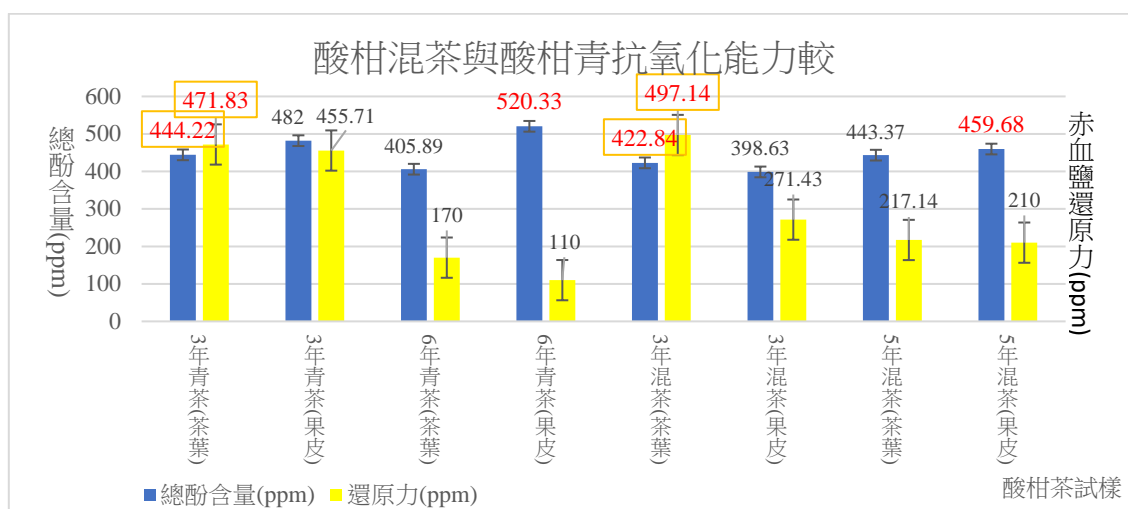


圖 26 酸柑混茶與酸柑青抗氧化能力較圖

從以上實驗中發現貯放時間越長，酸柑茶果皮中的酚類含量會隨存放時間增加，經文獻探討得知(張祐維 2021 及馬占等人 2018)，酸柑茶經存放過後可能會使茶中的多類物質轉化至果皮中，推測原因為酸柑茶在經過蒸煮、烘乾、擠壓等過程，可能導致酚類物質產生相互作用，進而促進游離酚或結合酚的釋放導致果皮中總含量增加。綜合分析結果發現，貯放年份的增加會使茶葉中的酚類物質減少，果皮中的酚類物質增加。

陸、結論

一、酸柑茶填充茶種與總酚含量之變化

實驗中發現酸柑內填充之茶葉隨著加工方式的不同，會使其中抗氧化活性成分有所變動，以 1 年酸柑青及酸柑紅為例：填充青茶(部分醱酵茶)相比填充紅茶(全醱酵茶)之酸柑，青茶之總酚含量較高，且約為紅茶的 1.37 倍。

二、酸柑茶貯放年份與抗氧化能力之關聯性

酸柑茶會隨著貯放年份增加使酚類物質有初期先上升而後含量下降的現象，且年份的作用可能會導致酚類物質轉移至果皮中，研究結果發現貯放時間增長，酸柑茶抗氧化能力亦將呈現顯著的變化差異。

三、酸柑茶果皮具有一定的抗氧化能力

因貯放年份的增加致使茶葉的酚類物質轉至果皮中，使得酸柑果皮具有一定的總酚含量，而實驗結果也與文獻資料相符，由實驗數據可判斷酸柑茶果皮亦具備有提升抗氧化能力的影響。

四、3 年酸柑青茶之總酚含量及還原力測定皆有出色表現

由本次實驗之結果得知，酸柑青茶抗氧化能力優於酸柑混及酸柑紅，其中 3 年酸柑青茶葉/果皮的總酚含量(444.22ppm/471.83ppm) 及赤血鹽還原力(471.83ppm/455.71ppm) 最佳，整體而言以 3 年酸柑青茶抗氧化能力有最佳的表現。

五、期望建立完整酸柑茶品質的判定依準

由總酚測定及赤血鹽還原力實驗得知，酸柑茶及其果皮皆具有一定的抗氧化能力。但研究期間發現酸柑茶價格不菲，無法進行大規模的實驗測定，因此期望在未來在經費無虞的情況下可增加待測試樣，以更全面的實驗整合其中的物化性質、活性物質含量及抗氧化能力之變化，而本實驗結果也可做為未來更深入探討的參考依據。

柒、參考資料及其他

1. 謝澤民(2019)。普通化學實驗I。新北市:臺科大圖書股份有限公司。
2. 湯惠光(2019)。普通化學II。新北市:臺科大圖書股份有限公司。
3. 張家銘、歐秉原、曾憲平、蔡永昌(2020)。分析化學I。新北市:臺科大圖書股份有限公司。
4. 張淑芬(2013)。不同發酵程度茶葉之抗氧化能力比較分析。臺中市:朝陽科技大學。
5. 劉惟竣、詹承穎、潘振盛(2014)。從『C』到『酚』-Folin-Ciocalteu 試劑改良研究。臺中市:國立東勢高級職業學校。
6. 林永欽(2017)。臺灣產紅茶抗氧化能力之研究。嘉義市:國立嘉義大學。
7. 黃敬雲(2017)。紅茶萃取物之茶黃素抗氧化活性研究。臺中市:國立中興大學。
8. 陳良宇、鄭建璋、王志玄、林志璋、張云力、李瑞玲、游欣、梁致遠(2012)。鹼催化對
9. Folin-Ciocalteu 試劑檢測總多酚含量的影響。桃園市:銘傳大學。
10. 鄭緯文、徐瑋隆、邱浩瑄、陳勝志(2018)，茶的世界。新竹市:國立新竹高級工業職業學校。
11. 張祐維（2021）。客家酸柑茶之活性成分鑑定分析與年份之相關性探討。基隆:國立海洋大學。
12. 林志城(2015)。客家酸柑茶田野調查與加工貯放對成分變化的影響。新竹市:元培醫事科技大學。
13. 馬占倩、吳娜娜、易翠平、譚斌斌（2018）。熱加工過程對植物酚類物質結構、含量及氧化活性影響研究進展。長沙理工大學化學與食品工程學院

【評語】 052412

- 一、 本作品嘗試萃取客家酸柑茶的總酚物質，並以福林酚試劑及赤血鹽還原方法探討不同茶種與貯放年份的總酚含量及抗氧化能力，作品富有生活化特色和鄉土精神、且具創新性及實用價值。
- 二、 3年酸柑茶之總酚含量及赤血鹽還原力最佳，不論茶葉或果皮之酸柑茶其還原力吸光值，皆由1年增高至3年再降低至6年；總酚含量隨年份之變化趨勢則稍有不同。結果討論宜針對總酚含量與抗氧化性之間的關係進一步解釋。
- 三、 研究主題明確且架構完整，但實驗3與4敘述有誤，表格10顯示的結果與敘述不一致，建議釋義方式可再增強。

作品簡報



觀「茶」思維- 酸柑茶中總酚含量與還原力之特性探討

組別：高級中等學校組
科別：工程學科(二)

前言



研究動機：

小時後因生了病身體十分不適，因此家人將具有止咳、化痰、解熱等用途的酸柑茶泡給我喝，之後症狀好了許多。然而現今相關研究文獻多著重在烏龍茶、紅茶等常見茶種的抗氧化能力探討，故啟發我們想進一步瞭解酸柑茶的抗氧化成分及特性。



一般茶種

V.S



酸柑茶

赤血鹽還原力吸光值	紅茶	烏龍茶	青3年(茶葉)	紅3年(茶葉)
0分鐘平均	2.718	1.934	3.556	3.482
10分鐘平均	2.694	1.801	3.473	3.349
20分鐘平均	2.653	1.761	3.374	3.358
30分鐘平均	2.643	1.743	3.215	3.240
40分鐘平均	2.640	1.729	3.210	3.234
0-30分鐘平均	0.075	0.191	0.341	0.240
ppm	134.29	257.14	471.83	330
總酚含量吸光值	紅茶	烏龍茶	青3年(茶葉)	紅3年(茶葉)
1st	0.565	0.862	0.878	0.824
2nd	0.534	0.796	0.796	0.792
平均	0.549	0.829	0.837	0.808
ppm	265.33	420.33	444.22	436.44

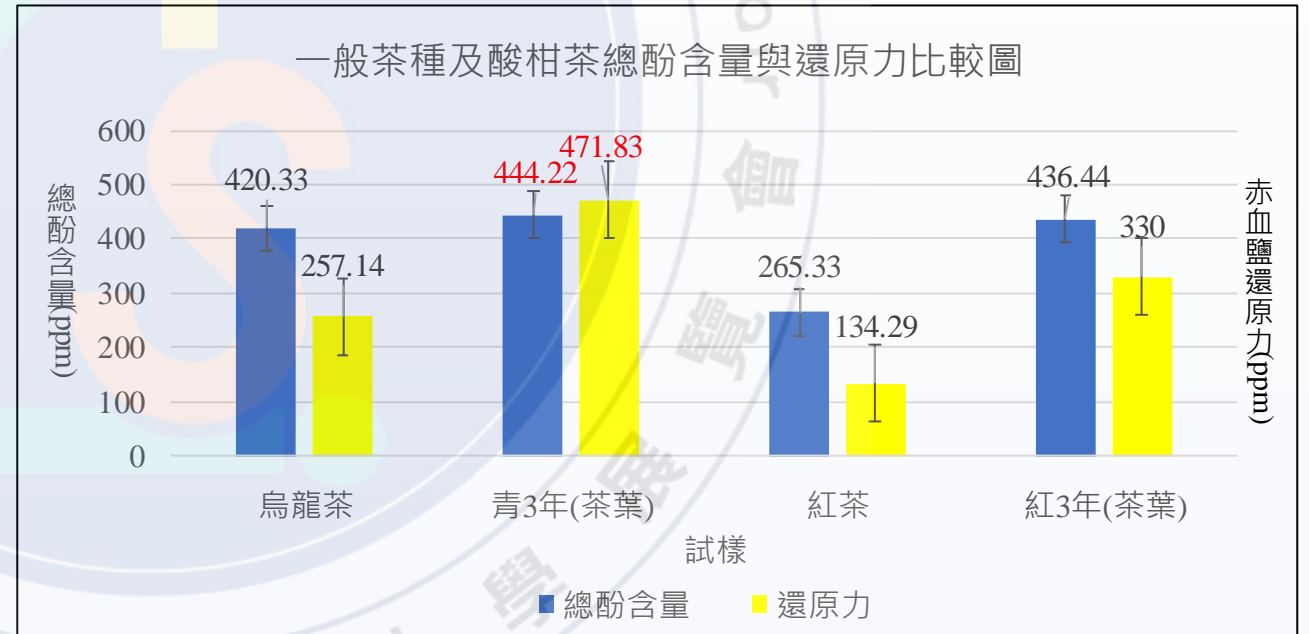


圖1 一般茶種及酸柑茶抗氧化能力比較圖

前言

探討茶湯成分

- 茶多酚
(黃烷醇類、花色苷類、
黃酮類、酚酸類)

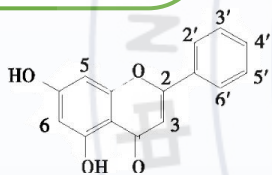


圖2 黃酮類結構式

試樣處理

- 將試樣減積
- 溶劑萃取

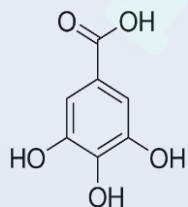


圖3 沒食子酸結構式

檢測方法

- 赤血鹽還原法
- 總酚含量測定

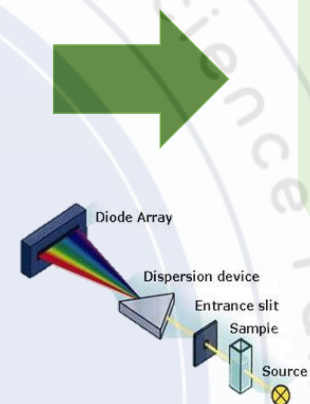


圖4 分光光度計原理說明圖

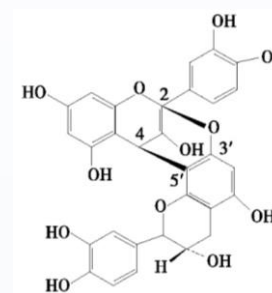


圖5 兒茶素結構式



研究目的：

1. 探討酸柑茶於不同加工茶種填裝之變化。
2. 討論不同貯放年份酸柑茶之抗氧化能力關聯性。
3. 討論酸柑茶及果皮間抗氧化之差異。



文獻探討：

從文獻 (張淑芬2013) 中我們的得知酚類物質是茶中含量最多的可溶性成分，約占其乾種30%，因此我們以總酚含量測定及赤血鹽還原法來比較不同茶種之抗氧化能力。

研究方法



酸柑茶製作過程



圖6 酸柑茶製作流程圖

表1 蒸軟及烘乾後之酸柑示意圖表

	
蒸軟厚的酸柑茶	烘乾後的酸柑茶

本研究所使用的酸柑茶成分含有：

酸柑青茶(1、3、6年)：青茶、酸柑、甘草粉、陳皮粉、薄荷粉、鹽。

酸柑紅茶(1、3年)：紅茶、酸柑、香檬、桂花。

酸柑混茶(1、3、5年)：青茶、烏龍茶、紅茶、甘草粉、陳皮粉、薄荷粉、鹽。

研究方法

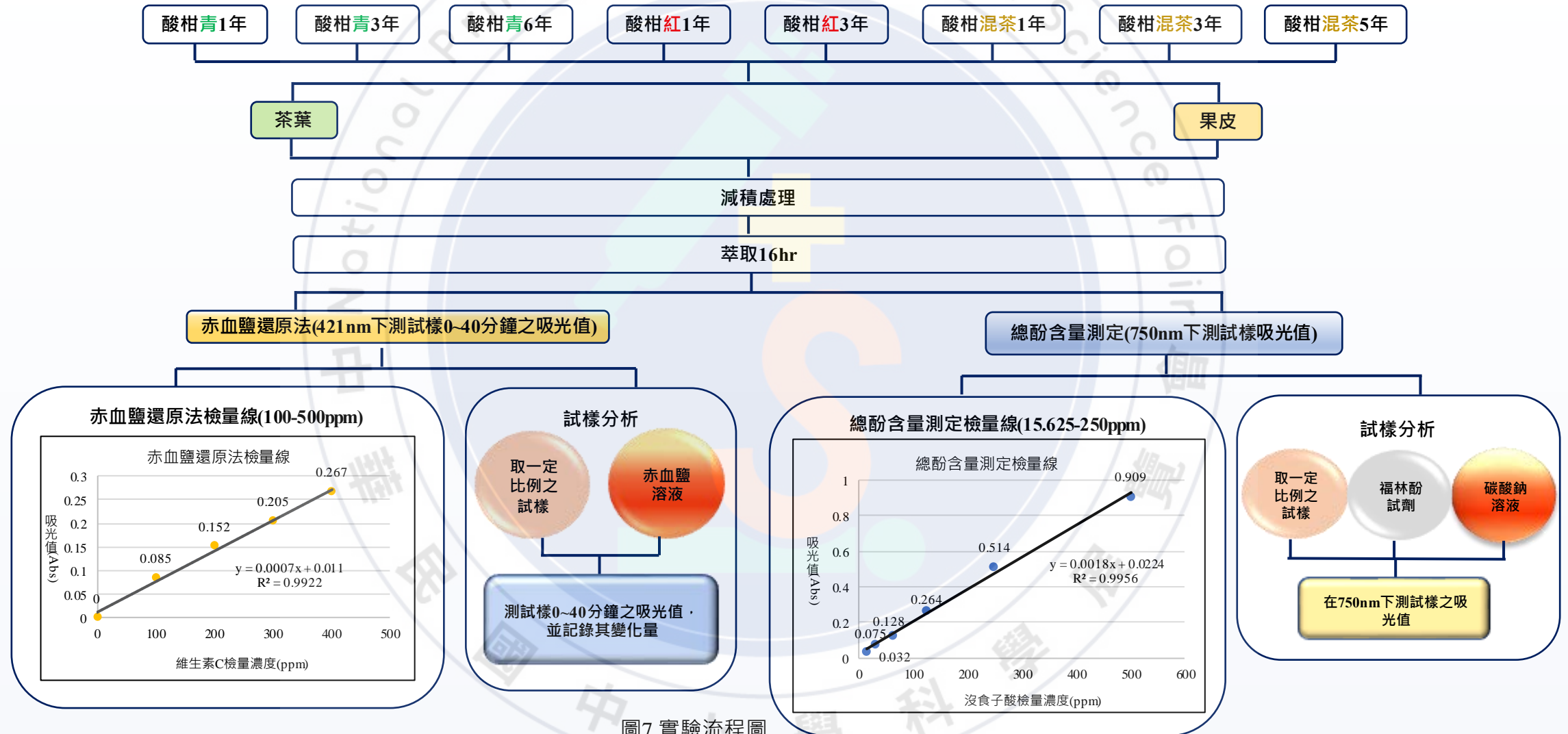
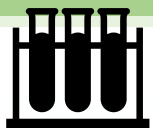


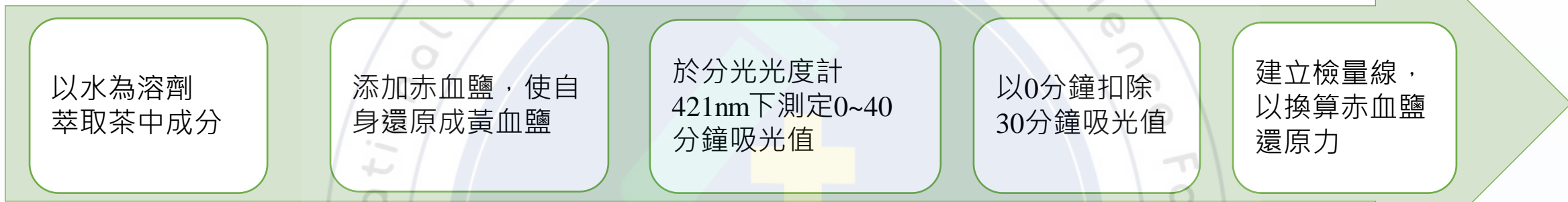
圖7 實驗流程圖

研究方法



赤血鹽還原法

赤血鹽還原法檢量線： $y = 0.0007x + 0.011$
 $R^2 = 0.9922$



赤血鹽(氧化劑)
 茶湯試樣(抗氧化物)

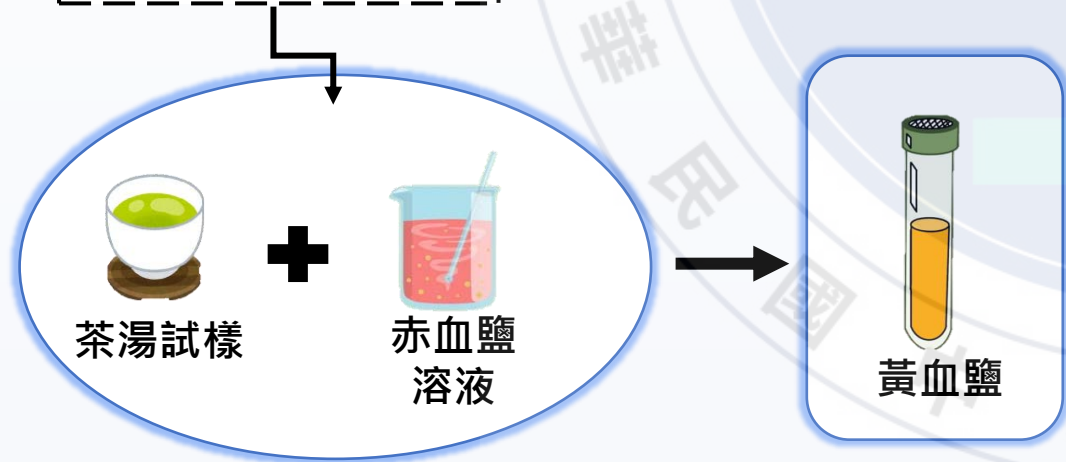
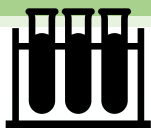


表2 溶液顏色對應之光波顏色

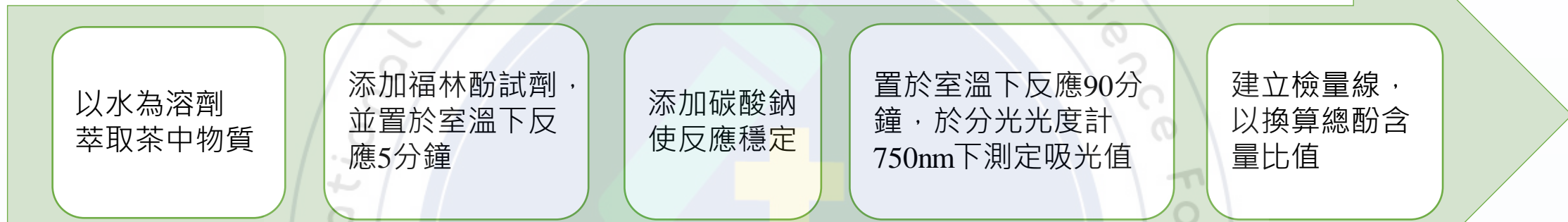
溶液顏色	黃綠色	黃色	橙色	紅色	紫紅色	紫色	藍色	綠藍色	藍綠色
光波顏色	紫色	藍色	綠藍色	藍綠色	綠色	黃綠色	黃色	橙色	紅色
吸收波長	400~435 (nm)	435~480 (nm)	480~490 (nm)	490~500 (nm)	500~560 (nm)	560~595 (nm)	595~610 (nm)	610~650 (nm)	650~760 (nm)

研究方法

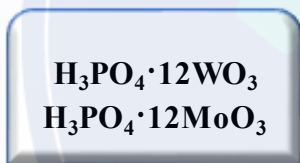


總酚含量測定(福林酚比色法)

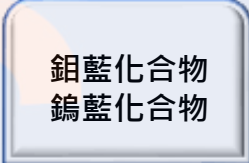
總酚含量檢量線： $y = 0.0018x + 0.0224$
 $R^2 = 0.9956$



福林酚試劑(氧化劑)
茶湯試樣(抗氧化物)



酚類物質
還原劑



磷鉬酸酚試劑

藍色溶液

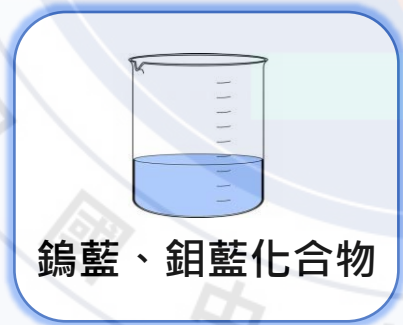
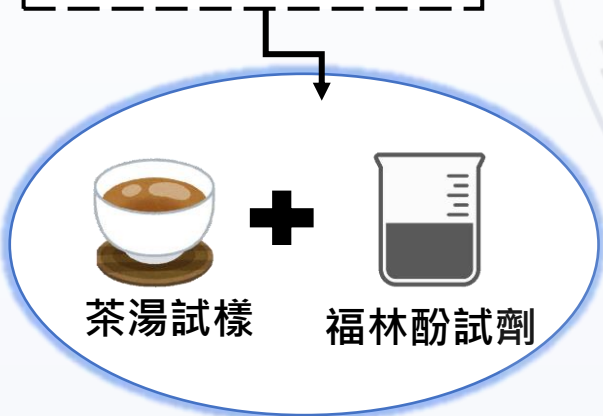


表3 溶液顏色對應之光源顏色

溶液顏色	黃綠色	黃色	橙色	紅色	紫紅色	紫色	藍色	綠藍色	藍綠色
光波顏色	紫色	藍色	綠藍色	藍綠色	綠色	黃綠色	黃色	橙色	紅色
吸收波長	400~435 (nm)	435~480 (nm)	480~490 (nm)	490~500 (nm)	500~560 (nm)	560~595 (nm)	595~610 (nm)	610~650 (nm)	650~760 (nm)

研究結果與討論

➤ 不同茶種之抗氧化力

赤血鹽還原力 吸光差值	青1年 (茶葉)	青1年 (果皮)	紅1年 (茶葉)	紅1年 (果皮)	混1年 (茶葉)	混1年 (果皮)
0分鐘平均	2.788	2.141	2.659	2.986	2.508	2.477
10分鐘平均	2.7	2.042	2.594	2.887	2.493	2.390
20分鐘平均	2.583	1.994	2.548	2.735	2.469	2.371
30分鐘平均	2.506	1.893	2.463	2.676	2.395	2.350
40分鐘平均	2.448	1.888	2.445	2.665	2.387	2.345
0-30分鐘平均	0.282	0.248	0.196	0.310	0.113	0.127
ppm	388.29	339.71	265.43	428.29	145.71	165.71
總酚含量 吸光值	青1年 (茶葉)	青1年 (果皮)	紅1年 (茶葉)	紅1年 (果皮)	混1年 (茶葉)	混1年 (果皮)
1st	0.793	0.511	0.460	0.574	0.743	0.649
2nd	0.711	0.598	0.481	0.522	0.753	0.844
平均	0.752	0.555	0.471	0.548	0.748	0.747
ppm	380.21	276.53	232.32	272.84	378.10	377.58

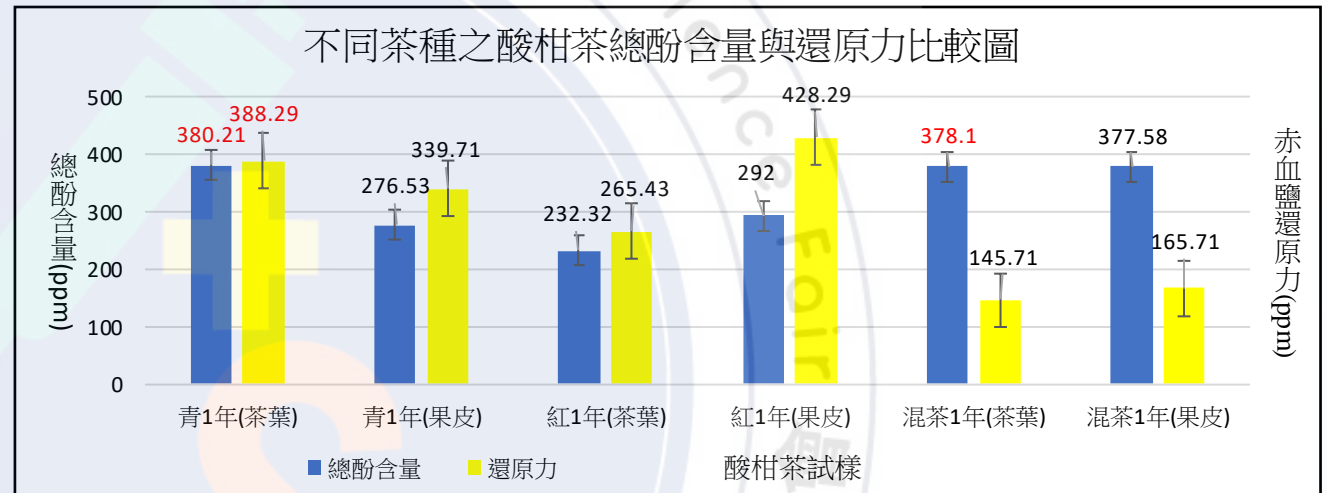


圖8 不同茶種抗氧化能力比較圖

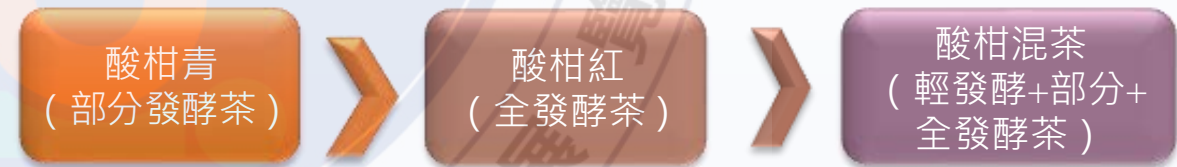


圖9 不同填裝茶種之酸柑茶抗氧化能力比較圖



- 抗氧化能力會隨發酵程度增加而減少。
- 酸柑青(部分發酵茶)比酸柑紅(全發酵茶)抗氧化能力為佳。

研究結果與討論

不同年份之酸柑茶抗氧化力

赤血鹽還原力 吸光差值	青3年 (茶葉)	青6年 (茶葉)	混3年 (茶葉)	混5年 (茶葉)
0分鐘平均	2.788	2.141	2.508	2.477
10分鐘平均	2.7	2.042	2.493	2.390
20分鐘平均	2.583	1.994	2.469	2.371
30分鐘平均	2.506	1.893	2.395	2.350
40分鐘平均	2.448	1.888	2.387	2.345
0-30分鐘平均	0.282	0.248	0.113	0.127
ppm	471.83	170	497.14	271.14
總酚含量 吸光值	青3年 (茶葉)	青6年 (茶葉)	混3年 (茶葉)	混5年 (茶葉)
1st	0.793	0.511	0.743	0.649
2nd	0.711	0.598	0.753	0.844
平均	0.752	0.555	0.748	0.747
ppm	380.21	276.53	378.10	377.58

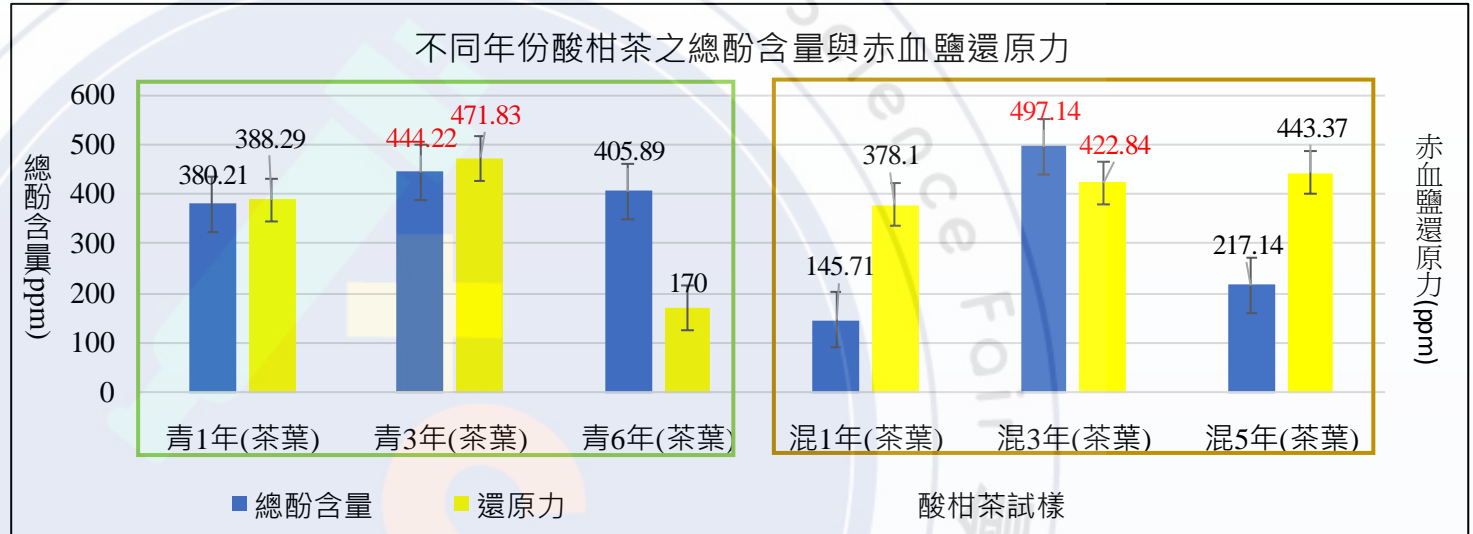


圖10 不同年份之酸柑茶抗氧化能力比較圖



張祐維(2021)客家酸柑茶研究中指出：「研究發現長時間存放(1年、5年)酸柑茶會影響抗氧化能力，隨著儲存年份增加果皮、茶葉的螯合亞鐵能力先減少再增加」

- 茶葉的總酚含量會隨年份先增加後減少。
- 經文獻探討 (張祐維 2021)發現有一致趨勢變化。

圖11 參考文獻資料圖

研究結果與討論

➤ 酸柑混茶與酸柑青茶抗氧化能力比較

赤血鹽還原力 吸光差值	青6年(茶葉)	青6年(果皮)	混5年(茶葉)	混5年(果皮)
0分鐘平均	2.774	2.5785	2.427	2.431
10分鐘平均	2.75	2.573	2.37	2.399
20分鐘平均	2.679	2.547	2.293	2.316
30分鐘平均	2.645	2.49	2.264	2.273
40分鐘平均	2.637	2.4835	2.257	2.268
0-30分鐘平均	0.130	0.088	0.163	0.158
ppm	170	110	217.14	210

總酚含量 吸光值	青6年(茶葉)	青6年(果皮)	混5年(茶葉)	混5年(果皮)
1st	0.737	0.966	0.986	0.940
2nd	0.768	0.952	0.757	0.866
平均	0.753	0.959	0.872	0.903
ppm	405.89	520.33	443.37	459.68

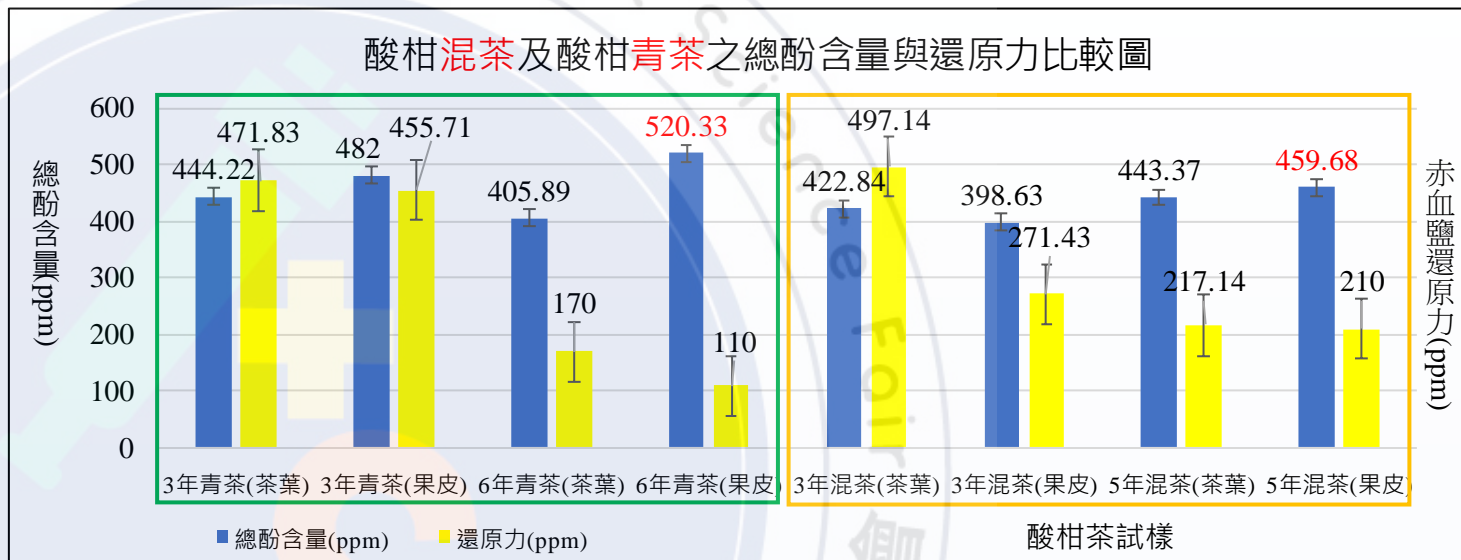


圖12 酸柑青與酸柑混茶抗氧化能力比較圖

經文獻探討後得知(馬占等人 2018)，酸柑茶在經過**蒸煮**、**烘乾**、**擠壓**等過程時可能會使**酚類物質產生相互作用**，促進**游離酚**及**結合酚**的產生，使果皮總酚含量上升，但整體而言，3年的酸柑青茶抗氧化能力較為出色。

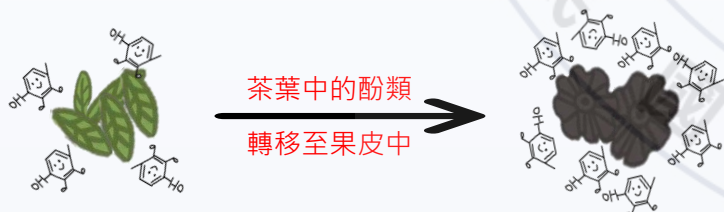


圖13 茶多酚轉移至果皮示意圖



圖14 茶多酚上升原因概念圖

結論

- 一、酸柑內填充之茶葉**隨著加工方式的不同**，使其抗氧化活性成分有所變動。
- 二、**年份的不同**可能會導致**酚類物質轉移至果皮中**，研究結果發現**貯放時間增長**，**酸柑茶果皮之抗氧化能力**有明顯上升的現象。



- 三、整體而言以**3年酸柑青茶**抗氧化能力表現最佳。



- 四、未來在經費無虞下可多**增加試樣**，探討酸柑茶於**存放過程中物化性質**、**活性物質含量**及**抗氧化能力之變化**，以提供未來作為**判定酸柑茶品質的依準**。

參考資料

- 1.張淑芬 (2013) 。不同發酵程度茶葉之抗氧化能力比較分析。臺中市：朝陽科技大學。
- 2.張祐維 (2021) 。客家酸柑茶之活性成分鑑定分析與年份之相關性探討。台北市：國立海洋大學。
- 3.陳良宇、鄭建璋、王志玄、林志璋、張云力、李瑞玲、游欣、梁致遠 (2012) 。鹼催化對Folin-Ciocalteu試劑檢測總多酚含量的影響。桃園市：銘傳大學。
- 4.林永欽 (2017) 。臺灣產紅茶抗氧化能力之研究。嘉義市：國立嘉義大學。
- 5.鄭緯文、徐瑋隆、邱浩瑄、陳勝志 (2018) 。茶的世界。新竹市：國立新竹高級工業職業學校。
- 6.馬占倩、吳娜娜、易翠平、譚斌斌 (2018) 。熱加工過程對植物酚類物質結構、含量及氧化活性影響研究進展。長沙理工大學化學與食品工程學院
- 7.劉惟竣、詹承穎、潘振盛 (2014) 。從『C』到『酚』-Folin-Ciocalteu試劑改良研究。臺中市：國立東勢高級職業學校。
- 8.黃敬雲 (2017) 。紅茶萃取物之茶黃素抗氧化活性研究。臺中市：國立中興大學。
- 9.林志城 (2015) 。客家酸柑茶田野調查與加工貯放對成分變化的影響。新竹市：元培醫事科技大學。