

中華民國第 62 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組 物理科

佳作

080117

「茶」顏觀色，原來「乳」此

學校名稱：嘉義縣梅山鄉瑞峰國民小學

作者： 小五 陳思菱 小五 陳品安 小五 吳岑珍 小五 鄭峻憶	指導老師： 劉庭好 黃信誠
---	---------------------

關鍵詞：茶乳、散射、光

摘要

小茶種紅茶是我們家鄉的在地物產，結合學校課程特色，探究不同重量、不同季節和不同品種的紅茶沖泡出來的茶湯，發現經過冰箱冷藏後，僅有一部分產生茶乳現象 (Tea Creaming)，還發現溫度回升後會恢復清澈茶色。透過物理光學觀測試著找出茶乳現象的臨界時間，此時所對應之環境溫度、茶沖泡濃度與茶品種關係，預計未來能夠作為評斷好茶的一種輔助工具。

研究中發現，不是所有的茶都會有茶乳現象，只有觀察到紅茶會產生現象。其次，觀察到茶乳現象之紅茶濃度需足夠才會產生茶乳現象，其中觀察到夏茶產生茶乳現象明顯、冬茶則無。最後透過不同茶種，觀察到小葉種紅茶會產生現象，大葉種紅茶則未觀察到。期望讓品嚐紅茶的愛好者，未來多一個紅茶能夠參考其價值之依據。

壹、 研究動機

夏季所生產的高山茶非常廉價，因為採工和做工成本高，所以茶菁幾乎都剪掉，藉以讓茶樹休息，等待秋季來臨時能收獲更多茶菁。然而經過茶改場輔導，若將夏季高山茶製成紅茶，反而提高其原有品質，並具有特殊風味、深受大眾喜愛，目前夏季高山紅茶已經普遍協助茶農增進經濟收入。








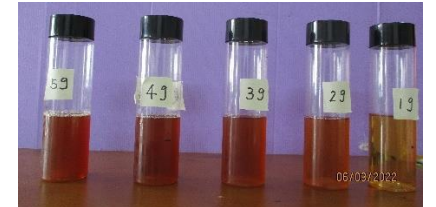

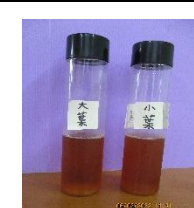


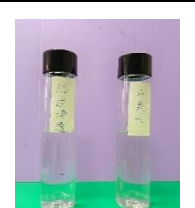







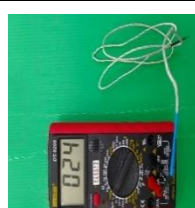

某豔陽之夏日午後，將沒喝完的紅茶放到冰箱冷藏，隔天再拿出來喝時，發現茶湯顏色混濁，以為壞了，而不敢喝，一直擱在桌上許久。可是過了兩個多小時，茶湯漸漸澄清，最後竟恢復原來的樣貌，讓我們覺得很奧妙，這種沒有加牛奶或奶球的紅茶，竟然跟奶茶一樣，無添加任何奶製品的奶茶十分有趣，發現此現象引起了我們探究此主題的動機。






貳、 研究目的

- 一、了解茶乳產生的過程。

- 二、探討不同水質的水泡出來的茶湯，對茶乳產生是否有影響。
- 三、探討不同重量的紅茶所泡出來的茶湯，是否能產生茶乳現象。
- 四、探討不同季節的紅茶所泡出來的茶湯，是否能產生茶乳現象。
- 五、探討不同種類的紅茶所泡出來的茶湯，是否能產生茶乳現象。
- 六、透過物理觀測找出茶乳現象的臨界時間、所對應之環境溫度、茶沖泡濃度與茶品種關係。
- 七、透過上述研究過程，試著找出評斷一款紅茶的參考標準。

參、研究設備及器材

一 茶 葉					
					
					
二 設 備	 電子磅秤	 評鑑杯組	 圓盤	 計時器	 煮水器
	 光度計	 綠光雷射筆	 紅光雷射筆	 熱電偶溫度計	 透明門冰箱

				
塑膠瓶	光度計腳架照	溫度計	相機腳架	大型冰箱


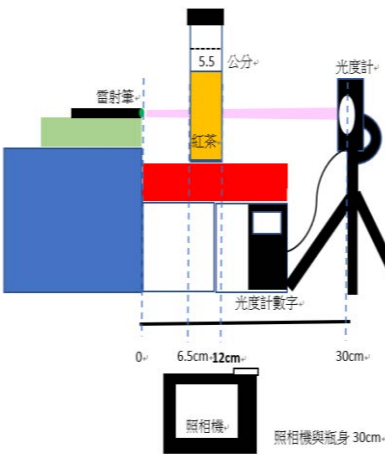

一、茶葉說明

- 1.小葉種紅茶:大阿里山的紅茶是用烏龍茶全發酵製作而成的。
- 2.烏龍茶:使用青心烏龍茶半發酵製作而成。
- 3.白茶:白茶傳統製法是採摘葉背具有多茸毛芽葉品種的鮮嫩芽葉，不炒不揉，全程自然陰乾最後乾燥的 20%~30%發酵製作而成方式製成。
- 4.大葉種紅茶:夏季佛手全發酵製作而成的紅茶。
- 5.本實驗採用的小葉種是夏天製成的，故小葉種和夏茶是一樣的。

二、使用水說明

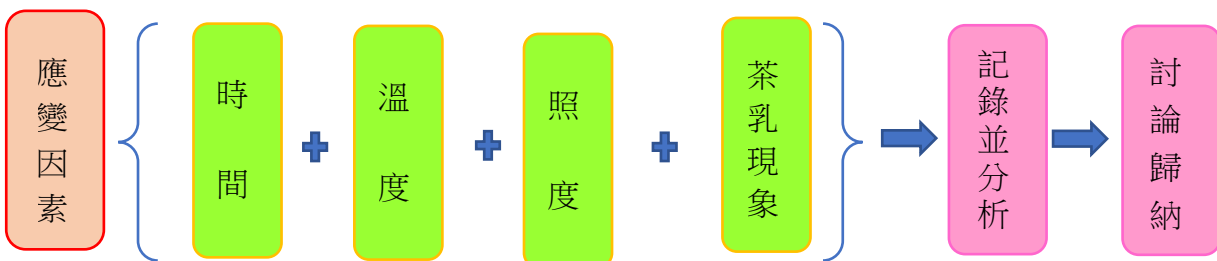
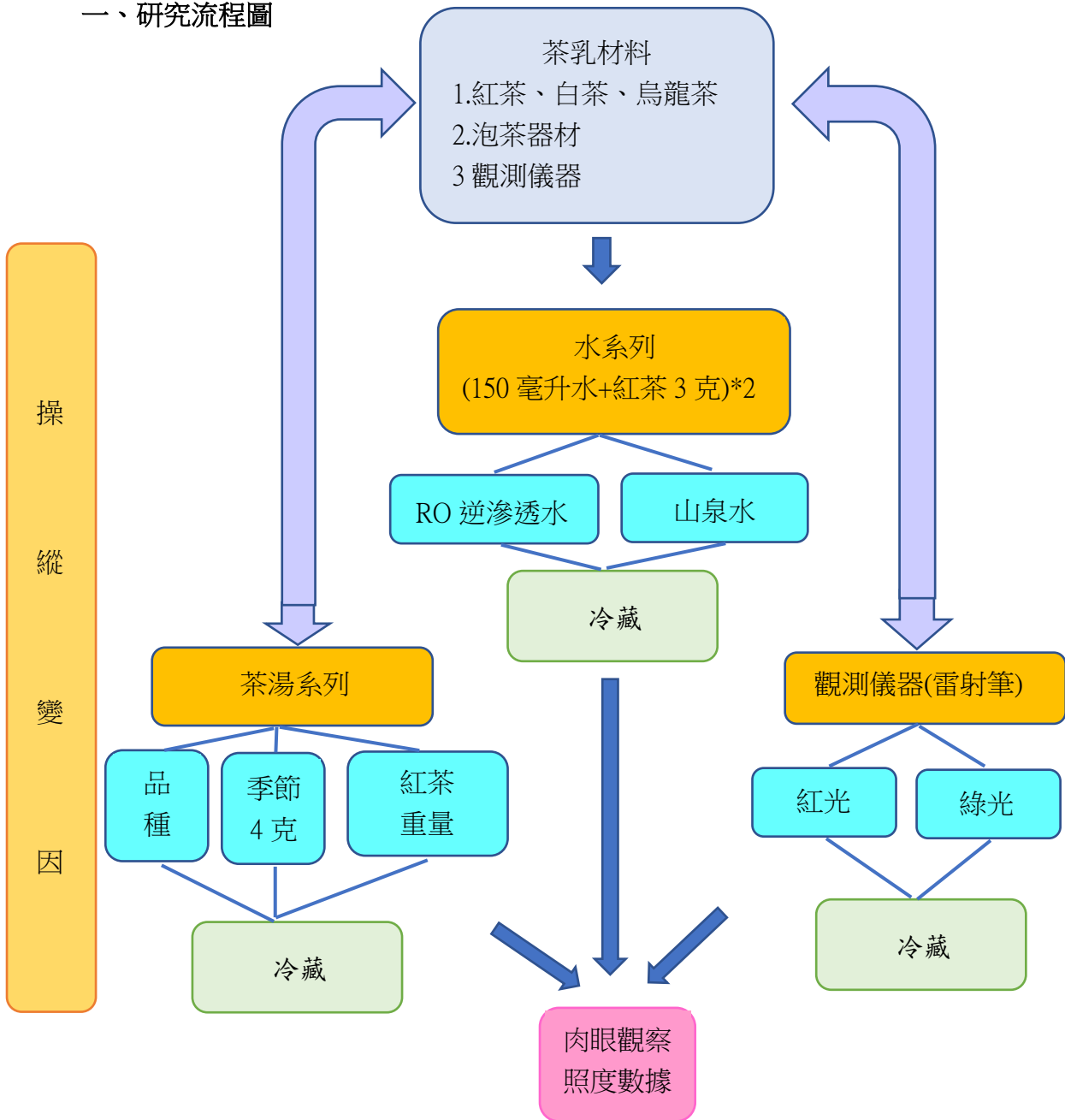
- 1.山泉水:來自海拔 1100 公尺的山區山泉水，流至學校，從學校的水龍頭直接裝水。山泉水是經過山體自淨化而形成的天然水，水體在流動也融入了一些對人體有益的礦物質成分，同時由於水體裸露於地表，易遭受外界污染。
- 2.RO 逆滲透水:山泉水經過飲水機過濾後取用。

三、器材架設

模擬圖	示意圖	實景圖
		

肆、研究過程或方法

一、研究流程圖



二、研究步驟和方法

(一)訪問及資料蒐集

- 1.詢問教師及社區長輩:完全不懂茶乳現象的我們，對於茶乳的相關事宜一竅不通，於是我們詢問教師及長輩等，匯集了各種意見和方法，開始動手操作後，發現製作茶乳是可以做的呢！
- 2.運用網路資源，蒐集有關茶乳現象相關影片與資訊。
- 3.調查家鄉紅茶有哪些品種可以做研究變化，有小葉紅、大葉紅、冬片紅。
- 4.查閱書籍再次釐清實驗目的。

(二)討論設計實驗儀器架設

- 1.首先茶乳現象從肉眼便可觀察，但如何透過科學研究，讓茶乳現象更具科學意義及價值。
- 2.正當大家討論茶乳現象沒有數據的佐證時，與本校合作的大學教授到校帶機器人科普活動時，機器人能透過感光 and 聲控，便可移動或出聲，突發奇想想運用光感測的數據來做實驗。
- 3.考慮到我們對光的認識還不足，便運用網路資源，查閱光概念，光的行進、折射、反射。
- 4.與老師及專家學者討論茶乳現象要使用哪種感光儀器和運用的原理，發現紅光和綠光雷射筆，照射過茶湯，進而投射到感光儀器，數字竟有不同的變化。這過程需三個月以上，我們只有一邊做一邊找儀器，一邊修正距離，距離會有反射現象，所以我們量測的距離都需在沒有反射之前的數據，以免感光數據變小。
- 5.在儀器的架設上也經過幾番波折，一開始測量距離不固定且光是斜射，所以數據產生無規律。接著測量固定距離但光不是直線前進，經常產生反射，且反射現象影響數據，找不出規律。最後測量距離固定且測量光線是直射，測量時間很短暫，測量好馬上冰入冰箱，產生的數據便有一定的規律。

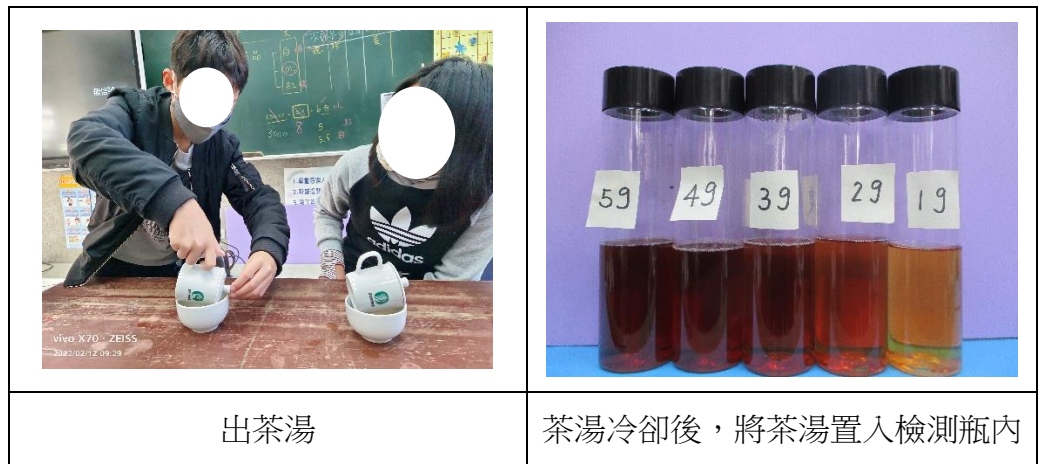
6.操縱變因不同濃度上首先選擇高濃度 150 毫升水沖泡 6、9、12 克的紅茶，因為濃度太高，很快就形成茶乳。但我們實際泡茶不會泡那麼濃的紅茶，後來經老師指導後，採用評鑑比賽茶的標準重量來分析。

	
<p>光線斜射易產生反射</p>	<p>光線直射反射現象減少</p>
	
<p>1-5 克參考值較合理</p>	<p>1、3、6、9、12 克中的 6、9、12 克濃度太高，平時不會泡那麼濃，所以以平時所泡的茶湯濃度來觀查紀錄</p>

(三)茶湯泡法

經過討論及參考老師及社區人士的建議，選擇以評鑑比賽茶的標準泡茶程序作為本次實驗的泡茶準則。

	
<p>茶葉秤重</p>	<p>注水 150 毫升及計時 5 分</p>

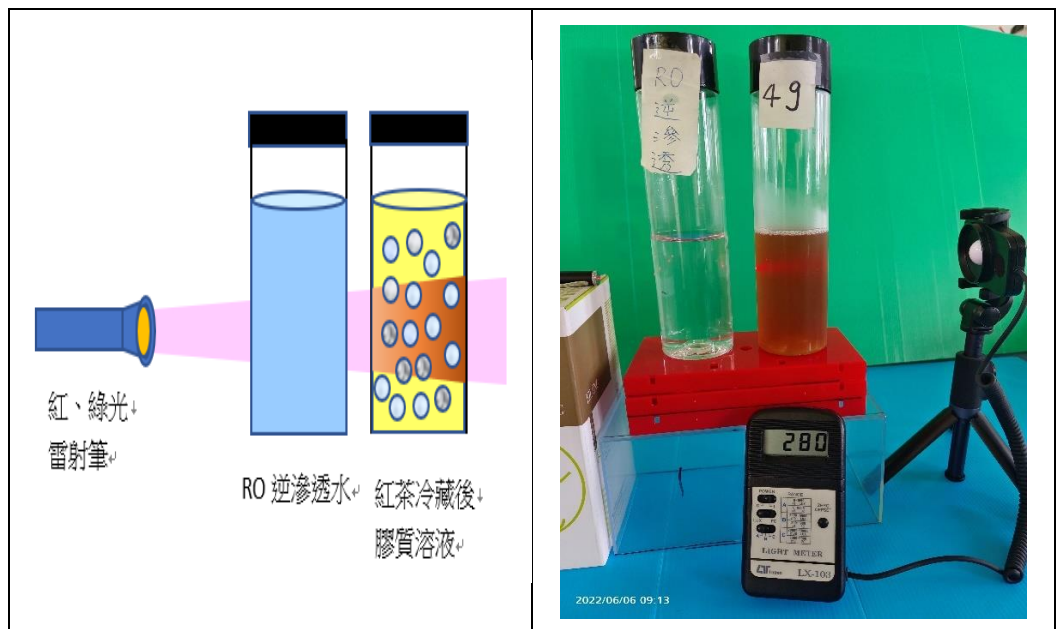


三、實驗設計構想

(一) 實驗設計來自於廷得耳效應: 廷得耳效應得名自物理學家約翰·廷得耳，當一束光線透過膠體，從入射光的垂直方向可以觀察到膠體裡出現的一條光亮的「通路」，其原理是光被懸浮的膠體粒子(例如：乳劑、混懸劑)所散射。茶乳現象發生時，即是茶分子大量聚集成膠體分子的時候，射入茶湯溶液中的光就產生明顯的散射路徑。

示意圖:

實景圖:



(二) 問題假設:

1. 烏龍茶、白茶、紅茶都有茶乳現象嗎?

- 2.當茶乳產生時，透過雷射筆照射的數據是否會減少?
- 3.不同濃度的紅茶都有茶乳現象嗎?
- 4.不同季節所產的紅茶都能夠產生茶乳現象嗎?
- 5.大葉種紅茶或小葉種紅茶都會產生茶乳嗎?

(三)初步觀察

- 1.烏龍茶、白茶、紅茶都有茶乳現象。
- 2.當茶乳產生時，透過雷射筆照射的數據是會減少。
- 3.不同濃度的紅茶都有茶乳現象。
- 4.不同季節所產的紅茶都能夠產生茶乳現象。
- 5.大葉種紅茶和小葉種紅茶都會產生茶乳。

(四)控制變因

- 1.大部分使用 RO 逆滲透水，水質固定，觀測茶乳的產生。
- 2.測量時間短促，以免影響茶湯變化。
- 3.全部從冰箱取出測量，且在杯緣產生霧氣前測量，改良後可在冷氣房下操作實驗。
- 4.每隔五十分測量一次，每次下降度數不相等。

(五)操縱變因:



- 1.烏龍茶、白茶、紅茶。
- 2.不同濃度的紅茶(150 毫升的水沖泡 1、2、3、4、5 克的紅茶)。
- 3.夏季紅茶和冬季紅茶。
- 4.大葉種紅茶、和小葉種紅茶。

(六)應變變因:光亮度(光照度)

(七)結論:依實驗進行分析與討論，歸納統整結論。

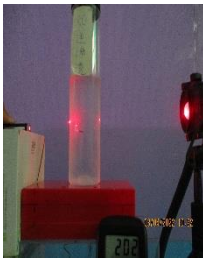


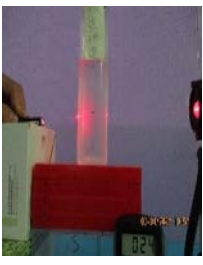
四、實驗流程

(一)實驗:選用何種水來沖泡茶

	
<p>山泉水中含有礦物質及懸浮粒子，經雷射筆照射後，觀察到有散射光束，且觀察到許多光束端點。</p>	<p>RO 逆滲透水中無礦物質，經雷射筆照射後，無法觀察到散射光束，僅觀察到一個光束端點。</p>

經觀察後，RO 逆滲透水較適合本實驗觀察，較不會影響茶葉沖泡產生的物質。

(二)實驗二:RO 逆滲透水冷藏後的變化，量測光照度 Lux(表格簡稱 光度)


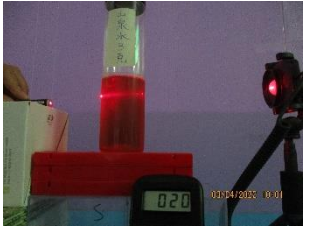




			
<p>溫度 20°C 照度 202Lux</p>	<p>溫度 10°C 照度 19Lux</p>	<p>溫度 6°C 照度 17 Lux</p>	<p>溫度 3°C 照度 24 Lux</p>

經觀察後，在常溫下 RO 逆滲透水照度高，但冷藏溫度(°C)後對照度影響並不大，適合本實驗所採用的水。

(三) 實驗三:150 毫升山泉水沖泡 3 克的紅茶

(1)A 紅色雷射筆照射所經過的時間、溫度(°C)、照度(Lux)






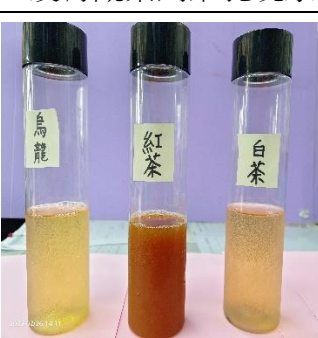
B 綠色雷射筆光照射在 150 毫升山泉水沖 3 克紅茶數據

紅茶	0	1次	2次	3次	4次	5次		1次	2次	3次	4次	5次
時間	0	30	60	90	120	150		30	60	90	120	150
溫度(°C)	27	19	4	3	4	4		19	4	3	4	4
測光前照度	8	5	9	5	10	6		8	27	6	8	6
測光後照度	53	20	12	12	15	11		192	1000	6	43	60
照度增加	45	15	3	7	5	5		184	973	0	35	54

經過實驗證明山泉水中含有礦物質，在做實驗過程會影響準確度，故往後的實驗我們大部分採用 RO 逆滲透水。

(四)實驗四:烏龍茶、白茶、紅茶誰會有茶乳現象?

		
一開始， 觀察到都沒有茶乳現象	冰 50 分鐘後， 沒有觀察到茶乳現象	冰 100 分鐘後， 沒有觀察到茶乳現象
		
冰 150 分鐘後， 觀察到慢慢有茶乳現象	冰 200 分鐘後， 有觀察到明顯茶乳現象	將茶品放置常溫下， 觀察到紅茶有茶乳現象

說明：1.紅茶冷藏溫度到 150 分鐘後發現茶乳現象。

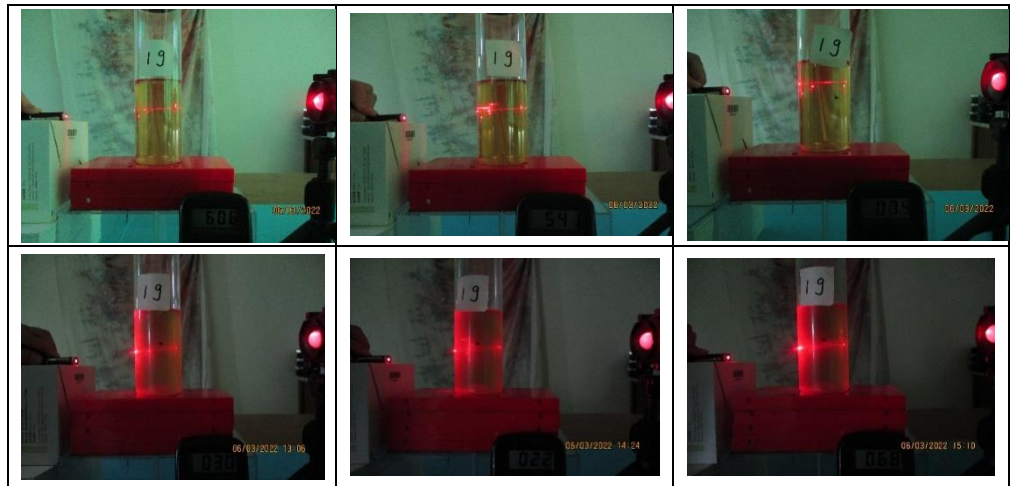
2.白茶和烏龍茶無論冷藏多久，溫度降到多低，都沒有發現茶乳現象。

3.這個實驗用肉眼便能清楚分辨，故沒有使用儀器測量照度。

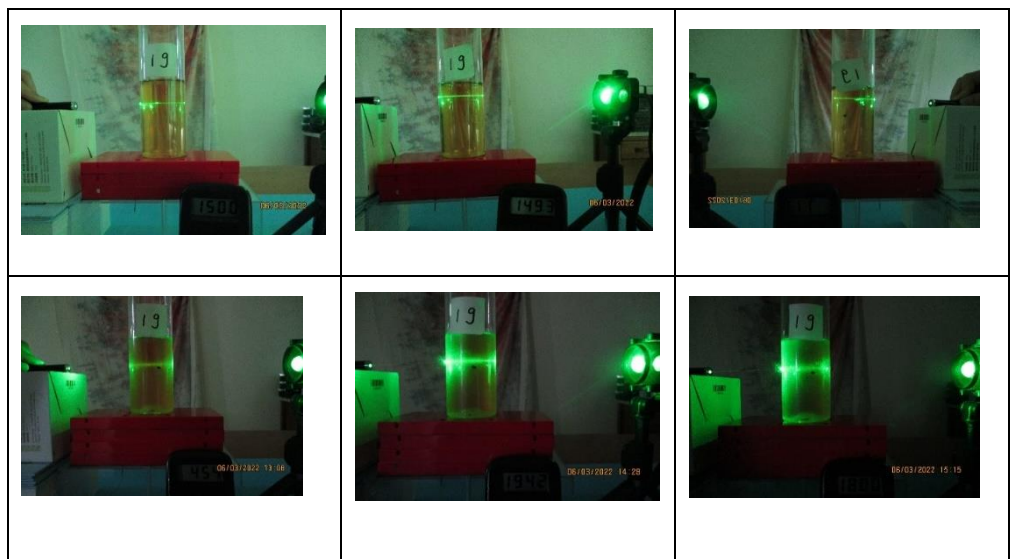
(五) 實驗五:不同濃度的紅茶(150 毫升的水沖泡 1、2、3、4、5 克的紅茶)

1. 150 毫升水沖泡 1 克的紅茶

(1)A 紅色雷射筆照射所經過的時間、溫度(°C)、照度(Lux)



B 綠色雷射筆照射所經過的時間、溫度(°C)、照度(Lux)



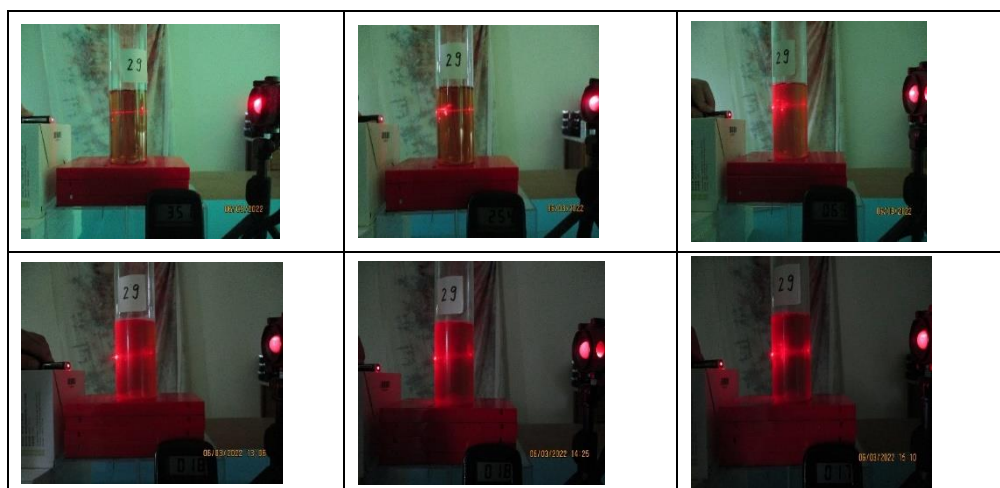
(2)A 紅色雷射筆光照射在 150 毫升水沖 1 克紅茶數據

B 綠色雷射筆光照射在 150 毫升水沖 1 克紅茶數據

紅茶 1 克	A	1 次	2 次	3 次	4 次	5 次	B	1 次	2 次	3 次	4 次	5 次
時間(分)	0	50	100	150	200	250	0	50	100	150	200	250
溫度(°C)	27	20	16	14	13	13	27	20	16	14	13	13
測光前照度	8	8	9	8	7	5	8	10	7	7	7	4
測光後照度	606	541	74	30	22	68	1500	1493	713	454	1942	1800
照度增加	598	533	65	22	15	63	1492	1483	706	447	1935	1796

2. 150 毫升水沖泡 2 克的紅茶

(1)A 紅色雷射筆照射所經過的時間、溫度(°C)、照度(Lux)



B 綠色雷射筆照射所經過的時間、溫度(°C)、照度(Lux)



(2)A 紅色雷射筆光照射在 150 毫升水沖 2 克紅茶數據

B 綠色雷射筆光照射在 150 毫升水沖 2 克紅茶數據

紅茶 2 克	A	1 次	2 次	3 次	4 次	5 次	B	1 次	2 次	3 次	4 次	5 次
時間(分)	0	50	100	150	200	250	0	50	100	150	200	250
溫度(°C)	27	20	15	14	13	12	27	20	15	14	13	12
測光前照度	8	10	9	8	7	5	8	7	8	8	6	4
測光後照度	351	254	61	18	18	17	1327	461	322	268	445	530
照度增加	343	244	52	10	11	12	1319	454	314	260	439	526

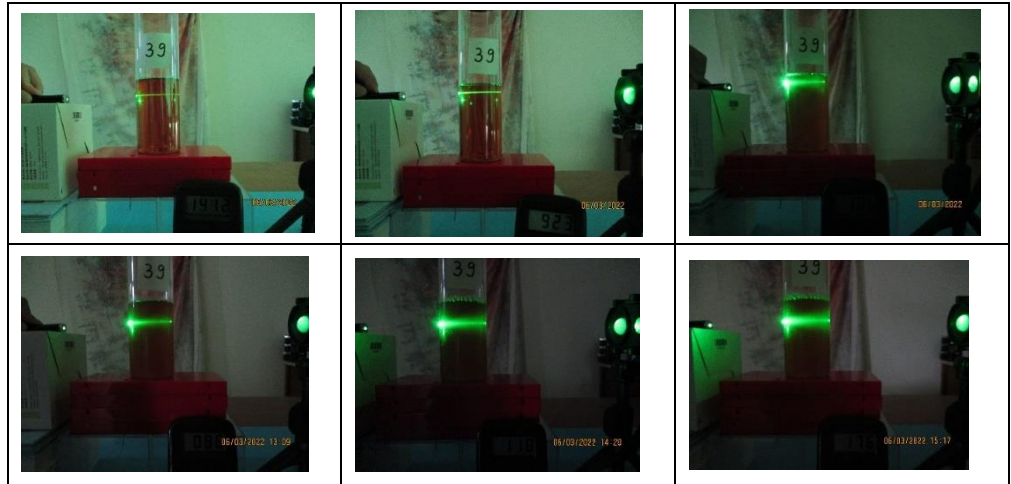
3. 150 毫升水沖泡 3 克的紅茶

(1)A 紅色雷射筆照射所經過的時間、溫度(°C)、照度(Lux)





B 綠色雷射筆照射所經過的時間、溫度(°C)、照度(Lux)



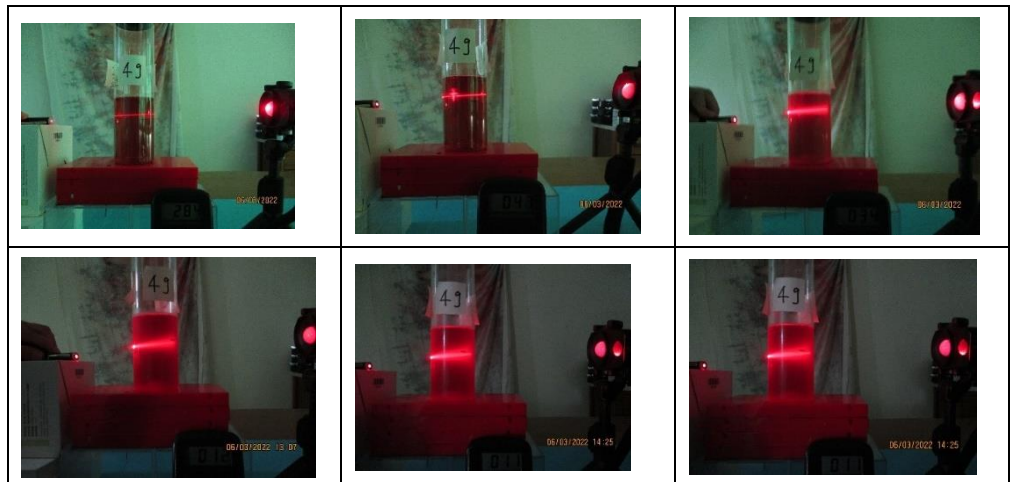
(2) A 紅色雷射筆光照射在 150 毫升水沖 3 克紅茶數據

B 綠色雷射筆光照射在 150 毫升水沖 3 克紅茶數據

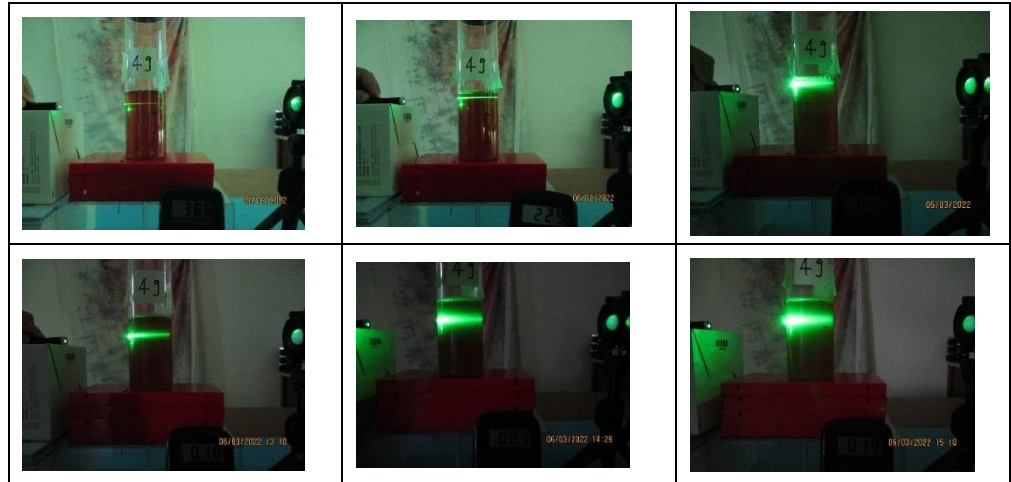
紅茶 3 克	A	1 次	2 次	3 次	4 次	5 次	B	1 次	2 次	3 次	4 次	5 次
時間(分)	0	50	100	150	200	250	0	50	100	150	200	250
溫度(°C)	27	19	14	13	12	11	27	19	14	13	12	11
測光前照度	6	10	8	8	7	5	8	7	6	7	6	4
測光後照度	283	308	26	18	19	21	1412	923	106	86	118	176
照度增加	277	298	18	10	12	16	1404	916	100	79	112	172

4. 150 毫升水沖泡 4 克的紅茶

(1)A 紅色雷射筆照射所經過的時間、溫度(°C)、照度(Lux)



B 綠色雷射筆照射所經過的時間、溫度(°C)、照度(Lux)

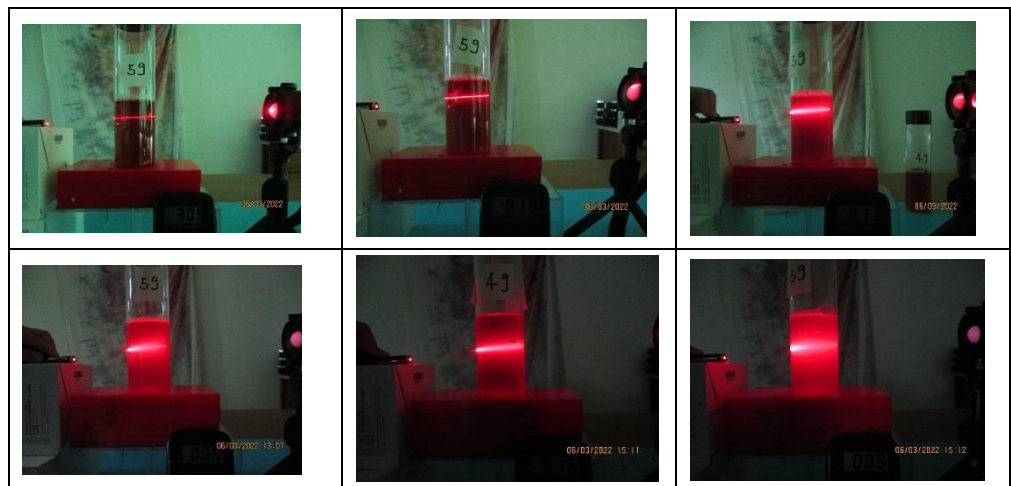


(2) A 紅色、B 綠色雷射筆光照射在 150 毫升水沖 4 克紅茶數據

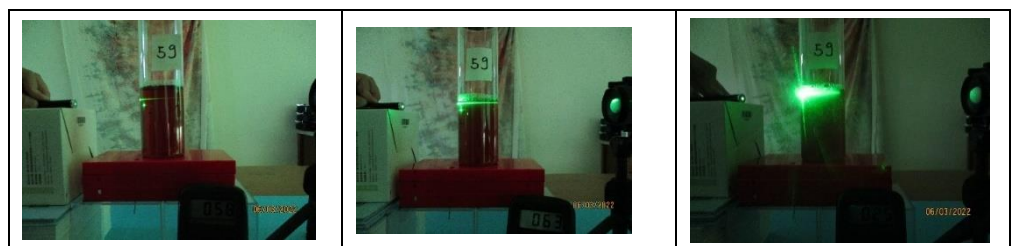
紅茶 4 克	A					B						
	1 次	2 次	3 次	4 次	5 次	1 次	2 次	3 次	4 次	5 次		
時間(分)	0	50	100	150	200	250	0	50	100	150	200	250
溫度(°C)	27	19	14	13	12	10	27	19	14	13	12	10
測光前照度	6	10	8	6	6	5	8	7	6	6	5	5
測光後照度	284	47	34	18	11	11	386	229	40	18	21	19
照度增加	278	37	26	12	5	6	378	222	34	12	16	14

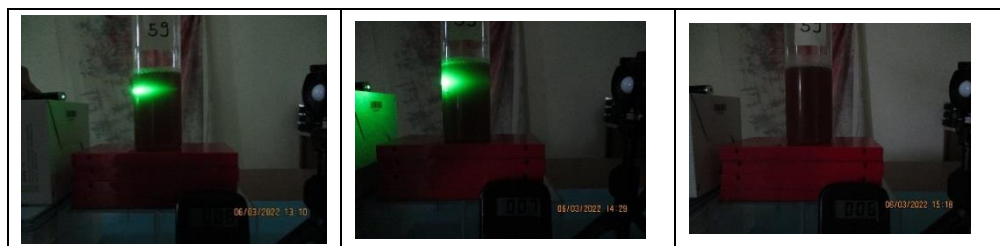
5. 150 毫升水沖泡 5 克的紅茶

(1)A 紅色雷射筆照射所經過的時間、溫度(°C)、照度(Lux)



B 綠色雷射筆照射所經過的時間、溫度(°C)、照度(Lux)

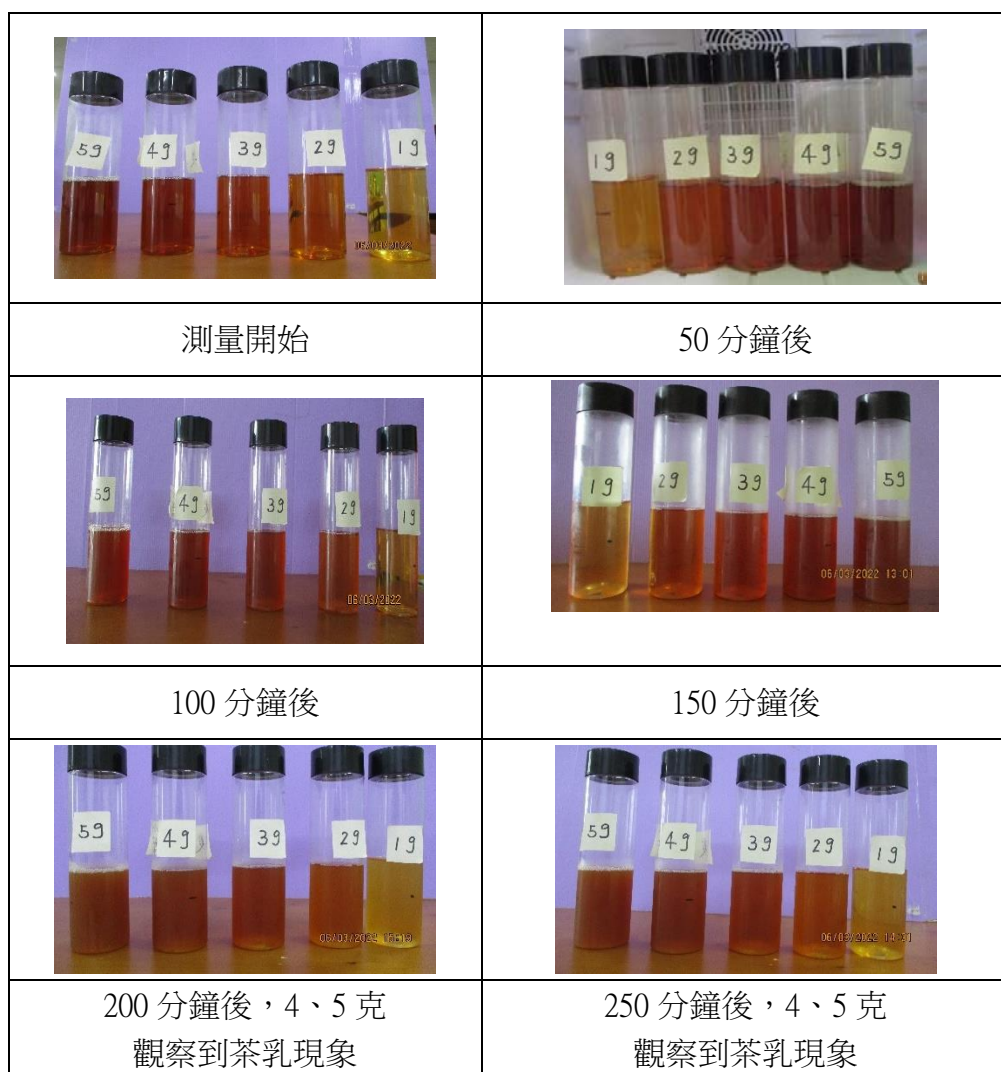




(2) A 紅色、B 綠色雷射筆光照射在 150 毫升水沖 5 克紅茶數據

紅茶 5 克	A					B						
	1 次	2 次	3 次	4 次	5 次	1 次	2 次	3 次	4 次	5 次		
時間(分)	0	50	100	150	200	250	0	50	100	150	200	250
溫度(°C)	27	19	15	13	12	11	27	19	15	13	12	11
測光前照度	6	10	8	10	7	5	8	7	6	5	5	6
測光後照度	309	19	11	9	8	5	58	63	25	8	7	7
照度增加	303	9	3	-1	1	0	50	56	19	3	2	1

6. 1-5 克紅茶重量隨時間變化



測量開始

50 分鐘後



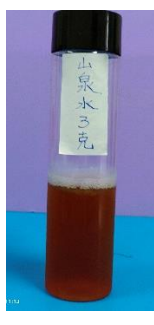
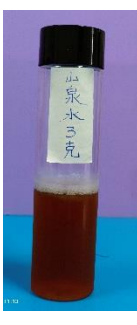
100 分鐘後

150 分鐘後

200 分鐘後，4、5 克
觀察到茶乳現象







250 分鐘後，4、5 克
觀察到茶乳現象

7. 茶乳復原

			
復原開始	50 分鐘後	100 分鐘後	150 分鐘後， 觀察到 茶乳現象復原

(六) 實驗六: 不同季節所產的紅茶都產生茶乳現象

1. 觀察分析

		
測量開始	50 分鐘後	100 分鐘後
		
150 分鐘後	200 分鐘後， 夏茶觀察到茶乳現象	250 分鐘後，夏茶觀察 到茶乳現象，冬茶無

2. 數據

(1) 夏季紅茶紅光雷射筆量測

(2) 冬季紅茶紅光雷射筆量測

紅茶	1 次	2 次	3 次	4 次	5 次		1 次	2 次	3 次	4 次	5 次	
時間(分)	50	100	150	200	250		50	100	150	200	250	
溫度(°C)	27	19	14	13	12	10	27	20	16	14	13	12
測光前照度	7	7	6	7	6	4	7	10	8	8	7	4

測光後照度	284	136	36	12	17	11	404	162	28	213	16	20
照度增加	277	129	30	5	11	7	397	152	20	205	9	16


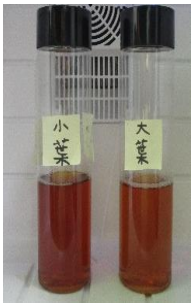




(3) 夏季紅茶綠光雷射筆量測

(4) 冬季紅茶綠光雷射筆量測

紅茶	0	1次	2次	3次	4次	5次	0	1次	2次	3次	4次	5次
時間(分)	0	50	100	150	200	250	0	50	100	150	200	250
溫度(°C)	27	19	14	13	12	10	27	20	16	14	13	12
測光前照度	8	6	6	6	5	5	8	18	6	7	5	8
測光後照度	287	397	62	12	14	18	1028	1592	1712	94	11	161
照度增加	279	391	56	6	9	13	1020	1574	1706	87	6	153

(七)實驗七:大葉種紅茶、和小葉種紅茶觀察

1.觀察分析

		
測量前	50 分鐘後	100 分鐘後
		
150 分鐘後，小葉種紅茶觀察到產生茶乳現象	200 分鐘後，小葉種紅茶觀察到產生茶乳現象	250 分鐘後，小葉種紅茶觀察到產生茶乳現象，大茶種紅茶還是沒有茶乳現象

2.數據

(1)小葉種紅光雷射筆量測

(2)大葉種紅光雷射筆量測

紅茶	0	1次	2次	3次	4次	5次	0	1次	2次	3次	4次	5次
時間(分)	0	50	100	150	200	250	0	50	100	150	200	250
溫度(°C)	27	19	14	13	12	10	27	20	15	14	13	12

測光前照度	7	7	6	7	6	4	6	11	8	9	8	5
測光後照度	287	167	141	16	10	10	420	197	39	11	16	22
照度增加	280	160	135	9	4	6	414	186	31	2	8	17

(3)小葉種綠光雷射筆量測

(4)大葉種綠光雷射筆量測

紅茶	0	1次	2次	3次	4次	5次	0	1次	2次	3次	4次	5次
時間(分)	0	50	100	150	200	250	0	50	100	150	200	250
溫度(°C)	27	19	14	13	12	10	27	20	15	14	13	12
測光前照度	7	7	6	5	4	5	8	7	6	7	5	6
測光後照度	210	85	38	18	18	15	438	247	504	73	101	126
照度增加	203	78	32	13	14	10	430	240	498	66	96	120

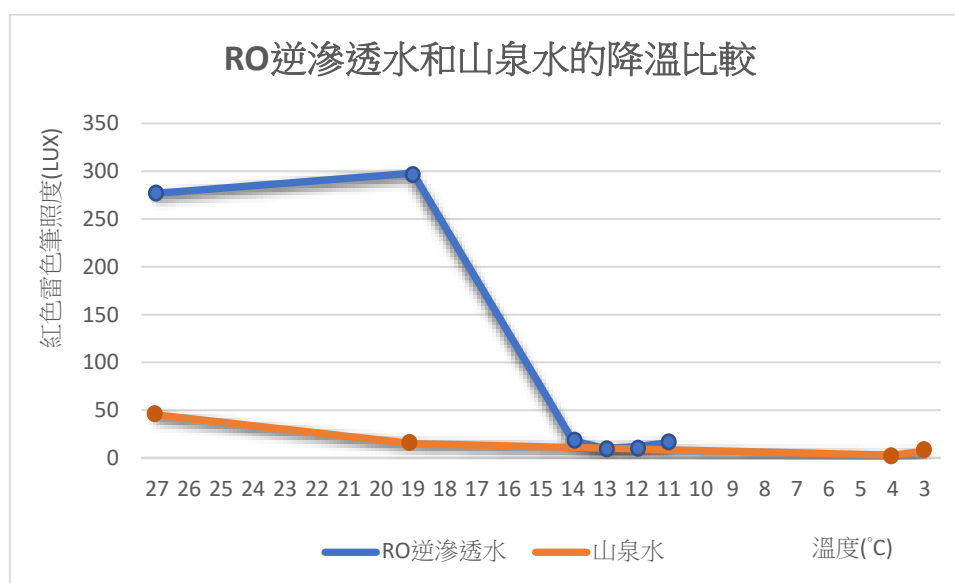
(八)實驗八:4 克紅茶使用紅色雷射筆照射，從沖泡、冷卻、產生茶乳到最後復原

				
20°C 照度從316Lux到498Lux，增加182Lux	50分，17°C 照度從314Lux到475Lux，增加161Lux	100分 10.5°C 照度從375Lux到432Lux，增加57Lux，隱約有茶乳現象	150分，4°C 照度從107Lux到98Lux，減少9Lux，茶乳現象明顯	
				
5°C 照度從243Lux到221Lux，減少22Lux	8°C 照度從239Lux到236Lux，減少3Lux	10°C 照度從240Lux到247Lux，增加7Lux	12°C 照度從235Lux到246Lux，增加11Lux	14°C 照度從239Lux到275Lux，增加36Lux
				
23°C 照度從86Lux到271Lux，照度增加186Lux				

伍、 研究觀察結果

- 一、實驗一: 山泉水中含有礦物質(山泉水內離子可能會增加茶乳生成、干擾實驗)，經雷射筆照射後，觀察到有散射光束，且觀察到許多光束端點。RO 逆滲透水中無礦物質，經雷射筆照射後，無法觀察到散射光束，僅觀察到一個光束端點。經觀察後，RO 逆滲透水較適合本實驗觀察，較不會影響茶葉沖泡產生的物質。
- 二、實驗二: RO 逆滲透水冷藏後的變化，室溫 20°C 照度 202Lux，溫度 10°C 照度 19Lux，溫度 6°C 照度 17 Lux，溫度 3°C 照度 24 Lux。經觀察後，RO 逆滲透水冷藏後對光罩度影響並不大，隨著溫度下降，照度在 20 Lux 上下，波動幅度小，對溫度實驗的影響小，適合本實驗所採用的水。。
- 三、實驗三和實驗五：150 毫升山泉水沖泡 3 克的紅茶和 150 毫升 RO 逆滲透水沖泡 3 克的紅茶比較

(一)折線圖



(二)說明

- 1.本實驗中，山泉水一開始光度低，RO 逆滲透水亮度高，可能一開始山泉水的礦物質及懸浮粒子就影響到茶乳產生。150 毫升山泉水沖泡 3 克的紅茶茶湯產生茶乳現象不是明顯，但 150 毫升 RO 逆滲透水沖泡 3 克的紅茶已產生茶乳現象。所以茶乳現象產生還是取決於紅茶中的茶黃質、茶紅質含量。
2. 150 毫升山泉水沖泡 3 克的紅茶所用的冰箱電力大，可以測量到較低溫度 4 度 C，實驗時間可縮短。

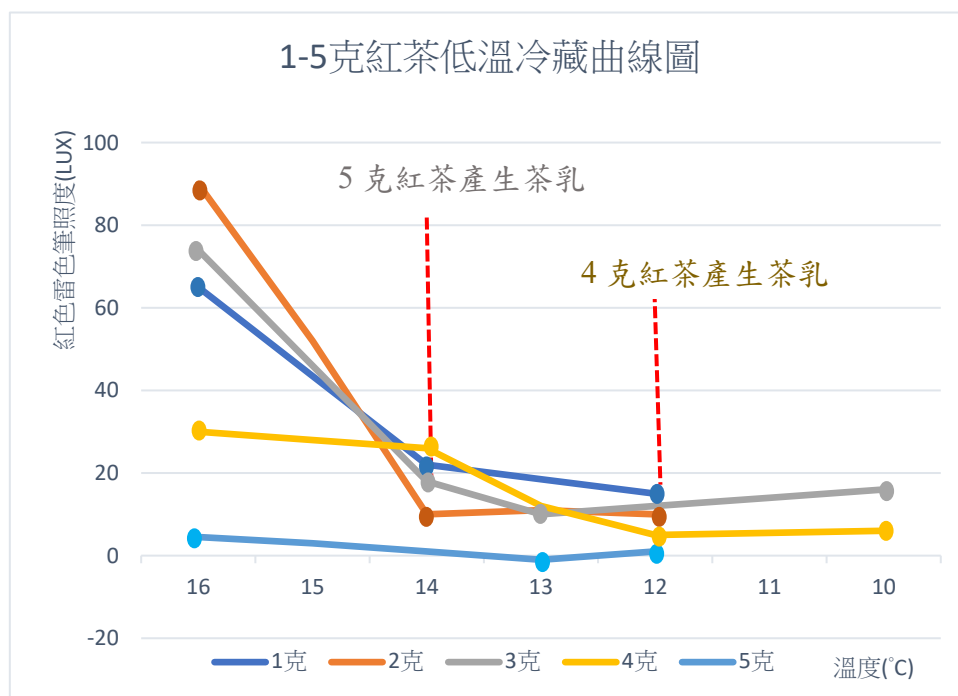
3.實驗中發現 RO 逆滲透水沖泡 3 克的紅茶照度降幅大，山泉水照度變動小，推論山泉水一開始含有礦物膠質粒子，觀察照度偏小。

4.綠光照度觀測紀錄的數據不穩定，無法找出一定規律。

四、實驗四:白茶、紅茶、烏龍茶實驗中，發現紅茶有茶乳現象，而白茶和烏龍茶沒有產生茶乳現象。主要和茶製作過程相關，紅茶是高度發酵茶，烏龍茶是半發酵茶，白茶是 20%~30%發酵茶。發酵時間愈長，所產生查黃質及查紅質愈多。

五、使用五種不同重量的紅茶茶葉來製作茶湯，並測量這五種茶湯的冷卻過程及茶乳產生現象。五種濃度進行以下歸納分析如下圖:

(一)折線圖



(二)說明

- 1.觀察到透明門小冰箱濃度需在 150 毫升 RO 逆滲透水沖 4 克的紅茶，照度增加 5Lux，溫度 12 度，時間須 200 分鐘，產生茶乳。
- 2.觀察到透明門小冰箱濃度需在 150 毫升 RO 逆滲透水沖 5 克的紅茶，照度增加 1Lux，溫度 14 度，時間須 200 分鐘，產生茶乳。
- 3.不同濃度產生茶乳溫度和時間不同，3 克紅茶中有茶乳現象但不明顯。
- 4.觀察到 150 毫升 RO 逆滲透水沖 4 克以上的紅茶，茶葉中的茶黃質和茶紅質

濃度夠才會產生茶乳現象，所以本實驗 1 克和 2 克無產生茶乳現象。

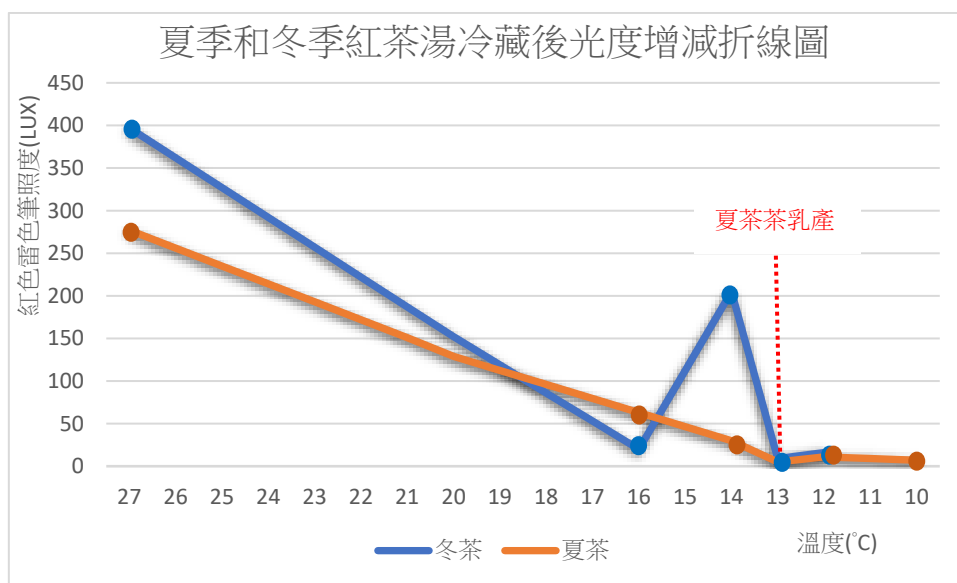
5.4 克和 5 克在溫度 11°C 和 10°C 時，曲線向上，可能原因是實驗時間過久，推斷膠質粒子開始有沉積現象之產生。

(三)歸納表格:能產生茶乳打✓，不能打✗，有產生茶乳但不明顯打△

重量	1 克	2 克	3 克	4 克	5 克
是否產生茶乳現象	✗	✗	△	✓	✓

六、夏季紅茶和冬季紅茶歸納分析

(一)折線圖



(二)說明

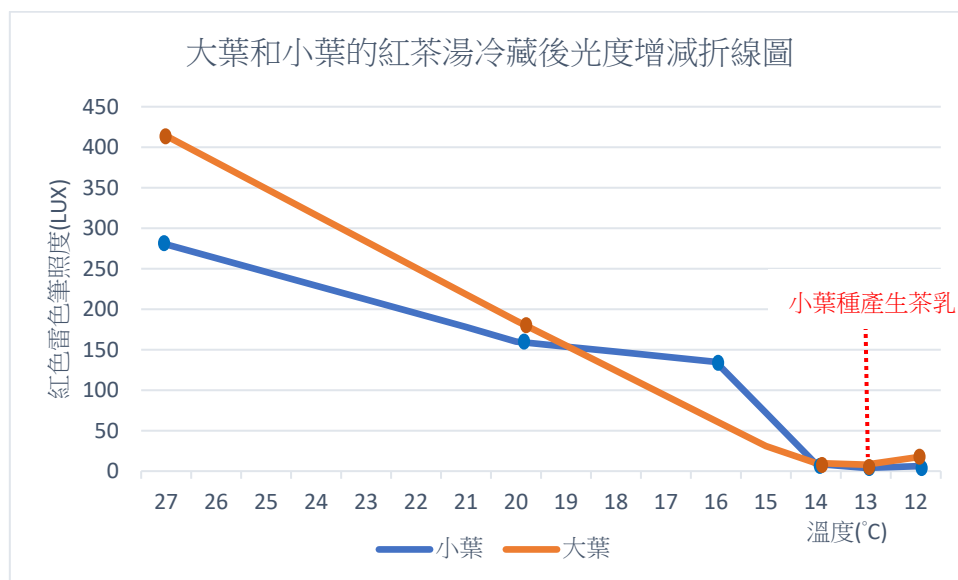
- 1.觀察到夏茶在溫度 13 度，照度增加 6Lux，時間須 150 分鐘時產生茶乳現象。
- 2.冬茶在 14°C 卻增加，此筆冬茶的數據行為可能與當時量測環境有關，產生未預期之行為有待商榷。
- 3.觀察到夏茶茶葉中的茶黃質和茶紅質濃度夠才會產生茶乳現象，冬茶的茶黃質和茶紅質含量不足，無法產生茶乳現象。
- 4.冬茶光溫度 13 度，照度增加 6Lux，時間須 200 分鐘，還是觀測不到茶乳現象。

(三)歸納表格:能產生茶乳打✓，不能打✗

重量	夏茶	冬茶
是否產生茶乳現象	✓	✗

七、大葉種紅茶和小葉種紅茶歸納分析

(一)折線圖



(二)說明

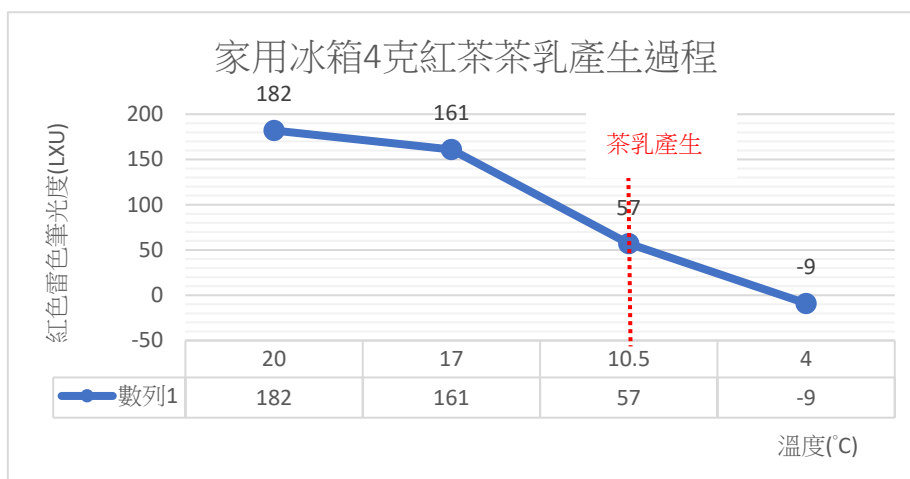
- 1.觀察到小葉種紅茶在溫度 13 度時產生茶乳現象，大葉種紅茶無茶乳現象。
- 2.本實驗強調在地的大葉種佛手所製作之紅茶，然而並不能以佛手替代所有大葉種紅茶，所以並非大葉種紅茶都不會產生茶乳現象。
- 3.大葉種紅茶曲線下降，大葉種紅茶探測光照度最低在 2Lux，而茶乳現象光照度在 5Lux 以下，已達到茶乳現象條件，數據已符合但肉眼卻看不到。

(三)歸納表格:能產生茶乳打✓，不能打✗

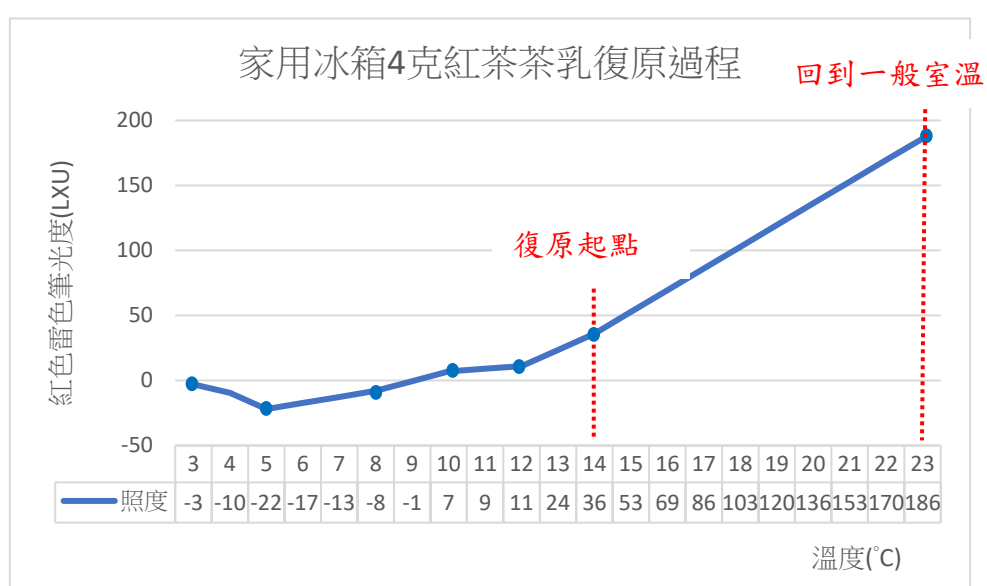
重量	小葉	大茶
是否產生茶乳現象	✓	✗

八、實驗八: 4 克紅茶使用紅色雷色筆照射，從沖泡、冷卻、產生茶乳到最後復原

(一) 4 克紅茶茶乳產生折線圖



(二) 4 克紅茶茶乳復原折線圖





(三) 說明

1. 觀察到家用冰箱 4 克小葉種紅茶在冷藏到溫度 10.5 度時慢慢產生茶乳現象，這個發現可以讓喜愛喝紅茶的老饕作為選擇紅茶的一個參考指標。
2. 4 克小葉種紅茶在常溫下逐漸恢復，當紅茶溫度為 14 度時復原開始，23 度回到一般室溫，與降溫前的數據比對，回溫後照度接近。
3. 這個實驗可以證明茶乳現象只是一個短暫物理現象，茶乳是紅茶茶湯冷卻後形成之不溶性聚合物，由高含量茶黃質、茶紅質及咖啡因聚合而成，是一種暫時性的物理現象，不是化學變化。

陸、 研究與討論

- 一、山泉水和 RO 逆滲透水都是無色無味，用肉眼無法觀測到膠質粒子，透過儀器，能清楚觀測到紅茶茶湯中分子的形成與變化。
- 二、使用的水若改為山泉水，數據小，不明顯，觀察上比較困難。
- 三、紅色雷射筆和綠色雷射筆因波長不同，實驗上紅色雷射筆光照度數據小，計算方便且易分析比較；綠色雷射筆數據過大，難以計算分析。
- 四、紅茶從 1 克到 5 克的茶湯中，經過 250 分後，光度卻增加，增加的原因可能是凝聚分子重或有變質情形，膠體分子可能一部分沉澱到瓶底，雷射筆經過的路徑膠體分子散射情形減少，故經照射後光度又產生增加行為，這個實驗有待日後再做更完整的實驗。
- 五、目前從所有資料中尋找，都沒有提到茶乳產生濃度和溫度，僅提到茶乳產生是茶黃質、茶紅質遇冷與咖啡因的結合。在我們的實驗中，家用冰箱 4 克小葉種紅茶在冷藏到溫度 10.5 度時慢慢產生茶乳現象，這個發現可供大家購買紅茶時參考或選擇紅茶的一個參考指標。
- 六、本次實驗的透明門冰箱屬於小型，馬達小，冷藏過程長，觀察時間慢；若放置在馬力大的家用冰箱中，觀察時間會縮短，冷藏過程短，變化快。
- 七、實驗中發現紅茶會有茶乳現象，白茶和烏龍茶沒有產生茶乳現象。紅茶是高度發酵茶類，因此，茶乳現象通常發生在紅茶或發酵度接近紅茶的茶類身上。
- 八、照度計非常靈敏，數據變化很大，在暗室內測量出來的光照度數值穩定，誤差小，在分析上正確度高。
- 九、茶乳是一種短暫的物理現象，將產生茶乳的紅茶放置於常溫中，隨著溫度上升，經過 150 分鐘，觀察到茶湯已不再像奶茶一樣，而是恢復透明茶湯，它沒有加鮮奶或奶精，也沒有壞掉，還可以安心的飲用。
- 十、實驗過程中一直觀察到雷射筆照入瓶身時會產生一點亮點，這個亮點可能是紅茶從冰箱拿出來測量時，邊緣產生的水珠在雷射筆照射後散射現象，我們採取動作快、擦拭瓶身，已經盡力克服它，最後在冷氣房中測試。

十一、實驗過程中觀察到光束的路徑雖一致，開始觀察到光束是細直線，接著觀察到粗直線，經過 150 分鐘後光束形成  或 ，這種變化高深奧妙，未來值得進一步深入探討。

柒、 結論

- 一、茶乳是紅茶茶湯冷卻後形成之不溶性聚合物、由高含量茶黃質、茶紅質及咖啡因聚合而成，是一種暫時性的物理現象。
- 二、山泉水和 RO 逆滲透水沖泡的紅茶湯對茶乳現象沒有直接關係，茶乳現象產生還是取決於紅茶中的茶黃質、茶紅質含量。
- 三、不同重量的紅茶葉所泡出來的茶湯，觀察發現 1 和 2 克無茶乳現象，3 克茶乳產生不適很明顯，4 和 5 克有明顯茶乳現象。
- 四、夏季的紅茶所泡出來的茶湯觀察到茶乳現象，冬季的紅茶所泡出來的茶湯未觀察到茶乳現象。
- 五、小葉種紅茶所泡出來的茶湯觀察到茶乳現象，大葉種紅茶所泡出來的茶湯未觀察到茶乳現象。
- 六、茶乳現象在家用冰箱 4 克小葉種紅茶在冷藏到溫度 10.5 度時慢慢產生茶乳現象，為本次觀察茶湯產生茶乳現象的最小濃度條件，這個發現可供大家購買紅茶時參考或選擇紅茶的一個參考指標。

捌、 參考文獻

- 一、陳國任(2021)。茶言觀色品茶趣——台灣茶風味解析。台北市：華品文創。
- 二、潘美玲、安培淦、李菁菁、黃子珊、林乙華(2013)。茶知錄。台北市：經典雜誌。
- 三、黃正宗(2004)。製程處理對不同品種茶樹製造紅茶化學成分與茶湯品質之影響。國立臺灣大學森林學研究所碩士論文，台北市。 取自 <https://hdl.handle.net/11296/873tij>
- 四、甘子能(1981)。茶中的多元酚成分（之二），製造過程中的多元酚類的傳統。食品工

業。13 (07): 10。

- 五、蔡永生(1982a)。茶湯主要有色成分茶黃質與茶紅質對水色個別影響。臺灣省茶業改良場七十一年年報。pp. 49-53。
- 六、陳文彬(2004)。γ-PGA 對紅茶色澤及茶乳生成量之影響。國立臺灣大學食品科技研究所碩士論文，台北市。取自 <https://hdl.handle.net/11296/jf7fkq>
- 七、高寧婕、郭湘芸、郭沛欣，用心品茗—茶知道，嘉義縣第 61 屆中小學科學展覽會國小組化學科(2021)。
- 八、廷得耳效應，網站：<https://zh.wikipedia.org/wiki/廷得耳效應>，維基百科。
- 九、白茶、烏龍茶、紅茶製作過程的發酵度，行政院農業委員會茶業改良場，網站：<https://www.tres.gov.tw/index.php>
- 十、冰紅茶混濁不是變質而是因為茶黃質的茶乳，韋恩的食農生活，網站：<https://www.agrifood.life/archives/2035>
- 十一、茶乳 Tea Cream，茶湯的冷凝乳現象，七三茶堂，網站 <https://7teahouse.com/blog/658>
- 十二、Kim Y, Talcott ST. Tea creaming in nonfermented teas from *Camellia sinensis* and *Ilex vomitoria*. *J Agric Food Chem*. 2012 Nov 28;60(47):11793-9.
<https://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/jf303555f>

【評語】 080117

本作品探討茶乳現象，實驗發現不是所有的茶都會有茶乳現象，只有紅茶濃度足夠才會產生茶乳現象，另外實驗也發現不同品種的紅茶也會影響茶乳現象的發生。雖然茶乳現象形成的原因網路上可以搜尋到非常多的資料及影片，本作品量測雷射光照射茶湯冷卻形成不溶性聚合物後的散射現象，實驗得到的結果可以合理的解釋所觀察到的現象，是一件完整的作品，尤其本作品使用的小葉種紅茶是當地所產出，非常具有參考價值。如果能夠更深入討論茶乳的產生原因或是相對應的影響參數，將會是一件更完整的工作。

作品簡報

「茶」顏觀色，原來「乳」此

國小組

物理



前言

■茶乳是紅茶中茶黃質、茶紅質在低溫下，與咖啡因結合成大粒子團，透過光線穿透產生區域散射、能運用物理廷得耳效應原理來解釋。

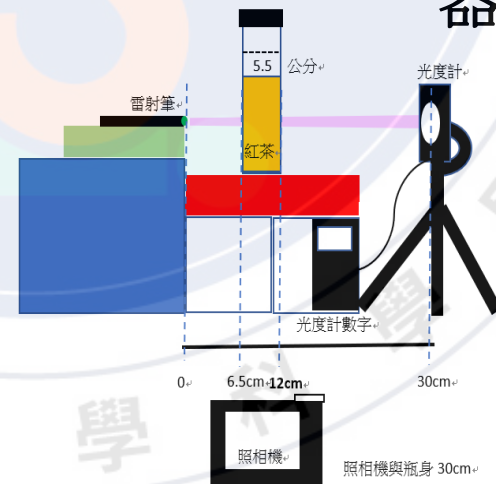
Kim Y, Talcott ST. Tea creaming in nonfermented teas from *Camellia sinensis* and *Ilex vomitoria*. J Agric Food Chem. 2012 Nov 28;60(47):11793-9.

■我們想要透過物理光學觀測試著找出茶乳現象的臨界時間，此時所對應之環境溫度、茶沖泡濃度與茶品種關係，預計未來能夠作為評斷好茶的一種輔助工具。



研究動機:將沒喝完的紅茶放到冰箱冷藏，隔天再拿出來喝時，發現茶湯顏色混濁，以為壞了，而不敢喝，一直擱在桌上許久。可是過了兩個多小時，茶湯漸漸澄清，最後竟恢復原來的樣貌，讓我們覺得很奧妙。

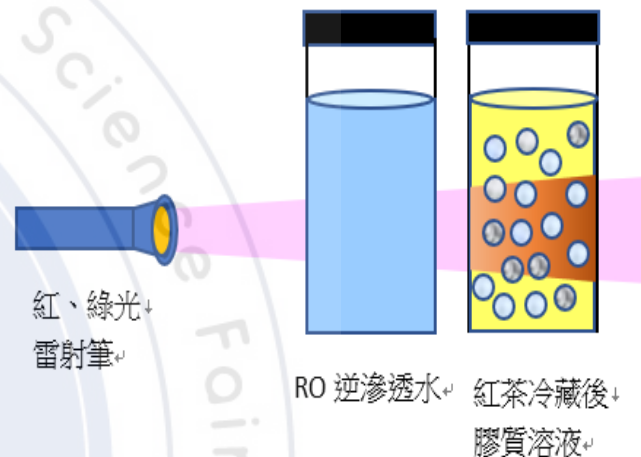
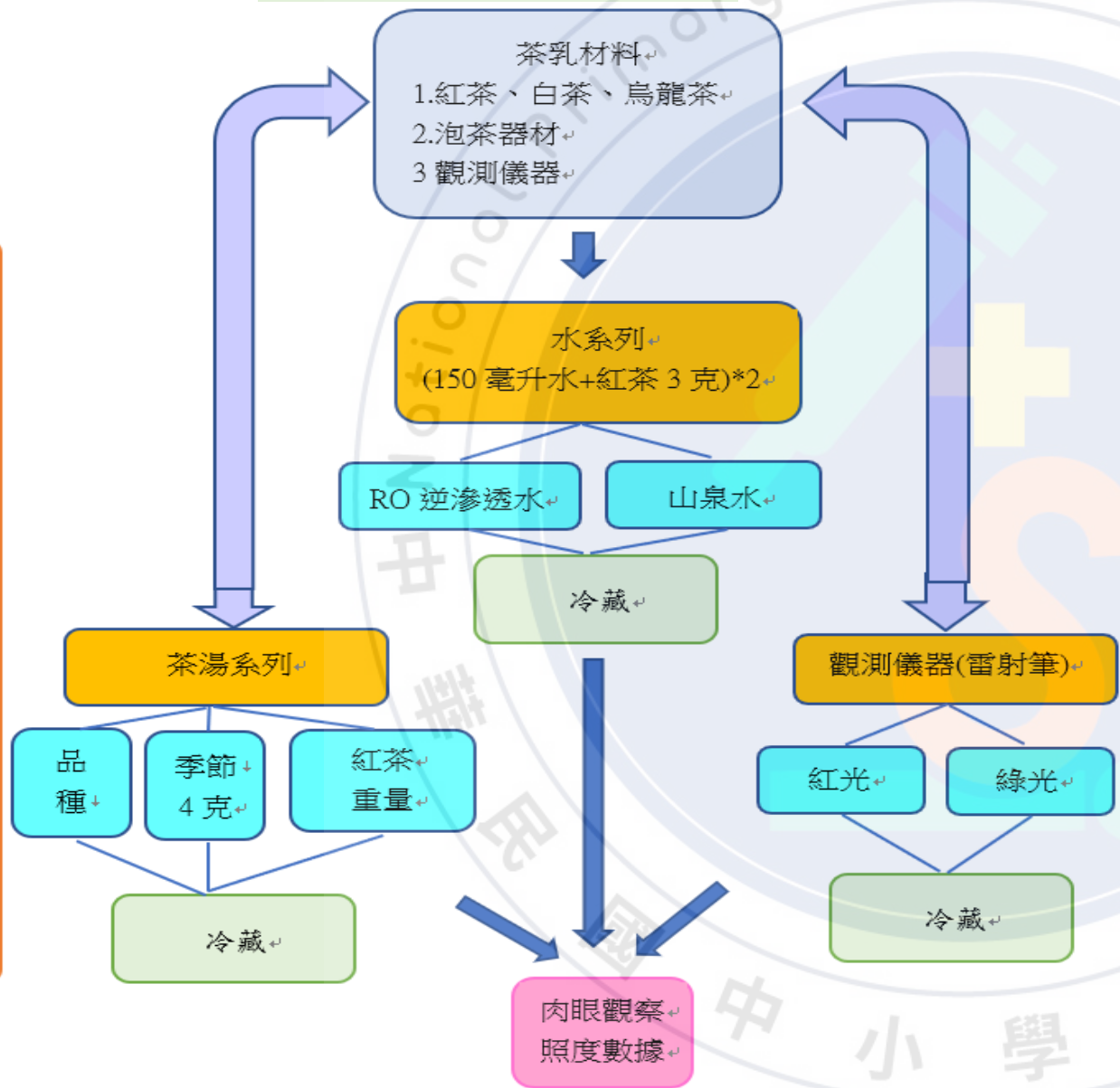
器材架設:



研究流程圖

實驗設計構想

操縱變因



RO逆滲透水較適合本實驗觀察，較不會影響茶葉沖泡產生的物質

4



山泉水
觀察到
兩個光
束端點。



RO逆滲透水
僅觀察到一
個光束端點。

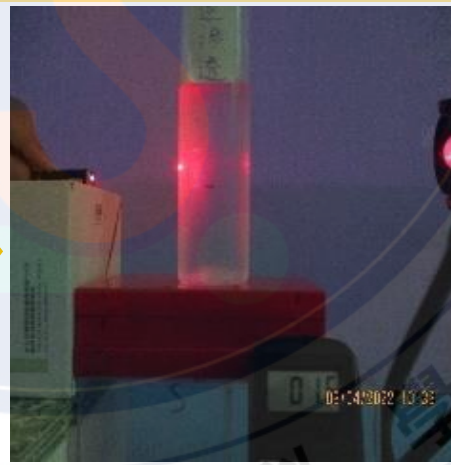
低溫RO逆滲透水照度穩定



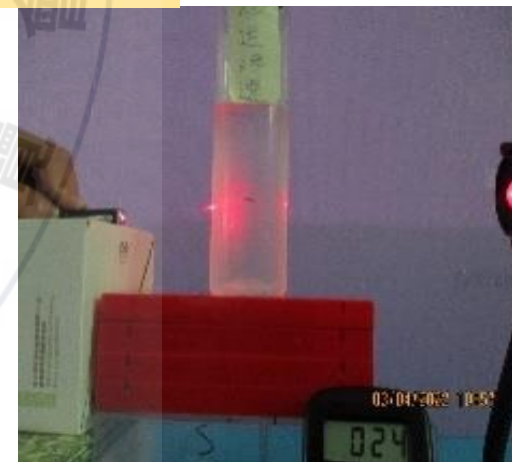
溫度20°C，照度202Lux



溫度10°C，照度19Lux

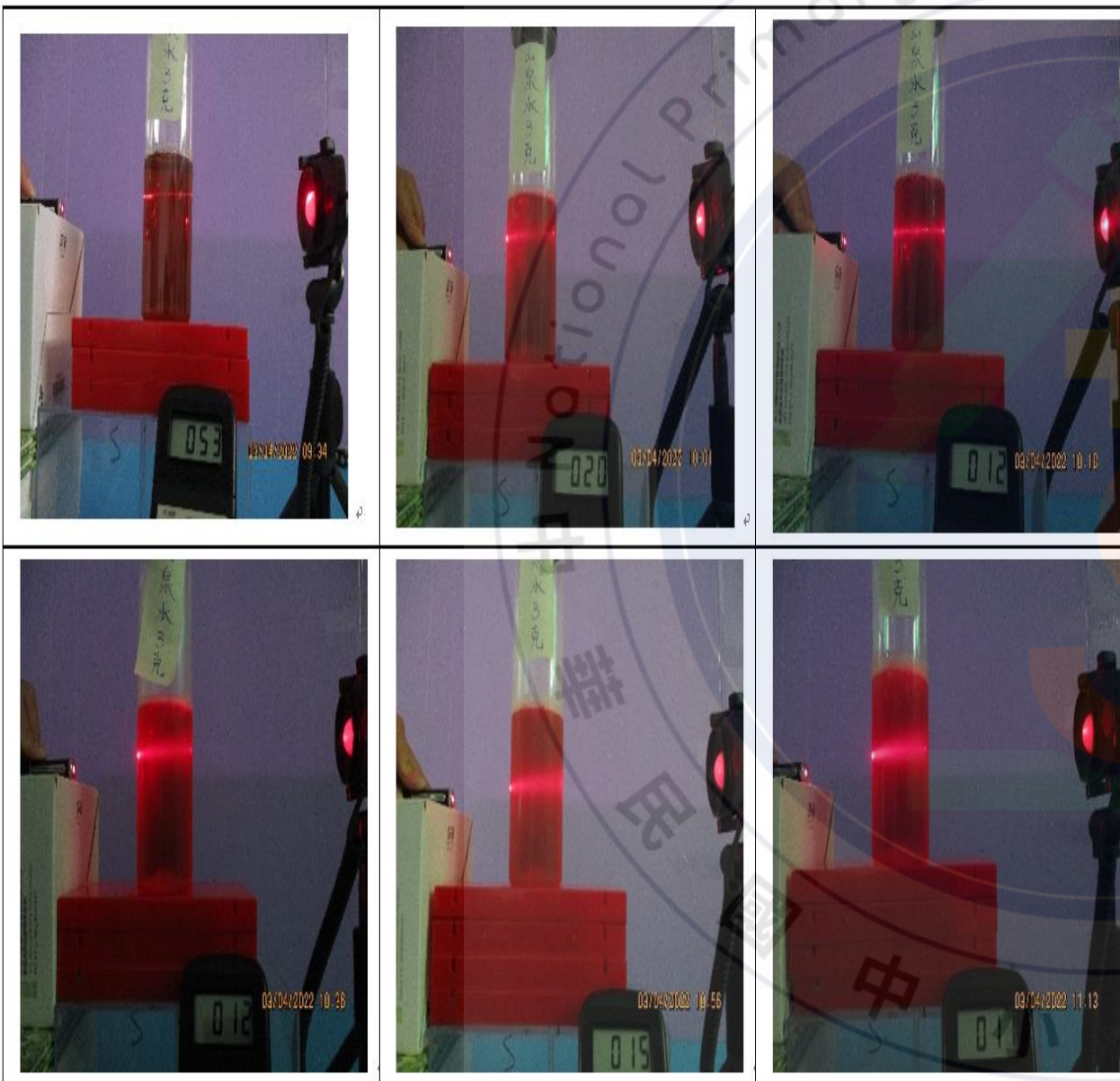


溫度6°C，照度17 Lux



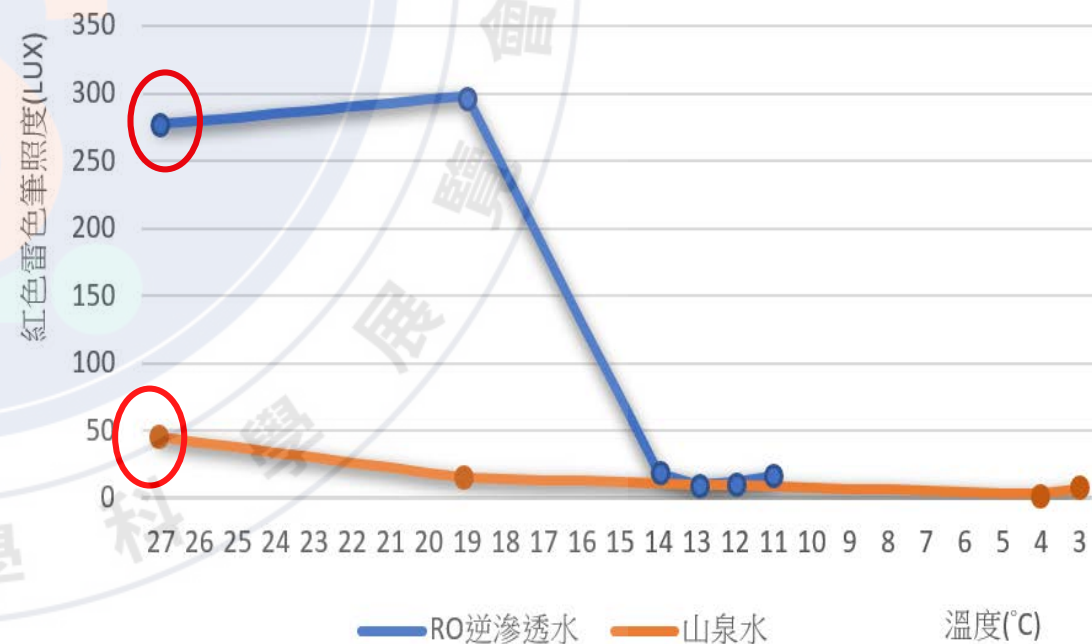
溫度3°C，照度24 Lux

一開始山泉水的礦物質及懸浮粒子就影響到茶乳產生






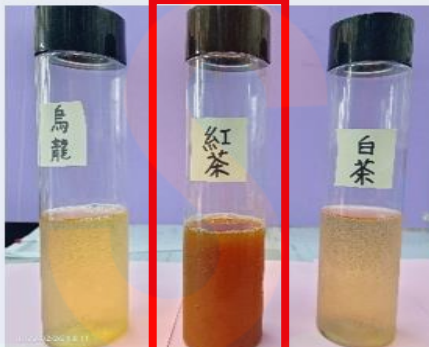


時間(分)	0	30	60	90	120	150	0	50	100	150	200	250
溫度(°C)	27	19	4	3	4	4	27	19	14	13	12	11
測光前照度	8	5	9	5	10	6	6	10	8	8	7	5
測光後照度	53	20	12	12	15	11	283	308	26	18	19	21
照度增加	45	15	3	7	5	5	277	298	18	10	12	16

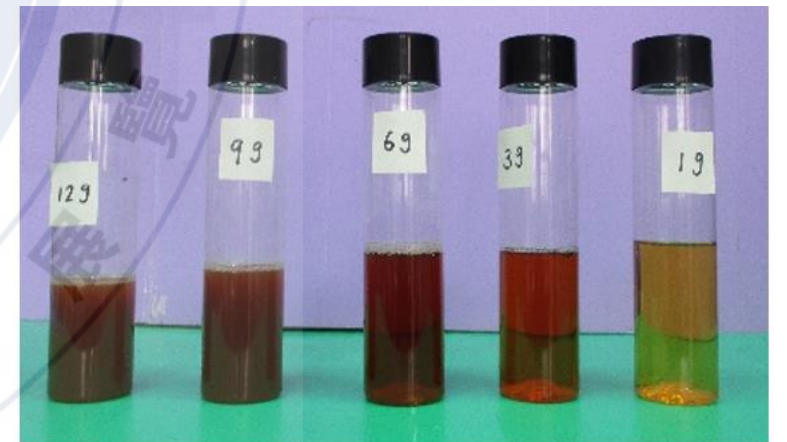
RO逆滲透水和山泉水的降溫比較



白茶、紅茶、烏龍茶實驗中，發現紅茶有茶乳現象

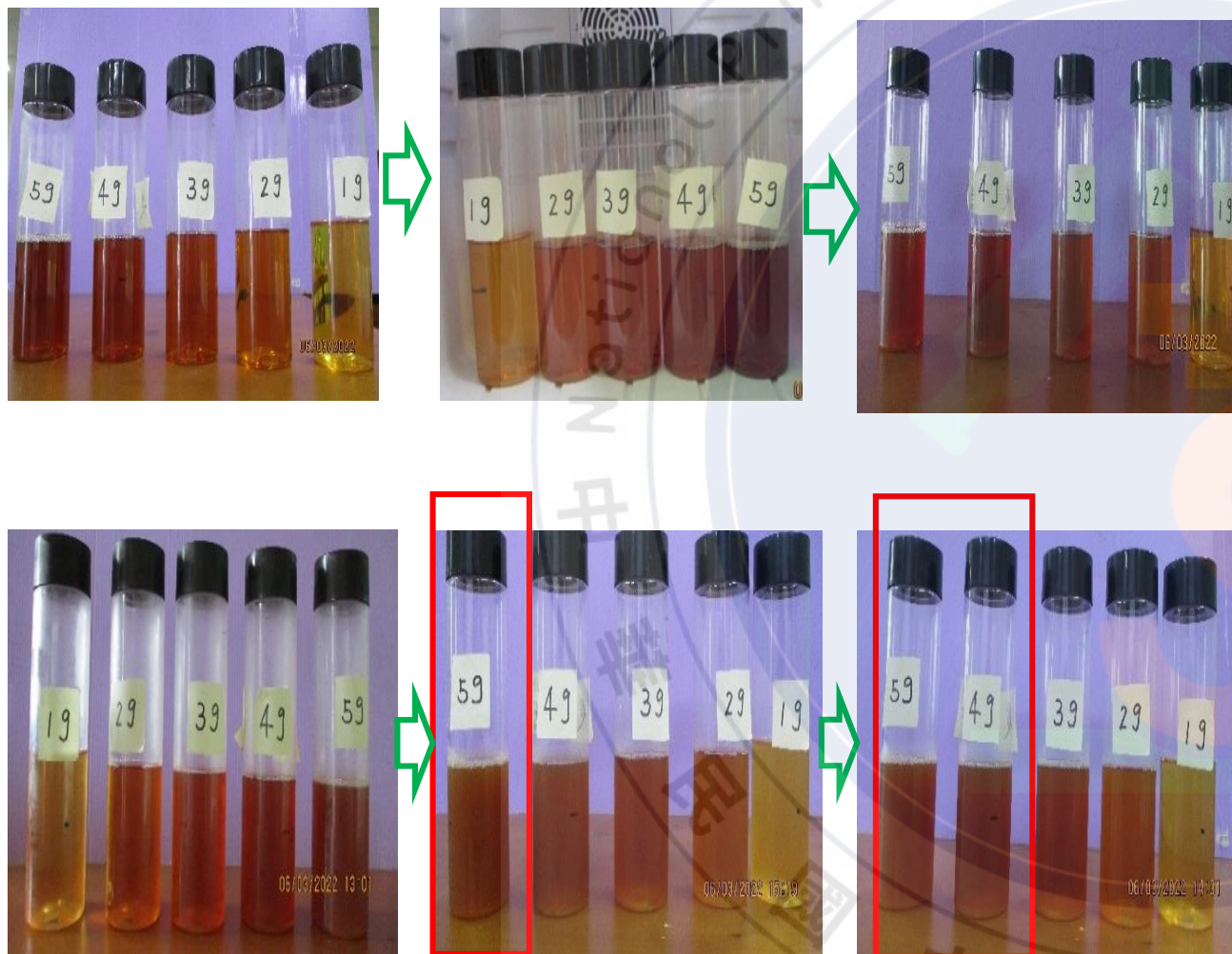
		
一開始， 觀察到都沒有茶乳現象。	冰 50 分鐘後， 沒有觀察到茶乳現象。	冰 100 分鐘後， 沒有觀察到茶乳現象。
		
冰 150 分鐘後， 觀察到慢慢有茶乳現象。	冰 200 分鐘後， 有觀察到明顯茶乳現象。	將茶品放置常溫下， 觀察到紅茶有茶乳現象。

標準茶湯3克適合研究

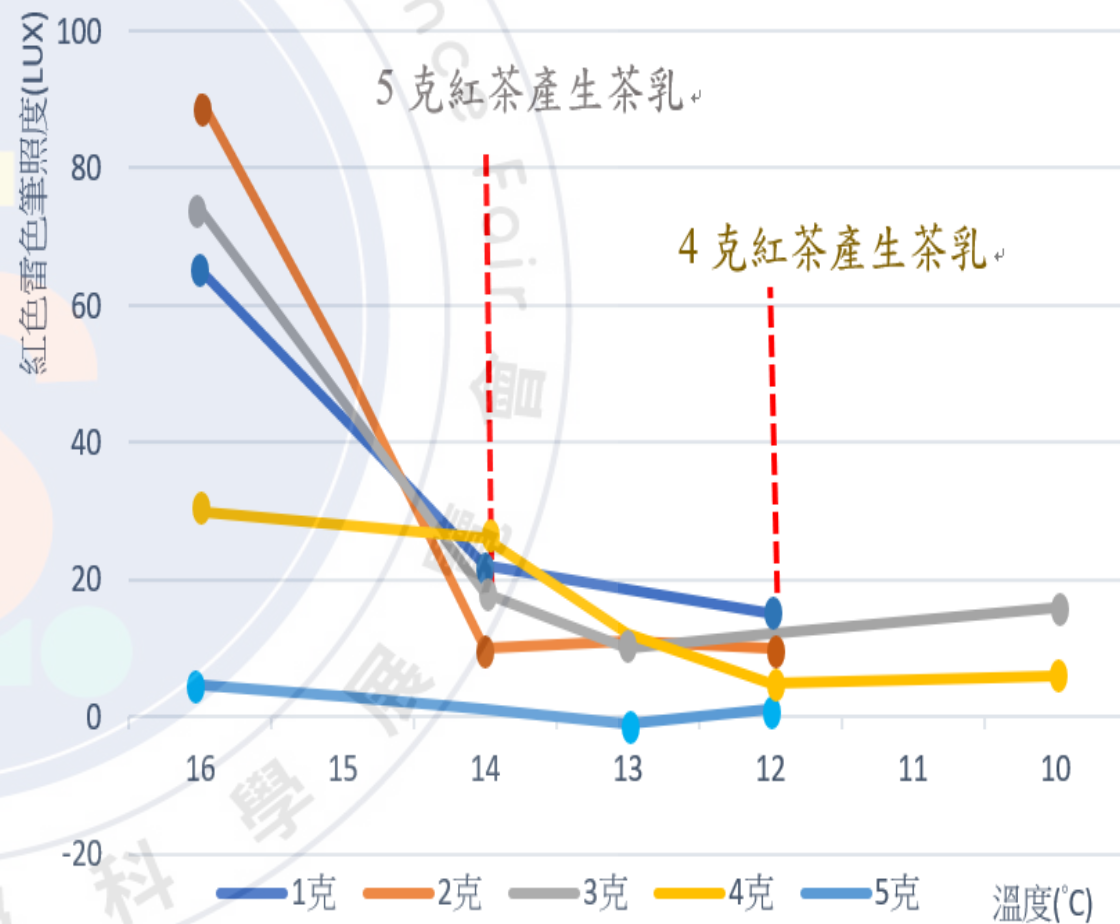


主要和茶製作過程相關，紅茶是高度發酵茶，烏龍茶是半發酵茶，白茶是20%~30%發酵茶。發酵時間愈長，所產生茶黃質及茶紅質愈多。

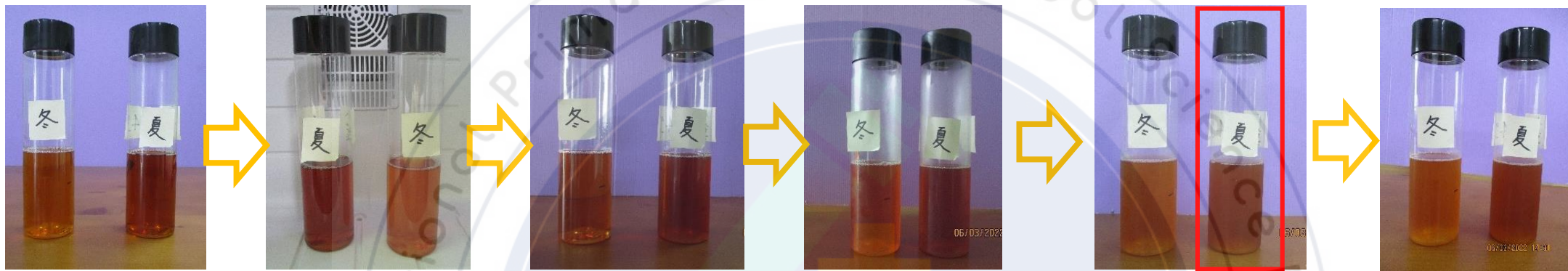
不同濃度產生茶乳溫度和時間不同



1-5克紅茶低溫冷藏曲線圖

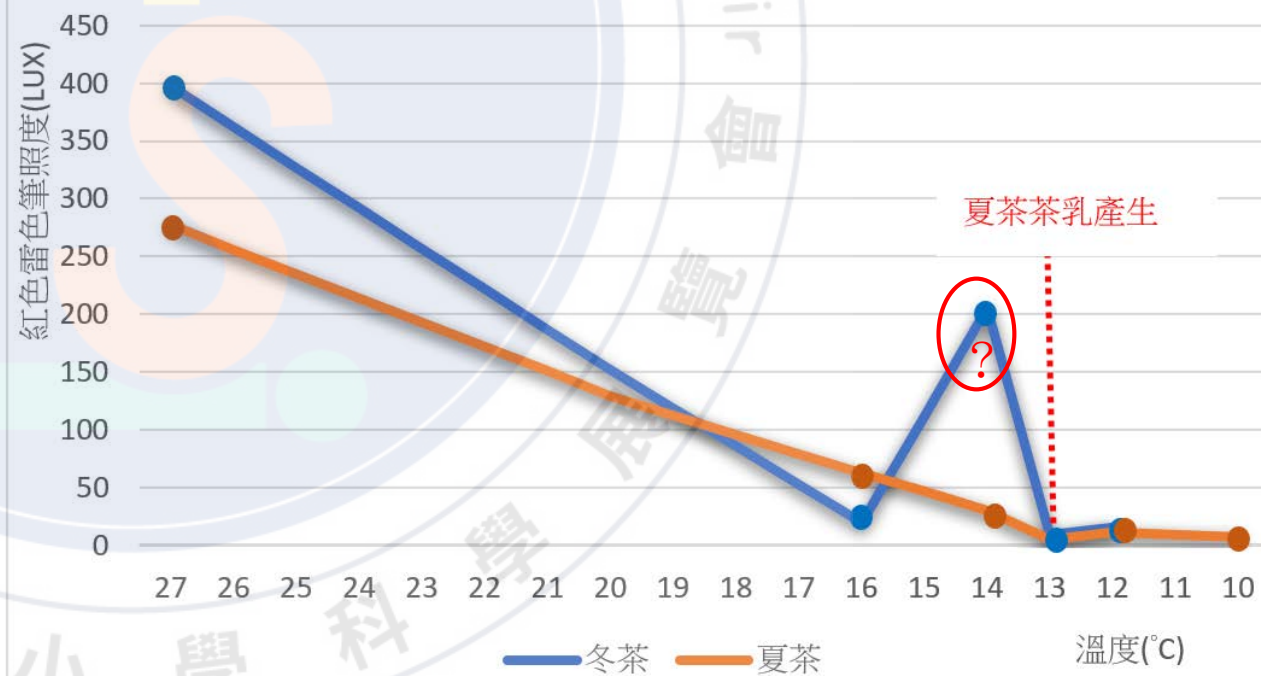


4克夏茶產生茶乳，4克冬茶無

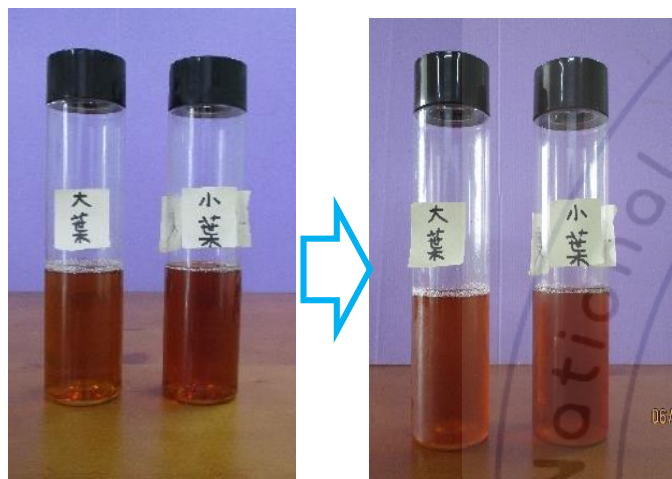


時間(分)		50	100	150	200	250		50	100	150	200	250
溫度(°C)	27	19	14	13	12	10	27	20	16	14	13	12
測光前照度	7	7	6	7	6	4	7	10	8	8	7	4
測光後照度	284	136	36	12	17	11	404	162	28	213	16	20
照度增加	277	129	30	5	11	7	397	152	20	205	9	16

夏季和冬季紅茶湯冷藏後光度增減折線圖

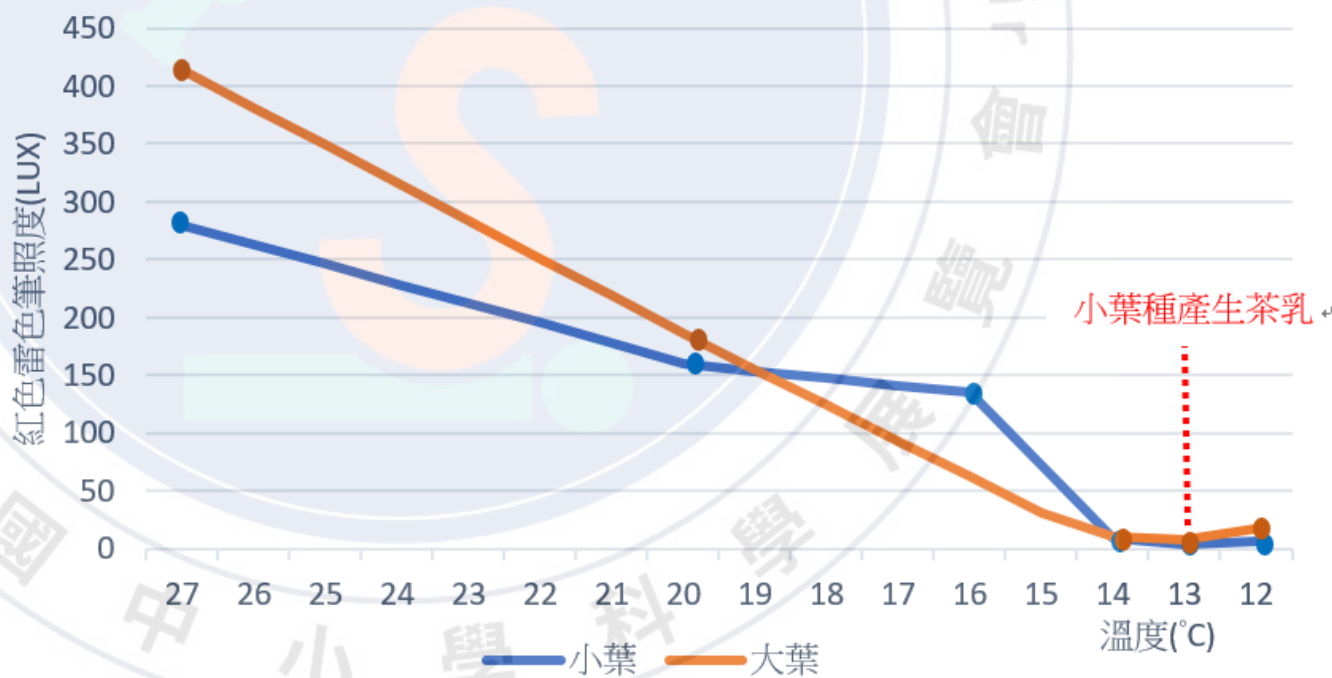


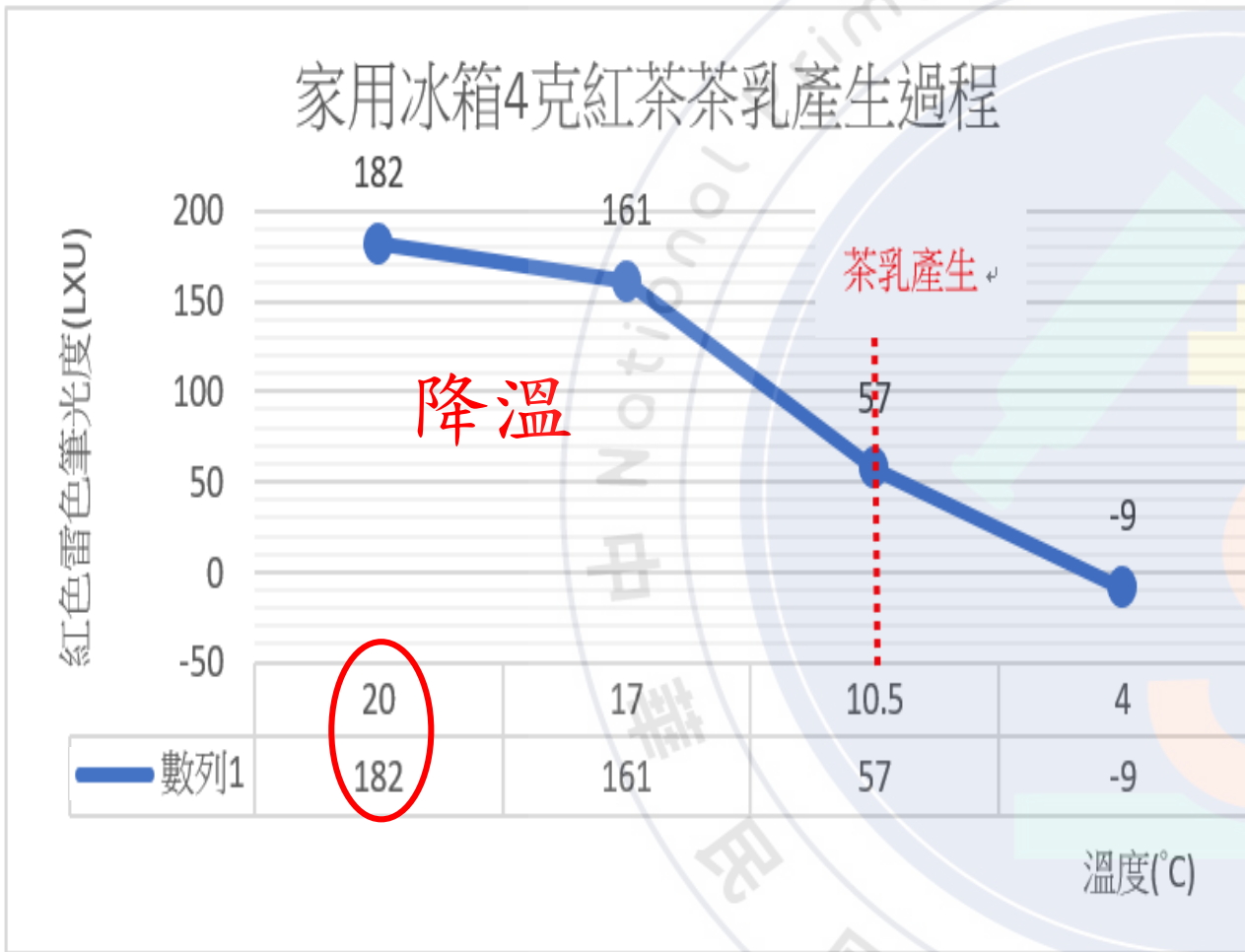
4克小葉種紅茶產生茶乳，4克大葉種紅茶無



時間(分)	0	50	100	150	200	250	0	50	100	150	200	250
溫度(°C)	27	19	14	13	12	10	27	20	15	14	13	12
測光前照度	7	7	6	7	6	4	6	11	8	9	8	5
測光後照度	287	167	141	16	10	10	420	197	39	11	16	22
照度增加	280	160	135	9	4	6	414	186	31	2	8	17

大葉和小葉的紅茶湯冷藏後光度增減折線圖





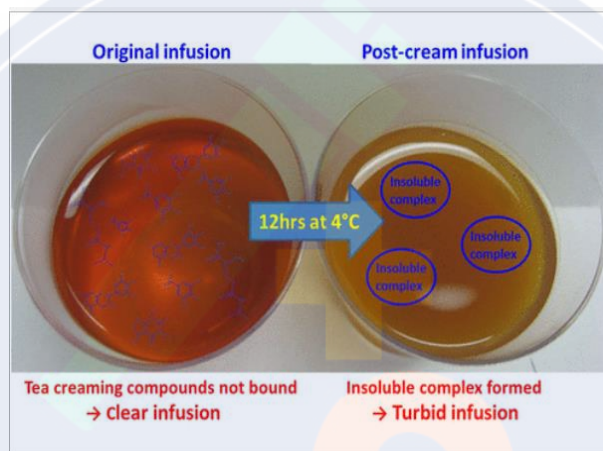
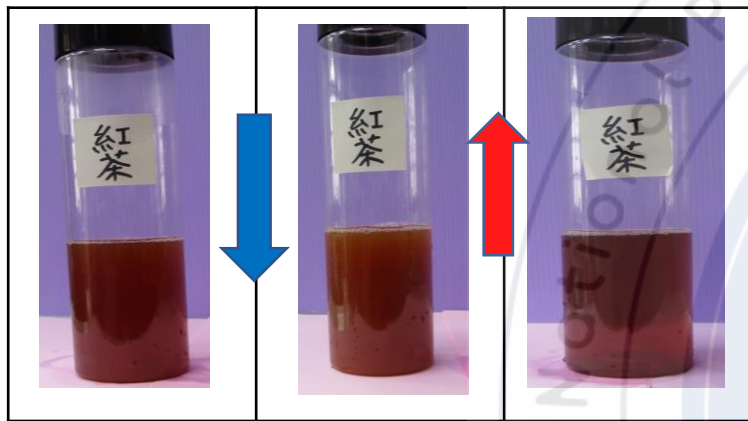
■ 這個發現可以讓喜愛喝紅茶的老饕作為選擇紅茶的一個參考指標。

■ 這個實驗可以證明茶乳現象只是一個短暫物理現象，不是化學變化。

暫時性的物理現象

茶黃質、茶紅質含量

不同重量的紅茶



不同季節的紅茶

小葉和大葉種紅茶

選擇紅茶的一個參考指標



家用冰箱4克小葉種紅茶在冷藏到溫度10.5度時，產生茶乳現象。

網站：

1. 廷得耳效應，維基百科。
2. 白茶、烏龍茶、紅茶製作過程的發酵度，行政院農業委員會茶業改良。
3. 場冰紅茶混濁不是變質而是因為茶黃質的茶乳，韋恩的食農生活。
4. 茶乳Tea Cream，茶湯的冷凝乳現象，七三茶堂。

期刊：

1. 陳文彬(2004)。γ-PGA對紅茶色澤及茶乳生成量之影響。國立臺灣大學品科技研究所碩士論文，台北市。
2. Kim Y, Talcott ST. Tea creaming in nonfermented teas from *Camellia sinensis* and *Ilex vomitoria*. J Agric Food Chem. 2012 Nov 28;60(47):11793-9。

