

中華民國第 56 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國中組 物理科

最佳團隊合作獎

030115

水乳交溶－簡易檢測奶茶濃度之研究

學校名稱：臺中市立豐陽國民中學

作者： 國二 曹 瑋 國二 吳昕愷 國二 黃柏皓	指導老師： 楊鍾鳴
---	------------------

關鍵詞：透光度、三原色、光譜

摘要

以往溶液濃度的研究多為針對透明的真溶液，本研究主要針對市售奶茶之膠態溶液中的鮮奶與茶濃度進行研究。當光照射而進入奶茶溶液時，部分光波會被鮮奶與茶溶液所吸收。研究發現鮮奶主要吸收紅光、藍光，茶主要吸收藍、綠光，使得光線透過溶液後或是從溶液反射出來的光，觀察起來的顏色顯得偏黃、偏綠色而非原來的白光。因此透過色光亮度的量測可以對應出奶茶溶液之不同鮮奶與茶的濃度。最後，經由色光透光量轉換成數位 RGB 的數值製作比色卡可作為濃度比對之參考。

壹、研究動機

某一天，小瑋我使用手機 LED 燈的光源，透過裝有奶茶的飲料杯杯底照光，出乎意料的發現，從飲料液面上觀測竟然呈現綠色而非奶類的白色或茶色。以前濃度的研究大都是針對透明的真溶液類，而奶茶類之膠態溶液的濃度測量工具開發研究較少。所以我們希望能開發出簡易檢測奶茶濃度之工具作為膠態溶液濃度的判別方法。

貳、理論探討

一、光的透射與吸收：

任何物質對光的吸收的都存在著一般吸收和選擇吸收。在可見光範圍內具有一般吸收特性的物質，往往在紅外線和紫外線波段存在選擇吸收，普通玻璃對可見光是透明的，對紅外和紫外線有強烈吸收而不透明。

在本研究中，奶茶顆粒在溶液中或許對光會有特別選擇性吸收，導致光在奶茶中透射時的透射光顏色不同，因此「透射光」作為本研究探討的因素之一。

二、數位色彩碼與光的三原色、透明度：

光的三原色(RGB)，就是紅(Red)光、綠(Green)光、藍(Blue)光。電腦裡頭就用 RGB 三個數值的大小來標示顏色，每個顏色用 8bit 來記錄，可以有 0~255 個數值，共 256 種亮度的變化，三種乘起來就有一千六百多萬種變化，這也是我們常聽到的 24 bit 全彩。而透明度為是指一張圖片的透明和半透明程度，影響其與另一張圖片（或背景）重疊的效果。

參、研究目的與問題

本研究以一般手機 LED 燈照射一般塑膠杯中的奶茶，透過不同色光的透光度量測，試著轉換成數位數值後製作簡易的比色卡作為奶茶濃度簡易檢測的方式。因此衍生出以下的研究問題：

- 一、鮮奶、綠茶、紅茶是否對光會有選擇性的吸收？
- 二、鮮奶、綠茶、紅茶濃度對總透光度之影響為何？
- 三、鮮奶、綠茶、紅茶濃度對透光後的各色光亮度與比例之影響為何？
- 四、鮮奶其他因素的探討：
 - (一) 鮮奶甜度對透光後的各色光亮度與比例之影響為何？
 - (二) 鮮奶溫度對透光後的各色光亮度與比例之影響為何？
 - (三) 鮮奶種類對透光後的各色光亮度與比例之影響為何？
- 五、茶其他因素的探討：
 - (一) 茶溫度對透光後的各色光光亮度與比例之影響為何？
 - (二) 茶種類對透光後的各色光亮度與比例之影響為何？
- 六、鮮奶與茶混和對透光後的各色光光亮度與比例之影響為何？

肆、研究設備及器材

- 一、一般器材：(1)透明塑膠杯(2)手機手電筒(3)相機(4)牛奶（光泉、瑞穗低脂、瑞穗全脂、瑞穗極製、乳香世家）(5)方糖(6)市售茶(茶裏王-無糖綠茶、英式紅茶)(7)茶葉（綠茶、青茶、烏龍茶、薰衣草茶、阿薩姆紅茶）

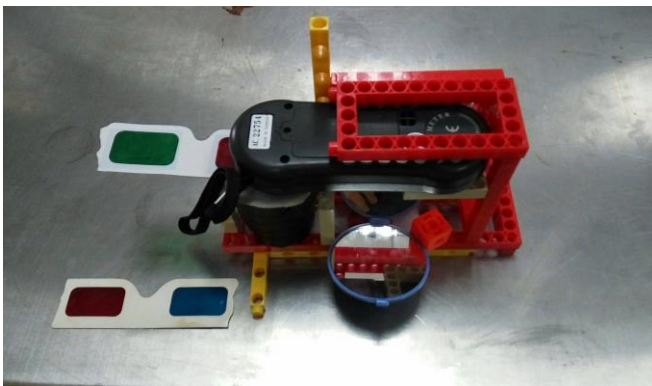
二、自製的相關器材：

（一）光圈顏色拍攝器



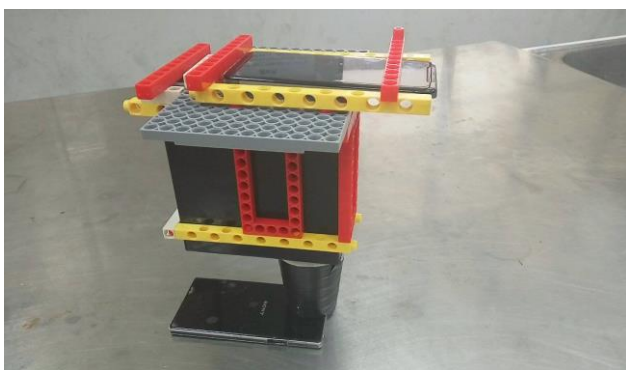
將珍珠板挖洞方便固定杯子，黏貼於鞋盒中。再用黑色的珍珠板挖取一小孔洞以利手機光源從小孔中向上投射，將鞋盒上方挖取方便相機鏡頭至入的拍攝孔。將手機置入適當的位置，蓋上鞋盒盒蓋便可以進行攝影。

（二）自製亮度觀測器



以智高積木組裝固定位置擺放待測的塑膠杯及照度計。並設計能夠適當固定手機位置的擺放空間，利用面鏡反射觀測照度計的數值。同時準備三 D 的紅綠、紅藍眼鏡的鏡片作為濾鏡。

（三）自製光譜分析儀



以智高積木與 DVD 盒及 CD 片，依據網路上建議的光譜分析儀觀測器的方式製作，將手機攝影鏡頭固定於積木上的固定位置，以便得到相同的光譜拍攝角度，以利分析。

伍、研究過程或方法

實驗一、鮮奶與茶是否對光會有選擇性的探討

實驗步驟：

1. 利用自製的光譜分析儀拍下純水 10ml、鮮奶與水不同比例之水溶液 10ml 之光譜的分析差異。
2. 使用市售的冷泡茶。
3. 利用自製的光譜分析儀拍下純水 10ml、濃茶與水不同比例之水溶液 10ml 之光譜的分析差異。

實驗二、「鮮奶、綠茶、紅茶濃度」對透光後的總透光度之探討

實驗步驟：

1. 取一個透明塑膠杯，裡面裝入不同「操縱變因」之溶液，於暗室中進行實驗。
2. 使用手機 LED 燈從杯口處向下照光。
3. 將照度計置於在杯口上方處，測量其透光照度值。

實驗三、「鮮奶、紅茶、綠茶濃度」對各色光光亮度之比例之探討

實驗步驟：

1. 利用三 D 眼鏡之色片作為濾片。
2. 調配 0%~100%鮮奶對水的比例溶液 10ml
3. 測量不同濃度鮮奶對各色光透光強度的關係
4. 以綠茶、紅茶代替鮮奶再進行一次實驗

實驗四、「鮮奶甜度」對透光後的總透光度、各色光光亮度之比例之探討

實驗五、「鮮奶溫度」對透光後的總透光度、各色光光亮度之比例之探討

實驗六、「鮮奶種類」對透光後的總透光度、各色光光亮度之比例之探討

實驗七、「茶溫度」對透光後的總透光度、各色光光亮度之比例之探討

實驗八、「茶種類」對透光後的總透光度、各色光光亮度之比例之探討

實驗九、「奶與茶不同比例混合」對透光後的總透光度、各色光光亮度之比例之探討

實驗四至實驗九之實驗步驟：

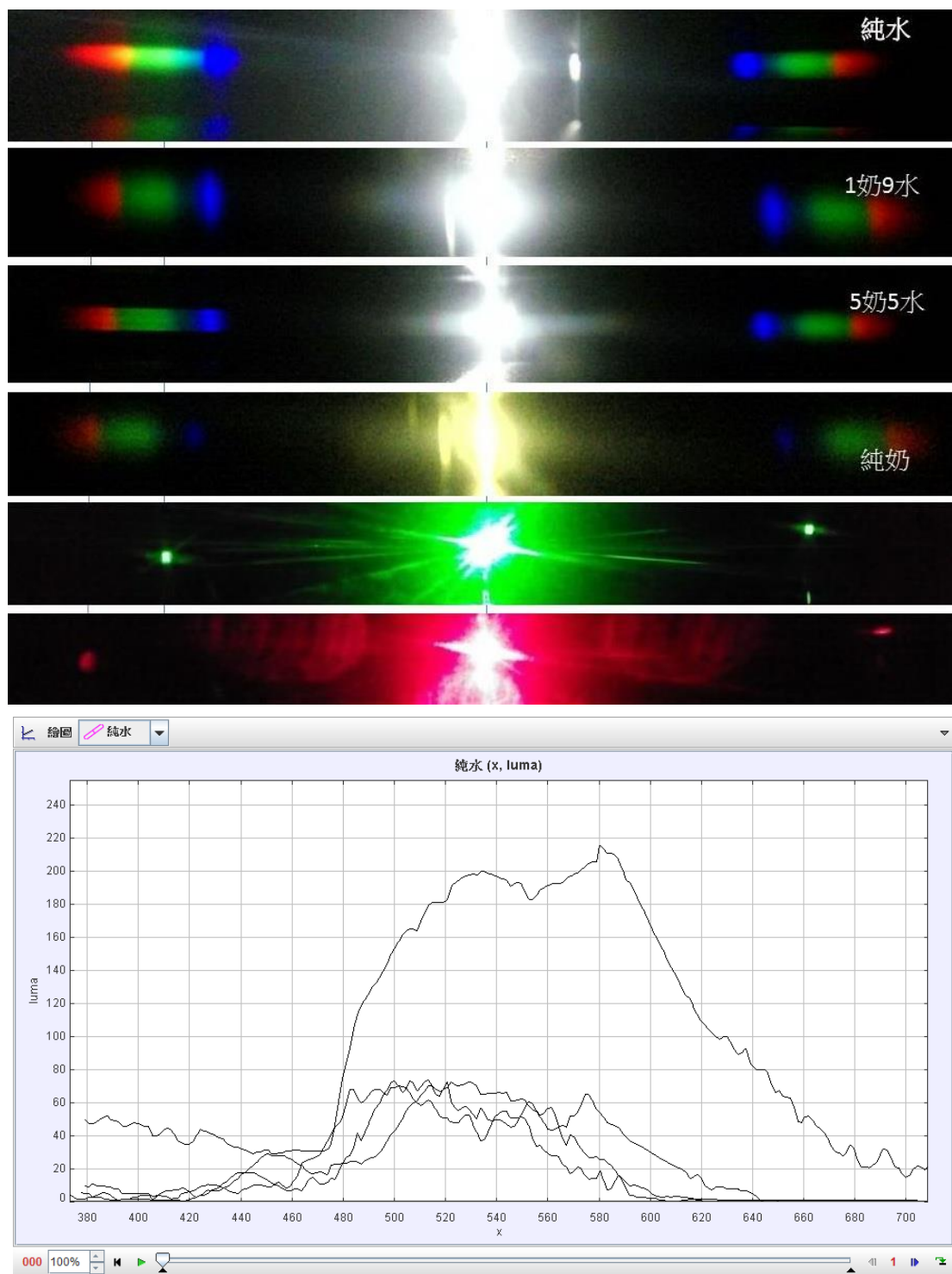
1. 取一個透明塑膠杯，裡面裝入不同「操縱變因」之溶液，於暗室中進行實驗。
2. 使用手機 LED 燈從杯口處向下照光。
3. 將照度計置於在杯口上方處，測量其透光照度值。

陸、實驗結果

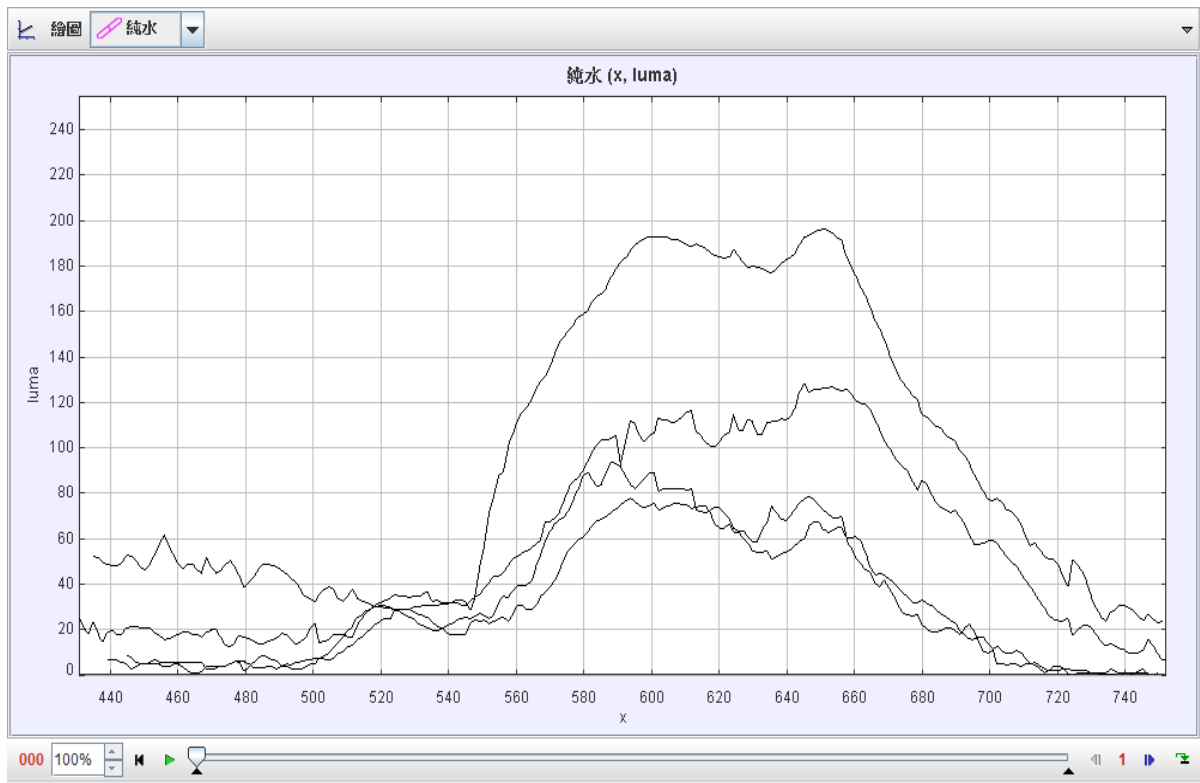
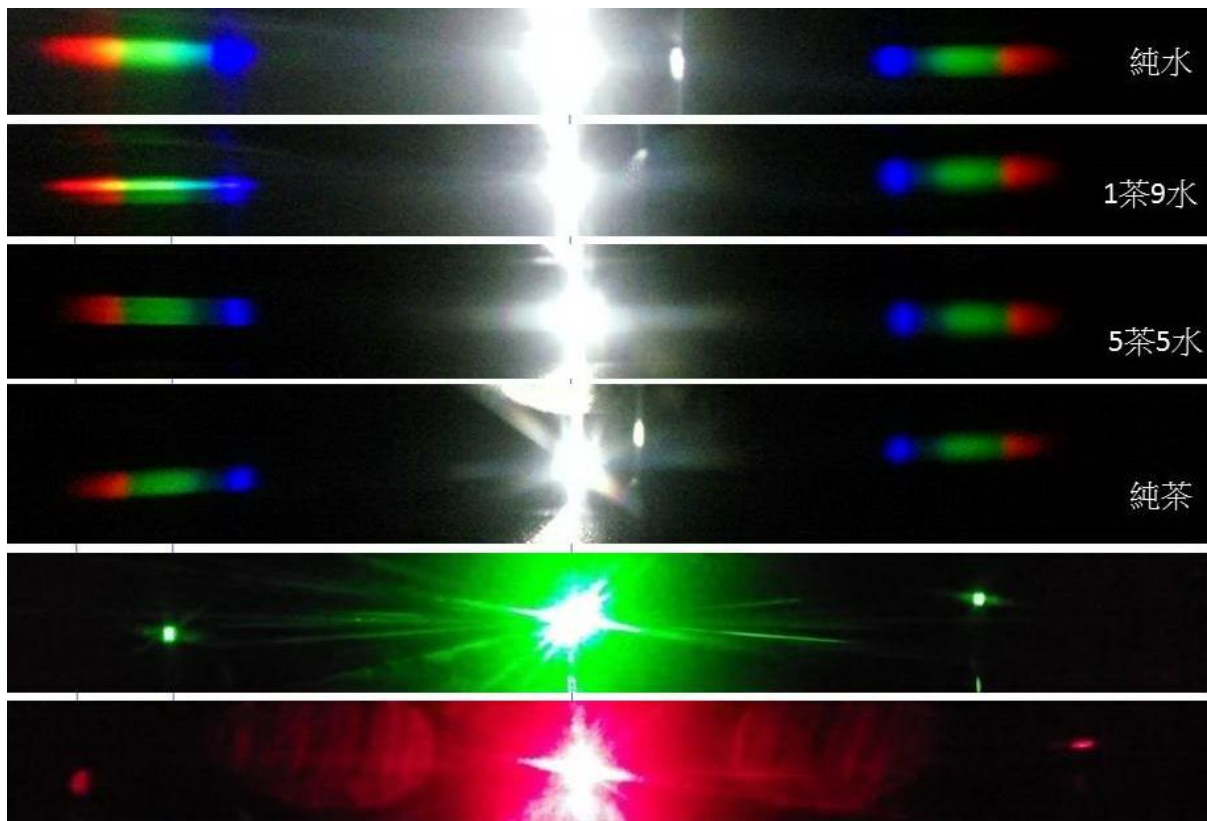
實驗一、鮮奶與茶是否對光會有選擇性的探討

一、數據處理與分析：

(一) 不同鮮奶濃度之光譜亮度分析



(二) 不同濃茶濃度之光譜亮度分析




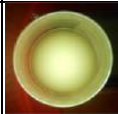
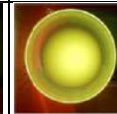
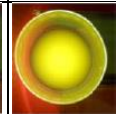
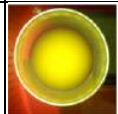
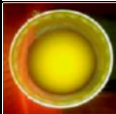
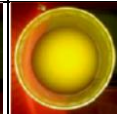
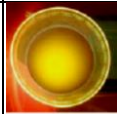
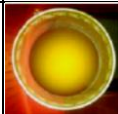
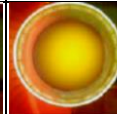
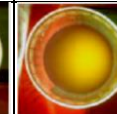
二、小結：

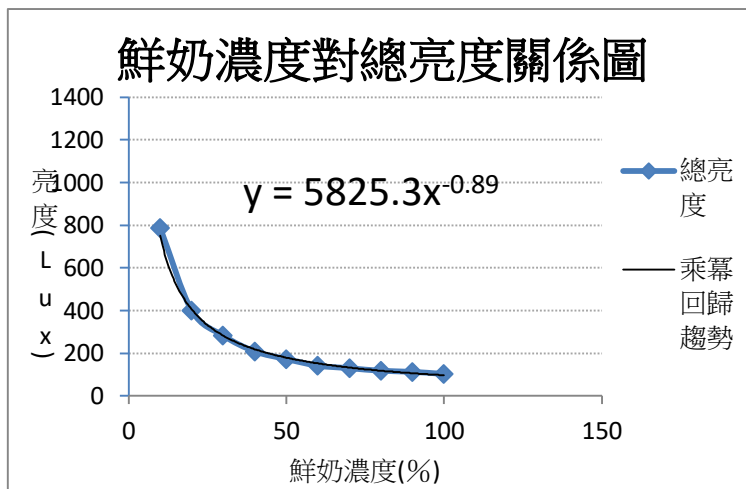
1. 鮮奶對各色光亮度的吸收為紅光 > 藍光 >> 綠光。
2. 濃茶對各色光亮度的吸收為藍光 > 綠光 > 紅光。

實驗二、「鮮奶、綠茶、紅茶濃度」對總透光度之影響之探討


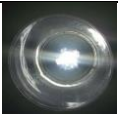
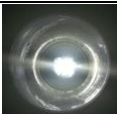




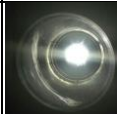
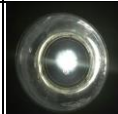
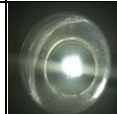

一、數據處理與分析：

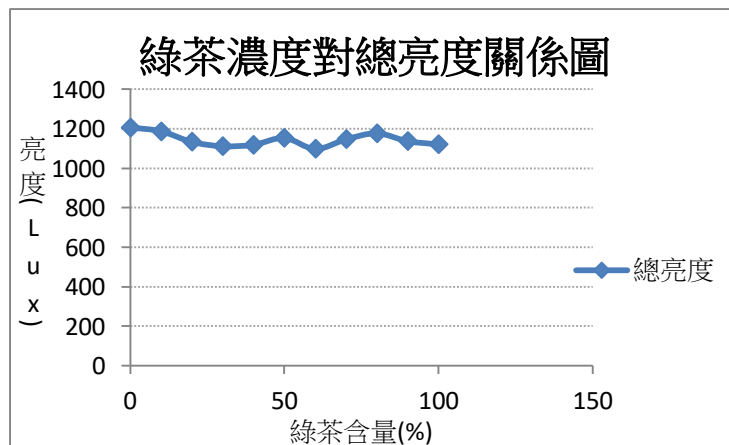
(一) 鮮奶：(奶水混合溶液 10ml、光泉鮮奶)

鮮奶濃度(%)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
總亮度(Lux)	1206	788	401	283	209	173	142	130	118	113	103
圖片											





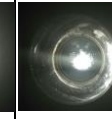
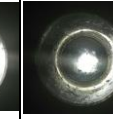
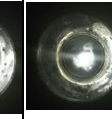
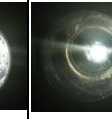
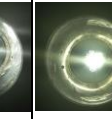
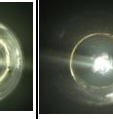
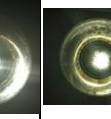


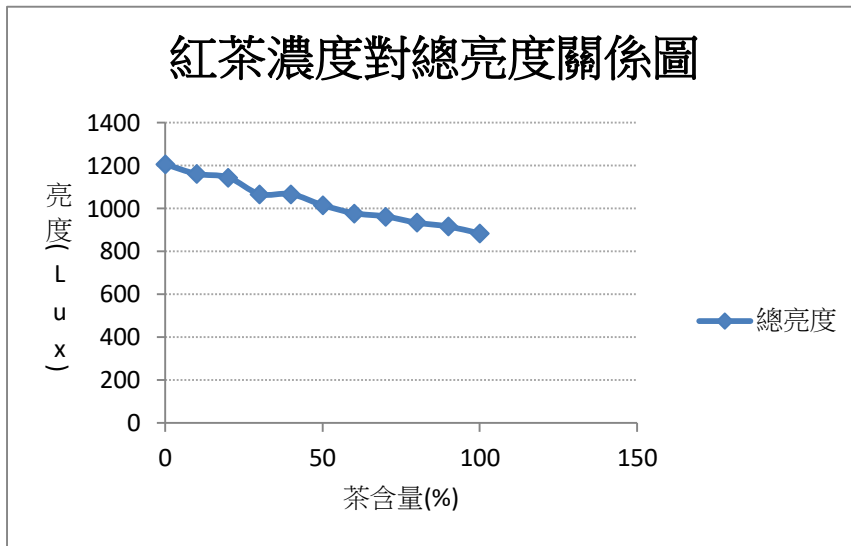
(二) 日式無糖綠茶：茶水混合溶液 10ml

綠茶濃度(%)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
總亮度(Lux)	1206	1187	1134	1113	1120	1154	1099	1147	1177	1138	1122
圖片											



(三) 英式紅茶：

紅茶濃度(%)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
總亮度(Lux)	1206	1161	1145	1067	1067	1016	978	963	934	916	884
圖片											



二、小結：

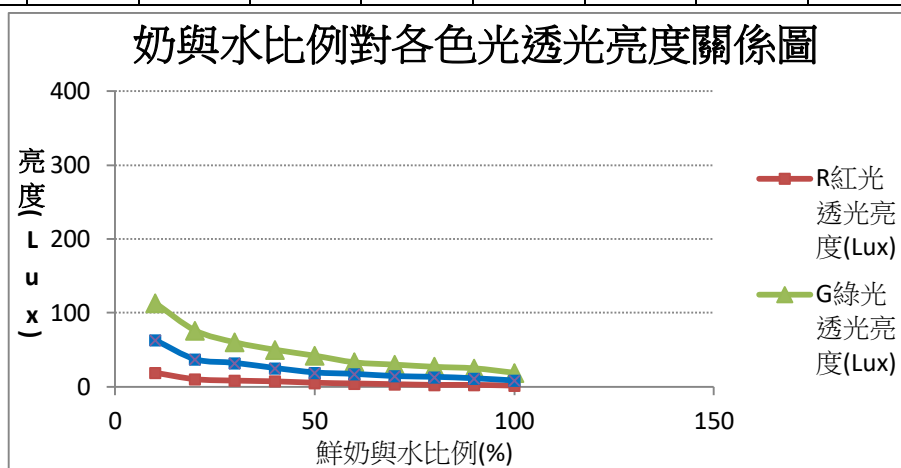
1. 鮮奶濃度對透光度的關係似乎有反比的關係，其定值約為 5825。
2. 綠茶濃度對透光度變化的影響不大。
3. 紅茶濃度增加時透光度會下降。

實驗三、「鮮奶、綠茶、紅茶濃度」對透光後的各色光光亮度與比例之探討

一、數據處理與分析：

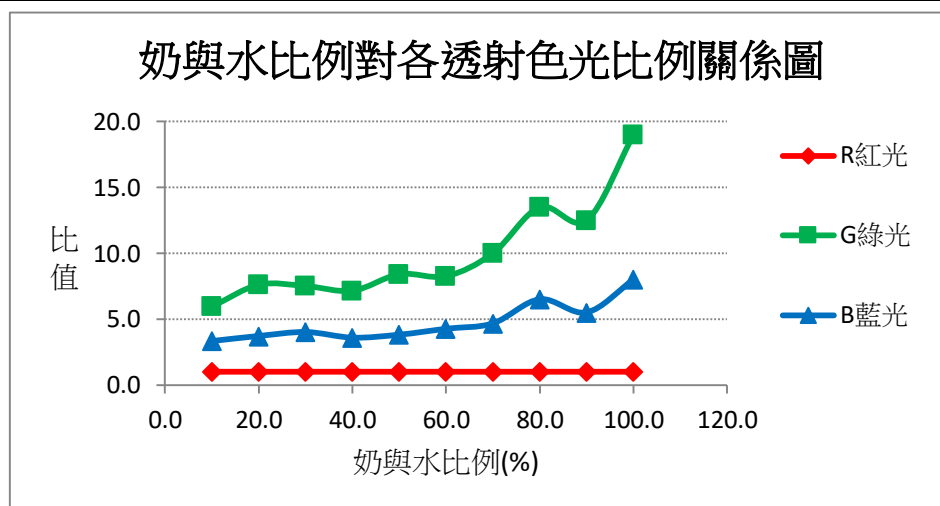
(一) 不同比例的奶與水：(奶水混合溶液 10ml、光泉鮮奶)

奶濃度(%)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
R 紅光透光亮度(Lux)	19	10	8	7	5	4	3	2	2	1
G 綠光透光亮度(Lux)	113	76	60	50	42	33	30	27	25	19
B 藍光透光亮度(Lux)	63	37	32	25	19	17	14	13	11	8



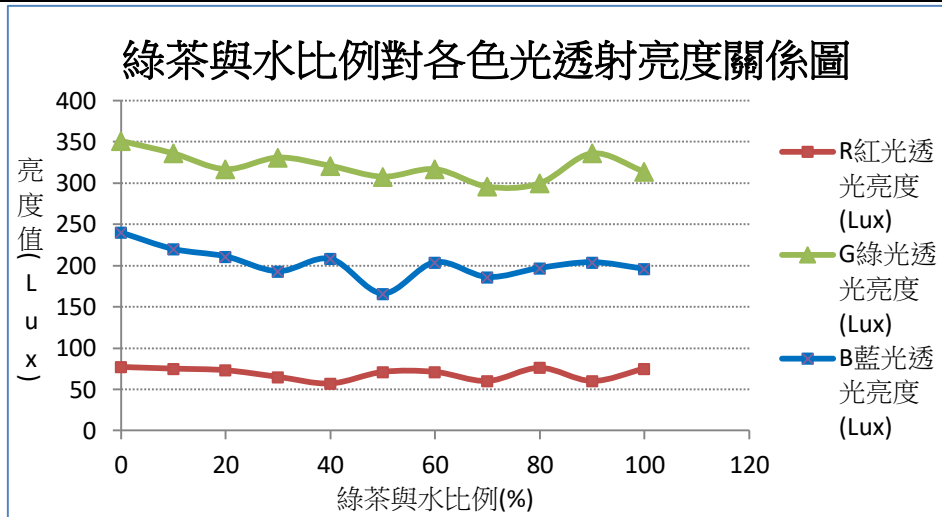
以紅光為標準值之各色光亮度比

奶濃度(%)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
R 紅光透光比例	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
G 綠光透光比例	5.9	7.6	7.5	7.1	8.4	8.3	10.0	13.5	12.5	19.0
B 藍光透光比例	3.3	3.7	4.0	3.6	3.8	4.3	4.7	6.5	5.5	8.0



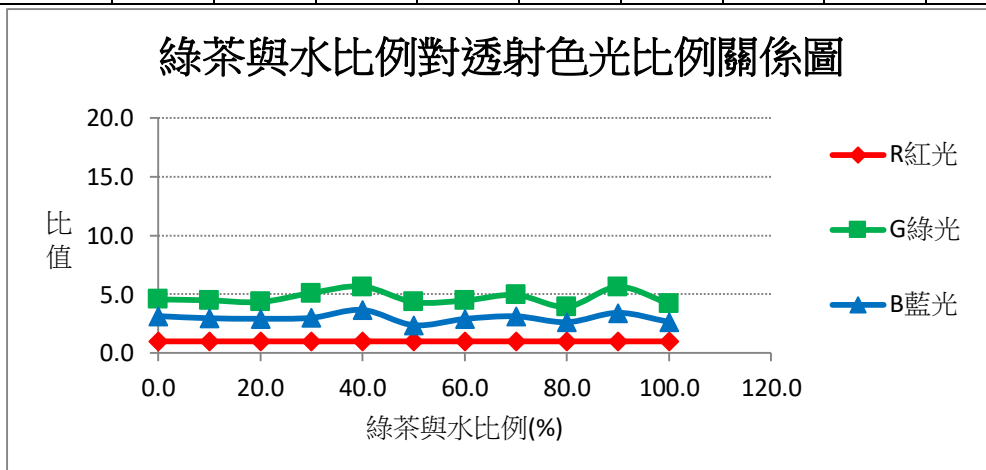
(二) 不同比例的綠茶與水：(日式無糖綠茶茶水混合溶液 10ml)

綠茶濃度(%)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
R 紅光透光亮度(Lux)	75	73	65	57	71	71	60	76	60	75
G 綠光透光亮度(Lux)	336	317	331	321	308	317	296	300	336	314
B 藍光透光亮度(Lux)	220	211	193	208	166	204	186	197	204	196



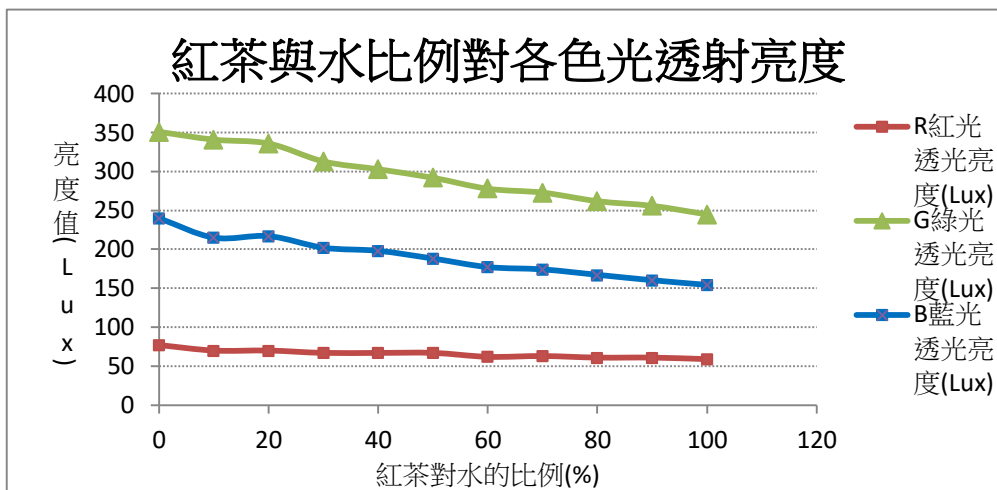
以紅光為標準值之各色光亮度比

綠茶濃度(%)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
R 紅光透光比例	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
G 綠光透光比例	4.5	4.3	5.1	5.6	4.3	4.5	4.9	3.9	5.6	4.2
B 藍光透光比例	2.9	2.9	3.0	3.6	2.3	2.9	3.1	2.6	3.4	2.6



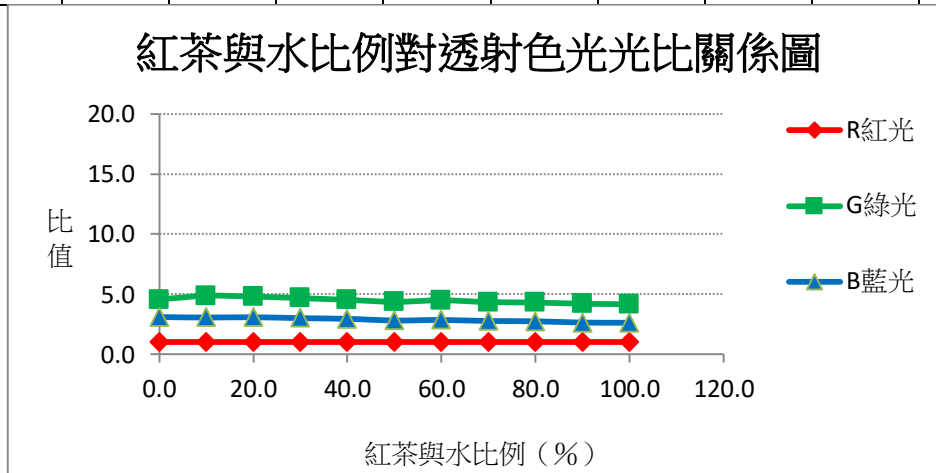
(三) 不同比例英式紅茶與水：(茶水混合溶液 10ml)

紅茶濃度(%)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
R 紅光透光亮度(Lux)	70	70	67	67	67	62	63	61	61	59
G 綠光透光亮度(Lux)	341	336	313	303	292	278	273	262	256	245
B 藍光透光亮度(Lux)	215	217	202	198	188	177	174	167	160	154



以紅光為標準值之各色光亮度比

紅茶濃度(%)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
R 紅光透光比例	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
G 綠光透光比例	4.9	4.8	4.7	4.5	4.4	4.5	4.3	4.3	4.2	4.2
B 藍光透光比例	3.1	3.1	3.0	3.0	2.8	2.9	2.8	2.7	2.6	2.6



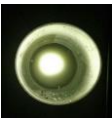
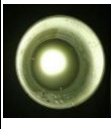
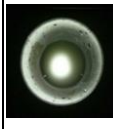
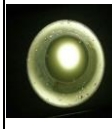
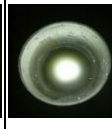
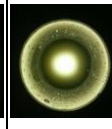
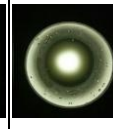
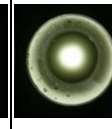
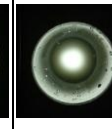
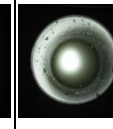
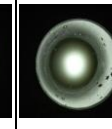
二、小結：

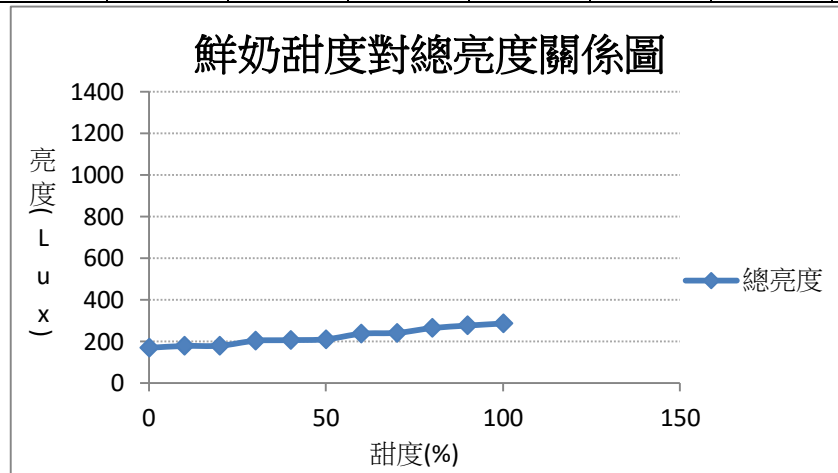
1. 鮮奶的透射光光亮度大小依序為：綠 > 藍 > 紅。
2. 隨鮮奶濃度增加透射光的紅光與藍光比例減少，綠光增加。
3. 紅茶與綠茶的透射光光亮度大小依序為：綠 > 藍 > 紅。
4. 隨綠茶濃度增加透射光的 RGB 無明顯變化。
5. 隨紅茶濃度增加藍光與綠光透光亮度有些微減少，透光顏色偏紅。

實驗四、「鮮奶甜度」對透光後的總透光度、各色光光亮度與比例之探討

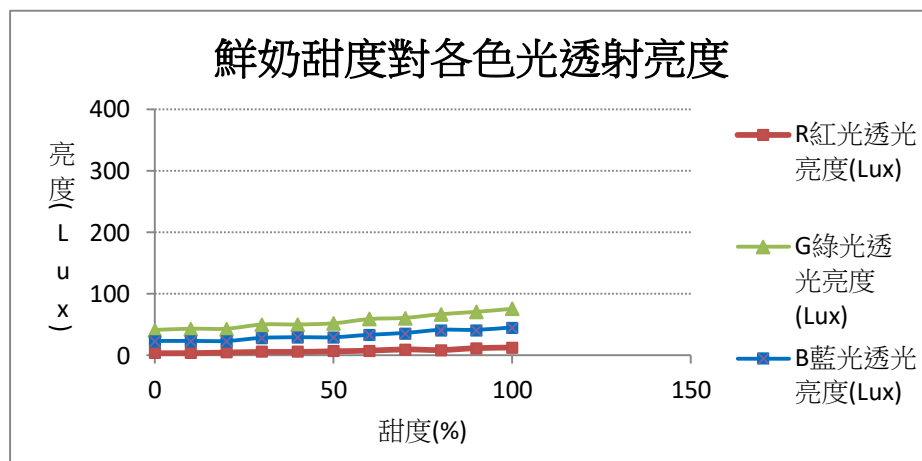
一、數據處理與分析：(總透光度)

(鮮奶 5ml+不同濃度糖水 5ml)

糖水濃度(%)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
總亮度(Lux)	169	178	179	203	206	210	237	241	264	276	286
圖片											

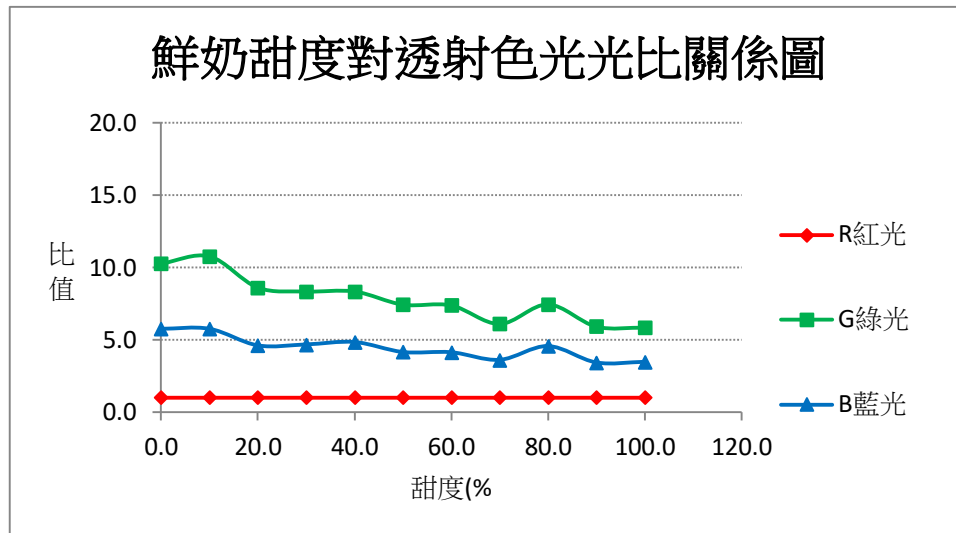


糖水量(ml)	0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0
R 紅光透光亮度(Lux)	4	4	5	6	6	7	8	10	9	12	13
G 綠光透光亮度(Lux)	41	43	43	50	50	52	59	61	67	71	76
B 藍光透光亮度(Lux)	23	23	23	28	29	29	33	36	41	41	45



以紅光為標準值之各色光亮度比

糖水量 ml	0	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5
R 紅光 透光比例	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
G 綠光 透光比例	10.3	10.8	8.6	8.3	8.3	7.4	7.4	6.1	7.4	5.9	5.8
B 藍光 透光比例	5.8	5.8	4.6	4.7	4.8	4.1	4.1	3.6	4.6	3.4	3.5

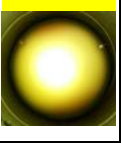
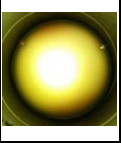
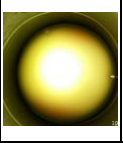
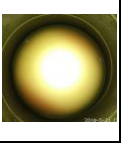
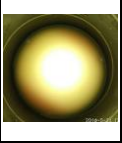

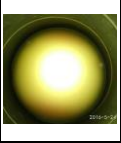
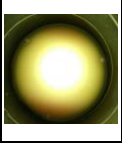
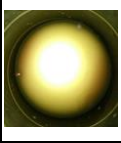
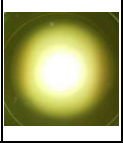



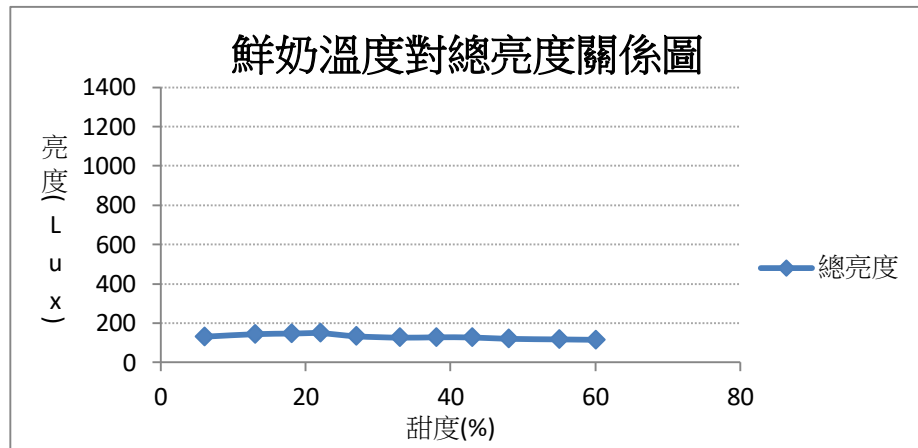
二、小結：

1. 鮮奶甜度越高總透光度有些微增加，前後差距值約為 100Lux。
2. 鮮奶甜度增加對各色光略有提升。
3. 鮮奶甜度增加綠光及藍光透射光比例皆會下降，但變化不大。

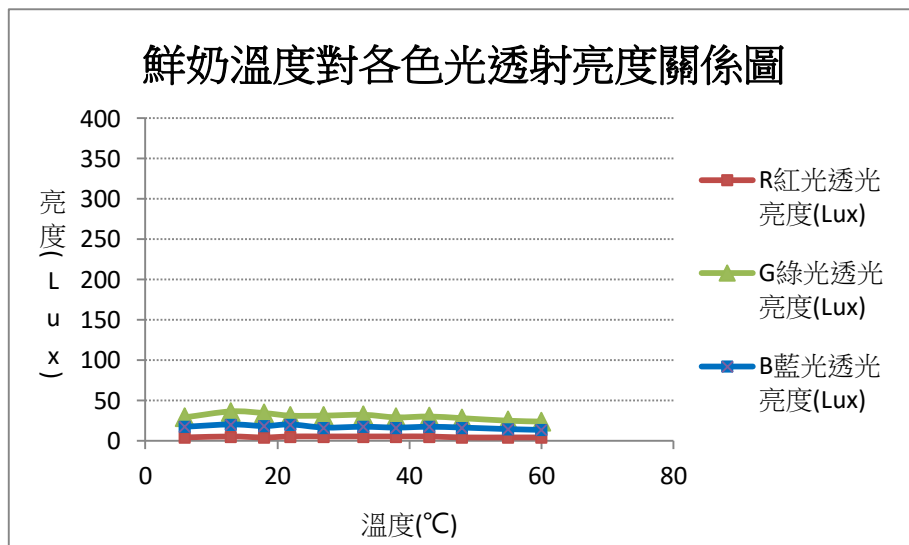
實驗五、「鮮奶溫度」對透光後的總透光度、各色光光亮度之比例之探討

一、數據處理與分析：(10ml 鮮奶)

鮮奶溫度 (°C)	6	13	18	22	27	33	38	43	48	55	60
總亮度 (Lux)	132	145	148	150	134	127	129	128	121	143	154
圖片											

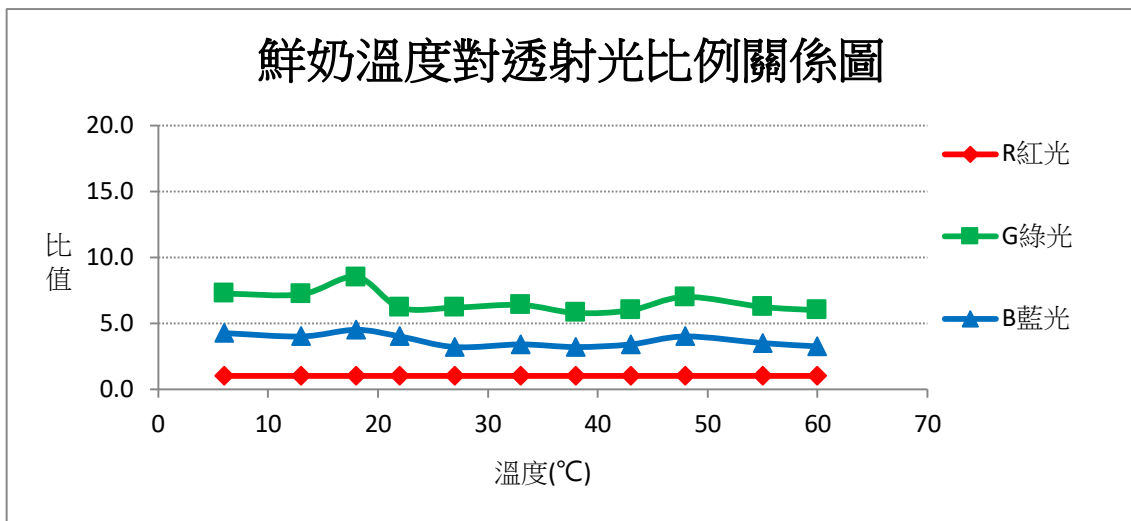


鮮奶溫度 (°C)	6	13	18	22	27	33	38	43	48	55	60
R 紅光透光亮度(Lux)	4	5	4	5	5	5	5	5	4	4	4
G 綠光透光亮度(Lux)	29	36	34	31	31	32	29	30	28	25	24
B 藍光透光亮度(Lux)	17	20	18	20	16	17	16	17	16	14	13



以紅光為標準值之各色光亮度比

鮮奶溫度 (°C)	6	13	18	22	27	33	38	43	48	55	60
R 紅光 透光比例	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
G 綠光 透光比例	7.3	7.2	8.5	6.2	6.2	6.4	5.8	6.0	7.0	6.3	6.0
B 藍光 透光比例	4.3	4.0	4.5	4.0	3.2	3.4	3.2	3.4	4.0	3.5	3.3



二、小結：

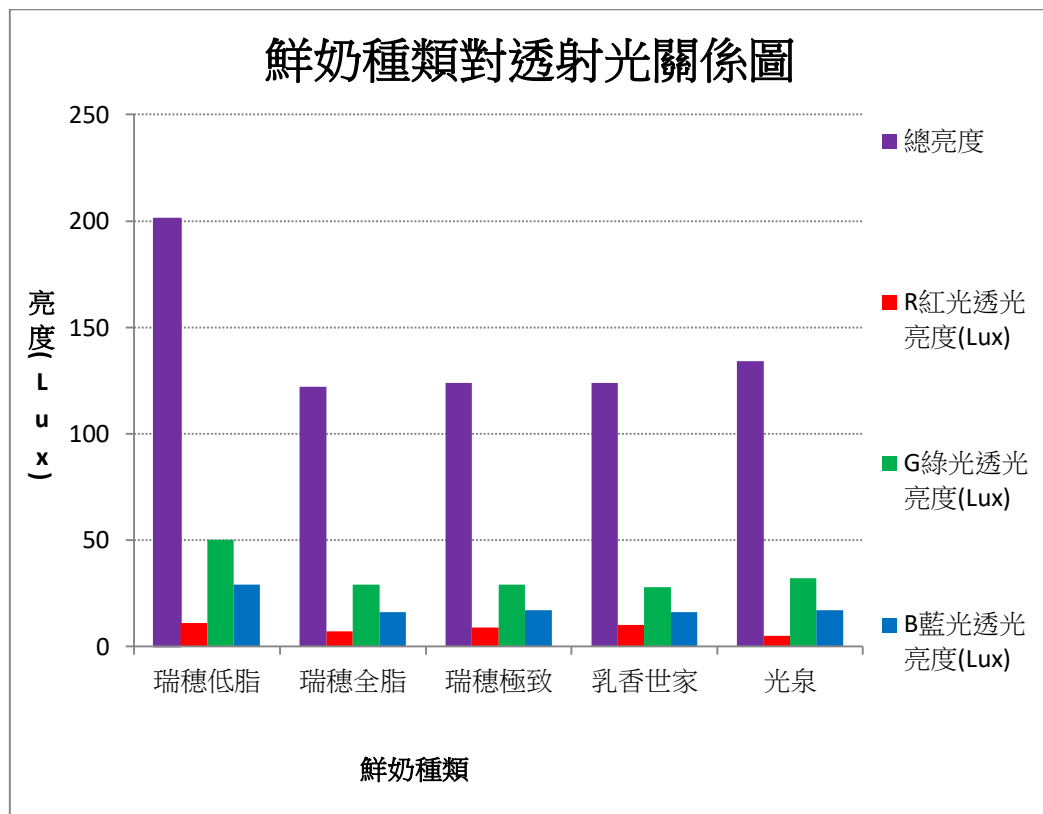
1. 鮮奶溫度對各透射的色光光亮度變化不大。
2. 鮮奶溫度高低對透射光總亮度變化不大。

實驗六、「奶種類」對透光後的總透光度、各色光光亮度之比例之探討

一、數據處理與分析：(總透光度)

(鮮奶 5ml+不同濃度糖水 5ml)

奶種類	瑞穗低脂	瑞穗全脂	瑞穗極致	乳香世家	光泉
總亮度	201	122	124	124	134
R 紅光透光亮度(Lux)	11	7	9	10	5
G 綠光透光亮度(Lux)	50	29	29	28	32
B 藍光透光亮度(Lux)	29	16	17	16	17



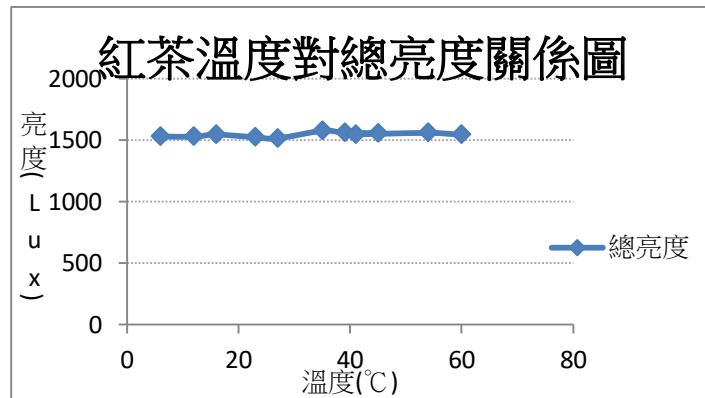
二、小結：

1. 低脂牛奶對全脂牛奶有較大的透光度。
2. 三種品牌的全脂鮮奶其透射光量度差異不大。

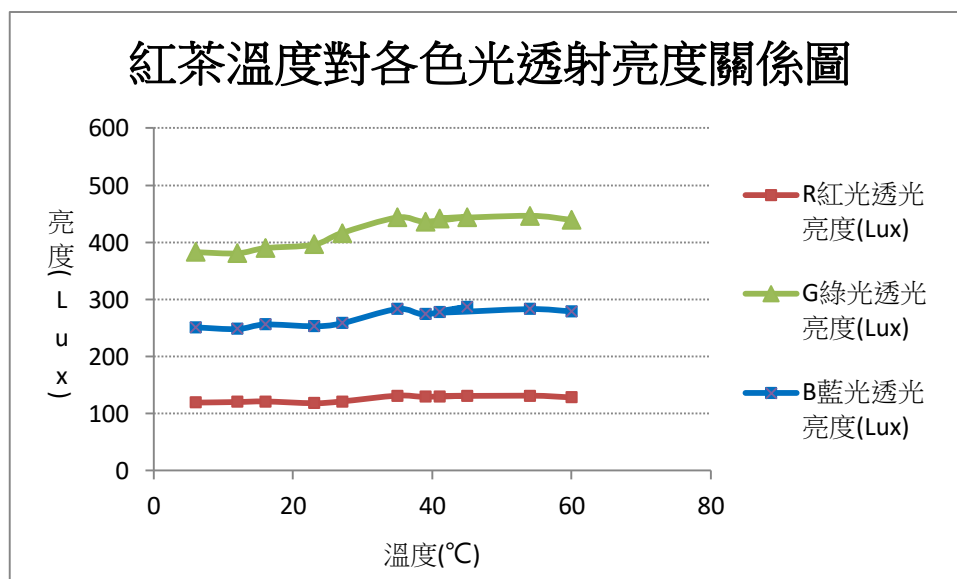
實驗七、「茶溫度」對透光後的總透光度、各色光光亮度之比例之探討

一、數據處理與分析：(10ml 濃茶—紅茶)

茶溫度 (°C)	6	12	16	23	27	35	39	45	41	54
總亮度 (Lux)	1533	1531	1548	1527	1517	1579	1564	1559	1550	1562
圖片										

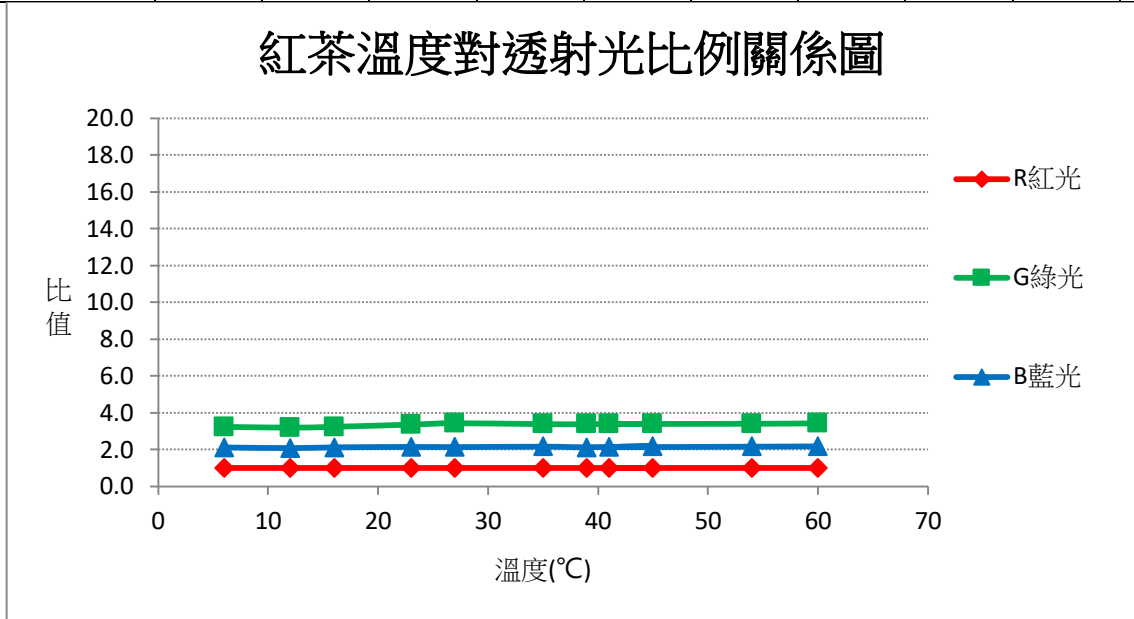


茶溫度 (°C)	6	12	16	23	27	35	39	45	41	54	60
R 紅光透光亮度(Lux)	119	120	121	118	121	131	129	131	130	131	128
G 綠光透光亮度(Lux)	383	381	390	396	416	443	436	444	441	446	439
B 藍光透光亮度(Lux)	251	248	256	253	258	283	274	287	277	283	279



以紅光為標準值之各色光亮度比

茶溫度 (°C)	6	12	16	23	27	35	39	45	41	54
R 紅光 透光比例	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
G 綠光 透光比例	3.2	3.2	3.2	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4
B 藍光 透光比例	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.2	2.1	2.2	2.1	2.2


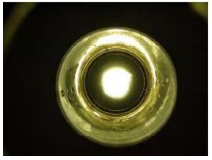
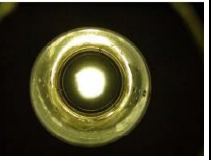
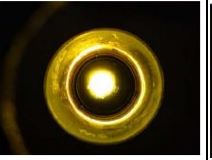



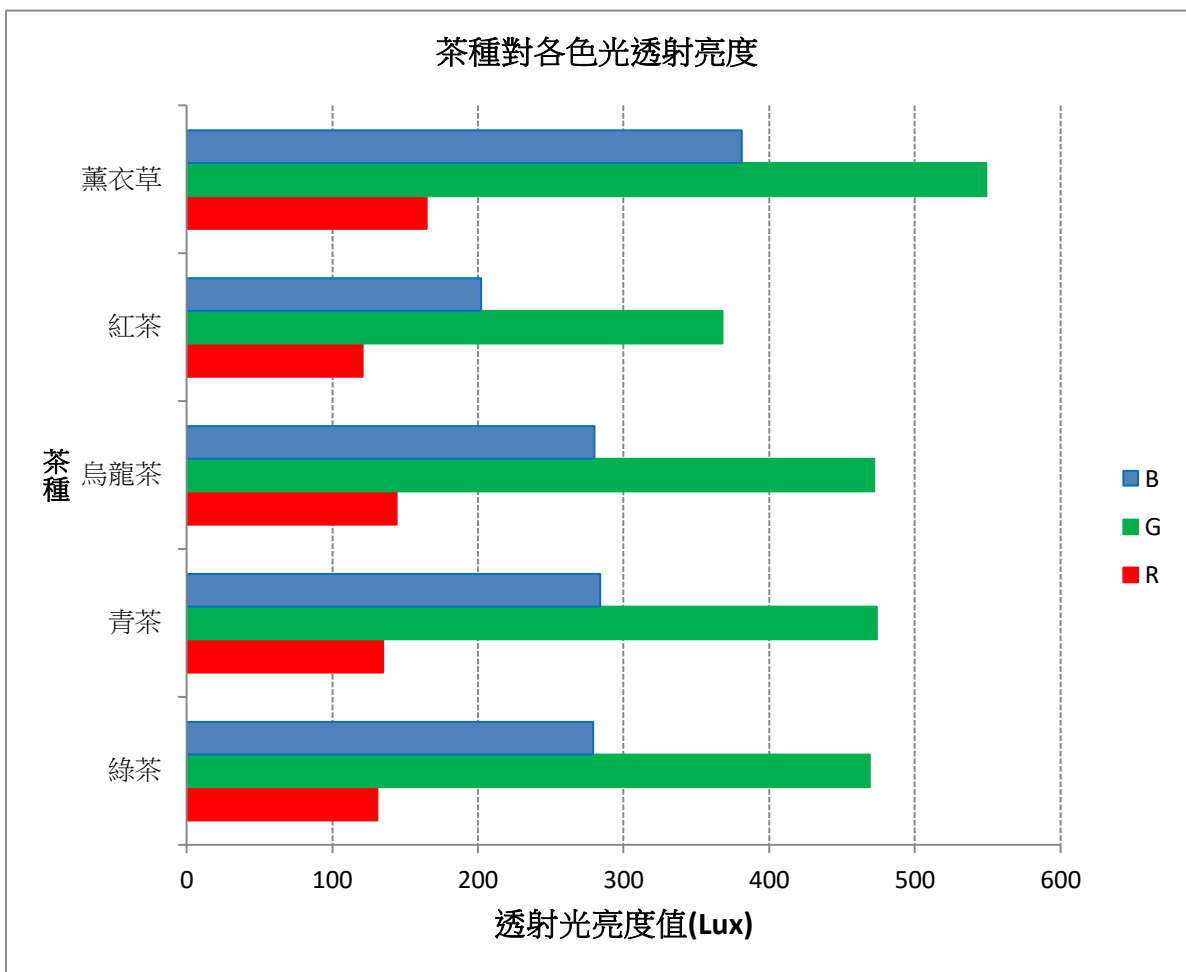
二、小結：

1. 紅茶溫度越高對透射光總光亮越大。
2. 紅茶溫度越高對三色光吸收為 B>G>R。
3. 紅茶溫度越高顏色偏紅。

實驗八、「茶種類」對透光後的總透光度、各色光光亮度之比例之探討

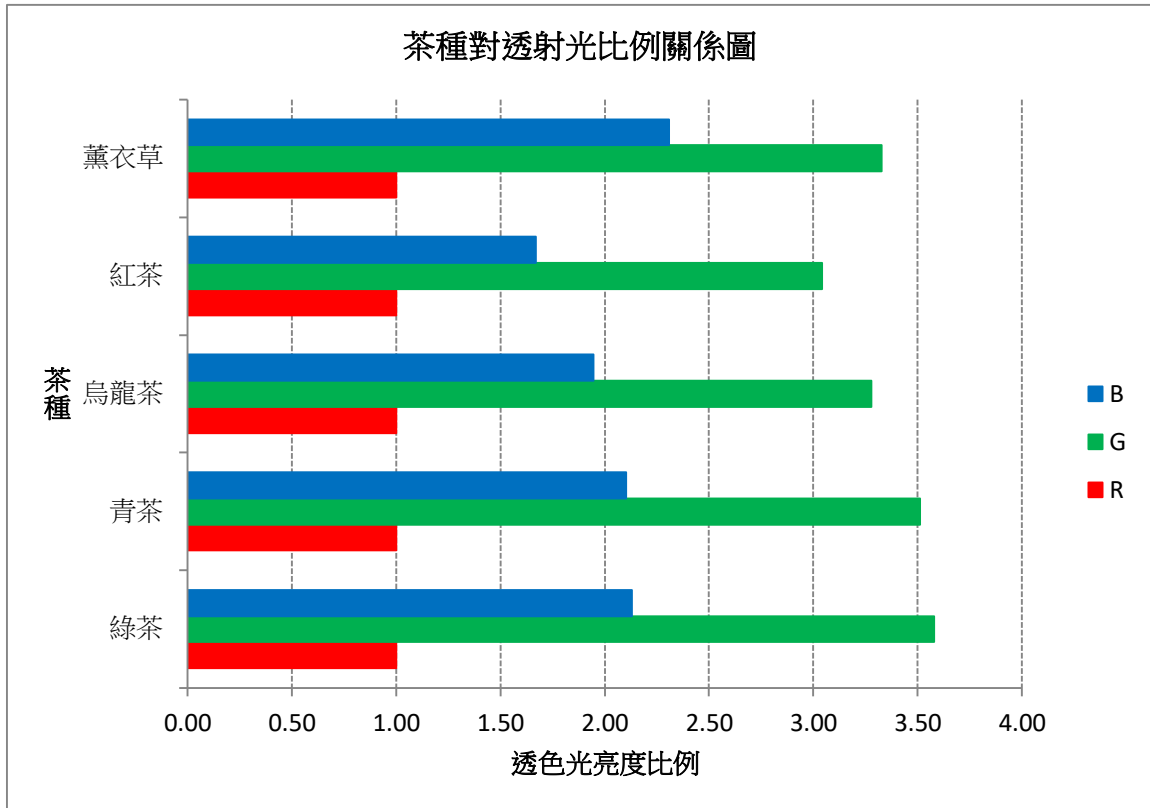
一、(10ml 濃茶)

茶種	綠茶	青茶	烏龍茶	紅茶	薰衣草
R 紅光透光 亮度(Lux)	131	135	144	121	165
G 綠光透光 亮度(Lux)	469	474	472	368	549
B 藍光透光 亮度(Lux)	279	284	280	202	381
圖片					



以紅光為標準值之各色光亮度比

茶種	綠茶	青茶	烏龍茶	紅茶	薰衣草
R 紅光透光比例	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
G 綠光透光比例	3.58	3.51	3.28	3.04	3.33
B 藍光透光比例	2.13	2.10	1.94	1.67	2.31



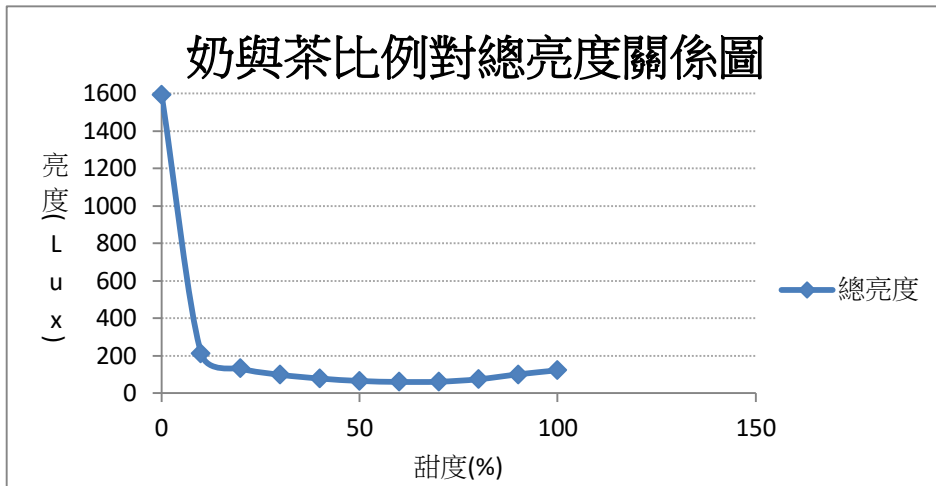
二、小結：

1. 茶種對各色光的比例與透射光亮度差異不大。
2. 未發酵的茶種（綠茶）透射光所含的藍綠光比例較發酵茶種（紅茶）來得高。

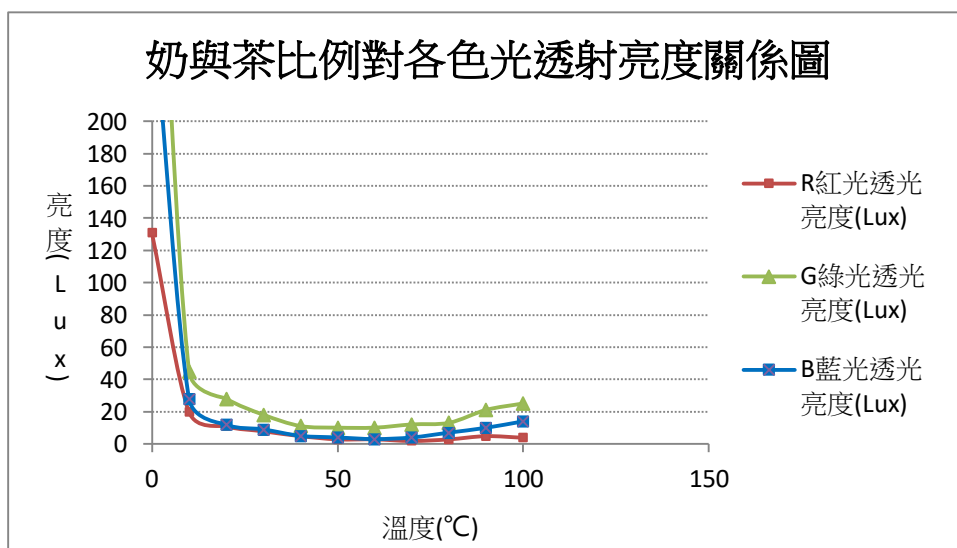
實驗九、「奶與茶不同比例混合」對透光度、各色光光亮度之比例之探討

一、數據處理與分析：(10ml 混和溶液)

鮮奶與紅茶比例	0 : 10	1 : 9	8 : 2	7 : 3	6 : 4	5 : 5	6 : 4	7 : 3	8 : 2	9 : 1	10 : 0
總亮度 (Lux)	1593	213	133	100	80	67	62	63	76	102	124
圖片											

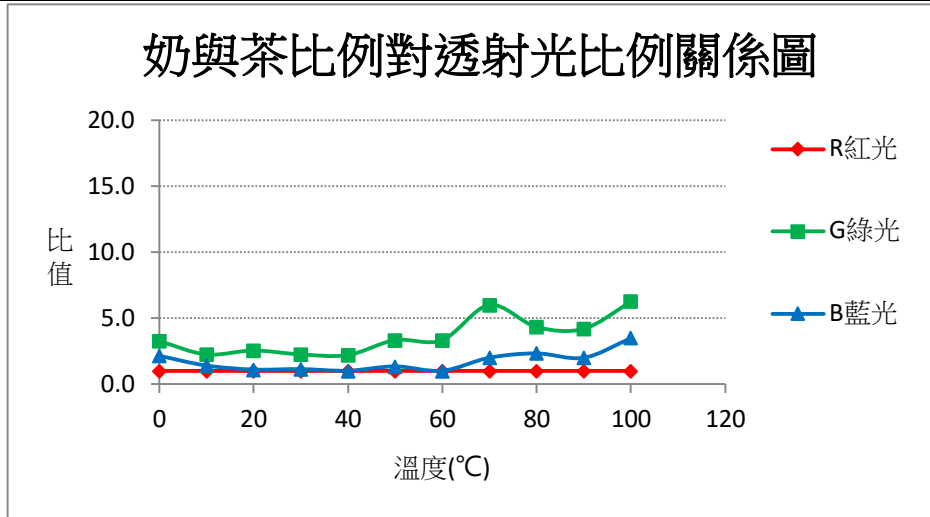


鮮奶與茶比例	0 : 10	1 : 9	8 : 2	7 : 3	6 : 4	5 : 5	6 : 4	7 : 3	8 : 2	9 : 1	10 : 0
R 紅光透光亮度(Lux)	131	20	11	8	5	3	3	2	3	5	4
G 綠光透光亮度(Lux)	428	45	28	18	11	10	10	12	13	21	25
B 藍光透光亮度(Lux)	282	28	12	9	5	4	3	4	7	10	14



以紅光為標準值之各色光亮度比

鮮奶與茶比例	0 : 10	1 : 9	8 : 2	7 : 3	6 : 4	5 : 5	6 : 4	7 : 3	8 : 2	9 : 1	10 : 0
R 紅光透光比例	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
G 綠光透光比例	3.3	2.3	2.5	2.3	2.2	3.3	3.3	6.0	4.3	4.2	6.3
B 藍光透光比例	2.2	1.4	1.1	1.1	1.0	1.3	1.0	2.0	2.3	2.0	3.5



二、小結：

1. 鮮奶含量越高，透射光的綠光比例越大。
2. 茶含量越高，透射光的紅光比例會增加。

柒、問題討論與建議

(一) 鮮奶與茶是否對光有選擇性的吸收？

本實驗所使用的燈源為手機上的 LED 白光燈，而一般 LED 燈白光可能為多色晶片發光或是藍色晶片添加螢光原料發光，因此白色 LED 的光源不會是單一頻率的色光。從實驗一的光譜分析結果，隨著「鮮奶」濃度增加，透射光僅剩下亮度值較高的綠光，而藍光與紅光亮度有明顯的減弱趨勢。而隨著「濃茶量」增加時，透射光僅剩下亮度值較高的綠光與部分亮度的紅光，而藍光亮度有明顯的減弱趨勢。由於在相機螢幕呈現的光譜亮度隨濃度較暗不易分析，因此實驗二後改以照度計測量固定區段的色光進行亮度分析。

實驗三，針對各透射色光的變化比例圖來論：(1) 鮮奶方面：RGB 的比例從鮮奶 10%之 1:5.9:3.3 變成 100%之 1:19:8，可以發現鮮奶對三色光的吸收是 $R > B \gg G$ ，再加上透射光亮度以綠色光較多，因此鮮奶越濃透色光會越綠，在觀測奶茶之時可以做為奶茶濃度判斷依據；(2) 綠茶方面：在 RGB 的比例從綠茶 10%之 1:4.5:2.9 變成綠茶 100%之 1:4.2:2.6，沒有明顯的選擇性；(3) 紅茶方面：在 RGB 的比例從紅茶 10%之 1:4.9:3.1 變成紅茶 100%之 1:4.2:2.6，綠光與藍光有較多的吸收。無論綠茶或紅茶，紅色光之透光亮度隨濃度增加保留越多，且綠光亮度較大，因此濃茶的透射光會隨濃度偏紅、偏黃綠色，所以觀測奶茶時偏紅也代表茶比例較高，尤其是紅茶茶種最為明顯。

(二) 未發酵茶、發酵茶的亮度比較

依據研究文獻指出，茶菁中的色素包括了脂溶性與水溶性兩種：脂溶性色素不溶於水，主要為葉綠素、葉黃素、花青素及類胡蘿蔔素，茶葉乾燥物及茶葉底色由這類色素形成，水溶性色素指的是茶多酚氧化脫氫後的聚合物，茶多酚的主要成份為兒茶素，沒有顏色，其氧化後會脫氫聚合為較大的可溶性分子，初階的氧化變為茶黃質，中階氧化形成茶紅質，高階氧化則產生茶褐質，從水色的價值來看，茶黃質對水色的明亮度有影響，茶紅質則決定水色的紅豔度，茶褐質使茶湯變暗。發酵

茶製作過程中即是把葉綠素破壞，促使茶多酚氧化，未發酵茶則是保留葉綠素，不讓茶多酚氧化。

因此，從發酵茶(紅茶)比例不同的總透光量比例圖來看，由茶 10%之 1161Lux 變為茶 100%之 884Lux，有明顯的減少，可能是因為發酵茶含有茶褐質的關係。所以發酵茶總量度也會比未發酵茶來的低。而從未發酵茶(綠茶)比例不同的總透光量重比例圖來看，因為濃度對於亮度並沒明顯變化，因此接下來的實驗討論以紅茶為探討對象。

(三) 是否透光度可以用來代表鮮奶的濃度？

從實驗二的數據上我們可以發現鮮奶比例越多其透光度越低，且有成反比的關係。因此單純的鮮奶與水的混合時，透光度應可以作為判斷的依據。需要注意的是，混合溶液的厚度會影響到透光值。本實驗僅以 10ml 的混合溶液倒入一般盛裝 80c.c. 的飲料杯中，溶液高度約 0.5cm，同時本實驗僅針對鮮奶與水比例的混和探討，不宜做過度的推論。但是本實驗的結果在未來可以開發出固定溶液量，透過透光度的檢測便可以知道鮮奶的純度。

(四) 光圈顏色是否可以作為甜度與奶濃度的參考？

就實驗四的研究結果而言，鮮奶甜度越高總透亮會增加，這可能是因為糖分子能聚光的原因，但增加的幅度並不大，0%與 100%前後差距僅差約 100LUX，所以甜度對奶茶總透光度的判斷影響是不大的。而甜度對 RGB 比例雖然呈現甜度越高藍、綠光比例越低，溶液顏色會紅，但由於甜度對整杯奶茶的總透光量影響非常小，因此甜度方面 RGB 比例的變化對整杯溶液的顏色判斷影響不大的。












(五) 如何製作比色卡？

依據實驗九奶茶不同比例混合，純茶的總透光量高，顏色非常透明；而純奶總透光量低，顏色相對的比純茶不透明許多。因此，溶液總透光量越大會越亮、越透明，而總透光量越小相較之下則會變暗且透明度降低。












從問題討論一與實驗三、實驗九的結果顯示，鮮奶的濃度較高時透射的光線會偏綠色，而茶濃度較高時的透射光線會偏紅黃色。當兩杯鮮奶濃度與茶濃度比例有大差異時，利用透光可以立刻區別出鮮奶與茶濃度的不同，若透光偏綠則奶量較多，若透光偏紅、偏黃則茶量較多。

在本研究中，以純水的透光所得的最大亮度定義為透明度 100%，若純水最大的透光亮度為 1600Lux，奶茶透光亮度為 800Lux 則此時的奶茶透明度定義為 $(800/1600)\% = 50\%$ 。再來，將紅光、綠光、藍光透光亮度值，以紅光為標準數值 1 計算其他色光的相對比值，以 10%奶與茶比例來說，紅、綠、藍三色的亮度值分別為：20、45、28，換算的比例為：20、45、28 為 1：2.3：1.4，則此時透光顏色數位數值 $R=1/(1+2.3+1.4)*256=55$ 。換算出各 RGB 的數位數值乘上透明度可以製作比色卡。

下面為實驗八奶茶濃度量測的透光數值與拍攝照片：












奶比茶(%)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
總亮度	884	213	133	100	80	67	62	63	76	102	124
R 紅光透光亮度(Lux)	131	20	11	8	5	3	3	2	3	5	4
G 綠光透光亮度(Lux)	428	45	28	18	11	10	10	12	13	21	25
B 藍光透光亮度(Lux)	282	28	12	9	5	4	3	4	7	10	14
圖片											

轉換成數位的 RGB 數值如下表，再透過小畫家做出合成色卡。

奶比茶(%)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
透明度值	100	24	15	11	9	8	7	7	9	12	14
數位數值 R	40	55	55	58	61	45	48	28	33	35	24
數位數值 G	130	123	140	131	134	150	159	170	144	149	148
數位數值 B	86	77	60	66	61	60	48	57	78	71	83
圖片											

然而，這樣的比色卡與目測的結果並不相似，推測這是因為本研究中所使用的色光濾片為一般立體電影所用的紅綠與紅藍立體眼鏡，這樣的濾片過濾掉許多頻率的色

光。換句話說，紅光過濾較多，因此所量得的紅光亮度值較低。實驗所使用的照度計距離樣本溶液有一個塑膠杯的高度，因而減低了許多光亮度。當我們使照度計緊貼樣本溶液時，亮度值明顯提高許多，因此使得透明度增加約為 3 倍，同時也量得較多的紅光。改用攝影用的玻璃濾片，我們發現紅光的透光亮度約增加為 3 倍，而綠、藍光的數值增加不多，故以 3 倍亮度校正紅光。我們將這樣的數值稱為「補光倍數」，其校正後的色光比例與色卡製作如下：

紅茶濃度(%)	0.0	10.0	20.0	30.0	40.0	50.0	60.0	70.0	80.0	90.0	100.0
透光度校正值	100	72	45	34	27	23	21	21	26	35	42
R 紅光數位值	40	165	165	175	182	135	143	85	100	106	71
G 綠光數位值	130	123	140	131	134	150	159	170	144	149	148
B 藍光數位值	86	77	60	66	61	60	48	57	78	71	83
校正後的色卡											

如果事先知道茶種，並先測量出不同比例的透光量，轉換成色卡即可以用來比對透光顏色便可以瞭解鮮奶含量與茶含量，甚至於鮮奶與茶的比例也可以對應出來。

(六) 溫度效應的探討：

在實驗六的結果可以知道牛奶、紅茶、綠茶溫度對透光度的影響並不大。本實驗所使用的茶為市售大廠調和的冷泡茶，因為大量生產且有固定比例配方，因此變化不大。而市售手搖杯的茶色，會受到茶葉量、泡茶水溫、茶葉浸泡時間而有所不同，配置比色卡時須注意這一點。若茶葉質量、水溫、浸泡時間相同所得的茶色應該穩定，這樣就可以作為判斷。

捌、結論與建議

一、結論：

1. 膠態溶液具有對色光的吸收性，利用初步的透光顏色可以判斷膠態溶液濃度，例如：鮮奶的透光顏色偏綠，茶的透光顏色偏紅、偏黃。若溶液透光顏色偏綠代表鮮奶含量較多。
2. 利用各種色光的透光量製作比色卡，可進一步作為膠態溶液濃度判斷參考。
3. 數位 RGB 的數值 = 補光倍數 × (該色色光量度/三色色光亮度和) × 255。(本研究紅、綠、藍之補光倍數為 3、1、1)。透明度值 = 補光倍數 × (溶液總亮度/純水總亮度) × 100 %。(本研究補光倍數為 3)。
4. 經由鮮奶的透光度可以判斷鮮奶的濃度，鮮奶越濃透光度越低。
5. 經由奶茶各種色光的透光光量，經由轉換可以製造出色卡作為鮮奶與茶濃度、鮮奶與茶比例、茶種等判斷。
6. 溫度對奶、綠茶、紅茶之透射光影響不大。

二、建議：

簡易的奶茶（膠態溶液）濃度判斷方式：

以往膠態溶液不容易使用方便的方式檢驗，本研究只需利用手機的 LED 照明燈，將適量的奶茶放入透明杯中，經由觀察透光顏色比對色卡便可以瞭解奶茶飲料的濃度比例。但在甜度方面由於透光量會受到膠態溶液的吸收而造成光圈量測上的問題。而光經由膠態溶液仍會有色散的現象，建議之後以彩虹色光對膠態溶液的甜度進行探討。

參考資料

1. 陳宜劭、何書慧、劉曜萱、連建閔等人，濃不濃光知道，中華民國第四十二屆全國中小學科學展覽會國中組物理科作品說明書
2. 李柏青、蕭昌泓、賴建維等人，利用 CD 測量研究可見光譜，中華民國第四十四屆全國中小學科學展覽會高中組物理科作品說明書

【評語】 030115

1. 本作品研究溶液濃度的測量，觀察市售奶茶中鮮奶與茶濃度與光學吸收的關係，作者運用簡單的設備，量測出濃度與光強度關係，具科學精神與實用價值，值得嘉許。
2. 加強處：溶液濃度的光學測量為科展常見題目，創意待加強。