

# 新竹市第四十三屆中小學科學展覽會

## 作品說明書

科 別：化學科

組 別：國小組

作品名稱：「茄」實火「紅」—紅色蔬果中茄紅素含量之研究

關 鍵 詞：茄紅素檢測 吸光度 檢量線

編 號：



番茄沙拉加油添醋

茄紅素 CP 值最高

## 摘要

本實驗首先檢測茄紅素的特性，了解茄紅素於各種溶劑中溶解度狀況，接著探討不同濃度大番茄汁於不同浸泡時間、不同浸泡時溫度、不同調味方式、不同保鮮方式與其他紅色蔬果汁對茄紅素含量與吸光度之影響，再探討市售番茄汁茄紅素含量，最後，找出自行料理「最高茄紅素 CP 值」的番茄沙拉。**由實驗研究重大結論：**

**發現一：**波長 500nm 下，溶劑以 50% 酒精加 50% RO 逆滲透水調配，大番茄汁吸光度最高達 2.5，濃度可高達 25%，其檢量線為線性範圍；溶劑以 30% 酒精加 70% RO 逆滲透水調配，大番茄汁吸光度最高達 1.9，濃度可高達 20%，其檢量線為線性範圍。

**發現二：**波長 500nm 下，濃度 1%~7% 和濃度 10% 對應的吸光度連成的斜直線為大番茄汁檢量線。

**發現三：**不同浸泡時間、浸泡溫度對茄紅素含量與吸光度影響：

浸泡時間不超過 15 分鐘，浸泡溫度越高，吸光度越高，茄紅素含量越多。

**發現四：**不同調味方式大番茄汁茄紅素含量對吸光度之影響排序為：

(1) 未加熱：

濃度 20% 大番茄汁加油添醋 > 濃度 20% 大番茄汁加醋 > 濃度 20% 大番茄汁加油 > 濃度 20% 大番茄汁

(2) 加熱：

濃度 20% 大番茄汁加油添醋 > 濃度 20% 大番茄汁加醋 > 濃度 20% 大番茄汁加油 > 濃度 20% 大番茄汁

**發現五：**不同保鮮方式大番茄汁茄紅素含量對吸光度之影響排序為：

(1) 已去蒂：濃度 5% > 濃度 4% > 濃度 3% > 濃度 2% > 濃度 1%

(2) 未去蒂：濃度 5% > 濃度 4% > 濃度 3% > 濃度 2% > 濃度 1%

**發現六：**五種紅色蔬果茄紅素含量排序為：

紅心芭樂汁 > 聖女小番茄汁 > 大番茄汁 > 西瓜汁 > 木瓜汁

五種紅色蔬果茄紅素 CP 值最高的排序為：

聖女小番茄汁 > 大番茄汁 > 紅心芭樂汁 > 西瓜汁 > 木瓜汁

**發現七：**三種市售番茄汁茄紅素含量與茄紅素 CP 值最高的番茄汁排序為：

統○番茄汁 > 愛○味鮮採番茄 > 波○紅番茄

# 壹、前言

## 一、研究動機

近年來，隨著營養科學的發展，許多對人類健康有益的植物化學物質，透過食用這些不同的植化素可以幫助我們維持健康。有句諺諧的廣告詞：「番茄紅了，醫生的臉就綠了！」也是義大利的諺語，強調多喝番茄汁對身體健康的好處，原因是番茄含有豐富茄紅素，具有高抗氧化力！

研究分析顯示，茄紅素具有高營養價值，義大利人平均每日從飲食裡攝取高達 7.4 毫克的茄紅素，遠高於英國的 1.1 毫克與西班牙的 1.8 毫克，這樣的地中海型飲食，料理中充滿了番茄丁、番茄泥與番茄醬等有很大的關係！

根據國內外醫學研究報導，每天攝取 30 毫克的茄紅素不但能消除體內過量的自由基，也能延緩老化，其效力是  $\beta$ -胡蘿蔔素的 2 倍、維生素 E 的 10 倍！高居所有類胡蘿蔔素中抗氧化能力的翹楚！茄紅素除了是非常好的抗氧化物，也具有多重生物效應，能誘導癌細胞良性分化和凋謝、抑制癌細胞訊號傳遞及分裂，對於抗癌也非常有幫助！

臺灣富有水果王國之美譽，水果的多樣與優良品質更是我們自豪的，屬於本土性的番茄、紅肉西瓜、紅心芭樂、木瓜等，都含有豐富的茄紅素，可以提供很好的抗氧化力。基於這個原因，我們想探討紅色蔬果的茄紅素含量，發想以分光光度計測量紅色蔬果茄紅素之吸光度，並推算其茄紅素含量，找出自行料理「最高茄紅素 CP 值」的番茄沙拉。

## 二、文獻回顧

參考文獻「林姿宏 2002 年蕃茄果實暨製品及蕃茄紅素的生物活性之探討」，文獻提到番茄紅素（Lycopene），又稱茄紅素。是紅色的類胡蘿蔔素色素，存在於番茄和其他紅色果實與蔬菜中，如：西瓜、葡萄柚、木瓜、胡蘿蔔等。

參考文獻第 40 屆新竹市科學展覽會作品「『花』現『青』春—花草茶中花青素含量之研究」與文獻「『莓』好『青』春—莓果類食物中花青素含量之研究」作品中提及花青素檢測方法，我們改良目測法與照度計比色法，創新「以分光光度計」測量紅色蔬果茄紅素之吸光度，推算其茄紅素含量，作為這次科展的研究主題。

## 三、研究目的

依據上述參考文獻與當今的健康意識，引導我們研究方向，發想出如何自行料理茄紅素 CP 值最高的添油加醋番茄沙拉，我們的研究目的為：

第一部分：探討茄紅素於同溫下不同溶劑溶解度實驗

1、探討不同濃度大番茄汁以溶劑 50% 酒精 50% RO 逆滲透水調配於不同波長之吸光度

2、探討不同濃度大番茄汁以溶劑 30% 酒精 70% RO 逆滲透水調配於不同波長之吸光度

第二部份：探討大番茄汁標準品於同溫下不同濃度之茄紅素含量檢測實驗

1、探討大番茄汁標準品於不同波長之吸光度

2、探討不同濃度之大番茄汁標準品吸光度之檢量線

第三部份：探討分光光度計測量大番茄汁茄紅素最佳化條件實驗

1、同溫下，探討不同番茄品種番茄汁吸光度，並推算茄紅素含量

2、同溫下，探討不同濃度不同浸泡時間大番茄汁吸光度，並推算茄紅素含量

3、同溫下，探討不同浸泡溫度大番茄汁吸光度，並推算茄紅素含量

4、同溫下，探討不同調味方式大番茄汁吸光度，並推算茄紅素含量

5、同溫下，探討不同濃度不同保鮮方式大番茄汁吸光度，並推算茄紅素含量

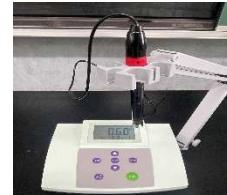
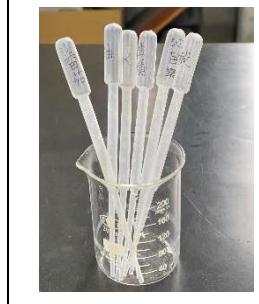
6、同溫下，探討不同濃度五種紅色蔬果之吸光度，並推算茄紅素含量

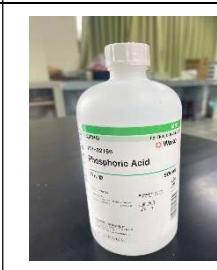
第四部份：探討三種市售番茄汁茄紅素含量多寡與價錢關係之實驗

1、探討三種市售番茄汁茄紅素含量多寡與價錢關係

## 貳、研究設備與器材

### 一、研究藥品器材

名稱	名稱	名稱	名稱	名稱
分光光度計	微量電子秤	桌上型 pH 計	恆溫槽	蔬果榨汁機
				
名稱	名稱	名稱	名稱	名稱
RO 逆滲透水	200mL 燒杯	500mL 燒杯	滴管	攪拌棒
				

名稱	名稱	名稱	名稱	名稱
鑷子	5mL 茶匙	計時器	剪刀	菜刀
				
名稱	名稱	名稱	名稱	名稱
砧板	氫氧化鈉	磷酸	95%酒精	橄欖油
				
名稱	名稱	名稱	名稱	名稱
調理醋	大番茄原汁	紅心芭樂汁	西瓜汁	木瓜汁
				
名稱	名稱	名稱	名稱	名稱
牛番茄	聖女小番茄	市售番茄汁	市售番茄汁	市售番茄汁
				

## 參、研究方法及結果

### 一、探討茄紅素於同溫下不同溶劑溶解度實驗

#### (一) 探討不同濃度大番茄汁以溶劑 50%酒精 50%RO 逆滲透水調配於不同波長之吸光度

##### 1. 實驗方法：

控制變因	10 個 200mL 燒杯，分別調配同溫下大番茄汁溶液 100mL，溶劑比例為：50% 酒精和 50% RO 逆滲透水
操縱變因	10 個 200mL 燒杯分別調配 5%、10%、15%、20%、25%、30%、35%、40%、45%、50% 的大番茄汁，溶劑比例為：50% 酒精和 50% RO 逆滲透水，波長設定 450nm、500nm、550nm
應變變因	觀察 10 種濃度之大番茄汁於 3 種波長下其吸光度變化

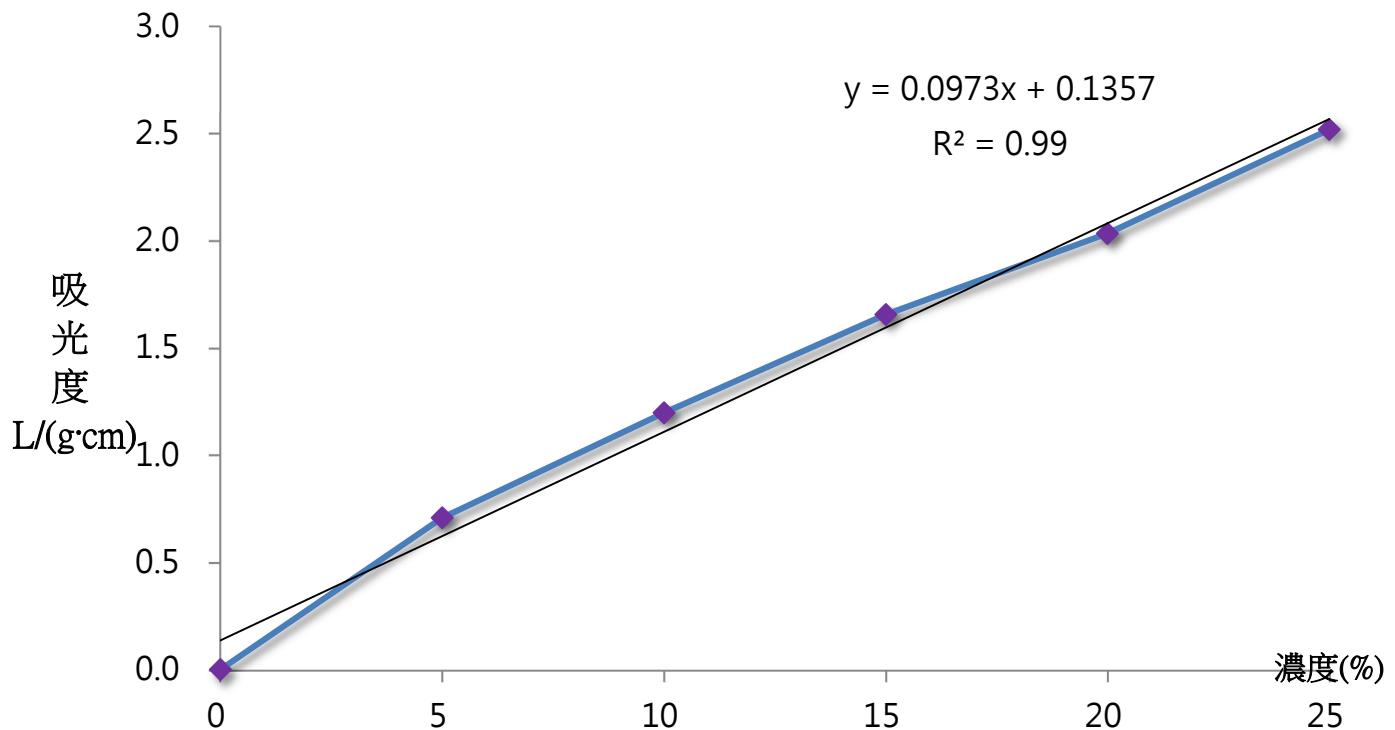
- (1) 取燒杯加入 50mL 大番茄原汁與 50mL 溶劑（含 45mL 酒精與 45mL RO 逆滲透水），調配成濃度 50% 番茄汁。
- (2) 將濃度 50% 之大番茄汁溶液，加入石英管中。
- (3) 分光光度計波長設定範圍 450nm~550nm，測量 50% 大番茄汁之於不同波長下的吸光度。
- (4) 重複上述實驗步驟 (1) ~ (3)，大番茄汁濃度改為 5%、10%、15%、20%、25%、30%、35%、40%、45%。

##### 2. 實驗結果：

< 表 1-1：不同濃度番茄汁以溶劑 50% 酒精 50% RO 逆滲透水調配於不同波長之吸光度 >

濃度 (%) \ 波長 (nm)	450	500	550
5	0.825	0.708	0.626
10	1.34	1.197	1.055
15	1.845	1.655	1.447
20	2.261	2.034	1.772
25	2.795	2.519	2.137
30	3	2.842	2.440
35	3	3	2.615
40	3	3	2.762
45	3	3	2.916
50	3	3	3

<圖 1-1：不同濃度之大番茄汁在波長500nm之吸光度>



3. 實驗發現：

- (1) 溶劑以 50% 酒精加 50% RO 逆滲透水調配時，於波長 500nm，大番茄汁濃度可高達 25%，其檢量線為線性範圍，高於濃度 30% 以上與吸光度無線性關係。
- (2) 溶劑以 50% 酒精加 50% RO 逆滲透水調配時，於波長 500nm，大番茄汁光度高達 2.5。

## (二) 探討不同濃度大番茄汁以溶劑 30% 酒精 70% RO 逆滲透水調配於不同波長之吸光度

1. 實驗方法：

控制變因	10 個 200mL 燒杯，分別調配同溫下大番茄汁溶液 100mL，溶劑比例為：30% 酒精和 70% RO 逆滲透水
操縱變因	10 個 200mL 燒杯分別調配 5%、10%、15%、20%、25%、30%、35%、40%、45%、50% 的大番茄汁，溶劑比例為：50% 酒精和 50% RO 逆滲透水，波長設定 450nm、500nm、550nm
應變變因	觀察 10 種濃度之大番茄汁於 3 種波長下其吸光度變化

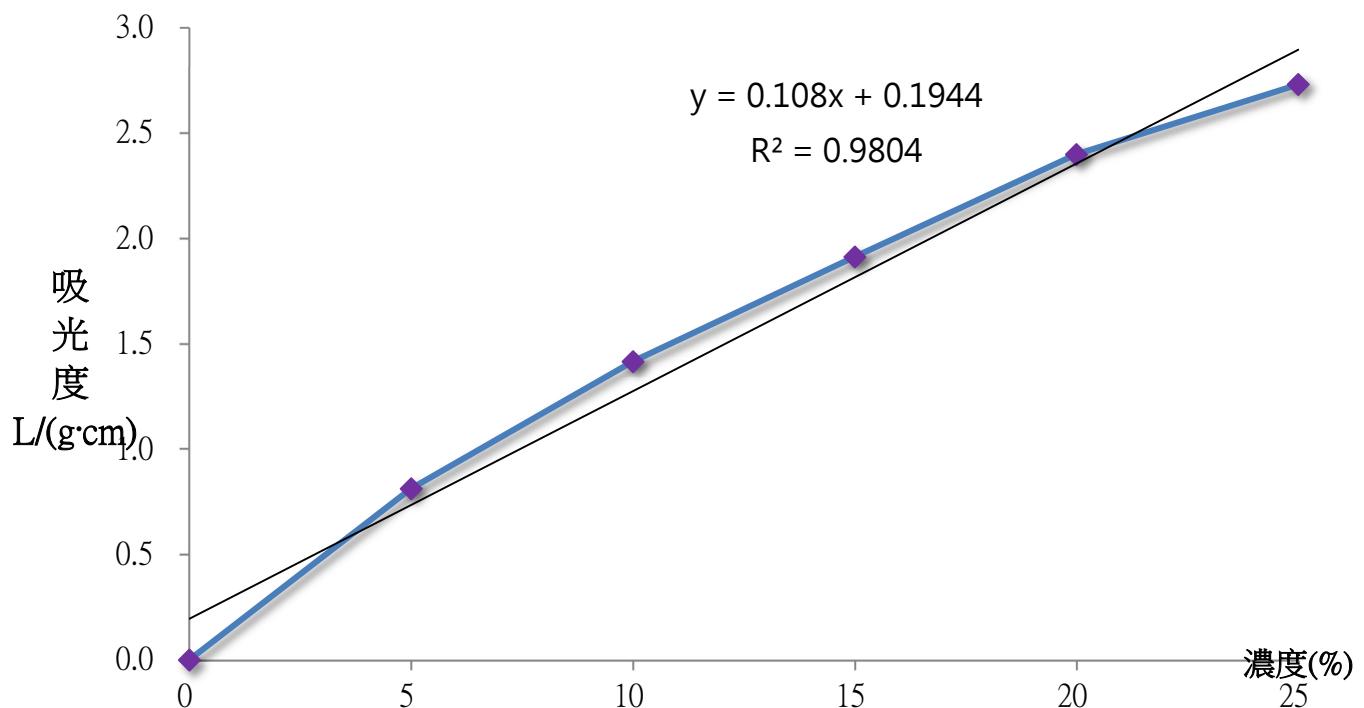
- (1) 取燒杯加入 50mL 大番茄原汁與 50mL 溶劑（含 15mL 酒精與 35mL RO 逆滲透水），調配成濃度 50% 番茄汁。
- (2) 將濃度 50% 之大番茄汁溶液，加入石英管中。
- (3) 分光光度計波長設定範圍 450nm~550nm，測量 50% 大番茄汁於不同波長下的吸光度。
- (4) 重複上述實驗步驟 (1) ~ (3)，大番茄汁濃度改為 5%、10%、15%、20%、25%、30%、35%、40%、45%。

2. 實驗結果：

<表 1-2：不同濃度番茄汁以溶劑 30% 酒精 70% RO 逆滲透水調配於不同波長之吸光度 >

濃度 (%) \ 波長 (nm)	450	500	550
5	0.905	0.813	0.709
10	1.59	1.415	1.173
15	2.127	1.913	1.581
20	2.675	2.398	1.924
25	2.948	2.731	2.186
30	3	2.926	2.475
35	3	3	2.654
40	3	3	2.836
45	3	3	2.882
50	3	3	3

<圖 1-2：不同濃度之大番茄汁在波長 500nm 之吸光度>



3. 實驗發現：

- (1) 溶劑以 30% 酒精加 70% RO 逆滲透水調配時，於波長 500nm，大番茄汁濃度可高達 20%，其檢量線為線性範圍，高於濃度 30% 以上與吸光度無線性關係。
- (2) 溶劑以 30% 酒精加 70% RO 逆滲透水調配時，於波長 500nm，大番茄汁吸光度高達 1.9。

(3) 綜合(一)(二)所述，以不同比例之酒精與 RO 逆滲透水作溶劑時，酒精比例越高，大番茄汁溶解濃度越高，但考量健康與養生的觀點，以及酒精的攝取對人體之負面影響，故以下實驗，我們皆以「RO 逆滲透水」當溶劑。

## 二、探討大番茄汁標準品於同溫下不同濃度之茄紅素含量檢測實驗

### (一) 探討大番茄汁標準品於不同波長之吸光度

#### 1. 實驗方法：

控制變因	12 個 250mL 燒杯，分別加入同溫下 (18°C) 的大番茄汁 100mL
操縱變因	12 個 250mL 燒杯分別調配 1%、2%、3%、4%、5%、6%、7%、10%、20%、30%、40%、50%、60%、70% 的大番茄汁，分光光度計波長設定 420nm~610nm
應變變因	觀察 14 種濃度之大番茄原汁於 20 種波長下其吸光度變化

- (1) 取燒杯分別加入 10mL 大番茄原汁與 90mL RO 逆滲透水。
- (2) 放在恆溫槽裡 5 分鐘達 18°C 後，兩者倒在一起，調配成濃度 10% 番茄汁，測其吸光度。
- (3) 將調配好濃度 10% 之大番茄汁溶液，加入石英管中。
- (4) 分光光度計波長設定範圍 420nm~610nm，測量 10% 大番茄汁之於不同波長下的吸光度。
- (5) 重複上述實驗步驟 (1) ~ (4)，大番茄汁濃度改為 1%、2%、3%、4%、5%、6%、7%、20%、30%、40%、50%、60%、70%。

#### 2. 實驗結果：

##### (1) 大番茄汁濃度：1%

< 表 2-1：濃度 1% 大番茄汁於不同波長下之吸光度 >

波長	420	430	440	450	460	470	480	490	500	510
吸光度	0.289	0.276	0.269	0.268	0.256	0.254	0.249	0.247	0.215	0.234
波長	520	530	540	550	560	570	580	590	600	610
吸光度	0.230	0.220	0.207	0.203	0.201	0.197	0.193	0.191	0.187	0.183

##### (2) 大番茄汁濃度：2%

< 表 2-2：濃度 2% 大番茄汁於不同波長下之吸光度 >

波長	420	430	440	450	460	470	480	490	500	510
吸光度	0.411	0.397	0.394	0.385	0.380	0.377	0.373	0.368	0.366	0.361
波長	520	530	540	550	560	570	580	590	600	610
吸光度	0.356	0.347	0.331	0.321	0.313	0.319	0.320	0.322	0.325	0.303

##### (3) 大番茄汁濃度：3%

< 表 2-3：濃度 3% 大番茄汁於不同波長下之吸光度 >

波長	420	430	440	450	460	470	480	490	500	510
吸光度	0.554	0.544	0.531	0.521	0.507	0.504	0.504	0.502	0.482	0.475
波長	520	530	540	550	560	570	580	590	600	610
吸光度	0.473	0.468	0.457	0.452	0.446	0.436	0.431	0.429	0.428	0.422

(4) 大番茄汁濃度：4%

< 表 2-4：濃度 4% 大番茄汁於不同波長下之吸光度 >

波長	420	430	440	450	460	470	480	490	500	510
吸光度	0.666	0.643	0.631	0.620	0.614	0.609	0.605	0.602	0.588	0.578
波長	520	530	540	550	560	570	580	590	600	610
吸光度	0.567	0.557	0.546	0.535	0.530	0.529	0.526	0.521	0.514	0.508

(5) 大番茄汁濃度：5%

< 表 2-5 濃度 5% 大番茄汁於不同波長下之吸光度 >

波長	420	430	440	450	460	470	480	490	500	510
吸光度	0.754	0.746	0.720	0.708	0.700	0.697	0.745	0.679	0.729	0.666
波長	520	530	540	550	560	570	580	590	600	610
吸光度	0.719	0.653	0.643	0.631	0.626	0.619	0.617	0.611	0.600	0.594

(6) 大番茄汁濃度：6%

< 表 2-6：濃度 6% 大番茄汁於不同波長下之吸光度 >

波長	420	430	440	450	460	470	480	490	500	510
吸光度	0.950	0.940	0.921	0.900	0.895	0.871	0.866	0.854	0.841	0.836
波長	520	530	540	550	560	570	580	590	600	610
吸光度	0.824	0.810	0.794	0.777	0.766	0.763	0.756	0.747	0.732	0.720

(7) 大番茄汁濃度：7%

< 表 2-7：濃度 7% 大番茄汁於不同波長下之吸光度 >

波長	420	430	440	450	460	470	480	490	500	510
吸光度	1.168	1.143	1.119	1.104	1.088	1.073	1.061	1.049	1.029	1.018
波長	520	530	540	550	560	570	580	590	600	610
吸光度	1.002	0.985	0.962	0.944	0.934	0.928	0.919	0.908	0.891	0.881

(8) 大番茄汁濃度：10%

< 表 2-8：濃度 10%大番茄汁於不同波長下之吸光度 >

波長	420	430	440	450	460	470	480	490	500	510
吸光度	1.715	1.695	1.657	1.647	1.601	1.574	1.566	1.534	1.502	1.474
波長	520	530	540	550	560	570	580	590	600	610
吸光度	1.306	1.278	1.251	1.223	1.209	1.201	1.188	1.172	1.300	1.278

(9) 大番茄汁濃度：20%

< 表 2-9：濃度 20%大番茄汁於不同波長下之吸光度 >

波長	420	430	440	450	460	470	480	490	500	510
吸光度	2.395	2.348	2.305	2.261	2.239	2.203	2.176	2.147	2.101	2.057
波長	520	530	540	550	560	570	580	590	600	610
吸光度	2.017	1.964	1.910	1.869	1.855	1.845	1.821	1.790	1.749	1.717

(10) 大番茄汁濃度：30%

< 表 2-10：濃度 30%大番茄汁於不同波長下之吸光度 >

波長	420	430	440	450	460	470	480	490	500	510
吸光度	3.000	3.000	2.958	2.884	2.863	2.803	2.763	2.716	2.639	2.571
波長	520	530	540	550	560	570	580	590	600	610
吸光度	2.511	2.433	2.349	2.300	2.285	2.275	2.237	2.187	2.123	2.078

(11) 大番茄汁濃度：40%

< 表 2-11：濃度 40%大番茄汁於不同波長下之吸光度 >

波長	420	430	440	450	460	470	480	490	500	510
吸光度	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000
波長	520	530	540	550	560	570	580	590	600	610
吸光度	2.948	2.845	2.720	2.655	2.647	2.633	2.583	2.491	2.405	2.339

(12) 大番茄汁濃度：50%

< 表 2-12：濃度 50%大番茄汁於不同波長下之吸光度 >

波長	420	430	440	450	460	470	480	490	500	510
吸光度	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000
波長	520	530	540	550	560	570	580	590	600	610
吸光度	3.000	3.000	3.000	2.954	2.927	2.902	2.851	2.743	2.618	2.536

(13) 大番茄汁濃度：60%

< 表 2-13：濃度 60%大番茄汁於不同波長下之吸光度 >

波長	420	430	440	450	460	470	480	490	500	510
吸光度	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000
波長	520	530	540	550	560	570	580	590	600	610
吸光度	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	2.875	2.758

(14) 大番茄汁濃度：70%

< 表 2-14：濃度 70%大番茄汁於不同波長下之吸光度 >

波長	420	430	440	450	460	470	480	490	500	510
吸光度	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000
波長	520	530	540	550	560	570	580	590	600	610
吸光度	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000

3. 實驗發現：

(1) 同一波長下，大番茄汁濃度越高，吸光度越大；濃度越低，吸光度越小。

(2) 不同濃度之大番茄汁於波長 420nm~610nm 吸光度排名：

70% > 60% > 50% > 40% > 30% > 20% > 10% > 7% > 6% > 5% > 4% > 3% > 2% > 1%。

## (二) 探討不同濃度之大番茄汁標準品吸光度之檢量線

### 1. 實驗方法：

控制變因	12 個 250mL 燒杯，分別加入同溫下之大番茄汁 100mL
操縱變因	12 個 250mL 燒杯分別調配 10%、30%、40%、50%、60%、70% 的紅葡萄原汁，以及 1%、3%、4%、5%、6%、7% 的 250mL 原汁 100mL，波長設定 420nm~610nm
應變變因	觀察 12 種濃度之大番茄汁於 20 種波長下之吸光度變化

(1) 取燒杯分別加入 10mL 大番茄汁與 90mL RO 逆滲透水，調配成濃度 10% 大番茄汁。

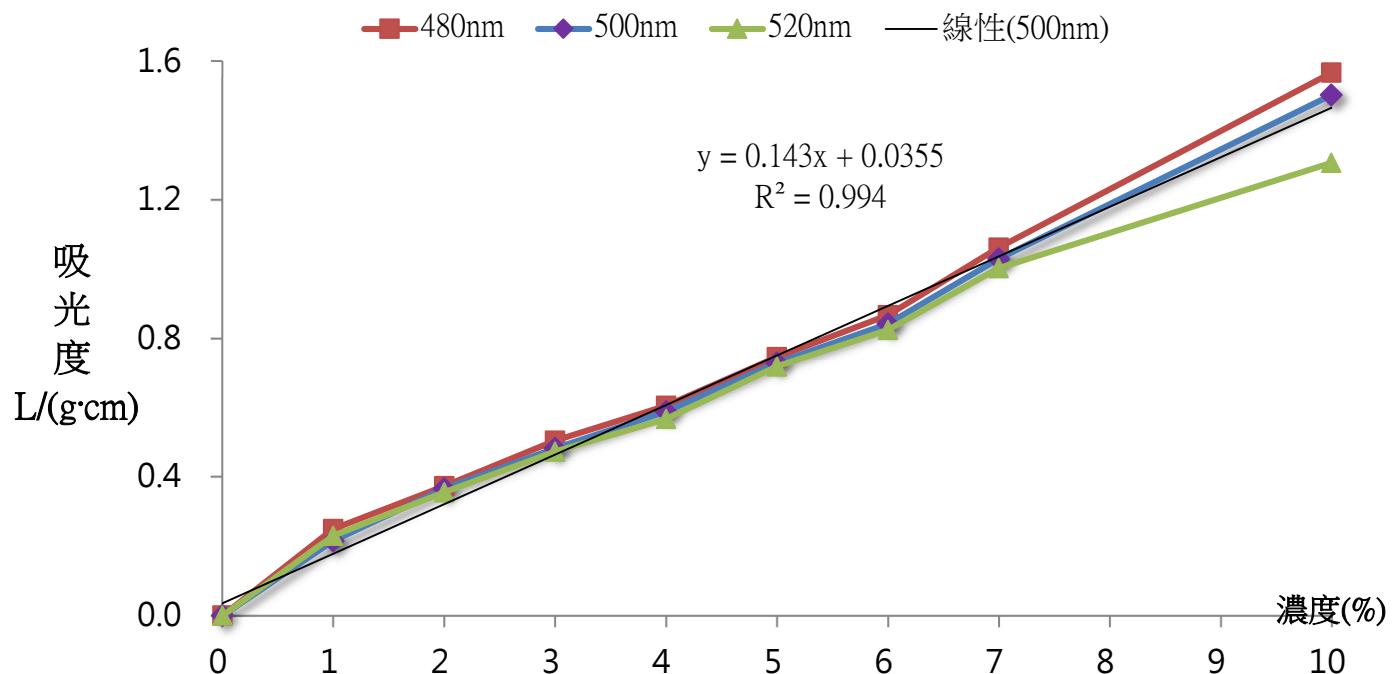
(2) 將調配好的濃度 10% 之大番茄汁，加入石英管中。

(3) 設定 420nm~610nm 之波長，測量 10% 大番茄汁於不同波長下的吸光度。

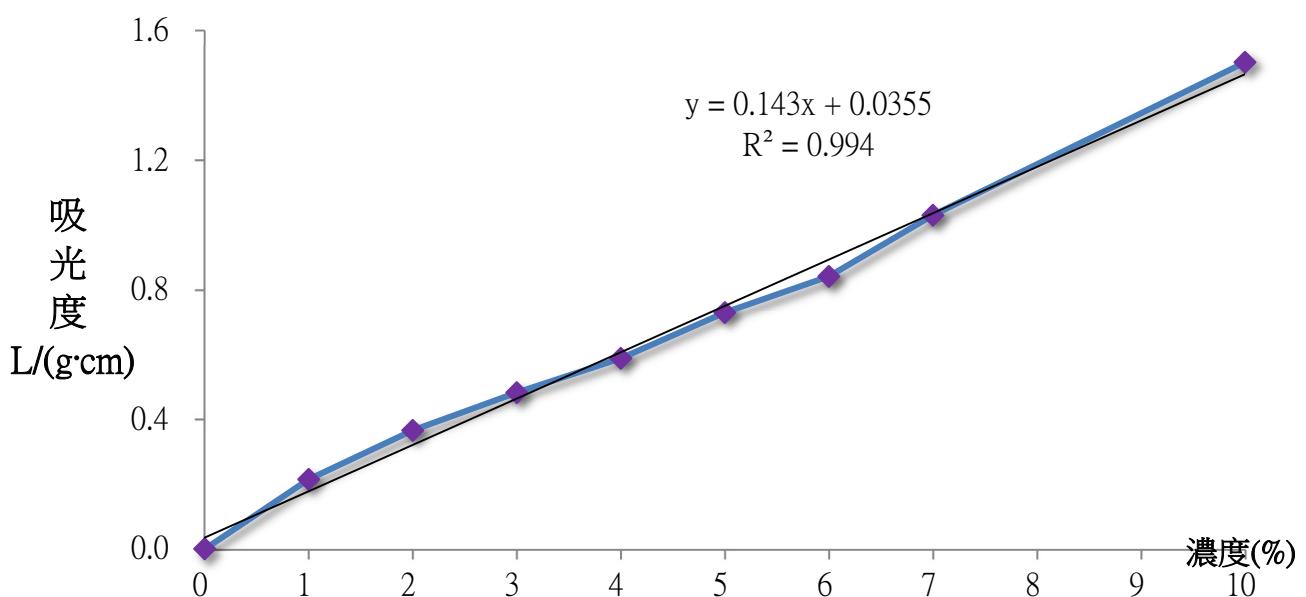
(4) 重複實驗步驟 (1) ~ (3)，大番茄汁濃度改為 1%、2%、3%、4%、5%、6%、7%、20%、30%、40%、50%、60%、70%。

2. 實驗結果：

<圖 2-1：不同濃度之大番茄汁在波長480、500、520nm之吸光度>



<圖 2-2：不同濃度之大番茄汁在波長500nm之吸光度>



3. 實驗發現：

- (1) 8種不同濃度的大番茄汁於波長 500nm 下，吸光度的相關係數高達 0.9968，統計圖呈線性。
- (2) 波長 500nm 下，大番茄汁濃度越高，吸光度越大。

(3) 波長 500nm 下，8 種濃度所對應的吸光度連成的斜直線為大番茄汁檢量線。

(4) 以下實驗以分光光度計測量紅色蔬果之吸光度，最高濃度取 20%，波長設定 500nm。

### 三、探討分光光度計測量大番茄汁茄紅素最佳化條件實驗

#### (一) 同溫下，探討不同番茄品種番茄汁吸光度，並推算茄紅素含量

1. 經查詢資料，大番茄茄紅素含量為  $2573 \mu\text{g}/100\text{g}$ 。

2. 推算茄紅素方法：

紅色蔬果茄紅素含量推算：以濃度 3% 之小番茄汁為例，

(濃度 3% 小番茄汁吸光度 ÷ 濃度 3% 大番茄汁吸光度) × 濃度 3% 大番茄汁茄紅素含量

= 濃度 3% 小番茄汁茄紅素含量

即  $(0.548 \div 0.482) \times (2573 \times 3\%) \cong 87.760 (\mu\text{g}/100\text{g})$

1. 實驗方法：

控制變因	同溫度下，pH=4.00，濃度 20% 大番茄汁，波長 500nm
操縱變因	濃度 1%、2%、3%、4%、5% 聖女小番茄溶液
應變變因	觀察不同濃度聖女小番茄溶液在波長 500nm 之吸光度變化

(1) 將 550 公克聖女小番茄放入蔬果榨汁機取其原汁。

(2) 調製濃度 10% 小番茄汁，並倒入石英管中，測其吸光度。

(3) 重複步驟 (2)，濃度改為 1%、2%、3%、4%、5%。

2. 實驗結果：

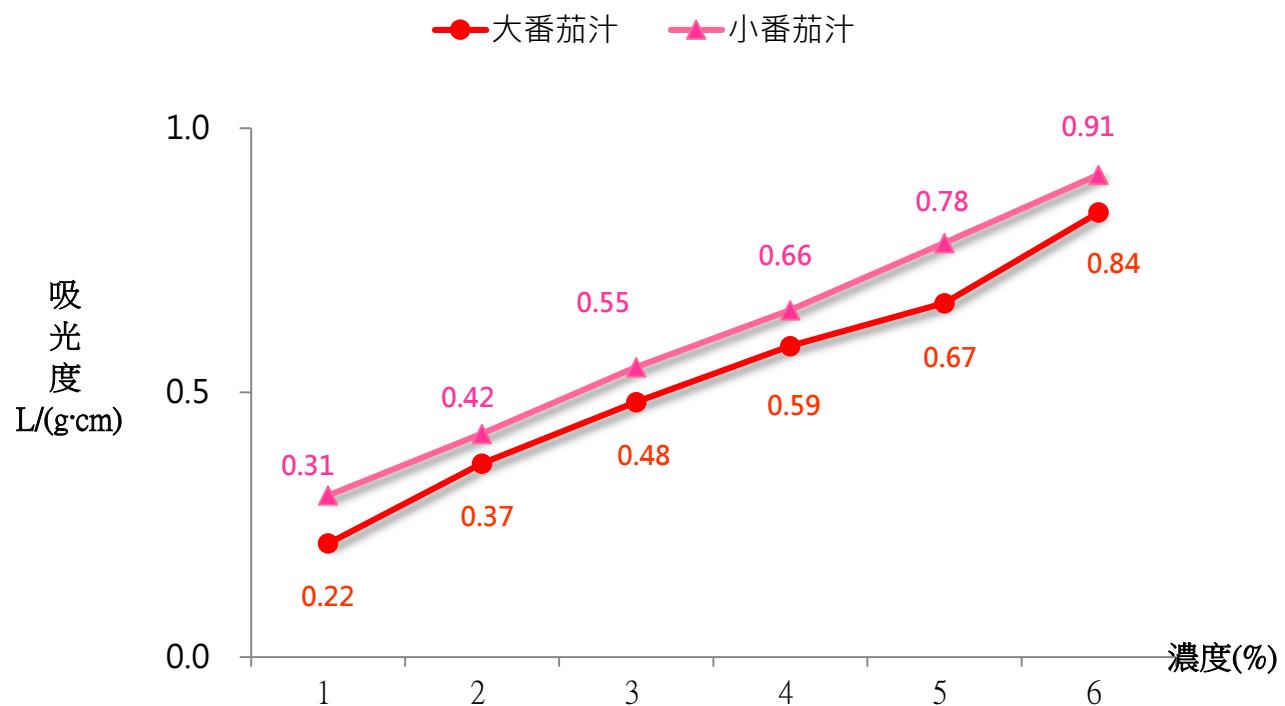
< 表 3-1：不同番茄品種不同濃度於波長 500nm 之吸光度 >

濃度(%) 番茄品種	1	2	3	4	5	6
大番茄汁	0.215	0.366	0.482	0.588	0.669	0.841
小番茄汁	0.306	0.422	0.548	0.656	0.783	0.912

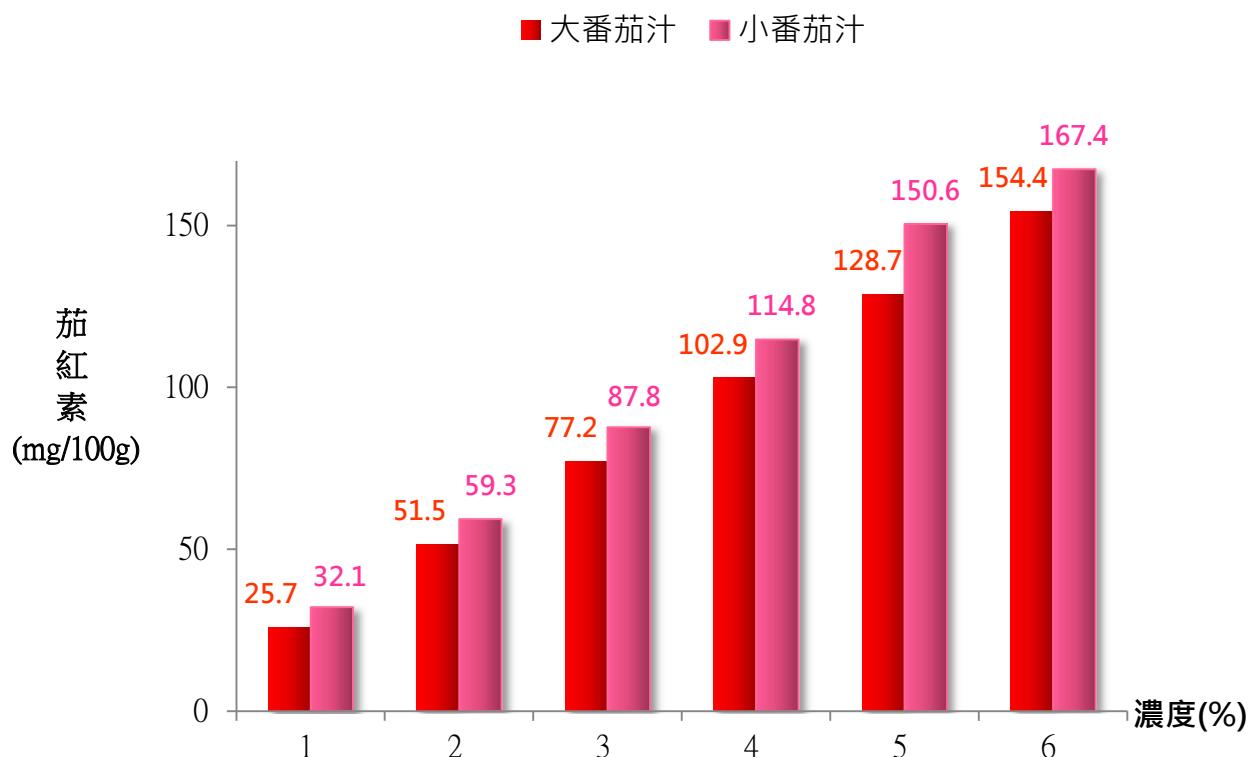
< 表 3-2：不同番茄品種不同濃度於波長 500nm 之茄紅素含量 >

不同番茄品種不同濃度茄紅素含量 ( $\mu\text{g}/100\text{g}$ )						
濃度(%) 番茄品種	1	2	3	4	5	6
大番茄汁	25.73	51.46	77.19	102.92	128.65	154.38
小番茄汁	32.14	59.33	87.76	114.82	150.57	167.41

<圖3-1：不同番茄品種番茄汁吸光度>



<圖3-2：不同番茄品種番茄汁茄紅素含量>



### 3. 實驗發現：

(1) 小番茄濃度越高，吸光度越高；濃度越低，吸光度越低。

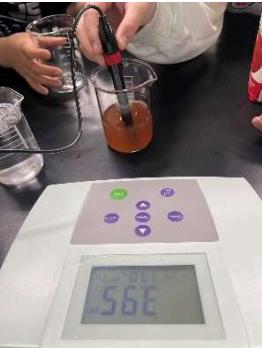
(2) 不同番茄品種番茄汁吸光度排名：

小番茄汁 > 大番茄汁。

(3) 不同番茄品種番茄汁紅素含量排名：

小番茄汁 > 大番茄汁。

將清洗過的小番茄放入蔬果榨汁機	榨出的小番茄原汁	測量小番茄 pH 值	配置緩衝溶液

			
調整各濃度小番茄汁 pH 值與大番茄汁一致	調配 10% 小番茄汁	小番茄汁倒入 石英管中	分光光度計測量 小番茄吸光度

< 實驗過程圖 >

## (二) 同溫下，探討不同濃度不同浸泡時間大番茄汁吸光度，並推算茄紅素含量

### 1. 實驗方法：

控制變因	7 個燒杯分別裝入大番茄汁，每 2 分鐘測量其吸光度，水溫 100°C ，波長 500nm
操縱變因	不同濃度 1%、2%、3%、4%、5%、10%、20%、30% 大番茄汁，測 量時間為 1、3、5、7、9、11、13、15 分鐘
應變變因	觀察每 2 分鐘，不同濃度大番茄汁其吸光度變化

- (1) 取燒杯裝入濃度 10% 大番茄汁，並浸泡於水溫為 100°C 之恆溫槽中。
- (2) 浸泡 1 分鐘後，將溶液裝入石英管中，測量其吸光度。
- (3) 重複步驟 (1) ~ (2)，時間改為 3、5、7、9、11、13、15 分鐘。
- (4) 重複步驟 (1) ~ (3)，濃度改為 1%、2%、3%、4%、5%、20%、30%。

### 2. 實驗結果：

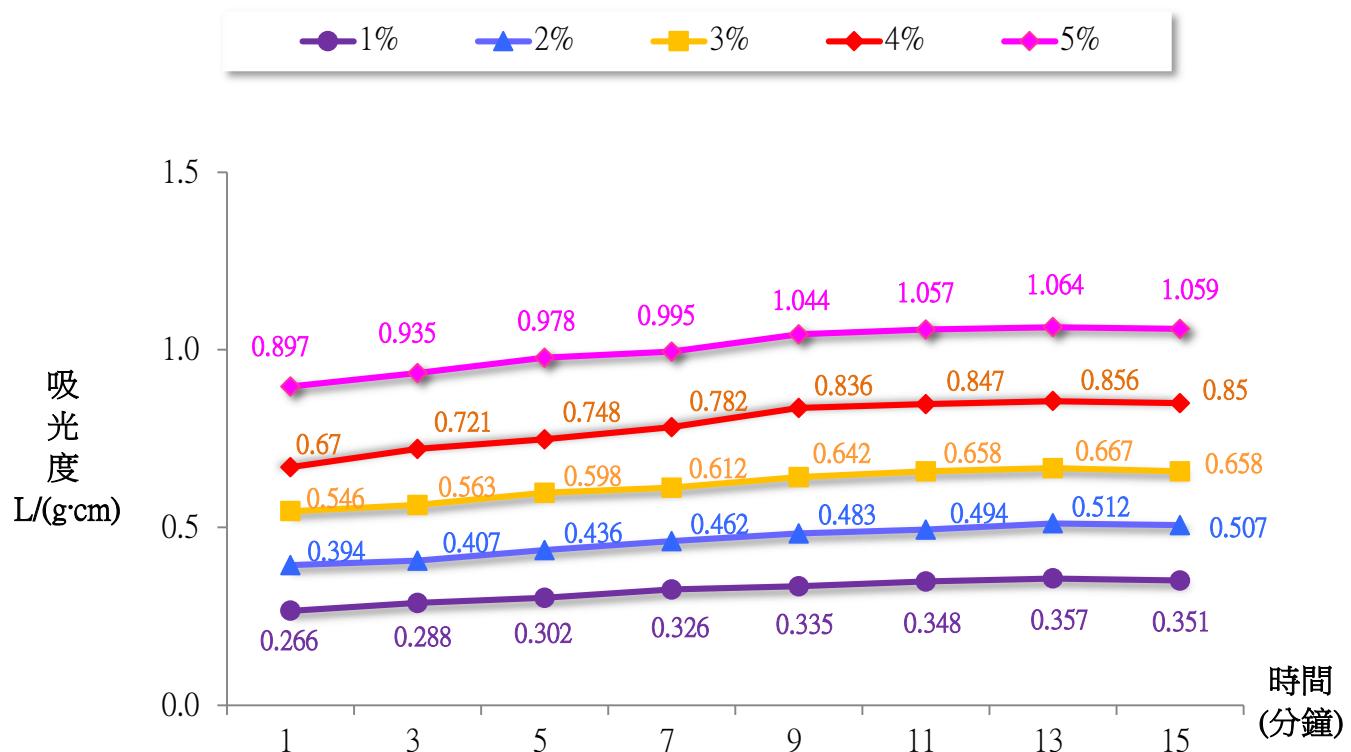
< 表 3-3：每 2 分鐘測量不同濃度不同浸泡時間大番茄汁於水溫 100°C 之吸光度 >

濃度(%)\ 浸泡時間(分)	1	2	3	4	5	10	20
1	0.266	0.394	0.546	0.670	0.897	1.523	2.148
3	0.288	0.407	0.563	0.721	0.935	1.536	2.171
5	0.302	0.436	0.598	0.748	0.978	1.548	2.196
7	0.326	0.462	0.612	0.782	0.995	1.559	2.218
9	0.335	0.483	0.642	0.836	1.044	1.607	2.236
11	0.348	0.494	0.658	0.847	1.057	1.618	2.247
13	0.357	0.512	0.667	0.856	1.064	1.623	2.256
15	0.351	0.507	0.658	0.850	1.059	1.615	2.243

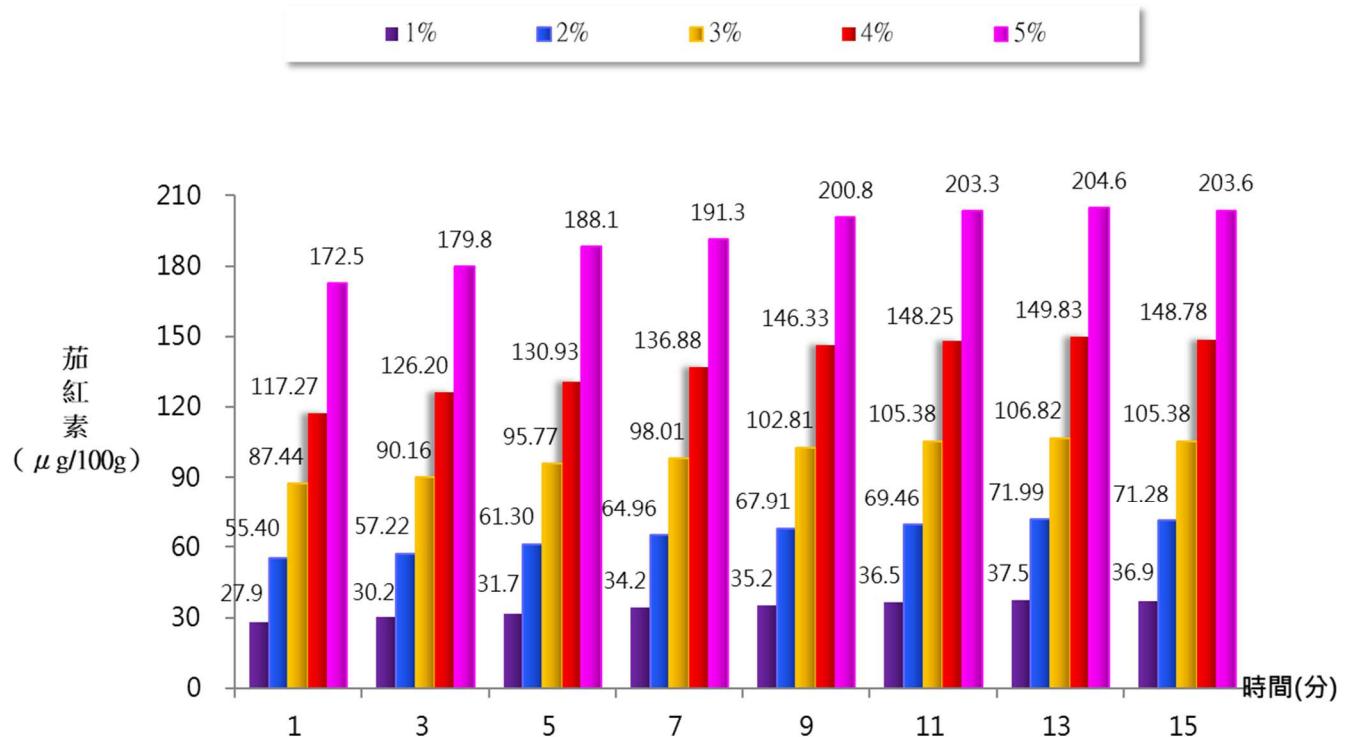
<表3-4：每2分鐘測量不同濃度不同浸泡時間大番茄汁於水溫100°C之茄紅素含量>

每2分鐘測量不同濃度不同浸泡時間大番茄汁於水溫100°C茄紅素含量(μg/100g)					
濃度(%)\浸泡時間(分)	1	2	3	4	5
1	27.94	55.40	87.44	117.27	172.49
3	30.25	57.22	90.16	126.20	179.80
5	31.72	61.30	95.77	130.93	188.07
7	34.24	64.96	98.01	136.88	191.34
9	35.18	67.91	102.81	146.33	200.76
11	36.55	69.46	105.38	148.25	203.26
13	37.49	71.99	106.82	149.83	204.61
15	36.86	71.28	105.38	148.78	203.65
茄紅素含量平均值(μg/100g)	33.78	64.94	98.97	138.06	193.00

<圖3-3：每2分鐘測量不同濃度不同浸泡時間大番茄汁於水溫100°C之吸光度>



<圖3-4：每2分鐘測量不同濃度不同浸泡時間大番茄汁於水溫100°C之茄紅素含量>



### 3. 實驗發現：

- (1) 浸泡 13 分鐘，不同濃度之大番茄汁於吸光度最高；浸泡 1 分鐘，不同濃度之大番茄汁吸光度最低。
- (2) 浸泡 13 分鐘，濃度 20% 之大番茄汁吸光度最高。
- (3) 浸泡 15 分鐘，任何濃度之大番茄汁吸光度趨於一致，表示茄紅素釋放趨於平衡。
- (4) 建議於 15 分鐘內食用加熱後之大番茄汁，將獲得最多的茄紅素。
- (5) 以下實驗取濃度 20% 大番茄汁，浸泡時間設定 15 分鐘，以便測量紅色蔬果之吸光度。

### (三) 同溫下，探討不同浸泡溫度大番茄汁吸光度，並推算茄紅素含量

#### 1. 實驗方法：

控制變因	濃度 20% 大番茄汁，浸泡時間 15 分鐘，波長 500nm
操縱變因	浸泡溫度 50°C、60°C、70°C、80°C、90°C、100°C
應變變因	大番茄汁吸光度變化

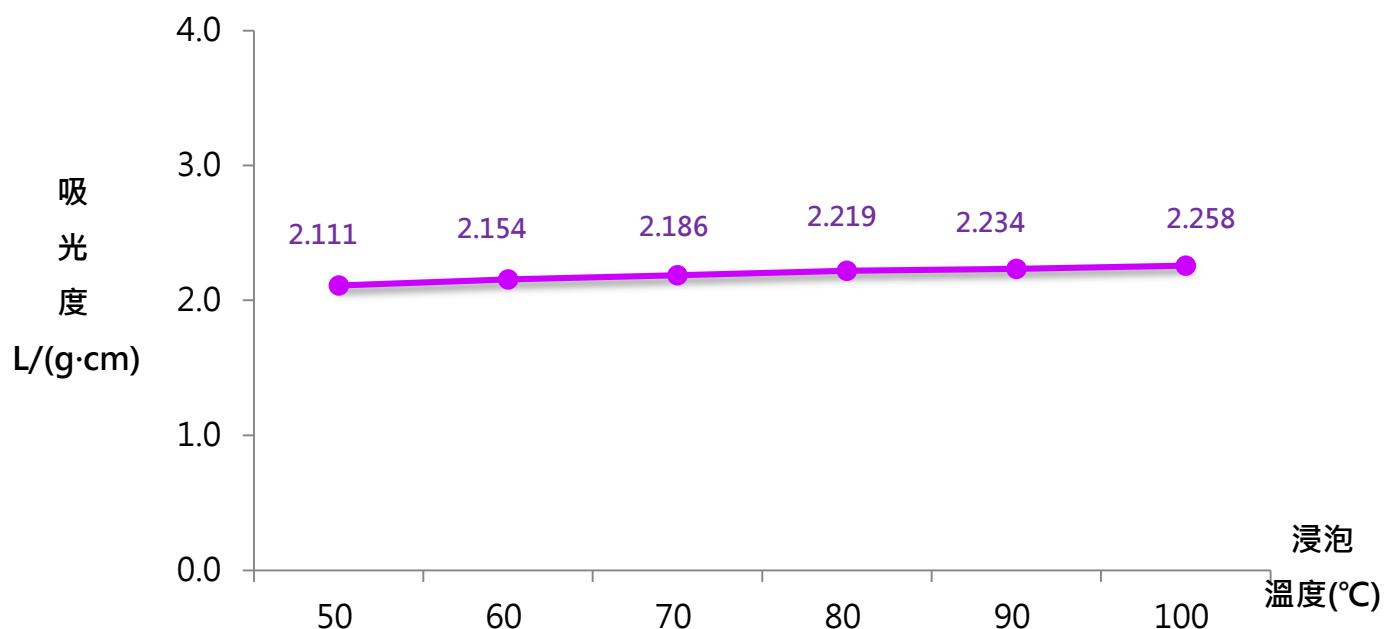
- (1) 將濃度 20% 之大番茄汁置浸泡於 50°C 恒溫槽中。
- (2) 浸泡 15 分鐘後，將溶液倒入石英管中，並測量其吸光度。
- (3) 重複步驟 (1) ~ (2)，浸泡溫度改為 60°C、70°C、80°C、90°C、100°C。

2. 實驗結果：

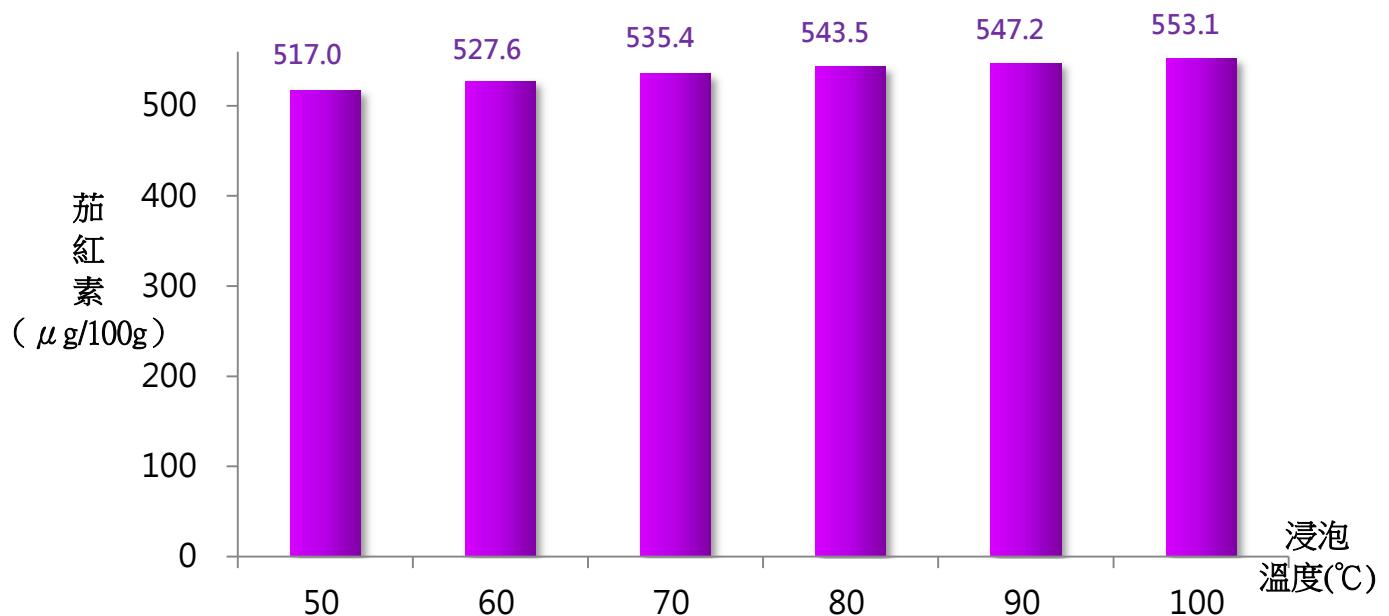
<表 3-5：濃度 20%大番茄汁於不同浸泡溫度浸泡 15 分鐘之吸光度及茄紅素含量>

濃度 20%大番茄汁於不同浸泡溫度加熱 15 分鐘測茄紅素含量 ( $\mu\text{g}/100\text{g}$ )							
浸泡溫度 (°C) 吸光度	室溫 18	50	60	70	80	90	100
吸光度	2.101	2.111	2.154	2.186	2.219	2.234	2.258
茄紅素含量 ( $\mu\text{g}/100\text{g}$ )	514.6	517.05	527.58	535.42	543.50	547.18	553.05

<圖3-5-1：濃度20%大番茄汁於不同浸泡溫度浸泡15分鐘之吸光度>



<圖3-5-2：濃度20%大番茄汁於不同浸泡溫度浸泡15分鐘之茄紅素含量>



### 3. 實驗發現：

- (1) 浸泡水溫低，吸光度低；浸泡水溫高，吸光度高。
- (2) 浸泡水溫低，茄紅素含量低；浸泡水溫高，茄紅素含量高。
- (3) 浸泡 15 分鐘，不同浸泡溫度，濃度 20% 大番茄汁吸光度排名：  
 $100^{\circ}\text{C} > 90^{\circ}\text{C} > 80^{\circ}\text{C} > 70^{\circ}\text{C} > 60^{\circ}\text{C} > 50^{\circ}\text{C}$
- (4) 浸泡 15 分鐘，不同浸泡溫度，濃度 20% 大番茄汁茄紅素含量排名：  
 $100^{\circ}\text{C} > 90^{\circ}\text{C} > 80^{\circ}\text{C} > 70^{\circ}\text{C} > 60^{\circ}\text{C} > 50^{\circ}\text{C}$

## (四) 同溫下，探討不同調味方式濃度 20% 大番茄汁吸光度，並推算茄紅素含量

### 1. 實驗方法：

控制變因	濃度 20% 大番茄汁，橄欖油 10mL，調理醋 5mL，浸泡時間 15 分鐘，浸泡溫度 $100^{\circ}\text{C}$ ，波長 500nm
操縱變因	將濃度 20% 大番茄汁分別加入 (1) 橄欖油、(2) 調理醋、(3) 橄欖油和調理醋，再將上述食材各別浸泡於恆溫槽
應變變因	觀察加熱與未加熱吸光度變化

- (1) 取 200mL 燒杯，調配濃度 20% 大番茄汁，測量溶液吸光度。
- (2) 將步驟 (1) 食材，置於  $100^{\circ}\text{C}$  恒溫槽，浸泡 15 分鐘後，測量溶液吸光度。
- (3) 取 200mL 燒杯，調配濃度 20% 大番茄汁，並加入橄欖油 10mL，測量溶液吸光度。
- (4) 將步驟 (3) 食材，置於  $100^{\circ}\text{C}$  恒溫槽，浸泡 15 分鐘後，測量溶液吸光度。
- (5) 取 200mL 燒杯，調配濃度 20% 大番茄汁，並加入調理醋 5mL，測量溶液吸光度。
- (6) 將步驟 (5) 食材，置於  $100^{\circ}\text{C}$  恒溫槽，浸泡 15 分鐘後，測量溶液吸光度。

(7) 取 200mL 燒杯，調配濃度 20% 大番茄汁，並加入橄欖油 10mL 與調理醋 5mL，測量溶液吸光度。

(8) 將步驟 (7) 食材，置於 100°C 恒溫槽，浸泡 15 分鐘後，測量溶液吸光度。

## 2. 實驗結果：

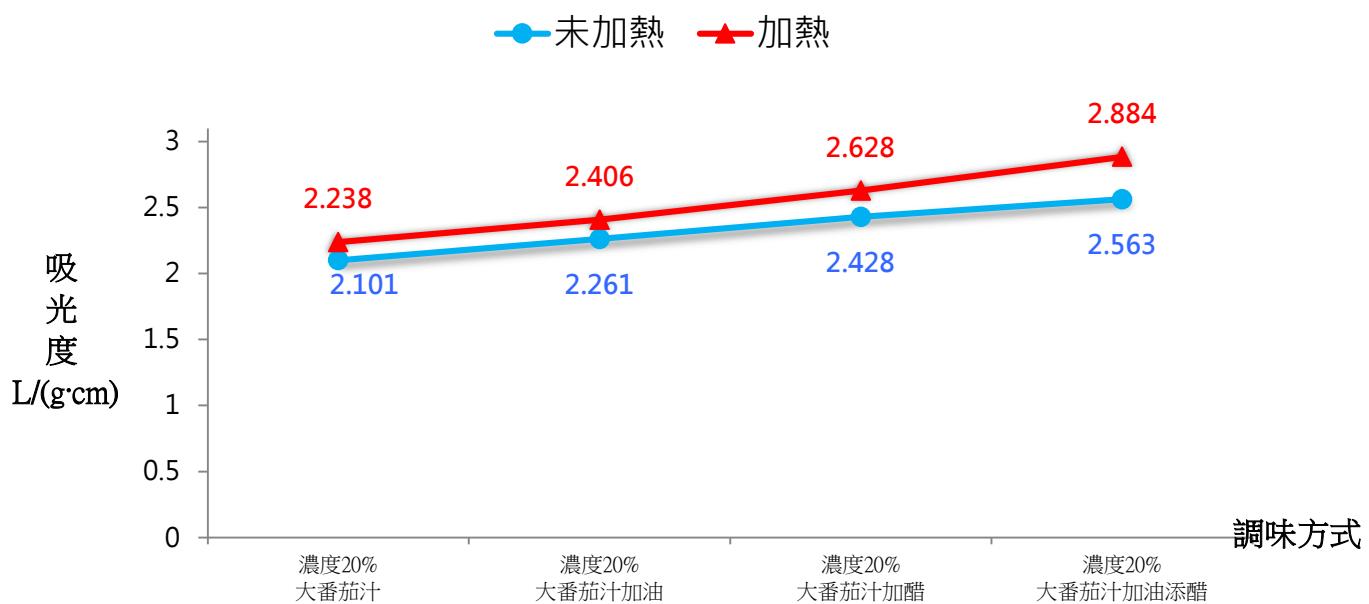
< 表 3-7：濃度 20% 大番茄汁不同調味方式，浸泡水溫 100°C，15 分鐘後測其吸光度 >

調味方式 處理方式	濃度 20% 大番茄汁	濃度 20% 大番茄汁 加橄欖油	濃度 20% 大番茄汁 加調理醋	濃度 20% 大番茄汁 加橄欖油和調理醋
未加熱	2.101	2.261	2.428	2.563
加熱	2.238	2.406	2.628	2.884

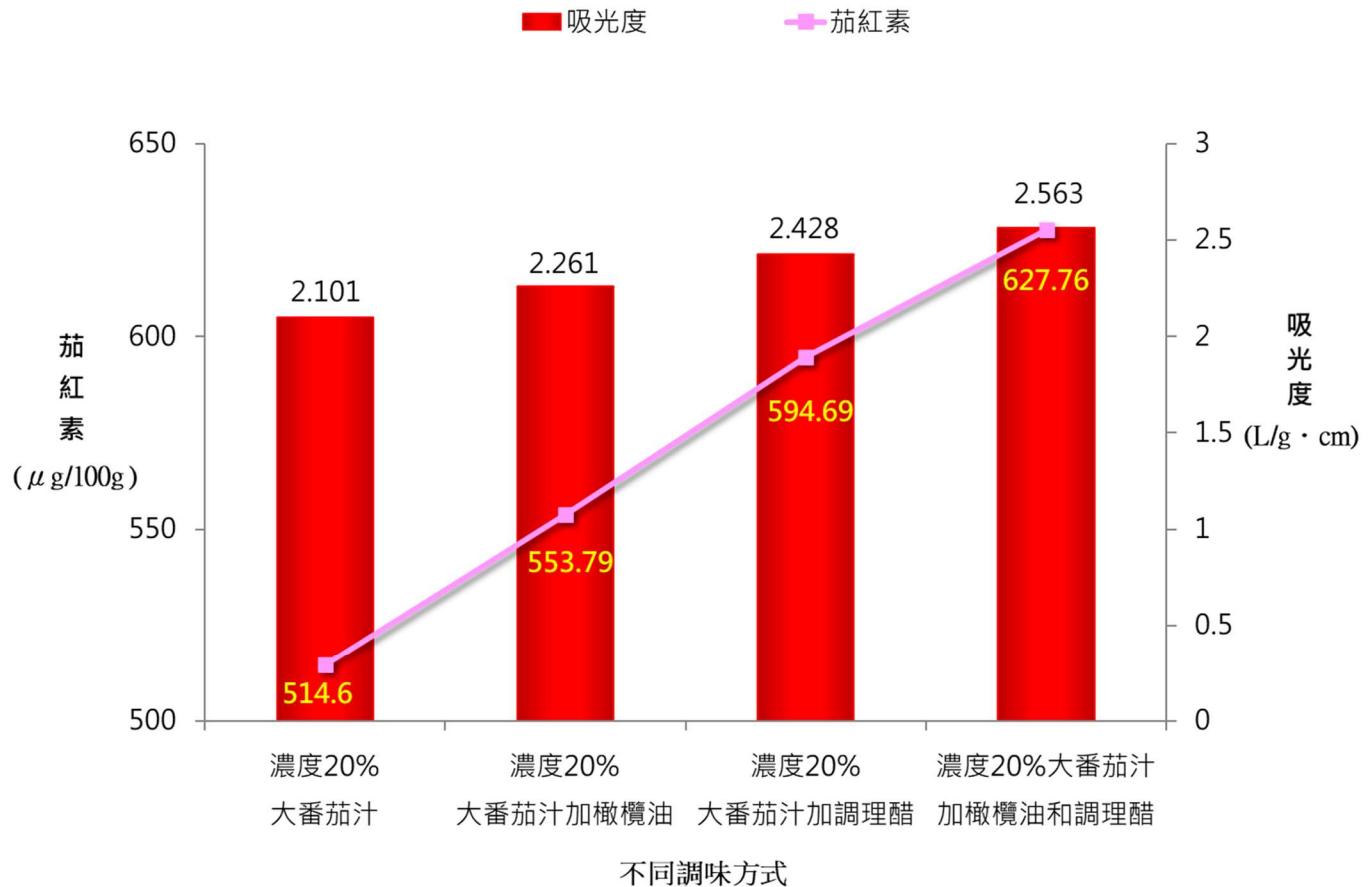
< 表 3-8：濃度 20% 大番茄汁不同調味方式，浸泡水溫 100°C，15 分鐘後茄紅素含量 >

濃度 20% 大番茄汁不同調味方式，浸泡水溫 100°C，15 分鐘後茄紅素含量 ( μg/100g )				
調味方式 處理方式	濃度 20% 大番茄汁	濃度 20% 大番茄汁 加橄欖油	濃度 20% 大番茄汁 加調理醋	濃度 20% 大番茄汁 加橄欖油和調理醋
未加熱 茄紅素含量 ( μg/100g )	514.6	553.79	594.69	627.76
加熱 茄紅素含量 ( μg/100g )	548.16	589.30	643.38	706.38

< 圖 3-7：濃度 20% 大番茄汁於不同調味方式之吸光度 >



<圖3-8：濃度20%大番茄汁於不同調味方式，浸泡水溫100°C15分鐘後茄紅素含量對吸光度之影響>



### 3. 實驗發現：

(1) 不同調味方式下，吸光度排名：

濃度 20% 大番茄汁加油添醋 > 濃度 20% 大番茄汁加醋 > 濃度 20% 大番茄汁加油 > 濃度 20% 大番茄汁

(2) 未加熱不同調味方式，吸光度排名：

濃度 20% 大番茄汁加油添醋 > 濃度 20% 大番茄汁加醋 > 濃度 20% 大番茄汁加油 > 濃度 20% 大番茄汁

(3) 加熱不同調味方式，吸光度排名：

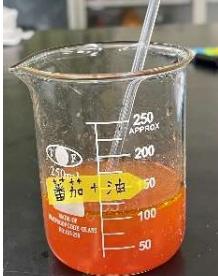
濃度 20% 大番茄汁加油添醋 > 濃度 20% 大番茄汁加醋 > 濃度 20% 大番茄汁加油 > 濃度 20% 大番茄汁

(4) 未加熱不同調味方式，茄紅素排名：

濃度 20% 大番茄汁加油添醋 > 濃度 20% 大番茄汁加醋 > 濃度 20% 大番茄汁加油 > 濃度 20% 大番茄汁

(5) 加熱不同調味方式，茄紅素排名：

濃度 20% 大番茄汁加油添醋 > 濃度 20% 大番茄汁加醋 > 濃度 20% 大番茄汁加油 > 濃度 20% 大番茄汁

			
濃度 20% 大番茄汁加油	濃度 20% 大番茄汁 加油加醋	將加油添醋之濃度 20% 大番茄汁放入恆溫槽	加熱後測溶液之吸光度

< 實驗過程圖 >

未加熱				
	濃度 20% 大番茄汁	濃度 20% 大番茄汁加油	濃度 20% 大番茄汁加醋	濃度 20% 大番茄汁加油添醋
已加熱				
	濃度 20% 大番茄汁	濃度 20% 大番茄汁加油	濃度 20% 大番茄汁加醋	濃度 20% 大番茄汁加油添醋

< 實驗過程圖 >

## (五) 同溫下，探討不同濃度不同保鮮方式大番茄汁吸光度，並推算茄紅素含量

### 1. 實驗方法：

控制變因	重量相似的大番茄六顆(一顆約 100 公克)，保存 10 天，波長 500nm
操縱變因	重量相似的大番茄三顆去蒂頭，三顆未去蒂頭，調配濃度 1%、2%、3%、4%、5% 大番茄汁
應變變因	觀察 10 天後不同保存方式下，其吸光度變化

- (1) 保鮮 10 天後，取去蒂頭與未去蒂頭大番茄各一顆，用蔬果榨汁機取其原汁。
- (2) 將步驟 (1) 兩種原汁調配成濃度 1% 的大番茄汁，放置石英中測其吸光度。
- (3) 重複步驟 (1) ~ (2)，將大番茄汁濃度改為 2%、3%、4%、5%。

### 2. 實驗結果：

< 表 3-9：不同濃度大番茄汁於不同保鮮方式 10 天後測其吸光度 >

濃度(%) 保鮮方式	1	2	3	4	5
已去蒂吸光度	0.086	0.127	0.173	0.208	0.238
未去蒂吸光度	0.141	0.192	0.235	0.271	0.312

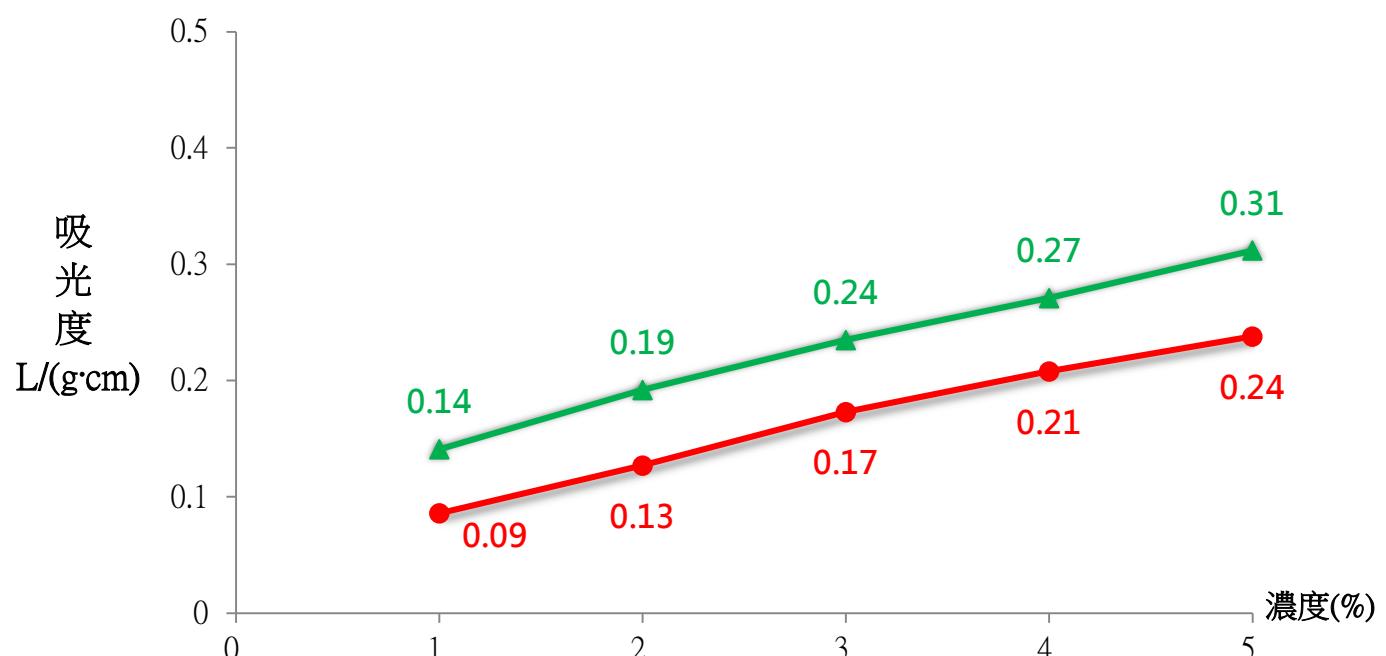
<表3-10：不同濃度大番茄汁不同保鮮方式10天後茄紅素含量>

不同濃度大番茄汁於不同保鮮方式10天後茄紅素含量( $\mu\text{g}/100\text{g}$ )					
保鮮方式	濃度(%)	1	2	3	4
已去蒂茄紅素含量( $\mu\text{g}/100\text{g}$ )	10.29	17.86	27.71	36.41	45.77
未去蒂茄紅素含量( $\mu\text{g}/100\text{g}$ )	16.87	27.00	37.63	47.43	60.00

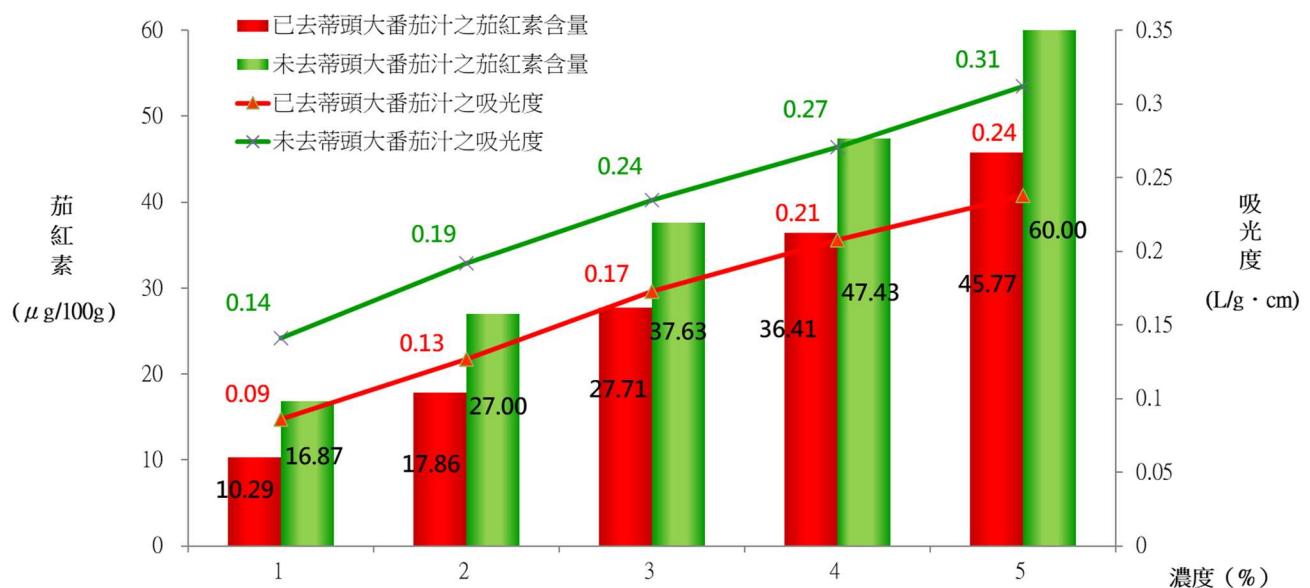
<圖3-9：不同濃度不同保鮮方式大番茄汁之吸光度>

● 已去蒂頭大番茄汁之吸光度

▲ 未去蒂頭大番茄汁之吸光度



<圖3-10：不同濃度不同保鮮方式大番茄汁之吸光度茄紅素含量對吸光度之影響>



### 3. 實驗發現：

(1) 不同保鮮方式下，不同濃度大番茄汁吸光度排名：

**已去蒂**：濃度 5% > 濃度 4% > 濃度 3% > 濃度 2% > 濃度 1%

**未去蒂**：濃度 5% > 濃度 4% > 濃度 3% > 濃度 2% > 濃度 1%

(2) 不同保鮮方式下，不同濃度大番茄汁茄紅素含量排名：

**已去蒂**：濃度 5% > 濃度 4% > 濃度 3% > 濃度 2% > 濃度 1%

**未去蒂**：濃度 5% > 濃度 4% > 濃度 3% > 濃度 2% > 濃度 1%

保鮮方式 天數	已去蒂		未去蒂	
第一天		外觀完整		外觀完整
第二天		外觀完整		外觀完整
第三天		外觀完整		外觀完整

第四天		外觀完整		外觀完整
第五天		開始有三處凹痕		外觀完整
第六天		凹痕變為四處		外觀完整
第七天		凹痕處變多		外觀完整
第八天		凹痕數與第七天同		外觀完整
第九天		外觀有些萎縮		外觀有些凹陷
第十天		萎縮狀與第九天同		凹陷狀與第九天同

< 實驗過程圖 >

				
將「去蒂頭」 番茄切割小塊	放入蔬果榨汁機	「去蒂頭」原汁	配置不同濃度	測其吸光度

< 實驗過程圖 >

#### (六) 同溫下，探討不同紅色蔬果之吸光度，並推算茄紅素含量

##### 1. 實驗方法：

控制變因	取若干 200mL 燒杯，分別加入同溫下 (18°C) 之紅色蔬果原汁 100mL，波長 500nm，pH=4.00
操縱變因	取若干 200mL 燒杯，分別調配 1%、2%、3%、4%、5%、10%、20%、30%、40%、50% 的紅心芭樂汁、西瓜汁、木瓜汁與聖女小番茄汁
應變變因	觀察不同濃度不同紅色蔬果汁吸光度變化

- (1) 調配濃度 1% 紅心芭樂汁，pH 值與濃度 1% 大番茄汁相同。
- (2) 取若濃度 1% 紅心芭樂汁於石英管中，測其吸光度。
- (3) 重複步驟 (1) ~ (2)，濃度改為 2%、3%、4%、5%、10%、20%、30%、40%、50%。
- (4) 重複步驟 (1) ~ (3)，紅色蔬果改為西瓜汁、木瓜汁與聖女小番茄汁。

##### 2. 實驗結果：

< 表 3-11：不同濃度不同紅色蔬果於波長 500nm 之吸光度 >

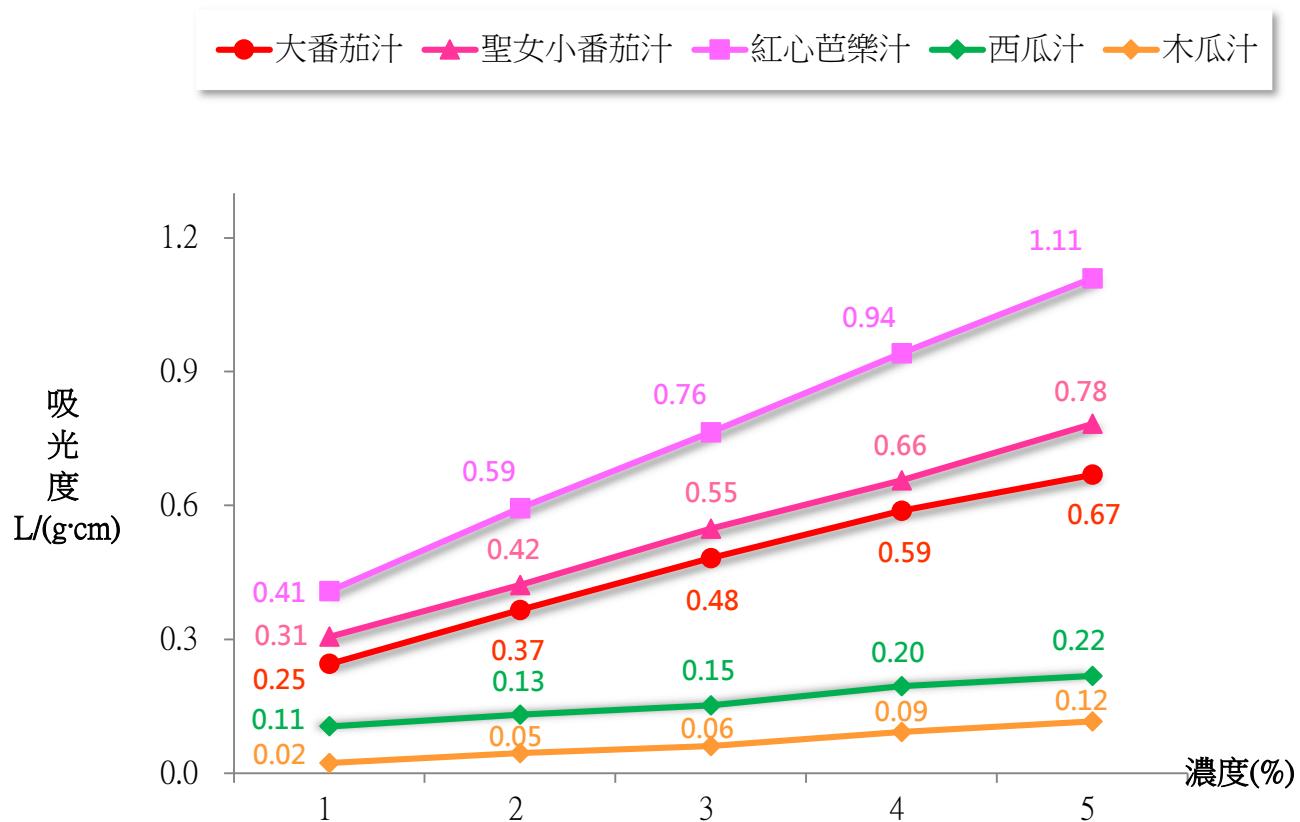
濃度(%) 紅色蔬果種類	1	2	3	4	5
大番茄汁	0.215	0.366	0.482	0.588	0.669
聖女小番茄汁	0.306	0.422	0.548	0.656	0.783
紅心芭樂汁	0.408	0.594	0.764	0.941	1.109
西瓜汁	0.105	0.131	0.152	0.195	0.218
木瓜汁	0.023	0.045	0.061	0.092	0.116

< 表 3-12：不同濃度不同紅色蔬果於波長 500nm 之茄紅素含量 >

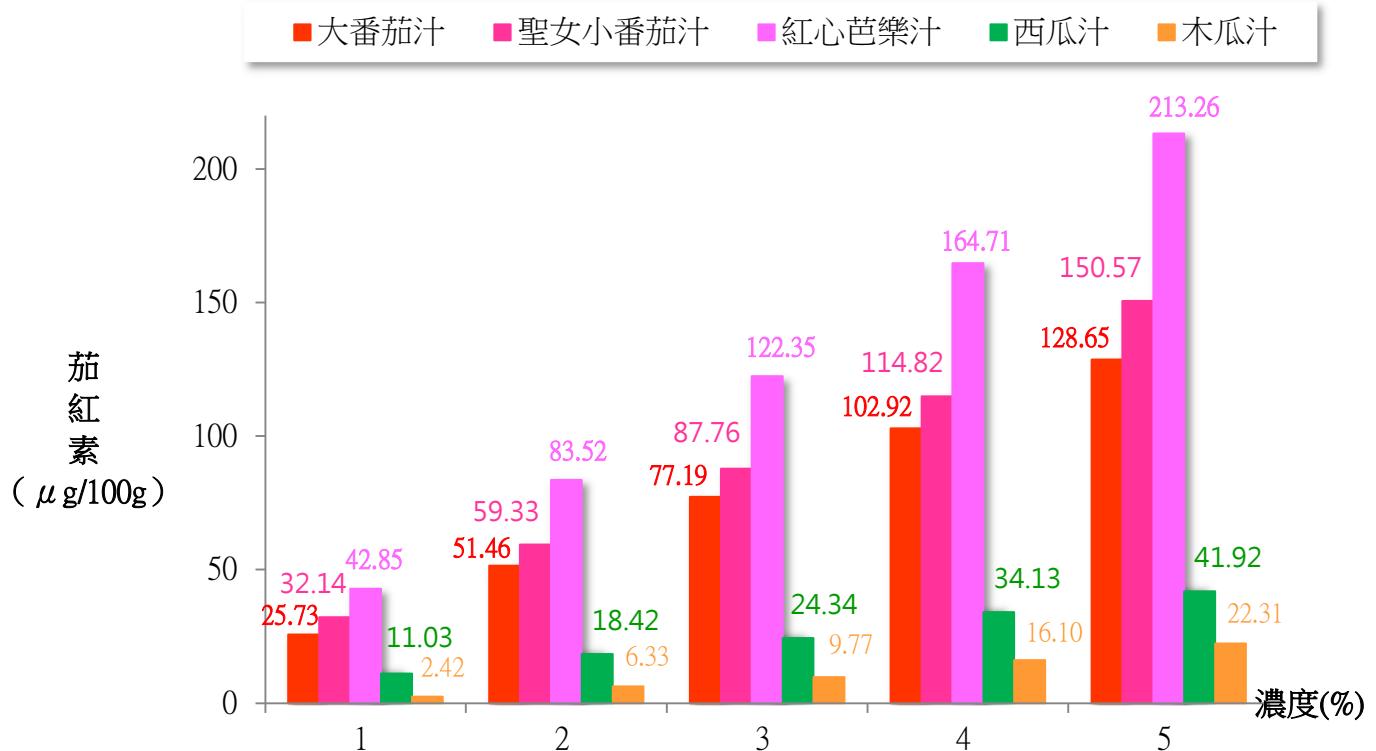
不同濃度不同紅色蔬果茄紅素含量 ( μg/100g)					
濃度(%) 紅色蔬果種類	1	2	3	4	5
大番茄汁	25.73	51.46	77.19	102.92	128.65
聖女小番茄汁	45.78	77.28	122.97	154.82	170.57

紅心芭樂汁	42.85	83.52	122.35	164.71	213.26
西瓜汁	11.03	18.42	24.34	34.13	41.92
木瓜汁	2.42	6.33	9.77	16.10	22.31

<圖3-12：不同濃度不同紅色蔬果於波長500nm之吸光度>



<圖3-12：不同濃度不同紅色蔬果於波長500nm之茄紅素含量>



### 3. 實驗發現：

(1) 不同紅色蔬果吸光度排名：

紅心芭樂汁 > 聖女小番茄 > 大番茄汁 > 西瓜汁 > 木瓜汁

(2) 不同紅色蔬果茄紅素含量排名：

紅心芭樂汁 > 聖女小番茄 > 大番茄汁 > 西瓜汁 > 木瓜汁

## 四、探討三種市售番茄汁茄紅素含量多寡與價錢關係之實驗

### (一) 探討三種市售番茄汁茄紅素含量多寡與價錢關係

#### 1. 實驗方法：

(1) 分別將三種市售番茄汁倒入石英管中。

(2) 波長設定 500nm，測量三種市售番茄汁之吸光度，並推算茄紅素含量。

#### 2. 實驗結果：

(1) 三種市售番茄汁之吸光度：

市售番茄汁種類 吸光度	波○紅番茄	愛○味鮮採番茄	統○番茄汁
吸光度	0.121	0.275	0.402

(2) 三種市售番茄汁茄紅素含量多寡與價錢關係：

計算項目 市售番茄汁種類	茄紅素含量 ( $\mu\text{g}/100\text{g}$ )	CP 值 (茄紅素含量 ÷ 價錢)
波○紅番茄	103.78	$103.78 \div 7 \cong 14.83$
愛○味鮮採番茄	235.86	$235.86 \div 15 \cong 15.72$
統○番茄汁	344.78	$344.78 \div 15 \cong 22.99$

3. 實驗討論：

- (1) 三種市售番茄汁吸光度排序：統○番茄汁 > 愛○味鮮採番茄 > 波○紅番茄
- (2) 三種市售番茄汁茄紅素排序：統○番茄汁 > 愛○味鮮採番茄 > 波○紅番茄
- (3) 三種市售番茄汁茄紅素 CP 值排序：統○番茄汁 > 愛○味鮮採番茄 > 波○紅番茄
- (4) 市售統○番茄汁茄紅素含量高，推測業者選用真材實料的番茄原汁製作飲品；而市售愛○味鮮採番茄與波○紅番茄茄紅素含量低，雖然聞起來富有番茄香，但推測飲品中所含的原汁比例較少。
- (5) 市售番茄汁滿意度評分：(詳見附錄 P35~P36)
  - 茄紅素排序：依據實驗數據高低排序。
  - 最佳香氣排序：依據五位師生觀感評分，得分平均值高低排序。
  - 最佳口感排序：依據五位師生品嘗喜好評分，得分平均值高低排序。

## 伍、討論

### 一、探討茄紅素於同溫下不同溶劑溶解度實驗

1. 茄紅素具有脂溶性的特質，意指可以被脂肪或油質以及其他非極性有機溶劑（如苯、四氯化碳等）溶解的物質。酒精學名是乙醇，化學式為  $C_2H_5OH$ ，是一種溶劑，具有  $C_2H_5$  非極性鍵和  $OH$  極性鍵，所以酒精能溶於有機溶劑，也能溶於水。基於茄紅素脂溶性的特質，我們調配兩種比例的溶劑（溶劑一：50% 酒精加 50% RO 逆滲透水和溶劑二：30% 酒精加 70% RO 逆滲透水），以不同濃度番茄汁作為溶質，設定波長 450nm、500nm 與 550nm，觀察番茄汁吸光度與濃度的變化關係，並畫出其檢量線。

**實驗結果發現：**溶劑以 50% 酒精加 50% RO 逆滲透水調配時，於波長 500nm 下，大番茄溶吸光度高達 2.5，大番茄汁濃度可高達 25%，其檢量線為線性範圍；溶劑以 30% 酒精加 70% RO 逆滲透水調配時，於波長 500nm 下，大番茄汁吸光度高達 1.9，大番茄汁濃度可高達 20%，

其檢量線為線性範圍。

以不同比例之酒精與 RO 逆滲透水作溶劑時，酒精比例越高，大番茄溶液溶解濃度越高，但考量健康與養生的觀點，以及酒精的攝取對人體之負面影響，故本實驗，我們皆以「RO 逆滲透水」作為溶劑。

## 二、探討大番茄汁標準品於同溫下不同濃度之茄紅素含量檢測實驗

1. 因大番茄於西元 1622 年被引進台灣，於烘焙或料理時常使用番茄醬、番茄糊、番茄泥或番茄丁入味，而聖女小番茄早期是作觀賞用，後來於西元 1990 年品種改良為外觀鮮紅，甜度高，在消費市場才大受歡迎。所以，我們選擇 100% 大番茄原汁作為標準品，探討同溫下不同濃度之茄紅素含量檢測實驗。

2. 我們配置 14 種不同濃度的大番茄汁，設定 20 種波長，紀錄吸光度的數值，並繪製檢量線。

實驗結果發現：波長 500nm 下，8 種不同濃度的大番茄汁（濃度 1%~7% 和 10%）其吸光度的相關係數高達 0.9968，且統計圖呈線性，故 8 種濃度所對應的吸光度連成的斜直線為大番茄汁檢量線。

## 三、探討分光光度計測量大番茄汁茄紅素最佳化條件實驗

1. 市面上有大番茄與小番茄兩種品種之分，故我們選擇牛番茄與聖女小番茄作為探討不同番茄品種番茄汁吸光度，並推算茄紅素含量。

2. 因市面上無聖女小番茄原汁販售，我們利用蔬果榨汁機來獲取聖女小番茄原汁，並立即以包鮮膜包覆，防止其快速氧化。

實驗結果發現：小番茄茄紅素含量高於大番茄茄紅素含量。

3. 由於大番茄常用來當作料理的加熱食材，例如：紅醬義大利麵、番茄炒蛋、番茄炒飯等，所以，我們使用恆溫槽浸泡不同濃度的大番茄汁，浸泡時間以每 2 分鐘為間隔，測量其吸光度，並推算茄紅素含量。

實驗結果發現：浸泡 15 分鐘，任何濃度之大番茄汁吸光度趨於一致，表示茄紅素釋放趨於平衡。建議於 15 分鐘內食用加熱後之大番茄汁，將攝取最多的茄紅素。過度加熱會造成茄紅素的破壞，所以建議以蒸、煮為優先！

4. 依據上述 3 的想法，我們進階探討浸泡於恆溫槽之不同溫度，觀察不同濃度大番茄汁吸光度變化，並推算茄紅素含量。

**實驗結果發現**：浸泡 15 分鐘，茄紅素含量排名：

100°C > 90°C > 80°C > 70°C > 60°C > 50°C

5. 一般人平常食用的番茄沙拉，有其不同的調味方式，因此我們實驗 8 種不同的調味方式，即將以下 4 種調味方式：濃度 20% 大番茄汁、濃度 20% 大番茄汁加橄欖油、濃度 20% 大番茄汁加調理醋、濃度 20% 大番茄汁加油添醋，分別以加熱和未加熱的處理方式，測量其吸光度，並推算茄紅素的含量。

**實驗結果發現**：未加熱不同調味方式，茄紅素排名：

濃度 20% 大番茄汁加油添醋 > 濃度 20% 大番茄汁加醋 > 濃度 20% 大番茄汁加油 > 濃度 20% 大番茄汁  
加熱不同調味方式，茄紅素排名：

濃度 20% 大番茄汁加油添醋 > 濃度 20% 大番茄汁加醋 > 濃度 20% 大番茄汁加油 > 濃度 20% 大番茄汁  
番茄經過加熱調理後食用，可以提高茄紅素的攝取率，因為加熱可以破壞蔬果的纖維細胞，釋放出茄紅素！

6. 從市場購買蔬果後，依據食材的特性皆有其適合的保鮮方式，因此我們實驗大番茄未去除蒂頭與去除蒂頭兩種不同的保鮮方式，保存 10 天，並以蔬果榨汁機取其原汁，接著調配不同濃度，測量其吸光度，並推算其茄紅素的含量。

**實驗結果發現**：不同保鮮方式下，茄紅素含量排名：

已去蒂：濃度 5% > 濃度 4% > 濃度 3% > 濃度 2% > 濃度 1%

未去蒂：濃度 5% > 濃度 4% > 濃度 3% > 濃度 2% > 濃度 1%

7. 紅色蔬果，除了大、小番茄外，我們選了另外三種紅色水果原汁，如紅心芭樂汁、西瓜汁與木瓜汁，調配不同濃度的紅色蔬果，利用桌上型手臂式 pH 劑，分別測其 pH 值，以緩衝溶液配置與番茄溶液相同濃度的 pH 值一致，測量其吸光度，並推算茄紅素的含量與 CP 值排名。

**實驗結果發現**：五種紅色蔬果茄紅素含量排名：

紅心芭樂汁 > 聖女小番茄汁 > 大番茄汁 > 西瓜汁 > 木瓜汁

五種紅色蔬果茄紅素 CP 值排名：

聖女小番茄汁 > 大番茄汁 > 紅心芭樂汁 > 西瓜汁 > 木瓜汁

8. 本實驗我們配置緩衝溶液調整其他紅色蔬果原汁的 pH 值，相較於使用氫氧化鈉與無煙鹽酸調整溶液的酸鹼性，更具穩定性，不會因環境因素影響 pH 值的變動。

#### 四、探討三種市售番茄汁茄紅素含量多寡與價錢關係之實驗

1. 電視廣告常宣稱某飲品富含茄紅素，故我們從超市購買 3 種市售的番茄汁，分別測量其吸光度，推算出茄紅素含量後，以每 1 元的價格所含的茄紅素含量，計算出 3 種市售番茄汁

的性價比，藉此了解廣告的真實性，有無誤導消費者。

實驗結果發現：市售統○番茄汁茄紅素含量與性價比最高，愛○味鮮採番茄次之，波○紅番茄最低，後者雖然聞起來富有番茄香，但推測飲品中所含的原汁比例較少。

## 陸、結論

### 一、探討茄紅素脂溶性於同溫下不同溶劑溶解度實驗

1. 溶劑以 50% 酒精加 50% RO 逆滲透水調配時，於波長 500nm 下，大番茄溶吸光度高達 2.5，大番茄汁濃度可高達 25%，其檢量線為線性範圍；溶劑以 30% 酒精加 70% RO 逆滲透水調配時，於波長 500nm 下，大番茄汁吸光度高達 1.9，大番茄汁濃度可高達 20%，其檢量線為線性範圍。
2. 不同比例之酒精與 RO 逆滲透作溶劑時，酒精比例越高，大番茄汁溶解濃度越高。考量健康與養生的觀點，以及酒精的攝取對人體之負面影響，故本實驗，我們皆以「RO 逆滲透水」作為溶劑。

### 二、探討大番茄汁標準品於同溫下不同濃度之茄紅素含量檢測實驗

1. 濃度 1%~7% 和 10% 之大番茄汁其吸光度的相關係數高達 0.9968，統計圖呈線性，此 8 種濃度所對應的吸光度連成的斜直線為大番茄汁檢量線。

### 三、探討分光光度計測量大番茄汁茄紅素最佳化條件實驗

1. 不同品種：**小番茄**茄紅素含量 > **大番茄**茄紅素含量
2. 不同浸泡時間：15 分 ≈ 13 分 > 11 分 > 9 分 > 7 分 > 5 分 > 3 分 > 1 分
3. 不同浸泡溫度：100°C > 90°C > 80°C > 70°C > 60°C > 50°C
4. 不同調味方式：

#### (1) 未加熱：

濃度 20%**大番茄汁加油添醋** > 濃度 20%**大番茄汁加醋** > 濃度 20%**大番茄汁加油** > 濃度 20%**大番茄汁**

#### (2) 加熱：

濃度 20%**大番茄汁加油添醋** > 濃度 20%**大番茄汁加醋** > 濃度 20%**大番茄汁加油** > 濃度 20%**大番茄汁**

5. 不同保鮮方式：

(1) **已去蒂**：濃度 5% > 濃度 4% > 濃度 3% > 濃度 2% > 濃度 1%

(2) **未去蒂**：濃度 5% > 濃度 4% > 濃度 3% > 濃度 2% > 濃度 1%

6. 五種紅色蔬果茄紅素排名：**紅心芭樂汁** > **聖女小番茄汁** > **大番茄汁** > 西瓜汁 > **木瓜汁**

7. 五種紅色蔬果茄紅素 CP 值排名：

**聖女小番茄汁** > **大番茄汁** > **紅心芭樂汁** > 西瓜汁 > **木瓜汁**

五種紅色蔬果 CP 值計算方法

計算項目 紅色蔬果種類	茄紅素含量 ( $\mu\text{g}/100\text{g}$ )	CP 值 (茄紅素含量 ÷ 價錢)
大番茄汁	514.6	$514.6 \div 33 \cong 15.58$
聖女小番茄汁	1283.34	$1283.34 \div 59 \cong 21.75$
紅心芭樂汁	1626.99	$1626.99 \div 175 \cong 8.89$
西瓜汁	305.20	$305.20 \div 113 \cong 2.70$
木瓜汁	235.79	$235.79 \div 100 \cong 2.36$

四、探討三種市售番茄汁茄紅素含量多寡與價錢關係之實驗

- 三種市售番茄汁茄紅素含量排名：統○番茄汁 > 愛○味鮮採番茄 > 波○紅番茄
- 三種市售番茄汁最佳香氣排名：統○番茄汁 > 波○紅番茄 > 愛○味鮮採番茄
- 三種市售番茄汁最佳口感排名：統○番茄汁 = 波○紅番茄 > 愛○味鮮採番茄
- 三種市售番茄汁 CP 值排名：統○番茄汁 > 愛○味鮮採番茄 > 波○紅番茄

三種市售番茄汁 CP 值計算法

計算項目 市售番茄汁種類	茄紅素含量 ( $\mu\text{g}/100\text{g}$ )	CP 值 (茄紅素含量 ÷ 價錢)
波○紅番茄	103.78	$103.78 \div 7 \cong 14.83$
愛○味鮮採番茄	235.86	$235.86 \div 15 \cong 15.72$
統○番茄汁	344.78	$344.78 \div 15 \cong 22.99$

## 柒、參考資料

1. 呂峰洲（2000）蕃茄與防癌
2. 林姿宏（2002）蕃茄果實暨製品及蕃茄紅素的生物活性之探討
3. 廖婉珈（2013）蔬菜經各種熱處理後茄紅素之釋出
4. 新竹市第 37 屆科學展覽會作品：蝶花彩影—蝶豆花變色抗氧化力與彩色晶球製作研究
5. 新竹市第 38 屆科學展覽會作品：水「晶」球—最佳抗氧化力「珍珠果茶」之研究
6. 新竹市第 38 屆科學展覽會作品：吃莓果可以抗氧化？莓果類食物抗氧化力研究
7. 新竹市第 39 屆科學展覽會作品：您喝對了嗎？—最佳抗氧化力「自製蔬果汁」之研究
8. 新竹市第 40 屆科學展覽會作品：「花」現「青」春—花草茶中花青素含量之研究
9. 新竹市第 41 屆科學展覽會作品：拈「花」惹「草」—花草茶中抗氧化力之研究
10. 新竹市第 42 屆科學展覽會作品：「莓」好「青」春—莓果類食物中花青素含量之研究
11. 中華民國第 47 屆中小學科學展覽會作品：食品中所含抗氧化劑的檢測
12. 中華民國第 51 屆中小學科學展覽會作品：從影響番茄甜度因素到自製甜度計設計的研究
13. 中華民國第 62 屆中小學科學展覽會作品：可食用塗層對帥哥番茄保鮮之研究
14. 中華民國第 63 屆中小學科學展覽會作品：以食用油混合蜂蠟製成可食性塗層對聖女番茄保鮮效果之評估
15. 自然與生活科技第 6 冊，第四單元「防鏽與食品保存」，台北：翰林書局，2023。
16. 番茄—維基百科：<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%95%AA%E8%8C%84>
17. 茄紅素—維基百科：  
<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%95%AA%E8%8C%84%E7%B4%85%E7%B4%A0>
18. 酸鹼指示劑—維基百科：<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E9%85%B8%E7%A2%B1%E6%8C%84>

## 捌、附錄

市售番茄汁滿意度評分表：

老師：

市售番茄汁滿意度 評分項目	市售波○紅番茄				市售愛○味鮮採番茄				市售統○番茄汁			
	非常滿意 3 分	滿意 2 分	普通 1 分	非常不滿意 4 分	非常滿意 3 分	滿意 2 分	普通 1 分	非常不滿意 4 分	非常滿意 3 分	滿意 2 分	普通 1 分	非常不滿意 4 分
茄紅素含量		v			v			v				
最佳香氣		v			v			v				
最佳口感		v			v			v				

學生一：

市售番茄汁滿意度 評分項目	市售波○紅番茄				市售愛○味鮮採番茄				市售統○番茄汁			
	非常滿意 3 分	滿意 2 分	普通 1 分	非常不滿意 4 分	非常滿意 3 分	滿意 2 分	普通 1 分	非常不滿意 4 分	非常滿意 3 分	滿意 2 分	普通 1 分	非常不滿意 4 分
茄紅素含量		v			v			v		v		
最佳香氣		v				v				v		
最佳口感	v					v		v		v		

學生二：

市售番茄汁滿意度 評分項目	市售波○紅番茄				市售愛○味鮮採番茄				市售統○番茄汁			
	非常滿意 3 分	滿意 2 分	普通 1 分	非常不滿意 4 分	非常滿意 3 分	滿意 2 分	普通 1 分	非常不滿意 4 分	非常滿意 3 分	滿意 2 分	普通 1 分	非常不滿意 4 分
茄紅素含量		v			v			v		v		
最佳香氣		v				v			v		v	
最佳口感	v					v		v		v		

學生三：

市售番茄汁滿意度 評分項目	市售波○紅番茄				市售愛○味鮮採番茄				市售統○番茄汁			
	非常滿意 4分	滿意 3分	普通 2分	非常不滿意 1分	非常滿意 4分	滿意 3分	普通 2分	非常不滿意 1分	非常滿意 4分	滿意 3分	普通 2分	非常不滿意 1分
茄紅素含量			v			v			v			
最佳香氣	v						v			v		
最佳口感		v						v			v	

學生四：

市售番茄汁滿意度 評分項目	市售波○紅番茄				市售愛○味鮮採番茄				市售統○番茄汁			
	非常滿意 4分	滿意 3分	普通 2分	非常不滿意 1分	非常滿意 4分	滿意 3分	普通 2分	非常不滿意 1分	非常滿意 4分	滿意 3分	普通 2分	非常不滿意 1分
茄紅素含量			v			v			v		v	
最佳香氣			v					v		v		
最佳口感			v					v	v			

評分加總：

市售番茄汁滿意度 評分加總	市售波○紅番茄		市售愛○味鮮採番茄		市售統○番茄汁	
	茄紅素含量	10	最佳香氣	8	最佳口感	15