

中華民國第 64 屆中小學科學展覽會
作品說明書

國中組 生活與應用科學(二)科
(鄉土)教材獎

032904

蘇芭樂喜-珍珠芭樂果乾維生素 C 含量研究

學校名稱：連江縣立介壽國民中小學

作者： 國二 陳芊涵 國二 王妤雯 國二 王子謙	指導老師： 錢雄武
---	------------------

關鍵詞：維生素 C、珍珠芭樂、滴定

作品名稱 蘇芭樂喜-珍珠芭樂果乾維生素 C 含量研究

摘要

在台灣芭樂是一種常見的水果，一年四季皆有產量，同時也有報導指出，芭樂是水果內維生素 C 的含量最多的水果。本實驗針對烘焙珍珠芭樂果乾過程中，維生素 C 含量流失率作一系列的實驗及研究，並由實驗結果烘製營養流失率最低狀態的果乾，並找出最佳口感的果乾厚度。結果發現維生素 C 含量的流失率與烘焙時間有正相關，烘焙溫度在 70°C 以內，脫水率與維生素 C 的流失率影響較不顯著，接著我們以 70°C 烘製不同厚度的果乾，請同學試吃後，調查同學對於不同厚度果乾的喜好度，做為未來果乾烘製的參考。

壹、前言(含研究動機、目的、文獻回顧)

一、研究動機

每天學校的營養午餐大多準備有一份水果，餐後的水果經常沒辦法吃完，像一些切片的水果，如芭樂、火龍果、鳳梨等攜帶及保存不易，烘製果乾是我們最佳的選擇。然而，維生素 C 的熱穩定性不足，容易受到高溫而破壞，加熱烹煮會使蔬菜流失大量維生素 C，甚至更有網路傳言指出，食物加熱超過 40 度就會使大部分營養素被破壞殆盡，對此，我們希望能研究烘製一款美味又營養價值不低的果乾，找到烘製果乾最佳的溫度、厚度及時間。

二、研究目的

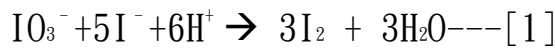
(一) 固定脫水率，利用氧化還原反應，測定不同溫度及烘焙時間對維生素 C 流失率的影響。

(二) 烘焙不同厚度的果乾，固定烘焙溫度及脫水率，利用氧化還原反應，測定維生素C含量。

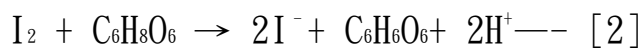
(三) 烘焙不同厚度的果乾，請同學試吃後，統計最佳的烘焙厚度果乾。

三、文獻探討

維生素C又稱為抗壞血酸(ascorbic acid)，是個很好的還原劑，因此在本實驗中利用碘酸鉀(KIO_3)溶液為滴定劑，在酸性溶液中與過量的碘化鉀(KI)反應所生成碘分子(I_2)來代替，如反應式[1]所示：



反應式[1]所生成碘分子可與抗壞血酸很快地進行氧化還原反應，如反應式[2]所示：



當待測液中抗壞血酸完全反應用盡後，剩餘過量的 I_2 會與溶液中 I^- 生成 I_3^- ，如反應式[3]所示：



此時 I_3^- 立即與澱粉指示劑產生藍黑色的錯合物，而達到滴定終點。

貳、研究設備及器材

- 一、設備：果乾機、電子秤、果汁機、燒杯(200mL)2個、定量瓶(250mL)1個、錐形瓶(125mL)4個、滴定管、量筒(100mL、10mL)2個、吸管、針筒(20mL)、試管、漏斗、游標卡尺
- 二、藥品：碘酸鉀、碘化鉀、鹽酸、澱粉液

參、研究過程或方法

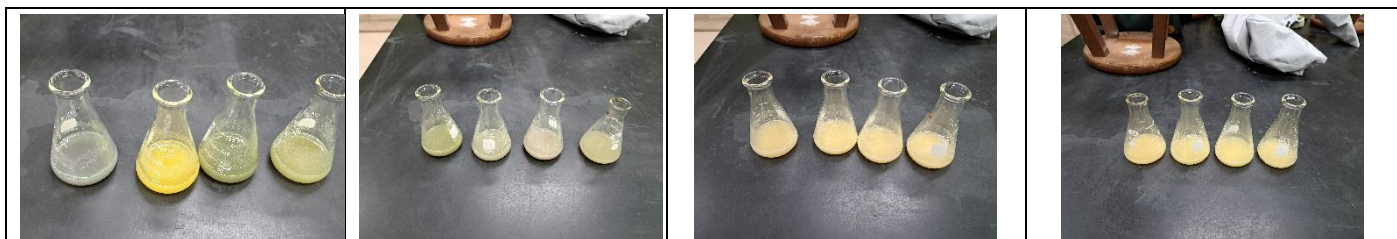
本實驗使用果乾機烘焙最高溫為70°C，經討論過後，本實驗以不同溫度烘焙脫水率80%、85%、86%以上(長時烘焙後水分無變化乾燥狀態)，各組烘焙產物與100 C.C 純水，以果汁機攪碎後，將攪碎的果汁潤洗至燒杯中，以針筒吸取25mL 果汁至錐形瓶中，同時加入約1mL 2%澱粉液，搖晃攪拌溶解後進行滴定。以0.005M KIO_3 為滴定液，進行滴定至錐形瓶明顯變色後，即達滴定終點，設計以下實驗。

實驗流程：

一、實驗一：以70°C烘焙果乾

1. 將珍珠芭樂洗淨去心、去籽及蒂頭。
2. 切取約1mm 左右果肉薄片50g(共3組)，平放至烘盤上烘烤。
3. 烘烤約至10g、7.5g、6.6g(以下)實驗組，加入蒸餾水約70C.C 以果汁機攪碎果乾及對照組，攪碎後倒入燒杯中，並潤洗果汁機杯，將果汁及果肉完全取出，蒸餾水合計100C.C。
4. 以針筒吸取25mL 果汁至錐形瓶中，共計4瓶，同時加入約1mL 2%澱粉液，搖晃攪拌溶解後進行滴定。

			
果肉洗淨切片	果肉擺放烘烤	攪碎乾燥果肉	滴定實驗



對照組滴定結果		70°C 80.4%烘乾比		70°C 85%烘乾比		70°C 86.8%烘乾比	
對照組		50g		6.4	6.5	6.2	6
溫度	烘乾時間	烘乾重量	烘乾比	滴定 A	滴定 B	滴定 C	滴定 D
70	45	9.8g	80.4	6.3	8.4	8.5	6.8
70	75	7.5g	85	6.6	6.5	6.3	5.9
70	120	6.6g	86.8	3	3.7	3	2.9

二、實驗二：以60°C烘焙果乾

同實驗一流程。

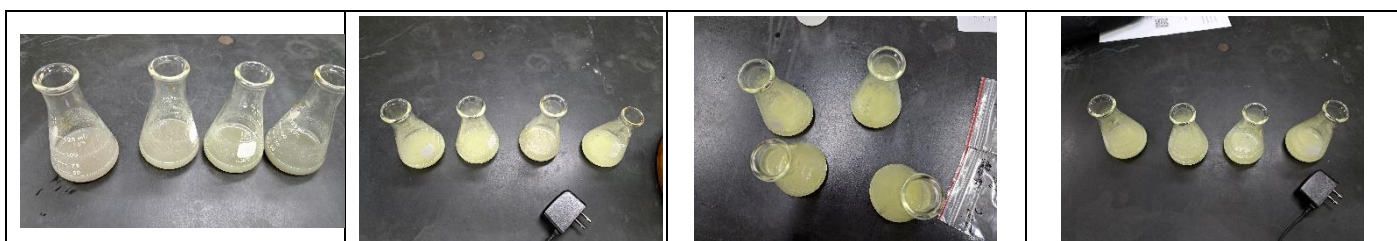


對照組滴定結果		60°C 80.8%烘乾比		60°C 85.6%烘乾比		60°C 86.8%烘乾比	
---------	--	---------------	--	---------------	--	---------------	--

對照組		50g		6.4	6.5	6.2	6
溫度	烘乾時間	烘乾重量	烘乾比	滴定 A	滴定 B	滴定 C	滴定 D
60	75	9.6g	80.8	7.5	6	5.6	5.2
60	100	7.2g	85.6	4.4	4.9	5.4	5.2
60	150	6.6g	86.8	4.3	3.5	2.7	4

三、實驗三：以50°C烘焙果乾

同實驗一流程。



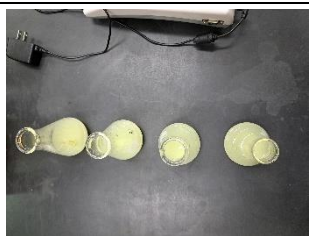
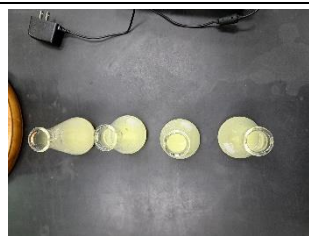


對照組滴定結果		50°C 81%烘乾比		50°C 85.4%烘乾比		50°C 88%烘乾比	
---------	--	-------------	--	---------------	--	-------------	--

對照組		50g		4	4	4.2	4.2
溫度	烘乾時間	烘乾重量	烘乾比	滴定 A	滴定 B	滴定 C	滴定 D
50	90	9.5	81	5	5.8	4.7	4.1
50	120	7.3	85.4	4.3	4.2	3.6	3.4
50	150	6	88	2.3	2.2	3.2	2.4

四、 實驗四：以40°C烘焙果乾

同實驗一流程。

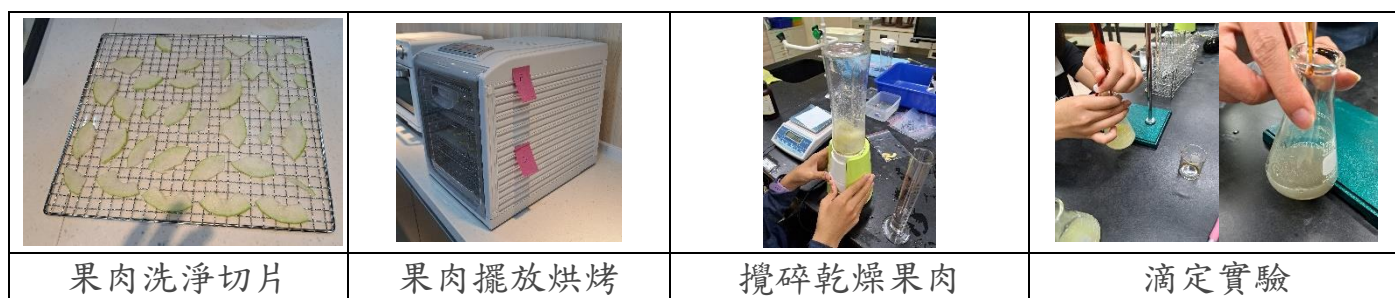
			
對照組滴定結果	40°C 80%烘乾比	40°C 85.2%烘乾比	40°C 86.4%烘乾比

對照組		50g		4	4	4.2	4.2
溫度	烘乾時間	烘乾重量	烘乾比	滴定 A	滴定 B	滴定 C	滴定 D
40	120	10	80	2.9	3.1	2.9	3
40	165	7.4	85.2	3.5	3.3	3.1	3.3
40	200	6.8	86.4	3.4	2.5	2.2	2.4

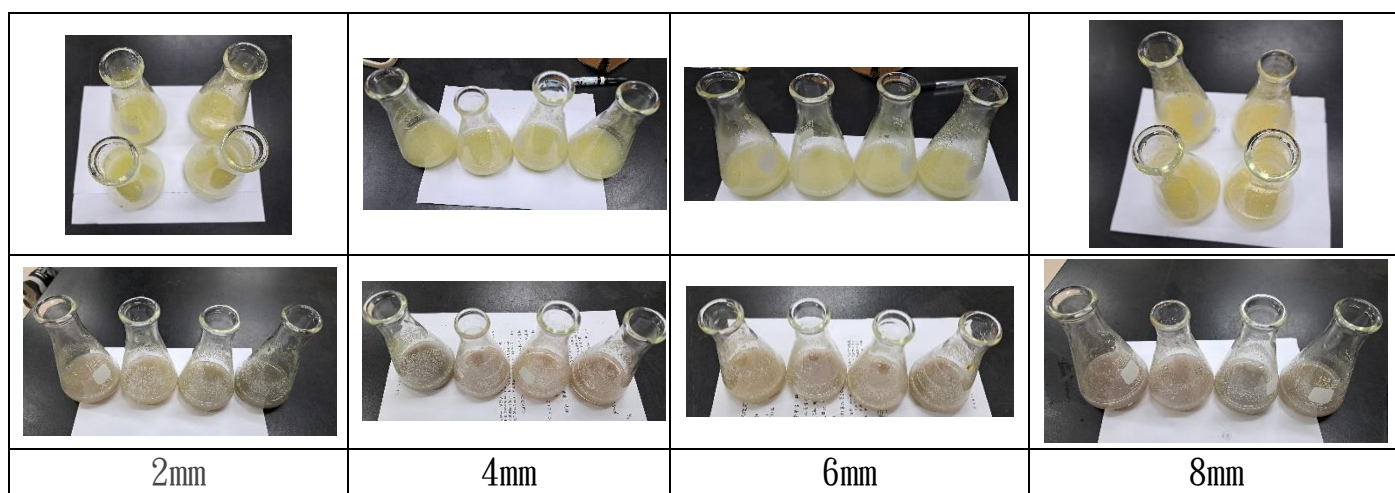
五、 實驗五：以70°C脫水率80%以上烘焙不同厚度果乾，維生素C含量實驗

1. 將珍珠芭樂洗淨去心、去籽及蒂頭。
2. 將一顆珍珠芭樂切取4份，每份切片厚度2mm、4mm、6mm、8mm 以70°C脫水率80%以上作烘烤。
3. 各取7.5g 果乾，加入蒸餾水約70C.C 以果汁機攪碎果乾及對照組，攪碎後倒入燒杯中，並潤洗果汁機杯，將果汁及果肉完全取出，蒸餾水合計100C.C。

4. 以針筒吸取 25mL 果汁至錐形瓶中，共計 4 瓶，同時加入約 1mL 2%澱粉液，搖晃攪拌溶解後進行滴定。



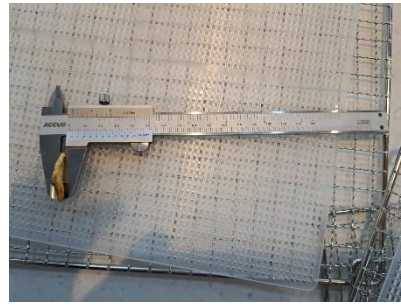
滴定結果：



厚度	烘乾時間	切片重量	烘乾重量	烘乾比	滴定 A	滴定 B	滴定 C	滴定 D
2mm	65	50	9	82	5.8	6.2	5.9	5.6
4mm	100	50	9.3	81.4	6	5.4	5.3	5.1
6mm	130	50	9.1	81.8	5.6	5.4	5.4	5.5
8mm	170	50	10	80	4.6	4.6	4.5	4.8

六、 實驗六：以70℃脫水率80%以上烘焙不同厚度果乾，試吃口感滿意度調查。

同實驗五烘乾流程，烘乾後以游標卡尺測量果乾烘乾厚度，並進行香味、口感、嚼勁試吃滿意度調查。



A 組

厚度	烘乾時間	切片重量	烘乾重量	烘乾比	平均厚度
2mm	80	60	9.2	84.7	0.64
4mm	120	50	7.7	84.6	1.74
6mm	150	69	11.7	83	2.79
8mm	180	77.6	14.6	81.2	3.03

B 組

厚度	烘乾時間	切片重量	烘乾重量	烘乾比	平均厚度
2mm	90	60	9.4	84.3	0.83
4mm	120	60.6	8.6	85.8	1.64
6mm	150	55.4	7.7	86.1	2.7
8mm	180	58.7	10	83	3.44

A 組測量數據：

厚度	烘乾後厚度															平均厚度
2mm	1.2	0.7	1	0.6	0.6	0.8	1.2	0.6	0.5	0.6	0.8	0.6	0.4	0.5	0.5	0.64
	0.5	0.5	0.6	0.5	0.5	0.6	0.5	0.5	0.6	0.5	0.5					
4mm	2.2	1.9	2.1	1.3	1.9	1.8	1.7	1.3	1.9	1.7	1.6	1.8	1.6	1.6	1.9	1.74
6mm	2.9	2.8	2.6	2.7	2.8	2.8	2.7	2.7	2.9	2.85	2.95	2.8				2.79
8mm	3.5	2.65	3.4	2.85	2.95	2.9	3.05	3.05	2.95	2.9	3.1					3.03

B 組測量數據：

厚度	烘乾後厚度															平均厚度
2mm	0.9	0.8	0.65	0.8	0.8	0.9	1.1	0.8	0.65	0.9	0.9	0.8	0.8	1	0.8	0.83
	0.8	0.8	0.75	0.8	0.9	0.8										
4mm	1.2	1.7	1.8	1.7	1.6	1.8	1.65	1.5	1.8	1.6	1.55	1.9	1.5	1.6	1.7	1.64
6mm	2.8	2.7	2.8	2.6	2.4	2.7	2.9	2.8	2.7	2.8	2.4	2.85				2.7
8mm	3.2	3.2	3.1	3.5	3.7	3.4	3.5	3.9	3.45							3.44

肆、研究結果

本研究討論烘焙果乾維生素 C 流失率比較研究，因果肉攪碎後無法確認能否平均分布，故在滴定實驗後以平均值計算維生素 C 含量，另對照組與烘焙後果乾體積相差

較多，且果肉無法完全溶解於水中，維生素 C 含量以平均值*(150(實驗組重)/100(測量物總重)計算分析，烘乾比=(對照組重量-烘乾重量)/對照組重量*100%，流失率=(對照組含量-實驗組含量)/對照組含量*100%。

一、 實驗一：以70°C烘焙果乾

對照組		50g		6.4	6.5	6.2	6	6.275	9.4125	
溫度	烘乾時間	烘乾重量	烘乾比	滴定 A	滴定 B	滴定 C	滴定 D	平均量	維生素 C 含量	流失率 %
70	45	9.8	80.4	6.3	8.4	8.5	6.8	7.5	8.235	12.51
70	75	7.5	85	6.6	6.5	6.3	5.9	6.325	6.7994	27.762
70	120	6.6	86.8	3	3.7	3	2.9	3.15	3.3579	64.325

二、 實驗二：以60°C烘焙果乾

對照組		50g		6.4	6.5	6.2	6	6.275	9.4125	
溫度	烘乾時間	烘乾重量	烘乾比	滴定 A	滴定 B	滴定 C	滴定 D	平均量	維生素 C 含量	流失率 %
60	75	9.6	80.8	7.5	6	5.6	5.2	6.075	6.6582	29.262
60	100	7.2	85.6	4.4	4.9	5.4	5.2	4.975	5.3332	43.339
60	150	6.6	86.8	4.3	3.5	2.7	4	3.625	3.8643	58.946

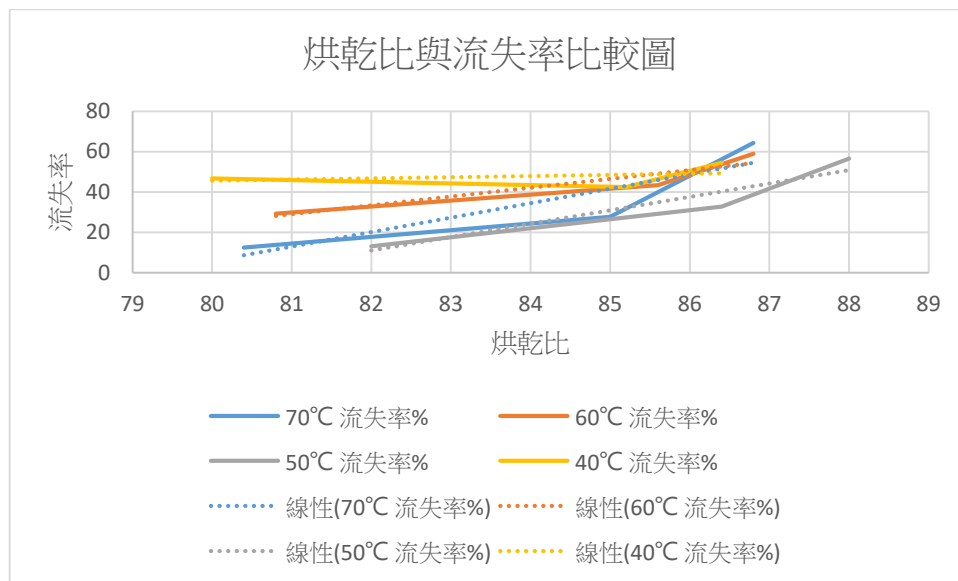
三、 實驗三：以50°C烘焙果乾

對照組		50g		4	4	4.2	4.2	4.1	6.15	
溫度	烘乾時間	烘乾重量	烘乾比	滴定 A	滴定 B	滴定 C	滴定 D	平均量	維生素 C 含量	流失率 %
50	90	9	82	5	5.8	4.7	4.1	4.9	5.341	13.154
50	120	6.8	86.4	4.3	4.2	3.6	3.4	3.875	4.1385	32.707
50	150	6	88	2.3	2.2	3.2	2.4	2.525	2.6765	56.48

四、 實驗四：以60°C烘焙果乾

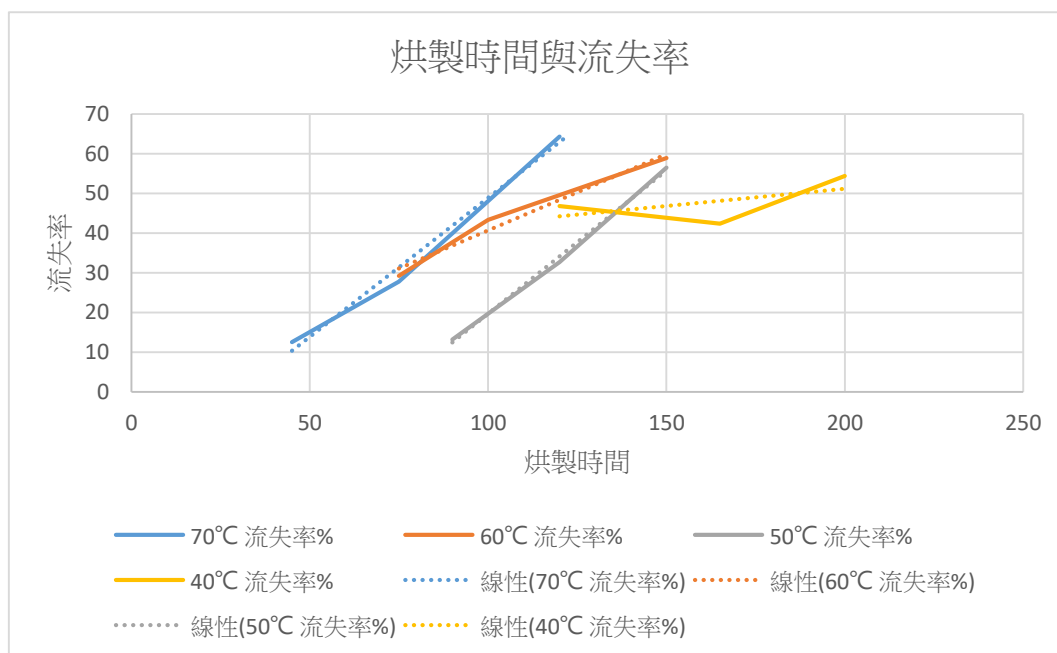
對照組		50g		4	4	4.2	4.2	4.1	6.15	
溫度	烘乾時間	烘乾重量	烘乾比	滴定 A	滴定 B	滴定 C	滴定 D	平均量	維生素 C 含量	流失率 %
40	120	10	80	2.9	3.1	2.9	3	2.975	3.2725	46.789
40	165	7.4	85.2	3.5	3.3	3.1	3.3	3.3	3.5442	42.371
40	200	6.8	86.4	3.4	2.5	2.2	2.4	2.625	2.8035	54.415

各組烘乾比與流失率分析



由圖形得知，果乾在烘製過程中維生素 C 流失率隨著烘製乾燥程度呈正相關，線性預測顯示，乾燥程度越大，流失率越多，乾燥率超過85%的果乾，維生素 C 流失率即超過50%，乾燥度在80%左右果乾，使用70°C及50°C烘烤，維生素 C 流失量為13%左右最低。

各組烘製時間與流失率



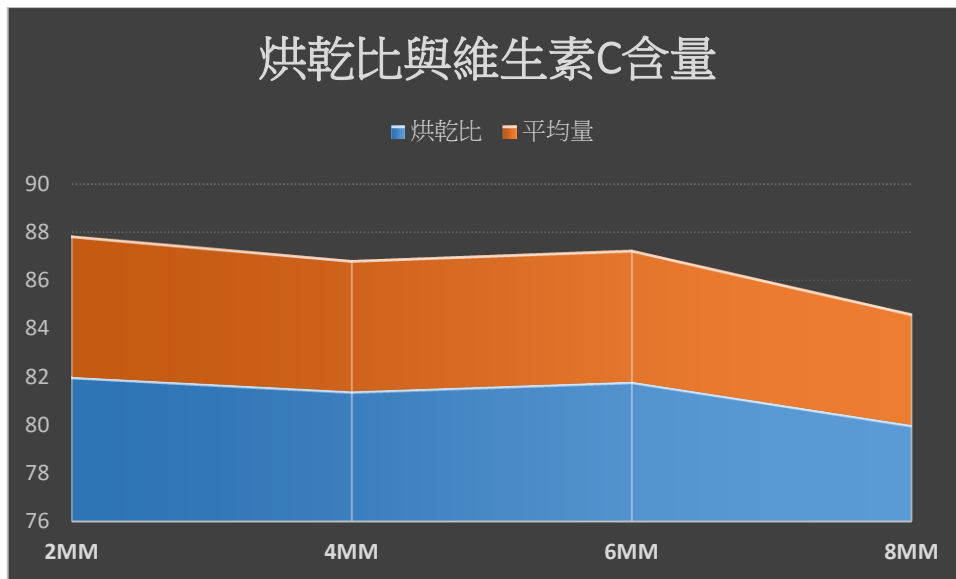
由圖形得知，果乾在烘製過程中維生素 C 流失率隨著烘製時間呈正相關，線性預測顯示，烘製時間越久，維生素 C 流失率越多，高溫(70°C)短時間烘製，較低溫長時間烘製，維生素 C 流失率表現較佳，乾燥至脫水85%後表現更為明顯；且以40°C低溫長時間烘製果乾，維生素 C 流失量最大。

五、 實驗五：以70°C脫水率80%以上烘焙不同厚度果乾，維生素 C 含量實驗

本實驗檢測變項為不同厚度烘乾，維生素 C 含量比較，烘乾後同取7.5g攪碎後做滴定實驗，觀察維生素 C 含量差異，因果肉攪碎後無法確認能否平均分布，故在滴定實驗後以平均值計算維生素 C 含量。

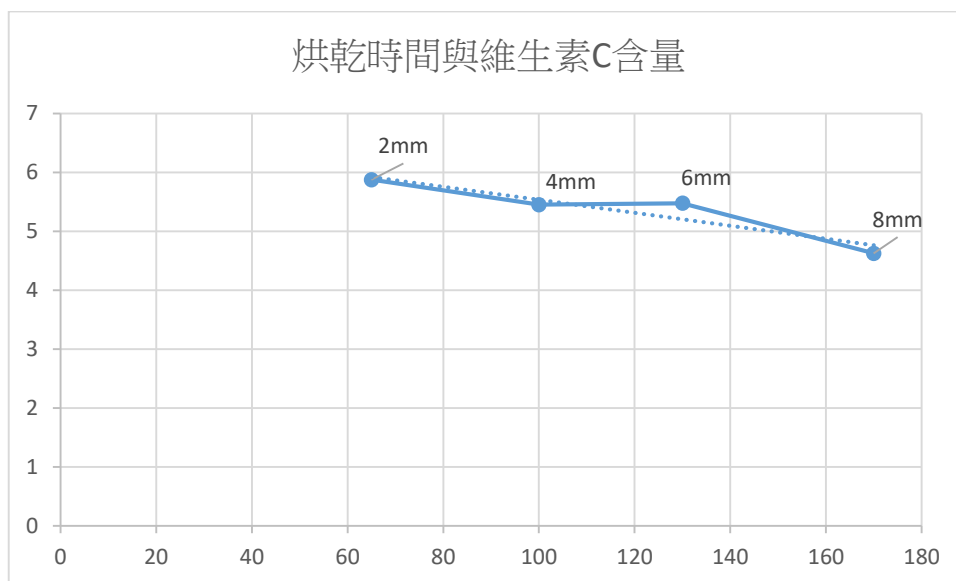
厚度	烘乾時間	切片重量	烘乾重量	烘乾比	滴定 A	滴定 B	滴定 C	滴定 D	平均量
2mm	65	50	9	82	5.8	6.2	5.9	5.6	5.875
4mm	100	50	9.3	81.4	6	5.4	5.3	5.1	5.45
6mm	130	50	9.1	81.8	5.6	5.4	5.4	5.5	5.475
8mm	170	50	10	80	4.6	4.6	4.5	4.8	4.625

各組厚度烘乾比與平均量分析



由圖形得知，在烘製6mm以下果乾，烘乾比在82%左右，維生素C含量表現差異不大，烘製8mm左右的果乾。烘乾比至80%左右，維生素C的含量減少較為明顯。

各組厚度烘乾時間與平均量分析

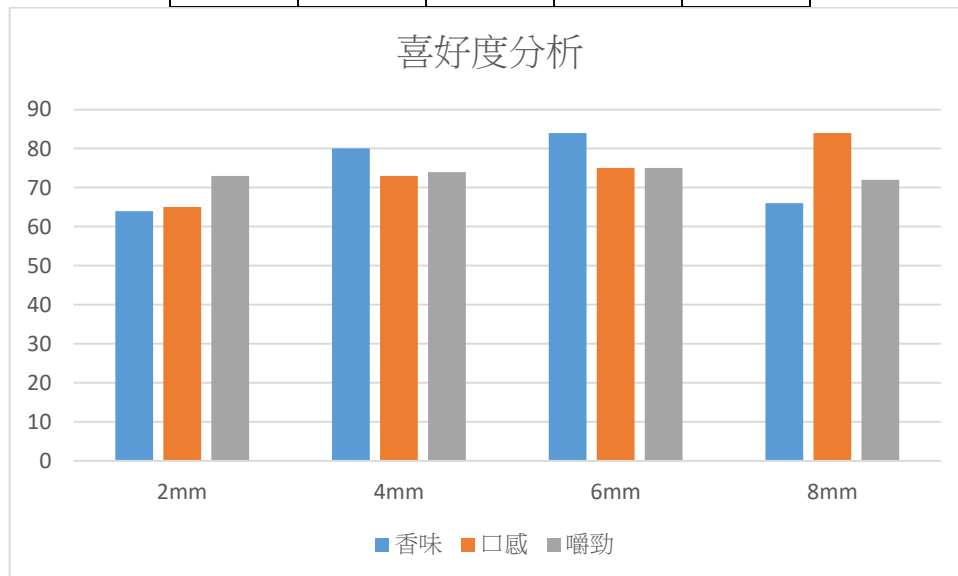


由圖形得知，在烘製6mm以下，時間約130分鐘左右，維生素C含量表現差異不大，烘製8mm左右的果乾，烘製時間超過150分鐘，維生素C的含量減少較為明顯。

六、以70°C脫水率80%以上烘焙不同厚度果乾，試吃口感滿意度調查。

6	項目	1(非常不 喜歡)	2(不喜歡)	3(尚可)	4(喜歡)	5(非常喜 歡)	得分
2mm	香味			16	4		64
	口感			16	3	1	65
	嚼勁			12	3	5	73
4mm	香味			6	8	6	80
	口感			12	3	5	73
	嚼勁			10	6	4	74
6mm	香味			4	8	8	84
	口感			9	7	4	75
	嚼勁			7	6	7	80
8mm	香味			16	2	2	66
	口感			6	4	10	84
	嚼勁			12	4	4	72

厚度	香味	口感	嚼勁	小計
2mm	64	65	73	202
4mm	80	73	74	227
6mm	84	75	80	239
8mm	66	84	72	222



由喜好度圖表得知，6mm 果乾的香味最佳，8mm 果乾(果乾厚度約3mm 至3.4mm)口感表現喜好度最佳，果乾嚼勁的表現差異不大，以6mm 果乾(果乾厚度約2.7mm 至2.8mm)的厚度最為喜好。

伍、討論

- 一、 維生素 C 的流失率易受溫度及時間產生變化，實驗一至五在探討流失率及含量變化情況，過程設定為4小時之內完成，故採取約1mm 薄切果肉，烘焙完成後以密封袋封好，再做滴定實驗，以減少誤差情況。
- 二、 維生素 C 易溶於水，為避免實驗誤差，在以果汁機攪碎果肉後，需反覆確認果肉大小，且以純水潤洗果汁機杯、量杯，儘量避免果肉及果汁殘留，在滴定實驗量取果汁的過程，亦需不斷的攪動，避免果肉沉澱，影響果汁的維生素 C 含量數據。
- 三、 在維生素 C 滴定實驗中，實驗組的顏色變化量極大，滴定後顏色亦能維持很久，實驗數據分析的效果極好，實驗一至五均以取用25mL 定量滴定，以針筒量測，避免果肉卡住吸管。
- 四、 受限果乾機的最高烘乾溫度為70°C，每次調整溫度為5°C，故烘焙實驗設定溫度為70°C、60°C、50°C、40°C，烘焙時間單次調整為30分鐘，烘乾度無法精準控制到80%、85%、全乾狀態，實驗以烘乾比作分析。
- 五、 實驗一至四結果證明，烘製果乾乾燥度及乾燥時間越長，維生素 C 流失率越大，低溫長時間烘製果乾，維生素 C 保留不一定比較多，高溫短時間烘製的維生素 C 流失率較低。

- 六、 實驗五不同厚度烘焙結果，以溫度70°C烘烤，在烘乾度82%，厚度6mm以內，維生素C流失率差異不大，但厚度達8mm，烘焙時間越長，維生素C流失率較為明顯。
- 七、 由喜好度調查結果發現，乾燥度差異不大情況下，果乾的嚼勁差異不大，同學偏好果肉較厚實果乾的口感，也表示果肉的味道較為濃郁，若以不同年齡層做調查，其結果可能有所差異。

陸、結論

- 一、 在溫度70°C以內烘烤果乾，維生素C的流失率，烹調時間越長，流失率越高，烘焙果乾建議以高溫，短時間烘焙為佳。
- 二、 果乾烘乾至全乾狀態，無論是低溫烘焙或高溫烘焙，維生素C流失率幾乎達一半以上。
- 三、 以維生素C流失率分析，以溫度70°C烘烤，烘乾比達82%的果乾，在6mm厚度以下的果乾，維生素C含量差異不大，但厚度8mm以上，烘製時間2.5小時以上，維生素C含量即減少比較多。
- 四、 從喜好度問卷調查中得知，同學喜好果肉較厚實果乾的口感，烘製到80%以上的果乾，整體的嚼勁差異不大，建議以溫度70°C烘製厚度6mm的果乾，烘乾時間約130分鐘為佳。
- 五、 市售果乾機食譜中建議溫度多為55°C烘烤，在以溫度50°C烘乾果乾流失率比較分析中，也顯示流失率表現較70°C差一點，但優於60°C及40°C，可嘗試分析烘乾不同厚度維生素C含量及試吃口感統計及比較。

柒、參考文獻資料

1. 本研究作品說明書所附圖片及圖表均為作者自行拍攝與製作。

2. 實驗4 錠劑中維他命 C 含量之測定 <https://www.youtube.com/watch?v=-gWjyCHvd0c>

3. 什麼水果、蔬菜維生素 C 最高? Top10 高維生素 C 蔬果排行榜

<https://tw.news.yahoo.com/>

4. 維生素 C 之定量-國立台灣大學

https://teaching.ch.ntu.edu.tw/gclab/doc/demonstration/quantitative_analysis_of_vitamin_C.pdf

【評語】 032904

本研究內容在於解決過剩的水果問題，研究珍珠芭樂乾在製作時，不同溫度和烘焙對其 vit C 的含量的影響。本研究以簡單的題目出發，參考文獻設計氧化還原反應來測試 Vit C 的含量，並且加入感官品評為所作出的芭樂乾找出最佳的厚度條件。研究的內容有趣實用，但要考量同一實驗中的芭樂的差異造成的誤差（如甜度、vit C 含量），這些變因都會影響實驗中的 vit C 含量以及感官品評的結果。此外，除了維生素 C 之外，是否有其他的還原性物質可以與碘酸鉀反應，對實驗結果造成影響？例如葡萄糖在鹼性下可以與碘反應，或許與會干擾滴定終點的判斷，報告中的數據應注意有效數字，同時應有單位，問卷調查的「得分」應解釋計算方式。

作品簡報

蘇芭樂喜

珍珠芭樂果乾維生素C含量研究

壹、前言(含研究動機、目的、文獻回顧)

研究動機

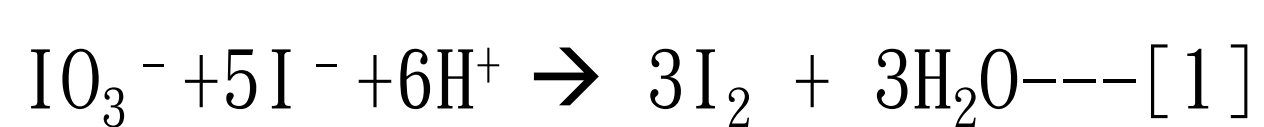
每天學校的營養午餐大多準備有一份水果，餐後的水果經常沒辦法吃完，像一些切片的水果，如芭樂、火龍果、鳳梨等攜帶及保存不易，烘製果乾是我們最佳的選擇。然而，維生素C的熱穩定性不足，容易受到高溫而破壞，加熱烹煮會使蔬菜流失大量維生素C，甚至更有網路傳言指出，食物加熱超過40度就會使大部分營養素被破壞殆盡，對此，我們希望能研究烘製一款美味又營養價值不低的果乾，找到烘製果乾最佳的溫度、厚度及時間。

研究目的

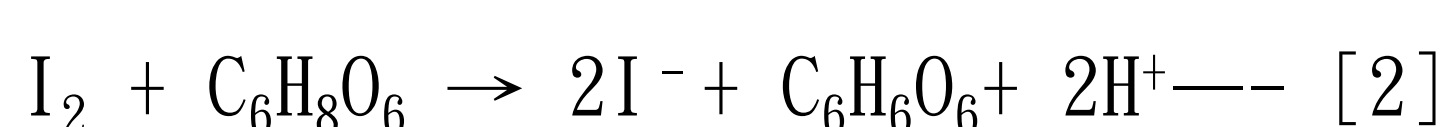
1. 固定脫水率，利用氧化還原反應，測定不同溫度及烘焙時間對維生素C流失率的影響。
2. 烘焙不同厚度的果乾，固定烘焙溫度及脫水率，利用氧化還原反應，測定維生素C含量。
3. 烘焙不同厚度的果乾，請同學試吃後，統計最佳的烘焙厚度果乾。

文獻探討

維生素C又稱為抗壞血酸(ascorbic acid)，是個很好的還原劑，因此在本實驗中利用碘酸鉀(KIO_3)溶液為滴定劑，在酸性溶液中與過量的碘化鉀(KI)反應所生成碘分子(I_2)來代替，如反應式[1]所示：



反應式[1]所生成碘分子可與抗壞血酸很快地進行氧化還原反應，如反應式[2]所示：



當待測液中抗壞血酸完全反應用盡後，剩餘過量的 I_2 會與溶液中 I^- 生成 I_3^- ，如反應式[3]所示：



此時 I_3^- 立即與澱粉指示劑產生藍黑色的錯合物，而達到滴定終點。

貳、研究設備及器材

設備：果乾機、電子秤、果汁機、燒杯(200mL)2個、定量瓶(250mL)1個、錐形瓶(125mL)4個、滴定管、量筒(100mL、10mL)2個、吸管、針筒(20mL)、試管、漏斗、游標卡尺

藥品：碘酸鉀、碘化鉀、鹽酸、澱粉液

參、研究過程或方法

本實驗使用果乾機烘焙最高溫為70°C，經討論過後，本實驗以不同溫度烘焙脫水率80%、85%、86%以上(長時烘焙後水分無變化乾燥狀態)，各組烘焙產物與100 C.C純水，以果汁機攪碎後，將攪碎的果汁潤洗至燒杯中，以針筒吸取25mL果汁至錐形瓶中，同時加入約1mL 2%澱粉液，搖晃攪拌溶解後進行滴定。以0.005M KIO_3 為滴定液，進行滴定至錐形瓶明顯變色後，即達滴定終點，設計以下實驗。

實驗流程

實驗一：以70°C烘焙果乾

將珍珠芭樂洗淨去心、去籽及蒂頭。

切取約1mm左右果肉薄片50g(共3組)，平放至烘盤上烘烤。

烘烤約至10g、7.5g、6.6g(以下)實驗組，加入蒸餾水約70C.C以果汁機攪碎果乾及對照組，攪碎後倒入燒杯中，並潤洗果汁機杯，將果汁及果肉完全取出，蒸餾水合計100C.C。

以針筒吸取25mL果汁至錐形瓶中，共計4瓶，同時加入約1mL 2%澱粉液，搖晃攪拌溶解後進行滴定。



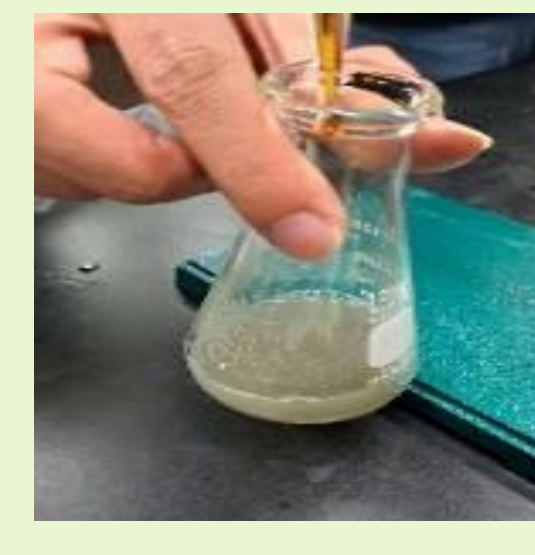
果肉洗淨切片



果肉擺放烘烤



攪碎乾燥果肉



滴定實驗

實驗一：以70°C烘焙果乾



對照組滴定結果



70°C 80.4%烘乾比



70°C 85%烘乾比



70°C 86.8%烘乾比

實驗二：以60°C烘焙果乾



對照組滴定結果



60°C 80.8%烘乾比

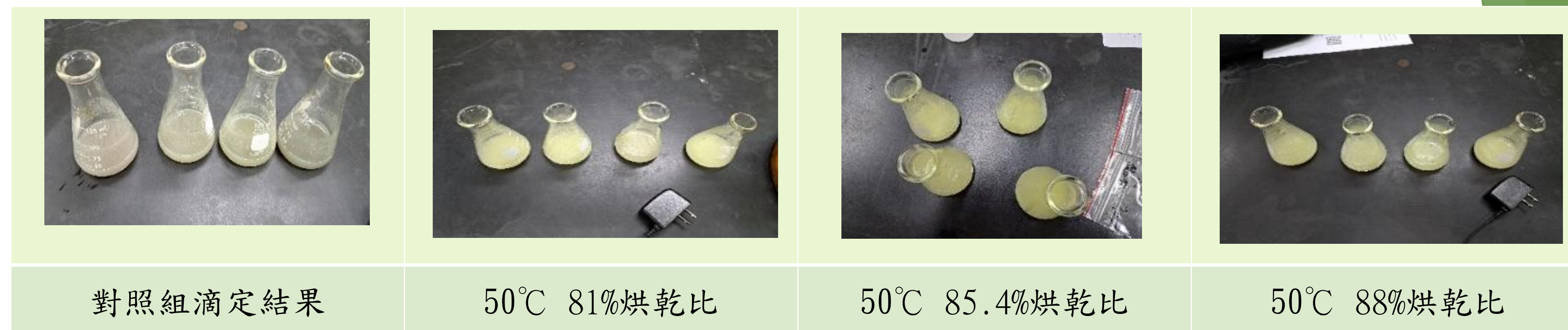


60°C 85.6%烘乾比

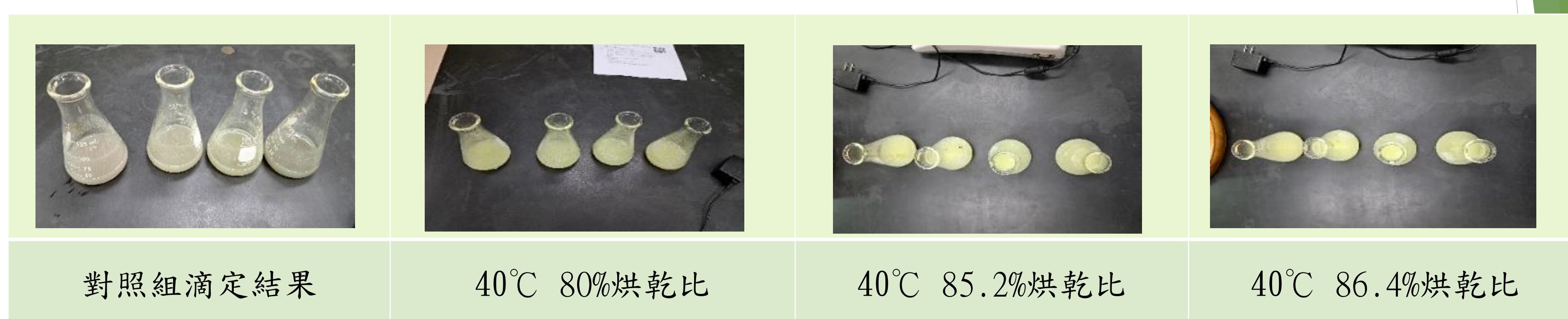


60°C 86.8%烘乾比

實驗三：以50°C烘焙果乾

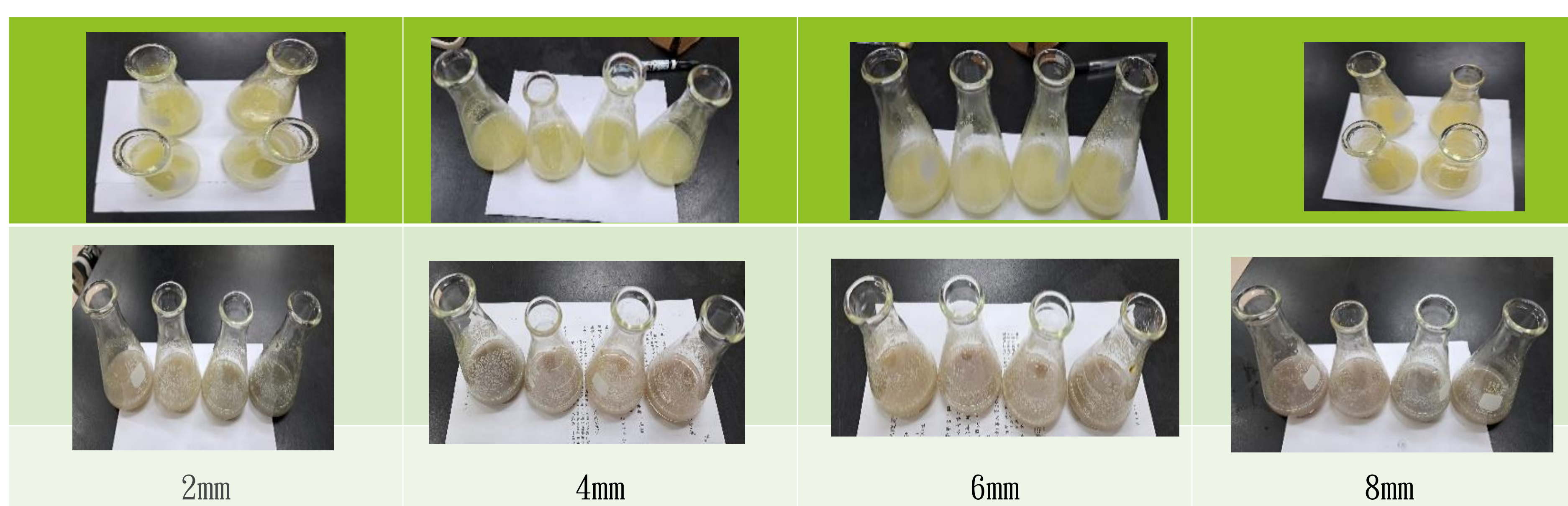


實驗四：以40°C烘焙果乾



實驗五：以70°C脫水率80%以上烘焙不同厚度果乾，維生素C含量實驗

1. 將珍珠芭樂洗淨去心、去籽及蒂頭。
2. 將一顆珍珠芭樂切取4份，每份切片厚度2mm、4mm、6mm、8mm以70°C脫水率80%以上作烘烤。
3. 各取7.5g果乾，加入蒸餾水約70C.C以果汁機攪碎果乾及對照組，攪碎後倒入燒杯中，並潤洗果汁機杯，將果汁及果肉完全取出，蒸餾水合計100C.C。
4. 以針筒吸取25mL果汁至錐形瓶中，共計4瓶，同時加入約1mL 2%澱粉液，搖晃攪拌溶解後進行滴定。



實驗六：以70°C脫水率80%以上烘焙不同厚度果乾，試吃口感滿意度調查。

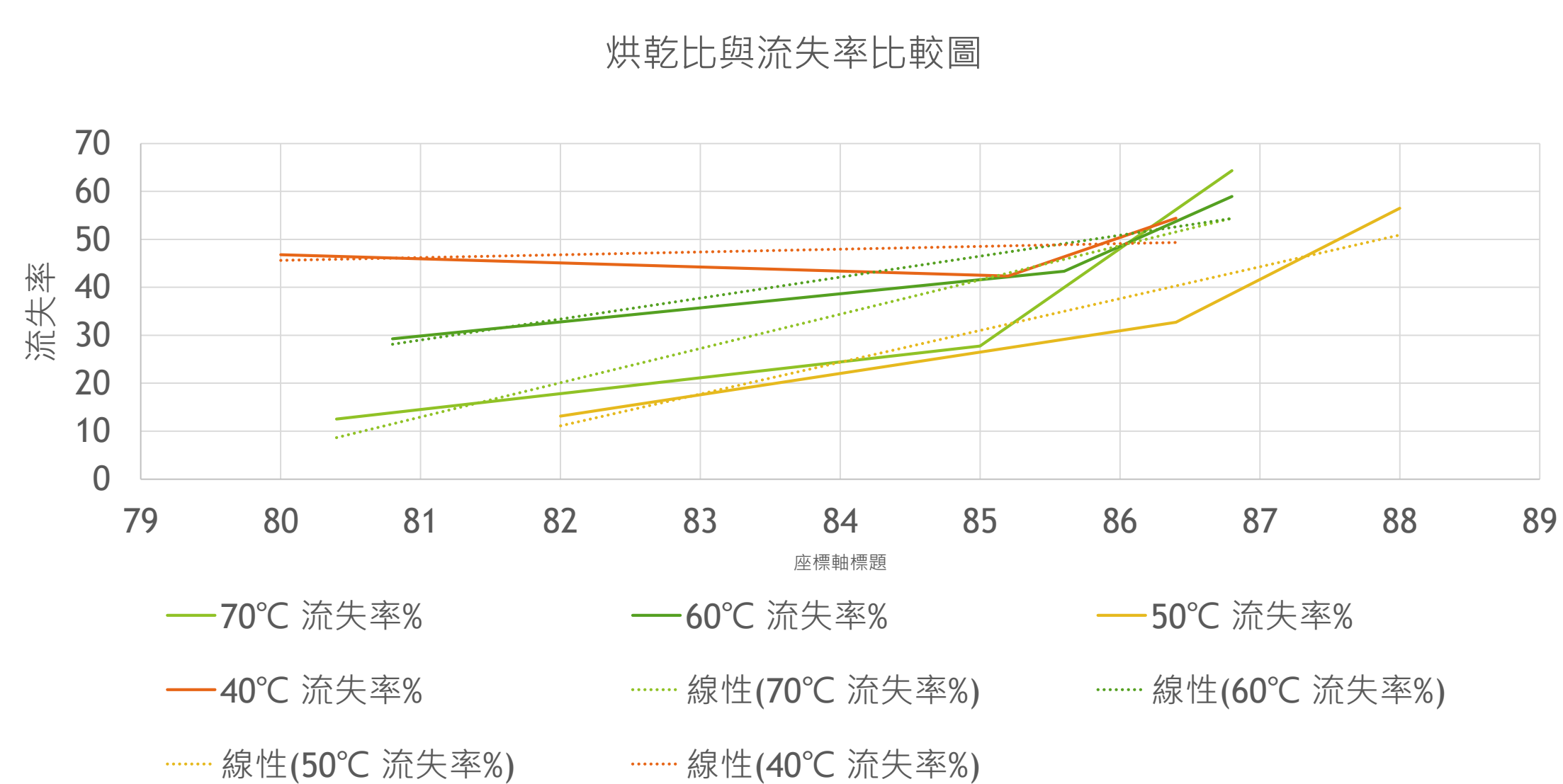
同實驗五烘乾流程，烘乾後以游標卡尺測量果乾烘乾厚度，並進行香味、口感、嚼勁試吃滿意度調查。

伍、研究結果

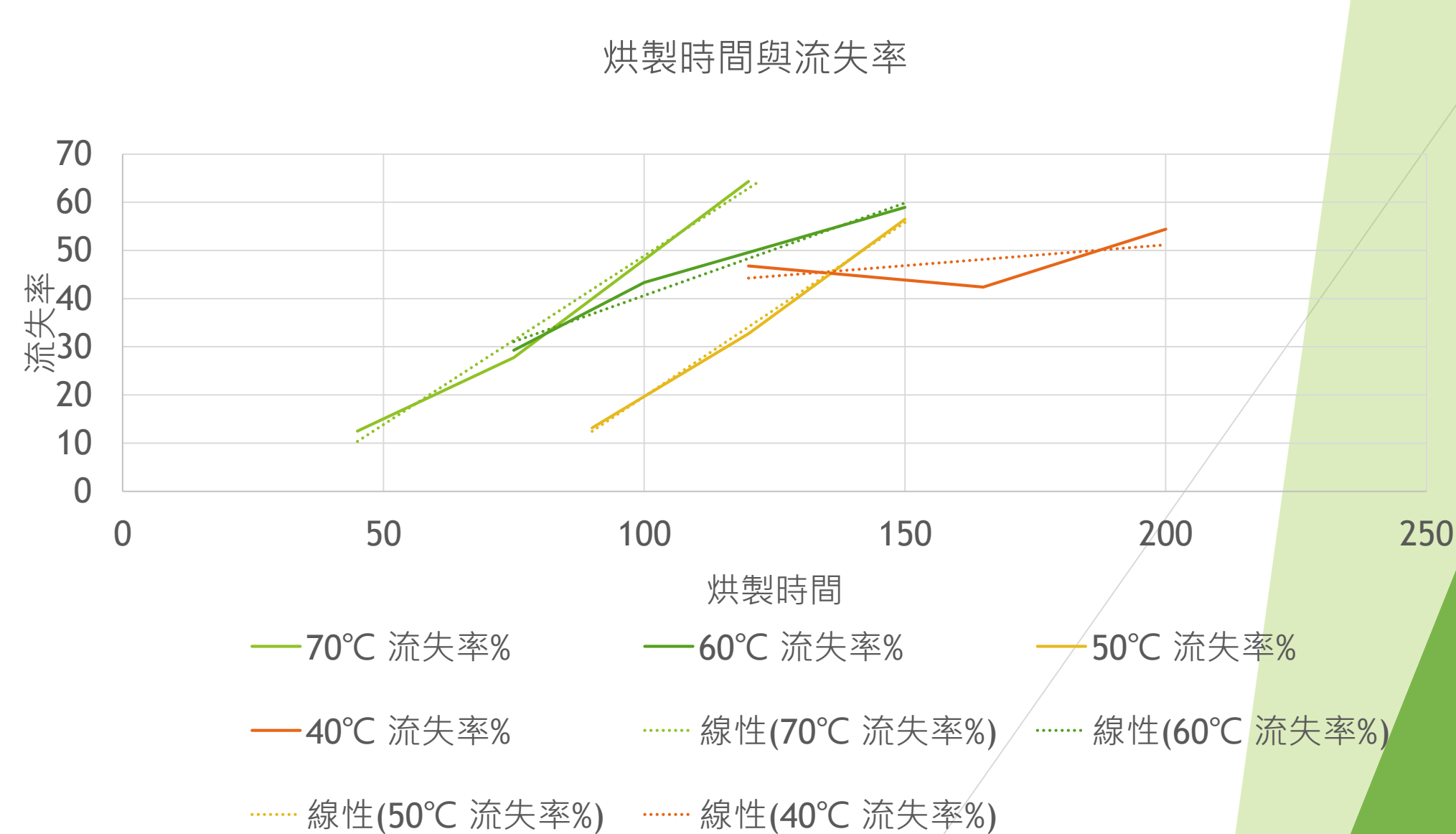
本研究討論烘焙果乾維生素C流失率比較研究，因果肉攪碎後無法確認能否平均分布，故在滴定實驗後以平均值計算維生素C含量，另對照組與烘焙後果乾體積相差較多，且果肉無法完全溶解於水中，維生素C含量以平均值*(150(實驗組重)/100(測量物總重)計算分析，烘乾比=(對照組重量-烘乾重量)/對照組重量*100%，流失率=(對照組含量-實驗組含量)/對照組含量*100%。

對照組	50g			6.4	6.5	6.2	6	6.275	9.41		對照組	50g			4	4	4.2	4.2	4.1	6.15
溫度	烘乾時間	烘乾重量	烘乾比	滴定A	滴定B	滴定C	滴定D	平均值	維生素C含量		溫度	烘乾時間	烘乾重量	烘乾比	滴定A	滴定B	滴定C	滴定D	平均值	維生素C含量
70	45	9.8	80.4	6.3	8.4	8.5	6.8	7.5	8.24		50	90	9	82	5	5.8	4.7	4.1	4.9	5.34
70	75	7.5	85	6.6	6.5	6.3	5.9	6.325	6.8		50	120	6.8	86.4	4.3	4.2	3.6	3.4	3.875	4.14
70	120	6.6	86.8	3	3.7	3	2.9	3.15	3.36		50	150	6	88	2.3	2.2	3.2	2.4	2.525	2.68
60	75	9.6	80.8	7.5	6	5.6	5.2	6.075	6.66		40	120	10	80	2.9	3.1	2.9	3	2.975	3.27
60	100	7.2	85.6	4.4	4.9	5.4	5.2	4.975	5.33		40	165	7.4	85.2	3.5	3.3	3.1	3.3	3.3	3.54
60	150	6.6	86.8	4.3	3.5	2.7	4	3.625	3.86		40	200	6.8	86.4	3.4	2.5	2.2	2.4	2.625	2.8

各組烘乾比與流失率分析



各組烘製時間與流失率分析



由圖形得知，果乾在烘製過程中維生素C流失率隨著烘製乾燥程度呈正相關，線性預測顯示，乾燥程度越大，流失率越多，乾燥率超過85%的果乾，維生素C流失率即超過50%，乾燥度在80%左右果乾，使用70°C及50°C烘烤，維生素C流失量為13%左右最低。

由圖形得知，果乾在烘製過程中維生素C流失率隨著烘製時間呈正相關，線性預測顯示，烘製時間越久，維生素C流失率越多，高溫(70°C)短時間烘製，較低溫長時間烘製，維生素C流失率表現較佳，乾燥至脫水85%後表現更為明顯；且以40°C低溫長時間烘製果乾，維生素C流失量最大。

實驗五：以70°C脫水率80%以上烘焙不同厚度果乾，維生素C含量實驗

本實驗檢測變項為不同厚度烘乾，維生素C含量比較，烘乾後同取7.5g攪碎後做滴定實驗，觀察維生素C含量差異，因果肉攪碎後無法確認能否平均分布，故在滴定實驗後以平均值計算維生素C含量。

厚度	烘乾時間	切片重量	烘乾重量	烘乾比	滴定A	滴定B	滴定C	滴定D	平均量
2mm	65	50	9	82	5.8	6.2	5.9	5.6	5.875
4mm	100	50	9.3	81.4	6	5.4	5.3	5.1	5.45
6mm	130	50	9.1	81.8	5.6	5.4	5.4	5.5	5.475
8mm	170	50	10	80	4.6	4.6	4.5	4.8	4.625

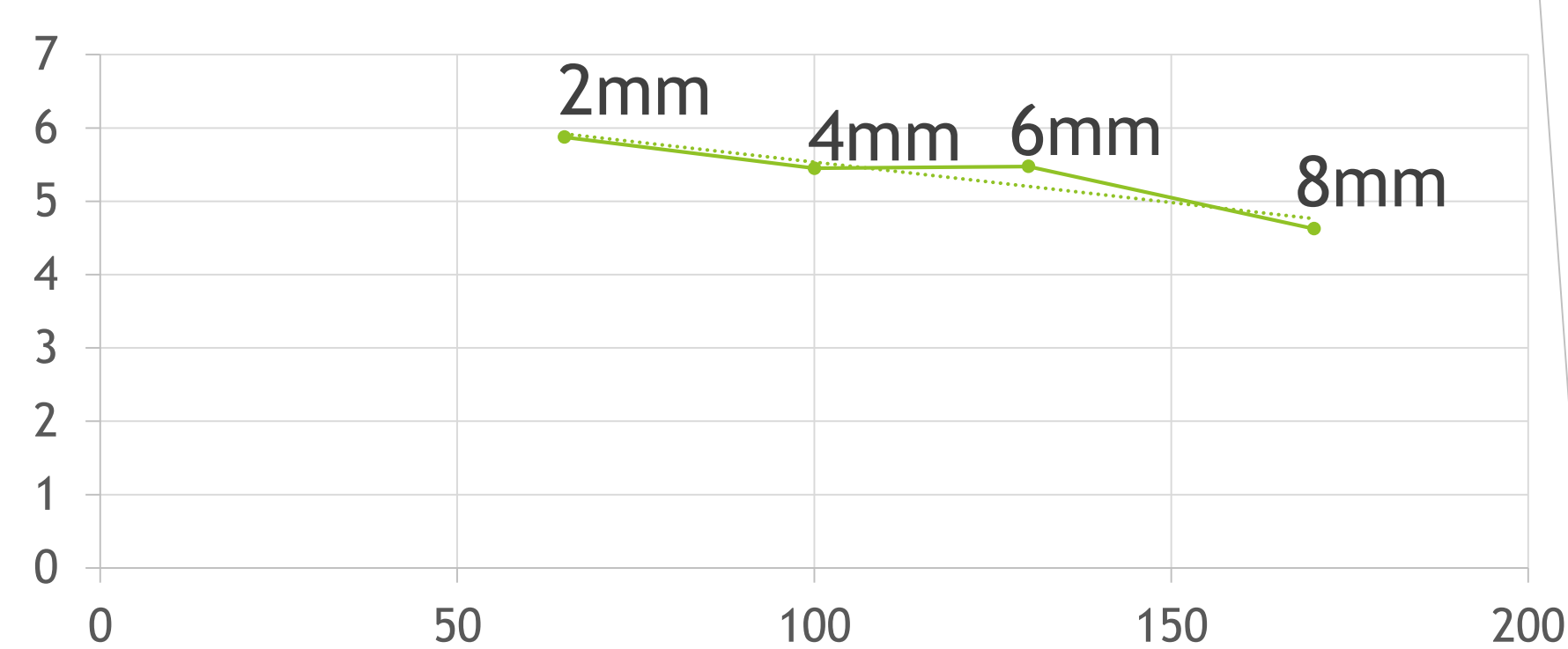


由圖形得知，在烘製6mm以下果乾，烘乾比在82%左右，維生素C含量表現差異不大，烘製8mm左右的果乾，烘乾比至80%左右，維生素C的含量減少較為明顯。

六、以70°C脫水率80%以上烘焙不同厚度果乾，試吃口感滿意度調查。

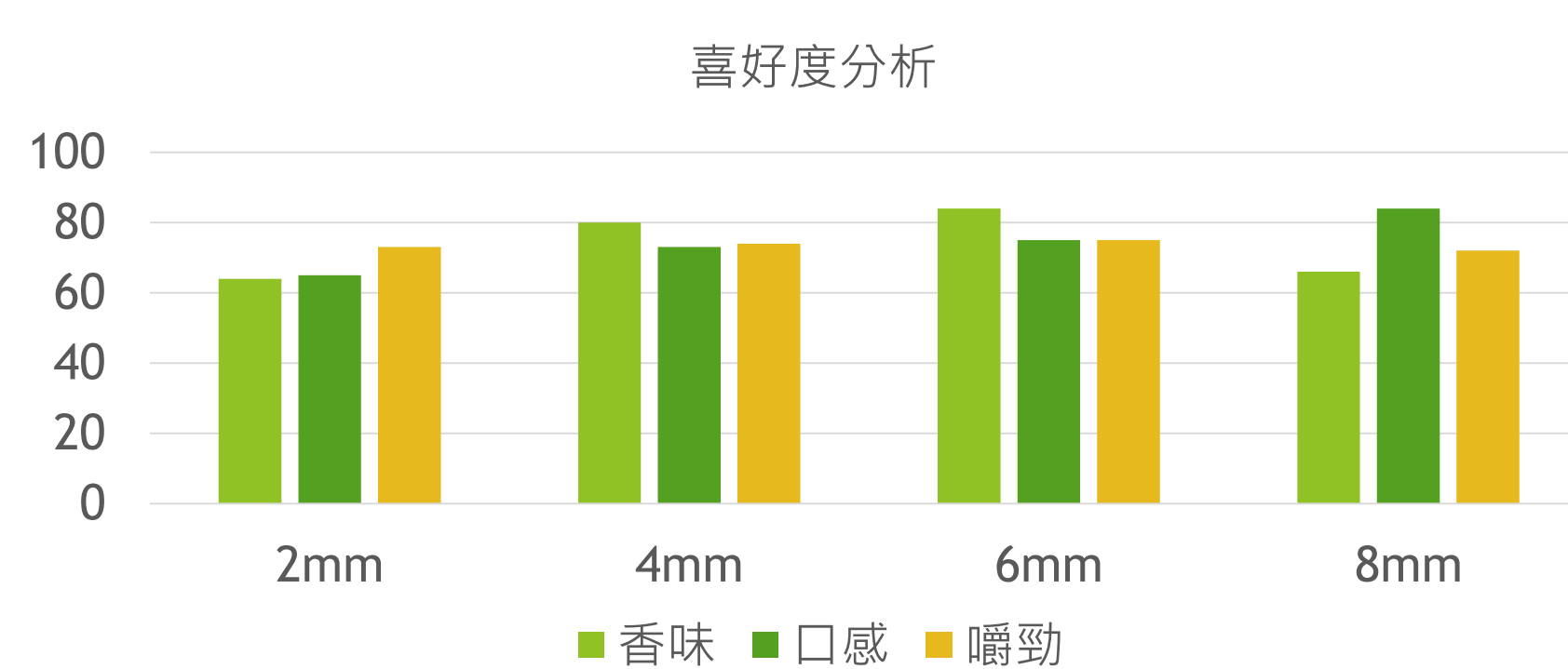
厚度	項目	1(非常不喜歡)	2(不喜歡)	3(尚可)	4(喜歡)	5(非常喜歡)	得分
2mm	香味			16	4		64
	口感			16	3	1	65
	嚼勁			12	3	5	73
4mm	香味			6	8	6	80
	口感			12	3	5	73
	嚼勁			10	6	4	74
6mm	香味			4	8	8	84
	口感			9	7	4	75
	嚼勁			7	6	7	80
8mm	香味			16	2	2	66
	口感			6	4	10	84
	嚼勁			12	4	4	72

烘乾時間與維生素C含量



由圖形得知，在烘製6mm以下，時間約130分鐘左右，維生素C含量表現差異不大，烘製8mm左右的果乾，烘製時間超過150分鐘，維生素C的含量減少較為明顯。

厚度	香味	口感	嚼勁	小計
2mm	64	65	73	202
4mm	80	73	74	227
6mm	84	75	80	239
8mm	66	84	72	222



由喜好度圖表得知，6mm果乾的香味最佳，8mm果乾(果乾厚度約3mm至3.4mm)口感表現喜好度最佳，果乾嚼勁的表現差異不大，以6mm果乾(果乾厚度約2.7mm至2.8mm)的厚度最為喜好。

陸、討論

- 維生素C的流失率易受溫度及時間產生變化，實驗一至四在探討流失率及含量變化情況，過程設定為4小時之內完成，故採取約1mm薄切果肉，烘焙完成後以密封袋封好，再做滴定實驗，以減少誤差情況。
- 維生素C易溶於水，為避免實驗誤差，在以果汁機攪碎果肉後，需反覆確認果肉大小，且以純水潤洗果汁機杯、量杯，儘量避免果肉及果汁殘留，在滴定實驗量取果汁的過程，亦需不斷的攪動，避免果肉沉澱，影響果汁的維生素C含量數據。
- 在維生素C滴定實驗中，實驗組的顏色變化量極大，滴定後顏色亦能維持很久，實驗數據分析的效果極好，實驗一至五均以取用25mL定量滴定，以針筒量測，避免果肉卡住吸管。
- 受限果乾機的最高烘乾溫度為70°C，每次調整溫度為5°C，故烘焙實驗設定溫度為70°C、60°C、50°C、40°C，烘焙時間單次調整為30分鐘，烘乾度無法精準控制到80%、85%、全乾狀態，實驗以烘乾比作分析。
- 實驗五不同厚度烘焙結果，以溫度70°C烘烤，在烘乾度82%，厚度6mm以內，維生素C流失率差異不大，但厚度達8mm，烘焙時間越長，維生素C流失率較為明顯。
- 由喜好度調查結果發現，乾燥度差異不大情況下，果乾的嚼勁差異不大，同學偏好果肉較厚實果乾的口感，也表示果肉的味道較為濃郁，若以不同年齡層做調查，其結果可能有所差異。

柒、結論

- 在溫度70°C以內烘烤果乾，維生素C的流失率，烹調時間越長，流失率越高，烘焙果乾建議以高溫，短時間烘焙為佳。
- 果乾烘乾至全乾狀態，無論是低溫烘焙或高溫烘焙，維生素C流失率幾乎達一半以上。
- 以維生素C流失率分析，以溫度70°C烘烤，烘乾比達82%的果乾，在6mm厚度以下的果乾，維生素C含量差異不大，但厚度8mm以上，烘製時間2.5小時以上，維生素C含量即減少比較多。
- 從喜好度問卷調查中得知，同學喜好果肉較厚實果乾的口感，烘製到80%以上的果乾，整體的嚼勁差異不大，建議以溫度70°C烘製厚度6mm的果乾，烘乾時間約130分鐘為佳。
- 市售果乾機食譜中建議溫度多為55°C烘烤，在以溫度50°C烘乾果乾流失率比較分析中，也顯示流失率表現較70°C差一點，但優於60°C及40°C，可嘗試分析烘乾不同厚度維生素C含量及試吃口感統計及比較。

捌、參考文獻資料

- 實驗4 錠劑中維他命C含量之測定<https://www.youtube.com/watch?v=-gWjyCHvd0c>
- 什麼水果、蔬菜維生素C最高? Top10高維生素C蔬果排行榜<https://tw.news.yahoo.com/>
- 維生素C之定量-國立台灣大學
https://teaching.ch.ntu.edu.tw/gclab/doc/demonstration/quantitative_analysis_of_vitamin_C.pdf
- 本研究作品說明書所附圖片及圖表均為作者自行拍攝與製作。