

水果咬嘴的「針」相

江佩雯學生、張庭蓉學生、實習老師張景淞

生物科 彭振雄老師

摘要：

因發現吃鳳梨、奇異果時會咬舌頭，且根據網路上的文獻，其中以認為咬舌頭的原因是草酸鈣結晶的說法居多，民間也有一些避免水果咬舌的方法。我們透過實驗，除了觀察草酸鈣結晶、計算蛋白酶分解蛋白質的分解程度之外，也模擬民間避免水果咬舌的方法，最後證明其實咬舌頭的主因可能是草酸鈣結晶，且民間盛傳加鹽或泡鹽水的辦法可以大幅降低針狀草酸鈣結晶含量，相關原理可以應用在未來相關的水果前處理中。

壹、研究動機：

平常吃鳳梨和奇異果時，只要多吃一些，舌頭都會感到刺痛。我們上網查資料，發現有些報告顯示為其中的蛋白酶所致，高中基礎生物（上）課本^[1]有提到，蛋白酶會催化反應，分解蛋白質；但木瓜也含有酵素，尤其以青木瓜中酵素含量高，如果造成舌頭刺痛的原因真的是因為蛋白酶，那為甚麼吃木瓜時不會有刺痛感？

另外又查到一篇論文研究，發現奇異果造成口腔刺激的原因是因為其中的針狀草酸鈣結晶，可能與口腔黏膜的破壞有關^[5]。另外還聽過坊間的說法，在鳳梨上抹鹽可以減輕舌頭刺痛感，另外也查到另一篇研究，發現草酸鈣結晶在氯化鈉水溶液中的溶解度比在純水中高^[6]，因此坊間傳說是否跟草酸鈣結晶的溶解有關？

我們打算透過針狀草酸鈣結晶的觀察，與利用不同果汁分解吉利丁蛋白質（用以模擬口腔黏膜的蛋白質）的實驗，試圖解答我們的問題，並驗證坊間的說法是否有所根據。

貳、研究目的：

- 一、比較鳳梨汁、奇異果汁、青木瓜汁中針狀草酸鈣結晶含量。
- 二、比較有無加鹽鳳梨汁中針狀草酸鈣結晶的含量。
- 三、比較在同樣時間內，鳳梨汁、奇異果汁、青木瓜汁、水分解吉利丁蛋白質的情形。

參、研究設備及器材：

- 一、觀察各果汁中的針狀草酸鈣結晶：鳳梨 200g、奇異果 200g、青木瓜 200g、果汁機、600g 水、大燒杯、複式顯微鏡、載玻片、蓋玻片、滴管、濾網、紗布、藥杓。
- 二、觀察加鹽鳳梨汁中的針狀草酸鈣結晶：鳳梨汁 100g、食鹽 5g、顯微鏡、載玻片、蓋玻片、滴管。

三、不同果汁對於蛋白酶的分解情形：鳳梨汁 300 ml、奇異果汁 300 ml、青木瓜汁 300 ml、量筒、塑膠盆、37°C的水、溫度計、電子秤、小燒杯、大燒杯。

肆、研究過程或方法：

一、觀察果汁中的針狀草酸鈣結晶

- (一) 將鳳梨、奇異果、青木瓜切塊取 200 g，分別加入 200 g 水，打成汁後過濾，觀察其中針狀草酸鈣結晶。
- (二) 滴一滴果汁於載玻片上，蓋上蓋玻片，於複式顯微鏡下觀察，隨機找五個不重複、不重疊的點觀察、拍照，並分別計算五個點中的針狀草酸鈣結晶數量並平均。此實驗各重複五次。

二、鳳梨汁加鹽觀察

(一) 第一次：

1. 取水和鳳梨相同比例的鳳梨汁 100 ml 加入 5g 鹽，攪拌後待溶解。
2. 滴一滴於載玻片上，蓋上蓋玻片，於複式顯微鏡下觀察，找五個點觀察、拍照，並計算出五個不同點中的針狀草酸鈣結晶平均數量。此實驗重複五次。

(二) 第二次：

1. 取水和鳳梨相同比例的鳳梨汁 10 ml 分別加入 0.1g、0.2g、0.3g、0.4g、0.5g 的鹽巴，攪拌後待溶解。
2. 滴一滴於載玻片上，蓋上蓋玻片，於複式顯微鏡下觀察，找五個點觀察、拍照，並計算出五個不同點中的針狀草酸鈣結晶平均數量。此實驗重複五次。

三、蛋白質在各果汁中的分解情形

(一) 第一次：

1. 製作吉利丁：取六片 2.5g 的吉利丁片，泡在冰水中。泡軟之後，放進 250 ml 的水中加熱，稍微攪拌，加熱至溶解為止。
2. 溶解後倒入塑膠盒中，放入冰箱冷藏，直到凝固即可。
3. 取 5g 的吉利丁放入小燒杯中，秤取吉利丁加上燒杯的重量。
4. 在塑膠盆中加入冷水和熱水，使其維持在 37°C。
5. 在裝有吉利丁的小燒杯中加入鳳梨汁 20ml，並且放進 37°C 水中，開始計時。
6. 每隔一分鐘，用濾網濾起吉利丁，將果汁倒掉，測量吉利丁加上燒杯的重量，計算出重量差，共計五分鐘。
7. 同一種果汁需做三輪，一輪共測五分鐘，每次間隔一分鐘。

(二) 第二次：

1. 製作吉利丁：取六片 2.5g 的吉利丁片，泡在冰水中。泡軟之後，放進 250 ml 的水中加熱，稍微攪拌，加熱至溶解為止。
2. 溶解後倒入塑膠盒中，放入冰箱冷藏，直到凝固即可。
3. 取 5g 的吉利丁放入小燒杯中，秤取吉利丁加上燒杯的重量。
4. 將燒杯預熱至 37°C 。
5. 在塑膠盆中加入冷水和熱水，使其維持在 37°C 。
6. 在裝有吉利丁的小燒杯中加入鳳梨汁 20ml，並且放進 37°C 水中，開始計時。
7. 每隔 0.5 分鐘，用濾網濾起吉利丁，將果汁倒掉，測量吉利丁加上燒杯的重量，計算出重量差，共計 2.5 分鐘。
8. 同一種果汁需做三輪，一輪共測 2.5 分鐘，每次間隔 0.5 分鐘。

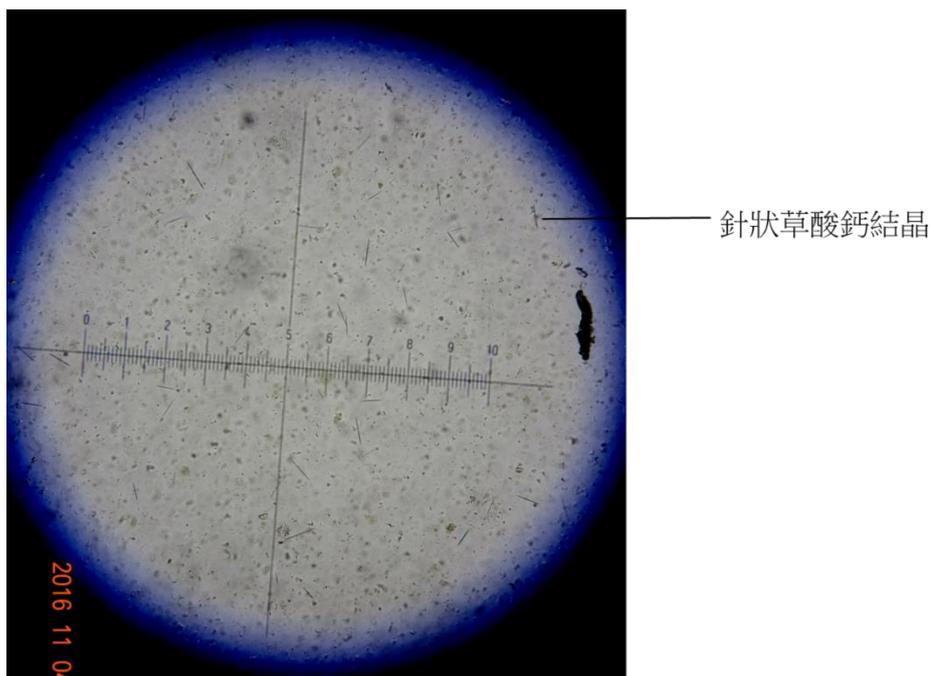
(三) 第三次：

1. 製作吉利丁：取六片 2.5g 的吉利丁片，泡在冰水中。泡軟之後，放進 250 ml 的水中加熱，稍微攪拌，加熱至溶解為止。
2. 溶解後倒入塑膠盒中，放入冰箱冷藏，直到凝固即可。
3. 取 5g 的吉利丁放入小燒杯中，秤取吉利丁加上燒杯的重量。
4. 將燒杯預熱至 37°C 。
5. 在塑膠盆中加入冷水和熱水，使其維持在 37°C 。
6. 在裝有吉利丁的小燒杯中加入水 20ml，並且放進 37°C 水中，開始計時。
7. 每隔 0.5 分鐘，用濾網濾起吉利丁，將水倒掉，測量吉利丁加上燒杯的重量，計算出重量差，共計 2.5 分鐘。
8. 一輪共測 2.5 分鐘，每次間隔 0.5 分鐘，共三輪。

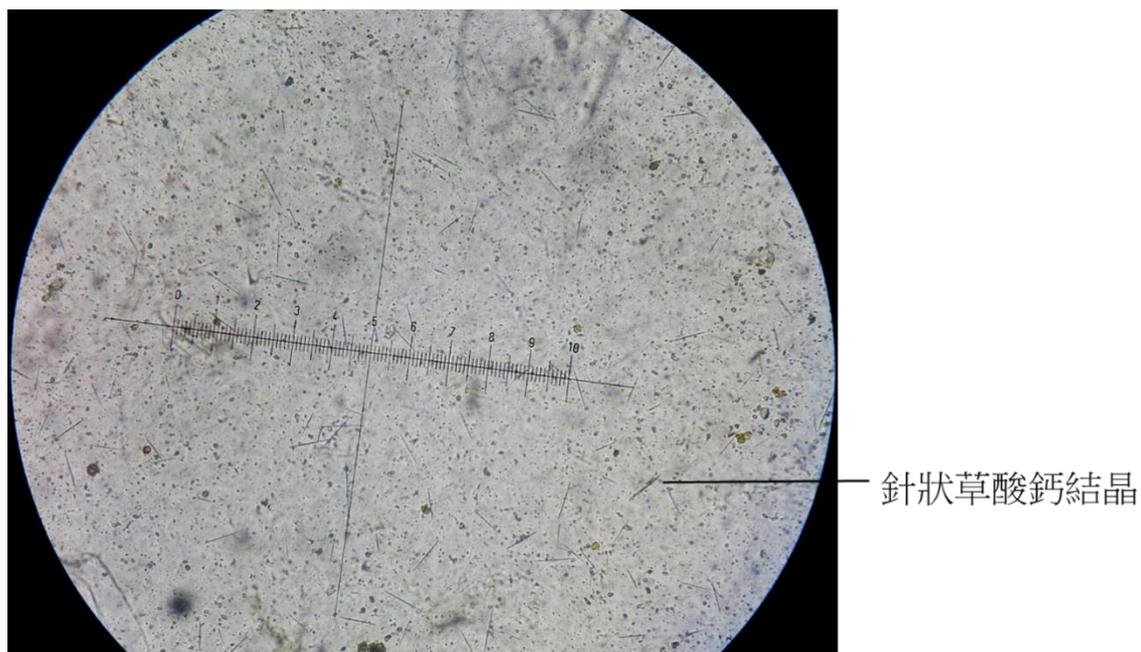
伍、研究結果：

一、觀察果汁中的針狀草酸鈣結晶

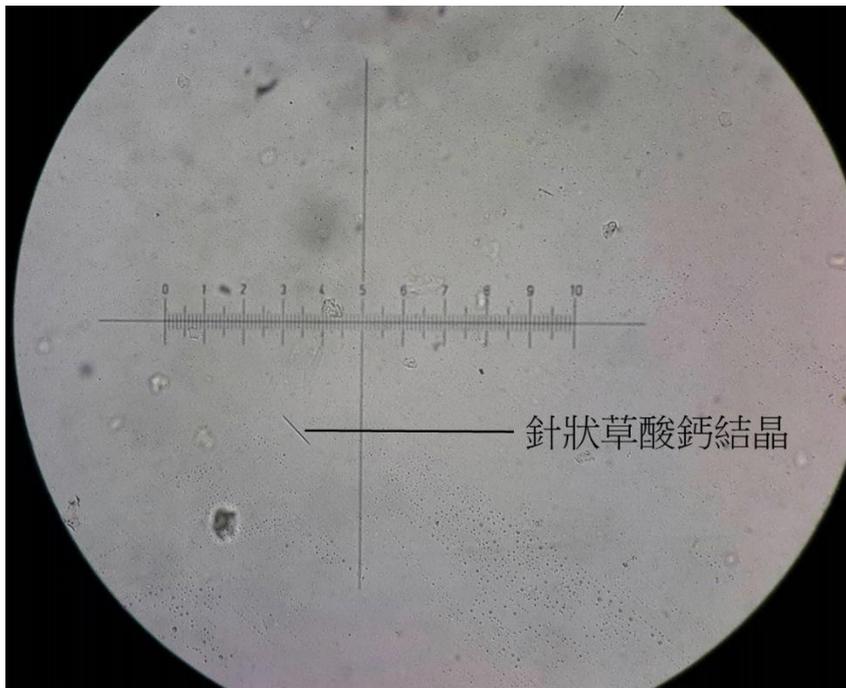
我們使用複式顯微鏡觀察了不同果汁中的針狀草酸鈣結晶，結果如圖(一)、(二)、(三)，發現在不同果汁中的針狀草酸鈣結晶長度相差不大，在 100 倍放大倍率即可清楚觀察到，但不同果汁中的結晶數量與密度有所差異，統計視野下單位面積的結晶數量如下表(一)。



圖一 鳳梨汁中草酸鈣針狀結晶，放大倍率 100X



圖二 奇異果汁草酸鈣針狀結晶，放大倍率 100X



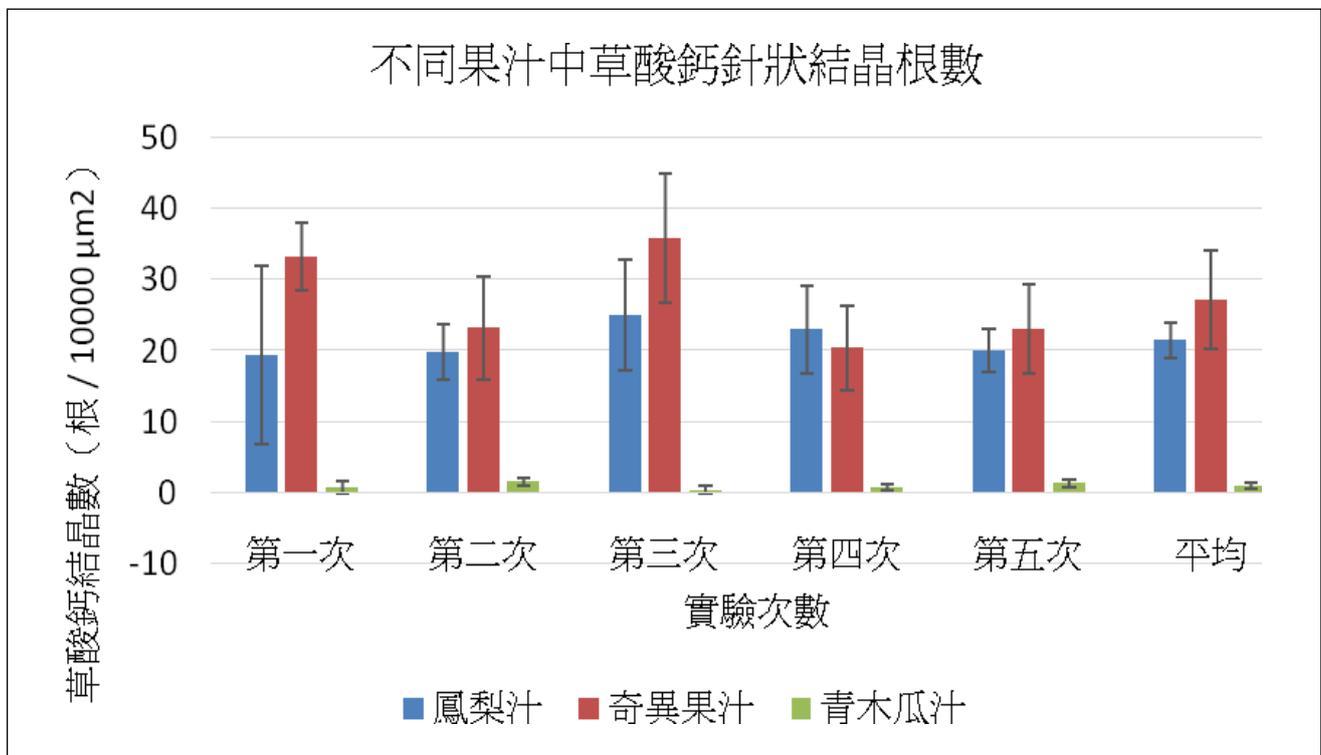
圖三 青木瓜汁草酸鈣針狀結晶，放大倍率 100X

表(一)

	鳳梨汁 (根 / 10000 μ m ²)	奇異果汁 (根 / 10000 μ m ²)	青木瓜汁 (根 / 10000 μ m ²)
第一次	6	36	2
	7	30	1
	24	32	1
	25	40	0
	35	28	0
第一次平均	19.4	33.2	0.8
第二次	14	13	2
	18	22	2
	21	26	1
	22	22	2
	24	33	1
第二次平均	19.8	23.2	1.6
第三次	17	25	1
	20	28	0
	22	38	1
	30	46	0
	36	42	0
第三次平均	25	35.8	0.4
第四次	16	13	1
	19	18	1
	23	19	1
	25	23	1

	32	29	0
第四次平均	23	20.4	0.8
第五次	17	15	1
	19	18	0
	19	25	2
	23	27	1
	24	30	2
第五次平均	20	23	1.2
五次平均	21.44	27.12	0.96

將表(一)內容統整，製成圖(四)，橫軸為實驗編號，縱軸為複式顯微鏡 100X 放大倍率下，計算出的平均每 10000 平方微米草酸鈣針狀結晶根數。

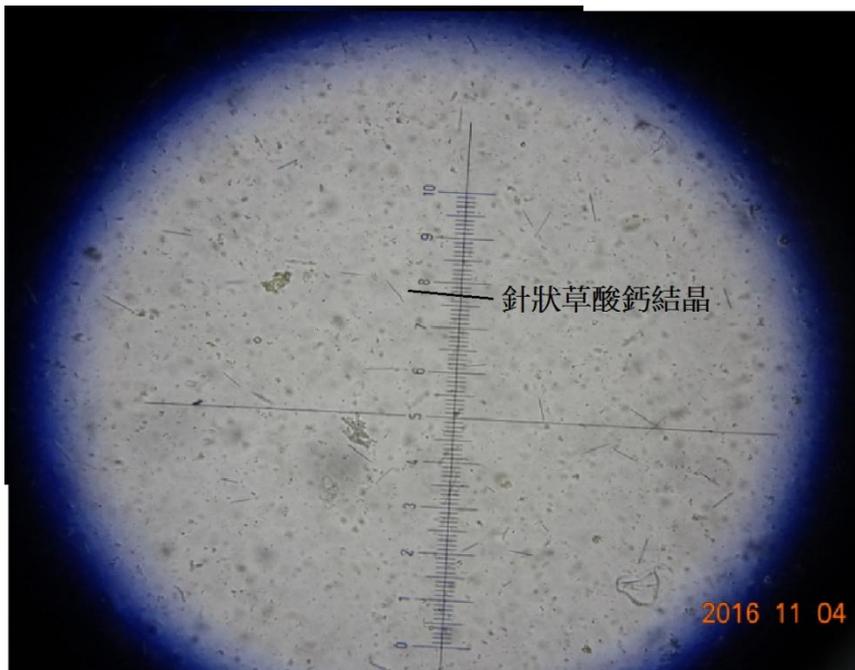


圖四 不同果汁中的針狀草酸鈣結晶根數統整

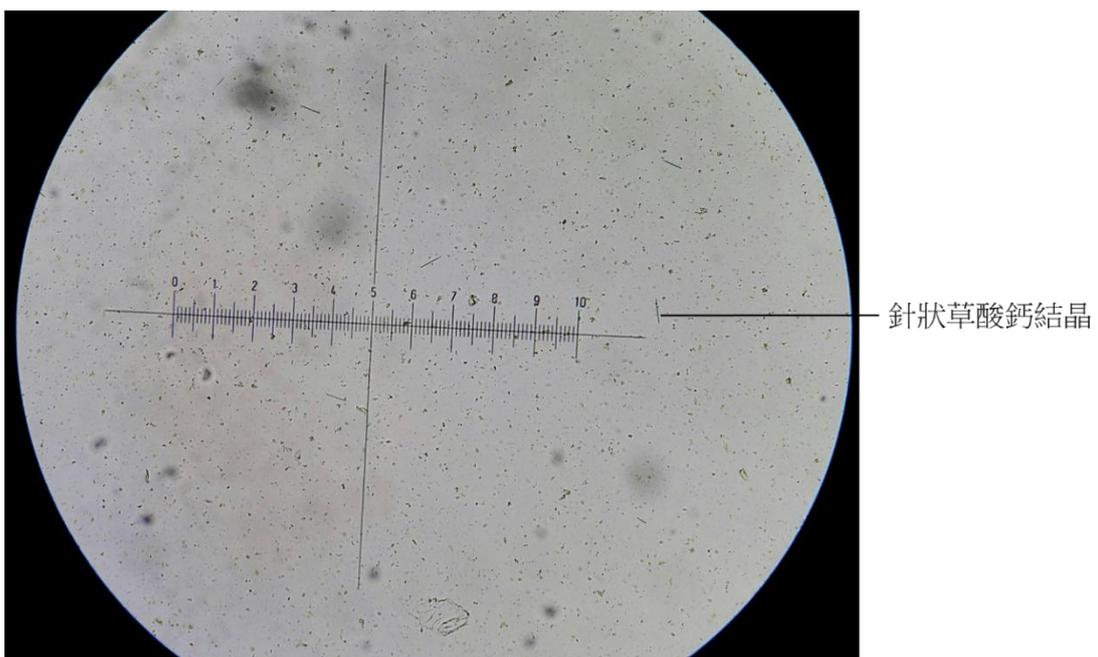
我們估計在顯微鏡視野下目鏡測微器邊長構成的正方形 (面積為 $1,0000\mu\text{ m}^2$) 中，三種不同果汁針狀草酸鈣結晶的數目。平均了五次實驗數據，發現結晶數量最多的是奇異果汁 (27.12 根 / $10000\mu\text{ m}^2$)，其次是鳳梨汁 (21.44 根 / $10000\mu\text{ m}^2$)，但兩者相差不多；最少的是青木瓜汁，只有 0.96 根 / $10000\mu\text{ m}^2$ ，與前兩者有非常懸殊的差距。

二、鳳梨汁加鹽觀察

上個實驗，我們知道鳳梨與奇異果中的針狀結晶數量遠超過青木瓜，比對許多人的經驗，似乎在這三種水果中，吃鳳梨與奇異果較會被刺激口腔造成不適感。另外許多坊間說法，要避免鳳梨造成口腔刺激，可以在上面抹鹽巴或者吃之前浸泡鹽水，因此我們第一次在 100g 鳳梨汁中，加入 5g 食鹽後，並使用複式顯微鏡，觀察其中針狀草酸鈣結晶，如圖(五)、(六)，並統計視野下單位面積的結晶數量如下表(二)。



圖五 無加鹽鳳梨汁的針狀草酸鈣結晶，放大倍率 100X

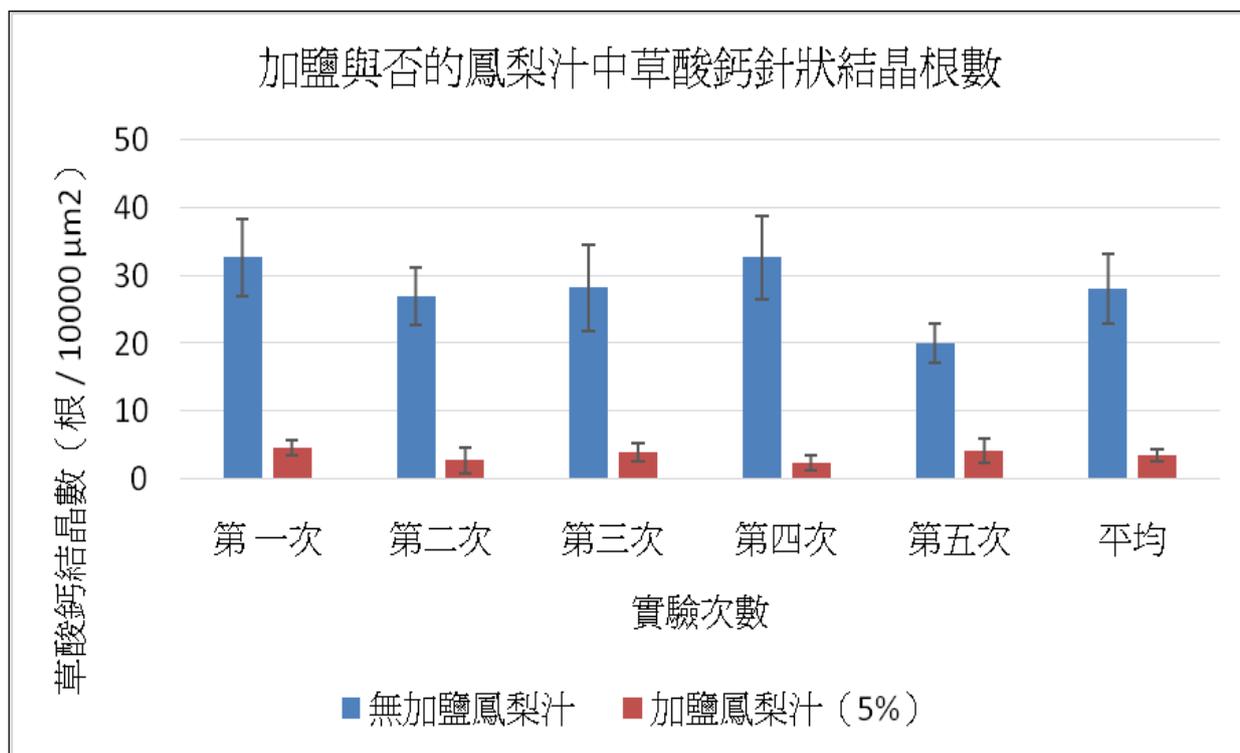


圖六 加鹽 5g 鳳梨汁中的針狀草酸鈣結晶，放大倍率 100X

表(二)

	無加鹽鳳梨汁 (根 / 10000 μ m ²)	加鹽 (5%) 鳳梨汁 (根 / 10000 μ m ²)
第一次實驗	24	6
	31	3
	33	5
	37	4
	38	5
第一次平均	32.6	4.6
第二次實驗	19	2
	28	3
	28	4
	29	3
	29	2
第二次平均	27	2.8
第三次實驗	19	2
	26	5
	29	2
	31	5
	36	6
第三次平均	28.2	4
第四次實驗	26	2
	29	1
	32	3
	34	2
	42	4
第四次平均	32.6	2.4
第五次實驗	17	6
	19	6
	19	2
	23	3
	24	4
第五次平均	20	4.2
五次平均	28.08	3.6

將表(二)內容統整，製成圖(七)。橫軸為實驗編號，縱軸為複式顯微鏡 100X 放大倍率下，計算出的平均每 10000 平方微米針狀草酸鈣結晶根數。



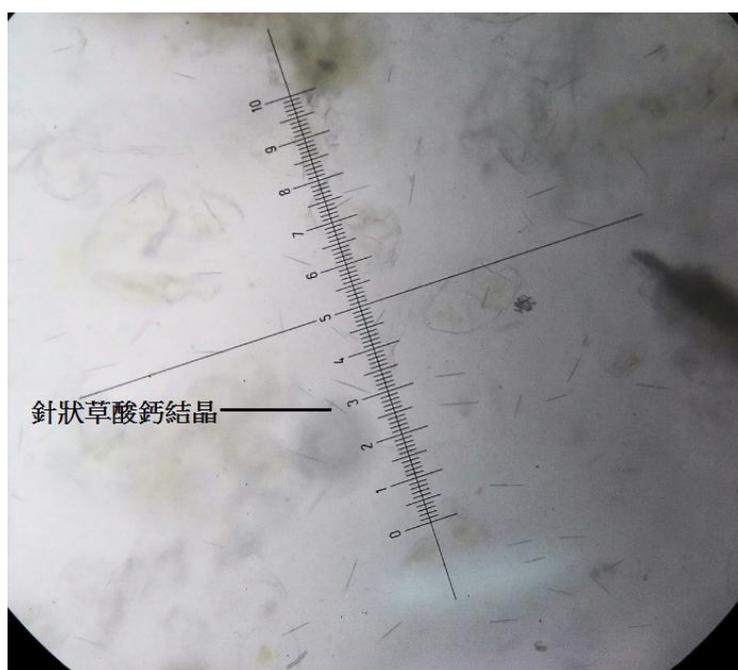
圖七 加鹽與否的鳳梨汁中草酸鈣針狀結晶根數

我們估計在顯微鏡視野下目鏡測微器邊長構成的正方形（面積為 $1,0000\mu\text{ m}^2$ ）中，加鹽（5%）與否的鳳梨汁中針狀草酸鈣結晶的數目。平均了五次實驗數據，發現加鹽的鳳梨汁(28.08 根 / $10000\mu\text{ m}^2$)，加 5% 食鹽的鳳梨汁中針狀結晶數量明顯較少(3.6 根 / $10000\mu\text{ m}^2$)，兩者有非常懸殊的差距。

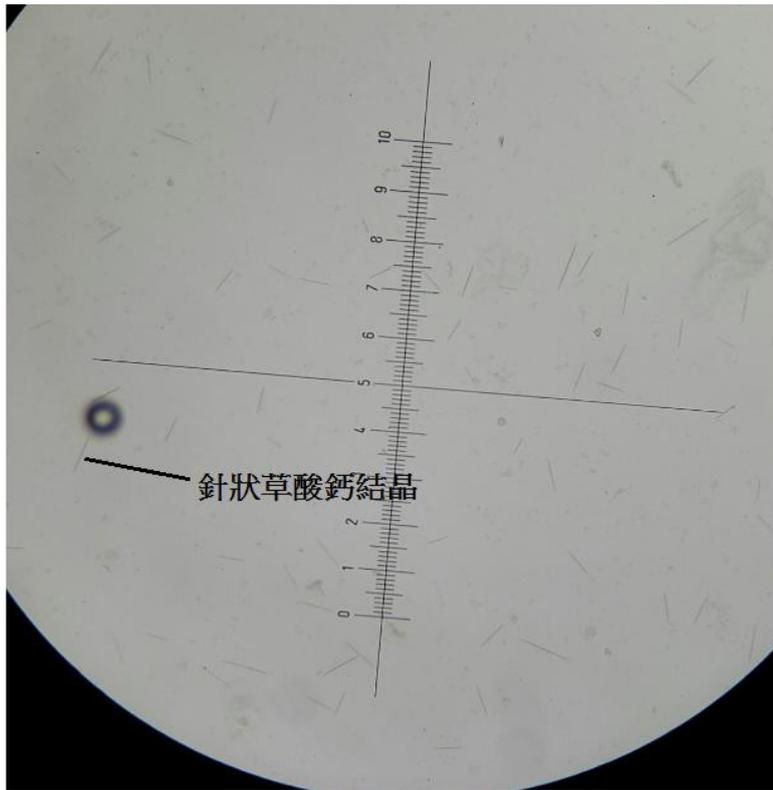
第一次的實驗中，我們發現沒有加鹽的鳳梨汁和加了 5 g 鹽的鳳梨汁含有的草酸鈣結晶數量有明顯差異，所以第二次，我們取鳳梨汁 10g，並且分別加入 0.1g、0.2g、0.3g、0.4g、0.5g 的鹽，觀察其草酸鈣結晶數量的差異。如圖（八）（九）（十）（十一）（十二）（十三），並統計視野下單位面積的結晶數量如下表(三)(四)(五)。



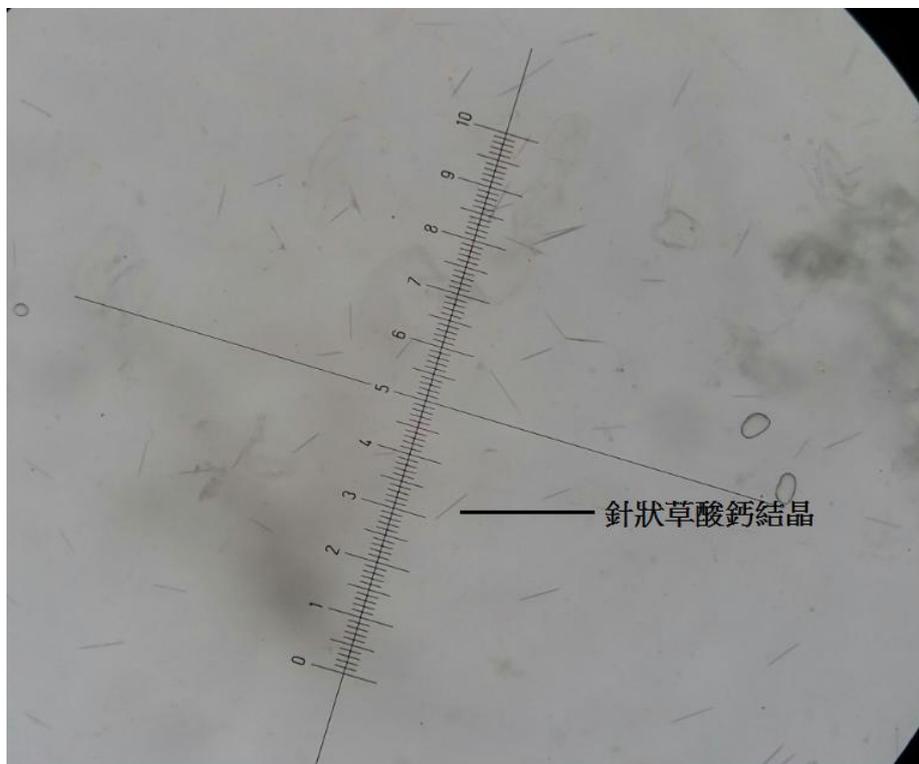
圖八 無加鹽鳳梨汁中的針狀草酸鈣結晶，放大倍率 100X



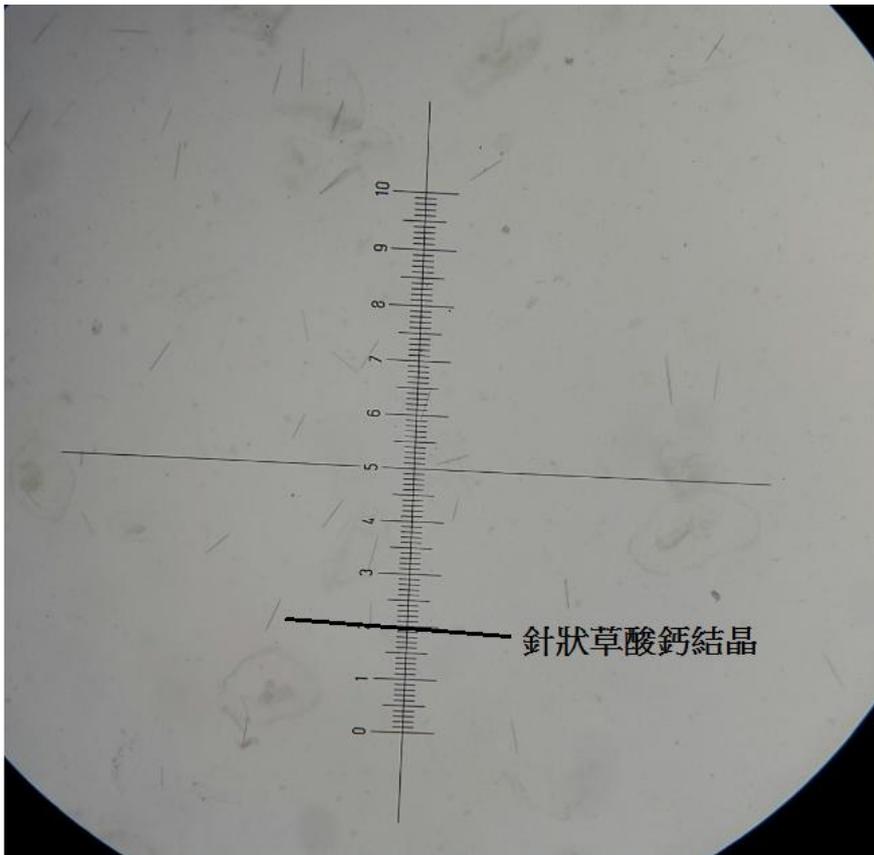
圖九 加鹽 0.1g 鳳梨汁中的針狀草酸鈣結晶，放大倍率 100X



圖十 加鹽 0.2g 鳳梨汁中的針狀草酸鈣結晶，放大倍率 100X

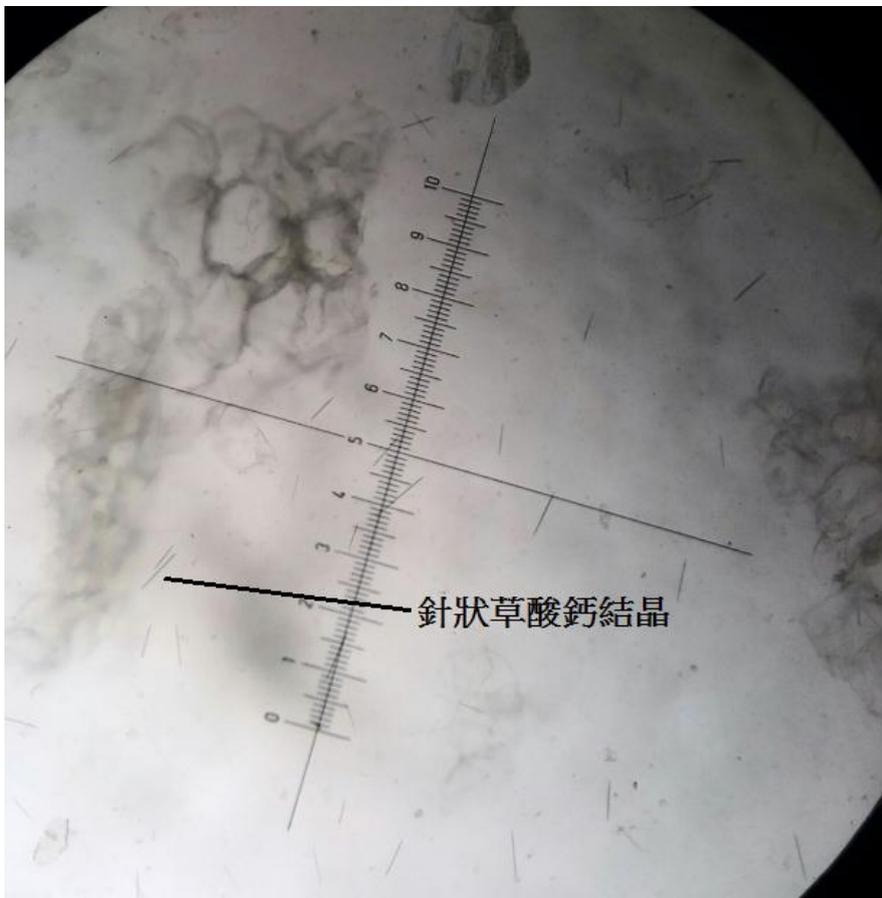


圖十一 加鹽 0.3g 鳳梨汁中的針狀草酸鈣結晶，放大倍率 100X



針狀草酸鈣結晶

圖十二 加鹽 0.4g 鳳梨汁中的針狀草酸鈣結晶，放大倍率 100X



針狀草酸鈣結晶

圖十三 加鹽 0.5g 鳳梨汁中的針狀草酸鈣結晶，放大倍率 100X

表(三)

	10ml 無加鹽鳳梨汁(根/10000 μ m ²)	10ml 鳳梨汁加 0.1g 的鹽(根/10000 μ m ²)
第一次	40	22
	60	23
	55	30
	35	34
	38	37
第一次平均	45.6	29.2
第一次標準差	11.149	6.611
第二次	25	16
	49	19
	30	20
	26	31
	36	43
第二次平均	33.2	25.8
第二次標準差	9.834	11.167
第三次	21	25
	32	31
	32	35
	33	39
	37	48
第三次平均	31	35.6
第三次標準差	5.958	8.649
第四次	42	25
	28	37
	52	38
	39	46
	36	48
第四次平均	39.4	38.8
第四次標準差	8.764	9.094
第五次	32	14
	60	16
	53	21
	39	37
	52	42
第五次平均	47.2	26
第五次標準差	10.186	11.367
五次總平均	39.24	31.08

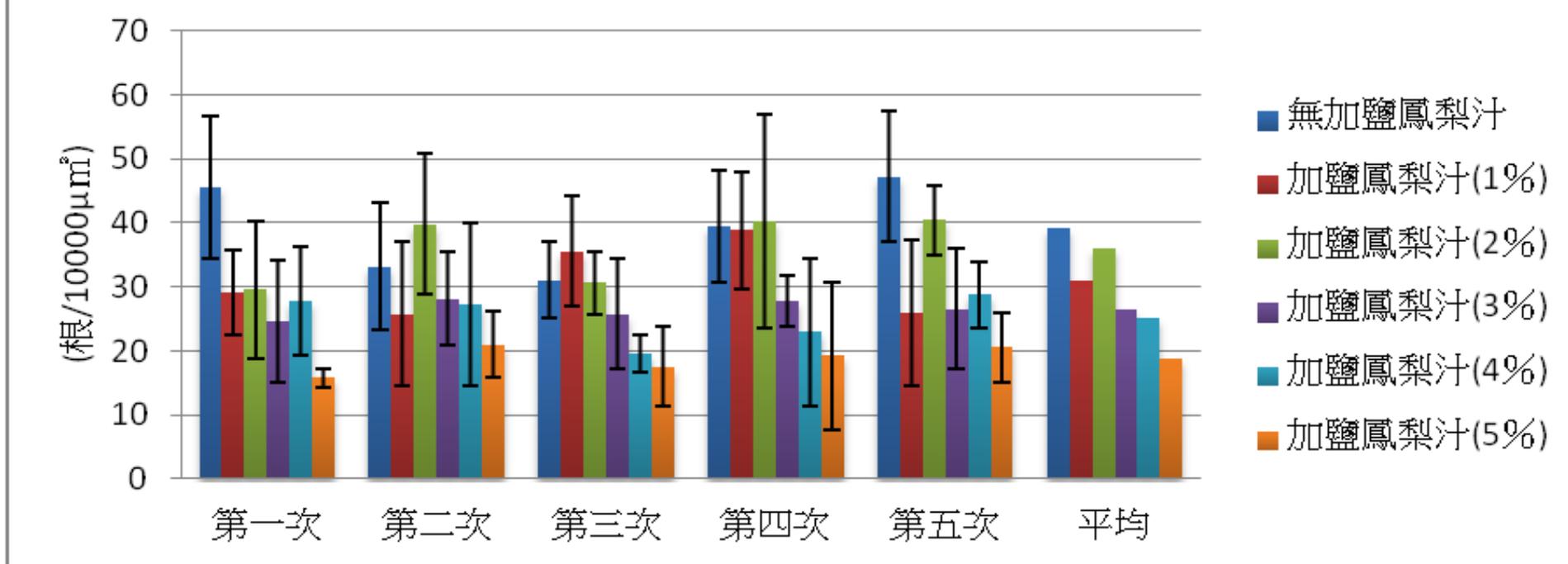
表(四)

	10ml 鳳梨汁加 0.2g 的鹽(根/10000 μ m ²)	10ml 鳳梨汁加 0.3g 的鹽(根/10000 μ m ²)
第一次	38	13
	23	16
	43	29
	27	30
	17	35
第一次平均	29.6	24.6
第一次標準差	10.714	9.555
第二次	46	16
	33	29
	56	29
	34	33
	30	34
第二次平均	39.8	28.2
第二次標準差	10.918	7.190
第三次	25	7
	32	22
	26	31
	36	32
	34	37
第三次平均	30.6	25.8
第三次標準差	4.879	11.819
第四次	18	23
	34	26
	63	27
	38	29
	48	34
第四次平均	40.2	27.8
第四次標準差	16.709	4.087
第五次	30	13
	45	19
	42	29
	40	34
	45	38
第五次平均	40.4	26.6
第五次標準差	5.535	9.308
五次總平均	36.12	26.6

表(五)

	10ml 鳳梨汁加 0.4g 的鹽(根/10000 μ m ²)	10ml 鳳梨汁加 0.5g 的鹽(根/10000 μ m ²)
第一次	42	16
	28	14
	24	18
	20	16
	25	15
第一次平均	27.8	15.8
第一次標準差	8.438	1.483
第二次	35	21
	43	23
	19	27
	11	13
	28	21
第二次平均	27.2	21
第二次標準差	12.657	5.099
第三次	19	13
	23	20
	17	12
	22	16
	17	27
第三次平均	19.6	17.6
第三次標準差	2.793	6.107
第四次	13	37
	10	8
	37	19
	31	10
	24	22
第四次平均	23	19.2
第四次標準差	11.511	11.563
第五次	22	27
	24	16
	34	13
	35	21
	29	26
第五次平均	28.8	20.6
第五次標準差	5.192	5.463
五次總平均	25.28	18.84

加鹽與否的鳳梨汁中草酸鈣針狀結晶根數



圖十四 加鹽鳳梨汁中的針狀草酸鈣結晶

將表(三)、表(四)、表(五)統整製成圖(十四)。我們估計在顯微鏡視野下目鏡測微器邊長構成的正方形(面積為 $1,0000\mu^2$)中,加鹽(1%、2%、3%、4%、5%)與否的鳳梨汁中針狀草酸鈣結晶的數目。平均了五次實驗數據,計算標準差且四捨五入至小數第三位,我們發現,隨著鹽的重量增加,結晶數量大多會跟著減少。

三、蛋白質在各項果汁中的分解情形：

(一) 第一次鳳梨汁分解情形下表(六)、圖(十五)，第二次為下表(七)、圖(十六)、圖(十七)。

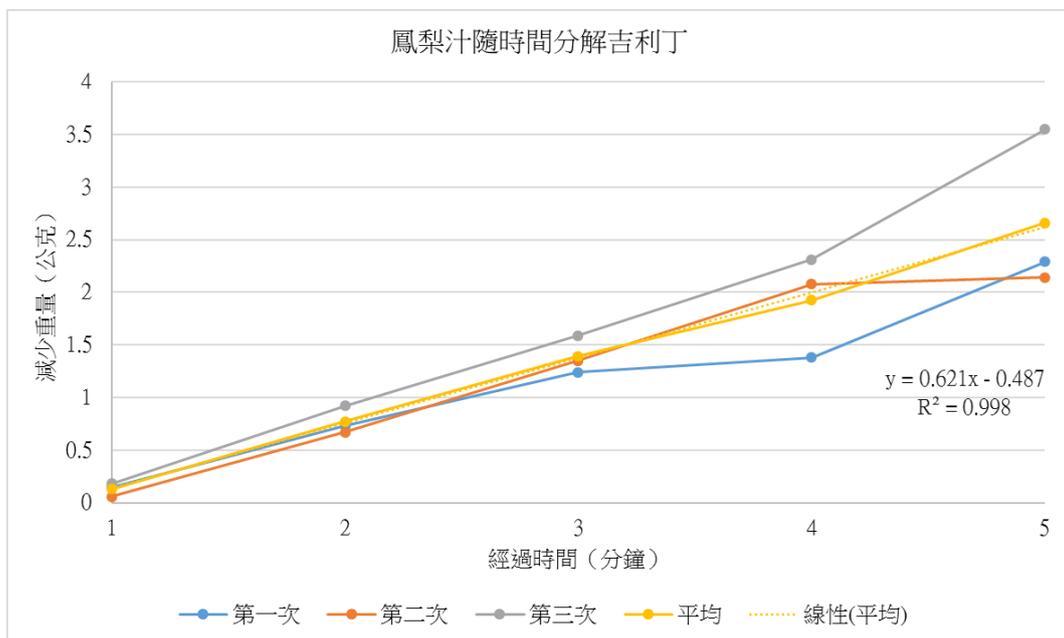
表(六) 鳳梨汁

	經過時間 (分鐘)	測量重量(公克)	減少重量(公克)
吉利丁與燒杯重量		50.95	
第一輪實驗	1	50.8	0.15
	2	50.22	0.58
	3	49.71	0.51
	4	49.57	0.14
	5	48.66	0.91
吉利丁與燒杯重量		50.57	
第二輪實驗	1	50.51	0.06
	2	49.92	0.61
	3	49.24	0.68
	4	48.51	0.73
	5	48.45	0.06
吉利丁與燒杯重量		50.62	
第三輪實驗	1	50.44	0.18
	2	49.7	0.74
	3	49.03	0.67
	4	48.31	0.72
	5	47.07	1.24

表(七) 鳳梨汁

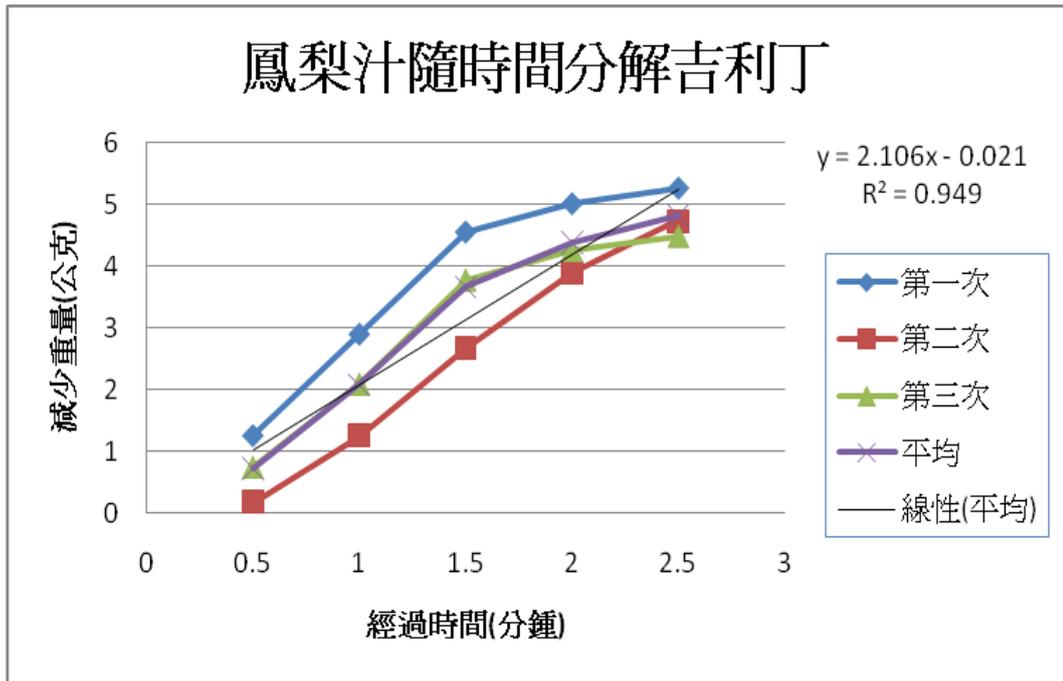
	經過時間 (分鐘)	鳳梨汁		水	
		測量重量 (公克)	減少重量 (公克)	測量重量 (公克)	減少重量 (公克)
吉利丁與燒杯重量		56.9		58.3	
第一輪	0.5	55.64	1.26	57.83	0.47
	1	54	1.64	57.63	0.2
	1.5	52.35	1.65	57.51	0.12
	2	51.89	0.46	57.38	0.13
	2.5	51.64	0.25	57.51	0.08
吉利丁與燒杯重量		56.49		58.46	
第二輪	0.5	56.32	0.17	57.78	0.68
	1	55.24	1.08	56.8	0.98

	1.5	53.81	1.43	55.51	1.29
	2	52.59	1.22	54.56	0.95
	2.5	51.75	0.84	53.95	0.61
吉利丁與燒杯重量		56.35		58.46	
第三輪	0.5	55.61	0.74	57.99	0.47
	1	54.16	1.45	56.69	1.3
	1.5	52.47	1.69	55.93	0.76
	2	51.99	0.48	55.2	0.73
	2.5	51.76	0.23	54.24	0.96



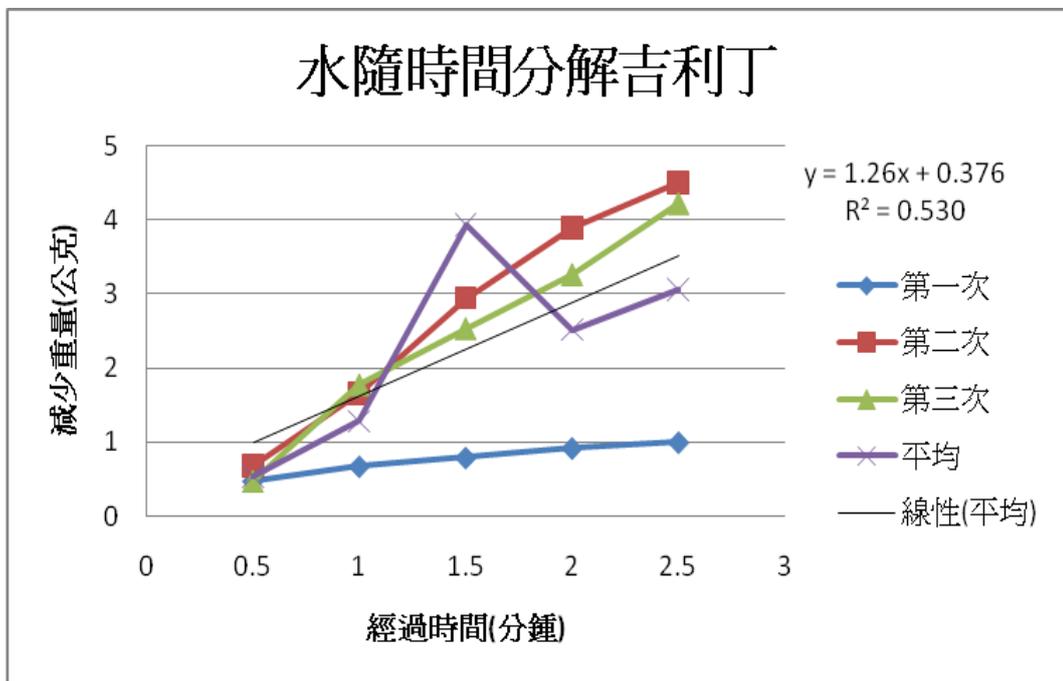
圖十五 鳳梨汁隨時間造成吉利丁重量減少作圖

將上表(六)依據減少重量對經過時間作圖，可得圖(十五)。橫軸為經過時間（分鐘）、縱軸為吉利丁減少重量（公克），除了三輪實驗外，另外經三輪實驗數據平均一起作圖。對平均數據規畫了趨勢線，在圖上標示出方程式與 R^2 值。



圖十六 鳳梨汁隨時間造成吉利丁重量減少作圖

將上表(七)依據減少重量對經過時間作圖，可得圖(十六)。橫軸為經過時間（分鐘）、縱軸為吉利丁減少重量（公克），除了三輪實驗外，另外經三輪實驗數據平均一起作圖。對平均數據規畫了趨勢線，在圖上標示出方程式與 R^2 值。



圖十七 水隨時間造成吉利丁重量減少作圖

將上表(七)依據減少重量對經過時間作圖，可得圖(十七)。橫軸為經過時間（分鐘）、縱軸為吉利丁減少重量（公克），除了三輪實驗外，另外經三輪實驗數據平均一起作圖。對平均

數據規畫了趨勢線，在圖上標示出方程式與 R^2 值。

(二) 第一次奇異果汁分解情形如下表(八)、圖(十八)，第二次如下表(九)、圖(十九)、圖(二十)。

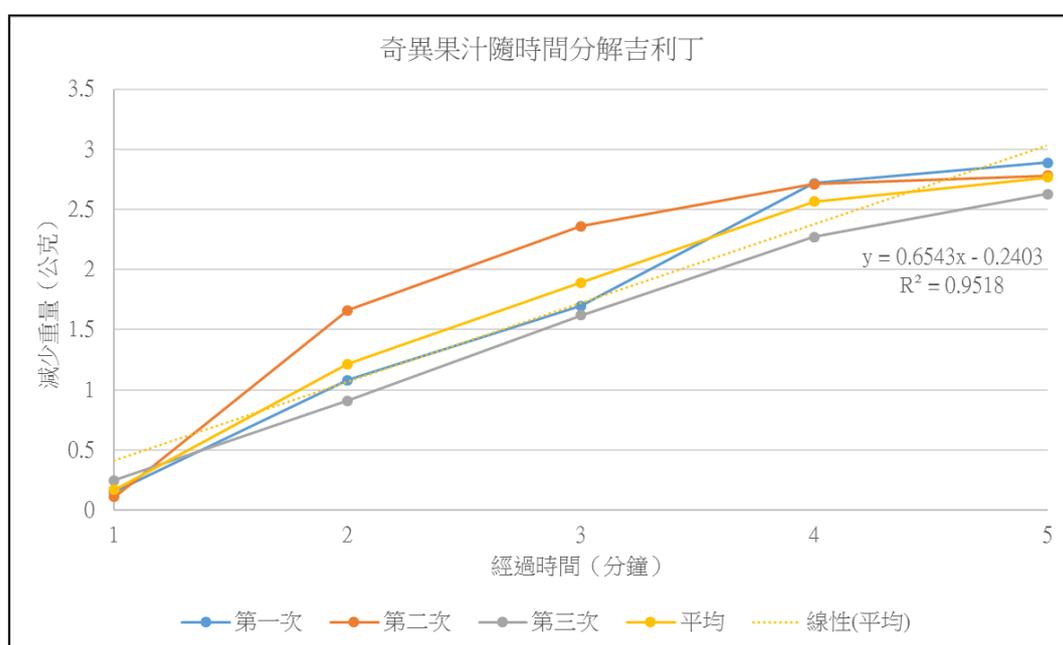
表(八)奇異果汁

	經過時間 (分鐘)	測量重量(公克)	減少重量(公克)
吉利丁與燒杯重量		50.85	
第一輪	1	50.7	0.15
	2	49.77	0.93
	3	49.15	0.62
	4	48.13	1.02
	5	47.96	0.17
吉利丁與燒杯重量		50.55	
第二輪	1	50.44	0.11
	2	48.89	1.55
	3	48.19	0.7
	4	47.84	0.35
	5	47.77	0.07
吉利丁與燒杯重量		50.34	
第三輪	1	50.09	0.25
	2	49.43	0.66
	3	48.72	0.71
	4	48.07	0.65
	5	47.71	0.36

表(九)奇異果汁

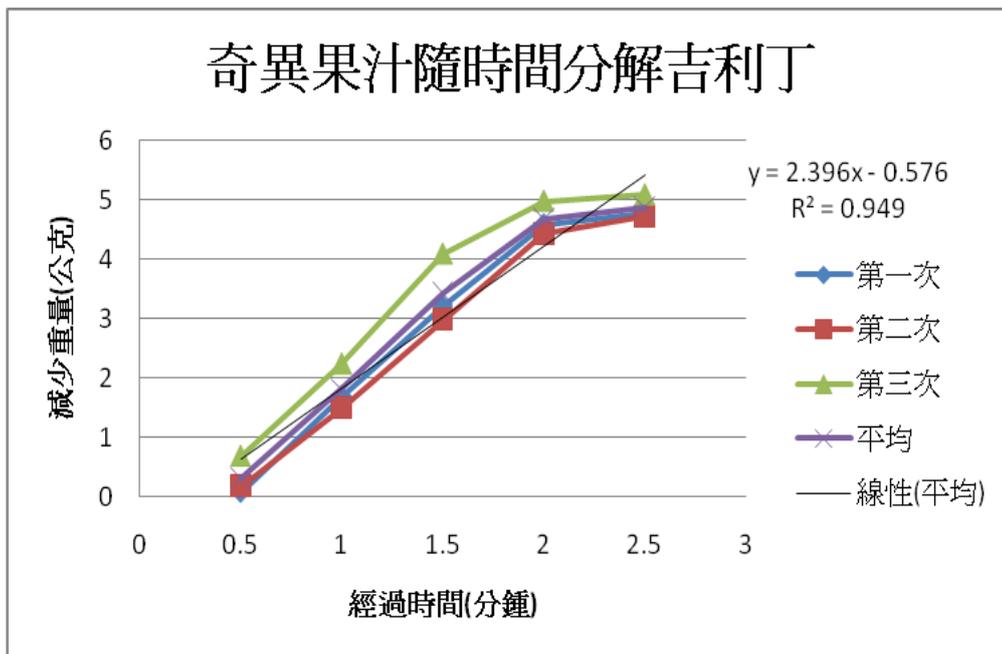
	經過時間 (分鐘)	奇異果汁		水	
		測量重量 (公克)	減少重量 (公克)	測量重量 (公克)	減少重量 (公克)
吉利丁與燒杯重量		56.13		58.09	
第一輪	0.5	56.06	0.07	57.74	0.35
	1	54.98	1.62	57.16	0.58
	1.5	53.46	1.52	56.54	0.62
	2	52.08	1.38	55.64	0.9
	2.5	51.89	0.19	54.16	1.48
吉利丁與燒杯重量		56.42		58.22	

第二輪	0.5	56.25	0.17	57.24	0.98
	1	54.93	1.32	56.17	1.07
	1.5	53.44	1.49	54.55	1.62
	2	52	1.44	53.76	0.79
	2.5	51.7	0.3	53.74	0.02
吉利丁與燒杯重量		56.72		58.11	
第三輪	0.5	56.04	0.68	56.74	1.37
	1	54.48	1.56	55.03	1.71
	1.5	52.62	1.86	53.53	1.5
	2	51.73	0.89	53.52	0.01
	2.5	51.62	0.11	53.52	0



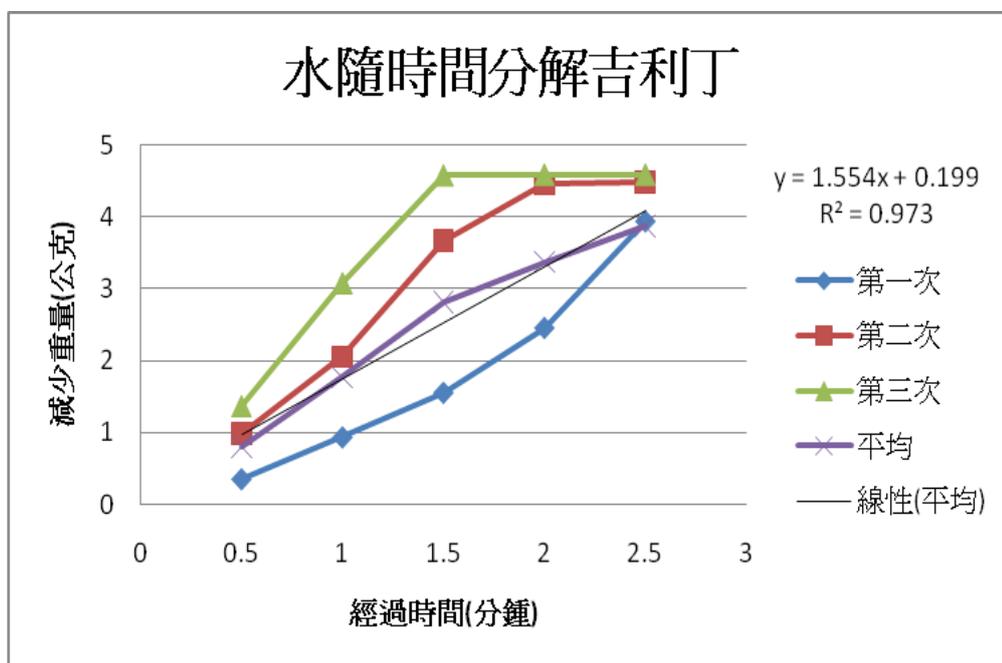
圖十八 奇異果汁隨時間分解吉利丁

將上表(八)依據減少重量對經過時間作圖，可得圖(十八)。橫軸為經過時間（分鐘）、縱軸為吉利丁減少重量（公克），除了三輪實驗外，另外經三輪實驗數據平均一起作圖。對平均數據規畫了趨勢線，在圖上標示出方程式與 R^2 值。



圖(十九)奇異果汁隨時間分解吉利丁

將上表(九)依據減少重量對經過時間作圖，可得圖(十九)。橫軸為經過時間（分鐘）、縱軸為吉利丁減少重量（公克），除了三輪實驗外，另外經三輪實驗數據平均一起作圖。對平均數據規畫了趨勢線，在圖上標示出方程式與 R^2 值。



(三)

圖(二十)奇異果汁隨時間分解吉利丁

將上表(九)依據減少重量對經過時間作圖，可得圖(二十)。橫軸為經過時間（分鐘）、縱軸為吉利丁減少重量（公克），除了三輪實驗外，另外經三輪實驗數據平均一起作圖。對平均數據規畫了趨勢線，在圖上標示出方程式與 R^2 值。

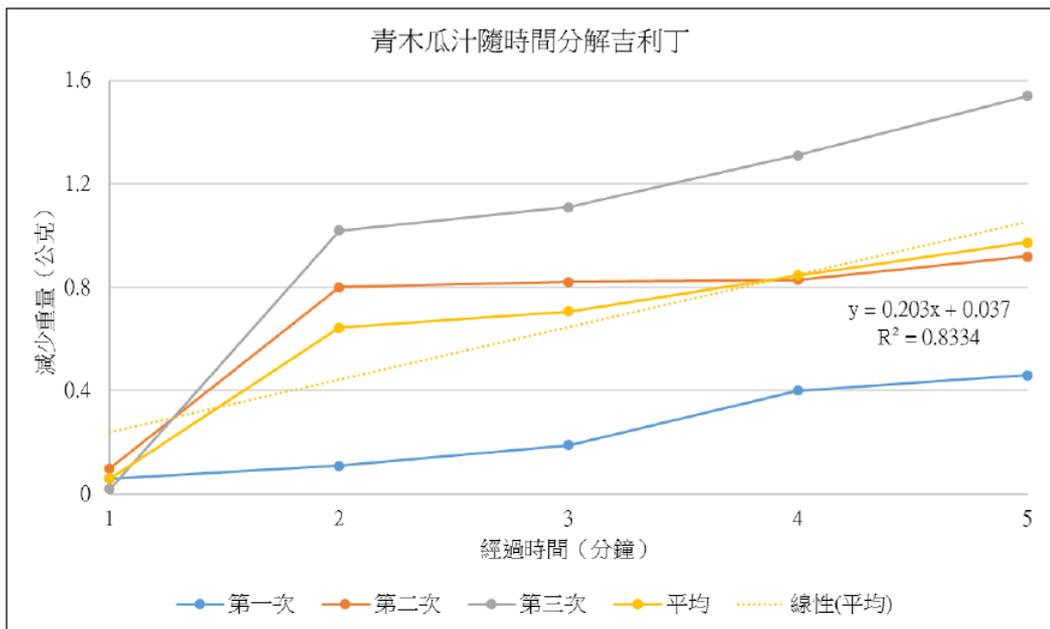
(四) 第一次青木瓜汁分解情形如下表(十)、圖(二十一), 第二次如下表(十一)、圖(二十二)、圖(二十三)。

表(十) 青木瓜汁

	經過時間 (分鐘)	測量重量(公克)	減少重量(公克)
吉利丁與燒杯重量		50.65	
第一輪	1	50.61	0.06
	2	50.56	0.05
	3	50.44	0.08
	4	50.23	0.21
	5	50.17	0.06
吉利丁與燒杯重量		50.61	
第二輪	1	50.51	0.1
	2	50.44	0.7
	3	50.42	0.02
	4	50.41	0.01
	5	50.32	0.09
吉利丁與燒杯重量		50.11	
第三輪	1	50.09	0.02
	2	49.99	1
	3	49.9	0.09
	4	49.79	0.2
	5	49.56	0.23

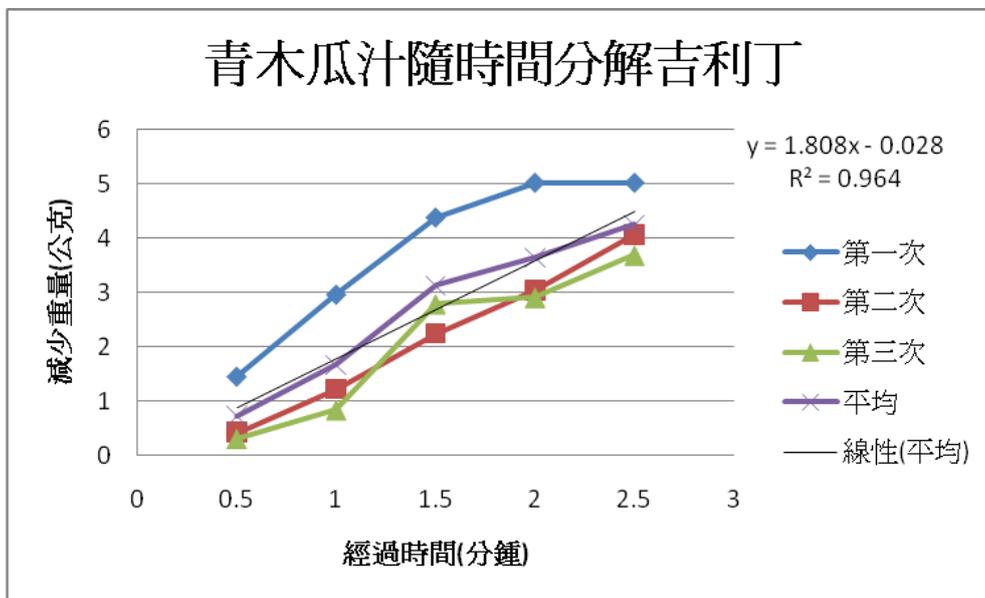
表(十一) 青木瓜汁

	經過時間 (分鐘)	青木瓜汁		水	
		測量重量 (公克)	減少重量 (公克)	測量重量 (公克)	減少重量 (公克)
吉利丁與燒杯重量		56.83		58.41	
第一輪	0.5	55.39	1.44	57.71	0.7
	1	53.88	1.51	56.63	1.08
	1.5	52.46	1.42	55.88	0.75
	2	51.79	0.64	54.74	1.14
	2.5	51.79	0	53.88	0.86
吉利丁與燒杯重量		56.83		58.9	
第二輪	0.5	56.42	0.41	58.64	0.26
	1	55.62	0.8	58.18	0.46
	1.5	54.59	1.03	57.61	0.57
	2	53.8	0.79	57.16	0.45
	2.5	52.77	1.03	56.95	0.21
吉利丁與燒杯重量		56.66		58.99	
第三輪	0.5	56.37	0.31	58.94	0.05
	1	55.84	0.53	58.53	0.41
	1.5	53.89	1.95	58.48	0.05
	2	53.74	0.12	58.21	0.27
	2.5	52.96	0.78	58.19	0.02



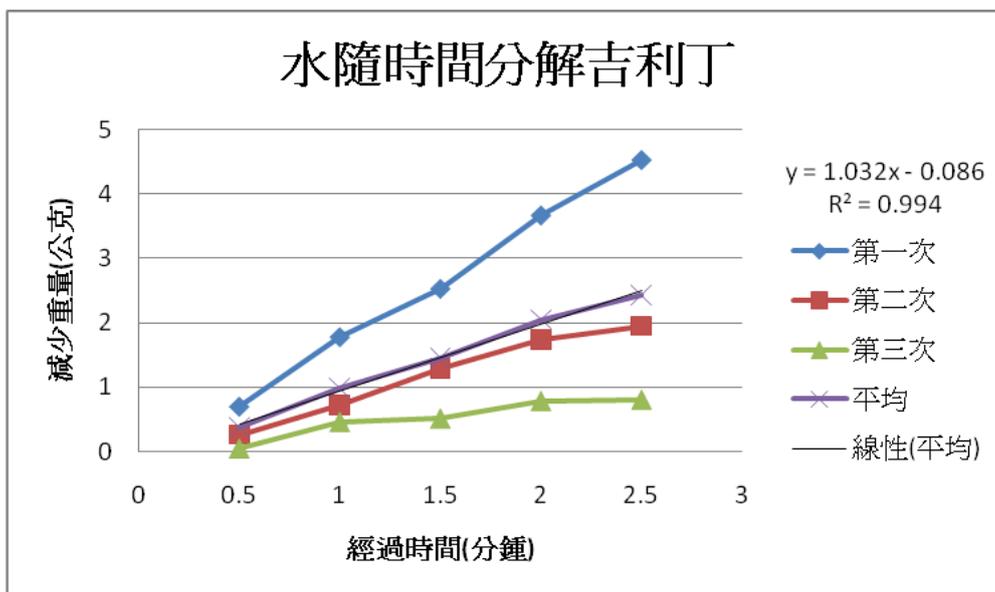
圖(二十一)青木瓜汁隨時間分解吉利丁

將上表(十)依據減少重量對經過時間作圖，可得圖(二十一)。橫軸為經過時間（分鐘）、縱軸為吉利丁減少重量（公克），除了三輪實驗外，另外經三輪實驗數據平均一起作圖。對平均數據規畫了趨勢線，在圖上標示出方程式與 R^2 值。



圖(二十二)青木瓜汁隨時間分解吉利丁

將上表(十一)依據減少重量對經過時間作圖，可得圖(二十二)。橫軸為經過時間（分鐘）、縱軸為吉利丁減少重量（公克），除了三輪實驗外，另外經三輪實驗數據平均一起作圖。對平均數據規畫了趨勢線，在圖上標示出方程式與 R^2 值。



圖(二十三)青木瓜汁隨時間分解吉利丁

將上表(十一)依據減少重量對經過時間作圖，可得圖(二十三)。橫軸為經過時間（分鐘）、縱軸為吉利丁減少重量（公克），除了三輪實驗外，另外經三輪實驗數據平均一起作圖。對平均數據規畫了趨勢線，在圖上標示出方程式與 R^2 值。

陸、討論：

一、實驗一觀察各果汁中的草酸鈣結晶

- (一) 經計算後，可以發現在果肉與水比例相同的果汁中，奇異果的草酸鈣結晶平均數量最多，其次為鳳梨，最少的是青木瓜。
- (二) 但草酸鈣結晶的數目只是大概的比較關係，因為結晶數量的多寡，影響原因包括：1.過濾果汁時，草酸結晶可能卡在果肉渣或是紗布的纖維裡 2.果汁中仍含有細小顆粒沉澱，以致於使用滴管吸取果汁至載玻片上時，細小顆粒分布不均，或是每次吸取的顆粒量不同。
- (三) 所以我們在過濾果汁時，會用玻棒在果肉中來回攪拌，希望可以讓大部分的草酸鈣結晶都通過紗布，用滴管吸取果汁前，也會用玻棒稍微攪拌，希望可以使草酸鈣結晶分布均勻，再吸取果汁，滴在玻片上，每次玻片樣本都選取五處，計算平均，以減少誤差。
- (四) 在繪製誤差線後，可發現鳳梨汁和奇異果汁中的草酸鈣結晶數量，並無顯著差異；但無論是鳳梨汁或奇異果汁和青木瓜汁比較，就算考慮了誤差，兩者數量差異還是非常顯著。所以吃鳳梨和奇異果時會感到口腔刺痛，吃青木瓜時並沒有這種狀況，可能是因為兩者果肉中，針狀草酸鈣結晶含量的關係。

二、實驗二探討加鹽是否影響鳳梨汁中草酸鈣結晶含量

- (一) 在我們的實驗模擬中，經計算後，第一次取100毫升果肉與水比例相同的果汁，加入5公克鹽，會使鳳梨汁中的草酸鈣結晶大量減少，也大約只剩下原本的15%不到，就算考慮誤差後，加鹽果汁的針狀草酸鈣結晶的數量與密度也大幅降低。
- (二) 根據 WALKER 等(2003)的研究結果，草酸鈣結晶是造成口腔刺激的原因之一，所以加鹽造成草酸鈣結晶減少，或許就是降低口腔刺激感的原因。
- (三) 此實驗數據間接證實坊間傳聞吃鳳梨時在上面抹鹽，或者先行浸泡鹽水，可有效改善舌頭刺痛的情況。第二次我們以同樣的步驟完成果肉與水比例相同的鳳梨汁，取10毫升分別加入0.1公克、0.2公克、0.3公克、0.4公克、0.5公克鹽，雖然有誤差，但可觀察出結晶數量大約與鹽巴重量成反比，且無加鹽和加鹽0.5公克的果汁中結晶含量差異顯著。

三、實驗三為測量單位時間內的蛋白酶作用程度

- (一) 計算重量差後，發現鳳梨汁在單位時間內分解吉利丁蛋白質的量最多，其次為奇異果，青木瓜最少。
- (二) 利用吉利丁模擬，是因為吉利丁主要由動物的膠原蛋白構成，組成與口腔黏膜類似，希望可以還原口腔中的真實情況。
- (三) 影響吉利丁溶解速率的因素有吉利丁塊的表面完整度，若是表面較凹凸不平，溶解速度相較於快一些；若是表面較平整光滑，則反之。所以我們在取出 5 公克的吉利丁時，都是切成長方體，沒有其它的凹陷或是凸起，保持控制變因的固定，以減少誤差。
- (四) 由於第一次實驗中，我們並未將燒杯也預熱至 37°C，所以再以同樣步驟做了第二次，且將燒杯、果汁先預熱至人體溫度 37°C，以模擬不同果汁在口腔中分解黏膜蛋白時的環境，也做了對照組空白實驗（以水取代果汁）。在做完第二次的實驗，我們發現將燒杯預熱後，其實每一種果汁都能使吉利丁重量減少，且減少的幅度比第一次來的大，但我們也懷疑是否是因為溫度的關係，導致吉利丁也會溶解在水中，於是在對照組空白實驗中，我們發現其實 37°C 的水就已經有辦法溶解吉利丁，只是溶解的速度較慢。
- (五) 原本只畫出折線圖，發現無法輕易看出吉利丁減少的重量，及是否有誤差，而後來選用累加摺線圖，則能快速了解這些資訊。
- (六) 我們的想法是，吃水果時，水果中的蛋白酶先分解掉舌頭上的黏膜，接著咀嚼時，針狀草酸鈣結晶作用於舌頭，所以才會覺得刺痛。

柒、結論：

- 一、草酸鈣結晶可分為：簇晶（球晶、聚晶等）、單晶（方晶、砂晶等）、針晶（針晶、柱晶等）。在我們的觀察中，鳳梨、奇異果、青木瓜等水果中的草酸鈣結晶，皆是屬於針晶，其數量以鳳梨、奇異果較多，青木瓜最少。所以吃奇異果和鳳梨時，有些人會感到舌頭刺痛，而吃木瓜時則不會，根據文獻，草酸鈣結晶的含量正是造成舌頭刺痛的原因之一。
- 二、根據實驗結果，加鹽會使草酸鈣結晶減少，與坊間相傳在鳳梨上抹鹽可以減輕舌頭刺痛感的說法相符。根據文獻，發現草酸鈣結晶在氯化鈉水溶液中的溶解度比在純水中高^[6]，因此鳳梨加鹽或泡鹽水的確可以減少草酸鈣結晶數量，並且減少吃鳳梨時的刺痛感。
- 三、在測量單位時間內的蛋白酶作用程度，在第一次的計算重量差後，發現鳳梨汁在單位時間內分解吉利丁蛋白質的量最多，其次為奇異果，青木瓜最少。但在第二次實

驗，發現各果汁在 37°C 的環境下，能大幅增加其蛋白酶分解作用，因已模擬口腔環境，所以大致上能與實際情況相符。

四、根據我們的文獻探討，臺灣對於水果造成口腔刺激感的成因探討所述不多，但此種刺激感的消除，在食品加工處理使口感良好是很重要的一環，唯有了解其原因才有辦法針對此現象設計相應的辦法。針對由多量針狀採酸鈣結晶可能造成的口腔刺激狀況，我們的結果顯示，使用鹽水處理就可大幅減少針狀草酸鈣的量，除了可以應用於相關的食品加工處理，也印證了民間說法的科學性。

捌、參考資料：

- 一、葉開溫主編（民 105 年 3 月四版）。普通高級中學基礎生物（上冊）。第一章生命的特性 第三節細胞的生理
- 二、跟著鄭大哥玩科學－吃鳳梨有咬舌感的原因。民 105 年 5 月 4 日。取自 <http://www.masters.tw/103021/>
- 三、科科諸思益－鳳梨咬嘴的秘密。民 105 年 11 月 23 日。取自 <https://pencieve.wordpress.com/2016/11/23/>
- 四、國中組理化科－生石頭??草酸鈣結石溶解度的探討（民國 97 年）。
- 五、WALKER, S., & PRESCOTT, J. (2003). Psychophysical properties of mechanical oral irritation. *Journal of sensory studies*, 18(4), 325-345.
- 六、Streit, J., Tran-Ho, L. C., & Königsberger, E. (1998). Solubility of the three calcium oxalate hydrates in sodium chloride solutions and urine-like liquors. *Monatshefte für Chemie/Chemical Monthly*, 129(12), 1225-1236.