# 中華民國第 55 屆中小學科學展覽會

# 作品說明書

---

高職組　化工、衛工及環工科

## 第二名

## 最佳(鄉土)教材獎

091104

## 探討超音波頻率對愛玉子萃取分析差異性

學校名稱：臺北市立松山高級工農職業學校

| 作者： | 指導老師： |
| --- | --- |
| 職一　李曜宇<br>職一　黃浩祐 | 傅芳馨 |


關鍵詞：超音波、萃取、愛玉

# 摘要

我們藉超音波破殼原理萃取愛玉子中植物膠，由物理性之殼分離方法後得其殼與凝膠比重的 TDS(總固體溶解率)值，再由試驗樣品中得知化學性之 EC(導電度)、PH(酸鹼值)、藉此分析與凝膠之關係。發現三種不同頻率的超音波都能使愛玉破殼凝結，將愛玉子放入超音波震盪槽震盪 30 分鐘，結果以 28K 的頻率凝結最快，40K 的頻率凝結次快，70K 的頻率凝結最慢，從破殼率方面，28K 是 66%、40K 是 58%、70K 是 49%。從測試數據分析,因破殼率高的關係，發現 28K 的萃取率最高，其次是 40K，最後是 70K，三種超音波頻率皆可達成破殼凝結的效果。藉以此物理性超音波震盪方式代替傳統手工愛玉子製法，既有科學性數據且具有相當實用應用價值不單提高效能且衛生，改進食品加工上高效率製造方式。

# 壹、 研究動機

一般傳統製作愛玉凍的方法，將愛玉子放入網袋中，用手工及一定的水分比例搓揉，得其橙黃透明的果凍，手工方法費時又不衛生，也有人使用果汁機來製作愛玉凍，但效果並不好常常無法凝結，或凝結效果很差。由此發想改變物理作用是否可提升凝膠效果，因超音波為目前科技所盛行的方式，且超音波可廣泛應用，藉此發想利用超音波震盪萃取原理，將愛玉的植物膠萃取出而凝結，提高與改善愛玉的凝結

# 貳、 研究目的

一、不同的超音波震盪頻率與愛玉子產生反應的差異

二、利用愛玉子的凝結化學性 EC(導電度)、PH(酸鹼值)、物理性 TDS(總固體溶解率)及破壁率的探討

三、探討「愛玉子」的加工方法與凝膠的影響

# 參、 研究設備及器材

實驗器材：電子秤、紗布、濾網、計時器、燒杯、超音波振盪器、PH 檢測器、EC 檢測器、 TDS 檢測器




圖一、超音波震盪器




圖二、由左至右，TDS 檢測器，PH 計、EC 檢測計




圖三、音壓器

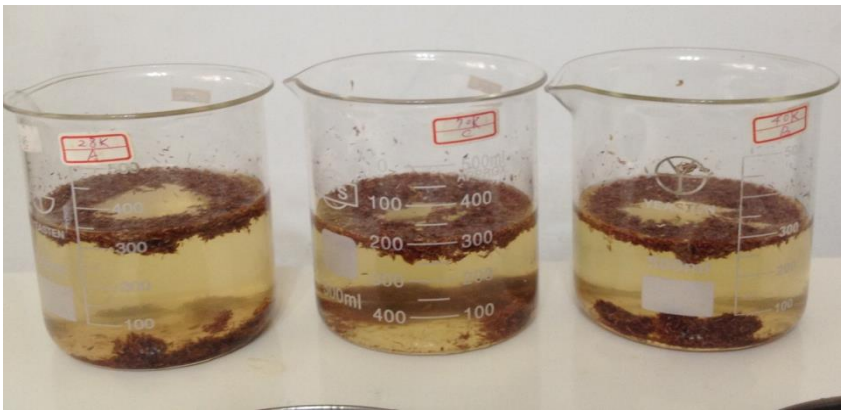
實驗材料：阿里山愛玉子、開水




圖四、愛玉子

## 肆、 研究過程或方法

一、用三個超音波槽功率各為 50 瓦，頻率為 28KHz，40KHz、70KHz，將愛玉子放入燒杯中，加水攪拌後震盪 30 分鐘，其每個不同的超音波頻率，每 6 分鐘取樣 5 重複檢測、EC(導電度)、PH(酸鹼值)、TDS(總固體溶解率)，比較最後的凝膠結果並推測不同的頻率與凝膠之間的關係。

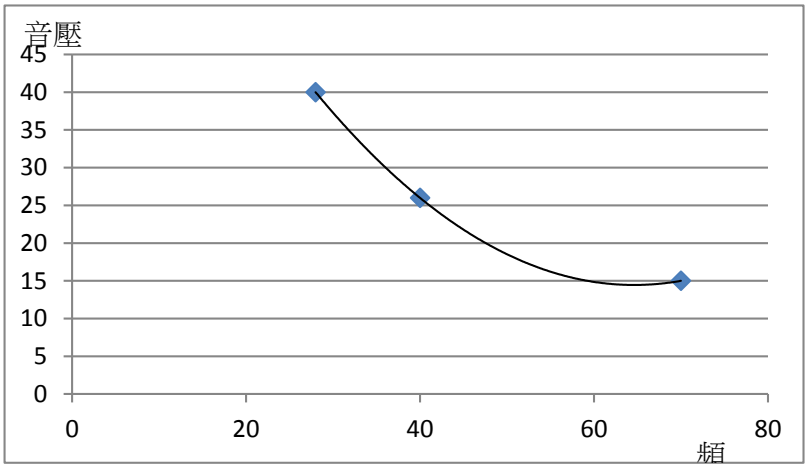


二、破殼率計算：使用 100 顆愛玉子，加 20mL 的水，再分別使用 28K、40K 及 70K 的超音波萃取，再將其愛玉子取出，放到顯微鏡下觀察其破壁狀況，並計算破壁率。

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 有破殼 |  |  |  |  |
| 無破殼 |  |  |  |  |

三、超音波音壓&頻率關係圖

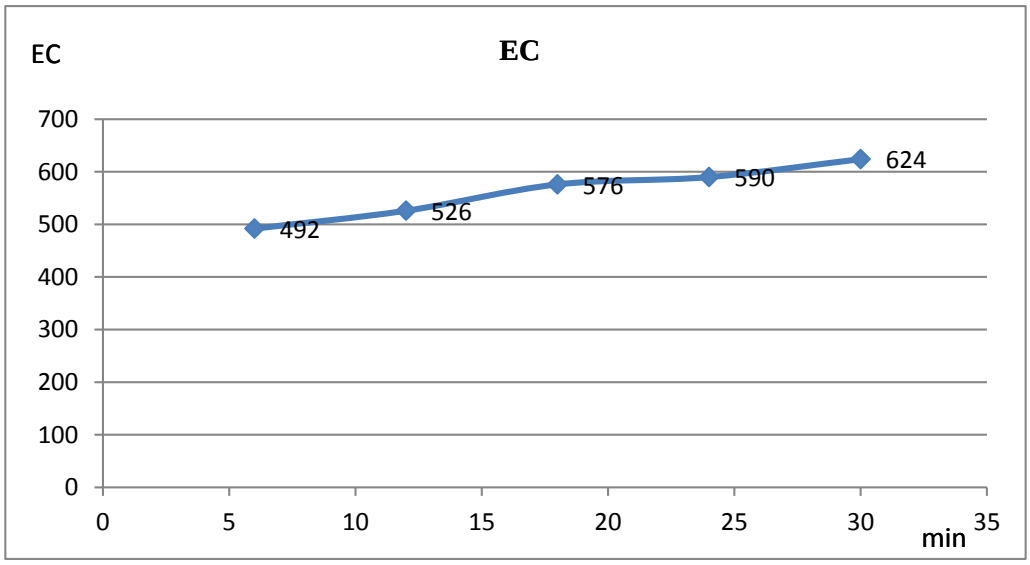
| K (頻率) | mV(音壓) |
|---|---|
| 28 | 40 |
| 40 | 26 |
| 70 | 15 |



# 伍、 研究結果

1-1 愛玉子在 28K 頻率下之 EC(導電度)測試

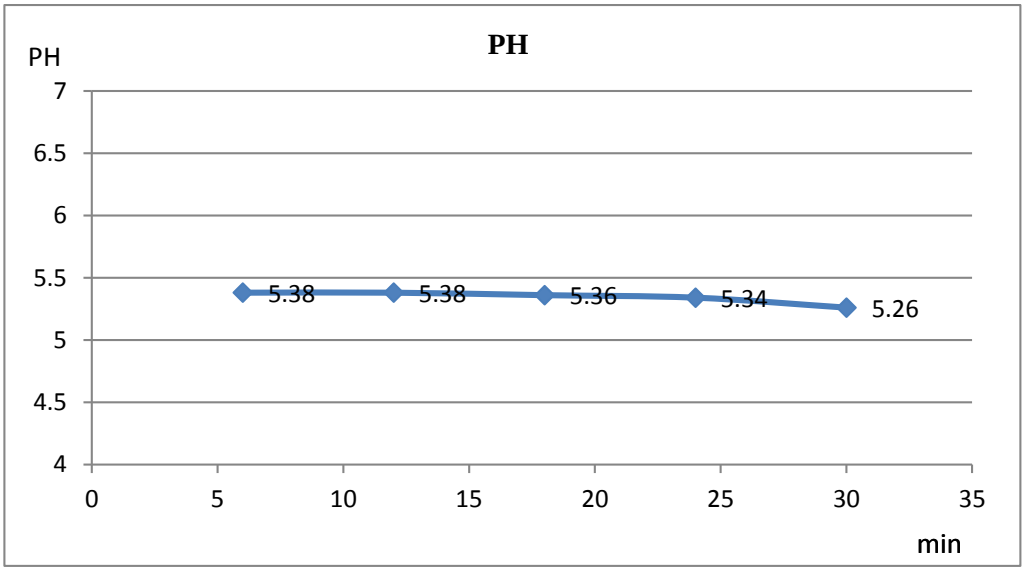
| Sample/Min | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 平均 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 6 min | 580 | 480 | 470 | 470 | 460 | 492 |
| 12 min | 520 | 530 | 530 | 530 | 520 | 526 |
| 18 min | 580 | 590 | 560 | 580 | 570 | 576 |
| 24 min | 580 | 610 | 580 | 580 | 600 | 590 |
| 30 min | 640 | 640 | 630 | 630 | 580 | 624 |




愛玉子在 28K 頻率下震盪，導電度隨著震盪時間增加而上升，由此可推測震盪時間越久可使導電度增加。

1-2 愛玉子在 28K 頻率下之 PH(酸鹼值)測試

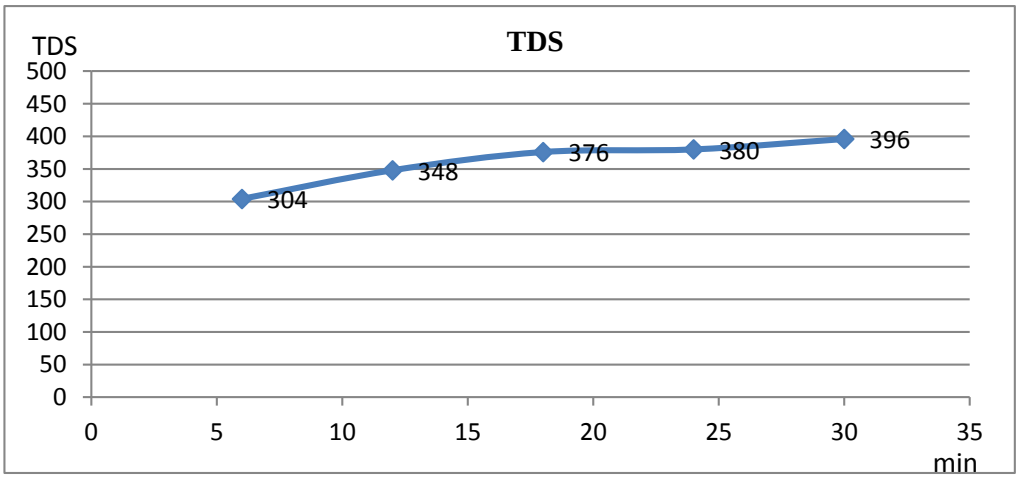
| Sample/Min | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 平均 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 6 min | 5.4 | 5.4 | 5.4 | 5.4 | 5.3 | 5.38 |
| 12 min | 5.6 | 5.4 | 5.3 | 5.3 | 5.3 | 5.38 |
| 18 min | 5.4 | 5.4 | 5.3 | 5.3 | 5.4 | 5.36 |
| 24 min | 5.6 | 5.4 | 5.3 | 5.2 | 5.2 | 5.34 |
| 30 min | 5.4 | 5.3 | 5.2 | 5.2 | 5.2 | 5.24 |




愛玉子在 28K 頻率下震盪，PH 酸鹼值隨震盪時間增加而下降，因為果膠溶出，由此可推測震盪時間越久導致 PH 下降。

1-3 愛玉子在 28K 頻率下之 TDS(總固體溶解率)測試

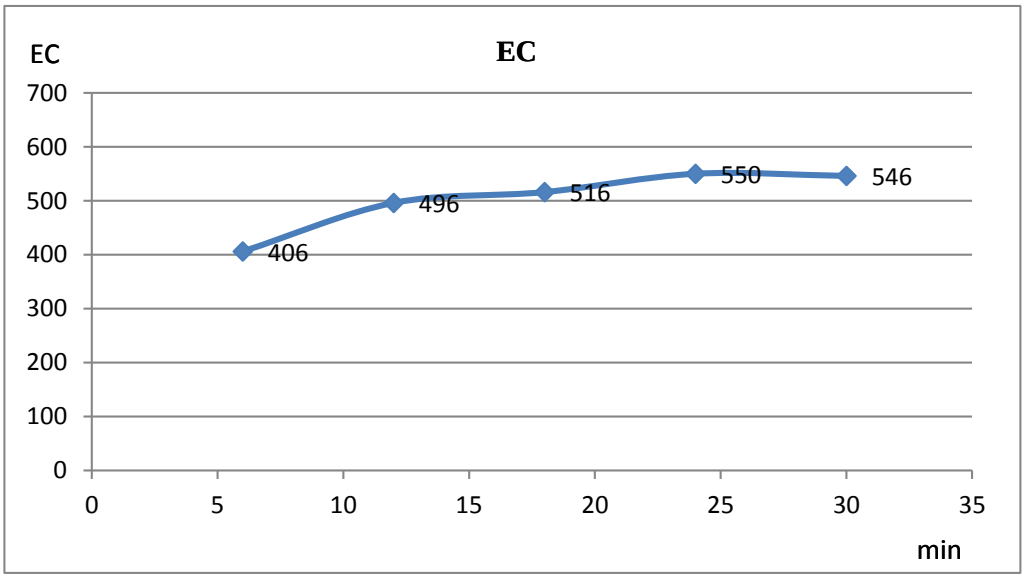
| Sample/Min | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 平均 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 6 min | 320 | 300 | 300 | 300 | 300 | 304 |
| 12 min | 370 | 350 | 340 | 340 | 340 | 348 |
| 18 min | 380 | 380 | 380 | 370 | 370 | 376 |
| 24 min | 370 | 380 | 370 | 390 | 390 | 380 |
| 30 min | 410 | 390 | 400 | 390 | 390 | 396 |




愛玉子在 28K 頻率下震盪，TDS(總固體溶解率)隨震盪時間增加而上升，由此可推測震盪時間越久可使總固體溶解率上升，證明果膠的溶出。

2-1 愛玉子在 40K 頻率下之 EC(導電度)測試

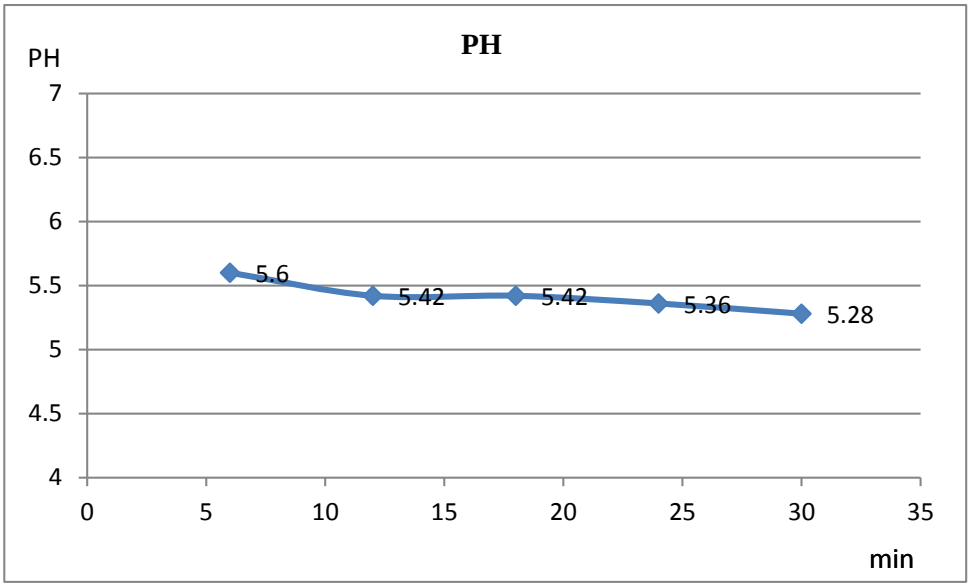
| Sample/Min | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 平均 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 6 min | 400 | 410 | 410 | 400 | 410 | 406 |
| 12 min | 490 | 500 | 490 | 500 | 500 | 496 |
| 18 min | 550 | 500 | 510 | 510 | 510 | 516 |
| 24 min | 560 | 570 | 540 | 550 | 530 | 550 |
| 30 min | 530 | 550 | 560 | 550 | 540 | 546 |




愛玉子在 40K 頻率下震盪，導電度隨著震盪時間增加而上升，由此可推測震盪時間越久可使導電度增加。

2-2 愛玉子在 40K 頻率下之 PH(酸鹼值)測試

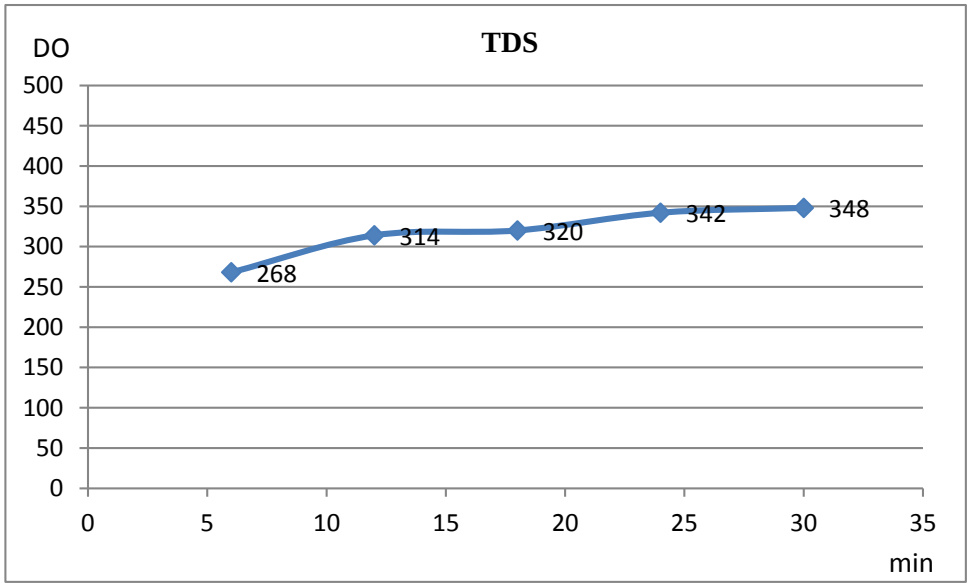
| Sample/Min | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 平均 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 6 min | 5.8 | 5.6 | 5.5 | 5.5 | 5.6 | 5.6 |
| 12 min | 5.6 | 5.4 | 5.3 | 5.4 | 5.4 | 5.42 |
| 18 min | 5.5 | 5.4 | 5.4 | 5.4 | 5.4 | 5.42 |
| 24 min | 5.5 | 5.4 | 5.4 | 5.3 | 5.2 | 5.36 |
| 30 min | 5.5 | 5.4 | 5.2 | 5.1 | 5.2 | 5.28 |




愛玉子在 40K 頻率下震盪，PH 酸鹼值隨震盪時間增加而下降，但在震盪 30 分 ph 能力上升。

2-3 愛玉子在 40K 頻率下之 TDS(總固體溶解率)測試

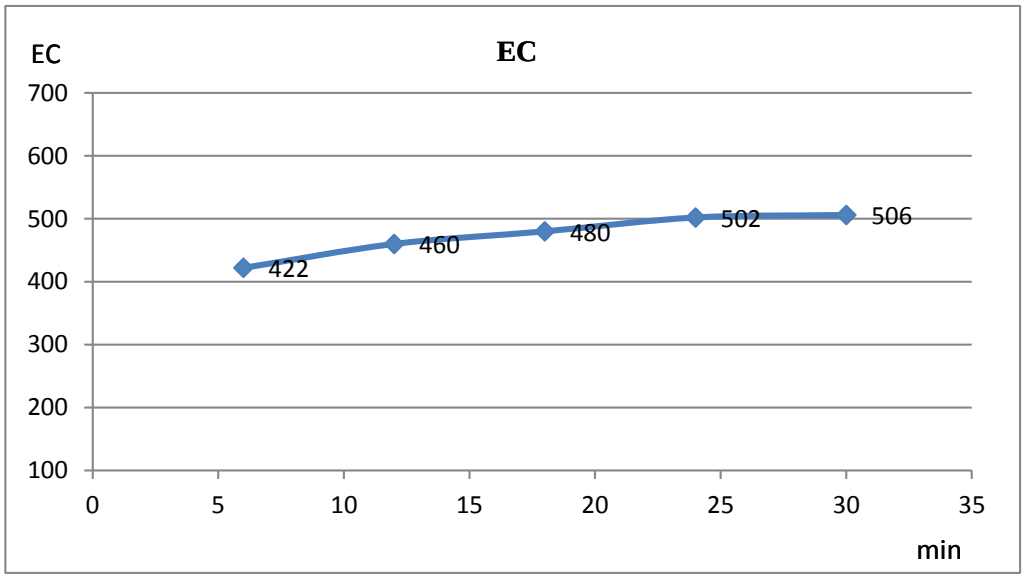
| Sample/Min | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 平均 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 6 min | 280 | 270 | 280 | 270 | 240 | 268 |
| 12 min | 330 | 310 | 320 | 300 | 310 | 314 |
| 18 min | 330 | 310 | 320 | 320 | 320 | 320 |
| 24 min | 320 | 360 | 350 | 350 | 330 | 342 |
| 30 min | 350 | 350 | 340 | 350 | 350 | 348 |




愛玉子在 40K 頻率下震盪，TDS(總固體溶解率)隨震盪時間增加而上升，但在震盪 30 分鐘總固體溶解率下降。

3-1 愛玉子在 70K 頻率下之 EC(導電度)測試

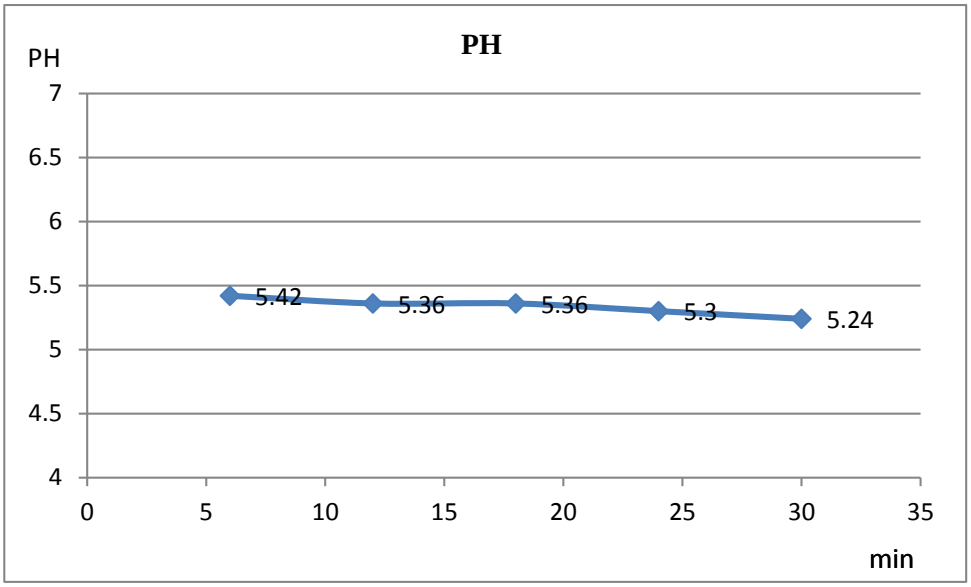
| ample/Min | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 平均 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 6 min | 450 | 580 | 380 | 350 | 350 | 422 |
| 12 min | 480 | 430 | 440 | 440 | 510 | 460 |
| 18 min | 500 | 480 | 460 | 480 | 480 | 480 |
| 24 min | 540 | 500 | 500 | 500 | 500 | 502 |
| 30 min | 460 | 520 | 520 | 520 | 510 | 506 |




愛玉子在 70K 頻率下震盪，導電度隨著震盪時間增加而上升，由此可推測震盪時間越久可使導電度增加。

3-2 愛玉子在 70K 頻率下之 PH(酸鹼值)測試

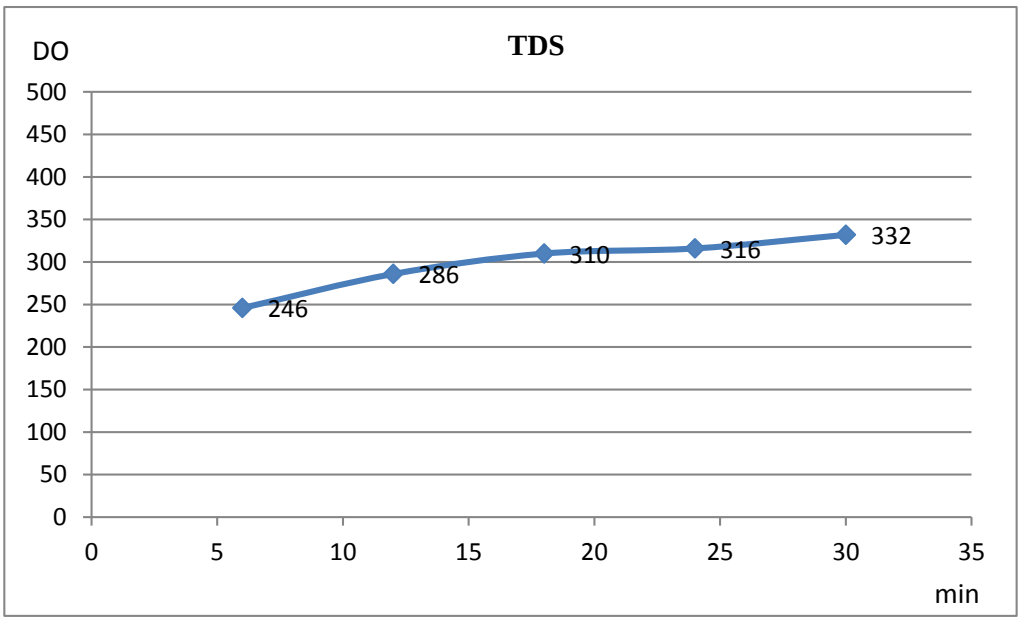
| Sample/Min | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 平均 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 6 min | 5.5 | 5.5 | 5.4 | 5.4 | 5.3 | 5.42 |
| 12 min | 5.5 | 5.4 | 5.3 | 5.3 | 5.3 | 5.36 |
| 18 min | 5.5 | 5.4 | 5.3 | 5.3 | 5.3 | 5.36 |
| 24 min | 5.4 | 5.3 | 5.3 | 5.3 | 5.2 | 5.30 |
| 30 min | 5.3 | 5.3 | 5.2 | 5.2 | 5.2 | 5.24 |




愛玉子在70K頻率下震盪，PH酸鹼值隨時間增加而下降，推測因頻率增加使得果膠溶出，造成 PH 的下降。

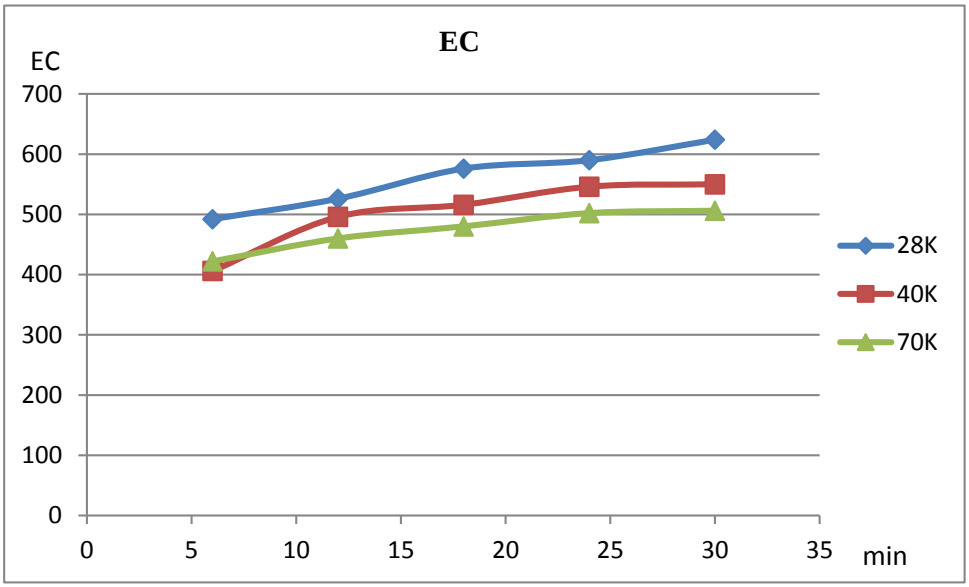
3-3 愛玉子在 70K 頻率下之 TDS(總固體溶解率)測試

| Sample/Min | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 平均 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 6 min | 230 | 240 | 240 | 290 | 230 | 246 |
| 12 min | 290 | 300 | 290 | 280 | 270 | 286 |
| 18 min | 320 | 310 | 310 | 310 | 300 | 310 |
| 24 min | 330 | 310 | 310 | 310 | 320 | 316 |
| 30 min | 350 | 330 | 340 | 320 | 320 | 332 |




愛玉子在 70K 頻率下震盪，TDS(總固體溶解率)隨震盪時間增加而上升。

1-1、愛玉子在 28K、40K、70K 頻率下 EC(導電度)比較

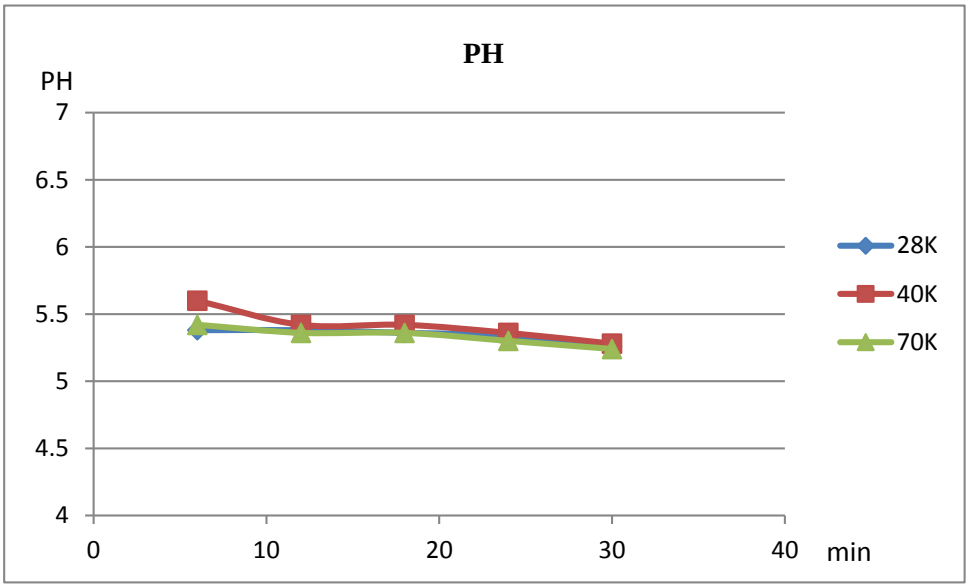



由此可知愛玉子在 28K、40K、70K 頻率下震盪其 EC 導電度隨時間增加而上 升，呈正相關。

中導電度 (Electrical conductivity, EC)，檢測溶液中的帶電離子，溶液中的帶電離子如 ： 影響愛玉凝膠的果膠(Pectin)、二價金屬離子(ca2+)、以及水分子 h2o 等，都會被檢測出來，因此，一開始的 EC(導電度)就有一定的值，隨著萃取時間的增加，溶液中的帶電離子也隨之增加。

而圖中發現 28k 的增加比率>40k>70k，原因可能為 28k 時，因超音波的震盪頻率較大，因此較能萃取出如果膠、果膠質酶等較大的醣類分子，而 40k、70k 震盪頻率較小，空穴化的位置比較集中，能萃取較多較的小物質，而愛玉溶液中，最多的物質即為果膠及酵素，因此以超音波的選擇上，以 28k 的頻率是最適合的。

1-2、愛玉子在 28K、40K、70K 頻率下 PH(酸鹼值)比較

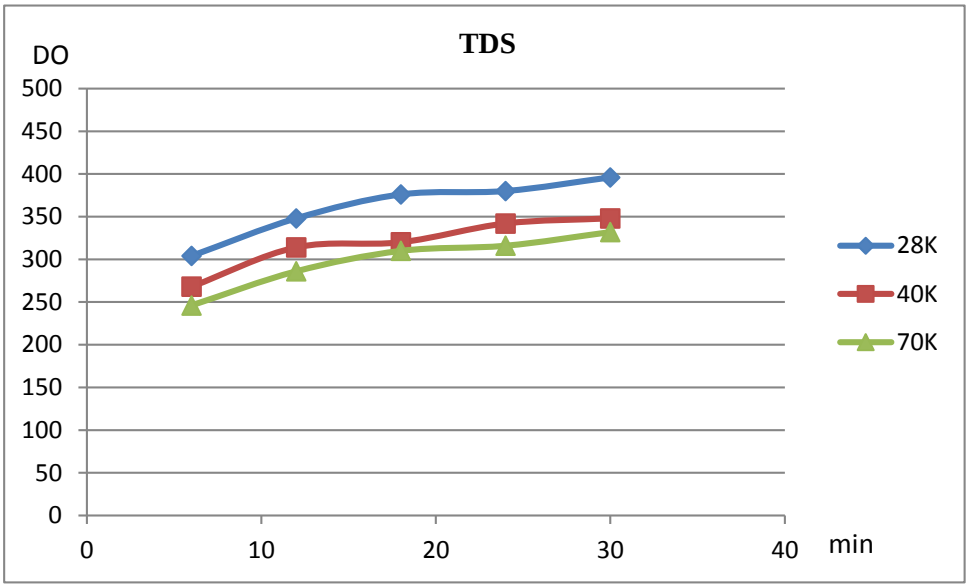



由此可知愛玉子在 28K 頻率下震盪，PH 酸鹼值隨震盪時間增加而下降；在 40K 頻率下震盪，PH 酸鹼值隨震盪時間增加而下降，在 70K 頻率下震盪，在果膠初期的溶出率，並沒有顯著的效果，但在後期機械化空穴率的發生後，才造成果膠溶出，而 PH 值下降。

PH 酸鹼值隨萃取時間增加而下降，其愛玉的果膠呈弱酸性，因此可以判定確實有果膠的溶出，但因酸性較微弱，所以並未因萃取時間的增加而有太大的變化。

而圖三個超音波頻率 ph 值並未因震盪頻率不同而有不同的差異，這是因為果膠呈弱酸性的物質大多在表面，因此一開始溶於水中時，就已經使溶液呈現弱酸性，因此不太受震盪頻率的不同而有差異，雖愛玉子內部也有一些弱酸性物質、與 ca2+凝結時也會有微微的酸性反應，但引響甚小，所以才讓 ph 值呈現微微下降的趨勢。

1-3、愛玉子在 28K、40K、70K 頻率下(總固體溶解率)比較

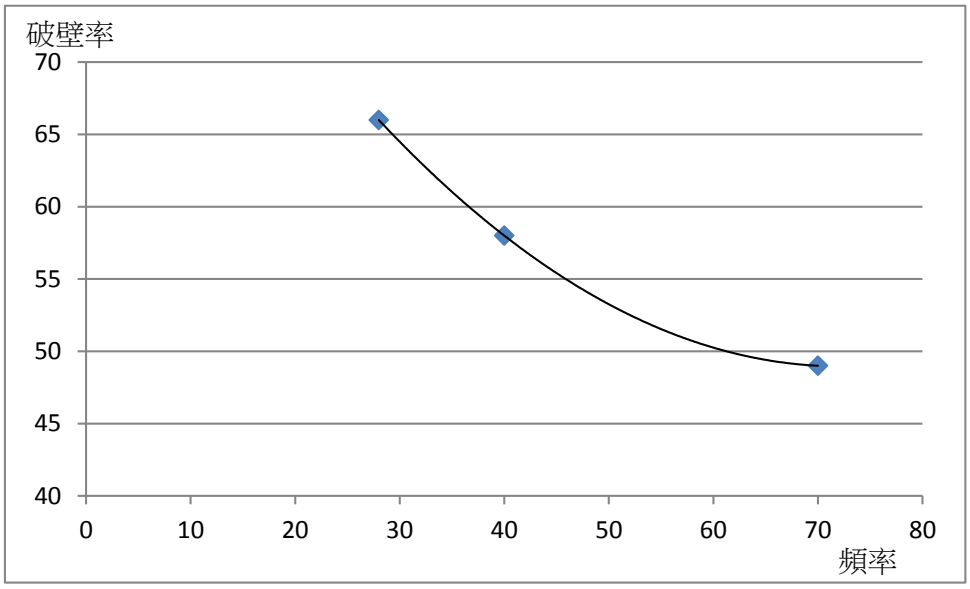



由此可知，愛玉子在 28K 頻率下震盪，TDS(總固體溶解率)隨震盪時間增加而上升；在 40K 頻率下震盪，TDS(總固體溶解率)隨震盪時間增加而上升；在 70K 頻率下震盪，TDS(總固體溶解率)隨震盪時間增加而上升，藉此可推測震盪時間越久可使總固體溶解率上升，除了在 40K 頻率中震盪 12 分鐘至 18 分鐘之間總固體溶解率低。

TDS 是英文 total dissolved solids，中文譯名為溶解性總固體，測量單位為毫克 / 升( mg/L )，它表示為 1 升水中溶有多少毫克溶解性總固體。

與前面的 EC 電導圖呼應，28K 的溶解性總固體最多，其次是 40K、70K，由 EC 電導圖得出帶電離子由 28K 最多，推測可能為果膠溶出就多，而這張 TDS 圖，則反應 28K 不只果膠溶出較多，而且成愛玉膠的凝膠量也較多，若溶出的果膠量相同時，28K 破壞果膠構造的機率較小，因為震盪頻率較大，而 40K、70K 震盪頻率較小，較集中，溶易破壞果膠結構、而且因較小且集中，容易萃取到愛玉子中的單寧類化合物，此類物質會造成果膠形成的障礙，為果膠酯酶抑制劑，此類物質若溶出，則凝膠性降低，而 TDS 溶解性總固體進而減少，因此才會呈現 28K>40K>70K 的現象。

1-4 愛玉子在 28K、40K、70K 頻率下(破壁率)比較




依照前面的每一個結論所述，28K 的 EC(導電度)、TDS(總固體溶解率)都是最高的，而破壁率方面也是 28K > 40K > 70K ，與前面所述的理論，不謀而合。

# 陸、 結論

原先推測不同頻率下震盪應該有不同的萃取率，但經實驗數據整併後，得到不同頻率(28k、40k、70k)震盪後所得總固形量大致相同，雖愛玉固形量是相同的，但實際影響愛玉凝結程度是因愛玉洗出後可供凝膠的 $Ca^{2+}$含量不同，下列特此說明。

綜合以上數據經雷達圖分析可得與 pH 值無明顯關係，但 EC 值與 TDS 值有明顯正相關。

因此利用超音波震盪實驗後不同頻率下之結果，可推測其差異點為總固體溶解(TDS)，及水中導電度(Electrical conductivity,EC)，TDS 檢測+離子，如 $Ca^{2+}$，與 EC 檢測帶電離子結果不謀而同，因此可以解釋為 $Ca^{2+}$的量為 28K>40K>70K。

- 超音波確實可以增加，果膠的萃取以及形成，在超音 28K 的震盪下，5-6 分鐘及可到達果膠萃出，及去甲基化的頂峰，10-12 分鐘即開始凝膠，比傳統手洗衛生、標準化外，也比傳統凝膠要等上 45-60 分鐘要快上許多。
- 在水質數據的表現中可以發現，28K 在 EC 即 TDS 都較 40K、70K 來的高表現，而在 PH 中超音波的頻率較無太大的影響。
- 此次研究總結出最好的超音波萃取條件為萃取的濃度 x 愛玉子+y 水，x:Y(g/mL)，28K，25℃，5-6 分鐘，凝膠時間 12 分鐘。
- 這個研究具有產業利用性及後續研究的價值。

# 柒、 參考資料

1.網路-維基百科 (http://zh.wikipedia.org/zh-tw/)

2.中央研究院-高中生命科學培育計畫專題研究報告

3.水中導電度檢測方法-導電度計法

環保署-中華民國 89 年 11 月 23 日(89)環署檢字第 70017 號公告

4.中華民國中小學 45 屆科學展覽會

# 【評語】091104

本研究動機利用超音波震盪萃取原理，將愛玉子的植物膠萃取出而凝結。由物理作用使殼分離後得其殼與凝膠比重的總固體溶解率數值，再分析試驗樣品之導電度、酸鹼值與凝膠之關係。愛玉子作品取材具鄉土性，利用較低頻超音波之爆破能量較強烈誘發愛玉子殼破裂分離亦具有研究設計之應用巧思，但在超音波頻率與音壓之關係實驗仍須完整分析，方能提供物理因子與愛玉子殼裂開及凝膠比重之因果關係。若未來能進一步分析愛玉子洗出後可供凝膠的鈣離子含量，將更具說服力。