

# 中華民國第 60 屆中小學科學展覽會 作品說明書

---

國中組 生活與應用科學(一)科

佳作

032802

開「心」果—印加果開殼機構設計之研究

學校名稱：彰化縣立大同國民中學

作者：  國二 蔡宜達  國一 羅憲家  國三 羅珮岑	指導老師：  黃麗玲
---	------------------

關鍵詞：印加果、開殼機構、機電整合

## 摘要

印加果是高營養價值的植物果實，富含 Omega-3 與必需脂肪酸近年來逐漸被重視，但是開殼仰賴人工，人力成本成為推廣的最大阻礙，因此著手研究印加果的開殼機構研究，期許能為人類攝取植物營養提供進步的動力。研究成果分為：1. 整顆果實分離成單一粒果實的研究、2. 單一粒果實開[外殼]的研究、3. 單一粒果實開[內殼]的研究、4. 果實與外殼分類處理的研究，5. 整體機構在機電整合與資訊處理的研究，6. 開殼機構最佳化整合的研究上等等。針對開殼與分殼的方法有：打拋、捶壓、折返震動、刀具、夾壓、高壓氣流、離心旋轉等等作為實驗的研究變因。與傳統人力相較，我們能夠更快速、更加省時省力的開殼與分殼，為印加果自動化生產的路程上，立下了新的里程碑。



圖 1.1 印加果的外觀樣貌



圖 1.2 印加果樹及果實的外觀樣貌

## 壹、研究動機

在偶然的一天，我們的一位組員跟著家長去拜訪一位農民朋友，大人談話中聊到印加果的高營養成分，感到相當的振奮與無比的期待，接著卻又提及其他無奈的地方，例如外殼堅硬難開離、無法使用自動化機具，過度仰賴人工開離外殼產生相當大的生產成本。圖 1.1 為印加果的外觀樣貌，圖 2 為印加果的外殼、內殼及果實的樣貌，分別是手工將星型果實分離成單一顆具有外殼的淺咖啡色外觀，開離外殼後具有內殼的深咖啡色外觀，以及開離內殼後的灰白色果實。回來後將情形分享給組員，於是決定研究印加果的開殼技術，希望能幫助到農民解決人工生產的困境，促進高營養價值的穀物果實能夠方便流通於市，讓更多人健康。



圖 2 印加果的外殼、內殼及果實的樣貌、營養成分、生長環境

## 貳、研究目的

本研究之目的在於改進人工開離物殼的困境，速度慢、人力成本高、無法大量生產等問題，運用[機械結構]的設計與調整來配合印加果的空間幾何，讓開殼更有效率。結合[電學技術]的感測科技來提高準確率，提高良率與生產速度是最主要的目的。讓操作者可以容易使用、易於將果實與外殼分類處理，進一步樂在操作使用。為了有效改善我們研究印加果開殼設計的功效，運用網路研究的知識來擬定來研究開殼機構的實體設計。據此我們建立了以下幾個具體的研究步驟與實驗實驗的項目作為研究設計的方針：

實驗一：整顆果實分離成單一粒果實的研究

實驗二：單一粒果實開離[外殼]的研究

實驗三：單一粒果實開離[內殼]的研究

實驗四：果實與外殼分類處理的研究

實驗五：整體機構在機電整合與資訊處理的研究

實驗六：開殼機構最佳化整合的研究

實驗七：平行間距可調滾筒式開殼機構(新增設計)

## 參、研究方法與過程

### 一、研究步驟流程規劃

#### (一)、制定研究步驟及流程

經組員小組討論過後，決定以 1.打拋、2.捶壓、3.折返震動，三種方式作為整顆分離成單粒的研究方法；以 1.打拋、2.刀具、3.夾壓，三種方式做為開殼設計的方向；以 1.高壓氣流、2.折返震動、3.離心旋轉，三種方式作為果實與外殼分開的研究方向。所謂打拋是將果實放置一容器中，以馬達帶動旋轉機構進行撞擊或拍打果實的方法；刀具則是設計適當的刀具機構，機構作動讓果實經過刀具通道產生切開的效果；夾壓則是以支點槓桿的方式來夾壓果實的側邊使其裂開；捶壓是以捶擊壓力的方式果實施粒使其受力而變形；高壓氣流為運用鼓風機或是空壓機產生高壓氣流，將果實與外殼分離；離心旋轉為利用器皿旋轉，讓不同重量的物體散佈在不同的位置。

依據研究設計與規劃訂定研究步驟流程方塊圖如圖 3 所示：

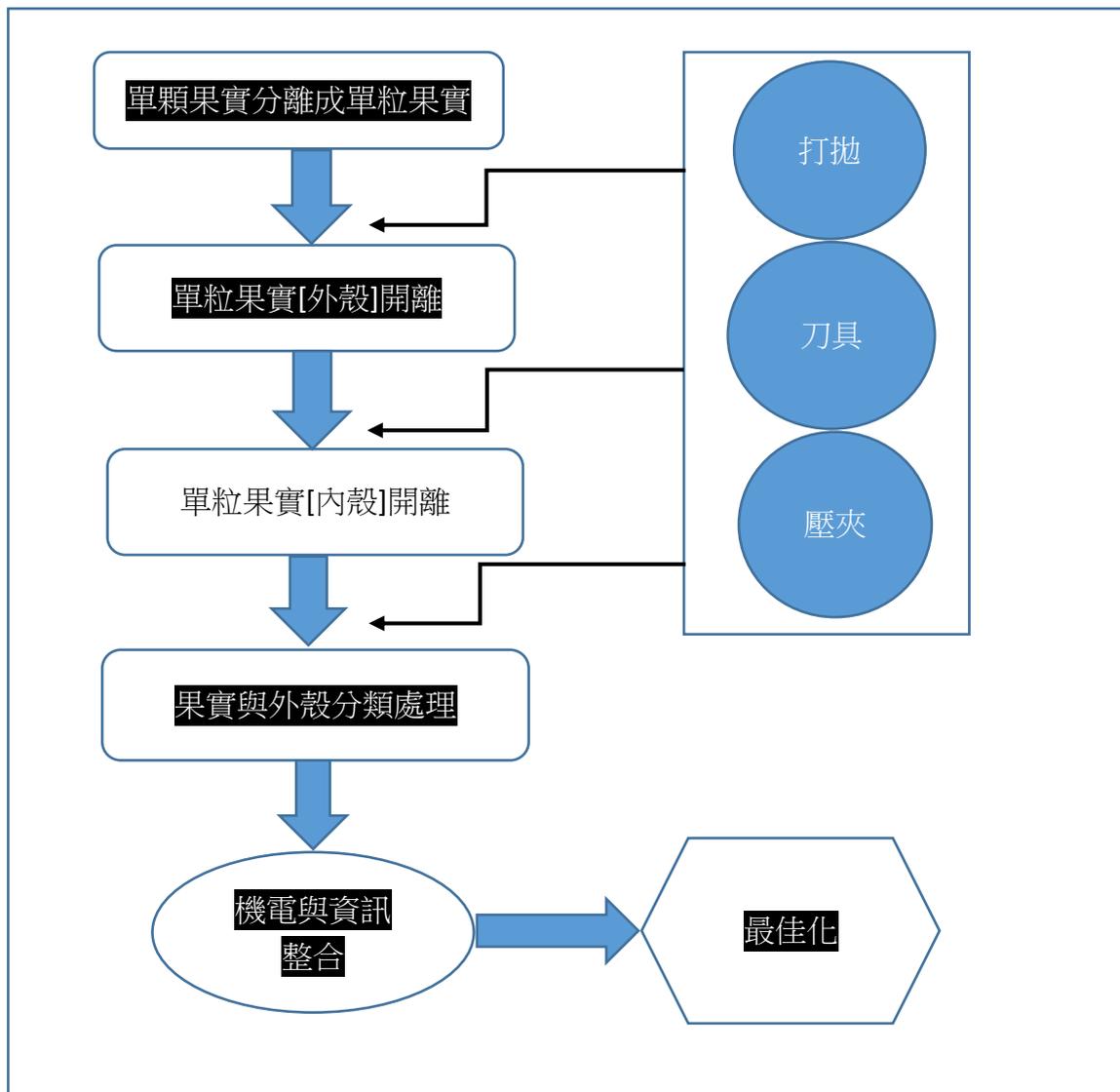


圖 3 研究步驟流程圖

由於機構設計不是我們的專長，是一門專業的技術學問，只是充滿好奇與熱忱的我們，只好更加的努力學習與探索。我們的組員固定於每週日下午聚會討論，必要時另外討論增加集合研究時間及次數，平時則各自利用課餘時間上網查詢相關資料、購置材料與製作器具，在集合團體研究時共同探討進度與進行實驗，再將成果彙整後向老師報告、討論與研究，繼而進行實驗修改與調整研究方向。目前將整個果實開殼的研究流程分為幾個階段：1.整顆分離成單粒，2.單粒的進料方式，3.單粒的外殼開殼方式，4.單粒的內殼開殼方式，5.果實與外殼的分離方式，6.果實與外殼分離後的收集方式，7.其他開殼機構設計之研究。

研究從 108 年 5 月開始，109 年 2 月告一段落參加縣賽。每個月至少 2 次以上跟指導老師討論研究進度，用月份來擬訂進度表，如表 1.工作進度甘特表。4-6 月另有持續研究實驗七：

平行間距可調滾筒式開殼機構(新增設計)。

表 1.工作進度甘特表

項目	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月
(1)資料收集- 印加果的特性 與性質	■									
(2)實驗器具- 尋找及製作開 殼機構方法			■							
(3)實驗量測- 進行各種變因 試驗				■						
(4)研究討論- 數據整理與歸 納討論			■							
(5)結論- 綜合整理出結 論						■				
(6)撰寫文稿- 各章節分工撰 文				■						
(7)校稿與修正- 請老師指導與 報告練習					■					

## (二)、尋找資源

1. 搜尋網路上的印加果的知識與介紹。
2. 尋找各種開殼機構原理與介紹的文章與影片。
3. 瀏覽市售現有開殼機構設備設備來研究。
4. 與老師持續互動討論研究主題與方向。

## 二、實驗方法及先備知識

### (一) 印加果的技術原理及現況

#### 1. 印加果

印加果 (Plukenetia volubilis) 來自秘魯雨林高地的植物種子，也稱作星油藤。印加果含有

非常豐富的營養物質，其中的 Omega-3 與纖維含量分別是核桃的 3 倍和 2 倍，除了可以加強心血管循環系統運作，控制血糖、降低心臟病的機率，多補充也可以保護視力，預防黃斑部病變。在神經病學檔案中發表的研究也指出，印加果中的必需脂肪酸可以保護我們的中樞神經，免於神經病變性疾病。如圖 4 印加果多用來榨油提煉後食用，目前彰化縣印加果生產合作社的農民，已經開發出數種產品：印加果油、印加果茶、咖啡包、膠原蛋白乳液等，也有人伴炒香料來當零嘴吃。



圖 4 印加果多用來榨油提煉後食用

## 2.市售花生開殼機

市售花生開殼機的描述如下：花生種子開殼機是根據花生機械種植產業市場的需求，針對花生果實特點專業設計，開殼旋滾採用優質耐磨柔和尼龍材料，外殼採用加厚鋼材特製而成，是廣大農民和農資經銷商的絕佳幫手，其主要特點是加工的種子種皮完整，破碎率低，分選乾淨，雜質少。

產品特點：

- 1) 採用旋轉力學干開原理；
- 2) 開殼旋滾採用尼龍滾旋轉干開，堅固耐用，壽命長，可開 10 萬斤左右；
- 3) 仿手工開殼，種子破損率低，外殼採用烤漆工藝，美觀大方堅固耐用；
- 4) 電機電壓 220V 功率 2.2KW，100%純銅電機，壽命長久；

5) 體積小巧，速度快，低噪音，故障低每小時開殼可達六百斤。

技術參數：

外形尺寸：長 120cm\*寬 70cm\*高 120cm，淨重：130 公斤

生產率：300kg/h，損傷率：≤5%，開淨率：≥98%

使用方法與注意事項：

- 1.請將開殼機置於寬敞、平坦的場地操作；
- 2.根據帶殼花生大小的不同選用與之匹配的柵條(筲子)進行開殼；
- 3.機器使用前，先檢查各緊固件是否擰緊，旋轉部門是否靈活；
- 4.電動機啟動後，轉子的轉向應與機具上所指的方向一致，先空轉幾分鐘，無異常響聲，運轉正常後，方可均勻地餵入花生；
- 5.工作時勿將手伸入電機，護罩內側以及進料口深處等機械運轉部件處，以免造成傷害。
- 6.如果帶殼花生過於乾燥，開殼時破損率相應增加、此時可用溫水將花生外殼均勻淋濕後放置幾小時再進行開殼，即可理想效果。

原文網址：<https://kknews.cc/agriculture/5gm4rm2.html>



圖 5 市售花生開殼機

### 3. 市售穀類脫殼機

說明：

1. 桌上型操作，方便搬運！
2. 可更改轉速，分離外殼如稻穀、小米、紅藜、蕎麥…。
3. 適合實驗室及農民及小型農家用！

規格：

1. 穀類脫殼機: 需有透明視窗可看到原料 脫殼分離狀況！
2. 穀類脫殼機：產能需 1 小時 10-150(Kg/h)以上！（依原料而定）
3. 脫殼過程中，需有集塵機功能，將外殼集中袋子裡面。
4. 本機採用離心脫殼方式脫殼。
5. 可依不同物料來更換轉數、分離外殼，如小米、紅藜、稻穀、蕎麥…。

**穀類脫殼機**

**功能說明：**

1. 桌上型操作簡易，機底有輪子方便移動！
2. 可依不同原料，更改轉速分離外殼，如稻穀、紅藜、小米、蕎麥…等
3. 本機有透明視窗可看到原料脫殼分離情況！
4. 本機有集塵袋，脫殼過程中將外殼集中於集塵袋方便整理！
5. 機器脫殼方式，採用離心式脫殼，脫殼率較高亦不損壞原料，無殘留！
6. 脫殼能力：1小時1-150(kg/h) 依原料而定！

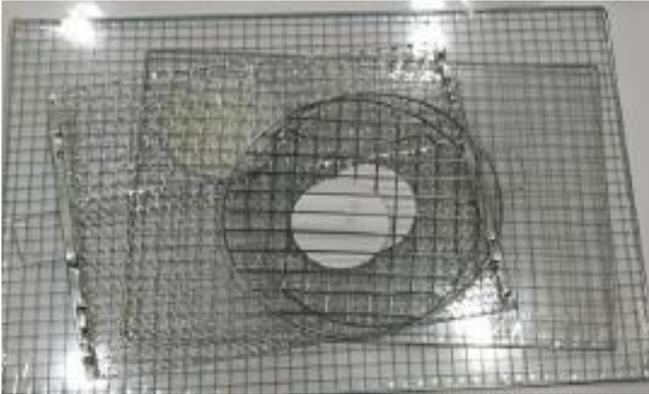
**規格：**

品名/型號	穀類脫殼機/
機型	長 X 430 (mm)
尺寸	寬 X 480 (mm)
	高 X 680 (mm)
動力/產能	10-150 (kg/h)
電壓	110V / 220V - 0.75(Kw)
重量	40 Kg

圖 6 市售穀類脫殼機

## 肆、研究設備及器材

名稱	照片	說明
1. 印加果實		每一顆有 4-9 粒 果實、以日照曬 乾
2. 果汁機		110V、30W 以 下、800mL
3.游標卡尺		Max 20 cm、精度 0.02 mm

<p>4. 秤重機</p>		<p>MAX 3 KG 、MIN 1 G</p>
<p>5. 篩網</p>		<p>材質：鋼、鋁 鐵鍍鋅</p>
<p>6. 打拋器</p>		<p>攪拌機 、900 ml</p>
<p>7. 震動盤 整列機</p>		<p>變頻變壓器 可調控震動 度</p>

<p>8. 控制器</p>		<p>PLC 微型 可程式控制 器</p>
<p>9. 吹風機</p>		<p>110V、1600W</p>
<p>10. 塑膠器皿</p>		<p>塑膠製 洗菜籃</p>
<p>11. 熱熔膠槍 等各工具</p>		<p>110V、15W</p>

## 伍、研究結果

在實驗開始之前應當先做好準備工作及器具，首先是量測印加果的各部位幾何尺寸。我們使用游標卡尺來量測如下表 2 所示。

表 2 印加果各部位尺寸

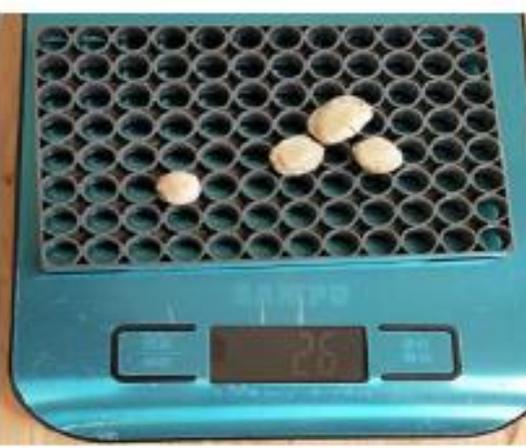
名稱	長度 mm	寬度 mm	厚度 mm
果球照片			
果球尺寸	60.0(6 粒)	55.0(5 粒)	50.0(4 粒)
外殼照片			
外殼尺寸	24.0	14.5(含果皮)	11.2
內殼照片 (大)			
內殼尺寸 (大)	22.5	19.8	8.1
內殼照片 (小)		無	
內殼尺寸 (小)	16.0	無	8.5

果實照片 (大)			
果實尺寸 (大)	16.5	12.2	7.0
果實照片 (中)		無	
果實尺寸 (中)	10.2	無	5.9
果實照片 (小)		無	
果實尺寸 (小)	8.6	無	7.6

我們使用感重最小精度為 1 公克的量秤，進行單一粒印加果的外殼、內殼、果實之質量量測。測量結果紀錄於表 3。

表 3 印加果的外殼、內殼、果實之質量量測

名稱	照片	質量 g
空重		25.0

外殼		$29-25=4$ $4/2=2.0$
內殼		$29-25=4$ $4/4=1.0$
空重		$24.0$
果實		$26-24=2$ $2/4=0.5$

由於整顆果實、單粒果實、外殼果實、內殼果實、果實的大小尺寸並不同，預先做好各部位尺寸的篩網，可供後面各種實驗時的篩選使用，結果彙整如表 4。

表 4 各部位果實的篩網

名稱	照片	尺寸 cm
1.整顆篩選單粒		<p>3*4.5 (對角線)</p>
2.單粒篩選外殼		<p>1.5*1.5 (邊長)</p>
3.外殼篩選果實		<p>1.2*1.2 (邊長)</p>

我們為了能進行實驗項目，尋找並設計了分離果球與開離外殼、內殼的輔助工具，來進行開殼的相關研究。如圖 7、8、9、10、11 所示分為果球分離與開離外殼用的打拋、垂壓、折返震動、刀具、夾壓器具。以上輔助工具在下面的實驗中分別會使用到，所以事先配合上面實驗前的準備工具與量測一起介紹，後面便不用再贅述。



圖 7 打拋工具



圖 8 捶壓工具



圖 9 折返震動工具

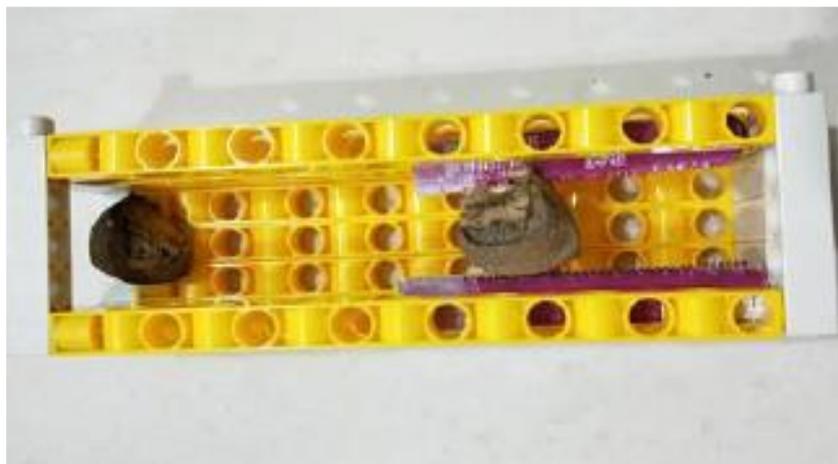


圖 10 刀具工具



圖 11 夾壓工具

### 一、實驗一：整顆果實分離成單一果實的研究

我們以 1.打拋、2.捶壓、3.折返震動，三種方式作為整顆分離成單粒的研究方法，每一種方式均準備 100 粒的果實，大約 20 顆果球，分別包含了完整的 4 粒、5 粒、6 粒果實的果球來進行分離的實驗，並以輔助篩具來完成實驗，將三項實驗的結果紀錄如表 5 所示。

表 5 整顆果實分離成單一果實的紀錄表

	完成率%	損壞率%	結束時間 S	效果排序
1. 打拋	92	5	10	1
2. 捶壓	85	3	30	2
3.折返震動	55	0	60	3

◇ 效果排序是依據完成率%來進行排序。

如圖 12 所示為打拋後的結果圖，圖中上側為挑出未完全分離成單一果實。

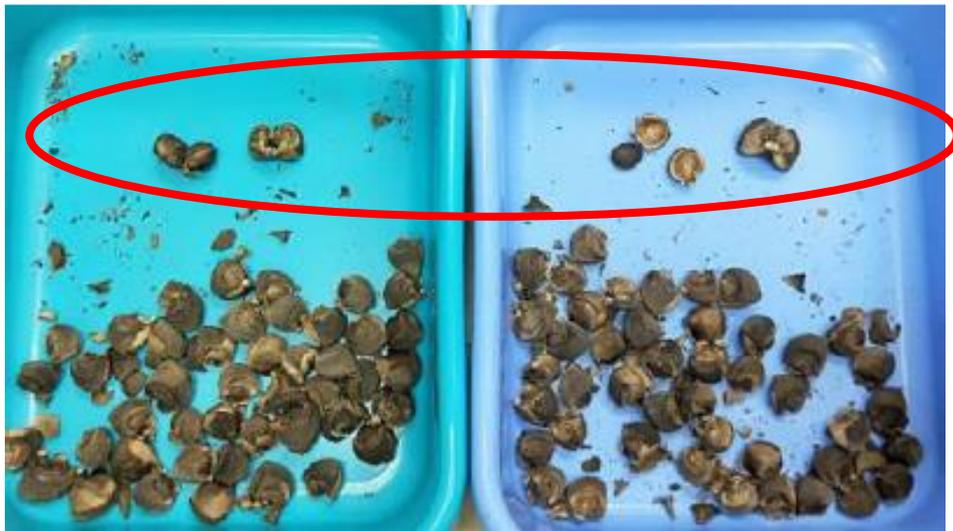


圖 12. 整顆果實打拋完成圖

## 二、實驗二：單一果實開離[外殼]的研究

我們以 1.打拋、2.刀片 3.夾壓，三種方式作為單粒果實剝離外殼的研究方法，每一種方式均準備 100 粒的果實，均包含果實外皮，果實大小未特地經過篩選，進行剝離外殼的實驗，2.刀片與 3.夾壓方式並以圖 13 的電動馬達推進機構輔助，2.刀片方式的刀片如圖 14 所示具有人形的刀片設計，再搭配輔助篩具來完成實驗，將三項實驗的結果紀錄如表 6 所示。

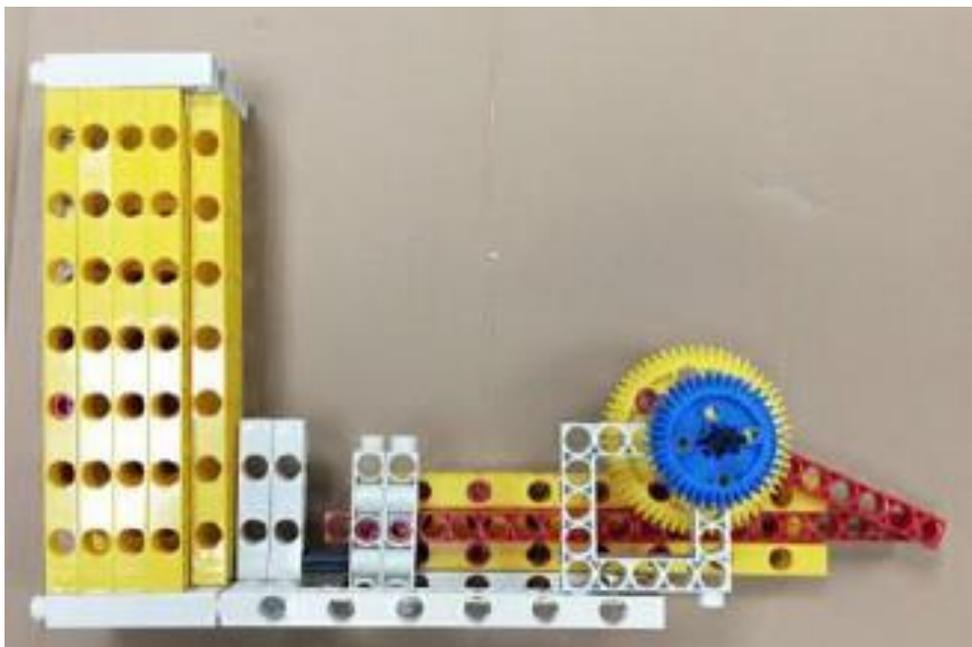


圖 13 電動馬達推進機構



圖 14 刀具方式的人形刀片設計

表 6 單粒果實開殼實驗結果的紀錄表

	完成率%	損壞率%	結束時間 S	效果排序
1. 打拋	72	10	20	2
2. 刀具	83	5	100	1
3. 夾壓	64	3	100	3

◇ 效果排序是依據完成率%來進行排序。

如圖 15 所示為上圖為打拋與夾壓後的結果易有破損，下圖刀具推送切開的結果較完整。



圖 15. 果實開開內殼後的情形

### 三、實驗三：單一果實開離[內殼]的研究

由於內殼較外殼脆，我們以 1.打拋、2.捶壓、3.折返震動，三種方式作為開離內殼的研究方法，每一種方式均準備 100 粒已經開離外殼的果實，進行玻璃內殼的實驗，並以輔助篩具

來完成實驗，將三項實驗的結果紀錄如表 7 所示。

表 7 開離內殼的實驗結果紀錄表

	完成率%	損壞率%	結束時間 S	效果排序
1. 打拋	89	8	15	1
2. 捶壓	85	6	60	2
3. 折返震動	77	3	100	3

◇ 效果排序是依據完成率%來進行排序。

#### 四、實驗四：果實與外殼分類處理的研究

我們以 1.高壓氣流、2.折返震動、3.離心旋轉，三種方式作為果實與外殼分類處理的研究方法，每一種方式均準備 100 粒開離外殼與開離內殼的果實，均含殼來進行分離的分殼實驗，並以輔助篩具來完成實驗，將三項實驗的結果紀錄如表 8、表 9 所示。

表 8 開離外殼的果實與外殼分離實驗結果紀錄表

	完成率%	損壞率%	結束時間 S	效果排序
1. 高壓氣流	86	1	10	2
2. 折返震動	95	0	30	1
3. 離心旋轉	61	1	30	3

表 9 開離內殼的果實與內殼分離實驗結果紀錄表

	完成率%	損壞率%	結束時間 S	效果排序
1. 高壓氣流	92	1	10	2
2. 折返震動	95	0	30	1
3. 離心旋轉	72	0	30	3

◇ 以上的效果排序均是依據完成率%來進行排序。

#### 五、實驗五：整體機構在機電整合與資訊處理的研究

經過上述的各項實驗研究後，我們希望將機構與電學能夠整合，並加感測器將感測資訊回傳給控制器，如此以達到機電整合與資訊運用的研究。由於機構與控制點位不多，我們選

擇了一台微型的程式控制器，如圖 16 所示，左圖為主機實體圖、右圖為配線圖。

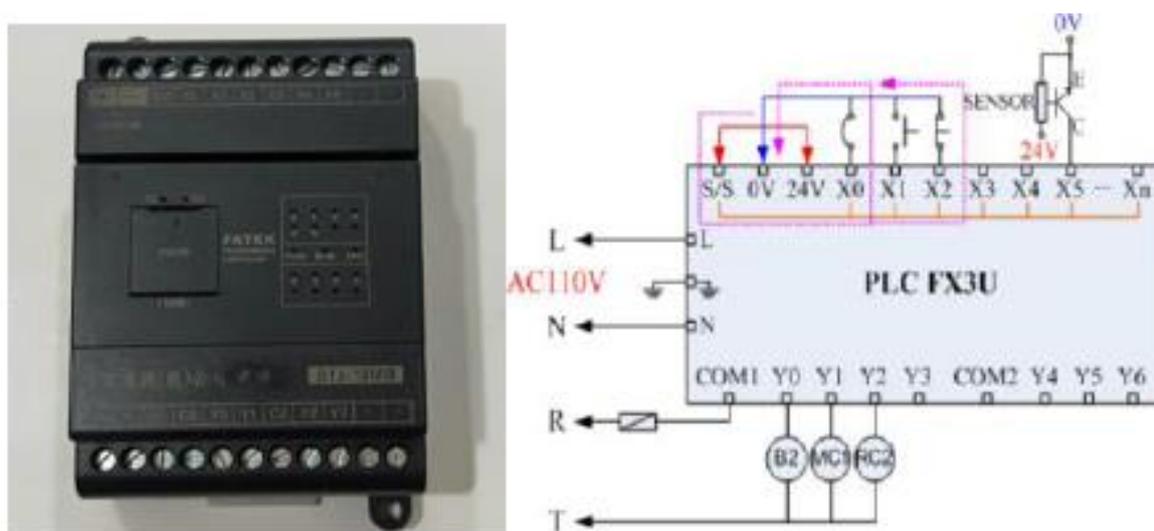


圖 16. 微型程式控制器

表 10. 程式設計輸出/輸入端點對應表

輸入端 編號	X0	X1	X2	X3	X4	X5
輸入端 功用	系統 啟動按鈕	分離果球 啟動按鈕	分離外殼 啟動按鈕	分離內殼 啟動按鈕	果殼 分離按鈕	系統 停止按鈕
輸出端 編號	Y0	Y1	Y2	Y3		
輸出端 功用	馬達 1 分離果球	馬達 2 分離外殼	馬達 3 分離內殼	馬達 4 果殼分離		

程式動作：按下 **X0** 系統啟動，如有任何緊急問題或是完成按下 **X5** 系統停止，將果球倒入機器後依序按下 **X1** 按鈕進行分離果球、按下 **X2** 按鈕進行分離外殼、按下 **X3** 按鈕進行分離內殼、按下 **X4** 按鈕進行分離果殼。

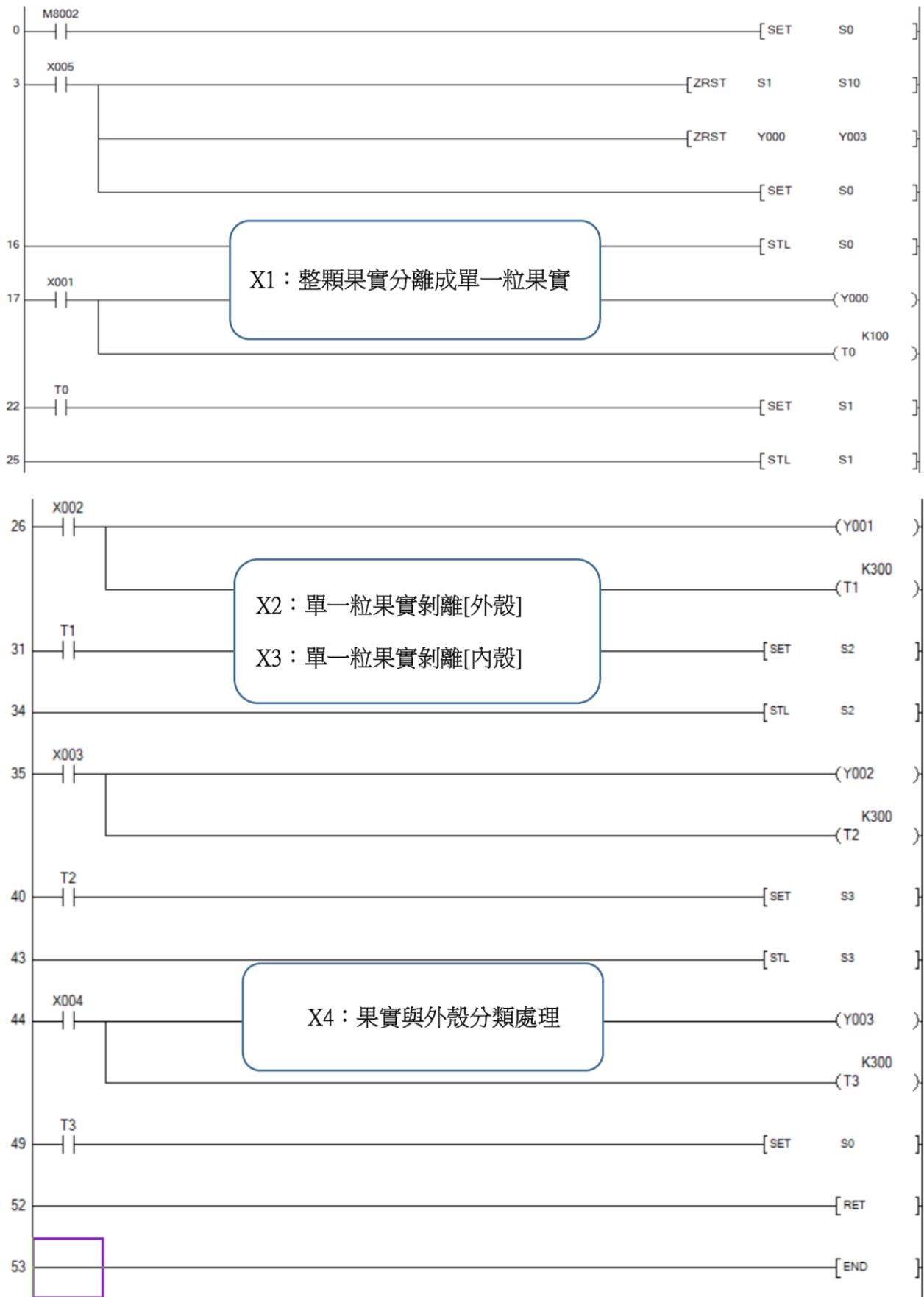


圖 17. 自動加工程序邏輯的語言程式圖

## 六、實驗六：開殼機構最佳化整合的研究

本實驗的目標是要將前面實驗一到實驗五的各部分機構合併成一台機器。首先我們量測尺寸、購買 C 形鋁條，使用工具加工並以 L 型固定器鎖固，如圖 18 為 C 形鋁條的加工，圖 19 為 C 形鋁條的鎖固，圖 20 為機構完成圖，由上而下分別為實驗一到實驗四的階段機構。實驗六的機構整合只是一開始而已，其實在實驗的過程中，我們也一直在思考與討論，馬達的轉速是否為變因、打擊機構的形狀是否為變因、敲擊部分的質地軟硬是否為變因……等等。因此將實驗結構整合化的另一個用意，就是要將上述的各個變數列為實驗的操作變因，所以會列為本研究的未來與展望的方向。



圖 18. C 形鋁條的加工



圖 19. C 形鋁條的鎖固



圖 20. 整合機構完成圖

## 實驗七：平行間距可調滾筒式開殼機構(新增設計)

在本實驗中新增設計了一組馬達帶動齒輪組的開殼機構，如圖 21 所示。齒輪組結合運冠狀齒輪雙向傳動的特性，從馬達傳遞過來的動力藉由冠狀齒輪傳遞出去，而且利用圓周運動及平行四邊形的幾何空間原理，讓開殼滾筒可以在運轉中改變間距，如此一來便可以朝向一種機構通用於三種開殼的動作。以此新設計的機構上，我們選用了 3 種不同尺寸的滾筒包覆

套，如圖 22 所示，提升滾筒的黏著摩擦力，調整三種包覆套的外觀，針對單一粒的外殼與內殼的開殼效果，可以藉由配合果實外觀幾何，而提升開殼的成功率與速度。將實驗結果與先前實驗最佳結果做比較如表 11~13 紀錄，效果排序是依據完成率%來進行排序。

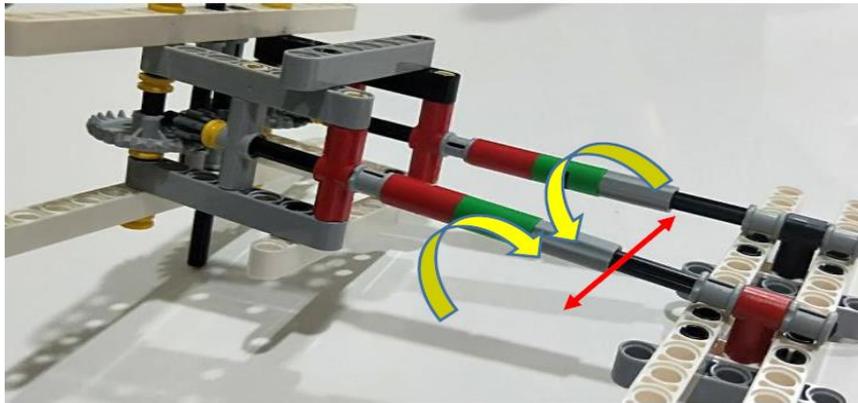


圖 21 平行間距可調滾筒式開殼機構

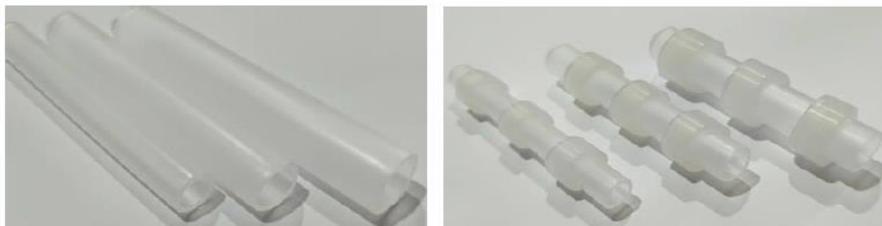


圖 22 三種尺寸的滾筒包覆套與外觀變更

表 11 整顆果實分離成單一粒果實的紀錄表

	完成率%	損壞率%	結束時間 S	效果排序
1. 打拋	92	5	10	2
2. 滾筒捲夾	95	0	20	1

表 12 單粒果實剝外殼實驗結果的紀錄表

	完成率%	損壞率%	結束時間 S	效果排序
1. 刀具	83	5	100	2
2. 滾筒捲夾	85	0	30	1

表 13 剝離內殼的實驗結果紀錄表

	完成率%	損壞率%	結束時間 S	效果排序
1. 打拋	89	8	15	2
2. 滾筒捲壓	91	0	30	1

## 陸、討論研究

回顧整個實驗流程，我們將印加果從一整顆的果實加工處理至單一粒的果實，再處理外殼成只剩內殼，再處理內殼成只剩白色果仁。每一個實驗的過程均採取三種的處理加工方法，來進行結果的比較，以下就各個實驗階段來進行討論。

### 一、實驗一：整顆果實分離成單一粒果實的研究

實驗一當中以打拋的方式效果最好，時間也最短，唯獨損壞率上是最高的，可能是因為打拋的速度與刀具的銳利度有關。捶壓的方式若能再研究改善，也許能有不錯的應用成效。折返震動的功率或是力道可能太低，所以完成率不高，但是損壞率也跟著是最低的。如圖 21 是實驗中局部失敗的果實。但是 10%的損壞率仍有降低的空間，未來可以針對打拋刀具的銳利度來進行細部的調整實驗。



圖 24. 實驗失敗圖

### 二、實驗二：單一粒果實剝離[外殼]的研究

實驗二當中以刀片的方式效果最好，損壞率也是不高的，但是時間是最長的，可能是因為配合進料軌道與送料機構的速度配合有關。打拋的方式若能再研究改善損壞率，也許能有不錯的應用成效，但是外殼的特性是具有高強度的韌性與堅硬度，通常力道過猛而打開外殼的同時，已經將內殼同時打破，甚至傷害到白色果仁了。夾壓的損壞率最低的，但是完成率與花費時間均不理想。

### 三、實驗三：單一粒果實剝離[內殼]的研究

實驗三當中以打拋的方式效果最好，損壞率稍微略高的，但是時間是最短的，應該要多研究道具與馬達功率的配合，降低損壞率後就會很完美了。捶壓方式的效果也不差，若能再研究改善損壞率與完成率，也許能有不錯的應用成效。折返震動的損壞率最低的，但是完成率與花費時間均是最差的。打拋的效果最好，可能是跟內殼的特性有關，因為較為脆薄，所以打拋力道剛好時便能打開，同樣的，力道過大就會破壞到白色果仁了。

#### 四、實驗四：果實與外殼分類處理的研究

實驗四有兩個分項實驗，其中以折返震動方式的效果最好，損壞率也很低的，但是時間可以再調整所短就更加完善了。高壓氣流方式的效果也不差，尤其花費時間是最少的。離心旋轉方式在完成率與花費時間均是最差的。

#### 五、實驗五：整體機構在機電整合與資訊處理的研究

機電整合與資訊處理在初步整體架構是有了，但是感覺與硬體機構的配合還不是完全到位，應再多多配合感測器的定位與資訊回饋來提高效率。尤其在結構的鎖固上一開始使用焊接的方式，但是如圖 25 所示失敗了，所以改用 L 形鐵來鎖固，但是這方法非常花費時間與技巧。

六、實驗六為最佳化整合，許多地方仍需加強調整。



圖 25. C 形鋁條以焊接來鎖固的失敗圖

六、實驗七：滾筒捲壓實驗在損壞率的方面有很明顯的改善效果，果實不易損壞，原因可能是因為捲壓方式的關係，較不具有強大的破壞力。滾筒捲壓的速度僅次於打拋，但對於農產品加工而言，速度不是首要因素，超低損壞率才是重點，這點滾筒捲壓式可以充分展現出來。

## 柒、結論及未來展望

針對印加果開殼研究與設計的討論研究，我們對於各項實驗的結果提出了以下結論：

### 一、實驗一：整顆果實分離成單一果實的研究

實驗一當中以打拋的方式效果最好，時間也最短，唯獨損壞率上是最高的，需再改善馬達功率與刀具的配合。

### 二、實驗二：單一果實剝離[外殼]的研究

實驗二當中以刀具的方式效果最好，損壞率也不高的，但是時間是最長的，應當著手研究配合進料軌道與送料機構的速度配合。

### 三、實驗三：單一果實剝離[內殼]的研究

實驗三當中以打拋的方式效果最好，損壞率稍微略高的，但是時間是最短的，加強研究道具與馬達功率的配合來降低損壞率。

### 四、實驗四：果實與外殼分類處理的研究

實驗似有兩個分項實驗，其中以折返震動方式的效果最好，損壞率也很低的，但是時間是一大問題，高壓氣方式的效果也不差，尤其花費時間是最少的，如果兩者可以同時並進使用，也許效果就會更加強大了！

### 五、實驗五：整體機構在機電整合與資訊處理的研究

機構的配合上多多改善與加強，多多運用感測器的監測協助，可以大幅提升效果。例如針對打拋的階段實驗，能否在馬達加裝電流的感測器，並分別在馬達的空轉與負載時偵測電流值，運用這樣的資訊偵測回傳至可程式控制器，撰寫判別程式來處理訊號資訊，也許可以提早偵測到全部果實比設定時間提早完成的資訊，因為資訊處理而讓機電整合的機器達到智慧節能與提升效率。

### 六、未來展望實驗六：開殼機構最佳化整合的研究

機構整合化完成後，接著規劃未來要進行新增的各項操作變因實驗。包括馬達的轉速、打擊機構的形狀、敲擊部分的質地軟硬等等。我們也嘗試使用變頻式變壓器震動送料機如圖 26 所示，印加果可以自動排列依序螺旋進料，圖 23 的 100 顆果實數量大約能在 29 秒內完成送料。期待將來將各實驗階段的最好結果整合在一起，成為最佳化的整合機構之研究。



圖 26. 變頻式變壓器震動送料機

#### 七、實驗七：新增設計平行間距可調滾筒式開殼機構

間距可調滾筒捲壓機構最大特點是大幅降低果實的損壞率，這樣對於農民來說是莫大的好處，辛苦栽種的果實不會因為自動化加速剝殼而增加破壞。由於工業上鮮少使用冠狀齒輪，多半使用如圖 27 的傘齒輪，後續將持續研究機構優化，例如齒輪與結構金屬化，提高機構設計的實用性與多適應性。



圖 27. 傘齒輪

## 捌、參考資料及其他

[1] 印加果介紹，百度百科。

<https://baike.baidu.com/item/%E5%8D%B0%E5%8A%A0%E6%9E%9C>。

[2] 七個超級食物，藤綠生機網站。

[https://blog.greenvines.com.tw/gv-clean-beauty-perspectives/food\\_trend\\_in\\_2017/](https://blog.greenvines.com.tw/gv-clean-beauty-perspectives/food_trend_in_2017/)。

[3] 印加果營養成分知識，星星園生物科技。

<http://www.good899.com/5>

[4] 好油系列，澤承油豐公司。

<https://www.oilfull.com.tw/oilinfo/>。

[5] PLC 可程式邏輯控制語言。

[http://www.chvs.tyc.edu.tw/ischool/public/resource\\_view/open.php?file=69a19d1d873689ce78763c24e42e5529.pdf](http://www.chvs.tyc.edu.tw/ischool/public/resource_view/open.php?file=69a19d1d873689ce78763c24e42e5529.pdf)。

[https://blog.xuite.net/jemery\\_rin/twblog/126530974-%E4%B8%89%E8%8F%B1%E5%B0%8F%E5%9E%8BPLC%E6%8C%87%E4%BB%A4%E6%B1%82%E5%8A%A9](https://blog.xuite.net/jemery_rin/twblog/126530974-%E4%B8%89%E8%8F%B1%E5%B0%8F%E5%9E%8BPLC%E6%8C%87%E4%BB%A4%E6%B1%82%E5%8A%A9)。

<https://www.bilibili.com/read/cv524237/>。

[6] 張宥凱、張榮洲、邱創標（2018）。可程式控制器 PLC 應用，新北市：新文京。

[7] 永宏可程式控制器規格 [http://www.phelipu.com.tw/download/B1z-10MR\\_Features.pdf](http://www.phelipu.com.tw/download/B1z-10MR_Features.pdf)

[8] FATEK 永宏 PLC 產品資訊。

<http://www.phelipu.com.tw/ezportal/homeweb/catalog.php?infoscatid=36>

## 【評語】 032802

作者們嘗試設計一個印加果的開殼機構，實驗與構思各式機構，觀察效果。因此對於機構的設計、實作與整合均有相當嘗試，使主題與實驗均具創新性。研究主題善用機械結構，符合現代世界發展潮流，然學理部分未能深入探索。主軸放在開啟堅硬果核，研究結果突出，學生結合所學之專業，並整合自動控制、機電等相關技術解決問題，表現優異。

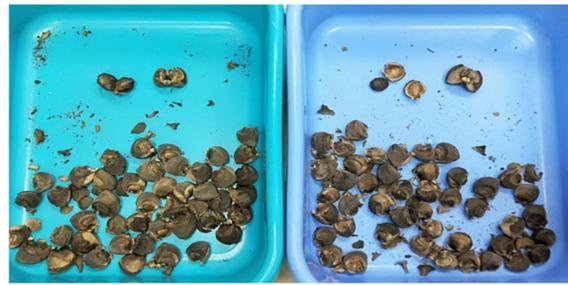


**一、實驗一：整顆果實分離成單一果實的研究**

我們以1.打拋、2.捶壓、3.折返震動，三種方式作為整顆分離成單粒的研究方法，每一種方式均準備100粒的果實，大約20顆果球，分別包含了完整的4粒、5粒、6粒果實的果球來進行分離的實驗，並以輔助篩具來完成實驗，將三項實驗的結果紀錄如表所示。

	完成率 %	損壞率 %	結束時間 S	效果排序
1. 打拋	92	5	10	1
2. 捶壓	85	3	30	2
3. 折返震動	55	0	60	3

◇效果排序是依據完成率 %來進行排序。



**二、實驗二：單一果實剝離[外殼]的研究**

我們以1.打拋、2.刀具、3.夾壓，三種方式作為單粒果實剝離外殼的研究方法，每一種方式均準備100粒的果實，均包含果實外皮，果實大小未特地經過篩選，進行剝離外殼的實驗，2.刀具與3.夾壓方式並以圖13的電動馬達推進機構輔助，2.刀具方式的刀片如下左圖所示具有人形的刀片設計，再搭配輔助篩具來完成實驗，將三項實驗的結果紀錄如表所示。果實剝開內殼後的情形如下中圖、下右圖。

	完成率%	損壞率 %	結束時間 S	效果排序
1. 打拋	72	10	20	2
2. 刀具	83	5	100	1
3. 夾壓	64	3	100	3

◇效果排序是依據完成率%來進行排序。



**三、實驗三：單一果實剝離[內殼]的研究**

由於內殼較外殼脆，我們以1.打拋、2.捶壓、3.折返震動，三種方式作為剝離內殼的研究方法，每一種方式均準備100粒已經剝離外殼的果實，進行剝離內殼的實驗，並以輔助篩具來完成實驗，將三項實驗的結果紀錄如下表所示。

	完成率%	損壞率 %	結束時間 S	效果排序
1. 打拋	96	8	15	1
2. 捶壓	85	6	60	2
3. 折返震動	77	3	100	3

◇效果排序是依據完成率%來進行排序。



**四、實驗四：果實與外殼分類處理的研究**

我們以1.高壓氣流、2.折返震動、3.離心旋轉，三種方式作為果實與外殼分類處理的研究方法，每一種方式均準備100粒剝離外殼與剝離內殼的果實，均含殼來進行分離的分殼實驗，並以輔助篩具來完成實驗，將三項實驗的結果紀錄如左表、右表所示。

	完成率%	損壞率%	結束時間S	效果排序
1. 高壓氣流	86	1	10	2
2. 折返震動	100	0	30	1
3. 離心旋轉	61	1	30	3

◇效果排序是依據完成率%來進行排序。

	完成率%	損壞率%	結束時間S	效果排序
1. 高壓氣流	92	1	10	2
2. 折返震動	100	0	30	1
3. 離心旋轉	72	0	30	3

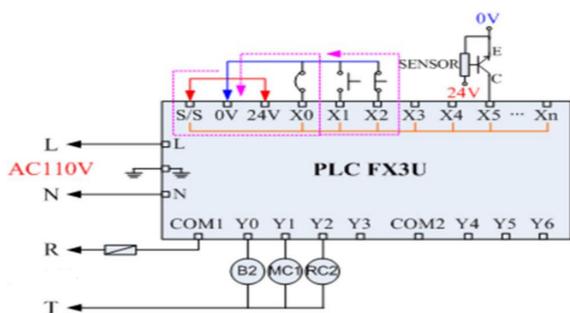
◇效果排序是依據完成率%來進行排序。

**五、實驗五：整體機構在機電整合與資訊處理的研究**

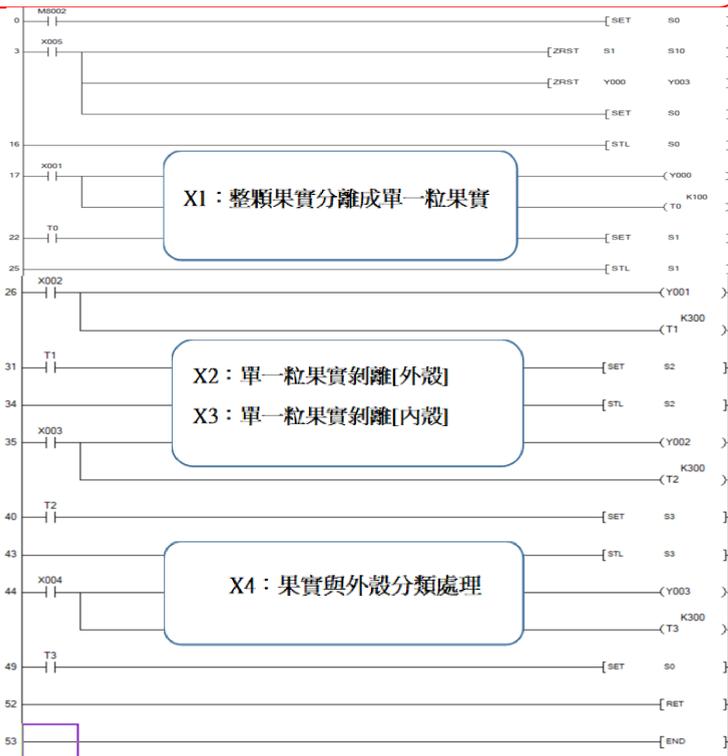
經過上述的各項實驗研究後，我們希望將機構與電學能夠整合，並加感測器將感測資訊回傳給控制器，如此以達到機電整合與資訊運用的研究。由於機構與控制點位需求不多，我們選擇了一台微型的程式控制器，如下圖所示，左圖為主機實體圖、右圖為配線圖。

將輸入接點定義後，可以自行接馬達與感測器，對於剝離外殼機構的邏輯與順序控制，便可以依照設計者的意思來進行動作編程，達成自動化的加工流程，對於即時的感測資訊也能立即的回饋與使用，達成機電整合與資訊傳遞的目標。如右側海報右上圖為自動加工程序邏輯的語言程式圖。

程式動作說明：程式一開始為初始狀態進入步進點的第一步，等待按下啟動鈕，啟動後隨時可以按下緊急停止來立即停止機器動作，以防止發生危害。  
 程式動作：按下X0系統啟動，如有任何緊急問題或是完成按下X5系統停止，將果球倒入機器後，依序按下X1按鈕進行分離果球、按下X2按鈕進行分離外殼、按下X3按鈕進行分離內殼、按下X4按鈕進行分離果殼。

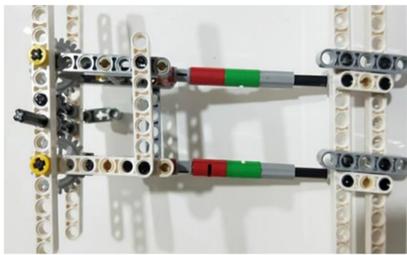


輸入端編號	X0	X1	X2	X3	X4	X5
輸入端功用	系統啟動按鈕	分離果球啟動按鈕	分離外殼啟動按鈕	分離內殼啟動按鈕	果殼分離按鈕	系統停止按鈕
輸出端編號	Y0	Y1	Y2	Y3		
輸出端功用	馬達1分離果球	馬達2分離外殼	馬達3分離內殼	馬達4果殼分離		



## 六、實驗六：開殼機構最佳化整合的研究

本實驗的目標是要將前面實驗一到實驗五的各部分機構合併成一台機器。首先我們量測尺寸、購買C形鋁條，使用工具加工並以L型固定器鎖固，如下左圖為C形鋁條的加工，下中圖為C形鋁條的鎖固，右圖為機構完成圖，由上而下分別為實驗一到實驗四的階段機構。實驗六的機構整合只是一開始而已，其實在實驗的過程中，我們也一直在思考與討論，馬達的轉速是否為變因、打擊機構的形狀是否為變因、敲擊部分的質地軟硬是否為變因……等等。因此將實驗結構整合化的另一個用意，就是要將上述的各個變數列為實驗的操作變因，所以會列為本研究的未來與展望的方向。



## 七、實驗七：新增設計平行間距可調滾筒式開殼機構

本實驗中如圖所示新增設計一組馬達帶動齒輪組的開殼機構。齒輪組結合運冠狀齒輪雙向傳動的特性，利用圓周運動及平行四邊形的幾何空間原理，讓開殼滾筒可以在運轉中改變間距。如圖選用了3種不同尺寸的滾筒包覆套，提升滾筒的黏著摩擦力，調整三種包覆套的外觀，針對單一粒的外殼與內殼的開殼效果，提升開殼的成功率與速度。實驗結果與先前實驗最佳結果做比較如表11~13紀錄。

表11	完成率%	損壞率%	結束時間S	效果排序
1.打拋	92	5	10	2
2.滾筒捲夾	95	0	20	1

表12	完成率%	損壞率%	結束時間S	效果排序
1.刀具	83	5	100	2
2.滾筒捲夾	85	0	30	1

表13	完成率%	損壞率%	結束時間S	效果排序
1.打拋	89	8	15	2
1.滾筒捲壓	91	0	30	1



## 陸、討論研究

回顧整個實驗流程，將印加果從整顆的果實加工處理至單一粒的果實，再處理外殼成只剩內殼、處理內殼成只剩白色果仁。每一個實驗的過程均採取三種的處理加工方法來進行結果的比較，以下就各個實驗階段來進行討論。

### 一、實驗一：整顆果實分離成單一粒果實的研究

實驗一當中以打拋的方式效果最好，時間也最短，唯獨損壞率上是最高的，可能是因為打拋的速度與刀具的銳利度有關。捶壓的方式若能再研究改善，也許能有不錯的應用成效。折返震動的功率或是力道可能太低，所以完成率不高，但是損壞率也跟著是最低的。如右圖是實驗中局部失敗的果實，但是5%的損壞率仍有降低的空間。



### 二、實驗二：單一果實剝離[外殼]的研究

實驗二當中以刀片的方式效果最好，損壞率也是不高的，但是時間是最長的，可能是因為配合手動進料軌道與送料機構的速度配合有關。打拋的方式若能再研究改善損壞率，也許能有不錯的應用成效，但是外殼的特性是具有高強度的韌性與堅硬度，通常力道過猛而打開外殼的同時，已經將內殼同時打破，甚至傷害到白色果仁了。夾壓的損壞率最低的，但是完成率與花費時間均不理想。

### 三、實驗三：單一果實剝離[內殼]的研究

實驗三當中以打拋的方式效果最好，損壞率稍微略高的，但是時間是最短的，應該要多研究道具與馬達功率的配合，降低損壞率後就會很完美。捶壓方式的效果也不差，若能再研究改善損壞率與完成率，也許能有不錯的應用成效。折返震動的損壞率最低的，但是完成率與花費時間均是最差的。打拋的效果最好，可能是跟內殼的特性有關，較為脆薄所以打拋力道剛好便能打開，力道過大就會破壞到果仁。

### 四、實驗四：果實與外殼分類處理的研究

實驗四有兩個分項實驗，其中以折返震動方式的效果最好，損壞率也很低的，但是時間可以再調整縮短就更加完善了。高壓氣流方式的效果也不差，尤其花費時間是最少的。離心旋轉方式在完成率與花費時間均是最差的。



### 五、實驗五：整體機構在機電整合與資訊處理的研究

在結構的鎖固上一開始使用焊接的方式，但是因為金屬特性不相容而失敗，所以改用L形鐵來片鎖固完成機構整合，搭配程式控制器後讓機電整合與資訊處理可以提高效率。只是各項加工階段在機構上能否順利結合是一大考驗。

### 六、實驗六：開殼機構最佳化整合的研究，許多地方仍需加強調整。

七、實驗七：新增設計平行間距可調滾筒式開殼機構，在損壞率的方面有很明顯的改善效果，果實不易損壞，原因可能是因為捲壓方式的關係，較不具有強大的破壞力。發現滾筒捲壓的速度僅次於打拋。



## 柒、結論及未來展望

針對印加果開殼研究與設計的討論研究，我們對於各項實驗的結果提出了以下結論：

- 實驗一：整顆果實分離成單一粒果實的研究：**實驗一當中以打拋的方式效果最好，時間也最短，唯獨損壞率上是最高的，在改善馬達功率與刀具配合後，應該可以確定作為使用方式。
- 實驗二：單一果實剝離[外殼]的研究：**實驗二當中以刀片的方式效果最好，損壞率也不高的，但是時間是最長的，應當著手研究配合進料軌道與送料機構的速度配合，如此一來也能確認作為使用方式。
- 實驗三：單一果實剝離[內殼]的研究：**實驗三當中以打拋的方式效果最好，損壞率稍微略高的，但是時間是最短的，研究道具與馬達功率的配合來降低損壞率。同時也可以考慮刀具方式的實驗，也許會有不錯的效果，甚至如果能夠以道具進行一次剝離外殼與內殼的話不但時間可以大幅縮短，流程也可以大大的簡化。
- 實驗四：果實與外殼分類處理的研究：**實驗似有兩個分項實驗，其中以折返震動方式的效果最好，損壞率也很低的，但是時間是一大問題，高壓氣方式的效果也不差，尤其花費時間是最少的，宜整合多種方式以達最佳效果！
- 實驗五：整體機構在機電整合與資訊處理的研究：**機構的配合上宜多運用感測器的監測協助，可以大幅提升效果。例如針對打拋的階段實驗，在馬達加裝電流的感測器，偵測空轉與負載時的電流值，資訊偵測回傳至可程式控制器，撰寫判別程式來處理訊號資訊，也許可以提早偵測到全部果實比設定時間提早完成的資訊，因為資訊處理而讓機電整合的機器達到智慧節能與提升效率。
- 未來展望實驗六：開殼機構最佳化整合的研究。**機構整合化完成後，接著規劃未來要進行新增的各項操作變因實驗。包括馬達的轉速、打擊機構的形狀、敲擊部分的質地軟硬等等。我們也嘗試使用變頻式變壓器震動送料機，印加果自動排列依序螺旋進料，100顆果實數量大約能在29秒內完成送料。期待將各實驗階段的最好結果整合在一起，成為最佳化的整合機構之研究。
- 實驗七：新增設計平行間距可調滾筒式開殼機構。**間距可調滾筒捲壓機構最大特點是大幅降低果實的損壞率，這樣對於農民來說是莫大的好處，辛苦栽種的果實不會因為自動化加速剝殼而增加破壞。齒輪及結構金屬化處理，提高機構設計的實用性與多適應性。