

113 年度氣候變遷創意競賽計畫書

決賽作品說明書

編號：02

隊伍名稱	綠能 CARRY YOU
作品中文名稱	啡比屏嚐
作品英文名稱	UNUSUAL

參賽學校：國立屏東科技大學

指導老師：陳欣郁 助理教授

團隊成員：陳品蓉、葉宇韓

目錄

一、作品摘要.....	2
二、動機與設計構想.....	3
(一)動機與目的.....	3
(二)創意構想.....	4
三、作品說明.....	6
(一)簡介.....	6
(二)太陽能裝置設計與架設.....	8
(三)運輸碳排計算.....	10
(四)食用鹼處理咖啡豆，縮短烘豆時間.....	11
(五)訪視咖啡烘焙業者.....	16
(六)「啡比屏嚐」-綠能濾掛咖啡成品.....	16
四、創作特點.....	18
(一)減少運輸碳排.....	18
(二)縮短咖啡豆製程碳排.....	18
(三)綠能應用.....	18
五、作品應用場域與發展潛能.....	19
(一)應用範圍.....	19
(二)發展潛能.....	19
六、工作分配.....	21
七、參考文獻.....	22

一、作品摘要

咖啡製程產生之碳排量相當可觀，本團隊以三大主軸減少咖啡製程之碳排量(1)在地咖啡取代進口，降低運輸碳排；(2)使用太陽能取代電能；(3)調整加工條件，加速咖啡烘豆時間，執行成果產出綠能濾掛式咖啡產品「啡比屏嚐」。

Abstract

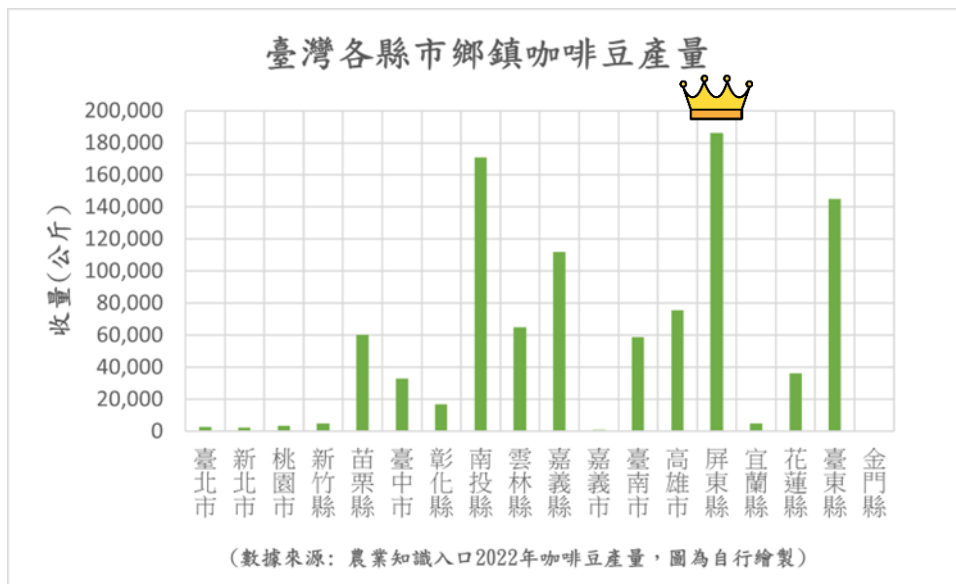
The carbon emissions generated during coffee production are significant. Our team employed three key strategies to minimize these emissions: (1) substituting local coffee for imports to reduce transportation-related carbon emissions; (2) transitioning to solar energy in place of conventional electricity; and (3) optimizing processing conditions, including accelerating roasting times. We produced the green filter-hung coffee product "UNUSUAL".

二、動機與設計構想

(一)動機與目的

咖啡被譽為黑金產業，人手一杯的咖啡，隨處可見的咖啡廳可說是稀鬆平常的景象，全球喝咖啡的人口約有 10 億人，每天咖啡消費量為 25 億杯〔1〕，數量相當可觀。而二氧化碳是咖啡豆烘焙過程主要產生的氣體，每公克咖啡豆烘焙過程可產生高達約 10 毫升的二氧化碳，以台灣人平均每年咖啡消費量 1.8 公斤計算〔2〕，推算咖啡豆烘焙過程產生之二氧化碳含量，平均每人每年約為 18 公升。而由統計中得知全世界人口每人平均每天喝 3.1 杯咖啡〔3〕，然而奇妙的是主要消費的前幾名國家，本身環境都不適宜栽種咖啡，反觀台灣明明適合生產咖啡豆，卻有 97% 咖啡豆來源是進口輸入。

屏東位於北迴歸線以南，屬熱帶氣候，境內又有高山分佈，自日據時代起便為咖啡的重要產地，也是世界少有的高緯度海島豆，但隨著日軍於二次大戰後撤離台灣及巴西咖啡豆的豐收、國際咖啡價格大跌與美援結束等因素，政府對待咖啡產業也以「不鼓勵、不限制、不輔導」的策略管理，台灣咖啡豆自此進入近三十年封閉期，咖啡樹也逐漸被遺忘在山野之中。於 1999 年因 921 大地震古坑種植大量咖啡，咖啡栽植伴隨著觀光休閒產業復甦，也逐漸喚醒台灣各地咖啡產業，其中屏東由於雨量、溫度等地形因素更適合咖啡樹生長，在三地門、霧台、泰武等地皆有原鄉原住民栽種，產量更是全台之冠，如圖一所示。



圖一、臺灣各縣市鄉鎮咖啡豆產量

(數據來源: 農業知識入口 2022 年咖啡豆產量)

然而就算台灣在地咖啡樹如何改良精進，仍只占台灣市售咖啡豆的一小部分，2021 年咖啡豆進口量達 4 萬 866 公噸，台灣自產咖啡豆產量大約落在

700~1,100 公噸。而在台灣，進口咖啡豆皆是靠遠航或空運從世界各地運抵國門(圖二)，這些運輸過程大幅地增加咖啡產品的碳足跡〔4〕。

因此，身為屏東在地又是食品科學系學生的我們，想要利用屏東在地原鄉產的咖啡豆減少運輸上的碳足跡後，利用太陽能發電取代傳統烘豆電力，再以我們學得的食品化學理論和食品加工專業知識，加速烘豆時間，以減少烘豆所帶來的碳排放量。也希望藉由較低碳足跡之綠能咖啡產品，呼籲消費者多採購本土咖啡豆，進而刺激消費量，提升本土咖啡之產業加值性，能夠激勵更多農民種植咖啡，充分利用屏東地區得天獨厚環境優勢。



圖二、台灣主要咖啡原料進口國

(二) 創意構想

1. 使用屏東在地咖啡豆，減少運輸造成之碳排量

屏東是全台灣咖啡種植面積最大的縣市也是產量第一的縣市，屏東咖啡豆主要種植於大武山系範圍內，主要產區為泰武鄉、三地門鄉與瑪家鄉，這些中高海拔山區氣候、土壤、水質相當適合種植阿拉比卡豆，擁有這樣得天獨厚的種植環境，台灣也能生產的高品質咖啡豆，利用在地咖啡豆減少進口咖啡豆運輸過程所帶來的碳足跡。

2. 減少烘豆過程產生之二氧化碳

咖啡豆生產過程如圖三所示，生豆(Coffee Cherry)經過採摘及前處理後，運送至加工廠進行烘焙等加工流程，再進行儲藏包裝，販售給消費者。全世界喝咖啡的人口眾多，每天就能喝掉約 25 億杯的咖啡，而一杯約 15 克咖啡豆的咖啡，約會產生 0.4 公斤的二氧化碳當量，相當汽車行駛 2 公里的碳排量，其中生產咖啡豆的加工過程是排放溫室氣體最多的階段，佔咖啡總排放二氧化碳量的 40%~80%〔5〕。二氧化碳是咖啡烘焙過程主要

產生的氣體，咖啡烘豆會產生 87% 的二氧化碳，是空氣中二氧化碳含量的 2 千多倍 [6]，所以烘豆過程所產生的二氧化碳是相當可觀的。

咖啡豆烘焙之目的，主要是藉著梅納反應(圖四)，使咖啡豆產生香氣及黑色素，而鹼性的環境下能夠加速梅納反應之進行；因此，我們構思若能在咖啡豆烘焙之前，先將生咖啡豆以鹼處理，應該能夠加速烘豆過程梅納反應之進行，進而縮短咖啡烘焙時間，就能減少二氧化碳的產生，達到降低咖啡豆烘焙製程碳排量之目的。



圖三、一般咖啡豆製作過程圖

咖啡梅納反應

咖啡梅納反應機制

(一)梅納反應初期 — 香氣物質前驅物形成
醯胺縮合作用，Amadori分子重排

(二)梅納反應中期 — 香氣物質生成
Amadori分子重排產物果糖胺脫水成羰基糠醛
果糖胺脫去氨基成還原酮，胺基酸與二羰基化合物的作用

(三)梅納反應末期 — 色澤形成階段
醇醛縮合生成黑色素的聚合反應

鹼處理加速梅納反應

(1) 糖類的羰基與蛋白質或胺基酸的胺基縮合，生成糖胺類物質

C6H12O6 + NH2R -> C6H11NO + H2O

SUGAR (GLUCOSE) + AMINO GROUP → GLYCOSYLAMINE (= WATER)

(2) 糖胺化合物在第一階段藉由Amadori反應形成醞胺物質

C6H11NO -> C6H9NO + H2O

GLYCOSYLAMINE → 1,2-ENAMINOL → AMADORI COMPOUND

(3) 這些醞胺物質在多種方式下生成一系列不同產物，這些產物，影響咖啡色澤、風味與香氣。

ALKALINE CONDITIONS

FISSION PRODUCTS

REDUCTONES

ALKALIC CONDITIONS

HYDROXYMETHYL FURFURAL

烘焙時，pH>7有利於促進反應性中間產物的形成(例如：丙酮醇、丙酮醛和丁二酮等)，也促進Strecker降解及氣味活性化合物裂解及產生，使反應能較快速進行，因此縮短了梅納反應的速率。

圖四、咖啡梅納反應

3.四季皆春夏的屏東氣候適合太陽能發電使用

大部分傳統的烘豆機都是使用天然氣或電力來加熱焙炒咖啡豆，一鍋咖啡豆就需要消耗瓦斯 1~3 元或 3~5 度的電力供應，加上近年來全球能源危機，烘豆所需的能源消耗是高額的成本壓力，也是地球能源耗竭的憂慮。在國外愛喝咖啡的義大利人-PuroSole 公司，發明利用太陽能轉電能建造咖啡豆烘焙太陽能廠，他們發明的目標是要降低大量的熱力成本，也能夠在烘豆的過程不排放任何二氧化碳，等於每一公噸的咖啡豆，將減少 400 公斤的碳排量 [7]。

全球平均日照時間為 3.3 小時，在羅馬地中海型夏乾冬雨氣候中，每年日照平均一天只有三小時，就達成綠能節電，這啟發了在屏東的我們，屏東全境位於北回歸線以南，屬熱帶季風氣候，屏東的平均日照時間則是 4~4.5 小時 [8]，非常適合發展太陽能發電作為再生能源的利用，使用可循環利用的太陽能作為咖啡豆烘焙的能源會是最乾淨且最簡便的選擇。

本計畫構思歷程如圖五所示，利用在地原鄉咖啡豆，減少因運輸造成的碳排放；利用再生綠能(太陽能)驅動咖啡烘焙機；縮短咖啡豆烘焙時間，來減少烘焙過程二氧化碳的產生，最終生產出較低碳排放量的綠能咖啡產品。



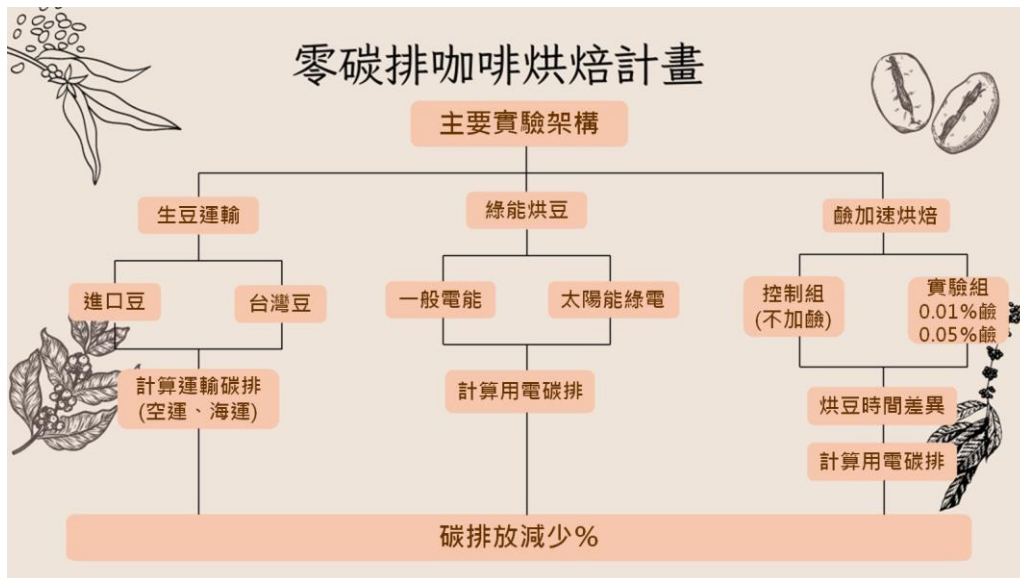
圖五、創意構想歷程圖

三、作品說明

(一)簡介

本計畫設計主軸是，(1)就近使用屏東在地咖啡豆，降低生咖啡豆運輸過程產生之碳排放量，(2)使用綠能發電之太陽能電力，大幅降低咖啡豆烘焙的碳排

放量是，讓咖啡烘焙過程達到零碳排，(3)利用鹼處理縮短咖啡烘焙時間，直接減少碳排之產生。主要研究架構圖和流程示意圖分別如圖六和圖七所示，使用屏東在地生咖啡豆，並自行架設太陽能板發電裝置，利用綠能發電供應烘豆機所需之電能，另外，再研究利用鹼處理等加工改良技術，以縮短咖啡豆烘焙過程所需時間，直接減少電能之使用；本計畫亦藉由使用屏東在地種植之咖啡豆，降低由國外進口咖啡豆的空運或海運的碳排放量。另設計一組對照組，由碳排放量公式計算綠能之使用、烘豆時間及運輸過程之縮短等方式，可減少之碳排放量。



圖六、研究架構

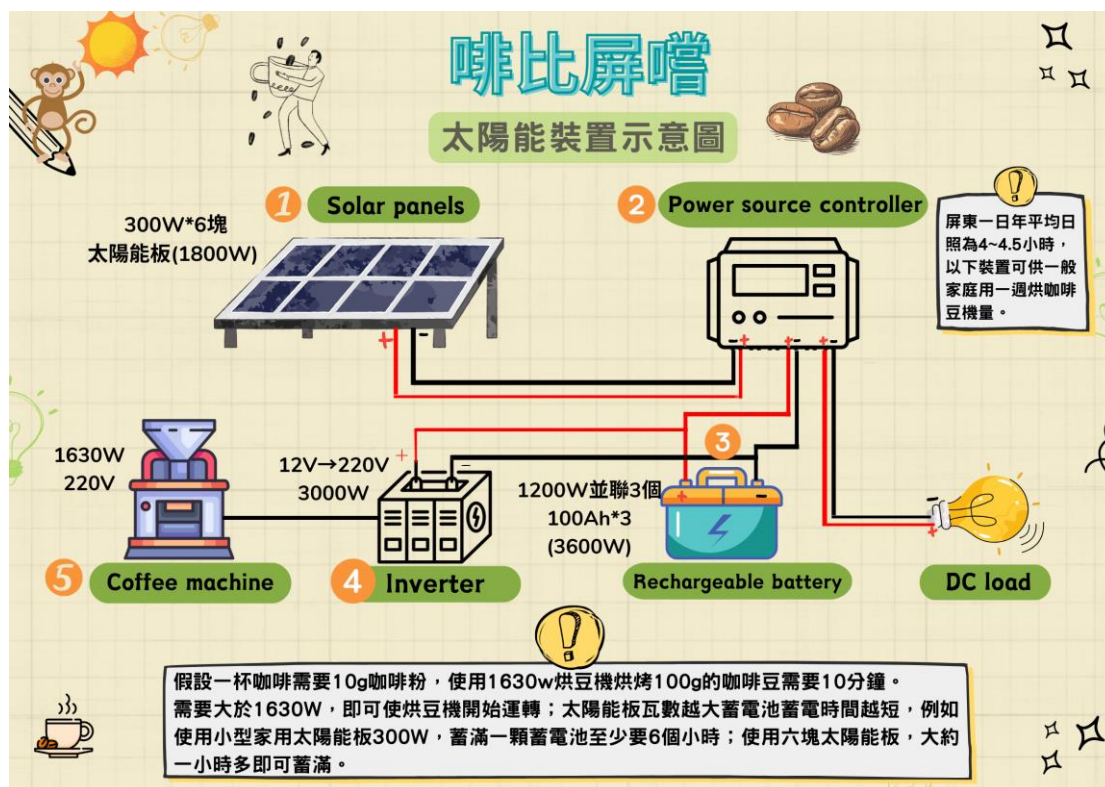


圖七、綠能烘豆(試驗組)研究流程示意圖

(二) 太陽能裝置設計與架設

1. 裝置流程

本計畫構思太陽能發電裝置之示意圖(圖八)，並完成基本太陽能發電及蓄電系統之建置(圖九)。太陽能發電系統中，重要裝置運作說明之主要功能如下列說明：



圖八、太陽能裝置示意圖

1-1. 太陽能板(Solar panels)

連接電能控制器。假設是利用矽晶太陽電池大約是吸收 300 nm~1100 nm 波長的太陽光，並將吸收的光能直接轉變成電能輸出到控制器上。

1-2. 電源控制器(Power source controller)

同時控制器具有短路、過載、和獨特的防反接保護，充滿、過放自動關斷、恢復等全功能保護措施，詳細的充電指示、蓄電池狀態、負載及各種故障指示。

1-3. 蓄電池(Rechargeable battery)

白天太陽光電系統發電，並供負載及充電，夜間由電池供電，可以自給自足。

1-4. Inverter(變壓器)

由於太陽能板產生的電是直流電，因此若需提供電力給家電用品或各式電器則需加裝直/交流轉換器，將直流電轉換成交流電，才能供電至家庭用電或工業用電。



圖九、本研究建置之太陽能發電及蓄電系統

(三)運輸碳排計算

碳排量計算公式：

碳排放量(CO₂e) = 活動強度 × 排放係數 × GWP 值

1.運輸碳排

本實驗計算運送 1 (噸) 咖啡生豆所產生的碳排，並以每週運送一次為計算標準，而一年有 52.1775 週，故活動數據：52.1775×1= 52.1775 (t/y)

1-1.進口方式 — 空運

路徑：盧安達基加利機場→高雄機場→集貨中心→屏東科技大學-食品科學系加工廠

運輸方式	交通工具	運送重量 (噸)	活動數據 (t/y)	單趟距離 (km)	碳排係數 (kg CO ₂ e/tkm)	排放量 (tCO ₂ e/Y)
空運	航空貨物運輸服務	1	52.1775	10,133	1.16	613.3089
	營業小貨車 (柴油)	1	52.1775	42.4	0.587	1.2986
總計						614.6075

1-2.進口方式 — 海運

路徑：盧安達港→高雄港→集貨中心→屏東科技大學-食品科學系加工廠

運輸方式	交通工具	運送重量 (噸)	活動數據 (t/y)	單趟距離 (km)	碳排係數 (kg CO ₂ e/tkm)	排放量 (tCO ₂ e/Y)
海運	國際海運貨物運輸服務	1	52.1775	10,127	0.0649	34.2933
	營業小貨車 (柴油)	1	52.1775	49.3	0.587	1.5100
總計						35.8033

1-3.原產地運送

路徑：屏東在地咖啡小農→屏東科技大學-食品科學系加工廠

運輸方式	交通工具	運送重量 (噸)	活動數據 (t/y)	單趟距離 (km)	碳排係數 (kg CO ₂ e/tkm)	排放量 (tCO ₂ e/Y)
產地直送	營業小貨車 (柴油)	1	52.1775	14.4	0.587	0.4410
總計						0.4410

2. 烘焙電能碳排

本實驗以功率 1630 (kw) 的桌上型電熱烘豆機進行咖啡烘焙；

烘豆機耗電量：1.63 (度/hr)；

並以每週烘豆天數為 5 天，一天烘焙重量：100 (公克) 為計算標準；

而一年有 52.1775 週，故活動數據：52.1775×5= 260.8875 (次/y)

2-1. 傳統電能—烘焙碳排

電能來源	鹼處理 條件	烘焙時間 (hr)	活動數據 (次/y)	總耗電量 (度)	碳排係數 (kg CO ₂ e/tkm)	排放量 (tCO ₂ e/Y)
電力碳足 跡(2021)	對照組	0.1667	260.8875	0.2717	0.606	0.0430
	0.01%	0.1167	260.8875	0.1902	0.606	0.0300
	0.05%	0.1083	260.8875	0.1766	0.606	0.0279

2-2. 太陽發電能—烘焙碳排

電能來源	鹼處理 條件	烘焙時間 (hr)	活動數據 (次/y)	總耗電量 (度)	碳排係數 (kg CO ₂ e/tkm)	排放量 (tCO ₂ e/Y)
太陽光電 電場發電	對照組	0.1667	260.8875	0.2717	0.00961	0.00068
	0.01%	0.1167	260.8875	0.1902	0.00961	0.00048
	0.05%	0.1083	260.8875	0.1766	0.00961	0.00044

3. 總碳排量比較

3-1. 運輸碳排 (進口 VS 台灣)

	進口咖啡豆運輸碳排量 (tCO ₂ e/Y)	台灣咖啡豆運輸碳排量 (tCO ₂ e/Y)	減少碳排量 (%)
空運	614.6075	0.4410	99.9282
海運	35.8033	0.4410	98.7683

3-2. 電能碳排 (一般電能 VS 太陽能)

一般電能碳排量 (tCO ₂ e/Y)	太陽電能碳排量 (tCO ₂ e/Y)	減少碳排量 (%)
0.0430	0.00068	98.4186

(四) 食用鹼處理咖啡豆，縮短烘豆時間

本實驗將咖啡生豆在烘豆前先泡入食用碳酸氫鈉(鹼液)作為前處理，以下為實驗流程圖(圖十)，實驗步驟會在下方詳細說明。



圖十、咖啡鹼處理流程圖

1. 實驗材料與器具

 <p>食用碳酸氫鈉(小蘇打)</p>	 <p>進口非洲盧安達咖啡豆</p>	 <p>台灣北大武山咖啡豆</p>
 <p>精密電子天平</p>	 <p>藥匙</p>	 <p>500 mL 血清瓶</p>
 <p>烘豆機</p>	 <p>鐵盤</p>	 <p>鋁箔紙</p>

2. 實驗步驟

前處理條件如表一所示，步驟則如下列所示。

Step 1：秤取各 100 g 進口非洲盧安達咖啡豆與臺灣北大武山咖啡豆。

Step 2：精秤所需重量之碳酸氫鈉入已盛裝 500 mL 蒸餾水之血清瓶中，混均。

Step 3：將 Step 1 秤取好的咖啡豆倒入 Step 2 的 500 mL 血清瓶中，浸泡 15 mins，如圖十一所示。

Step 4：濾除碳酸氫鈉液體後，日曬 2~3 日。

Step 5：以烘豆機於相同條件設定下進行烘豆。

Step 6：經一爆後再烘 1 min，即完成烘豆，紀錄烘豆時間。

表一、生咖啡豆前處理條件

浸泡	豆重(g)	加鹼量(g)	浸泡水量(mL)	浸泡時間(mins)
臺灣北大武山咖啡豆				
空白對照組	100.10	—		
碳酸氫(0.01%)	100.10	0.0310	300	15
碳酸氫(0.05%)	100.20	0.1585		
進口非洲盧安達咖啡豆				
空白對照組	100.10	—		
碳酸氫(0.01%)	100.2	0.0352	300	15
碳酸氫(0.05%)	100.50	0.1516		



圖十一、生咖啡豆浸泡碳酸氫鈉 15 分鐘

3. 咖啡豆烘焙結果數據

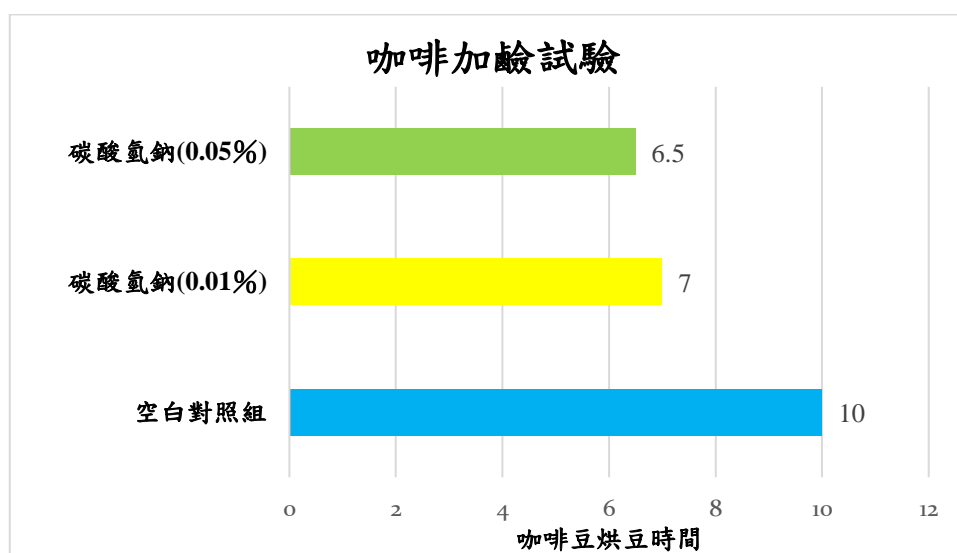
根據研究結果顯示(表二及圖十二)，以 0.01% 及 0.05% 碳酸氫鈉處理之生咖啡豆，其烘豆時間皆縮短，未添加碳酸氫鈉之空白對照組烘焙時間為 10 分鐘，0.01% 碳酸氫鈉處理組之烘焙時間為 7 分鐘，0.05% 碳酸氫鈉處理組之烘焙時間為 6.5 分鐘，由此可知，添加鹼確實可以加快烘豆時間，且有劑量效應。

圖十三為咖啡豆烘焙後之成果，可看出加入鹼後，無論是 0.01% 還是 0.05% 咖啡豆，皆可以加速咖啡豆在進入轉黃期後的梅納反應。

表二、鹼處理後咖啡豆之烘豆時間

組別	烘焙時間(mins)
空白對照組	10.0
碳酸氫鈉(0.01%)	7.0
碳酸氫鈉(0.05%)	6.5

皆是一爆後在加一分鐘後出爐



圖十二、咖啡生豆加鹼之試驗結果



臺灣北大武山咖啡豆
(空白對照組)



進口非洲盧安達咖啡豆
(空白對照組)



臺灣北大武山咖啡豆
(0.05%碳酸氫鈉)



進口非洲盧安達咖啡豆
(0.05%碳酸氫鈉)

圖十三、烘焙後之咖啡豆

4.加鹼縮短烘豆時間之碳排放量差異

4-1.未加鹼處理（空白組）VS 加鹼處理（0.01%碳酸氫鈉）

	空白組	0.01%	減少碳排量 (%)
一般電能烘焙碳排量 (tCO ₂ e/Y)	0.0430	0.0300	30.2326
太陽電能烘焙碳排量(tCO ₂ e/Y)	0.00068	0.00048	29.4118

4-2.未加鹼處理（空白組）VS 加鹼處理（0.05%碳酸氫鈉）

	空白組	0.05%	減少碳排量 (%)
一般電能烘焙碳排量 (tCO ₂ e/Y)	0.0430	0.0279	35.1163
太陽電能烘焙碳排量(tCO ₂ e/Y)	0.00068	0.00044	35.2941

(五)訪視咖啡烘焙業者

小組內部拜訪內埔當地自營咖啡館老闆，並請教咖啡相關問題(圖十四)。問答紀錄如下：

Q1、您對咖啡烘焙手法的要求？

A：咖啡豆烘焙完泡成的咖啡，喝起來必須具有乾淨度和香氣。

Q2、一般人對咖啡豆產地有要求嗎？

A：一般顧客比較在意喝起來的感覺，較少挑咖啡豆產地和價位。

Q3、您對於本計畫以太陽能連接咖啡烘豆機的看法或建議？

A：實行可行性蠻高，但是建議初步可應用在大型咖啡烘豆場，比較有足夠的場地與資金。



圖十四、訪視咖啡烘焙業者之合影

(六)「啡比屏嚐」-綠能濾掛咖啡成品

本計畫所製得之加鹼咖啡豆及對照組咖啡豆，先經過研磨步驟，所再包裝成濾掛包裝之咖啡產品(圖十五)，即得啡比屏嚐-綠能濾掛咖啡成品(圖十六)。成品經過具有多年黑咖啡飲用經驗之專家評鑑，專家盲測結果表示，加鹼處理得咖啡比較香，且甜味比較足夠，可見得本產品不但能更減碳，其加鹼亦不會降低咖啡的感官風味。



圖十五、濾掛咖啡包裝流程



圖十六、「啡比屏嚕」-綠能濾掛咖啡成品照

四、創作特點

(一)減少運輸碳排

選用屏東在地種植的咖啡豆，鄰近原產地進行咖啡豆加工以減少運輸碳足跡，並結合綠能零碳排咖啡烘焙的方式，使咖啡烘焙過程可以大幅降低碳排放量，實現本土咖啡產業永續發展。



(二)縮短咖啡豆製程碳排

咖啡豆烘焙過程在進入「轉黃期」時〔9〕，顏色逐漸變深，本計畫加入食用級的碳酸氫鈉，經過多次多組驗添加量嘗試後，以 0.01%與 0.05%處理咖啡生豆前處理較為適合，加速烘焙過程中的梅納反應的進行，縮短烘焙時間的同時也減少烘豆機運轉所產生的二氧化碳，並結合太陽能壽命長、乾淨無汙染的優勢產電，作為咖啡烘豆機電能供給的來源，使咖啡在烘焙過程中產生的二氧化碳能夠有效的大幅減少，可以看到在總碳排計算結果，有加入食用鹼的咖啡豆排碳量較為低。

(三)綠能應用

台灣太陽能發電技術發展越來越成熟，政府也在今年一月修改《再生能源發電設備設置管理辦法》，廢棄回收已訂標準流程，90%成分以上可循環利用，並連帶要求廠商在設置光電板時〔10〕，必須登記每一片太陽能板的序號，且繳交回收清理費用，待光電板達淘汰年限後，將由專門的回收業者處理，進入循環經濟系統，成為新的光電材料或工業材料，避免衍生廢棄物問題。太陽能發電型態及系統多元，已經應用在商業及居家應用上，且太陽能電板的設置條件限制較少，風力與水力發電必須在風力強勁處或水位有落差處，太陽能發電僅需在日照充足之處就能架設，而建置成本較小，自家屋頂就能架設，無須設置如風力發電機等龐大的設備；加上太陽能發電系統組裝並不複雜，一般民眾在家也能在家自行 DIY 製作簡易太陽能發電系統，再結合上屏東地理氣候優勢，平均日照時數可達 4~4.5 小時，發展太陽光電再適合不過，能夠讓太陽能發電產生最佳效能。

五、作品應用場域與發展潛能

(一)應用範圍

本計畫產出之綠能濾掛咖啡，不僅碳足跡降低，而且依然能維持良好的感官風味。而本計畫所利用三大特點，在地咖啡豆降低運輸碳排、太陽能發電取代傳統電能及鹼催化烘豆效率等模式，確實能夠大幅降低碳排放量。根據本研究成果及訪視咖啡烘焙業者之結果，建議本項技術可應該在中~大型咖啡烘焙業者，或者熱愛自己烘咖啡豆且對架設太陽能有興趣之家庭。

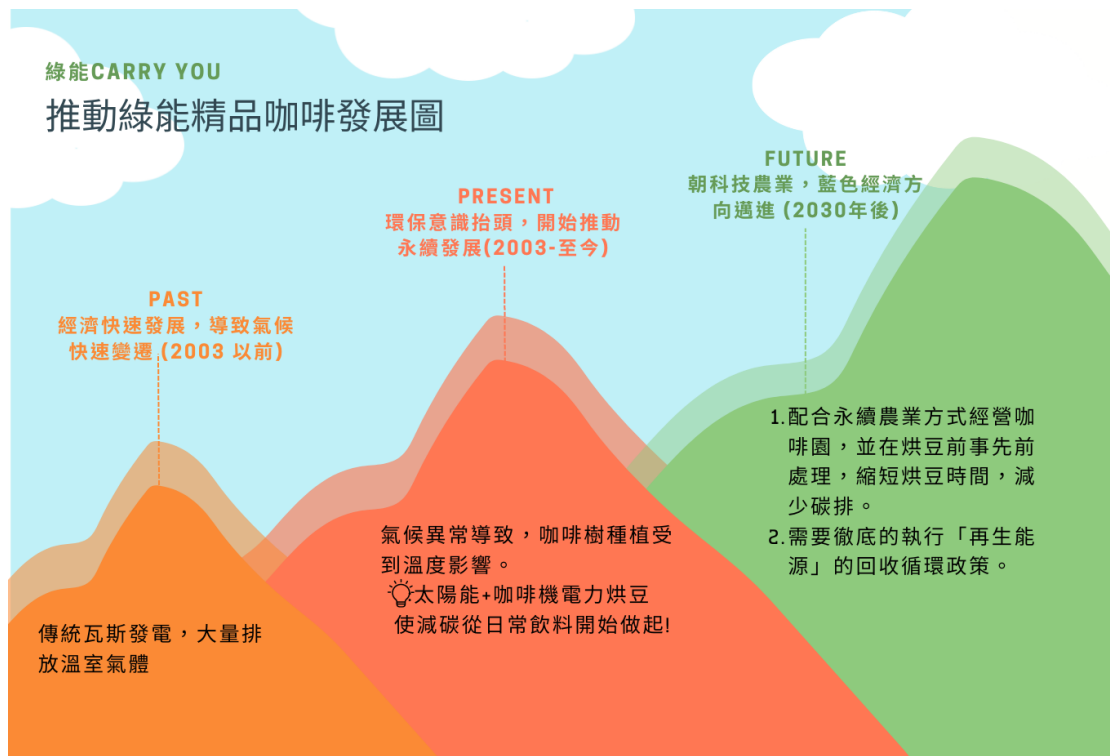
(二)發展潛能

1.減緩氣候變遷

香氣飽滿、苦甜醇厚的咖啡已成為許多人生活中不可或缺的存在，如此豐美的消費基礎自然孕育出龐大的商業價值，並且透過多元的咖啡通路型態蓄積成為台灣餐飲消費市場的新興力量，透過對咖啡產業推廣應用，使屏東產出更多的“精品綠色咖啡”，將降低碳排放融入日常生活中，為「臺灣 2050 淨零排放」盡一份力量。

2.行銷綠能

推廣以太陽能發電與烘咖啡豆結合，對咖啡產業推廣自主發綠電的概念。綠電的時代即將來臨，而隨之而來最大的改變將是發電方式的不同。從火力發電廠轉型成太陽能板、風能發電，意味著發電來源將從大公司轉變成人人都是電力生產者。但有多少人了解如何自己發電呢?透過我們的想法，大眾可以真正接觸到店的整體應用，自己發電，為未來不管是能源轉型、智慧電網或是綠電買賣都能有基礎的認識。圖十七為咖啡產業與環保關係圖。



圖十七、推動綠能精品咖啡發展圖

3. 落實永續產業發展

本企劃符合多項聯合國 2030 永續發展目標(Sustainable Development Goals, SDGs)中(圖十八)，包含 SDG 7：可負擔的潔淨能源、SDG 8：尊嚴就業與經濟成長與 SDG 13：氣候行動等三大面向。



圖十八、本計劃構想符合聯合國 2030 永續發展目標 SDG 7、SDG 8 和 SDG 13

六、工作分配



葉宇韓
國立屏東科技大學-食品科學系

實驗測試
數據分析
產品設計
文書撰寫



陳品蓉
國立屏東科技大學-食品科學系

諮詢專家
資訊整合
模型製圖
計畫推廣



七、參考文獻

1. 工商時報(2022)。沒有咖啡活不下去！全世界每天喝掉 25 億杯咖啡？取自 <https://www.ctee.com.tw/news/20220202700039-430903>
2. Brent A. Anderson & Eyal Shimoni & Remy Liardon & Theodore P.Labuza (2003), The diffusion kinetics of carbon dioxide in fresh roasted and ground coffee. *Journal of Food Engineering*, 59(1), 71-78.
3. Lorena Castillo(2023)。必須知道的咖啡飲用統計 [最新報告]。取自 <https://gitnux.org/coffee-drinking-statistics/>
4. 經濟部統計處，黑金商機持續發酵，咖啡館家數穩定成長。(2022)。取自 <https://reurl.cc/YV02Ka>
5. 中央廣播電台(2023)。人手一杯咖啡看碳足跡對氣候變遷的影響。取自 <https://www.rti.org.tw/news/view/id/2156192>
6. Marco Wellinger, Tomonori Suzuki, Franz Balsiger, Sebastian E. W. Opitz, and Chahan Yeretzian。(2017)。Time-Resolved Gravimetric Method To Assess Degassing of Roasted Coffee。 *Journal of Agricultural and Food Chemistry* Volume 66, Issue 21 ,5293-5300。
7. From Archimedes' mirrors to the Ecological Transition: the revolutionary system for artisanal coffee roasting with zero environmental impact . 取自 <https://purosole.it/en/home-en/>
8. 徐天佑、曾鴻陽(2007)。台灣地區有關太陽能日照量之環境時空因素研究探討。 *環境教育學刊* 第六期。25。
9. 農傳媒鄉間小路(2020)。抓緊時機、釋放風味的咖啡烘豆學一爆二爆的觀察心法、淺中深焙比一比。取自 <https://www.agriharvest.tw/archives/47159>
10. 你不知道的新技術：太陽能板回收，廢棄的太陽能板該何去何從？取自 https://www.greenlinks.com.tw/blog_detail30.htm