

計畫編號：ARDSWC-113-048

提取愛玉果膠後副產物之全面利用
Comprehensively utilizing the
byproduct obtained after extraction of
Awkeo-jelly
(成果報告)

執行單位：東海大學

執行期間：113 年 02 月 07 日至 113 年 12 月 31 日

計畫主持人：江文德 教授/農健學院院長

協同主持人：陳立賢 助理教授

農業部農村發展及水土保持署 編印

中華民國 113 年 12 月

(本報告書內容及建議純屬執行單位意見，僅供本署施政參考)

提取愛玉果膠後副產物之全面利用

摘要

生產愛玉凍後殘留的愛玉子粕中仍含有許多可再利用的資材，因此擬於本計畫中開發技術加以提升其附加價值。本研究首先探討愛玉子粕粉乾燥條件對 ABTS 及 DPPH 自由基清除率之影響，結果顯示以 50 °C 處理所得的愛玉子粕粉其 ABTS 自由基清除率顯著高於 70 °C 處理的，其總酚及總類黃酮含量均顯著高於 70 °C 處理的($p < 0.05$)，含量分別可達 1.34 沒食子酸當量(gallic acid equivalent; %) 及 0.59 槲皮素當量(quercetin equivalent; %)。其次，進行超音波輔助水萃取愛玉子粕粉中總酚含量最適化條件探討，本研究應用三變數五階層的中心混層試驗設計，這些獨立變數的範圍是萃取比例(水/粕粉; w/w) 31.44 ~ 44.88、萃取時間 3.3 ~ 6.7 min 及萃取溫度 61.6 ~ 75 °C，根據反應曲面及等高線圖的結果顯示，以超音波輔助水萃取所得萃取物中使得總酚含量最大化的條件包括萃取比例 40、萃取溫度 71.16 °C 及萃取時間 4.99 min，可得最大值總酚含量為 2.11%。此萃取物抑制 50% DPPH 自由基的濃度 IC₅₀ 相當於 110.2 ppm 維生素 C，而抑制 50% ABTS 自由基的濃度則相當於 112.4 ppm 維生素 C。最後，臨床(IRB)試驗結果顯示使用添加上述萃取物的洗髮精及護髮乳四週，對 35 位正常髮質受試者不具過敏性及刺激性，其平均髮徑可顯著地從 5.185 x

10^{-2} mm 增加至 7.512×10^{-2} mm ($p < 0.05$)，顯示所開發的產品對於健康髮質的人，仍可進一步的促進其髮質更健康。

關鍵詞：愛玉子粕、總酚、總類黃酮、清除自由基、超音波萃取、洗髮精、護髮乳、髮徑

Comprehensively utilizing the byproduct obtained after extraction of Awkeo-jelly

Abstract

There are still reusable materials in pomace of Awkeo seed after production of Awkeo-jelly. Therefore, study of processing technology to increase add-value of the pomace were developed in this project. At first, the effect of dehydration temperature of the pomace on scavenging free radical of ABTS and DPPH, individually, was investigated. The result indicated that pomace dehydrated under 50 °C had significantly higher ABTS free radical scavenging activity than dehydrated under 70 °C. The former resulting pomace also had significantly higher total phenolic compounds (TPC) and total flavonoids (TF) than the latter. Its content of TPC and TF were 1.34 gallic acid equivalent (%) and 0.59 *quercetin equivalent* (%), respectively. Secondary, optimal ultrasound-assisted water extraction conditions were conducted by a response surface methodology (RSM). A central composite rotatable design for three variables at five levels was applied in this study. The independent variable were water to pomace ratio (w/w) of 31.44-44.88, extraction time of 3.3-6.7 min and extraction temperature of 61.6-75.0 °C. According to the result of response surface and contour plots, the optimal water extraction of pomace with ultrasound-assisted for maximizing TPC content were ratio of 40, extraction time of 4.99 min and extraction temperature of 71.16 °C. The maximum TPC content of 2.11% was obtained in the extract. The extract concentration for inhibition of 50%

DPPH free radical and ABTS free radical (IC50) was 110.2 ppm and 112.4 ppm ascorbic acid equivalent, respectively. Finally, the result of IRB test indicated that the average hair diameter of 35 subjects with normal hair condition was significantly increased from 5.185×10^{-2} mm to 7.512×10^{-2} mm ($p < 0.05$) after using the shampoo and conditioner containing the extract for four weeks. There were no any reports about allergic and irritating for both shampoo and conditioner during the test. These result also implies that the products containing the extract have potential to promote healthier hair even for the subjects with normal hair quality.

Key words: Pomace of Awkeo seed, Total phenolic compounds, Total flavonoids, Scavenging free radical, ultrasound extraction, shampoo, conditioner, hair diameter

目次

摘要.....	I
Abstract.....	III
目次.....	V
表次.....	VII
圖次.....	VIII
第一章 緒論	1-1
第二章 工作執行方法與步驟	2-1
第一節 工作執行方法與步驟	2-1
第三章 工作進度與執行	3-1
第四章 結論及建議	4-1
第一節 結論	4-1
第二節 建議	4-1
參考文獻.....	參-1
附錄.....	附錄-1
附錄一、期中審查會議紀錄暨回覆辦理情形	附錄-1

表次

表 1 乾燥溫度對總酚含量及總類黃酮含量之影響.....	3-4
表 2 愛玉子粕粉之成分分析.....	3-5
表 3 三變數五階層中心混成試驗設計(中心點 X1、X2 及 X3 分別為 12、60 °C 及 5 MIN).....	3-7
表 4 反應曲面的二次多項式模型(中心點 X1、X2 及 X3 分別為 12、 60 °C 及 5 MIN).....	3-8
表 5 三變數五階層中心混成試驗設計(中心點 X1、X2 及 X3 分別為 38.16、70 °C 及 5 MIN).....	3-8
表 6 反應曲面的二次多項式模型(中心點 X1、X2 及 X3 分別為 38.16、70 °C 及 5 MIN).....	3-9
表 7 最適萃取條件所得萃取物其抑制 50% DPPH 及 50% ABTS 自 由基所需濃度 IC50.....	3-9

圖次

圖 1 不同乾燥溫度所得愛玉子粕粉對其 DPPH 自由基清除率之影響	3-3
圖 2 不同乾燥溫度所得愛玉子粕粉對其 ABTS 自由基清除率之影響	3-4
圖 3 反應曲面繪圖顯示 (a)萃取溫度和萃取比率 (V/W) (b)萃取時間 和萃取比率(c)萃取時間和萃取溫度對 DPPH 自由基清除率之影響 (中心點 X1、X2 及 X3 分別為 12、60 °C 及 5 min).....	3-10
圖 4 反應曲面繪圖顯示 (a)萃取溫度和萃取比率 (V/W) (b)萃取時間 和萃取比率(c)萃取時間和萃取溫度對總酚含量之影響(中心點 X1、X2 及 X3 分別為 12、60 °C 及 5 min).....	3-11
圖 5 反應曲面繪圖顯示 (a)萃取溫度和萃取比率 (V/W) (b)萃取時間 和萃取比率(c)萃取時間和萃取溫度對總類黃酮含量之影響(中心 點 X1、X2 及 X3 分別為 12、60 °C 及 5 min).....	3-12
圖 6 反應曲面繪圖顯示 (a)萃取溫度和萃取比率 (V/W) (b)萃取時間 和萃取比率(c)萃取時間和萃取溫度對總酚含量之影響(中心點 X1、X2 及 X3 分別為 38.16、70 °C 及 5 min).....	3-13
圖 7 比較愛玉子粕粉經三種酵素水解 8 小時對其 ABTS 自由基清除率 的影響 (vc 為對照組 Vitamin C).....	3-16

圖 8 比較愛玉子粕粉經三種酵素水解 8 小時對其 DPPH 自由基清除 率的影響 (vc 為對照組 Vitamin C).....	3-17
圖 9 Alcalase 水解時間對愛玉蛋白(a)ABTS 及(b)DPPH 自由基清除率 之影響(vc 為對照組 Vitamin C).....	3-17
圖 10 含愛玉子粕萃取物的洗髮精及護髮乳對正常髮質受試者(n = 35) 髮徑之影響.....	3-19
圖 11 比較 A 君經洗髮精及護髮乳處理前 (a)頭皮角質及(b)毛孔(囊) 以及處理後(c)頭皮角質及(d)毛孔(囊) 改善之情況	3-21
圖 12 比較經洗髮精及護髮乳處理前 C 君(a)及 D 君(b)毛鱗片以及處 理後(c)及(d)毛鱗片改善之情況.....	3-22

第一章 緒論

愛玉為台灣的特有種植物富含果膠及抗氧化成分，屬高經濟價值之作物，經統計愛玉全台產量將近 555 公噸(盧詩婷，2021)，國內相關研究主要著重於凝膠功能方面包括愛玉凍離水現象(石正中，1986)、愛玉子凝膠性質及愛玉凍品質(李柏宏，1999)、應用低溫低濕乾燥機乾燥愛玉子(鄭德善，2002)。其次，強調機能性方面的則有愛玉果托及瘦果功能性成分及抗氧化力之評估(張志丞，2008)、愛玉子的瘦果與果托對抗氧化及脂質代謝之影響(卓晏瑜，2010)、愛玉多醣理化性質與功能性分析(陳曉禾，2020)、以微波萃取愛玉殼果膠探討其理化特性與抗氧化活性(盧詩婷，2021)。近期苗栗區農業專訊報導愛玉子機能性成分開發與產業發展，闡述多醣、果膠甲酯酶、果膠甲酯酶抑制劑及多酚類化合物等愛玉子之機能性功效及相關用途(林孟均和盧美，2022)，也均無愛玉果膠提取後殘留愛玉子粕的相關機能性研究，因此本研究將以目前食品加工廠生產愛玉果膠後收集的愛玉子粕進行探討，每公斤愛玉子提取愛玉果膠後其濕重仍有 1 公斤，必須立即進行乾燥方得以保存，未來大量應用時才能確保此原料來源。

愛玉為臺灣特有藤本植物，分布於中低海拔之山區。天然的愛玉凍是愛玉瘦果在含礦物質水(例如:自來水、山泉水)中相互摩擦後，釋出的高甲氧基果膠被果膠酯酶分解為低甲氧基果膠，再與雙價陽離子(如鈣離子)交聯反應後就形成愛玉凍。然而產生愛玉凍後殘留的愛玉子粕已知部分農園將之作為動物飼料之應用，但多數都是作為填土或丟棄。愛玉的種類繁多目前有原生種、苗栗 1 號、苗栗 2 號及紅石九號等，將先以可大量收集到的紅石九號愛玉子粕為研究的對象，初步

分析南投及雲林紅石九號愛玉子的組成其水分、粗蛋白、粗脂肪、碳水化合物及灰份平均分別為 9.55%、9.26%、8.96%、68.9% 及 3.33%，在搓洗生產愛玉果膠時，若其碳水化合物的利用率為八成，則其殘留愛玉子粕經乾燥後所含粗脂肪及粗蛋白含量均可達約 20%，而碳水化合物仍有 30%。足見愛玉子粕中仍含有許多可利用的的資材，因此擬於本計畫中開發技術加以提升其利用價值。

許多研究指出愛玉子萃取物具有抗發炎能力與抗氧化之作用 (2008、張，2008、盧，2021)，愛玉瘦果經提取果膠後之愛玉子粕仍留有多項具保濕、抗發炎、鎮靜之物質，這些物質均可再加以提取，做化妝品抗氧化及抗發炎、減敏之機能性原料，利用舒緩和鎮靜特性，針對頭皮促進舒緩，減緩頭皮不適，而降低頭皮發炎症狀或敏感問題，同時愛玉子之膠體特性具保濕及潤澤特性，可防止頭髮與頭皮之乾燥，提高毛髮柔軟度與光澤度，並修復頭皮之角質層剝落及毛鱗片受損，及增加抗氧化能力，促進毛囊健康程度 (Lin et al., 2022, Babadjouni et al., 2023, Davis, et al., 2021(a), Davis, et al., 2021(b))。

由於愛玉子粕經萃取後剩餘物為天然之物質，其具天然可分解特性、對環境不具污染性，其粗顆粒藉由粉碎作用，形成較小微細纖維顆粒物質，具替代塑膠微粒之可行性，由於愛玉子粕來自天然植物，具有生物可降解性，與塑膠微粒不同，愛玉子粕在環境中可以自然分解，降低對生態系統的影響，愛玉子粕的製備過程可以充分利用這種天然資源，藉由循環經濟將農業副產物加值成為可再生資源，且愛玉子粕中含有多種保濕、抗發炎和鎮靜的活性成分。將其應用於護膚品或個人護理產品中，可以為消費者提供更為天然的保濕和護膚體驗，

豐富之多醣體和生物活性成分，成為機能性原料應用於不同的產品，包括頭皮健康保養品、洗髮清潔產品、護髮保養品等項目之開發；開發生產之產品亦符合現代社會對於健康和環保的日益增長的意識。消費者更加關注產品的成分，對於天然、環保的選擇更為傾向，亦切合聯合國永續發展目標，推動農業可持續性發展，促進循環經濟、社會和環境的協同進步。

第二章 工作執行方法與步驟

第一節 工作執行方法與步驟

一、愛玉子粕粉劑製備及成分分析

(一) 愛玉子粕粉劑的製備

濕的愛玉子粕分別以 50℃ 及 70℃ 乾燥後粉碎並以 60 mesh 濾網過篩所得原料稱之為愛玉子粕粉劑。

(二) 成分分析

秤取適當原料進行一般成分分析包括水分、灰分、粗蛋白、粗脂質及碳水化合物依我國 CNS 方法測定之。

二、脫脂粕製備

參考 Uhm. 及 Yoon. (2011) 之方法經修改，步驟 1 所得愛玉子粕粉劑以索氏萃取裝置去油，溶劑為 n-Hexane 或石油醚，所得脫脂粕作為本年度研究之用。

三、超音波輔助萃取條件探討

愛玉子粕粉劑以去離子水為萃取溶劑使用超音波震盪法獲得萃取溶液，隨後再將萃取液進行冷凍乾燥以取得萃取物粉末並於 -20℃ 保存。所探討的萃取條件包含：(a) 粉劑與水的比率，比率為水：粉劑 = 5：1 到 12：1、(b) 超音波輸出頻率、(c) 溫度設定、(d) 時間設定，最適生產條件以求得萃取物中含有最高總類黃酮與總酚含量為目標。最後依據最適合的超音波萃取條件生產愛玉子粕粉劑萃取物，並配合後續抗氧化能力分析。

(一) 總類黃酮(Total flavonoids)含量測定

參照 Sarikurkcu *et al.* (2008)方法並稍加修飾，2 mg/mL 萃取物及不同濃度標準品槲皮素 (Quercetin) 各取 0.5 mL，加入 0.1 mL 10% $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ 、0.1 mL 1M CH_3COOK 及 4.3 mL 80% ethanol，混和均勻後於室溫、黑暗環境中靜置 40 min。反應完成後，轉移 0.2 mL 反應液至 96 孔盤，並測量波長 415 nm 下的吸光值。未添加 10% $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ 的試驗作為空白對照組，依不同濃度標準品之吸光值繪製標準曲線，用以換算萃取物中相對槲皮素當量，結果以 g quercetin equivalent/100 g extract 表示。

(二)總酚(Total phenolic compound)含量測定

參考 Sachan *et al.* (2011) 之方法並稍做修飾，1 mg/mL 萃取物及不同濃度標準品沒食子酸 (Gallic acid) 取 0.05 mL 與 1 mL deionized water (DDW) 及 0.5 mL 50% Folin-Ciocalteu's reagent 混合均勻，再加入 2.5 mL 的 20% Na_2CO_3 ，於室溫、黑暗環境中反應 20 min，將反應液轉移 0.2 mL 至 96 孔盤中以 ELISA reader 測量波長 735 nm 下的吸光值。另外以沒有加入 50% Folin-Ciocalteu's reagent 的試驗作為空白對照組，不同濃度標準品的反應吸光值繪製標準曲線，換算萃取物中相對的沒食子酸當量，結果以 g gallic acid equivalent/100 g extract 表示。

四、抗氧化能力分析

(一) DPPH 自由基清除能力測定

測定使用 Chen *et al.* (2019)之方法檢測，將 100 μL 樣

品、400 μ L, 100 mM Tris-HCl 緩衝溶液(pH=7.4)、500 μ L 250 μ M DPPH 自由基乙醇溶液加入微量離心管內,均勻混合後,置於 25°C 恆溫反應槽 20 分鐘,接續以 UV- Vis spectrophotometer 測定 517 nm 之吸光值,並重複檢品試驗 3 次。DPPH 自由基清除率之計算公式如下:

DPPH 自由基清除率(%) = $[1 - (\text{樣品於 } 517 \text{ nm 之吸光值} / \text{空白試驗於 } 517 \text{ nm 之吸光值})] \times 100$ 。

(二) ABTS 自由基清除能力測定

使用 Wang et al. (2015)之方法檢測,先配置 ABTS 自由基溶液,將 7 mM ABTS 與 2.45 mM $K_2S_2O_8$ 等體積混合,於室溫、黑暗中反應 16 h 後,稀釋到 λ_{734} 約為 0.7 左右。0 ~ 200 μ g/ml 的樣品取 50 μ l 與 950 μ l ABTS 溶液混合均勻,在室溫下反應 6 min,轉移 200 μ l 到 96 孔盤中測量波長 734 nm 下的吸光值,空白組的吸光值做為分母,換算 ABTS 自由基清除率 (%),並計算不同樣品的 Trolox 當量或 IC_{50} 。

五、酵素水解條件探討

取 3% (w/v)的愛玉子粕粉作為蛋白質原料以 0.1N NaOH 或 0.1N HCl 調整到適當的 pH 值後,添加 1% 蛋白酶 (w/w of protein) 在定溫下反應,並分別於 0、1、2、4、6 與 8 小時取樣離心,所得上澄清液分別進行總氮含量分析、水解率(DH)測定、HPLC 分子量分布測定、ABTS 自由基清除率及 DPPH 自由基清除率測定,所篩選的酵素必須能水解蛋白質原料,使 ABTS 自由基清除活性及 DPPH 自由基清除能力維持最高者即抗氧化活性最高者;所採用的酵素包括 Alcalase、Flavourzyme、Pepsin 等三種。總氮含量依據 micro-Kjeldahl

的方法分析(AOCS, 1989)，酵素對蛋白質的水解程度可經由 DH 來評估，本實驗依據 Church 等人(1983)的方法測定之；HPLC 分子量分布依據 Chiang et al. (2006)的方法分析。所篩選出來的酵素進一步進行其最適化水解蛋白質條件的探討。

六、頭皮角質檢測

依 IRB 試驗 202308EM040 操作。取萃取所得之愛玉子粕萃取液 1ml，均勻滴至 5 公分平方之頭皮上，藉由按摩確保充分接觸到頭皮表面及吸收，30 分鐘後以頭皮檢測儀檢測頭皮表面之角質層，觀察角質層結構，評估其平滑度、厚度和一致性，並評估頭皮之顏色、紋理、濕潤度、紅斑與乾燥程度。

七、頭髮毛鱗片檢測

依 IRB 試驗 202308EM040 操作。取 2 公分平方之頭皮上方頭髮抓取區分後，以萃取所得之愛玉子粕萃取液 1ml，均勻塗抹頭髮根部至三公分處，藉由按摩確保充分接觸並使頭髮吸收，30 分鐘後以頭皮檢測儀檢測頭髮毛鱗片之變化，評估毛鱗片的平滑度、光澤度、斷裂程度。

第三章 工作進度與交付項目

第一節 預定進度

重要工作項目	工作比重 %	預定進度	113年				備註
			1-3月	4-6月	7-9月	10-12月	
愛玉子粕粉劑的製備	10	工作量或內容	完成愛玉子粕粉劑的製備	無	無	無	
		累計百分比	100	0	0	100	
脫脂粕製備	10	工作量或內容	進行愛玉子粕脫脂試驗	完成脫脂粕製備	無	無	
		累計百分比	50	100	0	100	
超音波輔助萃取條件探討	10	工作量或內容	建立超音波萃取方法	完成萃取條件探討	無	無	
		累計百分比	50	100	0	100	
抗氧化能力分析	10	工作量或內容	完成抗氧化分析方法建立及萃取物抗氧化分析	蛋白質水解物抗氧化分析	蛋白質水解物抗氧化分析	無	
		累計百分比	25	50	75	100	
酵素水解條件探討	20	工作量或內容	無	探討酵素水解時間對蛋白質抗氧化活性之影響	完成高抗氧化蛋白質酵素水解條件探討	抗氧化保健產品開發	
		累計百分比	0	25	80	100	
頭皮角質檢測	20	工作量或內容	臨床試驗申請	無	探討萃取物添加對頭皮表面角質層之影響	洗髮清潔產品開發	
		累計	10	10	60	100	

		百分比					
頭髮毛鱗片檢測	20	工作量或內容	人體試驗 (IRB) 申請	無	探討萃取物添加對頭髮毛鱗片的平滑度、光澤度、斷裂程度之影響	護髮保養品開發	
		累計百分比	10	10	60	100	
累計總進度	百分比		27	34	48	100	

第二節 執行情形 (2/07-7/11 月)

一、愛玉子粕粉劑及脫脂粕製備 (完成)

(一)探討不同乾燥條件對愛玉子粕粉抗氧化能力之影響

愛玉子經去離子水萃取析出果膠後，殘留下來含水率相當高的愛玉子粕以 50 °C 及 70 °C 置於烘箱乾燥過夜，烘乾之愛玉子粕以粉碎機研磨一分鐘，粉碎完成後利用 70 mesh 濾網過篩，取得愛玉子粕粉劑以備後續實驗使用。圖 1 為探討不同乾燥溫度所得愛玉子粕粉對其 DPPH 自由基清除率之影響；結果顯示 50 °C 與 70 °C 乾燥所得愛玉子粕的 DPPH 自由基清除率均在 95 % 以上，70 °C 的清除率達到 96.70 %，其清除率略高於 50 °C 組別之清除率，但彼此間無明顯差異($p < 0.05$)。圖 2 為探討不同乾燥溫度所得愛玉子粕粉對其 ABTS 自由基清除率之影響；結果顯示 50 °C 與 70 °C 的 ABTS 自由基清除率均在 90 % 以上，50 °C 的

清除率 93.57 % 高於 70 °C 組別，並且與正控制組維生素 C 無顯著差異($p > 0.05$)。表 1 為探討不同乾燥溫度對總酚含量及總類黃酮含量之影響，結果指出以 50 °C 處理所得的愛玉子粕粉其總酚及總類黃酮含量均顯著高於 70 °C 處理的，含量分別可達 1.34% 及 0.59%。綜合以上結果指出未來廠商在製造果膠後的殘留愛玉子粕，建議以低溫 50 °C 乾燥的方式可保留較多的抗氧化物質及較高的清除 ABTS 自由基的能力，並可減少能源的使用。爾後將進一步地採用低溫處理所得愛玉子粕粉進行後續的探討。

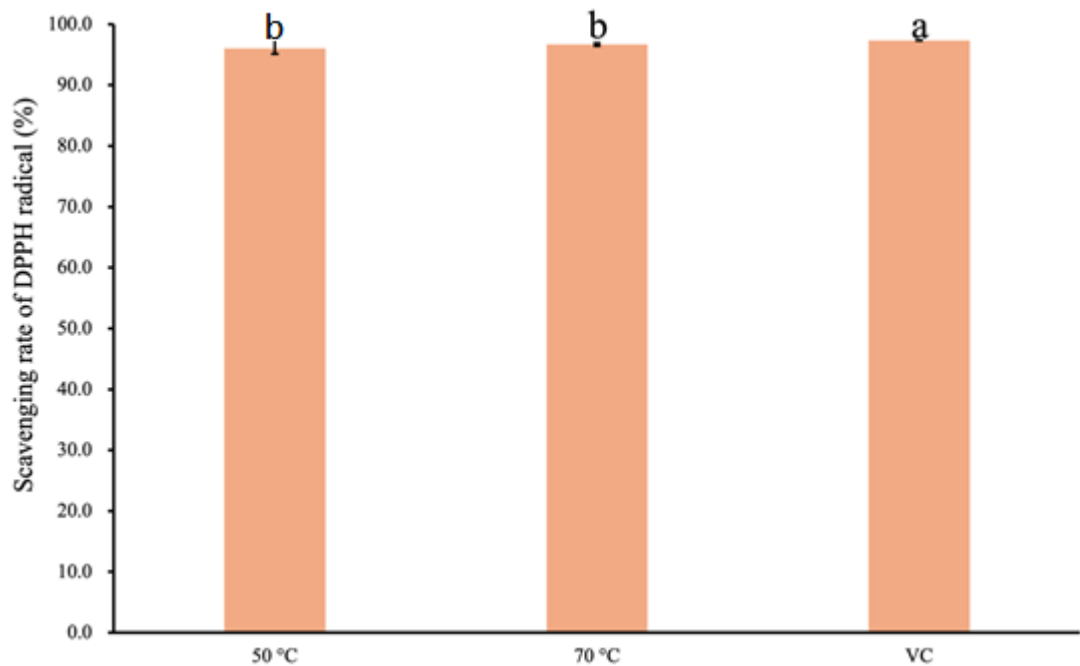


圖 1、不同乾燥溫度所得愛玉子粕粉對其 DPPH 自由基清除率之影響

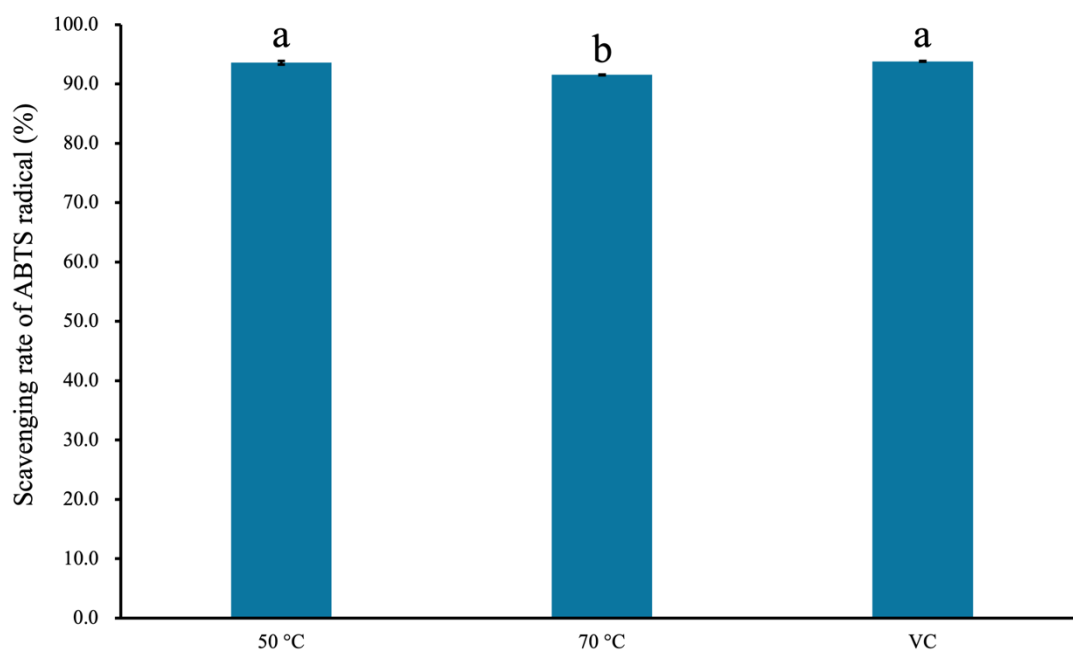


圖 2、不同乾燥溫度所得愛玉子粕粉對其 ABTS 自由基清除率之影響

表 1、乾燥溫度對總酚含量及總類黃酮含量之影響

Treatment	Total phenolic compounds (Gallic acid equivalent %) ¹	Total flavonoid (Quercetin equivalent %) ²
50 °C	1.34 ± 0.01 ^a	0.59 ± 0.04 ^a
70 °C	0.97 ± 0.01 ^b	0.40 ± 0.06 ^b

¹g gallic acid equivalent / 100 g pomace powder of Awkeo-seed

²g quercetin equivalent / 100 g pomace powder of Awkeo-seed

(二)愛玉子粕粉成分分析

利用溶劑萃取可得脫脂粕，但每 100 g 愛玉子粕粉只含 9.90 g 油脂如表 2。考慮油脂含量低且溶劑回收成本過高，因此將直接利用愛玉子粕粉做為起始原料進行後續探討利用。低溫乾燥後愛玉子粕粉的成分分析如下：

表 2、愛玉子粕粉之成分分析

	水分 (%)	灰分 (%)	粗蛋白 (%)	粗脂肪 (%)
50 °C ^a	6.16 ± 0.05 ^a	2.21 ± 0.01 ^a	12.55 ± 0.22 ^a	9.90 ± 0.03

二、超音波輔助水萃取愛玉子粕粉分別對總酚含量、總類黃酮含量及抗氧化性最適化條件探討（完成）

完成三變數(萃取比率 X1、萃取溫度 X2 及萃取時間 X3) 五階層中心混成試驗，預估的中心點 X1、X2 及 X3 分別為 12、60 °C 及 5 min，探討三個變數對 DPPH 自由基清除率、ABTS 自由基清除率、總酚含量及總類黃酮含量的影響，並以反應曲面法(Response surface methodology； RSM)進行繪圖比較。表 3 為三變數五階層中心混成試驗設計以及 DPPH 自由基清除率、ABTS 自由基清除率、總酚含量及總類黃酮含量試驗數值共 19 組，根據這些數值進行分析，結果顯

示除了 Y2 即 ABTS 自由基清除率無法獲得其反應曲面的二次多項式，其餘皆可獲得如表 4 所列。圖 3 為反應曲面繪圖顯示 (a)萃取溫度和萃取比率 (V/W) (b)萃取時間和萃取比率(c)萃取時間和萃取溫度對 DPPH 自由基清除率之影響；呈現馬鞍型尚無法獲得 DPPH 清除率的最大值。圖 4 為反應曲面繪圖顯示 (a)萃取溫度和萃取比率 (V/W) (b)萃取時間和萃取比率(c)萃取時間和萃取溫度對總酚含量之影響；萃取溫度是 70.81°C 及萃取時間 5.12 min 可獲得總酚含量極大值，並以反應曲面的二次多項式表 4-(2)推估萃取比例為 38.16。其次，圖 5 為反應曲面繪圖顯示 (a)溫度和萃取比率 (V/W) (b)時間和萃取比率 (c)時間和溫度對總類黃酮含量之影響；反而在探討的五階層範圍中有極小值的出現。

綜合以上結果指出，可依據圖 4 (C)總酚含量萃取的最適化進一步的提升萃取比例，以利萃出更多的抗氧化成分，其試驗設計如表 5 三變數五階層中心混成試驗設計以及總酚含量試驗數值共 19 組，萃取比例、萃取溫度及萃取時間等中心點分別設定於 38.16、70°C 及 5 min，其反應曲面如圖 6 (a)萃取溫度和萃取比率 (V/W) (b)萃取時間和萃取比率(c)萃取時間和萃取溫度對總酚含量之影響，結果顯示兩兩因子繪圖均可得最大值的總酚含量，**最適萃取條件為萃取比例 40、萃取溫度 71.16°C 及萃取時間 4.99 min，可得最大值總酚含量為 2.11**

沒食子酸當量(gallic acid equivalent) %。其清除或抑制 50% DPPH 自由基的濃度為 0.128 沒食子酸當量(%)或 110.2 ppm 維生素 C 當量，而抑制 50% ABTS 自由基的濃度則為 0.175 沒食子酸當量(%)或 112.4 ppm 維生素 C 當量如表 7。

表 3、三變數五階層中心混成試驗設計(中心點 X1、X2 及 X3 分別為 12、60 °C 及 5 min)

Treatment	X1 Extraction ratio water/pomas (v/w)	X2 Extraction temperature (°C)	X3 Extraction time (min)	Y1 DPPH 自由基 清除率 (%)	Y2 [±] ABTS 自由基 清除率 (%)	Y3 [±] Total phenols content (gallic acid equivalent %)	Y4 [±] Total flavonoid content (quercetin equivalent %)
1	10	50	4	79.19	91.01	1.2706	0.4229
2	10	50	6	81.72	91.20	1.3554	0.3727
3	10	70	4	77.20	92.26	1.5554	0.2931
4	10	70	6	77.43	91.62	1.5949	0.3534
5	14	50	4	82.54	93.24	1.5902	0.3784
6	14	50	6	80.55	93.33	1.5735	0.4204
7	14	70	4	84.24	92.87	1.7569	0.3991
8	14	70	6	85.97	93.05	1.5595	0.3622
9	15.6	60	5	82.05	93.24	2.5596	0.4191
10	8.6	60	5	81.41	92.36	1.2856	0.3424
11	12	76.8	6.7	83.67	92.54	1.4927	0.3651
12	12	43.2	3.3	80.81	92.17	1.4327	0.4378
13	12	60	5	83.97	93.47	1.4270	0.3587
14	12	60	5	85.03	93.38	1.1419	0.3441
15	12	60	5	84.50	93.33	1.4219	0.3549
16	12	60	5	84.31	93.24	1.6025	0.3267
17	12	60	5	82.09	92.87	1.5813	0.3397
18	12	60	5	84.57	92.64	1.6367	0.3361
19	12	60	5	81.04	92.64	1.5379	0.3768

表 4、反應曲面的二次多項式模型(中心點 X1、X2 及 X3 分別為 12、60 °C 及 5 min)

Response	Model equations	R^2
(1) DPPH 自由基清除率(%)	$Y1=83.35+2.736X_1+0.827X_2+0.101X_3-1.780X_1^2-1.478X_2^2+0.136X_3^2+3.350X_1X_2-0.755X_1X_3+0.355X_2X_3$	0.6256
(2) Total phenols content (gallic acid equivalent %)	$Y3=1.557+0.417X_1+0.114X_2+0.057X_3+0.244X_1^2-0.076X_2^2+0.057X_3^2-0.093X_1X_2-0.085X_1X_3-0.056X_2X_3$	0.761
(3) Total flavonoid content (quercetin equivalent %)	$Y4=0.347+0.033X_1-0.048X_2+0.003X_3+0.023X_1^2+0.038X_2^2+0.002X_3^2+0.033X_1X_2+0.004X_1X_3+0.013X_2X_3$	0.730

X₁, Extraction ratio; X₂, Extraction temperature(°C); X₃, Extraction time(min)

表 5、三變數五階層中心混成試驗設計(中心點 X1、X2 及 X3 分別為 38.16、70 °C 及 5 min)

Treatment	v/w Ratio	Temperature (°C)	Time (min)	Total phenols content (gallic acid equivalent %)
1	34.16	65	4	1.6282
2	34.16	65	6	1.7439
3	34.15	75	4	1.8314
4	34.16	75	6	1.6111
5	42.16	65	4	1.8851
6	42.16	65	6	1.8039
7	42.16	75	4	2.0506
8	42.16	75	6	2.2245
9	44.88	70	5	1.7576
10	31.44	70	5	1.5889
11	38.16	78.4	6.7	1.6137
12	38.16	61.6	3.3	1.8026
13	38.16	70	5	1.6681
14	38.16	70	5	1.7568
15	38.16	70	5	2.1958
16	38.16	70	5	2.0814
17	38.16	70	5	2.1282
18	38.16	70	5	2.1522
19	38.16	70	5	2.1664

表 6、反應曲面的二次多項式模型(中心點 X1、X2 及 X3 分別為 38.16、70 °C 及 5 min)

Response	Model equations	R^2
Total phenols content (gallic acid equivalent %)	$Y=2.139+0.21X_1+0.05X_2-0.024X_3-0.26X_1^2-0.235X_2^2-0.228X_3^2+0.129X_1X_2+0.049X_1X_3-0.02X_2X_3$	0.732

X₁, Extraction ratio; X₂, Extraction temperature (°C); X₃, Extraction time (min)

表 7、最適萃取條件所得萃取物其抑制 50% DPPH 及 50% ABTS 自由基所需濃度 IC₅₀

	DPPH	ABTS
清除率(%)	91.75	92.91
IC ₅₀ (gallic acid equivalent %)	0.12755	0.1749
IC ₅₀ (Vit C equivalent ppm)	110.1854	112.444

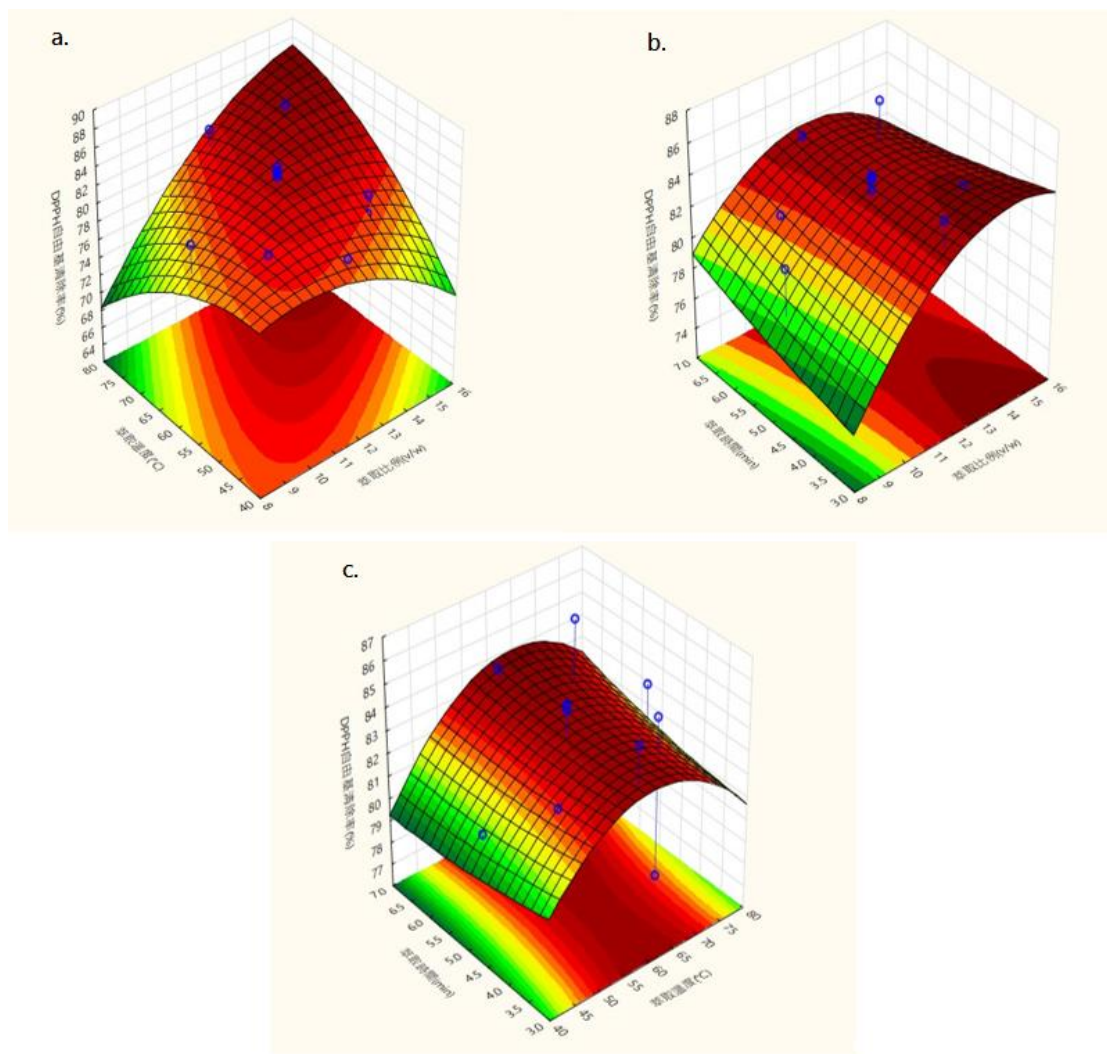


圖 3、反應曲面繪圖顯示 (a)萃取溫度和萃取比率 (V/W) (b)萃取時間和萃取比率(c)萃取時間和萃取溫度對 DPPH 自由基清除率之影響(中心點 X1、X2 及 X3 分別為 12、60 °C 及 5 min)

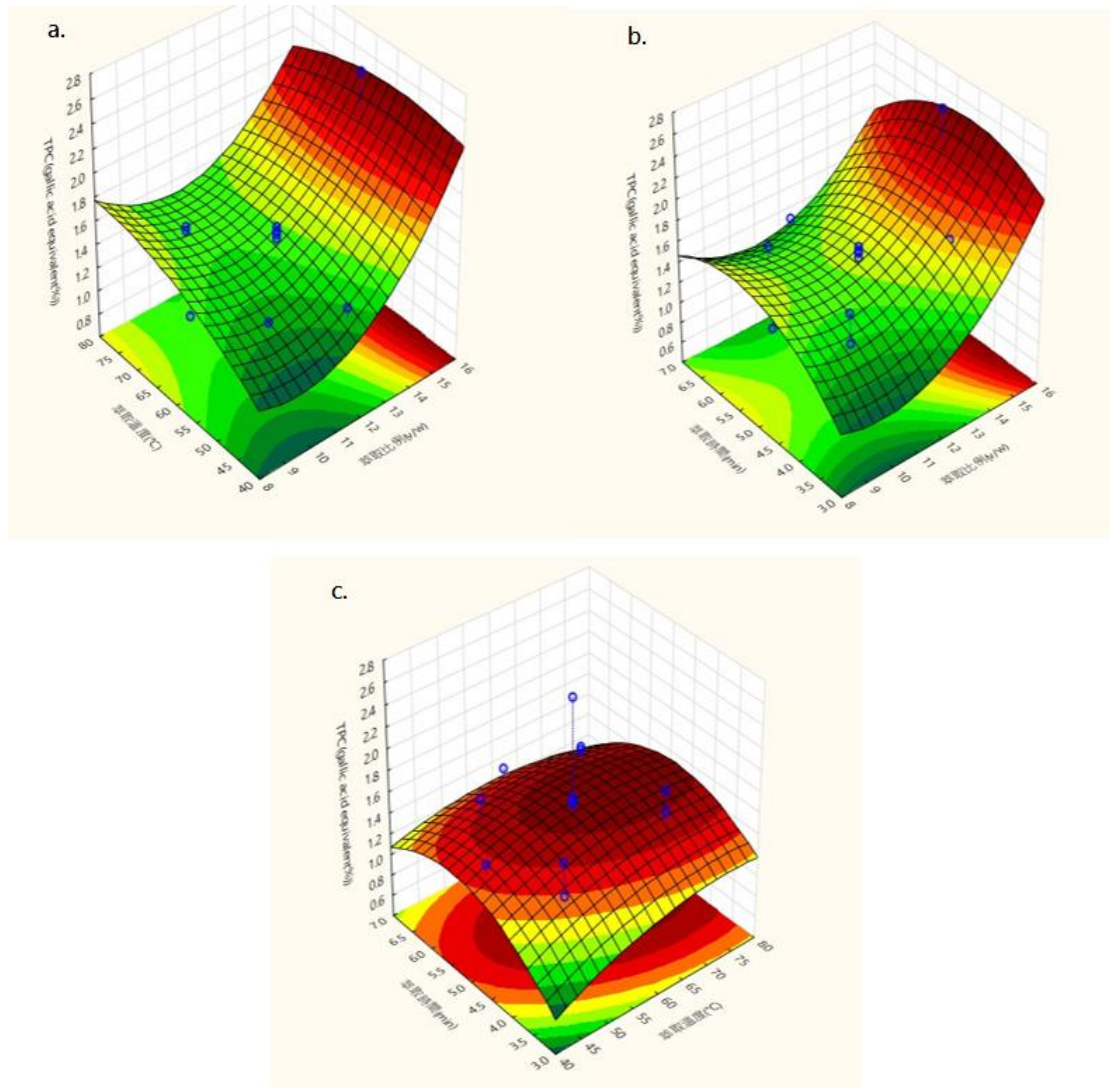


圖 4、反應曲面繪圖顯示 (a)萃取溫度和萃取比率 (V/W) (b)萃取時間和萃取比率(c)萃取時間和萃取溫度對總酚含量之影響(中心點 X1、X2 及 X3 分別為 12、60 °C 及 5 min)

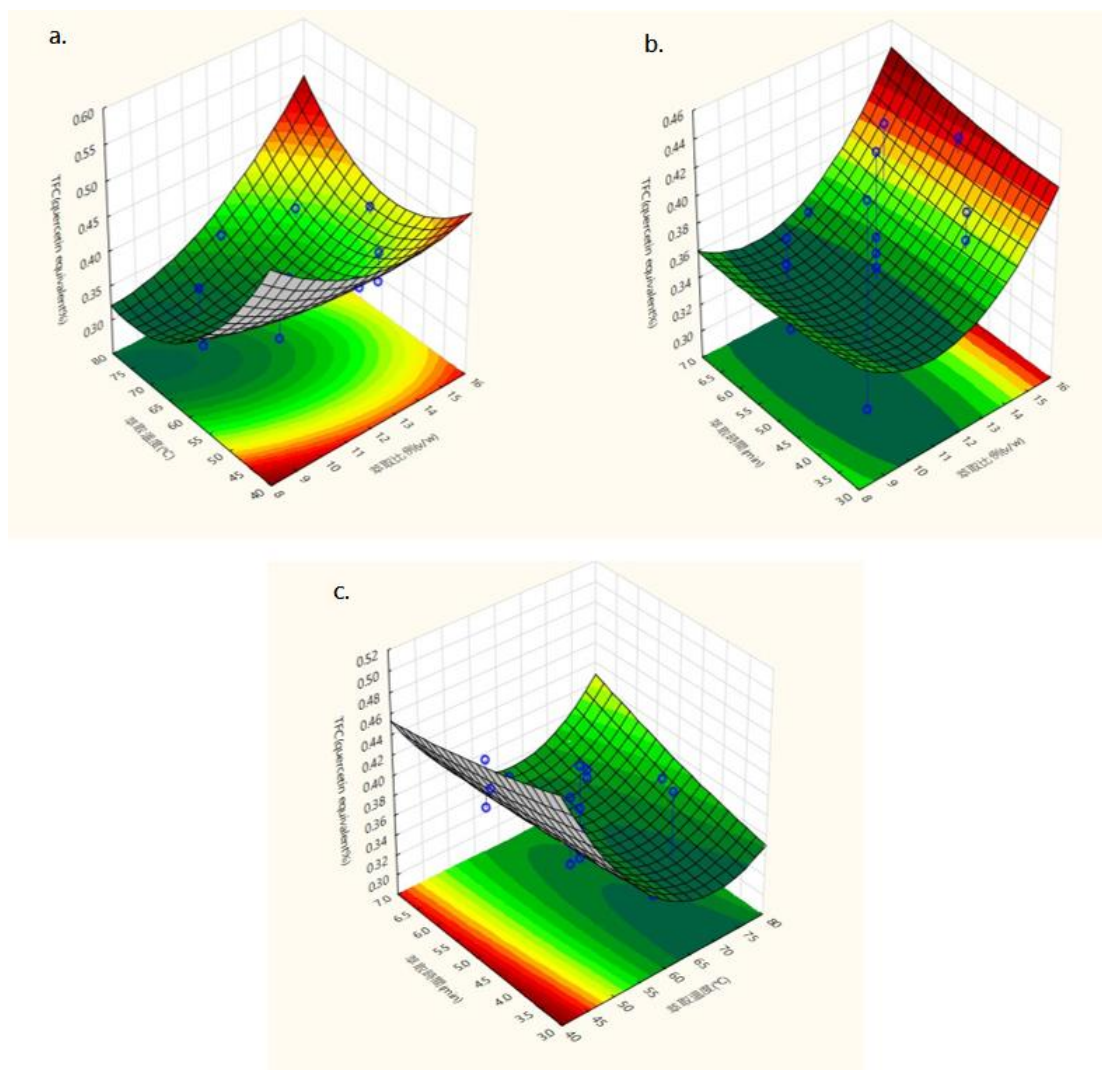


圖 5、反應曲面繪圖顯示 (a)萃取溫度和萃取比率 (V/W) (b)萃取時間和萃取比率(c)萃取時間和萃取溫度對總類黃酮含量之影響(中心點 X1、X2 及 X3 分別為 12、60 °C 及 5 min)

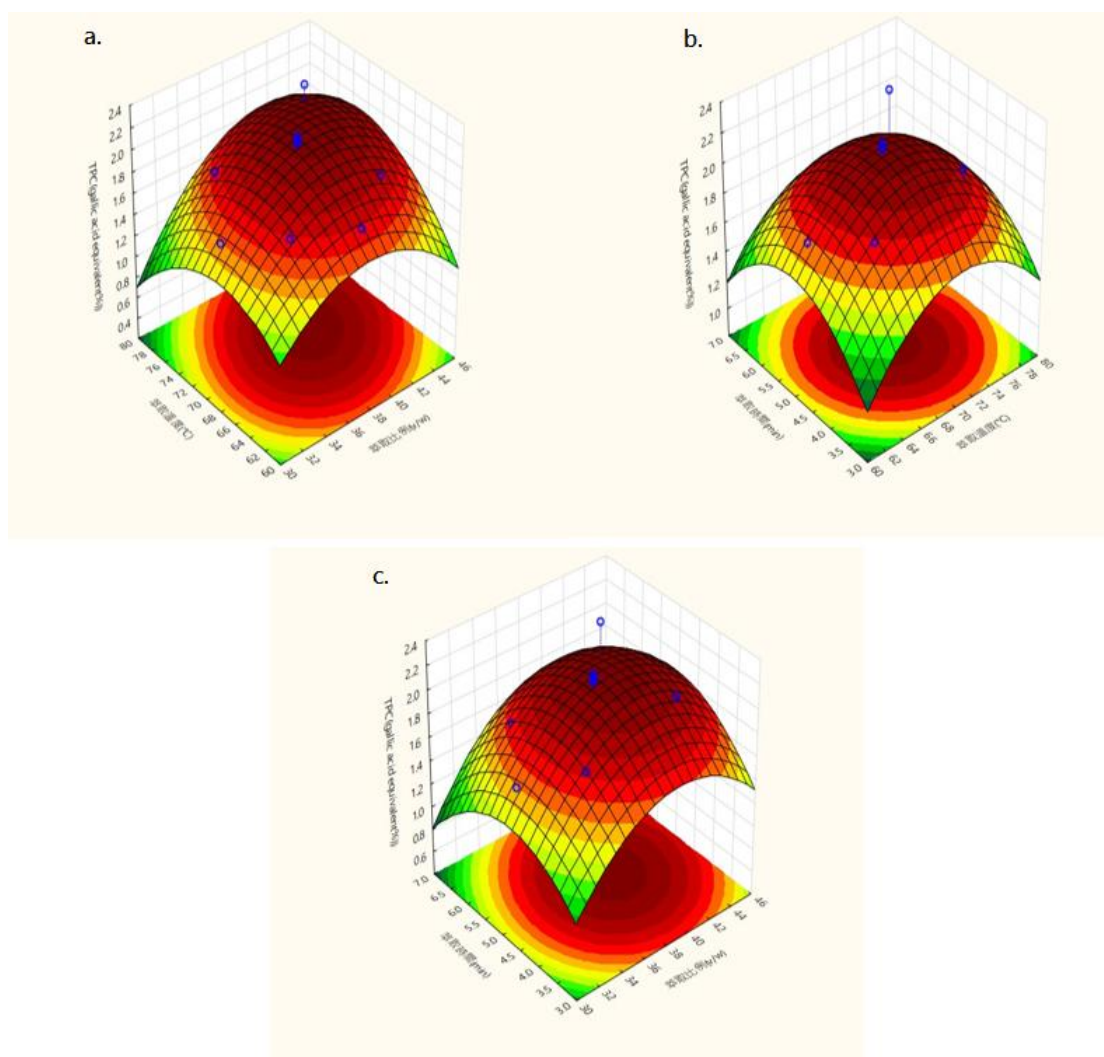


圖 6、反應曲面繪圖顯示 (a)萃取溫度和萃取比率 (V/W) (b)萃取時間和萃取比率(c)萃取時間和萃取溫度對總酚含量之影響(中心點 X1、X2 及 X3 分別為 38.16、70 °C 及 5 min)

三、酵素水解條件對抗氧化之影響

(一)水解取樣

三種蛋白酶分別對愛玉子粕粉進行水解，對其抗氧化能力之影響，已收集包括 0、1、2、4、6、8 小時的水解物共 18 個樣品，正進行 DPPH 及 ABTS 自由基清除率等抗氧化能力測定。三種酵素包括 Pepsin、Alcalase 及 Flavourzyme。

(二)水解樣品抗氧化之比較

目前已進行愛玉子粕粉經不同酵素水解對 ABTS 及 DPPH 自由基清除率之影響，清除率愈高其抗氧化活性愈高，以三種酵素水解愛玉子粕粉所得第 8 小時的水解物進行比較，結果顯示 Pepsin 及 Alcalase 水解物的 ABTS 自由基清除率均顯著的高於 Flavourzyme 水解物 (圖 7)。此外，Alcalase 水解物的 DPPH 自由基清除率也顯著的高於 Pepsin 及 Flavourzyme 水解物(圖 8)，因此篩選 Alcalase 進一步探討其水解時間對 ABTS 及 DPPH 自由基清除率的影響，結果指出隨著水解時間的增加其 ABTS 自由基清除率也隨之下降，水解 4-8 小時其清除率顯著從 93.0% 下降至 86.6% ($p < 0.05$)(圖 9a)。其次，愛玉子粕粉水解 1-8 小時均可顯

著提升 DPPH 自由基清除率從 43.8%，提升到 52.8-57.9%，其中以水解 1 小時即可達最高的清除率 57.9%，然而以超音波輔助水萃取愛玉子粕粉所得萃取物只需 4.99 min 的萃取其 DPPH 及 ABTS 自由基清除率即可分別達 91.75% 及 92.91% (表 7)，因此後續將採用超音波輔助水萃取愛玉子粕粉所得萃取物進行後續 IRB 臨床試驗，以開發保濕洗髮精及去角質護髮乳。

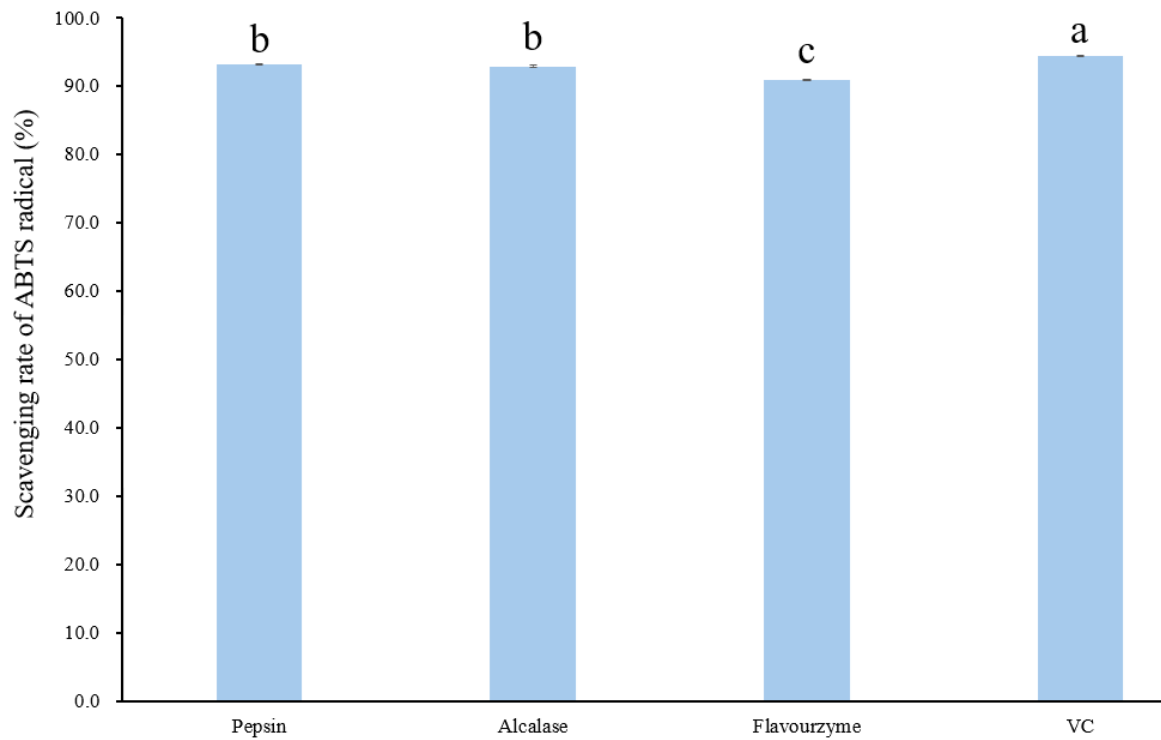


圖 7、比較愛玉子粕粉經三種酵素水解 8 小時對其 ABTS 自由基清除率的影響 (vc 為對照組 Vitamin C)

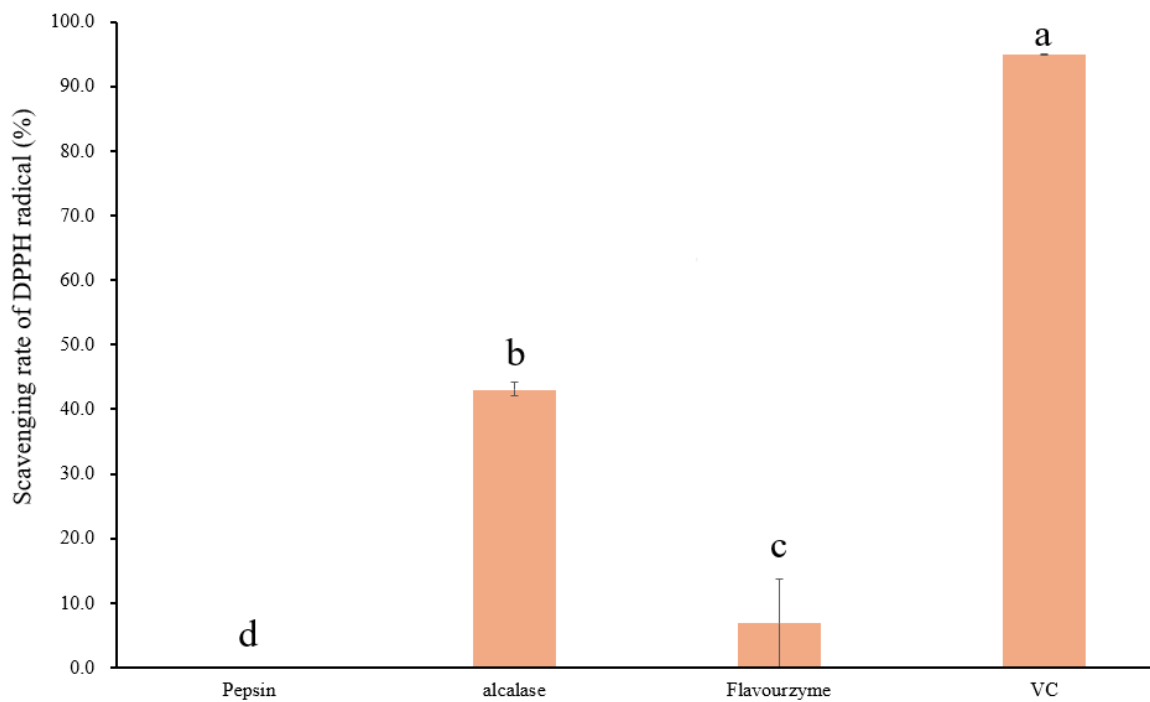


圖 8、比較愛玉子粕粉經三種酵素水解 8 小時對其 DPPH 自由基清除率的影響 (vc 為對照組 Vitamin C)

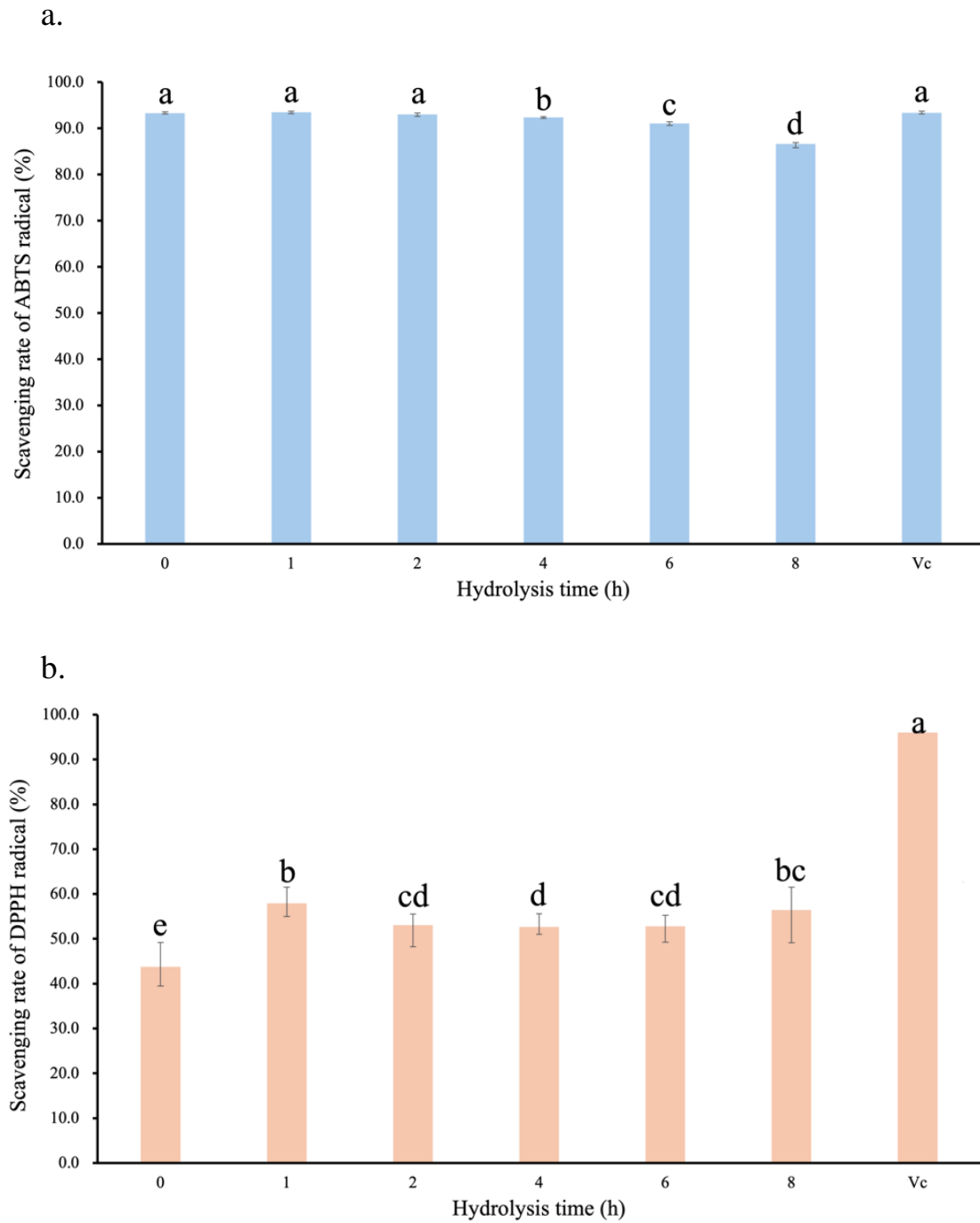


圖 9、Alcalase 水解時間對愛玉蛋白(a)ABTS 及(b)DPPH 自由基清除率之影響(vc 為對照組 Vitamin C)

四、髮徑、頭皮角質、毛穴(囊)及頭髮毛鱗片的臨床試驗

探討添加愛玉子粕粉萃取物之洗髮精及護髮乳對髮徑、頭皮角質、毛穴(囊)及護髮毛鱗片之影響，測試對象為 20 歲的男性 2 人及女性 38 人，檢測依 IRB 試驗：202308EM040 操作之，時程自 113 年 10 月 11 日開始至 11 月 15 日結束後進行比對分析，試驗起始日先檢測受試者之頭皮角質狀況、毛穴(囊)狀況、毛鱗片狀況及頭髮粗細度等髮部狀況拍日照及記錄，並於當日開始每日晚間進行愛玉子粕萃取液添加之洗髮產品清洗髮部及使用 1ml 護髮保養品，均勻滴至 5 公分平方之頭皮上，藉由按摩確保充分接觸到頭皮表面及吸收，30 分鐘進行沖洗，並於每七日進行頭皮狀況、毛穴（囊）狀況、頭皮角質狀況及頭髮粗細度等髮部狀況檢測。

(一)探討含愛玉子粕萃取物的洗髮精及護髮乳對正常髮質受試者(n = 35)髮徑之影響

結果如圖 10，隨著使用時間的增加其髮徑有顯著增加的效果，其中前兩週增加的幅度最為顯著($p < 0.05$)，其髮徑從 5.185×10^{-2} mm 增加至 6.895×10^{-2} mm 髮徑，而後兩週增加的幅度雖較為遲緩，但最終髮徑仍顯著增加至 7.512×10^{-2} mm，35 位具有正常髮質的受試者在受試期間，對於洗髮精及護膚乳均無過敏

性或刺激性的回報。

台灣人一般正常頭髮的直徑大約在 0.06 mm 至 0.09 mm 之間，髮徑增減通常反映出頭髮的健康狀況，因此，髮徑的增減可以用作評估頭髮和健康狀況的指標，若發現髮徑明顯變細，可能需要檢查相關健康因素，或調整營養和生活習慣以促進髮質健康，而在使用適合之洗髮用品及護髮用品，可促進頭皮清潔、毛囊健康，故可增加頭髮直徑，使頭髮呈現較健康之形態。

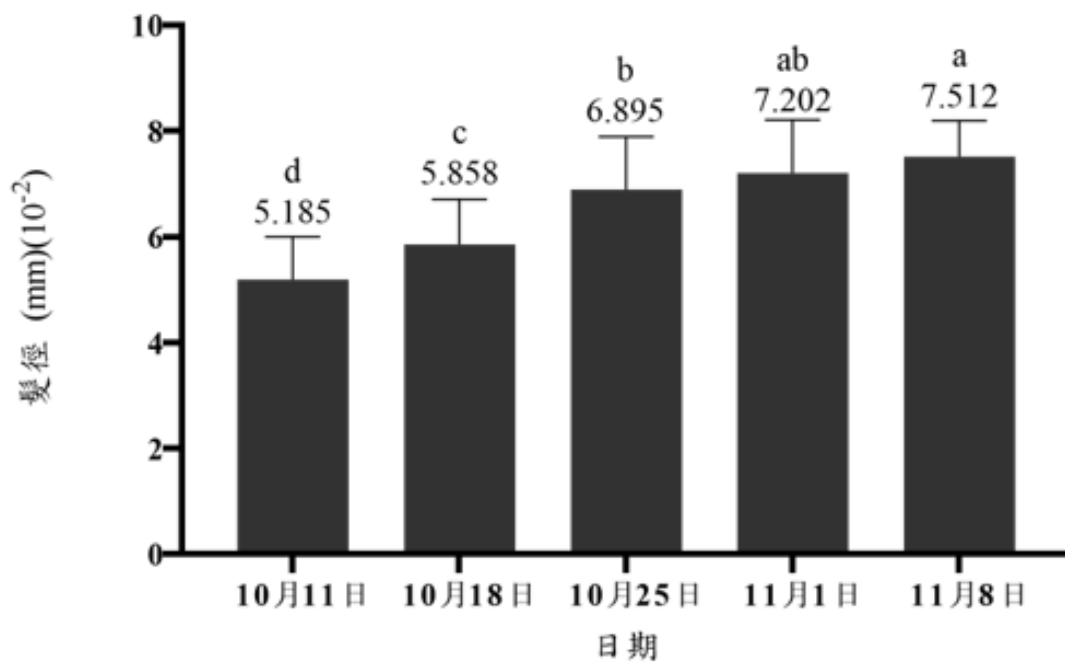


圖 10、含愛玉子粕萃取物的洗髮精及護髮乳對正常髮質受試者(n = 35)髮徑之影響

(二) 比較經洗髮精及護髮乳處理前後頭皮角質及毛穴(囊)發炎改善之情況

結果顯示 A 君頭皮角質及 B 君毛囊紅疹發炎的狀況經處理兩週後，均顯著的改善且發炎的狀況已消除(圖 11)。其中 A 君使用愛玉萃取物添加之洗髮精及護髮乳後其角質恢復正常，經儀器檢測結果為頭皮角質狀況良好，沒有任何髒污和老廢角質，而可顯示乾淨的頭皮(圖 11c)。因此使用此洗髮精及護髮乳可增加頭皮之清潔程度，使頭皮之老廢角質達清洗及清潔之效用，同時頭皮之顏色及頭皮角質層之濕潤程度亦有達恢復之狀況。

其次，B 君使用前其毛穴(囊)狀況為毛穴蘊含油脂且有些許角質堆積在油亮的毛穴周圍，且毛囊出口之毛髮數量為 1 至 2 根。其頭皮呈現紅疹現象。經使用此洗髮精及護髮乳後其頭皮毛囊的出口乾淨，每一毛穴至少生長二至三根毛髮，同時頭皮清潔程度亦增加，無紅疹現象(圖 11d)。因此使用愛玉萃取物添加之洗髮精及護髮乳可增加頭皮之清潔程度，使頭皮毛囊的出口乾淨達清洗及清潔之效用，亦使每一毛穴至少都可生長出二至三根毛髮，達到頭皮毛囊健康之狀態。



圖 11、比較 A 君及 B 君經洗髮精及護髮乳處理前 (a)頭皮角質及(b) 毛穴(囊)以及處理後(c)頭皮角質及(d)毛穴(囊)改善之情況

(三) 比較經洗髮精及護髮乳處理前後頭髮毛鱗片受損改善之情況

結果顯示 C 君及 D 君染髮後的毛鱗片均受損及乾裂，如圖 12 a 及 b，經處理後恢復光澤及呈現濕潤狀況，如圖 12 c 及 d；

兩位受試者的髮質及毛鱗片於檢測儀器下毛鱗片均呈現出不規則的排列，部分毛鱗片似乎處於翹起或開裂的狀態，顯示出毛鱗片因染髮而受損的情形。染髮過程中的化學物質會打開毛鱗片以讓染料進入毛髮內部，這會導致毛鱗片無法完全恢復到閉合狀態，導致毛髮表面變得粗糙和脆弱。此外，毛鱗片的損傷可能導致髮質的光澤度下降，髮絲的水分和營養流失，使髮質變得乾燥、毛躁，增加髮絲斷裂的風險。本研究使用愛玉萃取物添加之洗髮精及護髮乳後，毛髮的毛鱗片呈現出較為緊密且平滑的排列，顯示出毛鱗片的修復狀態，毛鱗片顯得更加整齊，表面平滑度提升，顯示出有效的保濕及修護效果。

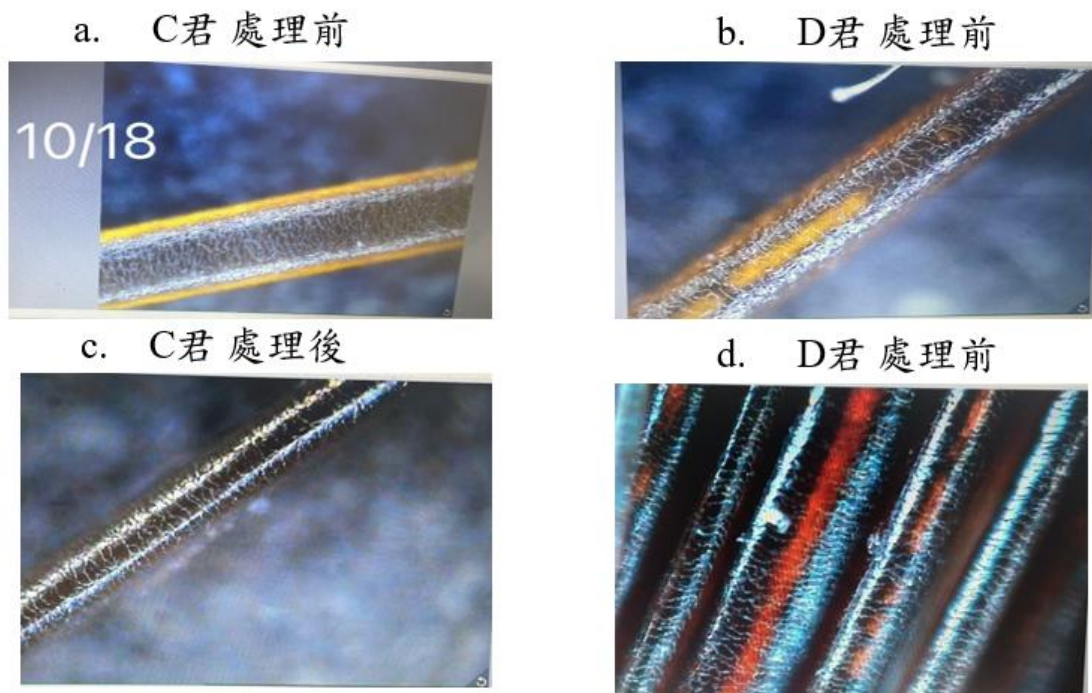


圖 12、比較經洗髮精及護髮乳處理前 C 君(a)及 D 君(b)毛鱗片以及處理後(c)及(d)毛鱗片改善之情況

第四章 結論及建議

第一節 結論

愛玉子粕粉經低溫 50°C 乾燥可保留較多的總酚及總類黃酮抗氧化物質，以及清除 ABTS 自由基的水溶性抗氧化能力。由於愛玉子粕粉中油脂含量低，且溶劑萃取成本高，不利於油脂萃取之利用，因此後續直接應用低溫乾燥愛玉子粕粉進行應用研究。愛玉子粕粉萃取抗氧化物質總酚可達最大值的最適化條件包括水對粕粉萃取比例 40、萃取溫度 71.16°C 及萃取時間 4.99 min，可得最大值總酚含量為 2.11%。此萃取物抑制 50% DPPH 自由基的濃度 IC₅₀ 相當於 110.2 ppm 維生素 C，而抑制 50% ABTS 自由基的濃度則相當於 112.4 ppm 維生素 C。IC₅₀ 數值越低代表抗氧化性越強。

以超音波輔助萃取愛玉子粕粉所得萃取物，其抗氧化性優於採用酵素水解的方法，本計畫已將前者應用於化妝保養品所開發的愛玉洗髮精及護髮乳，經臨床試驗證明使用四週後對於 35 位正常髮質受試者不具過敏性及刺激性，其髮徑可顯著地從 5.185×10^{-2} mm 增加至 7.512×10^{-2} mm ($p < 0.05$)，顯示所開發的產品對於健康髮質的人仍可進一步的促進其髮質更健康；對於發炎紅腫受損的頭皮角質及毛穴(囊)的三位受試者使用愛玉洗髮精及護髮乳兩週後即具有顯著改善的作用；而對於染髮造成頭髮毛鱗片受損及乾燥的兩位受試者，使用兩

週後其毛鱗片帶有光澤及濕潤，改善損傷的效果顯著。未來若愛玉子粕符合食用的規範，其應用將更為廣泛更具經濟價值，預估可運用於寵物飼料、機能性飼料、保健/健康食品等。

第二節 建議

1. 愛玉子粕可食性研究: 建議未來應另案進行愛玉子粕可食性的研

究，改變愛玉子粕不可食用的規範；目前製備的低溫乾燥愛玉子粕粉可經超音波輔助水萃取抗氧化物質，以及後續蛋白酶水解釋放機能性肽類，更增進其抗氧化能力，應用於保養化妝品應無問題，但若能進行可食性的相關研究，將可拓展更全面性的利用。

2. 永續循環經濟的實踐：

愛玉副產品，如愛玉子粕，目前大多數作為動物飼料或被丟棄，浪費了其潛在的高價值用途。通過先進的萃取技術和酵素水解技術，這些副產品可以進行全面利用，轉化為有價值的產品成分，如抗氧化劑、多酚、纖維等，實現資源的最大化利用。這種方式不僅減少了農業廢棄物，還將其轉化為新興的保健和美容產品，體現了循環經濟理念，並降低了對環境的負擔。

3. 附加價值提升：

愛玉副產品的再利用不僅可應用於保健食品，還有廣泛的化妝品及護理產品開發潛力。例如，愛玉子粕中的多酚和類黃酮具有抗氧化、保濕、抗發炎等特性，適合應用於皮膚護理及抗老化產品。這不僅提高了產品的經濟價值，也使愛玉產業能夠從單純的食品加工擴展到更高價值的健康及美容市場，增加產業附加值。

4. 生物可降解材料的開發：

愛玉子粕經過適當處理後可製成纖維顆粒，替代污染性塑膠微粒，應用於去角質等物理性美容產品中。這不僅響應了全球減少微塑膠污染的環保趨勢，也促進了天然、可降解材料的應用，實現綠色消費理念。

5. 推動永續農業與社會經濟發展：

透過對愛玉副產品的深度開發與研究，不僅能促進永續農業的發展，還能創造更多的經濟收益，特別是對愛玉種植地區的農戶。這種綠色經濟模式使農業副產物在保健、美容領域找到新市場，從而提高農業副產品的價值，促進農業循環經濟發展。

多方利用愛玉副產品不僅有助於實現農業副產品的高價值化，還能減少對環境的影響，促進社會、經濟、環境三方面的協同發展，具有重要的研究價值和推廣潛力。

參考文獻

1. 石正中，1986，愛玉凍離水現象之研究。國立臺灣大學園藝研究所碩士。
2. 李柏宏，1999，愛玉子凝膠性質及愛玉凍品質之研究。國立臺灣大學園藝研究所碩士。
3. 鄭德善，2002，應用低溫低濕乾燥機乾燥愛玉子之研究。國立屏東科技大學機械工程系碩士。
4. 張志丞，2008，愛玉子功能性成分初探及抗氧化力之評估。東海大學食品科學系碩士。
5. 卓晏瑜，2010，愛玉子的瘦果與果托對抗氧化及脂質代謝之影響。輔仁大學營養科學系碩士。
6. 陳曉禾，2020，愛玉多醣理化性質與功能性分析之研究。國立臺灣大學園藝暨景觀學系碩士。
7. 盧詩婷，2021，以微波萃取愛玉殼果膠探討其理化特性與抗氧化活性。長庚科技大學健康產業科技研究所碩士。
8. 林孟均・盧美君，2022，愛玉子機能性成分開發與產業發展，苗栗區農業專訊 98: 5-7。
9. AOCS 1989. Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists' Society (4th ed.). Champaign, IL:

AOCS.

10. Babadjouni, A., Reddy, M., Zhangm, R., Raffi, J., Phong, C., Mesinkovska, N. 2023. Melatonin and the Human Hair Follicle. *J. Drugs Dermatol.* 22(3):260-264.
11. Chen L. H., Chen I. C., Chen P. Y., Huang P. H., 2019. Efficacy of Green Onion Root Extract in Cosmetics and Skin Care Products. *Biosci. J.* 4(35): 1276-1289.
12. Chiang, Wen-Dee, Tsou, M. J., Tsai, Z. Y. & Tsai, T. C. 2006. Angiotensin I-converting enzyme inhibitor derived from soy protein hydrolysate and produced by using membrane reactor. *Food Chem.* 98(4): 725-732.
13. Church, F. C., Swaisgood, H. E., Porter, S. H. and Catignani, G. L. 1983. Spectrophotometric assay using o-phthaldialdehyde for determination of proteolysis in milk and isolated milk proteins. *J. Dairy Sci.* 66:1219-1227.
14. Davis , M. G., Piliang, M. P., Bergfeld, W. F., Caterino, T. L. Fisher, B. K., Sacha, J. P., Carr , G. J. Moulton, L. T., Whittenbarger, D. J., Schwartz, J. R. 2021(a). Scalp application of antioxidants improves scalp condition and reduces hair shedding in a 24-week randomized, double-blind, placebo-controlled clinical trial. *Int. J. Cosmet. Sci.* 43 Suppl 1:S14-S25.
15. Davis , M. G., Piliang, M. P., Bergfeld, W. F., Caterino, T. L. Fisher, B. K., Sacha, J. P., Carr , G. J. Moulton, L. T.,

- Whittenbarger, D. J., Schwartz, J. R. 2021(b). Scalp application of the antioxidant piroctone olamine reduces hair shedding in an 8-week randomized, double-blind, placebo-controlled clinical study. 43 Suppl 1: S26-S33.
16. Lin , M. J., Lin, P., Wen, K. C., Chiang, H. M., Lu, M. C. 2022. Jelly Fig (*Ficus awkeotsang* Makino) Exhibits Antioxidative and Anti-Inflammatory Activities by Regulating Reactive Oxygen Species Production via NF κ B Signaling Pathway. *Antioxid ants* (Basel). 17;11(5):981.
17. Polak-Witka, K., Rudnicka, L., Blume-Peytavi, U., Vogt, A. 2020. The role of the microbiome in scalp hair follicle biology and disease. *Exp Dermatol*. 29(3):286-294.
18. Sachan, N., Arif, D. M., Zaman, M. K. and Kumar, Y. 2011. Anti-inflammatory, analgesic and antioxidant potential of the stem bark of *Spondias mangifera* Willd. *Arch. Biolo. Sci*. 63: 413-419.
19. Uhm, J. T., Yoon, W. B. 2011 Effects of high-pressure process on kinetics of leaching oil from soybean powder using hexane in batch systems. *J Food Sci*. 76(6):E444-9.
20. Wang, X., Liu, R., Yang, Y., and Zhang, M. 2015. Isolation, purification and identification of antioxidants in an aqueous aged garlic extract. *Food Chem.*, 187: 37-43.


附錄

附錄一、期初審查會議紀錄暨回覆辦理情形

項次	審查意見	回覆辦理情形
報告內容審查意見：		
一	<p>期中報告書尚缺期初審查意見回覆(含辦理情形)，請補充。</p>	<p>1.為配合本署業務需求，計畫內容建議調整(或納入後續執行評估參考)部分：</p> <p>(1)本計畫具有研究的價值，但與農村產業發展的相關性較弱。</p> <p>回覆：感謝委員指導，本計畫以社區種植之愛玉為材料進行研究及應用性產品開發，利用愛玉提取的副產品進行各種應用，開發愛玉在果膠提取後的創新用途，轉化愛玉副產品為高經濟價值食、妝原料，減少農村農業副產物產生量，以促進社區之地方創生發展。計畫之目標包括開發技術，從愛玉中提取植物化學物質、蛋白質和纖維等有價值的成分，並將其用於保健食品和化妝品中。計畫執行後為愛玉產業增加價值，促進永續農業和經濟發展。副產品的綜合利用與農村工業發展一致，使愛玉提取可食用部份後之農業副產物提供新的途徑，促進當地經濟，並透過減少農業副產物和創造增值產品來支持環境。</p> <p>(2)請補充本研究成果如何與社區或社區農企業合作，提高實用價值。</p> <p>回覆：感謝委員指導，本計畫研究成果包含</p>

項次	審查意見	回覆辦理情形
		<p>保健食品和相關化妝品原料之開發技術，計畫完成後可與社區或農業企業相關單位合作，或誠如委員建議與分署的區亮或社區合作社合作，分享開發的技術和產品、為當地生產者提供培訓以及支持新產品的創造，有助於將目前未充分利用的副產品轉化為有價值的商品，促進當地經濟，執行永續農業實踐目標。</p> <p>(3)技術轉移的條件為何？智財權如何分配？</p> <p>回覆：技術移轉的條件為受移轉單位能承接技術掌握生產者，且具有農民身分或農產品販售通路者。本計畫未提出要申請專利，若未來衍生之專利其智財權歸屬依農業部相關規定辦理。</p> <p>(4)本計畫在提升愛玉的附加價值，若與分署的區亮或社區合作，可展現「實質產業」效益，會更好。</p> <p>回覆：感謝委員建議，本計畫成果將努力與分署轄區之社區合作推廣，以展現實質產業的效益。</p> <p>(5)112年已完成的化妝保養品面膜，預訂如何推展，形成經濟效益？</p> <p>回覆：112年愛玉面膜產品小量產二千片，目前進行消費者試用評估，做為配方調整依據，未來配方確認後將交付權責單位，可作為社區或署轄區廠商生產之模版，進行各式不同面膜之生產、製備及銷售，促進社區之</p>

項次	審查意見	回覆辦理情形
		<p>經濟發展。</p> <p>(6)不同品種愛玉的差異性，應納入評估，以提升化妝或保養品的品質及成效，也可與市面產品作比較。</p> <p>回覆：感謝委員建議，先前計畫以水保署培植較大宗之紅九品種為研發對象，進行分析及開發，未來若有需求或可另案申請經費與其他品種進行比較測試，並依各地不同品系之愛玉設計不同美妝保養產品。</p> <p>(7)本計畫與本署臺北分署推動愛玉產業方向相符，其研究目的可相互結合，建立資源共享管道。</p> <p>回覆：感謝委員鼓勵，本計畫依水保署指導，以推動愛玉產業之可利用性及副產物加值應用，結合產、官、學三方之能量，共同為國內農村地方創生努力。</p> <p>2.有關計畫書格式及經費審查部分：</p> <p>(1)本計畫請以補助經費650仟元調整編列。</p> <p>回覆：已依委員意見調整。</p> <p>(2)本年度執行期限請修正為自113年2月7日至113年12月31日。(10.9個月)。薪俸、保險、退休離職儲金、主持人費、兼任研究助理，請以計畫執行期限10.9個月內編列。年終獎金亦配合計畫期程。</p> <p>回覆：已依委員意見修正。</p>

項次	審查意見	回覆辦理情形
二	<p>目前愛玉子粕多數填土或丟棄，研究發現仍含許多可利用之資材，具有利用價值，也對農業廢棄物循環經濟有助益之可能性(可再生資源)，建議繪製”循環經濟再生圖”。</p>	
三	<p>本次後續研究成果可轉移給臺北分署愛玉專案參考，及未來全國各社區推動愛玉產業的運用(具有推度性)。</p>	<p>謝謝委員的肯定</p>
四	<p>本次開發之抗氧化保健產品，功能及未來推動構想或建議，請加強說明。</p>	<p>愛玉子粕含多種抗氧化特性及其在保健食品中的應用潛力，本計畫擬開發抗氧化保健產品其功能特性：</p> <p>1.抗氧化功能：</p> <p>愛玉子粕含有豐富的多酚物質，這些物質對自由基有很強的清除能力，具有減少氧化壓力的效果，這將促進細胞的健康，減緩衰老過程，適合開發成抗氧化保健產品。DPPH 自由基清除活性和 ABTS 自由基清除活性測試結果表明，愛玉子萃取物具有較高的抗氧化能力。</p> <p>2.技術優勢：</p> <p>該計畫已建立了愛玉子超音波輔助萃取技術，確保高效提取多酚和類黃酮等活性成分。這些技術確保了產品的質量和穩定</p>

項次	審查意見	回覆辦理情形
		<p>性，也為未來大規模生產奠定了基礎。</p> <p>3.未來推動構想：</p> <p>(1) 循環經濟應用：將愛玉果副產物（如愛玉子粕）進一步開發為天然成分，用於食品、化妝品等多功能應用，符合現代社會對天然與環保產品的需求，並契合聯合國永續發展目標。</p> <p>(2) 產品應用範圍：除了抗氧化保健產品，愛玉子粕的應用還涵蓋頭皮護理產品、護髮保養品及高價值化妝品等領域，進一步擴展市場潛力。</p> <p>以上功能和技術的應用不僅促進產品附加價值，也推動了愛玉產業的發展。</p>
五	頭皮角質及頭髮毛鱗片檢測已完成臨床試驗申請，未來請依實際照片呈現成果。	頭皮角質及頭髮毛鱗片檢測業已通過人體試驗核准，目前正進行人體試驗中，實際操作照片將隨結果與結案報告一併呈現。
六	針對每項研究結果之建議較薄弱，期末報告請加強補充。	期末報告已加強補充說明。
七	期末報告請補充英文摘要。	已補充英文摘要
八	建議圖說建議彩色出圖以利判斷。	期末報告已彩色出圖說明結果

項次	審查意見	回覆辦理情形
九	P3-14辦理頭皮角質檢測及頭髮毛鱗片檢測臨床試驗申請，請補充說明目前檢測狀況為何。	頭皮角質檢測及頭髮毛鱗片檢測業已通過人體試驗核准，目前正進行人體試驗中，依實驗進程安排，將於11月中旬完成四週28天之操作試驗，照片將隨結果與結案報告一併呈現。
十	本案所進行研究，未來於市場立足性有何其經濟效益，請說明。	本研究所萃製的愛玉子粕萃取物具有很強的抗氧化性，所製備的洗髮精及護髮乳已證實對於紅腫發炎的頭皮具有改善的作用，未來愛玉子粕若證實為無毒可食用，在保健/健康食品的應用價值及經濟效益將可大幅提升。
十一	本案所採取之愛玉屬於哪類品種，倘有不同品種愛玉是否有其差異性，請補充。	本研究以水保署培植較大宗之紅九品種為研發對象，進行廢棄物愛玉子粕的利用及功能開發，不同品種愛玉子粕應有其差異性，未來若有需求或可另案申請經費與其他品種進行比較測試，並依各地不同品系之愛玉設計不同美妝保養產品。
十二	請補充期初審查意見及回覆內容。	期初審查意見及回覆補充如項次一
十三	建議結果論述內容須加強。	已強化說明
十四	建議增加愛玉副產品如何帶入永續循環及附加價值發展方向之研究價值論述。	<p>1.永續循環經濟的實踐：</p> <p>愛玉副產品，如愛玉子粕，目前大多數作為動物飼料或被丟棄，浪費了其潛在的高價值用途。通過先進的萃取技術和酵素水解技術，這些副產品可以進行全面利用，轉化為有價值的產品成分，如抗氧化劑、多酚、</p>

項次	審查意見	回覆辦理情形
		<p>纖維等，實現資源的最大化利用。這種方式不僅減少了農業廢棄物，還將其轉化為新興的保健和美容產品，體現了循環經濟理念，並降低了對環境的負擔。</p> <p>2.附加價值提升：</p> <p>愛玉副產品的再利用不僅可應用於保健食品，還有廣泛的化妝品及護理產品開發潛力。例如，愛玉子粕中的多酚和類黃酮具有抗氧化、保濕、抗發炎等特性，適合應用於皮膚護理及抗老化產品。這不僅提高了產品的經濟價值，也使愛玉產業能夠從單純的食品加工擴展到更高價值的健康及美容市場，增加產業附加值。</p> <p>3.生物可降解材料的開發：</p> <p>愛玉子粕經過適當處理後可製成纖維顆粒，替代污染性塑膠微粒，應用於去角質等物理性美容產品中。這不僅響應了全球減少微塑膠污染的環保趨勢，也促進了天然、可降解材料的應用，實現綠色消費理念。</p> <p>4.推動永續農業與社會經濟發展：</p> <p>透過對愛玉副產品的深度開發與研究，不僅能促進永續農業的發展，還能創造更多的經濟收益，特別是對愛玉種植地區的農戶。這種綠色經濟模式使農業副產物在保健、美容領域找到新市場，從而提高農業副產品的價值，促進農業循環經濟發展。</p> <p>多方利用愛玉副產品不僅有助於實現農業副產品的高價值化，還能減少對環境的影響，促進社會、經濟、環境三方面的協同發展，具有重要的研究價值和推廣潛力。</p>

