

行政院國家科學委員會專題研究計畫 期末報告

荔枝花最佳萃出條件和其酚類化合物熱降解動力學探討

計畫類別：個別型

計畫編號：NSC 101-2221-E-040-009-

執行期間：101年08月01日至102年07月31日

執行單位：中山醫學大學健康餐飲暨產業管理學系(所)

計畫主持人：劉世詮

計畫參與人員：碩士班研究生-兼任助理人員：陳志永

公開資訊：本計畫涉及專利或其他智慧財產權，2年後可公開查詢

中華民國 102年10月31日

中文摘要：本研究以不同乾燥溫度-時間條件（50°C 24h, 50°C 48h、75°C 24h 及 100°C 24h）乾燥荔枝花，實驗對照組為以冷凍乾燥處理之荔枝花，同時利用不同極性溶劑（水、乙醇、丙酮、乙酸乙酯及正己烷）萃取，測定其抗氧化能力和組成份變化，探討不同熱風溫度乾燥對荔枝花品質的影響。實驗結果顯示：荔枝花冷水萃取物的 DPPH 自由基清除能力、清除 ABTS+ 自由基能力及還原能力之 EC50 值，隨著乾燥溫度增加，其 EC50 值下降，減少超過 25% 以上，然丙酮、乙酸乙酯及正己烷荔枝花萃取物者則為相反之趨勢。丙酮、乙酸乙酯及正己烷荔枝花之萃取物皆具可延緩 LDL 氧化，但溫度增加對其荔枝花萃取物之延緩 LDL 氧化能力之影響不顯著。在不同溶劑之荔枝花萃取物中酚酸與類黃酮含量之變化，gallic acid 在冷水荔枝花萃取物中，隨熱風乾燥溫度增加而略為下降，其他溶劑萃取者則略微增加；epicatechin 僅在乙醇丙酮及乙酸乙酯萃取冷凍乾燥荔枝花中測定出，且以乙酸乙酯萃取者含量最高。p-coumic acid 含量亦以乙酸乙酯萃取者最多，加熱溫度上升含量略為增加；rutin 在冷水萃取者，僅在高溫乾燥下之荔枝花中測出，而以其他溶劑萃取者，雖然可得較高之含量，但會隨乾燥溫度增加，其含量降低。故建議欲開發健康食品則建議可選擇以 75°C-100°C 的溫度為乾燥溫度，再以乙醇或水作為萃取溶劑。

中文關鍵詞：荔枝花、乾燥溫度、溶劑萃取、抗氧化活性

英文摘要：In this study, litchi flower were dried at 50°C, 24h, 48h; 75°C, 24h; 100°C, 24h; and the freeze-dried flower as the control. These samples were extracted by various polar solvents to study the effect of drying temperature on quality of the processed litchi flowers, using various antioxidative assays and the changes of compositions. The results were demonstrated as following: The EC50 values of cold water extracts determined by DPPH scavenging, ABTS+ scavenging and reducing power methods decreased as the drying temperature increasing. The decreased EC50 values were more than 25%. However, the trends of antioxidative activities of acetone, ethyl acetate and n-hexane litchi flower extracts were opposite. The acetone, ethyl acetate and n-hexane litchi flower extracts can delay the oxidation of LDL but the effect on delaying the oxidation of LDL of extracts by increasing temperature was not significant. In the

changes in phenolic acids and flavonoids of various solvents by various drying treatments, the gallic acid contents of cold water extracts decreased slightly and contents of the other solvents increased slightly. Epicatechin could be determined from ethanol, acetone and ethyl acetate freeze-dried extracts and the ethyl acetate extract was the highest content. The highest p-coumic acid contents were determined from ethyl acetate extracts and the contents increased by increasing heat temperature. The rutin contents could be determined from cold water extracts by heating at higher temperature. In the other solvent extracts, the rutin contents were more than cold water extract but the contents decreased by increasing heat temperature. For developing new functional food, we suggest that litchi flower can be dried at 75-100°C, and then the dried flower is extracted by cold water or ethanol.

英文關鍵詞： litchi flower, dried temperatures, solvent extracts, antioxidative activities

國科會專題研究計畫成果報告

中文摘要

本研究以不同乾燥溫度-時間條件 (50°C 24h, 50°C 48h、75°C 24h 及 100°C 24h) 乾燥荔枝花，實驗對照組為以冷凍乾燥處理之荔枝花，同時利用不同極性溶劑 (水、乙醇、丙酮、乙酸乙酯及正己烷) 萃取，測定其抗氧化能力和組成份變化，探討不同熱風溫度乾燥對荔枝花品質的影響。實驗結果顯示：荔枝花冷水萃取物的 DPPH 自由基清除能力、清除 ABTS⁺ 自由基能力及還原能力之 EC₅₀ 值，隨著乾燥溫度增加，其 EC₅₀ 值下降，減少超過 25% 以上，然丙酮、乙酸乙酯及正己烷荔枝花萃取物者則為相反之趨勢。丙酮、乙酸乙酯及正己烷荔枝花之萃取物皆具可延緩 LDL 氧化，但溫度增加對其荔枝花萃取物之延緩 LDL 氧化能力之影響不顯著。在不同溶劑之荔枝花萃取物中酚酸與類黃酮含量之變化，gallic acid 在冷水荔枝花萃取物中，隨熱風乾燥溫度增加而略為下降，其他溶劑萃取者則略微增加；epicatechin 僅在乙醇丙酮及乙酸乙酯萃取冷凍乾燥荔枝花中測定出，且以乙酸乙酯萃取者含量最高。*p*-coumic acid 含量亦以乙酸乙酯萃取者最多，加熱溫度上升含量略為增加；rutin 在冷水萃取者，僅在高溫乾燥下之荔枝花中測出，而以其他溶劑萃取者，雖然可得較高之含量，但會隨乾燥溫度增加，其含量降低。故建議欲開發健康食品則建議可選擇以 75°C- 100°C 的溫度為乾燥溫度，再以乙醇或水作為萃取溶劑。

關鍵字：荔枝花、乾燥溫度、溶劑萃取、抗氧化活性

Abstract

In this study, litchi flower were dried at 50°C, 24h, 48h; 75°C, 24h; 100°C, 24h; and the freeze-dried flower as the control. These samples were extracted by various polar solvents to study the effect of drying temperature on quality of the processed litchi flowers, using various antioxidative assays and the changes of compositions. The results were demonstrated as following: The EC₅₀ values of cold water extracts determined by DPPH scavenging, ABTS⁺ scavenging and reducing power methods decreased as the drying temperature increasing. The decreased EC₅₀ values were more than 25%. However, the trends of antioxidative activities of acetone, ethyl acetate and n-hexane litchi flower extracts were opposite. The acetone, ethyl acetate and n-hexane litchi flower extracts can delay the oxidation of LDL but the effect on delaying the oxidation of LDL of extracts by increasing temperature was not significant. In the changes in phenolic acids and flavonoids of various solvents by various drying treatments, the gallic acid contents of cold water extracts decreased slightly and contents of the other solvents increased slightly. Epicatechin could be determined from ethanol, acetone and ethyl acetate freeze-dried extracts and the ethyl acetate extract was the highest content. The highest *p*-coumic acid contents were determined from ethyl acetate extracts and the contents increased by increasing heat temperature. The rutin contents could be determined from cold water extracts by heating at higher temperature. In the other solvent extracts, the rutin contents were more than cold water extract but the contents decreased by increasing heat temperature. For developing new functional food, we suggest that litchi flower can be dried at 75-100°C, and then the dried flower is extracted by cold water or ethanol.

Key word: litchi flower, dried temperatures, solvent extracts, antioxidative activities

一、前言

荔枝花為農民於種植過程的廢棄物，近來已被證實具有優異的抗氧化能力 (Liu et al., 2009)、降低 LDL 及血清脂質及肝臟脂質之能力 (Chen et al., 2011)，且食用荔枝花水萃物與高脂質飼料之倉鼠，其血清中的 malondialdehyde (MDA) 含量降低 (Yang et al., 2010)，根據以上研究指出荔枝花具有優異的機能特性。然相關於荔枝花最適乾燥溫度和加工過程中成分的變化並非相當清楚，固有深入研究之必要。在預備實驗中，將荔枝花於不同溫度下乾燥，再當做茶包沖泡，本以為冷凍乾燥者接受度較佳，但經品評試驗後卻發現冷凍乾燥者之茶湯青味較重，而隨著乾燥溫度的增加，接受度提高，其中也發現了有趣的現象，DPPH 清除能力隨乾燥溫度上升而增加，故擬以不同熱風乾燥溫度乾燥荔枝花，了解乾燥溫度對荔枝花成分之影響，以確立荔枝花乾燥溫度，同時期能開發成茶品，以提高農民收益。因此本研究將探討：不同熱風乾燥處理對荔枝花品質之影響，依不同溶劑萃出有效成分，進而探討其抗氧化和成分組成變化。

二、研究目的

目前尚無針對不同加熱溫度處理荔枝花與其抗氧化力之變化以和不同萃取條件對其影響做探討，在預實驗中發現乾燥溫度確能影響荔枝花之品質，故本研究將以不同熱風溫度與時間 (50°C 24 小時、50°C 48 小時、75°C 24 小時及 100°C 24 小時) 乾燥荔枝花，探討不同熱風溫度乾燥對荔枝花抗氧化活性之影響與其最佳萃取條件，做為荔枝花加工條件之參考。首先以冷水、乙醇、丙酮、乙酸乙酯及正己烷五種溶劑萃取不同熱風溫度時間乾燥後的荔枝花，並探討不同的熱風乾燥溫度對各溶劑之萃取物的影響，主要分析抗氧化能力的變化與其酚類和類黃酮化合物組成之變化。並尋找最佳抗氧化溶劑萃取物。

三、文獻探討

(一) 荔枝花

荔枝 (*Litchi chinensis* Sonn.) 為無患子科 (Sapindaceae family) 荔枝屬 (Litchi) 植物 (林, 2004)。已有許多研究證實荔枝的果肉、殼及核含有相當多的酚類化合物 (Duan et al., 2007; Reichel et al., 2011; Sarni-Manchado et al., 2000; Wang et al., 2011a; Wang et al., 2011b; Zhao et al., 2006; Zhou et al., 2011)，且具有清除自由基之抗氧化功能活性、抗發炎、抗癌症及降低心血管疾病等生理功效 (張, 2009; Heim et al., 2002; Kalgaonkar et al., 2010; Nishizawa et al., 2011; Wang et al., 2006; Weng et al., 2012; Zhao et al., 2007)，Sun 等 (2010) 發現在荔枝果肉中 (-)-epicatechin 與 Proanthocyanidin A2 為主要的酚類化合物。研究亦指出植物的花也富含豐富的酚類化合物與抗氧化活性 (黃, 2006; 曾等, 2009; 陳等, 2006; 陳, 2009; Elzaawely et al., 2007; Barreira et al., 2008) 及抗癌症等能力 (Way et al., 2009)。

龍眼與荔枝同屬於無患子科植物，近年來已證實龍眼的花已被證實具有豐富的酚類化合物和抗氧化活性，經分析後發現龍眼花主要的酚類化合物亦為 (-)-epicatechin 與 proanthocyanidin A2 (Hshieh et al., 2008)，具有抗發炎 (Ho et al., 2007)、抑制大腸癌 (Hsu et al., 2010)、改善胰島素抗性及降血壓 (Tsai et al., 2008) 的效果。

在本實驗室先前之研究中，荔枝花以 40°C 熱風乾燥 16 小時後，利用丙酮、甲醇及熱水萃取，其抗氧化活性 (DPPH、reducing power 及 TEAC) 以丙酮萃取物者為最佳，其次為甲醇萃取物，熱水萃取者為最差 (Liu et al., 2009)。另以荔枝花經冷凍乾燥處理後，以丙酮、乙醇及熱水萃取，其抗氧化活性 (LDL oxidation inhibition, scavenging ability on oxygen radicals 及 erythrocyte hemolysis inhibition) 有

相類似的結果，效果最佳者亦為丙酮萃取物，乙醇萃取物次之，最差者為熱水萃取者 (Chen et al., 2011)。熱水萃取物的抗氧化能力雖較差，然龍眼花的水萃取物具有抗代謝症候群的能力 (Tsai et al., 2008)，推測荔枝花的水萃取物有相似之能力，故利用熱水 (100°C, 30min) 萃取荔枝花(40°C, 16 小時)後，餵食倉鼠荔枝花萃取物，發現攝食 2.5% 或 5% 荔枝花水萃物之老鼠，其血清脂質、心臟病指標及肝臟脂質皆降低。且同時食用水萃物與高脂質飼料之倉鼠，其血清中的 malondialdehyde (MDA) 含量降低至與一般飲食之倉鼠者相同 (Yang et al., 2010)。

冷凍乾燥荔枝花以丙酮萃取後，將其萃取物經分離純化其抗氧化活性較佳之成分，以液相層析質譜儀 (LC-MS) 與核磁共振儀 (nuclear magnetic resonance, NMR) 進行鑑定，確認此成分物質為 (-)-epicatechin 與 proanthocyanidin A2 (Yang et al., 2012)。這個發現與 Sun 等 (2010) 相同。

(二) 萃取條件對酚類化合物影響

萃取方法為取得植物中酚類化合物最常使用的方法，水、甲醇 (methanol)、乙醇 (ethanol)、丙酮 (acetone)、乙酸乙酯 (ethyl acetate)、正己烷 (hexane) 及氯仿 (chloroform) 為最常利用的萃取溶劑，影響萃取效果的因子有：固液比、萃取次數、萃取時的溫度及 pH 值等 (Pinelo et al., 2006; Dai and Mumper, 2010)。

Guill'en 等 (1996) 與 Stalikas (2007) 提出萃取次數以 2~3 次為宜。荔枝果肉利用不同溶劑 (水、甲醇、乙醇及乙酸乙酯)、不同溶劑濃度 (25~100%) 及不同固液比 (1:25~1:100, w/v) 萃取後，發現 85% ethanol 與固液比 1:50 萃取時，有較佳的萃取率 (Prasad et al., 2009)；山蘇經熱風乾燥後，以不同酒精濃度 (0, 25, 50 and 75%) 萃取，其較佳之萃出率和 DPPH 自由基清除能力者為以 75% 酒精萃取者 (張, 2009)；Ruenroengklin 等 (2008) 探討以不同溫度 (30, 40, 50, 60, 70 and 80°C) 與不同 pH 值 (2, 3, 4, 5 and 6) 之條件萃取，發現在 60°C 與 pH4.0 下，花青素萃取率較高。Buci Koji 等 (2009) 葡萄籽以不同濃度乙醇 (50、70 和 96%)，在不同溫度 (25、40、50、60、70 和 80°C) 下萃取，以 50% 乙醇和 80°C 條件下，其酚類化合物含量較多。

(三) 加熱處理與酚類化合物的關係

一般認為，加熱處理會對產品的品質與機能性成分物質造成破壞，因此在許多蔬果加工處理時，皆避免使用較高的溫度。Chen 等 (2011) 用柳丁皮以不同溫度 (50~100°C) 乾燥後，以甲醇萃取，結果以 50~70°C 乾燥之柳丁皮，其抗氧化能力降低，然於以 90~100°C 乾燥者，其抗氧化能力反而增加，且酚類化合物含量亦明顯增加。推測可能為加熱處理造成其成分物質之裂解或聚合。胡柚經不同溫度 (90°C、120°C 和 150°C, 30 min) 和不同時間 (30 min、60 min 和 90min, 120°C) 乾燥後萃取，其萃取物隨加熱時間增加或加熱溫度上升，其總酚含量、螯合亞鐵能力及 TEAC 量皆明顯上升 (Xu et al., 2007)。將金棗果皮、肉以冷凍乾燥、55°C 及 100°C 乾燥後，以甲醇萃取，其 100°C 乾燥金棗果皮之抗氧化和抗發炎活性較冷凍乾燥處理與 55°C 乾燥佳 (洪, 2006)。張 (2012) 經 45°C、65°C 及 85°C 溫度乾燥後的南洋山蘇以乙醇萃取，其南洋山蘇萃取物隨乾燥溫度增加，其總酚含量、類黃酮含量與抗氧化力皆增加。

四、研究方法

(一) 實驗樣品

本實驗樣品為民國一百年三月，由台中市太平農家提供之黑葉荔枝花，將採收的荔枝花去除枝葉、小碎石後，使用熱風乾燥機以 50°C、75°C 及 100°C 乾燥處理 24 至 48 小時後，並同時將荔枝花經冷凍乾燥處理，做為對照組對照，將樣品存放於真空包裝袋中並儲藏於 -20°C 冰箱保存備用。

(二) 不同溶劑之粗萃物製備

為了解不同熱風乾燥溫度對荔枝花之影響，以不同極性溶劑對荔枝花萃取率和萃取成分之探討，故利用水、95% 乙醇、丙酮、乙酸乙酯及正己烷萃取。然因水在室溫下萃取時，易發生腐敗現象，所以在 4°C 環境下進行萃取。

1. 室溫萃取

秤取不同溫度乾燥之荔枝花 20 克，分別以 400mL 之四種不同極性溶劑（95% 乙醇、丙酮、乙酸乙酯及正己烷）於室溫下攪拌萃取 24 小時，以 TOYO 濾紙 No. 1 過濾，剩餘殘渣再依上述步驟進行第二次萃取。收集兩次所得萃取液，經 30°C 減壓濃縮去除有機溶劑後得粗萃取物，保存於茶色樣品瓶中，並置於 -20°C 冰箱備用。

2. 低溫萃取

秤取經不同溫度乾燥之荔枝花 20 克，分別以 400mL 之去離子水於 4°C 環境下攪拌萃取 24 小時，先以 5000 rpm，4°C，離心 10 分鐘，收集其上清液並以 TOYO 定性濾紙 No. 1 濾紙過濾，剩餘殘渣再依上述步驟進行第二次萃取。收集兩次所得萃取液，經冷凍乾燥機移除去離子水後得粗萃取物，保存於茶色樣品瓶中並置於 -20°C 冰箱備用。

(三) 分析方法

1. 萃出率之測定
2. 總酚類化合物含量測定
3. 總類黃酮含量測定
4. 酚類化合物與類黃酮化合物高效能液相層析條件建立萃出率之測定
5. 抗氧化活性檢測方法
 - (1) DPPH (2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl hydrate) 自由基清除能力測定
 - (2) 總抗氧化能力測定
 - (3) 還原能力測定
 - (4) 抑制以銅離子誘導人類 LDL 氧化反應

五、結果與討論

(一) 不同溶劑萃取對不同熱風乾燥之荔枝花其萃出物之萃取率、總酚及總類黃酮化合物含量影響

以不同極性溶劑水、乙醇、丙酮、乙酸乙酯及正己烷分別萃取荔枝花樣品，將其萃取液經由減壓濃縮或冷凍乾燥後所得之萃取物秤重，將萃取所用之荔枝花重量扣除上述測得之不同乾燥處理後荔枝花本身水分含量，計算萃取率，結果為 Table 1。在利用不同溶劑萃取荔枝花對萃取率之影響部份，發現不同的溫度-時間乾燥的荔枝花，其萃取率隨溶劑極性增加而增加，水和乙醇有較佳的萃取率，明顯高於其他萃取溶劑，其萃取率依次為丙酮、乙酸乙酯及正己烷；在不同溫度-時間乾燥荔枝花對萃取率之影響部份，其中以冷凍乾燥處理者，萃取率較皆佳，隨乾燥的溫度增加，萃取率皆明顯下降，以冷水和乙醇萃取者為例，冷凍乾燥者為最佳，100°C 乾燥者則最低，而在 50°C 較長時間乾燥，則降低乙醇之萃出率。

荔枝花萃取物之總酚與總類黃酮含量之分析結果列於 Table 1。以乙酸乙酯萃取者，其總酚含量較高，尤其是冷凍乾燥、50°C, 48hr 及 75°C, 24hr 乾燥荔枝花者，其總酚含量依次為丙酮、乙醇、冷水及正己烷。而不論何種方式乾燥之荔枝花，其總類黃酮含量以乙酸乙酯萃取者皆較高，其趨勢和總酚含量相似，以冷水萃取者最差，正己烷萃取者則無檢測出總類黃酮。熱風乾燥後，其總酚含量明顯降低，尤其以丙酮與乙酸乙酯萃取者，降低相當顯著，乙醇萃取者則降低較為平緩，但以冷水萃取者，乾燥溫度增加卻可增加其總酚含量，類黃酮含量亦隨熱風乾燥而降低，然冷水萃取者，則呈現相反的趨勢。推測極性較低的酚類化合物，經熱風乾燥後，部分降解成極性較高的酚類化合物。

黑木耳、青仁黑豆、黑芝麻、黑棗及黑糯米分別以水、乙醇、丙酮、乙酸乙酯及正己烷萃取，其萃取率亦隨溶劑極性增加，其萃取率亦增加(蘇。2002)；朱(2009)以八種不同極性溶劑(水、甲醇、乙醇、乙酸乙酯、90%乙酸乙酯、異丙醇、丙醇及正己烷)萃取大花紅景天根莖，發現隨萃取溶劑之極性增加，其萃取率亦增加；Prasad 等(2009)以水、甲醇、乙醇及乙酸乙酯四種不同極性溶劑萃取荔枝果肉，亦有相類似之結果；Chen 等(2011)以熱水、乙醇及丙酮萃取凍乾荔枝花，其萃取率分別為 $25.7\pm 2.2\%$ 及 $25.2\pm 1.9\%$ 和 $10.7\pm 1.0\%$ ，由此結果亦相似。Liu 等(2009)以水、甲醇和丙酮萃取荔枝花，丙酮荔枝花萃取物之總酚和類黃酮化含量最高，甲醇荔枝花萃取物次之，荔枝花水萃取物則最差。在本研究結果，以乙酸乙酯、丙酮荔枝花萃取物之總酚、總類黃酮化合物含量較高，和上述之結果類似。

(二)不同熱風乾燥溫度對荔枝花抗氧化活性之影響

1. DPPH 自由基清除能力

荔枝花萃取物之 DPPH 自由基清除率換算成 EC_{50} ，其結果列於 Table 2。在冷凍乾燥處理者，丙酮為最佳的萃取溶劑，其 EC_{50} 值最低，其他依次為乙醇，乙酸乙酯，冷水及正己烷，其他不同溫度-時間乾燥者，所有溶劑萃取者的 DPPH 清除能力之趨勢和冷凍乾燥者相似，然在 $100^{\circ}C$, 24hr 乾燥者，以乙醇萃取者其 EC_{50} 值最低，其他溶劑者之趨勢則類似。在乙醇萃取時，乾燥溫度增加，明顯降低萃出物之 DPPH 清除能力，其 EC_{50} 值明顯增加，另一方面在 $50^{\circ}C$ 乾燥時，增加時間亦降低萃出物之 DPPH 清除能力，相類似的情況亦發生在丙酮萃出物者，表示在這兩個溶劑所萃出的機能性成分，亦被較高溫度與較長之乾燥時間破壞，進而降低其自由基清除能力。然在冷水萃取者卻有相反之趨勢，此現象或與其酚類化合物含量增加有關。而在乙酸乙酯和正己烷萃取者，則無明顯之趨勢。Yen 與 Chuang (2000) 以不同溫度烘烤決明子(*Cassia tora* L.)，隨溫度上升，其自由基清除能力降低，作者推測此可能與酚類化合物含量減少相關，故推測荔枝花萃取物之 DPPH 自由基清除能力降低與丙酮和乙酸乙酯萃取物中酚類化合物含量降低相關。

2. 總抗氧化能力

可藉由表 2 之結果，了解不同溶劑之荔枝花萃取物之 $ABTS^{+}$ 自由基清除能力。在不同的溫度時間乾燥荔枝花的萃取物，其 $ABTS^{+}$ 清除能力以丙酮、乙酸乙酯及乙醇萃取者(冷凍乾燥者除外)， EC_{50} 的值較低，表示清除能力較佳，次為冷水萃取者，正己烷萃取者最差，趨勢亦和 DPPH 清除力相似。以丙酮萃取者，乾燥溫度增加與較長時間會破壞其抗氧化能力，而以冷水萃取者則為相反之趨勢，其他溶劑萃取者則無明顯之趨勢。此結果和 DPPH 之結果相似，推測其可能影響之因素相似。

3. 還原能力

亦可由 Table 2 觀察荔枝花萃出物之還原力的變化，然由於正己烷荔枝花萃取物因本實驗是以水作為溶劑，因此極性相斥關係，導致正己烷萃取物在實驗過程中造成嚴重混濁，故未檢測其還原能力。在不同溶劑萃取中，以乙酸乙酯所萃取者，還原力較佳(僅在 $50^{\circ}C$, 24hr 和 48hr 乾燥者，以丙酮萃取者較佳)，次為丙酮和乙醇萃取者，最差者為冷水萃取者。乾燥溫度時間的效應在冷水萃取者較為明顯，可使其 EC_{50} 降低，趨勢和上述兩種抗氧化能力相似。其他三種溶劑萃取者，以冷凍乾燥處理者，其還原能力較佳，經乾燥處理後，其還原力則略微下降。

4. 抑制銅離子誘導人類 LDL 氧化能力

將不同溶劑萃取物進行抑制 LDL 氧化之實驗，並計算出其氧化遲滯時間(見 Table 3)；空白組氧化遲滯時間為 90.56 ± 3.75 分鐘，冷水荔枝花萃取物其抑制的氧化遲滯時間，皆較空白組短，表示其抑

制 LDL 氧化能力較差，在乙醇萃取物者，遲滯時間則和空白組間無顯著性差異，在丙酮萃取者，其遲滯時間和空白組間無顯著差異，其中以 50°C, 48hr 和 75°C, 24hr 處理者之遲滯時間和 catechin 間亦無顯著差異，乙酸乙脂萃取者，其遲滯時間皆高於空白組，且除 100°C, 24hr 處理者外，其遲滯時間皆和 catechin 無顯著差異，正己烷萃取物的 LDL 氧化遲滯時間和空白組間無顯著性差異(75°C, 24hr 處理者除外，遲滯時間高於空白組但低於 catechin)，且明顯低於 catechin 之遲滯時間。由此結果發現，乾燥溫度時間對 LDL 氧化抑制能力之影響不顯著，溶液極性反而扮演重要的角色，極性越低，其萃取物抑制 LDL 氧化能力則明顯增加，其中以乙酸乙脂萃取者的效果較佳。

Sparrow 等 (1992) 認為極性較低的抗氧化劑 (BHT、probucol)，應可直接進入 LDL 中疏水性膽固醇核心中，進而抑制 LDL 氧化。然極性較高的抗氧化劑雖無法進入 LDL 中保護，其可能包覆於 LDL 表面，進而保護 LDL 不被氧化，故極性高的抗氧化劑亦可進而達到抗氧化的功能。

(三)不同溶劑萃取對不同溫度熱風乾燥荔枝萃出物中酚酸及類黃酮化合物組成成分影響

由前述之的抗氧化測定中得知，熱風乾燥溫度影響荔枝萃出物之抗氧化，為更進一步了解不同的熱風乾燥溫度對荔枝的影響，因此本實驗以高效能液相層析儀更進一步地分析熱風乾燥對荔枝之影響，同時測定酚酸與類黃酮化合物之組成與含量。

本實驗分析條件係參考 Chen 等 (2011) 之研究，參考其層析條件並加以修飾。本實驗以 9 種酚酸 (gallic acid、gentisic acid、chlorogenic acid、caffeic acid、vanillic acid、syringic acid、*p*-coumaric acid、sinapic acid 和 *p*-anisic acid) 以及 6 種類黃酮 ((+)-catechin、epicatechin、rutin、naringin、quercitrin 和 neohesperidin)，共 15 種標準品。將上述 15 種標準品與不同溶劑之不同熱風乾燥溫度之荔枝萃出物進行層析，並以滯留時間與全光譜掃描 (220~480 nm) 進行比對，可得標準品滯留時間與其光譜結果。

配製樣品濃度為 10mg/mL，依本實驗層析條件分析後，並由滯留時間與全光譜掃描判定分析後，僅比對出 gallic acid、*p*-coumaric acid、epicatechin 及 rutin，這兩種酚酸、兩種類黃酮化合物，且除了乙醇、丙酮和乙酸乙酯萃取凍乾荔枝之萃出物可測定到 epicatechin 外，其餘皆只測得 gallic acid、*p*-coumaric acid 及 rutin 此三種化合物。而以正己烷萃取者，則皆無檢測出此四類化合物，推測可能是樣品濃度較低所致。

由 Table 4 中之結果得知，利用乙酸乙脂萃取者，其 gallic acid 的含量較高，其次為乙醇，次為丙酮，最低者為冷水萃取者。亦可發現乾燥溫度-時間會影響 gallic acid 的萃出量，在冷水萃取部分，僅在 100°C 乾燥者，gallic acid 含量最低。其他萃取溶劑部分，乾燥溫度-時間處理荔枝可以增加 gallic acid 含量，但似無明顯的趨勢。

在 epicatechin 成分部分，僅在乙醇、丙酮和乙酸乙酯萃取凍乾荔枝之萃出物可測定到，且以乙酸乙脂萃取者有最高的含量，次為丙酮萃取者，乙醇萃取者較低。此結果表示，荔枝中的 epicatechin 容易被熱所破壞，對熱不安定。

在 *p*-coumaric acid 含量部分，以乙酸乙脂萃取者可得較高的 coumic acid 含量，次為冷水萃取者，再次為乙醇萃取者，最後則為丙酮。有趣的是，在冷水萃取者，其 coumic acid 含量會因加熱溫度增加和較長之加熱時間而略為減少，而在其他溶劑萃取者，卻為相反之趨勢，經乾燥溫度上升，coumic acid 明顯上升，但在乙醇和丙酮萃取者，並無規律之變化。

可以由 Table 4 之結果中發現，rutin 是所檢出含量最高的成分，其中以丙酮萃取者之含量最多，次為乙醇萃取者，最差的為乙酸乙脂萃取者。有趣的是，在冷水萃取者，在冷凍乾燥、50°C, 24hr 及 50°C, 48hr 乾燥者，無檢出 rutin，但經較高溫度乾燥後，即可檢出 rutin，且隨溫度增加而其含量增加。而在其他溶劑萃取者，乾燥處理皆會造成 rutin 的含量降低，而乙酸乙脂萃取者，會因加熱處理 rutin 含量減少較為顯著，次為丙酮萃取者，相對而言，乙醇萃取者則較為穩定，由 5.868±0.138mg/g (冷凍乾燥) 降至 4.879±0.025mg/g (100°C, 24hr)。

Figure 1~4 為分析冷水、乙醇、丙酮及乙酸乙酯萃取物之酚酸與類黃酮之 HPLC 圖譜，可發現在滯留時間 5~7 分鐘間有三根 unknown peak，29~30 分鐘附近亦有一根 unknown peak。在 5~7 分鐘這三個 unknown peak 在冷水、乙醇、丙酮及乙酸乙酯荔枝萃取物中，隨熱風乾燥溫度上升，波峰面積隨之增加，此為一有趣的現象，所增加的成分在乾燥過程中，對其機能性成分的貢獻情形，仍屬未知，因此應進一步進行研究，分離純化出此三種物質，進而確認其可能之物質，同時了解其對機能性成分之貢獻。

而於乙醇、丙酮和乙酸乙酯荔枝萃取物中，發現於 29~30 分鐘有一根 unknown peak，隨著熱風乾燥溫度上升，而有下降趨勢。根據 Yang 等 (2012) 研究中指出，荔枝當中主要的抗氧物質為 (-)-epicatechin 與 proanthocyanidin A2，由於已可測定出 epicatechin，故初步推測此成分可能為 proanthocyanidin A2。故利用先前實驗室已純化之 proanthocyanidin A2 做為標準品，利用相同層析條件分析，並利用 photo diode array detector 進行全光譜掃描比對，發現純化之 proanthocyanidin A2 滯留時間在 29.29 分鐘，且在 239.1 和 279.4nm 有兩個最大吸收波，比對結果後發現 29~30 分鐘這根 unknown peak 與先前實驗室已純化之 proanthocyanidin A2 滯留時間和光譜吻合，故推測有可能為 proanthocyanidin A2。因 proanthocyanidin A2 純化過程非常繁複且取得不易，故於本實驗中未做定量，但於乙醇、丙酮和乙酸乙酯荔枝萃取物之 HPLC 層析圖當中可觀察到 (Figure 1-4)，隨著加熱溫度上升，其 epicatechin 與 proanthocyanidin A2 peak 面積隨之下降，故推測乙醇、丙酮及乙酸乙酯荔枝萃取物其 DPPH 自由基清除能力、還原能力和清除 ABTS⁺ 自由基能力下降，是因為隨著乾燥溫度上升其荔枝中 (-)-epicatechin 和 proanthocyanidin A2 受熱破壞後，造成其抗氧化能力下降。

因為無足夠的 proanthocyanidin A2 標準品，故無法計算出實際的 proanthocyanidin A2，但為了解 proanthocyanidin A2 對熱的影響情形，因此將冷凍乾燥處理者的 proanthocyanidin A2 面積視為 100，計算出相對於冷凍乾燥處理之 proanthocyanidin A2 濃度，觀察其熱降解情形。在 50°C 到 100°C 的溫度範圍中，以乙醇萃取者，proanthocyanidin A2 受熱破壞，含量減少，然下降速率約為 0.599，然丙酮和乙酸乙酯萃取者其下降速率分別為 0.641 和 1.029，因此可以推測 proanthocyanidin A2 容易受到熱的破壞，而亦被乙醇萃取出之 proanthocyanidin A2 相對較為穩定。

六、結論與建議

研究結果發現以極性高的溶劑(冷水和乙醇)萃取荔枝時，可以得到較高的萃出率；總酚類和總類黃酮化合物含量以乙酸乙酯萃取者較多；乙醇與丙酮萃取物之 DPPH 和 ABTS⁺ 自由基清除力較佳；丙酮與乙酸乙酯萃取物之還原力較佳；抑制人類血液 LDL 氧化的能力部分，以極性較低的溶劑萃取者有較佳的能力，甚至可和 catechin 抑制能力相近。因此如要選擇使用萃取荔枝之溶劑時，建議使用乙醇進行萃取，因為可以提高其萃取率，雖然以乙醇萃取時，其萃取物之 DPPH 自由基清除力、ABTS⁺ 自由基清除力、還原力及抑制人類血液 LDL 氧化的能力雖非最佳，然確屬於中等，乙醇亦可食用，無食品安全上之顧慮，故考慮乙醇做為萃取溶劑。

和乾燥柳丁皮的結果不同，熱風乾燥荔枝會使其萃取率降低、總酚類和總類黃酮化合物含量降低(冷水萃取者除外)、DPPH 自由基清除力降低(冷水萃取者除外)、ABTS⁺ 自由基清除力提高(丙酮與乙酸乙酯萃取者除外)及還原力降低(冷水與乙醇萃取者除外)，然對抑制人類血液 LDL 氧化的能力影響較不顯著。雖然熱風乾燥荔枝會破壞其機能特性，然利用冷凍乾燥時，需花費較多的成本，故仍須利用熱風乾燥荔枝，且考慮乾燥成本，建議利用 75°C 為乾燥溫度。

本研究結果雖探討荔枝利用不同溶劑萃取時，其萃取出之成分與機能特性之變化，亦了解乾燥處理對荔枝機能性成分之影響，然對其最適萃取條件卻無深入研究，故應可針對其最適萃取條件進行研究。此外，在研究中發現有三種成分在加熱乾燥中生成，且似乎和加熱溫度有相關聯性，應進一步分離、純化並鑑定出其可能之物質，同時了解其在機能特性中所扮演之角色。本研究所可確定

proanthocyanidin A2 易受熱而破壞，應可進一步探討其熱降解之動力學與機制，和釐清其對荔枝花機能特性之重要性。

七、參考文獻

- 朱善婷。2009。不同萃取處理方法對大花紅景天萃取物及其抗氧化活性之影響。國立屏東科技大學食品科技系。碩士論文。
- 林怡君。2004。荔枝香甜酒製成研究。國立台灣大學食品科技研究所。碩士論文。
- 陳如茵、楊筱姿、蔡美珠、林欣榜。2006。梅(*Prunus mume* Seibu. et Zucc.)之花及不同成熟度果實(水)萃物抗氧化性及苦杏仁苷含量之探討。台灣農業化學與食品科學 44, 390-396.
- 陳欣怡。2009。荔枝花萃取物抗氧化性之探討。中山醫學大學營養系。碩士論文。
- 張証維。2009。荔枝果實多酚萃取物具保護肝臟功能。國立嘉義大學生物醫藥科學研究所。碩士論文。
- 張家慧。2012。熱風乾燥處理及萃取條件對南洋山蘇抗氧化及功能特性之影響。中興大學食品暨應用生物科技學系所。碩士論文
- 黃志煜。2006。相思樹花之抗氧化活性成分分析與鑑定。國立臺灣大學森林環境暨資源學系。碩士論文。
- 洪璧芳。2006。不同溫度乾燥處理對金棗果肉與果皮之甲醇萃取物抗氧化與抗發炎活性的影響。元培科技大學生物技術研究所。博士論文
- 曾文楷、陳宜嫻、官常慶。2009。菊花萃取物於抗氧化、抑制黑色素生成及抗致突變的研究。台灣農業化學與食品科學 47, 47-54.
- 蘇正元。2002。五種黑色食品與其複方組合於體外試驗之抗氧化能力。國立台灣大學食品科技研究所。碩士論文。
- Barreira, J., Ferreira, I., Oliveira, M. and Pereira, J. (2008). Antioxidant activities of the extracts from chestnut flower, leaf, skins and fruit. *Food Chemistry* 107, 1106-1113.
- Buci Koji, A., Planini, M., Tomas, S., Jakobek, L., & Šeruga, M. (2009). Influence of solvent and temperature on extraction of phenolic compounds from grape seed, antioxidant activity and colour of extract. *International Journal of Food Science and Technology*, 44(12), 2394–2401.
- Chen, M.L., Yang, D.J., & Liu, S.C. (2011). Effects of drying temperature on the flavonoid, phenolic acid and antioxidative capacities of the methanol extract of citrus fruit (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) peels. *International Journal of Food Science & Technology*, 46: 1179-1185.
- Chen, Y. C., Lin, J. T., Liu, S. C., Lu, P. S. & Yang, D. J. (2011). Composition of flavonoids and phenolic acids in lychee (*Litchi Chinensis* Sonn.) flower extracts and their antioxidant capacities estimated with human LDL, erythrocyte and blood models. *Journal of Food Science*, 76, C724-C728.
- Dai J. and Mumper R. J. (2010). Plant phenolics: extraction, analysis and their antioxidant and anticancer properties. *Molecules*, 15, 7313-7352.
- Duan, X., Jiang Y., Su, X., Zhang, Z. and Shi, J. (2007). Antioxidant properties of anthocyanins extracted from litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) fruit pericarp tissues in relation to their role in the pericarp browning. *Food Chemistry* 101, 1365–1371.
- Elzaawely, A., T. Xuan, H. Koyama and S. Tawata. (2007). Antioxidant Activity and Contents of Essential Oil and Phenolic Compounds in Flowers and Seeds of *Alpinia Zerumbet* (Pers.) B.L. Burtt. & R.M. Sm. *Food Chemistry* 104, 1648-1653.
- Guill'en DA, Barroso CG, Pérez-Bustamante JA. (1996). Automation of sample preparation as a preliminary stage in the high-performance liquid chromatographic determination of polyphenolic compounds in sherry wines. *J Chromatogr A*, 730, 39-46.
- Heim, K. E., Tagliaferro, A. R. and Bobilya, D. J. (2002). Flavonoid antioxidants: Chemistry, metabolism and structure–activity relationships. *Journal of Nutritional Biochemistry* 13, 572-584.
- Ho, S. C., Hwang, L. S., Shen, Y. J., and Lin C. C. (2007). Suppressive effect of a proanthocyanidin-rich extract from longan (*Dimocarpus longa* Lour.) flowers on nitric oxide production in LPS-stimulated macrophage cells. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55, 10664-10670.
- Hsu, C. P., Lin, Y. H., Zhou, S. P., Chung, Y. C., Lin, C. C., and Wand, S.C. (2010). Longan Flower Extract Inhibits the Growth of Colorectal Carcinoma. *Nutrition and Cancer*, 62, 229-236.
- Kalgaonkar, S., Nishioka, H., Gross, H. B., Fujii, H., Keen C. L. and Hackman, R. M. (2010). Bioactivity of a

- Flavanol-rich Lychee Fruit Extract in Adipocytes and Its Effects on Oxidant Defense and Indices of Metabolic Syndrome in Animal Models. *Phytotherapy Research* 24, 1223–1228
- Liu, S.C., Lin, J.T., Wang, C.K., Chen, H. Y., and Yang, D. J. (2009). Antioxidant properties of various solvent extracts from lychee (*Litchi chinensis* Sonn.) flowers. *Food Chemistry*. 114, 577-581.
- Nishizawa, M., Hara, T., Miura, T., Fujita, S., Yoshigai, E., Ue, H., Hayashi, Y., Kwon, A. H., Okumura, T. and Isaka, T. (2011). Supplementation with a Flavanol-rich Lychee Fruit Extract Influences the Inflammatory Status of Young Athletes. *Phytotherapy Research* 25, 1486-1493.
- Pinelo M, Arnous A, Meyer AS. (2006). Upgrading of grape skins: significance of plant cell- wall structural components and extraction techniques for phenol release. *Trends Food Sci Technol*, 17, 579-90.
- Prasad, K. N., Yang, B., Zhao, M., Wang, B. S., Chen, F. and Jiang, Y. (2009). Effect of high-pressure treatment on the extraction yield, total phenolic content and antioxidant activity of litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) fruit pericarp. *International Journal of Food Science and Technology*, 44, 960-966.
- Ruenroengklin, N., Zhong, J., Duan, X., Yang, B., Li, J., and Jiang, Y. (2008). Effect of various temperature and pH values on the extraction yield of phenolics from litchi fruit pericarp tissue and the antioxidant activity of the extracted anthocyanins. *International Journal of Molecular Sciences*, 9, 1333-1341.
- Reichel, M., Carle, R., Sruamsiri, P. and Neidhart, S. (2011). Changes in Flavonoids and Nonphenolic Pigments during On-Tree Maturation and Postharvest Pericarp Browning of Litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) As Shown by HPLC-MSn. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 59, 3924-3939.
- Sarni-Manchado, P., Le Roux, E., Le Guernev e', C., Lozano, Y. and Cheynier, V. (2000). Phenolic Composition of Litchi Fruit Pericarp. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 48, 5995-6002.
- Sparrow CP, Doebber TW, Olszewski J, Wu MS, Ventre J, Stevens KA, Chao YS. (1992). Low density lipoprotein is protected from oxidation and the progression of atherosclerosis is slowed in cholesterol-fed rabbits by the antioxidant N,N'-diphenyl-phenylenediamine. *J Clin Invest* 89: 1885-91.
- Stalikas, C. D. (2007). Extraction, separation, and detection methods for phenolic acids and flavonoids. *Journal of Separation Science*, 30, 3268-3295.
- Sun, J., Jiang, Y., Shi, J., Xue, S. J., Shi, J. and Yi, C. (2010). Antioxidant activities and contents of polyphenol oxidase substrates from pericarp tissues of litchi fruit. *Food Chemistry*, 119, 753-757.
- Tsai, H.Y., Wu, L. Y., and Hwang, L. S. (2008). Effect of a proanthocyanidin-rich extract from longan flower on marker of metabolic syndrome in fructose-fed rats. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56, 11018-11024.
- Wang, X., Wei, Y., Yuan, S., Liu, G., Lu, Y., Zhang, J. and Wang, W. (2006). Potential anticancer activity of litchi fruit pericarp extract against hepatocellular carcinoma in vitro and in vivo. *Cancer Letters* 239, 144-150.
- Wang, H. C., Hu, Z. Q., Wang, Y., Chen, H. B. and Huang, X. M. (2011a). Phenolic compounds and the antioxidant activities in litchi pericarp: Difference among cultivars. *Scientia Horticulturae* 129, 784-789.
- Wang, L., Lou, G., Maa, Z. and Liu, X. (2011b). Chemical constituents with antioxidant activities from litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) seeds. *Food Chemistry* 126, 1081-1087.
- Way, T. D., Lin, H. Y., Hua, K. T., Lee, J. C., Li, W. H., Lee, M. R., Shuang, C. H. and Lin, J. K. (2009). Beneficial effects of different tea flowers against human breast cancer MCF-7 cells. *Food Chemistry* 114, 1231-1236.
- Yang, D. J., Chang, Y. Y., Hsu, C. L., Liu, C. W., Wang, Y., and Chen, Y. C. (2010). Protective effect of a litchi (*Litchi Chinensis* Sonn.)-flower-water-extract on cardiovascular health in a high-fat/cholesterol-dietary hamsters. *Food Chemistry*, 119, 1457-1464.
- Yang, D. J., Chang, Y. Z., Chen, Y. C., Liu, S. H., Hsu, C. H and Lin, J. T. (2012). Antioxidant effect and active components of litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) flower. *Food and Chemical Toxicology* 50, 3056–3061.
- Yen, G.C. and Chung, D.Y. (1999). Antioxidant effects of extracts from *Cassia tora* L. prepared under different degrees of roasting on the oxidative damage to biomolecules. *J Agric Food Chem* 47, 1326-1332.
- Yen G. C. and Chuang, D. Y. (2000). Antioxidant properties of water extracts from *Cassia tora* L. in relation to the degree of roasting. *J Agric Food Chem* 48:2760-2765.
- Zhao, M., Yang, B., Wang, J., Li, B. and Jiang, Y. (2006). Identification of the major flavonoids from pericarp tissues of lychee fruit in relation to their antioxidant activities. *Food Chemistry* 98, 539-544.
- Zhao, M., Yang, B., Wang, J., Liu, Y., Yu, L. and Jiang, Y. (2007). Immunomodulatory and anticancer activities of flavonoids extracted from litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) pericarp. *International*

Immunopharmacology 7, 162-166.

Zhou, H. C., Lin, Y. M., Li, Y. Y., Li, M., Wei, S. D., Chai, W. M. and Tam, N. F. y. (2011). Antioxidant properties of polymeric proanthocyanidins from fruit stones and pericarps of *Litchi chinensis* Sonn. *Food Research International* 44, 613-620.

Table 1. Extract yields, total phenolic contents and total flavonoid contents of different treatment litchi flower extracts obtained from various solvent extraction systems.

Treatments		Extract yield (%)	Total phenolics (mg GAE ¹ / g extract)	Total flavonoids (mg CE ² / g extract)
Cold water	Freeze-dried	28.43±0.01 ^{a,v}	9.68±0.66 ^{c,y}	0.75±0.48 ^{d,y}
	50°C 24 h	23.76±1.60 ^{bc,v}	11.63±0.34 ^{b,y}	3.40±0.53 ^{b,y}
	50°C 48 h	25.97±0.38 ^{ab,v}	10.03±0.11 ^{c,y}	2.36±0.40 ^{c,y}
	75°C 24h	25.02±0.95 ^{abc,v}	11.99±0.17 ^{b,y}	4.33±0.19 ^{a,y}
	100°C 24h	21.42±2.44 ^{c,v}	13.39±0.13 ^{a,y}	4.74±1.46 ^{a,y}
95% Ethanol	Freeze-dried	26.34±1.85 ^{a,v}	66.52±0.59 ^{a,x}	16.48±0.33 ^{a,x}
	50°C 24 h	24.70±0.58 ^{a,v}	57.57±0.17 ^{c,w}	10.26±0.13 ^{c,x}
	50°C 48 h	20.82±0.70 ^{b,w}	48.90±0.33 ^{e,x}	10.76±0.13 ^{c,x}
	75°C 24h	20.73±0.90 ^{b,w}	54.84±1.08 ^{d,x}	12.12±1.19 ^{b,w}
	100°C 24h	16.42±2.05 ^{c,w}	58.59±0.58 ^{b,v}	12.50±0.15 ^{b,x}
Acetone	Freeze-dried	11.25±0.89 ^{a,w}	117.97±0.85 ^{a,w}	26.22±0.22 ^{a,w}
	50°C 24 h	6.03±0.48 ^{b,x}	99.46±1.16 ^{b,v}	16.35±0.33 ^{b,w}
	50°C 48 h	6.48±0.01 ^{b,x}	66.11±1.28 ^{c,w}	12.49±0.22 ^{d,w}
	75°C 24h	9.58±1.50 ^{a,x}	57.30±0.41 ^{d,w}	10.68±0.19 ^{e,x}
	100°C 24h	7.02±1.14 ^{b,x}	52.32±0.64 ^{e,x}	15.21±0.02 ^{c,w}
Ethyl Acetate	Freeze-dried	8.01±0.44 ^{a,x}	119.43±0.74 ^{a,v}	34.25±0.36 ^{a,v}
	50°C 24 h	8.83±0.00 ^{a,w}	51.11±0.58 ^{e,x}	12.64±0.14 ^{e,v}
	50°C 48 h	4.77±0.19 ^{b,xy}	71.46±0.39 ^{b,v}	18.06±1.19 ^{d,v}
	75°C 24h	3.91±0.56 ^{c,y}	68.58±0.45 ^{c,v}	22.08±0.61 ^{b,v}
	100°C 24h	3.35±0.29 ^{c,xy}	55.86±0.65 ^{d,w}	20.36±0.31 ^{c,v}
n-hexane	Freeze-dried	2.57±0.04 ^{ab,y}	7.57±0.21 ^{a,z}	N.D.
	50°C 24 h	2.61±0.08 ^{ab,y}	6.01±0.03 ^{b,z}	N.D.
	50°C 48 h	3.64±1.25 ^{a,y}	5.72±0.12 ^{c,z}	N.D.
	75°C 24h	3.35±0.06 ^{a,y}	6.02±0.31 ^{b,z}	N.D.
	100°C 24h	1.74±0.06 ^{b,y}	5.67±0.17 ^{c,z}	N.D.

Values (mean ± SD, n = 6) in the same column followed by a different letter are significantly different (p < 0.0001).

^a. GA, Gallic acid equivalent. ^b. CE, Catechin equivalent. ^c. N.D., not detected.

the same solvent extract to the values are significantly different by different letter

Table. 2 EC₅₀ values of DPPH radical-quenching activity, reducing power and ABTS⁺ radical-quenching activity of different dried treatment litchi flower extracts by different solvent extraction.

Samples		Content		
		EC ₅₀ ^a of DPPH radical-quenching activity (mg sample / mL)	EC ₅₀ ^b of reducing power (mg sample / mL)	EC ₅₀ ^c of ABTS ⁺ radical-quenching activity (mg sample / mL)
Cold water	Freeze-dried	0.987±0.205 ^{c,w}	2.565±0.021 ^{e,v}	1.978±0.232 ^{d,w}
	50°C 24 h	0.855±0.179 ^{bc,w}	2.161±0.037 ^{e,v}	1.753±0.106 ^{c,w}
	50°C 48 h	0.771±0.087 ^{b,w}	2.366±0.050 ^{d,v}	1.630±0.070 ^{c,w}
	75°C 24h	0.596±0.045 ^{a,w}	1.795±0.014 ^{a,v}	1.252±0.044 ^{b,w}
	100°C 24h	0.506±0.036 ^{a,w}	1.876±0.023 ^{b,v}	0.645±0.144 ^{a,w}
95% Ethanol	Freeze-dried	0.143±0.002 ^{a,xy}	0.515±0.007 ^{a,w}	0.467±0.030 ^{c,x}
	50°C 24 h	0.153±0.005 ^{a,y}	0.706±0.010 ^{d,w}	0.362±0.014 ^{a,x}
	50°C 48 h	0.185±0.002 ^{c,y}	0.629±0.005 ^{c,w}	0.426±0.031 ^{b,x}
	75°C 24h	0.166±0.010 ^{b,y}	0.541±0.007 ^{b,x}	0.373±0.013 ^{a,w}
	100°C 24h	0.171±0.010 ^{b,z}	0.546±0.007 ^{b,xw}	0.467±0.030 ^{c,x}
Acetone	Freeze-dried	0.093±0.002 ^{a,y}	0.315±0.004 ^{a,x}	0.159±0.007 ^{a,y}
	50°C 24 h	0.100±0.002 ^{a,y}	0.371±0.004 ^{b,y}	0.200±0.015 ^{b,x}
	50°C 48 h	0.143±0.004 ^{b,y}	0.623±0.002 ^{d,w}	0.327±0.035 ^{c,x}
	75°C 24h	0.199±0.018 ^{c,xy}	0.737±0.018 ^{e,w}	0.403±0.022 ^{d,w}
	100°C 24h	0.240±0.025 ^{d,y}	0.559±0.009 ^{c,w}	0.409±0.028 ^{d,x}
Ethyl Acetate	Freeze-dried	0.172±0.006 ^{a,x}	0.256±0.006 ^{a,y}	0.158±0.006 ^{a,y}
	50°C 24 h	0.321±0.014 ^{d,x}	0.561±0.005 ^{e,x}	0.405±0.033 ^{d,x}
	50°C 48 h	0.259±0.014 ^{b,x}	0.446±0.008 ^{c,x}	0.327±0.035 ^{c,x}
	75°C 24h	0.241±0.009 ^{b,x}	0.406±0.009 ^{b,y}	0.278±0.017 ^{b,w}
	100°C 24h	0.293±0.025 ^{c,x}	0.522±0.004 ^{d,x}	0.302±0.018 ^{ab,x}
n-hexane	Freeze-dried	0.844±0.188 ^{a,v}	—	3.872±0.326 ^{a,v}
	50°C 24 h	0.793±0.216 ^{a,v}	—	3.746±0.613 ^{a,v}
	50°C 48 h	0.834±0.076 ^{a,v}	—	3.247±0.349 ^{a,v}
	75°C 24h	0.764±0.106 ^{a,v}	—	3.737±0.756 ^{a,v}
	100°C 24h	0.717±0.051 ^{a,v}	—	3.312±0.641 ^{a,v}
	(+)-Catechin	0.012±0.000	0.035±0.001	0.013±0.000
	Ascorbic acid	0.007±0.000	0.023±0.001	—

Values (mean ± SD, n = 6) in the same column followed by a different letter are significantly different (p < 0.05).

^aEC₅₀ means the effective concentration of sample that can decrease DPPH concentration by 50%.

^bEC₅₀ is the concentration that the absorbance at 700nm is 0.5.

Table. 3 Changes in the inhibition of Cu²⁺-induced oxidation of human LDL by different solvent's litchi flower extracts from the variances dried treatment.

Samples	Content	
	Cu ²⁺ -induced LDL oxidation Δt_{lag} (min)	
	Blank	90.56±3.75
Cold water	Freeze-dried	84.07±1.11 ^{ab,x}
	50°C 24 h	82.94±2.39 ^{ab,y}
	50°C 48 h	84.02±2.09 ^{ab,x}
	75°C 24h	85.65±1.97 ^{a,x}
	100°C 24h	81.09±2.54 ^{b,w}
95% Ethanol	Freeze-dried	87.13±1.47 ^{a,x}
	50°C 24 h	90.05±3.47 ^{a,x}
	50°C 48 h	89.30±3.58 ^{a,wx}
	75°C 24h	91.19±4.30 ^{a,x}
	100°C 24h	87.52±3.55 ^{a,w}
Acetone	Freeze-dried	97.51±8.28 ^{a,vw}
	50°C 24 h	99.55±4.90 ^{a,w}
	50°C 48 h	104.24±5.31 ^{a,v}
	75°C 24h	106.56±5.13 ^{a,v}
	100°C 24h	98.23±6.43 ^{a,v}
Ethyl Acetate	Freeze-dried	104.09±2.36 ^{a,v}
	50°C 24 h	105.73±3.12 ^{a,v}
	50°C 48 h	108.14±0.93 ^{a,v}
	75°C 24h	104.29±2.19 ^{a,vw}
	100°C 24h	99.18±2.82 ^{b,v}
n-hexane	Freeze-dried	95.27±3.06 ^{a,w}
	50°C 24 h	96.05±2.42 ^{a,wx}
	50°C 48 h	94.87±3.13 ^{a,w}
	75°C 24h	97.82±3.35 ^{a,w}
	100°C 24h	97.36±1.76 ^{a,v}
	Catechin	106.80±6.71

Values (mean ± SD, n = 3) in the same column followed by a different letter are significantly different (p < 0.05).

Table. 4 Changes in flavonoid and phenolic acid contents of litchi flower extracts from various dried treatment.

Samples		Content (mg/g extract)			
		Gallic acid	Epicatechin	<i>p</i> -Coumic acid	Rutin
Cold water	Freeze-dried	0.475±0.079 ^{ab,x}	N.D.	0.097±0.004 ^{a,w}	N.D.
	50°C 24 h	0.453±0.014 ^{ab,y}	N.D.	0.101±0.005 ^{a,w}	N.D.
	50°C 48 h	0.437±0.086 ^{b,x}	N.D.	0.086±0.002 ^{b,w}	N.D.
	75°C 24h	0.530±0.005 ^{a,x}	N.D.	0.098±0.002 ^{a,w}	0.607±0.007 ^{b,y}
	100°C 24h	0.331±0.010 ^{c,y}	N.D.	0.081±0.001 ^{b,x}	1.403±0.016 ^{a,y}
95% Ethanol	Freeze-dried	0.575±0.040 ^{c,w}	3.367±0.020 ^x	0.055±0.002 ^{d,x}	5.868±0.139 ^{a,w}
	50°C 24 h	0.831±0.005 ^{a,w}	N.D.	0.086±0.002 ^{a,y}	5.271±0.052 ^{b,w}
	50°C 48 h	0.808±0.005 ^{ab,w}	N.D.	0.070±0.001 ^{c,x}	5.005±0.049 ^{c,v}
	75°C 24h	0.549±0.004 ^{c,w}	N.D.	0.083±0.002 ^{a,x}	5.182±0.012 ^{b,v}
	100°C 24h	0.779±0.018 ^{b,x}	N.D.	0.080±0.002 ^{b,x}	4.879±0.025 ^{d,w}
Acetone	Freeze-dried	0.165±0.002 ^{e,y}	7.974±0.109 ^w	0.053±0.008 ^{e,x}	7.658±0.105 ^{a,v}
	50°C 24 h	0.704±0.005 ^{b,x}	N.D.	0.093±0.001 ^{b,x}	6.765±0.052 ^{b,v}
	50°C 48 h	0.434±0.003 ^{c,x}	N.D.	0.071±0.001 ^{c,x}	4.088±0.024 ^{e,x}
	75°C 24h	0.269±0.001 ^{d,y}	N.D.	0.047±0.001 ^{d,y}	4.369±0.044 ^{d,x}
	100°C 24h	1.070±0.008 ^{a,w}	N.D.	0.104±0.001 ^{a,w}	5.470±0.088 ^{c,w}
Ethyl Acetate	Freeze-dried	1.035±0.001 ^{e,v}	9.920±0.001 ^v	0.137±0.002 ^{e,v}	5.153±0.005 ^{a,x}
	50°C 24 h	1.930±0.001 ^{b,v}	N.D.	0.186±0.003 ^{d,v}	3.241±0.163 ^{c,x}
	50°C 48 h	2.073±0.016 ^{a,v}	N.D.	0.194±0.004 ^{c,v}	4.812±0.069 ^{b,w}
	75°C 24h	1.499±0.002 ^{c,v}	N.D.	0.221±0.002 ^{a,v}	4.704±0.020 ^{b,v}
	100°C 24h	1.477±0.013 ^{d,v}	N.D.	0.215±0.005 ^{b,v}	2.043±0.014 ^{d,x}
n-hexane	Freeze-dried	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	50°C 24 h	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	50°C 48 h	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	75°C 24h	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	100°C 24h	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.

Values (mean ± SD, n = 3) in the same column followed by a different letter are significantly different (p < 0.05).

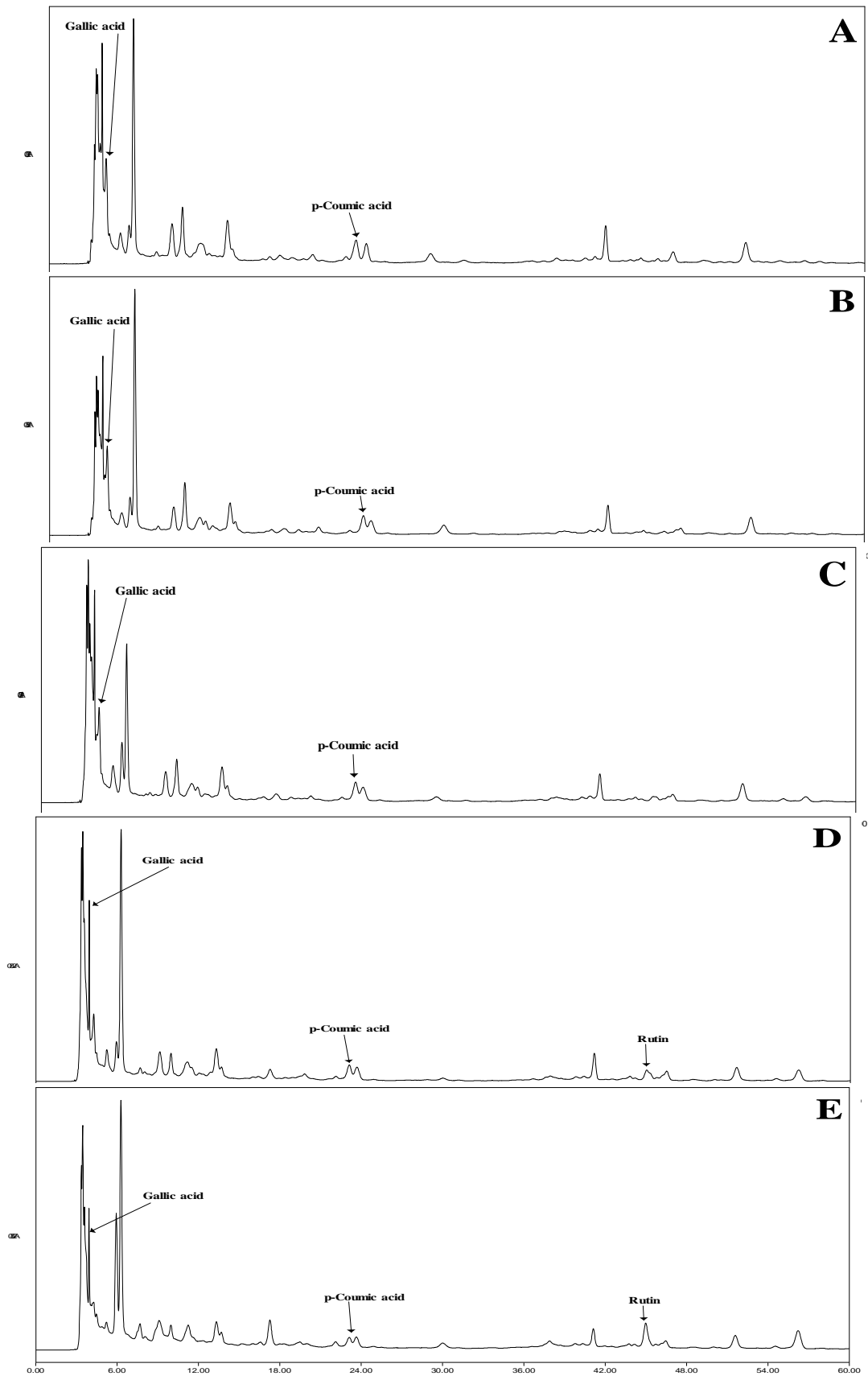


Figure 1. The HPLC chromatograms of cold water litchi flower extracts from variances dried treatment. (A) Freeze-dried; (B) 50°C 24h; (C) 50°C 48h; (D) 75°C 24h; (E) 100°C 24h.

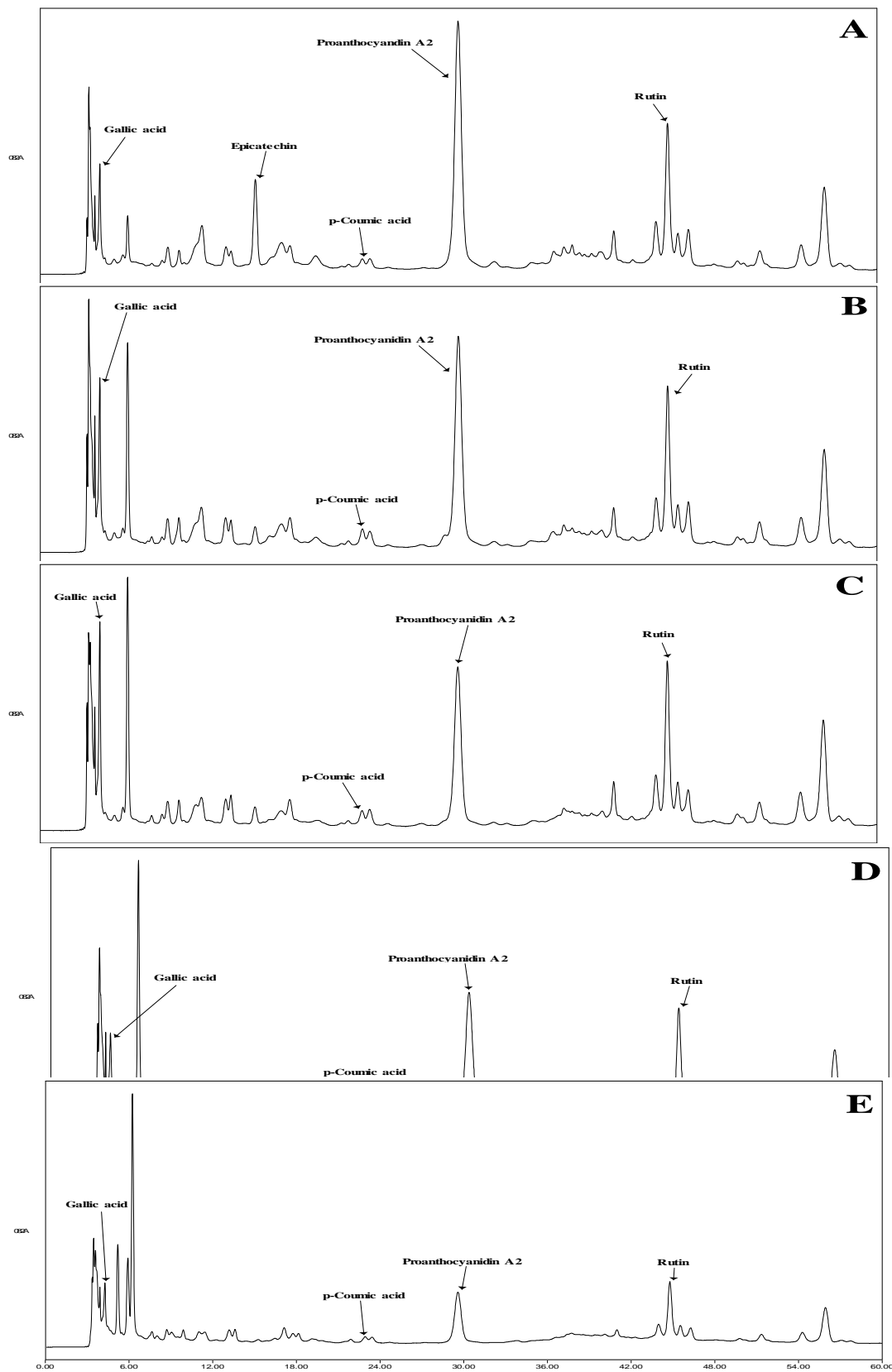


Figure 2. The HPLC chromatograms of 95% ethanol litchi flower extracts from variances dried treatment. (A) Freeze-dried; (B) 50°C 24h; (C) 50°C 48h; (D) 75°C 24h; (E) 100°C 24h.

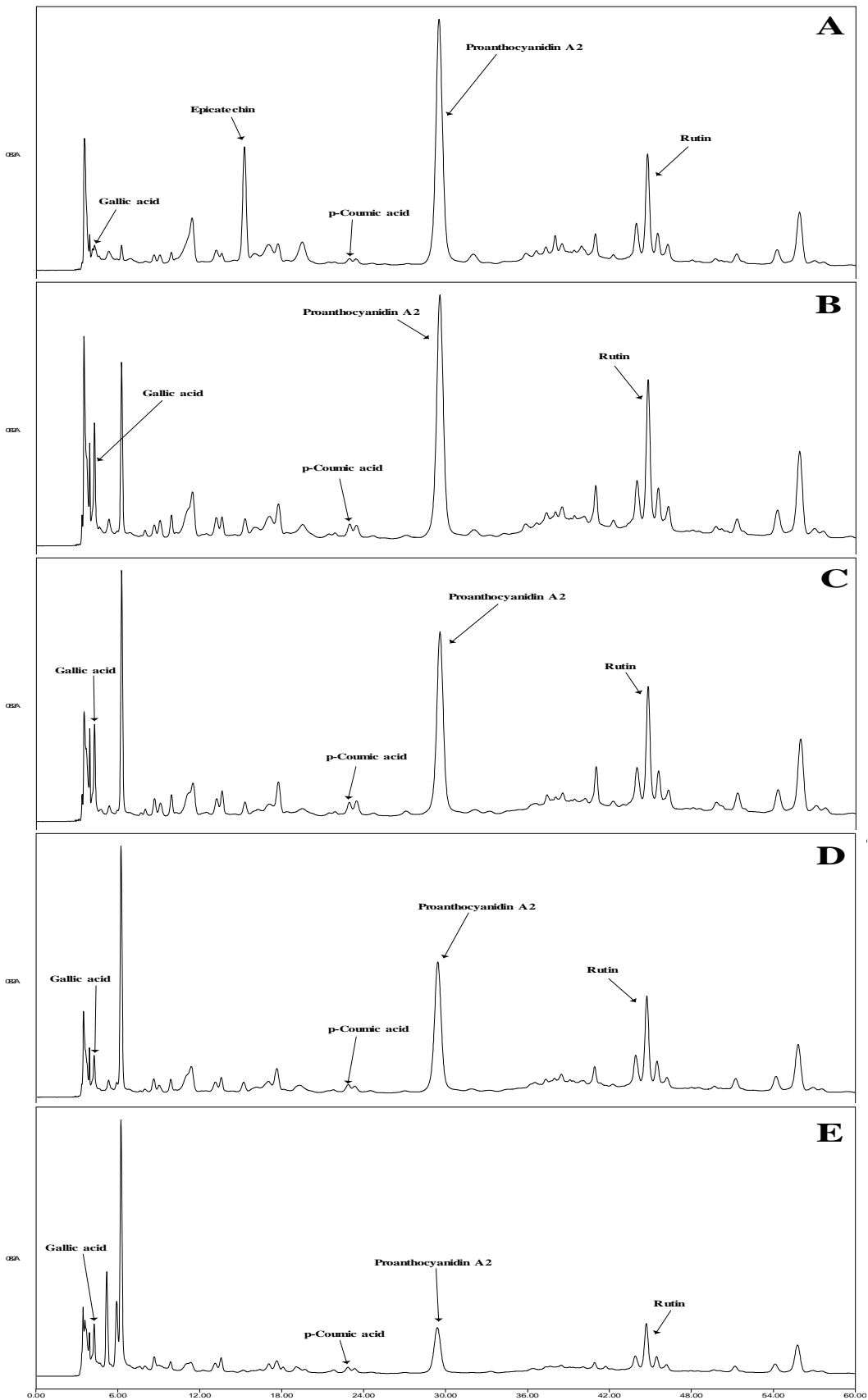


Figure 3. The HPLC chromatograms of acetone litchi flower extracts from variances dried treatment. (A) Freeze-dried; (B) 50°C 24h; (C) 50°C 48h; (D) 75°C 24h; (E) 100°C 24h.

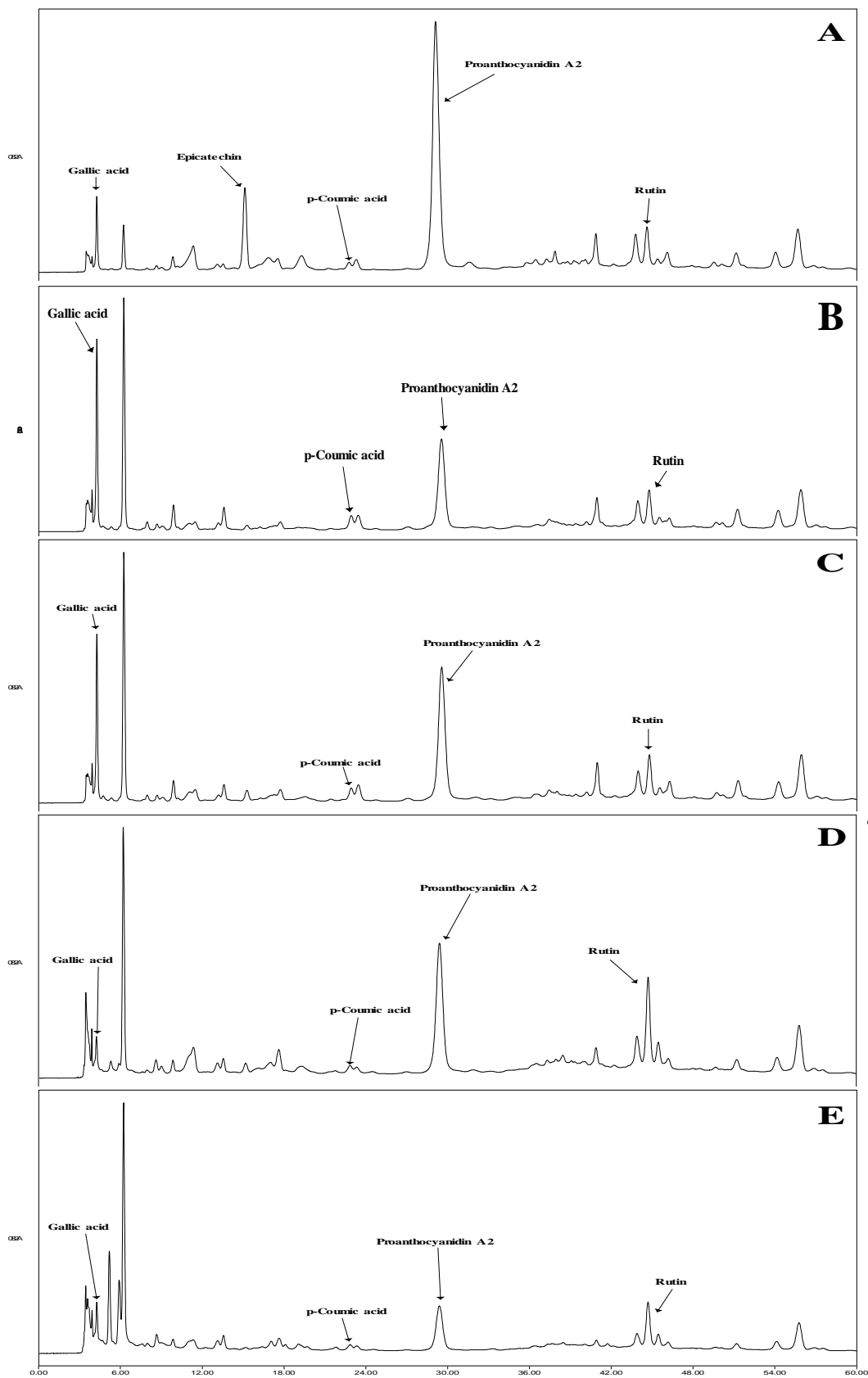


Figure 4. The HPLC chromatograms of ethyl acetate litchi flower extracts from variances dried treatment. (A) Freeze-dried; (B) 50°C 24h; (C) 50°C 48h; (D) 75°C 24h; (E) 100°C 24h.

國科會補助計畫衍生研發成果推廣資料表

日期:2013/10/30

國科會補助計畫	計畫名稱: 荔枝花最佳萃出條件和其酚類化合物熱降解動力學探討
	計畫主持人: 劉世詮
	計畫編號: 101-2221-E-040-009- 學門領域: 食品工程
無研發成果推廣資料	

101 年度專題研究計畫研究成果彙整表

計畫主持人：劉世詮		計畫編號：101-2221-E-040-009-					
計畫名稱：荔枝花最佳萃出條件和其酚類化合物熱降解動力學探討							
成果項目		量化			單位	備註（質化說明：如數個計畫共同成果、成果列為該期刊之封面故事...等）	
		實際已達成數（被接受或已發表）	預期總達成數（含實際已達成數）	本計畫實際貢獻百分比			
國內	論文著作	期刊論文	0	1	100%	篇	
		研究報告/技術報告	0	0	100%		
		研討會論文	2	2	100%		
		專書	0	0	100%		
	專利	申請中件數	0	0	100%	件	
		已獲得件數	0	0	100%		
	技術移轉	件數	0	0	100%	件	
		權利金	0	0	100%	千元	
	參與計畫人力（本國籍）	碩士生	1	1	100%	人次	
		博士生	0	0	100%		
		博士後研究員	0	0	100%		
		專任助理	0	0	100%		
國外	論文著作	期刊論文	0	0	100%	篇	
		研究報告/技術報告	0	0	100%		
		研討會論文	0	0	100%		
		專書	0	0	100%		章/本
	專利	申請中件數	0	0	100%	件	
		已獲得件數	0	0	100%		
	技術移轉	件數	0	0	100%	件	
		權利金	0	0	100%	千元	
	參與計畫人力（外國籍）	碩士生	0	0	100%	人次	
		博士生	0	0	100%		
		博士後研究員	0	0	100%		
		專任助理	0	0	100%		

<p>其他成果 (無法以量化表達之成果如辦理學術活動、獲得獎項、重要國際合作、研究成果國際影響力及其他協助產業技術發展之具體效益事項等，請以文字敘述填列。)</p>	<p>無</p>
--	----------

科 教 處 計 畫 加 填 項 目	成果項目	量化	名稱或內容性質簡述
	測驗工具(含質性與量性)	0	
	課程/模組	0	
	電腦及網路系統或工具	0	
	教材	0	
	舉辦之活動/競賽	0	
	研討會/工作坊	0	
	電子報、網站	0	
	計畫成果推廣之參與(閱聽)人數	0	

國科會補助專題研究計畫成果報告自評表

請就研究內容與原計畫相符程度、達成預期目標情況、研究成果之學術或應用價值（簡要敘述成果所代表之意義、價值、影響或進一步發展之可能性）、是否適合在學術期刊發表或申請專利、主要發現或其他有關價值等，作一綜合評估。

1. 請就研究內容與原計畫相符程度、達成預期目標情況作一綜合評估

達成目標

未達成目標（請說明，以 100 字為限）

實驗失敗

因故實驗中斷

其他原因

說明：

2. 研究成果在學術期刊發表或申請專利等情形：

論文： 已發表 未發表之文稿 撰寫中 無

專利： 已獲得 申請中 無

技轉： 已技轉 洽談中 無

其他：（以 100 字為限）

3. 請依學術成就、技術創新、社會影響等方面，評估研究成果之學術或應用價值（簡要敘述成果所代表之意義、價值、影響或進一步發展之可能性）（以 500 字為限）

近年來之研究結果證實荔枝含有許多豐富的機能性成分與特性，故農民可將廢棄的荔枝進一步加工利用，以提高農民收益。然荔枝採收後，其乾燥處理的加工方式並無深入之探討。因此本研究利用不同溫度與時間乾燥荔枝，同時以不同溶劑萃取乾燥處理後的荔枝，期能建立荔枝乾燥過程中的機能性成分和機能特性之變化情形，以做為後續加工處理之基本資料。因此本研究結果提供荔枝在不同溫度乾燥時，其成份和抗氧化力的變化，足可提供產業界和學界參考；亦發現 proanthocyanidin A2 易受熱破壞降解和加熱過程中有三種未知的成分生成，這些變化和機能特性之相關性，有深入探討之價值，故可一步探討其熱降解之動力學與機制，以釐清其熱處理對酚類化合物與機能特性之影響，可提供學界相當重要的資訊。