

國立臺灣海洋大學食品科學系碩士班
專題討論書面報告

探討不同藥用植物之抗氧化活性

任課老師：黃意真 老師

宋文杰 老師

指導教授：陳泰源 老師

學 號：10432062

學 生：馮玟慈 (5124)

報告日期：104 年 11 月 11 日

內容	時間掌控	表達能力	投影片	書面資料
40%	10%	30%	10%	10%

探討不同藥用植物之抗氧化活性

馮玟慈 (5124)

2015/11/11

大綱

- 一、前言
- 二、探討密克羅尼西亞紅樹之總多酚類含量、抗氧化力和抑制酪胺酸酶活性
- 三、探討墨西哥半乾旱地區植物萃取之總多酚類含量、體外抗氧化活性及化學成分
- 四、探討綬草多酚化合物和阿魏酸之體外抗氧化活性、自由基清除能力和抑制酪胺酸酶活性
- 五、結論

摘要

近年來許多研究致力於尋找具高抗氧化性且安全無毒害之天然物質，以減低生物體內之氧化性傷害。本篇報告將紅海欖 (*Rhizophora stylosa*)、杯萼海桑 (*Sonneratia alba*)、癩瘋樹 (*Jatropha dioica*)、焦油灌木 (*Flourensia cernua*)、赤桉 (*Eucalyptus camaldulensis*)、白花蛇舌草葉 (*Turnera diffusa*)、和綬草 (*Spiranthes sinensis*) 七株植物，經過不同方法萃取有效物質後進行總多酚含量測定、清除 DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) 自由基、清除 ABTS (2,2-azino-bis 3 ethyl benzothiazoline-6-sulfonic acid) 自由基、清除超氧陰離子、金屬螯合、抑制油質氧化、抑制酪胺酸酶能力之抗氧化活性測試。紅海欖和杯萼海桑的莖部經酒精萃取多酚化合物，其抑制酪胺酸酶活性分別為 82.4%、89.7%，為抑制酪胺酸酶效果較佳之植物。焦油灌木、赤桉、白花蛇舌草葉、和綬草經酒精萃取多酚化合物，其 DPPH 自由基清除能力在 76.03% 到 91.96%。而總多酚含量以酒精加上超音波萃取方法效果最佳。將抗氧化活性效果較佳之赤桉配合酒精加上超音波萃取，其可能萃出較多的多酚含量而增加其抗氧化活性。

一、前言

近年來合成的化合物在產業上受到限制，因其對環境造成污染、對人類造成傷害，甚至有致癌性 (Angulo *et al.*, 2009; Oh *et al.*, 2008)，加上現代消費者講究食品的安全性 (Oliveira *et al.*, 2008; Osorio *et al.*, 2010)，因此從植物的萃取物較天然、無害，且對環境較友善。植物的萃取物組成是複雜的混合物，包含醇、酯、醛、酮、碳水化合物、萜烯、多酚類等。藥用植物含有特殊作用的化學活性成分，其抗氧化活性有抗菌、抗病毒、止痛、抗發炎、抗癌等功效 (Bakkali *et al.*, 2008; Huang, Ou & Prior, 2005; Kähkönen, Hopia & Heino, 2001)，其中的多酚化合物常被當作研究對象。

多酚化合物的共同特點是具有良好的抗氧化活性，能與維生素 C、E 和胡蘿蔔素等其他抗氧化物在體內一起發揮抗氧化功效，清除有害人體健康的自由基。多酚類物質按結構大致可分為類黃酮、芪、酚酸和木酚素，其可以抑制膽固醇、降血壓、減少發生疾病的機率、改善口臭和過敏性鼻炎，也可以預防肝硬化、胃潰瘍、大腸癌、白內障、糖尿病的發生 (Tanaka *et al.*, 1998)，目前科學界已經分離鑑定出八千多種。

紅海欖 (*Rhizophora stylosa*)、杯萼海桑 (*Sonneratia alba*) 等紅樹植物，在熱帶地區常用於紓緩腹瀉、流鼻血、傷口發炎、喉嚨痛等症狀，也應用於手術後的恢復 (Morton, 1981)。麻瘋樹 (*Jatropha dioica*) 用來治療口腔問題，如：牙痛、牙齦腫、牙齒脫落、牙齦炎，也可以減緩生畜嘔吐、腸胃炎、腹痛等症狀。焦油灌木 (*Flourensia cernua*) 具有治療風濕症、性病、瘡、支氣管炎、水痘和一般感冒症狀 (Ventura *et al.*, 2008)。赤桉 (*Eucalyptus camaldulensis*) 具有生物藥理活性抗菌、抗癌症、抗腫瘤以及藉由嗅吸赤桉精油能減緩疼痛、消水腫和抗發炎，也具有驅蟲防蚊之功效。白花蛇舌草葉 (*Turnera diffusa*) 可以減緩經痛、預防或改善陽痿、抗憂鬱、利尿、促進腸胃蠕動。綬草 (*Spiranthes sinensis*) 具有抗菌、抗發炎、抗癌、治療心血管和胸部方面之疾病 (Esther & Van Johannes, 2003; Peng *et al.*, 2007)。

實驗藉由不同的萃取溶劑(水、甲醇、乙醇)、萃取方式，並藉由多種的抗氧化測定方法，多酚含量測定、清除 DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) 自由基、清除 ABTS (2,2-azino-bis 3 ethyl benzothiazoline-6-sulfonic acid) 自由基、清除超氧陰離子、金屬螯合、抑制油質氧化、抑制酪胺酸酶能力，尋找抗氧化活性較佳的植物，在未來期許可以應用在保健食品、藥品、化妝品方面。

二、探討密克羅尼西亞紅樹之總多酚類含量、抗氧化力和抑制酪胺酸酶活性

紅海欖 (*Rhizophora stylosa*)、杯萼海桑 (*Sonneratia alba*) 採集地為密克羅尼西亞維諾洲的楚克 (Figure 1)，將其根、莖、葉用自來水洗淨、凍乾。凍乾後的樣品經過研磨、過濾成粉末狀。取 5g 的粉末，加入 200 mL 的二次水或甲醇，在 25 °C 下，150 rpm 離心 24 小時，之後放置 40 °C 的旋轉蒸發儀，直到樣品乾燥，放至 4 °C 暗室保存。紅海欖和杯萼海桑的組織萃取率分別為 23.05%、19.25%，取此樣品做多酚含量、抗氧化能力和抑制酪胺酸酶能力的分析。

總多酚類含量測定方法為：0.5 mL 的樣品和 0.5 mL 的 Folin-Ciocalteu reagent (FCR) 混勻，加入 1 mL 的 7.5% Na_2CO_3 ，之後加入 8mL 的蒸餾水稀釋，放置在 65 °C 反應 20 分鐘，用紫外線光譜儀測定波長為 765 nm 下的吸光值 (Capannesi, 2000)。此實驗使用沒食子酸當作標準品。結果如 Table 1 所示，使用甲醇萃取可以比水萃取得到較多的多酚含量，但沒有顯著差異。紅海欖和杯萼海桑的莖都比根和葉含有較多的多酚物質。綠茶當做對照組，紅海欖和杯萼海桑的葉、莖部分多酚含量比綠茶高。

DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) 自由基清除能力方法為：將 DPPH 用 80% 甲醇配製成 100 mM 的溶液，取 0.1 mL 的樣品加入新配置好的 DPPH 溶液，於 25 °C 暗室下反應 10 分鐘，測其在波長為 517 nm 的吸光值。結果如 Table 2 所示，甲醇萃取比水萃取有較強的 DPPH 自由基清除能力，而能力最佳的為紅海欖的莖經由甲醇萃取的方式 (85.5%)，能力最差的為杯萼海桑的根部經由水萃取的方式 (38.2%)。綠茶當做對照組，紅海欖和杯萼海桑的葉、莖部分清除 DPPH 自由基的能力比綠茶高。

Figure 2 為酚類含量和 DPPH 自由基清除能力的相關性， $R^2=0.893$ 表其有強烈的相關性，因此可得知，多酚化合物在紅樹植物的抗氧化活性上扮演了一個很重要的角色。

抑制酪胺酸酶活性方法為：酪胺酸酶 (100 units/mL)、60 mM 磷酸鉀緩衝溶液 (pH 6.8) 和二羥基苯丙胺酸 (dihydroxyphenylalanine, DOPA) 混勻，加入 0.2mL 的樣品混勻，測波長為 475 nm 時的吸光值。Figure 3 為水萃紅海欖和杯萼海桑的根、莖、葉的酪胺酸酶抑制能力，結果跟酚類含量和 DPPH 自由基清除能力結果相符，皆是植物莖部分抑制能力較強，葉子部分排第二，根部排最後。綠茶當做對照組，紅海欖和杯萼海桑的葉、莖部分抑制酪胺酸酶的能力比綠茶高。

綜合上述，紅海欖莖經甲醇萃取的多酚含量為 11.96 mg/g 比綠茶的 6.29 mg/g 多將近快兩倍，而紅海欖和杯萼海桑的莖、葉的部分，不管是在多酚含量，還是 DPPH 自由基清除能力、酪胺酸酶抑制能力上，皆比綠茶效果佳，由此可推測這兩株植物具有良好的抗氧化能力，未來有機會做為天然抗氧化劑或妝品上的應用。

三、探討墨西哥半乾旱地區植物萃取之總酚類含量、體外抗氧化活性及化學成分

植物材料來自於 Fitokimica 公司 (Table 3)，經過 60 °C 烘箱乾燥 24–48 小時，取出研磨、篩選成粒徑為 0.6–0.8 mm，並將此乾燥粉末放在黑色塑膠瓶，密封放於常溫且暗室下。由文獻得知多酚化合物可以溶於水或醇系統，但水不是最好萃取多酚含量的溶劑 (Upadrasta, Mukhopadhyay & Banerjee, 2011; Vázquez *et al.*, 2008)，取 5 mg 的樣品粉末和 70% 酒精，以 1:4 (w/v) 的比例混和，而癩瘋樹 (*Jatropha dioica*)則以 1:15 (w/v) 的比例混和，用熱迴流式萃取在 60 °C 水浴中反應 0, 2, 4, 6, 8 小時，Figure 4 顯示在兩小時的萃取量最多，因此基於經濟效應和破壞程度，視兩個小時為最佳的萃取時間。接著探討酒精濃度和萃取量的關係，溶劑為 0%、35%、70% 酒精，一樣用熱迴流式萃取法萃取兩個小時，之後過濾較大的顆粒，3500 rpm 離心 10 分鐘，將其過篩至粒徑為 0.45 µm，最後將萃取物放置 60 °C 烘箱乾燥 24 小時，將其用水回溶成濃度為 1 mg/mL。

總多酚含量方法為：將 800 µL 樣品和 800 µL Folin-Ciocalteu reagent 混勻並靜置 5 分鐘，加入 800 µL 的 Na₂CO₃ (0.01M) 混勻再靜置 5 分鐘，稀釋至適合波長 790 nm 的濃度，測定其吸光值。此實驗使用沒食子酸當作標準品。Table 4 得知，萃取量和總多酚的萃取量赤桉 (*Eucalyptus camaldulensis*) 和焦油灌木 (*Flourensia cernua*) 表現較佳。Table 5 可以發現，大多樣品在 35% 酒精當溶劑時，總多酚含量最多，而癩瘋樹則為 70% 酒精當溶劑時，總多酚含量最多。

抗氧化活性測試有：清除 DPPH 自由基、清除 ABTS (2,2-azino-bis 3 ethyl benzothiazoline-6-sulfonic acid) 自由基、抑制油質氧化。由 Figure 5 得知，清除 DPPH 自由基能力以赤桉和焦油灌木表現較最好，癩瘋樹表現最差；清除 ABTS 自由基能力以赤桉表現最佳，癩瘋樹表現最差；抑制油質氧化則以焦油灌木表現最好，癩瘋樹表現最差。

高效液相色譜儀使用光二極體陣列和光電二極管偵測器，使用的管柱為逆相 C18 色譜柱，流動相為 3% 乙酸和 97% 乙腈，流速為 1 mL/min，注射量為 10 µL。Table 6 為分析結果，癩瘋樹沒有含有檢測項目中的多酚化合物，焦油灌木則含有綠原酸 (chlorogenic acid; CHA)、香豆酸 (coumaric acid; CUA)、斛皮素 (quercetin; QE)，文獻 (Ruiz *et al.*, 2011) 指出焦油灌木含有兒茶素 (catechin; CAT)、2-羥基肉桂酸 (2-hydroxycinnamic acid; HA)，可能是濃度過低而沒有偵測到。赤桉含有兒茶素、白花蛇舌草葉 (*Turnera diffusa*) 含有斛皮素。綜合上述，總多酚含量為：赤桉 > 焦油灌木 > 白花蛇舌草葉 > 癩瘋樹。文獻 (Guyot *et al.*, 2009; Swapna & Sabu, 2011) 指出，從蔬果萃取出來的多酚化合物，含有強而有效的抗氧化能力。整體表現而言，赤桉最佳，焦油灌木、白花蛇舌草葉次之，癩瘋樹最差。赤桉、焦油灌木、白花蛇舌草葉皆有潛力應用在藥品、食品、妝品方面。

四、探討綬草多酚化合物和阿魏酸之體外抗氧化活性、自由基清除能力和抑制酪胺酸酶活性

此篇為用五種不同的方法來萃取綬草 (*Spiranthes sinensis*)，之後分析其總多酚和阿魏酸 (Ferulic acid) 含量、清除 DPPH 自由基能力、金屬螯合能力、總抗氧化能力、清除超氧陰離子能力和抑制酪胺酸酶能力。

方法一 (W): 取 10 g 的綬草粉末加入 400 mL 的水，在 60 °C 萃取 30 分鐘。方法二 (E): 取 10 g 的綬草粉末加入 400 mL 的 75% 酒精，在 60 °C 萃取 30 分鐘。方法三 (W+U): 取 10 g 的綬草粉末加入 400 mL 的水，經過超音波頻率為 40 kHz 且在 60 °C 萃取 30 分鐘。方法四 (E+U): 取 10 g 的綬草粉末加入 400 mL 的 75% 酒精，經過超音波頻率為 40 kHz 且在 60 °C 萃取 30 分鐘。方法五 (SFE): 取 10 g 的綬草粉末加入 400 mL 的 75% 酒精混勻，放入萃取罐，在 18 MPa、溫度為 45 °C 萃取 30 分鐘。

Figure 6 為不同方法萃取綬草之總多酚和阿魏酸 (Ferulic acid) 含量，當使用 E+U 時，其總多酚含量為 4.28 mg/g、阿魏酸含量為 4.13 mg/g，為方法中含量最高。文獻 (Lina, José & Solange, 2013) 指出，咖啡豆銀皮 (coffee silverskin) 在酒精萃出的多酚含量比水萃多。E+U 的總多酚萃取量比 W+U 高，而 E 的總多酚含量比 W 高，E+U 又比 E 的總多酚含量高。SFE 萃出的總多酚含量和阿魏酸含量比 E+U 低，在文獻 (Bruni *et al.*, 2002) 指出，從尾穗莧 (*Amaranthus caudatus*) 種子萃取維生素 E，使用 SFE 的萃取方式優於 E+U，可能是因為本操作壓力較低，文獻壓力用 40 MPa，而本篇則用 18 MPa，高壓會增加能量的耗損，因此本篇作者認為 E+U 是最適的萃取條件、方法。

Figure 7 為綬草經過 E+U 萃取在不同濃度下其清除 DPPH 自由基之能力，並以 Vit C 當作對照組，在綬草濃度為 0.05、0.1、0.2、0.4、0.8、1.0、1.2 的半抑制濃度 (IC₅₀) 為 0.47 mg/mL。在綬草濃度為 1.2 mg/mL，其清除能力為 92%，和 Vit C 的清除能力差不多，文獻 (You *et al.*, 2014) 指出，板栗殼經過酒精萃取且純化的色素，清除 DPPH 的能力極佳。

Figure 8 為綬草經過 E+U 萃取在不同濃度下之金屬螯合能力，並以乙二胺四酸 (ethylenediaminetetraacetic; EDTA) 當作對照組。鐵試劑主要是定量化合物中 Fe²⁺ 含量。在綬草濃度為 0.05、0.1、0.2、0.4、0.8、1.0、1.2 的半抑制濃度 (IC₅₀) 為 0.205 mg/mL。在綬草濃度為 1.2 mg/mL，其螯合能力大概 70% 左右。

Figure 9 為綬草經過 E+U 萃取在不同濃度下之總抗氧化能力，這裡的總抗氧化能力是指 ABTS 自由基的清除能力，以水溶性維生素 E (6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchromane-2-carboxylic acid; Trolox) 當作對照組。在綬草濃度為 1.0 mg/mL，其總抗氧化能力為 42%，而 Trolox 的為 93%，表綬草清除 ABTS 自由基能力不佳。

Figure 10 為綬草經過 E+U 萃取在不同濃度下之清除超氧陰離子能力，並以 Vit C 當作對照組。在綬草濃度為 1.0 mg/mL，其清除超氧陰離子能力為 41.2%，而 Vit C 為 92.6%。由圖可知，綬草在清除超氧陰離子能力表現方面，

屬於劑量依賴性 (dose-dependent)，濃度越高，抑制能力上升。

Figure 11 為綬草經過 E+U 萃取在不同濃度下之抑制酪胺酸酶能力，並以曲酸 (Kojic acid)當作對照組。在綬草濃度為 1.0 mg/mL，其抑制酪胺酸酶能力為 33.5%，由圖可知，綬草在酪胺酸抑制酶能力表現方面，屬於劑量依賴性，濃度越高，抑制能力些微上升。

綜合上述，五種萃取方法以 E+U 萃取綬草的酚類化合物和阿魏酸最多，酚類化合物和阿魏酸具有抗氧化的效果，未來可以應用在健康食品上或妝品方面。

五、 結論

1. 紅海欖和杯萼海桑的莖、葉的部分，不管在蒸餾水萃或甲醇萃取，其多酚含量、DPPH 自由基清除能力、酪胺酸酶抑制能力上，皆比綠茶效果佳。
2. 赤桉整體而言，具有良好的抗氧化能力，未來有潛力應用在藥品、食品、妝品方面。
3. 酒精加超音波萃取綬草的酚類化合物和阿魏酸最多，酚類化合物和阿魏酸具有抗氧化的效果，未來可以應用在健康食品上或妝品方面。

六、 參考文獻

- Angulo M. A., Armenta E., Garcia R. S., Carrillo J. A., Salazar E., & Benigno J. (2009). Extracts of *Swietenia humilis* Zucco seed with antifungal activity in *Rhizopus stolonifer* (Ehrenb.:Fr.) Vuill. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 27, 84-92.
- Bakkali F., Averbeck S., Averbeck D., & Idaomar M. (2008). Biological effects of essential oils. *Food Chemistry Toxicology*, 46, 446-475.
- Bruni R., Guerrini A., Scalia S., Romagnoli C., & Sacchetti G. (2002). Rapid techniques for the extraction of vitamin E isomers from *Amaranthus caudatus* seeds: Ultrasonic and supercritical fluid extraction. *Phytochemistry Analysis*, 13, 257-261.
- Capannesi C., Palchetti I., Mascini M., & Parenti A. (2000). Electrochemical sensor and biosensor for polyphenols detection in olive oils. *Food Chemistry*, 71, 535-562.
- Chung P. L., Chia H. C., Chien C. L., Kuei Y. H., & Chang W. H. (2014). In Vitro Antioxidant Activities, Free Radical Scavenging Capacity, and Tyrosinase Inhibitory of Flavonoid Compounds and Ferulic Acid from *Spiranthes sinensis* (Pers.) Ames. *Molecules*, 19, 4681-4694.
- Esther N.M., & Van Johannes S. (2003). Antibacterial and anti-inflammatory activities of some plants used for medicinal purpose in Kenya. *Journal of Ethnopharmacology*, 87, 35-41.
- Guyot S., Bernillon S., Poupard P., & Renard C. M. G. C. (2009). Multiplicity of phenolic oxidation products in apple juices and ciders, from synthetic medium to commercial products. In: Daayf F., Lattanzio V., eds. *Recent advances in polyphenol research*. UK: Wiley Blackwell, 278-92.
- Huang D., Ou B., & Prior R. L. (2005). The chemistry behind antioxidant capacity assays. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53, 1841-1856.
- Jorge E.W., Juan C. C., Raúl R., Maria L. C., Lluvia I. L., Guadalupe V. N., & Cristobal N. A. (2015). Total phenolic content, *in vitro* antioxidant activity and chemical composition of plant extracts from semiarid Mexican region. *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine*, 8, 104-111.
- Kähkönen M. P., Hopia A. I., & Heino M. (2001). Berry phenolics and their antioxidant activity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49, 4076-4082.
- Lina F.B., José A.T., & Solange I.M. (2013). Selection of the solvent and extraction conditions for maximum recovery of antioxidant phenolic compounds from coffee silverskin. *Food and Bioprocess Technology*, 7, 1-11.
- Morton J. F. (1981). *Atlas of medicinal plants of Middle America*. Bahamas to Yucatan. Thomas: Springfield, IL, 1240.

- Oh S., Kim J., Jeon H., Park J., Koh Y., Hur H., & Hur J. S. (2008). Antifungal activity of eucalyptus-derived phenolics against postharvest pathogens of kiwifruits. , *Journal of Plant Pathology*, 24, 322-327.
- Oliveira I., Sousa A., Ferreira I., Bento A., Estevinho L., & Pereira J.A. (2008). Total phenols, antioxidant potential and antimicrobial activity of walnut (*Juglans regia* L) green husks. *Food Chemistry Toxicology*, 46, 2326-2331.
- Osorio E., Flores M., Hernandez D., Ventura J., Rodriguez R., & Aguilar C. N. (2010). Biological efficiency of polyphenolic extracts from pecan nut shell (*Carya illinoensis*), pomegranate husk (*Punica granatum*) and creosote bush leaves (*Larrea tridentata* Cov.) against plant pathogenic fungi. *Industrial Crops and Products*, 31, 153-157.
- Peng J.Y., Xu Q.W., Xu Y.W., Qi Y., Han X., & Xu L.N. (2007). A new anticancer dihydroflavanoid from the root of *Spiranthes australis* (R. Brown) Lindl. *Natural Product Research*, 21, 641–645.
- Ruiz J., Ascasio J. A., Rodriguez R., Morales D., & Aguilar C. N. (2011). Phytochemical screening of extracts from some Mexican plants used in traditional medicine. *Journal of Medicinal Plants Research*, 5, 2791-2797.
- Suh S., Hwang J., Park M., Park H., & Lee T. (2014). Phenol content, antioxidant and tyrosinase inhibitory activity of mangrove plants in Micronesia. *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine* , 7, 531-535.
- Swapna T. S., & Sabu A. (2011). Polyphenols in plants. In: Sabu A, Roussos S, Aguilar CN. *Chemistry and biotechnology of polyphenols*, 135-151.
- Tanaka M., Kuei G. W., Nagashima Y., & Taguchi T. (1998). Application of antioxidative maillard reaction products from histidine and glucose to sardine products. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 54, 1409-1414.
- Upadrasta L., Mukhopadhyay M., & Banerjee R. (2011). Tannins: Chemistry, biological properties and biodegradation. In: Sabu A, Roussos S, Aguilar C. N. *Chemistry and biotechnology of polyphenols*, 5-32.
- Vázquez G., Fontenla E., Santos J., Freire M. S., González-Álvarez J., & Antorrena G. (2008). Antioxidant activity and phenolic content of chestnut (*Castanea sativa*) shell and eucalyptus (*Eucalyptus globulus*) bark extracts. *Industrial Crops and Products*, 28, 279-285.
- Ventura J., Belmares R., Aguilera A., Gutierrez G., Rodriguez R., & Aguilar C. N.(2008). Fungal biodegradation of tannins from creosote bush (*Larrea tridentata*) and tar bush (*Flourensia cernua*) for gallic and ellagic acid production. *Food Technology and Biotechnology*, 46, 213-217.
- You T. T., Zhou S. K., Wen J. L., Ma C., & Xu F. (2014). Chemical composition, properties, and antimicrobial activity of the water-soluble pigments from *Castanea*

mollissima shells. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 62, 1936–1944.

七、圖表

Table 1. Total phenolic contents of water and methanolic extracts from different mangrove tissues.

Group		WE	ME
<i>R. stylosa</i>	Leaf	9.32±1.10	9.74±0.75
	Stem	11.46±0.56	11.96±0.86
	Root	7.30±0.76	8.17±1.27
<i>S. alba</i>	Leaf	7.60±0.82	8.27±1.13
	Stem	10.52±0.47	10.58±0.78
	Root	4.87±0.69	5.23±0.87
Green tea		5.57±0.74	6.29±0.62

(Suh *et al.*, 2014)

Table 2. DPPH radical scavenging activity of water and methanolic extracts from different mangrove tissues.

Group		WE	ME
<i>R. stylosa</i>	Leaf	68.9±3.5	75.3±4.6
	Stem	72.5±3.2	85.5±5.2
	Root	40.3±4.3	41.3±3.9
<i>S. alba</i>	Leaf	62.2±5.0	69.6±4.9
	Stem	72.4±4.9	80.8±5.4
	Root	38.2±3.6	40.7±3.2
Green tea		52.7±2.9	62.0±5.7

(Suh *et al.*, 2014)

Table 3. Source and tissue of the plants used.

Plant material	Area of recollection	Period of recollection	Tissue
<i>J. dioica</i>	Parras de la Fuente, Coahuila	January, 2011	Stem and root
<i>F. cernua</i>	Saltillo, Coahuila	February, 2011	Stem and leaf
<i>E. camaldulensis</i>	Saltillo, Coahuila	May, 2011	Leaf
<i>T. diffusa</i>	Saltillo Coahuila	June, 2011	Stem and leaf

(Jorge *et al.*, 2015)

Table 4. Extraction yield and total phenolic content of the extracts obtained in the kinetic of extraction.

Plant material	Extraction time (h)	Extraction yield (%)	Total phenolic content (mg GAE/g)
<i>J. dioica</i>	2	9.89±0.15	2.1±0.30
<i>F. cernua</i>	2	11.03±0.87	7.9±0.93
<i>E. camaldulensis</i>	2	14.85±0.58	12.8±0.96
<i>T. diffusa</i>	2	9.64±3.11	2.5±0.52

Note: All values are expressed as mean±SD of three replicates. Results of 4, 6 and 8 h not shown because no difference were observed at $P<0.05$.

(Jorge *et al.*, 2015)

Table 5. Effect solvent concentration on the extraction yield and total polyphenolic content.

Plant material	Aqueous–ethanol concentration	Total phenolic content (mg GAE/g)
<i>J. dioica</i>	0%	1.36 ^b
	35%	1.55 ^a
	70%	2.34 ^{a*}
<i>F. cernua</i>	0%	2.09 ^b
	35%	10.24 ^{a*}
	70%	7.95 ^a
<i>E. camaldulensis</i>	0%	9.56 ^b
	35%	14.12 ^{a*}
	70%	12.88 ^a
<i>T. diffusa</i>	0%	2.59 ^b
	35%	4.70 ^{a*}
	70%	2.54 ^b

Note: Values followed by different lower–case letters are significantly different at $P<0.05$.

* Extracts selected for the antioxidant activity assays.

(Jorge *et al.*, 2015)

Table 6. Phenolic compounds detected by HPLC assay in the different extracts selected.

	STD	PG	GA	RS	CHA	MG	CUA	CAT	HA	EA	QE	CIA
Extracts	<i>J. dioica</i>	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	<i>F. cernua</i>	–	–	–	+	–	+	–	–	–	+	–
	<i>E.camaldulensis</i>	–	–	–	–	–	–	+	–	–	–	–
	<i>T. diffusa</i>	–	–	–	–	–	–	–	–	–	+	–
	RT	6.5	7.46	9.51	11.05	12.99	15.09	15.65	17.76	18.83	20.11	21.05

Retention time (RT), standard (STD), pyrogallol (PG), gallic acid (GA), resorcinol (RS), chlorogenic acid (CHA), methyl gallate (MG), coumaric acid (CUA), catechin (CAT), 2-hydroxycinnamic acid (HA), ellagic acid (EA), quercetin (QE), cinnamic acid (CIA), presence (+) and absence (–).

(Jorge *et al.*, 2015)

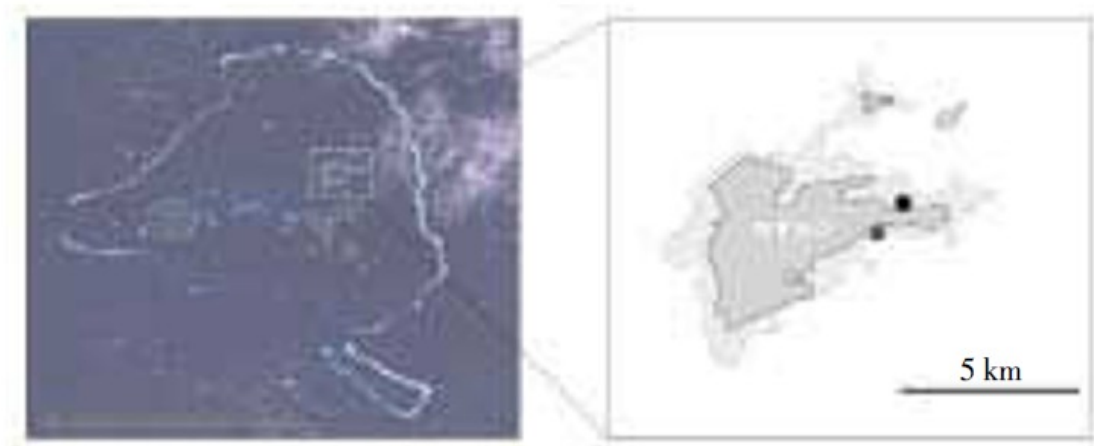


Figure 1. Chuuk lagoon image and station for mangrove sampling.

(Suh *et al.*, 2014)

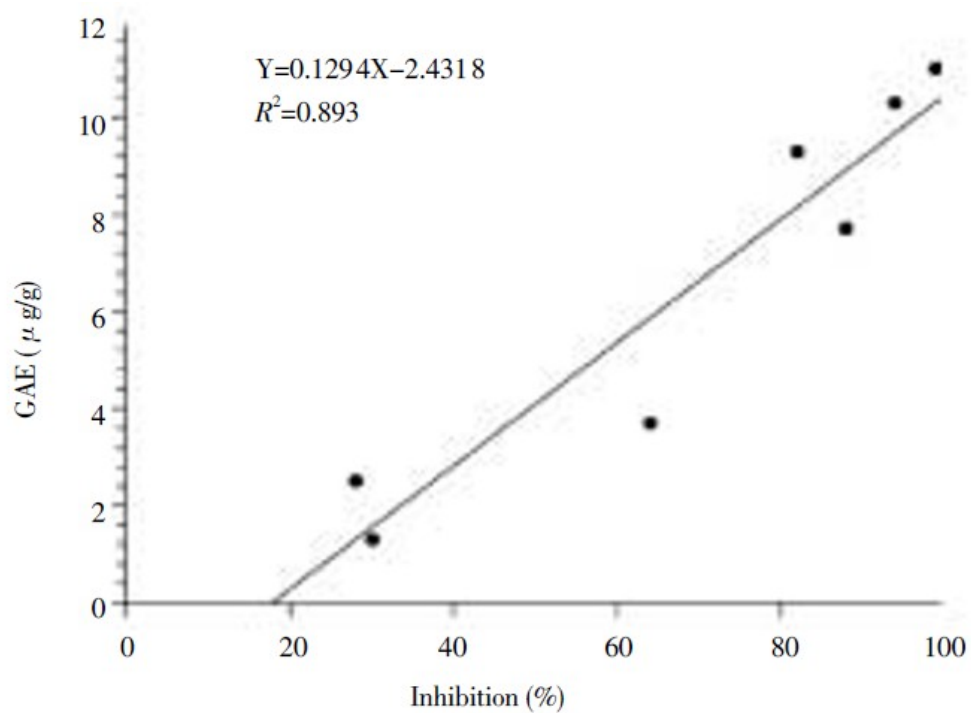


Figure 2. Correlation between total phenolic contents and antioxidant activities of the water and methanolic extracts from different mangrove tissues.

(Suh *et al.*, 2014)

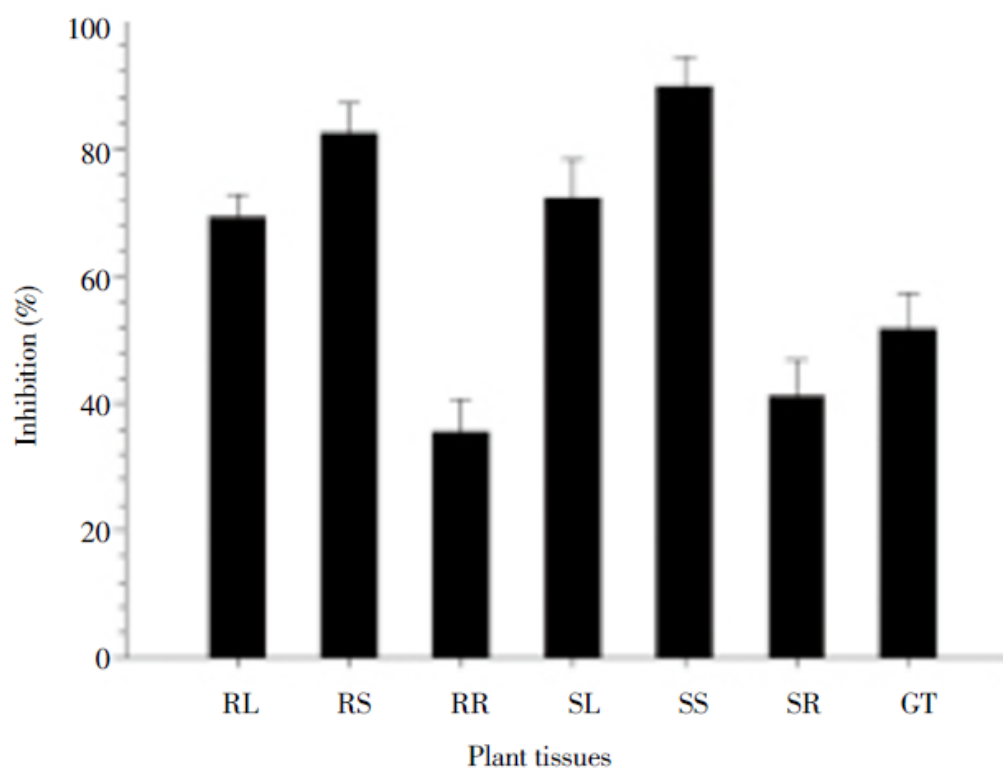


Figure 3. Tyrosinase inhibition activities of water extracts from different mangrove tissues.

RL, leaf extract of *R. stylosa*; RS, stem extract of *R. stylosa*; RR, root extract of *R. stylosa*; SL, leaf extract of *S. alba*; SS, stem extract of *S. alba*; SR, root extract of *S. alba*; GT, green tea extract.

(Suh *et al.*, 2014)

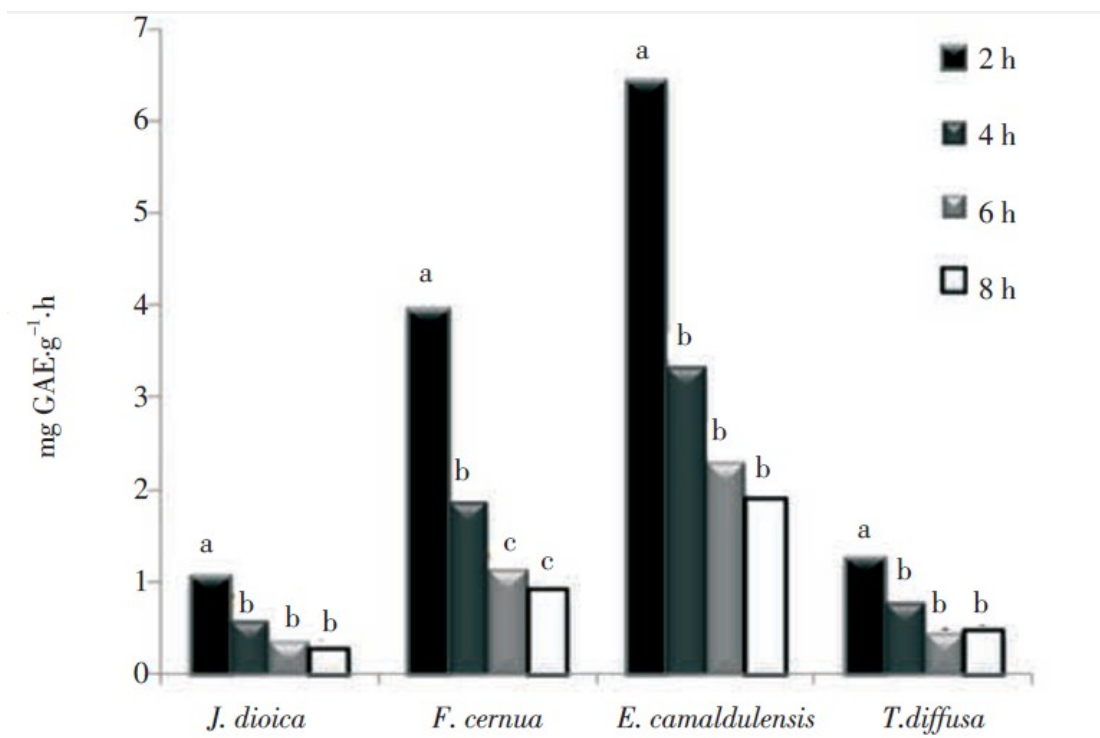


Figure 4. Productivity of the heat-reflux system.

(Suh *et al.*, 2014)

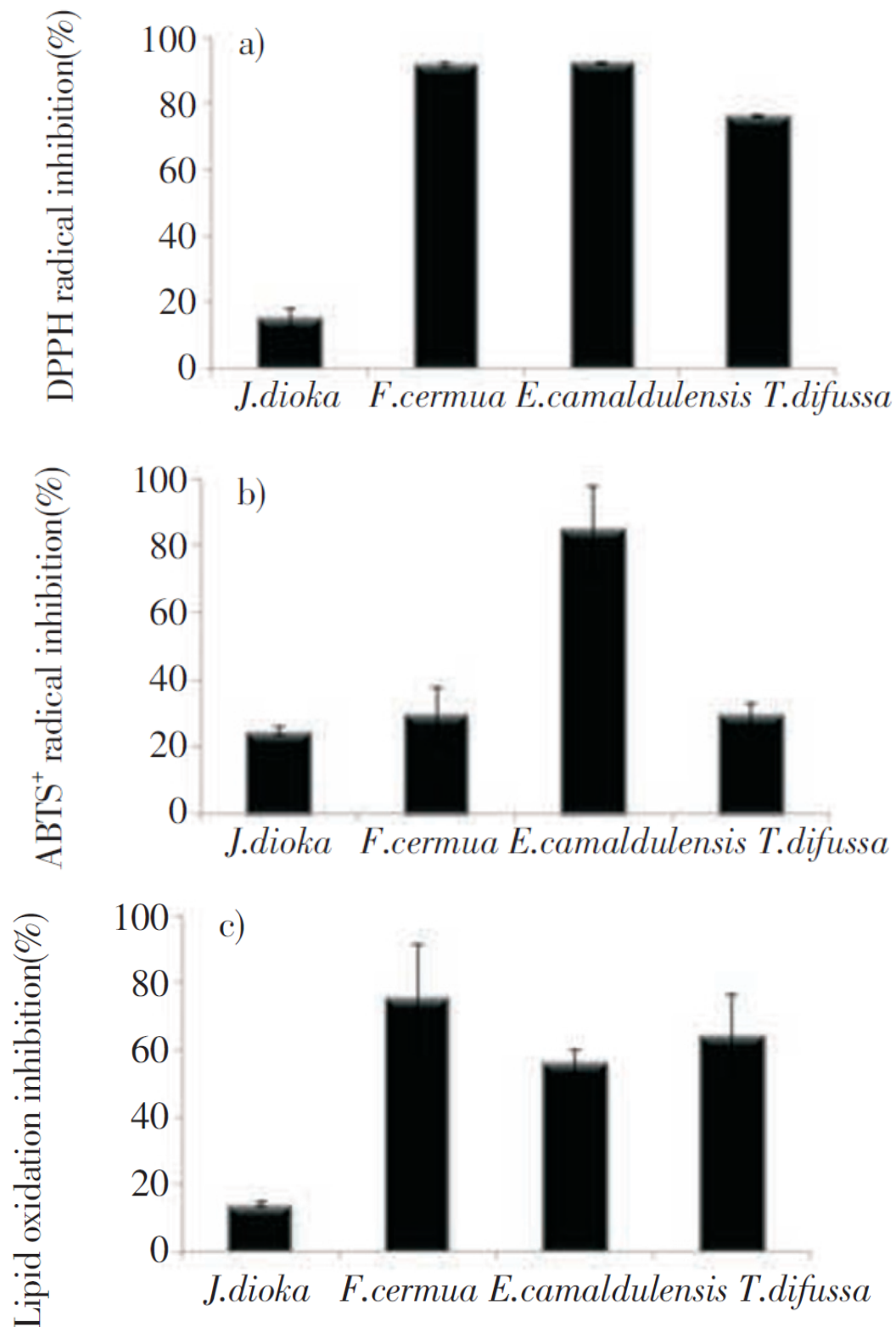


Figure 5. Antioxidant activity of the phenolic extracts selected (1 mg dried extract 1 mL).

a) DPPH Free radical scavenging activity; b) radical cation ABTS⁺ scavenging activity; c) linoleic acid oxidation inhibition.

(Suh *et al.*, 2014)

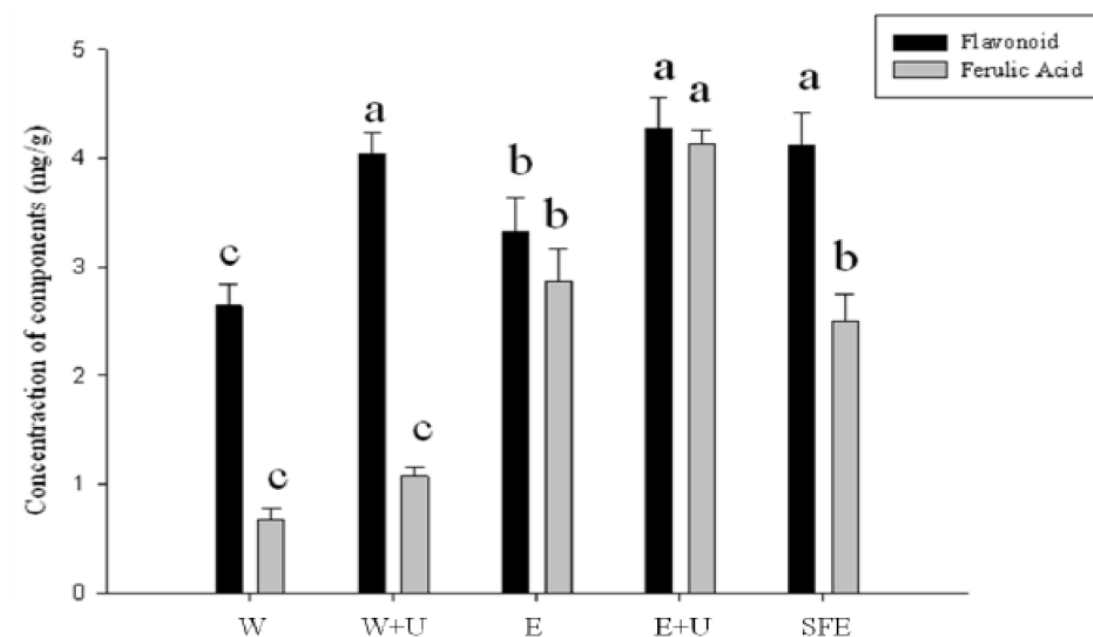


Figure 6. Comparison of the five extraction methods for obtaining flavonoids and FA. (1) W, water extraction; (2) W+U, water extraction using UAE; (3) E, 75% ethanol extraction; (4) E+U, 75% ethanol extraction using UAE; (5) SFE, supercritical CO₂ extraction. a, b, c describe bioactive compound levels: a, the highest then the others; c, the lowest then the others; b, middle of a and c.

(Chung *et al.*, 2014)

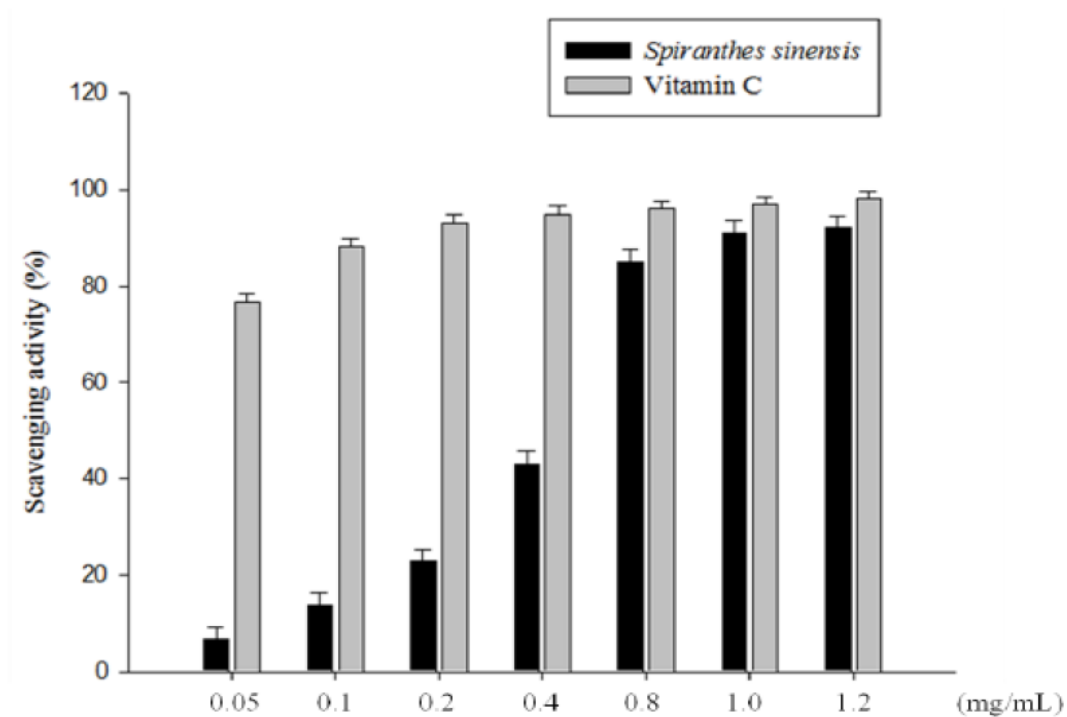


Figure 7. DPPH radical scavenging capacity of *S. sinensis* E+U extract. The DPPH scavenging effects of the extract at different concentrations compared with vitamin C. Results are represented as percentages of control, and the data are mean $\pm$ SD for the three separate experiments.

(Chung *et al.*, 2014)

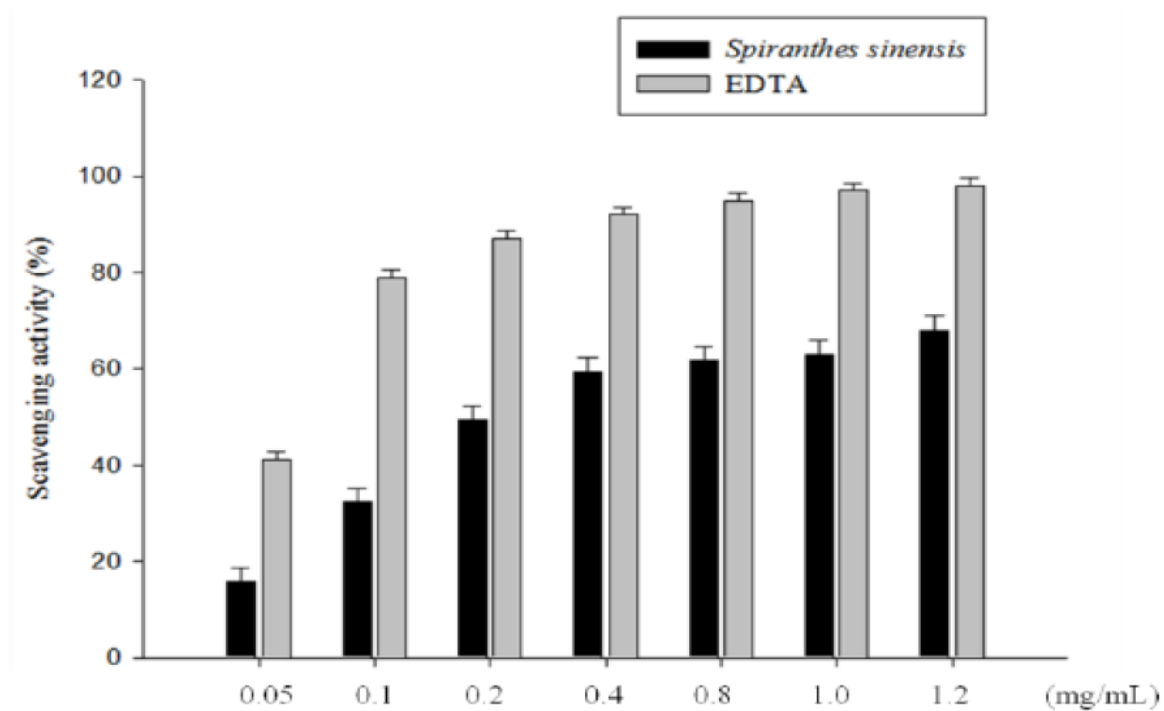


Figure 8. Metal-ion chelating activity of *S. sinensis* E+U extract. Various concentrations of the extract or EDTA were used in the study. Results are represented as percentages of control, and the data are mean $\pm$ SD for the three separate experiments.

(Chung *et al.*, 2014)

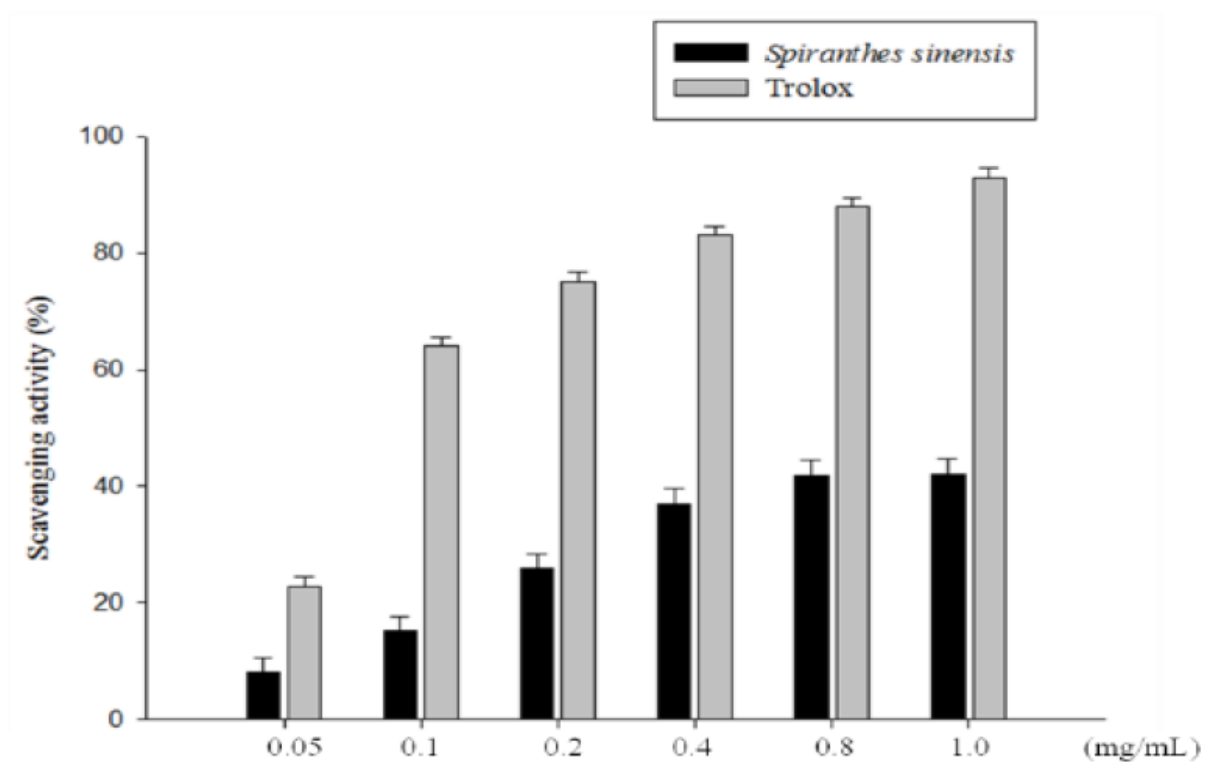


Figure 9. Total antioxidant activity of *S. sinensis* E+U extract. Different concentrations of the extract or Trolox were used in the study. Results are represented as percentages of control, and the data are mean $\pm$ SD for the three separate experiments.

(Chung *et al.*, 2014)

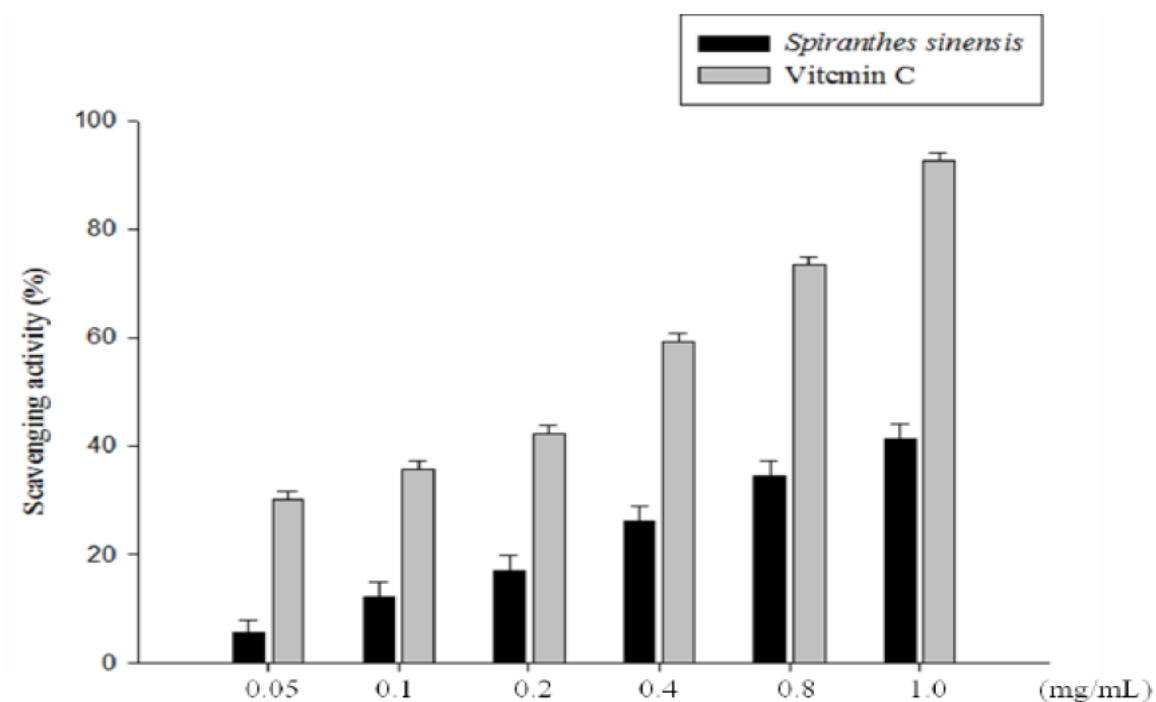


Figure 10. Superoxide radical scavenging capacity of *S. sinensis* E+U extract. The scavenging effects of the extract at different concentrations compared with vitamin C. Results are represented as percentages of control, and the data are mean $\pm$ SD for the three separate experiments.

(Chung *et al.*, 2014)

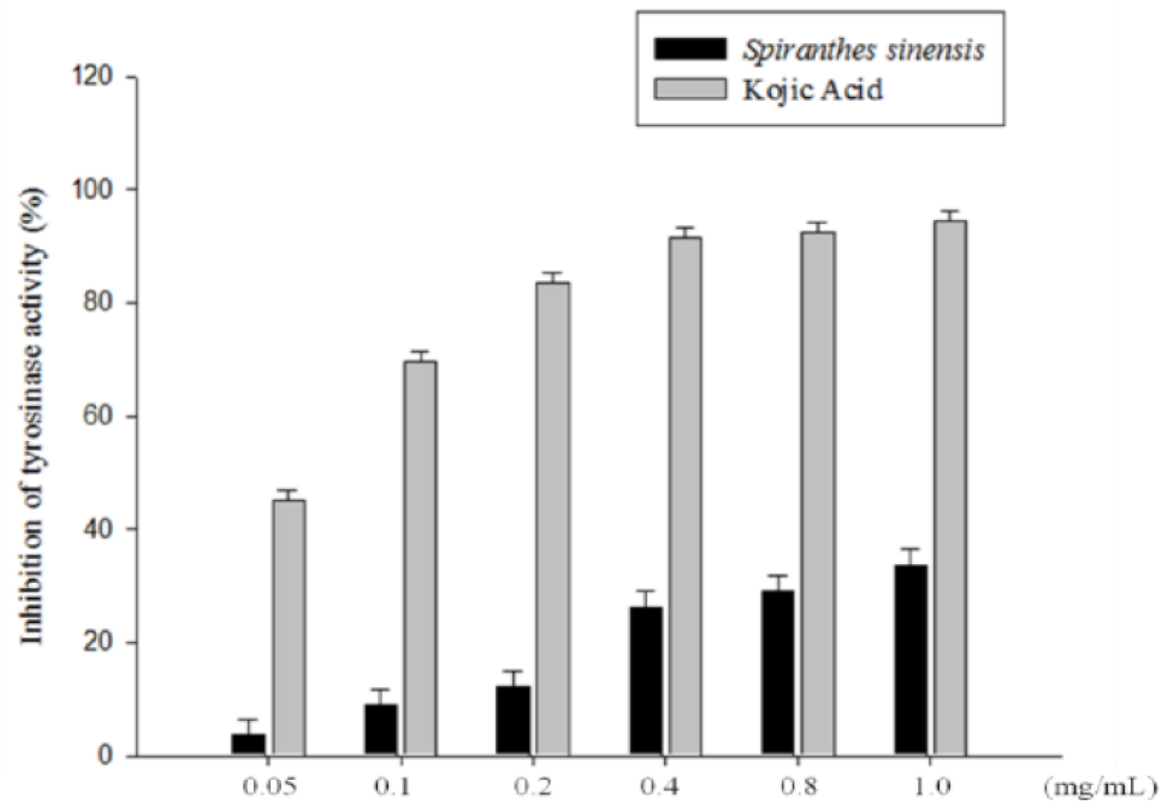


Figure 11. Inhibitory effect of *S. sinensis* E+U extract on mushroom tyrosinase activity. Different concentrations of the extract or kojic acid (0.05, 0.1, 0.2, 0.4, 0.8 and 1.0 mg/mL) were incubated with the same units of mushroom tyrosinase. Results are presented as mean $\pm$ SD for the three separate experiments.

(Chung *et al.*, 2014)