

洛神葵乾燥製程與萃取方法對萃取液顏色與抗氧化力影響

黃啟瑞、黃信綸、楊繼江*

摘要

在台東，洛神葵（俗稱洛神花）的栽種面積約有 300 公頃，每年約有 10 公噸的產量，近年來逐漸轉以友善或有機的耕種方式進行量產，是極具有發展潛力的保健作物。研究顯示，洛神葵富含多酚類、花青素、有機酸等保健成分，並具有抗氧化、抗菌、降低血脂、血糖等功能；因此，若能建立並了解不同產區、不同乾燥製程及萃取方式對洛神葵的功效性影響，將有助於洛神葵規格化及產品分級制度的建立。本研究利用光的三原色（紅綠藍）的分佈比率，用來了解洛神葵萃取液的顏色差異；此外，利用清除 DPPH 自由基能力，並以維生素 C 為標準曲線，進行洛神葵萃取液的維生素 C 當量抗氧化能力的換算，用以瞭解樣品的抗氧化能力。在 20 個樣品裡，發現洛神葵的水萃取液的原色-紅的顏色分佈，所佔的比例皆比酒精萃取液來得高，而洛神葵的酒精萃取液的原色-藍的顏色分佈，則較洛神葵的水萃取液高。抗氧化能力測試結果，顯示最高的抗氧化能力的是來自屏東-高樹的冷凍乾燥酒精萃取液，每公克具有相當於 52.06 mg 的維生素 C 抗氧化能力，最低的是冷凍乾燥的白洛神酒精萃取液，每公克具有相當於 10.75 mg 的維生素 C 抗氧化能力。此外，洛神葵的水萃取液抗氧化能力不因乾燥方式而有所明顯差異，但不同來源的洛神葵酒精萃取液，會因為乾燥方式而呈現差異較大的抗氧化能力。綜合上述結果，發現無論何種乾燥方式或萃取溶劑所得到的洛神葵萃取液，其抗氧化能力皆是台東-金峰>台東-黑洛神≡台東-海線/佳興>白洛神，在未來，在洛神葵的功用品管檢測方法，建議以水為萃取溶劑，進行色彩及抗氧化功能檢測。

關鍵字：洛神葵、DPPH、抗氧化

黃啟瑞，國立臺東大學生醫農食研究中心助理研究員、國立臺東大學生物醫學碩士學位學程兼任助理教授、財團法人石材暨資源產業研究發展中心水資源組研究員、經濟部東部深層海水創新研發中心研究員。Email: crhuang.ksn@gmail.com

黃信綸，國立臺東大學生物醫學碩士學位學程兼任助理教授、國立臺東大學食品生物技術應用二年制在職學位學程兼任助理教授、財團法人石材暨資源產業研究發展中心水資源組專案經理、經濟部東部深層海水創新研發中心特色原料分析實驗室經理。Email: tom1203@srdc.org.tw

楊繼江(通訊作者)，國立臺東大學生物醫學碩士學位學程教授、國立臺東大學生醫農食研究中心主任。Email: cyang@nttu.edu.tw

投稿日期:2021年6月28日;修改日期:2021年7月6日;通過日期:2021年7月25日。

The Effects of Dry Processing and Extraction Approaches on Color Diversity and Anti-oxidative Capacity of Roselle (*Hibiscus sabdariffa*) Extracts

Chi-Ruei Huang, Hsin-Lun Huang, and Chi-Chiang Yang*

Abstract

The planting area of Roselle in Taitung is about 300 hectares with an annual output of about 10 metric tons. Roselle is a product with great potential to develop health foods. Previous, the studies have shown that Roselle is rich in health ingredients such as polyphenols, anthocyanins, organic acids, and has the functions of antioxidant, antibacterial, blood lipid reduction, and blood sugar; therefore, it will help the establishment of a product grading system of Roselle by quality control analysis of dry processing and bio-functional capacity. In this study, the RGB color model is used to analyze the color diversity of Roselle extract and the ability to scavenge DPPH free radicals is used to evaluate the bio-function of Roselle extraction; at the same time, the vitamin C as a standard used to compare the anti-oxidative capacity with Roselle extracts. In 20 samples, it is found that Roselle's water extracts exhibit higher red color intensity than that of the alcohol extract; the Roselle's alcoholic extract has higher blue color intensity than that of water extracts. The results of anti-oxidative capacity showed that the freeze-dried alcohol extract from Gaoshu township of Pingtung County has the highest anti-oxidative ability, which has 52.06 mg of vitamin C antioxidant ability per gram, and the freeze-dried white roselle's alcohol extract has the lowest anti-oxidative ability, which has 10.75 mg of vitamin C antioxidant ability per gram. In addition, the antioxidant capacity of the water extract of Roselle is not dramatic different according to drying method and different source, but the alcohol extract of Roselle from different sources performs the different antioxidant capacity according to dry process. Based on the above results, it is found that no matter what kind of drying process or extraction solvent is used, the antioxidant capacity of roselle extract is Jinfeng-Taitung>Black Roselle-Taitung \approx Taitung-Haixian/Jiaying>white roselle. Future, it is recommended to use water as the extraction solvent for color and antioxidant function evaluation.

Keywords: Roselle、DPPH、Anti-oxidative

Chi-Ruei Huang, Adjunct Assistant Researcher, Biomedicine, Agriculture and Food Sciences Research Center; Adjunct Assistant Professor, Master Program in Biomedicine, College of Science and Engineering, National Taitung University; Researcher, Division of Water Resource, Stone and Resource Industry Research and Development Center; Researcher, Eastern Taiwan Deep Sea Water Innovation and Research Center, Ministry of Economic Affairs. Email: crhuang.ksn@gmail.com

Hsin-Lun Huang, Adjunct Assistant Professor, Master Program in Biomedicine; On-Job Degree Program of Food Biotechnology Application, College of Science and Engineering, National Taitung University; Manager, Functional Ingredients and Food Inspection Integration Laboratory, Eastern Taiwan Deep Sea Water Innovation and Research Center, Ministry of Economic Affairs; Project Manager, Division of Water Resource, Stone and Resource Industry Research and Development Center. Email: tom1203@srdc.org.tw

Chi-Chiang Yang, Professor, Master Program in Biomedicine; Director, Biomedicine, Agriculture and Food Sciences Research Center, College of Science and Engineering, National Taitung University. Email: cyang@nttu.edu.tw.

壹、前言

洛神葵是種受全球消費市場歡迎且具有多種保健效用的高經濟價值作物 (Bahaeldeen Babiker Mohamed, Abdelatif Ahmed Sulaiman and Abdelhafiz Adam Dahab, 2012; Mahadevan, N, Shivali, Kamboj, Pradeep, 2009)；洛神葵早在西元前 4000 年在非洲國家蘇丹西邊已被馴化成可食用作物，直到西元 1576 年，在歐洲才有洛神葵的相關紀錄(Bahaeldeen Babiker Mohamed, Abdelatif Ahmed Sulaiman and Abdelhafiz Adam Dahab, 2012)。洛神葵本身具有耐旱，適合在熱帶及亞熱帶的區域栽種；此外，洛神葵非常容易種植且可和其他作物混合栽種，增加單位面積的產值，但不適合機械化收穫，仍需要人力進行採收。

國際貿易市場上，每年約有 15,000 公噸的洛神葵在市場上進行交易，主要的生產地來自於中國和泰國，因此整個銷售與供應市場掌控在這兩個國家(FAO, 2004)。在台灣，洛神葵主要的產地在台東縣金峰鄉、太麻里鄉和大武鄉，栽培面積約 300 公頃(陳進分, 2014)；根據當季好蔬果的網站統計(當季好蔬果, 2021)，近五年的洛神葵在台灣市場的年度平均產值(成交量(公噸)乘以平均價(元/公斤))，已從 2015 年的 5553.88 仟元降至 2019 年的 3827.85 仟元，產值在五年內已衰退三成。因此，洛神葵在未來幾年的產值，一定是急被需要解決的問題。

在健康保健方面，洛神葵也被證實具有降血壓、降血脂等功用 (Mahadevan, N, Shivali, Kamboj, Pradeep, 2009; Mgaya, Kilima Beatrice, et al., 2020)，然而這些功能，會因來源、品系的不同，或是栽種及施肥方式，可能會造成品質上差異 (Shaheen, M.A. and El-Nakhlawy, F.S., 2011)。為了增加台灣洛神葵在銷售及供應市場競爭優勢，勢必要領先市場推出洛神葵的品質規格標準，利用科學化的數據，讓消費大眾了解產品間的差異及價值。已經研究資料顯示洛神葵是天然的抗氧化物也具有抗菌的成分存在，可用來抑制大腸桿菌的生長 (Jung, E., Kim, Y. and Joo, N., 2013)，因此，本計畫將利用洛神葵的抗氧化能力，來協助當作洛神葵的品質規格標準之評估。

本研究結果顯示，相較於酒精萃取液，紅色洛神葵（台東-海線/佳興、台東-黑洛神、台東-金峰、屏東-高樹和花蓮玉里）的水萃取液具有較飽和的紅色色度；而白洛神葵的色度則是呈現紅綠兩色並存。萃取液乾重方面，洛神葵水萃取液比酒精萃取液能得到較多的萃取物。在洛神葵酒精萃取液的抗氧能力，白洛神和台東-海線/佳興呈現熱風乾燥優於冷凍乾燥，而台東-黑洛神和台東-金峰則呈現冷凍乾燥優於熱風乾燥；

在洛神葵水萃取液的抗氧能力方面，則呈現不因乾燥方式而呈現大幅度差異。由本實驗結果可得知，可間接推論冷凍乾燥的洛神葵水萃取液具有較穩定的抗氧化能力。

貳、研究方法

洛神葵萃取液乾燥

將由委託單位所提供的洛神葵粗萃取液，以 0.2 μ m 孔徑的過濾膜過濾，取 10 mL 過濾後的萃取液，以 40 $^{\circ}$ C 進行熱風乾燥，直到無液體流動狀態並秤重。計算單位體積 (mL) 的萃取物重量 (gm)，求得萃取物的轉換百分比。

洛神葵檢測樣品製備

乾燥後的洛神葵萃取物溶於 1mL 的二次水中，以震盪方式混和均勻，並再以 0.2 μ m 孔徑的過濾膜過濾，取得最終洛神葵的檢測樣品。

洛神葵萃取液色彩分析

取 20 μ L 的洛神葵萃取液滴至石蠟紙上，並置於白光的燈箱上，以數位相機擷取影像。所擷取的影像以蘋果公司所出版的數位測色計 (版本 5.15)，進行紅綠藍光的三原色色度檢測，並得到三原色各別的色度數值。此影像為 8 位元 (8 bit)，色彩光譜為 0 至 255。單一原色在三原色中的比例，計算公式如下：色階比例=單一原色色階/三原色色階總和。色階比例色階表示以 0 為白、1 為原色。

抗氧化性檢測試驗

本驗證將以清除 DPPH 自由基的程度，作為抗氧化功效的驗證。2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) (D9132, Sigma) 為穩定的陽離子自由基，其溶在甲醇溶液時呈現紫色，在 OD517nm 有顯著的吸光值，但與具有抗氧化能力之物質作用後會減低 OD517nm 的吸光值，可減低吸光值的程度，換算得之物質抗氧化的能力。取得洛神葵萃取液樣本後，稀釋 1000 倍，並以維生素 C 為標準品。取出 300 μ L 稀釋後的洛神葵萃取液與 600 μ L 的 0.3mM DPPH 混和均勻，在室溫下避光反應 30 分鐘。反應完成後，利用可見光吸收光譜儀 (GENESYS 20, Thermo) 測量各別在 OD517nm 下的吸光值，並計算清除 DPPH 能力百分比及相對的維生素 C 當量抗氧化活性 (Vitamin C equivalent antioxidant capacity, VCEAC)。

參、結果與討論

洛神葵萃取液樣品來源及樣品代號標示

本研究中，20 個洛神葵來自六個產區，標示為白洛神、台東-海線/佳興、台東-黑洛神、台東-金峰、屏東-高樹和花蓮-玉里，乾燥方式冷凍乾燥 (Freeze Drying) 製程和提供者現行的熱風乾燥製程 (Hot-Air Drying)；因洛神葵數量關係，其中屏東-高樹來源的洛神葵，僅進行冷凍乾燥，而花蓮-玉里來源的洛神葵，僅進行熱風乾燥。洛神葵萃取液以二次水和 70%酒精為萃取溶劑，以 1 公克乾燥後的洛神葵加入 10 毫升萃取溶劑的比例進行超音波萃取得之。為讓研究成果簡易辨識，以 Roselle-A, Roselle-B, Roselle-C, Roselle-D, Roselle-E 和 Roselle-F，分別代表白洛神、台東-海線/佳興、台東-黑洛神、台東-金峰、屏東-高樹和花蓮-玉里六種不同來源的洛神葵；Roselle-A 為外觀翠綠白色的白洛神，Roselle-B 到 Roselle-F 皆為外觀呈現紅紫色的紅色洛神。冷凍乾燥及熱風乾燥分別以 F 和 H 代表，而以 W 和 E 分別代表萃取溶劑 ddH₂O 和 70% Ethanol。來源及代號表示如表 1。

表 1. 洛神葵產地來源、乾燥方式、萃取溶劑及萃取物代號。

來源 (Source)	乾燥方式 (Drying Processing)	萃取溶劑 (Solvent)	來源代號 (Label)	萃取物代號 (Label)
白洛神	冷凍 (Freeze Drying, F)	ddH ₂ O (W)	Roselle-A	AFW
台東-海線/佳興	冷凍 (Freeze Drying, F)	ddH ₂ O (W)	Roselle-B	BFW
台東-黑洛神	冷凍 (Freeze Drying, F)	ddH ₂ O (W)	Roselle-C	CFW
台東-金峰	冷凍 (Freeze Drying, F)	ddH ₂ O (W)	Roselle-D	DFW
屏東-高樹	冷凍 (Freeze Drying, F)	ddH ₂ O (W)	Roselle-E	EFW
白洛神	熱風 (Hot-Air, H)	ddH ₂ O (W)	Roselle-A	AHW
台東-海線/佳興	熱風 (Hot-Air, H)	ddH ₂ O (W)	Roselle-B	BHW
台東-黑洛神	熱風 (Hot-Air, H)	ddH ₂ O (W)	Roselle-C	CHW
台東-金峰	熱風 (Hot-Air, H)	ddH ₂ O (W)	Roselle-D	DHW
花蓮-玉里	熱風 (Hot-Air, H)	ddH ₂ O (W)	Roselle-F	FHW
白洛神	冷凍 (Freeze Drying, F)	70% Ethanol (E)	Roselle-A	AFE
台東-海線/佳興	冷凍 (Freeze Drying, F)	70% Ethanol (E)	Roselle-B	BFE
台東-黑洛神	冷凍 (Freeze Drying, F)	70% Ethanol (E)	Roselle-C	CFE
台東-金峰	冷凍 (Freeze Drying, F)	70% Ethanol (E)	Roselle-D	DFE
屏東-高樹	冷凍 (Freeze Drying, F)	70% Ethanol (E)	Roselle-E	EFE
白洛神	熱風 (Hot-Air, H)	70% Ethanol (E)	Roselle-A	AHE
台東-海線/佳興	熱風 (Hot-Air, H)	70% Ethanol (E)	Roselle-B	BHE
台東-黑洛神	熱風 (Hot-Air, H)	70% Ethanol (E)	Roselle-C	CHE
台東-金峰	熱風 (Hot-Air, H)	70% Ethanol (E)	Roselle-D	DHE
花蓮-玉里	熱風 (Hot-Air, H)	70% Ethanol (E)	Roselle-F	FHE

洛神葵萃取液顏色及色彩分析

如圖 1，Roselle-A 的洛神葵水萃取液或酒精萃取液顏色偏黃綠色，而 Roselle-B 到 Roselle-F 來源的洛神葵水萃取液或酒精萃取液顏色偏紅色。在人眼的觀察中，經由冷凍乾燥的 Roselle-A 洛神葵萃取液顏色（圖 1，AFW 和 AFE），相較於熱風乾燥來的淺（圖 1，AHW 和 AHE），而 Roselle-A 洛神葵的水萃取液顏色（圖 1，AFW 和 AHW），相對其酒精萃取液的顏色（圖 1，AFE 和 AHE），呈現較深的顏色。在紅色洛神葵萃取液的顏色，在人眼的觀察中，冷凍乾燥所得到的萃取液較熱風乾燥深，且也可發現其水萃取液的顏色，相較其酒精萃取液顏色深（圖 1）。

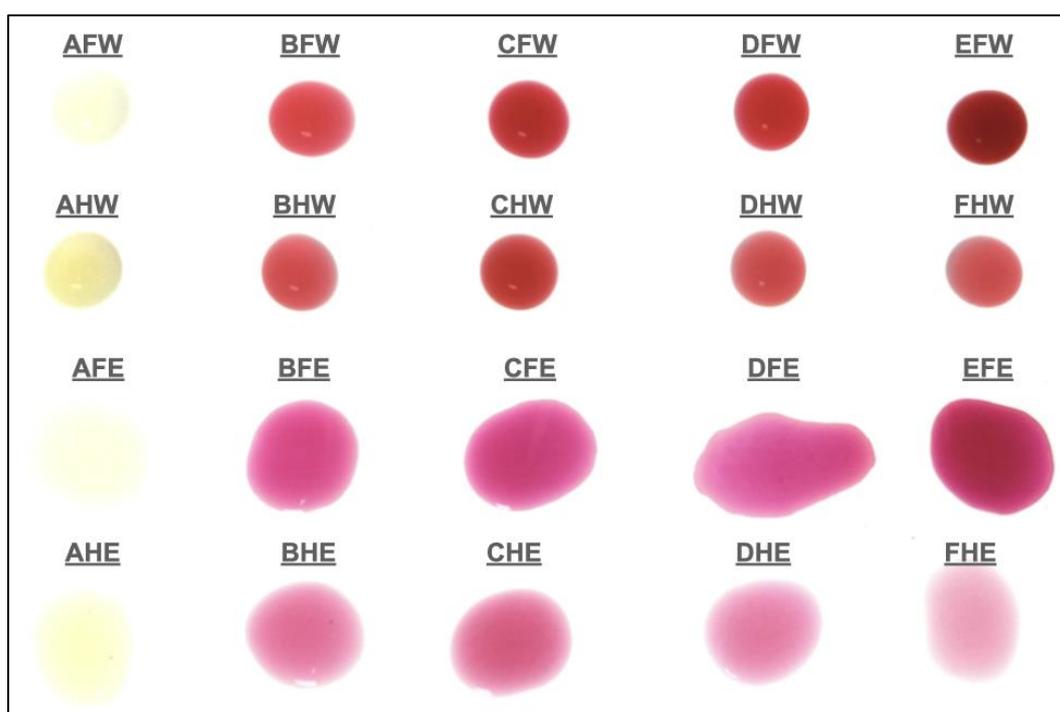


圖 1. 洛神葵萃取液顏色。上面兩排為洛神葵水萃取液，下兩排為洛神葵酒精萃取液。第一個字母代表洛神葵來源（A 代表白洛神；B 代表台東-海線/佳興；C 代表台東-黑洛神；D 代表台東-金峰；E 代表屏東-高樹；F 代表花蓮-玉里），第二個字母代表乾燥方式（F 代表冷凍乾燥；H 代表熱風乾燥），第三個字母代表萃取溶劑（W 代表二次水；E 代表 70%酒精）。

利用紅綠藍三原色色彩分析（RGB colors score）（表 2），可得知 Roselle-A（白洛神）洛神葵水萃取液，藍色的色度略低紅和綠色的色度，而紅色和綠色的色度數值相近，在光學的系統下，該萃取液呈現亮度較高的淺黃色（黃色為紅色加綠色疊加之後的顏色）；在乾燥方式與萃取液顏色關聯性，冷凍乾燥的 Roselle-A 會保留較多的藍色色度，而熱風乾燥會保留較多的紅和綠兩色的色度；在萃取溶劑與色度保留相關性，

可發現 Roselle-A 酒精萃取溶劑保有較多的藍色色度。在紅色洛神葵 (Roselle-B 到 Roselle-F) 部分, 其萃取液則呈現以紅色為主的色度, 其水萃取液的顏色色度主要紅色為主, 而酒精萃取液的顏色色度以紅色和藍色為主 (表 2)。另外, 紅色洛神葵 (Roselle-B 到 Roselle-F) 的乾燥方式與萃取液顏色相關性, 在相同的萃取溶劑下, 冷凍乾燥所得到的紅色洛神葵 (Roselle-B 到 Roselle-F) 萃取液, 其紅色色度皆比由熱風乾燥所得到的萃取液高; 在相同的乾燥方式下, 紅色洛神葵 (Roselle-B 到 Roselle-F) 水萃取液紅色色度較酒精萃取液高, 但其水萃取液保有的藍色色度較酒精萃取液低 (表 2)。整體而言, 無論何種乾燥方式, 洛神葵酒精萃取液比水萃取液保有更多的藍色色度, 因此其酒精萃取液多呈現粉紅至粉紫紅色 (紅色與藍色疊加會呈現紫色, 紅藍兩色數值約近, 呈現的亮度越高, 粉色感覺越高), 而洛神葵水萃取液比酒精萃取液保有更多的紅色色度。在紅色洛神葵 (Roselle-B 到 F), 冷凍乾燥可以保有更多的紅色色度, 但在白洛神葵 (Roselle-A) 則無此現象。

表 2. 洛神葵萃取液的紅綠藍三原色色彩分析。

Source	Drying Processing	Solvent	Label	RGB Color Score			Digital Color
				R	G	B	
Roselle-A	Freeze	ddH2O	AFW	0.36	0.35	0.29	
Roselle-A	Hot-Air	ddH2O	AHW	0.40	0.38	0.23	
Roselle-A	Freeze	70% Ethanol	AFE	0.35	0.35	0.30	
Roselle-A	Hot-Air	70% Ethanol	AHE	0.37	0.36	0.27	
Roselle-B	Freeze	ddH2O	BFW	0.71	0.13	0.16	
Roselle-B	Hot-Air	ddH2O	BHW	0.66	0.16	0.18	
Roselle-B	Freeze	70% Ethanol	BFE	0.58	0.11	0.31	
Roselle-B	Hot-Air	70% Ethanol	BHE	0.50	0.19	0.30	
Roselle-C	Freeze	ddH2O	CFW	0.82	0.08	0.10	
Roselle-C	Hot-Air	ddH2O	CHW	0.78	0.11	0.11	
Roselle-C	Freeze	70% Ethanol	CFE	0.60	0.09	0.30	
Roselle-C	Hot-Air	70% Ethanol	CHE	0.55	0.17	0.28	
Roselle-D	Freeze	ddH2O	DFW	0.83	0.08	0.09	
Roselle-D	Hot-Air	ddH2O	DHW	0.67	0.16	0.17	
Roselle-D	Freeze	70% Ethanol	DFE	0.55	0.13	0.33	
Roselle-D	Hot-Air	70% Ethanol	DHE	0.48	0.21	0.31	
Roselle-E	Freeze	ddH2O	EFW	0.92	0.03	0.05	
Roselle-F	Hot-Air	ddH2O	FHW	0.64	0.17	0.19	
Roselle-E	Freeze	70% Ethanol	EFE	0.74	0.05	0.21	
Roselle-F	Hot-Air	70% Ethanol	FHE	0.43	0.26	0.31	
RGB Color Level of Score Range				0	0	0	
				1	1	1	

洛神葵水萃取液有較高的萃取液乾重

為了去除酒精萃取液對功效性（抗氧化能力）檢測的影響，取固定體積的洛神葵萃取液在 40°C 的烘箱進行乾燥。在相同萃取液體積下，洛神葵酒精萃取液約需要 4 天可得到乾燥的萃取物，而洛神葵水萃取液約需要 9 天可得到乾燥的萃取物。結果發現，無論是那一個來源的洛神葵，其水萃取液所得到乾重，皆比其酒精萃取液來得多（表 3）。在萃取溶劑比較下，洛神葵的水萃取液所得的萃取液乾重重量，每 1mL 萃取液約可得到為 0.0550±0.0070g 重的乾萃取物；而酒精萃取液所得的萃取物乾重重量，每 1mL 萃取液約可得到為 0.0394±0.0093g 重的乾萃取物（表 4），而這樣的差異，具有顯著意義（ $p < 0.001$ ）（圖 2）。

表 3. 洛神葵萃取液乾重列表。

Label	Extraction Solvent	Dry Processing	Dry Weigh (g/mL of Extraction Solution)
Roselle-A	ddH ₂ O	Freeze	0.0570
		Hot-Air	0.0464
	70% Ethanol	Freeze	0.0502
		Hot-Air	0.0292
Roselle-B	ddH ₂ O	Freeze	0.0621
		Hot-Air	0.0522
	70% Ethanol	Freeze	0.0561
		Hot-Air	0.0293
Roselle-C	ddH ₂ O	Freeze	0.0576
		Hot-Air	0.0679
	70% Ethanol	Freeze	0.0377
		Hot-Air	0.0383
Roselle-D	ddH ₂ O	Freeze	0.0525
		Hot-Air	0.0445
	70% Ethanol	Freeze	0.0273
		Hot-Air	0.0343
Roselle-E	ddH ₂ O	Freeze	0.0604
		Hot-Air	
	70% Ethanol	Freeze	0.0438
		Hot-Air	
Roselle-F	ddH ₂ O	Freeze	
		Hot-Air	0.0491
	70% Ethanol	Freeze	
		Hot-Air	0.0480

表 4. 洛神葵水萃取液與酒精萃取液乾重比較。

Dry Processing	Samples	Dry Weight (g/mL)	
		ddH ₂ O	70% Ethanol
Freeze	Roselle-A	0.0570	0.0502
	Roselle-B	0.0621	0.0561
	Roselle-C	0.0576	0.0377
	Roselle-D	0.0525	0.0273
	Roselle-E	0.0604	0.0438
Hot-Air	Roselle-A	0.0464	0.0292
	Roselle-B	0.0522	0.0293
	Roselle-C	0.0679	0.0383
	Roselle-D	0.0445	0.0343
	Roselle-F	0.0491	0.0480
	Mean	0.0550	0.0394
	SD	0.0070	0.0093
	<i>p</i> -value ^a		0.0002

a：是利用 student t-test 所得到的 *p* 值。

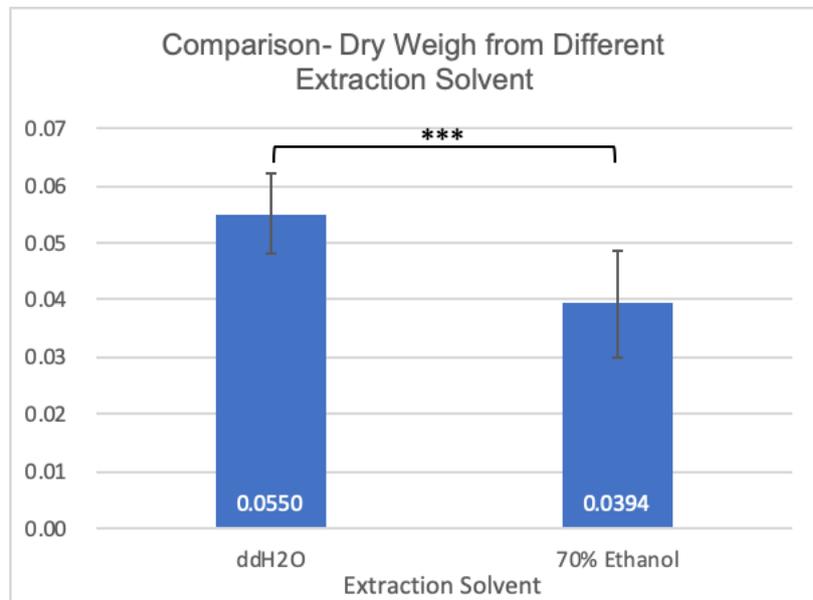


圖 2. 不同溶劑的洛神葵萃取液的乾重。***意指為 *p* 值<0.001。

此外，經由冷凍乾燥或熱風乾燥，洛神葵水萃取液的乾燥物分別為 0.0579 ± 0.0033 g 和 0.0520 ± 0.0083 g(表 5)，兩者差異不具顯著意義($p > 0.05$) (圖 3)。而不同乾燥製程，所得的洛神葵酒精萃取液的乾燥物分別為 0.0430 ± 0.0100 g 和 0.0358 ± 0.0070 g (表 5)，兩者差異亦不具統計學上的意義 ($P > 0.05$) (圖 3)。

表 5. 相同萃取溶劑，不同乾燥方式所得的洛神葵萃取液乾重比較。

Extraction Solvent	Dry Weight (g/mL)				
	Dry Processing	ddH ₂ O		70% Ethanol	
		Freeze	Hot-Air	Freeze	Hot-Air
Samples	Roselle-A	0.0570	0.0464	0.0502	0.0292
	Roselle-B	0.0621	0.0522	0.0561	0.0293
	Roselle-C	0.0576	0.0679	0.0377	0.0383
	Roselle-D	0.0525	0.0445	0.0273	0.0343
	Roselle-E	0.0604		0.0438	
	Roselle-F		0.0491		0.0480
	Mean ^a	0.0579	0.0520	0.0430	0.0358
	SD	0.0033	0.0083	0.0100	0.0070
	<i>p</i> -value ^b		0.1117		0.1362

a：平均值計算是包含 Roselle-A 到 Roselle-F。b：是利用 student t-test 中的偶檢定所得到的 *p* 值，數據來源僅包含 Roselle-A 至 Roselle-D，能進行配對比較項目的洛神葵來源。

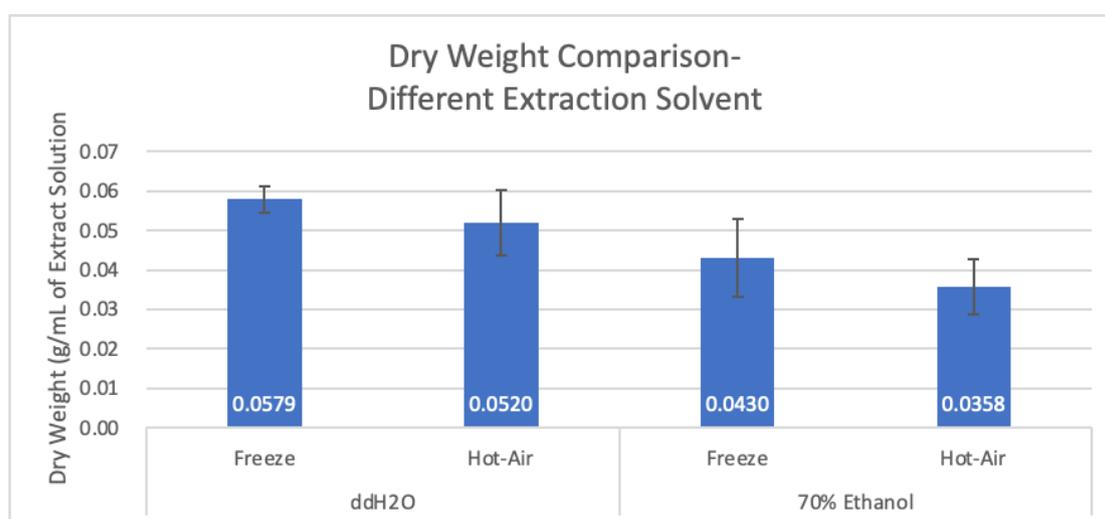


圖 3. 不同溶劑及乾燥方法的洛神葵萃取液的乾重。

若以不同的萃取溶劑做區分，由冷凍乾燥或熱風乾燥所得到洛神葵萃取液乾重，皆發現以洛神葵水萃取液比洛神葵酒精萃取液，可得到較多的洛神葵萃取液乾物（表 6）。經由冷凍乾燥所得到的洛神葵水萃取液及洛神葵酒精萃取液乾物重量為 0.0579 ± 0.0033 g 和 0.0430 ± 0.0100 g，兩者在統計學上，具有顯著差異 ($p < 0.01$)（表 6 和圖 3）；經由提供者自有乾燥製程，所得到的洛神葵水萃取液及洛神葵酒精萃取液乾物重量為 0.0520 ± 0.0083 g 和 0.0358 ± 0.0070 g，兩者的差異在統計學上，具有顯著差異 ($p < 0.05$)（表 6 和圖 3）。整體而言，洛神葵水萃取液所得到的萃取物乾重較洛神葵酒精萃取液來的多，且此現象不因乾燥方式不同而不同。

表 6. 洛神葵在相同乾燥方式，不同萃取溶劑所得的萃取液乾重比較。

Dry Processing	Dry Weight (g/mL)				
	Extraction Solvent	Freeze		Hot-Air	
		ddH2O	70% Ethanol	ddH2O	70% Ethanol
Samples	Roselle-A	0.0570	0.0502	0.0464	0.0292
	Roselle-B	0.0621	0.0561	0.0522	0.0293
	Roselle-C	0.0576	0.0377	0.0679	0.0383
	Roselle-D	0.0525	0.0273	0.0445	0.0343
	Roselle-E	0.0604	0.0438		
	Roselle-F			0.0491	0.0480
	Mean ^a	0.0579	0.0430	0.0520	0.0358
	SD	0.0033	0.0100	0.0083	0.0070
	<i>p</i> -value ^b		0.0081		0.0154

a：平均值計算是包含 Roselle-A 到 Roselle-F。b：是利用 student t-test 中的偶檢定所得到的 *p* 值，數據來源僅包含 Roselle-A 至 Roselle-D，能進行配對比較項目的洛神葵來源。

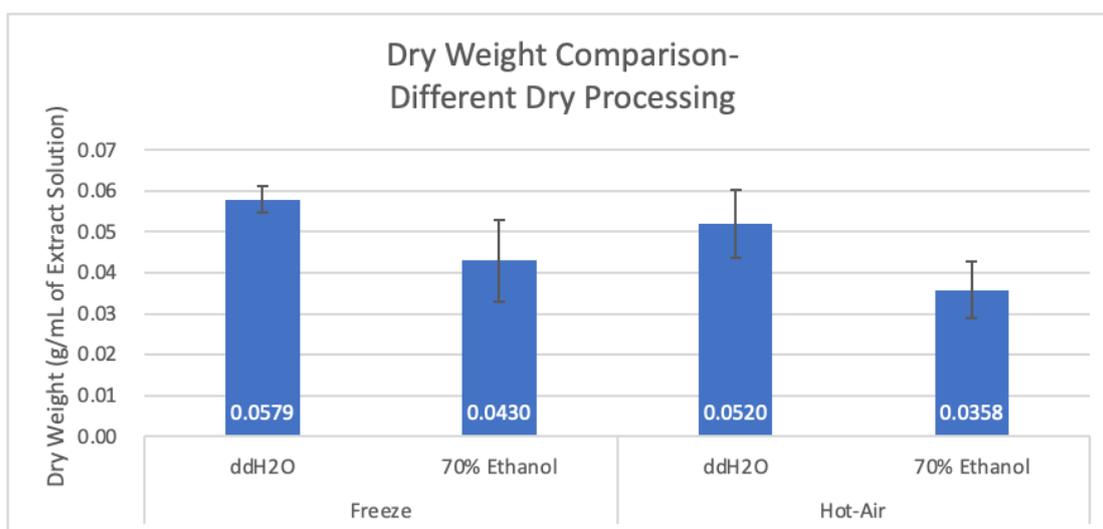


圖 4. 不同乾燥方法下，洛神葵水與酒精萃取液的乾重。**意指為 *p* 值<0.01，*則意指為 *p* 值<0.05。

洛神葵水萃取液及酒精萃取液皆具有抗氧化活性

為了測試洛神葵萃取液的抗氧化能力，將以清除 DPPH 自由基的能力代表其抗氧化能力，並以維生素 C 為標準品，將清除 DPPH 自由基的能力換算成相對於維生素 C 清除 DPPH 自由基的能力的當量值，稱為『維生素 C 當量抗氧化能力 (Vitamin C equivalent antioxidant capacity, VCEAC)』，單位為 mg 的維生素 C/g 的萃取物（表示意義為每公克萃取物的抗氧化能力相當於多少公克的維生素 C 抗氧化能力）。另外，為了去除溶劑對清除 DPPH 自由基能力的影響，先將洛神葵萃取液在低溫（40°C）下進

行乾燥，所得到的每毫升萃取物的乾重如表三。這些洛神葵萃取液乾物皆先回溶於 1 毫升 ddH₂O，充分混和均勻後，以 0.22µm 過濾膜過濾，儲存至-80°C。

洛神葵萃取液的抗氧化能力換算成 VCEAC (圖 5)，可得知經過熱風乾燥的 Roselle-A 洛神葵酒精萃取液的 VCEAC 為 10.749±1.107 mg/g，為所有萃取液的抗氧化能力最低者，而經過冷凍乾燥的 Roselle-E 洛神葵酒精萃取液的 VCEAC 為 52.061±2.731 mg/g 為所有萃取液的抗氧化能力最高者 (表 7)。此外，經由冷凍乾燥或是熱風乾燥的洛神葵水萃取液，其 VCEAC 值相近，而洛神葵酒精萃取液的 VCEAC 值差異較大，其中 VCEAC 差異值最大發生在 Roselle-A 的洛神葵酒精萃取液，差異值達 4.37 倍 (表 8)。另一方面，經由冷凍乾燥所得到洛神葵水萃取液或酒精萃取液，其 VCEAC 值差異倍數從 1.25 到 1.87；而經由熱風乾燥所得到洛神葵水萃取液或酒精萃取液其 VCEAC 值差異倍數從 1.02 到 2.90 (表 9)。

從結果得知，同一來源的洛神葵經由冷凍乾燥或熱風乾燥所得的洛神葵水萃取液，其 VCEAC 值較為相近，而洛神葵酒精萃取液差異較大。另一方面，同一來源同一乾燥方式，洛神葵水萃取液與酒精萃取液，VCEAC 值也不相似。

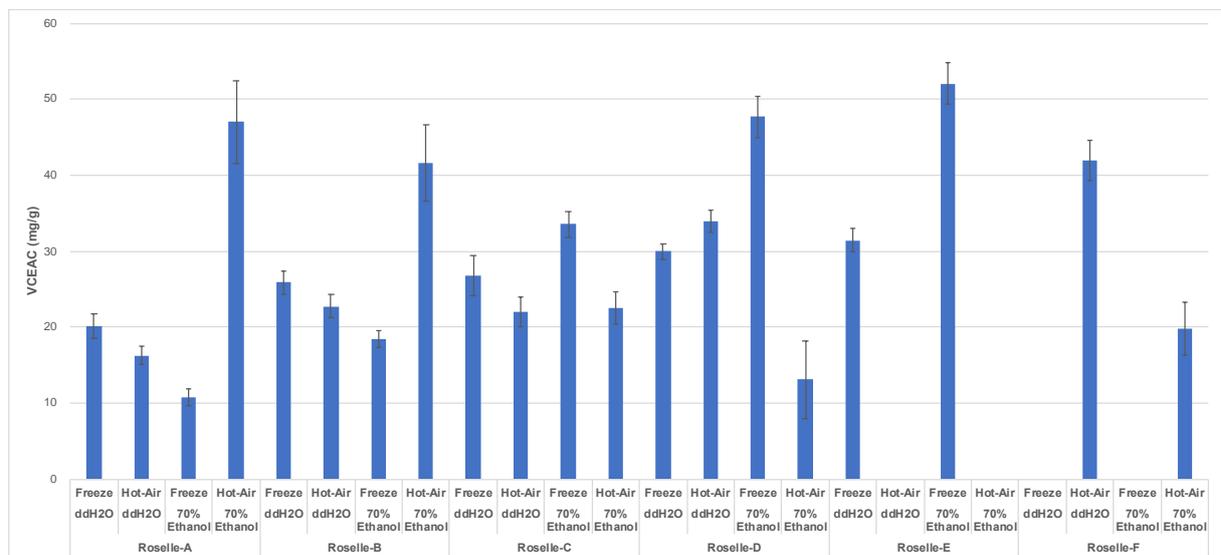


圖 5. 洛神葵萃取液的維生素 C 當量抗氧化能力 (VCEAC)。

表 7. 不同洛神葵萃取液的維生素 C 當量抗氧化能力 (VCEAC) 列表

Source	白洛神				台東-海線/佳興				台東-黑洛神			
Sample Label	Roselle-A				Roselle-B				Roselle-C			
Solvent	ddH ₂ O		70% Ethanol		ddH ₂ O		70% Ethanol		ddH ₂ O		70% Ethanol	
Drying Processing	Freeze	Hot-Air	Freeze	Hot-Air	Freeze	Hot-Air	Freeze	Hot-Air	Freeze	Hot-Air	Freeze	Hot-Air
VCEAC (mg Vit.C/g)	21.59	16.09	10.62	40.79	26.06	20.64	19.88	46.66	28.80	19.28	34.21	20.00
	17.85	17.76	12.17	46.09	23.88	23.98	17.46	34.75	23.07	23.28	35.23	22.53
	20.91	14.83	9.46	54.05	27.62	23.61	17.81	43.35	28.46	23.56	31.12	25.07
Mean of VCEAC	20.116	16.225	10.749	46.979	25.854	22.742	18.383	41.588	26.780	22.039	33.520	22.535
SD of VCEAC	1.626	1.198	1.107	5.451	1.536	1.497	1.069	5.021	2.624	1.956	1.748	2.067

Source	台東-金峰				屏東-高樹				花蓮-玉里			
Sample Label	Roselle-D				Roselle-E				Roselle-F			
Solvent	ddH ₂ O		70% Ethanol		ddH ₂ O		70% Ethanol		ddH ₂ O		70% Ethanol	
Drying Processing	Freeze	Hot-Air	Freeze	Hot-Air	Freeze	Hot-Air	Freeze	Hot-Air	Freeze	Hot-Air	Freeze	Hot-Air
VCEAC (mg Vit.C/g)	30.44	34.22	45.07	11.01	30.01		55.16		39.07		16.55	
	28.60	35.52	46.49	8.19	33.55		48.52		45.39		18.16	
	30.81	32.04	51.45	20.05	30.66		52.50		41.44		24.62	
Mean of VCEAC	29.951	33.925	47.669	13.084	31.406		52.061		41.966		19.779	
SD of VCEAC	0.968	1.438	2.738	5.058	1.536		2.731		2.604		3.487	

表 8. 不同乾燥方式下但相同萃取溶劑所得到的洛神葵萃取液 VCEAC 的差異倍數 (大減小)。

	Freeze vs. Hot-Air	
	ddH ₂ O	70% Ethanol
Roselle-A	1.24	4.37
Roselle-B	1.14	2.26
Roselle-C	1.22	1.49
Roselle-D	1.13	3.64

表 9. 不同萃取溶劑下但相同乾燥方式所得到的洛神葵萃取液 VCEAC 的差異 (大減小)。

	ddH ₂ O vs. 70% Ethanol	
	Freeze	Hot-Air
Roselle-A	1.87	2.90
Roselle-B	1.41	1.83
Roselle-C	1.25	1.02
Roselle-D	1.59	2.59

肆、結論

洛神葵一直以來是台東地區重要的經濟作物，為台東最具代表性的保健作物之一；在消費市場上，洛神葵多以果乾、蜜餞、果醬、果醬汁等加工食品進行販售。然而，洛神葵富含多酚類、花青素、維生素 C、有機酸、微量元素等，具有抗氧化能力和抗菌能力(Jung, E., Kim, Y. and Joo, N., 2013; Wu, H.-Y., Yang, K.-M., Chiang, P.-Y., 2018; Singh P, Khan M, Hailemariam H., 2017)。然而，針對不同產區的洛神葵，其機能功效性，以及乾燥方式與機能功效之間的關聯性，在產業發展上，仍具有研究的必要性。

在萃取液顏色上，本研究發現洛神葵水萃取液（除了白洛神）的顏色皆較酒精萃取液紅（圖 1），與另一個國外團隊先前的研究結果相似，其原因和酒精萃取液含有較少的花青素總量有關(Mahadevan, N, Shivali, Kamboj, Pradeep, 2009)。從本研究結果發現，來自屏東-高樹的洛神葵，在冷凍乾燥下，其水萃取液或酒精萃取液所呈現出的紅色色度，皆是 20 樣品中最高的；此外，也發現不同來源與不同乾燥方式所得到洛神葵酒精萃取液，所含的藍色色度皆比其水萃取液高（表 2），推測可能洛神葵酒精萃取液的 pH 值與其水萃取液有所差異，或是洛神葵酒精萃取液中的花青素，其吸收光譜在酒精的存在下會有所偏移。先前有些研究發現 40%的酒精濃度就會加速花青素的吸收光譜波峰往短波長（藍光）的光譜方向偏移(Gomes, R., Parola, A.J., Lima, J.C. and Pina, F., 2006)；在研究紫地瓜的花青素時，發現 40%的酒精濃度就會加速花青素的降解，減少 50%的花青素原有光譜可見光吸收值得時間，較 20%的酒精快 24 小時，且也發現會增加該花青素在紫外光波段（200-400nm）的吸收光值(Ma, Y, Hou, C-J, Li, D, Huo, D-Q., 2018)。因此，本研究中的洛神葵酒精萃取液藍色色度的增加有可能是經由酒精對花青素的降解，以及造成洛神葵花青素的可見光吸收波峰往紫外光波段偏移的結果。而，本研究結果發現，來自台灣不同產區的洛神葵，會因不同萃取溶劑，在抗氧化（表 7）上呈現不同的結果；以熱風乾燥的洛神葵，酒精萃取液的抗氧化能力優於水萃取液的有白洛神和台東-海線/佳興兩組；台東-黑洛神組則呈現無明顯差異（ddH₂O : 70% Ethanol=22.039 : 22.535）；台東-金峰和花蓮-玉里的洛神葵抗氧化能力，則呈現水萃取液優於酒精萃取液。若以冷凍乾燥的洛神葵進行比較，台東-黑洛神、台東-金峰和屏東-高樹三組的洛神葵酒精萃取液抗氧化能力優於水萃取液；而白洛神和台東-海線/佳興兩組則呈現洛神葵水萃取液抗氧化能力優於酒精萃取液（表 7）。本研究結果與先前國外團隊的研究結果略有所不同，可能原因在於產區和研究方法不同。本研究所採用的洛神葵皆來自台灣，而 Joo N 研究團隊則是使用來自德國公司的生產

的洛神葵(Jung, E., Kim, Y. and Joo, N., 2013), 另一團隊則是使用墨西哥的洛神葵(M. Morales-Cabrera, J. Hernández-Morales, G. Leyva-Rúelas, Y. Salinas-Moreno, L. Soto-Rojas, J. Castro-Rosas, 2013)。此外, 這兩個研究團隊, 皆是使用真空低溫減壓濃縮去除大部分的酒精萃取液中的酒精, 本研究則是利用低溫乾燥的方式完全去除酒精的殘留。另一方面, 本研究利用維生素 C 為標準換算每一洛神葵萃取液相對於維生素 C 的抗氧化能力, 未來可應用於和其他蔬果的抗氧化能力, 進行比較。

綜合上述結論, 本研究結果發現以洛神葵水萃取液的抗氧化能力, 無論是那一種乾燥方式, 抗氧化能力皆是台東-金峰>台東-黑洛神≡台東-海線/佳興>白洛神。未來在洛神葵的品管規格及分級制度的建立, 根據本研究成果, 將建議以二次水萃取洛神葵檢測其抗氧化能力。

致謝

本研究經費由財團法人石材暨資源產業研究發展中心補助支持, 計畫編號為 109-EC-17-A-25-1517。

參考文獻

一、中文部分

陳進分 (2014)。臺灣洛神葵產業現況與栽培管理。農友月刊。103 年 3 月：第 22-25 頁

當季好蔬果, 洛神葵。取自 <https://twfood.cc/flower/FY061/洛神葵-洛神葵>。

二、外文部分

Bahaeldeen Babiker Mohamed, Abdelatif Ahmed Sulaiman and Abdelhafiz Adam Dahab (2012). Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) in Sudan, Cultivation and Their Uses. *Bulletin of Environment, Pharmacology and Life Sciences*, 1(6), 48-54.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) (2004). HIBISCUS: Post-Production Management for Improved Market Access.

Gomes, R., Parola, A.J., Lima, J.C. and Pina, F. (2006), Solvent Effects on the Thermal and Photochemical Reactions of 4'-Iodo-8-methoxyflavylium and Their Consequences on the Coloring Phenomena Caused by Anthocyanins in Plants. *Chemistry – A European Journal*, 12, 7906-7912.

Jung, E., Kim, Y. and Joo, N. (2013), Physicochemical properties and antimicrobial activity of Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.). *J. Sci. Food Agric.*, 93, 3769-3776.

- Mahadevan, N; Shivali; Kamboj, Pradeep (2009). Hibiscus sabdariffa Linn.—An overview. *Natural Product Radiance*, 8(1), 77-83.
- Ma, Y, Hou, C-J, Li, D, Huo, D-Q. (2018). The effect and evidence of ethanol content on the stability of anthocyanins from purple-fleshed sweet potato. *J Food Process Preserv*, 42:e13484.
- Mgaya, Kilima Beatrice, et al. (2020). Physio-chemical, mineral composition and antioxidant properties of Roselle (Hibiscus sabdariffa L.) extract blended with tropical fruit juices. *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development*, 14(3), 2014.
- M. Morales-Cabrera, J. Hernández-Morales, G. Leyva-Rúelas, Y. Salinas-Moreno, L. Soto-Rojas, J. Castro-Rosas. (2013). Influence of variety and extraction solvent on antibacterial activity of roselle (Hibiscus sabdariffa L.) calyces. *Journal of Medicinal Plant Research*, 7(31), 2319-2322.
- Shaheen, M.A. and El-Nakhlawy, F.S. (2011). CHEMICAL COMPOSITION OF ROSELLE (HIBISCUS SABDARIFFA L.) CALYCES AS INFLUENCED BY NITROGEN AND CULTIVAR. *Acta Hort.* 918, 449-453.
- Singh P, Khan M, Hailemariam H. (2017). Nutritional and health importance of Hibiscus sabdariffa: a review and indication for research needs. *J Nutr Health Food Eng*, 6(5),125-128.
- Wu, H.-Y., Yang, K.-M., Chiang, P.-Y. (2018). Roselle Anthocyanins: Antioxidant Properties and Stability to Heat and pH. *Molecules*, 23, 1357.