

# 比較不同成熟度之新鮮與乾燥紅棗果實 品質

張雅玲<sup>(1)\*</sup> 賴瑞聲<sup>(1)</sup>

## 摘要

為瞭解紅棗採收之成熟度及乾燥處理對果實品質的影響，首先比較不同成熟度之新鮮紅棗果實之品質，另比較日曬及熱風兩種不同乾燥方式對紅棗乾成分之影響。試驗結果顯示，新鮮紅棗之果實長度、可溶性固形物、總酚化合物及類黃酮含量隨著成熟度增加而增加，其中 80% 成熟度之新鮮紅棗果實長度 27.8 mm、總酚化合物含量  $9.9 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$  及類黃酮  $439.4 \mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ ，高於其他成熟度之紅棗。果實乾燥處理中，熱風乾燥處理之紅棗乾具有較高的類黃酮及總酚化合物含量，又以 80% 成熟度紅棗乾之總酚化合物  $1.19 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$  及類黃酮  $159.42 \mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$  含量最高。紅棗乾中糖類成分以果糖及葡萄糖最多，蔗糖次之，山梨醇最少，果糖及葡萄糖兩者比列約為 1：1。綜合本研究結果，80% 成熟度對紅棗鮮果與果乾品質來說為其採收適期。

關鍵字：紅棗、成熟度、乾燥、品質、總酚化合物

---

(1) 行政院農業委員會苗栗區農業改良場作物改良課。

\* 通訊作者 (ylchang@mdais.gov.tw)

(民國 108 年 2 月 22 日收件，民國 108 年 5 月 22 日修改，民國 108 年 6 月 10 日接受)

## 前 言

紅棗 (*Ziziphu sjujuba* Miller) 為鼠李科 (Rhamnaceae) 落葉性果樹，又名大棗或華棗，原產於中國大陸，廣泛分佈於北半球溫帶和亞熱帶地區，特別是中國北方的內陸地區 (Gao *et al.*, 2013)，中國大陸紅棗之生產量佔全球 90% 以上 (Li *et al.*, 2005)。臺灣紅棗栽培源自廣東省潮安縣，由先人帶入臺灣後種植。根據 106 年農業統計年報顯示，全臺紅棗種植面積 86 公頃，產量 983 公噸，其中苗栗縣公館鄉與銅鑼鄉為國產紅棗之重鎮，佔總產量 9 成以上，其中又以後龍溪畔之石墻村與福基村所生產的果實品質最好 (劉，2000)，經過多年的栽培推廣後，現已成為當地之特色果樹。

紅棗兼具鮮果及乾果等食用方式，含有豐富的營養成分，其中碳水化合物 80.86 至 85.63%、還原糖 57.61 至 77.93%、可溶性纖維 0.57 至 2.79%、不溶性纖維 5.24 至 7.18%、蛋白質 4.75 至 6.86%、脂肪 0.37 至 1.02%、水分 17.38 至 22.52% 和灰分 2.26 至 3.01%。果實可溶性糖包括果糖、葡萄糖、鼠李糖、山梨糖醇和蔗糖，其中以果糖和葡萄糖為主，山梨糖醇則是含量最少 (Li *et al.*, 2007)。

多醣是紅棗主要生物活性成分之一，葉片、果實及花之水溶性多醣類 (water-soluble polysaccharides, WSPs) 主要成分是果膠多醣類 (pecticpolysaccharides)，其為醣醛酸 (uronic acid)、阿拉伯醣 (arabinose) 和半乳糖 (galactose) 組成，具有免疫調節、抗氧化、抑制腫瘤、保肝和降血糖活性，以及胃腸道保護作用等多種生物學效應 (Zhao *et al.*, 2008; Ji *et al.*, 2017)。

紅棗種子具有安神功效，主要與黃酮類化合物產生的鎮靜和催眠作用有關 (Jiang *et al.*, 2007)，類黃酮亦是眾所周知的強效抗氧化劑 (Rice-Evans, 2001)，可用於治療因氧化逆境導致的自由基產生有關的腫瘤和心血管疾病等疾病 (Zhang *et al.*, 2010)。由於紅棗具有治療及保健功效，使其被視為藥食同源之作物 (Li *et al.*, 2005; Li *et al.*, 2007)。

紅棗果實成熟過程中，果皮顏色從綠色變為黃色，由黃色轉成半紅色，最後呈現紅色 (Song *et al.*, 2019)。國產紅棗採收時間為每年 7 至 8 月，但受到人力配置、市場需求或颱風侵襲等因素，影響農民採收時間，且採收後果實的成熟度不一。乾燥是農產品常使用的處理方式，乾燥方式包含日曬、熱風乾燥、冷凍乾燥及真空乾燥，而紅棗最常使用日曬或熱風乾燥，具有延長保存時間及解決保存不易的問題等益處，但對品質及風味皆會造成影響 (陳等人，2007)。

為建立國產紅棗研究資料，分析新鮮果實及乾果中含有之成分，以作為開發紅棗保健產品之依據。本研究依據果皮轉色程度，區分不同成熟度之紅棗進行品質比較試驗，比較其品質之差異性，並利用不同乾燥及萃取方式，探討處理對紅棗乾品質之影響。

## 材料與方法

### 一、紅棗原料與分級

本研究選取 2016 年 7 月取自於苗栗縣公館鄉張姓農友所栽培地方品種之紅棗 (*Ziziphus jujuba* Miller)，依照果皮由綠轉紅之轉色程度，選擇外觀大小一致，且無病害及蟲害之果實，並依據果皮由綠轉紅之轉色程度，區分為 20、40、60、80 及 100% 等五種不同成熟度果實 (圖 1)，每試驗十重複。

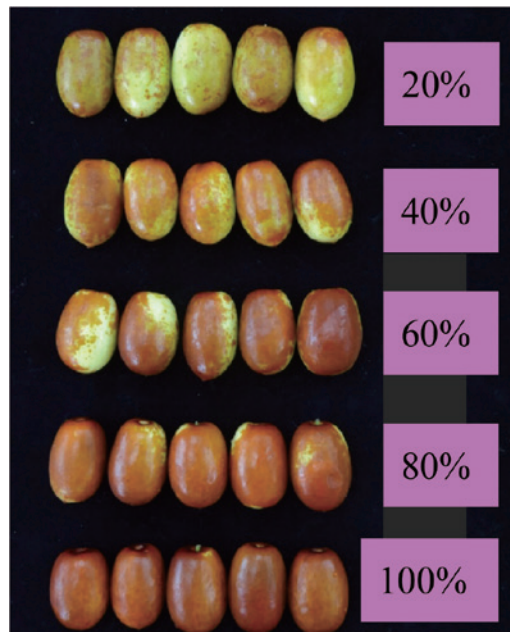


圖 1 五種不同成熟度紅棗果實

Fig. 1 Five stages of different maturity of Chinese jujube

## 二、紅棗果實乾燥處理方式

將上述不同成熟度之新鮮紅棗使用日曬及 55°C 烘箱熱風乾燥等兩種方式乾燥處理，由於受到每日陽光照射時間及果實成熟度不同之影響，難以乾燥時間為依據，故採以當果實失重達 70% 為乾燥標準，每試驗十重複。

## 三、新鮮紅棗品質試驗

將不同成熟度之紅棗果實分別測定果實長度、寬度及重量，榨汁後測定總可溶性固形物及可滴定酸。

- (一) 果實長度 (fruit length) 及寬度 (fruit width)：以游標卡尺測量果實長度及寬度，單位以公厘 (mm) 表示。
- (二) 重量 (weight)：使用電子磅秤測量果實重量，單位以公克 (g) 表示。
- (三) 總可溶性固形物 (total soluble solids)、可滴定酸 (titratable acidity) 及糖酸比 (acid-sugar ratio)：果實榨汁後使用糖度計 (refractometer PAL-1) 測定總可溶性固形物，單位以 °Brix 表示，使用自動滴定儀 (TIM860 Titration manager, Radiometer analytical) 測定可滴定酸，以 0.1 N NaOH 溶液滴定，所得之數值再以蘋果酸 (0.0067) 換算，單位以  $\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$  表示。以總可溶性固形物及可滴定酸數據換算糖酸比，公式為總可溶性固形物除以可滴定酸。

## 四、紅棗成分含量測定

上述不同成熟度紅棗鮮果進行總酚化合物及類黃酮含量測定，紅棗乾果實去籽秤重 2.0 g，再以 80% 酒精浸泡 15 小時獲得萃取液，測定總酚化合物、類黃酮、果糖、葡萄糖、蔗糖及山梨糖醇等物質之含量。

- (一) 總酚化合物 (total phenolic) 及類黃酮 (flavonoids)：使用分光光度計 (U-2800A Spectrophotometer, Hitachi) 測定。採用 Quettier-Deleu 等人 (2000) 之試驗方法並修改，以磷鉬酸酚試劑 (Folin-Ciocalteu phenol reagent, FC) 測定萃取液的總酚含量，單位以  $\text{mg} \cdot \text{mL}^{-1}$  表示。採用 Meyers 等人 (2003) 之試驗方法並修改，以三氯化鋁比色法 (aluminum chloride colorimetric method) 評估樣品之總類黃酮含量，單位以  $\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$  表示。
- (二) 果糖 (fructose)、葡萄糖 (glucose)、蔗糖 (sucrose) 及山梨糖醇 (sorbitol) 含量：果汁以低溫離心機 (Universal 320R, Hettich) 9,000 rpm 離心 5 分鐘，再以 0.22  $\mu\text{m}$ /13 mm 濾膜過濾備用。採用 Soteriou 等人 (2014) 之測定方法並修改，以果糖、葡萄糖、蔗糖及山梨糖醇配置標準品 (購自 Sigma)，作為樣品計算對照之依據。以高效液相層析儀 (high

performance liquid chromatography, HPLC) (Model L-2000, Hitachi) 分析。HPLC 採用層析管柱 (Aminex HPX-87H)，移動相為 0.005 M 硫酸，Pump 流速為 0.6 ml/min，每次由自動取樣器注入 10  $\mu$ l 之樣品，分離結果以折射率偵測器 (Refractive Index Detector, RI Detector) (L-2490, Hitachi) 偵測，溫度設定為 37°C。以 HPLC 測定出現的訊號 (peak) 位置、大小及時間做為樣品判斷計算之依據。

## 五、統計分析

試驗數據資料以 SAS Enterprise Guide 7.1 (statistic analysis system software-Enterprise Guide 7.1) 軟體進行變異數分析 (ANOVA)，在最小顯著差異法 (least significant difference, LSD) 檢定下，若  $p < 0.05$  表示兩者之間有顯著性差異。以重複之平均值 (mean) 和標準差 (standard error, SE) 表示計算出各成分的含量。

## 結 果

### 一、不同成熟度新鮮紅棗果實品質比較

不同成熟度紅棗之果實長度及可溶性固形物含量隨著成熟度增加而增加 (表 1)，其中 80% 成熟度之新鮮紅棗果實長度最大，為 27.8 mm，顯著大於 20% 成熟度之新鮮紅棗 (26.3 mm)，但與 60% 及 100% 成熟度之新鮮紅棗果實長度，三者之間未呈現顯著性差異。

表 1 不同成熟度新鮮紅棗果實品質特性之比較

Table 1 Comparison of fruit quality characteristics and different maturity Chinese jujube

Fruit maturity (%)	Fruit length (mm)	Fruit width (mm)	Weight (g)	Total soluble solids ( $^{\circ}$ Brix)	Titrateable acidity ( $\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ )
20	26.3 $\pm$ 0.4 c <sup>z</sup>	18.8 $\pm$ 0.3 a	4.8 $\pm$ 0.2 a	24.4 $\pm$ 0.6 d	12.5 $\pm$ 0.5 a
40	26.6 $\pm$ 0.4 bc	18.7 $\pm$ 0.3 a	4.7 $\pm$ 0.1 a	26.0 $\pm$ 0.5 c	13.0 $\pm$ 0.5 a
60	27.3 $\pm$ 0.3 ab	18.8 $\pm$ 0.2 a	4.9 $\pm$ 0.1 a	27.7 $\pm$ 0.4 b	11.5 $\pm$ 0.7 a
80	27.8 $\pm$ 0.3 a	18.5 $\pm$ 0.3 a	4.8 $\pm$ 0.2 a	28.6 $\pm$ 0.2 b	13.1 $\pm$ 0.7 a
100	27.4 $\pm$ 0.3 ab	19.1 $\pm$ 0.2 a	5.0 $\pm$ 0.1 a	31.8 $\pm$ 0.7 a	12.8 $\pm$ 0.5 a

<sup>z</sup>Means with the same letter (s) within a column were not significantly different at 5% level by LSD test.

## 二、新鮮紅棗成分分析

100% 成熟度之新鮮紅棗有最高的可溶性固形物 (31.8 °Brix)，20% 成熟度之新鮮紅棗可溶性固形物 24.4 °Brix 最低，兩者之間相差 1.3 倍。不同成熟度果實之間果實寬度、重量及可滴定酸含量則未達顯著性差異，無隨著果實成熟度增加而增加的趨勢。

新鮮紅棗果實之總酚化合物及類黃酮含量 (圖 2)，以 80% 成熟度之新鮮紅棗具有  $9.9 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$  總酚化合物及  $439.4 \text{ } \mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$  類黃酮，顯著高於其他成熟度之新鮮紅棗。其他處理之間未達顯著性差異，總酚化合物含量界於  $7.7$  至  $8.9 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$  之間，類黃酮含量界於  $307.6$  至  $354.6 \text{ } \mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$  之間。

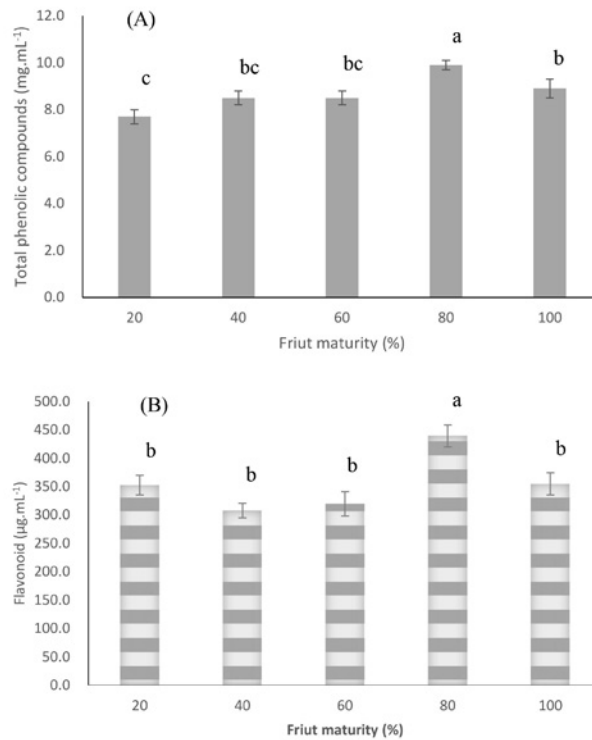


圖 2 不同成熟度新鮮紅棗中總酚化合物 (A) 及類黃酮 (B) 含量之比較

Fig. 2 Comparison of total phenolic compounds (A) and flavonoid (B) content at different maturation stages of Chinese jujube. Error bar is the standard error of mean (n = 10). Means with the same letter (s) are not significantly different at 5% level by LSD test

## 三、紅棗乾成分分析

由不同成熟度紅棗乾燥處理對紅棗成份之影響的變方分析結果得知 (表 2)，紅棗乾中果糖、葡萄糖、蔗糖及類黃酮含量皆會受到乾燥方式及果實成熟度之影響而變化，山梨醣醇及總酚化合物含量則分別與果實成熟度和乾燥方式有關。熱風乾燥處理具有較高的果糖、葡萄糖、蔗糖 (表 3)、總酚化合物及類黃酮含量 (圖 3)。紅棗乾糖類成分以果糖及葡萄糖最多，蔗糖次之，山梨醣醇最少，果糖及葡萄糖兩者比例約為 1:1，各處理之間的山梨醣醇則未達顯著性差異 (表 3)。

表 2 不同乾燥方式對紅棗乾成分含量之變方分析結果

Table 2 Results of ANOVA analysis for different drying methods for determination of saccharides, total phenolic compounds and flavonoid of Chinese jujube

Source	DF	Fructose	Glucose	Sucrose	Sorbitol	Total phenolic compounds	Flavonoid
Treatment	1	17862.7**	9741.7**	27587.9**	0.56	0.298**	3464.3**
Maturity	4	3756.0**	2541.8*	6333.8**	7.5*	0.004	2431.7**
T x M	4	7378.6**	5082.2**	4030.5**	2.39	0.082**	931.9*
Error	90	816.5	808.8	1106.5	3.63	0.02	293.5

\*, \*\* Significant at 5% and 1% levels, respectively.

表 3 不同乾燥方式對紅棗乾醣類含量之比較

Table 3 Comparison of different drying methods for determination of fructose, glucose, sucrose, and sorbitol of Chinese jujube

Treatment	Fruit maturity (%)	Fructose (mg · g <sup>-1</sup> DW)	Glucose (mg · g <sup>-1</sup> DW)	Sucrose (mg · g <sup>-1</sup> DW)	Sorbitol (mg · g <sup>-1</sup> DW)
Sun-dried	20	140.70 e <sup>z</sup>	145.97 d	75.69 b	4.48 a
	40	192.57 cd	196.15 abc	29.33 cd	4.74 a
	60	200.08 bc	203.68 abc	36.59 c	3.89 a
	80	175.34 cd	184.64 c	70.01 b	2.93 a
	100	174.54 d	182.42 c	61.08 bc	2.72 a
Hot-air drying	20	225.44 ab	215.17 a	71.37 b	4.01 a
	40	231.34 a	221.30 a	74.99 b	4.05 a
	60	184.65 cd	188.09 bc	75.20 b	3.11 a
	80	198.77 bcd	203.30 abc	86.28 b	3.52 a
	100	176.69 cd	183.70 c	130.96 a	3.32 a

<sup>z</sup> Means with the same letter (s) within a column were not significantly different at 5% level by LSD test.

日曬乾燥處理之 20% 成熟度紅棗乾果糖及葡萄糖含量最低，分別為 140.7 及 145.97  $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$  DW，但其蔗糖則是日曬乾燥處理中最高的 (75.69  $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$  DW)，而其他成熟度果實之蔗糖含量則會隨著成熟度增加而增加。熱風乾燥處理之果實果糖及葡萄糖含量隨著成熟度增加而減少，蔗糖則會隨著成熟度增加而增加，其中 40% 成熟度紅棗乾具有最多的果糖及葡萄糖含量 (231.34 及 221.3  $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$  DW)，100% 成熟度紅棗乾具有最高蔗糖 (130.96  $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$  DW) (表 3)。

熱風乾燥處理 80% 成熟度紅棗乾具有較高的總酚化合物 (11.92  $\text{mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ ) 及類黃酮含量 (1,594.26  $\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ )，但處理之間總酚化合物含量未達顯著性差異。熱風乾燥處理紅棗乾類黃酮含量高於日曬乾燥處理，熱風乾燥處理類黃酮含量界於 1,594.3 至 1,264.6  $\text{mg} \cdot \text{mL}^{-1}$  之間，日曬乾燥處理則界於 1,098.6 至 839.2  $\text{mg} \cdot \text{mL}^{-1}$  之間，其中又以 20% 成熟度之紅棗乾 839.2  $\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$  類黃酮含量最低 (圖 3)。

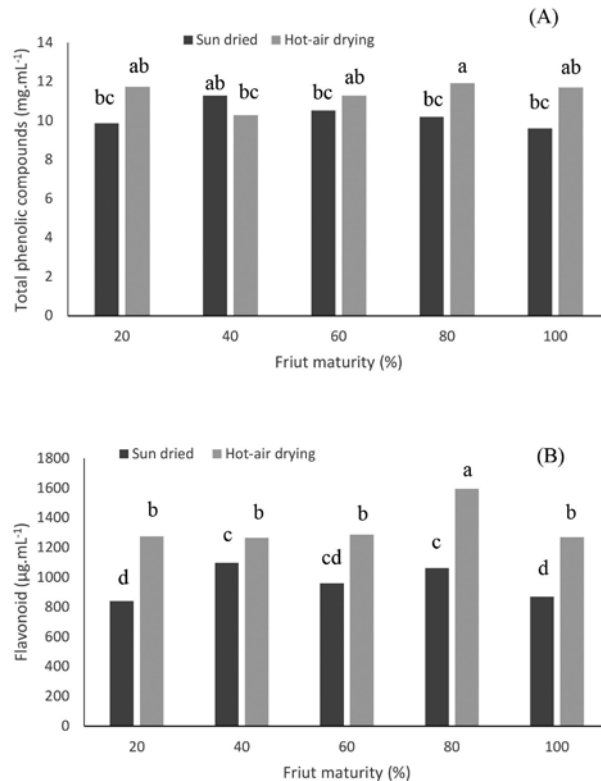


圖 3 不同乾燥方式對紅棗乾總酚化合物 (A) 及類黃酮 (B) 含量之影響

Fig. 3 Comparison of total phenolic compounds (A) and flavonoid (B) content of Chinese jujube by sun-dried and hot-air drying methods. Error bar is the standard error of mean ( $n = 10$ ). Means with the same letter (s) are not significantly different at 5% level by LSD test



## 討 論

由試驗結果得知，熟度越高的新鮮紅棗，其果實長度與可溶性固形物含量越高，而 80% 成熟度之新鮮紅棗具有最高的總酚化合物及類黃酮含量。以熱風乾燥之紅棗乾具有較高的果糖、葡萄糖及蔗糖含量，亦有最高的總酚化合物及類黃酮含量。

紅棗具有高含量的總酚化合物、黃酮類及花青素 (anthocyanins)，果實部位中以果皮中含量最高，果皮總酚化合物含量是果肉的 5 至 6 倍，使得紅棗具有高抗氧化能力 (Xue *et al.*, 2009; Zhang *et al.*, 2010)。Zhao 等人 (2014) 測定 7 種不同紅棗品種中總酚化合物由 454.3 至 1,298.9 (GAE mg/100 g DW)，總類黃酮由 65.1 至 158.6 mg/100 g。

Wu 等人 (2012) 依果皮顏色由綠轉紅的差異，將紅棗區分六個不同成熟度期，隨著成熟度增加，可溶性固形物由 10.3 °Brix 增加到 23.9 °Brix，總酚化合物含量由 769.97 下降到 494.85 mg GAE/100g FW，類黃酮含量由 621.66 下降至 312.46 mg rutin eq./100g FW。Zozio 等人 (2014) 使用兩種不同品種之棗，並將果實果皮顏色由綠轉紅區分成五種成熟度，總酚化合物含量以果皮綠色的第 1 期及第 2 期最高，果實成熟度最高的第 5 期呈現急劇下降 (60%)。

上述前人研究中可溶性固形物變化與本研究相似，但總酚化合物含量變化與本試驗結果呈現相反趨勢，推測因前人研究中材料由中果期開始區分成熟度，而本試驗則使用近成熟期果實，由黃綠色轉紅色之程度做為區分標準，兩者果實採收之成熟度不同，導致部分結果無相同趨勢。

Song 等人 (2019) 以果實轉色程度區分青熟果、黃熟果、半紅熟果及紅熟果，葡萄糖和果糖在成熟過程中都有下降趨勢，分別為 228.6 mg/g 和 277.8 mg/g，蔗糖則增加至 403.3 mg/g，此結果與本試驗醣類變化趨勢相同，葡萄糖和果糖主要轉化為多醣，並參與物理和化學反應 (Bood and Zebetakis, 2002)，使得成熟果實中含量減少。

Gao 等人 (2013) 將果實生長期由 30 至 105 天，分為 6 個階段 (S1-S6) 採收，測定紅棗醣類含量有增加的趨勢，特別是在果實成熟的後期 (S5-S6)，其中葡萄糖和果糖的含量增加近 2 倍，在 S4 之前未檢測到蔗糖，S5 後蔗糖含量增加，並且達到乾重的 18.96%，顯示紅棗單醣及雙醣的積累主要發生在成熟後期。此研究結果與本研究醣類含量趨勢不同，主要亦是受到採收成熟度之影響，本試驗採收之果實已達可食用之階段，醣類含量變動趨勢亦不明顯。

本研究中乾果之採收成熟度對於總酚化合物含量影響較小，但因乾燥方式不同而有不同表現。Wojdyo 等人 (2016) 試驗結果顯示，不同紅棗品種和乾燥方法顯著影響黃烷-3-醇和黃酮醇含量，果實乾燥時所使用的溫度越高，總酚化合物的含量隨之下降，導致 70°C 熱風乾燥之黃烷-3-醇和黃酮醇含量低於 50°C 熱風乾燥，陳等人 (2007) 使用低濕 60°C 乾燥紅棗可維持最佳的感官品評之評價，並縮短乾燥所需要的時間，增加紅棗貯藏能力。

## 結 論

果實品質會受到採收成熟度之影響，研究結果可得知紅棗果實長度、可溶性固形物、總酚化合物及類黃酮含量隨著成熟度增加而增加，其中 80% 成熟度之新鮮紅棗 27.8 mm 果實長度、9.9 mg · mL<sup>-1</sup> 總酚化合物及 439.4 μg · mL<sup>-1</sup> 類黃酮，高於其他成熟度之紅棗，使其具有最佳鮮果品質。

乾燥處理的方式不同，對於紅棗成分含量亦有所差異，熱風乾燥有較高的總酚化合物、類黃酮、葡萄糖及果糖含量，且具有乾燥所需之時間較短，果實受熱較日曬方式均勻，且在處理過程中保持產品清潔，減少受到環境氣候之影響。紅棗食用方法相當多元化，可依據利用方式選擇適當的收穫成熟期，並採用最佳的乾燥方式，以得到最好的果實品質。

## 參考文獻

- 陳怡貞、馮光良、彭錦樵、江伯源、李仰修。2007。不同乾燥方式對紅棗乾燥、抗氧化特性及感官品評之影響。中華農學會報 8 (5):438-455。doi: 10.6730.JAAC.200710\_8 (5).0004
- 劉雲聰。2000。苗栗地區紅棗栽培問題與對策。苗栗區農業專訊 12:25-29。doi: 10.29551/ZHWHGX.200012.0008
- Bood, K. G. and I. Zebetakis. 2002. The biosynthesis of strawberry flavor (II): Biosynthetic and molecular biology studies. J. Food Sci. 67 (1):2-8. doi: 10.1111/j.1365-2621.2002.tb11349.x
- Gao, Q. H., C. S. Wu, and M. Wang. 2013. The jujube (*Ziziphus Jujuba* Mill.) fruit: A review of current knowledge of fruit composition and health benefits. J. Agric. Food Chem. 61 (14):3351-3363. doi: 10.1021/jf4007032
- Ji, X. L., Q. Peng, Y. P. Yuan, J. Shen, X. Y. Xie, and M. Wang. 2017. Isolation, structures and bioactivities of the polysaccharides from jujube fruit (*Ziziphus jujuba* Mill.): A review. Food Chem. 227:349-357. doi: 10.1016/j.foodchem.2017.01.074
- Jiang, J. G., X. J. Huang, J. Chen, and Q. S. Lin. 2007. Comparison of the sedative and hypnotic effects of flavonoids, saponins, and polysaccharides extracted from semen *Ziziphus jujube*. Nat. Prod. Res. 21 (4):310-320. doi: 10.1080/14786410701192827
- Li, J. W., S. D. Ding, and X. L. Ding. 2005. Comparison of antioxidant capacities of extracts from five cultivars of Chinese jujube. Process Biochem. 40 (11):3607-3613. doi: 10.1016/j.procbio.2005.03.005

- Li, J. W., L. P. Fan, S. D. Ding, and X. L. Ging. 2007. Nutritional composition of five cultivars of Chinese jujube. *Food Chem.* 103 (2):454-460. doi: 10.1016/j.foodchem.2006.08.016
- Meyers, K. J., C. B. Watkins, M. P. Pritts, and R. H. Liu. 2003. Antioxidant and antiproliferative activities of strawberries. *J. Agr. Food Chem.* 51 (23):6887-6892. doi: 10.1021/jf034506n
- Quettier-Deleu, C., B. Gressier, J. Vasseur, T. Dine, C. Brunet M. Luyckx, and all. 2000. Phenolic compounds and antioxidant activities of buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) hulls and flour. *J. Ethnopharmacol.* 72 (1-2):35-42. doi: 10.1016/S0378-8741 (00) 00196-3
- Rice-Evans, C. 2001. Flavonoid antioxidants. *Curr. Med. Chem.* 8 (7):797-807. doi: 10.2174/0929867013373011
- Song, J., J. Bi, Q. Chen, X. Wu, Y. Lyu, and X. Meng. 2019. Assessment of sugar content, fatty acids, free amino acids, and volatile profiles in jujube fruits at different ripening stages. *Food Chem.* 270:344-352. doi: 10.1016/j.foodchem.2018.07.102
- Soteriou, G. A., M. C. Kyriacou, A. S. Siomos, and D. Gerasopoulos. 2014. Evolution of watermelon fruit physicochemical and phytochemical composition during ripening as affected by grafting. *Food Chem.* 165 (15) 282-289. doi: 10.1016/j.foodchem.2014.04.120
- Wojdyo, A., A. Figiel, P. Legua, K. Lech, Á. A. Carbonell-Barrachina, and F. Hernández. 2016. Chemical composition, antioxidant capacity, and sensory quality of dried jujube fruits as affected by cultivar and drying method. *Food Chem.* 207:170-179. doi: 10.1016/j.foodchem.2016.03.099
- Wu, C. S., Q. H. Gao, X. D. Guo, J. G. Yu, and M. Wang. 2012. Effect of ripening stage on physicochemical properties and antioxidant profiles of a promising table fruit 'pear-jujube' (*Zizyphus jujuba* Mill.). *Sci. Hort.* 148:177-184. doi: 10.1016/j.scienta.2012.09.026
- Xue, Z. P., W. H. Feng, J. K. Cao, D. D. Cao, and W. B. Juang. 2009. Antioxidant activity and total phenolic contents in peel and pulp of Chinese jujube (*Zizyphus jujuba* Mill) fruits. *J. Food Biochem.* 33 (5):613-629. doi: 10.1111/j.1745-4514.2009.00241.x
- Zhang, H., L. Jiang, S. Ye, Y. B. Ye, and F. H. Ren. 2010. Systematic evaluation of antioxidant capacities of the ethanolic extract of different tissues of jujube (*Zizyphus jujuba* Mill.) from China. *Food Chem. Toxicol.* 48 (6):1461-1465. doi: 10.1016/j.fct.2010.03.011
- Zhao, H. X., H. S. Zhang, and S. F. Yang. 2014. Phenolic compounds and its antioxidant activities in ethanolic extracts from seven cultivars of Chinese jujube. *Food Sci. Human Wellness* 3 (3-4):183-190. doi: 10.1016/j.fshw.2014.12.005

- Zhao, Z. H., M. J. Liu, and P. F. Tu. 2008. Characterization of water soluble polysaccharides from organs of Chinese Jujube (*Ziziphus jujuba* Mill. cv. Dongzao). *Eur. Food Res. Technol.* 226 (5):985-989. doi: 10.1007/s00217-007-0620-1
- Zozio, S., A. Servent, G. Casal, D. Mbéguié-A-Mbéguié, S. Ravion, D. Pallet, and H. Abel. 2014. Changes in antioxidant activity during the ripening of jujube (*Ziziphus mauritiana* Lamk). *Food Chem.* 150:448-456. doi: 10.1016/j.foodchem.2013.11.022

# Comparison of the Quality of Fresh and Dried Chinese Jujube at Different Stages of Maturity

Ya-Ling Chang<sup>(1)\*</sup> Jui-Sheng Lai<sup>(1)</sup>

## Abstract

To ascertain the effect of maturity and drying processes on the fruit quality of Chinese jujube, fresh jujube of different maturities were used. The fruits were dried under the sun and in hot air to compare the effect of drying methods on dried jujube quality. Test results showed that the length, soluble solids, total phenolic content, and flavonoid content of fresh jujube fruit increased along with maturity. Eighty percent mature fresh jujube fruit had a length of 27.8 mm, total phenolic compound content of  $9.9 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ , and flavonoid content of  $439.4 \mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ , which was higher than jujube of other maturities. In the fruit drying process, jujube dried under hot air had higher flavonoid and total phenolic compound content, and 80% mature dried jujube had the highest total phenolic compound and flavonoid content at  $1.19 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$  and  $159.42 \mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ , respectively. Fructose and glucose accounted for the highest percentage of sugar in dried jujube, followed by sucrose, and sorbitol with the lowest percentage. The ratio of fructose to glucose is about 1: 1. Overall, both fresh and dried fruit quality can be affected by the maturity and processing method.

**Keywords:** Chinese jujube, Maturity, Drying, Quality, Total Phenolic Compounds

---

(1) Crop Improvement Section, Miaoli District Agricultural Research and Extension Station, Council of Agriculture, Miaoli, Taiwan, R. O. C

\* Corresponding author (ylchang@mdais.gov.tw)

(Received February 22, 2019; Revised May 22, 2019; Accepted July 23, 2019)