

炒焙溫度對大果苦茶油理化性質與 氣味成分的影響

詹文君¹ 邱翊¹ 許富蘭² 何語佟¹ 張惠婷^{1*}

【摘要】本研究探討大果油茶 (*Camellia oleifera*) 種子經過 80、100 與 120°C 炒焙後，對大果苦茶油理化性質與氣味成分的影響。研究結果顯示，種子炒焙溫度從 80°C 升至 120°C，分析大果苦茶油的理化性質得知，苦茶油顏色由黃色轉變為略帶褐色的黃色，脂肪酸組成與酸價並無明顯變化，過氧化價為下降的趨勢，油脂穩定性指數隨著炒焙溫度而上升，可以增加大果苦茶油的穩定性。利用頂空固相微萃取技術分析大果苦茶油主要的氣味成分，炒焙溫度為 80°C 時，大果苦茶油的氣味成味主要為醛類化合物，隨著炒焙溫度提高為 100 與 120°C 時，氣味成分中呋喃類與吡嗪類化合物的含量增加。

【關鍵詞】大果苦茶油、頂空固相微萃取分析、氣味成分、理化性質、炒焙溫度

Influences of Roasting Temperature on Physico-chemical Properties and Odorants of *Camellia oleifera* Seed Oil

1. 國立臺灣大學森林環境暨資源學系 School of Forestry and Resource Conservation, National Taiwan University.

2. 林業試驗所 Taiwan Forestry Research Institute.

*通訊作者 Corresponding Author, Email: chitchang@ntu.edu.tw (張惠婷)

詹文君: r06625014@ntu.edu.tw; 邱翊: r06625009@ntu.edu.tw; 許富蘭: flhsu@tfri.gov.tw; 何語佟: r10625032@ntu.edu.tw

收件日期: 2021年8月30日, 接受日期: 2021年10月29日。

Received: August 30, 2021, Accepted: October 29, 2021.

DOI: 10.6542/EFNTU.202203_36(1).0005

Wen-Chun Chan¹ Yi Chiu¹ Fu-Lan Hsu²
Yu-Tung Ho¹ Hui-Ting Chang^{1*}

【Abstract】 The objectives of this study were to investigate the effects of roasting temperatures (80, 100 and 120°C) on the physicochemical properties and odors of *Camellia oleifera* seed oil. Results revealed that when the roasting temperature increased from 80°C to 120°C, the color of *C. oleifera* seed oil changed from yellow to light brownish yellow; both the fatty acid composition and acid value did not change significantly; the peroxide value decreased; and the oil stability index increased. The stability of *C. oleifera* seed oil was improved with the increase of roasting temperature. The odors of *C. oleifera* seed oil were analyzed by the head-space solid phase microextraction (HS-SPME). The main odors of seed oil were aldehydes at the roasting temperature of 80°C, while with higher roasting temperature of 100 and 120°C, the contents of furans and pyrazines increased.

【Keywords】 *Camellia oleifera* seed oil, Head-space solid phase microextraction, Odorant, Physicochemical property, Roasting temperature

一、前言

苦茶油為臺灣民眾食用最多的木本植物種子油之一，具有相當經濟規模的植物油品，含有不飽和脂肪酸高達80-90%，品質與穩定性良好（許富蘭，2018；Ma et al., 2011）。此外，苦茶油還具有抗菌、抗病毒、抗氧化、降低膽固醇、保肝、預防心血管疾病、抑制腫瘤與免疫調節等功能（Lee and Yen, 2006; Lee et al., 2007; Li et al., 2011; Su et al., 2014; Cheng et al., 2014）。市售的苦茶油主要是以物理性壓榨法製作，油茶種子壓榨前，會以大約80-120°C 溫度進行炒焙前處理，藉以去除油茶種子的部分水分，提高油脂的流動性，以及增添苦茶油風味等，炒焙溫度會影響苦茶油的理化性質與特性，理化性質包括脂肪酸組成、酸價與過氧化價、氧化穩定性等等，其他的特性例如氣味成分或是風味等（Cao et al., 2016; Yang et al., 2018）。

炒焙過程中可能產生的化學反應，主要為梅納反應 (Maillard reaction) 與焦糖化反應 (Caramelization) (Taş and Gökmen, 2017)，通常可以提高種子油的穩定性，經炒焙後的種子油中，大多含有色素產物，這些產物可能會加深植物油的顏色。梅納反應為胍肽或蛋白質中的游離胺基與碳水化合物中的羰基受熱後，產生複雜的反應，例如環化、脫水、異構化、縮合等反應，產物包含低分子量的烴類 (Hydrocarbons)、醇類 (Alcohols)、酮類 (Ketones)、醛類 (Aldehydes)、酯類 (Esters)、醚類 (Ethers) 與異環化合物 (Heterocyclics) 等揮發性化合物，以及中至高分子量的多酚類化合物 (Polyphenols)、胍肽類化合物 (Peptides) 與棕褐色聚合物等 (Lee and Shibamoto, 2002; Shrestha and Meulenaer, 2014; Troise, 2018)。焦糖化反應主要為糖異構化與降解反應，反應包含脫水、二羧酸裂解、逆

醛醇反應 (Retro-aldol reaction)、醛醇縮合 (Aldol condensation) 等，焦糖化反應中形成的部分產物與梅納反應相似，例如羰基化合物與呋喃類化合物等 (Taş and Gökmen, 2017)。Park et al. (2011) 分析炒焙對芝麻油揮發性氣味成分的影響，分析出的氣味成分包括醛類、呋喃類 (Furans)、吡嗪類 (Pyrazines) 與其他化合物，隨著炒焙溫度上升，氣味成分的含量皆明顯增加。

本研究的目的是為探討大果油茶 (*Camellia oleifera*) 種子經過80、100與120°C 炒焙壓榨後，不同炒焙溫度對大果油茶油的理化性質與氣味成分的影響，期望研究結果有助於苦茶油的推廣與利用。

二、材料與方法

1. 試驗材料

大果油茶 (*C. oleifera*) 種子的產地為中國江西鷹潭，將種子由室溫下均勻加熱炒焙，確認油茶種子均已炒焙至目標溫度80、100與120°C，並使用螺旋榨油機壓榨過濾製成苦茶油，大果苦茶油保存於避光與4°C的環境。

2. 顏色變化分析

利用分光光度計 (U-3010, Hitachi) 測量樣品的顏色，取1.5 mL苦茶油放置於Cuvette中，測量可見光波長380–780 nm，由分析軟體得到苦茶油的L*、a* 與 b*值，並以80°C 炒焙苦茶油為基準，利用下列公式計算不同溫度炒焙苦茶油的色差值 (ΔE^*)，試驗重覆數為3 (邱翊等，2018)。

$$\Delta E^* = [(L^*_2 - L^*_1)^2 + (a^*_2 - a^*_1)^2 + (b^*_2 - b^*_1)^2]^{1/2}$$

3. 脂肪酸組成分析

依據衛生福利部食品藥物管理署公告「食品中脂肪酸之檢驗方法」的方法，精確稱取0.1 g苦茶油，加

入3 mL乙醚，振盪混合均勻配製成油液後，加入0.5 mL 25% TMAH (Tetramethylammonium hydroxide) 溶液，使油脂產生皂化與甲酯化反應10 min後，添加3 mL水終止反應，並加入3 mL飽和氯化鈉溶液，使甲基化脂肪酸與水分層，後續加入1 mL 0.5% (w/v) 內標準溶液，內標準溶液的配置為精秤0.05 g 十五烷酸甲酯，並以正己烷定容至10 mL，最後取上層溶液至樣品瓶，添加適量無水硫酸鈉去除水分，以0.45 μ m 濾膜過濾後，注入氣相層析質譜儀 (Gas chromatography-Mass spectrometry, GC-MS) (QP2010, Shimadzu) 進行分析。層析管柱為SP2380 (膜厚0.2 μ m，內徑0.25 mm，長度30 m)，層析管溫度初溫170°C，持溫40 min；升溫速率3°C/min；終溫200°C，持溫50 min。檢出器溫度為300°C，注入器溫度為250°C，移動相氣體氮氣流速為0.75 mL/min，分流比為20:1，試驗重覆數為3 (邱翊等，2018)。

4. 酸價分析

酸價 (Acid value, AV) 的試驗方法依據 CNS 3647 (食用油脂檢驗法—酸價之測定)，使用滴定儀 (Titration Excellence T5, Mettler Toledo) 測定。稱取2.5 g樣品於滴定杯中，加入35 mL乙醇/乙醚溶液 (1/1, v/v) 溶解，以0.1 N氫氧化鉀/乙醇溶液進行滴定，添加至pH 10的滴定終點，依下列公式計算樣品的酸價，試驗重覆數為3 (詹文君等，2019)。

$$\text{酸價 (mg KOH/g)} = V \times C \times 56.1 / W$$

V：滴定所消耗氫氧化鉀乙醇溶液 (mL)；
C：氫氧化鉀/乙醇溶液的實際濃度 (N)；
W：樣品的重量 (g)

5. 過氧化價分析

過氧化價 (Peroxide value, POV) 分析參考 CNS 3650 (食用油脂檢驗法—過氧化價之測定)，以滴定儀 (Titration Excellence T5, Mettler Toledo) 進行測量，稱

取5 g 樣品於滴定杯中，以40 mL冰醋酸/異辛烷溶液(3/2, v/v) 溶解，再添加0.5 mL飽和碘化鉀溶液與30 mL去離子水，使用0.01 N硫代硫酸鈉標準溶液滴定至導電度快速變化之當量點，依下列公式計算過氧化價，試驗重覆數為3 (詹文君等，2019)。

$$\text{過氧化價 (meq O}_2\text{/kg)} = (S - B) \times N \times 1000 / W$$

- S：滴定所消耗之硫代硫酸鈉溶液 (mL)；
 B：空白試驗所消耗之硫代硫酸鈉溶液 (mL)；
 N：硫代硫酸鈉溶液之當量濃度 (N)；W：樣品之重量 (g)

6. 油脂穩定性指數分析

參考CNS 14876 (食用油脂檢驗法－穩定性指數之測定) 分析方法，以油脂氧化穩定分析儀 (892 Professional Ra ncimat, M etrohm) 進行油脂穩定性指數 (Oil stability index, OSI)分析。秤取3 g苦茶油，置於空氣流量9 L/h與溫度120°C 的環境，使油脂產生可溶於水的揮發性物質，揮發性物質溶於水後分析水中導電度變化，測量試驗過程中導電度急速上升的時間點，即為油脂氧化產生大量劣化物的時間點，即為試樣的OSI (h)，試驗重覆數為3 (詹文君等，2019)。

7. 氣味成分分析

利用頂空固相微萃取法 (Head-space solid phase microextraction, HS-SPME) 吸附苦茶油的揮發性氣味成分。採用50/30 μm DVB/CAR/PDMS (Supelco, USA) 為吸附纖維 (Fiber)，試驗前SPME吸附纖維先以250°C 脫附5 min去除其他雜質。取1 g苦茶油於20 mL 樣品瓶中，置於溫度50°C 的水浴槽中，以SPME吸附纖維吸附樣品瓶中的氣味分子30 min。吸附試驗完成後，將SPME holder置於GC-MS進樣口中，吸附纖維以250°C 加溫5 min脫附，將氣味成分導入GC-MS中分析。層析管柱為DB-5ms (內膜厚度0.25 μm ，內徑0.25 mm \times 30 m)，層析管溫度初溫40°C，

持溫2 min；續以升溫速率6°C/min升溫至160°C；再以速率10°C/min升溫至終溫220°C，檢出器溫度為220°C，注入器溫度為250°C，移動相氣體氮氣流速為1 mL/min，不分流。以相同條件分析*n*-Alkanes (C7-C30)，並利用不同碳數之烷類化合物的滯留時間 (Retention time, Rt) 依下列公式計算化合物的KI (Kovats index)，氣味成分以KI與質譜 (NIST11 database) 進行比對，試驗重覆數為2 (Adams, 2007; Park et al., 2011; Cao et al., 2016)。

$$KI(x) = 100 P_n + 100 [(\log Rt(x) - \log Rt(P_n)) / (\log Rt(P_{n+1}) - \log Rt(P_n))]$$

- Rt(x)：化合物x之滯留時間； $Rt(P_n) < Rt(x) < Rt(P_{n+1})$
 Rt(P_n)：碳數為n的直鏈烷化合物 (*n*-Alkanes) 之滯留時間
 Rt(P_{n+1})：碳數為n+1的直鏈烷化合物 (*n*-Alkanes) 之滯留時間

8. 統計方法

研究中試驗結果以mean \pm SD表示，利用SPSS統計軟體以Scheffe法檢測組別間差異的顯著性，信賴區間為95%。

三、結果與討論

(一) 炒焙溫度對大果苦茶油理化性質的影響

大果油茶種子經不同溫度炒焙壓榨後，苦茶油的顏色變化如表1所示。L*值越大明度越高，種子經80°C炒焙後苦茶油的L*值為90.70；100°C 時為88.59；120°C 時為83.66。a*為負值時偏向綠色，正值則偏向紅色，經80°C炒焙後苦茶油的a*值為 -2.73；100°C時為 -2.14；120°C 為7.10。b*為負值時偏向藍色，正值則偏向黃色，經80°C炒焙苦茶油的b*值為85.59；100°C 時為80.50；120°C時為109.35。由 ΔE^* 亦可知3種苦茶油的顏色差異可明顯以肉眼觀察 (ΔE^* 數

值大於3)，隨著種子炒焙溫度增加，苦茶油的明度降低，並由黃色轉變為略帶褐色的黃色。種子炒焙溫度升高，油脂的顏色加深，可能是因為炒焙過程中產生

梅納反應與焦糖化反應，形成少量褐色物質 (Anjum *et al.*, 2006)。

表 1 不同炒焙溫度大果苦茶油的顏色參數

Table 1 Color parameters of *C. oleifera* seed oils by different roasting temperatures

Roasting temperature (°C)	L*	a*	b*	ΔE*
80	90.70 ± 0.08 ^a	-2.73 ± 0.06 ^A	85.59 ± 0.04 ^y	—
100	88.59 ± 0.54 ^b	-2.14 ± 0.12 ^B	80.50 ± 0.50 ^x	5.56 ± 0.62
120	83.66 ± 0.12 ^c	7.10 ± 0.05 ^C	109.35 ± 0.22 ^z	30.71 ± 0.43

Different letters in the Table are significantly different at the level of $\alpha < 0.05$.

表 2 不同炒焙溫度大果苦茶油的脂肪酸組成分析

Table 2 Content of fatty acids in *C. oleifera* seed oils by different roasting temperatures

Fatty acid	Content (mg/g)		
	80°C	100°C	120°C
Myristic acid (C14:0)	0.14 ± 0.01	0.12 ± 0.00	0.13 ± 0.03
Palmitic acid (C16:0)	82.91 ± 0.52	81.71 ± 0.29	81.64 ± 0.64
Stearic acid (C18:0)	16.21 ± 0.36	16.83 ± 0.94	16.70 ± 0.09
Oleic acid (C18:1)	717.90 ± 17.32	719.09 ± 6.35	707.07 ± 4.84
Linoleic acid (C18:2)	74.45 ± 0.61	75.61 ± 3.79	73.21 ± 0.47
α -Linolenic acid (C18:3)	0.93 ± 0.06	0.84 ± 0.01	0.84 ± 0.07
<i>cis</i> -11-Eicosenoic acid (C20:1)	2.58 ± 0.22	2.51 ± 0.21	2.91 ± 0.06
Saturated fatty acid	99.26 ± 0.15	98.66 ± 1.08	98.47 ± 0.54
Monounsaturated fatty acid	720.48 ± 17.52	721.60 ± 6.18	709.98 ± 4.91
Polyunsaturated fatty acid	75.38 ± 0.55	76.44 ± 3.78	74.05 ± 0.43

大果苦茶油的脂肪酸組成如表2所示，主要的脂肪酸包括肉豆蔻酸 (Myristic acid; C14:0)、棕櫚酸 (Palmitic acid; C16:0)、硬脂酸 (Stearic acid; C18:0)、油酸 (Oleic acid; C18:1)、亞麻油酸 (Linoleic acid; C18:2)、次亞麻油酸 (α -Linolenic acid; C18:3) 與二十烯酸 (*cis*-11-Eicosenoic acid; C20:1)，脂肪酸中以油酸

的含量最多，含量分別為717.90 mg/g (80°C)、719.09 mg/g (100°C) 與707.07 mg/g (120°C)；其次為棕櫚酸，含量分別為82.91 mg/g (80°C)、81.71 mg/g (100°C) 與81.64 mg/g (120°C)；以及亞麻油酸分別為74.45 mg/g (80°C)、75.61 mg/g (100°C) 與73.21 mg/g (120°C)。不同炒焙溫度苦茶油的脂肪酸組成與含量並無明顯差

別，由此可知種子炒焙溫度由80°C到120°C，不會影響大果苦茶油的脂肪酸組成與含量，Yang et al. (2018) 分析炒焙溫度 (65°C, 100°C, 120°C與140°C) 對大果苦茶油脂肪酸的影響，本研究與其分析結果相似。

Nederal et al. (2012) 分析未炒焙與炒焙後南瓜籽油的脂肪酸組成，未炒焙之南瓜籽油的脂肪酸組成為棕櫚酸 (11.6%)、硬脂酸 (5.3%)、油酸 (35.4%)、亞麻油酸 (46.5%) 與其他脂肪酸 (1.2%)；炒焙後南瓜籽油的脂肪酸組成為棕櫚酸 (11.7%)、硬脂酸 (5.3%)、油酸 (35.2%)、亞麻油酸 (46.7%) 與其他脂肪酸 (1.1%)，顯示南瓜籽經110°C 炒焙，並不會對南瓜籽油的脂肪酸組成造成影響。Ji et al. (2019) 研究芝麻籽經過不同溫度炒焙後榨油，發現炒焙溫度在160°C到200°C之間，芝麻油的脂肪酸組成同樣沒有明顯的改變。

油脂分子在水解過程中，會形成游離脂肪酸 (Free fatty acid, FFA)，進而縮短油脂的保存期限 (Prescha et al., 2014)，酸價 (AV) 即為中和1克油脂所含游離脂肪酸需要的氫氧化鉀毫克數，酸價越高表示油脂的游離脂肪酸越多，即脂肪酸敗氧化的程度越高。不同溫度炒焙後大果苦茶油的酸價如表3所示，苦茶油的酸價分別為 1.59 ± 0.02 (80°C)、 1.56 ± 0.01 (100°C) 與 1.60 ± 0.07 (120°C) mg KOH/g oil，統計分析並無差異 ($\alpha < 0.05$)，表示炒焙溫度由80°C上升至120°C 並不會影響大果苦茶油的酸價；Zhou et al. (2018) 分析不同溫度炒焙後杏桃核仁油 (Apricot kernel oil) 的酸價，得到相同研究結果，在適當的炒焙溫度，油脂的酸價不會受到影響。

油脂與氧氣反應產生的初級產物為氫過氧化物 (Hydroperoxide)，氫過氧化物會再與氫氧基反應，產生其他過氧化物，包括環狀過氧化物 (Cyclic peroxide)、環氧氫過氧化物 (Epoxy hydroperoxides)、

二氫過氧化物 (Dihydroperoxide) 與酮氫過氧化物 (Keto hydroperoxide) 等，這些降解物會破壞油脂的營養價值 (Frankel, 1988)，過氧化價 (POV) 為測量油脂中氫過氧化物的濃度，數值越高表示油脂中含有越多的氫過氧化物，進一步產生其他過氧化物，促使油脂劣化降解 (Cebi et al., 2017)。

大果苦茶油的過氧化價列於表3，分別為4.66 (80°C)、2.14 (100°C) 與0.66 (120°C) meq O₂/kg oil，隨著炒焙溫度上升，過氧化價呈下降趨勢，表示炒焙溫度提高，會降低油脂中氫過氧化物的濃度，減緩油脂的氧化速度。Bai et al. (2017) 以不同溫度 (110-150°C) 炒焙 *Canarium indicum* 堅果，結果顯示炒焙溫度越高，*C. indicum* 堅果油的過氧化價呈下降趨勢，本研究與其分析結果相似，可能的原因為過氧化物較不穩定，在炒焙過程中，因為溫度升高而降解。

表 3 不同炒焙溫度對大果苦茶油酸價與過氧化價的影響

Table 3 Influence of roasting temperature on acid value and peroxide value of *C. oleifera* seed oils

Roasting temperature (°C)	AV (mg KOH/g oil)	POV (meq O ₂ /kg oil)
80	1.59 ± 0.02^a	4.66 ± 0.14^A
100	1.56 ± 0.01^a	2.14 ± 0.23^B
120	1.60 ± 0.07^a	0.66 ± 0.07^C

Different letters in the Table are significantly different at the level of $\alpha < 0.05$.

油脂氧化穩定性評估是將油脂置於特定溫度與通有空氣的環境中，進行油脂加速劣化的試驗，油脂穩定性指數越高，表示食用油的穩定性越好 (Farhoosh et al., 2008)。大果苦茶油的油脂穩定性指數如圖1所示，種子經80°C炒焙後苦茶油的OSI為1.55 h，100°C 時為3.55 h，120°C 時為7.29 h，隨著炒焙溫度增加，苦茶油的油脂穩定性指數為上升的趨勢。

Nederal et al. (2012) 比較未炒焙與南瓜籽油之的油脂穩定性指數，結果顯示經炒焙的南瓜籽油OSI顯著增加，證實炒焙可以提升油脂的OSI，進而提高植物油的氧化穩定性。

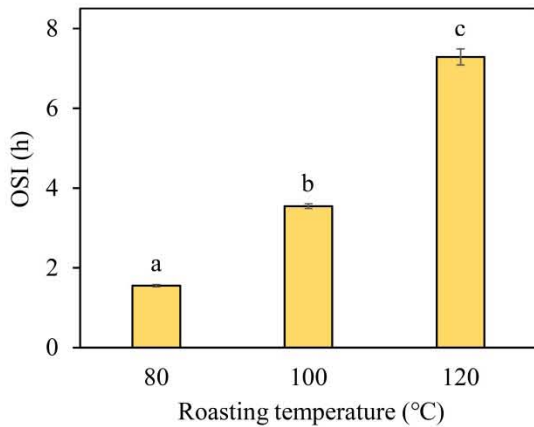


圖 1 不同炒焙溫度大果苦茶油的油脂穩定性指數
Fig. 1 Oil stability index of *C. oleifera* seed oils by different roasting temperatures. Different letters in the Figure are significantly different at the level of $\alpha < 0.05$.

(二) 炒焙溫度對大果苦茶油氣味成分的影響

Siegmund and Murkovic (2004) 分析種子炒焙溫度對南瓜籽油氣味成分的影響，檢測出的氣味成分包括醛類化合物 (Aldehyde)、酮類化合物 (Ketone)、醇類化合物 (Alcohol)、呋喃類化合物 (Furan) 等。南

瓜籽在炒焙加熱過程中，南瓜籽油產生Pentanal、Hexanal、*trans*-2-Heptenal與Nonanal等，由脂質氧化而形成的醛類化合物，這些醛類化合物帶有鮮味、草味與輕微的水果味，對南瓜籽油的氣味具有相當的影響；呋喃類化合物的產生，可能源自南瓜籽中脂質過氧化或碳水化合物降解；吡嗪類化合物 (Pyrazine) 可能經由梅納反應 (Maillard reaction) 產生，吡嗪化合物則具有堅果味、咖啡味、木質味與泥土味，同樣會影響南瓜籽油的氣味。

表4為不同溫度炒焙對大果苦茶油氣味成分的影響，主要的成分包括醛類、呋喃類、吡嗪類、內酯類 (Lactone)、醇類與酮類等化合物。80°C炒焙後大果苦茶油的氣味成分，以Octanal (31.85%)、Nonanal (24.88%) 與Heptanal (6.96%) 等醛類化合物為主；其次為2,5-Dimethylpyrazine (5.86%，吡嗪類化合物)、Furfural (5.16%，呋喃類化合物) 與 γ -Butyrolactone (4.93%，內酯類化合物)。Cao et al. (2016) 同樣以頂空固相微萃取HS-SPME分析未經炒焙苦茶油的揮發性成分，全程製油過程在40°C以下，主要的氣味成分為Hexanal、Octanal、Nonanal與Heptanal等醛類化合物，未偵測到呋喃類與吡嗪類化合物，可能的原因為低溫製油 (40°C以下) 不會因炒焙加熱產生氧化或梅納反應，避免呋喃類與吡嗪類化合物的形成。

表 4 不同炒焙溫度大果苦茶油的氣味成分

Table 4 Odorants of *C. oleifera* seed oils by different roasting temperatures

Constituent	KI ^a	rKI ^b	Relative content (%)		
			80°C	100°C	120°C
2-Methylpyrazine	-*	826	1.98 ± 0.45	12.55 ± 0.46	8.29 ± 0.06
Furfural	-	836	5.16 ± 0.13	13.76 ± 0.74	18.16 ± 0.61
Heptanal	908	902	6.96 ± 0.90	1.00 ± 0.06	1.37 ± 0.01
γ-Butyrolactone	910	905	4.93 ± 0.09	10.51 ± 0.03	5.45 ± 0.01
2,5-Dimethylpyrazine	916	911	5.86 ± 0.25	15.19 ± 0.70	11.34 ± 0.15
2-Ethylpyrazine	927	916	nd	4.89 ± 0.31	3.26 ± 0.03
2,3-Dimethylpyrazine	931	920	nd	2.31 ± 0.07	1.48 ± 0.17
5-Methylfurfural	972	964	nd	3.47 ± 0.10	6.58 ± 0.06
1-Heptanol	979	966	1.63 ± 0.03	0.45 ± 0.01	0.38 ± 0.04
2-Octanone	993	991	0.79 ± 0.04	nd	nd
2-Pentyl furan	991	988	1.10 ± 0.01	0.45 ± 0.01	0.59 ± 0.13
Octanal	1004	998	31.85 ± 0.46	6.34 ± 0.31	6.70 ± 0.22
Octanol	1076	1068	1.11 ± 0.08	0.40 ± 0.04	0.24 ± 0.01
Nonanal	1106	1100	24.88 ± 1.01	2.17 ± 0.22	2.92 ± 0.13
<i>trans</i> -2-Nonenal	1164	1161	0.52 ± 0.07	nd	nd
Decanal	1207	1201	1.29 ± 0.02	nd	nd
<i>trans</i> -2-Decenal	1266	1263	0.70 ± 0.10	nd	nd

^a KI: Kovats index relative to *n*-alkanes (C7-C30) on a DB-5MS column; ^b rKI: Kovats index on a DB-5MS column in reference (Adams, 2007); *: retention time < *n*-heptane (C7); nd: not detected.

經過100°C炒焙大果苦茶油的氣味成分主要為2,5-Dimethylpyrazine (15.19%)、Furfural (13.76%)、2-Methylpyrazine (12.55%) 與 γ-Butyrolactone (10.51%)，以吡嗪類與呋喃類化合物為主，同時偵測到2-Ethylpyrazine (4.89%)、2,3-Dimethylpyrazine (2.31%) 與5-Methylfurfural (3.47%) 等新的氣味成分；而醛類化合物Octanal (6.34%) 與Nonanal (2.17%) 的相對含量明顯降低。而120°C炒焙後大果苦茶油的氣味成分為Furfural (18.16%)、2,5-Dimethylpyrazine

(11.34%)、2-Methylpyrazine (8.29%)、Octanal (6.70%)、5-Methylfurfural (6.58%) 與γ-Butyrolactone (5.45%)，同樣以呋喃類與吡嗪類化合物為主。Park et al. (2011) 與 Siegmund and Murkovic (2004) 以及Kwon et al. (2013) 均提到許多植物種子經過炒焙處理後，會增加種子油中呋喃類與吡嗪類化合物的含量，如芝麻油、南瓜籽油與紫蘇籽油，本研究中大果苦茶油也有相似的結果。

本研究中大果苦茶油的氣味成分中，醛類化合物

中 Heptanal 具有木質味、堅果味、甜味與油脂味，Octanal 含有油脂味與柑橘香，Nonanal 具有花香味、柑橘香、清新風味與淡青草香 (Siegmund and Murkovic, 2004; Krist et al., 2006)。醇類化合物中 Octanol 具有油脂味、蠟味與柑橘香 (Krist et al., 2006)。內酯類化合物 γ -Butyrolactone 帶有甜味與焦糖味 (Krist et al., 2006)。呋喃類化合物中 Furfural 與 5-Methylfurfural 具有杏仁味與焦糖味 (Zhang et al., 2016)。吡嗪化合物中，2,5-Dimethylpyrazine 為可回味與烘烤味，而 2-Ethylpyrazine 帶有花生味、奶油味與木質味 (Siegmund and Murkovic, 2004; Zhang et al., 2016)。

四、結論

大果油茶種子經過不同溫度炒焙後，隨著炒焙溫度升高，種子油的顏色由黃色轉變為略帶褐色的黃色，脂肪酸組成與酸價並無明顯差異，過氧化價的數值降低，油脂穩定性指數則為上升的趨勢，顯示炒焙溫度增加，可以增加大果苦茶油的穩定性。炒焙溫度對大果苦茶油氣味成分的影響，80°C 炒焙大果苦茶油的氣味成分以 Octanal、Nonanal 與 Heptanal 等醛類化合物為主；經過 100°C 與 120°C 炒焙大果苦茶油氣味成分中，以 Furfural、2,5-Dimethylpyrazine 與 2-Methylpyrazine 等呋喃類與吡嗪化合物的含量較高。消費者可依個人喜好的油品氣味，選擇不同炒焙溫度的大果苦茶油。

五、謝誌

本研究承蒙行政院農業委員會林業試驗所經費補助 (107 農科-1.6.2-森-G2)，特此誌謝。

六、引用文獻

1. 邱翊、詹文君、楊甯喻、蘇南維、張惠婷、許富蘭 (2018) 加熱時間對苦茶油品質與氧化穩定性之影響。林產工業 37(4)：205-214。
2. 許富蘭 (2018) 淺談木本油料植物。林業研究專訊 25：19-24。
3. 詹文君、邱翊、張惠婷、汪澤宏、許富蘭 (2019) 八種植物種子油氧化穩定性之探討。林產工業 38(2)：99-108。
4. Adams, R. P. (2007) Identification of Essential Oil Components by Gas Chromatography/Mass Spectroscopy. 4th Edition. Allured Publishing Corporation. IL, USA. 804 pp.
5. Anjum, F., F. Anwar, A. Jamil and M. Iqbal (2006) Microwave roasting effects on the physico-chemical composition and oxidative stability of sunflower seed oil. Journal of the American Oil Chemists' Society 83: 777-784.
6. Bai, S. H., I. Darby, T. N evenimo, G. Hannet, D. Hannet, M. Poienou, E. Grant, P. Brooks, D. Walton, B. Randall and H. M. Wallace (2017) Effects of roasting on kernel peroxide value, free fatty acid, fatty acid composition and crude protein content. PLoS ONE 12: e0184279.
7. Cao, W., L. Lin, Y. Niu, Z. Xiao and X. Fang (2016) Characterization of aroma volatiles in *Camellia* seed oils (*Camellia oleifera* Abel.) by HS-SPME/GC/MS and electronic nose combined with multivariate analysis. Food Science and Technology Research 22: 497-505.
8. Cebi, N., M. T. Yilmaz, O. Sagdic, H. Yuce and E. Yelboga (2017) Prediction of peroxide value in omega-3 rich microalgae oil by ATR-FTIR spectroscopy combined with chemometrics. Food

- Chemistry 225: 188-196.
9. Cheng Y. T., S. L. Wu, S. M. Huang, C. L. Cheng and G. C. Yen (2014) Beneficial effects of *Camellia* oil (*Camellia oleifera* Abel.) on ketoprofen-induced gastrointestinal mucosal damage through upregulation of HO-1 and VEGF. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 62: 642-650.
 10. Farhoosh, R., R. Niazmand, M. Rezaei and M. Sarabi (2008) Kinetic parameter determination of vegetable oil oxidation under Rancimat test conditions. *European Journal of Lipid Science and Technology* 110: 587-592.
 11. Frankel, E. N. (1988) Hydroperoxidation of unsaturated fatty esters. *Oxygen Radicals in Biology and Medicine* 49: 265-282.
 12. Ji, J., Y. Liu, L. Shi, N. Wang and X. Wang (2019) Effect of roasting treatment on the chemical composition of sesame oil. *Food Science and Technology* 101: 191-200.
 13. Krist, S. G., S. Stuebiger, S. Bail and H. Unterweger (2006) Analysis of volatile compounds and triacylglycerol composition of fatty seed oil gained from flax and false flax. *European Journal of Lipid Science and Technology* 108: 48-60.
 14. Kwon, T. Y., J. S. Park and M. Y. Jung (2013) Headspace-solid phase microextraction-gas chromatography-tandem mass spectrometry (HS-SPME-GC-MS2) method for the determination of pyrazines in perilla seed oils: impact of roasting on the pyrazines in perilla seed oils. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 61: 8514-8523.
 15. Lee, K. G. and T. Shibamoto (2002) Toxicology and antioxidant activities of non-enzymatic browning reaction products: review. *Food Reviews International* 18: 151-175.
 16. Lee, C. P. and G. C. Yen (2006) Antioxidant activity and bioactive compounds of tea seed (*Camellia oleifera* Abel.) oil. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 54: 779-784.
 17. Lee, C. P., P. H. Shih and G. C. Yen (2007) Hepatoprotection of tea seed oil (*Camellia oleifera* Abel.) against CCl₄-induced oxidative damage in rats. *Food and Chemical Toxicology* 45: 888-895.
 18. Li, H., G. Y. Zhou, H. Y. Zhang and J. A. Liu (2011) Research progress on the health function of tea oil. *Journal of Medicinal Plants Research* 5: 485-489.
 19. Ma, J., H. Ye, Y. Rui, G. Chen and N. Zhang (2011) Fatty acid composition of *Camellia oleifera* oil. *Journal of Consumer Protection and Food Safety* 6: 9-12.
 20. Neđeral, S., D. Škevin, K. Kraljić, M. Obranović, S. Papeša and A. Ba taljaku (2012) Chemical composition and oxidative stability of roasted and cold pressed pumpkin seed oils. *Journal of the American Oil Chemists' Society* 89: 1763-1770.
 21. Park, M. H., M. K. Jeong, J. D. Yeo, H. J. Son, C. L. Lim, E. J. Hong, B. S. Noh and J. H. Lee (2011) Application of solid phase-microextraction (SPME) and electronic nose techniques to differentiate volatiles of sesame oils prepared with diverse roasting conditions. *Journal of Food Science* 76: 80-88.
 22. Prescha, A., M. Grajzer, M. Dedyk and H. Grajeta (2014) The antioxidant activity and oxidative stability of cold-pressed oils. *Journal of the American Oil Chemists' Society* 91: 1291-1301.
 23. Shrestha, K. and B. De Meulenaer (2014) Effect of seed roasting on carotenol, tocopherol, and phospholipid contents, Maillard type reactions, and oxidative stability of mustard and rapeseed oils. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 62: 5412-5419.

24. Siegmund, B. and M. Murkovic (2004) Changes in chemical composition of pumpkin seeds during the roasting process for production of pumpkin seed oil (part 2: volatile compounds). *Food Chemistry* 84: 367-374.
25. Su, M. H., M. C. Shih and K. H. Lin (2014) Chemical composition of seed oils in native Taiwanese *Camellia* species. *Food Chemistry* 156: 369-373.
26. Taş, N. G. and V. Gökmen (2017) Maillard reaction and caramelization during hazelnut roasting: A multiresponse kinetic study. *Food Chemistry* 221: 1911-1922.
27. Troise, A. D. (2018) Analytical strategies to depict the fate of the Maillard reaction in foods. *Food Science* 19: 15-22.
28. Yang, K. M., F. L. Hsu, C. W. Chen, C. L. Hsu and M. C. Cheng (2018) Quality characterization and oxidative stability of camellia seed oils produced with different roasting temperatures. *Journal of Oleo Science* 67: 389-396.
29. Zhang, W., R. Wang, Y. Yuan, T. Yang and S. Liu (2016) Changes in volatiles of palm kernel oil before and after kernel roasting. *LWT - Food Science and Technology* 73: 432-441.
30. Zhou, B. Y. Sun, J. Li, Q. Long and H. Zhong (2018) Effects of seed coat on oxidative stability and antioxidant activity of apricot (*Prunus armeniaca* L.) kernel oil at different roasting temperatures. *Journal of the American Oil Chemists' Society* 95: 1297-1306.