



國立臺灣大學生農學院森林環境暨資源學系

碩士論文

Graduate Institute of Forestry and Resource Conservation

College of Bioresources and Agriculture

National Taiwan University

Master Thesis

炒焙溫度對大果苦茶油性質及揮發性成分之影響

Influences of Roasting Temperature on Properties and Volatile

Organic Compounds of *Camellia oleifera* Seed Oil

詹文君

Wen-Chun Chan

指導教授：張惠婷 博士

Advisor: Hui-Ting Chang, Ph.D.

共同指導：許富蘭 博士（林業試驗所）

Co-advisor: Fu-Lan Hsu, Ph.D. (TFRI)

中華民國 108 年 7 月

July 2019

國立臺灣大學碩士學位論文
口試委員會審定書



炒焙溫度對大果苦茶油性質及揮發性成分之影響
Influences of Roasting Temperature on Properties and Volatile
Organic Compounds of *Camellia oleifera* Seed Oil

本論文係詹文君（R06625014）在國立臺灣大學森林環境暨資源學系完成之碩士學位論文，於民國 108 年 7 月 24 日承下列考試委員審查通過及口試及格，特此證明。

口試委員：臺灣大學森林環境暨資源學系

張上鎮 博士

張上鎮

林業試驗所森林化學組

許富蘭 博士

許富蘭

實踐大學食品營養與保健生技系

張美鈴 博士

張美鈴

臺灣大學森林環境暨資源學系

葉汀峰 博士

葉汀峰

臺灣大學森林環境暨資源學系

張惠婷 博士

張惠婷

森林環境暨資源學系主任 柯淳涵

誌謝



研究所求學生涯轉眼間即將結束，憶起初到台大時，因環境不適與心理壓力遇到很大的打擊，感謝恩師張惠婷博士對我的體貼、關懷、包容以及在課業和論文上的指導與教誨，並提供許多實驗經驗與材料，讓我能完成這份論文；感謝恩師許富蘭博士對我的鼓勵、督促與指教，並提供充足的實驗材料與設備，使論文得以順利完成，由衷的感謝兩位指導老師，在此致上最深的敬意。本論文初稿承蒙張上鎮博士、張美鈴博士及葉汀峰博士的悉心審查與指正，並於口試時提供寶貴的建議與經驗，使本論文更加完善，特此萬分感謝。此外，特別感謝連淨綠色科技股份有限公司提供苦茶油及相關資訊；感謝蘇南維博士及其研究生原伯指導脂肪酸分析方法；感謝吳益群博士提供線蟲及相關培養技術，以利進行試驗及研究。

大學時期，感謝嘉義大學廖宇賡博士，不論是在研究、口頭報告還是寫作方面都悉心教導，使我能順利銜接研究所的課業，也因為老師的幫助與建議讓我能到台大就讀研究所，在此致上萬分感謝。在研究所修業期間，感謝張上鎮老師及葉汀峰老師在授課期間對我們的鼓勵及教誨，讓我受益良多；感謝邱翊同學協助我完成許多試驗，以及在日常生活上幫助及鼓勵；感謝楊甯喻研究助理在試驗上的諸多幫助，讓我學到許多相關知識並順利完成研究；感謝陳彥廷學長教我們線蟲試驗；感謝鄭如或學姊的鼓勵及經驗分享；感謝黃佳瑩學妹、李建峰與何語佟學弟在試驗及口試上的幫助。最後，我要感謝我的父母、妹妹及廷謙對我的支持、鼓勵及陪伴，讓我能完成碩士學位，也感謝我自己沒有放棄，謝謝大家。

2018.8.12

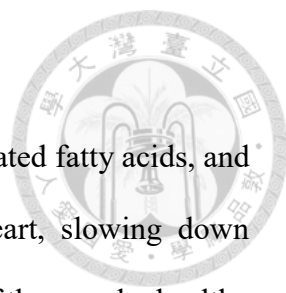


摘要

眾多植物油中，苦茶油富含不飽和脂肪酸，並具有抑制腫瘤、保護肝臟和心臟、減緩心血管疾病及調節免疫系統等功效，是熱門的健康食用油之一。生產苦茶油的前處理過程繁複，包括果實採收、乾燥、脫除果殼與種殼、炒焙或水蒸等，其中炒焙或水蒸等前處理可提高種子的出油量，然而，種子經過不同溫度炒焙後會影響所製苦茶油之性質。本研究探討大果油茶 (*Camellia oleifera* Abel.) 種子經 80、100 及 120°C 炒焙後對壓榨之苦茶油性質及生物活性之影響，包括顏色、脂肪酸組成、Squalene 及 α -Tocopherol 含量、總酚類化合物含量、酸價、過氧化價、油脂穩定指數、揮發性成分及線蟲 (*Caenorhabditis elegans*) 抗熱休克與抗麻痺性。結果顯示，種子炒焙溫度從 80°C 升至 120°C，苦茶油顏色由黃色轉變為黃棕色，脂肪酸組成並無明顯變化，Squalene、 α -Tocopherol 含量及總酚類化合物含量皆增加，酸價無明顯改變，過氧化價下降，油脂穩定指數上升，且脂肪酸組成、酸價及過氧化價皆符合 CNS 對壓榨苦茶油的規範。另外，隨著種子炒焙溫度由 80°C 提高至 100 及 120°C，苦茶油的主要揮發性成分由醛類化合物變為具有烘焙風味的呋喃衍生物及吡嗪衍生物，明顯的改變苦茶油的揮發性成分及其風味。生物活性試驗中，餵食苦茶油之線蟲比未食用者有較好的抗熱休克及抗麻痺性，然而，經餵食炒焙溫度 80、100 及 120°C 之相同濃度苦茶油的線蟲抗熱休克及抗麻痺性並無顯著差異。由本研究結果得知，將油茶種子的炒焙溫度由 80°C 提高至 120°C，不影響苦茶油的脂肪酸組成及酸價，且可以降低其過氧化價、提高 Squalene、 α -Tocopherol 及總酚類化合物含量與氧化穩定性，亦有開發為提高熱耐受性或預防阿茲海默症等健康食品的潛力。

關鍵詞：酸價、大果苦茶油、脂肪酸、油脂穩定指數、過氧化價、炒焙溫度、揮發性成分

Abstract



Among many vegetable oils, camellia seed oil is rich in unsaturated fatty acids, and has the effects of preventing tumors, protecting the liver and heart, slowing down cardiovascular diseases and regulating the immune system. It is one of the popular healthy edible oils. The pretreatment process for producing camellia seed oil is complicated, including fruit harvesting, drying, removal of shells, roasting or steaming, etc., wherein pretreatment such as roasting or steaming can increase the oil yield. However, the seed roasting at different temperatures will affect the properties of camellia seed oil. This study was to investigate the effects of roasting seeds of *Camellia oleifera* at 80, 100 and 120°C on the properties and biological activities of camellia seed oil, including color, fatty acid composition, squalene and α -tocopherol content, total phenolic content, acid value, peroxide value, oil stability index, volatile organic compound and *Caenorhabditis elegans* resistance to heat shock and anti-paralysis. The results showed that the seed roasting temperature increased from 80°C to 120°C, the color of camellia seed oil changed from yellow to yellowish brown, the fatty acid composition did not change significantly, the content of squalene, α -tocopherol and total phenolic content increased, the acid value did not change significantly, the peroxide value decreased, the oil stability index increased. Besides, the fatty acid composition, acid value and peroxide value were all in line with specifications of CNS for pressing camellia seed oil. In addition, as the seed roasting temperature is increased from 80°C to 100 and 120°C, the main volatile organic compounds of camellia seed oil changed from aldehyde to furan derivative and pyrazine derivative with roasting flavor, indicating that the roasting temperature will obviously change the volatile organic compounds and flavor of camellia seed oil. In the bioactivity test, the *C. elegans* that consumed camellia seed oil had better heat shock resistance and paralysis resistance than those who did not. However, there was no

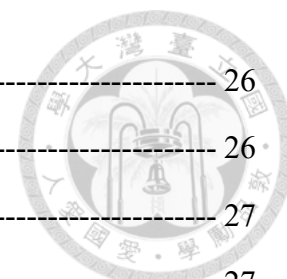
significant difference in heat shock resistance and paralysis resistance of *C. elegans* consumed the roasting temperatures of 80, 100 and 120°C but the same concentration of camellia seed oil. In summary, the roasting temperature of *Camellia oleifera* seeds is increased from 80°C to 120°C, which does not affect the fatty acid composition and acid value of camellia seed oil, and can lower its peroxide value, increase squalene, α -tocopherol, total phenolic content and oxidative stability, and have the potential to develop into healthy food for improving heat tolerance or preventing Alzheimer's disease.

Keywords: Acid value, *Camellia oleifera* seed oil, Fatty acid, Oil stability index, Peroxide value, Roasting temperature, Volatile organic compound.

目錄



壹、前言	1
貳、文獻回顧	3
一、苦茶油簡介	3
(一) 苦茶油的製程	4
(二) 苦茶油的組成成分	6
(三) 苦茶油的生物活性	10
1. 抗氧化活性	10
2. 保肝護胃作用	11
3. 降血脂作用	12
4. 抑制黑色素形成	12
(四) 苦茶油的品質	13
二、炒焙對植物種子油性質之影響	15
(一) 炒焙對南瓜籽油的影響	15
(二) 炒焙對芝麻油的影響	17
(三) 炒焙對核桃油的影響	19
三、種子炒焙產生之化學反應	21
參、材料與方法	22
一、材料	22
二、藥品與溶劑	22
三、方法	23
(一) 顏色參數	23
(二) 脂肪酸組成	23
(三) Squalene 及 α -Tocopherol 含量	24
(四) 總酚類化合物含量	25
(五) 酸價及過氧化價	25



(六) 油脂穩定指數-----	26
(七) 揮發性成分-----	26
(八) 線蟲生物活性-----	27
1. 大腸桿菌 (<i>Escherichia coli</i> OP50) 培養-----	27
2. NGM agar plate 製備-----	28
3. 野生種及基因轉殖秀丽隱桿線蟲培養-----	28
4. 線蟲熱休克 (Heat shock) 試驗-----	28
5. 線蟲麻痺 (Paralysis) 試驗-----	29
(九) 統計方法-----	29
肆、結果與討論-----	30
一、炒焙溫度對大果苦茶油理化性質之影響-----	30
(一) 顏色參數-----	30
(二) 脂肪酸組成-----	31
(三) Squalene 及 α -Tocopherol 含量-----	34
(四) 總酚類化合物含量-----	36
(五) 酸價及過氧化價-----	37
(六) 油脂穩定指數-----	39
(七) 炒焙溫度與大果苦茶油理化性質之 Pearson 相關-----	40
二、大果苦茶油揮發性有機化合物成分之探討-----	41
三、大果苦茶油對線蟲之生物活性評估-----	57
(一) 大果苦茶油對 N2 線蟲熱休克存活率之影響-----	57
(二) 大果苦茶油對 GCM101 線蟲麻痺率之影響-----	59
伍、結論-----	61
陸、參考文獻-----	62

圖目錄



圖 1. 苦茶油的製程-----	5
Figure 1. Process of camellia seed oil -----	5
圖 2. 苦茶油中主要脂肪酸之化學結構-----	8
Figure 2. Chemical structures of the main fatty acids in Camellia seed oil -----	8
圖 3. 大果苦茶油脂肪酸組成之層析圖 -----	33
Figure 3. Gas chromatographic analysis of fatty acids in <i>Camellia oleifera</i> seed oils -----	33
圖 4. 不同種子炒焙溫度之大果苦茶油總酚類化合物含量 -----	36
Figure 4. Total phenolic content in <i>Camellia oleifera</i> seed oils by different roasting temperatures -----	36
圖 5. 不同種子炒焙溫度之大果苦茶油油脂穩定指數 -----	39
Figure 5. Oil stability index of <i>Camellia oleifera</i> seed oils by different roasting temperatures -----	39
圖 6. 大果苦茶油揮發性成分之層析圖-----	44
Figure 6. Gas chromatographic analysis of volatile organic compounds in <i>Camellia oleifera</i> seed oils -----	44
圖 7. 不同種子炒焙溫度之大果苦茶油揮發性成分之主成分分析圖 -----	55
Figure 7. Principal component analysis (PCA) plots for volatile organic compounds of <i>Camellia oleifera</i> seed oils by different roasting temperatures -----	55

表目錄



表 1. 植物油的脂肪酸組成-----	7
Table 1. Fatty acid composition of plant oil -----	7
表 2. 食用苦茶油之品質要求 (CNS15817, 2015) -----	14
Table 2. Quality requirements for edible camellia seed oil (CNS15817, 2015)-----	14
表 3. 種子炒焙對南瓜籽油之影響 (Nederal <i>et al.</i> , 2012) -----	16
Table 3. Effect of seed roasting on pumpkin seed oil (Nederal <i>et al.</i> , 2012)-----	16
表 4. 種子炒焙對芝麻油脂肪酸組成之影響 (Ji <i>et al.</i> , 2019) -----	18
Table 4. Effect of seed roasting on fatty acid composition of sesame oil (Ji <i>et al.</i> , 2019) -----	18
表 5. 種子炒焙對核桃油之影響 (Gao <i>et al.</i> , 2019) -----	20
Table 5. Effect of seed roasting on walnut oil (Gao <i>et al.</i> , 2019)-----	20
表 6. 標準品添加分析中 Squalene 與 α -Tocopherol 的含量配置組合 -----	24
Table 6. The spike combination for squalene and α -tocopherol content of camellia seed oil -----	24
表 7. 不同種子炒焙溫度之大果苦茶油顏色參數 -----	30
Table 7. Color parameters of <i>Camellia oleifera</i> seed oils by different roasting temperatures -----	30
表 8. 不同種子炒焙溫度之大果苦茶油脂肪酸含量 -----	32
Table 8. Content of fatty acids in <i>Camellia oleifera</i> seed oils by different roasting temperatures -----	32
表 9. 不同種子炒焙溫度之大果苦茶油 Squalene 及 α -Tocopherol 含量 -----	35
Table 9. Content of squalene and α -tocopherol in <i>Camellia oleifera</i> seed oils by different roasting temperatures -----	35

表 10. 不同種子炒焙溫度之大果苦茶油酸價及過氧化價-----	38
Table 10. Acid value and peroxide value of <i>Camellia oleifera</i> seed oils by different roasting temperatures-----	38
表 11. 種子炒焙溫度與大果苦茶油理化性質之相關性-----	40
Table 11. Pearson correlations between roasting temperature and physicochemical properties of <i>Camellia oleifera</i> seed oil -----	40
表 12. 不同種子炒焙溫度之大果苦茶油揮發性成分-----	45
Table 12. Volatile organic compounds of <i>Camellia oleifera</i> seed oils by different roasting temperatures-----	45
表 13. 不同種子炒焙溫度之大果苦茶油揮發性成分的相對含量-----	49
Table 13. Relative content of volatile organic compounds in <i>Camellia oleifera</i> seed oils by different roasting temperatures-----	49
表 14. 不同炒焙溫度之大果苦茶油揮發性成分總量變化-----	53
Table 14. Changes in volatile organic components of <i>Camellia oleifera</i> seed oils with different roasting temperatures -----	53
表 15. 不同炒焙溫度之大果苦茶油對 N2 秀麗隱桿線蟲熱休克存活率之影響 -	58
Table 15. Effects of <i>Camellia oleifera</i> seed oils by different roasting temperatures on the survivability of N2 <i>Caenorhabditis elegans</i> after heat shock-----	58
表 16. 不同炒焙溫度之大果苦茶油對 GCM101 秀麗隱桿線蟲於 25°C 麻痺率之影 響-----	60
Table 16. Effects of <i>Camellia oleifera</i> seed oils by different roasting temperatures on the paralysis rate of GCM101 <i>Caenorhabditis elegans</i> at 25°C -----	60



壹、前言

油脂在日常飲食中扮演重要的角色，攝取油脂可以幫助人體形成細胞膜、維持體溫、保護內臟、促進脂溶性維生素 A、D、E、K 的吸收以及提供人體所需的脂肪酸。因此，油脂的品質對於人體的健康有很大的影響，未符合品質規範的油脂可能會有異味且缺少脂肪酸、脂溶性維生素和其他生物活性物質，甚至會形成有毒化合物，從而使油脂不適合消費及飲食 (Shahidi and Zhong, 2010)。在眾多植物油中，苦茶油是國內少數可以自行由栽種到榨油的木本植物油，且依據國家攝食資料庫 (2017) 的統計資料顯示，苦茶油為臺灣民眾食用最多的木本植物種子油之一，是具經濟規模之油品，其不飽和脂肪酸高達 80-90%，加熱時不易產生油煙，品質良好具一定的穩定性，為世界四大木本植物油之一 (Ma *et al.*, 2011)。此外，苦茶油還具有抑制腫瘤、預防心血管疾病及免疫調節等功能 (Li *et al.*, 2011)，為健康的高級食用油之一。

市面上的苦茶油主要是利用物理壓榨法所製成，油茶種子壓榨前，通常會先以大約 80-120°C 的溫度進行炒焙，以去除部分水分、增加油脂的流動性、提高榨油率及增添風味等，然而，種子炒焙溫度的不同會影響苦茶油的品質及特性，品質可以依照 CNS 對壓榨苦茶油品質規範來評斷，如脂肪酸組成、酸價 (Acid value, AV) 及過氧化價 (Peroxide value, POV) 等，其他可能會受種子炒焙溫度影響的重要特性包括苦茶油中所含的抗氧化成分含量、氧化穩定性及揮發性成分 (Volatile organic compound, VOC) (為風味的一環) 等。此外，苦茶油具有幫助調節蛋白的機制使其有保肝護胃的功效 (Lee *et al.*, 2007; Cheng *et al.*, 2014)，因此推測攝取苦茶油可以幫助調節熱休克蛋白及與阿茲海默症相關之 β -類澱粉蛋白 (β -Amyloid, A β)，秀麗隱桿線蟲 (*Caenorhabditis elegans*) 為非寄生性線蟲且目前已被廣泛在應用在多項研究中，攝取種子經不同溫度炒焙之苦茶油是否可以提高線蟲對熱的耐受性及抵抗 A β 誘導麻痺毒性，為值得探討的問題。



目前已有前人文獻討論炒焙對苦茶油品質的影響，但是討論炒焙對苦茶油之性質、揮發性成分及生物活性的研究甚少。本研究目的為探討大果油茶 (*Camellia oleifera* Abel.) 種子經過 80、100 及 120°C 炒焙後對壓榨所得之苦茶油的影響，包括顏色變化、脂肪酸組成、抗氧化成分如 Squalene、 α -Tocopherol 含量和總酚類化合物含量 (Total phenolic content, TPC)、酸價、過氧化價、油脂穩定指數 (Oil stability index, OSI) 以及揮發性成分，並以秀麗隱桿線蟲作為模式生物探討線蟲食用苦茶油後對熱的耐受性及 A β 誘導麻痺毒性之影響，期望研究結果有利於油茶種子在壓榨前炒焙溫度的選擇，以得到更高品質的苦茶油，亦有助於未來苦茶油的開發利用。



貳、文獻回顧

一、苦茶油簡介

山茶科 (Theaceae) 山茶屬 (*Camellia*) 的植物中，油茶俗稱大果油茶，是從中國大陸引進之樹種，葉為革質，倒卵形或橢圓形，長 5-7 cm，寬 2-4 cm，果為卵圓形蒴果，果徑 3-5 cm 為其特徵；短柱山茶 (*C. brevistyla* (Hayata) Cohen-Stuart) 俗名小果油茶是臺灣原生種，其葉橢圓形或長橢圓形，長 3.5-5 cm，寬 1.5-2 cm，蒴果 1-3 cm 且明顯小於大果油茶之蒴果(尹華文等，2010；Flora of Taiwan, 1996)。在臺灣，這 2 者於 2013 年共有 1,028 ha 的栽植面積，主要栽植縣市為新北市(17.7%)、嘉義縣(16.45%)、南投縣(16.18%)、花蓮縣(11.1%)、桃園縣(9.51%)、苗栗縣(9.1%)及臺東縣(7.25%)等，其種子皆含有約 20-35%的油脂(謝靜敏、黃裕星，2013)，市場上將取自大果油茶或小果油茶種子的油脂，統稱為苦茶油(蔣慎思等，2016)。由於苦茶油之脂肪酸組成與橄欖油相近，故有「東方橄欖油」及「近似橄欖油，更勝橄欖油」的美稱。許多學者證實食用苦茶油對人體有益處，Li *et al.*(2011) 的文獻回顧中提到苦茶油可以抑制腫瘤、降低血壓、保護心臟與肝臟、抗菌及抗發炎、預防冠心病、減緩動脈粥狀硬化、抗氧化以及調節免疫功能等。本文將簡單介紹苦茶油的製程、組成成分及生物活性。

(一) 苦茶油的製程

由圖 1 可見苦茶油的製作過程。油茶是 1 年結果 1 次的植物，農民通常在每年的 10 月中旬手工採收果實，若過早採收會影響榨油率，太晚則會影響種子品質（發霉、腐敗），採收後的果實經過乾燥、篩選、去除果殼及種殼，得到優良的種仁後，才可開始榨油（許富蘭等，2015）。Hsieh *et al.* (2014) 提到去除種殼的重要性，小果油茶種子殼質韌、殼與仁間的間隙小，所以較不易脫殼，然而無殼者榨油率高於帶殼者 13%，因此脫殼雖較耗工時但也有相當的益處。另外，榨油的方法有許多種，包括物理壓榨法、溶劑萃取法及超臨界二氧化碳萃取法等（王振瀾等，1990；尹華文等，2009；許富蘭等，2015），其中較多人使用的方法為物理壓榨法。物理壓榨法又分為餅式壓榨法（圖 1g）及螺旋壓榨法（圖 1h），餅式壓榨法是將種仁粉碎經過炒或蒸後製成圓餅狀，放入餅式壓榨機中，施予圓餅垂直壓力來榨取油脂，所得的油脂清香顏色為淡黃色，在市場上，因利用餅式壓榨機榨油時無加溫過程，故經此法製成的苦茶油通常被稱為冷壓苦茶油；螺旋壓榨法則是將炒焙後的種仁放入螺旋壓榨機中，透過加溫的螺旋榨膛擠壓取得油脂，所得的油脂則有炒焙後的香味且顏色較深偏褐色，由上述 2 種物理壓榨法榨取油脂後再經沉澱、過濾及裝瓶，即可得到苦茶油（許富蘭等，2015）。



圖 1. 苦茶油的製程

Figure 1. Process of camellia seed oil

a：油茶樹園；b：乾燥後的油茶果實；c：脫去果殼的油茶種子；d：去除種殼的油茶種仁；e：水蒸機；f：炒焙機；g：餅式壓榨機；h：螺旋壓榨機；i：苦茶油過濾裝瓶。

(二) 苦茶油的組成成分

油脂的主要組成成分為三酸甘油酯，三酸甘油酯是由 3 個脂肪酸與 1 個甘油以酯鍵鍵結而成的物質，脂肪酸依碳鏈上的雙鍵數可分為 3 大類，分別是碳鏈以單鍵連結的飽和脂肪酸 (Saturated fatty acid, SFA)、碳鏈上有 1 個雙鍵的單元不飽和脂肪酸 (Monounsaturated fatty acid, MUFA)，以及碳鏈上有 2 個以上雙鍵的多元不飽和脂肪酸 (Polyunsaturated fatty acid, PUFA) (Rustan and Dreven, 2005)。每種植物油的脂肪酸組成皆不相同，由表 1 可以看出紫蘇 (*Perilla frutescens*) 籽油、核桃 (*Juglans regia*) 油、琉璃苣 (*Borago officinalis*) 油及松 (*Pinus aristata*) 籽油主要由多元不飽和脂肪酸組成，南瓜 (*Cucurbita pepo*) 籽油及芝麻 (*Sesamum indicum*) 油主要以單元及多元不飽和脂肪酸組成，杏仁 (*Amygdalus dulcis*) 油及橄欖 (*Olea europaea*) 油多以單元不飽和脂肪酸組成。另外，苦茶油的脂肪酸組成包括為不飽和脂肪酸的油酸 (Oleic acid; C18:1) 及亞油酸 (Linoleic acid; C18:2)，和屬於飽和脂肪酸的棕櫚酸 (Palmitic acid; C16:0) 及硬脂酸 (Stearic acid; C18:0) 等 (圖 2)，其中，油酸含量最多約佔整體脂肪酸的 70-90%，其次為亞油酸約佔 3-17% 及棕櫚酸約佔 7-14%，接著為硬脂酸約佔 1-5%，其他較微量 (< 0.3%) 的脂肪酸成分有肉豆蔻酸 (Myristic acid; C14:0)、棕櫚油酸 (Palmitoleic acid; C16:1) 及 α -亞麻酸 (α -Linolenic acid; C18:3) 等 (Ma *et al.*, 2011; Yuan *et al.*, 2013; Su *et al.*, 2014; Yang *et al.*, 2018)。

表 1. 植物油的脂肪酸組成

Table 1. Fatty acid composition of plant oil



Plant oil	Content (%)						Reference
	C16:0	C18:0	C18:1	C18:2	C18:3	Others	
紫蘇籽油	4.70	1.86	16.92	14.53	62.26	-	Li <i>et al.</i> , 2017
核桃油	6.44	2.58	14.13	51.44	16.29	-	Xie <i>et al.</i> , 2018
琉璃苣油	15.81	3.80	24.32	35.46	15.00	4.59	Soto <i>et al.</i> , 2008
松籽油	3.7	2.3	19.3	53.8	12.7	3.0	Matthäus <i>et al.</i> , 2018
芝麻油	9.60	4.93	39.11	43.38	0.28	0.53	Kurt, 2018
南瓜籽油	10.23	7.22	38.98	42.72	0.16	0.69	Aktaş <i>et al.</i> , 2018
杏仁油	7.1	1.0	68.5	23.0	-	-	Moayedi <i>et al.</i> , 2011
橄欖油	12.52	2.94	72.45	9.53	0.25	2.32	Kráčmar <i>et al.</i> , 2019

Others 包括 C14:0、C16:1、C17:0、C17:1、C20:0、C20:1、C20:2、C20:3、C22:0 及 C22:1 等。

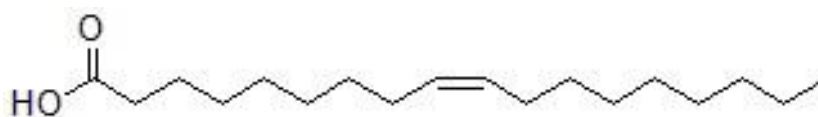
A



B



C



D

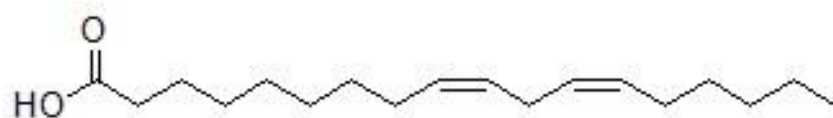


圖 2. 苦茶油中主要脂肪酸之化學結構

Figure 2. Chemical structures of the main fatty acids in Camellia seed oil

A：棕櫚酸 (Palmitic acid)；B：硬脂酸 (Stearic acid)；C：油酸 (Oleic acid)；

D：亞油酸 (Linoleic acid)。



除了三酸甘油酯外，苦茶油亦含有其他較少量的成分。王振瀾等人 (1994) 分析苦茶油中生育酚 (Tocopherol, TCP) 及固醇類 (Sterol) 的含量，得知苦茶油含有 4 種 TCP 分別為 α -TCP、 β -TCP、 γ -TCP 及 δ -TCP，其中不論是大果苦茶油或小果苦茶油皆以 α -TCP 的含量最多，其他依序為 γ -TCP、 β -TCP 與 δ -TCP；苦茶油中的固醇類種類以豆固醇 (Stigmasterol)、穀固醇 (Sitosterol) 及菜油固醇 (Campesterol) 為主，其中，大果苦茶油與小果苦茶油皆以豆固醇及穀固醇含量較高。另外，苦茶油還含有許多種抗氧化成分，如酚類化合物 (Phenolic compound) 包括苯甲酸 (Benzoic acid)、肉桂酸 (Cinnamic acid)、原兒茶酸 (Protocatechuic acid)、香草酸 (Vanillic acid)、對羥基苯乙酸 (*p*-Hydroxyphe-nylacetic acid)、兒茶素 (Catechin)、沒食子酸 (Gallic acid) 與芝麻素 (Sesamin) 等 (Lee and Yen, 2006；Wang *et al.*, 2017)，以及三萜類 (Triterpenoids) 的角鯊烯 (Squalene) 等抗氧化成分 (Xiao *et al.*, 2016)。



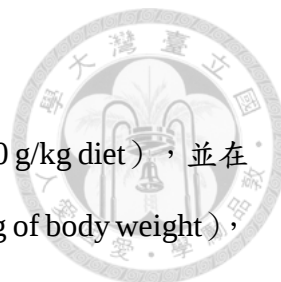
(三) 苦茶油的生物活性

因苦茶油含有豐富的活性成分，使其具有抗氧化、保肝護胃、降血脂及減少黑色素形成 (Melanogenesis) 等生物活性，以下將為其做簡單介紹。

1. 抗氧化活性

苦茶油中含有維生素、黃酮類、酚類及三萜類化合物等抗氧化活性成分，因此具有抗氧化能力。Lee and Yen (2006) 利用甲醇 (Methanol)、乙酸乙酯 (Ethyl acetate)、丙酮 (Acetone) 及乙腈 (Acetonitrile) 此 4 種不同溶劑萃取苦茶油，並測試溶劑提取物對 Di(phenyl)-(2,4,6-trinitrophenyl)iminoazanium (DPPH) 的清除能力以及測定總抗氧化能力 (Trolox equivalent antioxidant capacity, TEAC assay)。結果以甲醇提取物有較高的 DPPH 清除能力 (66.5%)，TEAC 值亦為甲醇提取物 (59.21 μM) 較高，證實苦茶油具抗氧化能力。另外，Chaikul *et al.* (2017) 利用 H_2O_2 處理 3T3-L1 細胞，並加入苦茶油來觀測其細胞活力 (Cell viability)，經 H_2O_2 處理後細胞活力為 76.50%，加入 3% 苦茶油後細胞活力升至 90.38%，苦茶油具保護經 H_2O_2 處理後細胞的作用，表示苦茶油具有抗氧化活性。

此外，Wei *et al.* (2016) 提到餵食苦茶油對秀麗隱桿線蟲體內抗氧化活性的影響，將食用及未食用苦茶油之線蟲培養於具有胡桃醌 (Juglone) 的環境中，使線蟲處於氧化逆境，其結果以食用苦茶油的線蟲存活率比未食用者高約 1.7 倍，且有顯著差異，證實苦茶油具有抗氧化能力。



2. 保肝護胃作用

Lee *et al.* (2007) 連續 6 週餵食大鼠苦茶油 (50、100 及 150 g/kg diet)，並在最後一日餵食 50% 四氯化碳 (Tetrachloromethane, CCl_4) (2 mL/kg of body weight)，觀察食用苦茶油與 CCl_4 對大鼠肝的影響。結果顯示，大鼠經 CCl_4 處理會出現肝細胞發生脂肪變性、壞死或細胞空泡化等狀況，餵食苦茶油處理則能減緩這些狀況發生，其保護機制包括抑制脂質過氧化，增加麩胱甘肽 (Glutathione, GSH) 含量。餵食苦茶油處理的 GSH 含量皆比僅施用 CCl_4 高 2-3 $\mu\text{mol}/\text{mg protein}$ (有顯著差異)，並提高抗氧化酶的作用，從而導致生物學參數的恢復和組織的完整性，因此證實苦茶油確實有保護肝的功能。

Cheng *et al.* (2014) 連續 3 週餵食大鼠苦茶油 (1、2 及 4 mL/kg)，並在最後一天餵食大鼠酮洛芬 (Ketoprofen) (50 mg/kg)，酮洛芬會導致胃腸黏膜氧化損傷，以此測試苦茶油是否有保護胃的作用。結果顯示，餵食大鼠 3 種不同劑量的苦茶油後會增加其體內 Heme oxygenase-1 (HO-1)、Glutathione peroxidase (GPx) 及 Superoxide dismutase (SOD) 的作用。以 GPx 和 SOD 為例，僅餵食酮洛芬之大鼠體內的 GPx 及 SOD 分別為 30 nmol/min/mg protein 及 45 unit/mg protein，而餵食苦茶油之大鼠體內的 GPx 及 SOD 可達 60-85 nmol/min/mg protein 及 100-150 unit/mg protein，有明顯的增加趨勢。此外，還能增加大鼠體內 Vascular endothelial growth factor (VEGF) 和 Prostaglandin E2 (PGE2) 蛋白的分泌，作為胃腸道氧化損傷的粘膜屏障。另外，餵食苦茶油之大鼠的 COX-2 蛋白質、Interleukin-6 (IL-6) 及亞硝酸鹽 (Nitrite oxide, NO) 皆比僅餵食酮洛芬的數值低，且有顯著差異，表示施用酮洛芬之前先餵食苦茶油的大鼠成功抑制 COX-2 蛋白質、IL-6 和 NO 的作用，減少胃腸粘膜的氧化損傷。用苦茶油預處理之大鼠能夠有效的抑制酮洛芬導致的胃腸黏膜損傷，證實苦茶油具有抗潰瘍作用。



3. 降血脂作用

攝取飽和脂肪酸含量高的油脂可能會在體內產生膽固醇，然而血液中的低密度脂蛋白膽固醇（Low-density lipoprotein cholesterol, LDL-C）若過高，血液中的氧化型低密度脂蛋白膽固醇（Oxidized LDL-C）會增加，則可能會產生血管阻塞或動脈硬化等症狀。Bumrungpert *et al.*（2016）的試驗中，將 50 位患有高膽固醇血症（Hypercholesterolemia）的女性分為 2 組，並分別食用富含苦茶油的飲食與大豆油烹煮的飲食。食用 8 週苦茶油飲食組的女性 Oxidized LDL-C 含量由 56.89 U/L 降低至 51.83 U/L，大豆油飲食組則由 58.28 U/L 升至 60.02 U/L，且經長時間飲食後 2 組的 Oxidized LDL-C 數值有顯著差異，證實苦茶油具有降低 Oxidized LDL-C 的作用，進而減少得到動脈粥狀硬化等疾病的風險。

4. 抑制黑色素形成

人體皮膚受刺激（如紫外光）時，會活化酪胺酸酶（Tyrosinase）的作用形成黑色素，因此，若能抑制酪胺酸酶的作用即可避免黑色素形成。Chaikul *et al.*（2017）研究苦茶油對酪胺酸酶的抑制能力，其結果顯示苦茶油可以明顯降低酪胺酸酶的活性並減少黑色素的形成，證明苦茶油具有開發為健康食品或化妝品的潛力。

(四) 苦茶油的品質

苦茶油的品質受到許多因素影響，如種子的產地、採收時間、存放過程與環境、榨油時的前處理（炒焙或水蒸）、前處理的溫度及時間等眾多條件都會影響到苦茶油的品質。油茶種子若經過炒焙前處理再榨油，除了可以提高榨油率，所得到的苦茶油還會有炒焙後的香味，但是炒焙前處理是否會影響苦茶油的品質，炒焙溫度又會如何影響苦茶油，是值得探討的問題。中華民國國家標準（Chinese national standards, CNS）定義壓榨苦茶油的品質標準（表 2），包括香氣及風味、顏色、透明度、水分及揮發物、夾雜物、比重、折射率、碘價、酸價、過氧化價、皂化價、不皂化物與脂肪酸組成等項目。其中香氣、顏色、透明度是人體感官可判斷的項目，亦可以利用儀器做分析，如利用分光光度計測定顏色參數，或利用固相微萃取（Solid phase microextraction, SPME）分析揮發性成分並了解其部分香氣組成。而酸價、過氧化價及脂肪酸組成是影響油脂品質的重要因素，酸價為測定中和 1 g 油脂所含游離脂肪酸需要的氫氧化鉀；過氧化價即為測量油脂中初級氧化產物，亦即氫过氧化物的濃度（Cebi *et al.*, 2017）。另外，雖然未規範苦茶油的油脂穩定指數，但它是用來評估油脂的氧化穩定性（Farhoosh *et al.*, 2008）的重要指標之一。油脂中所含的抗氧化成分如 TCP、角鯊烯或酚類化合物等亦是影響油脂品質的因素。因此，本文將接著討論炒焙前處理對各種植物種子油性質的影響。

表 2. 食用苦茶油之品質要求 (CNS15817, 2015)

Table 2. Quality requirements for edible camellia seed oil (CNS15817, 2015)

項目	等級	
	一級	二級
一般性狀	具苦茶油特有香氣及風味，無異味	
顏色	具苦茶油特有顏色	
透明度	透明澄清	
水分及揮發物 (%m/m)	0.15 以下	0.20 以下
夾雜物 (%m/m)	0.05 以下	
比重 (20°C/20°C)	0.912~0.922	
折射率 (ND 40°C)	1.460~1.464	
碘價	83~89	
酸價 (mg KOH/g oil)	1.5 以下	3.0 以下
過氧化價 (milliequivalents of active oxygen/kg oil)	6.0 以下	10 以下
皂化價 (mg KOH/g oil)	193~196	
不皂化物 (%m/m)	1.5 以下	
飽和脂肪酸	7~12	
脂肪酸組成 (%) C18:1	74~87	
C18:2	6~14	



二、炒焙對植物種子油性質之影響

油脂的性質會受到許多因素影響，其中種子炒焙前處理是影響植物種子油性質的重大因素之一。市面上有多種植物油製油前會經過種子炒焙處理，而目前炒焙對苦茶油性質影響的相關研究較少，因此本文挑選市面上常見的種子油包括南瓜籽油、芝麻油及核桃油，其主要皆由不飽和脂肪酸組成，並含有豐富的抗氧化成分，以下將簡單介紹種子炒焙前處理對南瓜籽油、芝麻油及核桃油的影響。

（一）炒焙對南瓜籽油的影響

Nederal *et al.* (2012) 的研究中比較未炒焙與炒焙前處理所製得之南瓜籽油的組成成分及 OSI。由表 3 可見其研究結果，種子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%、亞油酸 46.5% 及其他脂肪酸 1.2%；而種子經炒焙之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%、亞油酸 46.7% 及其他脂肪酸 1.1%，因此可以了解南瓜籽經 110°C 炒焙 45 min 並不會對南瓜籽油的脂肪酸組成造成明顯的影響。抗氧化成分中，種子未經炒焙之南瓜籽油的總 TCP 為 422.7 mg/kg，總酚類化合物含量 (TPC) 為 12.6 mg/kg of caffeic acid；而種子經炒焙之南瓜籽油的總 TCP 為 381.9 mg/kg，TPC 為 33.9 mg/kg of caffeic acid，種子經炒焙之南瓜籽油的總 TCP 較低是因為氧化反應降低其含量，TPC 含量較高則是因為細胞受熱而釋放出酚類化合物。另外，種子未炒焙與炒焙之南瓜籽油的 OSI 值分別為 25.6 及 30.3 h，表示種子經炒焙後的南瓜籽油有較好的氧化穩定性。

表 3. 種子炒焙對南瓜籽油之影響 (Nederal *et al.*, 2012)

Table 3. Effect of seed roasting on pumpkin seed oil (Nederal *et al.*, 2012)

Properties		Seed pretreatment	
		Unroasted	Roasted (110°C, 45 min)
Fatty acid (%)	Palmitic acid	11.6	11.7
	Stearic acid	5.3	5.3
	Oleic acid	35.4	35.2
	Linoleic acid	46.5	46.7
	Other	1.2	1.1
TCP (mg/kg)		422.7	381.9
TPC (mg/kg of caffeic acid)		12.6	33.9
OSI (h)		25.6	30.3

種子炒焙前處理對油脂的影響除了上述提到的因素之外，還會影響其揮發性成分。Siegmund and Murkovic (2004) 的研究中分析種子炒焙溫度與時間對南瓜籽油揮發性成分的影響，其分析出的揮發性成分包括 11 種醛類化合物 (Aldehyde)、4 種酮類化合物 (Ketone)、7 種醇類化合物 (Alcohol)、4 種呋喃衍生物 (Furan derivative)、2 種硫化合物及 6 種 *n*-Heterocyclic 化合物。種子中的胺基酸與羥基在受熱過程中產生 Strecker degradation 而形成醛類化合物 2-Methylpropanal、3-Methylbutanal、2-Methylbutanal 及 Phenylacetaldehyde 與硫化合物 Dimethylsulfide 及 3-(Methylthio)-propanal，其中 3-(Methylthio)-propanal 為 Strecker degradation 的典型產物，具煮熟之馬鈴薯的氣味，對南瓜籽油的香氣有很大的影響。其他醛類化合物如 Pentanal、Hexanal、(*E*)-2-Heptenal 以及 Nonanal 是因脂質氧化而產生，且其含量隨著炒焙溫度及時間增加而上升，這些醛類化合物帶有鮮味、草味與輕微的

水果味，對南瓜籽油的香氣亦有重大的影響。另外，呋喃衍生物的產生可能是因為脂質過氧化或碳水化合物降解，吡嗪(Pyrazine)化合物可能是經梅納反應(Maillard reaction)產生，吡嗪化合物具堅果味、咖啡味、木質味和泥土味，對南瓜籽油的氣味同樣有很大的影響。

(二) 炒焙對芝麻油的影響

Ji *et al.* (2019) 的研究中將芝麻以不同溫度炒焙後榨油，並比較其顏色、味道、組成、AV 及 POV。其研究結果提到種子炒焙溫度越高，芝麻油的顏色由淡黃色(180°C)轉為棕色(200°C)再轉為深棕色或黑色(240°C)，且外觀偏黑色的芝麻油會失去芝麻油特有的澀味、草味及苦味，所以芝麻的炒焙溫度不適合高於200°C。由表 4 可見炒焙溫度對芝麻油脂肪酸組成之影響，種子未炒焙之芝麻油的脂肪酸組成為 C16:0 (9.13%)、C16:1 (0.11%)、C18:0 (5.14%)、C18:1 (36.87%)、C18:2 (47.81%)、C18:3 (0.35%)、C20:0 (0.42%) 及 C20:1 (0.17%)；種子經 160°C 炒焙之芝麻油的脂肪酸組成為 C16:0 (9.16%)、C16:1 (0.15%)、C18:0 (5.27%)、C18:1 (36.57%)、C18:2 (47.84%)、C18:3 (0.33%)、C20:0 (0.54%) 及 C20:1 (0.14%)；種子經 180°C 炒焙之芝麻油的脂肪酸組成為 C16:0 (9.04%)、C16:1 (0.17%)、C18:0 (5.51%)、C18:1 (37.35%)、C18:2 (46.92%)、C18:3 (0.31%)、C20:0 (0.55%) 及 C20:1 (0.15%)；種子經 200°C 炒焙之芝麻油的脂肪酸組成為 C16:0 (9.10%)、C16:1 (0.11%)、C18:0 (5.38%)、C18:1 (37.16%)、C18:2 (46.99%)、C18:3 (0.43%)、C20:0 (0.61%) 及 C20:1 (0.19%)，由此得知隨著種子炒焙溫度上升，芝麻油的脂肪酸組成並不會有明顯的改變。而芝麻油的總 TCP 則是隨著種子炒焙溫度上升而下降，其原因為種子在炒焙時產生氧化反應且細胞被破壞進而降低其含量。另外，隨著種子炒焙溫度上升，AV 呈上升的趨勢，POV 則呈下降趨勢，AV 上升是因為油脂降解與氧化產生游離脂肪酸，POV 下降是因為炒焙溫度使過氧化物分解。

表 4. 種子炒焙對芝麻油脂肪酸組成之影響 (Ji *et al.*, 2019)

Table 4. Effect of seed roasting on fatty acid composition of sesame oil (Ji *et al.*, 2019)

Fatty acid (%)	Seed pre-roasting (°C / min)			
	0 / 0	160 / 20	180 / 20	200 / 20
C16:0	9.13	9.16	9.04	9.10
C16:1	0.11	0.15	0.17	0.11
C18:0	5.14	5.27	5.51	5.38
C18:1	36.87	36.57	37.35	37.16
C18:2	47.81	47.84	46.92	46.99
C18:3	0.35	0.33	0.31	0.43
C20:0	0.42	0.54	0.55	0.61
C20:1	0.17	0.14	0.15	0.19

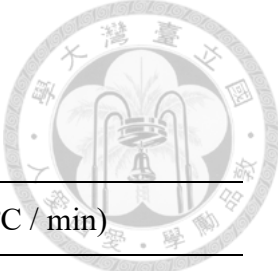
此外，Park *et al.* (2011) 分析種子炒焙前處理對芝麻油揮發性成分的影響，其分析出的揮發性成分包括 12 種吡嗪化合物、10 種呋喃衍生物、7 種噻唑衍生物 (Thiazole derivative)、6 種醛類化合物及 9 種其他化合物。隨著炒焙溫度及時間上升，吡嗪化合物、呋喃衍生物、噻唑衍生物及醛類化合物的含量皆明顯增加，梅納反應是芝麻種子炒焙時發生的主要化學反應之一，這些化合物的形成與增加皆與梅納反應有關。此外，吡嗪化合物被認為是芝麻種子炒焙後的典型產物。

(三) 炒焙對核桃油的影響

Gao *et al.* (2019) 的研究中將核桃以不同溫度炒焙後榨油，並比較其組成、AV、POV 及 OSI。由表 5 可見其研究結果，種子未炒焙之核桃油的脂肪酸組成為 C16:0 (6.33%)、C18:0 (2.82%)、C18:1 (19.01%)、C18:2 (63.47%)、C18:3 (8.16%) 及 C20:0 (0.21%)；種子經 140°C 炒焙之核桃油的脂肪酸組成為 C16:0 (6.48%)、C18:0 (2.88%)、C18:1 (18.35%)、C18:2 (63.69%)、C18:3 (8.40%) 及 C20:0 (0.22%)；種子經 160°C 炒焙之核桃油的脂肪酸組成為 C16:0 (6.34%)、C18:0 (3.03%)、C18:1 (17.78%)、C18:2 (64.29%)、C18:3 (8.34%) 及 C20:0 (0.22%)；種子經 180°C 炒焙之核桃油的脂肪酸組成為 C16:0 (6.51%)、C18:0 (2.92%)、C18:1 (18.47%)、C18:2 (63.46%)、C18:3 (8.44%) 及 C20:0 (0.22%)，由此得知隨著種子炒焙溫度上升，核桃油的脂肪酸組成並不會有明顯的改變。其抗氧化成分結果為種子未炒焙與經 140、160、180°C 炒焙之核桃油的總 TCP 分別為 439.22、488.28、472.38 及 476.27 mg/kg of oil，角鯊烯含量分別為 6.02、4.51、4.40 及 5.39 mg/kg of oil，多酚類 (Polyphenols) 含量分別為 28.31、30.08、34.36 及 34.43 mg/kg of oil，種子經炒焙之核桃油的總 TCP 及多酚類含量增加而角鯊烯含量下降，另外，隨著炒焙溫度上升，總 TCP 及角鯊烯含量先降後升，多酚類含量則增加。種子未炒焙與經 140、160、180°C 炒焙之核桃油的 AV 分別為 0.40、0.33、0.46 及 0.47 mg KOH/g，POV 分別為 1.38、1.34、1.34 及 1.35 mmol/kg，在統計上並無明顯的差異。種子未炒焙與經 140、160、180°C 炒焙之核桃油的 OSI 值分別為 3.63、3.61、3.82 及 4.19 h，隨著種子炒焙溫度上升，OSI 值呈上升的趨勢。綜合上述結果，炒焙前處理適用於製作核桃油。

表 5. 種子炒焙對核桃油之影響 (Gao *et al.*, 2019)

Table 5. Effect of seed roasting on walnut oil (Gao *et al.*, 2019)



Properties		Seed pre-roasting (°C / min)			
		0 / 0	140 / 5	160 / 5	180 / 5
Fatty acid (%)	C16:0	6.33	6.48	6.34	6.51
	C18:0	2.82	2.88	3.03	2.92
	C18:1	19.01	18.35	17.78	18.47
	C18:2	63.47	63.69	64.29	63.46
	C18:3	8.16	8.40	8.34	8.44
	C20:0	0.21	0.22	0.22	0.22
TCP (mg/kg of oil)		439.22	488.28	472.38	476.27
Squalene (mg/kg of oil)		6.02	4.51	4.40	5.39
Polyphenols (mg/kg of oil)		28.31	30.08	34.36	34.43
AV (mg KOH/g)		0.40	0.33	0.46	0.47
POV (mmol/kg)		1.38	1.34	1.34	1.35
OSI (h)		3.63	3.61	3.82	4.19

三、種子炒焙產生之化學反應

在炒焙過程中產生的化學反應主要為梅納反應及焦糖化反應 (Caramelization) (Taş and Gökmen, 2017)。種子炒焙過程中產生的梅納反應會提高種子油的穩定性及抗氧化活性。此外，經炒焙後的種子油中會含有梅納型褐變反應 (Browning reaction) 產物，這些產物會加深油的顏色並增加食物的香氣。梅納反應是指胜肽 (Peptide) 或蛋白質中的游離胺基與糖或碳水化合物中的羰基受熱後產生的相互作用，是一系列複雜的反應，如環化、脫水、異構化、縮合及 Strecker degradation 等，其產物有許多種，包括低分子量的烴類、醇類、酮類、醛類、酯類、醚類及異環族化合物 (Heterocyclic compound) 的揮發性化合物，以及中至高分子量的多酚類化合物、胜肽聚合物與棕色色素 (Lee and Shibamoto, 2002; Shrestha and Meulenaer, 2014; Troise, 2018)。焦糖化反應則涉及糖異構化及糖降解反應，進一步的反應包括脫水、二羧酸裂解 (Dicarboxylic cleavage)、逆醛醇縮合 (Retro-aldol reaction)、醛醇縮合 (Aldol condensation) 及自由基反應 (radical reactions) 等，焦糖化反應過程中形成的一些產物與梅納反應相同，如 Dicarbonyl 化合物和 5-Hydroxymethylfurfural 等 (Taş and Gökmen, 2017)。



參、材料與方法

一、材料

本研究大果油茶 (*Camellia oleifera* Abel.) 種子來自中國江西鷹潭，請廠商將種子由室溫炒焙至 80、100 及 120°C 即停止，並使用螺旋榨油機壓榨過濾製成苦茶油，苦茶油保存於黑暗、密閉及 4°C 的環境。葵花油使用市售油品。

二、藥品與溶劑

本研究使用的藥品包括氫氧化鉀 (Potassium hydroxide) (Fisher, USA)、碘化鉀 (Potassium iodide) (Sigma, USA)、五倍子酸 (Gallic acid, GA) (Sigma, USA)、碳酸鈉 (Sodium carbonate) (Sigma, USA)、Folin-Ciocalteu reagent (Sigma, USA)、agar (Sigma, USA)、Cholesterol (Sigma, USA)、Potassium phosphate dibasic (Sigma, USA)、二甲基亞砷 (Dimethyl sulfoxide, DMSO) (Sigma, USA)、二水氯化鈣 (Calcium chloride dehydrate) (Sigma, USA)、硫酸鎂 (Magnesium sulfate) (Sigma, USA)、quercetin (Sigma, USA)、硫代硫酸鈉 (Sodium thiosulfate) (Merck, Germany)、25% Tetramethylammonium hydroxide (TMAH) (Acros, Belgium)、氯化鈉 (Sodium chloride) (Acros, Belgium)、Potassium phosphate monobasic (Acros, Belgium)、Caffeine (Acros, Belgium)、LB broth (Affymetrix, USA)、Peptone (BioShop, Canada)、及無水硫酸鈉 (Sodium sulfate anhydrous) (J. T. Baker, USA)，標準品包括十五烷酸甲酯 (Methyl pentadecanoate) (Sigma, USA)、 α -Tocopherol (Sigma, USA)、Squalene (Acros, Belgium) 及 C7-C30 Saturated alkanes (Sigma, USA)。

本研究使用的溶劑包括乙醇 (Ethanol) (Fisher, USA)、乙醚 (Diethyl ether) (Fisher, USA)、冰醋酸 (Acetic acid glacial) (Fisher, USA)、甲醇 (Methanol) (Merck, Germany)、異丙醇 (Isopropanol) (Merck, Germany)、正己烷 (*n*-Hexane) (Merck, Germany)、三氯甲烷 (Chloroform) (Merck, Germany) 及異辛烷 (Isooctane) (Acros, Belgium)。



三、方法

(一) 顏色參數

取 1.5 mL 苦茶油於 Cuvette 中，利用分光光度計 (U-3010, Hitach) 測量波長 380-780 nm 的透光率以得到苦茶油的 L^* 、 a^* 及 b^* 值，並利用公式 1 計算經不同溫度炒焙苦茶油之間的色差值 (ΔE^*)。

$$\Delta E^* = [(L_2^* - L_1^*)^2 + (a_2^* - a_1^*)^2 + (b_2^* - b_1^*)^2]^{1/2} \text{-----} 1$$

(二) 脂肪酸組成

參考李敏雄等人 (1990) 及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，精確秤取 0.1 g 苦茶油，加入 3 mL 乙醚，配製成油液並以 vortex 劇烈振盪，接著加入 0.5 mL 25% TMAH，使油脂產生皂化與甲酯化反應，10 min 後加 3 mL 水停止反應，並添加 3 mL 飽和氯化鈉溶液，使甲基化脂肪酸與水明顯分層，再添加 1 mL 0.5% (w/v) 內標準溶液，內標準溶液的配置方法是精秤 0.05 g 十五烷酸甲酯並以正己烷定容至 10 mL，最後取上層液至樣品瓶，添加適量無水硫酸鈉去除水分，以 0.45 μm 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 (內膜厚度 0.2 μm ，內徑 0.25 mm $\times$ 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。

(三) Squalene 及 α -Tocopherol 含量

首先配置 7:3 (v/v) 的三氯甲烷/正己烷混合液作為溶劑，與苦茶油配置成 20% 的油液，再分別與 Squalene 及 α -Tocopherol 配置成 400 ppm 的標品，接著依照表 6 配置標準品添加組合，配置最終濃度為 10% 油樣+ 20 ppm 標品、10% 油樣+ 40 ppm 標品及 10% 油樣+ 60 ppm 標品之低中高濃度組合，以 0.45 μ m 濾膜過濾注入樣品瓶後，使用合相層析儀 (Ultra performance convergence chromatography, UPCC) (Acquity UPC², Waters) 進行分析，管柱為 BEH (內膜厚度 1.7 μ m，內徑 3 $\times$ 100 mm)，將分析結果積分計算出迴歸式之後可得苦茶油中 Squalene 及 α -Tocopherol 的含量。

表 6. 標準品添加分析中 Squalene 與 α -Tocopherol 的含量配置組合

Table 6. The spike combination for squalene and α -tocopherol content of camellia seed oil

添加物	低濃度 [#]	中濃度 [#]	高濃度 [#]
溶劑* (μ L)	450	400	350
20%油 (μ L)	500	500	500
400 ppm 標品* (μ L)	50	100	150

* 溶劑為 7:3 (v/v) 的三氯甲烷/正己烷混合液，標品為 Squalene 及 α -Tocopherol。

[#] 低濃度：10% 油樣+ 20 ppm 標品；中濃度：10% 油樣+ 40 ppm 標品；高濃度：10% 油樣+ 60 ppm 標品。

(四) 總酚類化合物含量

本研究參考並修改 Kujala *et al.* (2000) 之試驗方法，將異丙醇加入油樣中 (v: v = 1 : 1) 配置成油液，並使用 GA 作為定量用之參考標準品，以去離子水配置濃度分別為 0.0625、0.0312、0.0156、0.0078 及 0.0039 mg/mL 之 GA 溶液。取 60 μ L 油液添加 960 μ L 去離子水，再加入 60 μ L 2.0 N 的 Folin-Ciocalteu reagent，搖晃混合 5 min 後加入 120 μ L 35%碳酸鈉溶液，搖晃混合 3 min 後，以 13000 rpm 離心 5 min，取清液置入 Cuvette 中以分光光度計測量其波長 750 nm 的吸光值。將油樣吸光值代入標準品之迴歸式即可算出每 g 樣品中所含之 GA 相對含量 (Gallic acid equivalent, GAE)，並以此表示油樣之總酚類化合物含量。

(五) 酸價及過氧化價

本研究之酸價及過氧化價試驗方法分別參考 CNS 3647 及 CNS 3650，並使用滴定儀 (Titration Excellence T5, Mettler Toledo) 測定。

酸價之試驗方法為秤取 2.5 g 油樣於滴定杯中，以 35 mL 乙醇/乙醚溶液 (v: v = 1 : 1) 溶解，並用 0.1 N 氫氧化鉀乙醇溶液滴定至 pH 10 之滴定終點，依公式 2 計算其酸價。

$$\text{酸價 (mg KOH/g)} = V \times C \times 56.1 \div W \text{-----2}$$

V = 滴定所消耗氫氧化鉀乙醇溶液 (mL)

C = 氫氧化鉀乙醇溶液之實際濃度 (N)

W = 樣品之重量 (g)

過氧化價之試驗方法為秤取 5 g 油樣於滴定杯中，以 40 mL 冰醋酸/異辛烷溶液 (v : v = 3 : 2) 溶解，再添加 0.5 mL 飽和碘化鉀溶液及 30 mL 去離子水，並用 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，依公式 3 計算其過氧化價。

$$\text{過氧化價 (meq O}_2\text{/kg)} = (S - B) \times N \times 1000 \div W \text{ -----3}$$

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)

(六) 油脂穩定指數

參考 CNS 14876 以油脂氧化穩定分析儀(892 Professional Rancimat, Metrohm) 進行 OSI 分析。秤取 3 g 油脂，於空氣流量 9 L/h 及溫度 120°C 之環境下，使油脂產生可溶於水之揮發性物質，揮發性物質溶於水後分析水中導電度變化，試驗過程中導電度急速升高之時間點，即為油脂氧化大量產生劣化物的時間點，此值即為 OSI。

(七) 揮發性成分

利用頂空固相微萃法 (Head-space solid phase microextraction, HS-SPME) 吸附種子經不同溫度炒焙之苦茶油的揮發性成分。參考並修改 Park *et al.* (2011) 及 Cao *et al.* (2016) 之試驗方法，取 1 g 苦茶油於 20 mL vial 中，置於溫度 50°C 的水浴槽 (B-490, BUCHI) 中，以 SPME holder (Supelco, USA) 萃取 30 min，使用之吸附纖維 (Fiber) 為 50/30 μm DVB/CAR/PDMS (Supelco, USA)，SPME holder 使用前先插入 GC-MS 進樣口，將吸附纖維以 250°C 脫附 5 min。以 SPME holder 萃取完

成後，將 SPME holder 插入 GC-MS 進樣口中，將吸附纖維以 250°C 脫附 5 min，將苦茶油的揮發性成分脫附於 GC-MS 中分析。層析管柱為 DB-5 ms（內膜厚度 0.25 μm，內徑 0.25 mm × 30 m），層析管溫度初溫 40°C，持溫 2 min；升溫速率 6°C/min；溫度 160°C；升溫速率 10°C/min；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。

揮發性化合物的定性方式是比較其 KI (Kovats index) 及質譜碎片圖 (NIST11 database)。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) 依公式 4 計算揮發性成分的 KI。

$$KI(x) = 100 P_n + 100 [(\log RT(x) - \log RT(P_n)) / (\log RT(P_{n+1}) - \log RT(P_n))] \text{ -----4}$$

RT(x)：未知化合物 x 之滯留時間

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

(八) 線蟲生物活性

1. 大腸桿菌 (*Escherichia coli* OP50) 培養

E. coli OP50 取自國立臺灣大學分子與細胞生物學研究所吳益群老師實驗室。利用接種環輕輕刮取培養基上生長完成之 *E. coli* OP50 單一菌落，放入 LB medium，置於溫度 37°C 及轉速 60 rpm 的培養箱中培養約 24 h，此時原本清澈透明之 LB medium 會呈現混濁狀。

LB medium 的配置方法為將 LB broth (Affymetrix, USA) 粉末以二次蒸餾水配置成濃度 20 g/L，再放入滅菌釜中以 121°C 高壓滅菌 20 min，降溫後即可使用。



2. NGM agar plate 製備

將 3 g NaCl、17 g Agar、2.5 g Peptone、1 mL Cholesterol (5 mg/mL in Ethanol) 及 25 mL 1 M K Phosphate buffer (pH 6.0) 放入血清瓶中，並以二次蒸餾水帶至 1000 mL，混合後放入滅菌釜中以 121°C 高壓滅菌 20 min，滅菌降溫後於無菌操作台中加入經 0.22 μ m Filter 過濾的 0.5 M 氯化鈣水溶液及 0.5 M 硫酸鎂水溶液各 2 mL，均勻混合後將 10 mL NGM agar 注入直徑 6 cm 且經紫外光殺菌後之塑膠培養皿中，置於無菌操作台中等待冷卻凝固，之後保存於 4°C 冰箱中以供使用。

3. 野生種及基因轉殖秀麗隱桿線蟲培養

C. elegans wild type N2 strain 及基因轉殖線蟲 GCM101 (dvls100[Punc-54::humanA-beta 1-42::unc-54_3'UTR+Pmtl-2::gfp]) 取自國立臺灣大學分子與細胞生物學研究所吳益群老師實驗室。線蟲生長於塗有 *E. coli* OP50 菌液之 NGM agar，並分別置於 20°C 及 16°C 之培養箱中培養。

4. 線蟲熱休克 (Heat shock) 試驗

參考並修改 Lithgow *et al.* (1995) 之試驗方法，將不同溫度炒焙之苦茶油以 DMSO 與 *E. coli* OP50 菌液配置為最終濃度 0.005%、0.01%、0.02%、0.04% 及 0.08% (v/v) 之樣品，再取 200 μ L 混合油樣的菌液均勻塗抹於 NGM agar plate，接著以白金絲挑取 20 隻齡期為 L4 的 N2 線蟲於 NGM agar plate，於 20°C 培養箱中培養 24 h，之後將 plate 置於線蟲致死溫度 37°C 培養箱中培養 2 h，最後取出 Plate 在解剖顯微鏡下觀察並利用白金絲碰觸，若不會移動即判斷為死亡，以此計算線蟲存活率。

5. 線蟲麻痺 (Paralysis) 試驗

參考並修改 Dostal *et al.* (2010) 之試驗方法，將不同溫度炒焙之苦茶油以 DMSO 與 *E. coli* OP50 菌液配置為最終濃度 0.005%、0.01%、0.02%、0.04% 及 0.08% (v/v) 之樣品，再取 200 μ L 混合油樣的菌液均勻塗抹於 NGM agar plate，接著以白金絲挑取 20 隻齡期為 L4 的 GCM101 線蟲於 NGM agar plate，於 16°C 培養箱中培養 24 h，之後將 plate 置於 25°C 培養箱中培養 48 h，最後取出 plate 在解剖顯微鏡下觀察並利用白金絲碰觸，若不能正常移動即判斷為麻痺，以此計算線蟲麻痺率。

(九) 統計方法

試驗中 Squalene 及 α -Tocopherol 含量測定是以標準品添加分析 (Spike analysis)，故未進行 3 重複及統計分析，其他試驗皆為 3 重複，數據以 mean $\pm$ SD 表示。使用 SPSS 統計軟體以 Scheffe 法 (信賴區間為 95%) 及 Pearson's test analysis 分析理化性質，以主成分分析法 (Principal component analysis, PCA) 分析揮發性成分，並以成對樣本 T 檢定分析線蟲試驗結果。



肆、結果與討論

一、炒焙溫度對大果苦茶油理化性質之影響

(一) 顏色變化

大果油茶種子經不同溫度炒焙後製作之苦茶油的顏色參數如表 7 所示。L*代表亮度 (Brightness)，值越大亮度越高，種子經 80°C 炒焙所製之苦茶油的 L*為 90.70 ± 0.08 ，100°C 為 88.59 ± 0.54 ，120°C 為 83.66 ± 0.12 ；a*若為負值代表綠色，正值則代表紅色，其絕對值越高表示顏色越深，種子經 80°C 炒焙所製之苦茶油的 a*為 -2.73 ± 0.06 ，100°C 為 -2.14 ± 0.12 ，120°C 為 7.10 ± 0.05 ；b*若為負值代表藍色，正值則代表黃色，其絕對值越高表示顏色越深，種子經 80°C 炒焙所製之苦茶油的 b*為 85.59 ± 0.04 ，100°C 為 80.50 ± 0.50 ，120°C 為 109.35 ± 0.22 。由 ΔE^* 亦可知 3 種苦茶油的顏色差異可明顯以肉眼觀察，種子炒焙溫度由 80°C 升高至 120°C 所製得苦茶油的亮度降低，並由黃色轉變成黃棕色。Ji *et al.* (2019) 將芝麻籽經不同溫度炒焙後榨油，隨著炒焙溫度上升芝麻油的顏色由淺黃色變為棕色再轉變為深棕色或黑色。隨種子炒焙溫度升高，油脂顏色加深，可能是因為炒焙過程中產生梅納反應、焦糖化反應及油脂降解形成褐色物質而有此現象 (Anjum *et al.*, 2006)。

表 7. 不同種子炒焙溫度之大果苦茶油顏色參數

Table 7. Color parameters of *Camellia 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	0.00 ± 0.00
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

Data with different letters are significantly different at $p < 0.05$.

ΔE^* calculation is based on *Camellia oleifera* seed oil by roasting at 80°C as the reference color.

(二) 脂肪酸組成

大果油茶種子經不同溫度炒焙後製作之苦茶油的脂肪酸組成由表 8 及圖 3 所示。本研究中苦茶油之脂肪酸組成有 7 種，包括肉豆蔻酸、棕櫚酸、硬脂酸、油酸、亞油酸、 α -亞麻酸及二十烯酸 (*cis*-11-Eicosenoic acid; C20:1)，其中以油酸含量最多，其含量分別為 717.90 ± 17.32 (80°C)、 719.09 ± 6.35 (100°C) 與 707.07 ± 4.84 (120°C) mg/g；其次為棕櫚酸，其含量分別為 82.91 ± 0.52 (80°C)、 81.71 ± 0.29 (100°C) 與 81.64 ± 0.64 (120°C) mg/g；接著為亞油酸，其含量分別為 74.45 ± 0.61 (80°C)、 75.61 ± 3.79 (100°C) 與 73.21 ± 0.47 (120°C) mg/g；較少量的為硬脂酸，其含量分別為 16.21 ± 0.36 (80°C)、 16.83 ± 0.94 (100°C) 與 16.70 ± 0.09 (120°C) mg/g；其他較微量的脂肪酸為肉豆蔻酸、 α -亞麻酸及二十烯酸，含量皆小於 3 mg/g。另外，CNS 規範之脂肪酸組成與含量為飽和脂肪酸佔 7-12%、C18:1 佔 74-87%及 C18:2 佔 6-14% (表 2)，本研究之苦茶油飽和脂肪酸約佔 10-11%、C18:1 約佔 80% 及 C18:2 約佔 8-9%，符合 CNS 規範壓榨苦茶油之脂肪酸組成與含量。

不同種子炒焙溫度之苦茶油的脂肪酸組成及含量並無顯著差異，由此可知種子炒焙溫度由 80°C 升高至 120°C 並不會影響苦茶油整體的脂肪酸組成與含量，與 Nederal *et al.* (2012)、Ji *et al.* (2019) 及 Gao *et al.* (2019) 等文獻回顧中提到之研究結果相同。

表 8. 不同種子炒焙溫度之大果苦茶脂肪酸含量

Table 8. Content of fatty acids in *Camellia oleifera* seed oils by different roasting temperatures



Fatty acid	Roasting temperature (°C)		
	80	100	120
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
cis-11-Eicosenoic acid (C20:1)	2.58 ± 0.22	2.51 ± 0.21	2.91 ± 0.06
Saturated	99.26 ± 0.15	98.66 ± 1.08	98.47 ± 0.54
Monounsaturated	720.48 ± 17.52	721.59 ± 6.18	709.98 ± 4.91
Polyunsaturated	75.38 ± 0.55	76.44 ± 3.78	74.05 ± 0.43

Unit: mg/g.

There was no significant difference in the fatty acid content of *Camellia oleifera* seed oil after different roasting temperatures by Scheffe's method ($p < 0.05$).

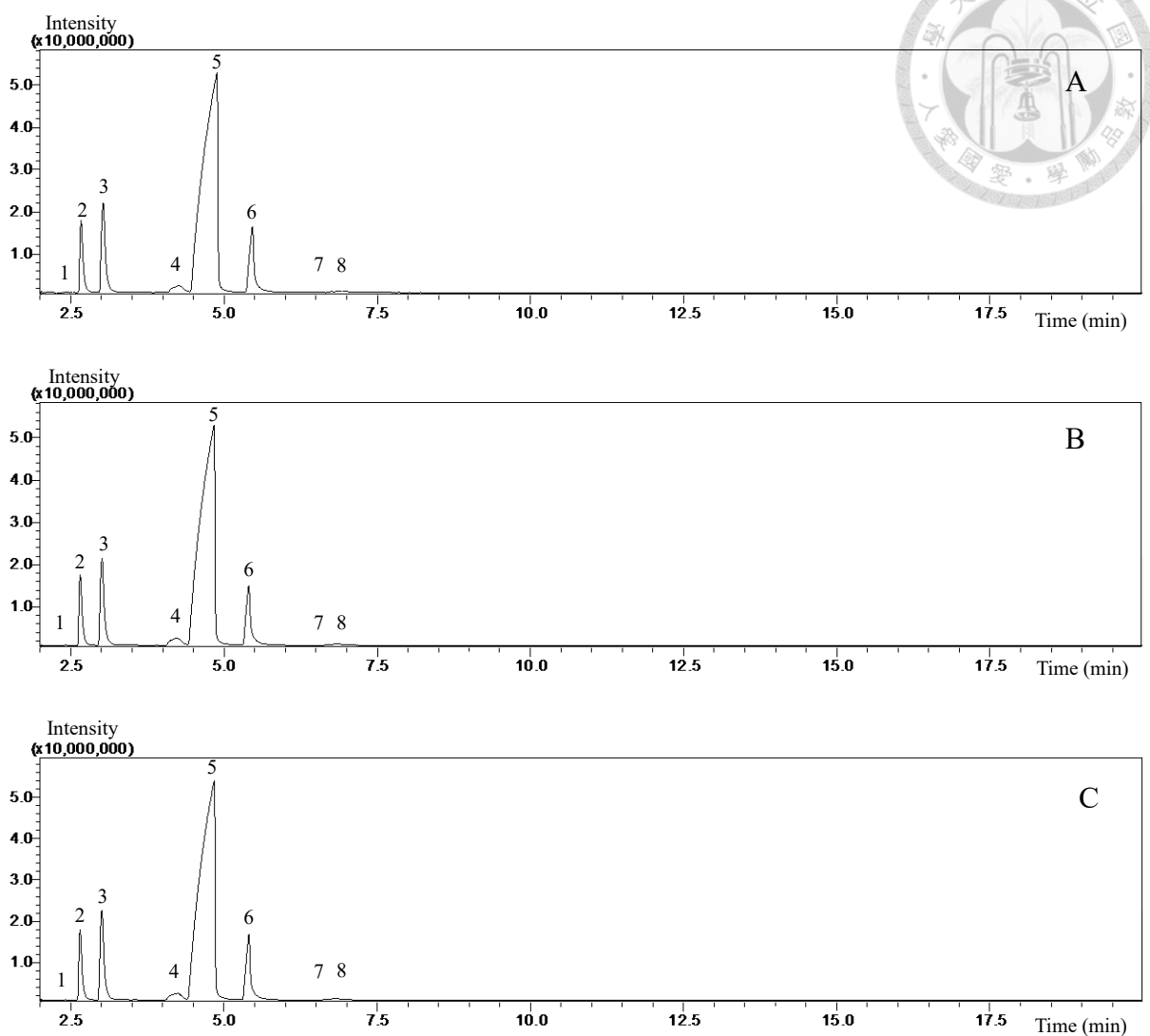


圖 3. 大果苦茶油脂肪酸組成之層析圖

Figure 3. Gas chromatographic analysis of fatty acids in *Camellia oleifera* seed oils

A：種子經 80°C 炒焙之大果苦茶油；B：種子經 100°C 炒焙之大果苦茶油；C：種子經 120°C 炒焙之大果苦茶油。1：Myristic acid；2：Pentadecanoic acid (standard)；3：Palmitic acid；4：Stearic acid；5：Oleic acid；6：Linoleic acid；7： α -Linolenic acid；8：*cis*-11-Eicosenoic acid。

(三) Squalene 及 α -Tocopherol 含量

大果油茶種子經不同溫度炒焙後製作之苦茶油的 Squalene 及 α -Tocopherol 含量由表 9 所示。種子經 80°C 炒焙之苦茶油的 Squalene 含量為 227.9 ppm，100°C 為 235.7 ppm，120°C 為 244.6 ppm，隨著種子炒焙溫度升高苦茶油的 Squalene 含量呈上升趨勢。Gao *et al.* (2019) 將芝麻籽以溫度 140、160 及 180°C 炒焙 10 min，所得芝麻油之 Squalene 含量隨溫度升高而上升，分別為 3.17 ± 0.08 、 4.12 ± 0.11 及 5.39 ± 0.05 mg/kg，與本研究結果一致，然而詳細機制還有待探討。

種子經 80°C 炒焙之苦茶油的 α -Tocopherol 含量為 121.0 ppm，100°C 為 227.7 ppm，120°C 為 240.5 ppm，隨著種子炒焙溫度升高苦茶油的 α -Tocopherol 含量呈上升趨勢。Gao *et al.* (2019) 將芝麻籽以溫度 140、160 及 180°C 炒焙 10 min，所得芝麻油之 α -Tocopherol 含量隨溫度升高而上升，分別為 34.38 ± 0.03 、 46.37 ± 0.16 及 60.60 ± 1.78 mg/kg，與本研究結果一致，這可能是熱破壞 α -Tocopherol 與蛋白質或磷脂鍵結，進而增加 α -Tocopherol 的萃取率。

Squalene 屬於三萜類化合物，是動植物中生合成固醇的中間產物，具有抗氧化、抗腫瘤及潤膚等功效 (Amarowicz, 2009b; Huang *et al.*, 2009)， α -Tocopherol 亦具有抗氧化功效 (Aytac and Uyar, 2016)。因此，由本研究結果得知將種子炒焙溫度由 80°C 提高至 120°C，苦茶油的 Squalene 及 α -Tocopherol 含量增加，不僅可以降低油脂的氧化速度，對人體健康亦有效益。

表 9. 不同種子炒焙溫度之大果苦茶油 Squalene 及 α -Tocopherol 含量

Table 9. Content of squalene and α -tocopherol in *Camellia oleifera* seed oils by different roasting temperatures

Roasting temperature (°C)	Content (ppm)	
	Squalene	α -Tocopherol
80	227.9	121.0
100	235.7	227.7
120	244.6	240.5

(四) 總酚類化合物含量

大果油茶種子經不同溫度炒焙後製成之苦茶油的總酚類化合物含量 (TPC) 由圖 4 所示。種子經 80°C 炒焙之苦茶油的 TPC 為 0.067 ± 0.012 GAE mg/g oil, 100°C 為 0.085 ± 0.003 GAE mg/g oil, 120°C 為 0.175 ± 0.016 GAE mg/g oil, 隨著種子炒焙溫度升高苦茶油的 TPC 呈上升趨勢。Zhou *et al.* (2018) 的研究中分析杏仁種子經不同溫度炒焙後製成之杏仁油的 TPC, 結果顯示種子經炒焙之杏仁油 TPC 比未炒焙的分別增加了 129.33% (120°C)、156.21% (150°C) 及 245.57% (180°C), 與本研究結果相同。

酚類化合物可以清除油脂中的自由基, 是天然的抗氧化劑 (Hoed, 2010)。本研究中隨著種子炒焙溫度由 80°C 升高至 120°C, 苦茶油的 TPC 呈上升的趨勢, 更可以減緩油脂的氧化速度。種子炒焙後提高油脂中 TPC 的原因可能是種子受熱後釋放酚類化合物進而提高其含量 (Chang *et al.*, 2016; Pelvan *et al.*, 2012), 或是種子受熱後發生梅納反應產生酚類化合物 (Amarowicz, 2009a)。

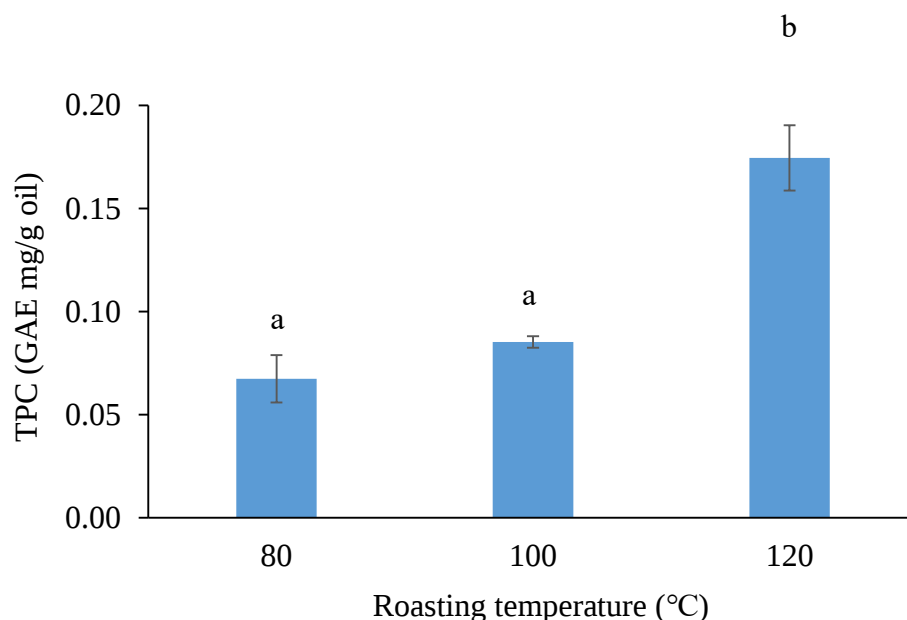


圖 4. 不同種子炒焙溫度之大果苦茶油總酚類化合物含量

Figure 4. Total phenolic content in *Camellia oleifera* seed oils by different roasting temperatures. Data with different letters are significantly different at $p < 0.05$.



(五) 酸價及過氧化價

油脂分子水解的過程中會形成游離脂肪酸 (Free fatty acid, FFA)，從而減少油脂的保存期限 (Prescha *et al.*, 2014)，酸價 (AV) 即為測定中和 1 g 油脂所含游離脂肪酸需要的氫氧化鉀，AV 越高表示油脂中 FFA 越多且油脂劣敗程度越高。

大果油茶種子經不同溫度炒焙後製成之苦茶油的 AV 由表 10 所示。種子經不同溫度炒焙之苦茶油的 AV 分別為 1.59 ± 0.02 (80°C)、 1.56 ± 0.01 (100°C) 及 1.60 ± 0.07 (120°C) mg KOH/g oil，皆符合 CNS 對二級苦茶油 AV 之規範 (表 2)。本研究中種子炒焙溫度由 80°C 上升至 120°C 並不會影響 AV，與 Zhou *et al.* (2018) 以不同溫度炒焙杏仁並分析其所製成杏仁油之 AV 有相同結果。

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 peroxides)、環氧氫過氧化物 (Epoxy hydroperoxides)、二氫過氧化物 (Dihydroperoxides) 及酮氫過氧化物 (Keto hydroperoxides) 等，這些產物會導致油脂外觀、品質或營養價值劣變 (Frankel, 1988)，過氧化價 (POV) 即為測量油脂中初級氧化產物，亦即氫過氧化物的濃度 (Cebi *et al.*, 2017)。POV 越高表示油脂中含有較多的氫過氧化物，氫過氧化物的含量愈高愈有機會產生其他過氧化物，促使油脂劣化。

大果油茶種子經不同溫度炒焙後製成之苦茶油的 POV 由表 10 所示。種子經不同溫度炒焙之苦茶油的 POV 分別為 4.66 ± 0.14 (80°C)、 2.14 ± 0.23 (100°C) 及 0.66 ± 0.07 (120°C) meq O_2 /kg oil，皆符合 CNS 對一級苦茶油 POV 之規範。本研究中隨著種子炒焙溫度由 80°C 上升至 120°C ，POV 呈下降趨勢，表示炒焙溫度提高會降低油脂中的氫過氧化物濃度，進而降低油脂的氧化速度。Bai *et al.* (2017) 以不同溫度炒焙堅果並分析其所製堅果油之 POV，其結果顯示炒焙溫度越高，堅果油之 POV 呈下降趨勢，與本研究結果相同。

表 10. 不同種子炒焙溫度之大果苦茶油酸價及過氧化價

Table 10. Acid value and peroxide value of *Camellia oleifera* seed oils by different roasting temperatures



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
一級苦茶油 (CNS15817, 2015)	1.5 以下	6.0 以下
二級苦茶油 (CNS15817, 2015)	3.0 以下	10.0 以下

Data with different letters are significantly different at $p < 0.05$.

(六) 油脂穩定指數

食用油的氧化穩定性與 OSI 呈正相關 (Parker *et al.*, 2003), OSI 是評估食用油保存時間的重要指標, 它會影響製作成本及保存利用。油脂氧化穩定性試驗是將油脂處於特定溫度及通有空氣的劣化環境中, 進行油脂加速劣化的試驗, 試驗所得之 OSI 越高表示食用油的氧化穩定性越好 (Farhoosh *et al.*, 2008)。

大果油茶種子經不同溫度炒焙後製成之苦茶油的油脂穩定指數 (OSI) 由圖 5 所示。種子經 80°C 炒焙之苦茶油的 OSI 為 1.55 ± 0.03 h, 100°C 為 3.55 ± 0.06 h, 120°C 為 7.29 ± 0.20 h, 隨著種子炒焙溫度升高苦茶油的 OSI 呈上升趨勢。Nederal *et al.* (2012) 比較南瓜籽炒焙與未炒焙所得南瓜籽油之 OSI, 結果顯示經炒焙之南瓜籽油 OSI 顯著增加, 證實炒焙可以提升油脂的 OSI, 進而提高其氧化穩定性。本研究中隨著種子炒焙溫度由 80°C 提高至 120°C, OSI 呈上升趨勢, 表示較高的炒焙溫度可以提升苦茶油的氧化穩定性。

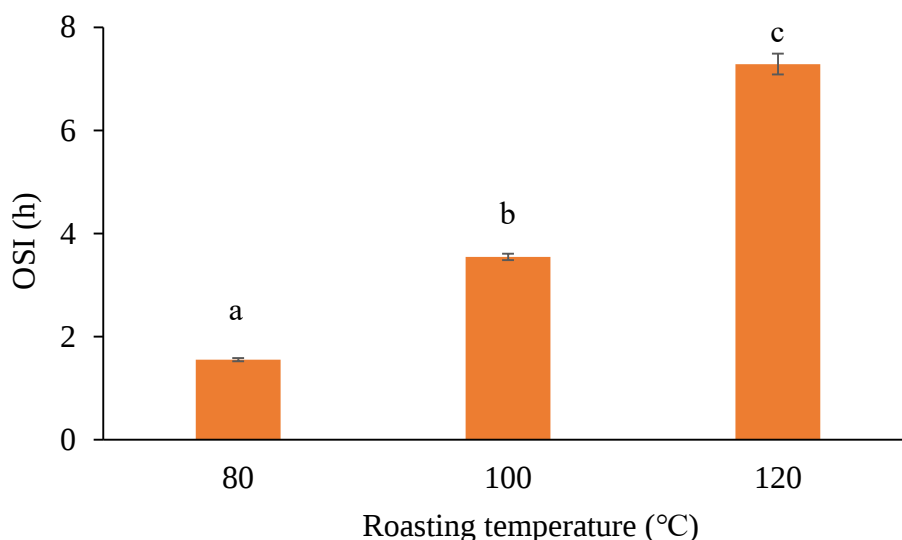


圖 5. 不同種子炒焙溫度之大果苦茶油油脂穩定指數

Figure 5. Oil stability index of *Camellia oleifera* seed oils by different roasting temperatures. Data with different letters are significantly different at $p < 0.05$.

(七) 炒焙溫度與大果苦茶油理化性質之 Pearson 相關

表 11 為大果油茶種子炒焙溫度與苦茶油理化性質的相關係數，種子炒焙溫度與苦茶油顏色參數的 L*、a* 及 b* 相關係數分別為 -0.970、-0.892 及 0.771，與 Squalene 及 α -Tocopherol 含量之相關係數分別為 0.999 及 0.991，與 TPC 之相關係數為 0.913，與 POV 之相關係數為 -0.986，與 OSI 之相關係數為 0.984。其中，種子炒焙溫度與苦茶油之 L*、a* 及 POV 呈高度負相關，與 b* 呈中度正相關，與 Squalene 及 α -Tocopherol 含量、TPC 及 OSI 呈高度正相關，表示炒焙溫度升高，會加深苦茶油的顏色，提高抗氧化成分含量如 Squalene、 α -Tocopherol 及酚類化合物，降低 POV 並使 OSI 上升。

表 11. 種子炒焙溫度與大果苦茶油理化性質之相關性

Table 11. Pearson correlations between roasting temperature and physicochemical properties of *Camellia oleifera* seed oil

Physicochemical properties	Pearson's correlation coefficient	Correlation	
Color parameter	L*	-0.970	Highly negative
	a*	-0.892	Highly negative
	b*	0.771	Moderately positive
Squalene	0.999	Highly positive	
α -Tocopherol	0.991	Highly positive	
TPC	0.913	Highly positive	
POV	-0.986	Highly negative	
OSI	0.984	Highly positive	



二、大果苦茶油揮發性有機化合物成分之探討

由圖 6 及表 12 可見大果油茶種子經不同溫度炒焙對苦茶油揮發性成分的影響，總共分析出 57 化合物，包括 10 種醛類 (Aldehyde)、6 種醇類 (Alcohol)、8 種酮類 (Ketone)、12 種呋喃衍生物 (Furan derivative)、10 種吡嗪衍生物 (Pyrazine derivative)、1 種萜類 (Terpene)、2 種羧酸類 (Carboxylic acid)、2 種酯類 (Ester)、2 種烷類 (Alkane) 及 4 種其他化合物。由表 13 可知種子以 80°C 炒焙之苦茶油揮發性成分共 23 種，相對含量較高的化合物分別為 Octanal (31.88%)、Nonanal (24.43%)、Heptanal (7.02%)、2,5-Dimethylpyrazine (5.99%) 及 Furfural (5.48%)；以 100°C 炒焙之苦茶油揮發性成分共 33 種，相對含量較高的化合物分別為 2,5-Dimethylpyrazine (15.31%)、Furfural (13.55%)、2-Methylpyrazine (12.47%)、Butyrolactone (10.92%) 及 2-Furanmethanol (9.70%)；以 120°C 炒焙之苦茶油揮發性成分共 44 種，相對含量較高的化合物分別為 Furfural (18.21%)、2-Furanmethanol (15.37%)、2,5-Dimethylpyrazine (11.53%)、2-Methylpyrazine (8.41%) 及 Octanal (6.76%)。然而，經 100°C 炒焙苦茶油揮發性成分中的一些醛類化合物之吸附量較 80 及 120°C 低或未分析出，如 Octanal、(E)-2-Octenal 及 Nonanal；以及一些醇類化合物之吸附量較 80 及 120°C 高或只於 100°C 分析出，如 Phenylethyl alcohol 及 2-Ethyl-4-methyl-1-pentanol，造成此現象的原因可能是因為種子炒焙過程中因溫度高低差異而使產生的反應(梅納反應、焦糖化反應及磷脂降解等)之階段及強度不同。另外，由表 14 可知炒焙溫度對大果苦茶油揮發性成分種類與總量的影響，隨著炒焙溫度由 80°C 提高至 120°C，醇類、酮類、呋喃衍生物、吡嗪衍生物、萜類、酯類及烷類的吸附量皆增加，且總吸附量也隨溫度提高而增加。

Cao *et al.* (2016) 同樣以 HS-SPME 分析種子未經炒焙之苦茶油的揮發性成分，其主要揮發性成分為 Hexanal、Octanal 及 Nonanal 等醛類化合物，本研究中種子以 80°C 炒焙之苦茶油主要揮發性成分亦為 Octanal、Nonanal 及 Heptanal 等醛類化合物，然而種子炒焙溫度升高至 100 及 120°C 時，則以呋喃衍生物及吡嗪衍生物

如 Furfural 及 2,5-Dimethylpyrazine 等為苦茶油的主要揮發性成分，Siegmund and Murkovic (2004) 提到呋喃衍生物的產生可能是因為脂質過氧化或碳水化合物化合物的降解，吡嗪化合物可能是經梅納反應產生。另外，Park *et al.* (2011) 及 Kwon *et al.* (2013) 皆提到許多植物種子經過炒焙之後會增加種子油中吡嗪衍生物的含量，如芝麻油、南瓜籽油、紫蘇籽油以及本研究中的苦茶油也有相同的結果。

本研究分析苦茶油的揮發性成分中，因 Alkoxyradicals 被破壞而產生醛類化合物，其中，Heptanal、(E)-2-Heptenal 及 Octanal 可以增加風味品質 (Flavor quality)，具有青香、果香、堅果香以及油脂味 (Krist *et al.*, 2006)，Nonanal 具有清新風味及淡青草香 (Siegmund and Murkovic, 2004)，另外，Benzaldehyde 是氨基酸經 Strecker degradation 後的產物，具爆米花香，在苦茶油中的含量較少 (Cao *et al.*, 2016)，本研究結果亦是如此，且經 100 及 120°C 炒焙後之苦茶油則無分析出此化合物。揮發性醇類化合物是透過 Alcohol dehydrogenase (ADH) 酶的作用產生 (Cao *et al.*, 2016)，其中，1-Heptanol 具有芳香、木材香及油脂味，1-Octanol 具有油脂味、蠟味及柑橘香 (Krist *et al.*, 2006)，醇類化合物在本研究苦茶油中佔較少量。酮類化合物的產生可能是因為脂肪酸經 β -Oxidation 形成 (Yu *et al.*, 2008)，在本研究苦茶油中亦佔較少量。Davidek *et al.* (2006) 證實有機酸主要通過水解 β -Dicarbonyl 的途徑中形成，本研究結果包括具有油脂味及酸敗味的 Octanoic acid 以及具起司味及蠟味的 Nonanoic acid (Krist *et al.*, 2006)，其中，只有經 80°C 炒焙後之苦茶油含少量 Octanoic acid，經 100 及 120°C 炒焙後之苦茶油則無分析出此化合物。本研究分析結果中，為萜類化合物的 Limonene 可能是由固醇或 Squalene 降解而產生 (Kao *et al.*, 1998)，其具有柑橘香、甜味和檸檬香，僅經 120°C 炒焙後之苦茶油含此化合物。酯類化合物是游離脂肪酸和醇經酯化衍生出的產物，具有甜味、果香、草本香及蜂蜜味 (Cao *et al.*, 2016)，本研究之苦茶油分析出 2 種酯類，分別為 Butyrolactone 及 Pantolactone，其含量皆隨種子炒焙溫度升高而呈上升趨勢。呋喃衍生物的產生可能是因為脂質過氧化或碳水化合物化合物的降解 (Siegmund and Murkovic, 2004)，其中，



2-Furanmethanol 具有焦味、泥土味、甜味及油脂味，Furfuryl formate 具有烘烤味、馬鈴薯味及堅果香，5-Methylfurfural 具有杏仁味及焦糖味 (Zhang *et al.*, 2016)，本研究中此 3 種化合物含量皆隨種子炒焙溫度升高而增加。吡嗪化合物可能是經梅納反應產生 (Siegmund and Murkovic, 2004)，其中，2,5-Dimethylpyrazine 具有可可香、烘烤味及藥味，2-Ethylpyrazine 具有花生味、奶油味及木材味，2,3-Dimethylpyrazine 具有堅果味、咖啡味及焦糖味，3-Ethyl-2,5-dimethylpyrazine 具有烘烤味、堅果味及焦糖味 (Zhang *et al.*, 2016)，本研究中這些揮發性化合物含量皆隨種子炒焙溫度升高而增加。

此外，有研究提到某些化合物的生物活性，如醛類化合物中的 Octanal 具有抗菌及抗腫瘤活性 (Liu *et al.*, 2012)，Nonanal 具有抗腹瀉活性 (Zavala-Sánchez *et al.*, 2002)，Decanal 具抗氧化、抗菌及抗腫瘤等活性 (Liu *et al.*, 2012)，經 80°C 炒焙後之苦茶油含有較多這些醛類化合物，呋喃衍生物中的 Furfural 及 2-Furanmethanol 具有抗菌及抗酪氨酸酶活性 (Chai *et al.*, 2013)，而苦茶油中這 2 者的含量隨炒焙溫度升高而上升。

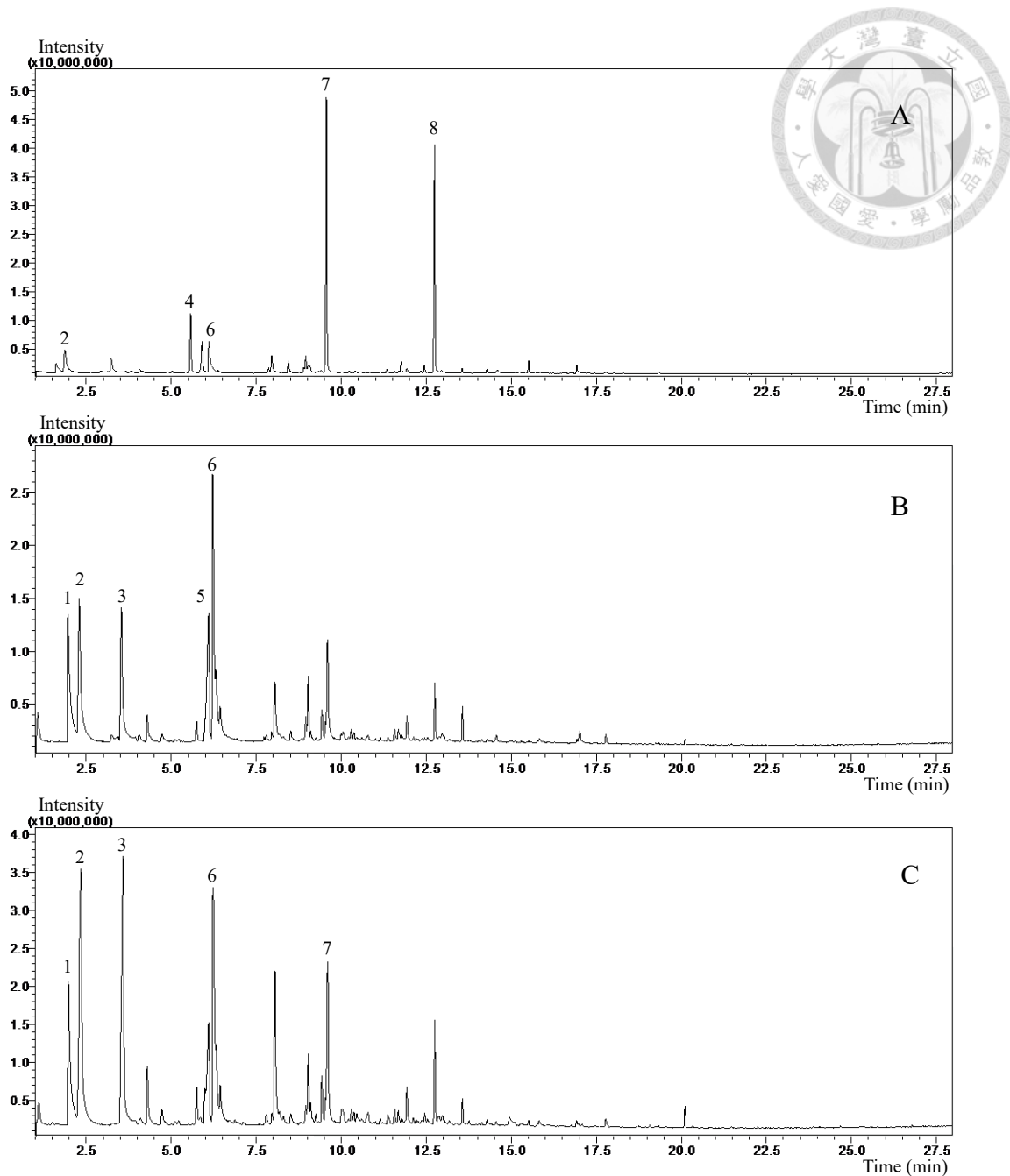


圖 6. 大果苦茶油揮發性成分之層析圖

Figure 6. Gas chromatographic analysis of volatile organic compounds in *Camellia oleifera* seed oils

A：種子經 80℃ 炒焙之大果苦茶油；B：種子經 100℃ 炒焙之大果苦茶油；C：種子經 120℃ 炒焙之大果苦茶油；1：2-Methylpyrazine；2：Furfural；3：2-Furanmethanol；4：Heptanal；5：Butyrolactone；6：2,5-Dimethylpyrazine；7：Octanal；8：Nonanal。

表 12. 不同種子炒焙溫度之大果苦茶油揮發性成分

Table 12. Volatile organic compounds of *Camellia oleifera* seed oils by different roasting temperatures

Constituent	rKI ^a	KI ^b	Peak areas (×10 ⁷ ion counts)			Identification
			80°C	100°C	120°C	method
Aldehydes						
Heptanal	902	908	2.38 ± 0.45	0.48 ± 0.04	1.37 ± 0.09	MS ^c , KI
Benzaldehyde	960	969	0.91 ± 0.09	ND ^d	ND	MS, KI
(E)-2-Heptenal	954	969	0.18 ± 0.03	0.15 ± 0.00	0.35 ± 0.06	MS, KI
Octanal	998	1006	10.75 ± 1.03	ND	7.14 ± 0.36	MS, KI
(E)-2-Octenal	1054	1065	0.13 ± 0.01	ND	0.30 ± 0.14	MS, KI
Nonanal	1100	1107	8.22 ± 0.58	1.05 ± 0.16	3.16 ± 0.10	MS, KI
(E)-2-Nonenal	1161	1164	0.17 ± 0.04	ND	ND	MS, KI
Decanal	1201	1208	0.41 ± 0.05	ND	ND	MS, KI
(E)-2-Decenal	1263	1266	0.23 ± 0.05	ND	ND	MS, KI
1H-Pyrrole-2-carboxaldehyde		1022	ND	ND	1.01 ± 0.04	MS
Alcohols						
1-Heptanol	966	981	0.54 ± 0.06	0.22 ± 0.02	0.37 ± 0.04	MS, KI
(E)-2-Nonen-1-ol		1037	ND	ND	0.20 ± 0.00	MS
1-Octanol	1068	1077	0.37 ± 0.03	0.20 ± 0.00	0.28 ± 0.06	MS, KI
Phenylethyl alcohol	1107	1115	ND	0.32 ± 0.17	ND	MS, KI
2-Propyl-1-pentanol		1031	ND	ND	0.39 ± 0.02	MS
2-Ethyl-4-methyl-1-pentanol		1031	ND	0.18 ± 0.02	ND	MS

^a rKI : Kovats index on a DB-5MS column in reference (Admas, 2007).

^b KI : Kovats index relative to *n*-alkanes (C7-C30) on a DB-5MS column.

^c MS : mass spectrum.

^d ND : not detected.

表 12. 不同種子炒焙溫度之大果苦茶油揮發性成分 (續)

Table 12. Volatile organic compounds of *Camellia oleifera* seed oils by different roasting temperatures (continued)

Constituent	rKI ^a	KI ^b	Peak areas ($\times 10^7$ ion counts)			Identification method
			80°C	100°C	120°C	
Ketones			ND	ND ^d	ND	
6-Hydroxy-2-hexanone		864	ND	0.26 $\pm$ 0.00	ND	MS ^c
1-(Acetyloxy)-2-propanone		871	ND	0.66 $\pm$ 0.00	2.24 $\pm$ 0.13	MS
2-Methyl-3-pentanone		975	ND	ND	0.33 $\pm$ 0.00	MS
2-Octanone	991	993	0.28 $\pm$ 0.02	ND	ND	MS, KI
(<i>E</i>)-3-Octen-2-one	1035	1046	ND	ND	0.37 $\pm$ 0.00	MS, KI
2-Cyclohexen-1-one		1075	ND	0.28 $\pm$ 0.08	0.47 $\pm$ 0.05	MS
3-Methyl-2-cyclopenten-1-one		-	ND	0.34 $\pm$ 0.00	ND	MS
4-Cyclopentene-1,3-dione		883	ND	0.19 $\pm$ 0.00	0.58 $\pm$ 0.02	MS
Furan derivatives						
Coffee furanone		-	ND	ND	1.59 $\pm$ 0.14	MS
Furfural	836	-	1.85 $\pm$ 0.31	6.69 $\pm$ 0.37	19.22 $\pm$ 0.54	MS, KI
2-Furanmethanol		841	0.77 $\pm$ 0.22	4.80 $\pm$ 0.36	16.23 $\pm$ 0.23	MS
5-Methyl-2(5H)-furanone		864	ND	ND	0.26 $\pm$ 0.00	MS
Furfuryl formate		914	ND	ND	0.44 $\pm$ 0.05	MS
2-Acetylfuran	912	918	ND	0.39 $\pm$ 0.04	1.12 $\pm$ 0.05	MS, KI
5-Methylfurfuryl alcohol		966	ND		0.34 $\pm$ 0.07	MS
5-Methylfurfural	964	972	ND	1.74 $\pm$ 0.13	6.70 $\pm$ 0.29	MS, KI
2-Pentyl furan	988	994	0.36 $\pm$ 0.04	0.22 $\pm$ 0.00	0.68 $\pm$ 0.13	MS, KI
Furfuryl acetate	990	997	ND	ND	0.25 $\pm$ 0.00	MS, KI
Octahydro-2,3'-bifuran		1096	0.26 $\pm$ 0.02	ND	ND	MS
2-Butyltetrahydrofuran		1097	ND	ND	0.28 $\pm$ 0.02	MS

^a rKI : Kovats index on a DB-5MS column in reference (Admas, 2007).

^b KI : Kovats index relative to *n*-alkanes (C7-C30) on a DB-5MS column.

^c MS : mass spectrum.

^d ND : not detected.

表 12. 不同種子炒焙溫度之大果苦茶油揮發性成分 (續)

Table 12. Volatile organic compounds of *Camellia oleifera* seed oils by different roasting temperatures (continued)

Constituent	rKI ^a	KI ^b	Peak areas (×10 ⁷ ion counts)			Identification
			80°C	100°C	120°C	method
Pyrazine derivatives						
2-Methylpyrazine	826	-	0.82 ± 0.31	6.16 ± 0.31	8.89 ± 0.42	MS ^c , KI
2,5-Dimethylpyrazine	911	923	2.02 ± 0.19	7.58 ± 0.74	12.18 ± 0.65	MS, KI
2-Ethylpyrazine	916	928	ND ^d	2.45 ± 0.27	3.47 ± 0.12	MS, KI
2,3-Dimethylpyrazine	920	931	ND	1.05 ± 0.20	1.59 ± 0.16	MS, KI
2-Ethyl-6-methylpyrazine		1001	ND	0.65 ± 0.10	1.50 ± 0.07	MS
2-Ethyl-3-methylpyrazine	1002	1005	ND	0.29 ± 0.06	0.57 ± 0.05	MS, KI
2-Ethyl-5-methylpyrazine		1006	ND	2.95 ± 0.45	0.63 ± 0.00	MS
Isopropenyl pyrazine		1067	ND	0.23 ± 0.03	0.31 ± 0.02	MS
3-Ethyl-2,5-dimethylpyrazine		1082	0.13 ± 0.03	0.56 ± 0.12	1.27 ± 0.08	MS
2-Ethyl-3,5-dimethylpyrazine		1087	ND	ND	0.21 ± 0.00	MS
Terpene						
Limonene	1029	1034	ND	ND	0.27 ± 0.01	MS, KI
Carboxylic acids						
Octanoic acid	1171	1175	0.15 ± 0.05	ND	ND	MS, KI
Nonanoic acid	1270	1270	ND	0.26 ± 0.00	ND	MS, KI

^a rKI : Kovats index on a DB-5MS column in reference (Admas, 2007).

^b KI : Kovats index relative to *n*-alkanes (C7-C30) on a DB-5MS column.

^c MS : mass spectrum.

^d ND : not detected.

表 12. 不同種子炒焙溫度之大果苦茶油揮發性成分 (續)

Table 12. Volatile organic compounds of *Camellia oleifera* seed oils by different roasting temperatures (continued)

Constituent	rKI ^a	KI ^b	Peak areas (×10 ⁷ ion counts)			Identification
			80°C	100°C	120°C	method
Esters						
Butyrolactone	905	919	1.65 ± 0.14	5.40 ± 0.4	5.84 ± 0.28	MS ^c , KI
Pantolactone		1047	ND ^d	0.2 ± 0.00	0.5 ± 0.07	MS
Alkanes						
2,2,4,6,6-Pentamethylheptane		992	0.77 ± 0.04	1.27 ± 0.07	2.18 ± 0.05	MS
Tetradecane	1400	1400	ND	ND	0.46 ± 0.18	MS, KI
Other compounds						
Carbohydrazide		-	0.53 ± 0.15	0.50 ± 0.00	0.41 ± 0.00	MS
1,2-Diacetylhydrazine		836	ND	0.18 ± 0.01	ND	MS
2-Acetylpyrrole	1060	1071	ND	0.29 ± 0.05	0.58 ± 0.00	MS, KI
Unknown		1116	ND	ND	0.32 ± 0.06	MS

^a rKI : Kovats index on a DB-5MS column in reference (Admas, 2007).

^b KI : Kovats index relative to *n*-alkanes (C7-C30) on a DB-5MS column.

^c MS : mass spectrum.

^d ND : not detected.

表 13. 不同種子炒焙溫度之大果苦茶油揮發性成分的相對含量

Table 13. Relative content of volatile organic compounds in *Camellia oleifera* seed oils by different roasting temperatures

Constituent	rKI ^a	KI ^b	Relative content (%)			Identification
			80°C	100°C	120°C	method
Aldehydes						
Heptanal	902	908	7.02 ± 0.64	0.97 ± 0.07	1.30 ± 0.11	MS ^c , KI
Benzaldehyde	960	969	2.70 ± 0.07	ND ^d	ND	MS, KI
(E)-2-Heptenal	954	969	0.52 ± 0.05	0.33 ± 0	0.33 ± 0.06	MS, KI
Octanal	998	1006	31.88 ± 0.33	ND	6.76 ± 0.20	MS, KI
(E)-2-Octenal	1054	1065	0.37 ± 0.03	ND	0.28 ± 0.14	MS, KI
Nonanal	1100	1107	24.43 ± 1.05	2.11 ± 0.18	3.00 ± 0.17	MS, KI
(E)-2-Nonenal	1161	1164	0.50 ± 0.06	ND	ND	MS, KI
Decanal	1201	1208	1.22 ± 0.11	ND	ND	MS, KI
(E)-2-Decenal	1263	1266	0.67 ± 0.09	ND	ND	MS, KI
1H-Pyrrole-2-carboxaldehyde		1022	ND	ND	0.96 ± 0.05	MS
Alcohols						
1-Heptanol	966	981	1.60 ± 0.06	0.44 ± 0.01	0.35 ± 0.05	MS, KI
(E)-2-Nonen-1-ol		1037	ND	ND	0.19 ± 0.00	MS
1-Octanol	1068	1077	1.11 ± 0.06	0.37 ± 0.00	0.27 ± 0.05	MS, KI
Phenylethyl alcohol	1107	1115	ND	0.65 ± 0.38	ND	MS, KI
2-Propyl-1-pentanol		1031	ND	ND	0.37 ± 0.01	MS
2-Ethyl-4-methyl-1-pentanol		1031	ND	0.36 ± 0.03	ND	MS

^a rKI : Kovats index on a DB-5MS column in reference (Admas, 2007).

^b KI : Kovats index relative to *n*-alkanes (C7-C30) on a DB-5MS column.

^c MS : mass spectrum.

^d ND : not detected.

表 13. 不同種子炒焙溫度之大果苦茶油揮發性成分的相對含量 (續)

Table 13. Relative content of volatile organic compounds in *Camellia oleifera* seed oils by different roasting temperatures (continued)

Constituent	rKI ^a	KI ^b	Relative content (%)			Identification method
			80°C	100°C	120°C	
Ketones						
6-Hydroxy-2-hexanone		864	ND ^d	0.49 ± 0.00	ND	MS ^c
1-(Acetyloxy)-2-propanone		871	ND	1.34 ± 0.09	2.13 ± 0.12	MS
2-Methyl-3-pentanone		975	ND	ND	0.31 ± 0.00	MS
2-Octanone	991	993	0.79 ± 0.04	ND	ND	MS, KI
(<i>E</i>)-3-Octen-2-one	1035	1046	ND	ND	0.36 ± 0.00	MS, KI
2-Cyclohexen-1-one		1075	ND	0.56 ± 0.14	0.44 ± 0.04	MS
3-Methyl-2-cyclopenten-1-one		-	ND	0.70 ± 0.00	ND	MS
4-Cyclopentene-1,3-dione		883	ND	0.41 ± 0.01	0.55 ± 0.03	MS
Furan derivatives						
Coffee furanone		-	ND	ND	1.50 ± 0.11	MS
Furfural	836	-	5.48 ± 0.56	13.55 ± 0.63	18.21 ± 0.44	MS, KI
2-Furanmethanol		841	2.27 ± 0.50	9.70 ± 0.10	15.37 ± 0.17	MS
5-Methyl-2(5H)-furanone		864	ND	ND	0.25 ± 0.01	MS
Furfuryl formate		914	ND	ND	0.42 ± 0.06	MS
2-Acetylfuran	912	918	ND	0.78 ± 0.01	1.06 ± 0.07	MS, KI
5-Methylfurfuryl alcohol		966	ND	ND	0.32 ± 0.08	MS
5-Methylfurfural	964	972	ND	3.51 ± 0.10	6.35 ± 0.40	MS, KI
2-Pentyl furan	988	994	1.06 ± 0.07	0.45 ± 0.00	0.64 ± 0.14	MS, KI
Furfuryl acetate	990	997	ND	ND	0.24 ± 0.00	MS, KI
Octahydro-2,3'-bifuran		1096	0.78 ± 0.04	ND	ND	MS
2-Butyltetrahydrofuran		1097	ND	ND	0.26 ± 0.03	MS

^a rKI : Kovats index on a DB-5MS column in reference (Admas, 2007).

^b KI : Kovats index relative to *n*-alkanes (C7-C30) on a DB-5MS column.

^c MS : mass spectrum.

^d ND : not detected.

表 13. 不同種子炒焙溫度之大果苦茶油揮發性成分的相對含量 (續)

Table 13. Relative content of volatile organic compounds in *Camellia oleifera* seed oils by different roasting temperatures (continued)

Constituent	rKI ^a	KI ^b	Relative content (%)			Identification
			80°C	100°C	120°C	method
Pyrazine derivatives						
2-Methylpyrazine	826	-	2.40 ± 0.80	12.47 ± 0.35	8.41 ± 0.22	MS ^c , KI
2,5-Dimethylpyrazine	911	923	5.99 ± 0.29	15.31 ± 0.54	11.53 ± 0.35	MS, KI
2-Ethylpyrazine	916	928	ND ^d	4.94 ± 0.24	3.28 ± 0.05	MS, KI
2,3-Dimethylpyrazine	920	931	ND	2.13 ± 0.32	1.51 ± 0.13	MS, KI
2-Ethyl-6-methylpyrazine		1001	ND	1.30 ± 0.11	1.42 ± 0.04	MS
2-Ethyl-3-methylpyrazine	1002	1005	ND	0.58 ± 0.06	0.55 ± 0.04	MS, KI
2-Ethyl-5-methylpyrazine		1006	ND	5.96 ± 0.70	0.58 ± 0.00	MS
Isopropenyl pyrazine		1067	ND	0.46 ± 0.03	0.30 ± 0.01	MS
3-Ethyl-2,5-dimethylpyrazine		1082	0.40 ± 0.04	1.13 ± 0.17	1.21 ± 0.05	MS
2-Ethyl-3,5-dimethylpyrazine		1087	ND	ND	0.20 ± 0.00	MS
Terpene						
Limonene	1029	1034	ND	ND	0.26 ± 0.01	MS, KI
Carboxylic acids						
Octanoic acid	1171	1175	0.46 ± 0.10	ND	ND	MS, KI
Nonanoic acid	1270	1270	ND	0.50 ± 0.00	ND	MS, KI

^a rKI : Kovats index on a DB-5MS column in reference (Admas, 2007).

^b KI : Kovats index relative to *n*-alkanes (C7-C30) on a DB-5MS column.

^c MS : mass spectrum.

^d ND : not detected.

表 13. 不同種子炒焙溫度之大果苦茶油揮發性成分的相對含量 (續)

Table 13. Relative content of volatile organic compounds in *Camellia oleifera* seed oils by different roasting temperatures (continued)

Constituent	rKI ^a	KI ^b	Relative content (%)			Identification
			80°C	100°C	120°C	method
Esters						
Butyrolactone	905	919	4.90 ± 0.08	10.92 ± 0.71	5.53 ± 0.14	MS, KI
Pantolactone		1047	ND	0.42 ± 0.00	0.47 ± 0.06	MS
Alkanes						
2,2,4,6,6-Pentamethylheptane		992	2.30 ± 0.18	2.57 ± 0.05	2.07 ± 0.08	MS
Tetradecane	1400	1400	ND	ND	0.43 ± 0.16	MS, KI
Other compounds						
Carbohydrazide		-	1.67 ± 0.64	1.04 ± 0.00	0.38 ± 0.00	MS
1,2-Diacetylhydrazine		836	ND	0.36 ± 0.01	ND	MS
2-Acetylpyrrole	1060	1071	ND	0.58 ± 0.08	0.55 ± 0.02	MS, KI
Unknown		1116	ND	ND	0.31 ± 0.05	MS

^a rKI : Kovats index on a DB-5MS column in reference (Admas, 2007).

^b KI : Kovats index relative to *n*-alkanes (C7-C30) on a DB-5MS column.

^c MS : mass spectrum.

^d ND : not detected.

表 14. 不同炒焙溫度之大果苦茶油揮發性成分總量變化

Table 14. Changes in volatile organic components of *Camellia oleifera* seed oils with different roasting temperatures



Component	Peak areas ($\times 10^7$ ion counts)		
	80°C	100°C	120°C
Aldehyde	70.00 $\pm$ 2.32	4.74 $\pm$ 0.17**	36.95 $\pm$ 0.29**
Alcohol	2.74 $\pm$ 0.09	2.04 $\pm$ 0.28	3.34 $\pm$ 0.17
Ketone	0.56 $\pm$ 0.16	3.80 $\pm$ 0.13**	10.57 $\pm$ 0.11**
Furan derivative	9.73 $\pm$ 0.45	40.68 $\pm$ 0.92**	140.60 $\pm$ 0.21**
Pyrazine derivative	8.78 $\pm$ 0.46	65.48 $\pm$ 2.13**	89.32 $\pm$ 1.45**
Terpene	0.00 $\pm$ 0.00	0.00 $\pm$ 0.00	0.81 $\pm$ 0.01**
Carboxylic acid	0.31 $\pm$ 0.10	0.26 $\pm$ 0.15	0.00 $\pm$ 0.00
Ester	4.95 $\pm$ 0.14	16.39 $\pm$ 0.47**	18.53 $\pm$ 0.54**
Alkane	2.31 $\pm$ 0.04	3.82 $\pm$ 0.07*	7.47 $\pm$ 0.28**
Other compound	1.06 $\pm$ 0.32	1.37 $\pm$ 0.25	2.79 $\pm$ 0.07
Total	101.20 $\pm$ 3.38	148.36 $\pm$ 3.39*	316.76 $\pm$ 2.48**

* Indicates significant difference from *Camellia oleifera* seed oil by roasting at 80°C ($p < 0.05$).

** Indicates significant difference from *Camellia oleifera* seed oil by roasting at 80°C ($p < 0.001$).

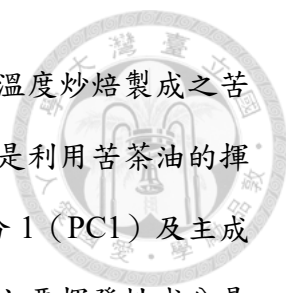


圖 7 為利用 HS-SPME 及 GC-MS 分析大果油茶種子經不同溫度炒焙製成之苦茶油的揮發性成分經 PCA 所得結果分析圖，進行 PCA 的目的是利用苦茶油的揮發性成分及含量來了解不同溫度炒焙苦茶油之間的差異。主成分 1 (PC1) 及主成分 2 (PC2) 的變異量分別為 68.37 和 31.63%。與 PC1 正相關的主要揮發性成分是呋喃衍生物及吡嗪衍生物包括 Furfural、2-Furanmethanol、2,3-Dimethylpyrazine 及 2-Methylpyrazine 等，與 PC1 負相關的主要揮發性成分為醛類化合物，如(*E*)-2-Decenal、(*E*)-2-Nonenal 及 Benzaldehyde 等；與 PC2 正相關的主要揮發性成分是醛類及醇類化合物，如 Octanal、1-Octanol、1-Heptanol 及 Heptanal 等。種子炒焙溫度為 80°C 之苦茶油的主要揮發性成分主要分佈在圖 7 的 a 區，100 及 120°C 則分佈在 d 及 b 區之間，明顯的將種子經 80°C 炒焙與 100 及 120°C 炒焙的苦茶油區分開來，證實種子炒焙溫度會影響苦茶油的揮發性成分。

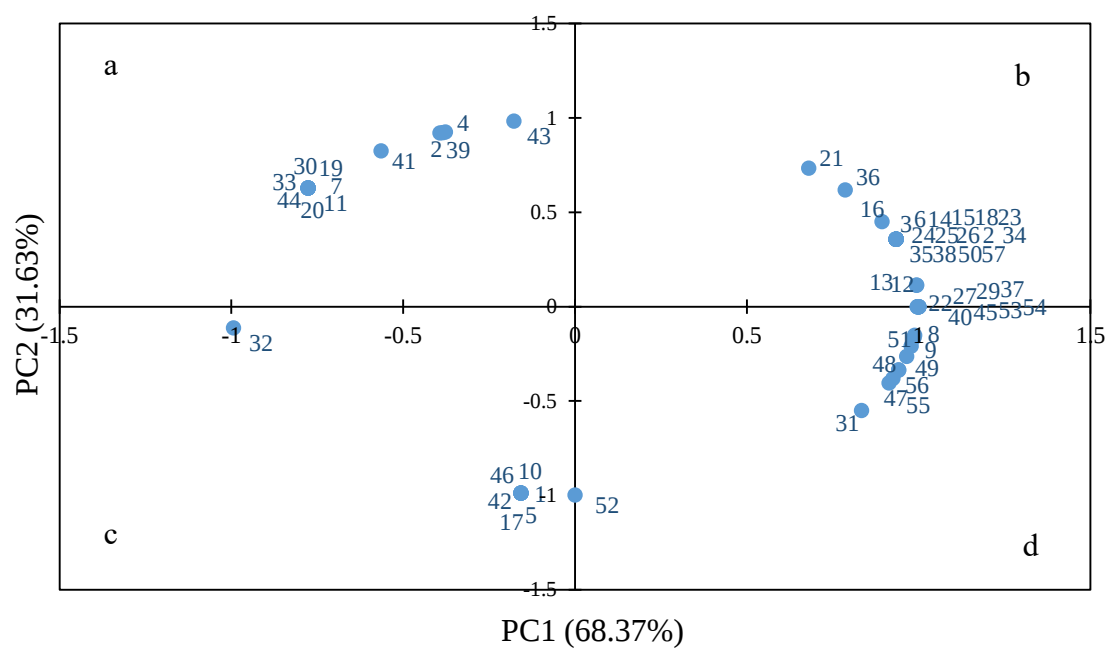
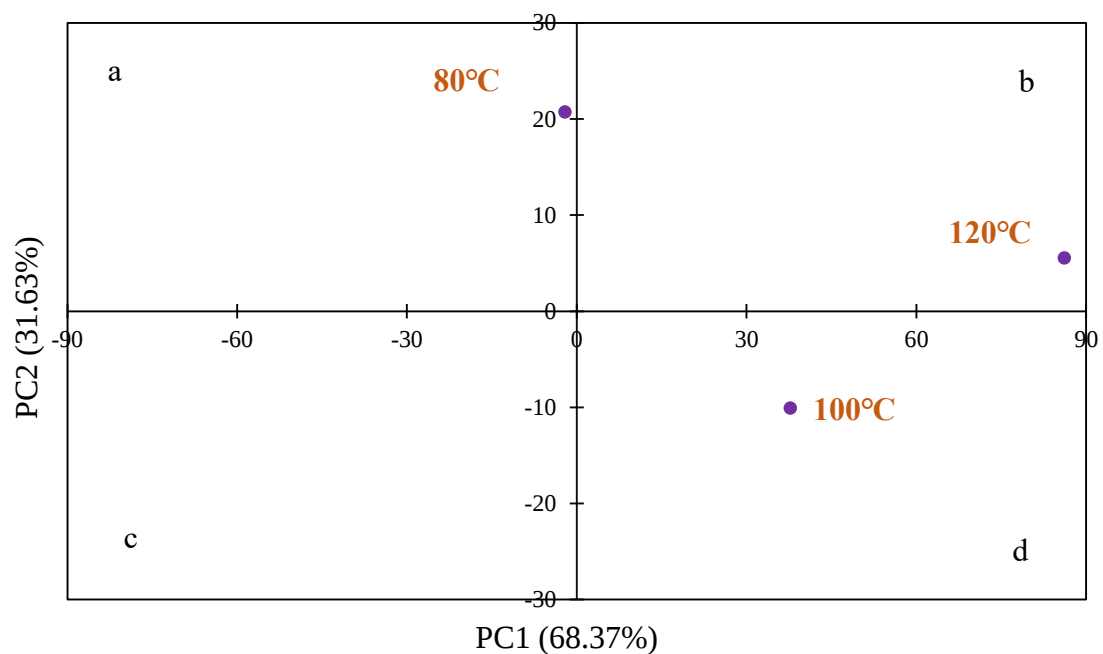
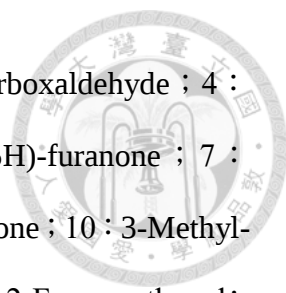


圖 7. 不同種子炒焙溫度之大果苦茶油揮發性成分之主成分分析圖

Figure 7. Principal component analysis (PCA) plots for volatile organic compounds of *Camellia oleifera* seed oils by different roasting temperatures



1 : 1,2-Diacetylhydrazine ; 2 : 1-Heptanol ; 3 : 1H-Pyrrole-2-carboxaldehyde ; 4 : 1-Octanol ; 5 : 2-Ethyl-4-methyl-1-pentanol ; 6 : 5-Methyl-2(5H)-furanone ; 7 : Octahydro-2,3'-bifuran ; 8 : 2-Acetylpyrrole ; 9 : 2-Cyclohexen-1-one ; 10 : 3-Methyl-2-cyclopenten-1-one ; 11 : (*E*)-2-Decenal ; 12 : 5-Methylfurfural ; 13 : 2-Furanmethanol ; 14 : 5-Methylfurfuryl alcohol ; 15 : Furfuryl acetate ; 16 : (*E*)-2-Heptenal ; 17 : 6-Hydroxy-2-hexanone ; 18 : (*E*)-2-Nonen-1-ol ; 19 : (*E*)-2-Nonenal ; 20 : 2-Octanone ; 21 : (*E*)-2-Octenal ; 22 : 1-(Acetyloxy)-2-propanone ; 23 : 2-Propyl-1-pentanol ; 24 : Coffee furanone ; 25 : (*E*)-3-Octen-2-one ; 26 : 2-Methyl-3-pentanone ; 27 : 4-Cyclopentene-1,3-dione ; 28 : Unknown ; 29 : 2-Acetylfuran ; 30 : Benzaldehyde ; 31 : Butyrolactone ; 32 : Carbohydrazide ; 33 : Decanal ; 34 : Limonene ; 35 : 2-Butyltetrahydrofuran ; 36 : 2-Pentyl furan ; 37 : Furfural ; 38 : Furfuryl formate ; 39 : Heptanal ; 40 : 2,2,4,6,6-Pentamethylheptane ; 41 : Nonanal ; 42 : Nonanoic acid ; 43 : Octanal ; 44 : Octanoic acid ; 45 : Pantolactone ; 46 : Phenylethyl alcohol ; 47 : Isopropenyl pyrazine ; 48 : 2,3-Dimethylpyrazine ; 49 : 2,5-Dimethylpyrazine ; 50 : 2-Ethyl-3,5-dimethylpyrazine ; 51 : 2-Ethyl-3-methylpyrazine ; 52 : 2-Ethyl-5-methylpyrazine ; 53 : 2-Ethyl-6-methylpyrazine ; 54 : 3-Ethyl-2,5-dimethylpyrazine ; 55 : 2-Ethylpyrazine ; 56 : 2-Methylpyrazine ; 57 : Tetradecane °



三、大果苦茶油對線蟲之生物活性評估

(一) 大果苦茶油對 N2 線蟲熱休克存活率之影響

Guisbert *et al.* (2013) 提到秀麗隱桿線蟲受到高溫刺激時，其體內的多種基因會控制熱休克反應蛋白質的合成、折疊、運輸及清除，熱休克蛋白活化可以改善線蟲對熱的耐受性並延長其壽命 (Smolentseva *et al.*, 2017)。

表 15 為食用種子經不同溫度炒焙大果苦茶油之線蟲經熱休克試驗後之存活率，食用 0.005% 經 80、100 及 120°C 炒焙苦茶油之線蟲的存活率分別為 31.67 ± 5.77 、 38.33 ± 5.77 及 $36.67 \pm 5.77\%$ ；食用 0.01% 經 80、100 及 120°C 炒焙苦茶油之線蟲的存活率分別為 53.33 ± 7.64 、 51.67 ± 7.64 及 $56.57 \pm 7.64\%$ ；食用 0.02% 經 80、100 及 120°C 炒焙苦茶油之線蟲的存活率分別為 58.33 ± 7.64 、 61.67 ± 7.64 及 $56.67 \pm 5.77\%$ ；食用 0.04% 經 80、100 及 120°C 炒焙苦茶油之線蟲的存活率分別為 66.67 ± 2.89 、 65.00 ± 5.00 及 $68.33 \pm 2.89\%$ ；食用 0.08% 經 80、100 及 120°C 炒焙苦茶油之線蟲的存活率分別為 78.33 ± 2.89 、 80.00 ± 5.00 及 $78.33 \pm 5.77\%$ 。食用相同濃度但不同炒焙溫度 (80、100 及 120°C) 苦茶油之線蟲存活率相近，表示種子炒焙溫度不會影響苦茶油對線蟲熱休克的效益。另外，食用 0.02、0.04 及 0.08% 經 80、100 及 120°C 炒焙苦茶油之線蟲的存活率比控制組 ($31.67 \pm 5.77\%$) 高，且有顯著差異，也比餵食相同濃度葵花油之線蟲的存活率高，0.08% 苦茶油處理組與正對照組 ($71.67 \pm 7.64\%$) 之線蟲存活率相近。綜合上述結果，食用大果苦茶油具有改善線蟲對熱耐受性的潛力。

表 15. 不同炒焙溫度之大果苦茶油對 N2 秀丽隱桿線蟲熱休克存活率之影響

Table 15. Effects of *Camellia oleifera* seed oils by different roasting temperatures on the survivability of N2 *Caenorhabditis elegans* after heat shock

Concentration (%)	B	C	P	80	100	120	S
-	28.33 ± 5.77	31.67 ± 5.77	-	-	-	-	-
0.005	-	-	-	31.67 ± 5.77	38.33 ± 5.77	36.67 ± 5.77	33.33 ± 7.64
0.01	-	-	71.67 ± 7.64*	53.33 ± 7.64	51.67 ± 7.64	56.67 ± 7.64	36.67 ± 7.64
0.02	-	-	-	58.33 ± 7.64*	61.67 ± 7.64*	56.67 ± 5.77*	36.67 ± 5.77
0.04	-	-	-	66.67 ± 2.89*	65.00 ± 5.00*	68.33 ± 2.89*	41.67 ± 2.89
0.08	-	-	-	78.33 ± 2.89*	80.00 ± 5.00*	78.33 ± 5.77*	43.33 ± 5.77

B : blank ; C : control (0.1% DMSO) ; P : positive control (0.01% quercetin) ; 80 :

Camellia oleifera seed oil by roasting at 80°C ; 100 : *Camellia oleifera* seed oil by roasting

at 100°C ; 120 : *Camellia oleifera* seed oil by roasting at 120°C ; S : sunflower seed oil.

* Indicates significant difference from control ($p < 0.05$).



(二) 大果苦茶油對 GCM101 線蟲麻痺率之影響

許多研究認為 A β 沉澱與阿茲海默症有關 (Selkoe, 2000)，GCM101 秀麗隱桿線蟲是帶有人類 A β 基因的基因轉殖線蟲，當此線蟲培養在 16°C 時，A β 基因不會表現，但培養溫度升至 25°C 時，A β 基因正常表現並生成 A β ，導致線蟲產生麻痺現象 (Link *et al.*, 2003)。

表 16 為食用種子經不同溫度炒焙大果苦茶油之線蟲經 25°C 培養 48 h 後之麻痺率，食用 0.005% 經 80、100 及 120°C 炒焙苦茶油之線蟲的麻痺率分別為 51.67 ± 7.64 、 50.00 ± 5.00 及 $51.67 \pm 5.77\%$ ；食用 0.01% 經 80、100 及 120°C 炒焙苦茶油之線蟲的麻痺率分別為 48.33 ± 5.77 、 48.33 ± 7.64 及 $50.00 \pm 5.00\%$ ；食用 0.02% 經 80、100 及 120°C 炒焙苦茶油之線蟲的麻痺率分別為 43.33 ± 7.64 、 40.00 ± 5.00 及 $41.67 \pm 5.77\%$ ；食用 0.04% 經 80、100 及 120°C 炒焙苦茶油之線蟲的麻痺率分別為 33.33 ± 2.89 、 35.00 ± 5.00 及 $33.33 \pm 2.89\%$ ；食用 0.08% 經 80、100 及 120°C 炒焙苦茶油之線蟲的麻痺率分別為 30.00 ± 5.00 、 28.33 ± 5.77 及 $28.33 \pm 2.89\%$ 。食用相同濃度但不同炒焙溫度 (80、100 及 120°C) 苦茶油之線蟲麻痺率相近，表示種子炒焙溫度不會影響苦茶油對線蟲 A β 誘導麻痺現象的效益。另外，食用 0.02、0.04 及 0.08% 經 80、100 及 120°C 炒焙苦茶油之線蟲的麻痺率比控制組 ($66.67 \pm 7.64\%$) 低，且有顯著差異，也比餵食相同濃度葵花油之線蟲的麻痺率低，0.08% 苦茶油處理組與正對照組 ($36.67 \pm 5.77\%$) 之線蟲麻痺率相近。綜合上述結果，食用大果苦茶油具有減緩 GCM101 線蟲因 A β 引發的麻痺現象。

表 16. 不同炒焙溫度之大果苦茶油對 GCM101 秀麗隱桿線蟲於 25°C 麻痺率之影響

Table 16. Effects of *Camellia oleifera* seed oils by different roasting temperatures on the paralysis rate of GCM101 *Caenorhabditis elegans* at 25°C

Concentration (%)	B	C	P	80	100	120	S
-	68.33 ± 7.64	66.67 ± 7.64	-	-	-	-	-
0.005	-	-	-	51.67 ± 7.64	50.00 ± 5.00	51.67 ± 5.77	68.33 ± 7.64
0.01	-	-	36.67 ± 5.77*	48.33 ± 5.77	48.33 ± 7.64	50.00 ± 5.00	65.00 ± 5.00
0.02	-	-	-	43.33 ± 7.64*	40.00 ± 5.00*	41.67 ± 5.77*	70.00 ± 5.00
0.04	-	-	-	33.33 ± 2.89*	35.00 ± 5.00*	33.33 ± 2.89*	61.67 ± 2.89
0.08	-	-	-	30.00 ± 5.00*	28.33 ± 5.77*	28.33 ± 2.89*	53.33 ± 2.89

B : blank ; C : control (0.1% DMSO) ; P : positive control (0.01% caffeine) ; 80 : *Camellia oleifera* seed oil by roasting at 80°C ; 100 : *Camellia oleifera* seed oil by roasting at 100°C ; 120 : *Camellia oleifera* seed oil by roasting at 120°C ; S : sunflower seed oil.

Data with different letters are significantly different at $p < 0.05$.



伍、結論

大果油茶種子經過 80、100 及 120°C 炒焙後對壓榨所得之苦茶油的品質、穩定性及揮發性成分皆有顯著差異。大果油茶種子炒焙溫度由 80°C 升高至 120°C，苦茶油顏色由黃色轉變為黃棕色，脂肪酸組成及酸價並無明顯變化，Squalene、 α -Tocopherol 及總酚類化合物含量皆增加，過氧化價呈下降趨勢，OSI 呈上升趨勢，且脂肪酸組成、酸價及過氧化價皆符合 CNS 對壓榨苦茶油的規範，表示將種子炒焙溫度由 80°C 提高至 120°C，可以明顯提高大果苦茶油的品質及穩定性。隨著種子炒焙溫度由 80°C 提高至 100 及 120°C，大果苦茶油之揮發性成分種類及總吸附量皆增加，且主要揮發性成分由醛類化合物轉變為呋喃衍生物及吡嗪衍生物，表示炒焙溫度會明顯的影響苦茶油的揮發性成分及其風味。此外，食用大果苦茶油之秀麗隱桿線蟲比未食用者有較佳的熱耐受性且較能抵抗 $A\beta$ 誘導麻痺毒性，而以不同種子炒焙溫度（80、100 及 120°C）但相同濃度之苦茶油餵食線蟲，並不會影響線蟲的熱休克存活率及 $A\beta$ 誘導麻痺率。本研究結果有助於榨油過程中判斷炒焙溫度的高低，以得到更高品質的苦茶油，亦對大果苦茶油的香氣成分有初步了解，大果苦茶油對線蟲的熱耐受性及 $A\beta$ 誘導麻痺毒性有正面影響，值得將來進一步研究探討。



陸、參考文獻

王振瀾、林玉含（1990）優良品種油茶之油脂成分提煉及性質分析。林業試驗所

研究報告季刊 5：11-15。

王振瀾、尹華文、劉文玉（1994）茶油穩定性探討及生育酚與固醇類成分之分析。

林業試驗所研究報告季刊 9: 73-86。

中華民國國家標準 CNS 3647（2003）食用油脂檢驗法—酸價之測定。經濟部標

準檢驗局。

中華民國國家標準 CNS 3650（2003）食用油脂檢驗法—過氧化價之測定。經濟

部標準檢驗局。

中華民國國家標準 CNS14876（2004）食用油脂檢驗法—穩定性指數之測定。經

濟部標準檢驗局。

中華民國國家標準 CNS15817（2015）食用苦茶油（油茶油）。經濟部標準檢驗局。

尹華文、陳正豐、呂勝由（2009）超臨界二氧化碳萃取苦茶油及茶粕之優異性。

林業研究專訊 16：13-16。

尹華文、呂勝由、陳正豐（2010）苦茶油、茶籽油與茶樹精油之辨別、萃取及其

利用。林業研究專訊 17: 5-10。

李敏雄、王美苓、閔丙宇（1990）甲基酯化方法對脂肪酸分析結果之影響。食品科

學 17: 1-10。

許富蘭、黃裕星、徐光平、楊正釗（2015）談食安風暴下的新風潮—自己榨油。

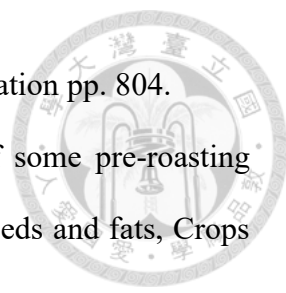
林業研究專訊 22：1-5。

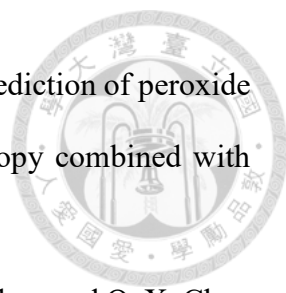
蔣慎思、劉瓊峰、許富蘭、許俊凱（2016）臺灣的黃金液體—苦茶油。林業研究

專訊 23：33-38。

謝靜敏、黃裕星（2013）臺灣油茶產業發展現況調查。林業研究專訊 20：13-22。

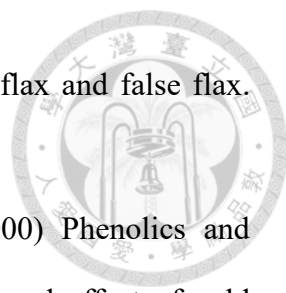
Adams, R. P. (2007) Identification of essential oil components by gas chromatography /

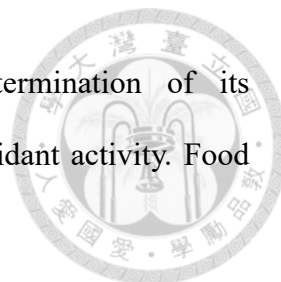
- 
- mass spectroscopy. 4th ed. IL, USA: Allured Publishing Corporation pp. 804.
- Aktaş, N., K. E. Gerçekaslan and T. Uzlaşır (2018) The effect of some pre-roasting treatments on quality characteristics of pumpkin seed oil. *Oilseeds and fats, Crops and Lipids* 25: A301.
- Amarowicz, R. (2009a) Antioxidant activity of Maillard reaction products. *European Journal of Lipid Science and Technology* 111: 109-111.
- Amarowicz, R. (2009b) Squalene: a natural antioxidant? *European Journal of Lipid Science and Technology* 111: 411-412.
- 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.
- Aytac, Z. and T. Uyar (2016) Antioxidant activity and photostability of α -tocopherol/ β -cyclodextrin inclusion complex encapsulated electrospun polycaprolactone nanofibers. *European Polymer Journal* 79: 140-149.
- Bai, S. H., I. Darby, T. Nevenimo, 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. *Public Library of Science* 12: e0184279.
- Bumrungpert, A., P. Pavadhgul and R. W. Kalpravidh (2016) Camellia oil-enriched diet attenuates oxidative stress and inflammatory markers in hypercholesterolemic Subjects. *Journal of Medicinal Food* 19: 895-898.
- 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.

- 
- 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.
- Chai, W. M., X. Liu, Y. H. Hu, H. L. Feng, Y. L. Jia, Y. J. Guo, H. T. Zhou and Q. X. Chen (2013) Antityrosinase and antimicrobial activities of furfuryl alcohol, furfural and furoic acid. *International Journal of Biological Macromolecules* 57: 151-155.
- Chaikul, P., T. Sripisut, S. Chanpirom, K. Sathirachawan and N. Ditthawuthikul (2017) Melanogenesis inhibitory and antioxidant effects of *Camellia oleifera* seed oil. *Advanced Pharmaceutical Bulletin* 7: 473-477.
- Chang, S. K., C. Alasalvar, B. W. Bolling and F. Shahidi (2016) Nuts and their co-products: The impact of processing (roasting) on phenolics, bioavailability, and health benefits – A comprehensive review. *Journal of functional Foods* 26: 88-122.
- 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.
- Davidek, T., S. Devaud, F. Robert and I. Blank (2006) Sugar fragmentation in the Maillard reaction cascade: isotope labeling studies on the formation of acetic acid by a hydrolytic β -dicarbonyl cleavage mechanism. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 54: 6667-6676.
- Dostal, V., C. M. Roberts and C. D. Link (2010) Genetic mechanisms of coffee extract protection in a *Caenorhabditis elegans* model of β -amyloid peptide toxicity. *Genetics* 186: 857-866.
- Farhoosh, R., R. Niazmand, M. Rezaei and M. Sarabi (2008) Kinetic parameter determination of vegetable oil oxidation under Rancimat test conditions. *European*

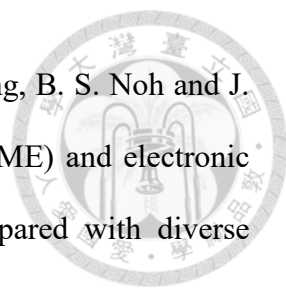
- Journal of Lipid Science and Technology 110: 587-592.
- Frankel, E. N. (1988) Hydroperoxidation of unsaturated fatty esters. *Oxygen Radicals in Biology and Medicine* 49: 265-282.
- Gao, P., Y. Cao, R. Liu, Q. Jin and X. Wang (2019) Phytochemical content, minor constituent compositions, and antioxidant capacity of screw-pressed walnut oil obtained from roasted kernels. *European Journal of Lipid Science and Technology* 121: 1800292.
- Guisbert, E., D Czyz, K. Richter, P. McMullen and R. Morimoto (2013) Identification of a tissue-selective heat shock response regulatory network. *Public Library of Science* 9: e1003466.
- Hoed, V. V. (2010) Phenolic compounds in seed oils. *Lipid Technology* 22: 247-249.
- Huang, Z. Q. (Eds) (1996) *Flora of Taiwan*, 2nd edition. Taipei Taiwan, Editorial Committee of the Flora of Taiwan pp. 861.
- Huang, Z. R., Y. K. Lin and J. Y. Fang (2009) Biological and pharmacological activities of squalene and related compounds: potential uses in cosmetic dermatology. *Molecules* 14: 540-554.
- 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.
- Kao, J. W., E. G. Hammond and P. J. White (1998) Volatile compounds produced during deodorization of soybean oil and their flavor significance. *Journal of the American Oil Chemists' Society* 75: 1103-1107.
- Kráčmar, S., M. Fišera, V. Přikrylová, L. Fišerová, Z. Málek and P. Tvrzník (2019) Storage of extra virgin olive oil and its impact on fatty acid levels. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences* 8: 1228-1230.
- Krist, S. G. Stuebiger, S. Bail and H. Unterweger (2006) Analysis of volatile compounds

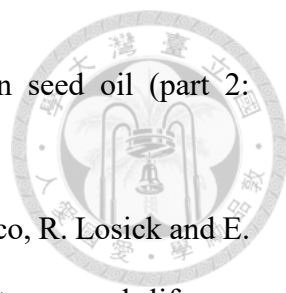


- 
- and triacylglycerol composition of fatty seed oil gained from flax and false flax. European Journal of Lipid Science and Technology 108: 48-60.
- Kujala, T. S., J. M. Loponen, K. D. Klika and K. Pihlaja (2000) Phenolics and betacyanins in red beetroot (*Beta vulgaris*) root: distribution and effect of cold storage on the content of total phenolics and three individual compounds. Journal of Agricultural and Food Chemistry 48: 5338-5342.
- Kurt, C. (2018) Variation in oil content and fatty acid composition of sesame accessions from different origins. International Journal of Fats and Oils 69: e241.
- 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.
- Lee, K. G. and T. Shibamoto (2002) Toxicology and antioxidant activities of non-enzymatic browning reaction products: review. Food Reviews International 18: 151-175.
- 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.
- 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.
- 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.
- Li, H., Z. Zhang, D. He, Y. Xia, Q. Liu and X. Li (2017) Ultrasound-assisted aqueous



- enzymatic extraction of oil from perilla seeds and determination of its physicochemical properties, fatty acid composition and antioxidant activity. *Food Science and Technology* 37: 71-77.
- Link, C., A. Taft, V. Kapulkin, K. Duke, S. Kim, Q. Fei, D. Wood and B. Sahagan (2003) Gene expression analysis in a transgenic *Caenorhabditis elegans* Alzheimer's disease model. *Neurobiology of Aging* 24: 397-413.
- Liu, K., Q. Chen, Y. Liu, X. Zhou and X. Wang (2012) Isolation and biological activities of decanal, linalool, valencene, and octanal from sweet orange oil. *Journal of Food Science* 77: 1156-1161.
- Lithgow, G. J., T. M. White, S. Melov and T. E. Jhonson (1995) Thermotolerance and extended life-span conferred by single-gene mutations and induced by thermal stress. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 92: 7540-7544.
- 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.
- Matthäus, B., P. Li, F. Ma, H. Zhou, J. Jiang and M. M. Özcan (2018) Is the profile of fatty acids, tocopherols, and amino acids suitable to differentiate *Pinus armandii* suspicious to be responsible for the pine nut syndrome from other *Pinus* species? *Chemistry Biodiversity* 15: e1700323.
- Moayedi, A., K. Rezaei, S. Moini and B. Keshavarz (2011) Chemical compositions of oils from several wild almond species. *Journal of the American Oil Chemists' Society* 88: 503-508.
- Nederal, S., D. Škevin, K. Kraljić, M. Obranović, S. Papeša and A. Bataljaku (2012) Chemical composition and oxidative stability of roasted and cold pressed pumpkin seed oils. *Journal of the American Oil Chemists' Society* 89: 1763-1770.

- 
- 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.
- Parker, T. D., D. A. Adams, K. Zhou, M. Harris and L. YU (2003) Fatty acid composition and oxidative stability of cold-pressed edible seed oils. *Journal of Food Science* 68: 1240-1243.
- Pelvan, E., C. Alasalvar and S. Uzman (2012) Effects of roasting on the antioxidant status and phenolic profiles of commercial turkish hazelnut varieties (*Corylus avellana* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 60: 1218-1223.
- 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.
- Rustan, A. C. and C. A. Drevon (2005) Fatty acids: structures and properties. *Encyclopedia of Life Sciences*, John Wiley and Sons, Ltd.
- Selkoe, D. J. (2000) Toward a comprehensive theory for Alzheimer's disease. Hypothesis: Alzheimer's disease is caused by the cerebral accumulation and cytotoxicity of amyloid beta-protein. *Annals of the New York Academy of Sciences* 924: 17-25.
- Shahidi, F. and Y. Zhong (2010) Novel antioxidants in food quality preservation and health promotion. *European Journal of Lipid Science and Technology* 112: 930-940.
- Shrestha, K. and B. D. Meulenaer (2014) Effect of seed roasting on canolol, tocopherol, and phospholipid contents, Maillard type reactions, and oxidative stability of mustard and rapeseed oils. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 62: 5412-5419.
- 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.
- Smolentseva, O., I. Gusarov, L. Gautier, I. Shamovsky, A. DeFrancesco, R. Losick and E. Nudler (2017) Mechanism of biofilm-mediated stress resistance and lifespan extension in *C. elegans*. Scientific Reports 7: 7137.
- Soto, C., E. Conde, A. Moure, M. E. Zúñiga and H. Domínguez (2008) Supercritical extraction of borage seed oil coupled to conventional solvent extraction of antioxidants. European Journal of Lipid Science and Technology 110: 1035-1044.
- 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.
- Taş, N. G. and V. Gökmen (2017) Maillard reaction and caramelization during hazelnut roasting: A multiresponse kinetic study. Food Chemistry 221: 1911-1922.
- Troise, A. D. (2018) Analytical strategies to depict the fate of the Maillard reaction in foods. Food Science 19: 15-22.
- Wang, X., Q. Zeng, M. M. Contreras and L. Wang (2017) Profiling and quantification of phenolic compounds in Camellia seed oils: Natural tea polyphenols in vegetable oil. Food Research International 102: 184-194.
- Wei, C. C., P. L. Yen, S. T. Chang, P. L. Cheng, Y. C. Lo and V. H. C. Liao (2016) Antioxidative activities of both oleic acid and *Camellia tenuifolia* seed oil are regulated by the Transcription Factor DAF-16/FOXO in *Caenorhabditis elegans*. Public Library of Science One 11: e0157195.
- Xiao, H., Z. Yao, Q. Peng, F. Ni, Y. Sun, C. X. Zhang and Z. X. Zhong (2016) Extraction of squalene from camellia oil by silver ion complexation. Separation and Purification Technology 169: 196-201.
- Xie, C., Z. F. Ma, F. Li, H. Zhang, L. Kong, Z. Yang and W. Xie (2018) Storage quality

- 
- of walnut oil containing lycopene during accelerated oxidation. *Journal of Food Science and Technology* 55: 1387-1395.
- 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.
- Yu, A. N., B. G. Sun, D. T. Tian and W. Y. Qu (2008) Analysis of volatile compounds in traditional smoke-cured bacon (CSCB) with different fiber coatings using SPME. *Food Chemistry* 110: 233-238.
- Yuan, J., C. Wang, H. Chen, H. Zhou and J. Ye (2013) Prediction of fatty acid composition in *Camellia oleifera* oil by near infrared transmittance spectroscopy (NITS). *Food Chemistry* 138: 1657-1662.
- Zavala-Sánchez, M. A., S. Pérez-Gutiérrez, C. Pérez-González, D. Sánchez-Saldivar and L. Arias-García (2002) Antidiarrhoeal activity of nonanal, an aldehyde isolated from *Artemisia ludoviciana*. *Pharmaceutical Biology* 40: 263-268.
- Zhang, W., R. Wang, Y. Yuan, T. Yang and S. Liu (2016) Changes in volatiles of palm kernel oil before and after kernel roasting. *Food Science and Technology* 73: 432-441.
- 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.