

焙炒處理對胡麻機能性成分之影響

黃榮清¹ 左先正¹ 初建² 李雅琳^{3,*}

摘要

黃榮清、左先正、初建、李雅琳。2017。焙炒處理對胡麻機能性成分之影響。台灣農業研究 66(2):113–125。

胡麻 (*Sesamum indicum*) 為台灣重要油料作物之一。「台南一號」胡麻 ('Tainan No. 1') 於 1992 年育成，擁有優良農藝特性，為目前主要的栽培品種，主要產地在台南市地區。一般胡麻在食用前會先經過焙炒，包括榨油之前的前處理，然而各家業者的焙炒條件不同。本研究探討焙炒條件對胡麻機能性成分之影響，期能提供業者合適的建議。採集栽種於台南地區 22 處農戶的「台南一號」胡麻種子，使用含水率最低 (4.3%) 及最高之胡麻 (8.7%) 種子，以不同溫度 (120、140、160°C) 及時間 (10、15、20 min) 進行焙炒後，再以甲醇或乙醚 (不同極性) 進行機能性成分萃取，探討不同條件下其總酚含量、還原力、生育醇之變化。結果顯示，隨焙炒強度的提升，總酚含量與還原力也隨之上升。其中，140°C 焙炒 10 min 的胡麻籽兼具良好之風味與相對較高的機能性成分；其乙醚萃取之生育醇含量可達 570 mg L⁻¹，高出過去國內外研究報告中的胡麻品種含量。

關鍵詞：胡麻、焙炒、機能性成分、生育酚、酚類化合物。

前言

胡麻 (*Sesame, Sesamum indicum*) 是胡麻科胡麻屬植物，別名有芝麻、脂麻、油麻，為一年生草本植物，原產於東印度，經由西域傳入中國。目前，胡麻多生產於熱帶及亞熱帶地區，全球主要產地為印度、緬甸、中國、奈及利亞等地區，因應當地需求與環境，已有許多不同的改良品種產生。台灣關務署統計，2014 年進口胡麻總量為 46,313 Mg，總金額達 7,063 萬美元，出口金額為 126 萬美元；胡麻油及其餾分進口金額為 333 萬美元，出口金額為 2,646 萬美元，合計入超 4,624 萬美元 (合台幣 13 億 8 千 7 百萬元)。農糧署調查 2014 年台灣生產胡麻總產量為 2,207 Mg，僅占進口量的 4.8%，顯示胡麻的國產量缺口相當大，實有提高國產胡麻產量的必要性。

胡麻被歸類為國際重要作物，其種子為人

類重要的營養來源之一，所以已經建立許多營養學上的背景知識 (Namiki 2007; Kanu *et al.* 2010)：種子平均油脂含量 50% 以上，富含不飽和脂肪酸，主要的兩種不飽和脂肪酸是油酸 (30–63% oleic acid, C18:1) 及亞油酸 (46–58% linoleic acid, C18:2)；蛋白質含量約占 17–32%，含有豐富含硫胺基酸，以甲硫胺酸 (methionine，人體必需胺基酸) 及半胱胺酸 (cysteine) 為主，營養優於一般植物性蛋白質；碳水化合物占 3.4–13.6%，主要為葡萄糖及果糖，不含澱粉；粗纖維含量 2.81–7.23%；礦物質含量高於米、麥、大豆及其他乾果類種子，其中尤以鈣質含量最多，每 100 g 胡麻籽約含鈣 1,200 mg、鐵 9.6 mg、磷 540 mg；含有豐富的重要水溶性維生素，包括 B1、B2 及菸鹼酸等，在 100 g 種子中含量分別為 1.5 mg、0.25 mg 及 6.0 mg。

投稿日期：2015 年 11 月 17 日；接受日期：2016 年 7 月 26 日。

* 通訊作者：ylleet@tari.gov.tw

¹ 農委會農業試驗所生物技術組研究助理。台灣 台中市。

² 農委會藥物毒物試驗所殘毒管制組副研究員。台灣 台中市。

³ 農委會農業試驗所生物技術組副研究員。台灣 台中市。

生長於熱帶及亞熱帶的胡麻，種子油脂以不飽和脂肪酸為主 (> 85%)，因為必須對抗環境的高氧化壓力，已知含有高量的油溶性維生素 E、木酚素等天然抗氧化劑。目前文獻報告其維生素 E 含量最高者為 533 mg L⁻¹ (Blatt *et al.* 2001)，主要為 α -tocopherol (50–373 mg L⁻¹) 及 γ -tocopherol (90–390 mg L⁻¹) 兩種結構。東南亞地區包含台灣、韓國與日本生產的胡麻，其維生素 E 是以 γ -tocopherol 結構為主，含量介於 100–440 mg L⁻¹，並且因品種與栽培條件不同而使含量有相當大的差異。日本學者 (Pior *et al.* 1991; Kuriyama *et al.* 1995) 對胡麻的抗氧化物質進行深入研究，發現胡麻種子中含有豐富的酚類化合物 (phenols)，屬於木酚素 (lignin)，並命名為 sesamin、sesamol、sesamolol、sesaminol 及 sesamol 等，具有良好的抗氧化能力。現代科學已經瞭解，人體老化與癌症發生的重要起因是「氧化傷害」(Cutler *et al.* 2004; Valko *et al.* 2006)，所以攝取能提高人體抗氧化能力的食物，成為重要的抗癌、延緩老化策略。

台灣位處熱帶與亞熱帶交界處，氣候適合胡麻生長，主要座落於嘉南平原，普遍種植「台南一號」(‘Tainan No. 1’) 品種。此品種是由行政院農業委員會台南區農業改良場李文輝先生於 1996 年育成，屬中熟品種，莖桿粗壯，抗倒伏，種皮黑色，已被許多學者用於與各國胡麻品系成分比較，具有高的油脂、sesamin、sesamol 及 γ -tocopherol 含量。「台南一號」過去已有些基礎研究報告，例如其春、秋二產季的產量差異 (春作 1,217 kg ha⁻¹，秋作 941 kg ha⁻¹) (Lee 1996)、油脂含量 52–56%、香氣組成分 (Lee & Liu 2011)。

胡麻的常見食用方法，是經過焙炒後直接攝取，或者再經壓榨作為食用油。過去研究報告 (Hsieh *et al.* 2014) 顯示，隨著焙炒溫度越高，其酚類化合物含量越高，抗氧化能力越強。然而，隨著冷壓橄欖油的風行，市場亦出現不經過加熱的冷壓胡麻油產品，並且訴求其生理活性高於傳統榨油法。根據行政院農業委員會農糧署統計，103 年度全台胡麻主要栽植地為台南市，其產量占總產量的 97.6%。本研

究為釐清焙炒對胡麻的影響，以及研究台灣自行育成的品種「台南一號」，特地收蒐集台南市地區生產的胡麻樣品作為試驗材料，處理不同的焙炒條件，再以甲醇或乙醚萃取胡麻籽的機能性成分並加以分析，以期找到較合適的焙炒條件提供產業製程之建議。

材料與方法

胡麻籽採樣與含水量分析

台灣台南市地區 22 處農戶於 2014 年秋季栽培生產的胡麻籽樣品，分別編號整理列表 (表 1)。含水率依循 CNS 8315-N 4079 「油籽水分及揮發物含量之測定方法」，以鋁箔紙壓模成小燒杯形狀於 105°C 烘箱乾燥至恆重，紀錄重量 (W1)。取約 2 g 胡麻樣品，放入鋁箔杯後，精確秤重 (含杯重 W2)，置入 105°C 烘箱乾燥，每 2 h 取出置於乾燥器冷卻後秤重，直至 2 次秤重間差異等於或少於 0.005 g 為止，紀錄重量 (W3)。含水率 (%) = (W2 - W3) ÷ (W2 - W1) × 100%。

胡麻籽焙炒處理與溶劑萃取

分別取 100 g 胡麻，以 120、140 及 160°C 三種溫度，加熱 10、15 或 20 min 進行焙炒 (自動烘焙機，ET-2，易淳企業有限公司，台灣)，自然冷卻後置於 -20°C 冰箱冷藏備用。使用時，取出胡麻放置於室溫回溫後，再以研鉢磨成細粉，秤取約 0.1 g，分別加入甲醇或乙醚 0.3 mL，靜置 2 min，以 12,000×g 離心 2 min 後取出澄清液，重複萃取 4 次，匯集萃取液以減壓濃縮法去除有機溶劑 (離心式真空濃縮乾燥機，SPD111V，Thermo，U.S.A.) 後，秤重，紀錄萃取量，油脂樣品置於 -20°C 貯藏以供後續各種分析試驗使用。

脂肪酸組成分析

秤取約 0.014 g 之油脂樣品 (乙醚萃取法) 至 2 mL 塑膠離心管中，加入 1,000 μ L 正己烷 (含內標準品 3.0 mg mL⁻¹ methyl heptadecanoate, C17:0-CH₃, Sigma Aldrich, U.S.A.)。加入 60 μ L 2 N KOH (配製於甲醇中)，震盪 10 min。加入 400 μ L 飽和食鹽溶液，均勻混合

表 1. 台灣台南之胡麻樣品採集地點。

Table 1. Collection spots of sesame samples in Tainan, southern Taiwan.

Sample no.	WC (%) ^z	Sampling site with global positioning system (GPS)
S1	4.63 ± 0.07	N: 23°06'45.36" E: 120°09'32.35"
S2	4.84 ± 0.01	N: 23°07'12.34" E: 120°08'57.02"
S3	4.27 ± 0.01	N: 23°11'36.64" E: 120°10'10.75"
S4	4.64 ± 0.03	N: 23°13'00.34" E: 120°08'20.59"
S5	5.33 ± 0.04	N: 23°12'57.24" E: 120°09'48.05"
S6	7.45 ± 0.07	N: 23°07'40.45" E: 120°12'59.70"
S7	7.40 ± 0.01	N: 23°07'48.60" E: 120°13'30.71"
S8	6.03 ± 0.02	N: 23°07'45.07" E: 120°13'43.85"
S9	5.51 ± 0.03	N: 23°07'58.70" E: 120°13'45.72"
S10	8.69 ± 0.02	N: 23°08'09.53" E: 120°13'46.23"
S11	7.43 ± 0.02	N: 23°13'00.34" E: 120°08'20.59"
S12	4.27 ± 0.03	N: 23°12'57.24" E: 120°09'48.05"
S13	5.68 ± 0.04	N: 23°06'42.37" E: 120°18'51.87"
S14	5.57 ± 0.07	N: 23°06'03.50" E: 120°18'03.86"
S15	6.12 ± 0.01	N: 23°06'13.39" E: 120°17'41.77"
S16	6.30 ± 0.06	N: 23°07'21.19" E: 120°17'9.57"
S17	6.45 ± 0.05	N: 23°08'17.94" E: 120°17'32.22"
S18	4.65 ± 0.04	N: 23°08'58.37" E: 120°17'17.70"
S19	6.04 ± 0.10	N: 23°05'58.98" E: 120°12'48.78"
S20	5.75 ± 0.02	N: 23°06'10.28" E: 120°12'39.62"
S21	5.87 ± 0.04	N: 23°06'52.85" E: 120°13'34.01"
S22	5.08 ± 0.01	N: 23°07'39.99" E: 120°14'34.98"

^z Water content.

以終止反應後，12,000× g 離心 2 min，使溶液分層（上層為正己烷層，下層為甲醇層）。取出之上層液以 0.45 μm 過濾膜 (PVDF filter, Millex-HV, Millipore, Darmstadt, Germany) 進行過濾後 10× 稀釋，定容至總體積 1,000 μL。使用氣相層析串聯質譜儀 (GC-MS, 3800 GC/MS, Varian, U.S.A.)，分析 1.0 μL 樣品，注射口溫度 (injector temperature) 為 275°C，分離管柱採用毛細管柱 CP8822 (Vf-23ms 30 m, 0.25 mm, ID DF = 0.25, Varian, U.S.A.)，載送氣體 (carrier gas) 為 99.99% 高純氦氣 (He)，流速為 0.9 mL min⁻¹；溫度設定：起始溫度 100°C，持溫 1 min 後，再以 15°C min⁻¹ 之速率升溫，由 100°C 上升至 185°C，之後持溫 8 min。

胡麻籽萃取物總酚含量分析

標準曲線以蒸餾水 (ddH₂O) 稀釋沒食子酸 (gallic acid, Sigma Aldrich, U.S.A.)，分別取 10 μL 之 0、0.2、0.4、0.6、0.8 及 1 mg mL⁻¹ gallic acid，依序加入 ddH₂O 160 μL，Folin-Ciocalteu phenol reagent (Sigma Aldrich, U.S.A.) 10 μL，35% Na₂CO₃ (Sigma Aldrich, U.S.A.) 20 μL，最終體積 200 μL 混合均勻，測 OD₇₅₀ 值。樣品是胡麻焙炒、磨碎後以甲醇 (簡寫為 MeOH) 或乙醚 (簡寫 Et₂O) 萃取去除溶劑後之油脂 (以下分析樣品皆同)，以 MeOH 溶劑稀釋 10× 取 15 μL，依序加入 ddH₂O 240 μL，Folin-Ciocalteu phenol reagent 15 μL，35% Na₂CO₃ 30 μL，充分混合均勻，離心 13,000× g 2 min，盡量避免沾到

浮在液面上的油脂或先去除浮油，取 200 μL 反應液加到 ELISA 反應盤，以 ELISA Reader (SpectraMax 250, Molecular device, U.S.A.) 偵測 OD750 吸光值。

胡麻籽萃取物還原力分析

油脂樣品以 MeOH 10 \times 稀釋，取 100 μL –1.5 mL 微量離心管，加入 100 μL 0.2 M 磷酸緩衝液，混合均勻後，加入 100 μL 1% $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$ ，混合均勻。置於 50 $^\circ\text{C}$ 乾浴槽 20 min 後插入冰上，使之冷卻 (約 30 s)，快速離心後，加入 100 μL 10% trichloroacetic acid (TCA, Sigma Aldrich, U.S.A.) 混合均勻，離心 13,000 $\times g$ 2 min 後，取 100 μL 反應液至 ELISA 反應盤中，加入 80 μL ddH₂O 後，再加入 20 μL 0.1% FeCl_3 混勻，立即放入 ELISA Reader 測定 OD700 吸光值。每樣品 3 重複。

標準曲線是以 MeOH 配製 trolox (Sigma Aldrich, U.S.A.) 0、0.2、0.4、0.6、0.8、1 及 1.2 mM，反應步驟和樣品測定方法相同。

胡麻籽萃取物生育醇分析

樣品製備是取甲醇與乙醚萃取的胡麻油脂 10 μL ，加入 190 μL 正己烷 (稀釋 20 \times)，以 0.45 μm 過濾膜 (PVDF filter, 同上) 進行過濾。標準曲線是配製 50、100 及 150 mg mL^{-1} γ -tocopherol 標準品。以高效液相層析儀 (High Performance Liquid Chromatography, 2695, Waters, Milford, MA) 進行分析，分離管柱為 Inertsil ODS-3 (5 μm , 150 mm \times 4.6 mm I.D., GL Sciences, Japan)，溫度 40 $^\circ\text{C}$ ，移動相為 MeOH : ACN = 40 : 60 (ACN 為 acetonitrile, Sigma Aldrich, U.S.A.)；流速設定為 1 mL min^{-1} ，使用螢光偵測器 (Waters 2475 multi λ fluorescence detector) 分析，激發波長 298 nm，放射波長 328 nm。

胡麻籽萃取物之 ABTS 自由基清除能力分析

反應試劑為 2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulphonic acid) (ABTS, Calbiochem, U.S.A.) 與 30 mM ammonium persulfate (Bio-Rad, U.S.A.) 以 10 : 1 之比例於實驗分析

前 2 h 混合並放置於黑暗處，以產生穩定的陽離子自由基。反應試劑以約 5 \times ddH₂O 稀釋，使其波長 734 nm 吸光值落於 1.0–1.5 之間，是為 ABTS 反應試劑。如分析樣品具備清除此自由基的能力，將使 OD734 吸光值降低。其油脂樣品以 10 \times 體積 MeOH 混合均勻，取混合液 25 μL –1.5 mL 微量離心管，加入 225 μL ABTS 反應試劑，混合均勻後，離心 13,000 $\times g$ 2 min，取 200 μL 下層反應液至 ELISA 反應盤中，立即放入 ELISA Reader 測定 OD734 數值。每樣品 3 重複。

標準曲線是以 MeOH 配製 trolox 0、0.2、0.4、0.6 及 0.8 mM，反應步驟和樣品測定方法相同。

胡麻籽萃取物之 DPPH 自由基清除能力分析

油脂樣品以異丙醇稀釋 3 \times ，取 90 μL –1.5 mL 微量離心管，加入 810 μL 穩定自由基溶液 100 μM 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH, Sigma Aldrich, U.S.A.)，混合均勻後，離心 13,000 $\times g$ 2 min，取 200 μL 反應液至 ELISA 反應盤中，立即放入 ELISA Reader 測定 OD517 吸光值。每樣品 3 重複。若分析樣品具有清除 DPPH 自由基能力，將使 OD517 吸光值降低。

標準曲線是以 MeOH 配製 L-ascorbic acid (Sigma Aldrich, U.S.A.) 0、0.02、0.04、0.06、0.08 及 0.1 mg mL^{-1} ，反應步驟和樣品測定方法相同。

結果

胡麻樣品含水量差異與不同焙炒條件

於台南地區採集 22 位不同農戶栽培生產之胡麻 (表 1) (分別編號 S1–S22)，其製程是採收後各農戶於當地日曬乾燥，再收集回到試驗室分析其水分含量。結果顯示，22 個胡麻樣品含水量差異相當大 (4.27–8.69%) (表 1)，平均值為 5.82%。Yen *et al.* (1986) 發表乾燥胡麻之含水量為 4.88%，與本試驗結果相近，然而有部分胡麻樣品含水量高達 8% 以上，可能歸因於胡麻栽培環境、田間管理，乃至於日曬乾燥條件不同所造成。含水量不同可能代表胡

麻籽的機能性成分亦有差異，因此我們選用含水率最低的 S3 ($4.27 \pm 0.07\%$) 與最高的 S10 ($8.69 \pm 0.02\%$)，作為後續試驗材料。胡麻焙炒處理分別以 120、140 及 160°C 加熱 10、15 或 20 min。焙炒冷卻後，每個樣品約取用 2 g 進行官能品評，發現不論 S3 或 S10 樣品，以 120°C 焙炒的胡麻仍帶有草腥味，而 160°C 焙炒的樣品，全部出現焦臭味，唯有 140°C 焙炒的樣品味道合宜適口，其中，以加熱 10 min 者呈現最佳風味。

胡麻焙炒後之油脂萃取率與其脂肪酸組成分析

不同焙炒條件處理 (溫度 120–140°C、10–20 min) 的胡麻樣品 S3 與 S10，其甲醇萃取油脂之平均萃取率分別為 $41.9\% \pm 1.2\%$ 及

$39.2\% \pm 1.8\%$ (圖 1A)，乙醚則為 $56.2\% \pm 1.4\%$ 、 $54.2\% \pm 1.5\%$ ；乙醚之萃取量高出甲醇 15%；而不同焙炒條件之處理，對油脂萃取率之影響差異不大。另外，S3 的油脂萃出率略高於 S10 胡麻樣品約 2%。進一步分析乙醚萃取油脂中的脂肪酸組成 (圖 1B)，顯示 S3 與 S10 十分相近，脂肪酸組成平均值：C16:0 為 $7.29\% \pm 0.20\%$ 、C18:0 為 $5.79\% \pm 0.50\%$ 、C18:1 為 $39.23\% \pm 0.56\%$ 、C18:2 為 $47.70\% \pm 0.82\%$ 、C18:3 為 $1.00\% \pm 0.03\%$ 。Yen *et al.* (1986) 使用「台南一號」胡麻，不經焙炒直接碾碎，使用正己烷萃取胡麻中的油脂，其產率 (52.7%) 及脂肪酸組成與本試驗結果 (表 2、圖 1B) 相近，顯示乙醚與正己烷對於油脂均具有良好的溶解力，而甲醇之萃取率僅 40%。

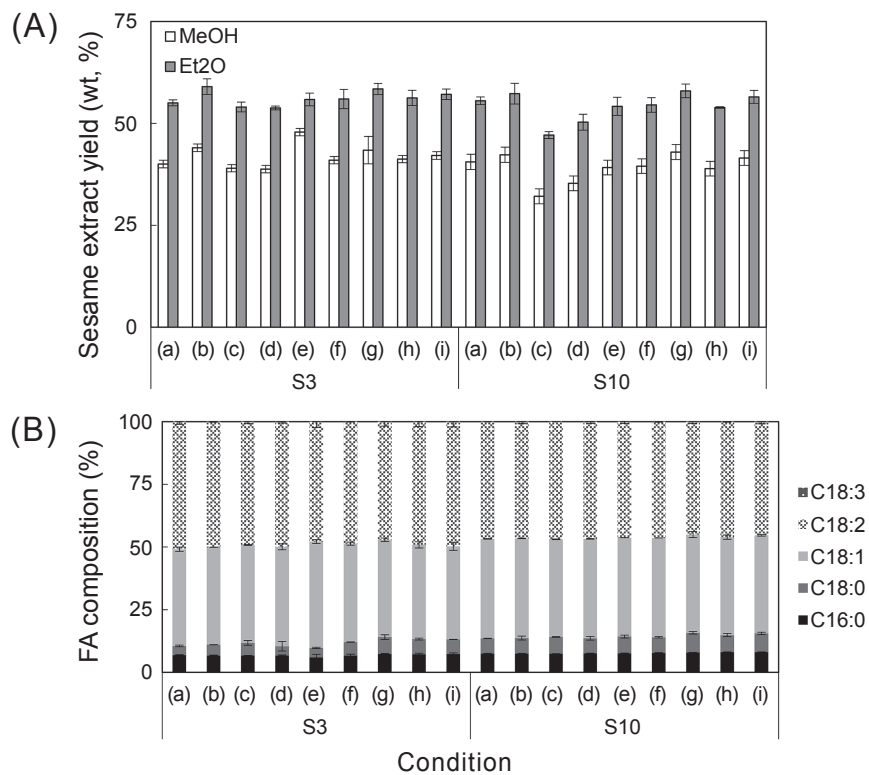


圖 1. 胡麻萃取物及其脂肪酸組成分析。

Fig. 1. Sesame extracts and their fatty acid compositions. (A) Shows sesame extraction yield (wt, %); (B) Fatty acid-composition of ether extracts. Different roasting conditions are presented with (a) 120°C with 10 min, (b) 120°C with 15 min, (c) 120°C with 20 min, (d) 140°C with 10 min, (e) 140°C with 15 min, (f) 140°C with 20 min, (g) 160°C with 10 min, (h) 160°C with 15 min, and (i) 160°C with 20 min. “MeOH” and “Et₂O” represent extractions from methanol and diethyl ether, respectively. Bars show mean \pm standard deviation ($n = 2$).

表 2. 胡麻低及高含水量之種子萃取物組成分析。

Table 2. Ingredients analyses of sesame extracts^z of low and high water contents.

Sesame sample	Water content (%)	Extraction solvent	Oil content (%)	Phenols ^y (mg mL ⁻¹)	Reducing power ^x (mM)	γ -Tocopherol ^w content (mg L ⁻¹)
S3	4.27 ± 0.01	Methanol	41.9 ± 1.2	0.82 ± 0.04	6.08 ± 0.25	259.2 ± 10.3
		Diethyl ether	56.2 ± 1.4	0.48 ± 0.03	1.85 ± 0.05	487.5 ± 14.7
S10	8.69 ± 0.02	Methanol	39.2 ± 1.8	0.81 ± 0.03	6.38 ± 0.17	140.6 ± 7.6
		Diethyl ether	54.2 ± 1.5	0.44 ± 0.03	1.96 ± 0.05	455.8 ± 17.4

^z Average values of all sesame samples treated with different roasting conditions.

^y Standard curve was established with gallic acid.

^x Standard curve was established with Trolox.

^w Main tocopherol form found in the assayed sesame samples.

胡麻油脂之總酚含量與還原力分析

甲醇 (圖 2A)、乙醚 (圖 2B) 萃取油脂之總酚含量分析顯示，兩者均隨著焙炒強度提高 (溫度提高、時間加長) 而增加，兩者最高值落於 160°C 焙炒條件下 (10–20 min 時間差異不大)，甲醇萃取者 S3 與 S10 樣品分別為 1.24 ± 0.07、1.24 ± 0.05 mg mL⁻¹，乙醚萃取者分別為 0.80 ± 0.03、0.68 ± 0.03 mg mL⁻¹，均呈現高於 120°C 焙炒條件下總酚含量的 2–3 倍。與前人研究結果相符合 (Elleuch *et al.* 2007)，高溫處理會使胡麻酚類化合物的含量提高。此外，甲醇萃取油脂的平均總酚含量為 0.82 ± 0.04 mg mL⁻¹，約 2 倍高於乙醚萃取者 0.46 ± 0.03 mg mL⁻¹ (表 2)。

圖 3A、3B 分別呈現甲醇與乙醚萃取油脂之還原力，其中，甲醇萃取者隨著焙炒條件的加劇而增加，與其酚類化合物含量變化有相近趨勢，S3 與 S10 之最高還原力分別為 10.64 ± 0.72、10.97 ± 0.56 mM，出現於 160°C 焙炒 20 min 之條件，約達最低焙炒強度者的 5 倍。然而乙醚萃取者的還原力變化，受焙炒強度之影響較低，雖然 S3 與 S10 最高者 2.34 ± 0.10、2.59 ± 0.08 mg mL⁻¹ 同樣出現在最高焙炒強度 (160°C 加熱 20 min)，但是僅為最低焙炒強度者約 1.5 倍。計算不同焙炒強度下的油脂平均還原力 (表 2)，S3 樣品以甲醇與乙醚萃取者分別是 6.08 ± 0.25、1.85 ± 0.05 mM，S10 樣品則是 6.38 ± 0.17、1.96 ± 0.05 mM，顯示甲醇萃取物的還原力為乙醚萃取物的 3 倍以上。

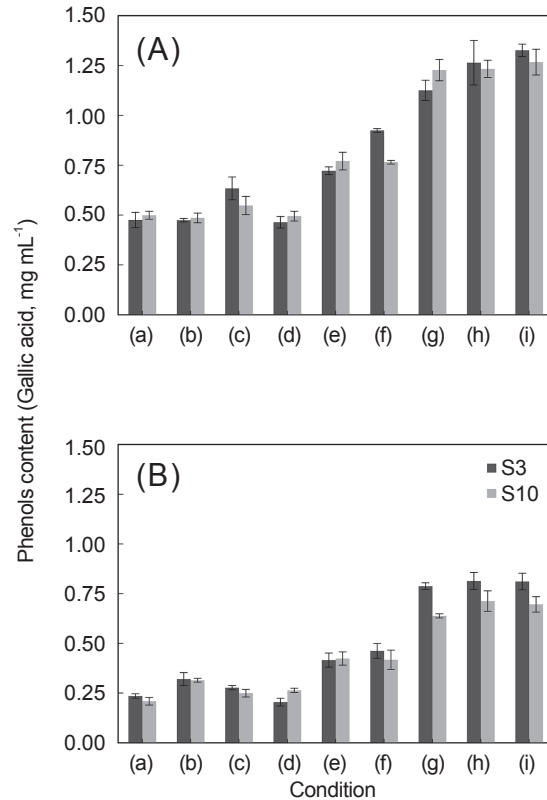


圖 2. 不同焙炒條件之胡麻甲醇、乙醚萃取油脂總酚含量分析。

Fig. 2. Phenols content of different roasting conditions of sesame seeds extracted with methanol (A) or ether (B). Different roasting conditions were (a) 120°C with 10 min, (b) 120°C with 15 min, (c) 120°C with 20 min, (d) 140°C with 10 min, (e) 140°C with 15 min, (f) 140°C with 20 min, (g) 160°C with 10 min, (h) 160°C with 15 min, and (i) 160°C with 20 min. Bars show mean ± standard deviation ($n = 3$).

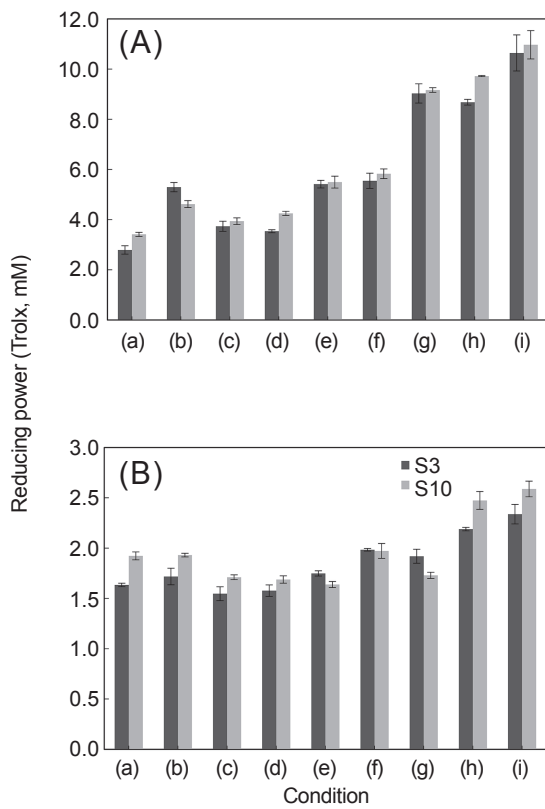


圖 3. 不同焙炒條件之胡麻甲醇、乙醚萃取油脂還原力分析。

Fig. 3. Reducing power of different roasting conditions of sesame seeds extracted with methanol (A) or ether (B). Different roasting conditions were (a) 120°C with 10 min, (b) 120°C with 15 min, (c) 120°C with 20 min, (d) 140°C with 10 min, (e) 140°C with 15 min, (f) 140°C with 20 min, (g) 160°C with 10 min, (h) 160°C with 15 min, and (i) 160°C with 20 min. Bars show mean \pm standard deviation ($n = 3$).

胡麻萃取油脂之維生素 E 含量

HPLC 分析維生素 E 組成，甲醇與乙醚萃取油脂 (圖 4) 中均僅出現 γ 型，無 α 、 β 、 δ 型，甲醇萃取物的含量隨著焙炒強度增加而上升，至最強焙炒強度而達到最高點，含水量低的樣品 S3 及高的樣品 S10，數值分別從 $16.9 \pm 1.9 \text{ mg L}^{-1}$ 上升至 $427.9 \pm 15.4 \text{ mg L}^{-1}$ ，以及 $16.2 \pm 0.7 \text{ mg L}^{-1}$ 增加至 $238.8 \pm 1.5 \text{ mg L}^{-1}$ 。乙醚萃取物之 γ -tocopherol 隨著焙炒強度上升，呈現先增後降的情形，S3 樣品最高點出現於 120°C 焙炒 20 min，數值為 $625.0 \pm 4.2 \text{ mg L}^{-1}$ ，

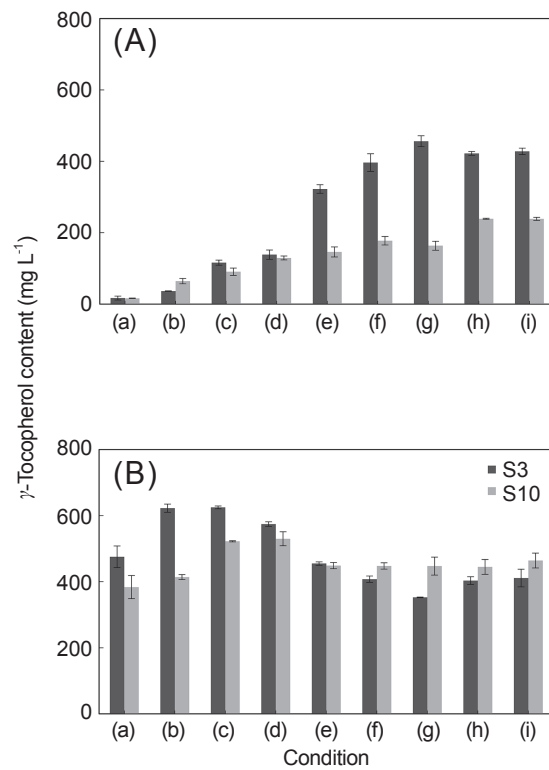


圖 4. 不同焙炒條件之胡麻甲醇、乙醚萃取油脂 γ -生育酚含量分析。

Fig. 4. γ -Tocopherol content of different roasting conditions of sesame seeds extracted with methanol (A) or ether (B). Different roasting conditions were (a) 120°C with 10 min, (b) 120°C with 15 min, (c) 120°C with 20 min, (d) 140°C with 10 min, (e) 140°C with 15 min, (f) 140°C with 20 min, (g) 160°C with 10 min, (h) 160°C with 15 min, and (i) 160°C with 20 min. Bars show mean \pm standard deviation ($n = 2$).

S10 樣品則出現於 140°C 焙炒 10 min，數值為 $529.9 \pm 21.2 \text{ mg L}^{-1}$ ；乙醚之萃取效果明顯高於甲醇，且低含水率的種子 (S3) 含量高於高含水量的種子 (S10)。

胡麻油脂之 ABTS 與 DPPH 自由基清除能力分析

因為胡麻以 140°C 焙炒 10 min 具有較佳的風味，所以使用 S3、S10 胡麻種子以此條件焙炒後，重新製備一批壓榨油脂，並且使用保健食品常用的穩定自由基產生試劑 ABTS 及 DPPH，試驗油脂樣品清除自由基的能力，結果顯示於圖 5A (ABTS)、圖 5B (DPPH)。

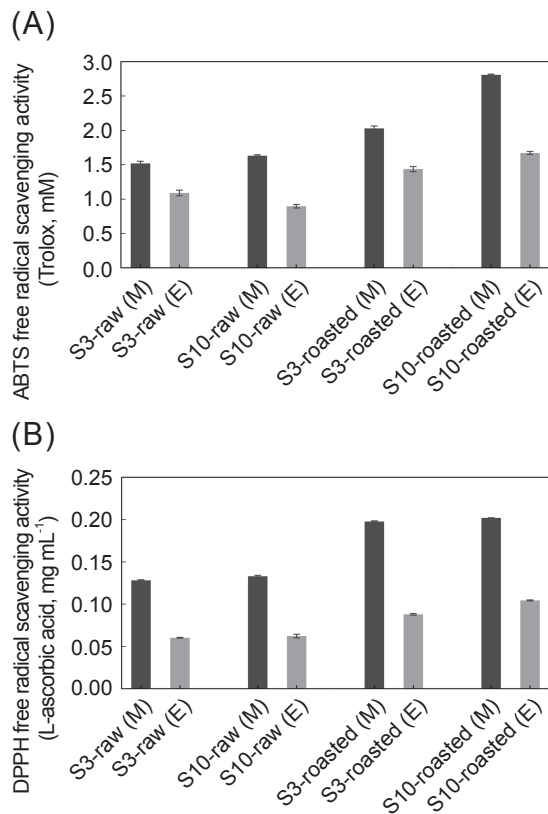


圖 5. 胡麻樣品 S3 及 S10 不經處理或以 140°C 焙炒 10 分鐘之壓榨油捕捉 ABTS (A) 及 DPPH (B) 自由基之能力。

Fig. 5. ABTS (A) and DPPH (B) free radicals scavenging activities of sesame oils expressed from S3 and S10 raw materials or roasted (at 140°C for 10 min). Black columns are oil samples extracted with methanol (M) or grey columns ether (E). The data were calculated from triplicated samples. Bars show mean \pm standard deviation ($n = 3$).

針對 ABTS 自由基捕捉能力，S3 與 S10 胡麻焙炒處理的壓榨油樣品，不論是以甲醇萃取 (分別為 2.03 ± 0.03 、 2.81 ± 0.01 mM) 或乙醚萃取 (分別為 1.44 ± 0.04 、 1.67 ± 0.02 mM)，其自由基清除能力均高於未炒焙者 (甲醇萃取者：分別為 1.52 ± 0.03 、 1.63 ± 0.01 mM；乙醚萃取者：分別為 1.09 ± 0.04 、 0.90 ± 0.03 mM)；S3 炒焙處理是未炒焙處理的 1.3 倍，而 S10 在炒焙後則高於未炒焙者約 1.8 倍。為比較不同溶劑萃取效果，分別計算 S3 與 S10 未炒焙以及炒焙 (140°C、10 min) 樣品油脂的平均 ABTS 自由基清除能力 (表 3)，S3

樣品以甲醇與乙醚萃取者分別是 1.77 ± 0.25 、 1.26 ± 0.17 mM，S10 樣品則是 2.22 ± 0.59 、 1.28 ± 0.39 mM，顯示甲醇萃取物的 ABTS 自由基清除能力為乙醚萃取物的 1.4 倍。

針對 DPPH 自由基清除能力，S3 與 S10 胡麻焙炒處理的壓榨油樣品，其趨勢與 ABTS 相同，不論是以甲醇 (分別為 0.198 ± 0.001 、 0.202 ± 0.000 mg L⁻¹) 或乙醚萃取 (分別為 0.088 ± 0.001 、 0.104 ± 0.001 mg L⁻¹)，其自由基清除能力亦均高於未炒焙者 (甲醇萃取者：分別為 0.128 ± 0.001 、 0.133 ± 0.001 mg L⁻¹；乙醚萃取者：分別為 0.060 ± 0.000 、 0.062 ± 0.002 mg L⁻¹)；S3 焙炒處理是未炒焙處理者的 1.5 倍，而 S10 在炒焙後則高於未炒焙者約 1.6 倍。比較不同溶劑萃取效果，S3 與 S10 未炒焙以及炒焙 (140°C、10 min) 樣品油脂的平均 DPPH 自由基清除能力 (表 3)，S3 樣品以甲醇與乙醚萃取者分別是 0.163 ± 0.049 、 0.074 ± 0.020 mg L⁻¹ (表 3)，S10 樣品則是 0.168 ± 0.049 、 0.083 ± 0.030 mg L⁻¹，顯示甲醇萃取物的 DPPH 自由基清除能力為乙醚萃取物的 2 倍。

討論

甲醇與乙醚溶劑萃取胡麻機能性成分之效果比較

甲醇與乙醚的物化特性不同，表 4 整理二者之介電常數 (dielectric constant)、沸點 (boiling point)、表面張力 (surface tension)、黏度 (viscosity)、偶極矩 (dipole moment)、時間加權平均閾值 (threshold limit value-time weighted average，縮寫為 TLV-TWA，是針對有害物質，美國政府工業衛生師協會制訂的一種閾值，定義工作每日 8 h 或每週 40 h 中，允許曝露於環境空氣中此有害物質平均濃度限定值) 等數值。甲醇親水、沸點與黏度較高，乙醚反之，所以二者萃取出胡麻中的成分具有親水或疏水之不同傾向。萃取出胡麻的維生素 E，在所有的焙炒條件下，乙醚的萃出量均高於甲醇，再以平均萃取量比較，乙醚的萃出量約高於甲醇 2 倍；針對平均萃油率，乙醚亦高於

表 3. 胡麻種子不經處理或以 140°C 焙炒 10 min 樣品之不同溶劑萃取液捕捉自由基能力。

Table 3. Comparison of free radicals scavenging activities of different solvents extraction with sesame seeds from both raw and roasted (140°C for 10 min) materials.

Sesame sample	Extraction solvent	ABTS radicals ^z (mM)	DPPH radicals ^y (mg mL ⁻¹)
S3	Methanol	1.77 ± 0.25 ^x	0.163 ± 0.049
	Diethyl ether	1.26 ± 0.17	0.074 ± 0.020
S10	Methanol	2.22 ± 0.59	0.168 ± 0.049
	Diethyl ether	1.28 ± 0.39	0.083 ± 0.030

^z Standard curve was established with trolox.^y Standard curve was established with L-ascorbic acid.^x Average value ± standard deviation is calculated from the data of raw and roasted seeds.

表 4. 甲醇與乙醚之物理化學特性。

Table 4. Physiochemical characteristics of used solvents methanol and ether.

Solvent	Dielectric constant	BP (°C)	Surface tension (dyne cm ⁻¹)	Viscosity (cPoise)	Dipole moment	TLV-TWA ^z (mg L ⁻¹)
Methanol	31.2	64.7	22.6	0.59	1.7	200
Ether	4.3	34.6	16.5	0.22	1.2	400

^z TLV-TWA: threshold limit value-time weighted average, average exposure on the basis of a 8 h d⁻¹, or 40 h wk⁻¹ work schedule. It means that workers who exposing to the chemical below the basis day after day shall be safe for a working lifetime without adverse health effects.

甲醇萃取者 1.3 倍。依據這些觀察，再加上乙醚的安全性 (TLV-TWA 400 mg L⁻¹) 高於甲醇 (TLV-TWA 200 mg L⁻¹)，乙醚應該更適於作為胡麻機能性成分的萃取溶劑。然而，甲醇萃出的酚類化合物，以及還原力卻分別高出乙醚萃取者 2 倍與 3 倍之多。進一步比較無焙炒或經過 140°C 焙炒 10 min 的胡麻樣品榨出油脂，甲醇萃取物在 ABTS 與 DPPH 自由基清除能力中，也分別高出乙醚 1.4 倍及 2 倍，此結果說明胡麻樣品中具有抗氧化能力的物質，屬於相對親水的特性，並且隨著焙炒條件增強，這些成分也隨之增加，同時，酚類化合物含量與兩者 (焙炒強度與抗氧化能力) 呈現正相關。此結果相同於我們過去研究苦茶籽油的抗氧化功效，與苦茶籽焙炒強度呈現正相關 (Hsieh *et al.* 2014)。

Elleuch *et al.* (2007) 的報告中，顯示胡麻的酚類化合物主要包含木酚素、黃酮類 (原花青素、兒茶素)、酚酸 (綠原酸、阿魏酸、香豆酸、咖啡酸)、二苯基乙炔 (白藜蘆醇) 等等。其中，芝麻素 (sesamin) 是最重要主要木酚素。Mahendra Kumar & Singh (2015) 的研究報告中指出，胡麻在高溫焙炒過程中，芝麻

素會因熱裂解為芝麻酚 (sesamol)，而芝麻酚的抗氧化能力高於胡麻油中其他相似結構的分子，成為胡麻油最重要的抗氧化能力來源。芝麻酚溶於甲醇，以及混溶於油脂之中，是屬於極性較高的分子。隨著焙炒溫度提升，榨出油的酚類化合物含量、還原力 (抗氧化能力) 上升，特別可以觀察甲醇萃取者，發現焙炒條件 140°C、10 min 與 15 min 是分界點，前者與 120°C 焙炒者酚類化合物含量以及還原力屬於同一群，其後，則酚類化合物含量與還原力逐漸上升，故推測 140°C 焙炒時間超過 10 min 後，芝麻素可能開始裂解產生芝麻酚。

生育酚 (維生素 E) 亦屬於酚類化合物，由平均萃取量觀察，乙醚的萃取效果高出甲醇 2-3 倍，顯示其化學特性偏向非極性分子。在甲醇萃取油脂中，生育酚的含量隨者焙炒條件的增強逐漸上升，特別是 S3 胡麻籽，在 140°C、15 min 焙炒者是 10 min 焙炒者的 2 倍，與前述焙炒條件 140°C、10 min 與 15 min 之間，符合芝麻素裂解產生芝麻酚的臨界點推論，推測因為增加的芝麻酚分子 (其疏水端) 與生育酚交互作用，導致甲醇萃取物在 140°C、15 min 焙炒強度以上的生育酚含量顯

著增加，直到 160°C 焙炒條件後持平。然而，在乙醚萃取物中的生育酚，隨著焙炒強度增加而先升後降，特別在高溫 (160°C) 的焙炒條件下明顯降低，推測可能因為溫度過高而導致部分 γ -tocopherol 被破壞。

一般咸認植化素中的維生素 E 是極重要的抗氧化分子，然而本實驗結果顯示，較高生育酚含量的乙醚萃取物，其抗氧化能力 (還原力) 反而低於甲醇萃取物，此結果顯示維生素 E 之外的植化素對於抗氧化功效的貢獻更為重要。Dai *et al.* (2008) 研究顯示，維生素 E 雖為對抗油脂氧化反應的第一線關鍵分子，但與之共存的其他親水性抗氧化物，例如維生素 C 與茶多酚等分子，可以有效地還原被氧化的維生素 E，使整體抗氧化能力上升。胡麻的親水性抗氧化物質主要有 sesaminol triglucoside (Kuriyama *et al.* 1995; Shyu & Huang 2002) 與黃酮花色苷素 (anthocyanin) (Zhang *et al.* 1998; Long *et al.* 1999) 兩類，而後者是花青素 (anthocyanidin) 與醣分子以糖苷鍵結合的化合物；此二類分子均為帶有醣基的水溶性分子，故此推測甲醇萃取物的高還原力，除了因為高溫焙炒使芝麻素裂解產生的芝麻酚，主要亦由此二類抗氧化物質提供。如此，解釋了甲醇萃取油脂中雖然 γ -tocopherol 含量較乙醚萃取者低，但總酚含量與還原力較高的現象。此外，胡麻中含有高量的單醣 (3.4–13.6% 葡萄糖與果糖)，強力焙炒條件下，胡麻可能因組織崩解而使單醣與 sesaminol、anthocyanin 接觸，並且在高溫下脫水衍生更多 sesaminol triglucoside 與 anthocyanidin 相關的化合物，因其疏水端特性相同於芝麻酚的疏水端，亦可與維生素 E (γ -tocopherol) 產生交互作用。故推測使甲醇對高溫焙炒條件下生育酚的萃取率提高，是因為高溫下出現更多同時具有親水與疏水端的分子產生共萃取效應所導致。然而，對於 S3 與 S10 兩種不同含水率的樣品，使用甲醇萃取的效果，在高溫焙炒條件下，前者高於後者 2 倍，則需要進一步深入探討方能解答。

建議合宜之胡麻焙炒條件

相同胡麻品種的油脂品質與其機能性成

分，受到種植環境、田間管理、採收、乾燥、焙炒等條件影響。本試驗中，台南市地區 22 家農戶生產的胡麻中，最高與最低含水量就具有 2 倍差異，經過焙炒後，胡麻籽的色澤與香氣也略有不同，值得深入分析。此焙炒處理，可使胡麻籽實散發濃郁香氣，可能是發生食品化學中常見的梅納反應、醯胺基反應、焦糖化反應等 (Pokorny 1980; Nakamura *et al.* 1989)，然而，焙炒的時間過長或溫度過高，均可能降低胡麻 (油) 的品質。過去研究 (Evans *et al.* 1974; Yen 1990; Yoshida 1994; Yoshida & Kajimoto 1994; Yoshida & Takagi 1997) 指出，適當焙炒胡麻可以提升胡麻油脂的品質，Xu & Yan (1987) 則根據其研究結果，推測胡麻未經焙炒步驟，壓榨出的胡麻油中存在的微量酵素 (例如脂肪酶、脂氧合酶、過氧化酶等) 未失活性，導致隨貯放時間增加，其游離脂肪酸、過氧化物含量亦增加；另外，胡麻適度焙炒產生的梅納反應 (Maillard reaction，醯胺基反應) 產物，亦可能是焙炒過的胡麻萃取油脂中，使捕捉自由基能力提高的原因之一 (Amarowicz 2009)。例如，咖啡豆烘焙過程的梅納反應產物，在體外試驗觀察到可以降低人類低密度脂蛋白的氧化情形 (Sacchetti *et al.* 2009)。對「台南一號」胡麻籽進行不同條件焙炒後，初步的官能品評顯示 120°C/10–20 min，胡麻籽具有草腥味；140°C/10 min 的胡麻籽風味最佳，而其所壓榨的胡麻油，則具清香味，且不同於市售胡麻油的濃厚香氣；140°C/15–20 min 與 160°C/10–20 min 焙炒條件下胡麻皆具焦苦味，所壓榨之油脂氣味與市售胡麻油相似，160°C/10–20 min 則香味則過於濃烈。Takeda *et al.* (2008) 的研究結果建議胡麻於 230°C 焙炒 5–15 min 時，香氣可達最佳狀態；Yoshida & Kajimoto (1994) 則建議胡麻籽以 200°C 焙炒 30 min，能獲得香味品質最佳之胡麻油。本試驗結果與過去研究有差異，可能與胡麻品種，及或過去僅分析榨出油脂的品評，並未直接測試胡麻籽風味有關。此外，芝麻素裂解產生的芝麻酚是否對胡麻籽的風味造成影響，未來可以進一步深入研究。

此外，針對機能成分的變化分析，「台南

一號」胡麻經過焙炒處理，除了以乙醚萃取胡麻 γ -tocopherol 時，其含量在 160°C 焙炒溫度下含量略降，其餘機能性成分或功效分析結果 (酚類化合物、還原力與 γ -tocopherol) 皆會隨著溫度而上升，與前人研究相符。此外，Huang & Hu (2006) 對台灣、韓國與日本等地生產的胡麻進行抗氧化物質含量比較，結果顯示未經焙炒處理的胡麻籽，「台南一號」含較高量的 sesamin、sesamol、 γ -tocopherol 與 sesaminol triglucoside 等抗氧化物質，而在本實驗中，「台南一號」胡麻以最佳風味的焙炒條件 140°C/10 min 處理，S3、S10 種子以乙醚萃取之胡麻油脂中，分別含有 574、530 mg L⁻¹ γ -tocopherol，高於 Huang & Hu (2006) 報告所萃取之 γ -tocopherol 約兩倍以上 (240 mg L⁻¹，平均春秋產季)。此外，由捕捉自由基能力，包括 ABTS、DPPH 兩種自由基，140°C 焙炒 10 min 的胡麻籽萃取物都高於不經焙炒的樣品，顯示焙炒處理可以顯著提高抗氧化能力。

綜合上述所論，建議「台南一號」胡麻可以 140°C 焙炒 10 min，其產製的胡麻籽滋味甘甜、具胡麻清香，並且同時具相當高的機能性成分以及較高的氧化安定性。至於要壓榨製成胡麻油的焙炒條件，則可以適度再提高其焙炒強度，產製更高機能性成分含量的油脂，本研究最高焙炒溫度 160°C，時間 10、15 及 20 min，均有較高的酚類化合物及抗氧化能力，而榨出之油脂胡麻香氣濃郁，建議當以壓榨油為目的時可以選擇這些焙炒條件。另外，胡麻機能性成分研究中，多使用單一溶劑萃取物進行成分比較，這是由於胡麻被認為主要成分為油脂，因此多使用非極性溶劑正己烷，本研究則以兩種不同極性的溶劑進行萃取試驗，發現「台南一號」胡麻中的極性分子具有高還原力，是過去較被忽略的機能性成分，未來可進一步深入探討其組成成分並加以利用。

誌謝

感謝行政院農業委員會提供 104AS-18.3.1-CI-C1 研究計畫的經費支持，使本研究可以順利執行與完成。

引用文獻

- Amarowicz, R. 2009. Antioxidant activity of Maillard reaction products. *Eur. J. Lipid Sci. Tech.* 111:109–111.
- Blatt, D. H., S. W. Leonard, and M. G. Traber. 2001. Vitamin E kinetics and the function of tocopherol regulatory proteins. *Nutrition* 17:799–805.
- Cutler, R. G., J. Kelly, K. Storie, W. A. Pedersen, A. Tamara, K. Hatanpaa, J. C. Troncoso, and M. P. Mattson. 2004. Involvement of oxidative stress-induced abnormalities in ceramide and cholesterol metabolism in brain aging and Alzheimer's disease. *P. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 101:2070–2075.
- Dai, F., W. Chen, and B. Zhou. 2008. Antioxidant synergism of green tea polyphenols with α -tocopherol and L-ascorbic acid in SDS micelles. *Biochimie* 90:1499–1505.
- Elleuch, M., S. Besbes, O. Roiseux, C. Blecker, and H. Attia. 2007. Quality characteristics of sesame seeds and by-products. *Food Chem.* 103:641–650.
- Evans, C., G. List, R. Beal, and L. Black. 1974. Iron and phosphorus contents of soybean oil from normal and damaged beans. *J. Amer. Oil Chem. Soc.* 51:444–448.
- Hsieh, C., J. Yang, D. Chen, Y. Chuang, C. Wang, and Y. Lee. 2014. Effects of roasting *Camellia tenuifolia* seeds with/without shells on the quality of seed oil. *J. Taiwan Agric. Res.* 63:17–29.
- Huang, S. F. and T. K. Hu. 2006. Variation in antioxidants of sesame seed as affected by accessions and cropping seasons. *J. Agric. For.* 55:97–110.
- Kanu, P. J., J. Z. Bahsoon, J. B. Kanu, and J. B. Kandeh. 2010. Nutraceutical importance of sesame seed and oil: A review of the contribution of their lignans. *Biomed. Res.* 2:4–16.
- Kuriyama, K., K. Tsuchiya, and T. Murui. 1995. Generation of new lignan glucosides during germination of sesame seeds. *J. Agric. Chem. Soc. Jpn.* 69:685–693. (in Japanese with English abstract)
- Lee, C. H. 2011. Effect of Temperature and Time on Agronomic Characters and Major Volatiles of Sesame (*Sesamum indicum* L.). Master Thesis, Department of Agronomy, National Chiayi University. Chiayi, Taiwan. 104 pp. (in Chinese with English abstract)
- Lee, W. H. 1996. A New Sesame Variety Tainan No. 1. Tainan Special Publ. Tainan Agriculture Experimental Station Press, Tainan, Taiwan. 99 pp. (in Chinese)
- Long, S. J., G. R. Nong, and W. L. Ma. 1999. Inhibitory effects of pigment and polysaccharide from black Sesame on chemiluminescence in whole blood and active oxygen. *Sci. Tech. Food Ind.* 20:7–10.

- Mahendra Kumar, C. and S. A. Singh. 2015. Bioactive lignans from sesame (*Sesamum indicum* L.): Evaluation of their antioxidant and antibacterial effects for food applications. *J. Food Sci. Tech.* 52:2934–2941.
- Nakamura, S., O. Nishimur, H. Masuda, and S. Mihara. 1989. Identification of volatile flavor components of the oil from roasted sesame seeds. *Agric. Biol. Chem.* 53:1891–1899.
- Namiki, M. 2007. Nutraceutical functions of sesame: A review. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 47:651–673.
- Prior, E. M., V. S. Vadke, and F. W. Sosulski. 1991. Effect of heat treatments on canola press oils. I. Non-triglyceride components. *J. Amer. Oil Chem. Soc.* 68:401–406.
- Pokorny, J. 1980. Effect of substrates on changes of fats and oils during frying. *Riv. Ital. Sostanze. Gr.* 57:222–225.
- Sacchetti, G., C. Di Mattia, P. Pittia, and D. Mastrocola. 2009. Effect of roasting degree, equivalent thermal effect and coffee type on the radical scavenging activity of coffee brews and their phenolic fraction. *J. Food Eng.* 90:74–80.
- Shyu, Y. and L. S. Hwang. 2002. Antioxidative activity of the crude extract of lignan glycosides from unroasted Burma black sesame meal. *Food Res. Intl.* 35:357–365.
- Takeda, Y., H. Hashimoto, H. Imai, H. Aoyama, A. Ise and N. Ishizuka. 2008. Odor-active components in ground roasted sesame seeds. *Nippon Shokuhin Kagaku Kogaku Kaishi* 55:383–388. (in Japanese)
- Valko, M., C. Rhodes, J. Moncol, M. Izakovic, and M. Mazur. 2006. Free radicals, metals and antioxidants in oxidative stress induced cancer. *Chem. Biol. Interact.* 160:1–40.
- Xu, X. 1987. Studies on Improvement of the Processing and Quality of Sesame Oil. Master Thesis, Institute of Food Science and Technology, National Chung Hsing University. Taichung, Taiwan. 117 pp. (in Chinese with English abstract)
- Yen, G. C., S. L. Shyu, and J. S. Lin. 1986. Studies on protein and oil compositions of sesame. *J. Agric. For. Natl. Chung Hsing Univ.* 35:177–186. (in Chinese with English abstract)
- Yen, G. C. 1990. Influence of seed roasting process on the changes in composition and quality of sesame (*Sesamum indicum*) oil. *J. Sci. Food Agric.* 50:563–570.
- Yoshida, H. and G. Kajimoto. 1994. Microwave heating affects composition and oxidative stability of sesame (*Sesamum indicum*) oil. *J. Food Sci.* 59:613–616.
- Yoshida, H. and S. Takagi. 1997. Effects of seed roasting temperature and time on the quality characteristics of sesame (*Sesamum indicum*) oil. *J. Sci. Food Agric.* 75:19–26.
- Zhang, M. W., L. Sun, J. W. Chi, L. Z. Lai, and Z. J. Wang. 1998. Comparative study on natural pigments in black rice, black soy bean and black sesame. *J. Chinese Cereals Oils Ass.* 13:6–9. (in Chinese with English abstract)

Effects of Roasting Conditions on the Functional Components of Sesame

Rong-Cing Huang¹, Hsien-Cheng Tso¹, Chien Chu², and Ya-Lin Lee^{3,*}

Abstract

Huang, R. C., H. C. Tso, C. Chu, and Y. L. Lee. 2017. Effects of roasting conditions on the functional components of sesame. *J. Taiwan Agric. Res.* 66(2):113–125.

Sesame (*Sesamum indicum*) is an important oil crop in Taiwan. ‘Tainan No. 1’ sesame with superior agricultural traits is a dominant cultivar domestically, which was bred in 1992 and has been cultivated over the Tainan area. Roasting is a common treatment of sesame cuisine, including when used as materials for oil manufacturing. At present, roasting conditions vary according to the flavor required. This study aimed at revealing the effects of roasting treatments on functional components of the sesame seeds in order to provide suggestions for processing industry. Sesame samples of ‘Tainan No. 1’ were collected from twenty-two farm fields (or farmers), and the lowest water content (4.3%) and the highest one (8.7%) were employed for this purpose. Roasting conditions at temperature 120, 140 or 160°C with time period 10, 15 or 20 min were conducted. Methanol or diethyl ether (with different polarities) was used as solvent to extract the active ingredients of these treated sesame seeds, and phenolics, reducing power and tocopherol content were determined. Results showed that phenolics and reducing power increased with the increasing of roasting intensities. Among them, the sesame seeds roasted at 140°C for 10 min exhibited the best flavor and comparatively high active components, in which the tocopherol content reaching 570 mg L⁻¹, higher than ever reported sesame cultivars of both domestic and foreign breeds.

Key words: Sesame, Roasting, Functional components, Tocopherol, Phenolics.

Received: November 17, 2015; Accepted: July 26, 2016.

* Corresponding author, e-mail: ylleet@tari.gov.tw

¹ Research Assistants, Biotechnology Division, Taiwan Agricultural Research Institute, Taichung, Taiwan, ROC.

² Associate Research Fellow, Residue Control Division, Agricultural Chemicals and Toxic Substances Research Institute, Taichung, Taiwan, ROC.

³ Associate Research Fellow, Biotechnology Division, Taiwan Agricultural Research Institute, Taichung, Taiwan, ROC.