

不同产地栀子油的脂肪酸组成、功能成分分析及活性研究

李亚¹, 罗兰¹, 田云才^{2,3}, 董俊姿⁴, 田勇^{2,3},
李冰⁴, 张文环^{2,3}, 吴明一¹

(1. 中国科学院昆明植物研究所 植物化学与天然药物全国重点实验室, 昆明 650201; 2. 上海致臻志臣科技有限公司, 上海 200200; 3. 上海臻臣化妆品有限公司, 上海 201400; 4. 上海君裕生物科技集团有限公司, 上海 200050)

摘要:旨在为栀子的进一步开发和利用提供参考数据, 使用正己烷索氏提取法和乙醇提取法提取产自湖南宁乡、江西九江、江西抚州、福建福鼎、江西金溪和江西樟树的6种栀子籽中的油脂, 并对其理化性质、脂肪酸组成、功能成分(西红花苷 I、磷脂、 β -谷甾醇)含量及活性(DPPH 自由基清除能力、紫外吸收能力)进行比较。结果表明:正己烷索氏提取法的栀子油得率高于乙醇提取法的;以正己烷索氏提取法提取栀子油, 福建福鼎的栀子油得率最高, 为(15.41 ± 0.21)%, 且其碘值和皂化值(KOH)最高, 分别为(89.87 ± 5.25) g/100 g 和(164.96 ± 8.24) mg/g, 江西樟树的栀子油酸值(KOH)最低, 为(2.35 ± 0.09) mg/g, 而江西抚州的栀子油过氧化值最低, 为(0.14 ± 0.01) g/100 g;正己烷索氏提取法提取的栀子油中, 江西金溪的西红花苷 I 含量最高(0.46 mg/g), 江西九江的 β -谷甾醇含量最高(0.99 mg/g), 江西樟树的磷脂含量最高(11.75 mg/g);正己烷索氏提取法和乙醇法提取的栀子油中, 主要含有油酸和亚油酸2种不饱和脂肪酸, 总含量在80%~85%之间;正己烷索氏法提取的江西金溪栀子油的DPPH 自由基清除能力最强, 而乙醇法提取的福建福鼎栀子油的紫外吸收能力最高。综上, 不同产地栀子油的理化性质、功能成分含量及活性差别较大。

关键词:栀子; 栀子油; 产地; 理化性质; 脂肪酸组成; 抗氧化活性; 紫外吸收能力

中图分类号: TS225.1; TS201.2 文献标识码: A 文章编号: 1003-7969(2025)04-0119-06

Analysis of fatty acids composition, functional components of *Gardenia jasminoides* Ellis seed oil from different origins and comparison of their activities

LI Ya¹, LUO Lan¹, TIAN Yuncai^{2,3}, DONG Junzi⁴, TIAN Yong^{2,3},
LI Bing⁴, ZHANG Wenhuan^{2,3}, WU Mingyi¹

(1. State Key Laboratory of Phytochemistry and Natural Medicines, Kunming Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Kunming 650201, China; 2. Shanghai Zhi Zhen Zhi Chen Technology Co., Ltd., Shanghai 200200, China; 3. Shanghai A&H International Cosmetics Co., Ltd., Shanghai 201400, China; 4. Shanghai Junyu Biotechnology Group Co., Ltd., Shanghai 200050, China)

Abstract: In order to provide reference data for the further development and utilization of *Gardenia jasminoides* Ellis, different solvents (*n*-hexane and alcohol) were used to extract six kinds of oil from *Gardenia jasminoides* Ellis seeds collected from Ningxiang of Hunan Province, Jiujiang of Jiangxi

收稿日期: 2023-12-27; 修回日期: 2024-10-15

基金项目: 企业横向合作课题(20200820008); 云南省基础研究专项(202301AV070008)

作者简介: 李亚(1999), 女, 研究实习员, 硕士, 主要从事天然产物的理化性质研究及药理活性研究(E-mail) liya@mail.kib.ac.cn。

通信作者: 吴明一, 研究员(E-mail) wumingyi@mail.kib.ac.cn。

Province, Fuzhou of Jiangxi Province, Fuding of Fujian Province, Jinxi of Jiangxi Province and Zhangshu of Jiangxi Province, respectively. The physicochemical properties, fatty acid composition, functional components (crocin-I, phospholipid, β -sitosterol), and activities (DPPH free radical scavenging capacity, UV absorption capacity) of

the oils extracted were compared and analyzed. The results showed that the yield of *Gardenia jasminoides* Ellis seed oil extracted by *n*-hexane Soxhlet method was higher than that by alcohol extraction method. For extraction of *Gardenia jasminoides* Ellis by *n*-hexane Soxhlet method, the highest oil yield of $(15.41 \pm 0.21)\%$ was from Fuding, with the highest iodine value and saponification value at (89.87 ± 5.25) g/100 g and (164.96 ± 8.24) mgKOH/g, respectively. For the *Gardenia jasminoides* Ellis seed oil extracted with *n*-hexane Soxhlet method, the oil from Zhangshu had the lowest acid value of (2.35 ± 0.09) mgKOH/g, the oil from Fuzhou had the lowest peroxide value of (0.14 ± 0.01) g/100 g, the oil from Jinxi had the highest crocin-I content of 0.46 mg/g, the oil from Jiujiang had the highest β -sitosterol content of 0.99 mg/g, and the oil from Zhangshu had the highest phospholipid content of 11.75 mg/g. The *Gardenia jasminoides* Ellis seed oils extracted by both the *n*-hexane Soxhlet method and the alcohol method mainly contained two unsaturated fatty acids of oleic acid and linoleic acid with total contents ranging from 80% to 85%. Additionally, the *Gardenia jasminoides* Ellis seed oil extracted by *n*-hexane from Jinxi had the strongest DPPH free radical scavenging capacity, and *Gardenia jasminoides* Ellis seed oil extracted by ethanol from Fuding had highest UV absorption capacity. In conclusion, the physicochemical properties, functional components and activity of *Gardenia jasminoides* Ellis seed oil from different origins are various.

Key words: *Gardenia jasminoides* Ellis; *Gardenia jasminoides* Ellis seed oil; origin; physicochemical property; fatty acid composition; antioxidant activity; UV absorption capacity

梔子,别名黄梔子、山梔子、大红梔,为茜草科梔子属植物,其果实梔子具有泻火除烦、清热利湿、凉血解毒的功效^[1]。梔子中含有油脂、环烯醚萜类化合物、酚酸类化合物、黄酮类化合物、色素及多糖等成分^[1-3],其中:梔子黄色素作为天然无毒的食用色素,在食品、化妆品等领域应用广泛^[4];梔子油中含有丰富的亚油酸以及角鲨烯、植物甾醇等活性成分^[5],具有抗抑郁、镇静催眠、抗肿瘤等功效^[6-9],其既可食用又可药用。

梔子在我国主要种植于福建、江西、湖南等地,其果实不同产地间存在形状、外观、气味的差异^[10-11]。然而,目前尚不清楚不同产地的梔子中油脂脂肪酸组成及含量是否不同,梔子油抗氧化、防紫外线等生物活性是否有区别。近年来,梔子油因潜在的健康益处和市场价值,已成为食品、保健品和护肤品领域的重要原料。因此,系统地研究不同产地梔子中油脂的化学成分及其功能特性,对于推动梔子资源的科学开发和利用具有重要意义。

本文以6个产地的梔子籽为实验材料,通过正己烷索氏提取和乙醇提取得到梔子油,对不同产地梔子油的理化性质、脂肪酸组成、功能成分含量、DPPH 自由基清除能力和紫外吸收能力进行了比较,以期为梔子的进一步开发利用提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 实验材料

1.1.1 原料与试剂

梔子干燥果实:分别产自福建福鼎、江西抚州、江西九江、江西金溪、湖南宁乡和江西樟树,采购于安徽康为福药业有限公司,均于2022年10—11月呈红黄色时采收,除去果梗和杂质,蒸至上汽或置沸水中略烫,取出、干燥,并密封保存于通风干燥处。不同产地的梔子果剥开、除去壳后,得到梔子籽,梔子籽含水量在4.89%~7.49%之间(基本符合药典规定),千粒质量在4.144~6.595 g之间,其中:福建福鼎,含水量5.91%,千粒质量4.473 g;江西抚州,含水量5.99%,千粒质量4.673 g;江西九江,含水量4.89%,千粒质量6.595 g;江西金溪,含水量6.09%,千粒质量5.791 g;湖南宁乡,含水量7.49%,千粒质量4.144 g;江西樟树,含水量5.55%,千粒质量5.123 g。

西红花苷 I 标准品,云南西力生物技术股份有限公司; β -谷甾醇标准品,上海源叶生物科技有限公司;三氯甲烷、正己烷,分析纯,重庆川东化工有限公司;乙醇,食品级,云南利妍科技有限公司;异辛烷,分析纯,上海麦克林生化科技有限公司;硫酸氢钠,分析纯,天津市风船化学试剂科技有限公司;氢氧化钾,分析纯,天津市大茂化学试剂厂;1,1-二苯基-2-苦基肼(DPPH 自由基),梯希爱(上海)化

成工业发展有限公司。

1.1.2 仪器与设备

JA5003B 千分之一电子天平,上海天美天平仪器有限公司;UV-2600 紫外可见分光光度计,日本岛津公司;7890A GC/5975C MS 气相色谱-质谱联用仪,Agilent Technologies 1260 Series 高效液相色谱仪,美国 Agilent 公司;Hei-VAP Core HL/G3 旋转蒸发仪,德国海道夫公司;RCT Basic 型加热型磁力搅拌器,德国 IKA 公司。

1.2 实验方法

1.2.1 梔子油提取

1.2.1.1 正己烷索氏提取法

参照 GB/T 14488.1—2008,将梔子籽粉碎,过4号筛,得到梔子粉。取30 g 梔子粉,置于索氏提取器中,加入350 mL 正己烷,在100℃油浴加热回流2 h,放冷,过滤,将滤液减压回收溶剂,得到梔子油。每个产地做3个平行实验。

1.2.1.2 乙醇提取法

取30 g 梔子粉,按料液比1:10加入95%乙醇,在50℃下搅拌提取2 h,过滤,将滤液减压回收溶剂后,再溶解于适量的95%乙醇中,置于分离漏斗静置分层,分离得到上层醇溶物和下层油脂(梔子油)。上层醇溶物经减压回收溶剂后得到乙醇醇提物。每个产地做3个平行实验。

1.2.2 梔子油理化性质测定

酸值的测定参照 GB 5009.229—2016;碘值的测定参照 GB/T 5532—2008;过氧化值的测定参照 GB 5009.227—2016 中的第一法;皂化值的测定参照 GB/T 5534—2008。

1.2.3 梔子油脂脂肪酸组成及含量测定

参照 GB 5009.168—2016 对梔子油进行甲酯化,采用气相色谱-质谱(GC-MS)法测定其脂肪酸组成及含量。

GC 条件:DB-WAX 毛细管色谱柱(0.25 mm × 60 m × 0.25 μm);进样器温度250℃;升温程序为初始温度80℃,保持1 min,以20℃/min升至180℃,以10℃/min升至220℃,以1℃/min升至240℃,保持5 min;载气为氮气;分流比40:1;载气流速1 mL/min;进样量1.0 μL。检测条件满足理论塔板数至少2 000个/m,分离度(R)至少1.25。

MS 条件:电离方式EI;电子能量70 eV;传输线温度290℃;离子源温度230℃;四极杆温度150℃;质量扫描范围(m/z)50~600。

通过气相色谱-质谱联用仪自带的NIST数据对脂肪酸进行定性,以峰面积归一化法进行定量。

1.2.4 梔子油中功能成分含量的测定

1.2.4.1 西红花苷 I 含量的测定

参照文献[12]采用分光光度法测定梔子油中西红花苷 I 含量。称取4 mg 西红花苷 I 标准品,用50%乙醇溶解并定容于250 mL 容量瓶中,作为标准储备溶液。将标准储备溶液用50%乙醇逐级稀释2倍,制成6个不同质量浓度的西红花苷 I 系列标准工作溶液,在440 nm处测定吸光度,以西红花苷 I 质量浓度为横坐标,吸光度为纵坐标,绘制标准曲线,得到标准曲线回归方程($y = 0.1314x + 0.0033$, $R^2 = 0.9998$)。称取200 mg 梔子油于10 mL 容量瓶中,加入石油醚充分振荡,在440 nm处测定吸光度,再根据标准曲线回归方程计算梔子油中西红花苷 I 的含量。

1.2.4.2 磷脂含量的测定

参照 GB/T 5537—2008 中的第二法测定梔子油的磷脂含量。

1.2.4.3 β-谷甾醇含量的测定

参照文献[13]采用高效液相色谱法测定梔子油中β-谷甾醇含量。

标准溶液的配制:以甲醇为溶剂,配制质量浓度为1.6 mg/mL的β-谷甾醇标准溶液。

标准曲线制作:采用倍比稀释的方法用甲醇将1.6 mg/mL的β-谷甾醇标准溶液稀释成质量浓度分别为0.8、0.4、0.2、0.1、0.05 mg/mL的系列标准工作溶液,注入Agilent Technologies 1260 Series 高效液相色谱仪进行检测,以峰面积为纵坐标,β-谷甾醇质量浓度为横坐标,绘制标准曲线,得到标准曲线回归方程($y = 7615.7x + 175.62$, $R^2 = 0.9999$)。

样品前处理:取300 mg 梔子油,加入1 mL 质量浓度10 g/100 mL的氢氧化钾溶液,混匀后于90℃恒温反应30 min。冷却后加入2 mL 正己烷振荡萃取10 min,4 000 r/min 下离心15 min,吸取上层相用去离子水清洗3次,然后旋蒸至干,加入0.5 mL 甲醇复溶,用0.2 μm 针头式过滤器过滤后,注入Agilent Technologies 1260 Series 高效液相色谱仪进行分析。

色谱条件:Agilent ZORBAX SB-C₁₈ 色谱柱(4.6 mm × 150 mm, 5 μm),流动相为甲醇,流速1.0 mL/min,柱温30℃,进样量10 μL,紫外检测波长205 nm,检测时间30 min。

根据标准曲线回归方程计算梔子油中β-谷甾醇含量。

1.2.5 梔子油 DPPH 自由基清除能力测定

取390 mg 梔子油样品,使用三氯甲烷进行逐级稀释,每次稀释2倍,共制成9个不同质量浓度的样

品溶液。取 0.5 mL 样品溶液于试管中,加入 1 mL 0.1 mmol/L 的 DPPH 三氯甲烷溶液,作为反应样品;取 0.5 mL 样品溶液于试管中,加入 1 mL 三氯甲烷,作为样品对照;取 1 mL DPPH 溶液于试管中,加入 0.5 mL 三氯甲烷,作为空白对照。同时避光反应 30 min,于 513 nm 波长处测定吸光度^[14],按式(1)计算样品的 DPPH 自由基清除率(R)。同时,以维生素 E 作为阳性对照。

$$R = \left(1 - \frac{A_s - A_d}{A_c}\right) \times 100\% \quad (1)$$

式中: A_c 为空白对照的吸光度; A_s 为反应样品的吸光度; A_d 为样品对照的吸光度。

通过测定不同质量浓度栀子油的 DPPH 自由基清除率,绘制样品质量浓度与对应的 DPPH 自由基清除率关系图,使用 GraphPad Prism 软件进行非线性回归分析,自动拟合曲线计算半抑制浓度(IC_{50}),其值越低,表示样品的抑制作用越强。

1.2.6 栀子油紫外吸收能力的测定

取 1 mL 栀子油置于试管中,加入 9 mL 三氯甲烷,摇匀,用三氯甲烷稀释 20 倍后,使用紫外分光光度计测定其在 200 ~ 400 nm 波长处的吸光度。

2 结果与分析

2.1 不同提取方法栀子油得率

在栀子的采收期、加工条件、贮存时间和贮存条件基本一致的情况下,分别用正己烷索氏提取法和乙醇提取法提取栀子油,其得率如表 1 所示。

表 1 不同产地栀子油的得率

Table 1 Oil yield of *Gardenia jasminoides* Ellis seeds from different origins %

产地	油得率		乙醇提取物得率
	正己烷索氏提取法	乙醇提取法	
福建福鼎	15.41 ± 0.21	5.79 ± 0.54	20.95 ± 0.15
江西金溪	13.75 ± 0.00	3.56 ± 0.54	25.72 ± 1.94
江西樟树	12.62 ± 0.30	3.33 ± 0.15	24.21 ± 3.03
江西抚州	14.04 ± 0.47	4.04 ± 0.45	26.42 ± 1.16
江西九江	14.81 ± 0.38	3.61 ± 0.75	22.63 ± 0.11
湖南宁乡	14.18 ± 0.22	3.48 ± 0.26	21.09 ± 0.74

由表 1 可知:正己烷索氏提取法中,福建福鼎的栀子油得率最高,其次为江西九江的;不同产地乙醇提取法的栀子油得率在 3% ~ 6% 之间,其中福建福鼎的栀子油得率最高。乙醇提取法所得醇提取物中,江西抚州的得率最高,其次是江西金溪的。鉴于乙醇提取法栀子油的得率远低于正己烷索氏提取法的,后续仅对正己烷索氏提取法栀子油的理化性质

和功能成分进行研究。

2.2 不同产地栀子油的理化性质

不同产地栀子油的理化性质如表 2 所示。

表 2 不同产地栀子油的理化性质

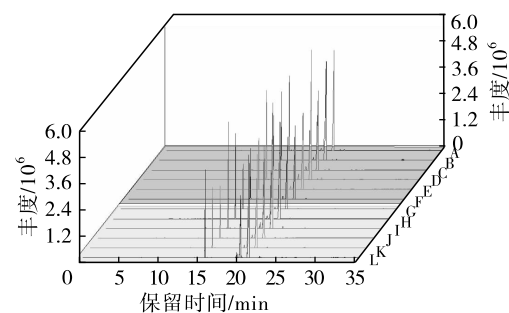
Table 2 Physicochemical properties of *Gardenia jasminoides* Ellis seed oil from different origins

产地	碘值/ (g/100 g)	皂化值(KOH)/ (mg/g)	酸值(KOH)/ (mg/g)	过氧化值/ (g/100 g)
江西抚州	86.26 ± 0.54	141.57 ± 1.51	5.00 ± 0.41	0.14 ± 0.01
江西金溪	87.22 ± 4.21	151.19 ± 16.75	10.36 ± 0.67	0.33 ± 0.01
福建福鼎	89.87 ± 5.25	164.96 ± 8.24	16.55 ± 1.25	0.40 ± 0.01
江西樟树	80.41 ± 5.78	135.05 ± 1.28	2.35 ± 0.09	0.16 ± 0.01
江西九江	80.63 ± 3.83	136.03 ± 9.42	3.87 ± 0.24	0.19 ± 0.02
湖南宁乡	83.96 ± 4.63	153.25 ± 1.12	9.24 ± 0.18	0.25 ± 0.01

由表 2 可知,6 个产地栀子油的过氧化值为 0.14 ~ 0.40 g/100 g,酸值(KOH)为 2.35 ~ 16.55 mg/g,皂化值(KOH)为 135.05 ~ 164.96 mg/g,碘值为 80.41 ~ 89.87 g/100 g。其中,江西樟树栀子油的酸值最低,福建福鼎栀子油的碘值及皂化值最高,江西抚州栀子油的过氧化值最低。

2.3 不同产地栀子油的脂肪酸组成及含量

不同产地栀子油的 GC-MS 谱图如图 1 所示。



注:A ~ F 依次为正己烷索氏法提取的江西金溪、江西抚州、湖南宁乡、福建福鼎、江西九江、江西樟树的栀子油;G ~ L 依次为乙醇提取的江西金溪、江西抚州、湖南宁乡、福建福鼎、江西九江、江西樟树的栀子油

Note: A - F are the oils extracted from *Gardenia jasminoides* Ellis seeds originated from Jinxi, Fuzhou, Ningxiang, Fuding, Jiujiang, and Zhangshu by *n*-hexane Soxhlet method, respectively; G - L are the oils extracted with ethanol, respectively

图 1 不同产地栀子油的 GC-MS 谱图

Fig. 1 GC-MS spectrum of *Gardenia jasminoides* Ellis seed oil from different origins

如图 1 所示,保留时间 15.54、19.59、20.07、21.18 min 对应的脂肪酸分别为棕榈酸、硬脂酸、油酸和亚油酸。根据图 1 计算不同产地栀子油的各脂肪酸含量,结果如表 3 所示。

由表 3 可知, 梔子油中主要含有油酸和亚油酸 2 种不饱和脂肪酸, 其总含量高达 80% ~ 85%。不饱和脂肪酸可以降低血胆固醇和血脂^[15], 因而梔子

油具有进一步开发为有日常保健作用的新型天然油脂的潜力。

表 3 不同产地梔子油的主要脂肪酸组成及含量

Table 3 Fatty acid composition and content of *Gardenia jasminoides* Ellis seed oil from different origins %

产地	正己烷索氏提取法				乙醇提取法			
	棕榈酸	硬脂酸	油酸	亚油酸	棕榈酸	硬脂酸	油酸	亚油酸
江西抚州	17.04 ± 0.40	1.32 ± 0.14	20.92 ± 0.31	60.70 ± 0.31	16.80 ± 0.90	1.34 ± 0.04	20.44 ± 1.52	61.40 ± 0.84
江西金溪	17.14 ± 0.18	2.12 ± 0.03	23.02 ± 0.11	57.70 ± 0.10	17.40 ± 0.47	1.92 ± 0.04	21.68 ± 0.49	58.98 ± 0.87
福建福鼎	14.10 ± 0.06	1.03 ± 0.01	35.47 ± 0.20	49.38 ± 0.15	15.51 ± 0.26	1.08 ± 0.13	33.75 ± 0.58	49.64 ± 0.71
江西樟树	15.25 ± 0.74	1.15 ± 0.47	24.39 ± 0.22	59.19 ± 0.54	16.27 ± 0.98	1.52 ± 0.16	22.28 ± 0.51	59.91 ± 0.83
江西九江	17.53 ± 0.22	1.65 ± 0.19	23.99 ± 0.97	56.80 ± 1.06	17.36 ± 0.85	1.64 ± 0.18	21.38 ± 0.37	59.60 ± 1.40
湖南宁乡	17.31 ± 0.66	1.46 ± 0.02	22.81 ± 1.00	58.40 ± 0.36	17.52 ± 0.32	1.51 ± 0.30	22.69 ± 0.96	58.25 ± 0.95

2.4 不同产地梔子油的功能成分含量

西红花昔 I 是西红花中一种重要的活性成分, 具有抗氧化、抗炎、抗癌、抗抑郁、改善认知功能等药理活性^[16]。磷脂可以结合胆固醇, 形成磷脂胆固醇复合物, 有助于维持胆固醇在体内的平衡^[17]。 β -谷甾醇是一种植物甾醇, 与胆固醇结构相似, 适量摄入 β -谷甾醇有助于维护心血管健康、抗炎、抗氧化和免疫调节等^[18]。不同产地的梔子油中西红花昔 I、磷脂和 β -谷甾醇含量见表 4。

表 4 不同产地梔子油的功能成分含量

Table 4 Functional components contents of *Gardenia jasminoides* Ellis seed oil from different origins mg/g

产地	西红花昔 I	磷脂	β -谷甾醇
江西抚州	0.27	6.53	0.80
江西金溪	0.46	10.16	0.12
福建福鼎	0.39	9.90	0.05
江西樟树	0.20	11.75	0.72
江西九江	0.16	6.93	0.99
湖南宁乡	0.22	10.00	0.70

由表 4 可知, 不同产地的梔子油中西红花昔 I 的含量在 0.16 ~ 0.46 mg/g 之间, 其中, 江西金溪梔子油的西红花昔 I 含量最高, 其次为福建福鼎的。不同产地的梔子油中磷脂含量为 6.53 ~ 11.75 mg/g, 其中, 江西樟树梔子油的磷脂含量最高, 其次是江西金溪的。不同产地的梔子油中 β -谷甾醇含量为 0.05 ~ 0.99 mg/g, 其中, 江西九江梔子油的 β -谷甾醇含量最高。

2.5 不同产地梔子油的 DPPH 自由基清除能力

实验发现, 当梔子油质量浓度大于 16 mg/mL 时, 6 个产地的梔子油对 DPPH 自由基的清除率均

大于 80%, 表明梔子油的抗氧化能力较强。不同产地梔子油清除 DPPH 自由基的 IC_{50} 值如表 5 所示。

表 5 不同产地梔子油清除 DPPH 自由基的 IC_{50} 值

Table 5 IC_{50} values of scavenging DPPH radicals by *Gardenia jasminoides* Ellis seed oil from different origins mg/mL

产地	正己烷索氏提取法	乙醇提取法
江西抚州	6.99	10.20
江西金溪	6.32	10.63
福建福鼎	6.82	10.65
江西樟树	9.24	8.82
江西九江	9.59	14.83
湖南宁乡	8.64	10.95

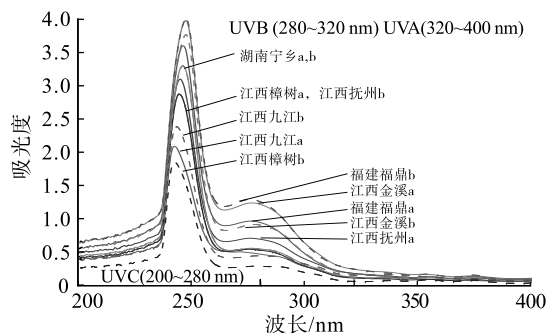
注: 阳性对照维生素 E 的 IC_{50} 值为 8.56 mg/mL

Note: The IC_{50} value of the positive control vitamin E is 8.56 mg/mL

由表 5 可知, 不同产地梔子油的 DPPH 自由基清除能力不同。正己烷索氏法提取的江西抚州、江西金溪和福建福鼎的梔子油的 IC_{50} 值接近 7 mg/mL, 与阳性对照相比, 其 DPPH 自由基清除能力较强, 而江西樟树、江西九江和湖南宁乡的梔子油的 IC_{50} 值在 8 ~ 10 mg/mL, DPPH 自由基清除能力较弱; 乙醇提取的梔子油 IC_{50} 值在 8.82 ~ 14.83 mg/mL, DPPH 自由基清除能力较差, 可能其含有的抗氧化有效成分浓度较低。在正己烷索氏法提取的梔子油中, 江西金溪的梔子油 DPPH 自由基清除能力最强, 福建福鼎的梔子油 DPPH 自由基清除率能力与江西金溪的相当, 结合表 4 可知, DPPH 自由基清除能力趋势与西红花昔 I 含量呈正相关。

2.6 不同产地梔子油的紫外吸收能力

不同产地梔子油的紫外吸收能力如图 2 所示。



注:a表示正己烷索氏提取法;b表示乙醇提取法

Note: a. n - Hexane Soxhlet extraction; b. Alcohol extraction

图2 不同产地栀子油的紫外全波长扫描曲线图

Fig.2 UV full wavelength scanning curve of *Gardenia jasminoides* Ellis seed oil from different origins

由图2可知,在200~400 nm范围内,乙醇提取的福建福鼎栀子油的吸光度最高,尤其在主要防晒伤区UVB区域段(280~320 nm)^[19]波长范围内,其紫外吸收能力显著高于其他产地栀子油。因此,福建福鼎的栀子油可作为抗紫外线基底油,应用于防晒护肤品的开发。

3 结论

采用正己烷索氏提取法和乙醇提取法提取6个不同产地的栀子油,结果发现,正己烷索氏提取法栀子油得率高于乙醇提取法,2种提取方法栀子油的脂肪酸组成均主要包括棕榈酸、油酸和亚油酸,不饱和脂肪酸油酸和亚油酸总含量均超过80%。不同产地的栀子油功能成分含量、DPPH自由基清除能力、吸收紫外线能力等显著不同。栀子油可以作为食品、化妆品的新型原料进一步开发利用。

参考文献:

[1] 王晓颖,王福琳,陆远,等. 栀子多糖的提取、体外抗氧化活性及免疫作用研究[J]. 山东化工, 2020, 49(10): 14-16.

[2] 李炜. 栀子果化学成分的综合应用研究[D]. 北京: 北京林业大学, 2006.

[3] CHEN L, LI M, YANG Z, et al. *Gardenia jasminoides* Ellis: Ethnopharmacology, phytochemistry, and pharmacological and industrial applications of an important traditional Chinese medicine[J/OL]. J Ethnopharmacol, 2020, 257: 112829[2023-12-27]. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2020.112829>.

[4] TANG L, LIU H, HUANG G, et al. The physicochemical properties and immunomodulatory activities of gardenia yellow pigment from gardenia fruit[J/OL]. J Funct Foods, 2022, 93: 105096[2023-12-27]. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2022.105096>.

[5] 袁源见,罗光明,杨晓娟,等. 栀子油化学成分、提取工

艺及功效的研究进展[J]. 中国油脂, 2017, 42(6): 20-24.

[6] DEBNATH T, PARK P J, DEB NATH N C et al. Antioxidant activity of *Gardenia jasminoides* Ellis fruit extracts[J]. Food Chem, 2011, 128(3): 697-703.

[7] 刘继平,许海,胡锐,等. 栀子油对S180荷瘤小鼠肿瘤生长及胸腺、脾指数的影响[J]. 西北药学杂志, 2010, 25(2): 112-114.

[8] 李宝莉,陈雅慧,杨暄,等. 栀子油的提取和对中枢神经系统的作用[J]. 第四军医大学学报, 2008, 29(23): 2152-2155.

[9] TAO W, ZHANG H, XUE W, et al. Optimization of supercritical fluid extraction of oil from the fruit of *Gardenia jasminoides* and its antidepressant activity[J]. Molecules, 2014, 19(12): 19350-19360.

[10] 王永香,米慧娟,李森,等. 不同产地栀子药材中8种主要药效成分的含量测定及聚类分析[J]. 中国实验方剂学杂志, 2015, 21(20): 44-48.

[11] 刘方舟,杨阳,张一颖,等. 栀子药材道地性系统评价与分析[J]. 中国现代中药, 2018, 20(11): 1330-1339.

[12] 任杰,李陈晓,吴成斌,等. 紫外分光光度法测定栀子中西红花苷的含量[J]. 酿酒, 2018, 45(5): 83-85.

[13] 陈海云,耿树香,宁德鲁,等. 云南核桃主栽品种核桃油的提取及与市售核桃油功能活性成分比较[J]. 中国油脂, 2024, 49(5): 25-29, 87.

[14] 包亚妮,董建青,袁芳. 超临界CO₂萃取工艺条件对栀子油脂肪酸组成及其抗氧化活性的影响[J]. 食品科学, 2011, 32(10): 12-17.

[15] TWINING C W, BRENNAN J T, HAIRSTON N G, et al. Highly unsaturated fatty acids in nature: What we know and what we need to learn[J]. Oikos, 2016, 125(6): 749-760.

[16] GHAFARI S, ROSHANRAVAN N. Saffron: An updated review on biological properties with special focus on cardiovascular effects[J]. Biomed Pharmacother, 2019, 109(1): 21-27.

[17] COHN J S, KAMILI A, WAT E, et al. Dietary phospholipids and intestinal cholesterol absorption[J]. Nutrients, 2010, 2(2): 116-127.

[18] BABU S, JAYARAMAN S. An update on β -sitosterol: A potential herbal nutraceutical for diabetic management[J/OL]. Biomed Pharmacother, 2020, 131: 110702[2023-12-27]. <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2020.110702>.

[19] YOUNG A R, CLAVEAU J, ROSSI A B. Ultraviolet radiation and the skin: Photobiology and sunscreen photoprotection[J]. J Am Acad Dermatol, 2017, 76: S100-S109.