

琼崖海棠籽油的研究进展及应用前景

邹 易, 陈 艳, 郑联合

(海南省粮油科学研究所, 海南 琼海 571400)

摘要: 琼崖海棠具有生长时间长、生存能力强、种仁含油量高、油中活性成分多等特点, 近年来其琼崖海棠籽油的研究受到国内外学者广泛关注。综述了琼崖海棠籽油的提取工艺、理化特性、脂肪酸组成和综合利用价值, 并对琼崖海棠籽油的应用及研究前景进行了展望, 为琼崖海棠籽油的深度开发和利用提供参考。

关键词: 琼崖海棠籽油; 研究进展; 应用前景

中图分类号: TS225.1; TQ645 文献标识码: A 文章编号: 1003-7969(2020)08-0086-04

Research progress and application prospects on *Calophyllum inophyllum* seed oil

ZOU Yi, CHEN Yan, ZHENG Lianhe

(Hainan Institute of Grain & Oil Sciences, Qionghai 571400, Hainan, China)

Abstract: In recent years, the research of *Calophyllum inophyllum* seed oil has attracted widespread attention from domestic and foreign scholars, due to the long production time, strong viability, high oil content in seed kernel, and many active ingredients in oil of *Calophyllum inophyllum* Linn. The extraction technology, physicochemical properties, fatty acid composition and comprehensive utilization value of *Calophyllum inophyllum* seed oil were summarized and its application and research prospects were proposed. It provided a reference for the in-depth development and utilization of *Calophyllum inophyllum* seed oil.

Key words: *Calophyllum inophyllum* seed oil; research progress; application prospect

琼崖海棠(*Calophyllum inophyllum* Linn.), 属藤黄科(Clusiaceae)红厚壳属(*Calophyllum*)常绿乔木, 学名为红厚壳。目前, 全世界共发现 200 余种红厚壳属植物, 主要分布在中国、马来西亚、印度、印度尼西亚、菲律宾、澳大利亚和中美洲等热带地区, 在我国主要分布于海南、广东、广西、台湾等省。自 1992 年 Kasham 等从马来西亚藤黄科红厚壳属植物中分离出具有抗 HIV 活性的一系列吡喃类香豆素化合物后, 对红厚壳类的化学成分研究引起了人们的广泛兴趣^[1]。

琼崖海棠籽油(*Calophyllum inophyllum* seed oil)又名 Tamanu oil。研究表明, 琼崖海棠籽油中富

含咕吨酮类、香豆素类、萜类及海棠果酸等活性物质^[2], 具有促进伤口愈合^[3]、抗神经痛、抗菌、抗炎、抗衰老等活性^[4], 在国内外民间都有悠久的药用历史, 发展前景广阔。近年来, 国内外学者对琼崖海棠籽油展开了系统研究, 取得了许多研究成果。本文综述了琼崖海棠籽油的提取工艺、理化特性、脂肪酸组成及综合利用价值等方面的研究进展, 以期开展琼崖海棠籽油的后续研究提供参考。

1 琼崖海棠籽油的提取工艺

近年来琼崖海棠籽油在制备生物柴油、医药、护肤品等方面受到关注, 国内外对琼崖海棠籽油的提取工艺进行了一定研究, 其提取工艺见表 1。

由表 1 可知, 琼崖海棠籽油的提取工艺目前主要有机械压榨法、超声辅助浸提法、有机溶剂萃取法、索氏抽提法等。琼崖海棠籽油的提取工艺中, 超声辅助浸提法得到的琼崖海棠籽油的得油率最高, 而同样使用机械压榨法或索氏抽提法的得油率都差

收稿日期: 2019-10-30; 修回日期: 2020-03-24

基金项目: 海南省创新能力建设计划-省属科研院所技术开发专项(KYYS-2018-34)

作者简介: 邹 易(1989), 女, 工程师, 硕士, 主要从事粮食油脂方面的研究工作(E-mail)1438086984@qq.com。

通信作者: 郑联合, 研究员, 博士(E-mail)zlh898@sina.com。

异显著,这可能与选取的压榨步骤、有机溶剂种类、抽提时间、琼崖海棠籽的品种、种仁处理方式等因素有关。

表1 琼崖海棠籽油的提取工艺

提取工艺	得油率/%	参考文献
机械压榨法	46.48	[5]
	33.46	[6]
超声辅助浸提法	56.2	[4,7]
有机溶剂萃取法	54	[8]
索氏抽提法	46.22	[9]
	32.5	[10]

目前,国内外琼崖海棠都没有大规模种植,也没有大规模工业化生产,琼崖海棠籽油的提取工艺主要是压榨法和浸提法,因此研究具有更高生产效率、保留更多活性成分、成本较低的琼崖海棠籽油制备工艺将具有很大的潜力。

2 琼崖海棠籽油的理化特性及脂肪酸组成

2.1 理化特性

研究表明^[3],琼崖海棠籽油的酸价(KOH)13~

46 mg/g,过氧化值0~90 meq/kg,折光指数(n_D^{25})1.474 6~1.482 2,密度0.890~0.934 g/mL,皂化值(KOH)183~206 mg/g,碘值(I)82~98 g/100 g。郑联合等^[11]分析了我国海南琼崖海棠籽油的理化指标,其酸价(KOH)27 mg/g,过氧化值1.184 meq/kg,折光指数1.489 2,灰分0.029%,皂化值(KOH)192.3 mg/g,相对密度(d_4^{25})0.934 8,碘值(I)83.96 g/100 g,水分及挥发物含量0.070%。琼崖海棠籽油的碘值(I)小于100 g/100 g,属于不干性油脂,水分及挥发物含量较低,在储藏过程中不易引起油脂的水解变质。琼崖海棠籽油呈棕黄色到暗绿色,这种颜色对紫外辐射有较强的屏蔽作用。

2.2 脂肪酸组成

脂肪酸组成是衡量油脂营养的重要指标,琼崖海棠籽油的脂肪酸组成和相对含量取决于原料的质量、生长的条件及植物生长的地理位置。表2为不同国家和地区的琼崖海棠籽油的主要脂肪酸组成及相对含量,图1为不同种类植物油中主要脂肪酸的相对含量。

表2 不同国家和地区琼崖海棠籽油的主要脂肪酸组成及相对含量

脂肪酸	尼日利亚 ^[12]	中国海南 ^[13]	中国台湾 ^[14]	中国云南 ^[10]	澳大利亚 ^[15]	越南 ^[16]
棕榈酸	17.17±0.20	13.62	10~18	22.42	13.66	11.8±0.03
硬脂酸	18.54±0.10	15.78	13~18	9.81	16.55	12.0±1.69
油酸	36.88±0.20	42.05	31~44	22.11	42.48	33.1±1.83
亚油酸	23.90±0.30	26.57	20~38	38.75	25.56	21.6±0.06
花生酸	1.06±0.05	0.89	0.5~1.5	1.50	0.87	0.8±0.06

由表2可知,不同产地的琼崖海棠籽油的主要脂肪酸含量存在差别。中国云南地区的琼崖海棠籽油中棕榈酸和亚油酸的含量明显高于其他产地,而硬脂酸和油酸含量又明显低于其他产地,这可能与琼崖海棠生长的海拔高度有关,中国云南地区的琼崖海棠主要生长于海拔1 100~1 800 m的山谷中。琼崖海棠籽油中的脂肪酸以油酸、亚油酸、硬脂酸、棕榈酸等脂肪酸为主。

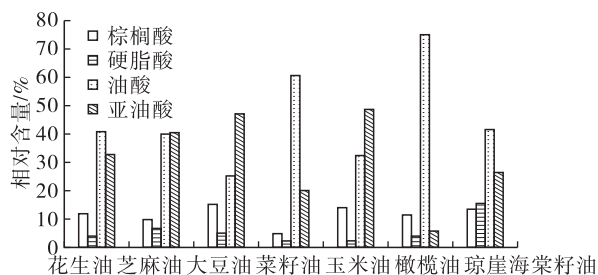


图1 不同植物油中主要脂肪酸相对含量^[13,17]

由图1可知,琼崖海棠籽油的脂肪酸组成与其他植物油相比差异明显,其脂肪酸中饱和脂肪酸、单不饱和脂肪酸、多不饱和脂肪酸的含量比例较其他

植物油的脂肪酸比例更接近于世界粮农组织(FAO)以及美国心脏病协会(AHA)建议的膳食中3种脂肪酸的比例1:1:1。开展琼崖海棠籽油的可食性研究,具有十分现实的意义。

3 琼崖海棠籽油的综合利用价值

3.1 琼崖海棠籽油是潜在的植物油源

各种油料作物的含油量见表3。

表3 各种油料作物的含油量^[18]

植物	来源	含油量/%
琼崖海棠	种仁	40~73
棕榈油树	果肉和种仁	45~70
椰子	果肉	60~70
麻疯树	种子	40~60
水黄皮	种子	27~39
橡胶	种子	40~50
辣木	种子	30~49
一品红	种子	48
蓖麻	种子	43~45
向日葵	种子	38~48
大豆	种子	17
油菜	种子	40~48

由表3可知,琼崖海棠种仁中的含油量明显高于常规的油料作物。琼崖海棠每年每棵树可产40 kg种仁,按每公顷400棵树算,每年每公顷可以生产约4800 kg油^[19],远高于每年每公顷大豆和油菜籽的产油量^[20]。郑联合等^[11]研究发现,琼崖海棠籽油中含有较多有抗癌活性的奇数碳脂肪酸——十七碳酸,结合2.2琼崖海棠籽油脂肪酸组成及高含油量,琼崖海棠是值得开发的木本油料资源,具有较大的食用开发潜力。

3.2 琼崖海棠籽油用于制药

琼崖海棠籽油在印度、斐济、菲律宾等国家民间具有悠久的药用历史,被广泛应用于治疗皮肤病、促进伤口愈合等。Ansel等^[21]研究表明,琼崖海棠籽油具有促进人体角质形成细胞和真皮成纤维细胞再生,促进伤口愈合的活性作用。朱纪实等^[22]研究了台湾琼崖海棠籽油对伤口愈合的影响,发现低浓度的琼崖海棠籽油可促伤口愈合,随浓度的增加伤口愈合的效果降低。Adewuyi等^[12]将尼日利亚琼崖海棠籽油转化为丙酮化合物,测试其抗菌活性,结果显示该化合物可抑制大肠杆菌、伤寒沙门氏菌和铜绿假单胞菌等生物生长,而琼崖海棠籽油对枯草芽孢杆菌和金黄色葡萄球菌具有抑制作用。所以,琼崖海棠籽油具有促细胞愈合、抗炎、抗菌的特性,可用于治疗皮肤以及黏膜损伤,可用于制备再生和保护性配方药物。

Hsieh等^[23]在分离琼崖海棠籽油的过程中,鉴定了含有多种芳香结构化合物的黄色和绿色色素。这种色素能够诱导DLD-1人体结肠癌细胞死亡,并以剂量依赖性方式增加sub-G1和sub-G2/M期细胞的比例。此外,这种色素能够在24 h对A549和A1975人非小细胞肺癌(NSCLC)细胞系表现出细胞毒性活性。用绿色色素处理能够增强NSCLC细胞对吉非替尼的敏感性。因此,研究琼崖海棠籽油制备抗癌药物具有巨大的潜力。

3.3 琼崖海棠籽油作为化妆品用油

夏秋瑜等^[24]采用4个抗氧化体系对海南琼崖海棠籽油的体外抗氧化能力进行研究。结果表明:琼崖海棠籽油总酚酸含量为 (0.26 ± 0.045) mg/mL;0.10%的琼崖海棠籽油对ABTS⁺自由基清除能力的TEAC值为123.39 μ mol/L;5%的琼崖海棠籽油清除DPPH自由基的能力显著高于100 μ g/mL的BHT;7.5%的琼崖海棠籽油清除羟自由基的能力显著高于100 μ g/mL的BHT和Trolox;1.6%的琼崖海棠籽油对脂质过氧化的抑制能力均不及100 μ g/mL的BHT和Trolox。说明琼崖海棠籽油具有显著的抗

氧化活性。顾文君等^[14]研究发现,烘干处理与冻干处理所萃取的台湾琼崖海棠籽油,两者在UVB区皆有强吸收值,显示琼崖海棠籽油可遮蔽紫外线,另外将琼崖海棠籽油与其他美妆用品常用植物油(石栗油、苦茶油、橄榄油、荷荷巴油)在UV-VIS光谱比较,得到琼崖海棠籽油在波长280~320 nm UVB吸收区的吸收峰值明显比其他植物油高,显示琼崖海棠籽油的紫外线屏蔽效果比其他植物油好。结合琼崖海棠籽油具有抗菌、抗炎、促进伤口愈合、促细胞再生等活性,采用琼崖海棠籽油生产促进皮肤再生、防晒、舒缓、预防皱纹和妊娠纹等护肤品、化妆品用油有广阔的应用前景。

3.4 琼崖海棠籽油制备生物柴油

柴油是许多大型车辆的主要动力燃料,具有动力大、价格便宜的优点,但柴油的燃烧效率较低,对空气污染严重,人们开始研究可再生的生物柴油代替柴油。在国外,琼崖海棠因为高含油量已被广泛研究用于制备生物柴油。Dewang等^[25]研究了用印度尼西亚琼崖海棠籽油制备生物柴油的方法,制备的生物柴油具有十六烷值高、几乎不含SO_x气体、润滑能力良好、废气排放少、环保的优点。Heriawan^[5]、Fadhullah^[6]等也研究了利用琼崖海棠籽油制备生物柴油的工艺。Atabani等^[18]研究发现,琼崖海棠籽油生产的生物柴油能与普通柴油兼容,且符合美国ASTM D6751和欧盟EN 14214生物柴油标准。琼崖海棠籽油用于制备生物柴油具有很好的经济效益和环保效益。

3.5 琼崖海棠的生态价值

琼崖海棠在自然界中具有很强的生存能力,其生长时间可达50年之久^[18],在海南有的琼崖海棠树生长已超百年。琼崖海棠根系发达、耐盐碱、抗风力强,对环境的适应能力非常强,可以在贫瘠干旱的海滨、低山丘陵中生长,是海岸带水土保持、防止土地荒漠化的绿化造林的理想树种^[2]。琼崖海棠树姿美观,终年翠绿,花期较长、花朵较大且气味芬芳,是四季绿化的好树种^[26]。开发琼崖海棠具有较高的生态价值。

4 结束语

琼崖海棠是重要的防风护堤树种,能耐旱热、抗风力强、不占耕地,木材可用于制作舰艇龙骨、船甲、高级家具等。琼崖海棠种仁含油量较高,琼崖海棠籽油具有抗菌、抗炎、促进真皮再生等特性,被国外学者广泛研究用于制备生物柴油、化妆品、药物等。我国目前对琼崖海棠籽油的系统研究较少。优化改进琼崖海棠籽油的提取工艺、提高油中活性成

分的含量、提高相关产品附加值、实现大规模生产,在新油源的开发以及医疗、环保、生态等方面具有重要意义,有广阔的市场前景和显著的经济效益。

参考文献:

- [1] 熊志勇,王辉,谢凤妮,等. 滇南红厚壳叶化学成分的研究[J]. 广东化工,2008,35(7):18-19.
- [2] 贾瑞丰,尹光天,杨锦昌,等. 红厚壳的研究进展及应用前景[J]. 广东林业科技,2011,27(2):85-90.
- [3] RAHARIVELOMANANA P, ANSE J L, LUPO E, et al. Tamanu oil and skin active properties: from traditional to modern cosmetic uses[J]. OCL,2018,25(5):1-5.
- [4] FUAD F M, KARIM K A, DON M M. Ultrasound-assisted extraction of oil from *Calophyllum inophyllum* seeds: statistical optimisation using Box-Behnken design[J]. J Phys Sci,2016,27(2):103-121.
- [5] HERIAWAN, INDARTONO Y S, KARTIKA I A. Optimization of mechanical oil extraction process of Nyamplung seeds (*Calophyllum inophyllum* L.) by flexible single screw extruder [J]. AIP Conf Proc, 2018, 1984 (1): 1-10.
- [6] FADHLULLAH M, WIDIYANTO S N B, RESTIAWATY E. The potential of Nyamplung (*Calophyllum inophyllum* L.) seed oil as biodiesel feedstock: effect of seed moisture content and particle size on oil yield[J]. Energy Procedia, 2015, 68:177-185.
- [7] FUAD F M, KARIM K A. Kinetics study of oil extraction from *Calophyllum inophyllum* seeds using ultrasonic-assisted extraction technique [J]. J Phys Sci, 2017, 28 (2): 57-69.
- [8] BHUJYA M M K, RASUL M G, KHAN M M K, et al. Optimisation of oil extraction process from Australian native beauty leaf seed (*Calophyllum inophyllum*) [J]. Energy Procedia, 2015, 75:56-61.
- [9] SHAMSUDDIN N M, YUSUP S, IBRAHIM W A, et al. Oil extraction from *Calophyllum inophyllum* L. via Soxhlet extraction optimization using response surface methodology (RSM) [C]. Kota Kinabalu: IEEE 10th Asian Control Conference (ASCC), 2015:1-6.
- [10] 纳智. 滇南红厚壳种子油的脂肪酸成分[J]. 热带亚热带植物学报, 2005, 13(6):505-506.
- [11] 郑联合, 赵阔, 王涛. 琼崖海棠籽油的理化性质及脂肪酸组成分析[J]. 中国油脂, 2011, 36(9):60-63.
- [12] ADEWUYI A, FASUSI O H, ODERINDE R A. Antibacterial activities of acetonides prepared from the seed oils of *Calophyllum inophyllum* and *Pterocarpus osun*[J]. J Acute Med, 2014, 4(2):75-80.
- [13] 夏秋瑜, 李瑞, 陈卫军, 等. 海棠果油的提取及其理化性质和脂肪酸组成分析[J]. 中国粮油学报, 2010, 25(11):85-89.
- [14] 顾文君, 马复京, 游汉明. 琼崖海棠种仁油之性质与应用[J]. 林业研究专讯, 2016, 23(4):39-41.
- [15] JAHIRUL M, KOH W, BROWN R, et al. Biodiesel production from non-edible beauty leaf (*Calophyllum inophyllum*) oil: process optimization using response surface methodology (RSM) [J]. Energies, 2014, 7(8):5317-5331.
- [16] HIEU T T, CHOI W S, KIM S I, et al. Enhanced repellency of binary mixtures of *Calophyllum inophyllum* nut oil fatty acids or their esters and three terpenoids to *Stomoxys calcitrans* [J]. Pest Manag Sci, 2015, 71(9):1213-1218.
- [17] 杨春英, 刘学铭, 陈智毅. 15种食用植物油脂肪酸的气相色谱-质谱分析[J]. 食品科学, 2013(6):219-222.
- [18] ATABANI A E, DA SILVA C A. *Calophyllum inophyllum* L.—a prospective non-edible biodiesel feedstock. Study of biodiesel production, properties, fatty acid composition, blending and engine performance [J]. Renew Sust Energ Rev, 2014, 37:644-655.
- [19] JAHIRUL M I, BROWN J R, SENADEERA W, et al. Optimisation of bio-oil extraction process from beauty leaf (*Calophyllum inophyllum*) oil seed as a second generation biodiesel source [J]. Procedia Eng, 2013, 56:619-624.
- [20] 朱乾海. 大马棕油健步前行 [EB/OL]. (2012-06-27) [2019-10-10]. http://www.malaysiaeconomy.net/my_economy/three_industries/primary_industry/oil-palm/oil_palm_news/2012-07-04/20290.html.
- [21] ANSEL J L, LUPO E, MIJOUIN L, et al. Biological activity of polynesian *Calophyllum inophyllum* oil extract on human skin cells [J]. Planta Med, 2016, 82(11/12):961-966.
- [22] 朱纪实, 顾文君, 李奇翰, 等. 琼崖海棠与石栗种仁油之脂肪酸及功能性分析 [J]. 嘉大农林学报, 2018, 15(1):15-26.
- [23] HSIEH C, LIN Y W, CHEN C H, et al. Yellow and green pigments from *Calophyllum inophyllum* L. seed oil induce cell death in colon and lung cancer cells [J]. Oncol Lett, 2018, 15(4):5915-5923.
- [24] 夏秋瑜, 李瑞, 蒋盛军, 等. 红厚壳种仁油脂体外抗氧化能力研究 [J]. 热带作物学报, 2011, 32(1):168-171.
- [25] DEWANG S, SURIANI, HADRIANI S, et al. Physical properties of Nyamplung oil (*Calophyllum inophyllum* L.) for biodiesel production [J/OL]. J Phys Conf Ser, 2017, 846(1):012009 [2019-09-20]. <http://www.researchgate.net/publication/317308912>.
- [26] 周铁烽. 中国热带主要经济树木栽培技术 [M]. 北京: 中国林业出版社, 2001:132-133.