

【第二十七届中国科协年会学术论文】

山桐子油资源挖掘与加工关键技术

赵晨伟，王兴国，金青哲*

(江南大学食品学院 江苏无锡 214122)

摘要 山桐子适应性强,产量大,含油量高,是一种重要的木本油料。山桐子油富含不饱和脂肪酸和有益伴随物,营养丰富,且在我国有悠久的食用历史,具备新油源挖掘潜力。本文综述了山桐子油的营养价值、食用安全性、用途和加工技术,指出了当前山桐子油缺乏专用加工技术,加工损耗高,油品品质差等问题,提出了发展山桐子种植,开发关键加工技术及装备,完善扶持政策的产业发展对策。

关键词 山桐子;油料特性;营养;加工;产业链

文章编号 1009-7848(2025)05-0059-08 **DOI:** 10.16429/j.1009-7848.2025.05.006

近年来,我国植物油消费量居高不下,年均增长率维持在3%~5%^[1],而国内油料生产不足,大豆、油菜籽等大宗油料的自给率不足30%^[1]。这种“消费扩张”与“生产滞后”的矛盾使我国植物油市场深度受制于国际供应链波动,给粮食安全带来了极大的挑战。

我国木本油料树种资源丰富,分布范围广,具有较大推广种植价值的就有10多种,包括核桃、油茶、杏、油用牡丹、山桐子、元宝枫、香榧等。大力提高国产油料生产能力,是保障我国油脂供给安全的根本和基础。木本油料作物能适应山区条件,不与粮食和草本油料作物争地,既是优化国土资源配置、提高油脂自给率、维护我国粮油安全的最优解,也是增加农民收入,建设美丽中国的重要举措。

山桐子适应性强、产量大、含油量高,是一种极具潜力的重要木本油料。本文综述了山桐子油的营养价值、食用安全性、工业用途和加工关键技术,分析了山桐子产业面临的问题,并提出了发展对策。

1 山桐子概述

山桐子(*Idesia polycarpa*)是一种具有生态和经济作用的植物^[2],属于大风子科(Flacourtiaceae)

收稿日期: 2025-03-25

第一作者: 赵晨伟,男,博士,助理研究员

通信作者: 金青哲 E-mail: jqzwuxi@163.com

山桐子属(*Idesia*)落叶乔木^[3],是我国重要的木本油料树种^[4]。

山桐子的果实属于浆果型,红色成熟果实由红色果皮、红黄色果肉和深绿黄色种子组成,果肉和籽中均含油。果肉约占总质量的62.30%,种子占36.70%,果肉干基含油量约43.60%,种子干基含油量约26.26%^[5-6]。

山桐子易栽种和成活,适应性极强,对环境要求不高,能耐低温至-14℃,耐高温至40℃,耐酸碱(pH 4.5~8.4),在年降雨量800~2 000 mm条件下都能正常生长^[7]。该树生长速度快,3年即可挂果,5年进入丰产期,7~15年后进入盛产期,盛产期可长达70~100年^[8]。

山桐子盛产期单株鲜果产量可达50~100 kg,整果含油量为20%,按每亩50株计,每亩地可产油达450~900 kg,远超过大豆、菜籽、核桃和油茶,接近于棕榈的产量^[9],被称为“树上油库”。

山桐子的适应性强,主要分布在秦岭、淮河以南的跨亚热带与暖温带地区^[10],甘肃、山西、河南、台湾、四川、陕西、重庆、湖南、湖北、贵州、浙江、江西、安徽、广东等17个地区都有野生品种。四川、贵州、安徽、陕西、云南、浙江等省份是山桐子的主要产区^[11]。

我国可用于种植木本油料的土地资源潜力超过2 000万hm²^[12],以每公顷产6.75~13.5 t山桐子油计,这些土地若全部利用,可产油1.35~2.7亿t/年,即使仅利用1%土地,也有135~270万t的油脂,相当于我国玉米油、米糠油等谷物油的总产

量,对提升我国油脂自给率有极大贡献。

山桐子树干挺直,树型优美,树高10~15 m^[13],幼枝向外平伸,形成广圆或球形树冠;树叶肥大浓密而具有光泽;花为黄绿色,清香怡人;果实从挂果开始依次呈现绿色、黄色和红色的变化(图1)。



图1 不同采收时间的山桐子果实

Fig.1 Different harvesting time of *Idesia polycarpa* fruits

山桐子不仅果实可以用来榨油,其树叶、种子和饼粕也都具有很高的价值。山桐子叶子有止血特性,种子在韩国被用作杀虫剂原料^[15-16]。山桐子榨油后的果渣含有一定量的蛋白质、纤维素、淀粉,可用于制作肥料和动物饲料,从中还可提取具有抗炎活性的山桐子酚昔。山桐子木材的材质细密轻软,纹理美观,容易干燥,不易变形,经久耐用,是高档用材。

国家林业和草原局《国家储备林树种目录》(速丰办林丰管字[2020]4号)将山桐子树种纳入国家储林树种目录,将其列为B级优先推荐树种。国家发展和改革委员会、国家林业和草原局等10

山桐子挂果期长,4~5月份开花结果,10~12月份果实成熟,次年的3月份,果实仍可挂在枝头,十分美观,因此常被也作为观赏性树种,在城乡绿化中发挥作用^[14]。

部委《关于科学利用林地资源 促进木本粮油和林下经济高质量发展的意见》(发改农经〔2020〕1753号)要求“在适宜地区积极推广山桐子、元宝枫、银杏、香榧、果用红松、澳洲坚果等特色木本粮油树种”。

2 山桐子油的营养价值

山桐子的果肉和种子都可榨油,营养上各有特点。山桐子果油呈深红色,胶质多且有异味,籽油呈黄色,胶质少且无异味。山桐子的理化参数和脂肪酸组成如表1^[17]和表2^[18-19]所示。

表1 山桐子油的理化参数^[17]

Table 1 Physicochemical parameters of *Idesia polycarpa* oil^[17]

	折光率(40 °C)	皂化值/(mg KOH/g)	碘值/(g/100 g)	比重(25 °C)
果实	1.4702	192.5~209.9	109.5~142.9	0.9235
种子	1.4709	190.1~195.1	135.2~152	/
果肉	1.4675~1.4698	192.8~205.6	114.5~135	/

山桐子果油、籽油和全果油的碘值分别为114.5~135,135.2~152,109.5~142.9 g/100 g,皂化值分别为192.8~205.6,190.1~195.1,192.5~209.9 mg KOH/g,其脂肪酸组成集中在C16和C18之间,饱和脂肪酸含量低^[20]。

山桐子果油、籽油和全果油分别含有71.66%,83.27%和76.80%亚油酸;4.96%,0.36%和2.49%棕榈油酸^[21-22]。籽油的亚油酸含量高于果油和全果油,也显著高于常见的芝麻油、花生油和橄榄油,与红花籽油的亚油酸含量相当^[23]。山桐子油含有

表 2 山桐子油的脂肪酸组成(%)^[18-19]Table 2 Fatty acid composition of *Idesia polycarpa* oil (%)^[18-19]

	棕榈酸	棕榈油酸	硬脂酸	油酸	亚油酸	亚麻酸
果实	13.05~16.92	4.94~7.37	0.83~1.41	4.41~5.94	64.60~70.97	0.44~0.79
种子	9.71~16.19	1.63~5.86	2.15~2.73	7.64~8.32	65.93~76.28	0.17~1.17
果肉	19.79~22.94	8.37~9.04	0.36~0.87	8.05~9.23	58.68~63.19	0.24~1.02

的棕榈油酸在普通植物油中少见^[23], 棕榈烯酸作为功能性脂肪酸, 可以减轻炎症, 预防糖尿病和心血管疾病^[24]。山桐子果肉和籽的含油率、脂肪酸成分均不同, 据此分别制油, 可得到不同营养特点的油脂, 丰富我国食用油营养与品种规格。

山桐子油中含有丰富的微量营养物质, 生育酚含量(1 124.9 mg/kg)高于葵花籽油、菜籽油、橄榄油和芝麻油, 与大豆油相当^[25-27]; 多酚含量(104.7 mg GAE/kg)高于小麦胚芽油、米糠油、红花籽油等常见植物油, 次于芝麻油^[22,26]; β -谷甾醇含量(3 667.4 mg/kg)高于大豆油、椰子油和棕榈油, 仅次于菜籽油等少数几种油^[18,27]。

山桐子油还是化妆品用油之一。山桐子油对酪氨酸酶有着明显的抑制作用, 起到美白的效果^[14]。

3 山桐子油的食用安全性

在四川、陕西和甘肃等地区, 人们有着长期食用山桐子油的历史^[28-31]。80 多年前通(江)南(江)巴(中)革命老区将山桐子炒熟捣碎, 用布包好放进菜里煮来解决部队缺油的问题。因此, 山桐子油又被当地群众称为“红军油”。

根据毒理学试验和流行病学调查结果显示, 山桐子油无毒副作用^[27]。2019 年 3 月, 国家粮食和物资储备局颁布了《山桐子》《山桐子油》的行业标准。2022 年, 鉴于山桐子油具有长期人群食用历史, 且已发布《山桐子油》行业标准, 国家卫生健康委员会建议其按普通食品管理。

4 山桐子油的工业用途

山桐子油是制备生物柴油的重要生产原料。山桐子油的脂肪酸成分主要为 C16 和 C18 脂肪酸, 与柴油分子的碳链碳数相近。Yang 等^[15]研究发现山桐子油制备的生物柴油的燃料性能符合行业

规范, 与大豆油和菜籽油制得的生物柴油相比, 其十六烷值略低, 而闪点较高, 运动黏度较低。汪全义等^[32]优化制得的山桐子生物柴油的主要性能指标达到美国生物柴油的标准。朱卫霞等^[33]以山桐子油为原料, 制备了环境友好型润滑油。

5 山桐子油加工技术

5.1 制油

山桐子油可以直接通过榨取山桐子果实制油, 也可以将果实分为果肉和种子分开榨油。山桐子果实目前通常采用全果榨油, 主要提取方法包括压榨法、水酶法和超临界 CO₂ 萃取法。压榨法虽然能较好地保留油脂的营养成分和风味物质, 但提油率低, 果渣中还残留部分油脂, 有时达到 15.46%^[34]。浸出法多以乙醚、石油醚为溶剂, 实用性不大。超临界 CO₂ 萃取得到的油脂品质高, 无溶剂残留, 且避免了油脂的活性成分在高温下被破坏, 但成本居高不下。

5.2 精炼

山桐子油的毛油呈苦味^[35], 酸价高, 色泽深, 须很好精炼后才能食用, 包括脱胶、脱酸、脱色、脱臭。精炼的难点主要在脱胶和脱色工段, 因为油脂中含有非水化磷脂, 常规的水化脱胶法不能满足脱胶要求, 需要在制油时间减少非水化磷脂生成, 或者将非水化磷脂转化为水化磷脂。脱色工段中使用大量的脱色剂, 这使得油脂精炼率下降, 成本升高。

6 山桐子产业化面临的问题

6.1 种播培育技术滞后

长期以来, 我国山桐子资源以野生为主, 分布广而散, 连片的人工种植面积小, 目前仅贵州地区有 45 000 hm² 的种植基地, 其它省份尚处于起步阶段, 且良种选育滞后, 最佳采摘期不明确, 不利

于集中采摘和加工,难以规模化。

山桐子存在雌、雄异株,雄株不挂果的生物学特性,一般生长3~5年才能开花结果分辨雌、雄株,因此无法合理安排雌、雄比例造林,且传统种植培育技术幼苗成活率和成林后挂果率偏低,直接限制了种植规模,影响后期经济效益。

山桐子的成熟期随纬度、海拔、气温的变化而变化。祝志勇等^[36]比较了不同地区的野生山桐子果实含油率和脂肪酸含量,发现陕西安康的山桐子含油率最高,可作为核心种质资源库。人工栽培山桐子的最佳采摘期为在11月15日左右,该时期内果实含油率最高。洪祖兵等^[37]分析不同采收期的山桐子果实、果肉和种子的含油率,发现果肉含油率明显高于种子含油率;果肉含油率以10月30日采收的批次为最高,种子含油率以10月10日采收的批次为最高,山桐子的最佳采摘时间为果实成熟后至10月30日前。龚榜初等^[38]测定11个种源的山桐子果实的脂肪酸组成,发现山桐子果实的亚油酸含量高达63.58%,并且种源间差异显著,脂肪酸组成受海拔和地形等地理环境的影响较小。然而,目前尚缺乏产地、成熟期对山桐子果油和籽油的微量营养成分影响的系统研究。

6.2 加工技术存在瓶颈

山桐子果实属浆果型,果肉和籽均含油,且果肉油和籽油在组成方面有较大差异。果肉中含有较高含量的解脂酶。未作灭酶处理的果肉会快速脂解导致山桐子油酸价升高,24 h内新鲜山桐子果实的酸价就会升高15%^[39]。如何在采摘后及时灭酶以控制酸价的技术尚未突破。

山桐子果实的水分含量高,常规储藏会导致酸价上升。目前通常采取晒干或烘干后再提油的方法,而干燥过程通常伴随营养物质损失。如能鲜榨提取山桐子油,即可最大程度地保留营养物质。然而,目前尚未有适合于山桐子鲜果榨油设备,果渣提油工艺尚不完善;制取出的山桐子果油也存在杂质多、色泽深、味苦的问题,需得到妥善解决。

6.3 产业链不完善,市场认知度不高

山桐子产业涵盖育种、种植、加工、销售等多个领域,迄今尚未形成完整的产业链。育种方面国内仅有3~4家企业和研发机构,种植方面也仅有贵州形成一定的规模。加工方面有湖北、四川、贵

州等地数个小规模企业,规模小,产品品质差异大。市场方面,山桐子尚未被广大消费者认知了解,仅在有传统使用习惯的四川、贵州等地居民小范围食用,消费者缺少对山桐子油的认识。

7 发展对策

7.1 大力发展山桐子种植

加快山桐子雌、雄花的发育机理及雌性株幼苗期技术攻关,研究不同种源苗木生长规律,缩短苗期生长年限,加强无性繁殖技术研究,提高苗木成活率。加大保障性苗圃建设力度,谋划建设山桐子种质资源基因库和组培繁育中心,确保山桐子苗木供应。收集国内不同区域山桐子品种,加强不同品种、不同采收季节果实含油量研究,开展分期采收,提高果实出油率和利用率。

增加适宜山地种植山桐子的面积,争取在3~5年时间内在贵州、四川、湖北、安徽等适宜种植山桐子的区域分别形成百万亩的种植规模,以满足山桐子油规模化加工的需求。

7.2 开发适宜加工技术及装备

开发机械化采摘、脱粒的装备,开发小型山桐子制油技术及装备以用于采摘后及时制油,开发山桐子制取果油后残渣、果籽的高效干燥、储藏、制油技术,实现山桐子油的全部提取。开发山桐子毛油适度精炼技术,解决色深、味苦等难题。开发山桐子加工副产物的饲料化和食品化利用技术,提高副产品综合利用度,提高附加值。

7.3 完善产业扶持政策

针对山桐子产业短板,拟定产业项目清单,建立利益联结机制,构建利益共同体。组建各级林业投资发展公司,对接金融资本,做大做强一批林业龙头企业。用好林业贴息贷款补助资金,谋划产业链综合项目,加大林业招商引资、招才引智,吸引企业、资本、人才参与山桐子产业发展。加快生物肥料、医药产品等加工与品牌营销,推进山桐子产业与旅游、文化、健康养老等产业的深度融合,打造山桐子产业园区、康养综合体等产业集群,融合社会资源,延长产业链,提高产业附加值。加快实施山桐子产品品牌建设,开展生态标志产品认定、生态原产地保护产品评定,建立产品线上、线下交易体系和产品交易中心,推进山桐子产业健康有

序发展。

8 结语

山桐子油作为优质木本食用油资源，兼具营养、生态与经济价值，是缓解我国食用油短缺的重要突破口。针对存在的种播培育技术滞后，关键加工技术尚未突破，产业链不完善、市场认知度不足等问题，未来需通过良种选育、规模种植、工艺及装备创新、产业链整合的四轮驱动，推动其从“潜在资源”向“战略产业”升级，助力国家粮油安全与乡村振兴战略。

参 考 文 献

- [1] 王瑞元. 在新时代新征程中我国粮油加工业要关注和努力做好几项工作[J]. 中国油脂, 2024, 49(6): 6-10.
WANG R Y. Several tasks China's grain and oil processing industry should focus on and make efforts in during the new era and new journey [J]. China Oils and Fats, 2024, 49(6): 6-10.
- [2] RANA S, LIU Z. Study on the pattern of vegetative growth in young dioecious trees of *Idesia polycarpa* maxim[J]. Trees, 2021, 35(1): 69-80.
- [3] CHOU C J, LIN L C, TSAI W J, et al. Phenyl β -D-glucopyranoside derivatives from the fruits of *Idesia polycarpa*[J]. Journal of Natural Products, 1997, 60(4): 375-377.
- [4] 张小平, 邓东周, 鄢武先. 山桐子作为木本油料资源的开发潜力[J]. 四川林业科技, 2011, 32(2): 80-83.
ZHANG X P, DENG D Z, YAN W X. The potential for developing *Idesia polycarpa* as a woody oil resource[J]. Sichuan Forestry Science and Technology, 2011, 32(2): 80-83.
- [5] 李平. 重庆岩溶石漠化地区山桐子的生态适应性与栽培利用研究[D]. 重庆: 西南大学, 2013.
LI P. Ecological adaptability and cultivation utilization of *Idesia polycarpa* in Karst desertification areas of Chongqing[D]. Chongqing: Southwest University, 2013.
- [6] 陆志敏, 吴鹏敏, 汤社平, 等. 废弃采石场绿化树种选择及其配套技术研究[J]. 浙江林业科技, 2006 (3): 59-65.
- [7] LU Z M, WU P M, TANG S P, et al. Research on tree species selection and supporting technology for abandoned quarry afforestation[J]. Zhejiang Forestry Science and Technology, 2006(3): 59-65.
- [8] 佚名. 带你认识油葡萄(山桐子)[J]. 中国林业产业, 2022(2): 4-8.
Anon. Getting to know oil grape (*Idesia polycarpa*) [J]. China Forestry Industry, 2022(2): 4-8.
- [9] 莫开林, 张正香, 罗小龙, 等. 山桐子油的开发利用[J]. 粮油食品科技, 2009, 17(6): 23-25.
MO K L, ZHANG Z X, LUO X L, et al. Development and utilization of *Idesia polycarpa* oil [J]. Grain and Oil Food Science and Technology, 2009, 17(6): 23-25.
- [10] 封加平. 中国国宝——油葡萄[J]. 中国林业产业, 2022(2): 2.
FENG J P. China's national treasure - Oil grape[J]. China Forestry Industry, 2022(2): 2.
- [11] WANG S H, LI Y, LI Z Q, et al. Identification of an SCAR marker related to female phenotype in *Idesia polycarpa* Maxim[J]. Genetics and Molecular Research, 2015, 14(1): 2015-2022.
- [12] 刘芙蓉, 罗建勋, 杨马进. 山桐子的地理分布及其潜在适宜栽培区划[J]. 林业科学研究, 2017, 30 (6): 1028-1033.
LIU F R, LUO J X, YANG M J. Geographical distribution and zoning of potential suitable cultivation areas for *Idesia polycarpa* [J]. Forest Research, 2017, 30(6): 1028-1033.
- [13] 刘轩. 中国木本油料能源树种资源开发潜力与产业发展研究[D]. 北京: 北京林业大学, 2011.
LIU X. Research on the development potential and industrial development of China's woody oil energy tree resources[D]. Beijing: Beijing Forestry University, 2011.
- [14] 段齐泰. 山桐子油在化妆品中的适宜性研究[D]. 武汉: 湖北大学, 2019.
DUAN Q T. Research on the suitability of *Idesia polycarpa* oil in cosmetics[D]. Wuhan: Hubei University, 2019.
- [15] 周桂香, 吴方全, 李成焰, 等. 四川省广元市毛叶山桐子资源的开发利用[J]. 四川林业科技, 2009, 30(3): 70-73.
ZHOU G X, WU F Q, LI C Y, et al. Development and utilization of hairy *Idesia polycarpa* resources in Guangyuan City, Sichuan Province [J].

- Sichuan Forestry Science and Technology, 2009, 30(3): 70–73.
- [15] YANG F X, SU Y Q, LI X H, et al. Preparation of biodiesel from *Idesia polycarpa* var. *vestita* fruit oil[J]. Industrial Crops and Products, 2009, 29(2): 622–628.
- [16] 吴志文, 谢双喜, 刘青, 等. 山桐子的研究进展及应用前景[J]. 贵州农业科学, 2010, 38(1): 161–164.
- WU Z W, XIE S X, LIU Q, et al. Research progress and application prospects of *Idesia polycarpa*[J]. Guizhou Agricultural Sciences, 2010, 38(1): 161–164.
- [17] 马素换, 张苗, 郭萍梅, 等. 微波预处理对山桐子果细胞结构及油脂品质的影响[J]. 中国油脂, 2018, 43(7): 19–22.
- MA S H, ZHANG M, GUO P M, et al. Effects of microwave pretreatment on cell structure and oil quality of *Idesia polycarpa* fruit[J]. China Oils and Fats, 2018, 43(7): 19–22.
- [18] 戴国富, 谢世友, 万腾, 等. 山桐子特性、利用价值及苗木培育技术[J]. 湖北农业科学, 2011, 50(8): 1615–1618.
- DAI G F, XIE S Y, WAN T, et al. Characteristics, utilization value and seedling cultivation technology of *Idesia polycarpa*[J]. Hubei Agricultural Sciences, 2011, 50(8): 1615–1618.
- [19] 龚榜初, 李大伟, 江锡兵, 等. 不同种源山桐子果实脂肪酸组成变异分析[J]. 植物生理学报, 2012, 48(5): 505–510.
- GONG B C, LI D W, JIANG X B, et al. Analysis of variations in fatty acid composition of *Idesia polycarpa* fruits from different provenances[J]. Plant Physiology Journal, 2012, 48(5): 505–510.
- [20] 郭华, 沈泉维, 胡尧超. 山桐子油的品质分析[J]. 现代食品科技, 2012, 28(3): 345–347, 363.
- GUO H, SHEN Q W, HU Y C. Quality analysis of *Idesia polycarpa* oil[J]. Modern Food Science and Technology, 2012, 28(3): 345–347, 363.
- [21] 田潇潇, 方学智, 杜孟浩. 山桐子果不同部位油脂营养品质及抗氧化能力的研究[J]. 中国粮油学报, 2020, 35(9): 91–95.
- TIAN X X, FANG X Z, DU M H. Study on nutritional quality and antioxidant capacity of oils from different parts of *Idesia polycarpa* fruit[J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2020, 35(9): 91–95.
- [22] 尚祖飞, 徐甜甜, 邹康, 等. 山桐子鲜果干燥方式对所制取油脂品质的影响[J/OL]. 中国油脂, (2022-12-08) [2025-03-25]. <https://kns.cnki.net/kcms2/article/abstract?v=fSCzX0TVvUh316JqUIOKpY4yHHqFTYbD1CR3q28qck8nwp17hi7nBGd2ThCUx6vX2h3WIcESvcXjOZMNgTCenmIHuEGp2KW1YZkQCQEDBDU40yrdynzkuzU3gg7Td-Vu-vW1RCgvEvUisU7SSd5kgIZHpnkW23M-&uniplatform=NZKPT&language=CHS&version=LYDG>.
- SHANG Z F, XU T T, ZOU K, et al. Effects of drying methods for fresh *Idesia polycarpa* fruits on oil quality[J/OL]. China Oils and Fats, (2022-12-08) [2025-03-25]. <https://kns.cnki.net/kcms2/article/abstract?v=fSCzX0TVvUh316JqUIOKpY4yHHqFTYbD1CR3q28qck8nwp17hi7nBGd2ThCUx6vX2h3WIcESvcXjOZMNgTCenmIHuEGp2KW1YZkQCQEDBDU40yrdynzkuzU3gg7Td-Vu-vW1RCgvEvUisU7SSd5kgIZHpnkW23M-&uniplatform=NZKPT&language=CHS&version=LYDG>.
- [23] KONUSCAN D B, ARSLAN M, OKSUZ A. Physicochemical properties of cold pressed sunflower, peanut, rapeseed, mustard and olive oils grown in the Eastern Mediterranean region[J]. Saudi Journal of Biological Sciences, 2018, 26(2): 340–344.
- [24] HU W, FITZGERALD M, TOPP B, et al. A review of biological functions, health benefits, and possible de novo biosynthetic pathway of palmitoleic acid in macadamia nuts[J]. Journal of Functional Foods, 2019, 62: 103520.
- [25] 刘一静, 张驰松, 涂彩虹, 等. 毛叶山桐子油营养价值及精炼工艺的研究进展[J]. 农产品加工, 2020, 3(7): 73–78.
- LIU Y J, ZHANG C S, TU C H, et al. Research progress on nutritional value and refining process of hairy *Idesia polycarpa* oil[J]. Agricultural Product Processing, 2020, 3(7): 73–78.
- [26] LIU R, LU M, ZHANG T, et al. Evaluation of the antioxidant properties of micronutrients in different vegetable oils[J]. European Journal of Lipid Science and Technology, 2019, 122(2): 1900079.
- [27] XIANG X, WEN L, WANG Z, et al. A comprehensive study on physicochemical properties, bioactive compounds, and emulsified lipid digestion characteristics of *Idesia polycarpa* var. *vestita* Diels fruits oil[J]. Food Chemistry, 2022, 404: 134634.

- [28] 袁涛, 陈科文. 水冬瓜油对小鼠骨髓细胞染色体畸变的影响[J]. 油脂科技, 1983, 25(6): 24-28.
YUAN T, CHEN K W. Effects of *Idesia polycarpa* oil on chromosome aberrations in mouse bone marrow cells[J]. Oil Science and Technology, 1983, 25 (6): 24-28.
- [29] 吴全珍, 陈科文, 袁涛, 等. 山桐子油的急性亚急性毒性及其对皮肤粘膜影响的研究[J]. 油脂科技, 1982, 32(6): 60-68.
WU Q Z, CHEN K W, YUAN T, et al. Acute and subacute toxicity of *Idesia polycarpa* oil and its effects on skin and mucous membranes[J]. Oil Science and Technology, 1982, 32(6): 60-68.
- [30] 力晓蓉. 毛叶山桐子生物学特性及油脂食用安全性的研究通过鉴定[J]. 预防医学情报, 1985, 28(5): 290-291.
LI X R. Research on biological characteristics and edible safety of hairy *Idesia polycarpa* oil passed appraisal[J]. Preventive Medicine Information, 1985, 28(5): 290-291.
- [31] 李蕴涛, 何立莹. 毛叶山桐子生物学特性及油脂食用卫生安全性研究[J]. 四川林业科技, 1986, 41 (2): 32-37.
LI Y T, HE L Y. Research on biological characteristics and edible safety of hairy *Idesia polycarpa* oil [J]. Sichuan Forestry Science and Technology, 1986, 41(2): 32-37.
- [32] 汪全文, 杜开峰, 李新莹, 等. 毛叶山桐子油制备生物柴油的研究[J]. 粮油加工, 2009, 26(2): 52-55.
WANG Q Y, DU K F, LI X Y, et al. Research on biodiesel production from hairy *Idesia polycarpa* oil[J]. Grain and Oil Processing, 2009, 26(2): 52-55.
- [33] 朱卫霞, 杜开峰, 汪全文, 等. 毛叶山桐子油制备环境友好型润滑油的研究[J]. 粮油加工, 2010, 35 (12): 56-60.
ZHU W X, DU K F, WANG Q Y, et al. Research on environmentally friendly lubricants from hairy *Idesia polycarpa* oil [J]. Grain and Oil Processing,
- 2010, 35(12): 56-60.
- [34] 杨静, 张娟, 李浪, 等. 毛叶山桐子粕的营养价值及重金属元素含量分析[J]. 动物营养学报, 2020, 32(11): 5482-5490.
YANG J, ZHANG J, LI L, et al. Research on nutritional value and heavy metal content of hairy *Idesia polycarpa* meal[J]. Journal of Animal Nutrition, 2020, 32(11): 5482-5490.
- [35] 谢雨芮, 王艳梅, 耿晓东, 等. 山桐子油脱色工艺优化及其品质效应分析[J]. 广东农业科学, 2020, 47(9): 121-126.
XIE Y R, WANG Y M, GENG X D, et al. Optimization of bleaching process and quality analysis of *Idesia polycarpa* oil[J]. Guangdong Agricultural Sciences, 2020, 47(9): 121-126.
- [36] 祝志勇, 王强, 阮晓, 等. 不同地理居群山桐子的果实含油率与脂肪酸含量[J]. 林业科学, 2010, 46 (5): 176-180.
ZHU Z Y, WANG Q, RUAN X, et al. Analysis of oil content and fatty acid content in *Idesia polycarpa* fruits from different geographic populations[J]. Forest Science, 2010, 46(5): 176-180.
- [37] 洪祖兵, 洋文妃. 山桐子不同采收期果实含油量分析[J]. 华东森林经理, 2018, 32(2): 55-57.
HONG Z B, PAN W F. Analysis of oil content in *Idesia polycarpa* fruits at different harvesting stages [J]. East China Forest Management, 2018, 32(2): 55-57.
- [38] 龚榜初, 李大伟, 江锡兵, 等. 不同种源山桐子果实脂肪酸组成变异分析[J]. 植物生理学报, 2012, 48(5): 505-510.
GONG B C, LI D W, JIANG X B, et al. Analysis of variations in fatty acid composition of *Idesia polycarpa* fruits from different provenances[J]. Plant Physiology Journal, 2012, 48(5): 505-510.
- [39] 张伟玲, 赵春伟, 埃马德, 等. 中国五地区毛叶山桐子油化学成分和抗氧化活性分析[J]. Foods (Basel, Switzerland), 2023, 12(6): 1251.

Idesia polycarpa Oil Resource Exploitation and Key Processing Technologies

ZHAO Chenwei, WANG Xingguo, JIN Qingzhe*

(School of Food Science and Technology, Jiangnan University, Wuxi 214122, Jiangsu)

Abstract *Idesia polycarpa* exhibits strong adaptability, high yield, and high oil content, making it an important woody oil crop. *Idesia polycarpa* oil is rich in unsaturated fatty acids and beneficial accompanying substances, offering significant nutritional value. With a long history of consumption in China, it holds potential as a novel oil source. This article reviewed the nutritional value, food safety, applications, and processing technologies of *Idesia polycarpa* oil. It highlighted current challenges, including the lack of specialized processing techniques, high processing losses, and poor oil quality. To address these issues, industrial development strategies were proposed, such as expanding *Idesia polycarpa* cultivation, developing key processing technologies and equipment, and improving supportive policies.

Keywords *Idesia polycarpa*; oilseed characteristics; nutrition; processing; industry chain