

漆籽油的脱蜡工艺

余玲¹,毛振涛¹,张小勇²

(1. 陕西秦乔农林生物科技有限公司, 陕西 商南 726300; 2. 中粮工科(西安)国际工程有限公司, 西安 710082)

摘要:为提高漆籽油质量,以陕西漆树籽为原料,研究了漆籽仁预处理方法对提取漆籽油的影响,通过正交试验优化了漆籽油精制脱蜡的工艺条件,研究了助滤剂添加量对蜡晶过滤速度的影响,并测定了漆籽油的理化指标,脂肪酸、维生素E和植物甾醇组成及含量。结果表明:热碱水处理漆籽仁所提取的漆籽油品质更好,此工艺也更适于实际生产;适合规模化生产的漆籽油精制脱蜡最佳工艺条件为降温速率1.0℃/h、养晶温度5℃、搅拌速度20 r/min;加入2.0%的珍珠岩作助滤剂,油蜡分离速度最快;在上述条件下,漆籽油脱蜡率为95.88%。漆籽油含有较高含量的亚油酸(68.7%)、 δ -生育酚(422.78 mg/kg)、植物甾醇(3760.00 mg/kg),其中植物甾醇中的 β -扶桑甾醇(386.21 mg/kg)、柠檬二烯醇(138.55 mg/kg)在常见植物油中未见报道。

关键词:漆籽;漆籽油;精制;脱蜡;晶粒;养晶

中图分类号:TS225.1;TS224.6 文献标识码:A 文章编号:1003-7969(2022)04-0015-05

Dewaxing process of lacquer seed oil

YU Ling¹, MAO Zhentao¹, ZHANG Xiaoyong²

(1. Shaanxi Qinqiao Agriculture and Forestry Biotechnology Co., Ltd., Shangnan 726300, Shaanxi, China;
2. COFCO ET (Xi'an) International Engineering Co., Ltd., Xi'an 710082, China)

Abstract: In order to improve the quality of lacquer seed oil, Shaanxi lacquer tree seed was used as raw material to study the effect of lacquer seed kernel pretreatment method on the extraction of lacquer seed oil. The dewaxing conditions of lacquer seed oil were optimized through orthogonal experiment. The effect of the amount of filter aid on the filtration rate of wax crystal was studied, and the physicochemical indexes, compositions of fatty acid, vitamin E and phytosterol in lacquer seed oil were determined. The results showed that the quality of lacquer seed oil extracted from lacquer seed kernel pretreated with hot alkaline water was better, and this process was more suitable for practical production. The optimal dewaxing conditions of lacquer seed oil suitable for large-scale production were obtained as follows: cooling rate 1.0℃/h, crystallization temperature 5℃ and stirring speed 20 r/min. Adding 2.0% perlite as filter aid, the separation speed of lacquer seed oil and lacquer wax was the fastest. Under the optimal conditions, the dewaxing rate of lacquer seed oil was 95.88%. Lacquer seed oil contained high content of linoleic acid (68.7%), δ -tocopherol (422.78 mg/kg) and phytosterol (3760.00 mg/kg), and β -fusosterol (386.21 mg/kg) and limonol (138.55 mg/kg) were substances not reported in common vegetable oils.

Key words: lacquer seed; lacquer seed oil; refining; dewaxing; crystal; crystallization

收稿日期:2021-06-23;修回日期:2021-11-28

基金项目:2020年度陕西省科技计划项目“食品级漆蜡和漆籽油生产工艺研究及产业化”示范项目(S2020-YD-QFY-0026)

作者简介:余玲(1989),女,助理工程师,主要从事漆蜡、漆籽油加工工艺研究及应用工作(E-mail)543295694@qq.com。

漆树为漆树科(Anacardiaceae)漆树属落叶乔木,又名大木漆、山漆树。我国漆树资源分布广泛,主要集中在中西部山地,尤以秦巴山地漆籽产量最大^[1]。漆树的果实又称漆籽,呈扁斜球状,大小与黄豆相似。漆籽果皮分3层,外果皮膜质,显鱼肚白色、灰黄色或黄绿色,中果皮为蜡质层,为浅黄色或灰绿

色,可提取漆蜡,内核为种子,可提取漆籽油^[2-3]。漆蜡中的主要脂肪酸为60%以上的棕榈酸、油酸及少量二元酸^[4-6]。漆籽油中主要脂肪酸为60%以上的亚油酸。亚油酸具有降低血脂和抗动脉粥样硬化的作用,可减少冠心病的发病率和病死率^[7]。

我国漆树产地一直有加工漆籽的习惯,主要采用水煮法或机榨法制取漆蜡油(漆蜡和漆籽油混合物),漆蜡和漆籽油尚未分开加工,尤其漆籽油未单独加工利用。目前,漆籽油的提取也主要集中于实验室研究阶段。如:董艳鹤等^[7]研究发现,陕西漆籽油亚油酸含量高达72%;司耀彬等^[8]研究了漆籽油制备生物柴油的工艺;王森等^[9]研究发现,秦岭山区4个品种的漆树种子含油率在10%~17%之间,其中不饱和脂肪酸占总脂肪酸的67%~83%;胡亿明等^[10]研究了提取温度、提取时间以及漆籽仁粒度(过筛情况)对漆籽油提取的影响,但未对漆籽油的精制做进一步研究。

我国漆籽的年产量约500万t^[11],大量闲置未加工利用。因此,我国每年有15亿~20亿元漆籽资源尚未加工利用^[12]。如果仅利用30%的漆籽资源加工成漆蜡(油)和漆蜡脂肪酸酯等,其增值约为20亿元^[2]。长期以来,漆蜡油是生活在怒江、澜沧江、金沙江沿岸的傈僳族、怒族等民族群众的主要食用油^[13]。据陕西省商南县县志记载,商南县山区群众也有食用漆籽油的历史。如果将漆籽油开发为食用油,不仅可丰富人民群众的食用油品种选择,还可为企业带来一定的经济效益,同时为山区群众增加一部分收入,带动山区群众脱贫致富。实验室提取的漆籽油以及小作坊提取的漆籽油均含有大量漆蜡,在室温时呈现浑浊状半固体状态,不仅影响漆籽油的营养和口感,其外观也难以得到消费者的认可。本文通过研究漆籽仁的预处理方法、漆籽油的脱蜡条件得出了一套适合于工业化生产的漆籽油加工工艺,并使其质量和外观均达到食用油标准。

1 材料与方法

1.1 试验材料

1.1.1 原料与试剂

漆籽仁,陕西秦乔农林生物科技有限公司提供。氢氧化钠(食品级),石油醚,珍珠岩, α -生育酚(纯度 $\geq 98\%$)、 γ -生育酚(纯度 $\geq 98\%$)、 β -生育酚(纯度 $\geq 98\%$)、 δ -生育酚(纯度 $\geq 97\%$)、菜油甾醇(纯度97%)、豆甾醇(纯度95%)、 β -谷甾醇(纯度98%)、羽扇豆醇(纯度 $\geq 97\%$)、 $\Delta 5$ -燕麦甾醇(纯度 $\geq 97\%$)、 β -扶桑甾醇(纯度 $\geq 96\%$)、柠檬二烯醇(纯度 $\geq 96\%$)、 β -香树精(纯度 $\geq 96\%$)、美国

Sigma公司。

1.1.2 仪器与设备

FE80型高速药物粉碎机,天津市泰斯特仪器有限公司;101-2A型电热鼓风干燥箱,北京科伟永兴仪器有限公司;中性氧化铝柱;HH-S水浴锅、索氏提取装置、HAS-30AF冷冻试验装置、CX40M显微镜、SHZ-D(III)过滤装置、JJ-1A搅拌装置,上海安亭科学仪器有限公司;GC-14C气相色谱仪,日本岛津公司。

1.2 试验方法

1.2.1 漆籽油的提取

分别将漆籽仁置于80℃热水、80℃含3%氢氧化钠的热水、石油醚(水浴80℃)中保温浸泡1h,期间适当搅拌。然后过滤,将漆籽仁在清水中清洗,直至清洗后的水呈中性。将清洗后的漆籽仁在80℃烘箱中烘干,然后用粉碎机粉碎至0.42mm(40目),取漆籽仁粉,按料液比1:20加入石油醚,安装索氏抽提装置,于80℃水浴提取1h,提取液经减压蒸馏除溶剂即得漆籽油。同时用未浸泡预处理的漆籽仁烘干粉碎后提取的漆籽油作为对照样品。

1.2.2 漆籽油的脱蜡

漆籽油中的蜡质主要是漆蜡以及少量高级脂肪酸和高级脂肪醇。漆蜡熔点50℃左右,主要成分是棕榈酸甘油酯,含量为70%左右,因此可以通过冷却降温使漆蜡结晶而达到油蜡分离的目的。

将漆籽油升温至55℃,在一定搅拌速度下以均匀的速率降温至35℃,使高熔点蜡先结晶,继续以均匀的速率降温到养晶温度,使低熔点蜡结晶并附着于高熔点蜡上,在此温度下保温养晶8h,再加入一定量的珍珠岩作助滤剂,通过过滤使油蜡分离。

1.2.3 晶粒平均直径的测定

将漆蜡晶体在恒温(5℃)条件下,用显微镜检测晶粒直径。采用四分法取样,重复检测5次,结果取平均值。

1.2.4 脂肪酸组成的测定及脱蜡率的计算

参照GB 5009.168—2016方法对脱蜡前后的漆籽油进行甲酯化处理,并利用气相色谱仪分析其脂肪酸组成。

气相色谱条件:气相色谱配备氢离子火焰检测器;DB-225MS石英毛细管色谱柱(30m×0.25mm,0.2 μ m);进样口温度230℃;检测器温度250℃;分流比20:1;柱升温程序为70℃保持1min,然后以15℃/min的速度升温到200℃,保持1min,再以1℃/min的速度升到220℃,保持15min。采用峰面积归一化法对脂肪酸含量进行定量。

漆蜡主要成分是棕榈酸甘油酯,因此通过检测漆籽油中棕榈酸的含量计算脱蜡率。

脱蜡率为脱蜡前后漆籽油中棕榈酸含量的差值与脱蜡前漆籽油中棕榈酸含量的比值。

1.2.5 脱蜡漆籽油的冷冻试验及碘值、维生素 E 和植物甾醇含量的测定

冷冻试验参照 GB/T 35877—2018,试验温度为 $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$;碘值测定参照 GB/T 5532—2008。

维生素 E 含量测定:称取油样 0.5 g 于 25 mL 容量瓶中,用正己烷定容,振荡 10 min,过 $0.22\text{ }\mu\text{m}$ 滤膜,待气相色谱-质谱分析(避光操作)。气相色谱条件:DB-5MS 色谱柱($30.0\text{ m}\times 320\text{ }\mu\text{m}\times 0.25\text{ }\mu\text{m}$);柱箱升温程序为初始温度 $180\text{ }^{\circ}\text{C}$,保留 1 min,以 $15\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 升至 $280\text{ }^{\circ}\text{C}$,保持 40 min;柱流速 $1\text{ mL}/\text{min}$;进样口温度 $280\text{ }^{\circ}\text{C}$,分流比 50:1;进样量 $1.0\text{ }\mu\text{L}$ 。质谱条件:接口温度 $300\text{ }^{\circ}\text{C}$,离子源温度 $230\text{ }^{\circ}\text{C}$,电离方式 EI 源,电离电压 70 eV ,全扫描模式。

植物甾醇含量测定:称取油样 0.2 g,用 5 mL 正己烷溶解,振荡 10 min 后,加 30 mL $0.5\text{ mol}/\text{L}$ 氢氧化钾乙醇溶液,沸水浴回流皂化 30 min,皂化结束后加入 5 mL 乙醇,取出,流水迅速冷却至室温。将上述皂化液加于活化好的中性氧化铝柱中,先用 5 mL 乙醇淋洗,再用 20 mL 正己烷溶液洗脱,流速 $1.2\text{ mL}/\text{min}$,收集洗脱液。将洗脱液旋干,用 2 mL 正己烷定容,过 $0.22\text{ }\mu\text{m}$ 有机滤膜于样品瓶中,置于 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 下保存,待气相色谱-质谱分析。分析条件同维生素 E 的。每份样品重复测定 3 次,结果取平均值。

2 结果与讨论

2.1 漆籽仁预处理方法对漆籽油品质的影响(见表 1)

表 1 漆籽仁预处理方法对漆籽油品质的影响

样品	漆籽油得率/%	漆籽油外观
不处理漆籽仁	9.63	暗黄绿色,浑浊
热水浸泡漆籽仁	9.78	灰黄色,浑浊
热碱水浸泡漆籽仁	11.92	灰黄色,轻微浑浊
石油醚浸泡漆籽仁	12.36	灰黄色,澄清

注:漆籽油得率为漆籽油质量与漆籽仁粉质量的比值。

由表 1 可知,热水浸泡漆籽仁提取的漆籽油呈灰黄色、浑浊状,热碱水浸泡漆籽仁提取的漆籽油呈灰黄色、轻微浑浊状,而石油醚浸泡后提取的漆籽油呈灰黄色、澄清状,未浸泡预处理的漆籽仁提取的漆籽油呈暗黄绿色、浑浊状,品质最差。由于水洗未能洗净漆籽仁表面残留的蜡质层,而石油醚浸泡在实

际生产中易引发安全事故及造成环境污染,所以采用热碱水浸泡漆籽仁的预处理方式更为安全,实际生产操作也更为简便。

2.2 漆籽油脱蜡正交试验优化

在前期试验基础上,固定助滤剂添加量 2.0%,选取搅拌速度、养晶温度、降温速率为因素,以脱蜡率、晶粒平均直径为评价指标,采用三因素三水平的正交试验优化漆籽油脱蜡工艺,正交试验因素水平见表 2,正交试验设计及结果见表 3。

表 2 正交试验因素水平

水平	A 搅拌速度/ (r/min)	B 养晶 温度/ $^{\circ}\text{C}$	C 降温速率/ ($^{\circ}\text{C}/\text{h}$)
1	20	0	0.5
2	25	5	1.0
3	30	10	1.5

表 3 正交试验设计及结果

试验号	A	B	C	脱蜡率/%	晶粒平均 直径/ μm
1	1	1	1	95.24	11
2	1	2	2	95.88	38
3	1	3	3	95.11	8
4	2	1	2	95.43	6
5	2	2	3	94.52	25
6	2	3	1	95.66	28
7	3	1	3	94.71	12
8	3	2	1	95.47	18
9	3	3	2	95.28	32
脱蜡率					
k_1	95.41	95.13	95.46		
k_2	95.20	95.29	95.53		
k_3	95.15	95.35	94.78		
R	0.26	0.22	0.75		
晶粒平均直径					
k_1	19.00	9.67	19.00		
k_2	19.67	27.00	25.33		
k_3	20.67	22.67	15.00		
R	1.67	17.33	10.33		

由表 3 可知,各因素对脱蜡率影响的主次顺序为 $C > A > B$,即降温速率是影响脱蜡率的主要因素。各因素对晶粒平均直径影响的主次顺序为 $B > C > A$,即养晶温度是影响晶粒平均直径的主要因素。脱蜡率最高的工艺条件为 $A_1B_3C_2$,晶粒平均直径最大的工艺条件为 $A_3B_2C_2$ 。在这两个最优组合条件下进行验证试验, $A_1B_3C_2$ 条件下脱蜡率和晶粒平均直径分别为 95.92% 和 $17\text{ }\mu\text{m}$, $A_3B_2C_2$ 条件下脱蜡率和晶粒平均直径分别为 95.53% 和 $39\text{ }\mu\text{m}$ 。综合考虑脱蜡率、成本等因素,最终选择最优脱蜡工

艺条件为 $A_1 B_2 C_2$, 即搅拌速度 20 r/min, 养晶温度 5℃, 降温速率 1.0℃/h。在最优条件下, 漆籽油脱蜡率为 95.88%, 晶粒平均直径为 38 μm , 漆籽油收率为 90%。

2.3 助滤剂添加量对蜡晶过滤速度的影响

在漆蜡养晶完成后, 分别加入 0.5%、1.0%、1.5%、2.0%、2.5%、3.0% 的珍珠岩作为助滤剂, 研究助滤剂添加量对蜡晶过滤速度的影响, 结果见图 1。

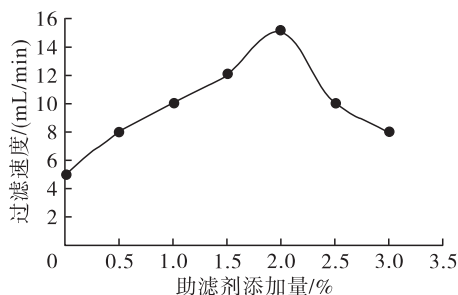


图 1 助滤剂添加量对蜡晶过滤速度的影响

由图 1 可看出, 添加适当比例的助滤剂, 可加快漆蜡晶体过滤的速度, 但添加量过多, 又容易堵塞滤网, 使过滤速度降低。由图 1 可知, 助滤剂添加量为 2.0% 时, 过滤速度最快, 为 15 mL/min。因此, 最佳助滤剂添加量为 2.0%。

2.4 脱蜡漆籽油的质量

2.4.1 理化指标 (见表 4)

表 4 漆籽油的理化指标

项目	脱蜡前	脱蜡后
透明度	浑浊	澄清
冷冻试验	在 -5℃ 浑浊, 呈半固体状	在 -5℃ 可保持 5 h 澄清透明
碘值(I)/(g/100 g)	85	127

由表 4 可知, 漆籽油脱蜡后, 在 -5℃ 呈液体状态, 可保持 5 h 澄清透明, 不出现漆蜡晶体, 碘值(I) 由 85 g/100 g 升至 127 g/100 g。这是由于脱蜡脱除了大量饱和脂肪酸, 从而使漆籽油碘值升高。

2.4.2 脂肪酸组成 (见表 5)

表 5 漆籽油主要脂肪酸含量

主要脂肪酸	含量/%
棕榈酸	4.2
油酸	23.4
亚油酸	68.7
亚麻酸	1.2
硬脂酸	1.5
棕榈油酸	0.7

由表 5 可看出: 脱蜡漆籽油中饱和脂肪酸主要是棕榈酸, 含量为 4.2%; 不饱和脂肪酸主要是亚油

酸, 含量为 68.7%, 油酸含量为 23.4%, 亚油酸含量高于目前已知亚油酸含量最高的普通植物油葵花籽油 (含量 64.85%)^[14]。亚油酸作为人体必需的脂肪酸之一, 在人体内可进一步衍化成花生四烯酸 (AA) 等高不饱和脂肪酸^[15]。此外, 具有预防 2 型糖尿病和良好消炎作用的棕榈油酸^[16], 在漆籽油中的含量为 0.7%。

2.4.3 维生素 E 含量 (见表 6)

表 6 漆籽油中维生素 E 种类及含量

维生素 E	含量/(mg/kg)
δ -生育酚	422.78
γ -生育酚	187.20
α -生育酚	13.40

由表 6 可以看出, 脱蜡漆籽油中共检出 3 种生育酚, 分别为 δ -、 γ -、 α -生育酚。其中 δ -生育酚含量最高, 为 422.78 mg/kg, 其次是 γ -生育酚, 含量为 187.20 mg/kg。摄入一定量的维生素 E 可降低心血管疾病风险, 延缓细胞衰老。高含量的 δ -生育酚使漆籽油更具营养价值, 也可使漆籽油作为提取 δ -生育酚的来源。

2.4.4 植物甾醇含量 (见表 7)

表 7 漆籽油中植物甾醇种类及含量

植物甾醇	含量/(mg/kg)
菜油甾醇	247.53
豆甾醇	106.40
β -谷甾醇	2 506.46
$\Delta 5$ -燕麦甾醇	158.62
β -香树精	140.40
羽扇豆醇	75.83
β -扶桑甾醇	386.21
柠檬二烯醇	138.55
总计	3 760.00

由表 7 可知, 脱蜡漆籽油中含有 8 种植物甾醇, 分别是菜油甾醇、豆甾醇、 β -谷甾醇、 $\Delta 5$ -燕麦甾醇、 β -香树精、羽扇豆醇、 β -扶桑甾醇、柠檬二烯醇。在常见的植物油中未见有 β -扶桑甾醇和柠檬二烯醇的报道, 在漆籽油中发现这两种特殊植物甾醇, 有待进一步研究其对人体是否有其他功能性作用。

3 结论

提取漆籽油时, 漆籽仁最佳预处理方式为热碱水浸泡法。漆籽油脱蜡最佳工艺条件为: 降温速率 1.0℃/h, 养晶温度 5℃, 搅拌速度 20 r/min, 再加入 2.0% 的珍珠岩作助滤剂, 通过过滤实现油蜡分离, 该工艺条件下, 漆籽油脱蜡率为 95.88%, 晶粒平均

(下转第 23 页)

- phytochemical composition of *Camellia oleifera* oil and evaluation of its anti-inflammatory effect in lipopolysaccharide stimulated RAW 264.7 macrophages [J]. *Lipids*, 2020, 55(4): 353-363.
- [5] 邝婉涓, 邓彩间, 林乔禹, 等. 红花油茶籽油的抑菌和抗氧化作用研究[J]. *中国油脂*, 2010, 35(9): 25-28.
- [6] TU P S, TUNG Y T, LEE W T, et al. Protective effect of camellia oil (*Camellia oleifera* Abel.) against ethanol-induced acute oxidative injury of the gastric mucosa in mice [J]. *J Agric Food Chem*, 2017, 65(24): 4932-4941.
- [7] LEI X H, LIU Q, LIU Q, et al. Camellia oil (*Camellia oleifera* Abel.) attenuates CCl₄-induced liver fibrosis via suppressing hepatocyte apoptosis in mice [J]. *Food Funct*, 2020, 11(5): 4582-4590.
- [8] 孟桂元, 韩杰铨, 詹兴国, 等. 我国油茶产业分析与发展对策[J]. *中国油脂*, 2021, 46(7): 104-108, 113.
- [9] 张立伟, 王辽卫. 我国油茶产业的发展现状与展望[J]. *中国油脂*, 2021, 46(6): 6-9, 27.
- [10] 吴苏喜, 张智敏, 刘瑞兴. 油茶籽油中苯并(a)芘的形成与控制[J]. *食品科学*, 2013, 34(4): 71-74.
- [11] 黄鑫, 张利军, 张保艳. 油茶籽油提取方法对比分析[J]. *中国油脂*, 2019, 44(6): 9-13.
- [12] 秦玉川, 刘本同, 薛锦松, 等. 冷榨法与热榨法制取山茶油品质差异研究[J]. *中国粮油学报*, 2020, 35(5): 97-104.
- [13] 黄闪闪, 吴苏喜, 聂楷峰. 水代法提取鲜果茶籽油的工艺优化及其品质分析[J]. *食品与机械*, 2014, 30(3): 185-189, 193.
- [14] 黄忠胜, 辛凤鲜. ALCON 熟化调理工艺在加工大豆产品中的优势[J]. *中国油脂*, 2004, 29(1): 26-28.
- [15] 吴苏喜, 周东蓉, 夏纯凤, 等. 一种富含生物活性成分的油茶籽油及其湿法提取方法: CN202110949559Y. 9 [P]. 2021-11-19.
- [16] TU J C, WU W B, YANG J F, et al. A method of producing edible oils with high quality by water[J/OL]. *J Food Process Pres*, 2017, 41(6): e13280 [2021-11-20]. <https://doi.org/10.1111/jfpp.13280>.
- [17] 王亚萍, 石晓丽, 姚小华, 等. 适宜含水率保持油茶籽贮藏品质[J]. *农业工程学报*, 2016, 32(4): 256-261.
- [18] 陈治光. 不同加工条件下淀粉分子构象和次级相互作用力变化规律研究[D]. 西安: 陕西科技大学, 2021.
- [19] 曹绪龙, 吕凯, 崔晓红, 等. 阴离子表面活性剂与阳离子的相互作用[J]. *物理化学学报*, 2010, 26(7): 1959-1964.
- [20] LIU L, YU X Z, ZHAO Z, et al. Efficient salt-aided aqueous extraction of bitter almond oil [J]. *J Sci Food Agric*, 2017, 97(11): 3814-3821.
- [21] 胡健华, 韦一良, 何东平, 等. 脱壳冷榨生产纯天然油茶籽油[J]. *中国油脂*, 2009, 34(1): 16-19.

(上接第18页)

直径为 38 μm, 漆籽油收率为 90%。脱蜡漆籽油中维生素 E 含量为 623.38 mg/kg, 其中 δ-生育酚含量为 422.78 mg/kg, 植物甾醇含量为 3 760.00 mg/kg, 其中 β-扶桑甾醇、柠檬二烯醇是漆籽油特有的, 未在其他植物油中被发现。因此, 可进一步研究漆籽油中这些特有物质的功效及作用, 提高漆籽油的利用价值。

参考文献:

- [1] 张飞龙, 张武桥, 魏朔南. 中国漆树资源研究及精细化应用[J]. *中国生漆*, 2007, 26(2): 36-50.
- [2] 王成章. 漆籽漆蜡(油)的化学组成和开发前景[J]. *林业科技通讯*, 2000(9): 5-6.
- [3] 王洪云. 漆蜡(油)的成分及其综合利用价值[J]. *中国民族民间医药*, 2013(8): 3-5.
- [4] 王成章, 王庆峰. 漆蜡的理化特性及其化学成分研究[J]. *中国野生植物资源*, 2000, 19(4): 35-37.
- [5] 郭慧然, 廖学焜, 王会平. 含二元酸植物资源研究(1): 野漆蜡的二元酸分析[J]. *中国生漆*, 1987, 6(3): 3-7.
- [6] 董艳鹤, 王成章, 叶建中, 等. 漆蜡的提取工艺及其化学成分研究[J]. *北京林业大学学报*, 2010, 32(4): 256-260.
- [7] 董艳鹤, 王成章, 叶建中, 等. 漆籽油的物化特征分析[J]. *林产化学与工业*, 2012, 32(4): 28-32.
- [8] 司耀彬, 聂建军, 黄涛, 等. 漆树籽油制备生物柴油的研究[J]. *粮油加工*, 2008(6): 67-70.
- [9] 王森, 谢碧霞, 何方, 等. 秦岭山区漆树种籽含油率与脂肪酸成分分析[J]. *中南林业科技大学学报*, 2011, 31(3): 97-101.
- [10] 胡亿明, 谢碧霞, 余江帆. 溶剂法萃取漆油的工艺研究[J]. *中南林业科技大学学报*, 2009, 29(4): 59-63.
- [11] 林炎兴. 我国漆籽漆蜡资源开发利用的探讨[J]. *中国生漆*, 1998, 17(11): 42-43.
- [12] 史伯安, 胡卫兵, 瞿万云, 等. 漆籽漆蜡(油)提取方法的研究[J]. *中国油脂*, 2004, 29(7): 44-47.
- [13] 高志英, 沙丽娜. 傣族漆油饮食文化论[J]. *民族学刊*, 2015, 31(5): 54-63.
- [14] 邓莉, 何静仁, 何毅, 等. 气相色谱-质谱联用法测定植物油中脂肪酸组成[J]. *中国调味品*, 2019, 44(6): 157-159, 167.
- [15] 阿拉坦图雅, 张丽, 乌志颜, 等. 9种食用植物油脂肪酸成分分析[J]. *赤峰学院学报(自然科学版)*, 2019, 35(12): 5-7.
- [16] 夏琛, 崔心禹, 项婷, 等. 棕榈油酸功能的研究进展[J]. *中国油脂*, 2020, 45(2): 39-43.