

野漆树漆蜡提取工艺对比*

陈新强¹ 黄浩¹ 刘丽¹ 李志良¹
魏锦秋¹ 钟帆² 饶卫芳¹ 王溢豪³

(1. 梅州市农林科学院林业研究所 / 梅州市林业资源开发应用工程技术研究中心, 广东 梅州 514011; 2. 蕉岭县福泰生物科技有限公司, 广东 蕉岭 514165; 3. 湛江科技学院, 广东 湛江 524094)

摘要 研究以野漆籽为实验材料, 使用压榨法、有机溶剂浸提法和超临界 CO₂ 萃取法 3 种方法提取漆蜡并分析漆蜡提取率、物理性质和主要脂肪酸组分及含量, 探究不同提取工艺对野漆树漆蜡提取的影响。结果表明: (1) 不同提取方法的漆蜡得率具有极显著差异 ($F=41.647$, $P < 0.01$)。有机溶剂浸提法的漆蜡平均得率显著高于其他两种方法, 达 43.67%; 其次为超临界 CO₂ 萃取法, 漆蜡平均得率 37.31%, 显著高于压榨漆蜡的平均得率 34.12%。(2) 超临界 CO₂ 萃取所得漆蜡的外观、品质最好, 各项指标均能达到食用漆蜡的国家标准 GB/T 17526; (3) 不同方法所得漆蜡的主要脂肪酸组分相同, 为棕榈酸、油酸和硬脂酸, 但各组分含量有较大差异。

关键词 野漆树; 漆蜡; 溶剂萃取; 压榨; 超临界 CO₂ 萃取

中图分类号: S722.5

文献标志码: A

文章编号: 2096-2053 (2022) 01-0095-06

Comparison of Extraction Process of Lacquer Wax from *Toxicodendron succedaneum*

CHEN Xinqiang¹ HUANG Hao¹ LIU Li¹ LI Zhiliang¹
WEI Jinjiu¹ ZHONG Fan² RAO Weifang¹ WANG Yihao³

(1. Institute of forestry, Meizhou Academy of agriculture and Forestry Sciences/Meizhou Forestry Resources Development and Application Engineering Technology Research Center, Meizhou, Guangdong 514011, China; 2. Jiaoling Futai Biotechnology Co., Ltd., Jiaoling, Guangdong 514165, China; 3. Zhanjiang University of Science and Technology, Zhanjiang, Guangdong 524094, China)

Abstract Taking *Toxicodendron succedaneum* as raw material, the lacquer wax was extracted by pressing, organic solvent extraction and supercritical CO₂ extraction. The effects of different extraction methods on the extraction of lacquer wax were investigated by analyzing the extraction yield, physical properties and main fatty acid components and content of lacquer wax. The results showed that 1) the effects of different extraction methods on the yield of lacquer wax ($F=41.647$, $P < 0.01$) were very significant. The average yield of lacquer wax extracted by organic solvent was significantly higher than that of the other two methods, up to 43.67%; the second is supercritical CO₂ extraction. The average yield of lacquer wax is 37.31%, which is significantly higher than that of pressed lacquer wax by 34.12%. 2) The appearance and quality of lacquer wax extracted by supercritical CO₂ are the best, and all the indexes can meet the national standard GB/T 17526 for edible lacquer wax. 3) The main fatty acids of lacquer wax obtained by different methods are palmitic acid, oleic acid and stearic acid. However,

基金项目: 广东省林业科技创新项目 (2019KJCX032), 梅州市应用型科技专项资金项目 (2019B0203002)。

第一作者: 陈新强 (1984—), 男, 工程师, 主要从事林木育种与森林培育工作, E-mail: 415567362@qq.com。

通信作者: 黄浩 (1994—), 男, 助理工程师, 主要从事林产化学工作, E-mail: 982856802@qq.com。

there are great differences in the content of fatty acids.

Key words *Toxicodendron succedaneum*; lacquer wax; solvent extraction; physical press; SFE-CO₂

野漆树 *Toxicodendron succedaneum* 又称木蜡树, 漆树科漆树属落叶小乔木, 是一种以产漆籽提取漆蜡为主的特用经济树种^[1-2]。其漆籽为核果, 呈扁斜球状, 约黄豆大小, 每年秋季9—10月成熟, 成熟时呈黄褐色有光泽。漆籽外果皮为膜质, 由表皮细胞和紧靠其内的薄壁细胞构成; 中果皮为蜡质, 占果皮的大部分, 可提取漆蜡; 陈新强等^[3]对野漆树漆籽的果实性状进行分析, 结果表明其果皮质量占漆籽总质量的45%~59%, 果皮含蜡率在43%~61%之间, 蜡含量丰富。漆蜡是重要的化工原料, 主要由游离酸, 游离醇及结合酯组成^[4-5], 可用于以分离精制棕榈酸、硬脂酸、油酸和亚油酸等; 也可以精制三十烷醇等高级脂肪醇, 是制皂、洗涤、润滑、增塑、化妆品等行业的重要表面活性剂, 尤其是由漆蜡加工的脂肪酸蔗糖酯、脂肪酸异丙酯等在国际上应用十分广泛^[6-7]。随着漆蜡的深入研究和利用, 漆蜡及其深加工产品可取代棕榈蜡、蜂蜡和矿物蜡(石蜡)等, 广泛运用在化妆品工业、文教品工业、食品工业和其他轻工业, 如家具业、印刷业、油漆及医药品工业等领域^[8]。

我国漆树资源丰富, 约60属600种, 现有漆树群体5亿多株, 其中能结籽的有30多种1亿多株, 年产漆籽量逾160万t, 位居世界第一^[9]。目前国内漆树研究主要以生产生漆为主, 漆籽的加工利用还在起步阶段, 漆蜡提取工艺相对落后。传统上我国采用土法压榨或水煮法制取漆蜡, 漆蜡得率为15%~20%, 残渣蜡残留超过20%, 所提漆蜡含水分和杂质较多, 呈深绿色或灰绿色, 品质较差^[10]。目前国内漆蜡的制取方法主要为压榨法(机榨)、有机溶剂浸提和预榨-浸提法3种, 漆蜡得率能达到30%。日本的漆蜡提取工艺较为先进, 早期采用压榨法, 现主要采用有机溶剂浸提法进行加工, 其采用正乙烷提取加工的漆蜡呈奶白色或浅黄色, 外观极佳。目前国内对漆蜡的提取加工有较多研究, 谢碧霞等^[11]研究了不同溶剂对日本野漆蜡萃取效果的影响, 结果表明石油醚(30~60℃)是漆蜡萃取的最佳溶剂, 浸提温度低, 时间短, 漆蜡萃取率高, 产品白度值高、色

泽好, 操作过程安全; 张冲等^[12]采用超临界CO₂萃取技术对漆籽中漆蜡(油)提取方法进行了研究, 得出超临界CO₂萃取漆籽中漆蜡的最佳操作条件为: 萃取压力35 MPa, 萃取温度35℃, 萃取时间1.5 h, CO₂流量18 L·h⁻¹; 董艳鹤等^[13]对漆蜡萃取工艺进行优化, 最佳工艺条件为石油醚萃取、回流温度80℃、固液比1:20、萃取时间60 min、提取2次。

本文在前人研究的基础上, 采用压榨法、有机溶剂浸提法和超临界CO₂萃取法3种不同的加工方法提取漆蜡, 比较这3种提取加工方法的漆蜡得率, 并对所得漆蜡的物理指标和脂肪酸组分进行分析, 为企业选择漆蜡提取加工方法提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试野漆树漆籽(树龄8年)采自梅州市蕉岭县广福镇留畲村日本野漆树种植基地。该漆树为2013年从江西宁都引种的日本野漆树种子苗。

仪器: SFE330-50-72 高效超临界CO₂萃取装置、SFE231-50-06 型超临界CO₂逆流萃取装置(中山大学南药集成制造与过程控制技术研究中心与南通睿智超临界科技发展有限公司联合制造); TRACE 1300-ISQ 气相色谱质谱联用仪(美国 Thermo Fisher Scientific 公司); HP-5ms (5%-苯基)-甲基聚硅氧烷毛细管柱(60 m×0.25 mm×0.25 μm); 恒油水浴锅; 旋转蒸发器、循环真空泵; 索氏提取器; 螺旋压榨机; 真空干燥箱; 植物粉碎机; 万分之一分析天平; MJ33 快速水分测定仪; MP430 全自动视频熔点仪; 电子天平等。

试剂: 硫代硫酸钠标准溶液(0.1 mol·L⁻¹)、盐酸标准溶液(0.503 6 mol·L⁻¹)、氢氧化钾标准溶液(0.100 5 mol·L⁻¹)(广州臻萃质检技术服务有限公司); 95%乙醇、丙酮、石油醚、乙醚(分析纯, 广州化学试剂厂)等。

1.2 试验方法

1.2.1 压榨法 采用机榨, 使用螺旋压榨机, 经

过多次压力调试后进行。工艺流程为：漆籽→清理除杂→脱核（含蜡果皮）→破碎→轧胚→蒸炒→压榨→漆蜡。本试验中每次压榨投料（脱核含蜡果皮）50 kg。3次重复。

1.2.2 有机溶剂浸提法 漆籽自然干燥后清理除杂，脱核得含蜡果皮，粉碎后称取 10.0 g 样品加入索氏提取器，加入 120 mL 丙酮于 80 °C 条件下回流 2 h，然后蒸发溶剂，冷却后析出漆蜡。3次重复。

1.2.3 超临界 CO₂ 萃取 萃取釜压力 30 MPa、萃取釜温度 55 °C，分离釜 I 压力 9 MPa、温度为 55 °C，分离釜 II 压力为 6 MPa、温度为 50 °C，分离釜 III 压力为 6 MPa，温度为 50 °C，萃取时间 120 min。3次重复，每次投料 3.5 kg。

提取完漆蜡后的残渣蜡残留检测：使用有机溶剂浸提法，称取 10.0 g 提取后样品残渣加入索氏提取器，加入 120 mL 石油醚于 55 °C 条件下回流 2 h，然后蒸发溶剂，冷却后析出漆蜡。

1.2.4 蜡得率计算 含蜡率(%)= 萃取漆蜡质量(g)/ 称量样品质量(g)。

1.3 项目测定

1.3.1 物理指标检测 色泽、外观及气味：参照 GB/T 5525-2008 测定^[14]；熔点 DSC：参照 GB/T 22232-2008 测定^[15]；水分及可挥发物：参照 GB 5009.236-2016 第二法测定^[16]；不溶性杂质：参照 GB/T 17526-2008 测定^[17]；酸值：参照 GB 5009.229-2016 第二法测定^[18]；碘值：参照 GB/T 5532-2008 测定^[19]；皂化值：参照 GB/T 5534-2008 测定^[20]；总砷：参照 GB 5009.11-2014 第一篇 第二法测定^[21]；铅：参照 GB 5009.12-2017 第二法测定^[22]；溶剂残留：参照 GB 5009.262-2016

测定^[23]。

1.3.2 脂肪酸组分及含量测定 样品制备：称取样品 50 mg，精密称定，加 5 mL 色谱级正己烷摇匀溶解，加 5 mL 0.5 mol·L⁻¹ 的 KOH 的甲醇溶液，振摇 30 s，静置澄清，加入 1 g 无水硫酸钠，摇匀，静置 1 h，取上清液即得。

GC 条件：色谱柱为安捷伦 HP-5ms（5%-苯基）-甲基聚硅氧烷毛细管柱（60 m×0.25 mm×0.25 μm）；程序升温：190 °C→200 °C，1 °C·min⁻¹，保持 5 min；200 °C→210 °C，0.5 °C·min⁻¹，保持 3 min；210 °C→280 °C，10 °C·min⁻¹；保持 10 min。质谱条件中溶剂延迟 5 min；进样口温度 250 °C，分流比 100:1，载气为氦气，流速 1.0 mL·min⁻¹，进样量：3 μL。

MS 条件：传输管温度 250 °C；离子源温度 230 °C；EI 离子源，电子能量 70 eV；全扫描，扫描范围：25~500。

1.4 数据分析

采用 SPSS 19.0 与 Microsoft Excel 2007 软件进行方差分析，多重比较分析采用 LSD 法。

2 结果与分析

2.1 不同提取方法漆蜡得率比较

试验表明不同提取方法对漆蜡得率（ $F=41.647$ ， $P < 0.01$ ）的影响具有极显著差异。有机溶剂浸提法的漆蜡平均得率显著高于其他两种方法，达 43.67%；其次为超临界 CO₂ 萃取法，漆蜡平均得率 37.31%，显著高于压榨漆蜡的平均得率 34.12%（表 1）。3 种方法的漆蜡得率均大于 34%，能够达到加工生产的要求。对比提取物的外观和气味，3 种方法所得漆蜡均有蜡香味，其中压

表 1 不同提取方法漆蜡得率

Table 1 Collect rate of lacquer wax by different extraction methods

方法 Trait	单次投料/g Single feeding quality	提取物质量/g Extract weight			平均得率/% Collect rate	残渣蜡含量/% Residual wax content	提取物外观 Appearance	提取物气 味 Odor
		重复 1	重复 2	重复 3				
压榨 Pressed	50 000.0	17 610	16 230	17 340	34.12 ± 1.46c	8.84	黄绿色固体， 杂有黑点	有蜡香味
有机溶剂浸提 Solvent extraction	10.0	4.26	4.33	4 510	43.67 ± 1.29a	<1	灰黄色固体	有蜡香味
超临界 CO ₂ 萃取 SFE-CO ₂	3 500.0	1 340	1 310	1260	37.31 ± 1.14b	1.73	淡黄色固体	有蜡香味

注：不同小写字母表示在 $\alpha=0.05$ 水平差异显著。

Note: different lowercase letters indicate the $\alpha = 0.05$ level of significant difference.

榨法的外观最差, 杂质含量较多; 超临界 CO₂ 萃取的外观最佳, 为淡黄色固体, 接近日本木蜡的外观。在提取后的残渣蜡残留方面, 压榨法的残渣蜡残留较高, 含量为 8.84%, 其余两种方法的残渣蜡残留都小于 2%, 表明有机溶剂浸提法和超临界 CO₂ 萃取法的提取效率要高于压榨法。同时在试验中发现超临界 CO₂ 萃取试验中还存在出料不畅及管道残留问题, 进一步优化工艺后, 超临界 CO₂ 萃取的得率还可以提升。

2.2 不同提取方法所得漆蜡物理性质及危害成分分析

不同提取方法所得漆蜡物理性质检测结果见表 2。3 种提取方法所得漆蜡的熔点无显著差异, 约 53.2~53.7 °C。杂质含量: 压榨所得漆蜡的杂质最多, 水分及挥发物、不溶性杂质均显著高于有机溶剂萃取和超临界 CO₂ 萃取漆蜡, 可能是由于压榨法需要高温蒸炒 (120 °C, 30 min), 使得一些脂溶性物质及其他杂质进入蜡中一同压榨出来。酸值: 压榨所得漆蜡的酸值最高, 超临界 CO₂ 萃取漆蜡酸值最小, 这可能与压榨漆蜡所含的杂质

多, 不饱和油脂和游离脂肪酸含量高有关。碘值是鉴别油脂的一个重要参数, 可用来判断所含脂肪酸的不饱和程度, 碘值高, 则不饱和双键较多, 易被氧化而容易酸败变质。试验中 3 种方法所得漆蜡的碘值差异不大, 均较小, 表明不饱和程度较低, 脂肪酸以不饱和脂肪酸为主。皂化值的大小与油脂所含脂肪酸的分子质量有关, 一般同一油料生产的油脂, 皂化值的变动不会太大^[24], 试验中 3 种提取方法所得漆蜡的皂化值无显著差异, 均为 208。在植物提取物中危害成分方面, 超临界 CO₂ 萃取漆蜡质量最好, 总砷、铅、溶剂残留量均能达到食用漆蜡的国家标准 GB/T 17526^[17] (总砷 ≤ 0.1 mg · kg⁻¹、铅 ≤ 0.1 mg · kg⁻¹、溶剂残留量: 不得检出), 而压榨漆蜡存在铅超标, 有机溶剂萃取漆蜡存在有机溶剂残留。

2.3 有机溶剂萃取和超临界 CO₂ 萃取所得漆蜡的脂肪酸组分及含量分析

由表 3 可知, 两个方法所得漆蜡的主要脂肪酸组分相同, 为棕榈酸、油酸和硬脂酸, 但在各脂肪酸的含量方面, 两个方法所得漆蜡有较大差

表 2 不同提取方法所得漆蜡物理性质

Table 2 Physical properties of lacquer wax obtained by different extraction methods

性状 Trait	漆蜡 Lacquer wax		
	压榨 Pressed	有机溶剂萃取 Solvent extraction	超临界 CO ₂ 萃取 SFE-CO ₂
熔点 /°C Melting point	53.37	53.22	53.68
水分及挥发物 /% Water and volatile matter	0.99	0.23	0.11
不溶性杂质 /% Insoluble impurities	1.21	<0.1	<0.1
酸值 / (mg · g ⁻¹) Acid value (KOH)	41.91	30.64	23.42
碘值 / (g · (100g) ⁻¹) Iodine value	25.69	23.82	23.28
皂化值 / (mg · g ⁻¹) Saponification value (KOH)	208	208	208
总砷 / (mg · g ⁻¹) Total arsenic	<0.05	<0.05	<0.05
铅 / (mg · g ⁻¹) Lead	0.12	0.07	<0.05
溶剂残留量 / (mg · g ⁻¹) Solvent residue	—	0.81	—

注: —表示未检出。

Note: — means not checked out.

表 3 漆蜡的主要脂肪酸组分及含量
Table 3 Main fatty acid components and content of lacquer wax

序号 No.	化合物名称 Compound name	有机溶剂萃取漆蜡 / % Solvent extraction of lacquer wax	超临界 CO ₂ 萃取漆蜡 / % Supercritical CO ₂ extraction of lacquer wax
1	棕榈油酸 Palmitoleic acid	0.12	0.17
2	棕榈酸 Palmitic acid	67.59	78.95
3	亚油酸 Linoleic acid	0.72	0.83
4	油酸 Oleic acid	19.22	11.21
5	硬脂酸 Stearic acid	8.16	5.40
6	二十四烷酸 Tetracosanoic acid	1.51	1.08

别, 有机溶剂萃取漆蜡这 3 种脂肪酸占 94.97%, 分别为 67.59%、19.22%、8.16%; 超临界 CO₂ 萃取漆蜡这 3 种脂肪酸占 95.56%, 分别为 78.95%、11.21%、5.40%。棕榈酸、硬脂酸和油酸等高级脂肪酸是合成脂肪酸蔗糖酯、棕榈酸异丙酯等的重要原料, 脂肪酸蔗糖酯是一种新型表面活性剂, 广泛用以食品、医药、化妆品等领域。

3 结论与讨论

该研究发现, 不同提取方法的漆蜡得率具有极显著差异 ($F=41.647$, $P < 0.01$), 有机溶剂浸提法的漆蜡平均得率显著高于其他两种方法, 达 43.67%; 其次为超临界 CO₂ 萃取法, 漆蜡平均得率 37.31%, 压榨法的平均得率最低, 为 34.12%。对比 3 种方法所提漆蜡的物理性质, 熔点、碘值、皂化值无显著差异, 酸值为压榨所得漆蜡最高, 超临界 CO₂ 萃取最低, 这可能与压榨漆蜡所含的杂质多, 不饱和油脂和游离脂肪酸含量高有关; 与王成章^[5]对江西宁都漆籽所提漆蜡相比, 熔点 (53.2~53.5 °C) 差异不大, 皂化值 (236.9)、碘值 (0.87)、酸值 (9.58) 有较大差异; 与史安伯^[25]对湖北漆籽所提漆蜡相比, 皂化值差异不大 (209.3), 熔点 (48.8 °C)、碘值 (38.2)、酸值 (20.9) 有较大差异; 其原因应该与漆树品种、生长环境及提取工艺不同有关。杂质方面: 压榨法所得漆蜡的水分及挥发物、不溶性杂质均最高, 超临界 CO₂ 萃取最低。危害成分方面: 压榨法所得漆蜡存在铅超标, 有机溶剂浸提法所得漆蜡存在重金属残留, 超临界 CO₂ 萃取法所得漆蜡质量最佳, 能达到食用漆蜡的国家标准 GB/T 17526^[17]。

对漆蜡脂肪酸组分分析表明, 不同提取工艺

所得漆蜡的主要脂肪酸组分相同, 为棕榈酸、油酸和硬脂酸, 但各组分含量有较大差异。由于此次试验样本数量太少, 此结论还需要进一步试验。

对比压榨法、有机溶剂浸提法和超临界 CO₂ 萃取法 3 种提取漆蜡的方法各自的优缺点, 试验初步研究结论如下。压榨法: 漆蜡得率超过 34%, 能达到加工生产的需求, 其优点是设备一次性投入较少。缺点是: ①残渣蜡残留较多, 超过 8%; ②压榨前预处理需要经过高温蒸炒 (120 °C), 容易将脂溶性色素和其他杂质融进蜡中, 所得漆蜡杂质多, 品质较差, 且后期脱色较难, 必须进一步加工精制; ③生产工序多, 加工过程中容易有重金属残留。溶剂浸提法: 漆蜡得率最高, 超过 43%, 残渣蜡残留极少, 小于 1%, 同时所提取的漆蜡在色泽、熔点、气味、酸价、皂化价、碘价等指标均优于压榨漆蜡, 技术成熟, 其缺点是有机溶剂往往是易燃易爆易制毒物品, 受到安全管制并需要建设防爆车间, 成本高, 管理困难; 同时所提取漆蜡中会有溶剂残留, 较难去除, 对人体健康有一定危害, 并使产品失去天然无副作用的重要卖点。超临界 CO₂ 萃取法: SFE-CO₂ 是一种新型萃取分离技术, 在提取天然产物时具有显著优越性, 对植物油、酯等化合物表现出优异的溶解性, 同时在生产过程中操作方便、稳定、安全无毒、且可避免产品的氧化^[26]。在提取漆蜡试验中, 超临界 CO₂ 萃取漆蜡得率超过 37%, 残渣蜡残留小于 2%。所得漆蜡外观、品质最好, 各项指标均能达到食用漆蜡的国家标准 GB/T 17526, 达到中国林科院林产化学工业研究所确定的精制野漆树漆蜡指标。其缺点是设备昂贵, 对漆蜡的提取工艺还需进一步优化, 以解决出料不畅及管道

残留问题, 进一步提高漆蜡得率。

参考文献

- [1] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志[M]. 北京: 科学出版社, 1980.
- [2] 童俊, 杨守坤, 陈法志, 等. 野漆树研究进展[J]. 湖北农业科学, 2019, 58(s2): 16-20.
- [3] 陈新强, 李志良, 陈桂琼, 等. 日本野漆树在梅州地区的引种表现[J]. 林业与环境科学, 2020, 36(4): 41-46.
- [4] 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.
- [5] 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.
- [6] 刘伟. 日本野漆树漆蜡溶剂萃取及理化特性的研究[D]. 长沙: 中南林业科技大学, 2008.
- [7] 任英杰. 漆籽中漆蜡和漆油的分离提纯[D]. 济南: 山东轻工业学院, 2012.
- [8] 唐丽, 傅超凡, 黄森, 等. 野漆树研究综述[J]. 中国园艺文摘, 2010(9): 119-122.
- [9] 唐丽, 傅超凡, 钟秋平, 等. 中国野漆树与日本野漆树油脂成分差异性分析[J]. 林业科学, 2011, 47(2): 174-178.
- [10] 王有琼, 张发现, 赵虹. 中国漆蜡颜色的影响因素分析[J]. 林产化学与工业, 2003(2): 81-83.
- [11] 谢碧霞, 刘伟, 余江帆, 等. 不同溶剂对日本野漆蜡萃取效果的影响[J]. 中南林业科技大学学报, 2007, 27(6): 49-52.
- [12] 张冲, 罗仓学, 张敏. 优化漆籽漆蜡(油)萃取工艺研究[J]. 粮食与油脂, 2010(10): 24-26.
- [13] 董艳鹤, 王成章, 叶建中, 等. 漆蜡的提取工艺及其化学成分[J]. 现代农业科技, 2017(11): 138-145.
- [14] 国家粮食局科学研究院, 国家粮食局西安油脂食品及饲料质量监督检验测试中心. 植物油脂透明度、气味、滋味鉴定法: GB/T 5525-2008[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- [15] 中化化工标准化研究所, 江西出入境检验检疫局, 广东出入境检验检疫局. 化学物资的热稳定测试 差示扫描量热法: GB/T 22232-2008[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- [16] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. 动植物油脂 水分及挥发物的测定: GB 5009.236-2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016.
- [17] 中华全国供销合作总社西安生漆涂料研究所. 漆蜡: GB/T 17526-2008[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- [18] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. 食品中酸价的测定: GB 5009.229-2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016.
- [19] 武汉工业学院. 动植物油脂 碘值的测定: GB/T 5532-2008[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- [20] 武汉工业学院, 国家粮食储备局武汉科学研究设计院. 动植物油脂 皂化值的测定: GB/T 5534-2008[S]. 北京: 中国标准出版社, 2009.
- [21] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. 食品中总砷及无机砷的测定: GB 5009.11-2014[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016.
- [22] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. 食品中铅的测定: GB 5009.12-2017[S]. 北京: 中国标准出版社, 2018.
- [23] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. 食品中溶剂残留量的测定: GB 5009.262-2016 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2016.
- [24] 张水华. 食品分析[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2004.
- [25] 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(4): 44-47.
- [26] 何春茂. 用超临界CO₂萃取技术提取植物有效成分的研究[D]. 南宁: 广西大学, 2001.