

DOI: 10.13652/j.spjx.1003.5788.2024.80625

隔板对油茶籽液压制油效率的影响

刘 海¹ 郭少海¹ 杨远春² 阳雨容² 李 慧¹

(1. 贵州省林业科学研究院, 贵州 贵阳 550005; 2. 玉屏侗族自治县林业局, 贵州 铜仁 554099)

摘要: [目的] 研究隔板对贵州不同含油率的油茶籽榨油效率的影响, 评价液压压榨工艺对贵州油茶籽榨油的适用性。[方法] 检测贵州不同产地的油茶籽含油率, 筛选具有不同含油率的玉屏普通油茶籽、贵阳普通油茶籽和威宁短柱油茶籽作为原料, 采用无孔板、孔板和孔刻板作为隔板进行液压榨油试验, 分析出油率、残油率及油脂榨取率, 并以螺旋压榨作为对照, 采用孔刻板作为隔板对威宁短柱油茶籽进行液压榨油试验, 分析出油率、残油率、油脂榨取率、成品油得率。[结果] 与无孔板相比, 采用孔刻板和孔板作为隔板的压榨出油率和油脂榨取率均有所提升, 油饼残油降低。其中, 孔刻板在威宁短柱油茶籽压榨过程中表现出了较好的压榨效率, 与无孔板相比出油率提高 2.33 个百分点, 残油率降低 4.39 个百分点, 油脂榨取率提高 4.55 个百分点, 高达 92.48%, 成品油得率较螺旋压榨提高 3.4 个百分点。[结论] 采用孔刻板可增加油茶籽原料压榨油脂的流出速率, 从而提高液压榨油的生产效率, 对贵州威宁短柱油茶籽较为适用。

关键词: 油茶籽油; 液压压榨; 隔板; 威宁短柱油茶

Effect of different partition plates on the efficiency of oil extraction from *Camellia* seeds under hydraulic pressing

LIU Hai¹ GUO Shaohai¹ YANG Yuanchun² YANG Yurong² LI Hui¹

(1. Guizhou Academy of Forestry, Guiyang, Guizhou 550005, China; 2. Forestry Bureau of Yuping Dong Nationality Autonomous County, Tongren, Guizhou 554099, China)

Abstract: [Objective] To study the effect of different partition plates on the efficiency of oil extraction from *Camellia* seeds with different oil content in Guizhou and to evaluate the applicability of hydraulic pressing technology to oil extraction from *Camellia* seeds in Guizhou. [Methods] Oil content in *Camellia* seeds from different production areas in Guizhou is detected, and *Camellia oleifera* seeds from Yuping and Guiyang and *Camellia weiningensis* seeds from Weining with different oil content are selected as raw materials. Tests of oil extraction by hydraulic pressing are conducted with a non-perforated plate, a perforated plate, and a perforated and carved plate as partition plates to analyze the oil yield, residual oil rate, and oil extraction rate. Screw pressing is used as a control, and a perforated and carved plate is used as the partition plate to conduct the test of oil extraction by hydraulic pressing on *Camellia weiningensis* seeds. The oil yield, residual oil rate, oil extraction rate, and finished oil production yield are analyzed. [Results] Compared with the non-perforated plate, the perforated plate and the perforated and carved plate improve the oil yield and oil extraction rate and reduce the residual oil rate of the seed cake. In particular, the perforated and carved plate shows a good efficiency of oil extraction from *Camellia weiningensis* seeds. Specifically, compared with the non-perforated plate, the perforated and carved plate enhances the oil yield by 2.33 percentage points, reduces the residual oil rate by 4.39 percentage points, and increases the oil extraction rate by 4.55 percentage points, up to 92.48%. Additionally, the finished oil production yield of perforated and carved plate pressing increases by 3.4 percentage points, compared to that of screw pressing. [Conclusion] The use of a perforated and carved plate can increase the outflow rate of oil and improve the production efficiency of hydraulic pressing. It is more suitable for *Camellia weiningensis* seeds from Weining, Guizhou.

Keywords: *Camellia* seed oil; hydraulic pressing; partition plates; *Camellia weiningensis*

基金项目: 中央林业草原改革发展资金项目(编号:贵[2024]TG25号); 贵州省林业科研项目(编号:黔林科合[2022]15号, 黔林科合[2022]09号); 中央财政林业改革发展资金项目(编号:贵[2022]TG01号)

通信作者: 郭少海(1968—), 男, 贵州省林业科学研究院正高级工程师, 硕士。E-mail: 381270768@qq.com

收稿日期: 2024-07-03 **改回日期:** 2025-01-13

油茶是中国特有的木本粮油资源。油茶籽油中的不饱和脂肪酸超过 86%^[1],还含有角鲨烯、植物甾醇、多酚、维生素 E、黄酮等有益的天然活性物质,具有极高的营养价值^[2]。近年来在国家政策的大力支持下,中国的油茶产业得到了快速发展,已成为中国粮油安全的重要保障。贵州作为中国油茶的重要产区,油茶产量及产值逐年增加。由于贵州独特的气候条件,形成了贵州油茶籽的特有品质^[3]。作为一种高价值的食用油脂,在保证高品质的前提下实现油茶籽油的高效生产一直是贵州油茶加工的重要研究方向,而加工方式则成为其中最重要的影响因素^[4]。

目前,油茶籽油的加工生产方式主要包括螺旋压榨、液压压榨、古法压榨和溶剂萃取等^[5]。采用最多的是螺旋压榨和液压压榨,螺旋压榨处理量大、出油率高^[6],但是压榨过程产生的高温和后续复杂的精炼工序,造成了油茶籽油营养成分大量损失,导致油脂品质降低^[7]。液压压榨因压榨过程温度低,对油茶籽油的营养成分保存较好,生产的油脂品质较高^[8],但是液压压榨的出油率较低,油饼残油较高,需对油饼进行二次压榨,才能达到较低的残油率^[9]。通过对原料进行蒸制处理,可以显著提高压榨出油率,降低油饼残油率^[10],但是原料蒸制处理过程中引入的水分会对油脂后续的存储造成一定影响^[5],且蒸制温度过高、加热时间过长,不仅容易造成油茶籽油中的营养成分流失,还会产生苯并[a]芘等有害物质^[11]。研究拟通过对液压隔板进行改造,增加油饼与上下隔板接触面的出油通道,在保留油茶种仁天然活性物质和避免压榨过程中原料高温处理导致的苯并[a]芘等有害物质产生的同时提高压榨制油效率,并对贵州不同含油率的油茶籽进行榨油试验,分析液压压榨过程中油脂的溶出效率,以期为贵州油茶加工生产提供技术支撑。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

1.1.1 材料与试剂

油茶籽(成熟籽):分别采自贵州玉屏、黎平、望谟、册亨、福泉、贵阳、威宁、盘州等地;

甲苯、乙腈、正己烷、二氯甲烷:色谱纯,国药集团化学试剂有限公司;

石油醚、冰乙酸、无水碳酸钠、氢氧化钠:分析纯,成都金山化学试剂有限公司;

氢氧化钾、无水乙醇:分析纯,重庆川东化工(集团)有限公司;

乙醚、异丙醇、硫酸、盐酸、氨水、三氯化硼、硫酸氢钠、2,6-二叔丁基对甲酚、吐温 20:分析纯,国药集团化学试剂有限公司;

三氯甲烷、碘化钾、磷酸氢二钠、磷酸二氢钾、焦性没食子酸、正庚烷、氯化钠、氯化钾、抗坏血酸、乙酸乙酯:分析纯,天津市科密欧化学试剂有限公司;

无水硫酸钠、硫代硫酸钠、可溶性淀粉:分析纯,天津聚恒达化工有限公司;

苯并[a]芘标准品:上海纯试生物技术有限公司;

黄曲霉毒素 B₁ 和黄曲霉毒素 B₂ 标准品:美国 CATO 公司;

角鲨烯标准品和角鲨烯标准品:美国 Supelco 公司;

没食子酸标准品:上海诗丹德标准技术服务有限公司;

铅、砷标准溶液:比利时 Acros 公司;

脂肪酸甲酯标准品:美国 Nuchek 公司;

α 、 β 、 γ 、 δ -生育酚标准品及 β -谷甾醇:北京北方伟业计量技术研究院。

1.1.2 主要仪器与设备

液压榨油机:LH-426 型,山东彩连机械有限公司;

电子天平:FA1004B 型,上海佑科仪器仪表有限公司;

三重四极杆电感耦合等离子体质谱仪:iCAP TQ 型,美国赛默飞世尔科技有限公司;

脂肪测定仪:SZC-101 型,上海纤检仪器有限公司;

双螺杆榨油机:160 型,河北万利粮油机械制造有限公司;

气相色谱仪:GC-2010plus 型,日本岛津公司;

紫外可见分光光度计:UV-2550 型,日本岛津公司;

高效液相色谱仪:1260 Infinity II 型,美国安捷伦科技公司。

1.2 试验方法

1.2.1 检测指标及方法

(1) 干单籽重:将贵州各产地的油茶籽置于 60℃鼓风干燥箱中干燥至恒重后,每个样品随机取 30 粒称量单籽重。

(2) 干籽出仁率:将油茶籽置于 60℃鼓风干燥箱中烘干至恒重,随机取 30 粒油茶籽称量总重,将油茶籽去除籽壳后称量种仁质量,按式(1)计算干籽出仁率。

$$K = \frac{m_1}{m_2} \times 100\%, \quad (1)$$

式中:

K ——干籽出仁率,%;

m_1 ——干仁质量,g;

m_2 ——干籽质量,g。

(3) 种仁含油率:每个样品混匀后随机取 5~10 粒油茶籽放置 60℃烘干至恒重,去除籽壳后,采用 GB 5009.6—2016 第一法对种仁含油率进行测定。

(4) 苯并[a]芘:按 GB 5009.27—2016 执行。

(5) β -谷甾醇:按 NY/T 3111—2017 执行。

(6) 过氧化值:按 GB 5009.227—2016 第一法执行。

(7) 黄曲霉毒素:按 GB 5009.22—2016 执行。

(8) 角鲨烯:按 LS/T 6120—2017 执行。

(9) 酸价:按 GB 5009.229—2016 第一法执行。

(10) 多酚:按 LS/T 6119—2017 执行。

(11) 铅、砷:按 GB 5009.268—2016 第一法执行。

(12) 脂肪酸组成:按 GB 5009.168—2016 第三法执行。

(13) 维生素E:按 GB 5009.82—2016 执行。

(14) 水分含量:按 GB 5009.3—2016 执行。

(15) 出油率:按式(2)计算。其中,种仁出油率的原料以种仁质量计算,即公式中的原料质量(m_4)为种仁质量;干籽出油率的原料以干籽质量计算,即公式中的原料质量(m_4)为干籽质量。

$$Y = \frac{m_3}{m_4} \times 100\%, \quad (2)$$

式中:

Y ——出油率,%;

m_3 ——毛油质量,kg;

m_4 ——原料质量,kg。

(16) 残油率:将压榨后的油饼/粕粉碎后,采用 GB 5009.6—2016 第一法对油饼/粕进行含油率测定,所测含油率即为油饼/粕的残油率,以油饼/粕干物质计算的含油率为干基残油率。

(17) 油脂榨取率:按式(3)计算。

$$E = \frac{Y}{c} \times 100\%, \quad (3)$$

式中:

E ——油脂榨取率,%;

Y ——出油率,%;

c ——原料含油率,%。

(18) 精炼得率:按式(4)计算。

$$R = \frac{m_5}{m_6} \times 100\%, \quad (4)$$

式中:

R ——精炼得率,%;

m_5 ——用于精炼的毛油质量,kg;

m_6 ——精炼油质量,kg。

(19) 成品油得率:按式(5)计算。

$$P = \frac{m_7}{m_8} \times 100\%, \quad (5)$$

式中:

P ——成品油得率,%;

m_7 ——成品油质量,kg;

m_8 ——油茶籽原料质量,kg。

除干籽重外,其他指标均做3次重复,结果取其平均值。

1.2.2 油茶籽压榨工艺流程

(1) 液压压榨:

油茶籽→烘干(于60℃将油茶籽水分含量降至6%以下)→脱壳→种仁→液压榨油→毛油→脱胶→脱酸→脱色→过滤→精炼油

(2) 螺旋压榨:

油茶籽→烘干(于60℃将油茶籽水分含量降至6%~8%)→脱壳→配比($m_{\text{种仁}}:m_{\text{油茶籽壳}}=3.3:1$)→螺旋压榨→

毛油→粗过滤→脱胶→脱酸→脱色→脱臭→脱蜡→精过滤→精炼成品油

1.2.3 液压榨油试验 采用自制隔板进行压榨试验,先在榨膛底部放置一块隔板,在隔板上放置2层滤布,称取1.5 kg油茶种仁用滤布包饼后放入,平整后在其上部放置2层滤布,再放置一块隔板,在隔板上放置2层滤布,再放入用滤布包饼后的1.5 kg油茶种仁,然后放置2层滤布后再放置隔板,如此反复放置8层油茶种仁后进行榨油,在75 MPa下保压60 min。待榨油完成后取出油饼,分别称量毛油和油饼质量,检测油饼残油率,计算出油率和油脂榨取率。分别以出油率、油饼残油率和油脂榨取率为评价指标,考察保压时间和不同隔板(实验室自制,见图1)对油茶籽液压制油效率的影响,每个试验重复3次。



(a) 无孔板 (b) 孔板 (c) 孔刻板

无孔板厚度0.8 cm,直径30 cm,无孔;孔板板厚0.8 cm,直径30 cm,孔径为1.3 cm,孔数量为19个;孔刻板:孔板板厚0.8 cm,直径30 cm,孔径为2 cm,孔数量为25个,导油刻槽宽2 mm,深度3 mm

图1 液压榨油隔板

Figure 1 The plates used in hydraulic pressing

1.2.4 不同压榨工艺对比分析 选取液压效率较好的威宁短柱油茶籽为原料,分别采用双螺旋榨油机和液压榨油机对其进行油脂榨取,并对比分析其榨油效率,每种工艺分别进行3次重复试验。

螺旋压榨油茶籽油制取:将油茶籽在60℃条件下干燥至水分含量为6%~8%后脱壳,然后将种仁与油茶籽壳按 $m_{\text{种仁}}:m_{\text{油茶籽壳}}=3.3:1$ 的配比混匀,进行螺旋压榨制油。毛油精炼技术参数参照 DB36/T 1595—2022,榨取完成后检测油茶粕的干基残油率,计算种仁出油率、干籽出油率、精炼得率、成品油得率。

液压压榨油茶籽油制取:以孔刻板作为隔板,按照“1.2.3 液压榨油试验”的方法对威宁短柱油茶种仁进行榨油,用滤膜对制取的油茶籽油直接过滤即得到成品油,并计算成品油得率。

1.3 数据处理与分析

用 SPSS 26.0 软件对各检测数据进行多重比较分析, $P<0.05$ 表示差异显著, $P>0.05$ 表示差异不显著。

2 结果与分析

2.1 贵州主要产地油茶籽经济指标分析

贵州油茶种植主要集中在铜仁、黔东南、黔西南等地区,是全省油茶的核心产区。其中黔西南油茶种植集中在望谟、册亨的低热河谷地区,铜仁地区以玉屏发展

较为突出,而黔东南则以黎平、天柱等地分布较广。黔西北部地区由于海拔较高,普通油茶的优良品种如长林、湘林等难以适应当地气候,因此该地区主要分布本地高寒品种威宁短柱油茶和西南红山茶^[12]。由于黔东和黔西北的海拔落差较大,产出的油茶籽经济性状存在明显差异。由表1可知,低海拔地区(望谟、册亨、玉屏)油茶籽的干单籽重较大,而高海拔地区油茶籽的干单籽重较轻,其中威

宁短柱油茶、西南红山茶、贵阳普通油茶、威宁普通油茶的干单籽重在0.50~0.87 g,且组间无显著差异($P>0.05$)。虽然高海拔地区油茶籽干单籽重较低,但干籽出仁率普遍较高,达到了70%以上,表现出良好的经济性状。贵阳和威宁地区的普通油茶籽在干单籽重和干籽出仁率方面与威宁短柱油茶及西南红山茶相近,可能与普通油茶对高海拔气候的适应性表型有关。

表1 贵州主要产地油茶籽经济指标分析[†]

Table 1 Analysis of economic indicators of *Camellia* seeds in major production areas in Guizhou

物种	产地	海拔/m	干单籽重/g	干籽出仁率/%	种仁含油率/%
普通油茶	玉屏	528	1.40±0.61 ^{cd}	67.17±4.49 ^{abc}	44.78±0.98 ^a
普通油茶	黎平	457	1.09±0.40 ^{bc}	64.47±2.82 ^a	51.10±0.66 ^{bc}
普通油茶	望谟	538	1.47±0.81 ^d	69.47±2.34 ^{abc}	47.78±0.44 ^{ab}
普通油茶	册亨	385	1.58±0.63 ^d	69.42±4.80 ^{abc}	49.56±0.82 ^b
普通油茶	福泉	1 021	1.08±0.36 ^{bc}	65.22±4.38 ^{ab}	50.07±1.73 ^b
普通油茶	贵阳	1 257	0.87±0.39 ^{ab}	70.78±4.87 ^c	49.86±1.46 ^b
普通油茶	威宁	2 005	0.50±0.20 ^a	71.01±2.44 ^c	56.71±2.54 ^{de}
威宁短柱油茶	威宁	2 223	0.51±0.14 ^a	72.08±4.81 ^c	58.37±2.17 ^c
西南红山茶	盘州	1 926	0.78±0.27 ^{ab}	70.38±0.93 ^c	54.11±2.51 ^{cd}

† 同列字母不同表示差异显著($P<0.05$)。

油茶种仁的含油率是油茶最重要的经济指标之一。册亨、望谟、玉屏地区的油茶种仁含油率为44.78%~49.56%,均在50%以下。有学者^[13]对贵州低热河谷地带的油茶分析发现,其种仁含油率平均为45.00%,最高为52.99%。望谟和册亨的本地油茶品种望谟红球和册亨红球的种仁含油率分别为35.03%~53.47%^[14]和26.40%~46.41%^[15],说明贵州低热河谷的油茶在高含油育种方面有很大的发展空间。威宁短柱油茶、西南红山茶的种仁含油率显著高于望谟、册亨、玉屏的普通油茶($P<0.05$),说明威宁短柱油茶和西南红山茶在油脂积累方面具有突出的优越性。

普通油茶在高寒地区通常表现较差,常出现植株生长不良、开花不结果、果实提前开裂及无法成熟等问题。然而,通过多年引种栽培,贵阳地区的普通油茶种仁含油率已达49.86%,在黔中地区表现出较好的经济性状,但在超过海拔1 700 m以上的区域仍未引种成功。近期在威宁发现一片野生状态的普通油茶林,其果实能正常生长发育至成熟,表明该区域的普通油茶可能已适应当地的高寒环境,为贵州西北部高海拔地区发展普通油茶提供了可能。威宁普通油茶的种仁含油率高达56.37%,显著高于册亨、望谟、玉屏等产区的普通油茶($P<0.05$),高5.61~11.93个百分点,不仅高于本地油茶品种,还优于长林等系列品种^[16-17]。威宁普通油茶的种仁含油率、干籽出仁率、干单籽重等指标与同产区的威宁短柱油茶无显著差异($P>0.05$),表明其表型性状在长期驯化过程中已趋近于威宁短柱油茶。威宁普通油茶的高含油率特性使

其成为适应贵州省高寒环境的普通油茶优良种质资源。有研究表明,油茶籽脂肪积累可能与海拔及纬度相关^[18],同时也受地理环境影响^[19],但威宁普通油茶的高油脂积累是否与当地气候和环境有关,仍需进一步研究。

2.2 贵州油茶籽液压榨油试验

2.2.1 不同隔板的液压榨油试验 液压榨油是将油茶种仁夹在上下两块铁板之间后施加高压将原料中的油脂压榨出来的一种制油工艺。由于油茶种仁被上下无空隙的铁板夹在中间,油脂只能通过种仁之间的缝隙从油饼边缘流出。但随着压力增加,油茶种仁会被进一步压实,种仁之间的缝隙会被压变形的种仁填充,导致后期出油路径被堵,影响茶饼中间种仁的油脂榨出效率,这也是压榨后期出油量降低的原因之一。增加出油路径,可能会增加油茶籽油的压榨效率。采用无孔板、孔板、孔刻板对不同含油率的玉屏和贵阳普通油茶种仁及威宁短柱油茶种仁进行液压榨油试验,结果见表2。

玉屏普通油茶种仁的出油率、残油率、油脂榨取率在孔刻板与无孔板之间差异显著($P<0.05$),孔刻板表现出更优的榨油效果。与无孔板相比,孔刻板的出油率和油脂榨取率分别提高1.66和5.57个百分点,残油率降低3.14个百分点。贵阳普通油茶的3组之间无显著差异($P>0.05$),但是相比无孔板,孔板和孔刻板均表现出较好的榨油效率。在威宁短柱油茶压榨中,孔刻板与孔板之间的出油率、残油率、油脂榨取率均无显著差异($P>0.05$),但两组的出油率、残油率、油脂榨取率均与无孔板存在显著性差异($P<0.05$)。与无孔板相比,孔刻板出油

表 2 不同隔板的液压榨油试验结果[†]

Table 2 Results of hydraulic pressing with different partition plates					
物种	产地	隔板	出油率/%	残油率/%	油脂榨取率/%
普通油茶	玉屏	无孔板	32.78±0.51 ^a	15.45±0.12 ^c	75.72±1.06 ^a
		孔板	33.56±1.71 ^{ab}	13.72±2.33 ^{bc}	78.98±3.49 ^{ab}
		孔刻板	34.44±1.02 ^b	12.31±1.91 ^b	81.29±2.86 ^b
普通油茶	贵阳	无孔板	41.89±0.51 ^c	10.20±0.91 ^a	87.75±1.54 ^c
		孔板	42.22±0.39 ^c	9.48±0.67 ^a	88.69±1.24 ^{cd}
		孔刻板	42.67±0.66 ^c	8.61±0.81 ^a	89.81±1.49 ^{cde}
威宁短柱油茶	威宁	无孔板	50.00±1.00 ^d	12.77±0.81 ^b	87.93±1.00 ^c
		孔板	51.96±0.07 ^e	8.96±0.26 ^a	92.04±0.27 ^{de}
		孔刻板	52.33±0.34 ^e	8.38±0.23 ^a	92.48±0.20 ^e

† 同列字母不同表示差异显著($P<0.05$)。

率提高2.33个百分点,残油率降低4.39个百分点,油脂榨取率提升4.55个百分点,高达92.48%。采用孔刻板和孔板作为隔板对威宁短柱油茶种仁压榨的油脂榨取率均高于玉屏和贵阳的普通油茶种仁,表明其对威宁短柱油茶种仁更为适用,这可能与脂肪酸组成差异有关^[20]。在玉屏普通油茶和威宁短柱油茶的液压榨油中,孔刻板和孔板显著提高了榨油效率,但对贵阳普通油茶种仁的作用不显著($P>0.05$),可能与压榨时间有关。

2.2.2 压榨时间对榨油效率的影响 在上述研究中,采用不同隔板对不同含油率的油茶种仁进行榨油试验,结果发现玉屏普通油茶和威宁短柱油茶种仁在不同隔板之间的榨油效率均存在显著差异,但是在相同的保压时间下,贵阳普通油茶种仁的榨油效率并无显著差异,这可能与压榨时间相关。在保压过程中,贵阳普通油茶种仁的出油高峰期可能提前,导致压榨结束前不同隔板之间的油茶种仁出油达到平衡状态,即榨油机对油脂挤压力与原料中蛋白质、纤维等对油脂吸附力达到平衡。这种平衡状态主要由压力决定,不受隔板体系影响,且一旦形成,仅随压力变化而改变,不会因压榨时间延长而打破,这也是压榨后期油饼残油难以进一步榨出的主要原因之一。

为探究保压时间对榨油效率的影响,特选取贵阳普通油茶种仁为原料,进行保压20,60 min的对比试验,结果见表3。保压20 min后,孔刻板与无孔板、孔板与无孔板间的出油率、残油率和油脂榨取率均存在显著性差异($P<0.05$)。其中,孔刻板的出油率达39.00%,较无孔板

提高3.33个百分点,表明孔刻板和孔板可显著提升出油效率。此外,孔刻板与孔板的残油率和油脂榨取率差异显著($P<0.05$),孔刻板的残油率较低,油脂榨取率较高,可能与刻槽增加油脂流出路径有关,说明流出路径越多,榨油效率越高。孔刻板保压20 min的出油率与保压60 min的仅相差3.67个百分点,而无孔板相差6.22个百分点,表明增加油脂的流出通道可使出油高峰期提前,从而缩短压榨时间,提高液压榨油机的使用效率和原料处理量。

2.2.3 液压压榨油茶籽油精炼试验 孔刻板和孔板显著提升了威宁短柱油茶种仁的榨油效率,将其应用于液压榨工艺可大幅提高生产效率并降低生产成本。因此,选取压榨效率较高的威宁短柱油茶籽油进行指标分析,对比精炼前后的安全指标、营养指标及脂肪酸组成,结果如表4所示。精炼前后的油茶籽油均符合GB/T 11765—2018的规定要求,苯并[a]芘、黄曲霉毒素及铅、砷重金属均未检出,表明液压榨过程未产生安全性风险的危害物质。精炼后,酸价和过氧化值均大幅降低,但微量营养成分损失明显,其中 β -谷甾醇含量减少28.20%,总多酚含量降低39.45%,维生素E则未检出。精炼工艺对油茶籽油品质影响较大,尤其是多酚和维生素E等主要抗氧化物质的损失,可能降低产品的氧化稳定性,从而缩短产品货架期^[21]。精炼前后角鲨烯与脂肪酸组成变化较小。综上,液压冷榨油茶籽油精炼前后的安全指标和脂肪酸组成均符合国家一级成品油标准,但精炼工艺会导致 β -谷甾醇、总酚、维生素E含量下降,因此液压冷榨工艺可减少

表 3 压榨时间对榨油效率的影响[†]

Table 3 Effect of pressing time on oil extraction efficiency									
压榨时间/min	无孔板			孔板			孔刻板		
	出油率/%	残油率/%	油脂榨取率/%	出油率/%	残油率/%	油脂榨取率/%	出油率/%	残油率/%	油脂榨取率/%
20	35.67±0.83 ^a	19.84±0.87 ^a	71.37±1.50 ^a	38.33±0.35 ^b	17.65±0.99 ^b	75.91±1.70 ^b	39.00±0.83 ^b	15.29±0.26 ^c	79.76±0.41 ^c
60	41.89±0.51 ^c	10.20±0.91 ^d	87.75±1.54 ^d	42.22±0.39 ^c	9.48±0.67 ^d	88.69±1.24 ^d	42.67±0.66 ^c	8.61±0.81 ^d	89.81±1.49 ^d

† 相同指标的字母不同表示差异显著($P<0.05$)。

表 4 油茶籽油精炼前后对比[†]

Table 4 Comparison of *Camellia* seed oil before and after refining

检测指标	单位	精炼前	精炼后	国家一级成品油标准
酸价	mg/g	0.48	0.05	≤2.0
过氧化值	g/100 g	0.110	0.062	≤0.25
苯并[a]芘	μg/kg	未检出	未检出	≤10
黄曲霉毒素	μg/kg	未检出	未检出	≤10
铅	mg/kg	未检出	未检出	≤0.08
总砷	mg/kg	未检出	未检出	≤0.1
β-谷甾醇	mg/kg	218.8	157.1	—
角鲨烯	mg/kg	129.7	132.2	—
总多酚	mg/kg	5.50	3.33	—
维生素 E	mg/100 g	20.6	未检出	—
棕榈酸(C _{16:0})	%	10.6	10.5	3.9~14.5
棕榈烯酸(C _{16:1})	%	0.039 3	0.039 9	≤0.2
硬脂酸(C _{18:0})	%	2.44	2.41	0.3~4.8
油酸(C _{18:1})	%	76.5	76.9	68.0~87.0
亚油酸(C _{18:2})	%	9.25	9.03	3.8~14.0
亚麻酸(C _{18:3})	%	0.707	0.671	≤1.4
顺-11-二十碳烯酸(C _{20:1})	%	0.458	0.449	≤0.7

[†] 维生素 E 组分检出限 40 μg/100 g; 苯并[a]芘检出限 0.2 μg/kg; 黄曲霉毒素检出限 0.03 μg/kg; 铅检出限 0.05 mg/kg; 总砷检出限 0.05 mg/kg。

或避免后续复杂的精炼工序,有利于保留油脂中的营养成分。

2.3 不同压榨工艺的对比分析

螺旋压榨和液压压榨是油茶籽油的两种主要加工工艺。螺旋压榨处理量大、效率高,适合大中型油茶籽油生产企业,但螺旋压榨产生的高温会导致油茶籽油中的营养成分大量损失,同时使过氧化值、酸价升高,并可能产生苯并[a]芘等有害物质,影响油脂品质。此外,螺旋压榨需添加油茶籽壳,导致油脂色泽较深,需通过后续复杂的精炼工序脱色^[22],这不仅进一步损失营养成分,还会增加生产成本^[23]。鉴于螺旋压榨工艺的局限性,多数中小型油茶籽油加工企业选择液压压榨作为主要生产方式。通过对液压隔板结构的优化改进,可使液压压榨的出油率提升至与螺旋压榨相当水平(表 5)。螺旋压榨与液压压榨的干籽出油率分别为 37.05% 和 37.41%,油脂榨取率均达 92% 以上,但螺旋压榨的干基残油率较低。螺旋压榨的损耗主要集中于精炼工序,而液压压榨直接压榨种仁,所得毛油色泽较浅,仅需膜过滤即可获得成品油,其成品油得率较螺旋压榨提高 3.4 个百分点。因此,采用孔刻隔板的液压压榨可显著提升生产效率。

表 5 油茶籽液压与螺旋压榨工艺对比

Table 5 Comparison of hydraulic pressing and screw pressing processes of *Camellia* seeds

生产项目指标	单位	液压压榨	螺旋压榨	备注
入榨原料种仁占比	%	100.00	78.00	以干物质计
种仁出油率	%	52.33	52.27	
茶籽出油率	%	37.41	37.05	以干籽计
干基残油率	%	8.96	3.60	以油饼/粕计
油脂榨取率	%	92.48	92.17	
精炼得率	%	无精炼	91.23	
成品油得率	%	36.83	33.43	以干籽计

3 结论

贵州威宁地区的威宁短柱油茶及新发现的普通油茶品种具有较高的干籽出仁率和种仁含油率,油茶籽的经济性状可能与当地独特的气候环境密切相关。采用带孔洞和刻槽的隔板进行液压榨油,可显著提高油脂流出速率,从而提升油茶籽油的压榨生产效率,达到与螺旋压榨相当的水平,该工艺尤其适用于威宁短柱油茶籽的液压榨油生产。

贵州地形复杂,油茶种植基地呈区块化、零散化分布,难以形成大规模集中种植,主要以中小农经济模式为主,这种种植特点决定了当地油茶籽油加工企业的产能有限。液压压榨工艺具有处理量小、工序简单、生产成本低和设备投入少等优势,能够有效避免螺旋压榨因过度投入与实际产能不匹配的问题,更契合贵州中小型油茶籽油加工企业的实际需求。通过提升液压冷榨制油效率,可减少精炼工序,提高产品得率,保障油脂品质,降低生产成本,从而更好地适应当地油茶产业的发展现状,更有利于贵州油茶“种植—加工—销售”一体化的家庭农场发展模式。

参考文献

[1] 刘海,王进,许杰,等.不同加工处理方式对油茶籽油品质的影响[J].中国粮油学报,2022,37(10):172-178.
LIU H, WANG J, XU J, et al. Effect of different processing methods on the quality of *Camellia oleifera* seed oil[J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2022, 37(10): 172-178.

[2] GAO L, JIN L H, LIU Q N, et al. Recent advances in the extraction, composition analysis and bioactivity of *Camellia (Camellia oleifera* Abel.) oil[J]. Trends in Food Science & Technology, 2024, 143: 104211.

[3] 王彦花,张云,王容,等.立地对油茶籽出油率及油茶籽品质的影响研究[J].中国油脂,2019,44(6):102-105,115.
WANG Y H, ZHANG Y, WANG R, et al. Effect of site on oil yield of oil-tea camellia seed and its oil quality[J]. China Oils and Fats, 2019, 44(6): 102-105, 115.

- [4] 张彦雄,周显勇,黄安香,等.油茶籽油制取技术比较研究[J].贵州林业科技,2019,47(4): 31-38.
ZHANG Y X, ZHOU X Y, HUANG A X, et al. A comparative study on the extraction technology of camellia seed oil[J]. Guizhou Forestry Science and Technology, 2019, 47(4): 31-38.
- [5] 吴雪辉,龙婷.不同压榨方式对油茶籽油品质的影响研究[J].中国油脂,2019,44(3): 36-40.
WU X H, LONG T. Effects of different press methods on quality of oil-tea camellia seed oil[J]. China Oils and Fats, 2019, 44(3): 36-40.
- [6] 周万猛,张新文,石胜瑜,等.10 t/d双螺杆榨油机压榨油茶籽的工艺研究[J].粮油食品科技,2024,32(1): 77-81.
ZHOU W M, ZHANG X W, SHI S Y, et al. Study on the process of pressing *Camellia oleifera* seeds with daily 10 t twin-screw oil press[J]. Science and Technology of Cereals, Oils and Foods, 2024, 32(1): 77-81.
- [7] 王玫,刘汉泉,刘婷,等.不同生产工艺对油茶籽油理化指标和脂质伴随物的影响[J].食品安全质量检测学报,2023,14(6): 224-230.
WANG M, LIU H Q, LIU T, et al. Effects of different production technology on physicochemical parameters and lipid concomitants of *Camellia* oil[J]. Journal of Food Safety & Quality, 2023, 14(6): 224-230.
- [8] 聂根新,吴玲,胡丽芳,等.油茶籽油氧化稳定性研究进展[J].江西农业学报,2021,33(3): 101-105.
NIE G X, WU L, HU L F, et al. Research progress in oxidation stability of camellia oil[J]. Acta Agriculturae Jiangxi, 2021, 33(3): 101-105.
- [9] 陈瑶,王进,许杰,等.液压法从油茶饼中制取油脂的工艺研究[J].中国粮油学报,2022,37(11): 169-173.
CHEN Y, WANG J, XU J, et al. Hydraulic process study on production of oil from seedcake of *Camellia oleifera*[J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2022, 37(11): 169-173.
- [10] 刘海,王进,许杰,等.不同预处理方式对油茶籽液压榨油生产效率的影响研究[J].粮食与油脂,2022,35(2): 79-82.
LIU H, WANG J, XU J, et al. Effects of different pretreatment methods on the production efficiency of camellia seed oil by hydraulic pressing[J]. Cereals & Oils, 2022, 35(2): 79-82.
- [11] 彭丝兰,刘思思,刘汝宽,等.不同预热处理对压榨山茶油品质影响的研究进展[J].粮食与油脂,2023,36(11): 13-16.
PENG S L, LIU S S, LIU R K, et al. Research progress on the effect of different preheating treatments on the quality of pressed camellia oil[J]. Cereals & Oils, 2023, 36(11): 13-16.
- [12] 罗扬.贵州油茶[M].贵阳:贵州科技出版社,2014: 15-26.
LUO Y. Guizhou Youcha[M]. Guiyang: Guizhou Science and Technology Publishing House Co Ltd, 2014: 15-26.
- [13] YANG L, GAO C, XIE J J, et al. Fruit economic characteristics and yields of 40 superior *Camellia oleifera* Abel plants in the low-hot valley area of Guizhou Province, China [J]. Scientific Reports, 2022, 12(1): 7 068.
- [14] LONG L, GAO C, QIU J, et al. Fatty acids and nutritional components of the seed oil from Wangmo red ball *Camellia oleifera* grown in the low-heat valley of Guizhou, China[J]. Scientific Reports, 2022, 12(1): 16554.
- [15] 龙莉,高超,杨露,等.贵州威宁短柱油茶与册亨红球油茶籽油品质分析[J].中国粮油学报,2022,37(12): 183-191.
LONG L, GAO C, YANG L, et al. Quality analysis of seed oil of *Camellia Weiningensis* and Ceheng red ball *Camellia oleifera* in Guizhou[J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2022, 37(12): 183-191.
- [16] 黄安香,王忠伟,杨守禄,等.黔产油茶籽油不同制取方法营养成分差异分析及品质评价[J].食品工业科技,2022,43(7): 294-302.
HUANG A X, WANG Z W, YANG S L, et al. Difference analysis and quality evaluation of *Camellia oleifera* seed oil produced in Guizhou by different preparation methods[J]. Science and Technology of Food Industry, 2022, 43(7): 294-302.
- [17] 陈素传,季琳琳,姚小华,等.油茶品种果实主要经济性状和营养成分的差异分析[J].经济林研究,2022,40(2): 1-9.
CHEN S C, JI L L, YAO X H, et al. Variation analysis on the main economic characters and nutrients of fruit from *Camellia oleifera* varieties[J]. Non-wood Forest Research, 2022, 40(2): 1-9.
- [18] GAO S, WANG B F, LIU F D, et al. Variation in fruit morphology and seed oil fatty acid composition of *Camellia oleifera* collected from diverse regions in southern China[J]. Horticulturae, 2022, 8(9): 818.
- [19] 郝丙青,张幸,屈艳,等.越南油茶种实表型性状多样性分析及其与环境因子的关系[J].植物资源与环境学报,2023,32(4): 33-43.
HAO B Q, ZHANG X, QU Y, et al. Diversity analysis on phenotypic traits of fruits and seeds of *Camellia drupifera* and their relationships with environmental factors[J]. Journal of Plant Resources and Environment, 2023, 32(4): 33-43.
- [20] 刘海,王进,许杰,等.贵州不同油茶物种及产地对油茶籽油品质的影响[J].中国油脂,2022,47(7): 145-152.
LIU H, WANG J, XU J, et al. Influence of different species and origins on quality of oil-tea *Camellia* seed oil in Guizhou [J]. China Oils and Fats, 2022, 47(7): 145-152.
- [21] WANG M, WAN Y, LIU T, et al. Effect of refining degree on the quality changes and lipid oxidation of camellia (*Camellia oleifera*) oil during heating[J]. Foods, 2022, 11(15): 2 232.
- [22] 王天祥,朱培蕾,汪名春.含壳率对油茶籽油品质特性的影响[J].中国粮油学报,2024,39(5): 93-104.
WANG T X, ZHU P L, WANG M C. Effects of shell content on quality characteristics of *Camellia* seed oil[J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2024, 39(5): 93-104.
- [23] 莫燕婷,曹清明.油茶籽油中组成成分及其影响因素研究进展[J].粮食与油脂,2023,36(9): 10-13, 18.
MO Y T, CAO Q M. Research progress on the composition of oil-tea camellia seed oil and its influencing factors[J]. Cereals & Oils, 2023, 36(9): 10-13, 18.