

不同提取方法对樟树籽仁油品质的影响

郭永生¹, 付建平¹, 徐志勇¹, 徐骏伟¹, 章力¹, 王慧宾¹, 吴磊¹, 曾哲灵², 文学方¹

(1. 江西省科学院应用化学研究所, 南昌 330096; 2. 南昌大学化学化工学院, 南昌 330031)

摘要:旨在为樟树籽仁的开发提供参考,对樟树籽仁的主要成分进行测定,并分别以低温压榨法、热榨法、浸出法和超临界 CO₂ 萃取法制备樟树籽仁油,测定樟树籽仁油的基本理化指标、挥发性成分、脂肪酸组成及生育酚、多酚、甾醇、角鲨烯含量,考察不同提取方法对樟树籽仁油品质的影响。结果表明:樟树籽仁粗脂肪含量为 61.5%;不同方法提取的樟树籽仁油的过氧化值及碘值无明显差异,超临界 CO₂ 萃取和低温压榨樟树籽仁油中磷脂含量较低;低温压榨樟树籽仁油的挥发性成分中含有较多的 2-壬酮;樟树籽仁油中含有较高的饱和脂肪酸(≥95.88%),以癸酸(52.00%~53.44%)和月桂酸(40.88%~41.77%)为主;热榨樟树籽仁油中多酚含量最高,低温压榨和热榨樟树籽仁油中生育酚含量较高,且以 β-生育酚和 δ-生育酚为主;超临界 CO₂ 萃取和热榨樟树籽仁油中甾醇含量较高,且以 β-谷甾醇为主;樟树籽仁油中角鲨烯含量较低。综上:樟树籽仁油富含中碳链脂肪酸;不同提取方法对樟树籽仁油中微量成分有一定的影响;对樟树籽仁热榨处理后,再对压榨饼进行二次浸出提取樟树籽仁油可能更适合樟树籽仁的开发利用。

关键词:樟树籽仁油;提取方法;油脂品质

中图分类号:TS224;TS227

文献标识码:A

文章编号:1003-7969(2025)03-0008-06

Effect of different extraction methods on quality of *Cinnamomum camphora* seed kernel oil

GUO Yongsheng¹, FU Jianping¹, XU Zhiyong¹, XU Junwei¹, ZHANG Li¹,
WANG Huibin¹, WU Lei¹, ZENG Zheling², WEN Xuefang¹

(1. Institute of Applied Chemistry, Jiangxi Academy of Science, Nanchang 330096, China; 2. School of Chemistry and Chemical Engineering, Nanchang University, Nanchang 330031, China)

Abstract: In order to provide reference for the development of *Cinnamomum camphora* seed kernel (CCSK), the main components of CCSK were determined, the CCSK oil (CCSKO) was prepared by cold pressing method, hot pressing method, leaching method, and supercritical CO₂ extraction method respectively, and the basic physicochemical indicators, volatile components, fatty acid composition, and contents of tocopherols, polyphenols, sterols, and squalene of CCSKO were determined to study the effect of different extraction methods on quality of *Cinnamomum camphora* seed kernel oil. The results showed that the crude fat content in CCSK was 61.5%. There was no significant difference in peroxide value and iodine value of CCSKO extracted by different methods, and the phospholipid content was lower in

supercritical CO₂ extracted and cold pressed CCSKO. The cold pressed CCSKO had a large amount of 2-nonanone in its volatile components. CCSKO was found to be rich in saturated fatty acids (≥95.88%), mainly capric acid (52.00%–53.44%) and lauric acid (40.88%–41.77%). The polyphenols content in hot pressed CCSKO was the highest. The total tocopherols contents in cold pressed CCSKO and

收稿日期:2023-09-27;修回日期:2024-10-11

基金项目:江西省重点研发计划(20212BBF63035);江西省科学院重点研发计划(2022YSBG21021);江西省科学院省级基础研究项目(2022YJ2016);江西省科学院重点研发计划一般项目(2022YSBG22029);江西省中医药管理局科技计划一般项目(SZYYB20224534)

作者简介:郭永生(1991),男,助理研究员,硕士,研究方向为食品化学(E-mail)2483412232@qq.com。

通信作者:文学方,副研究员(E-mail)wxfl98508@163.com。

hot pressed CCSKO were relatively high, with β -tocopherol and δ -tocopherol being the main components. The sterols contents in hot pressed and supercritical CO₂ extracted CCSKO were relatively high, mainly β -sitosterol. The squalene content in CCSKO was low. In conclusion, the CCSKO is rich in medium-chain fatty acids, different extraction methods have certain influences on the trace components in the CCSKO, and after the hot pressing of CCSK, extracting CCSKO by leaching from the pressed cake may be more suitable for the utilization and development of CCSK.

Key words: *Cinnamomum camphora* seed kernel oil; extraction method; oil quality

樟树[*Cinnamomum camphora* (L.) Presl]为樟科樟属常绿乔木,常作为绿化树被广泛种植于我国亚热带及热带地区^[1]。樟树具有很高的经济价值,其根、茎、叶中富含精油,是香精、香料及冰片的来源,但樟树籽一直未被很好地开发利用^[2]。近年在提高我国食用油自给率的要求下,樟树籽以其富含中碳链油脂、产量巨大而逐渐被重视^[3]。研究表明,樟树籽仁含油量可达60%,油脂中中碳链脂肪酸含量达94%以上^[4]。中碳链甘油三酯(MCT)以其在肝脏内消化吸收快、代谢速度快,具有降低血糖、血脂等生理功能而受到广泛的关注,是一种优质的营养补充剂^[5]。Zhao等^[6]研究表明,樟树籽仁油中含有大量以癸酸(C)-月桂酸(La)为主的甘油三酯(CCLa 82.21%、CLaLa 11.82%、CCC 5.97%)。目前,天然的中碳链甘油三酯主要存在于椰子油、棕榈仁油等天然油脂中,但含量较低,且受种植条件的影响产量较少^[7],因此樟树籽仁油是一种潜在的优质天然MCT来源。

目前关于樟树籽仁油的研究多聚焦于提取工艺优化^[8-9]、结构脂质的制备^[10]、安全性评价^[11-12]、抑制血脂功效^[13]等方向,对于不同提取方法制备的樟树籽仁油品质之间差异的研究相对较少。因此,本文探究低温压榨法、热榨法、浸出法以及超临界CO₂萃取法对樟树籽仁油品质(基本理化指标、挥发性成分、脂肪酸组成及营养成分)的影响,以期对樟树籽仁的开发提供参考。

1 材料与方法

1.1 实验材料

1.1.1 原料与试剂

樟树籽仁,将樟树果清理后脱果肉,然后在阳光下晾晒,经脱壳、脱皮得到樟树籽仁,4℃储藏备用。

压缩CO₂,南昌国腾有限公司;37种脂肪酸甲酯混标,上海安谱有限公司;生育酚标准品(α -、 β -、 γ -、 δ -生育酚)、甾醇标准品(胆甾醇、芸薹甾醇、菜油甾醇、豆甾醇、 β -谷甾醇、环阿屯醇)、角鲨烯标准品、没食子酸标准品,麦克林试剂公司;甲醇、正己烷,色谱级,上海阿拉丁试剂有限公司;石油醚

(30~60℃)、甲醇、氢氧化钠、盐酸、乙醇、丙酮、碳酸钠等均为分析纯,阿拉丁试剂公司。

1.1.2 仪器与设备

K1100全自动凯氏定氮仪,海能仪器股份有限公司;180型全自动立式液压榨油机,郑州徐科机械制造有限公司;HA120-50-005型超临界CO₂萃取装置,南通市华安超临界萃取有限公司;N-1100D-WB型旋转蒸发器,日本东京理化器械株式会社;50/30 μ m DVB/CAR/PDMS固相微萃取头,美国Supelco公司;LC-20AT液相色谱仪,日本岛津仪器有限公司;7890B型气相色谱仪,5977气相色谱-质谱联用仪,美国安捷伦科技有限公司。

1.2 实验方法

1.2.1 樟树籽仁主要成分测定

粗脂肪参考GB 5009.6—2016采用索氏提取法测定;粗蛋白质参考GB 5009.5—2016测定;水分参考GB 5009.3—2016测定;灰分参考GB 5009.4—2016测定;膳食纤维参考GB 5009.88—2023,样品经脱脂后,采用酶重量法测定。

1.2.2 樟树籽仁油的提取

低温压榨法:樟树籽仁→干燥(50℃,4h)→粉碎后过0.850mm(20目)筛→液压压榨(40~55MPa,1h)→离心(10000r/min,30min)→樟树籽仁油。

热榨法:樟树籽仁→干燥(50℃,4h)→热炒(130℃,15min)→粉碎后过0.850mm(20目)筛→液压压榨(40~55MPa,1h)→离心(10000r/min,30min)→樟树籽仁油。

浸出法:樟树籽仁→干燥(50℃,4h)→粉碎后过0.850mm(20目)筛→超声辅助石油醚萃取(料液比1:5,超声功率1300W,萃取温度40℃,萃取时间45min)→真空旋蒸脱除溶剂(水浴温度40℃)→离心(10000r/min,30min)→樟树籽仁油。

超临界CO₂萃取法:樟树籽仁→干燥(50℃,4h)→粉碎后过0.850mm(20目)筛→超临界CO₂萃(萃取釜温度40℃,分离釜I温度40℃,分离釜II温度40℃,萃取釜压力20MPa,分离釜I压力8

MPa,分离釜Ⅱ压力 8 MPa,CO₂ 流量 5 L/min,萃取时间 60 min)→离心(10 000 r/min,30 min)→樟树籽仁油。

以提取的樟树籽仁油的质量与樟树籽仁中油脂质量的比值计算樟树籽仁油提取率。

1.2.3 樟树籽仁油基本理化指标测定

色泽参考 GB/T 22460—2008 测定;酸值参考 GB 5009.229—2016 测定;过氧化值参考 GB 5009.227—2016 测定;透明度、气味、滋味参考 GB/T 5525—2008 测定;磷脂含量参考 GB/T 5537—2008 采用钼蓝比色法测定;碘值参考 GB/T 5532—2022 测定。

1.2.4 樟树籽仁油挥发性成分的测定

参考张玉霖等^[14]的方法(固相微萃取结合气相色谱-质谱联用法)并稍作修改:萃取头老化温度 250 °C,老化时间 60 min,载气速率 2 mL/min,分流比 20:1。称取 5.00 g 样品置于 20 mL 顶空瓶中,50 °C 恒温搅拌 10 min 后将萃取头暴露于样品顶空吸附 60 min,吸附完成后取出萃取头在仪器进样口 250 °C 解吸 5 min,同时启动仪器采集数据。结合 NIST 软件进行质谱检索,选择匹配度大于 80% 的成分,采用峰面积归一化法进行半定量分析。

1.2.5 樟树籽仁油脂肪酸组成测定

参考 GB 5009.168—2016 采用峰面积归一化法测定脂肪酸相对含量。色谱条件:DB-23 熔融石英毛细管柱(30 m×0.25 mm×0.25 μm);氢火焰离子化检测器(FID);燃烧气为 H₂ 和空气,载气为 N₂;H₂ 流速 40 mL/min;N₂ 流速 30 mL/min;空气流速 450 mL/min;压力 34 kPa;进样口温度 250 °C;检测器温度 280 °C;进样量 1 μL,不分流进样;升温程序为 50 °C 保持 1 min,以 25 °C/min 升温至 175 °C,以 3 °C/min 升温至 230 °C,保持 10 min。

表 2 不同方法提取的樟树籽仁油的提取率及基本理化指标

Table 2 Extraction rate and basic physicochemical indicators of CCKS oil(CCKSO) prepared by different extraction methods

项目	低温压榨法	热榨法	浸出法	超临界 CO ₂ 萃取法
提取率/%	83.2 ± 2.4	85.9 ± 0.9	78.8 ± 3.2	94.8 ± 0.7
酸值(KOH)/(mg/g)	0.20 ± 0.02	0.35 ± 0.01	0.25 ± 0.03	1.20 ± 0.06
过氧化值/(g/100 g)	0.003 ± 0.001	0.003 ± 0.000	0.008 ± 0.001	0.004 ± 0.001
碘值(I)/(g/100 g)	3.35 ± 0.09	3.06 ± 0.11	3.01 ± 0.17	2.95 ± 0.04
透明度	澄清透明	澄清透明	澄清透明	澄清透明
色泽(25.4 mm 槽)	Y19.8,R0.6	Y24.8,R0.8	Y20.2,R0.8	Y13.2,R0.6
磷脂含量/(mg/g)	0.01 ± 0.00	1.94 ± 0.23	2.04 ± 0.35	ND
气味、滋味	具有樟树籽仁油固有的 气味和滋味,无异味	具有樟树籽仁油固有的 气味和滋味,无异味	具有樟树籽仁油固有的 气味和滋味,无异味	具有樟树籽仁油固有的 气味和滋味,无异味

注:ND 表示未检出。下同

Note:ND indicates not detected. The same below

1.2.6 樟树籽仁油营养成分含量测定

生育酚含量参考 GB/T 26635—2011 采用高效液相色谱法测定;角鲨烯含量参考 LS/T 6120—2017 采用气相色谱法测定;甾醇含量参考 NY/T 3111—2017 采用气相色谱-质谱法测定;多酚含量参考 LS/T 6119—2017 测定。

1.2.7 数据处理

除脂肪酸组成和挥发性成分不做平行实验外,其余每个样品均做 2 次平行,结果以“平均值 ± 标准偏差”表示。

2 结果与讨论

2.1 樟树籽仁的主要成分

经测定,樟树籽仁占樟树籽的 68.7%。对樟树籽仁的主要成分进行测定,结果见表 1。

表 1 樟树籽仁的主要成分

Table 1 Main components of *Cinnamomum camphora* seed kernel(CCKS)

项目	含量/%
粗脂肪	61.5 ± 2.3
粗蛋白质	14.9 ± 1.5
水分	3.8 ± 0.2
灰分	2.3 ± 0.4
膳食纤维	3.5 ± 0.5

由表 1 可以看出,樟树籽仁中粗脂肪含量高达 61.5%,与赵曼丽等^[15]的测定结果一致,与椰肉的粗脂肪含量接近^[16]。此外,樟树籽仁中还含有一定量的粗蛋白质以及膳食纤维。因此,樟树籽仁不仅是一种潜在的优质油料资源,还具有一定的营养价值。

2.2 不同方法提取的樟树籽仁油的基本理化指标

不同方法提取的樟树籽仁油的提取率及基本理化指标见表 2。

由表 2 可以看出,超临界 CO₂ 萃取法的樟树籽仁油提取率最高,其次为热榨法和低温压榨法,浸出法的樟树籽仁油提取率最低,这与浸出次数有关,对一次浸出后的樟树籽仁进行二次浸出,樟树籽仁油提取率达到 93.0%。不同方法提取的樟树籽仁油均无异味,且具有樟树籽仁油自身特有的风味。不同方法提取的樟树籽仁油的过氧化值无明显差异且均较低,这可能与樟树籽仁油中不饱和脂肪酸含量较低有关。超临界 CO₂ 萃取樟树籽仁油的酸值相对较高,可能是因为超临界 CO₂ 萃取过程中高压处理促进了甘油三酯的水解,这与郭永生等^[17]对不同方法提取美藤果油的研究结果类似。碘值是表征油脂不饱和程度的指标,不同方法提取的樟树籽仁油的碘值均较低,这是因为其饱和脂肪酸含量很高。不同方法提取的樟树籽仁油均呈澄清透明的外观,且色泽均满足 NY/T 230—2006《椰子油》中精炼椰子油的要求(Y30,R3)。4 种方法提取的樟树籽仁油中,以超临界 CO₂ 萃取法的樟树籽仁油色泽最浅,这与陈中伟等^[18]对比正己烷与超临界 CO₂ 萃取的米糠油色泽结果一致,可能与色素如胡萝卜素、叶绿素在 CO₂ 中溶解较少有关。不同提取方法对樟树籽仁油的磷脂含量有明显的影响,樟树籽仁油的磷脂含量在 ND~2.04 mg/g 之间,其中以超临界 CO₂ 萃取和低温压榨樟树籽仁油中磷脂含量最低,可能分别与低温压榨工艺没有加热进而对樟树籽仁中细胞膜破坏程度较小以及磷脂在超临界 CO₂ 中溶解度较低有关^[19]。

2.3 樟树籽仁油的挥发性成分

对樟树籽仁油自身特有的风味进行初步探究,为了避免高温和溶剂残留的影响,选择低温压榨樟树籽仁油作为研究对象,对其挥发性成分进行测定,结果见表 3。

表 3 低温压榨樟树籽仁油挥发性成分

挥发性成分	相对含量/%	挥发性成分	相对含量/%
酮类		酸类	
2-壬酮	54.55	正癸酸	18.78
甲基壬基酮	4.18	乙酸	1.34
2-庚酮	1.88	丁酸	0.79
樟脑	1.01	辛酸	0.35
2-辛酮	0.47	酯类	
醇类		癸酸甲酯	4.98
2-壬醇	5.27	癸酸乙酯	0.28
乙醇	2.41	辛酸乙酯	0.22
桉叶油醇	1.58	芳香类	
反式氧化芳樟醇	0.07	黄樟素	0.44
2-茨醇	0.12	间异丙基甲苯	0.29
烃类		甲苯	0.26
桉烯	0.07	对二甲苯	0.08

由表 3 可以看出,低温压榨樟树籽仁油中共鉴定出 22 种化合物,总相对含量为 99.42%,主要以酮类、醇类、酸类为主,其中以 2-壬酮相对含量最高,为 54.55%,这与 Zhu 等^[20]研究低温压榨樟树籽仁油中挥发性成分以 2-十一烷酮(433.85 μg/g)、2-壬醇(193.24 μg/g)和黄樟素(33.78 μg/g)等物质为主的结果有差异,可能与原料的品种、品质等因素有关。

2.4 不同方法提取的樟树籽仁油的脂肪酸组成

不同方法提取的樟树籽仁油的脂肪酸组成见表 4。

表 4 不同方法提取的樟树籽仁油的脂肪酸组成

	different extraction methods			%
脂肪酸	低温压榨法	热榨法	浸出法	超临界 CO ₂ 萃取法
辛酸 C8:0	0.31	0.30	0.33	0.30
癸酸 C10:0	52.26	52.00	53.44	53.30
月桂酸 C12:0	41.59	41.77	40.88	41.43
豆蔻酸 C14:0	1.34	1.29	1.20	1.19
棕榈酸 C16:0	0.32	0.34	0.29	0.28
硬脂酸 C18:0	0.17	0.18	0.15	0.14
油酸 C18:1	3.33	3.44	3.08	2.78
亚油酸 C18:2	0.58	0.58	0.53	0.49
亚麻酸 C18:3	0.10	0.11	0.09	0.09
饱和脂肪酸	95.98	95.88	96.29	96.64
不饱和脂肪酸	4.02	4.12	3.70	3.36

由表 4 可以看出,4 种樟树籽仁油的脂肪酸组成与含量无明显差异,均以癸酸(52.00%~53.44%)、月桂酸(40.88%~41.77%)等中碳链脂肪酸为主,与冯绍贵等^[21]的研究结果一致。对比 NY/T 230—2006 椰子油脂脂肪酸以月桂酸(45.1%~50.3%)和豆蔻酸(16.8%~21.0%)为主,樟树籽仁油可以作为一种优质的癸酸-月桂酸 MCT 的来源。

2.5 不同方法提取的樟树籽仁油的营养成分含量

2.5.1 生育酚和多酚含量

不同方法提取的樟树籽仁油中生育酚和多酚含量见表 5。

由表 5 可以看出,低温压榨和热榨樟树籽仁油中生育酚总量较高,分别为 597.6 mg/kg 和 587.0 mg/kg,超临界 CO₂ 萃取樟树籽仁油中生育酚总量最低。樟树籽仁油中生育酚总量在 503.3~597.6 mg/kg 之间,与 Hu 等^[22]研究结果(39.65 mg/100 g)接近,与亚麻籽油中生育酚含量(57.0 mg/100 g)接近^[23],高于椰子油中生育酚含量(10.48 mg/kg)^[24]。

樟树籽仁油中生育酚主要以 β -生育酚和 δ -生育酚为主,含有一定的生理活性较强的 α -生育酚,4种方法中只有热榨法提取的樟树籽仁油中检测出少量的 γ -生育酚。

表5 不同方法提取的樟树籽仁油中生育酚和多酚含量

Table 5 Tocopherols and polyphenols contents in CCSKO prepared by different extraction methods mg/kg

项目	低温压榨法	热榨法	浸出法	超临界 CO ₂ 萃取法
α -生育酚	101.2 ± 3.8	94.4 ± 2.7	89.6 ± 1.5	89.6 ± 0.6
β -生育酚	348.9 ± 13.3	310.3 ± 11.7	288.2 ± 7.4	292.0 ± 0.4
γ -生育酚	ND	47.7 ± 3.2	ND	ND
δ -生育酚	147.5 ± 4.1	134.6 ± 4.8	127.4 ± 2.1	121.7 ± 1.2
生育酚总量	597.6	587.0	505.3	503.3
多酚	16.11 ± 1.54	34.67 ± 2.24	23.89 ± 1.30	20.83 ± 2.18

多酚是一种重要的活性物质,具有清除自由基、抗氧化等作用。李雪等^[25]研究发现,多酚对于樟树籽仁油的自由基清除能力有较高的贡献率(50.14%)。由表5可以看出,热榨樟树籽仁油中多酚含量最高(34.67 mg/kg),低温压榨樟树籽仁油中最低。樟树籽仁油中多酚含量在16.11 ~

34.67 mg/kg 之间,与李雪等^[25]的测定结果(33.07 mg/kg)一致,高于山茶油(8.60 mg/kg)^[26]和椰子油(9.99 mg/kg)^[27]中多酚含量。

2.5.2 甾醇和角鲨烯含量

不同方法提取的樟树籽仁油中甾醇及角鲨烯含量见表6。

表6 不同方法提取的樟树籽仁油中甾醇及角鲨烯含量

Table 6 Sterols and squalene contents in CCSKO prepared by different extraction methods mg/100 g

项目	低温压榨法	热榨法	浸出法	超临界 CO ₂ 萃取法
4-去甲基甾醇				
胆甾醇	2.9 ± 0.1	55.4 ± 0.0	9.0 ± 0.1	60.1 ± 0.5
菜油甾醇	ND	ND	ND	1.8 ± 0.0
芸薹甾醇	8.2 ± 0.0	8.8 ± 0.1	9.0 ± 0.1	14.3 ± 0.1
豆甾醇	0.7 ± 0.0	0.8 ± 0.0	1.0 ± 0.0	5.7 ± 0.1
β -谷甾醇	134.2 ± 1.1	141.1 ± 1.7	156.4 ± 1.9	184.2 ± 4.2
4,4-二甲基甾醇				
环阿屯醇	15.3 ± 0.0	13.9 ± 0.1	18.0 ± 0.4	17.8 ± 0.1
甾醇总量	161.3	220.1	193.4	283.9
角鲨烯	16.1 ± 0.3	8.8 ± 0.2	11.1 ± 0.4	7.2 ± 0.2

植物甾醇具有降低胆固醇浓度、抗炎等生理活性,可分为4,4-二甲基甾醇、4-甲基甾醇和4-去甲基甾醇三大类^[28]。由表6可以看出,不同方法提取的樟树籽仁油中甾醇的总量在161.3 ~ 283.9 mg/100 g 之间,接近核桃油(1 748.22 mg/kg)、花生油(2 839.71 mg/kg)^[29]的甾醇含量,高于椰子油的甾醇含量(420 mg/kg)^[30]。樟树籽仁油中甾醇以4-去甲基甾醇为主,其中 β -谷甾醇占总甾醇含量的比例高于60%。超临界 CO₂ 萃取樟树籽仁油中甾醇含量最高,这与蒋雨桥等^[31]对比不同方法提取的元宝枫籽油中甾醇含量的结果一致,可能与提取溶剂的极性等因素有关;热榨和浸出樟树籽仁油中甾醇含量次之,低温压榨樟树籽仁油中甾醇含量最低。热榨樟树籽仁油中甾醇含量高于低温压榨樟树籽仁油,可能与热榨的高温处理破坏细胞结构有关。

角鲨烯是一类具有抗炎以及抑制氧化等生理功能的三萜类化合物,广泛存在于植物油中^[32]。由表

6可以看出,樟树籽仁油中角鲨烯的含量在7.2 ~ 16.1 mg/100 g 之间,且不同提取方法之间差异不大,均低于常见植物油中角鲨烯的含量^[33]。低温压榨樟树籽仁油中角鲨烯的含量稍高于热榨樟树籽仁油的,可能由于角鲨烯容易氧化,在高温压榨提取过程中损失所致。

3 结论

樟树籽仁粗脂肪含量达到61.5%。不同提取方法制备的樟树籽仁油的过氧化值、碘值以及脂肪酸组成与含量等无明显差异,其中脂肪酸以癩酸和月桂酸为主;超临界 CO₂ 萃取和低温压榨樟树籽仁油中磷脂含量较低;低温压榨樟树籽仁油的挥发性组分以2-壬酮相对含量最高;低温压榨樟树籽仁油中生育酚和角鲨烯含量最高,热榨樟树籽仁油中多酚含量最高,超临界 CO₂ 萃取樟树籽仁油中甾醇含量最高。富含癩酸和月桂酸的樟树籽仁油不仅是对现有 MCT 资源库的扩展,也是对目前 MCT 主要

来源——椰子油、棕榈仁油的补充。综合考虑,对樟树籽仁热榨处理后,再对压榨饼进行二次浸出提取樟树籽仁油可能更适合樟树籽仁的开发利用。

参考文献:

- [1] 陈金芳,张良均,童身毅. 樟树籽及其综合利用[J]. 林产化工通讯,1996(1):24-26.
- [2] 冉晓敏,李忠海,付湘晋,等. 樟树叶、籽活性成分的研究进展[J]. 中国食物与营养,2010,16(8):27-30.
- [3] 厉秋岳. 解决我国食用油资源严重短缺难题的一条创新之路:论樟树籽的开发利用[J]. 中国油脂,2021,46(2):1-4.
- [4] YAN X, ZHANG G, ZHAO J, et al. Influence of phenolic compounds on the structural characteristics, functional properties and antioxidant activities of Alcalase-hydrolyzed protein isolate from *Cinnamomum camphora* seed kernel [J/OL]. LWT-Food Sci Technol, 2021, 148: 111799 [2023-09-27]. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111799>.
- [5] 赵国志,刘喜亮,中里真人,等. 中碳链脂肪酸甘油酯的研究概况[J]. 粮油加工与食品机械,2005(2):19-21,23.
- [6] ZHAO M L, HU J N, ZHU X M, et al. Enzymatic synthesis of medium- and long- chain triacylglycerols-enriched structured lipid from *Cinnamomum camphora* seed oil and camellia oil by Lipozyme RM IM [J]. Int J Food Sci Technol, 2014, 49(2):453-459.
- [7] 卢宇欣,陈雪帆. 中链甘油三酯的制备、分析及应用研究进展[J]. 食品与发酵工业,2022,48(24):352-358.
- [8] 罗小芳,袁琦韵,王宗成,等. 细胞破碎法提取樟树籽油的工艺研究[J]. 食品工业,2016,37(9):22-25.
- [9] 刘军海. 樟树籽油超声波提取工艺优化[J]. 粮油食品科技,2015,23(1):35-37,78.
- [10] 毛锦远,马晓雨,胡振瀛,等. 以樟树籽仁油、油茶籽油、全氢化棕榈油为原料的起酥油基料油的表征[J]. 中国油脂,2019,44(11):23-28.
- [11] 彭婷,梁丽军,曾哲灵,等. 樟树籽仁油的90 d亚慢性经口毒性评价[J]. 中国油脂,2024,49(7):83-89.
- [12] 彭婷,梁丽军,曾哲灵,等. 樟树籽仁油的急性及42天高剂量经口毒性评价[J/OL]. 中国油脂:1-16[2023-09-27]. <https://doi.org/10.19902/j.cnki.zgyz.1003-7969.230200>.
- [13] WANG B, WANG J, DU W, et al. Camphor seed kernel oil beneficial effects the gut microbiota of the non-alcoholic fatty liver disease mice [J/OL]. Front Biosci, 2022, 27(7):199 [2023-09-27]. <https://doi.org/10.31083/j.fbl2707199>.
- [14] 张玉霖,周亮,陈莉,等. 顶空固相微萃取结合GC-MS分析花椒油香气成分[J]. 食品研究与开发,2019,40(1):173-178.
- [15] 赵曼丽,杨辉,杨芳,等. 樟树籽仁油和壳油的油脂组成分析[J]. 南昌大学学报(理科版),2012,36(5):445-448.
- [16] 刘蕊,李和帅,吴翼. 基于近红外光谱的椰肉含油率模型构建[J]. 食品科技,2021,46(12):276-280.
- [17] 郭永生,马传国,刘君,等. 不同方法制备的美藤果油品质研究[J]. 中国油脂,2018,43(2):84-88.
- [18] 陈中伟,丁芬,吴其飞,等. 亚临界丙烷-超临界CO₂及正己烷对米糠油提取品质的对比研究[J]. 中国粮油学报,2017,32(3):36-41,47.
- [19] 魏春磊,万楚筠,郭婷婷,等. 植物油制取过程中磷脂的变化研究进展[J]. 粮食与油脂,2021,34(12):14-16,25.
- [20] ZHU Q, YANG Y, ZENG Z, et al. Effect of processing method on chemical composition, physicochemical property, antioxidant activity and volatile compound of *Cinnamomum camphora* seed kernel oil [J/OL]. Ind Crops Prod, 2023, 201: 116907 [2023-09-27]. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2023.116907>.
- [21] 冯绍贵,李彦宸,董春怡,等. 樟树籽仁油的结构和特性分析[J]. 中国油脂,2020,45(1):22-26.
- [22] HU J N, ZHANG B, ZHU X M, et al. Characterization of medium-chain triacylglycerol (MCT)-enriched seed oil from *Cinnamomum camphora* (Lauraceae) and its oxidative stability [J]. J Agric Food Chem, 2011, 59(9):4771-4778.
- [23] 王常青,任海伟,张国华. 亚麻籽油精炼过程中脂肪酸和V_E的变化分析[J]. 中国油脂,2008,33(3):14-16.
- [24] 程敏,塔巍,刘睿杰,等. 精炼工艺对椰子油品质的影响[J]. 中国油脂,2018,43(7):1-5.
- [25] 李雪,张玉,王君虹,等. 樟树籽油抗氧化能力及物质基础研究[J]. 中国粮油学报,2022,37(6):119-124.
- [26] 范俐,徐晓斌,许祯毅,等. 商品山茶油中总多酚组分测定及抗氧化活性分析[J]. 武夷学院学报,2022,41(3):1-5.
- [27] 刘慧敏. 不同植物油微量成分与抗氧化能力的相关性研究[D]. 江苏无锡:江南大学,2015.
- [28] 文静,陈海伟,袁鸣,等. 植物甾醇的生物学功能和在动物生产中的应用[J]. 现代畜牧科技,2023(2):60-62.
- [29] 翟孟婷,谢亮,林泽峰,等. 食用植物油中甾醇总含量测定方法的优化[J]. 中国粮油学报,2022,37(9):256-261.
- [30] 夏秋瑜,李瑞,唐敏敏,等. 天然椰子油的组分及其对花生油氧化稳定性的影响[J]. 中国粮油学报,2012,27(9):64-66,70.
- [31] 蒋雨桥,赵仲恺,张文斌. 超临界二氧化碳萃取元宝枫籽油工艺优化[J]. 中国油脂,2024,49(9):10-15.
- [32] 李跃凡,王媛媛,马改琴,等. 角鲨烯来源、提取及功能特性研究进展[J]. 河南工业大学学报(自然科学版),2022,43(6):19-29.
- [33] 徐雄,周训会,陈芳,等. 植物油角鲨烯含量及其影响因素[J]. 食品安全质量检测学报,2022,13(13):4328-4334.