中国油料作物学报
Chinese Journal of Oil Crop Sciences
2026,48(5):259-272
doi:10.19802/j.issn.1007-9084.2026032

我国油茶等木本油料脂肪酸组成及主要油脂伴随物成分比较研究

姚小华[1],顿春垚[1,2],陶勇[3],熊强[4],金青哲[5],杨校生[1,6]
(1. 中国林业科学研究院亚热带林业研究所,浙江 富阳,311400; 2. 恩施土家族苗族自治州林业科学研究院,湖北 恩施,445000;
3. 江西九林种业有限公司,江西 九江,332000; 4. 重庆武陵山油茶研究院有限公司,重庆 酉阳,409800;
5. 江南大学,江苏 无锡,214000; 6. 浙江亚林生物科技股份有限公司,浙江 富阳,311400)

摘要:本文系统分析和评估了油茶、薄壳山核桃等我国木本油料的脂肪酸组成及微量油脂伴随成分(甾醇、维生素E、角鲨烯、多酚),旨在为油茶等木本油料品种选育、油品掺伪鉴别和产品营养定制提供依据。数据涵盖116份样本。结果表明:其脂肪酸组成以高油酸(70%~83.5%)、低饱和脂肪酸(平均10.9%)为特征,其中油茶籽油的油酸占比达78.6%,显著高于草本油料;山茶科油料均未检出花生酸,可作为鉴别掺伪的标志性指标;参试木本油料中山茶属种子油富含β-香树脂醇与羽扇豆醇(油茶籽油中分别达1376 mg/kg、1156 mg/kg);威宁短柱茶多酚含量居首(66.69 mg/kg),油茶品种中长林53号甾醇总含量最高,4,4-二甲基甾醇类含量尤为突出,近年来选育的CYZ11无性系亚麻酸显著高于其他品种。

关键词:木本油料;油酸;甾醇;脂肪酸组成;活性成分;油茶;营养品质
中图分类号:S71;S794.4　　**文献标识码**:A　　**文章编号**:1007-9084(2026)05-0259-14

Comparation on fatty acid composition and main oil accompanying components of woody oil plants including *Camellia oleifera* in China

YAO Xiao-hua[1], DUN Chun-yao[1,2], TAO Yong[3], XIONG Qiang[4], JIN Qing-zhe[5], YANG Xiao-sheng[1,6]
(1. *Research Institute of Subtropical Forestry, Chinese Academy of Forestry, Fuyang* 311400, *China*; 2. *Enshi Tujia and Miao Autonomous Prefecture Academy of Forestry Sciences, Enshi* 445000, *China*; 3. *Jiangxi Jiulin Seed Industry Co., Ltd., Jiujiang* 332000, *China*; 4. *Chongqing Wuling Mountain Camellia Oleifera Research Institute Co., Ltd., Youyang* 409800, *China*; 5. *Jiangnan University, Wuxi* 214000, *China*; 6. *Zhejiang Yalin Biotechnology Co., Ltd., Fuyang* 311400, *China*)

Abstract: To provide a scientific basis for variety breeding of woody oil plants including *Camellia oleifera*, this study systematically analyzed and evaluated fatty acid composition and minor oil accompanying components (sterols, vitamin E, squalene, polyphenols) of major woody oil plants in China. Materials included *Camellia oleifera* and *Carya illinoinensis*, with a total of 116 samples involved. Results showed that fatty acid composition of these woody oil plant oils was characterized by high oleic acid content (70%-83.5%) and low saturated fatty acid content (average 10.9%). Among them, oleic acid content of *Camellia oleifera* seed oil reached 78.6%, which was significantly higher than that of herbaceous oil plant oils. Arachidic acid was not detected in Theaceae oil plants, which could be used as a characteristic index for adulteration identification. Seed oils of camellia species among tested woody oil plants were rich in β-amyrin and lupeol, with the contents in *Camellia oleifera* seed oil reaching 1376 mg/kg and 1156 mg/kg, respectively. *Camellia brevistyla* from Weining had the highest polyphenol content (66.69 mg/kg). Among *Camellia oleifera* varieties, Changlin 53 had the highest total sterol content, with particularly prominent content of 4,4-dimethyl sterols. The linolenic acid content of newly selected clone CYZ11 was significantly higher than

收稿日期:2026-02-02
基金项目:国家重点研发计划项目课题(2019YFD1001602、2022YFD1601402)
作者简介:姚小华(1962-),男,研究员,博士生导师,主要从事经济林遗传育种和栽培技术研究,E-mail: yaoxh168@163.com

those of other varieties.

Key words: woody oil plants; oleic acid; sterols; fatty acid composition; active components; *Camellia oleifera*; nutritional quality

食用油脂肪酸组成及微量活性成分(如多酚、甾醇、维生素E、角鲨烯)的差异直接决定了油脂的营养品质与健康效应[1,2]。木本油料食用油在我国食用油中占比不足5%[3],在我国食用油对外依存度较高的背景下,提升国产油料品质,挖掘特色油种营养优势,增加木本油料供给的战略意义更为凸显。食用油脂肪酸组成模式不仅影响油脂的氧化稳定性与加工适性[4-6],更通过调节血脂代谢、炎症反应及细胞信号通路,与心血管疾病、糖尿病等风险密切相关,例如,高油酸型油脂可显著抑制胰岛素抵抗和血脂异常,降低血液中总胆固醇、甘油三酯、低密度脂蛋白水平[7],而亚麻酸可以通过抑制胆固醇合成酶活性和减少甘油三酯合成来降低胆固醇水平和降血脂[8,9]。然而,不同油料物种的脂肪酸合成代谢存在显著分化,如油茶籽油中油酸占比达70%以上[10],而亚麻籽油中α-亚麻酸含量超50%[11],这种多样性为营养油脂定制化开发提供了生物学基础。

此外,一些脂溶性伴随物通过抗氧化、抗凋亡及表观遗传调控等机制参与健康维护,多酚类物质能够清除自由基,显著抑制一氧化氮的生成,表现出抗氧化活性和抗炎活性[12,13],植物甾醇(如β-谷甾醇)可以通过调控细胞周期蛋白D1与CDC25B等周期相关蛋白的表达水平,抑制癌细胞的增殖,且具有抗菌、抗炎、抗动脉硬化、抑制血小板凝集等作用[14],维生素E(生育酚与生育三烯酚)作为脂相断链抗氧化剂,阻断脂质过氧化链式反应,促进谷胱甘肽过氧化物酶(glutathione peroxidase, GSH-Px)和谷胱甘肽S-转移酶(glutathione S-transferase, GST-ST)的mRNA表达,保障繁殖力[15,16]。

系统分析和评估了油茶(包括浙江红花油茶、连蕊茶、威宁短柱茶)和薄壳山核桃等我国木本油料的脂肪酸组成及微量油脂伴随成分,并与主要草本植物油进行了比较,为油茶等木本油料品种选育、油品掺伪鉴别和产品营养定制提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 材料

在国内多个油茶产区收集油茶籽、浙江红花油茶籽、连蕊茶籽、威宁短柱茶籽、薄壳山核桃6种木本油料,生白芝麻、生亚麻籽、生葵花籽、生棉花籽、生花生、生黄豆、生玉米籽、油菜籽8种草本油料,以市售不同食用油为对照,共116个样品(表1)。

1.2 方法

样品委托国家林草局经济林产品检测中心(杭州)检测,其中维生素E组分即α-生育酚、β-生育酚、γ-生育酚、δ-生育酚含量采用GB 5009.82-2016标准方法进行检测,α-生育三烯酚、β-生育三烯酚、γ-生育三烯酚、δ-生育三烯酚按照GB 5009.82-2016《食品安全国家标准 食品中维生素A、D、E的测定》进行检测。

角鲨烯含量采用LS/T 6120-2017标准方法进行检测,菜油甾醇、豆甾醇、β-谷甾醇含量采用NY/T 3111-2017方法进行检测,总多酚含量采用LS/T 6119-2017方法进行检测,油脂脂肪酸组成采用GB 5009.168-2016第三法进行检测,其中饱和脂肪酸检测棕榈酸(C16:0)、硬脂酸(C18:0)、花生酸(C20:0),单不饱和脂肪酸检测棕榈烯酸(C16:1)、油酸(C18:1)、二十碳烯酸(C20:1),多不饱和脂肪酸检测亚油酸(ω-6系列,C18:2n6)、α-亚麻酸(ω-3系列,C18:3n3)。

1.3 数据处理

所有检测样品均进行3次平行实验,结果取其算术平均值。以Excel软件整理计算数据和制作表格,以IBM SPSS tatistics 22软件进行数据分析,以OriginPro软件绘图。

2 结果与分析

2.1 不同油料植物脂肪酸组成对比分析

不同植物油料及市售食用油脂肪酸组成见表2。经聚类分析,油茶籽、浙江红花油茶籽、白芝麻、亚麻籽、花生、黄豆、玉米籽、油菜籽均归为饱和脂肪酸较低类群,油茶籽饱和脂肪酸最高为11.81%,最低为9.1%,而棉花籽、棕榈油则归为饱和脂肪酸较高类群。

饱和脂肪酸中,硬脂酸C18:0含量最高的为生葵花籽,达5.64%。棕榈酸(C16:0)含量最高的为棕榈油,达39%,生花生、威宁短柱茶、生黄豆、连蕊茶、棉花籽等油料植物种子,胡姬花花生油、福临门黄豆油、欧丽薇兰橄榄油、福临门玉米油、得乐康米糠油、凤临门棉花籽油、泳佳棕榈油棕榈酸C16:0含

表1　样品来源

Table 1　Sample sources

编号 Number	取样类型 Sample type	品种 Variety	采样地 Sampling site	编号 Number	取样类型 Sample type	品种 Variety	采样地 Sampling site
CYQS31	油茶籽 *Camellia oleifera* seed	C31	青山基地 Qingshan Base	CYQX53	油茶籽 *Camellia oleifera* seed	长林53号 Changlin 53	清香基地 Qingxiang Base
CYQS53	油茶籽 *Camellia oleifera* seed	长林53号 Changlin 53	青山基地 Qingshan Base	CYQX40	油茶籽 *Camellia oleifera* seed	长林40号 Changlin 40	清香基地 Qingxiang Base
CYQS43	油茶籽 *Camellia oleifera* seed	C43	青山基地 Qingshan Base	CYQXYZ07	油茶籽 *Camellia oleifera* seed	CYZ07	清香基地 Qingxiang Base
CYQS40	油茶籽 *Camellia oleifera* seed	长林40号 Changlin 40	青山基地 Qingshan Base	CYQXYZ05	油茶籽 *Camellia oleifera* seed	CYZ05	清香基地 Qingxiang Base
CYQS18	油茶籽 *Camellia oleifera* seed	长林18号 Changlin 18	青山基地 Qingshan Base	CYQXYZ02	油茶籽 *Camellia oleifera* seed	CYZ02	清香基地 Qingxiang Base
CYQS04	油茶籽 *Camellia oleifera* seed	长林4号 Changlin 4	青山基地 Qingshan Base	CYQXYZ03	油茶籽 *Camellia oleifera* seed	CYZ03	清香基地 Qingxiang Base
CYQS03	油茶籽 *Camellia oleifera* seed	长林3号 Changlin 3	青山基地 Qingshan Base	CYQXYZ09	油茶籽 *Camellia oleifera* seed	CYZ09	清香基地 Qingxiang Base
CYMX03	油茶籽 *Camellia oleifera* seed	长林3号 Changlin 3	庙溪基地 Miaoxi Base	CYQXYZ01	油茶籽 *Camellia oleifera* seed	CYZ01	清香基地 Qingxiang Base
CYMX18	油茶籽 *Camellia oleifera* seed	长林18号 Changlin 18	庙溪基地 Miaoxi Base	CYQXYZ11	油茶籽 *Camellia oleifera* seed	CYZ11	清香基地 Qingxiang Base
CYMX53	油茶籽 *Camellia oleifera* seed	长林53号 Changlin 53	庙溪基地 Miaoxi Base	HHPA	浙江红花油茶籽 *Camellia chekiangoleosa* seed	混合 Mixed	浙江磐安天马 Tianma, Pan′an, Zhejiang
CYMX04	油茶籽 *Camellia oleifera* seed	长林4号 Changlin 4	庙溪基地 Miaoxi Base	HHCA	浙江红花油茶籽 *Camellia chekiangoleosa* seed	混合 mixed	浙江淳安白沙塔 Baishata, Chun′an, Zhejiang
CYMX40	油茶籽 *Camellia oleifera* seed	长林40号 Changlin 40	庙溪基地 Miaoxi Base	HHCS	浙江红花油茶籽 *Camellia chekiangoleosa* seed	混合 mixed	浙江常山 Changshan, Zhejiang
CYDQ40	油茶籽 *Camellia oleifera* seed	长林40号 Changlin 40	丹泉基地 Danquan Base	HHJH08	浙江红花油茶籽 *Camellia chekiangoleosa* seed	混合 mixed	浙江金华 Jinhua, Zhejiang
CYDQ18	油茶籽 *Camellia oleifera* seed	长林18号 Changlin 18	丹泉基地 Danquan Base	CYHS53	油茶籽 *Camellia oleifera* seed	长林53号 Changlin 53	安徽黄山 Huangshan, Anhui
CYDQ04	油茶籽 *Camellia oleifera* seed	长林4号 Changlin 4	丹泉基地 Danquan Base	CYTZ53	油茶籽 *Camellia oleifera* seed	长林53号 Changlin 53	贵州天柱 Tianzhu, Guizhou

续表

编号 Number	取样类型 Sample type	品种 Variety	采样地 Sampling site	编号 Number	取样类型 Sample type	品种 Variety	采样地 Sampling site
CYDQ53	油茶籽 *Camellia oleifera* seed	长林53号 Changlin 53	丹泉基地 Danquan Base	CYSX53	油茶籽 *Camellia oleifera* seed	长林53号 Changlin 53	湖北随县 Sui County, Hubei
CYDQ03	油茶籽 *Camellia oleifera* seed	长林3号 Changlin 3	丹泉基地 Danquan Base	CYSC53	油茶籽 *Camellia oleifera* seed	长林53号 Changlin 53	浙江遂昌 Suichang, Zhejiang
CYGT03	油茶籽 *Camellia oleifera* seed	长林3号 Changlin 3	古田基地 Gutian Base	KHNM	葵花籽 *Helianthus annuus* seed	混合 mixed	内蒙古巴彦淖尔 Bayannur, Inner Mongolia
CYGT04	油茶籽 *Camellia oleifera* seed	长林4号 Changlin 4	古田基地 Gutian Base	ZMND	白芝麻 *Sesamum indicum* seed	混合 mixed	福建宁德 Ningde, Fujian
CYGT18	油茶籽 *Camellia oleifera* seed	长林18号 Changlin 18	古田基地 Gutian Base	YMNM	亚麻籽 *Linum usitatissimum* seed	混合 mixed	内蒙古乌兰察布 Ulanqab, Inner Mongolia
CYGT40	油茶籽 *Camellia oleifera* seed	长林40号 Changlin 40	古田基地 Gutian Base	MZHZ	棉花籽 *Gossypium hirsutum* seed	混合 mixed	山东菏泽 Heze, Shandong
CYGT53	油茶籽 *Camellia oleifera* seed	长林53号 Changlin 53	古田基地 Gutian Base	HSNY	生花生 *Arachis hypogaea* seed	混合 mixed	河南南阳 Nanyang, Henan
CYEC40	油茶籽 *Camellia oleifera* seed	长林40号 Changlin 40	鹅池基地 Echi Base	HDHLJ	生黄豆 *Glycine max* seed	混合 mixed	黑龙江哈尔滨 Harbin, Heilongjiang
CYEC04	油茶籽 *Camellia oleifera* seed	长林4号 Changlin 4	鹅池基地 Echi Base	YMNY	生玉米籽 *Zea mays* seed	混合 mixed	河南南阳 Nanyang, Henan
CYEC53	油茶籽 *Camellia oleifera* seed	长林53号 Changlin 53	鹅池基地 Echi Base	CZYHS	生油菜籽 *Brassica napus* seed	混合 mixed	安徽黄山 Huangshan, Anhui
CYGQ40	油茶籽 *Camellia oleifera* seed	长林40号 Changlin 40	高桥基地 Gaoqiao Base	HHCA2409	浙江红花油茶籽 *Camellia chekiangoleosa* seed	2409	浙江淳安白沙塔 Baishata, Chun'an, Zhejiang
CYGQ03	油茶籽 *Camellia oleifera* seed	长林3号 Changlin 3	高桥基地 Gaoqiao Base	HHCSHY63	浙江红花油茶籽 *Camellia chekiangoleosa* seed	hy63	浙江常山 Changshan, Zhejiang
CYGQ04	油茶籽 *Camellia oleifera* seed	长林4号 Changlin 4	高桥基地 Gaoqiao Base	HHJHNY1	浙江红花油茶籽 *Camellia chekiangoleosa* seed	ny1	浙江金华 Jinhua, Zhejiang
CYGQ53	油茶籽 *Camellia oleifera* seed	长林53号 Changlin 53	高桥基地 Gaoqiao Base	HHJHHY63	浙江红花油茶籽 *Camellia chekiangoleosa* seed	hy63	浙江金华 Jinhua, Zhejiang
CYGQ18	油茶籽 *Camellia oleifera* seed	长林18号 Changlin 18	高桥基地 Gaoqiao Base	HHJHHY71	浙江红花油茶籽 *Camellia chekiangoleosa* seed	hy71	浙江金华 Jinhua, Zhejiang
CYSS53	油茶籽 *Camellia oleifera* seed	长林53号 Changlin 53	杉树湾基地 Shanshuwan Base	HHJH-DY156	浙江红花油茶籽 *Camellia chekiangoleosa* seed	dy156	浙江金华 Jinhua, Zhejiang

续表

编号 Number	取样类型 Sample type	品种 Variety	采样地 Sampling site	编号 Number	取样类型 Sample type	品种 Variety	采样地 Sampling site
CYSS04	油茶籽 *Camellia oleifera* seed	长林4号 Changlin 4	杉树湾基地 Shanshuwan Base	CYXS18	油茶籽 *Camellia oleifera* seed	长林18号 Changlin 18	重庆秀山 Xiushan, Chongqing
CYSS03	油茶籽 *Camellia oleifera* seed	长林3号 Changlin 3	杉树湾基地 Shanshuwan Base	CYXS53	油茶籽 *Camellia oleifera* seed	长林53号 Changlin 53	重庆秀山 Xiushan, Chongqing
CYSS40	油茶籽 *Camellia oleifera* seed	长林40号 Changlin 40	杉树湾基地 Shanshuwan Base	CYQY53	油茶籽 *Camellia oleifera* seed	长林53号 Changlin 53	贵州黔玉 Qianyu, Guizhou
CYSS18	油茶籽 *Camellia oleifera* seed	长林18号 Changlin 18	杉树湾基地 Shanshuwan Base	CYQY210	油茶籽 *Camellia oleifera* seed	湘林210	贵州黔玉 Qianyu, Guizhou
CYSS23	油茶籽 *Camellia oleifera* seed	长林23号	杉树湾基地 Shanshuwan Base	CYZX53	油茶籽 *Camellia oleifera* seed	长林53号 Changlin 53	浙江庆元左溪 Zuoxi, Qingyuan, Zhejiang
CYSS55	油茶籽 *Camellia oleifera* seed	长林55号	杉树湾基地 Shanshuwan Base	CYJG1118	油茶籽 *Camellia oleifera* seed	长林18号 Changlin 18	浙江庆元江根海拔 1100m Jianggen, Qingyuan, Zhejiang (Alt. 1100 m)
CYSS210	油茶籽 *Camellia oleifera* seed	湘林210	杉树湾基地 Shanshuwan Base	CYJG1153	油茶籽 *Camellia oleifera* seed	长林53号 Changlin 53	浙江庆元江根海拔 1100m Jianggen, Qingyuan, Zhejiang (Alt. 1100 m)
CYDC53	油茶籽 *Camellia oleifera* seed	长林53号 Changlin 53	大池基地 Dachi Base	CYJG1218	油茶籽 *Camellia oleifera* seed	长林18号 Changlin 18	浙江庆元江根海拔 1230m Jianggen, Qingyuan, Zhejiang (Alt. 1230 m)
CYDC04	油茶籽 *Camellia oleifera* seed	长林4号 Changlin 4	大池基地 Dachi Base	CYJG1253	油茶籽 *Camellia oleifera* seed	长林53号 Changlin 53	浙江庆元江根海拔 1230m Jianggen, Qingyuan, Zhejiang (Alt. 1230 m)
CYDC40	油茶籽 *Camellia oleifera* seed	长林40号 Changlin 40	大池基地 Dachi Base	BKSPYMH	薄壳山核桃仁 *Carya illinoinensis* kernel	马汉	江西鄱阳 Poyang, Jiangxi
CYDC03	油茶籽 *Camellia oleifera* seed	长林3号 Changlin 3	大池基地 Dachi Base	BKSPYC13	薄壳山核桃仁 *Carya illinoinensis* kernel	C13	江西鄱阳 Poyang, Jiangxi
CYMB53	油茶籽 *Camellia oleifera* seed	长林53号 Changlin 53	毛坝基地 Maoba Base	BKSXSC13	薄壳山核桃仁 *Carya illinoinensis* kernel	C13	浙江萧山 Xiaoshan, Zhejiang
CYMBYZ11	油茶籽 *Camellia oleifera* seed	CYZ11	毛坝基地 Maoba Base	BKSFY	薄壳山核桃仁 *Carya illinoinensis* kernel	混合 mixed	安徽阜阳 Fuyang, Anhui
CYMBYZ01	油茶籽 *Camellia oleifera* seed	CYZ01	毛坝基地 Maoba Base	DZCBJH	威宁短柱茶 *Camellia weiningensis* seed	混合 mixed	贵州威宁 Weining, Guizhou
CYMBYZ03	油茶籽 *Camellia oleifera* seed	CYZ03	毛坝基地 Maoba Base	DZCBJGY47	威宁短柱茶 *Camellia weiningensis* seed	GY47	贵州威宁 Weining, Guizhou
CYMBYZ02	油茶籽 *Camellia oleifera* seed	CYZ02	毛坝基地 Maoba Base	LRFY	连蕊茶 *Camellia fraterna* seed	混合 mixed	浙江富阳 Fuyang, Zhejiang

续表

编号 Number	取样类型 Sample type	品种 Variety	采样地 Sampling site	编号 Number	取样类型 Sample type	品种 Variety	采样地 Sampling site
CYMBYZ09	油茶籽 *Camellia oleifera* seed	CYZ09	毛坝基地 Maoba Base	KHDL	成品食用油 Refined edible oil	多力葵花籽油 Duoli Sunflower Seed Oil	市场购买 Commercially purchased
CYMBYZ07	油茶籽 *Camellia oleifera* seed	CYZ07	毛坝基地 Maoba Base	ZMJLY	成品食用油 Refined edible oil	金龙鱼芝麻油 Arawana Sesame Seed Oil	市场购买 Commercially purchased
CYMBYZ05	油茶籽 *Camellia oleifera* seed	CYZ05	毛坝基地 Maoba Base	YMQDY	成品食用油 Refined edible oil	千岛源亚麻籽油 Qiandaoyuan Flaxseed Oil	市场购买 Commercially purchased
CYMB40	油茶籽 *Camellia oleifera* seed	长林40号 Changlin 40	毛坝基地 Maoba Base	MZFLM	成品食用油 Refined edible oil	凤临门棉花籽油 Fenglinmen Cottonseed Oil	市场购买 Commercially purchased
CYMB04	油茶籽 *Camellia oleifera* seed	长林4号 Changlin 4	毛坝基地 Maoba Base	HSHJH	成品食用油 Refined edible oil	胡姬花花生油 Orchid Peanut Oil	市场购买 Commercially purchased
CYMBS53	油茶籽 *Camellia oleifera* seed	长林53号 Changlin 53	毛坝示范林 Maoba Demonstration Forest	HDFLM	成品食用油 Refined edible oil	福临门黄豆油 Fortune Soybean Oil	市场购买 Commercially purchased
CYMBS04	油茶籽 *Camellia oleifera* seed	长林4号 Changlin 4	毛坝示范林 Maoba Demonstration Forest	YMFLM	成品食用油 Refined edible oil	福临门玉米油 Fortune Corn Oil	市场购买 Commercially purchased
CYMBS55	油茶籽 *Camellia oleifera* seed	长林55号	毛坝示范林 Maoba Demonstration Forest	CZYJLY	成品食用油 Refined edible oil	金龙鱼油菜籽油 Arawana Rapeseed Oil	市场购买 Commercially purchased
CYMBS18	油茶籽 *Camellia oleifera* seed	长林18号 Changlin 18	毛坝示范林 Maoba Demonstration Forest	ZLYJ	成品食用油 Refined edible oil	泳佳棕榈油 Yongjia Palm Oil	市场购买 Commercially purchased
CYMBS40	油茶籽 *Camellia oleifera* seed	长林40号 Changlin 40	毛坝示范林 Maoba Demonstration Forest	MKDL	成品食用油 Refined edible oil	得乐康米糠油 Delekang Rice Bran Oil	市场购买 Commercially purchased
CYQX04	油茶籽 *Camellia oleifera* seed	长林4号 Changlin 4	清香基地 Qingxiang Base	GLOL	成品食用油 Refined edible oil	欧丽薇兰橄榄油 Olivoilà Olive Oil	市场购买 Commercially purchased

注:表中提及的基地和示范林均指的是重庆酉阳的基地和示范林

Note: Each base and forest in Table 1 are from Youyang, Chongqing

量均达到10%以上。

油茶籽油硬脂酸C18:0含量仅1.94%,平均棕榈酸C16:0含量为8.75%,花生酸含量最高的为生花生2.06%,对照组花生油花生酸含量为1.5%,其余各组均低于1%,连蕊茶、威宁短柱茶、油茶、浙江红花油茶中均未检出花生酸成分。

以饱和脂肪酸占比而言,油茶籽在油料植物中处于低位水平(平均10.69%),与生亚麻籽(8.8%)接近,薄壳山核桃为8.78%,这表明,油茶、薄壳山核桃和亚麻同属高不饱和脂肪酸类型的油料植物。花生酸可作为排除山茶科植物油的指标。

样品中单不饱和脂肪酸含量最高的为浙江红花油茶,平均达83.52%,油茶紧随其后为79.19%,连蕊茶、威宁短柱茶的单不饱和脂肪酸含量均高于70%,生棉花籽、生葵花籽、生亚麻籽、生黄豆单不饱和脂肪酸含量均低于25%,其中生棉花籽最低仅17.44%,对照组中,欧丽薇兰橄榄油单不饱和脂肪酸最高,为77.45%。其余对照组食用油均不足60%。

作为最主要的单不饱和脂肪酸,油酸含量最高的油料植物为浙江红花油茶82.95%,其次为油茶78.58%、威宁短柱茶75.6%、连蕊茶74.2%,顺-11-二十碳烯酸含量最高的为油菜籽1.27%,其次为生花生0.87%、连蕊茶0.84%,棕榈烯酸含量最高的为生棉花籽0.54%,其次为油菜籽0.198%,欧丽薇兰橄榄油、凤临门棉花籽油棕榈烯酸含量也较高,分别为1.06%、0.59%。山茶科植物种子单不饱和脂肪酸含量较高,浙江红花油茶、油茶、连蕊茶和威宁短柱茶单不饱和脂肪酸比例有明显优势,尤其是油酸。

近年来随着育种工作的进展,我国大宗植物油料油酸含量也呈上升趋势,如油菜新品种沪油7201

表2 不同油料植物种子及市售食用油脂肪酸组成

Table 2 Comparison of fatty acid composition in seeds and commercial edible oils of different oil plants %

样品类型 Sample type	棕榈酸 C16:0 Palmitic acid	棕榈烯酸 C16:1 Palmitoleic acid	硬脂酸 C18:0 Stearic acid	油酸 C18:1 Oleic acid	亚油酸 C18:2n6 Linoleic acid	α-亚麻酸 C18:3n3 α-Linolenic acid	花生酸 C20:0 Arachidic acid	二十碳烯酸 C20:1 cis-11-Eicosenoic acid
棉花籽油 Cottonseed oil	21.30	0.59	2.20	16.80	58.30	0.49	0.28	0.05
生棉花籽 *Gossypium hirsutum* seed	23.60	0.54	2.17	17.60	53.10	2.58	0.25	0.08
黄豆油 Soybean oil	11.00	0.08	3.92	19.70	54.70	10.00	0.33	0.18
生葵花籽 *Helianthus annuus* seed	5.85	0.05	5.64	19.90	68.00	0.08	0.34	0.13
亚麻籽油 Flaxseed oil	5.60	0.08	4.42	20.50	14.80	54.20	0.17	0.15
生黄豆 *Glycine max* seed	10.80	0.09	4.35	21.90	53.30	8.70	0.56	0.27
生亚麻籽 *Linum usitatissimum* seed	4.74	0.07	3.91	23.10	16.70	51.20	0.15	0.18
生玉米籽 *Zea mays* seed	9.47	0.14	1.97	25.00	60.90	1.78	0.37	0.29
葵花籽油 Sunflower seed oil	6.59	0.10	3.61	25.50	63.60	0.09	0.26	0.16
玉米油 Corn oil	11.90	0.09	1.66	27.50	57.10	0.90	0.42	0.31
生白芝麻 Sesame seed	8.81	0.12	4.90	36.40	48.60	0.37	0.53	0.19
生花生 *Arachis hypogaea* seed	10.20	0.05	4.70	39.80	42.10	0.11	2.06	0.87
米糠油 Rice bran oil	17.20	0.18	1.45	40.70	38.20	1.14	0.67	0.56
芝麻油 Sesame seed oil	9.11	0.13	5.54	41.60	42.40	0.34	0.62	0.20
棕榈油 Palm oil	39.00	0.21	4.24	45.00	10.90	0.17	0.41	0.16
花生油 Peanut oil	10.70	0.08	3.56	49.30	33.60	0.08	1.50	1.13
油菜籽 *Brassica napus* seed	4.03	0.20	1.92	63.40	19.20	9.57	0.50	1.12
菜籽油 Rapeseed oil	4.55	0.22	1.77	62.30	20.80	8.41	0.59	1.42
薄壳山核桃 Carya illinoinensis	5.74	0.07	2.91	67.55	22.05	1.24	0.14	0.29
连蕊茶 *Camellia fraterna* seed	12.70	0.04	3.10	74.20	8.76	0.39	0	0.84
威宁短柱茶 *Camellia weiningensis* seed	11.80	0.06	2.56	75.60	8.67	0.85	0	0.46
橄榄油 Olive oil	11.60	1.06	3.20	76.10	6.45	0.81	0.45	0.30
油茶籽 *Camellia oleifera* seed	8.75	0.11	1.94	78.58	9.65	0.47	0	0.50
浙江红花油茶 *Camellia chekiangoleosa* seed	8.40	0.10	3.35	82.95	4.52	0.22	0	0.47

注:数据为定性测试数据,仅作趋势参考,未标注误差,未进行显著性检验

Note: Data are qualitative for trend reference without error or significance test

种子油酸含量超过76%[17],花生新品种漓油312油酸含量达76.8%[18],这在数据中也得到了印证,取样的油菜籽样本油酸较高,达62.85%。

样品中多不饱和脂肪酸含量最高的为生葵花籽,达68.08%,其次为生亚麻籽67.9%、生玉米籽65.68%、生黄豆62%,对照组中亚麻籽油多不饱和脂肪酸含量最高达69%,葵花籽油、黄豆油多不饱和脂肪酸含量也超过了60%,浙江红花油茶多不饱和脂肪酸最低仅4.75%、其次为连蕊茶9.15%、威宁短柱茶9.52%、油茶籽10.13%,对照组的橄榄油多不饱和脂肪酸仅7.26%。

亚油酸是主要的多不饱和脂肪酸,生葵花籽亚油酸含量最高达68%,其次为生玉米籽达60.9%,浙江红花油茶籽亚油酸含量最低,仅4.52%,连蕊茶、威宁短柱茶、油茶籽亚油酸含量也均低于10%,α亚麻酸含量最高的植物为生亚麻籽51.2%,对照组亚麻籽油含量也高达54.2%,其余植物种子油脂α亚麻酸含量均不足10%。

2.2 油脂伴随物对比

所有样品均检出角鲨烯,如图1所示,其中含量最高的为对照组的橄榄油,高达5734.1 mg/kg;此外油料植物中生玉米籽角鲨烯含量最高,为704.6 mg/kg,其次为生花生359.6 mg/kg,薄壳山核桃339.43 mg/kg,含量最低的为生白芝麻117.2 mg/kg,生亚麻籽114 mg/kg。参试山茶科植物角鲨烯含量表现出差异,其中油茶籽最高为249.4 mg/kg,其次为连蕊茶籽219.9 mg/kg,浙江红花油茶籽207.46 mg/kg,威宁短柱茶籽最低仅142 mg/kg。。

所有样品均检出多酚,其中总多酚含量最高的油料为威宁短柱茶籽66.69 mg/kg、其次为油茶籽52.17 mg/kg、浙江红花油茶籽33.55 mg/kg,对照组橄榄油109.1 mg/kg、芝麻油122.31 mg/kg总多酚含量较高,但生白芝麻籽的总多酚含量较低,仅2.95 mg/kg,原因存疑。

结果显示,参试木本油料中,薄壳山核桃角鲨烯含量存在优势,而威宁短柱茶多酚含量存在

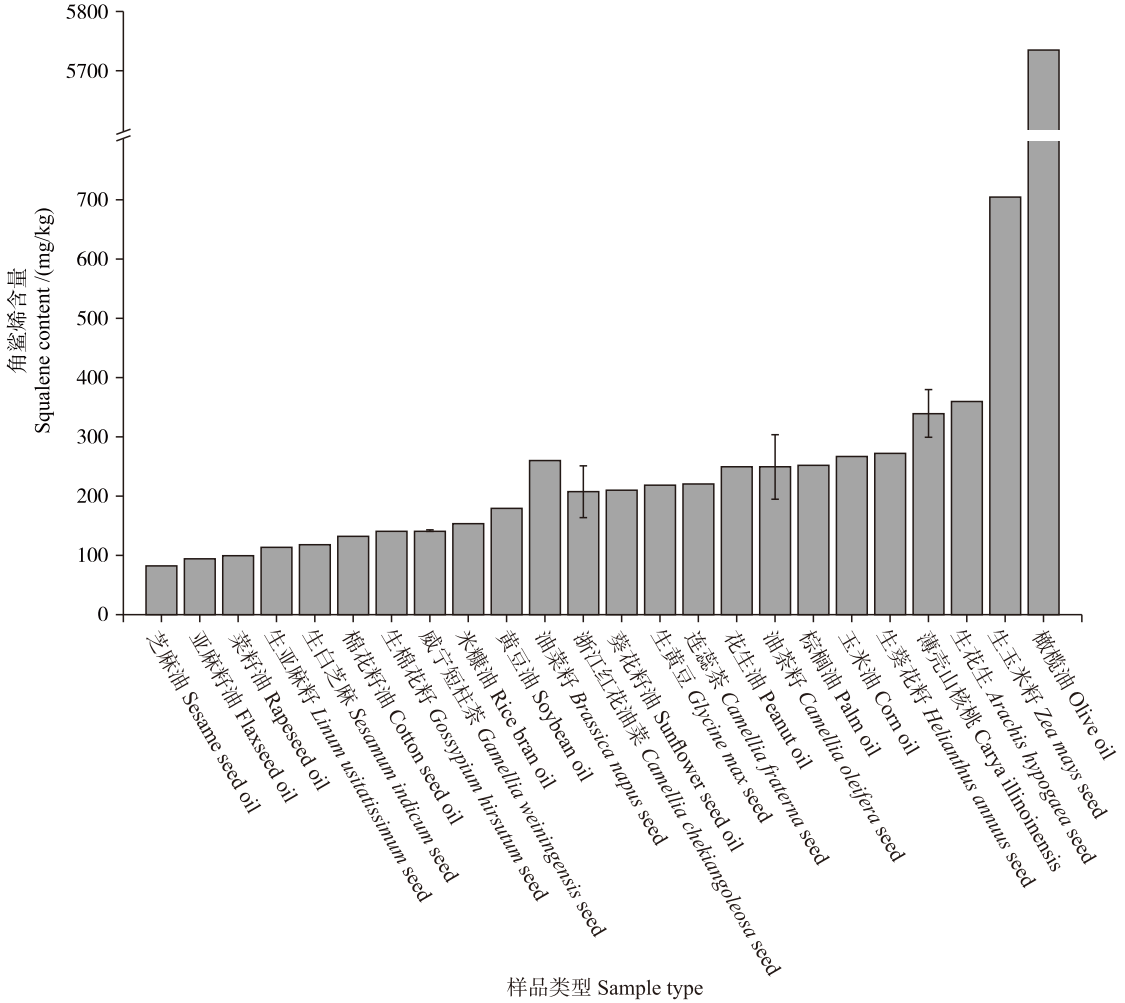


图1 油料籽和油角鲨烯含量对比

Fig. 1 Comparison of squalene content in oilseeds and oils

优势。

所有样品均检出甾醇,对照组米糠油总甾醇含量最高,达 19 701.8 mg/kg,棕榈油最低,仅 934.9 mg/kg,油料中生玉米籽总甾醇含量最大为 18 476.6 mg/kg,油茶籽 4314.56 mg/kg、连蕊茶 4231.6 mg/kg 均处于中等水平。但甾醇组成差异较大,如表 3,β-谷甾醇含量最高的为对照组的米糠油,高达 9802.6 mg/kg,其次为生玉米籽 8758.8 mg/kg,含量最低的为浙江红花油茶 191.39 mg/kg,较低的有油茶籽 303.89 mg/kg、威宁短柱茶 410.75 mg/kg、连蕊茶 503.9 mg/kg。菜油甾醇含量最高的也是对照组的米糠油 3878 mg/kg,其次为油菜籽 2652 mg/kg、生玉米籽 2385.3 mg/kg,浙江红花油茶菜油甾醇含量最低,仅 33.87,威宁短柱茶、连蕊茶、油茶籽、薄壳山核桃菜油甾醇含量也均低于 100% mg/kg。豆甾醇含量最高的也是对照组的米糠油 2104 mg/kg,其次为生黄豆 673.8 mg/kg、生玉米籽 714.8 mg/kg,薄壳山核桃豆甾醇含量最低,仅 65.06 mg/kg,油菜籽 107.9 mg/kg、生棉花籽 113.9 mg/kg、浙江红花油茶 146.91 mg/kg 豆甾醇含量也较低。羊毛甾醇含量最高的油料为生玉米籽达 6617.7 mg/kg,其次为生白芝麻 1639.7 mg/kg,对照组的米糠油和芝麻油也较高,分别为 3096.5 mg/kg、2192.2 mg/kg,薄壳山核桃羊毛甾醇含量最低,为 335.525 mg/kg,其次为生棉花籽 357.2 mg/kg。

参试木本油料威宁短柱茶、连蕊茶、浙江红花油茶、油茶籽、薄壳山核桃及对照组的橄榄油、米糠油检出了 β-香树脂醇和羽扇豆醇,其他对照组和油料中均未检出,其中油茶籽 β-香树脂醇为 1375.95 mg/kg,其次为浙江红花油茶 1099.9 mg/kg、连蕊茶 1006.4 mg/kg 和威宁短柱茶 855.95 mg/kg,远高于米糠油、橄榄油和薄壳山核桃;油茶籽羽扇豆醇含量也最高,为 1156.35 mg/kg,其次为浙江红花油茶 644.49 mg/kg、威宁短柱茶 623.25 mg/kg、连蕊茶 1321.7 mg/kg,同样远高于米糠油、橄榄油和薄壳山核桃。这在山茶属植物中具有独特性。

油料植物甾醇组成及含量差异极大,整体来看参试木本油料植物 β-谷甾醇含量和菜油甾醇含量

表 3 甾醇组成对比

Table 3 Comparison of sterol composition /(mg/kg)

样品类型 Sample type	β-谷甾醇 β-Sitosterol	菜油甾醇 Campesterol	豆甾醇 Stigmasterol	羊毛甾醇 Lanosterol	β-香树脂醇 β-Amyrin	羽扇豆醇 Lupeol	∑甾醇 Total sterols
棉花籽油 Cottonseed oil	4236.20	460.70	78.10	372.30	0	0	5147.30
生棉花籽 *Gossypium hirsutum* seed	4920.80	564.20	113.90	357.20	0	0	5956.10
黄豆油 Soybean oil	1661.40	966.10	613.80	421.30	0	0	3662.60
生葵花籽 *Helianthus annuus* seed	2277.20	391.30	302.10	1165.20	0	0	4135.80
亚麻籽油 Flaxseed oil	1610.10	922.00	321.90	1092.60	0	0	3946.60
生黄豆 *Glycine max* seed	1858.70	969.50	673.80	426.00	0	0	3928.00
生亚麻籽 *Linum usitatissimum* seed	1570.00	1101.20	327.10	1356.10	0	0	4354.40
生玉米籽 *Zea mays* seed	8758.80	2385.30	714.80	6617.70	0	0	18476.60
葵花籽油 Sunflower seed oil	2227.00	328.10	336.80	753.30	0	0	3645.20
玉米油 Corn oil	5400.00	1880.20	562.40	1483.40	0	0	9326.00
生白芝麻 Sesame seed	3579.60	1206.00	432.70	1639.70	0	0	6858.00
生花生 *Arachis hypogaea* seed	1414.60	399.50	231.50	568.40	0	0	2614.00
米糠油 Rice bran oil	9802.60	3878.00	2104.00	3096.50	621.70	199.00	19701.80
芝麻油 Sesame seed oil	3588.70	1181.20	443.20	2192.20	0	0	7405.30
棕榈油 Palm oil	477.90	231.50	148.80	76.70	0	0	934.90
花生油 Peanut oil	1640.50	407.50	269.40	719.90	0	0	3037.30
油菜籽 *Brassica napus* seed	3698.30	2652.00	107.90	596.90	0	0	7055.10
菜籽油 Rapeseed oil	4127.60	3085.50	104.90	657.40	0	0	7975.40
薄壳山核桃 *Carya illinoinensis*	1206.40	95.85	65.05	335.53	34.70	125.28	1862.81
连蕊茶 *Camellia fraterna* seed	503.90	47.80	307.40	1044.40	1006.40	1321.70	4231.60
威宁短柱茶 *Camellia weiningensis* seed	410.75	35.00	195.95	667.10	855.95	623.25	2788.00
橄榄油 Olive oil	1268.90	119.70	91.20	325.70	84.30	99.30	1989.10
油茶籽 *Camellia oleifera* seed	303.89	57.23	262.83	1158.31	1375.95	1156.35	4314.56
浙江红花油茶 *Camellia chekiangoleosa* seed	191.39	33.87	146.91	632.75	1099.90	644.49	2749.31

注:数据为定性测试数据,仅作趋势参考,未标注误差,未进行显著性检验

Note: Data are qualitative for trend reference without error or significance test

低于多种草本油料植物,但β-香树脂醇和羽扇豆醇是木本油料特有的甾醇类型,β-香树脂醇和羽扇豆醇均为4,4,二甲基甾醇,由于其在除米糠油外的草本植物油料中未检出,而在其他木本油料中检出量很低,其在油茶中独树一帜的高含量分布特征为山茶油掺伪检测提供了新思路。

所有样品均检出维生素E成分,但差异较大,生育酚种类较少的,如油茶籽、连蕊茶检出1种维生素E成分(α-生育酚),威宁短柱茶和红花油茶检出2种(α-生育酚、β-生育酚),生育酚种类较多的如生玉米籽、生白芝麻最多检出6种,对照组的芝麻油、米糠油也检出6种维生素E组分。维生素E总含量最大的油料为生黄豆达1518.2 mg/kg,生玉米籽1238.4 mg/kg、生葵花籽1099 mg/kg、生棉花籽1057.2 mg/kg维生素E总量也较高,红花油茶、油茶籽、薄壳山核桃维生素E总量较低,均不足400 mg/kg。除对照组芝麻油外,其余各组均检出α-生育酚,其中含量最高的油料是生葵花籽1010 mg/kg,其次为生棉花籽624 mg/kg、连蕊茶523 mg/kg;

除山茶科的四种油料之外,其他样品均检出β-生育酚,其中含量最高的为生亚麻籽,为188 mg/kg;γ-生育酚含量最高的油料为生黄豆,达849 mg/kg,除薄壳山核桃外,其他参试木本油料检出量均较低或未检出;10组样品未检出δ-生育酚成分,含量最高的油料为生黄豆,达461 mg/kg;油料中,仅生玉米籽检出α-生育三烯酚,但对照组的玉米油、芝麻油、米糠油、棕榈油检出了该成分;仅棕榈油检出β-生育三烯酚;仅8个样品检出γ-生育三烯酚,其中含量最高的油料为生玉米籽,含量为35.2 mg/kg;δ-生育三烯酚仅在对照组芝麻油、米糠油、棕榈油中检

表4 维生素E组成对比

Table 4 Comparison of vitamin E composition **/(mg/kg)**

样品类型 Sample type	α-生育酚 α-tocopherol	β-生育酚 β-tocopherol	γ-生育酚 γ-tocopherol	δ-生育酚 δ-tocopherol	α-生育三烯酚 α-tocotrienol	β-生育三烯酚 β-tocotrienol	γ-生育三烯酚 γ-tocotrienol	δ-生育三烯酚 δ-tocotrienol	总的维生素E Total vitamin E
棉花籽油 Cottonseed oil	879.0	59.1	476.0	17.7	0	0	9.4	0	1441.2
生棉花籽 *Gossypium hirsutum* seed	624.0	24.0	451.0	0	0	0	0	0	1099.0
黄豆油 Soybean oil	144.0	53.5	925.0	521.0	0	0	99.5	0	1743.0
生葵花籽 *Helianthus annuus* seed	1010	26.5	20.7	0	0	0	0	0	1057.2
亚麻籽油 Flaxseed oil	28.6	188.0	377.0	159.0	0	0	0	0	752.6
生黄豆 *Glycine max* seed	170	38.2	849.0	461.0	0	0	0	0	1518.2
生亚麻籽 *Linum usitatissimum* seed	22.7	129.0	351.0	16.8	0	0	0	0	519.5
生玉米籽 *Zea mays* seed	216.0	32.2	799.0	112.0	44.0	0	35.2	0	1238.4
葵花籽油 Sunflower seed oil	958.0	36.2	13.5	0	0	0	0	0	1007.7
玉米油 Corn oil	290	34.5	840	37.3	25.8	0	44.6	0	1272.2
生白芝麻 Sesame seed	94.4	21.7	488.0	18.9	0	0	14.1	0	637.1
生花生 *Arachis hypogaea* seed	211.0	13.7	123.0	13.0	0	0	0	0	360.7
米糠油 Rice bran oil	203.0	17.5	34.8	0	115.0	0	318.0	12.9	701.2
芝麻油 Sesame seed oil	0	19.5	462.0	21.6	36.8	0	13.0	0.8	553.7
棕榈油 Palm oil	250	7.4	0	0	190	24.0	345.0	70.1	886.5
花生油 Peanut oil	304.0	30.2	124.0	18.0	0	0	0	0	476.2
油菜籽 *Brassica napus* seed	366.0	0	432.0	24.5	0	0	0	0	822.5
菜籽油 Rapeseed oil	324.0	82.6	420	25.8	0	0	0	0	852.4
薄壳山核桃 Carya illinoinensis	22.8	3.2	251.3	0.6	0	0	0	0	2778.0
连蕊茶 *Camellia fraterna* seed	523.0	0	0	0	0	0	0	0	523.0
威宁短柱茶 *Camellia weiningensis* seed	323.5	0	4.9	0	0	0	0	0	328.4
橄榄油 Olive oil	360	13.9	18.0	0	0	0	0	0	391.9
油茶籽 *Camellia oleifera* seed	276.5	0	0	0	0	0	0	0	276.5
浙江红花油茶 *Camellia chekiangoleosa* seed	200.2	0	0.4	0	0	0	0	0	200.6

注:数据为定性测试数据,仅作趋势参考,未标注误差,未进行显著性检验

Note: Data are qualitative for trend reference without error or significance test

出,其他油料及成品食用油均未检出。

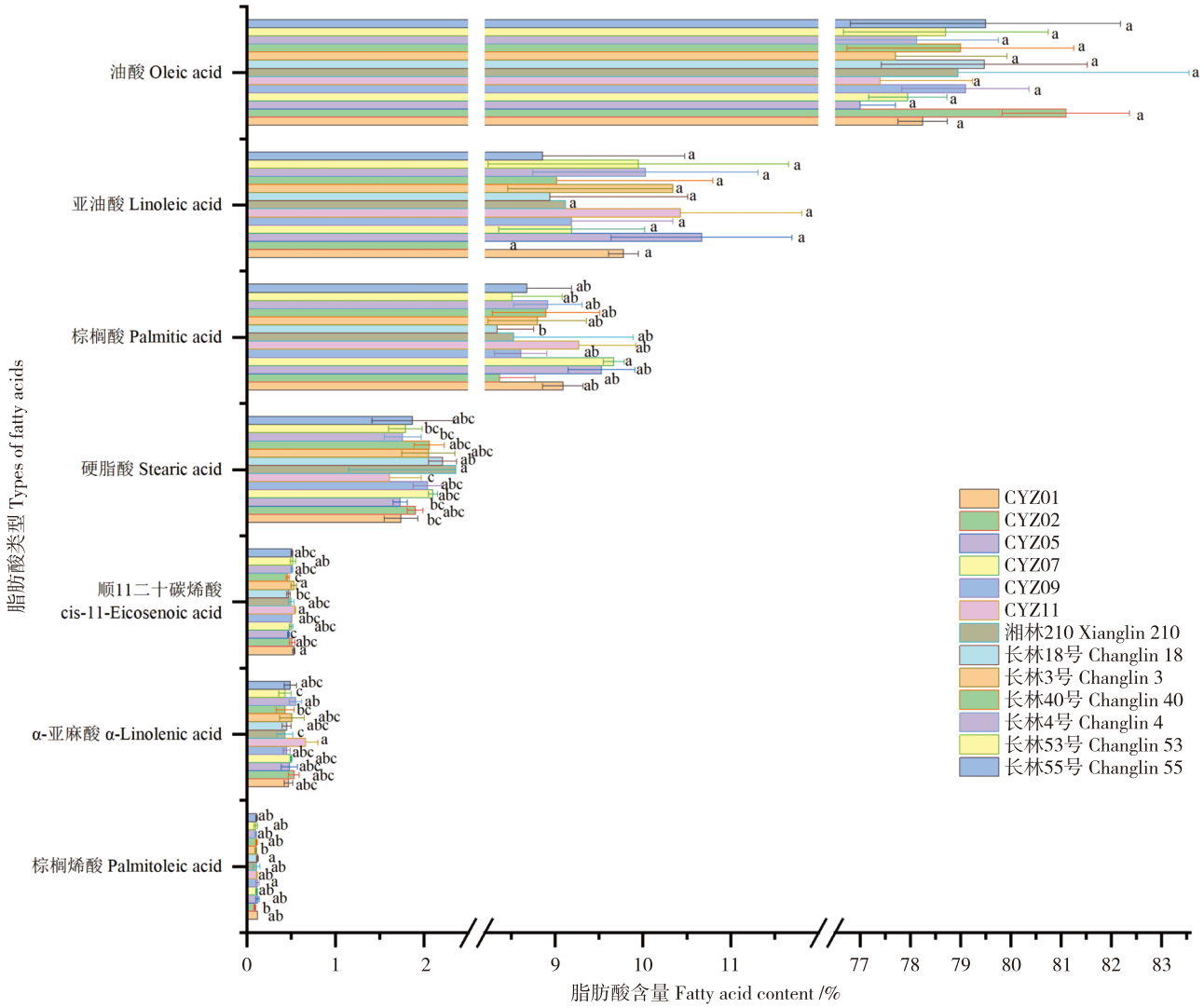
整体上,除连蕊茶外,其他参试木本植物油料维生素E总量和组成与多种草本植物油料各有差别,除棕榈油外木本油料中未检出生育三烯酚,除薄壳山核桃外,其他木本油料维生素E组分主要是α-生育酚,薄壳山核桃则以γ-生育酚为主。

2.3 油茶籽不同品种脂肪酸和油脂伴随物品种差异

不同品种油茶角鲨烯、α-生育酚、总多酚含量未表现出显著差异。油酸和亚油酸含量各品种间未表现出显著差异,如图2,其他组分中,CYZ07棕榈酸含量显著($P<0.05$)高于长林18号,湘林210硬脂酸含量显著($P<0.05$)高于CYZ11、CYZ05、CYZ01、长林4号和长林53号,CYZ02和长林18号棕榈烯酸含量显著($P<0.05$)高于CYZ09和长林3号,CYZ11亚麻酸含量显著($P<0.05$)高于湘林210、长林53号、长林40号,CYZ11、CYZ01、长林3号顺11二十碳烯酸含量显著高于CYZ05、长林18号、长林40号。

不同品种油茶籽甾醇含量存在差异,其中湘林210、CYZ11β-谷甾醇含量显著($P<0.05$)高于CYZ01,CYZ11菜油甾醇含量显著($P<0.05$)高于湘林210,CYZ11和长林53号豆甾醇含量显著($P<0.05$)高于长林18号,长林53号羊毛甾醇含量显著($P<0.05$)高于长林18号,长林53号,β-香树脂醇显著($P<0.05$)高于CYZ01、CYZ05、CYZ02和长林18号,长林53号羽扇豆醇含量显著($P<0.05$)高于CYZ01、CYZ05、CYZ09和长林18号。

结果显示,角鲨烯、α-生育酚、总多酚含量未表



注:不同小写字母表示差异显著($P<0.05$);下同

Note: Different lowercase letters indicate significances at 0.05 level; Same as below

图2 不同品种油茶籽脂肪酸组成对比

Fig. 2 Comparison of fatty acid composition in *Camellia oleifera* seeds of different varieties

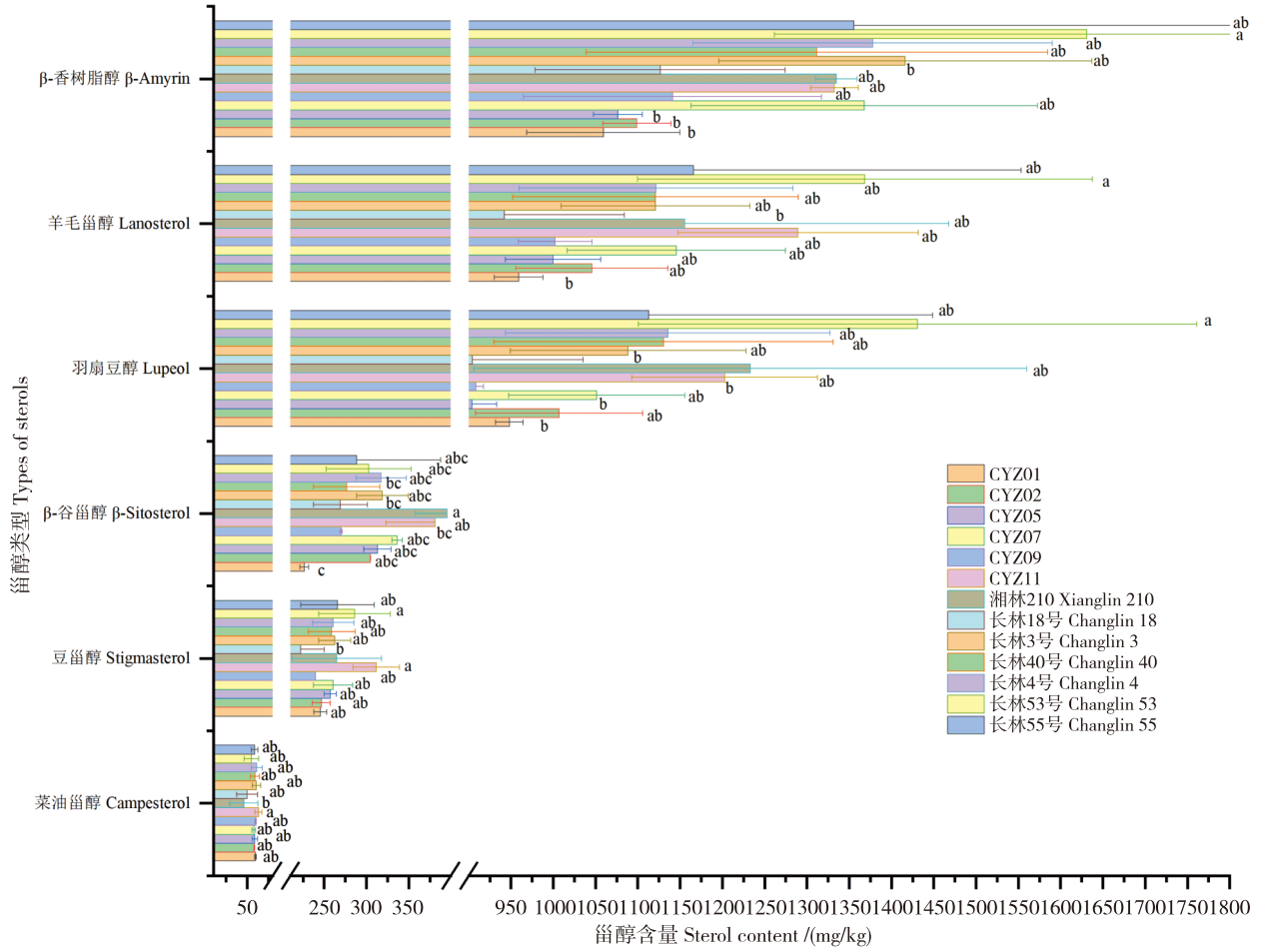


图3 不同品种油茶籽甾醇组成对比

Fig. 3 Comparison of sterol composition in *Camellia oleifera* seeds of different varieties

现出品种间差异,不同品种油茶籽脂肪酸组成种类与比例总体上较为一致,主要组分含量未表现出明显差异,但CYZ11亚麻酸和顺11二十碳烯酸含量存在优势,CYZ01、长林3号顺11二十碳烯酸含量存在优势。虽然总体上不同品种油茶甾醇在组成比例上差异不大,但长林53号的豆甾醇、羊毛甾醇、β-香树脂醇、羽扇豆醇含量均呈现优势,其中后3种为4,4-二甲基甾醇。品种和无性系之间主要伴随物存在差异,有必要进一步围绕品质细化目标性状开展进一步品种筛选和立地、栽培技术探讨。

总的来说不同品种油茶在脂肪酸和油脂活性成分上有差别,但其品种间差异小于与其他植物油料的物种间差异。

3 讨论

研究显示,油茶与油菜、亚麻同属高不饱和脂肪酸类型的油料植物。参试山茶科油料植物单不饱和脂肪酸含量较高,尤以油酸含量较高,美国FDA 2018年声明,油酸含量≥70%的植物油对心血管具有明确健康益处,一方面油酸(ω-9脂肪酸)可显著降低低密度脂蛋白胆固醇(LDL-C)和总胆固醇水平,同时升高高密度脂蛋白胆固醇(HDL-C),从而减少动脉粥样硬化风险[7],同时普通食用油中多不饱和脂肪酸(如亚油酸)占比过高,易导致ω-6/ω-3比例失衡,可能引发慢性炎症[19],高油酸油可将比例优化至理想范围,因此在膳食中增加茶油等摄入比例,有望增加健康效应,规避炎症风险。

掺伪茶油传统鉴别方面做了很多研究,目前方法指标多、程序复杂、难度大[20],分析结果显示,花生酸在山茶科多种油料中均未检出,而在其他参试油料中均有检出,因此可作为鉴别茶油掺伪的排他性参考指标来考虑。

角鲨烯和多酚类物质因其抗衰老等作用被长期关注[21-24],薄壳山核桃和威宁短柱茶分别在这两项指标上存在优势,暗示其有开发功能性食品、化妆品潜力[25]。β-香树脂醇和羽扇豆醇在草本油料原料中未检出或个别低含量,表明其是参试木本油料特有的甾醇类型,可作为不同类型植物区分的重

要参考指标,β-香树脂醇具有抗炎、抗菌活性[26,27],羽扇豆醇具有抗氧化、抗炎和促进皮肤愈合功能[28,29],研究和应用油茶等油料可弥补部分油料在这两种甾醇上的缺陷,完善食用油的保健功效,进一步针对性开发产品。

研究发现参试木本油料维生素E总量低于草本油料,除薄壳山核桃外的其他木本油料维生素E组分主要是α-生育酚,而薄壳山核桃则以γ-生育酚为主,这表明在不同植物体内维生素E合成条件差别较大,除棕榈油外参试木本油料中均无生育三烯酚分布,这印证了一些研究认为生育三烯酚在植物中的分布并不广泛的观点[30]。

研究发现CYZ11、长林3号等油茶品种在亚麻酸和顺11二十碳烯酸含量存在优势,长林53号的羊毛甾醇、β-香树脂醇、羽扇豆醇含量呈现优势,表明其在4,4-二甲基甾醇类型甾醇上存在较大开发潜力,长林3号、长林53号品种均为适应性较好的良种[31],研究结果进一步确认了其优良性状,CYZ11等为近年选育的油茶无性系,其特异性表现为后续良种选育提供了评价依据。

4 结论

研究表明,油茶、浙江红花油茶、威宁短柱茶、连蕊茶和薄壳山核桃等木本油料是具有高油酸特性的食用油脂,建议研究居民膳食中适当增加茶油等油料摄入比例的健康效益。山茶科油料中未检出花生酸,建议将花生酸作为茶油掺伪检验的参考指标。

不同油料植物油脂伴随物成分含量差异较大,威宁短柱茶与薄壳山核桃在角鲨烯和多酚类物质含量存在优势;β-香树脂醇和羽扇豆醇两种甾醇是木本油料中特别是油茶物种中特有成分(米糠油除外)。

茶油脂肪酸组成种类与比例、角鲨烯、α-生育酚、总多酚含量没有明显的品种间差异,但新选育的无性系CYZ11、CYZ01和主推品种长林3号、长林53号在亚麻酸,顺11二十碳烯酸和甾醇含量上表现出优势。

本研究结果为木本油料研究和产业化应用提供参考。因取样中木本油料种类以油茶为主,尚未涉及更多种类的木本油料物种包括山茶属许多油用物种,尚需要进一步进行研究和探讨。

参考文献:

[1] 陈静茹,赵瑾凯,王晨,等.食用油营养研究进展与健康声称管理现状[J].食品工业科技,2022,43(12):1-9.

[2] 闫素云,张碧蓉,段敏仙,等.常见食用植物油营养成分与健康功效的研究进展[J].农产品加工,2024,(06):97-102.

[3] 秦光远,于思凡,张洋,等.我国发展木本油料产业的潜力、挑战及建议[J].林产工业,2024,61(8):82-87.

[4] 张怡芳.气相色谱法测定食品中脂肪酸组成及其对食品质量的影响[J].现代食品,2025,(8):170-172.

[5] 金青哲,金俊,赵晨伟,等.我国植物油料油脂加工技术新进展[J].中国油脂,2024,49(6):1-5.

[6] 祝振杰,陈小军,高艳昌,等.米糠油加工过程中组成及品质变化的研究[J].中国油脂,2024,49(8):27-35.

[7] 金青哲,王月,方靖凯,等.油酸和高油酸油脂对人体健康的影响研究进展[J].粮食与油脂,2023,36(3):1-3+8.

[8] 刘洪越,齐艳利,马姣,等.亚麻酸微生物合成研究进展[J].河南工业大学学报(自然科学版),2024,45(4):143-152.

[9] 王小龙,艾鑫,郭杰,等.α-亚麻酸对小鼠创伤性脑损伤后急性炎症及神经功能的影响[J].中国神经精神疾病杂志,2018,44(5):294-298.

[10] 杨海余,龚文芳,崔坤鹏,等.油茶籽油品质性状研究进展[J].中国粮油学报,2024,39(8):210-223.

[11] 张东,段晓亮,王少甲,等.烘烤对亚麻籽油理化品质、化学组成和抗氧化活性的影响[J].中国食品学报,2023,23(12):105-113.

[12] 兰念念,刘睿杰,常明,等.油茶籽油的抗炎活性研究[J].中国油脂,2018,43(8):84-88.

[13] 林欣,詹淼,周湘人,等.油茶籽多酚提取物生物活性的研究[J].中国粮油学报,2023,38(1):108-115.

[14] 张文文,向施,陈慧,等.β-谷甾醇对肿瘤的防治作用及其机制研究进展[J].医药导报,2024,43(5):757-761.

[15] 李靖,刘文昌,李付强,等.维生素E的生理功能及其在反刍动物生产中应用的研究进展[J].动物营养学报,2024,36(12):7573-7580.

[16] Xu C C, Zuo Z Y, Liu K, et al. Transcriptome analysis of the Tan sheep testes: Differential expression of antioxidant enzyme-related genes and proteins in response to dietary vitamin E supplementation[J]. Gene, 2016, 579(1): 47-51. DOI:10.1016/j.gene.2015.12.045.

[17] 朱吉风,王伟荣,雷蕾,等.高油酸黄籽油菜新品种沪油7201选育[J/OL].分子植物育种,1-9[2026-01-30]. https://link.cnki.net/urlid/46.1068.S.20231206.1103.008.

[18] 毛玲莉.高油酸花生新品种漓油312[J].中国种业,2025,(8):184-186.

[19] 杜舒梦,李蕊,杨巍,等.ω3和ω6型多不饱和脂肪酸及其摄入比例对结肠黏膜屏障功能影响的研究进展[J].中国油脂,2024,49(11):66-71.
[20] 钟晴议,袁孟韬,李开开,等.X射线荧光光谱结合红外光谱对茶油三元体系掺伪的研究[J].中国粮油学报,2025,40(5):197-203.
[21] 周应卿,刘雨宣,叶枝旺,等.角鲨烯的开发及其在动物生产中的应用[J].中国畜牧兽医,2024,51(3):1077-1085.
[22] 高阳,张国慧,周应卿,等.角鲨烯对1~21日龄白羽肉鸡生长性能、抗氧化能力和免疫功能的影响[J].安徽农业大学学报,2022,49(6):935-938.
[23] 李甲伟,李袁飞,阳治康,等.植物多酚在仔猪生长和肠道健康中的作用及应用研究进展[J].中国畜牧杂志,2025,61(5):68-75.
[24] 赵盈,於天,郑志刚,等.多酚在植物中的分布及其生物活性研究进展[J].中草药,2023,54(17):5825-5832.
[25] 张文杰,付雪瑶,李泽桦,等.化妆品原料油茶籽油中角鲨烯的含量测定及保湿功效评价[J].中国野生植物资源,2025,44(4):27-33.
[26] 郭强强,林凯,赵淑娟,等.β-香树脂醇标准物质研制[J/OL].中国油脂,1-11[2025-08-05].
[27] 胡艳,廖应镇,陈奇聪,等.绞股蓝β-香树脂醇合酶基因的克隆和序列分析[J].基因组学与应用生物学,2019,38(7):3273-3279.
[28] 鲁慧东,李艳梅.羽扇豆醇调节PI3K/AKT/NF-κB信号通路对溃疡性结肠炎大鼠Th17/Treg免疫平衡的影响[J].中国免疫学杂志,2025,41(5):1060-1065.
[29] Huang S, Mo C, Zeng T, et al. Lupeol ameliorates LPS/D-GalN induced acute hepatic damage by suppressing inflammation and oxidative stress through TGFβ1-Nrf2 signal pathway[J]. Aging, 2021, 13(5): 6592-6605. DOI:10.18632/aging.202409.
[30] 邢旭光,王永芹,陈德富,等.生育三烯酚的生理功能及合成代谢调控[J].生物技术通讯,2009,20(5):719-722.
[31] 杨雨晨,舒常庆,姚小华,等.北部产区长林系列油茶良种果实品质研究[J].中国油料作物学报,2022,44(3):562-569.

(责任编辑:郭学兰)