

汉中地区 6 个本地油茶品种茶籽油的品质分析与综合评价

曾海涛,徐 皓*,郑 涛*,白 桥,刘林秀

(陕西理工大学 生物科学与工程学院,陕西省资源生物重点实验室,秦巴生物资源与生态环境省部共建国家重点实验室(培育),
陕南秦巴山区生物资源综合开发协同创新中心,陕西 汉中 723001)

摘 要:以汉中地区本地 6 个油茶品种为材料,通过测定油茶籽表型性状、脂肪酸成分及理化性指标,采用隶属函数法对 6 个油茶品种品质进行综合评价。结果表明,不同品种油茶表型性状变异系数为 6.02%~31.19%,表型变异丰富;油酸是主要的饱和脂肪酸,平均含量在 85%以上,17 号油茶籽油的亚油酸含量最高,为 6.50%;油酸的变异系数最小(1.29%),稳定性最高,棕榈酸的变异系数最大(12.72%),最不稳定;油酸与亚油酸之间呈现显著负相关关系($-0.816, P<0.05$);17 号油茶籽油的酸价、碘值、过氧化值最低,油茶籽油新鲜且稳定最强;6 个油茶品种茶籽油的品质排序为 17 号>4 号>5 号>27 号>30 号>3 号。该研究结果为汉中地区油茶优良品种选育和推广种植提供了重要依据。

关键词:汉中地区;油茶;脂肪酸组分;理化特征;品质评价

中图分类号:S794.4

文献标志码:A

文章编号:1001-7461(2023)05-0147-06

Quality Analysis and Comprehensive Evaluation of 6 Local *Camellia oleifera* Varieties in Hanzhong Area

ZENG Hai-tao, XU Hao*, ZHENG Tao*, BAI Qiao, LIU Lin-xiu

(College of Biology Science and Engineering, Shaanxi University of Technology/Shaanxi Province Key Laboratory of Bio-resources/Qinba
State Key Laboratory of Biological Resources and Ecological Environment (Incubation)/Qinba Mountain Area Collaborative Innovation
Center of Bioresources Comprehensive Development, Hanzhong 723001, Shaanxi, China)

Abstract: In the present study, 6 local *Camellia oleifera* varieties in Hanzhong area were used as materials to determine the phenotypic traits, fatty acid composition and physicochemical indexes of the fruit and seeds, and the quality of the variety was comprehensively evaluated by membership function method. The results demonstrated that the phenotypic variation of different varieties of *C. oleifera* was abundant, with the coefficient of variation ranged from 6.02% to 31.19%. Oleic acid was the main unsaturated fatty acid, with an average content of more than 85%. The linoleic acid content in No. 17 *C. oleifera* seed oil was the highest, with the content of 6.50%. The coefficient of variation of oleic acid was the smallest (1.29%) and the stability was the highest. The coefficient of variation of palmitic acid was the largest (12.72%) and the most unstable. A significant negative correlation was observed between oleic acid and linoleic acid ($-0.816, P<0.05$). The No. 17 seed oil was fresh and stable with the lowest acid value, iodine value and peroxide value. The quality of *C. oleifera* seed oil from high to low was ranked as No. 17, 4, 5, 27, 30, 3. The results of this study provides an important basis for the breeding and promotion of excellent varieties

收稿日期:2023-03-22 修回日期:2023-04-17

基金项目:秦巴生物资源与生态环境重点实验室(培育)“市校共建”科研专项(第二批)产业化项目(SXC-2309);陕西省科技厅农业科技创新与攻关项目(2016NY-007)。

第一作者:曾海涛,博士。研究方向:植物分子生物学。E-mail:zenghaitao@snut.edu.cn

* 通信作者:郑 涛,博士。研究方向:植物分子生物学与环境生物学。E-mail:zhengyhy@163.com

徐 皓,硕士,教授。研究方向:植物资源开发利用研究工作。E-mail:xh2003@126.com

of *C. oleifera* in Hanzhong area.

Key words: Hanzhong area; *Camellia oleifera* seed oil; fatty acid component; physical and chemical characteristics; quality evaluation

油茶(*Camellia oleifera*),属于山茶科(Theaceae)山茶属(*Camellia*)植物,为常绿小乔木或灌木,是我国特有的木本食用油料树种,与乌桕、油桐和核桃并称为“我国四大木本油料植物”^[1]。油茶适应性强,耐贫瘠、耐干旱,可以持续产出 80 余年,是名副其实的“铁杆庄稼”^[2-3]。

油茶籽含油率高、品质优良,富含人体易于吸收的油酸和亚油酸,不含芥酸和花生酸^[4],同时油茶籽油富含酚类、黄酮生育酚、角鲨烯、花生四烯酸等重要的抗氧化活性成分^[5],具有预防和治疗高血压、心血管疾病等功效^[6-8],油茶籽油已经成为联合国粮农组织重点推广的健康型高级食用油。此外,油茶籽油制成的化妆品天然温和,亲肤性好^[9],在食用油、医药产品和化工行业具有良好的发展前景。鉴于油茶籽油中不饱和脂肪酸含量过高,易被氧化,亟需对油茶籽油的酸价、碘值和过氧化值等生理指标进行测定,掌握油茶籽油的理化性质。

陕西汉中地区是我国油茶适生分布区的最北缘,在全国油茶发展战略中具有非常重要的地位。近年来为改善和优化汉中地区油茶的种植现状,陆续引进长林系列油茶品种,但在生产推广中产生诸多问题,如生产能力退化严重、低产林占比较高、结果后产量低、品质差等。目前,汉中地区适生优良油茶品种非常缺乏,仅有本地选育的优良品种“汉油 7 号”和“汉油 10 号”。因此,遵循适地适树原则,筛选出产量高且品质优良的油茶品种,在汉中地区油茶战略发展体系中具有非常重要的意义。目前已有较多对油茶籽油品质的分析报道,刘莉等^[10]对 4 个“长林”系列油茶品种在四川雅安引种进行了评价;徐梦媛等^[11]等利用超临界萃取方法将浙江红花油茶与普通油茶对比,发现浙江红花油茶油品质高于普通油茶;陈中海^[12]比较了不同加工方式对籽油品质的影响,在此基础上进行优良品种的筛选。因此,综合评价汉中地区油茶品种含油率及品质,对于汉中地区油茶良种选育和种质资源开发利用具有重大的意义。

本研究以汉中地区 6 个本地油茶品种为对象,对油茶籽结实量、种仁含水率、干仁含油率、脂肪酸组成及酸价、碘值、过氧化值等 11 个指标进行测定分析,旨在对其品质作出更为全面的评价,同时进一步确定油茶良种选育中的主要品质和性状指标,为汉中地区油茶良种选育提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

以汉中地区本地油茶 3、4、5、17、27 号和 30 号作为研究对象,2022 年 9 月 20 日,在陕西省油茶种质资源圃采集油茶成熟果,每个品种随机选取长势良好的样树各 6 株,采摘 40 个大小均一、无明显病虫害、无机械损伤的果实,树龄 44 a,生长状况良好。采摘后立即测量油茶果实表型性状的相关指标,测量后置于自封袋中,储存于 4 ℃ 的冰箱中备用。

1.2 试验方法

1.2.1 油茶果实基本形态指标测定 用游标卡尺测量油茶果实横径、纵径,精确到 0.01 mm,果形指数=果实纵径/果实横径。

鲜果质量(g):随机选取同一批次采摘的油茶果各 40 个,精确称取其质量,并求其平均值;

鲜果产量(kg·株⁻¹)=结果数×单果质量/株数

鲜仁质量(g):剥去油茶籽粒的种皮,随机选取 40 个种仁进行称质量,求平均值;

干仁质量(g):在 105±2 ℃ 条件下,将鲜仁烘干至恒重,然后称质量,求平均值。

1.2.2 种仁含水率及干仁含油率的测定 种仁含水率的测定采用烘干法测定含水率,种仁含水率=(鲜仁重-干仁重)/鲜仁重×100%;

干仁含油率的测定参照姚小华等^[13]的方法,剥去油茶果皮及种皮,将种仁分别置于干净的培养皿中,105 ℃±2 ℃ 烘干 8 h,取出自然冷却至室温,用中药材粉碎机粉碎备用;将滤纸裁剪至合适大小,折成滤纸包,105 ℃±2 ℃ 烘干 2 h,称重并记为 M_a ;将粉碎后的种仁放入烘干后的滤纸包中,于 105 ℃±2 ℃ 干燥 4 h,取出称重并记为 M_b ;将滤纸包置于索氏提取器中,加入石油醚,使其完全没过滤纸包,浸泡 6 h;索氏提取器抽提 6 h,提取温度设置为 60 ℃,提取完全时提取管中的石油醚液呈澄清透明;取出提取过的滤纸包,105 ℃±2 ℃ 烘干 4 h,称重并记录为 M_c ,回收石油醚。

干仁含油率=(M_b-M_c)/(M_b-M_a)×100%

(1)

1.2.3 茶籽油脂脂肪酸组成成分测定 参照周莉君等^[14]的方法进行部分改良后制备气相所需样品,在旋转蒸发器上将混有油脂的石油醚进行分离,取分离出来的油脂进行下一步试验,石油醚回收利用;取

400 μL 分离后的油样于 20 mL 试管中,加入 1 mL 正己烷与 1 mL 0.4 mol \cdot L⁻¹ 的 KOH-CH₃OH 溶液混合,振荡 1 min 后再向试管中加入 5 mL 水,继续振荡试管 1 min;将上述的混合液转入离心管中,4 000 r \cdot min⁻¹ 下离心 5 min,取 200 μL 上清液加入 1.8 mL 正己烷中混匀,所得溶液即可上机检测。

设定气相的条件为:岛津 2010 plus 气相色谱仪检测,检测器温度 250 $^{\circ}\text{C}$,进样口温度 250 $^{\circ}\text{C}$,氮气流速 1.6 mL \cdot min⁻¹,氢气流速 40 mL \cdot min⁻¹,进样量 1 μL ,分流比 40 : 1,色谱柱:DB-WAX(30 m \times 0.25 $\mu\text{m}\times$ 0.25 μm)。程序性升温条件:初始 150 $^{\circ}\text{C}$,0 min,以 10 $^{\circ}\text{C} \cdot \text{min}^{-1}$ 逐渐升温到 170 $^{\circ}\text{C}$,保留 0 min,以 1 $^{\circ}\text{C} \cdot \text{min}^{-1}$ 逐渐升温到 178 $^{\circ}\text{C}$,保留 17 min。

1.2.4 酸价测定 酸价的测定方法参照国标 GB 5009.229-2016 中的冷溶剂指示剂滴定法^[15],计算公式如下。

$$X_{\text{AV}}(\text{酸价})(\text{mg} \cdot \text{g}^{-1})=(V-V_0) \times C \times 5.61 / m$$

(2)

式中: V 为滴定消耗标准液体积, V_0 为对照的体积, C 为标准滴定液的摩尔浓度,5.61 为氢氧化钾的摩尔质量。

1.2.5 碘值的测定 碘值的测定方法参照国标 GB/T 5532-2008^[16],计算公式如下。

$$W_1(\text{碘值})(\text{g} \cdot 100 \text{ g}^{-1})=(V_1-V_2) \times C \times 12.69 / m$$

(3)

式中: C 标准滴定液的摩尔浓度(mol \cdot L⁻¹);12.69 为氢氧化钾的摩尔质(mol \cdot L⁻¹), m 为油脂样品的质量(g),记录消耗滴定液的体积 V_1 ,空白体积记为 V_2 。

1.2.6 过氧化值的测定 过氧化值的测定参照国标 GB 5009.227-2016^[17],计算公式如下。

$$X_1(\text{过氧化值})(\text{g} \cdot 100 \text{ g}^{-1})=(V-V_0) \times C \times 0.1269 / m \times 100$$

(4)

式中:0.126 9 为与 1.00 mL Na₂S₂O₃ 标准滴定液相当的碘的质量;所消耗标准滴定液的体积为 V ,空白体积记为 V_0 ,100 为换算系数。

1.3 数据处理

利用 Excel 2010 对油茶籽果实的表型指标、干仁含油率、脂肪酸组成及酸价、碘值、过氧化值的数据统计分析,采用 SPSS24.0 和 Origin Pro 2022 分析 6 个油茶品种含油率及相关品质指标,采用隶属函数法综合评价 6 个油茶品种茶籽油的品质。

2 结果与分析

2.1 不同油茶品种表型性状分析

不同油茶品种油茶籽的表型性状分析结果见表 1,6 个油茶品种的平均鲜果产量为 16.87 kg \cdot 株⁻¹。17 号油茶的鲜果质量、鲜果产量、鲜仁质量及干仁质量显著高于其他品种($P<0.05$),表明 17 号油茶的丰产性最强,5、27、30 号油茶籽的鲜果产量在 16 kg \cdot 株⁻¹ 以上,鲜果质量均在 24.00 g 以上,鲜仁质量 4.20 g 以上,丰产性次之;3 号油茶籽的鲜果质量、鲜仁质量及干仁质量均小于其余品种,丰产性最低。17 号油茶籽的种仁含水率最低,为 0.31% \pm 0.01%;30 号油茶籽的种仁含水率最高,为 0.70% \pm 0.04%。17 号油茶籽的果实直径最大,3 号油茶籽的果实直径最小。6 个品种油茶果实的果形指数为 0.93~1.14,6 个品种果实形态基本呈球形。油茶籽的 6 个表型指标的变异系数在 6.02%~31.19%,整体平均变异系数为 20.03%,表明不同油茶品种油茶籽的表型性状的变异范围较大。果形指数的变异幅度最小,为 6.02%,油茶籽的鲜果质量、鲜仁质量、干仁质量、种仁含水率的变异系数均在 20% 以上,分别为 31.19%、31.17%、24.17%、23.13%。不同品种油茶籽表型变异丰富,果形指数在不同品种表现相对稳定,油茶籽的营养器官的变异系数较大,说明油茶籽的营养器官受不同品种的影响较大。

表 1 油茶表型性状统计分析

Table 1 Statistical analysis of phenotypic traits of *Camellia oleifera*

| 编号 | 种仁含水率 (%) | 鲜果质量/g | 鲜果产量/(kg \cdot 株 ⁻¹) | 鲜仁质量/g | 干仁质量/g | 果横径/mm | 果纵径/mm | 果形指数 |
|---------|------------------------------|-------------------------------|------------------------------------|------------------------------|------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|
| 3 号 | 0.52 \pm 0.02 ^e | 10.42 \pm 0.63 ^d | 15.44 \pm 1.31 ^d | 1.93 \pm 0.12 ^d | 0.94 \pm 0.09 ^e | 27.37 \pm 0.37 ^e | 29.03 \pm 1.45 ^e | 1.06 \pm 0.03 ^{ab} |
| 4 号 | 0.55 \pm 0.03 ^c | 19.06 \pm 0.28 ^c | 16.06 \pm 0.27 ^{cd} | 4.41 \pm 0.16 ^c | 1.96 \pm 0.08 ^b | 32.66 \pm 0.96 ^d | 31.96 \pm 0.92 ^d | 0.98 \pm 0.04 ^{bc} |
| 5 号 | 0.53 \pm 0.03 ^d | 24.48 \pm 0.56 ^b | 16.16 \pm 0.49 ^{cd} | 4.28 \pm 0.77 ^c | 2.02 \pm 0.37 ^b | 36.38 \pm 3.01 ^c | 40.09 \pm 1.66 ^b | 1.11 \pm 0.05 ^a |
| 17 号 | 0.31 \pm 0.01 ^f | 33.18 \pm 0.46 ^a | 18.94 \pm 0.21 ^a | 5.17 \pm 0.13 ^a | 2.49 \pm 0.11 ^a | 41.49 \pm 0.54 ^a | 47.39 \pm 0.55 ^a | 1.14 \pm 0.04 ^c |
| 27 号 | 0.67 \pm 0.06 ^b | 26.13 \pm 1.92 ^b | 17.78 \pm 0.98 ^b | 4.74 \pm 0.72 ^b | 1.56 \pm 0.09 ^c | 35.99 \pm 0.93 ^b | 35.92 \pm 1.37 ^c | 1.00 \pm 0.01 ^b |
| 30 号 | 0.70 \pm 0.04 ^a | 25.77 \pm 0.40 ^b | 16.81 \pm 0.48 ^{bc} | 4.30 \pm 0.14 ^c | 1.29 \pm 0.04 ^d | 35.91 \pm 0.10 ^b | 38.61 \pm 0.35 ^{bc} | 1.08 \pm 0.01 ^{ab} |
| 均值 | 0.55 | 19.84 | 16.87 | 3.64 | 1.54 | 33.03 | 33.83 | 1.03 |
| 变异系数(%) | 23.13 | 31.19 | 6.98 | 31.17 | 24.17 | 10.57 | 13.98 | 6.02 |

注:数据为平均值 \pm 标准差。同列不同字母表示差异显著($P<0.05$)。下同。

2.2 油茶籽油理化性质分析

油茶籽的干仁含油率、不饱和脂肪酸含量、酸价、碘值、过氧化值等理化相关指标的分析测定结果见表2。可以看出,17号油茶籽的干仁含油率最高(53.83%),30号油茶籽的干仁含油率最低(42.61%);30号油茶籽的不饱和脂肪酸含量最低,为85.54%,3号油茶籽的不饱和脂肪酸含量最高,达90.27%,且其干仁含油率较高。不同品种的油茶籽油酸价不同,5、30号油茶籽油酸价与3、4、17、27号存在显著性差异($P<0.05$),其中30号油茶籽的酸价最高,为 $0.44\text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$,3、4、17、27号油茶籽的酸价最低,为 $0.29\text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ 。过氧化值最高为3号, $0.0693\text{ g}\cdot100\text{ g}^{-1}$,最低为17号, $0.0336\text{ g}\cdot100\text{ g}^{-1}$,6个不同品种的油茶籽油过氧化值差

异极显著($P<0.05$);造成过氧化值差异的原因可能是因为储运条件、光照、温度等条件的影响。6个不同品种的油茶籽油的碘值之间不存在显著性差异,油茶籽油的碘值 $91.10\text{ g}\cdot100\text{ g}^{-1}$ 左右。

通常而言,植物油评价的标准为酸价、碘值和过氧化值,若油品质比较优良时,酸价变化与油的变化呈现负相关,与碘值的变化呈现正相关,与过氧化值的变化呈现负相关,酸价和过氧化值规律一致,碘值与它们二者呈现负相关^[18]。以上试验结果与该理论基本一致。

从不同品种的油茶籽油理化指标来看,17号油茶籽油的干仁含油率最高,且酸价和过氧化值最低,油脂最新鲜且稳定性最好。

表2 油茶籽油理化指标及差异性分析

Table 2 Physicochemical indexes and difference analysis of *C. oleifera* seed oil

| 编号 | 干仁含油率 (%) | 不饱和脂肪酸 含量(%) | 酸价/ ($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$) | 过氧化值/ ($\text{g}\cdot100\text{ g}^{-1}$) | 碘值/ ($\text{g}\cdot100\text{ g}^{-1}$) |
|---------|------------------|------------------|--|---|---|
| 3号 | 47.12 ± 0.44^c | 90.27 ± 0.85^a | 0.32 ± 0.09^b | 0.0693 ± 0.0006^a | 90.01 ± 2.56^a |
| 4号 | 50.68 ± 1.09^b | 87.09 ± 0.79^b | 0.29 ± 0.05^b | 0.0573 ± 0.0002^c | 92.44 ± 2.64^a |
| 5号 | 48.05 ± 0.58^c | 88.00 ± 0.10^b | 0.43 ± 0.06^a | 0.0365 ± 0.0001^e | 91.46 ± 1.32^a |
| 17号 | 53.83 ± 0.72^a | 87.82 ± 0.12^b | 0.29 ± 0.00^b | 0.0336 ± 0.0001^f | 89.82 ± 2.72^a |
| 27号 | 44.96 ± 0.73^d | 89.61 ± 0.14^a | 0.29 ± 0.01^b | 0.0413 ± 0.0001^d | 92.44 ± 2.64^a |
| 30号 | 42.61 ± 1.28^e | 85.54 ± 0.26^c | 0.44 ± 0.08^a | 0.0664 ± 0.0001^b | 90.42 ± 1.00^a |
| 均值 | 47.87 | 88.06 | 0.34 | 0.0507 | 91.10 |
| 变异系数(%) | 7.63 | 1.77 | 19.04 | 28.11 | 11.87 |

2.3 不同油茶品种油茶籽油脂脂肪酸成分分析

2.3.1 油茶籽油主要脂肪酸的稳定性分析 经GC-MS分析测定,6个品种茶籽油中4种主要脂肪酸成分的相对含量见表3,可以看出,油茶籽中主要成分是油酸,含量均在80%以上,其中3号油茶籽中油酸的含量最高,达84.09%,油酸的变异系数为1.29%,是最稳定的一种脂肪酸;油茶籽油中油酸含量高,且相对稳定,是油茶籽油品质的保证。多不饱和脂肪酸中的亚油酸是通过膳食补充的必须脂肪酸,亚油酸的平均含量为5.94%。3、17号和27号油茶籽中亚油酸的含量较高,在6%以上,17号油茶

含量最高,变异系数是7.71%,相对含量不稳定。棕榈酸是油茶籽油中饱和脂肪酸的主要脂肪酸,平均含量为9.17%,5号和30号的含量在10%以上,3号油茶籽中棕榈酸含量最低,为7.13%;变异系数是12.72%,是油茶籽油中含量最不稳定的脂肪酸。硬脂酸在油茶籽油中含量较少,平均含量1.93%,17号油茶籽中硬脂酸的含量最高为2.37%,4号油茶籽中棕榈酸含量最低,为1.66%;变异系数为11.48%,含量相对不稳定。6个不同油茶品种油茶籽中油酸,亚油酸,棕榈酸、硬脂酸成分差异显著,可能与遗传因素以及不同品种果实的成熟期差异有关。

表3 油茶籽油脂脂肪酸组成成分

Table 3 Fatty acid composition of *C. oleifera* seed oil

(%)

| 编号 | 棕榈酸(C18:0) | 硬脂酸(C18:0) | 油酸(C18:1) | 亚油酸(C18:2) |
|------|------------------|-----------------|---------------------|-----------------|
| 3号 | 7.13 ± 0.07^f | 1.75 ± 0.01^d | 84.09 ± 0.79^a | 6.17 ± 0.05^b |
| 4号 | 9.75 ± 0.01^c | 1.66 ± 0.02^e | 81.17 ± 0.73^c | 5.92 ± 0.05^c |
| 5号 | 10.37 ± 0.10^a | 1.95 ± 0.02^b | 82.98 ± 0.09^{ab} | 5.02 ± 0.01^d |
| 17号 | 9.44 ± 0.02^d | 2.37 ± 0.05^a | 81.31 ± 0.10^c | 6.50 ± 0.02^a |
| 27号 | 8.14 ± 0.01^e | 1.90 ± 0.01^c | 83.46 ± 0.13^{ab} | 6.14 ± 0.01^b |
| 30号 | 10.20 ± 0.13^b | 1.92 ± 0.03^c | 82.65 ± 0.25^b | 5.89 ± 0.01^c |
| 均值 | 9.17 | 1.93 | 82.61 | 5.94 |
| 变异系数 | 12.72 | 11.48 | 1.29 | 7.71 |

综合来看,3 号油茶籽油的油酸含量最高,17 号油茶籽油多不饱和脂肪酸含量最高。综合从脂肪酸含量的角度考虑,3 号油茶籽油和 17 号油茶籽油营养较为丰富。

2.3.2 油茶籽油主要脂肪酸成分的相关性分析
由表 4 可见,6 个不同油茶品种油茶籽油中 4 种主要脂肪酸成分之间存在不同程度的相关性,其中油酸和亚油酸呈显著性负相关($-0.816, P<0.05$)。这与油茶的生长习性有关,在油茶籽发育前期,亚油酸在油茶籽油脂脂肪酸的合成中占据主导地位,随着油茶籽的成熟,亚油酸不断向油酸转化。在油茶籽油理化性质的分析中表明,油茶籽油不饱和脂肪酸的变异系数小,含量相对稳定;而油茶籽油中不饱和脂肪酸主要由油酸和亚油酸组成,且二者相关性显著,表明油酸和亚油酸在油茶籽油脂脂肪酸形成的过程中存在平衡与转化的关系。

2.4 6 个油茶品种品质的综合评价

油茶籽的鲜果产量、种仁含水率、干仁含油率反映油茶的丰产性能,脂肪酸组分及茶籽油理化性质指标反映油茶籽油的品质。将 6 个油茶品种鲜果产量、种仁含水率与油品质相关指标标准化,根据隶属函数模型,计算不同油茶品种的相应综合得分并进行排序;其中综合得分越高,表明油茶的品质越高

表 5 6 个油茶品种品质综合评价
Table 5 Comprehensive evaluation of 6 *C. oleifera* quality

| 编号 | 鲜果产量 | 含水率 | 含油率 | 棕榈酸 | 硬脂酸 | 油酸 | 亚油酸 | 酸价 | 过氧化值 | 碘值 | 综合得分 | 排名 |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----|
| 3 号 | 0.000 | 0.462 | 0.402 | 0.000 | 0.119 | 1.000 | 0.000 | 0.769 | 0.000 | 0.073 | 0.285 | 6 |
| 4 号 | 0.175 | 0.385 | 0.720 | 0.807 | 0.000 | 0.000 | 0.778 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 0.591 | 2 |
| 5 号 | 0.205 | 0.436 | 0.485 | 1.000 | 0.414 | 0.620 | 0.757 | 0.066 | 0.920 | 0.626 | 0.556 | 3 |
| 17 号 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 0.712 | 1.000 | 0.049 | 1.000 | 1.000 | 0.338 | 0.000 | 0.707 | 1 |
| 27 号 | 0.666 | 0.077 | 0.209 | 0.310 | 0.333 | 0.785 | 0.591 | 1.000 | 0.784 | 1.000 | 0.574 | 4 |
| 30 号 | 0.390 | 0.000 | 0.000 | 0.946 | 0.367 | 0.505 | 0.607 | 0.000 | 0.083 | 0.229 | 0.312 | 5 |

6 个品种油茶籽油中主要的脂肪酸成分是油酸、亚油酸、棕榈酸、硬脂酸,这与朱杰丽等^[19]、朱勇等^[20]、王开良等^[21]的研究规律一致,且 6 个品种油茶的脂肪酸含量差异显著。不同品种油茶籽油的脂肪酸相对含量有显著差异,但不饱和脂肪酸含量变化较小。6 个品种油茶的不饱和脂肪酸含量均较高,分别为 90.27%(3 号)、87.09%(4 号)、88.00%(5 号)、87.82%(17 号)、89.61%(27 号)、85.54%(30 号),相对含量均在 85%以上。其中,3 号油茶籽油的油酸含量最高,17 号油茶籽油亚油酸含量最高,为 6.50%。综合来看,不同品种油茶籽油各具特色,从营养的角度考虑,17 号油茶籽油品质最高。油茶籽油中 4 种脂肪酸成分存在不同程度的相关性,其中油酸和亚油酸呈显著性负相关。油茶籽油

(表 5)。6 个油茶品种的品质性状综合得分值为 0.285~0.707,综合分值的平均值为 0.504;其中 17 号油茶综合表现最佳,综合得分最高(0.707),3 号油茶的综合得分最低(0.285)。

6 个油茶的综合评价的排序为 17 号>4 号>5 号>27 号>30 号>3 号,其中 17 号油茶的鲜果重最大、含水率最低、干仁含油率最高,丰产性最优,且酸价和过氧化值最低,油脂最新鲜且稳定性最好,表明 17 号油茶是优良的候选品种。

表 4 油茶籽油的主要脂肪酸相关性分析
Table 4 Correlation analysis of main fatty acids in *C. oleifera* seed oil

| 指标 | 棕榈酸 | 硬脂酸 | 油酸 | 亚油酸 |
|-----|--------|--------|---------|---------|
| 棕榈酸 | 1.000 | 0.251 | -0.618 | 0.759 |
| 硬脂酸 | 0.251 | 1.000 | -0.332 | 0.586 |
| 油酸 | -0.618 | -0.332 | 1.000 | -0.816* |
| 亚油酸 | 0.759 | 0.586 | -0.816* | 1.000 |

注: * 表示在 0.05 水平上显著相关。

3 结论与讨论

通过对 6 个油茶果实表型指标的测定结果发现,17 号油茶的鲜果产量、鲜果质量、鲜仁质量、干仁质量最大,含水率最低,说明 17 号油茶的丰产性最优;5、27、30 号油茶的丰产性次之,3 号油茶的丰产性最差。

中油酸的变异系数稳定性最好,是最为稳定的一种脂肪酸;棕榈酸的变异系数最大,最不稳定,油酸的稳定性最高,是油茶籽油的品质保障。酸价、碘值、过氧化值也是评价油品质的重要指标,酸价的高低可以用来衡量油质是否发生酸败以及酸败程度^[20],通过对酸价的分析可以看出油质是否新鲜^[10];过氧化值越高越容易被氧化,碘值越高表明该油的不饱和程度越高。综合这 3 个理化指标,17 号油茶籽油的酸价、碘值、过氧化值最低,表明 17 号油茶籽油最新鲜且稳定最强。

基于隶属函数相结合的方法已被广泛应用于植物种质资源的综合评价,可以较全面、客观地反映出植物品质性状的优异程度,有助于快速筛选出符合育种目标的优良材料^[22-23]。基于油茶丰产指标和茶

籽油品质指标的隶属函数分析结果,6个油茶品种品质的综合得分依次为17号>4号>5号>27号>30号>3号,排名最高的是17号油茶,评价结果与实际表现相一致,表明17号油茶可以作为优良的候选品种。

本研究对汉中地区6个本地油茶品种茶籽油的品质做出了较为全面的评价,对我国油茶自然分布北缘地区气候条件下油茶产量及茶籽油品质的综合评价奠定了理论基础,也为进一步确定油茶良种选育中的主要指标及我国自然分布北缘区油茶良种选育提供了科学依据。

参考文献:

- [1] LI Z, TAN X F, LIU Z M, *et al.* In vitro propagation of *Camellia oleifera* Abel. using hypocotyl, cotyledonary node, and radicle explants[J]. Horticultural Science, 2016, 51: 416-421.
- [2] YANG C Y, LIU X M, CHEN Z Y, *et al.* Comparison of oil content and fatty acid profile of ten new *Camellia oleifera* cultivars[J]. Journal of Lipids, 2016, 3982486.
- [3] 庄瑞林. 中国油茶[M]. 2版. 北京: 中国林业出版社, 2008: 54-127.
- [4] 刘欢, 于靖, 吴友根, 等. 大果油茶实生树茶籽油脂脂肪酸组成分析[J]. 热带作物学报, 2017, 38(5): 843-848.
LIU H, YU J, WU Y G, *et al.* The analysis on the composition of fatty acids in seed oil of *Camellia vietnamensis* seedling trees[J]. Chinese Journal of Tropical Crops, 2017, 38(5): 843-848. (in Chinese)
- [5] 蔡娅, 陈国臣, 郝丙青, 等. ‘红羽2号’油茶新品种果熟期营养成分动态及相关性分析[J]. 西北林学院学报, 2021, 36(5): 106-111.
CAI Y, CHEN G C, HAO B Q, *et al.* Dynamics and correlations of the nutritional components during fruit ripening period of new variety of *Camellia semiserrata* ‘Hongyu No. 2’[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2021, 36(5): 106-111. (in Chinese)
- [6] CHENG Y T, WU S L, HO C Y, *et al.* Beneficial effects of *Camellia* oil (*Camellia oleifera* Abel.) on ketoprofen-induced gastrointestinal mucosal damage through upregulation of HO⁻¹ and VEGF[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2014(62): 642-650.
- [7] WANG K L, CAO F L, YAO X H, *et al.* Chemical composition of fatty acid from *Camellia chekiangoleosa* Hu[J]. Journal of Nanjing Forest University: Natural Science Edition, 2011(35): 131-134.
- [8] WANG Y, SUN D, CHEN H, *et al.* Fatty acid composition and antioxidant activity of tea (*Camellia sinensis* L.) seed oil extracted by optimized supercritical carbon dioxide[J]. International Journal of Molecular Sciences, 2011(12): 7708-7719.
- [9] JUNG E, LEE J, BAEK M, *et al.* Effect of *Camellia japonica* oil on human type I procollagen production and skin barrier function[J]. Journal of Ethnopharmacology, 2007, 112(1): 127-131.
- [10] 刘莉, 黎锐, 李星仪, 等. 四川雅安引进油茶品种含油率及茶油品质分析[J]. 中国粮油学报, 2019, 34(12): 53-58.
LIU L, LI R, LI X Y, *et al.* Oil content and tea oil quality analysis of four introduced *Camellia oleifera* varieties in YaanSichuan[J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2019, 34(12): 53-58. (in Chinese)
- [11] 徐梦媛, 郑睿行, 祝华明, 等. 浙江红花山茶油的原料性状及品质分析[J]. 中国粮油学报, 2019, 34(3): 81-86, 92.
- [12] 陈中海. 七种油茶原料特性及加工方式对山茶油品质影响[D]. 杭州: 浙江大学, 2012.
- [13] 姚小华, 黄勇. 小果油茶资源与遗传多样性研究[C]. 北京: 科学出版社, 2013: 75-76.
- [14] 周莉君, 刘静, 王艳芹, 等. 12株油茶种仁含油率及脂肪酸组成分析[J]. 中国油脂, 2017, 42(5): 132-135.
- [15] 中华人民共和国国家质量技术监督局. 食品安全国家标准食品中酸价的测定: GB 5009. 229—2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016.
- [16] 中华人民共和国国家质量技术监督局. 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.
- [17] 中华人民共和国国家质量技术监督局. 食品安全国家标准食品中过氧化值的测定: GB 5009. 227—2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016.
- [18] 蔡娅, 陈国臣, 江泽鹏, 等. ‘红羽1号’油茶新品种营养成分动态及相关关系分析[J]. 西北林学院学报, 2020, 35(6): 142-146.
CAI Y, CHEN G C, JIANG Z P, *et al.* Dynamics and correlations of the nutritional components during fruit ripening period of new variety of *Camellia semiserrata* ‘Hongyu No. 1’[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2020, 35(6): 142-146. (in Chinese)
- [19] 朱杰丽, 柴振林, 吴翠蓉, 等. 浙江省香榧及其油脂综合性状研究[J]. 中国粮油学报, 2019, 34(3): 67-73.
ZHU J L, CHAI Z L, WU C R, *et al.* Comprehensive research on the quality of *Torreya grandis* and its oil in Zhejiang Province[J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2019, 34(3): 67-73. (in Chinese)
- [20] 朱勇, 王湘莹, 马锦林, 等. 不同物种油茶籽仁含油率及其茶油的脂肪酸组成[J]. 经济林研究, 2013, 31(2): 134-137.
- [21] 王开良, 曹福亮, 姚小华, 等. 浙江红花油茶茶油中脂肪酸主要成分分析[J]. 南京林业大学学报: 自然科学版, 2011, 35(2): 131-134.
WANG K L, CAO F L, YAO X H, *et al.* Chemical composition of fatty acid from *Camellia chekiangoleosa* Hu[J]. Journal of Nanjing Forestry University: Natural Sciences Edition, 2011, 35(2): 131-134. (in Chinese)
- [22] 薛惠芬, 于晓池, 付鹏跃, 等. 黄心梓木优良无性系评价与初选[J]. 西北林学院学报, 2022, 37(2): 108-114.
XUE H F, YU X C, FU P Y, *et al.* Evaluation and primary selection of excellent clones of *Catalpa fargesii* duclouxii[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2022, 37(2): 108-114. (in Chinese)
- [23] 彭泽, 胡明文, 白立伟, 等. 不同辣椒品种的农艺性状与品质指标综合评价[J]. 北方园艺, 2023(1): 1-10.