

不同物种及品种油茶籽的营养特性分析与综合评价

田潇潇^{1,2}, 方学智^{1*}, 孙汉洲², 杜孟浩¹, 罗凡¹, 姚小华¹

(1. 中国林业科学研究院亚热带林业研究所, 浙江 杭州 311400; 2. 中南林业科技大学理学院, 湖南 长沙 410004)

摘要: [目的] 研究不同物种及品种油茶籽营养物质变化, 建立基于理化及营养特性的综合评价技术。 [方法] 测定 11 个油茶物种和 20 个普通油茶品种油茶籽含油率、脂肪酸、酸值、过氧化值、 α -生育酚、角鲨烯、 β -谷甾醇和酚类物质等理化和营养指标, 应用主成分分析法进行综合评价。 [结果] 不同物种及品种油茶籽酸值和过氧化值均较低, α -生育酚、角鲨烯、 β -谷甾醇和总酚含量均存在显著性差异, 所含脂肪酸主要有油酸、亚油酸、棕榈酸和硬脂酸, 酚类物质主要为没食子酸、表儿茶素、邻香草醛、邻香豆酸和反式肉桂酸。 [结论] 不同物种及品种油茶籽含油率、微量营养物质(α -生育酚、角鲨烯、 β -谷甾醇和总酚)组成存在显著差异。油茶物种和品种综合评价排名与其含油率不一致, 在油茶选育过程中, 除了考虑油茶籽含油率, 应结合其微量营养成分进行综合评判。

关键词: 油茶; 脂肪酸; 生育酚; 角鲨烯; 甾醇; 酚类物质; 主成分分析

中图分类号: S794.4

文献标识码: A

文章编号: 1001-1498(2019)01-0133-08

油茶(*Camellia* spp.)是我国特有的木本油料树种,集经济、生态和社会效益于一身,油茶产业的发展日益受到国家的重视。油茶籽含油量较高,其油脂富含油酸、亚油酸和亚麻酸等不饱和脂肪酸,其中油酸具有预防动脉粥样硬化^[1]、调控癌细胞、调节血脂、清理血栓、降低低密度脂蛋白胆固醇等功能,被营养学界称为“安全脂肪酸”^[2-4]。此外,油茶籽油中还含有丰富的微量营养成分,如 α -生育酚,具有延缓衰老、抑制自由基等多种生理功能^[5];角鲨烯具有极强的生物活性和抗氧化能力,增强机体生理功能,提高免疫力,还具有抗紫外线伤害、抗肿瘤等多种生理功能^[6];甾醇能抑制人体对胆固醇的吸收,促进胆固醇的降解代谢,有效预防和治疗冠心病、溃疡、胆结石等疾病^[7-8];多酚对油脂的储藏稳定性起到重要作用^[9],它还能消除体内过量的自由基,调节机体的免疫功能,预防心脑血管疾病等^[10-11]。

长期以来,在油茶良种选育和栽培中,主要以产量和含油量等性状为衡量指标,而对维生素 E、甾醇、多酚等微营养成分考虑较少;在营养成分研究方面,研究人员主要基于不同物种及品种油茶籽的生物学特性、主要营养成分相互之间转换和脂肪酸组

分进行了分析^[12-14],缺少综合和系统的评价,尤其是基于营养成分的综合评价。如上所述,油茶籽油的微营养成分具有重要的生理功能,作为高端食用油,研究者在关心茶油产量和基本脂肪酸组成的同时,茶油的营养价值也应作为关注的重点。因此,本研究选取了 11 个不同油茶物种和 20 个不同普通油茶品种,系统地对其基本理化性质、脂肪酸组成及微量营养成分进行测定和分析,并在此基础上应用主成分分析法进行综合评价,为油茶良种选育和品质评价提供新思路及参考依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

不同物种油茶籽采自浙江金华市东方红林场的腾冲红花油茶(*C. reticulata* Lindl.)、毛蕊山茶(*C. mairei* (Lévl.) Melch.)、多齿红山茶(*C. polyodonta* How)、普通油茶(*C. oleifera* Abel.)、茶梨(*C. octopetala* Hu)、浙江红花油茶(*C. chekiangoleosa* Hu)、小果油茶(*C. meiocarpa* Hu)、香花油茶(*C. osmantha* Ye CX, Ma JL et Ye H.)、广宁红花油茶(*C. semiserata* Chi)、博白大果油茶(*C. gigantocarapa* Hu et

收稿日期: 2018-02-27 修回日期: 2018-03-28

基金项目: 浙江省科技重点研发计划(2017C02003)

* 通讯作者: 方学智, E-mail: fzxhn@163.com

Huang)和陆川油茶(*C. vietnamensis* Huang)11个油茶物种。不同品种油茶籽采自安徽黄山市林科所岩寺分部的普通油茶长林系列3、4、8、11、18、20、21、22、23、24、26、27、40、51、53、56、59、61、166、180号20个品种。油茶各物种和品种均选择树龄为9年生的样株10株,从2016年10月中旬(10月下旬是油茶果成熟期)进行观察,每株随机采摘30个刚开裂的油茶新果,混合均匀后装于封口袋密封带回实验室,于105℃杀青,剥去果蒲,60℃烘至恒质量,溶剂浸提油脂备用。

1.2 仪器及试剂

二醇基固相萃取柱(500 mg·3 mL⁻¹,天津博纳艾杰尔科技有限公司);索式提取仪(SOX500,济南海能仪器股份有限公司);平行蒸发仪(Q-101,瑞士Buchi有限公司);冷冻离心机(Avanti J-E,美国Beckman有限公司);液相色谱仪(LC-15C,日本岛津公司);气相色谱仪(GC-2010 plus,日本岛津公司);紫外可见分光光度计(UV-2550,日本岛津公司)。

酚类物质标准品、角鲨烯、 α -生育酚(美国Sigma公司);脂肪酸甲酯混合标准品、 β -谷甾醇(上海安谱实验科技股份有限公司);正己烷、异丙醇、甲醇均为色谱纯;其它试剂均为分析纯。

1.3 测定方法

含油率的测定参考GB/T 5009.6-2003;酸值、过氧化值的测定参考GB/T 5009.37-2003;脂肪酸甲酯化参考GB/T 17376-2008; α -生育酚的测定参考GB/T 5009.82-2003;角鲨烯和甾醇的测定参考文献[15];总酚的测定参考文献[16];酚类物质的测定参考文献[17],采用外标法、保留时间及加标回收率进行定性定量分析。

1.4 数据处理

所有数据采用Microsoft Excel 2016和SPSS 22.0软件进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 含油率和脂肪酸分析

测定结果表明,不同物种及品种油茶籽的含油率均存在显著性差异($P < 0.05$)(表1、2)。11个物种油茶籽样品的含油率介于36.26%~61.39%之间,平均含油率为47.92%,变异系数为19.00%,浙江红花油茶茶籽含油率最高。20个品种油茶籽样品的含油率介于50.25%~58.86%之间,平均含油率为53.78%,变异系数为4.00%,品种8号含油率最高。

由表3、4可知,不同油茶物种及品种样品所含的脂肪酸主要有油酸、亚油酸、棕榈酸和硬脂酸。油茶籽油中含有丰富的单不饱和脂肪酸——油酸,是含量最高的不饱和脂肪酸。不同物种油茶籽样品的脂肪酸含量差异明显。油酸含量在64.44%~84.21%之间,普通油茶茶籽含量最高;亚油酸含量在5.18%~14.81%之间,棕榈酸含量在7.21%~16.85%之间,博白大果油茶茶籽含量均最高;硬脂酸含量在1.19%~5.12%之间,茶梨含量最高。总不饱和脂肪酸含量最高的是毛蕊山茶,为90.12%(油酸81.14%,亚油酸8.03%,亚麻酸0.44%,顺-11-二十碳烯酸0.46%,棕榈烯酸0.05%);单不饱和脂肪酸含量最高的是普通油茶,为84.65%(油酸84.21%,顺-11-二十碳烯酸0.37%,棕榈烯酸0.07%);多不饱和脂肪酸含量最高的是博白大果油茶,为15.41%(亚油酸14.81%,亚麻酸0.60%)。

不同品种油茶籽样品的脂肪酸含量差异不大。油酸含量在81.54%~86.08%之间,51号含量最高;亚油酸含量在4.04%~8.26%之间,56号含量最高;棕榈酸含量在6.07%~8.36%之间,品种8号含量最高;硬脂酸含量在1.44%~2.28%之间,品种40号含量最高。总不饱和脂肪酸含量最高的是51号,为92.31%(油酸86.08%,亚油酸5.49%,亚麻酸0.23%,顺-11-二十碳烯酸0.45%,棕榈烯酸0.06%);单不饱和脂肪酸含量最高的是51号,为86.59%(油酸86.08%,顺-11-二十碳烯酸0.45%,棕榈烯酸0.06%);多不饱和脂肪酸含量最高的是56号,为8.52%(亚油酸8.26%,亚麻酸0.25%)。在不同普通油茶品种茶籽的脂肪酸中,变异系数由高至低为多不饱和脂肪酸、饱和脂肪酸、单不饱和脂肪酸、总不饱和脂肪酸。

2.2 酸值和过氧化值分析

酸值和过氧化值是油茶籽油质量的重要评价指标。由表1、2可知,不同油茶物种及品种茶籽的酸值和过氧化值均无显著性差异($P > 0.05$),均符合GB11765-2003油茶籽原油的质量要求。11个物种油茶籽样品的酸值介于0.25~1.06 mg·g⁻¹之间,20个品种油茶籽样品介于0.19~0.41 mg·g⁻¹之间。不同物种油茶籽样品的过氧化值介于0.18~3.77 mmol·kg⁻¹之间,不同品种油茶籽样品过氧化值介于1.22~4.87 mmol·kg⁻¹之间。新采摘的油茶籽尚未开始酸败,因此酸值和过氧化值均较低^[188]。

表1 不同油茶物种茶籽的指标分析

Table 1 Physico-chemical and nutritional properties of different oil camellia species

物种 Species	含油率 Oil content /%	酸值 Acid value /(mg·g ⁻¹)	过氧化值 Peroxide value /(mmol·kg ⁻¹)	α-生育酚 α-tocopherol /(mg·g ⁻¹)	角鲨烯 Squalene /(mg·g ⁻¹)	β-谷甾醇 β-sitosterol /(mg·g ⁻¹)	总酚 Total phenols /(μg·g ⁻¹)
普通油茶 <i>C. oleifera</i>	53.63 ± 0.09d	0.33 ± 0.07d	2.86 ± 0.13b	0.10 ± 0.09g	0.31 ± 0.33bc	0.19 ± 0.55d	17.42 ± 1.03c
茶梨 <i>C. octopetala</i>	42.75 ± 0.27g	0.33 ± 0.07d	0.72 ± 0.30e	0.22 ± 0.59b	0.20 ± 0.59e	0.26 ± 0.47a	8.99 ± 0.78d
小果油茶 <i>C. meiocarpa</i>	40.21 ± 1.04h	0.33 ± 0.07d	0.65 ± 0.10e	0.17 ± 0.45d	0.31 ± 0.62b	0.22 ± 0.88b	31.28 ± 0.17a
多齿红花山茶 <i>C. polyodonta</i>	37.81 ± 0.58i	1.06 ± 0.26a	3.77 ± 0.04a	0.10 ± 0.74g	0.29 ± 0.43d	0.20 ± 0.86cd	19.78 ± 0.95b
腾冲红花油茶 <i>C. reticulata</i>	56.45 ± 0.73c	0.5 ± 0.00bc	0.53 ± 0.23e	0.19 ± 0.65c	0.20 ± 0.86e	0.08 ± 0.37f	7.24 ± 0.81e
广宁红花油茶 <i>C. semiserrata</i>	58.52 ± 0.39b	0.33 ± 0.07d	0.18 ± 0.02f	0.07 ± 0.52h	0.20 ± 0.97e	0.06 ± 0.93g	6.67 ± 0.85e
浙江红花油茶 <i>C. chekiangoleosa</i>	61.39 ± 0.58a	0.29 ± 0.07d	0.72 ± 0.10e	0.14 ± 0.29f	0.10 ± 0.17f	0.05 ± 0.21g	3.37 ± 0.18f
毛蕊山茶 <i>C. mairei</i>	36.26 ± 0.29j	0.25 ± 0.00d	0.21 ± 0.01f	0.16 ± 0.31d	0.38 ± 0.37a	0.20 ± 0.59c	20.06 ± 1.40b
博白大果油茶 <i>C. gigantocarapa</i>	39.38 ± 0.07h	0.43 ± 0.09bc	2.15 ± 0.15c	0.29 ± 0.19a	0.38 ± 0.68a	0.20 ± 0.40cd	6.50 ± 1.21e
陆川油茶 <i>C. vietnamensis</i>	48.45 ± 0.05f	0.37 ± 0.00cd	1.10 ± 0.13d	0.16 ± 0.39e	0.30 ± 0.60c	0.13 ± 0.80e	3.67 ± 0.25f
香花油茶 <i>C. osmantha</i>	52.28 ± 0.43e	0.53 ± 0.07b	1.33 ± 0.19d	0.06 ± 0.02i	0.29 ± 0.68d	0.13 ± 0.69e	3.00 ± 0.48f

注:所有数据均为“均值±SD”的形式给出, $n=3$ 。在同一列中各数据带有相同的字母则认为不具有显著性差异($P>0.05$)。下同。

Note: All data are given in the form of “mean ± SD”, $n=3$. At the significant level of 5%, different letters for the significant difference. The same as following.

表2 不同普通油茶品种茶籽的指标分析

Table 2 Physico-chemical and nutritional properties of different oil camellia varieties

品种号 Varieties No.	含油率 Oil content /%	酸值 Acid value /(mg·g ⁻¹)	过氧化值 Peroxide value /(mmol·kg ⁻¹)	α-生育酚 α-tocopherol /(mg·g ⁻¹)	角鲨烯 Squalene /(mg·g ⁻¹)	β-谷甾醇 β-sitosterol /(mg·g ⁻¹)	总酚 Total phenols /(μg·g ⁻¹)
3	55.51 ± 0.12bcd	0.33 ± 0.07abc	1.22 ± 0.27k	0.10 ± 0.17e	0.36 ± 0.84d	0.15 ± 0.52k	2.46 ± 0.46i
4	53.28 ± 0.62f	0.33 ± 0.07abc	2.46 ± 0.14hi	0.13 ± 0.31c	0.24 ± 0.50k	0.19 ± 0.67ef	3.22 ± 0.56ghi
8	58.86 ± 0.21a	0.37 ± 0.003ab	1.73 ± 0.02jk	0.07 ± 0.66h	0.28 ± 0.82h	0.18 ± 0.61hi	19.94 ± 1.06a
11	51.95 ± 0.39g	0.37 ± 0.004ab	3.14 ± 0.15efg	0.07 ± 0.47h	0.30 ± 0.16g	0.19 ± 0.57efgh	6.07 ± 0.41e
18	56.18 ± 0.18b	0.33 ± 0.07abc	2.90 ± 0.57fgh	0.12 ± 0.45c	0.32 ± 0.59f	0.19 ± 0.19efg	6.18 ± 0.67e
20	52.84 ± 0.10f	0.29 ± 0.07bc	1.98 ± 0.17ij	0.10 ± 0.20efg	0.25 ± 0.58k	0.18 ± 0.29fgh	3.72 ± 0.68gh
21	55.85 ± 0.33bc	0.37 ± 0.01ab	2.61 ± 0.20gh	0.08 ± 0.10h	0.26 ± 0.45ij	0.18 ± 0.96ghi	3.61 ± 0.38ghi
22	55.12 ± 0.20cde	0.33 ± 0.07abc	4.87 ± 0.10a	0.12 ± 0.25d	0.53 ± 0.15a	0.22 ± 0.41b	8.12 ± 0.36d
23	51.70 ± 0.32g	0.41 ± 0.07a	4.03 ± 0.13bc	0.09 ± 0.15g	0.27 ± 0.40ij	0.24 ± 0.88a	5.96 ± 0.66e
24	50.25 ± 0.92h	0.25 ± 0.001cd	4.15 ± 0.16b	0.16 ± 0.34b	0.36 ± 0.85d	0.23 ± 0.31a	9.21 ± 0.35d
26	53.47 ± 0.51f	0.37 ± 0.01ab	1.91 ± 0.10j	0.10 ± 0.44fg	0.26 ± 0.26j	0.20 ± 0.81cd	4.37 ± 0.29fg
27	54.58 ± 1.09e	0.37 ± 0.002ab	3.09 ± 0.12efg	0.10 ± 0.59e	0.38 ± 0.89c	0.20 ± 0.69de	5.35 ± 0.73ef
40	53.63 ± 0.09f	0.33 ± 0.07abc	2.86 ± 0.40fgh	0.10 ± 0.09ef	0.31 ± 0.33g	0.19 ± 0.55ef	17.42 ± 1.03b
51	55.81 ± 0.22bc	0.33 ± 0.07abc	1.54 ± 0.14jk	0.16 ± 0.46b	0.25 ± 0.65k	0.16 ± 0.58j	2.81 ± 0.56hi
53	50.68 ± 0.59h	0.37 ± 0.002ab	3.22 ± 0.96def	0.09 ± 0.12g	0.49 ± 0.83b	0.21 ± 0.44bc	16.79 ± 0.82bc
56	51.94 ± 0.49g	0.25 ± 0.001cd	3.74 ± 0.35bcd	0.07 ± 0.66h	0.39 ± 0.77c	0.21 ± 0.85b	17.76 ± 0.75b
59	55.72 ± 0.53bc	0.33 ± 0.07abc	1.84 ± 0.13j	0.11 ± 0.10d	0.30 ± 0.93g	0.18 ± 0.60hi	3.26 ± 0.69ghi
61	50.73 ± 0.62h	0.33 ± 0.07abc	3.56 ± 0.12cde	0.11 ± 0.10d	0.34 ± 0.17e	0.20 ± 0.43cd	6.31 ± 0.17e
166	52.87 ± 0.47f	0.19 ± 0.06d	1.24 ± 0.31k	0.13 ± 0.14c	0.30 ± 0.35g	0.15 ± 0.45k	16.08 ± 0.22c
180	54.70 ± 0.51de	0.29 ± 0.07bc	4.70 ± 0.18a	0.24 ± 0.67a	0.27 ± 0.16hi	0.17 ± 0.52i	8.65 ± 1.11d

2.3 生育酚、角鲨烯、甾醇、总酚分析

由表1、2可知,不同物种及品种油茶籽的α-生育酚、角鲨烯、β-谷甾醇和总酚含量均存在显著性差异($p < 0.05$)。11个物种油茶籽样品的α-生育酚介于0.06~0.29 mg·g⁻¹之间,均值为0.15 mg·g⁻¹,变异系数为45.00%,博白大果油茶含量最高;角鲨烯介于0.10~0.38 mg·g⁻¹之间,均值为0.27 mg·g⁻¹,变异系数为32.00%,博白大果油茶含量最高;β-谷甾醇介于0.05~0.26 mg·g⁻¹之间,均值为0.16 mg·g⁻¹,变异系数为45.00%,茶梨含量

最高;总酚介于3.00~31.28 μg·g⁻¹之间,均值为11.63 μg·g⁻¹,小果油茶含量最高。

20个品种油茶籽样品的α-生育酚介于0.07~0.24 mg·g⁻¹之间,均值为0.11 mg·g⁻¹,变异系数为35.00%,品种180号含量最高;角鲨烯介于0.24~0.53 mg·g⁻¹之间,均值为0.32 mg·g⁻¹,变异系数为24.00%,22号含量最高;β-谷甾醇介于0.15~0.24 mg·g⁻¹之间,均值为0.19 mg·g⁻¹,变异系数为13.00%,23号含量最高;总酚介于2.46~19.94 μg·g⁻¹之间,均值为8.37 μg·g⁻¹,8号含量最高。

表3 不同油茶物种茶籽的脂肪酸组成
Table 3 Fatty acids composition of different oil camellia species

脂肪酸 Fatty acid	普通油茶 <i>C. oleifera</i>	茶梨 <i>C. octopetala</i>	小果油茶 <i>C. meiocarpa</i>	多齿红山茶 <i>C. polyodonta</i>	腾冲红花油茶 <i>C. reticulate</i>	广宁红花油茶 <i>C. semiserrata</i>	浙红红花油茶 <i>C. semiserrata</i>	毛蕊山茶 <i>C. mairei</i>	博白大果油茶 <i>C. gigantocarapa</i>	陆川油茶 <i>C. vietnamensis</i>	香花油茶 <i>C. osmantha</i>	%
C16:0	7.21 ± 0.10	8.92 ± 0.07	8.42 ± 0.02	8.42 ± 0.02	11.97 ± 0.07	8.78 ± 0.05	9.04 ± 0.04	7.70 ± 0.03	16.85 ± 0.03	9.35 ± 0.04	10.26 ± 0.12	
C16:1	0.07 ± 0.01	0.06 ± 0.02	0.10 ± 0.01	0.04 ± 0.01	0.05 ± 0.01	0.08 ± 0.02	0.08 ± 0.01	0.05 ± 0.01	0.05 ± 0.01	0.05 ± 0.01	0.05 ± 0.02	
C18:0	2.28 ± 0.13	5.12 ± 0.16	1.19 ± 0.02	1.73 ± 0.02	3.11 ± 0.03	2.85 ± 0.07	2.58 ± 0.03	2.13 ± 0.01	2.92 ± 0.03	2.00 ± 0.02	2.67 ± 0.12	
C18:1	84.21 ± 0.05	78.50 ± 0.17	78.99 ± 0.09	79.05 ± 0.06	76.16 ± 0.07	80.79 ± 0.08	81.7 ± 0.04	81.14 ± 0.04	64.44 ± 0.07	79.49 ± 0.06	81.12 ± 0.22	
C18:2	5.58 ± 0.07	6.70 ± 0.06	10.39 ± 0.08	9.92 ± 0.04	7.88 ± 0.06	6.91 ± 0.05	5.95 ± 0.02	8.03 ± 0.02	14.81 ± 0.06	8.42 ± 0.09	5.18 ± 0.02	
C18:3	0.24 ± 0.02	0.20 ± 0.02	0.38 ± 0.01	0.38 ± 0.02	0.46 ± 0.03	0.16 ± 0.01	0.23 ± 0.02	0.44 ± 0.01	0.60 ± 0.02	0.24 ± 0.01	0.32 ± 0.12	
C20:0	0.04 ± 0.01	0.12 ± 0.05	0.03 ± 0.01	0.04 ± 0.01	0.05 ± 0.00	0.05 ± 0.02	0.05 ± 0.01	0.05 ± 0.02	0.05 ± 0.00	0.04 ± 0.01	0.05 ± 0.02	
C20:1	0.37 ± 0.00	0.39 ± 0.04	0.51 ± 0.02	0.42 ± 0.01	0.33 ± 0.01	0.37 ± 0.01	0.38 ± 0.01	0.46 ± 0.01	0.28 ± 0.00	0.41 ± 0.02	0.34 ± 0.01	
UFA	90.47	85.85	90.37	89.81	84.87	88.31	88.34	90.12	80.18	88.62	87.02	
SFA	9.53	14.15	9.63	10.19	15.13	11.69	11.66	9.88	19.82	11.38	12.98	
MFA	84.65	78.95	79.60	79.51	76.54	81.24	82.16	81.65	64.77	79.96	81.52	
PFA	5.82	6.89	10.77	10.30	8.33	7.07	6.18	8.47	15.41	8.65	5.50	

注: C16:0, 棕榈酸; C16:1, 棕榈烯酸; C18:0, 硬脂酸; C18:1, 油酸; C18:2, 亚油酸; C18:3, 亚麻酸; C20:0, 花生酸; C20:1, 顺-11-二十碳烯酸; UFA, 总不饱和脂肪酸 = C16:1 + C18:1 + C18:2 + C18:3 + C20:1; SFA, 总饱和脂肪酸 = C16:0 + C18:0 + C20:0; MFA, 单不饱和脂肪酸 = C16:1 + C18:1 + C20:1; PFA, 多不饱和脂肪酸 = C18:2 + C18:3。下同。

Note: C16:0, Palmitic acid; C16:1, Palmitoleic acid; C18:0, Stearic acid; C18:1, Oleic acid; C18:2, Linoleic acid; C18:3, Linolenic acid; C20:0, Arachidic acid; C20:1, Arachidonic acid; UFA, Total unsaturated fatty acid = C16:1 + C18:1 + C18:2 + C18:3 + C20:1; SFA, Saturated fatty acid = C16:0 + C18:0 + C20:0; MFA, Monounsaturated fatty acid = C16:1 + C18:1 + C20:1; PFA, Polyunsaturated fatty acid = C18:2 + C18:3. The same as following.

表4 不同普通油茶品种茶籽的脂肪酸组成
Table 4 Fatty acids composition of different oil camellia varieties

品种号 Varieties No.	3	4	8	11	18	20	21	22	23	24	%
C16:0	7.44 ± 0.05	7.24 ± 0.07	8.36 ± 0.03	7.80 ± 0.02	7.39 ± 0.01	6.92 ± 0.05	6.95 ± 0.05	7.88 ± 0.01	6.78 ± 0.10	8.3 ± 0.07	
C16:1	0.06 ± 0.00	0.07 ± 0.00	0.08 ± 0.00	0.08 ± 0.00	0.08 ± 0.00	0.07 ± 0.00	0.07 ± 0.00	0.08 ± 0.02	0.06 ± 0.01	0.05 ± 0.00	
C18:0	2.10 ± 0.02	1.81 ± 0.01	1.73 ± 0.01	1.89 ± 0.01	1.76 ± 0.02	1.58 ± 0.02	1.61 ± 0.02	1.45 ± 0.01	1.69 ± 0.13	1.71 ± 0.03	
C18:1	84.46 ± 0.07	84.91 ± 0.06	84.61 ± 0.02	83.41 ± 0.05	84.10 ± 0.04	85.53 ± 0.04	85.18 ± 0.06	83.81 ± 0.04	85.98 ± 0.05	81.8 ± 0.11	
C18:2	5.28 ± 0.04	5.24 ± 0.02	4.64 ± 0.00	6.21 ± 0.03	5.95 ± 0.04	5.21 ± 0.02	5.48 ± 0.02	6.09 ± 0.05	4.71 ± 0.07	7.47 ± 0.06	
C18:3	0.23 ± 0.00	0.29 ± 0.00	0.20 ± 0.00	0.24 ± 0.00	0.31 ± 0.01	0.25 ± 0.01	0.25 ± 0.00	0.28 ± 0.03	0.33 ± 0.02	0.22 ± 0.01	
C20:0	0.04 ± 0.00	0.03 ± 0.00	0.02 ± 0.00	0.03 ± 0.00	0.03 ± 0.00	0.04 ± 0.01	0.03 ± 0.00	0.02 ± 0.00	0.03 ± 0.01	0.04 ± 0.00	
C20:1	0.40 ± 0.00	0.42 ± 0.00	0.36 ± 0.01	0.35 ± 0.00	0.38 ± 0.01	0.40 ± 0.01	0.44 ± 0.01	0.40 ± 0.01	0.43 ± 0.00	0.41 ± 0.00	
UFA	90.43	90.92	89.89	90.28	90.82	91.46	91.41	90.66	91.50	89.95	
SFA	9.57	9.08	10.11	9.72	9.18	8.54	8.59	9.35	8.50	10.05	
MFA	84.91	85.39	85.05	83.83	84.56	86.00	85.69	84.29	86.46	82.27	
PFA	5.51	5.53	4.84	6.45	6.27	5.46	5.72	6.38	5.04	7.68	

品种号 Varieties No.	26	27	40	51	53	56	59	61	166	180	%
C16:0	7.02 ± 0.01	7.97 ± 0.02	7.21 ± 0.09	6.07 ± 0.02	6.74 ± 0.05	7.97 ± 0.02	8.17 ± 0.31	6.91 ± 0.02	6.63 ± 0.04	6.97 ± 0.08	
C16:1	0.06 ± 0.01	0.06 ± 0.00	0.07 ± 0.00	0.06 ± 0.00	0.06 ± 0.01	0.06 ± 0.00	0.07 ± 0.01	0.07 ± 0.00	0.06 ± 0.00	0.06 ± 0.00	
C18:0	2.14 ± 0.01	2.01 ± 0.01	2.28 ± 0.01	1.58 ± 0.02	1.70 ± 0.02	1.44 ± 0.01	1.50 ± 0.05	1.93 ± 0.01	1.82 ± 0.01	2.27 ± 0.22	
C18:1	85.89 ± 0.01	82.51 ± 0.03	84.21 ± 0.08	86.08 ± 0.07	84.91 ± 0.07	81.54 ± 0.04	82.61 ± 0.19	85.51 ± 0.08	86.07 ± 0.07	86.02 ± 0.18	
C18:2	4.14 ± 0.01	6.67 ± 0.01	5.58 ± 0.01	5.49 ± 0.05	5.89 ± 0.02	8.26 ± 0.02	6.95 ± 0.16	4.85 ± 0.04	4.72 ± 0.03	4.04 ± 0.02	
C18:3	0.32 ± 0.01	0.29 ± 0.00	0.24 ± 0.03	0.23 ± 0.00	0.25 ± 0.00	0.25 ± 0.01	0.28 ± 0.01	0.26 ± 0.01	0.23 ± 0.00	0.21 ± 0.00	
C20:0	0.04 ± 0.00	0.04 ± 0.00	0.04 ± 0.01	0.04 ± 0.00	0.03 ± 0.01	0.03 ± 0.01	0.03 ± 0.01	0.03 ± 0.00	0.04 ± 0.01	0.04 ± 0.00	
C20:1	0.40 ± 0.01	0.44 ± 0.01	0.37 ± 0.01	0.45 ± 0.01	0.41 ± 0.01	0.45 ± 0.01	0.40 ± 0.01	0.43 ± 0.00	0.43 ± 0.00	0.39 ± 0.01	
UFA	90.80	89.97	90.47	92.31	91.52	90.56	90.31	91.13	91.51	90.72	
SFA	9.20	10.03	9.53	7.69	8.48	9.44	9.69	8.87	8.49	9.28	
MFA	86.35	83.01	84.65	86.59	85.38	82.05	83.08	86.02	86.56	86.48	
PFA	4.45	6.96	5.82	5.72	6.14	8.52	7.22	5.11	4.95	4.24	

2.4 酚类物质分析

由表5、6可知,不同物种及品种油茶籽样品的酚类物质由没食子酸、表儿茶素、邻香草醛、邻香豆酸和反式肉桂酸组成,平均含量由高到低依次是邻香草醛、邻香豆酸、表儿茶素、反式肉桂酸和没食子酸。

不同物种油茶籽样品的酚类物质含量存在差异。没食子酸均值为 $0.46 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$,表儿茶素为 $1.05 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$,邻香草醛为 $3.38 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$,邻香豆酸为 $2.69 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$,反式肉桂酸为 $0.66 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ 。邻香草醛在 $0.35 \sim$

$19.64 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ 之间,邻香豆酸在 $0.26 \sim 9.44 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ 之间,各物种差异较大,含量最高的均为小果油茶。

不同品种油茶籽样品的酚类物质含量存在差异。没食子酸均值为 $0.42 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$,表儿茶素为 $0.90 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$,邻香草醛为 $3.37 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$,邻香豆酸为 $1.85 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$,反式肉桂酸为 $0.53 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ 。邻香草醛在 $0.46 \sim 12.02 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ 之间,邻香豆酸在 $0.23 \sim 5.61 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ 之间,各品种差异较大,含量最高的均为8号。

表5 不同油茶物种茶籽的酚类物质

Table 5 Phenols composition of different oil camellia species

物种 Species	没食子酸 Gallic acid $/(\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1})$	表儿茶素 Epicatechin $/(\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1})$	邻香草醛 o-Vanillin $/(\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1})$	邻香豆酸 o-Coumaric acid $/(\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1})$	反式肉桂酸 trans-Cinnamic acid $/(\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1})$	总含量 Total $/(\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1})$
普通油茶 <i>C. oleifera</i>	0.45 ± 0.01	0.76 ± 0.20	9.80 ± 0.79	5.35 ± 0.26	0.43 ± 0.08	16.79
茶梨 <i>C. octopetala</i>	0.42 ± 0.02	2.19 ± 0.03	0.92 ± 0.65	2.69 ± 0.17	0.48 ± 0.07	6.70
小果油茶 <i>C. meiocarpa</i>	0.52 ± 0.12	1.58 ± 0.41	19.64 ± 0.84	9.44 ± 0.81	0.58 ± 0.13	31.76
多齿红花油茶 <i>C. polyodonta</i>	0.49 ± 0.06	0.99 ± 0.30	1.03 ± 0.29	5.33 ± 0.89	0.82 ± 0.57	8.66
腾冲红花油茶 <i>C. reticulata</i>	0.40 ± 0.01	0.83 ± 0.02	0.35 ± 0.13	1.90 ± 0.16	0.35 ± 0.00	3.83
广宁红花油茶 <i>C. semiserrata</i>	0.39 ± 0.00	0.92 ± 0.09	0.41 ± 0.26	0.50 ± 0.02	0.49 ± 0.05	2.71
浙江红花油茶 <i>C. chekiangoleosa</i>	0.39 ± 0.00	0.73 ± 0.15	0.45 ± 0.03	0.27 ± 0.01	0.33 ± 0.05	2.17
毛蕊山茶 <i>C. mairei</i>	0.86 ± 0.28	1.37 ± 0.21	2.09 ± 0.61	2.78 ± 0.67	1.57 ± 0.33	8.67
博白大果油茶 <i>C. gigantocarapa</i>	0.39 ± 0.00	0.76 ± 0.19	0.86 ± 0.41	0.79 ± 0.96	1.41 ± 0.95	4.20
陆川油茶 <i>C. vietnamensis</i>	0.39 ± 0.00	0.73 ± 0.16	0.80 ± 0.39	0.34 ± 0.12	0.52 ± 0.04	2.79
香花油茶 <i>C. osmantha</i>	0.39 ± 0.00	0.71 ± 0.14	0.82 ± 0.45	0.26 ± 0.04	0.32 ± 0.06	2.51

表6 不同普通油茶品种茶籽的酚类物质

Table 6 Phenols composition of different oil camellia varieties

品种 Varieties No.	没食子酸 Gallic acid $/(\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1})$	表儿茶素 Epicatechin $/(\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1})$	邻香草醛 o-Vanillin $/(\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1})$	邻香豆酸 o-Coumaric acid $/(\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1})$	反式肉桂酸 trans-Cinnamic acid $/(\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1})$	总含量 Total $/(\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1})$
3	0.40 ± 0.00	0.85 ± 0.06	0.46 ± 0.07	0.23 ± 0.02	0.38 ± 0.06	2.32
4	0.40 ± 0.00	1.18 ± 0.58	0.48 ± 0.01	0.34 ± 0.08	0.45 ± 0.04	2.85
8	0.48 ± 0.01	0.90 ± 0.25	12.02 ± 0.59	5.61 ± 0.88	0.73 ± 0.03	19.75
11	0.41 ± 0.01	0.88 ± 0.01	1.89 ± 0.57	1.51 ± 0.10	0.46 ± 0.08	5.14
18	0.42 ± 0.00	0.95 ± 0.03	1.46 ± 0.09	1.60 ± 0.11	0.48 ± 0.06	4.90
20	0.40 ± 0.00	0.82 ± 0.17	0.81 ± 0.24	0.35 ± 0.12	0.47 ± 0.04	2.85
21	0.39 ± 0.00	0.83 ± 0.14	0.69 ± 0.14	0.38 ± 0.07	0.53 ± 0.10	2.83
22	0.41 ± 0.00	0.96 ± 0.04	2.89 ± 0.32	2.16 ± 0.16	0.53 ± 0.10	6.95
23	0.42 ± 0.00	0.87 ± 0.02	1.10 ± 0.20	0.71 ± 0.12	0.55 ± 0.10	3.65
24	0.40 ± 0.01	0.95 ± 0.09	3.79 ± 0.27	2.08 ± 0.05	0.45 ± 0.10	7.68
26	0.40 ± 0.00	0.83 ± 0.12	0.66 ± 0.20	0.62 ± 0.15	0.56 ± 0.07	3.07
27	0.41 ± 0.01	0.88 ± 0.18	1.51 ± 0.59	0.89 ± 0.23	0.45 ± 0.07	4.13
40	0.45 ± 0.00	0.76 ± 0.20	9.80 ± 0.79	5.35 ± 0.26	0.43 ± 0.08	16.79
51	0.40 ± 0.00	0.79 ± 0.08	0.51 ± 0.02	0.25 ± 0.02	0.51 ± 0.05	2.46
53	0.45 ± 0.01	0.94 ± 0.07	8.93 ± 0.61	3.54 ± 0.45	0.58 ± 0.11	14.44
56	0.44 ± 0.01	1.07 ± 0.04	8.33 ± 0.44	4.41 ± 0.25	0.44 ± 0.09	14.69
59	0.40 ± 0.00	0.80 ± 0.09	0.84 ± 0.15	0.27 ± 0.10	0.46 ± 0.06	2.77
61	0.41 ± 0.01	0.84 ± 0.19	1.36 ± 0.40	0.86 ± 0.22	0.81 ± 0.13	4.28
166	0.42 ± 0.01	0.94 ± 0.23	6.05 ± 0.51	3.58 ± 0.75	0.93 ± 0.03	11.92
180	0.41 ± 0.01	0.94 ± 0.03	3.84 ± 0.33	2.17 ± 0.12	0.45 ± 0.08	7.81

2.5 综合评价

应用主成分分析法对不同物种及品种油茶籽的含油率、微量营养物质(α -生育酚、角鲨烯、 β -谷甾醇、总酚)和总不饱和脂肪酸进行综合评价。

依据累计贡献率大于75%的原则,不同物种油茶籽样品前3个主成分因子的累计贡献率达91.27%,基本能够反映不同油茶物种茶籽的主要信息。根据主成分Z1、Z2、Z3与相应的贡献率之积的和,计算不同油茶物种差异程度的综合得分(表7),得分越高,说明综合表现越优。11个油茶物种中,小果油茶得分最高。综合比较表1与表7,不同油茶物种的综合排名与其含油率排名存在差异,小果油茶含油率排名第8,而综合排名最高,浙江红花油茶含油率最高,而其综合排名最低。因此,在油茶良种选择过程中,除了考虑茶籽含油率,也应结合其微量营养成分进行综合选择。

表7 不同油茶物种主成分综合评价及排名

Table 7 Per principal component and F value of comprehensive evaluation of different oil camellia species

物种 Species	Z1	Z2	Z3	综合 Total	排名 Ranking
小果油茶 <i>C. meiocarpa</i>	36.42	93.92	8.97	139.31	1
毛蕊山茶 <i>C. mairei</i>	35.90	87.20	1.65	124.76	2
多齿红山茶 <i>C. polyodonta</i>	24.29	91.56	4.53	120.37	3
普通油茶 <i>C. oleifera</i>	7.45	92.11	3.20	102.76	4
茶梨 <i>C. octopetala</i>	14.94	73.28	11.24	99.46	5
博白大果油茶 <i>C. gigantocarapa</i>	28.94	60.37	0.76	90.06	6
陆川油茶 <i>C. vietnamensis</i>	0.21	77.66	0.22	78.09	7
香花油茶 <i>C. osmantha</i>	-9.52	83.53	-2.37	71.65	8
腾冲红花油茶 <i>C. reticulate</i>	-16.48	73.61	7.24	64.37	9
广宁红花油茶 <i>C. semiserrata</i>	-26.44	86.22	3.37	63.15	10
浙江红花油茶 <i>C. chekiangoleosa</i>	-36.30	79.14	10.11	52.95	11

注:Z1表示含油率、 β -谷甾醇、总酚;Z2表示 α -生育酚、总不饱和脂肪酸;Z3表示角鲨烯。

Note:Z1 indicates oil content, β -sitosterol, total phenols; Z2 indicates α -tocopherol, total unsaturated fatty acid; Z3 indicates squalene.

不同品种油茶籽样品前4个主成分因子的累计贡献率达83.63%,基本能够反映不同油茶品种茶籽的主要信息,由主成分综合得分可知(表8),在20个长林系列油茶品种中,53号、22号、24号和56号4个品种综合得分排名前4,尤其是长林22号,不但含油率排名较高(第7),且微量营养成分等含量也较高(综合排名第2)。因此,今后的油茶定向育种在保证含油率的同时,兼顾高营养品质的目标是有可能实现的。

能实现的。

表8 不同普通油茶品种主成分综合评价及排名

Table 8 Per principal component and F value of comprehensive evaluation of different oil camellia varieties

品种号 Varieties No.	Z1	Z2	Z3	Z4	综合 Total	排名 Ranking
53	-5.40	18.33	-6.51	59.98	66.39	1
22	-10.00	18.78	-4.04	54.50	59.23	2
24	-19.50	25.61	-4.10	51.84	53.84	3
56	-11.86	17.55	-10.22	57.83	53.30	4
61	-23.12	24.96	-9.71	50.83	42.96	5
40	-21.53	17.35	-10.16	57.11	42.77	6
166	-26.82	18.59	-8.10	58.40	42.07	7
180	-35.96	24.80	0.27	52.65	41.76	8
27	-22.31	20.73	-9.03	50.43	39.82	9
23	-25.61	26.21	-13.35	48.31	35.56	10
18	-28.74	21.06	-8.75	50.68	34.24	11
11	-26.23	22.42	-13.46	49.86	32.60	12
8	-24.43	11.25	-12.74	57.88	31.96	13
3	-30.34	20.34	-9.89	50.15	30.26	14
26	-30.52	24.10	-13.09	47.93	28.41	15
59	-31.94	21.76	-10.45	48.55	27.91	16
4	-34.72	25.79	-10.79	47.51	27.78	17
20	-33.12	24.76	-13.42	48.38	26.60	18
51	-39.85	24.74	-8.33	49.33	25.89	19
21	-33.46	21.69	-14.79	48.38	21.81	20

注:Z1表示角鲨烯、 β -谷甾醇;Z2表示含油率、总不饱和脂肪酸;Z3表示 α -生育酚;Z4表示总酚。

Note:Z1 indicates squalene, β -sitosterol; Z2 indicates oil content, total unsaturated fatty acid; Z3 indicates α -tocopherol; Z4 indicates total phenols.

3 讨论

本研究结果表明,不同物种油茶籽的含油率差异较大,浙江红花油茶的含油率约为毛蕊山茶的1.7倍,这和方学智^[19]对我国主要油茶物种茶籽含油率研究结果比较接近,说明我国油茶物种茶籽中油脂含量具有丰富的多样性。而不同物种油茶籽含油率的这种差异,是由其自身遗传特性所决定的,朱勇等^[20]认为不同物种油茶籽含油率与其分布纬度没有相关性,因此,其含油率的不同主要是物种本身的差异引起的。不同品种油茶籽的含油率有明显差异,与朱功良等^[21]研究结果一致。

不同油茶种类茶籽的微量营养成分(α -生育酚、角鲨烯、 β -谷甾醇和酚类物质)含量的差异,既与其自身遗传特性有关,也与油脂加工的工艺条件相关。就加工工艺而言,制油方式(压榨、浸提、水酶法等)、处理温度均影响到微量营养成分的含量,主要原因是 α -生育酚、角鲨烯等易氧化降解^[16,22-24]。本

研究在同样的工艺条件下,发现不同物种及品种油茶籽样品的 α -生育酚、角鲨烯、 β -谷甾醇和酚类物质含量均存在显著差异,这种差异,主要是由其生物特性引起的,还与油茶分布区的气候条件、林地环境等许多因素有关^[25]。

随着人民生活水平的提高,油脂的品质及健康功能越来越受到关注,但目前对高品质食用油类植物良种的筛选指标还未有统一标准,对油茶品质的评价也存在着分歧^[26]。此外,多年来,我国在油茶良种选育方面以单位面积产油量为主要指标,而忽视了油脂品质方面的标准^[2]。当前对于油茶的评价主要集中于不同油茶品种的比较,也有研究人员利用主成分分析法对油茶籽产量、含油率、茶籽等生物学性状进行综合评价^[27-28]。茶油作为油茶的主产品,其脂质营养物质直接影响到茶油营养品质,也应是油茶品质评价和良种选育的重要评估因素之一。

4 小结

不同物种和品种油茶籽含油率、脂肪酸组成、微量营养物质(α -生育酚、角鲨烯、 β -谷甾醇和酚类物质)组成存在显著差异。通过对不同物种和品种油茶籽含油率、微量营养物质含量进行主成分分析,确定了综合评价指标,综合评价排名与其含油率不一致;油茶物种中小果油茶综合表现较优,而其含油率排名第8,浙江红花油茶含油率最高,而其综合排名最低;油茶品种中53号、22号、24号和56号综合表现较优。因此,在油茶良种选育和品质评价中,除了考虑茶籽含油率,也应结合其微量营养成分进行综合评判。

参考文献:

[1] 尹岭,张笑明,李莉,等. 茶油对兔血脂及动脉粥样硬化的影响[J]. 食品科学, 2011, 32(7): 289-292.

[2] 程军勇,李良,周席华,等. 油茶优树脂肪酸组成和相关性分析的研究[J]. 林业科技开发, 2010, 24(6): 41-43.

[3] 廖书娟,吉当玲,童华荣. 茶油脂脂肪酸组成及其营养保健功能[J]. 粮食与油脂, 2005, (6): 7-9.

[4] 潘超然,林剑阳,邱松林. 提高油茶籽油中油酸含量的工艺研究[J]. 农业工程学报, 2006, 22(7): 163-165.

[5] 施堂红,刘晓政,严晓丽,等. 不同加工工艺对山茶油中 α -维生素E含量的影响[J]. 中国油脂, 2014, 39(5): 19-22.

[6] 陈学兵,史宣明,赵抒娜,等. 植物油中提取角鲨烯的研究进展[J]. 中国油脂, 2013, 38(11): 72-75.

[7] Malcolm R L. Plant sterol and stanol margarines and health[J]. The Western Journal of Medicine, 2000, 173(1): 43-47.

[8] 汤锦程,钟鑫,吴雪辉,等. 超声波强化油茶籽油脚中甾醇

的提取研究[J]. 中国油脂, 2011, 36(10): 70-73.

[9] Pagliarini E, Zanoni B, Giovanelli G. Predictive study on tuscan extra virgin olive oil stability under several commercial conditions[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2000, 48(4): 1345-1351.

[10] Fotakis G, Timbrell J A. In vitro cytotoxicity assays: comparison of LDH, neutral red, MTT and protein assay in hepatoma cell lines following exposure to cadmium chloride [J]. Toxicology Letters, 2005, 160(2): 171-177.

[11] Owen R, Mier W, Giacosa A, et al. Phenolic compounds and squalene in olive oils the concentration and antioxidant potential of total phenols simple phenols secoiridoids lignans and aqualene[J]. Food and Chemical Toxicology, 2000, 38(8): 647-659.

[12] 陈炳章,庄瑞林,黄爱珠. 中国主要油茶物种的脂肪酸含量[J]. 植物生理学通讯, 1985, (2): 26-28.

[13] 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.

[14] 卢锬,袁军,贺舍予,等. 5个山茶物种茶籽油理化性质及脂肪酸分析[J]. 食品工业, 2013, 34(11): 230-232.

[15] 张青龄. 橄榄油中角鲨烯含量的气相色谱-质谱法分析[J]. 福建分析测试, 2011, (3): 1-4.

[16] Zhong H Y, Bedgood Jr. D R, Bishop A G, et al. Endogenous biophenol, fatty acid and volatile profiles of selected oils[J]. Food Chemistry, 2007, 100(4): 1544-1551.

[17] 罗凡,费学谦,方学智,等. 固相萃取/高效液相色谱法测定茶油中的多种天然酚类物质[J]. 分析测试学报, 2011, 30(6): 696-700.

[18] 丛玲美,姚小华,费学谦,等. 长期贮藏对茶油酸值和过氧化值的影响[J]. 林业科学研究, 2007, 20(2): 100-104.

[19] 方学智. 油茶籽油脂构成变化规律和水酶法制取工艺研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2015.

[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] 朱功良,周伟国,黎曙光,等. 长林系列品种油茶籽含油率和脂肪酸组成分析研究.[J]. 湖北林业科技, 2013, 42(4): 21-23.

[22] 石晓丽,仲山民,姚小华,等. 制油方式对油茶籽油品质及活性成分的影响[J]. 食品工业科技, 2014, (20): 291-294.

[23] 张智敏,吴苏喜,刘瑞兴. 制油工艺对油茶籽油营养品质的影响[J]. 食品科学, 2013, 34(11): 276-280.

[24] 汤富彬,沈丹玉,刘毅华,等. 油茶籽油和橄榄油中主要化学成分分析[J]. 中国粮油学报, 2013, 28(7): 108-113.

[25] 罗凡,费学谦,方学智,等. 油茶籽采摘时间对茶油品质的影响研究[J]. 江西农业大学学报, 2012, 34(1): 87-92.

[26] 左继林,龚春,汪建平,等. 赣油茶25个优良无性系品质评价[J]. 浙江林学院学报, 2008, 25(5): 624-629.

[27] 杜洋文,邓先珍,程军勇,等. 油茶长林系列品种在引种地性状表现综合评价[J]. 湖北林业科技, 2013, 42(6): 17-19.

[28] 张国武. 油茶优良无性系形状表现的比较分析与评价[D]. 南昌: 江西农业大学, 2007.

Seed Nutritional Properties of Different Oil Camellia Species and Varieties

TIAN Xiao-xiao^{1,2}, FANG Xue-zhi¹, SUN Han-zhou², DU Meng-hao¹, LUO Fan¹, YAO Xiao-hua¹

(1. Research Institute of Subtropical Forestry, Chinese Academy of Forestry, Hangzhou 311400, Zhejiang, China;

2. College of Science, Central South University of Forestry and Technology, Changsha 410004, Hunan, China)

Abstract: [**Objective**] To establish a comprehensive evaluation technology base on the changes of seed nutrients of different oil camellia species and varieties. [**Method**] The oil content, fatty acid compound, acid value, peroxide value, α -tocopherol, squalene, β -sitosterol and phenols in the seeds of 11 oil camellia species and 20 oil camellia varieties were determined and analyzed by principal component analysis to comprehensive evaluation. [**Result**] The acid value and peroxide value were low, the contents of α -tocopherol, squalene, β -sitosterol and phenols were significant different, the main fatty acid compounds were oleic acid, linoleic acid, palmitic acid and stearic acid, the main phenols were gallic acid, epicatechin, o-vanillin, o-coumaric acid and trans-cinnamic acid. [**Conclusion**] There is significant difference in oil content and micronutrients (α -tocopherol, squalene, β -sitosterol and total phenols) in the seeds of different oil camellia species and varieties. The comprehensive evaluation ranking of oil camellia species and varieties seeds are inconsistent with their oil content. Therefore, comprehensive evaluation should combine micronutrients with seeds oil content in the selection of oil camellia.

Keywords: oil camellia; fatty acid; α -tocopherol; squalene; β -sitosterol; phenols; principal component analysis (PCA)

(责任编辑:金立新)