

# 云南 11 种油料作物油脂主要功能性成分评价

耿树香, 宁德鲁, 杨明佳, 马 婷

(云南省林业和草原科学院, 昆明 650201)

**摘要:**采用索氏抽提仪、气-质联用仪、高效液相色谱仪、紫外分光光度计对云南 11 种油料作物油脂中植物甾醇、角鲨烯、维生素 E、类胡萝卜素和总酚含量进行测定分析。结果表明:植物油脂中的植物甾醇均以 $\beta$ -谷甾醇为主, $\beta$ -谷甾醇含量最高的为菜籽油,总植物甾醇含量最高的也为菜籽油;橄榄油中角鲨烯的含量最高,达 0.637%,明显优于其他植物油脂;红花籽油中维生素 E 含量最高,达 19.90 mg/100 g(以 $\alpha$ -生育酚计);花生油中类胡萝卜素含量最高,达 18.10 mg/100 g;菜籽油中总酚含量最高,达 247.91 mg/kg。通过主成分分析并对 11 种植物油脂的主要功能性成分综合得分进行排序,得分由高到低为菜籽油>橡胶籽油>花生油>红花籽油>橄榄油>大豆油>青刺果油>油茶籽油>油藤果油>核桃油>澳洲坚果油。因此,如果仅从脂溶性成分来看,菜籽油最优,橡胶籽油次之。

**关键词:**植物油脂;功能性成分;植物甾醇;角鲨烯;维生素 E;类胡萝卜素;总酚

中图分类号:TS225;TS227 文献标识码:A 文章编号:1003-7969(2021)01-0108-04

## Evaluation of the main functional components in oils from eleven oil crops in Yunnan

GENG Shuxiang, NING Delu, YANG Mingjia, MA Ting

(Yunnan Academy of Forestry and Grassland Sciences, Kunming 650201, China)

**Abstract:** Phytosterols, squalene, vitamin E, carotenoids and total phenols contents in oils from eleven oil crops in Yunnan were determined by Soxhlet extractor, GC-MS, HPLC and UV spectrophotometer. The results showed that  $\beta$ -sitosterol was the main phytosterol in vegetable oil, and the contents of  $\beta$ -sitosterol and total phytosterol in rapeseed oil were the highest. The content of squalene in olive oil was the highest, up to 0.637%, which was significantly superior to other vegetable oils. Safflower seed oil had the highest content of vitamin E, reaching 19.90 mg/100 g ( $\alpha$ -tocopherol). Peanut oil had the highest content of carotenoids, up to 18.10 mg/100 g. The content of total phenols in rapeseed oil was the highest (247.91 mg/kg). The comprehensive scores of the main functional components of eleven kinds of vegetable oils were ranked by principal component analysis, and the highest score was rapeseed oil, followed by rubber seed oil, peanut oil, safflower seed oil, olive oil, soybean oil, prinsepia utilis royle oil, oil-tea camellia seed oil, Sacha Inchi oil, walnut oil and macadamia oil. Therefore, if only considering the fat soluble components, rapeseed oil was the best, followed by rubber seed oil.

**Key words:** vegetable oil; functional component; phytosterol; squalene; vitamin E; carotenoids; total phenols

收稿日期:2020-05-04;修回日期:2020-08-16

基金项目:云南省重大专项科技计划项目(2018ZG003)

作者简介:耿树香(1978),女,研究员,博士,主要从事木本油料种质资源评价(E-mail)1016430670@qq.com。

通信作者:宁德鲁,研究员,硕士(E-mail)ningdelu@163.com;马 婷,副研究员,硕士(E-mail)blueair-01@163.com。

植物油脂中含有维生素 E、多酚、植物甾醇、角鲨烯等功能性成分,其中植物甾醇是一种对人体健康非常有益的天然活性成分,被誉为“生命的钥匙”<sup>[1]</sup>。目前在植物体中已经发现了 40 种较为主要的甾醇,最常见且含量最多的是菜油甾醇、豆甾醇、 $\beta$ -谷甾醇、菜油甾烷醇等<sup>[2-3]</sup>。植物甾醇和胆

固醇结构相近,但是植物甾醇不能被运输到小肠微绒毛吸收,从而能降低胆固醇水平<sup>[2-3]</sup>。

角鲨烯又称鲨烯,具有提高体内超氧化物歧化酶(SOD)活性、增强机体免疫力、抗衰老、抗疲劳等多种生理功能,是人体维持生命不可缺少的元素,广泛分布在动植物体内<sup>[4-6]</sup>,尤其是油料植物,如米糠油、菜籽油、橄榄油、大豆油、棉籽油等植物油中都含有角鲨烯,特别在橄榄油中含量较高<sup>[7-9]</sup>。

维生素E在维持机体生命活动的过程中必不可少,具有促进生殖的功能<sup>[10]</sup>。维生素E既是一种营养素,又具有对油脂的抗氧化作用,是一种很好的抗氧化剂,维生素E的组成和含量是衡量食用植物油品质的重要指标<sup>[11]</sup>。

类胡萝卜素对视觉系统和皮肤组织具有保健作用,可以预防夜盲症、干眼症、角膜溃疡症以及角膜软化症,还可以预防皮肤多屑、角质化、表皮细胞硬鳞状、多角质血疹性皮肤干燥症等皮肤疾病<sup>[11-13]</sup>。食用植物油中含有类胡萝卜素,可增强人体免疫力,减少疾病入侵,类胡萝卜素在基因表达等方面也表现出重要作用<sup>[14]</sup>。

本研究对云南的11种油料作物油脂中功能性成分——总酚、角鲨烯、类胡萝卜素等进行分析并初步评价。这些功能性成分在食用油脂中虽然含量很低,但在某些特殊营养保健方面却有着较好的功效,可开发功能食品、药品、化妆品及其他护理产品。深入了解11种油料作物油脂中的功能性成分对云南食用油脂产业的发展具有重要意义。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

#### 1.1.1 原料与试剂

橄榄油从云南省永仁县太谷农业发展有限公司实验基地获得,采用橄榄油分析检测系统(西班牙, TB10C)进行压榨,其余10种油料均从市场采购并进行螺旋压榨获得植物油,所有榨取的油脂均为初榨原油。

乙醚、硫酸钠、福林酚、碳酸钠、异丙醇为分析纯,正己烷、甲醇、石油醚、氢氧化钾、无水乙醇为色谱纯,没食子酸标准品、2,6-二叔丁基对甲酚(C<sub>15</sub>H<sub>24</sub>O)、 $\alpha$ -生育酚标准品、 $\beta$ -生育酚标准品、 $\gamma$ -生育酚标准品和 $\delta$ -生育酚标准品购自国家标准物质研究中心。

#### 1.1.2 仪器与设备

丹麦 FOSS Soxtec 2008 全自动索氏抽提仪,福斯赛诺分析仪器(苏州)有限公司;安捷伦 7890B 5977A 气-质联用仪,带紫外检测器、二极管阵列检

测器或荧光检测器;HPLC 高效液相色谱仪,美国赛默飞;紫外分光光度计;AE-100 电子天平,瑞士梅特勒-托利多仪器;恒温水浴锅;离心机。

### 1.2 试验方法

#### 1.2.1 植物甾醇和角鲨烯含量的测定

样品前处理:准确称取样品 0.100 g(精确至 0.000 1 g)于 10 mL 具塞试管中,向试管中加入约 2 mL 氢氧化钾乙醇溶液,密封,摇晃均匀,在 80 °C 水浴下皂化 40 min,每隔 10 min 振摇 30 s。反应结束后,放入冷水中迅速冷却至室温。向试管中加入 1 mL 水和 5 mL 正己烷,密封振荡 2 min,静置分层,将上层清液转移至 30 mL 小瓶中,下层再分别用 5 mL 正己烷重复萃取 3 次,将 3 次的提取液置于上述同一小瓶中。将正己烷提取液于 80 °C 旋蒸至干,取出小瓶,向其中加入 5 mL 正己烷定容,用 1 mL 注射器取溶液过 0.22  $\mu$ m 滤膜,转移至气-质联用仪进样瓶中,待测。

气相色谱条件:DB-5 毛细管色谱柱(30 m  $\times$  0.25 mm  $\times$  0.25  $\mu$ m);柱温程序为 180 °C 保持 3 min,以 30 °C/min 升温至 300 °C,保持 10 min;进样口温度 280 °C;流速 1.0 mL/min;分流比 50:1;载气为高纯氦气(99.999%)。

质谱条件:接口温度 280 °C,溶剂延迟 5 min,离子源温度 230 °C,四级杆温度 150 °C,电离方式 EI,扫描方式 SCAN & SIM。

#### 1.2.2 维生素E含量的测定

植物油中维生素E含量的测定参照 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。

#### 1.2.3 类胡萝卜素含量的测定

植物油中类胡萝卜素含量的测定参照 GB 5009.83—2016《食品安全国家标准 食品中胡萝卜素的测定》进行。

#### 1.2.4 总酚含量的测定

(1)标准曲线的绘制。准确称量 25 mg 没食子酸标准品,加水溶解后定容于 250 mL 容量瓶中,得到没食子酸标准储备液(0.1 mg/mL)。分别吸取 0.00、0.02、0.50、0.75、1.00、1.25、1.50 mL 标准储备液于 10 mL 具塞试管,然后分别向每管中加入 1 mL 福林酚试剂,摇匀后加入 2 mL 碳酸钠溶液,蒸馏水定容至 10 mL,再次摇匀。放置在室温避光条件下反应 1 h,在波长 765 nm 处测定吸光度。以没食子酸标准溶液的质量浓度为横坐标,以吸光度为纵坐标,绘制标准曲线。

(2)样品总酚的提取以及样品总酚含量的测

定。称取 1.0 g 样品于离心管中,按料液比 1:1:5 加入 1 mL 异丙醇、5 mL 甲醇,旋涡混合 1 min,50 °C 水浴萃取 30 min,冷却静置后,8 000 r/min 离心 5 min,取上清液,反复萃取 3 次,合并上清液,经正己烷萃取 3 次,45 °C 减压浓缩后,甲醇定容至 5 mL,采用福林-酚比色法测定样品提取液的总酚含量。吸取 1.00 mL 总酚提取液放置于 10 mL 具塞试管中,分别加入 1 mL 福林酚试剂和 2 mL 碳酸钠溶液,用 60% 乙醇定容至刻度。室温避光反应 1 h,在波长

765 nm 处测定样品吸光度,试剂空白为参比(提取溶剂代替提取液),并根据标准曲线计算提取液中总酚含量。

### 1.2.5 数据分析

利用 Microsoft Excel 2007 建立 11 种植物油脂的原始数据表,运用 SPSS17.0 软件进行统计分析、主成分分析和综合评价。

## 2 结果与分析

### 2.1 11 种植物油脂中主要功能性成分含量(见表 1)

表 1 11 种植物油脂中主要功能性成分含量

样品	$\beta$ -谷甾醇/ %	菜油甾醇/ %	豆甾醇/%	角鲨烯/%	维生素 E/ (mg/100 g)	类胡萝卜素/ (mg/100 g)	总酚/ (mg/kg)
橄榄油	0.302	0.015	0.013	0.637	11.20	7.20	59.62
核桃油	0.125	0.009	-	0.010	1.13	10.30	50.90
澳洲坚果油	0.189	0.016	-	0.048	0.10	7.70	48.89
油茶籽油	0.047	-	-	0.024	5.54	7.00	51.07
青刺果油	0.188	0.029	0.033	0.015	1.27	10.60	60.98
橡胶籽油	0.260	0.035	0.084	0.019	3.49	7.30	175.92
油藤果油	0.210	0.031	0.093	0.013	1.56	9.40	56.78
红花籽油	0.308	0.070	0.029	0.014	19.90	7.60	58.47
花生油	0.178	0.047	-	0.038	5.38	18.10	90.55
菜籽油	0.458	0.273	-	-	10.40	9.30	247.91
大豆油	0.285	0.145	0.018	0.018	2.70	10.10	59.67

由表 1 可以看出: $\beta$ -谷甾醇含量最高的是菜籽油,含量最低的是油茶籽油;菜油甾醇含量最高的是菜籽油,油茶籽油中没有检出菜油甾醇;豆甾醇含量最高的是油藤果油,核桃油、澳洲坚果油、油茶籽油、花生油和菜籽油中没有检出豆甾醇;角鲨烯含量最高的是橄榄油,菜籽油中没有检出角鲨烯。由此可以看出,植物油脂中植物甾醇和角鲨烯的含量都不尽相同。11 种植物油脂中红花籽油维生素 E 含量高达 19.90 mg/100 g(以  $\alpha$ -生育酚计,下同),橄榄油中维生素 E 含量为 11.20 mg/100 g,仅次于红花籽油;类胡萝卜素含量最高的是花生油(18.10 mg/100 g),其次是青刺果油和核桃油,含量分别为 10.60 mg/100 g 和 10.30 mg/100 g;总酚含量最高的是菜籽油,高达 247.91 mg/kg,其次是橡胶籽油,含量为 175.92 mg/kg。

### 2.2 11 种植物油脂中主要功能性成分聚类分析(见图 1)

从图 1 可以看出:经聚类分析,橡胶籽油、菜籽油含有较高的总酚独为一类,其功能性成分与其他植物油脂存在明显差异;剩余 9 种植物油脂聚为一类,每一大类又分为几个亚类,其中花生油含有最高的类胡萝卜素而独为一个亚类,而红花籽油与橄榄

油具有较高维生素 E 为一个亚类,油茶籽油、澳洲坚果油、核桃油总酚含量相近聚为一个亚类,油藤果油、大豆油、青刺果油中植物甾醇种类较全且总酚含量相近而聚为一个亚类。结果说明大类之间的功能性成分组成上具有相似性,亚类的功能性成分既有相似性又有差异性。不同植物油脂的功能性成分不同均不聚在一类,表明了各种植物油脂间的差异。

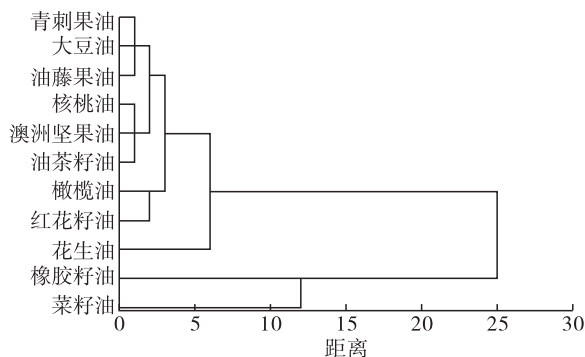


图 1 11 种植物油脂中主要功能性成分聚类分析

### 2.3 11 种植物油脂中主要功能性成分主成分分析

主成分分析中主成分的向量值为正且值较大,表明此成分对该主成分的正向影响越大;主成分的向量值为负且值较大,表明此成分对该主成分的负向影响越大。11 种植物油脂中主要功能性成分主成分矩阵见表 2。由表 2 可知:第 1 主成分的贡献

率较高,为 38.239%, $\beta$ -谷甾醇、菜油甾醇和总酚有较大的特征向量值;第 2 主成分的贡献率为 22.620%,豆甾醇、角鲨烯和维生素 E 有较大的特征向量值;第 3 主成分的贡献率为 16.462%,豆甾醇和类胡萝卜素有较大的特征向量值,其中豆甾醇有较大的正向量值;前 3 个主成分的累计贡献率达到 77.321%,说明前 3 个主成分基本概括植物油脂功能性成分的主要信息。

表 2 11 种植物油脂中主要功能性成分主成分矩阵

项目	第 1 主成分	第 2 主成分	第 3 主成分
$\beta$ -谷甾醇	0.940	0.122	0.123
菜油甾醇	0.901	-0.284	-0.050
豆甾醇	0.078	-3.369	0.836
角鲨烯	-0.002	0.817	0.037
维生素 E	0.542	0.600	-0.171
类胡萝卜素	-0.100	-0.512	-0.624
总酚	0.821	-0.249	-0.128
方差贡献率/%	38.239	22.620	16.462
累计贡献率/%	38.239	60.859	77.321

分别以第 1、2、3 主成分对应的方差贡献率  $a_1$ 、 $a_2$ 、 $a_3$  作为权数,构建综合评价模型  $C = a_1Z_1 + a_2Z_2 + a_3Z_3$  ( $C$  为综合得分,  $Z_1$ 、 $Z_2$ 、 $Z_3$  分别代表第 1、2、3 主成分),将 11 种植物油脂功能性成分的试验数据代入对应的表达式中,得到各种植物油脂功能性成分的综合得分值( $C$  值),见表 3。

表 3 11 种植物油脂中功能性成分含量的综合得分值

样品	$Z_1$	$Z_2$	$Z_3$	$C$	排序
橄榄油	54.60	-11.26	-13.97	16.03	5
核桃油	41.50	-17.25	-13.97	9.81	10
澳洲坚果油	39.62	-16.00	-11.06	9.71	11
油茶籽油	44.28	-12.95	-11.85	12.05	8
青刺果油	49.87	-19.83	-14.59	12.18	7
橡胶籽油	145.87	-45.44	-27.57	40.96	2
油藤果油	46.75	-18.02	-13.30	11.61	9
红花籽油	58.38	-6.49	-15.57	18.29	4
花生油	75.66	-28.55	-23.78	18.56	3
菜籽油	208.92	-60.27	-39.37	59.79	1
大豆油	49.85	-18.45	-14.27	12.54	6

由表 3 可见,按综合得分由高到低为菜籽油 > 橡胶籽油 > 花生油 > 红花籽油 > 橄榄油 > 大豆油 > 青刺果油 > 油茶籽油 > 油藤果油 > 核桃油 > 澳洲坚果油。因此,仅考虑这几种脂溶性成分,菜籽油最优,橡胶籽油次之。

因本研究测定的是油料作物油脂中的主要脂溶性成分含量,所以评价的也是油脂中的这几种功能性成分,得分排序结果也仅代表这几种功能性成分的综合评价结果,并不能综合评价油脂的品质,排序在前的只能说明油脂中的某些功能性成分较高,适

合一定的人群食用,而评分低的油脂并不能说明油脂品质不好,只说明其脂溶性成分含量相对低。要综合评价油脂的品质,在后续的研究中需继续补充脂肪酸组成、磷脂成分等,特别是脂肪酸组成及各种脂肪酸组成比例,综合全部成分指标才能对油料作物油脂进行综合全面的评价。

### 3 结论

在所收集的云南 11 种油料作物油脂中的植物甾醇大多以  $\beta$ -谷甾醇为主,菜籽油中植物甾醇含量最高,但所含的甾醇种类不是最全的。在 11 种植物油脂中,橄榄油中角鲨烯含量最高,红花籽油中维生素 E 含量最高,花生油中类胡萝卜素含量最高,菜籽油中总酚含量最高。主成分分析结果表明,菜籽油最优,橡胶籽油次之。

### 参考文献:

- [1] 高阳. 新型功能食品添加剂——植物甾醇[J]. 中国食物与营养, 2006(12):26-27.
- [2] 李月, 陈锦屏, 段玉峰. 植物甾醇功能及开发前景展望[J]. 粮食与油脂, 2004, 17(5):11-13.
- [3] 张斌, 郁昕, 栗磊, 等. 植物甾醇的研究进展[J]. 食品与发酵工业, 2015, 41(1):190-195.
- [4] 吴时敏. 角鲨烯开发利用[J]. 粮食与油脂, 2001(1):36.
- [5] 官波, 郑文诚. 角鲨烯提取、纯化及其应用[J]. 粮食与油脂, 2010(2):44-46.
- [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] NERGIZ C, CELIKKALE D. The effect of consecutive steps of refining on squalene content of vegetable oils[J]. J Food Sci Technol, 2011, 48(3):382-385.
- [8] HE H P, CAI Y Z, SUN M, et al. Extraction and purification of squalene from *Amaranthus* grain[J]. J Agric Food Chem, 2002, 50(2):368-372.
- [9] POPA I, BABEAU N, NITA S, et al. Squalene - natural resources and applications[J]. Farmacia, 2014, 62(5):840-864.
- [10] 张忠义. 维生素 E 对人体健康的影响[J]. 药学进展, 1994, 18(1):57-58.
- [11] 陈钧. 几种常见食用植物油的成分和营养价值的比较[J]. 健康必读, 2013(2):407,375.
- [12] 陈波. 不同来源的类胡萝卜素在动物机体内的沉积[J]. 中国家禽, 1997(11):7-8.
- [13] 靳青, 毕宇霖, 刘晓牧, 等. 类胡萝卜素代谢及功能研究进展[J]. 动物营养学报, 2014(12):3561-3571.
- [14] KARADAS F, PAPPAS A C, SURAI P F, et al. Embryonic development within carotenoid-enriched eggs influences the post-hatch carotenoid status of the chicken[J]. Comp Biochem Physiol B: Biochem Mol Biol, 2005, 141(2):244-251.