

云南“皮瓜尔”初榨橄榄油中主要成分分析

杨晶晶¹, 刘云¹, 李如位¹, 胡祥², 王连春², 阚欢¹

(1. 西南林业大学 生命科学学院, 昆明 650224; 2. 西南林业大学 林学院, 昆明 650224)

摘要:以云南丽江田园、丽江森泽、楚雄永仁、丽江三全和甘肃陇南5个产地“皮瓜尔”油橄榄初榨油为材料,采用GC-MS法测定橄榄油脂肪酸组成及含量,HPLC法测定其角鲨烯含量,Folin-Ciocalteu比色法测定其总酚含量,UV法测定其总黄酮含量,并比较分析不同产地初榨橄榄油的主要品质差异。结果表明:初榨橄榄油中共鉴定出9种主要脂肪酸,主要由油酸(70.23%~78.28%)、棕榈酸(14.18%~16.80%)和亚油酸(4.00%~8.65%)组成,变异系数介于4.26%~53.12%之间,平均不饱和脂肪酸含量在80%以上。5个产地初榨橄榄油角鲨烯含量在377.93~582.65 mg/100 g之间,总酚和总黄酮含量分别在47.6~142.45 mg/100 g和156.72~265.98 mg/100 g之间,云南产地初榨橄榄油的总酚含量均高于甘肃陇南产地的,云南楚雄永仁产地的初榨橄榄油总酚含量是甘肃陇南产地的近3倍。

关键词:初榨橄榄油;脂肪酸;角鲨烯;总酚;黄酮

中图分类号:TS225.1;TQ646.4 文献标识码:A 文章编号:1003-7969(2020)04-0092-05

Analysis of main chemical components in virgin olive oils from Picual cultivated in Yunnan

YANG Jingjing¹, LIU Yun¹, LI Ruwei¹, HU Xiang²,
WANG Lianchun², KAN Huan¹

(1. College of Life Science, Southwest Forestry University, Kunming 650224, China;
2. College of Forestry, Southwest Forestry University, Kunming 650224, China)

Abstract: The virgin olive oils from Picual variety grown in Yunnan (Tianyuan, Lijiang; Senze, Lijiang; Yongren, Chuxiong; Sanquan, Lijiang) and in Gansu (Longnan) were taken as materials, and their fatty acids composition and content, squalene content, polyphenols content and total flavonoids content were determined by GC-MS, HPLC, Folin-Ciocalteu and UV-method, respectively. The main qualities of olive oils from different regions were compared and analyzed. The results showed that a total of nine major fatty acids in virgin olive oil were identified, mainly composed of oleic acid(70.23% - 78.28%), palmitic acid(14.18% - 16.80%) and linoleic acid(4.00% - 8.65%), and its coefficient of variation was from 4.26% to 53.12%. The average unsaturated fatty acid content of virgin olive oil was more than 80%. The content of squalene was from 377.93 mg/100 g to 582.65 mg/100 g, the content of polyphenols and total flavonoids ranged from 47.6 mg/100 g to 142.45 mg/100 g and from 156.72 mg/100 g to 265.98 mg/100 g, respectively. The total polyphenols content of virgin olive oil from Yunnan was higher than that from Longnan in Gansu, and the total polyphenols content from Yongren, Chuxiong in Yunnan was about three times as high as that from Longnan in Gansu province.

Key words: virgin olive oil; fatty acid; squalene; polyphenols; total flavonoids

收稿日期:2019-07-22;修回日期:2019-08-10

基金项目:云南森林培育协同创新中心(501355)

作者简介:杨晶晶(1995),女,硕士研究生,研究方向为食品加工与安全(E-mail)1980009454@qq.com。

通信作者:阚欢,教授(E-mail)13700650213@163.com。

油橄榄(*Olea europaea* L.)别称洋橄榄、齐墩果,为木犀科木犀榄属常绿阔叶乔木,是世界上主要的优质木本油料作物之一^[1]。油橄榄主要种植于

西班牙、意大利、希腊等地中海国家^[2],从20世纪60年代起,开始在我国引种栽培,主要栽培于我国甘肃、四川、湖北、云南等地。甘肃陇南是我国最主要的油橄榄适生区,橄榄油产量、产值均居全国第1位。目前,云南省油橄榄种植面积已超过1万hm²,主要分布于楚雄、大理、丽江等金沙江干热河谷凉冬地区^[3-4]。油橄榄鲜果含油率在30%左右,可由鲜果直接冷榨得到橄榄油^[5]。橄榄油是世界上公认的“液体黄金”,具有抗氧化、调节胆固醇、促进骨骼和神经系统发育、预防心血管疾病、延缓衰老和调整人体生理机能的作用^[6-9],被广泛应用于医药、食品、化妆品等领域^[10-11]。

我国的橄榄油产业正处于高速发展时期,为了更直观地展现云南不同产地油橄榄的品质差异,本研究以云南省引种栽培的“皮瓜尔”油橄榄为研究对象,比较分析云南丽江田园、丽江森泽、楚雄永仁、丽江三全4个产地与甘肃陇南产地初榨橄榄油的脂肪酸组成及相对含量,并测定其角鲨烯、总酚、黄酮含量,为不同地区油橄榄的选育、引种栽培和推广提供依据,为深度开发云南地区的油橄榄资源,指导优化油橄榄的精深加工利用提供理论依据,为制定和完善云南省油橄榄果实品质鉴定标准,以及油橄榄品种选育、品种优化升级及产业规划提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

1.1.1 原料与试剂

油橄榄鲜果,品种为“皮瓜尔”,分别采自云南的丽江三全(E100°06',N27°23')、丽江田园(E100°22',27°03')、楚雄永仁(E101°42',N26°04')、丽江森泽(E100°46',N26°43')及甘肃陇南(E104°92',N33°40')地区,样品为2018年10月手工采摘,第4成熟度(果皮全为紫色),经液压榨油机直接压榨得到初榨橄榄油。

石油醚、苯、盐酸、无水硫酸钠、无水乙醇、正己烷、碳酸钠均为分析纯;甲醇为色谱纯;角鲨烯标准品、Folin-Ciocalteu试剂、没食子酸、芦丁标准品均为分析纯,上海源叶生物科技有限公司。

1.1.2 仪器与设备

TD电子天平,赛多利斯科学仪器(北京)有限公司;DK-98-II电热恒温水浴锅,天津市泰斯特仪器有限公司;冰箱,青岛海尔股份有限公司;101-2AB型电热恒温鼓风干燥箱,天津市泰斯特仪器有限公司;SB25-12DTDS超声波清洗器,宁波新艺超声设备有限公司;7890B(G3440B)型GC-MS、1260型HPLC,安捷伦科技有限公司;UV-2600紫外可

见分光光度计,岛津仪器(苏州)有限公司。

1.2 试验方法

1.2.1 橄榄油中脂肪酸的测定

甲酯化:根据GB 5009.168—2016《食品安全国家标准 食品中脂肪酸的测定》,称取橄榄油50mg,置于10mL具塞刻度试管中,加入2mL石油醚与苯的混合溶剂(体积比1:1),轻轻摇动使之溶解,再加入2mL 0.4 mol/L氢氧化钾-甲醇溶液,振荡2~3min,在4000 r/min下离心8~10min,取上清液,待GC-MS分析。

GC条件:AB-Inowax弹性石英毛细管柱(30m×0.25mm×0.25μm);升温程序为初温45℃,保持2min,以4℃/min升至260℃,保持20min;进样口温度250℃;柱流量0.5mL/min;载气为高纯氦气(He);进样方式为不分流。

MS条件:电离方式EI;电离电压70eV;离子源温度230℃;界面温度280℃;扫描范围30~550u。谱图检索采用HPMSD化学工作站检索NIST2005标准质谱图谱库和WILEY质谱图库。

1.2.2 橄榄油中角鲨烯含量的测定

1.2.2.1 角鲨烯标准曲线的绘制

准确称取50mg角鲨烯标准品,用正己烷溶解至25mL。稀释为0.2、0.6、1.0、1.4、1.8mg/mL的角鲨烯标准溶液,经0.45μm滤头过滤后,待高效液相色谱分析。以角鲨烯质量浓度(x)为横坐标,峰面积(y)为纵坐标,得到线性回归方程 $y = 25\ 652.44x + 620.85$,相关系数(R^2)为0.9993。

1.2.2.2 橄榄油中角鲨烯的提取及前处理

称取橄榄油2g置于烧瓶中,加入18mL氢氧化钾-乙醇溶液,皂化回流1h。冷却后,用50mL石油醚重复萃取3次,合并萃取液;加入3mL 5mol/L的HCl进行酸化,用体积分数为5%的NaCl溶液洗涤至中性;经无水硫酸钠干燥后旋转蒸发脱除溶剂,得到不皂化物。加入适量正己烷溶解后注入中性氧化铝层析柱中,用正己烷洗脱,收集馏分浓缩至10mL,经0.45μm滤头过滤,待高效液相色谱检测。

1.2.2.3 高效液相色谱分析条件

EclipseXDB-C18色谱柱(4.6mm×250mm,5μm),流动相为甲醇溶液,流速1.0mL/min,检测波长210nm,柱温30℃,进样量10μL。峰面积归一化法定量。

1.2.3 橄榄油中总酚含量的测定

1.2.3.1 没食子酸标准曲线的绘制

采用Folin-Ciocalteu比色法^[12]测定总酚含量。用甲醇配制质量浓度为5、10、15、20、25、30μg/mL的

没食子酸标准溶液,分别移取 0.5 mL 于 10 mL 刻度试管中,加入 3.5 mL 经稀释的 Folin - Ciocalteu 试剂,静置 5 min 后加入 7.5% 的碳酸钠溶液 2.5 mL,加水至 10 mL,加盖摇匀,避光放置 1 h,在 765 nm 波长下测定吸光值。以没食子酸质量浓度(x)为横坐标,吸光值(y)为纵坐标,绘制标准曲线,得线性回归方程 $y = 0.007 51x - 0.001 57$,相关系数(R^2)为 0.999 7。

1.2.3.2 样品总酚含量的测定

准确移取橄榄油 0.5 mL,加入 2 mL 80% 的乙醇溶液或先加入 1 mL 正己烷脱脂,再加入 1 mL 80% 乙醇溶液,旋涡振荡提取,在 5 000 r/min 下离心 10 min,收集上清液。移取 0.5 mL 上清液,按照 1.2.3.1 方法测定吸光值,根据线性回归方程计算总酚质量浓度。按下式计算样品中总酚含量。

$$\text{总酚含量} = \frac{C \times N \times V}{M} \times 10^{-3}$$

式中: C 为测定样品液中总酚质量浓度, $\mu\text{g/mL}$; V 为样品液总体积, mL; M 为样品的质量, g; N 为稀释倍数。

1.2.4 橄榄油中总黄酮含量的测定

1.2.4.1 芦丁标准曲线的绘制

准确称取在 120 °C 干燥至恒重的芦丁标准品 5.00 mg,加无水乙醇配制为 0.20 mg/mL 芦丁标准

溶液。分别取 0、0.5、1.0、1.5、2.0、2.5、3.0 mL 标准溶液用无水乙醇定容至 3 mL,加入 5% 亚硝酸钠溶液 1 mL 摇匀,放置 6 min,加 10% 硝酸铝溶液 1 mL 摇匀,放置 6 min,加 4% 氢氧化钠溶液 10 mL 摇匀,放置 15 min,在 510 nm 处测定吸光值。以芦丁质量浓度(x)为横坐标,吸光值(y)为纵坐标,得线性回归方程 $y = 0.041 94x + 0.014 46$,相关系数(R^2)为 0.999 2。

1.2.4.2 样品总黄酮含量测定

移取橄榄油 7 mL 于 50 mL 容量瓶中,加无水乙醇定容至刻度,超声波辅助混匀样液。移取样液 1.0 mL,按照 1.2.4.1 方法测定吸光值,平行测定 3 次,取其平均值,根据线性回归方程以及稀释倍数计算样品总黄酮含量。

1.2.5 数据处理

所有数据均采用 3 次重复试验的平均值,采用 Origin Pro2017 对试验数据进行处理并绘图。采用 SPSS20.0 进行试验数据统计与分析,显著性差异采用 ANOVA 检验以及 Duncan 分析。

2 结果与分析

2.1 初榨橄榄油脂肪酸组成及含量

对 5 个不同产地初榨橄榄油的脂肪酸组成及含量进行测定,结果见表 1。

表 1 不同产地初榨橄榄油主要脂肪酸组成及含量

脂肪酸	甘肃陇南	云南丽江田园	云南丽江森泽	云南楚雄永仁	云南丽江三全	平均值	变异系数
棕榈酸(C16:0)	16.60	14.18	16.80	16.26	16.11	15.99	6.55
珠光脂酸(C17:0)	0.09	0.14	0.05	0.04	0.06	0.08	53.12
硬脂酸(C18:0)	0.80	1.16	0.90	0.94	0.86	0.93	14.76
花生酸(C20:0)	0.32	0.46	0.42	0.41	0.45	0.41	13.45
花生烯酸(C20:1)	0.31	0.26	0.38	0.31	0.37	0.33	15.12
山嵛酸(C22:0)	0.10	0.16	0.16	0.14	0.15	0.14	17.53
油酸(C18:1)	72.08	78.28	70.23	72.22	71.76	72.91	4.26
亚油酸(C18:2)	6.24	4.00	8.65	7.49	8.30	6.94	27.17
α -亚麻酸(C18:3)	0.65	0.49	0.71	0.53	0.58	0.59	15.03
不饱和脂肪酸(UFA)	79.28	83.03	79.97	80.55	81.01	80.77	1.76
单不饱和脂肪酸(MUFA)	72.39	78.54	70.61	72.53	72.13	73.24	4.26
多不饱和脂肪酸(PUFA)	6.89	4.49	9.36	8.02	8.88	7.53	25.78
饱和脂肪酸(SFA)	17.91	16.10	18.33	17.79	17.63	17.55	4.85

注:甘肃陇南、云南丽江田园、云南丽江森泽、云南楚雄永仁和云南丽江三全初榨橄榄油中 $n-6/n-3$ 分别为 9.60:1、8.16:1、12.18:1、14.13:1、14.31:1。

由表 1 可知,5 个产地初榨橄榄油都检出 9 种脂肪酸,其中有 5 种饱和脂肪酸(棕榈酸、珠光脂酸、硬脂酸、花生酸、山嵛酸)、2 种单不饱和脂肪酸(花生烯酸、油酸)、2 种多不饱和脂肪酸(亚油酸、 α -亚麻酸),脂肪酸组成成分基本一致,但在含量上存在差异。脂肪酸种类及含量与耿树香等^[5]对

云南引种油橄榄脂肪酸组成测定的结果相近。初榨橄榄油中主要脂肪酸含量从高到低依次为油酸 > 棕榈酸 > 亚油酸 > 硬脂酸 > α -亚麻酸 > 花生酸 > 花生烯酸 > 山嵛酸 > 珠光脂酸。中国营养学会在《中国居民膳食营养素参考摄入量》中指出 $n-6$ PUFA 与 $n-3$ PUFA 适宜比为(4~6):1。根据世界医学

对人体必需脂肪酸的研究结果,FAO 推荐 $n-6$ PUFA(亚油酸)与 $n-3$ PUFA(α -亚麻酸)的适宜比在(5~10):1时,对人体健康最有益^[13],云南丽江田园、甘肃陇南产地的初榨橄榄油在此范围内。

由表1可知,5个产地初榨橄榄油不饱和脂肪酸含量均在80%左右,差异不显著。其中云南丽江田园产地的初榨橄榄油不饱和脂肪酸含量最高,达到83.03%;甘肃陇南产地的初榨橄榄油不饱和脂肪酸含量最低,为79.28%。不饱和脂肪酸对心脑血管有调节和保护作用,表现在调节机体的血脂水平、调节糖代谢的途径、调节血压平衡等作用^[14]。5个产地初榨橄榄油单不饱和脂肪酸平均含量达73.44%,差异不显著。初榨橄榄油中单不饱和脂肪酸含量较高,说明其具有良好的抗氧化性和耐煎炸性。5个产地初榨橄榄油多不饱和脂肪酸含量差异显著,变异系数达25.78%。初榨橄榄油中饱和脂肪酸含量差异不大,平均值为17.55%,甘肃陇南、云南丽江森泽、楚雄永仁、丽江三全产地的初榨橄榄油饱和脂肪酸含量高于平均水平。

由表1可知,9种脂肪酸变异系数从大到小的顺序为珠光脂酸>亚油酸>山嵛酸>花生烯酸> α -亚麻酸>硬脂酸>花生酸>棕榈酸>油酸。不同产地的初榨橄榄油中珠光脂酸含量差异最显著,变异系数高达53.12%,可能是自然条件、栽培技术、管理水平等因素造成的。不同产地的初榨橄榄油中油酸含量差异不显著,介于70.23%~78.28%之间,平均值为72.91%,变异系数最小,为4.26%。初榨橄榄油中油酸含量很高,说明5个产地的油橄榄都属于高油酸类型。

2.2 初榨橄榄油中角鲨烯含量(见图1)

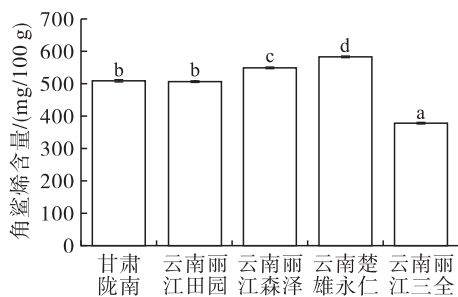


图1 不同产地初榨橄榄油中角鲨烯含量

由图1可知,5个产地初榨橄榄油中角鲨烯含量在377.93~582.65 mg/100 g之间。甘肃陇南与云南丽江田园的初榨橄榄油中角鲨烯含量差异不显著,其他产地的差异显著。角鲨烯含量最高的是云南楚雄永仁的初榨橄榄油,角鲨烯含量达(582.65±2.30) mg/100 g;最低的是云南丽江三全的,只有

(377.93±2.52) mg/100 g;其他产地的初榨橄榄油中角鲨烯含量从高到低依次为云南丽江森泽((548.80±2.51) mg/100 g)、甘肃陇南((508.85±3.54) mg/100 g)、云南丽江田园((506.48±2.60) mg/100 g)。云南丽江森泽、楚雄永仁的初榨橄榄油角鲨烯含量均高于甘肃陇南地区的。耿树香等^[15]研究发现,角鲨烯含量随着油橄榄成熟度的增加呈现上升趋势。角鲨烯具有抗氧化作用,能使初榨橄榄油在光和热氧化条件下保持稳定。

2.3 初榨橄榄油中总酚含量(见图2)

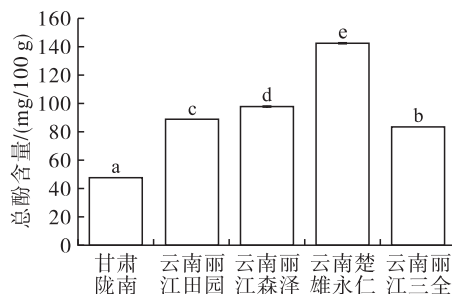


图2 不同产地初榨橄榄油中总酚含量

由图2可知,5个不同产地的初榨橄榄油总酚含量在47.6~142.45 mg/100 g之间,存在显著性差异。甘肃陇南的初榨橄榄油总酚含量最低,为(47.6±0.05) mg/100 g。云南地区的初榨橄榄油总酚含量均高于甘肃陇南地区的,其中丽江田园、丽江森泽、丽江三全产地的初榨橄榄油总酚含量均在83 mg/100 g以上;总酚含量最高的是云南楚雄永仁的,总酚含量达(142.45±0.51) mg/100 g,是甘肃陇南的近3倍。总酚含量随着油橄榄成熟度的增加而显著降低,其具有抗癌、抗氧化、抗衰老等功效,主要影响橄榄油的风味、稳定性和功能性^[16-17]。

2.4 初榨橄榄油中总黄酮含量(见图3)

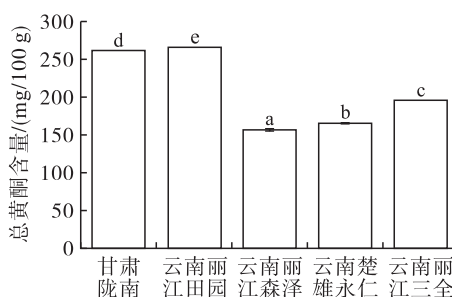


图3 不同产地初榨橄榄油中总黄酮含量

由图3可知,5个产地的初榨橄榄油总黄酮含量在156.72~265.98 mg/100 g之间,存在显著性差异。总黄酮含量最高的是云南丽江田园的初榨橄榄油,达到(265.98±0.22) mg/100 g;最低的是云南丽江森泽的,为(156.72±1.63) mg/100 g;其他产地的初榨橄榄油总黄酮含量从高到低依次为甘肃陇南

((261.58 ± 0.32) mg/100 g) > 云南丽江三全 ((195.93 ± 0.26) mg/100 g) > 云南楚雄永仁 ((165.5 ± 0.81) mg/100 g)。只有云南丽江田园产地的初榨橄榄油总黄酮含量高于甘肃陇南产地的。

3 结论

由于受到自然条件、育种条件、管理水平、采收时间等因素的影响,云南4个产地(丽江田园、丽江森泽、楚雄永仁、丽江三全)与甘肃陇南产地的“皮瓜尔”初榨橄榄油在脂肪酸、角鲨烯、总酚和总黄酮含量均存在差异。5个产地的橄榄油均为高油酸型,初榨橄榄油中都检出9种脂肪酸组分,主要由油酸(70.23% ~ 78.28%)、棕榈酸(14.18% ~ 16.80%)和亚油酸(4.00% ~ 8.65%)组成;变异系数从大到小的顺序为珠光脂酸 > 亚油酸 > 山萘酸 > 花生烯酸 > α-亚麻酸 > 硬脂酸 > 花生酸 > 棕榈酸 > 油酸。云南4个产地的初榨橄榄油不饱和脂肪酸含量均高于甘肃陇南产地的,且均在80%左右;单不饱和脂肪酸含量最高的是云南丽江田园产地的,达78.54%;云南的丽江森泽、楚雄永仁和丽江三全3个产地的初榨橄榄油多不饱和脂肪酸(PUFA)含量比甘肃陇南产地的(6.89%)高,分别是9.36%、8.02%、8.88%。

甘肃陇南产地的初榨橄榄油角鲨烯含量为(508.85 ± 3.54) mg/100 g,云南产地的在377.93 ~ 582.65 mg/100 g之间,云南丽江田园产地的初榨橄榄油角鲨烯含量((506.48 ± 2.60) mg/100 g)最接近甘肃陇南产地的,差异不显著。5个产地的初榨橄榄油总酚含量在47.6 ~ 142.45 mg/100 g之间,存在显著性差异,云南地区初榨橄榄油总酚含量均高于甘肃陇南地区的,其中云南楚雄永仁产地的初榨橄榄油总酚含量是甘肃陇南产地的近3倍。5个产地初榨橄榄油总黄酮含量从高到低依次为云南丽江田园((265.98 ± 0.22) mg/100 g) > 甘肃陇南((261.58 ± 0.32) mg/100 g) > 云南丽江三全((195.93 ± 0.26) mg/100 g) > 云南楚雄永仁((165.5 ± 0.81) mg/100 g) > 云南丽江森泽((156.72 ± 1.63) mg/100 g)。

参考文献:

[1] 邓俊琳,王寒冬,刘露,等. 橄榄油鲜果中总黄酮提取工艺优化及其含量随不同成熟度的变化[J]. 食品工业科技, 2014, 35(22): 254-258.
[2] 后春静,闫辉强,马君义,等. 陇南油橄榄“贺吉”果实中主要功能成分的动态变化规律[J]. 中国油脂, 2019,

44(2): 36-42.

- [3] 柴媛媛,王静,谢萍. 云南省油橄榄产业发展浅析[J]. 当代经济, 2014(22): 80-81.
[4] 贺娜,张艳丽,宁德鲁,等. 云南主栽油橄榄品种果实品质综合评价[J]. 西南林业大学学报, 2018, 38(2): 181-184.
[5] 耿树香,杨生超,宁德鲁,等. 云南引种油橄榄果实含油率及其脂肪酸组成分析[J]. 西南林业大学学报(自然科学), 2018, 38(4): 199-205.
[6] DAG A, KEREM Z, YOGEV N, et al. Influence of time of harvest and maturity index on olive oil yield and quality [J]. Sci Horticulture - Amsterdam, 2011, 127(3): 358-366.
[7] SOUSA C, GOUVINHAS I, BARREIRA D, et al. 'Cobranosa' olive oil and drupe: chemical composition at two ripening stages[J]. J Am Oil Chem Soc, 2014, 91(4): 599-611.
[8] ABENOZA M, BENITO M, ORIA R, et al. Quality characterization of the olive oil from var. Tosca 07[®] grown in a commercial high density orchard [J]. J Am Oil Chem Soc, 2014, 91(4): 613-622.
[9] NERGIZ C, CELIKKALE D. The effect of consecutive steps of refining on squalene content of vegetable oil [J]. J Food Sci Technol, 2011, 48(3): 382-385.
[10] 陈庆生,孟潇,龚盛昭. 橄榄油PEG-7酯类在洗涤类化妆品中的应用研究[J]. 日用化学品科学, 2014, 37(11): 24-27.
[11] 张琰,成亮. 橄榄油、亚麻籽油对肥胖模型大鼠减肥降血脂作用研究[J]. 农产品加工, 2016(4): 47-48.
[12] 刘雨潇,周晓映,刘峰,等. 玫瑰茄提取物多酚含量与抗氧化作用研究[J]. 食品研究与开发, 2011, 32(3): 75-78.
[13] 段叶辉,李凤娜,李丽立,等. n-6/n-3多不饱和脂肪酸比例对机体生理功能的调节[J]. 天然产物研究与开发, 2014(4): 626-631.
[14] 杨水艳,邵志凌,聂绪恒. 10种云南植物油脂肪酸组成比较分析与评价[J]. 中国油脂, 2018, 43(1): 144-146.
[15] 耿树香,宁德鲁,张艳丽,等. 不同品种及成熟度橄榄油中角鲨烯的检测分析[J]. 广东农业科学, 2013, 40(3): 79-81.
[16] 庞伟强,雷春妮,高黎红,等. 甘肃陇南单品种初榨橄榄油化学组分及与感官属性的关系研究[J]. 中国油脂, 2018, 43(2): 89-93.
[17] 邓俊琳,李旭,王寒冬,等. 橄榄油鲜果中多酚化合物含量测定的HPLC法研究[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2017, 45(1): 191-195.