

云南不同品种及成熟度橄榄油主要功能成分分析

耿树香, 李勇杰, 王 玺

(云南省林业和草原科学院, 昆明 650201)

摘要:旨在寻求云南不同品种油橄榄果最佳采收期,以云南省引种的‘柯基’‘佛奥’‘豆果’‘皮瓜尔’‘科拉蒂’‘鄂植8号’6个主栽品种3个成熟度油橄榄果为原料制取油脂,分析各橄榄油样品的脂肪酸组成,并按脂肪酸组成相似性进行聚类分析,同时对橄榄油的脂质伴随物进行分析,并以此对橄榄油品质进行综合评价。结果表明:不同品种及成熟度橄榄油的脂肪酸含量存在差异,按脂肪酸组成相似性,在欧氏距离为5时18个橄榄油样品可分为3个大类,其中‘鄂植8号’和‘佛奥’3个成熟度橄榄油及‘豆果’成熟度1橄榄油聚为一类,‘柯基’‘科拉蒂’‘皮瓜尔’3个成熟度橄榄油聚为一类,‘豆果’成熟度3与成熟度5橄榄油聚为一类;以橄榄油的 β -胡萝卜素、角鲨烯、 β -谷甾醇、槲皮素、木犀草素、芹菜素、咖啡酸、*p*-香豆酸、阿魏酸、香草酸、橄榄苦苷、山楂酸、羟基酪醇、酪醇、 α -生育酚、刺激醛16个脂质伴随物含量为指标对18个橄榄油样品进行综合评价,发现‘皮瓜尔’‘柯基’‘鄂植8号’成熟度1橄榄油品质较好,6个品种油橄榄果均在成熟度1时采收最佳。综上,不同品种橄榄油中功能成分受油橄榄果成熟度影响较大,6个品种油橄榄果在果皮刚转为黄绿色时采收其油脂中脂质伴随物含量最丰富。

关键词:油橄榄;橄榄油;成熟度;脂肪酸;功能成分;多酚

中图分类号:TS222+.1;TS221 文献标识码:A 文章编号:1003-7969(2025)03-0076-07

Analysis of the main functional components of olive oil from different varieties and maturity levels in Yunnan Province

GENG Shuxiang, LI Yongjie, WANG Xi

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

Abstract: In order to determine the optimal harvest time for olive fruits, olive oil was prepared from olive fruits of six olive varieties (Koroneiki, Frantoio, Arbequina, Picual, Coratina and Ezhi8) and three maturity levels introduced and grown in Yunnan Province, the fatty acid composition and lipid concomitants of the olive oils were analyzed. Cluster analysis was conducted on olive oil according to the similarity of fatty acid, and the quality of olive oil was comprehensive evaluated according to the lipid concomitants. The results showed that there were differences in the fatty acid content of olive oils from different varieties and maturity levels. According to the similarity of fatty acid composition, the 18 olive oil samples could be divided into three categories at an Euclidean distance of 5. Ezhi8 and Frantoio of maturity 1, 3 and 5, Arbequina of maturity 1 were grouped into one category, three maturity levels oils of Koroneiki, Coratina and Arbequina were clustered into one category, and Arbequina of maturity 3 and 5

were clustered into one category. Taking sixteen lipid concomitants namely β -carotene, squalene, β -sitosterol, quercetin, luteolin, apigenin, caffeic acid, *p*-coumaric acid, ferulic acid, vanillic acid, oleuropein, hawthorn acid, hydroxytyrosol, tyrosol, α -tocopherol and oleocanthal as the indexes, the principal component analysis on 18 olive oil samples

收稿日期:2023-10-08;修回日期:2024-12-10

基金项目:云南省创新引导与科技型企业培育计划(202204BI090008);科技人才与平台计划专家工作站项目(202305AF150025)

作者简介:耿树香(1978),女,研究员,博士,主要从事经济林产品深加工研究工作(E-mail)1016430670@qq.com。

通信作者:李勇杰,研究员,硕士(E-mail)liyongjie107@126.com。

showed that the quality of olive oil from Picual, Koroneiki and Ezhi8 of maturity 1 was better, and the optimal harvest time of six varieties olive fruits was maturity level 1. In conclusion, the functional components in the oil from different olive fruits are greatly affected by the maturity. Six varieties olive fruits are harvested when the peel just turn yellow green, and the content of lipid concomitants in the oil is the most abundant.

Key words: olive; olive oil; maturity level; fatty acid; functional component; polyphenol

油橄榄 (*Olea europaea* L.) 属常绿、阔叶乔木, 其果实 90% 用于榨油, 是世界“高产、优质、高效益”的名贵优质木本油料作物。橄榄油是地中海沿岸国家主要食用油^[1], 其含有大量的单不饱和脂肪酸油酸。油酸可调节人类癌症基因簇 (如 *HER2*、*FASN*、*PEA3*) 的表达从而具有潜在的抗癌特性^[2]。此外, 橄榄油还富含脂质伴随物, 如角鲨烯、 α -生育酚、 β -谷甾醇及多酚类化合物等功能活性成分。油橄榄果的酚类化合物主要存在于果皮中, 在制油加工过程, 其中一部分转移到橄榄油中, 包括羟基酪醇、双羟基苯乙醇、对羟基苯乙醇、咖啡酸、阿魏酸等多酚类和酚酸类物质。此外, 油橄榄果中还含有一种特殊的橄榄多酚——刺激醛 (oleocanthal), 其是一种酚醛类化合物, 作为非甾体抗炎药比布洛芬活性更强^[3]。酚类化合物因具有抗氧化、神经保护、抗癌、抑菌等作用^[3-4], 在临床上已获得深入的研究。高质量的特级初榨橄榄油含有大量的类黄酮、甾醇和角鲨烯等功能成分, 具有降胆固醇、降血压、抑制血小板凝聚、减少低密度脂蛋白胆固醇的氧化、防止心脏病的发作和预防乳腺癌等作用^[5-6]。以上功能成分赋予了橄榄油独特风味和健康功能特性, 使橄榄油可应用于药品、化妆品、保健品和功能性食品中。

基于油橄榄多酚物质的研究^[7-10], 欧洲食品安全局 (European Food Safety Authority, EFSA) 公布了关于特级初榨橄榄油的健康声明要求, 即每 20 g 特级初榨橄榄油中至少含有 5 mg 羟基酪醇及其环烯醚萜衍生物, 因此橄榄油中多酚类物质含量可作为指导橄榄油生产的重要指标之一。不同品种和成熟度的橄榄油中单不饱和脂肪酸和微量组分存在差异, 因此选择合适的油橄榄果油用品种及合适的油橄榄果采收期对于生产高质量橄榄油非常重要, 之前该方面的研究多以含油率为评价指标^[11-13]。本文以云南永仁引种栽培的 6 个品种 3 个成熟度油橄榄果为原料提取橄榄油, 测定橄榄油的脂肪酸组成, 并以脂质伴随物为评价依据对其进行综合评价, 以期获得云南不同品种油橄榄果的最佳采收期, 同时为橄榄油延伸产品 (如保健品、化妆品、功能食品)

的研发与市场流通提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

6 个主栽品种 (‘柯基’ ‘佛奥’ ‘豆果’ ‘皮瓜尔’ ‘科拉蒂’ ‘鄂植 8 号’) 油橄榄果, 于 2022 年采摘于云南省永仁县小尖山油橄榄基地。每个品种选择 10 株生长正常的植株作为固定取样植株, 沿树冠中上部外围的各个方向随机采果, 将 10 个样株的果实全部混合。按成熟度将油橄榄果分为 3 类, 即成熟度 1 (果皮黄绿色)、成熟度 3 (果皮红色超过 1/2)、成熟度 5 (果皮黑色), 其对应采样时间分别为 9 月中旬、10 月中旬、11 月中旬。每个成熟度的鲜果样品约 10 kg, 按品种 - 成熟度对油橄榄果进行编号。

甲醇、乙腈, 色谱级, 上海安谱实验科技股份有限公司; 正己烷、乙酸、磷酸、甲酸, 色谱级, 上海阿拉丁生化科技股份有限公司; 木犀草苷、橄榄苦苷、香草酸等多酚类物质标准品、37 种脂肪酸甲酯混合标准品, 上海源叶生物科技有限公司; 总黄酮含量试剂盒, 苏州格锐思生物科技有限公司; 正己烷、硫酸、氢氧化钠、盐酸、硼酸等均为分析纯, 凯尔特消化片 (每片含 0.4 g $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 、3.5 g K_2SO_4), 天津市风船化学试剂科技有限公司; 刺激醛标准品, 色谱级, 上海甄准生物科技有限公司。

MC2 型 Abencor 橄榄油提取分析系统, 西班牙 MC2Ingenieria 公司; 金属浴, 杭州瑞诚仪器有限公司; MD190 酶标仪, 美国 Molecular Devices 公司; TG-16G 台式高速离心机, 湖南凯达科学仪器有限公司; Eppendorf 100 ~ 1 000 μL 单道移液枪、Eppendorf 50 ~ 200 μL 单道移液枪, 德国艾本德股份公司; GC-2030 气相色谱仪、LC-20AT 高效液相色谱 (HPLC) 仪, 日本岛津公司; LC-100 高效液相色谱仪、C18 色谱柱 (250 mm \times 4.6 mm, 5 μm), 上海伍丰科技仪器有限公司; FA1204 电子天平, 上海衡际科学仪器有限公司; Agilent1260 高效液相色谱仪串联 6420A 质谱 (HPLC-MS/MS) 仪, 美国 Agilent 公司。

1.2 试验方法

1.2.1 橄榄油的提取

采用 MC2 型 Abencor 橄榄油提取分析系统提取橄榄油。称取至少 2.5 kg 油橄榄果于粉碎机中粉碎并混匀, 取样 700 g, 于 24 ~ 27 °C 下融合 20 min, 向样品中加入 300 mL 沸水, 再融合 10 min, 将样品倒入离心机中, 于 5 000 r/min 离心 1 min 后, 吸取上层油样于棕色玻璃瓶中, 4 °C 储存备用。平行操作 3 组。

1.2.2 脂肪酸组成测定

参考 NY/T 3110—2017《植物油料中全谱脂肪酸的测定 气相色谱-质谱法》测定橄榄油的脂肪酸组成。

1.2.3 脂质伴随物测定

1.2.3.1 刺激醛

标准曲线绘制: 配制质量浓度分别为 5、10、25、100、250 $\mu\text{g/mL}$ 的刺激醛标准溶液, 进行 HPLC-MS/MS 分析, 以峰面积为横坐标, 刺激醛溶液质量浓度为纵坐标, 得刺激醛标准曲线方程为 $y = 173.06x - 1070.2$, $R^2 = 0.9999$ 。

样品前处理: 称取 2 g 橄榄油于离心管中, 加入 10 mL 正己烷, 涡旋混匀 1 min, 加入 50 mL 乙腈, 涡旋 1 min, 然后以 4 000 r/min 离心 5 min, 取上清液, 置于蒸发器烧瓶中, 在 45 °C、200 Pa 下用旋转蒸发器蒸干溶剂, 采用 1 mL 甲醇水(体积比 1:1)溶液复溶, 再向其中加入 1 mL 正己烷, 以除去残留的油脂, 然后以 4 000 r/min 离心 2 min, 收集上清液, 过有机滤膜, 待 HPLC-MS/MS 分析。

HPLC 条件: 反相 C18 色谱柱(250 mm \times 4.6 mm, 5 μm); 柱温 35 °C; 自动进样器温度 4 °C; 进样量 3 μL ; 运行时间 10 min; 流动相为 0.1% 甲酸水溶液(A 相)和乙腈(B 相), 流速 0.3 mL/min。流动相梯度洗脱程序见表 1。

表 1 流动相梯度洗脱程序

Table 1 Mobile phase gradient elution procedure

时间/min	A 相/%	B 相/%
0~6	5	95
6~9	0	100
9~9.1	90	10

MS/MS 条件: 质子化或去质子化的选择反应监测条件($[M+H]^+$ 或 $[M-H]^-$); 极性 +; 母离子 (m/z) 305.1; 子离子 (m/z) 287 * /121/103.1; 解簇电压 80 V; 碰撞能量 4 V/14 V/46 V。

1.2.3.2 其他多酚类物质

参考文献[14]测定橄榄油中槲皮素、木犀草素、芹菜素含量; 参考 NY/T 3113—2017《植物油中香草酸等 6 种多酚的测定 液相色谱-串联质谱法》测定橄榄油中咖啡酸、*p*-香豆酸、阿魏酸、香草酸含量; 参考文献[15]、[16]、[17]和[18]分别测定橄榄油中橄榄苦苷、山楂酸、羟基酪醇和酪醇含量。

1.2.3.3 α -生育酚、 β -胡萝卜素、角鲨烯、 β -谷甾醇

参考文献[19]采用 HPLC 测定橄榄油中 α -生育酚含量; 参考文献[20]采用 HPLC 测定橄榄油中 β -胡萝卜素含量; 参考 NY/T 3673—2020《植物油料中角鲨烯含量的测定》测定橄榄油中角鲨烯含量; 参考 NY/T 3111—2017《植物油中甾醇含量的测定 气相色谱-质谱法》测定橄榄油中 β -谷甾醇含量。

1.2.4 数据分析

采用 Microsoft Excel 2007 进行数据整理, 采用 SPSS21.0 进行聚类分析和主成分分析。

2 结果与分析

2.1 不同品种及成熟度橄榄油的脂肪酸组成

不同品种及成熟度橄榄油的脂肪酸组成见表 2, 脂肪酸组成聚类分析见图 1。

表 2 不同品种及成熟度橄榄油的脂肪酸组成

Table 2 Fatty acid composition of different varieties and maturity levels

橄榄油	C16:0	C16:1	C17:0	C17:1	C18:0	C18:1	C18:2	C18:3	C20:0	C20:1	C22:0	C24:0	SFA	MUFA	PUFA
柯基-1	13.7	0.8	0.2	0.2	2.2	76.2	4.9	0.8	0.4	0.3	0.1	0.0	16.7	77.5	5.7
柯基-3	12.4	0.9	0.1	0.2	2.1	74.3	6.9	0.8	0.4	0.3	0.1	0.0	15.1	75.7	7.7
柯基-5	11.5	0.8	0.0	0.1	2.2	74.6	9.1	0.8	0.4	0.3	0.0	0.1	14.2	75.8	9.9
佛奥-1	15.5	1.0	0.2	0.1	1.6	68.9	10.5	0.9	0.3	0.3	0.1	0.1	17.9	70.4	11.4
佛奥-3	14.1	1.2	0.1	0.2	1.6	67.5	12.4	0.7	0.3	0.3	0.1	0.1	16.3	69.3	13.1
佛奥-5	13.4	1.3	0.0	0.1	1.7	67.5	13.9	0.8	0.3	0.3	0.0	0.0	15.5	69.2	14.7
豆果-1	17.1	1.9	0.1	0.2	1.6	65.1	11.9	0.7	0.3	0.3	0.1	0.0	19.3	67.5	12.6
豆果-3	18.9	3.4	0.1	0.2	1.4	56.9	17.4	0.7	0.3	0.2	0.1	0.0	20.9	60.7	18.1
豆果-5	18.0	3.2	0.1	0.3	1.3	55.5	20.2	0.7	0.3	0.2	0.1	0.0	19.8	59.2	20.9

续表 2

橄榄油	C16:0	C16:1	C17:0	C17:1	C18:0	C18:1	C18:2	C18:3	C20:0	C20:1	C22:0	C24:0	SFA	MUFA	PUFA
皮瓜尔-1	14.6	1.6	0.0	0.1	1.9	76.9	3.1	0.9	0.3	0.3	0.1	0.0	16.9	78.9	4.0
皮瓜尔-3	15.0	2.1	0.0	0.1	1.9	73.6	5.4	0.9	0.3	0.2	0.1	0.0	17.3	76.1	6.3
皮瓜尔-5	12.1	1.4	0.1	0.2	2.3	74.0	7.8	0.8	0.3	0.2	0.1	0.1	15.0	75.9	8.7
科拉蒂-1	13.6	1.0	0.0	0.1	1.8	74.0	6.5	1.0	0.4	0.4	0.1	0.0	16.0	75.6	7.5
科拉蒂-3	11.4	0.3	0.1	0.2	1.7	73.8	10.8	0.7	0.3	0.5	0.1	0.0	13.6	74.8	11.5
科拉蒂-5	10.3	0.3	0.0	0.1	1.8	73.0	12.5	0.7	0.3	0.5	0.0	0.1	12.6	73.9	13.3
鄂植8号-1	17.5	2.5	0.2	0.4	1.6	69.5	5.8	0.9	0.3	0.3	0.0	0.0	19.6	72.6	6.7
鄂植8号-3	17.4	3.3	0.0	0.3	1.5	69.1	6.6	0.9	0.3	0.3	0.1	0.0	19.4	72.9	7.5
鄂植8号-5	17.1	3.3	0.1	0.2	1.5	68.0	7.3	0.8	0.3	0.3	0.1	0.0	19.0	71.9	8.1

注:SFA. 饱和脂肪酸;MUFA. 不饱和脂肪酸;PUFA. 多不饱和脂肪酸

Note:SFA. Saturated fatty acids; MUFA. Monounsaturated fatty acids; PUFA. Polyunsaturated fatty acids

由表 2 可知,18 个橄榄油样品的脂肪酸含量存在差异,其中:‘皮瓜尔’成熟度 1 橄榄油的油酸(C18:1)含量和单不饱和脂肪酸含量最高,分别为 76.9%、78.9%;‘豆果’成熟度 5 橄榄油的亚油酸(C18:2)含量和多不饱和脂肪酸含量最高,分别为 20.2%、20.9%。‘豆果’和‘皮瓜尔’橄榄油的饱和脂肪酸含量随成熟度增加先增后减,其余 4 个品种橄榄油的饱和脂肪酸含量均随成熟度升高而呈降低趋势;‘柯基’橄榄油的单不饱和脂肪酸随成熟度增加先减后增,‘鄂植 8 号’橄榄油的单不饱和脂肪酸含量随成熟度增加先增后减,其余 4 个品种橄榄油的单不饱和脂肪酸含量随成熟度升高而呈降低趋势;所有样品的多不饱和脂肪酸含量均随成熟度升高而呈升高趋势。

由图 1 可知,18 个橄榄油样品按脂肪酸组成相似性在欧氏距离为 5 时,可分为 3 个大类:‘鄂植 8 号’与‘佛奥’3 个成熟度橄榄油及‘豆果’成熟度 1 橄榄油聚为一类;‘柯基’‘科拉蒂’及‘皮瓜尔’3 个成熟度橄榄油聚为一类,这 3 个品种均为高油酸

品种;‘豆果’成熟度 3 与成熟度 5 橄榄油聚为一类,均为低油酸样品。

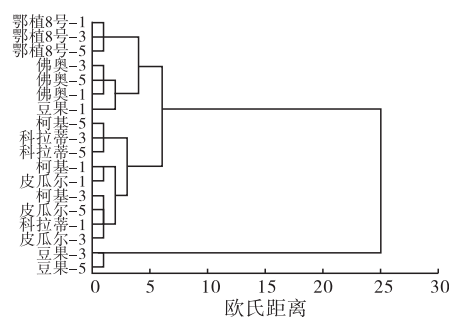


图 1 不同品种及成熟度橄榄油脂肪酸组成的聚类图

Fig. 1 Cluster diagram of fatty acid composition of olive oil of different varieties and maturity levels

2.2 不同品种及成熟度橄榄油的脂质伴随物

2.2.1 多酚类物质

橄榄油中的多酚类物质组成具有重要的商业价值,不仅影响橄榄油独特的风味,还影响橄榄油储存期间的稳定性。不同品种及成熟度橄榄油中多酚类物质组成及含量见表 3。

表 3 不同品种及成熟度橄榄油中多酚类化合物组成及含量

Table 3 Composition and content of polyphenolic compounds in olive oil of different varieties and maturity levels $\mu\text{g/g}$

橄榄油	槲皮素	木犀草素	芹菜素	咖啡酸	p-香豆酸	阿魏酸	香草酸	橄榄苦苷	山楂酸	羟基酪醇	酪醇	刺激醛
柯基-1	0.94	1.58	1.16	0.67	0.39	0.99	3.79	19.89	87.05	21.87	2.37	40.10
柯基-3	0.61	2.81	3.57	0.60	0.88	2.66	5.46	119.54	138.37	13.15	6.67	2.42
柯基-5	0.57	4.22	2.59	0.48	1.10	2.05	7.32	78.22	78.47	14.15	2.52	1.40
佛奥-1	0.69	1.00	0.94	0.50	0.37	1.09	1.16	238.07	130.45	19.43	3.84	15.25
佛奥-3	0.57	1.04	1.80	0.60	0.73	1.46	0.39	200.61	142.47	54.17	3.83	3.39
佛奥-5	0.50	1.32	1.82	0.60	0.63	2.10	0.68	94.29	137.53	28.13	1.04	1.91
豆果-1	0.49	0.73	0.87	0.56	0.98	1.06	0.61	102.09	66.59	22.97	0.83	11.88
豆果-3	1.53	1.33	0.97	0.52	1.18	1.26	0.38	96.50	113.05	13.53	0.82	7.94
豆果-5	3.54	1.24	1.15	0.47	0.67	1.26	0.66	98.07	154.68	13.09	0.82	2.61
皮瓜尔-1	1.21	1.54	0.89	0.56	1.71	1.02	0.57	19.20	131.52	22.95	0.82	26.03
皮瓜尔-3	1.40	1.07	1.03	0.55	0.50	1.08	0.61	35.14	84.18	46.50	0.81	15.49

续表 3

	μg/g											
橄榄油	槲皮素	木犀草素	芹菜素	咖啡酸	p-香豆酸	阿魏酸	香草酸	橄榄苦苷	山楂酸	羟基酪醇	酪醇	刺激醛
皮瓜尔-5	0.60	2.46	1.83	0.47	0.54	1.40	0.57	59.58	129.85	108.48	0.82	11.29
科拉蒂-1	0.44	0.87	0.96	0.53	0.40	0.75	0.77	262.91	158.95	24.72	0.82	63.64
科拉蒂-3	0.48	1.20	1.25	0.53	0.83	1.27	0.72	103.31	97.11	73.81	0.83	72.09
科拉蒂-5	0.51	3.18	1.19	0.53	0.40	0.98	0.51	20.05	88.55	29.09	0.86	53.28
鄂植8号-1	0.47	4.15	2.31	0.58	0.41	1.16	0.77	11.84	129.64	24.12	0.82	51.37
鄂植8号-3	0.53	5.22	1.34	0.53	2.35	1.42	0.62	48.72	85.25	36.44	0.83	27.35
鄂植8号-5	0.48	6.05	1.37	0.61	2.71	2.46	0.72	53.06	102.75	28.64	0.82	17.00

由表3可知,不同品种和成熟度橄榄油的多酚类物质含量存在差异。槲皮素含量最高的是‘豆果’成熟度5橄榄油,为3.54 μg/g,最低的为‘科拉蒂’成熟度1橄榄油,为0.44 μg/g;木犀草素含量最高的为‘鄂植8号’成熟度5橄榄油,为6.05 μg/g,最低的为‘豆果’成熟度1橄榄油,为0.73 μg/g;芹菜素含量最高的为‘柯基’成熟度3橄榄油,为3.57 μg/g,最低的为‘豆果’成熟度1橄榄油,为0.87 μg/g;咖啡酸含量最高的为‘柯基’成熟度1橄榄油,为0.67 μg/g,最低的为‘豆果’和‘皮瓜尔’成熟度5橄榄油,均为0.47 μg/g;p-香豆酸含量最高的为‘鄂植8号’成熟度5橄榄油,为2.71 μg/g,最低的为‘佛奥’成熟度1橄榄油,为0.37 μg/g;阿魏酸含量最高的为‘柯基’成熟度3橄榄油,为2.66 μg/g,最低的为‘科拉蒂’成熟度1橄榄油,为0.75 μg/g;香草酸含量最高的为‘柯基’成熟度5橄榄油,为7.32 μg/g,最低的为‘豆果’成熟度3橄榄油,为0.38 μg/g;橄榄苦苷含量最高的为‘科拉蒂’成熟度1橄榄油,为262.91 μg/g,最低的为‘鄂植8号’成熟度1橄榄油,为11.84 μg/g;山楂酸含量最高的为‘科拉蒂’成熟度1橄榄油,为158.95 μg/g,最低的为‘豆果’成熟度1橄榄油,为66.59 μg/g;羟基酪醇含量最高的为‘皮瓜尔’成熟度5橄榄油,为108.48 μg/g,最低的为‘豆果’成熟度5橄榄油,为13.09 μg/g;酪醇含量最高的为‘柯基’成熟度3橄榄油,为6.67 μg/g,最低的为‘皮瓜尔’成熟度3橄榄油,为0.81 μg/g;刺激醛含量最高的为‘科拉蒂’成熟度3橄榄油,为72.09 μg/g,最低为‘柯基’成熟度5橄榄油,为1.40 μg/g。

2.2.2 其他脂质伴随物

不同品种及成熟度橄榄油中β-胡萝卜素、角鲨烯、β-谷甾醇、α-生育酚含量见表4。

由表4可知:β-胡萝卜素含量最高的为‘科拉蒂’成熟度1橄榄油(67.79 μg/g),最低的为‘鄂植

8号’成熟度3橄榄油(12.12 μg/g);角鲨烯含量最高的是‘皮瓜尔’成熟度1橄榄油(11 780.17 μg/g),最低的为‘豆果’成熟度5橄榄油(1 110.59 μg/g);β-谷甾醇含量最高的是‘皮瓜尔’成熟度1橄榄油(891.75 μg/g),最低的为‘豆果’成熟度5橄榄油(85.28 μg/g);α-生育酚含量最高的为‘鄂植8号’成熟度5橄榄油(46.37 μg/g),最低的为‘佛奥’成熟度5橄榄油(10.46 μg/g)。

表4 不同品种及成熟度橄榄油中其他脂质伴随物含量

Table 4 Composition and content of other lipid concomitants in olive oil of different varieties and maturity levels

橄榄油	μg/g			
	β-胡萝卜素	角鲨烯	β-谷甾醇	α-生育酚
柯基-1	34.04	9 837.95	756.64	23.87
柯基-3	40.85	6 276.34	481.98	18.39
柯基-5	64.26	4 120.70	314.36	18.46
佛奥-1	55.79	3 552.84	273.05	19.68
佛奥-3	33.39	2 265.73	173.21	19.33
佛奥-5	29.01	1 523.85	118.31	10.46
豆果-1	35.46	3 605.82	274.28	21.16
豆果-3	33.57	2 227.04	171.37	18.34
豆果-5	12.14	1 110.59	85.28	22.13
皮瓜尔-1	34.52	11 780.17	891.75	26.57
皮瓜尔-3	20.25	7 215.12	546.63	19.10
皮瓜尔-5	16.96	6 056.48	472.90	15.28
科拉蒂-1	67.79	4 969.12	379.03	22.68
科拉蒂-3	40.55	4 742.40	360.21	30.86
科拉蒂-5	34.08	4 359.32	332.00	26.83
鄂植8号-1	43.98	8 465.19	646.81	35.63
鄂植8号-3	12.12	1 492.44	116.36	33.31
鄂植8号-5	12.84	5 740.09	439.57	46.37

2.3 不同品种及成熟度橄榄油品质综合评价

不同品种及成熟度橄榄油的16个主要脂质伴随物主成分分析结果见表5。

表 5 脂质伴随物主成分分析结果
Table 5 Principal component analysis
results of lipid concomitants

项目	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6
β -胡萝卜素	-0.35	0.25	0.66	0.45	-0.28	-0.18
角鲨烯	0.56	0.00	0.70	-0.36	0.04	0.08
β -谷甾醇	0.56	0.00	0.70	-0.36	0.04	0.08
槲皮素	0.78	-0.13	-0.12	0.33	-0.24	0.28
木犀草素	-0.29	-0.28	-0.34	-0.66	-0.36	0.02
芹菜素	0.70	0.39	-0.36	0.28	-0.02	-0.05
咖啡酸	0.01	0.87	0.05	-0.03	0.29	0.00
p -香豆酸	0.40	0.27	0.31	-0.13	-0.07	0.45
阿魏酸	0.59	0.14	-0.57	0.15	-0.20	0.18
香草酸	0.15	0.83	-0.40	0.00	0.14	0.16
橄榄苦苷	0.00	0.80	0.24	-0.07	-0.16	-0.42
山楂酸	-0.75	0.06	0.11	0.45	-0.10	0.33
羟基酪醇	-0.50	0.04	0.08	-0.12	0.06	0.70
酪醇	0.06	-0.30	-0.03	0.09	0.91	-0.02
α -生育酚	-0.32	0.78	0.23	-0.05	0.02	0.18
刺激醛	0.32	-0.46	0.53	0.46	-0.02	0.04
特征值	3.47	3.40	2.66	1.57	1.28	1.19
方差贡献率/%	21.68	21.27	16.65	9.80	8.01	7.43
累积方差贡献率/%	21.68	42.95	59.60	69.40	77.41	84.84

由表 5 可知,前 5 个主成分的累积方差贡献率为 84.84%,基本概括 18 个橄榄油样品 16 种脂质伴随物的主要信息。主成分 1(PC1)中槲皮素、芹菜素和阿魏酸有较大的正特征向量值,对 PC1 正向

影响最大;主成分 2(PC2)中咖啡酸、香草酸和橄榄苦苷有较大的正特征向量值;主成分 3(PC3)中角鲨烯和 β -谷甾醇有较大的正特征向量值;主成分 4(PC4)中木犀草素有较大的负特征向量值;主成分 5(PC5)中酪醇有较大的正特征向量值;主成分 6(PC6)中羟基酪醇有较大的正特征向量值。通过构建综合评价模型得到各橄榄油样品 6 个主成分的分(Z_1 、 Z_2 、 Z_3 、 Z_4 、 Z_5 、 Z_6)和综合得分(C),结果见表 6。

由表 6 可知,‘皮瓜尔’成熟度 1 橄榄油的脂质伴随物综合得分最高,说明其主要脂质伴随物含量最高,‘柯基’成熟度 1 及‘鄂植 8 号’成熟度 1 橄榄油的次之,综合得分最低的为‘豆果’成熟度 5 橄榄油。18 个橄榄油样品的主要脂质伴随物含量综合得分排序为皮瓜尔-1 > 柯基-1 > 鄂植 8 号-1 > 皮瓜尔-3 > 柯基-3 > 皮瓜尔-5 > 鄂植 8 号-5 > 科拉蒂-1 > 科拉蒂-3 > 科拉蒂-5 > 柯基-5 > 豆果-1 > 佛奥-1 > 佛奥-3 > 豆果-3 > 佛奥-5 > 鄂植 8 号-3 > 豆果-5。由此可以看出,如果仅从油脂的功能性营养成分分析,6 个品种油橄榄果均在成熟度 1 时采收最佳,说明 6 个品种油橄榄在果实成熟度为 1 即果皮刚开始转为黄绿色时,其油脂中脂质伴随物含量最丰富,其中‘科拉蒂’3 个成熟度橄榄油综合评分相差不多,可选择在油脂积累量最高时采收。

表 6 不同品种及成熟度橄榄油脂质伴随物的综合得分

Table 6 Comprehensive scores of lipid concomitants in olive oil of different varieties and maturity levels

橄榄油	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4	Z_5	Z_6	C	排序
柯基-1	5 896.11	92.29	7 465.78	-3 772.56	434.26	911.21	2 273.74	2
柯基-3	3 628.28	339.05	4 781.11	-2 369.44	286.83	665.76	1 495.02	5
柯基-5	2 382.10	253.23	3 159.39	-1 533.72	179.73	422.45	991.82	11
佛奥-1	1 900.45	105.04	2 756.83	-1 245.97	181.64	452.20	819.41	13
佛奥-3	1 152.08	167.38	1 760.29	-777.33	161.73	342.65	540.70	14
佛奥-5	781.82	169.80	1 187.78	-545.43	98.65	247.66	376.23	16
豆果-1	2 073.34	80.69	2 758.24	-1 328.57	174.96	378.66	837.86	12
豆果-3	1 221.45	95.38	1 720.62	-808.16	110.29	291.34	522.86	15
豆果-5	533.79	109.08	864.63	-391.87	69.03	228.40	266.98	18
皮瓜尔-1	7 036.32	72.75	8 913.87	-4 530.98	520.49	1 106.43	2 704.97	1
皮瓜尔-3	4 294.46	78.85	5 460.69	-2 762.53	350.49	686.07	1 665.34	4
皮瓜尔-5	3 564.97	135.75	4 598.20	-2 311.54	365.25	625.28	1 416.54	6
科拉蒂-1	2 734.91	85.25	3 859.94	-1 756.79	246.54	599.75	1 145.89	8
科拉蒂-3	2 770.14	72.52	3 649.03	-1 733.92	267.27	498.91	1 112.11	9
科拉蒂-5	2 598.03	83.26	3 338.46	-1 638.73	204.45	439.14	1 025.22	10
鄂植 8 号-1	5 062.48	186.28	6 439.64	-3 232.53	373.85	818.31	1 983.33	3
鄂植 8 号-3	859.50	102.78	1 152.35	-533.90	95.27	200.95	370.31	17
鄂植 8 号-5	3 414.33	113.28	4 346.63	-2 180.08	269.42	579.57	1 339.03	7

3 结论

对云南引种的6个主栽品种3个成熟度的橄榄油的脂肪酸组成及脂质伴随物进行分析。结果显示,不同品种橄榄油的脂肪酸含量随成熟度的变化存在一定差异。聚类分析表明,按脂肪酸组成,在欧氏距离为5时可将18个橄榄油样品分为3个大类。以初榨橄榄油的 β -胡萝卜素、角鲨烯、 β -谷甾醇、槲皮素、木犀草素、芹菜素、咖啡酸、*p*-香豆酸、阿魏酸、香草酸、橄榄苦苷、山楂酸、羟基酪醇、酪醇、 α -生育酚、刺激醛含量为指标对18个橄榄油样品进行综合分析,得出橄榄油品质由高到低依次为皮瓜尔-1、柯基-1、鄂植8号-1、皮瓜尔-3、柯基-3、皮瓜尔-5、鄂植8号-5、科拉蒂-1、科拉蒂-3、科拉蒂-5、柯基-5、豆果-1、佛奥-1、佛奥-3、豆果-3、佛奥-5、鄂植8号-3、豆果-5。如果仅从油脂的功能性营养成分分析,6个品种油橄榄果均在成熟度1时采收最佳,说明6个品种油橄榄在果实成熟度为1即果皮刚开始转为黄绿色时,其油脂中脂质伴随物含量最丰富,其中‘科拉蒂’3个成熟度橄榄油综合评分相差不多,可选择在油脂积累量最高时采收。综上,不同品种油橄榄果油脂中的功能性成分受成熟度影响较大,建议油橄榄在果皮刚转为黄绿色时采收。

参考文献:

- [1] 周瑞宝. 油橄榄加工与应用[M]. 北京: 化学工业出版社, 2017.
- [2] KUMAR S, DOWNIE RUIZ VELASCO A, MICHLEWSKI G. Oleic acid induces miR - 7 processing through remodeling of pri - MiR - 7/protein complex [J]. J Mol Biol, 2017, 429(11): 1638 - 1649.
- [3] 李文君, 王成章, 雷建都, 等. 橄榄油次生代谢产物 oleocanthal 的研究进展[J]. 林产化学与工业, 2022, 42(6): 136 - 146.
- [4] 李文君, 王成章, 雷建都, 等. 基于离心分配色谱技术制备 Oleocanthal, Oleacein 及其抗氧化活性研究[J]. 林产化学与工业, 2022, 42(2): 39 - 46.
- [5] PSALTOPOULOU T, KOSTI R I, HAIDOPOULOS D, et al. Olive oil intake is inversely related to cancer prevalence: A systematic review and a meta - analysis of 13, 800 patients and 23, 340 controls in 19 observational studies[J/OL]. Lipids Health Dis, 2011, 10: 127[2023 - 10 - 08]. <https://doi.org/10.1186/1476-511X-10-127>.
- [6] BUCKLAND G, TRAVIER N, BARRICARTE A, et al. Olive oil intake and CHD in the European prospective investigation into cancer and nutrition Spanish cohort[J]. Br J Nutr, 2012, 108(11): 2075 - 2082.
- [7] BOGANI P, GALLI C, VILLA M, et al. Postprandial anti - inflammatory and antioxidant effects of extra virgin olive oil [J]. Atherosclerosis, 2007, 190(1): 181 - 186.
- [8] SCHWINGSHACKL L, CHRISTOPH M, HOFFMANN G. Effects of olive oil on markers of inflammation and endothelial function: A systematic review and meta - analysis[J]. Nutrients, 2015, 7(9): 7651 - 7675.
- [9] PETRELLA C, DI CERTO M G, GABANELLA F, et al. Mediterranean diet, brain and muscle: Olive polyphenols and resveratrol protection in neurodegenerative and neuromuscular disorders[J]. Curr Med Chem, 2021, 28(37): 7595 - 7613.
- [10] HERRERA ACOSTA E, ALONSO SUÁREZ PÉREZ J, AGUILERA ARJONA J, et al. An olive polyphenol - based nutraceutical improves cutaneous manifestations of psoriasis in humans[J]. PharmaNutrition, 2016, 4(4): 151 - 153.
- [11] 赵强宏, 王贵德. 油橄榄性状变化对采收期的影响[J]. 浙江农业科学, 2018, 59(10): 1813 - 1814, 1818.
- [12] 刘三斤, 王贵德, 辛国. 陇南市白龙江河谷区油橄榄最适采收期的研究[J]. 中国林副特产, 2016(6): 23 - 25.
- [13] 王贵德, 邓煜, 张正武, 等. 油橄榄最适采收期的研究[J]. 中国果树, 2013(3): 30 - 33, 86.
- [14] 李小斌, 徐磊, 薛磊, 等. HPLC 法同时检测 5 种龙胆草黄酮类物质[J]. 食品工业, 2018, 39(4): 306 - 308.
- [15] 党建章, 许柏球, 徐华顺, 等. 高效液相色谱法测定橄榄叶提取物中橄榄苦苷的含量[J]. 中国药学杂志, 2006, 41(9): 711 - 712.
- [16] 焦志敏, 陈龙胜, 许舒雯, 等. HPLC 测定油橄榄不同部位山楂酸的含量[J]. 林产化学与工业, 2010, 30(2): 23 - 26.
- [17] 吕卓, 李涛, 贺茜, 等. 高效液相色谱法测定保健食品中的羟基酪醇[J]. 食品安全质量检测学报, 2020, 11(19): 6781 - 6786.
- [18] 赵永杰, 高晋梅, 马春艳. 高效液相色谱法测定胶囊类保健食品中红景天苷和酪醇含量[J]. 河北师范大学学报(自然科学版), 2024, 48(4): 388 - 394.
- [19] 刘建峰, 段勇民, 魏培荣, 等. HPLC 法测定沙棘果油中 α -生育酚的含量[J]. 西北药学杂志, 2011, 16(5): 206 - 207.
- [20] 蔡伟江, 黄康惠. 高效液相色谱法测定保健食品中 β -胡萝卜素[J]. 食品研究与开发, 2016, 37(4): 161 - 163.