

# 不同成熟度油橄榄油品品质研究

王文亮, 梁芳

(陇南市经济林研究院油橄榄研究所, 甘肃 陇南 746000)

**摘要:** 为明确不同成熟度油橄榄油品品质的变化规律, 建立不同品种的质量体系, 让企业和种植户能够根据自己的侧重点选择需要种植的品种, 以提高生产效率和产品质量。以城固(Chenggu)、莱星(Leccino)、切姆拉尔(Chemlal de kabylie)0~7个成熟度的油橄榄果实为试验材料, 对3个品种的出油率、酸价、过氧化值、多酚含量、主要脂肪酸等品质指标进行测定。结果表明, 第7成熟度切姆拉尔的出油率最高, 为13.6%; 第0成熟度城固的最低, 为2.1%。脂肪酸组成中油酸含量最高, 为53.31%~71.64%; 棕榈酸含量为12.91%~16.53%, 棕榈一烯酸含量为0.42%~2.09%, 硬脂酸含量为1.25%~2.96%, 亚油酸含量为7.48%~18.24%; 亚麻酸含量最低, 为0.63%~1.51%。多酚含量, 第1成熟度以城固最多, 为281.91 mg/kg; 第2成熟度以切姆拉尔最低, 为73.53 mg/kg。多酚含量随着成熟度的增加会有一个先增加再减小的趋势; 酸价(最高为0.67 mg/g)、过氧化值(最高为0.71 g/kg)远低于国标中对特级初榨橄榄油的限度。可见, 3个油橄榄品种的油脂质量均比较高, 其中切姆拉尔出油率较高, 城固多酚含量较高。

**关键词:** 陇南橄榄油; 成熟度; 油品品质; 质量分析

中图分类号: S565.7

文献标志码: A

文章编号: 2097-2172(2023)06-0558-06

doi: 10.3969/j.issn.2097-2172.2023.06.015

## Study on the Quality of Olive Oil from *Olea europaea* Varieties with Different Maturity

WANG Wenliang, LIANG Fang

(Institute of Olive, Longnan Academy of Non-wood Forest, Wudu Gansu 746000, China)

**Abstract:** In order to clarify the change law of the quality of olive oil from different varieties of *Olea europaea* L. with different maturity so as to establish the quality system of variety selection for enterprises and farmers, olive fruits from three varieties such as Chenggu, Leccino and Chemlal de kabylie with different maturity (0 to 7th) were used to determine quality parameters such as the oil yield, acid value, peroxide value, polyphenol content and main fatty acids. The results showed that the oil yield of Chemlal de kabylie at the 7th maturity was the highest, which was 13.6% whereas oil yield of Chenggu variety at the 0 maturity was the lowest, which was 2.1%. Fatty acid profile showed that the content of oleic acid was the highest, ranging from 53.31% to 71.64%, content of palmitic acid ranged from 12.91% to 16.53%, content of palmitoleic acid ranged from 0.42% to 2.09%, content of stearic acid ranged from 1.25% to 2.96%, and content of linoleic acid ranged from 7.48% to 18.24%. Content of linolenic acid was the lowest, ranging from 0.63% to 1.51%. The polyphenol content of Chenggu at the 1st maturity was the highest (281.91 mg/kg) whereas the lowest value was found in Chemlal de kabylie at the second maturity (73.53 mg/kg). The polyphenol content increased first and then decreased with the increase of maturity. The highest acid value was 0.67 mg/g and the highest peroxide value was 0.71 g/kg, which were far below the limit of the national standard for extra virgin olive oil. Therefore, oil quality from the 3 varieties are relative better with the highest yield found in Chemlal de kabylie and relative high content of polyphenol found in Chenggu.

**Key words:** Longnan olive oil; Grade of maturity; Oil quality; Quality analysis

油橄榄(*Olea europaea* L.)是世界著名的木本油料树种, 主要分布于地中海沿岸国家, 属木犀科木犀榄属植物, 与油茶、油棕、椰子并称为世界四大木本食用油料树种。我国于1964年开始引种

油橄榄, 主要种植区为白龙江低山河谷区、长江三峡低山河谷区、金沙江干热河谷区。陇南武都区属于最佳适生区, 是我国四大油橄榄种植和加工基地之一<sup>[1-2]</sup>, 武都区的白龙江、白水江、西汉

收稿日期: 2023-03-29; 修订日期: 2023-05-19

基金项目: 陇南市社会化出资科技计划(2022-S·SZ-05); 甘肃省林业和草原自列科技项目(2022kj031); 陇南市油橄榄产业创新联合体科技项目(2022-L.YGL-04); 2021年第三批青岛东西部协作帮扶资金项目(2021-BF-01)。

作者简介: 王文亮(1993—), 男, 甘肃康县人, 助理工程师, 研究方向为油橄榄新产品开发。Email: 1348168432@qq.com。

通信作者: 梁芳(1982—), 女, 甘肃康县人, 工程师, 研究方向为油橄榄新产品开发。Email: 470913515@qq.com。

水流域海拔 1 300 m 以下地带是规模发展油橄榄的最佳适生地<sup>[3]</sup>, 被国家林业和草原局确定为“国家油橄榄示范基地”, 并已进入世界油橄榄分布图。武都油橄榄被列为“国家地理标志保护产品”, 获得“地理标志证明商标”。近年来, 陇南油橄榄产业在基地面积、鲜果产量、初榨油产量和经济效益等方面均位列全国第一<sup>[4-5]</sup>。

橄榄油是世界上唯一用鲜果冷榨而成的植物油, 最大限度地保存了油橄榄鲜果中特有的芳香和天然营养成分, 其富含不饱和脂肪酸、维生素、多酚化合物、角鲨烯等烯炔类挥发性芳香成分<sup>[6]</sup>, 长期食用能增强消化系统功能, 减少心血管疾病等功效<sup>[7]</sup>。橄榄油的脂肪酸组成、营养成分和挥发性物质(风味)等易受到品种、气候、地区和加工条件等因素的影响<sup>[8-9]</sup>。目前, 国内外关于不同品种初榨橄榄油的研究主要集中在初榨橄榄油脂肪酸组成和挥发性风味成分的分析<sup>[10-11]</sup>。我们对武都本地栽植规模较大的 3 个品种城固、莱星、切姆拉尔, 分成成熟度 0~7 依次采样, 对鲜果出油率、酸价、过氧化值、多酚含量、主要脂肪酸组成等进行了检测, 以建立这 3 个品种的质量体系, 为确定采收期以及新品种选育提供理论依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 供试材料

指示油橄榄品种分别为城固(Chenggu)、莱星(Leccino)、切姆拉尔(Chemlal de kabylie), 3 个品种的油橄榄果实均于 2022 年 9 月至 12 月采自陇南市经济林研究院大堡油橄榄品种示范园(海拔 1 036~1 048 m, 平均气温 15.3 ℃, 最高气温 38 ℃、最低气温 -7 ℃; 相对湿度 56.6%, 年降水量 468 mm, 日照时数 1 871 h; 土质沙壤, pH 7.9)<sup>[10]</sup>。

### 1.2 试剂与仪器设备

10 种脂肪酸甲酯混标(C16~C22)由美国 NU-CHEK-PREP 公司生产; 石油醚(30~60 ℃)、甲醇、氢氧化钠均由天津市富宇精细化工有限公司生产; 无水硫酸钠、异丙醇、冰乙酸、异辛烷均为分析纯, 由四川西陇化工厂有限公司生产; 没食子酸标准品购于国家药品检验研究所; 实验用水为去离子水。仪器设备包括 Trace 1300 ISQ 气相色谱-质谱联用仪(Thermo Fisher SCIENTIFIC), ABENCOR、实验室用 MC2 型榨油机(西班牙 MC2

INGENIERIA 公司, 该系统包括锤磨机, 热搅拌机及离心机)。

### 1.3 方 法

1.3.1 取样方法 手工取样。挑选无病虫害果实, 将油橄榄鲜果分成成熟度 0~7 依次采样, 每个成熟度取样 2.5 kg, 用于品质测定。成熟度参考国际橄榄油理事会建议并结合本地实际制定: 0 成熟度, 果皮黄绿; 第 1 成熟度, 果皮深绿; 第 2 成熟度, 果皮着色小于 1/2; 第 3 成熟度, 果皮着色大于 1/2; 第 4 成熟度, 果肉白色; 第 5 成熟度, 果肉紫色小于 1/2; 第 6 成熟度, 果肉紫色大于 1/2 但未全紫; 第 7 成熟度, 果肉全紫。

1.3.2 出油率检测 用 MC2 型榨油机检测出油率。将采集到的成熟度为 0~7 的样品用 MC2 型榨油机压榨, 得到不同成熟度的样品油样。具体方法: 取一定量油橄榄果在粉碎机粉碎, 搅匀后称取 750 g 样 3 份, 置于 40 ℃ 恒温水浴锅搅拌 1 h, 加水 50 mL 左右继续搅拌 30 min, 取出后离心 3 次, 每次加水 100 mL 左右离心 1 min。分离液体置于 500 mL 量筒中, 待其沉淀, 至油脂浮在上层即可读数<sup>[12]</sup>。

MC2 型榨油机操作流程: 检测线路及搅拌机水位安全→开机→设置温度→取橄榄果粉碎称量→待温度达到设定值放入搅拌→1 h 后加水 50 mL 左右→继续搅拌 30 min 拿出→离心读取油量→计算出油率。

$$\text{出油率} = \frac{0.915 \times v}{m} \times 100\%$$

式中, m 为称取的油橄榄果粉碎后重量, v 为离心得到的油脂体积, 0.915 为橄榄油密度。

1.3.3 酸价检测 根据 GB 5009.229—2016 第二法冷溶剂自动电位滴定法进行检测。具体方法: 选用 0.1 mol/L 的氢氧化钠滴定液, 取 200 mL 洁净烧杯准确称取 10 g 橄榄油样品, 准确加入 50 mL 乙醚-异丙醇混合液(体积比 1:1 临用现配), 搅拌 20 s 左右使其溶解, 维持搅拌状态下放入已连接在自动电位滴定仪上的电极与滴定管, 注意不要靠近烧杯壁且电极与滴定管转子不能相互影响, 点击电脑开始滴定。同法做空白实验。电位滴定仪参数: ①滴定速度启用动态滴定模式控制; ②初次添加体积为 0.10 mL (空白实验 0.02 mL), 之

后最小添加体积为 0.02 mL/滴；③信号漂移为 20~30 mV；④滴定终点判定是以滴定体积实时变化曲线上 pH 突跃导致的一阶微分曲线的峰顶点指示的点即为滴定终点。并计算酸价。

$$X_{AV} = \frac{(V - V_0) \times c \times 56.1}{m} \times 100\%$$

式中,  $X_{AV}$  为酸价,  $V$  为样品测定所消耗的标准滴定溶液体积,  $V_0$  为相应的空白测定所消耗的标准滴定溶液的体积,  $c$  为标准溶液的摩尔浓度, 56.1 为氢氧化钠的摩尔质量,  $m$  为油脂样品称样量。

1.3.4 过氧化值检测 根据 GB 5009.227—2016 食品中过氧化值测定第二法点位滴定法进行检测, 即先称取 5 g 橄榄油试样于滴定杯中, 加入 50 mL 异辛烷-冰乙酸混合液 (体积比 40:60) 轻轻振摇使样品溶解, 再在滴定杯中准确加入 0.5 mL 饱和碘化钾溶液, 搅拌 60 s 后加入 50 mL 水。插入电极, 设置好参数, 用 0.01 mol/L 硫代硫酸钠滴定液采用动态滴定模式进行滴定并观察滴定曲线和电位变化, 滴定液加液量控制在 0.05~0.10 mL/滴, 达到滴定终点后记录消耗的滴定液体积。同法做空白实验。用过氧化物相当于碘的质量分数表示过氧化值。

$$X_1 = \frac{(V - V_0) \times c \times 0.1269}{m} \times 100$$

式中,  $X_1$  为过氧化值,  $V$  为试样消耗的硫代硫酸钠标准溶液体积,  $V_0$  为空白消耗的硫代硫酸钠体积,  $c$  为硫代硫酸钠标准溶液浓度, 0.1269 为与 1.00 mL 硫代硫酸钠标准滴定液相当的碘的质量,  $m$  为试样质量, 100 为换算单位。

1.3.5 多酚含量检测 采用福林酚显色法检测<sup>[13]</sup>。多酚含量以没食子酸计, 与吸光度有线性关系, 通过测定样品吸光度可计算出样品多酚含量。具体检测方法: 称取 3.66 g 橄榄油样品于 50 mL 离心管中, 加入正己烷 2.5 mL、80% 甲醇 2.5 mL, 1 000 r/min 离心 5 min, 吸取甲醇于 10 mL 容量瓶中, 重复 3 次; 容量瓶用 80% 甲醇定容至刻度, 作为储备液, 精密吸取储备液 1 mL 于 10 mL 容量瓶中, 加入福林酚试剂 0.5 mL 摇匀放 3 min, 加入 7.5% 碳酸钠溶液 2 mL, 摇匀, 用水定容至刻度。避光放置 2 h, 在 765 nm 波长处测定吸光度, 带入标准曲线  $y=0.1178x+0.1186$  ( $R^2=0.9978$ ), 计算

多酚含量。

1.3.6 脂肪酸甲酯化 参照闫辉强等<sup>[14]</sup>的酯交换法。先精密称取油样 0.3 g 于 20 mL 的具塞试管中, 加氢氧化钠-甲醇溶液 (0.5 mol/L) 5 mL, 摇匀, 在 25 °C 水浴下反应 40 min, 每 5 min 振 1 次, 取出后加入石油醚 5 mL, 摇匀, 静置, 最后再加入蒸馏水 5 mL。用移液枪吸取上层有机相于离心管中, 加无水硫酸钠干燥, 离心、过滤、稀释后进样分析。

1.3.7 脂肪酸相对含量的 GC-MS 分析 GC 条件: 色谱柱为 AE-FFAP 弹性石英毛细管柱 (30 m × 0.25 mm, 膜厚 0.25 μm); 载气为 99.999% 的高纯氦气; 进样口温度 250 °C; 升温程序为 160 °C 保持 3 min, 以 4 °C/min 的速率升至 190 °C 保持 2 min, 然后以 10 °C/min 的速率升至 210 °C, 保持 5 min, 再以 5 °C/min 的速率升至 240 °C, 保持 5 min; 进样量 1 μL; 进样方式为分流进样, 分流比为 50:1; 载气模式为恒流模式; 载气流速 1.0 mL/min; GC-MS 接口温度为 250 °C。

MS 条件: 传输线温度 250 °C, 电离方式 EI, 电离电压 70 eV, 离子源温度 280 °C, 质量扫描方式为 Full Scan, 扫描范围为 50~650 amu, 溶剂延迟 3 min。质谱数据库: NIST 2011 版标准质谱检索库。

1.3.8 脂肪酸定性定量分析 采用 NIST 2011 版质谱数据库检索并结合 C16~C22 脂肪酸甲酯混标比对分析定性, 采用峰面积归一化法计算橄榄油中主要脂肪酸相对含量。

## 2 结果与分析

### 2.1 出油率

由图 1 可以看出, 随成熟度的不断升高, 城固的出油率也随之升高, 这与闫辉强等<sup>[13]</sup>的研究

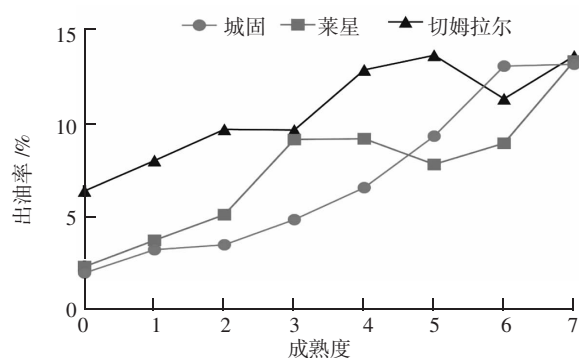


图 1 不同成熟度油橄榄的出油率

相似。在低成熟度时(第 0~5 成熟度), 切姆拉尔出油率最高, 城固、莱星均较低; 第 6 成熟度时, 城固最高, 为 13.0%; 第 7 成熟度时, 3 个品种出油率均在 13% 左右, 以切姆拉尔最高, 城固次之, 莱星最低。

## 2.2 油脂酸价

由表 1 可以看出, 莱星第 1 成熟度时酸价最高, 为 0.67 mg/g; 第 4 成熟度时最低, 为 0.17 mg/g。城固以第 0 成熟度时最高, 为 0.52 mg/g; 第 7 成熟度时最低, 为 0.21 mg/g。切姆拉尔以第 0 成熟度时最高, 为 0.37 mg/g; 第 4 成熟度时最低, 为 0.11 mg/g。根据国标规定, 特级初榨橄榄油酸价限度为不超过 1.60 mg/g, 以上样品都远远低于限度, 均符合特级初榨橄榄油质量要求。

## 2.3 油脂过氧化值

由表 2 可以看出, 过氧化值与成熟度基本无明显关系。城固第 2 成熟度过氧化值最高, 为 0.71 g/kg, 远低于国标对特级初榨橄榄油过氧化值不超过 2.6 g/kg 的限度, 因此过氧化值均符合特级初榨橄榄油中对过氧化值的要求。

## 2.4 油脂多酚含量

由图 2 可以看出, 多酚含量以城固最高, 为 118.97~281.91 mg/kg; 莱星次之, 为 92.03~181.83 mg/kg; 切姆拉尔最低, 为 73.53~169.51 mg/kg。城固的多酚含量至第 2 成熟度达到最高, 为 281.91 mg/kg, 第 3 成熟度有明显下降, 之后缓慢上升至第 5 成熟度 (209.80 mg/kg) 之后明显下降, 至第 7 成熟度又有所上升。切姆拉尔呈先降后升再

降的趋势, 莱星呈先升后降再升又降的趋势。切姆拉尔和莱星均在第 6 成熟度时达最高, 分别为 181.83、169.51 mg/kg。这与他人的研究相似<sup>[14]</sup>。

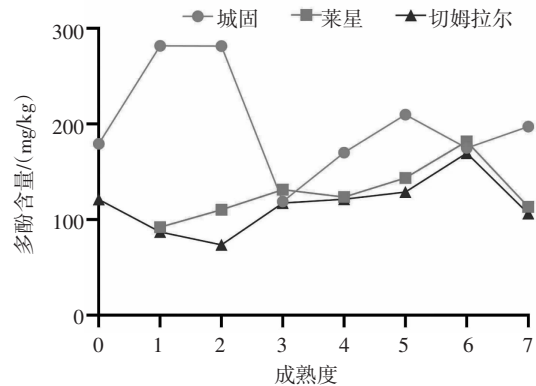


图 2 不同成熟度油橄榄的多酚含量

## 2.5 脂肪酸主要组成

由表 3 可知, 不同油橄榄品种的脂肪酸组成中油酸含量最高, 为 53.31%~71.64%; 其次是棕榈酸, 为 12.91%~16.53%; 亚麻酸含量最低, 为 0.63%~1.51%; 其余含量分别为亚油酸 7.48%~18.24%、棕榈一烯酸 0.42%~2.09%、硬脂酸 1.25%~2.96%。

## 3 讨论与结论

吕孝飞等<sup>[15]</sup>认为, 利用橄榄油中脂肪酸和酚类化合物的组成与含量以及风味属性的信号响应值差异, 结合主成分(PCA)分析, 可有效鉴别和区分不同成熟度指数的城固和莱星橄榄油, 其主要脂肪酸组成与张东等<sup>[16]</sup>和陈海云等<sup>[17]</sup>的研究一致。橄榄油中高含量的单不饱和脂肪酸和较低含量的饱和脂肪酸对维持血液中胆固醇水平有积极作

表 1 不同成熟度油橄榄的酸价

品种	成熟度								mg/g
	0	1	2	3	4	5	6	7	
城固	0.52	0.49	0.32	0.35	0.31	0.32	0.24	0.21	
莱星		0.67	0.41	0.20	0.17	0.24	0.25	0.43	
切姆拉尔	0.37	0.16	0.21	0.20	0.11	0.21	0.09	0.22	

表 2 不同成熟度油橄榄的过氧化值

品种	成熟度								g/kg
	0	1	2	3	4	5	6	7	
城固	0.45	0.48	0.71	0.56	0.48	0.32	0.49	0.51	
莱星		0.24	0.49	0.45	0.22	0.53	0.49	0.48	
切姆拉尔	0.22	0.23	0.22	0.24	0.24	0.24	0.24	0.69	

表 3 不同成熟度油橄榄的主要脂肪酸含量

%

品种	成熟度	棕榈酸	棕榈一烯酸	硬脂酸	油酸	亚油酸	亚麻酸
城固	0	15.09	0.60	1.83	62.22	12.76	1.46
	1	15.94	0.63	1.84	61.79	15.68	1.51
	2	13.39	未检出	1.60	57.47	13.89	1.30
	3	14.12	未检出	1.58	55.18	14.87	1.07
	4	16.53	1.04	1.53	53.31	16.72	1.07
	5	13.95	1.04	1.62	58.84	16.47	0.83
	6	13.90	0.73	1.48	55.11	17.93	0.93
莱星	0	15.90	0.72	1.83	66.54	11.34	1.23
	1	16.52	0.98	1.45	62.63	14.28	1.21
	2	15.41	0.65	2.08	65.25	12.53	1.44
	3	14.03	1.39	1.56	71.64	7.48	0.79
	4	14.03	1.25	1.36	64.14	15.18	1.10
	5	13.02	1.16	1.34	59.01	15.49	0.84
	6	13.27	1.04	1.25	59.87	15.22	0.79
切姆拉尔	0	13.37	0.42	2.28	69.22	11.86	1.07
	1	13.01	0.47	2.46	69.27	11.68	1.11
	2	14.15	0.63	2.42	67.55	12.50	0.99
	3	12.91	0.64	2.12	67.92	13.38	1.01
	4	12.91	0.78	2.38	66.96	13.97	1.04
	5	15.23	0.91	2.96	61.67	12.96	0.70
	6	14.99	2.09	1.88	59.02	16.29	0.63
7	13.67	0.96	1.75	60.24	15.98	0.66	

用, 单不饱和脂肪酸的含量越高, 油脂的品质越好、风味更佳; 多不饱和脂肪酸极易与氧反应而降解为挥发性成分, 容易引起油脂的酸败变质<sup>[18]</sup>。本研究再次印证, 橄榄油主要脂肪酸含量与品种有关, 与成熟度几乎无关。

我们通过对城固、莱星、切姆拉尔 3 个油橄榄品种分成熟度 0~7 依次取样, 分别对鲜果出油率、酸价、过氧化值、多酚含量、脂肪酸组成及比例等进行检测的结果表明, 鲜果出油率最高的为第 7 成熟度的切姆拉尔, 为 13.6%, 最低的为第 0 成熟度的城固, 为 2.1%, 且 3 个品种均表现出随成熟度的增加出油率也相应增加的规律。脂肪酸组成中油酸含量最高, 为 53.31%~71.64%; 棕榈酸含量为 12.91%~16.53%, 棕榈一烯酸含量为 0.42%~2.09%, 硬脂酸含量为 1.25%~2.96%, 亚油酸含量为 7.48%~18.24%; 亚麻酸含量最低,

为 0.63%~1.51%。酸价最高为 0.67 mg/g, 国标规定特级初榨橄榄油酸价限度为不超过 1.6 mg/g。过氧化值最高为 0.71 g/kg, 远低于国标中对特级初榨橄榄油过氧化值 2.6 g/kg 的限度。多酚含量最高是城固第 1 成熟度, 为 281.91 mg/kg; 最低是切姆拉尔第 3 成熟度, 为 73.53 mg/kg。主要脂肪酸组成为油酸、棕榈酸、亚油酸、硬脂酸、亚麻酸和棕榈烯酸。通过对此 3 个品种分成熟度 0~7 进行采样检测, 所得数据基本能完整的表达此 3 个品种的整个成熟期的变化规律。在实际生产过程中由于目标客户的不同看中的指标也有所不同, 生产企业需要出油率高的产品, 那就可以选择切姆拉尔, 需要富含多酚橄榄油那就可以选择城固且在青果采样 (第 2 成熟度左右); 酸价和过氧化值不做参考, 因为其均符合国标中对特级初榨橄榄油的规定。本项目的意义就在于在实际生产过程

中让企业和种植户能根据自己侧重点选择自己需要的品种种植生产。

#### 参考文献:

- [1] 李聚桢. 中国引种发展油橄榄回顾及展望[M]. 北京: 中国林业出版社, 2010.
- [2] 季元祖. 甘肃陇南市油橄榄产业发展思路研究[J]. 中国园艺文摘, 2012, 28(8): 51-52; 72.
- [3] 焦润安, 常正星. 陇南白龙江流域不同海拔油橄榄生长指标对气候变化的响应差异[J]. 甘肃农业科技, 2022, 53(1): 37-41.
- [4] 刘润萍, 马丽荣, 等. 甘肃省油橄榄和紫苏生产现状及发展建议[J]. 甘肃农业科技, 2014(4): 43-49.
- [5] 杨豆豆, 田茂琳, 等. 油橄榄叶多糖含量测定方法的研究[J]. 甘肃农业科技, 2017(11): 48-50.
- [6] LAZZE A, PERRI E, CARAVITA M A, et al. Influence of olive maturity stage and geographical origin on some minor components in virgin olive oil of the chemlali variety[J]. J Agric Food Chem, 2008, 56(3): 982-988.
- [7] BORRÀS E, FERRÉ J, BOQUÉ R, et al. Olive oil sensory defects classification with data fusion of instrumental techniques and multivariate analysis(PLS-DA)[J]. Food Chem, 2016, 203: 314-322.
- [8] PÉREZ AG, DE LA ROSA R, PASCUAL M, et al. Assessment of volatile compound profiles and the deduced sensory significance of virgin olive oils from the progeny of Picual×Arbequina cultivars[J]. J Chromatogra A, 2016, 1428: 305-315.
- [9] SALVADOR M D, ARANDA F, GÓMEZ-ALONSO S, et al. Influence of extraction system, production year and area on Cornicabra virgin olive oil: a study of five crop seasons[J]. Food Chem, 2003, 80(3): 359-366.
- [10] 龙伟, 王裕斌, 姚小华, 等. 四川青川县初榨橄榄油营养成分及油脂特性分析[J]. 中国粮油学报, 2017, 32(8): 77-83.
- [11] DIEGO L G G, RAMÓN A. Coupling MOS sensors and gas chromatography to interpret the sensor responses to complex food aroma: Application to virgin olive oil[J]. Food Chem, 2010, 120(2): 572-579.
- [12] 后春静, 周娅琼, 马君义, 等. 陇南油橄榄“阿尔波萨纳”果实表型性状及主要功能成分的动态变化[J]. 中国油脂, 2019, 44(12): 32-38.
- [13] 闫辉强, 马君义, 吕孝飞, 等. GC-MS 与 E-Nose 结合 PCA 和 HCA 用于陇南橄榄油品质研究[J]. 中国油脂, 2020, 45(2): 44-49; 58.
- [14] 闫辉强, 后春静, 马君义, 等. 不同品种和成熟度的油橄榄果表型性状与脂肪酸组成及含量分析[J]. 中国油脂, 2019, 44(4): 105-111.
- [15] 吕孝飞, 马君义, 郭俊炜, 等. 成熟度指数对不同品种橄榄油脂肪酸、酚类化合物及风味属性的影响[J]. 中国油脂, 2022, 47(1): 28-35.
- [16] 张东, 薛雅琳, 朱琳, 等. 我国油橄榄果及初榨橄榄油品质研究[J]. 中国粮油学报, 2017, 32(2): 88-93.
- [17] 陈海云, 耿树香, 宁德鲁, 等. 不同品种及成熟度油橄榄中脂肪酸的检测分析[J]. 广东农业科学, 2012, 39(24): 111-113; 117.
- [18] 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): 30-36.