

添加新鲜橄榄叶和复合果胶酶压榨对油橄榄果出油率和初榨橄榄油品质的影响

佟祎鑫¹, 许佳敏¹, 白万明², 王菊花¹, 郭焱伟¹,

白小勇², 孔维宝^{1,3}, 马君义^{1,3}

(1. 西北师范大学 生命科学学院, 兰州 730070; 2. 陇南田园油橄榄科技开发有限公司, 甘肃 陇南 746099;
3. 甘肃特色植物有效成分制品工程技术研究中心, 兰州 730070)

摘要:为提高油橄榄果出油率、改善初榨橄榄油(VOO)品质,以甘肃陇南主栽的成熟度为7的莱星品种油橄榄鲜果为原料,考察压榨过程中新鲜橄榄叶(0、3%、5%)和复合果胶酶(0、0.01%、0.02%)添加量(以油橄榄果质量计)对油橄榄果出油率和VOO色泽、叶绿素含量、基本理化性质、总酚含量、脂肪酸组成及含量的影响。结果表明:添加适量的新鲜橄榄叶可提高出油率及总酚含量,降低酸值,但色泽加深,叶绿素含量和过氧化值升高;添加适量的复合果胶酶在提高出油率的同时,VOO的总酚含量上升,叶绿素含量和过氧化值降低,但酸值升高,色泽加深;压榨过程中添加新鲜橄榄叶和复合果胶酶对VOO脂肪酸组成没有影响,但对油酸、亚油酸、棕榈酸和棕榈烯酸等主要脂肪酸含量有一定影响。在压榨制取VOO时添加适量的新鲜橄榄叶与复合果胶酶可提高出油率,获得富含多酚的VOO。

关键词:初榨橄榄油;压榨工艺;橄榄叶;复合果胶酶;出油率;品质

中图分类号:TS225.1;TQ644.13 文献标识码:A 文章编号:1003-7969(2023)02-0006-07

Effects of adding fresh olive leaves and complex pectinase during pressing on oil extraction rate of olive fruit and quality of virgin olive oil

TONG Yixin¹, XU Jiamin¹, BAI Wanming², WANG Juhua¹, GUO Junwei¹,
BAI Xiaoyong², KONG Weibao^{1,3}, MA Junyi^{1,3}

(1. College of Life Sciences, Northwest Normal University, Lanzhou 730070, China; 2. Longnan Tianyuan Olive Technology Development Co., Ltd., Longnan 746099, Gansu, China; 3. Bioactive Products Engineering Research Center for Gansu Distinctive Plants, Lanzhou 730070, China)

Abstract: In order to improve the oil extraction rate of olive fruit and quality of virgin olive oil (VOO), using fresh olive fruits of the Leccino, main variety in Longnan, Gansu province, with a maturity of 7 as raw materials, the effects of the dosages of fresh olive leaves (0, 3%, 5%) and complex pectinase (0, 0.01%, 0.02%) (based on olive fruits mass) during pressing on the oil extraction rate of olive fruit, and color, chlorophyll content, basic physicochemical properties, total phenol content, fatty acid

composition and content of VOO were studied. The results showed that adding moderate fresh olive leaves could increase the oil extraction rate and total phenol content, reduce the acid value, but the color, chlorophyll content and peroxide value increased. Adding moderate complex pectinase could increase the oil extraction rate, at the same time, the total phenol content of VOO, the peroxide value and chlorophyll content

收稿日期:2021-11-19;修回日期:2022-10-20

基金项目:国家重点研发计划(2019YFD1002402-03);甘肃省教育厅产业支撑计划项目(2021CYZC-37);科技助力经济2020重点专项项目;西北师范大学重大科研项目培育计划项目(NWNU-LKZD2022-02)

作者简介:佟祎鑫(1998),男,硕士研究生,研究方向为植物资源保护利用(E-mail)tyx56595@163.com。

通信作者:白万明,工程师(E-mail)1005179156@qq.com;孔维宝,教授,硕士生导师(E-mail)kwbao@163.com。

decreased, but the acid value and color increased. Adding fresh olive leaves and complex pectinase during pressing had no effect on the fatty acid composition of VOO, but had a certain effect on the contents of major fatty acids such as oleic acid, linoleic acid, palmitic acid and palmitoleic acid. The results suggest that when extracting VOO, the oil extraction rate can be improved by adding moderate fresh olive leaves and complex pectinase, and polyphenol-rich VOO can be obtained.

Key words: virgin olive oil; pressing process; olive leaf; complex pectinase; oil extraction rate; quality

油橄榄 (*Olea europaea* L.) 属于木犀科木犀榄属的常绿阔叶乔木, 主要分布在地中海沿岸国家。我国自 20 世纪 60 年代引种栽培油橄榄, 经过近 60 年的发展, 油橄榄种植和加工产业已初具规模。目前, 甘肃省陇南市油橄榄栽培面积约 5 万 hm^2 , 年产油橄榄鲜果 4 万 t, 居全国首位, 被誉为我国的“油橄榄之城”^[1]。新鲜油橄榄果在 24 h 内通过压榨工艺可制取初榨橄榄油 (Virgin olive oil, VOO), 因其营养丰富且不含有防腐剂和添加剂, 受到广大消费者的青睐^[2]。

近年来, 利用新技术提高油橄榄果出油率和 VOO 品质一直是该领域研究的热点之一, 有关微波、超声波辅助提取技术在橄榄油生产中的应用陆续有报道。Leone 等^[3]研究了微波与兆频超声波结合技术对橄榄油提取效率的影响, 结果显示融合果浆分别经微波处理和兆频超声波处理后, 橄榄油的产率分别提高了 1.98% 和 2.25%, 同时降低了融合果浆的黏稠度。原姣姣等^[4]研究了超声波辅助酸性纤维素酶水解技术提取橄榄油的工艺, 在优化条件下提油率为 89.78%, 但是并没有评价该工艺对橄榄油品质的影响。Tamborrino 等^[5]在橄榄油提取装置中同时使用超声波、微波与热交换技术, 发现橄榄油中的总酚含量未受到影响, 但是较传统提取工艺提高了出油率。以上工艺虽然能从不同程度上提高出油率, 但是所使用的新设备专属性较强, 未能在橄榄油生产企业得到推广应用。

从企业大生产的角度考虑, 新技术的采用一方面面临着改变现有成熟生产工艺流程的问题, 另一方面也存在一次性设备投入成本显著增加的问题。因此, 在不大幅度改变现有生产工艺的基础上, 开发低成本、有效的橄榄油提取新技术和新工艺, 在中小企业的生产实践中具有较高的可行性。Vierhuis 等^[6]研究发现, 在橄榄油提取过程中添加细胞壁降解酶 (主要为果胶酶) 可显著提高果浆、橄榄油和加工副产物中酚类化合物的含量, 果水中可溶性果胶、糖醛酸等物质的含量也显著提高, 对改善橄榄油的

品质有利。另外, Marx 等^[7]研究表明, 在 VOO 提取过程中添加新鲜橄榄叶可提高其化学-感官品质。基于此, 本研究结合实际生产经验, 探究在压榨制取 VOO 的搅拌融合阶段添加适量新鲜橄榄叶和复合果胶酶对橄榄油果出油率和 VOO 品质的影响, 以期为国产初榨橄榄油生产加工工艺的改进提供参考。

1 材料与方法

1.1 实验材料

1.1.1 原料与试剂

油橄榄果, 采自陇南田园油橄榄科技开发有限公司种植园, 选取成熟度为 7 (果皮全部为黑色, 果肉 1/2 以上转为红色) 的菜星品种新鲜油橄榄果, 采摘后保存于 4 $^{\circ}\text{C}$ 冰箱中, 在 24 h 内完成压榨。

新鲜橄榄叶; 复合果胶酶 (60 000 U/g), 夏盛生物科技有限公司; 过氧化值快速检测试剂盒、食用酸值快速检测试剂盒, 山东霍尔德电子科技有限公司; 没食子酸标准品 (分析纯), 阿拉丁试剂 (上海) 有限公司; 异辛烷 (色谱纯)、甲醇、正己烷、氢氧化钾、硫酸氢钠、福林酚试剂 (分析纯), 国药集团化学试剂有限公司; 去离子水。

1.1.2 仪器与设备

TB100 橄榄油压榨机, 西班牙 MC2 Ingenieria Y Sistemas S. L.; PTY-A220 型电子天平, 华志电子科技有限公司; UV-2800 型紫外可见分光光度计, 尤尼柯仪器有限公司; HED-SG12 型酸值过氧化值检测仪, 山东霍尔德电子科技有限公司; WSL-2 型罗维朋比色计 (配 25.4 mm 比色皿), 杭州大成光电仪器有限公司; XH-C 涡旋振荡仪, 金坛市白塔新宝仪器厂; HCJ-6D 型恒温磁力搅拌水浴锅, 金坛市国旺实验仪器厂; 7890A/5975C 气相色谱-质谱联用仪, 美国 Agilent 公司; H1850R 型台式高速冷冻离心机, 湖南湘仪离心机有限公司。

1.2 实验方法

1.2.1 VOO 的制取

参照 Najafian 等^[8]的方法制取 VOO。称取 500 g 去除枝叶的新鲜油橄榄果, 经气泡清洗机清洗后, 用粉碎机粉碎, 同时加入一定量的新鲜橄榄叶或复

合果胶酶,搅拌均匀获得融合果浆;在 180 r/min、25~27℃下缓慢搅拌融合果浆 40 min;在 5 000 r/min下离心 3 次,每次离心 5 min,固液分离;将液相静置分层,油水分离,得到初榨橄榄原油(以初榨橄榄原油的质量与油橄榄果质量的比值计算出油率);初榨橄榄原油经 1 号滤纸真空抽滤后获得 VOO,将收集到的 VOO 于 4℃下密闭避光保存备用。

1.2.2 色泽和叶绿素含量的测定

参照 GB/T 22460—2008《动植物油脂 罗维朋色泽的测定》测定色泽。采用可见分光光度法测定 652 nm 处的吸光值(A_{652}),用于评价 VOO 中总叶绿素的含量。

1.2.3 基本理化性质(酸值、过氧化值)的测定

采用酸值过氧化值检测仪分别参照食用油酸值快速检测试剂盒说明书和过氧化值快速检测试剂盒说明书测定酸值和过氧化值。

1.2.4 总酚含量的测定

参考文献[9-10]的方法提取 VOO 中的总酚。准确称取 2.00 g VOO 置于 10 mL 具塞离心管中,加入 2.0 mL 正己烷和 2.0 mL 60%的甲醇溶液,在涡旋振荡器上剧烈振荡 2 min 后,以 3 000 r/min 离心 5 min,取出甲醇相避光存放,再在离心管中加入 2.0 mL 60%的甲醇溶液,使用相同方法提取 2 次,将 3 次所得甲醇相合并,加入 4.0 mL 正己烷,充分振荡使其进一步脱脂,然后在 3 000 r/min 下离心 5 min,吸取甲醇相,定容至 6 mL 备用。

采用福林酚法测定总酚含量^[11-12]。吸取 1.0 mL 试样于 10 mL 比色管中,加入 2.5 mL 福林酚试剂,摇匀,加入 2.5 mL 15% Na_2CO_3 溶液,加水定容至刻度,摇匀。在 40℃水浴 60 min,静置冷却 20 min,测定 760 nm 下的吸光值。再根据以没食子酸为标样得到的回归方程计算油样中的总酚含量。回

归方程为 $y = 202.59x - 1.8223$ ($R^2 = 0.9984$),式中 x 为 760 nm 下的吸光值, y 为没食子酸含量。

1.2.5 脂肪酸组成及含量的测定

1.2.5.1 甲酯化

脂肪酸甲酯的制备采用 KOH-甲醇酯交换法^[13]。称取约 60 mg 油样至具塞试管中,用移液管吸取 4 mL 异辛烷溶解试样。用微量移液枪加入 200 μL 2 mol/L 的 KOH-甲醇溶液,盖上玻璃塞剧烈振摇 30 s 后静置至澄清。再向溶液中加入约 1 g NaHSO_4 ,剧烈振摇中和 KOH。待盐沉淀后,将含有甲酯的上层溶液作为试样进行 GC-MS 分析。

1.2.5.2 GC-MS 分析条件

GC-MS 分析条件参照文献[14]设定。GC 条件:AE-FFAP 弹性石英毛细管色谱柱(30 m \times 0.25 mm \times 0.25 μm);载气为 99.999% 高纯氦气;进样口温度 250℃;分流比 50:1;进样量 1 μL ;载气模式为恒流模式;载气流速 1.0 mL/min;GC-MS 接口温度 250℃。MS 条件:传输线温度 250℃,电离方式 EI,电离电压 70 eV,离子源温度 280℃,质量扫描方式为 Full Scan,质量扫描范围 50~650 u。

1.2.5.3 脂肪酸的定性与定量

对甲酯化的 VOO 进样分析,质谱图经 NIST 2011 版标准质谱检索库检索定性;通过气相色谱峰面积归一化法定量。

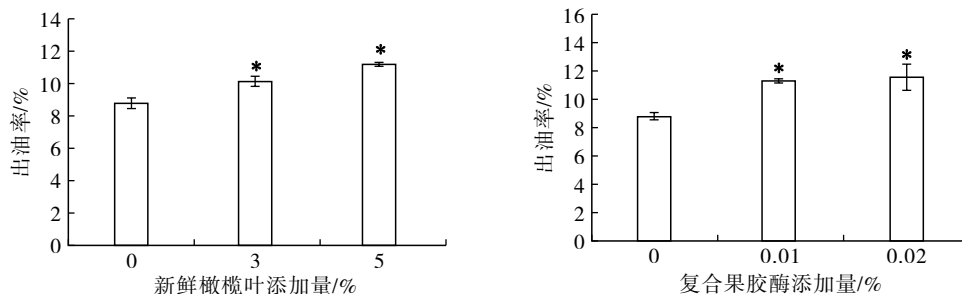
1.2.6 数据处理

数据均经过至少 3 组平行实验测得,并通过 SPSS 25.0 进行单因素 ANOVA 检验,应用 Origin 9.5 进行绘图,结果以“平均值 \pm 标准偏差”表示。

2 结果与讨论

2.1 不同添加物对油橄榄果出油率的影响

在小试规模下,新鲜橄榄叶和复合果胶酶添加量对油橄榄果出油率的影响见图 1。



注:与对照组相比,*表示在 $p < 0.05$ 水平上存在显著性差异,**表示在 $p < 0.01$ 水平上存在极显著差异。下同

图 1 不同添加物对油橄榄果出油率的影响

由图 1 可知:在压榨过程中添加一定量的新鲜橄榄叶可提高油橄榄果的出油率,与对照组

(8.80%)相比,新鲜橄榄叶添加量为 3% 时出油率(10.15%)提高了 15.34%,新鲜橄榄叶添加量为

5%时出油率(11.17%)提高了26.93%,均存在显著性差异($p < 0.05$)。当添加0.01%的复合果胶酶时,出油率为11.28%;添加0.02%的复合果胶酶时,出油率为11.49%,与对照组相比提高30.57% ($p < 0.05$),与复合果胶酶添加量为0.01%的实验组相比差异不显著($p > 0.05$)。相比而言,添加复合果胶酶对提高油橄榄果出油率的影响优于添加新鲜橄榄叶。朱静平等^[15-16]研究发现橄榄叶中含有挥发油等油脂成分;胡庆莘等^[17]对19个品种油橄榄叶中的营养成分含量进行测定时发现其平均粗脂肪含量为5.56%。另有研究显示,在果浆融合过程中添加0.4%~0.5%的超微滑石粉和0.1%的酶制剂(具有果胶酶、纤维素酶和半纤维素酶活性),可

使油橄榄果的出油率提高34%,对油的品质无不良影响^[18]。初步分析认为,添加橄榄叶提高出油率一方面与橄榄叶中存在一定含量的脂溶性物质有关,另一方面可能是叶片中的纤维素有助于融合阶段果浆中油滴的释放和聚集。复合果胶酶的加入可使细胞间的果胶质降解,增强对细胞壁的破坏作用,利于果肉中油脂的释放,进而提高油橄榄果的出油率。此外,油橄榄果的品种以及所用酶的来源、组成种类和添加量等因素的不同也会对出油率产生不同程度的影响^[18-19]。

2.2 不同添加物对VOO色泽和叶绿素含量的影响

新鲜橄榄叶和复合果胶酶添加量对VOO色泽的影响如图2所示。

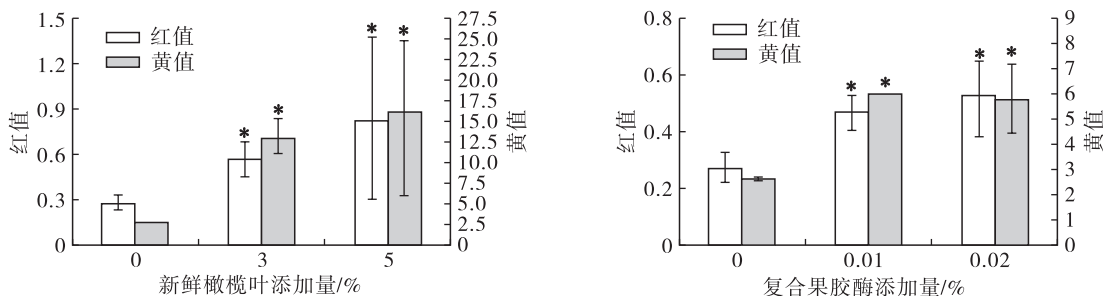


图2 不同添加物对VOO色泽的影响

由图2可知,与对照组相比,在油橄榄果中添加一定量的新鲜橄榄叶或复合果胶酶,可使VOO的色泽明显加深且均存在显著性差异($p < 0.05$),这与添加的新鲜橄榄叶中色素类物质的释放及复合果胶酶促进油橄榄果中色素类物质的释放有关^[20]。

叶绿素是橄榄油的特征性成分之一,可直接影响橄榄油的色泽和风味。在测定总叶绿素含量时一般选取652 nm作为其特征吸收峰。本研究中以 A_{652} 的大小来评价VOO中的叶绿素含量。新鲜橄榄叶和复合果胶酶添加量对VOO A_{652} 的影响见图3。

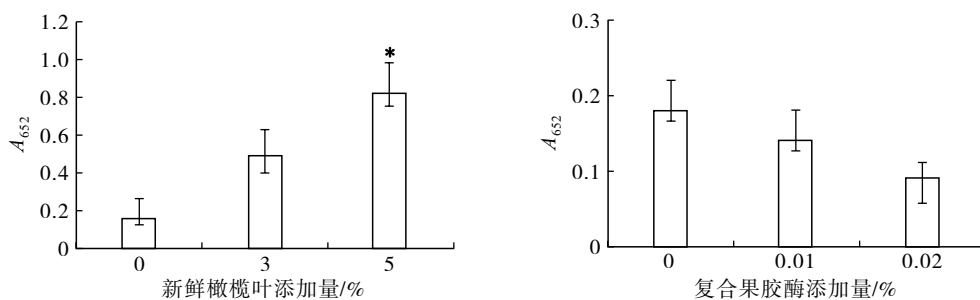


图3 不同添加物对VOO A_{652} 的影响

由图3可知,不同添加量的新鲜橄榄叶可提高VOO中的叶绿素含量,当加入5%新鲜橄榄叶时叶绿素含量与对照组相比显著提升($p < 0.05$),此时油品的色泽也较深(图2)。这表明添加新鲜橄榄叶后VOO中溶入了更多的叶绿素。Nenadis等^[20]研究发现,在橄榄油中添加不同量(5%、10%、15%)的橄榄叶后,油中的总极性酚、 α -生育酚和叶绿素含量显著升高,而且DPPH自由基清除活性也显著

增强。由图3还可知,添加复合果胶酶可使VOO中叶绿素含量下降,这主要是由于果胶酶对果浆中的果胶有水解作用,使一些结合在果胶中的色素类物质游离释放到果水中。

2.3 不同添加物对VOO基本理化性质的影响

过氧化值和酸值是评价油脂品质最常用的两个理化指标。过氧化值可反映油脂中初级氧化产物的含量,过氧化值越小表明油脂的氧化程度越

低。而酸值是油脂中游离脂肪酸含量的标志,酸值越小,说明油脂品质越好^[21]。新鲜橄榄叶和复合果

胶酶添加量对 VOO 过氧化值和酸值的影响如图 4 所示。

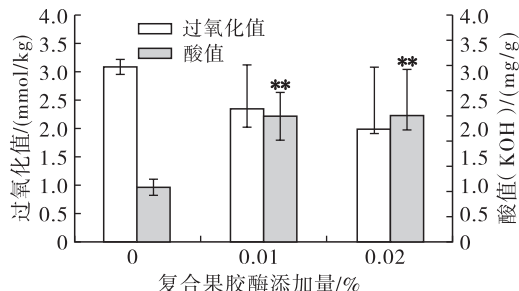
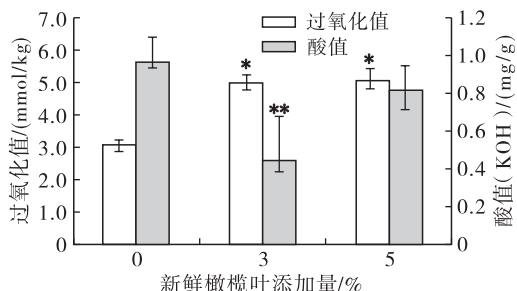


图 4 不同添加物对 VOO 过氧化值和酸值的影响

由图 4 可知,与对照组相比,添加复合果胶酶使 VOO 的过氧化值有一定程度的降低,但不显著,而添加新鲜橄榄叶过氧化值显著上升($p < 0.05$)。与对照组相比,添加 0.01% 和 0.02% 的复合果胶酶使 VOO 的酸值(KOH)极显著上升($p < 0.01$),而添加 3% 的新鲜橄榄叶使 VOO 的酸值(KOH)极显著下降($p < 0.01$)。

VOO 过氧化值和酸值的影响主要可能与新鲜橄榄叶带入橄榄果浆中的少量水分、水解酶和氧化酶的活性有关,同时新鲜橄榄叶中含量最高的橄榄苦苷(74.57 g/kg)^[17]具有酚羟基及醇羟基结构,在一定程度上对游离的酸性物质起到中和作用。而复合果胶酶制剂中可能存在少量的脂肪酶对油脂起到了一定的水解作用,导致游离脂肪酸的释放和酸值一定程度的上升^[19, 22]。

已有研究发现,在橄榄油中添加橄榄叶(5%、10%、15%)可使 VOO 的过氧化值显著升高^[20],而用不同添加量(0.2%、0.5%、0.8%)的果胶酶和纤维素酶处理油橄榄果浆后,VOO 的过氧化值有不同程度的降低,而游离酸度呈现升高的趋势^[22]。这说明两种添加物及其添加量对 VOO 的过氧化值和酸值的影响趋势存在差异性。添加新鲜橄榄叶对

2.4 不同添加物对 VOO 总酚含量的影响

酚类化合物是橄榄油中最为重要的特征性物质,对油的风味、稳定性及营养价值起到关键作用^[23]。新鲜橄榄叶和复合果胶酶添加量对 VOO 总酚含量的影响见图 5。

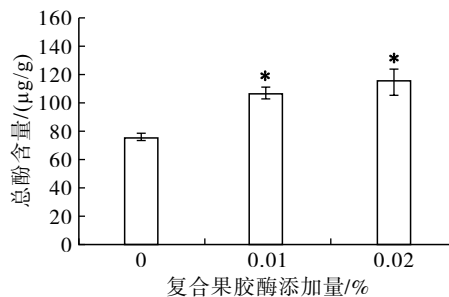
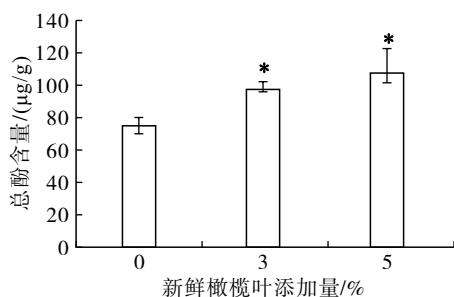


图 5 不同添加物对 VOO 总酚含量的影响

由图 5 可知,在油橄榄果中添加一定比例的新鲜橄榄叶,可显著增加 VOO 中的总酚含量($p < 0.05$),与对照组(74.96 $\mu\text{g/g}$)相比,添加 3% 新鲜橄榄叶的 VOO 总酚含量(97.45 $\mu\text{g/g}$)提高了 30.00%,添加 5% 新鲜橄榄叶可使 VOO 总酚含量提高 42.97%,达到 107.17 $\mu\text{g/g}$ 。添加 0.01% 复合果胶酶的 VOO 总酚含量为 107.16 $\mu\text{g/g}$,较对照组提高了 42.97%;添加 0.02% 复合果胶酶的 VOO 总酚含量达到 115.19 $\mu\text{g/g}$,较对照组提高了 53.67%。因此,可以通过在搅拌融和过程中添加适量的新鲜橄榄叶或复合果胶酶来提高 VOO 中的总酚含量,以

提高其抗氧化物质的含量和油品的氧化稳定性,进而延长 VOO 的保质期。

周盼^[24]测得橄榄叶中的总酚含量为 6.03%,分析认为橄榄叶中的酚类物质(主要包括橄榄苦苷、羟基酪醇、木犀草素以及毛蕊花苷等)在粉碎、融和过程中会释放到果浆中,进而进入到 VOO 中提高了其总酚含量^[20]。添加复合果胶酶能有效降解油橄榄果实中的果胶类物质,有助于将结合在油橄榄果皮和果肉中的酚类物质释放出来,增加 VOO 中总酚含量^[8, 18-19, 22, 25]。因此,从生产高多酚含量橄榄油的角度考虑,添加适当比例的新鲜橄榄叶和复

合果胶酶均可达到理想的效果。

2.5 不同添加物对VOO脂肪酸组成及含量的影响

适宜的脂肪酸组成及含量是评价橄榄油品质的

一项重要指标。新鲜橄榄叶和复合果胶酶添加量对VOO脂肪酸组成及含量的影响见表1。

表1 不同添加物对VOO脂肪酸组成及含量的影响

脂肪酸	对照组	不同新鲜橄榄叶 添加量下的含量		不同复合果胶酶 添加量下的含量		GB/T 23347— 2021	EEC 2568/91
		3%	5%	0.01%	0.02%		
棕榈酸/%	14.16 ± 0.18	13.16 ± 0.96	12.63 ± 0.84 *	12.73 ± 0.44 *	14.31 ± 3.70	7.5 ~ 20.0	7.5 ~ 20.0
棕榈烯酸/%	1.47 ± 0.07	1.28 ± 0.01 **	1.28 ± 0.02 **	1.23 ± 0.03 **	1.21 ± 0.14 **	0.3 ~ 3.5	0.3 ~ 3.5
十七烷酸/%	0.13 ± 0.00	0.12 ± 0.02	0.12 ± 0.01	0.12 ± 0.13	0.14 ± 0.055	≤ 0.4	≤ 0.3
硬脂酸/%	1.83 ± 0.08	1.82 ± 0.18	1.74 ± 0.15	1.93 ± 0.05	1.95 ± 0.06	0.5 ~ 5.0	0.5 ~ 5.0
油酸/%	78.36 ± 0.29	79.92 ± 0.95 *	80.43 ± 0.65 **	80.33 ± 0.41 **	78.10 ± 2.92	55.0 ~ 83.0	55.0 ~ 83.0
亚油酸/%	3.18 ± 0.01	2.89 ± 0.12 **	2.97 ± 0.08 **	2.76 ± 0.08 **	3.39 ± 0.95 **	2.5 ~ 21.0	3.5 ~ 21.0
花生酸/%	0.26 ± 0.02	0.26 ± 0.03	0.27 ± 0.03	0.29 ± 0.03	0.30 ± 0.04	≤ 0.6	≤ 0.6
花生烯酸/%	0.31 ± 0.01	0.31 ± 0.02	0.29 ± 0.04	0.32 ± 0.02	0.28 ± 0.02	≤ 0.5	≤ 0.3
山萘酸/%	0.07 ± 0.02	0.07 ± 0.00	0.08 ± 0.02	0.09 ± 0.01	0.08 ± 0.03	≤ 0.2	≤ 0.3
SFA/%	16.46 ± 0.23	15.42 ± 1.11	14.84 ± 0.77 *	15.16 ± 0.43	16.79 ± 3.60		
UFA/%	83.32 ± 0.24	84.40 ± 1.09	84.97 ± 0.76 *	84.64 ± 0.45 *	82.98 ± 3.55		
MUFA/%	80.14 ± 0.24	81.51 ± 0.97 *	82.00 ± 0.69 **	81.87 ± 0.37 *	79.59 ± 3.01		
PUFA/%	3.18 ± 0.01	2.89 ± 0.12 **	2.97 ± 0.08 **	2.76 ± 0.08 **	3.39 ± 0.95 **		
C18:1/C18:2	24.67 ± 0.14	27.72 ± 0.85 **	27.07 ± 0.49 **	29.08 ± 0.72 **	24.11 ± 5.74		

注:与对照组相比,*表示在 $p < 0.05$ 水平上存在显著性差异,**表示在 $p < 0.01$ 水平上存在极显著差异

由表1可知,VOO中脂肪酸含量由高到低依次为油酸>棕榈酸>亚油酸>硬脂酸>棕榈烯酸,还含有少量的花生烯酸、花生酸、十七烷酸和山萘酸,在油橄榄果浆融合阶段添加新鲜橄榄叶或复合果胶酶并没有改变VOO的脂肪酸组成。与对照组相比,添加新鲜橄榄叶VOO中的棕榈酸、棕榈烯酸和亚油酸的含量有降低趋势,而油酸含量有上升趋势,当加入5%新鲜橄榄叶时,油酸含量提高至80.43%。添加新鲜橄榄叶总体上降低了VOO的SFA含量,提高了MUFA的含量。经不同添加量的复合果胶酶处理后,VOO中硬脂酸和花生酸的含量有所上升,但与对照组相比无显著差异($p > 0.05$)。加入0.02%复合果胶酶时,亚油酸含量极显著提升至3.39% ($p < 0.01$),对SFA、UFA及MUFA含量影响不显著,而PUFA含量极显著上升($p < 0.01$)。

油酸/亚油酸比值(C18:1/C18:2)可作为区分油橄榄品种的参照指标,并且与油品的稳定性直接相关^[26]。实验发现,加入适量新鲜橄榄叶可极显著提高油品的C18:1/C18:2 ($p < 0.01$),表明添加适量新鲜橄榄叶有利于提高VOO的稳定性。添加0.01%复合果胶酶油品的C18:1/C18:2极显著增加($p < 0.01$),添加0.02%复合果胶酶油品的C18:1/C18:2较对照组无显著变化。初步分析认

为,与对照组相比,添加的新鲜橄榄叶中少量的脂质从一定程度上改变了VOO的脂肪酸含量,并且有利于提高油品的稳定性^[27];而复合果胶酶的水解作用使果肉中油脂的释放发生变化,进而会影响VOO的脂肪酸含量。

3 结论

本研究选用甘肃陇南地区主栽的莱星品种油橄榄果,在新鲜油橄榄果粉碎、融合过程中添加不同比例的新鲜橄榄叶或复合果胶酶,研究其对油橄榄果出油率及VOO色泽、叶绿素含量、基本理化性质、总酚含量、脂肪酸组成及含量的影响。结果表明,在压榨制取VOO时添加一定比例的新鲜橄榄叶可不同程度地影响出油率和油品的综合品质,总体来看,有利的方面主要表现在出油率提高、酸值下降、总酚含量升高,不利的方面主要表现在油品色泽加深,叶绿素含量和过氧化值上升。压榨制取VOO时添加一定比例的复合果胶酶,在显著提高出油率的同时,VOO中的总酚含量上升,过氧化值与叶绿素含量下降,但是色泽加深,酸值有所上升。添加新鲜橄榄叶和复合果胶酶对VOO的脂肪酸组成没有影响,但对油酸、亚油酸、棕榈酸和棕榈烯酸等主要脂肪酸的含量有一定影响。从开发高多酚含量橄榄油产品的角度考虑,添加新鲜橄榄叶和复合果胶酶的压榨工艺

具有一定的技术参考价值。该技术的效果有待进一步从 VOO 的工业生产上进行验证。

参考文献:

- [1] 陇南市武都区富江种植农民专业合作社. 陇南市油橄榄产业发展状况调查报告[EB/OL]. [2022-09-20]. <http://www.fjolive.com/h-nd-846.html>.
- [2] 于小飞. 中国油橄榄产业发展概况与对策[J]. 陕西林业科技, 2018, 46(1): 81-83.
- [3] LEONE A, ROMANIELLO R, TAMBORRINO A, et al. Microwave and megasonics combined technology for a continuous olive oil process with enhanced extractability[J]. *Innov Food Sci Emerg Technol*, 2017, 42: 56-63.
- [4] 原姣姣, 王成章, 张红玉, 等. 超声辅助酶法提取橄榄油的研究[J]. 中国油脂, 2016, 41(7): 10-14.
- [5] TAMBORRINO A, ROMANIELLO R, CAPONIO F, et al. Combined industrial olive oil extraction plant using ultrasounds, microwave, and heat exchange: impact on olive oil quality and yield[J]. *J Food Eng*, 2019, 245: 124-130.
- [6] VIERHUIS E, SERVILI M, BALDIOLI M, et al. Effect of enzyme treatment during mechanical extraction of olive oil on phenolic compounds and polysaccharides[J]. *J Agric Food Chem*, 2001, 49(3): 1218-1223.
- [7] MARX Í M G, CASAL S, RODRIGUES N, et al. Impact of fresh olive leaves addition during the extraction of Arbequina virgin olive oils on the phenolic and volatile profiles[J/OL]. *Food Chem*, 2022, 393: 133327[2021-11-19]. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.133327>.
- [8] NAJAFIAN L, GHODSVALI A, KHODAPARAST M H H, et al. Aqueous extraction of virgin olive oil using industrial enzymes[J]. *Food Res Int*, 2009, 42(1): 171-175.
- [9] 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.
- [10] FLORES M I A, ROMERO-GONZÁLEZ R, FRENICH A G, et al. Analysis of phenolic compounds in olive oil by solid-phase extraction and ultra high performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry[J]. *Food Chem*, 2012, 134(4): 2465-2472.
- [11] XIANG C R, XU Z, LIU J, et al. Quality, composition, and antioxidant activity of virgin olive oil from introduced varieties at Liangshan[J]. *LWT - Food Sci Technol*, 2017, 78: 226-234.
- [12] 孔维宝, 李万武, 邢文黎, 等. 武都主栽油橄榄品种的果实品质研究[J]. 中国粮油学报, 2016, 31(2): 88-92.
- [13] 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.
- [14] 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.
- [15] 朱静平, 刘洪. 2个品种油橄榄叶中活性成分分析[J]. 江苏农业科学, 2013, 41(7): 317-318.
- [16] 朱静平. 油橄榄叶中活性成分初步分析[J]. 湖北农业科学, 2012, 51(15): 3315-3317.
- [17] 胡庆苹, 魏鉴腾, 何海荣, 等. 19个品种油橄榄叶营养及活性成分分析评价[J]. 食品与发酵工业, 2016, 42(1): 162-166.
- [18] PERES F, MARTINS L L, FERREIRA - DIAS S. Laboratory - scale optimization of olive oil extraction: simultaneous addition of enzymes and microtalc improves the yield[J]. *Eur J Lipid Sci Technol*, 2014, 116(8): 1054-1062.
- [19] HADJ-TAIEB N, GRATI N, AYADI M, et al. Optimisation of olive oil extraction and minor compounds content of Tunisian olive oil using enzymatic formulations during malaxation[J]. *Biochem Eng J*, 2012, 62: 79-85.
- [20] NENADIS N, MOUTAFIDOU A, GERASOPOULOS D, et al. Quality characteristics of olive leaf - olive oil preparations[J]. *Eur J Lipid Sci Technol*, 2010, 112(12): 1337-1344.
- [21] 牟肖男, 王国财, 唐顺之, 等. 不同来源初榨橄榄油的质量研究[J]. 广东化工, 2020, 47(1): 52-54.
- [22] 黄帅, 蒋瑞, 王强, 等. 酶处理对初榨橄榄油品质及抗氧化活性的影响[J]. 中国粮油学报, 2020, 35(8): 104-110.
- [23] KIRITSAKIS A K. Flavor components of olive oil: a review[J]. *J Am Oil Chem Soc*, 1998, 75: 673-681.
- [24] 周盼. 油橄榄叶主要化学成分分析及降脂功效研究[D]. 合肥:安徽农业大学, 2018.
- [25] ALIAKBARIAN B, DE FAVERI D, CONVERTI A, et al. Optimisation of olive oil extraction by means of enzyme processing aids using response surface methodology[J]. *Biochem Eng J*, 2008, 42(1): 34-40.
- [26] MANAI - DJEBALI H, KRICHENE D, OUNI Y, et al. Chemical profiles of five minor olive oil varieties grown in central Tunisia[J]. *J Food Comp Anal*, 2012, 27(2): 109-119.
- [27] 罗天宇, 郭玉玉, 曹福亮. 油橄榄叶中脂溶性成分的超临界CO₂萃取及其鉴定[J]. 林业科技开发, 2015, 29(3): 81-84.