

陇南油橄榄“皮瓜尔”果实活性成分的动态变化

马君义^{1,2} 后春静¹ 吕孝飞¹ 杨立华¹

邓煜³ 孔维宝^{1,2} 闫辉强¹

(西北师范大学生命科学学院¹, 兰州 730070)

(甘肃特色植物有效成分制品工程技术研究中心², 兰州 730070)

(陇南市经济林研究院油橄榄研究所³, 武都 746000)

摘要 探究了陇南油橄榄“皮瓜尔”果实生长发育过程中表型性状与活性成分的动态变化。结果表明,各测定指标的变化范围分别为:鲜果单重 1.18 ~ 2.81 g,干果单重 0.45 ~ 1.36 g,含水率 39.72% ~ 63.17%,纵径 16.67 ~ 20.75 mm,横径 11.08 ~ 14.97 mm,果形指数 1.29 ~ 1.50,含油率 3.89% ~ 43.20%,多酚 2.64 ~ 6.93 mg/g,黄酮 0.59 ~ 1.75 mg/g,油酸 64.03% ~ 75.35%,棕榈酸 11.53% ~ 17.34%,亚油酸 3.76% ~ 9.49%,饱和脂肪酸(SFA) 11.19% ~ 21.81%,单不饱和脂肪酸(MUFA) 64.28% ~ 76.38%,多不饱和脂肪酸(PUFA) 4.40% ~ 12.56%,MUFA/PUFA 5.30 ~ 17.02,C18:1/C18:2 6.75 ~ 19.68。各测定指标的变化趋势有所差异。鲜果单重呈先上升后下降的趋势,而果形指数的变化趋势与之恰好相反;干果单重及含油率整体呈现上升趋势;含水率、多酚含量、黄酮含量、SFA及PUFA均呈先下降后上升的趋势;而UFA、MUFA、C18:1/C18:2及MUFA/PUFA均呈先上升后下降的趋势。从符合中国消费者口味的角度,建议“皮瓜尔”果实的最佳采收期为10月20日至11月30日。

关键词 油橄榄 皮瓜尔 表型性状 活性成分 动态变化

中图分类号: TS255.1; TQ646 文献标识码: A 文章编号: 1003-0174(2020)03-0102-08

网络首发时间: 2020-03-03 14:13:16

网络首发地址: <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.2864.TS.20200302.1336.004.html>

油橄榄(*Olea europaea* L.)属于木犀科木犀榄属常绿阔叶乔木,又名洋橄榄、齐墩果,栽培历史悠久,与油茶、油棕、椰子并称为世界四大木本油料植物,有高产、优质、高效益等特点,是人类最早驯化并且栽培的果树之一^[1]。橄榄油是新鲜的油橄榄果实通过机械加工(压榨离心)提取得到,不需要加热、溶剂或任何预处理,是世界上唯一以自然形态存在的食用植物油^[2]。橄榄油中含有多酚、黄酮、维生素、角鲨烯以及不饱和脂肪酸等,具有调节胆固醇、抗氧化、预防癌症、美容及调整人体生理机能的作用,享有“液体黄金”“植物油皇后”等美誉。

随着生活水平的提高以及人们对健康的重视,橄榄油越来越受到世界各国消费者的喜爱^[3]。橄榄油的成分及品质主要取决于油橄榄果实,而栽培品

种、收获时间以及生物和非生物胁迫等生长条件是影响油橄榄果实品质的主要因素^[4]。在生长发育的过程中,油橄榄果实会发生诸如质量、果肉/果核比、颜色、油脂积累、酶活性以及化学成分等许多变化,这些变化会影响橄榄油的化学成分、感官特征和果实的硬度^[5]。因此,根据不同品种的成熟期,选择各自的最佳采收期,避免集中收获显得尤为重要^[6,7]。本实验以甘肃陇南种植的油橄榄“皮瓜尔”果实为研究对象,对油橄榄果实生长发育过程中表型性状和活性成分的动态变化进行了系统分析,以期为我国油橄榄果实的品质形成及良种选育研究提供依据。

1 材料与方法

1.1 材料来源

以油橄榄品种“皮瓜尔”(Picual)的果实为实验材料,于每月(2017年8月10日至2018年3月30日)10、20、30号在橄榄树的上下前后左右6个方位采摘20颗果实。采样地点为甘肃省陇南市经济林

基金项目:甘肃省基础研究创新群体计划(1506RJJA116),陇原青年创新创业团队项目(2018012)

收稿日期:2019-05-08

作者简介:马君义,男,1967年出生,教授,农产品贮藏加工与分析检测

研究院油橄榄研究所种质资源基因库(海拔1 036 ~ 1 048 m; 东经 104°53'30"、北纬 33°24'03"; 平均气温 15.3 °C, 最高气温 38.2 °C、最低气温 -7 °C; 相对湿度 56.6% 降水量 468 mm, 主要降水集中于 6 月份至 9 月份; 日照时数 1871 h; 土质为沙壤土 pH 7.9。)

1.2 仪器与设备

Trace 1300 ISQ 型气相色谱-质谱联用仪、UV 8100B 型紫外-可见分光光度计、IKA A11 基本型研磨粉碎机、M6 小精灵迷你离心机、SZF-06C 型粗脂肪测定仪、KH7200DB 型数控超声波清洗器。

1.3 试剂与药品

石油醚(30 ~ 60 °C)、无水乙醇、甲醇、碳酸钠、福林酚、三氯化铝、无水硫酸钠、氢氧化钠等均为分析纯; 没食子酸对照品(纯度 99.9%)、芦丁对照品(纯度 ≥ 98%)、10 种脂肪酸甲酯混标(C16 ~ C22), 实验用水为去离子水。

1.4 方法

1.4.1 油橄榄果实表型性状的测定

果实采摘后 12 h 内对鲜果质量、纵径、横径进行测定, 果形指数 = 纵径/横径^[8]。

将油橄榄果实清洗干净后, 放入 50 °C 烘箱内干燥至恒重, 称其干果质量, 根据鲜果重和干果重计算含水率。

$$\text{含水率} = \frac{\text{鲜果重} - \text{干果重}}{\text{鲜果重}} \times 100\%$$

1.4.2 油脂的提取

取 50 °C 条件下干燥至恒重的油橄榄果实适量, 研磨粉碎, 精密称取约 1.000 g 粉末用滤纸包好后放入粗脂肪测定仪的抽提瓶中, 加入 50 mL 石油醚, 回流提取 3 h, 3 组平行实验。

1.4.3 含油率的测定

将回流后的抽提瓶放入 45 °C 烘箱内以除去微量的石油醚和水分, 待抽提瓶冷却后称重, 根据油脂的质量和油橄榄粉末的质量计算含油率。

$$\text{干基含油率} = \frac{m_2 - m_1}{m} \times 100\%$$

式中: m 为油橄榄粉末的质量; m_1 为抽提瓶质量; m_2 为油和抽提瓶质量。

1.4.4 多酚含量的测定

采用 Folin-Ciocalteu 显色法^[9], 稍有改动。精密称取油橄榄果实粉末约 1.000 g, 用石油醚除去油脂和色素, 加 10 mL 70% 乙醇于超声波清洗器中超声辅助提取(时间 30 min、温度 45 °C、频率 28 kHz), 重复提取 3 次, 合并提取液、过滤、旋转蒸发、定容到

10 mL 容量瓶中。稀释并取待测液 0.25 mL 于 10 mL 容量瓶中, 加入 0.5 mL 福林酚试剂, 摇匀 8 min 内加入 2 mL 10% 的 Na_2CO_3 溶液, 最后用去离子水定容至 10 mL, 在 30 °C 下避光反应 2 h, 于 765 nm 处测量吸光度。依回归方程 $y = 7.374 1 x - 0.005$ ($R = 0.999 3$) 计算多酚含量。

1.4.5 黄酮含量的测定

采用三氯化铝显色法^[10], 稍有改动。精密称取油橄榄果实粉末约 1.000 g, 用石油醚除去油脂和色素, 加 10 mL 70% 的乙醇于超声波清洗器中超声辅助提取(时间 30 min、温度 45 °C、频率 28 kHz), 重复提取 3 次, 合并提取液、过滤、旋转蒸发、定容至 10 mL 容量瓶中。吸取 3.0 mL 待测液于 10 mL 容量瓶中, 加 4 mL 0.1 mol/L 三氯化铝甲醇溶液, 充分摇匀 5 min 后用甲醇定容至 10 mL, 于 410 nm 处测定吸光度。依回归方程 $y = 31.096 7 x - 0.341 4$ ($R = 0.999 2$) 计算黄酮含量。

1.4.6 油脂中脂肪酸组成与含量的分析

脂肪酸的甲酯化: 采用酯交换法^[11]。精密称取油样约 0.300 g 于 20 mL 具塞试管中, 加 5 mL 氢氧化钠-甲醇溶液(0.5 mol/L) 摇匀, 在常温(25 °C 水浴)下反应 40 min, 每 5 min 振摇 1 次, 取出后加入 5 mL 的石油醚, 摇匀, 静置, 最后加入 5 mL 的去离子水, 使所有的有机相到试管顶部, 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, 进样。

GC 条件: 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 9% 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, 再以 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 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 250 °C。

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

脂肪酸的定性与定量: 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果实油脂中主要脂肪酸的相对含量。

1.5 数据处理与统计分析

采用 Origin 9.0 进行数据处理与绘图, 应用 SPSS

19.0 进行单因素方差分析,结果以($\bar{x} \pm s$)表示, $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果与分析

2.1 “皮瓜尔”果实表型性状随生长发育的动态变化

“皮瓜尔”果实呈卵圆形,果顶微具乳突,不对称,果点明显,大而凹陷;果核椭圆形,稍长,顶尖基部圆形,表面粗糙。11月10日之前,“皮瓜尔”果皮呈现绿色,之后逐渐转为部分红色、紫红色,至12月20日果皮全部变为紫红色、紫黑色。

图1为“皮瓜尔”果实表型性状随生长发育的动态变化。由图1a可知:含水率在生长发育过程中呈现先下降后上升的变化趋势,其变化范围为39.72%~63.17%。由图1b可知:鲜果单重在10月20日之前逐渐增大,之后呈波浪式增大,其变化范围为1.18~

2.81 g;干果单重整体呈现上升趋势,其变化范围为0.45~1.36 g。由图1c可知:果形指数在10月20日之前下降,之后上升,次年1月10日之后又开始下降,其变化范围为1.29~1.50。该实验结果与孔维宝等^[12]的研究结果基本一致。

2.2 “皮瓜尔”果实含油率随生长发育的动态变化

“皮瓜尔”果实含油率随生长发育的动态变化如图2所示。由图2可知,在“皮瓜尔”果实生长发育过程中,其含油率整体呈现上升趋势,从8月10日的3.89%迅速增长到10月20日的38.62%,而后以缓慢的速度上升,到12月30日含油率达到最高43.20%。Beltrán等^[13]在研究油橄榄果实成熟过程中油脂积累的季节性变化时发现,Picual、Hojiblanca、Frantoio 3个品种有不一样的成熟模式,Picual油脂积累最快,而Hojiblanca是成熟最晚的品种。11月中旬之后果实生长速度和油脂累积速率开始减慢,在此期间采收能得到更高的产油率和更好的品质,并避免了果实的自然脱落。

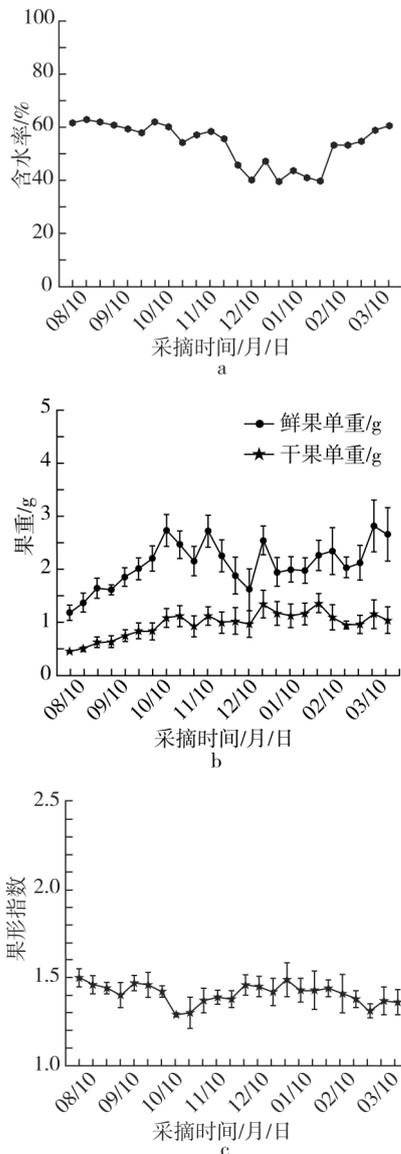


图1 “皮瓜尔”果实表型性状随生长发育的变化

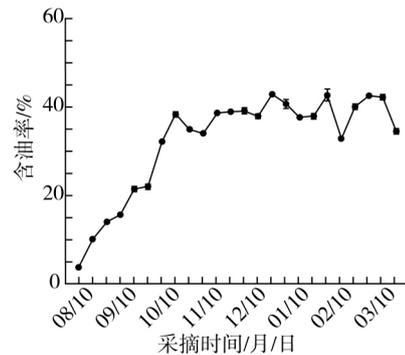


图2 “皮瓜尔”果实含油率随生长发育的变化

利用 SPSS 软件对“皮瓜尔”果实含油率随生长发育的动态变化进行拟合分析,含油率与采摘时间呈三次曲线关系,其拟合方程为 $y = -3.905 + 7.112x - 0.368x^2 + 0.006x^3$, $R^2 = 0.932$ 。10月20日之前以较快的速度上升,之后稍有下降。Jia - wei Wang 等^[14]研究了种植于武都地区的8个不同品种油橄榄的含油率,有关“皮瓜尔”果实最高含油率与本实验结果接近,但最高含油率出现的时间晚于文献报道。Dag 等^[15]研究发现在 Barnea 的整个成熟期随着时间的推移油脂不断累积,含油率逐渐增加并保持较高品质。Cecchi 等^[16]研究表明,油脂累积的同时伴随着还原糖的大量消耗。

2.3 “皮瓜尔”果实多酚、黄酮含量随生长发育的动态变化

图3为“皮瓜尔”果实多酚、黄酮含量随生长发

育的动态变化。由图 3 可知,“皮瓜尔”果实中多酚含量高于黄酮含量,且多酚、黄酮含量整体呈现先下降后上升的趋势。多酚含量在 10 月 30 日最低(2.64 mg/g),次年 3 月 30 日最高(6.93 mg/g),10 月 30 日至次年 1 月 10 日之间多酚含量较低。黄酮含量在 11 月 10 日最低(0.59 mg/g),9 月 10 日含量最高(1.75 mg/g)。

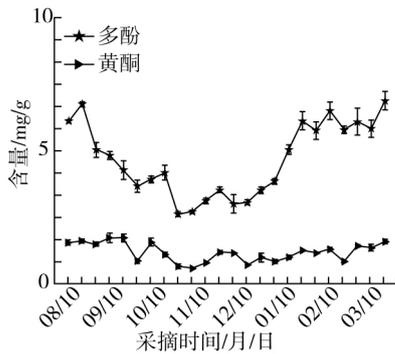


图 3 “皮瓜尔”果实多酚、黄酮含量随生长发育的变化

对“皮瓜尔”果实多酚、黄酮含量随生长发育的动态变化关系进行拟合分析,11 种拟合方式中,三次曲线的拟合度最高,多酚的拟合方程为 $y = 8.023 - 1.146x + 0.081x^2 + 0.001x^3$, $R^2 = 0.836$ 。黄酮的拟合方程为 $y = 1.894 - 0.132x + 0.004x^2 - 0.0001x^3$, $R^2 = 0.515$ 。黄酮含量在 11 月 10 日之前呈下降趋势,之后开始上升。多酚含量在 10 月 30 日之前是下降趋势,之后开始上升,该结果与 Morelló 等^[17]研究得到多酚含量的变化趋势是先下降后趋于平稳的结果存在差异,产生这种差异的原因可能是由于本研究延长了样品的采摘时间所致。Menz 等^[18]研究显示,总多酚在成熟前期急剧下降,而在成熟后期稍有上升,这一变化趋势与本研究 12 月 30 日之前采摘分析的研究结果相吻合。

2.4 “皮瓜尔”果实油脂脂肪酸组成和相对含量随生长发育的动态变化

图 4 为“皮瓜尔”橄榄油中脂肪酸经过 GC-MS

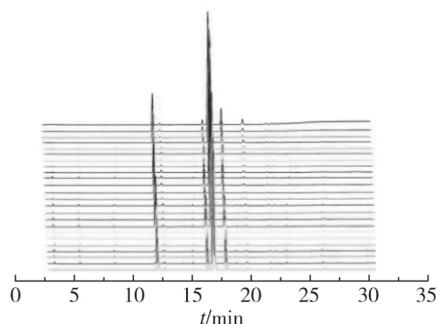


图 4 “皮瓜尔”脂肪酸 GC-MS 总离子流色谱叠加图

分析,依据色谱峰保留时间和峰面积将共有峰进行叠加,得到各采摘期的总离子流色谱图。由图 4 可知,在生长发育过程中脂肪酸含量在不同采摘时间存在差异,但种类保持不变。

“皮瓜尔”橄榄油中脂肪酸含量由高到低依次为油酸(C18:1)、棕榈酸(C16:0)、亚油酸(C18:2)、硬脂酸(C18:0)、亚麻酸(C18:3)、棕榈油酸(C16:1)、花生酸(C20:0)、花生烯酸(C20:1)、山俞酸(C22:0)、十七烯酸(C17:1)、十七酸(C17:0)。油酸呈现先上升后下降的趋势,11 月 30 日含量最高(75.35%),次年 3 月 30 日含量最低(64.03%)。棕榈酸整体呈现下降趋势,9 月 20 日含量最高(17.34%),次年 2 月 28 日含量最低(11.53%)。亚油酸含量呈现先下降后上升的趋势,次年 3 月 30 日达到最高(9.49%),12 月 10 日含量最低(3.76%)。其他脂肪酸含量变化幅度相对较小。

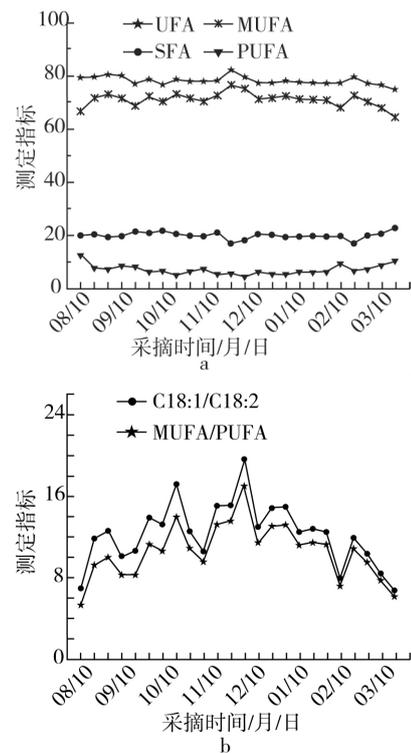


图 5 “皮瓜尔”橄榄油中主要脂肪酸含量随生长发育的变化

“皮瓜尔”橄榄油中主要脂肪酸含量随生长发育的变化如图 5 所示。由图 5a 可知,UFA 和 SFA 呈现相反的变化趋势,UFA 呈先上升后下降的趋势,而 SFA 呈先下降后上升的趋势,在 11 月 30 日含量分别达到最高值($82.01\% \pm 0.07\%$)和最低值($17.10\% \pm 0.05\%$);MUFA 和 PUFA 也呈现相反的变化趋势,MUFA 是先上升后下降,而 PUFA 是先下降后上升,MUFA 在 11 月 30 日含量达到最大值($76.38\% \pm$

0.10%) ,PUFA 在 12 月 10 日含量降到最低值 (4.40% ± 0.04%) ;由图 5b 可知 ,C18:1/C18:2 和 MUFA/PUFA 变化趋势一致 ,呈先上升后下降的变化趋势 ,12 月 10 日比值达到最大 ,分别为 19.70 和 17.02。Gómez 等^[19]研究了种植于西班牙地区的“皮瓜尔”脂肪酸含量在成熟过程中的变化 ,本实验结果 MUFA 和 SFA 的变化范围与 Gómez 实验结果一致 ,但 PUFA 的最低含量高于文献报道。

2.5 “皮瓜尔”果实油脂脂肪酸主成分分析

利用 SPSS 软件进行主成分分析 ,评价“皮瓜尔”果实油脂中主要脂肪酸的相对含量变化 ,得到主成分个数及累积方差贡献率如表 1 所示。由表 1 可知 ,第 1 主成分的方差贡献率为 39.634% ,第 2 主成分的方差贡献率为 28.102% ,第 3 主成分的方差贡献率为 15.520% ,前 3 个主成分的累积方差贡献率达到 83.256%。

表 1 成分特征值和贡献率

主成分	特征值	方差贡献率/%	累积方差贡献率/%
1	4.360	39.634	39.634
2	3.091	28.102	67.736
3	1.707	15.520	83.256

图 6 为主成分分析载荷图。由图 6 可知 ,位于第 1 主成分上的脂肪酸有棕榈酸、硬脂酸、亚麻酸、十七烯酸、十七酸、山俞酸、花生烯酸 ,位于第 2 主成分上的脂肪酸有油酸、亚油酸、花生酸 ,位于第 3 主成分上的脂肪酸有棕榈油酸。

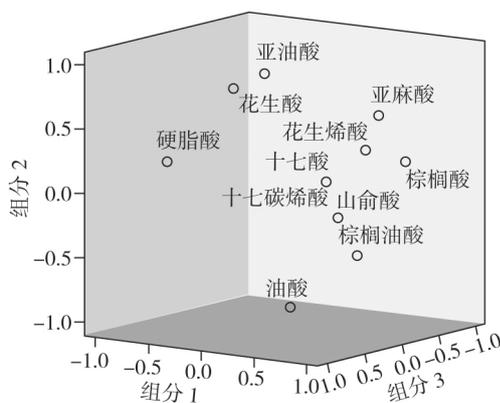


图 6 脂肪酸主成分分析载荷图

根据主成分的特征值和特征向量 ,计算主成分得分 ,依据每个采摘时间的 3 个主成分得分计算综合得分并排序 ,综合主成分分值越高 ,性状越好。取 24 个得分中排名前 10 的主成分得分 ,结果如表 2 所示。由表 2 可知 8 月 10 日至 10 月 20 日及 11 月 30 日的综合得分排名靠前 ,说明在该时间段内“皮瓜尔”果实中油脂品质处于较佳状态。

表 2 脂肪酸主成分得分

采样日期	2017/08/20	2017/09/10	2017/08/30	2017/08/10	2017/09/20
得分	2.85	2.66	2.26	1.33	0.61
排名	1	2	3	4	5

采样日期	2017/09/30	2018/03/30	2017/10/10	2017/11/30	2017/10/20
得分	0.51	0.44	0.10	0.09	0.01
排名	6	7	8	9	10

2.6 气象因子与各测定指标的相关性分析

2017 年 8 月 10 日—2018 年 3 月 30 日“皮瓜尔”生境气象因子变化如图 7 所示。由图 7 可知 ,旬均温度的变化趋势是先下降后上升 ;旬均相对湿度的变化趋势是先上升后下降 ;旬均日照时长在 10 月 30 日之前是下降的状态 ;在 11 月 10 日至次年 1 月 10 日旬均降水量为零。

“皮瓜尔”果实表型性状、主要活性成分与气象因子的相关性分析如表 3 所示。由表 3 可知 ,干果单重与旬均温度呈极显著负相关 ,与旬均相对湿度、旬均降水量呈显著负相关 ;含水率与旬均温度、旬均相对湿度呈极显著正相关 ;含油率与旬均温度呈极显著负相关 ,与旬均相对湿度、旬均降水量呈显著负相关 ;黄酮含量与旬均温度呈极显著正相关 ;PUFA 与旬均温度、旬均降水量呈极显著正相关 ,与旬均日照时长呈显著正相关 ;C18:1/C18:2 与旬均温度呈显著负相关 ,而 MUFA/PUFA 与旬均温度呈极显著负相关。

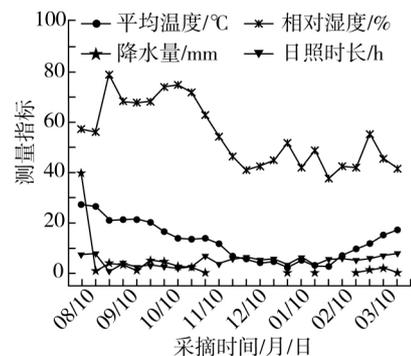


图 7 油橄榄生境气象条件

表 3 各表型性状及主要活性成分与气象因子的相关系数

指标	旬均温度/°C	旬均相对湿度/%	旬均降水量/mm	旬均日照时长/h
干果单重/g	-0.837**	-0.515*	-0.543*	-0.021
含水率/%	0.877**	0.618**	0.275	-0.036
含油率/%	-0.842**	-0.509*	-0.590*	0.033
多酚/mg/g	0.231	-0.285	0.176	0.393
黄酮/mg/g	0.547**	0.174	0.238	0.098
UFA/%	0.161	0.197	0.262	-0.119
SFA/%	0.372	0.286	-0.029	-0.084
MUFA/%	-0.337	0.091	-0.358	-0.358
PUFA/%	0.609**	0.034	0.680**	0.409*
C18:1/C18:2	-0.429*	0.064	-0.389	-0.401
MUFA/PUFA	-0.582**	-0.092	-0.489	-0.316

注 : * 表示在 0.05 水平上显著相关 ; ** 表示在 0.01 水平上极显著相关。

“皮瓜尔”果实表型性状与主要活性成分的相关性分析如表 4 所示。由表 4 可知,含油率与干果单重呈极显著正相关,而与含水率呈极显著负相关,与果形指数呈显著负相关;黄酮含量与干果单重呈极显著负相关,与含水率呈显著正相关;UFA 与干果单重呈显著负相关;PUFA 与干果单重呈极显著负相关,与含水率呈显著正相关。MUFA/PUFA 与干果单重呈显著正相关,而与含水率呈显著负相关。

表 4 表型性状与主要活性成分的相关系数

指标	干果单重/g	含水率/%	果形指数
含油率/%	0.906**	-0.587**	-0.438*
多酚/mg/g	-0.187	0.152	0.054
黄酮/mg/g	-0.517**	0.477*	0.180
UFA/%	-0.433*	0.176	0.135
SFA/%	-0.041	0.314	-0.029
MUFA/%	0.112	-0.241	-0.004
PUFA/%	-0.516**	0.486*	0.116
C18:1/C18:2	0.309	-0.350	0.031
MUFA/PUFA	0.455*	-0.469*	-0.032

注:*表示在 0.05 水平上显著相关;**表示在 0.01 水平上极显著相关。

3 结论

研究了“皮瓜尔”果实的表型性状、含油率、多酚和黄酮含量以及油脂中脂肪酸组成与含量在生长发育过程中的动态变化规律,探讨了气象因子与各测定指标的相关性。结果表明:

“皮瓜尔”果实表型性状的变化范围分别为:鲜果单重 1.18 ~ 2.81 g,干果单重 0.45 ~ 1.36 g,含水率 39.72% ~ 63.17%,纵径 16.67 ~ 20.75 mm,横径 11.08 ~ 14.97 mm,果形指数 1.29 ~ 1.50。纵横径、果实质量在 10 月 20 日之前呈上升状态,之后鲜果单重与干果单重的变化趋势稍有不同。果形指数相对稳定,但变化幅度不大。含水率在整个生长季呈先下降后上升的趋势。

“皮瓜尔”果实含油率 8 月 10 日最低,为 3.89%,12 月 30 日最高,达 43.20%。10 月 20 日之前含油率以较快的速度上升,之后稍有下降。多酚含量在 10 月 30 日之前呈下降趋势,之后开始上升。10 月 30 日含量最低,为 2.64 mg/g,次年 3 月 30 日含量最高,为 6.93 mg/g;黄酮含量在 11 月 10 日之前呈下降趋势,之后开始上升。11 月 10 日含量最低,为 0.59 mg/g,9 月 10 日含量最高,为 1.75 mg/g;多酚和黄酮含量相对较低的时间段为 10 月 30 日—11 月 20 日。

“皮瓜尔”果实油脂主要脂肪酸相对含量的变化范围为:油酸 64.03% ~ 75.35%,棕榈酸 11.53% ~

17.34%,亚油酸 3.76% ~ 9.49%,SFA 11.19% ~ 21.81%,MUFA 64.28% ~ 76.38%,PUFA 4.40% ~ 12.56%;MUFA 含量、MUFA/PUFA 及 C18:1/C18:2 的比值在 12 月 10 日之前相对较高。

主成分分析表明,8 月 10 日至 10 月 20 日及 11 月 30 日时间段内“皮瓜尔”果实中油脂品质处于较佳状态。从符合中国消费者口味的角度,建议“皮瓜尔”果实的最佳采收期为 10 月 20 日—11 月 30 日。

相关性分析表明,“皮瓜尔”果实干果单重与旬均温度呈极显著负相关。含油率与旬均温度、含水率呈极显著负相关,而与干果单重呈极显著正相关。多酚含量与旬均温度、单果单重有相关性但不显著,而黄酮含量与旬均温度呈极显著正相关、与单果单重呈极显著负相关。PUFA 含量与旬均温度、旬均降水量呈极显著正相关,而与单果单重呈极显著负相关。MUFA/PUFA 与旬均温度呈极显著负相关,而与单果单重呈显著正相关。

参考文献

- [1] 邓明全,俞宁. 油橄榄引种栽培技术 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2011: 10 - 16
- [2] DENG M Q, YU N. Introduction and cultivation techniques of olive [M]. Beijing: China Agricultural Press, 2011: 10 - 16
- [3] AMMAR S, ZRIBI A, BEN MANSOUR A, et al. Effect of processing systems on the quality and stability of Chemlali olive oils [J]. Journal of Oleo Science, 2014, 63(4): 311 - 323
- [4] 王瑞元. 国内外食用油市场的现状与发展趋势 [J]. 中国油脂, 2011, 36(6): 1 - 6
- [5] WANG R Y. Current status and development trend of edible oil market at home and abroad [J]. China Oils and Fats, 2011, 36(6): 1 - 6
- [6] ROTONDI A, BENDINI A, CERRATANI L, et al. Effect of olive ripening degree on the oxidative stability and organoleptic properties of Cv Nostrana di Brisighella extra virgin olive oil [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2004, 52(11): 3649 - 3654
- [7] GURDENIZ G, OZEN B, TOKATLI F. Classification of Turkish olive oils with respect to cultivar, geographic origin and harvest year, using fatty acid profile and mid-IR spectroscopy [J]. European Food Research and Technology, 2008, 227(4): 1275 - 1281
- [8] JABEUR H, ZRIBI A, ABDELHEDI R, et al. Effect of olive storage conditions on Chemlali olive oil quality and the effective role of fatty acids alkyl esters in checking olive oils authenticity [J]. Food Chemistry, 2015, 169: 289 - 296

- [7] RABIEI V, GHORBANI S, HAJNAJARI H. Effect of temperature and storage period of olive (*Olea europaea* cv. Zard) fruit on olive quality [J]. *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 2011, 9(1): 74–77
- [8] 赵梦炯, 姜成英, 陈炜青, 等. 油橄榄不同品种果实性状及品质研究 [J]. *甘肃林业科技*, 2011, 36(2): 34–36
ZHAO M J, JIANG C Y, CHEN W Q, et al. Study on fruit characters and quality of different varieties of olive [J]. *Journal of Gansu Forestry Science and Technology*, 2011, 36(2): 34–36
- [9] 何志勇, 夏文水. Folin–Ciocalteu 比色法测定橄榄中多酚含量的研究 [J]. *林产化学与工业*, 2006, 26(4): 15–18
HE Z Y, XIA W S. Study on determination of polyphenol content in *Canarium album* (Lour) Rauesch. by Folin–Ciocalteu colorimetry [J]. *Chemistry and Industry of Forest Products*, 2006, 26(4): 15–18
- [10] 郑媛媛, 李辰, 封士兰, 等. 油橄榄叶中总黄酮含量测定方法探讨 [J]. *光谱学与光谱分析*, 2011, 31(2): 547–550
ZHENG Y Y, LI C, FENG S L, et al. Study on the content determination of total flavonoids in *Olea europaea* L. leaves [J]. *Spectroscopy and Spectral Analysis*, 2011, 31(2): 547–550
- [11] 刘帅, 王爱武, 李美艳, 等. 脂肪酸甲酯化方法的研究进展 [J]. *中国药房*, 2014, 25(37): 3535–3537
LIU S, WANG A W, LI M Y, et al. Research progress on methods of fatty acid methyl esterification [J]. *China Pharmacy*, 2014, 25(37): 3535–3537
- [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): 81–92
KONG W B, LI W W, XING W L, et al. Research on the fruit quality of the main cultivated olive varieties in Wudu district [J]. *Journal of the Chinese Cereals and Oils Association*, 2016, 31(2): 81–92
- [13] BELTRÁN A, RÍO C, SÁNCHEZ S, et al. Seasonal changes in olive fruit characteristics and oil accumulation during ripening process [J]. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2010, 84(13): 1783–1790
- [14] WANG J W, MA L Y, GÓMEZ–DEL–CAMPO M, et al. Youth tree behavior of olive (*Olea europaea* L.) cultivars in Wudu, China: cold and drought resistance, growth, fruit production, and oil quality [J]. *Scientia Horticulturae*, 2018, 236: 106–122
- [15] DAG A, KEREM Z, YOGEV N, et al. Influence of time of harvest and maturity index on olive oil yield and quality [J]. *Scientia Horticulturae*, 2011, 127(3): 358–366
- [16] CECCHI L, MIGLIORINI M, CHERUBINI C, et al. Phenolic profiles, oil amount and sugar content during olive ripening of three typical Tuscan cultivars to detect the best harvesting time for oil production [J]. *Food Research International*, 2013, 54(2): 1876–1884
- [17] MORELLÓ J R, ROMERO M P, MOTILVA M J. Effect of the maturation process of the drupes and oils from olive fruit on the phenolic fraction of arbequina, Farga, and Morrut cultivars [J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2004, 52(19): 6002–6009
- [18] MENZ G, VRIESEKOP F. Physical and chemical changes during the maturation of gordal sevilla olives (*Olea europaea* L. cv. Gordal Sevilla) [J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2010, 58(8): 4934–4938
- [19] GÓMEZ G S, RUIZ J J, LUQUE M D. Oil content and fatty acid profile of spanish cultivars during olive fruit ripening [J]. *Journal of the American Oil Chemists’ Society*, 2011, 88(11): 1737–1745.

Dynamic Changes of Active Ingredients in Olive Fruits of ‘Picual’ Cultivated in Longnan

Ma Junyi^{1 2} Hou Chunjing¹ Lü Xiaofei¹ Yang Lihua¹ Deng Yu³
Kong Weibao^{1 2} Yan Huiqiang¹

(College of Life Science of Northwest Normal University¹, Lanzhou 730070)

(Gansu Engineering Technology Research Center for Effective Constituent of Featured Plants², Lanzhou 730070)

(Institute of Olive of Longnan Economic Forest Research Institute³, Wudu 746000)

Abstract The dynamic changes of phenotypic traits and active ingredients during the growth and development

of olive fruits of ‘Picual’ cultivated in Longnan were explored. According to the results , the variation range of each index were 1.18 ~ 2.81 g(single weight of fresh fruit) , 0.45 ~ 1.36 g(single weight of dried fruit) , 39.72% ~ 63.17% (moisture content) , 16.67 ~ 20.75 mm(longitudinal diameter) , 11.08 ~ 14.97 mm(transverse diameter) , 1.29 ~ 1.50(index of fruit shape) , 3.89% ~ 43.20% (oil content) , 2.64 ~ 6.93 mg/g(polyphenol content) , 0.59 ~ 1.75 mg/g(flavonoid content) , 64.03% ~ 75.35% (oleic acid) , 11.53% ~ 17.34% (palmitic acid) , 3.76% ~ 9.49% (linoleic acid) , 11.19% ~ 21.81% (saturated fatty acid) , 64.28% ~ 76.38% (monounsaturated fatty acid) , 4.40% ~ 12.56% (polyunsaturated fatty acid) , 5.30 ~ 17.02(MUFA/PUFA) , 6.75 ~ 19.68(C18:1/ C18:2) respectively. The variation trend of each measurement index was different. The trend of fresh fruit weight firstly raised and then declined , however , the fruit shape index showed oppositely trend of that of single weight of fresh fruit. The single weight of dried fruits and oil content generally enjoyed the good momentum of growth. The content of moisture , polyphenols , flavonoids , SFA and PUFA all firstly decreased and then increased. The content of UFA , MUFA and the ratio of C18:1/C18:2 , MUFA/PUFA all firstly raised and then declined. It was recommended that the best harvesting period for the ‘Picual’ fruit was from Oct. 20 to Nov. 30 based on the Chinese consumers’ tastes.

Key words olive , picual , phenotypic character , active ingredients , dynamic change

(上接第 101 页)

morphology , chemistry structure , and core material content of microcapsules were characterized by laser particle size analyzer , SEM , FT - IR and TG - DTA. The results showed that the microcapsules prepared under the conditions of core - wall ratio of 1:2 , emulsifier dosage of 5% , Coacervation temperature of 40 °C , chitosan mass fraction of 1% , sodium alginate mass fraction of 2% , pH of 1.5 and emulsifying speed of 6 000 r/min had the best embedding effect. The microcapsule particles were spherical in shape , with compact surface structure , no obvious cracks and holes , high embedding rate and good thermal stability. The results can provide a basis for the preparation , identification , quality control and pharmacological properties of *Atractylodes macrocephala* volatile oil microcapsules.

Key words complex coacervation , *atractylodes macrocephala* , volatile oil , microcapsules , characterization