

二相离心加工工艺对初榨橄榄油理化指标 和氧化稳定性的影响

赵安妮, 朱雨婷, 张欣, 肖瑞, 施婕, 吴港城,

张晖, 王兴国

(江南大学食品学院, 江苏无锡214122)

摘要: 橄榄油的品质不但与品种有关, 还受加工工艺的影响。以‘豆果’‘鄂植8号’‘克罗莱卡’3个品种油橄榄果为原料, 研究了二相离心加工工艺对初榨橄榄油脂肪酸组成、色度、酸值、过氧化值、紫外吸光度、微量伴随物、抗氧化能力和氧化稳定性的影响, 并与三相离心加工工艺进行对比。结果表明: 在融合温度30℃、融合时间45 min条件下, 初榨橄榄油的品质较好; ‘克罗莱卡’初榨橄榄油中多酚含量最高, 氧化稳定性最好, 与三相离心加工工艺相比, 二相离心加工工艺生产的初榨橄榄油多酚含量显著提高。

关键词: 初榨橄榄油; 二相离心工艺; 理化指标; 氧化稳定性; 多酚; 品种

中图分类号: TS224; TS227 文献标识码: A 文章编号: 1003-7969(2021)01-0010-08

Effect of two phase centrifugal pressing technology on the physicochemical indexes and oxidative stability of virgin olive oil

ZHAO Anni, ZHU Yuting, ZHANG Xin, XIAO Rui, SHI Jie,

WU Gangcheng, ZHANG Hui, WANG Xingguo

(School of Food Science and Technology, Jiangnan University, Wuxi 214122, Jiangsu, China)

Abstract: The quality of olive oil not only depends on its variety, but also depends on pressing technology. With three varieties of olive fruit (Arbequina, Ezhi 8 and Koroneiki) as raw materials, the effects of two phase centrifugal pressing technology on the fatty acid composition, color, acid value, peroxide value, ultraviolet absorbance, minor component content, antioxidant activity and oxidative stability of virgin olive oils were studied and compared with three phase centrifugal pressing technology. The results showed that under the conditions of malaxation temperature 30℃ and malaxation time 45 min, the quality of virgin olive oil was better. The virgin olive oil of Koroneiki had the highest polyphenol content and the best oxidative stability. Compared with olive oils produced with three phase centrifugal pressing technology, the polyphenol content in virgin olive oil produced with two phase centrifugal pressing technology increased significantly.

Key words: virgin olive oil; two phase centrifugal technology; physicochemical index; oxidative stability; polyphenol; variety

收稿日期: 2020-03-23; 修回日期: 2020-08-21

基金项目: 国家自然科学基金青年基金(31901728)

作者简介: 赵安妮(1999), 女, 在读本科, 专业为食品科学与工程(E-mail)466930743@qq.com。

通信作者: 吴港城, 副教授(E-mail) gangcheng.wu@jiangnan.edu.cn。

初榨橄榄油是新鲜的油橄榄果冷榨制得的一种天然营养植物油, 其不但具有果味、苦味和辣味等独特的风味, 而且含有丰富的单不饱和脂肪酸、生育酚、多酚等营养成分。一些流行病学和人体临床研究表明, 经常摄入橄榄油可以有效控制胆固醇水平, 减少冠心病和预防癌症等, 而这些功效与橄榄油的

品质密切相关^[1-2]。

目前,初榨橄榄油的加工工艺主要有传统工艺、三相离心工艺和二相离心工艺,其中三相离心工艺可以追溯到20世纪七八十年代,并且在集约化生产区的企业中得到广泛应用^[3],虽然其得到的初榨橄榄油品质较好,但是需要大量的水,并且加工过程产生大量的废渣、废水,引起环境污染,导致加工成本高等突出问题。二相离心工艺是将磨碎的油橄榄果直接进行分离,从而减少了水的用量,二相离心工艺已经代替三相离心工艺,逐步应用到橄榄油加工企业^[3-4]。同时,合适的融合温度和融合时间是初榨橄榄油加工工艺的关键,融合温度过高会导致初榨橄榄油酸度增加、颜色变红、香味损失,融合温度太低橄榄油的黏度大不利于后续加工;在一定时间范围内融合时间与油橄榄果的出油率呈正相关关系,但融合时间过长,油水解影响橄榄油的品质^[4-5]。目前,虽然关于我国初榨橄榄油的品质特性已有研究^[6-7],但二相离心加工工艺对初榨橄榄油理化指标和氧化稳定性的影响未见报道。

本文以国内种植较广的3个品种油橄榄果(‘豆果’‘鄂植8号’‘克罗莱卡’)为原料,研究初榨橄榄油二相离心加工工艺中融合温度和融合时间对初榨橄榄油品质的影响,并与三相离心加工工艺进行对比,以期为我国初榨橄榄油的加工提供理论支持。

1 材料与方法

1.1 实验材料

3个品种(‘豆果’‘鄂植8号’‘克罗莱卡’)新鲜油橄榄果样品,来自甘肃陇南市武都区陇南市祥宇油橄榄有限责任公司橄榄种植园(33°34'N, 105°01'E)。

1,1-二苯基-2-苦肼基(DPPH)、生育酚混合标准品(α -、 β -、 γ -、 δ -生育酚,纯度>95%)、没食子酸(99%),美国Sigma公司;6-羟基-2,5,7,8-四甲基色满-2-羧酸(Trolox,水溶性维生素E),中国百灵威科技有限公司;正己烷,色谱级。其他试剂均为分析纯。

Speax固相萃取柱,上海Speax技术有限公司;Agilent7820A气相色谱仪(配火焰离子化检测器)、DB-5毛细管柱(30 m×0.25 mm,0.25 μ m),美国Agilent公司;LC-20AT高效液相色谱仪、SPD-20A紫外检测器,日本Shimadzu公司;TRACE GC ULTRA气相色谱-ISQ质谱联用仪、Thermo

Scientific™ Multiskan™ GO 荧光分光光度计、Trace TR-FAME毛细管柱(60 m×0.25 mm,0.25 μ m),美国Thermo Fisher公司;硅胶柱(4.6 m×250 mm,5 μ m),中国汉邦公司;Alpha-1500 UV-Vis分光光度计,中国普元公司;Rancimat 892氧化稳定仪,瑞士Herisau公司。

1.2 实验方法

1.2.1 初榨橄榄油的制备

油橄榄果均为人工采摘,采摘后立即放入冰袋中,并迅速运至实验室洗净、破碎,并利用实验小型Abencor压榨机(Abengoa, Seville, Spain)进行压榨。在一定的融合温度下融合搅拌一定时间,然后在3500 r/min下离心1 min获得新鲜的初榨橄榄油,冷藏备用。

1.2.2 酸值、过氧化值和脂肪酸组成测定

酸值参照GB 5009.229—2016进行测定;过氧化值参照GB 5009.227—2016进行测定;脂肪酸组成参照GB 5009.168—2016进行测定。

1.2.3 紫外吸光度和色度的测定

紫外吸光度参考ISO 3656—2011进行测定;色度采用UltraScan Pro1166高精度分光测色仪测定。

1.2.4 多酚的提取及测定

采用固相萃取柱对初榨橄榄油中的多酚进行提取,并且利用福林酚法对多酚的含量进行测定,具体参照高盼^[8]的方法,以没食子酸(GAE)作为多酚测定的标准品。

1.2.5 抗氧化能力的测定

分别采用DPPH、ABTS和FRAP3种方法对1.2.4提取液的抗氧化能力进行测定,具体参考Thaipong等^[9]的方法,以水溶性维生素E(TE)作为标准品测定。

1.2.6 生育酚的测定^[10]

精确称取1 g油样,加入正己烷(色谱级)溶解于10 mL棕色容量瓶中,定容、混匀、过膜后进行检测分析。检测条件:LC-20AT高效液相色谱仪(配紫外检测器);分离柱为硅胶柱;流动相为正己烷-异丙醇(体积比98.5:1.5);流速1 mL/min;柱温40℃;进样量20 μ L。采用生育酚标准品外标法定量。

1.2.7 氧化稳定性的测定

称取3 g油样于氧化稳定仪的玻璃试管中,在加热温度120℃、通气量20 L/h条件下,测定氧化诱导时间。

1.2.8 数据处理与分析

所有实验重复3次,数据以“平均值±标准偏差”表示。采用SPSS22.0软件进行数据处理,并使用Tukey's-b对所有数据进行评价。当 $P < 0.05$ 时,ANOVA实验的统计具有显著性差异。

2 结果与讨论

2.1 二相融合温度对初榨橄榄油品质的影响

表1 二相融合温度对初榨橄榄油理化指标的影响

项目	融合温度/℃	豆果	鄂植8号	克罗莱卡	项目	融合温度/℃	豆果	鄂植8号	克罗莱卡
脂肪酸/%					色度				
C16:0	15	16.52 ± 0.05 ^{cC}	15.47 ± 0.01 ^{bB}	11.24 ± 0.06 ^{aA}	L	15	72.39 ± 0.05 ^{dB}	72.53 ± 0.01 ^{bC}	65.91 ± 0.11 ^{cA}
	25	16.05 ± 0.07 ^{aC}	15.20 ± 0.11 ^{bB}	11.03 ± 0.11 ^{aA}		25	69.43 ± 0.22 ^{dB}	73.70 ± 0.23 ^{cC}	69.43 ± 0.22 ^{dA}
	30	16.33 ± 0.07 ^{bC}	15.35 ± 0.21 ^{bB}	10.67 ± 0.31 ^{aA}		30	64.24 ± 0.32 ^{bB}	72.42 ± 0.11 ^{bC}	61.18 ± 0.08 ^{bA}
	35	16.42 ± 0.04 ^{bB}	16.99 ± 0.02 ^{cC}	11.43 ± 0.03 ^{bA}		35	68.72 ± 0.15 ^{cB}	75.81 ± 0.08 ^{dC}	66.18 ± 0.42 ^{cA}
	50	16.64 ± 0.01 ^{cC}	14.99 ± 0.02 ^{aB}	10.96 ± 0.01 ^{aA}		50	56.99 ± 0.08 ^{aB}	66.20 ± 0.15 ^{aC}	50.15 ± 0.16 ^{aA}
C18:1	15	63.57 ± 0.24 ^{bA}	71.26 ± 0.06 ^{cB}	78.92 ± 0.22 ^{aC}	a	15	-1.15 ± 0.01 ^{aB}	-4.77 ± 0.07 ^{bA}	2.10 ± 0.01 ^{cC}
	25	63.18 ± 0.13 ^{aA}	71.58 ± 0.12 ^{dB}	79.51 ± 0.33 ^{bC}		25	0.17 ± 0.04 ^{bB}	-4.95 ± 0.02 ^{bA}	0.17 ± 0.04 ^{aB}
	30	63.38 ± 0.73 ^{aA}	73.00 ± 0.24 ^{cB}	80.90 ± 0.41 ^{dC}		30	0.83 ± 0.02 ^{dB}	-3.56 ± 0.01 ^{cA}	1.98 ± 0.01 ^{bC}
	35	63.41 ± 0.06 ^{bA}	67.57 ± 0.14 ^{aB}	79.99 ± 0.11 ^{cC}		35	0.39 ± 0.02 ^{cB}	-6.08 ± 0.06 ^{aA}	1.80 ± 0.01 ^{bC}
	50	63.08 ± 0.05 ^{aA}	69.57 ± 0.24 ^{bB}	79.14 ± 0.13 ^{bC}		50	2.34 ± 0.01 ^{cB}	1.28 ± 0.15 ^{dA}	3.44 ± 0.01 ^{dC}
C18:2	15	15.66 ± 0.09 ^{cC}	7.91 ± 0.17 ^{dB}	5.26 ± 0.04 ^{dA}	b	15	65.72 ± 0.06 ^{cB}	57.45 ± 0.58 ^{bA}	69.18 ± 0.06 ^{cC}
	25	15.94 ± 0.03 ^{cC}	7.79 ± 0.04 ^{cB}	4.89 ± 0.04 ^{cA}		25	64.55 ± 0.34 ^{cB}	58.63 ± 0.03 ^{cA}	64.55 ± 0.34 ^{cB}
	30	15.79 ± 0.41 ^{cC}	7.84 ± 0.02 ^{cB}	4.92 ± 0.33 ^{cA}		30	62.82 ± 0.29 ^{bB}	55.93 ± 0.44 ^{aA}	69.48 ± 0.27 ^{cC}
	35	14.66 ± 0.05 ^{bC}	6.95 ± 0.09 ^{bB}	4.47 ± 0.04 ^{bA}		35	72.62 ± 0.20 ^{dC}	59.14 ± 0.09 ^{dA}	70.10 ± 0.76 ^{cB}
	50	13.64 ± 0.05 ^{aC}	6.18 ± 0.04 ^{aB}	4.26 ± 0.03 ^{aA}		50	55.31 ± 0.13 ^{aB}	65.92 ± 1.42 ^{cC}	43.30 ± 0.55 ^{aA}
紫外吸光度					质量指标				
K_{232}	15	2.02 ± 0.00 ^{aC}	1.34 ± 0.00 ^{aA}	1.46 ± 0.00 ^{aB}	酸值 (KOH)/ (mg/g)	15	0.16 ± 0.01 ^{aA}	0.22 ± 0.04 ^{aB}	0.21 ± 0.01 ^{aB}
	25	2.09 ± 0.03 ^{aC}	1.40 ± 0.01 ^{aA}	1.54 ± 0.01 ^{bB}		25	0.27 ± 0.05 ^{bA}	0.36 ± 0.02 ^{bB}	0.33 ± 0.06 ^{bA}
	30	2.09 ± 0.01 ^{aC}	1.67 ± 0.00 ^{bA}	1.52 ± 0.01 ^{bB}		30	0.27 ± 0.04 ^{bA}	0.31 ± 0.02 ^{bA}	0.32 ± 0.06 ^{bA}
	35	2.13 ± 0.00 ^{aC}	1.70 ± 0.02 ^{cA}	1.86 ± 0.01 ^{cB}		35	0.32 ± 0.03 ^{bA}	0.36 ± 0.01 ^{bA}	0.38 ± 0.06 ^{bA}
	50	2.28 ± 0.01 ^{bC}	1.91 ± 0.00 ^{cA}	2.04 ± 0.01 ^{dB}		50	0.46 ± 0.03 ^{cA}	0.47 ± 0.06 ^{cA}	0.43 ± 0.06 ^{cA}
K_{270}	15	0.11 ± 0.00 ^{aA}	0.09 ± 0.00 ^{aA}	0.16 ± 0.00 ^{aC}	过氧化值/ (mmol/kg)	15	1.55 ± 0.03 ^{aC}	0.67 ± 0.01 ^{aA}	0.99 ± 0.02 ^{aB}
	25	0.12 ± 0.00 ^{aA}	0.10 ± 0.00 ^{aA}	0.18 ± 0.01 ^{aC}		25	1.55 ± 0.02 ^{aC}	0.70 ± 0.01 ^{aA}	1.04 ± 0.03 ^{aB}
	30	0.12 ± 0.01 ^{aB}	0.08 ± 0.00 ^{aA}	0.18 ± 0.01 ^{aC}		30	1.53 ± 0.04 ^{aC}	0.71 ± 0.02 ^{aA}	1.00 ± 0.01 ^{aB}
	35	0.17 ± 0.00 ^{bB}	0.13 ± 0.00 ^{aA}	0.21 ± 0.01 ^{bC}		35	1.98 ± 0.02 ^{bC}	1.09 ± 0.01 ^{bA}	1.32 ± 0.02 ^{bB}
	50	0.19 ± 0.00 ^{bB}	0.15 ± 0.00 ^{bA}	0.25 ± 0.01 ^{bC}		50	2.56 ± 0.04 ^{cC}	1.72 ± 0.03 ^{cA}	1.90 ± 0.01 ^{cB}

注:不同小写字母表示同一品种在不同条件下差异显著($P < 0.05$);不同大写字母表示不同品种在相同条件下差异显著($P < 0.05$)。下同。

由表1可知,3个品种初榨橄榄油的酸值和过氧化值符合GB/T 23347—2009特级初榨橄榄油等级标准(酸值(KOH) ≤ 1.6 mg/g,过氧化值 < 10 mmol/kg)。橄榄油脂肪酸组成以油酸为主,油酸含量与之前报道^[6-7]的我国其他品种的初榨橄榄油一致。‘克罗莱卡’初榨橄榄油的油酸含量显著高于其他2个品种,而亚油酸含量显著低于其他2个品种,并且两者之间呈现互补的趋势。橄榄油中油酸

2.1.1 二相融合温度对初榨橄榄油理化指标的影响

在融合温度分别为15、25、30、35℃和50℃,融合时间为45 min条件下,不同融合温度对‘豆果’‘鄂植8号’‘克罗莱卡’3个品种初榨橄榄油的酸值、过氧化值、脂肪酸组成、色度和紫外吸光度的影响如表1所示。

是通过硬脂酰-酰基载体蛋白 $\Delta 9$ -去饱和酶催化硬脂酰-酰基载体蛋白去饱和形成的,而亚油酸是在内质网中通过油酸脱脂酶催化油酰基型底物形成的。而不同品种油橄榄这些酶的活性差异影响初榨橄榄油的脂肪酸组成^[11]。

K 值是指在特定紫外波长下的吸光度。其中, K_{232} 和 K_{270} 是对应于油脂中所含共轭二烯和共轭三烯的最大吸收。当 K_{232} 和 K_{270} 分别小于等于2.5和

0.22时,属于特级初榨橄榄油的品质范围。因此, K_{232} 和 K_{270} 是衡量橄榄油品质的重要指标。由表1可知,随着融合温度的升高,初榨橄榄油的油酸和亚油酸含量总体呈降低的趋势,而 K_{232} 、 K_{270} 、酸值和过氧化值均呈显著升高的趋势。虽然温度升高能够降低橄榄油的黏度,提高出油率,但是当融合温度高于30℃时,会导致脂肪酶的活力增强,从而引起橄榄油中游离脂肪酸的含量升高,并且会导致亚油酸更容易发生氧化。同时,随着融合温度的升高初榨橄

榄油的颜色逐渐变红,表现为色度 a 值总体呈现逐渐增大的趋势。

2.1.2 二相融合温度对初榨橄榄油微量伴随物及抗氧化能力的影响

在融合温度分别为15、25、30、35℃和50℃,融合时间为45 min条件下,不同融合温度对‘豆果’‘鄂植8号’‘克罗莱卡’3个品种初榨橄榄油的微量伴随物及抗氧化能力的影响如表2所示。

表2 二相融合温度对初榨橄榄油微量伴随物及抗氧化能力的影响

项目	融合温度/℃	豆果	鄂植8号	克罗莱卡	项目	融合温度/℃	豆果	鄂植8号	克罗莱卡
生育酚/(mg/kg)	15	259.72 ± 3.86 ^{bb}	265.67 ± 0.51 ^{cc}	225.22 ± 0.70 ^{ba}	多酚/(mg/kg)	15	56.64 ± 1.62 ^{ca}	61.36 ± 2.19 ^{bb}	156.79 ± 3.37 ^{cc}
	25	281.05 ± 1.89 ^{cb}	284.76 ± 0.48 ^{dc}	239.84 ± 0.76 ^{ca}		25	62.74 ± 3.85 ^{da}	72.26 ± 0.46 ^{db}	163.38 ± 1.71 ^{dc}
	30	279.85 ± 0.61 ^{cb}	281.18 ± 0.23 ^{dc}	240.82 ± 0.21 ^{ca}		30	64.08 ± 4.25 ^{da}	72.76 ± 3.85 ^{db}	166.05 ± 1.62 ^{dc}
	35	262.25 ± 6.10 ^{bc}	255.36 ± 4.13 ^{bb}	222.71 ± 4.51 ^{ba}		35	50.36 ± 2.25 ^{ba}	68.48 ± 1.15 ^{cb}	139.18 ± 0.46 ^{bc}
	50	242.78 ± 6.75 ^{ac}	231.59 ± 4.13 ^{ab}	210.12 ± 4.69 ^{aa}		50	40.12 ± 3.29 ^{aa}	57.48 ± 0.48 ^{ab}	123.35 ± 0.89 ^{ac}
α -生育酚	15	3.03 ± 0.33 ^{ba}	4.18 ± 0.40 ^{cb}	2.90 ± 0.95 ^{ba}	抗氧化能力/(μ mol/100 g)	15	144.61 ± 3.02 ^{ca}	161.36 ± 2.19 ^{ab}	386.79 ± 3.37 ^{cc}
	25	3.24 ± 0.04 ^{ca}	4.38 ± 0.40 ^{cb}	3.63 ± 0.97 ^{ca}		25	174.74 ± 4.05 ^{da}	272.26 ± 8.46 ^{db}	423.38 ± 1.71 ^{dc}
	30	3.25 ± 0.08 ^{ca}	4.45 ± 0.19 ^{cb}	3.62 ± 0.14 ^{ca}		DPPH 30	170.18 ± 7.46 ^{da}	265.91 ± 4.77 ^{db}	425.88 ± 3.77 ^{dc}
	35	3.08 ± 0.05 ^{ba}	3.76 ± 0.04 ^{bb}	2.91 ± 0.08 ^{ba}		35	125.18 ± 5.25 ^{ba}	201.36 ± 2.45 ^{cb}	356.79 ± 6.44 ^{bc}
	50	2.49 ± 0.05 ^{aa}	3.22 ± 0.05 ^{ab}	2.57 ± 0.05 ^{aa}		50	106.74 ± 6.44 ^{aa}	172.26 ± 3.57 ^{bb}	263.38 ± 8.92 ^{ac}
β -生育酚	15	6.41 ± 0.73 ^{bb}	30.94 ± 1.47 ^{cc}	6.02 ± 0.05 ^{ba}	ABTS	15	212.04 ± 5.52 ^{ca}	251.43 ± 5.33 ^{ab}	550.21 ± 8.39 ^{cc}
	25	7.22 ± 0.09 ^{cb}	32.20 ± 1.49 ^{cc}	6.58 ± 0.06 ^{ca}		25	244.47 ± 6.53 ^{da}	382.11 ± 8.46 ^{db}	621.38 ± 11.99 ^{dc}
	30	7.24 ± 0.22 ^{cb}	32.24 ± 0.46 ^{cc}	6.66 ± 0.18 ^{ca}		30	249.55 ± 4.17 ^{da}	390.04 ± 5.92 ^{db}	611.25 ± 10.22 ^{dc}
	35	6.46 ± 0.08 ^{bb}	26.74 ± 0.37 ^{bc}	5.61 ± 0.11 ^{ba}		35	190.34 ± 7.93 ^{ba}	311.47 ± 6.65 ^{cb}	520.59 ± 7.57 ^{bc}
	50	5.49 ± 0.10 ^{ab}	19.31 ± 0.51 ^{ac}	4.31 ± 0.13 ^{aa}		50	144.51 ± 5.12 ^{aa}	298.35 ± 4.69 ^{bb}	466.97 ± 9.15 ^{ac}
γ -生育酚	15	0.98 ± 0.06 ^{ba}	1.83 ± 0.17 ^{ac}	1.63 ± 3.01 ^{ab}	FRAP	15	60.50 ± 4.42 ^{ba}	96.54 ± 5.66 ^{bb}	188.47 ± 5.28 ^{cc}
	25	1.21 ± 0.03 ^{da}	2.79 ± 0.82 ^{cc}	2.05 ± 2.89 ^{bb}		25	90.22 ± 5.03 ^{ca}	118.47 ± 3.44 ^{db}	217.01 ± 10.91 ^{dc}
	30	1.28 ± 0.01 ^{da}	2.64 ± 0.15 ^{cc}	2.05 ± 0.16 ^{bb}		30	89.39 ± 3.98 ^{ca}	120.49 ± 5.07 ^{db}	210.48 ± 6.29 ^{dc}
	35	1.05 ± 0.05 ^{ca}	2.03 ± 0.06 ^{bb}	1.99 ± 0.17 ^{bb}		35	51.81 ± 6.21 ^{ba}	106.71 ± 1.97 ^{cb}	150.64 ± 4.08 ^{bc}
	50	0.76 ± 0.20 ^{aa}	1.50 ± 0.13 ^{ab}	1.47 ± 0.18 ^{ab}		50	45.68 ± 3.52 ^{aa}	71.33 ± 2.48 ^{ab}	138.21 ± 7.01 ^{ac}
δ -生育酚	15	270.14 ± 4.97 ^{bb}	302.62 ± 3.55 ^{cc}	235.77 ± 3.21 ^{ba}	氧化稳定性/h	15	6.93 ± 0.05 ^{ba}	8.38 ± 0.08 ^{bb}	13.66 ± 0.06 ^{bc}
	25	292.72 ± 6.03 ^{cb}	324.13 ± 3.49 ^{dc}	252.10 ± 3.05 ^{ca}		25	7.80 ± 0.08 ^{ca}	9.09 ± 0.04 ^{cb}	15.83 ± 0.10 ^{cc}
	30	291.62 ± 2.54 ^{cb}	320.51 ± 6.65 ^{dc}	253.15 ± 3.26 ^{ca}		30	7.67 ± 0.12 ^{ca}	8.95 ± 0.08 ^{cb}	16.03 ± 0.05 ^{cc}
	35	272.84 ± 4.19 ^{bb}	287.89 ± 4.55 ^{bc}	233.22 ± 4.53 ^{ba}		35	6.61 ± 0.12 ^{ba}	7.88 ± 0.13 ^{bb}	13.25 ± 0.11 ^{bc}
	50	251.52 ± 2.70 ^{ab}	255.62 ± 4.68 ^{ab}	218.47 ± 4.69 ^{aa}		50	5.04 ± 0.07 ^{aa}	6.94 ± 0.15 ^{ab}	12.96 ± 0.10 ^{ac}
生育酚总量	15	270.14 ± 4.97 ^{bb}	302.62 ± 3.55 ^{cc}	235.77 ± 3.21 ^{ba}					

由表2可知,3个品种的初榨橄榄油含有丰富的生育酚,并且以 α -生育酚为主。随着融合温度升高生育酚含量增加,但当融合温度超过30℃时,生育酚含量显著减少。可能原因是,随着温度的升高初榨橄榄油中的亚油酸发生氧化(见表1),而生育酚是一种天然抗氧化剂,其含量减小是为了减缓油脂的氧化^[12]。‘克罗莱卡’初榨橄榄油中多酚含量最高,融合温度30℃时为166.05 mg/kg,但是种

植在希腊克里特岛的‘克罗莱卡’,其多酚含量高达400 mg/kg^[13],这种差异可能是由于种植条件、气候环境、成熟度以及树龄等因素造成的。随着融合温度的升高,初榨橄榄油中多酚含量逐渐上升,但当融合温度超过30℃时,多酚含量反而逐渐降低。可能原因是:当融合温度逐渐升高且低于30℃时,橄榄油的黏度逐渐减小,从而使得更多的多酚溶解到油中;当融合温度高于30℃时,随着温度的升高,由于

多酚的酚羟基具有一定的亲水性,更加容易与果渣中的水相结合,从而导致溶解在油相中的多酚相对减少。抗氧化能力测定结果表明‘克罗莱卡’初榨橄榄油的抗氧化能力最强,并且与氧化稳定性结果一致。随着融合温度的升高,初榨橄榄油的抗氧化能力与氧化稳定性变化规律一致,均为先上升后减小。相关性分析表明,抗氧化能力测定结果与多酚含量具有显著的线性关系(多酚含量与 DPPH、ABTS 和 FRAP 法测定结果的相关性系数分别为 0.956、0.964 和 0.957),说明多酚对初榨橄榄油氧化稳定性的保持具有重要作用。

表 3 二相融合时间对初榨橄榄油理化指标的影响

项目	融合时间/min	豆果	鄂植 8 号	克罗莱卡	项目	融合时间/min	豆果	鄂植 8 号	克罗莱卡
脂肪酸/%					色度				
C16:0	30	16.70 ± 0.13 ^{bc}	15.30 ± 0.08 ^{ab}	11.54 ± 0.11 ^{ca}	L	30	73.14 ± 0.13 ^{cb}	75.54 ± 0.06 ^{dc}	69.40 ± 0.11 ^{da}
	45	16.33 ± 0.07 ^{ac}	15.35 ± 0.21 ^{ab}	10.67 ± 0.31 ^{aa}		45	64.24 ± 0.32 ^{ab}	72.42 ± 0.11 ^{bc}	61.18 ± 0.08 ^{aa}
	75	16.69 ± 0.09 ^{bc}	15.44 ± 0.09 ^{ab}	11.37 ± 0.02 ^{ba}		75	70.24 ± 0.05 ^{bb}	73.57 ± 0.04 ^{cc}	65.02 ± 0.07 ^{ca}
	90	16.75 ± 0.12 ^{bc}	15.30 ± 0.04 ^{ab}	11.24 ± 0.01 ^{ba}		90	70.21 ± 0.07 ^{bb}	70.69 ± 0.04 ^{ab}	62.28 ± 0.04 ^{ba}
C18:1	30	62.39 ± 0.18 ^{ba}	71.73 ± 0.13 ^{ab}	79.47 ± 0.21 ^{ac}	a	30	-1.58 ± 0.00 ^{ab}	-5.97 ± 0.02 ^{aa}	2.63 ± 0.02 ^{cc}
	45	63.38 ± 0.73 ^{ba}	73.00 ± 0.24 ^{bb}	80.90 ± 0.41 ^{bc}		45	0.83 ± 0.02 ^{cb}	-3.56 ± 0.01 ^{ca}	1.98 ± 0.01 ^{ac}
	75	61.99 ± 0.09 ^{aa}	71.57 ± 0.09 ^{ab}	79.40 ± 0.11 ^{ac}		75	-0.62 ± 0.02 ^{bb}	-5.35 ± 0.01 ^{ba}	2.14 ± 0.01 ^{bc}
	90	62.10 ± 0.13 ^{aa}	71.41 ± 0.22 ^{ab}	79.23 ± 0.33 ^{ac}		90	-0.49 ± 0.02 ^{bb}	-2.17 ± 0.01 ^{da}	2.01 ± 0.01 ^{ac}
C18:2	30	15.43 ± 0.07 ^{bc}	6.96 ± 0.02 ^{ab}	4.44 ± 0.02 ^{aa}	b	30	61.45 ± 0.11 ^{ab}	52.39 ± 0.03 ^{aa}	72.14 ± 0.11 ^{cc}
	45	15.79 ± 0.41 ^{bc}	7.84 ± 0.02 ^{cb}	4.92 ± 0.33 ^{ca}		45	62.82 ± 0.29 ^{bb}	55.93 ± 0.44 ^{ba}	69.48 ± 0.27 ^{bc}
	75	15.58 ± 0.02 ^{bc}	7.16 ± 0.04 ^{bb}	4.58 ± 0.03 ^{aa}		75	67.49 ± 0.06 ^{cb}	60.92 ± 0.02 ^{ca}	69.27 ± 0.15 ^{bc}
	90	14.87 ± 0.03 ^{ac}	6.92 ± 0.07 ^{ab}	4.74 ± 0.01 ^{ba}		90	72.07 ± 0.28 ^{dc}	70.74 ± 0.03 ^{db}	65.38 ± 0.20 ^{aa}
紫外吸光度					质量指标				
K ₂₃₂	30	2.04 ± 0.04 ^{ac}	1.59 ± 0.04 ^{ab}	1.50 ± 0.01 ^{aa}	酸值 (KOH)/ (mg/g)	30	0.16 ± 0.01 ^{aa}	0.26 ± 0.03 ^{aa}	0.22 ± 0.01 ^{aa}
	45	2.09 ± 0.01 ^{ac}	1.67 ± 0.00 ^{ab}	1.52 ± 0.01 ^{aa}		45	0.27 ± 0.04 ^{aa}	0.31 ± 0.02 ^{aa}	0.32 ± 0.06 ^{ba}
	75	2.07 ± 0.01 ^{ac}	1.66 ± 0.01 ^{ab}	1.49 ± 0.05 ^{aa}		75	0.46 ± 0.02 ^{ba}	0.44 ± 0.01 ^{ba}	0.38 ± 0.09 ^{ba}
	90	2.46 ± 0.01 ^{bb}	1.72 ± 0.02 ^{ba}	1.86 ± 0.04 ^{ba}		90	0.57 ± 0.04 ^{ca}	0.66 ± 0.04 ^{cb}	0.51 ± 0.01 ^{ca}
K ₂₇₀	30	0.14 ± 0.02 ^{ab}	0.08 ± 0.01 ^{aa}	0.15 ± 0.04 ^{ab}	过氧化 值/ (mmol/ kg)	30	1.52 ± 0.04 ^{ac}	0.65 ± 0.02 ^{aa}	1.03 ± 0.03 ^{ab}
	45	0.12 ± 0.01 ^{ab}	0.08 ± 0.00 ^{aa}	0.18 ± 0.01 ^{ab}		45	1.53 ± 0.04 ^{ac}	0.71 ± 0.02 ^{ba}	1.00 ± 0.01 ^{ab}
	75	0.14 ± 0.02 ^{ab}	0.10 ± 0.02 ^{aa}	0.17 ± 0.01 ^{ab}		75	1.59 ± 0.02 ^{ac}	0.72 ± 0.04 ^{ba}	0.97 ± 0.03 ^{ab}
	90	0.22 ± 0.00 ^{bb}	0.18 ± 0.00 ^{ba}	0.25 ± 0.03 ^{bb}		90	1.62 ± 0.03 ^{bc}	0.80 ± 0.03 ^{ca}	1.11 ± 0.03 ^{bb}

由表 3 可知,融合时间为 30 min 和 45 min 时,这些理化指标总体差异不明显,当融合时间超过 45 min 时,初榨橄榄油的酸值逐渐升高,但是 K₂₃₂、K₂₇₀、过氧化值升高不明显。说明随着融合时间的延长,油中的脂肪酸主要发生水解反应导致酸值上升。当融合时间超过 45 min 时,‘豆果’和‘鄂植 8 号’初榨橄榄油的色度 b 值随着融合时间的延长而上升,说明这 2 个品种的初榨橄榄油的色度开始慢慢变黄。虽然 GB/T 23347—2009 中对初榨橄榄油

的综合表 1 和表 2 的实验结果,最终选择 30 ℃ 作为较优的融合温度,该结果与 Ranalli 等^[14] 的报道一致。

2.2 二相融合时间对初榨橄榄油品质的影响

2.2.1 二相融合时间对初榨橄榄油理化指标的影响

在融合时间分别为 30、45、75、90 min,融合温度 30 ℃ 条件下,不同融合时间对‘豆果’‘鄂植 8 号’‘克罗莱卡’3 个品种初榨橄榄油酸值、过氧化值、脂肪酸组成、色度和紫外吸光度的影响如表 3 所示。

的色度没有作严格要求,但消费者往往通过色度对橄榄油的品质进行最直观的判断。消费者认为深绿色的橄榄油属于高品质橄榄油,而黄色属于过度精炼或劣质橄榄油^[15]。因此,融合时间应该控制在 45 min 之内。

2.2.2 二相融合时间对初榨橄榄油微量伴随物及抗氧化能力的影响

在融合时间分别为 30、45、75、90 min,融合温度 30 ℃ 条件下,不同融合时间对‘豆果’‘鄂植 8 号’

‘克罗莱卡’3个品种初榨橄榄油的微量伴随物及抗氧化能力的影响如表4所示。

由表4可知,当融合时间从30 min延长至45 min时,生育酚和多酚的含量增加,可能原因是随着融合时间的延长,更多生育酚和多酚从油橄榄果中溶解到油脂中。但是,随着融合时间的进一步延长,生育酚含量变化较小,而多酚含量却显著降低,该结果与文献[5]报道的结果相同。可能原因是随着融

合时间的延长,水和油的乳液状态减少,从而使更多的多酚溶解在水相,导致初榨橄榄油中多酚含量降低^[16]。随着融合时间的延长,DPPH、ABTS、FRAP法抗氧化能力测定结果和氧化稳定性变化趋势与多酚的变化趋势一致,再次证明了多酚对橄榄油的抗氧化能力和氧化稳定性起着重要作用。

综合表3和表4的实验结果,最终选择融合时间为45 min。

表4 二相融合时间对初榨橄榄油微量伴随物及抗氧化能力的影响

项目	融合时间/min	豆果	鄂植8号	克罗莱卡	项目	融合时间/min	豆果	鄂植8号	克罗莱卡
生育酚/(mg/kg)	30	241.01 ± 6.05 ^{ab}	267.34 ± 4.90 ^{ac}	228.38 ± 3.08 ^{aa}	多酚/(mg/kg)	30	41.54 ± 1.20 ^{ba}	61.67 ± 0.46 ^{cb}	132.28 ± 6.09 ^{cc}
α-生育酚	45	279.85 ± 0.61 ^{cb}	281.18 ± 3.23 ^{bc}	240.82 ± 2.21 ^{ca}	45	64.08 ± 4.25 ^{ca}	72.76 ± 3.85 ^{db}	166.05 ± 1.62 ^{dc}	
	75	272.45 ± 4.28 ^{bb}	277.65 ± 4.55 ^{bc}	235.75 ± 1.38 ^{ba}	75	39.85 ± 1.39 ^{ba}	50.32 ± 0.40 ^{bb}	118.51 ± 2.30 ^{bc}	
	90	271.23 ± 5.26 ^{bb}	285.17 ± 4.52 ^{bc}	244.65 ± 3.74 ^{ca}	90	30.24 ± 0.80 ^{aa}	44.96 ± 2.12 ^{ab}	104.11 ± 1.25 ^{ac}	
β-生育酚	30	2.95 ± 0.04 ^{aa}	3.56 ± 0.03 ^{ac}	3.28 ± 0.12 ^{cb}	抗氧化能力/(μmol/100 g)	30	132.28 ± 2.08 ^{ca}	175.38 ± 1.29 ^{cb}	302.41 ± 5.62 ^{cc}
	45	3.25 ± 0.08 ^{ba}	4.45 ± 0.19 ^{cc}	3.62 ± 0.14 ^{db}	DPPH	45	170.18 ± 7.46 ^{da}	265.91 ± 4.77 ^{db}	425.88 ± 3.77 ^{dc}
	75	3.03 ± 0.09 ^{ba}	4.43 ± 0.03 ^{cc}	3.01 ± 0.08 ^{ba}		75	105.82 ± 2.18 ^{ba}	140.88 ± 3.58 ^{bb}	278.50 ± 5.26 ^{bc}
	90	2.95 ± 0.09 ^{ab}	3.95 ± 0.04 ^{bc}	2.68 ± 0.09 ^{aa}		90	91.22 ± 3.57 ^{aa}	124.67 ± 2.01 ^{ab}	244.23 ± 8.01 ^{ac}
γ-生育酚	30	6.95 ± 0.08 ^{bb}	27.63 ± 0.43 ^{ac}	6.20 ± 0.13 ^{aa}	30	186.32 ± 3.55 ^{ca}	232.12 ± 2.08 ^{cb}	459.34 ± 3.41 ^{cc}	
	45	7.24 ± 0.22 ^{cb}	32.24 ± 0.46 ^{cc}	6.66 ± 0.18 ^{ba}	45	249.55 ± 4.17 ^{da}	390.04 ± 5.92 ^{db}	611.25 ± 10.22 ^{dc}	
	75	6.93 ± 0.14 ^{bb}	28.66 ± 0.47 ^{bc}	6.16 ± 0.11 ^{aa}	75	164.44 ± 2.54 ^{ba}	186.87 ± 5.05 ^{bb}	388.65 ± 8.96 ^{bc}	
	90	5.92 ± 0.12 ^{aa}	27.94 ± 0.46 ^{ac}	6.09 ± 0.13 ^{aa}	90	134.61 ± 3.69 ^{aa}	168.71 ± 5.19 ^{ab}	319.76 ± 6.77 ^{ac}	
δ-生育酚	30	0.90 ± 0.03 ^{aa}	2.30 ± 0.03 ^{cc}	2.01 ± 0.10 ^{cb}	30	61.15 ± 2.04 ^{ca}	85.51 ± 2.39 ^{cb}	162.83 ± 3.01 ^{cc}	
	45	1.28 ± 0.01 ^{ca}	2.64 ± 0.15 ^{dc}	2.05 ± 0.16 ^{cb}	45	89.39 ± 3.98 ^{da}	120.49 ± 5.07 ^{db}	210.48 ± 6.29 ^{dc}	
	75	1.01 ± 0.05 ^{ba}	1.87 ± 0.03 ^{bb}	1.88 ± 0.08 ^{bb}	75	48.64 ± 1.35 ^{ba}	69.95 ± 0.69 ^{bb}	132.24 ± 3.01 ^{bc}	
	90	0.83 ± 0.07 ^{aa}	0.89 ± 0.03 ^{ab}	1.63 ± 0.11 ^{ac}	90	35.09 ± 1.09 ^{aa}	54.43 ± 1.61 ^{ab}	105.18 ± 3.29 ^{ac}	
生育酚总量	30	251.81 ± 3.13 ^{ab}	300.83 ± 4.03 ^{ac}	239.87 ± 2.10 ^{aa}	氧化稳定性/h	30	4.57 ± 0.07 ^{aa}	7.64 ± 0.06 ^{cb}	14.68 ± 0.10 ^{cc}
	45	291.62 ± 2.54 ^{cb}	320.51 ± 6.65 ^{bc}	253.15 ± 3.26 ^{ca}	45	7.67 ± 0.12 ^{da}	8.95 ± 0.08 ^{db}	16.03 ± 0.05 ^{dc}	
	75	283.42 ± 2.95 ^{bb}	312.61 ± 2.03 ^{bc}	246.80 ± 2.08 ^{ba}	75	5.06 ± 0.07 ^{ca}	7.08 ± 0.15 ^{bb}	13.19 ± 0.02 ^{bc}	
	90	280.93 ± 4.17 ^{bb}	317.95 ± 3.30 ^{bc}	255.05 ± 4.11 ^{ca}	90	4.86 ± 0.10 ^{ba}	6.45 ± 0.03 ^{ab}	12.03 ± 0.07 ^{ac}	

2.3 二相离心和三相离心加工工艺对初榨橄榄油品质的影响

在二相离心加工工艺融合时间45 min、融合温度30℃,三相离心加工工艺融合时间45 min、融合温度30℃、加水量18%条件下,考察二相离心和三相离心加工工艺对‘豆果’‘鄂植8号’‘克罗莱卡’3个品种初榨橄榄油理化指标、微量伴随物及抗氧化能力的影响,结果如表5所示。

由表5可知:与三相离心加工工艺相比,二相离心加工工艺生产的初榨橄榄油脂肪酸组成、紫外吸光度、酸值、过氧化值均未发生明显变化;色度L值显著低于三相离心加工工艺的,b值则显著高于三

相离心加工工艺的;4种生育酚的含量呈现不同的变化趋势。

橄榄油的营养价值与其中多酚的含量密切相关^[17-18]。二相离心加工工艺生产的初榨橄榄油的多酚含量明显高于三相离心加工工艺。这是因为三相离心过程中需要加入一定量的水,而多酚含有亲水性的酚羟基,很容易溶解于水相中,从而降低油相中的多酚含量。表5中抗氧化能力和氧化稳定性的数据进一步证实,二相离心加工工艺生产的初榨橄榄油多酚含量更高,具有更高的营养价值,并且二相离心加工工艺减少了生产过程的用水量。另外,3个品种中‘克罗莱卡’初榨橄榄油的多酚含量最高。

表5 二相离心和三相离心加工工艺对初榨橄榄油理化指标、微量伴随物及抗氧化能力的影响

项目	工艺	豆果	鄂植8号	克罗莱卡	项目	工艺	豆果	鄂植8号	克罗莱卡
脂肪酸/%					质量指标				
C16:0	二相离心	16.33 ± 0.07 ^{aC}	15.35 ± 0.21 ^{aB}	10.67 ± 0.31 ^{aA}	酸值 (KOH)/ (mg/g)	二相离心	0.27 ± 0.04 ^{aA}	0.31 ± 0.02 ^{aA}	0.32 ± 0.06 ^{aA}
	三相离心	16.78 ± 0.03 ^{bC}	15.24 ± 0.05 ^{aB}	11.59 ± 0.04 ^{bA}		三相离心	0.27 ± 0.06 ^{aA}	0.32 ± 0.04 ^{aA}	0.32 ± 0.03 ^{aA}
C18:1	二相离心	63.38 ± 0.73 ^{aA}	73.00 ± 0.24 ^{aB}	80.90 ± 0.41 ^{bC}	过氧化 值/ (mmol/kg)	二相离心	1.53 ± 0.04 ^{aC}	0.71 ± 0.02 ^{bA}	1.00 ± 0.01 ^{aB}
	三相离心	62.87 ± 0.13 ^{aA}	72.96 ± 0.09 ^{aB}	78.99 ± 0.10 ^{aC}		三相离心	1.57 ± 0.03 ^{aC}	0.68 ± 0.02 ^{aA}	1.04 ± 0.03 ^{aB}
C18:2	二相离心	15.79 ± 0.41 ^{aC}	7.84 ± 0.02 ^{aB}	4.92 ± 0.33 ^{aA}	生育酚/(mg/kg)				
	三相离心	15.46 ± 0.11 ^{aC}	7.61 ± 0.56 ^{aB}	4.88 ± 0.11 ^{aA}	α-生 育酚	二相离心	279.85 ± 0.61 ^{aB}	281.18 ± 0.23 ^{bB}	240.82 ± 0.21 ^{aA}
色度						三相离心	321.11 ± 6.12 ^{bB}	266.74 ± 4.37 ^{aA}	263.54 ± 4.45 ^{bA}
L	二相离心	64.24 ± 0.32 ^{aB}	72.42 ± 0.11 ^{aC}	61.18 ± 0.08 ^{aA}	β-生 育酚	二相离心	3.25 ± 0.08 ^{bA}	4.45 ± 0.19 ^{bC}	3.62 ± 0.14 ^{aB}
	三相离心	68.22 ± 0.45 ^{bB}	75.13 ± 0.16 ^{bC}	65.15 ± 0.07 ^{bA}		三相离心	2.71 ± 0.04 ^{aB}	2.42 ± 0.03 ^{aA}	7.07 ± 0.11 ^{bC}
a	二相离心	0.83 ± 0.02 ^{aB}	-3.56 ± 0.01 ^{bA}	1.98 ± 0.01 ^{aC}	γ-生 育酚	二相离心	7.24 ± 0.22 ^{bB}	32.24 ± 0.46 ^{aC}	6.66 ± 0.18 ^{aA}
	三相离心	1.00 ± 0.32 ^{aB}	-5.42 ± 0.04 ^{aA}	3.64 ± 0.04 ^{bC}		三相离心	6.69 ± 0.08 ^{aA}	35.22 ± 0.45 ^{bC}	9.67 ± 0.14 ^{bB}
b	二相离心	62.82 ± 0.29 ^{bB}	55.93 ± 0.44 ^{bA}	69.48 ± 0.27 ^{bB}	δ-生 育酚	二相离心	1.28 ± 0.01 ^{bA}	2.64 ± 0.15 ^{bC}	2.05 ± 0.16 ^{aB}
	三相离心	47.92 ± 1.41 ^{aA}	55.05 ± 0.22 ^{aB}	65.13 ± 0.28 ^{aC}		三相离心	1.03 ± 0.02 ^{aA}	2.10 ± 0.06 ^{aB}	2.80 ± 0.08 ^{bB}
紫外吸光度					抗氧化能力/(μmol/100 g)				
K ₂₃₂	二相离心	2.09 ± 0.01 ^{aC}	1.67 ± 0.00 ^{bB}	1.52 ± 0.01 ^{aA}	DPPH	二相离心	170.18 ± 7.46 ^{bA}	265.91 ± 4.77 ^{bB}	425.88 ± 3.77 ^{bC}
	三相离心	2.06 ± 0.01 ^{aC}	1.55 ± 0.00 ^{aA}	1.62 ± 0.01 ^{bB}		三相离心	142.24 ± 6.62 ^{aB}	123.17 ± 4.34 ^{aA}	356.53 ± 1.78 ^{aC}
K ₂₇₀	二相离心	0.12 ± 0.01 ^{aB}	0.08 ± 0.00 ^{aA}	0.18 ± 0.01 ^{aC}	ABTS	二相离心	249.55 ± 4.17 ^{bA}	390.04 ± 5.92 ^{bB}	611.25 ± 10.22 ^{bC}
	三相离心	0.15 ± 0.01 ^{aB}	0.10 ± 0.00 ^{aA}	0.19 ± 0.00 ^{aC}		三相离心	202.24 ± 5.11 ^{aB}	160.17 ± 9.12 ^{aA}	556.53 ± 5.70 ^{aC}
多酚/ (mg/kg)	二相离心	64.08 ± 4.25 ^{bA}	72.76 ± 3.85 ^{bB}	166.05 ± 1.62 ^{bC}	FRAP	二相离心	89.39 ± 3.98 ^{bA}	120.49 ± 5.07 ^{bB}	210.48 ± 6.29 ^{bC}
	三相离心	55.37 ± 1.02 ^{aB}	41.84 ± 1.44 ^{aA}	142.42 ± 1.93 ^{aC}		三相离心	73.42 ± 0.99 ^{aB}	46.45 ± 3.78 ^{aA}	169.61 ± 4.54 ^{aC}
氧化稳 定性/h	二相离心	7.67 ± 0.12 ^{bA}	8.95 ± 0.08 ^{bB}	16.03 ± 0.05 ^{bC}					
	三相离心	6.28 ± 0.02 ^{aB}	5.43 ± 0.05 ^{aA}	13.14 ± 0.09 ^{aC}					

3 结论

以‘豆果’‘鄂植8号’‘克罗莱卡’3个品种橄榄油果为原料,研究二相离心加工工艺对初榨橄榄油理化指标和氧化稳定性的影响。结果表明,过高的融合温度或过长的融合时间均会对初榨橄榄油的品质产生不利的影响,而融合温度和融合时间分别控制在30℃和45 min时,初榨橄榄油品质较好。同时与三相离心加工工艺相比,二相离心加工工艺能够显著提高初榨橄榄油中多酚的含量,并且减少生产过程的用水量。

致谢:感谢陇南市祥宇油橄榄有限责任公司提供新鲜的油橄榄果!

参考文献:

- [1] ALONSO A, RUIZ - GUTIERREZ V, MARTÁNEZ - GONZÁLEZ M Á, et al. Monounsaturated fatty acids, olive oil and blood pressure: epidemiological, clinical and experimental evidence [J]. *Public Health Nutr*, 2006, 9 (2): 251 - 257.
- [2] CASABURII, PUOCI F, CHIMENTO A, et al. Potential of olive oil phenols as chemopreventive and therapeutic agents against cancer: a review of in vitro studies [J]. *Mol Nutr Food Res*, 2013, 57(1): 71 - 83.
- [3] 邓丛静, 于小飞, 陈军, 等. 橄榄油的加工工艺及品质

- 评价 [J]. *林产工业*, 2011, 38(1): 62 - 63.
- [4] 李秋庭, 崔大同, 赵素娥. 橄榄油加工工艺及品质控制的探讨 [J]. *食品与发酵工业*, 2002, 28(7): 44 - 47.
- [5] 朱广飞, 阳孝东, 李子勇, 等. 油橄榄粉碎融合关键技术的研究 [J]. *粮油加工*, 2015, 33(5): 33 - 35.
- [6] 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.
- [7] 钟诚, 王兴国, 金青哲, 等. 国内初榨橄榄油品质特性研究 [J]. *中国油脂*, 2013, 38(10): 35 - 38.
- [8] 高盼. 我国核桃油的组成特征及其抗氧化和降胆固醇功效评估 [D]. 江苏 无锡: 江南大学, 2019.
- [9] THAIPONG K, BOONPRAKOB U, CROSBY K, et al. Comparison of ABTS, DPPH, FRAP, and ORAC assays for estimating antioxidant activity from guava fruit extracts [J]. *J Food Compos Anal*, 2006, 19(6): 669 - 675.
- [10] ZHENG L, SHI L K, ZHAO C W, et al. Fatty acid, phytochemical, oxidative stability and in vitro antioxidant property of sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) oils extracted by supercritical and subcritical technologies [J]. *LWT - Food Sci Technol*, 2017, 86: 507 - 513.
- [11] SÁNCHEZ J, HARWOOD J L. Biosynthesis of triacylglycerols and volatiles in olives [J]. *Eur J Lipid Sci Tech*, 2002, 104(9/10): 564 - 573.

(下转第37页)

分含量及氧化速率,推测3种植物油氧化稳定性的差异与其内源性抗氧化剂种类及含量有关,且维生素E是影响美藤果油氧化稳定性的最主要因素。本文尚未深入研究3种植物油微量组分的抗氧化特性差异及其氧化动力学,还有待进一步研究。

美藤果油中亚油酸、多不饱和脂肪酸含量均高于紫苏籽油和亚麻籽油,但 α -亚麻酸含量低于二者。在氧化过程中,多不饱和脂肪酸损失率和饱和脂肪酸增加率为亚麻籽油>紫苏籽油>美藤果油,说明美藤果油在氧化过程中比紫苏籽油和亚麻籽油更稳定。

参考文献:

- [1] 张嘉怡, 杜冰, 谢蓝华, 等. 绿色新资源食品——美藤果油[J]. 中国油脂, 2013, 38(7):1-4.
- [2] ALAYÓN A N, ISABELLA E J. Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis linneo*): una experiencia ancestral desaprovechada? Evidencias clínicas asociadas a su consumo[J]. Rev Chil De Nutr, 2016, 43(2):167-171.
- [3] 邓乾春, 马方励, 魏晓珊, 等. 亚麻籽加工品质特性研究进展[J]. 中国油料作物学报, 2016, 38(1):126-134.
- [4] 谢慧, 覃茂范, 白欣莹, 等. 紫苏籽油提取及其脂肪酸组成分析[J]. 怀化学院学报, 2017, 36(11):74-76.
- [5] 晁红娟, 雷占兰, 刘爱琴, 等. Omega-3多不饱和脂肪酸性质、功能及主要应用[J]. 中国食品添加剂, 2019(10):122-130.
- [6] 杨国燕. DSC和Rancimat法测定亚麻籽油氧化稳定性研究[J]. 粮食与油脂, 2014(8):29-32.
- [7] 张泽涛, 徐娟, 李建成, 等. 紫苏油的氧化稳定性研究[J]. 中国油脂, 2016, 41(10):84-86.
- [8] RODRÍGUEZ G, VILLANUEVA E, GLORIO P, et al. Estabilidad oxidativa y estimación de la vida útil del aceite de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.)[J]. Sci Agrop, 2015, 6(3):155-163.

(上接第16页)

- [12] WU G C, CHANG C, HONG C C, et al. Phenolic compounds as stabilizers of oils and antioxidative mechanisms under frying conditions: a comprehensive review[J]. Trends Food Sci Tech, 2019, 92:33-45.
- [13] KALOGEROPOULOS N, TSIMIDOU M Z. Antioxidants in Greek virgin olive oils[J]. Antioxidants, 2014, 3(2):387-413.
- [14] RANALLI A, CONTENUTO S, SCHIAVONE C, et al. Malaxing temperature affects volatile and phenol composition as well as other analytical features of virgin olive oil[J]. Eur J Lipid Sci Tech, 2001, 103(4):228-238.
- [15] MORALES M T, APARICIO - RUIZ R, APARICIO R. Chromatographic methodologies: compounds for olive oil

- [9] 潘娜, 屈文娇, 君睿红, 等. 不同品种葵花籽油氧化稳定性研究[J]. 中国油脂, 2014, 39(12):42-45.
- [10] 高政. 菜籽植物甾醇的提取、纯化及抗氧化活性研究[D]. 武汉:华中农业大学, 2009.
- [11] 罗旭璐, 袁雨川, 贺鹏, 等. 美藤果籽粕多酚的提取及其抗氧化活性测定[J]. 林业工程学报, 2015, 29(1):75-78.
- [12] 刘梦颖. 脂肪酸及微量组分对核桃油氧化稳定性的影响[D]. 西安:陕西科技大学, 2015.
- [13] 王勇, 程守前, 肖培富, 等. 气相色谱-质谱联用分析美藤果油脂脂肪酸组成[J]. 广州化工, 2015(7):109-110.
- [14] FARHOOSH R, PAZHOUHANMEHR S. Relative contribution of compositional parameters to the primary and secondary oxidation of canola oil[J]. Food Chem, 2009, 114(3):1002-1006.
- [15] 孙航, 徐娟, 刘祥义, 等. 丽江野生植物油的脂肪酸组成及氧化稳定性研究[J]. 中国油脂, 2017, 42(1):40-42.
- [16] 易志. 亚麻籽油贮藏稳定性研究[D]. 广州:华南农业大学, 2016.
- [17] 刘慧敏. 不同植物油微量成分与抗氧化能力的相关性研究[D]. 江苏无锡:江南大学, 2015.
- [18] 魏晓珊, 邓乾春, 张逸, 等. 亚麻籽油中植物甾醇含量的测定[J]. 中国油脂, 2015, 40(11):107-111.
- [19] 周洋, 黄健花, 金青哲, 等. 不同产地冷榨亚麻籽油的脂质组成比较[J]. 中国油脂, 2018, 43(9):125-128.
- [20] 许万乐. 紫苏籽油的提取工艺及理化特性研究[D]. 太原:中北大学, 2014.
- [21] KAJSER A, DUTTA P, SAVAGE G. Oxidative stability and lipid composition of macadamia nuts grown in New Zealand[J]. Food Chem, 2000, 71(1):67-70.
- [22] 张建树. 脂肪酸组成与内源抗氧化剂对不同品种花生油稳定性的影响[D]. 北京:中国农业科学院, 2012.

odor issues [M]//APARICIO R, HARWOOD J. Handbook of olive oil. Boston MA: Spring, 2013:261-309.

- [16] ANASTASOPOULOS E, KALOGEROPOULOS N, KALIORA A C, et al. Quality characteristics and antioxidants of *Mavrolia* cv. virgin olive oil[J]. J Am Oil Chem Soc, 2012, 89:253-259.
- [17] FINICELLI M, SQUILLARO T, DI F, et al. Crisco metabolic syndrome, Mediterranean diet, and polyphenols: evidence and perspectives [J]. J Cell Physiol, 2019, 234(5):5807-5826.
- [18] GARCIAMARTINEZ O, RUIZ C, GUTIERREZLBANEZ A. Benefits of olive oil phenolic compounds in disease prevention [J]. Endocr Metab Immun, 2018, 18(4):333-340.