

乌榄仁油的理化性质与脂肪酸组成分析

黄炯丽¹, 谭玉莹¹, 汤星月², 吴建文², 陆顺忠², 李秋庭^{1*}

(1. 广西大学轻工与食品工程学院, 南宁 530004; 2. 广西壮族自治区林业科学研究院, 南宁 530002)

摘要: **目的** 研究乌榄仁油的理化性质与脂肪酸组成。**方法** 测定乌榄仁的基本成分, 用不同温度压榨乌榄仁得到乌榄仁油, 测定其理化性质, 对样品进行甲酯化处理后, 采用气相色谱-质谱联用法测定脂肪酸的组成。**结果** 乌榄仁的含油量较高(65.71%), 其各项理化指标符合国家相关规定, 随着压榨温度升高, 其色泽加深, 气味更加愉悦; 脂肪酸组成共有 10 种, 主要成分为棕榈酸、硬脂酸、油酸、亚油酸, 不饱和脂肪酸总量为 63.47%~67.15%, 随着压榨温度升高, 脂肪酸成分均无显著性差异, 与其他油脂脂肪酸的对比发现其亚油酸含量高。**结论** 乌榄仁的含油量高, 油脂的脂肪酸成分好, 亚油酸含量略有优势, 具有开发前景。

关键词: 乌榄仁油; 理化性质; 脂肪酸

Analysis of physicochemical property and fatty acid composition of kernel oil of *Canarium pimela* Leenh

HUANG Jiong-Li¹, TAN Yu-Ying¹, TANG Xing-Yue², WU Jian-Wen², LU Shun-Zhong², LI Qiu-Ting^{1*}

(1. College of Light Industry and Food Engineering, Guangxi University, Nanning 530004, China;
2. Guangxi Zhuang Autonomous Region Forestry Research Institute, Nanning 530002, China)

ABSTRACT: Objective To study the physicochemical properties and fatty acid composition of the kernel oil of *Canarium pimela* Leenh. **Methods** The basic components of kernel oil of *Canarium pimela* Leenh were determined. The oil kernel oil of *Canarium pimela* Leenh was obtained by pressing at different temperatures, and its physicochemical properties were determined. The fatty acid composition of the samples was determined by gas chromatography-mass spectrometry. **Results** The oil content of the kernel oil from *Canarium pimela* Leenh was high (65.71%). The physical and chemical indexes were in line with the relevant national regulations. With the increase of pressing temperature, the color deepened and the smell became more pleasant. There were 10 kinds of fatty acid composition, the main composition were palmitic acid, stearic acid, oleic acid, linoleic acid. The total amount of unsaturated fatty acids were 63.47%–67.15%. With the increase of pressing temperature, there was no significant difference in the composition of fatty acids. Compared with other fatty acids, it had the advantage of high linoleic acid content. **Conclusion** *Canarium pimela* Leenh has high oil content, the fatty acid composition of oil is good, and the linoleic acid content is slightly superior, so it has a development prospect.

KEY WORDS: kernel oil of *Canarium pimela* Leenh; physicochemical property; fatty acid

*通信作者: 李秋庭, 教授, 主要研究方向为农副产品加工与利用。E-mail: 419676275@qq.com

*Corresponding author: LI Qiu-Ting, Professor, College of Light Industry and Food Engineering, Guangxi University, Nanning 530004, China. E-mail: 419676275@qq.com

0 引言

乌榄(*Canarium pimela* Leenh)为橄榄科橄榄属, 又名木威子、黑榄, 主要产于中国广东、广西、海南、云南, 少量分布于越南、老挝、柬埔寨等海拔低于 1280 米的杂木林中^[1], 为广西龙州、宁明、凭祥、合浦等地重要的经济作物^[2]。乌榄果实营养丰富, 乌榄肉气味芳香, 色泽呈深紫色, 可生食亦可熟食, 但更多的是加工成美味的榄角、榄酱等食品, 富含维生素 C、蛋白质、有机酸、酚类以及微量元素等营养成分且易被人体吸收, 可助消化、生津止渴、消炎止痛等功效^[3-5]; 乌榄仁是一种优质的食品辅料, 也可用于榨油, 《本草纲目拾遗》记载了乌榄仁味道甘淡, 具有润肺、化痰、下气、止血等功效。

目前, 我国的食用油料生产远不能满足市场需求, 食用油对外依存度高达 70%^[6], 开发新的食用油资源具有重要的现实意义。乌榄果肉用于制作榄角后, 其核少部分去除核壳后取出种仁用于饼食配料, 大部分则被丢弃, 造成资源浪费, 乌榄仁中含油高达 65%, 但对乌榄仁油的加工和研究都很少。油脂的理化性质以及脂肪酸成分与油脂的品质、加工和贮藏有着密切联系, 是评定油脂的质量好坏的重要指标^[7-10]。本研究从开发新油脂和提高乌榄经济价值角度出发, 研究乌榄仁油的理化特性和脂肪酸组成, 以期为进一步加工和开发乌榄仁油提供基础研究依据。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

乌榄核采购于广西龙州。

氢氧化钾(分析纯, 天津市北辰方正试剂厂); 甲醇(色谱纯, 天津欧博凯化工有限公司); 正己烷(分析纯, 天津市富宇精细化工有限公司); 无水硫酸钠(分析纯, 广东光华化学厂有限公司)。

1.2 仪器及设备

QYZ 油压千斤顶(山东启阳工具有限公司); GZX-GF101-II 电热鼓风干燥箱(上海跃进医疗器械有限公司); 7890B/5977A 气质联用仪[美国安捷伦科技(上海)有限公司]; XW-80A 漩涡混合器(上海医科大学仪器厂); YLB-TW12 数显恒温水浴锅(德国 JULABO 公司); AL204-IC 电子分析天平[梅特勒-托利多仪器(上海)有限公司]。

1.3 样品前处理

乌榄仁: 乌榄核晒干后, 去除核壳, 取种仁对其进行基本成分测定。

乌榄仁油: 乌榄核晒干后, 去除核壳, 取种仁, 分别达到 50、80、100、120 °C 干燥温度时平衡 15 min 后进行

压榨提取, 过滤油样, 于 4 °C 冰箱保存待测。

1.4 测定方法

1.4.1 乌榄仁的基本成分测定

水分含量采用 GB 5009.3—2016《食品中水分的测定》方法; 蛋白质含量采用 GB 5009.5—2016《食品中蛋白质的测定》方法; 粗脂肪含量采用 GB 5009.6—2016《食品中粗脂肪的测定》方法; 淀粉含量采用 GB 5009.9—2016《食品中淀粉含量的测定》方法; 灰分含量采用 GB 5009.4—2016《食品中灰分的测定》方法。

1.4.2 乌榄仁油的理化指标测定

色泽、滋味、气味、状态采用 GB 2716—2018《食品安全国家标准 植物油》方法; 水分及挥发物采用 GB 5009.236—2016《水分及挥发物的测定》方法。

折光指数: 20 °C 条件下, 采用阿贝折射仪测定, 打开电源, 校正仪器后, 测定样品, 当明暗分界线出现在中心点时, 读取数据。

相对密度: 20 °C 条件下, 称取等体积的油和水, 分别用称油(m_1)和水(m_2)的质量, 水的密度(20 °C)为 0.998230 g/mL, 计算公式: $\rho_{\text{油}} = \rho_{\text{水}} \times m_1 / m_2$ 。

过氧化值采用 GB 5009.227—2016《食品中过氧化值的测定》方法; 酸价采用 GB 5009.229—2016《食品中酸价的测定》方法; 碘值采用 GB/T 5532—2008《动植物油脂碘值的测定》方法; 皂化值采用 GB/T 5534—2008《动植物油脂皂化值的测定》方法。

1.4.3 乌榄仁油的脂肪酸测定

采用气相色谱质谱联用法(gas chromatography-mass spectrometry, GC-MS)测定。

油脂样品的甲酯化: 分别取不同压榨温度下的油样 0.05 g, 加入 2.5 mL 的氢氧化钾-甲醇混合溶液(质量浓度为 0.5 mol/L), 混匀后振荡 1 min, 静置后加热 20 min (70 °C, 水浴加热), 冷却, 加入 2 mL 正己烷, 振荡 1 min 后取 0.2 mL 上清液进行 10 倍稀释, 加入过量的无水硫酸钠, 摇匀, 过滤膜(孔径 0.22 μm)后装入进样瓶, 待测。

GC 条件: 参考邹燕娣等^[11]的方法并稍作修改, 柱流速 1 mL/min, 分流比 15:1, 升温程序是在 100 °C 保持 5 min, 以 3 °C/min 的速率上升到 230 °C, 保持运行 50 min, 采用 DB-WAX (30 m \times 0.25 mm, 0.25 μm)色谱柱。

MS 条件: 参考陈小燕等^[12]的方法并稍作修改, 接口温度 250 °C, EI 电子源, 离子源温度 230 °C, 电子能量为 70 eV, 四极杆温度为 150 °C, 扫描质量范围 m/z 60~500, 溶剂延迟 3.5 min。

1.4.4 数据处理

所有数据均为 3 组平行数据的平均值, 采用 Excel 2010 和 SPSS 26 处理数据。脂肪酸成分数据经 GC-MS 分析, 检测数据库, 结合 37 种脂肪酸混标的图谱进行相对应的核对分析, 最后采用 SPSS 进行显著性分析。

2 结果与分析

2.1 乌榄仁的成分分析

乌榄仁的水分、蛋白质、粗脂肪、淀粉、粗纤维、灰分的含量分别为 6.87%、17.09%、65.71%、2.86%、4.27%、5.00%，其中脂肪含量高达 65.71%。与其他常见植物油料的含油量对比发现(见表 1)，乌榄仁的含油量最高，说明乌榄仁可作为食用油料，此外，乌榄仁的蛋白质含量较高，高脂肪及较高蛋白含量赋予了乌榄仁较高的营养价值。

表 1 乌榄仁与其他常见油料含油量的对比
Table 1 Comparison of oil content between the kernel from *Canarium pimela* Leenh and other common oilseed

名称	含油量/%
乌榄仁	65.71
花生仁	40~51
大豆	15~26
橄榄果	18~23
油茶籽	30~40
芝麻籽	45~63
菜籽	35~50

2.2 乌榄仁油的理化指标分析

乌榄仁油的各项理化指标如表 2 所示。由表 2 可知，乌榄仁油的色泽、滋味、气味等具有良好的感官，其水分及挥发物含量为 0.03%，其酸价、过氧化值均符合国家标准 GB 2716—2018 的规定，且过氧化物未被检测出来。油脂的过氧化值及酸价越高则表示该油脂质量越差，反之则越好^[13-14]，从酸价及过氧化值可以得出乌榄仁油的氧化稳定性好，是否与其脂肪酸组成及油脂伴随物密切相关，有待进一步研究；根据油脂的碘值大小可以分为干性油脂(碘值 > 120 g/100 g)、半干性油脂(碘值 100~120 g/100 g)、不干性油脂(碘值 < 100 g/100 g)，碘值越高说明油脂的不饱和程度越高^[15]，乌榄仁油的碘值小于 100 g/100 g，碘值较低，说明不饱和脂肪酸(unsaturated fatty acid, USFA)含量较低，乌榄仁油为不干性油脂，不干性油脂除了用于食用油，还可用于制作肥皂、医学用药、或者润滑油等领域；皂化价是反映油脂平均分子量的重要指标^[16]，乌榄仁油的皂化价为 190.34 mg/g，说明该油脂的平均分子量水平较小，可初步判断脂肪酸的不饱和程度较低。

不同压榨温度下部分理化指标的变化见表 3，随着压榨温度升高色泽略有加深，气味更加愉悦，过氧化值未被检测出且酸价随着压榨温度升高无显著性差异，说明随着压榨温度升高油脂未发生氧化分解，可初步判断油脂具有较高的氧化稳定性，有利于油脂的长期保存。

表 2 乌榄仁油的理化指标

Table 2 Physicochemical indexes of the kernel oil from *Canarium pimela* Leenh

理化指标	数值	GB 2716—2018 相关指标要求
色泽、滋味、气味	淡黄色至黄色，具有乌榄仁油固有的滋味和气味，无异味	具有产品应有的色泽，具有产品应有的滋味和气味，无焦臭、酸败及其他异味
水分及挥发物/%	0.03	—
折光指数/(mg/g)	1.4671	—
相对密度/(mg/g)	0.9083	—
酸价/(mg/g)	0.32	≤3
过氧化值/(g/100 g)	未检测出	≤0.5
碘值/(g/100 g)	89	—
皂化值/(mg/g)	190.34	—

表 3 不同压榨温度下部分理化指标的变化

Table 3 Changes of some physicochemical indexes at different pressing temperatures

理化指标	50 °C	80 °C	100 °C	120 °C
色泽、滋味、气味	随着压榨温度升高，色泽略有加深，气味更加愉悦			
过氧化值/(g/100 g)	均未检测出			
酸价/(mg/g)	0.07±0.01 ^a	0.06±0.01 ^a	0.05±0.02 ^a	0.05±0.01 ^a

注：不同字母表示存在差异显著性， $P < 0.05$ ，下文同。

2.3 乌榄仁油的脂肪酸组成分析

乌榄仁油的脂肪酸成分共有 10 种, 油酸含量最高, 亚油酸含量次之, 见表 4。不同温度处理下, 乌榄仁油的脂肪酸成分均不存在显著性差异($P > 0.05$), 而亚油酸含量随着压榨温度升高略有改变, 原因可能是由于亚油酸是多不饱和脂肪酸(polyunsaturated fatty acid, PUFA), 较不稳定。

脂肪酸组成以及饱和程度往往与油脂的质量好坏以及营养功能有密切的联系, 尤其是不饱和脂肪酸, 与人的健康息息相关, 如 n-3、n-6 脂肪酸对心血管疾病、哮喘、风湿性关节炎、骨质疏松症以及大多数癌症起着相当有利的作用^[17-20]。如表 5 所示, 乌榄仁油的饱和脂肪酸高于其他油脂, 油脂中饱和脂肪酸含量多则有利于油脂的稳定, 适量摄入饱和脂肪酸有利于人体健康, 但是过量摄入则会给人体带来疾病风险, 若作为食用油开发则需注意脂肪酸比例调整以满足人体在脂肪方面需求的营养平衡。与橄榄油、菜籽油、茶籽油相比, 乌榄仁油的多不饱和脂肪酸含量更高, 其脂肪酸主要成分与其他油脂的主要成分相似, 棕榈酸、硬脂酸略高于其他油脂, 油酸含量略低与其他油脂, 但其亚油酸含量高于部分花生油且比橄榄油、茶籽油的要

高。亚油酸是人体内不能合成的必需脂肪酸, 在预防心脑血管方面的疾病有积极作用, 被人们誉为“血管清道夫”^[21], 乌榄仁油的亚油酸含量略有优势。通过比较可知, 乌榄仁油脂肪酸成分好, 具有进一步研究和开发的前景。

3 结论与讨论

乌榄仁含油率高, 具有良好的感官特性, 是一种不干性油脂; 油脂的酸价、过氧化值(未测出)低, 可判断氧化稳定性较好; 其脂肪酸成分共有 10 种, 主要脂肪酸为棕榈酸、硬脂酸、油酸、亚油酸, 不饱和脂肪酸含量较高(63.47%~67.15%), 随着压榨温度提高, 除亚油酸含量略有变化外其他脂肪酸组成的含量无显著性差异。与常见的油脂主要脂肪酸成分进行比较, 各油脂的饱和脂肪酸与不饱和脂肪酸百分比略有差异, 乌榄仁油的饱和脂肪酸较高、多不饱和脂肪酸略高于部分油脂, 亚油酸含量略有优势, 说明乌榄仁油的脂肪酸成分较好, 可作为新油脂开发资源加以利用, 提高经济价值。下一步将研究乌榄仁油的总酚、总黄酮、生育酚、角鲨烯等活性伴随物以及挥发性成分, 探索其体外抗氧化活性以及氧化稳定性。

表 4 不同处理温度下乌榄仁油的脂肪酸组成变化
Table 4 Changes of fatty acid composition of the kernel oil from *Canarium pimela* at different treatment temperatures

脂肪酸组成	温度				
	50 °C	80 °C	100 °C	120 °C	平均值
棕榈酸(C16:0)	27.85±1.60 ^a	27.01±0.67 ^a	25.83±1.60 ^a	26.73±1.26 ^a	26.85±1.26
棕榈油酸(C16:1)	0.18±0.04 ^a	0.14±0.01 ^a	0.15±0.04 ^a	0.15±0.02 ^a	0.15±0.03
十七烷酸(C17:0)	0.07±0.01 ^a	0.06±0.01 ^a	0.05±0.02 ^a	0.05±0.01 ^a	0.06±0.01
硬脂酸(C18:0)	7.88±0.85 ^a	7.01±0.12 ^a	7.20±0.29 ^a	7.25±0.20 ^a	7.34±0.52
油酸(C18:1)	34.14±1.73 ^a	34.99±0.17 ^a	33.96±1.04 ^a	34.76±0.09 ^a	34.46±0.97
反-油酸(C18:1)	0.45±0.02 ^a	0.44±0.04 ^a	0.47±0.05 ^a	0.45±0.07 ^a	0.45±0.05
亚油酸(C18:2)	28.83±1.04 ^b	29.80±1.04 ^{ab}	31.78±2.45 ^a	30.01±0.21 ^{ab}	30.11±1.64
亚麻酸(C18:3)	0.16±0.02 ^a	0.14±0.01 ^a	0.15±0.03 ^a	0.15±0.03 ^a	0.15±0.02
花生酸(C20:0)	0.31±0.01 ^a	0.29±0.01 ^a	0.28±0.03 ^a	0.30±0.03 ^a	0.30±0.02
山嵛酸(C22:0)	0.15±0.01 ^a	0.14±0.01 ^a	0.12±0.05 ^a	0.15±0.02 ^a	0.14±0.03
饱和脂肪酸(total saturated fatty acid, SFA)	32.85~36.53				
不饱和脂肪酸	63.47~67.15				
多不饱和脂肪酸	28.47~31.75				
单不饱和脂肪酸(monounsaturated fatty acid, MUFA)	34.01~36.11				

注: 肩标的字母有不同者则表示存在差异显著性, $P < 0.05$ 。

表5 乌榄仁油与其他油脂的主要脂肪酸成分比较
Table 5 Comparison of main fatty acid composition between the kernel oil from *Canarium pimela* and other kernel oil

脂肪酸组成	油脂种类				
	相对百分含量/%				
	乌榄仁油	花生油	橄榄油	茶籽油	芝麻油
棕榈酸(C16:0)	25.59~28.11	8.0~14.0	7.5~20.0	3.9~14.5	7.9~12.0
硬脂酸(C18:0)	6.82~7.86	1.0~4.5	0.5~5.0	0.3~4.8	4.5~6.9
油酸(C18:1)	33.49~35.43	35.0~69.0	55.0~83.0	68.0~87.0	34.4~45.5
亚油酸(C18:2)	28.47~31.75	13.0~43.0	3.5~21.0	3.8~14.0	36.9~47.9
饱和脂肪酸	32.85~36.53	12.2~30.2	9.65~26.65	5~20.1	12.4~18.9
不饱和脂肪酸	63.47~67.15	69.8~87.8	73.35~90.35	79.9~95	81.1~87.6
多不饱和脂肪酸	28.47~31.75	13.0~43.0	3.6~21.1	5.2~15.4	36.9~47.9
单不饱和脂肪酸	34.01~36.11	36.6~71.6	56.2~87.4	68.7~87.7	34.4~45.5

注: 其他油脂的数据来源参考油脂相对应的国家标准。

参考文献

- [1] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志[M]. 北京: 科学出版社, 2004.
Flora of China Editorial Committee, Chinese academy of sciences. Flora of China [M]. Beijing: Science Press, 2004.
- [2] 覃振师, 何铎扬, 黄锡云, 等. 42份乌榄种质资源 SCoT 分子标记遗传多样性分析[J]. 经济林研究, 2017, 35(2): 90-94.
QIN ZS, HE XY, HUANG XY, *et al.* Analysis on genetic diversity of 42 *Canarium pimela* germplasm resources by using SCoT molecular markers [J]. Nonwood Forest Res, 2017, 35(2): 90-94.
- [3] 李欢欢, 赖俊芳, 吕镇城, 等. 软枝乌榄果实挥发性成分研究[J]. 热带农业科学, 2021, 41(2): 109-113.
LI HH, LAI JF, LV ZC, *et al.* Study on the volatile components from fruit of *Canarium pimela* with soft branches [J]. Chin J Tropical Agric, 2021, 41(2): 109-113.
- [4] 覃振师, 谭秋锦, 黄锡云, 等. 乌榄果实品质的相关性研究[J]. 中国南方果树, 2017, 46(2): 95-97.
QIN ZS, TAN QJ, HUANG XY, *et al.* Study on the correlation on fruit and quality of *Canarium pimela* [J]. South China Fruits, 2017, 46(2): 95-97.
- [5] LV ZC, KANG C, ZENG YW, *et al.* Nutritional composition of *Canarium pimela* L. kernels [J]. Food Chem, 2010, 125(2): 692-695.
- [6] 王瑞元. 2018 年我国油料油脂生产供应情况浅析[J]. 中国油脂, 2019, 44(6): 1-5.
WANG RY. A brief analysis of production and supply of China's oils and fats in 2018 [J]. China Oils Fats, 2019, 44(6): 1-5.
- [7] DENG J, LIU Q, ZHANG Q, *et al.* Comparative study on composition, physicochemical and antioxidant characteristics of different varieties of kiwifruit seed oil in China [J]. Food Chem, 2018, 264: 411-418.
- [8] ALRASHIDI M, DERAWI D, SALIMON J, *et al.* An investigation of physicochemical properties of *Nigella sativa* L. seed oil from Al-Qassim by different extraction methods [J]. J King Saud Univ-Sci, 2020, 32(8): 3337-3342.
- [9] DONG Z, XIUJUAN L, YANPING C, *et al.* Effect of roasting on the chemical components of peanut oil [J]. LWT, 2020, 125: 109249.
- [10] GONZÁLEZ-HEDSTRÖM D, GRANADO M, INAREJOS-GARCÍA AM. Protective effects of extra virgin olive oil against storage-induced omega 3 fatty acid oxidation of algae oil [J]. NFS J, 2020, 21: 9-15.
- [11] 邹燕娣, 包李林, 周青燕, 等. 两种色谱柱分离 37 种脂肪酸组分研究 [J]. 中国油脂, 2019, 44(10): 156-160.
ZOU YD, BAO LL, ZHOU QY, *et al.* Separation of 37 fatty acid components by two chromatographic columns [J]. China Oils Fats, 2019, 44(10): 156-160.
- [12] 陈小燕, 王友升, 李丽萍. 3 种色谱柱对 37 种脂肪酸的分离性能比较及鱼油脂肪酸检测[J]. 食品科学, 2011, 32(22): 156-162.
CHEN XY, WANG YS, LI LP. Comparison of three chromatographic columns in separation and analysis of 37 fatty acids in fish oil [J]. Food Sci, 2011, 32(22): 156-162.
- [13] 何浙华, 俞云林, 丁德根, 等. 山茶籽 3 种工艺制油酸价、过氧化值和苯并[a]芘的比较[J]. 浙江农业科学, 2018, 59(6): 1001-1006.
HE ZH, YU YL, DING DG, *et al.* Comparison of oleic acid value, peroxide value and benzo [a] pyrene in three processes of camellia sinensis seed production [J]. J Zhejiang Agric Sci, 2018, 59(6): 1001-1006.
- [14] MEHTA BM, DARJI VB, APARNATHI KD. Comparison of five analytical methods for the determination of peroxide value in oxidized ghee [J]. Food Chem, 2015, 185: 449-453.
- [15] 史传超, 解晓, 樊雨梅, 等. 驴脂组成成分及其油脂的品质指标分析 [J]. 中国油脂, 2020, 45(7): 130-136.
SHI CC, XIE X, FAN YM, *et al.* Components of donkey fat and quality

- index of donkey oil [J]. *China Oils Fats*, 2020, 45(7): 130–136.
- [16] 石太渊, 于森, 韩艳秋. 不同方法提取的花生油品质分析研究[J]. *食品工业*, 2017, 38(10): 158–161.
SHI TY, YU M, HAN YQ. Study on peanut oil quality analysis of extraction by different methods [J]. *Food Ind*, 2017, 38(10): 158–161.
- [17] KASEKE T, OPARA UL, FAWOLE OA. Fatty acid composition, bioactive phytochemicals, antioxidant properties and oxidative stability of edible fruit seed oil: Effect of preharvest and processing factors [J]. *Heliyon*, 2020, 6(9): e4962.
- [18] ZAHRA A, ASGHAR T, SIRUS H, *et al.* Unsaturated fatty acids as a co-therapeutic agents in cancer treatment [J]. *Mol Biol Reports*, 2021, 48(1): 1–8.
- [19] GARCIA-HERNANDEZ A, LEAL-ORTA E, RAMIREZ-RICARDO J, *et al.* Linoleic acid induces secretion of extracellular vesicles from MDA-MB-231 breast cancer cells that mediate cellular processes involved with angiogenesis in HUVECs [J]. *Prostag Other Lipid Med*, 2021, 153: 106519.
- [20] 李殿荣, 陈文杰, 于修焯, 等. 双低菜籽油的保健作用与高含油量优质油菜育种及高效益思考[J]. *中国油料作物学报*, 2016, 38(6): 850–854.
LI DR, CHEN WJ, YU XZ, *et al.* Effectiveness of health benefit of double-low rapeseed oil and its high oil content breeding [J]. *Chin J Oil Crop Sci*, 2016, 38(6): 850–854.
- [21] TU TH, KIM H, YANG S, *et al.* Linoleic acid rescues microglia inflammation triggered by saturated fatty acid [J]. *Biochem Biophys Res Commun*, 2019, 513(1): 201–206.

(责任编辑: 王 欣 郑 丽)

作者简介



黄炯丽, 硕士研究生, 主要研究方向为农副产品加工与利用。
E-mail: 1056642720@qq.com



李秋庭, 教授, 主要研究方向为农副产品加工与利用。
E-mail: 419676275@qq.com