

鹰嘴桃桃仁油的成分测定及其感官评价

丘苑新^{1,2}, 何 娣¹, 李存港¹, 袁海儒¹, 马路凯^{1,2*}

(1. 仲恺农业工程学院轻工食品学院, 广州 510000; 2. 仲恺农业工程学院现代农业工程创新研究院, 广州 510225)

摘要: **目的** 探索桃仁油的成分含量并对其感官品质进行评价。**方法** 采用亚临界丁烷法对桃仁中的油脂进行提取, 并对其脂肪酸组成及其他活性成分进行探究, 最后还对鹰嘴桃桃仁油的感官进行评价。**结果** 测得桃仁中油脂含量为(30.98%±1.05%), 桃仁油不饱和脂肪酸的含量高达 93.71%, 主要是油酸(76.62%±0.09%)和亚油酸(16.99%±1.47%); 桃仁油中的主要脂溶性物质为生育酚、角鲨烯和 β -谷甾醇, 含量分别为(176.00±0.36) $\mu\text{g/g}$ 、(6.88±0.32) $\mu\text{g/g}$ 、(2.74±0.04) $\mu\text{g/g}$ 。感官评价结果表明, 鹰嘴桃桃仁油黏稠度好, 质地均匀, 色泽金黄, 具有特殊桃仁香气。**结论** 鹰嘴桃桃仁油提取率高, 营养物质丰富, 可用于药用或食用, 具有一定的保健功效, 且其感官品质好, 可作为一种潜在的油料资源。

关键词: 桃仁油; 亚临界丁烷法; 不饱和脂肪酸; 营养

Component determination and sensory evaluation of olecranon peach kernel oil

QIU Yuan-Xin^{1,2}, HE Di¹, LI Cun-Gang¹, YUAN Hai-Ru¹, MA Lu-Kai^{1,2*}

(1. College of Light Industry and Food Sciences, Zhongkai University of Agriculture and Engineering, Guangzhou 510000, China; 2. Academy of Contemporary Agricultural Engineering Innovations, Guangzhou 510225, China)

ABSTRACT: Objective To explore the component content of peach kernel oil and evaluate its sensory quality. **Methods** The subcritical butane method was used to extract the oil from peach kernels, and the fatty acid composition, main nutrients and other active ingredients were explored. Finally, the sensory evaluation of the olecranon peach kernel oil was carried out. **Results** The fat content in peach kernels was (30.98%±1.05%), and the content of unsaturated fatty acids in peach kernel oil was as high as 93.71%, mainly oleic acid (76.62%±0.09%) and linoleic acid (16.99%±1.47%). The main fat-soluble substances were tocopherol, squalene and β -sitosterol, the content of which was (176.00±0.36) $\mu\text{g/g}$, (6.88±0.32) $\mu\text{g/g}$ and (2.74±0.04) $\mu\text{g/g}$, respectively. The sensory evaluation results showed that the olecranon peach kernel oil had good viscosity, uniform texture, golden color and special peach kernel aroma. **Conclusion** Olecranon peach kernel oil has a high extraction rate and rich nutrients. It can be used for medicinal or edible purposes and has a certain health effect and good sensory quality, which can be used as a potential oil resource.

KEY WORDS: peach kernel oil; subcritical butane method; unsaturated fatty acid; nutrition

基金项目: 国家自然科学基金项目(32001622、31771895)、广东省重点研发项目(2019B020212002)、广东省区域联合基金青年基金项目(2019A1515110823)

Fund: Supported by the National Natural Science Fund of China (32001622, 31771895), the Key Research and Development Project of Guangdong Province (2019B020212002), and the Fundamental and Applied Basic Research Fund for Young Scholars of Guangdong Province (2019A1515110823)

*通信作者: 马路凯, 博士, 副教授, 主要研究方向为油脂安全与营养。E-mail: m1991lk@163.com

*Corresponding author: MA Lu-Kai, Ph.D, Associate Professor, Zhongkai Institute of Agricultural Engineering, Guangzhou 510225, China. E-mail: m1991lk@163.com

0 引言

广东省连平县鹰嘴桃作为“岭南十大佳果”,凭借其鲜甜爽脆,色泽鲜红,有蜜味的良好品质享誉全国,连平县也因此成为“中国鹰嘴桃之乡”,现全县种植面积达10万亩^[1]。随着种植面积的扩大,消费的增长,为了加大鹰嘴桃的开发力度,提高桃农的收益,鹰嘴桃副产物利用研究越来越受到科研人员的重视。桃仁作为采后处理加工环节的主要副产物,具有润肠通便、止咳平喘、活血祛瘀的功效^[2],科研人员在此方面的关注越来越多。

桃仁中含有脂肪酸、植物蛋白、维生素、矿物质等多种营养物质。李述刚等^[3]分析了3种新疆扁桃仁中的蛋白质与脂类营养特性,发现扁桃仁中粗蛋白含量较高且氨基酸组成全面,粗脂肪含量丰富,最高的可达53.76%,提示桃仁油脂含量高,可作为一种潜在的油料资源。

经查相关文献发现,对鹰嘴桃桃仁油的研究鲜有报道,使得鹰嘴桃的资源未得到充分的利用。由于亚临界丁烷法绿色环保,活性物质保持得好,油脂提取率较高^[4],与传统的超临界技术相比,具有能耗低、降低生产成本等优势,可以用于大规模的工业化生产。通常亚临界萃取的温度较低,在30~50℃之间,物料中的热敏性成分受到较好的保护,故亚临界流体萃取与分离技术在中低温萃取条件下应用前景广阔,但其研究相对较少。所以本研究以鹰嘴桃桃仁为研究对象,采取亚临界丁烷法萃取桃仁油,探究其中脂肪酸组成和含量、有益成分以及对鹰嘴桃桃仁油进行感官评价,以期对鹰嘴桃桃仁加工应用提供参考,进一步实现鹰嘴桃副产物开发利用。

1 材料与方法

1.1 仪器与试剂

CBE-10L 亚临界萃取实验室成套设备(河南省亚临界生物技术有限公司); YB-700A 高速多功能粉碎机(永康市铂欧五金制品有限公司); 7820A 气相色谱、SHZ-D III 循环水式多用真空泵、RV10 数显型立式旋转蒸发器(河南省予华仪器有限公司); RF-20A 高效液相色谱仪(日本岛津有限公司)。

无水乙醇(分析纯,天津市大茂化学试剂厂); 丁烷(分析纯,广州耀升气体有限公司)。

新鲜鹰嘴桃桃核,取自河源市连平县。

1.2 实验方法

1.2.1 鹰嘴桃桃仁油的制备

用高速多功能粉碎机将鹰嘴桃桃仁粉碎后称取600 g 放入萃取罐,并将进料器的盖子盖上旋紧,启动真空泵将萃取釜和分离釜内的绝大部分空气抽出,使萃取釜内的压力降至小于-0.05 MPa。通过压力差将一定量的

液化丁烷抽进量筒内再放入萃取釜,并控制料液比为1:4(g/mL),在40℃下萃取50 min,通过调节热水的温度来控制萃取罐内的萃取温度。萃取完成后,打开萃取罐底放混合油阀把混合油放入分离罐内,通过蒸发分离系统蒸发萃取液中的溶剂以获得桃仁油,压缩和液化丁烷,返回到溶剂罐中再循环,直至分离釜内的压力降至0.05 MPa时停止压缩。压缩完成后破真空,打开放油阀以获得桃仁油。用真空抽滤机除去桃仁油中的杂质沉淀物,参考黄诚等^[5]工艺方案,去除苦杏仁苷,得到精制桃仁油。桃仁油提取率计算公式如下:

$$R = \frac{m_1}{m_2} \times 100\%$$

式中: R 为桃仁油的提取率,%; m_1 为桃仁毛油的质量, g; m_2 为桃仁粉的质量, g。

1.2.2 鹰嘴桃桃仁油脂脂肪酸组成成分分析

鹰嘴桃中脂肪酸的测定参考 GB 5009.168—2016《食品安全国家标准 食品中脂肪酸的测定》^[6]第二法 外标法进行测定。

色谱参考条件: 色谱柱为毛细管色谱柱(聚二氰丙基硅氧烷强极性固定相, 100 m×0.25 mm, 0.2 μm)进样器温度: 270℃; 检测器温度: 280℃; 使用程序升温: 初始温度100℃, 持续13 min; 升温速率10℃/min至180℃, 保留6 min; 升温速率1℃/min至200℃, 保留20 min; 升温速率4℃/min至230℃, 保留10.5 min, 3 min 检测结束; 载气: 氦气; 分流比: 100:1; 进样体积: 1.0 μL。

1.2.3 鹰嘴桃桃仁油生育酚含量测定

鹰嘴桃中生育酚的测定参考 GB 5009.82—2016《食品安全国家标准 食品中维生素 A、D、E 的测定》^[7]第一法进行测定。

1.2.4 鹰嘴桃桃仁油角鲨烯含量测定

鹰嘴桃桃仁油中角鲨烯含量测定参考刘祎帆等^[8]的方法并加以修改,称取油样约0.1 g,用正己烷稀释10倍后,过0.22 μm的有机滤膜,用气相色谱检测。

气相色谱条件: Agilent 125-503K 色谱柱(30 m×530 μm, 0.25 μm); 升温程序为50℃保持1 min,以10℃/min升温至300℃,保持10 min; 氢焰离子化检测器(hydrogen flame ionization detector, FID)温度230℃; 进样口温度230℃; 进样量1 μL,不分流进样; 载气为氦气,流速30 mL/min。

1.2.5 鹰嘴桃桃仁油β-谷甾醇含量测定

鹰嘴桃桃仁油中β-谷甾醇含量测定参考商云帅等^[9]的方法并加以修改,用90%的乙醇提取,料液比1:10(g/mL),35℃水浴超声50 min,提取1次后测定。

色谱参考条件: 色谱柱(C₁₈, 4.6 mm×250 mm, 5 μm), 检测波长208 nm, 流动相为100%甲醇, 流速为1.2 mL/min, 进样量10 μL, 柱温30℃。

1.2.6 鹰嘴桃桃仁油的感官评价

参考 GB 15196—2015《食品安全国家标准 食用油脂制品》^[10]的评价标准加以改进(具体见表 1), 选 10 名专业的感官评价员组成评价小组, 品评时采取随机的方式, 分别对鹰嘴桃桃仁油、花生油、大豆油的色泽、滋味、气味、黏稠度、通透度进行综合评价, 结果取几何平均值。

表 1 感官评价标准
Table 1 Sensory evaluation criteria

感官指标	感官评价	感官评分
色泽	金黄、有明显光泽	10
	黄色、有光泽	8~9
	淡黄、光泽不明显	5~7
气味	浅黄、无光泽	<5
	香气良好, 气味浓郁	10
	香气较少, 但无异味	8~9
滋味	香气不足, 有酸味	5~7
	香气不足, 有不愉悦气味	<5
	有特殊香味	10
黏稠度	特殊香味较淡	8~9
	无特殊香味	5~7
	有异味, 苦味	<5
通透度	质地黏稠	10
	黏稠度适中	8~9
	黏稠度较差	5~7
通透度	黏稠度极差	<5
	透明清亮, 无可见杂物	10
	透明清亮, 有微量杂物	8~9
通透度	透明, 有少量杂物	5~7
	半透明, 略微浑浊	<5

2 结果与分析

2.1 鹰嘴桃桃仁油提取率

本研究所采取的萃取方法为亚临界丁烷法, 鹰嘴桃桃仁油提取率为(30.98%±1.05%)。

2.2 鹰嘴桃桃仁油脂肪酸组成及相对含量

由表 2 可知, 鹰嘴桃桃仁油中 5 种主要脂肪酸为棕榈酸、硬脂酸、油酸、亚油酸和亚麻酸, 饱和脂肪酸相对含量高达 93.71%, 以油酸和亚油酸为主, 单不饱和脂肪酸(油酸)含量(76.62%±0.09%), 可与国际上公认的富含油酸的油脂如茶油^[11]、橄榄油^[12]相媲美。与裴瑾等^[13]对桃仁采用气相色谱-质谱法(gas chromatography-mass spectrometry,

GC-MS)分析的结果一致。作为单不饱和脂肪酸, 油酸对人体内低密度脂蛋白升高有抑制作用, 对高密度脂蛋白影响不大, 对人体健康有益^[14]; 此外, 油酸具有较好的氧化稳定性, 在热加工和贮藏过程不易氧化。鹰嘴桃桃仁油中油酸含量高达(76.62%±0.09%), 表明其可能具有较好的氧化稳定性。此外, 桃仁油中还含有亚油酸(16.99%±1.47%), 有研究发现亚油酸能够使人体血液中的胆固醇含量降低, 防止动脉粥样硬化, 降低心血管疾病的发病率^[15]。鹰嘴桃桃仁油中的饱和脂肪酸组成主要为棕榈酸和硬脂酸, 相对含量为 6.29%, 可能作为一种潜在低饱和度的油脂资源。

表 2 桃仁油脂肪酸组成及相对含量
Table 2 Fatty acid composition and relative content of peach kernel oil

脂肪酸	相对含量/%
棕榈酸(C16:0)	4.74±0.30
硬脂酸(C18:0)	1.55±0.07
油酸(C18:1)	76.62±0.09
亚油酸(C18:2)	16.99±1.47
亚麻酸(C18:3)	0.10±0.39

2.3 鹰嘴桃桃仁油中生育酚、角鲨烯和 β -谷甾醇的含量

由表 3 可知, 鹰嘴桃桃仁油中富含生育酚, 总量为(176.00±0.36) $\mu\text{g/g}$, 且种类齐全, 以 α -生育酚和 γ -生育酚为主, 其中 α -生育酚是人体内含量最高、活性最强的生育酚形式^[16], 植物油脂是获得生育酚最主要的途径^[17]。生育酚可以降低自由基对人体造成的伤害, 具有延缓衰老、抑制癌症、抗肿瘤和降低心血管疾病的发病率等功能^[18-19], 桃仁油中含有一定量的生育酚, 表明其抗氧化性较好, 氧化稳定性高。

鹰嘴桃桃仁油中角鲨烯含量略高于油菜籽油与芝麻油^[20]。角鲨烯膳食摄入吸收率高(60%~85%), 部分角鲨烯进入人体后, 在肝脏中经过脱甲基和化学键重排后形成胆固醇, 因此其可以调节胆固醇代谢。角鲨烯具有抗氧化、抗肿瘤活性, 对心血管健康有益, 可以降低有毒物质的毒害作用, 还具有护肤的功效^[21]。另外, 角鲨烯对不同动物肝转录组都具有积极的影响^[22]。桃仁油中含有一定量的角鲨烯, 表明其可作为一种具有较高营养价值的油脂资源或工业原料。

β -谷甾醇属于植物甾醇, 具有多种功能基因, 具有抗炎、调节免疫、清除自由基等功效^[23], 与人体健康息息相关, 但是却又无法在体内合成, 只能通过体外饮食进行补充^[24], 因此鹰嘴桃桃仁油可作为一种含有 β -谷甾醇的油料资源。

表3 桃仁油生、角鲨烯和 β -谷甾醇育酚检测结果
Table 3 Composition and content of tocopherol in peach kernel oil

生育酚	含量/($\mu\text{g/g}$)
α -生育酚	122.00 \pm 0.32
β -生育酚	1.20 \pm 0.10
γ -生育酚	54.20 \pm 0.25
δ -生育酚	1.20 \pm 0.00
总生育酚	176.00 \pm 0.36
角鲨烯	6.88 \pm 0.32
β -谷甾醇	2.74 \pm 0.04

2.4 鹰嘴桃桃仁油感官评价

感官品质是评价油脂品质的重要指标之一, 选取2种常见市售油脂—花生油、大豆油为对照, 结果如图1所示。

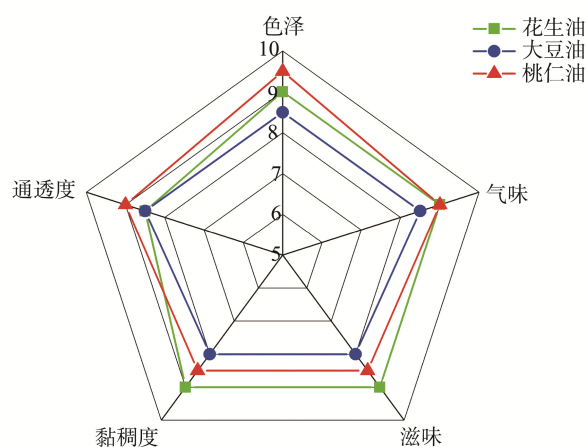


图1 鹰嘴桃桃仁油感官评价图

Fig.1 Sensory evaluation chart of chickpea kernel oil

由图1可知, 以亚临界丁烷法制备的鹰嘴桃桃仁油在色泽、风味、滋味、黏稠度和通透度5个感官评价指标上, 与常用的花生油差异不大, 风味与花生油相似, 色泽及通透性稍优于花生油; 在所选择的5种评价指标中, 制备得到的桃仁油都优于大豆油。表明桃仁油不仅具有较好的感官品质, 还具有较好的理化性质, 可以作为一种潜在的优质油脂资源, 还可以用于饲料、工业等方面。

3 结论与讨论

本研究采用亚临界丁烷法提取鹰嘴桃桃仁油, 提取率为(30.98% \pm 1.05%), 其不饱和脂肪酸为93.71%, 主要为油酸(76.62% \pm 0.09%)和亚油酸(16.99% \pm 1.47%), 饱和脂肪酸含量低(6.29%)。鹰嘴桃桃仁油中富含生育酚, 总含量为(176.00 \pm 0.36) $\mu\text{g/g}$, 同时还含有一定量的角鲨烯(6.88 \pm

0.32) $\mu\text{g/g}$ 和 β -谷甾醇(2.74 \pm 0.04) $\mu\text{g/g}$ 。本研究所提取的鹰嘴桃桃仁油色泽金黄, 澄清透亮, 质地粘稠, 具有特殊的桃仁香气。综上所述, 鹰嘴桃桃仁油可作为一种营养价值高、感官品质好的潜在油脂资源和工业原料。本研究不仅提示鹰嘴桃桃仁在食品和医药领域具有较好的研究潜力, 也为鹰嘴蜜桃及其他水果的副产物综合利用提供了新思路。

参考文献

- [1] 廖永林, 李传瑛, 黄少华, 等. 鹰嘴蜜桃病虫害调查与防控策略[J]. 环境昆虫学报, 2020, 42(4): 1005-1009.
LIAO YL, LI CY, HUANG SH, *et al.* Investigation and prevention and control strategies of pests and diseases of hawthorn nectarine [J]. Chin J Environ Entomol, 2020, 42(4): 1005-1009.
- [2] 覃俏峰. 桃仁功效的古今文献研究[J]. 中国药业, 2014, 23(16): 100-102.
TAN NF. Ancient and modern literature research on the efficacy of peach kernel [J]. China Pharm, 2014, 23(16): 100-102.
- [3] 李述刚, 陆健康, 王萍, 等. 新疆南疆扁桃仁中蛋白质与脂类营养分析[J]. 中国油脂, 2015, 40(2): 30-32.
LI SG, LU JK, WANG P, *et al.* Nutritional analysis of protein and lipid in almond kernel of southern Xinjiang [J]. China Oils Fats, 2015, 40(2): 30-32.
- [4] 丘苑新, 邓淋萍, 蔡小媛, 等. 一种从柚子中提取柚皮精油和柚籽油以及类柠檬苦素的方法: 中国, CN108587791A [P]. 2018-09-28.
QIU YX, DENG LP, CAI XY, *et al.* Method for extracting pomelo peel essential oil, pomelo seed oil and limonoid from grapefruit: China, CN108587791A [P]. 2018-09-28.
- [5] 黄诚, 尹红. 超声辅助提取山桃仁中苦杏仁苷的工艺优化[J]. 现代农业科技, 2020, (7): 228-231.
HUANG C, YIN H. Optimization of ultrasonic assisted extraction of amygdalin from walnut kernel [J]. Mod Agric Sci Technol, 2020, (7): 228-231.
- [6] GB 5009.168—2016 食品安全国家标准 食品中脂肪酸的测定[S].
GB 5009.168—2016 National food safety standard-Determination of fatty acids in food [S].
- [7] GB 5009.82—2016 食品安全国家标准 食品中维生素A、D、E的测定[S].
GB 5009.82—2016 National food safety standard-Determination of vitamin A, D, E in food [S].
- [8] 刘祎帆, 刘芯如, 黄妙如, 等. 金柚柚子籽油的制备及理化性质研究[J]. 中国油脂, 2020, 45(4): 14-17.
LIU HF, LIU XR, HANG MR, *et al.* Preparation and physicochemical properties of pomelo seed oil [J]. China Oils Fats, 2020, 45(4): 14-17.
- [9] 商云帅, 冯梅, 王东, 等. HPLC法测定薏米中两种植物甾醇[J]. 保鲜与加工, 2020, 20(4): 197-201.
SHANG YS, FENG M, WANG D, *et al.* Determination of two phytosterols in semen coicis by HPLC [J]. Stor Proc, 20, 20(4): 197-201.
- [10] GB 15196—2015 食品安全国家标准 中食用油脂制品[S].
GB 15196—2015 National food safety standard-Chinese edible oil products [S].
- [11] 刘晓慧, 彭云, 何鲁南, 等. 云南普洱茶叶籽毛油和成品油品质比较

- [J]. 食品工业, 2019, 40(10): 209–212.
LIU XH, PENG Y, HE LN, *et al.* Quality comparison of Yunnan Pu'er tea seed crude oil and refined oil [J]. Food Ind, 2019, 40(10): 209–212.
- [12] 陈志林, 徐丽梅. 普洱茶籽油加工关键技术[J]. 蚕桑茶叶通讯, 2018, (1): 34–35.
CHEN ZL, XU LM. The key technology of Pu'er tea seed oil processing [J]. News Sericul Tea, 2018, (1): 34–35.
- [13] 裴瑾, 颜永刚, 万德光, 等. 桃仁脂肪酸 GC-MS 指纹图谱研究[J]. 中国中药杂志, 2009, 34(18): 2360–2363.
PEI J, YAN YG, WAN DG, *et al.* GC-MS fingerprint of peach kernel fatty acid [J]. Chin J Chin Mater Med, 2009, 34(18): 2360–2363.
- [14] 李铎. 脂肪酸和脂质与人体健康[J]. 国际学术动态, 2007, (5): 12–13.
LI D. Fatty acids and lipids and human health [J]. Int Acad Dyna, 2007, (5): 12–13.
- [15] 仲雪娜, 任小娜, 曾俊, 等. 新疆不同品种核桃及其油脂品质对比分析[J]. 中国油脂, 2018, 43(12): 130–133.
ZHONG XN, REN XN, ZENG J, *et al.* Comparative Analysis on quality of walnut and its oils of different varieties in Xinjiang [J]. China Oils Fats, 2008, 43(12): 130–133.
- [16] 吴轲, 姜泽如, 蔡美琴. 生命早期 α -生育酚水平和功能研究进展[J]. 营养学报, 2020, 42(2): 193–197.
WU K, LU ZR, CAI MQ. Research progress on the level and function of α -tocopherol in early life [J]. Acta Nutr Sin, 2020, 42(2): 193–197.
- [17] 梁慧珍, 许兰杰, 董薇, 等. 大豆 γ -生育酚的混合遗传分析与 QTL 定位[J]. 中国农业科学, 2020, 53(11): 2149–2160.
LIANG HZ, XU LJ, DONG W, *et al.* Mixed genetic analysis and QTL mapping of soybean γ -tocopherol [J]. Sci Agric Sin, 2020, 53(11): 2149–2160.
- [18] 高静. 天然抗氧化剂及其协同作用[J]. 食品安全质量检测学报, 2020, 11(6): 1859–1864.
GAO J. Natural antioxidants and their synergistic effects [J]. J Food Saf Qual, 2020, 11(6): 1859–1864.
- [19] 莫日根, 辛慧, 张晓东, 等. 超高效液相色谱-串联质谱法测定蛋白胨中 6 种脂溶性维生素[J]. 食品安全质量检测学报, 2020, 11(20): 7436–7441.
MO RG, XIN H, ZHANG XD, *et al.* Determination of 6 fat-soluble vitamins in peptone by ULTRA-high performance liquid chromatography with tandem mass spectrometry [J]. J Food Saf Qual, 2020, 11(20): 7436–7441.
- [20] 吕春玲, 陈小媚, 王秀媛, 等. 气相色谱质谱联用法测定植物油料中角鲨烯的含量及方法比较[J/OL]. [2020-07-27]. 食品工业科技: 1-8. <https://kns.cnki.net/kcms/detail/detail.aspx?dbcode=CAPJ&dbname=CAPJLAST&filename=SPKJ20200723009&v=7DXe8UTgAmwc%25mmd2Fmuj>
- LU CL, CHEN XM, WANG XP, *et al.* Determination of squalene in vegetable oils by gas chromatography and mass spectrometry and comparison of methods [J/OL]. [2020-07-27]. Science and Technology of Food Industry :1-8. <https://kns.cnki.net/kcms/detail/detail.aspx?dbcode=CAPJ&dbname=CAPJLAST&filename=SPKJ20200723009&v=7DXe8UTgAmwc%25mmd2Fmuj>
- [21] 李颂, 刘洋, 王春玲. 角鲨烯的健康功效及应用[J]. 食品研究与开发, 2016, 37(14): 206–209.
LI S, LIU Y, WANG CL. Health effects and applications of squalene [J]. Food Res Dev, 2016, 37(14): 206–209.
- [22] GABÁSRIVERA C, JURADORUIZ E, SÁNCHEZORTIZ A, *et al.* Dietary squalene induces cytochromes Cyp2b10 and Cyp2c55 independently of sex, dose and diet in several mouse models [J]. Mol Nutr Food Res, 2020, 2000354. doi:10.1002/mnfr.202000354.
- [23] 郭咪咪, 王瑛瑶, 栾霞, 等. 植物甾醇的提取、生理功能及在食品中的应用综述[J]. 食品安全质量检测学报, 2014, 5(9): 2771–2775.
GUO MM, WANG YY, LUAN X, *et al.* Review of the extraction, physiological function and application in food of phytosterol [J]. J Food Saf Qual, 2014, 5(9): 2771–2775.
- [24] 林宏琳. HPLC 法测定植物甾醇软胶囊中植物甾醇的含量[J]. 营养学报, 2018, 40(4): 398–402.
LIN HL. Determination of phytosterol in soft capsule by HPLC [J]. Acta Nutr Sin, 2008, 40(4): 398–402.

(责任编辑: 于梦娇)

作者简介



丘苑新, 博士, 副教授, 主要研究方向为天然产物化学。
E-mail: 65518987@qq.com



马路凯, 博士, 副教授, 主要研究方向为油脂安全与营养。
E-mail: m19911k@163.com