

# 杨梅核仁油的提取、营养价值及其加工副产物利用进展

杨云云<sup>1</sup>, 谢 丹<sup>1</sup>, 罗静茹<sup>1</sup>, 朱西平<sup>1</sup>, 韩 露<sup>2</sup>, 谢亮亮<sup>1</sup>, 郑立友<sup>1</sup>, 王小贵<sup>3</sup>

(1. 安徽工程大学 生物与食品工程学院, 安徽 芜湖 241000; 2. 台州科技职业学院 农业与生物工程学院, 浙江 台州 318000; 3. 浙江夏至梅生物科技有限公司, 浙江 台州 317312)

**摘要:**旨在为杨梅核仁的深加工与高效利用提供参考, 综述了近几年国内外有关杨梅核仁油的提取方法、营养成分、健康效用及其加工副产物综合利用的研究进展, 并展望了杨梅核仁油的应用前景。杨梅核仁油的提取方法包括有机溶剂萃取法、超临界 CO<sub>2</sub> 萃取法、水酶法以及超声波/微波辅助提取法; 杨梅核仁油营养价值较高, 富含不饱和脂肪酸和维生素 E、磷脂以及酚类等生物活性物质, 具有抗氧化活性和降血脂的功效; 杨梅核仁脱脂粕可以提取植物蛋白、苦杏仁苷以及酚类物质等有益成分。未来杨梅核仁油可以在食品、保健品以及化妆品中广泛应用。

**关键词:**杨梅核仁油; 提取工艺; 营养成分; 降血脂

中图分类号: TS225.1; TS224 文献标识码: A 文章编号: 1003-7969(2025)02-0029-05

## Progress in extraction, nutritional value and processing by-products utilization of bayberry kernel oil

YANG Yunyun<sup>1</sup>, XIE Dan<sup>1</sup>, LUO Jingru<sup>1</sup>, ZHU Xiping<sup>1</sup>, HAN Lu<sup>2</sup>,  
XIE Liangliang<sup>1</sup>, ZHENG Liyou<sup>1</sup>, WANG Xiaogui<sup>3</sup>

(1. College of Biological and Food Engineering, Anhui Polytechnic University, Wuhu 241000, Anhui, China; 2. College of Agricultural and Bioengineering, Taizhou Vocational College of Science and Technology, Taizhou 318000, Zhejiang, China; 3. Zhejiang Xia Zhimei Biotechnology Co., Ltd., Taizhou 317312, Zhejiang, China)

**Abstract:** In order to provide reference for the deep processing and efficient utilization of bayberry kernel, the extraction methods, nutritional components, health utility and comprehensive utilization of processing by-products of bayberry kernel oil at home and abroad in recent years were reviewed, and the application of bayberry kernel oil were prospected. There are many methods for the extraction of bayberry kernel oil such as organic solvent extraction, supercritical CO<sub>2</sub> extraction, aqueous enzymatic extraction and ultrasonic/microwave-assisted extraction. Bayberry kernel oil has high nutritional value, rich in unsaturated fatty acids and bioactive substances such as vitamin E, phospholipids and phenols, and has antioxidant activity and hypolipidemic effects. The defatted kernel meal of bayberry can be used to extract beneficial components, such as plant protein, amygdalin and phenols. In the future, bayberry kernel oil can be widely used in food, health products and cosmetics.

**Key words:** bayberry kernel oil; extraction process; nutritional composition; hypolipidemic

收稿日期: 2023-08-26; 修回日期: 2024-09-24

基金项目: 国家自然科学基金(32102046); 海南省食品营养与功能食品重点实验室开放课题(KF2022010)

作者简介: 杨云云(2000), 女, 在读硕士, 研究方向为粮食、油脂及植物蛋白工程(E-mail)15855164767@163.com。

通信作者: 谢 丹, 副教授, 博士(E-mail)xdwawj@163.com。

杨梅是我国南方地区主要水果之一, 有荸荠种、东魁、早茅蜜梅、晚稻杨梅、细蒂杨梅等品种, 常见的品种是东魁和荸荠种。杨梅果实成熟后呈紫红色, 味酸甜, 富含维生素、花青素、黄酮类等营养物质<sup>[1]</sup>, 常以新鲜食用为主。杨梅果实的结构复杂, 外果皮突起的囊状肉柱即为杨梅的主要可食部分, 其内部含有多汁的果肉, 果肉可以被加工成果汁、果

酱、果酒、蜜饯等<sup>[2]</sup>;杨梅核质量占杨梅果实质量的10%左右<sup>[3]</sup>,其内部没有胚乳,只含有子叶。杨梅核仁质量占杨梅核质量的11.40%~17.86%,其含油率在40%以上<sup>[4]</sup>。

随着人们对健康饮食关注度的不断提高,杨梅核仁油的营养价值及其加工利用逐渐成为研究热点,有关杨梅核仁油的提取工艺、营养成分、加工利用技术等方面的研究正在逐步展开<sup>[4-7]</sup>。本文着重对杨梅核仁油的提取方法、营养价值及其副产物加工利用现状进行概述,以期为杨梅核仁油深加工与高效利用提供参考。

## 1 杨梅核仁油的提取方法

### 1.1 有机溶剂萃取法

有机溶剂萃取法是提取杨梅核仁油最常用的方法。溶剂萃取前,需先对杨梅核仁进行清洗、烘干、焙烤、研磨等加工预处理,再用正己烷、石油醚、乙醇等萃取剂对预处理后的杨梅核仁粉进行浸提,然后通过蒸发或蒸馏分离萃取剂,得到杨梅核仁油<sup>[8]</sup>。溶剂萃取法操作简单、提油率高,是目前应用广泛的一种传统制油技术<sup>[9]</sup>。

索氏抽提法就是一种典型的有机溶剂萃取法,具有能耗低、操作简便、造价低等优点,常用于实验室测定杨梅核仁的脂肪含量,但其耗时较长。Xia等<sup>[10]</sup>以乙醚为萃取剂采用索氏抽提法从杨梅核仁中提取了杨梅核仁油。陈建初等<sup>[3]</sup>以乙醚为萃取剂采用索氏抽提法提取杨梅核仁油,油脂得率为67%。Zhang等<sup>[11]</sup>以乙醚为萃取剂采用索氏抽提法提取杨梅核仁油,油脂得率为63.0%。张小东<sup>[5]</sup>、徐敏<sup>[6]</sup>等以石油醚为萃取剂采用索氏抽提法提取杨梅核仁油,油脂得率分别为38.38%和21.54%。现有文献所报道的索氏抽提法提取的杨梅核仁油得率差异较大,这可能与杨梅品种、生境、果实成熟度、萃取剂、原料预处理方法等因素有关。在工业化提油工艺中,正己烷因具有脂肪溶解性好、沸点(63~69℃)低、蒸发潜热(330 kJ/kg)低、分离回收简单<sup>[12]</sup>等优点,常作为首选油脂萃取溶剂。李罗明等<sup>[13]</sup>用正己烷浸提杨梅核仁油,在浸提温度48.5℃、料液比1:7.5的条件下浸提140 min,油脂得率为62.52%。

溶剂萃取法需要将残留在提取物中的溶剂去除。浸提过程中,要精确把控浸提温度和浸提时间,以免影响提取效果;精制过程中,要注意去除溶剂和杂质,以保证产品的质量<sup>[14]</sup>。

### 1.2 超临界CO<sub>2</sub>萃取法

超临界CO<sub>2</sub>萃取技术是利用超临界CO<sub>2</sub>流体在临界点溶解能力的变化来分离溶质和溶剂,从而有

效萃取油脂的一种方法,已被广泛应用于葡萄籽油<sup>[15]</sup>、山茶油<sup>[16]</sup>、桑葚籽油<sup>[17]</sup>等各种植物油的提取。超临界CO<sub>2</sub>萃取技术在杨梅核仁油的提取中也有应用。董迪迪等<sup>[18]</sup>采用超临界CO<sub>2</sub>提取杨梅核仁油,在最佳提取工艺条件下杨梅核仁油的萃取率高达89.73%。夏其乐等<sup>[19]</sup>采用超临界CO<sub>2</sub>提取杨梅核仁油,在温度45℃、压力35 MPa的条件下静态萃取60 min,再以4 L/min的CO<sub>2</sub>流速继续动态萃取50 min,杨梅核仁油的得率高达41.7%。

超临界CO<sub>2</sub>萃取法是一种高效提取非极性成分的方法,提取工艺简单、快速、稳定,但超临界萃取所用设备复杂且投资高、能耗大,因此超临界CO<sub>2</sub>萃取法通常用于对油脂质量要求较高的产品<sup>[20]</sup>。

### 1.3 水酶法

水酶法是利用蛋白酶、淀粉酶、纤维素酶等酶制剂破坏植物细胞壁,以此释放植物油脂,达到高效提取油脂的目的。水酶法提取油脂的同时还能获得优质的植物蛋白<sup>[21]</sup>。黄亚芳等<sup>[22]</sup>以纤维素酶为酶制剂,采用正交试验优化杨梅核仁油水酶法提取工艺,在料液比1:4、纤维素酶添加量2%、酶解温度50℃、pH 4.8、酶解时间150 min的条件下,杨梅核仁油的提取率为50.67%。Zhang等<sup>[11]</sup>采用响应面法对纤维素酶和中性蛋白酶(质量比1:2)复合酶添加量、提取温度、提取时间、料液比4个工艺参数进行优化。结果表明,在复合酶添加量3.17%、提取温度51.6℃、料液比1:4.91的条件下持续提取240 min,所得杨梅核仁油得率为31.15%。林弈琪等<sup>[23]</sup>采用酸性蛋白酶酶解法提取杨梅核仁油,在最佳工艺条件下杨梅核仁油得率为19.0%。陈潇逸等<sup>[24]</sup>采用微波预处理结合水酶法提取杨梅核仁油,最终确定在pH 6.5、复合酶(纤维素酶+蛋白酶,质量比1:1)添加量3.5%、料液比1:3、温度50℃下酶解90 min,此时杨梅核仁油提取率高达53.79%。水酶法是一种绿色、环保、可持续的油脂萃取技术,符合未来“绿色化学”和“绿色工程”的要求<sup>[25]</sup>。

### 1.4 超声波/微波辅助提取法

超声波辅助提取技术是利用超声波产生强烈的空化效应及搅拌作用等,加速胞内物质的释放、扩散和溶解,从而有效缩短提取时间,提高油脂得率<sup>[26]</sup>。超声波的频率大于20 kHz,常应用于提取生物活性物质,该方法已在奇亚籽油<sup>[27]</sup>、蔓越莓籽油<sup>[28]</sup>等种植物油的提取中得到应用。成纪予等<sup>[29]</sup>以正己烷为萃取溶剂,利用超声波辅助提取杨梅核仁油,探究了超声波频率、超声功率、提取时间以及料液比对

杨梅核仁油得率的影响,结果显示,在超声波频率 60 kHz、超声功率 10 W、料液比 1:12、提取时间 30 min 的条件下,杨梅核仁油的得率高达 58.75%。可见超声波辅助提取技术可以有效提取杨梅核仁中的油脂,其在油脂提取工业中具有潜在的应用前景。

微波辅助提取技术是通过微波处理使细胞壁疏松甚至破裂,从而加速胞内物质溶出,提高油脂的提取率<sup>[30]</sup>。陈潇逸等<sup>[24]</sup>利用微波预处理结合水酶法提取杨梅核仁油,结果发现,微波预处理的效果优于热水浸泡和蒸汽预处理,且随着微波处理时间的延长,杨梅核仁出油率增加。

目前杨梅核仁油的提取方法尚处于探索阶段,可借鉴其他植物油的提取方法对杨梅核仁油提取方法进行拓展和补充。目前研究人员大多关注于杨梅核仁油的提取率,而对杨梅核仁油中微量成分的保留研究较浅。未来关于杨梅核仁油的研究可聚焦于如何最大程度地保留其中的微量营养成分以及脱除油中抗营养因子,以进一步提高油脂品质。

## 2 杨梅核仁油的营养成分和健康效用

### 2.1 杨梅核仁油的营养成分

杨梅核仁油的脂肪酸组成与常见油脂类似,其饱和脂肪酸主要有棕榈酸(9.37%~12.65%)、硬脂酸(2.15%~5.15%),不饱和脂肪酸有油酸(35.61%~49.58%)、亚油酸(34.04%~49.30%)和少量亚麻酸(0.09%~0.5%)等<sup>[10,31-34]</sup>,杨梅核仁油不饱和脂肪酸含量(82.20%~90.07%)较高<sup>[31-33,35]</sup>。油酸被称作“安全脂肪酸”,常通过油酸含量来评定食用油的品质;而亚油酸是人体需要通过外部摄入获取的必需不饱和脂肪酸之一,参与体内前列腺素的合成,其在降低血清胆固醇和甘油三酯、预防动脉粥样硬化等方面具有积极作用<sup>[3]</sup>。苗苗等<sup>[36]</sup>使用气相色谱法分析杨梅核仁油的成分,发现杨梅核仁油中不饱和脂肪酸含量约占总脂肪酸含量的 77.35%,杨梅核仁油的 Sn-2 位脂肪酸主要有油酸和亚油酸,其中油酸含量达到 44.79%。

杨梅核仁油还富含一些具有生物活性的化合物。葛邦国等<sup>[37]</sup>研究发现,杨梅核仁油中维生素 E 含量高达 249.0 mg/100 g。此外,杨梅核仁油中还含有磷脂(0.048%~0.260%)、酚类等微量生物活性成分<sup>[34,38]</sup>。但是目前的研究尚未对杨梅核仁油中生物活性成分的组成和结构进行鉴定,这些活性成分的功效也有待研究。综上,杨梅核仁油富含多种营养成分,其作为一种天然植物油脂资源具有很好的开发利用前景。

### 2.2 杨梅核仁油的健康效用

目前,国内外对杨梅核仁油健康效用的研究多

集中在体外抗氧化能力和降血脂方面。董迪迪等<sup>[39]</sup>采用总抗氧化能力检测试剂盒对杨梅核仁油进行检测,发现杨梅核仁油的体外抗氧化能力与杨梅核仁油质量浓度呈正相关,其对羟自由基、DPPH 自由基的半抑制率质量浓度(IC<sub>50</sub>)分别为 75.94、2.25 mg/mL。张小东等<sup>[5]</sup>研究也发现杨梅核仁油的体外抗氧化能力随杨梅核仁油质量浓度的增加而增加,其对 DPPH 自由基的 IC<sub>50</sub> 为 10.09 mg/mL。但杨梅核仁油的抗氧化能力是否与杨梅品种、提油方式以及杨梅核仁油中微量成分有关,仍有待进一步研究。董迪迪等<sup>[39]</sup>用杨梅核仁油干预试验性小鼠高脂血症模型,结果发现,与高脂模型组相比,给予一定剂量杨梅核仁油的小鼠体质量增加缓慢,肝脏指数明显降低,小鼠血液中高密度脂蛋白胆固醇含量明显上升,而总胆固醇、甘油三酯和低密度脂蛋白胆固醇含量显著降低,表明杨梅核仁油具有一定的预防高血脂作用。张小东等<sup>[5]</sup>用低、中、高剂量的杨梅核仁油对小鼠进行灌胃处理,发现高剂量组小鼠表现出较好的血脂水平控制效果。目前关于杨梅核仁油降低血脂水平的机制研究尚浅,杨梅核仁油的不饱和脂肪酸组成或其微量成分是否与其降血脂功能相关,仍需进一步研究。

## 3 杨梅核仁油加工副产物的综合利用

近年来,杨梅核仁脱脂粕是杨梅核仁油的主要加工副产物,主要用于制作饲料或肥料,利用价值较低,而且杨梅核仁脱脂粕还含有一些抗营养因子,若不去除,可能也会影响后续的加工利用。为避免资源浪费和环境污染,生产企业在追求利益最大化的同时,通常会对生产过程中产生的副产物进行再加工,从而实现高值化利用<sup>[38]</sup>。为此,综述了近年来杨梅核仁油加工副产物脱脂粕的综合利用情况。

### 3.1 提取植物蛋白

杨梅核仁中蛋白质含量在 22%~26%<sup>[4]</sup>,杨梅核仁脱脂后,粕中蛋白质含量较高,因此可将杨梅核仁脱脂粕作为原料来提取植物蛋白。Cheng 等<sup>[40]</sup>采用等电沉淀法从杨梅核仁脱脂粉中分离得到分离蛋白,发现杨梅核仁分离蛋白中蛋白质含量达 90% 以上,而脱脂核仁粉的蛋白质含量为 60.5%,认为杨梅核仁脱脂粕具有成为新蛋白质资源的开发潜力。成纪予<sup>[34]</sup>对杨梅核仁分离蛋白的持水力、持油力、起泡性、乳化性和凝胶性进行测定,发现杨梅核仁分离蛋白在不同的环境条件下呈现出不同的功能特性。

此外,以杨梅核仁蛋白为原料制备功能性多肽

也是杨梅核仁脱脂粕高值化利用的一种可行途径。朱俊朋等<sup>[41]</sup>用碱性蛋白酶水解杨梅核仁脱脂粕制备杨梅核仁多肽,以羟自由基清除率作为指标,通过单因素试验确定制备杨梅核仁多肽的最佳工艺。结果表明,在起始 pH 10、碱性蛋白酶添加量 1.3%、水解温度 40℃ 条件下先预热 10 min,再于 30℃ 下水解 120 min,所得杨梅核仁多肽的羟自由基清除率高达 46.75%。综上,杨梅核仁脱脂粕用于提取植物蛋白的可行性高,前景好。

### 3.2 提取苦杏仁苷

苦杏仁苷即维生素 B<sub>17</sub>,是常见的氰苷类物质,具有止咳平喘的医用效果,还具有抗氧化、抗肿瘤、调节免疫等功能活性<sup>[42-43]</sup>。杨梅核仁脱脂粕中含有较高含量的苦杏仁苷。夏其乐等<sup>[44]</sup>对杨梅核仁苦杏仁苷提取物的生物活性与抗氧化活性进行了深入研究,结果表明,该提取物具有清除自由基效果,且与提取物的浓度间接相关。王涛等<sup>[45-46]</sup>优化了杨梅疏果核仁中苦杏仁苷的提取工艺,并深入探究了其在生物活性方面的表现,结果显示:在最佳提取工艺条件下,苦杏仁苷的提取率达到 93.80%;且该提取物对 DPPH 自由基和 ABTS 自由基的清除能力分别为 261 mg/L 和 281 mg/L,表明其具有良好的体外抗氧化能力。综上,杨梅核仁脱脂粕可以提取苦杏仁苷,其在植物化学和天然药物领域具有一定的研究价值和应用前景。

### 3.3 提取其他物质

杨梅核仁脱脂粕中还含有具有抑菌、抗氧化等功效的酚类化合物,可以有效抑制结肠肿瘤和肠癌病灶的病症发生,具有抗心血管疾病和抗氧化活性<sup>[47]</sup>,这预示着杨梅核仁具有提高机体抗氧化能力的重要物质基础。

总之,杨梅核仁加工副产物脱脂粕可以提取多种有益成分,实现资源的综合高值化利用,也可以为未来农业、能源等领域提供新的发展机遇。

## 4 总结与展望

杨梅核仁是一种新型油料资源。杨梅核仁油的提取方法包括有机溶剂萃取法、超临界 CO<sub>2</sub> 萃取法和水酶法,辅助提取技术有超声波和微波辅助。杨梅核仁油因具有较高含量的不饱和脂肪酸以及一些活性化合物,而具有良好的营养价值;杨梅核仁油具有抗氧化活性和降血脂的作用,可作为功能性保健油脂开发。杨梅核仁油加工副产物——脱脂粕中含有蛋白质、苦杏仁苷、酚类化合物,是生产天然活性物质的理想原料。

杨梅核仁油的应用前景广阔,在食品方面,杨梅

核仁油可以用于烹饪、调味和制作各种高端油脂产品;在保健方面,杨梅核仁油可以制成口服油剂和软胶囊等;在化妆品方面,杨梅核仁油可以用于皮肤保养和护理等。未来研究可着眼于利用理化性质表征分析其化学成分,在科学研究方面提出新的思路,为杨梅核仁资源的综合开发利用奠定基础。

### 参考文献:

- [1] SUN C, HUANG H, XU C, et al. Biological activities of extracts from Chinese bayberry (*Myrica rubra* Sieb. et Zucc.): A review[J]. *Plant Foods Hum Nutr*, 2013, 68(2): 97-106.
- [2] 林雨晴, 杨颖, 陆胜民. 杨梅的功能特性及其综合利用[J]. *食品科技*, 2020, 45(7): 108-111.
- [3] 陈健初, 徐斐燕, 夏其乐. 杨梅核仁油的理化指标和脂肪酸成分分析[J]. *林产化工通讯*, 2005, 39(1): 21-23.
- [4] 黄亚芳. 杨梅核仁油的提取工艺研究[D]. 长沙: 湖南农业大学, 2015.
- [5] 张小东, 高永生, 朱丽云, 等. 杨梅核仁油的成分、抗氧化活性及其降血脂功能分析[J]. *中国南方果树*, 2018, 47(2): 64-68, 70.
- [6] 徐敏, 余陈欢, 熊耀康. 杨梅核仁油的 GC-MS 分析[J]. *中华中医药学刊*, 2012, 30(4): 800-802.
- [7] NI L, SHI W Y. Composition and free radical scavenging activity of kernel oil from *Torreya grandis*, *Carya cathayensis*, and *Myrica rubra* [J]. *Iran J Pharm Res*, 2014, 13(1): 221-226.
- [8] JEEVAN KUMAR S P, PRASAD S R, BANERJEE R, et al. Green solvents and technologies for oil extraction from oilseeds[J/OL]. *Chem Cent J*, 2017, 11(1): 9[2024-09-24]. <https://doi.org/10.1186/s13065-017-0238-8>.
- [9] MWAURAH P W, KUMAR S, KUMAR N, et al. Novel oil extraction technologies: Process conditions, quality parameters, and optimization[J]. *Compr Rev Food Sci Food Saf*, 2020, 19(1): 3-20.
- [10] XIA Q, PAN S, ZHENG M, et al. Fatty acid profile, oxidative stability and toxicological safety of bayberry kernel oil[J]. *Food Chem Toxicol*, 2013, 60: 92-97.
- [11] ZHANG Y L, LI S, YIN C P, et al. Response surface optimisation of aqueous enzymatic oil extraction from bayberry (*Myrica rubra*) kernels[J]. *Food Chem*, 2012, 135(1): 304-308.
- [12] YARA-VARÓN E, LI Y, BALCELLS M, et al. Vegetable oils as alternative solvents for green oleo-extraction, purification and formulation of food and natural products[J/OL]. *Molecules*, 2017, 22(9): 1474[2024-09-24]. <https://doi.org/10.3390/molecules22091474>.
- [13] 李罗明, 黄亚芳, 李宗军, 等. 响应面法优化杨梅核仁

- 油浸提工艺及其脂肪酸组成分析[J]. 中国粮油学报, 2016, 31(4): 113-117.
- [14] 赵华, 张金生, 李丽华. 植物精油提取技术的研究进展[J]. 辽宁石油化工大学学报, 2006, 26(4): 137-140.
- [15] MOLERO GÓMEZ A, PEREYRA LÓPEZ C, MARTINEZ DELA OSSA E. Recovery of grape seed oil by liquid and supercritical carbon dioxide extraction: A comparison with conventional solvent extraction[J]. Chem Eng J Biochem Eng J, 1996, 61(3): 227-231.
- [16] 李雪, 谭运寿, 马贵刚, 等. 山茶籽油研究应用进展[J]. 中国粮油学报, 2017, 32(11): 191-196.
- [17] 张志伟. 超临界 CO<sub>2</sub> 流体萃取桑椹籽油的研究[D]. 陕西杨凌: 西北农林科技大学, 2006.
- [18] 董迪迪, 王鸿飞, 周增群, 等. 响应面法优化超临界 CO<sub>2</sub> 萃取杨梅籽油工艺条件的研究[J]. 中国粮油学报, 2014, 29(2): 30-35.
- [19] 夏其乐, 陆胜民, 杨颖, 等. 超临界 CO<sub>2</sub> 流体萃取杨梅核仁油的工艺优化[J]. 农业工程学报, 2009, 25(S1): 168-170.
- [20] ĐURĐEVIĆ S, MILOVANOVIĆ S, ŠAVIKIN K, et al. Improvement of supercritical CO<sub>2</sub> and *n*-hexane extraction of wild growing pomegranate seed oil by microwave pretreatment[J]. Ind Crops Prod, 2017, 104: 21-27.
- [21] 郭兴凤, 陈定刚, 孙金全, 等. 水酶法提油技术概述[J]. 粮油加工, 2007(5): 70-72.
- [22] 黄亚芳, 李罗明, 李俊杰, 等. 水酶法提取杨梅核仁油的工艺优化[J]. 食品科学, 2016, 37(12): 65-70.
- [23] 林弈琪, 陆艇, 王超, 等. 水酶法提取杨梅核仁油条件研究[J]. 中国油脂, 2014, 39(5): 9-11, 12.
- [24] 陈潇逸, 王超, 张帆, 等. 微波预处理水酶法提取杨梅核仁油的研究[J]. 中国粮油学报, 2013, 28(11): 37-40, 45.
- [25] GAO Y, DING Z, LIU Y, et al. Aqueous enzymatic extraction: A green, environmentally friendly and sustainable oil extraction technology [J/OL]. Trends Food Sci Technol, 2024, 144: 104315[2024-09-24]. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2023.104315>.
- [26] 李小鹏, 董文斌. 植物油脂提取工艺研究新进展[J]. 现代商贸工业, 2007, 19(8): 201-202.
- [27] 何亚芬, 张继红, 余中霞, 等. 响应面优化超声波辅助提取经烘烤预处理奇亚籽油工艺的研究[J]. 中国粮油学报, 2024, 39(2): 125-130.
- [28] PIASECKA I, BRZEZIŃSKA R, OSTROWSKA-LIGĘZA E, et al. Ultrasound-assisted extraction of cranberry seed oil: Food waste valorization approach[J]. Eur Food Res Technol, 2023, 249(11): 2763-2775.
- [29] 成纪予, 叶兴乾, 江萍, 等. 超声波辅助提取杨梅核仁油[J]. 粮油加工, 2008(2): 50-53.
- [30] 张志军, 刘西亮, 李会珍, 等. 植物挥发油提取方法及应用研究进展[J]. 中国粮油学报, 2011, 26(4): 118-122.
- [31] 陈俊宇, 孔伟华, 黄怡, 等. 东魁杨梅种仁油提取工艺及抗氧化活性研究[J]. 中国粮油学报, 2022, 37(12): 169-174.
- [32] CHENG J, YE X, CHEN J, et al. Nutritional composition of underutilized bayberry (*Myrica rubra* Sieb. et Zucc.) kernels[J]. Food Chem, 2008, 107(4): 1674-1680.
- [33] 戚向阳, 曹少谦, 陈伟, 等. 超临界流体萃取杨梅核仁油脂的组成及其抗氧化活性的研究[J]. 中国食品学报, 2014, 14(4): 51-56.
- [34] 成纪予. 杨梅核的综合利用研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2008.
- [35] 夏其乐. 杨梅渣黄酮类物质的研究及其核仁油的初步分析[D]. 杭州: 浙江大学, 2004.
- [36] 苗苗, 石梦, 易翠平. 精炼杨梅核仁油的理化性质及脂肪酸组成[J]. 粮食科技与经济, 2015, 40(2): 64-65, 68.
- [37] 葛邦国, 朱风涛, 吴茂玉, 等. 杨梅加工下脚料综合利用现状[J]. 食品研究与开发, 2010, 31(3): 190-192.
- [38] SOONG Y Y, BARLOW P J. Antioxidant activity and phenolic content of selected fruit seeds[J]. Food Chem, 2004, 88(3): 411-417.
- [39] 董迪迪, 王鸿飞, 周增群, 等. 杨梅籽油抗氧化活性及其调节血脂作用的研究[J]. 中国粮油学报, 2014, 29(5): 53-57.
- [40] CHENG J, ZHOU S, WU D, et al. Bayberry (*Myrica rubra* Sieb. et Zucc.) kernel: A new protein source[J]. Food Chem, 2009, 112(2): 469-473.
- [41] 朱俊朋, 陈惠云, 王超, 等. 杨梅核仁抗氧化肽的制备[J]. 食品工业, 2014, 35(8): 92-94.
- [42] 吕建珍, 邓家刚. 苦杏仁苷的药理作用研究进展[J]. 现代药物与临床, 2012, 27(5): 530-535.
- [43] DENG J, LI C, WANG H, et al. Amygdalin mediates relieved atherosclerosis in apolipoprotein E deficient mice through the induction of regulatory T cells[J]. Biochem Biophys Res Commun, 2011, 411(3): 523-529.
- [44] 夏其乐, 陆胜民, 王涛, 等. 杨梅疏果核仁苦杏仁苷提取物的生物活性研究[J]. 中国食品学报, 2017, 17(12): 58-64.
- [45] 王涛, 夏其乐, 陆胜民. 超声波提取杨梅疏果核仁中苦杏仁苷工艺研究[J]. 浙江农业学报, 2014, 26(3): 779-785.
- [46] 王涛. 杨梅疏果核仁中苦杏仁苷的提取纯化及其功能活性评价[D]. 浙江金华: 浙江师范大学, 2014.
- [47] SHAHIDI F, WANASUNDARA U, AMAROWICZ R. Isolation and partial characterization of oilseed phenolics and evaluation of their antioxidant activity[J]. Dev Food Sci, 1995, 37: 1087-1099.