

# 覆盆子活性成分及其综合利用研究进展

## Research progress on active components and comprehensive utilization of *Rubus chingii* Hu

陈奎霖 黄达荣 黄少杰

CHEN Kui-lin HUANG Da-rong HUANG Shao-jie

严 静 张慧莹 杜 冰

YAN Jing ZHANG Hui-ying DU Bing

(华南农业大学食品学院, 广东 广州 510000)

(College of Food Science, South China Agricultural University, Guangzhou, Guangdong 510000, China)

**摘要:**综述了覆盆子的活性成分及其综合利用最新研究进展,指出应进一步发掘覆盆子的活性成分和功能特性,将其广泛利用在医疗保健、食品、日化产品等领域。

**关键词:**覆盆子;活性成分;综合利用

**Abstract:** This review summarized the latest research progress on the active components and comprehensive utilization of *R. chingii* Hu, and points out that the active components and functional characteristics of *R. chingii* Hu should be further explored, and it should be widely used in the fields of medical care, food and daily chemical products.

**Keywords:** *Rubus chingii* Hu; active components; comprehensive utilization

覆盆子(*Rubus Chingii* Hu)是蔷薇科悬钩子属木本植物,早于秦汉时期便已记载于《神农本草经》中<sup>[1]</sup>,广泛分布于中国浙江、江苏、安徽、福建和广西等地,2020版《中国药典》<sup>[2]</sup>规定覆盆子为华东覆盆子的干燥果实,作为传统中药材被应用于中医领域已有几个世纪的历程<sup>[3-4]</sup>。体外及动物试验研究<sup>[5-7]</sup>表明,覆盆子还具有抗癌、抗氧化、抗菌、抗衰老、抗炎等作用,而这些生理活性功能主要归因于其丰富的活性成分。

近年来,浙江省覆盆子种植面积超过 8 600 hm<sup>2</sup>,药材产值约 2.5 亿元,占全国生产量的 50%<sup>[8]</sup>,但覆盆子产业总体上仍处于生产初级制品阶段,大多以医疗保健产

品为主,加工产业发展水平较低,市场较为空缺。研究拟综述覆盆子中含有的主要活性成分及其综合利用研究进展,旨在为覆盆子的深入研究提供数据参考,为覆盆子深度开发提供依据。

## 1 覆盆子的活性成分

### 1.1 多糖

多糖作为覆盆子中重要的活性成分,除具有抗氧化、抗炎、抗肿瘤等作用外<sup>[9-10]</sup>,还具有改善毒性物质诱导的氧化应激及降血糖等功能<sup>[11-12]</sup>。Zhang 等<sup>[9]</sup>研究发现,质量浓度为 1 mg/mL 的覆盆子多糖对 DPPH 自由基的清除率达 63.0%,而其所展现出的生理活性可能与其含量及组成比例相关。

朱会霞等<sup>[13]</sup>发现覆盆子多糖含量约为 2.40%~10.67%。而覆盆子多糖为杂多糖,主要由鼠李糖、阿拉伯糖、葡萄糖、乳糖组成<sup>[13-15]</sup>,其具体单糖组分及其相关比例见表 1。各覆盆子多糖的单糖组分及比例存在差异,主要是各试验所用覆盆子产地不同,受地缘性影响而导致生产的覆盆子性状存在差异。在市场朝多样化发展的背景下,针对此设计不同特性覆盆子产品可有效填补覆盆子市场空白,推动覆盆子产业进一步发展未来仍需针对此方向进行深入研究。

覆盆子多糖还可作为功能性成分、益生元等在食品创新、发酵等领域发挥较大价值<sup>[16]</sup>,同时覆盆子中存在丰富的膳食纤维,足以满足人体日常的需求<sup>[17]</sup>。

### 1.2 黄酮及酚类

覆盆子中的黄酮及酚类物质具备较强的抗氧化活性,在维持人体健康方面拥有较高价值,同时具有抗炎、抗衰老、抗氧化等功效<sup>[18-20]</sup>。目前,从覆盆子中发现的黄酮类物质主要有 20 种(表 2),包括槲皮素、山奈酚及其

**基金项目:**国家现代农业产业技术体系资助(编号:CARS-21);广东省重点领域研发计划(编号:2020B020226008)

**作者简介:**陈奎霖,男,华南农业大学在读本科生。

**通信作者:**杜冰(1973—),男,华南农业大学教授,博士。

E-mail: dubing@scau.edu.cn

**收稿日期:**2022-03-03 **改回日期:**2022-06-11

表 1 覆盆子多糖组成及相关比例

Table 1 Polysaccharide composition and related proportion of *R. chingii* Hu

单糖组成	单糖比例	参考文献
鼠李糖、阿拉伯糖、甘露糖、葡萄糖、半乳糖、果糖	1.00 : 1.95 : 0.10 : 0.05 : 1.37 : 0.20	[13]
鼠李糖、阿拉伯糖、木糖、葡萄糖、半乳糖、半乳糖醛酸	0.55 : 1.19 : 0.52 : 0.44 : 1.90 : 1.00	[14]
鼠李糖、阿拉伯糖、木糖、甘露糖、葡萄糖、乳糖	2.0 : 19.9 : 1.0 : 1.1 : 7.1 : 2.3	[15]

表 2 覆盆子黄酮组成

Table 2 The flavonoid composition of *R. chingii* Hu

名称	参考文献	名称	参考文献
芦丁	[21]	金丝桃苷	[25]
根皮甙	[21]	山柰酚-3-O-芸香糖苷	[25]
山柰酚	[22]	槲皮甙	[25]
槲皮素	[22]	山柰酚-3-O-β-D-葡萄糖醛酸甲酯	[26]
香树精	[23]	异槲皮苷	[27]
山柰酚-3-O-(6"-O-顺-香豆酰基)葡萄糖苷	[24]	山柰酚-3-O-己糖苷	[28]
山柰酚-7-O-α-L 鼠李糖苷	[24]	山柰酚-3-O-葡萄糖苷酸	[28]
2"-O-没食子酰基金丝桃苷	[24]	山柰酚-3-O-β-D-芸香苷	[28]
槲树苷	[25]	栝精-3-O-β-D-吡喃葡萄糖甙	[28]
黄芪甙	[25]	槲皮素-3-O-葡萄糖醛酸苷	[29]

衍生物。师聪等研究发现,覆盆子总黄酮含量为 0.61 mg/g<sup>[30]</sup>,低于悬钩子属中红树莓的<sup>[31]</sup>,主要是因为覆盆子炮制多以直接干燥为主,产出效率低,且易造成部分黄酮损失。因此,为推动覆盆子加工产业的进一步发展,对覆盆子炮制工艺进行深入研究至关重要。

覆盆子中主要酚类物质为鞣花酸、鞣花丹宁、花青素、没食子酸、覆盆子酮、槲树苷、香草酸等,其中槲树苷仅在极少数药用植物中发现。陈青青等<sup>[32]</sup>发现,覆盆子果中的鞣花酸含量最高,为茎、嫩叶和老叶的数倍,但果中山柰酚-3-O-芸香糖苷及槲树苷、芦丁等与其他部位的差异不显著。《中国药典》(2020 版)<sup>[2]</sup>中规定覆盆子仅将干燥果实作为药用,从生理活性组分方面考虑,将覆盆子茎、老叶作为覆盆子的补充材料进行进一步利用具有实际意义。

《中国药典》(2020 版)<sup>[2]</sup>将鞣花酸及山柰酚-3-O-芸香糖苷作为覆盆子筛选的标志物,规定覆盆子中鞣花酸含量不低于 0.20%,而山柰酚-3-O-芸香糖苷含量不低于 0.03%。付彩群等<sup>[33]</sup>研究表明,浙江产的覆盆子鞣花酸含量均高于江西产的,且青果中两者含量均高于黄果。覆盆子作为一款既是食品又是药品的中药材,市场需求大,但质量参差不齐。何佳等<sup>[34]</sup>研究发现覆盆子伪品软覆盆子、甜叶悬钩子、山莓、泼盘中均不存在山柰酚-3-O-芸香糖苷,此特性可作为品质指标于生产过程中有效筛选覆盆子伪品。

Li 等<sup>[35]</sup>研究结果显示,覆盆子中类黄酮及酚类化合

物与抗氧化能力密切相关(Pearson 相关性为 0.968~0.999)。此外,覆盆子中类黄酮总量较悬钩子属中其他种类高出近 20 倍,其中鞣花丹宁含量远高于其他酚类物质,对覆盆子的抗氧化能力有较大贡献。鞣花丹宁水解生成的鞣花酸对金黄色葡萄球菌、大肠杆菌等病原菌均有一定的抗菌活性,在此基础上进一步研究开发新型抗菌药物具有广阔的前景<sup>[36]</sup>。

目前,《中国药典》<sup>[2]</sup>中只规定了覆盆子标志物鞣花酸及山柰酚-3-O-芸香糖苷含量要求,而未对其品质指标进行规定,后续仍需建立覆盆子品质鉴定体系,以确保能获得最佳覆盆子功能品质。

### 1.3 萜类化合物

萜类化合物是覆盆子中的重要活性成分。Masao 等<sup>[37-38]</sup>研究表明,覆盆子中的萜类化合物具有抗氧化、抗肿瘤、抑菌、抗癌等生理活性,依据结构特性主要分为二萜类及三萜类化合物。目前,已从覆盆子中分离出 17 种二萜类化合物及 15 种三萜类化合物<sup>[39-40]</sup>。郭宣萱等<sup>[41]</sup>以齐墩果酸为对照品对覆盆子中三萜化合物进行检测,其含量约为 5.14%。Wan 等<sup>[42]</sup>发现,覆盆子萜类化合物中有两种三萜类化合物均在环上有一个特殊的二酚单元。体外及动物试验<sup>[43-44]</sup>表明,覆盆子中的三萜类化合物对 NF-κB 具备较强的抑制活性,且覆盆子中的萜类物质对人肝癌、肺癌、乳腺癌、卵巢癌细胞均表现出良好的细胞毒性。

### 1.4 生物碱及有机酸

生物碱类化合物是覆盆子中含量相对较少的一类活

性成分,目前已从覆盆子中发现的生物碱共有7种,分别属喹啉型、异喹啉型和吲哚型<sup>[39-40]</sup>。程科军等<sup>[45]</sup>研究发现,覆盆子中生物碱2-羟基喹啉-4-羧酸具有抗骨质疏松、植物雌激素的功能。

已有研究<sup>[46]</sup>显示,含有有机酸并不等同于药性上具备“味酸”,但目前依然将有机酸作为“味酸”中药材的标志性物质。覆盆子作为一款具有“味酸”药性的中药材,有机酸含量较高,约为3.58%<sup>[47]</sup>。目前已从覆盆子中发现的有机酸共有56种,其中以酚酸居多,其次是脂肪酸,较主要的有没食子酸、水杨酸、苹果酸、柠檬酸、抗坏血酸<sup>[39-40]</sup>。孙金旭等<sup>[48]</sup>采用高效液相色谱法对覆盆子中草酸、酒石酸、抗坏血酸、苹果酸及枸橼酸含量进行测量,其中抗坏血酸含量最高达2.135 mg/g,这可能是覆盆子抗氧化能力较强的一个重要原因。

### 1.5 氨基酸及维生素

覆盆子果实及其湿叶、干叶的氨基酸组成及含量见表3。覆盆子果实、湿叶及干叶中均含有16种氨基酸,其中覆盆子果实含必需氨基酸7种,占比为29.95%,分别低于湿叶及干叶的37.62%和39.29%。覆盆子氨基酸以亮氨酸、天冬氨酸、谷氨酸为主,而谷氨酸及天冬氨酸作为呈味氨基酸,也是覆盆子味道甘、酸、温的来源;在营养层面,覆盆子叶较覆盆子果实具有更高的价值,是更为优质的植物蛋白原料,目前市场上对其利用度低,市场空缺,而利用叶片及果实的氨基酸作为食品新资源具有较强的发展潜力。

维生素也是覆盆子中重要的一类营养物质,目前已从覆盆子中发现的维生素主要为维生素C、维生素E、维生素A等,含量以维生素C最高,维生素E次之<sup>[50-51]</sup>,其中从覆盆子中提取到的生育酚已被证实具有降血糖、抗炎症、抗氧化应激等功能<sup>[52]</sup>。维生素作为人体维持身体健康的一类有机化合物,受限于自身无法合成而只能通过外界摄入,从生理活性价值层面考虑,覆盆子可作为

人体日常补充维生素的一种膳食补充剂。

## 2 覆盆子加工制品研究现状

### 2.1 在保健食品方面的应用

覆盆子作为常用中药材,在益肾、固精、缩尿等方面具有独特优势,同时其中富含的黄酮、酚类、萜类等物质赋予了覆盆子抗氧化、抗炎、抗肿瘤、抗骨质疏松、降血糖等药理活性,将其用于开发现代人群所适用的保健食品具有良好的前景。在食品药品监督管理局(CFDA)保健食品数据库中,共收录了以覆盆子为主要原料的保健食品54种(表4),其中多以缓解体力疲劳功能为主,占比最高为46.58%;而降血糖、调节肠胃功能、补充多种维生素和矿物质、改善皮肤水分状况、改善睡眠、增加骨密度产品均仅有一个。目前主要审批的保健功能产品共有27种,而覆盆子保健食品已开发的功能产品仅有10种,仍有较大的开发空间。

除了已获批的保健功能外,如降血脂、调节肠道菌群、维持血压等功能尚未得到开发。已有研究<sup>[53]</sup>表明,覆盆子中所含有的花青素、鞣花酸、没食子酸等黄酮及酚类物质,可刺激造血干细胞从而阻止肝纤维化的进行;Jiang等<sup>[54-55]</sup>研究表明,覆盆子提取物可以有效减轻高脂饮食所引起的脂质代谢紊乱,减轻肝脏损伤,从而达到改善肥胖表型及高血脂的效果,同时其水提取物也具备降血脂的作用;Jiang等<sup>[56-57]</sup>研究发现,覆盆子提取物可有效抑制肠道沙门氏菌、大肠杆菌等的活性,同时其多酚可作为益生元,达到调控小鼠肠道菌群的目的;覆盆子提取物还可通过抑制血管紧张素转化酶I、脂质代谢相关基因从而达到降血压<sup>[58]</sup>、减少动脉粥样硬化<sup>[59]</sup>的作用;吴臻等<sup>[60]</sup>将覆盆子与黄精以 $m_{\text{覆盆子}}:m_{\text{黄精}}$ 为5:1配比时,其改善肾阴阳两虚小鼠的症状效果最佳。

### 2.2 在医药产品方面的应用

在制药方面,已收录于《中药方剂数据库》的中成药方剂共有76种、中药方剂160种,其中多以益肾、安胎、固

表3 覆盆子氨基酸组成及含量<sup>†</sup>

Table 3 Amino acid composition and content of *R. chingii* Hu mg/g

氨基酸	果实 <sup>[49]</sup>	湿叶 <sup>[49]</sup>	干叶 <sup>[50]</sup>	氨基酸	果实 <sup>[49]</sup>	湿叶 <sup>[49]</sup>	干叶 <sup>[50]</sup>
苏氨酸	1.58	3.87	6.60	甘氨酸	3.52	6.02	8.60
缬氨酸	3.38	5.75	8.20	丙氨酸	4.51	8.54	9.20
蛋氨酸	0.13	1.39	2.20	酪氨酸	1.48	4.19	5.90
异亮氨酸	2.86	4.68	6.20	组氨酸	2.42	2.71	3.40
亮氨酸	4.99	9.90	13.60	精氨酸	5.23	4.47	8.40
苯丙氨酸	2.73	6.40	8.60	脯氨酸	2.18	1.99	7.80
赖氨酸	3.68	7.12	8.90	必需氨基	19.35	39.11	54.30
天冬氨酸	7.69	14.52	13.40	非必需氨基	45.25	64.86	83.90
丝氨酸	2.91	6.11	9.80	总氨基酸	64.60	103.97	138.20
谷氨酸	15.31	16.31	17.40				

† \* 为必需氨基酸。

表 4 覆盆子保健食品的保健功能及其占比

Table 4 Health care function of *R. chingii* Hu health food and its proportion

保健功能	应用例数	占比/%
抗氧化	14	19.18
增强免疫力	17	23.29
缓解体力疲劳	34	46.58
降血糖	1	1.37
祛黄褐斑	2	2.74
调节肠胃功能(润肠通便)	1	1.37
补充多种维生素和矿物质	1	1.37
改善皮肤水份状况	1	1.37
改善睡眠	1	1.37
增加骨密度	1	1.37

精等功能为主,对其他方面功能的开发较少。Ke 等<sup>[61]</sup>发现覆盆子多糖可通过抑制细胞活性氧的积累、降低线粒体膜电位、减弱谷胱甘肽的消耗来减轻氧化应激,从而对棕榈酸诱导的肝细胞脂毒性具有细胞保护作用;覆盆子多糖可通过修复氧化还原失衡,对致癌物氨基甲酸酯诱导的细胞毒性提供保护作用<sup>[11]</sup>;其次,覆盆子多糖可通过保护巨噬细胞及抑制促炎介质如一氧化氮从而达到抗炎的目的,且其对乳腺癌细胞及肝癌细胞增殖具有明显的抑制效果<sup>[9]</sup>;同时,化疗作为目前应对癌症的常用手段,其所带来的毒性积累及免疫抑制会给人带来严重的副作用,作为目前化疗药物的主要缺点而难以攻克,而覆盆子多糖可通过免疫增强效应,与其他药物进行联用实现最佳的抗癌效果<sup>[62-63]</sup>。

此外,覆盆子提取物还具有联合药物产生协同作用抑制致病菌<sup>[15]</sup>、清除尼古丁戒断过程产生的自由基<sup>[64]</sup>、减轻尼古丁戒断引起的焦虑反应<sup>[65]</sup>、抑制肝细胞凋亡<sup>[66]</sup>、抗阿尔兹海默症活性<sup>[67]</sup>等作用,表明覆盆子药物的开发具有广泛的应用前景。

### 2.3 在普通食品方面的应用

覆盆子作为药食同源的重要资源,在食用方面也具有较高价值,其中富含的氨基酸、维生素 C、维生素 E 及多糖等物质易于消化且营养丰富,在食品加工方面有着良好的开发前景。目前用覆盆子来制作发酵酒、功能饮料、果冻、果醋等食品的较多。覆盆子中富含膳食纤维,而且花青素、覆盆子酮、酚酸等化合物具备调节碳水化合物代谢、减少脂质储存等作用,从而赋予了其抗肥胖的功能<sup>[68]</sup>。专利 CN201610551169.5<sup>[69]</sup>公开了一种功能性粗纤维养生饼干的制作方法,以覆盆子复配松针、桑叶等原料制作了一款具有易消化吸收、平衡人体营养功能的饼干。

传统覆盆子于食品工业上的应用仅局限于作为生产原料参与食品加工,但近年来已有研究显示,覆盆子在食

品防腐上也存在一定的开发空间。Bauza-Kaszewska 等<sup>[7]</sup>研究发现,覆盆子提取物可有效抑制食源性大肠杆菌、李斯特菌、沙门氏菌的活性,且与益生菌联用时抗性最佳,以覆盆子为原料制作的防腐剂具有绿色、无毒害的特点,这些特性也使覆盆子制剂作为天然防腐剂应用于食品工业成为可能。

覆盆子叶作为覆盆子的附属产物,同样富含黄酮、茶多酚等营养物质<sup>[70]</sup>,常被用于覆盆子叶发酵茶、茶饮料等的制作,专利 CN201510399570.7<sup>[71]</sup>公开了一种补肾覆盆子叶茶的制作方法,将覆盆子、菟丝子、巴戟天等按一定比例进行配比,通过一系列工序加工出一种以食疗为核心的功能性茶叶,为覆盆子资源的进一步开发提供参考。

### 2.4 在日化产品方面的应用

近年来,植源性化妆品以其绿色天然、温和、低毒性的特点而逐渐成为化妆品市场发展的主要趋势,《已使用化妆品原料目录名称(2021 年版)》规定覆盆子果提取物于驻留类化妆品中的使用其含量不得超过 0.098%。化妆品用覆盆子提取物主要为覆盆子酮、黄酮、酚酸类化合物,可起到美白、祛斑、抗衰老等功效<sup>[72-73]</sup>。目前较常见的覆盆子化妆品为覆盆子面膜,且常将覆盆子与多种中药提取物进行复配以达到最佳功效,但目前覆盆子面膜仍存在许多不足,如所制面膜保液性较差、加工过程易造成微生物繁殖。专利 CN202011075637.9<sup>[74]</sup>公开了一种天然抑菌面膜基布及其制备方法和面膜,以覆盆子提取物为原料经静电纺丝等一系列工艺,获得具有较佳保液性能和抑菌能力的面膜基布,大大提高了面膜性能。此外,覆盆子提取物已被应用到乳液、眼贴等方面,但市场仍旧较为空白。覆盆子中的覆盆子酮作为国际公认的安全香料之一<sup>[75]</sup>,具有浓郁的花果香,适合用于饮料香精或香水等的生产<sup>[76]</sup>,说明覆盆子在香精香料方面也占据了一定市场。

### 2.5 在其他方面的应用

邓宝安等<sup>[77]</sup>研究表明,覆盆子提取物能够提升卷烟的清香、果香、甜香等香气特征,有助于强化卷烟香气风格,提升香气丰富性。其次,覆盆子提取物还能够应用于甲醛清除剂或提高纸的耐磨性<sup>[78]</sup>。目前覆盆子较多应用于制药、食品等领域,在畜牧业养殖应用中还未进行系统性研究,专利 CN202011255135.4<sup>[79]</sup>公开了一种含多种药食同源中药的动物饲料制作方法,将覆盆子、大枣等多种中药提取液进行复配并应用于动物饲料制作中,在提高动物抵抗力的同时,保证了饲料的营养价值,这一实例也使覆盆子应用于畜牧养殖业中成为可能。

## 3 总结与展望

覆盆子作为一种传统药食同源的中药材,具有极高的营养价值及药用价值,市场前景十分广阔。为加快覆盆子的研究及综合利用,仍需在以下方面进一步深入与

完善。

(1) 中药材炮制作为优质药材的基本要素,对其活性功能的影响极大。2020 版《中国药典》<sup>[2]</sup> 仅将覆盆子炮制笼统概述为除梗、叶一略烫一干燥,为提升覆盆子产品质量,促进其进一步发展,确定最佳炮制条件十分重要。已有研究<sup>[33]</sup> 表明,以蒸汽杀青后于 60 °C 烘箱烘干较为合理,能以较高水平保存覆盆子的有效成分,但目前不同炮制方法对覆盆子总体药理活性的影响尚不明确,仍需深入探讨。

(2) 目前针对覆盆子中部分化学成分如生物碱、有机酸等的研究较少,与药理活性间的相关关系研究仍不够深入,应对此方向进行更深一步研究,挖掘其有效成分、作用机制,为后续覆盆子产业的进一步开发提供有效参考。同时,目前市面上覆盆子产品较少,且多以医疗保健产品为主,对其他加工领域的开发仍不够深入,市场存在较大空白,后续应增加覆盆子产品开发,注入创新动能,进行深入加工研究,以打开覆盆子产品市场。

(3) 《中国药典》中仅规定以鞣花酸及山柰酚-3-O-芸香糖苷含量作为覆盆子筛选指标,但未对其质量标志物进行规定,后续应深入挖掘覆盆子活性成分及药理作用间的相关关系,确定其质量标志物,建立覆盆子品质鉴定体系,推动覆盆子产品品质的进一步提升。

### 参考文献

- [1] 廖天月, 詹志来, 徐瑾, 等. 覆盆子本草考证[J]. 中国中药杂志, 2021, 46(10): 2 607-2 616.  
LIAO T Y, ZHAN Z L, XU J, et al. Herbal textual research on Rubi Fructus[J]. China Journal of Chinese Materia Medica, 2021, 46(10): 2 607-2 616.
- [2] 国家药典委员会. 中国药典: 一部[S]. 北京: 中国医药科技出版社, 2020: 399.  
Chinese Pharmacopoeia Commission. Chinese pharmacopoeia: I[S]. Beijing: China Medical Science and Technology Press, 2020: 399.
- [3] LIU M X, NIU J. Advance research on raspberry (*Rubus chingii* Hu) and resource utilization[J]. Sci Techn Vis, 2014, 22: 26-27.
- [4] XIE Y H, LIAN B, GONG J H, et al. Preparation of magnetic chitosan hyamine microspheres and separation of phenolic acids from *Rubus chingii* Hu [J]. Advanced Materials Research, 2013, 634: 1 347-1 351.
- [5] BABY B, ANTONY P, VIJAYAN R. Antioxidant and anticancer properties of berries[J]. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 2018, 58(15): 2 491-2 507.
- [6] BASU A, SCHELL J, SCOFIELD R H. Dietary fruits and arthritis[J]. Food & Function, 2018, 9(1): 70-77.
- [7] BAUZA-KASZEWSKA J, ZARY-SIKORSKA E, GUGOLEK A, et al. Synergistic antimicrobial effect of raspberry (*Rubus idaeus* L., Rosaceae) preparations and probiotic bacteria on enteric pathogens[J]. Polish Journal of Food and Nutrition Sciences, 2021, 71(1): 132897.
- [8] 姜娟萍, 徐丹彬, 王松琳, 等. 浙江省覆盆子产销现状及发展对策[J]. 浙江农业科学, 2021, 62(1): 55-56, 60.  
JIANG J P, XU D B, WANG S L, et al. Production and marketing status and development countermeasures of *Rubus Chingii* Hu in Zhejiang Province [J]. Journal of Zhejiang Agricultural Sciences, 2021, 62(1): 55-56, 60.
- [9] ZHANG T T, LU C L, JIANG J G, et al. Bioactivities and extraction optimization of crude polysaccharides from the fruits and leaves of *Rubus chingii* Hu[J]. Carbohydrate Polymers, 2015, 130: 307-315.
- [10] ZENG H J, ZHE L, WANG Y P, et al. Studies on the anti-aging activity of a glycoprotein isolated from Fupenzi (*Rubus chingii* Hu.) and its regulation on klotho gene expression in mice kidney[J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2018, 119: 470-476.
- [11] KE H, BAO T, CHEN W. New function of polysaccharide from *Rubus chingii* Hu: Protective effect against ethyl carbamate induced cytotoxicity[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2021, 101(8): 3 156-3 164.
- [12] DERRICK S A, KRISTO A S, REAVES S K, et al. Effects of dietary red raspberry consumption on pre-diabetes and type 2 diabetes mellitus parameters[J]. International Journal of Environmental Research and Public Health, 2021, 18(17): 9 364.
- [13] 朱会霞, 孙金旭, 孙浩. HPLC 法分析覆盆子多糖单糖组分的研究[J]. 山东化工, 2019, 48(23): 108-110.  
ZHU H X, SUN J X, SUN H. The analyzing monosaccharide composition of polysaccharides for raspberry[J]. Shandong Chemical Industry, 2019, 48(23): 108-110.
- [14] YU Z, LIU L, XU Y, et al. Characterization and biological activities of a novel polysaccharide isolated from raspberry (*Rubus idaeus* L.) fruits[J]. Carbohydrate Polymers, 2015, 132: 180-186.
- [15] YANG Y J, XU H M, SUO Y R. Raspberry pulp polysaccharides inhibit tumor growth via immunopotential and enhance docetaxel chemotherapy against malignant melanoma in vivo[J]. Food & Function, 2015, 6(9): 3 022-3 034.
- [16] BAENAS N, NUÑEZ-GÓMEZ V, NAVARRO-GONZÁLEZ I, et al. Raspberry dietary fibre: Chemical properties, functional evaluation and prebiotic in vitro effect[J]. LWT, 2020, 134: 110140.
- [17] ZHANG X, AHUJA J K C, BURTON-FREEMAN B M. Characterization of the nutrient profile of processed red raspberries for use in nutrition labeling and promoting healthy food choices[J]. Nutrition and Healthy Aging, 2019, 5(3): 225-236.
- [18] LI K, ZENG M, LI Q, et al. Identification of polyphenolic composition in the fruits of *Rubus chingii* Hu and its antioxidant and antiproliferative activity on human bladder cancer T24 cells [J]. Journal of Food Measurement and Characterization, 2019, 13(1): 51-60.
- [19] ZHANG W, ZHU Y, LIU Q, et al. Identification and quantification of polyphenols in hull, bran and endosperm of common buckwheat (*Fagopyrum esculentum*) seeds[J]. Journal of Functional Foods, 2017, 38: 363-369.
- [20] 韩卓, 陈晓燕, 李延红, 等. 顶空—气质联用法对覆盆子叶中

- 挥发性成分的分析[J]. 食品与机械, 2013, 29(4): 11-13.
- HAN Z, CHEN X Y, LI Y H, et al. Analysis of volatile constituents of raspberry leaf using HS-GC/MS[J]. Food & Machinery, 2013, 29(4): 11-13.
- [21] XIAO H M, ZU L B, LI S P, et al. Chemical constituents from dried fruits of *Rubus chingii*[J]. Chin J Med Chem, 2011, 21(3): 220-226.
- [22] LIANG W Q, XU G J, WENG D, et al. Anti-osteoporotic components of *Rubus chingii*[J]. Chem Nat Compd, 2015, 51(1): 47-49.
- [23] DU L F, LI J, YANG L, et al. Chemical constituents from the fruits of *Rubus chingii* Hu[J]. Nat Prod Res Dev, 2014, 26(12): 1 957-1 960.
- [24] 刘杰. 覆盆子果实化学成分及对肾虚小白鼠药理作用的研究[D]. 沈阳: 沈阳药科大学, 2005: 11-12.
- LIU J. Chemical constituents of *Rubus Chingii* Hu. fruits and its effect on mice with deficiency of Kidney-yang[D]. Shenyang: Shenyang Pharmaceutical University, 2005: 11-12.
- [25] ZHANG T T, WANG M, YANG L, et al. Flavonoid glycosides from *Rubus chingii* Hu fruits display anti-inflammatory activity through suppressing MAPKs activation in macrophages[J]. J Funct Foods, 2015, 18: 235-243.
- [26] GUO Q L, YANG J S, LIU J X. Studies on chemical constituents in fruits of *Rubus chingii*[J]. China J Chin Mater Med, 2007, 42: 1 141-1 143.
- [27] HAN N, GU Y H, YE C, et al. Antithrombotic activity of fractions and components obtained from raspberry leaves (*Rubus chingii*) [J]. Food Chem, 2012, 132(1): 181-185.
- [28] 何建明, 孙楠, 吴文丹, 等. HPLC 测定覆盆子中鞣花酸, 黄酮和覆盆子苷-F5 的含量[J]. 中国中药杂志, 2013, 38(24): 4 351-4 356.
- HE J M, SUN N, WU W D, et al. Determination of ellagic acid, flavonoids and goshonoside-F5 in *Rubi Fructus* by HPLC[J]. China Journal of Chinese Materia Medica, 2013, 38(24): 4 351-4 356.
- [29] 郭启雷. 掌叶覆盆子及羊耳菊的化学成分研究[D]. 北京: 中国协和医科大学, 2005: 63.
- GUO Q L. Studies on the chemical constituents of *Rubus Chingii* and *Inula Cappa* [D]. Beijing: Peking Union Medical College, 2005: 63.
- [30] 师聪, 解春芝, 张建萍, 等. 覆盆子不同极性溶剂提取物的抗氧化活性比较[J]. 食品科技, 2021, 46(1): 220-224.
- SHI C, XIE C Z, ZHANG J P, et al. Comparison of antioxidant activity of raspberry extracts with different polar solvents[J]. Food Science and Technology, 2021, 46(1): 220-224.
- [31] 陈青, 王玉珠, 梁延群, 等. 干燥方式对树莓总酚、总黄酮含量及其体外抗氧化活性的影响[J]. 北方园艺, 2019(13): 130-134.
- CHEN Q, WANG Y Z, LIANG Y Q, et al. Effect of different drying methods on total polyphenols, flavonoids content and antioxidant activity of *Rubus Corchorifolius* L.[J]. Northern Horticulture, 2019(13): 130-134.
- [32] 陈青青, 李柯, 唐晓清, 等. 华东覆盆子果、茎与叶的酚类成分及抗氧化活性分析[J]. 食品科学, 2020, 41(24): 209-215.
- CHEN Q Q, LI K, TANG X Q, et al. Analysis of phenolic composition and antioxidant activities in fruits, stems and leaves of *Rubus chingii* Hu[J]. Food Science, 2020, 41(24): 209-215.
- [33] 付彩群, 黄道明, 郑露盼, 等. 不同产地、采收期、种植条件对覆盆子有效成分含量的影响研究[J]. 药品评价, 2021, 18(12): 728-730.
- FU C Q, HUANG D M, ZHENG L P, et al. Study on the effect of different producing area, harvest time and planting conditions on the content of active components in *Rubus chingii* Hu[J]. Drug Evaluation, 2021, 18(12): 728-730.
- [34] 何佳, 周越美, 赵智慧, 等. 不同加工方法与贮存时间对覆盆子含量测定指标的影响[J]. 医药导报, 2022, 41(5): 693-697.
- HE J, ZHOU Y M, ZHAO Z H, et al. Effects of the same processing method and storage time on the content determination index of Raspberry[J]. Herald of Medicine, 2022, 41(5): 693-697.
- [35] LI X, SUN J, CHEN Z, et al. Characterization of carotenoids and phenolics during fruit ripening of Chinese raspberry (*Rubus chingii* Hu)[J]. RSC Advances, 2021, 11(18): 10 804-10 813.
- [36] POLISCHUK I, KOMISARENKO M, UPYR T, et al. Study of *Rubus Idaeus* juice ellagitannins and its antimicrobial activity[J]. International Journal of Pharmacy and Chemistry, 2019, 5(6): 68-70.
- [37] HATTORI M, KUO K P, SHU Y Z, et al. A triterpene from the fruits of *Rubus chingii*[J]. Phytochemistry, 1988, 27(12): 3 975-3 976.
- [38] 谭世强, 谢敬宇, 郭帅, 等. 三萜类物质的生理活性研究概况[J]. 中国农学通报, 2012, 28(36): 23-27.
- TAN S Q, XIE J Y, GUO S, et al. Research advances in physiological activities of triterpenoids[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2012, 28(36): 23-27.
- [39] YU G, LUO Z, WANG W, et al. *Rubus chingii* Hu: A review of the phytochemistry and pharmacology[J]. Frontiers in Pharmacology, 2019, 10: 799.
- [40] SHENG J Y, WANG S Q, LIU K H, et al. *Rubus chingii* Hu: An overview of botany, traditional uses, phytochemistry, and pharmacology[J]. Chinese Journal of Natural Medicines, 2020, 18(6): 401-416.
- [41] 郭宣宣, 邱晓霞, 张玲, 等. 可见分光光度法测定覆盆子中总三萜含量[J]. 安徽中医药大学学报, 2017, 36(5): 85-87.
- GUO X X, QIU X X, ZHANG L, et al. Determination of total triterpenoids in *Rubi Fructus* by visible spectrophotometry[J]. Journal of Anhui University of Chinese Medicine, 2017, 36(5): 85-87.
- [42] WAN J, WANG X J, GUO N, et al. Highly oxygenated triterpenoids and diterpenoids from *Fructus Rubi* (*Rubus chingii* Hu) and their Nf-Kappa B inhibitory effects[J]. Molecules, 2021, 26(7): 1 911.
- [43] ZHANG T T, LIU Y J, YANG L, et al. Extraction of antioxidant and antiproliferative ingredients from fruits of *Rubus chingii* Hu by active tracking guidance[J]. Medchemcomm, 2017, 8(8): 1 673-1 680.
- [44] ZHONG R, GUO Q, ZHOU G, et al. Three new labdane-type diterpene glycosides from fruits of *Rubus Chingii* and their cytotoxic

- activities against five humor cell lines[J]. *Fitoterapia*, 2015, 102: 23-26.
- [45] 程科军. I. 覆盆子活性成分研究 II. 金雀根中二苯乙烯类成分的稳定性研究[D]. 上海: 复旦大学, 2008: 31-40.  
CHENG K J. I. Studies on the bioactive constituents of *Rubus chingii* II. Studies on the stability of stilbenoids from the roots of *caragana sinica*[D]. Shanghai: Fudan University, 2018: 31-40.
- [46] 曹煌, 张静雅, 龚苏晓, 等. 中药酸味的药性表达及在临证配伍中的应用[J]. *中草药*, 2015, 46(24): 3 617-3 622.  
CAO H, ZHANG J Y, GONG S X, et al. Expression of sour-taste properties of Chinese materia medica and their applications in clinical compatibility[J]. *Chinese Traditional and Herbal Drugs*, 2015, 46(24): 3 617-3 622.
- [47] 曹富, 况作品, 谢晓梅, 等. 5种有“味酸”药性的蔷薇科果实类药材中水溶性有机酸的测定与分析[J]. *北京中医药大学学报*, 2017, 40(7): 578-584.  
CAO F, KUANG Z P, XIE X M, et al. Water-soluble organic acids in 5 fruit medicinal with sour taste from rosaceae family [J]. *Journal of Beijing University of Traditional Chinese Medicine*, 2017, 40(7): 578-584.
- [48] 孙金旭, 朱会霞, 肖冬光. 覆盆子中有机酸含量的测定[J]. *现代食品科技*, 2013, 29(6): 1 374-1 376, 1 320.  
SUN J X, ZHU H X, XIAO D G. Determination of the contents of organic acids of raspberry[J]. *Modern Food Science and Technology*, 2013, 29(6): 1 374-1 376, 1 320.
- [49] 陈晓燕, 孙汉巨, 程小群, 等. 覆盆子的氨基酸组成及营养评价[J]. *合肥工业大学学报(自然科学版)*, 2012, 35(12): 1 669-1 672.  
CHEN X Y, SUN H J, CHENG X Q, et al. Study of composition of amino acids in raspberry and nutritive evaluation[J]. *Journal of Hefei University of Technology (Natural Science)*, 2012, 35(12): 1 669-1 672.
- [50] 伍淑文, 樊柏林, 刘晓燕, 等. 湖北掌叶覆盆子叶营养和植物化学物成分分析[J]. *公共卫生与预防医学*, 2012, 23(2): 108-109.  
WU S W, FAN B L, LIU X Y, et al. Analysis of nutrient and phytochemical components in leaves of *Rubus Chingii* Hu from Hubei province[J]. *Journal of Public Health and Preventive Medicine*, 2012, 23(2): 108-109.
- [51] BILAWAL A, ISHFAQ M, GANTUMUR M A, et al. A review of the bioactive ingredients of berries and their applications in curing diseases[J]. *Food Bioscience*, 2021, 44: 101407.
- [52] HENDAWY O, GOMAA H A M, HUSSEIN S, et al. Cold-pressed raspberry seeds oil ameliorates high-fat diet triggered non-alcoholic fatty liver disease[J]. *Saudi Pharmaceutical Journal*, 2021, 29(11): 1 303-1 313.
- [53] WU T H, WANG P W, LIN T Y, et al. Antioxidant properties of red raspberry extract alleviate hepatic fibrosis via inducing apoptosis and trans differentiation of activated hepatic stellate cells[J]. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 2021, 144: 112284.
- [54] JIANG M J, LI L, HUANG W F, et al. *Rubus Chingii* var. *suavis* simus alleviates high-fat diet-induced lipid metabolism disorder via modulation of the PPARs/SREBP pathway in Syrian golden hamsters[J]. *Journal of Natural Medicines*, 2021, 75(4): 884-892.
- [55] 樊柏林, 龚晨睿, 孙凡中, 等. 湖北掌叶覆盆子叶降血脂作用的动物实验和人群研究[J]. *食品科学*, 2007(11): 526-529.  
FAN B L, GONG C R, SUN F Z, et al. Effects of hubei *Rubus Chingii* Hu leaf on serum lipid metabolism in hyperlipidemia rats and human adults[J]. *Food Science*, 2007(11): 526-529.
- [56] JIANG H, YANG J, FAN Y, et al. Synergistic effects of unripe raspberry extracts (*Rubus chingii*) and antibiotics against three bacteria[J]. *Food Science and Technology*, 2020, 41: 482-488.
- [57] XIAN Y, FAN R, SHAO J, et al. Polyphenolic fractions isolated from red raspberry whole fruit, pulp, and seed differentially alter the gut microbiota of mice with diet-induced obesity[J]. *Journal of Functional Foods*, 2021, 76: 104288.
- [58] PAP N, FIDELIS M, AZEVEDO L, et al. Berry polyphenols and human health: Evidence of antioxidant, anti-inflammatory, microbiota modulation, and cell-protecting effects[J]. *Current Opinion in Food Science*, 2021, 42: 167-186.
- [59] SCHULZ M, CHIM J F. Nutritional and bioactive value of *Rubus* berries[J]. *Food Bioscience*, 2019, 31: 100438.
- [60] 吴臻, 何富乐. 覆盆子黄精颗粒保健食品组方配比和功效评价研究[J]. *健康研究*, 2021, 41(2): 160-163, 167.  
WU Z, HE F L. Formulation and efficacy evaluation of *Rubi Fructus-Polygonatum* granule health food[J]. *Health Research*, 2021, 41(2): 160-163, 167.
- [61] KE H, BAO T, CHEN W. Polysaccharide from *Rubus chingii* Hu affords protection against palmitic acid-induced lipotoxicity in human hepatocytes[J]. *International Journal of Biological Macromolecules*, 2019, 133: 1 063-1 071.
- [62] SU X, ZHAO M, FU X, et al. Immunomodulatory activity of purified polysaccharides from *Rubus chingii* Hu fruits in lymphocytes and its molecular mechanisms[J]. *Journal of Functional Foods*, 2021, 87: 104785.
- [63] HAN B, CHEN J, YU Y, et al. Antifungal activity of *Rubus Chingii* extract combined with fluconazole against fluconazole-resistant *Candida albicans*[J]. *Microbiology and Immunology*, 2016, 60(2): 82-92.
- [64] 邢宇双, 王烨兴, 孟娜娜, 等. 覆盆子对尼古丁戒断大鼠羟自由基代谢的影响[J]. *世界最新医学信息文摘*, 2019, 19(86): 174-176.  
XIANG Y S, WANG Y X, MENG N N, et al. Effect of raspberry on hydroxyl radical metabolism in rats with nicotine withdrawal[J]. *World Latest Medicine Information*, 2019, 19(86): 174-176.
- [65] 邢宇双, 梁启超, 金贲临, 等. 覆盆子对尼古丁戒断焦虑征大鼠的影响[J]. *实验动物科学*, 2018, 35(5): 67-70.  
XIANG Y S, LIANG Q C, JIN B L, et al. Effect of raspberry extract on anxiety of nicotine withdrawal in rats[J]. *Laboratory Animal Science*, 2018, 35(5): 67-70.
- [66] 季宇彬, 包晓威, 单宇, 等. 覆盆子提取物对 ConA 致小鼠急性肝损伤的保护作用研究[J]. *中国中药杂志*, 2019, 44(4):

- 774-780.
- JI Y B, BAO X W, SHAN Y, et al. Protective effect of raspberry extract on ConA-induced acute liver injury in mice [J]. *China Journal of Chinese Materia Medica*, 2019, 44(4): 774-780.
- [67] 邹佳美. 基于分子印迹及分子对接技术的覆盆子中抗阿尔兹海默症的酚酸类活性成分研究[D]. 南昌: 江西中医药大学, 2021: 12-14.
- ZOU J M. Study on anti-Alzheimer's disease phenolic acids in raspberry based on molecular imprinting and technology and molecular docking[D]. Nanchang: Jiangxi University of Traditional Chinese Medicine, 2021: 12-14.
- [68] JIANG H, ZHANG W, LI X, et al. The anti-obesogenic effects of dietary berry fruits: A review [J]. *Food Research International*, 2021, 147: 110539.
- [69] 广西南宁翎兮科技有限公司. 一种功能性粗纤维养生饼干及其制作方法: 201610551169.5[P]. 2016-09-07.
- Guangxi Nanning Xuxi Technology Co., Ltd. A kind of functional crude fiber health biscuit and preparation method thereof: 201610551169.5[P]. 2016-09-07.
- [70] 韩卓, 刘丽姿, 娄秋艳, 等. 覆盆子叶发酵茶的开发[J]. *北方园艺*, 2014(4): 116-119.
- HAN Z, LIU L Z, LOU Q Y, et al. Development of raspberry leaf fermented tea[J]. *Northern Horticulture*, 2014(4): 116-119.
- [71] 四川珍福堂商贸有限公司. 一种补肾覆盆子叶茶的制作方法: 201510399570.7[P]. 2016-02-03.
- Sichuan Zhenfutang Trading Co., Ltd. A kind of preparation method of kidney-tonifying raspberry leaf tea: 201510399570.7[P]. 2016-02-03.
- [72] 徐冰, 张聪恪, 王海玉, 等. 覆盆子提取物祛黄褐斑作用研究[J]. *中国实用医药*, 2012, 7(8): 24-25.
- XU B, ZHANG C K, WANG H Y, et al. Study on the effect of removing chloasma of Raspberry extract[J]. *China Practical Medical*, 2012, 7(8): 24-25.
- [73] 李安良, 杨淑琴, 郭秀茹. 化妆品活性成分覆盆子酮葡萄糖苷的研究进展[J]. *香料香精化妆品*, 2014(4): 63-66.
- LI A L, YANG S Q, GUO X R. Research and development on cosmetic actives derived from raspberry ketone glucoside[J]. *Flavour Fragrance Cosmetics*, 2014(4): 63-66.
- [74] 宋瑞娜. 一种天然抑菌面膜基布及其制备方法和面膜: 202011075637.9[P]. 2021-01-08.
- SONG R N. A kind of natural antibacterial mask base cloth and its preparation method and mask: 202011075637.9[P]. 2021-01-08.
- [75] 庄以彬, 吴凤礼, 殷华, 等. 芳香族香料化合物生物合成研究进展[J]. *生物工程学报*, 2021, 37(6): 1998-2009.
- ZHUANG Y B, WU F L, YAN H, et al. Advances in the microbial synthesis of aromatic fragrance molecules[J]. *Chinese Journal of Biotechnology*, 2021, 37(6): 1998-2009.
- [76] 王萍, 王娜, 杨俊鹏, 等. 发酵覆盆子香料的挥发性成分分析[C]// 第八届中国香料香精学术研讨会论文集. 广州: [出版社不详], 2010: 79-82.
- WANG P, WANG N, YANG J P, et al. Analysis of volatile composition in the perfume of *Rubus Chingii* Hu produced by fermentation[C]// Proceedings of the 8th Seminar on Fragrance and Flavor China. Guangzhou: [s.n.], 2010: 79-82.
- [77] 邓宝安, 赵龙, 王瑶, 等. 一种覆盆子提取液对卷烟烟气的影响[J]. *云南农业科技*, 2021(4): 14-17.
- DENG B A, ZHAO L, WANG Y, et al. Effect of a raspberry extract on cigarette smoke [J]. *Yunnan Agricultural Science and Technology*, 2021(4): 14-17.
- [78] GUO H, CHANG S, JIA L, et al. Advances in the synthesis and applications of raspberry ketone: A review[J]. *Flavour and Fragrance Journal*, 2021, 36(6): 615-625.
- [79] 西安若翰生物饲料有限公司. 含大枣及多种药食同源中药的动物发酵饲料及生产装置: 202011255135.4[P]. 2021-01-15.
- Xi'an Ruohan Biological Feed Co., Ltd. Animal fermented feed containing jujube and a variety of medicinal and edible Chinese medicines and production equipment: 202011255135.4[P]. 2021-01-15.

(上接第 210 页)

- [24] SAHENA F, ZAIDUL I S M, JINAP S, et al. Fatty acid compositions of fish oil extracted from different parts of Indian mackerel (*Rastrelliger kanagurta*) using various techniques of supercritical CO<sub>2</sub> extraction[J]. *Food Chemistry*, 2010, 120(3): 879-885.
- [25] 宋恭帅, 朱建龙, 薛静, 等. 杂鱼油脱胶工艺优化[J]. *中国食品学报*, 2018, 18(9): 196-202.
- SONG G S, ZHU J L, XUE J, et al. Optimization of degumming process of mixed fish oil[J]. *Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology*, 2018, 18(9): 196-202.
- [26] 朱建龙, 薛静, 宋恭帅, 等. 响应面法优化杂鱼油脱酸工艺[J]. *中国食品学报*, 2017, 17(1): 154-160.
- ZHU J L, XUE J, SONG G S, et al. Optimization of deacidification process of mixed fish oil by response surface methodology[J]. *Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology*, 2017, 17(1): 154-160.
- [27] SRIMIATI M, KUSHARTO C M, TANZIHA I, et al. Effect of different bleaching temperatures on the quality of refined catfish (*Clarias Gariepinus*) oil[J]. *Procedia Food Science*, 2015, 3(1): 223-230.
- [28] 陈转霞, 陶宁萍. 深海粗鱼油的精炼工艺研究[J]. *中国油脂*, 2018, 43(2): 5-9.
- CHEN Z X, TAO N P. Refining technology of crude deep-sea fish oil[J]. *China Oils and Fats*, 2018, 43(2): 5-9.
- [29] 林煌华, 谢友坪, 马瑞娟, 等. 鲑鱼内脏粗提油的精制工艺优化及其理化指标分析[J]. *食品工业科技*, 2020, 41(6): 172-179.
- LIN H H, XIE Y P, MA R J, et al. Optimization of refining process of squid visceral crude oil and its physicochemical indexes analysis[J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2020, 41(6): 172-179.