

芝麻叶功能成分提取及其开发应用研究进展

文莎莎¹, 郭蕊², 于修焯¹

(1. 西北农林科技大学 食品科学与工程学院, 陕西 杨凌 712100; 2. 中国检验检疫科学研究院综合检测中心, 北京 100123)

摘要:芝麻叶中含有丰富的蛋白质、脂肪、矿物质、多糖、黄酮、多酚, 具有较好的营养和保健作用。近年来人们对芝麻叶营养价值研究越来越多, 随着研究的深入, 其开发与应用也逐渐为人们所重视。为了有效开发芝麻叶资源, 开拓其在食品和日化用品等领域的应用, 对芝麻叶基本成分、功能成分提取、功效与作用、开发与应用等方面进行了系统梳理, 并对芝麻叶功能成分提取及其开发应用进行了分析与讨论, 以为芝麻叶进一步加工与利用提供参考。

关键词:芝麻叶; 组成成分; 提取; 功效作用; 开发应用

中图分类号: TS229; TS209

文献标识码: A

文章编号: 1003-7969(2020)10-0100-06

Advances in extraction of functional components and application of sesame leaves

WEN Shasha¹, GUO Rui², YU Xiuzhu¹

(1. College of Food Science and Engineering, Northwest A & F University, Yangling 712100, Shaanxi, China; 2. Chinese Academy of Inspection and Quarantine Comprehensive Test Center, Beijing 100123, China)

Abstract: Sesame leaves are rich in protein, fat, minerals, polysaccharide, flavonoids and polyphenol, so it has a good nutritional and healthy function. In recent years, there are more and more studies on the nutritional value of sesame leaves. With the further research, its development and application are gradually valued. In order to effectively exploit sesame leaves and extend its application in food and daily chemical necessities, the basic components, functional components extraction, function and application of sesame leaves were systematically summarized, and the extraction of functional components and application of sesame leaves were analyzed and investigated to provide references for the further processing and utilization of this resource.

Key words: sesame leaves; component; extraction; function; application

芝麻(*Sesamum indicum* L.)为一年生直立草本植物, 是世界上最重要的油料作物之一。世界芝麻的种植面积在700万~800万 hm^2 , 年产量为450万t左右。我国芝麻的种植面积约为70万 hm^2 , 年产量在60万~65万t, 主要分布在河南、湖北和安徽等省^[1]。芝麻种子含油量一般在50%左右, 且含有丰富的功能性成分, 应用十分广泛。芝麻叶是芝麻生产的主要副产物, 据《本草纲目》记载:“芝麻叶, 补脑髓, 强筋骨”。芝麻叶性平味苦, 能滋养肝肾、润

燥滑肠, 具有治疗肝、肾虚之头眩、病后脱发、津枯血燥、大便秘结等作用, 加之口感鲜香清爽而备受人们喜爱。芝麻叶具有很高的营养和药用价值, 其多糖、黄酮及多酚的提取和加工是研究的热点, 但芝麻叶资源尚未得到充分开发和利用。本文对芝麻叶的组成成分、功能成分提取、功效与作用、开发与应用等方面的研究进行综述, 以为芝麻叶深入开发与利用提供参考。

1 芝麻叶的组成成分

1.1 基本成分

针对芝麻叶的基本成分及含量, 刘利娥^[2]、李鑫^[3]等的研究表明: 芝麻叶干基中含有丰富的蛋白质(31.32%), 共含有17种氨基酸(21.44%), 其中谷氨酸(2.86%)、天冬氨酸(2.21%)、亮氨酸(2.18%)的含量最高, 且含有7种人体必需氨基酸

收稿日期: 2019-08-04; 修回日期: 2020-05-23

作者简介: 文莎莎(1999), 女, 在读本科, 专业为食品质量与安全(E-mail)227684793@qq.com。

通信作者: 于修焯, 教授, 博士(E-mail)xiuzhu@nwf.edu.cn。

(8.89%)。芝麻叶中总糖含量(25.26%)较高。唐艳红^[4]研究表明芝麻叶中含有葡萄糖、甘露糖、半乳糖、木糖、鼠李糖等成分,其中葡萄糖最多,甘露糖最少。芝麻叶中灰分(9.24%)也比较丰富,钾(24.75 mg/g)、钙(24.14 mg/g)、镁(6.533 mg/g)、磷(5.469 mg/g)的含量较高,钠(0.869 mg/g)、铁(0.312 mg/g)、锰(0.135 mg/g)次之,还含有一定量的硒(0.2 μg/g)。芝麻叶中粗脂肪含量为7.54%,从中检测出5种主要脂肪酸,分别是亚麻酸(45.20%)、棕榈酸(19.80%)、亚油酸(12.40%)、油酸(5.14%)和硬脂酸(2.90%)。总之,芝麻叶中含有丰富的蛋白质,其必需氨基酸含量较高且均衡性好;富含多糖;富含钾、钙等矿物质,且比例适宜、易于吸收;丰富的脂肪中含有较高的人体必需脂肪酸——亚麻酸和亚油酸,可以作为天然的优质营养源。

1.2 蜡质

植物表皮蜡质在抗旱保水方面有着重要的作用。张帆^[5]对盛花期的芝麻叶片进行蜡质提取和分析,结果表明:芝麻叶表皮蜡质含量为(2.75 ± 0.34) ~ (4.12 ± 0.35) μg/cm²,共有28种不同的化合物,包括11种直链烷烃、7种支链烷烃、9种初级醇和1种甾族化合物,其中C33烷烃的含量最高,约

占蜡质总量的30%。Kim等^[6]研究了水分缺失对芝麻叶表皮蜡质的影响,结果表明芝麻叶蜡质的成分和含量比较合理,有助于植株抵抗干旱胁迫;后来又探究了芝麻发育过程中叶片表皮蜡质的变化,结果表明幼苗期芝麻叶的蜡质主要是烷烃和醛类物质,在发育过程中烷烃所占的比例逐渐增大,主要的烷烃由C29转为C33,醛类则一直以C32为主^[7]。

1.3 芝麻素

芝麻素是芝麻中一种主要的木脂素成分,对人体的健康十分有益^[8]。Hata等^[9]检测到芝麻叶中含有芝麻素,对播种5周后的两个不同品种的芝麻叶进行分析,芝麻素的含量分别为0.5 μg/g(干基,下同)和2.6 μg/g,其含量不同与芝麻品种有关;后来又研究光的周期和波长对芝麻叶中芝麻素含量的影响,结果表明24 h连续光照可以明显提高芝麻素的含量^[10],光的波长对促进芝麻素含量的影响大小依次为蓝光 > 白光 > 红光^[11]。

2 功能成分提取

2.1 多糖提取

芝麻叶多糖具有抗氧化、抗衰老、降血脂及增强免疫力等多种生物活性^[12-14],体现出良好的保健功能。对芝麻叶中多糖的提取方法总结见表1。

表1 芝麻叶中多糖的提取方法

提取方法	料水比	提取温度/℃	提取时间/min	辅助处理条件	得率/%	文献
热水浸提	1:10	75	45	-	4.32	[12]
加热回流	1:20	90	120	-	5.89	[13]
超声波辅助	1:20	90	120	超声功率 600 W 超声时间 30 min	7.56	[13]
微波辅助	1:10	75	45	微波功率 750 W	4.15	[4]
酶解辅助	1:4	-	900	复合酶用量 2.8% 酶解温度 40 ~ 50 ℃ 酶解时间 144 min pH 5.0 ~ 7.0	5.96	[14]
酶解辅助	1:4	-	900	复合酶用量 2.0% 酶解温度 40 ~ 50 ℃ 酶解时间 126 ~ 150 min pH 5.0 ~ 6.8	5.63	[14]
酶解辅助	1:4	-	900	复合酶用量 3.6% 酶解温度 40 ~ 50 ℃ 酶解时间 138 min pH 5.0 ~ 7.2	5.57	[14]

由表1可知,芝麻叶多糖的提取方法有热水浸提法、加热回流法、超声波辅助法、微波辅助法及酶解辅助法等。唐艳红^[4]采用的微波辅助法与刘利娥等^[12]的热水浸提法工艺过程基本相同,但在微波

辅助的情况下多糖得率(4.15%)未明显提高,可能原因是两种方法所采用的芝麻叶产地不同、过筛时筛孔的大小不同。根据目前已有的研究,超声波辅助可以更大程度提高多糖得率,但影响因子较多,其

工艺参数有待进一步优化。

2.2 黄酮提取

有研究表明不同地区的芝麻叶中黄酮的含量为

8.028 ~ 122.8 mg/g (以芦丁计,干基)^[15-17],芝麻叶黄酮具有抗氧化、抗肿瘤及抗癌症的生理功能。芝麻叶中黄酮的提取方法见表2。

表2 芝麻叶中黄酮的提取方法

提取方法	提取剂	料液比	提取温度/℃	提取时间/min	辅助处理条件	提取率%	文献
乙醇提取	80%乙醇	1:25	80	150	-	95.6	[15]
微波辅助	80%乙醇	1:25	80	30	微波功率 200 W 微波时间 70 s	95.8	[15]
超声波辅助	50%乙醇	1:30	-		超声功率 300 W 超声时间 30 min	96.6	[16]
超声波辅助	80%乙醇	1:20	-		超声功率 350 W 超声时间 30 min	93.8	[17]
酶解辅助 热水浸提	热水	1:60	80	150	pH 5.0 酶解温度 45℃ 酶浓度 3 U/mL 酶解时间 150 min	98.1	[18]

由表2可知,芝麻叶黄酮的提取方法有乙醇提取法、微波辅助法、超声波辅助法及酶解辅助热水浸提法等。对不同的超声波辅助法比较表明,超声波辅助法的黄酮提取率是乙醇体积分数、料液比、超声功率和超声时间共同作用的结果^[16-17]。孟志芬等^[18]的酶解辅助热水浸提法可以较大程度提高黄酮的提取

率,但由于控制因素多、步骤烦琐且酶的成本高,限制了其应用,目前超声波辅助法是较常用的方法。

2.3 多酚提取

芝麻叶中多酚在抗氧化、抗菌、预防心脑血管疾病、美白和减肥等方面有突出的作用^[19]。对芝麻叶中多酚的提取方法归纳见表3。

表3 芝麻叶中多酚的提取方法

提取方法	乙醇体积分数/%	料液比	提取温度/℃	提取时间/min	辅助处理条件	提取量/(mg/g)	文献
乙醇提取	80	1:40	常温	40	-	6.35 ± 0.01	[19]
微波辅助	51.38	1:23	80	16.95	微波功率 900 W 微波时间 1 min	2.06 ± 0.03	[19]
微波辅助	70	1:50	常温	2	微波功率 420 W 连续提取 2 次	45.89 ± 1.66	[20]
微波辅助	80	1:50	常温	30	微波功率 600 W 微波时间 2 min	132	[21]

由表3可知,芝麻叶中多酚的提取方法主要是微波辅助法,但不同的工艺所得提取量差异很大,这很可能是由各个地区不同芝麻叶多酚含量的差异性造成的,料液比和提取时间可能较大程度上影响提取量。

3 功效与作用

3.1 抗氧化

对芝麻叶多糖的抗氧化活性研究表明,芝麻叶多糖对二苯基苦味基肼自由基(DPPH·)、羟自由基(·OH)和超氧阴离子自由基(O₂⁻·)都有较强的清除能力,其中对·OH的清除能力最强,且强于维生素C,表现出较强的抗氧化活性^[12]。Sarma等^[19]对芝麻叶多酚的抗氧化性能进行研究,得出芝麻叶多酚能较强地清除DPPH·。芝麻叶多酚还有很强的乙基苯并噻唑啉磺酸自由基(ABTS⁺·)清

除能力及抑制脂质过氧化能力,体现出显著的抗氧化活性,且与多酚的含量呈量效关系^[20]。Olalere等^[21]通过电子扫描检测出芝麻叶中的4个酚类官能团,鉴定出其具有很强的自由基清除能力。Arasu等^[22]对芝麻叶进行乳酸发酵,发酵后芝麻叶表现出更强的抗氧化作用。芝麻叶作为新型天然抗氧化原料开发有待进一步研究与探讨。

3.2 预防糖尿病

刘江辉等^[23]利用AB-8大孔吸附树脂柱对芝麻叶多酚粗提物进行高效纯化,纯化产物分别命名为SPP1和SPP2,研究得出芝麻叶多酚粗提物、SPP1和SPP2能延缓蛋白质非酶糖基化进程,具有预防或治疗糖尿病的作用。Fuji等^[24]在芝麻幼叶中鉴定出7种多酚类物质,其中麦角甾苷和异麦角甾苷表现出强体外抗糖活性,且麦角皂苷随着芝麻的生

长而逐渐积累。张蓉等^[25]研究表明干芝麻叶中主要含有没食子酸、绿原酸、芹菜素、咖啡酸、对香豆酸、麦角皂苷、木犀草素、山奈酚 8 种酚类化合物,其对 α -葡萄糖苷酶有明显的抑制作用,可以作为预防糖尿病的膳食功能因子。Nguyen 等^[26]从芝麻叶提取液中分离出两种化合物 3-表巴特原酸和表没食子酸儿茶素,这两种化合物对淀粉酶有较强的抑制作用,能降低糖尿病患者的血糖水平。目前,已经从机制层次提出芝麻叶可以预防糖尿病,但还没有对各个成分进行纯化以单独分析其对糖尿病的预防作用,相关工作可以作为接下来的研究重点。

3.3 治疗急慢性咽炎

急慢性咽炎是人群中十分常见的一种咽部疾病。将新鲜的芝麻叶嚼烂,敷在咽部凹凸不平的红肿黏膜表面,芝麻叶中的有效成分可以直达病灶处,快速地达到治疗急慢性咽炎的目的。20 世纪 90 年代就已经有学者提出芝麻叶可以治疗急慢性咽炎。董月灵等^[27]用芝麻叶治疗多例慢性咽炎,盛芳等^[28]用新鲜芝麻叶治疗多例急慢性咽炎,患者均出现好转或痊愈,有效率达 100%,且痊愈率远远大于好转率,芝麻叶也未体现出任何毒副作用。综合表明,芝麻叶可以治疗急慢性咽炎且表现出较好的疗效,可以临床推广应用。

3.4 治疗心血管疾病,抵抗肥胖

Konan 等^[29]研究分析了芝麻叶水提取物(ESera)与乙酰胆碱(ACh)对豚鼠主动脉制剂(GPAPs)的松弛作用,以确定其在心血管疾病传统药物中的应用,结果表明:芝麻叶水提取物在具有完整内皮的 GPAPs 中可引起分级松弛,适当浓度范围内与 ACh 的作用相同,证实了其在心血管疾病治疗中的功效。Yuan 等^[30]评价了芝麻叶提取物(SIE)对高脂饮食(HFD)诱导的肥胖的保护作用,结果表明:SIE 通过激活脂肪组织中的 AMP 依赖的蛋白激酶来抑制体重增加及降低血清葡萄糖、甘油三酯和瘦素水平,以达到抵抗肥胖的作用。

4 开发与应用

4.1 食品应用

4.1.1 罐头制品

在 20 世纪 90 年代,就已经研发出芝麻叶罐头食品,随后对制作工艺进行不断改进,又开发出芝麻叶软罐头食品,减少了原有营养成分的损失,提高了风味。李和平等^[31]研制出一种软包装芝麻叶罐头食品,产品成本低、营养损失小、保质期长。臧晋等^[32]发明了一种低盐芝麻叶酱的制备方法,用此方法制得的芝麻叶酱具有含盐量低、氨基酸态氮含量

高等特点。

4.1.2 面制品

将超微芝麻叶粉、青稞面、苦瓜籽粉、枸杞籽粉、山药粉、绿茶籽粉等原料有机结合可以制成一种营养价值高、口感好的营养芝麻叶饼干。芝麻叶煮烫、烘干、粉碎过筛后与面粉、食盐、食碱、羧甲基纤维素和水按比例混合,再经熟化、压延、切条、干燥后可以得到一种芝麻叶面条。赵峰^[33]用芝麻叶与面粉、鸡蛋、香料、调料等按一定配比混合,再经过油炸制成了一种面制零食。

4.1.3 茶及饮料

芝麻叶是饮用茶的优质来源。段冉^[34]在传统制茶工艺的基础上加入芝麻叶和甜叶菊,发明了一种饮用口感更好的芝麻叶茶;随后又提供了一种芝麻叶凉茶的生产方法,干芝麻叶先进行蒸煮酶解、超滤浓缩,再与蜂蜜和稳定剂复配即制成凉茶饮料。

4.2 日化用品

4.2.1 面膜

芝麻叶提取物可作为面膜的原料之一。郑新艳等^[35]发明了一种干芝麻叶提取物护肤面膜,将芝麻叶提取物多糖、黄酮和多酚进行浓缩后添加到面膜原液中,所得面膜可以更好地保湿和抗氧化;随后又公开了一种以鲜芝麻叶提取物为主要原料的面膜及其制备方法,该面膜由芝麻叶汁液、残渣、芦荟原汁、红酒酵母多糖等制备而成。

4.2.2 洗发水

将芝麻叶、麻油、泽兰、皂角、十二酸异丙醇酰胺、甲醛、聚氧乙烯、羊毛脂和香料按一定的比例混合可以制成一种洗发水^[36]。借鉴上述加工技术以何首乌提取物、芝麻叶萃取液、辅酶、大黄、维生素 E、羊毛脂、苍耳子、骨碎补和蜂蜡为原料又可制成一种去屑洗发水。

4.3 其他

傅里叶变换红外光谱分析表明,芝麻叶中含有天然的吸附基团,将干芝麻叶粉碎过筛后与亚甲基蓝(MB)溶液混合,通过吸附前后 MB 质量浓度差和吸附等温式确定了此吸附为自发过程,表现为良好吸附^[37]。将干芝麻叶粉碎过筛后分别与金胺 O 和 Pb(II)的溶解液混合,吸附等温线及动力学研究表明,芝麻叶可以作为一种从水溶液中去掉金胺 O 和 Pb(II)的生物吸附剂^[38-39]。芝麻叶具有天然纤维结构,表现出良好的吸附特性,是一种具有发展潜力的吸附剂。

5 结束语

芝麻叶是一种营养成分比较全面和均衡的植株

叶片,富含蛋白质、多糖、矿物质和脂肪,也含有丰富的蜡质、芝麻素、黄酮、多酚等成分,可以作为天然的优质食品原料。提取芝麻叶功能成分的方法因成分的性质不同而有所差异,超声波辅助热水浸提法得到的多糖得率较高;超声波辅助乙醇提取法使黄酮的提取率较高;而多酚类物质则以微波辅助乙醇提取法较好。芝麻叶的主要功效为抗氧化、预防糖尿病、治疗急慢性咽炎、治疗心血管疾病及抵抗肥胖等。目前,芝麻叶主要在罐头制品、面制品、茶及饮料等食品上有所应用,也开发运用于护肤品和洗护产品上,同时还具有发展成一种新型吸附剂的潜力。

综合近年研究进展,笔者认为对于芝麻叶的深入研究可从以下3个方面展开:①优化多糖、黄酮及多酚类物质的提取方法。芝麻叶中的多糖和黄酮的提取多采用超声波辅助法,多酚则采用微波辅助法,但提取效率不太理想,这些方法工艺参数较多,需要对各个因素进行进一步优化以提高其得率。②研发和开拓以芝麻叶为原料的新型天然抗氧化产品。虽然芝麻叶具有较强的抗氧化功能,但目前并没有研发出有针对性的产品,限制了其应用。③目前的研究多集中在芝麻叶多酚提取物对预防糖尿病的作用,对其单一成分的影响不清楚。为了明确其作用机制,深入研究芝麻叶中的单个多酚成分对糖尿病的预防作用具有重要的意义。

参考文献:

- [1] 罗松彪,张秀荣,汪强,等. 新时代我国芝麻产业发展探析[J]. 安徽农学通报,2019,25(Z1):47-49,61.
- [2] 刘利娥,宋少华,刘金盾. 芝麻叶营养成分分析[J]. 食品科技,2012(2):45-47.
- [3] 李鑫. 芝麻叶的营养成分研究[J]. 科技创新导报,2014(3):227.
- [4] 唐艳红. 芝麻叶多糖微波提取及纯化工艺研究[D]. 郑州:河南工业大学,2015.
- [5] 张帆. 小麦旗叶叶绿素含量 QTL 分析和芝麻品比试验以及芝麻叶表皮蜡质研究[D]. 陕西 杨凌:西北农林科技大学,2015.
- [6] KIM K S, PARK S H, JENKS M A. Changes in leaf cuticular waxes of sesame (*Sesamum indicum* L.) plants exposed to water deficit[J]. J Plant Physiol, 2006, 164(9): 1134-1143.
- [7] KIM M S, SHIM K B, PARK S H, et al. Changes in cuticular waxes of developing leaves in sesame (*Sesamum indicum* L.) [J]. J Crop Sci Biotechnol, 2009, 12(3): 161-167.
- [8] MA Z P, ZHANG Z F, YANG Y F, et al. Sesamin promotes osteoblastic differentiation and protects rats from osteoporosis[J]. Med Sci Monitor, 2019, 25: 5312-5320.
- [9] HATA N, HAYASHI Y, OKAZAWA A, et al. Comparison of sesamin contents and *CYP81Q1* gene expressions in aboveground vegetative organs between two Japanese sesame (*Sesamum indicum* L.) varieties differing in seed sesamin contents[J]. Plant Sci, 2010, 178(6): 510-516.
- [10] HATA N, HAYASHI Y, OKAZAWA A, et al. Effect of photoperiod on growth of the plants, and sesamin content and *CYP81Q1* gene expression in the leaves of sesame (*Sesamum indicum* L.) [J]. Environ Exp Bot, 2012, 75: 212-219.
- [11] HATA N, HAYASHI Y, ONO E, et al. Differences in plant growth and leaf sesamin content of the lignan-rich sesame variety 'Gomazou' under continuous light of different wavelengths [J]. Plant Biotechnol, 2013, 30(1): 1-8.
- [12] 刘利娥,张浩勤,刘金盾,等. 芝麻叶多糖的提取及抗氧化活性研究[J]. 中国食品学报,2010,10(5):160-165.
- [13] 罗建成,李杰,王东. 超声波辅助提取芝麻叶多糖工艺研究[J]. 食品研究与开发,2015,36(16):57-60.
- [14] 迟宗磊,藏伟功,丁振洋. 一种生物酶法从芝麻叶中提取芝麻叶多糖的方法:CN 104313085A[P]. 2014-11-11.
- [15] 黄泽元,王海滨,刘志伟. 芝麻叶中总黄酮的最佳提取工艺研究[J]. 农业工程学报,2004,20(6):201-204.
- [16] 张杰. 芝麻叶黄酮的超声提取及其对 NO₂⁻ 清除的研究[J]. 食品与机械,2009,25(6):71-74.
- [17] 周国仪,吴琼,刘华曦,等. 超声辅助提取芝麻叶黄酮[J]. 武汉工业学院学报,2007,26(2):15-18.
- [18] 孟志芬,董彩霞,孟现超. 酶法提取芝麻叶中总黄酮的工艺研究[J]. 郑州大学学报(工学版),2005,26(4):53-56.
- [19] SARMA L, CHAKRABORTY S, DUARY R K. Solvent-based microwave-assisted extraction and identification of bioactive compounds from *Sesamum indicum* leaves using particle swarm optimization-integrated response surface methodology[J]. Pharmacogn Mag, 2018, 14(57): 275-283.
- [20] 刘利娥,张冠军,刘金盾,等. 芝麻叶多酚的提取及其抗氧化活性研究[J]. 食品科技,2013,38(9):205-209.
- [21] OLALERE O A, ABDURAHMAN H N, GAN C Y. Microwave-enhanced extraction and mass spectrometry fingerprints of polyphenolic constituents in *Sesamum indicum* leaves [J]. Ind Crop Prod, 2019, 131: 151-159.
- [22] ARASU M V, KIM D H, KIM P I, et al. In vitro antifungal, probiotic and antioxidant properties of novel *Lactobacillus plantarum* K46 isolated from fermented

- sesame leaf [J]. *Ann Microbiol*, 2014, 64 (3): 1333 - 1346.
- [23] 刘江辉,刘金盾,刘利娥,等. 芝麻叶多酚的纯化及对蛋白质非酶糖基化的抑制作用[J]. *食品工业科技*, 2014,35(12):118-122.
- [24] FUJI Y, UCHIDA A, FUKAHORI K, et al. Chemical characterization and biological activity in young sesame leaves (*Sesamum indicum* L.) and changes in iridoid and polyphenol content at different growth stages [J]. *PLoS One*, 2018, 13(3): 103 - 108.
- [25] 张蓉,刘利娥,杨卫红. 芝麻叶多酚对 α -葡萄糖苷酶的抑制作用研究[J]. *医药论坛杂志*, 2014, 35(1): 69 - 72.
- [26] NGUYEN T D, NGUYEN H D, LE N T. New flavonoid and pentacyclic triterpene from *Sesamum indicum* leaves [J]. *Nat Prod Res*, 2016, 30(3): 311 - 315.
- [27] 董月灵,王德法. 鲜芝麻叶治疗慢性咽炎 192 例[J]. *中国民间疗法*, 2003(11):45.
- [28] 盛芳,原晓红. 鲜芝麻叶治疗急慢性咽炎[J]. *山东中医杂志*, 2003(4):241.
- [29] KONAN A B, DATTE J Y, YAPO P A. Nitric oxide pathway - mediated relaxant effect of aqueous sesame leaves extract (*Sesamum radiatum* Schum. & Thonn.) in the guinea - pig isolated aorta smooth muscle [J]. *Bmc Complem Altern M*, 2008, 8: 342 - 347.
- [30] YUAN H, CHUNG S, MA Q, et al. Combination of deep sea water and *Sesamum indicum* leaf extract prevents high - fat diet - induced obesity through AMPK activation in visceral adipose tissue [J]. *Exp Ther Med*, 2016, 11 (1): 338 - 344.
- [31] 李和平,魏建春,马永生,等. 芝麻叶软包装罐头的研制[J]. *食品安全质量检测学报*, 2017, 8(8): 3156 - 3160.
- [32] 臧晋,于海彦,全飞飞,等. 一种低盐芝麻叶酱的制备方法:CN 108497454 A [P]. 2018 - 09 - 07.
- [33] 赵峰. 一种油炸风味即食芝麻叶的加工方法:CN 110013015 A [P]. 2019 - 07 - 16.
- [34] 段冉. 一种芝麻叶茶的制备方法:CN 108041231 A [P]. 2018 - 05 - 18.
- [35] 郑新艳,胡坡,姚汝贤,等. 一种干芝麻叶提取物护肤面膜及其制备方法:CN 109528585 A [P]. 2019 - 03 - 29.
- [36] 张振宾. 一种洗发水:CN 106309256 A [P]. 2017 - 01 - 11.
- [37] 刘利娥,刘金盾,韩秀丽,等. 芝麻叶对亚甲基蓝吸附的动力学与热力学研究[J]. *化学工程*, 2011, 39(6): 40 - 43.
- [38] LIU L E, LIU J, LI H, et al. Equilibrium, kinetic, and thermodynamic studies of lead (II) biosorption on leaf [J]. *Bioresources*, 2012, 7(3): 3555 - 3572.
- [39] LIU L E, YU F, LIU D J, et al. Removal of auramine O from aqueous solution using sesame leaf: adsorption isotherm and kinetic studies [J]. *Asian Chem*, 2013, 25 (4): 1991 - 1998.
-
- (上接第 72 页)
- [2] JANG A, BAE W S, HWANG H S, et al. Evaluation of canola oil oleogels with candelilla wax as an alternative to shortening in baked goods [J]. *Food Chem*, 2015, 187: 525 - 529.
- [3] HALIME P, DEMIRCI M, TOKER O S, et al. Oleogels, a promising structured oil for decreasing saturated fatty acid concentrations: production and food - based applications [J]. *CRC Crit Rev Food Technol*, 2018, 58(8): 1330 - 1341.
- [4] 王晓晨. 高熔点甘油二酯和单甘酯在大豆油基有机凝胶油中的特性研究[D]. 广州:暨南大学, 2017.
- [5] 殷俊俊. 谷维素与甾醇结合交联固化植物油的规律研究[D]. 郑州:河南工业大学, 2015.
- [6] 司昀灵,胡招龙,邹立强. 单甘酯与蜂蜡复配制备五步蛇油基凝胶油的研究[J]. *中国油脂*, 2019, 44(7): 147 - 152.
- [7] 李志钢,马力,陈永忠,等. 我国油茶籽的综合利用现状概述[J]. *绿色科技*, 2018(6):191 - 194.
- [8] 胡伟,李湘洲,穆园园. 响应面法优化超声乳化制备油茶籽油纳米乳液及其稳定性研究[J]. *中国油脂*, 2017, 42 (9):14 - 19.
- [9] 熊道陵,吕琪,张辉,等. 油茶籽综合开发应用研究进展[J]. *粮食与油脂*, 2017, 30(3):17 - 21.
- [10] 王雁灿,杨灿,唐小武,等. 油茶籽的营养价值及其应用现状[J]. *畜牧与饲料科学*, 2017, 38(6):29 - 32.
- [11] PIEVE S D, CALLIGARIS S, CO E, et al. Shear nanostructuring of monoglyceride organogels [J]. *Food Biophys*, 2010, 5(3):211 - 217.
- [12] 毕艳兰. 油脂化学[M]. 北京:化学工业出版社, 2005: 42 - 49.
- [13] 刘国琴,南阳,刘新旗. 单甘酯添加量对油脂凝胶物理性质与晶体结构的影响[J]. *华南理工大学学报*, 2016, 44(11):1 - 6.
- [14] HIGAKI K, SASAKURA Y, KOYANO T, et al. Physical analyses of gel - like behavior of binary mixtures of high and low - melting fats [J]. *J Am Oil Chem Soc*, 2003, 80 (3):263 - 270.