

分离提取技术

大别山艾叶多糖提取工艺优化及其吸湿保湿、抗氧化性能研究

陈卫^{1a,2}, 谷彩花^{1b}, 叶兆伟^{1a,2}, 熊林斌², 李涛², 郜雅婧^{1a}, 陈琼^{*1a,2}

(1. 信阳农林学院 a. 制药工程学院, b. 农学院, 河南 信阳 464000;

2. 河南省大别山艾草综合开发利用工程技术研究中心, 河南 信阳 464000)

摘要:为了挖掘大别山艾草的应用潜力, 开发出更多艾草相关产品, 促进大别山革命老区经济社会发展。采用正交试验优化超声-酶法提取大别山艾叶多糖工艺, 并对艾叶多糖的吸湿保湿和抗氧化性能进行测定。试验结果表明, 大别山艾叶多糖的最佳提取工艺为料液比 1:35 (g/mL)、纤维素酶添加量 1%、超声时间 25 min, 在该条件下, 艾叶多糖提取率为 1.72%。在相对湿度为 43% 的环境下, 大别山艾叶多糖的吸湿率为 35.7%; 在相对湿度为 81% 的环境下, 吸湿率为 40.3%; 在干燥环境下, 保湿率为 66.9%。大别山艾叶多糖对 DPPH 自由基和羟基自由基都有清除作用, 在浓度为 1.2 mg/mL 对 DPPH 自由基的清除率为 28.5%, 对羟基自由基的清除率为 30.4%。大别山艾叶多糖具有良好的吸湿和保湿性能, 并且具有一定的抗氧化活性, 可以开发其作为一种天然的食品添加剂。

关键词:艾叶多糖; 纤维素酶; 吸湿; 保湿; 抗氧化

中图分类号: TQ28 **文献标识码:** A **文章编号:** 0258-3283(2024)02-0067-07

DOI: 10.13822/j.cnki.hxsj.2023.0655

Study on Extraction Optimization of *Artemisia argyi* Polysaccharide in Dabie Mountain and Its Moisture-absorption-retention and Antioxidant Properties CHEN Wei^{1a,2}, GU Cai-hua^{1b}, YE Zhao-wei^{1a,2}, XIONG Lin-bin², LI Tao², GAO Ya-jing^{1a}, CHEN Qiong^{*1a,2} (1.a.School of Pharmaceutical Engineering, b.Xinyang Agriculture and Forestry University, College of Agronomy, Xinyang 464000, China; 2.Dabie Mountain Mugwort Comprehensive Development and Utilization Engineering Technology Research Center of Henan Province, Xinyang 464000, China)

Abstract: To explore the application potential of *Artemisia argyi* in the Dabie Mountain, more wormwood related products have been developed to promote the economic and social development of the old revolutionary area of Dabie Mountain. The process of extracting polysaccharides from Dabie mugwort leaves by ultrasonic-enzymatic method was optimized by orthogonal experiments, and the hygroscopic, moisturizing and antioxidant properties of polysaccharides were measured. The experimental results showed that the optimal extraction process of Dabie Mountain mugwort leaf polysaccharide was a liquid-to-material ratio of 1:35 (g/mL), cellulase addition of 1%, and ultrasonic time of 25 min, under which the yield of mugwort leaf polysaccharide was 1.72%. In the environment of relative humidity of 43%, the moisture absorption rate of Dabie Mountain wormwood leaf polysaccharide was 35.7%. At a relative humidity of 81%, the moisture absorption rate was 40.3%. In a dry environment, the moisture absorption rate was 66.9%. Dabie Shan mugwort leaf polysaccharide exhibit scavenging effects on DPPH radicals and hydroxyl radicals, with a clearance rate of 28.5% for DPPH radicals and 30.4% for hydroxyl radicals at a concentration of 1.2 mg/mL. Dabie Mountain mugwort leaf polysaccharides possess excellent moisture absorption and retention properties, along with certain antioxidant activity, which can be developed as a natural food additive.

Key words: *Artemisia argyi* polysaccharides; cellulase; moisture absorption; moisture retention; antioxidant

艾叶是菊科植物艾 (*Artemisia argyi* Levl. et Vant.) 的干燥叶。其主要作用是温煦经络而止血、能够散寒止痛, 还可以外用祛湿杀虫止痒^[1]。近年来, 由于加大了对艾叶化学成分及药理学方

收稿日期: 2023-10-14; 网络首发日期: 2023-11-20

基金项目: 河南省重大科技专项项目 (201111310900); 校青年基金项目 (QN2022021)。

作者简介: 陈卫 (1988-), 男, 河南信阳人, 硕士, 助教, 主要研究方向为药物新剂型与制药工艺设计。

通讯作者: 陈琼, E-mail: 599299467@qq.com。

引用本文: 陈卫, 谷彩花, 叶兆伟, 等. 大别山艾叶多糖提取工艺优化及其吸湿保湿、抗氧化性能研究 [J]. 化学试剂, 2024, 46(2): 67-73。

面的研究力度,使艾叶的应用得到了进一步拓展。艾叶中含有多种有效成分,如挥发油、黄酮类、大分子多糖等物质^[2],它具有消炎杀菌、抗过敏、抗氧化、抗衰老等多种功效^[3-5]。因此,艾叶资源的开发具有非常重要的意义。

大分子多糖是一类广泛存在于自然界中的碳水化合物^[6],它不仅是生物有机体的基本组成物质,而且还是生物体中非常重要的一种生理活性物质,在维持生物体的正常生活中发挥着至关重要的作用。艾叶多糖的主要功效是抗氧化、抗肿瘤、降血糖和免疫调节^[7]。提取植物多糖的方法有热水浸提法、超声波法、酶法等,其中,热水浸提法提取时间长、效率低、能耗大;超声波辅助法提取可提高多糖提取率和生物活性;酶法提取可降低提取温度,节能降耗;而超声波辅助酶法提取效果更佳^[8,9]。

目前,对艾叶多糖生物性能的研究有一些报道^[10],但对艾叶多糖吸湿、保湿性能的研究尚未见报道。本实验以河南信阳大别山区艾叶为原料,采用超声波-酶法提取艾叶多糖,通过正交试验优化筛选出最优提取工艺条件,并对艾叶多糖进行吸湿保湿和抗氧化性能测定分析,旨在对大别山艾叶的有效利用提供一些理论依据,从而开发出更多艾叶相关产品,促进当地经济发展。

1 实验部分

1.1 主要仪器与试剂

TU-1810 型紫外-可见分光光度计(北京普析通用仪器有限责任公司);HH-S6 型恒温水浴锅(郑州杜甫仪器厂);SHZ-D(Ⅲ)型循环水式多用真空泵(河南省予华仪器有限公司);JP-800C 型高速多功能粉碎机(浙江省永康市久业工贸有限公司);UPT-60 型纯化水机(苏州市嘉州净化设备有限公司);KQ-500B 型超声波清洗器(昆山市超声仪器有限公司);101-2BS 型电热鼓风干燥箱(上海力辰邦西仪器科技有限公司);FA2004 型电子天平(上海浦春计量仪器有限公司);GL-12MS 型高速冷冻离心机(上海卢湘仪离心机仪器有限公司)。

艾叶采自河南省信阳市罗山县,经信阳农林学院杨俊杰教授鉴定为菊科植物艾(*Artemisia argyi* Levl. et Vant.)的叶;D-无水葡萄糖标准品(纯度 $\geq 98\%$,江西佰草源生物科技有限公司);维生素 C(Vc,纯度 $> 98\%$,新典化学材料(上海)有限

公司);纤维素酶(山东隆科特酶制剂有限公司);苯酚(天津市大茂化学试剂厂);硫酸(北京化工厂);无水乙醇、硫酸铵(郑州派尼化学试剂厂);硫酸亚铁、凡士林(天津市科密欧化学试剂有限公司);水杨酸(天津市光复科技发展有限公司);30%过氧化氢(天津市天力化学试剂有限公司);DPPH(天津市福晨化学试剂厂);海藻酸钠(天津市登峰化学试剂厂);所用试剂均为国产分析纯;纯化水(实验室自制)。

1.2 实验方法

1.2.1 药材的前处理

将艾叶洗干净后,在 50 ℃ 的电热鼓风干燥箱中干燥 24 h,用粉碎机将其粉碎成细粉,之后过 20 目筛,待用。

1.2.2 提取方法

称取 5.0 g 艾叶,精密称定。置于 250 mL 的锥形瓶中,加纯化水摇匀,在 50 ℃ 下加入 2.0% 的纤维素酶处理 2 h 后^[11],40 kHz 超声波,功率 550 W,在一定条件下处理一定时间,趁热进行离心,将一定量的无水乙醇加到滤液中,放在冰箱中静置过夜,再进行离心得到沉淀。将沉淀放入烘箱中 40 ℃ 干燥 12 h,得到多糖粉末。

1.2.3 葡萄糖标准品的配制

精密称取 5.0 mg 葡萄糖标准品,置于烧杯中,加适量纯化水溶解后移至 25 mL 容量瓶中,加纯化水定容至刻度线,得到浓度为 0.2 mg/mL 的葡萄糖标准液。

1.2.4 葡萄糖标准曲线的绘制

采用移液管依次精密吸取上述的葡萄糖标准溶液 0.5、1.0、1.5、2.0、2.5 mL 于 10 mL 容量瓶中,加水定容至刻度线,振荡摇匀,配成不同浓度的葡萄糖标准溶液。

分别精密吸取上述不同浓度的标准溶液 1.0 mL 置于干燥至恒重的 10 mL 容量瓶中,各加入 1.0 mL 5% 的苯酚溶液,然后振荡摇匀,再缓慢地加入 5.0 mL 的浓硫酸溶液,摇匀^[12],注意开盖放气,加纯化水补充至刻度线,等待 30 min。

以纯化水作为空白对照品,利用紫外-可见分光光度法,在波长 490 nm 下测定吸光度,横坐标(x)为葡萄糖的浓度值(单位:mg/mL),纵坐标(y)为测定的吸光度值^[13],绘制标准曲线,从而获得线性回归方程。

1.2.5 样品中多糖含量的测定

取 1.0 mL 供试品溶液于容量瓶中,使用移液

管进行吸取,加入 1.0 mL 5% 苯酚溶液,摇晃均匀后再缓慢添加 5.0 mL 浓硫酸溶液振荡,注意在操作过程中要打开试管盖子释放反应生成的气体^[14],等待反应 30 min 后,在波长为 490 nm 的光谱下进行吸光度的测定,根据式(1)计算样品中总多糖的含量。

$$\text{提取率}(\%) = [(c \times V)/m] \times 100\% \quad (1)$$

式中: c 为配制的多糖溶液浓度,mg/mL; V 为粗多糖溶液的体积,mL; m 为称量原料的质量,g。

1.2.6 单因素试验

通过改变料液比、纤维素酶的用量、超声时间分别进行单因素试验,然后选择最佳的工艺参数进行正交试验,用紫外-可见分光光度法对吸光度进行测定,采用多糖的提取率作为质量评价指标。

1.2.6.1 料液比对艾叶多糖提取率的考察

称取艾叶粉末约 5.0 g,精密称定,在固定纤维素酶添加量 2%、超声时间 30 min 的条件下,考察料液比 1:10、1:20、1:30、1:40、1:50 (g/mL) 时艾叶多糖的提取率。

1.2.6.2 纤维素酶用量对艾叶多糖提取率的考察

称取艾叶粉末约 5.0 g,精密称定,在固定料液比为 1:30 (g/mL)、超声时间 30 min 的条件下,考察纤维素酶添加量分别为 0、2%、4%、6%、8% (以干样质量百分数计) 时艾叶多糖的提取率。

1.2.6.3 超声时间对艾叶多糖提取率的考察

称取约 5.0 g 艾叶粉末,精密称定,在固定料液比为 1:30 (g/mL)、纤维素酶用量 2% 的条件下,考察经过超声处理时间 10、20、30、40、50 min 时艾叶多糖的提取率。

1.2.7 正交试验优化

通过单因素试验,对多糖提取率进行分析,选取料液比(A)为 1:25、1:30、1:35 (g/mL),纤维素酶的添加量(B)为 1%、2%、3%,超声时间(C)为 25、30、35 min,利用正交试验来确定其最佳提取工艺。根据表 1 进行试验计算艾叶多糖提取率。

表 1 正交因素水平表

Tab.1 Orthogonal factor level table

序号	A 料液比/(g·mL ⁻¹)	B 酶添加量/%	C 超声时间/min
1	1:25	1	25
2	1:30	2	30
3	1:35	3	35

1.2.8 吸湿性能测定

分别称取干燥至恒重的艾叶多糖粉末和甘

油、海藻酸钠约 0.25 g,精密称定,并将它们分别放入称量瓶中称重,将称量瓶同时放置在含有饱和碳酸钠溶液(相对湿度为 43%)、饱和硫酸铵溶液(相对湿度为 81%)的干燥器中,分别在 2、4、8、16、24、48 h 后,进行称重,根据式(2)计算吸湿率。

$$\text{吸湿率}(\%) = [(W_m - W_0)/W_0] \times 100\% \quad (2)$$

式中: W_0 和 W_m 分别为放置前、后样品的质量,mg。

1.2.9 保湿性能测定

分别称取干燥至恒重的艾叶多糖样品和甘油、海藻酸钠各 0.25 g,精密称定,放入称量瓶中,准确加入样品质量 4 倍的纯化水,转动称量瓶使混合均匀,放到装有干微粉硅胶的干燥器内,分别于放置 2、4、8、24、48 h 后称重,根据式(3)计算保湿率。

$$\text{保湿率}(\%) = (H_n/H_0) \times 100\% \quad (3)$$

式中: H_0 和 H_n 分别为放置前、后的质量,mg。

1.2.10 抗氧化活性研究

1.2.10.1 艾叶多糖对 DPPH 自由基的清除能力测定

使用 95% 乙醇配制成浓度为 0.1 mmol/L 的 DPPH-乙醇溶液,现配现用。

称量干燥至恒重的艾叶多糖粉末,分别配制成浓度为 0.2、0.4、0.6、0.8、1.0、1.2 mg/mL 的溶液,移液管移取 2.0 mL 不同浓度的艾叶多糖溶液置于试管中,分别加入 2.0 mL (0.1 mmol/L) 的 DPPH-乙醇溶液,振荡摇匀,等待 30 min 后,在波长为 519 nm 处测吸光度,阳性对照为相同浓度的维生素 C^[15],根据式(4)计算艾叶多糖溶液对 DPPH 自由基的清除率。

$$\text{DPPH 自由基清除率}(\%) = 1 - [(A_1 - A_b)/A_c] \times 100\% \quad (4)$$

式中: A_1 为多糖溶液+DPPH 的吸光度; A_c 为纯化水+DPPH 的吸光度; A_b 为多糖溶液+乙醇的吸光度。

1.2.10.2 艾叶多糖对羟基自由基的清除能力测定

分别取 2.0 mL 不同浓度(0.2、0.4、0.6、0.8、1.0、1.2 mg/mL) 的艾叶多糖溶液于试管中,依次滴加 2 mL (6 mmol/L) FeSO₄ 溶液、2 mL (6 mmol/L) 水杨酸-乙醇溶液和 2 mL (6 mmol/L) 双氧水溶液,摇匀充分后静置 20 min,在波长为 510 nm 处测定吸光度。阳性对照为相同浓度的维生素 C,空白对照为同体积的纯化水,根据式(5)计算艾叶多糖溶液对羟基自由基的清除率^[16]。

$$\text{羟基自由基清除率}(\%) = 1 - [(A_1 - A_2)/A_0] \times 100\% \quad (5)$$

式中: A_0 为水+ FeSO_4 溶液+水杨酸-乙醇溶液的吸光度; A_1 为多糖或 Vc 溶液+ FeSO_4 溶液+水杨酸-乙醇溶液+水的吸光度; A_2 为多糖或 Vc 溶液+ FeSO_4 溶液+水杨酸-乙醇溶液+双氧水溶液的吸光度。

2 结果与讨论

2.1 葡萄糖标准曲线绘制

横坐标为葡萄糖标准溶液的浓度,纵坐标为葡萄糖标准溶液在波长 490 nm 处所测得的吸光度,以此来绘制葡萄糖标准曲线,如图 1 所示,得到的线性回归方程为 $Y = 17.64X - 0.0054$ ($R^2 = 0.9988$),结果表明,在 0.01~0.05 mg/mL 的浓度范围内,具有良好的线性关系。

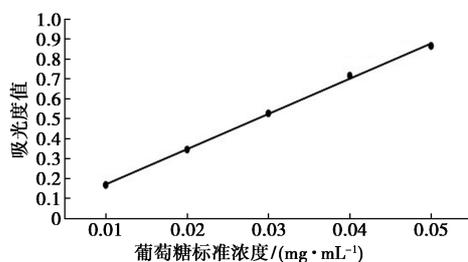


图 1 葡萄糖溶液标准曲线

Fig.1 Standard curve for glucose solution

2.2 单因素试验结果分析

2.2.1 料液比对艾叶多糖提取率的考察

料液比对艾叶多糖提取率的影响如图 2 所示,当艾叶的粉末重量与提取液量的比例为 1:10、1:20、1:40、1:50 (g/mL) 时,艾叶中多糖的提取率为 0.67%、0.82%、1.06%、0.56%,当料液比为 1:30 (g/mL) 时,艾叶中多糖的提取率较高为 1.33%。当料液比由 1:10 (g/mL) 增加到 1:20 (g/mL) 时,多糖提取率提高,在料液比为 1:30 (g/mL) 时,提高明显,此条件下多糖提取率为 1.33%,随着料液比的继续增大,多糖提取率逐渐

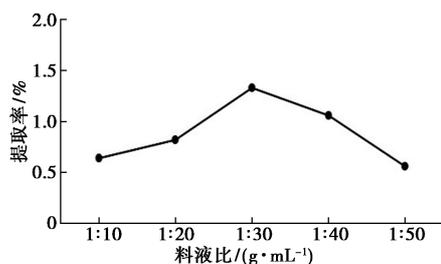


图 2 料液比对艾叶多糖提取率的影响

Fig.2 Effect of solid-liquid ratio on polysaccharide extraction rate of *Artemisia argyi*

降低。降低的原因可能是艾叶多糖是可溶性的大分子物质^[17],在适当范围内,增大溶剂的用量,能够提高多糖的溶出率。考虑到所得到的多糖提取率和后期浓缩工艺^[18],选择料液比为 1:30 (g/mL) 比较合适。

2.2.2 纤维素酶用量对艾叶多糖提取率的考察

纤维素酶的用量对艾叶多糖提取率的影响如图 3 所示,当纤维素酶用量为 0、4%、6%、8% 时,艾叶中多糖的提取率为 0.83%、1.24%、1.18%、0.94%;当纤维素酶添加量为 2% 时,艾叶中多糖的提取率为 1.28%。在没有添加纤维素酶时,艾叶中多糖的提取率较低,加入纤维素酶后,提取率显著增强,可能是因为在一定的范围内,随着纤维素酶用量的增加,酶水解细胞壁的效果也逐渐增强^[19],内容物更容易在溶剂中溶出,从而导致艾叶中多糖的提取率提高。当加入的纤维素酶过量时,多糖的提取率会降低,这表明先前的纤维素酶含量是提取艾叶多糖的最佳条件,此时酶分子是饱和状态。所以纤维素酶用量为 2% 是最合适的。

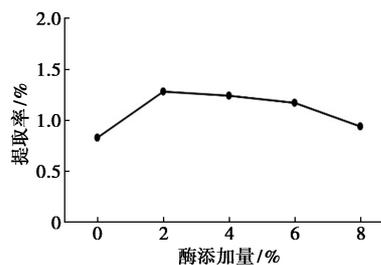


图 3 酶添加量对艾叶多糖提取率的影响

Fig.3 Effect of enzyme addition on polysaccharide extraction rate of *Artemisia argyi*

2.2.3 超声时间对艾叶多糖提取率的考察

如图 4 超声时间对艾叶多糖提取率的影响,当超声时间分别为 10、20、40 和 50 min 时,艾叶多糖的提取率分别为 1.04%、1.11%、1.06%、0.97%,当超声时间为 30 min 时,艾叶中多糖的提取率为 1.42%。在提取的前期(10~30 min),

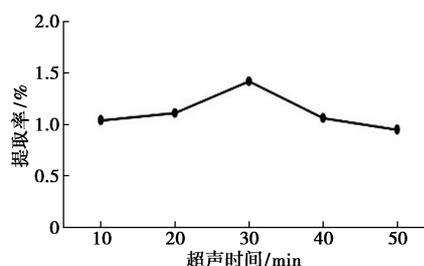


图 4 超声时间对艾叶多糖提取率的影响

Fig.4 Effect of ultrasonic time on the extraction rate of polysaccharide from *Artemisia argyi*

超声波的作用使得艾叶多糖快速溶于水,提取率明显提高,在超声时间为 30 min 时,艾叶多糖的提取率最高达到了 1.42%。在超声时间为 40 min 时,艾叶多糖提取率显著下降。在一定的时间范围内,随着超声时间的增加,能够促进对艾叶多糖的溶出,然而时间太长会导致反应温度过热,多糖失活而析出^[20],使得提取率降低。所以,30 min 的超声时间较为合适。

2.3 正交试验结果分析

由表 2 与表 3 的结果分析表明,超声波-酶提取法中各因素对提取艾叶中多糖的影响次序为 A>C>B^[21],即料液比>超声时间>酶用量。由正交试验优化得到的最佳工艺组合是 A₃C₁B₁,即料液比 1:35(g/mL)、超声时间 25 min、纤维素酶添加量 1%为超声波-酶法提取艾叶中多糖的最佳工艺条件。

表 2 超声波-酶提取法正交试验结果

Tab.2 Orthogonal test results of ultrasound-enzyme extraction

试验号	因素			多糖提取率/%
	A 料液比/ (g·mL ⁻¹)	B 酶用量/ %	C 超声时间/ min	
1	1	1	1	1.59
2	1	2	2	1.01
3	1	3	3	1.15
4	2	1	2	1.06
5	2	2	3	1.00
6	2	3	1	1.16
7	3	1	3	1.62
8	3	2	1	1.66
9	3	3	2	1.55
K ₁	1.250	1.423	1.470	
K ₂	1.073	1.223	1.207	
K ₃	1.610	1.287	1.257	
R	0.537	0.200	0.263	

表 3 超声波-酶提取法方差分析

Tab.3 Analysis of variance of ultrasound-enzyme extraction

因素	偏差平方和	自由度	F 比	F 临界值
料液比(A)/(g·mL ⁻¹)	0.449	2	2.141	5.140
酶用量(B)/%	0.063	2	0.300	5.140
超声时间(C)/min	0.117	2	0.558	5.140
误差	0.63	6		

2.4 艾叶多糖吸湿保湿性能分析

2.4.1 吸湿性能分析

甘油、海藻酸钠、艾叶多糖在湿度为 43% 的饱和碳酸钠的环境下放置 0~48 h 的吸湿率如图 5 所示。吸湿率在 0~48 h 从高到低依次为甘油>艾叶多糖>海藻酸钠。甘油的吸湿率上升速度较快,而艾叶多糖和海藻酸钠的吸湿率上升速度较为缓慢。在 0~4 h 内,艾叶多糖和海藻酸钠的吸湿率呈均匀上升趋势,在 4 h 后艾叶多糖的吸湿率上升更为明显。在 24 h 后,三者的吸湿率均保持不变,甘油为 57.2%,海藻酸钠为 23.6%,艾叶多糖为 35.7%。

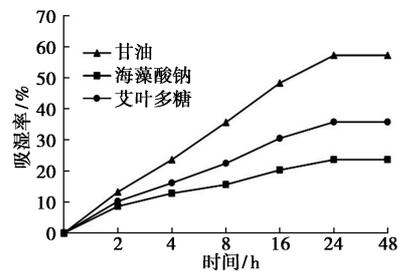


图 5 各样品在相对湿度 43% 的吸湿率

Fig.5 Moisture absorption rate of 43% relative humidity of each sample

甘油、海藻酸钠、艾叶多糖在湿度为 81% 的饱和硫酸钠环境下放置 0~48 h 的吸湿率如图 6 所示。吸湿率在 0~48 h 从高到低依次为甘油>艾叶多糖>海藻酸钠。在时间范围内,艾叶多糖和海藻酸钠的吸湿率升高速度较为缓慢,而甘油的吸湿率升高速度较快。在 0~4 h 内,艾叶多糖和海藻酸钠的吸湿率呈均匀上升趋势,在 4 h 后艾叶多糖的吸湿率上升更为明显。在 24 h 后,三者的吸湿率均保持不变,甘油为 67.2%、海藻酸钠为 33.4%、艾叶多糖为 40.3%。

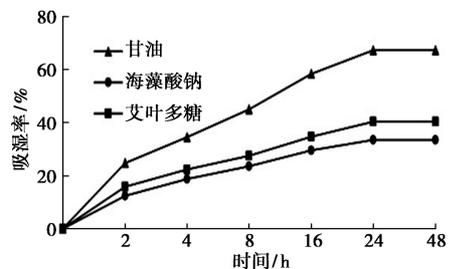


图 6 各样品在相对湿度 81% 的吸湿率

Fig.6 Moisture absorption rate of 81% relative humidity of each sample

2.4.2 保湿性能分析

甘油、海藻酸钠、艾叶多糖在干燥环境下的保

湿率如图 7 所示,在 2~4 h 内,3 种样品的保湿率下降较快,水分散失较快,随着时间的延长,水分散失开始变得缓慢^[22],在 8 h 后,保湿率较为平缓,在 24 h 后,数据不再变化。甘油的保湿率为 71%、海藻酸钠为 68.9%、艾叶多糖为 66.9%。

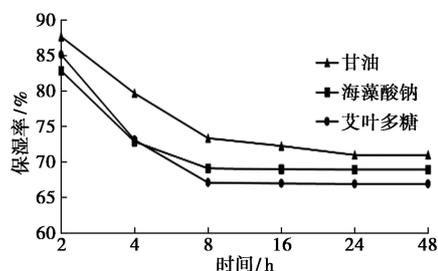


图 7 多糖和常用保湿剂保湿率随时间的变化图

Fig.7 Changes in moisturizing rate of polysaccharides and common moisturizers over time

2.5 艾叶多糖抗氧化性能分析

2.5.1 DPPH 自由基清除能力测定

艾叶多糖溶液和维生素 C 溶液在 0.2~1.2 mg/mL 浓度范围内对 DPPH 清除能力如图 8 所示,可知随着维生素 C 溶液和艾叶多糖溶液浓度的增加,DPPH 自由基的清除能力也逐渐升高。维生素 C 在浓度为 0.2 mg/mL 时清除率为 78.2%,之后清除率在不断上升,当浓度为 1.2 mg/mL 时,清除率达到最大为 86.7%。艾叶多糖溶液在不同浓度下的清除率也呈递增趋势,表明艾叶多糖具有清除 DPPH 自由基的能力^[23],在多糖浓度为 0.2 mg/mL 时,清除率可达 19.2%,当浓度为 1.2 mg/mL 时,清除率可达 28.5%。艾叶多糖溶液对 DPPH 自由基有清除能力,但其清除作用不如维生素 C 强。

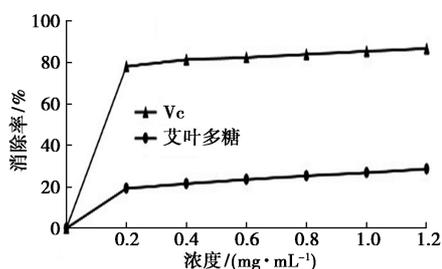


图 8 对 DPPH 自由基清除率的影响

Fig.8 Effect on DPPH radical scavenging

2.5.2 羟基自由基清除能力测定

艾叶多糖溶液和维生素 C 溶液在 0.2~1.2 mg/mL 时对羟基自由基清除率的影响如图 9 所示,在 0.2~1.2 mg/mL 范围内,艾叶多糖和维生素 C 对羟基自由基的清除效果明显,呈正相

关^[24],说明艾叶多糖有清除羟基自由基的能力,但和维生素 C 相比,清除能力较弱。艾叶多糖溶液在 1.2 mg/mL 时清除率最高,为 30.4%。

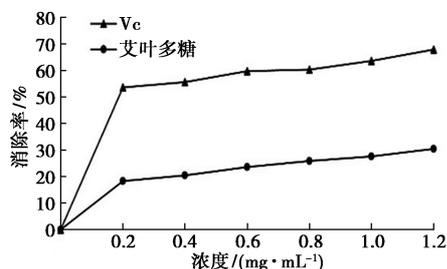


图 9 对羟基自由基清除率的影响

Fig.9 Effect on hydroxyl radical scavenging

3 结论

本实验采用正交试验优化大别山艾叶多糖超声波-酶法提取工艺,筛选出大别山艾叶多糖最优提取工艺条件为料液比 1:35 (g/mL),纤维素酶用量 1%,超声时间 25 min,此条件下艾叶多糖提取率为 1.72%。实验结果表明,在相对湿度为 43%、81% 的环境下,艾叶多糖的吸湿率分别为 35.7%、40.3%。吸湿率由大到小均为甘油>艾叶多糖>海藻酸钠,说明艾叶多糖具有较好的吸湿性。在干燥的环境下,保湿率为 66.9%,与甘油和海藻酸钠的保湿性相差不大。艾叶多糖对 DPPH 自由基和羟基自由基都有比较好的清除作用,对 DPPH 自由基的清除率为 28.5%,对羟基自由基的清除率为 30.4%,表明艾叶多糖具有一定的抗氧化活性。

由此可见,采用正交试验法可以获得优化的大别山艾叶多糖提取工艺,得到的艾叶多糖具有天然的吸湿、保湿和抗氧化性能,在日用品、化妆品、保健品、药品及食品等领域具有一定的应用价值。这为大别山艾草资源的综合开发利用和深加工提供了一些理论依据。

参考文献:

- [1] 卫生部药典委员会. 中华人民共和国药典:一部[M]. 北京:中国医药科技出版社,2020:123.
- [2] 尹彬彬. 艾叶有效成分的提取及生物活性研究[D]. 合肥:合肥工业大学,2015.
- [3] GE Y B, WANG Z G, XIONG Y, et al. Anti-inflammatory and blood stasis activities of essential oil extracted from *Artemisia argyi* leaf in animals [J]. *J. Nat. Med.*, 2016, **70(3)**:531-538.

- [4] GUAN X, GE D, LI S, et al. Chemical composition and antimicrobial activities of artemisia argyi lévl. et vant essential oils extracted by simultaneous distillation-extraction, subcritical extraction and hydrodistillation [J]. *Molecules*, 2019, **24**(3):483.
- [5] HO T J, GOSWAMI D, KUO W W, et al. Artemisia argyi exhibits anti-aging effects through decreasing the senescence in aging stem cells [J]. *Aging (Albany NY)*, 2022, **14**(15):6 187-6 201.
- [6] 楚三慧, 张俊俊, 杨冉, 等. 艾叶多糖提取方法及其药理作用研究进展 [J]. *海峡药学*, 2021, **33**(11):41-44.
- [7] BAO X L, YUAN H H, WANG C Z, et al. Antitumor and immunomodulatory activities of a polysaccharide from Artemisia argyi [J]. *Carbohydr. Polym.*, 2013, **98**(1):1 236-1 243.
- [8] 张腊梅, 黄红琴, 李敏, 等. 超声酶法辅助提取水芹菜多糖工艺优化及生物学活性研究 [J]. *化学试剂*, 2022, **44**(8):1 170-1 177.
- [9] WANG L, LI T, LIU F, et al. Ultrasonic-assisted enzymatic extraction and characterization of polysaccharides from dandelion (*Taraxacum officinale*) leaves [J]. *Int. J. Biol. Macromol.*, 2019, **126**:846-856.
- [10] 马盖凡, 姜雪莲, 侯明楮, 等. 艾叶多糖提取、分离纯化及生物活性研究进展 [J]. *中国医院药学杂志*, 2022, **42**(11):1 164-1 169.
- [11] 李宏, 唐中伟, 袁建琴, 等. 正交设计与响应面法优化甘草多糖提取工艺的研究 [J]. *轻工科技*, 2023, **39**(1):4-9.
- [12] 王媛媛, 陈思涵, 许美婧, 等. 艾叶总黄酮与总多糖的提取工艺及其抗氧化性研究进展 [J]. *广州化工*, 2020, **48**(18):13-15.
- [13] 杨玲, 王万坤, 罗丽平, 等. 红托竹荪菌托多糖提取工艺及抗氧化降血糖活性 [J]. *菌物学报*, 2023, **42**(1):418-429.
- [14] 慕雪, 刘垠泽, 吴恒梅. 白心火龙果果皮多糖提取及抗氧化研究 [J]. *中国野生植物资源*, 2023, **42**(3):21-25;37.
- [15] 叶兆伟, 叶润, 赫丁轩, 等. 息半夏多糖提取工艺优化及其抗氧化活性研究 [J]. *中国食品添加剂*, 2022, **33**(1):90-98.
- [16] 王旭升, 吴琼, 吴迪, 等. 纤维素酶法提取油莎豆多糖及其抗氧化性 [J]. *食品研究与开发*, 2023, **44**(2):102-107;131.
- [17] 魏倩倩, 夏梦瑶, 邓爱华, 等. 正交试验优化桃胶中多糖提取工艺 [J]. *农产品加工*, 2022, **565**(23):24-26.
- [18] 李彩霞, 郑雪, 高海宁, 等. 槐角多糖表征及抗氧化吸湿保湿性能研究 [J]. *食品与机械*, 2017, **33**(12):17-22.
- [19] 孙燕丽, 吴晓青, 胡巧云. 超声波-复合酶法协同提取马齿苋多糖工艺的优化研究 [J]. *饲料研究*, 2022, **45**(19):74-77.
- [20] 谭冰, 严焕宁, 黄锁义, 等. 艾叶多糖的提取、含量测定及对羟自由基清除作用的研究 [J]. *中国执业药师*, 2012, **9**(3):10-13.
- [21] 伍晓萍, 代玉玲, 张玲, 等. 三七多糖吸湿、保湿性能及体外抗氧化活性 [J]. *昆明医科大学学报*, 2022, **43**(5):1-6.
- [22] 牛新茹, 朱彤彤, 高志杰, 等. 紫苏叶多糖分离纯化及体外抗氧化活性 [J]. *食品研究与开发*, 2023, **44**(9):30-35.
- [23] 安星亮, 赵永亮, 王欢, 等. 银耳多糖提取工艺的响应面法优化及抗氧化和保湿性研究 [J]. *食品研究与开发*, 2022, **43**(15):123-130.
- [24] KIM S B, ASSEFA F, LEE S J, et al. Combined effects of soy isoflavone and lecithin on bone loss in ovariectomized mice [J]. *Nutr. Res. Pract.*, 2021, **15**(5):541-554.