

茜草制诃子多糖的提取工艺研究*

韦靖婧^{1,2}, 何敏^{1,2**}, 赵飘^{1,2}, 张晓杰^{1,2}, 余楠琳^{1,2}

(1. 四川农业大学 动物医学院, 四川 成都 611130; 2. 动物疾病与人类健康四川省重点实验室, 四川 成都 611130)

摘要:【目的】优化茜草制诃子多糖的提取工艺, 为茜草制诃子多糖的研发提供理论依据。【方法】以茜草制诃子为研究对象、茜草制诃子多糖提取率为指标, 通过单因素试验和正交试验考察料液比、提取温度、提取时间和提取次数对茜草制诃子多糖提取率的影响, 筛选茜草制诃子水提醇沉法的最佳工艺。【结果】茜草制诃子水提醇沉法提取多糖的最佳提取工艺为: 料液比 1 : 20, 提取温度 90 ℃, 提取时间 3 h, 提取次数 3 次。在该条件下茜草制诃子多糖的最大提取率为 3.55%。【结论】获得茜草制诃子多糖提取的最佳工艺条件, 水提醇沉法可较好地应用于茜草制诃子多糖的提取, 优化的工艺稳定可行、提取率高。

关键词: 茜草制诃子; 多糖; 提取工艺

中图分类号: R 284.2

文献标识码: A

文章编号: 1004-390X (2020) 01-0108-06

Study on the Extraction Process of *Rubia cordifolia* L. Processed *Terminalia chebula* Retz Polysaccharide

WEI Jingjing^{1,2}, HE Min^{1,2}, ZHAO Piao^{1,2}, ZHANG Xiaojie^{1,2}, YU Nanlin^{1,2}

(1. College of Veterinary Medicine, Sichuan Agricultural University, Chengdu 611130, China;

2. Key Laboratory of Animal Diseases and Human Health of Sichuan Province, Chengdu 611130, China)

Abstract: [Purpose] To optimize the extraction process of *Rubia cordifolia* L. processed *Terminalia chebula* Retz polysaccharide, and to lay a theoretical foundation for the research and development of polysaccharides. [Method] Taking the *R. cordifolia* L. processed *T. chebula* Retz as the research object, the extraction rate of polysaccharides was an index. The effects of ratio of material to liquid, extraction temperature, extraction times and number of extractions on the extraction rate of polysaccharides from *R. cordifolia* L. processed *T. chebula* Retz were studied by single factor experiment and orthogonal experiment. Screening the best technology of water extraction and alcohol precipitation for *R. cordifolia* L. processed *T. chebula* Retz. [Result] The best extraction process for extracting polysaccharides from *R. cordifolia* L. processed *T. chebula* Retz by extraction was determined as follows: extraction temperature was 90 ℃, liquid was 1 : 20, extraction three times and extraction time was 3 h. Under these conditions, the maximum extraction rate of polysaccharide was 3.55%. [Conclusion] Getting the optimal extraction technology for polysaccharides from *R. cordifolia* L. processed *T. chebula* Retz, the extraction method can be applied to the extraction of polysaccharide from *R. cordifolia* L. processed *T. chebula* Retz, and the optimized process is stable and feasible with high extraction rate.

收稿日期: 2019-06-20

修回日期: 2019-12-08

网络首发时间: 2020-01-09 16:00:12

*基金项目: 四川省教育厅科研基金 (17SZA0249)。

作者简介: 韦靖婧 (1994—), 女, 布依族, 贵州独山人, 在读硕士研究生, 主要从事动物组织学研究。

E-mail: weijingjing94@163.com

**通信作者 Corresponding author: 何敏 (1980—), 女, 四川峨眉人, 博士, 副教授, 主要从事基础兽医学研究。E-mail: hemin09@163.com

网络首发地址: <http://kns.cnki.net/kcms/detail/53.1044.S.20200109.1042.004.html>



Keywords: *Rubia cordifolia* L. processed *Terminalia chebula* Retz; polysaccharide; extraction process

茜草制诃子 (*Rubia cordifolia* L. processed *Terminalia chebula* Retz) 是使君子科植物诃子的干燥成熟果实经过茜草灰及麦酒炮制后得到的平息方剂, 可将一些疾病恢复到无病的状态^[1-2], 其粉末为黄褐色。诃子具有抑菌、抗病毒、抗肿瘤、抗氧化和清除自由基、保护肝脏和心肌、降血脂、提高免疫力等作用, 临床上多用于治疗呼吸道和消化道疾病^[3]。现代药理学研究表明: 茜草制诃子对肝脏的保护^[4]、胃肠道的调节^[5-6]等作用均优于生药诃子。

植物多糖具有免疫调节作用^[7], 且生物活性广、对细胞无毒副作用, 是理想的免疫增强剂^[8]。诃子中含有丰富的植物多糖, 其广泛的药理学作用也越来越受到关注。随着分离与分析方法不断进步, 诃子多糖提取工艺的研究在不断地深入, 如超声波辅助乙醇分级醇沉法^[9]、冷浸法^[10]、低温提取法^[11]、索氏提取法^[12]和水提醇沉法^[13]等。此外, 炮制会由于工艺及辅料等原因使得炮制品多糖含量、结构等发生改变, 温聪聪等^[14]就不同产地的诃子炒制前后的多糖含量变化进行研究, 发现经过炮制的麸炒诃子多糖含量高于生药诃子, 但未见关于茜草制诃子提多糖的研究。为合理的开发和利用茜草制诃子多糖, 本研究采用传统的水提醇沉法, 根据单因素试验结合正交试验结果, 对茜草制诃子水溶性粗多糖的提取条件进行优化, 为茜草制诃子的进一步开发奠定基础。

1 材料与方法

1.1 材料

诃子、茜草购于成都荷花池中药材市场, 由四川农业大学范巧佳副教授通过品种鉴别、质量和纯度分析鉴定为使君子科植物诃子 (*Terminalia chebula* Retz.) 和茜草科植物茜草 (*Rubia cordifolia* L.)。

1.2 方法

1.2.1 茜草制诃子炮制方法

茜草烧成白灰, 按照 1 : 3 的比例注入麦酒搅拌, 以稀稠如同酪浆为度, 在锅中少许沸开, 然后放入茜草用量 1/3 的诃子, 在锅中煮沸 10 min 后冷却至室温, 重复煮沸 2 次, 在锅中浸泡 24 h。

第 2 天捞出诃子, 在木臼中揉破, 将诃子肉用蒸馏水刷洗 3 次, 于 70 ℃ 烘干 30 h。

1.2.2 茜草制诃子粗多糖提取方法

取预处理茜草制诃子粉末 5 g, 放入 250 mL 烧杯中加入适量蒸馏水, 在一定反应温度下, 经过一定反应时间进行提取。抽滤后, 混合续滤液, 续滤液浓缩至 100 mL 后加入 3 倍量 95% 乙醇, 静置沉淀过夜, 沉淀用乙醇、丙酮及乙醚反复洗涤, 经过滤、干燥得水溶性粗多糖。

1.2.3 单因素试验

根据茜草制诃子多糖提取工艺, 分别对茜草制诃子多糖提取过程中的料液比 (1 : 10、1 : 20、1 : 30、1 : 40、1 : 50, g : mL)、提取温度 (50、60、70、80、90 ℃)、提取时间 (1、2、3、4、5 h)、提取次数 (1、2、3、4、5 次) 进行考察, 通过茜草制诃子提取多糖率来评判提取效果。

1.2.4 正交试验

根据茜草制诃子多糖提取的单因素试验结果, 选取料液比 A (g : mL)、提取温度 B (℃)、提取时间 C (h)、提取次数 D (次) 4 个因素的 3 个水平, 采用 4 因素 3 水平 (表 1) 的正交试验设计, 按照多糖提取工艺提取样品中的多糖并测定其含量, 确定茜草制诃子多糖提取的最佳工艺。

表 1 因素水平表

Tab. 1 Factor level

水平 level	A	B	C	D
	料液比/(g : mL) solid to liquid ratio	提取温度/℃ extraction temperature	提取时间/h extraction time	提取次数 extraction times
1	1 : 10	70	3	2
2	1 : 20	80	4	3
3	1 : 30	90	5	4

1.2.5 茜草制诃子多糖含量测定

采用苯酚—硫酸法^[13], 将干燥的茜草制诃子粗多糖样品加入蒸馏水溶解后, 吸取该样品溶液 0.2 mL, 加蒸馏水至 2.0 mL, 加入 5% 苯酚溶液 1 mL, 混匀, 沿试管壁快速加入浓硫酸 5 mL, 摇匀, 放置 5 min, 沸水浴中加热 15 min, 取出, 冷至室温, 于 492 nm 处测吸光度, 由标准曲线方程 $y=1.315\ 5x+0.000\ 7$ ($R^2=0.997\ 8$) 计算样品溶

液中的多糖浓度, 计算茜草制诃子多糖提取率公式如下所示:

茜草制诃子多糖提取率=(多糖质量浓度×溶液体积×稀释倍数)/原料质量×100%。

1.2.6 同批生药诃子多糖提取

根据茜草制诃子多糖提取的正交试验结果, 在茜草制诃子最佳多糖提取条件下, 对同批生药诃子多糖进行提取和测定, 提取方法同茜草制诃子多糖提取和测定方法。

2 结果与分析

2.1 单因素试验结果

2.1.1 料液比

由图 1 可知: 料液比在 1:10~1:40 时, 茜草制诃子多糖提取率随料液比的增加而降低; 在 1:40~1:50 时, 提取率又随料液比的增加而升高; 在 1:10 时最佳, 提取率达到 2.33%。故选

取 1:10、1:20 和 1:30 三个水平进行正交试验。

2.1.2 提取温度

由图 1 可知: 提取温度在 50~70 ℃ 时, 多糖提取率无明显变化; 当温度在 70~80 ℃ 时, 提取率随温度上升而增加; 80~90 ℃ 时, 提取率随温度上升而增加, 但增加幅度不明显, 最佳提取温度为 90 ℃, 提取率达 1.87%。故选取 70、80 和 90 ℃ 三个水平进行考察。

2.1.3 提取时间

由图 1 可知: 提取时间在 1~2 h 时, 多糖提取率随时间增加而下降; 而在 2~4 h 时, 提取率随时间增加而增加, 4 h 后 (4~5 h) 提取率无明显增加。故选取 3、4 和 5 h 三个水平进行正交试验。

2.1.4 提取次数

由图 1 可知: 提取次数在 1~3 次时, 多糖提取率随提取次数增加而升高, 第 3 次达到最佳, 提取率为 2.78%; 提取 3~4 次, 提取率随提取次

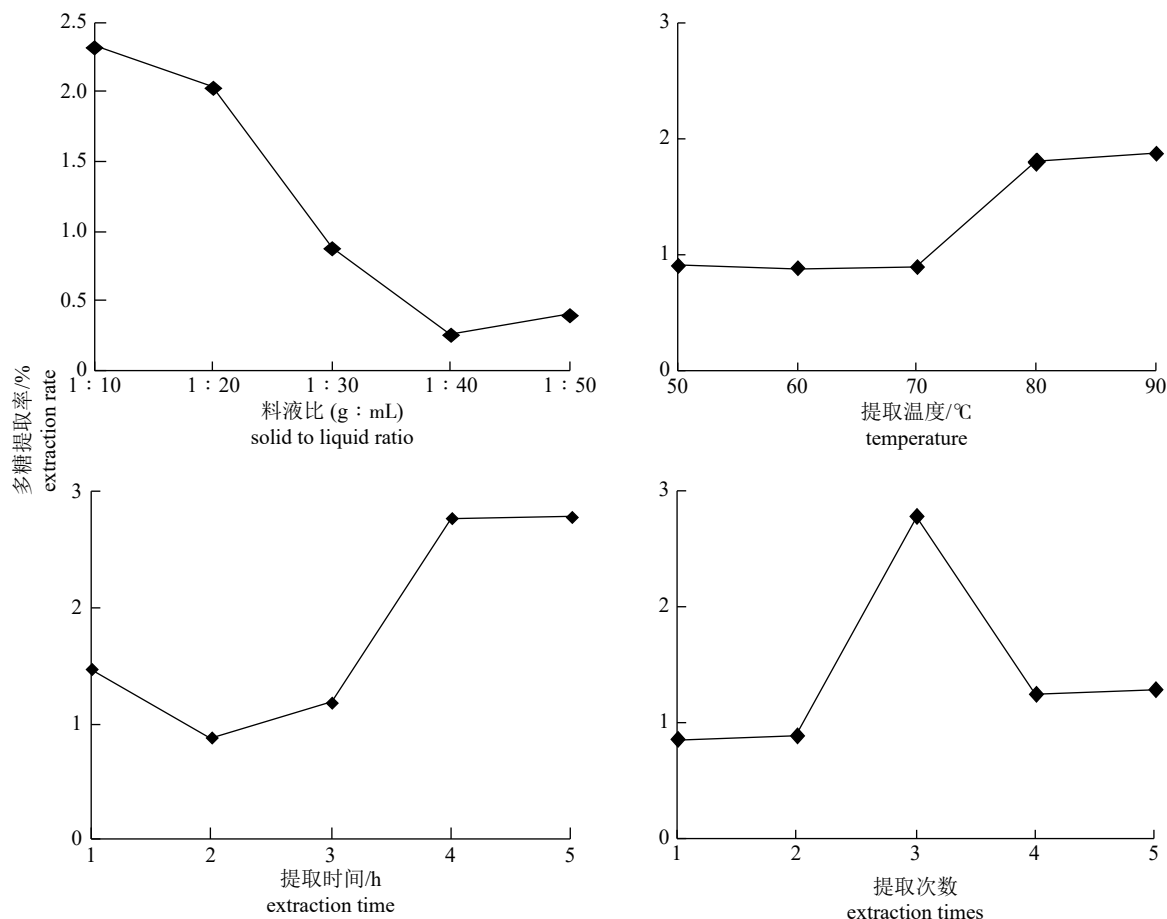


图 1 料液比、提取温度、提取时间和提取次数对多糖提取率影响

Fig. 1 Effect of different ratios of solid to liquid ratio, extraction temperature, extraction time and extraction times on the extraction yield of crude polysaccharides

数增加而降低; 提取次数在 4~5 次时, 提取率增加幅度很小。故选取 2、3 和 4 次三个水平进行考察。

2.2 正交试验结果

由表 2 可知: 6 号样品茜草制诃子多糖提取率最高 (3.55%)。对结果进行极差分析: 茜草制诃子水提醇沉 4 因素对多糖提取率的影响大小依次为 D (提取次数) > B (提取温度) > A (料液比) > C (提取时间), 最佳提取工艺为 $A_2B_3C_1D_2$, 即在温度为 90 ℃ 时, 加 20 倍水提取 3 次, 每次提取 3 h。

表 2 正交试验设计与结果

Tab. 2 Orthogonal experimental design and results

编号 No.	A 料液比/ (g : mL) solid to liquid ratio	B 提取温度/℃ extraction temperature	C 提取时间/h extraction time	D 提取次数 extraction times	提取率/% extraction rate
1	1 : 10	70	3	2	1.47
2	1 : 10	80	4	3	2.04
3	1 : 10	90	5	4	2.50
4	1 : 20	70	4	4	2.68
5	1 : 20	80	5	2	1.22
6	1 : 20	90	3	3	3.55
7	1 : 30	70	5	3	2.80
8	1 : 30	80	3	4	2.45
9	1 : 30	90	4	2	2.46
K_1	2.003	2.317	2.490	1.717	
K_2	2.483	1.903	2.393	2.797	
K_3	2.570	2.837	2.173	2.543	
R	0.567	0.934	0.317	1.080	

2.3 诃子与茜草制诃子多糖提取率对比

采用茜草制诃子多糖提取最优条件对同一批生药诃子进行多糖提取, 其提取率为 2.13%, 低于茜草制诃子多糖提取率 (3.55%)。

3 讨论

3.1 单因素试验

3.1.1 料液比的影响

茜草制诃子多糖提取率随料液比增加呈先下降后上升趋势, 可见适量的溶剂有利于多糖溶出, 但过多的溶剂使得其他成分同时析出, 反而抑制多糖的析出, 降低多糖提取率^[15]。同时溶剂过多会影响体系中的传热、传质, 不利于多糖的提取^[16]。因此, 料液比在 1 : 10~1 : 40 时, 随溶剂增加茜

草制诃子多糖提取率降低。这与尹泉雄等^[17]提取白骨壤多糖料液比在 1 : 40 时提取率最高情况不同, 本试验诃子炮制品在相对较少的溶剂内就可得到较多的多糖, 一方面推测是经炮制后的诃子的某些结构发生改变, 从而多糖溶出率增加^[18-20]; 另一方面, 可能是由于提取的药用植物不同, 对溶剂量的需求不同, 如刘小攀等^[21]在忽地笑水提取多糖单因素试验中, 料液比在 1 : 20 时提取率最高。本研究在料液比 1 : 40~1 : 50 时, 随溶剂增加, 多糖提取率提高, 推断继续增加料液比, 细胞内外浓度差进一步增大, 多糖溶出推动力增强, 提取率又将增加^[22]。

3.1.2 提取温度的影响

茜草制诃子多糖提取率随温度升高呈上升趋势, 温度升高会增大多糖在溶剂中的溶解度及扩散系数, 分子热运动也随之加速, 在较高温度 (70~90 ℃) 下, 提取率随温度升高而提高^[23-24], 这与刘继超等^[25]提取地木耳多糖在 75~92 ℃ 情况下提取率随温度升高而提高一致, 表明在较高温度条件下多糖更易溶出。但多糖是活性物质, 温度过高会对多糖结构造成破坏, 还会促进植物细胞中其他成分溶出, 导致多糖提取率降低^[26-27]。且提取温度在 80~90 ℃ 时, 多糖提取率已经趋于平稳, 又考虑到生产实践中节约能源, 故本试验未进一步对 100 ℃ 情况下多糖提取率进行研究。

3.1.3 提取时间的影响

茜草制诃子多糖提取率随提取时间呈先下降后上升的趋势, 多糖提取是动态过程, 茜草制诃子经过粉碎变为颗粒, 表面有大量的破碎细胞, 故多糖提取包含了表面多糖溶解与细胞内多糖溶出 2 个部分。在 1 h 时破碎细胞表面多糖率先溶解, 粉碎细胞表面多糖浓度在 1 h 内大于未破损细胞内多糖浓度, 使多糖顺浓度进入未破损细胞, 之后未破碎细胞内多糖溶出加入到这个过程中^[28], 故本研究在 1~2 h 时多糖提取率随时间增加而短暂降低; 随后, 细胞内多糖浓度高于溶剂中多糖浓度, 借助着浓度梯度的推动作用, 多糖重新溶入溶剂中, 且多糖的浸出程度与时间直接相关^[28-29], 故在 2~4 h 内随着提取时间的增加多糖提取率增高。在 4 h 时, 细胞内多糖基本溶解出来, 再增加提取时间至 5 h, 对提取效果无显著影响, 且提取时间过长, 也会降低多糖提取率^[30]。这与陈琰等^[31]在刷把菌多糖提取中, 多糖提取率

在 3 h 达到峰值存在差异,这是由于不同药用植物的多糖提取率达到最大的提取时间不同^[32]。

3.1.4 提取次数的影响

茜草制诃子多糖提取率随提取次数呈先上升后下降趋势,更换提取溶剂,有利于维持细胞内外多糖浓度差^[33]。本研究中,提取次数在 1~3 次时,多糖提取率随提取次数增加而增加,表明多次提取有利于细胞内多糖充分的溶解出来^[34];而多糖提取率在 3~5 次时随提取次数增加而下降,可能是由于多次提取液混合后过长时间旋转蒸发造成了多糖的损耗,这与梁小军等^[35]在巴戟天多糖提取中情况基本一致。

3.2 正交试验

3.2.1 正交试验

正交试验与单因素试验结果有差异,表明茜草制诃子多糖提取率是由多个因素相互影响共同作用的结果。正交试验结果显示:提取次数及提取温度对其提取率影响最大,其次才是料液比和提取时间。本研究中,最优提取次数与提取温度依然与单因素保持一致,但相对于单因素试验结果而言,其提取时间相应缩短了,而料液比增大了。由提取动力学可知,适当的提高温度会使得分子解附和扩散运动加快,而扩散系数增大,又促使了溶质溶剂接触更为充分,这时体系中就可以进行更多的物质交换^[36],所以料液比增大。料液比增大后,固相主体与液相主体的浓度差也随之增大,两主体间物质传导的速度加快,而温度的升高增加了传导动力又恰恰促进了这一过程^[37]。与此同时,适宜的时间有利于多糖分子的扩散析出^[38],扩散系数与固液主体间物质传导速度的加快,使得多糖溶出速度加快,而更快的使得细胞内外多糖浓度达到平衡状态^[39]。在同等试验条件下,生药诃子多糖提取率为 2.13%,低于茜草制诃子多糖提取率。但茜草制诃子的多糖活性是否优于生药诃子的多糖活性,还需要进一步研究。

3.2.2 正交试验结果对比

张奕婷等^[40]在微波超声辅助提取诃子多糖工艺优化中最佳诃子多糖提取工艺条件为:微波 40 s、超声 35 s, 90 ℃ 水浴 30 min, 其提取率为 2.838 %。本试验首次对茜草制诃子水溶性粗多糖的水提醇沉提取工艺及其优化进行研究,在最优条件下多糖提取率达到了 3.55%,一方面可能是诃子经炮制后其多糖含量增高,另一方面由于提

取次数对多糖提取率影响最大,从而导致多糖提取率升高。此外,本试验结果优于冷浸法。冷浸法正交试验最优提取条件下,即料液比 1 : 20,冷浸 8 h,冷浸次数为 1 次,生药诃子多糖提取率仅达到了 2.84%^[10],相对于冷浸法而言,热水浸提法采用溶剂为热水,可通过提高液体环境温度来加速分子运动、增大渗透压使细胞中的分子快速流出,可相应提高多糖提取率。在工业生产中,冷浸法虽然能耗相对于本法更低,但是加热的情况下更有利于多糖的溶解,多糖提取率更高。

3.3 诃子与茜草制诃子多糖提取率对比

周碧乾等^[41]研究发现:鲜天麻酒浸 25 h 后 60 ℃ 烘干,其多糖含量与对照组无明显差异。可见本研究采用高度麦酒加茜草灰,对诃子进行煮沸、浸泡,并不会造成诃子中多糖成分的流失。杨武德等^[42]对大黄进行黄酒闷 1~2 h 后,放入密闭蒸锅隔水蒸 25 h,后烘干,其多糖含量为 4.73%,优于同批生大黄的多糖提取率 (2.98%)。该研究与本试验结果相符,推测是诃子经炮制后多糖含量会增加,或是炮制可能会对中药结构造成一定影响,从而使多糖更易析出。故同等提取条件下,茜草制诃子多糖提取率优于生药诃子。

4 结论

采用水提醇沉法提取茜草制诃子中的水溶性粗多糖最佳的提取工艺为:料液比为 1 : 20,提取温度为 90 ℃,提取次数 3 次,每次提取 3 h,该条件下茜草制诃子多糖的最大提取率为 3.55%,优于生药诃子多糖提取率 (2.13%)。水提醇沉法具有成本低、安全、有效、对多糖破坏较小等优点,可行性较好。

[参考文献]

- [1] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典: 一部[M]. 北京: 中国医药科技出版社, 2015.
- [2] 毛继祖. 基础藏药炮制学[M]. 北京: 中国中医药出版社, 2011.
- [3] BAG A, BHATTACHARYYA S K, CHATTOPADHYAY R R. The development of *Terminalia chebula* Retz. (Combretaceae) in clinical research[J]. Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine, 2013, 3(3): 244. DOI: 10.1016/S2221-1691(13)60059-3.
- [4] 何敏, 梁晓霞, 廖礼, 等. 诃子及其炮制品对 CCl₄ 诱导小鼠肝损伤的保护作用[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2018, 44(3): 314. DOI: 10.13331/j.cnki.jhau.2018.03.015.

- [5] 赵思琦,何敏,梁晓霞,等.诃子及其炮制品对小鼠小肠5-羟色胺分泌的影响[J].浙江农业学报,2016,28(10):1663. DOI: 10.3969/j.issn.1004-1524.2016.10.06.
- [6] 赵思琦,何敏,梁晓霞,等.诃子藏医炮制品对小鼠消化道嗜银细胞形态学及分布规律的影响[J].中国兽医科学,2016,46(8):1048. DOI: 10.16656/j.issn.1673-4696.2016.08.019.
- [7] 郭力,康文艺.中药化学[M].北京:中国医药科技出版社,2015.
- [8] 张文启.苣荬多糖对肉仔鸡免疫及生长性能影响的研究[D].泰安:山东农业大学,2016.
- [9] 项朋志,刘丽梅,贝玉祥,等.诃子多糖的提取及其抗氧化活性研究[J].云南中医中药杂志,2009,30(2):46. DOI: 10.16254/j.cnki.53-1120/r.2009.02.013.
- [10] 牛梦莉,王静,王晋.诃子多糖提取工艺的研究[J].内蒙古医科大学学报,2014,36(2):148. DOI: 10.16343/j.cnki.issn.2095-512x.2014.02.004.
- [11] 罗夏,宣成睿,赵小霞,等.两种方法对蒙药金诃子低温提取物多糖成分和含量测定结果比较[J].山东医药,2014,54(29):27. DOI: 10.3969/j.issn.1002-266X.2014.29.010.
- [12] 于姝燕,陈建平,杜艳青,等.蒙药诃子中多糖的提取及含量测定[J].内蒙古医科大学学报,2014,36(4):339. DOI: 10.16343/j.cnki.issn.2095-512x.2014.04.005.
- [13] 春花,唐兴盟,许良,等.正交试验结合响应面法优化诃子多糖提取工艺[J].分子科学学报,2017,33(4):291. DOI: 10.13563/j.cnki.jmolsci.2017.04.004.
- [14] 温聪聪,梁世凯,曹美娇,等.诃子炮制前后多糖的含量变化研究[J].广州化工,2016,44(23):57. DOI: 10.3969/j.issn.1001-9677.2016.23.021.
- [15] 黄霞.杭白菊多糖三种提取方法及体外生理活性的比较研究[D].雅安:四川农业大学,2016.
- [16] 陈金娥,高瑞苑,张海容.响应面法优化胡麻籽壳多糖超声提取工艺[J].中国油脂,2017,42(9):145. DOI: 10.3969/j.issn.1003-7969.2017.09.029.
- [17] 尹泉雄,方旭波,余辉,等.响应面法优化白骨壤多糖的辅助水提工艺[J].食品工业科技,2014,35(3):225. DOI: 10.13386/j.issn1002-0306.2014.03.024.
- [18] 汪建平,张长弓,刘先超,等.炮制对续断理化性质的影响研究[J].中药材,2006(9):895. DOI: 10.13863/j.issn1001-4454.2006.09.008.
- [19] 郭啸,王益群,王栋,等.中药金礞石炮制前后红外光谱分析[J].中华中医药杂志,2013,28(3):688.
- [20] 敖茂宏,宋智琴.中药材莱菔子炮制前后多糖含量的比较研究[J].广东农业科学,2010,37(8):174. DOI: 10.16768/j.issn.1004-874x.2010.08.104.
- [21] 刘小攀,田春莲,姚姝凤,等.响应面法优化忽地笑多糖提取工艺及石蒜属植物多糖含量比较研究[J].天然产物研究与开发,2015,27(9):1576. DOI: 10.16333/j.1001-6880.2015.09.012.
- [22] LI X Y, WANG Z Y, WANG L, et al. Ultrasonic-assisted extraction of polysaccharides from *Hohenbuehelia serotina* by response surface methodology[J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2012, 51(4):523. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2012.06.006.
- [23] HUO X J, CHEN W. Optimization of extraction process of crude polysaccharides from wild edible BaChu mushroom by response surface methodology[J]. Carbohydrate Polymers, 2008, 72(1):67. DOI: 10.1016/j.carbpol.2007.07.034.
- [24] 王玉梅.红缘拟层孔菌多糖提取工艺的响应面优化[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2019,47(1):116. DOI: 10.13207/j.cnki.jnwafu.2019.01.014.
- [25] 刘继超,刘晓风,张璇,等.地木耳多糖热水提取工艺优化[J].分子植物育种,2018,16(13):4425. DOI: 10.13271/j.mpb.016.004425.
- [26] 肖星辉,高海霞,李鸿辉,等.荒漠肉苁蓉多糖提取及纯化工艺优化[J].中国中药杂志,2019,44(3):475. DOI: 10.19540/j.cnki.cjcmm.20181129.004.
- [27] 张倩,李书启.不同提取方法对枸杞多糖提取率及抗氧化活性的影响[J].江苏农业科学,2019,47(3):169. DOI: 10.15889/j.issn.1002-1302.2019.03.042.
- [28] 康家胜.纤维素酶法提取黄芪多糖的研究[D].合肥:合肥工业大学,2012.
- [29] 徐丛玥,林款,茹琴,等.米邦塔仙人掌多糖提取工艺的研究[J].湖北农业科学,2017,56(5):927. DOI: 10.14088/j.cnki.issn0439-8114.2017.05.034.
- [30] 陈晓宁,肖淑霞,林程,等.滑菇胞内多糖的提取及其抗氧化活性研究[J].热带作物学报,2018,39(3):600. DOI: 10.3969/j.issn.1000-2561.2018.03.031.
- [31] 陈琰,王颖,陈文强.陕西佛坪“刷把菌”子实体多糖提取工艺及抗菌活性[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2017,45(5):191. DOI: 10.13207/j.cnki.jnwafu.2017.05.026.
- [32] 杨晓杰,王瑶,张晶,等.三种药用植物多糖的提取工艺研究[J].黑龙江畜牧兽医,2017(13):202. DOI: 10.13881/j.cnki.hljxmsy.2017.1182.
- [33] 黄谦,朱明扬,罗林根,等.基于主成分分析法的茶叶多糖提取工艺优化[J].食品工业科技,2018,39(17):206. DOI: 10.13386/j.issn1002-0306.2018.17.034.
- [34] 郭宇.桦褐孔菌液体发酵和多糖提取工艺的研究[D].合肥:安徽农业大学,2012.
- [35] 梁小军,韦炳墩,陈茜,等.巴戟天多糖提取工艺及抗氧化抗疲劳活性研究[J].食品与机械,2018,34(7):158. DOI: 10.13652/j.issn.1003-5788.2018.07.033.
- [36] 赵寒梅.塔拉籽多糖提取、纯化工艺及其结构性质的研究[D].哈尔滨:东北林业大学,2017.
- [37] 赵美林.紫芝多糖的提取、分离纯化及其药效活性的初步研究[D].张家口:河北北方学院,2013.
- [38] 刘益东.提高豆渣中可溶性大豆多糖提取率的方法及其机理初探[D].南昌:南昌大学,2012.
- [39] 刘恋.条斑紫菜中多糖的溶出动力学、模拟消化及生物活性[D].镇江:江苏大学,2017.
- [40] 张奕婷,赵桐,于波.微波超声波辅助提取诃子多糖的工艺优化[J].大庆师范学院学报,2018,38(6):111. DOI: 10.13356/j.cnki.jdnu.2095-0063.2018.06.027.
- [41] 周碧乾,齐路明,马云桐,等.天麻初加工方法对主要成分含量的影响及加工方法的化学模式识别[J].天然产物研究与开发,2018,30(5):736. DOI: 10.16333/j.1001-6880.2018.5.003.
- [42] 杨武德,李聪.大黄生品及炮制品中总糖及多糖的含量测定[J].中国药房,2010,21(19):1759.

责任编辑:何馨成