

网络出版时间:2017-03-31 16:08 DOI:10.13207/j.cnki.jnwfufu.2017.05.026
网络出版地址:http://kns.cnki.net/kcms/detail/61.1390.S.20170331.1608.052.html

陕西佛坪“刷把菌”子实体多糖提取工艺及抗菌活性

陈 琰¹,王 颖¹,陈文强^{1,2}

(1 陕西理工大学 生物科学与工程学院,陕西 汉中 723000;2 陕西省食药食用菌工程技术研究中心,陕西 汉中 723000)

【摘要】【目的】优化陕西佛坪“刷把菌”子实体多糖提取工艺并研究其多糖抗菌活性,为其多糖提取的中试生产和综合利用提供理论依据。【方法】以陕西佛坪“刷把菌”为材料,采用水浸提法和苯酚-硫酸法提取粗多糖并测定其含量,以浸提时间、浸提温度、液料比和浸提次数为影响因素,以多糖提取率为考察指标,在单因素试验基础上,采用 $L_9(3^4)$ 正交试验对提取工艺条件进行优化,滤纸片法测定粗多糖的抗菌活性。【结果】陕西佛坪“刷把菌”子实体多糖提取最佳工艺是浸提时间3 h,浸提温度90℃,液(mL)料(g)比15:1,浸提次数3次,在此条件下,多糖提取率是 $(4.73\pm0.016)\%$ 。提取的多糖对大肠杆菌、金黄色葡萄球菌、枯草芽孢杆菌、铜绿杆菌、白色念珠菌和沙门氏菌均有抗菌活性。【结论】得到了陕西佛坪“刷把菌”子实体多糖的优化提取工艺,提取出的多糖具有抗菌活性。

【关键词】 刷把菌;粗多糖;提取工艺;抗菌活性

【中图分类号】 R284.2

【文献标志码】 A

【文章编号】 1671-9387(2017)05-0191-06

Extraction and antimicrobial activity of “Shuaba mushroom” polysaccharide from Foping, Shaanxi

CHEN Yan¹, WANG Ying¹, CHEN Wenqiang^{1,2}

(1 School of Biological Science & Engineering, Shaanxi University of Technology, Hanzhong, Shaanxi 723000, China;

2 Shaanxi Provincial Engineering Research Center of Edible and Medicinal Fungi, Hanzhong, Shaanxi 723000, China)

Abstract: 【Objective】 Extraction process of polysaccharide from “Shuaba mushroom” in Foping, Shaanxi was optimized and its antimicrobial activity was determined to provide theoretical basis for the industrial production and comprehensive utilization of polysaccharide from *Ramaria botrytoides*. 【Method】 Based on single factor test, the influencing factors is extracting time, temperature, ratio of liquid to solid and times, the indexes is extraction rat, extraction conditions for polysaccharide from “Shuaba mushroom” from Foping, Shaanxi were optimized by $L_9(3^4)$ orthogonal design. Its antimicrobial activity was also determined using filter paper method. 【Result】 The optimal conditions obtained by $L_9(3^4)$ orthogonal design were: extraction time 3 h, extraction temperature 90℃, ratio of liquid to solid(mL/g) 15:1, and extraction by 3 times. Under these conditions, the extraction yield of polysaccharide was up to $(4.73\pm0.016)\%$. The polysaccharide from “Shuaba mushroom” had antimicrobial activities against *Escherichia coli*, *P. aeruginosa*, *Salmonella*, *Bacillus subtilis*, *Staphylococcus aureus*, and *Monilia albican*. 【Conclusion】 The study obtained the optimal process of “Shuaba mushroom” in Foping, Shaanxi and the extracted crude polysaccharide had antibacterial activity.

Key words: Shuaba mushroom; polysaccharides; extraction conditions; antimicrobial activity

【收稿日期】 2016-03-05

【基金项目】 陕西省“13115”科技创新工程计划项目(2008ZDGC-04)

【作者简介】 陈 琰(1991—),男,陕西商洛人,硕士,主要从事微生物资源开发利用研究。E-mail:541346065@qq.com

【通信作者】 陈文强(1956—),男,陕西洋县人,教授,硕士生导师,主要从事微生物资源保育及开发利用研究。
E-mail:wenqiangc@126.com

珊瑚菌(*Ramaria botrytoides*)又名扫帚菌。属真菌门、层菌纲、孔菌目、珊瑚菌科、珊瑚菌属。该菌形体俊俏,色泽秀美,是珍稀的野生食用菌^[1]。其子实体呈珊瑚状,常生于苔藓或腐殖质中,少生于腐木上,一般成丛生在一起。该菌主要分布于我国的吉林、辽宁、陕西、河南、四川、云南等地^[2]。它含有多种对人体有益的碳水化合物、氨基酸和微量元素^[3],其营养和药用价值及抗病机理正逐步被深入发现。据《中华本草》(1997)、《滇南本草》(1959)、《中国药用真菌图鉴》(1987)和《云南食用菌》(1984)记载,该菌具有和胃现气、祛风、破血缓中等作用^[4]。中医认为,珊瑚菌具有补钙、镇静、防止人体钙流失、强筋壮骨、养血安神的食补功效,常食能美容皮肤、提高肌体免疫力,常用来医治胃痛、宿食不化和风痛等症。

食用菌多糖为各种食用菌的子实体和菌丝体产生的一类代谢产物^[5],其结构非常复杂,具有不同的保健功能^[6-7]。研究表明,食用菌多糖在抗肿瘤、抗突变、延缓衰老、降低血糖和血脂等多方面具有独特的生理活性,对癌细胞有很强的抑制力,现已广泛应用于免疫缺陷性疾病、自身免疫疾病和肿瘤等疾病的临床辅助治疗,被视为一种重要的生物效应调节剂^[8-9]。陕西佛坪县每年 6—8 月盛产珊瑚菌,当地俗称“刷把菌”。其子实体由基部生出多回分枝,基柄粗大,圆柱状或柱状团块,光滑,基部白色,具粉状斑点,手压后变褐色;菌肉白色,有蚕豆香味;由基部向上分叉,中上部呈多次分枝,成丛,淡黄色,顶端呈指状丛集。当地居民一般在食用前用沸水稍煮,倒掉水,再蒸煮或炒食。经前期研究初步确定,陕西佛坪“刷把菌”为珊瑚菌属的一新种。目前,对其生物学性状、子实体多糖提取工艺及抗菌活性的研究尚未见报道。

本研究对陕西佛坪“刷把菌”多糖的提取工艺进行优化,并对“刷把菌”多糖抗菌活性进行研究,旨在为陕西佛坪“刷把菌”多糖提取的中试生产和综合应用提供必要的技术支持。

1 材料与方法

1.1 材 料

1.1.1 供试菌种 “刷把菌”购自陕西佛坪县农贸市场。将新鲜“刷把菌”子实体除杂后于 60 ℃烘干至恒质量、24 000 r/min 粉碎 1 min、过孔径 0.425 mm(40 目)筛,保存于 4 ℃冰箱备用。

1.1.2 靶标菌株 大肠杆菌(*Escherichia coli*)、枯草芽孢杆菌(*Bacillus subtilis*)、金黄色葡萄球菌

(*Staphylococcus aureus*)、沙门氏菌(*Salmonella*)、铜绿杆菌(*Pseudomonas aeruginosa*)和白色念珠菌(*Monilia albican*),由陕西省食药菌工程技术研究中心提供,活化培养 20 h 备用。

1.1.3 主要仪器和设备 电子分析天平(YP2002N,上海菁海仪器有限公司),紫外分光光度计(UV-2550,日本 SHIMADZU 公司),循环水式多用真空泵(SHB-Ⅲ,郑州长城科工贸有限公司),旋转蒸发器(RE-5ZC,上海予华仪器有限公司),超净工作台(SW-CJ-2FD,苏州净化设备工程有限公司),人工气候箱(SPX-250BSH-Ⅱ,上海新苗医疗器械制造有限公司),高压蒸汽灭菌锅(LS-B50L,上海申安医疗器械厂),低速离心机(TDZ5-WS,湖南湘仪实验室仪器开发有限公司),恒温水浴锅(ZKSY-Z,郑州长城科工贸有限公司)。

1.2 方 法

1.2.1 “刷把菌”多糖的提取 将“刷把菌”子实体烘干粉碎(60 ℃干燥 30 min,过 40 目(0.425 mm)筛)→热水浸提→离心(3 000 r/min,15 min)→收集上清液→浓缩(至原体积的 1/3)→醇沉(用浓缩液体积 4 倍的体积分数 95%的乙醇沉淀,过夜)→离心收集沉淀(3 000 r/min,15 min)→干燥得多糖^[10]。

1.2.2 “刷把菌”多糖含量的测定 1)苯酚-硫酸法绘制标准曲线。葡萄糖浓度与吸光值关系标准曲线的绘制参照文献[11-12]进行,最后得葡萄糖标准曲线为 $Y = 0.0456X + 0.1747$,回归系数为 $R^2 = 0.9997$ (Y 代表葡萄糖质量浓度,mg/mL; X 代表酶解反应产物显色后的吸光度)。

2)“刷把菌”多糖提取率的计算。按照 1.2.1 所示工艺,将所得多糖溶解后定容至 100 mL,取 1 mL 溶液按照 1.2.2 方法测定样品的吸光度,计算多糖提取率^[13]。

多糖提取率 = $C \times D \times V / W \times 100\%$ 。

式中: C 为被测液质量浓度(mg/mL); D 为稀释因子; V 为总体积(mL); W 为原料质量。

1.2.3 提取工艺的单因素试验 1)浸提时间对多糖提取率的影响。称取“刷把菌”样品 2.0 g,在浸提温度为 70 ℃、浸提 1 次、液(mL)料(g)比 10:1 的条件下,比较浸提时间(1,2,3,4,5 h)对“刷把菌”多糖提取效果的影响。

2)浸提温度对多糖提取率的影响。称取“刷把菌”样品 2.0 g,在液料比 10:1、浸提 1 次、浸提时间 2 h 的条件下,比较浸提温度(50,60,70,80,90 ℃)对“刷把菌”多糖提取效果的影响。

3)液料比对多糖提取率的影响。称取“刷把菌”样品 2.0 g,在浸提温度 70 ℃、浸提 1 次、浸提时间 2 h 的条件下,比较液料比(10 : 1,15 : 1,20 : 1,25 : 1,30 : 1)对“刷把菌”多糖提取效果的影响。

4)浸提次数对多糖提取率的影响。称取“刷把菌”样品 2.0 g,在液料比 10 : 1、浸提温度为 70 ℃、

浸提时间 2 h 的条件下,比较不同浸提次数(1,2,3,4 次)对“刷把菌”多糖提取效果的影响。

1.2.4 提取工艺优化的正交试验设计 在单因素试验基础上,选取浸提时间、浸提温度、液料比、浸提次数 4 个因素作为影响“刷把菌”多糖提取率的工艺条件,设计四因素三水平的正交试验如表 1 所示。

表 1 “刷把菌”多糖提取工艺优化的正交试验设计

Table 1 Orthogonal experimental design of polysaccharide extraction

水平 Level	因素 Factor			
	浸提时间/h Leaching time	浸提温度/℃ Leaching temperature	液(mL)料(g)比 Ratio of liquid to solid	浸提次数 Leaching times
	A	B	C	D
1	2	70	15 : 1	2
2	3	80	20 : 1	3
3	4	90	25 : 1	4

1.2.5 “刷把菌”多糖的抗菌试验 1)供试菌悬液的制备。对活化好的靶标菌株分别挑取一环菌苔,用无菌生理盐水进行稀释,制成含菌量 10⁶ ~ 10⁸ CFU/mL 的悬液^[14],置于 4 ℃ 冰箱保存备用。

2)滤纸片的制备。用打孔器将定性滤纸制成直径 12 mm 的圆形滤纸片,灭菌备用^[15]。

3)多糖母液的配制。将得到的“刷把菌”多糖粉末配成饱和溶液,经孔径为 0.45 μm 微孔滤膜过滤,得到无菌多糖滤液,置于 4 ℃ 冰箱保存备用。

4)抗菌试验及抑菌圈的测量。吸取 200 μL 菌悬液加入固体培养基平板并涂布均匀,用无菌镊子夹取浸有多糖无菌溶液的滤纸片贴于各菌固体平板上,对照组为无菌水,每个菌株重复 3 次,然后将各

平皿倒置于 37 ℃ 培养 24 h,十字交叉法测量抑菌圈直径的大小,取平均值^[16-17]。

2 结果与分析

2.1 “刷把菌”多糖提取的单因素试验结果

2.1.1 浸提时间对多糖提取率的影响 图 1 表明,浸提时间对“刷把菌”多糖的提取率影响较大,随着浸提时间的延长,多糖提取率呈现先增大后减小的趋势。1~2 h 多糖提取率保持升高状态,当浸提时间为 3 h 时,多糖提取率达到最大值(3.10 ± 0.025)%,之后多糖提取率开始下降。因此,“刷把菌”多糖提取的最佳浸提时间为 3 h。

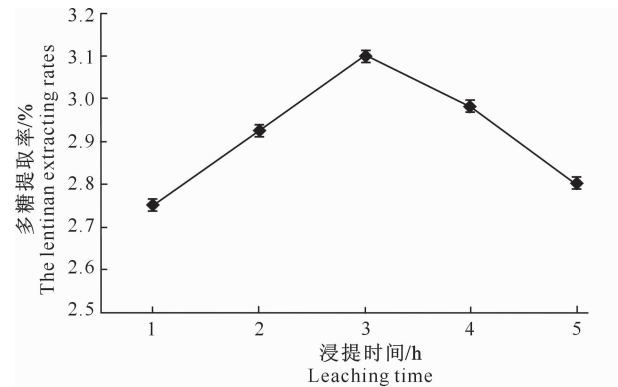


图 1 浸提时间对“刷把菌”多糖提取率的影响
Fig.1 Effect of extraction time on extraction rate of polysaccharide

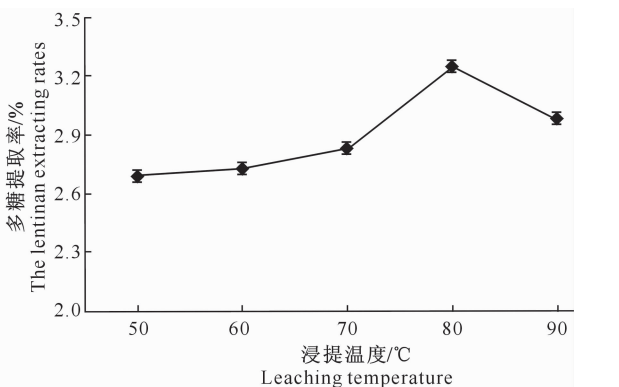


图 2 浸提温度对“刷把菌”多糖提取率的影响
Fig.2 Effect of temperature on extraction rate of polysaccharide

2.1.2 浸提温度对多糖提取率的影响 图 2 表明,浸提温度对“刷把菌”多糖的提取率影响较大,随着浸提温度的升高,多糖提取率呈现先缓慢增大后急剧上升又下降的趋势,50~70 ℃ 时多糖提取率平缓上升,70~80 ℃ 时急剧上升,当提取温度为 80 ℃

时,多糖提取率达到最大值(3.25 ± 0.013)%,之后开始下降。因此,“刷把菌”多糖提取的最佳浸提温度是 80 ℃。

2.1.3 液料比对多糖提取率的影响 图 3 表明,液料比对“刷把菌”多糖的提取率影响较大,随着液料

比的增大,多糖提取率呈现先缓慢上升后下降的趋势。液料比为 10 : 1~25 : 1 时,多糖提取率缓慢上升,当液料比为 25 : 1 时,多糖提取率达到最大值(3.48±0.009)%,此后多糖提取率开始下降。因此,“刷把菌”多糖提取的最佳液料比是 25 : 1。

2.1.4 浸提次数对多糖提取率的影响 图 4 表明,浸提次数对“刷把菌”多糖的提取率影响较大,随着

浸提次数的增多,多糖提取率呈现先上升后下降的趋势,浸提次数为 1~2 次时,多糖提取率逐渐升高,当浸提次数为 3 次时,多糖提取率达最大值(3.30±0.007)%,浸提次数超过 3 次时,多糖提取率开始出现下降。因此,“刷把菌”多糖提取的最佳浸提次数是 3 次。

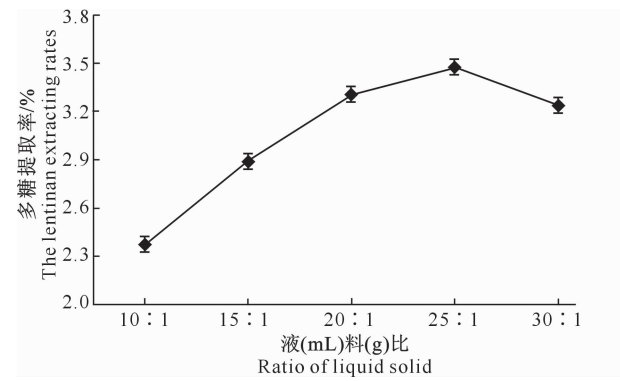


图 3 液料比对“刷把菌”多糖提取率的影响

Fig. 3 Effect of ratio of material to liquid on extraction rate of polysaccharide

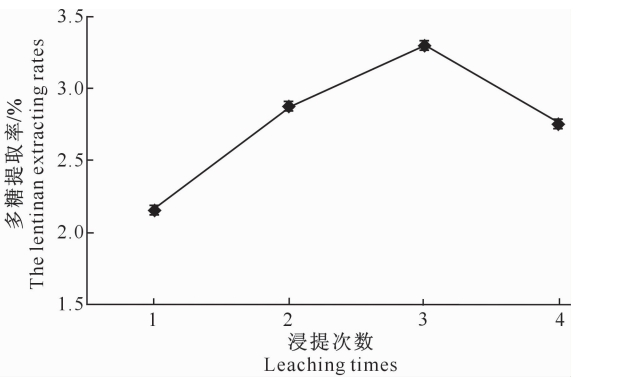


图 4 浸提次数对“刷把菌”多糖提取率的影响

Fig. 4 Effect of extraction times on extraction rate of polysaccharide

2.2 “刷把菌”多糖提取工艺优化的正交试验结果 表 2 表明,各因子的最佳水平组合为: A₂B₃C₁D₂,即浸提时间在 2 水平,浸提温度在 3 水平,液料比在 1 水平,浸提次数在 2 水平时,“刷把菌”多糖提取率最高,其提取率是(4.73±0.016)%。

同时,极差分析结果表明:各因子对“刷把菌”多糖提取率影响的大小顺序为 B>D>A>C。所以,最终确定“刷把菌”多糖提取的最佳工艺为:浸提时间 3 h,浸提温度 90 ℃,液料比 15 : 1,浸提次数 3 次。

表 2 “刷把菌”多糖提取工艺优化的正交试验结果

Table 2 Orthogonal test of polysaccharide extraction

编号 Number	因素 Factor				多糖提取率/% Extraction rate
	浸提时间 Leaching time	浸提温度 Leaching temperature	液(mL)料(g)比 Ratio of liquid to solid	浸提次数 Leaching times	
	A	B	C	D	
1	1	1	1	1	2.71±0.009
2	1	2	2	2	3.36±0.013
3	1	3	3	3	4.01±0.010
4	2	1	2	3	3.53±0.014
5	2	2	3	1	3.31±0.017
6	2	3	1	2	4.73±0.016
7	3	1	3	2	3.62±0.014
8	3	2	1	3	3.81±0.015
9	3	3	2	1	3.46±0.009
K ₁	10.08	9.86	11.25	9.48	
K ₂	11.57	10.48	10.35	11.71	
K ₃	10.89	12.20	11.14	11.35	
k ₁	3.36	3.29	3.75	3.16	
k ₂	3.85	3.49	3.45	3.90	
k ₃	3.63	4.07	3.71	3.78	
R	0.50	0.78	0.30	0.74	

2.3 “刷把菌”多糖提取物的抗菌活性 表 3 表明,“刷把菌”子实体多糖饱和溶液对靶

标菌株大肠杆菌、铜绿杆菌、沙门氏菌、枯草芽孢杆菌、金黄色葡萄球菌、白色念珠菌均有一定的抑制作

用,对大肠杆菌、铜绿杆菌及沙门氏菌的抑制作用较弱;而对枯草芽孢杆菌、金黄色葡萄球菌和白色念珠菌的抑制作用较强。其抑菌作用的大小顺序为:枯

草芽孢杆菌>金黄色葡萄球菌>白色念珠菌>铜绿杆菌>沙门氏菌>大肠杆菌。

表 3 “刷把菌”多糖提取物的抑菌活性
Table 3 Antimicrobial activity of polysaccharide

靶标菌株 Strain	抑菌圈直径/mm Diameter of antimicrobial circle	空白对照直径/mm Diameter of blank control	抑菌率/% Inhibition rate
大肠杆菌 <i>Escherichia coli</i>	14.0	12.0	14.3
铜绿杆菌 <i>P. aeruginosa</i>	17.0	12.0	29.4
沙门氏菌 <i>Salmonella</i>	16.0	12.0	25.0
枯草芽孢杆菌 <i>Bacillus subtilis</i>	24.0	12.0	50.0
金黄色葡萄球菌 <i>Staphylococcus aureus</i>	23.0	12.0	47.8
白色念珠菌 <i>Monilia albican</i>	20.0	12.0	40.0

3 讨 论

本研究对陕西佛坪“刷把菌”子实体多糖提取工艺进行了研究,通过单因素试验和正交试验,得到了陕西佛坪“刷把菌”子实体多糖提取的最佳工艺:浸提时间 3 h,浸提温度 90 ℃,浸提液料比 15 : 1,浸提次数 3 次。在此工艺条件下,“刷把菌”多糖的提取率为(4.73±0.016)%。提取的“刷把菌”多糖对靶标菌株大肠杆菌、铜绿杆菌、沙门氏菌、枯草芽孢杆菌、金黄色葡萄球菌、白色念珠菌都有一定的抑制作用,其抑菌作用大小为:枯草芽孢杆菌>金黄色葡萄球菌>白色念珠菌>铜绿杆菌>沙门氏菌>大肠杆菌。

近年来,对“刷把菌”等珊瑚菌科食用菌多糖提取的研究报道较少,刘婷等^[18]利用响应面法优化“金刷把”多糖的提取工艺,提取率为 4.42%;王丽娟等^[1]采用正交试验优化珊瑚菌多糖的提取工艺,提取率为 4.995%;李华等^[19]采用正交试验优化葡萄状枝瑚菌多糖的提取工艺,得率为 5.46%。与此相比,本研究对陕西佛坪“刷把菌”多糖提取工艺优化及抗菌活性报道尚属首次,提取率为(4.73±0.016)%,与刘婷等^[18]的“金刷把”提取率相比提高了 6.95%,且采用苯酚-硫酸法检测多糖含量具有较好的稳定性和准确性^[20]。该提取工艺简单、提取率高、操作易控、稳定性好。提取出的多糖对靶标菌株枯草芽孢杆菌、金黄色葡萄球菌、白色念珠菌、铜绿杆菌、沙门氏菌、大肠杆菌均有一定的抑制作用。此研究结果可为陕西佛坪“刷把菌”多糖提取的中试生产和应用提供必要的技术支持。

[参考文献]

[1] 王丽娟,张 飞,苗玉洁.珊瑚菌多糖的提取及其对羟自由基的清除作用研究[J].食品工业,2012,33(10):43-46.

Wang L J,Zhang F,Miao Y J. Research on the extraction of *Ramaria botrytoides* polysaccharide and the scavenging effect on the hydroxy free radicals [J]. The Food Industry,2012,33(10):43-46.

[2] 窦晓兰,李 华,陆启玉.珊瑚菌石油醚部位化学成分的研究[J].河南工业大学学报(自然科学版),2013,34(4):39-43.
Dou X L,Li H,Lu Q Y. Study on chemical constituents in petroleum ether extract of *Ramaria botrytis* [J]. Journal of Henan University of Technology (Natural Science Edition), 2013,34(4):39-43.

[3] 陈文强,胥成浩.葡萄色顶枝瑚菌中矿质元素及氨基酸含量的测定[J].氨基酸和生物资源,2001,23(3):7-8.
Chen W Q,Xu C H. Determination of mineral elements and amino acids in *Ramaria botrytis* [J]. Amino Acids&Biotic Resources,2001,23(3):7-8.

[4] 卯晓岚.食用珊瑚菌[J].中国食用菌,1987,6(1):22-24.
Mao X L. Edible clavaria [J]. Edible Fungi of China,1987,6(1):22-24.

[5] 李小雨,王振宇,王 璐.食用菌多糖的分离、结构及其生物活性的研究进展[J].中国农学通报,2012,28(12):236-240.
Li X Y,Wang Z Y,Wang L. Research situation on the isolation and structure of edible mushroom polysaccharides and their bioactivities [J]. Chinses Agricultural Science Bulletin, 2012,28(12):236-240.

[6] Colak A,Faiz I,Sesli E. Nutritional composition of some wild edible [J]. Turkish Journal of Biochemistry,2009,34(1):25-31.

[7] 李 磊,王国卫.真菌多糖药理作用及其提取、纯化研究进展[J].河南工业大学学报(自然科学版),2008,29(2):87-90.
Li L,Wang G W. Research progress of fungal polysaccharides on the pharmacological actions and its extraction and purification [J]. Journal of Henan University of Technology (Natural Science Edition),2008,29(2):87-90.

[8] 王丽霞,杜德清.食用菌多糖研究进展[J].浙江林业科技,2005,25(5):49-54.
Wang L X,Du D Q. Advance on study on edible fungi polysaccharide [J]. Jour of Zhejiang for Sci&Tech,2005,25(5):49-54.

[9] Faoirweather J,Hammond E,Johnstone K,et al. Synthesis and

- heparanase inhibitory activity of sulfated manno oligosaccharides related to the antiangiogenic agent PI-88 [J]. *Bioorg Med Chem*, 2008, 16: 699-709.
- [10] 熊明郁, 牛世全. 水提法提取百合多糖优选工艺的研究 [J]. *安徽农业科学*, 2014, 42(36): 13047-13049.
- Xiong M Y, Niu S Q. Study on the extraction craft of the polysaccharide from *Lilium bromnii* [J]. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 2014, 42(36): 13047-13049.
- [11] 郭海勇, 邢晓瑞, 何云亭, 等. 榆耳液体发酵菌丝体多糖提取方法的比较研究 [J]. *吉林师范大学学报(自然科学版)*, 2014, 5(2): 125-127.
- Guo H Y, Xing X R, He Y T, et al. Comparative study of extraction technologies fermentation mycelia polysaccharides from *Gloeostereum incaratum* [J]. *Jilin Normal University Journal (Natural Science Edition)*, 2014, 5(2): 125-127.
- [12] 苏晨曦, 陈文强, 彭浩, 等. 微波辅助提取香菇多糖工艺的响应面优化 [J]. *西北农林科技大学学报(自然科学版)*, 2015, 43(11): 200-206.
- Su C X, Chen W Q, Peng H, et al. Response surface optimization of microwave-assisted extraction of polysaccharides from *Lentinus edodes* [J]. *Journal of Northwest A&F University (Natural Science Edition)*, 2015, 43(11): 200-206.
- [13] 李志洲. 猪苓多糖的提取及其锌配合物抗氧化性研究 [J]. *食品研究与开发*, 2011, 32(2): 45-49.
- Li Z Z. Study on extraction conditions of polysaccharide from *Polyporus umbellatus* and the antioxidation of polysaccharide zinc [J]. *Food Research and Development*, 2011, 32(2): 45-49.
- [14] 李志洲, 刘军海, 王俊宏, 等. 猪苓硒多糖连续合成工艺及抑菌性能研究 [J]. *食品与机械*, 2013, 29(1): 31-35.
- Li Z Z, Liu J H, Wang J H, et al. Study on the continuous chemical synthesis process of polyporus selenium-polysaccharide and its bacteriostasis [J]. *Food & Machinery*, 2013, 29(1): 31-35.
- [15] 亢爽, 刘娜, 张丽霞. 绣球菌水溶多糖的提取及其抑菌效果 [J]. *安徽农业科学*, 2015, 43(22): 1-2, 25.
- Kang S, Liu N, Zhang L X. Extraction of water soluble polysaccharides in *Parassia crispa* and its antibacterial effect [J]. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 2015, 43(22): 1-2, 25.
- [16] 于志同, 韩立荣, 吴华, 等. 34 种植物丙酮提取物抑菌活性的初步筛选 [J]. *西北农林科技大学学报(自然科学版)*, 2012, 40(9): 71-76.
- Yu Z T, Han L R, Wu H, et al. Preliminary fungistasis screening of 34 plants extracts [J]. *Journal of Northwest A&F University (Natural Science Edition)*, 2012, 40(9): 71-76.
- [17] 胡国元, 李超影, 陈默, 等. 香菇多糖和金针菇多糖的提取及其抑菌活性 [J]. *武汉工程大学学报*, 2013, 35(6): 30-34.
- Hu G Y, Li C Y, Chen M, et al. Extraction and antimicrobial activities of polysaccharide from *Lentinus edodes* and *flammulina velutipes* [J]. *Journal of Wuhan Industry Technology*, 2013, 35(6): 30-34.
- [18] 刘婷, 尚娇, 王慧, 等. 响应面法优化金刷把多糖提取工艺 [J]. *天然产物研究与开发*, 2015, 27(10): 1759-1764.
- Liu T, Shang J, Wang H, et al. Optimization of extraction of polysaccharide from *Lethariella cladonioides* using response surface methodology [J]. *Natural Product Research and Development*, 2015, 27(10): 1759-1764.
- [19] 李华, 窦小兰, 陆启玉. 葡萄状枝瑚菌粗多糖的提取及其清除 DPPH 自由基活性 [J]. *食用菌学报*, 2012, 19(3): 69-72.
- Li H, Dou X L, Lu Q Y. Optimization of selected parameters affecting the extraction of DPPH radical-scavenging polysaccharide from *Ramaria botrytis* fruit bodies [J]. *Acta Edulis Fungi*, 2012, 19(3): 69-72.
- [20] 聂小宝, 张长峰, 侯成杰. 微波法辅助法提取香菇多糖工艺的研究 [J]. *食品工业*, 2012, 33(9): 37-39.
- Nie X B, Zhang C F, Hou C J. Technical study on the extraction of *Lentinan* with microwave [J]. *The Food Industry*, 2012, 33(9): 37-39.