

[19] 李 聪, 杨希之, 敖华飞, 等. 左氧氟沙星热敏型耳用凝胶的制备及其性能检测[J]. 中国耳鼻咽喉科杂志, 2012, 12(5): 285-288.

[20] 宋 涛, 王东凯, 高 红, 等. 利巴韦林鼻用温敏凝胶热力学和流变学性质研究[J]. 中国医药工业杂志, 2006, 37(8): 540-542.

[21] 何 茹. 苍耳子散温敏凝胶鼻腔给药系统研究[D]. 成都: 四川大学, 2006.

[22] 谢悦良, 范景辉, 丁劲松, 等. 川陈皮素温敏型鼻用原位凝胶体外释药行为研究[J]. 中国医药工业杂志, 2011, 42(3): 189-192.

[23] 张 冕, 万 芳. 盐酸川芎嗪眼用原位温敏凝胶的制备及体外释药特性研究[J]. 安徽医药, 2015, 19(7): 1237-1240.

地黄多糖超声提取工艺优化及其抗氧化活性

张骆琪^{1,2}, 刘苏伟¹, 王 飞², 刘玉霞², 鲁传涛^{2*}, 刘红彦^{2*}
(1. 河南中医药大学, 河南 郑州 450046; 2. 河南农业科学院植物保护研究所, 河南 郑州 450002)

摘要: **目的** 优化地黄多糖超声提取工艺, 并评价其抗氧化活性。**方法** 在单因素试验基础上, 以料液比、提取时间、提取温度、醇沉浓度为影响因素, 多糖得率为评价指标, 正交试验优化超声提取工艺。然后, 考察分步醇沉(50%、70%、80%、90% 乙醇, 相应部位分别命名为 RGPS50、RGPS70、RGPS80、RGPS90) 对 6 个品种中多糖含量的影响, 以及多糖对 DPPH 自由基的清除作用。**结果** 最佳条件为料液比 1 : 30, 提取时间 100 min, 提取温度 50 ℃, 醇沉浓度 90%, 多糖得率 7.75%。各品种中多糖含量依次为 85-5 > 星科 > 金九 > 沁怀 > 北京 3 号 > 怀丰。RGPS90 中多糖含量最高, 抗氧化活性最弱; RGPS80 中多糖含量相对较低, 抗氧化活性最强。**结论** 该方法稳定可靠, 可用于超声提取地黄多糖。不同品种、醇沉部位地黄中多糖含量和抗氧化活性差异明显。

关键词: 地黄; 多糖; 超声提取; 抗氧化活性; 正交试验

中图分类号: R284.2 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-1528(2018)12-2662-06

doi:10.3969/j.issn.1001-1528.2018.12.010

Polysaccharides from *Rehmannia glutinosa*, their ultrasonic extraction process optimization and antioxidant activity

ZHANG Luo-qi^{1,2}, LIU Su-wei¹, WANG Fei², LIU Yu-xia², LU Chuan-tao^{2*}, LIU Hong-yan^{2*}
(1. Henan University of Chinese Medicine, Zhengzhou 450046, China; 2. Institute for Plant Protection, Henan Academy of Agricultural Sciences, Zhengzhou 450002, China)

ABSTRACT: **AIM** To optimize the ultrasonic extraction process for polysaccharides from *Rehmannia glutinosa* Libosch., and to evaluate the antioxidant activity. **METHODS** With solid-liquid ratio, extraction time, extraction temperature, ethanol precipitation concentration as influencing factors, polysaccharides yield as an evaluation index, orthogonal test was applied to optimizing the ultrasonic extraction process on the basis of single factor test. Subsequently the effects of stepwise ethanol precipitation (ethanol at concentrations of 50%, 70%, 80%, 90%, whose corresponding fractions were named as RGPS50, RGPS70, RGPS80, RGPS90, respectively) on the contents of six polysaccharides were investigated, then the scavenging effect of polysaccharides on DPPH free radical was detected. **RESULTS** The optimal conditions were determined to be 1 : 30 for solid-liquid ratio, 100 min for extraction time, 50 ℃ for extraction temperature, and 90% for ethanol precipitation concentration, the polysaccharides

收稿日期: 2018-09-03

基金项目: 国家中药材产业技术体系郑州综合实验站 (CARS-21-I2); 河南省科技攻关项目 (172102310191)

作者简介: 张骆琪 (1996—), 女, 硕士生, 从事中药材规范化种植研究。E-mail: 1811644062@qq.com

* 通信作者: 鲁传涛 (1964—), 男, 硕士, 研究员, 从事中药材规范化种植与推广工作。E-mail: chuantao@qq.com

刘红彦 (1964—), 男, 博士, 研究员, 从事中药材规范化种植研究。E-mail: liuhy1219@qq.com

yield was 7.75% . The contents of various polysaccharides were found in sequence of 85-5 > Xingke > Jinjiu > Qinhuai > Beijing No.3 > Huaifeng. Yet the polysaccharides in RGPS90 , with the highest content, displayed the weakest antioxidant activity ; while the polysaccharides in RGPS80 , with relatively low content, showed the strongest antioxidant activity. **CONCLUSION** This stable and reliable method can be used for the ultrasonic extraction for polysaccharides from *R. glutinosa*. Different varieties and ethanol precipitation fractions of *R. glutinosa* polysaccharides demonstrate obvious differences in contents and antioxidant activities.

KEY WORDS: *Rehmannia glutinosa* Libosch. ; polysaccharides; ultrasonic extraction; antioxidant activity; orthogonal test

地黄为玄参科植物地黄 *Rehmannia glutinosa* Libosch. 的新鲜或干燥块根,是常用大宗药材之一,主产于河南、河北、山东、山西等地,以“古怀庆府”一带的怀地黄栽培历史最长,是我国四大怀药之一^[1]。地黄具有多种药效,是常用的治病养生、滋补保健中药材,多糖是其含有的一类重要营养物质和药效成分,具有抗疲劳^[2]、增强免疫^[3]、抗焦虑^[4]、减肥、抗糖尿病^[5]等药理作用,而且毒副作用小,使用安全,目前对该成分的研究主要集中在提取、含有量测定等方面^[6-7],鲜有报道其抗氧化活性和分布醇沉。

因此,本实验通过正交试验优化地黄多糖超声提取工艺,测定 6 个品种中该成分含有量,通过分步醇沉得到不同部位,应用 DPPH 自由基清除试验评价抗氧化活性,可为建立地黄多糖快速、高效的提取工艺提供参考,同时也为其进一步分离纯化和药理研究提供依据。

1 材料

地黄采自河南省焦作市,共 6 个栽培品种,分别为金九、85-5、北京 3 号、沁怀、怀丰、星科,经河南中医药大学董诚明教授鉴定为正品。取不同品种地黄完整块茎,将大致相同者洗净除泥沙,擦干样品表面水分,置于 60℃烘箱中干燥至《中国药典》规定水平,粉碎,即得生地黄。

硫酸为优级纯;苯酚(重蒸酚)、DPPH(1,1-二苯基-2-三硝基苯腈)、D-无水葡萄糖、无水乙醇、30%过氧化氢均为国产分析纯。D30 型紫外-可见分光光度计(德国 Eppendorf 公司);ME104E/02 型电子分析天平[万分之一,梅特勒-托利多仪器(上海)有限公司];KQ-250DB 型超声提取仪(昆山市超声仪器有限公司);202-2AB 型电热恒温干燥箱(北京中兴伟业仪器有限公司)。

2 方法

2.1 多糖提取与含有量测定^[8] 取经干燥粉碎、

过 60 目筛后的药材粉末,精密称定质量,加入蒸馏水,精密量取,超声提取,离心,过滤,取一定体积滤液加 4 倍量无水乙醇沉淀,置于 4℃冰箱中 12 h,取出,5 000 r/min 离心,弃去上清液,挥干溶剂得到沉淀,即得粗多糖。采用苯酚-硫酸法测定含有量^[9],以吸光度为纵坐标(A),质量浓度为横坐标(X)进行回归,得到回归方程为 $A = 59.483X - 0.0147$ ($R^2 = 0.9991$),表明葡萄糖在 5.55~41.63 mg/L 范围内线性关系良好。

2.2 单因素试验^[10-12] 精密称取药材(品种为北京 3 号)1.0 g,考察料液比、提取温度、提取时间、醇沉浓度、提取次数对多糖得率的影响。

2.2.1 料液比 在提取温度 50℃、提取时间 60 min、醇沉浓度 80%、超声功率 250 W、超声提取 1 次条件下,选择料液比 1:20、1:30、1:40、1:50、1:60。

2.2.2 提取时间 在料液比 1:30、提取温度 50℃、醇沉浓度 80%、超声功率 250 W、超声提取 1 次条件下,选择提取时间 40、60、80、100、120、140 min。

2.2.3 提取温度 在料液比 1:30、提取时间 140 min、醇沉浓度 80%、超声功率 250 W、超声提取 1 次条件下,选择提取温度 20、35、50、65、80℃。

2.2.4 醇沉比例 在料液比 1:30、提取时间 140 min、醇沉浓度 50℃、超声功率 250 W、超声提取 1 次条件下,选择醇沉比例 50%、60%、70%、80%、90%。

2.2.5 提取次数 在料液比 1:30、提取时间 140 min、醇沉浓度 50℃、超声功率 250 W、醇沉比例 90% 条件下,选择提取次数 1、2、3 次。

2.3 正交试验 根据单因素试验结果,选择料液比、提取温度、提取时间、醇沉浓度作为影响因素进行正交试验。因素水平见表 1。

表 1 因素水平
Tab. 1 Factors and levels

水平	因素			
	A 料液比	B 提取时间/min	C 提取温度/℃	D 醇沉浓度/%
1	1∶20	100	35	70
2	1∶30	120	50	80
3	1∶40	140	65	90

2.4 多糖含有量测定 根据优化工艺提取多糖，按“2.1”项下回归方程测定其含有量。再计算得率，公式为得率= $\frac{\text{提取液中多糖含有量}}{\text{地黄质量}} \times 100\%$ 。

2.5 分步醇沉 根据优化工艺提取多糖，加入适量蒸馏水溶解，再加入无水乙醇使其体积分数达 50%，置于 4℃ 冰箱中静置过夜，离心得到多糖沉淀，命名为 RGPS50；滤液再加无水乙醇，使其体积分数达 70%，其他处理方式相同，得到 RGPS70；同法调节乙醇体积分数达 80%，得到 RGPS80；同法调节乙醇分数达 90%，得到 RGPS90。然后，根据苯酚-硫酸法测定各部位多糖含有量。

2.6 抗氧化活性测定^[13] 精密称取 36.9 mg DP-PH，溶于 95% 乙醇中制成 0.1 mmol/L 溶液；取各醇沉浓度多糖，配制成 0.5、1.0、1.5、2.0、

2.5、3.0 g/L 溶液，取 2 种溶液各 2 mL 充分混匀，避光反应 30 min，于 517 nm 波长下测定吸光度 A_1 ，95% 乙醇调零。同时，取 DPPH 溶液、蒸馏水各 2 mL 充分混匀，测定吸光度 A_2 。再计算 DPPH 清除率，公式为 DPPH 清除率= $\left(1 - \frac{A_1}{A_2}\right) \times 100\%$ 。

3 结果

3.1 单因素试验 随着料液比升高，多糖得率随之增高，在 1∶30 时得率最高，但继续增加料液比时得率反而下降，故选择料液比为 1∶30。随着提取时间增加，多糖得率也呈上升趋势，在 120 min 时得率最高，但继续增加提取时间时多糖得率反而降低，故选择提取时间为 120 min。随着提取温度上升，多糖得率先增加后下降，在 50℃ 时得率最高，但继续增加提取温度时得率反而下降。醇沉浓度 70% 时，多糖析出不明显；70% ~ 90% 时，多糖大量析出。随着提取次数的增加，多糖得率并未明显上升，故提取 1 次即可。

3.2 正交试验 在单因素试验基础上，选择料液比、提取时间、提取温度、醇沉浓度作为影响因素，多糖得率为评价指标进行正交实验。结果见表 2，方差分析见表 3。

表 2 试验设计及结果
Tab. 2 Design and results of tests

试验号	因素				得率/%
	A 料液比	B 提取时间/min	C 提取温度/℃	D 醇沉浓度/%	
1	2(1∶30)	2(120)	3(65)	1(70)	2.38
2	1(1∶20)	3(140)	3	3(90)	5.57
3	2	3	1(35)	2(80)	1.18
4	1	2	2(50)	2	1.62
5	1	1(100)	1	1	0.99
6	3(1∶40)	2	1	3	3.80
7	3	3	2	1	1.07
8	3	1	3	2	1.30
9	2	1	2	3	8.14
K_1	2.73	3.48	1.99	1.48	—
K_2	3.90	2.60	3.61	1.37	—
K_3	2.06	2.61	3.09	5.84	—
R	1.84	1.24	1.62	4.47	—

表 3 方差分析
Tab. 3 Analysis of variance

来源	离均差平方和	自由度	均方	F 值	P 值
A	5.223	2	2.612	3.424	>0.05
B(误差)	1.525	2	0.763	—	—
C	4.097	2	2.049	2.686	>0.05
D	38.974	2	19.487	25.549	<0.05

注： $F_{0.05}(2,2) = 19.0$

由表 2 可知，各因素影响程度依次为醇沉浓

2664

度 > 料液比 > 提取温度 > 提取时间，故选择提取时间作为误差。由表 3 可知，醇沉浓度有显著影响 ($P < 0.05$)，而其他因素影响不显著 ($P > 0.05$)。综上所述，最优工艺为 $A_2B_1C_2D_3$ ，即料液比 1∶30，提取时间 100 min，提取温度 50℃，醇沉浓度 90%。然后，精密称取 3 份药材，每份 1 g，按优化工艺进行验证试验，测得得率分别为 7.42%、7.81%、8.01%，平均值 7.75%，RSD

($n=3$) 为 3.88%，表明该方法稳定可行。

3.3 样品含有量测定 表 4 显示，不同品种地黄中多糖含有量差异明显，依次为 85-5 > 星科 > 金九 > 沁怀 > 北京 3 号 > 怀丰，说明品种是影响各成分含有量的重要因素。

表 4 多糖含有量测定结果

Tab. 4 Results of content determination of polysaccharides

品种	多糖/%	品种	多糖/%
金九	8.16	85-5	12.47
星科	9.33	沁怀	8.06
北京 3 号	7.45	怀丰	7.42

3.4 分步醇沉 表 5 显示，同一品种不同醇沉部分多糖分布很不均匀，不同品种不同醇沉部分亦然。地黄中高、低分子多糖含有量较高，而中分子多糖含有量较低^[14]。

表 5 分步醇沉对多糖得率的影响

Tab. 5 Effect of stepwise ethanol precipitation on polysaccharides yield

品种	RGPS50/%	RGPS70/%	RGPS80/%	RGPS90/%
金九	2.17	0.63	1.23	4.27
星科	2.36	0.47	1.13	6.74
北京 3 号	1.37	0.61	1.17	4.39
85-5	2.06	0.93	1.90	7.52
沁怀	1.93	0.84	1.57	3.85
怀丰	1.68	0.76	1.14	3.66

3.5 抗氧化活性 图 1 显示，在 1.0 ~ 6.0 g/L 质量浓度下各醇沉部位多糖对 DPPH 自由基的清除能力随着其质量浓度增加而提高，但清除能力有所差异。以星科为例，不同部位多糖得率依次为 RGPS90 (6.74%) > RGPS50 (2.36%) > RGPS80 (1.13%) > RGPS70 (0.47%)，而其清除率依次为 RGPS80 > RGPS50 > RGPS70 > RGPS90，表明不同分子量多糖对 DPPH 自由基的清除能力不同，而且多糖得率与其对 DPPH 自由基清除能力之间无相关性。

图 2 显示，不同品种 RGPS50 中多糖随着其质量浓度增加，对 DPPH 自由基的清除能力增强，但存在差异。当多糖质量浓度为 6 g/L 时，其清除率依次为北京 3 号 > 星科 > 85-5 > 金九 > 沁怀 > 怀丰，而得率依次为星科 > 金九 > 85-5 > 沁怀 > 怀丰 > 北京 3 号，表明地黄品种与多糖对 DPPH 自由基清除能力之间存在相关性，多糖得率最少的北京 3 号清除率最高。

图 3 显示，不同品种 RGPS70 中多糖随着其质量浓度增加，对 DPPH 自由基的清除能力明显不

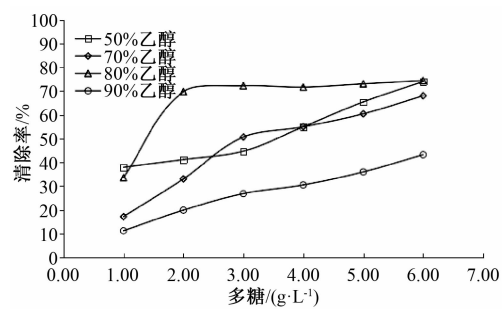


图 1 分步醇沉对清除率的影响

Fig. 1 Effect of stepwise ethanol precipitation on scavenging rate

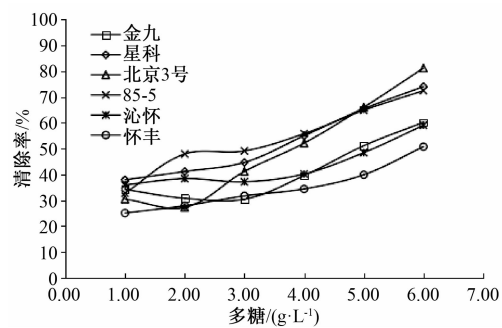


图 2 RGPS50 中多糖清除率

Fig. 2 Scavenging rates of polysaccharides in RGPS50

同。在低质量浓度 (1 g/L) 下，沁怀、怀丰、金九的清除率分别达到 44.17%、41.44%、31.76%，高于 85-5、星科、北京 3 号 (23.08%、17.12%、8.93%)；随着质量浓度增加，在 3 g/L 下沁怀、怀丰、金九的清除率分别达到 71.71%、72.95%、77.92%，而在 6 g/L 下 85-5、星科、北京 3 号才分别达到 75.53%、68.00%、80.33%。

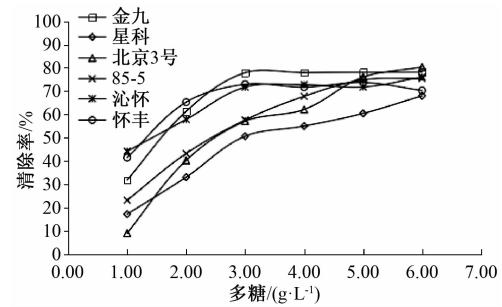


图 3 RGPS70 中多糖清除率

Fig. 3 Scavenging rates of polysaccharides in RGPS70

图 4 显示，各品种 RGPS80 中多糖含有量在 1.14% ~ 1.90% 之间，依次为 85-5 > 沁怀 > 金九 > 北京 3 号 > 怀丰 > 星科，并且对 DPPH 自由基的清除率无明显差异。

图 5 显示，在低质量浓度 (1 g/L) 下，各品

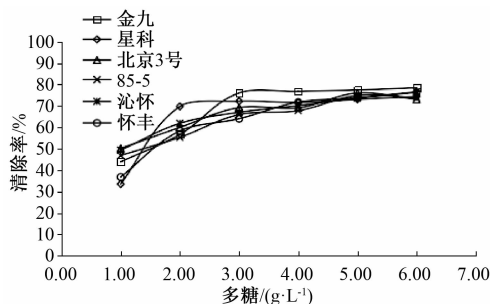


图 4 RGPS80 中多糖清除率

Fig. 4 Scavenging rates of polysaccharides in RGPS80

种 RGPS90 中多糖对 DPPH 自由基有较低的清除能力,清除率均在 20% 以下;随着质量浓度增加,多糖清除率也逐渐提高,在 6 g/L 下仍呈现上升趋势。其中,怀丰清除能力最强,但清除率也只有 65%,而各品种多糖含有量依次为 85-5 (7.52%) > 星科 (6.74%) > 北京 3 号 (4.39%) > 金九 (4.27%) > 沁怀 (3.85%) > 怀丰 (3.66%)。

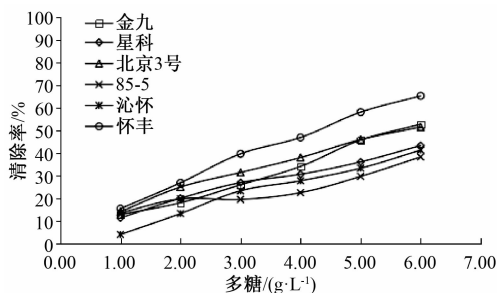


图 5 RGPS90 中多糖清除率

Fig. 5 Scavenging rates of polysaccharides in RGPS90

4 讨论

植物多糖是普遍存在于自然植物界,由许多相同或不同单位以 α -或 β -糖苷键组成的一类大分子化合物,在机体中参与各种生命活动^[15]。目前,有关地黄多糖提取工艺的研究报道相对较少,各研究者采用的提取方法不尽相同,多糖得率差异较大,如秦梅颂等^[16]采用水提醇沉法提取熟地黄多糖,多糖得率为 5.45%;卢晓琳等^[17]采用双酶法提取地黄多糖,多糖得率可达 8.97%。为了提高多糖提取率,本实验采用超声提取,得到最优工艺为料液比 1 : 30,提取时间 100 min,提取温度 50 ℃,醇沉浓度 90%,多糖得率为 8.14%。

本实验发现,同一道地产区采收的不同品种地黄中多糖含有量存在明显差异,含有量最高的为 85-5 (12.47%),是最低的怀丰 (7.42%) 的 1.68 倍,表明该成分含有量会受到品种影响。目前,对地黄品质评价的指标大多选择梓醇及毛蕊花

糖苷,而多糖作为地黄重要活性成分之一,化学性质较稳定,而且含有量较高,也可作为该药材另一个重要评价指标。

地黄多糖具有多种药理活性,但其组成及作用机制仍不清楚,同时鲜有其抗氧化活性以及分步醇沉的报道。本实验采用分步醇沉法对多糖进行初步分级,并对醇沉部位 RGPS50、RGPS70、RGPS80、RGPS90 中该成分含有量、DPPH 自由基清除能力进行测定,发现在 RGPS90 中多糖含有量最高, RGPS50 中次之, RGPS70、RGPS80 中较低;各醇沉部位中多糖均具有抗氧化能力,在 RGPS70、RGPS80 中较强,而在 RGPS50、RGPS90 中较弱。由此可知,不同品种地黄中多糖含有量存在差异,不同体积分数乙醇沉淀得到的多糖分子量、极性不同,其空间结构和单糖组成也不一样,这可能是该成分抗氧化能力存在差异的原因。另外,不同醇沉部位、品种中多糖空间结构、单糖组成、与抗氧化能力之间的关系尚不明确,需要作进一步研究。

参考文献:

- [1] 李建军,王 君,王 莹,等. 怀地黄 HPLC 指纹图谱研究[J]. 河南师范大学学报(自然科学版), 2014, 42(3): 119-124.
- [2] Tan W, Yu K Q, Liu Y Y, et al. Anti-fatigue activity of polysaccharides extract from *Radix Rehmanniae Preparata*[J]. *Int J Biol Macromol*, 2012, 50(1): 59-62.
- [3] 王 军,于 震,李更生,等. 地黄苷 A 对“阴虚”及免疫功能低下小鼠的药理作用[J]. 中国药理学杂志, 2002, 37(1): 20-22.
- [4] Cui Y, Rong C L, Wang J M, et al. Mechanism-based anti-anxiety effects of polysaccharides extracted from Shudihuang (*Radix Rehmanniae Preparata*) by two-dimensional electrophoresis analysis in rat hippocampus proteins[J]. *J Tradit Chin Med*, 2013, 33(4): 524-530.
- [5] 蔡春沉,王洪玺,王 肃. 地黄多糖对肥胖糖尿病大鼠模型的治疗作用及对血清中 GLP-1、GIP 水平的影响[J]. 中国老年学杂志, 2013, 33(18): 4506-4507.
- [6] 许春鹏,薛进华,范启兰. 地黄多糖提取分离技术的研究进展[J]. 赣南医学院学报, 2012, 32(2): 315-316.
- [7] 李红霞,许 闯,孟 江,等. 怀地黄多糖的含量测定[J]. 河南科学, 2002, 20(2): 144-146.
- [8] 程旺开,许月明,张冬冬. 响应面优化黄秋葵叶多糖的提取工艺及其抗氧化活性考察[J]. 中国实验方剂学杂志, 2017, 23(4): 38-42.
- [9] 吴诗云,钟益宁,张 焱,等. 熟地黄多糖含量测定方法研究[J]. 安徽农业科学, 2016, 44(35): 154-156, 161.
- [10] 秦亚东,汪荣斌,周娟娟. 白芍多糖脱色工艺研究[J]. 中成药, 2015, 37(12): 2783-2787.
- [11] 李王武,王曦林,吕伟旗,等. 不同种源玉竹多糖含量比

较及相关性分析[J]. 中国实验方剂学杂志, 2017, 23 (7): 46-51.

[12] 于 雷, 李晓坤, 杨 云, 等. 墨旱莲多糖的过氧化氢脱色方法研究[J]. 辽宁中医杂志, 2012, 39 (9): 1832-1834.

[13] 程旺开, 许月明, 张冬冬. 响应面优化黄秋葵叶多糖的提取工艺及其抗氧化活性考察[J]. 中国实验方剂学杂志, 2017, 23(4): 38-42.

[14] 熊 磊, 陈 慧, 胡文兵, 等. 黄金茶多糖超声提取工艺及体外抗氧化研究[J]. 江西农业大学学报, 2017, 39 (4): 801-809.

[15] 董红敏, 李素清, 牛小勇, 等. 正交实验优化川明参多糖超声提取工艺[J]. 食品工业科技, 2014, 35 (8): 306-309, 322.

[16] 林 洵, 陈建福. 小藜多糖的提取工艺研究[J]. 乐山师范学院学报, 2016, 31(8): 18-23.

[17] 胡伟莲, 戴德慧. 红参药渣中多糖的提取及其醇沉性质分析[J]. 食品研究与开发, 2015, 36(4): 58-61.

大孔树脂分离纯化陈皮黄酮工艺及其抑菌活性

王慧芳¹, 苏淑云², 邵圣娟¹, 郑佳楠¹
(1. 太原工业学院化学与化工系, 山西 太原 030008; 2. 朔城区第一中学化学教研组, 山西 朔州 036002)

摘要: **目的** 研究大孔树脂纯化陈皮黄酮工艺, 并评价其抑菌活性。**方法** 考察 5 种大孔树脂 (HPD-100、HP-20、AB-8、X-5、NKA-II) 对黄酮的静态吸附、解吸作用, 绘制动力学曲线。以上样液 pH 值、体积流量、质量浓度, 洗脱液 (乙醇) 体积流量、体积分数为影响因素, 黄酮回收率为评价指标, 单因素试验优化分离纯化工艺。然后, 滤纸片法进行抑菌活性试验。**结果** 最佳条件为 HP-20 大孔树脂, 上样液 pH 值 3.5、体积流量 2 mL/min、质量浓度 0.682 3 mg/mL, 乙醇体积分数 60%、体积流量 2 mL/min, 黄酮回收率 64.95%, 纯化后其含有量较纯化前提高了 5.81 倍。0.5、1 mg/mL 黄酮对枯草芽孢杆菌、大肠杆菌、金黄色葡萄球菌均有一定抑制作用, 其中纯化后该成分对大肠杆菌效果最显著, 金黄色葡萄球菌次之, 均优于茶多酚, 但对枯草芽孢杆菌作用相对较弱。**结论** HP-20 型大孔树脂更适合分离纯化陈皮黄酮, 纯化后该成分抑菌活性明显提高。

关键词: 陈皮; 黄酮; 大孔树脂; 分离; 纯化; 抑菌活性; 单因素试验; 滤纸片法

中图分类号: R284.2 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-1528(2018)12-2667-06

doi:10.3969/j.issn.1001-1528.2018.12.011

Flavonoids from *Citri reticulatae Pericarpium*, their isolation, purification with macroporous resin and antibacterial activity

WANG Hui-fang¹, SU Shu-yun², SHAO Sheng-juan¹, ZHENG Jia-nan¹
(1. Department of Chemistry and Chemical Engineering, Taiyuan Institute of Technology, Taiyuan 030008, China; 2. Chemistry Teaching and Research Group, The First Middle School of Shuocheng District, Shuozhou 036002, China)

KEY WORDS: *Citri reticulatae Pericarpium*; flavonoids; macroporous resin; isolation; purification; antibacterial activity; single factor test; filter paper method

陈皮是一种常用的理气药, 具有健脾开胃、除燥化痰等功效^[1], 富含橙皮苷、川陈皮素、桔皮素^[2]等黄酮类化合物, 故该类成分的提取分离一

直是科研工作者的研究重点之一^[3-5]。黄酮的分离纯化方法主要有硅胶柱层析法、大孔树脂法、多溶剂萃取法等^[6-8], 其中大孔树脂法因具有性质稳

收稿日期: 2018-04-26
基金项目: 太原工业学院院级横向课题 (LH2017003)
作者简介: 王慧芳 (1977—), 女, 硕士, 讲师, 从事天然产物活性成分的提取、分离及活性研究。Tel: (0351) 3569476, E-mail: huifangw20012010@163.com