

蒙古黄芪多糖和皂苷共提工艺优化及其 抗氧化活性研究

侯敏娜, 侯少平, 胡亚茹, 杨枫玉

(陕西国际商贸学院, 咸阳 712046)

摘要: 以蒙古黄芪为研究对象, 选择乙醇浓度、料液比、超声时间和超声温度进行单因素实验, 以单因素结果为参考, 利用响应面—满意度函数法优化超声共提取蒙古黄芪多糖和皂苷工艺, 并研究其对 DPPH 自由基及 ABTS 自由基体外抗氧化活性。结果表明, 蒙古黄芪多糖和皂苷的最佳共提工艺条件为: 71% 乙醇、超声温度 60℃、料液比 1:8 (g/mL)、超声时间 62min, 此时, 多糖和皂苷的得率分别为 0.528%、1.099%, 满意度为 87.72%, 与预测值较接近。在 0.2 ~ 0.8mg/mL 的浓度范围内, 黄芪多糖和皂苷对 DPPH 自由基及 ABTS 自由基均有较强的清除作用, 说明他们具有一定的抗氧化性。实验结果表明, 基于响应面—满意度函数法优选得工艺提取效率高、稳定性好, 可用于提取具有良好抗氧化活性的蒙古黄芪多糖和皂苷, 为蒙古黄芪资源的进一步开发利用提供参考。

关键词: 蒙古黄芪; 多糖; 皂苷; 响应面—满意度函数法; 抗氧化

中图分类号: TS202.1/R961 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006-2513 (2022) 06-0016-08

doi: 10.19804/j.issn1006-2513.2022.06.003

Study on co-extraction technology optimization and antioxidant activity of polysaccharides and saponins from *Astragalus mongholicus Bunge*

HOU Minna, HOU Shaoping, HU Yaru, YANG Fengyu

(Shaanxi Institute of International Trade & Commerce, Xianyang 712046)

Abstract: Took *Astragalus mongholicus Bunge* as the research object, selected the ratio of ethanol concentration, material-liquid ratio, ultrasonic time and ultrasonic temperature for single-factor experiments. Used the single-factor test results as references and applied response surface methodology design to analyze the effect of ultrasonic assistance of polysaccharides and saponins in *Astragalus mongholicus Bunge*. The process was optimized, and the in vitro antioxidant activities of DPPH free radical and ABTS free radical were studied. Results showed that the optimum co-

收稿日期: 2021-08-27

基金项目: 国家科技部重大新药创制科技重大专项 (2018ZX09721005-009-013); 陕西省科技厅项目 (2020SF-323); 陕西国际商贸学院中药质量标志物创新团队 (SSY18TD02); 陕西省大学生创新创业训练计划项目 (S202013123043、S202013123037)。

作者简介: 侯敏娜 (1981-), 女, 硕士研究生, 副教授, 研究方向: 中药药效物质基础的研究。E-mail: 276149134@qq.com。

extraction conditions of *Astragalus mongholicus Bunge* polysaccharides and saponins were as follows: 71% ethanol, extraction temperature 60°C, ratio of 1:8 (g/mL) and extraction time 62min, under these conditions, the yield of polysaccharide and saponin were 0.528%, 1.099%, and the satisfactory rate was 87.72%, which was close to the predicted value. In a concentration range of 0.2 ~ 0.8mg/mL, astragalus polysaccharides and saponins had strong scavenging effects on DPPH free radical and ABTS free radical, indicating that they had certain antioxidant activity. The results showed that the process was efficient and stable, and could be used to extract astragalus polysaccharides and saponins with good antioxidant activity, it provides reference for further development and utilization of astragalus *Astragalus mongholicus Bunge*.

Key words: *Astragalus mongholicus Bunge*; polysaccharide; saponin; response surface—a function of satisfaction; antioxidation

黄芪又称黄耆，为豆科植物蒙古黄芪或膜荚黄芪干燥根，在我国山西、内蒙、东北、甘肃、陕西等地均有人工栽培品^[1-2]，始载于《神农本草经》，是补气常用中药，具有增强机体免疫功能、保肝、利尿、抗衰老、抗应激、降压、调节血糖等广泛现代药理活性^[3-7]，含有多糖、黄酮、皂苷、氨基酸及硒、锌、铜等多种微量元素和化学成分^[3, 7]。

近年来对黄芪多糖和皂苷研究多数在现代药理作用和多糖的抗氧化活性方面，而对于其共提工艺和抗氧化活性比较研究较少。植物中多糖提取常用水提醇沉法、分级沉淀法、超声法、微波法等，如李金芳^[8]利用正交试验优化水提醇沉法提取黄芪多糖，提取率达10.35%，并发现不同浓度黄芪多糖对羟基自由基都具有清除作用；胡碧君^[9]用响应面法优化微波辅助提取黄芪多糖工艺及其抗氧化活性，可知当液料比30.46mL/g，提取时间2.21h，提取功率204.45W，多糖提取率为9.69%，且黄芪多糖对DPPH·和OH·有一定的清除能力；梁子敬等^[10]利用响应面法优选超声提取黄芪多糖工艺为：当提取时间87min，液料比22:1mL/g，提取功率600W时，多糖的得率为6.07%。皂苷提取常用微波法^[11]、超声法^[12]、回流法^[13]，如李玲等^[12]采用超声提取法对多序岩黄芪根中的总皂苷进行提取，结果表明，75%乙醇、在料液比24:1mL/g，提取79min，可得黄芪皂苷2.45mg/g，同时研究发现皂苷具有较强的抗氧化活性。

超声法是借助超声波的空化、振荡作用，将植物组织破碎，以获取目标成分的一种方法，具

有节省溶剂、药材取量少、转移率高、节约能耗等^[10, 12]优势；响应面—满意度函数法优化提取工艺，具有以较少的试验次数，高效全面优化工艺参数，同时实现了以多响应值优化转变为单响应值优化，便于获取整体最优^[14-17]。本实验利用响应面—满意度函数法优化超声辅助共提黄芪多糖和皂苷工艺，并对DPPH自由基及ABTS自由基体外抗氧化活性的研究，以期对黄芪药材资源进一步开发利用提供参考。

1 材料

1.1 仪器

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；CP225D型电子分析天平：赛多利斯；KQ5200DE型数控超声波提取仪：昆山市超声仪器有限公司；FW100型高速万能粉碎机：北京科伟永兴仪器有限公司；HG-9075L型立式鼓风干燥箱：北京亚太科隆技术有限公司。

1.2 试药

蒙古黄芪：购于陕西省西安市万寿路药材市场，经陕西国际商贸学院中药教研室雷国莲教授鉴定为*Astragalus membranaceus (Fish) Bunge* var. 的干燥根。

葡萄糖对照品(100080-201811)：武汉睿辰标物科技；齐墩果酸对照品(批110709-201206)：上海纯优生物科技；DPPH、ABTS：上海华蓝化学科技；浓硫酸、苯酚、VC、过硫酸钾等试剂(均为分析纯)，天津市天力化学试剂。

1.3 方法

1.3.1 药材前处理

取蒙古黄芪药材适量,置于60℃恒温烘箱中干燥12h,粉碎,过10目筛,封存。

1.3.2 样品溶液制备

称取蒙古黄芪粗粉10.000g,加入一定浓度乙醇适量,室温浸泡半小时后,超声处理数分钟,过滤,可得黄芪多糖和皂苷样品溶液。

1.3.3 标准曲线制备

1.3.3.1 葡萄糖标准曲线 精密称取干燥后葡萄糖对照品,用水配制成浓度为1mg/mL标准溶液。分别移取0.2、0.4、0.6、0.8、1.0mL于10mL量瓶中,照苯酚-硫酸法^[8-10],测定490nm处吸光度A。绘制浓度C(x)与吸光度A(y)关联图,即葡萄糖标准曲线,可得方程为 $y=0.8913x-0.0138$,相关系数 $R^2=0.9954$ 。

1.3.3.2 齐墩果酸标准曲线 精密称取干燥后齐墩果酸对照品,用水配制成浓度为1mg/mL

标准溶液。吸取0.1、0.2、0.3、0.4、0.5mL于10mL量瓶中,照香草醛-硫酸法^[11-13],测定544nm处吸光度A。绘制浓度C(x)与吸光度A(y)关联图,即齐墩果酸标准曲线,可得方程为 $y=1.653x+0.0215$,相关系数 $R^2=0.9982$ 。

1.3.4 蒙古黄芪多糖和皂苷含量计算

按1.3.3中葡萄糖和齐墩果酸标准曲线制备方法,测定蒙古黄芪多糖和皂苷吸光度,按式(1)计算提取率。

$$Y = \frac{C \times V \times N}{M} \times 100\% \quad (1)$$

式中:Y为皂苷(多糖)提取率,%;N为皂苷(多糖)释倍数,倍;C为皂苷(多糖)浓度,mg/mL;V为体积,mL;M为药材质量,g。

1.3.5 满意度函数

以提取率Y为响应值,按式(2)、(3)计算满意度E^[14-17]。

$$di(Y_i) = \begin{cases} 0 & Y_i < Y_{\min, i} \\ \frac{Y_i(X) - Y_{\min, i}}{Y_{\max, i} - Y_{\min, i}} & Y_{\min, i} \leq Y_i(X) \leq Y_{\max, i} \\ 1 & Y_i(X) > Y_{\max, i} \end{cases} \quad (2)$$

$$E = d_1^{w_1} \cdot d_2^{w_2} \cdot d_3^{w_3} \cdots d_i^{w_i} \quad (3)$$

式中:Y_i(X)为第i个因素提取率;Y_{max, i}、Y_{min, i}为最大、最小提取率;W_i为权重(取0~1),且 $\sum_{i=1}^n W_i = 1$,E为满意度,%。

设定Y₁、Y₂分别为蒙古黄芪多糖、皂苷提取率,查阅文献^[10, 12],黄芪多糖最大、最小提取率分别为0.566%、0.000%;黄芪皂苷最大、最小提取率分别为1.374%、0.000%,黄芪中多糖、皂苷的权重设为w₁=0.6和w₂=0.4。将黄芪多糖和皂苷提取率转化为满意度E,满意度值最大时的提取条件即为最优的。

1.3.6 单因素试验

(1) 当料液比1:8(g/mL),超声时间60min,超声温度60℃时,考察乙醇浓度(50%、60%、70%、80%、90%)对蒙古黄芪多糖和皂苷提取率的影响;

(2) 料液比:当乙醇浓度70%,超声时间60min,超声温度60℃时,考察料液比[1:4、1:6、1:8、1:10、1:12(g/mL)]对蒙古黄芪多糖和皂苷提取率的影响;

(3) 超声时间:当料液比1:8(g/mL),乙醇浓度为70%,超声温度60℃时,考察超声时间(20、40、60、80、100min)对蒙古黄芪多糖和皂苷提取率的影响;

(4) 超声温度:当料液比1:8(g/mL),乙醇浓度为70%,超声时间60min时,考察超声温度(40、50、60、70、80℃)对蒙古黄芪多糖和皂苷提取率的影响。

1.3.7 响应面试验设计

根据单因素考察结果及响应面试验中心组合原则,以蒙古黄芪多糖和皂苷共提工艺的满意度(E)为响应值,设计乙醇浓度(A)、料液比(B)、超声时间(C)、超声温度(D)的四因素三水平的29次试验方案。结果见表1。

表 1 因素水平表
Table 1 Factor level table

水平	乙醇浓度 (%)	料液比 (g/mL)	超声时间 (min)	超声温度 (°C)
	A	B	C	D
-1	60	1:6	40	50
0	70	1:8	60	60
1	80	1:10	80	70

1.3.8 抗氧化性试验

(1) 清除 DPPH 自由基能力：照文献 [12, 14]，用无水乙醇分别配制浓度为 0.2、0.4、0.6、0.8、1.0mg/mL 蒙古黄芪多糖、皂苷样品溶液和 Vc 对照品溶液。各移取 2mL 上述三种溶液，分别加入 2mL DPPH 溶液，摇匀，避光放置 30min，在 517nm 测得吸光度 (A)。按式 (4) 计算清除率。

$$K = \frac{1 - (A_i - A_j)}{A_0} \times 100\% \quad (4)$$

式中： K 为清除率，%； A_i 为样品吸光度； A_j 为 Vc 吸光度； A_0 为空白吸光度。

(2) 清除 ABTS 自由基能力：照文献 [12, 17-18]，照 1.3.8 (1) 项下溶液制备方法，在 734nm 波长处测定吸光度。按式 (4) 计算清除率。

1.3.9 数据处理

利用响应面软件分析、整理数据。

2 结果与分析

2.1 单因素试验

2.1.1 乙醇浓度的选择

由图 1 可以看出，当乙醇浓度小于 70% 时，黄芪中皂苷的提取率与浓度的升高直线上升，而多糖的提取率呈下降趋势；浓度大于 70% 时，多糖的提取率急剧下降，皂苷增加较缓慢。当乙醇浓度为 70% 时，两者出现交点，说明此时为两者共提最佳浓度。

2.1.2 料液比的选择

从图 2 可以看出，当料液比在 1:4 ~ 1:8 g/mL 之间时，黄芪多糖及皂苷的提取率随溶剂用量增加大幅度上升；在乙醇加入量为 1:8g/mL 时，黄芪多糖及皂苷的提取率均为最高；超过

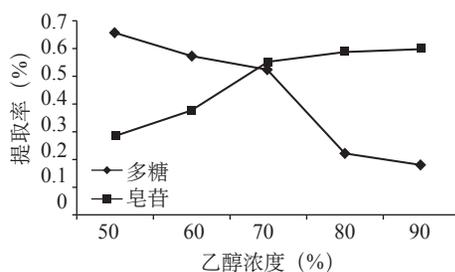


图 1 乙醇浓度对蒙古黄芪多糖和皂苷共提得率的影响
Figure 1 Effect of ethanol concentration on the co-extraction rate of polysaccharides and saponins in *Astragalus mongholicus Bunge*

1:8g/mL 时两者提取率反而直线下降。说明当乙醇用量为 8 倍量时，大部分多糖和皂苷已经从蒙古黄芪中溶出，已达动态平衡即为饱和状态，再增加溶剂用量时，提取率不再增加，反而会引入更多的杂质，使得后续过滤、纯化工序不但难度加大，也会将目标成分包裹在内而除掉，以致提取率降低。当料液比为 1:8g/mL 时，蒙古黄芪多糖和皂苷的共提取量最高。

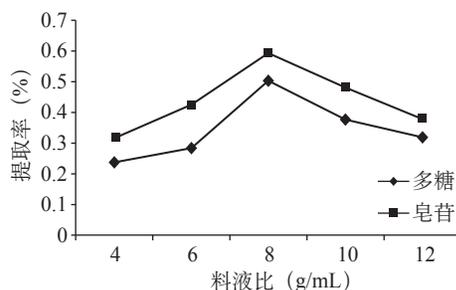


图 2 料液比对蒙古黄芪多糖和皂苷共提得率的影响
Figure 2 Effect of material-liquid ratio on the co-extraction rate of polysaccharides and saponins in *Astragalus mongholicus Bunge*

2.1.3 超声时间的选择

由图 3 可以看出，超声时间在 20 ~ 60min 时，蒙古黄芪多糖及皂苷的提取率均随提取时间延长而增大，60min 时达最高，之后再延长提取时间，得率反而减小，这可能是由于超声时间的延长，使得蒙古黄芪中小分子或不稳定的多糖及皂苷在超声波持续振荡作用下，结构发生破坏，提取率下降。当超声时间为 60min 时，蒙古黄芪多糖及皂苷的共提取量最高。

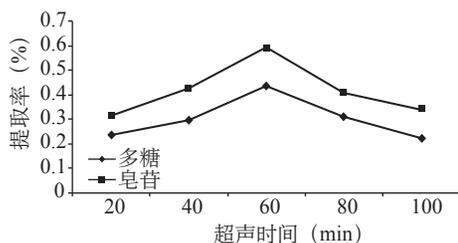


图3 超声时间对蒙古黄芪多糖和皂苷共提得率的影响
Figure 3 Effect of ultrasonic time on the co-extraction rate of polysaccharides and saponins in *Astragalus mongholicus Bunge*

2.1.4 超声温度的选择

由图4可以看出,当提取温度小于60℃时,蒙古黄芪多糖和皂苷提取率不断增加,在60℃时提取率最大;之后逐渐下降。这可能是由于蒙古黄芪小分子多糖及皂苷类化合物不稳定,在高温时结构易发生分解或改变,提取率降低。当超声温度为60℃时,蒙古黄芪多糖及皂苷的共提取量最高。

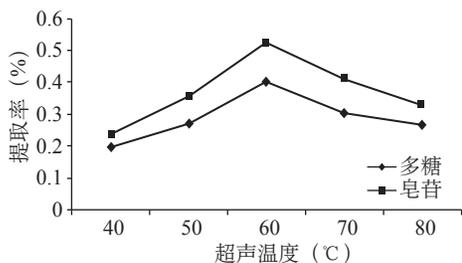


图4 超声温度对蒙古黄芪多糖和皂苷共提得率的影响
Figure 4 Effect of ultrasonic temperature on the co-extraction rate of polysaccharides and saponins in *Astragalus mongholicus Bunge*

2.2 响应面-满意度函数法优化工艺结果与分析

2.2.1 二次回归模型方程的建立及方差分析

以蒙古黄芪多糖和皂苷共提工艺的满意度(E)为考察指标,在单因素实验基础上,对乙醇浓度、料液比、超声时间和超声温度的四个因素,按响应面法的四因素三水平,设计实验,结果见表2。

表2 实验方案设计及结果

Table 2 Design and result of the experiment

编号	乙醇浓度 / %	料液比 / g/mL	超声时间 / min	超声温度 / °C	多糖提取率 / %	皂苷提取率 / %	满意度 / %
1	80.00	6.00	80.00	60.00	0.1021	0.1650	0.1533
2	80.00	8.00	80.00	60.00	0.2279	0.3540	0.3368

编号	乙醇浓度 / %	料液比 / g/mL	超声时间 / min	超声温度 / °C	多糖提取率 / %	皂苷提取率 / %	满意度 / %
3	80.00	8.00	60.00	70.00	0.1321	0.3357	0.2377
4	70.00	8.00	60.00	70.00	0.3178	0.4995	0.4719
5	70.00	8.00	60.00	60.00	0.5232	0.9953	0.8385
6	80.00	10.00	60.00	60.00	0.5095	0.9587	0.8130
7	70.00	6.00	40.00	60.00	0.2473	0.4351	0.3841
8	70.00	8.00	60.00	50.00	0.2846	0.4109	0.4085
9	70.00	8.00	40.00	70.00	0.3054	0.5325	0.4727
10	70.00	10.00	60.00	60.00	0.3592	0.4565	0.4899
11	70.00	8.00	60.00	50.00	0.3713	0.5056	0.5206
12	70.00	10.00	60.00	60.00	0.3583	0.5018	0.5080
13	80.00	8.00	60.00	60.00	0.2132	0.3912	0.3368
14	60.00	8.00	40.00	60.00	0.2441	0.4728	0.3940
15	80.00	8.00	60.00	50.00	0.1228	0.5352	0.2742
16	70.00	8.00	60.00	60.00	0.5363	1.2975	0.9457
17	70.00	8.00	80.00	60.00	0.5396	1.2088	0.9232
18	60.00	10.00	80.00	60.00	0.3629	0.4156	0.4747
19	70.00	10.00	80.00	70.00	0.4166	0.6572	0.6195
20	70.00	6.00	60.00	60.00	0.4735	0.6674	0.6731
21	70.00	6.00	40.00	50.00	0.3871	0.5291	0.5435
22	60.00	8.00	60.00	50.00	0.2179	0.3858	0.3393
23	60.00	8.00	60.00	70.00	0.1638	0.3760	0.2830
24	70.00	10.00	40.00	50.00	0.2379	0.4053	0.3648
25	70.00	8.00	60.00	60.00	0.5324	1.1976	0.9124
26	60.00	6.00	60.00	60.00	0.2119	0.3539	0.3224
27	70.00	6.00	40.00	70.00	0.4665	0.6826	0.6731
28	70.00	8.00	80.00	60.00	0.5495	1.0457	0.8773
29	60.00	8.00	60.00	60.00	0.3848	0.7012	0.6062

采用 Design-Expert 8.0.6 软件分析后, 可得出多元回归方程:

$$E=0.90+0.057A-0.010B-0.015C-0.11D+0.020AB-0.018AC+0.14AD+0.063BC+0.11BD-0.11CD-0.29A^2-0.23B^2-0.26C^2-0.12D^2$$

表3可知:模型 $P < 0.0001$ 呈极显著性; 失拟项 F 值 2.90, $P=0.1581 > 0.05$, 不显著, 表明预测的实验结果与实际之间能够吻合, 说明该模型可以预测蒙古黄芪多糖和皂苷共提工艺。调整系数 R^2_{adj} 为 0.9180, 表明该模型与 91.80% 的响应值相切合, 可以解释 91.80% 响应值的变化; 变异系数 (CV) 为 12.33%, 说明该模型设计与

主要实验结果相关，且基本保持一致。其中，因素 D（超声温度）的一次项和各因素的二次项即 A²（乙醇浓度）、B²（料液比）、C²（超声时间）、D²（超声温度）及因素 A、D 的交互项均呈高度

显著性。从表中的 F 值和方程可知，影响蒙古黄芪皂苷和多糖总满意度四个因素大小顺序依次为：D—超声温度 > A—乙醇浓度 > C—超声时间 > B—料液比。

表 3 方差分析
Table 3 Analysis of variance

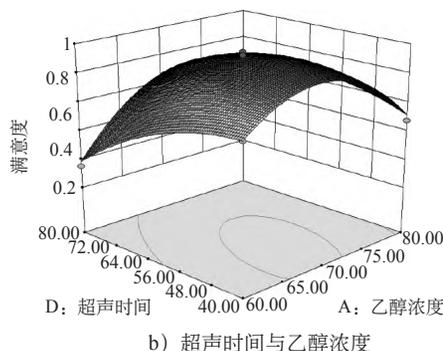
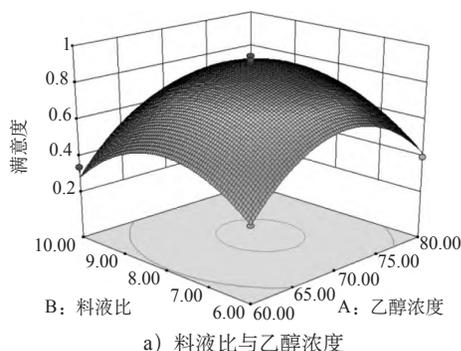
Source	Sum of squares	Degree of freedom	Mean square	F-value	P-value	Significance
Model	1.37	14	0.098	23.40	< 0.0001	***
A	0.039	1	0.039	9.46	0.0082	**
B	1.290E-003	1	1.290E-003	0.31	0.5870	
C	2.733E-003	1	2.733E-003	0.66	0.4318	
D	0.14	1	0.14	32.58	< 0.0001	***
AB	1.648E-003	1	1.648E-003	0.40	0.5398	
AC	1.318E-003	1	1.318E-003	0.32	0.5830	
AD	0.076	1	0.076	18.33	0.0008	***
BC	0.016	1	0.016	3.85	0.0699	
BD	0.046	1	0.046	10.97	0.0051	**
CD	0.047	1	0.047	11.35	0.0046	**
A ²	0.56	1	0.56	134.98	< 0.0001	***
B ²	0.36	1	0.36	85.70	< 0.0001	***
C ²	0.45	1	0.45	107.19	< 0.0001	***
D ²	0.086	1	0.086	20.58	0.0005	***
Residual	0.058	14	4.172E-003			
Lack of Fit	0.051	10	5.133E-003	2.90	0.1581	
Pure Error	7.076E-003	4	1.769E-003			
Cor Total	1.43	28				

注：“***”表示高度显著 ($P < 0.001$)，“**”表示极显著 ($P < 0.01$)，“*”表示显著 ($P < 0.05$)。

2.2.2 响应面分析

由图 5 响应面曲面图可看出，各因素两两交互作用的坡面较陡，说明他们对蒙古黄芪皂苷和多糖的满意度影响较大，其中超声时间与料液比、超声时间与乙醇浓度、超声温度与超声时间对结果影响较大，而料液比与乙醇浓度、乙醇浓

度与超声温度对结果干扰较小。这与表 3 方差分析中二次项结果一致。综上，蒙古黄芪多糖和皂苷共提工艺参数范围：超声温度 55 ~ 65℃、乙醇浓度 68% ~ 73%、超声时间 60 ~ 65min、料液比 1 : 7 ~ 1 : 9 (g/mL)。



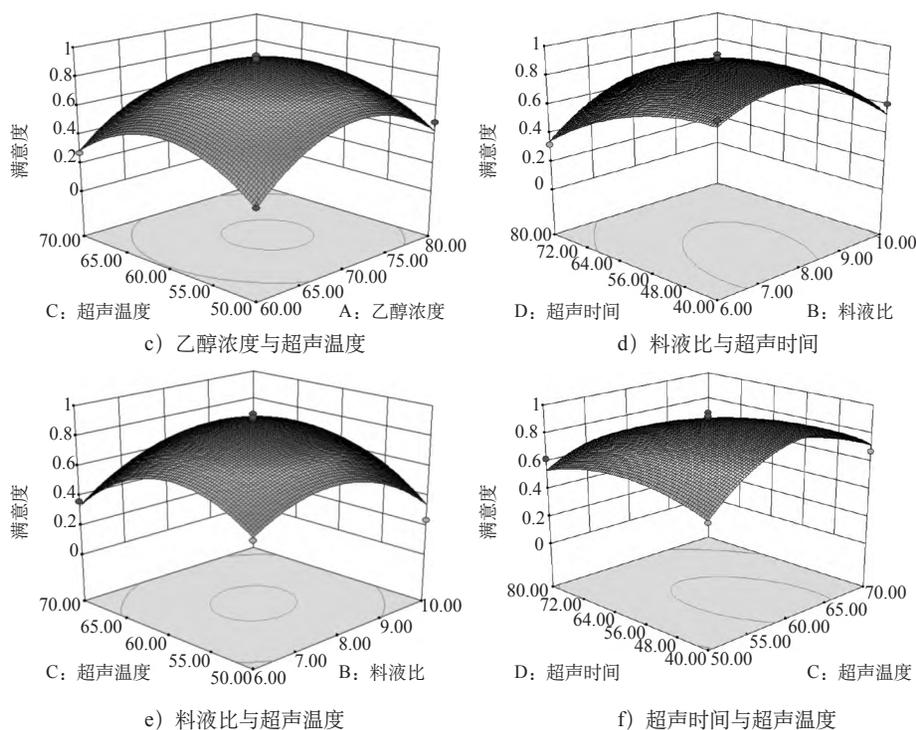


图5 各因素交互作用对蒙古黄芪多糖和皂苷共提满意度的响应面图

Figure 5 Response surface map of factors interaction on satisfaction of *Astragalus mongholicus* Bunge polysaccharides and saponins co-extraction

2.3 工艺验证

经求导，获得模型优化的蒙古黄芪多糖和皂苷共提工艺条件为：超声温度 59.59℃，乙醇浓度 71.11%、提取时间 61.96min、料液比 1 : 8.01g/mL 时，多糖及皂苷的提取率分别为 0.541%、1.115%，在此条件下总满意度为 89.52%。综合考虑各方面因素，将提取工艺修正为：超声温度 60℃，乙醇浓度 71%、提取时间 62min、料液比 1 : 8g/mL。经三次平行验证后得知，蒙古黄芪多糖和皂苷的提取率分别为 0.528%、1.099%，满意度为 87.72%，与理论值 89.52% 接近。说明本方法得到的工艺可靠、可行，可用于蒙古黄芪多糖和皂苷共提取。

2.4 抗氧化实验结果

由图 6、7 可知，蒙古黄芪多糖和皂苷对 DPPH 自由基清除能力在浓度为 0.2 ~ 0.8mg/mL 范围内，均随浓度增大清除率增强，多糖强于皂苷且增值比较快，当两者浓度为 0.8mg/mL 时，多糖清除率为 72% 且再增大浓度增幅缓慢、皂苷清除率达最大为 69%，但均小于 Vc (88%)；对

ABTS 自由基清除能力在 0.2mg/mL 时，皂苷的清除率略强于多糖的，之后均弱于多糖的，当两者浓度为 0.8mg/mL 时均达最大，即多糖、皂苷清除率分别为 75%，67%，且均小于 Vc (86%)。说明蒙古黄芪多糖和皂苷对 DPPH 自由基和 ABTS 自由基有一定的清除能力，且多糖强于皂苷，但均弱于 Vc。

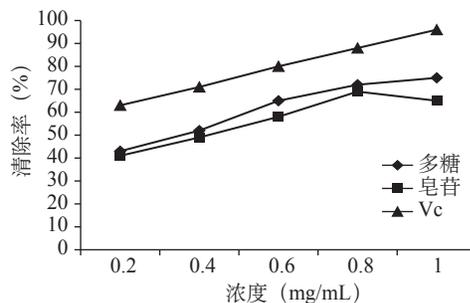


图6 不同浓度蒙古黄芪多糖、皂苷和 Vc 对 DPPH 自由基清除率

Figure 6 DPPH radical scavenging activity of *Astragalus mongholicus* Bunge polysaccharides, saponins and Vc at different concentrations

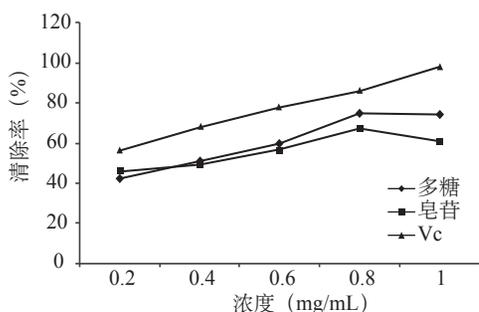


图7 不同浓度蒙古黄芪多糖、皂苷和Vc对ABTS 自由基清除率

Figure 7 ABTS radical scavenging activity of *Astragalus mongholicus* Bunge polysaccharides, saponins and Vc at different concentrations

3 结论

本实验对蒙古黄芪多糖及皂苷共提工艺及其抗氧化性进行的研究, 最终获得蒙古黄芪多糖和皂苷最佳共提工艺为: 超声温度 61℃、提取时间 59min、乙醇浓度 30%、料液比 1:8 (g/mL), 此时蒙古黄芪多糖和皂苷的提取率分别为 0.528%、1.099%, 满意度为 87.72%, 与理论值 89.78% 接近。说明本法可靠、可行, 可用于蒙古黄芪多糖和皂苷共提取。在抗氧化实验浓度范围内, 当它们浓度为 0.8mg/mL 时, 蒙古黄芪多糖和皂苷对这两种自由基的清除能力均达最大。即对 DPPH 自由基的清除能力分别为 72%、69%; 对 ABTS 自由基清除能力分别为 75%、67%。说明蒙古黄芪多糖和皂苷具有一定的抗氧化作用, 且多糖的强于皂苷的, 但均弱于 VC 的, 这一方面可能是由于多糖复杂结构可与脂质过氧化反应过产生氧结合, 使反应链变短或阻断, 致脂质过氧化反应历程增长、难度增大; 另一方面可能是由于多糖可促使植物体内原有抗氧化酶活性增强, 间接发挥了抗氧化作用。由于蒙古黄芪多糖、皂苷成分群组成的复杂性和多样性, 加之抗氧化性可能是其中一种或几种成分共同发挥的作用, 故其抗氧化物质基础有待于后

续深入研究。

参考文献:

- [1] 辜萍萍, 李晓鹏, 朱忠华. 中药黄芪的名实考证 [J]. 中国实验方剂学杂志, 2018, 24 (8): 223-227.
- [2] 赵佳琛, 王艺涵, 金艳, 等. 经典名方中黄芪的本草考证 [J/OL]. 中国实验方剂学杂志: 1-17 [2021-08-01]. <https://doi.org/10.13422/j.cnki.syfjx.20211659>.
- [3] 胡妮娜, 张晓娟. 黄芪的化学成分及药理作用研究进展 [J]. 中医药信息, 2021, 38 (1): 76-82.
- [4] 范文彤. 黄芪多糖对小鼠免疫功能的药理学实验研究 [J]. 中国当代医药, 2018, 25 (3): 10-14.
- [5] 邹攀, 刘洁, 许红森, 等. 基于网络药理学探讨黄连和黄芪治疗鼻咽癌的作用机制 [J]. 中国新药与临床杂志, 2021, 40 (4): 276-281.
- [6] 杨志文, 何靖, 刘增慧, 等. 基于网络药理学探究“黄芪—当归”治疗慢性再生障碍性贫血的作用机制 [J]. 中国中医基础医学杂志, 2021, 27 (2): 253-259.
- [7] 谢静, 龚易昕悦, 丁立生, 等. 黄芪及其活性成分对脓毒症临床和药理作用的研究进展 [J]. 中草药, 2021, 52 (8): 2502-2510.
- [8] 李金芳. 黄芪多糖的提取及抗氧化作用研究 [J]. 中国食品添加剂, 2015 (4): 143-147.
- [9] 胡碧君. 黄芪多糖提取工艺优化及其抗氧化活性研究 [J]. 中国药业, 2018, 27 (24): 11-14.
- [10] 梁子敬, 张景艳, 冯海鹏, 等. 响应面优化黄芪多糖的提取工艺 [J]. 食品研究与开发, 2018, 39 (21): 72-76.
- [11] 侯丽丽, 于常乐, 胡洋. 人参皂苷微波超声辅助提取工艺研究 [J]. 中国食品添加剂, 2017 (9): 124-128.
- [12] 李玲, 李亚童, 莫罕美竟也, 等. 响应面法优化多序岩黄芪根中总皂苷的提取工艺及其抗氧化活性研究 [J]. 食品安全质量检测学报, 2020, 11 (10): 3149-3155.
- [13] 钟方丽, 薛健飞, 王晓林, 等. 大孔吸附树脂纯化黄芪茎总皂苷的工艺及其抗氧化性 [J]. 饲料工业, 2017, 38 (1): 33-39.
- [14] 侯敏娜, 侯少平, 吴满芳, 等. 响应面—满意度函数优化姜黄郁金多糖和黄酮共提工艺条件及其抗氧化性研究 [J]. 食品与机械, 2020, 36 (12): 159-164.
- [15] 彭茹洁, 赵少甫, 王承潇, 等. Plackett-Burman 试验联用满意度函数—响应面法优化白及多糖絮凝纯化工艺 [J]. 南京工业大学学报: 自然科学版, 2019, 41 (1): 57-63.
- [16] 董丹, 杨芙莲, 张欢. 超声辅助苦荞中蛋白和黄酮的同步提取工艺 [J]. 中国食品添加剂, 2020, 31 (3): 83-91.
- [17] 刘盛荣, 郑世仲, 阮俊峰, 等. 正交—满意度函数优化灵芝多糖及三萜共提取条件及其清除自由基活性 [J]. 菌物学报, 2019, 38 (5): 728-738.
- [18] 徐武, 黄浩, 宋春丽, 等. 黄芪下脚料糖蛋白分离纯化及其抗氧化活性 [J]. 食品科技, 2020, 45 (9): 188-195.

《中国食品添加剂》杂志—中文核心期刊、中国科技核心期刊, 欢迎投稿!