

# 巴戟天多糖提取工艺及抗氧化抗疲劳活性研究

## Optimization of polysaccharide extraction process from *Morinda officinalis* How and its biological activity *in vitro* and *in vivo*

梁小军<sup>1</sup> 韦炳墩<sup>2</sup> 陈茜<sup>2</sup> 马金魁<sup>2</sup> 李珂<sup>3</sup> 黄晓辰<sup>2</sup>

LIANG Xiao-jun<sup>1</sup> WEI Bing-dun<sup>2</sup> CHEN Qian<sup>2</sup> MA Jin-kui<sup>2</sup> LI Ke<sup>3</sup> HUANG Xiao-chen<sup>2</sup>

(1. 肇庆医学高等专科学校公共基础部, 广东 肇庆 526020; 2. 肇庆学院食品与制药工程学院, 广东 肇庆 526061; 3. 湖南农业大学食品科技学院, 湖南 长沙 410128)

(1. Department of Public Infrastructure, Zhaoqing Medical College, Zhaoqing, Guangdong, 526020, China;  
2. School of Food & Pharmaceutical Engineering, Zhaoqing University, Zhaoqing, Guangdong, 526061, China;  
3. College of Food Science and Technology, Hunan Agricultural University, Changsha, Hunan, 410128, China)

**摘要:**以广东德庆地区的巴戟天为原料,对巴戟天多糖提取工艺进行响应面优化分析,并对提取所得巴戟天多糖的抗氧化性及抗疲劳作用进行评价。结果表明,最佳提取条件为提取时间2 h,提取次数3次,料液比1:11 (g/mL),巴戟天多糖得率为6.71%,与理论预测值仅相差0.11%;体外抗氧化研究表明,在该条件下得到的巴戟天多糖具有良好的O<sub>2</sub><sup>-</sup>·和DPPH·清除能力。表明优化所得工艺条件稳定可行,且所得多糖具有良好抗氧化能力。NIH小鼠试验结果显示,巴戟天多糖能降低体内的尿素氮和乳酸,升高肝糖元含量,呈现出一定的抗疲劳效用。

**关键词:**巴戟天;多糖;抗氧化;抗疲劳

**Abstract:** *Morinda officinalis* polysaccharide is an important bioactive substance, in terms of its anti-depression, immune enhancement, anti-viral and anti-tumor effects, and polysaccharide holds great potential in function food and drug development. In this study, the Box-Behnken design principle and one-factor-at-a-time experiments were employed to optimize the extraction parameters of polysaccharide from *Morinda officinalis* How in Deqing area, Guangdong province. The *in vitro* antioxidant activities of extracted polysaccharides were also investigated. The results showed that the optimal extraction conditions were as follows: extraction time was 2 h, extraction times was 3, and solid-liquid ratio was 1:11

(g/mL). Under the control of these conditions, the polysaccharide yield of *Morinda officinalis* was 6.71%, which was only less 0.11% than the theoretically predicted value. The obtained *Morinda officinalis* polysaccharides have a potent O<sub>2</sub><sup>-</sup>· and DPPH· scavenging capacity, indicating that the optimized process conditions were stable and feasible. The blood urea nitrogen (BUN) and arterial blood lactate concentration (LACT) were decreased while the hepatic glycogenesis (HG) was increased after treated with different concentrations of polysaccharides of *Morinda officinalis* How in NIH mice, which indicates that the polysaccharides of *Morinda officinalis* How has anti-fatigue *in vivo*.

**Keywords:** *Morinda officinalis* How; polysaccharide; extraction; response surface methodology

巴戟天(*Morinda officinalis* How)亦称鸡肠风、鸡腿藤,为茜草科巴戟天属植物巴戟天的干燥根,为中国四大南药之一。巴戟天主要分布在两广、福建、海南等地,其中广东德庆县是中国最大的巴戟天生产基地,所产巴戟天品质优良,研究价值高。作为一种重要的中药材,巴戟天具有强筋骨、补肾阳、祛风湿等功效<sup>[1]</sup>,现代研究<sup>[2-3]</sup>表明其主要活性成分有环稀醚萜苷类、多糖、蒽醌类、有机酸类、挥发油、微量元素等。

多糖为巴戟天的重要有效成分之一,药理研究发现,巴戟天多糖具有抗抑郁<sup>[4-5]</sup>、抗骨质疏松<sup>[6]</sup>、降血糖等作用<sup>[7]</sup>。因此,通过对巴戟天多糖的提取,将其应用于药品及保健品生产,可进一步实现对巴戟天的有效利用。针对中药多糖的提取,目前主要方法有溶剂提取、超声波、微波、酶辅助及超临界流体萃取法等<sup>[8]</sup>,这些方法有的有机溶剂使用量大,条件不易控制,有的提取成本高且影响因素复杂,考虑到实际

**基金项目:**肇庆市科技创新计划项目(编号:2016040310);广东大学生科技创新培育专项资金(编号:pdjh2017b0552, pdjh2017b0550);肇庆市2017年度创新驱动发展引导专项-科技计划项目(编号:2017S001)

**作者简介:**梁小军,男,肇庆医学高等专科学校副教授,硕士。

**通信作者:**黄晓辰(1988—),女,肇庆学院讲师,博士。

E-mail: dolphin.101@163.com

**收稿日期:**2018-03-09

应用时的生产成本及产品安全性,水浸提法仍是首选方法。

现阶段,针对巴戟天多糖提取已有相关研究,提取方法包括了溶剂提取法<sup>[9-10]</sup>、酸碱提取法<sup>[11]</sup>、酶辅助<sup>[12]</sup>或超声波提取法<sup>[13]</sup>等,但这些研究主要针对福建、海南等地的巴戟天,多糖提取率约在3%~5%,且未对提取所得多糖的抗氧化活性进行系统研究。虽然已有相关文献<sup>[14-17]</sup>报道巴戟天多糖具有抗疲劳的生物效用,但都主要集中在试验动物的心肌和脑组织中各种相关酶活性的研究,缺乏对如血液、肝脏等重要组织和器官在运动后机体产生疲劳时生化指标变化的研究。因此,本试验拟以肇庆德庆地区巴戟天为研究对象,采用水提法探索巴戟天多糖较适宜的提取工艺条件,探究其体外抗氧化活性及抗疲劳作用,为巴戟天多糖的有效开发和利用提供科学依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 材料与试剂

巴戟天:2年生,产自广东肇庆德庆县;

1,1-二苯基-2-三硝基苯肼(1,1-diphenyl-2-Trinitrophenylhydrazine, DPPH):优级纯,美国 Sigma 公司;

硫酸、苯酚、蒽酮、邻苯三酚、95%乙醇、三羟甲基甲烷(Tris)、过氧化氢等:分析纯,国药集团化学试剂有限公司;

V<sub>C</sub>:分析纯,天津科密欧化学试剂有限公司;

血清尿素氮(BUN)试剂盒:批号 20170522,上海科华生物工程股份有限公司;

乳酸(LACT)试剂盒:批号 17032801,美康生物科技股份有限公司;

肝糖元(HG)试剂盒:批号 20171111,南京建成生物工程研究所。

### 1.2 仪器与设备

电子分析天平:AR224CN型,奥豪斯仪器(常州)有限公司;

冷冻干燥机:LGJ-10B型,北京四环科学仪器有限公司;

紫外-可见分光光度计:UV-1240型,上海美谱达有限公司;

恒温水浴锅:HH-4型,常州智博瑞仪器制造有限公司;

旋转蒸发仪:N-1300型,上海爱朗仪器有限公司;

循环水式真空泵:SHZ-DIII型,巩义市予华仪器有限责任公司;

电热恒温鼓风干燥箱:DGX-9143B-1型,上海福玛实验设备有限公司;

高速多功能粉碎机:HC-300T型,永康市天祁盛世工贸有限公司;

低速离心机:TDL-40C型,上海安亭科学仪器厂;

全自动生化分析仪:日立7020型,日本株式会社日立高新技术;

全波长酶标仪:Multiskan GO型,美国 Thermo Scientific 公司。

### 1.3 试验方法

1.3.1 巴戟天多糖的提取 将巴戟天洗净,60℃干燥12h,

粉碎后过40目筛。称取一定质量的巴戟天干粉,用10倍体积的95%乙醇回流浸提2次,待冷却后过滤,取滤渣在真空干燥箱干燥后备用。采用热水浸提法对多糖进行提取,将预处理后的巴戟天样品以一定料液比、提取次数和提取时间进行回流提取。提取结束后,抽滤、离心,取上清,即为巴戟天多糖粗提液。将所得多糖提取液减压浓缩成黏稠浸膏状,加入95%乙醇使溶液的含醇量为70%,充分搅拌,4℃醇沉过夜,于4000 r/min离心20 min,弃上清,收集沉淀物,进行冷冻干燥,所得干燥物即为巴戟天粗多糖<sup>[13]</sup>。

1.3.2 标准曲线的绘制 根据孟繁磊等<sup>[18]</sup>的方法修改如下:将葡萄糖标准品干燥至恒重,配制成0.2 mg/mL葡萄糖标准溶液。利用标准溶液,配制质量浓度为0.01,0.05,0.10,0.15,0.20 mg/mL的葡萄糖溶液,分别取1.0 mL于具塞试管中,加入5%苯酚溶液(现配先用)1.0 mL,摇匀,加入5.0 mL浓H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>反应5 min,沸水浴15 min,取出后于冰水浴中冷却至室温。以蒸馏水代替葡萄糖溶液作为空白对照,于490 nm波长处测吸光度,以溶液吸光度为纵坐标,葡萄糖质量浓度为横坐标,绘制标准曲线。

1.3.3 巴戟天多糖含量的测定 采用苯酚-硫酸法。准确称取巴戟天粗多糖样品10 mg定容至100 mL,配制成0.1 mg/mL的粗多糖溶液。准确吸取1.0 mL多糖溶液进行苯酚-硫酸反应,按1.3.2的方法测得样品的吸光度,平行试验3次,取平均值。巴戟天多糖提取率按式(1)计算:

$$w = \frac{A \times m \times 10^{-2}}{k \times 10^{-3} \times M} \times 100\% \quad (1)$$

式中:

W——巴戟天多糖提取率,%;

A——所测吸光度;

m——粗多糖总质量,g;

M——巴戟天粗粉质量,g;

k——标准曲线系数,8.5517。

1.3.4 巴戟天多糖提取的单因素试验 在料液比为1:8(g/mL),提取时间2 h条件下,分别对巴戟天多糖提取1,2,3,4,5次,考察提取次数对巴戟天多糖得率的影响;在料液比为1:8(g/mL)条件下对巴戟天多糖提取3次,每次均分别提取1.0,1.5,2.0,2.5,3.0 h,考察提取时间对巴戟天多糖得率的影响;分别在不同料液比为1:4,1:6,1:8,1:10,1:12(g/mL)条件下对巴戟天多糖进行提取,提取3次,每次提取2.0 h,考察料液比对巴戟天多糖得率的影响。

1.3.5 响应面优化巴戟天多糖的提取工艺 在单因素试验的基础上,以料液比、提取时间、提取次数3个因素为自变量,以巴戟天多糖得率为响应值,采用Box-Behnken试验设计,对巴戟天多糖提取工艺条件进行优化。

1.3.6 巴戟天多糖抗氧化活性评价

(1)清除O<sub>2</sub><sup>-</sup>·能力的测定:采用邻苯三酚自氧化法<sup>[19]</sup>。精确量取不同质量浓度的样品溶液1.0 mL,分别加入4.0 mL Tris-HCl缓冲液(50 mmol/L,pH 8.2),于25℃水浴中保温10 min,加入0.1 mL邻苯三酚(25 mmol/L),混

匀后于 25 °C 保温 5 min, 立即加入 2 滴 HCl 溶液(10 mol/L) 终止反应, 在波长 325 nm 处测定样品溶液的吸光度。以 1.0 mL 蒸馏水代替多糖溶液, 以  $V_c$  作对照。按式(2)计算  $O_2^{\cdot -}$  的清除率。

$$c = \frac{A_0 - (A_i - A_j)}{A_0} \times 100\%, \quad (2)$$

式中:

$c$ ——清除率, %;

$A_0$ ——空白对照液的吸光度;

$A_i$ ——巴戟天多糖溶液的吸光度;

$A_j$ ——不加邻苯三酚的巴戟天多糖溶液的吸光度。

(2) 清除 DPPH· 能力的测定: 根据文献[20]修改如下, 将等体积巴戟天多糖溶液及 DPPH· 溶液(0.2 mmol/L) 混匀后避光静置反应 30 min, 以无水乙醇为参照, 在 517 nm 波长处测定其吸光度  $A_i$ 。同时, 测得样品溶液与等体积无水乙醇混合液的吸光度  $A_j$ , 并测得 DPPH· 溶液(0.2 mmol/L) 与等体积无水乙醇混合液的吸光度  $A_c$ , 以  $V_c$  为阳性对照, 则巴戟天多糖对 DPPH· 的清除率按式(3)计算:

$$c = \left(1 - \frac{A_i - A_j}{A_c}\right) \times 100\%, \quad (3)$$

式中:

$c$ ——清除率, %;

$A_i$ ——DPPH· 与样品反应后的吸光度;

$A_j$ ——样品与无水乙醇混合液的吸光度;

$A_c$ ——DPPH· 溶液与无水乙醇混合液的吸光度。

### 1.3.7 巴戟天多糖抗疲劳药理活性评价

(1) 试验动物与分组: 本试验选取雄性小鼠(NIH) 40 只, 2 月龄, 体重为 18~22 g, 由广东省医学实验动物中心提供[SCKK(粤)2013-0002], 在试验条件下[温度(20±2) °C, 相对湿度(70±10)%]饲养 3 d, 自由饮食、饮水, 不限制活动, 待动物适应环境 1 周后开始试验。小鼠随机分 4 组, 每组 10 只, 即高(300 mg/kg)、中(150 mg/kg)、低剂量(30 mg/kg) 及空白对照组(蒸馏水组)。按 20 mL/kg 体重的剂量进行称重给药, 每天 1 次, 连续 4 周。

(2) 生化指标的测定: 末次灌胃 30 min 后, 将试验小鼠尾根部负荷 5% 体重的铅丝并置于(25±1) °C 的水箱中负重游泳。小鼠负重游泳时间为小鼠落水至小鼠游泳力竭沉入水底持续 8 s 以上不能浮出水面的时间。游泳结束后即刻取小鼠内眦静脉血 400 μL, 离心(3 000 r/min, 10 min) 取血清, 然后按相关试剂盒的方法进行操作, 检测 LACT 和 BUN 的含量。HG 的测定: 取出肝脏, 除去结缔组织, 用生理盐水漂洗后用滤纸吸干称重。然后用匀浆器研磨、离心, 加预先冷却的生理盐水制备成 10% 的组织匀浆, 按照肝糖元测定试剂盒说明书进行操作, 计算肝糖元的含量。

## 2 结果与分析

### 2.1 巴戟天多糖提取工艺条件优化

2.1.1 响应面设计 通过单因素试验, 考察提取时间、料液

比和提取次数对巴戟天多糖得率的影响, 结果见图 1。由图 1 可知, 在以下单因素条件下: 料液比 1:10 (g/mL), 提取时间 2.0 h 左右, 提取次数约 2~3 次时, 巴戟天多糖的提取率均可达到最大值。

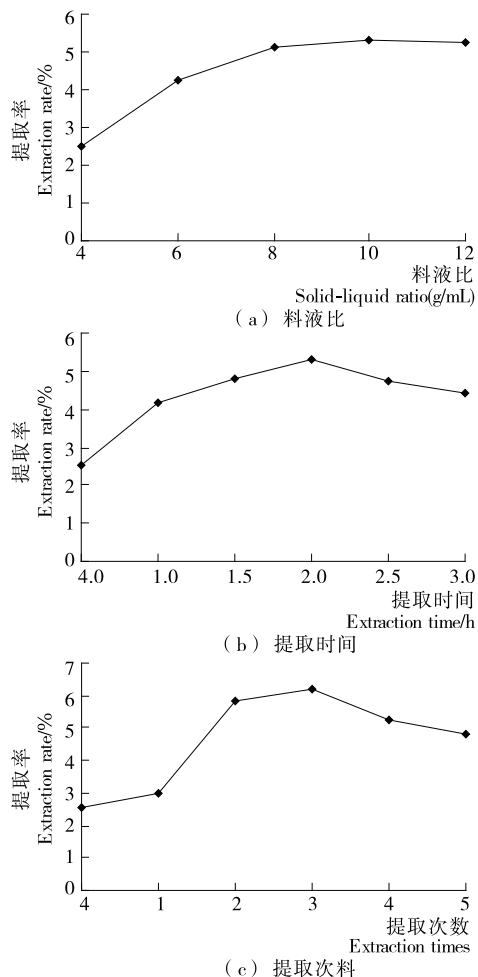


图 1 单因素试验结果

Figure 1 Results of one-factor-at-a-time experiments

根据单因素试验结果确定的响应面因素与水平设计见表 1。

2.1.2 回归模型方差分析及显著性检验 响应面试验设计方案及结果见表 2。

将表 2 中试验数据利用 Design-Expert 软件进行处理后, 得到巴戟天多糖提取率对提取料液比、提取时间、提取次数的二次多项回归方程为:

表 1 响应面分析因素与水平

Table 1 Experimental factors and levels used for Box-Behnken design

水平	A 料液比 (g/mL)	B 提取时间/h	C 提取次数
-1	1:8	1.5	2
0	1:10	2.0	3
1	1:12	2.5	4

表2 巴戟天多糖得率的响应面试验设计与结果

Table 2 Experimental design and results for response surface analysis

试验号	A	B	C	Y 多糖得率/%
1	1	-1	0	4.08
2	1	1	0	5.65
3	-1	0	-1	4.35
4	-1	-1	0	3.75
5	1	0	1	6.28
6	1	0	-1	5.72
7	0	-1	-1	4.25
8	0	-1	1	4.52
9	0	1	1	6.20
10	-1	1	0	5.20
11	0	1	-1	5.45
12	-1	0	1	4.72
13	0	0	0	6.48
14	0	0	0	6.88
15	0	0	0	6.62
16	0	0	0	6.56
17	0	0	0	6.30

$$Y = -38.752 + 4.43938A + 16.939B + 2.12275C + 0.03AB + 0.02375AC + 0.24BC - 0.21694A^2 - 4.121B^2 - 0.43275C^2 \quad (4)$$

对所得回归模型进行方差分析和显著性检验。如表3所示,回归模型方程显著( $P=0.0007$ ),失拟项不显著( $P=0.0959$ ),表明该模型对响应值拟合良好,可用于巴戟天多糖得率的分析。其中, $C^2$ 对多糖得率影响均达显著水平( $P<0.05$ ), $A$ 、 $B$ 、 $A^2$ 和 $B^2$ 对巴戟天多糖得率的影响达极显著水平( $P<0.01$ ),由方程回归系数及其显著性可知对巴戟天多糖得率影响因素主次顺序为提取时间>料液比>提取次数。

**2.1.3 交互作用分析** 图2为各试验因素相互作用对巴戟天多糖得率影响的响应面与等高线图。从图2(a)可以看出,巴戟天多糖得率随液料比和提取时间的增加呈先上升后缓慢下降的趋势,当提取料液比和时间达0.5水平时,多糖得率达最大值。由等高线图可知,等高线呈椭圆形,表明液料比与提取时间交互作用影响显著,且沿提取时间轴向等高线相对稀疏、曲线较平缓,表明提取时间对多糖得率的影响相对较弱。图2(b)表明,多糖得率随液料比和提取次数的增加先增大后减小,且有明显的交互作用。图2(c)表明,多糖得率随提取次数的增加和提取时间的延长呈先增大后略下降的趋势,且两因素的交互作用明显,对多糖得率影响显著。

**2.1.4 模型验证** 通过 Design-Expert 8.0.6 软件分析,获得巴戟天多糖的最佳工艺提取条件:料液比1:10.57(g/mL)、提取时间2.19 h、提取次数3.35次,理论最佳提取率为6.82%。考虑到实际生产中的可操作性和生产成本,将提取工艺参数修正为料液比1:11(g/mL)、提取时间2 h、提取次数3次,在此条件下进行巴戟天多糖提取的验证实验,测

表3 回归模型的方差分析表<sup>†</sup>

Table 3 Variance analysis for the established regression model

方差来源	平方和	自由度	均方	F 值	P 值
模型	15.90	9	1.77	16.25	0.0007**
A	1.72	1	1.72	15.83	0.0053**
B	4.35	1	4.35	40.03	0.0004**
C	0.48	1	0.48	4.37	0.0749
AB	$3.60 \times 10^{-3}$	1	$3.60 \times 10^{-3}$	0.03	0.8608
AC	$9.03 \times 10^{-3}$	1	$9.03 \times 10^{-3}$	0.08	0.7816
BC	0.06	1	0.06	0.53	0.4903
$A^2$	3.17	1	3.17	29.17	0.0010**
$B^2$	4.47	1	4.47	41.11	0.0004**
$C^2$	0.79	1	0.79	7.25	0.0309*
残差	0.76	7	0.11		
失拟项	0.58	3	0.19	4.31	0.0959
纯误差	0.18	4	0.05		
总误差	16.66	16			

<sup>†</sup> \*.  $P<0.05$  水平差异显著; \*\*.  $P<0.01$  水平差异极显著。

得多糖的实际平均提取率为 $(6.71 \pm 0.14)\%$ ,与理论值相差0.11%,表明该工艺条件准确可行。

## 2.2 巴戟天多糖抗氧化活性评价结果

**2.2.1 清除  $O_2^- \cdot$  的能力** 如图3所示,在质量浓度为0.1~4.0 mg/mL时,巴戟天多糖对 $O_2^- \cdot$ 清除率随样品质量浓度的增加而逐渐增大,巴戟天多糖质量浓度从0.1 mg/mL增加到4.0 mg/mL,清除率从16.2%增加到79.3%。当巴戟天多糖质量浓度>4.0 mg/mL时,清除率最大为80.4%,与 $V_c$ 对 $O_2^- \cdot$ 的清除率仅相差1.7%,表明巴戟天多糖具有一定的 $O_2^- \cdot$ 清除能力。

**2.2.2 清除 DPPH $\cdot$  的能力** 由图4可知,在测定的质量浓度范围内(0.1~5.0 mg/mL),巴戟天多糖对DPPH $\cdot$ 的清除率随样品质量浓度增加而增大,呈现一定的量效关系。在0.1~4.0 mg/mL时,巴戟天多糖对DPPH $\cdot$ 的清除能力弱于同质量浓度的 $V_c$ 。当质量浓度达5.0 mg/mL时,巴戟天多糖对DPPH $\cdot$ 的清除能力则逐渐趋近 $V_c$ ,清除率可达84.6%。

## 2.3 巴戟天多糖抗疲劳药理活性评价结果

由表4可得,在不同剂量组中小鼠的BUN值和LACT值都呈现了不同程度的降低,而HG值升高,且呈现一定的剂量相关性。其中高剂量组与对照组比较有显著性差异,3个生化指标都有统计学意义( $P<0.05$ )。由此可见,巴戟天多糖能降低小鼠的BUN和LACT含量,同时增加HG在体内的储备量,为机体提供更多的能量而达到一定的抗疲劳效果。

## 3 结论

本研究在单因素试验基础上,采用 Box-Behnken 响应面设计对巴戟天多糖的提取工艺参数进行优化,得到最佳提取工艺参数为料液比1:11(g/mL)、提取时间2 h、提取3次,

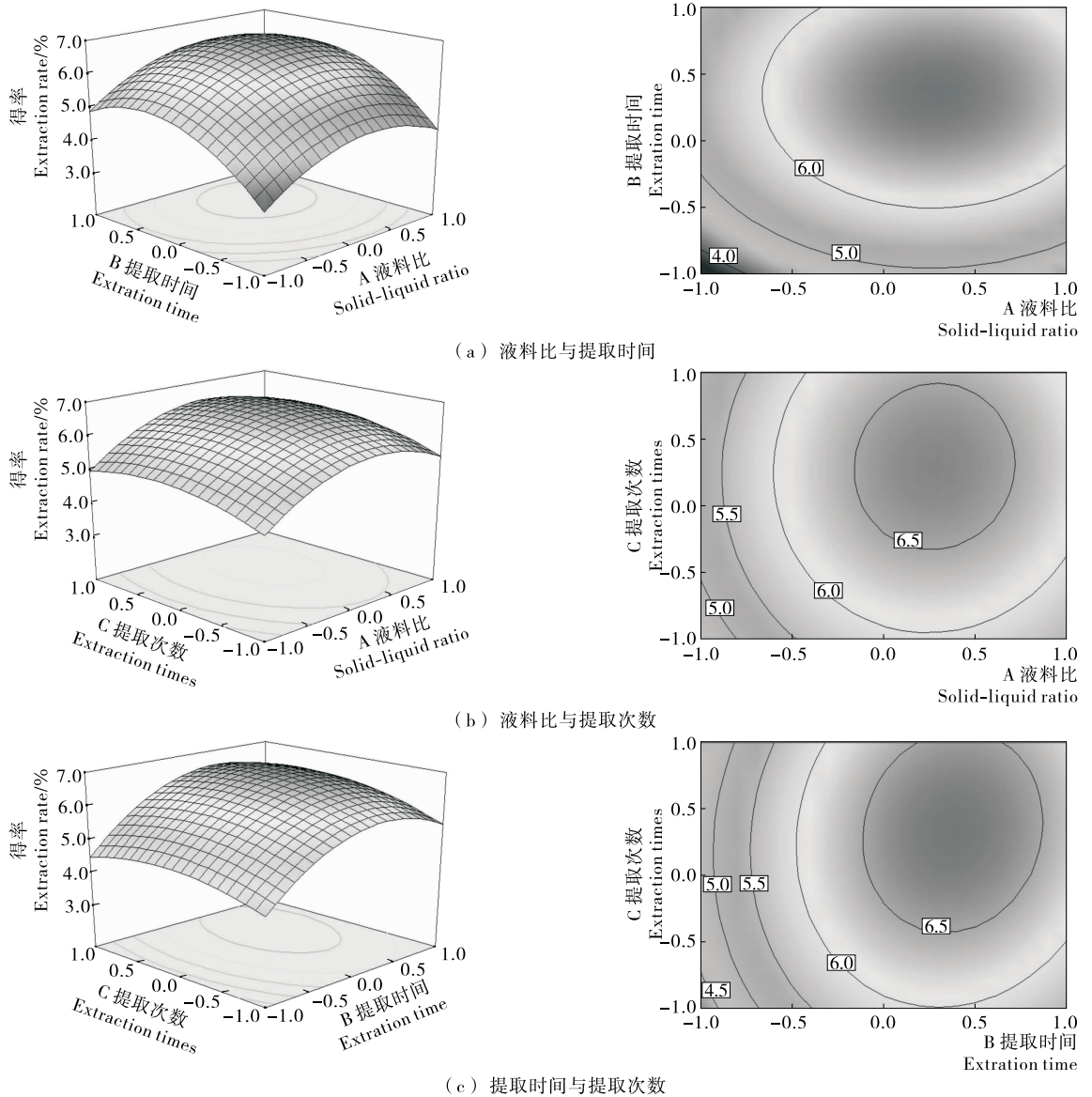


图 2 两因素交互作用对巴戟天多糖得率影响的响应面图结果

Figure 2 Response surface model plots for the interaction effects on the yield of polysaccharide

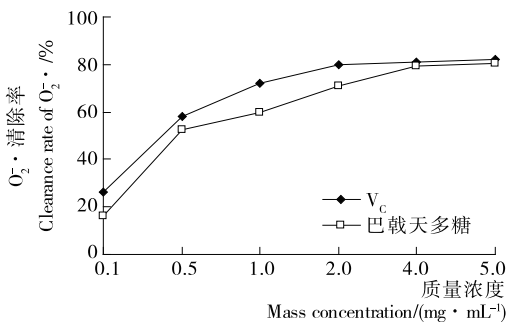


图 3 巴戟天多糖对 O<sub>2</sub><sup>-</sup> 的清除率

Figure 3 Superoxide anion radical scavenging capacity of *Morinda officinalis* How polysaccharides

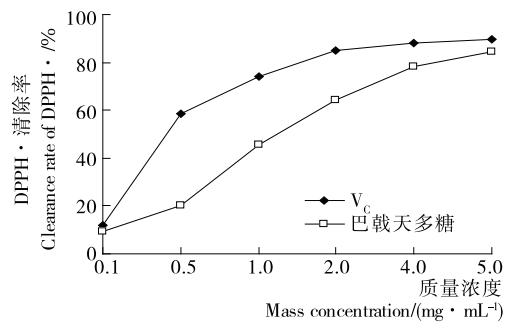


图 4 巴戟天多糖对 DPPH · 的清除率

Figure 4 DPPH radical scavenging capacity of *Morinda officinalis* How polysaccharides

在此条件下巴戟天多糖的提取率为(6.71±0.14)%,与预测值 6.82%仅相差 0.11%。体外抗氧化研究表明,巴戟天多糖具有较好的清除 O<sub>2</sub><sup>-</sup> ·、DPPH · 的能力,且清除能力与其质量浓度呈一定正相关关系,相同质量浓度下巴戟天多糖的抗氧

化能力与 V<sub>c</sub>相当或略低于 V<sub>c</sub>。动物试验研究显示,巴戟天多糖能降低小鼠体内的 BUN、LACT 水平,同时升高 HG 含量,具有一定的抗疲劳效果。

巴戟天多糖含量受其栽培产地、品种、炮制方法等因素

表4 巴戟天多糖对 NIH 小鼠血清尿素氮、血乳酸和肝糖元的影响<sup>†</sup>

Table 4 Effects of polysaccharide of *Morinda officinalis* How on NIH mice serum urea nitrogen, blood lactic acid, and hepatic glycogen levels ( $n=10$ )

组别	BUN 值/ (mmol · L <sup>-1</sup> )	LACT 值/ (mmol · L <sup>-1</sup> )	HG 值/ (mg · g <sup>-1</sup> )
高剂量组	7.96 ± 1.50 **	9.06 ± 2.96 *	6.67 ± 1.73 *
中剂量组	8.35 ± 1.22 *	8.09 ± 3.03 **	4.94 ± 1.34
低剂量组	8.67 ± 1.24	9.91 ± 2.41	4.67 ± 0.22
对照组	9.94 ± 2.00	12.94 ± 2.88	4.39 ± 0.25

† \* . 与对照组比较, 差异显著( $P < 0.05$ ); \*\* . 与对照组比较, 差异极显著( $P < 0.01$ ).

的影响, 且不同成熟度的巴戟天其多糖的生理活性也不尽相同, 在后续的研究中, 种植条件及加工方法对巴戟天多糖含量和生理活性的影响还有待探索。

### 参考文献

- [1] 崔妮, 史辑, 贾天柱. 巴戟天不同炮制品 HPLC 指纹图谱研究[J]. 中草药, 2014, 45(13): 1 871-1 875.
- [2] 何传波, 李琳, 汤凤霞, 等. 巴戟天多糖的提取及纯化研究[J]. 食品科学, 2008, 29(8): 326-329.
- [3] ZHANG Jian-hua, XIN Hai-liang, XU Yue-ming, et al. *Morinda officinalis* How, a comprehensive review of traditional uses, phytochemistry and pharmacology[J]. Journal of Ethnopharmacology, 2018, 213: 230-255.
- [4] 魏京邑, 岳广欣. 巴戟天抗抑郁成分药理机制研究进展[J]. 中药通报, 2017, 16(2): 67-69.
- [5] LI Yun-feng, LI Yuan, XU Yu-kun, et al. Antistress effect of oligosaccharides extracted from *Morinda officinalis* in mice and rats[J]. Acta Pharmacologica Sinica, 2001, 22(12): 1 084-1 088.
- [6] 朱孟勇, 赫长胜, 王彩娇. 巴戟天多糖对骨质疏松大鼠骨密度及

- 血清微量元素的影响[J]. 中草药, 2010, 41(9): 1 513-1 515.
- [7] 刘霄. 巴戟天多糖的降血糖和抗氧化作用研究[J]. 中药材, 2009, 32(6): 949-951.
- [8] 李翠丽, 王炜, 张英, 等. 中药多糖提取, 分离纯化方法的研究进展[J]. 中国药房, 2016, 27(19): 2 700-2 703.
- [9] 程力惠, 王建壮, 卢丽霞. 正交设计优选巴戟天中多糖提取工艺[J]. 中药材, 2010, 33(1): 125-127.
- [10] 沈英超. 巴戟天活性物质的研究[D]. 南京: 南京林业大学, 2008: 34-47.
- [11] 陈忠, 刘琳玲, 何猛雄, 等. 南药巴戟天多糖提取方法的比较研究[J]. 科技通报, 2004, 20(6): 546-548.
- [12] 李妍, 曾玩芸. 酶法辅助提取巴戟天多糖的工艺研究[J]. 食品与机械, 2010, 26(1): 95-97.
- [13] 陈素艳, 彭爱红, 吴升山, 等. RSM 优化巴戟天多糖的超声波辅助提取工艺[J]. 华侨大学学报: 自然科学版, 2008, 29(1): 76-79.
- [14] 龙碧波, 张新定, 徐海衡, 等. 巴戟天水提液对耐力运动小鼠的抗氧化作用研究[J]. 现代预防医学, 2013, 40(15): 2 880-2 882.
- [15] 郝建东. 巴戟天提取物对大强度耐力训练大鼠心肌组织抗氧化能力影响的实验研究[J]. 陕西中医, 2008, 29(10): 1 428-1 429.
- [16] 龙碧波, 徐海衡, 张新定. 巴戟天抗疲劳药理活性的实验研究[J]. 时珍国医国药, 2013(2): 298-300.
- [17] ZHANG Zhong-qi, LI Yuan, YANG Ming, et al. The effect of *Morinda officinalis* How, a Chinese traditional medicinal plant, on the DRL 72-s schedule in rats and the forced swimming test in mice[J]. Pharmacology Biochemistry and Behavior, 2002, 72(1/2): 39-43.
- [18] 孟繁磊, 陈瑞战, 张敏, 等. 刺五加多糖的提取工艺及抗氧化活性研究[J]. 食品科学, 2010, 31(10): 168-174.
- [19] 王金华, 杜超, 梁晨, 等. 贵长猕猴桃多糖提取工艺及体外抗氧化功能[J]. 食品科学, 2016, 37(20): 19-23.
- [20] 王庆, 李丹丹, 潘芸芸, 等. 提取方法对天麻多糖提取率及其抗氧化活性的影响[J]. 食品与机械, 2017, 33(9): 146-150.

(上接第 150 页)

- [2] 屈胜胜, 张建军, 李艳霞, 等. 巴西莓对大鼠慢性酒精性肝损伤的保护作用及对炎症细胞因子的影响[J]. 中国中药杂志, 2014, 39(24): 4 869-4 872.
- [3] 孟宪军, 邓静, 朱力杰, 等. 北五味子藤茎总三萜对小鼠酒精性肝损伤的保护作用[J]. 食品科学, 2013, 34(15): 228-231.
- [4] 苗彦妮, 钟赣生. 葛花对大鼠酒精性肝损伤的预防作用研究[J]. 科技导报, 2008, 26(15): 60-65.
- [5] 邓青芳, 周欣, 陈华国. 桑葚抗酒精性肝损伤活性部位筛选研究[J]. 贵州师范大学学报: 自然科学版, 2014, 32(5): 107-110.
- [6] 裴凌鹏, 惠伯棣. 虾青素对小鼠急性乙醇肝损伤的保护作用[J]. 江苏大学学报: 医学版, 2008, 18(4): 303-306.
- [7] 邹金发, 刘晓光, 齐凤杰, 等. 葡萄籽原花青素减轻小鼠急性化学性肝损伤[J]. 基础医学与临床, 2012, 32(10): 1 198-1 201.
- [8] 樊金玲, 罗磊, 要萍, 等. 沙棘籽原花色素组成和结构的研究[J]. 食品科学, 2008, 29(1): 244-249.

- [9] 刘朵花, 李伟, 吴仲. 沙棘和葡萄籽中原花青素的对比研究[J]. 沙棘, 2000, 13(1): 35-38.
- [10] 金海英. 沙棘籽原花青素提取物抗氧化作用研究[J]. 沙棘, 2005, 18(1): 35-37.
- [11] 樊金玲, 罗磊, 武涛, 等. 沙棘籽原花色素与葡萄籽原花青素抗氧化活性的比较[J]. 食品与机械, 2007, 23(2): 26-30.
- [12] 张波, 沈新南, 张亚东, 等. 原花青素对小鼠乙醇性肝损伤的保护作用机制[J]. 卫生研究, 2007, 36(3): 295-297.
- [13] 赵敏菁. 葛花及葛根提取物对乙醇在大鼠体内药代动力学过程的影响及机制研究[D]. 广州: 中山大学, 2009: 1-56.
- [14] MEIR P, SEITZ H K. Age, alcohol metabolism and liver disease[J]. Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care, 2008, 11: 21-26.
- [15] DI CASTELNUOVO A, COSTANZO S, DONATI M B, et al. Alcohol consumption and cardiovascular risk: an epidemiological perspective[J]. Nutrition Metabolism and Cardiovascular Diseases, 2007, 17(8): 561-564.