

大枣黄精多糖复合功能饮料制备工艺研究^{*}

吕伟¹ 刘思美² 邬良芳² 张丽华² 赵鹏^{2**}

(1. 陕西省药品和疫苗检查中心, 陕西 西安 710065; 2. 陕西中医药大学药学院, 陕西 西安 712046)

摘要: **目的** 制备一款多糖复合型功能饮料。 **方法** 以大枣和黄精2种药食同源药材的多糖成分为主要原料, 以木糖醇、柠檬酸等为辅料, 根据单因素试验和响应面试验优化大枣黄精复合多糖功能饮料的配方; 并测定了其体外抗氧化活性。 **结果** 研究发现, 大枣黄精复合多糖饮料的最佳配方为木糖醇液添加量10.00%、柠檬酸添加量0.27%、茉莉香精添加量0.012%。 **结论** 该复合饮料色泽纯正均一, 茉莉香气浓郁, 酸甜适口, 并且有一定的抗氧化活性。

关键词: 大枣; 黄精; 多糖; 饮料; 制备

中图分类号: R283.6

文献标识码: A

文章编号: 2096-1340(2022)06-0104-06

DOI: 10.13424/j.cnki.jsctcm.2022.06.020

大枣(*Ziziphus jujuba* Mill.) 和黄精(*Polygonatum sibiricum* Red.) 均为我国传统的药食同源的药材。大枣为鼠李科枣属植物, 富含蛋白质、脂肪、糖类、维生素C及环磷酸腺苷等活性成分^[1], 具有补益脾胃^[2], 滋养阴血等功效^[3]。其中大枣中的多糖成分具有抗氧化^[4]、免疫调节、抗肿瘤^[5]、保肝等作用^[6]。黄精为百合科黄精属植物, 含有甾体皂苷、多糖、氨基酸等活性成分^[7], 具有滋阴、补脾、润肺生津的功效^[8], 其黄精多糖成分具有抗氧化^[9]、抗衰老、调控自身免疫能力等作用^[10-11]。基于大枣多糖和黄精多糖在调节免疫和抗衰老方面的功效, 本研究以大枣多糖和黄精多糖为主要原料, 辅以木糖醇、柠檬酸和茉莉香精, 设置了感官评价指标, 在单因素实验的基础之上, 通过响应面实验, 确定了大枣黄精多糖功能饮料的最佳配方, 获得了一款富含多糖、口感优良、茉莉香气宜人的功能性饮料, 本研究开拓了大枣和黄精的应用途径, 具有一定的经济和科学意义。

1 实验

1.1 材料、试剂与仪器 大枣、黄精(*Polygonatum sibiricum* Red., 陕产黄精) 购自西安万寿路中药材批发市场, 2,2-联苯基-1-苦基肼基(DPPH)(上海

阿拉丁生化科技股份有限公司); 乙醇、苯酚和浓硫酸等试剂均为国产分析纯(天津科密欧化学试剂有限公司) 柠檬酸, 木糖醇, 茉莉香精和山梨酸钾为食品级(河南万邦化工科技有限公司)。HHS恒温水浴锅(巩义予华仪器厂)、UV1102紫外可见分光光度计(上海天美科学仪器有限公司); FA2004电子天平(上海民桥精科天平厂)。

1.2 大枣黄精复合多糖饮料的制备方法 按照文献^[12]取大枣100 g, 黄精200 g, 干燥后粉碎, 10倍质量的水提取2次, 每次1.5 h, 滤过合并滤液, 70℃左右将滤液浓缩为药材质量: 浓缩液体积=1:1, 浓缩液用4倍体积量乙醇醇沉, 静置24 h, 过滤, 收集多糖滤饼(多糖含量以葡萄糖计, 不低于50%), 干燥粉碎后, 用去离子水溶解, 并稀释至10000 mL, 离心, 取上清液, 加入一定量的木糖醇、柠檬酸和茉莉香精等调制口感, 另按国家标准加入山梨酸钾(按总重量的0.03%量计)作为防腐剂^[13], 即得大枣黄精复合多糖饮料。

1.3 多糖含量的测定 采用苯酚-硫酸法^[14]测葡萄糖标准曲线, 将恒重后的葡萄糖标准品配置成0.1 mg·mL⁻¹的溶液, 精密吸取0、0.1、0.2、0.4、0.6、0.8、1.0 mL的葡萄糖标准溶液置于10 mL的

^{*} 基金项目: 陕西省自然科学基金项目(2019JM-502); 陕西省重点实验室基金项目(21JS008, 20JS034)

^{**} 通讯作者: 赵鹏, 教授。E-mail: zhaopeng65@sina.com

具塞试管中,补加蒸馏水至 1 mL,再分别加入 5% 苯酚 1 mL,摇匀,加入 5 mL 浓硫酸,摇匀,反应 15 min 后,在 490 nm 处测定吸光度值^[15]。纵坐标(y)为吸光度,横坐标(x)为质量浓度,绘制葡萄糖标准曲线,得出回归方程为: $y = 7.56x - 0.042$ ($R^2 = 0.9994$), x 在 $0.02 \sim 0.1 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ 浓度范围内呈良好的线性关系。精密吸取样品溶液 1 mL,按照上述步骤操作,测得 490 nm 处吸光度,代入标准曲线方程计算样品溶液中多糖含量。

1.4 大枣黄精复合多糖饮料配方工艺优化

1.4.1 感官评价标准 参照复合多糖饮料的感官评估指标^[16],制定的大枣黄精复合多糖饮料的感官评估标准如表 1 所示。

表 1 复合饮料感官评价标准

项目	等级	特征描述	分数
色泽(2分)	一	色泽纯正均一	1.5~2
	二	色泽均匀,部分带有少许杂色	1~1.5
	三	色泽局部不均匀,杂色明显	0~1
气味(2分)	一	伴有茉莉的清香,无异味	1.5~2
	二	香味较浓或较淡,无异味	1~1.5
	三	香味较差,有异味	0~1
组织状态(3分)	一	均匀,无杂质,不分层	2~3
	二	略有少量沉淀	1~2
	三	沉淀明显	0~1
口感(3分)	一	酸甜度适中,口感柔和,无涩味	2~3
	二	酸甜度失调	1~2
	三	酸味或甜味不明显或过高	0~1

1.4.2 响应面试验 在单因素试验结果的基础上,以感官评分为考察标准,并利用 Box-Behnken 的基本原理^[17],确定大枣黄精复合饮料的最佳配方,因素水平见表 2。

表 2 因素水平

因素	水平		
	-1	0	1
木糖醇加入量 X_1 (%)	9.0	10.0	11.0
柠檬酸加入量 X_2 (%)	0.20	0.25	0.30
茉莉香精加入量 X_3 (%)	0.01	0.0125	0.015

注: $X_1 = (A - 10)/1$ 、 $X_2 = (B - 0.25)/0.05$ 、 $X_3 = (C - 0.0125)/0.0025$

1.5 大枣黄精复合多糖饮料体外抗氧化活性的测定 按照文献^[18]配制好浓度为 $0.0002 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 DPPH 溶液,置于棕色试剂瓶中,避光保存。先将 2 mL DPPH 和 2 mL 60% 乙醇,摇匀,避光反应 30 min,以 60% 乙醇调零,在 517 nm 波长处测定吸光度 A_0 ;取不同量的样品,加入 1.75 mL 蒸馏水和 2 mL DPPH,按上述条件测定吸光度 A_1 ;再取相同量的样品,加入 1.75 mL 蒸馏水 + 2 mL 60% 乙醇,按上述条件测定吸光度 A_2 ,按下式计算清除率^[19]。

清除率 = $\left(1 - \frac{A_1 - A_2}{A_0}\right) \times 100\%$

2 结果与讨论

2.1 单因素试验结果

2.1.1 木糖醇添加量的影响 固定柠檬酸的添加量为 0.2%,茉莉香精的添加量为 0.01%,探究木糖醇的添加量为 7%、8%、9%、10% 和 11% 时对感官评分的影响,实验结果如图 1 所示。

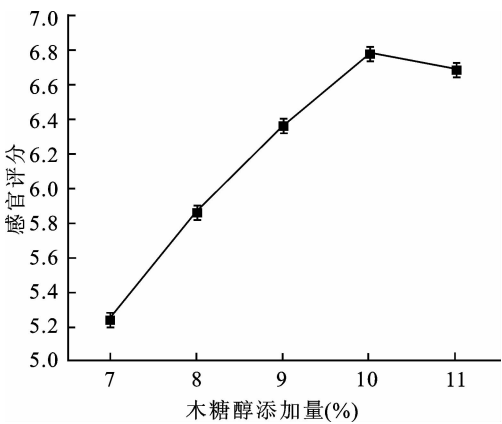


图 1 木糖醇添加量的影响

通过图 1 可知,木糖醇添加量在 7% ~ 10% 之间,木糖醇添加量不断增加,感官评分快速升高。当木糖醇添加量增加到 10% 时,感官评分最高为 6.78。但增加到一定程度后,由于饮料口感甜度较大,显得较腻,感官评分反而下降。因此,木糖醇最适添加量为 10%。

2.1.2 柠檬酸添加量的影响 固定木糖醇的添加量为 10%,茉莉香精的添加量为 0.01%,探究柠檬酸的添加量分别为 0.10%、0.15%、0.20%、0.25% 和 0.30% 时对感官评分的影响,实验结果如图 2 所示。

通过图 2 可知,柠檬酸添加量在 0.1% ~

0.25% 之间,饮料酸度不断增加使口感更加适宜,感官评分也快速升高;但增加到一定程度后酸味过浓,感官评分反而下降。因此,柠檬酸最适添加量为 0.25%。

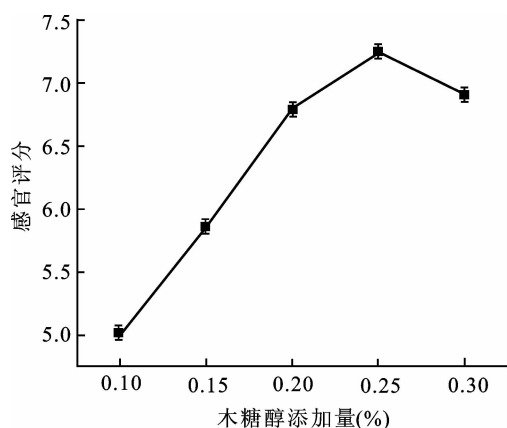


图 2 柠檬酸添加量的影响

2.1.3 茉莉香精添加量的影响 固定木糖醇的添加量为 10%,柠檬酸的添加量为 0.25%,探究茉莉香精的添加量分别为 0.005%、0.0075%、0.01%、0.0125% 和 0.015% 时对感官评分的影响,实验结果如图 3 所示。

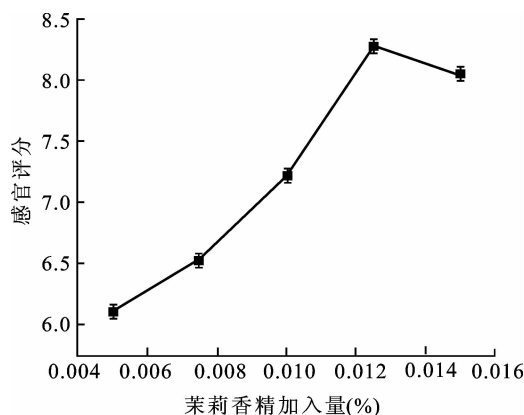


图 3 茉莉香精添加量的影响

通过图 3 可知,茉莉香精添加量在 0.005% ~ 0.0125% 之间,饮料清香度也随之增加,口感也更加协调;但增加到一定程度后香味过浓,感官评分反而下降。因此,茉莉香精最适添加量为 0.0125%。

2.2 响应面优化试验结果

2.2.1 响应面实验方案设计与结果 采用 Design-Expert 10.0.3 软件分析,响应变量为木糖醇 (X_1)、柠檬酸 (X_2) 和茉莉香精 (X_3),响应值为感

官评分 (Y),根据设计的响应面方案进行试验,对所得到的试验结果通过回归拟合分析后得到方程为:

$$Y = 8.28 - 0.048X_1 + 0.34X_2 + 0.12X_3 + 0.055X_1X_2 + 0.35X_1X_3 - 0.060X_2X_3 - 0.45X_{12} - 0.25X_{22} - 0.39X_{32}$$

通过表 4 的结果可看到,回归模型显著 ($P < 0.05$),失拟误差的值为 0.3821 是不显著因素,方程中的 X_{12} 、 X_{22} 和 X_{32} 的影响结果为极显著, X_2 、 X_3 和 X_1X_3 的影响结果为显著^[20]。模型 $R^2 = 0.9805$, $R^2_{adj} = 0.9454$,均接近 1.0,这说明该回归模型线性关系良好,与实际结果具有高度相关性,可准确反映各因素与响应值的关系,其可信度较好^[21];而其变异系数 $RSD = 1.39\% < 5.0\%$,由此可知,模型外因素对响应值的影响不大,可将该模型用于对实际实验结果的预测^[22-23]。表 4 中, $FX_1 = 1.57$ 、 $FX_2 = 79.17$ 、 $FX_3 = 9.60$,由此可知,各因素对功能饮料感官评分的影响大小顺序为:柠檬酸 > 茉莉香精 > 木糖醇。

表 3 响应面实验方案设计与结果

试验编号	X_1	X_2	X_3	感官评分
1	0	-1	1	7.50
2	0	-1	-1	7.19
3	1	0	-1	6.85
4	1	-1	0	7.16
5	1	1	0	8.02
6	0	1	1	7.98
7	-1	0	-1	7.75
8	-1	1	0	7.89
9	0	1	-1	7.91
10	-1	-1	0	7.25
11	0	0	0	8.18
12	1	0	1	7.82
13	0	0	0	8.35
14	0	0	0	8.31
15	-1	0	1	7.34

2.2.2 响应曲面分析 通过对响应面优化实验可得到上述各因素之间相互影响的响应面图,如图 4、5、6 所示。

表4 方差分析

方差来源	平方和	自由度	均方	F 值	显著水平
模型	2.89	9	0.32	27.91	0.0009
X ₁	0.018	1	0.018	1.57	0.2659
X ₂	0.91	1	0.91	79.17	0.0003
X ₃	0.11	1	0.11	9.60	0.0269
X ₁ X ₂	0.012	1	0.012	1.05	0.3522
X ₁ X ₃	0.48	1	0.48	41.36	0.0014
X ₂ X ₃	0.014	1	0.014	1.25	0.3142
X ₁₂	0.37	1	0.37	404.91	< 0.0001
X ₂₂	0.048	1	0.048	52.07	<0.0001
X ₃₂	0.084	1	0.084	91.96	<0.0001
残 差	0.058	5	0.012		
失拟误差	0.042	3	0.014	1.76	0.3821
纯误差	0.016	2	7.900×10^{-3}		
总 和	2.95	14			

注: $P < 0.05$ 为显著, $P < 0.0001$ 为极显著

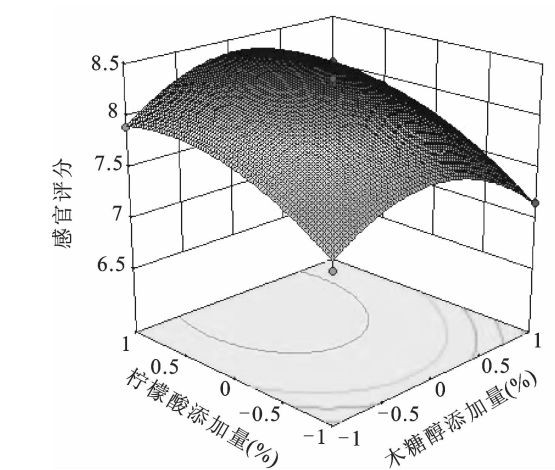


图4 柠檬酸和木糖醇添加量的影响

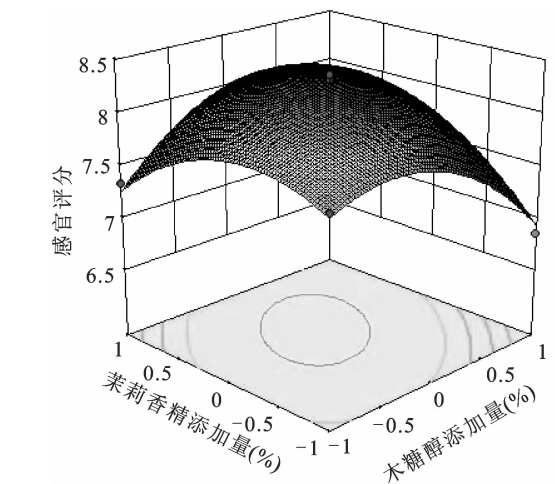


图5 茉莉香精和木糖醇添加量的影响

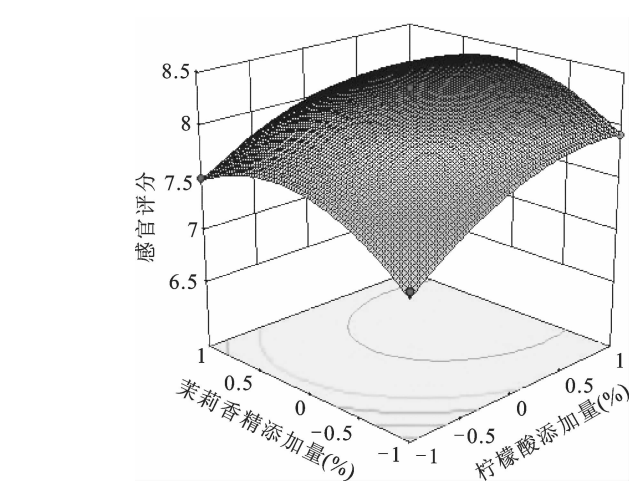


图6 茉莉香精和柠檬酸添加量的影响

由响应面图可得,木糖醇、柠檬酸和茉莉香精各单因素间交互影响的显著性差异,如果得到的响应面图倾斜度越低,坡度越平缓,等高线越趋于圆形,则两个单因素交互影响越不明显;反之,则两个单因素间的交互影响显著。三个因素对应的曲线中,变化最大、最为密集陡峭的是柠檬酸的变化曲线,这也说明柠檬酸的改变会直接引起人体感官评分的显著改变,其次是茉莉香精,影响最小的是木糖醇。

对回归方程求一阶偏导^[21-24],使之等于0, $X_1 = -0.040$ 、 $X_2 = 0.421$ 、 $X_3 = -0.171$,由此可得预

测的大枣黄精复合多糖功能饮料的最佳工艺条件为:木糖醇添加量为 9.96%、柠檬酸添加量为 0.27105%、茉莉香精添加量为 0.0121%,感官评分 8.354。综合考虑预测的实验结果和实际操作工艺条件,微调合成大枣黄精复合多糖功能饮料的工艺参数为木糖醇添加量为 10%、柠檬酸添加量为 0.27%、茉莉香精添加量为 0.012%,在此工艺条件下重复操作三次,得到的感官评分为 8.392,与预测值基本吻合,这说明可以用此模型来分析和预测大枣黄精复合多糖功能饮料的感官评分。

2.3 抗氧化试验 通过图 6 的结果可知,大枣黄精复合多糖饮料对 DPPH 自由基的清除率在一定范围内均呈上升趋势,最大的 DPPH 自由基的清除能力为 26.2%,这说明大枣黄精复合多糖饮料具有一定的清除 DPPH 自由基的能力^[25]。

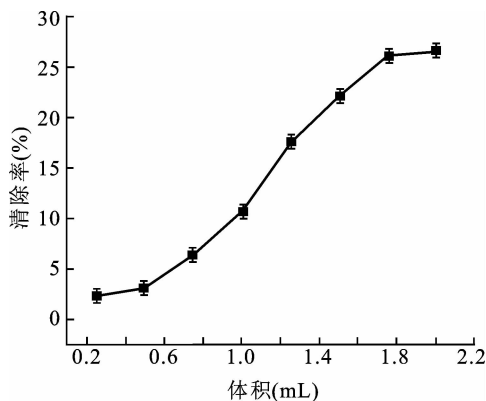


图 7 DPPH 清除作用

3 结论

本研究以大枣多糖和黄精多糖为原料,研究了木糖醇、柠檬酸和茉莉香精对大枣黄精复合多糖饮料感官品质的影响,并测定了大枣黄精复合多糖饮料的抗氧化活性。通过单因素试验的结果,采用响应面优化法得到最优的大枣黄精复合多糖饮料的配方:木糖醇添加量 10.00%、柠檬酸添加量 0.27%、茉莉香精添加量 0.012%,感官评分 8.392,采用这种配方所研制的复合饮料色泽纯正均一,酸甜爽口,并伴有茉莉花的芳香味,口感较好,且具有一定的抗氧化作用。

本研究所制得的大枣黄精复合多糖饮料采用水提醇沉工艺去除了低分子糖,又采用木糖醇作为甜味剂,属于低糖功能型饮料,具有一定的保健

功能,因此可作为保健型食品进行开发应用。

参考文献

- [1] 王建宇,王振磊,林敏娟. 不同枣品种果实中可溶性糖及组成成分分析[J]. 黑龙江农业科学, 2019(8): 115-119.
- [2] Lu Y, Bao T, Mo JL, et al. Research advances in bioactive components and health benefits of jujube (*Ziziphus jujuba* Mill.) fruit[J]. Journal of Zhejiang University Science B, 2021, 22(6): 431-449.
- [3] 尚昱志,李陈玲,韦露秋,等. 基于网络药理学的大枣补血机制初探[J]. 中国食物与营养, 2021, 27(5): 58-62.
- [4] 邢彦超,郑彧,刘刘,等. 大枣多糖与柴胡疏肝散联用对四氯化碳所致小鼠急性肝损伤治疗作用[J]. 辽宁中医药大学学报, 2016, 18(11): 29-31.
- [5] Wang Y, Liu X, Zhang J, et al. Structural characterization and invitro antitumor activity of polysaccharides from *Ziziphus jujuba* cv Muzao[J]. Rsc Advances, 2015, 5(11): 860-7867.
- [6] 袁森,熊中奎,吕梦宇. 大枣多糖的药理作用研究进展[J]. 中国现代医生, 2018, 56(22): 161-164.
- [7] 韦妮娜,徐曼曼,高少才,等. 黄精治疗认知障碍的研究进展[J]. 中国医药导报, 2019, 16(30): 42-45.
- [8] 陶爱恩,赵飞亚,钱金楸,等. 黄精属植物治疗肾精亏虚相关疾病的本草学和药理作用与药效物质研究进展[J]. 中草药, 2021, 52(5): 1536-1548.
- [9] 晁斌,黄世敬. 基于神经血管单元黄精及其提取物的药理学研究进展[J]. 中国医药导报, 2019, 16(18): 30-33.
- [10] 贾璐,石洁,段志倩,等. 黄精多糖对高脂饲料诱发糖尿病小鼠糖代谢功能的影响[J]. 中国医药导报, 2017, 14(8): 24-28.
- [11] 施吉祥,徐希明,余江南. 黄精多糖提取工艺、结构及药理活性研究进展[J]. 中国野生植物资源, 2019, 38(2): 36-42.
- [12] 蔡春城,陈晓清,陈培玉,等. 红托竹荪百尾参复合多糖功能饮料的研制[J]. 贵州师范学院学报, 2019, 35(9): 26-30.
- [13] 李红法,郭松波,满淑丽,等. 乙醇分级沉淀提取黄芪多糖及其理化性质和抗氧化活性研究[J]. 中国中药杂志, 2015, 40(11): 2112-2116.
- [14] 张四杰,钱正,刘京晶,等. 铁皮石斛花多糖相对分子

质量及其单糖组成的研究[J]. 中国中药杂志, 2017, 42(20):3919-3925.

[15] 李涛, 李冲, 司梦鑫, 等. 竹类植物作为蓬松物的浓香型活竹酒中多糖的含量测定[J]. 华西药学杂志, 2019, 34(6):632-634.

[16] 张静, 温暖, 刘阳洋, 等. 蒲公英根多糖提取及蒲公英多糖饮料的研制[J]. 农产品加工, 2018(1):13-17.

[17] 丁宏伟. 超声波结合微波辅助提取米糠多糖的研究[J]. 核农学报, 2013, 27(3):329-333.

[18] 宋道, 段玺, 巨红叶, 等. 倒卵叶五加多糖功能饮料配方的优化及其抗氧化活性[J]. 中成药, 2018, 40(1):218-221.

[19] 陈晋明, 冯翠萍. 白灵菇多糖抗氧化活性研究[J]. 食品科技, 2015, 40(2):239-242.

[20] 张子东, 何燕珊, 白浩东, 等. 基于深度神经网络与Box-Behnken 响应面法的海马多糖提取工艺优化研究[J]. 中国中药杂志, 2021, 46(10):2501-2508.

[21] 黄仕其, 郭琳, 李玉泽, 等. 响应面法优化捆仙绳总生物碱提取工艺[J]. 陕西中医药大学学报, 2021, 44(5):69-73.

[22] Ji YB, Wang FL. Optimization of trypsin extraction technology of *Allium cepa* L. polysaccharide by response surface methodology and the antitumor effects through immunomodulation[J]. Bioengineered, 2021, 12(1):382-391.

[23] Zhang HJ, Li HZ, Zhang ZJ, et al. Optimization of ultrasound-assisted extraction of polysaccharides from *Perilla* seed meal by response surface methodology: Characterization and in vitro antioxidant activities[J]. Journal of Food Science, 2021, 86(2):306-318.

[24] Song JT, Shi DQ, Su H, et al. Optimization of ultrasonic extraction of *Lycium barbarum* polysaccharides using response surface methodology[J]. International Journal of Food Engineering, 2020, 16(11):1216-1225.

[25] Wang JQ, Kan LJ, Nie SP, et al. A comparison of chemical composition, bioactive components and antioxidant activity of natural and cultured *Cordyceps sinensis* [J]. LWT-Food Science and Technology, 2015, 63(1):2-7.

(修回日期:2022-01-07 编辑:崔春利)