

DOI: 10.19812/j.cnki.jfsq11-5956/ts.20240815005

层次分析-基于指标相关性的权重确定法结合正交设计优化党参、黄芪、茯苓复合饮料提取工艺

朱丽婷, 张利, 田晓玲, 刘立英, 李洪淼, 魏英男, 赵芷含, 谢淑玲*

(辽宁农业职业技术学院食品药品学院, 营口 115009)

摘要: **目的** 应用正交实验设计, 结合层次分析法(analytic hierarchy process, AHP)和基于指标相关性的权重确定法(criteria importance through intercriteria correlation, CRITIC)优化党参、黄芪、茯苓复合饮料的提取工艺。**方法** 以总皂苷、总黄酮、总多糖和出膏率作为考察指标, 通过 AHP、CRITIC、AHP-CRITIC 对各指标进行权重系数赋值, 应用正交实验综合评分法对正交实验结果进行分析, 优选党参、黄芪、茯苓复合饮料的提取工艺参数。**结果** AHP-CRITIC 确定权重系数结果科学合理, 根据权重系数结合正交实验综合评分法所得综合评分结果优选出最佳提取工艺为: 药材加 18 倍量水提取 2 次, 每次 60 min, 在最佳提取工艺条件下, 该复合饮料的总皂苷含量为 32.21 mg/100 g, 总黄酮含量为 41.48 mg/100 g, 总多糖含量为 6.245 mg/100 g, 出膏率为 16.34%。**结论** 优选的提取工艺操作简便、稳定, 提取率高, 可用于党参、黄芪、茯苓复合饮料的制备。**关键词:** 党参、黄芪、茯苓复合饮料; 提取工艺; 层次分析-基于指标相关性的权重确定法; 正交设计

Optimization of extraction process of the composite beverage containing *Codonopsis pilosula*, *Astragalus membranaceus*, *Poria cocos* based on analytic hierarchy process-criteria importance through intercriteria correlation combined with orthogonal experimental design

ZHU Li-Ting, ZHANG Li, TIAN Xiao-Ling, LIU Li-Ying, LI Hong-Miao,
WEI Ying-Nan, ZHAO Zhi-Han, XIE Shu-Ling*

(Food and Drug College, Liaoning Agricultural Vocational and Technical College, Yingkou 115009, China)

ABSTRACT: Objective To use orthogonal experimental design, combined with analytic hierarchy process (AHP) and criteria importance through intercriteria correlation (CRITIC), optimize the extraction process of the composite beverage containing *Codonopsis pilosula*, *Astragalus membranaceus*, *Poria cocos*. **Methods** The weight coefficients of the indicators including the content of total saponin, total flavone, total polysaccharide and dry extract rate were assigned by AHP, CRITIC, and AHP-CRITIC weighting analysis. The orthogonal experimental comprehensive scoring method was applied to analyze the results of the orthogonal experiment and optimize the extraction process parameters of the composite beverage containing *Codonopsis pilosula*, *Astragalus membranaceus*,

基金项目: 辽宁省教育厅基本科研项目(LJKMZ20222102)

Fund: Supported by the Basic Research Projects of the Educational Department of Liaoning Province (LJKMZ20222102)

*通信作者: 谢淑玲, 硕士, 讲师, 主要研究方向为保健食品开发。E-mail: 616317146@qq.com

*Corresponding author: XIE Shu-Ling, Master, Lecturer, Liaoning Agricultural Vocational and Technical College, No.76, Yucaili Road, Bayuquan District, Yingkou 115009, China. E-mail: 616317146@qq.com

Poria cocos. **Results** The weight coefficients determined by AHP-CRITIC were scientifically reasonable. The optimal extraction process selected based on the comprehensive evaluation results obtained by combining weight coefficients with orthogonal experimental scoring method as follows: Extract the medicinal materials twice with 18 times the amount of water, each extraction time for 60 minutes. Under the optimal extraction process conditions, the total saponin content of the composite beverage was 32.21 mg/100 g, the total flavonoid content was 41.48 mg/100 g, the total polysaccharide content was 6.245 mg/100 g, and the paste yield was 16.34%. **Conclusion** The preferred extraction process is easy to operate, stable, and has a high extraction rate, which can be used for the preparation of the composite beverage containing *Codonopsis pilosula*, *Astragalus membranaceus*, and *Poria cocos*.

KEY WORDS: composite beverage containing *Codonopsis pilosula*, *Astragalus membranaceus*, *Poria cocos*; extraction process; analytic hierarchy process-criteria importance through intercriteria correlation; orthogonal experimental design

0 引言

高血脂症是临床常见的慢性内分泌系统疾病之一, 诱发疾病的主要原因多为由基因缺陷引起的脂蛋白转运和代谢异常^[1-5]或由于饮食^[6-8]或药物^[9]等造成的血浆中胆固醇或甘油三酯水平升高。生活水平的提高和世界工业化的发展, 使得人们的饮食结构和饮食习惯发生改变, 工作压力大使得人们体力活动减少、暴饮暴食增加, 造成了高血脂症的人群进一步扩大。中医认为, 高血脂症属中医的“痰证”“虚损”“胸痹”“眩晕”等范畴^[10-11]。党参、黄芪、茯苓复合饮料是由党参^[12]、黄芪^[13-15]、茯苓^[16-20]、肉桂、陈皮^[21]、甘草 6 种中药材组成, 具有降血脂的功效。同时, 本复合饮料中所用中药均为药食同源性中药, 故在保证产品口感的同时还应最大限度地保证产品的药用价值, 以期达到产品口感“去药化”、产品功能“保药化”的研发目标。本研究在中医药理论指导下, 依据药物的理化性质, 拟优化该复合饮料的提取工艺, 提升药物浓度以发挥其养生保健、防病治病的功效。层次分析法(analytic hierarchy process, AHP)-基于指标相关性的权重确定法(criteria importance through intercriteria correlation, CRITIC)综合了 AHP、CRITIC 的优越性, 既可保持权重系数的客观稳定性, 又能较好区分数据信息^[22-23]。因此, 本研究采用 AHP-CRITIC 结合正交实验结果优化党参黄芪茯苓复合饮料的制备工艺, 以期为该复合饮料后续开发研究和改进提供参考, 同时亦可为功能性复合饮品的制备、中草药资源的综合开发和高值化利用提供新思路。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

党参、茯苓、黄芪、肉桂、陈皮、甘草(杏林医药科技重庆有限公司); 芦丁标准品(纯度 $\geq 99.0\%$, 批号 230320)、甘草酸标准品(纯度 $\geq 99.0\%$, 批号 230325)(北京

北方伟业计量技术研究院); 1,6-脱水- β -D-葡萄糖标准品(纯度 $\geq 98.0\%$, 批号 23100578, 美国 TMstandard 公司); 甲醇、无水乙醇、亚硝酸钠、氢氧化钠、香草醛(分析纯, 国药集团化学试剂有限公司); 正丁醇、硫酸、硝酸铝、苯酚(分析纯, 天津市大茂化学试剂厂); 高氯酸(分析纯, 天津市东方化工厂)。

1.2 仪器与设备

752 型紫外可见分光光度计、FA2004 万分之一电子分析天平(上海舜宇恒平科学仪器有限公司); KQ-500DM 超声波清洗器(昆山市超声仪器有限公司); DHG-9245A 电热鼓风烘箱(上海一恒科学仪器有限公司); HH-4PD 数显恒温水浴锅(常州苏瑞仪器有限公司); LG10-2.4A 离心机(北京医用离心机厂)。

1.3 实验方法

1.3.1 正交实验优化党参、黄芪、茯苓复合饮料提取工艺设计

称取党参、黄芪、茯苓、肉桂、陈皮、甘草药材共 100 g, 按倍数加入不同质量的水浸泡半小时后采用传统水煎煮的方法进行加热提取。在提取过程中, 以水为提取溶剂, 以加水量、提取时间、提取次数为考察因素。因素水平见表 1。加水量(A)为药材总质量的 16、18、20 倍, 提取时间(B)为 30、40、60 min, 提取次数(C)为 1、2、3 次。按照正交实验表 $L_9(3^4)$ 设计, 以水提液中总多糖、总黄酮、总皂苷的含量为评价指标, 确定最佳水提工艺。

1.3.2 总黄酮含量的测定

(1) 总黄酮标准曲线的制作

精密称定芦丁标准品 10 mg, 于 10 mL 容量瓶中, 用甲醇定容得质量浓度为 1 mg/mL 的芦丁标准品溶液。将其质量浓度稀释为 0.2、0.4、0.6、0.8、1.0 mg/mL, 精密量取不同浓度芦丁标准品溶液各 1 mL, 分别加入到 25 mL 量瓶中, 加入 1 mL 6%亚硝酸钠溶液, 摇匀, 放置 6 min, 加入 1 mL 9%硝酸铝溶液, 摇匀, 放置 6 min, 加入 10 mL

4%氢氧化钠试液, 摇匀, 加水至刻度, 摇匀, 放置 15 min, 于 510 nm 的波长处测定样品吸光度, 制作标准曲线^[24]。以芦丁标准品的质量浓度(C , mg/mL)为横坐标, 吸光度 A 为纵坐标绘制芦丁标准曲线, 可得回归方程为 $Y=0.5265X-0.0377$, $r=0.9989$, 具体见图 1。

表 1 正交实验设计因素和水平
Table 1 Factors and levels used in orthogonal experimental design

水平	因素		
	A(加水量)/倍	B(提取时间)/min	C(提取次数)/次
1	16	30	1
2	18	40	2
3	20	60	3

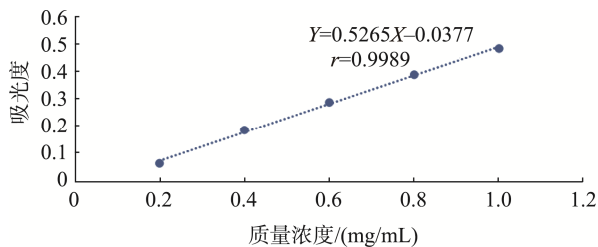


图 1 芦丁标准曲线
Fig.1 Standard curve of rutin

(2) 供试品溶液总黄酮含量的测定

将 1.3.1 不同实验条件下得到的水提液经旋转蒸发仪 70 °C 条件下浓缩至 50 mL, 置于干燥至恒重的坩埚中, 水浴蒸干。称取粉末 0.15 g, 加入 70%乙醇 25 mL, 密塞, 超声 20 min, 放冷至室温, 转移至离心管中离心 5 min(转速 5000 r/min), 移取上清液至蒸发皿中, 水浴蒸干。所得残渣用 5 mL 水溶解后用水饱和正丁醇萃取 3 次, 合并正丁醇萃取液至蒸发皿中, 蒸干, 残渣用甲醇溶解, 转移至 10 mL 量瓶中, 定容, 摇匀, 得供试品溶液, 按照标准曲线制作的方法测定供试品溶液的总黄酮含量。

1.3.3 总多糖含量的测定

(1) 总多糖标准曲线的制作

精密称取 1,6-脱水- β -D-葡萄糖标准品 10 mg, 于 100 mL 量瓶中, 用水定容得葡萄糖标准品溶液。将其梯度稀释为 0.005、0.010、0.020、0.030、0.040 mg/mL, 精密量取不同浓度的 1,6-脱水- β -D-葡萄糖标准品溶液 1 mL 分别置于 10 mL 量瓶中, 加入 5%苯酚溶液 1 mL, 摇匀, 迅速精密加入浓硫酸 5 mL, 摇匀, 放置 10 min, 溶液置 60 °C 水浴中保温 10 min, 取出后立即放入到冰水浴中冷却至室温, 以相应试剂为空白, 在 490 nm 的波长处测定吸光度, 制作标准曲线^[25-26]。以 1,6-脱水- β -D-葡萄糖标准品的质量浓度 (C , mg/mL) 为横坐标, 吸光度 A 为纵坐标绘制 1,6-脱水

- β -D-葡萄糖的标准曲线, 可得回归方程为 $Y=32.522X+0.0104$, $r=0.9996$, 具体见图 2。

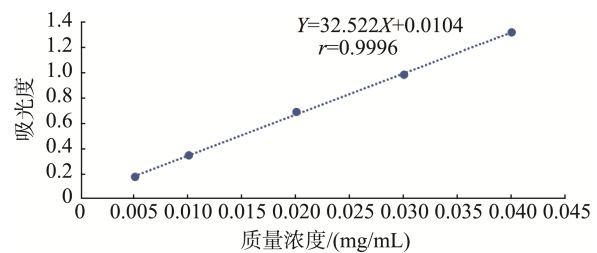


图 2 葡萄糖标准曲线
Fig.2 Standard curve of glucose

(2) 供试品溶液总多糖含量的测定

将 1.3.1 不同实验条件下得到的水提液经旋转蒸发仪 70 °C 条件下浓缩至 50 mL, 置于干燥至恒重的坩埚中, 水浴蒸干。称取粉末 0.15 g, 加入 95%乙醇 25 mL, 密塞, 超声 20 min, 放冷至室温, 转移至离心管中离心 5 min(转速 5000 r/min), 移取上清液至蒸发皿中, 水浴蒸干。所得残渣用 5 mL 水溶解后用水饱和正丁醇萃取 3 次, 合并正丁醇萃取液至蒸发皿中, 蒸干, 残渣用甲醇溶解, 转移至 10 mL 量瓶中, 定容, 摇匀, 得供试品溶液。按照标准曲线制作的方法测定供试品溶液的总多糖含量。

1.3.4 总皂苷含量的测定

(1) 总皂苷标准曲线的制作

精密称取甘草酸标准品 10 mg, 于 10 mL 量瓶中, 用甲醇定容制得甘草酸标准品溶液。将其梯度稀释为 0.08、0.10、0.15、0.25、0.30 mg/mL, 精密量取不同质量浓度的甘草酸标准品溶液 1 mL 分别置于具塞试管中, 置 60 °C 恒温水浴上挥去溶剂, 加入 1%香草醛高氯酸试液 0.5 mL, 充分混匀后置 60 °C 恒温水浴上加热 15 min, 立即用冰水冷却 2 min, 加入 77%硫酸溶液 5 mL, 摇匀, 冷却至室温, 以相应试剂为空白, 在 540 nm 的波长处测定吸光度, 制作标准曲线。以甘草酸标准品的浓度 (C , mg/mL) 为横坐标, 吸光度 A 为纵坐标绘制甘草酸标准曲线, 可得回归方程为 $Y=2.1355X-0.0369$, $r=0.9990$, 具体见图 3。

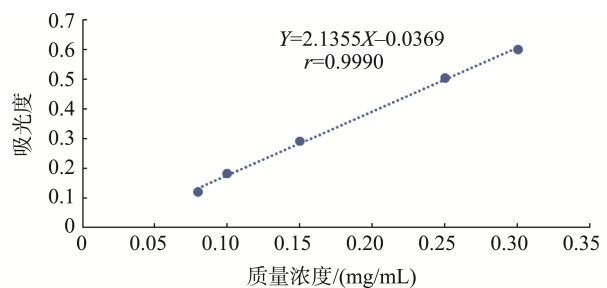


图 3 甘草酸标准曲线
Fig.3 Standard curve of glycyrrhetic acid

(2) 供试品溶液总皂苷含量的测定

将 1.3.1 不同实验条件下得到的水提液经旋转蒸发仪 70 °C 条件下浓缩至 50 mL, 置于干燥至恒重的坩埚中, 水浴蒸干。称取粉末 0.15 g, 加入 70% 乙醇 25 mL, 密塞, 超声 20 min, 放冷至室温, 转移至离心管中离心 5 min (转速 5000 r/min), 移取上清液至蒸发皿中, 水浴蒸干。所得残渣用 5 mL 水溶解后用水饱和正丁醇萃取 3 次, 合并正丁醇萃取液至蒸发皿中, 蒸干, 残渣用甲醇溶解, 转移至 10 mL 量瓶中, 定容, 摇匀, 得供试品溶液。按照标准曲线制作的方法测定供试品溶液的总皂苷含量。

1.3.5 出膏率测定

将 1.3.1 不同实验条件下得到的水提液经旋转蒸发仪 70 °C 条件下浓缩至 50 mL, 置于干燥至恒重的坩埚中, 水浴蒸干, 称量, 按式(1)计算出膏率。

$$\text{出膏率}/\% = \frac{\text{党参、黄芪、茯苓复合饮料浸膏质量}/\text{g}}{\text{药材总质量}/\text{g}} \times 100\% \quad (1)$$

1.4 数据处理

实际样品含量测定为双平行测定, 方法学验证为 6 平行测定。实验所得数据用 Excel 2021 处理及进行标准曲线的制作, 应用 SPSSAU 2024 软件进行正交实验设计和相关实验数据的 AHP 分析、CRITIC 分析及 AHP-CRITIC 分析。

2 结果与分析

2.1 指标权重确定

2.1.1 AHP

AHP 是将被研究的问题分解为不同的评价指标, 并按照各评价指标之间的关联和相互影响将不同评价指标进行不同层次的聚集组合。对需要分析的评价指标利用打分得到权重矩阵, 再通过矩阵得到评价分数。党参、黄芪、茯苓复合饮料提取工艺的优化应综合考虑药物配伍、有效成分含量、药物药效作用等方面, 以可量化的总多糖、总黄酮、总皂苷含量及出膏率为权重指标, 分为 4 个层次, 依次为总多糖含量、总黄酮含量、总皂苷含量及出膏率, 构建优先判断矩阵, 见表 2。

表 2 各指标的优先判断矩阵

Table 2 Priority judgment matrix for various indicators

指标	总多糖含量	总黄酮含量	总皂苷含量	出膏率
总多糖含量	1	2	3	4
总黄酮含量	1/2	1	2	3
总皂苷含量	1/3	1/2	1	2
出膏率	1/4	1/3	1/2	1

经 AHP 层次分析后可得总多糖含量、总黄酮含量、总皂苷含量及出膏率的权重系数分别为 0.4658、0.2771、0.1611、0.0960, 一致性比例因子 (consistency ratio, CR)=0.012<0.10, 即各指标优先判断矩阵的一致性均符合要求。

2.1.2 CRITIC

CRITIC 是一种以标准差和相关系数为体现形式可综合衡量指标的客观赋权法, 即利用数据自身的客观属性进行科学的评价^[27]。首先将数据进行归一化处理, 将有量纲的数据转化为无量纲的数据, 使数据更具客观性。通过 SPSSAU 软件进行 CRITIC 分析, 得总多糖含量、总黄酮含量、总皂苷含量及出膏率权重系数分别 0.1543、0.2521、0.5931、0.0005。

2.1.3 AHP-CRITIC

AHP 以主观评价为基础以确定各评价指标的权重系数, CRITIC 则更客观地反映了各评价指标的权重系数。为更加真实地评价实验结果, 本研究兼顾主客观因素, 将两种权重系数确定方法相结合^[28-31]。在“2.1.1”“2.1.2”项下所得结果的基础上计算复合权重 $\omega_{\text{复合}} = \omega_{\text{AHP}} \times \omega_{\text{CRITIC}} / \sum \omega_{\text{AHP} \oplus \text{CRITIC}}$, 可得总多糖含量、总黄酮含量、总皂苷含量及出膏率权重分别为 0.3028、0.2943、0.4026、0.0002。

2.1.4 综合评分的比较

分别采用 AHP 法、CRITIC 法、AHP-CRITIC 法计算指标的权重系数, 并对其进行综合评价, 结果见表 3。再计算相关系数, 得出 AHP 法和 CRITIC 法相关系数为 0.997, CRITIC 法和 AHP-CRITIC 法的相关系数为 0.971, AHP 法和 AHP-CRITIC 法的相关系数为 0.989, 且 3 种权重赋值法相关性显著 ($P < 0.05$), 说明 3 种权重赋值法给出的评分结果具有一致性。AHP-CRITIC 法整合了主观和客观两方面的因素进行评价, 展现的信息更加科学合理, 因此选择 AHP-CRITIC 法进行综合权重评分。

表 3 3 种方法所得综合评分

Table 3 Comprehensive scores obtained from 3 kinds of methods

序号	CRITIC	AHP	AHP-CRITIC
1	34.02	37.16	42.47
2	97.46	97.17	96.68
3	67.84	67.06	65.74
4	80.79	84.23	90.05
5	60.92	65.57	73.40
6	50.32	54.97	62.81
7	59.50	63.97	71.51
8	39.74	41.93	45.63
9	100.00	100.00	100.00

2.2 正交实验设计与结果

以加水量、提取时间、提取次数、总多糖含量、总黄酮含量、总皂苷含量及出膏率为评价指标进行四因素三水平的正交实验。根据 AHP-CRITIC 法确定的权重系数, 应用正交实验综合评分法对正交实验结果进行综合评分, 结果见表 4。

表 4 正交实验设计、结果和综合评分
Table 4 Orthogonal experimental design, results, and comprehensive scores

序号	A(加水量) /倍	B(提取时间) /min	C(提取次数) /次	D(空白)	出膏率/%	总皂苷含量 (mg/100 g)	总黄酮含量 (mg/100 g)	总多糖含量 (mg/100 g)	综合评分/分
1	1	1	1	1	5.906	16.82	26.26	3.506	42.47
2	1	2	2	2	9.794	37.37	45.00	12.18	96.68
3	1	3	3	3	8.227	26.58	27.38	8.611	65.74
4	2	1	2	3	9.971	37.11	46.23	9.250	90.05
5	2	2	3	1	9.129	27.78	45.79	6.505	73.40
6	2	3	1	2	6.629	22.76	42.34	5.185	62.81
7	3	1	3	2	8.187	31.11	37.79	6.371	71.51
8	3	2	1	3	5.744	15.55	29.78	4.434	45.63
9	3	3	2	1	10.41	38.81	46.93	12.43	100.00
k1	68.30	68.01	50.30	71.96					
k2	75.42	71.90	95.58	77.00					
k3	72.38	76.18	70.22	67.14					
R	7.124	8.176	45.270	9.863					

根据所得综合评分的方差分析结果可知,各因素对提取工艺结果的影响程度依次为:提取次数(C)>提取时间(B)>加水量(A),方差分析结果具体见表 5。表明最优工艺为 $A_2B_3C_2$,即药材加 18 倍量的水提取 2 次,每次 60 min。

2.3 验证性实验

为了验证所得实验结果的准确性,保证党参、黄芪、茯苓复合饮料制备工艺的合理性,按照所确定的最佳工艺 $A_2B_3C_2$ 进行 3 次验证性实验,所得结果见表 6,4 个指标的

相对标准偏差(relative standard deviations, RSDs)值均小于 2%,表明该工艺稳定可靠,可进行后续研究。

表 5 方差分析结果
Table 5 Analysis of variance results

来源	离差平方和	自由度	F	P
A/倍	76.66	2	0.5253	0.6556
B/min	100.3	2	0.6876	0.59255
C/次	3089.5	2	21.1700	0.04510

表 6 工艺验证结果
Table 6 Process validation results

编号	总皂苷含量/(mg/100 g)	总黄酮含量/(mg/100 g)	总多糖含量/(mg/100 g)	出膏率/%
1	32.65	41.33	6.279	16.46
2	31.54	42.09	6.219	16.29
3	32.44	41.01	6.236	16.26
平均值	32.21	41.48	6.245	16.34
RSDs/%	1.83	1.34	0.500	0.66

3 讨论与结论

3.1 评价指标的选择

党参、黄芪、茯苓复合饮料中所用药材均是药食同源的中药。为提高服用依从性和口感度,故选取水作为提取溶剂。其中党参多糖和党参总皂苷具有调血脂、降血糖的功效;黄芪中的黄芪甲苷、黄芪多糖具有降血糖、调血脂、抗氧化的作用;茯苓中的主要成分是茯苓多糖,对糖脂代谢具有良好的调节作用。为了在此基础上对党参、黄芪、茯苓复合饮料的临床功效进行后续研究,所以选取临床上

具有调血脂、降血糖功能的总皂苷、总黄酮和总多糖作为评价指标。出膏率是衡量中药材质量稳定性和质量可控性的重要指标,对药食同源类中药的研究开发具有重要意义,所以本研究选取出膏率作为评价指标。

3.2 权重系数计算方法的选择

权重系数的测定直接关系到分析结果的合理性和科学性。AHP 是将进行实验的各指标按照研究者主观经验进行重要性排列和分层,在一定程度上反映着主观性的明确偏好,故会存在主观性较强、难以处理复杂问题等缺点。CRITIC 能够同时考虑多个因素,对于不同因素存在矛盾

时可以综合考虑各个因素的权重,同时对不同因素可以做到量化以得到客观的结果,但忽略了不同指标间的相关性。AHP-CRITIC 通过整合两种加权方法的特点,既考虑到了药物提取的特点,又客观分析了实际的数据信息。

本研究采用正交实验设计结合 AHP、CRITIC 及 AHP-CRITIC 对党参、黄芪、茯苓复合饮料的提取工艺进行优化研究。经对比分析,AHP-CRITIC 充分结合了 AHP 和 CRITIC 的优势,通过多指标复合权重系数结合正交实验综合评分法对正交实验结果进行综合评分进而筛选出了党参、黄芪、茯苓复合饮料的最佳提取工艺为:药材加 18 倍量水提取 2 次,每次 60 min,且通过验证性实验证明了该提取工艺的稳定性与可行性,为后续的相关研究提供了数据支撑。

参考文献

- [1] ROGERS J, BAKER M. Understanding the most commonly billed diagnoses in primary care: Hyperlipidemia [J]. *Nurse Pract*, 2020, 45(8): 42–48.
- [2] CAI WJ, WANG X, DENG Q, *et al.* Expression and role of PDK4 on childhood dyslipidemia and lipid metabolism in hyperlipidemic mice [J]. *Horm Metab Res*, 2024, 56(2): 167–176.
- [3] TSUJITA M, VAISMAN B, LIU CY, *et al.* Apolipoprotein A-I in mouse cerebrospinal fluid derives from the liver and intestine via plasma high-density lipoproteins assembled by ABCA1 and LCAT [J]. *FEBS Lett*, 2021, 595(6): 773–788.
- [4] 曹志, 程杨杨, 李书, 等. 中老年人中心性肥胖与多种慢性病的关联分析[J]. *中国慢性病预防与控制*, 2019, 27(2): 81–84, 88.
CAO Z, CHENG YY, LI S, *et al.* Correlation between central obesity and multiple chronic diseases among middle-aged and elderly population [J]. *Chin J Prev Control Chron Dis*, 2019, 27(2): 81–84, 88.
- [5] 肖扬, 于碧莲. 糖尿病患者血脂管理中国专家共识(2024 版)[J]. *中国循环杂志*, 2024, 39(4): 322–341.
XIAO Y, YU BL. Expert consensus on the lipid management of diabetic patients (2024 Edition) [J]. *Chin Circ J*, 2024, 39(4): 322–341.
- [6] 郑传雷, 丁睿聪, 王琪, 等. ≥35 岁居民膳食模式与血脂异常相关性研究: 基于赣南慢病队列调查数据[J]. *中国全科医学*, 2024, 27(30): 3739–3745.
ZHENG CL, DING RC, WANG Q, *et al.* Study on the relationship between dietary patterns and dyslipidemia among residents aged ≥35 years: Based on the Gannan chronic disease cohort survey data [J]. *Chin Gen Pract*, 2024, 27(30): 3739–3745.
- [7] 张桂婷, 丁贤彬, 唐文革, 等. 重庆市 35~79 岁居民膳食模式与血脂异常的相关性研究[J]. *现代预防医学*, 2023, 50(21): 3895–3900, 3923.
ZHANG GT, DING XB, TANG WG, *et al.* Study on the relationship between dietary patterns and dyslipidemia in residents aged 35 to 79 years old in Chongqing [J]. *Mod Prev Med*, 2023, 50(21): 3895–3900, 3923.
- [8] 余丽莎, 赵否曦, 吴延莉, 等. 不同膳食模式与血脂异常风险的队列研究[J]. *中国预防医学杂志*, 2022, 23(4): 280–285.
YU LS, ZHAO FX, WU YL, *et al.* A prospective cohort study of dietary patterns and the risk of dyslipidemia [J]. *Chin Prev Med*, 2022, 23(4): 280–285.
- [9] 李远, 严思敏, 李俐. 1 例应用 PCSK9 抑制剂治疗洛拉替尼继发性血脂异常患者的药学监护及相关性文献分析[J]. *中国药师*, 2024, 27(3): 529–535.
LI Y, YAN SM, LI L. The pharmacological care of a patient with dyslipidaemia secondary to lorlatinib treated with PCSK9 inhibitor and literature analysis of the correlation [J]. *Chin Pharm*, 2024, 27(3): 529–535.
- [10] 任聪, 刘大胜, 王凤, 等. 基于关联规则的血脂异常手部特征与中医证候、西医分型相关性的临床研究[J]. *辽宁中医杂志*, 2024, 51(3): 112–116, 225.
REN C, LIU DS, WANG F, *et al.* Clinical study on correlation between hand characteristics of dyslipidemia based on association rules and classification of TCM syndromes and western medicine [J]. *J Tradit Chin Med*, 2024, 51(3): 112–116, 225.
- [11] 任蓉, 杜雅薇, 冉隆开. 血脂异常的中医病因病机及辨证施治的研究进展[J]. *疑难病杂志*, 2023, 22(11): 1228–1232.
REN R, DU YW, RAN LK. Progress of research on the etiology and pathogenesis of dyslipidaemia in Chinese medicine and the identification and treatment of the symptoms of dyslipidaemia [J]. *Chin J Diffic Complicat Cases*, 2023, 22(11): 1228–1232.
- [12] HAN MJ, CHOUNG SY. *Codonopsis lanceolata* ameliorates sarcopenic obesity via recovering PI3K/Akt pathway and lipid metabolism in skeletal muscle [J]. *Phytomedicine*, 2022, 96: 153877.
- [13] HAN D. Treatment with astragaloside IV reduced blood glucose, regulated blood lipids, and protected liver function in diabetic rats [J]. *J Int Med Res*, 2021, 49(3): 1–14.
- [14] WANG L, ZHENG WY, YANG JX, *et al.* Mechanism of *Astragalus membranaceus* alleviating acquired hyperlipidemia induced by high-fat diet through regulating lipid metabolism [J]. *Nutrients*, 2022, 14(5): 954.
- [15] HAO MJ, DANG YX, ZHOU XX, *et al.* Effect of Huangqi San on AMPK/ACC/CPT1 pathway in hyperlipidemia rats [J]. *Chin J Chin Mater Med*, 2018, 43(12): 2586–2592.
- [16] ZHANG XY, LIN W, LEI SY, *et al.* The anti-hyperlipidemic effects of *Poria cocos* (Schw.) wolf extract: Modulating cholesterol homeostasis in hepatocytes via PPAR α pathway [J]. *J Ethnopharmacol*, 2023, 321: 117532.
- [17] WANG GZ, CHEN XL, SUN CY, *et al.* Gut microbiota and metabolite insights into anti-obesity effect of carboxymethyl pachymaran in high-fat diet mice [J]. *J Funct Foods*, 2023, 111: 105898.
- [18] ZHOU XW, LUO JB, LIN SX, *et al.* Efficacy of *Poria cocos* and *Alismatis rhizoma* against diet-induced hyperlipidemia in rats based on transcriptome sequencing analysis [J]. *Sci Rep*, 2023, 13(1): 17493.
- [19] SUN S, WANG K, MA K, *et al.* An insoluble polysaccharide from the sclerotium of *Poria cocos* improves hyperglycemia, hyperlipidemia and hepatic steatosis in ob/ob mice via modulation of gut microbiota [J]. *Chin J Nat Med*, 2019, 17(1): 3–14.
- [20] KIM T, YU G, KIM H, *et al.* Network pharmacological analysis of a new herbal combination targeting hyperlipidemia and efficacy validation *in vitro* [J]. *Curr Issues Mol Biol*, 2023, 45(2): 1314–1332.
- [21] ZENG W, HUANG KE, LUO Y, *et al.* Nontargeted urine metabolomics analysis of the protective and therapeutic effects of *Citri reticulatae chachiensis pericarpium* on high-fat feed-induced hyperlipidemia in rats [J]. *Biomed Chromatogr*, 2020, 34(4): 4795.

- [22] 刘畅, 邓鸿丹, 杨璐萍, 等. 基于多指标的 CRITIC-AHP 复合加权评分法优选厚朴-大黄药对水提工艺研究[J]. 中药材, 2023, 46(12): 3068–3075.
LIU C, DENG HD, YANG LP, *et al.* Optimization of water extraction process of *Magnoliae officinalis cortex* and *Rhei radix et rhizoma* by multi index combined with CRITIC-AHP composite weighted scoring method [J]. *J Chin Med Mat*, 2023, 46(12): 3068–3075.
- [23] 缪怡焯, 周叶, 过科家, 等. 基于 AHP-CRITIC 权重分析法结合 Box-Behnken 设计-响应面法优化盐橘核水提取工艺[J]. 亚太传统医药, 2024, 20(7): 40–45.
MIAO YY, ZHOU Y, GUO KJ, *et al.* Optimization of extraction technique for salt-stir-baking processed products of tangerine seed by Box-Behnken response surface methodology based on AHP-CRITIC weighted evaluation [J]. *Asia-Pac Trad Med*, 2024, 20(7): 40–45.
- [24] 丁金雪, 孟晋武, 王文佳, 等. 红白蓝参活力饮活性成分的提取工艺及急性毒性研究[J]. 畜牧与兽医, 2023, 55(8): 31–36.
DING JX, MENG JW, WANG WJ, *et al.* Technology for extracting active constituents from Red-white-blue ginseng vitality drink and test of its acute toxicity [J]. *Anim Husb Vet Med*, 2023, 55(8): 31–36.
- [25] 唐林, 赵洪庆, 杨蕙, 等. 百合地黄汤多糖提取工艺优化及抗焦虑抑郁药效评价[J]. 中国药房, 2023, 34(8): 923–928.
TANG L, ZHAO HQ, YANG H, *et al.* Optimization of extraction process of polysaccharide from Baihe Dihuang decoction and study on its antianxiety and anti-depression efficacy [J]. *Chin Pharm*, 2023, 34(8): 923–928.
- [26] 林建翠, 赵琳儒, 花卉, 等. Box-Behnken 响应面法优化蛇六谷多糖的提取工艺[J]. 食品安全质量检测学报, 2021, 12(8): 3212–3218.
LIN JC, ZHAO LR, HUA H, *et al.* Optimization of the extraction process of polysaccharide from *Rhizoma amorphophali* by Box-Behnken response surface method [J]. *J Food Saf Qual*, 2021, 12(8): 3212–3218.
- [27] 陈发贵, 李翠华, 庾洋, 等. 基于 CRITIC 结合 Box-Behnken 响应面法优选桂枝炒制工艺[J]. 中药材, 2022, 45(8): 1848–1852.
CHEN FG, LI CH, GENG Y, *et al.* Optimization of the baked drying technology of *Cinnamomi ramulus* based on CRITIC combined with Box-Behnken response surface method [J]. *J Chin Med Mat*, 2022, 45(8): 1848–1852.
- [28] 王春燕, 史可, 王梦珂, 等. 基于 AHP-CRITIC 法醋炙青皮有效成分与颜色值的相关性研究[J]. 中华中医药学刊, 2023, 41(11): 208–214.
WANG CY, SHI K, WANG MK, *et al.* Study on correlation between effective components and color value of vinegar-processed Qingpi (green tangerine orange peel) based on AHP-CRITIC method [J]. *Chin Arch Tradit Chin Med*, 2023, 41(11): 208–214.
- [29] 祁玉芳, 范星晨, 汪思晨, 等. 基于 AHP-CRITIC 复合加权法优选厚朴姜炙工艺及姜炙前后化学成分变化研究[J]. 中国中药杂志, 2023, 48(14): 3806–3814.
QI YF, FAN XC, WANG SC, *et al.* Processing *Magnoliae officinalis cortex* with ginger juice: Process optimization based on AHP-CRITIC weighting method and composition changes after processing [J]. *Chin J Chin Mater Med*, 2023, 48(14): 3806–3814.
- [30] 吴作敏, 于晓涛, 王韵旨, 等. AHP-CRITIC 法结合正交设计优化红黄丹酊提取工艺[J]. 食品与药品, 2023, 25(6): 488–493.
WU ZM, YU XT, WANG YZ, *et al.* Optimization of extraction process of Honghuangdan tincture based on AHP-CRITIC weighting analysis combined with orthogonal design [J]. *Food Drug*, 2023, 25(6): 488–493.
- [31] WANG YP, WANG ZX, ZHANG JJ, *et al.* Evaluation of the quality of *Codonopsis radix* in different growth years by the AHP-CRITIC method [J]. *Chem Biodivers*, 2023, 20(6): 202201108.

(责任编辑: 于梦娇 蔡世佳)

作者简介



朱丽婷, 硕士, 助教, 主要研究方向为中药分析。

E-mail: zhuliting0804@163.com



谢淑玲, 硕士, 讲师, 主要研究方向为保健食品开发。

E-mail: 616317146@qq.com