

doi:10.11751/ISSN.1002-1280.2023.02.05

藿乌粉的提取工艺研究

卢鹏怀, 曹众达, 孙耀贵, 孙盼盼, 孙娜, 李宏全, 程佳*

(中兽医现代化山西省重点实验室, 山西农业大学动物医学学院, 山西太谷 030801)

[收稿日期] 2022-04-25 [文献标识码] A [文章编号] 1002-1280 (2023) 02-0024-08 [中图分类号] S853.73

[摘要] 为了优化藿乌粉的提取工艺, 研究以乙醇浓度、固液比、提取时间、提取次数为影响因素, 以 2, 3, 5, 4'-四羟基二苯乙烯-2-O- β -D-葡萄糖苷、淫羊藿苷、朝藿定 A、朝藿定 B 含量以及干膏得率为评价指标, 采用层次分析法(AHP)、基于指标相关性的权重确定方法(CRITIC)、AHP-CRITIC 混合加权法确定各评价指标的权重系数, 根据单因素和正交试验结果优化提取工艺参数。结果表明 AHP-CRITIC 混合加权法确定出的权重系数更为科学、合理, 优选出的最佳提取工艺为 12 倍量 60% 乙醇提取 2 次, 每次 1.5 h。3 次验证试验综合评分均值为 89.69, RSD 值为 0.63%。优选出的藿乌粉提取工艺经验证稳定可行, 重复性好, 可用于藿乌粉的制备。

[关键词] 藿乌粉; 淫羊藿; 制何首乌; 提取工艺; 正交试验

Study on Extraction Technology of Huowu Power

LU Peng-huai, CAO Zhong-da, SUN Yao-gui, SUN Pan-pan, SUN Na, LI Hong-quan, CHENG Jia*

(Shanxi key lab. for modernization of TCM, College of Veterinary Medicine, Shanxi Agricultural University, Taigu 030801, Shanxi, China)

Abstract: In order to optimize the extraction process of Huowu powder. The extraction parameters of Huowu power were optimized according to the single factor test and orthogonal test where the ethanol concentration, solid-liquid ratio, extraction time, and number of extractions were used as influencing factors. The total amounts of 2, 3, 5, 4'-tetrahydrostilbene-2-O- β -D-glucoside, Icaritin, Epimedin A, Epimedin B and the yield of dry paste were used as comprehensive evaluation indicators and their respective weighting coefficients were determined by analytic hierarchy process (AHP), criteria importance through intercriteria correlation (CRITIC) method and mixed weighted AHP-CRITIC. The results showed that the weight coefficient determined by AHP-CRITIC is more scientific and reasonable, and the best extraction process is 12 times the amount of 60% ethanol for two times, and each turn for 1.5 h. The mean comprehensive score of the three validation tests was 89.69, and the RSD was 0.63%. The optimized extraction parameters of Huowu power have been verified to be stable, feasible and reproducible for the production.

Key words: Huowu power; Epimedium; Polygonum Multiflorum Preparata Radix; extraction process; Orthogonal test

基金项目: 山西省重点研发计划项目 (201803D221023-3)

作者简介: 卢鹏怀, 硕士研究生, 从事中兽药研发方向。

通讯作者: 程佳, E-mail: sxtgchengjia@163.com

我国是畜禽养殖与消费大国,鸡蛋产量位居世界首位,但我国“小规模、大群体”的产业特征依然存在,万只以下的中小规模养殖仍然是蛋鸡养殖的主体。由于生产设施简陋、饲养管理不到位、从业人员专业知识匮乏、疾病、应激等因素的影响,导致蛋鸡养殖过程中疾病频发、高峰产蛋率降低、蛋品质下降。在实际养殖过程中,经营者为了追求蛋鸡的生产性能和抗疾病能力,往往会在饲料中添加抗生素。长期不规范使用抗生素,不仅会引起蛋鸡免疫能力下降、肠道菌群平衡破坏等一系列问题,同时还会危害到人类的健康。中草药富含多种生物活性物质和营养成分,具有纯天然、耐药性弱、有害残留少、毒副作用小等优势,在替代抗生素方面有着巨大的潜力。2020 版《中国兽药典》二部中收录的具有改善蛋鸡产蛋性能、提升蛋品质的中兽药仅有降脂增蛋散、蛋鸡宝、激蛋散三种^[1]。且三种中兽药均为传统散剂,存在组方药味多、制剂工艺粗糙、质量难以控制、药物利用率低、疗效不稳定等缺点。蛋鸡养殖行业迫切需要能够安全、有效延长蛋鸡产蛋周期,提升蛋品质的新型中兽药。

淫羊藿和制何首乌为传统补益中药。淫羊藿为助阳药,性温,味辛、甘,归肝经、肾经,具有温肾助阳、强筋壮骨、益精补气的功效。现代药理研究表明其主要有促进性腺功能、防治骨质疏松、促进造血功能、抗肿瘤、抗炎等作用^[2-3]。制何首乌为滋阴药,性微温,味苦、甘、涩,归肝、心、肾经,具有滋补肝肾、填精益血、强筋健骨的功效。现代药理研究表明其主要有延缓机体衰老、增强机体免疫力、改善心脑血管功能、预防动脉粥样硬化等作用^[4-5]。课题组前期针对蛋鸡产蛋时期的生理特点,以肝肾阴阳双补立法,精选淫羊藿、制何首乌两味药材进行组方,经粉碎混合制备成传统散剂“藿乌散”,研究发现其具有提高蛋鸡产蛋性能和改善蛋品质的效果。为了更好的推广应用,课题组拟将传统散剂“藿乌散”开发成一款新型中兽药“藿乌粉”。

本研究将在前期研究的基础上,应用现代中兽药制剂技术,进行“藿乌粉”的提取工艺研究,为将其开发为微量、安全、高效、质量可控、使用方便的新型中兽

药和在蛋鸡养殖过程中的推广应用奠定基础。

1 材 料

1.1 仪器 Agilent 1260 Infinity II 高效液相色谱仪(美国 Agilent 公司);B-491 旋转蒸发仪(瑞士 BU CHI 公司);SB25-12D 超声波清洗机(宁波新芝生物科技股份有限公司);TB-215D 电子分析天平(德国赛多利斯天平有限公司);HH-56 数显恒温水浴锅(江苏金坛市金城国胜实验仪器厂)。

1.2 试药 对照品 2, 3, 5, 4'-四羟基二苯乙烯-2-O- β -D-葡萄糖苷(简称二苯乙烯苷,批号 82373-94-2,含量 98%)、淫羊藿苷(批号 489-32-7,含量 98%)、朝藿定 A(批号 110623-72-8,含量 98%)、朝藿定 B(批号 110623-73-9,含量 98%),购于江西佰草源生物科技有限公司;液相部分所用甲醇、乙腈、乙醇均为色谱纯(美国 Fisher 公司);淫羊藿、制何首乌药材,购于河北省安国市祁源中药材有限公司。

2 方 法

2.1 含量测定

2.1.1 色谱条件 Agilent 5 TC-C18(250 mm $\times$ 4.6 mm) 色谱柱;柱温 30 $^{\circ}\text{C}$,流速 1 mL/min,进样量 10 μL ;二苯乙烯苷含量检测:以 $V(\text{乙腈}):V(\text{水})=25:75$ 为流动相;检测波长为 320 nm;淫羊藿苷、朝藿定 A、朝藿定 B 含量检测:以 $V(\text{乙腈}):V(\text{水})=30:70$ 为流动相;检测波长为 270 nm。

2.1.2 对照品溶液的制备 精密称定二苯乙烯苷对照品适量,加 50% 乙醇定容至刻度,制成 0.3920 mg/mL 的对照品储备液。精密称定淫羊藿苷、朝藿定 A、朝藿定 B 对照品适量,加 50% 乙醇定容至刻度,制成含淫羊藿苷 0.3463 mg/mL、朝藿定 A 0.2334 mg/mL、朝藿定 B 0.2607 mg/mL 的混合对照品储备液。

2.1.3 供试品溶液的制备 精密称取藿乌提取物 0.1 g,置具塞锥形瓶中,加入 50% 乙醇 20 mL,称定重量,超声处理 15 min,用 50% 乙醇补足减失的重量,摇匀,滤过,取续滤液,即得。

2.1.4 阴性供试品溶液的制备 分别称取缺制何

首乌、淫羊藿的阴性处方量药材 2 份,按最佳工艺制得缺何首乌和缺淫羊藿阴性样品。精密称取阴性样品 0.1 g,同“2.1.3”项下的处理方法,制得阴性供试品溶液。

2.1.5 方法学考察

2.1.5.1 系统适应性 取对照品、供试品、阴性对照溶液适量,分别进样,得到相应的液相图谱。二苯乙烯苷色谱图见图 1,淫羊藿苷、朝藿定 A、朝藿定 B 三种成分的色谱图见图 2。

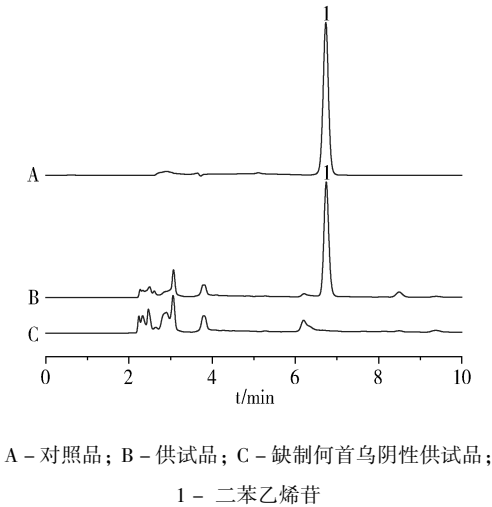


图 1 二苯乙烯苷 HPLC 图

Fig 1 HPLC chromatograms of Stilbene glycoside

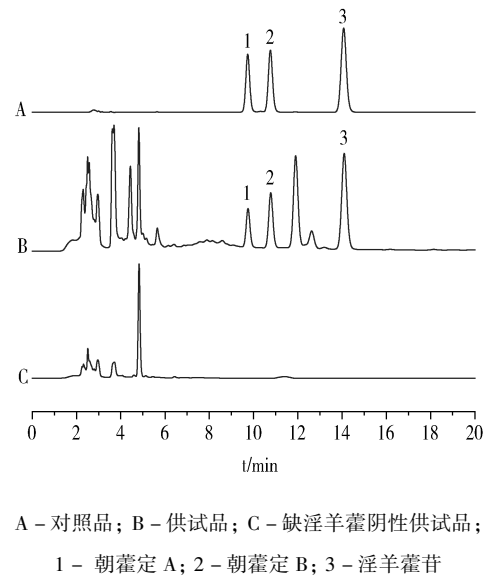


图 2 淫羊藿三种黄酮成分的 HPLC 图

Fig 2 HPLC chromatograms of three flavonoids in Epimedium

2.1.5.2 线性关系考察 精密吸取上述对照品溶液、混合对照品溶液适量,对照品溶液依次稀释 2、4、8、16、32 倍。混合对照品溶液依次稀释 2、4、8、16、32、64 倍。按相应的色谱条件进样测定,记录峰面积。以峰面积为纵坐标(Y),质量浓度为横坐标(X)绘制标准曲线,进行回归分析,线性关系考察结果见表 1。

表 1 线性关系考察

Tab 1 Investigation of linear relationship				
成分	回归方程	R ²	线性范围 μg/mL	
二苯乙烯苷	$Y = 27.356X + 10.722$	0.9999	12.25 ~ 392.00	
淫羊藿苷	$Y = 23.601X + 73.693$	0.9999	5.42 ~ 346.92	
朝藿定 A	$Y = 19.138X + 28.27$	0.9999	3.49 ~ 223.44	
朝藿定 B	$Y = 19.141X + 32.895$	0.9999	4.07 ~ 260.68	

2.1.5.3 精密度试验 取对照品溶液、混合对照品溶液各一份,按相应的色谱条件重复进样 6 次,测得二苯乙烯苷、淫羊藿苷、朝藿定 A、朝藿定 B 峰面积的 RSD 值分别为 0.55%、0.66%、0.67%、0.75%,表明仪器精密度良好。

2.1.5.4 稳定性试验 取对照品溶液、混合对照品溶液各一份,按相应的色谱条件分别在 0, 2, 4, 8, 12, 24 h 时进样,测得二苯乙烯苷、淫羊藿苷、朝藿定 A、朝藿定 B 峰面积的 RSD 值分别为 0.62%、0.42%、0.47%、0.49%,表明对照品溶液和混合对照品溶液在 24 h 内稳定性良好。

2.1.5.5 重复性试验 取同一份供试品,根据“2.1.3”项下的供试品制备方法,平行制备 6 份供试品溶液,并按照相应的色谱条件测定各成分的含量,测得二苯乙烯苷、淫羊藿苷、朝藿定 A、朝藿定 B 的平均质量分数分别为 35.23、19.70、7.12、11.20 mg/g, RSD 分别为 1.55%、0.48%、0.78%、0.77%。

2.1.5.6 加样回收率试验 精密称取已知含量的样品(二苯乙烯苷 35.78 mg/g、淫羊藿苷 19.78 mg/g、朝藿定 A 7.10 mg/g、朝藿定 B 11.39 mg/g) 0.025 g,共 6 份,分别置于 50 mL 锥形瓶中,加入 1 mL 混合对照品溶液(二苯乙烯苷 0.8931 mg/mL、

淫羊藿苷 1.648 mg/mL、朝藿定 A 0.625 mg/mL、朝藿定 B 1.060 mg/mL, 50% 乙醇制), 50% 乙醇定容至 20 mL。按“2.1.3”项下供试品的处理方法进行处理, 之后按相应的色谱条件测定, 测得二苯乙烯苷、淫羊藿苷、朝藿定 A、朝藿定 B 的平均加样回收率分别为 102.05%、99.40%、101.04%、99.14%, RSD 值分别为 1.80%、0.43%、0.41%、0.40%, 结果表明该方法回收率良好。

2.2 干膏得率测定 将藿乌粉提取液减压浓缩, 得生药质量浓度 0.5 g/mL 的浓缩液。精密吸取浓缩液 100 mL, 置已干燥恒重的蒸发皿内, 60 ℃ 水浴蒸干, 于 105 ℃ 干燥 3 h, 取出置干燥器冷却 0.5 h, 精密称定重量, 计算干膏得率。干膏得率 = $(m_1 - m_0)/M \times 100\%$, m_0 为蒸发皿质量, m_1 为干浸膏与蒸发皿总质量, M 为中药饮片的质量。

2.3 单因素试验 取处方量药材 14 份, 分别以乙醇浓度(A)、固液比(B)、提取时间(C)和提取次数(D)为自变量, 以二苯乙烯苷含量、三种黄酮之和以及干膏得率的综合评分为因变量, 进行提取, 提取液抽滤后照 2.2 项下方法得到干浸膏, 并计算干膏得率。将干浸膏粉碎, 照 2.1 项下的方法测定三种黄酮之和以及二苯乙烯苷的含量。

2.4 正交试验 在前期单因素实验的基础上, 以乙醇浓度(A)、固液比(B)、提取时间(C)和提取次数(D)为自变量, 以二苯乙烯苷、三种黄酮之和以及干膏得率的综合评分为因变量, 采用 $L_9(3^4)$ 正交试验优化提取工艺, 正交试验设计表见表 2。综合评分 $Y = \text{二苯乙烯苷含量}/\text{最高含量} \times \text{权重系数} + \text{三种黄酮之和}/\text{最高含量} \times \text{权重系数} + \text{干膏得率}/\text{最高得率} \times \text{权重系数}$ 。

表 2 正交因素水平 $L_9(3^4)$ 表

水平	因素			
	A (乙醇浓度/%)	B (加入溶剂量/倍)	C (提取时间/h)	D (提取次数/次)
1	60	8	0.5	1
2	70	12	1	2
3	80	16	1.5	3

2.5 指标权重的确定

2.5.1 AHP 法 据藿乌粉中各指标对药理活性作用的强弱, 采用 1 ~ 9 标度法^[6]对二苯乙烯苷、三种黄酮之和以及干膏得率三个权重指标进行量化, 各指标优先顺序如下: 二苯乙烯苷 > 三种黄酮之和 > 干膏得率, 构建成对比较的优先判断矩阵, 见表 3。根据矩阵评分情况利用 SPSSAU 软件进行 AHP 层次分析, 分析得二苯乙烯苷、三种黄酮之和以及干膏得率的权重系数分别为 0.5390、0.2972、0.1638。一致性比例因子(CR) = 0.0089 < 0.10, 因此判断矩阵评分具有良好的一致性, 求得的权重系数有效。

表 3 判断矩阵评分

Tab 3 Judgment matrix scoring			
权重指标	二苯乙烯苷	三种黄酮之和	干膏得率
二苯乙烯苷	1	2	3
三种黄酮之和	1/2	1	2
干膏得率	1/3	1/2	1

2.5.2 CRITIC 法 CRITIC 法是一种客观的权重赋值方法, 它通过数据的标准差和相关系数来体现评价指标之间的变异性和冲突性^[7]。首先将正交中的数据进行归一化处理, 归一化的数据经 SPSSAU 软件分析, 得二苯乙烯苷、三种黄酮之和、干膏得率的权重系数分别为 0.2969、0.4439、0.2592。

2.5.3 AHP - CRITIC 综合加权法 AHP 法主观评价了各指标的权重系数, 体现了复方中药的配伍规律及各成分对药效影响程度的大小。CRITIC 法客观评价了各指标的权重系数, 充分考虑了数据自身客观属性对权重赋值的影响。将 2 种方法结合起来, 更能合理的计算综合权重($\omega_{\text{AHP-CRITIC}}$)。公式为 $\omega_{\text{AHP-CRITIC}} = \omega_{\text{AHP}}\omega_{\text{CRITIC}}/\sum \omega_{\text{AHP}}\omega_{\text{CRITIC}}^{[8]}$, 测得二苯乙烯苷、三种黄酮之和、干膏得率的权重分别为 0.4785、0.3945、0.1270。

2.5.4 综合评价结果比较 分别采用 AHP、CRITIC、AHP - CRITIC 综合加权法对正交试验的数据进行综合评价, 结果见表 4。使用 SPSS 25 软件对三种方法的评分结果进行相关系数分析。AHP 法和

AHP – CRITIC 法、CRITIC 法和 AHP – CRITIC 法、AHP 法和 CRITIC 法评分的相关系数分别为 0.9817、0.9212、0.8854，三者相关性显著 ($P < 0.01$)。AHP 和 CRITIC 法各指标权重系数的相关系数为 0.0291，接近于 0，且 $P > 0.05$ ，说明 AHP 和 CRITIC 法确定的权重系数没有相关关系，故选用 AHP – CRITIC 综合加权法来评价试验结果。

表 4 3 种赋权方法综合评分

Tab 4 Synthetical scores of three weighting methods			
序号	AHP	CRITIC	AHP – CRITIC
1	69.56	73.38	72.04
2	89.61	84.71	87.58
3	88.26	82.47	84.42
4	88.24	82.23	86.21
5	81.05	82.14	82.90
6	77.00	80.42	78.88
7	85.35	79.83	85.03
8	74.65	79.41	78.07
9	67.83	75.64	72.17

2.6 提取工艺的验证 精密称取粗粉过的混合药材 3 份，每份 100 g，以筛选出的最优工艺条件进行试验，测定各项指标。

3 结果与分析

3.1 单因素试验 试验结果见表 5 (序号 1 ~ 5、6 ~ 10、11 ~ 14 依次为乙醇浓度、固液比、提取时间的单因素试验)。由序号 1 ~ 5 的结果可知，随着提取溶剂中乙醇浓度的增加，评分先增加后减少，并在浓度为 60% 时评分最高，因此将正交试验中乙醇的浓度水平设置为 60%、70%、80%；由序号 6 ~ 10 的结果可知，随着固液比的增加，评分先增加后减少，并在固液比为 1:12 时达到最高，因此将正交试验中固液比的水平定为 1:8、1:12、1:16；由序号 11 ~ 14 的结果可知，随着提取时间的增加，评分先增加后减少，并在 1.5 h 时达到最高，因此将提取时间的水平设置为 0.5 h、1 h、1.5 h；前期预试验结果表明提取次数也对提取效果有一定的影响，为此增加了提取次数因素，并将水平设置为 1、2、3 次。

表 5 单因素试验设计与结果

Tab 5 Single factor test design and results								
序号	A 乙醇浓度/%	B 固液比/倍	C 提取时间/h	D 提取次数/次	质量分数 / (mg · g ⁻¹)		干膏得率/%	综合评分
					二苯乙烯苷	三种黄酮之和		
1	0	10	1	1	12.41	13.47	12.6	36.00
2	20	10	1	1	22.21	25.12	13.1	58.74
3	40	10	1	1	29.98	33.54	14.64	76.89
4	60	10	1	1	24.80	48.20	12.38	80.28
5	80	10	1	1	23.12	48.93	10.14	77.14
6	60	8	1	1	24.31	44.20	11.10	75.52
7	60	10	1	1	25.21	45.62	11.32	78.01
8	60	12	1	1	29.57	43.00	12.28	82.35
9	60	14	1	1	28.73	42.48	12.46	80.94
10	60	16	1	1	33.21	41.61	12.62	86.28
11	60	12	0.5	1	23.41	44.76	10.76	74.55
12	60	12	1	1	27.87	44.35	11.72	80.79
13	60	12	1.5	1	27.24	47.51	11.5	82.35
14	60	12	2	1	30.99	37.59	12.94	80.32

3.2 正交试验 根据 AHP – CRITIC 法确定的权重系数对正交试验结果进行综合评分，正交试验设计与结果见表 6，方差分析见表 7。根据表 6 极值 (R) 的大小，可知各因素主次关系为 C > D > B > A。由表 7 可知，四个因素对提取效果均无显著性影响，

因此取各因素较高水平的组合，得最佳工艺为 A₂B₂C₃D₂。考虑到乙醇浓度(A 因素)K1 和 K2 的值相差不大，且对提取效果的影响最小，故选用成本更低的 A₁，最终确定提取工艺为 A₁B₂C₃D₂，即 12 倍量 60% 的乙醇加热回流 2 次，每次 1.5 h。

表 6 正交试验设计与结果

Tab 6 Orthogonal test design and results								
序号	A 乙醇浓度/%	B 固液比/倍	C 提取时间/h	D 提取次数/次	质量分数 / (mg · g ⁻¹)		干膏得率/%	综合评分
					二苯乙烯苷	三种黄酮之和		
1	60	8	0.5	1	22.32	43.40	11.47	72.04
2	60	12	1	2	35.80	36.54	16.00	87.58
3	60	16	1.5	3	36.10	30.00	18.39	84.42
4	70	8	1	3	36.04	35.50	14.76	86.21
5	70	12	1.5	1	28.34	46.24	12.37	82.90
6	70	16	0.5	2	25.34	45.09	13.63	78.88
7	80	8	1.5	2	34.49	39.50	11.42	85.03
8	80	12	0.5	3	23.44	49.12	11.46	78.07
9	80	16	1	1	18.87	49.58	11.16	72.17
K1	81.35	81.09	76.33	75.70				
K2	82.66	82.85	81.99	83.83				
K3	78.42	78.49	84.12	82.90				
R	2.92	4.36	7.79	7.20				

表 7 方差分析

Tab 7 Analysis of variance					
方差来源	平方和	自由度	均方	F 值	P 值
A	56.61	2	28.305	0.471	>0.05
B	57.594	2	28.797	0.479	>0.05
C	194.287	2	97.143	1.617	>0.05
D	237.604	2	118.802	1.977	>0.05
误差	540.723	9	60.08		
查表 F 0.05(2,9) = 4.26					

3.3 提取工艺的验证 提取工艺的验证结果见表 8。由表 8 可知，各指标成分和综合评分的 RSD 值均小于 2%，且平均综合评分大于之前所有的单因素试验。结果表明优选出的工艺稳定，主要活性成分的提取率高，可用于藿乌粉的制备。

表 8 提取工艺的验证结果/(mg · g⁻¹)

Tab 8 Results of extraction process verification experiment/(mg · g ⁻¹)							
序号	淫羊藿苷	朝藿定 A	朝藿定 B	三种黄酮之和	二苯乙烯苷	浸膏得率/%	综合评分
1	19.17	6.88	11.04	37.09	36.23	16.79	89.13
2	19.66	7.11	11.28	38.04	36.61	16.76	90.37
3	19.30	6.95	11.02	37.27	36.53	16.66	89.58
平均值	19.38	6.98	11.11	37.47	36.46	16.74	89.69
RSD/%	1.31%	1.69%	1.30%	1.35%	0.55%	0.41%	0.63

4 讨论

本研究在查阅淫羊藿、制何首乌提取工艺相关文献后,选择了二苯乙烯苷作为评价藿乌粉中制何首乌提取效果的指标^[9-10],淫羊藿苷、朝藿定 A、朝藿定 B 三种黄酮成分作为评价淫羊藿提取效果的指标^[11-12]。二苯乙烯苷是制何首乌中的主要活性成分,YANG 等的研究表明二苯乙烯苷类成分能增强 D-半乳糖致衰老小鼠肝脏的抗氧化能力从而延缓小鼠衰老^[13]。淫羊藿苷、朝藿定 A、朝藿定 B 是淫羊藿总黄酮的评价指标。淫羊藿总黄酮是淫羊藿的主要活性成分,具有促进蛋鸡生殖系统发育的作用,GUO 等的研究表明淫羊藿总黄酮能显著提高蛋鸡颗粒细胞的增殖、分化,并促进初级卵泡向层前卵泡的转化^[14]。

在选择藿乌粉中二苯乙烯苷、淫羊藿苷、朝藿定 A、朝藿定 B 四种成分的含量测定方法时,曾借鉴了江勋等人的思路^[15],尝试建立一种一测多评四种成分的 HPLC 方法。但最终的效果并不理想,为此选择了分开测定二苯乙烯苷和淫羊藿三种黄酮成分的含量。二苯乙烯苷含量的测定方法参照了《中国药典》2020 版一部何首乌项下的方法^[16],该方法重复性好,且阴性无干扰,故使用该方法作为测定藿乌粉中二苯乙烯苷含量的方法。淫羊藿三种黄酮成分含量的测定方法主要参照了《中国药典》2020 版一部淫羊藿项下的方法^[16],但该方法用时较长,需要近 35 min 才能完全出峰,因此适当提升了流动相中乙腈的比例,将三种物质的出峰时间压缩至 20 min 内。

在选择多指标权重方法时,本文提到的 AHP 法虽能在一定程度上体现复方中药君臣佐使的配伍规律,但容易受主观判断的影响,忽略数据本身的客观属性。CRITIC 法虽能体现数据波动性和数据间相关关系等客观属性,但它没有考虑到指标间的轻重关系。AHP-CRITIC 综合加权法则结合了上述两种方法的优点,在考虑各指标轻重关系的同时又兼顾了数据本身的客观属性,因此选用 AHP-CRITIC 综合加权法对正交试验的结果进行分析。

5 结论

采用 AHP-CRITIC 综合加权法结合正交试验优选出的提取工艺经验证稳定、可行重复性好,可用于藿乌粉的制备。

参考文献:

- [1] 中国兽药典委员会. 中华人民共和国兽药典 2020 版 [S]. Chinese Veterinary Pharmacopoeia Committee. Veterinary Pharmacopoeia of the people's Republic of China 2020 edition [S].
- [2] Cheng Y, Yang Z L, Shi J, *et al.* Total flavonoids of Epimedium ameliorates testicular damage in streptozotocin-induced diabetic rats by suppressing inflammation and oxidative stress [J]. Environmental Toxicology, 2020, 35 (2): 268-276.
- [3] He J, Han R, Yu G C, *et al.* Epimedium Polysaccharide Ameliorates Benzene-Induced Aplastic Anemia in Mice [J]. Evidence Based Complementary and Alternative Medicine, 2020, 3 (19): 1-12.
- [4] Li J, Wang B, Zhou G, *et al.* Tetrahydroxy Stilbene Glucoside Alleviates High Glucose-Induced MPC5 Podocytes Injury Through Suppression of NLRP3 Inflammasome [J]. American Journal of Medical Sciences, 2018, 355 (6): 88-96.
- [5] Ning Z C, Li Y H, Liu D Y, *et al.* Tetrahydroxystilbene Glucoside Delayed Senile Symptoms in Old Mice via Regulation of the AMPK/SIRT1/PGC-1 α Signaling Cascade [J]. Gerontology, 2018, 64 (5): 457-465.
- [6] 郭小莉, 高如意, 许明君, 等. 复方肉苁蓉酒提取工艺的优化 [J]. 中成药, 2021, 43 (09): 2469-2473.
Guo X L, Gao R Y, Xu M J, *et al.* Optimization of extraction process of compound Cistanche deserticola wine [J]. Journal of Chinese patent medicine, 2021, 43 (09): 2469-2473.
- [7] 刘小妹, 王姗姗, 施崇精, 等. 基于 AHP-CRITIC 权重分析的 Box-Behnken 响应面法优化参膝口服液提取工艺研究 [J]. 中药材, 2019, 42 (01): 150-155.
Liu X M, Wang S S, Shi C J, *et al.* Optimization of Extraction Technique for Shenxi Oral Liquid by Box-Behnken Response Surface Methodology Based on AHP-CRITIC Weighted Analysis [J]. Journal of Chinese Medicinal Materials, 2019, 42 (01): 150-155.
- [8] 张琳, 周欣, 闫丹, 等. 基于 CRITIC-AHP 权重分析法结合 Box-Behnken 设计-响应面法优选陈皮饮片炮制工艺 [J]. 中草药, 2018, 49 (16): 3829-3834.
Zhang L, Zhou X, Yan D, *et al.* Optimization of processing

technology of decoction pieces of Citri Reticulatae Pericarpium by Box – Behnken response surface methodology based on CRITIC – AHP weighted evaluation [J]. Chinese Traditional and Herbal Drugs,2018, 49 (16) : 3829 – 3834.

[9] 唐 静, 黄 磊. 响应面法优化何首乌二苯乙烯苷类化合物提取工艺[J]. 中国现代中药, 2017,19(09) : 1291 – 1295.

Tang J, Huang L. Optimization of extraction process of stilbene glycosides from Polygonum multiflorum Thunb by Response Surface Methodology [J]. Modern Chinese Medicine, 2017, 19 (09) : 1291 – 1295.

[10] 董 鑫, 左亚妹, 李 敏, 等. 不同提取工艺对制何首乌含量的影响研究[J]. 亚太传统医药, 2019,15 (06) : 65 – 67.

Dong X, Zuo Y M, Li M, *et al.* Effects of different extraction processes on the content of Polygonum multiflorum Thunb [J]. Asia – Pacific Traditional Medicine, 2019, 15 (06) : 65 – 67.

[11] 周国保. 淫羊藿总黄酮提取及纯化工艺研究[D]. 上海: 华东理工大学, 2012.

Zhou G B. Study on Extraction and purification of total flavonoids from Epimedium [D]. Shanghai: East China University of Science and Technology, 2012.

[12] 杨 茹. 淫羊藿总黄酮提取、纯化工艺优化及其肠溶粘附胶囊制剂成型的初步研究[D]. 南京: 南京中医药大学, 2020.

Yang R. Optimization of extraction and purification process of total flavonoids from Epimedium and preliminary study on the molding of enteric coated adhesive capsule [D]. Nanjing: Nanjing University of Chinese Medicine, 2020.

[13] Yang J Q, He Y Q, Zou J Y, *et al.* Effect of Polygonum Multiflorum Thunb on liver fatty acid content in aging mice induced by D – galactose [J]. Lipids in Health and Disease, 2019, 18 (1) : 128 – 136.

[14] Guo Y, Li Y, Zhang S, *et al.* The effect of total flavonoids of Epimedium on granulosa cell development in laying hens [J]. Poultry Science, 2020, 99 (9) : 4598 – 4606.

[15] 江 勋, 彭婷婷, 周 峰. 高效液相色谱法同时检测安神补脑胶囊中 2, 3, 5, 4′ – 四羟基二苯乙烯 – 2 – O – β – D 葡萄糖苷和淫羊藿苷含量[J]. 中国药业, 2020, 29 (23) : 63 – 66.

Jing X, Peng T T, Zhou F. Simultaneous Determination of 2, 3, 5, 4′ – Tetrahydroxystilbene – 2 – O – β – D Glucoside and Icaritin in Anshen Bunao Capsules by HPLC [J]. China Pharmaceuticals, 2020, 29 (23) : 63 – 66.

[16] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典 2020 版[S]. National Pharmacopoeia Committee. Pharmacopoeia of the People’s Republic of China 2020 edition [S].

(编 辑: 陈 希)