

清咽止痛颗粒喷雾干燥工艺优化

张诗烨¹, 顾志荣^{2*}, 张锐¹, 葛斌^{2*}

(1. 甘肃中医药大学药学院, 甘肃兰州 730000; 2. 甘肃省人民医院药剂科, 甘肃兰州 730000)

摘要: 目的 优化清咽止痛颗粒喷雾干燥工艺。方法 以喷液转速、雾化压力、进风温度为影响因素, 绿原酸、连翘苷、连翘酯苷A、牛蒡子苷、迷迭香酸、黄芩苷、甘草苷含量, 出粉量, 指纹图谱相似度的综合评分为评价指标, 正交试验结合 AHP-熵权法优化喷雾干燥工艺。结果 最佳条件为喷液转速 10 r/min, 雾化压力 0.2 MPa, 进风温度 150 ℃, 综合评分为 98.15 分。结论 该方法稳定, 重复性好, 可为清咽止痛颗粒规模化生产奠定基础。

关键词: 清咽止痛颗粒; 喷雾干燥工艺; 正交试验; AHP-熵权法

中图分类号: R943

文献标志码: B

文章编号: 1001-1528(2025)11-3753-05

doi:10.3969/j.issn.1001-1528.2025.11.033

腮腺炎、咽喉炎和淋巴结炎通常由病毒、细菌、内毒素等病原体引发, 会刺激机体产生炎症因子并出现炎症反应, 其中腮腺炎患者以腮腺肿大为主要症状^[1], 咽喉炎主要表现为咽痛、咽干、咳嗽等^[2], 淋巴结炎呈现局部红、肿、热、痛等炎症体征, 并随着病情发展出现全身症状^[3]。清咽止痛颗粒系甘肃省人民医院基于循证医学原则, 针对流行性腮腺炎、咽喉炎、淋巴结炎等疾病开发的院内制剂, 其处方配伍遵循传统方剂君臣佐使理论, 由金银花、连翘、牛蒡子等 10 味地道中药组成, 具有清热泻火、散瘀消肿功效, 在临床应用中得到广泛认可^[4]。

相较于传统的常压干燥、减压干燥, 喷雾干燥受热时间短, 温度低, 所得粉体均一, 已成为中药制剂干燥工艺的首选方案^[5], 它能通过雾化作用将液态物质分散为微滴, 与热空气接触后迅速发生干燥过程, 同步实现浓缩、干燥与粉碎工序, 显著缩短生产周期, 提高效率。本实验采用正交试验结合 AHP-熵权法优化清咽止痛方喷雾干燥工艺, 以期为该制剂成型工艺、质量标准研究奠定基础。

1 材料

1.1 仪器 LC-16型高效液相色谱仪〔岛津仪器(苏州)有限公司〕; DHG-9140A型电热鼓风干燥箱(上海一恒科学仪器有限公司); SB25-12DTD型超声波清洗机(宁波新芝生物科技股份有限公司); DD-5M型低速大容量离心机(湘仪离心机仪器有限公司); YC-1000型喷雾制粒包衣机(上海雅程仪器设备有限公司); BSA4202S-CW型电子天平(百万分之一)、BT125D型电子天平(十万分之一)〔赛多利斯科学仪器(北京)有限公司〕; HH-6型数显恒温水浴

锅(西安超杰仪器有限公司)。

1.2 试剂、药材与药物 金银花、连翘、薄荷、牛蒡子、僵蚕、玄参、夏枯草、黄芩、甘草、桔梗均购自甘肃陇脉药材有限公司, 经甘肃省人民医院顾志荣副主任中药师鉴定为正品, 符合 2020 年版《中国药典》一部规定。绿原酸(批号 CHB-L-071, 纯度≥98%)、连翘苷(批号 CHB-L-022, 纯度≥98%)、连翘酯苷 A(批号 CHB-L-023, 纯度≥98%)、牛蒡子苷(批号 CHB-N-017, 纯度≥98%)、迷迭香酸(批号 CHB-M-043, 纯度≥98%)、黄芩苷(批号 CHB-H-089, 纯度≥98%)、甘草苷(批号 CHB-G-006, 纯度≥98%)对照品均由成都克洛玛生物科技有限公司提供。甲醇、磷酸为色谱纯; 其他试剂均为分析纯; 水为纯化水。

2 方法与结果

2.1 水煎液制备 按处方量称取药材, 采用课题组前期确定的最优工艺进行提取, 即浸泡 2 h 后加 17 倍量水煎煮 3 次, 每次 0.5 h, 过滤, 合并滤液, 常压浓缩, 浓缩液定容至 250 mL 量瓶中, 即得。

2.2 含量测定 采用 HPLC 法。

2.2.1 色谱条件 WondaSil C₁₈-WR 色谱柱(4.6 mm×150 mm, 5 μm); 流动相甲醇(A)-0.05%磷酸(B), 梯度洗脱(0~40 min, 8%~70% A); 体积流量 1.0 mL/min; 柱温 35 ℃; 检测波长 220 nm; 进样量 10 μL。色谱图见图 1。

2.2.2 对照品溶液制备 精密称取绿原酸、甘草苷、连翘酯苷 A、迷迭香酸、牛蒡子苷、连翘苷、黄芩苷对照品适量, 甲醇溶解并定容至 25 mL 量瓶中, 制成质量浓度分别为 0.625、0.25、0.75、0.25、1.75、0.375、2.5 mg/mL

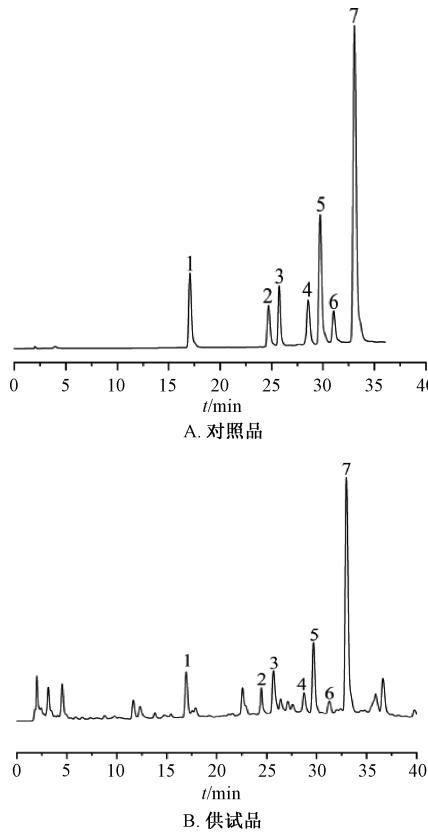
收稿日期: 2025-05-16

基金项目: 甘肃省人民医院中西医结合优势病种科技专项(23GSSYE-7)

作者简介: 张诗烨(2000—), 女(回族), 硕士, 从事中药炮制与中药制药工艺研究。Tel: 15693073678, E-mail: zsy123320@163.com

*通信作者: 顾志荣(1988—), 男, 硕士, 副主任中药师, 硕士生导师, 从事中药药效物质基础及其作用机制研究。Tel: 13519311935, E-mail: guzr8817@163.com

葛斌(1965—), 男, 教授, 主任药师, 硕士生导师, 从事中药药效物质基础及作用机制研究。Tel: 13309314868, E-mail: gjy0630@163.com



1. 绿原酸 2. 甘草苷 3. 连翘酯苷 A 4. 迷迭香酸 5. 牛蒡子苷 6. 连翘苷 7. 黄芩苷

图1 各成分HPLC色谱图

表1 各成分线性关系

成分	回归方程	r	线性范围/(mg·mL ⁻¹)
绿原酸	$Y=2.40\times10^7X-3.07\times10^5$	0.999 9	0.050 0~0.375 0
甘草苷	$Y=1.39\times10^7X-1.62\times10^5$	0.999 9	0.020 0~0.150 0
连翘酯苷 A	$Y=1.66\times10^7X-1.97\times10^5$	0.999 9	0.060 0~0.450 0
迷迭香酸	$Y=9.33\times10^7X-1.35\times10^5$	0.999 8	0.020 0~0.150 0
牛蒡子苷	$Y=4.23\times10^7X-4.70\times10^5$	0.999 8	0.140 0~1.050 0
连翘苷	$Y=1.08\times10^7X-1.31\times10^5$	0.999 9	0.030 0~0.225 0
黄芩苷	$Y=1.12\times10^8X-8.36\times10^5$	0.999 8	0.200 0~1.500 0

号)6份,按“2.2.3”项下方法制备供试品溶液,在“2.2.1”项色谱条件下进样测定,测得绿原酸、甘草苷、连翘酯苷A、迷迭香酸、牛蒡子苷、连翘苷、黄芩苷含量RSD分别为1.82%、2.38%、1.67%、1.98%、2.33%、2.59%、2.65%,表明该方法重复性良好。

2.2.8 加样回收率试验 取水煎液喷雾干燥粉末(正交试验1号)0.5g,加入适量对照品,按“2.2.3”项下方法平行制备6份供试品溶液,在“2.2.1”项色谱条件下进样测定,计算回收率。结果,绿原酸、甘草苷、连翘酯苷A、迷迭香酸、牛蒡子苷、连翘苷、黄芩苷平均加样回收率分别为98.75%、99.51%、99.12%、100.47%、103.07%、101.96%、100.32%,RSD分别为2.27%、1.93%、1.01%、1.96%、2.64%、2.42%、1.88%。

2.3 正交试验

2.3.1 因素水平 在预实验和文献[6]报道基础上,以

的溶液,即得。

2.2.3 供试品溶液制备 取水煎液喷雾干燥粉末1.0g,加15mL甲醇,密塞,称定质量,超声(功率500W,频率40kHz,温度25℃)提取60min,放冷,甲醇补足减失的质量,4000r/min(离心半径10cm)离心10min,取上清液10mL,甲醇定容至25mL量瓶中,即得。

2.2.4 线性关系考察 分别精密吸取“2.2.2”项下对照品溶液0.8、2.0、2.8、4.0、5.2、6.0mL,置于10mL量瓶中,甲醇定容,制成系列质量浓度溶液,在“2.2.1”项色谱条件下进样测定。以对照品质量浓度为横坐标(X),峰面积为纵坐标(Y)进行回归,结果见表1,可知各成分在各自范围内线性关系良好。

2.2.5 精密度试验 精密吸取“2.2.2”项下对照品溶液适量,在“2.2.1”项色谱条件下进样测定6次,测得绿原酸、甘草苷、连翘酯苷A、迷迭香酸、牛蒡子苷、连翘苷、黄芩苷峰面积RSD分别为2.19%、1.87%、1.63%、1.99%、2.29%、2.25%、2.03%,表明仪器精密度良好。

2.2.6 稳定性试验 取水煎液喷雾干燥粉末(正交试验1号)适量,按“2.2.3”项下方法制备供试品溶液,于0、3、6、12、18、24h在“2.2.1”项色谱条件下进样测定,测得绿原酸、甘草苷、连翘酯苷A、迷迭香酸、牛蒡子苷、连翘苷、黄芩苷峰面积RSD分别为1.95%、2.17%、2.04%、1.85%、2.38%、2.69%、1.76%,表明溶液在24h内稳定性良好。

2.2.7 重复性试验 取水煎液喷雾干燥粉末(正交试验1

号)6份,按“2.2.3”项下方法制备供试品溶液,在“2.2.1”项色谱条件下进样测定,测得绿原酸(X₁)、连翘苷(X₂)、连翘酯苷A(X₃)、牛蒡子苷(X₄)、迷迭香酸(X₅)、黄芩苷(X₆)、甘草苷(X₇)含量、出粉量(X₈)、指纹图谱相似度(X₉)的综合评分为评价指标,采用L₉(3⁴)正交设计优化喷雾干燥工艺,见表2。

表2 正交试验因素水平

水平	因素		
	A 喷液转速/(r·min ⁻¹)	B 雾化压力/MPa	C 进风温度/℃
1	6	0.2	110
2	8	0.4	130
3	10	0.6	150

2.3.2 权重系数确定

2.3.2.1 AHP法 参照文献[7]报道结合处方配伍规律,将各评价指标分为7个层次,依次为绿原酸含量

$(X_1) >$ 连翘苷含量 (X_2) = 连翘酯苷 A 含量 (X_3) > 牛蒡子苷含量 (X_4) > 迷迭香酸含量 (X_5) = 黄芩苷含量 (X_6) >

甘草苷含量 (X_7) > 出粉量 (X_8) > 指纹图谱相似度 (X_9)，构建优先判断矩阵，见表3。

表3 各评价指标判断优先矩阵

评价指标	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9
X_1	1	2	2	3	4	4	5	6	7
X_2	1/2	1	1	2	3	3	4	5	6
X_3	1/2	1	1	2	3	3	4	5	6
X_4	1/3	1/2	1/2	1	2	2	3	4	5
X_5	1/4	1/3	1/3	1/2	1	1	2	3	4
X_6	1/4	1/3	1/3	1/2	1	1	2	3	4
X_7	1/5	1/4	1/4	1/3	1/2	1/2	1	2	3
X_8	1/6	1/5	1/5	1/4	1/3	1/3	1/2	1	2
X_9	1/7	1/6	1/6	1/5	1/4	1/4	1/3	1/2	1

绿原酸、连翘酯苷 A、连翘苷、牛蒡子苷、迷迭香酸、黄芩苷、甘草苷含量，出粉量，指纹图谱相似度权重系数分别为 0.273 6、0.180 1、0.180 1、0.115 9、0.073 6、0.073 6、0.047 6、0.032 3、0.023 2，由公式 $\lambda_{\max} = \frac{\sum (AW)_i}{nW_i}$ 、 $CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}$ 、 $CR = \frac{CT}{RI}$ ($n = 9$, $RI = 1.46$)，

测得最大特征根 $\lambda_{\max} = 9.2260$ ，一致性比例因子 $CR = 0.0193 < 0.10$ ，表明权重系数有效。

2.3.2.2 熵权法 建立原始评价指标矩阵 X ，首先将其归一化并转化为概率矩阵 P ，依据信息熵理论^[8]，计算第 i 项指标的信息熵 H_i 及其对应的权重系数 W_i ，结果见表4。

(1) 建立原始评价指标矩阵 $(y_{ij})_{mn}$ 。

$$X = \begin{bmatrix} 0.3841 & 0.3451 & 0.3678 & 0.3886 & 0.3685 & 0.3532 & 0.4351 & 0.4259 & 0.3788 \\ 0.3787 & 0.3005 & 0.4259 & 0.3183 & 0.3451 & 0.3824 & 0.4058 & 0.3012 & 0.4043 \\ 0.8462 & 0.7680 & 0.7460 & 0.8038 & 0.7924 & 0.8102 & 0.8994 & 0.8095 & 0.8249 \\ 0.6389 & 0.5652 & 0.6984 & 0.6622 & 0.5618 & 0.5652 & 0.7679 & 0.6414 & 0.6148 \\ 0.5288 & 0.4339 & 0.5376 & 0.5719 & 0.4776 & 0.5313 & 0.6337 & 0.5213 & 0.5463 \\ 0.3905 & 0.3393 & 0.3396 & 0.4183 & 0.3470 & 0.3477 & 0.4206 & 0.3705 & 0.3753 \\ 0.2714 & 0.2209 & 0.2270 & 0.2657 & 0.2542 & 0.2432 & 0.2744 & 0.2417 & 0.2444 \\ 18.8812 & 21.3378 & 18.2672 & 22.7597 & 16.6501 & 18.7238 & 22.2750 & 20.1682 & 17.9605 \\ 0.8790 & 0.8820 & 0.8720 & 0.8630 & 0.5020 & 0.5230 & 0.8640 & 0.7550 & 0.5260 \end{bmatrix}$$

然后，将原始矩阵 $(X_{ij})_{mn}$ 转为“概率”矩阵 $(P_{ij})_{mn}$ ，

满足 $0 \leq P_i \leq 1$ ，对矩阵 $(X_{ij})_{mn}$ 做归一化处理后为“概率”矩阵。

公式为 $P_{ij} = X_{ij} / \left(\sum_{j=1}^n X_{ij} \right)$ ，其中 P_i 代表某个信息的概率，

$$P = \begin{bmatrix} 0.1114 & 0.1001 & 0.1067 & 0.1127 & 0.1069 & 0.1025 & 0.1236 & 0.1236 & 0.1099 \\ 0.1161 & 0.0921 & 0.1306 & 0.0976 & 0.1058 & 0.1172 & 0.1244 & 0.0923 & 0.1239 \\ 0.1159 & 0.1052 & 0.1022 & 0.1101 & 0.1085 & 0.1110 & 0.1232 & 0.1109 & 0.1130 \\ 0.1118 & 0.0989 & 0.1222 & 0.1159 & 0.0983 & 0.0989 & 0.1343 & 0.1122 & 0.1076 \\ 0.1106 & 0.0907 & 0.1124 & 0.1196 & 0.0999 & 0.1111 & 0.1325 & 0.1090 & 0.1142 \\ 0.1166 & 0.1013 & 0.1014 & 0.1249 & 0.1036 & 0.1038 & 0.1256 & 0.1106 & 0.1121 \\ 0.1210 & 0.0985 & 0.1012 & 0.1185 & 0.1133 & 0.1084 & 0.1223 & 0.1078 & 0.1090 \\ 0.1067 & 0.1205 & 0.1032 & 0.1286 & 0.0941 & 0.1058 & 0.1258 & 0.1139 & 0.1015 \\ 0.1319 & 0.1323 & 0.1308 & 0.1295 & 0.0753 & 0.0785 & 0.1296 & 0.1133 & 0.0789 \end{bmatrix}$$

(2) 计算第 i 个评价指标的信息熵 H_i ，公式为 $H_i = -k \sum_{j=1}^n P_{ij} \ln P_{ij}$ ， $k = 1/\ln n$ 。

谱相似度权重系数分别为 0.3157、0.0488、0.1240、0.0969、0.0633、0.2525、0.0530、0.0234、0.0224。

再根据公式 $Y = \sum_{j=1}^m (100w_j y_{ij}) / y_{j\max}$ 计算综合评分 Y 。

(3) 计算第 i 项指标的权系数 W_i ，公式为 $W_i = (1 - H_i) / \left(\sum_{i=1}^m 1 - H_i \right)$ 。

2.3.2.3 AHP-熵权法 根据公式^[9] $W_{\text{综合-}ij} = W_{AHP-ij} W_{\text{熵权法-}ij} / \sum W_{AHP-ij} W_{\text{熵权法-}ij}$ ，测得绿原酸、连翘酯苷 A、连翘苷、牛蒡子苷、迷迭香酸、黄芩苷、甘草苷含量，出粉量，指纹图

方差分析见表6。

表4 各评价指标信息熵、熵权系数计算结果

评价指标	H_i	W_j
X_1	0.817 3	0.135 1
X_2	0.837 8	0.120 0
X_3	0.891 0	0.080 6
X_4	0.791 5	0.154 2
X_5	0.913 6	0.063 9
X_6	0.778 0	0.164 2
X_7	0.886 1	0.084 2
X_8	0.885 3	0.084 9
X_9	0.847 4	0.112 9

由表5可知,各因素影响程度依次为 $B > A > C$ 。由表6可知,因素B有显著影响($P < 0.05$),而A、C无显著性影

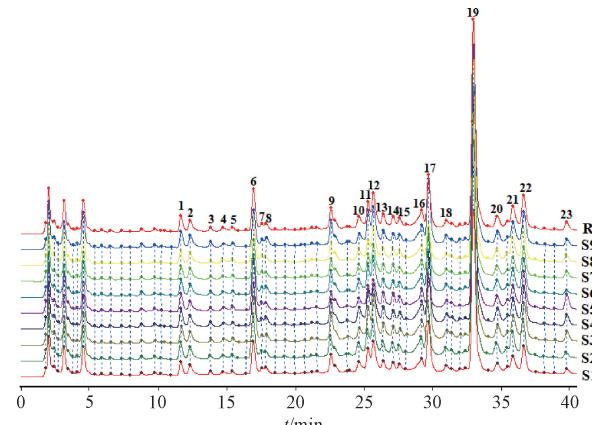


图2 9批清咽止痛颗粒水煎液喷雾干燥粉末HPLC指纹图谱

表5 正交试验设计与结果

试验号	A	B	C	D	含量/(mg·g ⁻¹)							X_8 出粉量/g	X_9 指纹图谱相似度	Y综合评分/分
					X_1 绿原酸	X_2 连翘 酯苷A	X_3 连翘苷	X_4 牛 蒡子苷	X_5 迷 迭香酸	X_6 黄芩苷	X_7 甘草苷			
1	1	1	1	1	0.384 1	0.378 7	0.846 2	0.638 9	0.528 8	0.390 5	0.271 4	18.881 2	0.879 0	90.08
2	1	2	2	2	0.345 1	0.300 5	0.768 0	0.565 2	0.433 9	0.339 3	0.220 9	21.337 8	0.882 0	79.61
3	1	3	3	3	0.367 8	0.425 9	0.746 0	0.698 4	0.537 6	0.339 6	0.227 0	18.267 2	0.872 0	84.90
4	2	1	2	3	0.388 6	0.318 3	0.803 8	0.662 2	0.571 9	0.418 3	0.265 7	22.759 7	0.863 0	91.77
5	2	2	3	1	0.368 5	0.345 1	0.792 4	0.561 8	0.477 6	0.347 0	0.254 2	16.650 1	0.502 0	82.21
6	2	3	1	2	0.353 2	0.382 4	0.810 2	0.565 2	0.531 3	0.347 7	0.243 2	18.723 8	0.523 0	82.44
7	3	1	3	2	0.435 1	0.405 8	0.899 4	0.767 9	0.633 7	0.420 6	0.274 4	22.275 0	0.864 0	99.67
8	3	2	1	3	0.425 9	0.301 2	0.809 5	0.641 4	0.521 3	0.370 5	0.241 7	20.168 2	0.755 0	89.72
9	3	3	2	1	0.378 8	0.404 3	0.824 9	0.614 8	0.546 3	0.375 3	0.244 4	17.960 5	0.526 0	87.14
K_1	84.861 0	93.840 0	87.413 0	86.474 0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
K_2	85.473 0	83.843 0	86.172 0	87.241 0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
K_3	92.177 0	84.827 0	88.926 0	88.795 0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
R	7.316 0	9.997 0	2.754 0	2.321 0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

表6 方差分析结果

来源	SS	f	F值	P值
A	98.848	2	11.78	$P > 0.05$
B	182.155	2	21.708	$P < 0.05$
C	11.414	2	1.360	$P > 0.05$
D(空白)	8.39	2	-	-

注: $F_{0.05}(2, 2) = 19.00$; $F_{0.01}(2, 2) = 99.00$ 。

表7 验证试验结果(n=3)

试验号	含量/(mg·g ⁻¹)							出粉量/g	指纹图谱相似度	综合评分/分
	绿原酸	连翘酯苷A	连翘苷	牛蒡子苷	迷迭香酸	黄芩苷	甘草苷			
1	0.365 1	0.405 8	0.819 4	0.627 9	0.563 7	0.400 6	0.244 4	22.275 0	0.994 0	97.66
2	0.378 8	0.404 3	0.824 9	0.614 8	0.556 3	0.385 3	0.254 4	21.960 5	0.996 0	97.79
3	0.384 1	0.398 7	0.846 2	0.638 9	0.548 8	0.390 5	0.251 4	21.881 2	0.997 0	99.01
平均值	0.376 0	0.396 3	0.830 2	0.627 2	0.556 3	0.392 1	0.250 1	22.038 9	0.995 7	98.15
RSD/%	2.6	0.9	1.7	1.9	1.3	2.0	2.1	0.9	0.2	0.8

3 讨论与结论

本实验根据中药制剂配伍特点选取指标成分,其中金银花主要有效成分是绿原酸,具有抗炎、抗肿瘤等药理作用^[10-11];2020年版《中国药典》^[12]规定连翘质量控制指标为挥发油、连翘苷、连翘酯苷A,其中连翘苷^[13]和连翘酯

响($P > 0.05$)。最终确定,最优工艺为 $A_3B_1C_3$,即喷液转速 10 r/min,雾化压力 0.2 MPa,进风温度 150 ℃。

2.4 验证试验 按处方量称取3批药材,按“2.1”项下方法制备水煎液,按“2.2.3”项下方法制备供试品溶液,采用“2.3”项下优化工艺进行验证,结果见表7。可知该工艺稳定可行,重复性良好。

苷A^[14]均能通过作用于细胞MAPK、Akt、NF-κB等信号通路来有效阻断炎症介质释放,从而发挥抗炎活性;牛蒡子中含多种活性成分,其中牛蒡子苷可改善气道炎症^[15];夏枯草对肿瘤、“三高”、免疫低下等疾病疗效显著^[16-17];黄芩作为黄芩主要活性成分,既具有抗氧化、抗癌等多

种药理作用，还能吸收紫外线，广泛应用于化妆品领域^[18-19]；黄酮类成分甘草苷具有抗炎、抗抑郁、保肝等药理作用^[20-21]。

中药复方可通过多靶点、多途径、多环节来实现药效作用，故多指标综合评价已成为中药及其制剂质量控制的趋势。本实验选用稳定易得的对照品对多成分实现同时测定，有效降低了检测成本，提高了工作效率，并且指标权重赋权时采用 AHP-熵权法，前者反映指标之间的层级关系，而后者提供原始数据中的客观信息，两者结合能有效形成主客观互补的权重分配体系，为相关评价提供了科学合理的方法。

综上所述，本实验采用正交试验设计结合 AHP-熵权法优化清咽止痛颗粒喷雾干燥工艺，最优参数为喷液转速 10 r/min，雾化压力 0.2 MPa，进风温度 150 ℃，该方法重复性良好，稳定可靠，可为该制剂工业化生产和实际开发利用提供参考。

参考文献：

- [1] Saibene A M, Allevi F, Ayad T, et al. Treatment for parotid abscess: a systematic review[J]. *Acta Otorhinolaryngol Ital*, 2022, 42(2): 106-115.
- [2] Vazquez M N, Sanders J E. Diagnosis and management of group a streptococcal pharyngitis and associated complications[J]. *Pediatr Emerg Med Pract*, 2017, 14(12): 1-20.
- [3] O'Byrne A M, van Baarsen L G M. Lymph nodes as gatekeepers of autoimmune diseases[J]. *RMD Open*, 2024, 10(4): e004097.
- [4] 张锐, 顾志荣, 吕鑫, 等. 基于球面对称设计和 GA-BP 模型结合 AHP-CRITIC 优化清咽止痛方提取工艺[J]. 中药材, 2022, 45(7): 1683-1690.
- [5] 徐思宁, 唐志书, 刘红波, 等. 基于 QbD 理念建立秦七风湿方提取液喷雾干燥工艺及其浸膏粉理化性质[J]. 中成药, 2021, 43(1): 168-173.
- [6] 杨净尧, 邱智东, 王畅, 等. 柴桂解郁颗粒提取及喷雾干燥工艺研究[J]. 时珍国医国药, 2020, 31(1): 78-81.
- [7] 杨嵩虹, 张钰祺, 叶财兴, 等. 基于变异系数法-AHP 综合加权结合响应面法优选醋炙乌药炮制工艺[J]. 时珍国医国药, 2024, 35(5): 1146-1152.
- [8] 成余勤, 石森林, 来平凡. 基于熵权法和正交设计优化加减当归芍药散挥发油的 β-环糊精包合工艺[J]. 中草药, 2021, 52(10): 2951-2957.
- [9] 黄昱曦, 陈艳琰, 乐世俊, 等. 基于层次分析-熵权法的气血和胶囊质量标志物研究[J]. 中国中药杂志, 2021, 46(11): 2710-2717.
- [10] Bagdas D, Gul Z, Meade J A, et al. Pharmacologic overview of chlorogenic acid and its metabolites in chronic pain and inflammation[J]. *Curr Neuropharmacol*, 2020, 18(3): 216-228.
- [11] Neamtu A A, Maghias T A, Turcu V, et al. A comprehensive view on the impact of chlorogenic acids on colorectal cancer[J]. *Curr Issues Mol Biol*, 2024, 46(7): 6783-6804.
- [12] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典: 2020 年版一部[S]. 北京: 中国医药科技出版社, 2020: 177-178.
- [13] Ma Q H, Li R F, Pan W Q, et al. Phillyrin (KD-1) exerts anti-viral and anti-inflammatory activities against novel coronavirus (SARS-CoV-2) and human coronavirus 229E (HCoV-229E) by suppressing the nuclear factor kappa B (NF-κB) signaling pathway[J]. *Phytomedicine*, 2020, 78: 153296.
- [14] Zhang J L, Zhag Y, Huang H L, et al. Forsythoside A inhibited *S. aureus* stimulated inflammatory response in primary bovine mammary epithelial cells[J]. *Microb Pathog*, 2018, 116: 158-163.
- [15] Jin X Y, Liu S Y, Chen S J, et al. A systematic review on botany, ethnopharmacology, quality control, phytochemistry, pharmacology and toxicity of *Arctium lappa* L. fruit[J]. *J Ethnopharmacol*, 2023, 308: 116223.
- [16] Pan J Y, Wang H Y, Chen Y H. *Prunella vulgaris* L. A review of its ethnopharmacology, phytochemistry, quality control and pharmacological effects[J]. *Front Pharmacol*, 2022, 13: 903171.
- [17] Zholdasbayev M E, Atazhanova G A, Musozoda S, et al. *Prunella vulgaris* L.: an updated overview of botany, chemical composition, extraction methods, and biological activities[J]. *Pharmaceuticals (Basel)*, 2023, 16(8): 1106.
- [18] 龚发萍, 郑鸣. 黄芩的化学成分及药理作用[J]. 临床合理用药杂志, 2021, 14(34): 176-178.
- [19] Bao M L, Ma Y F, Liang M, et al. Research progress on pharmacological effects and new dosage forms of baicalin[J]. *Vet Med Sci*, 2022, 8(6): 2773-2784.
- [20] Qin J Y, Chen J R, Peng F, et al. Pharmacological activities and pharmacokinetics of liquiritin: a review[J]. *J Ethnopharmacol*, 2022, 293: 115257.
- [21] 杨倩倩, 孟子盈, 王晓禹, 等. 甘草苷的提取纯化和药理作用研究进展[J]. 中国野生植物资源, 2023, 42(4): 12-17.