

地黄叶总苷浸膏真空带式干燥工艺优化研究

王莹, 李页瑞, 刘雪松, 王龙虎, 吴永江, 陈勇* (浙江大学药学院, 杭州 310058)

摘要: 目的 研究地黄叶总苷浸膏真空带式干燥的最佳工艺, 并与其他干燥方法进行比较。方法 以干燥产品含水率及有效成分保留率为评价指标, 对影响干燥效果的因素进行考察。在单因素实验结果的基础上, 采用 $L_9(3^4)$ 正交试验法, 结合方差分析与多指标综合评分结果, 获得地黄叶总苷浸膏真空带式干燥的最佳工艺参数, 并将其干燥效果与真空烘箱干燥、微波真空干燥进行比较。结果 地黄叶总苷浸膏真空带式干燥的最佳工艺条件为传送带速度 $4 \text{ cm} \cdot \text{min}^{-1}$, 浸膏进料速度 $25 \text{ mL} \cdot \text{min}^{-1}$, 加热系统温度 75°C , 75°C , 该条件下地黄叶总苷浸膏干燥产物含水率为 2.54%, 毛蕊花糖苷保留率和地黄叶总苷保留率分别为 94.54% 和 90.49%。结论 优选得到的地黄叶总苷浸膏真空带式干燥工艺稳定可靠。与真空烘箱干燥和微波真空干燥相比, 真空带式干燥具有干燥产品含水率低、有效成分保留率高、干燥时间短和可连续生产等优点, 为中药浸膏的真空带式干燥工艺设计和过程控制提供了参考。

关键词: 地黄叶总苷; 毛蕊花糖苷; 真空带式干燥; 工艺比较; 多指标综合评分

中图分类号: R283.66

文献标志码: A

文章编号: 1007-7693(2010)08-0699-06

Optimization for Vacuum Belt Drying Process of Rehmannia Leaves Extract

WANG Ying, LI Yerui, LIU Xuesong, WANG Longhu, WU Yongjiang, CHEN Yong* (College of Pharmaceutical Sciences Zhejiang University, Hangzhou 310058, China)

ABSTRACT: OBJECTIVE To select the optimum conditions of the vacuum belt drying process of Rehmannia leaves(RL) extract and compared with other drying methods. **METHODS** Based on the single factor test, the process was studied by using $L_9(3^4)$ orthogonal test design, combined with analysis of variance and grading method for multiple-index on the parameters of the water content of dried product and active ingredient retention rate of RL extract. Then, compare the optimum process of vacuum belt drying with the vacuum oven drying and the microwave vacuum drying methods. **RESULTS** The optimum process determined by the grading method for multiple-index was listed as follows: the belt speed was $4 \text{ cm} \cdot \text{min}^{-1}$, the feeding speed was $25 \text{ mL} \cdot \text{min}^{-1}$, the drying temperature was 75°C , 75°C . In these process parameters, the water content of dried product is 2.54%, the retention rate of verbascoside and total glycosides are 94.47% and 90.70% respectively. **CONCLUSION** The optimum conditions of the vacuum belt drying process of RL extract is stable and reliable. Compared with the vacuum oven drying and the microwave vacuum drying methods, the vacuum belt drying technology can continuous production and the drying product of this technology has high quality with lower water content, higher active ingredient retention rate and shorter drying time. This method can provide references for the process technological design and control of natural herbs extract vacuum belt drying.

KEY WORDS: total glycosides of Rehmannia leaves; verbascoside; vacuum belt drying; process comparison; grading method for multiple-index

地黄叶为玄参科植物地黄(*Rehmannia glutinosa* Libosch)的干燥叶。地黄叶中所含主要有效成分为地黄叶总苷, 其中以毛蕊花糖苷为代表。地黄叶总苷具有滋阴补肾, 凉血活血, 摄精止血之功效。可用于治疗蛋白尿、血尿、慢性肾小球肾炎^[1-3]。地黄叶总苷浸膏的干燥是地黄叶总苷制剂生产过程中重要的工段之一, 对制剂的质量有直接的影响。

大多数中药浸膏的干燥主要采用热风烘箱干燥, 部分采用减压干燥或喷雾干燥等。目前, 地黄叶总苷浸膏的干燥采用真空烘箱干燥, 由于地黄叶

总苷浸膏黏性大、易结团, 采用该方法干燥时间长、干燥温度高、热敏性有效成分损失大、耗能高且收率低, 得到的干燥产品易结块、溶解性较差^[4]。因而研究地黄叶总苷浸膏的干燥工艺具有现实意义。真空带式干燥(vacuum belt drying, VBD)技术是一种在真空条件下, 连续将原料涂布在传送带上, 物料随传送带经过加热区干燥, 然后冷却脆化的一种低温干燥方法。在整个干燥过程中, 中药浸膏处于真空、封闭环境, 干燥过程温和(工作温度 $40\sim 60^\circ\text{C}$), 可以最大限度的保持其物性, 得到具有含水率低、有效

基金项目: 国家科技支撑计划项目(2006BAI06A08); 浙江省重大科技专项(2008C03005)

作者简介: 王莹, 女, 硕士生 Tel: (0571)88208427 E-mail: yingying.Luck@163.com *通信作者: 陈勇, 男, 博士, 副教授 Tel: (0571)88208427 E-mail: chenryong1@zju.edu.cn

成分保留量高和色泽好等特点的干燥产品^[5]。

本实验采用正交设计法^[6]，考察了加热系统温度、履带速度、进料速度及浸膏初始含水量等因素对地黄叶总苷浸膏真空带式干燥效果的影响，并以干燥产物含水率、有效成分保留率等为评价指标，结合多指标综合评分法优选得到地黄叶总苷浸膏真空带式干燥的最佳工艺参数，并与真空烘箱干燥、微波真空干燥等干燥方法进行比较研究。

1 仪器与试剂

新型实验型真空带式干燥机组(本实验室自行研制,计算机控制,加热系统热源为过热水);Agilent 1100 高效液相色谱仪(美国安捷伦公司,包括 G1322A 在线脱气装置、G1311A 四元泵, G1329A 自动进样器、G1314B 紫外检测器、G1316A 柱温箱和 Chemstation 工作站);TGL-16G 高速台式离心机(上海安亭科学仪器厂);METTLER-AE240 型电子天平(上海梅特勒-托利多仪器有限公司,精度 0.01 mg);TU-1800PC 紫外可见分光光度计(北京普析通用仪器有限责任公司),FA2004 电子天平(上海越平科学仪器有限公司,精度 0.1 mg),KMZ-2000 微波真空干燥机(温州市康牌制药机械有限公司)。

地黄叶总苷浸膏(四川美大康药业股份有限公司),毛蕊花糖苷对照品(中国药品生物制品检定所,批号:111530-200706,纯度:99%);色谱纯甲醇(Merck, Germany);Millipore超纯水;其余试剂均为分析纯。

2 实验方法

2.1 真空带式干燥实验操作

浸膏在物料罐预热至设定温度后由进料泵按设定的进料速率进料,经布料器均匀地涂布在传送带上,传送带按设定的速度运行,在真空条件筒体中依次经过各加热区,最后经过冷却区。干燥后的产品从传送带上剥落,经铡断后落入粉碎装置,粉碎后的干燥产品通过气闸式出料斗出料。真空带式干燥机组设备示意图,见图 1。

2.2 干燥产物含水率测定^[7]

精密称取一定质量的干燥粉末,平铺于已干燥至恒重的扁形称量瓶中,并使粉末厚度不超过 10 mm,将扁形称量瓶敞口置于干燥箱中,于 105 ℃ 干燥至恒重,取出盖上瓶盖,置干燥器中冷却 30 min,迅速称定质量,根据干燥粉末前后失重计算其含水率。每次实验所得干燥粉末平行测定 3 份,取均值为其含水率。

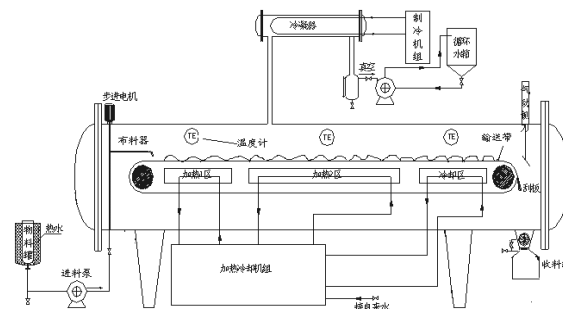


图 1 真空带式干燥机组示意图

Fig 1 Schematic diagram of vacuum belt drying system

$$\text{含水率}(\%) = \frac{\text{恒重前粉末质量} - \text{恒重后粉末质量}}{\text{干燥前粉末质量}} \times 100\%$$

2.3 毛蕊花糖苷含量测定

2.3.1 色谱条件^[8] 色谱柱: Zorbax SB-C₁₈ 柱(250 mm×4.6 mm, 5 μm), 流动相: 甲醇-冰醋酸-水(33:1:66), 柱温: 25 ℃, 流速: 1.0 mL·min⁻¹, 检测波长: 330 nm, 进样量: 10 μL。

2.3.2 对照品溶液的制备 精密称取毛蕊花糖苷对照品 5.0 mg, 置 25 mL 量瓶中, 加流动相溶液溶解并稀释至刻度作对照品储备液。分别精密量取对照品储备液 0.125, 0.25, 0.5, 1.0, 2.5, 10 mL, 置 10 mL 量瓶中, 用流动相溶液稀释至刻度, 摇匀, 即得 6 个浓度的对照品溶液。

2.3.3 供试品溶液的制备 取研磨后浸膏细粉约 60 mg, 精密称定质量, 置 50 mL 量瓶中, 加流动相溶液 45 mL 超声 20 min, 放冷。再加流动相溶液稀释至刻度, 摇匀。滤过, 精密量取续滤液 1.0 mL, 置 10 mL 量瓶中, 加流动相溶液稀释至刻度, 摇匀后微孔滤膜(0.45 μm)滤过, 即得供试品溶液。

2.3.4 标准曲线的绘制 分别吸取 6 个不同浓度的对照品溶液各 10 μL, 注入高效液相色谱仪, 按“2.3.1”项下色谱条件进行测定, 以峰面积为纵坐标 Y, 对应的浓度为横坐标 X, 绘制标准曲线, 得到标准曲线的回归方程为 $Y=15.439\ 3X-10.233\ 36$, $r=0.999\ 9$, 表明在 2.5~200 μg·mL⁻¹ 内线性关系良好。

2.4 地黄叶总苷含量测定^[9]

2.4.1 对照品溶液的制备 取毛蕊花糖苷对照品约 8.0 mg, 精密称定质量, 置 50 mL 量瓶中, 加甲醇-冰醋酸-水(33:1:66)混合溶剂溶解并稀释至刻度, 摇匀, 即得对照品储备液(每 1 mL 含毛蕊花糖苷 160 μg)。分别精密量取对照品储备液适量, 用上述混合溶剂配制成浓度分别为 5, 6, 7, 8, 10, 20, 28 μg·mL⁻¹ 的对照品溶液。

2.4.2 供试品溶液的制备 精密量取“2.3.3”项下续滤液 1.0 mL, 置 50 mL 量瓶中, 加流动相稀释至刻度, 摇匀, 即得供试品溶液。

2.4.3 标准曲线的绘制 取 7 个不同浓度的对照品溶液, 以相应试剂为空白对照, 在 330 nm 波长处测定吸光度值。以浓度为横坐标 X , 吸光度值为纵坐标 Y 绘制标准曲线, 得到地黄叶总苷标准曲线的回归方程为 $Y=0.026\ 55X+0.006\ 65$, $r=0.999\ 8$, 表明在 $5\sim 28\ \mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 内线性关系良好。

2.5 其他干燥方法

2.5.1 真空烘箱干燥 准确称取同批次地黄叶总苷浸膏适量, 以 $0.15\ \text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$ 铺于扁形瓶中, 置于真空度为 $-1\ 330\ \text{Pa}$, 温度为 $55\ ^\circ\text{C}$ 的烘箱中干燥约 30 h, 收集干粉, 密封保存于干燥器中备用。

2.5.2 微波真空干燥^[10] 准确称取同批次地黄叶总苷浸膏 110 g, 在真空度为 $-0.1\ \text{MPa}$, 功率为 2 kW 条件下干燥 18 min, 收集干粉, 密封保存于干燥器中备用。

3 结果与讨论

3.1 单因素试验结果

3.1.1 进料速度对干燥效果的影响 在物料温度 $30\ ^\circ\text{C}$, 冷却区温度 $35\ ^\circ\text{C}$, 加热系统温度($90\ ^\circ\text{C}$, $90\ ^\circ\text{C}$), 履带速度 $6\ \text{cm}\cdot\text{min}^{-1}$ 的条件下, 不同进料速度对干燥产物含水率的影响结果见图 2。

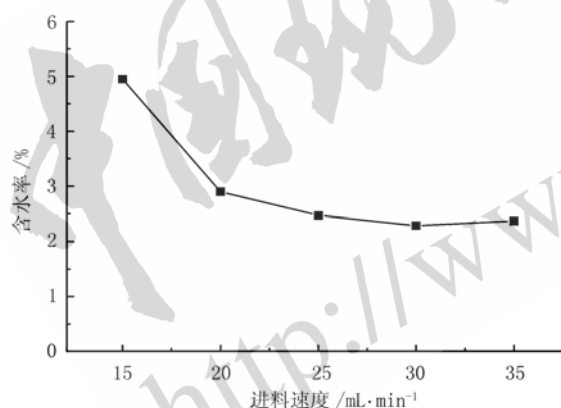


图 2 进料速度对干燥效果的影响

Fig 2 The effect of drying feeding speed

理论上, 当履带速度恒定时, 进料速度越大, 涂布在履带上的浸膏厚度越大, 水分蒸发越慢, 产物含水率应该越大。但是由于履带速度足够慢, 浸膏在真空条件下的干燥时间足够长, 因此干燥产物的含水率差别并不大。由图 2 可知, 进料速度为 $15\ \text{mL}\cdot\text{min}^{-1}$ 时, 产物含水率较高, 其原因可能是进料速度过小, 导致螺杆泵传输浸膏时带入了外界空

气, 改变了干燥过程的真空环境, 进而影响干燥效果, 导致含水率较高。本实验选择最佳进料速度为 $25\ \text{mL}\cdot\text{min}^{-1}$ 。

3.1.2 履带速度对干燥效果的影响 在物料温度 $30\ ^\circ\text{C}$, 冷却区温度 $35\ ^\circ\text{C}$, 加热系统温度($90\ ^\circ\text{C}$, $90\ ^\circ\text{C}$), 进料速度为 $25\ \text{mL}\cdot\text{min}^{-1}$ 的条件下, 不同履带速度对干燥产物含水率的影响结果见图 3。

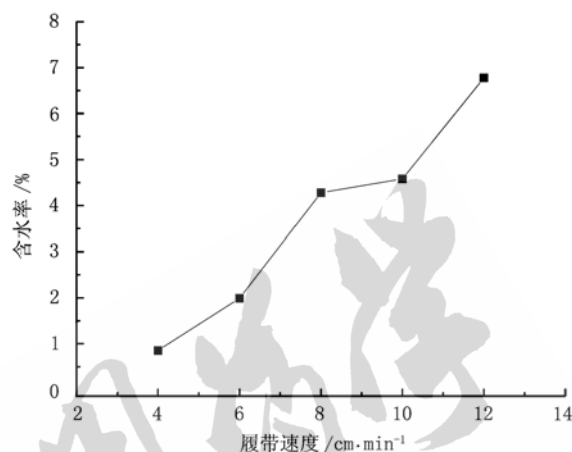


图 3 履带速度对干燥效果的影响

Fig 3 The effect of drying belt speed

由图 3 知, 随着履带速度的增加, 干燥产物含水率逐渐增大。这是因为在加热区长度恒定的情况下, 履带速度增加, 浸膏的干燥时间缩短, 因此含水率增加。考虑到履带速度较小时, 干燥时间太长会使干燥产物的色泽加深, 且有可能导致有效成分的损失, 而履带速度太大时, 产物含水率高, 产品不合格, 因此确定最佳的履带速度为 $6\ \text{cm}\cdot\text{min}^{-1}$ 。

3.1.3 加热系统温度对干燥效果的影响 在物料温度 $30\ ^\circ\text{C}$, 冷却区温度 $35\ ^\circ\text{C}$, 进料速度为 $25\ \text{mL}\cdot\text{min}^{-1}$, 履带速度 $6\ \text{cm}\cdot\text{min}^{-1}$ 的条件下, 不同加热系统温度对干燥产物含水率的影响结果见图 4。

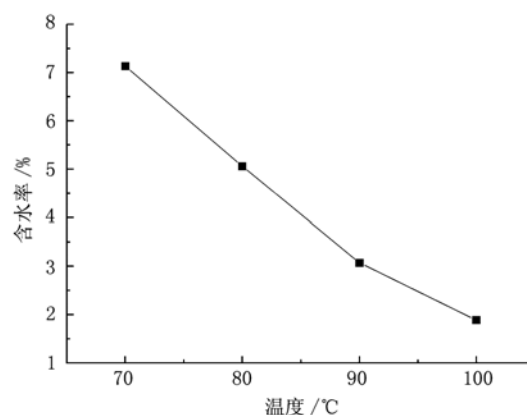


图 4 加热系统温度对干燥效果的影响

Fig 4 The effect of drying temperature

由图 4 可知,随着加热系统温度的升高,干燥产物的含水率下降,当温度达 90 ℃后,升高加热系统温度对干燥产物含水率的影响程度降低。实验选定加热系统温度为(90 ℃, 90 ℃)。

3.1.4 浸膏初始含水量对干燥效果的影响 配制初始含水率不同的地黄叶总苷浸膏,在物料温度 30 ℃,冷却区温度 35 ℃,加热系统温度(90 ℃, 90 ℃),进料速度 25 mL·min⁻¹,履带速度 6 cm·min⁻¹的条件下,浸膏不同初始含水量对干燥产物含水率的影响结果见图 5。

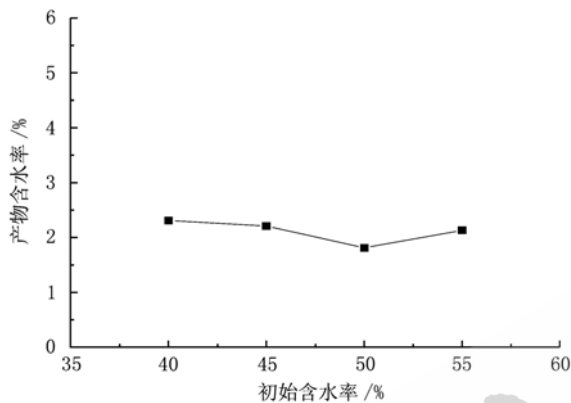


图 5 浸膏初始含水量对干燥效果的影响
Fig 5 The effect of drying initial moisture content

当浸膏初始含水量较小时,浸膏黏度较大,水分蒸发较慢,随着初始含水率的增大,浸膏黏度降低,流动性增强,水分蒸发加快。但在一定干燥时间内,当浸膏初始含水量过大时,由于水分较多,产物含水率也较高。在实际干燥过程中,当地黄叶总苷浸膏初始含水量大于 45%时,涂布在履带上的浸膏由于流动性增强,逐渐溢流至履带边缘,导致部分浸膏损失,产品收率降低。因此,确定浸膏初始含水量为 40%。

3.2 正交试验结果分析与评价

由单因素试验数据方差分析结果得出,实验中考察的 4 个因素对干燥产物含水率的影响程度大小依次为履带速度>加热系统温度>进料速度>浸膏初始含水量。故选取履带速度 A、进料速度 B、加热系统温度 C 3 个因素进行正交试验,其他条件为浸膏进料温度 30 ℃,冷却区温度 35 ℃,浸膏初始含水量 40%,真空度-0.1 MPa。以干燥产品含水率为指标,采用 L₉(3⁴)正交试验表进行试验,各因素水平安排见表 1。正交试验结果见表 2。对干燥产品含水率直观分析与方差分析,结果分别见表 3 和表 4。

表 1 因素水平表

Tab 1 Factors and levels

水平	因素		
	履带速度 A/ cm·min ⁻¹	进料速度 B/ mL·min ⁻¹	加热系统 温度 C/℃
1	4	20	75
2	6	25	85
3	8	30	95

表 2 正交实验结果

Tab 2 Results of L₉(3⁴) orthogonal test

No.	含水率/ %	毛蕊花糖苷 含量mg/mg	地黄叶总苷 含量 mg/mg
1	2.43	0.117 9	0.680 3
2	1.2	0.117 1	0.656 2
3	0.92	0.117 7	0.657 6
4	1.71	0.116 4	0.649 5
5	1.59	0.116 0	0.651 1
6	5.75	0.114 7	0.631 4
7	3.11	0.116 4	0.639 8
8	8.06	0.110 9	0.615 2
9	4.09	0.113 5	0.644 9

表 3 以浸膏干燥产品含水率为指标的 L₉(3⁴)正交试验结果

Tab 3 Results of L₉(3⁴) orthogonal test of water content taking dried product of Rehmannia leaves extract as index

试验号	因素				产品 含水率/%
	A	B	C	D 空白	
1	1	1	1	1	2.43
2	1	2	2	2	1.2
3	1	3	3	3	0.92
4	2	1	2	3	1.71
5	2	2	3	1	1.59
6	2	3	1	2	5.75
7	3	1	3	2	3.11
8	3	2	1	3	8.06
9	3	3	2	1	4.09
K1	1.517	2.417	5.413	2.703	
K2	3.017	3.617	2.333	3.353	
K3	5.087	3.587	1.873	3.563	
极差	3.570	1.200	3.540	0.860	

表 4 干燥产物含水率方差分析表

Tab 4 Variance analysis of water content of dried product

方差来源	离差平方和	自由度	F 临界值	F 比	显著性
A	19.280	2	9.00	15.987	P<0.1
B	2.810	2	9.00	2.330	
C	22.230	2	9.00	18.433	P<0.1
D(误差)	1.21	2	9.00		

注: F_(0.01)(2,2)=99.0; F_(0.05)(2,2)=19.0; F_(0.1)(2,2)=9.0

Note: F_(0.01)(2,2)=99.0; F_(0.05)(2,2)=19.0; F_(0.1)(2,2)=9.0

由极差分析结果可以看出,各因素对干燥产物含水率影响的主次顺序为: A>C>B,与单因素试验结果一致,即履带速度对产品含水率的影响最大,其次是加热系统温度,最后是进料速度。由方差分析结果知,履带速度和加热系统温度对干燥产品含水率的影响具有显著性。

对于任何一种干燥方法,干燥产品都应在满足含水率要求的前提下,尽可能地保证有效成分的保留。本实验采用多指标综合评分法,对地黄叶总苷浸膏干燥产物的含水率、毛蕊花糖苷含量和地黄叶总苷含量进行综合考虑和权衡,优选出最佳的干燥工艺。综合评分的标准^[5]是:含水率占总分的50%,当干燥产物含水率高于5%时,产品不合格,得0分,当干燥产物含水率低于5%时,产品合格,得50分;毛蕊花糖苷含量与地黄叶总苷含量分别占总分的25%,其中,毛蕊花糖苷含量得分=25%×毛蕊花糖苷含量×100%/毛蕊花糖苷含量最大值,地黄叶总苷含量得分=25%×地黄叶总苷含量×100%/地黄叶总苷含量最大值,各指标得分总和为综合得分,综合评分越高,工艺组合越好。数据计算分析结果见表5。

表5 多指标综合评分分析结果

Tab 5 Analys is results of grading method for multi-index

试验号	干燥产物 含水率得分	毛蕊花糖 苷得分	地黄叶 总苷得分	综合得分
1	50	25.00	25.00	100.00
2	50	24.12	24.84	98.96
3	50	24.17	24.96	99.13
4	50	23.87	24.68	98.55
5	50	23.93	24.60	98.53
6	0	23.20	24.32	47.52
7	50	23.51	24.69	98.20
8	0	22.61	23.52	46.13
9	50	23.70	24.06	97.76

由表5可知,正交实验1条件下综合评分最高,最佳工艺为 A₁B₁C₁,由于因素A和因素C对含水率具有显著性影响,因此确定其最佳水平分别是 A₁和 C₁,考虑到在保证干燥产品合格的前提下,增加进料速度可以提高产量,因此确定B因素最佳水平为 B₂。由此得到地黄叶总苷浸膏真空带式干燥的最佳干燥工艺组合为 A₁B₂C₁,即传送带速度4 cm·min⁻¹,浸膏进料速度25 mL·min⁻¹,加热系统温度(75℃,75℃)。

3.3 验证实验

根据综合评分结果,所确定的地黄叶总苷浸膏真空带式干燥的最佳干燥工艺组合为 A₁B₂C₁,其他条件为物料温度30℃,冷却区温度35℃,浸膏初始含水量40%,真空度-0.1 MPa。在此条件下重复3次进行验证性试验,结果见表6。结果表明该工艺稳定,重现性好。

表6 工艺验证结果

Tab 6 Results of process validation

序号	含水率/%	毛蕊花糖苷 含量mg/mg	毛蕊花糖 苷保留率/%	地黄叶总苷 含量mg/mg	地黄叶总苷 保留率/%
1	2.56	0.397 0	91.47	0.784 0	91.16
2	2.54	0.417 1	96.11	0.783 0	91.05
3	2.51	0.416 8	96.04	0.767 7	89.27
平均	2.54	0.410 3	94.54	0.778 2	90.49
RSD/%	2.52	1.15	2.66	0.91	1.06

3.4 工艺比较实验结果

按各干燥方法工艺进行比较试验,结果见表7。

表7 工艺比较实验结果

Tab 7 Results of process comparison

干燥方法	产物 含水率/%	毛蕊花糖苷 保留率/%	地黄叶总苷 保留率/%	干燥时间/h
真空带式干燥	2.54	94.54	90.49	0.83
微波真空干燥	2.91	94.47	88.37	0.3
真空烘箱干燥	4.13	92.17	73.26	30

结果表明,所采用的3种方法中,地黄叶总苷浸膏经过真空带式干燥后毛蕊花糖苷与地黄叶总苷含量均最高,且真空带式干燥产品的含水率低于其他2种方法,所用时间为50 min,远少于真空烘箱干燥(30 h),比微波真空干燥(20 min)时间稍长。由于微波干燥时物料温度较高,可能会使物料发生氧化。真空烘箱干燥时间较长,也可能影响指标成分的收率。

综合比较表明,真空带式干燥技术用于地黄叶总苷浸膏的干燥,具有工艺稳定、产品含水率低、有效成分保留率高和干燥时间短等优点,是一种值得推广的适合工业化生产的技术。

4 结论

本实验采用单因素与正交试验法对地黄叶总苷浸膏真空带式干燥工艺进行了优化研究,各因素对干燥产品含水率的影响程度依次为:履带速度>加热系统温度>进料速度,其中,履带速度和加热系统温度2个因素对干燥产品含水率的影响具有显著性(P<0.1)。

本实验建立的多指标综合评价方法,综合考虑了评价干燥效果相关指标,获得的地黄叶总苷浸膏真空带式干燥最佳工艺条件为 $A_1B_2C_1$: 传送带速度 $4\text{ cm}\cdot\text{min}^{-1}$, 浸膏进料速度 $25\text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$, 两个加热系统的向量温度($75\text{ }^\circ\text{C}$, $75\text{ }^\circ\text{C}$)。验证试验表明,该工艺稳定,重现性好,在此工艺条件下干燥产品含水率为 2.54%, $\text{RSD}=2.52\%$, 毛蕊花糖苷保留率与地黄叶总苷保留率 RSD 分别为 2.66%和 1.06%,表明在该工艺条件下毛蕊花糖苷和地黄叶总苷保留率稳定。

本实验将真空带式干燥技术与真空烘箱干燥、微波真空干燥等方法进行了比较研究,结果表明真空带式干燥所得产品在含水率、有效成分保留率上具有明显优势,且干燥时间也相对较短。真空烘箱干燥法所得产品不仅含水率高,而且有效成分保留率也较低,干燥时间相当长,生产效率低。微波真空干燥法所用时间最短,含水率与真空带式干燥产品接近,但有效成分保留率较真空带干还有一定差距,是一种可供选择的方法,将其用于地黄叶总苷浸膏的干燥值得深入研究。

将真空带式干燥技术用于地黄叶总苷浸膏的干燥,具有工艺稳定、产品含水率低、有效成分保留率高和干燥时间短等优点,是一种值得推广的适合工业化生产的技术。

REFERENCES

- [1] ZHOU Y S, NI M Y. Chemical constituents from fresh leaves of *Rehmannia glutinosa* Lihosch [J]. China J Chin Mater Med (中国中药杂志), 1994, 19(3): 162-163.
- [2] BIAN B L, HE W, WANG H J. Preparation of verbascoside glycoside with the effect of curing chronic glomerulonephritis in leaves of *Rehmannia glutinosa* Lihosch: China, 200610104355.0 [P]. 2006-08-09.
- [3] JAE C C, JIN C K, IN T H, et al. Acteoside from *Rehmannia glutinosa* nullifies paraquat activity in *Cucumis sativus* [J]. Pestic Biochem Physiol, 2002, 72(3): 153-159.
- [4] XIE X Q. New Technology in Modern Traditional Chinese Medicine Preparation(现代中药制剂新技术) [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2004: 1141.
- [5] ZENG Y, LIU X S, CHEN Y, et al. Optimization for vacuum belt drying process of Radix *Salvia Miltiorrhiza* extract [J]. Chin Tradit Herb Drugs(中草药), 2006, 37(24): 196-198.
- [6] LIU X S, QIU Z F, WANG L H, et al. Optimization for vacuum belt drying process of *Panax notoginseng* extract [J]. China J Chin Mater Med(中国中药杂志), 2008, 33(4): 385-388.
- [7] Ch.P(2005)Vol I (中国药典 2005 年版.一部) [S]. 2005: Appendix 47.
- [8] WANG H J, JIN Y H, LI P Y, et al. Comparison of three active components contents in fresh, dried and Prepared *Rehmannia glutinosa* [J]. China J Chin Mater Med(中国中药杂志), 2008, 33(15): 1923-1925.
- [9] LUO H S. Extraction Technology for total glycosides in folium *Rehmannia glutinosa* Libosch extract: China, CN200410062245.3 [P]. 2004-07-02.
- [10] SUN L J, CUI Z Y. Dehydration of concentrated ganoderma lucidum extract by microwave-vacuum drying [J]. Drying Technology & Equipment, 2006, 4(1): 36-38.

收稿日期: 2009-12-28