

太阳能红外中草药干燥工艺优化研究*

Optimization of Drying Technological Process of Chinese Medicinal Herbs in a Comprehensive Dryer with Solar- and Far-infrared Radiation Energy

柯涛 陈茂鑫 彭铭祖 洪军 赵巍存
Ke Tao Chen Maoxin Pen Mingzu Hong Jun Zhao Weicun

(广西大学物理系 南宁市西乡塘路10 530004)

(Dept. of Physics of Guangxi Univ., 10 Xixiangtang Road, Nanning, Guangxi, 530004)

摘要 用太阳能红外综合干燥装置和自动测试仪器,对秦艽 (*Gentiana macrophylla*)、黄芩 (*Scutellaria baicalensis*)、丹参 (*Salvia miltiorrhiza*) 进行干燥特性试验,并进行温度、相对湿度、物料脱水量的动态连续测量。结果表明,较合理的工艺是在干燥初期将空气流体相对湿度控制在 50%~60%,匀速干燥阶段控制在 40%~45%,降速干燥阶段迅速将室内空气温度降至与室外环境空气温度相近。

关键词 太阳能 红外线 中草药干燥 工艺优化

Abstract The drying trials for the rhizomes of *Gentiana macrophylla*, *Scutellaria baicalensis*, *Salvia miltiorrhiza* were conducted in a comprehensive dryer with solar- and far-infrared radiation energy. The dynamic temperature, relative wetness, dewatering rate of the rhizomes in the process were measured continually with automatic measuring instruments. The optimal process is that 50%~60% of air relative humidity in the chamber should be taken in the early drying stage, 40%~50% in the mean-drying stage, and the air temperature in the chamber should be quickly declined and closed to the outside air temperature in the slow-drying stage.

Key words solar energy, far-infrared radiation energy, drying of Chinese medicinal herbs, optimal technological process

我国现有的中草药原料干燥加工处理,主要靠露天摊晒和烘房烘烤,往往受气候影响,造成原料霉变和不清洁;或由于对烘房内的温度、相对湿度、物料脱水量未能及时进行监测与控制,造成原料药性受损。目前国内外的一些研究单位,虽已研制出一些太阳能中草药干燥装置,但多数为单一依靠太阳能,因而在阴雨天气不能正常进行干燥加工;有的虽将太阳能与电能、蒸汽换热器组合,解决了全天候生产问题,但仍存在耗电、耗热过多、工艺不尽合理^[1]。

本文针对上述问题,用与中国建筑科学院空调所协作研制的 JK-型温度湿度参数测量仪和自制的物料干燥水分变量测试仪,对干燥装置内的温度、湿度、物料脱水量进行了动态连续监测,绘制并分析了秦

艽、丹参干燥特性曲线,进行了干燥工艺优化研究,因而大大缩短了中草药干燥周期,提高了干燥加工质量,为生产自动化打下了良好基础。

1 实验装置与仪器

1.1 太阳能远红外综合干燥装置

太阳能远红外综合干燥装置,是将太阳能干燥技术与远红外干燥技术结合为一体,设计而成的一种干燥装置^[2]。该装置特点是在整体式太阳能干燥器的上下部装置远红外辐射器,在干燥装置内壁上涂刷低温选择性红外涂料。我们涂刷的低温选择性红外涂料,能在 8~14 μ m 附近的波段内有很高的光谱发射率,其光谱图如图 1 所示。由于在 8~14 μ m 窗口,红外辐射在大气中的透过率高达 99% 以上,这样干燥器内壁的二次辐射的红外辐射就可以尽可能多的穿过干燥器中的水蒸汽,直接辐射加热到干燥物料上,提高干

干燥器的干燥效率^[3]。综合干燥装置内还装有一台轴流风机,可进行室内循环送风。通过调节进出口的风门,来调节进、排风量,控制调节干燥器内的温度、湿度,提高物料干燥效果。装置构造见图2

尚佳。

图1 低温选择性红外涂料光谱图

Fig. 1 Spectrogram of infrared coatings with low-temperature selectivity

1.2 温度、湿度、物料脱水量监测仪器

试验中用于干燥装置内的温度、湿度动态连续测量的JK-3型温度湿度参数测量仪,是由我们提出技术要求,委托中国建筑科学院空调所研制完成的。该仪器采用巡回检测方式完成参数采集、数据处理、监视报警、打印记录。WSM型温湿度传感器分为:测量范围在温度10~40℃、相对湿度30%~90%和温度40~80℃、相对湿度30%~90%两种。准确度:NTC热敏电阻测温:(10~40)±0.5℃和(40~80)±0.5℃,DWS氯化锂测相对湿度均在(15%~95%)±3%。

物料干燥过程中脱水量的动态连续测量,是采用自制的物料干燥水分变量测试仪进行测定的。测量范围在0~1000g,精度±0.1%,由广西计量局标定。

2 试验情况与数据处理

2.1 丹参中草药试验情况

1991年5月30日,天气晴到多云,从10时到18时,累计太阳辐射量为15.34 MJ/m²。我们从南宁中药材批发站提供的85 kg丹参,取出15 kg作露天摊晒的对比试验,其余75 kg放入采光面积为13 m²的太阳能红外综合干燥房作干燥特性曲线试验。

在干燥房内不同位置布置6个温度传感器,出风口处布置一对干湿球温度计,作为测干燥房内相对湿度用。每隔30 min开风机内循环5 min,此后,用多点温度测试仪测试记录一次各点温度,并对取样干燥物料称重一次。这样在干燥过程中,就整理得出一组数据,绘制出丹参干燥特性曲线图(图3)。丹参经过8 h的烘干,干基湿度h₀由82.9%降至10.6%,干燥质量

图2 太阳能红外综合干燥装置示意图

Fig. 2 Sketch of comprehensive dryer with solar-and far-infrared radiation energy

——干燥房温度曲线 Temperature curve inside chamber
——环境温度曲线 Temperature curve outside chamber

图3 丹参中药材干燥特性曲线图

Fig. 3 Drying curves of the rhizomes of *Salvia miltiorrhiza*

2.2 秦艽中药材试验情况

1994年10月27日,天气晴到多云,从10时到18时累计太阳辐射量为6.2 MJ/m²。我们从南宁中药材批发站提供的30 kg秦艽、63 kg黄芩,取出5 kg秦艽、10 kg黄芩摊晒在干燥房旁的露天水泥地面上,其余的25 kg秦艽、53 kg黄芩放入综合干燥房内烘干,以便进行对比干燥试验。在干燥房内的不同位置上布置了6对WSM型温湿度传感器;在干燥房的料盘上放入物料干燥水分变量测试仪传感器,上面放入152 g秦艽料样(工况与料盘上其它秦艽物料一样)。JK-3型温湿度参数测量仪和物料干燥水分变量测试仪的

巡测显示,记录打印均在离干燥房 10 m 以外的控制房操作。每隔 30 min 开风机 5 min 内循环,此后,打靶记录 1 次温度、湿度和物料水分变化量。风门的开启视干燥房内的温度、湿度情况而定。这样就整理记录出一组测试数据,绘制出秦艽干燥特性曲线图(图 4)。温度、湿度、物料干燥水分变化量,也可连续打印记录或设时钟自动打印记录。秦艽的干基湿度 φ_c 由 143% 降至 52%,所需时间仅为 5.5 h,此时物料含水率已达到平衡含水率,干燥质量上乘。

图 4 秦艽中药材干燥特性曲线图

Fig. 4 Drying curves of the rhizomes of *Gentiana macrophylla*

3 干燥特性曲线分析与工艺优化

3.1 两种中药材干燥试验结果比较

丹参、秦艽都属根类中药材,都可作中草药饮片,饮片厂对他们干燥加工和露天摊晒工艺基本相同。摊晒所需干燥时间也基本相同。现丹参的干燥特性测试是在夏季晴好天气,秦艽试验却在晚秋晴好天气,两者太阳辐射量相差较大,但丹参在太阳能红外综合干燥房内干燥时间为 8 h,(工厂露天摊晒需用 1.5 d),干燥房内投料量为 70 kg 而秦艽在干燥房内干燥仅用 5.5 h(白天露天摊晒需用 17 h),干燥房内投料量

为 78 kg。整个干燥过程,仅在物料加热干燥初始阶段,开启了部分红外加热管,其余干燥时间均依靠太阳辐射能,风机间歇开动。整个干燥过程仅耗电 4 kW·h。

对丹参和秦艽的干燥特性曲线对比分析,可看出太阳能远红外综合干燥装置比露天摊晒的质量好,并提高工效 2~3 倍,而且秦艽的干燥效果比丹参好多,其原因无疑温度、湿度、新风量得到较为科学的控制,干燥工艺优化的结果。

3.2 干燥工艺优化选取的理论基础

几点假设:(1)因中药材是平摊在物料盘上,热空气通过中药材时,其换热过程,可视为通过平板的对流换热过程;(2)通过药材表面时的流速一般都很小,可视为层流状态;(3)中药材表面至中心的传热可认为是纯导热问题。在以上假设情况下,对流换热可用牛顿冷却公式表示: $Q = -TF\Delta t$ 式中, Q 为空气提供的热量,此热量由太阳能和远红外加热提供; T 为流经中药材表面时的对流换热系数; F 为中药材的对流换热表面积; Δt 是热空气流经药材表面的前后温差,负号表示外界向药材提供热量。药材的纯导热问题可用符立叶定律表示: $Q = -\lambda F \frac{\partial t}{\partial x}$ 众所周知,要使物料干燥,除了热能、动能的作用之外,还依靠环境空气与物料之间的干度势能来排湿。由传质学可知,质量传递的计算可用类似牛顿冷却公式表示: $m_2 = U_2(C_f - C_{zw})$, 式中 m_2 为水蒸汽的质交换率 $K \text{ mol/m}^2 \text{ s}$, β_2 为水蒸汽传质系数 m/s , C_f 为空气流体中水蒸汽的平均浓度 $K \text{ mol/m}^3$ 。当空气流体中水蒸汽浓度低于中药材壁面的浓度时,中药材就向空气流体排湿,加速干燥;反之空气流体向中药材加温,使药材湿度提高。

以上分析可知,药材干燥速率与空气提供的热量 Q 即温度有关,空气流体内的相对湿度 φ 有关,以及空气流速有关。基于这种理论分析,干燥工艺的优化选取是指在保证中药材干燥质量的前提下,对物料干燥过程中,影响物料干燥速率的空气温度、湿度、通风量进行科学地调控,使其达到干燥周期短、耗能少,加工质量好的目的。中药材秦艽的干燥特性曲线就充分地反映了这一点。

3.3 秦艽中药材干燥工艺选取的流程

中药材所含的湿分大致包括三种类型:(1)化学结合湿分,结合力较强,用常温来进行干燥很难去除;(2)物化结合湿分,与中药材结合力虽然较强,但比较稳定,利用太阳能低温红外来干燥可去除;(3)游离湿分,结合力较弱,比较容易去除。本文中所涉及

的丹参、秦艽就属于上述的含湿分类型中药材。

将秦艽中药材于 1 时放入干燥房内,然后开动风机和红外加热管,对物料进行升温加热,加速药材游离水分的蒸发,室内相对湿度 h 控制在 50%~60%,然后通过控制进风门大小(控制新风量),使干燥房内相对湿度 h 控制在 40%~50% 之间,温度控制在 35~40℃ 之间,使物料较早进入均速干燥阶段,此阶段物料的平均脱水量最大。1 时 30 分,将温度控制在 32~35℃ 之间,相对湿度 h 仍控制在 40%~50% 之间。1 时到 1 时 30 分,打开全部进料门和风门,将室温迅速降低到接近室外环境温度 26℃ 左右,室内相对湿度 35% 左右与室外相对湿度 h_a 34% 基本相同。然后将风门、进料门全部关闭,让秦艽在干燥房内过夜。次日 8 时,干燥房内温度为 27℃、相对湿度 h 70% 左右时,物料干燥水分变量测试仪显示的秦艽样料重量比前日干燥结束时增加了 2.5 g/0.152 kg。在 8 时至 9 时 30 分继续干燥试验,此样料重量保持不变。说明秦艽药材夜间非但未向干燥房内空气中排放水分,反而从空气中吸收了水分。因而可知前日 1 时 30 分左右,秦艽干燥已达到平衡含水率,干燥可以结束。

4 结论

在干燥初期,将空气流体相对湿度控制在 50%~60%; 匀速干燥阶段控制在 40%~50% 较为合理; 降速阶段迅速降低室内空气温度与室外环境空气温度

相近,造成物料温度高于环境温度,有利物料内部水分向表面扩散和向空气流体中蒸发。

干燥房内间歇内循环送风,即可使干燥室内各部分空气流体温度、湿度趋于均匀; 又可加速中药材物料的水分向空气流体中蒸发,加速中药干燥速率。

用 JK-型温度湿度参数测量仪和物料干燥水分变量测试仪,可有效地对空气流体温度、湿度、物料干燥水分变化量进行连续动态测量与监控,为中药材干燥加工实现微机自控,打下了基础。

致谢

王承交、李连兴、韦文楼、龙毅刚同志也参与了此项科研工作,在此一并致谢!

参考文献

- 1 柯涛,王承交等.太阳能红外中草药干燥装置的设计与探讨.医药工程设计,1990,(1):6-8.
- 2 柯涛,王承交等.太阳能远红外综合干燥装置探讨.新能源,1986,(9):17-19.
- 3 陈菲力等.选择性远红外涂料在太阳能干燥器中的应用.红外技术,1992,14(4):33-34.
- 4 王锦侠等.中药材在太阳能干燥装置中烘干过程研究.中国太阳能学会1991年年会论文集,1991,131-136.
- 5 李申生等.太阳能热利用导论.北京:高等教育出版社.
- 6 范新,李元哲.温室型干燥系统运行分析.太阳能学报,1992,13(4):369.

(责任编辑 蒋汉明 邓大玉)