

食用菌干燥特性的试验研究

杨林青 牛智有 戴维成

(农业工程系)

摘要 对食用菌干燥特性进行了试验研究。分析了物料初始水分和热风温度、速度对干燥速率的影响。通过试验数据回归处理,建立了食用菌干燥速率模型,并对理论值进行了实验验证,结果表明,理论值与实测值有良好的一致性。

关键词 食用菌,干燥特性,数学模型

中图分类号 S226.6, TS255.3

食用菌是一种营养丰富、药用价值较高的大型真菌,因此,近年来世界各国对食用菌的种植和开发利用都非常重视。我国种植食用菌历史悠久,品种繁多,资源十分丰富,除满足人们鲜食外,大量干制品用作调节市场供应和出口创汇。

食用菌鲜品含水量在97%以上,采收后仍可继续生长,一般均不耐贮藏,常温下易于萎缩、破裂,降低营养和风味。采用低温,速冻、浸泡、塑料袋抽气等保鲜方法只能暂短保存,而且只能处理一小部分,大量长期保藏的都需要干制加工处理。目前我国对食用菌干制的方法有:晒干法、焙笼式烘烤法、烟道式烘房烘烤法和机械烘干法。西安市机械研究所研制的5HB-10型食用菌烘干机就是考虑山区自然条件和能源特点而设计的食用菌专用烘干机。实践证明,热风温度和速度对烘干时间和物料品质影响十分显著,但目前又缺乏这方面的试验资料和理论分析。为了弥补这一缺陷,作者对食用菌干燥特性进行了试验研究。本文从试验方法、结果分析及食用菌烘干过程降水规律模型的建立几个方面加以阐述。

1 试验装置

试验在农业工程系研制的垂直式烘干试验台上进行。其结构见图1。

空气由风机压送流经流量测量装置,进入湿度调节室,由电热管加热,然后进入烘干室,与物料充分接触,进行热交换后排入大气。

风机选用CFG-1型鼓风机(流量 $380\text{m}^3/\text{min}$,压力 $75\text{mm H}_2\text{O}$),风量由调节阀控制,采用标准孔板式流量计(孔径 46.93mm),配合YJB-150型补偿微压计进行流量测量。

空气加热系统用两个SRQ 4-220/0.8型电热管。温度由WMZK-01型温度指示控制仪控制,控温范围 $10\sim 100^\circ\text{C}$,控制精度为 $\pm 0.5^\circ\text{C}$,测温精度为 $\pm 2^\circ\text{C}$ 。热风湿度用喷水法进行调节,随启用喷嘴个数的不同,可得到湿度不同的热风,其相对湿度由

数字式温湿度仪进行测定。

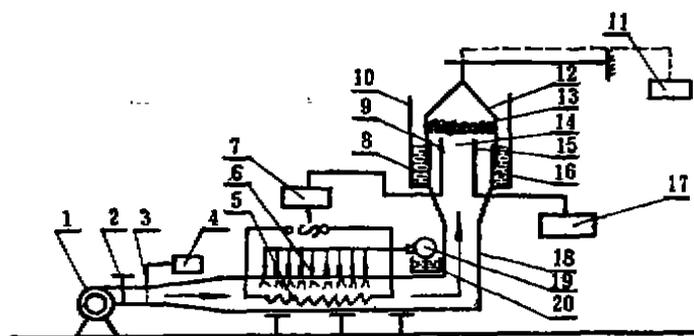


图1 试验装置简图

1. 风机; 2. 阀门; 3. 节流孔板; 4. 微压计; 5. 电热管; 6. 喷嘴; 7. 控温仪; 8. 油; 9. 温度传感器; 10. 烘干室外壁; 11. 电子天平; 12. 筛盘; 13. 物料; 14. 烘干室; 15. 湿度传感器; 16. 烘干室内壁; 17. 数字式温湿度仪; 18. 管道; 19. 水泵; 20. 水池

烘干室为直径200 mm、高400 mm的筒体, 内外两层, 料盘悬浮在烘干室中部, 两者靠环隙中的水来密封。

物料的水分用SC69-02型水分速测仪测定, 质量用EB-280-12型电子天平测定。

2 试样制备及试验方法

2.1 材料

试验选用本省普遍种植的平菇作原料, 由西北农业大学食用菌厂提供。试前采摘体态完整、菌盖褐黄、直径4~10 cm、菌褶为白色的鲜菇, 其柄长2~4 cm、直径1~2 cm, 放入冰箱备用。

2.2 方法

试验开始先启动风机, 调整风温、风速到预定状态, 待运行稳定后再称取一定量的试样铺满料盘, 放入烘干室开始计时, 每隔30 min称量1次, 直至在30 min内物料质量变化小于0.5 g时停止试验(见附表)。

附表 试验安排表

序号	试验条件			变化因素	
	物料初始水分 (%, 干基)	物料平衡水分 (%, 干基)	热风相对湿度 (%)	热风温度 (℃)	热风速度 (m/s)
1	90.3	5.77	11.47	40	0.2
2	89.8	4.97	8.60	50	0.2
3	90.07	3.74	6.82	60	0.2
4	89.8	5.50	11.68	45	0.4
5	89.6	3.44	13.60	50	0.5
6	90.06	3.40	7.69	60	0.5

为了分析各因素对干燥速率的影响, 把试验测得的质量值换算成水分含量, 最后以

水分比表示。

3 结果分析

3.1 热风温度和风速对水分比的影响

图2中实线表明在热风速度为0.2m/s及物料初始水分一定的条件下,热风温度为40℃,50℃,60℃时的水分比与烘干时间的关系。可以看出,在同一温度下水分比随着时间的增加而降低,而且随着温度的提高,在同一时间水分比明显减小,表明热风温度是影响干燥速率的主要因素之一。

图2还表明了在同一风温下,风速分别为0.2,0.4和0.5m/s时水分比与干燥时间的关系。由图中可以看出,随着时间的增加水分比明显下降,而且风速增大,水分比下降更快,说明风速是影响干燥速率的另一主要因素。

3.2 干燥规律的数学描述

由图2看出,水分比与干燥时间成指数关系。据文献分析^[1-3]选择以下三种数学模型进行分析讨论:

$$MR = \exp(-K \cdot t) \quad (1)$$

$$MR = A \cdot \exp(-K \cdot t) \quad (2)$$

$$MR = \exp(-K \cdot t^N) \quad (3)$$

式中 A 、 K 、 N 为干燥参数。

为便于分析,把以上三种模型进行变换化成线性形式,即:

$$\ln MR = -K \cdot t \quad (4)$$

$$\ln MR = \ln A - K \cdot t \quad (5)$$

$$\ln(-\ln MR) = \ln K + N \ln t \quad (6)$$

对比(4)、(5)两式可以看出,两式只差一个常数 $\ln A$,因此可把(4)式看成(5)式的一个特殊情形,其实质是一个描述 $\ln MR$ 与 t 关系的模型。所以在分析过程中只考虑(5)式和(6)式。下面把试验数据分别换算成 $\ln MR$ 、 $\ln(-\ln MR)$ 和 $\ln t$ 并描绘在 $\ln MR-t$ 和 $\ln(-\ln MR)-\ln t$ 坐标系中进行比较,其关系见图3图4。

由图3、4可以看出, $\ln MR$ 与 t 呈曲线关系,而 $\ln(-\ln MR)$ 与 $\ln t$ 呈直线关系,说

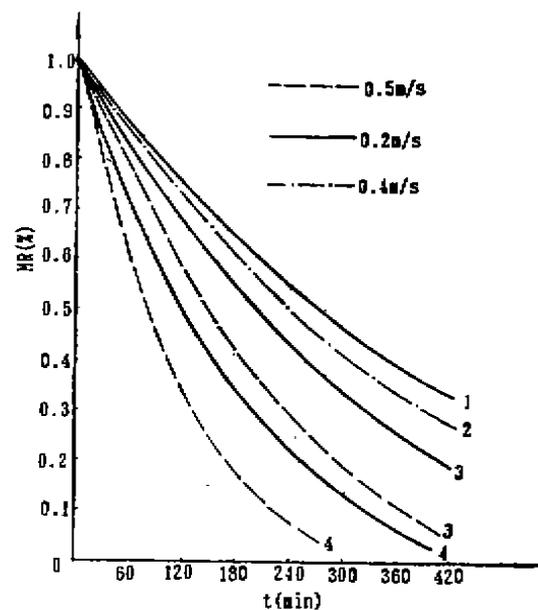


图2 不同风温、风速下水分比与时间的关系
1. $T=40^{\circ}\text{C}$; 2. $T=45^{\circ}\text{C}$; 3. $T=50^{\circ}\text{C}$; 4. $T=60^{\circ}\text{C}$

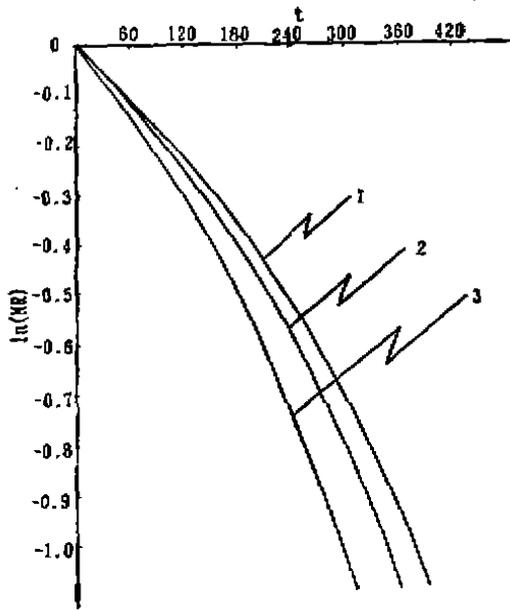


图3 试验数据在ln(MR) - t坐标中的分布
1. 40℃, 0.2m/s; 2. 45℃, 0.4m/s;
3. 50℃, 0.4m/s

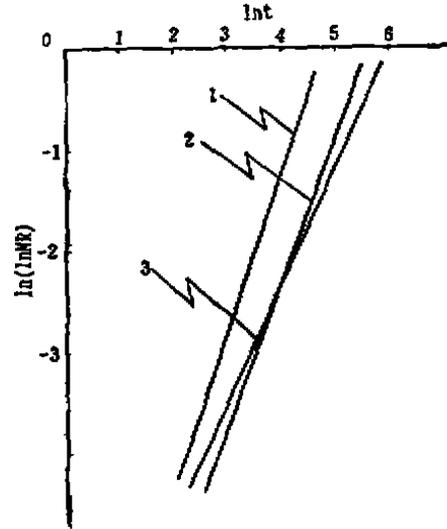


图4 试验数据在ln(MR - ln) - lnt中的分布
1. 60℃, 0.5m/s; 2. 50℃, 0.2m/s;
3. 40℃, 0.2m/s

明用(4), (5)两式来描述水分变化规律误差较大, 而用(6)式则较好, 因而选用 $MR = \exp(-Kt^N)$ 来描述食用菌的降水规律。

3.3 干燥参数K、N的确定

根据已确定的模型形式来确定参数K和N, 它是与干燥条件有关的参数^[4], 一般是风温T, 风速V和初始水分M₀的函数, 即

$$K = f(T, V, M_0) \quad (7)$$

$$N = g(T, V, M_0) \quad (8)$$

假定K、N均与T、V、M₀呈二次函数关系, 将其线性化进行回归处理^[5], 便可确定食用菌干燥模型中的参数为:

$$K = -0.049155029 + 0.05531958M_0 \quad (9)$$

$$N = 2.32447 - 0.04751T \cdot V - 0.07999T \cdot M_0 + 3.50157T \cdot V \cdot M_0 + 0.00094T^2 \quad (10)$$

相关系数R = 0.99871

4 模型的验证

为了验证方程的准确性, 作者用初始水分为90%, 风温为55℃, 风速为0.3m/s和 风温48℃, 风速0.2m/s的两组实验值与从方程(3), (9), (10)中得出的预测值进行了比较(图5)。由图5可以看出, 试验结果与模型的预测值有较好一致性, 其平均

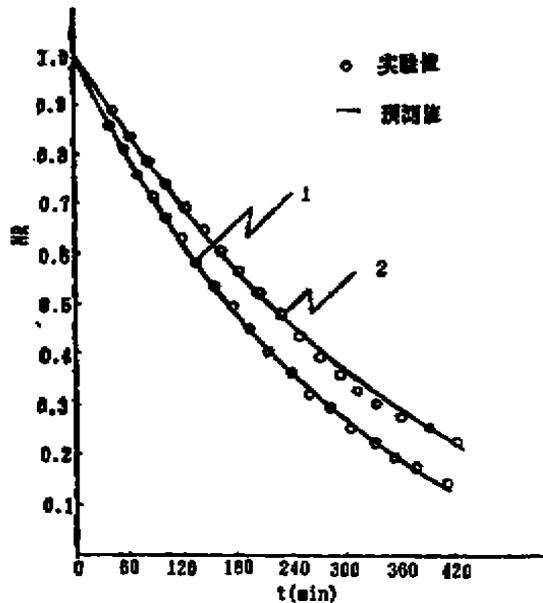


图5 实验值与预测值的比较

1. 55℃, 0.3m/s, 2. 48℃, 0.2m/s

偏离度10.32%，说明所选方程及系数可以较好地描述食用菌的干燥规律。

5 结论

1) 通过试验分析确认，热风温度和速度是影响食用菌干燥速率的主要因素。

2) 建立了食用菌干燥速率模型为：

$$MR = \exp(-K \cdot t^N)$$

$$K = -0.049155029 + 0.05531958M_0$$

$$N = 2.32447 - 0.04751TV - 0.07$$

$$999M_0 + 3.50157VM_0 + 0.00094T^2$$

3) 本文新建立的食用菌干燥速率模型适用于其他食用菌的干燥。

4) 本试验新确定的烘干条件是在给定工艺的基础上进行的，烘后物料品质符合工艺要求。

参考文献

- 1 Sharma A D. Rough rice drying as a two-compartment model, *Transaction of the ASAE*, 1987 (1), 221~224
- 2 曹崇文等. 小麦薄层干燥的试验研究. 北京农业工程大学学报, 1987 (1), 47~54
- 3 Syarif A M. Thin-layer drying rates of sunflower seed. *Transaction of ASAE*, 1974 (1), 39~43
- 4 董德元等. 试验研究的数理统计方法. 北京: 中国计量出版社, 1987.
- 5 张印璞. 小麦薄层烘干理论的研究. 东北农学院学报, 1987 (1), 51~60

Experiment of Dry Characteristics of Edible Mushroom

Yang Lingqing Niu Zhiyou Dai Weichen

(Department of Agricultural Engineering)

Abstract Dry characteristics of edible mushroom were studied in this paper. The effects of the initial moisture content of materials, temperature and velocity of heat air upon the drying rate were analysed. The model of drying rates of edible mushroom is established through the retrogression treatment of testing data. Also, the theoretical data were tested and evaluated. The results showed that the theoretical values were in agreement with experimental values.

Key words edible mushroom, dry characteristics, mathematical model