

36-40

第21卷 第1期
1993年1月西北农业大学学报
Acta Univ. Agric. Boreali-occidentalisVol.21 No.1
Jan. 1993

食用菌平衡含水率模型的拟合研究

杨林青 牛智有^{*} 杨 涛

(西北农业大学农业工程系, 陕西杨陵·712100)

摘 要 采用静态法测定了食用菌在 20, 30, 40, 50℃ 四个温度下, 全相对湿度范围内的吸湿平衡含水率, 以及相对湿度范围在 0~85% 内的解吸平衡含水率。以平均相对误差和标准差为评价指标, 对 Modified-Henderson, Chung-Pfost, Modified-Halsey, Modified-Oswin 四个模型和平衡含水率测定曲线进行了拟合研究, 得到了描述食用菌吸湿和解吸平衡含水率曲线的模型, 并对吸湿和解吸所产生的滞后现象进行了分析研究, 为食用菌干燥和贮藏提供依据。

关键词 食用菌类; 平衡含水率; 模型

中图分类号 S646.093, S11

在食用菌干燥与贮藏过程中, 平衡含水率是一个非常重要的参数, 它不但决定了给定干燥条件下所能达到的最低水分, 而且直接影响干燥速度。同时在贮藏过程中, 平衡含水率还决定在某一贮藏条件下能否安全贮藏, 所以, 平衡含水率的测定具有重要意义, 对其数学模型的拟合研究亦具有理论价值。

为了便于食用菌的加工、贮藏和干燥, 通过本试验可达到以下两个目的: ①测定食用菌在不同温度、相对湿度下的吸湿、解吸平衡含水率, 分析温度和相对湿度对平衡含水率的影响; ②确定描述食用菌吸湿、解吸平衡含水率曲线的数学模型。

1 研究方法

本研究选用国外学者在农业物料干燥、贮藏研究中提出的四种理论、半理论和经验模型来拟合食用菌平衡含水率的变化曲线, 这四种模型应用范围广, 精度高, 对物料适应性强, 曾广泛用来预测多种农业物料的平衡含水率。具体是:

1.1 Modified-Henderson 模型

1968 年, Thompson 研究了玉米的平衡含水率, 得出了以下模型⁽¹⁾:

$$1-RH = \exp[-A \cdot (T+C) \cdot EMC^B]$$

1.2 Chung-Pfost 模型⁽²⁾

Chung 和 Pfost 以 Polanyi 吸附理论为基础, 经过实验研究, 得出了以下经验式⁽²⁾:

$$RH = \exp[1 - A / (T+C) \cdot \exp(-B \cdot EMC)]$$

1.3 Modified-Halsey 模型

1948 年, Halsey 提出了描述多层分子凝缩作用的方程:

$$RH = \exp(-A / (R \cdot T) \cdot EMC^{-C})$$

收稿日期: 1991-10-10

1976年, Lglesias 和 Chirife 分析了式中的常数 A , C , 对该式进行了修正⁽³⁾:

$$RH = \exp[-\exp(A+B \cdot T) \cdot EMC^{-C}]$$

1.4 Modified-Oswin 模型

1946年, Oswin 提出了方程:

$$EMC = K \cdot [RH / (1-RH)]^C$$

研究者发现, 常数 K 与温度呈线性关系, 从而对该式进行了修正:

$$EMC = (A+B \cdot T) \cdot [RH / (1-RH)]^C$$

本研究利用非线性回归法来回归各模型中的常数(A , B , C)。同时, 用两个定量评价指标评价模型与测定值的拟合程度⁽⁴⁾:

$$\text{平均相对误差: } P = (100 / N) \cdot \sum (|Y - Y'| / Y)$$

$$\text{标准差: } S.E. = [\sum (Y - Y')^2 / df]^{1/2}$$

式中: Y ——测定值; Y' ——预测值; N ——数据个数; df ——回归模型自由度。

2 食用菌平衡含水率的测定

2.1 试验材料

试样采用体态完整、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。

2.2 测试装置

试验装置如图 1 所示。测定时, 把试样放入物料篮中, 密封, 然后把此装置放入恒温箱中。其温度用 WMSK-401 型数字式温控仪控制, 精度为 $\pm 0.2^\circ\text{C}$; 样品质量用 EB-280 型电子天平称量, 精度为 1/1000 g; 测定含水率用 SC09-02 型快速水分测定仪, 其测定误差为 $\pm 0.5\%$ 。

2.3 测试方法及条件

本试验采用静态法测定食用菌的平衡含水率。试验的温度条件为: 20, 30, 40, 50 $^\circ\text{C}$, 相对湿度由饱和盐溶液调整(见表 1)。

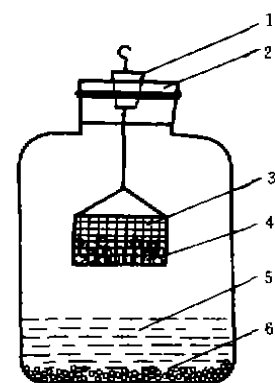


图1 平衡含水率测定装置示意图

1—橡胶塞; 2—密封塞; 3—物料篮;
4—物料; 5—饱和盐溶液; 6—过剩盐

表1 饱和盐溶液在不同温度下的相对湿度

$T/^\circ\text{C}$	LiCl	CH_3COOK	MgCl_2	K_2CO_3	$\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$	KI	NaCl	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	KCl	KNO_3	K_2SO_4
20	11.31	23.11	33.07	43.16	55.87	69.90	75.47	81.34	85.11	94.62	97.59
30	11.28	21.61	32.44	43.17	51.40	67.89	75.09	80.63	83.62	92.31	97.00
40	11.20	23.00	31.60	40.00	48.40	66.10	74.70	79.20	82.30	89.10	96.40
50	11.10	23.50	30.50	—	45.40	64.50	74.40	79.20	81.20	84.80	95.80

3 结果与分析

3.1 吸湿等温线

3.1.1 吸湿等温线 将试验所获得食用菌吸湿平衡含水率值绘制在 EMC - RH 坐标系中得到其吸湿等温线(如图 2)。由图 2 可以看出, 随着温度的升高, 平衡含水率略

有下降;随着相对湿度的增大,平衡含水率也增大,其增大值明显大于随温度升高的减小值。且在相对湿度大于 80% 的范围内,相对湿度略有变化即可引起平衡含水率的急剧变化,这充分说明,相对湿度比温度对平衡含水率有更大的影响作用。

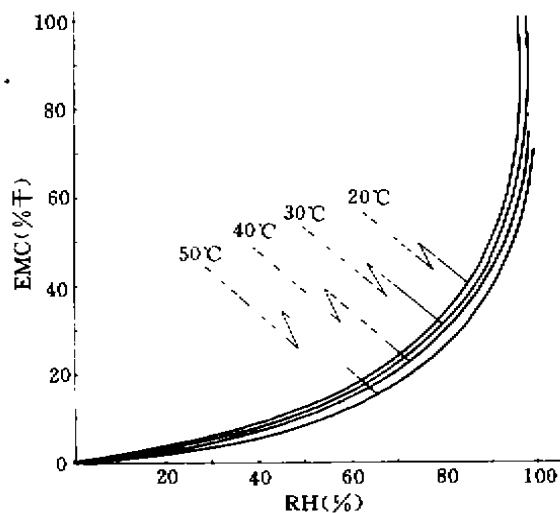


图 2 食用菌吸湿等温线

3.1.2 吸湿平衡含水率的数学模型 选择了四个模型拟合食用菌的平衡含水率曲线,用两个定量评价指标评价其拟合程度。拟合结果见表 2。

表 2 平衡含水率模型参数及评价指标值

数学模型		A	B	C	S.E	P	R ²
Modified-Henderson	吸	0.024 47	0.991 05	187.007 4	0.157 32	13.187 0	0.965 76
	解	0.055 85	1.203 22	78.808 8	0.107 58	8.135 47	0.994 89
Chung-Pfost	吸	232.431 8	3.900 32	72.831 4	0.182 85	15.173 9	0.927 63
	解	213.437 8	4.203 23	78.323 4	0.133 25	10.783 24	0.972 63
Modified-Halsey	吸	-2.843 4	-0.000 48	1.738 24	0.213 45	19.344 1	0.893 23
	解	-2.983 43	-0.000 52	2.033 42	0.153 45	11.872 43	0.832 3
Modified-Oswin	吸	0.122 19	-0.000 50	1.426 90	0.117 33	8.345 24	0.990 03
	解	0.192 85	-0.001 31	1.651 77	0.132 11	9.103 25	0.980 26

由表 2 可以看出,用 Modified-Oswin 模型描述食用菌吸湿平衡含水率,其相对误差、标准差较小,决定系数 R^2 较大,因此可用 Modified-Oswin 模型来描述食用菌吸湿平衡含水率等温线。

3.2 解吸等温线

3.2.1 解吸等温线 将试验所得解吸平衡含水率值绘制在 EMC-RH 坐标系即得解吸等温线(见图 3)。由于在相对湿度高于 85% 范围内试样发霉,得到的只是解吸等温线的主要部分。

由图看出, 解吸等温线与吸湿等温线相似, 随着相对湿度的增大, 解吸平衡含水率也增大; 随着温度升高, 解吸平衡含水率降低, 其温度变化对平衡含水率的影响远比湿度变化的影响小。

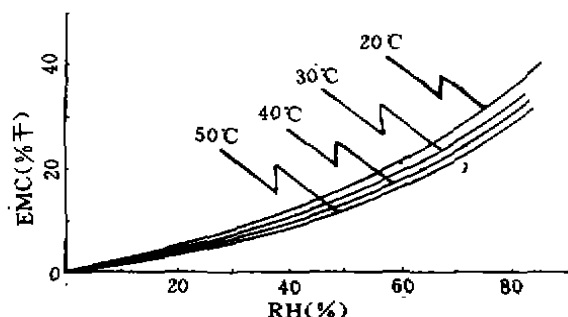


图3 食用菌解吸等温线

时平衡含水率滞后现象如图4所示。

从图中可以看出, 解吸平衡含水率值大于吸湿值。因滞后引起的平衡含水率差值范围为0~6.82%(干), 因此, 在应用食用菌平衡含水率数据时, 有必要说明是来自吸湿过程还是解吸过程。

4 结 论

1) 相对湿度比温度对平衡含水率有更大的影响作用。

2) Modified-Oswin 模型可以描述食用菌的吸湿平衡含水率等温线; Modified-Henderson 可以描述食用菌的解吸平衡含水率等温线。

3) 食用菌的平衡含水率有很大的滞后现象, 其滞后区间为0~6.82%。

4) 食用菌平衡含水率的测定方法及分析方法, 同样适用于其他农业物料。

3.2.2 解吸平衡含水率的数学模型

由表2可以看出, 用 Modified-Henderson 模型描述食用菌解吸平衡含水率曲线的相对误差, 标准差较小, 决定系数 R^2 较大。这说明, 用 Modified-Henderson 模型可描述食用菌的解吸平衡含水率曲线。

3.3 滞后现象

由于物料所处状态不同, 即处于吸湿状态还是处于解吸状态, 所产生的平衡含水率也不同, 即产生滞后现象。在30℃

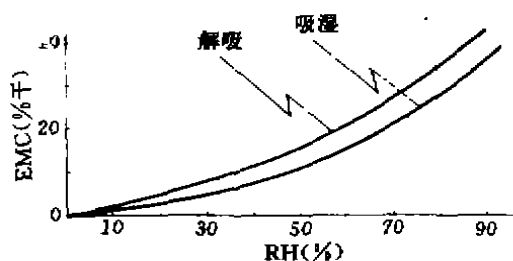


图4 30℃时平衡含水率滞后现象

参 考 文 献

- 1 Thompson T L, Equilibrium moisture content and wheat of vaporization of shelled corn and wheat. *Agri Eng.* 1954(35): 79~86
- 2 Chung D S, Pfost H B. Adsorption and desorption of water vapor by cereal grains and their products (part I, II, III). *Trans ASAE*. 1976(10): 807~912
- 3 Lgleslas H A, Chirife J. Prediction of effect of temperature on water sorption isotherms of food material. *J food*

Tech, 1976(1): 513~624

- 4 Chen chia-chung; Morey R. Vance, Equilibrium relativity humidity (ERH) relationships for yellow-dent corn.
Trans ASAE, 1989(3): 93~123

Research on the Fitting of Equilibrium Moisture Rate Model of Edible Mushroom

Yang Lingqing Niu Zhiyou Yang Tao

(Dept. of Agricultural Engineering, Northwestern Agricultural University, Yangling, Shaanxi, China, 712100)

Abstract The statistic gravimetric method is used to determine the equilibrium moisture absorption in the relative humidity range and that of desorption in the range of 0-85% of relative humidity under the different temperatures of 20, 30, 40, and 50°C. With average relative error and standard error as the evaluation indexes, the fitting study of four models by Modified-Henderson, Chung-Pfost, Modified-Halsey and Modified-Oswin as well as the determined curve of equilibrium moisture content was carried out thereby to obtain the model to describe the rate curve of moisture absorption and desorption in edible mushroom. Also, the delayed phenomena produced in the process of absorption and desorption was analysed, thus providing the scientific base for drying and storage of edible mushroom.

Key words edible fungi; equilibrium moisture content rate; model

• 学术动态 •

我校 8 项科研成果获 1992 年省部级科技进步奖

1992 年我校有 8 项成果获省、部级科技进步奖 (包括拟奖项目), 其中 2 等奖 3 项, 3 等奖 5 项。这 8 项成果的第一完成人及奖励等级为:

张 涌	山羊卵核移植的研究	陕西省科技进步二等奖
马章全	同羊种质特性及开发研究	陕西省科技进步二等奖
王立祥	宁南节水型农牧业结构	宁夏自治区科技进步二等奖
祝永昌	飞龙-0.75 型谷物联合收割机的研制	农业部科技进步三等奖
翟允褪	渭北旱原(省东)小麦高产优质配套技术研究	陕西省科技进步三等奖
王立祥	西北黄土高原农田降水生产潜力及开发途径	陕西省科技进步三等奖
熊运章	计算机在灌区用水管理中的应用技术研究	陕西省科技进步三等奖

(罗永娟 供稿)