

小麦薄层干燥特性研究

李长友¹ 邵耀坚¹ 上出顺一²

(1. 华南农业大学工程技术学院, 广州, 510642; 2. 日本国山形大学)

摘要 在确保送风温湿度恒定的条件下,考察了小麦的薄层干燥特性。小麦的降速干燥过程,可区分为2段降速干燥;降速干燥速率主要受送风温度的支配,受空气湿度的影响相对较小。

关键词 小麦; 薄层干燥; 干燥特性

中图分类号 S379

查明小麦的薄层干燥特性,是弄清其干燥机理,建立薄层干燥模型,进行深床干燥过程模拟的先决条件。薄层干燥,是指风量比(单位时间通过单位体积物料的容积风量)极大,以至空气通过谷物层后的温湿度几乎不发生变化的程度。因此,还很难定量的给出薄层干燥时的干燥层厚度。本文讨论的是送风温湿度恒定、实验设定的干燥层厚度约为5 mm时,小麦的干燥特性。

1 实验方法

1.1 实验装置

实验是以恒温恒湿装置(本田叶井制作所 PL-4G)的空气室作为干燥室。保证了物料在干燥过程中的空气温湿度恒定。该装置空气室内容量 800 L,温度调节范围 $-40\sim 100\text{ }^{\circ}\text{C}$;相对湿度调节范围 30% ~ 98%;调节精度分别为 $\pm 0.3\text{ }^{\circ}\text{C}$ 及 $\pm 2.5\%$ 。试料皿为内径 18 cm,高 1 cm 的塑料制圆盘,各皿底部是 2 mm $\times$ 2 mm 的尼龙网,每皿内装 60 g 试料。最初试料层厚度为 5 mm 并静置于干燥室内。实验中由空调机驱动气流在干燥室内回转,实现均匀地向物料层中送风。

1.2 试料的准备

实验材料为当年新产小麦,收获时的湿基含水率在 30% ~ 35% 之间。实验期间为维持收获时的水分状态,将试料装入塑料袋中保存在室温 $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的冷库内。为使物料的初期温度接近实际干燥时的环境温度,每次实验所需物料均在实验开始前1 h,从冷库中转放到约 $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的温室中。测定其初期水分后,每 60 g 充填 6 个干燥皿,随即放入干燥室。

1.3 实验条件的设定

设定的实验条件如表 1 所示。

实验过程中物料处于静置状态。在各实验设定条件下的任意干燥时刻,送风量保持恒定。为了考察空气温度对薄层干燥过程的影响,把气流温度在 $30\sim 65\text{ }^{\circ}\text{C}$ 之间设定为 8 段。相对湿度分别设定为 40% 和 50%。

1995-01-05 收稿

表 1 小麦干燥实验设定条件

序号	相对湿度 /%	空气温度/℃			干基含水率/%			干燥时间 /h:min
		设定	湿球	干球	初期	平衡	終了	
1	40	30	20.15	14.9	39.47	11.98	13.80	12:04
2	40	35	24.02	19.4	56.98	11.91	16.41	7:00
3	40	40	27.92	23.8	55.76	11.82	12.00	7:00
4	40	45	31.86	28.2	51.15	11.74	11.98	6:30
5	40	50	35.83	32.7	52.67	11.67	10.67	6:00
6	40	55	39.85	37.1	40.05	11.58	11.98	5:00
7	40	60	43.90	41.5	40.08	11.52	11.13	4:00
8	40	65	47.99	45.9	40.25	11.45	10.91	4:00
9	50	30	22.19	18.4	38.89	13.64	21.45	3:45
10	50	35	26.21	23.0	40.06	13.55	17.18	5:10
11	50	40	30.37	27.6	40.06	13.44	15.74	5:00
12	50	45	34.58	32.1	38.89	13.35	14.42	5:30
13	50	50	38.81	36.7	39.86	13.28	12.99	4:00
14	50	55	43.08	41.2	41.04	13.19	12.49	3:30
15	50	60	47.37	45.8	44.09	13.10	12.00	2:45
16	50	65	51.69	50.3	41.84	13.02	12.36	2:30

1.4 实验测定

试料的初期水分及干燥过程中的含水率是通过采样,按 5 g, 105 ℃, 24 h 烘箱法测定。采样间隔,从物料放入干燥室起到干至两小时以前每 10 ~15 min 测定一次,2 h 以后每隔 30 min 测定一次。由测定值计算得出各采样间隔内物料的平均干燥速率及含水率。

2 实验结果及其考察

2.1 小麦的含水率变化

小麦在薄层干燥下的含水率及干燥速率随干燥时间的变化如图 1 和图 2 所示。两图中分别给出的是相对湿度为 40%,不同温度下的小麦含水率推移过程及小时平均降水率的变化规律。各条曲线在干燥进行至 7 h 以后,变化都比较平缓且逐步地靠近。图示部分为各次实验进行至 7 h 以前的实测值。

在图 1 所示的含水率曲线上,每一曲线都不明显呈现直线变化的区段,说明在本实验条件下,小麦的薄层干燥并不存在清晰的恒速干燥区间。

从图 2 所示的干燥速率曲线变化可以看到,在最初测定间隔(0~15 min)内,

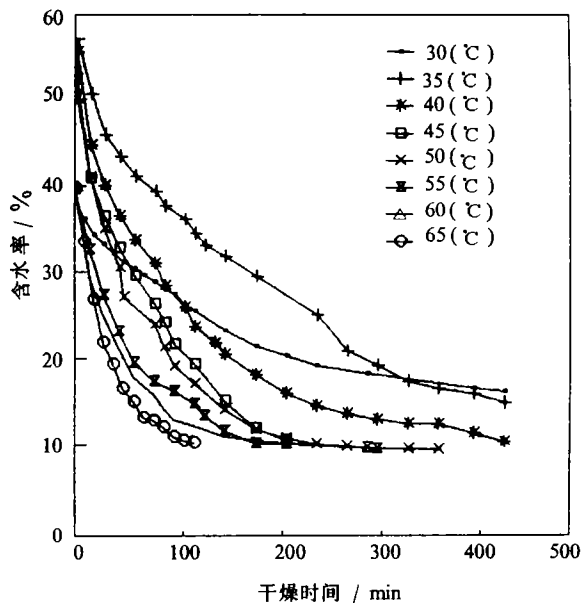


图 1 小麦的含水率变化

单位时间降水幅度较大。此后,较快地下降且呈现着送风温度和小麦初期含水率愈高,在初期干燥段内的干燥速率变化愈大。随着干燥的进行(约在干燥进行至2h左右以后),较高温度条件下的干燥速率开始较明显的慢于较低温度条件下的干燥速率。图2中的各条曲线依次相交即反映着这一干燥速率的变移过程。对于材料在薄层下干燥特性的解析,在国外象 Henderson (1961); Thompson (1968), Boyce (1965), 桐荣(1964), 村田(1973), 大塚(1982)等做了大量的研究工作,在国内曹崇文等(1987), 张印璞等(1987), 也给出了小麦的薄层干燥方程,但从上述曲线的变化特性看,可以把小麦的干燥速率归结为粒体内外水蒸汽压力差,其干燥机理可由扩散理论来解析。

2.2 自由含水比的变化

自由含水比对数曲线的变化如图3所示。

在此,自由含水比是指在干燥过程中,物料内含的自由水分与吸湿水分和平衡水分之差的比。自由水分是指在干燥过程中,从物料中所能除去的水分,即物料内含的水分与在平衡状态下物料内含的水分之差。

自由含水比以下称含水比率。许多材料在薄层干燥下,含水比率随干燥时间的变化都可近似地看作是指数曲线。作为这一过程的理论式,一般采用 $MR = \exp(-Kt)$ 形式的指数方程来表示。对这一方程的两边取自然对数,对数参量之间即化为直线关系。图3是按对数形式绘制出的小麦的含水比率实验曲线。由图3中的曲线变化可以看出,送风温度较低时,小麦的2段降速干燥过程近似于指数曲线。而在送风温度较高时,降速干燥过程较难用一直线表示。从图3中可以清晰地看到,含水比率的变

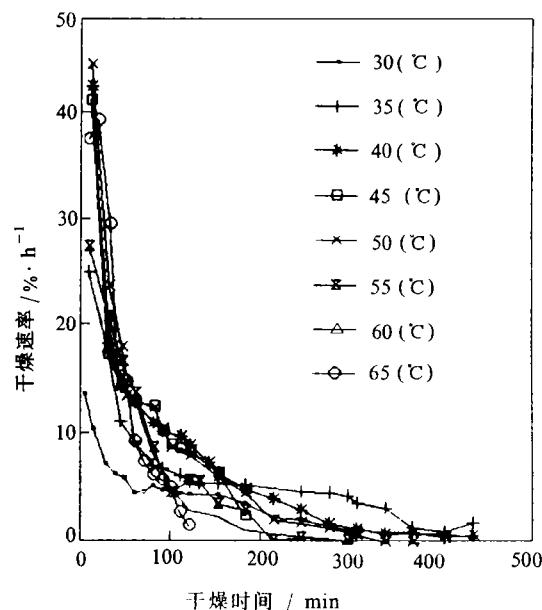


图2 干燥速率与干燥时间的关系

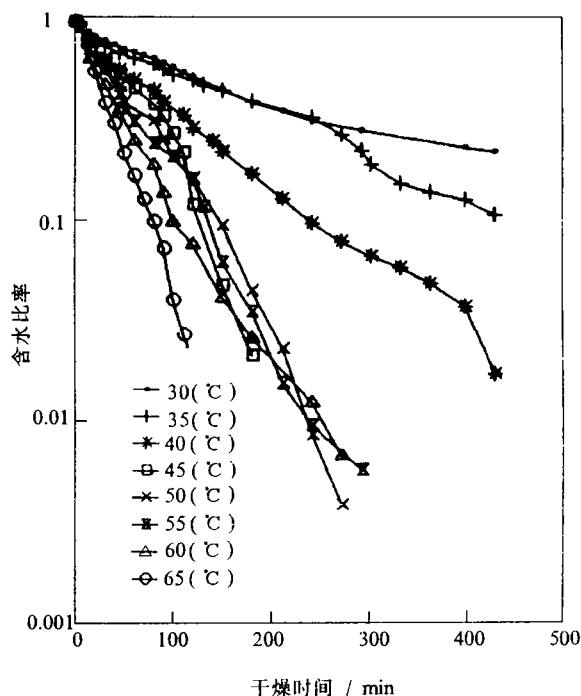


图3 含水比率的变化

化受送风温度的影响。送风温度愈高,干燥时间愈长(在含水率降至动平衡含水率之前),含水比变化率愈大,这一现象与本桥(1971)测得的单粒小麦热风干燥中的情况相一致。

2.3 干燥速率随含水率变化

图4是对图1的含水率曲线进行图微分后,按干燥过程中小麦的含水率值绘制出的干燥速率随含水率变化的曲线,图中各曲线间的纵横座标差反映干燥速率对送风温度及物料含水率的依赖关系。可以看到含水率愈高,高低温干燥的干燥速率差愈大。干燥速率愈高,同一干燥速率下小麦的含水率差也愈大。随着含水率的降低,干燥速率及各曲线间的纵座标差同时都在缩小。就同一干燥曲线来讲,存在着初期干燥速率较快的区间,其降速干燥过程仍可区分为2段降速干燥。

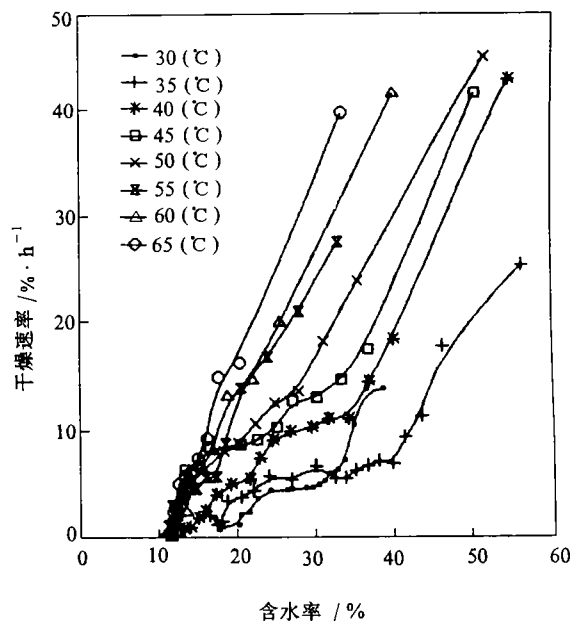


图4 干燥速率与含水率的关系

3 结 论

分析小麦在本研究设定实验条件下的干燥过程,可得出以下结论:

(1) 小麦在薄层干燥下,看不到清晰的恒速干燥区间,但在降速干燥过程中,存在着干燥速率较快的区间,其降速干燥过程,可分为2段降速干燥。

(2) 小麦在薄层干燥过程中,干燥速率梯度主要受送风温度的支配,受送风湿度的影响相对较小。

(3) 小麦的含水比率随时间的变化,明显地受送风温度和湿度的影响,但受温度的影响要比湿度大。

(4) 小麦在降速干燥过程中,自由含水比的对数随时间的变化较难划为同一直线。送风温度愈高、干燥时间愈长(在材料的含水率降至动平衡含水率以前)含水比变化率愈大。

参 考 文 献

- 张印璞,余友泰.1987.小麦薄层烘干理论的研究.东北农学院学报,18(1): 51~55
- 曹崇文,俞微微.1987.小麦薄层干燥的试验研究.北京农业工程大学学报,7(1):47~54
- 桐荣良三,林信也,平冈正胜,等.1964.粒体及び粉体材料減率干燥第二段の机构.化学工学,28(6): 458~467
- 大塚寛一治.1982.薄层とみの热风干燥特性にかんする一实验式.农业机械学会志,37(3): 469~476
- 村田敏.1973.薄层理论によるもみの混合层干燥特性の解析.九州大学农学艺志,27(3,4):259~280
- 本桥国嗣,细川明.1971.一粒の小麦の干燥特性.农业机械学会志,33(3):288~291

- Boyce D S. 1965. Grain moisture and temperature changes with position and time during through-drying. J Agr Eng Res, 10(4): 333~341
- Henderson S M, Pabis S. 1961. Grain Drying Theory. J Agr Eng Res, 6(2): 169 ~ 173
- Thompson T L, Peart R M, Foster G H. 1988. Mathematical Simulation of Corn Drying A New Model. Trans ASAE, 11(4): 582 ~ 586

THIN LAYER DRYING CHARACTERISTICS OF WHEAT

Li Changyou¹ Shao Yaojian¹ Kamide Junichi²

(1. College of Polytechnic, South China Agr. Univ., Guangzhou, 510642;

2. Yamagata University, Tsuruoka, 997, Japan)

Abstract

The thin layer drying characteristics of wheat were investigated under constant drying air temperatures and relative humidities. It was found that the falling rate of drying process could be divided into two stages, and that the drying rate in the falling rate drying stages was affected significantly by the air temperature. However, the effect of the relative humidity of the drying air was found not to be significant.

Key words wheat; thin layer drying; drying characteristics