

糖制菠萝片干燥的研究

叶盛英

(园艺系)

摘要 本文用热风干燥试验设备,探讨了风温、风速对糖制菠萝片干燥速度影响。通过试验数据的处理,建立了糖制菠萝片干燥模型。

关键词 糖制菠萝片;干燥

菠萝是我国热带和亚热带地区 4 大名果之一,广东省栽培面积较大,产量多。它除供鲜食之外,又是制作果汁、蜜饯果脯主要原料。半干态的蜜饯菠萝脯,是糖制后,经过干燥而制成。因其不带糖液、质地柔软,既有菠萝香味,又有一定甜度,同时能实现较长的保藏期。

目前,关于糖制菠萝片干燥过程、影响参数等缺乏系统的研究。为了设计出与之适应的干燥设备,满足机械化生产,需要掌握有关干燥时间与干燥介质状态间的数据。

本研究目的是:(1)测定糖制菠萝片干燥曲线、干燥速度曲线。(2)建立糖制菠萝片干燥数学模型,为制造干态、半干态蜜饯菠萝脯生产线中的干燥设备计算机模拟控制提供一定的理论依据。

1 材料与方法

1.1 实验装置

本研究的实验装置是属于柜式干燥设备,实验装置流程见图 1。由华南理工大学化机厂生产。

1.2 实验材料

先把无刺卡因种的菠萝的果筒,在垂直果筒轴线上以 10~11 mm 切片,并使各片直径为 95 mm。

考虑到生产中常用速煮法^[2],生产蜜饯果脯,故本研究也采用此法每一次煮制

2 片试样。

在进行干燥前,取出试样,用 15 min 沥除糖液,使试样不滴糖液。然后测量试样尺寸和称重。

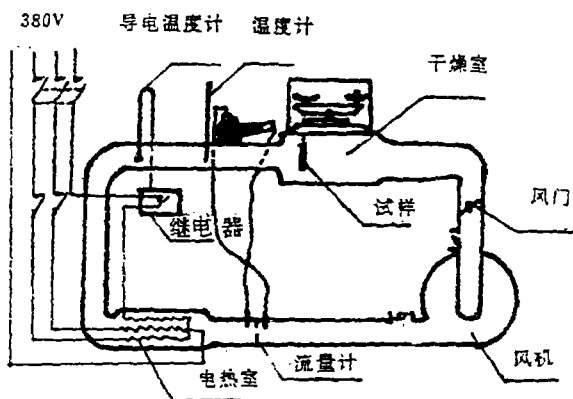


图 1 实验装置流程

1992—09—24 收稿

1.3 实验方法

在测试前,将其中1片试样,用物料夹放入干燥室内,开动风机及加热器,调节风门,用孔板流量计测量、并计算风速值,用导电温度计设定所需风温。当风速、风温达到所需数值,并稳定3 min,即正式将另一片试样放入物料夹中进行测试。

试样每减少3 g水份,就记录时间,至试样接近平衡水份止,并称重。

再将这试样放入快速红外线烘干炉里,把试样烘成焦炭状,称取试样绝干质量(G_c)。

2 试验结果及分析

图2是试样在不同风温、风速下的干燥曲线。图3是干燥速度曲线。

从图3可看出:糖制菠萝片干燥过程,明显地分为调整阶段和降速阶段,而没有等速阶段。这与水份为75%~90%的苹果干燥时需经历等速阶段^[1],蘑菇热风干燥时所出现等速阶段^[3],有所不同。

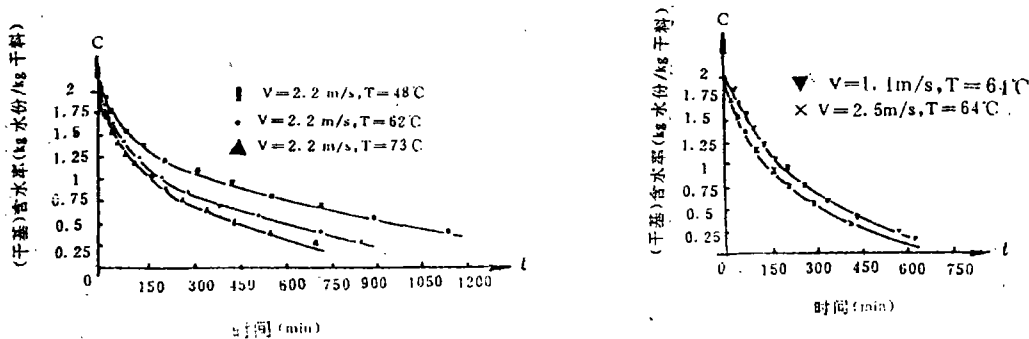


图2 糖制菠萝片干燥曲线

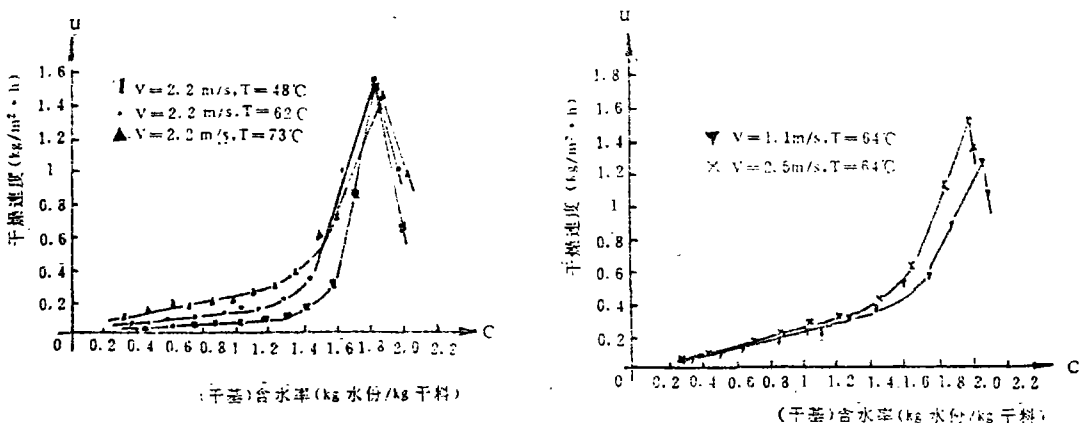


图3 糖制菠萝片干燥速度曲线

调速阶段,干燥速度递增迅速,这主要是初始含水率较高的缘故。在此阶段物料吸收热量主要用于升温。

进入降速阶段后,干燥速度随着物料湿度减少而不断降低。开始降低速率快,到一定

时间后, 速度缓慢。刚进入降速阶段, 果实的聚合体对糖液、果实中的水份可起“分子筛”作用, 让水份在温度梯度作用下移向表面。水份运动也会使糖运动。而糖不蒸发, 只有浓缩, 最后沉淀在汽化界面上, 成为了水份向表面蒸发阻力。

风速对降速后阶段的干燥速率基本无影响。这表明降速后阶段, 湿份扩散阻力主要在物料内, 亦就是干燥速度由湿份在物料内部迁移率决定。风温升高, 有利于内部水份迁移, 故温度对干燥速度影响较明显。

3 糖制菠萝片干燥方程

3.1 数学模型建立

物料在一定条件下干燥时, 干燥过程水份变化满足费克第二扩散定律^[4]。糖制菠萝以片状干燥, 故水份变化可用一维坐标 (如图4) 的费克第二扩散定律描述, 即:

$$\frac{\partial c}{\partial t} = D \left(\frac{\partial^2 c}{\partial x^2} \right) \quad \dots \quad (1)$$

边界和初始条件为:

$$\begin{cases} t \geq 0, x = 0, (\partial c / \partial x) = 0 \\ t = 0, 0 \leq x \leq \delta, C = C_0 \\ x = \delta, C = C_e \end{cases} \quad \dots \quad (2)$$

式中 C ——含水率 (干基), kg 水份/ kg 干料;

D ——导水性系数, m^2/min ;

t ——时间, min ; x ——坐标, m ;

C_e ——平衡含水率 (干基), kg 水份/ kg 干料;

C_0 ——初始含水率 (干基), kg 水份/ kg 干料;

δ ——菠萝片半厚度, m 。

由 (1) 和 (2) 式, 可得:

$$\frac{(C - C_e)}{(C_0 - C_e)} = \left(\frac{8}{\pi^2} \right) \sum_{n=0}^{\infty} \left[\frac{1}{(2m+1)^2} \right] \text{EXP} \left\{ -D \left[(2m+1)^2 \cdot \pi^2 \cdot t \right] / \delta^2 \right\} \quad \dots \quad (3)$$

令 $MR = (C - C_e) / (C_0 - C_e)$ 称作水份比, 表示还有多少水份未被干掉。

3.2 水份比实用模型建立:

式 (3) 是在以内部扩散条件下建立的。糖制菠萝在干燥过程中, 水份变化可由内部扩散以外的其它控制因素影响, 如风温 (T), 风速 (v)。故把 (3) 式写成:

$$MR = A(v, T) \cdot \sum_{n=0}^{\infty} \left[\frac{1}{(2m+1)^2} \right] \text{EXP} \left[- (2m+1)^2 \cdot k(v, T) \cdot t \right] \quad \dots \quad (4)$$

此外, (3) 式收敛极快, 把实验值标绘在半对数坐标上, 如图 5 示, 在 $MR = 0.65$ 以下部分为直线, 故 (4) 式二次以上高次项可略, 即:

$$MR = A(v, T) \text{EXP} \left[-k(v, T) \cdot t \right] \quad \dots \quad (5)$$

式中 $A(v, T)$, $k(v, T)$ 分别为与风温、风速有关的函数项。

为了求取 $A(v, T)$, $k(v, T)$ 可将式 (5) 取对数, 并由图 5: $\ln A(v, T)$ 为纵截距, 与风温无关, 只与风速有关, $k(v, T)$ 为斜率, 与风温有关, 而与风速无关。把上述关系

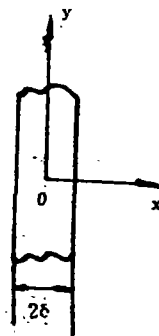


图4 薄层坐标系

及实验数据,通过电子计算机对(5)式回归,得

$$k(v, T) = 2 \times 10^{-3} - 7 \times 10^{-5} T$$

$$A(v, T) = \text{EXP}(-0.254 + 0.014v)$$

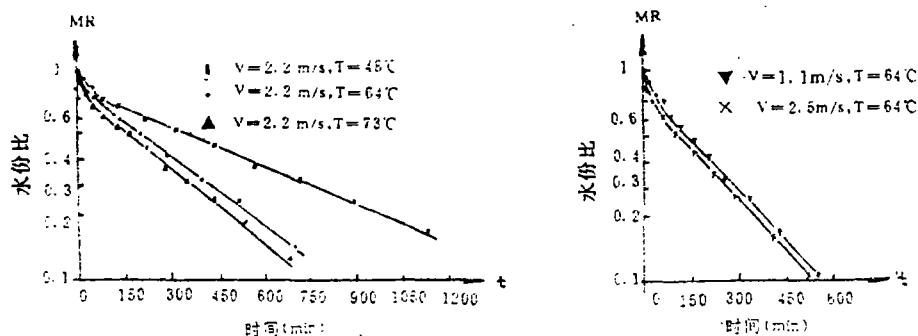


图5 水份比与时间关系

3.3 干燥速率实用模型建立

把式(4)两边对时间微分,微分式两边同乘以 ρ_w/S (ρ_w ——水份密度; S ——物料表面与热风接触面积)。同时,此片状物相当于单位体积所占有接触面积为 $2/\delta$ 。并和式(4)相除,得:

$$u = -G \frac{dc_p}{S dt} = 2\delta \cdot \rho_w \cdot k(v, t) \cdot (C - C_e) \cdot \left\{ \sum_{m=0}^{\infty} \text{EXP}[-(2m+1)^2 \cdot k(v, t)] \cdot t \right\} \cdot \left\{ \sum_{m=0}^{\infty} [1/(2m+1)^2] \cdot \text{EXP}[-(2m+1)^2 \cdot k(v, t) \cdot t] \right\} \quad \dots \quad (6)$$

当时间参数 t 大到一定程度后,式(6)右边大括号因子趋于1,于是式(6)为:

$$u = 2 \cdot \delta \cdot \rho_w \cdot k(v, T) \cdot (C - C_e) \quad \dots \quad (7)$$

从图3实验曲线看出,干燥降速后阶段是与 $(C - C_e)$ 值呈线性关系,这和式(7)所描述是一致的。

3.4 模型方程的验证

分别把当风速为 57°C , 风速为 2.3 (m/s) 及风速为 60°C , 风速为 2 (m/s) 时测试结果与用方程(5)、(7)计算预测值进行比较,比较结果见图(6)。由图看出,试验结果与模型预测值有较好的一致性。

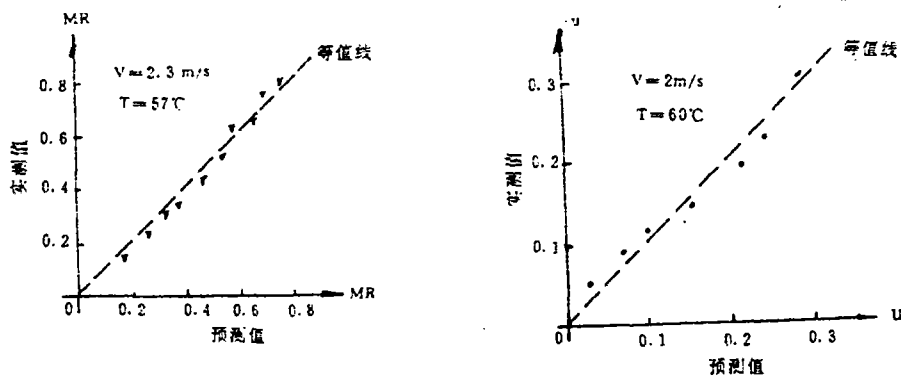


图6 模型方程验证关系

4 结论

- 4.1 糖制菠萝片干燥过程的特点:不会出现等速阶段,只有调整阶段和降速阶段。
- 4.2 糖制菠萝片干燥的降速阶段后期,干燥速度与风温有关,而与风速无关。
- 4.3 建立了糖制菠萝片干燥的水份比,干燥速度模型。在本研究条件参数范围内,模型预测值与实测值有较好的一致性。

致谢 本文蒙邵佩琼副教授审阅及提出宝贵意见,特此表示感谢。

参 考 文 献

- 1 无锡轻工业学院、天津轻工业学院台编.食品工艺学.北京:轻工业出版社,1985.30
- 2 华南农学院主编.果品贮藏加工学.北京:农业出版社,1981.225
- 3 唐学石,许乃章,陆平中.蘑菇热风干燥的研究.农业机械学报,1990,21(2):50
- 4 D. M. Bruce Exposed—Layer Barley. Drying: Three Models Fitted to New Data up 150°C. J agri Engng Res, 1985, 32: 337~347

RESEARCH ON THE DRYING OF SUGAR—PRESERVED PINEAPPLE SLICES

Ye Shengying

(Department of Horticulture)

Abstract In this paper, the different effects of air temperature and airflow velocity on the drying of sugar—preserved pineapple slices were investigated by a convection airflow drying apparatus. A mathematical model for the drying of sugar—preserved pineapple slices was developed.

Key words Sugar—preserved pineapple slices; Drying