

# 无核白葡萄箱式热风干燥特性及干燥模型研究

## Drying characteristics and mathematical model of hot air drying for white seedless grape

杨嘉鹏<sup>1</sup> 闫圣坤<sup>2</sup> 徐立军<sup>1</sup> 刘岩<sup>1</sup>

YANG Jia-peng<sup>1</sup> YAN Sheng-kun<sup>2</sup> XU Li-jun<sup>1</sup> LIU Yan<sup>1</sup>

(1. 新疆工程学院电气与信息工程系, 新疆 乌鲁木齐 830022;

2. 新疆农业科学院农业机械化研究所, 新疆 乌鲁木齐 830091)

(1. Department of Electrical and Information Engineering, Xinjiang Institute of Engineering, Urumqi, Xinjiang 830022, China; 2. Agricultural Mechanization Institute, Xinjiang Academy of Agricultural Sciences, Urumqi, Xinjiang 830091, China)

**摘要:**分析热风温度(30~45 °C)、热风风速(0.5~2 m/s)等因素对无核白葡萄干燥特性的影响,计算不同条件下水分有效扩散系数( $D_{eff}$ )及干燥活化能( $E_a$ ),再采用4种薄层干燥模型对不同试验条件进行非线性拟合,并比较不同条件的 $R^2$ 、RMSE和 $\chi^2$ 值。结果表明:在干燥过程中,随着干燥温度及风速的升高, $D_{eff}$ 也随之升高,利用阿伦尼乌斯公式计算出无核白葡萄的干燥活化能为22.95 kJ/mol。通过4种模型的 $R^2$ 、RMSE和 $\chi^2$ 值比较,Parabolic模型的拟合结果最好,最能描述葡萄干燥过程中水分比的变化规律,可为无核白葡萄干燥生产提供理论依据。

**关键词:**热风干燥;无核白葡萄;水分扩散率;活化能;模型

**Abstract:** Analysed the drying characteristics of white seedless grape under the conditions of air temperatures(30~45 °C) and air velocity (0.5~2 m/s), and obtained the available moisture diffusion coefficient and drying activation energy. Finally, non-linear regression analysis was used to develop four common agricultural thin layer-drying models based on the data, and these models were evaluated by coefficient of determination ( $R^2$ ), root mean squared error (RMSE) and chisquare value ( $\chi^2$ ). Results: The available moisture diffusion coefficient were rising with the growth of air temperature and air velocity. The drying activation energy ( $E_a$ ) is calculated to be 22.95 kJ/mol according to Arrhenius formula. According to the statistical parameters from four kinds of models, such as determination

( $R^2$ ), chisquare value ( $\chi^2$ ) and root mean squared error (RMSE), the Parabolic model can well predict the moisture change law during drying process of white seedless grape. The results could provide a theoretical basis for white seedless grape drying production.

**Keywords:** hot air drying; white seedless grape; moisture diffusivity; activation energy; model

葡萄是世界四大水果之一,由于具有易丰产、结果早、适应性等优点,被广泛栽植于世界各地。中国是世界葡萄主产区,尤其是吐鲁番葡萄干年产量占全国葡萄干产量的60%以上,已成为中国葡萄干最大的产区。干燥是无核白葡萄产后加工处理的重要环节之一。热风干燥葡萄干时间较传统自然晾晒可以缩短约1/3,同时提高了葡萄干的色泽品质。传统自然晾晒的干燥方法具有场所简单、不需专用设备的优点,但受气候条件的影响,干燥周期长、粉尘及鸟鼠污染严重,产品品质难以保证。热风干燥技术与其他干燥技术相比具有设备结构简单、制作成本低、物料批次处理量大等优点,已被广泛应用于烟叶<sup>[1]</sup>、杏子<sup>[2]</sup>、枸杞<sup>[3]</sup>、番木瓜<sup>[4]</sup>、葡萄干<sup>[5]</sup>等物料的干燥,并且产品品质也都有所提高。因此,开展热风干燥技术研究,提高无核白葡萄干制品品质、缩短干燥时间是今后葡萄产业发展的必由之路。

目前,国内外研究人员对葡萄热风干燥主要开展了热风干燥特性、水分扩散特性及干燥模型等的研究,如康彦等<sup>[6]</sup>利用热风干燥技术,研究用碳酸钾和橄榄油浸泡处理对无核白葡萄热风干燥特性的影响,得出干燥前预处理可以提高葡萄干的品质、同时缩短干燥时间。Azzouz等<sup>[7]</sup>研究了两种地中海种植的葡萄在对流热风干燥时的干燥动力学和水分扩散系数,评价了有效扩散系数,建立了干燥固体和约束物质的运动模型。孟阳<sup>[8]</sup>研究了热风干燥和贮藏包装方法对无

**基金项目:**国家自然科学基金地区基金项目(编号:31460397);新疆工程学院科研基金项目(编号:2016xgy151812)

**作者简介:**杨嘉鹏,男,新疆工程学院讲师,硕士。

**通信作者:**徐立军(1978—),男,新疆工程学院副教授,博士。

E-mail:183742493@163.com

**收稿日期:**2017-03-18

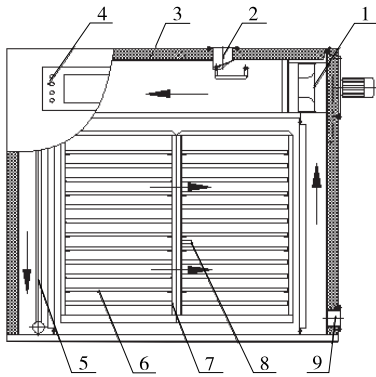
核白葡萄干品质的影响,得出温度对无核白葡萄干干燥时间具有重要的影响,同时研究出充氮包装和真空包装对葡萄干贮藏效果较好。Togrul等<sup>[9]</sup>研究了热风干燥黑葡萄干,通过计算水分有效扩散系数,发现Page模型最能描述黑葡萄干干燥曲线。

本试验拟利用自制的热风干燥装置对无核白葡萄进行干燥,研究温度和风速对无核白葡萄干燥特性的影响,掌握无核白葡萄热风干燥过程中水分的扩散规律,并在此基础上,确定拟合度较好的干燥模型,最终达到缩短干燥时间、提升产品品质的目的,为葡萄干制品的工业化生产提供理论依据。

## 1 材料和方法

### 1.1 试验装置

本研究中采用的热风干燥装置见图1,主要由控制系统(控制系统、温湿度传感器)、加热系统(翅片管散热器)、循环系统(风机、排湿系统、进风系统)和机架等组成。设定好各个干燥阶段的参数后,开启加热系统和风机。当干燥温度达到设定温度时,将摆放在托盘内的物料放入干燥装置内,开始干燥。工作时,风机将空气吹至翅管散热器处,加热后的空气经一侧条形风道进入到干燥室内,在风机的作用下,热风从另一侧的条形风道排出干燥室再一次运动到风机处形成循环风。



1. 风机 2. 排湿系统 3. 保温层 4. 控制系统 5. 翅片管散热器  
6. 托盘 7. 机架 8. 温湿度传感器 9. 进风口

图1 热风干燥装置结构简图

Figure 1 Hot air drying device structure diagram

### 1.2 试验原料

试验所用的无核白葡萄购于乌鲁木齐市北园春市场,无核白葡萄的几何平均直径为 $(1.3 \pm 0.1)$  cm,平均质量为 $(3.0 \pm 0.2)$  g,初始湿基含水率为 $(77.21 \pm 0.3)\%$ (热风干燥箱内 $105^\circ\text{C}$ ,干燥 $24\text{ h}$ <sup>[10]</sup>),原料要求新鲜、大小均匀、无表面破损和病虫害等。购置回来的无核白葡萄立即放入 $(5 \pm 1)^\circ\text{C}$ 的冷库内进行保存。试验前需将外形尺寸基本相似无核白葡萄在质量浓度为 $3.5\%$ 的促干剂溶液(新疆惠普园艺新技术公司专利产品)中浸泡 $1\text{ min}$ ,取出后清洗干净作为试验对象。

### 1.3 试验气候条件

试验在新疆乌鲁木齐市,日最高温度 $31^\circ\text{C}$ ,最低温度

$18^\circ\text{C}$ ;相对湿度最大 $35\%$ ,最小 $20\%$ ;最大风力II级。

### 1.4 试验方法

将无核白葡萄浸泡在预处理溶液中 $3\text{ min}$ ,取出后晾干,放入热风干燥装置中进行试验。热风干燥条件为:热风温度分别设定为 $30, 35, 40, 45^\circ\text{C}$ ,风速 $1.0\text{ m/s}$ ;风速分别为 $0.5, 1.0, 1.5, 2.0\text{ m/s}$ ,温度 $45^\circ\text{C}$ 。放入样品前,先对热风干燥设备进行调试,约 $2\text{ h}$ 达到稳定的设定条件后再进行试验。从放入样品开始计时,每隔 $1\text{ d}$ 用电子天平记录一次无核白葡萄的质量,计算干基含水率。直到葡萄干基含水率降到 $(0.25 \pm 0.30)\text{ g/g}$ 以下结束试验。每组试验重复 $2$ 次,取平均值<sup>[6]</sup>。

### 1.5 试验计算方法

不同干燥时间无核白葡萄的水分比按式(1)计算:

$$MR = \frac{M_t - M_e}{M_0 - M_e}, \quad (1)$$

式中:

$MR$ ——水分比;

$M_0$ ——葡萄初始干基含水率,  $\text{g/g}$ ;

$M_e$ ——葡萄干燥到平衡时干基含水率,  $\text{g/g}$ ;

$M_t$ ——葡萄在任意 $t$ 时刻的干基含水率,  $\text{g/g}$ 。

干燥速率的计算如式(2)所示:

$$DR = \frac{M_{t1} - M_{t2}}{t_2 - t_1}, \quad (2)$$

式中:

$DR$ ——干燥速率,  $\text{g}/(\text{g} \cdot \text{min})$ ;

$M_{t1}$ —— $t_1$ 时刻葡萄的干基含水率,  $\text{g/g}$ ;

$M_{t2}$ —— $t_2$ 时刻葡萄的干基含水率,  $\text{g/g}$ 。

干基含水率 $M_t$ 计算按式(3)计算:

$$M_t = \frac{W_t - G}{G}, \quad (3)$$

式中:

$M_t$ ——干基含水率,  $\text{g/g}$ ;

$W_t$ ——葡萄在 $t$ 时刻的总质量,  $\text{g}$ ;

$G$ ——葡萄干物质质量,  $\text{g}$ 。

水分有效扩散系数 $D_{eff}$ 按式(4)计算<sup>[11-13]</sup>:

$$\ln MR = \ln \frac{6}{\pi^2} - \frac{\pi^2 t}{r^2} D_{eff}, \quad (4)$$

式中:

$MR$ ——水分比;

$t$ ——干燥时间,  $\text{s}$ ;

$r$ ——葡萄当量半径,  $\text{m}$ ;

$D_{eff}$ ——水分有效扩散系数,  $\text{m}^2/\text{s}$ 。

干燥活化能按式(5)计算<sup>[14-15]</sup>:

$$D_{eff} = D_0 \exp \left[ -\frac{E_a}{R(t + 273.15)} \right], \quad (5)$$

式中:

$D_0$ ——扩散基数,  $\text{m}^2/\text{s}$ ;

$E_a$ ——干燥活化能,  $\text{kJ/mol}$ ;

$t$ ——干燥时间,  $\text{s}$ ;

$D_{eff}$ ——水分有效扩散系数,  $\text{m}^2/\text{s}$ ;

$R$ ——气体摩尔常数,8.314 kJ/mol。

## 1.6 数据处理与模型分析

利用 MATLAB 软件进行试验数据处理,数学模型的拟合程度可以由  $R^2$ 、 $\chi^2$  和  $RMSE$  表示<sup>[3]</sup>。 $R^2$  与  $\chi^2$  和  $RMSE$  均呈负相关,描述无核白葡萄薄层干燥特性数学模型拟合程度较好。 $R^2$ 、 $\chi^2$  和  $RMSE$  分别按式(6)~(8)计算:

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N (MR_{pre,i} - MR_{exp,i})^2}{\sum_{i=1}^N (MR_{pre} - MR_{exp,i})^2}, \quad (6)$$

$$\chi^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (MR_{exp,i} - MR_{pre,i})^2}{N - z}, \quad (7)$$

$$RMSE = \left[ \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (MR_{pre,i} - MR_{exp,i})^2 \right]^{\frac{1}{2}}, \quad (8)$$

式中:

$MR_{exp,i}$ ——实测水分比;

$MR_{pre,i}$ ——预测水分比;

$N$ ——试测组数;

$z$ ——第  $z$  项;

$N$ ——常数的个数。

## 2 结果与分析

### 2.1 干燥条件对无核白葡萄干燥速率的影响

2.1.1 干燥温度的影响 当风速为 1 m/s,不同干燥温度对无核白葡萄干燥速率的影响见图 2。由图 2 可知,随着干燥温度的增加,水分比呈逐渐降低的趋势。干燥时间随干燥温度的升高而缩短,是因为温度越高,物料中水分汽化扩散到干燥介质中速度越快,从而加快了水分迁移的速度<sup>[16]</sup>。

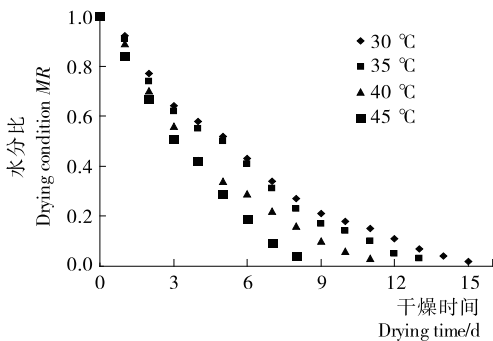


图 2 干燥温度对无核白葡萄干燥速率的影响

Figure 2 Drying rates of white grapes at different hot air temperatures

2.1.2 干燥风速的影响 当温度为 40 °C,不同风速对无核白葡萄干燥速率的影响见图 3。由图 3 可知,无核白葡萄的水分比随着干燥时间的延长而呈现降低的趋势。风速越高,干燥时间越短,主要是因为增加风速,也就增加了无核白葡萄表面接触于热空气的量,增加了无核白葡萄内水分的蒸发,所以干燥时间越短。

### 2.2 无核白葡萄水分有效扩散系数

水分有效扩散系数主要用于判断干燥过程中,物料中水分迁移速度的情况。由于无核白葡萄在整个干燥过程中只

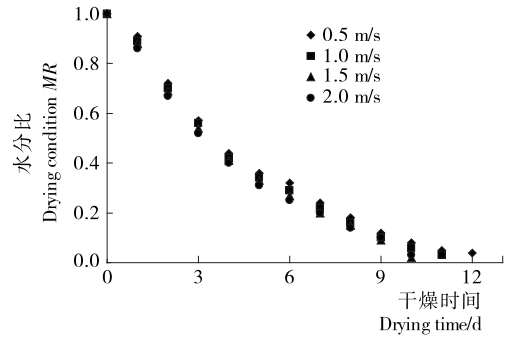


图 3 风速对无核白葡萄干燥速率的影响

Figure 3 Drying rates of white grapes at different air velocities

存在降速阶段<sup>[17-18]</sup>,因此,可以用费克第二定律来计算无核白葡萄干燥过程中的水分有效扩散系数。

图 4、5 分别为无核白葡萄在不同温度与风速条件下,  $\ln MR$  随干燥时间  $t$  的变化曲线,通过线性回归计算  $D_{eff}$ ,见表 1。

由表 1 可知,在干燥的过程中,随着干燥温度的升高,  $D_{eff}$  也随之升高,主要是由于随着温度的升高,物料中水分子的运动不断加剧,造成水分有效扩散系数也不断提高,进而加快了干燥的进程。相同温度时,随着风速的升高,  $D_{eff}$  值介于 4.66~5.18。说明干燥温度对  $D_{eff}$  值的影响更为显著。

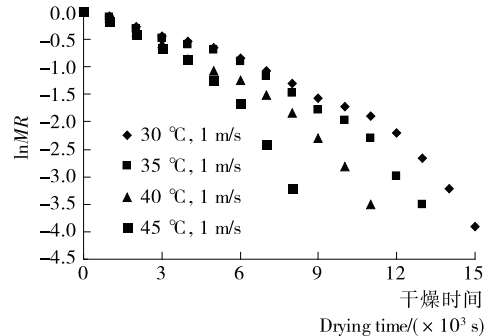


图 4 不同干燥温度下无核白葡萄  $\ln MR$  与干燥时间的关系

Figure 4  $\ln MR$  value of white grapes changes with drying time in different hot-air temperatures

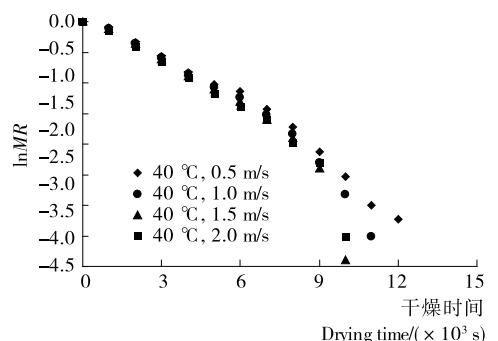


图 5 不同风速下无核白葡萄  $\ln MR$  与干燥时间的关系

Figure 5  $\ln MR$  value of white grapes changes with drying time in different air velocities

表1 不同干燥条件下无核白葡萄热风干燥水分有效扩散系数

Table 1 The available moisture diffusion coefficient of white grapes in different condition

干燥条件	线性回归拟合公式	$R^2$	$D_{eff}/$ ( $\times 10^{-6} \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ )
30 °C, 1.0 m/s	$\ln MR = -0.233 6t + 0.352 2$	0.935 0	4.00
35 °C, 1.0 m/s	$\ln MR = -0.251 5t + 0.331 6$	0.939 8	4.31
40 °C, 1.0 m/s	$\ln MR = -0.296 6t + 0.280 8$	0.952 9	5.08
45 °C, 1.0 m/s	$\ln MR = -0.377 7t + 0.328 4$	0.963 8	6.47
40 °C, 0.5 m/s	$\ln MR = -0.271 9t + 0.248 8$	0.974 8	4.66
40 °C, 1.5 m/s	$\ln MR = -0.324 2t + 0.325 5$	0.942 6	5.56
40 °C, 2.0 m/s	$\ln MR = -0.302 0t + 0.231 4$	0.957 4	5.18

### 2.3 不同温度条件下无核白葡萄的干燥活化能

干燥活化能代表干燥过程中,反应物分子间的碰撞频率,体现物料干燥时所需要的能量,活化能越大,代表物料越难干燥。通过活化能的计算,可评价物料干燥的难易程度,估算干燥的能耗。物料的干燥活化能可以通过  $D_{eff}$  和干燥温度求出(图6),拟合直线的斜率为  $-\frac{E_a}{R}$ ,通过计算无核白

葡萄的  $E_a$  为 22.95 kJ/mol。

### 2.4 干燥模型的确定

干燥模型主要是用于分析干燥规律,更加准确地分析不同工艺的干燥参数。表2列出了4种常见的薄层干燥模型、参数值及  $R^2$ 、RMSE 和  $\chi^2$  值。

由表2可知,4个模型中,Parabolic 模型的  $R^2$  最大、 $\chi^2$  和 RMSE 相对较小,  $R^2$  范围为 0.994 5~0.998 8、 $\chi^2$  范围为

表2 无核白葡萄热风干燥模型参数及  $R^2$ 、RMSE 和  $\chi^2$  值

Table 2 Hot-air drying model parameters,  $R^2$ , RMSE and  $\chi^2$  values

模型名称	模型方程	试验条件	模型参数	$R^2$	RMSE	$\chi^2$
Lewis	$MR = \exp(-kt)$	30 °C, 1.0 m/s	$k=0.233 6$	0.925 0	0.532 1	0.279 1
		35 °C, 1.0 m/s	$k=0.251 5$	0.929 8	0.543 1	0.210 3
		40 °C, 1.0 m/s	$k=0.296 6$	0.952 9	0.549 2	0.154 6
		45 °C, 1.0 m/s	$k=0.377 7$	0.923 8	0.556 9	0.054 4
		40 °C, 0.5 m/s	$k=0.271 9$	0.974 8	0.532 1	0.185 2
		40 °C, 1.5 m/s	$k=0.324 2$	0.882 6	0.549 9	0.128 1
		40 °C, 2.0 m/s	$k=0.302 0$	0.927 4	0.558 7	0.199 6
		Page	$MR = \exp(-kt^n)$	30 °C, 1.0 m/s	$k=1.215 2, n=-3.214 2$	0.952 3
35 °C, 1.0 m/s	$k=1.182 1, n=-2.537 2$			0.959 8	0.210 2	0.049 6
40 °C, 1.0 m/s	$k=1.038 1, n=-1.923 1$			0.967 1	0.187 5	0.041 8
45 °C, 1.0 m/s	$k=1.012 1, n=1.753 2$			0.954 7	0.154 3	0.032 8
40 °C, 0.5 m/s	$k=1.065 2, n=1.975 8$			0.963 3	0.199 6	0.052 3
40 °C, 1.5 m/s	$k=1.005 3, n=1.516 9$			0.927 8	0.166 8	0.039 6
40 °C, 2.0 m/s	$k=1.000 4, n=1.398 7$			0.953 1	0.154 1	0.025 8
Parabolic	$MR = a + bt + ct^2$			30 °C, 1.0 m/s	$a=1.002 9, b=-0.119 0, c=0.003 6$	0.997 1
		35 °C, 1.0 m/s	$a=1.000 7, b=-0.126 5, c=0.004 0$	0.996 0	0.010 4	0.001 3
		40 °C, 1.0 m/s	$a=1.007 9, b=-0.165 3, c=0.007 1$	0.995 2	0.032 1	0.003 7
		45 °C, 1.0 m/s	$a=1.002 8, b=-0.179 6, c=0.007 3$	0.998 8	0.043 6	0.009 7
		40 °C, 0.5 m/s	$a=1.012 6, b=-0.158 9, c=0.006 5$	0.994 5	0.029 5	0.002 2
		40 °C, 1.5 m/s	$a=1.005 9, b=-0.170 3, c=0.007 5$	0.994 6	0.035 4	0.005 6
		40 °C, 2.0 m/s	$a=0.998 7, b=-0.176 5, c=0.008 3$	0.994 8	0.041 8	0.008 8
		Henderson and Pabis	$MR = a \exp(-kt)$	30 °C, 1.0 m/s	$k=0.233 6, a=1.422 2$	0.935 0
35 °C, 1.0 m/s	$k=0.251 5, a=1.393 2$			0.939 8	0.098 1	0.005 3
40 °C, 1.0 m/s	$k=0.296 6, a=1.324 2$			0.952 9	0.132 1	0.004 1
45 °C, 1.0 m/s	$k=0.377 7, a=1.388 8$			0.923 8	0.149 8	0.002 8
40 °C, 0.5 m/s	$k=0.271 9, a=1.282 5$			0.974 8	0.115 6	0.005 7
40 °C, 1.5 m/s	$k=0.324 2, a=1.384 7$			0.882 6	0.148 8	0.003 9
40 °C, 2.0 m/s	$k=0.302 0, a=1.260 3$			0.927 4	0.165 1	0.002 5

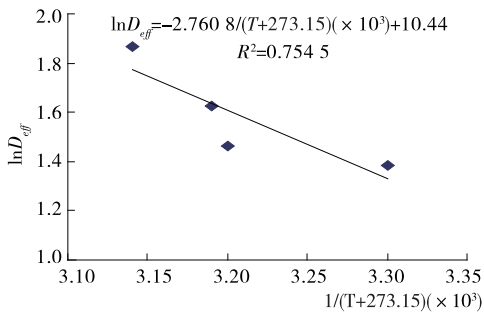


图 6  $D_{eff}$  与绝对干燥温度倒数的关系曲线

Figure 6 Effective diffusivity vs. reciprocal absolute temperature

0.000 05~0.008 36、RMSE 范围为 0.010 55~0.028 91。说明无核白葡萄的干燥特性与二次多项式 Parabolic 模型最符合, Parabolic 模型可以用干燥温度表达为式(9):

$$MR = (-0.003 6T^3 + 0.026 4T^2 - 0.056 1T + 1.036 2) + (-0.009 3T^3 + 0.071 4T^2 - 0.141 7T + 0.198 6)t + (-0.000 9T^3 + 0.006 9T^2 - 0.013 9T^3 + 0.011 5)t^2. \quad (9)$$

### 3 结论

(1) 本试验确定了不同干燥温度和风速下,无核白葡萄干热风干燥的干燥曲线。结果表明,热风温度和风速对无核白葡萄干的干燥特性影响较大,随着热风温度和风速的升高,干燥速率也增大,干燥时间缩短,并且在整个干燥过程中,随着干燥温度及风速的升高, $D_{eff}$  也随之升高,利用阿伦尼乌斯公式计算出无核白葡萄的  $E_a$  为 22.95 kJ/mol。

(2) 通过 4 种模型的  $R^2$ 、RMSE 和  $\chi^2$  值比较, Parabolic 模型的拟合效果最好,最能描述葡萄干燥过程中水分比的变化规律,利用该模型预测并控制无核白葡萄干燥条件,优化葡萄干干燥工艺,为无核白葡萄干燥生产提供理论依据。

#### 参考文献

- [1] 王能如,徐增汉,何明雄,等.不同气流运动方向密集烤房烟叶烘烤质量差异研究[J].中国烟草科学,2011,32(2):81-85.
- [2] 范琼燕.2014年南疆拟建1500座杏烘干房[EB/OL].(2014-02-10)[2015-12-10].<http://news.hexun.com/2014-02-10/162007977.html>.
- [3] 张爱平.枸杞鲜果双循环热风烘干房:中国,201220146397[P].2013-01-30.
- [4] 高鹤,易建勇,刘璇,等.番木瓜热风干燥特性分析[J].食品与机械,2014,30(4):38-42.
- [5] 孟阳,刘峰娟,王玉红,等.热风干燥温度对无核白葡萄干品质的影响[J].食品与机械,2015,31(1):204-207.
- [6] 康彦,关志强,李敏,等.预处理对无核白葡萄热风干燥特性的影响[J].食品科学,2014,35(5):119-123.
- [7] AZZOUZ S, GUIZANI A, JOMAA W, et al. Moisture diffusivity and drying kinetic equation of convective drying of grape [J]. Journal of Food Engineering, 2002, 55(4): 323-330.
- [8] 孟阳.热风干燥及贮藏包装方法对无核白葡萄干品质影响的研究[D].乌鲁木齐:新疆农业大学,2015:15-22.
- [9] TOGRUL I T. Modelling of heat and moisture transport during

drying black grapes[J]. International Journal of Food Science and Technology, 2010, 45(6): 1 146-1 152.

- [10] RODRIGUES Sueli, FERNANDES Fabiana A N. Dehydration of melons in a ternary system followed by air-drying [J]. Journal of Food Engineering, 2007, 80(5): 678-687.
- [11] 张茜,肖红伟,代建武,等.哈密瓜片气体射流冲击干燥特性和干燥模型[J].农业工程学报,2011,27(增1):382-388.
- [12] AFZAL T M, ABE T. Diffusion in potato during far infrared radiation drying [J]. Journal of Food Engineering, 1998, 37(4): 353-365.
- [13] DOYMAZ I. Air-drying characteristics of tomatoes [J]. Journal of Food Engineering, 2007, 78(4): 1 291-1 297.
- [14] XIAO Hong-wei, GAO Zhen-jiang, LIN Hai, et al. Air impingement drying characteristics and quality of carrot cubes [J]. Journal of Food Process Engineering, 2010, 33(5): 899-918.
- [15] 王丽红,高振江,肖红伟,等.圣女果的气体射流冲击干燥动力学[J].江苏大学学报:自然科学版,2011,32(5):540-544.
- [16] HASAN Togrul. Simple modeling of infrared drying of fresh apple slices [J]. Journal of Food Engineering, 2005, 71(3): 311-323.
- [17] HASSAN-BEYGIS R, AGHBASHLO M, KIANMEHR M H, et al. Drying characteristics of walnut (*Juglans regia* L.) during convection drying [J]. International Agrophysics, 2009(23): 129-135.
- [18] 刘清,胡小松,谢奇珍,等.新疆无核白葡萄干精加工干燥工艺 [J]. 农业工程学报,2008,24(12):221-225.

#### 信息窗

### 澳大利亚拟修订进口食品管制法令

2017年5月31日,澳大利亚农业和水资源部发布草案,拟修订进口食品管制法令 2001,其中修订主要包括以下几个方面:

(1) 双壳类软体动物产品将需要经过政府认证协商出口澳大利亚,双壳类软体动物产品将被分类为风险食品,因此可以对生物毒素和微生物进行检查和分析。

(2) 含有即食熟虾的食物将被分类为风险食品,以便对霍乱弧菌进行检查和分析。

(3) 干椰子和熟的甲壳类(除熟虾外)将被重新分类,不再列入风险食品。

(4) 针对澳大利亚新西兰食品标准法典附表 23 的指定的风险食品种类,采取更有效的针对性的检查。

(5) 修订风险食品种。

(来源:www.foodmate.net)