

核桃深层热风干燥特性研究

Study on characteristics on depth of walnut by Hot-air drying

王庆惠^{1,2} 闫圣坤¹ 李忠新¹ 高振江²

WANG Qing-hui^{1,2} YAN Sheng-kun¹ LI Zhong-xin¹ GAO Zhen-jiang²

(1. 新疆农业科学院农业机械化研究所, 新疆 乌鲁木齐 830091; 2. 中国农业大学工学院, 北京 100083)

(1. Agricultural Mechanization Institute, Xinjiang Academy of Agricultural Sciences, Urumqi, Xinjiang 830091, China;
2. College of Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China)

摘要:为解决核桃采后加工中的干燥问题,将热风干燥技术应用于核桃,设计专用于核桃深层干燥的热风干燥设备,并进行试验研究,分析在不同温度(35, 40, 45, 50 °C)、风速(0.5, 1.0, 1.5, 2.0 m/s)和装料深度(0.6, 0.9, 1.2, 1.5 m)条件下核桃的干燥特性。结果表明:核桃干燥过程中只存在降速阶段,温度、风速和装料深度对核桃的干燥特性均有影响,试验最优干燥工艺为温度 45 °C,风速 1.5 m/s,装料深度 1.5 m,此时将核桃湿基含水率下降到 12% 需要 32 h。该研究利用相邻核桃间形成的缝隙,实现了核桃深层干燥的目的。

关键词:核桃;热风;深层;干燥

Abstract: To solve the problem of drying in walnut postharvest processing, the hot-air drying technology was applied to walnut. A specifically depth drying equipment was designed and the experiment was done. The drying characteristics of walnut were investigated under different drying temperatures (35, 40, 45, 50 °C), air velocities (0.5, 1.0, 1.5, 2.0 m/s), and load depths (0.6, 0.9, 1.2, 1.5 m). Experimental results showed that the whole drying process occurred in the falling rate period, and the effect of drying temperature, air velocity and load depth on drying characteristics was significant. The optimal drying process was temperature 45 °C, air velocity 1.5 m/s, and load depth 1.5 m which need 32 h to drop to 12% with wet basis moisture content. Using the gap formed between adjacent walnuts, depth layer drying was achieved.

Keywords: walnut; hot-air; depth; drying

核桃干燥是核桃采后加工处理的三大重要环节之一^[1]。适时干燥不仅能有效促使核桃仁内干物质的沉淀,防止霉

变;还能提高核桃仁色泽品质,延长货架期;对增加核桃售价及增强市场竞争力具有重要意义。传统的自然晾晒干燥方法虽然场所简单,不需专用设备,但因受外界气候条件影响较大,粉尘、鸟鼠的污染,干燥周期长,产品品质难以保证^[2,3]。为此,提高干核桃制品品质,缩短干燥时间,运用科学的现代干燥技术势在必行。

Hassan-Beygi 等^[4]利用敞开式核桃干燥试验装置,得出影响核桃干燥速率最主要的因素是干燥温度,温度的提高对干燥时间的缩短具有重要作用,核桃整个干燥过程一直处于降速过程。陈盈希等^[5]利用热泵干燥技术,前期将定色阶段的温度设定为 40 °C,湿度 35%,保持 8~10 h,后期将温度升高至 45 °C,湿度 45%,持续 30 h,核桃的干燥速率及品质均较好。沈卫强等^[6]设计了一种房式干燥设备,利用扎 343 核桃品种进行试验得出:当温度 58 °C,风速 3 m/s 时,干燥 1 t 核桃仅需要 12 h。Ghatrehsamani 等^[7]设计了一种敞开式太阳能干燥设备,结果表明:最优干燥工艺为温度 41 °C、风速 0.09 m³/s,装载厚度 6 层,核桃湿基含水率从 37% 降到 9% 仅需 3 h。杨源等^[8]在小型户用烘烤设备烘烤核桃的研究中,提出核桃烘烤温度 42 °C 左右,烘烤厚度 40 cm。

虽然前人对热风干燥技术进行了众多研究,但主要集中在薄层^[4-6]或浅层^[7,8]的条件下进行。本研究拟采用热风干燥技术,探讨分析温度、风速和装料深度对核桃干燥特性的影响,旨在解决核桃深层干燥的问题,达到提高核桃干燥批次处理能力的目的,为该技术的产业化推广应用提供理论参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

核桃:品种温 185,购于新疆阿克苏市阿克苏实验林场。新鲜青皮核桃立即进行脱青皮及清洗处理,核桃平均长轴直径 39.66 mm,短轴直径 37.42 mm,壳厚 1.21 mm,平均质量 22.37 g/个,平均湿基含水率(27.04 ± 0.4)% (105 °C,烘 24 h^[9])。

基金项目:国家自然科学基金项目(编号:31460397,31360400)

作者简介:王庆惠(1980—),女,新疆农业科学院副研究员,中国农业大学在读博士生。E-mail:wangqh1201@126.com

通讯作者:高振江

收稿日期:2015-07-09

1.2 试验装置及工作原理

风速仪:VC816B型,深圳市胜利高电子科技有限公司;
 电热恒温鼓风干燥箱:DHG-9140A型,上海一恒科技有限公司;

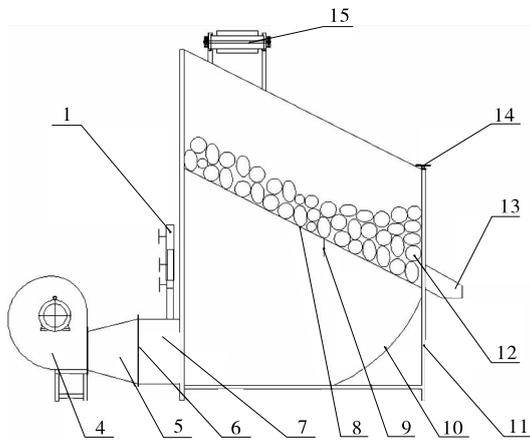
电子称:ACS-30型,永康市华鹰衡器有限公司;

青核桃脱皮机:6TH-2000型,新疆农业科学院农业机械化研究所研制;

连续式核桃清洗机:6XH-2000型,新疆农业科学院农业机械化研究所研制;

核桃深层热风干燥的试验装置(见图1):5HH-3000型,新疆农业科学院农业机械化研究所研制。工作时,提升机将核桃输送至干燥箱内,风机吹散热器将热量由干燥箱底部进入,利用相邻核桃之间的缝隙,达到箱内核桃干燥的目的。核桃装满干燥箱后,启动整个控制程序,当温度传感器显示的温度超过预设值时,仅打开蒸气管道2上的电磁阀,而当温度低于预设值时,蒸气管道1、2上的电磁阀同时打开(见图2),如此反复直至干燥结束。试验时手动调节调节阀和风量调节装置可分别达到控制干燥箱内温度和风速的目的。

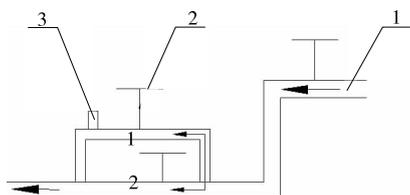
由于试验热风从箱体底部进入,上部与大气直接接触,干燥时,箱内核桃内部水分自下而上逐渐增加,下部核桃先达到安全存贮水分8%的要求^[10],为此,当表层核桃湿基含水率达到12%,认为试验结束,取出所有被干燥的核桃放入袋中,在室温下放置2~3d,即可满足安全存放的要求。



1. 蒸气管道 4. 风机 5. 风机管道 6. 风量调节装置 7. 散热器
 8. 筛网 9. 温度传感器 10. 挡风板 11. 机架 12. 核桃 13. 出料口 14. 螺旋提升门 15. 提升机

图1 核桃深层热风干燥装置

Figure 1 Depth hot-air dryer of walnut



1. 蒸气管道 2. 调节阀 3. 电磁阀

图2 蒸气管道调节示意图

Figure 2 Structural schematic of steam pipeline control

1.3 试验方法

将清洗后的核桃放置10min,去除表面水分后输送至干燥箱内。试验时,将湿核桃样品装入塑料网袋内,沿箱体四角(距箱壁0.5m)及中部各取一个样点,每点放置两袋,每袋5kg,放置在距表层核桃20cm左右的位置。每隔4h称重、记录一次,每次称重记录后样品放回原位,统计干燥各阶段各点样品的平均重量变化情况,直至核桃湿基含水率降到12%以下,停止试验。其中,试验中风速指的是核桃堆积在干燥箱内,顶层核桃形成平面,距平面2cm处的四周及中央随机取9个点测量风速,取平均值。

1.4 试验地点

试验在新疆和田县罕艾日克镇。日最高温度29℃,最低温度17℃,最大风力Ⅱ级。

1.5 干燥曲线的数学计算方法

核桃热风干燥过程中的干燥曲线采用水分比随干燥时间的变化曲线。水分比是用来表示一定干燥条件下物料的剩余水分率,不同干燥时间核桃的水分比按式(1)计算:

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

式中:

MR——核桃的水分比;

M_0 ——核桃的初始干基含水率,%;

M_e ——核桃干燥到平衡时的干基含水率,%;

M_t ——核桃在所测干燥 t 时刻的干基含水率,%。

干燥速率按式(2)计算:

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

式中:

DR——干燥过程中时间在 t_1 和 t_2 之间的核桃干燥速率,%/h;

M_{t_1}, M_{t_2} ——分别为干燥过程中时间为 t_1 和 t_2 时核桃的干基含水率,%。

干基含水率按式(3)计算:

$$M_t = \frac{W_t - G}{G} \times 100\% \quad (3)$$

式中:

M_t ——干基含水率,%;

W_t ——核桃在任意干燥 t 时刻的总质量,g;

G ——核桃干物质质量,g。

2 结果与分析

2.1 温度对核桃干燥特性的影响

将风速固定在1.5m/s,装料深度1.5m,进行不同温度条件下的干燥试验,见图3。由图3(a)可知,核桃的干基含水率随着时间的延长而呈现逐渐降低的趋势,其中温度越高,干燥时间越短,含水率降低越快。干燥温度50℃干燥时间比35℃条件下缩短了83.33%。由图3(b)可知,核桃的干燥速率随着干基含水率的减少而逐渐减慢。但与其他干燥物料相比^[11-13],核桃的干燥速率变化较小,这主要是因为核桃初始含水率较低,核桃仁不仅被一层坚硬的外壳包裹着,

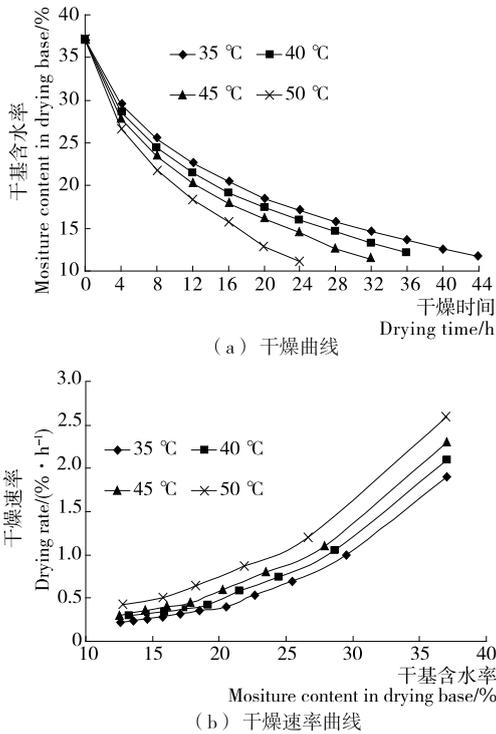


图 3 不同温度条件下核桃的干燥曲线及干燥速率曲线
Figure 3 Drying curves and drying rate curves of walnut under different air temperatures

而且含油量较大(平均 65.08%~38.88%,最高达 76.30%^[14]),干燥时,水分不易散出,且干燥温度较低所致。

2.2 风速对核桃干燥特性的影响

将温度固定在 45 °C,装料深度 1.5 m,进行不同风速条件下的干燥试验,见图 4。由图 4(a)可知,在不同风速条件下,核桃的干基含水率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,含水率降低越快。当风速在 0.5 m/s 时,将核桃湿基含水率降到 12% 以下需要 56 h,比相同条件下风速为 2.0 m/s 耗时多 1 倍。这主要是因为干燥箱内核桃装载较厚,热空气从干燥箱底部吹入时,处于底部核桃的内能先达到平衡状态,箱内的核桃温度自下而上先呈逐层递减的趋势后变为温度相同。热空气通过核桃形成的缝隙不断向上传递。风速越大,单位时间内传递给核桃的热能越大,核桃表面所蒸发的水蒸气带走的速度越快,核桃内部达到平衡所需时间越短,核桃干燥速率越快。由图 4(b)可知,风速越大,核桃干燥速率越快,随着含水率的降低,干燥速率逐渐下降,核桃在干燥过程中只存在降速阶段,这可能是因为核桃在干燥过程中,其水分蒸发的界面随着干燥过程的进行不断向内部迁移,水分迁移的距离不断增加,从而导致干燥速率逐渐减慢^[15]。

2.3 装料深度对核桃干燥特性的影响

将温度固定在 45 °C,风速定为 1.5 m/s,进行不同装料深度条件下的干燥试验,见图 5。由图 5 可知,在试验范围内,核桃的干燥曲线和干燥速率曲线变化趋势与温度和风速的变化相似。在相同条件下,装料深度为 0.6 m 条件下的干燥时间比在 1.5 m 条件下缩短了 12.5%。这是因为试验取

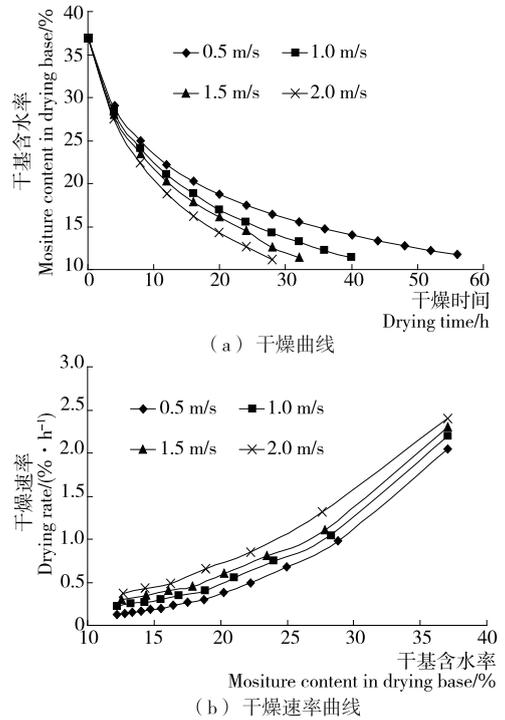


图 4 不同风速条件下核桃的干燥曲线及干燥速率曲线
Figure 4 Drying curves and drying rate curves of walnut under different air velocities

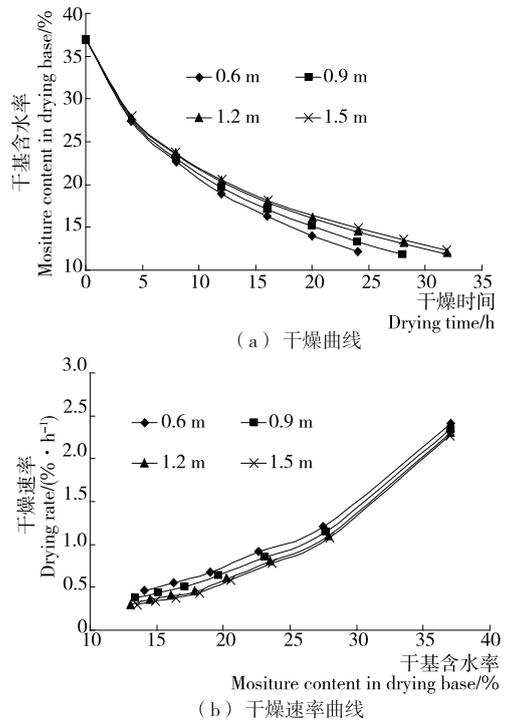


图 5 不同装料深度条件下核桃的干燥曲线及干燥速率曲线
Figure 5 Drying curves and drying rate curves of walnut under different load depth

点间隔为 4 h,核桃实际达到需要的湿基含水率时间与测试时间存在误差;同时相邻核桃之间存在着缝隙,热空气顺着这些缝隙自下而上运动,上层核桃对热量散发在一定程度上还存在阻碍作用,虽然上层核桃受到的热量相对较少,但是

它们周围水蒸气含量较高,干燥初期上层核桃处于低温高湿的环境中,这可以增加上层核桃周围空气的焓值,加速上层核桃升温,这也会导致干燥时间差异较小。同时由图5还可以看出,1.2 m和1.5 m的装料深度的干燥曲线比较逼近,这可能与装置自身结构特点与核桃自身特性有关,但若进一步加大装料深度,其结果还有待进一步探讨。

3 结论

(1) 核桃干燥过程中只存在降速阶段,温度、风速和装料深度对核桃干燥时间均有影响,且干燥时间随着温度或风速的提高而减少,装载深度为1.2 m和1.5 m时,干燥时间相同。

(2) 为确保核桃品质及缩短干燥时间,选取干燥温度45℃,风速1.5 m/s,装料深度1.5 m,此时将核桃表层湿基含水率降到12%以下需要32 h。

(3) 本试验提出了一种专用于核桃干燥的试验设备,利用相邻核桃间形成的缝隙,实现了深层干燥的目的。核桃干燥批次加工处理量可达3 t,与目前新疆推广使用的房式烘干设备相比^[6],批次加工处理量提高了3倍,并解决了房式烘干设备因人工装卸料辅助作业时间长及劳动强度大的问题,这对提高核桃干燥机械化技术水平具有重要意义。

参考文献

- 1 刘淑侠,蔡小雷. 核桃果实采后处理三环节[J]. 西北园艺,2008(4):53~54.
- 2 田翔,李忠新,杨丽玲,等. 两种核桃干燥设备作业性能对比[J]. 农业工程,2014,4(4):76~78.
- 3 李建,史根生,冀中锐,等. 我国核桃发展空间与存在问题分析[J]. 农业科技通讯,2013(1):5~8.

- 4 Hassan-Beygi S 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.
- 5 陈盈希,兰青,季旭,等. 热泵干燥核桃的试验研究[J]. 云南师范大学学报(自然科学版),2014,34(4):30~34.
- 6 沈卫强,刘小龙,田翔,等. 果蔬太阳能热泵组合干燥设备干燥核桃的试验研究[J]. 中国农机化,2012(3):107~108,116.
- 7 Ghatrehsamani S H, Zomorodian A. Impacts of drying air temperature, bed depth and air flow rate on walnut drying rate in an indirect solar dryer[J]. *International Journal of Agriculture Sciences*, 2012, 4(6): 253~256.
- 8 杨源,李志刚,解松林. 小型洁净热风炉烘烤泡核桃的研究[J]. 农产品加工学刊,2004(12):42~43.
- 9 中华人民共和国卫生部. GB 5009.3—2010 食品中水分的测定[S]. 北京:中国标准出版社,2010.
- 10 董诗凡,杨晏平,吴建花,等. 泡核桃坚果烘烤过程水分变化规律的初步研究——基于FQS500H型燃气式核桃烘烤设备[J]. 中国农学通报,2014,30(18):297~302.
- 11 王庆惠,李忠新,杨劲松,等. 圣女果分段式变温变湿热风干燥特性[J]. 农业工程学报,2014,30(3):271~276.
- 12 姜正,高振江,肖红伟,等. 板栗气体射流冲击干燥特性和工艺优化[J]. 农业工程学报,2010,26(11):368~373.
- 13 肖红伟,张世湘,白峻文,等. 杏子的气体射流冲击干燥特性[J]. 农业工程学报,2010,26(7):318~323.
- 14 安新哲. 核桃优质高效栽培掌中宝[M]. 北京:化学工业出版社,2012.
- 15 Purlis E, Salvadori V O. A moving boundary problem in a food material undergoing volume change-Simulation of bread baking[J]. *Food Research International*, 2010, 43(4): 949~958.

信息窗

民猪全基因组序列图谱完成

《科技日报》哈尔滨11月7日电(记者李丽云 实习生康晓啸)7日,黑龙江省农科院对外发布,由国家生猪产业技术体系岗位科学家、黑龙江省农科院刘娣教授带领的研究团队,与中国农业大学胡晓湘教授团队共同合作,利用高通量测序技术,完成民猪的全基因组从头测序工作,成功绘制全基因组序列图谱。经查新确认,该图谱为我国首部民猪全基因组序列图谱。

随着引入猪品种的冲击,很多珍贵的国内地方猪资源濒临灭亡。作为黑龙江省唯一的猪品种,民猪被列入国家品种资源保护名录。民猪具有繁殖力高、肉质优良、抗病、耐粗饲、能在冬季寒冷条件下生存的特点,在世界猪品种改良、性能提升中贡献巨大,对其进行综合性系统研究与保护利用,能更好地保证我国猪品种的多样性。2014年6月至2015年10月间,两团队共同合作,完成了民猪基因组测序与图谱绘制工作。

据刘娣介绍,该课题研究人员使用近300 G的双端测序数据,构建出民猪全基因组序列图谱,得到的基因组大小约为2.64 Gb;通过与人、鼠和杜洛克基因组的同源基因信息相比对,研究人员成功预测出20 853个蛋白编码基因,检测出1 200万个单核苷酸突变位点和180万个插入/缺失突变。此外,研究人员通过对民猪编码的正选择分析,共得到22个受到正选择的基因。与肌肉淀粉合成酶、肌糖磷酸酶及缓激肽受体等能量代谢相关的基因受到了显著的正选择。

中国工程院院士马建章认为,民猪全基因组序列图谱的完成不仅能够促进养猪产业、绿色食品产业的发展,而且为日后对民猪的全面研究奠定了基础,有利于该品种资源的保护、开发和利用。

(来源:www.foodmate.net)