

微波干燥温度和物料厚度对铁棍山药片品质的影响

Effects of temperature and thickness on quality of tiegun yam by microwave drying

徐晚秀^{1,2} 李臻锋^{1,2} 李 静^{1,2,3} 宋飞虎^{1,2}

XU Wan-xiu^{1,2} LI Zhen-feng^{1,2} LI Jing^{1,2,3} SONG Fei-hu^{1,2}

(1. 江南大学, 江苏 无锡 214122; 2. 江苏省食品先进制造装备技术重点实验室, 江苏 无锡 214122;

3. 绍兴魁联机电科技有限公司, 浙江 绍兴 315000)

(1. Jiangnan University, Wuxi, Jiangsu 214122, China; 2. Jiangsu Key Laboratory of Advanced Food Manufacturing Equipment and Technology, Wuxi, Jiangsu 214122, China; 3. Shaoxing Queland Mechanical and Electrical Technology Co., LTD, Shaoxing, Zhejiang 312000, China)

摘要:以新鲜铁棍山药为材料,采用光纤插入物料中心在线控制微波干燥的物料温度、厚度的方式进行干燥,通过单因素试验法进行干燥加工处理,采用索氏提取法提取样品中的多糖,同时采用苯酚硫酸比色法测定经不同干燥参数制备的样品的多糖得率,以自制微波干燥系统进行重量记录以及物料的温度控制,色差计测样品色泽进而评价干燥的效果。结果发现:在控制不同的物料温度且厚度为 5 mm 时,最高的多糖得率的物料温度为 50 ℃且此时白度值最大,但所需干燥时间最长;物料温度为 60 ℃时改变物料的厚度,得到最高的多糖得率的物料厚度为 5 mm。综合比较可知,实际微波干燥生产时以温度 60 ℃且物料厚 5 mm 干燥的效果更好。

关键词:铁棍山药;微波干燥;温度;厚度

Abstract: Slices of tiegun yam were dried at different temperature and thickness without any chemical preservatives added. To dry the slices with constant temperature, optical fiber was used to detect the center temperature of the slices. As the material, fresh tiegun yam was dried by single factor experiment. To evaluate the drying parameters, polysaccharide was extracted by soxhlet extraction and phenol sulfuric acid colorimetry was used to determine polysaccharide yield of the samples. Besides, weight was online recorded with microwave drying system. Moreover, the sample color was measured with controlling different temperature of material and constant thickness of 5 mm, the highest of the yield of polysaccharide was retained from temperature of material 50 ℃, with the maximum whiteness value, but the drying time was longest. With different thickness of the ma-

terial when the temperature was 60 ℃, the highest of the yield of polysaccharide was retained from material thickness 5 mm. In general, microwave drying temperature 60 ℃ and the material thickness 5 mm after harvest will retain higher yield polysaccharide higher yield, better color and costs less time.

Keywords: Tiegun yam; microwave drying; temperature; thickness

铁棍山药为薯蓣科植物薯蓣 (*Dioscorea opposita* Thunb.) 的块茎,又名淮山药 1 号^[1]。它是中国山药种质资源中的特有种质,其药食兼优,口感甘甜,含有 20 多种营养和保健成分,常被作为“贡品”,素有“怀参”之称。作为药食同源的食物,已经有了 3 000 多年的食用历史^[2]。徐琴等^[3]从淮山药中提取粗多糖 RDP,进行纯化分离,得到均一的多糖 RP。徐增莱等^[4]研究测定了山药粗多糖对小鼠免疫功能的影响,得出了多糖具有增强小鼠淋巴细胞增殖能力的作用,促进小鼠抗体生成的作用和增强小鼠碳廓清能力的作用。

干燥铁棍山药片较高的药用价值引起人们对其的关注和研究。叶晓梦等^[5]采用冻干—微波真空联合干燥工艺干燥铁棍山药,但该法干燥时间长,能耗大;陈媛媛等^[6]考察了微波真空干燥处理对铁棍山药多糖得率和干燥特性的影响,发现仅控制微波功率在含水量低时容易导致焦糊;黄略略等^[7]研究表明铁棍山药中的多糖性质稳定,在温度一致的条件下,加工方式对其影响不显著。而对于微波干燥铁棍山药没有研究。对于铁棍山药在固定温度切片厚度下的间歇微波干燥更是没有研究。并且目前对铁棍山药干燥称重的研究,一般采用的是中断取出物料进行称重,数据存在一定的误差。本试验拟采用课题组研发的电气控制微波干燥系统进行在线测量。该设备通过 Labview 编程以及 National Instrument 采集卡、光纤调节仪和光纤对微波炉的功率大小以及微波炉的开关进行控制。采用光纤对微波炉内的物料中

基金项目:国家自然科学基金项目(编号:21206051);江苏省产学研联合创新资金(编号:BY20130155-22);江苏省普通高校研究生科研创新计划项目(编号:KYLX_1158)

作者简介:徐晚秀,女,江南大学在读博士研究生。

通信作者:李臻锋(1968—),男,江南大学教授,博士。

E-mail: 352151043@qq.com

收稿日期:2015—04—18

心温度在线监测,并通过比较物料中心的温度和软件程序中设定温度的差距控制微波炉的开关^[8]。本试验通过研究不同温度以及不同物料厚度对铁棍山药的多糖含量、色差、含水率的影响,以期获得干燥铁棍山药的最佳温度以及厚度,为铁棍山药的生产提供技术支持。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

1.1.1 材料与试剂

铁棍山药购于江苏无锡天惠超市,选择个体完整、粗细均匀、表皮无霉、无病虫害、无机械损伤的长柱形铁棍山药。铁棍山药的湿基含水率为 $(85.0\pm0.4)\%$ (烘干法,105℃烘干24 h)。试验前将铁棍山药放于室温下。

1.1.2 主要仪器设备

电气控制微波干燥系统(图1):本实验室自制;
紫外分光光度计:UV-2450型,日本岛津公司;
色彩色差计:CR-300X型,深圳市三思时科技有限公司。

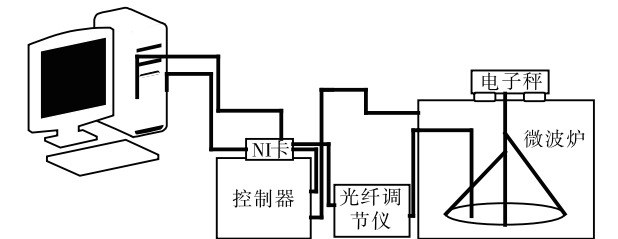


图1 电气微波干燥系统
Figure 1 Electric microwave drying system

1.2 试验方法

1.2.1 单因素试验的设计方法 铁棍山药经过清洗、削皮、切片处理后,称取20~25 g放入微波干燥控制系统的微波炉里并选择其中一片铁棍山药插入光纤,编写程序控制微波炉的温度和功率参数并运行程序。设定微波炉功率200 W以及物料的温度参数后,运行程序。在程序运行初期,物料的温度由常温快速升高到设定的物料温度参数,并且被光纤实时监测的物料温度参数会显示在程序的界面上。之后整个程序将测得物料的实时温度和设定温度一直进行比较,如果实时温度高于设定温度,则程序中的微波炉功率立即改为0 W;如果实时温度低于设定温度,微波炉功率按照设定功率工作。当物料的含水率降为30%时,设定功率改为100 W直至物料重量达到安全含水率(10%)的重量时,程序自动将微波炉功率改为0 W,并停止程序运转。具体的试验方案:

- (1) 干燥温度的影响:固定物料厚度为5 mm,考察干燥温度(50,60,70℃)对多糖得率的影响。
- (2) 物料厚度的影响:在最佳干燥温度下,考察物料厚度(3,5,7 mm)对多糖得率的影响。

以最佳温度及物料厚度下热风干燥的铁棍山药为对照。

1.2.2 多糖得率的测定 参考文献[9]。

1.2.3 干燥曲线 铁棍山药微波干燥过程的重量变化可以通过电子秤实时数据传送获得记录数据。干燥的物料的初始含水率约为85%,通过重量数据的处理即:

$$M_R = \frac{M_t - M_e}{M_i} \tag{1}$$

$$M_e = M_o \times (1 - 85\%) \tag{2}$$

式中:
 M_R —— t 时刻的含水率,%;
 M_t —— t 时刻系统中电子秤称得的重量,g;
 M_e ——物质的干重,g;
 M_o ——物质的初始重量,g。

1.2.4 色差分析 淮山药的颜色是评价其质量的一个指标。色差计中的 L 指标表示所测样品的白度。铁棍山药干燥后的颜色以偏白色为佳(即 L 值越高,色泽越好)。

2 结果与分析

2.1 多糖得率测量结果

在微波干燥温度设定为70℃时,多糖得率比较低。可能是干燥过程中,物质经过了一些化学变化,多糖相对减少了。而在50℃和60℃时,温度较合适干燥。此时的多糖得率相对于70℃来说均比较高。由于50℃时,干燥时间较长,且两个干燥温度的多糖得率差距较小,采用60℃为微波干燥的固定温度。当微波干燥的温度设定为60℃时,物料厚度为5 mm时,多糖得率最高。而物料厚度为3 mm时,多糖得率最低。由于物料的多糖相对接触的面积较大,得到的多糖则减少。干燥铁棍山药的多糖得率的最佳微波干燥工艺参数为:微波干燥温度为60℃且物料厚度为5 mm。热风干燥铁棍山药时选择最佳温度60℃以及物料厚度为5 mm,此时的多糖得率明显低于其它试验条件的(见图2)。这一试验结果和任广跃等^[10]试验结果中微波干燥的多糖得率比热风干燥的多糖得率高相符。

2.2 干燥曲线

由图3可知,温度为50℃时,干燥最慢。干燥最快达到安全含水率的温度参数为70℃。50℃的干燥时间是70℃的3倍。而60℃的干燥时间为9 000 s,是70℃的1.4倍。由于程序设计时,物料温度达到设定温度70℃时需要吸收足够的微波能,微波炉工作的时间比较长,所以整个干燥过程所需时间短^[8]。其中,干燥温度为50℃和60℃的干燥前期,含水率随着时间的增加而减少得比较慢,在后期含水率随着时间的增加减少得比较快。70℃的干燥前期,含水率

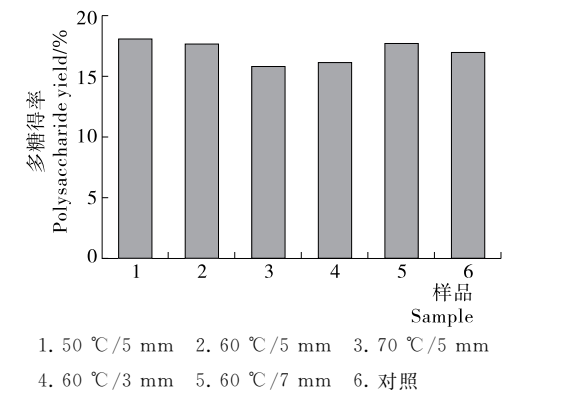


图2 不同样品的多糖得率
Figure 2 Polysaccharide yield of different samples (n=3)

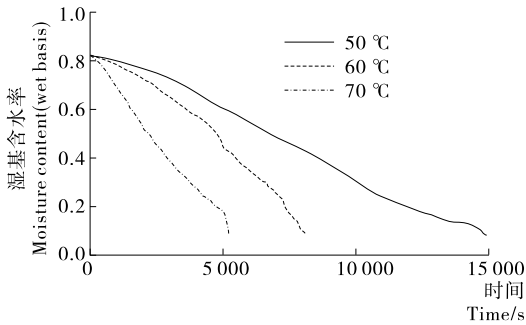


图 3 物料厚度为 5 mm 时不同干燥温度样品的含水率曲线图

Figure 3 The moisture content curve of material with drying at different temperature and the same thickness, 5 mm ($n=3$)

随着时间的增加减少得比较快,在后期含水率随着时间的增加减少得更快。

在图 4 中所有干燥温度为 60 °C。物料厚度为 7 mm 时,干燥得最慢,达到安全含水率的时间为 9 100 s。干燥最快达到安全含水率的物料厚度是 3 mm,需要 4 400 s。7 mm 的干燥时间是 3 mm 的干燥时间的 2.06 倍。而 5 mm 的物料厚度的干燥时间为 8 100 s,是 3 mm 的干燥时间的 1.84 倍。物料厚度越薄,干燥时间越短^[6]。其中,物料厚度为 50 °C 和 60 °C 的干燥前期,干燥速率小,在后期干燥速率大。70 °C 的干燥前期,干燥速率大,在后期干燥速率小。

而热风干燥对照样(图5)的时间长达500 min以上,说

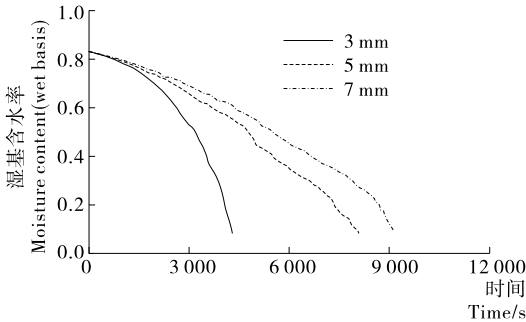


图 4 60 °C 时不同厚度物料样品的含水率曲线图

Figure 4 The moisture content curve of material with different drying at the same temperature, 60 °C, and different thickness ($n=3$)

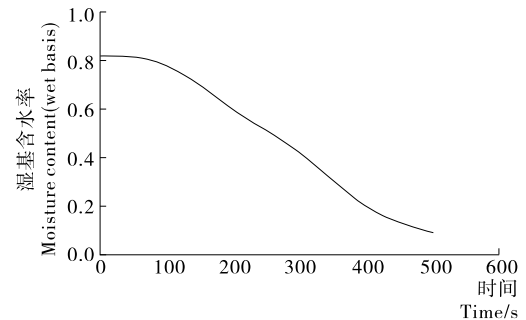


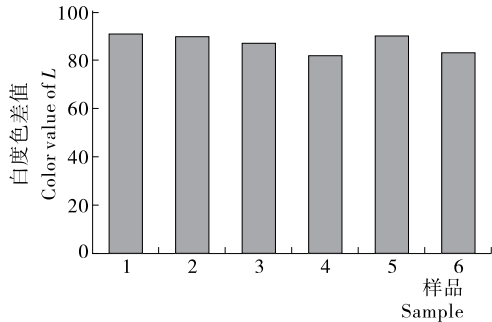
图 5 对照样的含水率曲线图

Figure 5 The moisture content curve of material with hot air drying at 60 °C and thickness, 5 mm ($n=3$)

明控温微波干燥方法比目前干燥普遍使用的方法即热风控温方法更有优势,比冻干、冻干—真空微波联合以及低温真空微波在干燥时间上都有优势^[7]。

2.3 色差参数

干燥后的铁棍山药片的色泽有所不同,原铁棍山药颜色为白色,加工后偏向白色较佳。图 6 为样品的白度色差值。



1. 50 °C/5 mm 2. 60 °C/5 mm 3. 70 °C/5 mm
4. 60 °C/3 mm 5. 60 °C/7 mm 6. 对照

图 6 不同样品的白度色差值

Figure 6 The color of value of different samples ($n=3$)

图 6 中干燥温度为 50 °C 且物料厚度为 5 mm 时的样品白度值最高,为 91.17 ± 0.32 。干燥的颜色最佳。而干燥温度为 60 °C 且物料厚度为 3 mm 时的样品白度值最低,为 81.99 ± 0.59 。物料厚度都是 5 mm 时,干燥温度越高,物料的白度值越低。物料干燥温度为 60 °C 时,物料厚度越厚,样品的白度值越高。此外,热风干燥 60 °C 和微波干燥的物料在色泽上没有明显优势。另外从色泽上考虑,尽量避免物料处于高温和厚度小的参数。

3 结论

通过试验得出使用课题组自行设计的电气控制微波干燥系统,可以更快速地干燥铁棍山药片,同时干燥后的样品多糖得率比较高。综合试验各个检测结果,确定最佳干燥条件为干燥温度 60 °C,物料厚度 5 mm,此时多糖得率较高且干燥时间短。其中不同干燥参数下的样品的白度值中,5 mm 厚的物料在 50 °C 干燥后白度值最高,5 mm 厚的物料在 60 °C 时白度值第二高,差值低于 1。综合看,5 mm 厚的物料在 60 °C 时干燥后的产品最佳。本试验结果可为以后铁棍山药的产地加工提供技术支持。然而对于不同阶段的干燥温度参数需要进一步研究以获得更佳的干燥参数。

参考文献

[1] 陈佳希. 铁棍山药有效成分提取分离及其活性研究[D]. 西安: 西北大学, 2011: 1.
[2] 赵喜亭, 赵月丽, 王苗, 等. 铁棍山药 POD 特性及褐变抑制研究[J]. 河南农业科学, 2011, 40(1): 107-111.
[3] 徐琴, 徐增莱, 沈振国, 等. 淮山药多糖提取工艺的研究[J]. 食品工业科技, 2006, 27(12): 117-118, 121.
[4] 徐增莱, 汪琼, 赵猛, 等. 淮山药多糖的免疫调节作用研究[J]. 时珍国医国药, 2007, 18(5): 1 040-1 041.

(上接第 128 页)

[8] 邓红雨, 范佳英, 高腾云. 牛只运输时坡道装卸对其体温和行为的影响[J]. 农业工程报, 2012, 28(1): 197-200.

[9] 谷英, 孙海洲, 桑丹, 等. 肉品质评定指标及影响因素的研究进展[J]. 中国畜牧兽医, 2013, 40(7): 100-106.

[10] 吴文锦, 汪兰, 丁安子, 等. 包装材料和包装方式对贮藏过程中鸭肉品质的影响[J]. 食品与机械, 2016, 32(6): 139-143.

[11] 王薇, 罗瑞明, 李俊丽, 等. 不同贮藏温度下滩羊肉的保水性与其色泽变化特性[J]. 食品与机械, 2015, 31(3): 140-144.

[12] 夏安琪, 李欣, 陈丽, 等. 不同宰前运输时间对羊肉品质的影响[J]. 现代食品科技, 2014, 30(9): 230-235.

[13] 姜秀丽, 刁小琴, 孔保华, 等. 烘干时间对牛肉干水分分布与品质变化的影响[J]. 肉类研究, 2016, 30(4): 30-34.

[14] HILL F. The solubility of intramuscular collagen in meat animals of vannus ages [J]. Journal of Food Science, 1966, 31

(上接第 132 页)

[3] 刘恩海. 吸附制冷系统吸附床设计及导热性能研究[J]. 低温与超导, 2015, 44(1): 64-69.

[4] 宁尚斌, 刘忠宝. 太阳能吸附式制冷技术的研究进展[J]. 家电科技, 2012(1): 66-69.

[5] 罗会龙, 王如竹, 代彦军, 等. 用于低温储粮的太阳能吸附式制冷系统[J]. 太阳能学报, 2006, 27(6): 588-593.

[6] 李慧, 代彦军, 李勇. 太阳能空气集热系统设计与应用[J]. 中国太阳能应用咨询, 2011(7): 31.

[7] 王双凤, 尹明山, 郭振宇, 等. 太阳能辅助热泵干燥粮食的数值模拟研究[J]. 粮食储藏, 2012(2): 7-12.

[8] 杨小聪, 张秀霞, 樊荣, 等. 太阳能吸收式和吸附式制冷系统的

(上接第 193 页)

[5] 叶晓梦, 黄略略, 乔方, 等. 铁棍山药冻干-微波真空联合干燥工艺研究[J]. 食品工业, 2014, 35(7): 152-155.

[6] 陈媛媛, 符云鹏, 陈亮亮, 等. 微波真空干燥处理对铁棍山药多糖得率和干燥特性影响[J]. 农产品加工: 学刊, 2012(11): 99-102.

[7] 黄略略, 乔方, 叶晓梦, 等. 不同干燥方式对铁棍山药品质的影响[J]. 食品与生物技术学报, 2014, 33(11): 1 210-1 215.

(上接第 231 页)

参考文献

[1] 李波. 关于完善保健食品监管制度的若干思考[N]. 中国食品安全报, 2016-02-25(B02).

[2] 田林. 中日保健食品安全监管问题的比较法研究[J]. 日本研究, 2015(1): 35-43.

[3] 杜娟. 刍议保健食品监管的问题及对策[J]. 中国卫生产业, 2015(26): 68-70.

[4] 耿莉萍. 当前我国保健食品市场存在的问题与监管对策[J]. 食品科学技术学报, 2013(5): 7-12.

[5] 何莉. 论中国食品安全监管机制的完善路径[J]. 食品与机械, 236

(2): 161-166.

[15] 吴强, 戴四发. 超声波结合氯化钙处理对牛肉品质的影响[J]. 食品科学, 2010, 31(19): 141-145.

[16] 段虎, 王祎娟, 马汉军. 超高压处理对肉及肉制品食用品质的影响[J]. 食品与机械, 2011, 27(1): 151-154.

[17] 张丽, 王莉, 周玉春, 等. 宜宰后成熟时间提高牦牛肉品质[J]. 农业工程学报, 2014, 30(15): 325-331.

[18] 李思宁, 唐善虎, 王柳. 冻藏物流过程中制冷故障对生鲜牦牛肉品质的影响[J]. 食品科学, 2016, 37(10): 246-251.

[19] 赵菲, 刘敬斌, 关文强, 等. 超高压处理对冰温保鲜牛肉品质的影响[J]. 食品科学, 2015, 36(12): 238-241.

[20] 张丽, 王莉, 周玉春, 等. 适宜宰后成熟时间提高牦牛肉品质[J]. 农业工程学报, 2014, 30(15): 325-331.

[21] 赵慧, 甄少波, 任发政, 等. 待宰时间和致晕方式对生猪应激及猪肉品质的影响[J]. 农业工程学报, 2013, 29(4): 272-276.

研究[J]. 真空与低温, 2013, 19(3): 130-135.

[9] 刘家林. 太阳能固体吸附式制冷技术的研究与进展[J]. 绿色建筑, 2011(9): 188-191.

[10] 范介清. 翅片管整体传热传质强化的太阳能吸附式制冷系统性能研究[J]. 太阳能学报, 2014, 35(9): 1 663-1 669.

[11] 王长江. 太阳能吸附式果蔬预冷库技术研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨商业大学, 2014: 7-15.

[12] 张宇, 谢洁飞. 批式循环粮食干燥机板式换热器优化设计[J]. 食品与机械, 2016, 32(5): 98-100.

[13] 沈辉, 叶盛勇, 鞠海蒙, 等. 谷物干燥仓热交换床换热过程研究[J]. 江苏农机化, 2014(3): 25-26.

[8] LI Zhen-feng, RAGHAVAN G V, WANG Ning, et al. Real-time, volatile-detection-assisted control for microwave drying[J]. Computers and Electronics in Agriculture, 2009, 69 (2): 177-184.

[9] 徐琴. 江苏产淮山药多糖成分的研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2006: 16-21.

[10] 任广跃, 陈艳珍, 张仲欣, 等. 怀山药热风、微波及真空干燥的实验研究[J]. 食品科技, 2010, 35(7): 111-115.

2015, 31(1): 277-280.

[6] 宛超. 保健食品监督管理之我见[J]. 中国食品卫生杂志, 2010(7): 357-360.

[7] 曾丽. 食品安全法律体系的缺陷及完善路径[J]. 食品与机械, 2015, 31(4): 274-276.

[8] 聂艳, 苟变丽, 唐晓纯, 等. 我国保健食品监管制度的发展沿革及其分析[J]. 食品工业科技, 2012(11): 353-360.

[9] 宛超, 杨飞. 我国保健食品保健功能发展及现状浅析[J]. 中国食品卫生杂志, 2012(4): 348-352.

[10] 刘跃红, 徐艳钢, 张文学. 我国保健食品现状及监管分析[J]. 食品与发酵科技, 2013(2): 1-4.