

热风干燥温度对甘薯粉品质的影响

Effect of hot air drying temperature on qualities of sweet potato powder

郭婷^{1,2} 陈振林² 何新益³ 谢冬娣¹ 黄会玲¹

GUO Ting^{1,2} CHEN Zhen-lin² HE Xin-yi³ XIE Dong-di¹ HUANG Hui-ling¹

(1. 贺州学院化学与生物工程学院, 广西 贺州 542899; 2. 贺州学院食品研究院, 广西 贺州 542899;
3. 天津市农副产品深加工技术工程中心, 天津 300384)

(1. College of Chemical and Biological Engineer, Hezhou University, Hezhou, Guangxi 542899, China;
2. Institute of Food Research, Hezhou University, Hezhou, Guangxi 542899, China;
3. Department of Food Science, Tianjin Agriculture University, Tianjin 300384, China)

摘要:为探究热风干燥温度对甘薯粉品质的影响,比较不同干燥温度对甘薯粉色泽、复水性、粒径、黏度、堆积密度、还原糖和淀粉含量等品质指标的影响。结果表明:热风干燥温度对甘薯粉的复水性、粒径、黏度和淀粉含量有显著影响($P < 0.05$);随着干燥温度升高,失水速率增加,干燥时间缩短,淀粉含量增加,干燥温度为 80 °C 时,甘薯粉的粒径最小,复水性最好,呈现出较好的色泽。

关键词:甘薯粉;热风干燥;干燥温度

Abstract: In order to investigate the temperature on the quality of sweet potato powder by hot air drying, the color, rehydration capacity, particle size, viscosity, bulk density, reducing sugar and amyllum of the sweet potato powder were compared. Results showed that hot air drying temperature had a significantly influence on the rehydration, particle size, viscosity and amyllum of sweet potato powder ($P < 0.05$). With the drying temperature rising, the dry basis moisture content decreased faster, the drying time shortened and amyllum content increased. The sweet potato powder particle size prepared at hot air drying in 80 °C was the minimum, and the rehydration was the highest with good color.

Keywords: sweet potato powder; hot air drying; drying temperature

甘薯(sweet potato),属 1 年生或多年生蔓生草本植物,其块根中含有丰富的淀粉、糖类、纤维素以及各种氨基酸,具有较高的营养价值和药用价值,能维持人体酸碱平衡、降低血脂和防癌等多种保健功效^[1]。近年,充分利用中国甘薯资源开

展甘薯深加工,提高甘薯经济附加值已成为主要研究方向^[2]。利用热风干燥、真空干燥和变温压差膨化干燥等干燥技术,获得了甘薯粉丝、甘薯全粉和甘薯脆条等加工制品^[3-5]。

干制加工已成为果蔬保藏的重要手段,而果蔬粉因能满足消费者对果蔬多样化、高档化和新鲜化趋势的需求^[6]也成为研究的重点。研究发现,干燥方式及干燥温度对枣粉^[7]、苦瓜粉^[8]、甘薯茎叶粉^[9]、胡萝卜粉^[10]等果蔬粉的物理特性、营养成分、活性成分和风味物质等品质指标影响较大。甘薯粉可作为辅料应用于面制品、固体饮料、肉制品、乳制品等食品加工领域,以改善产品品质特性、提高营养价值并形成系列化产品。林华^[11]发现不同制粉方式对甘薯粉品质的化学、物理及功能性指标均有影响,其中直接干燥粉碎法制得的甘薯粉具有较好的吸水性和吸油性;李新华等^[4]研究了真空干燥温度对甘薯粉品质的影响,结果表明温度为 40 °C 时,甘薯粉表现出较好的持水性与透光性。而关于热风干燥温度对甘薯粉品质的影响还未见报道。

本研究以新鲜甘薯为原料,探讨不同热风干燥温度对甘薯粉的色泽、复水性、粒径、堆积密度、黏度、还原糖含量和淀粉含量等主要品质指标的影响,以确定高品质甘薯粉制备的最佳干燥温度,为甘薯粉的制备提供一定的数据参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

甘薯:新引 1 号,购自贺州市阳光批发市场。

1.2 试验仪器与设备

电热恒温鼓风干燥箱:DHG-9140A 型,上海齐欣科学仪器有限公司;

激光粒度分析仪:Ls-POP(6)型,珠海欧美克仪器有限公司;

全自动测色色差计:TCP2 型,北京奥依克光电仪器有限公司;

基金项目:贺州学院科研项目(编号:2014YBZK14);食品工程硕士专业学位学科建设和科学研究培育项目(编号:2014SGZSKY6)

作者简介:郭婷(1988—),女,硕士。E-mail:guot2012@126.com

通讯作者:陈振林

收稿日期:2015-10-08

公司;

高速大容量电动离心机:YXJ-A型,江苏环宇科学仪器有限公司;

旋转式黏度计:NDJ-79型,上海森地科学仪器设备有限公司;

高速多功能粉碎机:JP-250A-8型,浙江久品工贸有限公司。

1.3 甘薯粉制备

1.3.1 工艺流程

鲜甘薯→清洗→去皮→切片→热烫→冷却→热风干燥→甘薯片→粉碎→甘薯粉

1.3.2 操作要点

- (1) 切条:鲜甘薯洗净去皮后切成厚度为3 mm片状。
- (2) 热烫:将切片后的鲜甘薯置于沸水中,漂烫处理2~3 min。
- (3) 热风干燥:将热烫冷却后的甘薯片分别置于75,80,85,90℃的电热恒温鼓风干燥箱中进行热风干燥,每隔15 min称重1次,干至水分含量≤6%(干基计)时为干燥终点。
- (4) 粉碎:将不同热风干燥温度条件所得甘薯片投入高速多功能粉碎机中制粉,每次打粉15 s,重复3次,每次间隔5 min,以降低粉碎机温度,共打粉45 s后将样品过40目筛。

1.4 甘薯粉品质的测定

1.4.1 水分含量及失水速率的测定

水分含量的测定参照文献[12]进行。甘薯片热风干燥速率按式(1)计算:

$$DR = \frac{M_{t+dt} - M_t}{dt} \quad (1)$$

式中:

- DR——甘薯片热风干燥速率,g/(g·min);
- M_{t+dt} —— $t+dt$ 时刻的水分含量,g/g;
- M_t —— t 时刻的水分含量,g/g;
- t ——时间,min。

1.4.2 色泽的测定

以白板为标准,根据CIELAB表色系统测量不同干燥温度制得甘薯粉的亮度值 L 、红度 a 、黄度 b 和色差值 ΔE 。 ΔE 为样品与白板的差值,值越大表示与白板差别越大,能较好地反映色泽变化,计算公式见式(2)。仪器的标准白板 L^* (亮度)=100.39、 a^* (红度)=-0.79、 b^* (黄度)=0.11。每组样品重复测定3次取平均值。

$$\Delta E = \sqrt{(L - L^*)^2 + (a - a^*)^2 + (b - b^*)^2} \quad (2)$$

1.4.3 复水性测定

根据文献[13]修改如下:将甘薯粉置于50 mL的离心管中,加入20 mL蒸馏水后静置1 h(20℃);再以4 000 r/min离心30 min,所得沉淀物的质量即为甘薯粉复水后的质量。甘薯粉复水性按式(3)计算:

$$R = \frac{m_2 - m_1}{m_1} \times 100\% \quad (3)$$

式中:

- R ——甘薯粉复水性,%;
- m_1 ——甘薯粉复水前质量,g;
- m_2 ——甘薯粉复水后的质量,g。

1.4.4 粒径测定

采用激光粒度仪测定[14]。

1.4.5 堆积密度测定

将不同干燥温度制得甘薯粉以相同下落高度装入10 mL量筒,再振动量筒使其表面基本水平,记录体积,按式(4)计算堆积密度。每组样品重复测定3次,结果取平均值。

$$D = \frac{m}{V} \quad (4)$$

式中:

- D ——堆积密度,g/mL;
- m ——甘薯粉质量,g;
- V ——甘薯粉体积,mL。

1.4.6 黏度测定

称取2 g甘薯粉溶于100 mL蒸馏水,置于70℃水浴锅中糊化30 min后,冷却至室温,测其黏度。绝对黏度按式(5)计算:

$$\eta = K \times S \quad (5)$$

式中:

- η ——样品的绝对黏度,mPa·s;
- K ——转换系数;
- S ——圆盘中指针所指的读数。

1.4.7 还原糖测定

采用直接滴定法[15]。

1.4.8 淀粉测定

采用酸水解法[15]。

1.5 统计分析

试验所得数据均为3次重复试验的平均值,试验数据应用SPSS 15.0软件进行方差分析,如方差分析差异显著,用Duncan法进行多重比较;用SigmaPlot 10.0软件进行绘图。

2 结果与分析

2.1 干燥温度对甘薯干燥特征曲线的影响

由图1可知,随着干燥温度升高,干燥时间缩短。干燥温度为75℃时,所需干燥时间为370 min,90℃时所需干燥时间为250 min。由图2可知,失水速率随着干燥温度升高而增大,90℃时甘薯失水速率整体较其它组快;物料在经历了短暂的预热阶段后直接进入较长的降速阶段,中间未出现明显的恒速干燥阶段,在干燥后期干燥速率均较小;由于甘薯本身内部组织结构较紧密,决定了甘薯干燥过程中大部分处在降速阶段,主要受其内部水分扩散速度的影响。此结果与沈晓萍等[16]报道的甘薯热风干燥过程中没有出现明显的恒速干燥阶段一致。

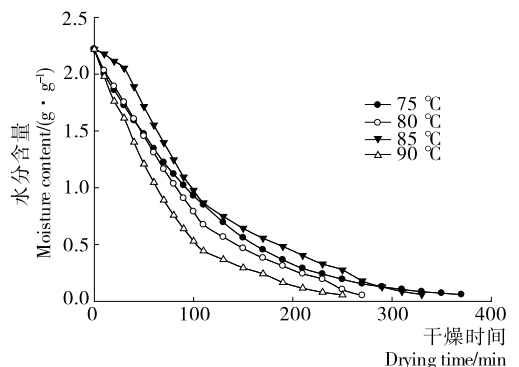


图1 不同干燥温度下甘薯热风干燥曲线

Figure 1 Hot-air drying curves of sweet potato

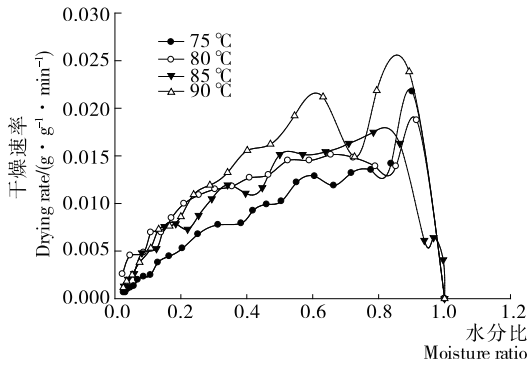
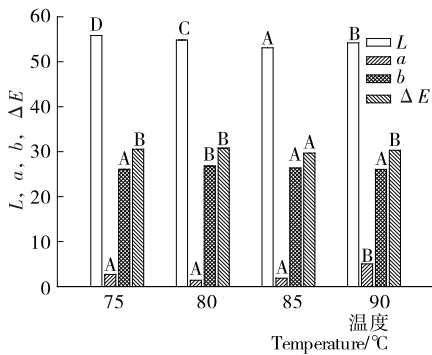


图 2 不同干燥温度下甘薯热风干燥失水速率曲线

Figure 2 Hot-air drying rate curves of sweet potato

2.2 干燥温度对甘薯粉色泽的影响

图 3 为热风干燥温度对甘薯粉的亮度(L)、红度(a)、黄度(b)和色差值(ΔE)的影响。



不同大写字母表示差异显著($P < 0.05$)

图 3 干燥温度对甘薯粉色泽的影响

Figure 3 Color parameters of sweet potato powder prepared by different hot-air drying temperature

由图 3 可知,随着干燥温度的升高, L 值先减小后增大,各试验组间差异显著($P < 0.05$), $85\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时甘薯粉的亮度最低,可能是由于温度升高加速了甘薯中美拉德反应的进行,导致甘薯粉颜色加深;温度为 $90\text{ }^{\circ}\text{C}$ 制得的甘薯粉呈现偏红色, $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ 制得的甘薯粉呈现偏黄色, $85\text{ }^{\circ}\text{C}$ 制得的甘薯粉的色差值与其它 3 个试验组存在显著差异,表现出较小的色泽差异,说明颜色变化相对较小。

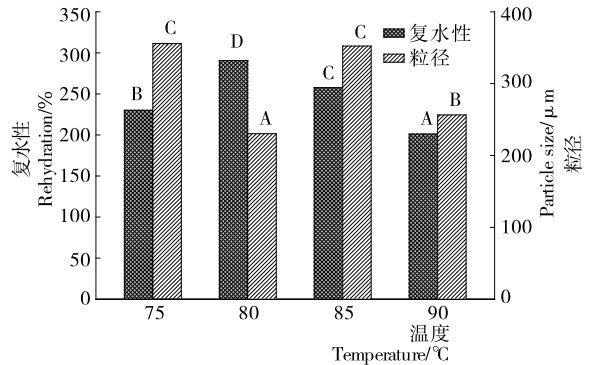
2.3 干燥温度对甘薯粉复水性及粒径的影响

干燥温度对热风干燥甘薯粉复水性及中粒径(D_{50})的影响见图 4。

由图 4 可知,干燥温度对甘薯粉复水性及粒径的影响较显著,随着温度升高,甘薯粉的复水性呈先增大后减小的趋势, $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时制得的甘薯粉复水性明显好于其它 3 组,且差异显著,可能是由于温度过高对甘薯粉颗粒的完整性及组织结构具有一定的破坏;从图 4 还可以看出,不同热风干燥温度制得甘薯粉的中粒径范围为 $230\sim 355\text{ }\mu\text{m}$,其中干燥温度为 $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ 制得的甘薯粉粒径最小,且与其它试验组存在显著差异($P < 0.05$)。

2.4 干燥温度对甘薯粉粒径及复水性的影响

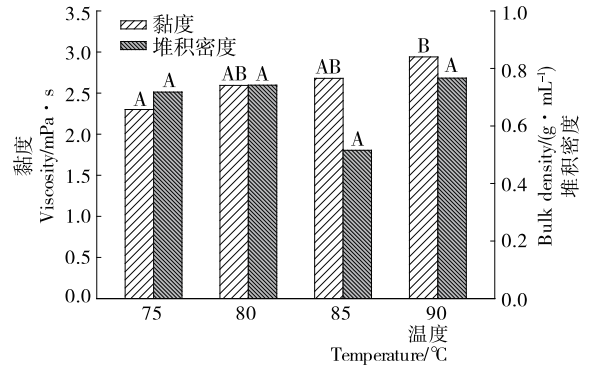
分别在 $75, 80, 85, 90\text{ }^{\circ}\text{C}$ 热风干燥温度下制得的甘薯粉黏度及堆积密度变化见图 5。



不同大写字母表示差异显著($P < 0.05$)

图 4 干燥温度对甘薯粉粒径和复水性的影响

Figure 4 Particle size and rehydration of sweet potato powder prepared by different hot-air drying temperature



不同大写字母表示差异显著($P < 0.05$)

图 5 干燥温度对甘薯粉黏度和堆积密度的影响

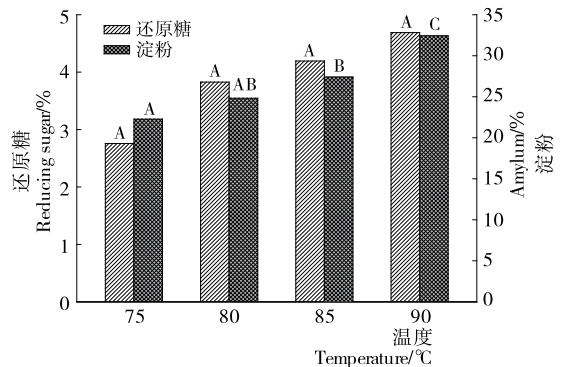
Figure 5 Viscosity and bulk density of sweet potato powder prepared by different hot-air drying temperature

由图 5 可知,干燥温度对甘薯粉堆积密度影响不明显,各试验组间均无显著差异,但对甘薯粉黏度影响较大;随着干燥温度的升高,甘薯粉黏度逐渐增大,可能是随着温度升高细胞破损加重,导致甘薯中游离淀粉逐渐增加^[11],从而表现出黏度增大。

2.5 干燥温度对甘薯粉还原糖和淀粉含量的影响

热风干燥温度对甘薯粉还原糖、淀粉含量的影响见图 6。

由图 6 可知,干燥温度对甘薯粉还原糖含量影响不显著,



不同大写字母表示差异显著($P < 0.05$)

图 6 干燥温度对甘薯粉还原糖和淀粉含量的影响

Figure 6 Reducing sugar and amylum of sweet potato powder prepared by different hot-air drying temperature

随着温度升高,还原糖有逐渐增加的趋势,由于还原糖会与蛋白质发生美拉德反应,结合图3中L值进行分析可知还原糖含量高低与甘薯粉色泽具有一定关系;甘薯粉中淀粉含量随着温度升高而增加,且各试验组间存在显著差异,该试验结果与李新华等^[4]报道的甘薯熟制全粉淀粉含量随着真空干燥温度升高而增加的结果相一致。

3 结论

研究表明,热风干燥温度对甘薯粉色泽、复水性、粒径、黏度和淀粉含量有显著影响($P < 0.05$),对甘薯粉的堆积密度及还原糖含量影响不显著。随着干燥温度升高,干燥时间缩短,失水速率相应增大;甘薯粉色泽随着温度升高呈现加深趋势,黏度及淀粉含量也有所增加;干燥温度为75℃时,干燥时间较80℃长100 min,甘薯粉粒径最大,黏度最小,还原糖与淀粉含量最少,不具有良好的加工品质;而干燥温度为90℃时,干燥时间较80℃缩短20 min,甘薯粉具有较大堆积密度,适合制成压片产品^[17],但复水性较差。

综上所述,从节能角度考虑,选用80℃的热风干燥温度制备甘薯粉所需时间较短,制得的甘薯粉具有良好色泽、较小粒径和较强复水性等良好的品质特性,适用于固体饮料、方便面等食品的加工,以增进营养价值,改善产品风味。该甘薯粉制备工艺简单易操作,且成本低,在工业生产中具有广阔的应用前景。

参考文献

- [1] Kim J M, Park S J, Lee C S, et al. Functional properties of different Korean sweet potato varieties[J]. Food Science and Biotechnology, 2011, 20(6): 1 501-1 507.
- [2] 夏延斌, 梁美凤. 甘薯在食品工业中的研究进展[J]. 农产品加工, 2008(4): 58-61.
- [3] 周洁, 孔晓玲. 自然干燥与热风干燥对甘薯粉丝质量的影响[J]. 包装与食品机械, 2011, 29(6): 14-16.

(上接第161页)

3 结论

超声波辅助提取工艺可提高樟芝菌丝体粗多糖和总三萜的提取量,其提取樟芝菌丝粗多糖的最佳工艺条件为:固液比1:30($m:V$),超声功率120 W,提取时间35 min,提取温度55℃,该条件下菌丝多糖提取量可达26.319 mg/g;提取樟芝菌丝总三萜的最佳工艺条件为:固液比1:30($m:V$),超声功率210 W,提取温度50℃和提取时间25 min,该条件下菌丝总三萜提取量为38.624 mg/g。

本试验研究结果显示超声波技术在樟芝菌丝体活性成分提取中的重要作用,为其在珍稀食用菌活性成分提取等方面的应用提供了参考。此外,超声波辅助提取对于活性成分的组成及结构的影响还有待进一步研究。

参考文献

- [1] 胡鸥, 连张飞, 张君逸, 等. 樟芝的药用保健价值及开发应用[J]. 亚热带植物科学, 2006, 35(4): 75-78.
- [2] 陆震鸣, 陶文沂, 许泓瑜, 等. 樟芝菌粉三萜类化合物含量的测定[J]. 中成药, 2008, 30(3): 402-405.
- [3] Song Tuzz-ying, Yen Gow-chin. Antioxidant properties of *Ant-*

- [4] 李新华, 宋秀洁. 真空干燥法制备甘薯全粉[J]. 食品与发酵工业, 2012, 38(2): 122-125.
- [5] 郭婷, 何新益, 邓放明. 冻融甘薯热风干燥特性与动力学研究[J]. 食品与机械, 2013, 29(3): 8-11.
- [6] 毕金峰, 陈芹芹, 刘璇, 等. 国内外果蔬粉加工技术与产业现状及展望[J]. 中国食品学报, 2013, 13(3): 8-14.
- [7] 宋玲霞, 陈义伦, 马超, 等. 干燥方式对枣粉物理特性的影响[J]. 食品与发酵工业, 2014, 40(12): 89-93.
- [8] 朱香燕, 张珺, 何义雁, 等. 热风与远红外干燥温度对苦瓜全粉品质的影响[J]. 现代食品科技, 2015, 31(7): 265-269.
- [9] 宋振, 木泰华, 孙红男, 等. 不同干燥方法对甘薯茎叶粉物化特性的影响[J]. 现代食品科技, 2015, 31(5): 255-261.
- [10] 陈瑞娟, 毕金峰, 陈芹芹, 等. 干燥方式对胡萝卜超微粉中挥发性风味物质的影响[J]. 中国食品学报, 2015, 15(1): 250-256.
- [11] 林华. 甘薯全粉制粉工艺及其应用于面包的特性研究[D]. 长沙: 湖南农业大学, 2009: 12-15.
- [12] 郭婷. 冻融对甘薯变温压差膨化干燥品质影响及机理研究[D]. 长沙: 湖南农业大学, 2014: 30-32.
- [13] Kim S H, Choi Y J, Lee H, et al. Physicochemical properties of jujube powder from air, vacuum, and freeze drying and their correlations[J]. Journal of the Korean Society for Applied Biological Chemistry, 2012, 55(2): 271-279.
- [14] Zhang Li-hua, Xu Huai-de, Li Shun-feng. Effects of micronization on properties of *Chaenomeles sinensis* (Thouin) koehne fruit powder[J]. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 2009, 10(4): 633-637.
- [15] 大连轻工业学院. 食品分析[M]. 北京: 中国轻工出版社, 2009: 75-78.
- [16] 沈晓萍, 王蒙蒙, 卢晓黎. 熟化甘薯热风干燥特性及数学模型研究[J]. 食品与机械, 2007, 23(3): 119-126.
- [17] Costa F O, Pais A A C C, Sousa J J S. Analysis of formulation effects in the dissolution of ibuprofen pellets[J]. International Journal of Pharmaceutics, 2004, 270(1): 9-19.

rodia camphorate in submerged culture[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2002, 50(11): 3 322-3 327.

- [4] 杨国伟, 危晴, 刘卉辛, 等. 超声波辅助提取锁阳多糖的工艺研究[J]. 食品与机械, 2013, 29(3): 141-144.
- [5] 蒋劭博, 王强, 李建贵, 等. 响应面法优化红枣中环磷酸腺苷(cAMP)超声提取工艺[J]. 中国食品学报, 2014, 14(1): 114-120.
- [6] 刘全德, 唐仕荣, 宋慧, 等. 芦荟蒽醌类化合物的超声提取及其抗氧化性研究[J]. 食品与机械, 2011, 27(5): 68-71.
- [7] 王光磊, 王瑾, 王宫. 樟芝总多糖提取方法的研究和筛选[J]. 海峡药学, 2014, 26(11): 105-107.
- [8] 王光磊, 洪华炜, 王宫. 几种提取技术在樟芝总三萜提取中的应用和比较[J]. 海峡药学, 2014, 26(8): 31-33.
- [9] 刘华, 贾薇, 张劲松. 樟芝菌丝体的不同提取方法及其抗肿瘤活性的研究[J]. 食品与发酵工业, 2008, 34(12): 171-175.
- [10] 庄梦敏, 王小董, 胡丰林. 樟芝菌丝中自由基清除剂的醇提工艺研究[J]. 安徽农业大学学报, 2013, 40(3): 506-509.
- [11] 郭金龙, 陈有君, 孙国琴, 等. 苯酚-硫酸法测定杏鲍菇多糖方法的研究[J]. 食品科学, 2008, 29(12): 555-558.
- [12] 陆震鸣, 陶文沂, 许泓瑜, 等. 乙醇提取樟芝菌粉三萜类化合物的动力学研究[J]. 食品科学, 2009, 30(3): 21-24.