

DOI:10.13364/j.issn.1672-6510.20140120

黑木耳变温调湿干燥制度实验研究

李文丽¹, 吴中华¹, 师建芳², 刘清²

(1. 天津科技大学机械工程学院, 天津 300222; 2. 农业部规划设计研究院农产品加工工程研究所, 北京 100125)

摘要: 为了解决目前黑木耳机械化干制中采用恒温恒湿热风干燥工艺存在的木耳干燥速率高, 但存在收缩不充分、叶片不平整或破碎、表面色泽灰暗或无光泽等外形较差的问题, 本文通过对黑木耳恒温恒湿热风干燥特性和品质变化的分析, 提出了黑木耳四阶段变温调湿干燥制度, 并进行了实验和烘房生产实验验证, 得到的黑木耳外形、多糖含量和干湿比接近自然晾晒品质. 变温调湿热风干制黑木耳的方法为产地烘房烘干黑木耳提供了参考工艺.

关键词: 黑木耳; 烘房; 干燥制度; 产品品质

中图分类号: S375, S567.3⁺9

文献标志码: A

文章编号: 1672-6510(2015)04-0050-06

Experimental Study of Varying Temperature and Humidity Drying Schedule of *Auricularia auricula*

LI Wenli¹, WU Zhonghua¹, SHI Jianfang², LIU Qing²

(1. College of Mechanical and Engineering, Tianjin University of Science & Technology, Tianjin 300222, China;

2. Department of Agricultural Processing, Chinese Academy of Agricultural Engineering, Beijing 100125, China)

Abstract: In this paper, the hot air drying characteristics of *Auricularia auricula* and its product quality were analyzed under constant drying air temperature and humidity. Although this way of drying is fast, there are problems of poor appearance, such as not sufficient shrinkage, uneven or broken blades, color gray or matte surface. To further improve the drying quality, a four-stage varying temperature and humidity drying schedule was proposed and two drying system were applied to the hot air drying of *Auricularia auricula* using laboratory-scale and pilot intelligent drying rooms. In both tests, the appearance, the polysaccharide content and the wet/dry weight ratio of the dry products were close to the sun-dried ones, but the drying time was shorter. The research results provide some guidelines on drying room drying of *Auricularia auricula* in the production place.

Key words: *Auricularia auricula*; drying room; drying schedule; product quality

新鲜黑木耳的含水率高, 不易贮藏; 干制是黑木耳加工贮藏的一种重要方法^[1-2]. 传统黑木耳干制采用自然露天晾晒方法, 占地面积大, 干制时间长, 易受天气、沙尘和虫害影响, 卫生条件差. 随着我国黑木耳种植规模扩大, 采收期雨水较多导致种植大户和企业对采用机械化干制黑木耳的需求越来越大.

干木耳的商品价值主要体现在其外观形态, 木耳多糖含量^[3-4]及干湿比^[5], 其中, 外观形态是引发顾客购买欲的首要因素. 木耳在干制过程大量失水收缩, 干产品呈卷曲形态. 自然晾晒木耳干燥速率低, 收缩

定型时间充分, 加上人工多次翻料、手工揉搓, 产品外形好, 呈自然卷曲形态. 目前黑木耳机械化干制多采用恒温恒湿热风干燥工艺^[6-8], 木耳干燥速率高, 但存在收缩不充分、叶片不平整或破碎、表面色泽灰暗或无光泽等外形较差的问题.

变温调湿干燥是依据物料在热风干燥过程中形态和品质变化而间歇调整热风温度、湿度和速度等参数, 在提高干燥速率、缩短干燥时间的同时可以避免干燥不利影响如产品开裂、硬化、营养物质大量降解等, 最终获得良好产品外观形态和产品质量. 变温调

收稿日期: 2014-09-16; 修回日期: 2014-12-22

基金项目: 国家星火计划资助项目(2013GA125001)

作者简介: 李文丽(1990—), 女, 河北人, 硕士研究生; 通信作者: 吴中华, 教授, wuzhonghua@tust.edu.cn.

湿干燥制度在陶瓷坯体^[9]、高炉浇注料^[10]干燥等方面应用广泛,近年来也应用于农产品干制。如马来西亚 Chong 等^[11]应用变温调湿干燥制度来进行榴莲蜜干制,比恒温恒湿干燥产品干燥时间短,并且产品变色少、结构柔软且易于食用。

因此,本文根据木耳干制品品质要求,结合我国农村地区应用日渐广泛的自动控制果蔬烘干房,研究黑木耳烘房热风变温调湿热风干燥制度,以生产出外形好、营养品质高的干黑木耳,同时节省木耳干燥时间和成本。研究成果为黑木耳产地烘房烘干提供一定实践指导。

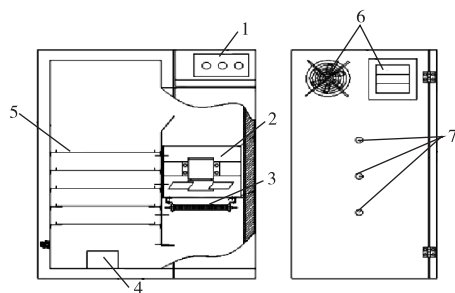
1 材料与方法

1.1 原料来源及预处理

新鲜黑木耳,采自北京门头沟清水涧当地农户种植的木耳,分两批:一批采自 6 月中旬,俗称夏耳;另一批采自 8 月底,俗称秋耳。选取大小一致,子实体形状完整、无破碎的新鲜木耳进行干燥。干燥前,剔除耳根处培养基,清洗耳片上杂质,并用吸水纸擦干表面浮水。

1.2 实验设备

黑木耳热风干燥实验设备是北京华珍烘烤系统设备工程有限公司生产的 SY-5 型果蔬智能实验烘房。烘房额定功率为 3 kW,主要由控制系统、轴流风机、板式电加热器、干湿球温度传感器、排湿装置和托盘等组成,如图 1 所示。



1. 控制系统; 2. 轴流风机; 3. 板式电加热器; 4. 干湿球传感器;
5. 托盘; 6. 排湿装置; 7. 传感器入口

图 1 实验型烘房

Fig.1 Laboratory-scale drying room used in the experiments

控制系统由液晶显示器、自动排湿和冷风执行机构及电器控制等构成;可按照预设物料干燥制度,即物料各干燥阶段所需热风温度、湿度、干燥时间等数据,自动控制鼓风机的启停、风门开关,实现升温、保

温、进风和排湿等各种功能,完成物料干燥。设备的温度控制范围为室温至 80 ℃,精度为 ± 1 ℃;相对湿度控制精度为 $\pm 5\%$ 。

GZX-9070MBE 型电热恒温鼓风干燥箱,上海博讯实业有限公司;中型智能烘房(内部有效尺寸 6.3 m $\times$ 3.1 m $\times$ 2.8 m),辽宁海帝升机械有限公司;JJ3000 型精密电子天平(量程 3 000 g $\pm$ 0.1 g),常熟双杰测试仪器厂;高速多功能粉碎机,永康市绿可食品机械有限公司;标准筛,南京科达仪器总汇;分析天平(精确度 0.000 1 g),奥豪斯中国地区;超声波清洗机,深圳市威固特洗净设备有限公司;真空抽滤装置(自己组装);722 型可见分光光度计,上海菁华集团公司。

1.3 实验试剂

无水葡萄糖标准品、苯酚、浓硫酸,分析纯,天津市化学试剂一厂。

1.4 实验方法

首先进行黑木耳恒温恒湿热风干燥实验,研究热风温度和相对湿度对黑木耳外观、理化品质的影响。实验方案见表 1。

表 1 实验方案

Tab. 1 Experimental program

编号	因素	
	热风温度/℃	相对湿度/%
1	40	50
2	50	50
3	60	50
4	60	40
5	60	60

将预处理好的新鲜木耳单层均匀摊放在托盘上,单盘质量约为 1 kg;按照表 1 设置实验参数后启动实验烘房;每隔 0.5 h 称质量 1 次,直到黑木耳含水率在 14% 以下,并在每次称量时对木耳进行拍照。同时另取约 100 g 预处理好的鲜木耳,在 GZX-9070MBE 型电热恒温鼓风干燥箱内 110 ℃烘干至质量恒定,以测量其初始含水率。干燥实验结束后,整理数据绘制木耳干燥曲线和干燥特性曲线;对不同干燥条件下得到的木耳进行理化指标测定,即木耳多糖含量和干湿比的测定。上述实验均重复 3 次,实验数据取平均值。

1.5 木耳多糖含量的测定

采用超声波浸提法来提取黑木耳多糖,分光光度苯酚-硫酸显色法测定粗多糖含量^[12-13]。

1.5.1 木耳多糖的提取

称取 10 g 黑木耳干制品,粉碎成粉末,过 60 目筛,得到碾细的木耳粉末;称取该粉末 1 g 置于

100 mL 烧杯中,加水 30 mL,采用超声波浸提法提取 2 h,抽滤得滤液;将剩余残渣再用 30 mL 水浸提 2 h,抽滤,所得滤液与第 1 次滤液合并后于 100 mL 容量瓶定容,作为待测样品液。

1.5.2 苯酚液的配制

称取苯酚 100 g,加铝片 0.1 g、碳酸氢钠 0.05 g,蒸馏收集 182 °C 下的馏分 10 g,加水 150 mL,置于棕色瓶中,摇匀。

1.5.3 标准曲线的绘制

精确称取经 105 °C 干燥至质量恒定的葡萄糖标准品 50 mg,置于 500 mL 容量瓶中,加蒸馏水定容,摇匀后就可得到质量浓度为 0.1 mg/mL 的葡萄糖标准溶液;分别吸取 0.2、0.4、0.6、0.8、1.0 mL 的葡萄糖标准溶液置于 5 个具塞试管中,分别加蒸馏水 1.8、1.6、1.4、1.2、1.0 mL,使总体积为 2.0 mL,再取 2.0 mL 蒸馏水放入 1 支空的具塞试管中;向 5 支试管中分别加入 1.0 mL 苯酚液,再迅速滴加 5.0 mL 浓硫酸,摇匀,静置 10 min,置沸水浴中加热 15 min,取出用冷水迅速冷却至室温;另以 2.0 mL 蒸馏水,加 1.0 mL 苯酚液、5.0 mL 浓硫酸,其他操作同上,作为空白对照,用分光光度计于 490 nm 处测定其吸光度 (A_{490}),绘制标准曲线如图 2 所示。

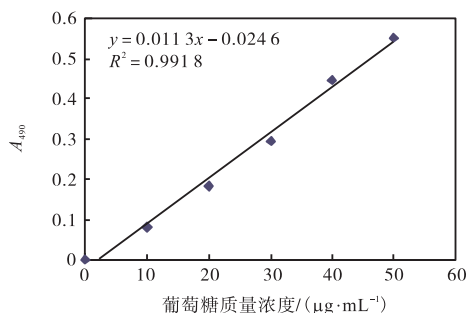


图 2 葡萄糖标准曲线

Fig. 2 The standard curve of glucose

1.5.4 多糖含量的测定

吸取 1.5.3 中制得的待测样品液 5.0 mL,于 50 mL 容量瓶中定容,摇匀;再取这种稀释液 2.0 mL 于试管中,加入苯酚液 1.0 mL,摇匀后迅速加入 5.0 mL 浓硫酸,立即混匀,静置 5 min 后于沸水浴中加热 15 min,取出用冷水迅速冷却至室温,空白对照同 1.5.3,测定其吸光度。根据标准曲线查出多糖溶液中的葡萄糖含量,进而计算出木耳中的多糖含量。木耳多糖含量按照式(1)计算。

$$W_p = \frac{m_p}{m_g} \times 100\% \quad (1)$$

式中: W_p 为木耳多糖含量(%); m_p 为木耳多糖的质量(g); m_g 为干木耳质量(g)。

1.6 木耳干湿比的计算

干湿比是评价黑木耳品质的重要指标,由此可表征干木耳的复水性。根据 GB/T 6192—2008^[5],干湿比的测量和计算方法为:称取样品 100.0 g (精确至 ± 0.1 g) 即为 m ,将样品放入室温下水中浸泡 4 h 后,取出用漏水容器滤尽水,直到不产生水滴为止后称量,即为 m_1 (g),按式(2)计算干湿比,计算结果精确到小数点后 1 位。

$$Y = 1: \frac{m_1}{m} \quad (2)$$

2 结果与分析

2.1 黑木耳恒温恒湿热风干燥特性

图 3 为不同温度和湿度下黑木耳热风干燥曲线。从图 3 可以看出,随着干燥过程的进行,黑木耳含水量逐渐下降。当热风干燥箱内相对湿度为 50%,热风温度为 40 °C (注:传感器测量显示的风温)时,干燥时间为 8 h,而 60 °C 热风温度下,干燥时间为 5.5 h,可见热风温度越高,干燥时间越短。这是因为热风温度高,水分蒸发驱动力大,干燥速率高。当热风温度均为 60 °C 时,干燥箱内相对湿度越低,所需要的干燥时间越短,这是因为相对湿度越低,物料表面与干燥介质间的水汽分压越大,越有利于水分的去除。

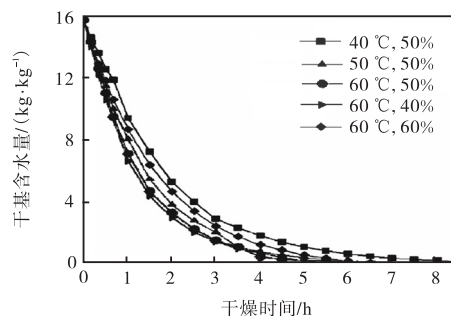


图 3 黑木耳热风干燥曲线

Fig. 3 Drying curves of *Auricularia auricula*

图 4 所示为不同干燥条件下的黑木耳干燥特性曲线。从图 4 可以看出,黑木耳干燥速率随热风温度和湿度不同而有所差异,但其干燥特性遵循一定规律:即整个热风干燥过程可以分成四个阶段:

(1) 起始干燥阶段(干基含水量 12 ~ 15 kg/kg,湿基含水率 92.3% ~ 93.7%)。在该阶段,木耳温度从环境温度升到接近热风湿球温度,随着木耳温度升高,

水分蒸发速率增加. 干燥条件为 $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ – 40% 和 $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ – 50% 时, 该阶段升速明显; 干燥条件为 $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ – 50% 时, 仅有 1 个短暂的恒速阶段; 当干燥条件为 $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ – 50% 时, 既没有升速阶段, 也没有恒速阶段, 而是直接进入到了降速干燥阶段. 木耳的热风干燥过程随着干燥介质温度和湿度的不同而呈现出不同特性的原因是, 热风温度越低, 木耳从常温升到热风湿球温度所需时间越短; 另外, 当湿度较大时, 热风中水蒸气含量较高, 热风与湿物料之间的传质推动力较小, 物料的水分蒸发量少, 从而消耗较少的热量; 而其余热量则使物料温度升高. 反之亦然.

(2) 第一降速阶段(干基含水量 $6\sim 12\text{ kg/kg}$, 湿基含水率 $85.7\%\sim 92.3\%$). 在该阶段, 水分蒸发速率从 $10\sim 11\text{ kg}/(\text{kg}\cdot\text{h})$ 慢慢降低到 $4\sim 5\text{ kg}/(\text{kg}\cdot\text{h})$. 在第一降速阶段, 木耳水分较大, 主要蒸发的是木耳中的游离水, 水分蒸发速率快. 提高热风温度, 降低热风湿度均可提高木耳干燥速率.

(3) 第二降速阶段(干基含水量 $2\sim 6\text{ kg/kg}$, 湿基含水率 $66.6\%\sim 85.7\%$). 该阶段木耳水分蒸发从 $4\sim 5\text{ kg}/(\text{kg}\cdot\text{h})$ 降至 $0.8\sim 1.2\text{ kg}/(\text{kg}\cdot\text{h})$ 之间, 蒸发速率显著降低, 其原因有两个: 一是木耳中的游离态水分在上一阶段已蒸发完毕, 此干燥阶段主要蒸发的是木耳中的结合水. 结合水蒸发主要受木耳本身传质阻力的影响. 二是物料收缩使其与空气的接触面积减小, 蒸发传热面积小, 也会使干燥速率下降. 热风温度, 湿度对该阶段仍有影响, 但影响程度低于第一降速阶段.

(4) 第三降速阶段(干基含水量 $0.16\sim 2\text{ kg/kg}$, 湿基含水率 $14.0\%\sim 66.6\%$). 该阶段水分蒸发使含水率进一步减小, 分析其原因为该阶段去除的水分为不易蒸发的胶体结合水. 在该阶段, 外部条件如热风温度和湿度对水分蒸发影响较小, 主要是木耳内部的传质阻力在起主要作用.

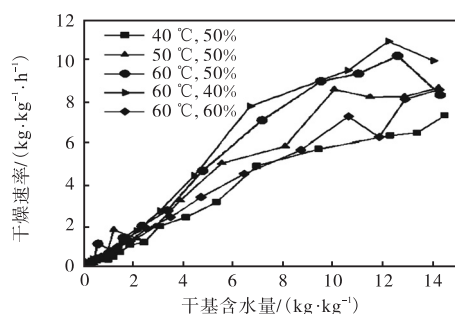


图 4 黑木耳热风干燥速率曲线

Fig. 4 Drying rate curves of *Auricularia auricula*

结合图 3 和图 4, 以热风温度为 $60\text{ }^{\circ}\text{C}$, 相对湿度 50% 条件下的黑木耳热风干燥过程为例, 分析木耳的干燥失水过程: 总干燥时间为 6 h , 其中起始干燥阶段 0.33 h , 去除木耳新鲜水分 14.3% ; 第一降速阶段 1 h , 去水 42.8% ; 第二降速阶段 2 h , 去水 28.6% ; 第三降速阶段 2.67 h , 去水 13.3% ; 干燥结束后木耳中剩余水分为初始水分的 1% .

2.2 黑木耳干燥品质

图 5 显示了热风温度为 $60\text{ }^{\circ}\text{C}$, 相对湿度为 50% 条件下木耳干燥过程中外观变化.

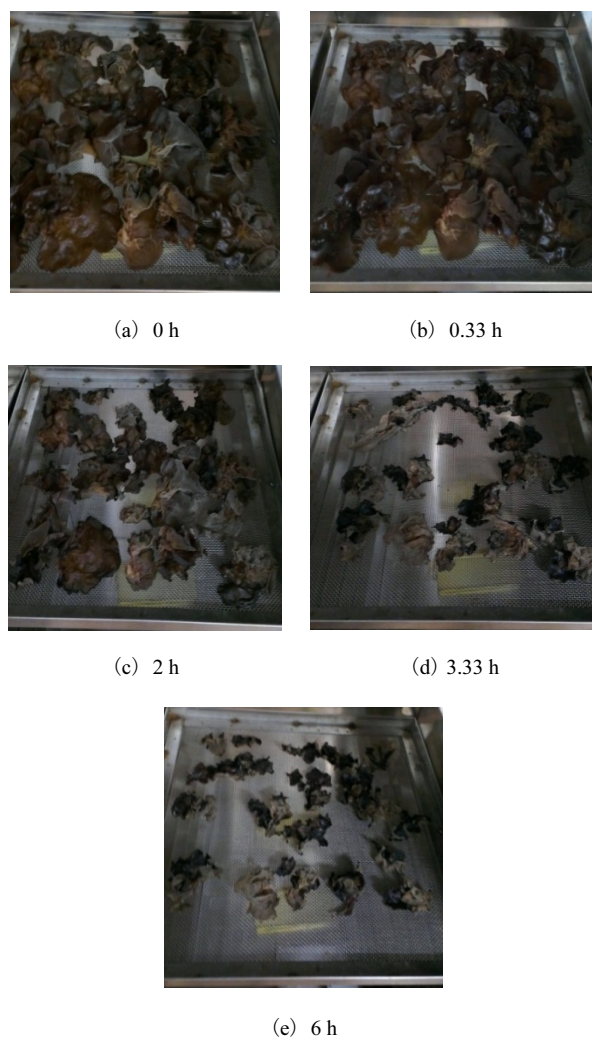


图 5 热风干燥过程中木耳外观变化

Fig. 5 Appearance variation of *Auricularia auricula* in the air-drying process

结合图 3—图 5 分析发现: 起始干燥阶段, 木耳外观基本无变化; 第一降速阶段木耳开始收缩, 但收缩率低; 第二降速阶段木耳收缩非常明显, 为黑木耳干燥定型阶段; 在第三降速阶段木耳的收缩很小, 由此推断木耳的外形受第二降速阶段的影响最大.

表 2 显示了热风干燥条件对干制木耳多糖含量和干湿比的影响. 从表 2 中可以看出: 40 ℃-50% 条件下得到的干木耳中多糖含量最低(4.84%), 其原因可能是干燥时间长; 60 ℃-50% 比 50 ℃-50% 的多糖含量有所偏低是因为其热风温度高; 当温度为 60 ℃ 时, 湿度越大, 干燥时间相对越长, 木耳多糖的损失越大, 干制品中多糖的含量则越低. 总体上看, 各干燥条件下木耳多糖差异不大.

从表 2 中干湿比可知, 热风干燥得到木耳干制品基本可以达到国标^[5]中对干湿比的要求(一级品 ≥ 1 : 13, 二级品 ≥ 1 : 12), 而且温度、湿度对木耳干制品干湿比的影响很小. 但值得注意的是, 当干燥条件为 60 ℃-40% 时, 即高温低湿的条件下, 所得到的干木耳干湿比最差, 因为这种条件下木耳失水最快, 木耳叶片硬化, 导致了干制品复水性差.

表 2 不同干燥条件下黑木耳的品质
Tab. 2 Drying quality of *Auricularia auricula* in different drying conditions

热风温度/℃	相对湿度/%	干燥时间/h	多糖含量/%	干湿比
40	50	8.5	4.84	1 : 13.33
50	50	6.5	5.59	1 : 13.98
60	50	6.0	5.49	1 : 13.44
60	40	5.0	5.51	1 : 11.56
60	60	6.5	5.32	1 : 13.64

3 黑木耳变温调湿干燥制度

在黑木耳恒温恒湿干燥的干燥特性和干木耳品质分析基础上, 本文提出了黑木耳变温调湿干燥制度; 结合烘房处理量, 分别设计了针对小型烘房(处理量为每批 5 ~ 10 kg)的黑木耳干燥制度 1 和中型烘房(处理量为每批 1 t)的黑木耳干燥制度 2.

3.1 小型烘房的黑木耳干燥制度

以 SY-5 型果蔬智能小型烘房, 单批烘干约 10 kg 北京 8 月底产秋黑木耳为例. 各阶段热风温湿度参数设置见表 3.

作为对照, 另一组采用自然晾晒. 自然晾晒条件为白天阳光直晒, 晾晒时间为 8:30—17:30、晒后收回. 第 2 天继续晒, 直到安全含水率 14% 为止. 木耳晾晒期间, 记录晾晒处空气温度为 32 ~ 35 ℃, 相对湿度为 45% ± 10%.

考虑上节热风干燥的研究结果, 木耳干燥收缩主要发生在第二阶段, 故此第二阶段要采用低温高湿的空气作为干燥介质才能避免木耳干制品过度变

形. 第二干燥阶段以后, 可以适当提高空气的温度并降低其湿度, 以使干燥时间缩短. 故此设计如下干燥制度.

表 3 黑木耳热风烘房干燥制度 1
Tab. 3 Drying schedule 1 of *Auricularia auricula*

阶段	热风温度/℃	相对湿度/%	时间/h
第一阶段	40	80	1.0
第二阶段	50	60	1.0
第三阶段	60	50	1.0
第四阶段	70	40	2.5

从表 4 中可以看出, 黑木耳干燥制度 1 得到的木耳干湿比和多糖含量要比自然晾晒的低, 差别不是很大, 但是干燥时间远低于自然晾晒所需时间. 需要说明的是, 该批实验原料为秋耳, 其木耳多糖含量要比恒温恒湿干燥实验所用的夏耳高. 从图 6 可以看出, 两种方式下干燥得到的干木耳外观也差别不大. 由此可以认为, 干燥制度 1 下烘房烘干的黑木耳品质基本接近自然晒干黑木耳.

表 4 干燥制度 1 和自然晾干木耳的品质对比
Tab. 4 Quality comparison of *Auricularia auricula* under drying schedule 1 and sun-drying

实验方案	干燥时间/h	干湿比	多糖含量/%
干燥制度 1	5.5	1 : 13.6	7.98
自然晾晒	25.0	1 : 14.0	8.56



(a) 干燥制度 1 (b) 自然晾晒
图 6 干燥制度 1 和自然晾晒后的木耳外观对比
Fig. 6 Comparison of *Auricularia auricula* appearance under drying schedule 1 and sun drying

3.2 中型烘房的黑木耳干燥制度

以辽宁海帝升机械有限公司生产的中型智能烘房(烘干室内部有效尺寸 6.3 m × 3.1 m × 2.8 m, 单层有效烘干面积 17.5 m², 烘干层数 12 层), 于 2013 年 9 月中旬在吉林省敦化市黄泥河镇新西林农业有限公司进行东北黑木耳(秋耳)智能烘房热风干燥制度试验. 单批烘干木耳约 1 200 kg, 经多次试验, 设计的干燥制度 2 见表 5.

作为对照, 另一组采用自然晾晒. 自然晾晒条件为白天阳光直晒, 晾晒时间为 9:00—17:00, 晒后收

回. 第 2 天继续晒, 直到安全含水率 14% 为止. 木耳晾晒期间, 敦化最低空气温度为 1℃, 最高空气温度 23℃, 相对湿度为 40% ± 10%.

表 5 黑木耳热风烘房干燥制度 2

Tab. 5 Drying schedule 2 of *Auricularia auricula*

阶段	热风温度/℃	相对湿度/%	时间/h
第一阶段	42	50	2
第二阶段	48	40	3
第三阶段	55	35	6
第四阶段	60	35	3

经干燥制度 2 下烘干黑木耳干燥时间为 14 h, 而作为对照组的日晒干燥时间为 30 h. 干燥制度 2 得到的黑木耳干制品外形基本上达到了日晒黑木耳的效果, 收缩性良好, 并且黑木耳干制品的品质基本接近日晒黑木耳.

3.3 两种干燥制度比较分析

从干燥制度 1 和 2 比较可以看出, 黑木耳变温调湿干燥制度都包括四个干燥阶段, 各干燥阶段可根据烘房形式、原料物性、装载量等差异, 在一定范围内灵活调节热风温度、湿度和干燥时间, 以得到干燥时间短、品质优良的干制品. 实践生产中, 一定量的前期试验有助于获得一个优化的黑木耳干燥制度.

4 结 论

(1) 黑木耳热风干燥过程可分为四个阶段. 起始干燥阶段: 热风温度越高, 湿度越低, 起始干燥阶段越明显, 木耳外观基本不变; 第一降速阶段: 干燥速率快, 提高热风温度, 降低热风湿度均可提高木耳干燥速率, 木耳开始收缩, 但是收缩率低; 第二降速阶段: 木耳干燥速率显著降低, 热风温度、湿度对该阶段仍有影响, 但影响程度低于第一降速阶段, 木耳收缩明显, 为木耳收缩定型阶段; 第三降速阶段: 该阶段干燥速率进一步减小, 外部条件如热风温度和湿度对水分蒸发影响较小, 木耳的收缩很小.

(2) 通过黑木耳热风干燥特性及干燥过程中品质变化分析, 提出了黑木耳四阶段变温调湿干燥制度. 变温调湿干燥制度实验和生产实践都表明: 在一个良好的干燥制度下, 热风烘房可得到外观、木耳多糖及干湿比接近自然晾晒品质的干木耳产品.

参考文献:

- [1] 程野. 木耳银耳采收与干制技术[J]. 农村新技术, 2011(12): 36-37.
- [2] 邢作山, 李洪忠, 陈长青, 等. 食用菌干制加工技术[J]. 中国食用菌, 2009, 28(3): 56-57.
- [3] 熊艳, 车振明. 黑木耳多糖的研究进展[J]. 食品研究与开发, 2007, 28(1): 181-183.
- [4] 吴宪瑞, 孔令员, 淦洪. 黑木耳多糖的医疗保健价值[J]. 林业科技, 1996, 21(3): 32-33.
- [5] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. GB/T 6192—2008 黑木耳[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- [6] 杨春瑜, 申世斌, 马岩. 黑木耳干燥失水及复水规律研究[J]. 中国林副特产, 2002(2): 26-27.
- [7] 刘清斌, 周宇. 复水黑木耳热风干燥特性研究[J]. 食品科技, 2008, 33(11): 87-90.
- [8] 董周永, 任辉, 周亚军, 等. 黑木耳干燥特性[J]. 吉林大学学报: 工学版, 2011, 41(2): 349-353.
- [9] 吴新正, 邓湘云, 李建保, 等. 干燥制度对石英砂制高硅陶瓷坯体性能影响的研究[J]. 绝缘材料, 2010, 43(4): 56-59.
- [10] 张雅娟, 王晓阳. 高铝超低水泥耐火浇注料加热期间的干燥步骤[J]. 国外耐火材料, 2005, 30(1): 50-53.
- [11] Chong C H, Law C L. 榴莲蜜变温间歇干燥[J]. 干燥技术与设备, 2013, 14(1): 23-42.
- [12] 倪兆林, 申元英, 白丽, 等. 云龙黑木耳中多糖的提取与测定[J]. 大理学院学报, 2012, 11(3): 31-34.
- [13] 周玲, 唐静, 李娇, 等. 野生及人工培养香菇和黑木耳中粗多糖含量测定[J]. 大理学院学报, 2008, 7(8): 58-60.

责任编辑: 郎婧