

文章编号: 100226819(2001)0320133204

远红外常压、负压联合干燥香菇的试验研究

徐贵力¹, 程玉来², 毛罕平¹, 朱继军³, 赵红霞⁴

(1. 江苏理工大学, 镇江 212013; 2. 沈阳农业大学, 沈阳; 3. 天津民航学院, 天津; 4. 吉林大学南岭校区, 长春)

摘要: 该研究是在对现有的香菇干燥设备及其存在问题进行分析的基础上, 提出了负压远红外线干燥香菇的方法, 并进行了现有一些干燥方法的同条件对比试验, 在分析它们失水特性曲线的基础上, 又提出联合干燥香菇的方法, 即在干燥前期用远红外线配以排湿气流干燥法较快地把香菇的含水率降到 50% 左右, 然后在干燥后期用换气负压远红外线干燥法把香菇的含水率降到要求值。采用这种干燥方法, 不仅可使香菇干燥时间缩短和能耗降低, 而且提高了香菇干制品的优等率。

关键词: 香菇; 干燥; 负压; 远红外线

中图分类号: S375 **文献标识码:** A

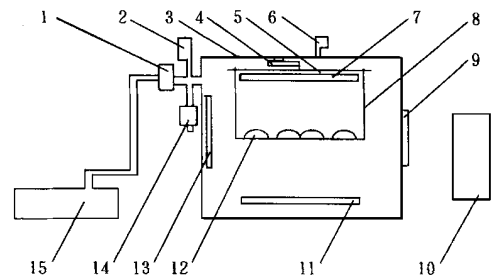
通常食用的香菇大多为干制品, 干香菇质量的好坏, 除需在培养过程中保证良好的生长环境和适时精心采收外, 更重要的是掌握香菇的干燥特性, 并据此选择合理的干燥设备与工艺进行及时干燥^[1]。目前, 我国香菇的干燥方式主要是热风对流干燥, 这种干燥方式时间长, 温度和排湿较难控制, 易造成营养成分散失, 色泽变深和革质化。远红外线干燥法比热风对流干燥法质量有所上升, 干燥时间也短些, 但部分香菇色泽仍然较深。为了进一步提高我国干制香菇的商品价值和在国际市场上的竞争力, 有必要探索一条新的干燥途径。

当前导致香菇干制品质量下降的主要因素是颜色较深和香菇表面革质化。造成颜色较深的一种原因是香菇干燥温度过高, 使表面氧化; 还有一种原因是由于干燥箱排湿不好造成香菇表面水分蒸发不掉, 香菇内部水分蒸发不出来导致水煮菇, 使颜色变深。表面革质化的原因是由于香菇表面水分快速蒸发, 而内部水分向外扩散不及时, 造成表面细胞干硬化, 影响干制香菇的质量。真空冷冻干燥为目前最好的干燥方式, 但设备费高。由真空冷冻干燥而想到若采用负压远红外线干燥方法, 在负压下使香菇水分在较低温度下蒸发, 可解决由于干燥温度过高造成香菇表面氧化而颜色变深的问题, 同时干燥速度也会提高。另外, 以具有一定穿透能力的远红外线为热源, 可使香菇内部形成一个由内向外的温度梯度,

此温度梯度又与香菇内部的湿度梯度方向一致, 这样可以保证内部水分尽快向表面扩散, 从而可以解决表面革质化的问题, 提高干制香菇的品质。具所查资料, 目前还没有用这种方式干燥香菇的报道。

1 试验设备^[2~6]

本研究的试验设备是在天津生产的电热真空干燥箱基础上进行改进和增设一些装置研制而成, 试验设备结构如图 1 所示。



1. 真空密封电磁阀
2. 触点式真空表
3. 真空干燥箱
4. 质量传感器
5. 干燥托盘横梁
6. 接线胶塞
7. 远红外线加热板
8. 干燥架及托盘
9. 带观察窗的密封门
10. 排湿风机
11. 远红外线加热板
12. 香菇及温度传感器
13. 触点式毛发湿度计
14. 进气电磁阀
15. 真空泵

图 1 试验设备结构示意图

Fig 1 Drying test apparatus

2 负压远红外线干燥香菇的试验研究^[6~8]

取大小适中、形状完好, 最好未开伞的鲜香菇, 去蒂, 仅留 1~2 cm 蒂根, 均匀地摆放在托网上。事先把真空室内的温度设定好, 然后加热到设定温度,

收稿日期: 2000203220 修订日期: 2000211212

徐贵力, 博士生, 镇江 江苏理工大学农业装备工程学院 750#, 212013

再把摆有香菇的托网放入,将温度传感器紧贴置于香菇的菌褶上,关闭密封门,抽气到设定压力时,开始记时,每隔 20 min 记一次干基含水率。为了测量数据时不影响试验的连续性,本研究提出在线测量质量来计算干基含水率。设 W 为干燥前香菇的湿基含水率, C_x 为干基含水率, G_s 为物料中的水质量, G_G 为物料的干质量,则 $W = G_s / (G_s + G_G)$, $C_x = G_s / G_G$; 设干燥前香菇的质量为 M , 干燥过程中香菇的质量为 X , 则 $C_x = G_s / (G_s + G_G) = (X - G_G) / G_G$, 又 $G_G = (1 - W)M$, $C_x = ((X - (1 - W)M) / ((1 - W)M))$, 本研究所取试样的含水率在 89% ~ 91% 之间,可假设均为 90%, 则 $C_x = (X - 0.1M) / 0.1M = 10X / M - 1$, 所以只要随时测出干燥过程中香菇的质量 X , 就可以得出此时香菇的干基含水率。

本研究首先保持恒真空度 0.078~0.080 MPa (对应蒸发温度 60 °C), 即保持绝对气压 0.02~0.022 MPa 下, 分别在恒温 44 °C、恒温 50 °C、恒温 56 °C 各做一次干燥香菇的试验, 测出它们的质量随时间变化的数值。然后在保持恒温 50 °C 下, 分别在真空度 0.078~0.080 MPa、0.068~0.070 MPa 和常压下各做一次干燥试验, 测出香菇质量随时间变化的数值, 利用计算机把试验结果绘成香菇干燥的失水特性图。

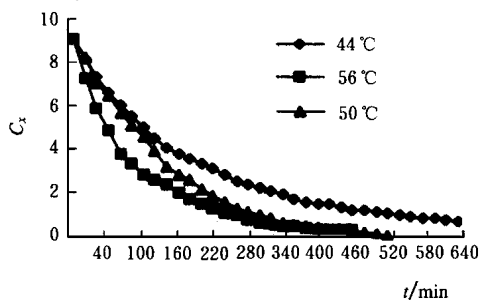


图 2 相同压力(0.079 MPa)不同温度干燥特性曲线对比图

Fig 2 Curves of dehydrating characteristic by far-infrared at different temperatures under the same atmospheric pressure (0.079 MPa)

由图 2 可知在真空度不变的情况下, 温度越高, 香菇干燥越快。由图 3 可知在干燥前期常压的方法要比负压的方法干燥快, 而后期负压法(真空度为 0.079 MPa)明显比常压法干燥快。为了进一步分析负压远红外线干燥香菇的特点, 本研究又在同条件下做了常压远红外线干燥香菇和远红外线配以排湿气流干燥香菇的对比试验, 这样可以与负压远红外

线干燥香菇形成对比, 发现它的特点。

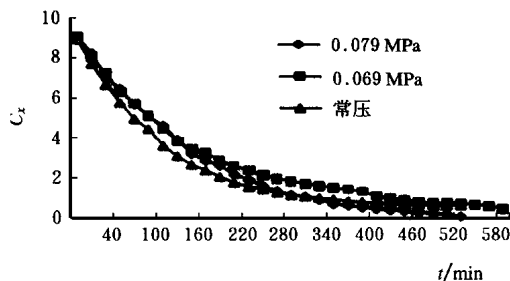


图 3 50 °C 不同压力干燥特性曲线对比图

Fig 3 Curves of dehydrating characteristic by far-infrared at different atmospheric pressures at 50 °C

常压远红外线干燥香菇的试验是通过打开密封门来实现常压的; 远红外线配以排湿气流干燥香菇的试验是通过调节排湿风机来实现的, 风速的测定是通过 ODF23 型热球式电风速计来完成的。三者的失水特性曲线如图 4 所示。

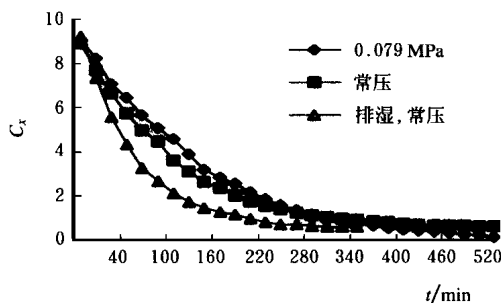


图 4 负压、常压和排湿干燥特性曲线对比图(50 °C)

Fig 4 Curves of dehydrating characteristic by far-infrared in vacuum, at normal atmospheric pressure, and in airflow

从图中知, 在干燥前期, 远红外配以排湿气流干燥最快, 其次为常压远红外线干燥, 最慢的是负压远红外线干燥法; 在干燥后期, 负压远红外线法(真空度为 0.079 MPa)干燥速度较快, 而且可使香菇含水率降得较低。从质量来看, 三者所干燥香菇的质量无明显差异, 但仍是配以排湿气流的干燥法好些, 其次为常压法, 最后为负压法。本研究对以上这种结果进行了分析, 负压法是把香菇完全置于一个密封容器中, 虽然在抽到一定真空度时可以快速蒸发出水分, 但这些水分不能完全及时地排出去, 导致真空室内湿度较大, 即使加热温度再高, 物料的水分也蒸发不出去。通过毛发式湿度计测量, 发现负压法干燥有时湿度达到 50% ~ 60%, 而常压与配以排湿气流法的湿度达到 30% 左右, 所以负压法干燥速度较慢, 而且由于水分不能及时排出, 有时还造成香菇色深, 质

差。本研究针对这一问题又设计出换气负压法, 即当真空室内的湿度达到某一值时, 打开进气阀, 使真空室内气压达到常压后, 再把真空室抽成真空状态, 这样可以利用这些气体带出真空室中的水汽, 从而降低湿度。把真空室的湿度先设定在 35% 左右, 这样测得的失水特性曲线如图 5 中所示。

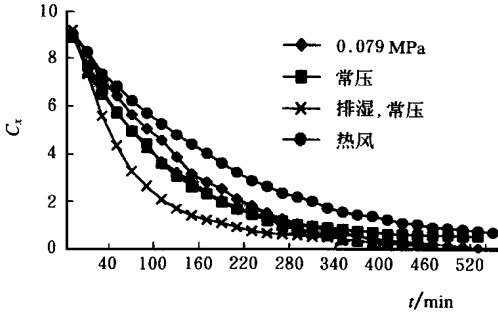


图 5 各单一干燥法干燥(50)特性曲线
Fig 5 Curves of dehydrating characteristic by far2infrared in vacuum, at normal atmospheric pressure, in airflow, and by heated air

3 联合干燥香菇的方法

从试验中可知干燥香菇的各种方法中, 质量上从优到差的排列顺序为换气负压远红外线法、远红外线配以排湿气流法、常压远红外线法、热风强制对流法和负压远红外线法; 干燥速度从快到慢的排列顺序为远红外配以排湿气流法、换气负压远红外线法、常压远红外线法、负压远红外线法和热风强制对流法。从集各种方法之优的角度考虑, 选择在香菇的干燥前期, 用远红外线配以排湿气流法, 在干燥后期用换气负压远红外线法。由失水特性曲线图中观察到远红外线配以排湿气流法的干燥速度的转折点大约在含水率为 50% 左右处, 这与自由水含水率基本相符合。因此本研究把两种方法转换点设在 50% 含水率处, 即用远红外线配以排湿气流法把香菇含水率降到 50% 时, 再用换气负压远红外线法干燥到要求水分, 即联合干燥法, 它们的干燥特性曲线对比如图 6 所示。

从图中知, 在干燥前期联合干燥法同远红外线配以排湿气流法的干燥速度基本一致, 在干燥后期前者干燥速度要快于后者, 而且可以把水分降得更低。为了对比干燥质量的好坏, 本研究又把远红外线配以排湿气流和联合干燥法与现有较好的干燥方法(远红外线热风干燥法)和工艺过程(前期温度 52.9, 后期温度 60.9, 转换水分 50%, 风速

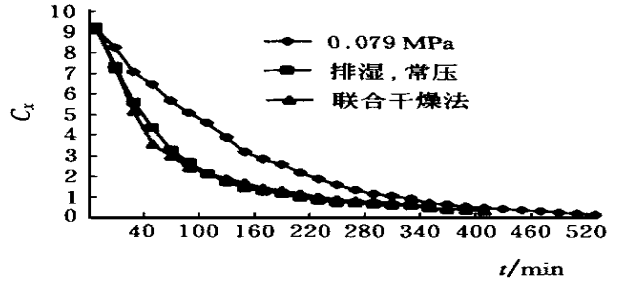


图 6 50 时排湿、负压、换气和负压联合干燥特性曲线对比图
Fig 6 Curves of dehydrating characteristic by far2infrared in airflow, in vacuum, and the combined way of them at 50

Q 134 m Ös) 做了对比试验^[9]。通过试验中观察和质量对比, 按照国家干制香菇标准评分表^[9]进行打分。可知联合干燥法的综合分稍高, 在质量上可以使香菇干制品提高一个档次, 而且可使香菇干燥时间缩短 1ö4~ 1ö3, 能耗减少 1ö4~ 1ö5。

4 结 论

1) 换气负压远红外线干燥法适于干燥低含水率(50% 左右)的物料, 可以在低温下使物料水分较快地蒸发, 不易使其氧化变质, 这较好地保证了香菇干制品的质量, 并且比热风干燥法、远红外线干燥法和远红外线配以排湿气流干燥法容易使香菇的含水率降到较低处。

2) 联合干燥法, 即利用换气负压远红外线干燥法和远红外线配以排湿气流干燥法的各自特点, 在干燥前期, 用远红外线配以排湿气流干燥法可较快地把香菇的含水率降到 50% 左右, 在干燥后期, 用换气负压远红外线干燥法把香菇的含水率降到要求值。这种联合干燥法, 可缩短香菇干燥时间和降低能耗, 而且提高了香菇干制品的优等率, 这种方法可应用于实际生产, 且在工程上可行。

[参 考 文 献]

[1] 闵绍桓 实用型香菇干燥机的研究[J], 中国食用菌, 1994(4).
[2] 食品工程原理下册[M] 北京: 中国轻工业出版社, 1985: 281~ 394
[3] 沈再春 农产品加工机械与设备[M] 北京: 农业出版社, 1993
[4] 张 敏 胡萝卜、青刀豆低真空单层干燥研究[J], 东北农学院学报, 1992(4): 120~ 125

- [5] A·罗斯 真空技术[M] 北京: 机械工业出版社, 1980: 111~ 219
- [6] Yasuhisa SEO, et al Vacuum drying of silkworm cocoons [J] [日]农业机械学会志, 1990(5): 93~ 100
- [7] 王 俊 远红外线干燥香菇工艺机理试验分析[J] 食用菌, 1993(2): 27~ 29
- [8] 吉 富 香菇干燥工艺: 干燥前准备及干燥原理[J] 食用菌, 1993(3), (4), (5).
- [9] 王 俊 热风、远红外和微波干燥特点的比较[J] 农牧与食品机械, 1993(6): 17~ 19
- [10] 王 俊 远红外热风干燥香菇的研究[J] 农业工程学报, 1993(2): 95~ 101
- [11] 王 俊 香菇远红外线干燥方程研究[J] 中国食用菌, 1993(4): 22~ 24
- [12] L Velcpillai, L R Venna, J I W adsaoth Quality Aspect of Microwaved Vacuum Dried parboiled Rice [Z] ASA E, 1989, 32(5): 1759~ 1762
- [13] 王 俊 热风干燥香菇的研究[J] 农牧与食品机械, 1993(4): 18~ 20

Drying *Lentinus Edodes* by Conjunction Way of Far-infrared in Normal Pressure and Vacuum

Xu Guili¹, Cheng Yulai², Mao Hanping¹, Zhu Jijun³, Zhao Hongxia⁴

(1. Jiangsu University of Science and Technology, Zhengjiang 212013; 2 Shenyang Agricultural University Shenyang; 3 Tianjin Civil College, Tianjing; 4 Jilin University)

Abstract In this paper, the new drying method of far-infrared in vacuum was put forward on the base of analyzing drying equipment and relevant technologies available now. Its dehydrating characteristic was analyzed. Some comparison drying tests of other ways (by heated air, by far-infrared at normal atmospheric pressure, in airflow) under the same condition were made. The combined drying way by far-infrared in airflow in earlier stage and in vacuum and exchanging air in later stage was advanced with analyzing and observing the properties of their dehydrating characteristic curves of *lentinus edodes*. It is the best drying method in these drying ways.

Key words: *lentinus edodes*; drying vacuum; far-infrared

《农业工程学报》进入 1999 年被引频次最高和影响因子最高的中国科技期刊 300 名排行表

根据中国科学院文献情报中心中国科学引文数据库统计发布的《1999 年被引频次最高的中国科技期刊 300 名排行表》, 农业工程学报以被引频次 187, 排名第 209 位, 在农学类进入的 23 种期刊中列第 11 位。在《1999 年影响因子最高的中国科技期刊 300 名排行表》中, 本刊以影响因

子 0.1639, 列第 298 位, 农学类期刊只进入 14 种。按两项指标排名, 农业工程学报都迈入了中国科技期刊 300 强的行列。农业工程学报一直被中国科学引文数据库收录为核心期刊和统计源刊。

(本刊辑)