

海蛎子冻干工艺的试验研究及探讨

涂国山 王立业

(大连理工大学化工学院, 大连, 116012)

TS24 A

摘要 通过海蛎子冻干工艺的试验研究, 得到了海蛎子的共晶点温度并确定了海蛎子冷冻干燥的最佳操作条件, 对其冷冻干燥工业化生产具有一定的指导意义。探讨了冻结速率、系统压力、加热温度及物料厚度对冻干速率的影响; 加热温度不仅影响产品的品质, 还影响冻干时间。物料厚度、冻结速率对冻干时间的影响较大。

关键词 冷冻干燥, 工艺, 冻干曲线, 海蛎子

随着人们生活水平的提高以及海洋资源的开发, 海鲜产品逐渐出现在人们的餐桌上。海蛎子因其营养丰富、味道鲜美而越来越受到欢迎。但是海产品的保质、保鲜期很短, 如果能够保留其营养成分及新鲜味道的同时脱除其水分进行贮藏, 势必能够为不同地域的人们随时品尝到“原汁原味”的海鲜。

真空冷冻干燥被认为是目前最为先进的一种干燥技术, 由于干燥过程是在低温、真空状态下进行, 物料中的水分直接从固态升华为气态, 因而可以最大限度地保持被干物料的色、香、味、形状和营养成分, 而且复水性能好。但是, 由于真空和低温的使用, 冻干的时间较长、能耗大而限制了该技术的广泛应用。本试验旨在研究海蛎子的冷冻干燥过程, 寻求最佳的工艺条件, 尽量缩短干燥时间、降低能耗, 为工业化生产提供参考依据。

1 试验设备

本试验采用大连冰山集团冷冻设备有限公司生产的 BS-FD_{0.25} 真空冷冻干燥机进行海蛎子冻干工艺的试验研究, 该冻干机的有效干燥面积为 0.25 m², 主要由真空系统、制冷系统、加热系统、自动控制系统等部分组成。作为自动控制系统的核心部件 DPR100C/D 记录仪是由 Honeywell 公司生产的基于微处理技术的智能长图记录仪。

2 试验方法

首先对新鲜的海蛎子进行预处理, 经过清洗、漂烫、称重之后填装在料盘中。将 3 只热电偶分别放置在物料的上表面、底部及 1/2 物料厚度处, 然后将制品放入冰柜中进行冻结。降低冷阱温度到 -40℃, 待物料全部冻结后, 将料盘放入干燥室, 并启动真空泵。当真空室压力降到 30 Pa 左右时, 打开加热板的控制开关, 开始进行冻干试验。

3 海蛎子冷冻干燥工艺试验

由于真空冷冻干燥是传热、传质相互耦合的过程, 影响该过程的因素有被干物料的结构及组成、被干物料的厚度、冻结速率、加热温度、操作压力等。寻求冷冻干燥过程的最佳工艺条件, 即在保证产品质量的同时, 尽量缩短工时、降低能耗, 这对于工业化生产将具有重要的意义。本试验以海蛎子为干燥物料, 分别就厚度、冻结速率、加热温度、操作压力 4 个因素对其进行冷冻干燥工艺的试验探讨。

3.1 装料厚度的确定

研究物料厚度与冻干时间的关系, 对选择适宜的物料厚度、提高设备的生产能力是十分重要的。冷冻干燥是升华界面不断由表层向内部推进的过程, 国内外很多学者就冷

第一作者: 硕士研究生。

收稿时间: 2002-07-12, 改回时间: 2002-10-31

冻干燥过程得到一致的结论:物料厚度对冻干时间影响很大,随着物料的增厚,冻干时间将大大的增长。本试验也证明了这一点(如表1所示)。

物料越厚,在升华后期,界面温度越高,因而会对热源温度有限制作用。对于较薄的物料,在整个升华阶段可采用较高的温度热

源;而对于较厚的物料,在升华阶段后期,必须降低热源的温度,否则会导致物料局部融化。可见,在冷冻干燥时,应尽量增大物料表面积、减小厚度,以提高干燥速率。综合考虑备料及冻干阶段的能耗,人力、物力消耗以及海蛎子形体的特点,一般选取12~18 mm厚度为宜,以提高单位时间的出品率。

表1 不同装料厚度的海蛎子冻干时间

厚度/mm	6	8	10	12	15	18	20
冻干时间/h	5.5	7.64	9.86	12.18	15.8	19.5	22.02

3.2 冻结速率对冷冻干燥过程的影响

3.2.1 共晶点温度的测量

所谓共晶点温度就是指物料中的水分全部冻结时的温度。物料必须在共晶点温度以下才能够进行升华,否则,物料中若有部分液体存在,在真空状态下不仅会被迅速蒸发,使冻干产品的体积缩小,而且溶解在溶液中的气体会在真空条件下迅速冒出,使冻干产品鼓泡^[1]。利用电阻法测得海蛎子的共晶点温度为-17~-20℃。

3.2.2 冻结速率

冻结时形成的冰晶大小会影响干燥的速率和干燥后产品的质量。慢速冻结形成的冰晶较大,利于升华的进行,但干后产品溶解慢;快速冻结形成的冰晶较小,升华较慢,但干后产品溶解快,能表现出产品原来的结构。海蛎子冷冻干燥的冻结过程采用快速冻结。

3.2.3 冻结时间

物料的冻结过程是放热过程,需要一定的时间。对于12~18 mm厚度的海蛎子物料,达到共晶点温度以后通常保持1.5 h左右,即可使整箱产品全部冻结。本试验的每盘物料厚度为15 mm,整箱产品共3盘。

3.3 加热温度对冷冻干燥过程的影响

在冻干的过程中,加热隔板温度的控制是关键因素,如果控制不当,将很快出现融化、冒泡、崩解等现象。温度控制的原则是,尽量使升华界面的温度接近其共熔点温度但又必须低于共熔点。故升华阶段应将其温度

控制在20℃以下。

当升华过程结束后,产品中还有少量的结合水存在,根据结合水在物料中存在形式的特点,必须提高物料的温度才能够蒸发除去^[1]。加热温度过低,脱除这部分结合水的时间将会大大延长;但是,加热温度过高会导致焦化现象,进而影响产品的颜色和质量。对于本试验在干燥后期控制物料的最高温度不超过35℃。

3.4 操作压力对冷冻干燥过程的影响

干燥室内的压力大小影响到传热、传质的速率。操作压力高,传热效果好,但不利于水蒸气的顺利逸出;操作压力低,传质效率高,但传热性能较差。为了克服这一矛盾,国内外学者提出了很多办法,其中最为著名的有最佳压强法^[2,3]、循环压强法^[4]和填充惰性气体法^[5]。而Litchfield等^[6]的研究则认为循环压强法与最佳压强法相比没有优越性,近年来的研究^[7]也是褒贬不一。对于填充惰性气体法,设备设计起来比较复杂、而且实际干燥过程难于控制。基于这种情况,本研究对循环压强法和最佳压强法进行了试验比较,试验发现循环压强法确实优于最佳压强法,但优势不大(冻干时间减少3.7%)。另外,循环压强法在操作的复杂性和设备的投资等方面均较高,因此,对于海蛎子的冷冻干燥还是采用最佳压强法较好,实际生产中采用干燥室压力为20~30 Pa较为理想。

4 试验结果与分析

4.1 海蛎子冻干曲线的确定

在上述的工艺条件下进行冻干试验,当在干燥后期物料温度上升的速度十分缓慢时,即可结束干燥试验。海蛎子的冻干时间较长,15 mm 厚的物料干燥时间至少需 19 h。这主要是由于其本身含有较高的无机盐及蛋白质、脂肪等成分,另外,为了保持产品优良的品质,采用的是快速冻结,因此,冷冻干燥过程时间较长。试验过程中需要纪录加热板温度、物料温度、冷阱温度、干燥室真空度随时间的变化关系,然后绘制冻干曲线。冻干曲线不仅能够反映冷冻干燥机的性能,而且对其实际生产具有一定的指导意义,经过多次的试验,本文确定了海蛎子最佳操作时的冻干曲线(如图 1 所示)。

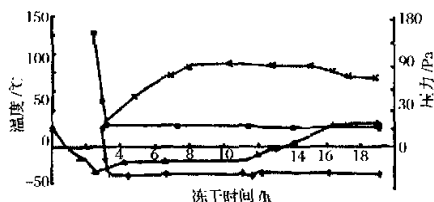


图 1 海蛎子冷冻干燥曲线(厚度 15 mm)

■ 干燥室压力/Pa; ◆ 冷阱温度/°C;
▲ 物料温度/°C; × 加热板温度/°C

4.2 冻干海蛎子的品质分析及复水率测定

冻干后的海蛎子颜色为暗灰色,复水后在外观上与鲜海蛎子相似,且其质构和风味都基本未变。将冻干海蛎子浸泡在常温水中进行复水率测定,按复水率 = $[(\text{复水后重量} - \text{干品重量}) / \text{复水后的重量}] \times 100\%$ 计算,

测得浸泡 15、30、45 min 的复水率分别为 69.03%、73.15%、75.02%。同时测得新鲜海蛎子的含水率为 79.64%,可见冻干海蛎子的复水性很好,这也说明了海蛎子的内部结构保存良好。

5 结论

冻干过程中,约 80% 左右的水分通过冰晶升华而逸出,冻干产品的复水性好、复水速度快,复水后其色泽、风味俱佳。海蛎子冻干过程的时间较长,约 19 h。只有在合理的工艺条件下,解决产品价值与加工成本的比例关系才能使其具有广阔的市场。物料的厚度、冻结速率对于冻干时间的影响很大,加热温度不仅影响干燥时间,还影响干燥后的产品质量。从冻干时间与经济性方面综合考虑冻干海蛎子的适宜加工工艺是:干燥过程操作压力采用最佳压强法,真空度维持在 27 Pa 左右;升华干燥阶段加热板的温度设置在 120°C,解吸干燥阶段降低加热板的温度控制在 100°C 左右;冷阱温度为 -40°C。

参考文献

- 1 潘水康. 现代干燥技术. 北京: 化学工业出版社, 1998. 451~460
- 2 Liapis A I, Litchfield R J. Chem. Eng. Sci., 1997, 34(7): 975~981
- 3 Liapis A I, Litchfield R J. Chem. Eng. Sci., 1982, 37(1): 45~55
- 4 Mellor J D. Fundamental of Freeze Drying. London: Academic Press, 1978
- 5 Orville C S, King C J, Wilke C R. AIChE Journal, 1967, 13(3): 428~437
- 6 Litchfield R J, Liapis A I. Chem. Eng. Sci., 1981, 36(7): 1233~1238
- 7 陈孟林, 梅慈云. 广西师范大学学报, 1995, 13(2): 59~65

Approach on the Vacuum Freeze-drying Process of Oyster

Xie Guoshan Wang Liye

(College of Chemical Engineering, Dalian University of Technology, Dalian, 116012)

ABSTRACT The freeze-drying process of oyster was researched, and obtained the eutectic temperature, freeze-drying curve, the optimal operation condition. This paper is helpful to the practical freeze-drying production. The effects of system pressure, heating temperature and material thickness on the operation terms of oyster freeze-drying were determined. The heat temperature effects not only the quality of the production, but also the drying time, the material thickness and freeze speed have a large influence on the freeze drying time too.

Key words freeze-drying, process curve, oyster