



DOI:10.13364/j.issn.1672-6510.20180016

不同干燥方法对鱼明胶干燥特性的影响

王珊珊, 吴中华, 李凯, 郭海滨, 赵勇
(天津科技大学机械工程学院, 天津 300222)

摘要: 采用热风干燥、真空干燥和微波干燥分别进行明胶干燥, 比较不同干燥方式下明胶的干燥特性. 实验结果表明: 热风干燥高度为 5 mm 明胶溶液, 改变温度(30、40、50 °C)和湿度(20%、40%)的干燥耗时为 6~10 h, 高度为 6 mm 明胶溶液的干燥耗时为 8~10 h. 真空干燥高度为 5 mm 或 6 mm 明胶溶液, 改变压力(30、50、70 kPa)和温度(30、40、50 °C), 干燥时间可以缩短至 1~2 h. 改变明胶高度为 2 mm, 热风干燥温度为 50 °C 和微波干燥功率为 270 W 时, 干燥耗时分别为 60 min 和 40 min. 真空干燥方式下, 通过控制干燥温度和真空度, 明胶溶液内部会形成气泡, 可增加水分溢出通道, 极大地提高明胶干燥速率; 明胶微波干燥速率快, 但也存在较严重的干燥不均匀性.

关键词: 明胶; 热风干燥; 微波干燥; 真空干燥

中图分类号: TS05 文献标志码: A 文章编号: 1672-6510(2019)02-0030-05

Effects of Different Drying Methods on Drying Characteristics of Fish Gelatin

WANG Shanshan, WU Zhonghua, LI Kai, GUO Haibing, ZHAO Yong
(College of Mechanical Engineering, Tianjin University of Science & Technology, Tianjin 300222, China)

Abstract: Gelatin drying was carried out by hot air drying, vacuum drying and microwave drying, respectively, and the drying characteristics of gelatin were compared. The experimental results show that the hot air drying height was 5 mm gelatin solution. When temperature was 30 °C, 40 °C, 50 °C and humidity was 20% or 40%, the drying time was 6-10 h. When the height was 6 mm gelatin solution, the drying time was 8-10 h. A vacuum of 5 mm or 6 mm gelatin solution was used in the research. When the pressure was 30 kPa, 50 kPa or 70 kPa, and temperature was 30 °C, 40 °C, 50 °C, the drying time can be shortened to 1-2 h. When the gelatin height was 2 mm, the hot air drying temperature was 50 °C and the microwave drying power was 270 W, the drying time was 60 min and 40 min, respectively. In vacuum drying process, the drying temperature and vacuum were two important parameters. Bubbling phenomena were observed in the gelatin vacuum drying. The bubbling enhanced the moisture transferring channel and greatly improved the gelatin drying rate. Microwave drying rate was fastest, but caused more serious drying heterogeneity.

Key words: gelatin; hot air drying; microwave drying; vacuum drying

明胶主要来源于动物的皮肤、骨、肌膜等结缔组织, 富含人体需要的 20 种氨基酸^[1-2]. 目前, 明胶的生产方式有酸法、碱法、盐碱法和酶法. 酸法和碱法为主要方式, 其中碱法大约占 80%^[3-5]. 明胶在医药、食品、化工产业均有应用^[6], 在医药方面可以制作胶囊、防潮剂等^[7-8]; 在食品行业用作保鲜剂等^[9-10]; 在

化工行业可以制作明胶纤维等^[11]. 因此, 明胶的产量较大^[12].

目前, 明胶干燥方法有真空冷冻干燥^[13]、氯化锂法^[14]、喷雾干燥^[15]. 真空冷冻干燥法的优点是干燥量大、对胶液浓度和黏度要求较宽等, 缺点是干燥周期长、对有效成分破坏大、易污染等. 氯化锂法对设备

收稿日期: 2018-01-16; 修回日期: 2018-10-10

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(31471618); 国家重点研发计划资助项目(2017YFD0400900)

作者简介: 王珊珊(1992—), 女, 湖北荆州人, 硕士研究生; 通信作者: 吴中华, 教授, wuzhonghua@tust.edu.cn

的腐蚀性大,产品价格高,生产周期长.喷雾干燥是利用雾化器将料液分散为细小雾滴,并在热干燥介质中迅速蒸发溶剂,形成干粉产品的干燥技术,具有蒸发面积大、干燥时间短、对有效成分破坏少等优点,但是喷雾干燥的出口温度较高,而明胶熔点较低,因此其成型率非常低,导致最终产量低.

本文分别采用真空干燥、热风干燥、微波干燥的方法干燥明胶溶液,旨在寻找一种合适的干燥方式,使得明胶能够在较短时间内干燥到适于保存的要求(湿基含水率 10%),从而降低干燥成本.

1 材料与方法

1.1 实验原料

明胶粉由广东明洋明胶有限责任公司提供,从罗非鱼鱼皮和鱼鳞中提取,初始湿基含水率为 10%.

将明胶粉与纯净水在烧杯中混合,置于 60℃ 的水浴锅中,用玻璃棒慢慢搅拌,配成湿基含水率为 70% 的明胶溶液.

1.2 实验仪器

SY-4 型热风干燥箱,北京华珍烘烤系统设备工程有限公司;CT-2000H 型真空干燥箱,郑州长城科工贸有限公司;ZDM-2B 型微波干燥箱,南京汇研微波系统工程有限公司;Ti50 型红外热像仪,美国 FLUK 公司;HW/SHW-3L/5L 型智能数显多功能油水浴锅,郑州博科伏器设备有限公司;JS15-02 型精密电子天平(0.1 g),上海浦春计量仪器有限公司.

1.3 实验方法

根据厂家提供的资料,鱼明胶在高于 50℃ 将发生结构的降解,影响明胶成品的品质,因此将最高温度限定在 50℃,实验温度为 30、40、50℃;热风干燥的湿度为 20%、40%;真空干燥的压力为 30、50、70 kPa;微波干燥的功率为 270 W.

实验时,将培养皿编号并称量;按设定高度(2、5、6 mm)倒入明胶溶液后,再次称量;分别进行热风干燥、真空干燥、微波干燥,定时取出称量,直至试样的湿基含水率降至 10%,结束实验.其中高度为 2 mm 的明胶溶液,除干燥外,还用红外热像仪测量其表面温度分布.实验重复 3 次,取其平均值.

2 结果与分析

2.1 热风干燥

图 1 是高度分别为 5 mm 和 6 mm 的明胶溶液在

空气湿度为 20% 下的干燥曲线.图 2 是高度为 6 mm 的明胶溶液在不同温度和空气湿度时的干燥曲线.

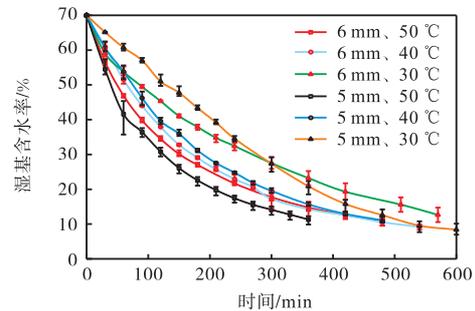


图 1 空气湿度 20% 时的明胶热风干燥特性

Fig. 1 Hot air drying characteristics of gelatin at 20% air humidity

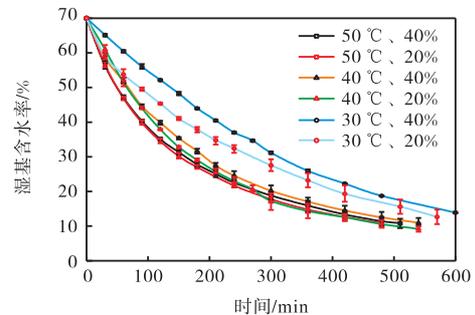


图 2 6 mm 明胶溶液热风干燥特性

Fig. 2 Hot air drying characteristics of 6 mm gelatin

从图 1 可以看出:明胶干燥是一个降速干燥为主的干燥过程,内部水分传递占主导.高度为 6 mm 的明胶,在 50℃ 下将含水率从 70% 降至 10% 需 8 h,而在 30℃ 下需 10 h 以上;当明胶高度为 5 mm 时,干燥时间从 8 h 降至 6 h.

从图 2 可以看出,温度越高干燥速率越快.比较图 2 中相同温度和不同湿度条件的热风干燥发现:温度为 40℃ 和 50℃ 时,空气湿度对干燥速率影响不显著,可以忽略不计,空气湿度为 40% 和 20% 两条曲线变化速率大致相同;而在温度为 30℃ 时,空气湿度对干燥速率的影响较显著,空气湿度为 20% 的初始干燥速率比空气湿度为 40% 的快,可能的原因是在一定温度条件下,相对湿度影响明胶内部的平衡含水率,相对湿度越小平衡含水率越低.

图 3 是高度为 5 mm 的明胶溶液在空气湿度为 20%,温度分别为 30、40、50℃,干燥结束时呈现的形状.观察干燥后的明胶形态可知干燥温度越高,明胶受热越充分.5 mm 明胶溶液在空气湿度为 40%、6 mm 明胶溶液在空气湿度为 20%、6 mm 明胶溶液在空气湿度为 40% 条件下干燥后的明胶与 5 mm 明

胶溶液在空气湿度为 20% 条件下干燥后的明胶相似, 所以只给出了 5 mm 明胶溶液在空气湿度为 20% 条件下的干燥结果.

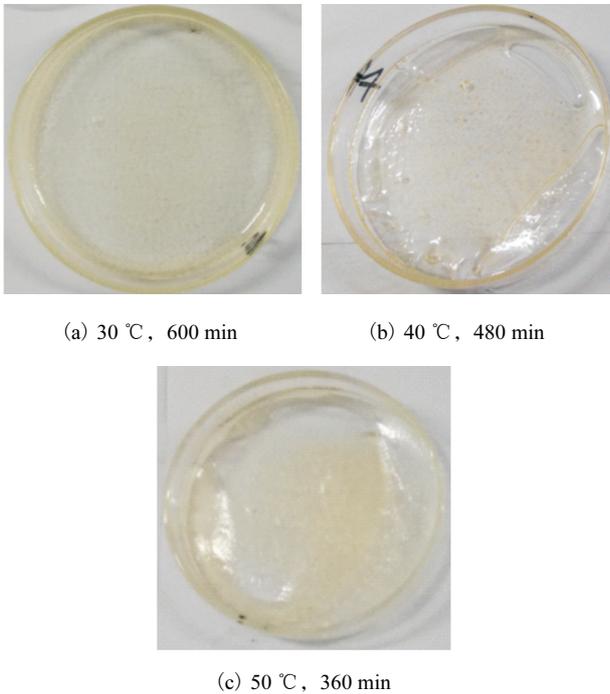


图 3 5 mm 明胶溶液在空气湿度为 20% 时热风干燥后的形态

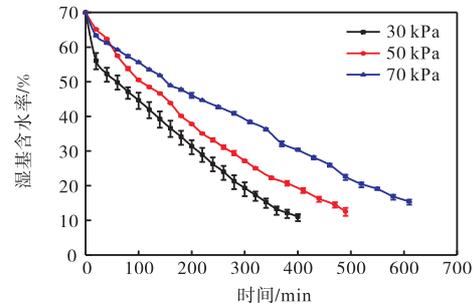
Fig. 3 Morphology of 5 mm gelatin after hot air drying at 20% air humidity

综上所述, 明胶热风薄层干燥是一个内部水分传递占主导的降速干燥过程, 干燥速度缓慢. 在热风干燥过程中, 热风温度和高度是两个重要参数.

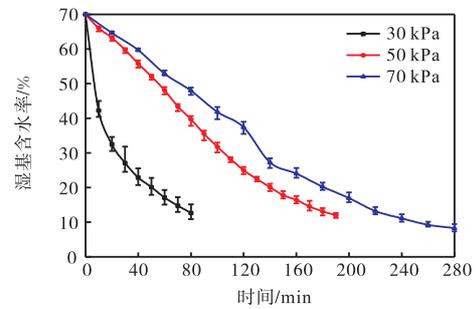
2.2 真空干燥

图 4 显示了 5 mm 明胶溶液在不同温度和压力下的干燥曲线. 从图 4 可以看出: 整个干燥过程只有降速阶段, 没有恒速阶段; 温度和压力对干燥过程影响显著, 在相同压力条件下, 温度越高, 干燥速率越快; 在相同温度条件下, 压力越小(真空度越高), 干燥速率越快. 在温度为 30 °C 时(图 4(a)), 不同压力条件下明胶的干燥速率均变化缓慢. 但温度为 40 °C 和 50 °C 时(图 4(b)和图 4(c)), 30 kPa 和 50 kPa 压力条件下, 初始时刻的曲线变化十分陡峭, 含水率迅速下降, 并且压力越低, 曲线下降越快速. 可能的解释是: 一方面, 压力降低导致水分蒸发温度降低, 明胶内水分易于相变蒸发; 另一方面, 压力降低, 使得明胶内外压差增大, 在压差作用下, 明胶内易形成气泡. 气泡破裂使得明胶内部留下孔隙, 增加了明胶内部水分向外溢出通道^[16], 从而提高了明胶干燥速

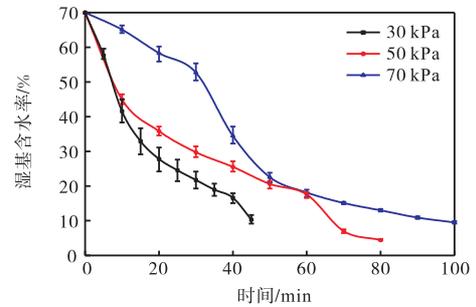
率. 气泡现象使得明胶干燥速率加快, 干燥时间大大缩短. 通过比较发现, 热风干燥在高度 5 mm、干燥温度 50 °C 时, 明胶含水率从 70% 降至 10% 需 6 h, 而相同温度时真空干燥在 50 kPa 下需 65 min, 30 kPa 下需 45 min.



(a) 30 °C



(b) 40 °C



(c) 50 °C

图 4 5 mm 明胶溶液的真空干燥特性

Fig. 4 Vacuum drying characteristics of 5 mm gelatin

实验发现, 高度为 5 mm 和 6 mm 明胶溶液的干燥趋势相同, 因此对于高度 6 mm 明胶溶液仅给出了在 50 °C、不同压力下的干燥曲线, 见图 5.

比较图 4(c)和图 5 可以看出: 不同高度明胶溶液的真空干燥过程不一样. 随着厚度的增加, 干燥时间会延长, 其干燥曲线发生变化; 高度 5 mm 明胶在 30 kPa 和 50 kPa 压力下的干燥曲线在初始时刻出现重合; 厚度 6 mm 明胶溶液在 50 kPa 和 70 kPa 压力下的干燥曲线则是在干燥过程中有部分重合.

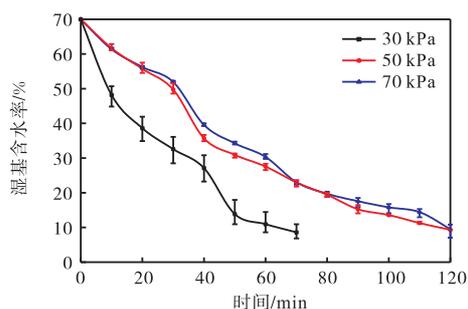
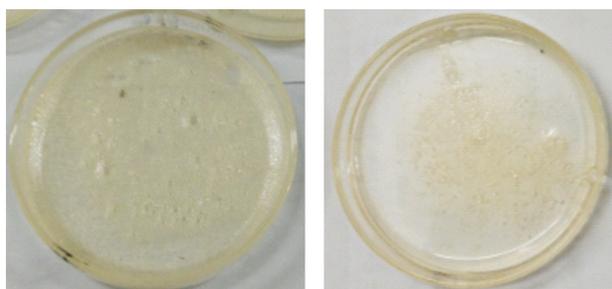


图5 6 mm明胶溶液在温度为50 °C时的真空干燥特性
Fig. 5 Vacuum drying characteristics of 6 mm gelatin at 50 °C temperature

图6是5 mm明胶溶液在30 °C、不同压力条件下干燥结束时的形态。真空干燥采用30 °C (30、50、70 kPa)、40 °C (30、50、70 kPa)、50 °C (30、50、70 kPa)的实验条件,干燥结束时的明胶形态与图6类似,因此没有列出。比较图6的3个分图可以发现:压力越小(真空度越高)干燥过程越容易出现泡沫现象,从而可以增加水分溢出的通道,使得干燥速率加快,缩短干燥时间。



(a) 30 kPa, 400 min

(b) 50 kPa, 490 min



(c) 70 kPa, 610 min

图6 5 mm明胶溶液在温度为30 °C时真空干燥后的形态
Fig. 6 Morphology of 5 mm gelatin after vacuum drying at 30 °C temperature

2.3 微波干燥与热风干燥的比较

采用高度为5 mm、6 mm明胶溶液进行热风干燥实验的耗时长,干燥不均匀,随着明胶溶液高度的增加,干燥耗时变得越长,不利于明胶干燥。为了更好地比较微波干燥和热风干燥,选择高度2 mm的明胶

溶液进行干燥实验。实验表明,微波功率采用270 W时,可保证物料的表面温度不高于50 °C,因此采用270 W的微波功率,实验用微波干燥箱的微波腔内没有转盘。

图7比较了2 mm明胶溶液在微波干燥和热风干燥方式下干燥曲线。从图7中可以看出:2 mm明胶溶液在50 °C热风干燥条件下,初始含水率从70%干燥至10%需约60 min;而在微波功率270 W条件下的干燥时间为40 min。由此可见,微波干燥比热风干燥速度更快,主要原因是微波对明胶整体加热,物体内外受热均匀,促进水分由内向外传递,加快水分蒸发。

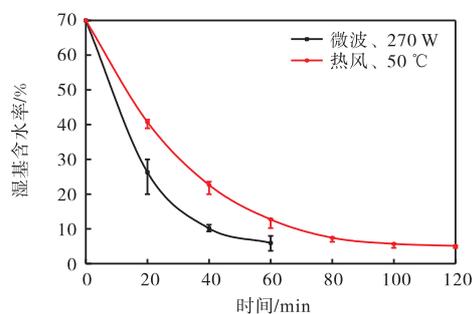
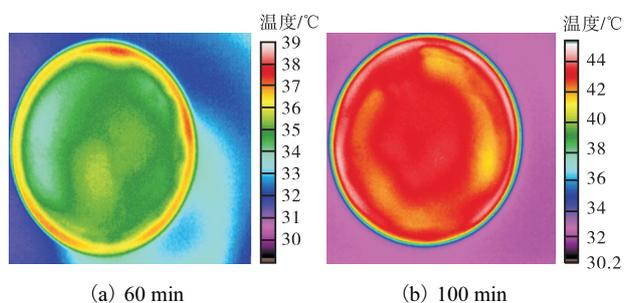


图7 2 mm明胶溶液在微波干燥(270 W)和热风干燥(50 °C)时干燥特性

Fig. 7 Drying characteristics of 2 mm gelatin during microwave drying (270 W) and hot air drying (50 °C)

而在热风干燥过程中,热风热量首先传递至明胶表面,然后向内部传递。热量传递方向和水分传递方向相反,不利于水分蒸发。再者,明胶熔点极低,在干燥的初始时刻表面处于熔融状,使得水分散失快,散失水分后的明胶开始出现致密层,使得内部水分很难散发出来。

图8和图9分别在热风和微波干燥方式下,不同时刻明胶溶液表面的温度分布图。



(a) 60 min

(b) 100 min

图8 热风干燥方式下明胶溶液表面温度分布图

Fig. 8 Surface temperature distribution of gelatin in hot air drying

从图8中可看出,培养皿中的薄层明胶液在干燥

过程中,表面温度除在边缘处较高外,中间温度比较均匀.这是因为热风干燥过程中,边缘处明胶与热风和培养皿外壁接触,同时受到热风对流和外壁热传导的影响,吸收热量较多,因而温度高.而培养皿中间处,主要受到热风对流影响,因而温度较均匀.

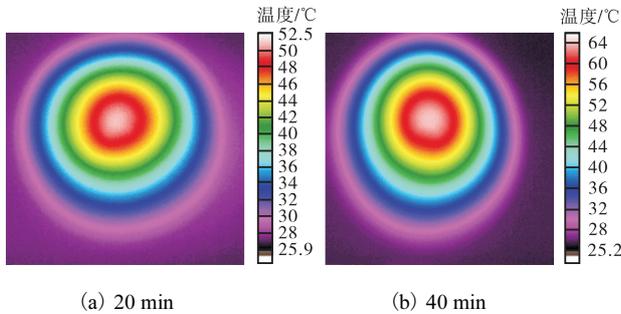


图9 微波干燥方式下明胶溶液表面温度分布图

Fig. 9 Surface temperature distribution of gelatin in microwave drying

从图9可以看出,微波干燥方式下,明胶表面温度呈圆环状分布.这种圆环状温度分布,可能是微波干燥腔内微波驻波场分布不均匀以及明胶溶液在微波干燥箱中所处的位置所导致.

由以上分析可知,相对热风干燥,微波干燥明胶溶液速度快,干燥时间短,但物料干燥过程中受热不均.

3 结论

(1) 热风温度和明胶厚度是热风干燥的两个重要参数,温度越高干燥速率越快,厚度增加干燥速率大幅降低.低温时空气湿度对干燥速率影响较大.

(2) 相对热风干燥,微波干燥和真空干燥能大大提高明胶干燥速率,缩短干燥时间.热风干燥高度为5 mm和6 mm的明胶溶液,耗时为6~10 h;真空干燥高度为5 mm和6 mm的明胶溶液,在50 °C、改变压力值(30、50、70 kPa)条件下,可使得干燥耗时缩短为1~2 h.2 mm明胶溶液的热风干燥和微波干燥时间分别为65 min和40 min.

(3) 根据热风干燥、真空干燥结束时明胶形状可知,真空干燥会出现泡沫现象,热风干燥在干燥过程

不改变干燥物料形状,由此可知起泡现象有利于干燥,缩短干燥时间.而微波干燥,明胶存在干燥不均匀现象.

参考文献:

- [1] 彭必先,陈丽娟.从胶原到明胶[J].明胶科学与技术,1994,14(1):1-11.
- [2] 彭必先,陈丽娟.从胶原到明胶(第二部分)[J].明胶科学与技术,1994,14(2):57-66.
- [3] 佚名.碱法制取明胶的工艺要点(下)[N].河北科技报,2005-06-02(007).
- [4] 金绍黑.明胶的酶法生产技术[J].技术与市场,2011,18(10):206.
- [5] 张锋.酶法制备明胶的研究[D].北京:北京化工大学,2002.
- [6] 王蓉佳,潘晓梅.浅谈食用、药用明胶质量控制[J].上海食品药品监管情报研究,2006(82):39-40.
- [7] 孙良初.明胶在胶囊中的应用[J].明胶科学与技术,1985(4):203-205.
- [8] 冷延国,黄明智.明胶微胶囊化技术研究进展[J].明胶科学与技术,1998,18(2):57-67.
- [9] 周家华,崔英德,曾颖.食品添加剂[M].北京:化学工业出版社,2008:260-261.
- [10] 《明胶科学与技术》编辑部信息组.食用明胶的营养价值及明胶食品[J].明胶科学与技术,2006,26(3):135-145.
- [11] Edgar S L,王远亮.明胶的利用[J].明胶科学与技术,1986(2):64-73.
- [12] 《明胶科学与技术》编辑部信息组.世界明胶生产与市场[J].明胶科学与技术,2003,23(1):8-15.
- [13] 黎先发.真空冷冻干燥技术在生物材料制备中的应用与进展[J].西南科技大学学报,2004(2):117-121.
- [14] 何勇,李园丁.氯化锂除湿在明胶干燥中的应用[J].明胶科学与技术,1999(3):146-148.
- [15] 牛化欣,过世东,谢中国,等.喷雾干燥法制备蛋氨酸微胶囊工艺的优化[J].食品与生物技术学报,2010,29(5):681-686.
- [16] 涂宗财,段邓乐,叶云花,等.鱼鳞明胶的泡沫性能[J].食品与发酵工业,2015,41(4):131-135.

责任编辑:常涛,郎婧