

热敏性物质的载体干燥

汪喜波, 刘相东, 杨德勇

(中国农业大学)

摘 要: 热力干燥方法被广泛应用在生物制品的脱水过程, 但生物制品在高温和高湿的作用下, 可能会引起产品品质的严重破坏, 为了降低干燥过程对其质量的破坏, 采用一种新的干燥技术, 即吸湿性的多孔介质作为载体干燥方法。详细地讨论了生物制品多孔载体干燥过程中的干燥动力学、质量降解动力学、及质量保护参数等。在实验室振动流化床干燥器上进行正交实验, 提出了影响品质保持的过程参数。试验结果分析表明: 采用多孔载体方法干燥, 产品的最终品质与常规热力干燥后的品质有了显著的改善。

关键词: 热敏性物料; 多孔载体; 干燥

中图分类号: TQ 028 673

文献标识码: A

文章编号: 1002-6819(2003)01-0052-04

1 引 言

生物制品(通常是指生物技术工程、特别是发酵过程的产品)的下游处理包含了生产、保存和储藏等许多复杂的问题。为了获得较好的保存效果, 可能会选用各种不同的干燥过程。因为这类产品均具有热、湿和机械不稳定性的特征, 所以干燥过程对生物制品的质量有决定性的影响(Zimmermann and Bauer)^[1]。

生物制品在干燥过程中, 由于干燥方法、操作参数等的影响会导致生物制品的质量退化。退化过程一般包括能生化过程(如细胞萎缩), 酶过程(如活力的丧失), 化学过程(如营养价值和活力的降低)以及物理过程(如可溶性、复水性、收缩、香味损失等)^[2]。这些变化可能分别或同时在同一干燥过程中发生(Taeymans and Thursfield)。

为了评价和预测干燥产品品质, 需要引入品质指标。微生物质量评价的许多指标取决于微生物的种类。通常, 对微生物来说最经常使用的指标是它们的活度(Viability)和活力(Activity)^[3]。表征产品活度的特征参数主要是活细胞的相对数目, 它是样本中活细胞的实际数目与初始活细胞数目的比。该参数可通过染色法确定。首先产品样本用亚甲基染色, 然后在显微镜下记录死细胞数目, 从而确定其活度。微生物的活力以样本中酶含量为基础进行评价。酶含量多采用分光光度法加以确定。在实际中常用的活性指标还有二氧化碳产生量及耗氧量等。生物产品的活力和活度均服从一级化学反应方程式, 并被广泛用来预测其降解动力学过程。方程式中的反应常数 K_D 一般随物质的温度和湿含量而变化。

考虑生物制品大都具有热、湿不稳定的特性, 而干燥过程又是一个物料的温度和湿度不断变化的过程, 因此采用多孔、吸湿性的介质作为生物制品干燥载体一种特殊干燥技术, 对保持产品质量有着良好的效果。

2 实验方法和材料

为了分析多孔载体对热敏性产品的失活动力学和干燥的影响, 用酵母为原料, 在实验室直径为 150 mm 的批式振动流化干燥床(见图 1)上进行了干燥实验。流化床的振幅为 $(2 \times 4.5 \text{ mm})$, 振动床频率(5 Hz)及静态床高(55 mm)。

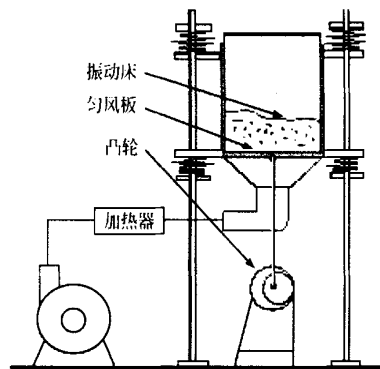


图 1 振动流化床示意图

Fig 1 Schematic of vibrofluidized bed dryer

作为载体, 小麦麸皮和磨碎的油菜渣混合使用量为 0, 25% 和 50%。

采用 3 个温度水平(60, 90 和 120)和空气流速(40, 50 和 60 m^3/h)。酵母平均的初始湿含量是 2.3 kg/kg。酵母和载体被混合然后混合物被挤压成直径为 1.25 mm, 长为 1 mm 的小球。

物料的相对活力和活度被采作为衡量产品的质量指标。为使试验次数降至最低, 我们设计了一个试验方案使最终的实验次数为 18 次。

3 试验设计和方差分析

通过正交试验的方法确定了总的试验次数是 18 次。下面分析影响生物产品质量参数: 载体种类(β), 载体的浓度(c), 空气流率(V)和入口处空气的温度(T)。表 2 显示了实验中参数的选择范围。方差分析结果见表 1。

收稿日期: 2002-04-25

作者简介: 汪喜波(1971-), 男, 博士研究生, 北京市清华东路 17 号中国农业大学工学院 237#, 100083。Email: wangxb@mailc.cau.edu.cn

表 1 方差分析结果

Table 1 Results of variance analysis

	β	$C/\%$	$T/$	$V/\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$
F_{RV_y}	26.1	4.58	0.42	8.69
T_{est}	*	*		*
F_{RA_y}	35.1	10.3	22.1	10.6
T_{est}	*	*	*	*
$F_{1-0.05}$	5.31	4.45	4.45	4.45

表 2 参数选择范围

Table 2 Range of experimental parameters

	β	$C/\%$	$T/$	$V/\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$
1	油菜	50	60	40
2	麦皮	25	90	50
3	—	0	120	60

除了温度 T 外,对于相对活力来说,所有 F 检验值都大于 $F_{1-0.05}$ 的临界值,意味着所有指标都显著。显著值标记为“*”。

相对活度值, R_{V_y} , 和活力值, R_{A_y} , 由物料的湿含量为 0.07 kg/kg 时所得,其值被认为是适宜的贮藏标准^[4]。

4 结果与讨论

方差分析表明,同无载体干燥相比较,生物产品中混合有载体的干燥能显著改善产品的最终品质。干燥过程对相对活力和活度影响分析能够良好的反应酵母降解动力学过程(图 2)。显示了入口温度在 90°C 有载体和无载体干燥过程中相对活力和活度(作为载体油菜渣以质量比 1:1 使用)。混合有载体的原料质量不容易退化相反,无载体的则容易退化。载体的存在使生物物料的结构孔隙度增加并且降低物料初始的湿含量(通过接触吸附作用进行脱水)。生物物料和具有多孔结构载体的混合物表现出不同的临界湿含量:酵母混合麸皮的临界湿度含量大约是 0.45 kg/kg ,而纯酵母大约仅是 0.20 kg/kg (见图 3)。这些都有助于更好地保持生物产品的质量。酵母有无载体的干燥速率曲线见(图 3)。

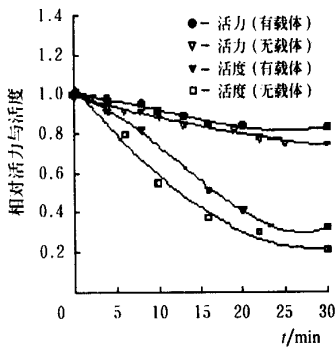


图 2 多孔载体对酵母干燥质量的影响

Fig. 2 Effect of porous carriers on drying quality of baker's yeast

可从图 4 中得出相同的结论。图 4 展示了酵母混合油菜渣和麸皮干燥相对活力。

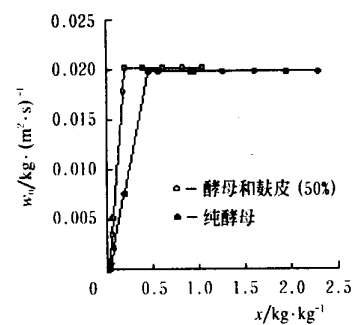


图 3 有无载体的酵母干燥速率曲线

Fig. 3 Drying rate curves for drying of yeast with and without carriers

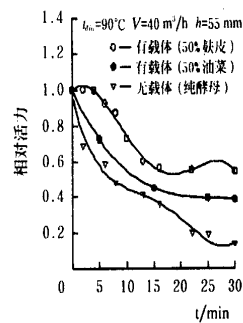


图 4 不同载体酵母质量的影响

Fig. 4 Influence of different carriers on quality of baker's yeast

图 4 的分析表明用麸皮与酵母混合进行干燥比用油菜渣与酵母混合更有利,因为麸皮-酵母混合物比油菜渣-酵母混合物孔隙率高。酵母和麸皮、油菜渣混合物的流化床孔隙率 ϵ 见表 3 所示。

表 3 酵母及其载体床层的空隙率

Table 3 Bed voidages of yeast and its mixtures

	酵母	酵母及麦皮(1:1)	酵母及油菜(1:1)
$\epsilon/\%$	0.4462	0.6463	0.5961

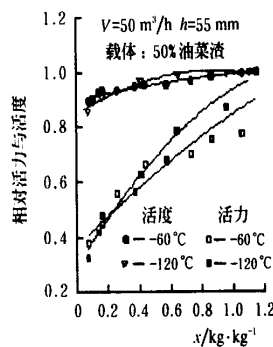


图 5 不同温度对酵母质量的影响

Fig. 5 Influence of different temperatures on quality of baker's yeast

分析图 5 和图 6 可得出这样结论:对于混有载体和纯酵母的干燥,空气温度对活度的影响并不显著。同样的结论可以来自于方差分析(见表 1)。 $F_{1-0.05}$ 的临界值比 R_{V_y} 的均方根的比值大。另一方面,温度对酵母活力的影响是显著的。对这一现象的解释如下:许多细胞并

未被检测为死细胞,但是它们受高温影响不能象未受高温影响的健康细胞那样产生同样数量的CO₂。最终的湿含量大于0.07 kg/kg_g。对一个更小的湿含量,高温的影响可能更显著。

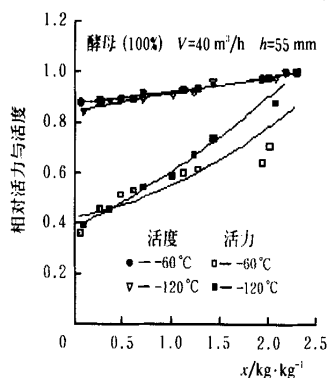


图 6 不同温度纯酵母的影响

Fig 6 Influence of different temperatures on quality of pure baker's yeast

图 5 和图 6 的分析表明在某种湿含量条件下,采用高温比低温干燥能保证产品的活性指标。这一影响可能与较短的干燥时间有关。在原料的某种湿度含量下,采用高温干燥介质对干燥过程是有利的^[5,6]。图 7,图 8 显示了酵母干燥过程中有无载体的干燥动力学和降解动力学。

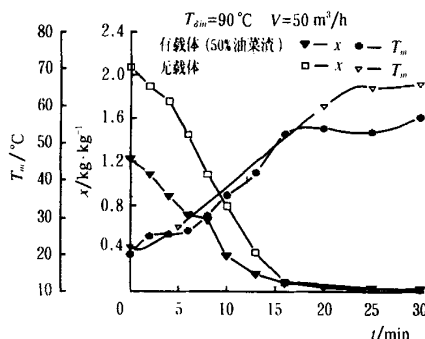


图 7 有无载体的酵母干燥动力学

Fig 7 Drying kinetics of baker's yeast with and without carrier

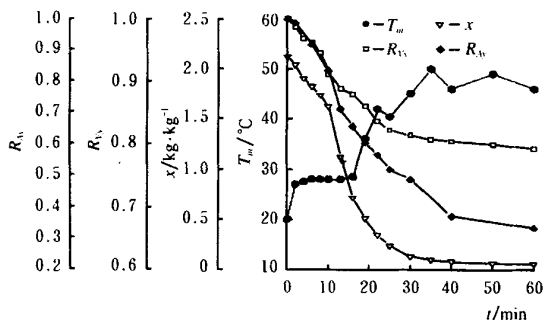


图 8 酵母的干燥和降解动力学

Fig 8 Drying and degradation kinetics of baker's yeast

最后的试验分析结果是不同的空气流率对产品质量的影响。方差分析表明这一结果对酵母的相对的活性影响显著。图 9 的分析证实更高的入口空气流率对质量的保持有害。这可以从CO₂的消耗中得到解释,因为更高的空气流率使呼吸作用加强。对试验中所获得的结果的分析表明:使用载体能改善热敏性原料的质量,被干

燥原料的结构变成多孔结构,载体孔隙率越高,效果就越好。在整个干燥过程中,载体和物料之间的湿度转移也发生。这样,湿度和生物材料之间的分离机理从热分离转变成吸附作用。载体的存在能加快表面区域热和质量的传递,从而使干燥时间缩短,对退化过程也是一种制约。

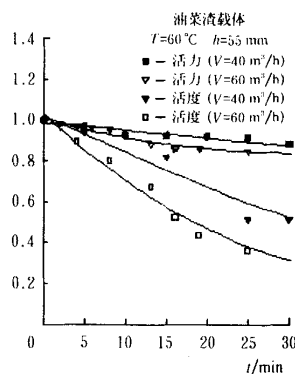


图 9 不同空气流率对酵母质量的影响

Fig 9 Influence of different airflow on quality of baker's yeast

在干燥过程中,由于干燥时间的缩短,使得最终的湿含量更合适,物料的温度更低,从而获得更好的质量保持^[7]。采用较低的空气入口温度可以得到良好的产品质量。最终的质量保持大约是 70%,这可以和冷冻干燥的质量相媲美。

5 结 论

- 1) 有多孔载体的生物产品的干燥能改善产品的最终品质,最终的质量保持大约是 70%,这可以和冷冻干燥的质量相媲美。
- 2) 麸皮与酵母混合干燥的效果比油菜渣效果好,即对于生物产品的干燥应选择高孔隙率和吸湿物料作为载体。
- 3) 过高的入口空气流率使生物物料呼吸作用加强对物料质量的保持有害。
- 4) 因为温度对相对活力影响不大,所以推荐改变入口空气温度技术作为生物产品的干燥。

[参 考 文 献]

[1] Doway S, Wearden S. Statistics for research [M]. New York: John Wiley and Sons Inc, 1983

[2] Strumillo C, Adamiec J, Grabowski S, et al. Design of fluidized bed dryer for biosynthesis products[J]. Technology Today, 1991, 5: 261~ 265

[3] Taeymans D, Thursfield J. Fluidized bed-drying of immobilized yeasts[A]. Drying'87[C], 1988, 160~ 165

[4] Zimmernann K, Bauer W. The influence of drying conditions upon reactivation of baker's yeast[A]. Proc 4th International Congress of Engineering and Food (ICEF4) [C], Edmonton, 1985

[5] Zimmernann K, Bauer W. Fluidized bed drying of microorganisms on carrier material[A]. Proc 5th International Congress of Engineering and Food (ICEF5) [C]

Cologne, Germany, 1989.

[6] 潘永康等. 现代干燥技术[M]. 北京: 中国化学工业出版社, 1998, 2.

[7] 汪喜波. 真空冷冻干燥技术现状与前景[J]. 沈阳农业大学学报, 1999, 5(30), 1999548~ 550.

Carrier drying of thermosensitive materials

Wang Xibo, Liu Xiangdong, Yang Deyong

(College of Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China)

Abstract: The widely applied method for the dehydration of bio-products is thermal drying. However, owing to high thermo- and xero-liability of biomaterials, the drying process may cause serious damage to the product quality. To minimize the losses of the product quality, drying of biomass with porous carriers was applied. A set of orthogonal experiments were carried out in a laboratory vibro-fluidized bed dryer, and the effect of process parameters on quality retention is also presented. Analysis of the experimental results shows a substantial improvement, compared with that of thermal drying, in the final quality of products in the presence of a porous carrier.

Key words: thermosensitive materials; porous carrier; drying

《农业工程学报》2003 年第 5 期英文论文征稿启事

鉴于本刊 2001 年第 1 期及 2002 年第 5 期英文编辑的投稿踊跃, 出版成功, 并在海外宣传力度较大。本刊编委会研究决定, 在没有申请到英文刊刊号之前, 继续在现有《农业工程学报》中每年第 5 期出英文专辑, 以满足英文论文投稿作者的需求和作为最终出版英文刊的过渡。现征收 2003 年第 5 期(9 月底出版)英文稿, 具体要求如下:

1. 收稿截止日期 2003 年 7 月 15 日, 请拟投稿作者在此前将英文表达规范定稿的英语论文寄到本刊编辑部。可用打印稿和软磁盘投稿, 欢迎用电子邮件投稿。来稿请附作者单位, 详细通讯地址、邮编、电话、电子邮件地址及最快捷的联系方式。请自留底稿, 不论刊用与否, 恕不退稿。

2. 来稿要求文字精练, 语句通顺, 论点明确, 数据可靠。每篇论文字数在 8000 词以内(约大 16 开 6 页内), 来稿须按标题名、作者姓名(汉语拼音)、单位、摘要、关键词、论文正文、参考文献及详细中文摘要(包括研究的目的、方法、结果和结论)的顺序书写, 获得各种基金资助的论文请注明基金或项目名称及编号。

3. 来稿刊登与否由编委会经严格“三审制”审定, 拟特请部分英文写作水平较高的同行专家审稿。对决定录用的 6 页内论文收取 1500 元/篇版面费, 每超过 1 页加收 200 元版面费。所有作者在投稿的同时寄审稿费 100 元/篇。

(本 刊)