

文章编号 :1009-038X(2002)05-0443-04

米糠挤压过程的可视化研究

朱文华¹, 姚惠源²

(1. 无锡市科学技术局, 江苏 无锡 214001; 2. 江南大学 食品学院, 江苏 无锡 214036)

摘要:对米糠的挤压稳定过程进行了可视化试验研究,结果表明,米糠挤压过程中物料输送为啮合区螺槽的正位移输送和非啮合区螺槽摩擦拖曳并存的非充满输送;米糠的挤压是一个高温高压的蒸煮过程。

关键词:米糠;挤压;可视化;残余酶活

中图分类号:TS 210.9

文献标识码:A

Visual Studies on Rice Bran Extrusion

ZHU Wen-hua, YAO Hui-yuan

(1. Office of Science and Technology, Wuxi 214000, China; 2. School of Food Science and Technology, Southern Yangtze University, Wuxi 214036, China)

Abstract: The process of rice bran extrusion was studied using visual technique, the visual phenomena indicated that material transportation underlying the extrusion course was a combination of two transportation, one was positive displacement pumping transportation in the intermeshing region, and the other was partially filled transportation in the translation region; extrusion of rice bran was a process of cooking at high temperature and under high pressure.

Key words: rice bran; extrusion; visual; remnant enzyme activity

可视化技术是当今人们用于揭示尚未涉及或未能深入探索的工程技术复杂问题的有效手段,由于挤压过程的复杂性,多年来一直将挤压过程称之为“黑箱”。图 1 为食品挤压机的黑箱模型^[1]。作者采用可视化技术对米糠挤压进行研究,以期探索米糠挤压过程的规律,为设计米糠挤压机和建立米糠挤压的理论模型提供依据。

1 材料与方法

1.1 米糠挤压的可视化试验条件

试验材料:东北粳米米糠由北京华藤示范米业

有限公司提供,原料水分质量分数 12.5%,添加水分至 16% 作为挤压米糠物料,挤压温度为 130℃,由电磁感应加热控制;变螺距等深全啮合同向旋转螺杆,长径比为 28:1,压缩比 2.5,螺杆转速 100~160 r/min,主机电流 10 A,主机电压 120~150 V;计量加料速度 75~100 r/min,模头直径 $\varnothing 2 \sim 4$ mm。

1.2 主要设备

SHJS-50 全程透明视窗双螺杆挤压机:北京化工大学生产^[2,3]。其主要技术参数:螺杆直径:50 mm;传动功率:37 kW;螺杆转速:30~300 r/min;侧视视窗:左右两侧交替排列共 7 个;料温测量点:

收稿日期 2001-05-02; 修订日期 2002-06-08.

基金项目:国家“十五”科技攻关项目(编号 2001BA501A03)资助课题。

作者简介:朱文华(1968-),男,江苏无锡人,工学博士,副教授。

7个, 0~400℃; 玻璃指标: 耐压30 MPa, 耐温300℃; 长径比: 28:1; 加热功率: 18.6 kW; 产品产

量30~150 kg/h; 俯视视窗: 6个; 料压测量点: 7个, 0~15 MPa.

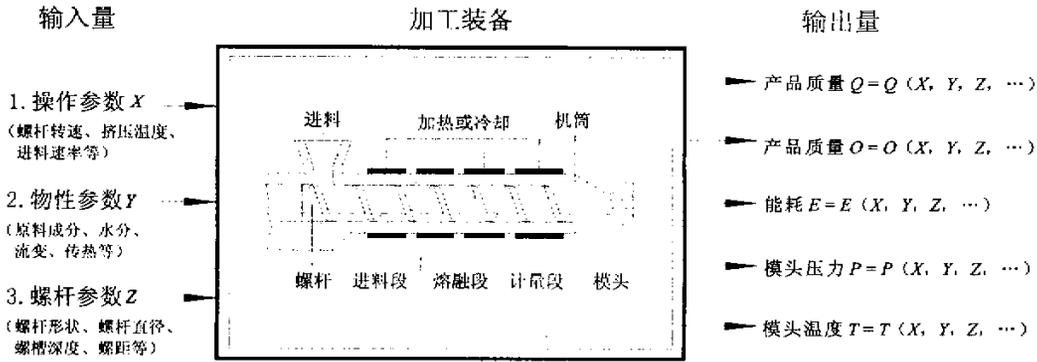


图1 食品挤压机的黑箱模型

Fig. 1 Black box model of food extruder

1.3 过氧化物酶残余活力的测定方法

采用 Vetter J L^[4]的方法并略有改进. 准确称量 8 g 粉碎样品置于 250 mL 的锥形瓶中, 再加入 250 mL pH 6.5 的磷酸氢二钠-柠檬酸缓冲溶液. 样品置于 28℃ 的恒温槽中振荡 30 min 后转移到 250 mL 的离心杯中, 3 000 r/min 离心 10 min. 取上清液 10 mL 用缓冲溶液稀释到 250 mL 容量瓶中, 再吸取 25 mL 等分样品到小烧杯中, 另一份 25 mL 样品作为空白. 对于样品加入如下试剂: 1 mL 1% 的邻苯二胺 (每 4 h 更新一次并溶于 95% 的乙醇中) 和 1 mL 0.3% 的过氧化氢. 反应 5 min 后快速加入 2 mL 饱和亚硫酸氢钠溶液终止反应. 空白则加入 1 mL 1% 的邻苯二胺和 2 mL 饱和亚硫酸氢钠, 再立即加入 1 mL 0.3% 的过氧化氢. 反应液于 430 nm 下测定吸光值. 计算公式:

$$\text{过氧化物酶活} = \frac{A}{B} \times \frac{250}{10} \times \frac{250}{250}$$

式中: A——吸光值; B——样品干重(g).

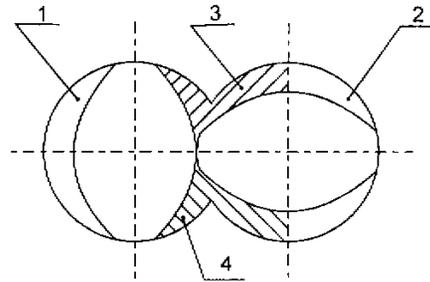
残余酶活 = 挤压后过氧化物酶活/挤压前过氧化物酶活.

过氧化物酶属于最耐热的酶类, 是用作热处理是否充分的指标酶, 当过氧化物酶失活时, 其他的酶以活性形式存在的可能性很小. 通常认为, 如果过氧化物酶的残余活力小于 4%, 过氧化物酶就已经失活, 其他的酶也已经失活^[5].

1.4 机筒与螺杆横截面空腔的划分及螺槽充满率

啮合型同向双螺杆挤压机的流道不同于单螺杆挤压机的流道, 其显著的区别在于前者具有啮合区. 这使得其螺槽通道的几何结构较为复杂, 现代同向双螺杆挤压机多采用深槽双头型螺杆元件. 为了便于对物料在螺槽中的位置进行描述, 将机筒与

螺杆间所形成的横截面空腔划分为 4 个螺槽区域 (如图 2), 即称图中两螺杆垂直中心线外侧分别为侧升和侧降螺槽区, 垂直中心线内侧又以水平中心线分隔成螺槽上啮合区和螺槽下啮合区.



1. 侧升螺槽区; 2. 侧降螺槽区; 3. 螺槽上啮合区; 4. 螺槽下啮合区

图2 啮合型同向双螺杆挤压机机筒与螺杆横截面空腔的划分

Fig. 2 Transversal profile of intermeshing co-rotating twin-screw extruder

为了描述螺槽中物料的充满程度, 引入螺槽充满率 ϵ 的概念. 其定义是: 在单位螺纹元件长度上, 物料体积量与螺槽区的自然空腔之比.

$$\epsilon = V_S / V_0$$

式中, V_S 为单位螺纹元件长度上的物料体积量; V_0 为相同长度上的螺槽区自然空腔容积. 把物料完全充满螺槽的情形假定为 $V_S = V_0$, 即 $\epsilon = 1$, 反之则 $\epsilon < 1$.

2 物料输送的可视化现象与分析

2.1 啮合区螺槽的正位移输送

米糠自加料口进入机筒后, 有一部分堆积在上啮合区螺槽内沿螺杆轴向向前输送, 有一部分自上

啮合区螺槽中溢出而沿侧螺槽区进入下啮合区螺槽内,沿螺杆轴向向前输送,此为啮合区螺槽的正位移输送.图 3 为啮合区螺槽正位移输送示意图^[6].

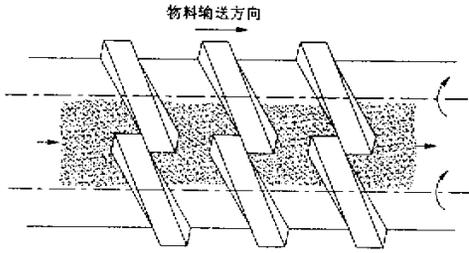


图 3 啮合区螺槽正位移输送示意图

Fig.3 Positive displacement pumping transportation in the intermeshing region

2.2 非啮合区螺槽摩擦拖曳的非充满输送

米糠自加料口进入机筒后,还有一部分在侧螺槽内输送,进入侧螺槽的米糠往上啮合区螺槽输送,因而在螺槽中形成连续的“∞”形料流.米糠在侧螺槽中的物料输送的性质与在单螺杆挤出中物料与螺杆和机筒内壁的摩擦拖曳输送类似,其差异在于双螺杆挤出中侧螺槽中的物料并未完全充满螺槽,因而不能形成塞流.此即非啮合区摩擦拖曳的非充满的物料输送.图 4 为非啮合区螺槽摩擦拖曳的非充满输送示意图.

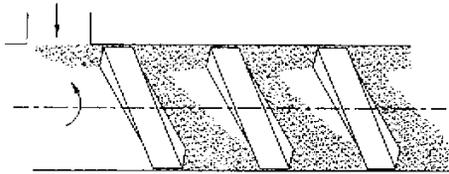


图 4 非啮合区螺槽摩擦拖曳的非充满输送示意图

Fig.4 Partially filled transportation in the translation region

综合上述可视化现象与分析可知,米糠挤压过程中物料输送为啮合区螺槽的正位移输送和非啮合区螺槽摩擦拖曳并存的非充满输送.

3 物料挤出段的可视化和温度与压力的测量

3.1 物料挤出段的可视化现象与分析

米糠在输送和压缩过程中,随着螺距由大变小其充满程度增加,如图 5 所示;到达挤出段时,米糠已基本上充满螺槽.米糠的形态还是面团状,颜色有点变深,由于挤压温度较低,并没有熔融,可见米糠的挤压是一个熬煮的过程.

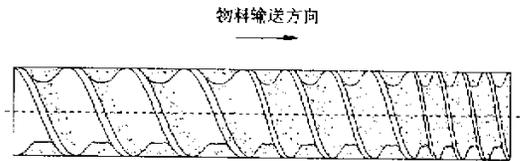


图 5 螺距变化对米糠充满程度的影响

Fig.5 The effect of screw pitch element

3.2 挤压温度与压力的测量

在挤压过程中需要有许多测点对温度进行测量,如物料温度、机筒温度及模头温度等.热电偶传感器已成为最普遍、最方便的测温传感器,普遍采用的是双金属接点式传感器.通常标准热电偶传感器是把热电偶放置在一个不锈钢管子中,通过挤压机筒体上的小孔插入被测温度的套筒中.

在米糠挤压的可视化试验机上,机筒上有加热装置,温度传感器测出的是机筒温度.由于热传导的原因,机筒温度会略偏高于模头处的挤压温度,实测的机筒温度是 132 ℃(见表 1).

表 1 米糠挤压稳定过程中的温度压力实测值

Tab.1 Measuring values of temperature and pressure in the process

项目	机筒处温度/℃	模头处温度/℃	模头处压力/MPa
实测值	132	130	3

在挤压的过程中压力的测量很重要,在模头处测量物料的压力,对物料流动和挤压作用现象的观察是非常有用的.由于挤压机模头处物料流的特殊性,它又是处在高温、高压区内,所以,一般使用的是一种集压力和温度测量于一体的传感器,可以避免在模头上多打孔.

由安装在模头上的压力温度一体化传感器测得米糠挤压的模头压力为 3 MPa,温度为 130 ℃,由此可见米糠的挤压过程是一个高温高压的过程.在压力的作用下,米糠由模头处喷出,喷出的米糠散落在容器中,即为经挤压稳定的米糠,其形态呈不很规则的颗粒状或厚片状,与模头模孔的尺寸大小和形状有关.

4 米糠挤压的可视化试验结果分析

4.1 过氧化物酶残余活力的测定结果分析

在挤压米糠水分质量分数 16%,挤压温度为 130 ℃的条件下,改变螺杆转速,同时改变与螺杆转速匹配的喂料速度,基本使挤出段螺杆充满,对经过挤压的米糠作过氧化物酶残余活力测定,其结果见表 2.

表2 过氧化物酶残余活力的测定结果

Tab.2 The results of remnant enzyme activity

挤压工况 (r/min)		残余酶活/%
螺杆转速	喂料速度	
100	75	1.25
130	85	1.86
160	100	2.18

由表2可以看出,3种挤压工况的过氧化物酶残余酶活全都小于4%,随螺杆转速的减小,过氧化物酶残余酶活有降低的趋势,但幅度并不大,这与米糠在挤压机内的逗留时间有关。用玉米粉示踪的方法初步对米糠在挤压机内的逗留时间作测定,螺杆转速160 r/min,喂料速度100 r/min时米糠在挤压机内的逗留时间为9.5 s,螺杆转速100 r/min,喂料速度75 r/min时米糠在挤压机内的逗留时间为14.5 s,还有一种工况没有测,推测结果应在两者之间。由此可见,降低螺杆转速会使米糠在挤压机内的逗留时间变长,提高钝化酶的效果,但对于米糠的有效成分的损失会增加,挤压机的产量变小,经济性下降。

4.2 主机电流的测定结果与分析

对上述3种工况的主机电流作测定,其结果见表3。由表3可以看出,3种挤压工况的主机电流基本相同,都在10 A左右。随螺杆转速的增大,主机电流有降低的趋势,但幅度比较小,这与米糠的流变特性有关,螺杆转速增大,剪切速率增大,米糠的表观粘度下降。由此可见,增大螺杆转速会使米糠的表观粘度下降,提高挤压机的产量,经济性上升。

表3 主机电流的测定结果

Tab.3 The result of main electrical current

挤压工况 (r/min)		主机电流/A
螺杆转速	喂料速度	
100	75	10.2
130	85	10.0
160	100	9.8

4.3 米糠容重的测定结果与分析

对挤压前后的米糠容重测定发现,米糠经挤

压稳定后容重由原来的290 kg/m³增加到410 kg/m³(见图6),容重增加了40%多,这与挤压机螺杆的挤压有关,挤压螺杆采用压缩比为2.5的全啮合螺杆,米糠在挤压机中有一个压缩的过程。由此可见,挤压稳定后米糠容重增加,使挤压稳定米糠的包装运输性能提高。

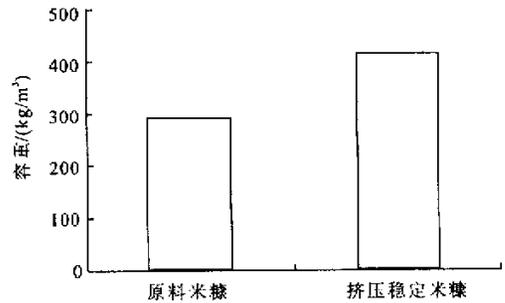


图6 挤压稳定前后米糠的容重

Fig.6 Specific gravity of rice bran

5 结 语

1) 可视化技术是运用现代的测试手段,将具有可视性结构装置体系内物体所发生的变化以图像或数据记录下来。全程透明视窗双螺杆挤压机是可视化的挤压设备,可以实现对米糠挤压全过程的动态可视化观测。

2) 对米糠的挤压稳定过程可视化研究表明,米糠挤压过程中物料输送为啮合区螺槽的正位移输送和非啮合区螺槽摩擦拖曳并存的非充满输送。

3) 可视化实验表明,米糠的挤压是一个蒸煮的过程,米糠挤压的模头压力为3 MPa,温度为130 ℃。可见,米糠的挤压过程是一个高温高压的过程。

4) 可视化实验还表明,在米糠水分质量分数为16%、挤压温度为130 ℃的条件下,采用较高的螺杆转速,米糠在挤压机内的逗留时间为10 s左右,可以较好地稳定米糠,挤压机工作的经济性上升;经挤压后米糠的容重增加40%多,提高了挤压稳定米糠的包装运输性能。

参考文献:

- [1] COLM CONNOR. Extrusion technology for the food industry[M]. Britain: Great Britain Gaiuard Ltd, Great Yarmouth, 1987.
- [2] TINGHUA LIU, YICHONG GUO, FUHUA ZHU. A New Visualization for Twin Screw Plasticating Extrusion[A]. PPS-10 [C]. USA: Akron, 1994. 39-40.
- [3] 朱复华. 同向旋转双螺杆挤出可视化研究[J]. 塑料, 1996, 25(4): 9-22.
- [4] VETTER J L, STEINBERG M P. Qualitative determination of peroxidase in sweet corn[J]. J Agr Food Chem, 1958, (6) 39-41.
- [5] 王璋. 食品酶学[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 1990.
- [6] 朱文华. 米糠挤压稳定的研究[D]. 无锡: 江南大学, 2001.

(责任编辑 杨 萌)