

浸油用玉米胚挤压膨化预处理技术的试验研究

李宏军, 申德超

(东北农业大学)

摘 要: 该文通过 4 因素 5 水平二次正交旋转组合试验, 研究了用于浸油的玉米胚挤压膨化预处理过程中的挤压系统参数(套筒温度、模孔孔径、物料含水率、螺杆转速)对考察指标(残油率、剪切强度、密度)的影响规律。得到最佳挤压工艺参数: 模孔直径 9 mm, 物料出口温度 93℃, 喂入物料含水率 13.3%, 螺杆转速 238 r/min, 在此条件下得出残油率最优值为 0.40%。和传统工艺相比, 浸提时间缩短一半, 膨化物的密度与轧坯和预轧样相比分别增加 29.3% 和 13.8%。只要参数选择合适, 可使原设备的浸出能力提高 60%~120%。

关键词: 玉米胚; 挤压膨化; 预处理; 浸油

中图分类号: S377

文献标识码: A

文章编号: 1002-2689(2002)03-0128-04

玉米胚是淀粉厂、酒精厂和制药厂的重要副产品之一, 我国每年都生产出大量的玉米胚。玉米胚芽油是优等植物油, 含有大量不饱和脂肪酸, 平均消化吸收率为 95.8%, 营养价值很高^[1,2]。传统的制油工艺或是直接压榨, 或是预轧浸出, 前者饼中残油率及加工温度均较高, 油饼质量差, 不适宜大批量生产; 后者工艺路线长, 投资费用大。另外, 传统的制油工艺由于物料受热温度高, 处理时间长, 使得油料蛋白质变性大, 功能性差。挤压膨化预处理浸出是一种高温短时处理原料的方法, 可减少了对饼粕中蛋白质和氨基酸的破坏, 有利于蛋白质的开发利用。脂肪细胞壁被较彻底破坏, 游离脂肪大量增加, 并聚积在膨化料粒的内外表面, 酶类钝化, 物料密度增大, 对后续浸出取油及浸出毛油的精练都非常有利。挤压膨化预处理浸油技术和传统的轧坯-蒸炒-预榨浸出技术相比省去了干燥、轧坯、筛分、蒸炒、预榨等工序, 大大简化了生产工艺流程, 降低了生产成本。挤压膨化预处理浸油技术在美国、巴西已得到广泛的应用, 但主要用于大豆、棉籽、油籽、花生等方面^[3~6]。国内外还没有人专门从事玉米胚芽挤压膨化预处理浸油技术的研究及相关研究成果的报道, 而且目前国内用于浸油的玉米胚预处理技术比较落后, 因此开展此项研究是十分必要的^[7~9]。

1 试验设备、材料和分析方法

1.1 试验设备

收稿日期: 2001121212

作者简介: 李宏军, 男, 东北农业大学农业机械化工程专业博士研究生。哈尔滨市香坊区 东北农业大学工程技术学院, 150030

试验设备为自制的单螺杆挤压膨化机和浸油试验台。挤压膨化机由组合式套筒和螺杆组成。螺杆由套在主轴上的 3 节螺杆组成。套筒由 4 节筒组成。螺杆转速为 0~1200 r/min 无级变速。第 2、3、4 节套筒温度为 0~300℃ 连续可调。模孔孔径可调。其生产率为 200~250 kg/h^[10,12]。

LNK2872 蛋白质消化器、定氮仪、WZZ21S 旋光仪、索氏抽提器、DW F2100 型植物粉碎机、水浴锅、烘箱、电子天平(万分之一)、组筛。

1.2 试验材料

半湿法玉米胚、轧坯后精脐、预榨后精脐(产地: 肇东; 品种: 四单 19)。

1.3 分析方法

玉米胚膨化前后、浸提前后脂肪的测定按 GB 5512285 中索氏抽提法(残余法)进行测定; 玉米胚粗蛋白质的测定按 GB 5511285 进行测定; 淀粉含量用旋光法进行测定; 水分含量按 GB 8304287 进行测定; 粒度通过 5、10、20、40、60 目组筛进行测定。

1.4 用于浸油的玉米胚挤压膨化预处理工艺流程

毛脐 筛分(去细粮) 去皮 去石 粉碎 挤压膨化 浸提

2 试验结果和分析

2.1 物料成分分析

试验测定, 原料玉米胚含粗脂肪为 20.88%, 淀粉为 20.40%, 蛋白质为 17.40%, 水分为 7.50%。

2.2 膨化物浸提时间的确定

在自制浸油试验台上, 使用 6 号溶剂油, 浸提温度为 $(57 \pm 1)^\circ\text{C}$ ^[10~12], 测得玉米胚膨化物浸出后的残油率随浸提时间增加的变化情况如表 1 所示。

表 1 试验结果

Table 1 Test results

浸出时间 $\bar{a}n$ in	残油率 $\bar{o}\%$	
	试样 1	试样 2
45	0.48	0.56
55	0.41	0.47
80	0.40	0.45
110	0.38	0.41

从表 1 可以看出,随着浸出时间增加,残油率下降,但浸出 55 min 以后残油率变化不大,综合各方面因素,确定浸出时间为 55 min 比较合适。

2.3 粒度对残油率的影响

在套筒温度为 93 ℃、模孔孔径 8 mm、物料含水率 13.5%、螺杆转速为 240 r/min 条件下测得物料粒度对残油率的影响如表 2。

表 2 试验结果

Table 2 Test results

粒度 $\bar{a}mm$	残油率 $\bar{o}\%$
2.343	0.56
1.100	0.48
0.903	0.45
0.771	0.40
0.657	0.35

从表 2 可以看出,在挤压系统参数一定的条件下,随着物料粉碎粒度降低,残油率下降。但物料粒度太小时粉碎比较困难,且成本较高。综合各方面因素,确定物料粉碎粒度为 0.771 mm 比较合适。

2.4 二次正交旋转组合试验结果与分析

2.4.1 因素水平编码表及试验数据

根据预备试验的结果,本文采用 4 因素 5 水平二次旋转正交组合设计方法^[12]。具体因素水平选择如表 3。试验安排和试验结果见表 4。

表 3 试验的因素和水平

Table 3 Test factors and their levels

因素水平	模孔孔径 $\bar{a}mm$	温度 \bar{o}	含水率 $\bar{o}\%$	螺杆转速 $\bar{o}r \cdot m in^{-1}$
-2	6	53	7.5	200
-1	8	66	11.5	220
0	10	79	15.5	240
1	12	92	19.5	260
2	14	105	23.5	280

2.4.2 回归方程及方差分析

经计算,回归方程如下

$$Y_1 = 0.572 + 0.154x_1 - 0.082x_2 + 0.275x_3 - 0.067x_4 - 0.004x_1x_2 - 0.087x_1x_3 - 0.009x_1x_4 - 0.009x_2x_3 + 0.025x_2x_4 - 0.101x_3x_4 + 0.136x_1^2 + 0.036x_2^2 + 0.307x_3 + 0.124x_4^2$$

表 4 试验安排和试验结果

Table 4 Test scheme and results

试验号	孔径 $\bar{a}mm$	温度 \bar{o}	水分 $\bar{o}\%$	转速 $\bar{o}r \cdot m in^{-1}$	残油率 $Y_1\bar{o}\%$	剪切强度 $Y_2\bar{o}kPa$	密度 $Y_3\bar{o}kg \cdot m^{-3}$
1	1	1	1	1	1.12	68	460
2	1	1	1	-1	1.63	66	453
3	1	1	-1	1	0.67	70	463
4	1	1	-1	-1	0.87	67	473
5	1	-1	1	1	1.27	70	484
6	1	-1	1	-1	1.67	56	459
7	1	-1	-1	1	0.88	68	466
8	1	-1	-1	-1	0.95	73	427
9	-1	1	1	1	1.24	172	453
10	-1	1	1	-1	1.38	173	458
11	-1	1	-1	1	0.41	150	474
12	-1	1	-1	-1	0.47	161	466
13	-1	-1	1	1	1.04	173	468
14	-1	-1	1	-1	1.91	189	453
15	-1	-1	-1	1	0.50	152	483
16	-1	-1	-1	-1	0.47	141	490
17	2	0	0	0	1.92	33	443
18	-2	0	0	0	0.89	198	466
19	0	2	0	0	0.74	84	478
20	0	-2	0	0	1.27	87	458
21	0	0	2	0	2.23	147	473
22	0	0	-2	0	1.95	123	453
23	0	0	0	2	1.51	110	452
24	0	0	0	-2	1.20	85	449
25	0	0	0	0	1.22	34	448
26	0	0	0	0	0.43	48	433
27	0	0	0	0	0.47	36	425
28	0	0	0	0	0.64	34	437
29	0	0	0	0	0.60	46	427
30	0	0	0	0	0.58	36	424
31	0	0	0	0	0.53	35	428
32	0	0	0	0	0.41	47	434
33	0	0	0	0	0.53	37	436
34	0	0	0	0	0.45	49	431
35	0	0	0	0	0.47	49	418
36	0	0	0	0	0.53	46	432

$$Y_2 = 41.417 - 45.958x_1 - 0.042x_2 + 5.542x_3 + 1.958x_4 + 0.188x_1x_2 - 7.562x_1x_3 + 1.938x_1x_4 - 1.438x_2x_3 - 0.688x_2x_4 + 0.062x_3x_4 + 19.719x_1^2 + 12.219x_2^2 + 24.594x_3^2 + 15.219x_4^2$$

$$Y_3 = 431.083 - 4.417x_1 + 0.417x_2 - 0.583x_3 + 3.250x_4 + 3.500x_1x_2 + 6.750x_1x_3 + 3.125x_1x_4 - 3.125x_2x_3 - 4.500x_2x_4 + 0.750x_3x_4 + 6.750x_1^2 + 10.125x_2^2 + 8.875x_3^2 + 5.750x_4^2$$

方差计算结果表明各考察指标的回归方程均通

过显著性检验。方差分析表明: 对于考察指标残油率值, 物料含水率是最显著的影响因素, 模孔孔径的影响也比较显著, 而螺杆转速和挤压机套筒温度的影响不显著; 对挤压膨化物的剪切强度值, 挤压机模孔孔径和物料含水率是最显著的影响因素, 螺杆转速的影响也比较显著, 而套筒温度的影响不显著。对于挤压膨化物密度值, 挤压机模孔孔径是最显著的影响因素, 螺杆转速、套筒温度和物料含水率的影响也比较显著。

2.4.3 残油率的单因素分析

在最优挤压参数(即: $\phi = 9\text{ mm}$, $T = 93^\circ\text{C}$, $W = 13.3\%$, $N = 238\text{ r/min}$)条件下对残油率值进行单因素分析。结果表明: 随着挤压机模孔孔径、套筒温度、物料含水率和螺杆转速的增加, 考察指标残油率的变化趋势都是先下降然后上升, 最小值分别出现在模孔孔径- 0.6 mm 水平、套筒温度+ 1.1 mm 水平、物料含水率- 0.4 mm 水平和螺杆转速+ 0.3 mm 水平, 相应的残油率值分别为 0.56% 、 0.51% 、 0.53% 和 0.53% 。

2.4.4 挤压膨化预处理浸油和传统的轧坯- 蒸炒- 预榨浸油的对比试验

为了进行挤压膨化预处理浸油和传统的轧坯- 蒸炒- 预榨浸油的对比试验, 把从金玉集团取来的轧坯后精脐和预榨后精脐按照前面膨化物相同的条件进行浸提, 浸提 55 min 后残油率分别为 10.96% 和 3.15% 。浸提 110 min 后残油率分别为 7.97% 和 2.64% 。而表 1 中的两个膨化试样浸提 55 min 后残油率分别为 0.41% 和 0.47% , 明显低于轧坯样和预榨样。

3 结 论

1) 采用挤压膨化预处理浸油工艺省去了传统工艺中的干燥去水、轧胚、筛分、蒸炒、预榨等工序, 大大简化了生产工艺流程。只需将原工艺中的破碎机更换为粉碎机, 另添加一台单螺杆挤压膨化机, 设备投入可大幅降低。降低了生产成本, 经济效益可观。

2) 通过二次旋转正交组合试验设计, 用 Reda 软件包进行数据处理, 得出以残油率为主要考察指标的最优挤压系统参数: $\phi = 9\text{ mm}$, $T = 93^\circ\text{C}$, $W = 13.3\%$, $N = 238\text{ r/min}$, 在此条件下得出残油率指

标的最优值为 0.40% 。

3) 在以残油率为主要考察指标的最优挤压系统参数下, 测定了玉米胚粉碎粒度对残油率的影响, 结果表明粉碎粒度取 0.7705 mm 比较合适。

4) 和传统工艺相比, 挤压膨化预处理工艺可以使浸提时间缩短一半, 膨化物的密度与轧坯和预轧样相比分别增加 29.3% 和 13.8% , 物料体积减少 $10\% \sim 30\%$, 所以应用挤压膨化预处理技术能提高浸出效率 $60\% \sim 120\%$ 。

5) 经过挤压膨化处理后, 玉米粕中的纤维部分降解、淀粉糊化、蛋白质消化率明显提高, 大大提高了它的营养价值。膨化粕可作为膨化饲料的基础原料, 经过简单加工即可成为优质的膨化饲料。

[参 考 文 献]

- [1] 王碧德等. 玉米胚芽油的制取[J]. 中国油脂, 1997(4): 19~ 21.
- [2] 秦 剑等. 玉米提胚制渣技术研究[J]. 粮食与饲料业, 1999(6): 34~ 37.
- [3] Agullera J M, Lusas E W. Laboratory and pilot scale solvent extraction of extruded high oil corn[J]. JAOCS, 1986, 63(2): 239~ 243.
- [4] Maurice A Williams. Extrusion preparation for oil extraction[J]. NFORM, 1995, 6(3): 289~ 293.
- [5] Gulbaran E, Gulbaran S H. Extraction and diffusion of corn germ and corn germ press product by a new system[J]. JAOCS, 1981, 58(6): 729~ 731.
- [6] Lusas E W, Watkins L R. Oilseed extrusion for solvent extraction[J]. JAOCS, 1988, 65(7): 1109~ 1112.
- [7] 郭 达. 膨化预处理浸出技术的探讨[J]. 中国粮油学报, 1997(2): 48~ 50.
- [8] 倪培德. 膨化技术在制油工艺中的应用[J]. 中国油脂, 1990(3): 8~ 14.
- [9] 刘大川. 挤压膨化——一种油料预处理新工艺[J]. 中国油脂, 1990(3): 2~ 7.
- [10] 申德超. 用于膨化—浸油的大豆挤压膨化初步试验研究[J]. 东北农业大学学报, 1999(2): 186~ 189.
- [11] 李宏军. 用于浸油的玉米胚挤压膨化预处理技术的初试[J]. 东北农业大学学报, 2001(2): 164~ 169.
- [12] 申德超, 孟 阳. 挤压膨化大米做啤酒辅料的试验研究[J]. 农业工程学报, 2002, 18(1): 132~ 134.
- [13] 徐中儒. 农业试验最优回归设计[M]. 哈尔滨: 黑龙江科学技术出版社, 1988.

Experimental Study on Extrusion Pretreatment for Solvent Oil Extraction of Corn Germ

Li Hongjun, Shen Dechao

(Engineering College, Northeast Agricultural University, Harbin 150030, China)

Abstract: The method of orthogonal rotation combination test with four factors and five levels was applied to study the principle of the influence of parameters of extrusion system upon research indexes at the laboratory. These parameters include the temperature of the barrel, the diameter of the die nozzle, the moisture of corn germ and the speed of the screw. These parameters include the ratio of the residual oil, shear strength and density of the extrudate. The optimum parameters of extrusion system are as follows: diameter of die nozzle with 9 mm, extrusion temperature 93, moisture of material 13.3%, speed of screw 238 r/min. The optimum value of the ratio of the residual oil is 0.40%. The time of solvent oil extraction will be reduced 50% compared with that of traditional rolling and prepress pretreatment process. The capacity of solvent extraction of original extraction equipment will rise to 60% ~ 120% if the parameters of corn germ extrusion system are appropriate.

Key words: corn germ; extrusion; pretreatment; oil extraction

《农业工程学报》2002 年第 5 期英文论文征稿启事

《农业工程学报》是由中国科学技术协会主管, 由中国农业工程学会主办的国家一级学术期刊。双月刊, 每逢单月 25 日出版, 由各地邮局征订发行。中文核心期刊, 已被国内外 15 家著名文献检索数据库收录, 如美国的 EI 英国的 CAB International Agriculture Publication Online (出版在线)、中科院引文数据库、清华大学编辑的中国学术期刊光盘版数据库等。为促进国内外学术交流, 扩大学报知名度, 为争取进入更多的知名数据库, 本刊编委会决定, 继 2001 年第 1 期之后, 2002 年《农业工程学报》第 5 期仍拟将以英文正文附中文摘要形式集中向国内外介绍中国农业工程科技和教育的发展情况和最新研究成果。

英文辑刊登内容与学报报道的范围一致, 主要包括: 农业水土工程, 农业机械与农业机械化工程, 农村能源与生物环境工程, 农产品加工与贮运工程, 农业自动化与农业信息技术及相关领域的技术基础理论、土地整理工程等方面, 特别征集能反映我国农业工程某一领域发展情况的综述文章和具有原创性成果的论文。

来稿要求:

1. 请欲投稿的作者务于 2002 年 7 月 15 日以前将已经英文表达审查修改定稿的英语论文寄到本刊编辑部。

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名称及资助编号。

3. 稿中的公式、外文字母、符号必须分清大小写、正斜体、上下脚标。文中图表力求简明清晰, 只附最必要的, 一般要求图表合计不超过 6 幅。表格采用三线表; 插图须用绘图纸清绘, 计算机绘图用激光打印, 照片须用清晰原照。常用度量衡一律采用法定国际单位, 单位符号以英文缩写字母表示。

4. 请用打印稿和软磁盘投稿, 也可用电子邮件投稿, 但应注意插图和表格的传送 (有时图表打不开或发送无效)。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。

5. 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。对选用的稿件本刊有权修改、删节。对已录用刊发的论文收取 1500 元版面费。

(下转第 149 页)