

米糠制粒浸出工艺的研究与实践

安晓东¹, 陈小威², 杨磊¹, 陈小军¹, 吴朋¹, 储强¹

(1. 郑州企鹤粮油机械有限公司, 郑州 450000; 2. 河南工业大学粮油食品学院, 郑州 450000)

摘要:旨在验证改进型糠粳分离器的分离效果和为米糠制粒浸出工艺提供一定的技术参考,采用风选分离糠粳、制粒烘干、平转浸出、负压蒸发、DTDC 湿粕脱溶的米糠制粒浸出工艺制取米糠原油,通过总结生产中的的一些问题和操作经验,改进了风选式糠粳分离器,确定了颗粒化处理方式及米糠制粒浸出工艺关键点的参数。结果表明:采用改进的糠粳分离器,糠粳分离效果良好,处理量大;以低温制粒烘干代替膨化进行米糠的颗粒化处理,米糠制粒浸出工艺关键点的工艺参数为制粒温度 60℃,颗粒直径 3.7 mm,烘干机出料温度 60℃,烘干后颗粒水分 5%,浸出温度 55℃,蒸发系统真空度 70 kPa,第一蒸发器出油浓度 85%、温度 65℃,第二蒸发器出油浓度 95%、温度 98℃,汽提塔出油温度 102℃,蒸脱机气相温度 76℃。采用优化的米糠制粒浸出工艺可改善米糠原油及糠粕品质,并可降低能耗。

关键词:米糠;糠粳分离;制粒;浸出

中图分类号:TS224.2; TS224.4 文献标识码:A 文章编号:1003-7969(2024)03-0140-04

Research and practice of rice bran granulation and extraction process

AN Xiaodong¹, CHEN Xiaowei², YANG Lei¹, CHEN Xiaojun¹,
WU Peng¹, CHU Qiang¹

(1. Zhengzhou Qi'e Grain and Oil Machinery Co., Ltd., Zhengzhou 450000, China; 2. College of Food Science and Technology, Henan University of Technology, Zhengzhou 450000, China)

Abstract: Aiming to verify the separation effect of improved rice bran and fine broken rice separator and provide certain technical reference for rice bran granulation and extraction process, rice bran granulation and solvent extraction process was used to extract crude rice bran oil, including air separation for rice bran and fine broken rice, granulation drying, rotary leaching, negative pressure evaporation, DTDC wet meal desolventizing. By summarizing some problems and operation experience in production, the rice bran and fine broken rice separator was improved, the granulation treatment was determined, and the key process parameters of rice bran granulation and extraction process were determined. The results showed that rice bran and fine broken rice were separated very well by using the improved rice bran and fine broken rice separator, and the system had a larger capacity. Rice bran particle was prepared using low temperature granulation drying instead of expansion. The key technical parameters of rice bran granulation and solvent extraction process were confirmed as follows: granulation temperature 60℃, particle diameter 3.7 mm, discharge temperature of drying machine 60℃, particle moisture after drying 5%, solvent extraction temperature 55℃, vacuum of evaporation system 70 kPa, oil concentration and temperature of the first evaporator 85% and 65℃, oil concentration and temperature of the second evaporator 95% and 98℃, oil temperature of stripper 102℃, and DTDC vapor phase temperature 76℃. The optimized rice bran granulation and solvent extraction process can improve the quality of crude rice bran oil and meal, and reduce energy consumption.

Key words: rice bran; separation of rice bran and fine broken rice; granulation; extraction

收稿日期:2022-12-05;修回日期:2023-11-01

作者简介:安晓东(1988),男,硕士,研究方向为油脂工程设计、安装及调试(E-mail) anxiaodong521@126.com。

通信作者:陈小威,博士(E-mail) chenxiaowei8252@hotmail.com。

稻谷是我国大宗农产品之一,2022年产量为20 849.5万t(4 169.9亿斤),位列第二,仅次于玉米(27 720.5万t,5 544.1亿斤),高于小麦(13 772.5万t,2 754.5亿斤)^[1]。米糠是稻谷在加工成精米

时的三大副产物(稻壳、碎米和米糠)之一,米糠含油量为15%~20%^[2],利用米糠制油可一定程度上缓解我国对油料的进口依赖度,保障我国粮油食品安全。

米糠原料为粉末状态,直接浸出制油时溶剂无法渗透,因此需进行颗粒化预处理。此外,米糠中还含有5%~15%的碎米和米胚,如不彻底去除,不仅会增加溶剂消耗、降低油脂得率,而且在米糠制粒过程中影响成品颗粒结构的紧实度,导致所得颗粒或膨化料易碎,在输送过程中粉末度增大。因此,在米糠浸出制油工艺中,一般要先对米糠进行糠粳分离预处理。针对目前米糠油厂糠粳分离方式的缺点,对改进的糠粳分离器进行论述,并比较了膨化和制粒两种米糠颗粒化处理方式的应用现状,总结了生产中的一些问题和操作经验,确定了米糠制粒浸出工艺的关键点参数,以期为米糠制粒浸出工艺提供一定的技术参考。

1 米糠预处理

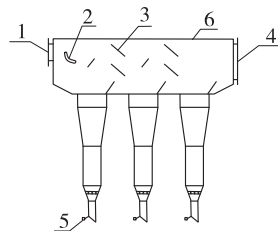
1.1 糠粳分离

目前米糠油厂在进行糠粳分离时多采用筛分或风选。

筛分常采用两种设备,一种是高方筛,处理量小,最大处理量3 t/h,当筛网直径为1~1.2 mm时,不论怎样改进都有约20%的米粳与米糠一起成为筛下物,还有约2%的米糠与米粳成为筛上物。而筛网直径若继续减小则筛孔容易堵塞,所以采用高方筛筛分很难使粳中含糠量、糠中含粳量降至1%以

下^[3]。另一种是平面回转筛,处理量大,所得米糠含粳量较高,一般用于调质膨化工艺,适合大吨位生产。

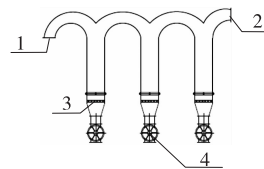
风选对糠粳分离的效果优于筛分,现在普遍采用KXFD型糠粳分离器(见图1)进行糠粳分离,其分离效果良好,糠中含粳量、粳中含糠量均能达到小于1%。但该型设备结构复杂,重力门密封不严,操作烦琐,单机产量小(0.45~2 t/h),不能满足大产量油厂的生产需求。



注:1.进风口;2.进口调风门;3.推拉杆;4.出风口;5.出料重力门;6.分离室

图1 KXFD型糠粳分离器

鉴于以上问题,对糠粳分离器结构及风选工艺进行了优化改进。改进后的糠粳分离器如图2所示。糠粳分离工艺流程见图3。



注:1.进风口;2.出风口;3.补风调风门;4.出料闭风器

图2 改进后的糠粳分离器

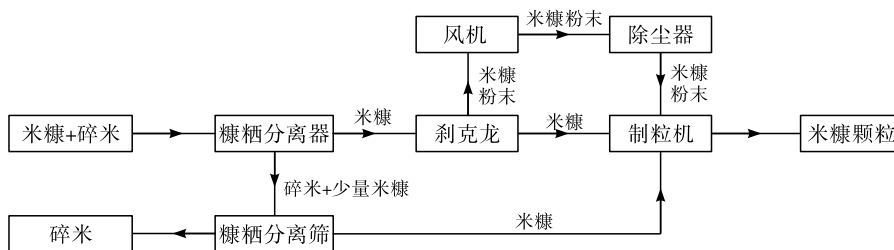


图3 糠粳分离工艺流程

如图3所示,待分离物料通过糠粳分离器进风口被吸入,连续经过三级分离器分离,分离的米糠通过分离器出风口排出并进入刹克龙,刹克龙将米糠收集后经底部闭风器排入制粒机,夹杂少量米糠的碎米则通过糠粳分离器底部的出料闭风器排入糠粳分离筛,进一步筛分出米糠送入制粒机。刹克龙出风含有的微量米糠粉未经风机输送至除尘器收集,收集后的粉末也送入制粒机制粒。

改进后的糠粳分离器通过流线型的风道结构将3个分离器串联。与KXFD型糠粳分离器相比,取消了顶部的分离室使操作简单化,没有进风口的调

风门,通过风选系统中风机的风门控制风量,通过补风调风门调节分离效果,保证设备内部上升风速在2 m/s左右;分离出的碎米、米粳、少量的米糠通过底部的出料闭风器排入糠粳分离筛,通过糠粳分离筛将糠粳彻底分离干净,最终使糠中含粳量低于0.8%、粳中含糠量低于1%。改进后的糠粳分离器不仅结构简单、操作方便、设备尺寸与KXFD型糠粳分离器相当、占地面积小,且分离效果良好、处理量大,单台设备处理量可达8~10 t/h。

1.2 米糠颗粒化处理

在米糠浸出工艺中,传统的米糠颗粒化处理方

式有膨化和制粒两种方式。

1.2.1 膨化

膨化分为干式和湿式两种,二者区别在于前者不需要向设备内部通入直接蒸汽,而后者需要向设备内部通入0.6~0.8 MPa的直接蒸汽对物料进行湿热处理,二者工作原理均是通过设备内部的机械挤压、剪切、蒸汽(湿式)作用,使物料在设备内部迅速(小于1 min)达到高温(105~130℃)、高压(1.3~4.1 MPa)的状态,最后在模板或锥形塞挤出,破坏米糠细胞结构,因压力突降,水分快速蒸发,米糠急剧膨胀,形成疏松、多孔状组织结构。

干式膨化机单机产量小,最大可达100 t/d(处理大豆),不适合大型油厂生产,处理后的物料水分一般会减少3~4百分点,经冷却后可以直接浸出制油。干式膨化后米糠容重在380 kg/m³,单机电耗60~70 kW·h/t^[4]。

湿式膨化机单机产量大,目前最大可达4 000 t/d(处理大豆),处理后的物料水分一般会增加2~3百分点,需要进一步烘干至水分在7%~9%并冷却后才能浸出制油。湿式膨化后米糠容重增至507 kg/m³,单机电耗约15 kW·h/t^[5]。

虽然干式和湿式膨化后得到的物料渗透效果均良好,但物料挤压过程中温度均超过100℃,大部分蛋白质发生严重变性,淀粉也糊化;此外,在高温挤压以及后续的烘干降温过程中,物料内部油脂也会发生一定程度的氧化,降低了成品粕和原油的品质。

1.2.2 制粒

物料先进入调质器内,同时0.5~0.8 MPa饱和蒸汽通过阀门进入调质器,控制阀后蒸汽压力在0.05~0.1 MPa,在内部桨叶状铰刀的搅拌和输送下,物料与蒸汽充分接触并被加热调质到一定温度,最后被送入压制器。压制器有平模和环模,目前环模使用较为广泛,物料在模具小孔(孔径一般为2~10 mm)内被压辊强力挤压成柱状,并被外部切刀切成大小均匀的颗粒。米糠制粒不仅能够大大降低浸出过程中的粉末度,提高溶剂渗透效果,还可以提高米糠的保鲜效果,降低原料在储存时的酸败速度。

有研究表明,在环模孔径2.5 mm、制粒温度85℃时制得的米糠颗粒保鲜性能要优于膨化米糠^[6]。

实践中采用饲料行业的SZHL578环模制粒机,其设计最大产量可达500 t/d,机身由喂料绞龙、调制器、压制室3部分组成,主机配备功率160 kW,环模孔径3.5 mm,经糠粕分离器分离收集的米糠通过喂料绞龙送入调质器,同时在调质器内喷入0.4~0.6 MPa饱和蒸汽,在蒸汽的湿热作用及内部搅拌作用下使米糠短时间(5~10 s)内迅速升温至50~80℃。随后进入压制室,在环模与压辊的强力挤压下米糠从模孔中不断呈柱状排出,柱状直径3.7 mm,然后由切刀切成长度约1 cm的颗粒。

2 米糠制粒浸出工艺

2.1 工艺流程

基于以上分析,采用改进的糠粕分离系统分离后,采用制粒浸出工艺提取米糠油,米糠制粒浸出工艺流程如图4所示。

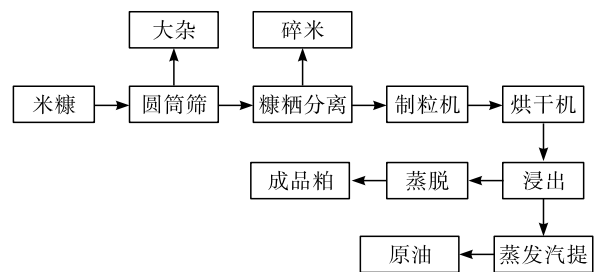


图4 米糠制粒浸出工艺流程

实践中米糠原料指标如表1所示。米糠先经过输送设备送入圆筒筛去除大杂、麻绳等杂质,随后进入改进的糠粕分离器将碎米、米粕、米糠彻底分离,分离的米糠经斗提机、刮板机送至制粒机制粒,米糠制粒后水分一般会增加2~3百分点。米糠颗粒经皮带输送机送入平板烘干机烘干水分,在出料口经过带筛板的溜槽简单筛分后再输送至浸出车间制油。筛分后筛下粉末回运至制粒机制粒,从而使进入浸出器的物料粉末度降至最低,充分保证物料的渗透效果。浸出车间采用成熟的平转浸出、负压蒸发、DTDC湿粕脱溶工艺,这里不再赘述。

表1 米糠原料指标

水分/%	蛋白质/%	含油量/%	纤维/%	灰分/%	脂肪酸值(KOH)/(mg/g)
11.45	12.19	14.30	8.53	8.78	20.00

2.2 米糠制粒条件优化

实践发现,制粒机出料温度由55℃升高至80℃时,制粒后的水分由12%升高至15%,出制粒机的颗粒结构始终松散,且质地发软。这是因为此时颗粒水分太高,内部各物质分子吸水溶胀、分子之间氢键破

裂导致内聚力下降,固体物料发软。基于此,实践中对制粒机出料温度、烘干后颗粒水分对溶剂渗透效果的影响进行了探索,观测过程中保持浸出器内溶剂温度55℃、烘干机出料温度60℃不变。实践发现,制粒机出料温度一定时,烘干后颗粒水分越高,溶剂渗透

效果越差,反之,渗透效果越好;溶剂渗透效果相同时,制粒机出料温度越低,烘干后颗粒水分就要低,但水分过低时物料脆性增加,在输送浸出过程中容易碎裂增加粉末度,且粕残油升高,汽耗增加^[7]。

实践优化中最终确定米糠制粒条件为制粒机出料温度 60℃、烘干后颗粒水分 5% 左右、烘干机出料温度 60℃,此时溶剂的渗透效果较好,同时可以降低进入浸出器的新鲜溶剂温度,降低加热蒸汽消耗。

2.3 米糠浸出及混合油脱溶

实践生产中采用平转浸出器对米糠颗粒浸泡取油,控制浸出条件为米糠颗粒浸泡时间 80 min(时间可调)、浸出温度 55℃、沥干时间 15 min、料层高度 1.7 m,最终粕残油在 0.5%。

在常规的蒸发系统中,第一蒸发器出油浓度约 75%,出油温度约 55℃,第二蒸发器出油浓度约 95%,出油温度约 110℃,两者真空度均为 50 kPa。工艺实践中为了降低混合油的蒸发温度,将第一蒸发器的换热面积加大,减小第二蒸发器的换热面积,使第一蒸发器的出油浓度提高至 85%,出油温度 65℃,第二蒸发器出油浓度保持 95%,出油温度 98℃,两者真空度均控制在 70 kPa。这样可以使第一蒸发器在较低温度条件下脱除更多溶剂,降低第二蒸发器的脱溶负荷和温度,同时还能更充分利用蒸脱机气相中的余热。从两个蒸发器顶部气液分离器内可以看出气液分离效果良好,说明升膜效果依然良好。汽提塔真空度保持在 70 kPa,经 140℃的过热蒸汽汽提后,出油温度控制在 102℃左右。这些措施使得在整个蒸发系统中,混合油的最高加热温度较常规工艺降低约 10℃,所得原油残溶 60 mg/kg,酸值(KOH) 25 mg/g,颜色呈红棕色,有利于改善米糠油颜色发黑的问题。

2.4 米糠颗粒湿粕脱溶

工艺实践中采用 DTDC 蒸脱机脱除湿粕溶剂。蒸脱机设有 2 层预脱层;2 层混脱层,料层高度 0.45 m;1 层直接蒸汽层,料层高度 1 m;2 层冷风层,料层高度 0.4 m。冷风层每层配 1 台刹克龙,共用 1 台 45 kW 风机,风机变频控制。

生产中发现,米糠湿粕在蒸脱机内脱溶过程中,经过长时间搅拌、湿热处理,导致一部分颗粒破碎成粉末。脱溶后糠粕进入冷风层后,若水分较高,则米糠粉末在分子间的黏性及设备搅拌作用下会集聚成稍大的颗粒,颗粒被风吹入刹克龙后能够被捕集回收;若水分较低,则米糠粉末之间无法集聚成稍大的颗粒,加上粉料的密度和质量太小,导致大量细小粉末被吹入刹克龙内,而刹克龙本身对微小颗粒捕集能力有限,从而导致出风含尘量太大,除尘效果不好。所以在生产操作时,应尽量控制好入浸物料的

水分以达到最好的除尘效果,或者将冷风刹克龙改成多管并联式刹克龙,可以有效提高冷风中夹带米糠粉末的捕集效果。必要时还可在刹克龙出风口增加水捕集装置,进一步去除废气中的微小颗粒。风机的配置在保证风量、风压满足系统要求的前提下,尽量采用低风压的风机,可进一步减少冷风中米糠粉末的夹带量。

实际生产证明,控制蒸脱机气相温度稳定在 76℃,入浸米糠颗粒水分稳定在 5%,2 层预脱层加热蒸汽全开,糠粕残溶引爆实验合格,糠粕水分在 11%~12%,粕残油 0.5%,蛋白质含量 15%~16%,糠粕颜色微黄,效果良好。冷风刹克龙出风状态良好,不含米糠粉末。

3 结束语

通过对米糠制粒浸出工艺的研究实践,得出最佳工艺参数为米糠制粒机出料温度 60℃,颗粒直径 3.7 mm,烘干机出料温度 60℃,烘干后颗粒水分 5%,浸出温度 55℃,蒸发系统真空度 70 kPa,第一蒸发器出油浓度 85%、温度 65℃,第二蒸发器出油浓度 95%、温度 98℃,汽提塔出油温度 102℃,蒸脱机气相温度 76℃。在此条件下,所得原油残溶 60 mg/kg,颜色为红棕色,所得糠粕颜色微黄、残溶引爆实验合格。

采用改进的糠粕分离工艺分离效果良好,产能大,可增加浸出车间处理量,满足大型油厂的生产需求。米糠低温制粒、烘干可以最大程度地降低米糠中蛋白质变性程度,同时较米糠膨化、烘干而言可以大大降低系统蒸汽消耗,为低温蛋白的制取提供了参考。与膨化机相比,制粒机还具有电耗低、设备价格低的优点。采用提高蒸发系统真空度、增大第一蒸发器换热面积的方法,可以在一定程度上降低蒸发温度、提高蒸脱机二次蒸汽的利用率,改善米糠原油的品质,提高精炼率。

参考文献:

- [1] 梁京文. 2022 年全国粮食产量稳中有增[N]. 粮油市场报, 2022-12-13(A01).
- [2] 马传国,梁少华,王伟,等. 一级米糠油生产工艺的研究[J]. 中国粮油学报, 2005, 20(5): 98-100, 119.
- [3] 周和平,程国强,文天元. KXFD 系列糠粕分离器在米糠气力输送中的应用[J]. 粮食与饲料工业, 1996(12): 15-17.
- [4] 左青,钱胜峰,彭伟城,等. 米糠稳定化技术和米糠功能性应用[J]. 粮食与食品工业, 2019, 26(1): 5-9.
- [5] 朱文鑫,相海. 米糠膨化浸出工艺的研究与实践[J]. 中国油脂, 2004, 29(9): 18-20.
- [6] 过世东,李清招,赵建伟. 米糠制粒[J]. 饲料工业, 1999, 20(1): 9-11.
- [7] 林桦. 30 吨/日米糠造粒浸出实验研究[J]. 中国油脂, 1992, 17(S1): 35-38.