

## 高温棉籽粕生产工艺改进实践

王如南<sup>1,2</sup>, 申伟鹏<sup>3</sup>, 王志俊<sup>3</sup>, 袁新英<sup>1</sup>, 张 扬<sup>2,3</sup>

(1. 邯郸晨光植物蛋白有限公司, 河北 邯郸 057250; 2. 河北省棉籽综合加工技术创新中心, 河北 邯郸 057250;  
3. 晨光生物科技集团图木舒克有限公司, 新疆 图木舒克 843900)

**摘要:** 为了降低高温棉籽粕中游离棉酚的含量, 促进其在畜禽饲料和水产饲料上的应用, 总结了高温棉籽粕的生产工艺改进情况及实际生产过程中的问题及其解决方法。结合实际生产, 在高温棉籽粕的生产工艺的预处理工序中调整壳仁分离和筛分工序, 在光籽剥壳前增加风力清籽机、自卸式磁选器和蛛网式除尘机组等设备, 调整阶梯筛各层筛网孔径, 并将平面回转筛改为旋振筛, 筛分后物料经软化、蒸炒和膨化工序, 箱链式浸出器浸出脱脂以及控制蒸脱工序蒸汽量脱溶, 保证高温棉籽粕产品的质量, 同时控制膨化进料水分在 9% ~ 10%, 建立提前质量预警机制。经工艺改进后, 高温棉籽粕的游离棉酚含量可稳定控制在 800 mg/kg 以下, 产品质量得到明显提高。

**关键词:** 高温棉籽粕; 脱酚; 游离棉酚; 棉籽生胚膨化

中图分类号: TS209; TS229

文献标识码: B

文章编号: 1003-7969(2024)09-0150-03

### Practice of improving the production process of high-temperature cottonseed meal

WANG Runan<sup>1,2</sup>, SHEN Weipeng<sup>3</sup>, WANG Zhijun<sup>3</sup>,  
YUAN Xinying<sup>1</sup>, ZHANG Yang<sup>2,3</sup>

(1. Handan Chenguang Botanical Protein Co., Ltd., Handan 057250, Hebei, China; 2. Hebei Province Cottonseed Comprehensive Processing Technology Innovation Center, Handan 057250, Hebei, China;  
3. Chenguang Biotech Group Tumxuk Co., Ltd., Tumxuk 843900, Xinjiang, China)

**Abstract:** In order to reduce the content of free gossypol of high-temperature cottonseed meal and promote its application in livestock and poultry feed and aquafeed, the improvement of the production process of high-temperature cottonseed meal and the problem and its solution in the actual production process were introduced. Combined with the actual production, in the high-temperature cottonseed meal production process of the pretreatment process shell-kernel separation and screening process was adjusted, before the bare seed shelling adding wind power seed cleaning machine, self-unloading magnetic separator and spider mesh dust removal unit and other equipments, and adjusting the mesh size of riffle screen, using rotary vibration sieve instead of plane rotary sieve, and after screening, the material was softened, stir-fried and extruded, then defatted by box-chain extractor as well as removed solvent by controlling of the steam to ensure the quality of the high-temperature cottonseed meal. In addition, the feed moisture of extruding was controlled at 9% - 10%, and an early quality warning mechanism was established. After the improvement of the process, the content of free gossypol in high-temperature cottonseed meal can be stably controlled below 800 mg/kg, and the quality of the product has been significantly improved.

**Key words:** high-temperature cottonseed meal; dephenolization; free gossypol; extruding of cottonseed flakes

收稿日期: 2023-05-03; 修回日期: 2024-05-18

作者简介: 王如南(1992), 女, 工程师, 主要从事油料资源综合利用方面的研究工作(E-mail) wangrunan18@126.com。

通信作者: 申伟鹏, 助理工程师(E-mail) shenweipeng97@126.com。

我国是产棉大国, 棉籽资源极其丰富。棉籽粕是棉籽浸出制油后的主要副产物, 其粗蛋白质含量丰富, 是一种很好的植物蛋白资源, 可以作为畜禽饲

料应用于畜牧行业,但棉籽粕中含有较多的抗营养因子,如游离棉酚、单宁、植酸等,其中游离棉酚对动物的健康状况与生产性能影响最大<sup>[1]</sup>。根据生产工艺,棉籽粕大致可以分为两类,低温棉籽粕和高温棉籽粕<sup>[2]</sup>,其中高温棉籽粕是棉仁经软化轧坯后,直接高温高压膨化处理,浸出脱脂得到的,其生产工艺简单、产量高、生产成本低,更适合大部分企业的发展与应用。高温棉籽粕生产主要通过高温膨化作用破坏腺体色素,使游离棉酚与赖氨酸发生反应生成结合棉酚,从而降低游离棉酚的含量<sup>[3]</sup>。但生产的高温棉籽粕中游离棉酚含量仍较高,在1 200 mg/kg左右,且极不稳定,大大制约了其在畜禽饲料和水产饲料上的应用,因此通过生产工艺降低或去除高温棉籽粕中的游离棉酚以提高其质量至关重要。

结合实际生产,我司对高温棉籽粕的生产工艺和设备进行改进,并对改进工序及实际生产过程中的问题及其解决方法进行总结,以期为产品质量的提高和应用方向的拓宽提供技术参考。

## 1 高温棉籽粕改进生产工艺流程及工序说明

### 1.1 生产工艺流程

毛棉籽清理除杂→剥绒机脱绒→光籽除杂→光籽剥壳→阶梯筛筛分→旋振筛去除棉壳→棉仁软化→轧坯→蒸炒→膨化→冷却→浸出脱脂→蒸脱除溶剂→调节水分→高温棉籽粕。

### 1.2 改进工序说明

#### 1.2.1 壳仁分离、筛分工序

高温棉籽粕生产工艺改进后在光籽剥壳前增加风力清籽机(频率35~45 Hz)、自卸式磁选器和蛛网式除尘机组,清除光籽中的轻杂和重杂,避免剥壳机辊受损并高效降尘改善工作环境。在预处理工序中,实现高效的壳仁分离是后续控制棉籽粕蛋白质含量和产品得率的关键,实际生产中,考虑在壳仁筛分时,调整阶梯筛每层的筛网孔径,同时以旋振筛替换平面回转筛,以提高壳仁分离效果。具体的壳仁分离工序为将利用剥壳机破碎至4~8瓣的光棉籽混合物通过阶梯筛(配置6 mm和5 mm的渐变孔径筛网)筛分仁壳混合物中的大部分棉壳,再经旋振筛(配置5 mm和4 mm的渐变孔径筛网)同时搭配风选进一步处理棉仁中的棉壳,经过阶梯筛、旋振筛组成的多级筛分后,棉壳中含仁量可控制在0.5%以内。

改进前的工艺中,通常要等到成品棉籽粕检测结果出具后再对壳仁分离工序进行调整,存在严重的滞后性,若控制不稳定容易产出多批次不合格品,返工处理会增加生产成本。改进的工艺

中,在物料进软化锅前增加近红外检测装置,实时监测棉仁粗蛋白质含量的数据,与自控结合,通过连锁实现自动调整,进而稳定控制棉籽粕的粗蛋白质含量。

#### 1.2.2 软化、蒸炒和膨化工序

正常棉仁原料中游离棉酚含量在9 500 mg/kg以上,在预处理工序中,需尽可能地降低游离棉酚含量,以减轻后续工序的难度,并确保最终游离棉酚含量降低到要求范围内。在实际生产过程中,经过多次试验摸索,逐步确定了脱酚新工艺及各关键控制点参数要求,即先通过高温高湿增加棉仁软化效果,再经蒸炒增加其韧性,使得在一定的水分和高温下,从棉酚腺体释放出的游离棉酚与棉仁中的蛋白质和磷脂反应,生成结合棉酚,降低其毒性。

膨化工序在降低游离棉酚含量中也起着至关重要的作用。进膨化机前物料水分过高或过低均会影响膨化效果,需要严格控制软化锅直接蒸汽压力和蒸炒锅温度,控制软化直接蒸汽压力在0.25 MPa、蒸炒锅温度在75℃,保持软化、蒸炒后的物料水分在(9.0±0.5)%。在膨化时,根据膨化效果微量加水,一是便于膨化机进料前物料水分的控制,二是增加膨化机管膛内部的剪切力,提高游离棉酚被降解或形成结合棉酚的效果。当膨化出料温度在105~115℃,电流在150 A以上时,膨化机内部处于高温高压环境,并且在膨化机内部螺旋结构下会形成剪切力使物料的结构发生变化<sup>[4]</sup>,使得游离棉酚发生变性以及与蛋白质结合生成结合棉酚,达到降低游离棉酚的效果。物料在软化、蒸炒和膨化工序中的棉酚含量如表1所示。

表1 4个批次物料在各预处理工序中的棉酚含量

	mg/kg			
工序	1 批次	2 批次	3 批次	4 批次
原料	9 845	9 623	9 137	9 892
软化	8 146	8 389	8 533	8 632
蒸炒	6 724	6 984	7 379	7 791
膨化	3 511	3 374	3 367	3 301

由表1可知,在实际生产过程中经膨化处理物料中游离棉酚含量在3 800 mg/kg以内,再经过浸出脱脂、干燥工序后成品高温棉籽粕的游离棉酚含量可在内控标准(游离棉酚含量≤1 200 mg/kg)内。

#### 1.2.3 浸出工序

浸出工序采用的浸出器为箱链式浸出器,由油斗、箱体、链箱组件、喷淋装置、喂料装置等部分组成。与拖链式浸出器相比,该浸出器有上、下两层浸出段,每层由隔板组成一个个小型的封闭区域。在

多级逆流萃取过程中,一定浓度的混合油由溶剂泵经喷淋管喷淋、料层渗透后进入后一级油斗,再由油斗下面的泵抽出,经喷淋管喷淋、料层渗透后又滴入下一级油斗;前一级油斗中的混合液经对应的泵抽出,喷淋料层渗透后进入本油斗,油斗满后溢流到后一级的油斗,最后再用新鲜溶剂喷淋浸出。采用箱链式浸出器,物料与溶剂充分接触,既能实现渗透,又可以达到浸泡,极大地提升了浸出效果,降低了棉籽粕残油量,提高了棉籽粕的粗蛋白质含量。

#### 1.2.4 蒸脱工序

蒸脱工序采用的设备为10层立式蒸脱机,由3层预脱层,3层混脱层,1层直接汽层和3层风层组成。蒸脱过程中,通过每层安装的扫臂使物料在搅拌作用下均匀布料,防止局部高温,并且在预脱层和混脱层中利用蒸汽的间接加热,去除大量的溶剂,防止在直接汽层中出现物料大量凝结。物料进入直接汽层时,需严格控制直接蒸汽量,控制物料水分含量,减少蛋白质的变性。在直接蒸汽作用下,蒸脱机内部处于高温高湿环境,使得棉酚得到进一步的去除<sup>[5]</sup>。实际生产过程中通常通过直接汽层温度 $[(105 \pm 3)^\circ\text{C}]$ 来调整直接蒸汽量大小,经过直接汽层的物料水分及温度均较高,经风层处理后出料温度降至 $40^\circ\text{C}$ 。此时成品棉籽粕颜色橙黄、颗粒适中,外观及质量上均能达到要求。

## 2 高温棉籽粕实际生产过程中的问题及解决方法

### 2.1 水分控制

在膨化工序中,水分的控制对游离棉酚的脱除起着重要的作用,在高温高压和水分适宜的条件下,可最大程度地脱酚。故在实际生产中,需对膨化物料的水分进行监测,鉴于常规检测时间长,存在滞后性,我司采用卤素水分仪对物料水分进行检测,在 $3 \sim 5 \text{ min}$ 即可获得水分数据,实现即检即调。通过生产实践证明膨化物料的进料水分在 $9\% \sim 10\%$ 最为适宜。

### 2.2 原料质量控制

生产中,光棉籽原料中会携带部分杂质及浮绒,

杂质和浮绒的存在会间接影响产品的品质,且软化、膨化等工序皆为高温高压工况,浮绒进入极易引起自燃,为安全生产考虑,采用除尘机组清籽组合装置对原料进行除杂,实现高效除杂及安全环保的同举并行。

### 2.3 成品质量控制

在实际生产过程中建立提前质量预警机制,例如正常情况下,物料经过膨化机处理后,对其进行过程质量控制,控制膨化物料的游离棉酚含量在 $3800 \text{ mg/kg}$ 以内,再经过浸出、蒸脱后棉籽粕的游离棉酚含量可稳定在 $800 \text{ mg/kg}$ 以内,满足GB/T 21264—2007中高酚棉籽粕中游离棉酚含量要求(大于 $750 \text{ mg/kg}$ ,小于或等于 $1200 \text{ mg/kg}$ )。生产工艺改进前生产的高温棉籽粕的游离棉酚含量多在 $1200 \text{ mg/kg}$ 左右且极不稳定,而通过质量管控前移,保证了成品质量的稳定。

## 3 结束语

在高温棉籽粕生产过程中,降低其游离棉酚含量是比较难且非常重要的关键控制工艺。通过工艺改进并严格品质控制可稳定持续产出合格的高温棉籽粕,帮助企业降低生产成本,提升产品价值。

### 参考文献:

- [1] 李志青,刘尚航,李浩,等.棉粕和脱酚棉籽蛋白在单胃动物生产中的应用研究进展[J].中国畜牧杂志,2022,58(3):70-73.
- [2] 邵会,韩文杰,朱丹丹,等.棉籽加工生产线中低温棉籽蛋白棉酚含量的影响因素[J].中国油脂,2022,47(9):55-58.
- [3] 倪海球,孙杰,杨玉娟,等.棉籽粕膨化前后品质变化及对生长育肥猪生长性能、血清生化指标及营养物质表观消化率的影响[J].动物营养学报,2018,30(5):1936-1949.
- [4] 宋晓旻,吴德胜.棉粕膨化加工试验工艺及机理分析[J].粮油加工,2006(8):47-49.
- [5] 刘玉兰.油脂制取与加工工艺学[M].北京:科学出版社,2003.