

## 应用技术

## 提升大豆加工一级油得率探讨

左青<sup>1</sup>, 钱胜峰<sup>1</sup>, 左晖<sup>2</sup>

(1. 江苏牧羊集团有限公司, 江苏扬州 225127; 2. 广州星坤机械有限公司, 广州 510460)

**摘要:**在提取油脂的过程中,由于磷脂等类脂类物质进入油脂,而造成精炼车间的精炼成本升高,一级油得率降低,通过控制浸出毛油的含磷量可改善此问题。分析了磷脂在大豆中的存在形式及生产过程中影响大豆磷脂组分和结构的因素,旨在探索如何减少浸出大豆毛油的含磷量,提高一级油的精炼得率,降低精炼成本。

**关键词:**一级油得率;精炼成本;含磷量;类脂物

中图分类号:TS225.1;TS224 文献标识码:B 文章编号:1003-7969(2018)10-0155-04

## Discussion to improvement of first - grade oil yield in soybean processing

ZUO Qing<sup>1</sup>, QIAN Shengfeng<sup>1</sup>, ZUO Hui<sup>2</sup>

(1. Jiangsu FAMSUN, Yangzhou 225127, Jiangsu, China; 2. Guangzhou Xinmas Co., Ltd., Guangzhou 510460, China)

**Abstract:** The soybean oil is extracted as much as possible in the press plant, as a result, phospholipids flow in to oil, resulting in increase of refining costs in refineries and decrease of first - grade oil yield. All of these problems can be improved by controlling the phosphorus content in crude leached oil. The presence of phospholipids in soybean and the factors that affecting the composition and structure of phospholipids in production process were analyzed to study how to reduce the phosphorus content, improve the refined oil yield and decrease the refining costs.

**Key words:** first - grade oil yield; refining cost; phosphorus content; lipid

我国的大型大豆加工厂引用美国的压榨和精炼概念,即大豆压榨厂生产脱胶油、精炼厂生产精炼油和包装油。在压榨厂利用机械、热和水分最大可能地破坏油料细胞结构,使蛋白质变性,最大化地提取油脂,使豆粕残油降低到0.5%以下。此过程磷脂等类脂类物质随油脂流出,虽然浸出毛油量增加,但在精炼过程中需要消耗更多的辅料和能源以去除这些物质,为此增加8~10元/t的精炼成本,从大豆到一级油的生产得率下降0.2%~0.3%,从而造成两个厂的效益存在差别,造成此差别的原因在于浸出毛油的含磷量。

为此,本文分析了磷脂在大豆中存在形式和生产过程中影响大豆磷脂组织和结构的因素,讨论如何提高精炼油得率和降低精炼成本。

## 1 磷脂以磷脂膜蛋白的形式存在植物中

磷脂是生物体的一个组分,以复合物形式存在于动植物细胞的原生质及膜系统中,参与膜细胞中的脂肪酸新陈代谢及植物呼吸,在生物体内游离状态的磷脂量很少。大豆中磷脂是以磷脂膜蛋白的形式存在,磷脂膜蛋白组分由两种不同亚基组成,大豆油体蛋白组分脂质中的磷脂含量见表1<sup>[1]</sup>。

表1 大豆油体蛋白组分脂质中磷脂含量 %

脂质来源	7S	11S	磷脂膜蛋白
卵磷脂(PC)	未检出	21.1	33.4
脑磷脂(PE)	未检出	7.8	16.0
PC+PE		28.9	49.4

根据 Tzen 提出的油体蛋白结构模型<sup>[1]</sup>,油体表面为单层磷脂分子及其镶嵌蛋白——油体膜蛋白组成的“半单位”膜,这个“半单位”膜的基本单位是由13个磷脂分子和1个油体膜蛋白分子组成,磷脂占油体表面的80%,油体膜蛋白占20%,每个磷脂分

收稿日期:2017-12-25;修回日期:2018-01-17

作者简介:左青(1958),男,高级工程师,主要从事油脂企业的生产技术管理工作(E-mail)zuoqing\_bj@163.com。

子的2个疏水酰基是朝向内部疏水的甘油三酯,与甘油三酯相互作用,磷脂的亲水头部基团位于油体外侧,与细胞液接触。

## 2 加工工艺对大豆磷脂结构和组分的影响

### 2.1 大豆成熟程度对磷脂的影响

大豆在成熟前,生物体内的合成作用没有结束,生物合成磷酸、甘油酯中间体的磷脂酸(PA)含量高,色泽发青。在开花后97 d收获的大豆中磷脂组成发生明显变化,磷脂酰胆碱的含量增加速度快<sup>[2-4]</sup>。在未成熟大豆中,生物酶的活性较高,如磷脂酶催化作用分解植物体内的磷脂,脱胶油含磷量提高<sup>[5]</sup>(见表2)。

如果大豆受到霜冻,大豆内部游离脂肪酸含量增加,磷脂含量降低。

表2 未成熟及成熟大豆的含磷量 mg/kg

原料	大豆	浸出毛油	水化脱胶油
未成熟大豆	1 818	1 160	74.7
成熟大豆	1 167	766	24.9

### 2.2 大豆储藏对磷脂的影响

大豆在适宜的水分、温度等条件下可以保存1~2年,大豆的结构随着储藏时间和环境发生变化。一般规律是随着时间延长,大豆中的磷脂酸和游离脂肪酸含量增加,含磷量降低。

如果大豆在储藏和运输过程中损伤,环境湿度和温度偏高,磷脂的分子结构发生变化,磷脂酰胆碱(PC)、磷脂酰乙醇胺(PE)、磷脂酰肌醇(PI)含量减少,磷脂酸(PA)含量增加,受损大豆在空气和脂肪酶的作用下氧化、水解,浸出毛油中的非水化磷脂含量提高,增加油脂脱胶的难度。

### 2.3 清理对磷脂的影响

杂质、农药、金属在油脂、磷脂氧化和过氧化物的分解中起催化作用。因此,在清理过程中借助清理筛、风选、磁选器等应将杂质等清理出去。

### 2.4 破碎和压坯对磷脂的影响

破碎和压坯破坏油料的细胞结构,大量的细胞壁被破坏、撕裂,内容物从破损细胞中脱出,油体细胞组织也发生损坏,磷脂与油体膜蛋白的结合变得疏松,部分磷脂作为油脂伴随物随油脂流出,油脂原生质发生部分损坏,浸润在油脂原生质中糊粉粒游离出来,一部分磷脂与蛋白一起存留在豆粕之中。

### 2.5 湿热对磷脂的影响

大豆中的结合磷脂性能稳定,在湿热过程中随着油体蛋白复合物组织的破坏,与蛋白结合的磷脂从结合状态被释放出来,如果水分高,料坯吃足水

分,游离出的磷脂吸水膨胀聚集,呈凝集状态,这种状态的磷脂和部分色素,在提油后和蛋白一起留在粕中。在加热时,随着水分减少、温度升高,蛋白质变性程度加深,温度越高,磷脂膜蛋白结合物的分解越剧烈,毛油中磷脂含量越高。

在软化工序,大豆水分在9.5%~10.5%,利用调湿调温来调节大豆坯片的弹塑性,温湿使酶活性升高(在30~70℃范围内),在软化中把料温快速升高至80℃以上,让脂肪酶失活,降低酶对磷脂结构的影响。表3为软化对磷脂的影响。

表3 软化温度和时间对磷脂的影响

软化温度/℃	时间/min	脱胶油含磷量/(mg/kg)
80	30	47
100	30	37
120	30	30
120	45	13
120	60	10

德国ALCON工艺<sup>[6]</sup>在大豆坯片软化的基础上建立,采取6层锅体,上面5层加热加水,温度在98~102℃,水分在15%~16%,让豆坯熟化,下到第6层,降温到50~55℃,水分降到10%左右,时间40 min,豆坯的密度从0.3 kg/L增加到0.6 kg/L,浸出溶剂渗透增加3倍。钝化脂肪酶,特别是磷脂酶,阻止酶催化游离的磷脂从 $\alpha$ -型转化为 $\beta$ -型,减少浸出毛油的非水化磷脂。

在大豆加工中引入膨化机<sup>[7]</sup>,大豆在70~90 s内受到充分的混合、加热、蒸煮、挤压、凝胶、糊化作用,油体蛋白组织细胞壁被破坏,内部含油得以释放,蛋白将保持弹性并且在机筒内凝聚形成凝结块。膨化温度在115~120℃、出料水分在12.5%~18%、内部螺旋榨膛高压在1.4~4.1 MPa,把大豆调质到高密度凝胶状态,有效地破坏生长抑制因子及原料中的微生物,破坏尿素酶、磷脂酶和脂肪酶<sup>[8-10]</sup>,从而减少脂肪酶和磷脂酶等对磷脂的分解作用,磷脂多以原有的状态随油脂一起溶解在溶剂中,浸出毛油中含磷量提高而脱胶油中含磷量降低。

### 2.6 浸出对磷脂的影响

大豆油体膜蛋白含量占大豆蛋白总量的8%,在一定温度范围内,随着加工温度升高,7S和11S的组织结构没有受到影响,但是磷脂膜蛋白的组分得率却随之降低,说明油料中原有形成的磷脂与蛋白结合物随着浸出温度升高,磷脂在正己烷中的溶解度增大,有利于磷脂蛋白结合物的分离,降低豆粕中磷脂含量。

### 3 讨论

#### 3.1 脂肪酶和磷脂酶

脂肪酶在油水界面上起氧化催化作用,在非水体系中起合成反应,在油脂酯交换中起催化反应。脂肪酶的重要作用是对油脂起分解和重构化反应。磷脂酶是一种脂肪酶,磷脂酶 A<sub>1</sub>、A<sub>2</sub>应用于植物油脱胶,水解磷脂的 1 位或 2 位脂肪酸链生成相应的溶血磷脂,溶血磷脂具有很强的亲水性,可以经水化脱除。磷脂酶使卵磷脂等产生不同的分解反应,生成磷脂酸等一系列的分解产物,分解产物与钙镁金属离子结合形成非水化磷脂。

#### 3.2 磷脂

磷脂是生物体的一个组分、以复合物形式存在于动植物细胞的原生质及膜系统中,在大豆中是以磷脂膜蛋白复合物的形式存在,在蛋白质受到湿热和机械作用变性后,油体膜破裂,磷脂游离出来,作为油脂的类脂物、伴随物随油脂流出。游离磷脂多数是卵磷脂等  $\alpha$ -磷脂,是亲水性的,如果在酶催化或其他活性物质作用下和金属离子反应,能转化为  $\beta$ -磷脂,成为疏水性磷脂<sup>[11]</sup>。

#### 3.3 生产过程中钝化酶活性的途径

大多数酶的活性范围在 30~70℃,而蛋白质的明显变性是在 80℃以上。在调质塔把出料温度控制在 70℃以上,调质时间 40 min,传质均匀,一些油厂意识到钝化酶需要温度和时间,把调质塔增加层数,如某厂使用的 3 500 t/d 大豆调质塔,设计为 20 层,在原 16 层基础上增加 4 层,顶部两层进热水,3、4 两层进乏汽加热,延长预热时间和提高出料温度,大豆还有足够的时间调质,破碎的粉末度小,坯片厚度薄而强度高,提升钝化脂肪酶效果。膨化机是利用水蒸气、高温和挤压膨化高压在短时间内改变大豆等油料的组织结构,钝化脂肪酶和磷脂酶等的活性。

#### 3.4 膨化浸出工艺和坯片浸出工艺中浸出毛油含磷量和豆粕残油关系

大豆中磷脂的组分和原料水分、储存条件、受湿热、高温及压力等有关。如果要求豆粕残油低,蛋白质深度变性,磷脂膜蛋白的组织结构被彻底破坏,大豆中的磷脂等类脂物随油脂流出,虽然浸出毛油量多,但是上述类脂物在精炼一级油过程中需脱除。目前油厂限于地区养殖业和饲料厂对膨化豆粕和坯片豆粕的需求,进行膨化浸出和生坯浸出,两种工艺得到的浸出毛油含磷量和豆粕残油存在差别。

##### (1) 膨化浸出工艺

镇江某厂采取全膨化浸出工艺加工国储豆+美

湾豆混合豆:豆粕残油 0.6% 以下,含磷量在 1 200 mg/kg 左右,在精炼脱胶过程中,造成中性油损失,在精炼中多耗能源和辅料脱除,一级油精炼得率低于 95%,增加 8~10 元/t 的精炼成本和降低 0.2~0.3% 的精炼油得率。同样的原料 50% 经过膨化,控制浸出豆粕残油在 0.75%,浸出毛油含磷量在 750 mg/kg,一级油精炼得率可达 95% 以上。

##### (2) 坯片直接浸出

某厂加工有一定热损粒的乌拉圭大豆(成品油出现返酸),含水 12.9%,在预处理过程中均采取低温,坯片浸出豆粕残油在 1.07%,含磷量在 317 mg/kg,一级油精炼得率达到 96%。

东莞某厂采取坯片直接浸出工艺,浸出豆粕残油控制在 0.5%,毛油含磷量(全年均值)656.84 mg/kg,毛油含磷量(全年中值)660.10 mg/kg。含磷量高是因为豆粕残油低,浸出毛油含类脂物高。

坯片直接浸出,油料内脂肪酶水解,磷脂酰胆碱不饱和和酸氧化,与蛋白质形成络合物(为己烷不溶物)残留在大豆中,浸出毛油含磷量降低。如果磷脂在水解反应后与金属离子生成非水化磷脂随油脂流出,浸出毛油中非水化磷脂量增加。如果要求粕残油低,油料组织结构破坏严重,则磷脂容易从磷脂蛋白结合体游离出,类脂物也多溢出到毛油中。

#### 3.5 关于膨化机对大豆加工的作用

膨化大豆的优点:把料密度从 0.3 kg/L 提升到 0.5 kg/L,增加 1/4~1/3 的产能,增加料的透气性和渗透速度,坯片熟化,钝化氧化脂肪酶和磷脂酶,尤其是氧化脂肪酶<sup>[7,12]</sup>,阻止脂肪酶磷脂酶催化磷脂膜蛋白分解、 $\alpha$ -磷脂转化为  $\beta$ -磷脂,降低浸出毛油中的非水化磷脂含量<sup>[11]</sup>、油色变淡,提高水化脱胶油的得率 0.2%,降低豆粕残油 0.2%~0.3%,增加豆粕的组织口感。但是,膨化浸出得到的毛油,酸值和过氧化值上升。

选用膨化浸出工艺,根据不同品种的大豆,对热损率高的巴西豆和储存时间较长的国储豆,采取两种大豆混合,调整工艺参数,既要满足饲料和养殖业的需求,又要考虑到油厂生产的效益。各膨化机的出料温度基本是一致的,在 115~120℃,大豆在膨化机的榨膛内滞留时间基本相同,但是出料含水在 11.5%~12.5%,榨膛内压缩比不同,所以油料在榨膛内受到的挤压和剪切压力不同,对大豆磷脂的结构和组分产生不同的变化。料坯磷脂吸水量不同,浸出毛油含磷量不同。在操作中探索、调整压力,可以掌控浸出毛油的含磷量。

(下转第 160 页)

(2)空转报警功能,当喂料箱长期无料时,控制系统将自动发出报警提醒工作人员解决。

(3)通讯功能,PLC 标配通讯功能,方便接入中控系统,轻松实现分散控制、集中管理的自动化系统搭建。

### 3 自动化整体实践效果

本次系统实施引进了物联网中的 LoRa 无线通讯技术,实现移动报警侦听;应用触摸屏 PLC 一体机开发出独特的剥绒机全自动控制系统,实现闭环自动调节控制进料量;利用串口通讯技术将投料岗位、66 台剥绒机、毛棉籽计量秤、光籽计量秤、棉短绒秤、生产电表等全部接入集成化自动控制系统,以 WINCC 组态软件为视窗中心,实现人机交互;投入产出消耗实时计入数据库,方便报表打印等。主要优势体现在以下方面:

(1)降低故障时间和故障率。预警系统一旦发现情况,立即通知操作人员及时处理,避免问题扩大化、严重化。

(2)减少人工。投料岗位减少 1 个人工,剥绒岗位减少 3 个人工,工作量大大减少,完全实现减员增效、降低劳动强度的目的。

(上接第 157 页)

大豆加工用 ALCON 工艺,与膨化机有很多相同的功能,浸出毛油含磷量也高,油和豆粕的颜色深,但是料熟化程度<sup>[6]</sup>比膨化好。

### 4 结束语

大豆加工的经济效益是从大豆进厂到出售成品油的整个过程综合效益,制油和精炼在一个公司运作,所以考虑大豆压榨油得率和最后成品精炼油得率。以前分两段考虑,即从大豆压榨到脱胶油作为压榨厂核算,从脱胶油到一级油作为精炼厂核算,但是在整体考虑时,我们发现存在误区,分开两个厂核算的差别是最终成品油得率差 0.3% 左右,精炼成本增加 8~10 元/t。效益差别的原因是浸出毛油含磷量不同,为此我们分析如何减少浸出毛油含磷量,提高浸出油脂的品质,从而提升油厂生产效益。

**致谢:**感谢中储粮镇江公司何远平,东莞公司吕瑞、徐红闯、程水银,天津京粮粮油公司王亮,中粮新沙油脂公司刘其东,东莞嘉吉张伟春,广州植之元刘书江,泰克隆谢东东、周龙长的技术支持!

### 参考文献:

[1] 魏安池,周瑞宝. 低温豆粕中磷脂对蛋白提取率的影响

(3)剥绒机喂料量自动控制。考虑受籽量波动、辊板间隙、锯片消耗等影响,自动适应干扰影响,调节喂料频率,避免设备超负荷运行,并具备空转运行报警提示功能,稳定工艺运行。

(4)数字化生产管理。中控系统实时对岗位运行情况、投入产出与电量消耗进行记录,计算生产成本,形成班报、日报等,实现数字化生产管理。

### 4 结束语

通过新技术的引进和自动化系统的实施,使得剥绒车间人工减少,故障率、生产成本降低,剥绒车间实际产能、剥绒效果提升,同时本系统具有很强的可移植性。我国是第一产棉大国,棉籽加工需求量大,如果能将这种自动化控制系统应用到众多加工企业,将会释放大量的劳动力,大幅度降低工人的劳动强度和生单耗,将有效改善目前国内的剥绒环境。

### 参考文献:

[1] 张谦益,包李林,熊巍林,等. MR-160 棉籽剥绒加工工艺生产实践[J]. 中国油脂,2012,37(11):72-74.

[2] 左敬东,左振,韩建峰. 剥绒机微电脑自动控制系统设计应用[J]. 中国棉花加工,2012(1):19-20.

[J]. 河南工业大学学报(自然科学版),2011,32(3):1-4.

[2] 卢行芳. 天然磷脂产品的加工及应用[M]. 北京:化学工业出版社,2004.

[3] 何东平. 油脂工厂综合利用[M]. 北京:中国轻工业出版社,2011.

[4] 何东平. 油脂化学[M]. 北京:化学工业出版社,2012.

[5] 刘玉兰. 大豆油脂生产中磷脂成分变化的探讨[J]. 中国油脂,2001,26(4):22-25.

[6] 黄忠胜,辛凤鲜. ALCON 熟化调理工艺在加工大豆产品中的优势[J]. 中国油脂,2004,29(1):26-28.

[7] 刘玉兰,吴卫忠,张百川. 大豆膨化工艺技术对其产品质量的影响[J]. 粮油加工,2007(2):45-47,52.

[8] 陈倩婷. 脂肪酶特性与应用[J]. 饲料研究,2011(6):5-8.

[9] 张中义,吴新侠. 脂肪酶的研究进展[J]. 食品与药品,2007,9(12):54-56.

[10] 刘书来. 脂肪酶催化的研究进展[J]. 华工科技市场,2003,26(4):16-19.

[11] 左青. 论非水化磷脂的变化对水化脱胶油的影响[J]. 中国油脂,2002,27(5):36-38.

[12] 左青,胡建新. 提高大豆浓缩磷脂品质生产工艺探讨[J]. 中国油脂,2006,31(1):72-75.