

# 棉籽加工生产线中低温棉籽蛋白棉酚含量的影响因素

邵会, 韩文杰, 朱丹丹, 刘君, 安文涛

(新疆晨光生物科技股份有限公司, 新疆喀什 844400)

**摘要:**为降低棉籽蛋白中的棉酚含量, 结合生产实际, 研究了棉籽加工生产线中低温棉籽蛋白棉酚含量的影响因素, 对低温棉籽蛋白的加工工艺进行了优化。结果表明, 生产低温棉籽蛋白的最佳工艺条件为: 预处理工段入浸棉坯粉末度 10% 左右, 入浸棉坯水分 4% 左右; 浸出工段新鲜溶剂甲醇体积分数 92% ~ 93%, 甲醇循环液甲醇体积分数 78% ~ 80% (第 1 梯度)、65% ~ 68% (第 2 梯度), 料液比(物料质量与新鲜甲醇体积比) 1:0.5 ~ 1:0.6, 甲醇循环液温度 50 ~ 53 °C, 浸出器不低于二段梯度逆流萃取; 烘干工段应尽可能延长烘干工序时间, 采取多道多台低温烘干设备, 梯度连续烘干物料。在最佳工艺条件下, 低温棉籽蛋白中棉酚含量降低至 400 mg/kg 以下。

**关键词:**低温棉籽蛋白; 棉酚含量; 预处理; 浸出; 烘干

中图分类号: TS229; S816.43 文献标识码: A 文章编号: 1003-7969(2022)09-0055-04

## Factors affecting gossypol content in low temperature cottonseed protein in cottonseed processing line

SHAO Hui, HAN Wenjie, ZHU Dandan, LIU Jun, AN Wentao

(Xinjiang Chenguang Biotechnology Co., Ltd., Kashi 844400, Xinjiang, China)

**Abstract:** In order to reduce the gossypol content in cottonseed protein, combined with production practice, the factors affecting gossypol content in low temperature cottonseed protein in cottonseed processing line were studied and the process of producing low temperature cottonseed protein was optimized. The results showed that the optimal process conditions were obtained as follows: powder degree of cottonseed flake about 10% and moisture content of cottonseed flake about 4% in the pretreatment section; volume fraction of methanol in fresh solvent 92% - 93%, volume fraction of methanol in methanol circulating liquid in the first gradient 78% - 80%, and 65% - 68% in the second gradient, ratio of material mass to fresh methanol volume 1:0.5 - 1:0.6, methanol circulating liquid temperature 50 - 53 °C and not lower than two - stage gradient countercurrent extraction in the leaching section; as far as possible to extend the drying process time, taking many low temperature drying equipment and gradient continuous drying materials in the drying section. Under the optimal conditions, the gossypol content in low temperature cottonseed protein decreased to less than 400 mg/kg.

**Key words:** low temperature cottonseed protein; gossypol content; pretreatment; leaching; drying

我国是棉花种植、产出与加工大国, 棉籽作为棉花加工的副产物, 其加工产品主要有棉籽油、棉籽蛋白(棉粕)、棉籽壳、棉短绒等, 进一步深加工可以得到棉籽低聚糖、醋酸棉酚等产品<sup>[1-2]</sup>。棉籽蛋白是

一种很好的食物和饲用蛋白源, 在质量上近似豆类蛋白, 营养价值远比谷类蛋白高<sup>[3]</sup>。由于棉仁中特有的棉酚(本文中提到的棉酚非特殊说明均指游离棉酚)具有一定的毒性, 因此将其作为饲料原料就需要采取特殊的加工工艺以降低棉酚含量。目前有多家企业采用“液-液萃取”两步法进行脱脂、脱酚: 对棉仁进行软化、轧坯、烘干预处理后, 先使用 6# 溶剂油将棉坯中的棉籽油萃取出来, 再使用甲醇脱除棉酚, 然后对脱酚后的物料进行梯度低温烘干, 得到

收稿日期: 2021-06-18; 修回日期: 2022-03-27

作者简介: 邵会(1985), 男, 工程师, 硕士, 主要从事棉籽加工技术方面的研究工作(E-mail) shaohui20054850@163.com。

棉籽蛋白产品。整个加工过程中涉及到的原料预处理、甲醇萃取、烘干等都会影响棉籽蛋白的棉酚含量。本研究结合实际,在棉籽加工生产线生产过程中研究了低温棉籽蛋白中棉酚含量的影响因素,对于棉籽生产线实际加工生产有借鉴意义。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

棉籽,新疆晨光生物科技股份有限公司。

日处理棉籽(毛籽)600 t 的低温棉籽蛋白加工生产线,主要设施为拖链型脱脂浸出器、拖链型脱酚浸出器、盘式烘干机以及附属输送设备。

### 1.2 试验方法

#### 1.2.1 棉籽蛋白的制备

本研究在棉籽加工生产线实际生产中完成。将棉籽进行破碎并分离出棉仁,棉仁中的棉壳含量控制在8%~10%。将棉仁依次经过滚筒软化锅、轧坯机、烘干机进行软化、轧坯、烘干处理,得到入浸棉坯,控制入浸棉坯水分、厚度、粉末度等指标。在拖链型脱脂浸出器内使用6#溶剂油萃取入浸棉坯中的棉籽油,脱脂棉坯进入拖链型脱酚浸出器内使用甲醇萃取脱酚。脱酚后的物料经输送设备进入盘式烘干机梯度低温烘干,最终得到棉籽蛋白产品。

#### 1.2.2 入浸棉坯粉末度的测定

取100 g 入浸棉坯,使用1.18 mm(16目)筛筛分10 s,以筛下物的质量占入浸棉坯的质量计算粉末度,表征入浸棉坯的完整度。

#### 1.2.3 入浸棉坯水分的测定

按照GB/T 14489.1—2008《油料 水分及挥发物含量测定》测定入浸棉坯水分。

#### 1.2.4 棉酚含量的测定

按照GB/T 13086—2020《饲料中游离棉酚的测定方法》测定棉酚含量。

## 2 结果与分析

### 2.1 原料预处理对棉酚脱除效果的影响

#### 2.1.1 入浸棉坯粉末度

棉仁在浸出前要进行软化、轧坯、烘干等预处理。入浸棉坯粉末度是表征棉仁预处理效果的一个重要指标。当入浸棉坯粉末度较高时,会影响脱酚过程中的甲醇渗透效果,并会在浸出器筛板下渗透出大量的渣子,堵塞循环泵;但是粉末度过低又会造成渗液过快,导致浸出器内部料层“不持液”,存留不住甲醇,同样会影响脱酚效果。可通过两种方式调整棉坯粉末度:一是通过调整光籽的剥壳力度来调整入浸棉坯粉末度;二是通过调整软化加水量来改变棉仁的软化效果,以改变棉坯的韧性,进而调整

入浸棉坯粉末度。考察了剥壳力度与软化加水量对入浸棉坯粉末度的影响,结果见表1。

表1 剥壳力度与软化加水量对入浸棉坯粉末度的影响

剥壳力度 (瓣)	软化加水量/ (L/h)	入浸棉坯 粉末度/%	入浸棉坯 水分/%
4~6	60	26.5	4.4
4~6	80	25.1	4.3
3~5	120	22.4	4.1
3~5	200	21.7	4.5
3~5	240	21.5	4.2

从表1可以看出,通过调整剥壳力度和软化加水量可以改变入浸棉坯粉末度。在生产线上10 t/h棉坯产能下,随着软化加水量的增加和剥壳力度的降低,入浸棉坯粉末度下降。

考察了软化加水量对入浸棉坯粉末度及低温棉籽蛋白棉酚含量的影响,结果见表2。

表2 软化加水量对入浸棉坯粉末度与棉酚含量的影响

软化加水量/ (L/h)	入浸棉坯 粉末度/%	棉坯棉酚 含量/(mg/kg)	棉籽蛋白棉酚 含量/(mg/kg)
未加水	16.50	9 056	321
未加水	15.70	9 088	223
120	14.10	9 034	200
200	11.70	9 011	186
240	11.10	9 073	155
240	10.80	9 056	156
300	10.20	9 020	141
300	10.10	9 089	129

从表2可以看出,预处理工序的处理效果对棉酚的脱除效果有较大的影响。当未采取加水措施时,棉坯的韧性较差,物料在输送过程中很容易出现破碎的情况,导致粉末度增加,此时入浸棉坯粉末度为16%左右,低温棉籽蛋白产品中棉酚含量较高;而随着软化加水量的提升,入浸棉坯粉末度随之下降,低温棉籽蛋白产品中棉酚含量呈下降趋势;当入浸棉坯粉末度降低至10%左右时,脱酚浸出器的渗液效果也达到了最好状态,棉酚含量降低至150 mg/kg左右;随着软化加水量进一步提升,入浸棉坯粉末度不再有明显变化,棉酚含量也维持在稳定状态。因此,生产过程中要保证入浸棉坯的粉末度在10%左右。

#### 2.1.2 入浸棉坯水分

入浸棉坯水分对生产线棉酚脱除最直接的影响是干扰脱酚过程中甲醇循环液的甲醇体积分数。由于甲醇属亲水性有机溶剂,棉坯水分越高,甲醇循环液的甲醇体积分数越低,结果见表3。

表3 入浸棉坯水分对甲醇循环液  
甲醇体积分数的影响 %

入浸棉坯水分	甲醇体积分数	
	新鲜溶剂	甲醇循环液(第1梯度)
4.34	93.4	81
4.17	93.3	84
4.26	93.2	84
4.28	93.5	78
4.17	94.2	81
4.13	93.6	75
4.38	93.4	78
4.08	93.0	74
4.04	93.4	76
4.76	93.4	65
4.82	93.2	64
5.14	93.6	62
5.05	93.3	61
5.55	93.2	60
5.56	93.4	56
5.91	93.6	59

一方面入浸棉坯水分升高会影响甲醇的渗透效果,进而影响棉酚脱除效果;另一方面入浸棉坯水分升高会降低整个脱酚系统甲醇循环液的甲醇体积分

数,影响脱酚效果。但是入浸棉坯水分不宜过低,过低的入浸棉坯水分会增加甲醇消耗,也会增加棉坯粉末度。因此,实际生产过程中,控制入浸棉坯水分以4%左右为佳。

## 2.2 浸出对棉酚脱除效果的影响

拖链式脱酚浸出器采取分段逆流循环浸出的方式,同时对甲醇循环液进行了加热处理,以提升浸出温度与棉酚脱除效果。

### 2.2.1 甲醇循环液甲醇体积分数

考察了甲醇循环液甲醇体积分数对棉酚脱除效果的影响,结果见表4。

从表4可以看出:在生产过程中甲醇循环液甲醇体积分数对棉酚的脱除效果有较大影响;甲醇循环液甲醇体积分数越低,对物料中的棉酚脱除效果越差;甲醇循环液甲醇体积分数越高,对物料中的棉酚脱除效果越好。因此,在生产过程中应尽可能地提升新鲜溶剂和甲醇循环液甲醇体积分数。但是脱酚系统中过高的新鲜溶剂甲醇体积分数会加大甲醇精馏系统的负荷,直接影响加工成本,所以实际生产中以保证新鲜溶剂甲醇体积分数92%~93%,甲醇循环液甲醇体积分数78%~80%(第1梯度)、65%~68%(第2梯度)为佳。

表4 甲醇循环液甲醇体积分对棉酚脱除效果的影响

棉坯棉酚含量/ (mg/kg)	甲醇体积分数/%			棉酚含量/(mg/kg)	
	新鲜溶剂	甲醇循环液(第1梯度)	甲醇循环液(第2梯度)	脱酚后物料	棉籽蛋白
9 056	87	78	61	1 062	365
9 074	88	78	63	927	331
9 020	89	81	66	630	289
9 089	90	82	67	630	267
9 089	91	83	68	548	221
9 089	92	84	69	471	180

### 2.2.2 新鲜甲醇补充量

考察了新鲜甲醇补充量对棉酚脱除效果的影响,结果见表5。

表5 新鲜甲醇补充量对棉酚脱除效果的影响

新鲜甲醇 补充量/(L/h)	料液比(物料质量与 新鲜甲醇体积比)	棉酚含量/(mg/kg)	
		脱酚后物料	棉籽蛋白
4.00	1:0.4	1 428	388
4.50	1:0.4	943	369
5.00	1:0.5	800	344
5.50	1:0.6	723	285
6.00	1:0.6	705	298
6.50	1:0.7	604	254
7.00	1:0.7	564	230

从表5可以看出,新鲜甲醇补充量影响脱酚效

果。在棉坯产能稳定的前提下,随着料液比的下降,脱酚后物料的棉酚含量呈明显的下降趋势。新鲜甲醇补充量的增加有利于物料与溶剂充分接触,提升棉酚的萃取效果。但是脱酚系统中过高的新鲜甲醇补充量会增加系统的溶剂气体压强,使整个系统形成正压运行的状态,这会增加溶剂尾气外排的负荷,增加溶剂消耗;而且过高的新鲜甲醇补充量也会造成物料中溶剂含量过高,进而影响后续烘干阶段的溶剂回收效果。实际生产中料液比以1:0.5~1:0.6为佳。

除此之外,甲醇循环液温度、脱酚浸出器喷淋工艺(多段梯度萃取)等因素均影响脱酚效果。就单个影响因素而言,以甲醇循环液温度50~53℃,浸出器不低于二段梯度逆流萃取为佳。

### 2.3 烘干工序对棉酚脱除效果的影响

采用两道盘式烘干机串联梯度烘干的方式处理物料,考察了一、二道烘干机出料温度对棉酚脱除效果的影响,结果见表6。

表6 烘干机出料温度对棉酚脱除效果的影响

一道烘干机		二道烘干机	
出料温度/ ℃	出料棉酚 含量/(mg/kg)	出料温度/ ℃	出料棉酚 含量/(mg/kg)
52	350	84	250
52	354	84	267
52	363	84	301
52	361	84	233
53	403	90	298
53	405	90	288
53	411	90	276
54	423	90	265
54	433	90	302
54	419	94	355
55	509	94	345
55	465	94	363
56	508	96	383
56	489	96	399
56	477	96	405

从表6可以看出,随着一道烘干机出料温度的升高,一道烘干机出料棉酚含量呈明显上升趋势。在二道烘干机中,随着出料温度的升高,物料中的棉酚含量同样呈上升趋势。生产过程中检测的棉酚为

游离棉酚,高温湿热环境会促使游离棉酚与棉籽蛋白中的氨基酸结合生成无毒的结合棉酚。随着烘干温度的升高,物料中的甲醇被迅速蒸发,湿热的环境得到改善,游离棉酚与物料作用的时间缩短,因此棉酚含量的降幅减小。所以宜采取低温多道烘干的方式,利于物料中棉酚的脱除。

### 3 结论

本研究在生产线上考察了低温棉籽蛋白加工过程中产品棉酚含量的影响因素,确定了预处理工段应保持入浸棉坯粉末度10%左右,控制入浸棉坯水分以4%左右为佳;浸出工段控制新鲜溶剂甲醇体积分数92%~93%,甲醇循环液甲醇体积分数78%~80%(第1梯度)、65%~68%(第2梯度),料液比1:0.5~1:0.6,甲醇循环液温度50~53℃,浸出器不低于二段梯度逆流萃取;烘干工段则应当尽可能地延长烘干工序时间,采取多道多台低温烘干设备,梯度连续将物料烘干。在此条件下,棉籽蛋白中游离棉酚含量降低至400 mg/kg以下。

#### 参考文献:

- [1] 胡春雷,李孝华,何锡玉,等. 2019年棉花加工行业产业发展报告[J]. 中国棉花加工,2020(2):14-17.
- [2] 刘玉兰. 油脂制取与加工工艺学[M]. 北京:科学出版社,2009.
- [3] 王品,何明,黄帮裕,等. 棉籽蛋白的研究进展[J]. 广州化工,2012,40(15):22-23,26.
- [4] 张宇,孙波,赵晓,等. 南瓜籽甾醇对SD大鼠体内抗氧化作用的影响[J]. 中国油脂,2019,44(7):94-97.
- [5] SHAHZAD N, KHAN W, SHADAB M D, et al. Phytosterols as a natural anticancer agent: current status and future perspective[J]. Biomed Pharmacother, 2017, 88: 786-794.
- [6] DEVARAJ S, JIALAL I, ROCKWOOD J, et al. Effect of orange juice and beverage with phytosterols on cytokines and PAI-1 activity[J]. Clin Nutr, 2011, 30(5): 668-671.
- [7] 程园园,刘大川,刘晔,等. 4种油料压榨油的品质评价[J]. 中国油脂,2016,41(1):7-10.
- [8] 李亚男,王韧,陈正行,等. 燕麦麸油的精制及其在面霜中的抗氧化研究[J]. 中国粮油学报,2021,36(12):64-71.
- [9] 郑淑敏. 玉米油精炼过程中游离甾醇和甾醇酯含量变化研究[D]. 郑州:河南工业大学,2016.
- [10] ESCHE R, BARNSTEINER A, SCHOLZ B, et al. Simultaneous analysis of free phytosterols/phytostanols and intact phytosteryl/phytostanyl fatty acid and phenolic acid esters in cereals[J]. J Agric Food Chem, 2012, 60(21): 5330-5339.
- [11] 刘玉兰. 油脂制取与加工工艺学[M]. 北京:科学出版社,2009.
- [12] 李俊杰,李珂,莫玉花,等. 米糠油酸法脱胶工艺及对 $\gamma$ -谷维素、 $\beta$ -谷甾醇损失的影响研究[J]. 中国油脂,2017,42(4):16-19,31.
- [13] 杨佳佳,鹿保鑫. 青豆油脱胶工艺研究[J]. 中国粮油学报,2013,28(3):74-79.

(上接第29页)