

黄曲霉毒素 B₁ 污染玉米的比重筛分研究

Screening for AFB₁-contaminated corn by specific gravity method

罗小虎^{1,2,3} 齐丽君^{1,2,3} 房文苗^{1,2,3} 王 韧^{1,2,3}
LUO Xiao-hu^{1,2,3} QI Li-jun^{1,2,3} FANG Wen-miao^{1,2,3} WANG Ren^{1,2,3}
王 莉^{1,2,3} 沈玉现⁴ 陈正行^{1,2,3}
WANG Li^{1,2,3} SHEN Yu-xian⁴ CHEN Zheng-xing^{1,2,3}

(1. 江南大学食品科学与技术国家重点实验室, 江苏 无锡 214122; 2. 粮食发酵工艺与技术
国家工程实验室, 江苏 无锡 214122; 3. 江南大学食品学院, 江苏 无锡 214122;
4. 鲁山县万通通机械制造有限公司, 河南 平顶山 467300)

(1. State Key Laboratory of Food Science and Technology, Jiangnan University, Wuxi, Jiangsu 214122, China;
2. National Engineering Laboratory for Cereal Fermentation Technology, Wuxi, Jiangsu 214122, China;
3. School of Food Science and Technology, Jiangnan University, Wuxi, Jiangsu 214122, China;
4. Lushan Win Tone Machinery Manufacture Co., Ltd., Pingdingshan, Henan 467300, China)

摘要:研究比重法对 AFB₁ 污染玉米的筛分效果。结果表明: 风量、纵向倾角和振幅对比重筛分效果具有显著影响 ($P < 0.05$), 且在风量为 6 000 m³/h、倾角 7°、振幅 15 mm 时, 不同污染程度的玉米经比重筛分后, 相比原料中的 AFB₁ 含量, 重质玉米中 AFB₁ 含量分别降低 21.2% 和 38.4%, 轻质玉米和破碎率比例适中。比重筛分机是中国粮食生产中的重要设备, 通过比重筛分去除 AFB₁ 污染严重玉米具有良好的应用前景。

关键词: 黄曲霉毒素 B₁; 比重; 筛分; 玉米

Abstract: Aimed at the severe contamination of AFB₁ in corn, effect of specific gravity separation on AFB₁-contaminated corn has been investigated. In this study, air volume, longitudinal gradient and amplitude have a significant influence on separation results. With air volume 6 000 m³/h, longitudinal gradient 7°, amplitude 15 mm, different levels of contaminated corn were separated with specific gravity. AFB₁ concentrations in obtained heavy corn were decreased by 21.2% and 38.4% respectively compared with the materials. The ratio of light corn and broken percentage of corn was moderate. As

the specific gravity equipment is very significant in grain production, using specific gravity method to decrease AFB₁ in corn is practical and promising.

Keywords: aflatoxin B₁; specific gravity; screening; corn

黄曲霉毒素 (Aflatoxin, AFT) 主要是由黄曲霉 (*Aspergillus flavus*) 和寄生曲霉 (*Aspergillus parasiticus*) 产生的一类次级代谢产物的总称。目前已发现的 20 多种 AFT 中, 以黄曲霉毒素 B₁、B₂、G₁ 和 G₂ (AFB₁、AFB₂、AFG₁ 和 AFG₂) 最常见^[1], 其中又以 AFB₁ 毒性最强, 污染范围最广而被广泛研究, 1993 年世界卫生组织将 AFB₁ 定为 I 级致癌物^[2]。

玉米是中国重要的粮食作物和食品、饲料原料, 然而由于环境、生态、加工和储藏等不利因素, 玉米极易遭霉菌污染, 进而造成真菌毒素污染, AFT 是霉变玉米中最常见的毒素之一^[3-4]。高秀芬等^[5]考察了中国 6 个省区 279 份玉米样品, 发现 AFT 阳性率为 75.63%, 阳性样品平均浓度为 44.04 μg/kg, 其中 AFB₁ 阳性率和平均浓度最高, 分别为 74.55% 和 39.64 μg/kg, 高于中国的限量标准 (20 μg/kg)^[6]。

AFT 污染粮食面广量大, 目前解决粮食中 AFT 污染主要从源头控制^[7]、储藏期防控^[8]和污染后消减^[9]三个方面进行。由于 AFT 污染很难受人为因素控制, AFT 消减技术引起广泛重视。目前 AFT 的消减技术主要包括物理加工^[10]、吸附^[11]、辐照^[12], 化学物质如氧化剂反应^[13]以及生物降解^[14]等, 尤其是生物降解成为近几年的研究热点。然而, 这些方法容易产生毒素降解与原料品质保持的两难问题, 而且

基金项目:公益性行业(农业)科研专项(编号:201203037);公益性行业(粮食)科研专项(编号:201313005, 201513006);国家自然科学基金(编号:31371874, 31501579);国家国际科技合作专项(编号:2015DFA30540);江苏省博士后基金(编号:1501078B);中央高校基本科研业务费专项资金资助(编号:JUSRP11510)

作者简介: 罗小虎, 男, 江南大学副教授, 博士。

通讯作者: 陈正行 (1960—), 男, 江南大学教授, 博士, 博士生导师。
E-mail: zxchen_2008@126.com

收稿日期: 2016-01-28

粮食作为大宗产品,上述方法很难投入实际生产。

比重筛分可对粮食进行精选分级,提高粮食净度,是粮食加工过程中的重要工序^[15]。李毅念等^[16]利用重力分选,可将萌动小麦与正常小麦有效分离。阴伟峰^[17]利用重力分选机对玉米胚糝进行分级处理,可得到粒度较大和粒度均匀的玉米胚糝。另有一些研究利用重力分选霉变粮食,如李方等^[18]对呕吐毒素污染的小麦进行比重分选,发现千粒重越高的小麦,呕吐毒素含量越低,分选获得的重质小麦呕吐毒素含量较原料显著下降。朱玉昌^{[19]18-33}利用重力分选机分选呕吐毒素污染的小麦,并研究了喂料量、风速、振动频率等参数对分选效果的影响,得到了较为理想的分选参数。以上研究基于霉变籽粒的比重、摩擦系数与正常粮食籽粒间的差异,实现在重力筛分机上得以分离,达到去除严重污染粮食的目的。

尽管比重筛分机在粮食加工生产中较为常见,但对AFB₁污染玉米的比重筛分效果,少有研究。相比前人^{[19]41-50}研究的比重筛分设备,本研究所使用的比重筛分设备结构简单,易于控制和操作,处理量大,且本研究系统考察了筛分设备对玉米破碎率的影响,以保证筛分的经济性。本研究拟通过选取比重筛分设备中3个关键参数:风量、纵向倾角和振幅,来考察对AFB₁污染玉米的筛分效果,并通过正交试验,优化得到较优筛分参数,以期作为比重筛分霉变玉米提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

玉米样品:玉米-TG-1(水分含量14.1%),玉米-TG-2(水分含量13.5%),干燥后储藏6个月,产地河南;
AFB₁标品:≥98.0%,瑞士Alexis公司;
乙腈、甲醇:色谱纯,上海百灵威科技有限公司;
固相萃取柱:Mycosep TM 226[#]型,Romer labs公司;
试验用超纯水:电阻率≥18.2 MΩ,实验室自制;
高纯氮气:纯度≥99.999%,江苏无锡新南气体有限公司;
其他试剂为国产分析纯。

1.2 仪器与设备

高效液相色谱仪(带荧光检测器):1260型,美国安捷伦科技公司;
ZORBAX SB-C₁₈柱:美国安捷伦科技公司;
多能风筛比重清选机:TDQZ-150型,外形尺寸4 300 mm×2 100 mm×3 600 mm,比重台面尺寸1 700 mm×1 600 mm,整机重量1 300 kg,总功率12.3 kW,生产率10~20 t/h,河南省鲁山县万通通机械制造有限公司。

1.3 试验方法

1.3.1 比重筛分设备分选AFB₁污染玉米 如图1、2所示,物料经提升机输送至散粮箱,在散粮箱的作用下,物料分散成均匀的瀑布面进入立式空气筛,经风选轻杂,灰尘由除尘系统轻杂出口排出机外,被风选后的物料流入清杂筛清除小杂,然后物料流入比重分级台,在比重分级台的作用下,物料由于比重的差异被分离,比重较小的轻杂质分布在表层向低

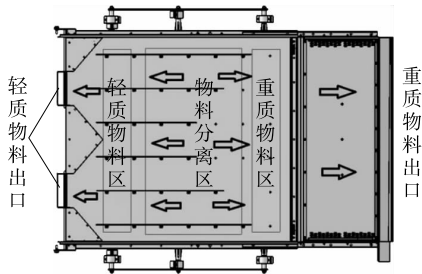


图1 多能风筛比重清选机工作原理示意图
Figure 1 The work principle of specific gravity equipment

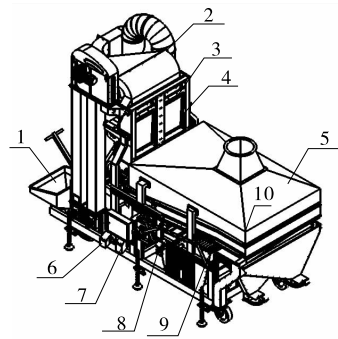


图2 DQZ-150型多能风筛比重清选机
Figure 2 TDQZ-150 specific gravity equipment

1. 进料系统 2. 风选系统 3. 匀料装置 4. 分级筛 5. 除尘罩
6. 小杂出口 7. 轻质物料出口 8. 供风系统 9. 比重台 10. 重质物料出口

端流动,从比重风机台轻杂口排出,分布在底层的好料(重质)向高端作纵向流动,从比重分级台好料(重质)出口排出,从而实现好料(重质)和轻质料的分离,达到比重筛分目的。

1.3.2 单因素试验 供风量、纵向倾角和振幅是决定比重筛分机分选效果的重要参数^[20]。首先通过分组试机,确定3个参数的合理范围。

(1) 供风量:纵向倾角7°,振幅10 mm,设备其它参数固定。每次取300 kg玉米-TG-1(AFB₁含量57.9 μg/kg)投入筛分设备,考察风量6 000,8 000,10 000 m³/h对轻质玉米/原粮比例、轻质、重质玉米中AFB₁含量及其千粒重、玉米破碎率的影响。

(2) 纵向倾角:风量8 000 m³/h,振幅10 mm,设备其他参数固定。每次取300 kg玉米-TG-1(AFB₁含量57.9 μg/kg)投入筛分设备,考察纵向倾角5°,7°,9°对轻质玉米/原粮比例、轻质、重质玉米中AFB₁含量及其千粒重、玉米破碎率的影响。

(3) 振幅:风量8 000 m³/h,纵向倾角7°,设备其他参数固定。每次取300 kg玉米-TG-1(AFB₁含量57.9 μg/kg)进入设备进料系统,考察振幅10,15,20 mm对轻质玉米/原粮比例、轻质、重质玉米中AFB₁含量及其千粒重、玉米破碎率的影响。

1.3.3 正交试验 以轻质玉米/原粮比例、轻质玉米中AFB₁含量以及玉米破碎率为指标,采用L₉(3⁴)正交试验设计,优化比重筛分机参数。

1.3.4 测定项目及方法

(1) 千粒重:按GB/T 5519—2008《谷物与豆类千粒重的测定》执行。

(2) AFB₁ 含量:按 GB/T 30955—2014《饲料中黄曲霉毒素 B₁、B₂、G₁、G₂ 的测定 免疫亲和柱净化—高效液相色谱法》执行。

(3) 轻质玉米/原粮比例:按式(1)计算:

$$R = \frac{m}{M} \times 100\%, \tag{1}$$

式中:

R——轻质玉米/原粮比例,%;
m——设备轻质出口物料质量,kg;
M——原粮质量,kg。

(4) 破碎率:按式(2)计算:

$$k_1 = \frac{M_3}{M_1 + M_2 + M_3} \times 100\%, \tag{2}$$

式中:

k₁——破碎率,%;
M₁——设备出口总成品质量,kg;
M₂——粉尘总质量,kg;
M₃——碎粒总质量,kg。

2 结果与讨论

2.1 玉米中 AFB₁ 含量及其千粒重的相关性

由于玉米原始水分高、胚大容易发生霉变,尤其是玉米胚部极易被大量的霉菌污染。霉菌污染的玉米籽粒,毒素主要集中在玉米的胚部^[21],真菌由表皮向内部侵染,导致胚部产生菌丝,质地疏松,玉米籽粒出现干瘪现象,不再饱满,籽粒千粒重降低。图 3 为玉米-TG-1 经挑选后获得的 5 份样品。由图 4 可知,1~5 号样品中 AFB₁ 含量与玉米千粒重呈显著线性负相关(R²=0.996 7),说明 AFB₁ 污染越严重的玉米,籽粒变瘪、轻质的比例越高,为比重分选 AFB₁ 污染的籽粒提供了理论基础。

邓俊才等^[22]发现霉变使大豆籽粒百粒重降低,且随霉变程度加重而逐渐降低,产量损失率与霉变指数呈极显著正相关;杨敦科等^[23]研究表明,赤霉病越严重的小麦,其千粒重越小,而有研究^[24]发现赤霉病感染病率与小麦呕吐毒素(Deoxynivalenol, DON)含量存在线性正相关关系;李方等^{[18][19][21-22]}的研究也证明了 DON 含量与小麦千粒重呈显著地线性负相关。尽管原料种类不同,但是粮食霉变越严重,产生的真菌毒素含量越高,粮食比重下降的程度也越高却是一致的,同此使比重筛分真菌毒素污染的粮食成为可能。

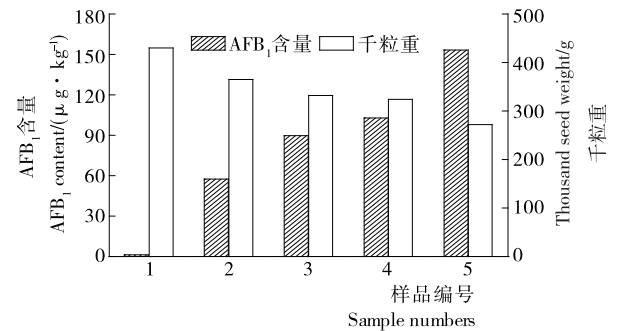


图 3 玉米-TG-1 样品中 AFB₁ 含量和千粒重
Figure 3 AFB₁ concentrations and thousand seed weights of corn-TG-1

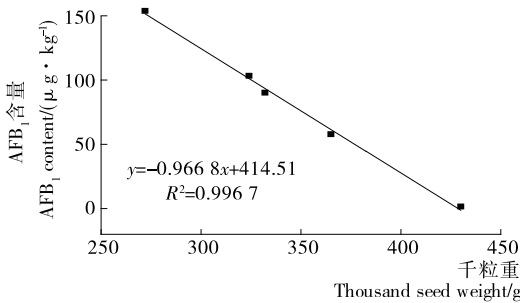


图 4 玉米 AFB₁ 含量与千粒重的相关性
Figure 4 Correlation of AFB₁ concentration and thousand seed weight

2.2 风量对比重筛分的影响

由表 1 可知,在所设定的 3 个风速下,轻质玉米比例随风量的加大上升,由单因素方差分析结果(F=134.5, P=0.001<0.05)可知轻质玉米比例与风量显著相关。当风量较小时,筛面上的物料难以浮起,因而不利于比重大小不同的籽粒在不断地浮起与下降过程中逐渐分层,分选效率下降^[20],此时只有比重差异较大的玉米籽粒才能被分选出来。当风量过大时,较重的玉米籽粒漂离筛面,未能在筛面的摩擦力和后续玉米籽粒的推动下向重质物料出口端集结^{[19]45-48},导致重质玉米比例下降。重质玉米和轻质玉米的千粒重呈现上升的趋势。综合以上结果,风量过大过小都不利于轻质玉米的分离。玉米破碎率随风量加大增加,这主要是随着风量加大,玉米籽粒在筛面上的运动加剧,玉米籽粒间的碰撞变得更加剧烈。

由图 5 可知,当风量为 6 000~10 000 m³/h 时,重质玉米中 AFB₁ 含量呈现不断下降的趋势;轻质玉米中 AFB₁ 含量随风量增大呈下降趋势。而过大的风力使较重的正常玉米籽粒漂离筛面,随轻质物料进入轻质出口端,不利于其与 AFB₁ 污染的玉米分离。因此选择风量为 8 000 m³/h。

表 1 不同风量下比重筛分玉米效果

风量/ (m ³ · h ⁻¹)	千粒重/g		轻质玉米: 原粮/%	玉米 破碎率/%
	重质玉米	轻质玉米		
6 000	370±16	194±6	2.00±0.05	0.60±0.03
8 000	385±23	204±6	4.00±0.03	1.50±0.04
10 000	390±13	230±5	9.00±0.10	3.00±0.30

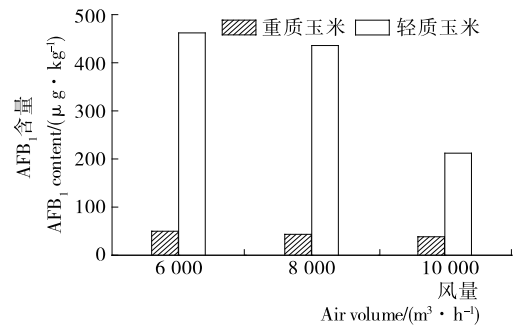


图 5 风量对 AFB₁ 污染玉米的筛分效果
Figure 5 Effect of air volume on AFB₁-contaminated corn separation

2.3 纵向倾角对比重筛分的影响

由单因素方差分析结果($F=77.1, P=0.003<0.05$)可知轻质玉米比例与纵向倾角显著相关。当纵向倾角从 5° 到 9° 增大时,轻质玉米比例及其千粒重均随之增加(见表 2),根据玉米籽粒在筛面上的受力情况可知,纵向倾角越大,向重质出料口移动的饱满玉米籽粒受到的阻力越大,纵向位移越短,在自身重力的影响下倾向于横向运动^{[19]45-48}。重质玉米千粒重随纵向倾角增大而增加。纵向倾角对玉米破碎率无显著影响。

表 2 纵向倾角对比重筛分的影响

Table 2 Specific gravity separation with different longitudinal gradients				
纵向倾角/($^{\circ}$)	千粒重/g		轻质玉米：	玉米
	重质玉米	轻质玉米	原粮/%	破碎率/%
5	361±21	187±5	1.00±0.01	1.50±0.04
7	390±16	196±4	4.00±0.03	1.40±0.03
9	392±14	253±8	7.00±0.03	1.40±0.30

改变纵向倾角,获得的轻质玉米和重质玉米中 AFB₁ 含量变化与风量因素类似。由图 6 可知,纵向倾角为 5° 时,重质玉米中 AFB₁ 含量与原料差异不显著($P>0.05$),筛分效果不明显;但是随纵向倾角增大,正常玉米籽粒向高端运动的阻力增加,反倒易受自身重力的影响,落入轻质物料出口,与 AFB₁ 污染籽粒混合,增加了重质玉米的带出比。因此纵向倾角过大过小都不利于比重筛分。前人^{[19]41-50}利用重力分选 DON 污染小麦的结果表明,随纵向倾角的增大,轻质小麦的获选率升高,轻质小麦所含的 DON 含量下降,该结果与本研究的結果相似。因此选择纵向倾角为 7° 。

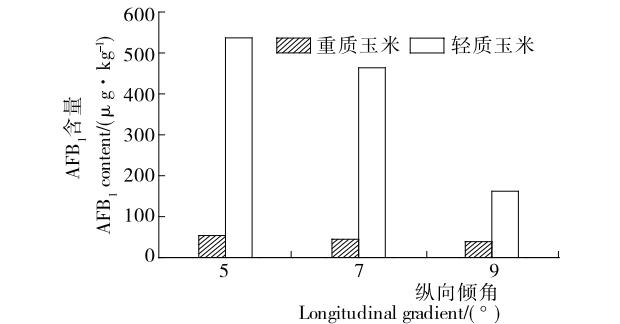


图 6 纵向倾角对 AFB₁ 污染玉米的筛分效果
Figure 6 Effect of longitudinal gradient on AFB₁-contaminated corn separation

2.4 振幅对比重筛分的影响

由单因素方差分析结果($F=22.2, P=0.016<0.05$)可知,轻质玉米比例与振幅显著相关。由表 3 可知,在设定的 3 个振幅下,随振幅的增大,轻质玉米比例及其千粒重上升,重质玉米千粒重上升。玉米破碎率呈现上升趋势。造成上述现象的主要原因是,振幅越大,紧贴筛面的玉米籽粒在每次振动下距离原来位置越远,在相同的时间内向重质物料出口端的位移越大。因此随振幅增大,重质玉米比例会下降,而轻质玉米获选率升高。

表 3 振幅对比重筛分的影响

Table 3 Specific gravity separation with different amplitudes				
振幅/mm	千粒重/g		轻质玉米：	玉米
	重质玉米	轻质玉米	原粮/%	破碎率/%
10	367±17	206±8	4.00±0.02	1.50±0.03
15	377±24	211±13	6.00±0.03	2.10±0.04
20	379±12	225±19	10.00±0.05	3.30±0.31

由图 7 可知,随振幅的增大,轻质玉米中 AFB₁ 含量呈现下降的趋势;当振幅从 10 mm 增加到 15 mm 时,重质玉米中 AFB₁ 含量显著下降($P<0.05$),振幅从 15 mm 到 20 mm 时,重质玉米中 AFB₁ 含量变化不显著($P>0.05$)。朱玉昌^{[19]45-48}利用重力分选 DON 毒素污染的小麦,发现随振幅增大,重质小麦获选率下降,与本研究结论类似;而轻质小麦获选率下降,轻质小麦中 DON 毒素上升,与本研究结果存在差异,主要原因可能是分选的原料不同,且原料中真菌毒素污染程度不同,原料的比重分布存在差异,另外本研究采用的筛分设备只有轻质和重质物料两个出口,而之前的研究所用的设备有多个出口,有部分物料从混合物料出口分选出来,从而造成结果的差异。振幅为 10 mm 和 15 mm 时,轻质玉米中 AFB₁ 含量差异不显著($P>0.05$),因此选择振幅为 10 mm。

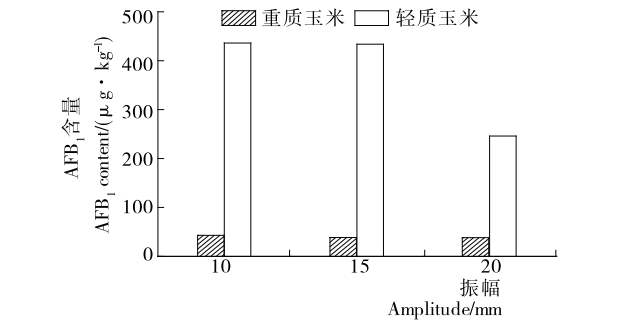


图 7 振幅对 AFB₁ 污染玉米的筛分效果
Figure 7 Effect of amplitude on AFB₁-contaminated corn separation

2.5 正交试验设计

比重分选 AFB₁ 污染玉米的目标是尽可能筛分其中严重污染毒素的籽粒,因此轻质玉米比例和轻质玉米中 AFB₁ 含量对分选效果具有重要影响,同时为保证分选的经济性,应考虑玉米的破碎率。因此在单因素试验的基础上,选取风量、纵向倾角和振幅 3 个因素,以轻质玉米比例、轻质玉米中 AFB₁ 含量和玉米破碎率为指标,采用 L₉(3⁴)正交试验设计,研究不同因素和水平下的比重筛分效果,以优化比重筛分参数。试验因素及水平见表 4,试验设计方案及结果见表 5。

表 4 比重筛分设备关键参数范围

Table 4 Parameters of specific gravity equipment			
水平	A 风量/($\text{m}^3\cdot\text{h}^{-1}$)	B 纵向倾角/($^{\circ}$)	C 振幅/mm
1	6 000	5	10
2	8 000	7	15
3	10 000	9	20

表 5 正交试验设计及结果

Table 5 Results of orthogonal experimental design

试验号	A	B	C	轻质玉米： 原粮/%	轻质玉米 AFB ₁ 含量/($\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)	玉米破 碎率/%	综合 得分
1	1	1	1	0.5	536.0	0.60	1.000
2	1	2	2	3.0	465.2	1.20	0.814
3	1	3	3	8.0	405.6	2.50	0.525
4	2	1	2	6.3	432.7	2.20	0.624
5	2	2	3	10.0	276.4	3.40	0.278
6	2	3	1	7.0	432.5	2.20	0.601
7	3	1	3	11.5	212.6	4.90	0.089
8	3	2	1	9.0	360.8	3.10	0.416
9	3	3	2	12.8	169.4	3.70	0.056
k_1	0.780	0.571	0.672				
k_2	0.654	0.502	0.498				
k_3	0.476	0.394	0.297				
R	0.304	0.177	0.375				

运用隶属度的综合评分法^[25]将轻质玉米比例、轻质玉米中 AFB₁ 含量和玉米破碎率 3 个指标对比重分选效果进行综合评分。AFB₁ 污染玉米经比重分选后,期望 AFB₁ 污染严重籽粒最大程度从轻质物料出口选出,而为了保证重力分选的经济性,该出口的获选率要尽可能的低,但通过供风量和纵向倾角单因素试验可以看出轻质玉米比值过低时,无法实现较好的筛分效果;当轻质玉米比例分别为 1%,2% 时,重质玉米中 AFB₁ 含量分别为 53.2,50.2 $\mu\text{g}/\text{kg}$,相比原料中 AFB₁ 含量(57.9 $\mu\text{g}/\text{kg}$)差异不大,因此本试验将轻质玉米比例临界值定为 2.0%,在 2.0% 以上,参考朱玉昌^{[19]29-32} 的研究,本研究中轻质玉米比例目标值最低,权重系数为 0.4,轻质玉米 AFB₁ 含量目标值最大,权重系数为 0.4,玉米破碎率目标值最小,权重系数为 0.2。由表 5 可知,尽管 1 号的综合得分最高,但是轻质玉米比例仅为 0.5%,分选获得的重质玉米中 AFB₁ 含量为 54.3 $\mu\text{g}/\text{kg}$,筛分效果不理想,根据研究选定的轻质玉米比例临界值和综合评分,最优参数组合为 A₁B₂C₂。在此参数组合下,轻质玉米比例适中且玉米破碎率较低,满足实际生产需要,同时能够实现较好去除 AFB₁ 污染玉米的效果。

根据表 5 正交试验分析和表 6 方差分析表明,各因素的主次顺序是 C>A>B,A 和 C 对评分有显著影响(P<0.05),B 对结果无显著影响(P>0.05)。

表 6 正交试验方差分析结果

Table 6 Variance analysis of orthogonal experimental design

方差来源	自由度	F	P
校正模型	6	27.445	0.036
A	2	55.216	0.018
B	2	5.004	0.167
C	2	21.116	0.043
误差	2	0.005	

2.6 最优参数比重筛分结果

表 7 为不同 AFB₁ 污染程度的玉米在正交试验优化参数后的比重筛分结果。数据表明,经过比重分选后,两个玉米样品分选获得的重质玉米中 AFB₁ 含量显著下降,污染程度高的玉米筛分效果更好,但由于玉米-TG-2 中 AFB₁ 初始含量较高,重质玉米中 AFB₁ 含量仍然高于玉米-TG-1 分选获得的重质玉米中 AFB₁ 含量。玉米-TG-2 的轻质玉米比例高于玉米-TG-1,二者的破碎率无显著差异。朱玉昌^{[19]29-32} 利用重力分选机分选呕吐毒素污染的小麦,呕吐毒素污染籽粒获选率在 8%~12%,分选效果良好。而本研究中的比重筛分机,分选后轻质玉米/原料小于 10%,分选效果良好,重质玉米中毒素含量显著降低(P<0.05),且玉米破碎率低,具有良好的应用前景。

表 7 优化参数下玉米原料比重筛分结果

Table 7 Specific gravity separation with optimum parameters

样品名称	AFB ₁ 含量/($\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)			原料消减率/%	轻质玉米： 原粮/%	玉米破 碎率/%
	原料	重质玉米	轻质玉米			
玉米-TG-1	57.9±3.2	45.6±3.7	432.7±13.2	21.2±1.4	3.0±1.0	1.20±0.03
玉米-TG-2	103.3±6.1	63.6±5.3	497.6±15.2	38.4±2.6	8.0±1.0	1.10±0.04

3 结论

玉米中 AFB₁ 含量及其千粒重呈显著线性负相关。风量、纵向倾角、振幅对玉米的比重筛分效果具有显著影响。比重筛分玉米的最佳设备参数为:风量 6 000 m³/h,纵向倾角 7°,振幅 15 mm。在上述参数下,轻度污染玉米(AFB₁ 含量 57.9 μg/kg)和重度污染玉米(AFB₁ 含量 103.3 μg/kg)分选获得的重质玉米 AFB₁ 消减率分别为 21.2%和 38.4%,轻质玉米比例适中,玉米破碎不严重。比重筛分对不同 AFB₁ 污染程度的玉米均有较好的筛分效果,该研究为比重筛分 AFB₁ 污染玉米提供了实践参考,但是比重筛分的模型尚待进一步完善。

参考文献

[1] 冯靓,蔡增轩,谭莹,等. HPLC 同时测定食品中黄曲霉毒素 B₁、B₂、G₁、G₂[J]. 中国卫生检验杂志, 2007, 17(3): 511-513.

[2] International Agency for Research on Cancer (IARC). Some naturally occurring substances: food items and constituents, heterocyclic aromatic amines and mycotoxins[M]. Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Lyon: IARC Press, 1993: 163-242.

[3] 余以刚,邱杨,吴晖,等. 几种传统食品中黄曲霉毒素 B₁ 的检测与安全评价[J]. 食品与机械, 2007, 24(4): 110-111.

[4] ZHANG Chao, MA Yue, ZHAO Xiao-yue, et al. Effect of drying treatments on anthocyanin, fumonisin B₁, aflatoxin B₁ content of anthocyanin extract from purple corn (Zea may L.) in north China[J]. Advanced Materials and Structures, 2011, 335-336(10):1 396-1 401.

[5] 高秀芬,蒯士安,张宏元,等. 中国部分地区玉米中 4 种黄曲霉毒素污染调查[J]. 卫生研究, 2011(1): 46-49.

[6] 中华人民共和国卫生部. GB 2761—2011 食品安全国家标准食品中真菌毒素限量[S]. 北京: 中国标准出版社, 2011.

[7] 陶芳,程备久. 玉米抗黄曲霉毒素污染的研究进展[J]. 中国粮油学报, 2012, 27(5): 112-117.

[8] 李瑞芳,韩北忠,陈品瑜,等. 黄曲霉生长预测模型的建立及其在玉米储藏中的应用[J]. 中国粮油学报, 2008, 23(3):

144-147.

[9] 曹铭,樊明涛. 黄曲霉毒素脱除技术研究进展[J]. 食品与机械, 2015, 31(1): 260-264.

[10] 蒋敏,倪芳妍,李志强,等. 油脂加工过程中黄曲霉毒素 B₁ 污染情况的研究[J]. 粮食与食品工业, 2014, 21(5): 26-28.

[11] 齐德生,刘凡,于炎湖,等. 蒙脱石对黄曲霉毒素 B₁ 的脱毒研究[J]. 中国粮油学报, 2004, 19(6): 71-75.

[12] 朱佳廷,冯敏,严建民,等. 辐照对稻米中黄曲霉毒素的降解效果[J]. 江苏农业科学, 2012, 40(12): 324-326.

[13] LUO Xiao-hu, WANG Ren, WANG Li, et al. Detoxification of aflatoxin in corn flour by ozone[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2014, 94(11): 2 253-2 258.

[14] 刘畅. 益生菌对黄曲霉毒素 B₁ 吸附作用的研究[D]. 北京: 中国农业科学院, 2010: 53-54.

[15] 卢大新. 比重分选机对收获期受雨害小麦的精选分级效果[J]. 西北农业学报, 2001, 10(3): 87-89.

[16] 李毅念,卢大新,丁为民,等. 萌动小麦重力分选效果的试验[J]. 农业机械学报, 2006, 37(7): 78-82.

[17] 阴峰伟. 粮食比重去石机和种子重力分选机玉米提胚试验研究[D]. 郑州: 河南工业大学, 2014: 7.

[18] 李方,顾熟琴,卢大新,等. 组合分选方法对减除小麦中 DON 毒素的效果探究[J]. 中国粮油学报, 2014, 29(12):12-15, 36.

[19] 朱玉昌. 脱氧雪腐镰刀菌烯醇(DON)污染小麦重力分选研究及设备研制[D]. 北京: 中国农业科学院, 2014.

[20] 汪裕安,吕秋瑾. 重力式清选机分选规律的初步探索[J]. 农业机械学报, 1983(3): 57-69.

[21] 邓学法,董继红,李忠建,等. 玉米霉变的危害及物理脱毒[J]. 江西畜牧兽医杂志, 2004(5): 13.

[22] 邓俊才,刘江,雷婷,等. 收获期籽粒田间霉变对大豆产量和品质的影响[J]. 中国油料作物学报, 2015, 37(1): 77-82.

[23] 杨敦科,刘兴昌. 关中灌区小麦赤霉病发生程度与产量损失的关系[J]. 陕西农业科学, 1991, 6(6): 30-31.

[24] 崔贵金. 赤霉病麦粒光电分选技术研究[D]. 郑州: 河南工业大学, 2013: 7-10.

[25] 张黎骅,张文,吕珍珍,等. 响应面法优化酒糟微波间歇干燥工艺[J]. 农业工程学报, 2011, 27(3): 369-374.

信息窗

厦门海沧退运 50 t 未注册进口乳制品

中国国门时报讯 6 月 23 日, 厦门海沧检验检疫局工作人员在查验一批来自阿根廷的 50 t 乳清粉时发现,该产品境外生产企业对华注册产品目录里没有乳清粉一项。海沧局立即封存该批货物,并约谈企业,作出退运处理。这是厦门海沧口岸首次退运未注册进口乳制品。

根据《进出口乳制品检验检疫监督管理办法》要求,质检总局对输华乳制品实行严格的准入制度,对输华乳制品的境外生产企业实施注册管理,未经注册的乳制品不得入境。

近年来,随着进口乳制品在国内市场的走俏,海沧口

岸进口量大幅剧增。今年 1 月至 5 月,共进口乳制品 8 674 t,同比增长 3 倍。海沧局通过严把注册准入关、进境检验关及后续监管关,保障进口乳制品质量安全。

海沧局相关负责人表示,进口商在进口乳制品前要注意查询准入情况,详情可登录质检总局网站进行查询,消费者不要购买未获准入国家(地区)、未获注册生产企业的相关产品。

(来源:www.foodmate.net)