

# 谷氨酸和精氨酸对饲喂霉变饲料 育肥猪所受损伤的缓解作用

陈明洪<sup>1,2</sup> 段杰林<sup>3</sup> 尹杰<sup>2,4</sup> 刘金艳<sup>3</sup> 李铁军<sup>2\*</sup> 方俊<sup>1\*</sup>

(1. 湖南农业大学生物科学技术学院, 长沙 410125; 2. 中国科学院亚热带农业生态研究所亚热带农业生态重点实验室, 长沙 410125; 3. 湖南农业大学动物科技学院, 长沙 410125; 4. 中国科学院大学, 北京 100049)

**摘要:** 本研究旨在探讨霉变饲料对育肥猪生长性能、脏器指数、血常规、血清生化指标、抗氧化指标以及肉品质的影响及添加 1% 精氨酸或 2% 谷氨酸对饲喂霉变饲料造成的损伤的缓解作用。试验选用平均初始体重为  $(55.0 \pm 1.5)$  kg 的“长×大”二元杂交育肥猪 20 头, 随机分为 4 组, 分别饲喂正常基础饲料(对照组)、基础饲料经过霉变处理后的霉变饲料(霉变组)、添加 1% 精氨酸的霉变饲料(精氨酸组)、添加 2% 谷氨酸的霉变饲料(谷氨酸组), 每组 5 个重复, 每个重复 1 头猪。试验期 60 d。结果表明: 1) 与对照组相比, 霉变组育肥猪末重、平均日增重和平均日采食量显著降低 ( $P < 0.05$ ), 在饲料中添加精氨酸或谷氨酸未能提高育肥猪生长性能。2) 与对照组相比, 霉变组肝脏指数显著升高, 脾脏指数显著下降 ( $P < 0.05$ )。与霉变组相比, 谷氨酸组肝脏指数显著降低, 脾脏指数显著升高 ( $P < 0.05$ ), 缓解了霉变饲料对肝脏、脾脏的损伤。3) 与对照组相比, 霉变组血清  $\gamma$ -谷氨酰胺转移酶活性显著升高 ( $P < 0.05$ ), 白蛋白和总蛋白含量显著降低 ( $P < 0.05$ )。与霉变组相比, 精氨酸组血清谷丙转氨酶和乳酸脱氢酶活性显著降低 ( $P < 0.05$ )。4) 与对照组相比, 霉变组中平均红细胞体积显著下降 ( $P < 0.05$ ), 血小板压积显著升高 ( $P < 0.05$ )。与霉变组相比, 精氨酸组中性粒细胞百分比和中间值细胞绝对值显著升高 ( $P < 0.05$ ); 谷氨酸组中间值细胞百分比、平均红细胞体积、平均血小板体积显著升高, 血小板压积显著降低 ( $P < 0.05$ )。5) 与对照组相比, 霉变组血清超氧化物歧化酶活性显著下降 ( $P < 0.05$ )。与霉变组相比, 谷氨酸组和精氨酸组血清谷胱甘肽过氧化物酶活性显著升高 ( $P < 0.05$ ), 不仅如此, 谷氨酸组血清超氧化物歧化酶活性也显著升高 ( $P < 0.05$ )。6) 与对照组相比, 霉变组肌肉嫩度显著降低了 20.22% ( $P < 0.05$ )。精氨酸组肌肉嫩度较霉变组显著提高 ( $P < 0.05$ ), 且显著高于对照组 ( $P < 0.05$ )。综上所述, 饲料中添加 1% 精氨酸或 2% 谷氨酸能够对霉变饲料造成的育肥猪脏器、抗氧化以及肉品质的损伤起到一定的缓解作用。

**关键词:** 霉变饲料; 育肥猪; 精氨酸; 谷氨酸

中图分类号: S828

文献标识码: A

文章编号: 1006-267X(2013)09-2101-10

霉菌毒素是一类真菌和霉菌的二级代谢产物, 广泛存在于霉变饲料和饲料原料中<sup>[1]</sup>。到目前为止, 超过 300 种霉菌毒素已经被鉴定出来。

然而与食品工业相关联的只有一小部分霉菌毒素, 分别为黄曲霉毒素、呕吐毒素、玉米赤霉烯酮、赭曲霉毒素、伏马毒素和 T-2 毒素<sup>[2-3]</sup>, 这 6 类霉

收稿日期: 2013-03-02

基金项目: 国家 973 项目课题 (2009CB118806); 湖南省自然科学基金资助项目 (12JJ2020); 湖南省战略新兴产业科技攻关项目 (2011GK4061)

作者简介: 陈明洪 (1985—), 男, 重庆彭水人, 硕士研究生, 研究方向为单胃动物营养。E-mail: 435953575@qq.com

\* 通讯作者: 方俊, 副教授, 硕士生导师, E-mail: fangjun1973@yahoo.com.cn; 李铁军, 研究员, 硕士生导师, E-mail: tjli@isa.ac.cn

菌毒素一般被认为是最常见且对人畜最具危险的<sup>[4]</sup>。众所周知, 畜禽摄入这些霉菌毒素会产生许多急性或慢性影响, 如致畸型、致癌、假发情和免疫抑制等。而霉菌毒素进入动物体内的直接反映包括拒食、生产性能下降、脏器损伤、发病率升高<sup>[4-7]</sup>。因此, 霉菌毒素污染对畜牧业的健康和稳定的发展具有潜在的<sup>[8-9]</sup>。

尽管许多研究都报道了单个霉菌毒素对不同种属动物的影响, 但是在自然条件下, 畜禽不可能只暴露在一种霉菌毒素下。另外, 在食品加工过程中, 不同批次的不同原料经常混在一起也为不同种类霉菌毒素的混合提供了一个新的机会<sup>[1]</sup>。因此, 畜禽通常暴露在许多种霉菌毒素的协同作用中。而目前关于多种霉菌毒素对动物协同毒害作用方面的研究基本上处于空白, 因此这方面仍需进一步投入研究<sup>[3]</sup>。

随着国内外学者在功能性氨基酸方面的深入研究, 近几年我们发现精氨酸和谷氨酸不仅是动物体内的必需氨基酸, 而且在动物体内具有多种生理功能。最近研究表明, 饲料中添加精氨酸和

谷氨酸能够刺激蛋白质合成<sup>[10]</sup>、增强免疫力、提高生产性能<sup>[11]</sup>以及调控哺乳动物雷帕霉素靶蛋白(mTOR)信号通路<sup>[12]</sup>等。基于这些研究, 我们推测在饲料中添加精氨酸或谷氨酸对霉变饲料产生的应激损伤会有一定的缓解作用。因此, 本试验采用自然霉变饲料刺激育肥猪, 探讨在育肥猪饲料中添加精氨酸或谷氨酸对霉变饲料诱导产生的应激损伤的缓解作用, 为寻求理想的营养支持提供试验依据。

## 1 材料与amp;方法

### 1.1 霉变饲料的制备

霉变饲料的准备参照 Liu 等<sup>[13]</sup>的方法, 首先将正常基础饲料洒水至 20% 的相对湿度, 然后将其放置自然条件(温度 23 ~ 28 °C, 相对湿度 68% ~ 85%)下发酵至饲料表层出现明显的霉菌菌落。待长出明显菌落之后, 将霉变饲料自然风干, 混匀, 分别取 3 份样品送至北京泰乐琪生物公司, 采用质谱仪检测霉菌毒素含量, 结果见表 1。

表 1 霉变饲料和基础饲料中霉菌毒素的含量

Table 1 Mycotoxin contents of contaminated and basal diets

项目 Items	黄曲霉毒素 B <sub>1</sub> AFB <sub>1</sub>	玉米赤霉烯酮 ZEN	赭曲霉毒素 OT	呕吐毒素 DON	伏马毒素 B <sub>1</sub> FB <sub>1</sub>	T-2 毒素 T-2 toxin
检测限 Detection limit	0.05 × 10 <sup>-3</sup>	0.01	0.50 × 10 <sup>-3</sup>	0.10	0.05	0.10
基础饲料 Basal diet		0.82	3.60 × 10 <sup>-3</sup>	1.00	0.60	
霉变饲料 Contaminated diet	0.62 × 10 <sup>-3</sup>	0.57	11.39 × 10 <sup>-3</sup>	3.00	2.00	

### 1.2 试验动物与amp;试验设计

试验选用平均初始体重为(55.0 ± 1.5) kg 的“长 × 大”二元杂交育肥猪 20 头, 随机分为 4 组, 分别饲喂正常基础饲料(对照组)、基础饲料经过霉变处理后的霉变饲料(霉变组)、添加 1% 精氨酸的霉变饲料(精氨酸组)、添加 2% 谷氨酸的霉变饲料(谷氨酸组), 每组 5 个重复, 每个重复 1 头猪。基础饲料配制参照 NRC(1998) 猪的营养需要, 其组成及营养水平见表 2。所有试验育肥猪单栏饲养, 饲喂 60 d 后屠宰。

### 1.3 测定指标与amp;方法

#### 1.3.1 生长性能测定

试验开始前和结束后, 对每头育肥猪空腹称重并记录; 每日定期观察, 记录料槽内饲料消耗情况; 试验结束后, 计算平均日增重、平均日采食量和料重比。

#### 1.3.2 脏器指数测定以及肝脏切片制作

所有育肥猪屠宰后立即打开腹腔, 分离心脏、肝脏、脾脏和肾脏, 称重记录数据。脏器指数计算公式如下:

$$\text{脏器指数 (g/kg)} = \text{脏器绝对重量} / \text{体重}.$$

取 3 cm 长的肝脏, 采用甲醛固定液固定, 使用苏木精 - 伊红(HE)染色, 制作肝脏切片。

表 2 基础饲粮组成及营养水平(风干基础)

Table 2 Composition and nutrient levels of the basal diet (air-dry basis) %

项目 Items	含量 Content
原料 Ingredients	
玉米 Corn	62.25
豆粕 Soybean meal	16.79
膨化大豆 Extruded soybean	8.00
鱼粉 Fish meal	5.00
麦麸 Wheat bran	3.00
豆油 Soybean oil	1.74
预混料 Premix <sup>1)</sup>	1.00
石粉 Limestone	0.98
磷酸氢钙 CaHPO <sub>4</sub>	0.78
食盐 NaCl	0.37
赖氨酸 Lys	0.09
合计 Total	100.00
营养水平 Nutrient levels <sup>2)</sup>	
消化能 DE/(MJ/kg)	14.23
粗蛋白质 CP	17.39
粗灰分 Ash	6.77
钙 Ca	0.80
总磷 TP	0.63
有效磷 AP	0.40

<sup>1)</sup> 预混料为每千克饲粮提供 The premix provided the following per kilogram of the diet: Cu 4.4 mg, Fe 70 mg, Mn 8.0 mg, Zn 44 mg, I 0.12 mg, Se 0.09 mg, VA 1 700 IU, VD<sub>3</sub> 180 IU, VK 1.7 mg, VB<sub>1</sub> 0.9 mg, VB<sub>2</sub> 2.6 mg, 烟酸 niacin 9.0 mg, 泛酸 pantothenic acid 12 mg, 生物素 biotin 0.09 mg, 叶酸 folic acid 0.5 mg, VB<sub>12</sub> 0.013 mg。

<sup>2)</sup> 消化能、钙、总磷、有效磷均为计算值,其他为实测值。DE, Ca, TP, AP were calculated values, while the others were measured values.

### 1.3.3 血清生化指标测定

屠宰前 1 天,清晨对空腹育肥猪用无菌注射器前腔静脉采血 10 mL/头。将血液静置 15 min,离心(3 000 r/min, 20 min)分离血清,分装于 Eppendorf 管中,4 °C 保存,然后送至亚热带农业生态研究所分子营养实验室待测。用 Beckman 公司 CX4 型全自动血液生化分析仪进行血清白蛋白(ALB)、总蛋白(TP)、葡萄糖(GLU)含量及乳酸脱氢酶(LDH)、谷丙转氨酶(ALT)、 $\gamma$ -谷氨酰胺转氨酶( $\gamma$ -GT)活性的测定。

### 1.3.4 血常规检测

用血液分析仪(南昌百特 HL-2400)进行白细胞数量、淋巴细胞百分比、中间值细胞百分比、

中性粒细胞百分比、淋巴细胞绝对值、中间值细胞绝对值、中性粒细胞绝对值、红细胞数量、血红蛋白含量、红细胞比积、平均红细胞体积、平均红细胞血红蛋白浓度、红细胞体积分布宽度、平均血小板体积和血小板压积的测定。

### 1.3.5 抗氧化指标测定

血清超氧化物歧化酶(SOD)和谷胱甘肽过氧化物酶(GSH-Px)活性采用试剂盒检测,试剂盒购于南京建成生物工程研究所。

### 1.3.6 肉品质测定

pH<sub>45 min</sub> 和 pH<sub>24 h</sub>: 分别在屠宰后 45 min 和 24 h 时进行,采用 pH 计,将探头插入倒数第 3~4 肋间处眼肌内,记录 pH; 肉色: 于屠宰后 1~2 h 内进行,取胸腰椎结合处背最长肌鲜样,平置于白色瓷盘中,在室内正常光照条件下(不得在强光直射下或阴暗处),对照 5 分制肉色比色板(肉色标准图)进行目测评分;嫩度:猪屠宰后迅速取胸腰椎结合处眼肌段 10 cm,用 C-LM-3 型嫩度计进行测定;大理石纹评分:取最末胸椎与第 1 腰椎接合处背最长肌的横断面,置于 4 °C 冷却 24 h,使用美制 NPPC 标准比色板进行大理石纹评分,用目测法进行测定;系水力:取背最长肌,采用 35 kg 重力挤压法测定;熟肉率:取背最长肌,先用电子天平将肉样称重(W<sub>0</sub>),再将肉样放入陶瓷碗容器内,待蒸锅水沸腾后将肉样放入,蒸煮 45 min,取出肉样吊挂于室内无风阴凉处,30 min 后再次对肉样称重(W<sub>1</sub>),计算公式如下:

$$\text{熟肉率}(\%) = 100 \times (W_0 - W_1) / W_0。$$

### 1.4 数据统计分析

试验数据采用 SPSS 17.0 统计软件进行单因素方差分析和 Duncan 氏法多重比较,以  $P < 0.05$  为差异显著性标准。试验数据以平均值  $\pm$  标准误差表示。

## 2 结果

### 2.1 精氨酸和谷氨酸对饲喂霉变饲料的育肥猪生长性能的影响

由表 3 可知,与对照组相比,霉变组育肥猪末重、平均日增重和平均日采食量显著降低( $P < 0.05$ ),精氨酸组和谷氨酸组与霉变组相比无显著性差异( $P > 0.05$ ),表明在饲粮中添加精氨酸或谷氨酸未能提高育肥猪末重、平均日增重和平均日采食量。各组间料重比差异不显著( $P > 0.05$ )。

表3 精氨酸和谷氨酸对饲喂霉变饲料的育肥猪生长性能的影响

Table 3 Effects of Arg and Glu on growth performance of finishing pigs fed a contaminated diet

项目 Items	对照组 Control group	霉变组 Contaminated group	精氨酸组 Arg group	谷氨酸组 Glu group
始重 Initial weight/kg	56.06 ± 1.68	56.66 ± 1.42	56.70 ± 1.87	56.22 ± 1.71
末重 Final weight/kg	96.08 ± 2.23 <sup>a</sup>	90.24 ± 1.88 <sup>b</sup>	90.52 ± 2.39 <sup>b</sup>	90.98 ± 2.34 <sup>b</sup>
平均日增重 ADG/kg	0.67 ± 0.04 <sup>a</sup>	0.56 ± 0.02 <sup>b</sup>	0.56 ± 0.03 <sup>b</sup>	0.58 ± 0.01 <sup>b</sup>
平均日采食量 ADFI/kg	2.31 ± 0.01 <sup>a</sup>	1.82 ± 0.06 <sup>b</sup>	2.08 ± 0.04 <sup>ab</sup>	2.11 ± 0.02 <sup>ab</sup>
料重比 Feed/gain	3.68 ± 0.20	3.65 ± 0.13	3.68 ± 0.01	3.84 ± 0.03

同行数据肩标不同字母表示差异显著 ( $P < 0.05$ ), 相同或无字母表示差异不显著 ( $P > 0.05$ )。下表同。

In the same row, values with different letter superscripts mean significant difference ( $P < 0.05$ ), while with the same or no letter superscripts mean no significant difference ( $P > 0.05$ ). The same as below.

## 2.2 精氨酸和谷氨酸对饲喂霉变饲料的育肥猪脏器指数和肝脏形态学的影响

由表4可知,与对照组相比,除了心脏、肾脏指数不受霉变饲料影响外,霉变组的肝脏指数显

著升高,脾脏指数显著下降 ( $P < 0.05$ )。谷氨酸组的肝脏指数、脾脏指数和肾脏指数较霉变组均得到显著缓解 ( $P < 0.05$ );但是,添加精氨酸对霉变饲料造成的脏器损伤没有显著影响 ( $P > 0.05$ )。

表4 精氨酸和谷氨酸对饲喂霉变饲料的育肥猪脏器指数的影响

Table 4 Effects of Arg and Glu on visceral indexes of finishing pigs fed a contaminated diet

项目 Items	对照组 Control group	霉变组 Contaminated group	精氨酸组 Arg group	谷氨酸组 Glu group
心脏指数 Heart index	3.519 ± 0.147	3.468 ± 0.124	3.344 ± 0.173	3.740 ± 0.276
肝脏指数 Liver index	15.494 ± 0.071 <sup>b</sup>	17.585 ± 0.999 <sup>a</sup>	16.768 ± 0.454 <sup>ab</sup>	15.168 ± 0.273 <sup>b</sup>
脾脏指数 Spleen index	1.675 ± 0.067 <sup>ab</sup>	1.376 ± 0.068 <sup>c</sup>	1.543 ± 0.415 <sup>bc</sup>	1.703 ± 0.480 <sup>a</sup>
肾脏指数 Kidney index	3.158 ± 0.087 <sup>ab</sup>	3.358 ± 0.078 <sup>a</sup>	3.207 ± 0.152 <sup>ab</sup>	2.857 ± 0.117 <sup>b</sup>

霉变饲料能够明显造成肝脏损伤(图1)。与对照组相比,霉变组肝细胞排列无规则,肝细胞间淋巴细胞大量坏死。谷氨酸组肝细胞排列虽无正常组规则,但是较霉变组细胞间淋巴细胞坏死明显减少。精氨酸组缓解作用不明显。

## 2.3 精氨酸和谷氨酸对饲喂霉变饲料的育肥猪血清生化指标的影响

由表5可知,与对照组相比,霉变组血清中 $\gamma$ -GT、ALT、LDH活性和GLU含量增加,其中 $\gamma$ -GT活性显著升高 ( $P < 0.05$ ),而ALB和TP含量显著下降 ( $P < 0.05$ )。与霉变组相比,精氨酸组ALT和LDH活性显著降低 ( $P < 0.05$ );添加谷氨酸对霉变饲料造成血清生化指标异常的影响效果不显著 ( $P > 0.05$ )。

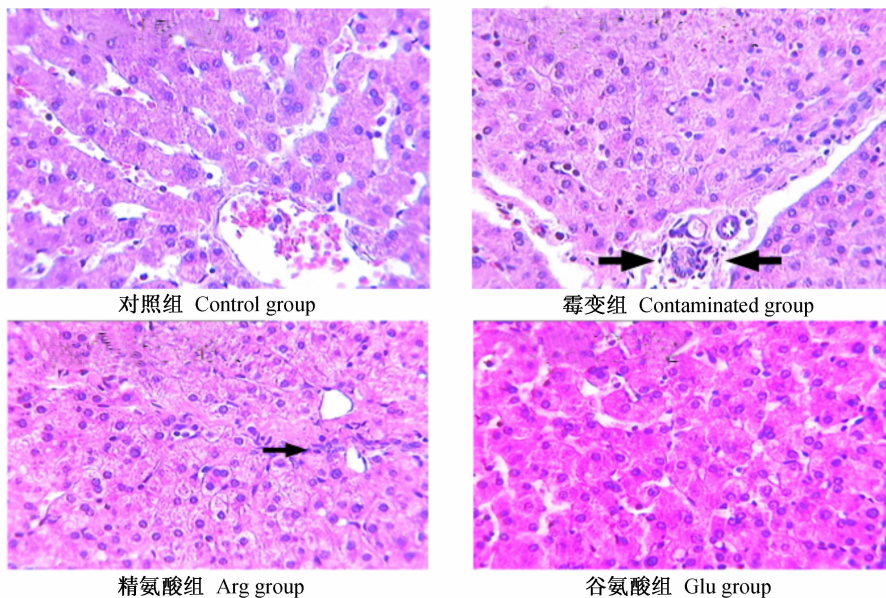
## 2.4 精氨酸和谷氨酸对饲喂霉变饲料的育肥猪血常规的影响

由表6可知,与对照组相比,霉变组血液白血

细胞数量、中间值细胞百分比、中性粒细胞百分比、平均红细胞体积、平均血小板体积、血红蛋白含量和红细胞数量均有所下降,其中平均红细胞体积下降达到显著水平 ( $P < 0.05$ ),另外,血小板压积显著升高 ( $P < 0.05$ )。与霉变组相比,精氨酸组中性粒细胞百分比和中间值细胞绝对值显著升高 ( $P < 0.05$ );谷氨酸组中间值细胞百分比、平均红细胞体积、平均血小板体积显著升高,血小板压积显著下降 ( $P < 0.05$ )。

## 2.5 精氨酸和谷氨酸对饲喂霉变饲料的育肥猪抗氧化指标的影响

由表7可知,与对照组相比,霉变组血清SOD活性显著下降 ( $P < 0.05$ )。与霉变组相比,精氨酸组GSH-Px活性显著提高 ( $P < 0.05$ ),与此同时,谷氨酸组SOD和GSH-Px活性显著升高 ( $P < 0.05$ )。



→:淋巴细胞坏死,颗粒变性。→: lymphocytic necrosis and granular degeneration.

图 1 精氨酸和谷氨酸对饲喂霉变饲料的育肥猪肝脏形态学的影响

Fig. 1 Effects of Arg and Glu on liver morphology of finishing pigs fed a contaminated diet

表 5 精氨酸和谷氨酸对饲喂霉变饲料的育肥猪血清生化指标的影响

Table 5 Effects of Arg and Glu on serum biochemical indexes of finishing pigs fed a contaminated diet

项目 Items	对照组 Control group	霉变组 Contaminated group	精氨酸组 Arg group	谷氨酸组 Glu group
$\gamma$ -谷氨酰转移酶 $\gamma$ -GT/(U/L)	53.74 ± 3.18 <sup>b</sup>	66.12 ± 4.65 <sup>a</sup>	62.39 ± 3.07 <sup>ab</sup>	58.82 ± 2.94 <sup>ab</sup>
谷丙转氨酶 ALT/(U/L)	63.20 ± 4.24 <sup>ab</sup>	67.04 ± 2.16 <sup>a</sup>	54.92 ± 4.61 <sup>b</sup>	63.28 ± 3.96 <sup>ab</sup>
白蛋白 ALB/(g/L)	42.87 ± 1.08 <sup>a</sup>	38.00 ± 1.35 <sup>b</sup>	41.07 ± 1.06 <sup>ab</sup>	40.53 ± 1.43 <sup>ab</sup>
尿素氮 UN/(mmol/L)	5.91 ± 0.75 <sup>b</sup>	6.18 ± 0.85 <sup>ab</sup>	6.54 ± 0.56 <sup>ab</sup>	6.82 ± 0.55 <sup>a</sup>
总蛋白 TP/(g/L)	72.74 ± 3.00 <sup>a</sup>	66.76 ± 0.58 <sup>b</sup>	68.44 ± 2.23 <sup>ab</sup>	69.38 ± 2.57 <sup>ab</sup>
乳酸脱氢酶 LDH/(U/L)	50.82 ± 3.08 <sup>ab</sup>	56.09 ± 2.97 <sup>a</sup>	44.97 ± 4.06 <sup>b</sup>	52.36 ± 2.85 <sup>ab</sup>
葡萄糖 GLU/(nmol/L)	40.80 ± 0.45	43.20 ± 3.08	43.00 ± 4.60	43.50 ± 6.22

## 2.6 精氨酸和谷氨酸对饲喂霉变饲料的育肥猪肉品质的影响

由表 8 可知,除系水力外,霉变饲料组肌肉 pH<sub>45 min</sub>、pH<sub>24 h</sub>、肉色、大理石纹评分、嫩度以及熟肉率均较对照组呈现下降趋势,其中嫩度显著下降 20.22% ( $P < 0.05$ )。精氨酸组嫩度较霉变组显著升高 ( $P < 0.05$ ),且高于对照组 ( $P < 0.05$ )。添加谷氨酸对肉品质的影响效果不显著 ( $P > 0.05$ )。

## 3 讨论

### 3.1 精氨酸和谷氨酸对饲喂霉变饲料的育肥猪生长性能的影响

霉菌毒素对动物的影响首先表现在生长性能

上<sup>[14]</sup>。从本试验结果来看,霉变饲料显著降低了育肥猪末重、平均日增重和平均日采食量。尽管在饲料中添加了精氨酸或谷氨酸,但也未能有效提高育肥猪生长性能。通常情况下,降低饲料中的蛋白质水平能引起动物生长性能的下降,氨基酸的种类和添加水平也是影响动物生长性能的重要因素。在本试验中添加 1% 精氨酸或 2% 谷氨酸均未能使育肥猪生长性能提高的原因可能是经霉变后的饲料适口性差,严重影响动物的采食量,大大降低了育肥猪的生长速度,也可能是霉菌毒素降低了育肥猪饲料中蛋白质的转化效率,单一的通过添加精氨酸或谷氨酸不能解决霉菌毒素对育肥猪生长性能的负面影响。

表 6 精氨酸和谷氨酸对饲喂霉变饲料的育肥猪血常规的影响

Table 6 Effects of Arg and Glu on blood routine of finishing pigs fed a contaminated diet

项目 Items	对照组 Control group	霉变组 Contaminated group	精氨酸组 Arg group	谷氨酸组 Glu group
白细胞数量 The number of WBC/( $10^9$ L <sup>-1</sup> )	13.600 ± 0.537 <sup>b</sup>	12.733 ± 0.353 <sup>b</sup>	15.700 ± 0.115 <sup>a</sup>	12.167 ± 0.467 <sup>b</sup>
淋巴细胞百分比 Percentage of LYM/%	66.167 ± 1.302	65.450 ± 2.251	55.900 ± 4.745	66.975 ± 0.572
中间值细胞百分比 Percentage of MO/%	4.400 ± 0.334 <sup>ab</sup>	4.080 ± 0.280 <sup>b</sup>	4.850 ± 0.287 <sup>ab</sup>	5.000 ± 0.071 <sup>a</sup>
中性粒细胞百分比 Percentage of GR/%	30.080 ± 2.373 <sup>ab</sup>	28.400 ± 1.301 <sup>b</sup>	37.933 ± 4.567 <sup>a</sup>	28.350 ± 0.222 <sup>b</sup>
淋巴细胞绝对值 Absolute value of LYM/( $10^9$ L <sup>-1</sup> )	8.725 ± 0.411	8.167 ± 0.088	9.125 ± 0.940	7.475 ± 0.287
中间值细胞绝对值 Absolute value of MO/( $10^9$ L <sup>-1</sup> )	0.550 ± 0.065 <sup>b</sup>	0.575 ± 0.025 <sup>b</sup>	0.700 ± 0.032 <sup>a</sup>	0.580 ± 0.020 <sup>b</sup>
中性粒细胞绝对值 Absolute value of GR/( $10^9$ L <sup>-1</sup> )	4.325 ± 0.368	4.125 ± 0.320	4.900 ± 0.200	4.050 ± 0.380
红细胞数量 The number of RBC/( $10^{12}$ L <sup>-1</sup> )	7.097 ± 0.292	6.673 ± 0.018	7.518 ± 0.596	7.253 ± 0.705
血红蛋白含量 HGB content/(g/L)	126.400 ± 4.895	124.000 ± 2.041	127.500 ± 9.743	124.667 ± 8.333
红细胞比积 HCT/%	33.920 ± 1.541	39.925 ± 2.411	44.060 ± 4.734	42.125 ± 3.500
平均红细胞体积 MCV/fL	58.800 ± 0.490 <sup>a</sup>	56.000 ± 0.548 <sup>b</sup>	56.000 ± 0.913 <sup>b</sup>	58.600 ± 0.678 <sup>a</sup>
平均红细胞血红蛋白浓度 MCHC/(g/L)	318.500 ± 3.428	310.667 ± 11.865	317.400 ± 2.619	319.750 ± 1.315
红细胞体积分布宽度 RDW/%	15.540 ± 0.569	16.140 ± 0.443	15.720 ± 0.574	14.540 ± 0.759
平均血小板体积 MPV/fL	10.700 ± 0.270 <sup>ab</sup>	10.350 ± 0.087 <sup>b</sup>	11.050 ± 0.409 <sup>ab</sup>	11.520 ± 0.415 <sup>a</sup>
血小板压积 PCT/%	0.300 ± 0.023 <sup>b</sup>	0.437 ± 0.058 <sup>a</sup>	0.370 ± 0.014 <sup>ab</sup>	0.307 ± 0.021 <sup>b</sup>

表 7 精氨酸和谷氨酸对饲喂霉变饲料的育肥猪抗氧化指标的影响

Table 7 Effects of Arg and Glu on anti-oxidant indexes of finishing pigs fed a contaminated diet

U/mL

项目 Items	对照组 Control group	霉变组 Contaminated group	精氨酸组 Arg group	谷氨酸组 Glu group
超氧化物歧化酶 SOD	38.50 ± 3.61 <sup>a</sup>	19.50 ± 0.89 <sup>c</sup>	25.00 ± 1.15 <sup>bc</sup>	35.75 ± 4.13 <sup>ab</sup>
谷胱甘肽过氧化物酶 GSH-Px	390.628 ± 2.786 <sup>bc</sup>	384.639 ± 2.338 <sup>c</sup>	413.036 ± 4.351 <sup>a</sup>	400.283 ± 3.347 <sup>b</sup>

### 3.2 精氨酸和谷氨酸对饲喂霉变饲料的育肥猪脏器指数的影响

脏器指数又称脏体比,是试验动物某脏器的重量与其体重之比值。正常情况下各脏器与体重的比值比较恒定。动物染毒后,受损脏器重量可以发生改变,脏器指数也随之而改变。因此,脏器指数是毒理试验中最为常用的一项指标。有研究报道,霉菌毒素进入体内能够影响肝脏、肾脏等器

官指数<sup>[15]</sup>,造成脏器损伤。在本试验中,霉变饲料造成肝脏和肾脏肥大增生,致使肝脏、肾脏指数升高;而脾脏产生萎缩等其他退行性改变,脾脏指数降低。大量研究已经证实,谷氨酸既能作为蛋白质合成的底物,又参与组织能量代谢<sup>[11,16]</sup>,对机体病理代谢起着重要的作用。在本试验中添加 2% 谷氨酸能够对肝脏、脾脏和肾脏起到显著的保护效果。而添加 1% 精氨酸对脏器的保护作用不显

著,这与周述旺等<sup>[17]</sup>报道的结果不一致。其原因可能是脏器病理机制不一,或是添加精氨酸含量不同造成的。

表 8 精氨酸和谷氨酸对饲喂霉变饲料的育肥猪肉品质的影响

Table 8 Effects of Arg and Glu on meat quality of finishing pigs fed a contaminated diet

项目 Items	对照组 Control group	霉变组 Contaminated group	精氨酸组 Arg group	谷氨酸组 Glu group
pH <sub>45 min</sub>	6.65 ± 0.14	6.47 ± 0.11	6.34 ± 0.12	6.36 ± 0.10
pH <sub>24 h</sub>	5.82 ± 0.06	5.76 ± 0.07	5.85 ± 0.08	5.75 ± 0.07
肉色 Meat color	2.90 ± 0.29	2.50 ± 0.27	3.17 ± 0.17	2.80 ± 0.20
大理石纹评分 Marbling score	3.13 ± 0.24	2.50 ± 0.31	2.80 ± 0.25	2.60 ± 0.10
嫩度 Tenderness/%	28.04 ± 0.62 <sup>b</sup>	22.37 ± 0.75 <sup>c</sup>	30.33 ± 0.69 <sup>a</sup>	24.22 ± 0.23 <sup>c</sup>
熟肉率 Cooking percentage/%	42.72 ± 0.71	42.12 ± 1.08	44.06 ± 0.79	42.62 ± 1.06
系水力 Water holding capacity%	37.93 ± 0.72	39.26 ± 2.02	39.88 ± 1.76	38.82 ± 2.36

### 3.3 精氨酸和谷氨酸对饲喂霉变饲料的育肥猪血清生化指标的影响

血清生理生化指标与代谢、营养及健康状况有着密切的联系,是反映动物机体生理机能的重要指标,也是临床医疗和科学研究的重要依据<sup>[18]</sup>。血清 GLU 含量和 LDH 活性能够反映机体受到应激的程度,在霉变饲料刺激下,霉变组血清 GLU 含量和 LDH 活性有所上升,而添加 1% 的精氨酸能够显著降低 LDH 的活性,缓解育肥猪对霉变饲料的应激。 $\gamma$ -GT 和 ALT 活性是反映肝脏病变的 2 个重要指标,TP 和 ALB 含量能够一定程度上反映肝脏的合成功能。大量研究表明,霉菌毒素能够影响血清生化指标,如 ALB、TP 含量及 ALT 活性等<sup>[19-20]</sup>。在本试验中,霉变组血清  $\gamma$ -GT 和 ALT 活性显著上升,TP 和 ALB 含量显著下降。由此可见,霉变饲料能够造成动物处于应激状态,且损坏肝脏功能,其原因可能是由于霉变饲料中黄曲霉毒素 B<sub>1</sub> 对肝脏的损坏作用<sup>[21]</sup>,或是黄曲霉毒素 B<sub>1</sub>、玉米赤霉烯酮、呕吐毒素、赭曲霉毒素以及伏马毒素 B<sub>1</sub> 中几种毒素的联合作用。在本试验中,添加 1% 精氨酸能够显著缓解由霉变饲料造成的 ALT 和 LDH 活性的升高,而谷氨酸的缓解效果不显著。

### 3.4 精氨酸和谷氨酸对饲喂霉变饲料的育肥猪血常规的影响

血常规分析包括对血液中红细胞、白细胞和血小板这 3 个血细胞系统进行检测和分析,而这 3 个血细胞系统与血浆共同组成了血液,血液经过人体血液循环系统,来参与和完成机体代谢的每

项功能活动。因此,血液对保证机体正常的功能调节、新陈代谢及体内外环境平衡起重要作用<sup>[22]</sup>。一些研究表明,玉米赤霉烯酮和呕吐毒素等霉菌毒素污染的饲料能够显著影响机体血常规<sup>[23-24]</sup>,如白细胞、红细胞、血小板数量以及血小板体积等。本试验结果表明,霉变饲料对红细胞体积和血小板压积具有显著影响,而添加精氨酸或谷氨酸对部分血常规具有一定的缓解效果,这与徐成等<sup>[25]</sup>报道的结果相一致。其作用机理可能是由于精氨酸和谷氨酸能够促进蛋白质的合成以及血液细胞的增殖和分化<sup>[26]</sup>。

### 3.5 精氨酸和谷氨酸对饲喂霉变饲料的育肥猪抗氧化指标的影响

正常情况下,动物机体抗氧化系统趋于平衡,当受到应激刺激后,超氧自由基产生增多以至超过了机体抗氧化物(SOD 和 GSH-Px 等)所能承受的范围,则抗氧化平衡被打破。当机体细胞长时间处于高浓度的超氧自由基的环境下,细胞会产生严重的氧化应激反应,从而造成细胞以及器官氧化损伤和炎症疾病<sup>[27-28]</sup>。本试验发现,饲喂霉变饲料能够显著降低 SOD 和 GSH-Px 活性,从而影响育肥猪血清抗氧化能力,造成氧化损伤。据报道,精氨酸能够增强机体的抗氧化能力,减少过氧化物的释放,改善脂质过氧化物反应<sup>[29]</sup>,而马现永等<sup>[30]</sup>报道,谷氨酸盐对动物机体抗氧化系统无影响。在本试验中,添加 1% 精氨酸能改善霉变饲料对抗氧化系统造成的影响,而添加 2% 谷氨酸也对抗氧化系统具有显著作用,这与马现永等<sup>[30]</sup>报道的结果不一致。其作用机制可能是由于精氨酸



和谷氨酸在体内分别能合成一氧化氮(NO)<sup>[31]</sup>和谷胱甘肽<sup>[32-33]</sup>,而NO和谷胱甘肽在维持机体氧化平衡中具有重要的作用。

### 3.6 精氨酸和谷氨酸对饲喂霉变饲料的育肥猪肉品质的影响

随着生活水平的提高,人们对畜禽产品品质尤其是肉品质的要求也越来越高。而有关霉变饲料对猪肉品质的影响鲜有报道。陈代文<sup>[34]</sup>报道,氨基酸、能量和蛋白质能影响猪肉品质,且三者的比例能影响胴体构成。在本试验中,霉变饲料对育肥猪肌肉 pH<sub>45 min</sub>、pH<sub>24 h</sub>、肉色、大理石纹评分、嫩度以及熟肉率均有一定程度的影响,其中嫩度下降 20.22%,而添加 2% 精氨酸能够显著缓解霉变饲料对育肥猪嫩度的影响。肉的嫩度反映了肉中肌原纤维、结缔组织以及肌肉脂肪的含水量、分布和化学结构。嫩度的下降势必会影响到猪肉口感。由此可见,霉变饲料能够影响猪肉品质,降低适口性,从而间接对食品工业造成负面影响。添加 1% 精氨酸能够显著提高猪肉的嫩度,但是谷氨酸对猪肉品质没有显著影响。

## 4 结论

综上所述,霉变饲料对育肥猪生长性能、脏器指数、血常规、血清生化、抗氧化指标以及肉品质都造成一定影响。而添加 1% 精氨酸或 2% 谷氨酸能够对霉变饲料造成的肝脏病变、氧化应激、血清生化指标及肉品质的变化起到一定的缓解作用。

### 参考文献:

- [1] BINDER E M, TAN L M, CHIN L J, et al. Worldwide occurrence of mycotoxins in commodities, feeds and feed ingredients[J]. *Animal Feed Science and Technology*, 2007, 137(3/4): 265-282.
- [2] RICHARD J L. Some major mycotoxins and their mycotoxicoses; an overview[J]. *International Journal of Food Microbiology*, 2007, 119(1/2): 3-10.
- [3] BINDER E M. Managing the risk of mycotoxins in modern feed production[J]. *Animal Feed Science and Technology*, 2007, 133(1/2): 149-166.
- [4] CHAYTOR A C, HANSEN J A, HEUGTEN E V, et al. Occurrence and decontamination of mycotoxins in swine feed[J]. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 2011, 24(5): 723-738.
- [5] FINK-GREMMELS J, MALEKINEJAD H. Clinical effects and biochemical mechanisms associated with exposure to the mycoestrogen zearalenone[J]. *Animal Feed Science and Technology*, 2007, 137(3/4): 326-341.
- [6] MORGAVI D P, RILEY R T. An historical overview of field disease outbreaks known or suspected to be caused by consumption of feeds contaminated with *Fusarium* toxins[J]. *Animal Feed Science and Technology*, 2007, 137(3/4): 201-212.
- [7] VOAA K A, SMITH G W, HASCHEK W M. Fumonins: toxicokinetics, mechanism of action and toxicity[J]. *Animal Feed Science and Technology*, 2007, 137(3/4): 299-325.
- [8] HUSSEIN H S, BRASEL J M. Toxicity, metabolism, and impact of mycotoxins on humans and animals[J]. *Toxicology*, 2001, 167(2): 101-134.
- [9] FOKUNANG C N, TEMBE-FOKUNANG E A, TOMKINS P, et al. Global impact of mycotoxins on human and animal health management[J]. *Outlook on Agriculture*, 2006, 35(4): 247-253.
- [10] KIM S W, MCPHERSON R L, WU G. Dietary arginine supplementation enhances the growth of milk-fed young pigs[J]. *The Journal of Nutrition*, 2004, 134(3): 625-630.
- [11] YOUNG V R, AJAMI A M. Glutamate: an amino acid of particular distinction[J]. *The Journal of Nutrition*, 2000, 130(4): 892S-900S.
- [12] YAO K, YIN Y L, CHU W, et al. Dietary arginine supplementation increases mTOR signaling activity in skeletal muscle of neonatal pigs[J]. *The Journal of Nutrition*, 2008, 138(5): 867-872.
- [13] LIU Y L, MENGA G Q, WANG H R, et al. Effect of three mycotoxin adsorbents on growth performance, nutrient retention and meat quality in broilers fed on mould-contaminated feed[J]. *British Poultry Science*, 2011, 52(2): 255-263.
- [14] JIANG Q, WALDROUP P W, FRITTS C A. Improving the utilization of diets low in crude protein for broiler chicken; 1. evaluation of special amino acid supplementation to diets low in crude protein[J]. *International Journal of Poultry Science*, 2005, 4(3): 115-122.
- [15] CHAYTOR A C, SEE M T, HANSEN J A, et al. Effects of chronic exposure of diets with reduced concentrations of aflatoxin and deoxynivalenol on growth and immune status of pigs[J]. *Journal of Animal Science*, 2011, 89(1): 124-135.



- [16] WATFORD M. Glutamine metabolism and function in relation to proline synthesis and the safety of glutamine and proline supplementation[J]. *The Journal of Nutrition*, 2008, 138(10):2003S-2007S.
- [17] 周述旺, 屈会起. L-精氨酸在肾脏疾病中的应用研究现状[J]. *天津医药*, 2001(9):574-576.
- [18] 伍力, 耿梅梅, 王文策, 等. 哺乳藏仔猪发育期血液生化指标动态变化规律研究[J]. *西南农业学报*, 2010, 23(2):570-575.
- [19] BERGSJØ B, LANGSETH W, NAFSTAD I, et al. The effects on naturally deoxynivalenol-contaminated oats on the clinical condition, blood parameters, performance and carcass composition of growing pigs[J]. *Veterinary Research Communications*, 1993, 17(4):283-294.
- [20] NYBLOM H, BERGGREN U, BALLDIN J, et al. High AST/ALT ratio may indicate advanced alcoholic liver disease rather than heavy drinking[J]. *Alcohol and Alcoholism*, 2004, 39(4):336-339.
- [21] 史莹华, 方丽云, 孙宇, 等. 黄曲霉毒素对猪生长性能及肝脏功能的影响[J]. *西北农林科技大学学报:自然科学版*, 2007(6):55-59.
- [22] 张宇. 血常规检测的临床意义[J]. *中国医药指南*, 2012(17):390-391.
- [23] 赵青, 何敏, 剡海阔, 等. 呕吐毒素不同给药方式对猪血常规指标的影响[J]. *中国畜牧兽医*, 2010, 37(4):47-50.
- [24] 梁梓森, 刘长永, 马勇江, 等. 玉米赤霉烯酮对小鼠血常规及血液生化指标的影响[J]. *动物医学进展*, 2010, 31(5):79-82.
- [25] 徐成, 郭光华, 詹剑华, 等. 强化精氨酸肠内营养对烧伤患者安全性的影响[J]. *江西医学院学报*, 2009, 49(5):64-70.
- [26] WU G, KNABE D A, FLYNN N E. *Biology of metabolism in growing animals* [M]. Oxford: Elsevier Science Ltd, 2005:107-126.
- [27] FINKEL T. Oxidant signals and oxidative stress[J]. *Current Opinion Cell Biology*, 2003, 15(2):247-254.
- [28] BUETLER T M, KRAUSKOPF A, RUEGG U T. Role of superoxide as a signaling molecule[J]. *Physiological*, 2004, 19(3):120-123.
- [29] 吴琛, 刘俊锋, 孔祥峰, 等. 饲料精氨酸与丙氨酸对环江香猪肉质、氨基酸组成及抗氧化功能的影响[J]. *动物营养学报*, 2012, 24(3):528-533.
- [30] 马现永, 周桂莲, 林映才, 等. 饲料中添加谷氨酸钠对黄羽肉鸡生长性能及肉品风味的影响[J]. *动物营养学报*, 2011, 23(3):410-416.
- [31] ANDREW P J, MAYER B. Enzymatic function of nitric oxide synthases [J]. *Cardiovascular Research*, 1999, 43(3):521-531.
- [32] REEDS P J, BURRIN D G, STOLL B, et al. Enteral glutamate is the preferential source for mucosal glutathione synthesis in fed piglets[J]. *American Journal of Physiology Endocrinology and Metabolism*, 1997, 273(2):E408-E415.
- [33] WU G, FANG Y Z, YANG S, et al. Glutathione metabolism and its implications for health[J]. *The Journal of Nutrition*, 2004, 134(3):489-492.
- [34] 陈代文. 猪肉品质的营养调控研究进展[C]//中国畜牧兽医学会. 第一届中国养猪生产和疾病控制技术大会——2005中国畜牧兽医学会学术年会论文集. 北京:中国农业出版社, 2005.

## Attenuating Effects of Glutamate and Arginine on Damage of Finishing Pig Fed a Contaminated Diet

CHEN Minghong<sup>1,2</sup> DUAN Jieli<sup>3</sup> YIN Jie<sup>2,4</sup> LIU Jinyan<sup>3</sup> LI Tiejun<sup>2\*</sup> FANG Jun<sup>1\*</sup>

(1. *College of Bioscience and Technology, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China*; 2. *Key Laboratory of Animal Nutritional Physiology and Metabolic Process, Institute of Subtropical Agriculture, Chinese Academy of Sciences, Changsha 410125, China*; 3. *College of Animal Science and Technology, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China*; 4. *University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China*)

**Abstract:** This study was conducted to test the effects of a contaminated diet on growth performance, visceral indexes, blood routine, serum biochemical indexes, anti-oxidant indexes and meat quality of finishing pigs,

and the attenuating effects of dairy 1% arginine (Arg) and 2% glutamate (Glu) on the damage challenged by the contaminated diet. A total of 20 finishing pigs (Landrace × Large White) with an average initial body weight of  $(55.0 \pm 1.50)$  kg were randomly allocated to 4 groups which were control group receiving an uncontaminated basal diet, contaminated group receiving the basal diet after mildew processing, Arg group receiving the contaminated diet and 1% Arg, and Glu group receiving the contaminated diet and 2% Glu, and each group had 5 replicates with 1 pigs each. The experiment lasted for 60 d. The results showed as follows: 1) compared with control group, final weight, average daily gain and average daily feed intake of finishing pigs in contaminated group were significantly decreased ( $P < 0.05$ ), but the supplementation of Arg or Glu could not increase the growth performance. 2) Compared with control group, liver index in contaminated group was significantly increased and spleen index was significantly decreased ( $P < 0.05$ ). Compared with contaminated group, liver index in Glu group was significantly decreased and spleen index was significantly increased ( $P < 0.05$ ). 3) Compared with control group, serum  $\gamma$ -glutamine transferase activity in contaminated group was significantly increased ( $P < 0.05$ ), and albumin and total protein contents were significantly decreased ( $P < 0.05$ ). Compared with contaminated group, serum alanine transaminase and lactate dehydrogenase activities in Arg group were significantly decreased ( $P < 0.05$ ). 4) Compared with control group, mean red cell volume in contaminated group was significantly decreased ( $P < 0.05$ ), and thrombocytocrit was significantly increased ( $P < 0.05$ ). Compared with contaminated group, the percentage of neutrophil granulocyte and mononuclear cells absolute value in Arg group were significantly increased ( $P < 0.05$ ); the percentage of mononuclear cells, mean red cell volume and mean platelet volume in Glu group were significantly increased ( $P < 0.05$ ), and thrombocytocrit was significantly decreased ( $P < 0.05$ ). 5) Compared with control group, serum superoxide dismutase (SOD) activity in contaminated group was significantly decreased ( $P < 0.05$ ). Compared with contaminated group, serum glutathione peroxidase activity in Glu group and Arg group was significantly increased ( $P < 0.05$ ), and SOD activity in Glu group was also significantly increased ( $P < 0.05$ ). 6) Compared with control group, muscle tenderness in contaminated group was significantly decreased by 20.22% ( $P < 0.05$ ). Compared with contaminated group, muscle tenderness in Arg group was significantly increased ( $P < 0.05$ ) and significantly higher than that in control group ( $P < 0.05$ ). In conclusion, the supplementation of 1% Arg or 2% Glu can alleviate the damage of organ, antioxidant system, and meat quality of finishing pigs challenged by the contaminated diet. [*Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2013, 25 (9): 2101-2110]

**Key words:** contaminated diet; finishing pig; arginine; glutamate