

霉菌毒素吸附剂对西门塔尔育肥牛屠宰性能、血清生化指标、肉品质及组织中霉菌毒素残留的影响

李瑞银¹ 李秋凤^{1*} 张 杰² 曹玉凤^{1*} 李建国¹ 沈宜钊¹ 张秀江³

(1.河北农业大学动物科技学院,保定 071001;2.天津嘉立荷牧业集团有限公司,天津 301800;

3.保定市农业农村局,保定 071000)

摘 要: 本试验旨在研究霉菌毒素吸附剂对西门塔尔育肥牛屠宰性能、血清生化指标、肉品质及组织中霉菌毒素残留的影响。选择体重 $[(365.64 \pm 28.66) \text{ kg}]$ 相近、体况良好的西门塔尔育肥牛 32 头,随机分成 2 组,每组 16 头。2 组分别在全混合日粮(TMR)基础上添加 0(对照组)、0.2 g/kg DM(试验组)霉菌毒素吸附剂。预试期 7 d,正试期 193 d。结果表明:1)试验第 168 天,与对照组相比,试验组血清中尿素氮(UN)含量显著降低了 10.94% ($P < 0.05$),血清中谷丙转氨酶(ALT)活性极显著降低了 44.26% ($P < 0.01$)。2)与对照组相比,试验组肝脏中黄曲霉毒素 B_1 (AFB_1)、呕吐毒素(DON)含量分别极显著降低了 22.36%、40.59% ($P < 0.01$),试验组肌肉中 AFB_1 、DON 含量分别显著降低了 58.81%、26.31% ($P < 0.05$)。3)饲粮中添加霉菌毒素吸附剂对屠宰性能无显著影响($P > 0.05$)。4)饲粮中添加霉菌毒素吸附剂对肉品质和常规营养成分无显著影响($P > 0.05$)。5)饲粮中添加霉菌毒素吸附剂对背最长肌脂肪酸含量无显著影响($P > 0.05$)。综上所述,饲粮中添加 0.2 g/kg DM 霉菌毒素吸附剂对西门塔尔育肥牛屠宰性能和肉品质无显著影响,降低了血清中 UN 含量和 ALT 活性,减少了肌肉和肝脏中霉菌毒素残留,改善了肝脏健康状况。

关键词: 霉菌毒素吸附剂;屠宰性能;肉品质;霉菌毒素残留

中图分类号:S823

文献标识码:A

文章编号:1006-267X(2021)10-5738-11

随着畜牧业的发展,养殖过程中霉菌毒素污染的问题日益受到重视。霉菌毒素不仅损伤动物肝脏,降低动物免疫力、繁殖性能、饲料转化率,还可残留于肉、蛋、奶等产品中,危害人体健康^[1]。黄曲霉毒素 B_1 (AFB_1)经过机体代谢,在肝脏中与细胞 DNA 鸟嘌呤上的第 7 位氮原子共价结合形成加合物,该加合物可改变细胞 DNA 结构,导致 DNA 损伤,TP53 基因的第 249 位密码子突变并诱发肝癌^[2-3]。同时也有研究指出,黄曲霉毒素还与 B 型、C 型乙肝,肾脏病变,免疫系统病变有关^[4]。

研究表明,雏鸡采食含有 6 400 $\mu\text{g/kg}$ AFB_1 的饲粮后,肝脏和肌肉中 AFB_1 残留量分别为 6.97、3.27 ng/g ^[5];猪采食含有 286.6 $\mu\text{g/kg}$ AFB_1 的饲粮后,肝脏、肾脏、背最长肌中 AFB_1 残留量分别为 0.69、0.15、0.05 $\mu\text{g/kg}$ ^[6]; AFB_1 经羟基化作用转化成黄曲霉毒素 M_1 (AFM_1),其在动物性产品牛奶中含量最高,牛奶中 AFM_1 含量与饲粮中 AFB_1 含量存在正相关关系,当饲粮中 AFB_1 含量达到 3 $\mu\text{g/kg}$ 时,牛奶中 AFM_1 含量会达到 0.5 $\mu\text{g/L}$ ^[7]。因此,寻找一种安全有效的降解霉

收稿日期:2021-03-16

基金项目:国家重点研发计划(2018YDF0501805);河北省二期现代农业产业技术体系肉牛创新团队高效养殖岗位建设项目(HBCT2018130202);国家现代农业产业技术体系(CARS-37)

作者简介:李瑞银(1995—),女,河北赤城人,硕士研究生,从事反刍动物营养与饲料研究。E-mail: 18331090933@163.com

* 通信作者:李秋凤,教授,硕士生导师,E-mail: lqf582@126.com;曹玉凤,教授,硕士生导师,E-mail: cyf278@126.com

菌毒素的措施不仅是畜牧业发展亟待解决的问题,同时也是保证人类食品安全的重要举措。目前,去除霉菌毒素应用最多的方法是添加霉菌毒素吸附剂。白阳等^[8]研究发现,添加 20 g/(头·d)霉菌毒素吸附剂对奶牛产奶量无显著影响,但牛奶中 AFM₁、玉米赤霉烯酮(ZEA)含量分别降低了 13.36%、8.64%,血清中 AFM₁、ZEA 含量分别降低了 20.00%、14.62%。赵佳琦等^[9]研究报道,饲粮添加 0.1% 蒙脱石霉菌毒吸附剂,牦牛增重提高了 42.65%。但目前有关霉菌毒素吸附剂对西门塔尔育肥牛屠宰性能、肉品质以及组织中霉菌毒素残留影响的研究鲜有报道。因此,本试验通过在饲粮中添加霉菌毒素吸附剂,研究其对西门塔尔育肥牛屠宰性能、肉品质及组织中霉菌毒素残留的影响,以期霉菌毒素吸附剂在西门塔尔育肥牛上的应用提供技术参考及理论指导。

1 材料与方法

1.1 试验时间与地点

本试验于 2019 年 11 月至 2020 年 6 月在河北省保定市定兴燕园肉牛养殖有限公司进行。试验共 200 d,其中预试期 7 d,正试期 193 d。

1.2 试验动物与试验设计

试验采用完全随机设计,选择 32 头体重 [(365.64±28.66) kg] 相近、体况良好、膘情正常的西门塔尔育肥牛,随机分为 2 组,每组 16 头。2 组分别在全混合日粮(TMR)基础上添加 0(对照组)、0.2 g/kg DM(试验组)霉菌毒素吸附剂(由瑞士某公司提供)。霉菌毒素吸附剂于每天早晨一次性投喂到试验牛 TMR 中,其他饲养管理方式不变。基础饲粮参考《日本饲养标准·肉用牛》(2008)及我国《肉牛饲养标准》(NY/T 815—2004)配制,基础饲粮组成及营养水平见表 1。

表 1 基础饲粮组成及营养水平(干物质基础)

Table 1 Composition and nutrient levels of the basal diet (DM basis)		%
项目 Items	含量 Content	
原料 Ingredients		
玉米 Corn	16.76	
麸皮 Wheat bran	7.23	
米糠 Rice bran	6.75	
豆粕 Soybean meal	2.50	

续表 1

项目 Items	含量 Content
棉籽粕 Cottonseed meal	5.59
菜籽粕 Rapeseed meal	3.73
棕榈粕 Palm meal	3.51
干酒糟及其可溶物 DDGS	6.15
玉米胚芽粕 Corn germ meal	4.97
预混料 Premix ¹⁾	2.25
磷酸氢钙 CaHPO ₄	1.37
小苏打 NaHCO ₃	1.16
食盐 NaCl	1.03
石粉 Limestone	0.82
全株玉米青贮 Whole corn silage	26.31
稻草 Rice straw	9.87
合计 Total	100.00
营养水平 Nutrient levels ²⁾	
综合净能 NE _{mf} /(MJ/kg)	6.03
粗蛋白质 CP	14.35
中性洗涤纤维 NDF	36.77
酸性洗涤纤维 ADF	20.67
钙 Ca	0.56
总磷 TP	0.38

1) 每千克预混料含 One kilogram of the premix contained: VA 70 000~130 000 IU, VD₃ 100 000~130 000 IU, VE 1 100~1 900 IU, VB₁ 690 mg, 烟酰胺 nicotinamide 750 mg, Cu 0.24 g, Mn 1.7 g, I 33 mg, Se 11 mg, Co 28 mg。

2) 综合净能为计算值,其他为实测值。NE_{mf} was a calculated value, while the others were measured values.

1.3 饲养管理

试验牛只饲养管理条件一致。采用栓系饲养,每天饲喂 2 次 TMR,自由采食、饮水,每天清理料槽、水槽。试验开始前对牛舍彻底清理消毒,以后每 15 d 对牛舍消毒 1 次。

1.4 样品采集及测定

1.4.1 饲粮、肝脏及肌肉中霉菌毒素含量

按照《饲料采样》(GB/T 14699.1—2005)方法采集试验第 1 天、第 30 天、第 60 天、第 90 天、第 120 天、第 150 天、第 180 天的 TMR 样品,送至河北玖辛检测技术服务有限公司测定样品中 AFB₁、ZEN、呕吐毒素(DON)的含量。屠宰后每组随机选择 6 头牛采集肝脏和肌肉样品,之后马上送至河北玖辛检测技术服务有限公司测定样品中 AFB₁、ZEN、DON 的含量。

1.4.2 血清生化指标

于试验开始第 1 天、第 84 天、第 168 天晨饲前

对试验牛进行颈静脉采血 10 mL, 37 ℃ 水浴 30 min, 然后 1 240×g 离心 15 min, 将血清分别分装于 0.5 mL 离心管中, -20 ℃ 保存待测。

血清中葡萄糖 (GLU)、尿素氮 (UN)、总胆固醇 (TC)、甘油三酯 (TG) 含量采用全自动生化分析仪 (BS-420, 深圳迈瑞生物医疗电子股份有限公司), 并按照中生北控生物科技股份有限公司所提供的试剂盒说明书测定。血清中谷丙转氨酶 (ALT)、谷草转氨酶 (AST) 活性及生长激素 (GH) 含量使用酶联免疫吸附测定 (ELISA) 试剂盒 (南京建成生物工程研究所), 在酶标仪 (MK3, 芬兰雷勃公司) 上测定。

1.4.3 屠宰性能

在试验期末对试验牛称重, 每组随机选择接近平均体重的 6 头试验牛, 禁食 24 h 后屠宰, 测定宰前活重、胴体重、净肉重、骨重, 计算屠宰率、净肉率、胴体产肉率:

屠宰率 (%) = $100 \times \text{胴体重} / \text{宰前活重}$;

净肉率 (%) = $100 \times \text{净肉重} / \text{宰前活重}$;

胴体产肉率 (%) = $100 \times \text{净肉重} / \text{胴体重}$ 。

1.4.4 肉品质

屠宰之后取第 12、13 肋间横截面处 1 kg 左右的肉样用来测定肉品质, 包括 pH、失水率、剪切力、肉色。

pH: 排酸后 48 h 使用手持式 UB-7 型酸度计 (美国丹佛公司) 进行多位点测定, 每个肉样测定 3 次, 最后求平均值。

失水率: 垂直肌纤维方向切取厚为 1.0 cm、直径为 2.5 cm 的肉样, 称重 (m_1)。将样品置于 2 层纱布中间, 两侧各加 18 张滤纸, 用压力仪给肉样施加 35 kg 压力, 保持 5 min 后取出肉样, 称重 (m_2), 计算失水率:

失水率 (%) = $100 \times (m_1 - m_2) / m_1$ 。

蒸煮损失: 将肉块切成长方体 (长 6.0 cm、宽 3.0 cm) 肉样, 称重 (m_1), 将样品装进蒸煮袋中放入 80 ℃ 的水浴中加热, 等肉块的中心温度达到 70 ℃ 时取出, 待室温称重 (m_2)。

蒸煮损失 (%) = $100 \times (m_1 - m_2) / m_1$ 。

肉色: 肉样采集之后氧化 45 min, 采用色差计对肉色的亮度 (L^*)、红度 (a^*)、黄度 (b^*) 值进行测定, 测定 3 次取平均值。

1.4.5 肌肉常规营养成分

取肉样切薄片, 用冷冻干燥机冷冻干燥 48 h, 记录冻干前后重量, 计算冻干水分。冻干肉样粉碎过 40 目筛。水分含量采用冷冻干燥法测定, 粗蛋白质含量采用凯氏定氮法测定, 粗脂肪含量采用索氏提取法测定, 粗灰分含量采用高温灰化法测定。

1.4.6 背最长肌中脂肪酸组成及含量

称取 0.5 g 干燥粉碎好的背最长肌风干肉样放置于 15 mL 塑料离心管中; 用移液枪向离心管中加入 3 mL 苯与石油醚的混合物 (苯与石油醚等体积混匀), 混匀后放在避光干燥处静置 24 h; 向离心管中加入 3 mL 0.5 mol/L 的氢氧化钠-甲醇溶液, 混匀后放在 30 ℃ 水浴锅中水浴 20 min 后取出 (甲酯化反应); 最后用移液枪向离心管中加入少量纯化水, 静置, 等待溶液分层, 随后用移液枪吸取上层清液于 5 mL 离心管中, -80 ℃ 保存, 用安捷伦气相色谱仪测定背最长肌肉中脂肪酸组成及含量。

安捷伦气相色谱仪条件: 色谱柱型号为 HP-88, 100 mm×0.250 mm×0.2 μm; 进样口温度为 260 ℃; 检测器 (FID) 温度为 260 ℃; 升温程序为 100 ℃ 保持 5 min, 然后以 4 ℃/min 的速度将温度升到 240 ℃, 在 240 ℃ 保持 30 min; 载气为氮气; 流速为 20 mL/min。

1.5 数据统计与分析

应用 SPSS 19.0 软件中的独立样本 t 检验程序进行数据分析。试验结果以平均值和均值标准误 (SEM) 表示, $P < 0.05$ 为差异显著, $P < 0.01$ 为差异极显著。

2 结 果

2.1 饲粮中霉菌毒素含量

由表 2 可知, 本试验所用的饲粮中 AFB₁ 含量平均值为 9.39 μg/kg, ZEN 含量平均值为 185.86 μg/kg, DON 含量平均值为 192.43 μg/kg。根据《饲料卫生标准》(GB 13078—2017), 我国对 3 种霉菌毒素的相关限量标准为: AFB₁ 含量不得高于 10 μg/kg, ZEN 含量不得高于 500 μg/kg, DON 含量不得高于 1 000 μg/kg。本试验测得的饲粮中 AFB₁、ZEN、DON 含量均在安全范围以内。

表 2 饲粮中霉菌毒素含量

Table 2 Mycotoxin content in diet

μg/kg

项目 Items	采样时间 Sampling time							平均值 Mean	限量标准 Limited standard
	第 1 天 Day 1	第 30 天 Day 30	第 60 天 Day 60	第 90 天 Day 90	第 120 天 Day 120	第 150 天 Day 150	第 180 天 Day 180		
黄曲霉毒素 B ₁ AFB ₁	7.19	6.21	11.39	13.60	8.88	9.06	9.38	9.39	10
玉米赤霉烯酮 ZEN	116.00	119.00	184.00	186.00	193.00	244.00	259.00	185.86	500
呕吐毒素 DON	133.00	147.00	192.00	209.00	221.00	219.00	226.00	192.43	1 000

2.2 霉菌毒素吸附剂对西门塔尔育肥牛血清生化指标的影响

由表 3 可知, 试验第 84 天, 2 组之间血清中 GLU、UN、TG、TC、GH 含量及 AST、ALT 活性无

显著差异 ($P>0.05$)。试验第 168 天, 与对照组相比, 试验组血清中 UN 含量显著降低了 10.94% ($P<0.05$), 血清中 ALT 活性极显著降低了 44.26% ($P<0.01$)。

表 3 霉菌毒素吸附剂对西门塔尔育肥牛血清生化指标的影响

Table 3 Effects of mycotoxin adsorbent on serum biochemical parameters of Simmental fattening cattle

项目 Items	对照组 Control group	试验组 Test group	SEM	<i>P</i> 值 <i>P</i> -value
葡萄糖 GLU/(mmol/L)				
第 1 天 Day 1	4.55±0.13	4.93±0.57	0.586	0.535
第 84 天 Day 84	3.71±0.01	3.81±0.04	0.043	0.076
第 168 天 Day 168	5.12±0.25	5.19±0.26	0.360	0.855
尿素氮 UN/(mmol/L)				
第 1 天 Day 1	7.05±0.60	6.32±1.15	1.303	0.595
第 84 天 Day 84	7.09±0.07	6.72±0.25	0.255	0.227
第 168 天 Day 168	7.77±0.16 ^a	6.92±0.12 ^b	0.202	0.014
甘油三酯 TG/(mmol/L)				
第 1 天 Day 1	1.38±0.17	1.57±0.28	0.328	0.570
第 84 天 Day 84	1.59±0.03	1.49±0.05	0.054	0.135
第 168 天 Day 168	1.54±0.04	1.51±0.02	0.045	0.545
总胆固醇 TC/(mmol/L)				
第 1 天 Day 1	5.67±0.17	5.83±0.31	0.352	0.658
第 84 天 Day 84	5.89±0.08	5.78±0.12	0.145	0.503
第 168 天 Day 168	5.88±0.14	5.63±0.04	0.149	0.159
谷草转氨酶 AST/(U/L)				
第 1 天 Day 1	108.22±14.90	83.81±16.27	22.064	0.301
第 84 天 Day 84	83.29±6.56	74.16±6.72	9.388	0.386
第 168 天 Day 168	132.07±9.70	105.39±4.22	10.582	0.065
谷丙转氨酶 ALT/(U/L)				
第 1 天 Day 1	95.90±9.05	80.10±12.17	15.165	0.328
第 84 天 Day 84	77.77±1.97	70.90±3.46	3.986	0.160
第 168 天 Day 168	109.24±3.29 ^A	63.07±5.36 ^B	6.283	0.002
生长激素 GH/(μg/L)				
第 1 天 Day 1	37.65±3.67	30.60±1.96	4.160	0.129

续表 3

项目 Items	对照组 Control group	试验组 Test group	SEM	<i>P</i> 值 <i>P</i> -value
第 84 天 Day 84	34.31±2.37	30.31±0.92	2.542	0.190
第 168 天 Day 168	44.74±1.84	44.84±1.65	2.473	0.971

同行数据肩标不同小写字母表示差异显著 ($P<0.05$), 不同大写字母表示差异极显著 ($P<0.01$), 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 small letter superscripts mean significant difference ($P<0.05$), and with different capital letter superscripts mean extremely significant difference ($P<0.01$), while with the same or no letter superscripts mean no significant difference ($P>0.05$). The same as below.

2.3 霉菌毒素吸附剂对西门塔尔育肥牛肝脏及肌肉中霉菌毒素残留的影响

40.59% ($P<0.01$), 肝脏中 ZEN 含量无显著差异 ($P>0.05$)。与对照组相比, 试验组肌肉中 AFB₁、DON 含量分别显著降低了 58.81%、26.31% ($P<0.05$), 肌肉中 ZEN 含量无显著差异 ($P>0.05$)。

由表 4 可知, 与对照组相比, 试验组肝脏中 AFB₁、DON 含量分别极显著降低了 22.36%、

表 4 霉菌毒素吸附剂对西门塔尔育肥牛肝脏及肌肉中霉菌毒素残留的影响

Table 4 Effects of mycotoxin adsorbent on mycotoxin residue in liver and muscle of Simmental fattening cattle

项目 Items	对照组 Control group	试验组 Test group	SEM	<i>P</i> 值 <i>P</i> -value
肝脏 Liver/($\mu\text{g/kg}$)				
黄曲霉毒素 B ₁ AFB ₁	66.42±1.54 ^A	51.57±0.90 ^B	1.785	0.001
玉米赤霉烯酮 ZEN	80.70±1.40	80.43±1.48	2.034	0.898
呕吐毒素 DON	66.62±1.04 ^A	39.58±0.85 ^B	1.338	0.001
肌肉 Muscle/($\mu\text{g/g}$)				
黄曲霉毒素 B ₁ AFB ₁	28.33±5.43 ^a	11.67±4.01 ^b	6.749	0.033
玉米赤霉烯酮 ZEN	83.33±5.58	81.67±4.77	7.341	0.825
呕吐毒素 DON	63.33±4.22 ^a	46.67±3.33 ^b	5.375	0.011

2.4 霉菌毒素吸附剂对西门塔尔育肥牛屠宰性能的影响

重、骨重、屠宰率、胴体产肉率、净肉率、肉骨比无显著差异 ($P>0.05$)。

由表 5 可知, 2 组之间宰前活重、胴体重、净肉

表 5 霉菌毒素吸附剂对西门塔尔育肥牛屠宰性能的影响

Table 5 Effects of mycotoxin adsorbent on slaughter performance of Simmental fattening cattle

项目 Items	对照组 Control group	试验组 Test group	SEM	<i>P</i> 值 <i>P</i> -value
宰前活重 Live weight before slaughter/kg	677.67±4.89	668.50±5.08	7.049	0.223
胴体重 Carcass weight/kg	401.47±4.96	391.37±2.51	5.556	0.110
净肉重 Net meat weight/kg	354.77±7.57	347.47±2.84	8.091	0.388
骨重 Bone weight/kg	46.70±3.07	43.90±4.42	5.377	0.614
屠宰率 Dressing percentage/%	59.23±0.35	59.59±0.48	0.595	0.559
胴体产肉率 Carcass production percentage/%	88.40±0.62	88.81±1.07	1.236	0.746
净肉率 Net meat percentage/%	52.36±0.56	52.90±0.56	0.790	0.505
肉骨比 Meat-bone ratio	7.75±0.49	8.30±0.77	0.914	0.562

2.5 霉菌毒素吸附剂对西门塔尔育肥牛肉品质和常规营养成分的影响

损失、pH、肉色无显著差异($P>0.05$)。2 组之间背最长肌中水分、粗灰分、粗脂肪、粗蛋白质含量无

由表 6 可知,2 组之间背最长肌失水率、蒸煮

显著差异($P>0.05$)。

表 6 霉菌毒素吸附剂对西门塔尔育肥牛肉品质和常规营养成分的影响

Table 6 Effects of mycotoxin adsorbent on meat quality and common nutrition component of Simmental fattening cattle				
项目 Items	对照组 Control group	试验组 Test group	SEM	P 值 P-value
失水率 Water loss rate/%	26.23±1.29	27.49±2.16	2.515	0.626
蒸煮损失 Cooking loss/%	26.67±1.56	27.70±1.77	2.361	0.673
pH	5.51±0.01	5.56±0.02	0.022	0.072
肉色 Meat color	亮度 L *	29.36±0.62	0.746	0.921
	红度 a *	14.17±0.47	0.754	0.630
	黄度 b *	3.35±0.31	0.491	0.973
水分 Moisture	74.11±0.14	73.45±0.40	0.423	0.192
粗灰分 Ash	1.16±0.03	1.12±0.03	0.043	0.475
粗脂肪 EE	2.02±0.26	2.84±0.32	0.411	0.075
粗蛋白质 CP	20.98±0.29	21.11±0.10	0.304	0.694

2.6 霉菌毒素吸附剂对西门塔尔育肥牛背最长肌脂肪酸含量的影响

均无显著差异($P>0.05$),单不饱和脂肪酸/饱和脂

由表 7 可知,本试验背最长肌中总共检测出

17 种脂肪酸,2 组之间背最长肌中各脂肪酸含量

脂肪酸(MUFA/SFA)、多不饱和脂肪酸/饱和脂肪酸(PUFA/SFA)也无显著差异($P>0.05$)。

表 7 霉菌毒素吸附剂对西门塔尔育肥牛背最长肌脂肪酸含量的影响

Table 7 Effects of mycotoxin adsorbent on <i>longissimus dorsum</i> fatty acid contents of Simmental fattening cattle				%
项目 Items	对照组 Control group	试验组 Test group	SEM	P 值 P-value
饱和脂肪酸 SFA	48.82±2.73	51.98±0.75	3.091	0.333
己酸 C6:0	1.03±0.04	1.30±0.15	0.140	0.088
十五烷酸 C15:0	3.89±0.28	4.37±0.46	0.514	0.371
棕榈酸 C16:0	40.20±2.40	42.12±0.84	2.765	0.504
硬脂酸 C18:0	1.04±0.06	0.93±0.04	0.071	0.152
山嵛酸 C22:0	0.51±0.03	0.43±0.11	0.107	0.445
二十三烷酸 C23:0	2.15±0.10	2.83±0.43	0.407	0.129
单不饱和脂肪酸 MUFA	32.52±1.25	33.77±0.16	1.387	0.390
十五碳烯酸 C15:1	0.93±0.20	1.19±0.19	0.278	0.370
顺-9-十六碳一烯酸甲酯 C16:1	0.35±0.02	0.34±0.01	0.020	0.616
顺-10-十七碳一烯酸甲酯 C17:1	5.24±0.68	6.54±0.44	0.853	0.161
反油酸 C18:1n9t	0.78±0.07	0.73±0.03	0.078	0.536
油酸 C18:1n9c	24.83±1.13	24.55±0.63	1.370	0.842
花生一烯酸 C20:1	0.39±0.04	0.53±0.16	0.139	0.340
多不饱和脂肪酸 PUFA	14.43±0.59	14.25±0.82	0.989	0.860
α-亚麻酸 C18:3n3	3.48±0.48	2.60±0.22	0.530	0.140
亚油酸 C18:2n6c	2.01±0.16	1.99±0.16	0.227	0.945
十八碳四烯酸 C18:4n6	0.47±0.05	0.42±0.03	0.059	0.908

续表 7

项目 Items	对照组 Control group	试验组 Test group	SEM	P 值 P-value
顺,顺,顺-6,9,12-十八碳三烯酸甲酯 C18:3n6	8.06±0.39	8.68±0.99	0.992	0.552
花生四烯酸 C20:4n6	0.40±0.02	0.56±0.08	0.076	0.066
单不饱和脂肪酸/饱和脂肪酸 MUFA/SFA	0.67±0.02	0.65±0.01	0.022	0.439
多不饱和脂肪酸/饱和脂肪酸 PUFA/SFA	0.27±0.02	0.30±0.01	0.024	0.313

3 讨 论

3.1 霉菌毒素吸附剂对西门塔尔育肥牛血清生化指标的影响

血清生化指标的变化反映动物机体健康及代谢状况。正常机体内 AST、ALT 存在于肝脏中,血清中较少,但若肝脏受损,肝脏中部分 AST、ALT 进入血液,血清中 AST、ALT 活性增加^[10]。有研究发现,霉菌毒素损害肝脏功能,增加血清中 AST、ALT 活性^[11-13]。李子谦^[14]研究发现,AFB₁使牦牛血清中 AST、ALT 活性增加,损害肝脏。除了单一霉菌毒素对肝脏产生损伤以外,混合霉菌毒素对肝脏的危害更为严重。Sun 等^[15]研究发现,经霉菌毒素处理后小鼠肝脏重量升高,血清中 AST、ALT 活性增加,AFB₁ 与 DON 表现出协同作用,AFB₁ 与 ZEN 则表现为拮抗作用,通过噻唑兰 (MTT) 法、乳酸脱氢酶 (LDH) 法以及细胞凋亡相关蛋白检测得出 DON 对于大鼠肝细胞 BRL 3A 细胞的毒性要高于 AFB₁、ZEN,并发现 AFB₁ 与 ZEN、AFB₁ 与 DON 对 BRL 3A 细胞的毒性具有协同作用^[16]。田莎等^[17]研究发现,饲料中添加吸附剂可改善肉鸡肝脏健康状况,但是无法使其恢复到正常水平。胡文娟等^[18]研究发现,饲料中添加 0.5% 吸附剂能够有效缓解 AFB₁ 和 DON 对雄性小鼠的联合毒性。本试验中,饲料中添加 0.2 g/kg DM 霉菌毒素吸附剂后,血清中 ALT 活性降低了 44.26%,血清中 AST 活性降低了 20.20%,说明霉菌毒素吸附剂可改善西门塔尔育肥牛肝脏健康状况。

3.2 霉菌毒素吸附剂对西门塔尔育肥牛肝脏及肌肉中霉菌毒素残留的影响

动物采食霉变饲料后,霉菌毒素通过残留于动物组织进入人体,存在严重的食品安全隐患。肉鸡连续 42 d 采食含有 1 mg/kg AFB₁ 的饲料,其

肝脏中 AFB₁ 含量达到 0.17 μg/kg^[19]。杨军^[20]用自然霉变玉米 100% 替代玉米,发现肉鸡肝脏、胸肌中 AFB₁ 含量分别为 0.14、0.02 μg/kg。肉鸡采食含有 ZEN 饲料 28 d 后,肝脏中 AFB₁、ZEN 含量分别为 3.40、51.99 μg/kg,而添加 2.0% 霉菌毒素脱毒剂显著降低肝脏中 AFB₁、ZEN 含量^[23]。本试验研究发现,饲料中添加 0.2 g/kg DM 霉菌毒素吸附剂后,肝脏中 AFB₁、DON 含量分别降低了 22.36%、40.59%,肌肉中 AFB₁、DON 含量分别降低了 58.81%、26.31%,对 ZEN 含量无显著影响。这与陈静等^[21]研究结果不一致,可能是因为试验动物不同,也可能是因为饲料中 ZEN 含量不同。

3.3 霉菌毒素吸附剂对西门塔尔育肥牛屠宰性能的影响

屠宰性能是衡量畜禽饲养管理水平和屠宰加工效益的依据,同时也是动物经济价值的直观体现。屠宰率、净肉率与胴体产肉率是评价肉牛屠宰性能的重要指标^[22]。到目前为止,关于霉菌毒素吸附剂对屠宰性能影响的研究鲜有报道,更多的是研究其对抗氧化、免疫功能的影响。吕明斌等^[23]研究发现,饲料中添加 2 kg/t 霉菌毒素吸附剂可显著提高肉鸡胴体出成率以及腿肌率。张勇等^[24]研究发现,肉鸡屠宰率随着饲料中霉菌毒素吸附剂添加水平的升高而有降低的趋势。本试验研究发现,饲料中添加霉菌毒素吸附剂对西门塔尔育肥牛胴体重、屠宰率、净肉率等无显著影响,与吕明斌等^[25]研究结果不一致。可能是因为本试验饲料中霉菌毒素含量低,瘤胃微生物通过去乙酰化和去环氧化达到解毒的效果,从而对霉菌毒素耐受性较强^[25]。

3.4 霉菌毒素吸附剂对西门塔尔育肥牛肉品质和常规营养成分的影响

肌肉的 pH 是反映肌糖原酵解速率的重要指标,研究表明,肌肉 pH 将直接影响肉的嫩度、肉色等其他指标^[26]。屠宰后肌肉的 pH 偏高,经过 24 h

排酸后 pH 降至最低。本试验肌肉的 pH 是在排酸 48 h 后测定的,在 5.51~5.56,处于正常范围内。失水率、蒸煮损失与肌肉的系水力密切相关,而系水力将直接影响牛肉的香气、嫩度等食用品质^[27]。本试验结果发现,饲料中添加霉菌毒素吸附剂对肌肉失水率无显著影响。肉色是引起消费者购买欲望的一个主要因素,受年龄、品种、性别等多种因素的影响^[28]。本试验中,饲料中添加霉菌毒素吸附剂对肌肉肉色无显著影响。可能是因为本试验饲料中霉菌毒素含量低,也有可能是因为本试验选用的试验动物品种、年龄一致。

水分、粗灰分、粗脂肪、粗蛋白质是评价肉品营养价值的重要指标。肌肉中水分含量的多少会影响其口感。粗脂肪含量也会影响肉的口感,含量过低肉质粗糙,含量过高会有油腻感。粗灰分含量反映肌肉中矿物质及维生素的含量。本试验结果表明,饲料中添加霉菌毒素吸附剂对肌肉水分、粗灰分、粗蛋白质、粗脂肪含量无显著影响。

3.5 霉菌毒素吸附剂对西门塔尔育肥牛背最长肌脂肪酸含量的影响

牛肉是人类获取脂肪酸重要途径之一,脂肪酸包括饱和脂肪酸和不饱和脂肪酸^[29]。牛肉中脂肪酸含量不同将会直接影响其风味。决定牛肉风味的脂肪酸主要是单不饱和脂肪酸,以油酸最为重要^[30]。本试验中单不饱和脂肪酸以油酸含量最高,占到总脂肪酸的 24%。李艺等^[31]和杨明等^[32]研究表明,在单不饱和脂肪酸中也是以油酸含量最高,与本试验结果一致。在本试验中,饱和脂肪酸和不饱和脂肪酸含量分别占到总脂肪酸的 48.82% 和 51.98%。李艺等^[31]和白大洋^[33]研究表明,西门塔尔牛牛肉中饱和脂肪酸以棕榈酸为主,与本试验结果一致。不饱和脂肪酸可以降低胆固醇含量,降低脂肪类疾病的风险,同时多不饱和脂肪酸还含有人体必需脂肪酸。本试验结果表明,饲料中添加霉菌毒素吸附剂对西门塔尔育肥牛肌肉中脂肪酸含量无显著影响。

4 结 论

饲料中添加 0.2 g/kg DM 霉菌毒素吸附剂对西门塔尔育肥牛屠宰性能和肉品质没有显著影响,但降低了血清中 UN 含量和 ALT 活性,减少了肌肉和肝脏中 AFB₁、DON 残留,改善了肝脏健康状况。

参考文献:

- [1] CREPPY E E. Update of survey, regulation and toxic effects of mycotoxins in Europe [J]. *Toxicology Letters*, 2002, 127(1/3): 19–28.
- [2] QI L N, BAI T, CHEN Z S, et al. The p53 mutation spectrum in hepatocellular carcinoma from Guangxi, China: role of chronic hepatitis B virus infection and aflatoxin B₁ exposure [J]. *Liver International*, 2015, 35(3): 999–1009.
- [3] WILD C P, GONG Y Y. Mycotoxins and human disease: a largely ignored global health issue [J]. *Carcinogenesis*, 2010, 31(1): 71–82.
- [4] WILD C P, MONTESANO R. A model of interaction: aflatoxins and hepatitis viruses in liver cancer aetiology and prevention [J]. *Cancer Letters*, 2009, 286(1): 22–28.
- [5] HUSSAIN Z, KHAN M Z, KHAN A, et al. Residues of aflatoxin B₁ in broiler meat: effect of age and dietary aflatoxin B₁ levels [J]. *Food and Chemical Toxicology*, 2010, 48(12): 3304–3307.
- [6] 蒲俊宇, 原清会, 陈代文, 等. 营养性复合添加剂对饲料中含黄曲霉毒素 B₁ 饲料生长育肥猪生长性能、抗氧化能力、肝脏功能和毒素残留的影响 [J]. *动物营养学报*, 2019, 31(10): 4691–4700.
PU J N, YUAN Q H, CHEN D W, et al. Effects of nutritional compound additives on growth performance, antioxidant capacity, liver function and toxin residues of growing finishing pigs fed diets contaminated with aflatoxin B₁ [J]. *Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2019, 31(10): 4691–4700. (in Chinese)
- [7] FINK-GREMMELS J. The role of mycotoxins in the health and performance of dairy cows [J]. *The Veterinary Journal*, 2008, 176(1): 84–92.
- [8] 白阳, 王泽栋, 李莲, 等. 霉菌毒素吸附剂对荷斯坦牛产奶性能及免疫功能的影响 [J]. *中国奶牛*, 2019(6): 12–17.
BAI Y, WANG Z D, LI L, et al. Effects of mycotoxin adsorbent on milk production performance and immune function of Holstein cows [J]. *China Dairy Cattle*, 2019(6): 12–17. (in Chinese)
- [9] 赵佳琦, 文勇立, 安雅静, 等. 2 种霉菌毒素吸附剂对牦牛体重及血清生化指标的影响 [J]. *中国畜牧杂志*, 2018, 54(12): 113–118.
ZHAO J Q, WEN Y L, AN Y J, et al. Effects of two mycotoxin adsorbents on body weight and serum biochemical index of yaks [J]. *Chinese Journal of Animal*

- Science, 2018, 54(12): 113–118. (in Chinese)
- [10] 武晨清. 黄曲霉毒素 M_1 、赭曲霉毒素 A 和玉米赤霉烯酮的肠毒性和肝毒性研究[D]. 硕士学位论文. 北京: 中国农业科学院, 2020.
- WU C Q. Study on the intestinal toxicity and hepatotoxicity of aflatoxin M_1 , ochratoxin A and zearalenone [D]. Master's Thesis. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences, 2020. (in Chinese)
- [11] MARIN S, RAMOS A J, CANO-SANCHO G, et al. Mycotoxins: occurrence, toxicology, and exposure assessment [J]. Food and Chemical Toxicology, 2013, 60: 218–237.
- [12] 宋洪国. 黄曲霉毒素 B_1 对肉鸭消化道结构和功能、血液生化指标及生产性能的影响研究[D]. 硕士学位论文. 长沙: 湖南农业大学, 2012.
- SONG H G. Effects of aflatoxin B_1 on the digestive tract structure and function, blood biochemical parameters and production performance of meat duck [D]. Master's Thesis. Changsha: Hunan Agricultural University, 2012. (in Chinese)
- [13] HOU Y J, ZHAO Y Y, XIONG B, et al. Mycotoxin-containing diet causes oxidative stress in the mouse [J]. PLoS One, 2013, 8(3): e60374.
- [14] 李子谦. 黄曲霉毒素 B_1 与吸附剂对牦牛瘤胃发酵和血清生化功能影响[D]. 硕士学位论文. 成都: 西南民族大学, 2018.
- LI Z Q. The effects of aflatoxin B_1 and adsorbents on the rumen fermentation and serum biochemical function of yaks [D]. Master's Thesis. Chengdu: Southwest Minzu University, 2018. (in Chinese)
- [15] SUN L H, LEI M Y, ZHANG N Y, et al. Hepatotoxic effects of mycotoxin combinations in mice [J]. Food and Chemical Toxicology, 2014, 74: 289–293.
- [16] SUN L H, LEI M Y, ZHANG N Y, et al. Individual and combined cytotoxic effects of aflatoxin B_1 , zearalenone, deoxynivalenol and fumonisin B_1 on BRL 3A rat liver cells [J]. Toxicon, 2015, 95: 6–12.
- [17] 田莎, 孙鑫东, 宋泽和, 等. 吸附剂对饲喂含黄曲霉毒素 B_1 和 T-2 毒素饲料肉鸡生长性能、器官指数、血清生化指标和抗氧化能力的影响[J]. 动物营养学报, 2020, 32(7): 3143–3153.
- TIAN S, SUN X D, SONG Z H, et al. Effects of adsorbent on growth performance, organ indexes, serum biochemical indexes and antioxidant capacity of broilers fed diets contaminated with aflatoxin B_1 and T-2 toxin [J]. Chinese Journal of Animal Nutrition, 2020, 32(7): 3143–3153. (in Chinese)
- [18] 胡文娟, 宫佳杰, 范梦雪, 等. 复合吸附剂对 AFB $_1$ 和 DON 联合毒性的脱毒效果[J]. 中国兽医学报, 2017, 37(6): 1128–1133.
- HU W J, GONG J J, FAN M X, et al. Detoxification of compound adsorbents to the joint toxicity of AFB $_1$ and DON [J]. Chinese Journal of Veterinary Science, 2017, 37(6): 1128–1133. (in Chinese)
- [19] DENLI M, BLANDON J C, GUYNOT M E, et al. Effects of dietary afladetox on performance, serum biochemistry, histopathological changes, and aflatoxin residues in broilers exposed to aflatoxin B (1) [J]. Poultry Science, 2009, 88(7): 1444–1451.
- [20] 杨军. 自然霉变玉米对肉鸡生产性能和健康影响及霉菌毒素残留研究[D]. 硕士学位论文. 雅安: 四川农业大学, 2012.
- YANG J. Effects of corn naturally contaminated with mycotoxin on performance, health and aflatoxin residues in broilers [D]. Master's Thesis. Ya'an: Sichuan Agricultural University, 2012. (in Chinese)
- [21] 陈静, 郭建慧, 刘乃芝, 等. 霉菌毒素生物脱毒剂对肉仔鸡生产性能、免疫功能及肝脏中毒素残留的影响[J]. 中国饲料, 2016(22): 16–20, 36.
- CHEN J, GUO J H, LIU N Z, et al. Effects of mycotoxin detoxification biological agents on production performance, immune function and liver toxin residues of broilers [J]. China Feed, 2016(22): 16–20, 36. (in Chinese)
- [22] 白云鹏, 张瑞, 吴建平, 等. 牛至精油对平凉红牛生长性能、屠宰性能及肉品质的影响[J]. 动物营养学报, 2020, 32(12): 5778–5787.
- BAI Y P, ZHANG R, WU J P, et al. Effects of oregano essential oil on growth performance, slaughter performance and meat quality of Pingliang red cattle [J]. Chinese Journal of Animal Nutrition, 2020, 32(12): 5778–5787. (in Chinese)
- [23] 吕明斌, 郭吉原, 安沙, 等. 不同霉菌毒素吸附剂对肉鸡生长性能、屠宰性能和抗氧化指标的影响[J]. 饲料工业, 2014, 35(14): 41–46.
- LV M B, GUO J Y, AN S, et al. Effects of different mycotoxin adsorbent products on performance, carcass characteristic and antioxidant indicators of broilers [J]. Feed Industry, 2014, 35(14): 41–46. (in Chinese)
- [24] 张勇, 李红梅, 佟艳娟, 等. 复合铝硅酸盐霉菌吸附剂对肉鸡免疫功能、胴体品质及饲料主要养分表现代谢率的影响[J]. 沈阳农业大学学报, 2010, 41(4): 433–437.
- ZHANG Y, LI H M, TONG Y Y, et al. Effect of com-

- pound aluminum silicate mycotoxin adsorbent on immunity, carcass quality and nutrient apparent utility of broilers[J]. Journal of Shenyang Agricultural University, 2010, 41(4): 433-437. (in Chinese)
- [25] 陈凤鸣, 陈佳亿, 李颖慧, 等. 霉菌毒素介导的氧化应激研究进展[J]. 动物营养学报, 2019, 31(9): 3944-3952.
- CHEN F M, CHEN J Y, LI Y H, et al. Research progress of oxidative stress mediated by mycotoxins[J]. Chinese Journal of Animal Nutrition, 2019, 31(9): 3944-3952. (in Chinese)
- [26] GIANNENAS I, FLOROU-PANERI P, PAPAZAHARIADOU M, et al. Effect of dietary supplementation with oregano essential oil on performance of broilers after experimental infection with *Eimeria tenella*[J]. Archiv Fur Tierernahrung, 2003, 57(2): 99-106.
- [27] 王笑丹. 畜肉品质评定方法及综合评定系统研究[D]. 博士学位论文. 长春: 吉林大学, 2008.
- WANG X D. Study on quality assessment method and synthesis evaluation system for meat of livestock[D]. Ph. D. Thesis. Changchun: Jilin University, 2008. (in Chinese)
- [28] 高昌鹏, 周玉香. 荞麦秸秆饲粮中添加过瘤胃赖氨酸对滩羊血清生化指标、屠宰性能和肉品质的影响[J]. 动物营养学报, 2021, 33(2): 932-943.
- GAO C P, ZHOU Y X. Effects of buckwheat straw diet supplemented with rumen-protected lysine on serum biochemical indexes, slaughter performance and meat quality of Tan sheep[J]. Chinese Journal of Animal Nutrition, 2021, 33(2): 932-943. (in Chinese)
- [29] 葛瀚聪, 李妍, 韩广星, 等. 红薯秧替代 50% 全株玉米青贮对奶公牛育肥生产性能、屠宰性能及肉品质的影响[J]. 畜牧与兽医, 2020, 52(5): 15-20.
- GE H C, LI Y, HAN G X, et al. Effects of sweet potato vine replacing 50% whole corn silage on the fattening performance, slaughter traits and meat quality of dairy bulls[J]. Animal Husbandry & Veterinary Medicine, 2020, 52(5): 15-20. (in Chinese)
- [30] 王喆, 袁希平, 王安奎, 等. 牛品种和性别对牛肉脂肪及脂肪酸含量的影响[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2011, 39(4): 24-28.
- WANG Z, YUAN X P, WANG A K, et al. Effect of different breeds and gender of cattle on fat and fatty acid content of beef[J]. Journal of Northwest A & F University (Natural Science Edition), 2011, 39(4): 24-28. (in Chinese)
- [31] 李艺, 霍路曼, 丁宁, 等. 谷草与玉米秸秆黄贮不同配比饲粮对西门塔尔牛屠宰性能及肉品质的影响[J]. 黑龙江畜牧兽医, 2020(15): 112-117.
- LI Y, HUO L M, DING N, et al. Effects of different ratios of millet straw and corn straw silage in diets on slaughter performance and meat quality of Simmental cattle[J]. Heilongjiang Animal Science and Veterinary Medicine, 2020(15): 112-117. (in Chinese)
- [32] 杨明, 龙虎, 文勇立, 等. 四川牦牛、黄牛不同品种肌肉脂肪酸组成的气相色谱-质谱分析[J]. 食品科学, 2008, 29(3): 444-449.
- YANG M, LONG H, WEN Y L, et al. Analysis of muscle fatty acid composition of different breed yaks and yellow cattle in Sichuan by GC-MS[J]. Food Science, 2008, 29(3): 444-449. (in Chinese)
- [33] 白大洋. 日粮能量水平对西门塔尔杂交公牛育肥性能、瘤胃发酵及养分代谢的影响[D]. 硕士学位论文. 保定: 河北农业大学, 2019.
- BAI D Y. Influence of different dietary energy levels on fattening performance, rumen fermentation and nutrient metabolism of Simmental hybrid bulls[D]. Master's Thesis. Baoding: Hebei Agricultural University, 2019. (in Chinese)

Effects of Mycotoxins Adsorbent on Slaughter Performance, Serum Biochemical Parameters, Meat Quality and Tissue Mycotoxin Residue of Simmental Fattening Cattle

LI Ruiyin¹ LI Qiufeng^{1*} ZHANG Jie² CAO Yufeng^{1*} LI Jianguo¹
SHEN Yizhao¹ ZHANG Xiujiang³

(1. College of Animal Science and Technology, Hebei Agricultural University, Baoding 071001, China; 2. Tianjin Jialihe Animal Husbandry Group Limited Company, Tianjin 301800, China; 3. Baoding Municipal Bureau of Agriculture, Baoding 071000, China)

Abstract: The purpose of this experiment was to study the effects of mycotoxins adsorbent on slaughter performance, serum biochemical parameters, meat quality and tissue mycotoxin residue of Simmental fattening cattle. A total of 32 Simmental cattle with good health condition and similar body weight [(365.64 ± 28.66) kg] were randomly divided into 2 groups with 16 cattle in each group. Cattle in 2 groups were fed the total mixed rations (TMR) supplemented with 0 (control group) and 0.2 g/kg DM (test group) mycotoxin adsorbent. The pre-experimental period lasted for 7 days, and the experimental period lasted for 193 days. The results showed as follows: 1) on day 168, compared with the control group, the serum urea nitrogen (UN) content of test group was significantly decreased by 10.94% ($P < 0.05$), and the serum glutamic-pyruvic transaminase (ALT) activity was significantly decreased by 44.26% ($P < 0.01$). 2) Compared with the control group, the contents of aflatoxin B₁ (AFB₁) and deoxynivalenol (DON) in liver of test group were significantly decreased by 22.36% and 40.59% ($P < 0.01$), respectively, and the contents of AFB₁ and DON in muscle of test group were significantly decreased by 58.81% and 26.31% ($P < 0.05$), respectively. 3) Dietary mycotoxin adsorbent addition had no significant effects on slaughter performance ($P > 0.05$). 4) Dietary mycotoxin adsorbent addition had no significant effects on meat quality and common nutrition component ($P > 0.05$). 5) Dietary mycotoxin adsorbent addition had no significant effects on *longissimus dorsi* fatty acid contents ($P > 0.05$). In conclusion, adding 0.2 g/kg DM mycotoxin adsorbent in diet have no significant effects on the slaughter performance and meat quality of Simmental fattening cattle, decrease the serum UN content and ALT activity, reduce the mycotoxin residue in muscle and liver, and improve liver health. [*Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2021, 33(10):5738-5748]

Key words: mycotoxin adsorbent; slaughter performance; meat quality; mycotoxin residue

* Corresponding authors: LI Qiufeng, professor, E-mail: lqf582@126.com; CAO Yufeng, professor, E-mail: cyf278@126.com