

庆阳市3个肉牛养殖场青贮玉米品质评价

高永权¹, 焦婷^{1*}, 杨永慧², 路平乐², 王虎宁¹, 李淑艳¹, 齐帅¹

(1. 甘肃农业大学草业学院, 草业生态系统教育部重点实验室, 甘肃省草业工程实验室, 中-美草地畜牧业可持续发展研究中心, 甘肃 兰州 730070; 2. 甘肃农业大学动物科学技术学院, 甘肃 兰州 730070)

摘要:【目的】研究和评价庆阳市肉牛养殖场全株青贮玉米营养品质及其安全性, 为该地区青贮玉米的有效贮存和合理利用提供参考。【方法】采集庆阳地区3个肉牛养殖场A、B及C各青贮容器中表层、正常层、腐败发酵及暴露在空气中的发霉样品进行感官评定并测定其营养品质、发酵品质及霉菌毒素含量。【结果】3个肉牛养殖场青贮容器中正常层青贮样品的感官评分均为优, 养殖场A和B表层青贮样品为良, 而养殖场B裹包青贮品质为中, 养殖场C二次发酵则为腐败。养殖场A正常层样品的淀粉(Starch)含量较表层青贮样高32.55%, 而中性洗涤纤维(NDF)、酸性洗涤纤维(ADF)、pH值、氨态氮(NH₃-N)及乙酸(AA)含量则分别较表层(AS)低19.95%、25.13%、15.61%、28.69%和38.89%。养殖场B裹包青贮中正常层样干物质(DM)、NDF、ADF及NH₃-N含量比裹包腐败发酵样品分别高0.78%、21.15%、31.19%和12.55%, 而Starch、粗灰分(Ash)及乳酸(LA)含量则分别低17.44%、2.71%和10.25%。养殖场C正常层青贮样中Starch、NH₃-N、LA和AA含量较二次发酵饲草分别高32.79%、30.91%、66.43%和222.37%, DM、粗蛋白(CP)、Ash含量、pH值较发霉样分别低0.84%、47.64%、64.53%和30.91%。毒素检测结果表明, 不同养殖场青贮饲料中黄曲霉毒素B₁和玉米赤霉烯酮含量均在正常范围内, 而养殖场A和B表层样及养殖场B裹包腐败发酵样中呕吐毒素超出正常范围。【结论】庆阳3个肉牛养殖场自制的全株青贮玉米品质差异较大, 且各青贮容器中表层及二次发酵霉变青贮样品中呕吐毒素超标。

关键词:青贮玉米; 营养品质; 霉菌毒素; 评价

中图分类号:S816 **文献标志码:**A **文章编号:**1009-5500(2023)06-0137-08

DOI:10.13817/j.cnki.cyycp.2023.06.018



在“331+”产业扶贫模式推动下, 庆阳地区畜牧业得到大力发展, 牛羊养殖规模逐渐扩大, 间接带动了饲料产业的发展。全株青贮玉米作为一种高品质、广泛推广的青贮饲料, 它的营养水平及安全性受到广大关注。

粗饲料在反刍动物日粮中占很大比重, 是反刍动物不可或缺的营养来源^[1]。优质粗饲料如青贮玉米可以改善反刍动物瘤胃内环境, 促进瘤胃微生物生长繁殖, 增加瘤胃氨态氮和微生物蛋白合成量, 还可以提高采食量^[2-3]。全株玉米较羊草、玉米秸秆青贮具有高蛋白、低纤维、高能量性, 它可以提高肉羊的生长性能、屠宰性能和免疫功能^[4]。并且, 合理地利用全株青贮玉米可以提高基础母牛的繁殖率, 延长母牛的使用年限, 同时还可以提高母牛健康水平^[5]。生猪育肥期, 日粮中添加全株青贮玉米, 可降低饲料成本, 提高养殖效益, 保证生猪健康水平^[6]。肉牛养殖上, 饲喂全株青贮玉米, 其生长速度、料肉比均优于黄贮玉米秸

收稿日期:2022-10-12; **修回日期:**2022-12-08

基金项目:甘肃农业大学科技创新基金(青年导师扶持基金)(GAU-QDFC-2018-04); 现代农业(草食畜)产业技术体系(牛羊)(GARS-CS-4)

作者简介:高永权(1997-), 男, 甘肃华池人, 硕士研究生。

E-mail:1752695447@qq.com

*通信作者。E-mail:jiaoting207@126.com

秆^[7]。在育肥羊上,全株青贮玉米在羊的增重、饲料转化率、养殖效益等方面也具有明显作用^[8]。但是,青贮玉米如果在发酵、使用过程中保存和利用方法不当,就会引起霉变,极大影响青贮饲料品质及其安全性,危害家畜及人体健康^[9]。研究发现,发霉的饲料中含有大量的霉菌毒素,它可以造成动物中毒,甚至死亡^[10]。摄入过量黄曲霉毒素B₁后,会引发肝癌^[11]。此外,黄曲霉毒素B₁会损害动物机体健康,影响生长发育^[12]。动物食用玉米赤霉烯酮污染的饲料对心、肾、肝、肺各脏器部有毒害作用,能引起神经系统的亢奋,且极易引起雌激素样效应甚至可能转移至人体^[13-14]。动物采食含有呕吐毒素的饲料,常表现为采食量下降,拒绝采食或出现呕吐现象,长期采食可导致机体营养不良而衰竭^[15]。

鉴于此,试验选取庆阳地区3家肉牛养殖场不同状态的全株青贮玉米样品,测定其营养品质并进行安全性评价,旨在为庆阳地区肉牛养殖场青贮玉米的有效贮存和合理利用提供理论参考。

1 材料和方法

1.1 试验地概况

试验选择3家肉牛养殖场,有百头肉牛的养殖场A、有“千头早胜牛繁育基地”之称的养殖场B以及拥有万头早胜肉牛的养殖场C,均位于甘肃省庆阳市。这里地处N 35° 14'40", E 107° 56'20",海拔880~1 756 m,大陆性季风半湿润气候,年平均降水量618.4 mm。

1.2 样品采集及处理

本试验采用单因素试验设计,对同一养殖场不同状态的青贮玉米进行营养品质评定及安全性评价。用青贮采样器采用5点取样法收集样品,分别采集养殖场A、B以及C的青贮窖表层(surface, S)、正常层(normal, N)、裹包青贮的腐败发酵(Spoilage fermentation, SF)及暴露在空气中产生二次发酵的发霉(M, mouldy)样品,每种样品取9份,每份2 kg,其中3份用于测定营养成分,3份用于测定发酵品质,另外3份用于测定生物毒素,即每处理3次重复。养殖场A青贮窖中的表层、正常层样品分别记为AS、AN;养殖场B青贮裹包表层、正常层、腐败发酵分别记为BS、BN、BSF;养殖场C正常层、二次发酵霉变样品分别记为

CN和CM,其中BSF为新打开的青贮裹包中褐色、有结块的样品,CM为暴露在空气中二次发酵的青贮样品。

1.3 测定指标与方法

1.3.1 青贮玉米发酵品质感官评定 根据德国农业协会青贮料感官评定标准^[16]。对全株玉米青贮料进行感官评分。评定标准见表1。

表1 青贮饲料感官评定标准

Table 1 Sensory evaluation standards of Silage

		评分标准	得分	
气味		无丁酸臭味,有芳香果味	14	
		有微弱的丁酸臭味或较轻的酸味,芳香味弱	10	
		丁酸味颇重或有刺鼻的焦糊臭	4	
		有较强的丁酸臭味或氨味	2	
质地		茎叶结构保持良好	4	
		茎叶结构保持较差	2	
		茎叶结构保持极差或有轻度的霉菌污染	1	
		茎叶腐烂或污染严重茎叶腐烂或污染严重	0	
色泽		与原料相似,烘干后呈淡褐色	2	
		略有变色呈淡黄色或带褐色	1	
		变色严重,墨绿色或褪色呈黄色,有较强的霉味	0	
总分	16~20	10~15	5~9	0~4
等级	1级(优)	2级(良)	3级(中等)	4级(腐败)

1.3.2 青贮玉米营养品质的测定 称取青贮样品500 g,于60~70 °C烘箱烘48 h,期间多次翻动,直至样品称重以达到恒重,计算风干物质含量^[17]。将风干样品粉碎过40目筛,装入自封袋,放阴凉干燥处保存。干物质、粗蛋白、钙、磷、淀粉和粗灰分含量参照张丽英^[18]《饲料分析及饲料质量检测技术》相关方法测定,中性洗涤纤维(NDF)和酸性洗涤纤维(ADF)含量按照范氏(Van Soest)洗涤纤维法^[19]测定。

1.3.3 青贮玉米发酵特性的测定 准确称取青贮样品20.00g于250 mL锥形瓶中,加去离子水180 mL,封口摇匀置于4 °C冰箱浸提24 h,浸提后先用4层纱布过滤,再用3层滤纸过滤,得到浸提液。浸提液一部分用来测定pH值,一部分取20 mL于离心管置-20 °C冰箱保存,待测氨态氮和有机酸。

pH值的测定:赛多利斯PB-10型酸度计;氨态氮

含量:苯酚一次氯酸盐比色法测定^[20];乳酸含量:对羟联苯法^[21];乙酸、丙酸、丁酸含量:安捷伦高效气相色谱仪测定(7890B)^[22]。

1.3.4 霉菌毒素的测定及评价标准 采用 ELISA 检测试剂盒(北京华安麦科生物技术有限公司)检测青贮玉米样品中黄曲霉毒素 B₁、玉米赤霉烯酮及呕吐毒素。参照我国《饲料卫生标准》(GB 13078—2017)中有关饲料原料霉菌毒素的限量标准进行安全性评价。

1.4 数据处理

使用 SPSS 20.0 软件对数据进行单因素(one-way ANOVA)分析,用 Excel 2010 和 Origin 2021 进行

数据整理及图表制作,图表中数据用平均值±标准误表示分析结果。

2 结果与分析

2.1 青贮玉米发酵品质感官评价

3个养殖场的正常层青贮玉米样品颜色为黄色,可闻到微弱的芳香味,茎叶结构保持完整,等级优;养殖场A和B表层青贮样颜色稍带褐色,酸味较重,茎叶结构保持较差,等级良;养殖场B裹包腐败发酵样品颜色为褐色,酸味极重,茎叶结构较差,等级中等;养殖场C二次发酵霉变样可闻到霉味,且茎叶结构保持较差,有结块,等级腐败(表2)。

表2 庆阳3个肉牛养殖场青贮玉米发酵品质感官评价

Table 2 Sensory evaluation of fermentation quality of silage corn in three beef cattle farms in Qingyang

养殖场	饲料状态	色泽	气味	质地	分数	等级
A	N	2	10	4	16	优
	S	1	10	2	13	良
B	N	2	10	4	16	优
	S	1	10	2	13	良
	SF	1	4	2	7	中等
C	N	2	10	4	16	优
	M	0	2	1	3	腐败

2.2 青贮玉米营养品质

养殖场A青贮窖正常层和表层样中DM、CP、Ca和P的含量差异不显著($P>0.05$),但正常层中Starch含量显著高于表层样($P<0.05$),NDF、ADF及Ash含量显著低于表层样($P<0.05$);养殖场B裹包正常层青贮样品中Ash含量低于表层和腐败发酵青贮样,但正常层中DM、NDF及ADF含量分别较腐败发酵

青贮样高0.78%、21.15%和31.19%,腐败发酵青贮样中淀粉含量显著高于正常层和表层青贮样($P<0.05$);养殖场C二次发酵霉变青贮样中DM、CP、Ash及P含量显著高于正常层青贮样品($P<0.05$),淀粉和Ca含量显著低于正常层青贮样品($P<0.05$),NDF和ADF含量差异不显著($P>0.05$)(表3)。

表3 庆阳地区不同养殖场青贮玉米营养品质比较(干物质基础)

Table 3 Nutritional quality comparison of silage corn in different farms in Qingyang area (DM)

养殖场	饲料状态	干物质/%	粗蛋白/%	中性洗涤纤维/%	酸性洗涤纤维/%	淀粉/%	粗灰分/%	钙/%	磷/%
A	N	90.14±0.06 ^a	6.50±0.65 ^b	35.23±0.42 ^c	19.18±0.31 ^b	27.12±0.23 ^a	5.26±0.03 ^c	0.36±0.03 ^{de}	0.24±0.00 ^{ab}
	S	90.22±0.16 ^a	5.79±0.18 ^b	42.26±0.38 ^a	24.00±0.38 ^a	20.46±1.22 ^{bc}	6.57±0.14 ^b	0.37±0.06 ^{cd}	0.22±0.02 ^{ab}
B	N	90.27±0.16 ^a	6.06±0.09 ^b	40.09±0.44 ^b	22.88±0.38 ^a	22.02±0.45 ^b	6.27±0.02 ^{cd}	0.51±0.04 ^{ab}	0.23±0.01 ^{ab}
	S	89.95±0.16 ^{ab}	5.89±0.24 ^b	39.82±0.27 ^b	23.07±0.23 ^a	19.82±0.57 ^c	6.58±0.05 ^b	0.54±0.04 ^a	0.24±0.02 ^{ab}
	SF	89.57±0.12 ^{bc}	6.31±0.47 ^b	33.09±0.59 ^d	17.44±0.37 ^b	25.86±0.29 ^a	6.44±0.02 ^{bc}	0.50±0.05 ^{abc}	0.18±0.04 ^{ab}
C	N	89.42±0.18 ^c	6.57±1.00 ^b	42.32±0.27 ^a	22.52±1.74 ^a	20.37±0.21 ^{bc}	6.23±0.01 ^{cd}	0.39±0.03 ^{bcd}	0.16±0.03 ^b
	M	90.17±0.05 ^a	9.70±0.76 ^a	40.53±1.12 ^{ab}	23.55±0.72 ^a	15.34±0.33 ^d	10.25±0.06 ^a	0.23±0.04 ^e	0.26±0.03 ^a

注:表中相同的小写字母表示同列结果差异不显著($P>0.05$);不同小写字母表示同列结果差异显著($P<0.05$)。下表同

2.3 青贮玉米发酵特性

养殖场 A 表层青贮样品 pH 值为 4.2~4.5, 发酵品质中等; 养殖场 B 各状态青贮样品中 pH 值差异不显著 ($P > 0.05$); 养殖场 C 二次发酵霉变青贮样品 pH 值大于 4.8, 发酵品质差, 且显著高于其他所有来源样品 ($P < 0.05$) (图 1)。总体来看 3 个养殖场正常层青贮样品的 pH 值差异不显著 ($P > 0.05$)。

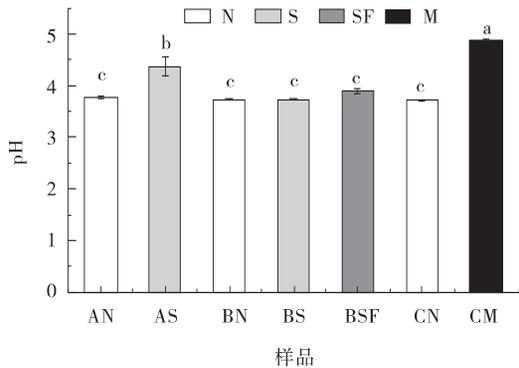


图 1 全株青贮玉米 pH 值

Fig. 1 The pH of whole plant silage corn

注: 图中不同小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$), 相同小写字母表示差异不显著 ($P > 0.05$)。下同

养殖场 A 表层青贮样品中 $\text{NH}_3\text{-N}$ 含量显著高于其他样品 ($P < 0.05$), 养殖场 C 二次发酵霉变青贮样品的 $\text{NH}_3\text{-N}$ 含量最低 (图 2)。对于各养殖场不同状态

青贮样品而言, 表层青贮样品中蛋白质分解程度较高。相比于表层青贮样品, 养殖场 B 正常层青贮样品蛋白质保存较好。

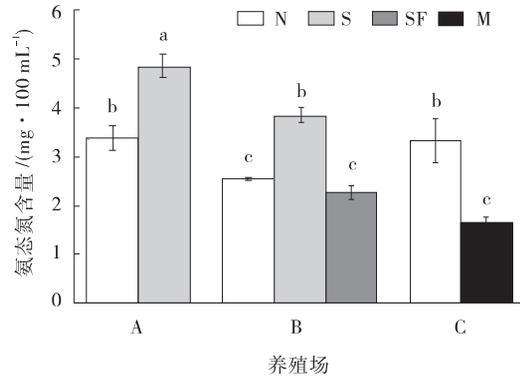


图 2 全株青贮玉米氨态氮含量

Fig. 2 Ammonia nitrogen content of whole plant silage corn

养殖场 C 正常层青贮样品中 LA 和 AA 含量最高, 养殖场 A 正常层青贮样品 BA 含量最高, 养殖场 A 表层青贮样品中 AA 含量较正常层高 38.89%; 养殖场 B 裹包腐败发酵样品中 LA 含量分别较正常层和表层青贮样品高 10.25% 和 18.63%; 养殖场 C 正常层青贮样品中 LA、AA、PA 含量显著高于二次发酵霉变青贮样品 ($P < 0.05$) (表 4)。总体来看, 养殖场 C 正常层青贮样品中 LA、AA、PA 含量均显著高于养殖场 A 和 B 正常层青贮样品 ($P < 0.05$)。

表 4 青贮玉米发酵品质

Table 4 Fermentation quality of silage corn in Qingyang area

养殖场	饲料状态	乳酸 / %DM	乙酸 / (mmol · L ⁻¹)	丙酸 / (mmol · L ⁻¹)	丁酸 / (mmol · L ⁻¹)	异丁酸 / (mmol · L ⁻¹)	异戊酸 / (mmol · L ⁻¹)	戊酸 / (mmol · L ⁻¹)
A	N	6.64 ± 0.05 ^b	1.44 ± 0.09 ^c	0.07 ± 0.00 ^{bc}	0.26 ± 0.24 ^a	0.03 ± 0.00 ^c	0.11 ± 0.08 ^b	0.03 ± 0.00 ^a
	S	6.70 ± 0.12 ^b	2.00 ± 0.17 ^b	0.04 ± 0.02 ^{bc}	0.18 ± 0.04 ^a	0.04 ± 0.00 ^{bc}	0.06 ± 0.01 ^b	0.03 ± 0.01 ^a
B	N	5.66 ± 0.06 ^d	1.12 ± 0.23 ^{cd}	0.01 ± 0.00 ^c	0.01 ± 0.00 ^a	0.03 ± 0.01 ^c	0.07 ± 0.05 ^b	0.02 ± 0.00 ^a
	S	5.26 ± 0.07 ^e	1.30 ± 0.09 ^c	0.05 ± 0.01 ^{bc}	0.08 ± 0.03 ^a	0.06 ± 0.01 ^{ab}	0.08 ± 0.03 ^b	0.07 ± 0.02 ^a
	SF	6.24 ± 0.00 ^c	1.16 ± 0.01 ^{cd}	0.08 ± 0.05 ^{bc}	0.10 ± 0.07 ^a	0.07 ± 0.01 ^a	0.15 ± 0.01 ^b	0.04 ± 0.00 ^a
C	N	6.99 ± 0.10 ^a	2.45 ± 0.02 ^a	0.23 ± 0.01 ^a	0.02 ± 0.01 ^a	0.05 ± 0.01 ^{abc}	0.31 ± 0.01 ^a	0.16 ± 0.12 ^a
	M	4.20 ± 0.16 ^f	0.76 ± 0.01 ^d	0.09 ± 0.00 ^b	0.02 ± 0.00 ^a	0.05 ± 0.01 ^{bc}	0.10 ± 0.05 ^b	0.07 ± 0.03 ^a

2.4 青贮玉米毒素含量

庆阳地区青贮玉米样品中均含有霉菌毒素, 黄曲霉毒素 B₁ 和玉米赤霉烯酮含量均在正常范围内, 养殖场 A 和 B 表层青贮样品及养殖场 B 裹包腐败发酵样品中呕吐毒素超出正常范围 (表 5)。

3 讨论

青贮玉米感官评价是判断青贮效果最直接的方法^[23], 本试验通过色泽、气味、质地对 3 家肉牛养殖场全株青贮玉米进行整体评价。Bruning 等^[24]指出低压

表 5 庆阳 3 个肉牛养殖场青贮玉米毒素含量
Table 5 Toxin content of silage corn in Qingyang area

养殖场	饲料状态	呕吐毒素/ $(\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1})$	黄曲霉毒素 B ₁ / $(\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1})$	玉米赤霉烯酮/ $(\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1})$
A	N	3 937	0.002	82.57
	S	5 155	0.000	85.22
B	N	3 535	0.079	38.22
	S	5 604	0.629	49.29
	BSF	8 800	0.007	113.20
C	N	3 547	0.016	79.86
	M	3 760	0.008	74.97
限量/ $(\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1})$		$\leq 5\ 000$	≤ 30	$\leq 1\ 000$

实度和延迟封口会对青贮饲料品质产生不利影响。养殖场 A 和 B 青贮器的表层青贮样品从感官评分上被评为良好,是因为在青贮发酵过程中因青贮料下沉,青贮窖中多余的氧气被挤压上移,使得一些好气性的腐败菌进行有氧发酵,从而引起感官品质的变化。而养殖场 B 腐败发酵样品使用的是裹包青贮,因为青贮料干物质含量低,水分过高,导致青贮裹包中因水分高而出现酸败,酸味刺鼻,具有严重的丁酸臭味,其部分青贮料出现粘块,陈喜梅等^[25]发现,水分含量过高会导致梭菌大量繁殖,以致青贮品质变差。王旭哲等^[26]研究发现,当青贮饲料与空气接触后,好氧细菌利用 WSC 快速繁殖,加剧好氧变质。养殖场 C 中二次发酵霉变样品系取喂完剩余的样品,二次发酵后青贮料出现严重发热发霉现象,故有明显的霉块,发酵品质变差。

在家畜饲养过程中,CP、NDF 和 ADF 含量等营养指标是决定青贮玉米饲喂价值的重要指标^[27]。然而,这些营养指标受多种因素影响,如:收获时间、青贮玉米品种、青贮方式和管理水平等^[28]。DM 含量是反映饲料养分损失的最直接的指标,在饲料配方制作中具有重大意义,如:影响全株玉米的添加比例^[29]。有研究发现,随着透气程度增加 DM 含量呈减小趋势,且饲料中纤维素酶可使植物细胞壁裂解,释放内容物,被微生物利用,减少细胞内容物的流失提高 DM 含量^[30-31]。本研究中养殖场 B 裹包腐败发酵样品中 DM 含量低于正常层中 DM 含量,这个结果与前人研究一

致。但养殖场 C 二次发酵霉变青贮样品中 DM 含量较高,从 Ash 含量来看,发霉青贮样中含有其他物质,这也是导致其 DM 含量高的原因。CP 含量是决定青贮玉米饲用价值的关键指标,与饲用价值呈正相关^[32]。养殖场 C 二次发酵霉变样中 CP 含量较高,一方面可能是混菌发酵产生了 CP,另一方面可能是发霉饲料中霉菌的快速繁殖而产生大量的菌体蛋白质所致^[33-35]。粗饲料中适量的纤维对维持反刍动物瘤胃正常的发酵功能具有重要影响,但是如果纤维含量过高则不利于动物的消化^[36]。本研究发现养殖场 B 裹包腐败发酵样品中 NDF 和 ADF 含量较低,一方面是因为裹包腐败发酵样品中淀粉含量高,导致纤维含量相对少,另一方面可能与兰小艳^[37]发现的霉菌对纤维具有一定降解能力有关。

pH 值、氨态氮、乳酸和丁酸含量是衡量饲料发酵品质的重要指标。pH 值越低,乳酸含量越高,则可以抑制杂菌生长,降低蛋白质分解^[38]。发酵品质好的鲜草青贮料 pH 值低于 4.2,在 4.2~4.5 范围内为中等,高于 4.8 则发酵品质差^[39]。养殖场 C 二次发酵霉变样的 pH 值超过 4.8,发酵品质差,是因为霉菌大量繁殖,使发酵环境温度升高,饲料中乳酸迅速下降所致。青贮饲料中的 NH₃-N 主要是含氮有机物受植物酶和好气性细菌作用的分解产物,因此 NH₃-N 的含量可以作为青贮饲料中蛋白质分解程度的指标^[40]。养殖场 A 表层青贮样品中 NH₃-N 含量最高,这说明青贮窖密封性不好,好气性细菌繁殖导致蛋白质分解产生了 NH₃-

N,而裹包腐败发酵样品和二次发酵霉变青贮样品中NH₃-N含量低,这可能是因为饲料中蛋白质和氨基酸分解产生挥发性NH₃-N所致。BA的含量反映青贮料的有氧稳定性和保存性能,进而反映青贮料品质的好坏^[41]。所测样品中均检测出BA,这说明3家养殖场全株青贮玉米青贮方式或管理措施上存在一定的问题,需要改进。

霉菌毒素是由于饲料长时间暴露在空气中,产毒真菌有氧繁殖产生的^[42]。养殖场C二次发酵霉变样品霉菌毒素含量低,这可能与田吉鹏^[43]研究发现,接种产毒真菌后,从青贮原料到刚开封的青贮饲料再到有氧暴露7天后的青贮饲料,黄曲霉毒素含量有先减少后增加的趋势这一结果相似,或者存在此试验尚未检测的其他毒素。养殖场B裹包腐败发酵样品霉菌毒素含量超标,但其pH值低、LA含量高,这一结果还有待进一步验证。

4 结论

1)庆阳地区3家肉牛养殖场正常层青贮玉米样品青贮品质较佳;2)3家肉牛养殖场均存在管理不当造成青贮饲料发生霉变,以致于呕吐毒素超标的现象;3)应加强青贮饲料的保存与取喂管理。

参考文献:

- [1] 闫佰鹏,李发弟,李飞. 反刍动物纤维酶制剂作用机理及其应用效果[J]. 草业科学,2019,36(9):2395-2403.
- [2] 贾存辉,钱文熙,吐尔逊阿依·赛买提,等. 粗饲料营养价值指数及评定方法[J]. 草业科学,2017,34(2):415-427.
- [3] 付佳伟,王俊,郁冯艳,等. 不同品种青贮玉米对反刍动物瘤胃发酵特性的影响[J]. 安徽科技学院学报,2018,32(6):22-27.
- [4] 陈秋菊,王韵斐,张娟,等. 全株玉米青贮和玉米秸秆青贮对肉羊生长性能、屠宰性能和免疫功能的影响[J]. 饲料研究,2021,44(5):19-22.
- [5] 邵延福. 全株青贮玉米在肉母牛养殖中的应用[J]. 现代畜牧科技,2021(6):62-63.
- [6] 张静,任锦帅,孙国虎,等. 全株青贮玉米饲喂育肥猪效果试验研究[J]. 中国畜牧业,2021(9):37-39.
- [7] 刘元秋,尹玉芹,于军,等. 全株青贮玉米营养成分及饲喂肉牛效益[J]. 浙江畜牧兽医,2020,45(2):26-27.
- [8] 张玉才,贾凤英,官庆伟. 全株青贮玉米饲喂育肥羊增重效果试验[J]. 山东畜牧兽医,2019,40(12):30-31.
- [9] 吴凤琪,岳振峰,张毅,等. 食品中主要霉菌毒素分析方法的研究进展[J]. 色谱,2020,38(7):759-767.
- [10] 王志恒,张蕾,刘冰,等. 畜产品中霉菌毒素残留危害及检测技术[J]. 今日畜牧兽医,2019,35(9):1-3.
- [11] 李宇宇,贾玉山,格根图,等. 饲用草产品主要真菌毒素污染检测、风险评估与控制研究进展[J]. 草业学报,2021,30(4):191-204.
- [12] Barany A, Guilloto M, Cosano J, et al. Dietary aflatoxin B1 (AFB1) reduces growth performance, impacting growth axis, metabolism, and tissue integrity in juvenile gilthead sea bream (*Sparus aurata*) [J]. Aquaculture, 2022,533(1/2):e736189.
- [13] 闫昭明,陈清华,陈凤鸣. 玉米赤霉烯酮毒性研究[J]. 动物营养学报,2018,30(9):3453-3458.
- [14] 付春丽,刘文静,高腾云. 霉菌毒素对奶牛的影响及其控制措施[J]. 草业科学,2015,32(9):1500-1507.
- [15] 谢晓鹏,易卫,庄智明,等. 饲料中的霉菌毒素及其防控措施[J]. 中国畜牧兽医,2013,40(5):101-106.
- [16] 王鸿泽,王之盛,康坤,等. 玉米粉和乳酸菌对甘薯蔓、酒糟及稻草混合青贮品质的影响[J]. 草业学报,2014,23(6):103-110.
- [17] Porter M G, Murray R S. The volatility of components of grass silage on oven drying and the inter-relationship between dry-matter content estimated by different analytical methods [J]. Grass and Forage Science, 2001, 56(4):405-411.
- [18] 张丽英. 饲料分析及饲料质量检测技术[M]. 北京:中国农业大学出版社,2003.
- [19] Van Soest P J, Robertson J B, Lewis B A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition [J]. Journal of dairy science, 1991, 74(10):3583-3597.
- [20] 梁小玉,季杨,易军,等. 混合比例和添加剂对菊苣与青贮玉米混合青贮品质的影响[J]. 草业学报,2018,27(2):173-181.
- [21] 赵新伟. 新疆昭苏地区全株玉米青贮应用研究[D]. 石河子:石河子大学,2014.
- [22] 丁学智,龙瑞军,淡瑞芳,等. 瘤胃发酵液挥发性脂肪酸的气相色谱分析方法[J]. 甘肃农业大学学报,2006,41(2):24-26.
- [23] 邓锐强. 3个品种全株玉米青贮的营养评价及对泌乳奶牛饲喂效果的研究[D]. 晋中:山西农业大学,2019.

- [24] Brüning D, Gerlach K, Weiß K, *et al.* Effect of compaction, delayed sealing and aerobic exposure on maize silage quality and on formation of volatile organic compounds [J]. *Grass and Forage Science*, 2018, 73(1): 53–66.
- [25] 陈喜梅, 王志军, 高静, 等. 含水量及贮藏时间对苜蓿青贮营养品质的影响[J]. *饲料研究*, 2017(4): 36–40.
- [26] 王旭哲, 贾舒安, 张凡凡, 等. 紧实度对青贮玉米有氧稳定期发酵品质、微生物数量的效应研究[J]. *草业学报*, 2017, 26(9): 156–166.
- [27] 黄运青. 品种及收获期对玉米青贮品质的影响[D]. 咸阳: 西北农林科技大学, 2018.
- [28] 王旭哲. 紧实度及收获期对全株玉米青贮品质及霉菌毒素的影响研究[D]. 石河子: 石河子大学, 2019.
- [29] 刘景喜, 孟庆江, 芦娜, 等. 2017—2018年天津市全株玉米青贮品质分析[J]. *黑龙江畜牧兽医*, 2019(22): 120–123.
- [30] 杨春霞. 玉米全株猪饲用贮存营养性和安全性评价研究[D]. 泰安: 山东农业大学, 2018.
- [31] 毛玉霞. 不同青贮方法的表层物料品质变化与压实度影响研究[D]. 咸阳: 西北农林科技大学, 2012.
- [32] 王芸芸, 杨引福, 蔺崇明, 等. 糯玉米全株青贮饲料特性及综合品质的研究[J]. *西北农林科技大学学报(自然科学版)*, 2019, 47(1): 18–30.
- [33] 苏玲. 油茶籽湿渣发酵制备蛋白饲料的菌种选择[J]. *中国饲料*, 2021(16): 21–25.
- [34] 宾冬梅, 黄河清涛, 易诚, 等. 基于饲料酵母二次发酵啤酒糟条件响应面优化研究[J]. *湖南生态科学学报*, 2017, 4(4): 14–19.
- [35] 杨哲. 多菌种发酵挤压苹果渣生产菌体蛋白饲料[D]. 淄博: 山东理工大学, 2021.
- [36] 吴建忠, 李绥艳, 林红, 等. 青贮玉米品质性状遗传变异及主成分分析[J]. *作物杂志*, 2019(3): 42–48.
- [37] 兰小艳, 陈雪玲, 郭云霞, 等. 不同霉菌对白酒糟中粗纤维降解试验[J]. *山东化工*, 2020, 49(10): 9–11.
- [38] 范凯利, 苏亚军, 吴建平, 等. 青贮发酵促进剂和收获期对全株青贮玉米营养品质的影响[J]. *草业科学*, 2022, 39(3): 586–596.
- [39] Limin Kung, Shaver R D, Grant R J, *et al.* Silage review: Interpretation of chemical, microbial, and organoleptic components of silages[J]. *Journal of Dairy Science*, 2018, 101(5): 4020–4033.
- [40] 闫峻, 王文杰, 高玉鹏, 等. 自动凯氏定氮仪快速测定青贮饲料中的氨态氮[J]. *粮食与饲料工业*, 2009(4): 47–48.
- [41] 穆怀彬. 近红外光谱技术在玉米营养品质和青贮玉米品质评定中的研究[D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2008.
- [42] 张适, 常杰, 胡宗福, 等. 青贮饲料有害微生物及其抑制措施[J]. *动物营养学报*, 2017, 29(12): 4308–4314.
- [43] 田吉鹏. 全株玉米青贮饲料中黄曲霉毒素积累规律及调控技术研究[D]. 北京: 中国农业大学, 2017.

Quality evaluation of silage corn in three beef cattle farms in Qingyang City

GAO Yong-quan¹, JIAO Ting^{1*}, YANG Yong-hui², LU Ping-le², WANG Hu-ning¹,
LI Shu-yan¹, QI Shuai¹

(1. College of Grassland Science, Gansu Agricultural University, Key Laboratory for Grassland Ecosystem, Ministry of Education, Grassland Engineering Laboratory of Gansu Province, Sino-U. S. Centers for Grazing Land Ecosystem Sustainability, Lanzhou 730070, China; 2. College of Animal Science and Technology, Gansu Agricultural University, Lanzhou 730070, China)

Abstract: [Objective] The experiment aims to evaluate the nutritional quality and safety of silage corn in three beef cattle farms in Qingyang, so as to provide references for effective storage and rational utilization of silage corn in this region. [Method] Samples of surface layer (S), normal layer (N), spoilage fermentation (SF) and moldy (M)

exposed to air in silage containers of A, B and C beef cattle farms of different scales in Qingyang were collected for sensory evaluation, nutritional fermentation quality and mycotoxin content analysis. **【Result】** The sensory scores of silage in normal layer from three farms were all excellent, and silage samples in surface layers from farms A and B were good, while it was evaluated as medium for the spoilage fermentation samples from farms B, and showed spoilage for moldy samples because of the second fermentation from farms C. Starch content in normal layer from farm A was 32.55% higher than that in surface layer, while the contents of NDF, ADF, pH value, ammonia nitrogen ($\text{NH}_3\text{-N}$) and acetic acid (AA) were 19.95%, 25.13%, 15.61%, 28.69% and 38.89% lower than those in surface layer (AS), respectively. The contents of DM, NDF, ADF and $\text{NH}_3\text{-N}$ in normal layer of wrapped silage from farm B were 0.78%, 21.15%, 31.19% and 12.55% higher than those in wrapped spoilage samples, respectively. Starch, Ash and lactic acid (LA) were 17.44% and 2.7% lower than those in the wrapped spoilage fermentation samples, respectively. The contents of starch, $\text{NH}_3\text{-N}$, LA and AA in normal layer from farm C were 32.79%, 30.91%, 66.43% and 222.37% higher than those of moldy silage, respectively. The DM, CP, Ash and pH were 0.84%, 47.64%, 64.53% and 30.91% lower than those of moldy silage, respectively. The toxin detection results showed that aflatoxin B1 and zearalenone contents in different state samples of different farms were within the normal range, and the vomitoxin contents in surface silage samples of farms A and B and the spoilage fermentation silage samples of farms B were beyond the normal range. **【Conclusion】** Overall, the quality of silage corn from three beef cattle farms in Qingyang area was quite different, and the vomiting toxin in the surface samples and moldy silage samples in each silage container exceeded the standard level.

Key words: corn silage; nutritional quality; mycotoxin; evaluation