

添加乳酸菌和纤维素酶对玉米秸秆青贮饲料品质的影响

席兴军¹ 韩鲁佳¹ 原慎一郎² 野中和久³

(1. 中国农业大学工学院,北京 100083; 2. 日本国际农林水产业研究中心;
3. 日本北海道农业研究中心)

摘要 为研究纤维素酶和乳酸菌对玉米秸秆青贮饲料品质的影响,分别设乳酸菌处理组、纤维素酶处理组、纤维素酶和乳酸菌共同处理组及对照组进行玉米秸秆青贮饲料的发酵试验。结果表明:添加纤维素酶使玉米秸秆青贮饲料中氨态氮与总氮质量比($m(\text{VBN})/m(\text{TN})$)和丁酸与总酸摩尔比分别下降 28%和 100%,ADF 质量分数下降 20%,显著提高了玉米秸秆青贮饲料的营养价值。乳酸菌的添加虽然使青贮饲料的色泽、气味和质地明显改善,但也使 NDF、ADF 含量明显提高,氨态氮与总氮质量比也明显上升,这说明玉米秸秆青贮饲料的品质明显下降。乳酸菌和纤维素酶的共同作用使玉米秸秆青贮饲料的干物质消失率提高 8%,氨态氮与总氮质量比降低 33%,丁酸质量分数降低 82%,同时使 NDF、ADF 质量分数分别降低 10%和 7%,说明玉米秸秆青贮饲料的品质明显提高。

关键词 青贮饲料; 乳酸菌; 纤维素酶; 玉米秸秆

中图分类号 S 816.53

文章编号 1007-4333(2003)02-0021-04

文献标识码 A

Effects of lactobacillus and cellulase on the quality of corn stover silage

Xi Xingjun¹, Han Lujia¹, HARA Shir-ichiro², NANA KA Kazuhisa³

(1. College of Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China;

2. Japan International Research Center for Agricultural Sciences;

3. Japan National Agricultural Research Center for Hokkaido Region)

Abstract Effects of lactobacillus and cellulase on quality of corn stover silage were studied by the experimentation of ferment which was designed and controled in groups of lactobacillus, cellulase, lactobacillus and cellulase. Results showed that the treatment of corn stover silage with cellulase was reduced the ratio of $m(\text{VBN})/m(\text{TN})$ to 28%, ADF 20% and butyric acid to total acid 100% as compared with the controled silage. This silage quality turned out to be better as compared with controled silage. Lactobacillus treatment can increase concentrations of NDF, $m(\text{VBN})/m(\text{TN})$ although this silage had good color, odor and texture. Treatment of corn stover silage with cellulase and lactobacillus improved DM digestibility 8%, decreased $m(\text{VBN})/m(\text{TN})$ 33% and lower butyric acid to total acid ratios 82%, NDF content 10%, ADF content 7%. The results showed that their quality could be improved obviously.

Key words silage; lactobacillus; cellulase; corn stover

目前,国内外对于微生物接种剂在秸秆青贮技术中的应用非常重视,进行了大量研究。作物青贮时接种同型乳酸菌(主要为粪链球菌、啤酒片球菌、植物乳杆菌、干酪乳杆菌),可以迅速增加农作物表面的乳酸菌数目,使乳酸发酵占主导地位,从而达到降低 pH 值,抑制有害微生物的活动,保存和提高饲料营养价值的目的。由于玉米秸秆的细胞壁成分含

量较高,限制了该类饲料的饲用范围,而加入酶制剂则是期望这些酶能够降低粗饲料中的纤维素、半纤维素、淀粉等乳酸菌不能利用的成分,使它们降解为单糖,解决秸秆类饲料中粗纤维含量过高的问题,从而达到促进乳酸发酵,提高饲料利用率及动物生产性能的目的。从目前的研究结果来看,由于各项研究所选用的菌种及酶的来源、使用剂量不同,作用的

收稿日期:2002-05-18

基金项目:中国农业部与日本国际农林水产业研究中心(JIRCAS)合作项目

作者简介:席兴军,硕士,主要从事环境与资源开发利用研究。

底物也不一样,故取得的结果很不一致^[1~3]。本试验的目的是研究纤维素酶和乳酸菌对玉米秸秆青贮饲料品质的影响,为酶制剂和乳酸菌制剂在玉米秸秆青贮饲料中的研究和应用提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验采用的乳酸菌添加剂为美国汉森公司生产的百奥美青贮专用乳酸菌(每 g 干制剂不低于 180 亿菌落形成单位),添加量为每 t 新鲜原料中加入 5.5 g 乳酸菌干制剂(用 4 kg 水稀释后加入)。酶制剂为芬兰 Finnfeed 饲料公司出品的青贮专用纤维素酶,添加量为新鲜原料质量的 0.02%。青贮原料为含水率 68% 的完熟期玉米秸秆。

1.2 试验设计

试验分别设对照组、乳酸菌处理组、纤维素酶处理组、乳酸菌和纤维素酶共同处理组(简称共同处理组);随机区组设计,2 次重复。

1.3 青贮工艺

每组原料均为 25 kg,原料揉切至 1~4 cm 后:

- 1) 乳酸菌处理组将 0.275 g 干制剂与 100 mL 水混合后加入原料中;
- 2) 纤维素酶处理组加入 5 g 纤维素酶;
- 3) 乳酸菌和纤维素酶共同处理组加入 0.275 g 乳酸菌干制剂和 5 g 纤维素酶制剂;
- 4) 对照组加入 100 mL 水。添加剂与原料混和均匀后,装入专用的青贮桶压实密封,在常温下贮存约 10 个月后开封。

1.4 测定项目与方法

氨态氮和总氮的含量用凯氏定氮法测定^[4];青贮饲料的感官指标、各有机酸组成和氨态氮与总氮质量比($m(\text{VBN})/m(\text{TN})$)的评定依据农业部颁布的《青贮饲料质量评定标准》进行^[5];干物质消失率和 NDF 瘤胃降解率用瘤胃尼龙袋法(48 h 消化)测定^[6],试验在中国农业大学动物科技学院实验小牧场进行;中性洗涤纤维(NDF)、酸性洗涤纤维(ADF)用范氏纤维测定法测定^[4];pH 用 pH 计测定;水分的测定用烘箱干燥法(70 ℃,48 h);有机酸含量的测定:乳酸含量用 GL-C610H 型高效液相色谱仪测定(测定条件:流动相 0.2% (质量分数)磷酸溶液;流速 1 mL·min⁻¹;温度 70 ℃;检测器 UV210 nm),挥发性脂肪酸含量用 GC-8A 型气相色谱仪测定(测定条件:色谱柱为 2.6 mm (外径) × 1.5 mm (内径) 玻璃柱,柱温 230 ℃;气化室、检验室温度均为 135 ℃;载气中 N₂ 压力 30 kPa, H₂ 压力 60 kPa,空气压力 50 kPa;灵敏度 100)。

2 结果与讨论

2.1 不同处理对玉米秸秆青贮饲料的感官指标、干物率及 pH 的影响

表 1 示出不同处理玉米秸秆青贮饲料的感官指标、干物率及 pH 的综合评分结果。乳酸菌处理组、纤维素酶处理组、乳酸菌与纤维素酶共同处理组的玉米秸秆青贮饲料,其感官评定得分分别比对照高 25%、42% 和 35%,说明添加乳酸菌和纤维素酶均可明显改善青贮饲料的气味、色泽和质地。

表 1 玉米秸秆青贮饲料的感官指标、干物率 DM 及 pH 的综合评分结果

Table 1 Color, Odor, Texture, DM and pH of corn stover silage

组别	pH	DM	气味	色泽	质地	总分
对照	3.86 (17)	30.93 (20)	淡酒酸味 (8)	褐黄色 (7)	完整 (8)	60 良好
乳酸菌	3.81 (18)	30.55 (20)	淡酸味 (13)	淡黄色 (14)	松散完整 (10)	75 优
纤维素酶	3.86 (17)	30.58 (20)	甘酸香味 (21)	亮黄色 (17)	松散完整 (10)	85 优
乳酸菌和 纤维素酶	3.81 (18)	30.39 (20)	甘酸香味 (21)	黄褐色 (12)	松散完整 (10)	81 优

注:括号内数值表示得点数。

2.2 不同处理对玉米秸秆青贮饲料有机酸含量、组成及氨态氮与总氮质量比的影响

表 2 示出青贮饲料中有机酸质量分数和氨态氮与总氮质量比。对表 2 中的数据进行单因素方差分析,结果表明,乳酸菌处理组与对照组的乳酸含量之间有显著差异 ($P < 0.05$)。单独添加乳酸菌虽然使青贮饲料中乳酸的质量分数与对照组相比降低 5%,但使青贮饲料中乙酸含量增加,说明乳酸菌的加入对玉米秸秆青贮饲料中乳酸和乙酸的总含量无明显作用。这可能是在玉米秸秆的密封发酵过程中乳酸菌的作用变弱所致^[7]。

表 2 玉米秸秆青贮饲料 (FM) 中有机酸质量分数和氨态氮与总氮质量比 $m(\text{VBN})/m(\text{TN})$

Table 2 The ratio of concentrations of organic acid and $m(\text{VBN})/m(\text{TN})$ of corn stover silage (FM) %

组别	乳酸	乙酸	丁酸	其他酸	$m(\text{VBN})/m(\text{TN})$
对照	2.23	0.75	0.05	0.05	6.45
乳酸菌	2.12	0.83	0	0	7.52
纤维素酶	2.26	0.78	0	0	4.67
乳酸菌和纤维素酶	2.26	0.80	0.01	0.01	4.33

纤维素酶理论上可以使细胞壁物质转化为糖,又由乳酸菌作用进一步转化为有机酸。与对照组相比,纤维素酶处理组与纤维素酶和乳酸菌共同处理组的乳酸含量均无明显差异 ($P > 0.05$)。青贮饲料中氨态氮与总氮质量比和各有机酸与总酸的摩尔比见表 3。

表 3 玉米秸秆青贮饲料中各有机酸与总酸的摩尔比及氨态氮与总氮的质量比

Table 3 The ratio of mol of organic acid and $m(\text{VBN})/m(\text{TN})$ of corn stover silage (FM) %

组别	摩尔比/%			$m(\text{VBN})/m(\text{TN})$	总分及评价
	乳酸	乙酸	丁酸		
对照	65.50	32.86	1.64	6.45	60,良好
乳酸菌	62.78	36.76	0.45	7.52	65,良好
纤维素酶	65.88	34.12	0	4.67	70,良好
乳酸菌和纤维素酶	65.28	34.42	4.33	4.33	70,良好

青贮饲料中氨态氮和有机酸含量综合了青贮饲料中碳水化合物和蛋白质 2 方面的信息,是评价青

贮饲料发酵品质的主要指标^[5]。纤维素酶和乳酸菌的加入都可以明显降低玉米秸秆青贮饲料中丁酸的比例(与总酸摩尔比,下同)。与对照组相比,乳酸菌处理组、纤维素酶处理组和共同处理组丁酸比例分别降低了 73%,100%和 82%。由于丁酸是腐败菌和酪酸菌分别分解蛋白质、葡萄糖和乳酸而生成的产物,丁酸的比例下降,说明腐败菌、霉菌及酪酸菌的繁殖活动受到抑制,青贮饲料的品质提高。

添加乳酸菌虽然降低了青贮饲料中丁酸的比例,但使青贮饲料中氨态氮与总氮质量比与对照组相比增加了 17%,表明发酵过程中蛋白质分解加剧,降低了青贮饲料的营养价值。这说明,乳酸菌的发酵完成后,纤维素酶的酶解作用仍在进行,使得蛋白质等营养物质的降解增加,降低了青贮饲料的品质。

纤维素酶的处理使青贮饲料中氨态氮与总氮质量比明显降低,与对照低相比降低 28%。这证明纤维素酶通过增加乳酸发酵底物数量,促进了乳酸发酵,加快了发酵进程。随着发酵的进行,青贮饲料温度升高,pH 下降,这样又有利于加快酶的反应。发酵与酶反应的相互促进大大加快了发酵进程,因而既减少了有害杂菌的繁殖时间和数量,又降低了由于青贮饲料细胞代谢所造成的营养物质的损失。不仅改善了玉米秸秆青贮饲料的发酵品质,而且明显减少了蛋白质的分解,使得更多的蛋白质物质得以保存。

2.3 不同处理对玉米秸秆青贮饲料干物质消失率、NDF 瘤胃降解率和干物质回收率的影响

表 4 示出青贮饲料的干物质消失率、NDF 瘤胃降解率和干物质回收率。对数据进行单因素的方差分析,结果表明:纤维素酶和乳酸菌的添加对玉米秸秆青贮饲料中 NDF 瘤胃降解率无显著影响 ($P > 0.05$)。

表 4 青贮饲料的 NDF 瘤胃降解率、干物质消失率和干物质回收率

Table 4 The NDF digestibility, DM digestibility and DM recovery of corn stover silage %

组别	NDF 瘤胃降解率	干物质消失率	干物质回收率
对照	43.12	53.17	97.11
乳酸菌	45.12	53.57	96.30
纤维素酶	40.31	54.25	99.50
乳酸菌和纤维素酶	44.87	57.53	95.29

纤维素酶、乳酸菌的单独处理组与对照组的干物质消失率之间没有显著性差异 ($P > 0.05$),但在共同处理组与对照组之间干物质消失率有显著性差异 ($P < 0.05$):该处理组的干物质消失率比对照组提高了 8%,证明纤维素酶和乳酸菌的共同作用明显提高了玉米秸秆青贮饲料的干物质消失率。这是由于纤维素酶和乳酸菌的共同作用改变了秸秆的结构,降低了秸秆中纤维素、细胞壁物质成分 NDF 和 ADF 含量。可见,消化率的提高确实与细胞壁物质含量的降低相关联,当细胞壁物质含量下降时,消化率会上升。其可能的作用机理是:1) 打断了玉米秸秆细胞壁中的半纤维素与木质素间的连接键,木质素部分溶解,纤维素变得易于消化;2) 使秸秆细胞壁膨胀,增加了纤维间的孔隙度,表面积和吸水能力增加,有利于消化酶的接触和消化;3) 使秸秆细胞壁醛酶类物质减少。

纤维素酶、乳酸菌的添加对玉米秸秆青贮饲料的干物质回收率无显著影响 ($P > 0.05$)。

2.4 不同处理对玉米秸秆青贮饲料纤维素成分和粗蛋白含量的影响

1) 对中性洗涤纤维 (NDF) 和酸性洗涤纤维 (ADF) 含量的影响。对表 5 中的数据进行分析结果表明:乳酸菌处理组 NDF 的质量分数比对照组增加了 6%。这是由于乳酸菌的加入使青贮过程细胞壁物质中一些物质的降解增加,剩下了难以降解的组分,所以 NDF 等不可消化组分的质量分数有所增加。同时,纤维素酶处理组与对照组之间 NDF 的质量分数差异不显著 ($P > 0.05$),但纤维素酶使 ADF 的质量分数下降了 20%。在共同处理组,青贮饲料中的 NDF 和 ADF 与对照组之间均有显著差异 ($P < 0.05$),质量分数分别下降了 10% 和 7%,这说明只有乳酸菌和纤维素酶共同作用时,才能降低

表 5 玉米秸秆青贮饲料纤维素成分和粗蛋白的质量分数

Table 5 The content of cellulose and crude protein of corn stover silage %			
组别	粗蛋白 (CP)	中性洗涤纤维 (NDF)	酸性洗涤纤维 (ADF)
对照	7.27	66.83	43.99
乳酸菌	7.10	70.98	45.06
纤维素酶	7.34	62.98	35.00
乳酸菌和纤维素酶	7.21	60.45	40.71

NDF 和 ADF 的含量。

2) 对粗蛋白含量的影响。试验结果证明:各处理粗蛋白的质量分数之间无显著差异 ($P > 0.05$),这表明添加纤维素酶和乳酸菌对玉米秸秆青贮饲料中粗蛋白的含量无明显影响。

3 结论

1) 与对照组相比,纤维素酶处理使玉米秸秆青贮饲料中丁酸与总酸的摩尔比和氨态氮与总氮质量比分别降低 100% 和 28%,pH 降低 13%,大大提高了玉米秸秆青贮饲料的发酵品质和营养价值。

2) 在玉米秸秆青贮过程中添加乳酸菌,使玉米秸秆青贮饲料的感官指标、干物率及 pH 综合评分比对照组提高 25%,同时使丁酸与总酸摩尔比下降 73%,但是乳酸菌处理使青贮饲料中 NDF 的质量分数增加了 6%,氨态氮与总氮质量比增加了 17%。证明添加乳酸菌以后,玉米秸秆青贮饲料中蛋白质的分解加剧,营养价值下降,降低了青贮饲料的品质。

3) 在玉米秸秆青贮过程中同时添加乳酸菌和纤维素酶,使玉米秸秆青贮饲料的干物质消失率提高 8%,氨态氮与总氮质量比降低 33%,丁酸与总酸的摩尔比降低 82%,同时使 NDF 和 ADF 的质量分数分别下降了 10% 和 7%,明显提高了青贮饲料的发酵品质和营养价值。

参 考 文 献

- [1] 王建兵. 微生物接种剂和酶制剂对玉米秸秆发酵品质的影响[J]. 内蒙古畜牧科学, 2001, 22(2): 4~7
- [2] 史占全. 添加酶制剂对青贮玉米秸发酵品质和化学成分的影响[J]. 浙江农业大学学报, 1998, 24(6): 653~657
- [3] Sheperd A C, Kung L JR. An enzyme additive for corn silage: effects on silage composition and animal performance[J]. J Dairy Sci, 1996, 79: 1760~1766
- [4] 杨胜. 饲料分析及饲料质量检测技术[M]. 北京: 农业出版社, 1999. 58~63
- [5] 郭庭双. 秸秆畜牧业[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1995. 61~63
- [6] 冯仰廉. 奶牛饲养标准和典型日粮配方[M]. 北京: 农业出版社, 1989. 15~16
- [7] 王建兵, 范石军. 细菌接种剂和酶制剂在秸秆类饲料青贮中的应用[J]. 饲料与饲养, 1999, (1): 17~19