

玉米浆与干稻秸以不同比例混合对黄贮饲料 发酵品质和营养成分的影响

李欣新 张永根* 张微微 张宁 刘凯玉 李春雷 姚庆 王艳菲
(东北农业大学动物科学技术学院, 哈尔滨 150030)

摘要: 本试验旨在探讨玉米浆与干稻秸以不同比例混合对黄贮饲料发酵品质和营养成分的影响。试验以水分含量为 54.00% 的玉米浆和水分含量为 10.00% 的干稻秸为原料, 按玉米浆与干稻秸不同混合比例(1:1、1:2、1:3 和 2:1, 鲜样质量比)分为 4 个组(I~IV 组), 每个组 10 个重复, 在各组中添加等量的复合乳酸菌制剂, 并调节水分含量为 60.00%, 常温贮存 60 d 后进行测定。结果表明: II 组的乳酸菌数量、乳酸和氨态氮含量显著高于其他各组($P < 0.05$); III 组的乙酸含量最高, 与其他各组差异显著($P < 0.05$); IV 组氨态氮/总氮最低, 与其他各组差异显著($P < 0.05$); 随着玉米浆添加量的增加, 粗蛋白质含量显著升高($P < 0.05$), 并显著降低了中性洗涤纤维、酸性洗涤纤维含量($P < 0.05$)。综合各项指标, 确定玉米浆与干稻秸采用 1:2 的比例进行混合可得到品质较好的新型黄贮饲料。

关键词: 玉米浆; 干稻秸; 混合比例; 发酵品质

中图分类号: S816

文献标识码: A

文章编号: 1006-267X(2013)11-2682-07

玉米浆是玉米淀粉等产品加工过程中的浸泡水经浓缩至含固形物 60% 左右后得到的副产品。玉米浆中富含可溶性蛋白质、碳水化合物、粗灰分、淀粉和乳酸等营养成分^[1]。我国水稻秸秆资源丰富, 但是除少数直接用作饲料外, 大部分是焚烧或直接废置腐烂^[2]。如果能将干稻秸和玉米浆通过黄贮发酵转变为可以被反刍动物利用的新型发酵饲料, 将对促进我国的生态环境改善、农业经济循环发展和解决粗饲料资源不足等问题具有重要意义。朱克卫等^[3]以玉米浆为基础的简化培养基进行优化培养 *L*-乳酸高产菌株, 提高了 *L*-乳酸的产量, 降低了生产成本。Cardinal 等^[4]证明玉米浆中所含的氨基酸、多肽及 B 族维生素有利于微生物生长。Rivas 等^[5]通过以玉米浆为培养基发酵生产乳酸, 证明玉米浆的营养成分结构很适

合乳酸菌生长和繁殖。目前, 将玉米浆和秸秆进行混合发酵的研究还尚未见报道。玉米浆呈暗棕色黏稠膏状并且有刺鼻酸味, 很难直接添加到饲料中进行饲喂。风干黄化后的干稻秸纤维含量高、可溶性碳水化合物含量低, 已不能青贮, 作为越冬的干草料营养价值极低。将玉米浆添加到干稻秸中进行黄贮, 有助于改善饲料营养价值, 但干稻秸对玉米浆的吸收有限, 需要通过试验确定最佳的混合比例。另外, 干稻秸茎叶上自然附着的乳酸菌较少, 并且玉米浆 pH 较低, 需要另外添加一种耐酸且活性强的乳酸菌制剂。因此, 本试验旨在探讨玉米浆与干稻秸以不同比例混合对黄贮饲料发酵品质和营养成分的影响, 为获得优质发酵饲料提供参考。

收稿日期: 2013-05-22

基金项目: 国家科技部项目“寒区规模化奶牛场精细饲养与粗饲料高效利用技术集成与示范”(2012BAD12B05-1)

作者简介: 李欣新(1988—), 女, 黑龙江勃利人, 博士研究生, 从事反刍动物营养研究。E-mail: youlixinxin@163.com

* 通讯作者: 张永根, 教授, 博士生导师, E-mail: zhangyonggen@sina.com

1 材料与amp;方法

1.1 试验材料

黄贮原料:由东北农业大学香坊农场提供,水稻秸秆在成熟期收获籽实后经自然晾晒获得干稻秸,水分含量为 10.00%;玉米浆由吉林省松原市嘉吉饲料公司提供,水分含量为 54.00%。

复合乳酸菌制剂:由东北农业大学动物科学技术学院反刍动物营养实验室提供,主要由植物

乳酸菌 (*L. plantarum*),布氏乳杆菌 (*L. buchneri*) 和干酪乳杆菌 (*L. casei*) 构成。

1.2 试验设计

本试验采用单因素试验设计,按玉米浆与干稻秸不同混合比例(鲜样质量比)(1:1、1:2、1:3 和 2:1)分为 4 个组 (I ~ IV 组),每个组 10 个重复,各组干物质(DM)含量均为 40.00%。黄贮前饲料营养成分见表 1。

表 1 黄贮前饲料营养成分和 pH(干物质基础)

Table 1 Nutrient composition and pH of feed before yellow rice straw silage (DM basis)

组别 Groups	粗蛋白质 CP/%	中性洗涤纤维 NDF/%	酸性洗涤纤维 ADF/%	粗灰分 Ash/%	可溶性碳水化合物 WSC/%	pH
I	14.41	46.20	27.78	15.81	2.01	4.08
II	9.92	55.13	33.56	15.66	2.46	4.21
III	8.15	58.29	36.14	15.52	2.50	4.25
IV	19.14	36.35	21.90	15.37	1.94	4.02

1.3 黄贮饲料的调制

将干稻秸切至 4 ~ 5 cm 小段,与玉米浆按照各组所设定的比例混合均匀,并将水分含量调节到 60.00% 左右。将活化的复合乳酸菌制剂均匀喷洒到黄贮原料中,添加量为每 100 g 黄贮原料中喷洒 5 mL,使各组初始乳酸菌数量达到 1×10^7 CFU/g。每个聚乙烯袋(塑料袋规格为 300 mm × 200 mm)装料 300 g,用真空封口机封口。将聚乙烯袋置于室温下避光保存,黄贮 60 d 开袋,取样分析黄贮饲料的发酵品质和营养成分。

1.4 测定指标和方法

1.4.1 黄贮原料和黄贮饲料营养成分的测定

黄贮 60 d 后,开启黄贮袋,各组饲料单独混匀后用四分法取 3 个平行样,在 (60 ± 5) °C 下进行烘干,粉碎后进行各营养成分的测定。DM 含量参考杨胜^[6]方法测定;粗蛋白质(CP)含量采用 FOSS 2300 全自动凯氏定氮仪测定;中性洗涤纤维(NDF)、酸性洗涤纤维(ADF)含量采用 ANKOM 全自动纤维分析仪测定^[7-8];可溶性碳水化合物(WSC)含量采用硫酸-蒽酮法测定^[9];粗灰分含量参照 GB 4800—84 测定。

1.4.2 黄贮饲料的感官评定

根据《青贮饲料质量评定标准》^[10],从气味、色泽、质地 3 方面对黄贮饲料进行感官评定。

1.4.3 黄贮前后饲料中微生物数量的测定

黄贮前(第 0 天)和黄贮后(第 60 天)开启黄贮袋,取中间部分饲料 10 g,每组 3 个平行样,加入 90 mL 的无菌生理盐水浸泡 30 min,吸取浸泡液并逐级进行稀释,分别采用 MRS 琼脂培养基和马铃薯葡萄糖琼脂培养基以涂布法计数乳酸菌和酵母菌数量^[11]。乳酸菌在 37 °C 下厌氧培养 48 h;酵母菌在 37 °C 下培养 72 h。计数单位表示为每克黄贮前后饲料中所含有的菌落形成单位 [lg(CFU/g)]。

1.4.4 黄贮饲料发酵指标的测定

黄贮 60 d 后,开启黄贮袋,各组饲料单独混匀后用四分法取 3 个平行样,各取 10 g,加入 90 mL 的蒸馏水于 4 °C 冰箱内浸泡 24 h,不断摇晃具塞三角锥形瓶,以确保浸没完全。将黄贮饲料进行过滤,所得滤液用 EA-940 离子浓度计测定 pH,所用电极为 8135-BN-ROSS 环氧树脂壳体复合 pH 电极。取另 1 份滤液,采用苯酚-次氯酸钠方法测定氨态氮含量^[12];采用 Waters-600 高效液相色谱仪测定乳酸含量^[13];采用日本岛津 GC-2010 气相色谱仪测定挥发性脂肪酸含量^[14]。

采用 Kilica^[15]提出的公式计算费氏评分,根据这个评分,将发酵饲料品质分为优等(80 ~ 100)、良好(60 ~ 80)、尚可(40 ~ 60)、差(20 ~

40)、极差(0~20)5个级别。

1.5 数据统计与分析

采用 SAS 9.1 统计软件 GLM 模块进行单因素方差分析, Duncan 氏法进行多重比较检验。

2 结果与分析

2.1 黄贮原料的营养成分

由表 2 可知,本试验中干稻秸的水分含量为 10.81%,玉米浆的水分含量为 54.38%,且质地黏稠,很难直接用做发酵底物。玉米浆与干稻秸混合发酵饲料的调制目标就是要使乳酸菌快速生长和繁殖,有利于乳酸菌生长繁殖的适宜条件为:水分含量 65%~75%、可溶性碳水化合物含

量为鲜重的 2%~3% 以及厌氧环境^[16]。由于本试验中二者水分含量均低于乳酸菌发酵所需的水分含量标准,需添加无菌水调节其水分含量,由于玉米浆难于被吸收,需将总水分含量调节到 60.00% 以保证黄贮发酵的正常进行。干稻秸的可溶性碳水化合物含量为 2.90%,远不能满足黄贮发酵要求,但玉米浆的可溶性碳水化合物含量为 6.95%,二者按一定比例混合后,可以提高混合发酵底物的可溶性碳水化合物含量,基本满足乳酸菌生长需要。玉米浆粗蛋白质含量可达 37.00%,可以有效提高黄贮饲料的粗蛋白质含量。

表 2 黄贮原料的营养成分和 pH(干物质基础)

Table 2 Nutrient composition and pH of yellow rice straw silage ingredients (DM basis)

原料 Ingredients	干物质 DM/%	粗蛋白质 CP/%	中性洗涤纤维 NDF/%	酸性洗涤纤维 ADF/%	可溶性碳水化合物 WSC/%	粗灰分 Ash/%	pH
干稻秸 Dry rice straw	89.19	3.23	69.09	43.18	2.90	14.80	6.41
玉米浆 Corn steep liquor	45.62	37.00	0.03	0.06	6.95	15.57	3.95

2.2 玉米浆与干稻秸以不同比例混合对黄贮饲料感官评定的影响

气味方面,4 组在黄贮第 60 天均未出现霉变及异味,其中 II、III 组可闻到芳香酸味, I 组有酒味, IV 组除具有较浓酒味,还伴有玉米浆的气味。色泽方面, I、IV 组呈深褐色, II、III 组为亮黄色。质地方面, I、II、III 组结构完整,秸秆脉络清晰, IV 组略发黏。从气味、色泽和质地方面综合分析, II、III 组属于优良黄贮饲料, I 组属于良好黄贮饲料, IV 组属于中等黄贮饲料。

2.3 玉米浆与干稻秸以不同比例混合对黄贮饲料发酵品质的影响

2.3.1 玉米浆与干稻秸以不同比例混合对黄贮前后饲料中微生物数量的影响

由表 3 可知,黄贮前饲料中乳酸菌数量在各组中基本相同,均能达到 1×10^7 CFU/g,并且存在大量的酵母菌。经过 60 d 黄贮后, II、III 组乳酸菌数量增加,显著高于 I、IV 组 ($P < 0.05$), I、IV 组乳酸菌数量减少,均低于其初始添加量; II、III 组酵母菌数量大幅度减少, II 组基本不存在酵母菌, III 组酵母菌也受到了有效的抑制, I、IV 组仍有较

多的酵母菌。

2.3.2 玉米浆与干稻秸以不同比例混合对黄贮饲料发酵指标的影响

由表 4 可知, III 组 pH 显著高于其他各组 ($P < 0.05$)。II 组氨态氮含量显著高于其他各组 ($P < 0.05$), I、IV 组含量最低,但 2 组之间差异不显著 ($P > 0.05$)。III 组氨态氮/总氮最高,与 I、IV 组差异显著 ($P < 0.05$),但与 II 组间差异不显著 ($P > 0.05$)。II 组乳酸含量最高,显著高于其他各组 ($P < 0.05$)。III 组乙酸含量显著高于其他各组 ($P < 0.05$), I、IV 组乙酸含量最低,2 组间差异不显著 ($P > 0.05$)。

根据费氏评分方案对各组黄贮饲料进行评分可得, II 组等级为优等; I、III 组为良好; IV 组为尚可。

2.4 玉米浆与干稻秸以不同比例混合对黄贮饲料营养成分的影响

由表 5 可知,各组之间粗蛋白质含量差别较大, IV 组粗蛋白质含量显著高于其他各组 ($P < 0.05$),含量高达 20.07%, III 组粗蛋白质含量显著低于其他各组 ($P < 0.05$)。III 组中性洗涤纤维、酸

性洗涤纤维含量显著高于其他各组 ($P < 0.05$), 其次为 II 组, 含量最低的是 IV 组。II、III 组可溶性碳水化合物化合物含量显著低于 I、IV 组 ($P < 0.05$)。

表 3 玉米浆与干稻秸以不同比例混合对黄贮前后饲料中微生物数量的影响

Table 3 Effects of mixing corn steep liquor with dry rice straw in different proportions on the number of microorganism of feed before and after yellow rice straw silage lg(CFU/g)

组别 Groups	乳酸菌 <i>Lactobacillus</i>		酵母菌 Yeast	
	第 0 天 Day 0	第 60 天 Day 60	第 0 天 Day 0	第 60 天 Day 60
I	7.77	7.02 ^b	6.67	6.14 ^a
II	7.73	8.85 ^a	6.85	
III	7.72	8.67 ^a	6.65	3.13 ^b
IV	7.83	6.10 ^c	7.25	6.13 ^a
SEM	0.05	0.44	0.15	0.63
<i>P</i> 值 <i>P</i> -value	0.888 1	0.000 1	0.578 1	0.000 2

同列数据肩标相同字母或无字母表示差异不显著 ($P > 0.05$), 不同字母表示差异显著 ($P < 0.05$)。下表同。

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

表 4 玉米浆与干稻秸以不同比例混合对黄贮饲料发酵指标的影响 (鲜重基础)

Table 4 Effects of mixing corn steep liquor with dry rice straw in different proportions on fermentation indexes of yellow rice straw silage feed (fresh weight basis)

组别 Groups	pH	氨态氮	总酸	乳酸	乙酸	乳酸/乙酸	氨态氮/总氮	费氏评分	等级
		NH ₃ -N/ %	Total acid/ %	Lactic acid/ %	Acetic acid/ %	Lactic acid/ acetic acid	NH ₃ -N/total N	Flieg score	Grade
I	4.13 ^c	0.087 ^c	1.75 ^c	1.31 ^c	0.40 ^c	3.28	3.53 ^b	76	良好
II	4.42 ^b	0.120 ^a	3.16 ^a	2.23 ^a	0.93 ^b	2.39	7.20 ^a	85	优等
III	4.61 ^a	0.101 ^b	2.80 ^b	1.59 ^b	1.22 ^a	1.30	7.54 ^a	68	良好
IV	4.03 ^c	0.091 ^c	1.94 ^c	1.41 ^{bc}	0.44 ^c	3.20	2.82 ^c	58	尚可
SEM	0.09	0.010	0.22	0.14	0.13		0.80		
<i>P</i> 值 <i>P</i> -value	0.000 5	0.004 8	0.000 1	0.001 0	<0.000 1		<0.000 1		

表 5 玉米浆与干稻秸以不同比例混合对黄贮饲料营养成分的影响 (干物质基础)

Table 5 Effects of mixing corn steep liquor with dry rice straw in different proportions on nutrient composition of yellow rice straw silage feed (DM basis) %

组别 Groups	粗蛋白质 CP	中性洗涤纤维 NDF	酸性洗涤纤维 ADF	可溶性碳水化合物 WSC
I	15.41 ^b	47.12 ^c	28.66 ^c	0.91 ^a
II	10.37 ^c	58.91 ^b	37.08 ^b	0.42 ^b
III	8.36 ^d	61.93 ^a	38.84 ^a	0.39 ^b
IV	20.07 ^a	37.43 ^d	22.38 ^d	0.86 ^a
SEM	1.72	2.95	2.00	0.09
<i>P</i> 值 <i>P</i> -value	<0.000 1	<0.000 1	<0.000 1	<0.000 1

3 讨论

3.1 玉米浆与干稻秸以不同比例混合对黄贮饲料发酵品质的影响

3.1.1 玉米浆与干稻秸以不同比例混合对黄贮饲料中微生物数量的影响

蔡义民等^[17]关于乳酸菌对玉米秸秆青贮饲料的发酵品质改善效果的研究认为,添加乳酸菌能使青贮全过程保持高水准的乳酸菌活菌数量,同时能有效抑制青贮饲料中霉菌、酵母菌及一般细菌的繁殖。本试验中,Ⅱ、Ⅲ组乳酸菌数量在黄贮后第 60 天均高于初始添加量,说明玉米浆与干稻秸以该比例混合适合乳酸菌的生长,成为了优势菌群的乳酸菌抑制了玉米浆原料中的酵母菌的生长,使其数量基本接近于零。乳酸菌在Ⅰ、Ⅳ组中的生长受到抑制,黄贮后第 60 天的数量低于其初始添加量,造成这一结果的原因可能是玉米浆原料中乳酸含量较高,乳酸作为乳酸菌的主要代谢产物会通过反馈调节对乳酸菌的生长产生一定的抑制作用^[18]。干稻秸对玉米浆的吸收具有一定的饱和度,过多的玉米浆无法被吸收,游离在秸秆表面,不利于乳酸菌的生长。刘金萍^[19]通过试验发现,植物乳杆菌对酸性有一定的耐受性,pH 3.5 时有 0.1% 的耐受性,pH 4.0 时有 1% 的耐受性,pH 4.5 时有 12.32% 的耐受性。本试验中Ⅰ、Ⅳ组饲料黄贮前 pH 较低也是抑制乳酸菌生长的重要原因之一。

3.1.2 玉米浆与干稻秸以不同比例混合对黄贮饲料发酵指标的影响

pH、氨态氮/总氮与各有机酸含量是评定常规青贮饲料品质优劣的重要指标。一般认为,pH 和氨态氮/总氮低,有机酸特别是乳酸含量及乳酸占总有机酸的比值高,青贮饲料品质就好。本试验原料特殊,由于玉米浆原料本身 pH 较低,各组之间 pH 差别较大。黄贮 60 d 后,Ⅰ、Ⅳ组 pH 较低,Ⅱ、Ⅲ组较高,但也都都在合理范围内,pH 5.0 以下的结果属于正常发酵,刘建新等^[20]认为最理想的 pH 是 4.0~4.4。pH 的差异也与Ⅱ、Ⅲ组乳酸菌的发酵类型有密切关系。Kung 等^[21]发现,当青贮饲料中产生的乳酸/乙酸小于 3 时,一般是异型发酵乳酸菌占主导地位,Ⅱ、Ⅲ组乳酸/乙酸小于 3,说明乳酸菌中的异型发酵菌布氏乳酸菌的发酵占主导。布氏乳杆菌对青贮饲料发酵的影响主要是

降低乳酸的含量,增加乙酸和氨态氮的生成量,使青贮饲料的 pH 相对较高,同时异型发酵菌产生的高剂量乙酸抑制酵母菌和霉菌的生长^[22-23]。Ⅰ、Ⅳ组氨态氮/总氮较低也与其玉米浆添加比例高,总氮含量特别大有关。Ⅱ组乳杆菌也较为活跃,通过同型发酵产生乳酸,提高了黄贮饲料的品质。综合黄贮饲料中有机酸的含量,按照费氏评分方案进行打分,Ⅱ组的发酵效果最好,为优等。

3.2 玉米浆与干稻秸以不同比例混合对黄贮饲料营养成分的影响

粗蛋白质含量是衡量饲料品质的重要指标。由于玉米浆原料中粗蛋白质含量较高,随着玉米浆添加量的增加,粗蛋白质含量显著增加,中性洗涤纤维、酸性洗涤纤维含量显著减少。Ⅲ组由于玉米浆添加量最低,其粗蛋白质含量最低。张宁等^[24]用复合菌发酵生产的常规水稻秸秆青贮饲料,粗蛋白质含量仅为 4.85%。通过添加玉米浆增加了黄贮饲料的粗蛋白质含量,发酵品质和感官评定效果都较好的Ⅱ组粗蛋白质含量也达到了 10.37%,有效地提高了黄贮饲料的营养成分。由于乳酸菌的生长需要消耗大量的糖,Ⅱ、Ⅲ组乳酸菌数量高于另外 2 组,由此也增加了对糖的消耗,因此,这 2 组饲料中剩余的可溶性碳水化合物含量低于另外 2 组。

4 结论

① 玉米浆与干稻秸按一定比例混合进行黄贮,可以有效提高黄贮饲料的发酵品质和营养成分。综合感官评定、发酵品质指标和黄贮饲料营养成分,确定Ⅱ组的混合比例,即玉米浆:干稻秸为 1:2 是最适混合发酵比例。

② 该试验所添加的复合乳酸菌制剂能在玉米浆与干稻秸的混合饲料中进行生长繁殖,产生的乳酸和乙酸有效地提高了黄贮饲料品质。

参考文献:

- [1] 尤新. 玉米的综合利用及深加工[M]. 北京:中国轻工业出版社,1993:90-93.
- [2] 高祥照,马文奇,马常宝,等. 中国作物秸秆资源利用现状分析[J]. 华中农业大学学报,2002,21(3):242-247.
- [3] 朱克卫. L-乳酸高产菌株的选育及低成本玉米浆发酵培养基的优化[D]. 硕士学位论文. 长春:吉林

- 大学,2006.
- [4] CARDINAL E V, HEDRICK L R. Microbiological assay of corn steep liquor for amino acid content [J]. *Journal of Biological Chemistry*, 1948, 172 (2) : 609 - 612.
- [5] RIVAS B, MOLDES A B, DOMÍNGUEZ J M, et al. Development of culture media containing spent yeast cells of *Debaryomyces hansenii* and corn steep liquor for lactic acid production with *Lactobacillus rhamnosus* [J]. *International Journal of Food Microbiology*, 2004, 97 (1) : 93 - 98.
- [6] 杨胜. 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, 1993.
- [7] VAN SOEST P J, ROBERBSON 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.
- [8] 张丽英, 王宗义, 李德发. 滤袋技术在饲料纤维素分析中的应用 [J]. *饲料工业*, 2001, 22 (5) : 9 - 10.
- [9] MCDONALD P, HENDERSON A R. Determination of water-soluble carbohydrates in grass [J]. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 1964, 15 (6) : 395 - 398.
- [10] 农业部畜牧兽医司. 青贮饲料质量评定标准 (试行) [J]. *中国饲料*, 1996 (21) : 5 - 7.
- [11] WHITER A G, KUNG L, Jr. The effect of a dry or liquid application of *Lactobacillus plantarum* MTD1 on the fermentation of alfalfa silage [J]. *Journal of Dairy Science*, 2001, 84 (10) : 2195 - 2202.
- [12] SALAWU M B, ACAMOVIC T, STEWART C S, et al. The use of tannins as silage additives; effects on silage composition and mobile bag disappearance of dry matter and protein [J]. *Animal Feed Science and Technology*, 1999, 82 (3/4) : 243 - 259.
- [13] 卢定强, 徐蓓, 李晖, 等. 反相高效液相色谱法同时测定乳酸及乳酸甲酯 [J]. *精细化工*, 2007, 24 (2) : 206 - 208.
- [14] 刘丹丹. 不同浓度绿汁发酵液和脱氢乙酸钠对青贮水稻秸品质和有氧稳定性的影响 [D]. 硕士学位论文. 哈尔滨: 东北农业大学, 2008.
- [15] KILIC A. *Silage feed* [M]. Turkey: Bilgehan Press, 1986.
- [16] 杨志忠, 艾克拜尔, 丁敏, 等. 青贮饲料的优点及制作技术 [J]. *草食家畜*, 2005 (1) : 57 - 58.
- [17] 蔡义民, 熊井清雄, 廖芷, 等. 乳酸菌剂对青贮饲料发酵品质的改善效果 [J]. *中国农业科学*, 1995, 28 (2) : 73 - 82.
- [18] 杨洁彬, 郭兴华, 凌代文, 等. 乳酸菌——生物学基础及应用 [M]. 北京: 中国轻工业出版社, 1996: 190.
- [19] 刘金萍. 植物乳杆菌 A6 (*Lactobacillus plantarum* A6) 生物学特性及在发酵饲料中应用的研究 [D]. 硕士学位论文. 南宁: 广西大学, 2004.
- [20] 刘建新, 杨振海, 叶均安, 等. 青贮饲料的合理调制与质量评定标准 [J]. *饲料工业*, 1999, 20 (3) : 4 - 7.
- [21] KUNG L, Jr, STOKES M R. Analyzing silages for fermentation end products [J/OL]. [2001 - 11 - 17]. http://ag.udel.edu/department/anfs/faculty/kung/articles/analyzing_silages_for_fermentai.htm.
- [22] DRIEHUIS F, ELFERINK S J W H, SPOLESTRA S F. Anaerobic lactic acid degradation during ensilage of whole crop maize inoculated with *Lactobacillus buchneri* inhibits yeast growth and improves aerobic stability [J]. *Journal of Applied Microbiology*, 1999, 87 (4) : 583 - 594.
- [23] WINBERG Z G, ASHBELL G, HEN Y, et al. Ensiling whole-crop wheat and corn in large containers with *Lactobacillus plantarum* and *Lactobacillus buchneri* [J]. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*, 2002, 28 (1) : 7 - 11.
- [24] 张宁, 张永根, 李欣新, 等. 添加 2 种乳酸菌制剂对水稻秸青贮品质及有氧稳定性的影响 [J]. *中国畜牧杂志*, 2013, 49 (5) : 72 - 75.

Effects of Mixing Corn Steep Liquor with Dry Rice Straw in Different Proportions on Fermentation Quality and Nutrient Composition of Yellow Rice Straw Silage Feed

LI Xinxin ZHANG Yonggen* ZHANG Weiwei ZHANG Ning LIU Kaiyu
LI Chunlei YAO Qing WANG Yanfei

(College of Animal Science, Northeast Agricultural University, Harbin 150030, China)

Abstract: This experiment was aimed to study the effects of mixing corn steep liquor (CSL) with dry rice straw (DRS) in different proportions on fermentation quality and nutrient composition of yellow rice straw silage feed. The ingredients of the test were CSL with the water content of 54.00% and DRS with the water content of 10.00%. There were 4 groups (groups I to IV) according to the mixing proportion of CSL and DRS (1:1, 1:2, 1:3 and 2:1, respectively, fresh sample mass proportion), and each group had 10 replicates. Each group added the same number of compound *Lactobacillus* and adjusted the water content of 60.00%. All materials were detected after fermenting for 60 days at room temperature. The results of the experiment showed that the number of *Lactobacillus*, lactic acid and ammonia nitrogen ($\text{NH}_3\text{-N}$) contents in group II were significantly higher than those in other groups ($P < 0.05$). Group III had the highest acetic acid content, which was significant difference from the other groups ($P < 0.05$). The $\text{NH}_3\text{-N}$ /total N in group IV was the lowest, which was significant difference from the other groups ($P < 0.05$). With the increase of CSL supplement, the crude protein content was significantly increased ($P < 0.05$), and the contents of neutral detergent fiber and acid detergent fiber were significantly reduced ($P < 0.05$). Thus, the mixing proportion of 1:2 is the ideal mixing proportion of CSL and DRS, which can get better quality new fermentation feed. [*Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2013, 25(11):2682-2688]

Key words: corn steep liquor; dry rice straw; mixing proportion; fermentation quality