

添加青稞酒糟对西藏箭筈豌豆与芨状羊茅混合青贮发酵品质的影响

原现军^{1,3}, 余成群², 夏坤¹, 李志华¹, 下条雅敬⁴, 邵涛^{1*}

(1. 南京农业大学动物科学技术学院 饲草调制加工与贮藏研究所, 南京 210095; 2. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101; 3. 上海市农业科学院畜牧兽医研究所, 上海 201106; 4. 九州大学生物资源与环境学部 动物饲料生产与利用研究室, 日本福岡 812-8581)

摘要: 本研究旨在评价添加不同水平青稞酒糟对箭筈豌豆与芨状羊茅(3:7)混合青贮发酵品质的影响。试验设对照组(Control)和3个添加水平(10%、20%和30%)的青稞酒糟处理组,青贮后第7、14、30和60天后打开青贮窖,测定青贮饲料发酵品质。结果显示:添加青稞酒糟改善了混合青贮发酵品质,显著($P<0.05$)提高了乳酸含量及乳酸/乙酸值,显著($P<0.05$)降低了pH和氨态氮/总氮。添加青稞酒糟促进青贮早期乳酸发酵,使pH快速下降,有效抑制了青贮早期好氧性微生物的活性,进而降低了干物质和水溶性碳水化合物的损失。结果表明,添加10%青稞酒糟即可提高混合青贮发酵品质。

关键词: 箭筈豌豆; 芨状羊茅; 混合青贮; 青稞酒糟; 发酵品质

中图分类号: S816.53

文献标识码: A

文章编号: 0366-6964(2012)09-1408-07

Effect of Adding Wet Hullessbarley Distillers' Grains on Fermentation Quality of Mixed Silage of Common Vetch (*Vicia sativa*) and Tall Fescue (*Festuca arundinacea*) in Tibet

YUAN Xian-jun^{1,3}, YU Cheng-qun², XIA Kun¹, LI Zhi-hua¹, SHIMOJO Masataka⁴, SHAO Tao^{1*}

(1. *Institute of Ensiling and Processing of Grass, College of Animal Science and Technology, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China*; 2. *Institute of Geographic Sciences and Natural Resources, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China*; 3. *Institute of Animal Husbandry and Veterinary Science, Shanghai Academy of Agricultural Sciences, Shanghai 201106, China*; 4. *Laboratory of Animal Feed Science, Division of Animal Science, Department of Animal and Marine Bioresource Sciences, Faculty of Agriculture, Kyushu University, Fukuoka 812-8581, Japan*)

Abstract: This study was conducted to evaluate the effect of adding wet hullessbarley distillers' grains (WHDG) on the fermentation quality of mixed silage of common vetch and tall fescue during ensiling. Mixture of common vetch and tall fescue were ensiled by adding wet hullessbarley distillers' grains (WHDG), there were four adding levels (0, 10%, 20% and 30% of fresh weight). The silos were opened on 7, 14, 30 and 60 days after ensiling in triplicate and the fermentation quality was analyzed. The results showed that WHDG addition markedly improved the fermentation quality of mixed silage, which was well indicated by significantly ($P<0.05$) higher lactic acid content and lactic/acetic acid and significantly ($P<0.05$) lower pH and ammonia-N/total N in WHDG addition silages than these in control. WHDG addition greatly enhanced lactic acid production and pH decline during the early stage of ensiling, effectively inhibited the activity

收稿日期: 2011-12-06

基金项目: “十二五”国家科技支撑计划(2010BAE00739-03); 西藏主要农作物秸秆与栽培牧草混合青贮关键技术研究(XZ20093ZD)

作者简介: 原现军(1983-), 男, 河南林州人, 博士生, 主要从事动物营养学研究, E-mail: hnyxj0702@163.com

* 通讯作者: 邵涛, E-mail: taoshaolan@yahoo.com.cn

of aerobic bacteria, and resulting in lower loss of dry matter and water soluble carbohydrate. Based on the results, it can be concluded that the fermentation quality of mixed silage was considerably improved by 10% or more WHDG addition.

Key words: common vetch; tall fescue; mixed silage; wet hullessbarley distillers' grains; fermentation quality

西藏地处青藏高原西南部,平均海拔在 4 000 m 以上。由于冷季漫长,牧草生长期短暂,牧草生产水平很低,难以为草食家畜提供持续充足的饲草资源,出现“冬瘦春死”现象^[1];尤其是近年来超载过牧,鼠虫害与毒杂草危害严重,使草地生产力下降,草畜矛盾更加突出;自然灾害频繁,饲草储备不足,抗灾保畜能力差,雪灾常常导致牲畜大批死亡损失巨大,严重制约了西藏畜牧业的可持续发展。饲草缺乏已成为限制西藏畜牧业发展的瓶颈,因此大力推广优质牧草种植,并进行合理加工贮藏,为家畜生长发育及畜产品生产提供持续充足的饲草,成为西藏草地畜牧业可持续发展的必由之路。

箭筈豌豆和苇状羊茅是西藏主要栽培牧草,箭筈豌豆是一种优良的草料兼用作物,枝叶柔嫩、叶量丰富、适口性好、粗蛋白含量高;但水溶性碳水化合物含量低、缓冲能高,单独青贮难以成功。苇状羊茅是多年生禾本科牧草,具有营养价值高,品质优良,适口性好等优点,且水溶性碳水化合物含量较高。若将二者混合青贮,不仅可以解决豆科牧草单独青贮难以成功的难题,而且还能提高禾本科牧草青贮饲料的蛋白质含量。

酒糟是酿酒业的副产品,粗蛋白(尤其是水溶性蛋白质)和 B 族维生素含量丰富,营养价值高,已被

广泛用作畜禽饲料,但由于湿酒糟水分含量较高,保存困难,为达到长期持续利用酒糟的目的,许多报道^[2-3]将湿酒糟与干物质含量较高的材料混合青贮,可提高青贮饲料发酵品质、营养价值及有氧稳定性。青稞酒糟作为西藏人民重要的传统饮料青稞酒的副产品,资源丰富。将青稞酒糟作为青贮添加剂,在西藏地区开展优质青贮饲料生产,不仅可节约成本,也可使资源得到合理利用。目前关于青稞酒糟作为添加剂改善青贮发酵品质的研究未见报道。

本试验根据前期箭筈豌豆和苇状羊茅混合青贮比例筛选研究结果,进一步探讨添加青稞酒糟对箭筈豌豆和苇状羊茅混合青贮发酵品质的影响,指导西藏地区优质青贮饲料的生产。

1 材料与方法

1.1 试验材料

将种植于西藏日喀则地区草原工作站试验地的箭筈豌豆 (*Vicia sativa*) 和苇状羊茅 (*Festuca arundinacea*) 于 2009 年 9 月 24 日刈割,箭筈豌豆处于结荚期;苇状羊茅处于营养生长期;青稞酒糟是酿造青稞酒的副产品,各青贮材料化学成分见表 1。

表 1 箭筈豌豆、苇状羊茅及酒糟主要化学成分

Table 1 Chemical compositions of hullessbarley straw, tall fescue and wet hullessbarley distillers' grains

青贮材料 Ensilage material	干物质/(g · kg ⁻¹ FW) Dry matter	粗蛋白质/(g · kg ⁻¹ DM) Crude protein	水溶性碳水化合物/(g · kg ⁻¹ DM) Water soluble carbohydrate
箭筈豌豆 Common vetch	329.10 ± 6.96	157.15 ± 3.19	156.67 ± 0.62
苇状羊茅 Tall fescue	353.38 ± 1.84	57.19 ± 2.43	263.32 ± 6.49
青稞酒糟 WHDG	149.02 ± 2.10	293.00 ± 2.38	83.48 ± 3.49

FW. 鲜重;DM. 干物质;WHDG. 青稞酒糟

FW. Fresh weight; DM. Dry matter; WHDG. Wet hullessbarley distillers' grains

1.2 试验设计

试验采用实验室青贮窖,容积为 130 mL(内径

5 cm × 高 8 cm)的圆柱状,有内外盖密封性好的塑料容器。采用完全随机设计,设对照组和 3 个不同

水平的酒糟处理组,酒糟分别按混合后鲜重的0% (对照),10%、20%和30%添加,在青贮后的第7、14、30和60天打开青贮窖,每个处理各个时间点3个重复。

1.3 试验方法

1.3.1 青贮饲料的调制 将2种料草分别用铡刀切成2 cm左右的长度,箭筈豌豆和苇状羊茅以3:7的质量比充分混合,并按试验设计量添加酒糟,再次充分混合均匀,装填至实验室青贮窖中,压实盖上内外盖,并用胶带密封,置于室温条件下保存。

1.3.2 样品处理 在青贮第7、14、30和60天分别打开青贮窖,取出全部青贮饲料将其混合均匀,称取35 g放入100 mL的广口三角瓶,加入70 g的去离子水,4℃浸提24 h,然后通过2层纱布和定性滤纸过滤,所得液体为青贮饲料浸提液,置于-20℃冷冻冰箱保存待测。滤液用来测定pH、乳酸、氨态氮和挥发性脂肪酸。将剩余部分青贮饲料收集烘干,测定干物质、总氮及水溶性碳水化合物。

1.3.3 测定项目及分析方法 原料草和青贮饲料在65℃烘箱中干燥60 h至恒定质量,测定干物质含量(Dry matter, DM);pH用HANNA pH211型pH计测定;乳酸含量(Lactic acid, LA)用对-羟基联苯测定^[4];水溶性碳水化合物含量(Water soluble carbohydrate, WSC)采用蒽酮-硫酸测定^[5];氨态氮含量(Ammonia nitrogen, AN)采用苯酚-次氯酸钠测定^[6];总氮含量(Total nitrogen, TN)采用凯氏定氮法测定^[4];挥发性脂肪酸(Volatile fatty acids, VFAs)采用高效气相色谱仪(日本岛津GC-14B)测定^[4],包括乙酸(Acetic acid, AA)、丙酸(Propionic acid, PA)和丁酸(Butyric acid, BA),测定条件:色谱柱为毛细管柱,柱温140℃,汽化室温度180℃,氢气检测器温度220℃,检测器FID,载气为氮气,压力为0.05 MPa,氢气压力为0.05 MPa,氧气压力为0.05 MPa。

1.4 数据处理

采用SAS(8.2)软件对试验数据进行单因子方差分析(ANOVA),并用Duncan's方法对处理间及青贮天数间平均数进行多重比较($P<0.05$)。

2 结果

2.1 添加青稞酒糟对箭筈豌豆与苇状羊茅混合青贮过程中pH、干物质和乳酸含量的影响

在整个青贮过程中,各组干物质含量均随着青

贮时间的延长呈下降趋势(表2)。青贮前14 d酒糟添加组干物质含量均显著低于对照组($P<0.05$),且随着酒糟添加水平的增加,干物质含量降低。但30 d后,除30%酒糟添加组明显低于对照组外($P<0.05$),其它各组干物质含量与对照组无显著差异($P>0.05$)。

青贮前期添加酒糟加速了乳酸发酵进程,到青贮第7天,酒糟添加组乳酸含量显著高于对照组($P<0.05$)。青贮第14天各酒糟添加组乳酸含量虽有所下降,但从第30~60天各组乳酸含量均有回升,其中20%和30%酒糟添加组乳酸含量显著提高($P<0.05$),而对照组乳酸含量呈缓慢上升趋势直至青贮第60天,整个青贮过程中,各酒糟添加组乳酸含量始终显著高于对照组($P<0.05$)。与乳酸含量相对应地pH呈现相反的变化趋势,各酒糟添加组第7天已降至4.2以下均显著低于对照组的5.85($P<0.05$),此后各酒糟添加组基本趋于稳定,20%和30%组均降至4.0以下,虽10%酒糟添加组pH高于4.0,但始终低于4.2。而对照组7 d后呈下降趋势,第30天最低仅降至4.79,之后第60天又升高至5.43。

2.2 添加青稞酒糟对箭筈豌豆与苇状羊茅混合青贮过程中挥发性脂肪酸含量的影响

青贮前30 d各处理组的乙酸含量(表3)呈逐渐升高趋势,之后各组乙酸含量均有下降,其中对照组显著下降($P<0.05$)。整个青贮过程中酒糟添加组乙酸含量始终低于($P>0.05$)或显著低于($P<0.05$)对照组,且随着酒糟添加水平增加呈下降趋势($P>0.05$)。在整个青贮过程中各酒糟添加组乳酸/乙酸始终显著高于对照组($P<0.05$),且随着酒糟添加量的增加逐渐升高。随着青贮时间的延长,各酒糟添加组乳酸/乙酸比值变化相似,即7 d后缓慢下降直至第30天($P>0.05$),之后显著升高($P<0.05$),而对照组乳酸/乙酸呈逐渐上升趋势($P>0.05$)。在整个青贮过程中各组均未检测到或仅检测到微量丙酸和丁酸,总挥发性脂肪酸含量呈现出与乙酸相似的变化趋势,随着青贮时间的延长不断积累。

在整个青贮过程中,各酒糟添加组氨态氮/总氮值均显著低于对照组($P<0.05$),且随着酒糟添加水平的增加呈下降趋势,其中青贮第7天30%酒糟添加组氨态氮/总氮值显著低于10%处理组($P<0.05$),之后各酒糟添加组间氨态氮/总氮值差异不显著($P>0.05$)。随着青贮的进行,各组氨态氮/总

氮值逐渐上升,其中对照组、20%和30%酒糟添加组在青贮30 d后显著提高($P<0.05$)。

表2 添加青稞酒糟对箭筈豌豆与苇状羊茅混合青贮过程中pH、干物质和乳酸含量的影响

Table 2 Effect of adding WHDG on pH, DM and LA contents of mixed silage of Common Vetch and Tall Fescue during ensiling

测定项目 Item	青稞酒糟处理/% WHDG treatment	青贮天数/d Ensiling day			
		7	14	30	60
干物质/(g·kg ⁻¹ FW) Dry matter	0	313.21±3.70 ^{Aa}	303.81±4.60 ^{Ab}	289.92±5.38 ^{Ac}	271.64±3.00 ^{ABd}
	10	294.32±9.41 ^B	294.88±7.20 ^B	288.93±7.41 ^A	285.12±9.32 ^A
	20	286.99±5.10 ^{BCa}	284.35±1.37 ^{Cab}	282.30±0.51 ^{ABab}	279.26±3.81 ^{ABb}
	30	279.72±2.99 ^{Ca}	271.97±1.42 ^{Dab}	276.11±3.76 ^{Bab}	267.70±7.16 ^{Bb}
pH	0	5.85±0.12 ^{Aa}	4.98±0.14 ^{Ac}	4.79±0.17 ^{Ac}	5.43±0.02 ^{Ab}
	10	4.18±0.05 ^B	4.13±0.21 ^B	4.00±0.05 ^B	4.14±0.43 ^B
	20	4.03±0.06 ^{Ca}	3.97±0.08 ^{BCab}	3.95±0.04 ^{Bab}	3.88±0.04 ^{Bb}
	30	3.95±0.06 ^C	3.86±0.02 ^C	3.89±0.03 ^B	3.90±0.07 ^B
乳酸/(g·kg ⁻¹ DM) Lactic acid	0	15.16±2.55 ^{Bc}	26.12±6.77 ^{Cb}	33.32±5.00 ^{Bb}	54.18±6.68 ^{Ba}
	10	77.38±2.81 ^{Ab}	61.95±12.09 ^{Bb}	66.04±1.82 ^{Ab}	99.60±33.02 ^{Aa}
	20	84.43±5.81 ^{Aa}	68.32±3.69 ^{ABb}	69.82±5.45 ^{Ab}	113.62±3.89 ^{Aa}
	30	82.19±6.31 ^{Ab}	79.37±1.44 ^{Ab}	65.88±1.95 ^{Ac}	106.04±8.16 ^{Aa}

不同小写字母表示相同处理不同青贮天数间差异显著;不同大写字母表示相同青贮天数不同处理间差异显著($P<0.05$),下同
Values with different lowercases show significant differences among ensiling days in the same treatment, values with different capital letters show significant differences among treatments in the same ensiling day ($P<0.05$), the same as below

表3 添加青稞酒糟对箭筈豌豆与苇状羊茅混合青贮过程中挥发性脂肪酸含量的影响

Table 3 Effect of adding WHDG on volatile fatty acid contents of mixed silages of Common Vetch and Tall Fescue during ensiling

测定项目 Item	青稞酒糟处理/% WHDG treatment	青贮天数/d Ensiling day			
		7	14	30	60
乙酸/(g·kg ⁻¹ DM) Acetic acid	0	10.26±0.36 ^{Ab}	13.53±3.52 ^{Ab}	17.87±2.18 ^{Aa}	10.20±1.34 ^b
	10	8.89±1.40 ^{AB}	9.35±0.52 ^B	10.97±0.44 ^B	9.66±4.01
	20	6.97±0.99 ^{BCb}	9.11±0.32 ^{Ba}	9.93±0.49 ^{Ba}	8.57±1.45 ^{ab}
	30	6.47±1.38 ^C	7.46±0.16 ^B	8.87±0.56 ^B	8.28±2.14
丙酸/(g·kg ⁻¹ DM) Propionic acid	0	0.28±0.19 ^b	0.51±0.23 ^b	1.27±0.34 ^{Aa}	0.28±0.20 ^b
	10	0.32±0.28 ^b	0.59±0.22 ^{ab}	0.77±0.12 ^{Ba}	0.50±0.07 ^{ab}
	20	0.00±0.00 ^d	0.56±0.12 ^b	0.82±0.07 ^{Ba}	0.37±0.07 ^c
	30	0.38±0.11 ^b	0.62±0.24 ^{ab}	0.79±0.22 ^{Ba}	0.57±0.13 ^{ab}
丁酸/(g·kg ⁻¹ DM) Butyric acid	0	0.00±0.00 ^b	0.00±0.00 ^{Bb}	2.04±0.62 ^{Aa}	0.00±0.00 ^b
	10	0.00±0.00 ^b	0.49±0.34 ^{ABa}	0.00±0.00 ^{Bb}	0.00±0.00 ^b
	20	0.00±0.00 ^b	0.78±0.29 ^{Aa}	0.00±0.00 ^{Bb}	0.00±0.00 ^b
	30	0.00±0.00 ^b	0.20±0.17 ^{ABa}	0.00±0.00 ^{Bb}	0.00±0.00 ^b
总挥发性脂肪酸/ (g·kg ⁻¹ DM) Total VFAs	0	10.54±0.37 ^{Ab}	14.04±3.43 ^{Ab}	21.18±2.98 ^{Aa}	10.66±2.00 ^b
	10	9.21±1.41 ^A	10.43±1.09 ^B	11.74±0.46 ^B	10.16±4.01
	20	6.97±0.99 ^{Bc}	10.45±0.39 ^{Bab}	10.79±0.44 ^{Ba}	8.93±1.39 ^b
	30	6.85±1.48 ^{Bb}	8.28±0.56 ^{Bab}	9.66±0.37 ^{Ba}	8.86±2.14 ^{ab}
乳酸/乙酸 Lactic acid /Acetic acid	0	1.47±0.20 ^{Cb}	2.07±1.01 ^{Cb}	1.89±0.41 ^{Cb}	5.40±1.36 ^{Ba}
	10	8.82±1.19 ^{Bb}	6.60±1.08 ^{Bbc}	6.02±0.21 ^{Bc}	10.75±1.94 ^{Aa}
	20	12.37±2.72 ^{ABa}	7.51±0.66 ^{Bb}	7.05±0.72 ^{Ab}	13.52±2.26 ^{Aa}
	30	13.14±3.14 ^{Aa}	10.64±0.41 ^{Ab}	7.45±0.64 ^{Ab}	13.21±2.46 ^{Aa}

表 4 添加青稞酒糟对箭筈豌豆与苇状羊茅混合青贮过程中氨态氮/总氮和水溶性碳水化合物含量变化的影响

Table 4 Effect of adding WHDG on WSC content and AN/TN of mixed silages of Common Vetch and Tall Fescue during ensiling

测定项目 Item	青稞酒糟处理/% WHDG treatment	青贮天数/d Ensiling day			
		7	14	30	60
氨态氮/总氮/(g·kg ⁻¹ TN) Ammonia nitrogen / Total nitrogen	0	50.62±2.29 ^{Ac}	49.95±4.11 ^{Ac}	83.96±3.68 ^{Ab}	129.90±9.11 ^{Aa}
	10	27.11±1.57 ^{Bb}	27.27±3.63 ^{Bb}	29.92±2.49 ^{Bab}	39.87±11.56 ^{Ba}
	20	24.61±0.17 ^{BCd}	26.28±0.85 ^{Bc}	28.62±0.11 ^{Bb}	32.46±1.31 ^{Ba}
	30	22.68±0.28 ^{Cc}	25.93±0.18 ^{Bbc}	29.51±2.42 ^{Bb}	37.13±4.89 ^{Ba}
	0	109.06±7.74 ^{Aa}	38.09±8.02 ^{Ab}	17.81±0.67 ^{Cc}	17.40±1.11 ^{Bc}
水溶性碳水化合物/(g·kg ⁻¹ DM) Water soluble carbohydrate	10	41.65±0.74 ^{Ba}	24.74±1.25 ^{Bb}	21.37±1.34 ^{BCc}	18.32±1.33 ^{Bd}
	20	40.94±1.08 ^{Ba}	25.82±1.81 ^{Bb}	24.50±3.97 ^{ABb}	19.19±0.66 ^{ABc}
	30	43.76±1.89 ^{Ba}	28.12±0.71 ^{Bb}	26.43±1.57 ^{Ab}	20.48±0.52 ^{Ac}

随着青贮的进行水溶性碳水化合物含量逐渐降低,青贮前 14 d 各酒糟添加组水溶性碳水化合物含量显著低于对照组($P<0.05$),但各组间差异不显著($P>0.05$)。在发酵的第 30 和 60 天各酒糟添加组水溶性碳水化合物含量却高于($P>0.05$)或者显著高于对照组($P<0.05$),且随着酒糟添加水平增加逐渐升高。

3 讨论

本试验中,前 14 d 酒糟处理组干物质含量均低于对照组,这是由于青稞酒糟中水分含量较高,致使干物质含量随着酒糟添加水平增加呈下降趋势。对照组干物质含量第 30 天后显著下降,这可能是由于对照组青贮后期未能有效抑制有害微生物活性,导致干物质损失增加。而酒糟添加组在整个青贮过程中仅缓慢下降,这可能是由于添加青稞酒糟促进了青贮前期乳酸发酵,pH 迅速下降,从而抑制了有害微生物活性,减少了干物质的损失^[7]。

青贮第 7 天酒糟处理组乳酸含量达到对照组的 5 倍以上,pH 显著低于对照组,显示酒糟处理组在青贮早期乳酸快速生成,pH 迅速下降,这是由于青贮窖内氧气耗尽之前,植物细胞呼吸作用和好氧性微生物活动旺盛,而青稞酒糟中残留的乙醇^[8]可以抑制青贮早期好氧性微生物活性,减少其与乳酸菌对发酵底物的竞争,从而促进乳酸发酵;同时添加酒糟一定程度上提高了青贮材料水分含量,也能提高乳酸菌的活性,进一步提高青贮初期乳酸发酵速度,降低 pH,进而有效地抑制其它有害微生物的活性,

使青贮发酵快速进入稳定阶段。相应地在整个青贮过程中,各酒糟处理组 pH 均低于 4.2,而对照组在青贮前 30 d 虽有下降,但始终未降至常规成功青贮^[4]要求的 pH(4.2 以下)。Ridla 等^[9-10]在大麦秸秆中添加啤酒糟也得到类似结果,添加啤酒糟加速了乳酸菌的繁殖,促进乳酸快速生成,使青贮饲料迅速达到酸性环境。

青贮过程中乙酸的产生与微生物活动密切相关^[11],青贮早期乙酸主要是未达到酸性环境前肠杆菌活动的产物,肠杆菌是好氧性微生物,在青贮初期氧气耗尽之前活动旺盛,与乳酸菌竞争发酵底物,如果乳酸快速产生迅速达到酸性环境,肠杆菌活性可被抑制,本试验前 7 d 酒糟添加组乙酸含量低于对照组,这可能是对照组青贮初期好氧性微生物活跃的结果。而 7 d 后各组乙酸含量均有升高,这可能是由于青贮后期乳酸发酵由同质型向异质型转变。Shao 等^[4]报道青贮早期乳酸发酵主要以同质型乳酸发酵为主,第 5 天后同质型乳酸发酵向异质型乳酸发酵转变。异质型乳酸发酵在产生一分子乳酸的同时产生一分子乙酸,因此异质型乳酸发酵的发酵效率低于同质型乳酸发酵,本试验中酒糟添加组乳酸/乙酸始终显著高于对照组,表明酒糟添加组发酵效率高于对照组,主要以同质乳酸菌发酵为主。另外,各组均未检测到或仅检测到微量丁酸和丙酸,总挥发性脂肪酸以乙酸为主,因此呈现与乙酸一致的变化趋势。

氨态氮/总氮是衡量青贮饲料优劣的重要标准之一,较高的氨态氮/总氮使青贮饲料具有恶臭,降

低青贮饲料品质,影响采食量,一般认为优质青贮饲料氨态氮/总氮应小于 $100 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ TN}$ ^[4]。青贮饲料氨态氮一部分是由青贮早期植物蛋白酶对蛋白质、氨基酸和其他一些含氮物质降解产生^[12],植物蛋白酶活性受氧的影响较小,但 pH 迅速下降和酸性环境的形成会很快抑制其活性;另一部分氨态氮由梭菌分解利用蛋白质和氨基酸产生^[13],梭菌在完全厌氧条件和高水分条件下生长繁殖,但不耐酸,因此氨态氮的生成一般伴随着较高的 pH。本试验中仅对照组氨态氮/总氮在第 60 天达到 $120 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ TN}$,且在整个青贮过程中对照组始终显著高于酒糟添加组。青稞酒糟促进了乳酸发酵,使 pH 快速下降,抑制了早期植物蛋白酶的活性,减少了蛋白质的降解,后期抑制了梭菌的活性,进而降低了氨态氮/总氮。但试验结果显示,对照组并未检测到大量丁酸含量,表明对照组氨态氮产生可能是蛋白降解型梭菌活动的结果。Bergen 等^[14]研究表明,梭菌主要有 2 种类型分别是蛋白降解型梭菌和糖降解型梭菌,糖降解型梭菌仅产生丁酸不降解蛋白,而蛋白降解型梭菌主要降解氨基酸,生成氨态氮。Bergen 等^[14]对小麦、燕麦和大麦全株青贮时检测到大量的氨态氮,但并未检测到丁酸,这一点与本试验结果一致。

Zhang 等^[8]研究表明,在象草青贮中添加乙醇抑制了发酵过程中好氧微生物对水溶性碳水化合物的利用,提高了象草青贮过程中乳酸菌对水溶性碳水化合物的利用效率。Ohba 等^[15]关于大黍青贮的研究结果显示,添加 3% 乙醇显著降低了 pH,提高了乳酸和糖分含量,表明添加乙醇可以提高青贮过程中乳酸菌对水溶性碳水化合物的利用效率。本试验中青贮前 14 d 各酒糟处理组水溶性碳水化合物含量显著低于对照组,这可能是由于添加酒糟加速了青贮早期乳酸发酵进程,较多的水溶性碳水化合物被乳酸菌利用所致。但青贮 30 d 后各酒糟添加组水溶性碳水化合物含量高于对照组,且乳酸含量均高于或显著高于对照组,表明添加酒糟提高了乳酸菌对水溶性碳水化合物的利用效率,可能是由于青稞酒糟中残余的酒精抑制了好氧微生物对水溶性碳水化合物的竞争,为乳酸菌代谢节省了更多的发酵底物。

4 结 论

综上所述,添加青稞酒糟添加加速了乳酸发酵

进程,提高了乳酸含量,降低了 pH、氨态氮/总氮,提高了青贮饲料的发酵品质。同时抑制了青贮发酵过程中好氧性微生物对水溶性碳水化合物和蛋白质的降解,提高了青贮过程中乳酸菌对水溶性碳水化合物利用效率。综合考虑研究结果和西藏地区实际生产,将箭筈豌豆与苇状羊茅以 3 : 7 混合青贮,并添加 10% 以上的青稞酒糟可以获得发酵品质优良的青贮饲料。

参考文献:

- [1] 呼天明, 边巴卓玛, 曹中华, 等. 施行草地农业推进西藏畜牧业的可持续发展 [J]. 家畜生态学报, 2005, 26(1): 78-80.
- [2] FUJIN W, NAOKI N. Resistance to aerobic deterioration of total mixed ration silage: effect of ration formulation, air infiltration and storage period on fermentation characteristics and aerobic stability [J]. *J Sci Food Agric*, 2008, 88(1): 133-140.
- [3] NISHINO N, HIROAKI H, SAKAGUCHI E. Evaluation of fermentation and aerobic stability of wet brewers' grains ensiled alone or in combination with various feeds as a total mixed ration [J]. *J Sci Food Agric*, 2003, 83(6): 557-563.
- [4] SHAO T, ZHANG Z X, SHIMOJO M, et al. Comparison of fermentation characteristics of Italian Ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam.) and guineagrass (*Panicum maximum* Jacq.) during the early stage of ensiling [J]. *Asian-Aust J Anim Sci*, 2005, 18(12): 1727-1734.
- [5] OWENS V N, ALBRECHT K A, MUCK R E, et al. Protein degradation and fermentation characteristics of red clover and alfalfa silage harvested with varying levels of total nonstructural carbohydrate [J]. *Crop Sci*, 1999, 39(6): 1873-1880.
- [6] YUAN X, YU C, SHIMOJO M, et al. Improvement of fermentation and nutritive quality of straw-grass silage by inclusion of wet hullless-barley distillers' grains in Tibet [J]. *Asian-Aust J Anim Sci*, 2012, 25(2): 479-485.
- [7] SHAO T, ZHANG L, SHIMOJO M, et al. Fermentation quality of Italian Ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam.) Silages treated with encapsulated-glucose, glucose, sorbic acid and pre-fermented juices [J]. *Asian-Aust J Anim Sci*, 2007, 20: 1699-1704.
- [8] ZHANG L, YU C Q, SHIMOJO M, et al. Effect of different rates of ethanol additive on fermentation

- quality of napiergrass (*pennisetum purpureum*) [J]. *Asian-Aust J Anim Sci*, 2011, 24(5): 636-642.
- [9] RIDLA M, UCHIDA S. Fermentation quality and silage additives value of barley straw and wet brewers' grains silage [J]. *Asian-Aust J Anim Sci*, 1994, 7: 517-522.
- [10] RIDLA M, UCHIDA S. Effects of cellulase and brewers' grains addition on the fermentation quality and nutritive value of barley straw silage [J]. *Asian-Aust J Anim Sci*, 1997, 10(6): 575-580.
- [11] MCDONALD P, HENDERSON A R, HERON S J E. The biochemistry of silage [M]. 2th ed. Aberystwyth: Cambrian Printers Ltd, 1991.
- [12] 闫贵龙, 曹春梅, 刁其玉, 等. 夏季窖内不同深度全株玉米青贮品质和营养价值的比较 [J]. 畜牧兽医学报, 2011, 42(03): 381-388.
- [13] CHIOU P W S, CHANG S H, YU B. The effects of wet sorghum distillers' grains inclusion on napiergrass silage quality [J]. *J Sci Food Agric*, 2000, 80(8): 1199-1205.
- [14] BERGEN W G, BYREM T M, GRANT A L. Ensiling characteristics of whole-crop small grains harvested at milk and dough stages [J]. *J Anim Sci*, 1991, 69(4): 1766-1774.
- [15] OHBA N, TOBISA M, SHIMOJO M. Effect of ethanol addition on ensiling of forage oats and Italian Ryegrass [J]. *Sci Bull Faculty Agric Kyushu Univ*, 2002, 57: 11-15.

(编辑 郭云雁)