

添加不同水平双乙酸钠对裹包 TMR 贮存效果的影响

国卫杰^{1,2}, 王加启¹, 王 晶¹, 卜登攀¹, 张俊瑜^{1,2}, 宋增廷¹

(1 中国农业科学院 北京畜牧兽医研究所 动物营养学国家重点实验室, 北京 100193;

2 新疆农业大学 动物科学学院, 新疆 乌鲁木齐 830052)

【摘 要】 【目的】研究裹包全混合日粮(Total mixed ration, TMR)中添加不同水平的双乙酸钠(SDA)对贮存效果的影响。【方法】在裹包 TMR 中分别添加鲜重质量分数 0.0.1%, 0.3% 和 0.5% 的 SDA, 于贮存后第 0, 3, 7, 15 和 30 天, 对裹包 TMR 的感官、营养成分、发酵指标和有氧稳定性进行分析。【结果】0.3% 和 0.5% SDA 添加组的裹包 TMR 可以良好贮存 30 d。SDA 添加水平越高, 裹包 TMR 的有氧稳定性越好。添加 SDA 对裹包 TMR 的感官和营养成分影响差异较小。与其他 2 个处理相比, 0.3% 和 0.5% SDA 添加水平可以显著降低裹包 TMR 的 pH 值($P < 0.05$)和 $\text{NH}_3\text{-N/TN}$ 值($P < 0.05$)。【结论】从经济效益和添加效果考虑, 在裹包 TMR 中添加 0.3% SDA 为适宜水平。

【关键词】裹包 TMR; 双乙酸钠; 贮存效果

【中图分类号】S816.79

【文献标识码】A

【文章编号】1671-9387(2009)12-0045-06

Effect of the different levels of sodium diacetate supplementation on the storage of the baled TMR

GUO Wei-jie^{1,2}, WANG Jia-qi¹, WANG Jing¹, BU Deng-pan¹,
ZHANG Jun-yu^{1,2}, SONG Zeng-ting¹

(1 State Key Lab of Animal Nutrition, Institute of Animal Science, Chinese Academy of Agricultural Science, Beijing 100193, China;

2 College of Animal Science, Xinjiang Agricultural University, Urumqi, Xinjiang 830052, China)

Abstract: 【Objective】This trial was designed to study the storage effect of different levels of sodium diacetate (SDA) on storage of the baled total mixed ration (TMR) of forage to concentrate ratios 50 : 50 and moisture content 50%. 【Method】The SDA supplements were 0, 0.1%, 0.3%, and 0.5% of the fresh weight of TMR. After 0, 3, 7, 15, and 30 days of storage, the sensory was evaluated and the chemical composition, fermentation characteristics, and aerobic stability were determined. 【Result】The results indicated the baled TMR of 0.3% and 0.5% SDA addition could store well for 30 days. The effects of different levels of SDA supplement on sensory evaluation and chemical compositions were not different. The baled TMR with higher SDA level had higher aerobic stability. The baled TMR of 0.3% and 0.5% SDA addition had lower pH ($P < 0.05$) and $\text{NH}_3\text{-N/TN}$ ($P < 0.05$) compared with other groups. 【Conclusion】Considering the economic benefit and addition effects, it is suggested that the optimal level of SDA supplement be 0.3%.

Key words: baled TMR; sodium diacetate; storage effect

* [收稿日期] 2009-04-03

[基金项目] 国家科技支撑计划项目(2006BAD04A03); 国家公益性行业科技专项(Nyhyzx07-036)

[作者简介] 国卫杰(1982—), 男, 山东青岛人, 硕士, 主要从事反刍动物营养与饲料科学研究。

[通信作者] 王加启(1967—), 男, 安徽宿州人, 研究员, 博士生导师, 主要从事反刍动物营养和牛奶质量改良研究。

E-mail: wang-jia-qi@263.net

全混合日粮(Total mixed ration,TMR)饲养技术的使用能够保证奶牛均匀地摄入营养,节省大量的人力和物力,并提高奶牛的生产性能^[1-3]。目前,我国奶牛的饲养模式主要以小规模养殖为主,由于缺乏资金和技术人员,大多数中、小型养牛场、养殖户还未使用 TMR 饲喂技术,因此,在我国加快推进 TMR 饲养技术有着重要的现实意义。裹包 TMR 使 TMR 在厌氧条件下的保质期延长,从而为流通提供所需要的时间,使一些中、小型养牛场和养殖户也可以使用 TMR 饲喂技术。但是在中小养殖户中,奶牛数量都不多,这就使换料过渡期的初期每天的 TMR 饲喂量很少,打开 1 包 TMR 可能 2~3 d 都饲喂不完,而 TMR 打开后很快就会发霉变质,这样就造成了饲料的浪费。要解决这一问题就需要提高裹包 TMR 在有氧条件下的稳定性。

双乙酸钠(Sodium diacetate,SDA)作为一种在食品中广泛应用的安全、无毒的新型防腐保鲜剂,添加到饲料中可起到保鲜防霉的作用,延长饲料的保

存期;在青贮料中添加 SDA 有利于提高青贮质量和有氧稳定性,抑制霉菌生长;在青贮料中添加或者直接饲喂还可提高奶牛的产奶量和乳脂率^[4-8]。但目前有关 SDA 对裹包 TMR 贮存效果影响的研究尚未见报道。为此,本试验在裹包 TMR 中添加不同比例的 SDA,研究其对裹包 TMR 的感官评价、有氧稳定性、营养物质含量和发酵的影响,以期为确定在裹包 TMR 中 SDA 的最佳添加比例提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

TMR 原料:精粗质量比为 1:1、含水量为 50% 的日粮,其化学成分见表 1。TMR 混合机:司达特 DMU115 Labrador 160,意大利。打捆机和裹包机:型号为 YKB-50,双城市荣耀农牧业机械有限公司生产。SDA:饲料级,哈尔滨金福来科技发展有限公司生产。

表 1 裹包 TMR 日粮组成及营养水平

Table 1 Composition and nutrient levels of the baled TMR

成分 Ingredient	质量分数/% Quality score	成分 Ingredient	质量分数/% Quality score
玉米 Corn	15.80	氧化镁 Magnesia	0.15
棉粕 Cotton meal	5.00	食盐 Salt	0.35
玉米胚芽粕 Corn meal	2.50	羊草 Chinese wildrye	5.00
玉米干酒糟 DDGS	6.30	玉米秸秆 Corn straw	25.00
玉米纤维 Corn fiber	5.35	玉米青贮 Corn silage	20.00
豆粕 Soybean meal	5.50	合计 Total	100
糖蜜 Molasses	5.50	营养水平 Nutrient levels	
磷酸氢钙 Calcium hydrogen phosphate	0.85	能量 ☆NE _L	6.20
石粉 Calcium carbonate	0.60	粗蛋白* CP	14.65
沸石粉 Zeolite meal	0.70	钙 Ca	0.87
预混料 Premix	0.40	磷 P	0.44
小苏打 Sodium bicarbonate	0.50		

注:☆.单位为 MJ/kg;*.实测值。
Note:☆.Unit MJ/kg;*.Measured value.

1.2 试验设计

该试验的对照组是精粗质量比为 1:1、含水量为 50% 的 TMR 日粮,试验组是分别添加鲜重质量分数 0.1%,0.3%和 0.5% SDA 的 TMR 日粮,在贮存的第 0,3,7,15 和 30 天开包取样。每个处理每个时间点设 3 个重复。

1.3 裹包 TMR 的调制工艺

试验在黑龙江双城幸福青贮中心进行。裹包 TMR 日粮的精料由黑龙江双城市荣耀生物技术有限公司生产,按照各处理 SDA 含量将其预先添加到精料中,先后将精料、羊草、青贮、秸秆和水按质量比分别添加到 TMR 混合机中混匀,然后填入到打捆

机中,打捆,压实。通过裹包机用优质的塑料拉伸膜将其裹包 4 层。贴上标签,贮存于室外干燥无尖锐物的地面上。

1.4 样品采集

裹包 TMR 贮存后的第 0,3,7,15 和 30 天后开包,首先进行感官评价,之后从裹包中的 8 个不同部位采集样品并混合均匀^[9],取 3 份样品(2 份 300 g,1 份 1 kg)。将其中一份 300 g 在 65 ℃烘干,测定初水分,烘干后使用微型植物粉碎机粉碎过 1 mm 筛;另外一份 300 g 的样品于-20 ℃保存,测定发酵指标,1 kg 的样品用于测定有氧稳定性。

1.5 测定指标及方法

1.5.1 裹包 TMR 样品营养成分分析 测定裹包 TMR 的干物质(DM)、粗蛋白(CP)、粗脂肪(EE)、中性洗涤纤维(NDF)、酸性洗涤纤维(ADF)和灰分(Ash)含量^[10]。裹包 TMR 的各种营养成分及有机酸含量均以 DM 为基础进行计算。

1.5.2 裹包 TMR 样品发酵指标分析 将裹包 TMR 冷冻样品解冻后,混合均匀,准确称取 100 g 样品,加入 900 mL 蒸馏水,均质 60 s,4 层纱布过滤,测定滤液的 pH 值^[11],滤液中氨态氮(NH₃-N)含量采用苯酚-次氯酸钠比色法^[12]测定。挥发性脂肪酸采用日本岛津 GC-2010 气相色谱仪测定,测定条件为:柱温 70 ℃持续 1 min,以 3 ℃/min 速度升至 200 ℃,恒温 10 min,进样口温度 250 ℃,FID 温度 280 ℃,载气为氮气,色谱柱为 15 m×0.32 mm×0.25 μm (DB-FFAP)。乳酸采用日本岛津 GC-2010 气相色谱仪测定,测定条件为:石英毛细管色谱柱 HP-88 (100 m×0.25 mm×0.25 μm),载气为高纯氮,柱温 70 ℃,2 ℃/min 升温至 120 ℃,90 ℃/min 升温至 230 ℃,保持 10 min;FID:280 ℃,进样量为 2 μL。

1.5.3 裹包 TMR 样品有氧稳定性分析 将采集的 1 kg 裹包 TMR 鲜样置于塑料器皿中,在 22~24 ℃的恒温条件下,每隔 6 h 测定饲料中心的温度 1 次。直到裹包 TMR 的温度较恒温条件高 2 ℃,则可以判断其在有氧条件下呈现不稳定性^[13-14]。

1.6 数据统计分析

试验数据采用 SAS 9.0 统计软件包中 MIXED 模块进行统计分析。统计结果采用 Tukey 法进行多重比较,显著水平为 $P<0.05$ 。

表 2 不同 SDA 添加水平裹包 TMR 贮存不同时间的有氧稳定性

Table 2 Effect of different SDA levels and storage time on aerobic stability of baled TMR h

组别 Group	贮存时间/d Storage time				
	0	3	7	15	30
对照 Control	12	19	65	143	>240
0.1% SDA	12	19	88	184	>240
0.3% SDA	12	20	109	>240	>240
0.5% SDA	15	21	142	>240	>240

2.3 添加 SDA 的裹包 TMR 贮存不同时间营养物质的变化

由表 3 可以看出,SDA 的添加和贮存时间,对裹包 TMR 的干物质和粗蛋白含量没有显著影响 ($P>0.05$)。贮存时间越长,粗脂肪含量越高 ($P<0.05$),其中 3 个 SDA 添加组从第 3 天到第 7 天增长较快,对照组在整个贮存过程中增长幅度最小,

2 结果与分析

2.1 添加 SDA 的裹包 TMR 贮存不同时间的感官特征

对添加 SDA 和对照的裹包 TMR,分别在贮存后第 0,3,7,15 和 30 天开包后进行感官评定。新鲜的裹包 TMR 样品物料比较松散,原料结构清晰,颜色与原料颜色相似,有弱酸香味。贮存 3 d 的裹包 TMR 样品物料清晰,不粘结,颜色呈淡黄色,有酸香味,无发霉现象。贮存 7 d 的裹包 TMR 样品与贮存 3 d 的感官相似,只是酸味稍浓。贮存 15 d 的裹包 TMR,对照组外周颜色有些发深,裹包内部呈黄色,无发霉;SDA 添加组物料不结块,颜色呈黄色,周围颜色较中间稍深,酸味较浓,没有发霉现象。贮存 30 d 的裹包 TMR,对照组部分裹包外周出现发霉区域,且颜色发黑,内部无发霉,颜色呈黄色;0.1%SDA 添加组裹包外周有少量的霉点,颜色发黑,内部呈黄色,有酸香味;0.3%和0.5%SDA 添加组的物料清晰,无粘结,裹包内部呈黄色,外周颜色稍深一些,基本无发霉,有较浓的酸味。与对照组相比,添加 SDA 处理组酸味较浓,而且贮存时间越长,酸味越浓。

2.2 添加 SDA 的裹包 TMR 贮存不同时间有氧稳定性的变化

由表 2 可以看出,各处理的有氧稳定性均随贮存时间的延长而升高,到第 30 天,各处理的有氧稳定性均超过 10 d。随着 SDA 添加量的增加,裹包 TMR 的有氧稳定性也升高,0.3%和 0.5% SDA 添加组的裹包 TMR 贮存 15 d 后有氧稳定性就超过 10 d。

0.5% SDA 添加组粗脂肪含量最低。对照组中性洗涤纤维含量显著低于 SDA 添加组 ($P<0.05$),裹包贮存后中性洗涤纤维含量降低。各处理之间酸性洗涤纤维含量差异不显著 ($P>0.05$)。各处理间灰分含量差异显著 ($P<0.05$),0.1% SDA 添加组的灰分含量最高,第 15 天时,SDA 添加组的灰分含量均高于对照组。

表 3 添加 SDA 对裹包 TMR 营养成分的影响(干物质基础)

Table 3 Effect of different SDA levels on chemical composition of baled TMR %

项目 Item	处理 Group					贮存时间/d Storage time					
	对照 Control	0.1% SDA	0.3% SDA	0.5% SDA	SEM	0	3	7	15	30	SEM
干物质 DM	51.1	50.1	50.7	50.2	0.41	50.5	50.7	50.2	50.5	50.6	0.46
粗蛋白 CP	14.64	14.79	14.52	14.44	0.12	14.59	14.73	14.82	14.44	14.41	0.14
粗脂肪 EE	2.81 b	2.91 a	2.87 ab	2.72 c	0.03	2.61 b	2.58 b	2.96 a	2.99 a	2.99 a	0.03
中性洗涤 纤维 NDF	50.20 b	52.49 a	51.42 a	52.00 a	0.40	52.40 a	51.94 ab	50.77 b	51.76 ab	50.77 b	0.45
酸性洗涤 纤维 ADF	24.52	24.37	24.85	25.12	0.32	24.02 b	24.52 b	24.73 ab	24.56 b	25.74 a	0.36
灰分 Ash	7.98 bc	8.28 a	8.08 b	7.93 c	0.05	7.95 c	8.04 bc	7.96 bc	8.27 a	8.12 ab	0.06

注:表内同行同因素数据,标有不同小写字母者差异显著($P<0.05$),相同小写字母者差异不显著($P>0.05$)。下表同。
Note: Different small letters within a column mean significant difference ($P<0.05$), the same no significant difference($P>0.05$).

2.4 添加 SDA 的裹包 TMR 贮存不同时间发酵指标的变化

从表 4 可以看出,在 3 个 SDA 添加组中,随着添加量的增加,pH 降低,0.5%SDA 添加组的 pH 最低。0.3%和 0.5% SDA 添加组的 $\text{NH}_3\text{-N/TN}$ 显著低于对照组和 0.1%SDA 添加组($P<0.05$)。

0.3%和 0.5% SDA 添加组的乳酸含量显著高于 0.1%SDA 添加组和对照组($P<0.05$)。0.1%SDA 添加组乙酸含量是所有处理中最高的,其他 2 个处理及对照之间差异不显著($P>0.05$)。各处理之间丙酸含量差异不显著($P>0.05$)。丁酸仅在对照组和 0.1% SDA 添加组中可以检测出来。

表 4 添加 SDA 对裹包 TMR 发酵品质的影响

Table 4 Effect of different SDA levels on pH, $\text{NH}_3\text{-N}$, and organic acid of baled TMR

项目 Item	处理 Group					贮存时间/d Storage time					
	对照 Control	0.1% SDA	0.3% SDA	0.5% SDA	SEM	0	3	7	15	30	SEM
pH	4.92 b	4.96 a	4.88 c	4.87 c	0.01	5.32 a	5.30 b	4.77 c	4.62 d	4.53 e	0.01
氨态氮/总氮 $\text{NH}_3\text{-N/TN}$	4.70 a	4.95 a	4.02 b	3.81 b	0.19	2.87 c	3.07 c	4.26 b	5.59 a	6.06 a	0.22
乳酸/% Lactic acid	3.73 b	3.78 b	4.46 a	4.37 a	0.18	1.35 d	1.90 cd	5.39 b	6.81 a	5.75 ab	0.21
乙酸/% Acetic acid	1.06 b	1.29 a	1.07 b	1.15 ab	0.05	0.72 d	0.90 c	1.20 b	1.31 b	1.58 a	0.06
丙酸/% Propionic acid	0.03	0.04	0.03	0.04	0.002	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04	0.002
丁酸/% Butyric acid	0.003 a	0.001 b	0.000 b	0.000 b	0.001	0.002 a	0.002 a	0.000 b	0.000 b	0.001 b	0.001

由表 4 可见,随着贮存时间的延长,pH 降低,并且各个时间点之间差异显著($P<0.05$)。由图 1

可见,从第 3 天至第 7 天 pH 下降较快,到贮存第 30 天时 pH 降到最低。

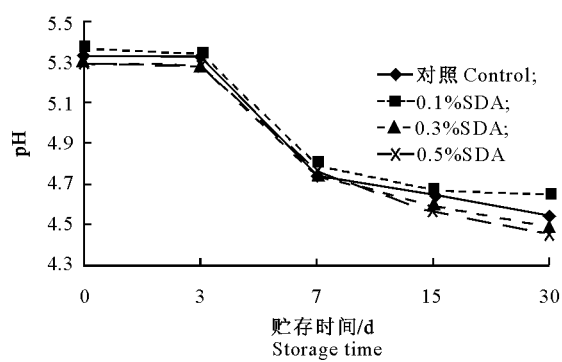


图 1 不同 SDA 水平裹包 TMR 的 pH 变化曲线
Fig.1 pH profiles of baled TMR prepared with different SDA levels

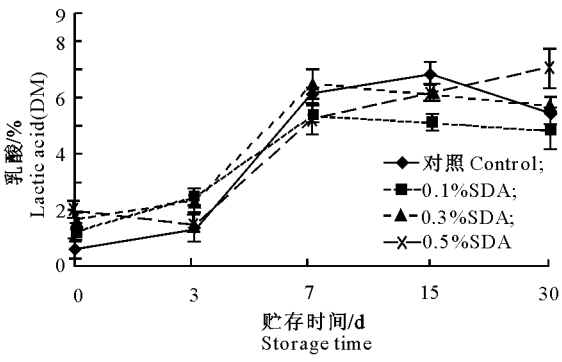


图 2 不同 SDA 水平裹包 TMR 的乳酸变化曲线
Fig.2 Lactic acid profiles of baled TMR prepared with different SDA levels

由表 4 和图 2,3 可以看出,随着贮存时间的延长,所有处理 $\text{NH}_3\text{-N/TN}$ 、乳酸和乙酸含量均呈增大趋势,而丁酸从第 7 天开始检测不出,直到 30 d 时又能检测出。 $\text{NH}_3\text{-N/TN}$ 和乳酸含量从第 3 天到第 15 天显著增加($P<0.05$);除 0.5% SDA 添加组乙酸含量从第 3~7 天没有增加外,其余处理的乙酸含量在这个阶段均明显增加;0.5% SDA 添加组的乳酸和乙酸含量在 15~30 d 期间增长较快,到 30 d 时达到最高。在不同贮存时间丙酸含量差异不显著($P<0.05$)。

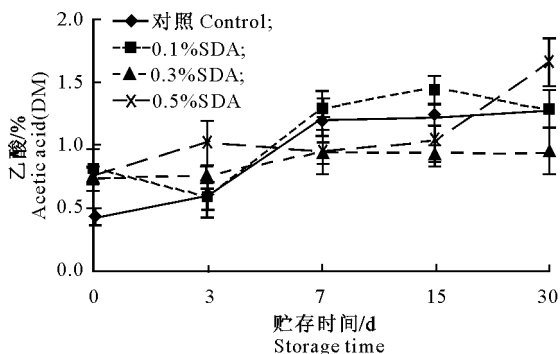


图 3 不同 SDA 水平裹包 TMR 的乙酸变化曲线

Fig. 3 Acetic acid profiles of baled TMR prepared with different SDA levels

3 讨论

本研究结果表明,TMR 利用裹包的方式贮存后,干物质和粗蛋白含量在各处理与各时间点之间差异均不显著,说明裹包的方式能够较大幅度地保存 TMR 中的营养物质。在厌氧条件下,青贮内部好氧微生物的繁殖可被抑制^[7],而 TMR 以裹包方式贮存可减少营养成分的损失,这可能是由于裹包的方式可使 TMR 处于厌氧状态,抑制了好氧微生物的繁殖。SDA 作为一种饲料防腐防霉保鲜剂可抑制饲料中霉菌、酵母菌等有害菌的繁殖^[15-16],青贮中添加 SDA 可提高青贮质量^[7-8]。本研究结果表明,添加 0.3% 和 0.5% SDA 能够抑制有害菌的生长,延长 TMR 裹包贮存的时间;SDA 添加组的中性洗涤纤维显著高于对照组,这可能是由于添加 SDA 能够降低裹包 TMR 贮存过程中半纤维素的降解。

当青贮料暴露于空气中时,厌氧环境变成了好氧环境。在这种情况下,氧气缺乏时休眠的微生物开始增殖,从而导致青贮饲料败坏,这种败坏现象表现为温度升高和霉菌丛生。在青贮料中添加 SDA 能够使其减少腐烂,防霉保鲜,改善其在空气中的稳定性^[7-8,15]。裹包 TMR 打开后,TMR 处于有氧条

件下,需氧的细菌、霉菌和酵母菌等微生物开始繁殖,使裹包 TMR 饲料不稳定,温度逐渐升高。本试验中,随着裹包 TMR 中 SDA 添加量的增加,有氧稳定性提高,说明裹包 TMR 中添加 SDA 可抑制有氧条件下好氧微生物的活动,降低 TMR 的营养损失。

裹包 TMR pH 值降低会抑制有害微生物,阻碍蛋白质水解,减少营养物质的损耗。本研究中 0.3% 和 0.5% SDA 添加组的 TMR 在裹包贮存后,pH 值显著低于对照组和 0.1% SDA 添加组,说明 SDA 的添加可以抑制有害微生物繁殖,降低蛋白水解。 $\text{NH}_3\text{-N}$ 主要由腐败微生物梭菌分解原料中的粗蛋白产生, $\text{NH}_3\text{-N/TN}$ 越高,饲料的品质和营养价值就越低^[17]。本研究中 0.3% 和 0.5% SDA 添加组的 $\text{NH}_3\text{-N/TN}$ 均明显低于其他 2 组,说明这 2 种 SDA 添加水平可以降低 TMR 在裹包贮存过程中蛋白质的分解程度。TMR 在裹包的厌氧条件下,乳酸菌繁殖,使裹包内乳酸含量增加,这也可能是裹包 TMR pH 值降低的原因。TMR 中乳酸含量并未随着 SDA 添加量的增加而增加,这与 Plegge 等^[8] 在青贮中添加不同水平 SDA 贮存后的乳酸含量结果一致。在对照组和 0.1% SDA 添加组中检测到丁酸,而在 0.3% 和 0.5% SDA 添加组未检测出丁酸,说明中高剂量 SDA 的添加可以抑制裹包 TMR 中丁酸的生成。

4 结论

在本试验条件下,添加 SDA 对于裹包 TMR 的感官和营养成分影响差异较小。裹包 TMR 中 SDA 添加量越高,有氧稳定性越好。在裹包 TMR 中添加 0.3% 和 0.5% SDA 可以显著降低 pH 值和 $\text{NH}_3\text{-N/TN}$ 值。从经济效益和添加效果考虑,在裹包 TMR 中添加 0.3% SDA 为适宜水平。

[参考文献]

- [1] 蔡 珣. TMR 技术对奶牛生产性能及部分血液生化指标影响的研究 [D]. 湖北武汉:华中农业大学,2005.
Cai X. Effects of total mixed ration technique on production performance and some blood biochemical indexes of dairy cows [D]. Wuhan, Hubei: Huazhong Agricultural University, 2005. (in Chinese)
- [2] 国卫杰,王加启,王 晶,等. 全混合日粮饲养方式对奶牛生产性能的影响 [J]. 黑龙江畜牧兽医,2008(11):27-29.
Guo W J, Wang J Q, Wang J, et al. The effects of total mixed ration on the performance of dairy cows [J]. Heilongjiang Animal Science and Veterinary Medicine, 2008(11):27-29. (in Chi-

nese)

[3] 王亮亮. 饲喂模式和 TMR 颗粒度对奶牛瘤胃发酵和生产性能的影响 [D]. 北京: 中国农业大学, 2006.

Wang L L. The effects of feeding regime and TMR particle size on ruminal fermentation and lactating performance of dairy cows [D]. Beijing, China Agricultural University, 2006. (in Chinese)

[4] 宋志祥, 郭绍喜. 奶牛日粮中添加双乙酸钠可提高产奶量 [J]. 中国奶牛, 1998(4): 28.

Song Z X, Guo S X. Adding sodium diacetate can improve the performance of milk production of the dairy cows [J]. China Dairy Cattle, 1998(4): 28. (in Chinese)

[5] 石传林, 范光勇. 双乙酸钠保护玉米秸青贮及饲喂泌乳牛试验 [J]. 上海奶牛, 1999(4): 19-20.

Shi C L, Fan G Y. The trial of sodium diacetate protect corn silage and cow milk feeding [J]. Shanghai Dairy Cattle, 1999(4): 19-20. (in Chinese)

[6] 吴柱月, 陆维和. 双乙酸钠对黑白花奶牛产奶性能及乳脂率的影响 [J]. 广西畜牧兽医, 1993(9): 6-8.

Wu Z Y, Lu W H. The effect of sodium diacetate on the performance of Holstein milk production and milk fat percentage [J]. Guangxi Animal Science and Veterinary Medicine, 1993(9): 6-8. (in Chinese)

[7] 张新慧. 添加乙酸钠盐对青贮品质及有氧稳定性的影响 [D]. 黑龙江哈尔滨: 东北农业大学, 2006.

Zhang X H. The effect of applying sodium acetate compounds on the quality and aerobic stability of silage [D]. Harbin, Heilongjiang: Northeast Agricultural University, 2006. (in Chinese)

[8] Plegge S D, Goodrich R D, Hanson S J, et al. SDA improving aerobic stability of corn or composition of corn silage ensiled at various stage maturity [J]. J Dairy Sci, 1992, 64(79): 1767-1773.

[9] Muller C E, Pauly T M, Uden P. Storage of small bale silage and haylage - influence of storage period on fermentation variables and microbial composition [J]. Grass and Forage Science, 2007, 62(3): 274-283.

[10] 杨 胜. 饲料分析及饲料质量检测技术 [M]. 北京: 北京农业大学出版社, 1993.

Yang S. Techniques for feed chemical composition and quality analysis [M]. Beijing, Publishing Firm of Beijing Agricultural University, 1993. (in Chinese)

[11] Han K J, Collins M, Vanzant E S, et al. Bale density and moisture effects on alfalfa round bale silage [J]. Crop Science, 2004, 44(3): 914-919.

[12] Broderick G A, Kang J H. Automated simultaneous determination of ammonia and amino acids in ruminal fluid and *in vitro* media [J]. J Dairy Sci, 1980, 33(2): 64-75.

[13] Kung J R, Sheprerd A C, Smagala A M, et al. The Effect of preservatives based on propionic acid on the fermentation and aerobic stability of corn silage and a total mixed ration [J]. J Dairy Sci, 1998, 81(3): 1322-1330.

[14] Johnson L M, Harrison J H, Davidson D, et al. Corn silage management; effects of maturity, inoculation, and mechanical processing on pack density and aerobic stability [J]. J Dairy Sci, 2002, 85(2): 434-445.

[15] 葛政华, 殷潮洲, 邵 游. 青贮黑麦草中添加双乙酸钠防霉试验 [J]. 饲料工业, 1994(2): 45.

Ge Z H, Yin C Z, Shao Y. Mold test of adding sodium diacetate to ryegrass silage [J]. Feed Industry, 1994(2): 45. (in Chinese)

[16] 陈瑞祯. 防霉剂双乙酸钠的特性及其应用 [J]. 广西轻工业, 1998(3): 12-16.

Chen R Z. Characteristics of sodium diacetate preservatives and its application [J]. Guangxi Light Industry, 1998(3): 12-16. (in Chinese)

[17] 张 宁. 青贮饲料品质鉴定法 [J]. 国外畜牧科技饲料, 1990(1): 34-35.

Zhang N. Identification silage quality [J]. Foreign Livestock Feed Technology, 1990(1): 34-35. (in Chinese)