

全株玉米青贮饲料在贮存期营养品质的变化规律

闫峻¹,高玉鹏¹,王文杰²,穆淑琴²

(1 西北农林科技大学 动物科技学院,陕西 杨凌 712100;2 天津市畜牧兽医研究所,天津 300112)

【摘要】【目的】探讨全株玉米青贮饲料在开窖后营养品质随贮存时间的变化规律,以期更科学地利用青贮饲料。【方法】选取生长期为 89 d 的青玉米秆调制青贮饲料,封窖 50 d 后开窖取用,考察青贮饲料在 50~290 d 贮存期间,主要营养物质和发酵产物随时间的变化规律,并对主要营养物质与贮存时间以及纤维类成分与干物质含量之间的相关关系建立一元回归模型。【结果】随贮存期的延长,全株玉米青贮的干物质和纤维类物质含量上升($P>0.05$),蛋白、淀粉、磷含量均下降($P>0.05$),钙含量显著下降($P<0.05$);pH 值和乙酸含量上升($P>0.05$),乳酸和丙酸含量下降($P<0.05$)。青贮饲料中干物质含量与贮存时间成指数相关关系,粗蛋白、淀粉、钙和磷的含量均与贮存时间呈线性相关关系,中性洗涤纤维、酸性洗涤纤维和酸性洗涤木质素均与干物质含量成线性相关关系,其中除磷含量与贮存时间的回归模型外,其余 7 个模型的拟合效果均较好。【结论】全株玉米青贮饲料在贮存期营养品质呈下降趋势;运用数学模型预测青贮饲料营养品质随时间的变化规律是可行的,可为青贮饲料合理利用提供科学依据。

【关键词】 玉米青贮饲料;营养品质;贮存期;回归模型

【中图分类号】 S816.5⁺3

【文献标识码】 A

【文章编号】 1671-9387(2009)08-0075-06

Variation law of whole-plant corn silage nutritional quality under different storage periods

YAN Jun¹,GAO Yu-peng¹,WANG Wen-jie²,MU Shu-qin²

(1 College of Animal Science, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2 Tianjin Institute of Animal Science and Veterinary, Tianjin 300112, China)

Abstract: 【Objective】 In order to ensure the better utilization of silage, the variation law of whole-plant corn silage nutritional quality under different storage periods was studied. 【Method】 The whole-plant corn was harvested and ensiled at the 89th day of growth, and the silo was opened after 50 days fermentation. Main nutrients and fermentation products of whole-plant corn silage at different storage periods from 50 to 290 days were analyzed. The relationship between main nutrients and storage periods was studied and the single-element regression models were built. 【Result】 The results showed that: dry matter and fiber carbohydrate of silage increased($P>0.05$); crude protein, starch and phosphorus decreased($P>0.05$), the content of calcium significantly decreased($P<0.05$). pH and acetic acid were enhanced($P>0.05$), the content of formic acid and propionic acid reduced($P<0.05$). The relationship between dry matter and storage periods could be described using an exponential function, and there were linear relations between crude protein, starch, calcium, and phosphorus with storage periods, also the linear relations between acid detergent fiber, neutral detergent fiber, acid detergent lignin with dry matter. Besides the model between phosphorus with storage periods, there was a good fit for the other seven models. 【Conclusion】 The nutritional quality of whole-plant corn silage decreased with different storage periods. It is feasible to forecast the vari-

* [收稿日期] 2008-12-01

[基金项目] 国家“十一五”科技支撑计划项目(2006BAD14B03-9)

[作者简介] 闫峻(1984-),男,江苏徐州人,在读硕士,主要从事畜禽饲养与调控研究。E-mail:yjjsxz@163.com

[通信作者] 高玉鹏(1956-),男,陕西白水人,教授,主要从事动物营养与饲料科学研究。E-mail:gaoyupeng112@sina.com

ation law of whole-plant corn silage nutritional quality under different storage periods by the models, and this research achievement can provide scientific basis for the rational utilization of silage.

Key words: whole-plant corn silage; nutritional quality; storage period; regression model

青贮是通过乳酸发酵快速降低 pH 值并维持厌氧环境,以利于青贮作物长期保存的一种贮藏方式^[1-3]。近年来,我国奶业有较大发展,随着对奶牛饲料营养认识的加深,有条件的地区已将玉米秸秆青贮向全株玉米青贮转变,玉米青贮质量的优劣是影响奶牛养殖成本与奶业发展的重要环节^[4-5]。由于全株玉米含水率较高,青贮时容易腐烂,造成营养价值大量损失,所以国内外对提高全株玉米青贮饲料品质的研究日益关注。

当青贮窖打开,青贮饲料被用来饲喂家畜时,窖内的取料表面由厌气性环境转变为好气性环境。这时会出现 2 种结果:一种是取用方法和取用进度安排得当,取料结束密封较好,青贮饲料仍能够在较长时期内保持良好的品质;另一种情况是取料不当,引起休眠的微生物增殖,导致青贮饲料品质下降,严重时会出现温度升高和霉菌丛生的现象,甚至产生致死的毒素,这种变化经常被称作“二次发酵”^[6]。但是,无论哪种情况,青贮饲料品质均会有不同程度的降低。由于成本和设备的限制,生产中无法实现对青贮饲料各种营养成分含量的实时检测,给反刍动物日粮的精准配制、尤其是全混合日粮(TMR)的推广应用带来难题。因此,研究青贮饲料在一个完整贮存期内各种营养物质及发酵产物的变化规律十分必要。但是,目前还没有关于开窖后在较长贮存期间(一般为 8~12 个月)全株玉米青贮饲料中各种营养物质和发酵产物变化规律的系统报道。本试验研究了实际生产条件下玉米青贮饲料开窖后各种营养物质随贮存时间的变化规律,并建立了营养物质与贮存时间的相关回归模型,以期对青贮饲料的有效利用及 TMR 的精准配制提供科学依据。

1 材料与方 法

1.1 试验原料

供试玉米品种为农大 108,种植地点为天津市北辰(华北地区),生长和管理条件与当地麦茬玉米一致。播种时间为 2007-07-03,2007-10-01 收刈玉米全株,收刈时玉米植株生长期为 89 d。

1.2 试验设计

本试验研究玉米全株青贮饲料在使用过程中营养价值的变化规律。封窖 50 d 后开窖取用饲料,分

别于贮存 50,95,140,185,230,260 和 290 d 时采样分析营养成分和发酵产物的含量。

1.3 青贮的调制与取料技术

2007-10-01 于天津梦得牧业奶牛场进行青贮调制,采用窖式青贮,青贮窖长 60 m,宽 6 m,深 1.7 m。玉米秸秆切成约 3 cm 短节,不揉搓,制作过程中不添加任何添加剂。切完后压实,下层铺塑料布,表层多层塑料布掩盖,沙袋压实封窖。青贮期为 50 d。2007-11-21 开窖,从青贮窖一端垂直取料,每日取料 20 cm,不间断。取料后立即用塑料布密封。

1.4 样品的采集与处理

青贮饲料开窖后从窖的垂直切面九点取样。方法如下:除去上部料层 50 cm,在距离窖两壁及窖底各 30 cm 处作四边形,再将各边中点相连,在各线相交点采样;以各点为中心,用灭菌锐刀割取 20 cm×20 cm×20 cm 饲料块,分装于灭菌塑料封口袋中。

各点所采青贮样品独立处理。样品采回先称质量,然后按四分法取样。样品分成 2 份:一份(约 300 g)入封口塑料袋贮于-20 ℃冰箱;另一份(约 1 kg)制成风干样后粉碎过 0.36 mm(40 目)筛,保存于封口塑料袋中。

1.5 测定项目及其方法

1.5.1 感官鉴定 按德国农业协会(DLG)感官青贮评分标准及等级评定标准进行评定^[7]。根据嗅觉、结构、色泽 3 项进行评分,嗅觉评分分 5 个等级,为 0~14 分;结构评分分 4 个等级,为 0~2 分;色泽评分分 3 个等级,为 0~2 分;然后综合 3 项得分,评定为优(20~16 分)、可(15~10 分)、中(9~5 分)、下(4~0 分)4 个等级。

1.5.2 营养成分测定 青贮饲料中的水分、粗蛋白(CP)、钙(Ca)、总磷(P)、中性洗涤纤维(NDF)、酸性洗涤木质素(ADL)分别采用 GB/T 6435-2006、GB/T 6432-1994、GB/T 6436-2002、GB/T 6437-2002、GB/T 20806-2006 和 GB/T 20805-2006 的方法测定,酸性洗涤纤维(ADF)参照范氏(Van Soest)分析方法测定^[8],淀粉含量采用 GB/T 20194-2006 旋光法测定。由于常规法测定干物质(DM)易引起青贮饲料中挥发性物质损失,故用 Boever 等^[9]的校正公式($DMc = DM(nc) \times (100 + 15.28 - 0.317 \times DM(nc))$);式中,DMc 为校正后样品的干物

质含量(%), $DM(nc)$ 为未校正时的干物质含量(%))进行校正。

1.5.3 pH值、氨态氮和有机酸含量测定 青贮饲料 pH 值用 pHS-3C 酸度计测定^[10]; 氨态氮(NH_3-N)含量采用蒸馏法测定^[11]; 有机酸(乳酸、乙酸、丙酸、丁酸)含量用液相色谱法测定, 色谱条件为: 色谱柱 Agilent ZORBAX SB-C₁₈ (5 μ m, 4.6 \times 250 mm); 流动相 0.01 mol/L 磷酸氢二铵, 用 1 mol/L 磷酸调至 pH = 2.70, 临用前用超声波脱气; 流速 1.0 mL/min; 进样 20 μ L; 紫外检测器波长 214 nm。

1.6 数据处理

使用 SAS 9.0 软件中的一般线性模型(General linear model, GLM)程序对试验数据进行方差分析, F 检验差异显著时, 进行 Duncan's 多重比较, 显著性水平为 $P < 0.05$ 。试验结果以“平均值 \pm 标准差”表示。对主要营养物质含量与贮存时间、纤维类物质与 DM 含量进行一元回归分析, 通过比较, 得出最优回归模型。

2 结果与分析

2.1 开窖后不同贮存期玉米全株青贮饲料感官鉴定

随着贮存时间的延长, 青贮饲料的颜色逐渐加深, 由亮黄绿色转变为深绿色。贮存 185 d 以前颜

色基本稳定, 185 d 以后颜色变化较快, 至贮存 290 d 颜色较深, 呈深绿色。贮存后期青贮饲料边缘有霉菌出现。贮存 185 d 以前青贮饲料芳香味较浓, 令人感觉良好; 后一阶段(185~290 d)酸味稍重, 芳香味减弱。各阶段茎叶结构基本保存完好。综合评分结果为: 50 d 得 17 分, 95 d 得 16 分, 120 d 得 15 分, 180 d 得 13 分, 220 d 得 12 分, 260 d 得 11 分, 290 d 得 8 分。

2.2 开窖后不同贮存期玉米全株青贮饲料营养物质含量的变化

从表 1 可以看出, 随着开窖后贮存时间的延长, 玉米全株青贮饲料中 DM 含量由贮存 50 d 的 243.64 g/kg 上升到贮存 290 d 时的 254.67 g/kg, 各时期差异不显著($P > 0.05$)。干物质中 CP 含量由最初的 78.60 g/kg 下降到 290 d 时的 70.82 g/kg ($P > 0.05$), 淀粉含量由 130.97 g/kg 下降到 103.64 g/kg ($P > 0.05$); Ca 含量由 4.35 g/kg 显著下降到 2.83 g/kg ($P < 0.05$), P 含量由 1.92 g/kg 下降到 1.71 g/kg ($P > 0.05$); 而 NDF、ADF 和 ADL 含量则稍有上升, 其中 NDF 含量由 599.39 g/kg 上升到 611.86 g/kg, ADF 含量由 321.72 g/kg 上升到 329.15 g/kg, ADL 含量由 37.09 g/kg 上升到 38.87 g/kg, 但差异均不显著($P > 0.05$)。

表 1 开窖后不同贮存期玉米全株青贮饲料主要营养物质含量的变化

Table 1 Change of main nutrients of whole-plant corn silage at different storage periods in opened silo g/kg

贮存期/d Storage period	DM	CP	淀粉 Starch	NDF
50	243.64 \pm 6.94	78.60 \pm 4.26	130.97 \pm 23.83	599.39 \pm 57.86
95	242.56 \pm 21.63	77.29 \pm 5.85	129.90 \pm 29.61	599.68 \pm 29.37
140	244.81 \pm 8.19	74.14 \pm 7.05	128.44 \pm 32.56	608.85 \pm 45.14
185	245.82 \pm 11.31	69.05 \pm 5.60	118.30 \pm 29.91	609.17 \pm 40.10
230	247.88 \pm 8.21	72.01 \pm 6.21	109.58 \pm 27.24	612.13 \pm 55.20
260	250.24 \pm 15.46	71.85 \pm 5.55	105.92 \pm 25.76	611.04 \pm 47.66
290	254.67 \pm 10.34	70.82 \pm 6.52	103.64 \pm 31.52	611.86 \pm 51.83

贮存期/d Storage period	ADF	ADL	Ca	P
50	321.72 \pm 20.01	37.09 \pm 5.12	4.35 \pm 0.52 a	1.92 \pm 0.09
95	324.99 \pm 17.61	37.18 \pm 4.38	3.59 \pm 0.64 ab	1.86 \pm 0.22
140	329.00 \pm 22.52	36.81 \pm 3.09	3.58 \pm 0.81 ab	1.83 \pm 0.16
185	327.68 \pm 15.37	38.60 \pm 2.49	3.14 \pm 0.68 ab	2.01 \pm 0.14
230	330.45 \pm 18.59	38.65 \pm 4.89	3.02 \pm 0.72 ab	1.80 \pm 0.17
260	328.28 \pm 15.06	38.24 \pm 15.46	3.00 \pm 0.59 ab	1.72 \pm 0.12
290	329.15 \pm 22.21	38.87 \pm 5.48	2.83 \pm 0.66 b	1.71 \pm 0.16

注: 同列数据后标相同字母者表示差异不显著($P > 0.05$), 标不同字母者表示差异显著($P < 0.05$)。表 4 同。

Note: In the same row, the same superscript letters after data indicate no significant difference ($P > 0.05$), different superscript letters indicate significant differences ($P < 0.05$). Table 4 is the same.

以 DM、CP、淀粉、Ca、P 含量(g/kg)为 Y, 以青贮料贮存时间(d)为 X, 经一元回归分析得到回归模

型(见表 2)。从表 2 可以看出, 玉米全株青贮料中 DM 与贮存时间成指数相关关系, 其他营养成分与

贮存时间成线性相关关系。DM、CP、淀粉和 Ca 含量与贮存时间的相关系数均大于 0.8, 而 P 含量与贮存时间的相关系数为 0.422 4。差异显著性分析

结果显示, P 与贮存时间的回归方程 P 值大于 0.1, 其他回归方程 $P < 0.01$ 。

表 2 开窖后玉米全株青贮饲料中主要营养物质与贮存时间的回归模型

Table 2 Regression models between main nutrients and different storage times in opened silo

营养物质 Nutrient	回归模型 Regression model	R^2	P	n
DM	$Y_{DM} = 281.7e^{-0.0016X}$	0.900 0	0.003 2	9
CP	$Y_{CP} = 79.733 9 - 0.032 3X$	0.945 2	0.000 2	9
淀粉 Starch	$Y_{淀粉} = 141.336 7 - 0.130 1X$	0.939 4	0.000 3	9
Ca	$Y_{Ca} = 4.360 7 - 0.005 6X$	0.888 8	0.001 5	9
P	$Y_P = 1.976 3 - 0.000 8X$	0.422 4	0.114 1	9

以 NDF、ADF、ADL 含量(g/kg)为 Y , 以 DM 含量(g/kg)为 X , 经一元回归分析得到回归模型, 见表 3。从表 3 可以看出, 青贮饲料中 NDF、ADF

和 ADL 含量与干物质含量均成线性相关关系, 相关系数均大于 0.7, $P < 0.05$ 。

表 3 开窖后不同贮存期玉米全株青贮饲料中纤维类物质与 DM 的回归模型

Table 3 Regression models between the fiber carbohydrate and DM in opened silo

营养物质 Nutrient	回归模型 Regression model	R^2	P	n
NDF	$Y_{NDF} = 232.158 5 + 1.520 2 X$	0.811 1	0.015 4	9
ADF	$Y_{ADF} = -103.516 6 + 1.716 3 X$	0.898 8	0.005 9	9
ADL	$Y_{ADL} = 2.487 8 + 0.143 8 X$	0.705 3	0.049 6	9

2.3 开窖后不同贮存期玉米全株青贮饲料发酵品质的变化

从表 4 可以看出, 随着开窖后贮存时间的延长, 玉米全株青贮料的 pH 值从贮存 50 d 的 3.59 下降到 290 d 的 3.64; 氨态氮/总氮的比值由 7.84% 显著上升到 12.07% ($P < 0.05$)。有机酸总量呈下降趋

势, 其中乳酸含量从贮存 50 d 的 23.22 mg/g 下降到贮存 290 d 的 18.15 mg/g ($P < 0.05$); 乙酸含量不稳定, 但后期(185~290 d)呈上升趋势; 丙酸含量由贮存 50 d 的 22.53 mg/g 下降到贮存 290 d 的 14.82 mg/g ($P < 0.05$); 而丁酸始终未检出。

表 4 开窖后不同贮存期玉米全株青贮饲料发酵产物含量的变化

Table 4 Change of fermentation products of whole-plant corn silage at different storage times in opened silo

贮存期/d Storage period	pH	氨态氮/总氮/% NH_3-N/TN	有机酸/($mg \cdot g^{-1}$) Organic acid			
			乳酸 Lactic acid	乙酸 Acetic acid	丙酸 Propionic acid	丁酸 Butyric acid
50	3.59	7.84±1.03 c	23.22±3.01 a	21.64±2.04 ab	22.53±1.55 a	—
95	3.58	9.02±0.54 bc	20.52±1.02 ab	23.99±1.15 a	19.69±3.21 ab	—
140	3.51	8.07±0.86 c	22.60±1.65 a	19.64±0.68 b	19.57±0.42 ab	—
185	3.53	8.07±0.49 c	22.42±1.99 a	19.38±0.52 b	16.83±2.15 bc	—
230	3.57	10.28±0.76 b	20.35±1.98 ab	20.17±1.89 b	15.29±2.38 bc	—
260	3.61	10.31±0.89 b	18.22±1.83 b	21.88±0.91 ab	14.83±1.57 c	—
290	3.64	12.07±1.51 a	18.15±2.10 b	22.58±1.17 ab	14.82±1.14 c	—

注: —. 未检出。

Note: —. Not detected.

3 讨论

感官评分方法简便、迅速, 且不需仪器设备, 在生产实践上应用最为普遍, 但受操作者的主观因素影响较大, 需要具备一定的经验。随着开窖后取用时间的延长, 青贮饲料感官得分下降, 主要是贮藏 185 d 以后饲料颜色快速加深, 酸味增大, 因此贮藏 290 d 得分最低。这可能是开窖后空气进入和气温逐渐

上升综合影响的结果。

随着开窖后取用时间的延长, 青贮饲料中干物质含量逐渐增加, 这主要是由青贮饲料渗出液流失引起的, 因青贮渗出液中干物质含量较低, 所以青贮饲料中干物质相对增加。这与王加启等^[12]的报道不同, 王加启指出, 苜蓿青贮饲料的干物质含量随贮存时间的延长而降低, 干物质含量从贮藏 60 d 的 30.67% 下降到 240 d 的 29.59%。

饲料青贮过程中乳酸菌大量繁殖,而乳酸菌没有蛋白质分解酶,不分解破坏原料中的蛋白质,所以优质青贮饲料中蛋白质损失很少^[13]。本试验中,玉米全株青贮饲料在290 d的贮存期内CP含量有下降趋势,损失率为9.90%,但含量没有显著变化($P>0.05$)。王加启等^[12]报道,苜蓿青贮过程中,贮存240 d的青贮饲料中CP含量比60 d时降低5.67%。由于玉米全株青贮的含水量高达750 g/kg,导致青贮渗出液流失的机率也增大^[2],而据报道,青贮渗出液干物质中粗蛋白的含量在225~580 g/kg^[14-17],因此CP主要通过青贮渗出液流失。此外,由于青贮饲料取用后期气温升高,引发二次发酵的机率增大,粗蛋白又会因腐败产生氨态氮而流失,所以氨态氮含量是衡量蛋白质腐败程度的重要指标^[18-19]。本试验中氨态氮含量显著上升($P<0.05$),表明贮存后期(185 d以后)蛋白腐败程度加剧。

淀粉含量是区别玉米全株青贮和玉米秸秆青贮的最主要营养物质,也是玉米全株青贮饲料能量高低的影响因素。本试验中淀粉含量在260 d的取用期内没有显著变化($P>0.05$)。由于乳酸菌发酵不利用淀粉^[13],所以发酵良好的青贮饲料中淀粉损失较小。

Ca、P等矿物质在青贮饲料中含量较低。本研究结果表明,玉米青贮饲料在贮存期内,Ca含量损失较大($P<0.05$),P含量较稳定($P>0.05$)。Woolford^[20]报道,青贮饲料渗出液干物质中矿物质含量达到250 g/kg。因此,Ca流失可能是因为青贮渗出液流失引起的。

本研究中,纤维类物质含量在取用过程中很稳定,NDF、ADF和ADL含量均有小幅上升($P>0.05$)。原因是在青贮饲料贮存期间,部分可溶性养分渗透流失或形成气体逸出,纤维类物质不溶且很难被微生物分解,从而导致其含量相对增高。

pH值是衡量青贮是否成功的重要指标。优质青贮饲料pH值要求在3.4~3.8^[10]。本试验中,在290 d的贮存期内,pH值均能满足优质青贮饲料的要求,并且相对较稳定,pH值变化很小,贮存后期(185 d以后)上升速度加快,这可能是由气温升高引起的。

有机酸总量及其构成可以反映青贮发酵过程的好坏,其中重要的是乳酸、乙酸和丁酸,乳酸所占比例越大越好。优良的青贮饲料,含有较多的乳酸和少量醋酸,而不含丁酸^[10]。本研究结果表明,玉米

青贮中有机酸总量在取用期降低,乳酸和丙酸含量呈下降趋势($P<0.05$),但是乙酸含量在后期(180 d以后)呈上升趋势,表明不良发酵随气温的升高而加剧。本试验中,青贮饲料乙酸和丙酸含量较高,乳酸含量仅占有有机酸的30%左右,且后期乙酸含量超过乳酸,可能是由于青贮初期有氧时间过长,导致酵母和大肠菌群大量繁殖引起的。需要指出的是,乳酸和乙酸是青贮饲料败坏时有害微生物的主要能量来源。有报道指出,丙酸是良好的抗菌剂,还可以刺激乳酸菌生长,提高动物对青贮饲料的采食量^[6]。

4 结 论

随着开窖后贮存期的延长,全株玉米青贮饲料的营养品质逐渐下降;本研究建立了7个较为理想的回归模型(P含量与贮存时间的回归模型除外),表明全株玉米青贮饲料主要营养物质随贮存时间的变化规律是可以被预测的。在今后的工作中,将继续关注影响青贮饲料贮存期营养品质变化的其他因素,以期为更准确地建立青贮饲料营养品质的预测模型提供科学依据。

[参考文献]

- [1] 张大伟,陈林海,朱海霞,等.青贮饲料中主要微生物对青贮品质的影响[J].饲料研究,2007(3):65-68.
Zhang D W, Chen L H, Zhu H X, et al. Effect of the main micro-organisms in silage on silage quality [J]. Feed Research, 2007(3):65-68. (in Chinese)
- [2] 张德玉,李忠秋,刘春龙.影响青贮饲料品质因素的研究进展[J].家畜生态学报,2007,28(1):109-112.
Zhang D Y, Li Z Q, Liu C L. Progress in the study of infection factors on silage quality [J]. Acta Ecologiae Animalis Domasti, 2007,28(1):109-112. (in Chinese)
- [3] Giffel M C, Wagendorp A, Herrewegh A, et al. Bacterial spores in silage and raw milk [J]. Antonie Van Leeuwenhoek, 2002, 81:625-630.
- [4] 胡锡堃,刘昭,张子仪.青贮饲料[M].北京:农业出版社,1985.
Hu X K, Liu Z, Zhang Z Y. Silage [M]. Beijing: Agricultural Press, 1985. (in Chinese)
- [5] 佟屏亚.确立玉米在饲料中的主导地位[J].中国农业资源与区划,1995(3):24-27.
Tong P Y. Establish a dominant position of corn in the feed [J]. Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning, 1995(3):24-27. (in Chinese)
- [6] McDonald P. The biochemistry of silage [M]. New York: John Wiley and Sons, 1981.
- [7] 张子仪.中国饲料学[M].北京:中国农业出版社,2000.
Zhang Z Y. China Feed Science [M]. Beijing: China Agricultural

- Press, 2000. (in Chinese)
- [8] 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, 1999.
Yang S. Analysis of feed and assay methodology of feed quality [M]. Beijing: Beijing Agricultural University Press, 1999. (in Chinese)
- [9] Boever J L De, Brabander D L De, Smet A M De, et al. Evaluation of physical structure. 2: Maize Silage [J]. Journal of Dairy Science, 1993, 76: 1624-1634.
- [10] 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(4): 3-5.
Liu J X, Yang Z H, Ye J A, et al. The reasonable modulation and quality evaluation standard of silage [J]. Feed Industry, 1999, 20(4): 3-5. (in Chinese)
- [11] 莫 放. 反刍动物营养学实验指导 [M]. 北京:北京农业大学出版社, 1990.
Mo F. The ruminant nutriology experiment instructs [M]. Beijing: Beijing Agricultural University Press, 1990. (in Chinese)
- [12] 王加启, 周凌云, 刘 辉. 青贮过程中饲料营养价值降低的机理及其控制新技术 [J]. 中国奶牛, 2005(1): 28-30.
Wang J Q, Zhou L Y, Liu H. The mechanism of lowering nutritional quality and the new technology of control during ensiling process [J]. China Dairy Cattle, 2005(1): 28-30. (in Chinese)
- [13] Stefanie J W H, Frank Driehuis, Jan C Gottschal, et al. Silage fermentation process and their manipulation [R]. Rome: FAO electronic conference on tropical silage, 1999.
- [14] Patterson D C, Steen R W. Studies on the composition of effluent from grass silage and its feeding value for pigs and beef cattle [R]. Hillsborough: The Agricultural Research Institute of Northern Ireland, 55th Annual Report, 1982.
- [15] Dunlea A P, Dodd V A. The application of membrane filtration to silage effluent [J]. Canadian Agricultural Engineering, 1989(31): 39-43.
- [16] Patterson D C. Feeding value for finishing pigs of silage effluent with high initial pH [J]. Journal of Agricultural Science, 1990, 115(1): 129-133.
- [17] Steen R W J. An evaluation of effluent from grass silage as a feed for beef cattle offered silage based diets [J]. Grass and Forage Science, 1986, 41: 39-45.
- [18] Rooke J A, Armstrong D G. The importance of the form of nitrogen on microbial protein synthesis in the rumen of cattle receiving grass silage and intrarumen infusion of sucrose [J]. British Journal of Nutrition, 1989, 53: 691-708.
- [19] Siddons R E, No lan J V, Boever D E. Nitrogen digestion and metabolism in sheep consuming diets containing contrasting forms and levels of nitrogen [J]. British Journal of Nutrition, 1985, 54: 175-187.
- [20] Woolford M K. The silage fermentation [M]. New York: Marcel Dekker, 1984.

(上接第 74 页)

- [16] 姚录昆, 杨开伦, 范书江, 等. 12—17 日龄羔羊对奶粉及处理大豆粉消化性的研究 [J]. 草食家畜, 2000(3): 30-32.
Yao L K, Yang K L, Fan S J, et al. Resarch of powdered milk and processed soy meal on digestibility in 12—17 days lambs [J]. Grass-feeding Livestock, 2000(3): 30-32. (in Chinese)
- [17] 刁其玉. 羔羊代乳粉的研究与使用 [J]. 饲料博览, 2001(9): 10-12.
Diao Q Y. Research and application of lamb powered milk substitute [J]. Feedstuff Exposition, 2001(9): 30-32. (in Chinese)
- [18] Bines J A, Hart I C. Hormonal regulation of the partition of energy between milk and body tissue in adult cattle [J]. Dairy Sci, 1978, 37(3): 281-287.
- [19] 宋代军, 张家骅, 杨 游, 等. 羔羊不同断奶日龄对小肠黏膜形态的影响 [J]. 动物营养学报, 2007, 19(4): 344-349.
Song D J, Zhang J H, Yang Y, et al. Effect of weaning age on mucosal morphology in small intestine of goat kids [J]. Journal of Animal Nutrition, 2007, 19(4): 344-349. (in Chinese)
- [20] Fujiwara Y, Kaji T. Possible mechanism for lead inhibition of vascular endothelial cell proliferation: a lower response to bFGF through inhibition of heparan sulfate synthesis [J]. Toxicology, 1999, 133: 144-157.