

文章编号: 1673-5021(2008)04-0100-07

青贮饲料发酵品质评定体系及其新进展

郭旭生¹, 丁武蓉², 玉 柱³

(1. 兰州大学生命科学学院干旱与草地生态教育部重点实验室, 甘肃 兰州 730000;
2. 四川农业大学草业科学系, 四川 雅安 625014; 3. 中国农业大学草地研究所, 北京 100094)

摘要: 牧草青贮发酵品质评定体系的建立是对青贮饲料质量好坏更好的监督与评价, 是提高青贮饲料质量、减少资源浪费的重要途径与方法, 同时对提高家畜饲草料营养价值以及生产性能有着重要的意义。牧草青贮发酵品质评定体系中常规的实验室评定指标一般以有机酸(乳酸、乙酸和丁酸)和氨态氮含量为基准, 但目前的研究结果表明, 青贮料中乳酸含量增多就容易发生二次发酵, 而且牧草青贮的 pH 值和氨态氮含量与牧草本身化学成份不同有关, 因此在青贮饲料发酵品质评定体系中不宜将这些指标用作青贮饲料发酵品质评定的统一标准。

关键词: 青贮饲料; 发酵品质; 评定体系; 进展

中图分类号: S816.53 **文献标识码:** A

青贮是保存和开发饲料资源、发展“节粮型”畜牧业的有效手段^[1]。目前, 在畜牧业生产中青贮饲料得到较广泛的应用, 特别是在反刍动物饲养中已成为不可缺少的基础饲料^[2]。有机酸是青贮发酵过程中微生物作用下的主要产物, 各种有机酸含量的大小可以直接反映青贮发酵过程中哪种微生物占主导作用。因此, 大部分评价青贮发酵好坏的评定体系都是以有机酸及蛋白降解程度为基础。青贮发酵的好坏直接影响青贮牧草营养保存及家畜的生产性能, 为了加强对青贮饲料的质量监控与统一评价, 国内外研究制定了一些具有代表性及影响力的牧草青贮发酵品质评定体系。在过去的常规评定体系中, 常以乳酸、乙酸、丁酸以及氨态氮含量为标准, 而近年来许多研究提出了青贮牧草发酵品质评定指标的不同观点。牧草青贮发酵品质评定体系的规范与发展完善, 有助于准确反映青贮饲料发酵品质好坏, 是饲草料品质提高与畜牧业发展的关键措施之一。为此, 本文对几种青贮饲料发酵品质评定体系进行分析, 同时对近年研究评定的评定体系中各项评价指标的改进以及不适宜之处进行阐述。

1 牧草青贮料发酵品质评定体系中感官评定标准

为了简单快速的鉴定牧草青贮发酵品质, 许多评定体系中对青贮料进行了感官评定。德国农业协会(DLG)评分法中通过嗅觉、结构、色泽三项指标进行评分, 然后再按得分分成优、可、中、下 4 个等级; 而 1996 年我国也制定了关于紫云英(苜

蓿)、红薯藤、玉米秸青贮发酵品质评定的感官评价法, 该法对青贮料的水分、气味、色泽、质地进行分类鉴定后进行综合评分。中国农业科学院畜牧研究所也根据色、味、嗅、质地等 4 个标准提出了青贮饲料感官鉴定标准^[3]。但是, 对牧草青贮发酵品质评价的各个感官评定体系整体上没有太大的变动。由于感官评定方法受每个评分者的主观因素的影响较大, 所以需要有训练有素的专业技术人员进行评分。而该法不需要任何仪器设备, 只要尽可能地克服主观性仍不失为一种快速而有实用意义的方法。

2 牧草青贮料发酵品质的常规性实验室评定体系

我国农业部 1996 年发布的青贮饲料质量评定标准(试行)的实验室评定体系如表 1、表 2 所示。该体系以乳酸、乙酸、丁酸含量以及氨态氮占总氮的比值为主要评定指标, 将有机酸评分与氨态氮评分结合, 规定两者各占 50%。这样, 将有机酸得点数除以 2, 就可得到有机酸的相对得点, 再将有机酸相对得点与氨态氮得点相加, 即可获得综合得点。综

收稿日期: 2007-08-24; 修回日期: 2008-04-22

基金项目: “十一五”科技支撑项目“牧草丰产技术集成与产业化示范”(2006BAD16B08); 引进国际先进农业技术项目“优质草产品生产加工技术”(2006-G38)

作者简介: 郭旭生(1978-), 男, 宁夏海原人, 讲师, 博士, 2007 年毕业于中国农业大学草地所, 主要从事饲草加工调制与贮藏方面的研究, 已发表论文 27 篇, E-mail: guoxusheng_78@163.com。

合得点包含了青贮饲料碳水化合物与蛋白质两方面的信息,其得点数与青贮质量的关系为:0~20 分为极差;20~40 分为差;40~60 分为可;60~80 分为良;80~100 分为优。该评定标准适用于制作青贮紫云英、青贮苜蓿、青贮红薯藤、青贮玉米秸的各类地区。

过去实验室评价青贮饲料发酵品质一般以 pH 值、有机酸和氨态氮含量作为常规指标,而且对有机酸含量通常以青贮料中乳酸、乙酸和丁酸含量为重要评定标准。过去大多数研究认为,有机酸总量及其构成可以反映青贮发酵过程的好坏,而乳酸含量越多青贮饲料品质越好,而目前有不少研究对这一观点有不同意见。

表 1 氨态氮含量的评价标准^[4]

Table 1 The evaluated standard of NH ₃ -N content ^[4]			
氨态氮/总氮/%	得点	氨态氮/总氮/%	得点
NH ₃ -N/Total N /%	Scores	NH ₃ -N/Total N /%	Scores
<5	50	15.1~16	22
5.1~6	48	16.1~17	19
6.1~7	46	17.1~18	16
7.1~8	44	18.1~19	13
8.1~9	42	19.1~20	10
9.1~10	40	20.1~22	8
10.1~11	37	22.1~26	5
11.1~12	34	26.1~30	2
12.1~13	31	30.1~35	0
13.1~14	28	35.1~40	-5
14.1~15	25	>40.1	-10

表 2 有机酸含量的评价标准^[4]

Table 2 The evaluated standard of organic acid content^[4]

占总酸比例(%) The proportion in total acid				占总酸比例(%) The proportion in total acid			
得点 Scores				得点 Scores			
乳酸 Lactate	乙酸 Acetate	丁酸 Butyrate		乳酸 Lactate	乙酸 Acetate	丁酸 Butyrate	
0.0~0.1	0	25	50	28.1~30.0	5	20	10
0.2~0.5	0	25	48	30.1~32.0	6	19	9
0.6~1.0	0	25	45	32.1~34.0	7	18	8
1.1~1.6	0	25	43	34.1~36.0	8	17	7
1.7~2.0	0	25	40	36.1~38.0	9	16	6
2.1~3.0	0	25	38	38.1~40.0	10	15	5
3.1~4.0	0	25	37	40.1~42.0	11	14	4
4.1~5.0	0	25	35	42.1~44.0	12	13	3
5.1~6.0	0	25	34	44.1~46.0	13	12	2
6.1~7.0	0	25	33	46.1~48.0	14	11	1
7.1~8.0	0	25	32	48.1~50.0	15	10	0
8.1~9.0	0	25	31	50.1~52.0	16	9	-1
9.1~10.0	0	25	30	52.1~54.0	17	8	-2
10.1~12.0	0	25	28	54.1~56.0	18	7	-3
12.1~14.0	0	25	26	56.1~58.0	19	6	-4
14.1~16.0	0	25	24	58.1~60.0	20	5	-5
16.1~18.0	0	25	22	60.1~62.0	21	0	-10
18.1~20.0	0	25	20	62.1~64.0	22	0	-10
20.1~22.0	1	24	18	64.1~66.0	23	0	-10
22.1~24.0	2	23	16	66.1~68.0	24	0	-10
24.1~26.0	3	22	14	68.1~70.0	25	0	-10
26.1~28.0	4	21	12	>70	25	0	-10

注:(1) 各种有机酸占总酸的比例按毫克当量计算。(2) 鲜样中的有机酸百分含量与毫克当量换算关系如下: 乳酸(mg 当量)=乳酸(%)×11.105;乙酸(mg 当量)=乙酸(%)×16.658;丁酸(mg 当量)=丁酸(%)×11.356。

Note:(1) Each of the organic acid proportion in total acid rely on mg· to account. (2)The relation of conversion between the percentage of organic acid in fresh forage and mg· : Lactate (mg·)=Lactate(%) ×11.105; Acetate (mg·)= Acetate (%) ×16.658;Butyrate (mg·)= Butyrate (%) ×11.356.

3 青贮料发酵品质评价体系的部分常规评价指标的改进

3.1 pH和氨态氮含量不宜作评定体系的统一标准

3.1.1 pH 值指标

牧草青贮料中pH 值受到不同牧草不同化学成份的影响^[5],同时还与青贮时牧草本身的含水量和植物的缓冲能力有关。高野报道,青贮原料中水溶

性碳水化合物(WSC)含量、水分含量与乳酸发酵品质有密切关系。如豆科牧草含 WSC 低(约占鲜草的 9%~11%),用于发酵的底物较少,因此青贮时 pH 值下降速度不如可溶性碳水化合物相对高的禾本科牧草。而禾本科牧草的缓冲力一般比豆科牧草的低^[6],植物本身的缓冲性能对青贮 pH 值变化的影响较大。因此,在评定青贮发酵品质中以 pH 作为不同牧草青贮评价的统一标准较为粗略,而且由于牧草中化学成份的差异很大,使许多研究结果出现多样化,因而对青贮料发酵品质评定体系中 pH 值的划分标准也大不相同。所以,对不同种类牧草青贮料的 pH 评定标准有待进一步区分和统一。

3.1.2 氨态氮指标

常规青贮料评定体系中利用氨态氮占总氮的比例进行评分,比值越大说明蛋白质分解越多,意味着青贮质量越差;而且氨态氮含量与丁酸含量呈极相关^[7]。但是,也有许多研究发现,pH 值和氨态氮含量不适宜用作评定青贮牧草发酵品质的统一标准,因为青贮牧草中 pH 值和氨态氮含量不仅与青贮发酵过程有关,还受到牧草的种类及其化学成份含量不同的影响^[5]。牧草青贮时由于牧草种类、DM 含量以及本身蛋白质、氨态氮、植物蛋白酶、微生物种类等组成、数量及性质不同,尤其是不同种属之间存在较大的差异(如豆科和禾本科之间),使发酵过程中牧草蛋白及氨基酸降解产生氨态氮的量受到原料本身的影响^[8~11]。Wei³和 Kaiser 指出,由于牧草中硝酸盐含量的不同,使牧草青贮料的发酵产物出现很大的差异^[12]。而且牧草中酚类物质的含量也会影响蛋白降解产生氨态氮等非蛋白氮,这主要是由于这些酚类物质和蛋白结合后能够抑制蛋白的降解^[13,14]。Albrecht 和 Muck^[8]发现,几种豆科青贮料中 NPN(氨态氮、游离氨基酸氮、肽等)的含量与其牧草中单宁的含量呈负相关,不同种类牧草蛋白降解形成氨态氮等非蛋白氮的水平不同,而且同一种类牧草的不同品种间蛋白质降解程度也有差异。Papadopoulos 和 Mckersie^[9]在对不同牧草的青贮试验中发现,豆科牧草在青贮过程中蛋白降解的程度比禾本科牧草要高,而且在几种豆科牧草中苜蓿的蛋白降解程度最高,使青贮料中氨态氮的含量不同。所以,青贮饲料中氨态氮含量的多少不能作为统一评价所有牧草发酵品质好坏的标准,在不同牧草青贮之间比较,其氨态氮含量高不一定发酵品质就差。

因此,青贮料中 pH 值和氨态氮含量不易用作统一评价各种牧草发酵品质的标准,而应对不同牧草青贮料发酵后 pH 值和氨态氮含量指标单独列出不同标准进行评价才具有可比性。

德国科学家 Flieg 1938 年曾提出青贮饲料的评分方法——弗氏评分法^[15],之后 Zimmer 对弗氏法进行了修改并一直沿用至今,世界各地均有采用。弗氏评分法(见表 3)是以青贮饲料中乳酸、乙酸、丁酸占总酸的比例为基础来评价青贮料的品质,而没有将氨态氮指标列入评定体系中。该法尤其适合于原料水分高、无化学添加剂处理的青贮^[16],主要用于玉米青贮料青贮品质的评定,而对于评价高温发酵条件下的劣质青贮则不适合,因为高温发酵是在青贮初期由于好氧时间长、呼吸作用旺盛、窖内形成高温而造成蛋白质的可消化性差,但弗氏评分结果则并不低。此外,青贮饲料在启窖后由于酵母、霉菌以及其他好氧性微生物的作用会引起发酵,这时丁酸虽然形成不多,但乳酸、乙酸也被消耗,因此三者比例也随之发生变化,所以弗氏评分法只适用于常规青贮的鉴定^[7]。

3.2 乳酸含量不宜作部分牧草评定方法的标准

过去常认为,在原料底物含量相同的条件下,乳酸菌同型发酵与异型发酵相比,可以产生更多的乳酸,牧草青贮过程中养分损失较少^[17]。所以,大多数研究者认为青贮菌制剂以同型发酵乳酸菌为宜,青贮牧草中乳酸含量则作为评价青贮发酵好坏的主要标准。但是,目前有研究表明,异型发酵主要产生乙酸,更有利于青贮牧草营养保存^[18],因为当青贮料中乳酸含量增多而挥发性脂肪酸的生成量很少时,特别对碳水化合物含量丰富的禾本科牧草而言,发酵所产生的乳酸及牧草中的碳水化合物为酵母菌和霉菌的生长繁殖提供了充足的营养源,所以当贮料与空气接触后就容易产生二次发酵。青贮的有氧变质不仅会引起大量干物质损失,而且需氧菌真菌会生成对动物有害的真菌毒素,用腐败的青贮料饲喂奶牛就会减少采食量和生产性能^[19]。Muck 也报道,由于乳酸本身并不是高效的抗真菌剂,因此加入同型发酵乳酸菌后会降低青贮物的有氧稳定性^[20]。而在异型发酵过程中,将乳酸分解成乙酸和丙二醇,乙酸有很强的抗真菌能力,乙酸含量的提高对提高青贮产物的有氧稳定性和防止有氧变质起重要作用。Courtin 等^[21]指出,在自然发酵的青贮中,非解离乙酸的量是重要的抑制酵母菌生长的物质。而

表 3 弗氏青贮饲料评分方案
Table 3 The Flieg evaluation of silage

乳酸 Lactic Acid(LA)		乙酸 Acetic Acid(AA)		丁酸 Butyric Acid(BA)	
乳酸/总酸 LA/TA %	评分 Score	乙酸/总酸 AA/TA %	评分 Score	丁酸/总酸 BA/TA %	评分 Score
0.0~25.0	0	0.0~15.0	20	0.0~1.5	50
25.1~27.5	1	15.1~17.5	19	1.6~3.0	30
27.6~30.0	2	17.6~20.0	18	3.1~4.0	20
30.1~32.0	3	20.1~22.0	17	4.1~6.0	15
32.1~34.0	4	22.1~24.0	16	6.1~8.0	10
34.1~36.0	5	24.1~25.4	15	8.1~10.0	9
36.1~38.0	6	25.5~26.7	14	10.1~12.0	8
38.1~40.0	7	26.8~28.0	13	12.1~14.0	7
40.1~42.0	8	28.1~29.4	12	14.1~16.0	6
42.1~44.0	9	29.5~30.7	11	16.1~17.0	5
44.1~46.0	10	30.8~32.0	10	17.1~18.0	4
46.1~48.0	11	32.1~33.4	9	18.1~19.0	3
48.1~50.0	12	33.5~34.7	8	19.1~20.0	2
50.1~52.0	13	34.8~36.0	7	20.1~30.0	0
52.1~54.0	14	36.1~37.4	6	30.1~32.0	~1
54.1~56.0	15	37.5~38.7	5	32.1~34.0	2
56.1~58.0	16	38.8~40.0	4	34.1~36.0	3
58.1~60.0	17	40.1~42.5	3	36.1~38.0	4
60.1~62.0	18	42.6~45.0	2	38.1~40.0	5
62.1~64.0	19	45.0<	1	40.0<	10
64.1~66.0	20				
66.1~67.0	21				
67.1~68.0	22				
68.1~69.0	23				
70.1~71.2	25				
71.3~72.4	26				
72.5~73.7	27				
73.8~75.0	28				
75<	30				

Kung 和 Ranjit 在研究中发现,添加 *L. buchneri* 后青贮物中含有较高浓度的乙酸是青贮物有氧稳定性提高的基本原因^[22]。Kung 等在 2003 年提出,乙酸是抗酵母菌的有效因子,高浓度的乙酸可保证苜蓿青贮 TMR 日粮较长时间保持新鲜状态^[23]。在其它一些实验中,如 Ranjit 和 Kung 的玉米青贮实验^[24]、Weinberg 等的小麦青贮实验^[25],添加 *L. buchneri* 后青贮物有氧稳定性都得到提高。虽然异型发酵产生乙酸可能会造成 DM 的损失,但是对青贮的保存是有益的。因此,目前有研究者认为部分

青贮牧草乳酸含量的多少不能作为评定青贮发酵品质好坏的标准。2001 年,日本粗饲料评定中的 V-Score 评分体系是以氨态氮和乙酸、丙酸、丁酸等挥发性脂肪酸(VFA)为评定指标进行青贮品质评价的,满分为 100 分,各指标不同含量分配的分数不同(见表 4)。根据这个评分,将青贮饲料品质分为良好(80 分以上)、尚可(60~80 分)、不良(60 分以下)3 个级别。该评定体系中没有将青贮料乳酸含量作为评定标准。

表 4 V-Score 分数分配计算式(鲜样重%)
Table 4 Calculate method of V-Score (percent of fresh weight)

氨态氮/总氮(%) NH ₃ -N/Total N		乙酸+丙酸 Acetate + Propionate		丁酸及以上 VFA Butyrate or above it		V-Score
X _N	计算式(Y _N) Formula(Y _N)	X _A	计算式(Y _A) Formula(Y _A)	X _B	计算式(Y _B) Formula(Y _B)	
≤5	Y _N =50	≤0.2	Y _A =10	0~0.5	Y _B =40-80X _B	
5~10	Y _N =60-2X _N	0.2~1.5	Y _A =(150-100X _A)/13	0.5<	Y _B =0	V-Score: Y=Y _N +Y _A +Y _B
10~20	Y _N =80-4X _N	1.5<	Y _A =0			
20<	Y _N =0					

注:引自《日本粗饲料评定手册》(2001)。
Note:Refers to Handbook of evaluation silage quality, Japan, 2001.

3.3 新的牧草青贮发酵品质评定体系^[26]

从 Flieg 评分和 V-Score 评分我们可以看出: Flieg 评分体系中去除了氨态氮指标,但保留了乳酸含量指标;而 V-Score 评分体系中没有将乳酸作为评定指标,而保留了氨态氮指标。他们都对牧草青贮发酵品质评定体系的常规指标做了部分改动,突破了传统的评价指标标准,但还不够全面。2005 年, Kaiser 提出新的青贮发酵品质评定标准,该评定体系不受牧草化学成份的影响,是以青贮饲料中丁酸和乙酸的含量作为评价饲草青贮发酵品质的指标(见表 5)。丁酸是梭菌等不良微生物将青贮料中已生成的乳酸或原料中的糖分解而成,同时伴随着能量的损失和蛋白质分解生成大量的胺或氨,使青贮饲料具有恶臭,降低青贮品质,影响饲料采食量。因

此,青贮料中丁酸的含量可以直接反应青贮料品质的好坏,而贮料中乙酸含量反映了青贮料的有氧稳定性和保存性能。Kaiser 的试验证实,青贮料中乙酸和丁酸的含量均能够准确地评价青贮饲料的厌氧稳定阶段和二次发酵阶段的发酵品质^[27],该方法突破了传统的评定体系,乳酸菌和氨态氮不再作为评定青贮料发酵品质好坏的标准。评价体系将饲草青贮共分为 5 个级别。3.0%(DM)的乙酸作为青贮料无氧稳定性的上限,是由丁酸和氨的关系得到的,如果丁酸含量低,评定等级范围非常窄。该评定体系适合于包括玉米在内的所有牧草青贮发酵品质的评定,比过去的常规评定体系更为完善。各指标不同含量分配的分数不同(见表 5)。

表 5 青贮饲料发酵品质评价体系
Table 5 Evaluation system for the fermentation quality of silages

丁酸 (% DM) Butyric acid	得分 Points	乙酸(% DM) Acetic acid	去分 Discount points	总分 Score	级别 Mark
0~0.3	100	≤3.0	0	90~100	1
0.3~0.4	90	3.0~3.5	-10	72~89	2
0.4~0.7	80	3.5~4.5	-20	52~71	3
0.7~1.0	70	4.5~5.5	-30	30~51	4
1.0~1.3	60	5.5~6.5	-40	<30	5
1.3~1.6	50	6.5~7.5	-50		
1.6~1.9	40	7.5~8.5	-60		
1.9~2.6	30	>8.5	-70		
2.6~3.6	20				
3.6~5.0	10				
>5.0	0				

注:引自 Kaiser E., and K. Wei^β(2005)。
Note: Refers to Kaiser E., and K. Wei^β(2005).

4 青贮饲料品质评定体系的待解问题

Kaiser 等^[5]指出,贮料中氨态氮含量不仅与青

贮发酵过程有关,还受不同种类牧草中化学成份含量的影响,因此青贮料中氨态氮含量不适宜用作评价所有牧草青贮发酵品质好坏的统一标准。但是,

由于豆科牧草蛋白质含量高,蛋白降解程度严重,氨态氮含量远远高于禾本科等其它青贮牧草含量,对青贮发酵品质影响较大,而在禾本科等其它牧草中影响较小。因此,在豆科牧草评价体系中需要将氨态氮作为一种评价指标,但是由于牧草成份不同等种种原因,必须为豆科牧草专门建立一个氨态氮评定指标划分标准。另外,对不同种类的牧草青贮料也需要建立相应的评定体系。

参考文献(References):

- [1] 刘建新,杨振海,叶均安.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.
Liu Janxin, Yang Zhenhai, Ye Junan. Silage reasonable processing and its fermentation quality evaluation standard [J]. *Feed Industry*, 1999, 20(3): 4-7.
- [2] 许庆方,韩建国,玉柱.青贮渗出液的研究进展[J].草业科学,2005,(11):90-95.
Xu Qingfang, Han Jianguo, Yu Zhu. A review of extravasate of ensiled forage [J]. *Pratacultural Science*, 2005, (11):90-95.
- [3] 余伯良.发酵饲料生产与应用新技术[M].北京:中国农业出版社,1999:32.
Yu Buoliang. Production and technology of application of fermentation feed[M]. Beijing: China Agricultural Press, 1999, 32.
- [4] 刘建新,杨振海,叶均安.青贮饲料的合理调制与质量评定标准(续)[J].饲料工业,1999,20(4):3-5.
Liu Janxin, Yang Zhenhai, Ye Junan. Silage reasonable processing and its fermentation quality evaluation standard (Continue)[J]. *Feed Industry*, 1999, 20(4): 3-5.
- [5] Kaiser E, K Wei^β, R Krause. Beurteilung skriterien für die Gärqualität von grassilagen [J]. *Proceedings of the Society for Nutritional Physiology*, 2000, (9):94.
- [6] 张秀芬.饲草饲料加工与贮藏[M].北京:农业出版社,1991, 19.
Zhang Xiufen. Processing and preservation of forage [M]. Beijing: China Agricultural Press, 1991, 19.
- [7] 张子仪.中国饲料科学[M].北京:中国农业出版社,2000:887.
Zhang Ziyi. China feed science [M]. Beijing: China Agricultural Press, 2000:887.
- [8] Albrecht K A, R E Muck. Proteolysis in ensiled forage legumes that vary in tannin concentration [J]. *Crop Science*, 1991, 31: 464-469.
- [9] Papadopoulos Y A, B D McKersie. A comparison of protein degradation during wilting and ensiling of six forage species [J]. *Canadian Journal of Plant Science*, 1983, 63: 903-912.
- [10] Muck R E. Dry matter level effects on alfalfa silage quality: I. Nitrogen transformations [J]. *Trans. ASAE*, 1987, 30: 7-14.
- [11] Carpintero C M, A R Henderson P McDonald. The effects of some pre-treatments on proteolysis during the ensilage of herbage [J]. *Grass Forage Sci*, 1979, 34:311-315.

- [12] Wei^β K, Kaiser. Fermentation patterns in silage depending on chemical composition of herbage [J]. *Grassland Science in Europe*, 2001, (6): 150-153.
- [13] 郭旭生.青贮过程中苜蓿蛋白的降解特性及化学添加剂对其影响[D].北京:中国农业大学草地所,2007.
Guo Xusheng. Study on the characteristics of proteolysis in ensiled alfalfa treated with different chemical additives [D]. Beijing: *Dissertation for PhD of China agricultural university*, 2007.
- [14] Jones B A, R D Hatfield R E Muck. Characterization of proteolysis in alfalfa and red clover [J]. *Crop Sci*, 1995a, 35: 537-541.
- [15] Fleig. Futterb gauffutterbereit [J]. 1938, (2): 1-8.
- [16] 方德罗,张涛涛,刘建新.紫云英混合青贮饲料的发酵品质[J].浙江农业大学学报,1996,22(2):168-171.
Fang Deluo, Zhang Yuntao, Liu Jianxin. Studies on the fermentation characteristics of astragalus silage [J]. *Journal of Zhe Jiang Agricultural University*, 1996, 22(2): 168-171.
- [17] Ranjit N K, Kung L Jr. The effect of *Lactobacillus buchneri*, and *L. plantarum*, or a chemical preservative on the fermentation and aerobic stability of corn silage [J]. *Dairy Science*, 2000, 83: 526-535.
- [18] 郭旭生,周禾.不同添加剂对青贮饲料有氧稳定性的影响[J].中国奶牛,2006,(9):18-20.
Guo Xusheng, Zhou He. Effects on different additives on aerobic stability of ensiled forage [J]. *China Dairy Cattle*, 2006, (9): 18-20.
- [19] 张涛,崔宗均,李建平.不同发酵类型青贮菌制剂对青贮发酵的影响[J].草业学报,2005,14(3): 67-71.
Zhang Tao, Cui Zongjun, Li Jianping. The effect of different fermentation type of silage inoculants bacteria on the fermentation of silage [J]. *Acta Pratacultural Science*, 2005, 14(3): 67-71.
- [20] Muck R E, Kung L Jr. Effects of silage additives on ensiling in silage :field to feedbunk NRAES-99[C]// Northeast regional agricultural engineering service. Ithaca, N. Y., 1997: 187-199.
- [21] Courtin M G, S F Spoelstra. A simulation model of the microbiological and chemical changes accompanying the initial stage of aerobic deterioration of silage [J]. *Grass and Forage Science*, 1990, 45: 153-165.
- [22] Kung L Jr., Ranjit N K. The effect of *Lactobacillus buchneri* and other additives on the fermentation and aerobic stability of barley silage [J]. *Journal of Dairy Science*, 2001, 84: 1149-1155.
- [23] Kung L Jr, C C Taylor, M P Lynch, et al. The effect of treating alfalfa with *Lactobacillus buchneri* 40788 on silage fermentation, aerobic stability, and nutritive value for lactating dairy cows [J]. *J. Dairy Sci.*, 2003, 86(1): 336-343.
- [24] Ranjit N K, Kung L Jr. The effect of *Lactobacillus buchneri*, and *L. plantarum*, or a chemical preservative on the fermentation and aerobic stability of corn silage [J]. *Dairy Science*,

2000, 83, 526-535.

- [25] Weinberg Z G, Ashbell G, Hen Y. The effect of *Lactobacillus bunchneri* and *L. plantarum*, applied at ensiling, on the ensiling fermentation and aerobic stability of wheat and sorghum silages [J]. *J. Industr. Microbiol.* 1999, 23, 218-222.
- [26] Kaiser E, K Wei^β. A new system for the evaluation of the fermentation quality of silages[C]// Park R S, M. D Stron-

ge, eds. Proceedings of the XIV international silage conference, a satellite workshop of the XXth international grassland congress, July 2005, Bellast, Northern Ireland. 2005, 275.

- [27] Kaiser, E K Wei^β, R Krause. Vorschlag zur beurteilung der Gärqualität von grassilagen proceedings 111, VDLUFA - Kongre^β, Halle, 1999, 385-388.

The Evaluation System of Fermentation Quality of Ensiled Forage and Its Improvement

GUO Xu-sheng¹, DING Wu-rong², YU Zhu³

(1. Key Laboratory of Arid and Grassland Ecology (Ministry of Education), Lanzhou University, Lanzhou 730000, China; 2. Grassland Science Department, Sichuan Agricultural University, Yaan 625014, China; 3. Institute of Grassland Science, China Agricultural University, Beijing 100094, China)

Abstract: The establishment of the evaluation system of fermentation quality of ensiled forage is a better way to supervise and evaluate the ensilage quality, which is a important way and a method to improve the ensilage quality and reduce waste of the resources. It has the vital significance in enhancing the fodder nutritional value and the production performance. The organic acid(lactic acid, acetic acid and butyric acid) and $\text{NH}_3\text{-N}$ are the general indexes of evaluating the quality of ensile, but the results of present researches showed that the more lactic acid in the ensiled forage, the easier happening of secondary fermentation. The content of pH value and $\text{NH}_3\text{-N}$ in ensile are relate to the different compositions in forage grass, so pH value, lactic acid and $\text{NH}_3\text{-N}$ are not suit to be the unified standard of evaluating ensiled forage quality.

Key words: Ensiled forage; Fermentation quality; Evaluation system