

发酵时间对青贮凤梨渣 pH · 亚硝酸盐 · 氨态氮 · 可溶性糖和有机酸含量的影响

王志敬¹, 杨慧山¹, 葛影影², 谭伟军¹, 吴征敏³, 兰瑞霞³, 高振华³, 何国戈², 尹福泉^{3*} (1. 广东省清远市动物疫病预防控制中心, 广东清远 511518; 2. 广东省清远市农业科技推广服务中心, 广东清远 511518; 3. 广东海洋大学农学院, 广东湛江 524000)

摘要 [目的]探讨不同发酵时间对青贮凤梨渣 pH、亚硝酸盐、氨态氮、可溶性糖和有机酸含量的影响。[方法]将含水量 65%~75% 的新鲜凤梨渣置于体积 2.0 L 的密封塑料青贮容器中, 分别于发酵 7、14、21、28、35 d 取样, 测定其 pH、氨态氮、亚硝酸盐、可溶性糖和有机酸等指标。[结果]青贮凤梨渣的 pH 均显著低于新鲜凤梨渣 ($P < 0.05$), 青贮 21、28 和 35 d 显著高于 7 和 14 d ($P < 0.05$); 青贮凤梨渣的亚硝酸盐含量为 3.50~11.13 mg/kg; 青贮凤梨渣的可溶性糖含量均显著低于新鲜凤梨渣 ($P < 0.05$), 青贮 28 d 时显著高于其他青贮时间 ($P < 0.05$); 青贮 28、35 d 时青贮凤梨渣氨态氮浓度显著高于 21 d ($P < 0.05$); 青贮凤梨渣的乙酸、丙酸和乳酸含量均显著高于新鲜凤梨渣 ($P < 0.05$), 28 d 时乙酸、丙酸和乳酸含量均最高, 且显著高于 7 d ($P < 0.05$), 14 d 后乳酸、丙酸和乳酸含量逐步稳定 ($P < 0.05$); 青贮凤梨渣的丁酸含量均显著低于新鲜凤梨渣 ($P < 0.05$), 35 d 时丁酸含量最低 ($P < 0.05$)。[结论]青贮凤梨渣的最佳青贮利用时间为 28 d。

关键词 凤梨渣; 青贮; 有机酸; 氨态氮

中图分类号 S816.6 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2020)21-0100-03

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2020.21.026

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Effects of Fermentation Time on pH, Contents of Nitrite, Ammonia Nitrogen, Soluble Sugar and Organic Acid in Silage Pineapple Residue

WANG Zhi-jing¹, YANG Hui-shan¹, GE Ying-ying² et al (1. Qingyuan Animal Disease Prevention Control Center, Qingyuan, Guangdong 511518; 2. Extension Service Center of Agricultural Science and Technology in Qingyuan City, Qingyuan, Guangdong 511518)

Abstract [Objective] To discuss the effects of different fermentation time on pH, contents of nitrite, ammonia nitrogen, soluble sugar and organic acid in silage pineapple residue. [Method] The fresh pineapple residue with water content of 65%~75% was filled in a sealed plastic silage container with the volume of 2.0 L, samples were collected on the 7th, 14th, 21st, 28th, and 35th days after the fermentation. And pH, nitrite, ammonia nitrogen, soluble sugar and organic acid were determined. [Result] pH of silage pineapple residue was significantly lower than that of fresh pineapple residue ($P < 0.05$), that on the 21st, 28th and 35th days after the fermentation was significantly higher than that on the 7th and 14th days ($P < 0.05$). The nitrite content of silage pineapple residue was 3.50~11.13 mg/kg. The soluble sugar content of silage pineapple residue was significantly lower than that of fresh pineapple residue ($P < 0.05$), the soluble sugar content on the 28th day of silage was significantly higher than that on other silage time ($P < 0.05$). Ammol/Lonia nitrogen concentration in silage pineapple residue on the 28th and 35th days was significantly higher than that on the 21st day ($P < 0.05$). The contents of acetic acid, propionic acid and lactic acid in silage pineapple residue was significantly higher than that in fresh pineapple residue ($P < 0.05$). And the contents of acetic acid, propionic acid and lactic acid on the 28th day was the highest, which was significantly higher than that on the 7th day ($P < 0.05$). After 14 days, the contents of lactic acid, propionic acid and lactic acid were gradually stabilized ($P > 0.05$). The content of butyric acid in silage pineapple residue was lower than that in fresh pineapple residue ($P < 0.05$) and that was the lowest on the 35th day ($P < 0.05$). [Conclusion] The optimal silage utilization time for silage pineapple residue was 28 days.

Key words Pineapple residue; Silage; Organic acid; Ammonia nitrogen

青贮饲料是由新鲜青绿饲料(含水量为 65%~75%)在密封厌氧的条件下经过乳酸菌等厌氧发酵微生物的作用得到的一种发酵饲料。由于青贮饲料 pH 较低,从而可以抑制其他微生物的生长,可以长期保存,同时还具有酸香气味、适口性好、柔软多汁、营养丰富等特点,是畜禽尤其是草食家畜的重要饲料来源,青贮凤梨渣是由凤梨加工副产品(皮、渣、果肉等)经过青贮后而得到的一种青贮饲料。

据统计,2015 年我国凤梨收获面积为 5.37 万 hm^2 ,凤梨总收获量为 149.55 万 t,凤梨在加工过程中约有 50%~60% 的副产品^[1],2015 年就有 74.78 万~89.73 万 t 的凤梨渣,如此多的凤梨渣直接丢弃不仅对自然生态环境造成不利影响,而且还造成了资源的浪费,关于青贮时间对凤梨渣干物质、

粗蛋白、纤维物质和相对饲喂价值的影响已发表于草业科学。Gowda 等^[2]研究表明凤梨可作为青贮饲料饲养绵羊或奶牛,可以提高饲料的利用率。龚霄等^[3]用凤梨皮、麸皮和干酒糟等混合后进行发酵,结果表明氨基酸和乳酸含量显著提高。李梦楚等^[4]分析了瘤胃对不同青贮方式的青贮凤梨渣的降解率的影响。Gowda 等^[2]研究表明新鲜凤梨渣可以制作出品质量优良的青贮饲料,对绵阳和奶牛的生产性能和营养物质利用率无不良影响。由此可见,利用新鲜凤梨渣制作青贮饲料并且用于动物生产是可行的,但目前关于凤梨渣青贮和动物生产试验相关研究较少,尤其是发酵时间对其 pH、亚硝酸盐、氨态氮、可溶性糖和有机酸的影响还未见报道。笔者探讨了发酵时间对青贮凤梨渣氨态氮、亚硝酸盐和有机酸等指标的影响,旨在为青贮凤梨渣的合理利用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料 凤梨渣取自广东省徐闻县某罐头加工厂,切至长宽为 1~3 cm 大小后,自然风干水分含量为 65%~70%。

基金项目 2020 年度清远市社会发展领域自筹经费科技计划项目(200805164563031);清远市 2021 年度科技计划项目专项(200511154563323)。

作者简介 王志敬(1990—),男,安徽定远人,兽医师,硕士,从事动物营养与免疫方面研究。*通信作者,副教授,博士,从事动物营养方面研究。

收稿日期 2020-07-15

1.2 凤梨渣的青贮 选择 2.0 L 的密封塑料青贮容器,将凤梨渣填充于塑料青贮容器中,压实、封紧容器盖后于避光处室温保存。分为 5 组,每组 3 个重复,每组青贮时间分别为 7、14、21、28、35 d。

1.3 测定指标与方法

1.3.1 pH 的测定。取发酵鲜样 10 g,加入 90 mL 蒸馏水,充分搅拌后于 4 °C 下浸提 24 h,用纱布过滤后用于 pH 的测定。

1.3.2 亚硝酸盐、可溶性糖和氨态氮含量的测定。亚硝酸盐含量采用盐酸萘乙二胺法(GB 13085—1991)测定;可溶性糖含量采用蒽酮比色法测定;氨态氮含量采用蒸馏法^[5]测定。

1.3.3 有机酸含量的测定。取适量“1.3.1”制备的液体稀释至 200 倍,用 0.22 μm 滤膜过滤待上机。取 25 μL 样品溶液,经 ICS-3000 离子色谱仪(戴安,美国)进行检测。多种有机酸经 AS11 分析柱(250 mm×4 mm)及 AG11 保护柱分离,流动相洗脱条件如下:氢氧化钾梯度,0~5 min,0.8~1.5 mmol/L;5~10 min,1.5~2.5 mmol/L;10~15 min,

2.5 mmol/L,流速为 1 mL/min。

1.4 数据处理 使用 Excel 2007 软件对试验数据进行初步整理,使用 SPSS 19.0 统计软件中 ANOVA 模型进行单因素方差分析,采用 Duncan's 多重比较进行统计分析,结果均以“平均值±标准差”表示, $P<0.05$ 表示差异显著。

2 结果与分析

2.1 发酵时间对青贮凤梨渣 pH、氨态氮、亚硝酸盐和可溶性糖含量的影响 由表 1 可知,青贮凤梨渣的 pH 均显著低于新鲜凤梨渣($P<0.05$),发酵 21、28 和 35 d 差异不显著($P>0.05$);发酵 14 d 亚硝酸盐含量最低($P<0.05$),35 d 亚硝酸盐含量最高($P<0.05$);青贮凤梨渣的可溶性糖含量均显著低于新鲜凤梨渣($P<0.05$),发酵 14 d 可溶性糖含量最低($P<0.05$),青贮凤梨渣中以 28 d 可溶性糖含量最高,且显著高于其他时间段的青贮凤梨渣;青贮凤梨渣的氨态氮浓度均高于新鲜凤梨渣,发酵 28、35 d 显著高于新鲜凤梨渣($P<0.05$),但 2 个发酵时间点间差异不显著($P>0.05$)。

表 1 发酵时间对青贮凤梨渣 pH 及氨态氮、亚硝酸盐和可溶性糖含量的影响

Table 1 Effects of fermentation time on pH, contents of ammonia nitrogen, nitrite and soluble sugar in silage pineapple residue

时间 Time//d	pH	亚硝酸盐含量 Nitrite content mg/kg	可溶性糖含量 Soluble sugar content//%	氨态氮含量 Ammonia nitrogen content//g/kg
0	5.23±0.02 a	5.74±0.09 c	18.10±0.07 a	0.26±0.01 c
7	4.35±0.01 b	6.51±0.09 b	10.75±0.08 c	0.36±0.00 bc
14	4.31±0.00 b	3.50±0.00 d	9.50±0.24 d	0.37±0.01 abc
21	4.25±0.02 c	10.94±0.73 a	10.64±0.27 c	0.32±0.06 c
28	4.23±0.02 c	7.54±0.09 b	16.03±0.77 b	0.50±0.06 a
35	4.23±0.01 c	11.13±0.09 a	11.41±0.17 c	0.47±0.08 ab
P 值 P value	0.000	0.000	0.000	0.024
标准误 SEM	0.11	0.83	0.96	0.03

注:同列不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)

Note: Different small letters in the same column indicated significant difference ($P<0.05$)

2.2 发酵时间对青贮凤梨渣有机酸含量的影响 由表 2 可知,青贮凤梨渣的乙酸含量显著高于新鲜凤梨渣($P<0.05$),分别高 177.17%、206.82%、254.07%、317.85% 和 206.56%;青贮凤梨渣的丙酸含量均高于新鲜凤梨渣,分别高 311.11% ($P>0.05$)、394.44% ($P<0.05$)、530.56% ($P<0.05$)、611.11% ($P<0.05$) 和 422.22% ($P<0.05$);青贮凤梨渣的丁酸含量均低于新鲜凤梨渣,发酵 7 d 丁酸含量与新鲜凤梨渣差异不显

著($P>0.05$),发酵 14、21、28 和 35 d 的丁酸含量均显著低于新鲜凤梨渣($P<0.05$),且 35 d 丁酸含量显著低于 14、21、28 d ($P<0.05$)。青贮凤梨渣的乳酸含量均显著高于新鲜凤梨渣($P<0.05$),分别高 572.77%、516.96%、680.36%、734.82% 和 527.23%,但各发酵时间点间差异不显著($P>0.05$);青贮凤梨渣的乳酸比值均显著高于新鲜凤梨渣,发酵 7、21 d 时最高($P>0.05$),且显著高于其他时间点($P<0.05$)。

表 2 发酵时间对青贮凤梨渣有机酸含量的影响

Table 2 Effects of fermentation time on organic acid content in silage pineapple residue

时间 Time//d	乙酸含量 Acetic acid content g/kg	丙酸含量 Propionic acid content//g/kg	丁酸含量 Butyric acid content//g/kg	乳酸含量 Lactic acid content//g/kg	乳酸/总酸 Lactic acid/ Total acid
0	3.81±0.03 c	0.036±0.007 c	0.027±0.002 a	4.48±0.10 b	0.54±0.00 c
7	10.56±3.55 b	0.112±0.036 bc	0.019±0.002 ab	25.66±10.30 a	0.70±0.01 a
14	11.69±3.13 ab	0.142±0.068 ab	0.015±0.007 b	23.16±6.82 a	0.66±0.01 b
21	13.49±0.84 ab	0.191±0.046 ab	0.014±0.002 b	30.48±0.99 a	0.69±0.01 a
28	15.92±0.03 a	0.220±0.000 a	0.014±0.002 b	32.92±0.22 a	0.67±0.00 b
35	11.68±1.50 ab	0.152±0.036 ab	0.005±0.000 c	23.62±3.68 a	0.67±0.01 b
P 值 P value	0.013	0.033	0.080	0.016	0.000
标准误 SEM	1.200	0.020	0.002	2.980	0.020

注:同列不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)

Note: Different small letters in the same column indicated significant difference ($P<0.05$)

3 讨论

3.1 发酵时间对青贮凤梨渣 pH、亚硝酸盐、氨态氮和可溶性糖含量的影响 凤梨渣营养丰富,是畜禽的优良饲料资源^[6-8],华南地区多雨湿热不易制作干草,青贮是华南地区合理利用凤梨渣的重要途径。pH 是衡量青贮饲料品质的重要指标,只有较低的 pH 才能抑制微生物活动从而保持饲料养分。Gowda 等^[2]研究表明凤梨渣经过 15 d 的发酵后即可获得品质较好的青贮饲料,pH 为 4.2~4.3,这与该试验结果相一致,发酵 14 d 时 pH 为 4.31,21 d 时降至 4.25,此后趋于稳定。亚硝酸盐在生态环境中广泛存在,亚硝酸盐可使人 and 动物血液内的低铁血红蛋白氧化为高铁血红蛋白失去携带氧气的功能,从而造成组织缺氧,摄入过多的亚硝酸盐可导致亚硝酸盐中毒,严重时可致死。亚硝酸盐不仅危害动物机体,而且会对肉、蛋和奶等畜禽产品产生不利影响。牧草种类、贮存方式、牧草产区和气候等都会对牧草的亚硝酸盐产生不良影响,一般认为青贮饲料的亚硝酸盐含量在 0~10 mg/kg 范围内不会对动物产生不良影响^[9-13]。该试验结果表明青贮凤梨渣的亚硝酸盐含量为 3.50~11.13 mg/kg,按 65% 的含水量折算后亚硝酸盐含量为 2.28~7.15 mg/kg,表明青贮凤梨渣的亚硝酸盐在安全范围内。可溶性糖含量的高低是青贮成功与否的关键因素,一定含量的可溶性糖可为乳酸菌的代谢提供充足的能量物质,从而有利于青贮发酵过程的进行,因此在一定范围内可溶性糖含量越高青贮发酵就越容易完成^[14-15]。该试验结果表明青贮凤梨渣的可溶性糖含量均显著低于新鲜凤梨渣,其主要原因是青贮期间乳酸菌活动旺盛,消耗的可溶性糖较多。青贮后期青贮凤梨渣的可溶性糖含量呈上升的趋势,原因可能是青贮发酵过程中部分微生物分解纤维、淀粉等物质而使得可溶性糖含量升高。

3.2 发酵时间对青贮凤梨渣有机酸含量的影响 青贮饲料的有机酸含量和有机酸的组成是衡量青贮饲料青贮品质好坏的重要指标,有机酸一般包括乙酸、丙酸、丁酸和乳酸等,其中乳酸、乙酸和丙酸含量与青贮饲料青贮品质呈正相关,乳酸、乙酸和丙酸含量越高,青贮饲料的青贮品质就越好。乳酸是乳酸菌代谢的产物,其酸性显著高于乙酸、丙酸和丁酸等有机酸,是引起青贮饲料 pH 下降、稳定青贮饲料品质的重要因素。一般认为乳酸含量占总酸含量的 65%~70% 时^[12],可判定青贮饲料的品质为优质。该试验结果表明青贮凤梨渣的乳酸占总酸的比值均高于 65%,表明青贮凤梨渣是优质的青贮饲料,这与前人研究结果^[2,4]相一致。青贮饲料的乳酸含量与青贮原料的含水量、发酵时间和紧实程度等有关,乙酸含量对动物生产和生理机能不产生负面作用,但可以降低青贮饲料的 pH,抑制其他有害微生物的繁殖活动,从而提高青贮饲料的品质和稳定性。丙酸对青贮饲料的好氧稳定性具有一定的改善功能,丙酸可以抑制好氧微生物和酵母菌的活动,因此丙酸也可作为衡量青贮饲料品质的指

标,一般丙酸含量越高,好气性微生物和酵母菌的活动受到抑制,青贮饲料的品质就好^[12]。该试验结果表明,青贮 7 d 青贮罐内残留有一定浓度的氧气,好气性微生物活动较为活跃,丁酸抑制不大明显。从青贮 14 d 开始,丙酸含量和乳酸含量呈正相关,其原因是随着氧气的减少好气性微生物的活动逐步受到抑制,乳酸菌和酵母菌等在缺氧的条件下仍可继续活动,丙酸含量高时酵母菌的活动受到抑制,乳酸菌成为主要活动菌类,所以乳酸含量高。丁酸主要是由梭状芽胞杆菌和霉菌等腐败菌活动产生的,丁酸具有腐败臭味,一般来说丁酸含量越高,梭状芽胞杆菌和霉菌等腐败菌活动越频繁,蛋白质等营养物质降解的就越严重,从而判定饲料的品质就越差。该试验结果表明,青贮凤梨渣的丁酸含量均显著低于新鲜凤梨渣,且随着发酵时间的延长,丁酸含量逐步降低,表明凤梨渣经过青贮发酵后可以提高饲料品质且有利于保持养分恒定和长期保存。

4 结论

青贮凤梨渣的 pH 均显著低于新鲜凤梨渣,21 d 开始趋于稳定;青贮凤梨渣的亚硝酸盐含量为 3.50~11.13 mg/kg,均在安全范围内;青贮凤梨渣的丁酸含量显著低于新鲜凤梨渣,乙酸、丙酸和乳酸含量均显著高于新鲜凤梨渣,28 d 时均最高。综上所述,青贮凤梨渣的最佳青贮利用时间为 28 d。

参考文献

- [1] 王志敬,吴征敏,葛影影,等. 发酵时间对凤梨渣青贮品质的影响[J]. 草业科学,2019,36(6):1668-1673.
- [2] GOWDA N K S, VALLESHA N C, AWACHAT V B, et al. Study on evaluation of silage from pineapple (*Ananas comosus*) fruit residue as livestock feed[J]. Tropical animal health and production, 2015, 47(3): 557-561.
- [3] 龚霄,王晓芳,林丽静,等. 菠萝皮渣发酵饲料的品质研究[J]. 农产品加工, 2016(17): 56-58.
- [4] 李梦楚,王定发,周汉林,等. 不同青贮方式对菠萝茎叶饲用品质的影响[J]. 热带作物学报, 2014, 35(5): 999-1004.
- [5] 王志敬. 放牧雷州山羊营养水平监测及不同精粗比日粮对雷州山羊舍饲效果研究[D]. 湛江: 广东海洋大学, 2017.
- [6] DOMINGUES L F, GIGLIOTTI R, FEITOSA K A, et al. *In vitro* and *in vivo* evaluation of the activity of pineapple (*Ananas comosus*) on *Haemonchus contortus* in Santa Inês sheep[J]. Veterinary parasitology, 2013, 197: 263-270.
- [7] LIMA R M B, DE SOUSA W H, DE MEDEIROS A N, et al. Characteristics of the carcass of goats of different genotypes fed pineapple (*Ananas comosus* L.) stubble hay[J]. R Bras Zootec, 2015, 44(2): 44-51.
- [8] COSTA R G, CORREIA M X C, DE SILVA J H V, et al. Effect of different levels of dehydrated pineapple by-products on intake, digestibility and performance of growing goats[J]. Small ruminant research, 2007, 71: 138-143.
- [9] 刘家杏,田静,许留兴,等. 不同处理对叶菜贮藏过程中亚硝酸盐含量的影响[J]. 草业科学, 2018, 35(5): 1287-1292.
- [10] 韩丹蕊,孙启忠. 呼伦贝尔草原牧草青贮饲料硝酸盐与亚硝酸盐含量研究[J]. 草地学报, 2014, 22(6): 1360-1364.
- [11] 于炎湖,齐德生,王春林. 饲料中亚硝酸盐允许量的研究[J]. 粮食与饲料工业, 2004(8): 38-40.
- [12] 王晓娜. 蒙晋京津青贮饲料质量与安全性评价[D]. 北京: 中国农业科学院, 2011.
- [13] 张娟,王丽娜,曹蕾,等. 青藏高原不同海拔区垂穗披碱草的发酵性能[J]. 草业科学, 2017, 34(7): 1550-1556.
- [14] 谢婉,杨喜珍,杨利,等. 添加物料和菌剂对日喀则地区马铃薯茎叶青贮品质的影响[J]. 草业科学, 2017, 34(1): 173-185.
- [15] 李梦楚,王定发,周汉林,等. 添加纤维素酶或甲酸对青贮菠萝茎叶饲用品质的影响[J]. 中国畜牧兽医, 2014, 41(8): 95-100.