

# 袋式青贮对青贮玉米质量的影响研究

朱志宏<sup>1,2</sup> 施雯文<sup>2</sup> 黄荣春<sup>2</sup> 叶耿坪<sup>2,3</sup> 王玲<sup>1\*</sup>

1. 宁夏大学动物科技学院, 中国·宁夏 银川 750021

2. 光明牧业有限公司, 中国·上海 200436

3. 南京农业大学动物医学院, 中国·江苏 南京 210095

**摘要:** 本研究对比了袋式青贮和窖式青贮两种青贮方式对青贮玉米的营养成分及其发酵质量的影响。研究采用全株玉米作为实验材料, 在上海金山区的一家奶牛场进行青贮。实验结果表明, 袋式青贮在保持青贮饲料新鲜度和营养成分方面较窖式青贮表现更优, 具体表现在 pH 值和挥发性脂肪酸 (VFA) 含量上, 袋式青贮的 pH 值和乙酸浓度显著低于窖式青贮, 而袋式青贮的乳酸与乙酸的比值介于优质青贮玉米评价指标范围内。此外, 袋式青贮显著提高了玉米的粗蛋白 (CP)、水溶性碳水化合物 (WSC) 及其他关键营养成分的含量。研究还发现, 袋式青贮可以有效减少氨态氮 (NH<sub>3</sub>-N) 的生成, 降低饲料损失。总体而言, 袋式青贮因其简便、成本低、质量控制高等优点, 对于提高奶牛饲养效率和经济效益具有重要的实际应用价值。

**关键词:** 袋式青贮; 窖式青贮; 营养成分; 挥发性脂肪酸

## Research on the Effect of Bag Silage on the Quality of Silage Corn

Zhihong Zhu<sup>1,2</sup> Wenwen Shi<sup>2</sup> Rongchun Huang<sup>2</sup> Gengping Ye<sup>2,3</sup> Ling Wang<sup>1\*</sup>

1. College of Animal Science and Technology, Ningxia University, Yinchuan, Ningxia, 750021, China

2. Guangming Animal Husbandry Co., Ltd., Shanghai, 200436, China

3. College of Veterinary Medicine, Nanjing Agricultural University, Nanjing, Jiangsu, 210095, China

**Abstract:** This study compared the effects of bag silage and cellar silage on the nutritional composition and fermentation quality of silage corn. The study used whole plant corn as experimental material for ensiling at a dairy farm in Jinshan District, Shanghai. The experimental results showed that bag silage performed better than cellar silage in maintaining the freshness and nutritional content of silage feed, specifically in terms of pH value and volatile fatty acid (VFA) content. The pH value and acetic acid concentration of bag silage were significantly lower than those of cellar silage, while the ratio of lactic acid to acetic acid in bag silage was within the range of evaluation indicators for high-quality silage corn. In addition, bag silage significantly increased the content of crude protein (CP), water-soluble carbohydrates (WSC), and other key nutrients in corn. The study also found that bag silage can effectively reduce the generation of ammonia nitrogen (NH<sub>3</sub>-N) and reduce feed loss. Overall, bag silage has important practical application value in improving the efficiency and economic benefits of dairy cattle feeding due to its advantages of simplicity, low cost, and high quality control.

**Keywords:** bag silage; cellar silage; nutritional components; volatile fatty acids

## 0 前言

青贮饲料作为一种重要的奶牛粗饲料来源, 其质量好坏直接关系到奶牛养殖的成本和效益, 而青贮的方式则决定了青贮饲料的质量。选择高效的青贮制作与贮存方式, 提高青贮饲料质量, 对降低养殖成本、提高牛奶质量和增加经济效益有重要的意义。传统的窖式青贮容易压实, 封闭好, 便于开窖取喂, 但耗时耗力, 耽误农时。而袋式青贮是通过灌装机将切碎青饲物料以高于窖贮的密度和均匀性, 压装入大容积、阻气、遮光的青贮袋内, 封口发酵。与传统的窖贮相比, 袋式青贮在技术上具有体积小、灌装耗时短、有效隔绝空气而最大限度保留物料新鲜度及其表面上的乳酸菌存活量、灌

装密度均匀形成更高的厌氧环境而可成功青贮含糖量较低的豆科牧草 (如苜蓿)、无霉变损失、具有分子级阻挡氧气的功效、封存后可长久保持袋内厌氧环境、能缓解雨季作业难度以及对场地和资金要求低等优点; 在严格制作工艺和管理条件下, 青贮损失几乎为零。袋式青贮可对苜蓿、玉米、高粱以及黑麦等多类型饲草进行高质量无损失青贮, 具有不用建窖设库, 可在雨季作业等优点, 为饲草种植的丰产丰收以及牛羊高效养殖提供技术支撑。袋式青贮操作简单, 贮藏地点灵活, 在奶牛养殖中应具有广泛的应用前景。本试验用全株玉米同时制备了袋式青贮和窖式青贮, 并比对了两种青贮方式后的青贮玉米的营养成分和发酵参数, 以期袋式青贮制备法应用于生产实践提供理论依据和数据支持。

## 1 材料与amp;方法

### 1.1 试验时间与地点

灌装时间: 2023 年 9 月 17 日至 2023 年 9 月 19 日。

采样时间: 2024 年 1 月 10 日。

地点: 上海金山区某奶牛场。

### 1.2 材料

已粉碎的全株青贮玉米(秋季玉米)、灌装机(含喂料平台)、120 马力拖拉机、青贮塑料袋(6.5m×60m×

215mic)等。全株秋季玉米营养成分见表 1。

### 1.3 试验设计

在技术工人的指导下,在试验奶牛场选取 3 号和 4 号地上青贮窖。利用灌装机连续作业在 3 号窖制作了 3 个袋式青贮玉米,同时在 4 号窖内利用同样的秋玉米进行窖式青贮制备。袋式和窖式青贮均使用含植物乳杆菌和布氏乳杆菌的青贮发酵剂,两种菌添加量均为每吨青贮添加  $1.0 \times 10^{11}$  cfu。窖式和袋式青贮时间约 4 个月。

表 1 试验用全株玉米青贮前营养成分(%DM)

营养成分	pH	DM (%)	CP	WSC	NDF	ADF	Ash	Ca	P
含量	5.14±0.021	31.26±0.306	8.91±0.129	19.14±0.180	50.52±0.771	29.82±0.268	4.06±0.133	0.21±0.015	0.11±0.025

### 1.4 样品采集和处理

#### 1.4.1 样品采集

2024 年 1 月 10 日同时开袋和开窖,在 4 号窖用铲车挖去前 5 米内的青贮玉米后,按照青贮采样要求在未挖去的截面上选取 5 个不同位点采样,每点采集 500g 样品装于一采样袋中(每袋重复三次)。在 3 号窖中,在每个青贮袋中的 5 个不同位点分别采集 500g 样品装于一采样袋中(每袋重复三次)。所有样品袋混匀后封口,存于 4℃冰箱中待检。

#### 1.4.2 样品处理

①取样 20g 于 300mL 具塞三角瓶中,加入 100mL 去离子水,搅拌浸提 15min,后经四层纱布过滤,水浸液用于测定 pH、氨氮(NH<sub>3</sub>-N)和挥发性脂肪酸(VFA)。

②每样取 500g 送实验室检测青贮玉米的(DM)、粗蛋白质(CP)、中性洗涤纤维(NDF)、酸性洗涤纤维(ADF)、粗灰分(Ash)、钙(Ca)、磷(P)和水溶性碳水化合物(WSC)。

### 1.5 样品测定

#### ① pH 检测。

采用玻璃电极 pH 计(FE20,瑞士梅特勒-托利多集团)测量 pH 值。

#### ② NH<sub>3</sub>-N 检测。

采用苯酚-次氯酸钠法测定氨态氮含量,最后计算氨态氮占总氮的比值<sup>[1]</sup>。

#### ③ VFA 检测。

采用气相色谱仪检测,以 5mmol/L 的巴豆酸作为内标校正,以乳酸、乙酸和丁酸的标准品各自的保留时间来定性,以三种酸的面积与浓度回归直线方程来定量,然后上样建立三种酸的面积与浓度回归直线方程。色谱柱为 Agilent DB-FFAP 毛细管柱(30.0m×0.32mm×0.50μm);参数设置如下:柱箱温度为 150℃,气化温度为 180℃,检测口温度为 180℃;载气为氦气(He),流速为 1.1mL/min,尾吹气为 25mL/min。燃烧气为氢气(40mL/min)和空气(450mL/min),灵敏度 10Hz/0.02s,分流比为 20:1。

#### ④ DM、CP、NDF、ADF、Ash、WSC、Ca 和 P 的检测。

样品中的干物质(DM)、粗灰分(Ash)和粗蛋白质(CP)含量参考 AOAC 法(2000)来进行测定<sup>[2]</sup>。参考 Van Soest 等方法并利用 ANKOM A200i 型半自动分析仪检测样品中的中性洗涤纤维(NDF)和酸性洗涤纤维(ADF)的含量<sup>[3]</sup>。采用原子吸收分光光度计和可见分光光度计 723 型分别测定样品中的钙(Ca)和磷(P)含量<sup>[4-5]</sup>。参考余汝华等人的方法来检测样品中的水溶性碳水化合物(WSC)<sup>[6]</sup>。

### 1.6 数据统计分析

试验数据采用 SPSS 18.0 软件进行方差分析,并以 Tukey 法进行多重比较,结果以平均值±标准差(Mean±SD)表示,差异判断标准为:P≤0.05 表示差异显著。

## 2 结果

### 2.1 袋式和窖式青贮玉米的 pH 和 NH<sub>3</sub>-N 值

由表 2 可知,窖式和袋式青贮玉米的 pH 均低于优质青贮玉米的 pH 标准(3.8),但袋式青贮玉米的 pH 显著低于窖式青贮玉米的 pH(P≤0.05)。袋式青贮玉米中的 NH<sub>3</sub>-N 浓度也显著低于窖式青贮玉米中的 NH<sub>3</sub>-N 浓度(P≤0.05)。

表 2 袋式和窖式青贮玉米的 pH 和 NH<sub>3</sub>-N

项目	pH	NH <sub>3</sub> -N/TN/(%)
窖贮	3.65±0.032	3.71±0.055
袋贮	3.44±0.026	3.51±0.069
P-Value	0.00	0.02

### 2.2 袋式和窖式青贮玉米的营养成分含量

由表 3 可以看出,袋式青贮玉米的 NDF、Ca 和 P 含量高于窖式青贮玉米,而 ADF 和 Ash 低于窖式青贮玉米,但这些指标在两种方式制备的青贮玉米间差异不显著(P>0.05)。与窖式青贮玉米相比,袋式青贮玉米的 DM、WSC 和 CP 含量显著增高(P≤0.05)。

### 2.3 袋式和窖式青贮玉米的 VFA 含量

由表 4 可知,与窖式青贮玉米相比,袋式青贮玉米的乳酸浓度显著降低(P≤0.05)。袋式青贮玉米的乙酸浓度

显著低于窖式青贮玉米 ( $P \leq 0.05$ )。在窖式青贮中检测到了微量的丁酸,而在袋式青贮玉米中未检测到丁酸。袋式青

贮玉米的乳酸与乙酸比值显著高于窖式青贮 ( $P \leq 0.05$ ),介于乳酸/乙酸评价优质青贮玉米的范围内。

表 3 袋式和窖式青贮对青贮玉米的主要营养成分 (%DM)

项目	DM (%)	WSC	CP	NDF	ADF	Ash	Ca	P
窖贮	29.09 ± 0.397	2.63 ± 0.136	9.79 ± 0.216	46.80 ± 1.800	28.04 ± 0.609	4.36 ± 0.283	0.17 ± 0.035	0.08 ± 0.018
袋贮	30.07 ± 0.482	4.27 ± 0.280	10.56 ± 0.170	48.09 ± 1.042	27.45 ± 0.583	3.96 ± 0.184	0.20 ± 0.026	0.11 ± 0.012
P-Value	0.05	0.00	0.01	0.34	0.30	0.11	0.35	0.21

表 4 袋式和窖式青贮玉米的 VFA 含量 (%DM)

项目	乳酸 (%DM)	乙酸 (%DM)	丁酸 (%DM)	乳酸 / 乙酸
窖贮	5.47 ± 0.865	1.95 ± 0.178	0.02 ± 0.026	2.79 ± 0.351
袋贮	6.45 ± 0.240	0.87 ± 0.172	未测出	7.64 ± 1.519
P-Value	0.01	0.00	—	0.01

### 3 讨论

在当前的奶牛养殖环境中,青贮作为一种保障饲料供应的关键技术,对提高奶牛的生产性能和经济效益具有直接影响。袋式青贮作为传统窖式青贮的替代方案,因其独特的贮存方式和优良的发酵控制能力,逐渐在现代畜牧业中得到广泛应用。论文旨在深入讨论袋式青贮技术的多方面优势、在实际应用中可能遇到的挑战以及未来发展的潜力。

袋式青贮技术主要通过高密度和均匀的灌装方式,以及优化的封口技术来实现其优越性。这种方法可以最大限度地减少空气与青贮物料的接触,有效控制发酵过程,降低营养损失,并保持饲料的高营养价值。实验结果显示,袋式青贮的 pH 值明显低于窖式青贮,这种低 pH 值的环境有助于抑制有害微生物的生长,从而保持青贮饲料的质量和安全性。低 pH 值是由于袋式青贮能更有效地限制空气接触,减少氧化作用,并维持较强的厌氧状态,有利于乳酸菌的增殖,这些乳酸菌通过发酵过程产生乳酸,从而降低 pH 值。同时,袋式青贮的氨态氮浓度也低于窖式青贮。氨态氮主要来自蛋白质的降解,较低的氨态氮含量意味着在袋式青贮过程中蛋白质的保存更为完整,减少了营养的损失,这对于提高奶牛的生产性能尤为重要。

在本研究中,通过对比袋式青贮和窖式青贮玉米的营养成分,发现袋式青贮在多项指标上表现优于窖式青贮。首先干物质含量是衡量青贮饲料质量的一个重要指标,它直接影响饲料的储存和动物的能量摄取。实验数据显示,袋式青贮玉米的干物质含量显著高于窖式青贮。干物质含量的提高,说明袋式青贮在封存过程中减少了干物质的损失,这可能是由于袋式青贮更好的气密性和较少的空气接触,从而减少了水分的蒸发和微生物活动导致的干物质降解。其次水溶性碳水化合物和粗蛋白是动物重要的能量和氮源。在袋式青贮中,WSC 含量达到了 4.27%,显著高于窖式青贮的 2.63%。WSC 主要用于乳酸菌的发酵活动,结合袋式青贮有更低的 pH 值,说明袋式青贮能更好地促进青贮发酵的同时,能更

好地减少营养成分在发酵过程中的消耗,增强了青贮的稳定性和更好地保留了营养价值。

此外,袋式青贮玉米的粗蛋白含量也高于窖式青贮,表明袋式青贮较好地保护了蛋白质免受降解,这对于提高奶牛的生产性能和健康状况具有直接的积极影响。此外,纤维素含量,包括 NDF 和 ADF,对动物的消化健康有重要作用。袋式青贮的 NDF 和 ADF 含量分别为 48.09% 和 27.45%,而窖式青贮分别为 46.80% 和 28.04%。虽然两种青贮方式在这些纤维成分上的差异并不显著,但袋式青贮略高的 NDF 含量可能有助于提供更稳定的能量释放和更好的肠道健康。较低的 ADF 含量则表明袋式青贮中较少的木质素和纤维素,可能有利于提高饲料的消化率。最后是矿物质含量(Ca 和 P),钙和磷是动物骨骼健康和代谢功能的重要矿物质。相比之下,袋式青贮中的钙和磷含量也略高于窖式青贮。尽管这些差异在统计上不显著,但较高的钙和磷含量有助于满足高产奶牛对这些矿物质的需求,从而可能对奶牛的生产性能产生积极影响。

论文数据显示,袋式青贮技术在保护和提升青贮玉米的营养成分方面表现出显著的优势。这些优势有助于提升动物的营养吸收率,进而可能提高奶产量和改善奶品质,对现代畜牧业的经济效益具有重要意义。尽管袋式青贮的初期投资相对较高,主要包括灌装设备和专用袋材的成本,但从长远来看,其维护成本较低,操作简便,能够显著减少青贮过程中的损耗,从而提高总体经济效益。袋式青贮的灵活性也为小规模或分散的奶牛养殖场提供了便利,允许在不同地点进行青贮作业,这一点在传统窖式青贮中很难实现。然而,袋式青贮在实际应用中也面临一些挑战。例如,该技术对操作技术要求较高,需要确保灌装密度和封口质量达到理想状态,以保证青贮的质量和持久性。此外,袋式青贮的推广还需解决袋材回收和处理的问题,以减少对环境的影响。未来,袋式青贮技术的发展可朝多个方向努力。进一步优化袋材的材质和成本,以提高其普及率和环境友好性。其次,通过引入自动化和智能化技术,可以简化操作过程,降低技术门槛,

使得更多的养殖户能够采用这一技术。此外,加强对袋式青贮效果的监测和评估也至关重要,确保其不同环境条件下的稳定性和效果,从而更好地服务于现代畜牧业的发展。

袋式青贮技术凭借其优良的发酵控制能力、良好的营养成分保存性和强大的环境适应性,在现代奶牛养殖业中具有广泛的应用前景。通过技术创新和管理优化,这一技术有望在未来发挥更大的作用,为奶牛养殖业的可持续发展做出更大贡献。

#### 4 结论

袋式青贮是一种相对新型且高效的青贮玉米制备方法,与传统的窖式青贮相比,具有多方面的优越性。首先,袋式青贮在控制 pH 值方面表现出色,使青贮玉米的 pH 值快速下降到 4.2 以下,有效抑制有害微生物生长。其次,袋式青贮在提高青贮玉米营养成分含量方面具有显著优势。再次,在降低不利成分(如丁酸)方面,袋式青贮同样表现出色,青贮气味更清新。最后,从经济效益的角度来看,袋式青贮可以显著改善青贮玉米的品质,减少营养损失而降低生产成本,同时避免了窖式青贮所需要的土地资源占用、青贮窖建设费和维护成本。

综上所述,袋式青贮玉米是一种集高效、低成本、操作简便和环保等多重优点于一身的青贮制备方法。它不仅能够显著提升青贮玉米的营养品质,减少营养损失和挥发性臭味,还能够降低生产成本,适应性强,操作灵活。因此,袋

式青贮玉米在畜牧业中的推广应用前景十分广阔,是一种值得广大农户和畜牧业从业者积极采用的优质青贮玉米制备技术。

#### 参考文献:

- [1] Broderick GA, Kang JH. Automated simultaneous determination of ammonia and total amino acids in ruminal fluid and in vitro media[J]. *J Dairy Sci*,1980,63(1):64-75.
- [2] AOAC. Official methods of analysis[S]. 17th ed. Arlington: Association of Official Analytical Chemists,2000.
- [3] Van Soest P J, Robertson J B, Lewis B A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition[J]. *Journal of Dairy Science*,1991,74(10): 3583-3597.
- [4] 朱宇旌,郑兰宇,张勇,等.饲料中钙含量测定方法的比较[J]. *畜牧与兽医*,2009,41(9):51-53.
- [5] 李会娟.2种植物磷含量的检测方法比较研究[J]. *现代农业科技*, 2012,577(11):16-17.
- [6] 余汝华,赵丽华,莫放,等.玉米秸秆青贮饲料中水溶性碳水化合物测定方法研究[J]. *饲料工业*,2003(9):38-39.

作者简介:朱志宏(1981-),男,兽医师,从事奶牛营养、保健及易耗品等方面的研究。

通讯作者:王玲(1971-),女,教授、硕导,从事反刍动物营养与饲料科学方面的研究。