

复合益生菌发酵固体饲料条件研究

张翠绵, 贾楠, 胡栋, 王占武

(河北省农林科学院 遗传生理研究所 河北省植物转基因中心 河北 石家庄 050051)

摘要: 研究了由面包酵母、嗜酸乳杆菌和植物乳杆菌组成菌系发酵高纤维固体饲料的发酵条件,对在最佳条件下的发酵饲料进行了育肥猪饲喂试验。确定的最佳发酵条件为:3种微生物的菌量配比为1:0.35:0.35,固体物料起始pH值7.0,接种量3%,物料初始含水量50%,环境温度30℃,发酵周期72h。在最佳发酵条件下,固体饲料中面包酵母菌、嗜酸乳杆菌和植物乳杆菌的活菌数量分别为 5.67×10^7 、 1.31×10^9 、 8.06×10^8 cfu/g,比市售菌剂发酵启动迅速,pH值下降快,发酵饲料酸香味浓郁,适口性强;用15%发酵饲料代替等量全价饲料饲喂育肥猪30d,增重无显著性差异,试验猪只精神状态好,粪便成型,毛发光亮。

关键词: 复合益生菌; 固体发酵; 纤维饲料

中图分类号:S476 文献标识码:A 文章编号:1000-7091(2013)增刊-0270-05

Studies on Fermentation Conditions of Solid Feed with Composite Probiotics

ZHANG Cui-mian, JIA Nan, HU Dong, WANG Zhan-wu

(Institute of Genetics and Physiology, Hebei Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Plant Genetic Engineering Center of Hebei Province, Shijiazhuang 050051, China)

Abstract: The high nemaline feed solid fermentation conditions with *Saccharomyces cerevisiae*, *Lactobacillus acidophilus* and *Lactobacillus plantarum* as fermentation starter were studied and the feeding experiment were carried out on fattening pigs also. The optimum fermented condition were as follows: the ratio of *Saccharomyces cerevisiae*, *Lactobacillus acidophilus* and *Lactobacillus plantarum* was 1:0.35:0.35, the feed initial pH 7.0, the inoculation proportion 3%, initial water content 50%, environmental temperature 30℃ and fermentation period 72 h. Viable count of three kind of microorganisms in fermented feed prepared in optimum conditions were 1.31×10^9 , 8.06×10^8 , 5.67×10^7 cfu/g respectively. Compared with other commercial fermentation starters, the starter ferments faster, pH decreased quicker and the flavor, palatability of the fermented feed were obviously improved. Feeding fattening pigs with full nutrition feed which contain 15% the fermented feed for 30 days, the results shown that the daily gain of the pigs were not significance ($P > 0.05$), and the experiment pigs shown better situation in psychosis, dung molding and fur lighter.

Key words: Composite probiotics; Solid fermentation; Fiber feed

利用有益微生物发酵饲料,不仅能改善饲料的适口性,提高饲料消化吸收率,促进畜禽的健康生长,而且能预防肠道疾病的发生,减少抗生素的使用,为人们提供健康安全的动物产品^[1-9]。将含有较多纤维素的农作物秸秆转化为高效能的生物饲料,代替部分粮食饲料,可降低养殖成本,缩短饲养周期,减少环境污染,具有广阔的应用前景。目前,应用较多的发酵微生物主要有乳酸菌和酵母菌,两类菌具有一定的协同作用,发酵过程可代

谢产生多种消化酶及生理活性物质,适口性好,饲喂效果显著。但由于菌种发酵特性的差别,发酵条件对不同菌种的生长繁殖和发酵饲料的品质会产生较大影响,而采用从猪肠道分离获得的生理性益生菌-嗜酸乳杆菌为发酵微生物,再配合其他微生物的研究还鲜有报道。为提高发酵效果,本研究选用面包酵母菌、植物乳杆菌与嗜酸乳杆菌配合组成复合发酵菌系,着重研究了菌种配比,以及发酵温度、接种量、物料水分和pH值等对以

收稿日期:2013-08-29

基金项目:国家科技支撑计划项目(2012BAD14B07-06)

作者简介:张翠绵(1969-),女,河北晋州人,副研究员,主要从事发酵工程研究。

通讯作者:王占武(1963-),男,河北晋州人,研究员,硕士,主要从事环境微生物与发酵工程研究。

玉米秸秆粉为主固体饲料的发酵效果,最后进行了育肥猪饲喂试验。研究结果旨在为发酵饲料的规模生产提供技术支持。

1 材料和方法

1.1 发酵菌种

面包酵母(*Saccharomyces cerevisiae*)、嗜酸乳杆菌(*Lactobacillus acidophilus*)、植物乳杆菌(*Lactobacillus plantarum*)菌种均由河北省植物转基因中心保存提供。

1.2 培养基

1.2.1 发酵培养基 麦芽汁培养基: 麦芽汁 70 mL,用于培养酵母菌菌种^[10-11]。

改良 MRS 液体培养基: 牛肉膏 10 g、蛋白胨 10 g、酵母膏 5 g、柠檬酸铵 2 g、葡萄糖 20 g、吐温-80 1 mL、K₂HPO₄ 2 g、MgSO₄·7H₂O 0.2 g、MnSO₄·4H₂O 0.2 g、水 1 000 mL,用于乳酸菌培养。

以上培养基均在 121 ℃ 下灭菌 15 min。

1.2.2 固体饲料发酵基质 采用的原料和比例为: 玉米秸秆粉 50%、红薯秧粉 35%、麸皮 10%、玉米面 5%。

1.2.3 菌体生长参数的测定 根据酵母菌和乳酸菌的生长特点,进行菌种比例、接种量、发酵温度、物料初始 pH 值、发酵周期等对固体饲料发酵效果的影响。检测指标为物料 pH 值、活菌数量等。发酵结束后采用平板稀释计数法,分别用 YPD 和 MRS 固体培养基检测酵母菌和乳酸菌数量^[10-12]。

1.2.4 数据处理 试验数据用 Excel 2003 和 SPSS 11.0 统计软件进行单因素方差分析和相关性分析,结果以平均值 ± 标准差表示。

1.3 方法

1.3.1 菌种的制备 接种活化的斜面菌种于种子培养基上,酵母菌于 30 ℃ 好氧培养 48 h,嗜酸乳杆菌于 37 ℃ 厌氧培养 24 h,植物乳杆菌于 37 ℃ 摇瓶培养 24 h,制备发酵种液。

1.3.2 环境温度对发酵效果的影响 发酵前调物料

的 pH 值为 7.0 左右,使面包酵母:嗜酸乳杆菌:植物乳杆菌 = 1:1:1 混匀后,按 3% 接种量接入物料中,物料含水量为 50%,搅拌均匀后装入不透气的塑料袋中,压实,封口,分别置于 20、25、30、35 ℃ 的环境中培养 3 d;每处理 3 次重复。检测指标为 3 种微生物的活菌数量和物料 pH 值,下同。

1.3.3 菌种比例对发酵效果的影响 分别按面包酵母:嗜酸乳杆菌:植物乳杆菌为 1:1:1、1:0.5:0.5、1:0.35:0.35、1:0.25:0.25 的菌量比例,制作发酵菌剂,进行发酵试验。接种量 3%,物料含水量 50%,pH 值 7.0。物料搅拌均匀后装入不透气的塑料袋中,压实,封口,置于 1.3.2 确定的最佳环境温度下培养 3 d;每处理 3 次重复。

1.3.4 接种量对发酵效果的影响 根据以上确定的菌种比例制作发酵菌剂,分别进行 1%、2%、3%、4%、5% 接种量对发酵效果的影响。其他发酵条件同 1.3.3。

1.3.5 初始 pH 值对发酵效果的影响 分别调物料的初始 pH 值 5.5、6.0、6.5、7.0、7.5、8.0,其他发酵条件按 1.3.3 进行。

1.3.6 发酵周期对发酵效果的影响 在上述试验确定的最佳发酵条件下,分别进行 24、36、48、60、72、84、96、108 h 的发酵周期试验,比较发酵效果。

1.3.7 物料初始含水量对发酵效果的影响 分别对物料初始含水量 40%、50%、60%、70% 进行比较试验,发酵培养 3 d。

1.3.8 饲喂试验 在河北进考养猪场,选择长白育肥猪进行饲喂试验。发酵饲料替代 15% 日粮,饲喂时间 30 d。观察记录饲料的适口性、试验猪的精神状态、毛色和增重情况。

2 结果与分析

2.1 菌种的制备

分别培养制得面包酵母、嗜酸乳杆菌和植物乳杆菌菌液,菌体浓度分别为 8.5×10^8 、 1.3×10^9 、 9.0×10^9 cfu/mL。

表 1 环境温度对目的菌生长的影响

Tab.1 Effect of ambient temperatures on the grown of objective microbes

温度/℃ Temperature	酵母菌 <i>Saccharomyces cerevisiae</i> /($\times 10^7$ cfu/mL)	嗜酸乳杆菌 <i>Lactobacillus acidophilus</i> /($\times 10^8$ cfu/mL)	植物乳杆菌 <i>Lactobacillus plantarum</i> /($\times 10^8$ cfu/mL)	总菌数 Total bacteria count /($\times 10^8$ cfu/mL)	pH 值 pH value
20	2.13 ± 0.56A	9.96 ± 0.58A	6.15 ± 0.41A	16.32 ± 0.74A	4.12 ± 0.08b
25	2.36 ± 1.12A	9.53 ± 0.64A	6.63 ± 0.54A	15.40 ± 0.85B	3.79 ± 0.07a
30	2.45 ± 1.14B	10.33 ± 1.12B	7.78 ± 2.14B	18.36 ± 1.46C	3.78 ± 0.05a
35	2.47 ± 1.11B	10.27 ± 1.04B	7.75 ± 1.95B	18.25 ± 1.01B	4.32 ± 0.24b

注:结果均用干物质计。同一指标大写字母不同者表示差异极显著($P < 0.01$)、小写字母不同者差异显著($P < 0.05$)、表 2~9 同。

Note: Result all number of dry matter. The same index capital letter different represent significant differences($P < 0.01$), lowercase letter different represent significant differences($P < 0.05$). The same as Tab. 2~9.

2.2 环境温度对发酵效果的影响

适宜的环境温度可以加快物料的启动,缩短发酵时间。由表 1 可见,随着环境温度的升高,目的菌的活菌数逐渐增多,pH 值下降,当环境温度高于 30℃ 时,目的总菌数略有减少($P < 0.01$),因此确定最适温度为 30℃。

2.3 菌种比例对发酵效果的影响

由表 2 可见,3 种菌的接种比例对最终的活菌数量有一定影响,当酵母菌和嗜酸乳杆菌与植物乳杆菌的接菌比例(体积比)为 1:0.35:0.35 时,最终发酵料中 3 种菌的总量都最高($P < 0.01$),因此确定 3 种菌的最佳接种比例为 1:0.35:0.35。

表 2 接种比例对目的菌生长的影响

Tab.2 Effect of inoculate proportion on the grown of objective microbes

菌种比例 (酵母菌:嗜酸乳 杆菌数:植物乳酸菌) Inoculate proportion	酵母菌 /($\times 10^7$ cfu/mL) <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	嗜酸乳杆菌 /($\times 10^8$ cfu/mL) <i>Lactobacillus acidophilus</i>	植物乳杆菌 /($\times 10^8$ cfu/mL) <i>Lactobacillus plantarum</i>	总菌数 /($\times 10^8$ cfu/mL) Total bacteria count	pH 值 pH value
1:1:1	1.47 \pm 0.23A	9.31 \pm 1.02A	6.77 \pm 1.03A	16.23 \pm 1.02A	4.15 \pm 0.42b
1:0.5:0.5	1.55 \pm 0.45A	10.57 \pm 0.58B	6.12 \pm 0.87A	17.15 \pm 0.65B	4.11 \pm 0.23b
1:0.35:0.35	2.09 \pm 1.02C	11.02 \pm 0.78C	7.12 \pm 0.59B	18.34 \pm 0.36C	3.45 \pm 0.41a
1:0.25:0.25	1.88 \pm 0.56B	8.95 \pm 0.24A	7.11 \pm 0.35B	16.25 \pm 0.78A	4.14 \pm 0.13b

2.4 接种量对发酵效果的影响

由表 3 可见,随着接种量的增加,各目的菌活菌数量逐渐增加,当接种量为 4% 时,都达到最高值,

3%、4% 处理间总菌数及 pH 值的差别不显著($P > 0.05$),从节约成本考虑,确定 3 种菌的混合接种量以 3% 为宜。

表 3 接种量对目的菌生长的影响

Tab.3 Effect of inoculum size on the grown of objective microbes

接种量 / % Inoculum sizes	酵母菌 /($\times 10^7$ cfu/mL) <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	嗜酸乳杆菌 /($\times 10^8$ cfu/mL) <i>Lactobacillus acidophilus</i>	植物乳杆菌 /($\times 10^8$ cfu/mL) <i>Lactobacillus plantarum</i>	总菌数 /($\times 10^8$ cfu/mL) Total bacteria count	pH 值 pH value
1	1.32 \pm 0.23A	8.31 \pm 0.69A	4.62 \pm 0.67A	13.06 \pm 0.49A	4.89 \pm 0.02b
2	1.39 \pm 0.59A	10.30 \pm 0.54B	5.69 \pm 0.49B	16.13 \pm 0.36B	4.45 \pm 0.55b
3	2.34 \pm 0.53B	11.32 \pm 0.23C	6.66 \pm 0.24C	18.21 \pm 0.34D	3.86 \pm 0.42a
4	2.35 \pm 0.43B	11.40 \pm 0.31C	6.75 \pm 0.34C	18.39 \pm 0.61D	3.82 \pm 0.26a
5	2.39 \pm 0.21B	10.35 \pm 0.86B	6.74 \pm 0.54C	17.33 \pm 0.71C	3.95 \pm 0.31a

2.5 初始 pH 值对发酵效果的影响

由表 4 可见,当发酵料初始 pH 值 5~7 时,3 种菌的活菌数随着 pH 值的增大而增多。而当 pH 值 8

时,菌体生长受到影响,总菌数差异显著($P < 0.01$),而 pH 值升高,因此确定最佳起始 pH 值 7.0。

表 4 初始 pH 值对目的菌生长的影响

Tab.4 Effect of initial pH on the grown of objective microbes

起始 pH Initial pH	酵母菌 /($\times 10^7$ cfu/mL) <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	嗜酸乳杆菌 /($\times 10^8$ cfu/mL) <i>Lactobacillus acidophilus</i>	植物乳杆菌 /($\times 10^8$ cfu/mL) <i>Lactobacillus plantarum</i>	总菌数 /($\times 10^8$ cfu/mL) Total bacteria count	pH 值 pH value
5.0	2.01 \pm 0.14A	9.06 \pm 0.47B	6.01 \pm 0.21A	15.27 \pm 0.25A	5.12 \pm 0.01c
6.0	2.03 \pm 0.19A	10.12 \pm 0.23C	6.15 \pm 0.36A	16.47 \pm 0.32B	4.41 \pm 0.05b
7.0	2.53 \pm 0.21B	10.58 \pm 0.35C	7.60 \pm 0.23B	18.43 \pm 0.19C	3.58 \pm 0.04a
8.0	2.14 \pm 0.13B	8.98 \pm 0.58A	7.52 \pm 0.42B	16.71 \pm 0.24B	4.11 \pm 0.06b

2.6 发酵周期对发酵效果的影响

由表 5 可见,酵母菌和乳酸菌分别在 36、72 h 达到最大值,可能由于在开始阶段固体物料中含有大量的氧气,酵母菌大量繁殖,抑制了乳酸杆菌的生长,当物料中氧气被消耗掉造成了厌氧环境,适于乳酸杆菌的增殖,至 72 h 时各目的菌活菌总数达到最大值,72~84 h 间无显著性差异($P < 0.01$)。随着培养时间的延长,总菌数量则有减少的趋势,并且从减

少能耗考虑,发酵时间以 72 h 为宜。

2.7 物料初始含水量对发酵效果的影响

由表 6 可见,当物料水分含量超过 50% 时,活菌数量降低,50%~60% 间呈显著性差异($P < 0.01$);而 pH 值升高,处理间差异不显著($P > 0.05$),可能原因发酵开始时,由于水分过多,透气性差,抑制了酵母菌的繁殖,发酵后期,乳酸菌大量繁殖消耗物料营养。确定发酵物料初始含水量以 50% 为宜。

表 5 培养时间对目的菌生长的影响

Tab.5 Effect of incubation time on the grown of objective microbes

时间/h Time	酵母菌 <i>Saccharomyces cerevisiae</i> /(× 10 ⁷ cfu/mL)	嗜酸乳杆菌 <i>Lactobacillus acidophilus</i> /(× 10 ⁸ cfu/mL)	植物乳杆菌 <i>Lactobacillus plantarum</i> /(× 10 ⁸ cfu/mL)	总菌数 Total bacteria count /(× 10 ⁸ cfu/mL)	pH 值 pH value
24	7.9 ± 2.12A	7.8 ± 0.05A	3.1 ± 0.15A	11.69 ± 0.12A	6.10 ± 0.06c
36	8.6 ± 1.98B	10.5 ± 0.56B	3.4 ± 1.20A	14.76 ± 0.54B	5.87 ± 0.03b
48	8.2 ± 2.10B	11.0 ± 0.43C	4.1 ± 1.32B	15.92 ± 0.24C	5.10 ± 0.04b
60	8.0 ± 1.84B	13.9 ± 1.20D	5.0 ± 2.15C	19.70 ± 1.02D	3.90 ± 0.87a
72	7.8 ± 1.13A	15.6 ± 2.01F	5.2 ± 3.01C	21.58 ± 0.98F	3.58 ± 0.04a
84	7.6 ± 1.95A	15.5 ± 0.38F	5.2 ± 2.06C	21.46 ± 1.23F	3.61 ± 0.03a
96	7.6 ± 2.10A	14.9 ± 1.06E	5.1 ± 2.10C	20.76 ± 1.06E	3.69 ± 0.06a
108	7.4 ± 2.03A	14.2 ± 2.10E	5.1 ± 1.54C	20.04 ± 1.20E	3.68 ± 0.04a

表 6 物料初始含水量对目的菌生长的影响

Tab.6 Effect of material initial moisture content on the grown of objective microbes

物料初始含水量/% Material initial moisture content	酵母菌 <i>Saccharomyces cerevisiae</i> /(× 10 ⁷ cfu/mL)	嗜酸乳杆菌 <i>Lactobacillus acidophilus</i> /(× 10 ⁸ cfu/mL)	植物乳杆菌 <i>Lactobacillus plantarum</i> /(× 10 ⁸ cfu/mL)	总菌数 Total bacteria count /(× 10 ⁸ cfu/mL)	pH 值 pH value
40	5.7 ± 1.02C	10.9 ± 0.35C	6.8 ± 0.08B	18.27 ± 0.06C	3.88 ± 0.03a
50	6.1 ± 1.12D	12.5 ± 0.46D	7.9 ± 1.04C	21.01 ± 0.08D	3.74 ± 0.04a
60	4.8 ± 1.03B	9.6 ± 1.02B	5.1 ± 1.02A	15.18 ± 0.35B	3.93 ± 0.01a
70	3.8 ± 1.21A	8.6 ± 1.06A	5.0 ± 0.09A	13.98 ± 0.24A	4.38 ± 0.09b

表 7 不同发酵菌剂对发酵饲料 pH 值的影响

Tab.7 Effect of different starters on the fermented feed pH

处理 Treatment	0 d	3 d	6 d	9 d	12 d	15 d
1	7.0 ± 0.00	3.8 ± 0.04a	3.8 ± 0.14a	3.8 ± 0.24a	3.7 ± 0.23a	3.7 ± 0.21a
2	7.0 ± 0.05	4.3 ± 0.12b	4.1 ± 0.21b	4.0 ± 0.65b	3.9 ± 0.56a	3.9 ± 0.45a
3	7.0 ± 0.04	6.7 ± 0.13c	5.8 ± 0.26c	5.5 ± 0.48c	5.4 ± 0.78b	5.2 ± 0.35b

表 8 不种发酵菌剂对发酵饲料感官性状的影响

Tab.8 Effect of different starters on the fermented feeds sensory character

处理 Treatment	pH	气味 Smell	颜色 Colour	长霉 Grow mould
1	3.8 ± 0.31a	酸香浓郁	亮黄色,有光泽	无
2	4.0 ± 0.23b	酸味重	淡黄,有光泽	袋口有少量霉菌
3	5.3 ± 0.42c	原料味	淡黄色	袋口有大量霉变

2.8 固体饲料发酵效果

以玉米秸秆粉 50%、红薯秧粉 35%、麸皮 10% 和玉米面 5% 的比例制备发酵基质,从市场上选择一种类似发酵菌剂(处理 2)和本试验菌剂(处理 1)进行了发酵比较试验。处理 3 为不接种的空白对照。由表 7~9 可见,在 30℃ 环境条件下,处理 1 物

料的 pH 值从开始的 7.0 迅速下降到 4.3 以下,之后 pH 值下降缓慢,最后稳定在 pH 值 4.0 以下,与处理 2 和处理 3 比较差异显著($P < 0.05$),此时产品的酸香味浓郁,色泽金黄,纤维软化。处理 2 及处理 3 的 pH 值下降缓慢,发酵周期长,个别有霉变现象。

表 9 不种发酵菌剂对目的菌数量影响

Tab.9 Effect of different starters on the grown of objective microbes

处理 Treatment	酵母菌 <i>Saccharomyces cerevisiae</i> /(× 10 ⁷ cfu/mL)	嗜酸乳杆菌 <i>Lactobacillus acidophilus</i> /(× 10 ⁸ cfu/mL)	植物乳杆菌 <i>Lactobacillus plantarum</i> /(× 10 ⁸ cfu/mL)	总菌数 Total bacteria count /(× 10 ⁸ cfu/mL)
1	5.67 ± 0.56C	13.05 ± 1.01C	8.06 ± 0.21C	21.68 ± 1.02C
2	4.71 ± 0.52B	10.52 ± 1.11B	6.05 ± 0.56B	17.04 ± 0.96B
3	0.20 ± 0.67A	0.14 ± 1.20A	0.80 ± 0.65A	0.96 ± 1.25A

2.9 固体发酵饲料饲喂试验

选择生长一致,体重约 30 kg 左右的长白猪,随机分组,每组 5 头,每组 2 次重复。试验组日粮中添加本研究获得的固体发酵饲料,添加量占日粮总质

量的 15%;对照组不添加固体发酵饲料,饲喂方法与管理条件相同。每天记录饲料消耗量和猪的生长情况,饲喂周期 30 d 时空腹称重。结果见表 10。

表 10 发酵饲料喂猪效果比较

Tab. 10 The effect compare of fermented feed on feed pigs

处理 Treatment	每头始 均重/kg Initial average weight	每头终 均重/kg Final average weight	每头日均 增重/kg Average weight increase	日均采食量/kg Daily average feed intake	料肉比 Feed meat ratio	每增重 1 kg 饲料成本/元 Feed cost of weight increase 1 kg
试验组 Experimental group	30 ± 3.0	53 ± 5.3	0.77 ± 0.48	2.97 ± 4.1	3.86:1	7.91
对照组 Control group	31 ± 2.7	51 ± 6.5	0.67 ± 0.51	2.57 ± 5.2	3.84:1	8.71

注:饲料价格试验组 2.05 元/kg,对照组 2.27 元/kg

Note: Feed price: Experimental group 2.05 yuan/kg, control group 2.27 yuan/kg.

由上表可见,试验组与对照组的料肉比差异不显著($P > 0.05$),说明用固体发酵饲料代替一定比例的饲料粮是可行的,与全价粮食饲料喂效果相当,可达到同样的饲养效果。经计算,添加发酵饲料,每增重 1 kg 可降低饲料成本 0.80 元。此外,试验猪毛色更加光亮,粪便细腻,精神状态好。

3 结论与讨论

经试验,确定了以面包酵母(*Saccharomyces cerevisiae*)、嗜酸乳杆菌(*Lactobacillus acidophilus*)和植物乳杆菌(*Lactobacillus plantarum*)固体饲料的最佳发酵条件:3 种菌种的混合比例为 1:0.35:0.35,物料的初始 pH 值 7.0、含水量为 50%、接种量 3%、发酵温度 30 °C,发酵周期 72 h。在最佳条件下,各菌种都能正常繁殖,总菌量可达到 2.17×10^9 cfu/g。采用该工艺生产的菌种接种固体饲料,发酵结束后酵母菌及产酸菌大量增加,与市售菌剂发酵的饲料相比,pH 值下降较快,物料色泽光亮,酸香味更浓郁,没有霉变现象。

试验表明,本研究选择的 3 种菌具有一定的协同作用,彼此间无拮抗,且功能互补,是获得良好发酵效果的重要保障。酵母菌为兼性厌氧菌,在发酵初始阶段优先生长繁殖,随着物料中氧气的消耗,为乳酸菌的生长繁殖奠定了基础。随着乳酸菌的增殖,物料 pH 值下降,并产生乳酸菌素等抑真菌物质,从而抑制了霉菌等杂菌的生长。随着发酵时间的延长,逐渐积累产生醇、醛等芳香物质以及各种活性酶等,显著提高饲料的适口性,促进饲料的消化吸收,这也是发酵饲料能代替部分饲料粮的主要原因之一。另外,动物摄入大量乳酸菌、乳酸等有益物质,可抑制肠道腐败菌的生长繁殖,从而减少氨、胺类物质的产

生,间接提高饲料中粗蛋白的利用水平。总之,利用动物益生菌发酵高纤维质饲料,在代替部分饲料粮、降低饲喂成本的基础上,还可减少病害的发生和抗生素的使用,提高畜产品质量,具有广阔应用前景。

参考文献:

- [1] 杨洪岩,崔宗均,王小芬,等. 秸秆发酵饲料添加剂及其研究进展[J]. 畜牧与兽医, 2005, 37(6): 50-54.
- [2] 许轸文,李元晓,庞有志. 有效微生物发酵饲料在禽类生产中的应用[J]. 饲料研究, 2012(4): 18-20.
- [3] 王水明. 饲料调味剂[J]. 饲料研究, 1997, 16: 14.
- [4] 李永凯,毛胜勇. 益生菌发酵饲料研究及应用现状[J]. 畜牧与兽医, 2009, 41(3): 90-93.
- [5] Chaucheyras-Durand F, Durand H. Probiotics in animal nutrition and health[J]. Benef Microbes, 2010, 1: 3-9.
- [6] 常娟,尹清强,郑秋红,等. 微生物发酵爆破秸秆生产动物饲料培养基的优化[J]. 河南农业科学, 2012, 41(7): 142-145.
- [7] 陈秀为,范寰,赵恒,等. 秸秆饲料发酵生物添加剂的研制[J]. 天津农业科学, 1999, 5(4): 5-8.
- [8] 刘珍,张贵云,张丽萍. 发酵棉粕替代豆粕饲喂蛋鸡试验[J]. 山西农业科学, 2006, 34(1): 79-80.
- [9] 张功,嵛嵘,王瑞君. 多菌种发酵秸秆饲料的研究[J]. 华北农学报, 2000, 15(增刊): 175-177.
- [10] 黄秀梨. 微生物学实验指导[M]. 北京: 高等教育出版社, 1999.
- [11] 高丽娟,王小芬,杨洪岩,等. 秸秆发酵乳酸菌复合系 SFC-2 的构建及其组成多样性研究[J]. 环境科学, 2007, 28(5): 1088-1094.
- [12] 王旭明,倪永珍,李维炯,等. 有效微生物群(EM)对饲料 pH 值及营养价值的影响[J]. 浙江大学学报: 农业与生命科学版, 2002, 28(4): 431-434.