

张 铮,石青松,朱伟云,等. 乳酸菌发酵饲料对断奶仔猪生长性能和肠道健康的影响[J]. 江苏农业科学,2018,46(19):170-173.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.19.045

# 乳酸菌发酵饲料对断奶仔猪生长性能和肠道健康的影响

张 铮,石青松,朱伟云,毛胜勇

(南京农业大学动物科技学院/江苏省消化道营养与动物健康重点实验室/南京农业大学消化道微生物实验室,江苏南京 210095)

**摘要:**为研究乳酸菌发酵饲料对断奶仔猪生长性能和小肠健康的影响,试验选取 48 头 28 日龄体况良好、体质量相近的杜长大三元杂交断奶仔猪,随机分成 2 组,每组 4 个重复。对照组仔猪饲喂无抗乳猪全价配合饲料,试验组仔猪饲喂添加 20% 乳酸菌发酵饲料的全价料,试验共持续 29 d。结果表明,与对照组比较,饲喂添加发酵饲料的全价料显著提高平均日采食量,但对仔猪免疫器官质量及其脏器指数无显著影响,饲喂发酵饲料显著降低仔猪胃、回肠及结肠食糜的 pH 值,显著提高仔猪结肠中乙酸含量,对仔猪空肠和回肠的肠绒毛高度、隐窝深度以及二者之比无显著性影响,显著提高仔猪粪便中的乳酸菌数量和降低大肠杆菌的数量,对沙门氏菌的数量无显著影响。结果表明,乳酸菌发酵饲料对断奶仔猪肠道微生物组成有改善效果,但对生长性能和形态学指标无明显影响。

**关键词:**乳酸菌;发酵饲料;断奶仔猪;生长性能;小肠健康

**中图分类号:** S828.5;S816.6 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2018)19-0170-04

近年来,随着欧盟和许多国家开始限制和禁用抗生素,寻找高效安全的饲用抗生素替代品已成为畜牧业发展的当务之急。目前,微生态制剂和发酵饲料被认为是最有希望的饲用

收稿日期:2017-06-28

基金项目:江苏省科技计划(编号:BE2016382)。

作者简介:张 铮(1994—),女,安徽马鞍山人,硕士研究生,从事单胃动物营养研究。E-mail:2016105045@njau.edu.cn。

通信作者:毛胜勇,博士,教授,博士生导师,从事动物营养研究。E-mail:maoshengyong@163.com。

## 4 结论

本研究应用分子克隆技术构建了 16S rRNA 甲基化酶 RmtB 重组菌,稳定性试验结果表明,16S rRNA 甲基化酶 RmtB 重组菌 pRmtB1 稳定性较强,可作为 16S rRNA 甲基化酶耐药抑制剂筛选模型。

## 参考文献:

- [1] Chen L, Chen Z L, Liu J H, et al. Emergence of RmtB methylase-producing *Escherichia coli* and *Enterobacter cloacae* isolates from pigs in China[J]. The Journal of Antimicrobial Chemotherapy, 2007, 59(5): 880-885.
- [2] 陈 琳,张俊丰,刘健华,等. rmtB 阳性猪大肠埃希氏菌中氨基糖苷钝化酶分析[J]. 中国畜牧兽医, 2009, 36(12): 31-35.
- [3] Yu F, Wang L, Pan J, et al. Prevalence of 16S rRNA methylase genes in *Klebsiella pneumoniae* isolates from a Chinese teaching hospital: coexistence of rmtB and armA genes in the same isolate[J]. Diagnostic Microbiology and Infectious Disease, 2009, 64(1): 57-63.
- [4] Morel F, Decousser J W, Kumanski S, et al. Association of the 16S rRNA methylase gene rmtB with a novel insertion sequence element belonging to the ISL3 family [J]. International Journal of

抗生素替代品,但在生产中发现,微生态制剂实际应用效果不稳定,且其产品的货架期较短。发酵饲料作为一种绿色、环保的新型饲料,目前已成为动物营养研究热点。在众多发酵饲料中,乳酸菌发酵饲料因具有替代或部分替代抗生素的潜力而受到广泛关注。研究发现,乳酸菌发酵饲料不仅含有大量活性益生菌,还含有大量的益生菌等活菌与代谢产物<sup>[1]</sup>,同时乳酸菌在生长过程中还可以消除饲料中的抗营养因子,将大分子蛋白分解为活性肽或游离氨基酸,对饲料起到预消化作用<sup>[2]</sup>。此外,乳酸菌还是多种动物消化道的共生菌,乳酸

Antimicrobial Agents, 2017, 49(1): 117-118.

- [5] Li D X, Zhang S M, Hu G Z, et al. Tn3-associated rmtB together with qnrS1, aac(6')-Ib-cr and bla CTX-M-15 are co-located on an F49A-B-plasmid in an *Escherichia coli* ST10 strain in China[J]. The Journal of Antimicrobial Chemotherapy, 2012, 67(1): 236-238.
- [6] Yao Q, Zeng Z, Hou J, et al. Dissemination of the rmtB gene carried on IncF and IncN plasmids among Enterobacteriaceae in a pig farm and its environment[J]. The Journal of Antimicrobial Chemotherapy, 2011, 66(11): 2475-2479.
- [7] Habeeb M A, Haque A, Nematzadeh S, et al. High prevalence of 16S rRNA methylase RmtB among CTX-M extended-spectrum  $\beta$ -lactamase-producing *Klebsiella pneumoniae* from Islamabad, Pakistan[J]. International Journal of Antimicrobial Agents, 2013, 41(6): 524-526.
- [8] 区炳明,陈 琳,宋玉洁,等. 临床 16S rRNA 甲基化酶的研究新进展[J]. 中国兽医学报, 2014, 34(4): 669-684.
- [9] 黄留玉. PCR 最新技术原理、方法及应用[J]. 北京:化学工业出版社, 2011.
- [10] 萨姆布鲁克 J, 拉塞尔 D W. 分子克隆实验指南[M]. 北京:化学工业出版社, 2008.

菌进入动物肠道后,可使动物肠道中有益菌数量增加,促进肠道内形成有益优势菌群,从而竞争性抑制病原微生物增殖,保持肠道内微生态平衡,并对机体免疫起到积极调节作用<sup>[3]</sup>。基于以上研究进展,本研究拟采用本试验室分离获得的 1 株具有产乳酸能力和抗逆性强的唾液乳杆菌,进行全价饲料固态发酵,研究该乳酸菌发酵饲料对仔猪的生长性能和小肠发育情况的影响,为该发酵饲料在仔猪生产中的应用提供试验依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验动物与分组

试验于 2014 年 12 月至 2015 年 1 月在江苏省南京市浦口区南京农业大学动物养殖基地进行,选取 48 头 28 日龄、体况良好、体质量相近的杜长大三元杂交断奶仔猪,随机分为 2 组,每组设 4 个重复,每个重复 6 头猪,试验周期为 29 d,试验开始前 3 d 为预饲期。

### 1.2 饲养管理

试验猪饲养于保育舍内,每个保育床为 1 个重复,每天喂料 3 次,自由采食,自由饮水,保证通风换气,室内温度保持在 15~20℃,免疫程序按养殖场内常规进行。在预饲养期间,每日统计饲料消耗和健康状况,掌握仔猪采食量变化,同时观察猪的行为和健康状况。预试期结束后,称试验猪质量并进行调整,统计后各组体质量无显著差异时进入正式试验。

### 1.3 试验日粮

对照组饲喂无抗乳猪全价配合饲料,试验组饲喂添加 20% 乳酸菌发酵饲料的无抗乳猪全价配合饲料(表 1)。

表 1 试验日粮配方及营养成分

原料	含量(%)	营养指标	营养水平
玉米	56.05	粗蛋白质(%)	17.50
次粉	2.70	赖氨酸(%)	0.80
去皮豆粕	12.50	消化能(MJ/kg)	3.20
进口鱼粉	5.50	钙(%)	0.56
乳清粉	6.00	总磷(%)	0.48
代乳粉	5.00	有效磷(%)	0.21
膨化大豆粉	7.00		
复合酸化剂	0.20		
赖氨酸	0.35		
蛋氨酸	0.05		
豆油	1.30		
石粉	0.80		
碳酸氢钙	1.15		
食盐	0.10		
氧化锌	1.00		
预混料	0.30		
合计	100		

注:预混料为全价饲料提供 250 g/kg 猪复合微量元素、35 g/kg 乳猪用多维生素、120 g/kg 氯化胆碱(50%)、10 g/kg 复合酶制剂、50 g/kg 甜味剂、535 g/kg 载体。

### 1.4 样品采集

1.4.1 粪样采集 在屠宰前 1 d 以保育床为单位进行粪样采集,采集保育床下四角粪便,混匀后装入 10 mL 灭菌离心管,冰盒保存后立即带回试验室进行微生物计数分析。

1.4.2 消化道组织和内容物的采集 取空肠、回肠、结肠段,

进行上皮分离(3 cm×3 cm),取上皮层和部分肠段,保存在 50 mL 多聚甲醛溶液中,部分组织剪碎保存于灭菌冻存管;分别取各肠段内食糜,混合均匀后保存于 2 mL 灭菌冻存管。同时用固体 pH 计测定内容物 pH 值。

### 1.5 指标测定

1.5.1 生长性能指标 于试验开始 1、14、29 d 晨饲前空腹称质量,计算平均日增重。

1.5.2 免疫器官指数 分别采集脾脏、肝脏、肾脏,称取其湿质量,计算免疫器官指数<sup>[4]</sup>。

脾脏(肾脏、肝脏)指数(g/kg)=脾(肾脏、肝脏)湿质量/猪活体质量。

1.5.3 胃肠道食糜 pH 值与回肠、结肠内容物挥发性脂肪酸(volatile fatty acid,简称 VFA)含量测定 采用 Walk LAB pH60 型酸度计测量各肠段食糜 pH 值。取 1 g 内容物分别加入 1 mL 无菌蒸馏水,充分振荡成悬浊液,在 4℃、5 000 g 离心 10 min,取上清液 0.5 mL 加 25% 偏巴酸 0.1 mL 摇匀过夜。上机前,在 4℃、10 000 g 离心 10 min,用气相色谱仪测定乙酸、丙酸和丁酸等含量,具体方法参照文献<sup>[5]</sup>。

1.5.4 空肠和回肠绒毛形态 固定后的肠道组织样品经脱水以石蜡包埋,连续切片(5 μm),以苏木精-伊红染色。用显微镜观察肠道黏膜结构,并以 MoticMed 6.0 图像软件分析。每张切片测定 10 根完整绒毛的绒毛高度和隐窝深度,选择 5 张切片计算每个组织的平均值,具体方法参见 Kim 等的方法<sup>[6]</sup>。

1.5.5 粪便中乳酸菌、大肠杆菌、沙门氏菌数量 在无菌条件下,取 1 g 粪便到灭菌离心管中,加入等量的生理盐水,混匀后梯度稀释,取 100 μL 稀释液涂板,置于 37℃ 条件下,乳酸菌培养 48 h,大肠杆菌培养 24 h,进行菌落计数<sup>[7]</sup>,每组 4 个重复。

### 1.6 统计分析

结果以平均值±标准误的形式表示,试验数据经 Microsoft Excel 2010 初步处理后,利用 SPSS 18.0 进行单因素方差分析, $P$  值为 0.05。

## 2 结果与分析

### 2.1 乳酸菌发酵饲料对仔猪生长性能的影响

由表 2 可知,第 I 阶段,饲喂乳酸菌发酵饲料对断奶仔猪的平均日采食量和平均日增质量未产生显著影响( $P>0.05$ );第 II 阶段,显著提高了平均日采食量和平均日增质量( $P<0.05$ )。

### 2.2 乳酸菌发酵饲料对仔猪免疫器官的影响

由表 3 可知,乳酸菌发酵饲料对仔猪肝脏、肾脏和脾脏质量和相应器官系数无显著影响( $P>0.05$ )。

### 2.3 发酵饲料对仔猪胃肠道食糜 pH 值的影响

由表 4 可知,饲喂发酵饲料的仔猪胃、回肠、结肠食糜 pH 值显著降低,与对照组相比,处理组分别降低 19.17%、7.45%、4.48%,空肠和盲肠中食糜 pH 值有降低趋势( $P>0.05$ )。

2.4 发酵饲料对仔猪回肠和结肠食糜挥发性脂肪酸(VFA)含量的影响

由表 5 可知,饲喂发酵饲料的仔猪结肠内乙酸含量显著升高,丙酸含量有升高趋势,分别提高 22.99%、22.28%,丁

表 2 发酵饲料对仔猪生长性能的影响

处理	1 ~ 14 d		15 ~ 29 d	
	平均日采食量(g)	平均日增质量(g)	平均日采食量(g)	平均日增质量(g)
对照组	291.28 ± 3.97	80.40 ± 1.75	754.73 ± 15.50	256.00 ± 0.21
试验组	293.83 ± 5.30	75.10 ± 1.16	881.35 ± 11.16	303.60 ± 0.06
<i>P</i> 值	0.713	0.142	<0.001	0.036

表 3 发酵饲料对仔猪免疫器官指数的影响

处理	肝脏质量(g)	肾脏质量(g)	脾脏质量(g)	肝脏系数	肾脏系数	脾脏系数
对照组	333.92 ± 17.34	74.86 ± 6.37	20.71 ± 4.36	6.70 ± 0.88	1.54 ± 0.30	0.43 ± 0.08
试验组	336.25 ± 21.22	77.75 ± 8.60	20.20 ± 3.15	7.24 ± 1.08	1.70 ± 0.27	0.45 ± 0.11
<i>P</i> 值	0.898	0.204	0.877	0.338	0.128	0.277

表 4 发酵饲料对仔猪胃肠道食糜 pH 值的影响

项目	pH 值		<i>P</i> 值
	对照组	试验组	
胃	4.59 ± 0.77	3.71 ± 0.51	0.002
空肠	6.59 ± 1.02	6.20 ± 0.89	0.353
回肠	7.52 ± 1.19	6.96 ± 0.73	0.005
结肠	6.69 ± 0.57	6.39 ± 0.65	0.042
盲肠	6.25 ± 0.92	6.26 ± 0.88	0.954

酸、异丁酸、异戊酸、戊酸以及总挥发酸含量有所提高,但差异不显著;在回肠中,饲喂乳酸菌发酵饲料对仔猪各 VFA 含量以及总 VFA 含量均未产生显著影响。

2.5 乳酸菌发酵饲料对仔猪小肠绒毛形态的影响

由表 6 可知,发酵饲料对仔猪空肠和回肠绒毛高度、隐窝深度及二者之比值无显著影响。

2.6 乳酸菌发酵饲料对仔猪粪便微生物的影响

由表 7 可知,与对照组比较,饲喂发酵饲料显著提高仔猪

表 5 发酵饲料对仔猪回肠和结肠食糜 VFA 含量的影响

项目	回肠			结肠		
	对照组(μmol/g)	试验组(μmol/g)	<i>P</i> 值	对照组(μmol/g)	试验组(μmol/g)	<i>P</i> 值
乙酸	14.28 ± 5.02	16.06 ± 4.47	0.141	42.94 ± 6.18	52.81 ± 5.76	0.033
丙酸	10.24 ± 2.76	10.94 ± 3.94	0.482	23.12 ± 4.49	28.27 ± 5.11	0.052
丁酸	7.41 ± 3.03	7.50 ± 2.18	0.879	14.77 ± 3.30	16.39 ± 5.02	0.476
异丁酸	4.55 ± 1.87	4.36 ± 2.11	0.727	3.31 ± 1.15	5.09 ± 2.13	0.994
异戊酸	0.40 ± 0.20	0.42 ± 0.22	0.690	6.16 ± 1.48	6.70 ± 2.34	0.442
戊酸	—	—	—	1.11 ± 0.46	0.82 ± 0.33	0.341
总挥发酸	36.90 ± 7.74	39.28 ± 8.57	0.277	91.66 ± 17.21	111.41 ± 13.74	0.068

表 6 发酵饲料对仔猪空肠和回肠绒毛形态的影响

项目	空肠			回肠		
	对照组(μm)	试验组(μm)	<i>P</i> 值	对照组(μm)	试验组(μm)	<i>P</i> 值
绒毛高度	332.34 ± 6.37	336.70 ± 21.90	0.855	301.20 ± 26.79	325.69 ± 20.20	0.478
隐窝深度	320.58 ± 6.87	313.15 ± 18.52	0.719	297.89 ± 24.38	289.33 ± 23.30	0.803
绒毛高度/隐窝深度	1.04	1.08	0.529	1.12	1.01	0.149

表 7 发酵饲料对仔猪粪便微生物的影响lg(CFU/g)

项目	对照组	试验组	<i>P</i> 值
乳酸菌	8.31 ± 0.34	8.90 ± 0.46	0.017
大肠杆菌	6.69 ± 0.19	6.25 ± 0.18	0.015
沙门氏菌	5.91 ± 0.26	5.64 ± 0.33	0.553

粪便中的乳酸菌数量,显著降低大肠杆菌数量,有降低沙门氏菌数量的趋势,但差异不显著。

3 讨论

研究发现,乳酸菌发酵饲料呈浓郁酸香气味,同时饲料松软、适口性好,这可能是导致仔猪采食量提高的主要原因,该结果也与 Choi 等的研究报道<sup>[8]</sup>一致。Shim 等发现,相比对照组和液态发酵组,固态发酵组肉鸡平均采食量显著提高<sup>[9]</sup>。目前国内外关于发酵饲料对仔猪生长性能的影响争议较大。有研究报道,添加乳酸菌发酵饲料有降低断奶仔猪

平均日增质量和料重比的趋势<sup>[10]</sup>。造成这一现象的原因很多,发酵所采用的菌种、发酵条件以及贮存环境的差异都可能影响最终结果。在本试验中发现,仔猪在断奶后 1 ~ 14 d 的平均日增质量略有降低,其原因可能是由于本试验采用了较极端的无抗饲料,在该期间,断奶应激导致了部分仔猪出现腹泻,因此影响了仔猪生长速度。但同时也发现,在饲喂乳酸菌发酵饲料 14 d 后,饲喂发酵饲料仔猪平均日增质量显著提高,该结果说明发酵饲料具有促进仔猪生长的作用。

动物胃肠道的酸度是影响其消化性能的重要因素,适宜的酸度是仔猪实现正常消化功能的关键,发酵饲料中的乳酸菌及产生的酸性物质可降低动物的胃肠道 pH 值<sup>[11]</sup>。在本试验中,饲喂发酵饲料显著降低仔猪胃、回肠、结肠 pH 值。原因可能有 2 点:一是发酵饲料中的乳酸、乙酸等酸性物质进入肠道改变胃肠道 pH 值;二是可能发酵饲料中的乳酸菌定殖在肠道内,乳酸菌大量生长产生了大量乳酸,降低了仔猪肠道

pH 值。单胃动物微生物发酵主要发生在消化道后端(结肠、盲肠、直肠),一般以盲肠中 VFA(主要有乙酸、丙酸、丁酸等)含量最高,VFA 的存在对仔猪的后肠健康起到重要作用。Giang 等发现,在仔猪日粮中添加益生菌制剂,显著提高了回肠和结肠中乙酸和丙酸含量<sup>[12]</sup>。本试验中,饲喂发酵饲料显著提高仔猪结肠中乙酸含量,同时丙酸、总 VFA 含量均有升高趋势,这可能是由于在结肠中定殖的乳酸菌大量繁殖并利用了碳水化合物发酵;而回肠中的各 VFA 以及总 VFA 含量与对照组间差异均不显著,可能是小肠中的微生物数量相对较少,因此对肠道发酵的影响程度较低。

肠绒毛是小肠黏膜表面的上皮和固有层向肠腔内的细小突起,小肠绒毛是小肠的基本功能单位,在消化道前段(十二指肠和空肠)分布最密,往后则逐渐减少。肠绒毛之间具有隐窝,隐窝深度决定肠绒毛通过有丝分裂产生上皮细胞的速度,反映了细胞生成率。隐窝变浅,表明细胞的成熟率上升,分泌功能强。Hampson 指出,未断奶前随着日龄增加仔猪小肠绒毛高度增加,隐窝变深<sup>[13]</sup>。有研究发现,从液体奶向固体饲料的过渡状态会造成绒毛高度缩短,隐窝加深,这暗示断奶会降低仔猪的消化能力,对仔猪的肠道形态有重要影响<sup>[14]</sup>。Choi 等研究报道,饲喂液态和固态发酵饲料的仔猪与对照组相比,空肠和回肠的绒毛高度和隐窝深度差异均不显著,但二者之比差异显著<sup>[8]</sup>。在本试验中,空肠绒毛高度和隐窝深度以及二者之比均无显著差异,说明在本试验条件下,乳酸菌发酵饲料对断奶仔猪的肠道发育无明显影响。

本试验中,饲喂乳酸菌发酵饲料显著降低了仔猪粪便中大肠杆菌数量,提高了乳酸菌数量,这与 Konstantinov 等的研究结果<sup>[15]</sup>一致,其原因可能是发酵饲料中的乳酸菌在肠道中大量定殖,竞争性争夺肠壁的定殖位点,同时乳酸菌在生长繁殖过程中分泌了有机酸(乳酸、乙酸等)以及某些抑菌因子,进而抑制了大肠杆菌等有害菌在肠道内的定殖,平衡了仔猪消化道微生物区系,进而保障了仔猪的消化道健康。饲喂发酵饲料有降低沙门氏菌的趋势,有研究表明,发酵饲料发酵产生的大量乳酸和乙酸等有机酸<sup>[16]</sup>,同时结合较低的 pH 值可以降低沙门氏菌的数量,但活性乳酸菌对沙门氏菌并无显著抑制作用<sup>[17]</sup>。

乳酸菌发酵饲料可显著提高仔猪平均日采食量,但对料肉比及平均日增质量无显著影响;乳酸菌发酵饲料可提高仔猪肠道内 VFA 含量以及粪便乳酸菌数量,对仔猪肠道健康有改善作用。

## 参考文献:

- [1] Hu J K, Lu W Q, Wang C L, et al. Characteristics of solid - state fermented feed and its effects on performance and nutrient digestibility in growing - finishing pigs [J]. Asian - Australasian Journal of Animal Sciences, 2008, 21 (11): 1635 - 1641.
- [2] Baurhoo N, Baurhoo B, Zhao X. Effects of exogenous enzymes in corn - based and Canadian pearl millet - based diets with reduced soybean meal on growth performance, intestinal nutrient digestibility, villus development, and selected microbial populations in broiler chickens [J]. Journal of Animal Science, 2011, 89 (12): 4100 - 4108.
- [3] Paton A W, Morona R, Paton J C. Designer probiotics for prevention of enteric infections [J]. Nature Reviews Microbiology, 2006, 4 (3): 193 - 200.
- [4] 辛娜, 张乃锋, 周盟, 等. 芽孢杆菌制剂对断奶仔猪生长性能, 胃肠道 pH 值及免疫器官指数的影响 [J]. 中国饲料, 2011 (12): 21 - 22.
- [5] 秦为琳. 应用气相色谱测定瘤胃挥发性脂肪酸方法的研究改进 [J]. 南京农业大学学报, 1982 (4): 110 - 116.
- [6] Kim Y G, Lohakare J D, Yun J H, et al. Effect of feeding levels of microbial fermented soy protein on the growth performance, nutrient digestibility and intestinal morphology in weaned piglets [J]. Asian - Australasian Journal of Animal Sciences, 2007, 20 (3): 399 - 404.
- [7] Missotten J, Michiels J, Goris J, et al. Screening of two probiotic products for use in fermented liquid feed [J]. Livestock Science, 2007, 108 (1/2/3): 232 - 235.
- [8] Choi J Y, Shinde P L, Ingale S L, et al. Evaluation of multi - microbe probiotics prepared by submerged liquid or solid substrate fermentation and antibiotics in weaning pigs [J]. Livestock Science, 2011, 138 (1/2/3): 144 - 151.
- [9] Shim Y H, Shinde P L, Choi J Y, et al. Evaluation of multi - microbial probiotics produced by submerged liquid and solid substrate fermentation methods in broilers [J]. Asian - Australasian Journal of Animal Sciences, 2010, 23 (4): 521 - 529.
- [10] Le M, Galle S, Yang Y, et al. Effects of feeding fermented wheat with *Lactobacillus reuteri* on gut morphology, intestinal fermentation, nutrient digestibility, and growth performance in weaned pigs [J]. Journal of Animal Science, 2016, 94 (11): 4677 - 4687.
- [11] Kobashi Y, Ohmori H, Tajima K, et al. Reduction of chlortetracycline - resistant *Escherichia coli* in weaned piglets fed fermented liquid feed [J]. Anaerobe, 2008, 14 (4): 201 - 204.
- [12] Giang H H, Tran Q V, Ogle B, et al. Effects of different probiotic complexes of lactic acid bacteria on growth performance and gut environment of weaned piglets [J]. Livestock Science, 2010, 133 (1/2/3): 182 - 184.
- [13] Hampson D J. Alterations in Piglet small intestinal structure at weaning [J]. Research in Veterinary Science, 1986, 40 (1): 32 - 40.
- [14] Montagne L, Boudry G, Favier C, et al. Main intestinal markers associated with the changes in gut architecture and function in piglets after weaning [J]. British Journal of Nutrition, 2007, 97 (1): 45 - 57.
- [15] Konstantinov S R, Smidt H, Akkermans A D, et al. Feeding of *Lactobacillus sobrius* reduces *Escherichia coli* F4 levels in the gut and promotes growth of infected piglets [J]. FEMS Microbiology Ecology, 2008, 66 (3): 599 - 607.
- [16] 顾拥建, 占今舜, 沙文锋, 等. 不同处理方式对大豆秸秆发酵品质 and 营养成分的影响 [J]. 江苏农业科学, 2016, 44 (5): 308 - 310.
- [17] van Winsen R L, Lipman L J, Biesterveld S, et al. Mechanism of salmonella reduction in fermented pig feed [J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2001, 81 (3): 342 - 346.