

# 饲料添加乳酸菌+酵母菌发酵液对母猪繁殖性能、初乳成分和血浆生化指标的影响

马 翠<sup>1,2</sup> 高乾坤<sup>1</sup> 张旺宏<sup>1,2</sup> 祝 倩<sup>1,2</sup> 孔祥峰<sup>1\*</sup>

(1.中国科学院亚热带农业生态研究所,亚热带农业生态过程重点实验室,动物营养生理与代谢过程湖南省重点实验室,长沙 410125;2.中国科学院大学,北京 100049)

**摘要:** 为了探究饲料添加乳酸菌+酵母菌发酵液对母猪繁殖性能、初乳成分和血浆生化指标的影响,试验选用3~7胎次、体况相近的妊娠巴马香猪32头,随机分为2组,每组16头。对照组饲喂基础饲料,益生菌组饲喂在基础饲料中添加乳酸菌+酵母菌发酵液[200 mL/(d·头)]的试验饲料。试验期为配种至产后21 d。分娩当天记录母猪产仔数和产活仔数,称取每头仔猪的体重并计算窝重和平均个体重,于7、14和21日龄称取个体重,并计算平均个体重;每组随机选取12头母猪,于产后12 h内采集初乳,测定初乳成分;分别于妊娠45、75和105 d以及分娩后7和21 d,每组随机选取8头母猪,前腔静脉采血,测定血浆繁殖激素含量和生化指标。结果表明:与对照组相比,饲料添加乳酸菌和酵母菌发酵液后仔猪平均初生个体重显著增加( $P<0.05$ );乳糖含量显著增加( $P<0.05$ );妊娠75 d时血浆催乳素(PRL)、促黄体素(LH)、孕酮(PROG)和雌二醇( $E_2$ )含量显著降低( $P<0.05$ ),血浆甘油三酯(TG)含量显著增加( $P<0.05$ );妊娠105 d时血浆TG和总胆固醇(TC)含量显著增加( $P<0.05$ );分娩后7 d时血浆TP含量显著降低( $P<0.05$ ),谷草转氨酶(AST)活性和TG含量显著增加( $P<0.05$ );分娩后21 d时血浆TC、高密度脂蛋白-胆固醇(HDL-C)和低密度脂蛋白-胆固醇(LDL-C)含量显著增加( $P<0.05$ )。综上所述,饲料添加乳酸菌+酵母菌发酵液可影响血浆生化指标和繁殖激素含量,改善机体对营养物质的吸收利用,利于母猪繁殖性能的提高。

**关键词:** 益生菌;巴马香猪;繁殖性能;初乳成分;血浆生化指标

**中图分类号:** S828

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1006-267X(2020)01-0129-09

母猪的健康状况和繁殖性能会直接影响养猪生产的效率和经济效益,而饲料营养水平较低或饲料营养补给不足是引起母猪体况不良和繁殖性能低下的主要因素。母猪生产中存在着繁殖性能低、产后少乳甚至无乳、乳质量差等一系列问题,继而会引起仔猪初生重低、出生率低、哺乳期增重缓慢等问题<sup>[1]</sup>。因此,在目前的养猪生产中,增加饲料的营养供给是改善母猪健康状况和提高泌乳

性能的重要途径,也成为目前畜牧学研究的热点。近年来的研究发现,益生菌作为替代抗生素的绿色饲料添加剂,具有改善动物肠道微生态、提高饲料转化效率、增强机体抵抗力、增加动物生产性能等作用<sup>[2]</sup>。常见的益生菌主要有乳酸杆菌、酵母菌、双歧杆菌和类链球菌等。多项研究发现,乳酸菌的代谢产物可为酵母菌提供能源,酵母菌利用营养物质产生的营养因子又为乳酸菌提供碳

收稿日期:2019-07-04

基金项目:国家重点研发计划项目(2018YFD0500404);中科院 STS 区域重点项目(KFJ-STQ-QYZD-052);广西科技基地和人才专项(桂科 AD17195043);中科院王宽诚率先进入人才计划“产研人才扶持项目”

作者简介:马 翠(1995—),女,河南商丘人,硕士研究生,从事单胃动物营养研究。E-mail: macui016@163.com

\* 通信作者:孔祥峰,研究员,博士生导师,E-mail: nnkxf@isa.ac.cn

源<sup>[3]</sup>;饲料添加复合益生菌可显著提高育肥猪的出栏体重、平均日增重和平均日采食量等<sup>[4]</sup>;在仔猪饲料中添加复合益生菌可改善断奶仔猪的生长性能和免疫功能<sup>[5]</sup>。目前,益生菌在断奶仔猪和生长育肥猪上的研究较多,但在母猪上的研究较少。巴马香猪是我国著名的小型猪品种,具有遗传性能稳定、乳头数多、泌乳力强、母性好等优势<sup>[6]</sup>。但由于巴马香猪的饲养管理较为粗放,在实际生产中多饲喂营养价值较低、不易被消化利用的青粗饲料,造成母猪营养不良,继而导致繁殖性能低下、产后乳质差等问题<sup>[7]</sup>。动物胃肠道中存在的大量微生物对宿主营养素利用和生理代谢具有重要调控作用<sup>[8]</sup>,并且部分微生物可通过参与生殖激素代谢间接影响母体繁殖性能<sup>[9]</sup>。鉴于此,本文拟研究饲料添加乳酸菌+酵母菌发酵液对妊娠巴马香猪繁殖性能的影响,并通过测定血浆繁殖激素和生化指标探讨其作用机制,旨在为益生菌在巴马香猪“母子一体化”营养调控中的应用提供依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 试验动物、分组与饲养管理

动物饲养试验于2018年8月至2019年2月在湖南省常德市石门县山羊冲试验基地进行。试验选取3~7胎次刚配种的巴马香猪32头,随机分为2组,每组16头,单栏饲养,分娩前1周左右转至产房。对照组饲喂基础饲料,益生菌组饲喂在基础饲料中添加200 mL/(d·头)乳酸菌+酵母菌发酵液(由湖南粒丰生物科技有限公司提供,活菌数 $\geq 1.2 \times 10^6$  CFU/g,添加剂量为生产厂家推荐剂量)的试验饲料。基础饲料常规营养水平参照《猪饲养标准》NY/T 65—2004、预混料添加量参考NRC(2012)母猪营养需求标准设置,基础饲料组成及营养水平见表1。为满足母猪妊娠和泌乳过程中的营养需要,采食量根据其体况适时增减。试验期间母猪的饲料饲喂量如下:妊娠1~15 d、16~30 d、31~75 d、76~90 d和91~110 d分别为0.8、1.0、1.2、1.5和2.0 kg/(d·头),分娩前1周为1.0 kg/(d·头),产后1~3 d自由采食,产后4~21 d为2.4 kg/(d·头)。其他饲养管理均按商业养猪场规范进行操作。

### 1.2 母猪繁殖性能测定

于生产当天记录产仔数、产活仔数、初生窝重

和个体重;于仔猪7、14和21日龄记录个体重,计算其平均个体重。

### 1.3 血浆繁殖激素和生化指标测定

分别于妊娠45、75和105 d以及分娩后7和21 d时,每组随机选取8头母猪,前腔静脉采血10 mL,肝素抗凝,3 000 r/min离心10 min,分离血浆,-20 ℃保存。

测定前将样品于4 ℃解冻,按酶联免疫吸附试验(ELISA)试剂盒(购买于江苏雨桐生物科技有限公司)说明,测定血浆催乳素(PRL)、促黄体素(LH)、促卵泡素(FSH)、孕酮(PROG)和雌二醇(E<sub>2</sub>)的含量。根据试剂盒(购于北京利德曼公司提供)说明,用Cobas c311型全自动生化分析仪(罗氏公司产品)测定血浆中总蛋白(TP)、白蛋白(ALB)、尿素氮(UN)、甘油三酯(TG)、总胆固醇(TC)、低密度脂蛋白-胆固醇(LDL-C)和高密度脂蛋白-胆固醇(HDL-C)的含量以及谷丙转氨酶(ALT)和谷草转氨酶(AST)的活性。

表1 基础饲料组成及营养水平(风干基础)

Table 1 Composition and nutrient levels of basal diets (air-dry basis) %

项目 Items	妊娠母 猪饲料 Pregnant sows' diet	泌乳母 猪饲料 Lactating sows' diet
原料 Ingredients		
玉米 Corn	37.50	66.00
豆粕 Soybean meal	9.50	25.00
麦麸 Wheat bran	14.00	5.00
大麦 Barley	25.00	
大豆皮 Soybean hull	10.00	
妊娠母猪预混料 Pregnant sows' premix <sup>1)</sup>	4.00	
泌乳母猪预混料 Lactating sows' premix <sup>2)</sup>		4.00
合计 Total	100.00	100.00
营养水平 Nutrient levels <sup>3)</sup>		
消化能 DE/(MJ/kg)	12.55	13.87
粗蛋白质 CP	12.82	16.30
标准回肠可消化赖氨酸 SID Lys	0.48	0.75
标准回肠可消化蛋氨酸+ 半胱氨酸 SID Met+Cys	0.43	0.51
标准回肠可消化苏氨酸 SID Thr	0.37	0.53

续表 1

项目 Items	妊娠母 猪饲料 Pregnant sows' diet	泌乳母 猪饲料 Lactating sows' diet
标准回肠可消化色氨酸 SID Trp	0.13	0.17
钙 Ca	0.62	0.65
磷 P	0.47	0.50

1) 妊娠母猪预混料为每千克饲料提供 Pregnant sows' premix provided the following per kg of diets: CaHPO<sub>4</sub> · 2H<sub>2</sub>O 10 g, NaCl 4 g, CuSO<sub>4</sub> · 5H<sub>2</sub>O 80 mg, FeSO<sub>4</sub> · H<sub>2</sub>O 360 mg, ZnSO<sub>4</sub> · H<sub>2</sub>O 240 mg, MnSO<sub>4</sub> · H<sub>2</sub>O 100 mg, MgSO<sub>4</sub> · 7H<sub>2</sub>O 1 g, 1% ICl 50 mg, 1% Na<sub>2</sub>SeO<sub>3</sub> 36 mg, 1% CoCl<sub>2</sub> 16 mg, NaHCO<sub>3</sub> 1.4 g, VA 10 000 IU, VD<sub>3</sub> 1 800 IU, VE 20 mg, VK<sub>3</sub> 2.4 mg, VB<sub>1</sub> 1.6 mg, VB<sub>2</sub> 6 mg, VB<sub>6</sub> 1.6 mg, VB<sub>12</sub> 0.024 mg, 叶酸 folic acid 1.2 mg, 烟酰胺 nicotinamide 20 mg, 泛酸 pantothenic acid 12 mg, 生物素 biotin 0.12 mg, 甘氨酸亚铁 ferrous glycinate 100 mg, 氯化胆碱 choline chloride 1 g, 植酸酶 phytase 200 mg, 香味剂 fruity 80 mg, 石粉 limestone 12 g。

2) 泌乳母猪预混料为每千克饲料提供 Lactating sows' premix provided the following per kilogram of the diets: CaHPO<sub>4</sub> · 2H<sub>2</sub>O 10 g, NaCl 4 g, CuSO<sub>4</sub> · 5H<sub>2</sub>O 80 mg, FeSO<sub>4</sub> · H<sub>2</sub>O 360 mg, ZnSO<sub>4</sub> · H<sub>2</sub>O 240 mg, MnSO<sub>4</sub> · H<sub>2</sub>O 100 mg, 1% ICl 50 mg, 1% Na<sub>2</sub>SeO<sub>3</sub> 36 mg, 1% CoCl<sub>2</sub> 16 mg, NaHCO<sub>3</sub> 1.4 g, VA 10 000 IU, VD<sub>3</sub> 1 800 IU, VE 20 mg, VK<sub>3</sub> 2.4 mg, VB<sub>1</sub> 1.6 mg, VB<sub>2</sub> 6 mg, VB<sub>6</sub> 1.6 mg, VB<sub>12</sub> 0.024 mg, 叶酸 folic acid 1.2 mg, 烟酰胺 nicotinamide 20 mg, 泛酸 pantothenic acid 12 mg, 生物素 biotin 0.12 mg, 赖氨酸 lysine 1.5 g, 甘氨酸亚铁 ferrous glycinate 100 mg, 氯化胆碱 choline chloride 1 g, 植酸酶 phytase 200 mg, 香味剂 fruity 80 mg, 石粉 limestone 12 g。

3) 营养水平为计算值。Nutrient levels were calculated values.

## 1.4 初乳成分测定

母猪分娩当天每组随机选取 12 头母猪,于分娩后 12 h 内采集初乳 10 mL, -20 °C 保存。测定前将样品于 4 °C 解冻, 5 mL 初乳加入 20 mL 生理盐水, 混合均匀, 利用乳品分析仪 (FOSS electric, Hilleroed, 丹麦) 测定乳脂、乳蛋白、乳糖、乳尿素氮、去脂干物质和总干物质的含量。

## 1.5 数据处理与分析

试验数据采用 Excel 2010 初步整理后, 利用 SPSS 22.0 软件进行独立样本 *t* 检验, 数据以“平均值±标准误”表示。P<0.05 表示差异显著, 0.05≤P<0.10 表示有变化趋势。

## 2 结果与分析

### 2.1 饲料添加乳酸菌+酵母菌发酵液对母猪繁殖性能的影响

由表 2 可知, 与对照组相比, 益生菌组仔猪 1 日龄平均个体重显著增加 (P<0.05); 窝产仔数、窝产活仔数以及 7、14 和 21 日龄平均个体重和平均个体增重均无显著差异 (P>0.05); 21 日龄断奶成活率稍有增加, 但差异不显著 (P>0.05)。

### 2.2 饲料添加乳酸菌+酵母菌发酵液对母猪初乳成分的影响

由表 3 可知, 与对照组相比, 益生菌组母猪乳糖含量显著增加 (P<0.05), 乳脂含量显著降低 (P<0.05), 乳蛋白和乳尿素氮含量均无显著差异 (P>0.05)。

表 2 饲料添加乳酸菌+酵母菌发酵液对母猪繁殖性能的影响

Table 2 Effects of dietary *Lactobacillus* and yeast fermentation broth on reproductive performance of sows (n=16)

项目 Items	对照组 Control group	益生菌组 Probiotic group
窝产仔数 Litter size/头	10.8±0.7	9.8±0.4
窝产活仔数 Born alive/头	10.2±0.6	9.3±0.5
初生窝重 Litter birth weight/kg	6.18±1.59	5.83±0.98
平均个体重 Average individual weight/kg		
1 日龄 1 day of age	0.59±0.02	0.66±0.03*
7 日龄 7 days of age	1.26±0.05	1.34±0.06
14 日龄 14 days of age	2.33±0.05	2.41±0.10
21 日龄 21 days of age	3.48±0.07	3.56±0.15
平均个体增重 Average individual weight gain/kg		
1~7 日龄 1 to 7 days of age	0.73±0.07	0.68±0.04
8~14 日龄 8 to 14 days of age	1.09±0.04	1.07±0.05

续表 2

项目 Items	对照组 Control group	益生菌组 Probiotic group
15~21 日龄 15 to 21 days of age	1.14±0.06	1.15±0.06
21 日龄断奶成活率 Weaned survival rate at 21 days of age/%	0.84±0.06	0.88±0.03

\* 表示与对照组数据比较差异显著 ( $P < 0.05$ )。下表同。

Data with \* differ significantly compared with the control group ( $P < 0.05$ ). The same as below.

表 3 饲料添加乳酸菌+酵母菌发酵液对母猪初乳成分的影响

Table 3 Effects of dietary *Lactobacillus* and yeast fermentation broth on colostrum composition of sows ( $n = 12$ )

项目 Items	对照组 Control group	益生菌组 Probiotic group
体细胞数 Somatic cells/( $\times 10^3$ 个/mL)	510.0±51.7	372.8±63.9
乳脂 Milk fat/%	1.09±0.08	0.88±0.05*
乳蛋白 Milk protein/%	3.14±0.07	3.18±0.12
乳糖 Lactose/%	0.84±0.02	0.91±0.02*
尿素氮 Milk urea nitrogen/(mg/dL)	4.65±0.06	4.79±0.10
去脂干物质 Defatted dry matter/%	6.43±0.15	6.36±0.13
总干物质 Total dry matter/%	13.49±0.71	12.32±0.74

### 2.3 饲料添加乳酸菌+酵母菌发酵液对母猪繁殖激素含量的影响

由表 4 可知,与对照组相比,妊娠 45 d 时,益生菌组血浆 PRL 和 PROG 含量显著降低 ( $P <$

0.05);妊娠 75 d 时,益生菌组血浆 PRL、LH、PROG 和  $E_2$  含量显著降低 ( $P < 0.05$ );妊娠 105 d 时,益生菌组血浆 FSH 含量显著增加 ( $P < 0.05$ )。

表 4 饲料添加乳酸菌+酵母菌发酵液对妊娠母猪繁殖激素含量的影响

Table 4 Effects of dietary *Lactobacillus* and yeast fermentation broth on reproductive hormone contents of pregnant sows ( $n = 8$ )

项目 Items	对照组 Control group	益生菌组 Probiotic group
催乳素 PRL/(mIU/L)		
45 d	1 667.14±156.01	1 163.47±128.13*
75 d	1 422.32±175.63	975.66±32.86*
105 d	815.46±74.34	992.68±103.21
促卵泡素 LH/(mIU/L)		
45 d	15.38±1.49	12.04±1.02
75 d	25.95±2.92	17.59±1.43*
105 d	20.47±3.48	21.90±1.81
孕酮 PROG/(ng/mL)		
45 d	36.30±2.99	26.41±2.51*
75 d	20.28±1.13	14.82±0.42*
105 d	14.80±0.14	15.06±0.60
促黄体素 FSH/(mIU/L)		
45 d	40.43±5.12	31.00±3.75
75 d	39.05±4.00	32.72±1.56
105 d	20.63±1.76	30.03±3.14*
雌二醇 $E_2$ /(pg/mL)		
45 d	114.79±8.77	89.22±9.69
75 d	118.35±9.90	91.41±3.58*
105 d	91.19±5.10	93.30±6.09

## 2.4 饲料添加乳酸菌+酵母菌发酵液对母猪血浆生化指数的影响

由表 5 可知,与对照组相比,妊娠 45 d 时,益生菌组血浆 TP( $P=0.086$ )和 UN( $P=0.089$ )含量呈下降趋势,而 AST 活性呈增加趋势( $P=0.053$ );妊娠 75 d 时,益生菌组血浆 TG 含量显著增加( $P<$

$0.05$ ),HDL-C 含量呈增加趋势( $P=0.091$ );妊娠 105 d 时,益生菌组血浆 TG 和 TC 含量显著增加( $P<0.05$ );分娩后 7 d 时,益生菌组血浆 TP 含量显著降低( $P<0.05$ ),AST 活性和 TG 含量显著增加( $P<0.05$ );分娩后 21 d 时,益生菌组母猪血浆 TC、HDL-C 和 LDL-C 含量显著增加( $P<0.05$ )。

表 5 饲料添加乳酸菌+酵母菌发酵液对母猪血浆生化指标的影响

Table 5 Effects of dietary *Lactobacillus* and yeast fermentation broth on plasma biochemical indexes of sows ( $n=8$ )

项目 Items	对照组 Control group	益生菌组 Probiotic group
总蛋白 TP/(g/L)		
妊娠 45 d Pregnancy 45 d	85.43±0.84	82.83±1.04
妊娠 75 d Pregnancy 75 d	84.73±1.36	83.67±1.08
妊娠 105 d Pregnancy 105 d	84.68±1.41	84.05±1.62
分娩后 7 d 7 d after delivery	84.38±1.19	75.84±0.82*
分娩后 21 d 21 d after delivery	77.77±1.57	75.96±1.24
白蛋白 ALB/(g/L)		
妊娠 45 d Pregnancy 45 d	52.51±1.15	52.31±1.13
妊娠 75 d Pregnancy 75 d	49.43±0.84	50.64±1.43
妊娠 105 d Pregnancy 105 d	48.12±1.11	49.75±1.37
分娩后 7 d 7 d after delivery	46.06±1.20	47.30±0.64
分娩后 21 d 21 d after delivery	45.63±1.25	47.21±0.96
谷丙转氨酶 ALT/(U/L)		
妊娠 45 d Pregnancy 45 d	24.98±1.36	27.01±1.52
妊娠 75 d Pregnancy 75 d	23.67±0.98	25.90±0.98
妊娠 105 d Pregnancy 105 d	28.60±1.22	29.41±1.09
分娩后 7 d 7 d after delivery	29.39±1.07	32.71±2.49
分娩后 21 d 21 d after delivery	25.80±1.38	28.33±1.31
谷草转氨酶 AST/(U/L)		
妊娠 45 d Pregnancy 45 d	15.22±1.32	22.00±2.56
妊娠 75 d Pregnancy 75 d	19.08±2.28	22.93±2.70
妊娠 105 d Pregnancy 105 d	22.45±3.26	17.00±1.24
分娩后 7 d 7 d after delivery	20.36±1.60	26.75±2.43*
分娩后 21 d 21 d after delivery	19.27±1.31	19.44±1.28
尿素氮 UN/(mmol/L)		
妊娠 45 d Pregnancy 45 d	3.04±0.10	2.75±0.12
妊娠 75 d Pregnancy 75 d	2.62±0.12	2.39±0.09
妊娠 105 d Pregnancy 105 d	2.95±0.22	2.80±0.13
分娩后 7 d 7 d after delivery	4.33±0.44	3.83±0.46
分娩后 21 d 21 d after delivery	4.48±0.41	4.00±0.31
甘油三酯 TG/(mmol/L)		
妊娠 45 d Pregnancy 45 d	0.34±0.02	0.39±0.03
妊娠 75 d Pregnancy 75 d	0.31±0.01	0.38±0.03*
妊娠 105 d Pregnancy 105 d	0.45±0.04	0.70±0.08*
分娩后 7 d 7 d after delivery	0.25±0.02	0.32±0.02*
分娩后 21 d 21 d after delivery	0.28±0.02	0.27±0.02
总胆固醇 TC/(mmol/L)		
妊娠 45 d Pregnancy 45 d	2.24±0.09	2.13±0.07

续表 5

项目 Items	对照组 Control group	益生菌组 Probiotic group
妊娠 75 d Pregnancy 75 d	2.07±0.09	2.16±0.06
妊娠 105 d Pregnancy 105 d	2.05±0.05	2.33±0.08*
分娩后 7 d 7 d after delivery	2.07±0.04	2.21±0.09
分娩后 21 d 21 d after delivery	2.45±0.06	2.86±0.13*
高密度脂蛋白-胆固醇 HDL-C/(mmol/L)		
妊娠 45 d Pregnancy 45 d	0.90±0.05	0.84±0.02
妊娠 75 d Pregnancy 75 d	0.81±0.03	0.88±0.03
妊娠 105 d Pregnancy 105 d	0.91±0.04	0.98±0.03
分娩后 7 d 7 d after delivery	0.89±0.06	0.96±0.06
分娩后 21 d 21 d after delivery	1.15±0.04	1.34±0.07*
低密度脂蛋白-胆固醇 LDL-C/(mmol/L)		
妊娠 45 d Pregnancy 45 d	1.09±0.06	0.98±0.05
妊娠 75 d Pregnancy 75 d	1.01±0.07	0.97±0.04
妊娠 105 d Pregnancy 105 d	0.96±0.07	0.96±0.04
分娩后 7 d 7 d after delivery	0.93±0.04	0.90±0.06
分娩后 21 d 21 d after delivery	0.98±0.05	1.16±0.04*

### 3 讨论

多项研究发现,乳酸杆菌、酵母菌、芽孢杆菌等益生菌可以通过调节肠道菌群平衡维持机体健康,改善母猪的繁殖性能<sup>[10]</sup>。本研究中,母猪饲料添加乳酸菌+酵母菌发酵液可显著提高仔猪初生个体重,提示益生菌可在一定程度上提高母猪的繁殖性能。张吉鹏等<sup>[11]</sup>报道,在整个妊娠期给母猪饲喂益生菌制剂可降低胎盘面积,增加胎盘厚度、窝仔数与产活仔数。本研究中,益生菌组窝产仔数和产活仔数在数值上均有所降低,但差异不显著,可能与猪的品种以及益生菌的组成和添加剂量不同有关。

母乳是哺乳仔猪获取营养物质的主要来源,其质量的好坏与仔猪的生长发育和健康状况密切相关。Declerck 等<sup>[12]</sup>报道,饲料添加复合益生菌可改善母猪的泌乳量及其子代的健康和发育状况。吸吮初乳是初生仔猪获得免疫力的主要途径,因为初乳中含有大量的免疫球蛋白。初乳的常规营养成分主要为乳脂、乳蛋白、乳糖和尿素氮等。其中,乳脂主要是由不同脂肪酸组成,其中主要的必需脂肪酸为亚油酸、亚麻酸和花生四烯酸等不饱和脂肪酸,是仔猪体脂沉积的主要物质。饲料添加益生菌可显著降低母猪初乳中乳脂的含量,可能是因为益生菌增加了母猪肠道内乳酸菌

等微生物的数量,使不饱和脂肪酸氢化为饱和脂肪酸,降低必需脂肪酸的合成,从而减少了乳脂的合成;也可能是添加的益生菌降低了母猪肠道 pH,而较低的 pH 环境可抑制乳脂的合成<sup>[13]</sup>。乳糖是初生仔猪的主要供能物质,其分解产生的乳糖能够促进机体对钙、磷的消化吸收<sup>[14]</sup>。本研究中,饲料添加乳酸菌+酵母菌发酵液可显著增加母猪初乳中乳糖的含量,这有利于仔猪对营养物质的消化吸收和生长发育<sup>[15]</sup>。

与母猪妊娠阶段紧密相关的 LH、FSH、E<sub>2</sub>、PROG 和 PRL 等繁殖激素共同调控妊娠期母体组织的各项生理变化,且伴随着母猪妊娠进程不断发生改变<sup>[16]</sup>。同时,繁殖激素的相互调节作用在一定程度上可以改善母猪的泌乳性能<sup>[17]</sup>。本研究中,妊娠早中期母猪血浆 PRL 和 PROG 含量显著降低,妊娠中期血浆 LH 和 E<sub>2</sub> 含量显著降低,妊娠后期血浆 FSH 含量显著增加,上述变化可能与饲料添加益生菌影响了宿主微生物菌群的组成有关<sup>[18]</sup>。有研究发现,PRL、PROG 和 E<sub>2</sub> 等激素与妊娠期间的宿主微生物组成或菌群相对丰度变化密切相关<sup>[19]</sup>;宿主微生物群落可调控繁殖激素的产生<sup>[20]</sup>,双歧杆菌可促进 PROG 的分泌,但其丰度较低则反映宿主激素平衡失调<sup>[21]</sup>;妊娠早期的雌激素会刺激子宫发育,导致发育缓慢胚胎因不能适应而死亡,从而降低产仔率<sup>[22]</sup>;母猪早期的

$E_2$  含量与产仔数呈负相关<sup>[23]</sup>。本研究中, 试验组母猪血浆中 PRL、LH、PROG 和  $E_2$  含量在妊娠 45 和 75 d 均有所降低, 而在妊娠 105 d 无显著变化, 可能与母猪的妊娠阶段有关; 这是否与益生菌组母猪窝产仔数和窝产活仔数较低有关, 尚需要进一步研究。

血浆 TP 和 ALB 含量可作为衡量机体对蛋白质吸收和代谢状况的指标<sup>[24]</sup>。AST 和 ALT 是参与蛋白质和氨基酸代谢转化的重要转氨酶, 其活性的高低可反映肝细胞或线粒体的损伤程度<sup>[25]</sup>。血浆 UN 含量是衡量机体蛋白质和氨基酸分解代谢状况的重要指标, 当机体氨基酸平衡状况良好时, UN 含量会下降<sup>[26]</sup>。TG 和 TC 含量可在一定程度上反映机体对脂肪的利用情况, 其含量降低则说明脂肪利用率较高; 血浆中 HDL-C 和 LDL-C 与机体脂蛋白代谢转运密切相关。本研究中, 妊娠 45 d 时益生菌组血浆 TP 和 UN 含量呈下降趋势, 而 AST 活性呈增加趋势, 提示饲料添加乳酸菌+酵母菌发酵液影响了母猪对蛋白质和氨基酸的吸收利用, 可能是因为妊娠前期胎儿生长发育缓慢, 母猪对营养物质的吸收利用率较低。饲料添加乳酸菌+酵母菌发酵液显著增加了妊娠 75 d 时母猪血浆 TG 含量以及妊娠 105 d 时 TG 和 TC 含量, 提示母猪对脂质的代谢能力增强。这可能是益生菌产生的功能性寡糖可以加速 TC 的代谢<sup>[27]</sup>, 而益生菌分泌的某类酶可能会促进母体肠道对 TG 的吸收<sup>[28]</sup>; 也可能是因为妊娠中后期胎儿生长速度较快, 添加的益生菌促进了母猪对脂肪的沉积速度, 以满足其胎儿生长发育的能量需要。分娩后 7 d, 益生菌组血浆 TP 含量显著降低, AST 活性和 TG 含量显著增加; 分娩后 21 d, 益生菌组母猪血浆 TC、HDL-C 和 LDL-C 含量显著增加。这在一定程度上可提示母猪在泌乳期对蛋白质和脂肪的代谢能力增强, 可能是因为益生菌促进了泌乳母猪对蛋白质和脂肪等营养物质的吸收利用, 以平衡母猪泌乳期自身营养物质的损耗。

#### 4 结 论

乳酸菌+酵母菌发酵液可通过影响巴马香猪血浆生化指标和繁殖激素的含量, 改善母猪对蛋白质和脂肪等营养物质的吸收利用, 这有利于母猪繁殖性能的提高。

#### 参考文献:

- [ 1 ] ABELL C E, MABRY J W, DEKKERS J C M, et al. Relationship between litters per sow per year sire breeding values and sire progeny means for farrowing rate, removal parity and lifetime born alive[J]. *Journal of Animal Breeding and Genetics*, 2013, 130(1): 64-71.
- [ 2 ] LIAO S F F, NYACHOTI M. Using probiotics to improve swine gut health and nutrient utilization[J]. *Animal Nutrition*, 2017, 3(4): 331-343.
- [ 3 ] UENO K, MATSUMOTO Y, UNO J, et al. Intestinal resident yeast *Candida glabrata* requires Cyb2p-mediated lactate assimilation to adapt in mouse intestine[J]. *PLoS One*, 2011, 6(9): e24759.
- [ 4 ] 赵天智, 周玉照, 李灿荣, 等. 饲料添加益生菌和低聚果糖对育肥猪生长性能、肠道菌群和肠道形态的影响[J]. *中国饲料*, 2018(4): 45-49.
- [ 5 ] 祝永才, 胡兴义, 张双翔, 等. 复合益生菌对早期断奶仔猪生长性能和免疫水平的影响[J]. *中国畜牧兽医*, 2018, 45(6): 1518-1525.
- [ 6 ] 黄艳娜, 兰干球, 蒋钦扬. 广西陆川猪和巴马香猪的分子生物学研究进展[J]. *中国畜牧兽医*, 2014, 41(11): 79-84.
- [ 7 ] 庞国峰. 巴马香猪的开发与饲养[J]. *中国动物保健*, 2016, 18(7): 21-22, 33.
- [ 8 ] TREMAROLI V, BÄCKHED F. Functional interactions between the gut microbiota and host metabolism[J]. *Nature*, 2012, 489(7415): 242-249.
- [ 9 ] FLORES R, SHI J X, FUHRMAN B, et al. Fecal microbial determinants of fecal and systemic estrogens and estrogen metabolites: a cross-sectional study[J]. *Journal of Translational Medicine*, 2012, 10(1): 253.
- [ 10 ] JEONG J, KIM J, LEE S, et al. Evaluation of *Bacillus subtilis* and *Lactobacillus acidophilus* probiotic supplementation on reproductive performance and noxious gas emission in sows[J]. *Annals of Animal Science*, 2015, 15(3): 699-710.
- [ 11 ] 张吉鹏, 刘俊, 孙国平, 等. 益生菌对母猪胎盘厚度与产仔数关系的影响研究[J]. *饲料与畜牧*, 2019(2): 85-87.
- [ 12 ] DECLERCK I, DEWULF J, SARRAZIN S, et al. Long-term effects of colostrum intake in piglet mortality and performance[J]. *Journal of Animal Science*, 2016, 94(4): 1633-1643.
- [ 13 ] BRITTON R A, VERSALOVIC J. Probiotics and gastrointestinal infections[J]. *Interdisciplinary Perspec-*

- tives on Infectious Diseases, 2008, 2008:290769.
- [14] LIU S T, HOU W X, CHENG S Y, et al. Effects of dietary citric acid on performance, digestibility of calcium and phosphorus, milk composition and immunoglobulin in sows during late gestation and lactation [J]. *Animal Feed Science and Technology*, 2014, 191:67-75.
- [15] 田时祎, 王珏, 汪晶, 等. 早期低聚半乳糖干预对哺乳仔猪回肠形态、功能发育相关基因及回肠菌群的影响[J]. *南京农业大学学报*, 2018, 41(5):917-924.
- [16] SEYFANG J, LANGENDIJK P, CHEN T Y, et al. Human chorionic gonadotrophin in early gestation induces growth of estrogenic ovarian follicles and improves primiparous sow fertility during summer [J]. *Animal Reproduction Science*, 2016, 172:21-25.
- [17] STRATHE A V, BRUUN T S, HANSEN C F. Sows with high milk production had both a high feed intake and high body mobilization [J]. *Animal*, 2017, 11(11):1913-1921.
- [18] EVANS J M, MORRIS L S, MARCHESI J R. The gut microbiome; the role of a virtual organ in the endocrinology of the host [J]. *Journal of Endocrinology*, 2013, 218(3):R37-R47.
- [19] ESBONNET L, CLARKE G, TRAPLIN A, et al. Gut microbiota depletion from early adolescence in mice; implications for brain and behaviour [J]. *Brain, Behavior, and Immunity*, 2015, 48:165-173.
- [20] RIDLON J M, IKEGAWA S, ALVES J M P, et al. *Clostridium scindens*: a human gut microbe with a high potential to convert glucocorticoids into androgens [J]. *Journal of Lipid Research*, 2013, 54(9):2437-2449.
- [21] NURIEL-OHAYON M, NEUMAN H, ZIV O, et al. Progesterone increases *Bifidobacterium* relative abundance during late pregnancy [J]. *Cell Reports*, 2019, 27(3):730-736.e3.
- [22] LIU M B, XU S R, HE Y, et al. Diverse vaginal microbiomes in reproductive-age women with vulvovaginal candidiasis [J]. *PLoS One*, 2013, 8(11):e79812.
- [23] 黄红英, 贺建华, 范志勇, 等. 母猪日粮中支链氨基酸水平对仔猪血液生化指标和部分免疫指标的影响 [J]. *饲料工业*, 2007, 28(21):24-26.
- [24] 杨海英, 杨在宾, 杨维仁, 等. 益生菌和低聚木糖对断奶仔猪生产性能、消化酶活性、血液指标和肠道微生物的影响 [J]. *中国兽医学报*, 2009, 29(7):914-919.
- [25] 李瑞, 侯改凤, 黄其永, 等. 德氏乳杆菌对哺乳仔猪生长性能、血清生化指标、免疫和抗氧化功能的影响 [J]. *动物营养学报*, 2013, 25(12):2943-2950.
- [26] GADHIA M M, MALISZEWSKI A M, O' MEARA M C, et al. Increased amino acid supply potentiates glucose-stimulated insulin secretion but does not increase  $\beta$ -cell mass in fetal sheep [J]. *American Journal of Physiology: Endocrinology and Metabolism*, 2013, 304(4):E352-E362.
- [27] WANG H S, NI X Q, QING X D, et al. Live probiotic *Lactobacillus johnsonii* BS15 promotes growth performance and lowers fat deposition by improving lipid metabolism, intestinal development, and gut microflora in broilers [J]. *Frontiers in Microbiology*, 2017, 8:1073.
- [28] FABERSANI E, ABEIJON-MUKDSI M C, ROSS R, et al. Specific strains of lactic acid bacteria differentially modulate the profile of adipokines *in vitro* [J]. *Frontiers in Immunology*, 2017, 8:266.



## Effects of Dietary *Lactobacillus* and Yeast Fermentation Broth on Reproductive Performance, Colostrum Composition and Plasma Biochemical Indexes of Sows

MA Cui<sup>1,2</sup> GAO Qiankun<sup>1</sup> ZHANG Wanghong<sup>1,2</sup> ZHU Qian<sup>1,2</sup> KONG Xiangfeng<sup>1\*</sup>

(1. Key Laboratory of Agro-Ecological Processes in Subtropical Region, Hunan Provincial Key Laboratory of Animal Nutritional Physiology and Metabolic Process, Institute of Subtropical Agriculture, Chinese Academy of Sciences, Changsha 410125, China; 2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

**Abstract:** This study was conducted to explore the effects of dietary *Lactobacillus*+yeast fermentation broth on reproductive performance, colostrum composition and plasma biochemical indexes of sows. A total of 32 pregnant *Bama* mini-pigs with the similar body condition during three to seven parities were used and randomly allocated to two groups with 16 sows per group. The sows in the control group were fed a basal diet, and those in the experiment group were fed the basal diet supplemented with *Lactobacillus* + yeast fermentation broth [200 mL/(d · pig)]. The trial period was from mating to postpartum 21 d. On the day of birth, the litter size and alive litter size were recorded, as well as the litter birth weight of piglets. The body weight of the piglets was individually weighed to calculate the average body weight at 1, 7 and 21 days of age, respectively. Twelve sows were randomly selected from each group, and colostrum was collected within 12 h after delivery to determine milk composition. Eight sows were randomly selected from each group on 45, 75, and 105 d of pregnancy and 7 and 21 d of postpartum, respectively, and blood samples were collected by precaval vein into heparin coated-tubes to obtain the plasma for further analysis of reproductive hormones contents and plasma biochemical indexes. The results showed that, compared with the control group, after adding *Lactobacillus*+yeast fermentation broth in the diet, the average birth weight of piglets significantly increased ( $P<0.05$ ), as well as the lactose content ( $P<0.05$ ), on the pregnancy 75 d, the plasma contents of prolactin (PRL), luteinizing hormone (LH), progesterone (PROG) and estradiol ( $E_2$ ) significantly decreased ( $P<0.05$ ), but plasma triglyceride (TG) content significantly increased ( $P<0.05$ ); on the pregnancy 75 d, the plasma content of TG and total cholesterol (TC) significantly increased ( $P<0.05$ ); on the lactation 7 d, the plasma content of total protein significantly decreased ( $P<0.05$ ), while the plasma TG content and aspartate aminotransferase activity significantly increased ( $P<0.05$ ); on the lactation 21 d, the plasma content of TC, high density lipoprotein-cholesterol and low density lipoprotein-cholesterol significantly increased ( $P<0.05$ ). Collectively, these findings suggest that dietary *Lactobacillus*+yeast fermentation broth can affect plasma biochemical indexes and reproductive hormone contents, improve the uptake and utilization of nutrients, which is beneficial to the improvement of sow reproductive performance. [*Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2020, 32(1):129-137]

**Key words:** probiotics; *Bama* mini-pigs; reproductive performance; colostrum composition; plasma biochemical indexes