

# 丙氨酰谷氨酰胺二肽对哺乳仔猪生长性能、小肠形态学和血清生化指标的影响

袁雪波<sup>1</sup> 马黎<sup>2</sup> 陈克嶙<sup>1</sup> 谭丽勤<sup>1</sup> 陈恒灿<sup>1</sup> 郭荣富<sup>1\*</sup>

(1. 云南农业大学云南省动物营养与饲料重点实验室, 昆明 650201; 2. 云南农业职业技术学院, 昆明 650212)

**摘要:** 本试验旨在通过研究丙氨酰谷氨酰胺(Ala-Gln)二肽对哺乳仔猪生长性能、小肠形态学、血清生化指标的影响,以探讨 Ala-Gln 二肽提高哺乳仔猪健康和改善生长潜力的可能机制。选用体重、胎次、产仔数、泌乳量接近的 8 头健康云南纯种撒坝母猪所产的 14 日龄仔猪 86 头为试验对象,以窝为单位,将 8 窝仔猪随机分为 2 组,每组 4 窝,对照组 42 头补饲基础饲粮,试验组 44 头补饲试验饲粮(基础饲粮+0.3% Ala-Gln 二肽)。试验期为 21 d。结果表明:1)在哺乳仔猪饲粮中添加 Ala-Gln 二肽,显著提高了 35 日龄仔猪断奶平均体重( $P < 0.05$ ),极显著提高了 14~35 日龄仔猪平均日增重 17.25%、平均日采食量 31.66% ( $P < 0.01$ );试验组在试验期间各周的腹泻率均显著或极显著低于对照组( $P < 0.05$  或  $P < 0.01$ )。2)试验组 28 日龄仔猪十二指肠绒毛高度显著高于对照组( $P < 0.05$ ),隐窝深度显著低于对照组( $P < 0.05$ );空肠绒毛高度显著高于对照组( $P < 0.05$ );在回肠上,试验组与对照组无显著差异( $P > 0.05$ )。3)添加外源 Ala-Gln 二肽显著降低了 28 日龄仔猪血清尿素氮含量,极显著或显著提高了血清谷丙转氨酶( $P < 0.01$ )、碱性磷酸酶活性( $P < 0.05$ ),极显著提高了空肠黏膜总二糖酶活性( $P < 0.01$ ),对总蛋白、白蛋白、葡萄糖、肌酐含量,乳酸脱氢酶、肌酸激酶、 $\text{Na}^+ - \text{K}^+ - \text{ATP}$  酶活性均无显著影响( $P > 0.05$ )。结果提示:在哺乳仔猪补料中添加外源性 Ala-Gln 二肽,可改善仔猪早期肠道结构与功能,提高生长潜力。

**关键词:** 哺乳仔猪;丙氨酰谷氨酰胺二肽;生长性能;小肠形态学

中图分类号:S816.7

文献标识码:A

文章编号:1006-267X(2011)01-0094-08

近年来,谷氨酰胺(Gln)应用于断奶仔猪的研究已有一些报道,但 Gln 二肽,尤其是丙氨酰谷氨酰胺(Ala-Gln)二肽作为外源添加剂应用于哺乳仔猪的研究未见报道。以往研究表明,Gln 是母乳中含量最丰富的游离氨基酸<sup>[1]</sup>,对哺乳仔猪的健康与生长具有重要影响,NRC(1998)提出 Gln 可能是仔猪生长的条件性必需氨基酸。由于 Gln 在水中的溶解度低(35 g/L, 20 ℃),不稳定,易转化为有毒的焦谷氨酸和氨,对热敏感,且吸收率低,在饲料中所需的适宜添加量大,从而限制了它的应用<sup>[2]</sup>。而 Ala-Gln 二肽稳定性和溶解度(568 g/L)

远远高于 Gln 单体<sup>[3]</sup>,在饲料中的添加量低。在目前养猪生产中,哺乳仔猪存在的主要营养问题是其受母猪泌乳量和乳成分的限制,使断奶仔猪不能充分发挥生长潜力。因此,如何提高仔猪早期断奶体重,获得健康的断奶仔猪是现代仔猪培育的关键环节。本试验在哺乳仔猪补料中引入外源性 Ala-Gln 二肽,探讨其对 14~35 日龄哺乳仔猪生长性能、小肠形态结构和血清生化指标的影响,为改善哺乳仔猪健康和对其进行生长调控提供理论依据。

收稿日期:2010-07-01

基金项目:云南省教育厅科学研究基金项目(08y0396)

作者简介:袁雪波(1984—),男,云南陆良人,硕士研究生,主要从事单胃动物营养与饲料科学研究。E-mail: ynbo2005@163.com

\* 通讯作者:郭荣富,教授,博士生导师,E-mail: rongfug@163.com

## 1 材料与方法

### 1.1 试验设计

选用第4胎次、体重和产仔数相近、第3胎泌乳量接近5.6 kg左右、健康的云南撒坝纯种母猪8头,与撒坝纯种公猪配种,以其F1代86头哺乳仔猪[初生日龄:(114±2)日龄,平均初生重:(0.857±0.090) kg]为试验对象,以窝为单位,将8窝仔猪随机分为2组,每组4窝,对照组中的2窝每窝各10头,另2窝每窝各11头,共42头补饲基础饲粮,试验组每窝11头,共44头补饲试验饲粮(基础饲粮+0.3% Ala-Gln二肽),14日龄开始试验,至35日龄断奶结束,试验期为21 d。Ala-Gln二肽由天津天成制药公司提供,纯度为99.5%。

### 1.2 试验饲粮

参考美国NRC(1998)猪营养需要,综合考虑中国本地猪种的营养水平配制基础饲粮(表1),在此基础上,根据试验设计的目的和要求,添加0.3% Ala-Gln二肽配制试验饲粮。

### 1.3 饲养管理

消毒、免疫、饲养管理按猪场常规程序操作,参照妊娠和哺乳母猪饲养管理要求进行。哺乳仔猪采取少量勤添的原则饲喂。

### 1.4 样品的采集和保存

血清制备:于14日龄和28日龄时,所有仔猪经前腔静脉采血5 mL,制备血清,将样品保存于-20℃冰箱中备用。

组织取样:于仔猪28日龄时,每窝随机选1头仔猪屠宰,每头仔猪各取十二指肠、空肠、回肠3 cm,放入固定液中,制作组织切片,用于小肠形态学观察。再从空肠中部取20 cm肠段,刮取黏膜装入5 mL冻存管,迅速放入液氮中,冷冻后转入-80℃冰箱,待测空肠黏膜酶活性。

### 1.5 测定指标与方法

生长性能测定:分别于14日龄(试验开始时)、21日龄、28日龄和35日龄时称重,统计饲料摄入量,计算平均日增重(ADG)、平均日采食量(ADFI);试验开始后,以窝为单位观察记录腹泻情况,计算腹泻率,腹泻率(%)=(腹泻头数/总头数)×100。

表1 基础饲粮组成及营养水平(风干基础)

Table 1 Composition and nutrient levels of the basal diet (air-dry basis)

项目 Items	含量 Content	%
原料 Ingredients		
玉米 Corn	45.88	
全脂大豆粉 Whole soybean meal	24.00	
鱼粉 Fish meal	4.00	
乳清粉 Whey powder	18.00	
喷雾干燥猪血浆 Spray-dried porcine plasma	4.00	
赖氨酸 Lys	0.72	
蛋氨酸 Met	0.21	
苏氨酸 Thr	0.19	
食盐 NaCl	0.30	
碳酸钙 CaCO <sub>3</sub>	0.50	
磷酸氢钙 CaHPO <sub>4</sub>	1.20	
预混料 Premix	1.00	
合计 Total	100.00	
营养水平 Nutrient levels		
消化能 DE/(MJ/kg)	14.52	
粗蛋白质 CP	19.41	
钙 Ca	0.90	
有效磷 AP	0.55	
真可消化赖氨酸 TDlys	1.34	
真可消化含硫氨基酸 TDSAA	0.76	
真可消化苏氨酸 TDThr	0.84	
真可消化色氨酸 TDTrp	0.22	

预混料可为每千克饲粮提供 The premix provided following per kg of diet: Fe 120mg, Cu 200 mg, Mn 80 mg, Zn 100 mg, I 0.3 mg, Se 0.3 mg, VA 12 000 IU, VD<sub>3</sub> 3 000 IU, VE 28 IU, VK<sub>3</sub> 5 mg, VB<sub>1</sub> 3 mg, VB<sub>2</sub> 8 mg, 泛酸 pantothenic acid 22 mg, 氯化胆碱 choline chloride 0.024 g, 烟酸 nicotinic acid 40 mg, VB<sub>6</sub> 2 mg, 叶酸 folic acid 1 mg, VB<sub>12</sub> 0.04 mg, 生物素 biotin 0.2 mg。

小肠形态学观察:将样品按常规组织切片的要求进行脱水、透明、浸蜡、包埋、切片与粘片、脱蜡、染色、脱水、透明、封片等步骤,制作完成后,然后在100倍光镜下用测微尺测量20根最长绒毛的高度和相应的隐窝深度。

血清生化指标:采用考马斯亮兰法测定总蛋白(TP)含量;溴甲酚绿比色法测定白蛋白(ALB)含量;二乙酰一肟法测定尿素氮(UN)含量;氧化酶法测定葡萄糖(GLU)含量,苦味酸法测定肌酐(Cr)含量;赖氏法测定谷丙转氨酶(GPT)活性;比

色法测定碱性磷酸酶 (AKP)、乳酸脱氢酶 (LDH)、肌酸激酶 (CK) 活性。

空肠黏膜酶活测定: 采用比色法测定  $\text{Na}^+ - \text{K}^+ - \text{ATP}$  酶和总二糖酶 (total disaccharidase, TD) 的活性, 考马斯亮蓝法测定组织匀浆中蛋白含量。上述检测试剂盒由南京建成生物工程研究所提供, 操作严格按照试剂盒说明书测定。

### 1.6 统计分析

试验数据采用 SAS 统计软件进行  $t$  检验, 结果用“平均值  $\pm$  标准差”表示。

## 2 结果与分析

### 2.1 Ala-Gln 二肽对哺乳仔猪生长性能的影响

从表 2 可见, 在 21 日龄、28 日龄和 35 日龄, 试验组哺乳仔猪的平均体重均高于对照组, 在 35 日龄时达到显著水平 ( $P < 0.05$ ), 显著提高 8.44%, 在平均日增重上, 14 ~ 35 日龄时, 试验组比对照组高达 17.25% ( $P < 0.01$ ); 试验组 14 ~ 35 日龄哺乳仔猪平均日采食量比对照组提高了 31.66% ( $P < 0.01$ )。

表 2 Ala-Gln 二肽对哺乳仔猪生长性能的影响

Table 2 Effects of Ala-Gln dipeptide on growth performance of suckling piglets

项目 Items	对照组 Control group	试验组 Test group
平均体重 ABW/kg		
14 日龄 14 days of age	2.08 $\pm$ 0.24	2.03 $\pm$ 0.18
21 日龄 21 days of age	2.67 $\pm$ 0.27	2.70 $\pm$ 0.22
28 日龄 28 days of age	3.55 $\pm$ 0.29	3.61 $\pm$ 0.26
35 日龄 35 days of age	4.50 $\pm$ 0.38 <sup>b</sup>	4.88 $\pm$ 0.33 <sup>a</sup>
平均日增重 ADG/g		
14 ~ 21 日龄 14 to 21 days of age	84.57 $\pm$ 6.27	95.00 $\pm$ 7.15
22 ~ 28 日龄 22 to 28 days of age	125.57 $\pm$ 9.82	131.00 $\pm$ 11.34
29 ~ 35 日龄 29 to 35 days of age	137.00 $\pm$ 10.14 <sup>B</sup>	181.00 $\pm$ 12.28 <sup>A</sup>
14 ~ 35 日龄 14 to 35 days of age	115.71 $\pm$ 9.15 <sup>B</sup>	135.67 $\pm$ 10.29 <sup>A</sup>
平均日采食量 ADFI/g		
14 ~ 21 日龄 14 to 21 days of age	15.14 $\pm$ 2.63	16.60 $\pm$ 2.22
22 ~ 28 日龄 22 to 28 days of age	23.46 $\pm$ 3.46 <sup>b</sup>	30.85 $\pm$ 3.35 <sup>a</sup>
29 ~ 35 日龄 29 to 35 days of age	41.65 $\pm$ 4.81 <sup>B</sup>	58.21 $\pm$ 5.27 <sup>A</sup>
14 ~ 35 日龄 14 to 35 days of age	26.75 $\pm$ 3.14 <sup>B</sup>	35.22 $\pm$ 3.68 <sup>A</sup>

同行数据肩注不同小写字母表示差异显著 ( $P < 0.05$ ), 不同大写字母表示差异极显著 ( $P < 0.01$ ), 相同字母或无字母表示差异不显著 ( $P > 0.05$ )。下表同。

In the same row, values with different small letter superscripts mean significant difference ( $P < 0.05$ ), and with different capital letter superscripts mean significant difference ( $P < 0.01$ ), while with the same or no letter superscripts mean no significant difference ( $P > 0.05$ ). The same as below.

### 2.2 Ala-Gln 二肽对哺乳仔猪腹泻率的影响

表 3 结果显示, 试验组各阶段哺乳仔猪的腹泻率均显著或极显著低于对照组 ( $P < 0.05$  或  $P < 0.01$ )。在 14 ~ 21 日龄、22 ~ 28 日龄、29 ~ 35 日

龄时, 试验组哺乳仔猪腹泻率分别比对照组降低了 21.46% ( $P < 0.05$ )、26.92% ( $P < 0.01$ )、42.12% ( $P < 0.01$ )。试验组 14 ~ 35 日龄哺乳仔猪腹泻率降低了 29.41% ( $P < 0.05$ )。

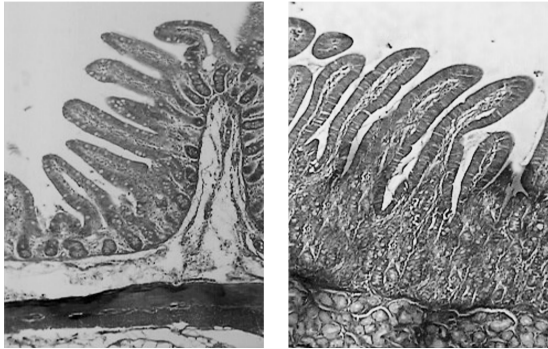
表 3 Ala-Gln 二肽对哺乳仔猪腹泻率的影响

Table 3 Effects of Ala-Gln dipeptide on diarrhea rate of suckling piglets

项目 Items	对照组 Control group	试验组 Test group
14 ~ 21 日龄 14 to 21 days of age	18.92 $\pm$ 2.22 <sup>a</sup>	14.86 $\pm$ 2.17 <sup>b</sup>
22 ~ 28 日龄 22 to 28 days of age	17.57 $\pm$ 1.87 <sup>A</sup>	12.84 $\pm$ 1.54 <sup>B</sup>
29 ~ 35 日龄 29 to 35 days of age	15.22 $\pm$ 1.07 <sup>A</sup>	8.81 $\pm$ 1.12 <sup>B</sup>
14 ~ 35 日龄 14 to 35 days of age	17.24 $\pm$ 2.27 <sup>a</sup>	12.17 $\pm$ 3.02 <sup>b</sup>

### 2.3 Ala-Gln 二肽对哺乳仔猪小肠形态学的影响

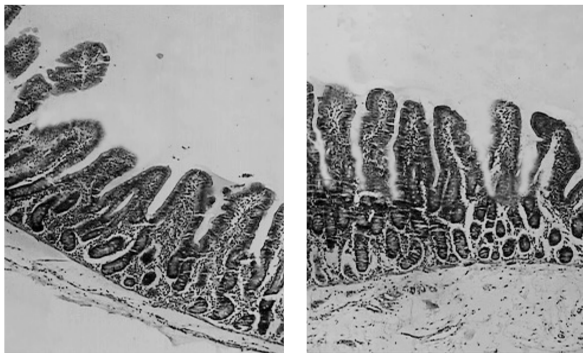
通过小肠形态学观察发现,试验组哺乳仔猪十二指肠和空肠绒毛高度明显高于对照组,而隐窝深度明显低于对照组(图 1、图 2),而 2 组间回肠的绒毛高度与隐窝深度均无明显差异(图 3)。



对照组 Control group      试验组 Test group

图 1 28 日龄哺乳仔猪十二指肠光镜下形态学比较

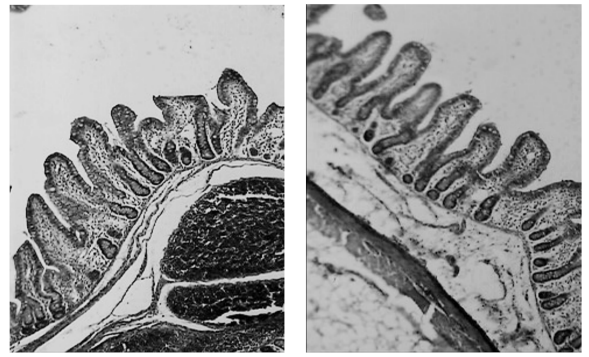
Fig. 1 Comparison of duodenal morphology of suckling piglets aged 28 days under optical microscope ( $\times 100$ )



对照组 Control group      试验组 Test group

图 2 28 日龄哺乳仔猪空肠光镜下形态学比较

Fig. 2 Comparison of jejunal morphology of suckling piglets aged 28 days under optical microscope ( $\times 100$ )



对照组 Control group      试验组 Test group

图 3 28 日龄哺乳仔猪回肠光镜下形态学比较

Fig. 3 Comparison of ileal morphology of suckling piglets aged 28 days under optical microscope ( $\times 100$ )

由表 4 可知,试验组哺乳仔猪十二指肠绒毛高度显著高于对照组( $P < 0.05$ ),隐窝深度显著低于对照组( $P < 0.05$ ),绒毛高度与隐窝深度的比值显著大于对照组( $P < 0.05$ )。试验组空肠绒毛高度显著高于对照组( $P < 0.05$ ),隐窝深度略低于对照组( $P > 0.05$ )。在回肠上,试验组与对照组无显著差异( $P > 0.05$ )。

### 2.4 Ala-Gln 二肽对哺乳仔猪血清生化指标的影响

表 5 结果显示,在 14 日龄时,试验组哺乳仔猪血清生化指标与对照组均差异不显著( $P > 0.05$ )。在 28 日龄时,试验组哺乳仔猪血清尿素氮含量显著降低( $P < 0.05$ ),比对照组降低了 14.66%;GPT 和 AKP 活性极显著或显著升高( $P < 0.01$  或  $P < 0.05$ );虽然试验组 GLU 和 Cr 含量与对照组比有所升高,LDH、CK 活性有所下降,但其差异均未达到显著水平( $P > 0.05$ )。

表 4 Ala-Gln 二肽对哺乳仔猪小肠黏膜形态的影响(28 日龄)

Table 4 Effects of Ala-Gln dipeptide on small intestinal mucosa morphology of suckling piglets (28 d)

项目 Items	对照组 Control group	试验组 Test group
十二指肠绒毛高度 Duodenal villus height	301.87 ± 33.59 <sup>a</sup>	322.14 ± 30.24 <sup>b</sup>
十二指肠隐窝深度 Duodenal crypt depth	170.50 ± 20.67 <sup>a</sup>	153.83 ± 13.53 <sup>b</sup>
十二指肠绒毛高度/隐窝深度 Duodenal villus height/crypt depth	1.77 ± 0.09 <sup>b</sup>	2.09 ± 0.16 <sup>a</sup>
空肠绒毛高度 Jejunal villus height	277.90 ± 26.37 <sup>b</sup>	292.03 ± 23.08 <sup>a</sup>
空肠隐窝深度 Jejunal crypt depth	147.55 ± 15.39	143.80 ± 12.32
空肠绒毛高度/隐窝深度 Jejunal villus height/crypt depth	1.88 ± 0.33	1.98 ± 0.05
回肠绒毛高度 Ileal villus height	265.76 ± 20.73	270.30 ± 25.73
回肠隐窝深度 Ileal crypt depth	156.35 ± 12.06	158.78 ± 18.28
回肠绒毛高度/隐窝深度 Ileal villus height/crypt depth	1.69 ± 0.06	1.70 ± 0.34

表 5 Ala-Gln 二肽对哺乳仔猪血清生化指标的影响

Table 5 Effects of Ala-Gln dipeptide on serum biochemical indices of suckling piglets

项目 Items	日龄 Days of age/d	对照组 Control group	试验组 Test group
总蛋白 TP/(g/L)	14	43.40 ± 1.76	42.70 ± 1.65
	28	49.59 ± 2.48	51.08 ± 3.49
白蛋白 ALB/(g/L)	14	22.27 ± 1.31	22.70 ± 1.30
	28	25.90 ± 2.42	28.14 ± 3.85
尿素氮 UN/(mmol/L)	14	7.23 ± 0.21	7.14 ± 0.33
	28	4.57 ± 0.38 <sup>a</sup>	3.90 ± 0.32 <sup>b</sup>
谷丙转氨酶 GPT/(U/L)	14	7.72 ± 0.54	7.69 ± 0.33
	28	8.18 ± 0.61 <sup>B</sup>	9.52 ± 0.80 <sup>A</sup>
葡萄糖 GLU/(mg/dL)	14	76.93 ± 4.43	74.47 ± 3.42
	28	89.21 ± 5.94	92.08 ± 5.46
碱性磷酸酶 AKP/(U/L)	14	343.42 ± 10.79	340.99 ± 9.61
	28	368.83 ± 23.38 <sup>b</sup>	397.75 ± 29.45 <sup>a</sup>
肌酐 Cr/(mg/L)	14	10.59 ± 0.45	10.78 ± 0.67
	28	10.88 ± 1.07	11.11 ± 0.74
乳酸脱氢酶 LDH/(U/L)	14	2 959.42 ± 46.68	2 980.74 ± 85.15
	28	2 602.41 ± 154.29	2 492.77 ± 128.07
肌酸激酶 CK/(U/mL)	14	15.50 ± 0.95	15.89 ± 0.88
	28	13.36 ± 1.29	12.50 ± 1.04

## 2.5 Ala-Gln 二肽对哺乳仔猪空肠黏膜酶活性的影响

表 6 结果显示,哺乳仔猪 28 日龄时,试验组与对照组空肠黏膜 Na<sup>+</sup>-K<sup>+</sup>-ATP 酶活性未达到显著

差异 ( $P > 0.05$ ),但在总二糖酶活性上,试验组极显著高于对照组 ( $P < 0.01$ ),比对照组提高了 11.07%。

表 6 Ala-Gln 二肽对哺乳仔猪空肠黏膜酶活性影响 (28 日龄)

Table 6 Effects of Ala-Gln dipeptide on jejunal mucosal enzyme activities of suckling piglets (28 d)

项目 Items	对照组 Control group	试验组 Test group
Na <sup>+</sup> -K <sup>+</sup> -ATP 酶 Na <sup>+</sup> -K <sup>+</sup> -ATPase/[ $\mu\text{mol}/(\text{mg} \cdot \text{h})$ ]	1.68 ± 0.21	1.61 ± 0.13
总二糖酶 Total disaccharidase/(U/mg)	89.26 ± 3.55 <sup>B</sup>	99.14 ± 5.18 <sup>A</sup>

## 3 讨论

### 3.1 Ala-Gln 二肽改善哺乳仔猪的生长潜力

云南撒坝母猪的泌乳量普遍较低,成为制约仔猪生长潜力的重要因素。据测定,纯种撒坝母猪产后 5~35 日龄,平均日泌乳量为 5.4~5.8 kg,对比发现,其泌乳量仅是外种猪的 1/2 左右<sup>[4-5]</sup>。本试验中,在哺乳期仔猪补料中添加 Ala-Gln 二肽显著提高了仔猪 35 日龄断奶体重,极显著提高了试验全期(14~35 日龄)的平均日增重和平均日采食量,显著降低了腹泻率,表明引

入 Ala-Gln 二肽可以改善哺乳仔猪的生长性能,获得较大的断奶体重。据报道,当母猪的泌乳量较大时,给仔猪饲喂教槽料对仔猪断奶前生长率的影响可能很小,但是当母猪泌乳量较低时,仔猪会采食更多的教槽料<sup>[6]</sup>。汪官保<sup>[7]</sup>在 7~21 日龄哺乳仔猪饲料中添加 2% 的血浆蛋白粉或 4% 的植物活性肽,结果显著提高了仔猪平均日增重,显著降低了腹泻率,并显著提高了十二指肠和空肠胰蛋白酶、脂肪酶和淀粉酶活性,与本试验添加 Ala-Gln 二肽对平均日采食量和断奶体重的影响趋于一致。

### 3.2 Ala-Gln 二肽促进哺乳仔猪小肠结构和功能发育

Gln 是母猪乳汁中含量最丰富的游离氨基酸,是快速增殖细胞的主要能量来源,被称为仔猪生长的条件性必需氨基酸。当仔猪肠上皮中来自血浆和肌肉中的母源性 Gln 不足以维持上皮细胞的完整性时,会导致肠道组织结构发生明显变化,表现为小肠黏膜绒毛高度降低,隐窝深度变深,肠黏膜细胞增殖能力下降,从而影响小肠对营养物质的消化吸收<sup>[8]</sup>。研究表明,在饲料中添加 Gln 可以明显改善由于仔猪应激、抵抗力下降所造成的损害,可防止仔猪肠绒毛萎缩,维持肠道正常的形态和结构<sup>[9]</sup>。Reeds 等<sup>[10]</sup>报道,在正常生理状态下,Gln 是肠道黏膜细胞增生和分化的能量来源,当动物处于应激状态时,肠道对 Gln 的吸收显著增加,此时添加外源性 Gln,可显著改善小肠绒毛的生长发育,减少小肠上皮细胞的损伤<sup>[11]</sup>。本试验结果表明,在哺乳仔猪补料中引入外源性 Ala-Gln 二肽,可使十二指肠绒毛高度比对照组显著升高 6.71%,隐窝深度则较对照组显著降低达 9.78%,结果显示,添加 Ala-Gln 二肽有利于改善哺乳仔猪肠道结构,提高小肠对营养物质的消化吸收。

### 3.3 哺乳仔猪血清生化指标的变化

血清中总蛋白、白蛋白、尿素氮被认为是反映仔猪机体蛋白质代谢或体内氨基酸平衡的较好指标,而血清尿素氮的含量可以较好地反映动物体内蛋白质代谢和氨基酸之间的平衡状况,氨基酸平衡良好时,血清尿素氮含量下降<sup>[12]</sup>。GPT 活性与猪日增重呈正相关,可反映仔猪对蛋白质的代谢效率。本试验中,添加 Ala-Gln 二肽使 28 日龄哺乳仔猪血清总蛋白、白蛋白含量存在升高的趋势,且试验组尿素氮含量显著低于对照组,GPT 活性则极显著高于对照组,表明引入 Ala-Gln 二肽有利于哺乳仔猪体内蛋白质代谢和氨基酸平衡。

血糖是动物进行生命活动的直接能量来源。血清 GLU 含量的适宜升高有助于提高动物的免疫力和抵御外部逆境的影响,减少动物的不良应激。AKP 的功能是加速物质的摄取和转运,为 ADP 磷酸转化为 ATP 提供更多所需的无机磷酸<sup>[13]</sup>。LDH 是糖酵解途径中重要的酶,当机体发生损伤、病变、不良反应等疾病时,血清中 LDH

的活性升高。LDH 催化的反应是碳水化合物代谢中无氧酵解的最终反应。在骨骼肌中糖酵解产生的丙酮酸在 LDH 作用下还原成乳酸,产生 ATP 供能。Cr 是肌细胞能量代谢的产物,血清中 Cr 含量的增高也反映了肌细胞内能量代谢的加强。CK 的功能是催化 ATP 中的高能磷酸键转移到肌酸分子上,生成磷酸肌酸而储存能量<sup>[14]</sup>。本试验结果表明,添加外源性 Ala-Gln 二肽后,28 日龄哺乳仔猪血清 GLU 和 Cr 含量有升高的趋势,LDH、CK 活性有下降的趋势,而 AKP 活性显著升高,表明 Ala-Gln 二肽通过影响哺乳仔猪能量代谢中的关键酶活性,而对仔猪机体能量物质的摄取和转运产生有利影响。

### 3.4 哺乳仔猪空肠黏膜酶活性变化

$\text{Na}^+ - \text{K}^+ - \text{ATP}$  酶在生理条件下又称依赖 ATP 的膜结合蛋白酶,它是细胞的主要离子泵,控制着细胞内的主要离子浓度,为营养素的转运提供动力。肠黏膜对 GLU、氨基酸等物质的运输正是通过这种自发性主动转运进行的。本试验结果显示,Ala-Gln 二肽对 28 日龄哺乳仔猪  $\text{Na}^+ - \text{K}^+ - \text{ATP}$  酶活性无显著影响。

Uni 等<sup>[15]</sup>证明二糖不能被小肠直接吸收利用。小肠二糖酶在碳水化合物的利用方面起着至关重要的作用<sup>[16]</sup>。许梓荣等<sup>[17]</sup>报道,仔猪二糖酶主要分布于空肠中,其中以空肠中段二糖酶活性最高。在本试验中,空肠黏膜总二糖酶活性极显著高于对照组。蒋宗勇等<sup>[18]</sup>在 4 日龄仔猪饲料中添加 1.0% 单体 Gln,14 日龄时,仔猪空肠蔗糖酶、麦芽糖酶、乳糖酶活性与对照组相比,其差异达到显著水平。本试验使用 Ala-Gln 二肽,添加量为 0.30%,极显著提高总二糖酶活性达 11.07%。结果显示,对哺乳仔猪引入 Ala-Gln 二肽,有利于增强其肠道对二糖的分解,从而提高能量物质的吸收、转化和利用。

## 4 结 论

① 在哺乳仔猪补料中添加外源性 Ala-Gln 二肽,可显著提高 35 日龄仔猪断奶平均体重,显著降低 14 ~ 35 日龄腹泻率,表明 Ala-Gln 二肽可以改善哺乳仔猪的生长潜力。

② 添加外源性 Ala-Gln 二肽,使 28 日龄哺乳仔猪十二指肠、空肠绒毛高度显著升高,十二指肠隐窝深度显著下降,提示引入 Ala-Gln 二肽能

改善哺乳仔猪早期肠道的结构和功能。

③ 外源性 Ala-Gln 二肽的添加显著或极显著提高了血清 AKP、GPT 和空肠黏膜总二糖酶活性。

#### 参考文献:

- [ 1 ] WU G Y, MEIER S A, KNABE D A. Dietary glutamine supplementation prevents jejunal atrophy in weaned pigs [ J ]. *The Journal of Nutrition*, 1996 ( 126 ): 2578 - 2584.
- [ 2 ] MURAKAMI A E, SAKAMOTO M I, NATALI M R M, et al. Supplementation of glutamine and vitamin E on the morphometry of the intestinal mucosa in broiler chickens [ J ]. *Poultry Science*, 2007, 86: 488 - 495.
- [ 3 ] 桑剑锋. 丙氨酰谷氨酰胺二肽的代谢及在肠外营养中的应用 [ J ]. *肠外与肠内营养*, 2001, 8 ( 1 ): 46 - 50.
- [ 4 ] 王德青, 王世强. 三个引进品种母猪泌乳力的比较 [ J ]. *黄山学院学报*, 2005, 7 ( 6 ): 96 - 98.
- [ 5 ] 马彦博, 白东英, 王芸, 等. 大约克夏母猪泌乳力的测定和泌乳行为的观测试验 [ J ]. *黑龙江畜牧兽医*, 2004 ( 8 ): 31 - 32.
- [ 6 ] 苏振环. *现代养猪实用百科全书* [ M ]. 北京: 中国农业出版社, 2004.
- [ 7 ] 汪官保. 植物活性肽对哺乳仔猪生长性能的影响及其促生长机理的研究 [ D ]. 硕士学位论文. 西宁: 青海大学, 2007.
- [ 8 ] MOISE C, SOPHIE C, BERNADETTE H, et al. Enteral glutamine stimulates protein synthesis and decreases ubiquitin mRNA level in human gut mucosa [ J ]. *American Journal of Physiology-Gastrointestinal and Liver Physiology*, 2003, 285: 266 - 273.
- [ 9 ] TUHACEK L M, MACKAY A D, LI N, et al. Substitutes for glutamine in proliferation of rat intestinal epithelial cells [ J ]. *The Journal of Nutrition*, 2004, 20: 292 - 297.
- [ 10 ] REEDS P J, BURRIN D G, STOLL B, et al. Intestinal glutamate metabolism [ J ]. *The Journal of Nutrition*, 2000, 130: 978 - 982.
- [ 11 ] ALTEHELD B, EVANS M E, GU L H, et al. Alanylglutamine dipeptide and growth hormone maintain PepT1-mediated transport in oxidatively stressed Caco-2 cells [ J ]. *The Journal of Nutrition*, 2005, 135: 19 - 26.
- [ 12 ] MALMLOF K. Amino acid in farm animal nutrition metabolism partition and consequences of imbalance [ J ]. *Swedish Journal of Agriculture Research*, 1988, 18 ( 4 ): 191 - 193.
- [ 13 ] 李金亭, 王俊丽, 傅山岗, 等. 大鼠肝再生过程中碱性磷酸酶活性变化及其超微细胞化学研究 [ J ]. *解剖学报*, 2004, 35 ( 4 ): 392 - 395.
- [ 14 ] ANDREWS F J, GRIFFITHS R D. Glutamine: essential for immune nutrition in the critically ill [ J ]. *British Journal of Nutrition*, 2002, 87 ( 1 ): S3 - S8.
- [ 15 ] UNI Z, GANOT S, SKLAN D. Posthatch development of small intestine function in the poultry [ J ]. *Poultry Science*, 1999, 78: 215 - 222.
- [ 16 ] 孙哲, 汪傲. 二糖酶及其在动物消化吸收中的作用 [ J ]. *动物营养学报*, 2001, 13 ( 3 ): 1 - 7.
- [ 17 ] 许梓荣, 李卫芬, 孙建义. 猪胃肠道黏膜二糖酶的性质 [ J ]. *动物学报*, 2002, 48 ( 2 ): 202 - 207.
- [ 18 ] 蒋宗勇, 郑卫川, 林映才, 等. 谷氨酰胺对新生期仔猪生长性能、血清激素水平及小肠黏膜酶活性的影响 [ J ]. *动物营养学报*, 2010, 22 ( 1 ): 125 - 131.

## Effects of Alanyl-glutamine Dipeptide on Growth Performance, Small Intestinal Morphology and Serum Biochemical Indices of Suckling Piglets

YUAN Xuebo<sup>1</sup> MA Li<sup>2</sup> CHEN Kelin<sup>1</sup> TAN Liqin<sup>1</sup> CHEN Hengcan<sup>1</sup> GUO Rongfu<sup>1\*</sup>

(1. Yunnan Provincial Animal Nutrition and Feed Key Laboratory,  
Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China;

2. Yunnan Agricultural Vocational and Technical College, Kunming 650212, China)

**Abstract:** This experiment was conducted to study the effects of alanyl-glutamine (Ala-Gln) dipeptide on growth performance, small intestinal morphology and serum biochemical indices of suckling piglets. The purpose was to explore the possible mechanisms of improving the health and growth potential of suckling piglets. Eighty-six 14-days-old piglets were from eight healthy pure Saba sows in Yunnan whose body weight, parity, litter size and milk yield were close to each other. One litter was a unit, and the piglets in eight litters were divided into two groups by a completely randomized design, and each group had four litters. The suckling piglets in control group were fed with a basal diet. The suckling piglets in test group were fed with an experimental diet (the basal diet + 0.3% Ala-Gln dipeptide). The duration of the experiment was 21 d. The results showed as follows: 1) Ala-Gln dipeptide was added to the diet of suckling piglets, which significantly increased the average weanling weight of piglets aged 35 days ( $P < 0.05$ ), and the average daily gain and the average daily feed intake during the whole period (14 to 35 d) by 17.25% and 31.66% ( $P < 0.01$ ), while significantly decreased the diarrhea rate in every week during the whole period ( $P < 0.05$  or  $P < 0.01$ ). 2) At the age of 28 d, duodenal villus height in the test group was significantly higher than that in the control group ( $P < 0.05$ ), and crypt depth was significantly lower than that in the control group ( $P < 0.05$ ); jejunal villus height in the test group was significantly higher than that in the control group ( $P < 0.05$ ); there was no difference in villus height and crypt depth in the ileum between the test group and the control group ( $P > 0.05$ ). 3) Exogenous Ala-Gln dipeptide was added to the diet of suckling piglets, which significantly decreased serum urea nitrogen content ( $P < 0.05$ ), while increased alanine aminotransferase ( $P < 0.01$ ) and alkaline phosphatase activities ( $P < 0.05$ ) in serum, and total disaccharidase activity ( $P < 0.01$ ) in jejunal mucosa of piglets aged 28 days. Ala-Gln dipeptide had no significant effects on the contents of total protein, albumin, glucose and creatinine, and the activities of lactate dehydrogenase, creatine kinase and  $\text{Na}^+ - \text{K}^+ - \text{ATPase}$  in serum ( $P > 0.05$ ). These results indicate that supplementation of Ala-Gln dipeptide can improve the structure and function of small intestine, and the growth potential of suckling piglets. [*Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2011, 23(1):94-101]

**Key words:** suckling piglets; alanyl-glutamine dipeptide; growth performance; small intestinal morphology