

日粮不同赖氨酸水平对生长猪养分表观 消化率、血清氨基酸含量和生化指标的影响

曾佩玲, 张常明, 王修启, 冯 幼, 朱 翠

(华南农业大学 动物科学学院, 广东 广州 510642)

摘要: 研究日粮中不同赖氨酸水平对生长猪养分表观消化率、血清氨基酸含量和血清生化指标的影响。试验采用全收集法进行, 选用 12 头始重约为 20 kg 的长×大二元杂交阉公猪, 按体重随机分为 3 个处理组, 处理 I 饲喂含赖氨酸 0.65% 的基础日粮, 处理 II 和处理 III 在基础日粮中添加晶体赖氨酸盐酸盐, 使赖氨酸含量分别为 0.95% 和 1.25%, 试验期为 10 d。结果表明, 该试验条件下, 适宜的赖氨酸含量 (处理 II 组) 使猪日粮养分表观消化率达到较好的水平, 而降低赖氨酸含量 (处理 I 组) 会使日粮能量、干物质、粗蛋白和磷的表观消化率显著降低 ($P < 0.05$); 而降低或升高日粮赖氨酸水平会显著影响血清中丝氨酸 (Ser)、谷氨酸 (Glu)、苏氨酸 (Thr)、半胱氨酸 (Cys)、酪氨酸 (Tyr) 和赖氨酸 (Lys) 的含量 ($P < 0.05$ 或 $P < 0.01$); 同时, 处理 I 组血清中血清尿素氮 (BUN) 和血清总蛋白 (TP) 的含量分别显著高于和低于处理 II 组和处理 III 组 ($P < 0.05$), 但日粮不同赖氨酸水平对血清中血糖 (GLU)、甘油三酯 (TG) 的含量无显著影响 ($P > 0.05$)。结果表明, 在本试验条件下, 20~35 kg 生长猪日粮总赖氨酸建议需要量为 0.95%。

关键词: 赖氨酸; 生长猪; 养分表观消化率; 血清氨基酸; 血清生化指标

中图分类号: S828 文献标识码: A 文章编号: 1000-7091(2009)增刊-0116-05

Effects of Different Dietary Lysine Levels on Apparent Nutrient Digestibility and Serum Amino Acid Concentration and Serum Biochemical Indexes in Growing Pigs

ZENG Pei ling ZHANG Changming WANG Xiuqi FENG You ZHU Cui

(College of Animal Science, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China)

Abstract: This paper was conducted to study the effect of different dietary lysine levels on apparent digestibility of nutrients and serum amino acid concentration and serum biochemical indexes in the growing pigs. The trial was used the total collection method 12 crossbred castrates (Large white Landrace) at about 20 kg BW were randomly allotted to three treatments on the basis of initial weight and size. The three treatments were fed basal diet containing 0.65% lysine and 0.95% and 1.25% lysine respectively. The trial lasted 10 days. The results indicated that the apparent digestibility of dietary nutrients of treatment III was best in the experimental conditions. Decreasing the dietary lysine level (Treatment I) had significantly lower the apparent digestibility of energy, dry matter, crude protein and phosphorus than the other two treatments ($P < 0.05$). The concentrations of serine, glutamic acid, threonine, cysteine, tyrosine and lysine were significantly affected ($P < 0.05$ or $P < 0.01$) by increasing or decreasing dietary lysine levels. Meanwhile, the serum urinary nitrogen (BUN) and total serum protein (TP) contents of growing pigs in treatment I were significantly higher and lower than treatment II and treatment III respectively ($P < 0.05$), however, there were no significant influence in the concentrations of serum glucose (GLU) and serum triglyceride (TG) of growing pigs ($P > 0.05$). The results suggest that the optimal lysine level in growing pigs (20~35 kg) was 0.95%, in the experimental conditions.

Key words: Lysine; Growing Pigs; Apparent nutrient digestibility; Serum amino acid concentration; Serum biochemical indexes

收稿日期: 2009-10-17

基金项目: 国家自然科学基金项目 (30671519); 国家重点基础研究发展计划 (2004CB117501); “十一五”国家科技支撑计划 (2006BAD12H06); 广东省重大专项 (2009A0803B009)

作者简介: 曾佩玲 (1985-) 女, 广东佛山人, 硕士, 主要从事动物营养与饲料科学研究。

张常明 (1971-) 男, 湖北黄冈人, 畜牧师, 硕士, 主要从事养猪生产及猪营养研究工作。

通讯作者: 王修启 (1968-) 男, 河南人, 研究员, 博士后, 主要从事动物分子营养与饲料添加剂研究。

赖氨酸是猪玉米 豆粕型饲料的第一限制性氨基酸,也是构成理想蛋白质模型的参比氨基酸,是机体不能自身合成的必需氨基酸之一。蛋白质只有被分解为氨基酸和小肽后才能被机体吸收,所以蛋白质营养实质上是氨基酸营养。国内外学者已对猪赖氨酸需要量进行了大量研究。传统上,利用屠宰试验和屠体各部位化学成分分析来确定用于机体维持和蛋白质沉积的赖氨酸需要量的试验费用较高,而通过饲养试验得到的生产性能指标来测定赖氨酸需要量则耗时较长^[1-2]。利用消化代谢试验所得的养分消化率,费用较低,试验时间较短。养分消化率是衡量饲料可消化性和动物消化力这两个方面的统一指标,而关于养分消化率与日粮赖氨酸需要量的关系的报道却不多^[3-4]。对于蛋白质消化吸收后,血清中氨基酸水平以及某些生化指标可在一定程度上反映出日粮中蛋白质或氨基酸的需要量是否适当^[5-7]。本试验拟通过养分消化率,血清氨基酸含量和生化指标来综合评价所选品种生长猪在该试验条件下的赖氨酸需要量。

1 材料和方法

1.1 试验动物与日粮

试验动物为广州种猪测定中心猪场提供的 20 kg的健康去势长白 ×大白杂交阉公猪共 12 头,按体重大小随机分为 3 个处理,每个处理 4 个重复,每个重复 1 头猪,单笼独立饲养并编号。试验采用单因素试验设计方法,参照中国瘦肉型猪饲养标准配制日粮,处理 I 组饲喂基础日粮(表 1),其赖氨酸含量为 0.65%。在基础日粮基础上分别添加晶体 L-赖氨酸盐酸盐(纯度 98.5%) 2.991、6.064 g/,使得处理 II 组和处理 III 组日粮赖氨酸水平分别为 0.95%和 1.25%。

1.2 饲养与管理

试验在华南农业大学动物科学学院消化代谢实验室进行,采取全收粪法。试验猪置于代谢笼中,试验期为 10 d 预饲期为 4 d 收粪期为 6 d 日喂 3 次,每次喂料量为 500 g/头,自由饮水。收粪期间每天晨饲 1 h 后开始收集每头试验猪 24 h 内的粪便,把收集的粪样放在瓷盘中充分混匀,称重,按照四分法取 1/2 鲜粪放于培养皿中于 65℃烘干,置室温回潮后,称重,记录,粉碎,并装入密封袋,置于 -20℃保存待测。试验结束后禁食 12 h 后,对每头试验猪只进行前腔静脉采血 10 mL 采集的血液在室温下倾斜放置 30 min 后,3 000 r/min 离心 10 min 分离出的血清在 -20℃条件下贮存待测。

表 1 试验基础日粮组成及营养水平(风干基础)

Tab 1 Dietary composition and nutrient levels

		%
项目	Items	含量 Content
原料	Ingredients	
玉米	Com	64 15
豆粕	Soybean meal	12 14
麸皮	Wheat bran	12 62
玉米蛋白粉	Maize protein meal	8 88
石粉	Flour	1 075
磷酸氢钙	Calcium phosphate dibasic	0 71
猪用矿物精	Mineral spirit ^①	0 10
猪复合多维	Vitamin mixture ^②	0 025
食盐	Salt	0 30
合计	Total	100 00
营养水平	Nutritional level	
消化能 (MJ/kg) DE		13 69
粗蛋白质 CP		15 63
赖氨酸 Lysine		0 65
蛋+胱 Methionine+ Cystine acid		0 60
钙 Ca ^③		0 62
磷 P		0 38

注 ① 每千克矿精中含: 锰 10 000 mg 锌 60 000 mg 铜 6 000 mg 铁 50 000 mg 碘 150 mg 硒 100 mg ② 每千克多维中含: 维生素 A 6000 000 IU 维生素 D₃ 2000 000 IU 维生素 E 3000 IU 维生素 C 2 000 mg 维生素 K₃ 1 000 mg 维生素 B₁ 3 000 mg 维生素 B₂ 5 000 mg 维生素 B₆ 1 000 mg 维生素 B₁₂ 2 mg 生物素 10 mg 泛酸钙 5 000 mg 烟酰胺 5 000 mg DL-蛋氨酸 10 000 mg L-赖氨酸 2 000 mg 叶酸 100 mg 胆碱 30 000 mg ③ 钙根据原料组成计算所得,其余为实测值。

Note ① Supplied the following per kilogram of mineral spirit: Mn 10 000 mg Zn 60 000 mg Cu 6 000 mg Fe 50 000 mg I 50 mg Se 100 mg ② Supplied the following per kilogram of vitamin mixture: Vitamin A 6 000 000 IU Vitamin D₃ 2 000 000 IU Vitamin E 3 000 IU Vitamin C 2 000 mg Vitamin K₃ 1 000 mg Vitamin B₁ 3 000 mg Vitamin B₂ 5 000 mg Vitamin B₆ 1 000 mg Vitamin B₁₂ 2 mg Biotin 10 mg Calcium Panthothenate 5 000 mg Nicotinamide 5000 mg DL-Met 10 000 mg L-Lysine 2 000 mg Folic acid 100 mg Betacholine 30 000 mg ③ Ca is calculated value Other nutrient levels are measured values

1.3 测定指标及方法

1.3.1 饲料样及粪样中的养分测定 饲料和粪样的总能是用微电脑自动热量计(型号: WZR-1 T-B)测定的;水分和粗灰分(Crude Ash, CA)含量分别根据国标 GB6435-2006 和国标 GB6438-2007 方法进行测定;粗蛋白(Crude protein, CP)含量是利用 FOSS Fecator 公司的微量凯氏定氮仪进行全自动测定;磷(Phosphorus, P)的含量采用磷钼钒酸比色法测定(国标 GB/T6437-2002)。表观消化率的计算公式为: 某养分表观消化率 = (食入养分总量 - 粪中养分总量) ÷ 食入养分总量 × 100%。

1.3.2 血清氨基酸含量测定 用酸水解法作预处理,高效液相色谱法测定血清样品氨基酸的含量。

1.3.3 血清生化指标测定 使用全自动生化分析仪(BECKMAN CX-7 DELTA),结合相应的试剂盒,分别采取脲酶电极法、双缩脲法、酶电极法和氧化酶

法对血清样进行血清尿素氮、血清总蛋白、血糖、甘油三酯的测定。

1.4 试验数据处理与分析

试验数据用 SPSS1.5 统计软件进行单因子方差分析,用邓肯氏新复极差法 (DMRT法)进行多重比较,试验结果用平均数 ±标准误 (M±SE)表示。

2 结果与分析

2.1 日粮不同赖氨酸水平对生长猪饲料养分表观消化率的影响

日粮不同赖氨酸水平对生长猪饲料养分表观消

表 2 不同赖氨酸水平对生长猪饲料养分表观消化率的影响 (干物质基础)			
Tab 2 Effects of different dietary lysine levels on nutrient digestibility in growing pigs			
%			
项目 Items	处理 I Treatment I	处理 II Treatment II	处理 III Treatment III
能量 Energy	81.84±0.53 ^a	84.28±0.49 ^b	83.50±0.44 ^b
干物质 Dry matter	82.40±0.56 ^a	84.36±0.32 ^b	83.46±0.47 ^{ab}
粗蛋白 CP	76.73±1.55 ^a	81.77±0.67 ^b	79.23±1.10 ^{ab}
粗灰分 CA	31.55±1.68	35.50±3.20	33.25±1.78
磷 P	81.51±0.59 ^a	83.78±0.55 ^b	82.73±0.48 ^{ab}

注:同行字母完全不同者,表示差异显著 (P<0.05),下表同。
Note: In the same row, values with different small letters mean significant difference (P<0.05). The same as below.

2.2 日粮不同赖氨酸水平对生长猪血清氨基酸含量的影响

日粮不同赖氨酸水平对生长猪血清氨基酸含量的影响结果见表 3。由表 3 可见,处理 I 组和处理 II 组的 Ser 含量与处理 II 组的差异显著 (P<0.05),分别提高了 34.97%和 30.77%;处理 II 组的 Glu 含量显著 (P<0.05)高于处理 I 组,但与处理 II 组差异不显著;

表 3 不同赖氨酸水平对生长猪血清氨基酸含量的影响			
Tab 3 Effects of different dietary lysine levels on amino acid concentrations in serum of growing pigs			
μmol/mL			
氨基酸 Amino acid	处理 I Treatment I	处理 II Treatment II	处理 III Treatment III
天冬氨酸 Asp	0.035±0.003	0.043±0.005	0.047±0.012
丝氨酸 Ser	0.193±0.011 ^a	0.143±0.009 ^b	0.187±0.018 ^a
谷氨酸 Glu	0.230±0.018 ^a	0.345±0.041 ^b	0.290±0.032 ^{ab}
甘氨酸 Gly	1.135±0.139	1.015±0.177	1.030±0.095
组氨酸 His	0.115±0.010	0.120±0.008	0.110±0.006
精氨酸 Arg	0.168±0.017	0.163±0.025	0.187±0.019
苏氨酸 Thr	0.250±0.027 ^A	0.143±0.008 ^B	0.210±0.020 ^{AB}
丙氨酸 Ala	0.398±0.041	0.430±0.020	0.417±0.023
脯氨酸 Pro	0.293±0.023	0.285±0.021	0.300±0.010
半胱氨酸 Cys	0.000±0.000 ^a	0.000±0.000 ^a	0.037±0.019 ^b
酪氨酸 Tyr	0.098±0.009 ^A	0.093±0.009 ^A	0.043±0.009 ^B
缬氨酸 Val	0.255±0.018	0.210±0.014	0.250±0.015
蛋氨酸 Met	0.043±0.005	0.033±0.003	0.043±0.003
赖氨酸 Lys	0.088±0.005 ^{ab}	0.108±0.009 ^a	0.080±0.006 ^b
异亮氨酸 Ile	0.098±0.008	0.080±0.007	0.097±0.013
亮氨酸 Leu	0.208±0.028	0.220±0.013	0.200±0.020
苯丙氨酸 Phe	0.093±0.009	0.078±0.003	0.083±0.007
总量 Total	3.698±0.235	3.503±0.215	3.600±0.092

注:同行含有不同小写字母表示差异显著 (P<0.05),大写字母不同表示差异极显著 (P<0.01)。
Note: In the same row, values with different small letters mean significant difference (P<0.05), different capital letters mean significant difference (P<0.01).

2 3 日粮不同赖氨酸水平对生长猪血清生化指标的影响

日粮不同赖氨酸水平对生长猪血清生化指标的影响结果见表 4。由表 4 可见,不同赖氨酸水平对血清中 GLU、TG 的含量无显著影响 ($P>0.05$),但处理 I 组的 BUN 和 TP 与处理 II 组和 III 组相比均差

异显著 ($P<0.05$),并且 BUN 随日粮赖氨酸水平升高而下降,分别降低 21.88% 和 32.12%;而 TP 则随日粮赖氨酸水平升高而升高,分别升高 8.40% 和 10.07%;而处理 II 组的 BUN 和 TP 与处理 III 组相比差异不显著 ($P>0.05$)。

表 4 不同赖氨酸水平对生长猪血清生化指标的影响

Tab 4 Effects of different dietary lysine levels on serum biochemical indexes in growing pigs

项目 Items	处理 I Treatment I	处理 II Treatment II	处理 III Treatment III
血糖 / (mmol/L) GLU	6.73±0.20	6.62±0.09	6.57±0.26
血清尿素氮 / (mmol/L) BUN	5.76±0.26 ^a	4.50±0.20 ^b	3.91±0.32 ^b
血清总蛋白 / (mg/mL) TP	53.60±1.16 ^a	58.10±0.78 ^b	59.00±0.92 ^b
甘油三酯 / (mmol/L) TG	0.39±0.07	0.36±0.01	0.37±0.04

3 讨论

3 1 日粮不同赖氨酸水平对生长猪饲料养分表观消化率的影响

赖氨酸作为“生长性氨基酸”,参与机体众多生理活动过程,对动物生长起重要作用,合理的赖氨酸水平有利于提高动物机体对饲料养分的消化利用率,减少饲料资源浪费。对体重为 20~50 kg 的生长猪, NRC^[8] 推荐的总赖氨酸需要量为 0.95%,与本试验结果一致,当生长猪日粮赖氨酸水平为 0.95% 时,其主要营养成分的表观消化率均高于其他处理组。Yang 等^[4] 的研究表明,限制生长猪赖氨酸的摄入量降低了干物质和总能的消化率,但粗蛋白质的消化率提高了 ($P<0.05$),而在本试验中,处理 I 组(低赖氨酸组)的能量、干物质、粗蛋白质和总磷表观消化率均显著低于处理 II 组。这之间的差异可能与猪的品种、试验方法和饲养环境不同等因素有关。

3 2 日粮不同赖氨酸水平对生长猪血清氨基酸的影响

日粮蛋白质的营养价值是由其中各种氨基酸含量决定的,即蛋白质的营养实际上是氨基酸的营养。血清氨基酸含量通常与饲料中相应氨基酸含量一致,有研究发现增加日粮中某种氨基酸含量会使血清中该氨基酸含量升高^[9-11]。但本试验中,血清赖氨酸的含量不随日粮赖氨酸含量的升高而升高,而是以处理 II 组为最高,同时,日粮不同赖氨酸水平显著影响某些血清游离氨基酸的含量,这可能与氨基酸缺乏或过量造成氨基酸失衡,从而影响自身或其他氨基酸的消化吸收有关,具体原因需进一步探究。

3 3 日粮不同赖氨酸水平对生长猪血清生化指标的影响

赖氨酸是生酮氨基酸,当缺乏可利用的碳水化

合物时,参与生成葡萄糖和酮体的代谢。本试验显示,随日粮赖氨酸水平的增加血清中血糖浓度呈下降趋势,但差异不显著 ($P>0.05$),在 Goodband 等^[11] 的试验中血糖浓度在不同日粮赖氨酸处理中差异不显著;Ret 等^[12] 也发现不同日粮赖氨酸处理组的血浆 IGF-I、GH 血糖和 BUN 浓度差异不显著 ($P>0.05$)。这可能与给予所有处理组可消化能量是一样的,或者达到生长猪的能量需要量;其次, GH、IGF-I 和胰岛素是通过调控糖原异生和糖原积累参与调控肝脏葡萄糖代谢,而日粮赖氨酸可能不是调控血糖浓度的重要因素之一。

血清尿素氮可为确定猪日粮赖氨酸适宜水平提供间接生物信息,其含量变化可反映动物体内蛋白质代谢情况,Mainolfi^[3] 研究认为氨基酸平衡良好时,血清尿素氮浓度越低,表明氮的利用率越高,机体蛋白质合成率较高。在本试验中,随着饲料赖氨酸水平增加,血清尿素氮的浓度逐渐下降,处理 III 组和处理 II 组的血清尿素氮浓度比处理 I 组分别降低 32.1%, 21.9% ($P<0.05$),与前人的研究结果相一致^[6,13,14,15]。但也有研究表明 BUN 的含量与日粮中赖氨酸含量不存在线性关系^[14]。

赖氨酸作为猪的第一限制性氨基酸,其在日粮中的添加水平对蛋白质的代谢有重要作用。研究表明,体内蛋白质合成与沉积速度及其他氨基酸的利用率高低首先受到赖氨酸采食量的限制,赖氨酸转化为体蛋白的效率高达 86%。赖氨酸除了作为底物参与蛋白质生物合成之外,还作为内分泌激素释放调节剂,促进生长激素、胰岛素及类胰岛素生长因子的合成分泌,并且其自身作为信号分子,调控翻译起始因子 (Eukaryotic initiation factor₂, eIF-2) 的活性,最终影响蛋白质生物合成过程^[16]。

血清中总蛋白含量是反映动物体内蛋白质代谢的一个指标,总蛋白浓度高,说明沉积于体内的蛋白

质水平高。本试验条件下,不同日粮赖氨酸水平处理组血清总蛋白的含量有显著差异 ($P<0.05$),处理 II 组和处理 II 组的血清总蛋白浓度比处理 I 组分别提高 10.1%, 8.4%, 与 Brooks 等^[17]报道一致。

试验中,不同日粮赖氨酸处理组的生长猪的血清甘油三酯浓度差异均不显著 ($P>0.05$)。陈志敏等^[18]认为氨基酸缺乏或过量可造成氨基酸失衡,从而影响自身或其他氨基酸的利用,没有用于蛋白质合成的多余氨基酸可能为 TG 的合成提供原料,这种状况可能引起动物的增重抑制或脂肪生成加强。这也是在该试验条件下低赖氨酸水平的血清甘油三酯浓度高于其他组的原因;但随着日粮赖氨酸的增加,血清甘油三酯浓度有所降低,这可能跟赖氨酸影响了脂肪代谢的某些关键酶有关。

综合考虑本试验中营养物质的表观消化率指标、血清氨基酸含量和血清生化指标的结果,在该试验条件下,长白×大白二元杂生长猪日粮的建议赖氨酸含量为 0.95%。

参考文献:

- [1] Loughmiller J A, Nelssen J L, Goodband R D et al. Influence of dietary lysine on growth performance and carcass characteristics of late finishing gilts [J]. Journal of Animal Science, 1998, 76(4): 1075—1080.
- [2] Apple J, Maxwell C, Brown D et al. Effects of dietary lysine and energy density on performance and carcass characteristics of finishing pigs fed racopamine [J]. Journal of Animal Science, 2004, 82(11): 3277—3287.
- [3] Noblet J, Henry Y, Dubois S. Effect of protein and lysine levels in the diet on body gain composition and energy utilization in growing pigs [J]. Journal of Animal Science, 1987, 65(3): 717—726.
- [4] Yang Y X, Jin Z, Yoon S Y. Lysine restriction during grower phase on growth performance, blood metabolites, carcass traits and pork quality in grower finisher pigs [J]. Acta Agriculturae Scandinavica, Section A-Animal Science, 2008, 58: 14—22.
- [5] Henry Y, Colleaux Y, Sève B. Effects of dietary level of lysine and of level and source of protein on feed intake, growth performance, and plasma amino acid pattern in the finishing pig [J]. Journal of Animal Science, 1992, 70(1): 188—195.
- [6] Coma J, Carrion D, Zimmerman D R. Use of plasma urea

nitrogen as a rapid response criterion to determine the lysine requirement of pigs [J]. Journal of Animal Science, 1995, 73(2): 472—481.

- [7] Cameron N D, McCullough E, Troup K et al. Serum urea concentration as a predictor of dietary lysine requirement in selected lines of pigs [J]. Journal of Animal Science, 2003, 81(1): 91—100.
- [8] NRC. Nutrient requirements of swine (10th rev. edn). National Academy Press, Washington D C, 1998.
- [9] Hier S. Influence of ingestion of single amino acids on the blood level of free amino acids [J]. Journal of Biological Chemistry, 1947, 171(2): 813—820.
- [10] Mitchell J R, Becker D E, Jensen A H et al. W. Determination of amino acid needs of the young pig by nitrogen balance and plasma free amino acids [J]. Journal of Animal Science, 1968, 27(5): 1327—1331.
- [11] Goodband R D, Nelssen J L, Hines R H et al. The effects of porcine somatotropin and dietary lysine on growth performance and carcass characteristics of finishing swine [J]. Journal of Animal Science, 1990, 68(10): 3261—3276.
- [12] Ren J B, Zhao G Y, Li Y X et al. Influence of dietary lysine level on whole body protein turnover, plasma insulin and insulin concentration in growing pigs [J]. Livestock Science, 2007, 110(1—2): 126—132.
- [13] Mainolfi K. Amino acid in farm animal nutrition metabolism: Partition and consequences of imbalance [J]. Swedish Journal of Agriculture Research, 1988, 18(4): 191—193.
- [14] Coma J, Zimmerman D R, Carrion D. Interactive effects of feed intake and stage of growth on the lysine requirement of pigs [J]. Journal of Animal Science, 1995, 73(11): 3369—3375.
- [15] 席鹏彬, 郑春田. 赖氨酸水平对仔猪生长表现、血清尿素氮及游离赖氨酸浓度的影响 [J]. 养猪, 2003(5): 1—3.
- [16] 罗钧秋, 陈代文. 赖氨酸对蛋白质代谢的影响及其可能调控机制 [J]. 饲料工业, 2006, 27(16): 40—43.
- [17] Brooks C C, Davis J, Thomas H et al. Effect of dietary lysine level on certain blood patterns in growing swine [J]. Journal of Animal Science, 1964, 23(2): 385—391.
- [18] 陈志敏, 蔡辉益, 于会民等. 不同赖氨酸添加水平对肉仔鸡血液生理生化指标的影响 [J]. 饲料与添加剂, 2006(11): 2—3.