

郭玉光, 杨博, 王敏, 等. 淀粉酶组合对肉鸡生产性能、肠道形态和屠宰性能的影响 [J]. 畜牧与兽医, 2019, 51 (4): 17-22.

Guo Y G, Yang B, Wang M, et al. Effects of amylase added in different combinations on the growth performance, intestinal morphology and slaughter performance of broilers [J]. Animal Husbandry & Veterinary Medicine, 2019, 51 (4): 17-22.

## 淀粉酶组合对肉鸡生产性能、肠道形态和屠宰性能的影响

郭玉光<sup>1</sup>, 杨博<sup>2</sup>, 王敏<sup>1</sup>, 冯新雨<sup>1</sup>, 陈书琴<sup>1</sup>, 朱子昕<sup>1</sup>, 杜红方<sup>1\*</sup>

(1. 广东溢多利生物科技股份有限公司, 广东 珠海 519060;

2. 华南理工大学生物科学与工程学院, 广东 广州 510000)

**摘要:** 试验旨在研究 $\alpha$ -1,4-淀粉酶、普鲁兰酶和糖化酶组合对肉鸡生长性能、肠道形态和屠宰性能的影响。选取1960羽1日龄健康罗斯308肉仔鸡,随机分为7个处理,每个处理4个重复,每个重复70羽。对照组饲喂基础饲料,试验1组在基础饲料中添加1800 IU/kg  $\alpha$ -1,4-淀粉酶,试验2组在基础饲料中添加180 IU/kg 普鲁兰酶,试验3组在基础饲料中添加135000 IU/kg 糖化酶,试验4组在基础饲料中添加1800 IU/kg  $\alpha$ -1,4-淀粉酶+135000 IU/kg 糖化酶,试验5组在基础饲料中添加1800 IU/kg  $\alpha$ -1,4-淀粉酶+180 IU/kg 的普鲁兰酶,试验6组在基础饲料中添加1800 IU/kg  $\alpha$ -1,4-淀粉酶+135000 IU/kg 糖化酶+180 IU/kg 普鲁兰酶。结果表明:与对照组相比,试验6组1~21日龄和22~42日龄阶段末重、日增重显著提高( $P<0.05$ ),22~42日龄阶段试验1、2、3、4、6组耗料增重比(FCR)显著下降( $P<0.05$ );试验3组空肠绒毛高度/隐窝深度(VH/CD)显著高于对照组( $P<0.05$ )和试验1组( $P<0.05$ );试验1、4组回肠VH/CD显著高于对照组( $P<0.05$ );各组间屠宰性能差异不显著。试验结果表明, $\alpha$ -1,4-淀粉酶、糖化酶和普鲁兰酶在肉鸡体内存在互作效应, $\alpha$ -1,4-淀粉酶、糖化酶和普鲁兰酶组合添加对肉鸡的促生长效果优于单一类型淀粉酶。

**关键词:**  $\alpha$ -1,4-淀粉酶; 糖化酶; 普鲁兰酶; 肉鸡; 生长性能; 肠道形态; 屠宰性能

中图分类号: S816.7 文献标志码: B 文章编号: 0529-5130(2019)04-0017-06

## Effects of amylase added in different combinations on the growth performance, intestinal morphology and slaughter performance of broilers

GUO Yuguang<sup>1</sup>, YANG Bo<sup>2</sup>, WANG Min<sup>1</sup>, FENG Xinyu<sup>1</sup>, CHEN Shuqin<sup>1</sup>, ZHU Zixin<sup>1</sup>, DU Hongfang<sup>1\*</sup>

(1. Guangdong VTR Biotech Co. Ltd., Zhuhai 519060, China;

2. South China University of Technology, Guangzhou 510000, China)

**Abstract:** This research was to study the effects of  $\alpha$ -amylase, pullulanase and glycosylase added in different combinations on the growth performance, intestinal morphology and slaughter performance of broilers. 1960 healthy ROSS 308 broilers were chosen and randomly divided into 7 groups, namely, the control group and test groups 1~6, with each group in 4 replicates ( $n=70$ ). The control group was fed with the basal diet; Test group 1 was fed with the basal diet supplemented with  $\alpha$ -amylase 1800 IU/kg, Test group 2 with the basal diet supplemented with pullulan enzyme 180 IU/kg, Test group 3 with the basal diet supplemented with glycosylase 135000 IU/kg, Test group 4 groups with the basal diet supplemented with  $\alpha$ -amylase 800 IU/kg+glycosylase 135000 IU/kg, Test group 5 with the basal diet supplemented with  $\alpha$ -amylase 1800 IU/kg+180 IU/kg of pullulan enzymes, and Test group 6 with the basal diet supplemented with  $\alpha$ -amylase 1800 IU/kg+glycosylase 135000 IU/kg+pullulanase 180 IU/kg. The results showed as follows: In terms of growth performance, compared with the control group, the final body weight and average daily gain (ADG) of Test group 6 was significantly increased ( $P<0.05$ ), during the stage of 22~42 days of age, the consumed material/weight ratio (FCR) of Test groups 1, 2, 3, 4, 6 decreased significantly ( $P<0.05$ ). In terms of intestinal morphology, the jejunum VH/CD of Test group 3 was significantly higher than that of the control group ( $P<0.05$ ) and Test group 1 ( $P<0.05$ ), and the ileum VH/CD of Test groups 1 and 4 was significantly higher than that of the control group ( $P<0.05$ ). In terms of slaughter performance, there was no significant difference between each of the groups. In conclusion,  $\alpha$ -amylase, pullulan enzyme and glycosylase interacted with each other in a supplementary manner, and combinations of them added to the diet of broilers produced better effect

收稿日期: 2018-07-03; 修回日期: 2019-01-09

基金项目: 国家重点研发计划中兽医现代化与绿色养殖技术研究(2017YFD0501500)

作者简介: 郭玉光(1987-),男,博士,主要从事酶制剂应用研究与微生物营养与健康调控的研究, E-mail: 284390994@qq.com

\* 通信作者: 杜红方,高级工程师,博士,从事酶制剂开发和应用研究工作, E-mail: 382109463@qq.com。

than adding of them individually.

**Key words:**  $\alpha$ -amylase; pullulanase; glycosylase; broiler; growth performance; intestinal morphology; slaughter performance

淀粉是家禽最主要的能量来源, 机体 60% 以上的能量需求来自于淀粉的消化利用<sup>[1]</sup>。淀粉在动物肠道内的消化率比人们预期低, Noy<sup>[2]</sup> 研究表明, 玉米淀粉在动物的回肠末端消化率低于 82%, 并且不会随着动物年龄的增长而提高。外源添加淀粉酶是提高淀粉利用率, 改善畜禽生产性能的可靠途径。

植物性饲料原料中的淀粉由葡萄糖以  $\alpha$ -1, 4-糖苷键和  $\alpha$ -1, 6-糖苷键连接而成, 结构上有直链和支链的区分<sup>[3]</sup>。 $\alpha$ -1, 4-淀粉酶针对性水解淀粉中的  $\alpha$ -1, 4-糖苷键。研究表明, 在玉米-豆粕型日粮中添加  $\alpha$ -1, 4-淀粉酶, 能够有效提高淀粉消化率, 进而改善肉鸡生长性能<sup>[4]</sup>。单胃动物缺乏分解  $\alpha$ -1, 6-糖苷键的酶, 机体自有淀粉酶对  $\alpha$ -1, 6-糖苷键作用力较弱, 影响饲料中淀粉的消化利用。据报道, 饲料中添加针对  $\alpha$ -1, 6-糖苷键的支链淀粉酶, 能够显著提高淀粉利用率<sup>[5]</sup>, 进而改善动物生长性能<sup>[6]</sup>。冯致远<sup>[7]</sup>曾提出, 通过选择互补性水解同一底物而特性有所差异的几种酶进行“组合添加”, 从而发挥酶种之间协同催化作用的“组合酶”概念。关于不同类型淀粉酶在机体内组合添加的研究罕见报道。本研究通过探讨  $\alpha$ -1, 4-淀粉酶、普鲁兰酶及糖化酶组合添加对肉鸡生长性能、肠道形态及屠宰性能的影响, 验证不同类型淀粉酶在机体内的互作效应, 以期为淀粉酶的组合应用提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

试验用  $\alpha$ -1, 4-淀粉酶是一种内切淀粉酶, 能随机水解淀粉分子内部的  $\alpha$ -1, 4-糖苷键, 而无法水解支链淀粉的  $\alpha$ -1, 6-糖苷键和紧靠  $\alpha$ -1, 6-糖苷键的两侧  $\alpha$ -1, 4-糖苷键, 酶解产物为短链糊精和少量的低分子量的糖类。试验样品由广东溢多利生物科技股份有限公司提供, 酶活测定为 50 000 IU/g (酶活定义: 在 60 °C, pH=6.0 的条件下, 淀粉酶在 1 min 内液化 1 mg 可溶性淀粉, 即为一个酶活力单位, 以 mg/h 表示)。

试验用普鲁兰酶是一类淀粉脱支酶, 能够专一性切开支链淀粉分支点中的  $\alpha$ -1, 6-糖苷键, 切下整个分支结构。试验样品由广东溢多利生物科技股份有限公司提供, 酶活测定为 3 000 IU/g (酶活定义: 在 60 °C, pH=4.5 的乙酸-乙酸钠缓冲液环境下酶解 0.5% 普鲁兰多糖溶液 30 min, 每分钟产生相当于 1  $\mu$ mol 葡萄糖还原力的酶活力为一个酶活力单位 IU,

以  $\mu$ mol/min 表示)。

试验用糖化酶是一种外切酶, 能从淀粉的非还原性末端水解  $\alpha$ -1, 4-糖苷键产生葡萄糖, 也能缓慢水解  $\alpha$ -1, 6-糖苷键。试验样品由广东溢多利生物科技股份有限公司提供, 酶活测定为 200 000 IU/g (酶活定义: 在 40 °C, pH=4.6 的条件下, 1 mL 酶液或 1 g 酶粉在 1 h 内分解可溶性淀粉产生 1 mg 葡萄糖的酶量为一个酶活力单位)。

### 1.2 试验设计及试验日粮

选用健壮、活泼、个体大小均匀的 1 日龄罗斯 308 肉仔鸡 1 960 羽, 随机分为 7 个处理, 每个处理 4 个重复, 每个重复 70 羽。对照组饲喂基础饲料, 试验 1 组在基础饲料中添加 1 800 IU/kg 的  $\alpha$ -1, 4-淀粉酶, 试验 2 组在基础饲料中添加 180 IU/kg 的普鲁兰酶, 试验 3 组在基础饲料中添加 135 000 IU/kg 的糖化酶, 试验 4 组在基础饲料中添加 1 800 IU/kg  $\alpha$ -1, 4-淀粉酶+135 000 IU/kg 的糖化酶, 试验 5 组在基础饲料中添加 1 800 IU/kg  $\alpha$ -1, 4-淀粉酶+180 IU/kg 的普鲁兰酶, 试验 6 组在基础饲料中添加 1 800 IU/kg  $\alpha$ -1, 4-淀粉酶+135 000 IU/kg 的糖化酶+180 IU/kg 的普鲁兰酶。

对照组饲喂基础饲料, 基础饲料配方见表 1。

试验过程分前后两个阶段: 小鸡阶段 (1~21 日龄)、中大鸡阶段 (22~42 日龄)。每个试验阶段开始和结束后均以重复为单位称量试验鸡只的空腹体重。

### 1.3 饲养管理

试验在广东溢多利生物科技股份有限公司乾务动物试验基地进行。试验全程采用 3 层笼养, 大生产方式管理, 自由采食和饮水。进雏前 1 周, 将鸡舍和舍内养殖设备进行严格清洗和消毒。采用红外灯控温, 进雏后前 3 d 温度控制在 34~36 °C, 4~7 日龄舍温控制在 31~33 °C; 第 2 周舍温 29.5 °C, 第 3 周开始脱温, 舍内相对湿度控制在 60%~65%。光照方式为 23 h 光照和 1 h 黑暗。按常规免疫程序接种鸡群: 1 日龄注射新城疫灭活疫苗和新支二联苗、法氏囊滴口, 14 日龄注射禽流感。

### 1.4 测定指标及方法

#### 1.4.1 生长性能

每日观察试验鸡只健康状况, 统计死亡率。分别在试验开始、22 和 43 日龄上午 8: 00 对提前禁食 (禁食 12 h, 仅供饮水) 的肉鸡以重复为单位空腹称重, 并称量剩余料重。

表1 基础饲料组成和营养成分 (风干基础)

项目	前期 (1~21 d)	后期 (22~42 d)
组分/%		
玉米 (CP 8%)	58.70	60.66
豆粕 (CP 43%)	29.20	25.40
玉米酒糟 (CP 25%)	2.00	4.00
玉米蛋白 (CP 60%)	3.40	3.30
鱼 (CP 62%)	1.50	0
豆油	1.60	3.20
食盐	0.25	0.30
磷酸氢钙	1.06	1.10
白石粉	1.40	1.20
80%赖氨酸	0.24	0.26
98%蛋氨酸	0.14	0.11
99%苏氨酸	0.03	0.02
1%那西肽	0.02	0
15%杆菌肽锌	0.03	0.03
植酸酶	0.01	0.01
50%氯化胆碱	0.10	0.10
预混料 <sup>1</sup>	0.30	0.30
合计	100.00	100.00
营养成分 <sup>2</sup>		
代谢能/ (MJ·kg <sup>-1</sup> )	12.34	12.76
粗蛋白/%	21.00	19.04
钙/%	1.00	0.87
有效磷/%	0.45	0.42
赖氨酸/%	1.20	1.06
苏氨酸/%	0.82	0.73
蛋氨酸/%	0.47	0.41
粗脂肪/%	4.76	6.50
粗灰份/%	5.48	5.02

注: <sup>1</sup>预混料 (前期日粮) 每千克日粮提供: 维生素 A 11 000 IU, 维生素 D<sub>3</sub> 2 400 IU, 维生素 E 30 mg, 维生素 K<sub>3</sub> 6 mg, 维生素 B<sub>12</sub> 25 μg, 核黄素 7 mg, 维生素 B<sub>6</sub> 5 mg, 烟酸 36 mg, 叶酸 1.9 mg, 维生素 B<sub>1</sub> 2.1 mg, 生物素 0.2 mg, 锰 110 mg, 铁 78 mg, 锌 120 mg, 铜 10 mg, 碘 1.2 mg, 硒 0.3 mg, 钴 0.6 mg, 预混料 (后期日粮) 每千克日粮提供: 维生素 A 10 000 IU, 维生素 D<sub>3</sub> 2 200 IU, 维生素 E 28 mg, 维生素 K<sub>3</sub> 5 mg, 维生素 B<sub>12</sub> 20 μg, 核黄素 7 mg, 维生素 B<sub>6</sub> 5 mg, 烟酸 30 mg, 叶酸 1.7 mg, 维生素 B<sub>1</sub> 2.1 mg, 生物素 0.2 mg, 锰 110 mg, 铁 78 mg, 锌 120 mg, 铜 10 mg, 碘 1.2 mg, 硒 0.3 mg, 钴 0.6 mg

<sup>2</sup>粗蛋白、钙和总磷为实测值, 其余为计算值

计算各组不同阶段的平均日增重 (ADG)、平均日采食量 (ADFI)、料重比 (FCR) 和死亡率, 计算公式如下:

平均日增重 (ADG) = 增重 / (试验天数 × 试验鸡只数);

平均日采食量 (ADFI) = 耗料量 / (试验天数 × 试验鸡只数);

料重比 (F/G) = 耗料量 / 增重。

#### 1.4.2 肠道形态

于试验第 42 天, 每个重复随机选取 1 只接近平均体重的肉鸡进行颈部放血处死, 取十二指肠和空肠各 2 cm, 浸入生理盐水涮洗掉内容物后, 贮存于 10% 中性福尔马林缓冲液中, 采用酒精脱水, 二甲苯透明, 石蜡包埋, 切成 4 μm 切片, 苏木精-伊红 (HE) 染色, 每个部位的组织切片上选取 5 个典型视野 (绒毛完整且走向平直), 分析绒毛高度和隐窝深度。

#### 1.4.3 屠宰性能

于试验第 42 天, 每个重复中随机选取 1 只接近平均体重的肉鸡进行屠宰取样, 测定屠体质量、全净膛质量、胸肌质量、腿肌质量与腹脂质量, 并计算屠宰率、全净膛率、腹脂率、腿肌率和胸肌率。计算公式如下:

屠宰率 (%) = (屠体质量 / 活体质量) × 100;

全净膛率 (%) = (全净膛质量 / 屠体质量) × 100;

胸肌率 (%) = (胸肌质量 / 全净膛质量) × 100;

腿肌率 (%) = (腿肌质量 / 全净膛质量) × 100;

腹脂率 (%) = (腹脂质量 / 全净膛质量) × 100。

### 1.5 数据处理

试验数据经过 Excel 处理后, 利用 SPSS 20.0 统计软件进行方差分析, 差异显著时采用 DIuncan's 方法进行多重比较, 试验结果以“平均值 ± 标准差”表示。

## 2 结果与分析

### 2.1 淀粉酶制剂对肉鸡生长性能的影响

#### 2.1.1 淀粉酶对 1~21 日龄肉鸡生长性能的影响

如表 2 所示, 与对照组相比, 试验 6 组肉鸡在 1~21 日龄阶段末重提高 4.75% (P < 0.05)、日增重提高 5.01% (P < 0.05)。其余各组间没有显著差异。

#### 2.1.2 淀粉酶对 22~42 日龄肉鸡生长性能的影响

如表 3 所示, 与对照组相比, 试验 4 组和试验 6 组肉鸡在 22~42 日龄阶段日增重分别提高 3.04% (P < 0.05) 和 3.62% (P < 0.05); 除试验 5 组外, 其余加酶试验组耗料增重比均显著降低 (P < 0.05)。试验各组间的日采食量、成活率没有显著差异 (P > 0.05)。

表 2 淀粉酶对 1~21 日龄肉鸡生长性能的影响

组别	初重/g	末重/g	ADG/g	ADFI/g	F/G	成活率/%
对照组	46.6±0.2	859.9±13.6 <sup>b</sup>	38.7±0.6 <sup>b</sup>	48.3±1.0	1.25±0.01	100.0
试验 1 组	46.8±0.3	869.6±12.7 <sup>ab</sup>	39.2±0.6 <sup>ab</sup>	48.5±1.5	1.24±0.04	99.3±0.8
试验 2 组	46.8±0.1	864.5±22.7 <sup>ab</sup>	38.9±1.1 <sup>ab</sup>	48.4±1.1	1.24±0.05	100.0
试验 3 组	47.0±0.1	870.9±38.3 <sup>ab</sup>	39.2±1.8 <sup>ab</sup>	48.4±0.8	1.23±0.04	100.0
试验 4 组	46.7±0.2	875.7±15.0 <sup>ab</sup>	39.5±0.7 <sup>ab</sup>	48.9±0.4	1.24±0.02	100.0
试验 5 组	47.0±0.3	865.6±18.8 <sup>ab</sup>	39.0±0.9 <sup>ab</sup>	48.6±1.6	1.25±0.04	100.0
试验 6 组	46.7±0.3	900.7±19.9 <sup>a</sup>	40.7±1.0 <sup>a</sup>	49.6±0.8	1.22±0.05	100.0

注: 同列数据肩标有相同字母或无字母表示差异不显著 ( $P>0.05$ )。下同

表 3 淀粉酶对 22~42 日龄阶段肉鸡生长性能的影响

组别	初重/g	末重/g	ADG/g	ADFI/g	F/G	成活率/%
对照组	859.9±13.6 <sup>b</sup>	2598.5±56.5 <sup>b</sup>	82.8±2.1 <sup>b</sup>	154.4±11.5	1.77±0.08 <sup>a</sup>	99.29±0.8
试验 1 组	869.6±12.7 <sup>ab</sup>	2643.0±51.8 <sup>ab</sup>	84.4±2.1 <sup>ab</sup>	155.0±4.8	1.74±0.03 <sup>b</sup>	99.28±0.8
试验 2 组	864.5±22.7 <sup>ab</sup>	2641.1±52.9 <sup>ab</sup>	84.6±2.9 <sup>ab</sup>	156.8±2.8	1.75±0.06 <sup>b</sup>	98.93±1.47
试验 3 组	870.9±38.3 <sup>ab</sup>	2645.3±51.7 <sup>ab</sup>	84.5±1.2 <sup>ab</sup>	156.0±5.7	1.75±0.05 <sup>b</sup>	99.29±0.8
试验 4 组	875.7±15.0 <sup>ab</sup>	2667.2±56.8 <sup>ab</sup>	85.3±2.7 <sup>a</sup>	156.5±2.4	1.73±0.07 <sup>b</sup>	99.64±0.7
试验 5 组	865.6±18.8 <sup>ab</sup>	2605.4±73.4 <sup>ab</sup>	82.8±3.6 <sup>ab</sup>	152.9±7.3	1.75±0.07 <sup>ab</sup>	100.0
试验 6 组	900.7±19.9 <sup>a</sup>	2702.3±73.8 <sup>a</sup>	85.8±1.7 <sup>a</sup>	156.1±3.8	1.72±0.07 <sup>b</sup>	99.29±0.8

### 2.2 淀粉酶对肉鸡肠道形态的影响

如表 4 所示, 试验各组间十二指肠、空肠、回肠的绒毛高度和隐窝深度均没有显著差异 ( $P>0.05$ )。与对照组相比, 试验 3 组空肠 VH/CD 提高 64.18% ( $P<0.05$ ), 试验 1 组和 4 组回肠 VH/CD 分别提高 35.57% ( $P<0.05$ ) 和 42.69% ( $P<0.05$ )。

### 2.3 淀粉酶制剂对肉鸡屠宰性能的影响

如表 5 所示, 与对照组相比, 试验 2、3、5 组的腹脂率有不同程度下降, 下降幅度分别为 12.98%、19.71%、5.29%、3.37%, 但差异均不显著 ( $P>0.05$ )。

表 4 淀粉酶对肉鸡肠道形态的影响

组别	对照组	试验 1 组	试验 2 组	试验 3 组	试验 4 组	试验 5 组	试验 6 组
十二指肠	绒毛高度/ $\mu\text{m}$	1490.62±130.22	1278.66±201.82	1418.45±239.02	1399.35±126.56	1400.08±133.70	1499.59±142.07
	隐窝深度/ $\mu\text{m}$	234.53±91.86	215.47±67.07	179.91±14.65	176.83±45.70	201.49±25.95	161.62±19.23
	VH/CD	6.34±1.84	5.91±2.35	7.86±1.31	7.89±1.62	6.93±0.62	9.26±1.14
空肠	绒毛高度/ $\mu\text{m}$	1028.65±43.13	1098.92±101.85	1100.18±116.51	1143.60±62.77	1126.75±108.36	1060.07±163.46
	隐窝深度/ $\mu\text{m}$	162.53±54.98	159.05±61.92	141.97±51.71	110.13±13.10	134.83±22.55	115.92±16.10
	VH/CD	6.31±2.22 <sup>b</sup>	6.89±2.76 <sup>b</sup>	7.73±2.08 <sup>ab</sup>	10.36±0.51 <sup>a</sup>	8.34±0.83 <sup>ab</sup>	9.12±1.52 <sup>ab</sup>
回肠	绒毛高度/ $\mu\text{m}$	851.20±138.05 <sup>ab</sup>	925.68±105.32 <sup>a</sup>	875.52±65.36 <sup>ab</sup>	747.97±98.29 <sup>b</sup>	836.56±62.39 <sup>ab</sup>	848.06±67.28 <sup>ab</sup>
	隐窝深度/ $\mu\text{m}$	167.59±39.52	134.51±10.27	155.18±52.94	127.71±50.31	115.47±23.12	130.07±23.45
	VH/CD	5.06±0.59 <sup>b</sup>	6.86±1.66 <sup>a</sup>	5.62±2.17 <sup>ab</sup>	5.84±1.65 <sup>ab</sup>	7.22±0.96 <sup>a</sup>	6.50±0.65 <sup>ab</sup>

注: 同行数据比较, 肩标有相同字母或无字母表示差异不显著 ( $P>0.05$ )

表5 淀粉酶对肉鸡屠宰性能的影响

组别	屠宰率/%	半净膛率/%	全净膛率/%	腹脂率/%	胸肌率/%	腿肌率/%
对照组	92.51±1.94	85.70±1.60	73.58±1.57	2.08±0.64	25.02±1.35	21.17±0.72
试验1组	93.15±1.56	84.29±3.77	72.61±3.62	2.03±0.36	25.99±2.57	21.13±1.61
试验2组	92.14±0.46	85.07±0.73	72.88±1.95	1.81±0.22	24.41±3.55	20.57±1.32
试验3组	91.58±1.05	84.37±0.79	72.26±0.99	1.67±0.71	25.13±1.27	21.14±1.62
试验4组	91.40±0.41	84.46±1.12	72.29±1.31	2.12±0.59	25.70±3.06	19.45±0.71
试验5组	92.01±1.77	83.97±3.16	71.96±3.14	1.97±0.87	24.12±1.06	20.89±1.68
试验6组	91.12±3.30	85.92±2.39	72.92±1.72	2.00±0.62	25.51±0.89	20.96±0.67

### 3 讨论

#### 3.1 饲粮中添加单一类型淀粉酶对肉鸡生长性能的影响

肉鸡内源淀粉酶活性在0~4日龄呈下降趋势,4~21日龄阶段逐渐上升,21日龄达到顶峰<sup>[2]</sup>,因此1~21日龄阶段肉鸡内源淀粉酶分泌不足是制约肉鸡前期充分发挥遗传生长潜能的重要因素。添加外源淀粉酶能够弥补雏禽内源酶分泌不足,提高饲养养分消化率<sup>[8]</sup>,进而改善生长性能。Gracia等<sup>[4]</sup>报道,饲粮中添加 $\alpha-1,4$ -淀粉酶能够显著提高肉鸡日增重;黄遵锡等<sup>[8]</sup>研究发现,饲粮中添加不同水平的支链淀粉酶均能够提高肉鸡饲料转化效率。而本研究中,在饲粮中添加单一类型的淀粉酶对肉鸡日增重和饲料转化效率均未表现出显著影响。类似研究中,汪兴玉等<sup>[9]</sup>报道,在肉鸡玉米-豆粕型饲粮中分别添加米曲霉和芽孢杆菌分泌的 $\alpha-1,4$ -淀粉酶以及芽孢杆菌分泌的支链淀粉酶,同样未发现对3~14、14~21及21~39日龄阶段肉鸡的日采食量和日增质量产生显著影响。可见,单一类型淀粉酶对肉鸡的促生长效果存在波动性,可能与外源淀粉酶与机体消化系统互作效应不同有关。

研究表明,外源添加淀粉酶会影响机体消化道发育及内源酶的分泌。Ritz等<sup>[10]</sup>报道,外源添加淀粉酶能够显著提高火鸡在7~19、22~28及31日龄以后的胰淀粉酶的活性。相反,Mahagna等<sup>[11]</sup>报道,在高粱饲粮中添加淀粉酶和蛋白酶,反而显著降低了肉鸡小肠内容物中淀粉酶、胰蛋白酶和糜蛋白酶活性,同时胰腺中糜蛋白酶活性也有降低的趋势。类似的研究中,蒋正宇等<sup>[12]</sup>研究发现,添加适量的淀粉酶能够显著提高肉鸡前肠内容物淀粉酶、总蛋白酶和胰蛋白酶活性,但添加高剂量(9000 IU/kg)淀粉酶组,消化道内总蛋白酶和淀粉酶活性反而显著下降,蔗糖酶和麦芽糖酶活性也有降低的趋势。单一类型淀粉酶的添加效果与使用剂量密切相关。

#### 3.2 饲粮中组合添加不同类型淀粉酶对肉鸡生长性能的影响

饲粮中的淀粉包括直链淀粉和支链淀粉,支链淀粉是由 $\alpha-1,4$ -糖苷键通过 $\alpha-1,6$ -糖苷键产生侧枝而形成高度分支的多糖,能够专一性水解 $\alpha-1,4$ -糖苷键和 $\alpha-1,6$ -糖苷键的不同类型淀粉酶之间存在互作效应。李富伟等<sup>[13]</sup>报道,在pH=4.6环境中, $\alpha-1,4$ -淀粉酶和糖化酶水解玉米粉的互作效应优于单一淀粉酶而低于单一糖化酶;而在pH=6.0环境中, $\alpha-1,4$ -淀粉酶和糖化酶水解玉米粉的互作效应优于单一糖化酶但低于单一淀粉酶。本试验结果显示, $\alpha-1,4$ -淀粉酶、普鲁兰酶和糖化酶组合添加能够显著改善肉鸡1~21日龄和22~42日龄阶段的生长性能,对日增重和饲料转化效率的提高幅度优于单一类型的淀粉酶组和两两组合的淀粉酶组,可能与不同类型淀粉酶存在酶解位点的协同作用,进而有效提高饲粮中淀粉的消化利用率有关,证实 $\alpha-1,4$ -淀粉酶、普鲁兰酶和糖化酶在动物机体内存在协同互作效应。

试验还发现, $\alpha-1,4$ -淀粉酶与糖化酶组合添加显著提高22~42日龄阶段肉鸡的日增重和饲料转化效率,而对1~21日龄阶段肉鸡的生长性能没有显著影响。Stefanello等<sup>[14]</sup>报道,玉米-豆粕型饲粮中添加80 IU/kg  $\alpha-1,4$ -淀粉酶淀粉酶对应肉鸡1~21日龄的潜在能值为280 kJ/kg,而对应22~40日龄阶段的潜在能值高达700 kJ/kg,远高于前期。由此推测,外源添加淀粉酶对肉鸡后期的促生长效果较前期更明显。

#### 3.3 饲粮中添加淀粉酶对肉鸡肠道形态的影响

试验发现,添加糖化酶能够显著提高空肠和回肠段VH/CD值,具有提高空肠和回肠绒毛高度、降低隐窝深度的趋势。肠道是动物最主要的消化器官,其完整性和健康程度与动物的生长性能密切相关。小肠绒毛是小肠吸收营养物质的主要部位;肠道隐窝深度的变化能够反映出肠上皮细胞的增殖率和成熟情况。通常VH/CD值升高,并伴随绒毛高度增加、隐窝深

度降低,表明肠道分泌功能提高,吸收能力增强。可见,添加糖化酶能够协助肠道养分消化,减轻肠道负担,对肠道发育产生积极影响。而 $\alpha-1,4$ -淀粉酶和普鲁兰酶对肠道形态未表现出显著影响,可能与酶解产物的差异有关。研究表明,淀粉的酶解产物显著影响与肠道发育相关的基因表达量<sup>[15]</sup>。不同类型淀粉酶酶解产物的糖分组成、结构及含量有较大的差异,能够通过基因影响肠道发育程度和肠道形态结构。饲料中添加糖化酶能够通过改善消化道发育情况而提高营养物质消化吸收利用率。

#### 4 结论

$\alpha-1,4$ -淀粉酶和普鲁兰酶在酶解淀粉过程中存在协同效应,糖化酶在提高淀粉消化率的同时改善肠道发育情况。 $\alpha-1,4$ -淀粉酶+普鲁兰酶+糖化酶组合显著提高肉鸡日增重和饲料转化效率,促生长效果优于单一类型淀粉酶。

#### 参考文献:

- [1] Moran E T. Starch digestion in fowl [J]. Poultry Sci, 1982, 61 (7): 1257.
- [2] Noy Y, Sklan D. Digestion and absorption in the young chick [J]. Poultry Sci, 1995, 74 (2): 366.
- [3] 蒋苏芬,段红伟,于锋. 饲料淀粉类酶制剂的营养机理及应用现状 [J]. 草业科学, 2012, 29 (6): 1007-1012.
- [4] Gracia M I, Aranibar M J, Lázaro R, et al. Alpha-amylase supplementation of broiler diets based on corn [J]. Poultry Sci, 2003, 82 (3): 436-442.
- [5] 王晓燕,廖昌珑,杨云娟,等. 异淀粉酶在饲料工业中的应用价值 [J]. 饲料研究, 2010 (4): 15-17.
- [6] 刘小英. 支链淀粉酶对生长鸡增重的影响 [J]. 饲料广角, 2009 (2): 34-35.
- [7] 冯定远. 饲料工业的技术创新与技术经济 [J]. 饲料工业, 2004, 25 (11): 10-11.
- [8] 黄遵锡. 日粮添加饲用异淀粉酶对肉鸡生长性能的影响及机理初探 [J]. 饲料工业, 2014, 35 (6): 1-5.
- [9] 汪兴玉,袁建敏. 添加淀粉酶对肉鸡玉米豆粕日粮能量利用效果的影响 [A]. 李爱科,李绍钰. 第七届中国饲料营养学会研讨会论文集 [C]. 郑州: 中国农业大学出版社, 2014: 266.
- [10] Ritz C W, Hulet R M, Self B B, et al. Endogenous amylase levels and response to supplemental feed enzymes in male turkeys from hatch to eight weeks of age [J]. Poultry Sci, 1995, 74 (8): 1317-1319.
- [11] Mahagna M, Nir I, Larbier M, et al. Effect of age and exogenous amylase and protease on development of the digestive tract, pancreatic enzyme activities and digestibility of nutrients in young meat-type chicks [J]. Reprod Nutr Dev, 1995, 35 (2): 201-212.
- [12] 蒋正宇,周岩民,王恬. 外源 $\alpha-1,4$ -淀粉酶对21日龄肉鸡消化器官发育、肠道内源酶活性的影响 [A]. 中国畜牧兽医学动物营养分会. 中国畜牧兽医学学会2006学术年会论文集(上册) [C]. 北京: 中国农业出版社, 2006: 672-677.
- [13] 李富伟,汪勇,汤海鸥. 淀粉酶和糖化酶体外降解玉米淀粉的机理探讨 [J]. 中国饲料, 2009 (16): 15-16.
- [14] Stefanello C, Vieira S L, Rios H V, et al. Effects of energy,  $\alpha$ -amylase, and  $\beta$ -xylanase on growth performance of broiler chickens [J]. Anim Feed Sci Tech, 2017, 225: 205-212.
- [15] 相振田. 饲料不同来源淀粉对断奶仔猪肠道功能和健康的影响及机理研究 [D]. 成都: 四川农业大学, 2011: 55-58.