

# 不同分子质量壳聚糖对麒麟鸡生长性能、 屠宰性能、肉品质及养分代谢率的影响

黎秋平,王润莲\*,潘文,赵玉振,江国亮,黄晓亮  
(广东海洋大学 动物科学系,湛江 广东 524088)

**摘要:**为研究不同分子质量壳聚糖对8~13周龄麒麟鸡生长性能、屠宰性能、肉品质及养分代谢率的影响,选用192只49日龄健康体质量相近的麒麟母鸡,随机分为4组(对照组,低、中、高分子质量组),试验期42 d。对照组饲喂基础日粮,低、中、高分子质量组分别在基础日粮中添加0.75%分子质量为2 000、5 000、50 000 u的壳聚糖。结果表明:各组间平均日增体质量、平均日采食量和料重比差异均不显著。不同分子质量壳聚糖均能降低麒麟鸡腹脂率、肝脂率及肌间脂肪宽,与对照组相比,低、中、高分子质量组的腹脂率分别降低31.23% ( $P<0.05$ )、34.76% ( $P<0.01$ )、26.70% ( $P<0.05$ ),肝脂率分别降低12.36% ( $P<0.01$ )、8.83% ( $P<0.05$ )、5.76% ( $P>0.05$ ),肌间脂肪宽分别降低38.36% ( $P<0.01$ )、28.77% ( $P<0.05$ )、36.99% ( $P<0.01$ );高分子质量组的腿肌率较对照组降低17.21% ( $P<0.01$ )。胸肌和腿肌的各项肉品质指标组间差异均不显著,但壳聚糖有降低胸肌滴水损失的趋势。各组间干物质、粗蛋白、粗灰分、钙、磷等营养物质的代谢率均差异不显著,但不同分子质量组的脂肪代谢率均低于对照组,低、中、高分子质量组分别降低3.22% ( $P>0.05$ )、5.96% ( $P<0.05$ )、8.03% ( $P<0.01$ )。可见,日粮中添加0.75%不同分子质量壳聚糖对麒麟鸡生长性能无显著影响,但能有效抑制麒麟鸡对脂肪的吸收利用,降低体脂沉积,分子质量为5 000 u以下的壳聚糖的降脂效果更为明显。

**关键词:**壳聚糖;麒麟鸡;生长性能;屠宰性能;肉品质;养分代谢率  
**中图分类号:**S816.79      **文献标志码:**A      **文章编号:**1004-3268(2015)03-0128-06

## Effects of Different Molecular Weight Chitosans on Growth, Slaughter Performance, Meat Quality and Nutrient Metabolism of Frizzled Chickens

LI Qiuping, WANG Runlian\*, PAN Wen, ZHAO Yuzhen, JIANG Guoliang, HUANG Xiaoliang  
(Department of Animal Science, Guangdong Ocean University, Zhanjiang 524088, China)

**Abstract:** This experiment was conducted to study the effects of different molecular weight chitosans on growth, slaughter performance, meat quality and nutrient metabolism of frizzled chickens. A total of 192 49-day-old female frizzled chickens were randomly divided into four groups (control group, low molecular weight group, medium molecular weight group and high molecular weight group). The experiment lasted for 42 d. The control group was fed with corn-soybean meal basal diet, and the others with basal diet plus 0.75% chitosan with molecular weight of 2 000 u, 5 000 u and 50 000 u, respectively. There were no difference in average daily gain, average daily feed intake and the feed conversion ratio among the groups. Compared with the control group, dietary supplementation of different molecular weight chitosans could significantly reduce the abdominal fat, the liver fat and the muscle fat width, and the low, medium and

收稿日期:2014-08-26  
基金项目:广东省自然科学基金项目(S2012010010114)  
作者简介:黎秋平(1988-),女,广东云浮人,在读硕士研究生,研究方向:动物营养与代谢调控。  
E-mail:463169485@qq.com  
\* 通讯作者:王润莲(1965-),女,甘肃永靖人,教授,博士,主要从事动物营养与饲料科学研究。  
E-mail:wangrunlian2005@163.com

high molecular weight groups reduced 31.23% ( $P < 0.05$ ), 34.76% ( $P < 0.01$ ), 26.70% ( $P < 0.05$ ) on the abdominal fat, 12.36% ( $P < 0.01$ ), 8.83% ( $P < 0.05$ ), 5.76% ( $P > 0.05$ ) on the liver fat, and 38.36% ( $P < 0.01$ ), 28.77% ( $P < 0.05$ ), 36.99% ( $P < 0.01$ ) on the muscle fat width, respectively. The high molecular weight group reduced 17.21% on the drumstick rate of frizzled chickens ( $P < 0.01$ ). Dietary supplementation of chitosan was no significant differently in meat quality of breast and drumsticks. But it had a trend to lower the drip of the breast meat. There were no significantly difference in the metabolic rate of dry matter, crude protein, calcium and phosphorus. Compared with the control group, the low, medium and high molecular weight groups reduced 3.22% ( $P > 0.05$ ), 5.96% ( $P < 0.05$ ), 8.03% ( $P < 0.01$ ) on metabolic rate of crude fat, respectively. It was concluded that supplementation of 0.75% different molecular weight chitosans in dietary had no effect in the performance and meat quality of frizzled chickens, but it could effectively inhibit the fat absorption and utilization, reduce the fat deposition, and the chitosan with the molecular weight below 5 000 u had the most obvious lipid-lowering effect.

**Key words:** chitosan; frizzled chickens; growth performance; slaughter performance; meat quality; nutrient metabolism

壳聚糖是甲壳质脱乙酰基后的高分子聚合物,是一种天然的碱性多糖,具有降脂、抗菌抑菌、免疫调节等多种生物学功效<sup>[1]</sup>。由于原料及制备方法等不同,壳聚糖产品的理化性质差别较大,导致其生理活性也不同。研究者对壳聚糖在动物生产上的应用进行了大量研究,但主要集中在特定性质和活性的壳聚糖产品在不同添加量下对动物生物学效应的比较<sup>[2-7]</sup>。近年来,随着壳聚糖制备方法的不断改进<sup>[8]</sup>,关于不同性质壳聚糖生理活性的研究逐步展开<sup>[9-14]</sup>。如郭巧玲<sup>[11]</sup>研究表明,分子质量在 1 000 ~ 10 000 u 的甲壳低聚糖,生理活性明显优于其他分子质量的甲壳低聚糖;李兆杰<sup>[12]</sup>研究发现,脱乙酰度相同而分子质量不同(24 500、8 450、1 500、600 u)的低分子壳聚糖对高胆固醇血症小鼠肝脏中甘油三酯和总胆固醇水平均有显著性影响,并且随着壳聚糖分子质量的降低其调节血脂的作用有加强的趋势;余雄伟<sup>[13]</sup>在探讨不同分子质量壳聚糖(3 000 u, 300 000 ~ 400 000 u 及 700 000 u)的抑菌机制时发现,壳聚糖的分子质量越小,抑菌性能越强;王红卫等<sup>[14]</sup>在蛋鸡上也做了相关的研究,结果显示,分子质量为 1 000 u 的壳聚糖能显著降低蛋鸡肠道中大肠杆菌和双歧杆菌的数量,其抗菌活性优于 3 000 u 和 8 000 u 的壳聚糖。

目前,关于不同性质壳聚糖生理活性的研究在肉鸡上研究较少。麒麟鸡,又称翻毛鸡或卷毛鸡,是一种古老的优质肉鸡,其羽毛翻卷,散热能力强,耐高温,代谢旺盛,产肉性能与脂肪沉积量比较高<sup>[15-16]</sup>。本试验在麒麟鸡日粮中添加不同分子质量的高脱乙酰度(90%)壳聚糖,探讨不同分子质量壳聚糖对麒麟鸡生产性能、屠宰性能、肉品质及养分代谢率的影响,旨在为壳聚糖添加剂的进一步应用

提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 试验材料

壳聚糖平均分子质量分别为 2 000、5 000、50 000 u,脱乙酰度为 90%,均为粉末状,粒度约为 0.104 mm,含水率≤7.8%,含不溶物≤1%。

1.2 试验设计

试验采用单因子完全随机设计,选取 192 只 49 日龄健康的、体质量相近的麒麟母鸡,随机分为 4 组(对照组、低、中、高分子质量组),每组 8 个重复,每个重复 6 只,试验期为 42 d。其中,对照组饲喂基础日粮,低、中、高分子质量组分别在基础日粮中添加分子质量分别为 2 000、5 000、50 000 u 的壳聚糖,添加水平为 0.75%。参照黄羽肉鸡的营养需要及对麒麟鸡的饲养观察,配制 8 ~ 13 周龄麒麟鸡母鸡玉米-豆粕型日粮。基础日粮组成及营养水平见表 1。

表 1 麒麟鸡日粮组成及营养水平

原料	含量/%	基础日粮营养水平	含量
玉米	69.98	代谢能/(MJ/kg)	12.66
豆粕	22.10	粗蛋白质/%	16.29
大豆油	2.70	钙/%	1.18
磷酸氢钙	1.70	总磷/%	0.62
贝壳粉	1.95	有效磷/%	0.41
食盐	0.35	赖氨酸/%	0.87
蛋氨酸	0.10	蛋氨酸/%	0.36
赖氨酸	0.05	蛋氨酸+胱氨酸/%	0.64
预混料	1.07		
合计	100.00		

注:预混料为每千克饲料提供维生素 A 8 000 IU、维生素 D<sub>3</sub> 1 250 IU、维生素 E 10 IU、维生素 K<sub>3</sub> 0.55 mg、维生素 B<sub>1</sub> 2.25 mg、维生素 B<sub>2</sub> 3.75 mg、维生素 B<sub>6</sub> 2.25 mg、维生素 B<sub>12</sub> 0.015 mg、泛

酸 8 mg、烟酸 35 mg、叶酸 0.6 mg、生物素 0.15 mg、胆碱 1 000 mg、Cu (CuSO<sub>4</sub> · 5H<sub>2</sub>O) 8 mg、Mn (MnSO<sub>4</sub> · H<sub>2</sub>O) 100 mg、Fe (FeSO<sub>4</sub> · 7H<sub>2</sub>O) 80 mg、Zn (ZnSO<sub>4</sub> · 7H<sub>2</sub>O) 60 mg、I (KI) 0.35 mg、Se (Na<sub>2</sub>SeO<sub>3</sub>) 0.15 mg;基础日粮营养水平以风干物质计算。

1.3 饲养管理

试验于 2014 年 4 月 13 日—5 月 24 日在广东海洋大学家禽育种中心进行。试验鸡采用 3 层叠式笼养,自由采食及饮水,定期打扫卫生及消毒。试验期间每天观察鸡群的健康状况,并记录鸡只死亡、淘汰和发病情况。

1.4 测定指标与方法

1.4.1 生长性能 以个体为单位,于试验开始日及试验结束日 8:00 对鸡只进行空腹称质量,计算平均日增体质量,同时统计并计算平均日采食量及料重比。

1.4.2 屠宰性能、肉品质 试验结束称体质量后,于每个重复抽取体质量相近且接近平均体质量的 2 只鸡进行屠宰,对屠宰性能及肉品质进行测定。

屠宰性能:屠宰率、半净膛率及全净膛率分别为供试鸡屠体质量、半净膛质量、全净膛质量占活体质量的百分比。胸肌率、腿肌率、腹脂率分别为供试鸡胸肌、腿肌、腹脂质量占全净膛质量的百分比。

肉品质:鸡屠宰后 45 min,用 PHS-3C 型 pH 计测定胸肌、腿肌的 pH 值;肉色用 CR-10 型色差计进行测定;剪切力用 C-LM3B 嫩度仪进行测定;分别取胸肌、腿肌约 1 g,用铁丝钩住悬于塑料袋中,

4 ℃ 悬挂 24 h 后立即称质量,计算滴水损失率:滴水损失率=(挂前肉样质量-挂后肉样质量)/挂前肉样质量×100%。

1.4.3 养分代谢率 采用全收粪法,于试验末期连续 3 d 进行,在进行代谢试验前供试鸡饥饿排空 12 h,之后开始饲喂,24 h 后收粪,连续收取 3 d 的粪便,同时准确记录 3 d 的采食量。所收集的粪便置于 65 ℃ 烘箱内烘干,回潮 24 h 后称质量,采用实验室常规分析方法测定分析饲料及粪便中的干物质(DM)、粗蛋白(CP)、粗脂肪(EE)、粗灰分(ASH)、钙(Ca)及磷(P)的含量。

1.5 数据处理与分析

应用 SPSS 17.0 处理数据,采用 ANOVA 模型进行单因子方差分析,用 LSD 法进行多重比较,结果以平均值±标准误表示。

2 结果与分析

2.1 壳聚糖对麒麟鸡生长性能的影响

由表 2 可以看出,添加壳聚糖各组的麒麟鸡平均日增体质量与对照组相比,除低分子质量组平均日增体质量提高了 1.17% 外,中、高分子质量组均有所降低,分别降低了 1.43%、6.04%;低、中、高分子质量组的平均日采食量分别较对照组提高 6.19%、2.63%、0.99%。此外,壳聚糖试验组的料重比较对照组也分别提高了 4.48%、4.23%、7.71%,但各组间平均日增体质量、平均日采食量和料重比均无显著差异。

表 2 不同分子质量壳聚糖对麒麟鸡生长性能的影响

项目	对照组	低分子质量组	中分子质量组	高分子质量组
初体质量/g	577.06 ± 9.48	588.30 ± 4.21	584.04 ± 8.83	584.00 ± 10.36
末体质量/g	1 224.73 ± 31.34	1 242.89 ± 27.05	1 221.78 ± 30.50	1 192.15 ± 33.50
平均日增体质量/g	15.41 ± 0.62	15.59 ± 1.66	15.19 ± 0.65	14.48 ± 0.64
平均日采食量/g	61.57 ± 1.40	65.38 ± 2.11	63.19 ± 1.48	62.18 ± 1.05
料重比	4.02 ± 0.10	4.20 ± 0.16	4.19 ± 0.10	4.33 ± 0.14

注:同行数据肩标小写字母完全不同者表示差异显著(P<0.05),肩标字母相同者或无肩标字母表示差异不显著(P>0.05),肩标大写字母完全不同者表示差异极显著(P<0.01),下同。

2.2 壳聚糖对麒麟鸡屠宰性能及肉品质的影响

由表 3 可以看出,各组之间的活体质量、屠宰率、半净膛率、全净膛率、胸肌率及皮脂厚均差异不显著。高分子质量组的腿肌率最低,显著低于低、中分子质量组,且其较对照组降低了 17.21%(P<0.01)。壳聚糖试验组的腹脂率、肝脂率及肌间脂肪宽均低于对照组,其中,与对照组相比,低、中、高分子质量组的腹脂率分别降低了 31.23%

(P<0.05)、34.76%(P<0.01)、26.70%(P<0.05),肝脂率分别降低了 12.36%(P<0.01)、8.83%(P<0.05)、5.76%(P>0.05),肌间脂肪宽分别降低了 38.36%(P<0.01)、28.77%(P<0.05)、36.99%(P<0.01)。不同分子质量组间腹脂率、肌间脂肪宽差异不显著,但低分子质量组的肝脂率较高分子质量组降低了 7.00%(P<0.01)。

表 3 不同分子质量壳聚糖对麒麟鸡屠宰性能的影响

项目	对照组	低分子质量组	中分子质量组	高分子质量组
活体质量/g	1 148.31 ± 59.51 <sup>a</sup>	1 179.69 ± 46.29 <sup>a</sup>	1 166.69 ± 51.14 <sup>a</sup>	1 161.00 ± 47.38 <sup>a</sup>
屠宰率/%	88.56 ± 0.63 <sup>a</sup>	88.82 ± 0.61 <sup>a</sup>	88.52 ± 0.46 <sup>a</sup>	88.10 ± 0.51 <sup>a</sup>
半净膛率/%	80.87 ± 1.29 <sup>a</sup>	80.11 ± 0.74 <sup>a</sup>	79.56 ± 0.70 <sup>a</sup>	79.61 ± 0.68 <sup>a</sup>
全净膛率/%	66.90 ± 0.74 <sup>a</sup>	67.98 ± 0.90 <sup>a</sup>	66.84 ± 1.14 <sup>a</sup>	67.24 ± 1.00 <sup>a</sup>
胸肌率/%	13.79 ± 0.43 <sup>a</sup>	13.40 ± 0.80 <sup>a</sup>	13.46 ± 0.52 <sup>a</sup>	13.44 ± 0.41 <sup>a</sup>
腿肌率/%	21.03 ± 0.40 <sup>aA</sup>	20.49 ± 0.57 <sup>aAB</sup>	20.84 ± 0.59 <sup>aAB</sup>	17.41 ± 1.55 <sup>bB</sup>
腹脂率/%	3.97 ± 0.43 <sup>aA</sup>	2.73 ± 0.26 <sup>bAB</sup>	2.59 ± 0.35 <sup>bB</sup>	2.91 ± 0.31 <sup>bAB</sup>
肝脂率/%	15.62 ± 0.67 <sup>aA</sup>	13.69 ± 0.48 <sup>bB</sup>	14.24 ± 0.35 <sup>bAB</sup>	14.72 ± 0.29 <sup>aA</sup>
皮脂厚/cm	0.66 ± 0.04 <sup>a</sup>	0.55 ± 0.04 <sup>a</sup>	0.56 ± 0.06 <sup>a</sup>	0.55 ± 0.04 <sup>a</sup>
肌间脂肪宽/cm	0.73 ± 0.09 <sup>aA</sup>	0.45 ± 0.04 <sup>bB</sup>	0.52 ± 0.03 <sup>bAB</sup>	0.46 ± 0.06 <sup>bB</sup>

由表 4 可以看出,对照组和壳聚糖试验组胸肌和腿肌的 pH 值、肉色、剪切力以及滴水损失均差异不显著。其中,试验组的胸肌滴水损失较对照组有下降的趋势,低、高分子质量组的胸肌滴水损失均降低了 19.46%,但差异不显著。

表 4 不同分子质量壳聚糖对麒麟鸡肉品质的影响

部位	项目	对照组	低分子质量组	中分子质量组	高分子质量组
胸肌	pH	6.20 ± 0.18	6.06 ± 0.12	6.26 ± 0.09	6.08 ± 0.12
	肉色				
	亮度 L	53.09 ± 0.92	52.39 ± 0.93	52.39 ± 0.71	51.90 ± 0.82
	红度 a	2.66 ± 0.37	3.01 ± 0.45	3.71 ± 0.39	3.09 ± 0.46
	黄度 b	14.35 ± 0.54	14.20 ± 0.69	15.36 ± 0.67	14.25 ± 0.61
	剪切力/(kg·f)	2.57 ± 0.42	2.58 ± 0.13	2.15 ± 0.28	2.37 ± 0.13
腿肌	滴水损失/%	3.34 ± 0.64	2.69 ± 0.57	3.14 ± 0.57	2.69 ± 0.46
	pH	6.01 ± 0.17	6.24 ± 0.13	6.18 ± 0.14	6.15 ± 0.10
	肉色				
	亮度 L	52.21 ± 1.58	51.41 ± 0.74	51.56 ± 1.18	50.05 ± 0.34
	红度 a	7.20 ± 0.28	7.88 ± 0.42	7.40 ± 0.39	6.88 ± 0.32
	黄度 b	14.24 ± 0.61	13.90 ± 0.52	13.46 ± 0.53	12.35 ± 0.43
	剪切力/(kg·f)	2.62 ± 0.27	3.41 ± 0.24	2.60 ± 0.21	3.43 ± 0.50
	滴水损失/%	3.09 ± 0.57	2.94 ± 0.39	3.34 ± 0.38	4.13 ± 0.23

2.3 壳聚糖对麒麟鸡养分代谢率的影响

由表 5 可以看出,各组间干物质和粗蛋白的代谢率均无显著差异;壳聚糖试验组的粗灰分、钙和磷的代谢率较对照组均有所降低,其中,粗灰分代谢率分别降低 21.40%、27.08%、17.36%,钙代谢率分别降低10.61%、25.18%、12.72%,磷代谢率分别降

低 1.97%、8.44%、6.72%,但以上各养分的组间差异均不显著;不同分子质量壳聚糖能降低粗脂肪代谢率,低、中、高分子质量组的粗脂肪代谢率分别较对照降低了3.22%( $P>0.05$ )、5.96%( $P<0.05$ )、8.03%( $P<0.01$ ),且随着壳聚糖分子质量的增加,粗脂肪代谢率呈不断下降的趋势。

表 5 不同分子质量壳聚糖对麒麟鸡养分代谢率的影响 %

项目	对照组	低分子质量组	中分子质量组	高分子质量组
干物质	73.81 ± 0.01 <sup>a</sup>	72.60 ± 0.01 <sup>a</sup>	72.79 ± 0.01 <sup>a</sup>	73.77 ± 0.01 <sup>a</sup>
粗蛋白	40.14 ± 0.06 <sup>a</sup>	40.07 ± 0.04 <sup>a</sup>	45.71 ± 0.01 <sup>a</sup>	42.99 ± 0.04 <sup>a</sup>
粗脂肪	86.41 ± 0.01 <sup>aA</sup>	83.63 ± 0.02 <sup>abAB</sup>	81.26 ± 0.01 <sup>bAB</sup>	79.47 ± 0.02 <sup>bB</sup>
粗灰分	20.05 ± 0.03 <sup>a</sup>	15.76 ± 0.02 <sup>a</sup>	14.62 ± 0.02 <sup>a</sup>	16.57 ± 0.03 <sup>a</sup>
钙	30.90 ± 0.06 <sup>a</sup>	27.62 ± 0.02 <sup>a</sup>	23.12 ± 0.02 <sup>a</sup>	26.97 ± 0.03 <sup>a</sup>
磷	36.60 ± 0.03 <sup>a</sup>	35.88 ± 0.04 <sup>a</sup>	33.51 ± 0.02 <sup>a</sup>	34.14 ± 0.04 <sup>a</sup>

3 讨论

本研究结果表明,麒麟鸡日粮中添加不同分子质量的壳聚糖对其生长性能无显著影响。与生长性能结果一致的是,不同分子质量的壳聚糖条件下麒麟鸡的屠宰率、半净膛率、全净膛率、胸肌率及皮脂

厚度差异均不显著,这说明分子质量为 2 000 ~ 50 000 u 的壳聚糖总体上不影响麒麟鸡屠体各部分的生长发育。对于肉品质而言,壳聚糖有通过降低胸肌滴水损失而提高肉品质的趋势,这与杜炳旺等<sup>[17]</sup>在贵妃鸡日粮添加 0.15% 脱乙酰度为 90%、黏度为 36cPs 的壳聚糖的研究结果相似。而与屠宰

率等结果相反的是,麒麟鸡日粮中添加 0.75% 不同分子质量的壳聚糖能降低其腿肌率,高分子质量组的腿肌率显著低于对照组与低、中分子质量组,其原因可能是高分子质量的壳聚糖能有效地降低麒麟鸡腿肌的肌内脂肪。

大量研究<sup>[16, 18-21]</sup>表明,壳聚糖能有效地降低动物的体脂沉积,且较多的研究指出,低分子质量的壳聚糖的降脂效果更明显。LeHoux 等<sup>[22]</sup>在大鼠上做了相关的研究发现,分子质量为 70 000 u 的壳聚糖的降脂效果优于分子质量为 750 000 u 的壳聚糖,并提出当壳聚糖的分子质量大于 750 000 u 时,其降胆固醇活性基本消失;Zhang 等<sup>[23]</sup>研究也表明,低分子质量(51 000 u)壳聚糖的降脂活性优于高分子质量(315 000 u)壳聚糖;Ormrod 等<sup>[24]</sup>在体外细胞模型中研究发现,低分子质量壳寡糖能显著减少脂质蓄积,其中分子质量在 1 000 ~ 3 000 u 的壳聚糖对抑制脂肪细胞分化最有效。李兆杰<sup>[12]</sup>在小鼠上也得出了类似的结论。本试验研究表明,麒麟鸡日粮中添加壳聚糖能明显降低其体脂的沉积,与上述研究结果一致<sup>[16, 18-21]</sup>,且随着分子质量的降低,麒麟鸡肝脏的脂肪含量不断下降。

本研究结果显示,不同分子质量壳聚糖对干物质、粗蛋白、粗灰分、钙磷等营养物质的吸收利用无显著影响,但能明显抑制麒麟鸡对日粮中脂肪的吸收利用,抑制强度随着分子质量的增加而增强。由此可见,壳聚糖可以通过抑制脂肪的代谢利用达到降脂的目的。从本试验研究结果可以看出,不同分子质量壳聚糖的降脂效果有所差异,推断不同分子质量壳聚糖调节机体脂质代谢的途径应有所不同。Czechowska-Biskup 等<sup>[25]</sup>曾提出,相同脱乙酰度不同分子质量壳聚糖的吸油能力不同,在 44 000 u 时达到最大,同时李兆杰<sup>[12]</sup>研究表明,低分子质量(8 450、1 500、600 u)壳聚糖降脂的作用主要是通过调节体内脂肪代谢酶活性而实现的。由此可推测,高分子质量(50 000 u)壳聚糖主要是通过阻止麒麟鸡胃肠道对日粮中脂肪的吸收,使脂肪未经吸收就随粪便排出体外,而低、中分子质量(2 000 u、5 000 u)壳聚糖主要是通过影响脂质代谢酶的活性,从而发挥降脂作用。这与前人<sup>[9, 23]</sup>的研究报道一致。

综上,麒麟鸡日粮中添加不同分子质量的壳聚糖对其生长性能及肉品质没有明显的影响,但能有效抑制麒麟鸡对脂肪的吸收利用,降低体脂沉积。分子质量为 5 000 u 以下的壳聚糖的降脂效果更为明显。

#### 参考文献:

- [1] 王润莲,贾志海,朱晓萍. 甲壳素和壳聚糖营养研究进展[J]. 动物营养学报,2006,18(4):299-302.
- [2] Li X J, Piao X S, Kim S W, *et al.* Effects of chito-oligosaccharide supplementation on performance, nutrient digestibility, and serum composition in broiler chickens [J]. Poultry Science, 2007, 86: 1107-1114.
- [3] Khambualai O, Yamauchi K, Tangtaweewipat S, *et al.* Effect of chitosan diets on growth performance in broiler chickens [J]. The Journal of Science, 2008, 45: 206-209.
- [4] Khambualai O, Yamauchi K, Tangtaweewipat S, *et al.* Growth performance and intestinal histology in broiler chickens fed with dietary chitosan [J]. British Poultry Science, 2009, 50: 592-597.
- [5] 刘梅,史挺,刘秋菊. 壳聚糖对肉仔鸡抗氧化能力及免疫器官指数的影响[J]. 中国饲料,2011(15):22-25.
- [6] 赫刚. 壳聚糖对肉仔鸡生长性能与免疫功能的影响[D]. 哈尔滨:东北农业大学,2005.
- [7] 金晓,史彬林. 壳聚糖对肉仔鸡生产性能、免疫功能、血液指标及肠道系统的影响[D]. 呼和浩特:内蒙古农业大学,2008.
- [8] 曾林涛. 低壳聚糖制备及其生理活性研究[D]. 武汉:华中师范大学,2007.
- [9] Zhang J, Zhang W, Mamadouba B, *et al.* A comparative study on hypolipidemic activities of high and low molecular weight chitosan in rats [J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2012, 51: 504-508.
- [10] 吕丹娜. 不同脱乙酰度壳聚糖在肉仔鸡饲料中的应用研究[D]. 哈尔滨:东北农业大学,2006.
- [11] 郭巧玲. 低聚壳聚糖的生理活性及应用[J]. 漳州职业技术学院学报,2008,10(4):27-29.
- [12] 李兆杰. 壳聚糖快速制备技术及降血脂、免疫增强活性研究[D]. 青岛:中国海洋大学,2010.
- [13] 余雄伟. 壳聚糖抑菌机理的研究[D]. 武汉:武汉工业学院,2011.
- [14] 王红卫,孙敏敏,孟晓,等. 不同分子质量壳寡糖对蛋鸡生产性能、肠道微生物及脾脏白细胞介素-2 和肿瘤坏死因子- $\alpha$  基因表达的影响[J]. 动物营养学报,2013,25(11):2660-2667.
- [15] 陈洁波,陶林,杜炳旺,等. 麒麟鸡生长、屠宰性能和肉品质测定[J]. 家禽科学,2013(4):16-20.
- [16] 胡民强,黄德纯,郑俊钦. 麒麟鸡屠宰性能及肉质分析研究[J]. 黑龙江畜牧兽医,2013(12):43-44.
- [17] 杜炳旺,王润莲,常斌,等. 壳聚糖对贵妃鸡肉品质的影响[J]. 动物营养学报,2009,21(1):113-117.
- [18] Kobayashi S, Terashima Y, Itoh H. Effects of dietary chitosan on fat deposition and lipase activity in digesta in

糖苷糖基化位点和 30 个磷酸化位点,这表明 NP1 蛋白通过对转录因子进行修饰进而影响病毒转录过程。因 T 细胞表面对 O - 糖苷糖基化位点的聚集作用,可以推测 NP1 蛋白对细胞免疫有一定影响。为深入了解该蛋白在猪博卡病毒侵入机制和免疫学反应方面所起的作用提供了理论依据,本研究通过对 NP1 蛋白在二级结构、跨膜区、亲水性、表面可及性、抗原性等多种参数进行综合分析,确定了 NP1 蛋白有 6 个 B 细胞线性优势表位,分别位于该蛋白的第 7—14 位、27—50 位、59—73 位、85—94 位、102—108 位、151—155 位区段。这与李彬等<sup>[8]</sup>报道的 NP1 蛋白可作为诊断抗原的候选蛋白的研究结果一致。本研究为 PBoV 的血清学诊断方法的研究提供了参考,同时也为猪博卡病毒 NP1 蛋白免疫机制的研究、临床诊断方法、亚单位疫苗的研发和该病毒病的预防奠定了基础。

参考文献:

[1] Fu X, Wang X C, Ni B, *et al.* Recombination analysis based on the complete genome of bocavirus [J]. *Virology*, 2011, 8; 182-188.

[2] Zeng S, Wang D, Fang L, *et al.* Complete coding sequences and phylogenetic analysis of porcine bocavirus [J]. *Gen Virol*, 2011, 92(4) : 784-788.

(上接第 132 页)

broiler chickens [J]. *British Poultry Science*, 2002, 43; 270-273.

[19] 黄晓亮,常斌,杜炳旺,等.壳聚糖在贵妃鸡日粮中的应用效果[J].*中国饲料*, 2008(7) : 18-20.

[20] 李忠荣,冯玉兰.壳聚糖对河田鸡脂肪沉积的影响[J].*中国畜牧杂志*, 2010, 46(3) : 39-41.

[21] 刘梅.壳聚糖对肉仔鸡脂肪代谢的影响[J].*江苏农业科学*, 2011, 39(3) : 267-269.

[22] LeHoux J, Grondin F. Some effects of chitosan on liver function in the rat [J]. *Endocrinology*, 1993, 132; 1078-1084.

[3] Lau S K, Woo P C, Yip C C, *et al.* Co-existence of multiple strains of two novel porcine bocaviruses in the same pig, a previously undescribed phenomenon in members of the family Parvoviridae, and evidence for inter-and intra-host genetic diversity and recombination [J]. *Gen Virol*, 2011, 92(9) : 2047-2059.

[4] Zhang H B, Huang L, Liu Y J, *et al.* Porcine bocaviruses: Genetic analysis and prevalence in Chinese swine population [J]. *Epidemiol Infect*, 2011, 139(10) : 1581-1586.

[5] McKillen J, McNeilly F, Duffy C, *et al.* Isolation in cell cultures and initial characterization of two novel bocavirus species from swine in Northern Ireland [J]. *Vet Microbiol*, 2011, 152(1/2) : 39-45.

[6] Chen A Y, Luo Y, Cheng F, *et al.* Bocavirus infection induces mitochondrion-mediated apoptosis and cell cycle arrest at G2 /M phase [J]. *Journal of Virology*, 2010, 84(11) : 5615-5626.

[7] 翟少伦,陈胜男,魏文康,猪博卡病毒的研究进展[J].*病毒学报*, 2012, 28(2) : 190-193.

[8] 李彬,毛立,何孔旺,等.猪博卡病毒 *NP1* 基因的克隆与原核表达[J].*华北农学报*, 2011, 26(3) : 28-31.

[9] 魏星灿,贾青,陶隽,等.猪 *CBI* 基因的生物信息学分析[J].*河南农业科学*, 2013, 42(12) : 129-132.

[10] 胡慧艳,贾青,陶隽,等.家猪 TBP 蛋白结构与理化性质的生物信息学分析[J].*河南农业科学*, 2014, 43(3) : 128-132.

[23] Zhang W, Zhang J, Jiang Q, *et al.* The hypolipidemic activity of chitosan nanopowder prepared by ultrafine milling [J]. *Carbohydrate Polymers*, 2013, 95 : 487-491.

[24] Ormrod D J, Holmes C C, Miller T E. Dietary chitosan inhibits hypercholesterolaemia and atherogenesis in the apolipoprotein E-deficient mouse model of atherosclerosis [J]. *Atherosclerosis*, 1998, 138(2) : 329-334.

[25] Czechowska-Biskup R, Rokita B, Ulanski P, *et al.* Radiation-induced and sonochemical degradation of chitosan as a way to increase its fat-binding capacity [J]. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B*, 2005, 133 : 383-390.