

# 饲料中添加壳寡糖对动物机体的影响

高巍<sup>1,2</sup> 陈帅<sup>1</sup> 丁兆坤<sup>2</sup> 许友卿<sup>2</sup> 刘刚<sup>1\*</sup> 印遇龙<sup>1</sup>

(1. 中国科学院亚热带农业生态研究所, 中国科学院亚热带农业生态过程重点实验室, 湖南省畜禽健康养殖工程技术中心, 农业部中南动物营养与饲料科学观测实验站, 长沙 410125; 2. 广西大学水产科学研究所, 南宁 530004)

**摘要:** 壳寡糖是一种通过壳聚糖降解得到的对生物机体功能有很大影响的高分子化合物, 研究发现, 饲料中添加壳寡糖可以促进动物的生长, 改善机体肠道环境, 抑制有害菌的生长, 影响肠道菌落形成。此外, 壳寡糖可以增强机体部分器官的功能, 增加生物体部分酶的活性, 抑制某些有害物质的分泌。本文主要综述了壳寡糖对动物血液生化指标、免疫力及肠道等的影响, 为相关试验提供理论依据。

**关键词:** 壳寡糖; 免疫; 血液; 肠道

**中图分类号:** S816.7

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1006-267X(2014)02-0322-05

随着社会的发展, 人们越来越重视食品安全问题。在人工饲养动物时, 不可避免的需要使用一些抗生素来保证动物的健康生长。但抗生素会在动物体内残留、积累, 会在一定程度上影响食品的质量, 甚至造成多种危害。目前, 人们开始寻求一些无危害的产物来代替这些抗生素发挥作用, 壳寡糖(chitosan oligosaccharide)正好符合了这一要求, 所以人们对壳寡糖的关注逐渐增强。壳寡糖是通过壳聚糖降解得到的产物, 其水溶性好、功能作用大、生物活性高。壳寡糖易吸收, 功效是壳聚糖的数十倍, 饲料添加壳寡糖能促进动物生长、提高免疫机能等, 其对动物的作用包括免疫调节、降血脂、抗癌等多种生理功能。

## 1 壳寡糖对机体血液生化指标的影响

### 1.1 血细胞

蔡雪峰等<sup>[1]</sup>研究了壳寡糖对虹鳟非特异性免疫功能影响, 检测到壳寡糖可以提高白细胞吞噬菌的数量, 但白细胞的杀菌功能并没有显著增强。

然而刘含亮等<sup>[2]</sup>发现, 饲料中添加壳寡糖组显著提高了白细胞的吞噬百分率和吞噬指数, 显著提高了虹鳟血清杀菌能力。蔡文娣等<sup>[3]</sup>也发现, 服用壳寡糖后显著增强了小鼠机体单核巨噬细胞的吞噬功能和迟发性超敏反应。Cai等<sup>[4]</sup>研究表明, 壳寡糖可以提高小鼠单核细胞的吞噬能力, 促进抗体的产生等。饲料中添加壳寡糖可以增强白细胞的功能, 有利于提高机体的免疫力。

李振达等<sup>[5]</sup>研究发现, 饲料中添加壳寡糖可以使三疣梭子蟹血细胞中的大颗粒细胞数量增加, 小颗粒细胞数量减少, 但总体上细胞密度显著提高。说明添加壳寡糖可增加三疣梭子蟹血淋巴数目, 有利于细胞免疫力的提升, 其作用效果还需进一步研究。李振达等<sup>[6]</sup>在饲料中添加壳寡糖可以增加凡纳滨对虾血细胞的数量, 并且低水平的壳寡糖更有利于增加血细胞的数量; 在血细胞中, 可以检测到小颗粒细胞显著增加, 大颗粒细胞显著减少。由此可见, 壳寡糖对血细胞数量的影响主要通过调节大小颗粒细胞的数量来实现, 这会在一定程度上影响机体的免疫功能, 但作用效果

收稿日期: 2013-08-28

基金项目: 湖南省自然科学基金重点基金项目(13JJ2034); 国家自然科学基金项目(313111032); 中国科学院知识创新工程重要方向项目(KSCX2-EW-G-16)

作者简介: 高巍(1990—), 男, 湖南常德人, 硕士研究生, 从事动物营养学研究。E-mail: 534641499@qq.com

\* 通讯作者: 刘刚, 助理研究员, E-mail: gangle.liu@gmail.com

并不显著,其效果可能因品种的差异而有所不同。

## 1.2 酶

酶在机体内有着重要的作用,催化特定的化学反应,机体必须要有酶的存在才能进行各项生化反应。机体内酶越多、越完整,其生命就越健康。李振达等<sup>[5]</sup>的研究发现,添加壳寡糖可以不同程度地提高三疣梭子蟹血淋巴的氧化酶(PO)活性,可以显著地提高三疣梭子蟹血淋巴的酸性磷酸酶(ACP)、总超氧化物歧化酶(T-SOD)、过氧化物酶(POD)和溶菌酶(LSZ)活性,但对碱性磷酸酶(ALP)活性无显著影响;添加大量的壳寡糖对LSZ活性无显著影响。甲壳动物的体液免疫主要依靠体液因子起作用,在众多体液因子中,PO、ACP、三磷酸腺苷酶(AKP)、T-SOD、LSZ和POD等活性高低常被用作衡量对虾免疫活力高低的参照指标。这些酶活性的显著增高有利于增强甲壳动物的免疫力。孙立威等<sup>[7]</sup>研究表明,饲料中添加适量的壳寡糖可以显著提高吉富罗非鱼幼鱼血清中LSZ和超氧化物歧化酶(SOD)活性。

## 1.3 免疫球蛋白

免疫球蛋白主要存在于血浆中,在体液、组织和一些分泌液中也有少量存在。免疫球蛋白由2条相同的轻链和2条相同的重链所组成,是一类重要的免疫效应分子。Huang等<sup>[8]</sup>研究了壳寡糖对肉鸡的影响,发现壳寡糖组肉鸡血液中的免疫球蛋白数量显著增加,壳寡糖对提高肉鸡的免疫力有一定的作用;在结肠中,壳寡糖或其发酵产物可直接增强免疫球蛋白的免疫功能,但作用机理还需进一步研究。Tang等<sup>[9]</sup>研究了壳寡糖对猪仔的影响,发现饲料中添加壳寡糖增加了血清白细胞介素-1 $\beta$ (IL-1 $\beta$ )、白细胞介素-2(IL-2)和白细胞介素-6(IL-6)含量和IL-1 $\beta$ 的基因表达水平。这些免疫因子对机体的免疫都起到了重要的作用,壳寡糖能促进这些基因的表达,也在一定程度上促进了机体免疫力的提高。夏美玲等<sup>[10]</sup>也发现壳寡糖可以提高荷瘤鼠IL-2的分泌和降低白细胞介素-10(IL-10)的分泌。

## 1.4 血脂

添加壳寡糖能改善机体的蛋白质和脂类代谢,研究发现,饲料中添加壳寡糖能降低机体的血脂水平,对机体的生长和免疫起到一定的作用。蔡雪峰等<sup>[1]</sup>研究发现,在循环系统中,血糖并未受到影响,其中皮质醇的含量显著下降,而皮质醇与

免疫相关,这说明壳寡糖可以通过降低皮质醇的含量来提高虹鳟的抗病力。试验还检测到壳寡糖对肉质没有影响。孙立威等<sup>[7]</sup>研究表明,饲料中添加适量的壳寡糖可以显著降低吉富罗非鱼幼鱼血清中总胆固醇和低密度脂蛋白胆固醇含量。Tang等<sup>[11]</sup>研究了壳寡糖对猪仔的影响,发现饲料中添加壳寡糖能改善猪仔整个机体蛋白质的合成代谢,降低血浆脂肪和胆固醇含量;还可增加血浆中生长激素(GH)和胰岛素样生长因子(IGF)含量。Tang等<sup>[9]</sup>研究了壳寡糖对猪仔的影响,发现饲料中添加寡糖可以降低血清总胆固醇和甘油三酯含量,减少断奶时血清中抗体水平的负面影响。Li等<sup>[12]</sup>研究了壳寡糖对鸭的影响,发现作为膳食补充剂,壳寡糖有降低肉鸡血脂的作用,不仅能降低肉鸡血清甘油三酯和总胆固醇含量,而且还能提高血清高密度脂蛋白含量。血脂保持在较低水平时有助于防治高血脂疾病的发生,在一定程度上提高了机体的免疫力。

## 2 壳寡糖对机体免疫器官的影响

在试验中,通常检测的免疫器官为脾脏、肝脏、胸腺等。这些器官易采集,可以最直观地反映机体的免疫效果。Huang等<sup>[8]</sup>研究了壳寡糖对肉鸡的影响,发现壳寡糖组肉鸡的免疫器官重量有所增加,但效果不显著。李晓晶等<sup>[13]</sup>研究壳寡糖对肉仔鸡的影响发现,饲料中添加壳寡糖可使肉仔鸡的脾脏和肝脏指数增高,其中添加100 mg/kg、时间为42 d时效果显著,说明适量添加壳寡糖可促进肉仔鸡脾脏和胸腺等免疫器官的发育,并且与时间有一定的关系。蔡文娣等<sup>[3]</sup>研究发现,服用壳寡糖后提高了小鼠抗体生成能力以及脾脏和胸腺指数。夏美玲等<sup>[10]</sup>研究表明,壳寡糖可以使荷瘤鼠的胸腺和脾脏指数增加。刘亮亮等<sup>[14]</sup>研究表明,壳寡糖对小鼠的酒精性肝脏损伤有明显的保护作用。Qiao等<sup>[15]</sup>研究了壳寡糖对小鼠的影响,发现壳寡糖能降低脓毒症小鼠的死亡率,能减轻内毒素对肝、肺等器官的损害和功能的影响,具有减轻氧化组织的损害、缓解体内炎症等效果。饲料中添加壳寡糖可以在一定程度上促进免疫器官的发育,并能对免疫器官起到一定的保护作用,对整个机体的免疫起到促进作用。

### 3 壳寡糖对肠道的影响

饲料中添加纤维寡糖可以提高生长猪的生长性能,刺激结肠肠道有益菌的增殖并抑制有害菌的增殖,改善结肠黏膜屏障等<sup>[16]</sup>。饲料中添加纤维寡糖也可以使仔猪腹泻的发病率下降,肠道黏膜损伤减少,肠道内大肠杆菌浓度下降,改变肠道微生物环境<sup>[17-18]</sup>和增强肠道消化吸收能力<sup>[12]</sup>。壳寡糖能对机体的肠道产生一定的影响,能够改善肠道环境,使机体更加适应生活环境,拥有更强的生命力。在研究壳寡糖对猪仔的影响时发现,饲料添加 200 mg/kg 壳寡糖可显著降低 1~35 日龄哺乳仔猪和 36~70 日龄断乳仔猪的死亡率、次品率,同时显著提高日增重<sup>[19]</sup>。究其原因不能只从改善肠道微生态环境、抑制有害菌及吸附有害毒素、减缓内脏不良应激来解释,可能与壳寡糖被吸收后参与或调节了某种细胞代谢途径,促进细胞增殖有关。试验还发现添加壳寡糖会影响猪器官、血清矿物元素含量,提高最长肌和臀大肌中 Ca、Fe、Cu 含量,这可能由于壳寡糖增加了消化道黏膜的通透性,使金属离子的吸收增加或被吸收后氢键和盐键增强了对金属离子的吸附作用有关,其作用机理还需进一步研究<sup>[19]</sup>。

### 4 壳寡糖对抗病力的影响

壳寡糖对许多致病因素有一定的免疫作用,保护机体免遭病害。闫大伟等<sup>[20]</sup>研究发现,壳寡糖能提高草鱼对嗜水气单胞菌的抗感染能力,饲料适宜添加量为 0.50%,升高时其抗病力反而会减弱,这可能是高剂量免疫增强剂不仅不会增强免疫效果,反而会抑制免疫反应。这与庄承纪等<sup>[21]</sup>添加适量的壳多糖可以增强虾对嗜水气单胞菌的抗病性,但添加量过高则会抑制其抗病性的研究结果相一致;在壳多糖溶液中培养气单胞菌时,发现其抑制作用随浓度的增大而增加结果相似。孙立威等<sup>[7]</sup>也发现,饲料中添加适量的壳寡糖可以显著提高吉富罗非鱼幼鱼抗嗜水气单胞菌感染的能力。在小鼠方面的研究发现,壳寡糖能抑制肝癌细胞增殖和诱导肝癌细胞凋亡,其作用随剂量增加而增强,壳寡糖能抑制小鼠肝癌 H22 移植瘤的生长,并可明显下调肿瘤组织中 Bcl-2 蛋白的表达<sup>[22]</sup>和诱导肿瘤细胞的凋亡,其机制可能与下调存活素 mRNA 表达密切相关<sup>[23]</sup>。

### 5 小结

在食品安全越来越被重视的时代,致力于研究改善食品品质的问题将会给人们的生活带来福利,我们的研究也将会变得有意义。抗生素的使用提高了人们的生活质量,但也带来了一定的弊端。许多抗生素在生物体内残留,一定程度影响了人们的身体健康。壳寡糖是壳聚糖解聚而成的产物,无危害、易吸收,其具有促进动物的生长、改善机体肠道环境、抑制有害菌的生长、影响肠道菌落形成、增强机体部分器官功能、增加生物体部分酶的活性抑制某些有害物质的分泌等多种功能。如果壳寡糖能代替某些抗生素的使用,将会使食品安全问题得到很大的改善,所以我们应加大对壳寡糖的研究力度。

#### 参考文献:

- [1] 蔡雪峰,罗琳,曹海宁,等.壳寡糖对虹鳟非特异性免疫功能影响的研究[J].饲料与畜牧,2006(9):44-46.
- [2] 刘含亮,孙敏敏,王红卫,等.壳寡糖对虹鳟生长性能、血清生化指标及非特异性免疫功能的影响[J].动物营养学报,2012,24(3):479-486.
- [3] 蔡文娣,初金鑫,付辰炜,等.壳寡糖对正常小鼠免疫功能的影响[J].中国海洋药物,2010(4):42-45.
- [4] CAI W D, CHU J X, FU C W, et al. Effects of chitosan oligosaccharide on immune functions in mice [J]. Chinese Journal of Marine Drugs, 2010(4):42-45.
- [5] 李振达,陈小娥,廖智,等.壳寡糖对三疣梭子蟹免疫力的影响[J].浙江海洋学院学报:自然科学版,2011,30(1):27-32.
- [6] 李振达,陈小娥,廖智,等.壳寡糖对凡纳滨对虾生长和免疫力的影响[J].南方水产科学,2011,7(4):36-42.
- [7] 孙立威,文华,蒋明,等.壳寡糖对吉富罗非鱼幼鱼生长性能、非特异性免疫及血液学指标的影响[J].广东海洋大学学报,2011,31(3):43-49.
- [8] HUANG R L, DENG Z Y, YANG C B, et al. Dietary oligochitosan supplementation enhances immune status of broilers [J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2007, 87(1):153-159.
- [9] TANG Z R, YIN Y L, CHARLES M N, et al. Effect of dietary supplementation of chitosan and galacto-man-

- nan-oligosaccharide on serum parameters and the insulin-like growth factor- I mRNA expression in early-weaned piglets[J]. *Domestic Animal Endocrinology*, 2005, 28: 430 - 441.
- [10] 夏美玲, 许惠玉, 王慧, 等. 壳寡糖对荷瘤鼠免疫功能的影响[J]. *中国营养保健*, 2012(5): 470 - 471.
- [11] TANG Z R, YIN Y L, NYACHOTI C M, et al. Effect of dietary supplementation of chitosan and galactomannan-oligosaccharide on serum parameters and the insulin-like growth factor- I mRNA expression in early-weaned piglets[J]. *Domestic Animal Endocrinology*, 2005, 28(4): 430 - 441.
- [12] 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(6): 1107 - 1114.
- [13] 李晓晶, 朴香淑, 袁书林, 等. 壳寡糖替代金霉素对肉仔鸡生长性能和免疫功能的影响[J]. *新饲料*, 2007(1): 16 - 18.
- [14] 刘亮亮, 刘万顺, 韩宝芹, 等. 壳寡糖、氨基葡萄糖对酒精性肝损伤小鼠的保护作用[J]. *中国海洋大学学报: 自然科学版*, 2010, 40(7): 73 - 76.
- [15] QIAO Y, BAI X F, DU Y G. Chitosan oligosaccharides protect mice from LPS challenge by attenuation of inflammation and oxidative stress[J]. *International Immunopharmacology*, 2011, 11(1): 121 - 127.
- [16] 徐露蓉, 栾兆双, 胡彩虹, 等. 饲料中添加纤维寡糖对生长猪生长性能、结肠菌群和肠黏膜通透性的影响[J]. *动物营养学报*, 2013, 25(6): 1293 - 1298.
- [17] LIU P, PIAO X S, KIN S W, et al. Effects of chito-oligosaccharide supplementation on the growth performance, nutrient digestibility, intestinal morphology, and fecal shedding of *Escherichia coli* and *Lactobacillus* in weaning pigs[J]. *Journal of Animal Science*, 2008, 86(10): 2609 - 2618.
- [18] LIU P, PIAO X S, THACKER P A, et al. Chito-oligosaccharide reduces diarrhea incidence and attenuates the immune response of weaned pigs challenged with *Escherichia coli* K88[J]. *Journal of Animal Science*, 2010, 88(12): 3871 - 3879.
- [19] 王秀武, 郭无暇, 栗衍华, 等. 海洋壳寡糖对仔猪生产性能及器官、肌组织和血清中矿物质元素含量的影响[J]. *中国畜牧杂志*, 2008, 44(5): 40 - 42.
- [20] 闫大伟, 华雪铭, 周洪琪. 壳聚糖对草鱼生长、抗病性能的影响[J]. *饲料工业*, 2007, 28(12): 17 - 18.
- [21] 庄承纪, 刘劲科, 杨清友, 等. 壳多糖对罗氏沼虾、斑节对虾苗生长和抗菌防病作用研究[J]. *湛江海洋大学学报*, 1998, 18(3): 29 - 34.
- [22] 季红, 陈洪, 张治国, 等. 壳寡糖对体内外肝癌细胞生长的抑制作用及其机制探讨[J]. *临床肿瘤学杂志*, 2011, 16(4): 310 - 314.
- [23] 官杰, 王琪, 王慧, 等. 壳寡糖对荷瘤鼠肿瘤细胞凋亡的影响[J]. *免疫学杂志*, 2009(2): 195 - 198.

## Effects of Dietary Chitosan Oligosaccharide on Animals

GAO Wei<sup>1,2</sup> CHEN Shuai<sup>1</sup> DING Zhaokun<sup>2</sup> XU Youqing<sup>2</sup> LIU Gang<sup>1\*</sup> YIN Yulong<sup>1</sup>

(1. *Institute of Subtropical Agriculture, Chinese Academy of Sciences, Key Laboratory of Agro-ecological Processes in Subtropical Region, Hunan Provincial Engineering Research Center of Healthy Livestock and Poultry, Scientific Observing and Experimental Station of Animal Nutrition and Feed Science in South-Central, Ministry of Agriculture, Changsha 410125, China;*

2. *Institute for Fishery Sciences, Guangxi University, Nanning 530004, China)*

**Abstract:** Chitosan oligosaccharide, degraded from chitosan, is a high molecular compound that has great influences on the biological organism. Studies showed that diets supplemented with chitosan oligosaccharide can promote animal growth, improve the body's intestinal environment, inhibit the growth of harmful bacteria, and affect the formation of intestinal colony. In addition, chitosan oligosaccharide can enhance the functions of some organs of the body, increase the activities of some biological enzymes, and inhibit the secretion of certain hazardous substances. This paper reviewed the impact of chitosan oligosaccharide on animal blood biochemical parameters, immunity and animal intestinal environment, and discussed potential application in the correlation experiment. [*Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2014, 26(2):322-326]

**Key words:** chitosan oligosaccharide; immune; blood; intestine

\* Corresponding author, assistant professor, E-mail: gangle.liu@gmail.com