

Recent Advances in the Security & High Efficiency Utilization Techniques of Aquatic Feed

Xu Wang^{1*}, Xiaochang Ji², Hua Fu²

¹Feed Monitoring Station, Deyang Agricultural Bureau, Deyang Sichuan

²Deyang Sanyuan Technology Co., Ltd., Deyang Sichuan

Email: *616322936@qq.com

Received: Sep. 6th, 2018; accepted: Sep. 20th, 2018; published: Sep. 27th, 2018

Abstract

Aquatic industry is developing rapidly and the degree of intensive intensification is getting higher and higher. But high density aquaculture and the large use of artificial formulated feed lead to the problems such as the low feed utilization, environmental pollution and food safety. As people pay high attention to environmental protection and food safety and adapt to the requirements of the Ministry of Agriculture and Rural Areas that all pharmaceutical feed additives will be dropped in 2020, and aquatic feed will must be made for safety, efficiency and environmental protection. This paper expounds the research progress of safe and efficient utilization technology of aquatic feed from the aspects of improving protein utilization, plant feed phosphorus utilization and green feed additive application of replacing antibiotics to provide technical support for China's agricultural supply side reform and healthy and sustainable development of aquaculture.

Keywords

Aquatic Industry, Aquatic Feed, Security and High Efficiency, Utilization Technique

水产饲料安全高效利用技术研究进展

王 旭^{1*}, 吉小昌², 傅 华²

¹德阳市农业局饲料监测站, 四川 德阳

²德阳市三园科技有限公司, 四川 德阳

Email: *616322936@qq.com

*通讯作者。

收稿日期：2018年9月6日；录用日期：2018年9月20日；发布日期：2018年9月27日

摘要

近年来，我国水产养殖业发展迅猛，集约化程度越来越高。但是，高密度养殖和人工配合饵料的大量使用也存在饲料利用率低、导致环境污染和食品安全等问题。随着人们对环保和食品安全的高度重视，适应农业农村部提出的药物饲料添加剂将在2020年全部退出的要求，水产饲料必将向着安全、高效、环保方向的发展。本文从提高蛋白质利用技术、植物性饲料磷利用技术和替抗绿色饲料添加剂应用技术等方面阐述了水产饲料安全高效利用技术研究进展，为实现我国农业供给侧改革和水产养殖健康持续发展提供技术支撑。

关键词

水产养殖，水产饲料，安全高效，利用技术

Copyright © 2018 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

我国是水产养殖大国，2016年，中国水产品产量达到6901万吨，占全球比重超过40%，其中，中国水产养殖量达到5142万吨，占我国水产品总产量的比重已经达到了74.5%，占全球养殖量的比重超过70%。

30多年来，我国的水产养殖业迅猛发展，养殖的集约化程度越来越高。人工配合饲料在水产养殖业中的广泛应用缩短了养殖周期，提高了水产养殖生产的水平和效益。但是，高密度养殖和人工配合饲料的大量使用也成为导致环境污染、水体富营养化的主要原因之一。在水产业的发展过程中，也曾发生过一些安全性的问题，如“多宝鱼”事件，出口虾产品的“氯霉素”事件。2018年4月农业农村部兽医局局长冯忠武表示，药物饲料添加剂将在2020年全部退出。农业农村部公布了关于2018~2021年开展兽用抗菌药使用减量化行动试点工作的通知，明确了养殖端减抗和限抗的时间表。随着人们对食品安全的高度重视和水产品出口药物残留检测的需要，要求我们在水产饲料中应用安全高效利用技术，通过安全、高效、环保的饲料来实现我国水产养殖的健康持续发展。

2. 提高蛋白质利用技术

水产动物对蛋白质的需要约为畜禽的2倍，因此，水产动物饲料配方中的蛋白质含量也为畜禽饲料的2倍。而我国动物蛋白饲料资源匮乏，如何降低水产动物饲料中蛋白含量和提高蛋白质利用率，是提高水产动物生产性能、养殖效益，降低水产养殖对水体污染的关键。

2.1. 确定饲料中合理的能源和适宜的能量蛋白比

水产动物对碳水化合物的利用率很低，一般通过蛋白质和脂肪提供能量。因此，在生产实践中人们往往是考虑饲料中蛋白质的含量是否满足需要，而忽视了能量的需要。虽然高蛋白饲料能够满足水产动

物的能量需要, 提高生长速度, 但是通过蛋白分解提供能量是不经济的。同时, 还会引起代谢性疾病。Takeuchi 等(1978) [1]发现, 在虹鳟饲料中, 如果脂肪含量从 10%提高到 15%~20%, 则蛋白质的含量可从 48%降至 35%; 进而还发现, 脂肪在 18%而蛋白质在 35%时其蛋白质效率、净蛋白质利用率值最佳。周继术(2000) [2]报道, 增加肉食性鱼类饲料中油脂的含量可以达到节约饲料蛋白质的目的, 从而减少因蛋白质被作为能量利用而引起的氮排泄。据 Kaushik (1994) [3]报道, 饲料中添加的蛋白水平和能量水平不适宜或二者的比例不当会增加养殖成本, 影响水质。Arzel 等(1994) [4]在褐鳟(*Salmo trutta*), Skalli A (2004) [5]在齿鲷, Morais S 等(2001) [6]在大西洋鳕(*Gadus morhua*), Gaylord T G (2001) [7]在斑点叉尾鲷, Lee S M 等(2002) [8]在许氏平鲷(*Sebastes schlegeli*)的研究中, 均发现脂肪的节约蛋白效应。因此, 饲料中适宜的能量蛋白比既有利于能量的利用, 又有利于蛋白质的利用, 可以提高饲料的效率。

因此, 根据不同水产动物的消化生理特点, 确定适宜的饲料能量蛋白比对水产动物的生产性能、减少疾病发生和环境保护都具有重要的意义。

2.2. 确定饲料中合理的氨基酸平衡模式

根据理想氨基酸模式理论, 配制畜禽饲料, 可以提高蛋白质的利用率, 减少氮排泄而造成对环境的污染。但在水产饲料中添加氨基酸的效果, 在不同的水产动物和不同的氨基酸类型其效果并非一致。刘永坚(2002) [9], 罗莉等(2003) [10], 谭芳芳等(2010) [11], 罗运仙等(2010) [12]研究表明, 在草鱼日粮中添加微囊氨基酸能促进草鱼的生长和饲料转化率, 降低了饵料系数, 提高蛋白质沉积率。能提高肌肉、肝胰脏蛋白质的生长速率和蛋白质的合成和降解速率。王冠(2006) [13]、冷向军等(2007) [14]、郑宗林等(2009) [15]研究表明, 异育银鲫日粮中添加包膜或微囊处理后的晶体氨基酸, 具有明显促生长作用。侯鑫等[16]在罗非鱼无鱼粉日粮中添加 0.2%的赖氨酸硫酸盐和 0.14%羟基蛋氨酸钙。结果表明, 外源赖氨酸组提高罗非鱼的增重、肥满度。林仕梅等[17]研究发现, 日粮中添加蛋氨酸能够促进罗非鱼的生长, 降低饵料系数。冷向军等[18]等在罗非鱼无鱼粉日粮中添加晶体蛋氨酸能够提高增重率和蛋白质效率, 降低饵料系数。陈丙爱等(2008) [19]在鲤鱼日粮中添加包膜氨基酸, 发现血液游离氨基酸含量出现峰值的时间较添加晶体氨基酸组延迟。杨志强等(2011) [20]研究表明: 饲料中添加晶体蛋氨酸、硬脂酸包被蛋氨酸和羟基蛋氨酸钙对凡纳滨对虾的增重率、成活率、特定增长率没有显著性影响。朱光来等(2014) [21]用微囊蛋氨酸对凡纳滨对虾的研究也得到了类似结果。而孙育平等(2016) [22]研究报道, 低蛋白质饲料中添加色氨酸可明显提高凡纳滨对虾饲料蛋白质、氨基酸、干物质和能量的表观消化率、蛋白酶活, 并改善全虾氨基酸的组成。

2.3. 蛋白酶

许多研究表明, 在水产动物饲料中添加蛋白酶可以提高饲料中蛋白质的利用率, 减少氮的排放。乌兰等(2007) [23]在奥尼罗非鱼饲料中添加 0.1%金属蛋白酶能显著提高罗非鱼的生长性能和血清 SOD 活力。刘鼎云等(2007) [24]、冷向军(2008) [25]在鲤鱼低鱼粉饲料中添加 AG 蛋白酶, 有助于改善鲤鱼生长性能和提高肠道食糜蛋白酶活力。刘鼎云等(2007) [26]、谭崇桂等(2013) [27]报道, 在低鱼粉含量的凡纳滨对虾饲料中添加蛋白酶, 则显著提高虾体增重率, 降低饵料系数。张娟娟(2012) [28]报道, 在虹鳟鱼饲料中添加蛋白酶, 提高了增重率 9.42%, 降低了饵料系数 7.8%; 同时, 增加胃与肠的蛋白酶活性及肠道皱襞高度和面积。谢俊(2009)[29]在凡纳滨对虾饲料中蜘蛛酶, 可提高成活率, 降低饵料系数。陈建明(2009) [30]在青鱼饲料中添加中性蛋白酶, 也得到了类似的结果。但蛋白酶的使用需要考虑原料种类和特点, 同时, 与其它消化酶同时使用效果会更好。因此, 生产中一般是使用复合酶制剂。

3. 提高植物性饲料磷利用技术

植物性饲料原料中 2/3 的总磷以植酸磷的形式存在。动物消化道中缺乏内源植酸酶。植酸的存在,降低了饲料中的营养物质,特别是磷的利用率。水产动物中未被利用的营养物质从尿粪中排出体外,进入养殖水体,导致水体富营养化和水质污染。植酸酶可以将植酸水解,释放被植酸络合的营养物质,从而提高营养物质的利用率,减少排泄,从而降低对养殖环境的污染。植酸酶在畜禽动物饲料中已广泛应用。因水产动物消化道的特殊性,植酸酶在水产动物饲料中应用较少。但近年来,许多学者也开展了相应的研究。Liebert 等(2005) [31]、Sa-jjadi 等(2004) [32]和 Lanari 等(1998) [33]分别在罗非鱼、鲑鱼和虹鳟中的研究表明,添加植酸酶可以提高摄食量、生长率,减少磷排泄,增加。而张春晓(2008)等 [34]研究表明,在饥饿状态下,大黄鱼和鲈的可溶性磷排泄不受植酸酶的影响,植酸酶不影响大黄鱼和鲈的内源磷的代谢水平。Rodehutschord (2000) [35]研究证实,饲料中添加植酸酶可以增加饲料中可利用磷的含量,提高动物对饲料原料中磷的利用率。占海红等(2004) [36]研究表明,添加植酸酶可以提高黄河鲤鱼的日增重、采食量,降低饵料系数和死亡率。曾虹等(2001) [37]报道,在饼粕含量为 65%的鲤鱼饲料中添加 1000 U/kg 的中性植酸酶饲料中磷的利用率提高 41%~59.4%,单位增重的磷排出率降低 32%。

4. 替抗绿色添加剂应用技术

4.1. 微生态制剂

微生态制剂不仅可以抑制水产病原微生物的生长和繁殖,提高养殖对象的抗病力,而且能利用水环境中过多的有机物合成菌体物质,从而降低环境中氨氮、亚硝酸氮、硫化氢等有害有毒物质的含量,增加溶氧的含量,净化水产动物生存环境。目前应用于水产饲料中的微生态制剂主要有枯草芽孢杆菌、地衣芽孢杆菌、酵母菌、双歧杆菌制剂等。叶元土等(1993) [38]研究表明,鱼微生态制剂 BA 能显著增强鲤鱼肠内蛋白酶和淀粉酶的活力,提高饲料利用率、生长速度和免疫功能。刘克琳等(2000) [39]研究表明,有益芽孢杆菌对鲤鱼免疫器官的发育有一定促进作用。齐欣等(2007) [40]对彭泽鲫研究结果表明,枯草芽孢杆菌、地衣芽孢杆菌和光合细菌能显著提高增重率、存活率,降低饵料系数,枯草芽孢杆菌、地衣芽孢杆菌和光合细菌能显著降低水体氨氮、亚硝酸盐、COD 含量。黄滨等(2007) [41]在彭泽鲫研究也得到了类似效果。白利丹等(2014) [42]研究表明,微生态制剂对锦鲤具有促进生长和改善水质的作用。史东杰等(2017) [43]研究表明,微生态制剂可显著提高锦鲤幼鱼的生长性能、改善鱼体肌肉成分、提高非特异性免疫机能。

4.2. 中草药或植物提取物

中草药或植物提取物属于纯天然物质,含有生物碱、甙类、挥发油、有机酸、多糖等多种生物活性成分。大量研究表明,中草药或植物提取物在促进水产动物生长、提高饲料报酬和增强机体免疫力等方面作用明显,完全可以取代抗生素。蔡中华等(1998) [44]研究表明,黄连、大黄及花粉具有增强鲤鱼非特异性免疫功能的作用。王景华(1998) [45]报道,在鲤鱼饲料中添加茯苓多糖可降低死亡率。吴德峰等(2001) [46]研究发现,中草药添加剂对欧鳗有很好的增重效果和改善肉质的作用。段铭等(1999) [47]研究发现,中草药添加剂对鲫鱼在摄食、活力、生长均有明显的促进作用。刘华忠等(2003) [48]报道,复方中草药可降低彭泽鲫饲料系数约 10%。段贤彩(1998) [49]在草鱼、鲤鱼饲料添加辣蓼、石菖草、松针各,大黄、黄连、地榆等,生长率和成活率均得到明显提高。童岩(2005) [50]在建鲤,邱小琮等(2002) [51]在异育银鲫,王吉桥等(2006) [52]、孙永欣[53]在牙鲆,张兆华(1999) [54]在鳖,江湧等(2005) [55]在凡纳滨对虾中的研究也取得了类似的结果。

4.3. 抗菌肽

又名抗微生物肽、抗生素肽,是一种具有广谱抗微生物活性的小分子多肽,是生物体先天非特异性防御系统的重要组成部分(广慧娟等,2012) [56]。单安山等(2012) [57]研究表明,在动物日粮中添加抗菌肽能够提高动物的生产性能和饲料利用率、改善动物肠道微生态环境、提高动物的免疫机能与抗病力。在动物饲料中添加抗菌肽,可以代替抗生素而不会产生耐药性的问题。Zasloff (2002) [58]在斑节对虾,宋理平等,(2010) [59]在凡纳滨对虾,王广军等(2005) [60]在南美白对虾,黄沧海等(2009) [61]、Chiou 等(2009) [62]、姜珊等(2011) [63]在罗非鱼的研究表明,抗菌肽能显著提高抗病能力和成活率。李晓颖等(2013) [64]在罗非鱼,宋理平等(2010) [59]、陈冰等(2010) [65]、柴仙琦等(2012) [66]在凡纳滨对虾,姜珊等(2011) [63]在罗非鱼研究表明,抗菌肽剂对提高成活率、增重率、饲料效率效果显著。

5. 结语

随着人们对环保和食品安全意识的提高,农业农村部提出的药物饲料添加剂将在 2020 年全部退出,水产饲料必将向着安全、高效、环保方向发展。虽然许多学者开展了相关研究,但是水产动物品种繁多,生理特点和养殖环境各不相同。因此,如何根据水产动物养殖品种、不同生理阶段、饵料配方组成和养殖环境特点开展相关技术研究,仍然是未来研究的热点。

基金项目

德阳市重点科学技术研究项目,编号:2017NZ007。

参考文献

- [1] Takeuchi, T., Watanabe, T. and Ogino, C. (1978) Supplementary Effect of Lipids in a High Protein Diet for Rainbow Trout. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **44**, 667-681.
- [2] 周继术, 叶元土, 林仕梅, 等. 脂质在淡水鱼中营养研究进展[J]. 饲料研究, 2000(6): 13-15.
- [3] Kaushik, S.J. (1994) Nutritional Strategies for the Reduction of Aquaculture Wastes. *Proceedings of the 3rd International Conference on Fisheries and Ocean Industrial Development for Productivity Enhancement of the Coastal Waters*, Pusan, 115-132.
- [4] Arzel, J., Martinez Lopez, F.X., Métailler, R., *et al.* (1994) Effect of Dietary Lipid on Growth Performance and Body Composition of Brown Trout *Salmo trutta* Reared in Sea Water. *Aquaculture*, **123**, 361-375.
[https://doi.org/10.1016/0044-8486\(94\)90071-X](https://doi.org/10.1016/0044-8486(94)90071-X)
- [5] Skalli, A., Hidalgo, M.C., Abellán, E., *et al.* (2004) Effects of the Dietary Protein/Lipid Ratio on Growth and Nutrient Utilization in Common Dentex (*Dentex dentex* L.) at Different Growth Stages. *Aquaculture*, **235**, 1-11.
<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2004.01.014>
- [6] Morais, S., Bell, J.G., Robertson, D.A., *et al.* (2001) Protein/Lipid Ratios in Extruded Diets for Atlantic Cod (*Gadus morhua* L.): Effects on Growth, Feed Utilization, Muscle Composition and Liver Histology. *Aquaculture*, **203**, 101-119.
[https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(01\)00618-4](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(01)00618-4)
- [7] Gaylord, T.G. and Gatlin III, D.M. (2001) Dietary Protein and Energy Modifications to Maximize Compensatory Growth of Channel Catfish (*Ictalurus punctatus*). *Aquaculture*, **194**, 337-348.
[https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(00\)00523-8](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(00)00523-8)
- [8] Lee, S.M., Jeon, I.G. and Lee, J.Y. (2002) Effects of Digestible Protein and Lipid Levels in Practical Diets on Growth, Protein Utilization and Body Composition of Juvenile Rockfish (*Sebastes schlegeli*). *Aquaculture*, **211**, 227-239.
[https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(01\)00880-8](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(01)00880-8)
- [9] 刘永坚, 田丽霞, 刘栋辉, 等. 实用饲料补充结晶或包膜氨基酸对草鱼生长、血清游离氨基酸和肌肉蛋白质代谢率的影响[J]. 水产学报, 2002, 26(3): 252-258.
- [10] 罗莉, 叶元土, 林仕梅, 等. 日粮必需氨基酸模式对草鱼生长及蛋白质周转的影响[J]. 水生生物学报, 2003, 27(3): 278-282.
- [11] 谭芳芳, 叶元土, 肖顺应, 等. 补充微囊赖氨酸和蛋氨酸对草鱼生长性能的影响[J]. 动物营养学报, 2010, 22(3): 804-910.

- [12] 罗运仙, 谢骏, 吕利群, 等. 饲料中补充晶体或微囊赖氨酸对草鱼生长和血浆总游离氨基酸的影响[J]. 水产学报, 2010, 34(3): 466-473.
- [13] 王冠, 冷向军, 李小勤, 等. 饲料中添加包膜氨基酸对异育银鲫生长和体成分的影响[J]. 上海水产大学学报, 2006, 15(3): 365-369.
- [14] 冷向军, 王冠, 李小勤, 等. 饲料中添加晶体或包膜氨基酸对异育银鲫生长和血清游离氨基酸水平的影响[J]. 水产学报, 2007, 31(6): 743-748.
- [15] 郑宗林, 宋宏斌, 赵永志, 等. 不同缓释处理氨基酸在异育银鲫饲料中的利用效率研究[J]. 饲料工业, 2009, 30(8): 28-30.
- [16] 侯鑫, 梁桂英, 阳会军, 等. 杂交罗非鱼饲料中豆粕、发酵豆粕和晶体氨基酸替代鱼粉的研究[J]. 南方水产, 2009, 5(2): 28-33.
- [17] 林仕梅, 麦康森, 谭北平. 实用饲料中添加结晶蛋氨酸对罗非鱼生长、体组成的影响[J]. 水生生物学报, 2008, 32(5): 741-749.
- [18] 冷向军, 田娟, 陈丙爰, 等. 罗非鱼对晶体蛋氨酸、包膜蛋氨酸利用的比较[J]. 水生生物学报, 2013, 37(2): 235-242.
- [19] 陈丙爰, 冷向军, 李小勤, 等. 晶体或包膜氨基酸对鲤鱼的作用效果研究[J]. 水生生物学报, 2008, 32(5): 774-778.
- [20] 杨志强, 曹俊明, 赵红霞, 等. 饲料添加不同剂型蛋氨酸对凡纳滨对虾生长性能和生化指标的影响[J]. 饲料工业, 2011(增): 30-33.
- [21] 朱光来, 王权, 顾夕章. 微囊蛋氨酸对凡纳滨对虾生长的影响[J]. 江苏农业科学, 2014, 42(1): 195-197.
- [22] 孙育平, 裘金木, 王国霞, 等. 低蛋白质饲料中添加色氨酸对凡纳滨对虾饲料表观消化率、消化酶活和全虾氨基酸组成的影响[J]. 水生生物学报, 2016(4): 720-727.
- [23] 乌兰, 谢俊, 王光军. 金属蛋白酶对奥尼罗非鱼生长、消化率及非特异性免疫功能的影响[J]. 南方水产, 2007, 3(3): 8-14.
- [24] 刘鼎云, 冷向军, 卢永红. 饲料中添加蛋白酶 Aquagrow 对鲤鱼生长和蛋白质消化酶活性的影响[J]. 淡水渔业, 2007, 37(5): 50-53.
- [25] 冷向军, 刘鼎云, 李小勤. 饲料中添加蛋白酶 AG 对鲤鱼鱼种生长和蛋白质消化酶活性的影响[J]. 动物营养学报, 2008, 20(3): 268-275.
- [26] 刘鼎云, 冷向军, 卢永红. 饲料中添加蛋白酶 AG 对凡纳滨对虾生长和肌肉成分的影响[J]. 饲料工业, 2007, 28(20): 24-25.
- [27] 谭崇桂, 冷向军, 李小勤, 等. 多糖、寡糖、蛋白酶对凡纳滨对虾生长、消化酶活性及血清非特异性免疫的影响[J]. 上海海洋大学学报, 2013, 22(1): 93-100.
- [28] 张娟娟, 李小勤, 冷向军, 等. 外源蛋白酶对虹鳟生长和肠道组织结构的影响[J]. 大连海洋大学学报, 2012, 27(6): 534-538.
- [29] 谢俊, 余德光, 王广军, 等. 饲料中添加蜘蛛酶对凡纳滨对虾生长性能、非特异性免疫能力和养殖水环境的影响[J]. 饲料与畜牧, 2009(7): 55-57.
- [30] 陈建明, 叶金云, 许尧兴. 饲料中添加中性蛋白酶对青鱼生长、消化及鱼体组成的影响[J]. 水生生物学报, 2009, 33(4): 726-732.
- [31] Liebert, F. and Portz, L. (2005) Nutrient Utilization of *Nile tilapia Oreochromis niloticus* Fed Plant Based Low Phosphorus Diets Supplemented with Graded Levels of Different Sources of Microbial Phytase. *Aquaculture*, **248**, 111-119. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2005.04.009>
- [32] Sajjadi, M. and Carter, C.G. (2004) Dietary Phytase Supplementation and the Utilisation of Phosphorus by Atlantic Salmon (*Salmo salar* L.) Fed a Canola Meal Based Diet. *Aquaculture*, **240**, 417-431. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2004.07.003>
- [33] Lanari, D., Dagarò, E. and Turri, C. (1998) Use of Nonlinear Regression to Evaluate the Effects of Phytase Enzyme Treatment of Plant Protein Diets for Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, **161**, 345-356. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(97\)00282-2](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(97)00282-2)
- [34] 张春晓, 麦康森, 艾庆辉, 等. 饲料中添加外源酶对大黄鱼和鲈氮磷排泄的影响[J]. 水生生物学报, 2008, 32(2): 231-236.
- [35] Rodehutschord, M., Gregus, Z. and Pfeffer, E. (2000) Effect of Phosphorus in Take on Faecal and No-Faecal Phosphorus Excretion in Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) and the Consequences for Comparative Phosphorus Availability

Studies. *Aquaculture*, **188**, 383-398. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(00\)00341-0](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(00)00341-0)

- [36] 占海红, 高春生, 齐子鑫, 等. 植酸酶对黄河鲤鱼生长性能及植酸磷代谢的影响[J]. 饲料广角, 2004, 59(3): 43-44.
- [37] 曾虹, 姚斌, 周文豪, 等. 中性植酸酶在鲤鱼饲料中的应用效果[J]. 中国水产, 2001(5): 87-87.
- [38] 叶元土, 张勇. 酶制剂 EA-II 和生物制剂 BA-I 对鲤肠道, 肝胰脏的蛋白酶和淀粉酶活[J]. 大连海洋大学学报, 1993, 8(1): 79-82.
- [39] 刘克琳, 何明清. 益生菌对鲤鱼免疫功能影响的研究[J]. 饲料工业, 2000, 21(6): 24-25.
- [40] 齐欣, 魏雪生, 陈颖, 等. 益生菌在彭泽鲫养殖中的应用研究[J]. 饲料广角, 2007(15): 40-41.
- [41] 黄滨, 洪小明, 谢义元, 等. 微生态制剂在彭泽鲫池塘健康养殖中的应用效果研究[J]. 江西农业学报, 2007, 19(2): 85-88.
- [42] 白利丹, 杨阳, 李晓伟, 等. 微生态制剂对锦鲤生长及水质的影响研究[J]. 安徽农业科学, 2014, 42(26): 9051-9053.
- [43] 史东杰, 梁拥军, 许金华, 等. 微生态制剂对锦鲤生长性能、肌肉组成、体色及非特异性免疫的影响[J]. 河南农业科学, 2017, 46(1): 144-148.
- [44] 蔡中华. 四种中药对鲤鱼非特异性免疫功能的影响[J]. 天津农学院学报, 1998, 5(2): 31-32.
- [45] 王景华. 鱼用中草药添加剂[J]. 兽药与饲料添加剂, 1998, 3(2): 27-29.
- [46] 吴德峰. 中草药饲料添加剂对欧鳗养殖效果的影响[J]. 福建农业大学学报, 2001, 30(1): 95-98.
- [47] 段铭. 复方中草药添加剂饲喂鲫鱼实验[J]. 饲料研究, 1999, 12: 28-29.
- [48] 刘华忠. 复方中草药对彭泽鲫促生长作用的研究[J]. 饲料研究, 2003, 9: 8-9.
- [49] 段彩贤. 中草药配合饲料养鱼初探[J]. 饲料研究, 1988(8): 33-34.
- [50] 童岩. 新型免疫佐剂研究进展[J]. 河南农业科学, 2005(7): 103-104.
- [51] 邱小琮, 周洪琪, 刘小刚, 等. 中草药添加剂对异育银鲫生长和蛋白质消化吸收的影响[J]. 水产学报, 2002, 26(6): 551-555.
- [52] 王吉桥, 孙永新, 张剑诚. 金银花等复方中草药对牙鲆生长、消化和免疫能力的影响[J]. 水产学报, 2006, 30(1): 90-96.
- [53] 孙永欣. 复方中草药添加剂对牙鲆生长和免疫的影响[D]: [硕士学位论文]. 大连: 大连水产学院, 2003.
- [54] 张兆华, 周正度, 倪和宪. 中草药在养鳖生产上的应用[J]. 中国饲料, 1999(6): 12-13.
- [55] 江湧, 王广军, 余德光. 中草药添加剂对凡纳滨对虾生长和抗病力影响的研究[J]. 渔业现代化, 2005(4): 35-38.
- [56] 广慧娟, 厉政, 王义鹏, 等. Cathelicidins 家族抗菌肽研究进展[J]. 动物学研究, 2012, 33(5): 523-526.
- [57] 单安山, 马得莹, 冯兴军, 等. 抗菌肽的功能、研发与应用[J]. 中国农业科学, 2012, 45(11): 2249-2259.
- [58] Zasloff, M. (2002) *Antimicrobial peptides of Multi-Cellular Organisms*. *Nature*, **415**, 389-395. <https://doi.org/10.1038/415389a>
- [59] 宋理平, 胡斌, 王爱英, 等. 抗菌肽对凡纳滨对虾生长和机体免疫的影响[J]. 广东海洋大学学报, 2010, 30(3): 28-32.
- [60] 王广军, 谢骏, 余德光. 抗菌肽对南美白对虾养殖中的应用试验[J]. 饲料工业, 2005, 26(8): 52-55.
- [61] 黄沧海, 李波, 王冬冬, 等. 抗菌肽对罗非鱼幼鱼生长性能的影响[J]. 中国畜牧杂志, 2009, 45(23): 53-56.
- [62] Chiou, M.J., Chen, L.K., Peng, K.C., et al. (2009) Stable Expression in a Chinese Hamster Ovary (CHO) Cell Line of Bioactive Recombinant Chelonian in, Which Plays an Important Role in Protecting Fish against Pathogenic Infection. *Developmental & Comparative Immunology*, **33**, 117-126. <https://doi.org/10.1016/j.dci.2008.07.012>
- [63] 姜珊, 王宝杰, 刘梅, 等. 饲料中添加重组抗菌肽对吉富罗非鱼生长性能及免疫力的影响[J]. 中国水产科学, 2011, 18(6): 1308-1314.
- [64] 李晓颖, 王静, 谷巍. 富含抗菌肽乳酸菌发酵豆粕替代鱼粉对罗非鱼生产性能及免疫功能的影响[J]. 中国饲料, 2013, 3: 27-29.
- [65] 陈冰, 曹俊明, 陈平洁, 等. 家蝇抗菌肽对凡纳滨对虾生长性能及免疫相关指标的影响[J]. 中国水产科学, 2010, 17(2): 258-266.
- [66] 柴仙琦, 冷向军, 车小勤. 抗菌肽对凡纳滨对虾生长和血清非特异性免疫指标的影响[J]. 淡水渔业, 2012, 42(4): 59-62.

知网检索的两种方式：

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择：[ISSN]，输入期刊 ISSN：2373-1443，即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入，输入文章标题，即可查询

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱：ojfr@hanspub.org