

豆粕基础饲料中添加胆固醇促进鱼类生长机理的研究进展

龙晓文, 王秋举, 汉雪梅, 张曦, 邓君明* (云南农业大学动物科学技术学院, 云南昆明 650201)

摘要 胆固醇是1种环戊烷多氢菲的衍生物,是动物组织细胞所不可缺少的重要物质。在豆粕替代鱼粉的饲料中添加适量胆固醇对鱼类有一定的促生长作用。目前国内外对胆固醇促鱼类生长机理的研究还处于初步探讨阶段。综述了近年来豆粕基础饲料中添加胆固醇对鱼类摄食、生长、消化酶、免疫力、胆固醇代谢及体组成等方面的影响。对胆固醇促进鱼类生长的机理进行了探讨,旨在为胆固醇促鱼类生长机理的研究提供一定思路和线索。

关键词 豆粕;胆固醇;促生长;机理;研究进展

中图分类号 S816.42 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2013)07-02954-02

Research Advances on the Mechanism of Growth-Promoting Effects of Dietary Cholesterol in Soybean Meal-Based Diets of Fish

LONG Xiao-wen et al (Faculty of Animal Science and Technology, Yunnan Agricultural University, Kunming, Yunnan 650201)

Abstract Cholesterol is a kind of derivative of cyclopentane hydrogen-phenanthrene, is the main indispensable material of animal tissue cells. Adding certain cholesterol into fish feed in which soybean meal take place of fish meal could promote fish growth. The effects of adding cholesterol into soybean feed on fish ingestion, growth, digestive enzyme, immune system, cholesterol metabolism and body composition were reviewed, the mechanism of cholesterol promoting fish growth was discussed, which can provide some clue for its further study.

Key words Soybean meal; Cholesterol; Promoting growth; Mechanism; Research advances

随着水产养殖业的迅速发展,养殖模式从粗放型向集约化转变,对鱼粉的需求量日益上涨,但是由于过度捕捞和环境污染等因素导致野生的鱼类资源减少、鱼粉供应不稳定、价格上涨等问题^[1-2],因此寻找鱼粉蛋白替代源就成为亟待解决的重大问题^[3],为此人们在众多的植物性蛋白源中找到了鱼粉最佳替代品—豆粕^[4],大豆蛋白和必需氨基酸含量较其他植物较为完善,但是豆粕只能少量替代鱼粉^[5-6]。因此,许多学者在改善和提高豆粕等植物性蛋白源利用率方面进行了大量研究,其中部分学者在豆粕基础饲料中添加适量的胆固醇,发现其对鱼类有一定的促生长作用^[7-9],但是目前对于豆粕基础饲料中添加胆固醇促鱼类生长机理的研究仅处于初步探讨的阶段,在鱼类摄食、生长、免疫力、机体胆固醇代谢、鱼体组成和消化酶活力方面的研究较多,但对胆固醇的促生长机理尚不清楚。基于国内外的研究结果,笔者综述了在豆粕基础饲料中添加胆固醇对鱼类摄食、生长及生化指标的影响,并对胆固醇的促生长机理进行了探讨。

1 胆固醇

胆固醇是一种环戊烷多氢菲的衍生物,是体内最丰富的固醇类化合物,易溶于乙醚、氯仿等有机溶剂。在体内,主要以游离胆固醇(Free cholesterol, FC)和胆固醇酯(Cholesterol ester, CE)的形式存在,二者合称为总胆固醇。胆固醇是动物体内不可缺少的物质,既是细胞膜的重要组成,又是类固醇激素、维生素D及胆汁酸的前体物^[10]。在正常情况下,鱼类等脊椎动物能够由乙酸自身合成机体所需的胆固醇。

2 在豆粕基础饲料中添加胆固醇对鱼类的影响

2.1 添加胆固醇对鱼类摄食和生长的影响 Twibell和Wilson^[8]研究表明在豆粕作为单一蛋白源的饲料中添加1.0%

的胆固醇显著提高了斑点叉尾鲴的摄食率,但并未给出合理的解释,笔者认为应当进一步研究胆固醇作为鱼类诱食剂的机理。陈京华^[7]在豆粕替代鱼粉的饲料中添加胆固醇也显著影响了牙鲆的摄食和生长,并且牙鲆的摄食率和特定生长率随着胆固醇添加量的升高呈上升趋势,当其添加量为1.0%时显著提高了牙鲆摄食率和生长率,研究者认为在豆粕基础饲料中添加胆固醇会促牙鲆生长可能是基于营养的需要,而非胆固醇对牙鲆具有诱食作用。王秋举^[9]研究表明在豆粕蛋白替代70%的鱼粉蛋白的饲料中添加1.2%胆固醇时显著提高了虹鳟摄食率和生长率。总之,胆固醇的促摄食和促生长作用可能是基于鱼类对胆固醇营养的需要,而非胆固醇对鱼类具有诱食作用。

2.2 添加胆固醇对鱼类消化酶的影响 陈京华研究表明豆粕替代鱼粉的饲料中添加0.5%~1.5%胆固醇时显著提高了牙鲆肠道氨肽酶、肝脏脂肪酶和肠碱性磷酸酶的活力^[7],但其并未给出解释。王秋举^[9]在豆粕替代鱼粉的饲料中添加胆固醇,结果表明胆固醇添加量在0.3%~0.6%范围内提高了虹鳟胰蛋白酶、淀粉酶和二糖酶活力,当添加量为1.2%时,显著提高了LAP活性。王秋举认为很可能的原因是胆固醇与豆粕中的蛋白酶抑制因子、植酸、单宁等抗营养因子结合形成难溶性复合物后排出体外,从而减轻了蛋白酶抑制因子、植酸、单宁对虹鳟肠道消化酶的破坏作用。有学者研究也证实了在其他动物上胆固醇能与一些抗营养因子相互结合,形成难溶性复合物排出体外^[11-12]。

2.3 添加胆固醇对机体胆固醇水平的影响 陈京华^[7]在豆粕基础饲料中添加1.0%和1.5%胆固醇时,牙鲆血清胆固醇水平显著高于未添加胆固醇组。在豆粕替代鱼粉的饲料中添加0.9%~1.5%胆固醇显著提高了虹鳟血液胆固醇水平,同时显著提高了虹鳟肝脏(1.5%)和肌肉(0.6%~0.9%)中的总胆固醇水平,添加胆固醇也显著提高了虹鳟血液HDL-C、LDL-C的水平^[9]。据报道,在以大豆浓缩蛋

作者简介 龙晓文(1985-),男,云南耿马人,硕士研究生,研究方向:水产动物营养。*通讯作者,副教授,博士,从事水产动物营养与生理,E-mail:djunming@163.com。

收稿日期 2013-02-20

白和大豆分离蛋白作为唯一蛋白源的基础饲料中添加 1.0% 胆固醇显著提高了牙鲆肝脏中脂肪含量^[13]。Sealey 等^[14]在植物蛋白源饲料中添加胆固醇也能显著提高条纹鲈肝脏中胆固醇含量。总之,在豆粕等植物性蛋白源替代鱼粉的饲料中添加胆固醇能提高鱼类机体胆固醇水平,从而改善了鱼体胆固醇的代谢。

2.4 添加胆固醇对鱼类非特异性免疫的影响 大量研究表明,用豆粕替代鱼粉导致鱼类血液胆固醇浓度下降,并且随着替代比例的增加,鱼类血液胆固醇水平会逐渐下降。胆固醇水平的下降会导致鱼体内胆固醇供应不足,而鱼类血液胆固醇水平与机体免疫力和抗病力密切相关,鱼类血液胆固醇维持在较低水平对鱼类健康不利^[15-18]。王秋举^[9]在豆粕替代鱼粉的饲料中同时添加胆固醇,结果表明当添加量为 0.6% ~ 1.2% 时,提高了虹鳟的非特异性免疫能力;当胆固醇添加量为 1.5% 时,虹鳟抗氧化能力又显著降低,由此可见,在豆粕基础饲料中添加适量胆固醇可提高鱼类免疫力。目前认为,最可能的原因是饲料中额外添加的胆固醇能与豆粕中能损害非特异性功能的抗营养因子(凝集素、大豆抗原蛋白等)结合形成难溶性复合物排出体外,从而降低了抗营养因子对虹鳟免疫器官、消化道等组织的损害作用。

2.5 添加胆固醇对鱼类体组成的影响 豆粕替代鱼粉的饲料中添加胆固醇对牙鲆鱼体的水分、粗蛋白、灰分和能量含量均没有显著影响,但未添加胆固醇时鱼体脂肪含量显著降低,而添加 1.0% 胆固醇时显著升高^[7]。在豆粕基础饲料中添加不同梯度胆固醇 0.3% ~ 1.5% 对虹鳟鱼体水分、粗蛋白、粗脂肪和粗灰分含量均无显著影响,但是当饲料中胆固醇含量为 1.2% 时虹鳟鱼体水分和灰分含量最低,粗蛋白和粗脂肪含量最高^[9]。

2.6 添加胆固醇对鱼类胆固醇代谢及其衍生物的影响 豆粕基础饲料中添加低比例胆固醇(0.3% ~ 0.6%)时,显著降低了虹鳟肝脏 HMGCR 活性,在胆固醇添加量为 0.3% 时,显著提高了虹鳟肝脏 γ -羟化酶活性,饲料中添加 1.2% 胆固醇显著提高了虹鳟肠道内容物胆汁酸水平, T_3 水平显著升高,在胆固醇添加量为 1.5% 时,显著提高了虹鳟血液钙含量^[9]。邓君明^[13]以大豆分离蛋白为单一蛋白源的饲料中添加 1% 胆固醇,普遍提高了牙鲆血浆皮质醇、 T_3 和 T_4 水平。

3 小结

综上所述,在豆粕替代鱼粉的饲料中添加适量胆固醇可以提高鱼类生长性能,提高消化酶活性,改善胆固醇代谢,提高鱼类非特异性免疫力^[7-9,13]。生长的明显提高是一个综合效应,是通过消化酶、非特异性免疫功能、胆固醇代谢 3 个方面共同提高和改善的结果。关于豆粕基础饲料中添加胆固醇的促生长机理,目前尚未见报道。目前认为最可能的原因为:①饲料中添加胆固醇补充了机体胆固醇含量,满足了豆粕基础饲料中对胆固醇需要量增加的需要;可作为合成胆

酸、维生素 D、类固醇激素的前体物以及生物膜合成的原料,从而直接或间接地提高鱼类的生长;②胆固醇与豆粕中抗营养因子结合形成不溶性复合物直接排出体外,降低了抗营养因子的抗营养作用,从而间接促进了鱼类生长。在豆粕基础饲料中添加胆固醇促进鱼类生长作用的机理是以上 2 种途径共同作用的结果,然而发挥主要作用的途径与胆固醇的添加量是否有关、胆固醇与抗营养因子以哪种方式结合、哪些化学基团之间发生作用等问题还不是很清楚,尚需要进一步研究。

参考文献

- [1] FAO. State of World Fisheries and Aquaculture [R]. FAO, Rome, Italy, 2004.
- [2] MANTE E, DEGUARA S, SANTOS M B, et al. White muscle free amino acid concentrations following feeding a maize gluten dietary protein in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) [J]. Aquaculture, 2003, 225: 133 - 147.
- [3] HARDY R W, KISSIL G W M. Trends in aquaculture feeding [J]. Feed Mix, 1997, 5: 31 - 34.
- [4] 闫桂云. 水产饲料中鱼粉替代物的研究进展 [J]. 北京水产, 2008(4): 54 - 57.
- [5] URÁN P A, GONCALVES A, TAVERNE-THIELE J, et al. Soybean meal induces intestinal inflammation in common carp (*Cyprinus carpio* L.) [J]. Fish Shellfish Immun, 2008, 25: 751 - 760.
- [6] OVERLAND M, SORENSEN M, STOREBAKKEN T, et al. Pea protein concentrate substituting fish meal or soybean meal in diets for Atlantic salmon (*Salmo salar*) - Effect on growth performance, nutrient digestibility, carcass composition, gut health, and physical feed quality [J]. Aquaculture, 2009, 288(3/4): 305 - 311.
- [7] 陈京华. 微生物发酵、外源酶制剂和促摄食物质对牙鲆利用豆粕蛋白的影响 [D]. 青岛: 中国海洋大学, 2006.
- [8] TWIBELL R G, WILSON R P. Preliminary evidence that cholesterol improves growth and feed intake of soybean meal - based diets in aquaria studies with juvenile channel catfish, *Ictalurus punctatus* [J]. Aquaculture, 2004, 236: 539 - 546.
- [9] 王秋举. 豆粕饲料中添加胆固醇对虹鳟促生长作用机理的初步研究 [D]. 昆明: 云南农业大学, 2012.
- [10] 廖瑞芳, 唐朝克. 胆固醇逆向转运与临床 [M]. 北京: 科学出版社, 2009.
- [11] STOREBAKKEN T, REFTIE S, RUYTER B. Soy products as fat and protein sources in fish feed for intensive aquaculture [J]. Aquacult Nutr, 2001, 219: 191 - 196.
- [12] LEE S O, SIMONS A L, MURPHY P A, et al. Soyasaponins lowered plasma cholesterol and increased fecal bile acids in female golden Syrian hamsters [J]. Exp Biol Med, 2005, 230: 472 - 478.
- [13] 邓君明. 动植物蛋白对牙鲆摄食、生长和蛋白质及脂肪代谢的影响 [D]. 青岛: 中国海洋大学, 2006.
- [14] SEALEY W M, CRAIG S R, GATLIN III D M. Dietary cholesterol and lecithin have limited effect on growth and body composition of hybrid striped bass (*Morone chrysops* × *M. saxatilis*) [J]. Aquacult Nutr, 2001, 7: 25 - 31.
- [15] MAITA M, SATOH K, FUKUDA Y, et al. Correlation between plasma component levels of cultured fish and resistance to bacterial infection [J]. Fish Pathol, 1998, 33: 129 - 133.
- [16] MAITA M, MAEKAWA J, SATOH K, et al. Disease resistance and hypocholesterolemia in yellowtail *Seriola quinqueradiata* fed a non-fishmeal diet [J]. Fish Sci, 2006, 72: 513 - 519.
- [17] TANAKA S, INOUE M. Effectiveness of low rearing density against red sea bream iridoviral disease in red sea bream *Pagrus major* [J]. Fish Pathol, 2005, 40: 181 - 186.
- [18] ENDO H, HAO J, MAITA M, et al. Use of an optical biosensor with a silicone - immobilized enzyme to determine plasma total cholesterol concentrations in fish [J]. Fish Sci, 2009, 75: 1329 - 1336.