



大豆蛋白替代鱼粉的应用研究

■ 青岛农业大学 / 吴永恒

摘要 鱼粉由于具有必需氨基酸和脂肪酸含量高、碳水化合物含量低、适口性好、抗营养因子少以及易被动物消化吸收等特点,一直以来都作为水产饲料中不可缺少的优质蛋白源。随着集约化养殖的迅猛发展,鱼粉的需求量急剧上升。然而,由于过度捕捞及厄尔尼诺现象等的影响,世界鱼粉的总产量正逐年下降,价格不断上涨。单纯依靠鱼粉,将难以满足水产业发展的需求,更会严重制约水产养殖业的进一步发展。大量的研究表明,用大豆粕(饼)、发酵豆粕和大豆浓缩蛋白等部分或完全替代鱼粉是可行的。文章就近年来鱼粉替代物在水产养殖业的最新研究作一概述。

关键词 大豆粕(饼);发酵豆粕;大豆浓缩蛋白;鱼粉

中图分类号 :S816

文献标识码 :A

文章编号 :1006-6314(2012)06-0033-03

鱼粉因具有蛋白含量高,富含动物必需氨基酸,容易被动物消化吸收等优点而被称为“蛋白之王”。因此,鱼粉一直被作为水产动物饲料的主要蛋白源,且每年的需求量相当大。据报道,全球渔获量的35%被用来生产鱼粉。但近年来,受全球渔业自然资源衰退的影响,世界鱼粉产量逐年下降。而日益增长的水产养殖业抬高了鱼粉的价格,使鱼粉的需求量呈现快速增长之势。鉴于此,开发能够部分或完全替代鱼粉的蛋白源,成为水产养殖业必须面对和解决的首要问题。

1 大豆粕(饼)类

大豆饼、豆粕等豆类制品的蛋白营养价值高,氨基酸组成合理,且糖类含量较谷实类低,目前已成为替代蛋白源研究的重点。但是,豆类蛋白较鱼粉蛋白难消化,处理不当的豆粕残存抗胰蛋白酶、血液凝集素等抗营养因子,且豆制品中蛋氨酸、赖氨酸等必需氨基酸含量比

鱼粉低,导致饲料中必需氨基酸不平衡从而限制了豆饼和豆粕的广泛应用。

用15%以上的豆饼替代鱼粉将抑制鲈鱼和黄鳝的生长,但豆粕中含有较高诱食作用的精氨酸和组氨酸,10%的豆粕组比全鱼粉组养殖效果好^[1,2];同样,军曹鱼饲料中鱼粉的替代比例也不超过10%^[3]。但翘嘴红、罗氏沼虾、黄颡鱼、花鲈、中华绒螯蟹、黑线鳢鱼等的研究中发现,豆类制品对鱼粉蛋白源的替代比例高达30%~50%左右^[4-9]。大豆粉替代量为40%时,48g组尖嘴石鲈饵料消化率差异最显著;投喂高大豆粕组,195g组尖嘴石鲈的终末体重最低,随着大豆粉的增加,摄食率、蛋白利用率降低^[10]。压榨豆粉对虹鳟(50g)饲料转化率、蛋白质沉积率有显著影响,但对虹鳟(9g)只有蛋白沉积率最显著^[11]。有关大豆粉对鱼类肠道组织学的研究发现,大豆粉可引起幼建鲤消化能力下降,肝胰脏和肠道等消化器官发育受阻,胰蛋白酶和凝乳蛋白酶的活力降低,饲料利用率下降^[11];幼虹鳟各处理组在摄食4周后肠细菌数量减少,摄食8周后鱼粉组肠细菌数量有所上升,但豆粉组未发现相似趋势^[12]。大豆粉对肠

通讯作者:吴永恒。

收稿日期:2012-2-29。

末梢胰岛素活性的影响要大于鱼粉，但对胰岛素 mRNA 的表达没有影响^[13]。导致大豆蛋白利用率低的因素除了氨基酸组成不平衡外，其适口性差亦是降低鱼摄食率的重要原因^[14]，但艾庆辉等^[15]却认为消化率是限制南方鳊利用大豆粉的重要原因，而摄食率不是影响其利用率的主要原因。

为改善豆类制品的替代比例，一般在原料加工过程中通过提高加工工艺或在饲料中添加诱食剂，补充必需氨基酸及抗营养因子酶解物来提高大豆产品的替代水平。热处理可以去除内源胰岛素限制因子，使营养价值最佳。短时间高温(127℃)压榨大豆粉可使虹鳟获得较大的增重率^[16]。

2 发酵豆粕

生大豆中存在多种抗营养因子。豆粕中也含有多种抗营养因子，其蛋白质生物转化率较低。目前已在豆粕中发现了 10 余种抗营养因子，根据热稳定性可将其分为两类：热不稳定性抗营养因子和热稳定性抗营养因子。前者包括胰蛋白酶抑制因子、植物凝集素、尿素酶和致甲状腺肿因子；后者包括植酸盐、胀气因子和过敏因子等。它们以不同的方式对动物生长产生不同程度的抑制作用。如胰蛋白酶抑制剂可以阻碍肠道内蛋白水解酶的作用使蛋白质消化率下降，引起恶心、呕吐等肠胃中毒症状；并作用于胰腺，刺激胰腺分泌过多的胰腺酶，造成蛋白质生物代谢损失，导致动物出现消化吸收功能失调或紊乱，抑制了机体的生长；另外，因胰脏可以大量地制造胰蛋白酶，造成胰脏肿大中毒等应激现象^[17]。虽然豆粕中含有多种抗营养因子，但由于其产量大，价格较鱼粉低，是饲料配比中主要的蛋白源，且目前尚无更好的替代品。因此对豆粕加以改良，提高其消化率，降低其抗营养因子含量，是比较切实可行的办法。将豆粕进行发酵便是其中一个很好的改良方法。

发酵豆粕是通过微生物发酵得到的优质植物蛋白源，是把肠道生产新营养源移到体外生产，让每个体况有差异的动物同等得到微生物源性营养素——发酵大豆蛋白产生的微生物源性营养素。微生物把原料中部分原动物不能利用的能量转化成动物可以利用的能量。以豆粕作为发酵原料，无毒性问题，产品质量易于控制，生物效价较高。只要适当平衡赖氨酸、蛋氨酸、钙、磷后，生物效价就会接近或超过秘鲁鱼粉。发酵豆粕可降解大豆

抗原蛋白，提高蛋白质消化率，产生有价值的有机酸，同时还产生更多的“微生物源性营养素”，提高了发酵豆粕蛋白的附加值^[17]。

豆粕经过发酵，其异黄酮的生物活性如抗菌性能得到增强^[18]。而且经发酵处理后，可获得酶解蛋白，酶解蛋白与豆粕蛋白相比，具有很多优越性，如可分解和消除豆粕的抗营养因子，增加微生物代谢物，提高豆粕氨基酸的含量和质量；提高了大豆蛋白的溶解度，减小大豆蛋白的相对分子质量，其中部分已达到小肽水平甚至氨基酸水平，提高植物蛋白质的生物转化率，可以直接被动物吸收；含有芳香气味和鲜味，有一定的诱食作用，适口性较好；在发酵过程中分解了豆粕中一些多糖分子，有助于动物消化，特别是一些胀气因子，在发酵中也被微生物降解，这是其它工艺所不能达到的。发酵豆粕具有多种生理功能，如促进矿物质吸收、抗氧化、促进双歧杆菌和乳酸菌增殖、增强免疫力、促进动物生长等。在鱼、虾类水产配合饲料中代替等氮鱼粉，降低水产配合饲料生产成本，解决鱼粉资源紧缺与鱼粉需求剧增的矛盾，同时可大幅度减少疫苗、抗生素等药物使用量，提高水产动物的成活率，减少对养殖水体的污染，是最佳的绿色环保饲料蛋白源。

发酵豆粕有多方面的用途，程成荣等^[19]也报道，杂交罗非鱼饲料中发酵豆粕替代 40% 以下的鱼粉蛋白对增重率、特定生长率、饲料效率和蛋白质效率无显著影响。罗智^[20]等报道，在饲料中添加 14% 发酵豆粕，对石斑鱼的生长和鱼体组成不会造成显著影响。Chou 等用豆粕替代 70% 以下的鱼粉蛋白对军曹鱼机体的干物质、蛋白含量和灰分含量影响差异不显著^[21]。用经微生物混菌发酵的豆粕与未经发酵的豆粕按不同比例混合，连续投喂异育银鲫 30d 后，结果表明，随着饲料中发酵豆粕使用量的上升，异育银鲫增重率和各项非特异性免疫指标都有所提高^[22]。符广才^[23]研究表明，饲料中发酵豆粕替代小于 33.33% 鱼粉蛋白时，对凡纳滨对虾的增重率、特定生长率、饲料系数和蛋白质效率无显著影响。

3 大豆浓缩蛋白

大豆浓缩蛋白(soybean protein concentrated, SPC)是由非转基因大豆制成的一种纯植物性高蛋白产品，其品质稳定、安全环保性等符合欧洲饲料标准，且产品



中氨基酸含量丰富、消化率高、抗营养因子含量极低。李二超等的研究发现,SPC的蛋白含量比鱼粉高,但纤维素含量比鱼粉低4%,且组氨酸和蛋氨酸含量显著低于鱼粉。一般认为,饲料中蛋白质含量高,且纤维素含量低为高效饲料,反之则质量较差。适量的纤维素含量,可以提高饲料在水产动物肠胃中的蠕动,提高营养物质的利用率。但是如果超出一定范围,便导致营养不良,阻碍水产动物的生长。Refstie等(2000)报道,用中脂日粮饲喂大西洋鲑,在45d时,大豆浓缩蛋白组大西洋鲑粗蛋白和粗脂肪的表观消化率低于对照组,但在215d时,粗蛋白和粗脂肪的表观消化率高于对照组;而用高脂日粮时,两种营养物质的表观消化率在45d和215d时均高于对照组。Kim等(1998)报道,鲤鱼在18条件下,大豆浓缩蛋白试验组与鱼粉对照组比较,粗蛋白和粗脂肪表观消化率均显著提高,在25条下,粗蛋白表观消化率显著提高,粗脂肪表观消化率较对照组略低;但在18和25条件下,钙磷的表观消化率都显著低于对照组。Escaffre等(1997)报道用SPC可代替鲤鱼苗饲料中40%的鱼粉,当替代量为60%或70%时,鲤鱼苗生长受阻。由于SPC中氨基酸含量不平衡,过量使用SPC替代鱼粉还会导致水产动物某些氨基酸缺乏,阻止其生长。所以,在添加时,必须控制它的用量,或者在其中添加所缺少的氨基酸。

4 存在的问题

通常情况下,草食性鱼类能较好地利用植物蛋白源;杂食性鱼类对植物蛋白源的利用率也较高,饲料中的鱼

粉可被植物蛋白源部分甚至完全替代;而肉食性鱼类则主要以动物蛋白源为食,一般消化道较短,消化酶系主要适合于动物蛋白,因此肉食性水生动物对植物蛋白的利用率相对较差。在水生动物生长的初始阶段,消化系统发育尚不完全,消化腺还没完全形成,缺乏相应的酶类。但随生长及消化系统的结构和功能逐步完善,消化腺逐步形成,利用植物蛋白源的能力也增强。此外,在生长初期,饲料中的氨基酸主要用于合成体蛋白,随着水生动物生长,其中含量不足的蛋氨酸及赖氨酸将最大限度地抑制其生长。因此,水生动物的早期发育阶段对替代蛋白源的适应性要低于成熟期。另外,大豆蛋白源并不能完全替代鱼粉,其添加量应根据不同水产动物对蛋白质、氨基酸营养的需求而定,在满足水产动物营养需求的前提下降低养殖成本。还有,不同蛋白源含有不同的风味物质,会对养殖鱼肉品质和风味产生一定的影响。已有的研究评价指标主要是鱼生长情况、饲料利用率和病死率等,而对组织学、血液学、病理学和酶学等指标影响研究较少,有待今后开展相关的深入研究。

5 前景与展望

大豆浓缩蛋白等替代鱼粉蛋白源既可节约饲料成本,又可保护海洋渔业资源,缓解鱼粉供应紧张的状况。随着生物技术的快速发展,通过生物发酵和酶工程等技术对动植物蛋白源进行加工处理,动植物替代鱼粉的研究必将取得更大的进展,进一步推动我国水产养殖业的健康快速发展。



参考文献

- [1] 胡家财,陈学豪,洪慧馨. 鲈鱼人工配合饲料中豆粕替代部分鱼粉的适宜含量[J]. 台湾海峡,1995,14(4):418 ~ 521.
- [2] 曹志华,罗静波,文华等. 肉骨粉、豆粕替代鱼粉水平对黄鳝生长的影响[J]. 长江大学学报(自科版)农学卷,2007,4(1):28 ~ 33.
- [3] 王广军,吴锐全,谢骏等. 军曹鱼饲料中用豆粕代替鱼粉的研究[J]. 大连水产学院学报,2005,20(4):304 ~ 307.
- [4] 王桂芹,周洪琪,陈建明等. 翘嘴红对饲料蛋白的营养需求及豆粕对鱼粉的适宜替代量[J]. 中国水产科学,2006,13(2):277 ~ 285.
- [5] 董云伟,牛翠娟. 豆粕替代鱼粉对罗氏沼虾生长和消化酶活性的影响[J]. 北京师范大学学报(自然科学版),2004,36(2):260 ~ 263.
- [6] 杨严鸥,张艳,潘宙等. 豆粕替代不同水平的鱼粉对黄颡鱼饲料利用、ATP酶活性和免疫功能的影响[J]. 饲料广角,2006,(15):39 ~ 41.
- [7] 潘勇,王福强,刘焕亮. 花鲈配合饲料中鱼粉与豆粕适宜比例的研究[J]. 大连水产学院学报,2000,15(3):157 ~ 163.
- [8] 李二超,于事军,陈立侨等. 配饵中大豆浓缩蛋白不同含量对中华绒螯蟹氮、磷排泄的影响[J]. 水产科学,2005,24(4):1 ~ 3.
- [9] Jeong-Dae K,Sean M,Joyce E,et al.Effect of the incorporation level of dehulled soybean meal into test diet on apparent digestibility coefficients for protein and energy by juvenile haddock,Melanogrammus aeglefinus L,2007,267(1-4):308 ~ 314.
- [10] Hernández M D,Martínez F J,Jover M,et al.Effects of partial replacement of fish meal by soybean meal in Sharpnose seabream (*Diplodus puntazzo*) diet[J]. Aquaculture,2007,263(1-4):159 ~ 167.
- [11] 姜光丽,周小秋. 大豆分离蛋白对幼建鲤肝脏发育及消化道蛋白酶活力的影响[J]. 大连水产学院学报,2005,20(3):198 ~ 202.
- [12] Heikkinen J,Vielma J,et al.Effects of soybean meal based diet on growth performance,gut histopathology and intestinal microbiota of juvenile rainbow trout(*Oncorhynchus mykiss*)[J]. Aquaculture,2006,261(1):259 ~ 268.

(参考文献 [13] ~ [23] 略)