

25%~50%，甚至更多。因此，作为水产动物重要的蛋白源的提供者——鱼粉在水产饲料配方中占有重要的作用。然而，一方面由于全球气候变化、环境恶化和过度捕捞等造成渔业生物资源衰退，鱼粉获量越来越少；另一方面，近几年鱼粉的消费结构发生了很大的变化，水产养殖产量的提高，鱼粉市场需求旺盛，导致鱼粉价格不断上涨。鱼粉短缺已成为全球水产饲料工业面临的重大难题之一。鱼粉源于自然资源，在需求总体增长的情况下，鱼粉趋少、趋贵的走势在所难免，要维持以鱼粉为主要蛋白源的水产养殖业稳定的、持续的发展，开辟鱼粉替代品迫在眉睫。大量的研究资料表明，用丰富的动植物蛋白源、单细胞蛋白源和藻粉部分或完全代替鱼粉是可行的。本期我们邀请了厦门大学教授艾春香以“鱼粉替代——鱼粉高价运行下水产配合饲料研发的技术对策”为题，分三个方面就鱼粉替代的必要性及可行性、鱼粉替代的技术方案和鱼粉替代研究与应用存在的问题进行了深入的论述，相信会给行业同仁带来启迪和借鉴。

鱼粉替代——鱼粉高价运行下水产配合饲料研发的技术对策

■ 艾春香¹ 陶青燕²

(1.厦门大学海洋与地球学院,福建厦门 361005; 2.诺伟司国际贸易(上海)有限公司,上海 200080)

鱼粉是水产养殖动物最重要的蛋白质源,其富含必需氨基酸(鳀鱼粉:lys 4.9%、Met 1.9%;鲱鱼粉:lys 5.7%、Met 2.2%)和脂肪酸(特别是EPA、DHA),且较为平衡;可消化能高,碳水化合物含量低;适口性好;抗营养因子少;能够被水产养殖动物很好地吸收;含有未知生长因子:如Se、VB₂、VB₁₂、烟酸、胆碱、小肽,特殊的免疫蛋白等;富含钙、磷、铁、锌、碘、VD、VA等。大约全球渔获量的30%被用于生产鱼粉,且大多数鱼粉被用于水产饲料(FAO, 2011)。然而由于全球气候变化、环境恶化和过度捕捞等因素造成渔业生物资源衰退,渔获量越来越低,用于生产鱼粉的渔业生物资源减少,最近几年全球鱼粉产量一直在500~600万吨之间波动(FAO, 2011)。而市场对鱼粉的需求旺盛,导致鱼粉价格迅速飙升和持续上涨,鱼粉短缺是全球水产饲料工业面临的重大难题之一,严重

影响了水产饲料业的健康持续发展,急需对策解决这个问题。近期,随着气温的迅速回升,高价鱼粉给予水产饲料企业的压力也在不断升温,鱼粉替代一直是全球水产动物营养与饲料学者及水产饲料企业研究的热点。

1 鱼粉替代的必要性及其可行性

我国是全球最大的水产养殖国,其水产养殖总量占到了全球的70%左右的份额,水产饲料总产量超过了全球水产饲料产量的60%,是最大的鱼粉消费国。据不完全统计,2012年我国水产配合饲料中鱼粉使用量约为140万吨,其中160多万吨虾料使用了50万吨左右鱼粉,配方平均鱼粉用量约为31%,其余90万吨鱼粉被1600万吨其他水产料所消耗,配方平均鱼粉用量为5.6%。由于海水鱼饲料总产量为40万吨左右,总体影响较小(我国海水鱼类配合饲料中鱼粉的使用量平均45%左右),所以这个配方鱼粉用量主要还是反映的主养普通淡水鱼饲料的鱼粉使用情况(淡水肉食性鱼类饲料中鱼粉的使用量大约占20%~40%)。Albert等(2008)在《Aquaculture》上发布的统计数据表明,2007年全球虾料平均鱼粉使用量为18%,海水鱼平均使用量为30%,淡水鲤科鱼类平均为5%,预计到2015年这些数据将分别下降至8%、16%和2%。从这些全球的数据我们可以看到鱼粉替代的全球性趋势以及我们目前的差距,即使抛开纯

作者简介:艾春香,博士,研究方向为水产动物营养教学与科研。

收稿日期:2013-04-15

基金项目:福建省重大项目“基于生态系统水平的海胆海参集约化混养关键技术的集成与示范[2011N3013]”;福建省星火计划项目“高效环境友好型卵形鲳鲆配合饲料的产业化开发[2012S0005]”

粹的科学研究,从全球鱼粉应用层面来看,我们对于鱼粉应用层面技术的掌握与国际平均水平还有很大的一段距离。从目前水产饲料研发处于前沿的挪威的实践数据来看,这种差距则更大。来自于挪威的官方数据表明,三文鱼饲料中鱼粉的平均用量从2004年的34.9%降至2011年的18.3%,下降幅度达到了47.56%,最低鱼粉用量更是低到了12.4%。同样是肉食性鱼类的三文鱼这种下降的幅度达到了实质性的改变。此外,过去泰国的饲料厂商在虾料中使用25%~30%的鱼粉,现在他们只使用12%~15%,甚至更低。而我国水产料中鱼粉的替代更多的是基于成本压力的被动行为,在替代方式上也更多地采取了原料的组合和配方营养浓度的提升(如蛋白质和脂肪水平的逐年升高)。随着我国标准化、规范化、集约化、工程化水产养殖业的快速发展,水产饲料需求量不断增加,优质蛋白源需求量急剧上升,主要依赖于鱼粉的水产饲料生产方式将难以满足水产业健康发展的需求。从另外一个角度来看,鱼粉中高含量的磷难以被水产动物有效利用而排放到养殖水体环境,增加养殖环境负担,导致水体磷污染,引起水体富营养化,鱼粉的使用量也将逐渐受到限制,鱼粉替代研究是水产动物营养与饲料学领域极为重要的课题之一,但如果没有鱼粉替代技术的实质性进展,鱼粉的资源性限制将很大程度上制约水产饲料的自然增长,进而制约我国水产养殖业的持续发展。

水产动物营养与饲料研究表明,水产饲料的配方技术主要依赖于水产养殖动物营养需要量的数据(即营养标准)和饲料的原料数据。鱼、虾、蟹、贝、参等水产养殖动物的营养需求研究成果可以实现水产饲料营养素的定量化,这就是数量营养学的理论,也是水产动物营养学的基础。水产动物营养学的一个基本原理就是营养素的可加性,也就是说饲料中每种营养素不是仅依赖于某一种饲料原料,而是可以来源于不同的饲料原料,这就是饲料营养素的可加性,比如大黄鱼幼鱼赖氨酸需要量为2.56%,这2.56%的赖氨酸既可来源于各种饲料原料,也可以来自单体赖氨酸添加物。饲料营养素的可加性在配方设计时表现为饲料原料间的可替代性,这正是鱼粉替代的营养学基础,失去了饲料原料间可替代性,饲料配方设计

就失去了意义。水产饲料的飞速发展与鱼粉供求量相对平稳(近20年来全球鱼粉产量没有增加)的反差,表明单吨饲料的鱼粉用量绝对下降,对鱼粉的依存度显著下降。生产实践也证实,用丰富的动植物蛋白源、单细胞蛋白源和藻粉部分或大部分代替鱼粉是可行的,特别是在鱼粉价格不断上涨的今天,走鱼粉替代之路,才能避免我国水产饲料原料受制于人。

2 鱼粉替代的技术方案

水产动物营养学的基础理论认为,水产动物生长依赖的是营养素本身而不是饲料原料,基于这一基础理论的指导,现代水产动物营养和配合饲料科学实现了快速发展,也正是在这一理论的指导下,人们坚信了鱼粉替代的可能性、可行性和科学性。原料替代的终极思想是在原料的采购和配方设计时主要依赖原料所提供的营养素含量高低、配比和利用率等进行原料的价值采购和配方的原料优选。

我国水产饲料的可持续发展能力,必须通过整体技术进步与升级,因地制宜,提升产业的抗风险能力。水产饲料的技术进步,鱼粉系统替代方案的开发,客观上对鱼粉的依存度下降,使得水产饲料配方的弹性空间较大。鱼粉替代不是简单的原料间的替代,而是一个系统工程,是一个大平衡,是将孤立的饲料原料,切割的水产动物营养知识,剥离的水产动物生理过程还原到系统整合的状态去应答原本统一的水产动物生命需求。因此,水产饲料配方要做到成功地替代鱼粉,必须综合运用系统论的观点,整合数量营养和功能营养,也就是说配方师并不是单一地看某一种原料在饲料中的比例是多少,而是看营养素含量和配比是否达标。目前,学术界和饲料企业对鱼粉替代中平衡数量营养的认识较为清晰,然而对功能营养在鱼粉替代中的必要性的认识尚不足。如何通过营养途径去克服鱼粉替代物对水产养殖动物带来的不利影响,以确保水产饲料中鱼粉替代的有效性,以及如何去实现除水产动物正常生长以外的目的,这就是水产动物功能营养学的范畴,是水产动物数量营养学的有力保证和补充。因此,从大的方向上要确定原料间的可替代性,在具体操作时还需针对鱼粉替代原料的特性与可能存在的不足,充分考虑功能营养的确保。一般来说,饲料的

功能营养往往是通过功能性饲料添加剂来实现的,综合替代一定是未来的方向。人们只有加强水产动物数量营养和功能营养等方面的研究,采取平衡必需氨基酸(如蛋氨酸、赖氨酸等)、矿物质(如锌和硒等)、脂肪酸(如EPA、DHA等),以及使用有机酸、酶制剂(对于无胃鱼类,宜选用中性酶制剂,对于有胃鱼类、虾、蟹、蛙、龟、鳖等水产动物宜用酸性酶制剂)、免疫调节剂等技术措施,以提高水产饲料的利用率,提升水产养殖动物自身免疫力,维持水产养殖动物的肝、胰和肠道健康,制订鱼粉替代综合技术方案才能高效地实现水产饲料的鱼粉替代。水产饲料中鱼粉替代的系统方案可以概括为:适口性+水产营养(数量营养与功能营养的平衡性)研究+饲料加工技术+原料的新处理技术(遗传改良、发酵、基因工程和膨化技术等)与品质(包括营养与安全品质)控制+养殖生态营养学技术(包括投喂技术体系),提升水产饲料中鱼粉替代技术是机遇也是挑战。

2.1 鱼粉替代的前提及应考虑的因素

2.1.1 鱼粉替代的前提

要成功地实现水产饲料中的鱼粉替代,其前提:①不影响水产养殖动物的生长——主要从营养素的平衡出发,充分考虑饲料氨基酸的平衡、矿物元素的平衡、能量蛋白的平衡;②不影响水产养殖动物的存活——通过使用一些功能性饲料添加剂,如免疫多糖、抗菌肽、微生态制剂等提高水产养殖动物的自身免疫力,进而提高养殖动物的成活率;③不影响水产饲料的诱食性——通过适当的技术措施,消除或钝化鱼粉替代物中影响水产动物适口性的抗营养因子;同时适当使用安全高效环境友好型饲料诱食剂,如酵母膏、DMPT等,改善水产饲料的适口性;④不影响水产养殖动物的品质——使用鱼粉替代物养殖水产动物,不能影响水产养殖动物的风味、肉质、体色、安全等品质(即营养品质和安全品质)。

2.1.2 在水产饲料中鱼粉替代需要考虑的因素

基于成功地实现鱼粉替代的前提,在开展水产饲料鱼粉替代时应该着重考虑如下因素,以实现鱼粉的高效替代:①鱼粉替代物的营养素含量与质量:如蛋白质(必需氨基酸组成)、能量(必需脂肪酸组成)、维生素(VB₆、VB₁₂)、矿物盐(有效磷、硒)及其他营养素等;②鱼粉替代物的适口性;③鱼粉替代物中营养素的消化利用率。为此,开展水产

配合饲料中鱼粉替代一定要优化粗蛋白水平、平衡氨基酸组成、平衡脂肪酸和微量元素、确定适宜能量含量,以提升鱼粉替代效果。

2.2 鱼粉替代的技术对策

基于水产养殖动物数量和功能营养理念,采用营养素平衡技术[Micro Balance(微量营养素平衡)、Amino Acid Balance(氨基酸平衡)、Lipo Balance(油脂平衡)等平衡技术]以及提高饲料转化率的技术措施(饲料加工技术、维护肠道和肝脏健康技术与产品、酶制剂的使用、酸化剂的使用及其他功能性原料的使用),达到成功实现鱼粉替代。

2.2.1 鱼粉替代下提升水产饲料配方技术

2.2.1.1 水产饲料配方设计应遵循的原则及目标

水产饲料配方设计应遵循的原则:营养素均衡与充足原则、良好适口性原则、经济性原则、可加工性原则、市场认同性原则、质量稳定性原则、灵活性原则、安全合法性原则。

水产饲料配方设计的主要目标是:①实现营养素的全面性、均衡性与充足性。通过饲料配方,实现水产饲料营养素全面满足水产动物的生理需要,从而促进水产养殖动物快速生长。②提高营养素的可利用性。通过配方设计,最大限度地使水产饲料中的营养物质利用转化为水产动物机体物质。③满足营养素与水产养殖动物生长的适应性。通过配方设计满足水产养殖动物不同生长阶段、生理状态和环境条件下所需要的营养物质供给。④满足水产养殖动物特殊的营养需要。抗病、防病、治病、适口性、安全性(对水产养殖动物、对环境、对人)、体型、体色、品质。⑤实现饲料高性价比。在市场价格和固定产品质量的情况下获得最低成本配方,以实现良好的水产养殖效益。

2.2.1.2 鱼粉替代下水产饲料配方的调整思路及其措施

鱼粉替代下的水产饲料配方的调整思路及其措施:①提高水产饲料配方中鱼粉使用的科学性,结合水产养殖动物各生长发育阶段的消化生理规律和营养需求,从营养平衡、节约鱼粉和遵循《饲料原料目录》(农业部公告1773号)筛选原料的角度出发,选用合适的鱼粉替代物,设计鱼粉含量不同的阶段配方,从总量上控制鱼粉的用量;同时,适当降低配方中淀粉类含量,为鱼粉替代腾出更大的空间;此外,根据不同的水产养殖模式、季节和地区设计鱼粉含量不同的模式配方、季节配方

和地区配方。②改进加工工艺,推广和普及熟化与低温膨化加工工艺,提高水产饲料的利用率,降低水产饲料配方中鱼粉的用量。③完善原料生物利用率数据库,密切关注原料的消化率、适口性及利用率,努力开拓饲料蛋白源,推行低蛋白质、高质量的蛋白质原料,低蛋白质、高油脂的饲料方案等,转变配方思路:以优质饲料蛋白质原料为基础,同时适当降低水产饲料蛋白质水平。这一方面可节约蛋白质饲料资源,同时也减轻水产养殖动物蛋白质代谢排泄物对水体的污染;另一方面,在保证配合饲料质量的前提下能有效控制饲料配方成本。调整水产饲料的配方思路:通过能量的蛋白节约效应,开发高能低蛋白水产饲料;采用高效环境友好型饲料添加剂,如有机酸、精油、寡糖、小肽、益生菌等,开发功能性水产配合饲料,提高水产动物的免疫功能及对原料的利用率;完善水产动物营养调控理论与技术,建立水产动物营养学调控模型,运用营养平衡理论,合理添加包被晶体氨基酸或氨基酸衍生物,提高水产动物对植物性蛋白和畜禽水产加工副产品的利用率;合理利用水产动物生长期、养殖模式、地区和季节,采用动态配方技术,开发水产饲料的阶段配方、模式配方、地区配方和季节配方。重新审视和修改水产配合饲料标准;完善精准的水产动物营养学参数,修订和制订水产养殖动物的精准营养标准,提升精准配方技术水平,防止饲料中出现过高的蛋白质含量(蛋白质含量过高,既浪费了蛋白源,又导致养殖水体污染),适当提高饲料能量含量,采用脂类和碳水化合物节约蛋白质效应,以降低饲料中鱼粉的用量。设计水产饲料配方时还要考虑多学科交叉,结合水产动物遗传改良繁育计划,通过水产动物的基因育种,可以定向选育出能够高效利用蛋白质的养殖新品种,从而达到降低水产养殖动物饲料中鱼粉使用量的目的。同时,结合饲料生产管理体系,使用高利用率的蛋白质原料,适当降低饲料蛋白质水平,提升鱼粉替代效果。

2.2.1.3 鱼粉替代下的水产饲料配方设计中的氨基酸平衡策略

一般来说,鱼粉替代物的局限性之一就是氨基酸的平衡性与不足,为此,必须采取相应的技术措施,补充和平衡配方中的氨基酸。①采用不同蛋白源的合理搭配——使蛋白质互补、氨基酸平衡;②合理补充限制性单体氨基酸,如蛋氨酸、苏

氨酸、赖氨酸、色氨酸等。相对于畜禽料普遍使用合成氨基酸进行饲料配方的灵活处理情况,我国在水产饲料中使用合成氨基酸的普及程度相对较低。这与我国主要养殖鲤科鱼类等无胃鱼为主,而欧美等国则主要养殖以肉食性有胃鱼为主有关。早在20世纪70、80年代,大量研究表明,在蛋氨酸缺乏的日粮中添加DL-蛋氨酸不能促进鲤科鱼类和虾的生长。研究者甚至发现这些鱼类、虾可以将外源添加的DL-蛋氨酸直接排出体外。进一步的研究则发现,合成氨基酸相对于蛋白质来源的氨基酸会更容易进入血液中,形成集聚的血液峰值,与蛋白质来源的其它氨基酸吸收不同步,从而溢出代谢池。此外,后续的研究表明,通过增加投喂频率可以使前1次完整蛋白质来源的氨基酸与后1次快速入血的晶体氨基酸峰值达成叠加效应从而使合成氨基酸的使用成为可能。

目前,在水产养殖动物中进行了大量的关于配方中添加合成氨基酸效果评价试验。结果表明:①晶体赖氨酸在饲料中添加,在3次以上的投喂频率的条件下被证实是有效的,赖氨酸在现有日粮配方结构下几乎是不缺乏的,蛋氨酸依然是水产饲料配方中的第一限制性氨基酸,在鱼粉的用量下降后,蛋氨酸的补充显得更为重要。氨基酸平衡和理想蛋白模式的基础理论是现代营养学的理论基础,适用于所有的养殖动物,也是鱼粉替代中最关键的技术。②相比晶体赖氨酸,DL-蛋氨酸的添加有效性普遍存在质疑。③相对于普通硬颗粒料,膨化造粒下使用DL-蛋氨酸能得到更好的效果。其可能的机制在于,饲料膨化的物理化学过程中,晶体氨基酸可以同饲料中的淀粉、脂肪形成一定的交联,从而达到一定缓释的作用,当然这种过程和发生的程度很难人为控制。在水产动物饲料中超量添加不同蛋氨酸源的研究进一步证实了高蛋氨酸血液浓度对于动物采食量的抑制,进而导致生产性能的下降。按大鳞鲃需要量1.73倍超量添加等硫的DL-蛋氨酸和羟基蛋氨酸钙,超量添加DL-蛋氨酸导致的生长抑制为羟基蛋氨酸钙的2.09倍。羟基蛋氨酸是将蛋氨酸的氨基用羟基进行替代后的蛋氨酸类似物,其化学本质已经不是氨基酸而是一种有机酸。这种有机酸是动物体内普遍微量存在的氨基酸类似物。在动物体内线粒体酶系的作用下可转化为L-蛋氨酸参与蛋白质的合成,这种转化过程在动物上的特殊生理

意义在于:可以延迟血液中蛋氨酸浓度的上升;使血液蛋氨酸水平逐步平缓上升,避免高浓度蛋氨酸水平导致的生理负反馈抑制。羧基蛋氨酸的这种生理缓释作用对于无胃鱼和虾具有极其重要的生理意义。

因此,目前鱼粉替代下的水产饲料中蛋氨酸的平衡要着重关注:适宜蛋氨酸源的选择;至少需要1次准确测定配方调整后的含硫氨基酸量(氧化法);按照统一的氨基酸模式进行蛋氨酸的补充;对于虾和肉食性鱼类需考虑诱食性物质的补充。

2.2.1.4 微量元素的平衡

微量元素既是组成水产动物机体成分,又参与机体重要的生命活动。但相对于同样维生素来说,水产动物微量元素由于其研究的特殊性,其本身的营养功能却没有引起人们的重视。然而大量的科学研究和生产实践表明,微量元素特别是锌、铜、铁、硒等元素对于水产动物的生长、健康发挥着至关重要的作用。锌缺乏会导致水产动物生长停滞,脂肪沉积增加。鱼粉替代成功的关键之一就是平衡饲料中微量元素,关键之二是采用中性植酸酶消除或降低植物性原料中的植酸——矿物元素的拮抗物,一般植酸酶在鱼饲料中的最适添加量以500~1 500 U/kg为宜,植酸酶可提高植酸磷利用率20%~45%(Ravindran等,1995)。

2.2.2 基于水产动物生理健康的饲料配方设计的思考——肝脏和肠道健康

水产养殖动物的生理健康已成为影响水产养殖动物生长速度、养殖产量、饲料利用效率和水产品安全的重要基础条件,是建立在水产动物主要内脏器官生理健康、组织结构和功能完整性的基础上的。针对饲料不能损害水产养殖动物自身的生长代谢系统和免疫防御系统的目标,设计水产饲料配方时要关注饲料营养素和非营养物质与水产动物生理健康的关系,特别是与肝脏和肠道健康的关系,以及防范措施,建立“以饲料原料质量保障饲料的营养品质和安全品质、以饲料营养品质和安全品质保障水产养殖动物健康、以水产养殖动物健康保障生长速度和饲料效率、以水产养殖动物健康保障养殖水产品食用安全”为技术思路的水产饲料配方技术体系,这将有助于促进水产饲料的持续发展。

肝脏(或肝胰腺)作为水产动物主要的器官,发

挥着十分重要的生理功能:①参与机体代谢。各种营养物质进入水产动物肝脏,在肝细胞内进行处理、加工,合成机体所需的多种蛋白质,合成和分解糖原,参与维生素和激素的代谢。②参与机体的解毒:水产动物吸收以及代谢产生的有毒物质,可经肝细胞转化或结合作用,形成无毒、低毒或易溶解的物质,并随胆汁或排泄液排出体外,消除或降低毒物对机体的毒副作用。③参与机体免疫功能。④产生凝血原酶,促使血液凝固。⑤分泌胆汁,乳化脂肪,促进脂肪的消化吸收。

目前,我国的水产养殖动物,特别是养殖鱼类的肝胆综合征发病率高达75%~90%,严重影响了水产健康养殖产业的发展。影响水产动物肝脏健康的主要因素:养殖密度过高,水体环境恶化,亚硝酸盐和氨氮等有害物含量增加;饲料中营养素不平衡,脂类、糖类或蛋白含量过高或强化投喂,维生素或微量元素缺乏;饲料氧化酸败、发霉变质(脂肪氧化产生的醛、酮、酸对水产动物有毒,对肝脏造成损害);饲料中含有有毒有害物质(如棉粕中的棉酚、菜粕中的硫葡萄糖甙、劣质鱼粉中的亚硝酸盐等有毒有害物质均能引发水产养殖动物的肝胆类疾病),饲料中黄曲霉毒素偏高;水产动物疾病防治过程中滥用药物,造成水产动物肝脏中毒;同时,高频率、高浓度药物消毒也会导致养殖动物肝脏受损;水产动物遭到某些病毒和细菌的侵袭,对水产动物肝脏造成损害。

基于肝脏健康的饲料配方设计时,要着重考虑:饲料营养素的均衡,同时考虑补充足够的维生素(如B族维生素、VC、VK等)和微量元素以及促进脂类代谢的物质(卵磷脂、氯化胆碱、甜菜碱、蛋氨酸、牛磺酸等);饲料原料的新鲜度、安全性,防止饲料原料霉变、氧化酸败;要考虑水产动物的生长发育阶段、养殖模式、季节和地区差异;考虑饲料中适宜的脂肪和碳水化合物含量,高脂肪的水产动物日粮增大了机体氧化损伤的几率,因为脂肪的能量代谢会产生大量的活性氧自由基,从而在体内形成强烈的氧化应激,耗竭天然抗氧化营养物质如VC、VE、硒等,最终导致水产动物生长受损,免疫力下降。因此,在水产动物体内抗氧化和饲料抗氧化都必须同时做好。水产饲料中使用一些能清除机体自由基的生物活性物质,如一些中草药提取物,对饲用高脂饲料的水产动物维持机体

肝脏正常的结构和功能具有十分重要的意义。避免水产动物的抗氧化损伤,需要采用切实的技术措施(如使用高效安全的自由基清除剂),清除机体内的自由基,以确保水产动物体内氧化还原状态的动态平衡;最大限度降低水产动物因环境、高脂日粮、高速代谢产生的自由基;提高水产饲料中具有抗氧化性能营养物质的利用效率;保护水产动物肠道、肝脏、心脏等脏器因氧化应激所致的细胞损伤;提高水产动物捕捞运输过程中抗应激能力,提高水产品的品质及货架期,以促进水产养殖健康发展。

水产动物的肠道不仅是水产动物的消化和吸收器官,参与机体的消化、吸收,而且是体内最大的免疫器官、代谢器官和内分泌器官,参与机体的免疫反应、代谢活动和分泌,还活跃地参与各种应激反应,是多器官功能障碍综合征(Multiple Organ Dysfunction Syndrome, MODS)发生的始动器官(Gossain, 2005)。水产动物的肠道因为结构简单更容易受到损伤。肠道受损后,导致水产动物消化吸收出现障碍,限制了营养素的供给(肠道自身和机体),养殖效果不理想;同时肠道受损后,导致病原菌入侵(肠道自身和机体),会引起水产动物肠道疾病爆发,并引发肝脏和其他器官的病变或损伤,造成水产养殖失败。因此,进行水产饲料配方设计时要考虑水产养殖动物的肠道健康。水产动物的肠道健康主要包括肠道形态(黏膜绒毛和微绒毛完整性,皱襞高度等);肠道微生物(组成较为稳定、分布正常、代谢旺盛);肠道 AKP、LDH、Na⁺, K⁺-ATP 酶、ALT、AST 等酶活指标正常;维持 VE、VC、SOD、GST、GSH 等的动态平衡,进而维护肠道抗氧化系统;营养素的消化率高。

鱼粉替代后的主要问题之一是水产养殖动物的肠道健康,采用植物性原料替代鱼粉,其含有的抗营养因子是诱导水产动物肠炎的主要因素。例如优质的植物性蛋白源——大豆及其制品中的大豆皂甙、大豆蛋白抗原、低聚糖等非热敏感抗营养因子,均具有明显的肠道损伤的抗营养作用,容易引起水产动物肠道疾病。为此,从营养、消化改善、免疫提升的角度综合考虑鱼粉替代下的水产饲料配方,维护水产动物的肠道健康具有重要的意义和实际应用价值。基于维持水产动物肠道健康的理念,在饲料配方时采用一些功能性饲料添

加剂,如酶制剂、丁酸钠(给黏膜细胞供能;调节菌群)、酸化剂(调节菌群)、微生物制剂(如益生菌、益生元、合生素)、植物提取物、果寡糖、酵母培养物、动物源性小肽等用于改善肠道健康状况。

2.3 加工设备的完善及其工艺改进

完善水产配合饲料加工设备,推广和普及膨化工艺及低温挤出工艺在水产动物饲料生产中的应用,促进水产饲料健康发展。

首先,强化饲料原料的粉碎工艺,选用先进的粉碎机、改进饲料的粉碎工艺路线,增加饲料原料的粉碎细度,提高生产线的粉碎能力,依赖饲料粉碎质量的提高而改善饲料产品的加工质量和产品的养殖效果。

其次,在调质(调质温度、水分和调质时间)、制粒和制粒后熟化工艺上大幅度改造设备和工艺,例如在先进的差速双轴调质器后面,再增加一级或二级调质熟化器(增加前熟化),显著提高对饲料原料的调质效果。在制粒环节,通过模具的改进和调质参数的调整,提高制粒的质量和外观效果。在制粒后增加了后熟化设备和工艺(后熟化),使颗粒质量得到显著改善,同时又避免了挤压膨化的高温、高压对热敏感营养物质的损失量。

“熟化颗粒饲料”即这种饲料的特点是前、后熟化工艺。这将是今后我国水产饲料生产技术和设备技术的重要发展方向之一。

3 鱼粉替代研究与应用存在的问题与展望

目前,关于鱼粉替代开展了许多工作,也取得了一定的进展,但许多研究结果可比性差、重复性差、可用性低,鱼粉替代研究标准饲料配方以及标准化的研究方法尚未建立,评价指标体系有待改进,鱼粉替代研究还有许多问题有待于人们去探索,仍需大力加强水产饲料中鱼粉替代技术及其应用研究。

水产养殖动物种类繁多,养殖学特性各异,在研究鱼粉替代蛋白源时,要根据水产动物种类、大小或生长阶段、环境条件(如水温、盐度等)、投饲频率、不同蛋白源生产工艺以及配方中的其它原料营养组成等不同设计实验,规范鱼粉替代实验研究方法,延长实验期,以期结果具有较好的可比性和较高的推广价值。

加强对水产饲料中鱼粉替代蛋白源有效性研究评价指标体系的建立,除常规评价指标,如水产



动物生长、存活、饲料利用效率、机体组成和水产动物体色等外,还应确立组织学、生理生化学、肌肉营养品质、病理学以及免疫学指标,以多项指标综合评价鱼粉替代蛋白源对水产动物生长、发育、健康和繁殖的影响,进而确定其在水产饲料中替代鱼粉的潜力。

加强水产动物饲料中使用鱼粉替代蛋白源后对养殖水域环境影响的研究,推进水产动物营养生态学研究。加强鱼粉替代技术手段研究,从代谢组学入手,研究水产饲料中鱼粉替代的可行途径。

植物性蛋白源的抗营养因子的去除问题以及一些带有有毒、有害物质蛋白源的安全使用问题需要系统研究。可以借助现代生物技术(如发酵工程、酶工程技术)、组织学、毒理学、病理学和免疫学等学科的理论、技术和方法加以研究。此外,植物性蛋白源存在诱食性问题,如何研制开发高效绿色渔用诱食剂,是提高植物性替代蛋白源使用效果的

有力措施。

替代蛋白源氨基酸不平衡的问题,可以根据各种替代蛋白源的营养特性,采用适当添加单体氨基酸的方法,提高其营养价值以及替代效果。为此,对各种鱼粉替代蛋白的营养特性应进行系统研究,以便完善饲料配方,提高替代效率。

完善水产饲料原料数据库。按照《饲料原料目录》(农业部公告1773号)的原料,有计划地组织国内相关高等院校、科研院所和大型水产饲料企业联合开展水产动物对各种原料营养素的消化率、能量利用率、抗营养因子种类与含量、有毒有害物质含量等研究,建立和完善水产饲料原料数据库,为鱼粉替代提供基础数据。



手机扫二维码可直接下载文章电子版
(编辑:沈桂宇,guiyush@126.com)

作者简介 Author



艾春香,理学博士,厦门大学海洋与地球学院教授,主要从事水产动物营养与饲料学的教学科研工作,特别是在水产动物免疫营养学、营养生态学及高效环境友好型水产配合饲料研发等方面开展了一系列工作。先后主持和参加了国家公益性行业(农业)专项、国家“973”项目、国家“863”项目、国家自然科学基金项目、福建省重大科技专项等科研课题20多项,在国内外学术期刊上发表论文60多篇,参编《水生动物营养与配合饲料学》教材一部,主持制修订水产配合饲料农业行业标准和福建省地方标准4项,先后获得省市级科技进步一等奖1项、三等奖4项,福建省标准贡献奖二等奖和三等奖各1项。现兼任全国饲料工业标准化技术委员会水产饲料分技术委员会委员、中国渔业协会鳗业工作委员会专家委员会委员、中国水产学会水产动物营养与饲料专业委员会委员、福建省渔业行业协会加工专业委员会专家委员会委员、福建省饲料产业技术创新战略联盟专家组副秘书长、福建省鳗业协会专家委员会委员、福建省水产品流通与加工协会专家委员会委员、福建省饲料工业协会常务理事、福建省水产饲料研究会常务副理事长兼秘书长等。

艾春香,理学博士,厦门大学海洋与地球学院教授,主要从事水产动物营养与饲料学的教学科研工作,特别是在水产动物免疫营养学、营养生态学及高效环境友好型水产配合饲料研发等方面开展了一系列工作。先后主持和参加了国家公益性行业(农业)专项、国家“973”项目、国家“863”项目、国家自然科学基金项目、福建省重大科技专项等科研课题20多项,在国内外学术期刊上发表论文60多篇,参编《水生动物营养与配合饲料学》教材一部,主持制修订水产配合饲料农业行业标准和福建省地方标准4项,先后获得省市级科技进步一等奖1项、三等奖4项,福建省标准贡献奖二等奖和三等奖各1项。现兼任全国饲料工业标准化技术委员会水产饲料分技术委员会委员、中国渔业协会鳗业工作委员会专家委员会委员、中国水产学会水产动物营养与饲料专业委员会委员、福建省渔业行业协会加工专业委员会专家委员会委员、福建省饲料产业技术创新战略联盟专家组副秘书长、福建省鳗业协会专家委员会委员、福建省水产品流通与加工协会专家委员会委员、福建省饲料工业协会常务理事、福建省水产饲料研究会常务副理事长兼秘书长等。

天然植物精油

有效替代抗生素

金优康

多年抑菌效果筛选

+多次复方配伍饲养试验

+多层包膜技术

更多产品关注公司网站



武汉泛华生物技术有限公司
WUHAN PAN-CHINA BIO-TECHNOLOGY CO.,LTD.

地址:武汉市汉口发展大道164号武汉科技大厦11层
邮编:430023 传真:(027)65692517
电话:(027)65692519 65692529 65692539
18908635556

E-mail: e-feed@tom.com

网址: www.greenfeed.com.cn