

# 水产动物饲用酶制剂的研究现状

冯建新(河南省水产科学研究所 郑州 450044)

**摘要:** 本文综述了主要饲用酶制剂的种类,纤维素酶、木聚糖酶、植酸酶及复合酶在水产饲料中的应用研究现状,分析了饲用酶制剂在水产饲料中应用存在的问题。

**关键词:** 水产 纤维素酶 木聚糖酶 植酸酶 复合酶

酶是活细胞产生的具有特殊催化能力的蛋白质,它广泛存在于各种生物体内,参与机体和各种生化反应。将生物体内产生的酶经过加工后的产品称为酶制剂。目前,细菌、真菌等微生物是各种酶制剂的主要来源。最早记载科学描述外源性酶制剂在动物营养中的作用可追溯到20世纪20年代,在此后的30年里,科学家开始研究外源酶在家禽饲料中的应用,并达到了广泛应用。但水产饲料中应用酶制剂的研究才刚刚起步,且大部分研究是关于酶制剂作用效果的研究。本文主要总结了饲用酶制剂在水产饲料中的应用研究现状,并对将来酶制剂在水产饲料中的应用进行了展望。

## 1 主要饲用酶的种类及其功能

世界上已发现的酶的品种有1700多种,生产用酶已达300多种,饲用酶亦有20多种。这些酶主要为消化性酶,多为水解系列酶。主要有纤维素酶(C<sub>1</sub>酶、C<sub>x</sub>酶、 $\beta$ -葡萄糖苷酶)、半纤维素酶、果胶酶、淀粉酶(淀粉酶、糖化酶)、蛋白酶(中性蛋白酶、酸性蛋白酶)、植酸酶。现把饲料中应用较多,起作用较大的几

种酶系介绍于表1。

## 3 酶制剂在水产饲料中应用现状

### 3.1 纤维素酶

国外学者于二十世纪七十年代末开始了免疫调节剂在水产养殖业中的应用研究,发现 $\beta$ -葡聚糖、几丁质、左旋咪唑等对控制疾病促进动物生长具有重要意义。进一步研究发现葡聚糖中仅 $\beta$ -(1,3)-葡聚糖具有免疫促进作用和抗肿瘤活性。

酵母葡聚糖对鱼类的免疫激活作用国外学者已有许多报道,酵母葡聚糖能使大西洋鲑、斑点叉尾鲟、虎纹虾对病原菌的抵抗力增强。 $\beta$ -(1,3)-葡聚糖能提高虹鳟鱼、大西洋鲑和舌鳎体内溶菌酶活性、补体活性和巨噬细胞杀菌活力,巨噬细胞和血细胞超氧化酶活力增强。肽聚糖是革兰氏阳性细菌细胞壁的主要成分, Matsuo 等的实验表明长期服用肽聚糖能够促进幼虹鳟的生长和抗病能力;Takahashi Yukinori 等的研究表明用肽聚糖等喂养鱼类和甲壳类动物,能够增强免疫防御系统能力,增加体重。

刘伟(1993)研究了饲料中不同含量的D-葡聚

表1 主要饲用酶的种类及功能

类别	产 品	功 能
纤维素酶	C <sub>1</sub> 酶	C <sub>1</sub> 酶:作用于不溶性纤维素表面,使结晶纤维素链开裂、长链纤维素分子末端部分游离和暴露,从而使纤维素链易于水化。
	C <sub>x</sub> 酶	C <sub>x</sub> 酶:作用于经C <sub>1</sub> 酶活化的纤维素、分解 $\beta$ -1,4键的纤维素酶。主要包括内切-1,4- $\beta$ 葡聚糖酶,主要生成纤维二糖、纤维三糖等;外切-1,4- $\beta$ -葡聚糖酶作用于低分子多糖,从非还原性末端游离出葡萄糖。
半纤维素酶	$\beta$ -葡萄糖苷酶	$\beta$ -葡萄糖苷酶:将纤维二糖、纤维三糖及其他低分子纤维糊精分解为葡萄糖。
	包括木聚糖酶、甘露聚糖酶、阿拉伯聚糖酶和聚半乳糖酶等	主要是将植物细胞中的半纤维素酶解为各种五碳糖,并可降低半纤维素溶于水后的粘度
果胶酶		果胶酶可裂解单糖之间的糖苷链,并脱去水分子,分解包裹在植物表皮的果胶,降低肠道内容物的粘度,并促使植物组织的分解。
淀粉酶	淀粉酶	——淀粉酶为内切酶,将淀粉大分子水解成易溶解的中等和低分子物质。
	糖化酶	——将淀粉酶水解的一些低分子物质进一步水解成葡萄糖
蛋白酶	酸性蛋白酶 中性蛋白酶	是分解蛋白质长链为氨基酸的水解酶
植酸酶	植酸酶和酸性磷酸酶	植酸酶是可以将植酸水解为磷酸和肌醇的一类水解酶的统称,植酸酶可有效水解植酸态有机磷,使植酸磷降解成肌醇和磷酸,放出生命体可直接吸收利用的无机磷酸及其铁、钙、锌等盐类。

糖酶对白鲟幼鱼脂肪合成酶及肝组成的影响。饲料中D-葡萄糖含量的增加,导致稚鲟的血糖、血浆三酰甘油以及4种主要肝脂肪合成酶活性的提高。肝体指数、肝重及肝糖元水平均随饲料中D-葡萄糖含量的提高而逐渐增加。

许国焕等在实验室条件发酵并提纯了2种多聚糖—— $\beta$ -葡聚糖和肽聚糖,研究了其对我国主要淡水养殖品种彭泽鲫生长的影响及免疫激活作用。研究表明,两种多聚糖对彭泽鲫的生长率及成活率与对照组无明显差异,仅略有提高。饲料中添加酵母细胞壁、 $\beta$ -葡聚糖、肽聚糖后均提高了血清溶菌酶活性,尤以 $\beta$ -葡聚糖最为显著;酵母细胞壁、肽聚糖均能提高受免彭泽鲫凝集抗体效价,但2种多聚糖对抗体形成动态影响有一定时差。肽聚糖能在更短的时间内提高血清凝集抗体效价,增强特异性免疫功能。

徐国武等在含大麦粉41.3%的饲料中添加 $\beta$ -葡聚糖酶饲喂鲤鱼,结果表明,添加 $\beta$ -葡聚糖酶于含大麦(35%)的饲料中,能提高鲤鱼的增重率和降低饵料系数。提高饵料粗蛋白、粗脂肪、干物质的消化率。分析认为:①大麦的胚乳细胞中含有大量的 $\beta$ -葡聚糖,这些 $\beta$ -葡聚糖可在肠道中部分溶解,使肠道食糜粘性增加,结果使肠粘膜表面不动水层增厚,营养物质的扩散受阻。鲤鱼肠道中缺乏 $\beta$ -葡聚糖酶,从而影响营养物质的消化吸收;② $\beta$ -葡聚糖是大麦细胞壁的主要成分之一,不能被消化酶水解。大分子消化酶也不能通过细胞壁进入细胞内,因而对细胞内容物形成一种包被结构。

余年丰等(2001)在以豆饼、菜子饼为主的饲料中添加2400U/kg纤维素酶(由葡萄糖酶、葡萄糖内切酶以及 $\beta$ -葡聚糖酶共同组成)饲喂团头鲂,提高了鱼体对饲料营养物的利用率。说明纤维素酶能促进动物肠道蠕动,刺激内源消化酶分泌。

### 3.2 木聚糖酶

木聚糖是植物细胞壁的主要成分之一,属于非淀粉多糖,为一种广泛存在于植物中的半纤维素,它是由 $\beta$ -1,4糖苷键连接而成的木糖聚合物。通常,木聚糖以异质多糖形式存在并与纤维素结合在一起。木聚糖酶是木聚糖的专一降解酶。属于水解酶类,包括内切木聚糖酶、外切木聚糖酶和木糖苷酶三种。木聚糖酶耐热性能较好,动物肠道内的温度、pH值对其活性影响不大,而且能耐受制粒过程中的高温,这使其在动物饲料中的运用具有独特优势(李莲等,2003)。

由于小麦、大麦、燕麦、黑麦等饲料原料中存在大量的非淀粉多糖,对动物消化吸收存在一定的抗营养作用。它在动物胃肠道中与营养物质的粘性结合降低了营养成分的吸收,与消化酶和胆汁酸结合而影响消化过程,会使粪便排出量因未消化物质的增多而增加,还会导致动物胃肠道中微生物繁殖的增多,并对畜禽产品品质造成不利影响。因而,在非淀粉多糖含量比较高的动物饲料中,添加多糖降解酶不仅可以将其转化为营养物质,还消除了其抗营养作用。

对畜禽动物的研究证明,添加木聚糖酶后,可以降低肠道内容物的粘度,促进生长和提高饲料转化效率;能够提高内源性消化酶的活性,促进养分的消化吸收;能减少肠道微生物的数量,减少疾病,利于健康;能够破坏植物细胞壁结构,减少粪便,降低污染。

国内外学者关于木聚糖酶应用效果的研究都集中在畜禽动物上,尚未见水产动物方面的应用效果报道。

### 3.3 植酸酶

Lanar(1998)、Storebakon(1998)在鲑鱼试验,Jouni(1998)、Lanari(1998)、Ferster(1999)在虹鳟鱼苗试验,Oliva-Teles(1998)在舌齿鲈鱼苗试验中均证实,植酸酶对改善蛋白的营养价值和磷的利用率有明显作用,大大降低了磷的排放量。

Jouni(2000)用植酸酶处理的大豆饲喂大鲑鱼,发现加或不加植酸酶对体重由0.25kg生长至2kg的大鲑鱼体增重没有影响,且骨灰分的含量也无明显增加。这一结论能否表明植酸酶的作用效果与鱼的大小、消化道发育程度、消化道内源植酸酶含量的多少有关,还有待进一步的研究证实。

目前,国内外对植酸酶的研究报道,在畜禽方面较多,也比较深入,生产的植酸酶多为适应畜禽消化道特点的、最适pH在酸性范围的植酸酶。鱼的消化道与其它动物有较大区别:消化道较短,食物在消化道停留的时间短,酶的作用不完全;另外,鱼分为有胃鱼和无胃鱼,它们对植酸的消化率不同,消化道内的酸碱度差别也很大。无胃鱼对植酸酶的利用率为8%;有胃鱼如虹鳟为19%;有胃鱼胃液中分泌盐酸,PH较低,适用酸性植酸酶,无胃鱼消化道pH为6.8~7.3,而曲霉菌植酸酶的最适pH为2.5~5.5,因此,对于无胃鱼,与有胃鱼使用相同的植酸酶不会使植酸有效降解(吉红,1999)。

现阶段对水产动物的研究,国外偏重于有胃鱼,如虹鳟、鲑鱼等,而对我国生产实践中最常见的无胃

## 专论·综述·调研

鱼如鲤鱼及其它几种家养鱼则研究不够充分。对于无胃鱼,由于消化道 pH 值偏高,必需添加中性植酸酶,而适用于无胃鱼的中性植酸酶,市场上虽已出现,但对其使用效果的研究远不充分。在无胃鱼中使用植酸酶的另一有效方法是预先用植酸酶处理饵料,既可以避免饵料加工过程中过高的温度对酶活力的破坏,又可以防止鱼消化道内过高的 PH 值对酶活力的破坏。余丰年等(2000)先在体外将豆粕用植酸酶进行处理,再加入其余的饲料原料中,充分混合后进行分析,结果表明,在异育银鲫体外,植酸磷就已经在植酸酶的作用下发生了有效的降解,添加植酸酶促进了异育银鲫对饲料中营养物质的吸收,提高了增重率。

### 3.4 复合酶

目前,国内应用于水产动物的酶制剂大多以复合酶的形式出现。关于复合酶的应用效果报道也较多。

仲军(1994)进行加酶饲料喂对虾生产试验和大水面养虾生产试验结果表明,添加 1% 饲料酶,个体增重率提高 12.13%,单产提高 13.87%,饲料系数降低 12.02%,经济效益提高 23.06%。刘文斌等(1999)在异育银鲫饲料中添加 0.75g/kg 酶制剂,异育银鲫的增重率提高 26.98%,饵料系数降低了 19.85%。阎有利等(1994)在鲤鱼饲料中添加酶制剂,其试验组增重率比对照组提高 11.96%,饵料系数降低 16.36%。说明酶制剂具有促进生长,提高饲料利用率等作用。

周小秋等(2001)在含豆粕、菜粕、棉仁粕为主的饲料中添加酶制剂,提高了饲料利用率,降低了鲤鱼消化道的粘性,有利于营养物质吸收。对鲤鱼的增重、饵料系数有极显著和显著的影响,而对摄饵量、养殖期间和运输的成活率没有影响。

张满隆等的试验结果表明,鲫鱼饲料中添加酶制剂(含纤维素酶 $\geq 3000\text{U/g}$ ,木聚糖酶 $\geq 4300\text{U/g}$ ,蛋白酶 $\geq 2500\text{U/g}$ )能使鱼的生长速度明显加快,饵料系数降低。在草鱼饲料中添加 1%,试验组的生长速度比对照组提高了 6.6%,饲料系数降低了 0.29。试验组的鱼体粗蛋白质比对照组略高;而粗脂肪略低。试验组的每 1kg 鱼饲料成本比对照组降低 8.93%。该酶制剂使草鱼对无机盐转化利用率提高,对各种营养物质的吸收均衡有效,表明该酶制剂能促进鱼体内各种生化反应,增强鱼体内蛋白质转化率。

乔秀亭等研究了添加酶制剂后,对鲤鱼消化酶活性的影响。添加复合酶制剂后各实验组酶活性均比对照组有所提高,起到减少蛋白质作为能量消耗,间

接节约蛋白质的作用。

### 4 酶制剂在水产饲料中应用存在的问题及建议

4.1 研究有待深入 酶制剂在水产动物中应用的研究不多,且大部分停留在定性方面研究,即添加酶制剂对水产动物有无促生长作用,能否提高饲料利用率,降低饵料系数,减少磷排出,而对酶制剂的定量研究较少,周小秋等(2001)在鲤鱼,刘文斌等(1999)在异育银鲫,陈应华(2001)在彭泽鲫对酶制剂添加量有所研究。而在酶制剂对水产动物生理影响方面的研究如胰岛素、甲状腺素等几乎没有涉及。

4.2 酶制剂的作用机制 酶制剂的作用机制及促生长机理不太清楚,消化生理等方面有待深入研究。

4.3 水产酶制剂种类及活性测定问题 在畜禽方面应用的酶制剂很多,主要有复合酶,也单独使用某一种酶,如植酸酶、纤维素酶等,而在水产饲料中应用的专用水产酶制剂不多,大部分尝试应用畜禽酶制剂,效果不是很好,毕竟水产动物不同于畜禽动物,这样,开发水产饲料必须考虑水产动物的消化生理特点及对水产饲料的要求,不能完全照搬畜禽上那一套,而且作为一个水产大国,对商品酶制剂的需求很大,这样必须加大对水产饲料酶制剂的研究,开发更多的商品酶制剂产品以满足水产饲料的发展需要。酶制剂活性测定是评价酶作用的一个重要指标,但目前酶制剂活性测定方法各异,不统一,这样不利于学术交流和开展科研,从而限制了酶制剂的开发与应用。而且在体外酶活性的测定不能完全反映动物体内源酶的真实活性,因为影响酶制剂活性因素很多,诸如温度、pH 值、饲料类型等,因此,应规范酶制剂测定方法和统一酶制剂测定标准。

### 参考文献

- [1] 黄耀桐、刘水坚. 草鱼肠道肝胰脏蛋白酶活性的初步研究. 水生生物学报, 1988, 12(4).
- [2] 周小秋. 几种酶制剂对鲤鱼生产性能的影响. 饲料广角, 2001(15).
- [3] 周兴华等. 复合酶对鲫生长影响的试验. 渔业现代化, 2000(1).
- [4] 刘维得, 陈东梅. 草鱼饲料中添加不同饲用酶制剂的应用效果试验. 中国水产, 2000(5).
- [5] 张满隆, 邓理. 草鱼饲料中添加酶制剂的效果试验. 粮食与饲料工业, 2002(5).
- [6] 许国焕等. 两种多聚糖对彭泽鲫生长影响及免疫促进作用的初步研究. 水利渔业, 2002, 22(4).
- [7] 刘伟. 饲料中 D 葡萄糖含量对白鲟稚鱼的生长、脂肪合成酶及肝组成的影响. 江西科学, 1993, 11(2).

收稿日期: 2004-01-20