

王桂芹 ● 著

YU LEI
DAN BAI ZHI

YING YANG SHENG LI DE YAN JIU

鱼类蛋白质
营养生理的研究

 吉林大学出版社

111111

YU LEI DAN BAI ZHI

YU LEI DAN BAI ZHI

鱼类蛋白质 营养生理的研究

111111

111111

鱼类蛋白质营养生理的研究

王桂芹著

吉林大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

鱼类蛋白质营养生理的研究/ 王桂芹著. —长春: 吉林大学出版社, 2011. 3

ISBN 978 - 7 - 5601 - 7051 - 0

I. ①鱼… II. ①王… III. ①鱼类—蛋白质—营养生理—研究
IV. ①S963

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 029239 号

书 名: 鱼类蛋白质营养生理的研究
作 者: 王桂芹 著

责任编辑、责任校对: 刘冠宏 曲楠
吉林大学出版社出版、发行
开本: 787 × 1092 毫米 1/16
印张: 13.5 字数: 250 千字
ISBN 978 - 7 - 5601 - 7051 - 0

封面设计: 孙浩翰
长春市泽成印刷厂 印刷
2011 年 3 月 第 1 版
2011 年 3 月 第 1 次印刷
定价: 28.00 元

版权所有 翻印必究
社 址: 长春市明德路 421 号 邮编: 130021
发行部电话: 0431 - 88499826
网 址: <http://jldxcbs.com>
E - mail: jlup@mail.jlu.edu.cn

内 容 简 介

本书是作者在长期的教学、科研以及攻读博士和博士后在站期间的科研工作的基础上编著而成,是我国首部鱼类蛋白质营养生理及其应用的专著。全书包括鱼类蛋白质营养的基本理论、鱼类对蛋白质的消化和吸收、鱼类对蛋白质的代谢与调控、鱼类对饲料蛋白质及相关指标的营养需求以及影响鱼类生长和蛋白质代谢的营养因素等内容共五章进行论述。本书既有鱼类蛋白质营养生理学的系统、全面的基础知识,简明扼要,又具备良好的实用性和可操作性,尤其是科研思路、鱼类营养试验的研究方法以及试验结果对生产实践和理论探讨具有指导和标准化示范作用,具有较高的学术意义和实用价值,可供水产科技工作者、生物科学工作者、饲料科学工作者、大专院校师生及科技管理人员参考。

序 言

目前,国内有关水产动物营养和饲料的书籍很少,唯一通用的本科教材是1996年出版的,有关鱼类蛋白质生理方面的研究亦没有系统的书籍和专门论述。

鉴于在水产动物营养和饲料的研究中,蛋白质是饲料中主要的营养物质,也是决定饲料成本的关键因素,随着饲料工业和养殖业的发展,我国蛋白质饲料原料短缺已成为阻碍水产养殖业可持续发展的瓶颈问题。因此,对蛋白质的营养需求和代谢机理的系统研究和标准方法是水产动物营养和饲料研究的核心。目前,很多报道的研究方法和操作规程尚欠规范,导致所得的数据可靠性差,无法进行相互比较,对水产饲料实际生产指导意义不大。该书的内容包括鱼类蛋白质营养的基本理论、鱼类对蛋白质的消化和吸收、鱼类对蛋白质的代谢与调控、鱼类对饲料蛋白质及相关指标的营养需求以及影响鱼类生长和蛋白质代谢的营养因素等内容。这是关于鱼类蛋白质营养生理的专著,对鱼类蛋白质营养生理学的基础知识进行系统、全面的阐述,简明扼要,又具备良好的实用性和可操作性,尤其是科研思路、鱼类营养试验的研究方法以及试验结果对生产实践和理论探讨具有指导和标准化示范作用,具有较高的学术意义和实用价值,可供水产科技工作者、生物科学工作者、饲料科学工作者、大专院校师生及科技管理人员参考。

该书作者是我的博士研究生,在博士学习期间,与浙江淡水研究所合作研究翘嘴红鲌的蛋白质营养生理,她学习刻苦,科研思路清晰,查阅了国内外大量的参考文献,在鱼类蛋白质代谢方面形成了系统的研究思想和科研思维,研究方法与国际接轨,试验设计规范,发表的文章被国内同行认可和参考,同时对生产实践有很大的指导意义,有关翘嘴红鲌蛋白质营养需求的数据被多家饲料生产单位引用并指导生产。毕业后回到单位,又在原有的基础上对肉食性鱼类蛋白质营养生理的基础研究进行深入探讨,先后选择有代表性的鱼类如翘嘴红鲌、乌鳢、大口鲶和鲤鱼等为研究对象,丰富了鱼类蛋白质营养生理的内容,编写内容上由浅入深,论述详细,可据此进行重复操作和分析评述,从实用和科研的角度,将是一本很好的鱼类蛋白质营养生理的参考用书。

周洪琪 上海海洋大学 博士生导师

前 言

水产品以低脂肪、低胆固醇、高蛋白、营养丰富、味道鲜美等特点正成为国内外消费者首选食品之一。我国是世界水产养殖产量最大的国家。随着饲料工业和养殖业的发展,我国蛋白质饲料原料短缺已成为阻碍水产养殖可持续发展的瓶颈问题。蛋白质是饲料中主要的营养物质,也是决定饲料成本的关键因素,尤其是肉食性鱼类对蛋白质的需求量高且更依赖于动物性蛋白源。鱼类对蛋白质的代谢和利用过程包括消化、吸收、运输、分解、合成和排泄等复杂环节,受到酶、激素和基因的调控,但是有关鱼类蛋白质生理方面的研究还没有系统的书籍和专门论述。基于此,作者在长期的教学、科研以及攻读博士和博士后在站期间的科研工作的基础上编著此书。主要内容都是围绕鱼类蛋白质生理方面进行的较为系统的研究和论述。主要选择我国典型的有养殖前景的肉食性鱼类(乌鳢、翘嘴红鲌、东北六须鲶)和杂食性鱼类(鲤鱼)作为研究对象,从蛋白质代谢与调控入手,研究鱼类对蛋白质的消化和吸收、鱼类对蛋白质的代谢与调控、鱼类对饲料蛋白质、蛋能比及相关指标的营养需求以及影响鱼类生长和蛋白质代谢的营养因素等方面的内容,系统地从蛋白质代谢与调控等环节进行深入研究,综合评价鱼类对廉价植物蛋白原料的利用能力、制约因素及解决办法。本书从实用和科研的角度,对鱼类蛋白质营养代谢规律以及植物蛋白源利用规律等方面做了详细阐述,尤其是科研思路、鱼类营养试验的研究方法以及试验结果对生产实践和理论探讨具有指导作用,具有较高的学术意义和实用价值,本书的出版对于我国水产养殖饲料蛋白源的开发和产业化应用、提高研究水平具有指导示范作用,进一步丰富鱼类蛋白质营养学的理论,对我国水产养殖业的健康持续发展、改善人类食物构成和健康状况具有重大的战略意义和经济意义。限于本人的水平和时间关系,书中缺点和错漏之处在所难免,希望广大读者和有关专家给予批评指正。

吉林农业大学

王桂芹

2011. 1. 5

目 录

第一章 鱼类蛋白质营养的研究现状	1
第一节 蛋白质的基本知识	1
第二节 肉食性鱼类对饲料蛋白的营养需求及鱼类对 大豆蛋白的利用	7
第三节 鱼类蛋白酶	18
第四节 蛋白质分解代谢	22
第五节 蛋白质周转代谢	29
第六节 蛋白质代谢的内分泌调控	32
第二章 鱼类对饲料蛋白质的消化和吸收	53
第一节 翘嘴红鲌消化酶特性的研究	54
第二节 饲料蛋白水平及豆粕替代鱼粉比例对翘嘴红鲌消化 酶活性的影响	63
第三章 鱼类蛋白质的代谢与调控	77
第一节 饲料蛋白对翘嘴红鲌氮排泄的影响	79
第二节 饲料蛋白对翘嘴红鲌蛋白质合成能力的影响	89
第三节 饲料蛋白对翘嘴红鲌蛋白质周转代谢的影响	95
第四节 饲料蛋白对翘嘴红鲌生长和内分泌激素的影响	104
第四章 鱼类对饲料蛋白质及相关指标的营养需求	121
第一节 翘嘴红鲌幼鱼最适蛋白需求量的研究	122
第二节 翘嘴红鲌对饲料蛋白的营养需求及豆粕对鱼粉的 适宜替代量	128

第三节	东北六须鲶饲料蛋白质和能量适宜比例的研究	136
第四节	鲤鱼饲料中全脂大豆粉替代鱼粉适宜含量的研究	142
第五章	影响鱼类生长和蛋白质代谢的因素	154
第一节	饲料能量和维生素 B ₆ 对乌鳢生长和饲料利用的影响	155
第二节	饲料能量和维生素 B ₆ 对乌鳢生长和蛋白质代谢 酶活性的影响	166
第三节	饲料能量和维生素 B ₆ 对乌鳢生长和蛋白质合成与 调控的影响	174
第四节	饲料能量和维生素 B ₆ 对乌鳢体组成的影响	179
第五节	不同加工处理大豆制品对鲤鱼鱼种生产性能的影响	186
第六节	不同大豆制品对鲤鱼生长和蛋白质代谢的影响	194

第一章

鱼类蛋白质营养的研究现状

生长是生物体通过同化作用进行物质积累、细胞分裂或增殖、体积增大,动物真生长是结构、组织(如肌肉、骨骼、器官)的体积、蛋白质质量的增加,所以生长多以体蛋白变化来表示(王爱莲等,1994)。体蛋白的沉积 50 % 以上来自饲料蛋白的供给,尤其是幼鱼生长主要受蛋白摄入来调节,在蛋白需求不能满足时,用其他非蛋白(如脂肪、糖类)能替代蛋白供能但不能提高生长(刘永坚等,2002)。鱼类对蛋白质的代谢和利用过程包括消化、吸收、运输、分解、合成和排泄等复杂环节,受到酶、激素和基因的控制(Douglas 等,1991)。以下主要从肉食性鱼类蛋白的营养需求及鱼类对大豆蛋白的利用,蛋白酶、蛋白质合成和分解以及内分泌调控等方面的研究结果进行综述,以期今后的研究给予启发与佐证。

第一节 蛋白质的基本知识

一、蛋白质

1. 蛋白质的基本概念和生理功用

蛋白质是生命的物质基础,是由氨基酸构成的含氮的高分子化合物,氮是蛋白质的特征性元素,多数蛋白质的含氮量一般平均为 16%,故蛋白质含氮量的 6.25 倍即为蛋白质的含量(凯氏定氮法)。在动物体中除蛋白质外尚含有非蛋白质氮,所以从这种方法测定的含氮量而求得的蛋白质称为粗蛋白质。

氨基酸是构成蛋白质的基本单位。每种氨基酸有 D 型和 L 型之分,天然的氨基酸都是 L 型,D 型氨基酸一般不能被生物所利用,甚至能抑制某些生物的生长。

鱼、虾类和其他动物一样从外界饲料中摄取蛋白质,在消化道中经消化分解成氨基酸后被吸收利用,供体组织蛋白质的更新、修复以及维持体蛋白质现状;用于生长(体蛋白质的增加);作为部分能量来源;组成机体各种激素和酶类等具有特殊生物学功能的物质。

2. 蛋白质的营养价值

蛋白质是影响鱼、虾生长的关键物质,所以饲料蛋白质营养价值越高,饲料的质量就越好,否则饲料的质量就差。食物蛋白质越是能够满足动物对必需氨基酸的需要,它的利用率就越高,其营养价值也就越高。评价饲料蛋白质营养价值是评定饲料质量优劣的一种方法,评定饲料蛋白质营养的方法有生物学评定法、化学评定法和生物化学评定法。生物学评定法包括测定体重的评定法(用增重率和蛋白质效率等表示)、测定体氮量评定法(用蛋白质净利用率表示)和测定氮的平衡评定法(用蛋白质生物价表示)三种。化学评定法包括蛋白价和必需氨基酸指数两种。各代表性指标如下:

$$(1) \text{增重率} = \frac{W_t - W_0}{W_0} \times 100\%$$

式中 W_t ——饲喂 t 时间的体重;

W_0 ——放养时的体重。

即在 t 时以体重增加量的百分比来衡量饲料蛋白质的量。

用已知蛋白质含量的饲料来饲喂鱼、虾,经过一定时间后测定其体重增加量,根据体重增加的变化情况,对蛋白质的营养价值做出评定。

$$(2) \text{蛋白质效率(PER)} = \frac{\text{体重增加量}}{\text{蛋白质摄取量}} \times 100\% \\ = \frac{\text{体重增加量}}{\text{饲料摄取量} \times \text{蛋白质含量}} \times 100\%$$

不同饲料中蛋白质含量虽然相同,但蛋白质效率不同。必需氨基酸的组成和配比越接近于鱼、虾体的需求,蛋白质效率也就越高。这一评价法测定容易,实用性强,被普遍采用。

(3) 蛋白质净利用率(NPU)

$$= \frac{\text{蛋白质饲料组的体氮增加量} + \text{无蛋白质饲料组的体氮减少量}}{\text{蛋白氮的摄取量}} \times 100\%$$

蛋白质净利用率是以求出体内的保留氮占摄取氮量的百分比而评定蛋白质营养价值的方法,试验时必须用含有蛋白质和不含蛋白质的饲料同时进行饲喂,饲喂一段

时间后,得出饲喂开始和结束时的体氮量之差,即氮的增加量(含蛋白质饲料)和减少量(不含蛋白质饲料)。

$$(4) \text{蛋白质生物价(BV)} = \frac{I - (F - F_0) - (U - U_0)}{I - (F - F_0)} \times 100\%$$

式中 I ——摄取的氮量;

F ——由粪便排出的氮量;

F_0 ——代谢氮量;

U ——由尿排出的氮量;

U_0 ——内生氮量。

蛋白质生物价能测定出某种饲料或食物被动物所利用的真实百分比。任何饲料都不能被动物百分之百地吸收利用。不能被吸收的部分从粪便中排出,摄取的氮减去由粪便排出的氮,称为吸收氮。吸收的氮在体内也不能百分之百地被利用,由吸收氮减去经尿和鳃排出的氮称为保留氮。保留氮对于吸收氮的百分比称为蛋白质生物价。

以上指标评定饲料蛋白质的营养价值时,以测得的值高者为好。但 PER、NPU 和 BV 与饲料蛋白质含量的高低有着密切的关系。当饲料蛋白质含量低时,则相对地显示出较高值;而当饲料蛋白质含量高时,则相对地显示出较低值。即当鱼、虾类从饲料中摄取蛋白质质量少时,在生长中蛋白质利用率高;当摄取蛋白质质量多时,则在生长中蛋白质利用率低。所以在应用这些指标评定蛋白质营养价值时,以在同一饲料蛋白质水平、同一试验条件下进行为宜。

$$(5) \text{蛋白价(PS)} = \frac{\text{试验某蛋白质中某氨基酸量}}{\text{标准某蛋白质中某氨基酸量}} \times 100\%$$

蛋白价是试验蛋白质或饲料蛋白质中第一限制氨基酸量与标准蛋白质中相应的必需氨基酸量的百分比。蛋白价也称为化学价(分)(CS)。可用养殖对象(鱼、虾)经实验获得的必需氨基酸标准值或其体蛋白质的必需氨基酸的实测值作标准。

$$(6) \text{必需氨基酸指数(EAAI)} =$$

$$\sqrt[n]{\left(\frac{a}{A} \times 100\right) \times \left(\frac{b}{B} \times 100\right) \times \cdots \times \left(\frac{j}{J} \times 100\right)}$$

式中 n ——代表氨基酸数目;

a, b, \cdots, j ——代表试验蛋白质中各个必需氨基酸量;

A, B, \cdots, J ——代表标准蛋白质必需氨基酸量。

必需氨基酸指数(EAAI)的含义是试验蛋白质或饲料蛋白质中各种必需氨基酸量与标准蛋白质中相应的各种氨基酸含量之比的几次根。标准蛋白质必需氨基酸可以鱼、虾体蛋白质的必需氨基酸作为标准量。用必需氨基酸指数评定蛋白质营养价值,

方法简单。但不能反映蛋白质的消化吸收率和氨基酸的利用率,如蛋白质经加工后,其营养价值有可能提高,也可能降低,用生物学评定方法能灵敏地反映这些现象,而化学评价法则不能,所以生物学和化学评定结合起来更准确。

(7)生物化学评定法:应用生物学评价法往往需要相当长时间的饲养试验,而采用生物化学评价法,即是利用试验饲料喂鱼,在经过一定时间后采血,分析血中的游离氨基酸含量,进行评定的方法,可缩短试验周期。

3. 蛋白质的消化、吸收和排泄

有胃鱼类的蛋白质消化作用开始于胃。胃蛋白酶的肽链内切酶活性对食物蛋白质进行了第一步的分解。进入肠以后,胰蛋白酶和胰凝乳蛋白酶进一步把蛋白质分解为多肽。然后在羧肽酶和肠肽酶的作用下,多肽又分解成小肽和氨基酸,从而被机体所吸收。

各种鱼类肠吸收蛋白质的部位不同,如虹鳟主要是在附有幽门盲囊的肠管,而鲤鱼则是在肠的后部。蛋白质主要以氨基酸和二肽的形式被吸收,这种吸收逆着浓度梯度,而且依赖于钠离子,是主动运输的过程。此外,少量蛋白质和多肽也能被鱼体吸收,其机制可能是胞饮作用或与此有关的过程。

氨是鱼类主要的氮代谢终产物之一,它由肝脏、肾脏和肌肉中的 α -氨基酸经脱氨作用而产生。氨产生之后,97%以上的氨迅速与 H^+ 结合离子化为 NH_4^+ ,以 NH_4^+ 的形式转移至排泄部位。鱼体代谢产物氨主要是以 NH_3 的形式经过鳃上皮扩散到体外,只有少量通过尿液排出。在鳃上皮中,氨主要以 NH_4^+ 形式由载体通过 NH_4^+/Na^+ 的主动转运机制排出。由于氨的高度脂溶性导致高的膜通透性,部分氨可以扩散通过鳃上皮排出体外。这种情况在氨产生且超过 Na^+ 主动吸收时或体液的pH值下降时更容易发生。在密养且水很少更换的鱼池,鱼体排出 NH_3 的增多会使水质变坏,影响鱼的生长。如果水的pH值偏高则影响更大,因在pH值较高时,氨主要以 NH_3 的形式存在,它很容易经过鳃上皮渗入体内。如果水的pH值较低,大多数氨转变为 NH_4^+ ,鳃上皮对 NH_4^+ 是不可渗透的,对鱼的影响就比较小。

4. 能蛋比与蛋白质的节省作用

蛋白质的平均产热量为23 640J/g。鱼类的热增耗(HI)为摄入饲料总能量的10%~30%,比陆上哺乳动物低。它还受鱼的种类、饲养水平、饲料全价性等因素的影响。能量·蛋白比(E/P)又叫卡·蛋白比(C/P)是指单位重量饲料中所含的总能与饲料中粗蛋白含量的比值。食物中的蛋白质不仅是有机体的氨基酸来源,作为细胞和酶的结构成分,它还能作为能源。如果食物中的能量供应不足,食物蛋白就会被当作能源消耗掉。因此,合理地调整食物蛋白质的含量,在生产实际中有着重要的意义。

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,从而可提高饲料的效率。因此,研究鱼类饲料中适宜的能量 - 蛋白比,对增加饲料利用效率和改善养殖效果是极为有益的。有关鱼类饲料 C/P 比的研究还比较少,多局限于青鱼、草鱼等少数鱼种,今后有必要开展更广泛、更深入的研究。

对鱼类蛋白质含量与食物总能量的关系的研究表明,蛋白质效率比与蛋白质能量和食物总能量之比呈负相关关系,即食物蛋白质能量/食物总能量高时,蛋白质效率比就降低;反之亦然。也就是说,当食物总能量保持一定水平时,食物中蛋白质含量降低能提高其利用率;相反,食物中蛋白质含量过多就会降低其利用率。同样,当食物中的蛋白质保持一定水平时,如果食物的总能量不足,食物中的蛋白质就会用作能量来源从而使其利用效率降低;反之,如果食物的总能量充足,蛋白质的利用效率就会提高。所以,适当调整食物中蛋白质能量在食物总能量中所占的比例,就能最大限度地利用蛋白质。在配制饵料时要考虑到食物中蛋白质含量既能满足鱼类生长的需要,而又尽可能少转换成能量而消耗掉;同时亦要考虑到食物中的能量既满足鱼体代谢的需要,又不会造成鱼体脂肪沉积,从而影响饲养效果。

糖类可为鱼、虾类合成非必需氨基酸提供碳架。葡萄糖代谢的中间产物,如磷酸甘油酸、 α -酮戊二酸、丙酮酸可用于合成一些非必需氨基酸。糖类可改善饲料蛋白质的利用。当饲料中含有适量的糖类时,可减少蛋白质的分解供能,同时 ATP 的大量合成有利于氨基酸的活化和蛋白质的合成,从而提高了饲料蛋白质的利用率。对鱼、虾类而言,当饲料中可消化能含量较低时,饲料中的部分蛋白质就被作为能源消耗掉。在此种饲料中添加适量的脂肪,可以提高饲料的可消化能含量,从而减少了作为能源消耗的蛋白含量,使之更好地用于合成体蛋白,这一作用称为脂肪对蛋白质的节约作用。由于肉食性鱼、虾利用糖类的能力很低,其能量主要来自脂肪和蛋白质,在肉食性鱼饲料中可消化能含量较低时,添加油脂的确可起到节约蛋白质的作用。从营养物质代谢的角度看,以脂肪节约蛋白质,仅限于把蛋白质的分解供能降低到最低限度,而对于蛋白质的其他功能则是脂肪和糖类无法替代的。因此脂肪和糖类对蛋白质的节约作用是有限的。如果饲料中可利用能已满足鱼、虾的要求,过多地加入脂肪和糖类还会对鱼、虾类的生长和健康带来负面作用。

二、氨基酸

动物(包括鱼、虾类)从本质上讲,不是需要蛋白质而是需要氨基酸。动物不能从简单的无机物合成氨基酸,它必需依赖动、植物,即它必需直接或间接地从摄取的动、植物中获得氨基酸。氨基酸可分为必需氨基酸和非必需氨基酸。因此,对鱼、虾饲料

不仅要注意蛋白质的数量,而更重要的是要注意蛋白质的质量,优质蛋白质中必需氨基酸种类齐全,数量比例合适,容易被鱼、虾用于生长。

1. 必需氨基酸及其需要量

氨基酸是组成蛋白质的基本成分,根据鱼体能否合成而被区分为必需氨基酸(EAA)和非必需氨基酸(NEAA)两类。必需氨基酸是指在体内不能合成,或合成的速度不能满足机体的需要,必需从食物中摄取的氨基酸。非必需氨基酸在鱼体内可以通过生化过程合成而得到。鱼类的必需氨基酸经研究确定有异亮氨酸、亮氨酸、赖氨酸、蛋氨酸、苯丙氨酸、苏氨酸、色氨酸、缬氨酸、精氨酸、组氨酸等十种氨基酸。而酪氨酸、丙氨酸、甘氨酸、脯氨酸、谷氨酸、丝氨酸、胱氨酸和天门冬氨酸等8种是体内能够合成的,为非必需氨基酸。从营养学角度来说,非必需氨基酸并非不重要,它也是体内合成蛋白质所必需。在体内的酪氨酸可由苯丙氨酸转变而来,胱氨酸可由蛋氨酸转变而来,因此,当饲料中酪氨酸及胱氨酸含量丰富时,在体内就不必耗用苯丙氨酸和蛋氨酸来合成这两种非必需氨基酸,因其具有节省苯丙氨酸和蛋氨酸的功用,故将酪氨酸和胱氨酸称为“半必需氨基酸”。在鱼类的日粮中必需氨基酸和非必需氨基酸之间的比例大致是40%:60%。从总的氨基酸需要量来看,鱼类比哺乳类高两倍多,比鸟类高一倍多。实际上,鱼类的蛋白质净氮保留量并不比哺乳类多,因此,它们之间氨基酸的分解代谢可能有明显不同。

2. 氨基酸之间的相互关系

(1) 氨基酸平衡

所谓氨基酸平衡是指配合饲料中各种必需氨基酸的含量及其比例等于鱼、虾类对必需氨基酸的需要量,这就是理想的氨基酸平衡的饲料。多余的氨基酸经脱氨基作用,含氮的部分以氨、尿素和三甲胺形式等排出体外,不含氮的部分分解成 H_2O 和 CO_2 ,释放出能量,或形成脂肪积蓄。

(2) 限制性氨基酸

所谓限制性氨基酸(LAA)是指在饲料蛋白质中必需氨基酸的含量和鱼、虾的需要量和比例不同,其相对不足的某种氨基酸称之为限制性氨基酸,如谷类的限制性氨基酸为赖氨酸和蛋氨酸,豆粕类的限制性氨基酸为蛋氨酸和苯丙氨酸等。往往把饲料中最容易缺乏的氨基酸称为第一限制性氨基酸,其次称为第二限制性氨基酸。

(3) 氨基酸的协同和拮抗

氨基酸之间的相互关系表现出协同作用或相互制约。苯丙氨酸与酪氨酸、胱氨酸与蛋氨酸,这两对氨基酸之间分别存在着协同作用。苯丙氨酸可以转化为酪氨酸,而酪氨酸却不能转化为苯丙氨酸。若饲料中酪氨酸含量足够,即可使苯丙氨酸用于转化

为酪氨酸的量减少甚至不转化,这样就可节约饲料中苯丙氨酸这一必需氨基酸的用量。在鱼体内胱氨酸和半胱氨酸可由蛋氨酸转变而来,而蛋氨酸却不能在体内由胱氨酸和半胱氨酸合成。胱氨酸能代替部分蛋氨酸,实质上是减少了蛋氨酸用于合成胱氨酸的消耗。一些氨基酸之间则存在着拮抗作用,如精氨酸与赖氨酸、异亮氨酸与缬氨酸、苯丙氨酸与缬氨酸、亮氨酸与异亮氨酸等。当饲料中异亮氨酸超过亮氨酸的三倍,或提高三倍亮氨酸的需要量而异亮氨酸控制在最低需要量时,均能抑制鱼的生长。缩短投喂间隔时间,增加投喂次数,或将限制性氨基酸包膜,或制成螯合型氨基酸金属盐,使其在消化道中先降解后再被吸收,以达到与结合态氨基酸同步吸收的目的。

3、氨基酸生理功能

氨基酸生理功能可分为吸收的氨基酸(I);用于体组织蛋白质的更新、修复以及维持体蛋白现状等的氨基酸(I_m);用于生长的氨基酸(I_g);分解后作为能源消耗的氨基酸(I_e)。I_m和I_e是蛋白质特有营养效果,是其他营养素无法代替的,而I_e的营养作用,从理论上讲可用脂肪和糖来代替,即 $I = I_m + I_g + I_e$ 。饲料蛋白质营养价值高,用于利用(I_m + I_g)比率亦高。

第二节 肉食性鱼类对饲料蛋白的营养需求及鱼类对大豆蛋白的利用

一、肉食性鱼类对饲料蛋白的营养需求

蛋白质是饲料中主要的营养物质,也是决定饲料成本的关键因素,尤其是肉食性鱼类对蛋白的需求量高且更依赖于动物性蛋白源。鱼类蛋白质需求量其实也就是为了满足鱼类对氨基酸的需求和使鱼类达到最大生长速度所需的最低饲料蛋白质的含量。现有研究资料表明,肉食性鱼类不同种类之间,蛋白质需求量表现出较大的变化幅度,从表1-1可知,肉食性鱼类蛋白需求量在40%~55%之间,显著高于杂食性和草食性鱼类对饲料蛋白的需求量。可见,降低鱼类饲料蛋白的成本是降低饲料成本所必需。

二、鱼类对大豆蛋白的利用

水产动物要求饲料中有较高的蛋白质含量,且更依赖于动物蛋白源,近年来,鱼粉作为鱼类良好的蛋白源,其资源短缺和价格上扬,大大提高了饲料成本,也制约水产饲料的发展。所以,人们试图利用价格低廉的植物蛋白源部分或全部替代鱼粉,来降低

饲料成本。在众多的植物蛋白源中,大豆蛋白因粗蛋白含量高、氨基酸组成平衡、供应稳定和营养结构合理等优点而使其成为鱼用饲料中的重要原料。利用大豆蛋白代替鱼粉对于世界水产养殖业的可持续发展具有重要的现实意义。

表 1-1 肉食性鱼类幼鱼的蛋白质需求量

Tab. 1 - 1 Dietary protein requirement for juvenile carnivorous fish

品种 species	蛋白需求量/% dietary protein requirement	资料来源 reference cited
青鱼 <i>Mylopharyngodon piceus</i>	41	杨国华等(1981)
南方大口鲶 <i>Silurus meridionalis</i>	47	张文兵等(2000)
暗纹东方鲀 <i>Takifugu obscurus</i>	46 ~ 49	扬州等(2003)
中华鲟 <i>Acipenser sinensis</i>	40 ~ 43	陈喜斌等(2002)
石斑鱼 <i>Epinephelus coioides</i>	47.8	Chen H Y et al (1994)
黑线鳕 <i>Melanogrammus aeglefinus</i>	53.8	Kim J D et al (2001)
石斑鱼 <i>Epinephelus malabaricus</i>	48	Shiau L et al(1996)
黄条鲷 <i>Seriola dumerilii</i>	50	Jover et al (1999)
河鲈 <i>Perch fluviatilis</i>	43.1	Fiogbe E D et al(1996)
加州鲈 <i>Micropterus salmoides</i>	42	钱国英等(2000)
欧洲真鲈 <i>Dicentrarchus labrax</i>	48	Press O et al(1999)
美洲鳗 <i>Anguilla rostrata</i>	47	Tibbetts et al(2000)
银大麻哈鱼 <i>Oncorhynchus kistuch</i>	40	NRC(1993)
拟石首鱼 <i>Sciaenops ocellatus</i>	40	Serrano et al (1992)
丝尾鱼蓴 <i>Mystus nemurus</i>	47	Ng et al(2001)
翘嘴红鲌 <i>Erythroculter ilishaeformis</i>	40.9	陈建明等(2005)
虹鳟 <i>Salmo gairdneri</i>	40.9	Zeitoun I H et al(1976)
石斑鱼 <i>Epinephelus coioides</i>	48	Luo Z et al (2004)
黄鳍鲷 <i>Takifugu poecilonotus</i>	50	Bai S C. et al(1999)
白鲟 <i>Acipenser transmontanus</i>	40	Moore B J et al(1988)
西伯利亚鲟鱼 <i>Acipenser baeri</i>	42	Kaushki S J et al(1989)

近年来,有关鱼类对大豆蛋白的利用作了很多工作。具体表现在不同鱼类大豆蛋白替代鱼粉蛋白的适宜量;大豆蛋白中主要抗营养因子对鱼类的影响;大豆蛋白源对鱼体营养组成的影响;影响大豆蛋白替代鱼粉的原因;提高鱼类利用大豆蛋白的方法