

国外渔用饲料工业 参考资料

中国水产科学研究院黑龙江水产研究所

哈尔滨市水产技术推广总站

一九八七年八月于哈尔滨

前 言

人工配合饲料是世界畜牧业、养禽业、渔业等饲料工业生产中急需解决的课题，也是饲料科学工作者主要研究内容之一。畜牧业、养禽业在这方面研究较早，配合饲料已广泛应用于生产。渔用人工配合饲料的研究开展较晚，基础较差，不适应养殖生产的需要，急需加快发展速度。

为适应我国渔用配合饲料科研和生产的需要，在广泛收集国外资料的基础上编译了《国外渔用饲料工业参考资料》。本文集主要介绍了国外渔用人工配合饲料研究与生产发展的历史、现状以及配合饲料营养成分的生理作用、饲料的配方、加工、投喂及新蛋白源的开发等。同时将苏联B·Я·斯克良洛夫等著的《养鱼饲料》一书的主要部分译出，编于其中，以飨读者。

由于编译人员水平有限，不足与错误在所难免，尚望指正。

中国水产科学研究院黑龙江水产研究所
哈尔滨市水产技术推广总站

一九八七年八月于哈尔滨

编辑人员

朱述渊	马作圻	熊笑园
罗 纶	谢洪民	李怀明
夏重志	符林祥	信德利

责任编辑

罗 纶	谢洪民	李怀明
-----	-----	-----

目 录

第一篇 总 论

第一章 鱼类的营养生理	(1)
一、前言	(1)
二、鱼类的食物与营养	(1)
1. 蛋白质	(1)
2. 碳水化合物	(7)
3. 脂质与脂肪酸	(9)
4. 维生素	(11)
5. 矿物元素	(15)
三、鱼类对营养物质的消化与利用	(16)
四、国际饲料组织工作与美国鱼饲料制作所采用的成分	(20)
五、配合饲料与加工制作形势	(25)
六、国外鱼用配合饲料加工现状	(26)

(罗 纶 编译)

第二章 配合饲料	(29)
一、鱼用配合饲料设计的原则及特殊性	(29)
二、充分掌握配合饲料中原料的性质	(31)
三、了解原料营养成分的状况	(32)
四、鱼用饲料添加剂	(34)
五、配合饲料在水中的散失	(38)
六、不同饲料的饲料系数	(40)
七、价格与生产性能的平衡	(40)
八、饲料加工中营养成分的变化	(40)
九、配合饲料的质量检查及贮存	(41)
十、配合饲料的评价	(41)
十一、配合饲料设计的方法	(42)

第二篇 几种鱼类的配合饲料

第一章 鲤鱼配合饲料	(47)
------------	--------

第二章	罗非鱼配合饲料	(54)
第三章	大麻哈鱼(鲑鱼)饲料	(58)
第四章	香鱼饲料	(61)
第五章	虹鳟鱼的配合饲料	(62)
第六章	对虾人工配合饲料	(73)
第七章	鳊鲢、鲇鱼配合饲料	(76)

(李怀明 译编)

第三篇 配合饲料加工

第一章	配合饲料加工的原料	(78)
第二章	配合饲料加工的几种形式	(86)
第三章	添加剂加工	(87)
第四章	国外鱼饲料加工机械	(92)
第五章	加工颗粒配合饲料应注意的问题	(98)
	一、影响颗粒加工的因素	(98)
	二、配方与制粒的关系	(100)
	三、制粒和饲料质量的关系	(102)
第六章	国外配合饲料加工业的发展趋向	(103)

(夏重志 编译)

第四篇 几种鱼的投饵工艺 (105)

第五篇 几种饵料生物培养 (124)

(谢洪民 编译)

第六篇 新蛋白源的开发与利用 (135)

(符林祥 编译)

译文 养鱼饲料 (145)

一、鱼类营养生物基础	(145)
二、饲料及其添加剂的特性	(148)
三、工业化条件下鱼类的饲养法	(160)
四、饲料营养价值和质量的评估方面	(180)
五、附录	(186)

(马作圻 熊笑园 信得利 译)

第一篇 总 论

第一章 鱼类的营养生理

一、前 言

地球有四分之三以上为水所覆盖，人们从水中获取的食物尚不到4%，世界陆地面积只有约10%的土地适于农业生产，随着城市的兴建拓广，土地的贫瘠退化等等，发展水产事业越来越被人们所重视。

人类总人口已达50亿，食物已感不足，动物蛋白质尤其缺乏。据FAO统计，人类充分摄食蛋白质的只占总人口的四分之一，而发达国家每年人均粮食消费量约750—1,000公斤，其中60—70%用来作为饲料发展畜牧业以换取动物蛋白，要强调的是诸多动物蛋白都比不上水产动物蛋白。

鱼类在人类食物结构中之所以倍受青睐，是因为发展鱼类蛋白无疑比发展其它动物蛋白有着不可替代的优势与潜力，另一方面也由于日本以鱼为主的膳食构成取得了明显的效益。

日本从五十年代起逐步改革膳食结构，近二十年来平均寿命已由二次世界大战结束时的49.8岁，延长到75.5岁，一跃为世界之首。食物结构中蛋白质为80.7克/日/人，其中植物蛋白51.7%，动物蛋白48.3%。动物蛋白中的45%是水产品，这是其它国家所不能比拟的。

目前，世界人均年占有水产品约18公斤（我国仅5公斤，居世界第100多位），我国平均每人每日摄入的鱼白蛋白量尚不足1.5克。解决人类所需鱼类蛋白的途径一是捕捞，二是养殖。海洋鱼类资源总蕴藏量约有一亿吨，已开发的有5,000万吨、余下的一半有4,000万吨开发价值不大。这样可开发的尚有1,000万吨左右。如果将现有的渔获量提高50%，投资额尚需增加三倍以上，由于水质污染、捕捞过度以及二百海里专属区的划定等因素，许多国家已将水产发展的方向逐步转向养殖业，眼下特别是内陆水域的淡水鱼养殖。

事实上，海洋渔业的情况是：自1970年以后，海洋鱼类产量已是下降趋势。这表明传统的海洋鱼类种群业已充分开发，实际上很多种类过度捕捞极为严重。今后25年中，技术和社会的发展将不会使传统海洋渔业的持续产量有所增加。

海水鱼类养殖产量现在大约不到300万吨。但是，却有着极大的潜力，海水养殖的产量增长开始是缓慢的，但今后的25年中可能翻番达600万吨左右。

淡水渔业中，自1975年淡水渔业天然捕捞量约1,000万吨，之后一直没有增加，看来淡水捕捞潜力不大。而淡水养殖中的饵料与初级生产力却可以人为提高，因此从现实

观点来看，潜力却是最大的。

水产养殖又称之为海淡水栽培，也叫“水生生物放牧”，1975年世界水产养殖产量约600万吨，大致占世界水产品总产量的10%，1970—1975年间，海淡水捕捞下降的同时，海淡水养殖产量却在翻番。1976年联合国粮农组织的世界水产养殖会议认为，如有必要的科学，财政、组织上的支援，到2000年，水产养殖产量可提高4—9倍。

通过水产养殖，增加食物产量与动物蛋白应该是国家政策所系优先考虑的问题，而发展养鱼饲料又是发展水产养殖的前提。养鱼生产的水平被养鱼饲料的水平制约，现在各国已认识到饲料是提高养鱼产量的关键因素。由于海淡水养殖的飞速发展，对鱼饲料的要求也越来越高，需要量也越来越大，国外现正着重于鱼类的营养与消化生理方面的深入研究，同时在配合饲料的研制与新饲料蛋白源的开发技术上进行生产性的探索。

目前，仅淡水养殖的产量已达近700万吨。淡水鱼类的养殖技术，近十几年来已取得长足的发展，传统的养殖方式已趋于强化养殖的现代化、科学化。养殖方式上不仅向湖泊、水库、江河等大水面外延招广，也正同工厂化、网箱、温排水等高度集约化的内涵方面加深。

总之，世界淡水鱼养殖技术，由于工业和科学的发展，正面临着新的趋势。

我国是世界淡水养鱼的大国，也是淡水养鱼的古国。大约三千年前就开始了池塘养鱼。远在殷朝末期，池塘养鱼已有文字记载，到春秋战国时代，池塘养鱼已有相当程度的发展，范蠡的《养鱼经》这部世界最早养鱼专著业已问世，至于青草鲢鳙的池塘混养在明朝徐光启的“农政全书”中已经出现，有人推测可能始于汉朝。我国在池塘养鱼总产量与单位面积产量方面也是世界上最高的国家，这不外是具有几种优良的养殖品种，创造并掌握了一整套传统的养殖方法，现在面临的是如何科学化的问题。这就要开展一系列养鱼理论与应用技术的研究，如鱼类的营养生理、饲料的配制与加工，活饵的培养与控制，池塘养鱼技术的理论基础，池塘生态系的机理……

如池塘淤泥肥度很高，其中氮、磷、钾含量数较之同一水体高2,000—3,000倍。淤泥上层是由疏松通气的动植物体残骸、饵料残渣及有机碎屑组成，下层则是不通气层，聚积着较多的矿物质。有腐植酸，胶态铁组成的淤泥胶质部分，对池中溶解营养盐 NH_4 、 PO_4 、K等有强烈的吸引力，施以石灰就可将其中营养物质最大限度的释放出来，形成水溶性营养盐供浮游植物利用。

底泥也是微生物的优良培养基，其中碎屑、水生昆虫、软体动物均为鱼类直接饲料。但30—40cm的底泥，其耗氧可占鱼池总耗氧量60%以上。池塘微生物是食物链中的主要还原者，它能将水生生物残骸、有机体排泄物、有机碎屑进行分解，矿化成易溶于水的营养盐类。微生物也是无脊椎动物及鱼类的直接食料，池中大量腐屑有时竟占食物重量的90—99%，目前这种微生物利用与腐屑的作用研究国内尚未正式开展，生产上当然也没有应用。

直到目前，我国养鱼饵料也存在品种单一，数量不足、加工粗糙、投饲草率的现象。一些养鱼场用饲料营养价值及必需的氨基酸含量都比较低，饲料不经添加有效成分，少加工甚至不加工就投入池中的情况也还存在，甚至饲料究竟有多少被鱼利用都属茫然。

有关池塘浮游生物的定向培育工作,现在做的也很不深透。从数量与质量方面保持饲料基础的高水准,定向培育鱼类可消化的优良浮游生物品种是目前养鱼业一大课题。这方面需要研究的问题较多。如白鲢食性,原认为其食谱只限于黄藻、金藻、硅藻、甲藻。目前已扩大到部分兰藻、绿藻、裸藻。无锡高产塘,主要优势种为裸甲藻(*Gymnodinium*·Sp)膝口藻(*Gonyostomum*·Sp)、隐藻(*Gyrodmonas*·Sp)等属鞭毛藻类。多在上午形成明显“水花”,生物量达0.8—25mg/l,梨形角腥藻(*Anaebaena*·*Spiroides*)在池塘中生长繁殖迅速,生物量大,营养价值也很高。

浮游动物方面,国外如苏、日等国,对海水丰年虫、褶皱臂尾轮虫(*Brachionus plicatilis*)、大型溞(*Daphnia magna*)、裸腹蚤属(*Moina*·Sp)、网纹蚤属(*Ceriodaphnia*·Sp)、盘肠蚤属(*Chydorus*·Sp)业已进行工厂化培养。用0.03—0.05ppm的纯晶体敌百虫杀灭枝角类,可使轮虫高峰期由3—5天持续到7—10天。

在养殖鱼类生长旺季,定向培育那些藻体营养丰富、生物量大、易被消化吸收的浮游植物优势种群是池塘渔业高产的一个重要关键,必须引起重视并寻求其定向培育途径。

配合饲料具有天然饲料与手工调制混合饲料所不可比拟的优点,近十几年来国外发展突进,目前已有各种鱼类用的配合饲料。象鲤鱼、虹鳟的配合饲料业已有专门工厂生产,形式有粉末状、颗粒状、微颗粒状等多种,还有外层涂以防水浸的膜饲料。国外幼鱼用颗粒饲料业已投产市售,效果颇佳。此外国外还正加速单细胞蛋白的研制,石油蛋白已用于饲料生产。苏联80年,单细胞蛋白的总产已达100万吨,国外也正开展纤维素资源的利用研究。

我国素以传统方式经验养鱼,以天然饲料为主,商品禽畜谷物类饲料原料为辅。商品原料如糠麸、豆饼等多为单一投喂或一两种混合投喂,饲料利用率低、自1958年起,我国进行了饲料来源的扩展探索,把糠麸、豆饼类称作精料也进行了精粗饲料的相应搭配,在生产上显示出一定的效果。但究竟由于缺乏鱼类营养和消化生理等研究为基础而难以深入,生产上的效果受到很大的局限,虽然在青饲料的栽培、施肥以繁殖浮游生物方面取得了一定的进展,直到目前也还在应用,但饲料进展步伐不大。

七十年代以来,我国已进行主要养殖鱼类营养需要和饲料配方的研究,1983年还将此项列入“六·五”期间重点攻关项目。在草青鱼种配合饲料中的最适蛋白质需要量,草鱼种配合饲料中纤维素的适宜含量研究方面取得进展,也积累了草青鲤鱼等配合饲料的一些配方。用这些配方制作的颗粒饲料养鱼,饲料蛋白质和单产水平均有提高,颗粒饲料养鱼在江浙、两广等地都得到了较大程度的推广。

我国颗粒饲料加工机械研制大致分软颗粒、硬颗粒、膨化饲料加工机械三类,约15种型号,1983年已有配合混合饲料加工厂和车间188个,年生产能力11万吨左右。但我国鱼用饲料粮1983年也才仅2500万斤。

在天然饲料研究中,我国重点是研究合理施肥,特别是应用化肥。1983年我国化肥用量达1.8万吨。在定向控制天然饲料方面用敌百虫杀灭枝角类,延长鱼苗适口饲料轮虫高峰期的研究方面也取得了进展。石油酵母的单细胞蛋白利用方面及生物饲料培养方面也进行了实验。在活饵料生物引种中,也局部地进行了一些工作。饲料研制手段上也开始运用了电子计算机、氨基酸自动分析仪等先进设备与测试手段,

但是,我国鱼用饲料的研究与生产,因基础差,进展缓,与国外相比差距还较大。许多重要问题尚待解决,如几种主要养殖鱼类不同发育阶段营养物质的需要量、维生素、矿物质及氨基酸的搭配比例等等。这些问题的突破,还有赖于基础研究,特别是应用技术基础我们过去比较忽视。

养鱼饲料的研究已是摆在养鱼工作者面前的不可回避的课题,这就需要了解国外养鱼饲料的现状与发展趋势,进而分析汲取以制定我们的对策。

二、鱼类食物与营养

人类的食物是当今世界上一大突出课题,养鱼饲料则是发展养鱼业的关键所系。

目前,鱼类营养一般生物学已被注意,有关鱼类对饲料需要问题的大部分知识多来源于鲑、鳟、鲤、罗非鱼、鲮、鲷、鳊等养殖鱼类的实验性营养研究。

随着科学配制饲料的发展与对天然生产力的开发,鱼类养殖业已在全世界发展成高密度的精养。许多饲料学家、生物化学家、生理学家、病理学家及许多其它科学家象共同研究人类及陆生动物的营养那样,在探索鱼类养殖营养机理活动中都起了不少的作用。

动物的生存与发展取决于其食物与营养,鱼类也不能例外。鱼类的食性因种类不同而相异,大体上可分为草食性、肉食性、杂食性等几种,但幼鱼期间大多以浮游生物尤其是浮游动物为食。养鱼生产中鱼类饲料是通过直接投放或施肥等方式增加水体中鱼类可食生物的方式来解决的。鱼类食性虽异,所食食物却不外由蛋白质、脂肪、碳水化合物、无机盐、维生素所构成,只不过构成的种类、含量、方式不同而已。

生活着的鱼类时刻都在进行着新陈代谢,通过消化系统摄取营养。鱼类的消化系统的机理就在于借助物理、化学作用将食物消化分解为能吸收的简单构造,如氨基酸、单糖、脂肪酸、甘油等等。再通过肠壁血管与淋巴管加以吸收,由食物不断地供应鱼体所必需的营养物质以完成其正常生长发育繁殖。如缺乏一种或几种基本营养要素,将导致鱼类行动迟缓、生长缓慢、生病或死亡。

各种饲料都含有不同的水分,除去水分的干物质由有机物质与无机盐组成。饲料烧灼后的灰分中最重要的元素为钾、钠、钙、磷、硫等无机盐。饲料中的有机物质由含氮与无氮物质所组成。饲料中含氮化合物由蛋白质与氮化物所组成,脂肪和碳水化合物组成了饲料中许多无氮营养物质。碳水化合物包括粗纤维和无氮浸出物,无氮浸出物中主要包括糖、淀粉。有机物中还含有维生素与酶。

1. 蛋白质:

蛋白质是由多种氨基酸组成的复合有机化合物,蛋白质又分为简单蛋白质(水解时只产生若干种氨基酸,偶而也产生少量碳水化合物的复合物如白蛋白、球蛋白、谷蛋白、类蛋白、组蛋白、鱼精蛋白)、结合蛋白质(是体内简单蛋白与一些非蛋白材料结合而成的如核蛋白、糖蛋白、磷蛋白、血红蛋白和卵磷蛋白)、衍生蛋白质(是理化作用由简单蛋白或结合蛋白衍生的蛋白质如变性蛋白和肽)。

蛋白质是生命的基础,鱼类从食物中摄取蛋白质在消化器官内经酶的分解成氨基酸,氨基酸在鱼体内被吸收合成为鱼体蛋白。生长中的鱼类,不仅要供给数量上相当于

鱼体损失的蛋白质，而且要有更多的余盈。鱼类对饲料蛋白质的利用，由于种类不同和环境差异有所变化，况且蛋白质并不能全部转化为鱼体蛋白，优等的鱼用饲料蛋白质利用率也不过35%上下，其余部分用于消耗或化为粪便排出体外。国外有人认为鱼类蛋白质的要求量是哺乳类与鸟类的2—4倍。还认为鱼类对碳水化合物消化率及代谢能力较差，对蛋白质要求较高，所以使用配合饲料中蛋白质含量一般竟达40—50，但一般认为30—36%的蛋白质对大多数温水性鱼饲料也都适用。

蛋白质大多数可溶于水、乙醇、稀碱或各种浓度的盐溶液，蛋白质具有旋管状结构，这是缘于初级多肽链中的氨基酸顺序及附属于每一种氨基酸 α -碳的基族主体构型决定的。蛋白质对热不稳定，可是可逆的也可能是不可逆的。蛋白质可与其它蛋白质进行有特性的结合并可以与碳水化合物的游离的醛基与羧基结合形成化合物。

蛋白质需要量已就少数鱼品种作了测定，饲养鱼苗、鱼种及一龄鱼的试验表明。在鱼苗初期饲养中总蛋白质需要量最高，随着鱼体长大，需要量下降。为使鱼生长最快，鱼苗日粮中必须有将近一半的可消化成分是由平衡蛋白质组成的。6—8周龄时，鲑、鳟日粮中的需要量降至40%左右，在标准环境温度下，饲养的鲑鳟类一龄鱼的需要量降至35%左右。鱼苗初期饲养中，要求日粮中大约50%的可消化成分应为蛋白质，需要随鱼体长大而减少。以鲑作的饲养试验表明，幼鱼的蛋白质需要量变化与水温变化有直接关系。7℃水温中的大鳞大麻哈如生长最快，约需40%的蛋白质。15℃以上就约需50%，为使鱼生长迅速，蛋白质的使用量要高于需要量。因为通过鳃可以有效地将含氮废物以可溶氮的化合物形式直接排入水中。从根本上来看，鱼类在很长时间内必须喂以含有梯度水平的优质蛋白质。某些鱼类如草鱼为了以最快的速度生长所需要的饲料蛋白质水平之高是惊人的。

假如已经了解到鱼类必需氨基酸的需要量就应有可能以若干种方法用不同的食物蛋白质或几种食物蛋白质的组合通过养殖体系来满足这些需要。

鲑鳟类对10种必需氨基酸的定量需求的测定是每次在试验日粮中按线性增加一种氨基酸的含量加以投喂，这种试验日粮的氨基酸组成除了要测试的那一种氨基酸外与全蛋白质的完全一样。近来的一种新方法是在试验日粮中使用相对来说缺少某一种必需氨基酸的蛋白质。不同鱼品种对某些氨基酸的需要量存在差异是显然的。解决实用日粮中相对缺少一种或多种氨基酸的蛋白质的办法是把所缺的那种氨基酸以足够的数量补充到蛋白质中去。

全俄池塘养鱼业科学研究所鱼类生理与饵料实验室在这方面进行了大量的工作。在有关鲤鱼和鳊鱼消化器官对各种食物组成的适应方面，在有关消化腺与排酶功能与营养条件的相互关系方面开展了大量研究并取得可喜的进展。该所的Б. Н. Троицкий 1981等人认为在养商品鱼的鱼池中，鲤鱼需要蛋白质约占30%。该所通过对鲤鳊食糜形成的研究表明，饲料是以含有大量水分的食物团的形式进入鱼肠，营养物质就是在稍高于80%的水分环境中被分解吸收。鲤鱼肠的内含物中氢离子浓度为6.8—7.4。鳊鱼胃中对食物的消化却是在4.1—5.7的酸介质中进行，其氢离子浓度随着鳊鱼对日粮的适应而减少。肠区的介质反应呈硷性，这对选择酶制剂有重要意义。

鱼类饲料中营养越平衡，鱼用于保持体内环境恒定所消耗的能量和物质就越少，饲

料的生产效能也就越高。

研究食糜在消化道各个部分的化学成分表明,无论是鲤鱼还是鳊鱼,蛋白质的含量由消化道的前区至后区逐渐减少。相反,碳水化合物的数量则大大增加,无机盐的含量也相对增加。

对营养物质如粗蛋白,15种蛋白原氨基酸,磷脂,碳水化合物,微量元素等综合吸收的数量鉴定表明,无论是鲤鱼还是鳊鱼,其分解和吸收营养物质的过程同时发生,而且在整个消化道里进行。

鱼类从食物中摄取蛋白质是在消化器官内经酶的分解变成氨基酸被鱼所吸收的。氨基酸是构成蛋白质的基本单位,若干国外学者试验证明,有些氨基酸为鱼类生长所必须且又不能在鱼体内自行合成,这就要在饲料中有充分的供应。而有些氨基酸在鱼类说来需要量甚少或又能自行合成。前者称之为“必需氨基酸”后者为“非必需氨基酸”,蛋白质一般由20—25种氨基酸组成。鱼类有10种氨基酸是必需氨基酸,它们是异亮氨酸、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。其中又以异亮氨酸、亮氨酸、赖氨酸、蛋氨酸、苯丙氨酸、缬氨酸为最重要。

饲料中必需氨基酸的种类含量与比率是决定蛋白质营养价值的主要因素。由于饲料蛋白质中必需氨基酸的种类与数量不同,饲料蛋白质被鱼所利用的也不尽一致。营养学

上常以饲料蛋白质生理价(或生物价)为指标表示。蛋白质的生理价 = $\frac{\text{氮的保留量}}{\text{氮的吸收量}} \times 100\%$ 。饲料蛋白中必需氨基酸种类与数量愈接近鱼体需要生理价就愈高,蛋白质的生理价值实际上是氨基酸的平衡。所以说评价一种饲料的营养价值不能光看蛋白质含量,还要看这些蛋白质所含必需氨基酸是否完全与量的多少即必需氨基酸比率的平衡。鱼饲料中蛋白质的最适比例受若干因素的控制如鱼的大小;生理作用;蛋白质质量;饲料中非蛋白质能量;投饲量等等。

全俄池塘养鱼业科学研究所鱼类生理与饵料实验室所获得的关于鲤鱼消化道对氨基酸吸收的数据说明,鱼类吸收氨基酸的数量,不仅取决于饵料氨基酸含量,而且取决于蛋白质中氨基酸化学结合的特性。业已发现多种油粕的赖氨酸含量很低又难于被鱼吸收,是造成鲤鱼饵料营养不良的原因之一,由于缺乏一种或几种氨基酸,以致大量的其它氨基酸也不能参与合成鱼体蛋白,这种浪费是巨大的。鱼类生长的好与饲料消耗的少取决于饲料中蛋白质质量与所有营养物质能被鱼充分消化吸收。1981年苏联季米良捷夫农学院池塘养殖室所进行的试验证明,小麦蛋白质的质量比大麦和燕麦的差,小麦里的赖氨酸和酥氨酸含量也低。根据必需氨基酸指标计算饲料中蛋白质的生物学价值小麦为55,燕麦70,大麦73。因此,添加大麦和燕麦配合饲料的吸收率比起添加小麦要高,也显示出当年鲤对小麦、燕粒、大麦的消化远不如二龄鲤。这是由于纤维素在肠液作用下不能分解。苏联学者在《鲢鳊业》中认为,虹鳟的全价颗粒饲料一般应有蛋白质45—50%,饲料中常显不足的是赖氨酸、蛋氨酸、色氨酸。幼鱼饲料中的蛋白质含量应高于成鱼。蛋白质的最佳含量受水温影响,水温升高,饲料的蛋白质含量也应增高。虹鳟饲料不光要有动物蛋白,也应有少量植物蛋白。

几种养殖鱼类的必需氨基酸及需要量已作了测定,迄今研究过的鱼类有大麻哈鱼、红

大麻哈鱼、斑点叉尾鲴鱼、鲤鱼、真鲷、鲮、罗非鱼，它们需要10种必需氨基酸。鱼类对必需氨基酸的需要相当近似。如鲤与虹鳟对必需氨基酸的要求无明显差异。当每日投饵占体重3%的含蛋白质40%的饲料时，可满足鲤鱼与虹鳟需要的各种氨基酸需要量。但鱼类对氨基酸需要量无疑是有差异的。虹鳟、斑点叉尾鲴、大鳞大麻哈与日本鳊鲂，对色氨酸的需求量分别为日粮干重的0.25%；0.12%；0.2%；0.4%。

鱼类必需氨基酸是用不断增加饲料中各种氨基酸含量的方法来测定的。鱼类对氨基酸需求量的其它方法还有氮平衡测定法、氨态氨基酸及游离氨基酸浓度测定法等。根据鱼饲料中氨基酸含量和血浆中游离氨基酸含量相互关系，可估算鱼类日粮中应含蛋白质的质量。虽然蛋白质质量是鱼类的重要因素之一，但注重实践的鱼类营养学家一般更关心的是饲料系数、蛋白有效率及净蛋白利用率。

2. 碳水化合物

鱼类热能的主要来源是碳水化合物，碳水化合物在消化器官内被酶分解为单糖后被鱼吸收，除供给热能外也构成体组织成分与节省蛋白质的分解。也进行生物氧化的催化与体内合成脂肪酸与构成氨基酸的原料。国外学者对碳水化合物在鱼类营养上的作用诸说纷纭，多数学者认为鱼类对其利用能力大大低于畜禽。苏联的《鲑鳟业》认为，由于虹鳟消化道构造的特殊性，肠道内使碳水化合物转化的淀粉酶很少，所以不能消化大量的碳水化合物，湿淀粉只能消化20—25%，熟淀粉只能消化50%。干饵料中如果有20%的碳水化合物被消化就可认为是正常的了，食物中碳水化合物超过12%就会引起肝病与死亡。所有的植物性原料（小麦粉、大麦粉、水藻粉、酵母等）都是碳水化合物的来源，有人认为虹鳟鱼饲料中碳水化合物含量按体重计，每公斤不超过4.5—6克，主要是鱼体内调节血糖的胰岛素分泌过少而缺乏对糖的处理能力，致使血糖含量过高，肝糖元积累过多。但Edwards等1977年认为，在末成熟的虹鳟中投喂38%的糊精饲料，对其生长不会产生有害影响。Refstie与Austreng 1981年认为，用32%麦粉或21%麦粉加13%葡萄糖的配合饲料投喂虹鳟，试验结果生长速度并无多大差异。一般来讲，碳水化合物可消化性与分子复杂性相关，对鱼来讲，单糖显然比双糖、多糖更易于被吸收利用。Buhler与Hafler 1981年认为大鳞大麻哈鱼投喂20%碳水化合物的饲料，相对生长速率依次为葡萄糖>蔗糖>果糖>麦芽糖>糊精>马铃薯淀粉>半乳糖。

鱼类对碳水化合物的利用也因鱼种类而异，有人以饲料中含48%的糊精饲喂大马哈鱼也并未发现异常。草鱼的青饲料中碳水化合物含量很高，说明草鱼能利用高糖。通常糖类在饲料中比率为10—15%之间。鱼类饲料中碳水化合物含量的多少，主要取决于鱼类食性。

Furuichi与Yone 1980年认为，鲤鱼饲料中需要30%的糊精，鲮鱼为10%，真鲷为20%。碳水化合物使用在鱼类的饲料中以便尽可能减少用作能源的蛋白质数量。影响淀粉消化率的最主要的因素是淀粉的技术处理和结合水平。Phillips等指出，鲑鱼类对天然淀粉的低消化和淀粉经煮后的有利影响。他证实煮过的小麦淀粉的消化率48%比天然淀粉22%高得多。Pieper指出，在鳟鱼中胶粒谷物淀粉的消化率达95%。但煮过的小麦淀粉当它在饲料中所占的比例由10%增加到30%时，其消化率由90%降低到82% (Inaba等1963)。

实验证实, 鳙鱼对天然谷物淀粉的消化率是低的, 但被胶凝化以后可以提高。当然淀粉的消化率不仅取决于饲料配比, 还取决于食物的吸收水平, 以及摄食节律、水温高低等。

天然土豆淀粉的消化率一般很弱, 但鲤鱼即使在淀粉具有50%的高比例时消化率也可达到50% (Shimeno等1977)。对于虹鳟饲料来讲, 天然淀粉不是合适的能源, 由于它的消化率低, 大部分作为废物排出, 还污染水质。但当淀粉被胶凝化提高消化率以后, 却可以作为一种有价值的能源。

众所周知, 鱼类不但能把饲料中的蛋白质作为身体构成成分蓄积起来, 而且把它作为重要能源之一加以利用。近年来不少学者正试图通过把脂质、碳水化合物这类能源添加到饲料中去, 将用作能量的蛋白质消耗量抑制到最低限度, 以有效地用于鱼类生长 (Cowey 等1975; 竹田等1975、1978, a, b)。碳水化合物是廉价的饲料能源, 较蛋白质易于获得, 因此, 鱼饲料中加入若不影响鱼生长和饲料转化率, 在经济上是有利的。可是因鱼对其利用能力要比蛋白质、脂质差, 投喂多量甚至有害。关于碳水化合物的利用能力, 因鱼的种类和碳水化合物种类不同而异。Buhler与Halver 1961报道, 大麻哈鱼的饲料中添加的碳水化合物分子量越大, 鱼的生长越差。但Yone 1979与Furuichi 1979认为鲤鱼 Simco与Cross 1966认为斑点叉尾鲴的情况是投喂分子量大的碳水化合物时却得到了良好生长。Murai等1981年报导, 碳水化合物分子量不同也完全不影响鲤鱼的生长与饲料效率。秋山敏男等1982年报导, 作为大麻哈鱼鱼苗饲料的碳水化合物, 采用以蔗糖或葡萄糖作为构成成分的碳水化合物是可行的, 从大麻哈鱼的生长与饲料效率考虑, 其中分子量大的碳水化合物特别是 α ——淀粉最为适宜。

碳水化合物是指许多物质, 其中包括糖类、淀粉、树胶和纤维素。最简单的碳水化合物是三个碳的糖, 最复杂的是天然的多糖, 主要来源于植物, 在鱼饲料中有两种多糖是很重要的。草食性种类可以消化的结构多糖有纤维素、木质、葡聚糖、甘露聚糖、戊聚糖、果胶酸等等。一般可消化的多糖则主要是淀粉。

植物生命体的四分之三是由碳水化合物构成的, 只少量作为糖原、糖类及衍生物存于动物体内, 糖原常指的是动物淀粉。衍生的单糖如糖酸、氨基糖和脱氧糖是构成一切生物的成分。

碳水化合物一般是按复杂性来分类的。但葡萄糖和果糖这些游离糖称为单糖, 蔗糖和麦芽糖为双糖, 淀粉及纤维素称为多糖。对于鱼类来说, 葡萄糖作为能量来源看来并不优于蛋白质或脂肪, 然而可消化碳水化合物对于组织的建造确能节省蛋白质。尽管有材料说明鱼类有活动的和可逆的糖酵解途径, 但是糖原不是能量的重要储存基地, 作为能量来源, 氨基酸比葡萄糖能够产生更有效的代谢, 这可能是鱼鳃能够分泌含氮废物如氨而不必花费大量能量使废物转化为尿素。

除遗传适应外, 气候因素在鱼类碳水化合物代谢中也起着重要作用。

E·B·Cufodike与A·J·Matty的实验认为, 在镜鲤中, 一般说蛋白质消化率随着饲料中可消化的碳水化合物含量的增加而提高, 变动范围在83.5% (15%木薯粉饲料) 和88% (45%稻米粉饲料) 之间。对照组的蛋白质消化率最低, 仅为76%。这一结果说明饲料中的碳水化合物对镜鲤的消化并无不良影响, 相反促进了蛋白质的消化。他

们认为天然的可消化的碳水化合物对配制鲤的饲料是有用的。在高密度下, 鲤幼鱼一般从第3天至45天只摄取天然食物。T. И. Терасимава与С. И. Волкова报道, 在各渔场饲养幼鲤, 混合饲料的成分大体相似。蛋白质32—33; 脂肪4.5—5; 碳水化合物44—45; 矿物质8.5—9; 水分10.5—11。

纤维素是植物细胞壁的主要成分, 鲤科鱼类缺乏纤维素消化酶, 不能利用它, 评价饲料价值时纤维素的多少也是一种标志, 粗纤维越多, 饲料价值也越低。但纤维素有助于消化管的蠕动, 使食物易于通过消化管并可增加颗粒饲料结构的完整性, 对鱼类也是必需的, 只不过只能忍受一定的数量而已。

村井武四等认为, 鲤鱼对葡萄糖不同长度的碳水化合物的利用受每天投喂次数的影响。鱼类对不同碳水化合物的营养价值的利用是有区别的, 投饵次数可能是有效利用碳水化合物尤其是分子量较小的碳水化合物的重要因素之一。Kono与Nose建议为了无胃鱼类和鲤鱼、鲫鱼的最大饲料消耗, 一天可频繁投喂, 甚至12次/天。然而村井武四以为, 即使为了鲤鱼种的最佳生长及饲料效率, 每天投喂4次也就足够了。

A. J. Matty 认为, 不降低生长的日粮的最大糊精含量, 鲤鱼为30%, 真鲷20%, 鲷鱼10%。虹鳟商品饲料中D葡萄糖含量达15%时就会明显增加肝糖原的含量。根据鱼类生长及饲料系数资料, M. Furuichi与Y. Yone报道, 作为日粮中糖原成分, 对鲤鱼来说马铃薯淀粉比糊精好, 糊精又比葡萄糖好。但T. murai和T. kkiyama与T. Nose发现, 用含麦芽糖的饲料饲养鲤鱼的生长率高于饲以 α -淀粉、糊精或葡萄糖(每日投喂4次)的生长率。每日投喂两次时, 淀粉饲料的鱼, 体重增长最快, 饲料系数最低。

鱼类利用不同碳水化合物的效果常有差异。把葡萄糖、蔗糖、糊精、淀粉及 α -纤维素以10%, 25%与40%的比例分别制成三类饲料, 试验性地饲养罗非鱼。63天后发现当葡萄糖、蔗糖、糊精含量从0%增加到40%时, 有利于生长。但当含量为40%时, 糊精饲料的净蛋白积累率NPR最高, 葡萄糖饲料的NPR最低。与糊精、淀粉、蔗糖相比, 含葡萄糖10%的混合饲料更有助于蛋白积累, 而40%时则不利此积累。在 α -纤维素含量由10%增加到40%的实验中, 饲料转化率, NPR体脂与肥满度均降低。当纤维素含量为25%与40%时, 生长率及饲料转化系数均低于对照组。有报道指出, 含有 α -纤维素的饲料不利于鳟鱼生长, 饵料增加, 胃空时间缩短。据估计, 鳟鱼颗粒饲料中大约有1/3以上成分不能消化, 主要是植物性复杂碳水化合物——纤维、半纤维、木质素与果胶素等。饲料中含30%的填充物并不致影响鱼类生长, 但将大大增加排粪量, 必需加速水气循环以排泄废物。

3. 脂质与脂肪酸

脂质是在动植物组织中发现的一组脂溶性化合物总称, 可分脂肪类、磷脂质类、糖磷脂类、蜡类、甾醇类。脂肪类是脂肪酸甘油酯, 饲料中的脂肪也是能量来源之一, 脂肪是由一个分子甘油与三个分子的脂肪酸组成, 脂肪的性质主要取决于所含的脂肪酸。

脂肪酸可以作为直链或支链成分存在, 许多鱼类脂肪含有脂肪酸结构中的无数不饱和的双键。在脂肪酸的分子组成中碳原子一般多为双数。凡其氢原子数为碳原子数的2倍者称为饱和脂肪酸, 主要由饱和脂肪酸组成的脂肪, 在常温下多为固体的脂。在脂肪酸的

分子组成中，凡氢原子数不及碳原子数2倍者，称为不饱和脂肪酸。主要由不饱和脂肪酸组成的脂肪，在常温下多为液体的油。从营养生理上说，鱼类所缺少的仅仅是饱和脂肪酸。

脂肪在消化器官内被消化酶分解为脂肪酸和甘油而被吸收。脂肪酸和甘油吸收后合成鱼体脂肪贮存于体组织中，而另一部分变为热能（每克脂肪可利用的热量为9千卡），脂肪在体内氧化放出的能量约为同量糖或蛋白质的2倍。脂肪在营养上的另一个功能是作为脂溶性维生素的载体并促进维生素的吸收。此外还有保护内部器官免受磨损等。脂肪有节约蛋白质的功能，特别是幼鱼要有很高的能量才能快速生长。在实验中如缺乏某种不饱和脂肪酸则发育不良，这种脂肪被称之为必需脂肪酸，如18碳2烯酸，18碳3烯酸与20碳4烯酸。这些必需脂肪酸是鱼饲料中不可缺少的。

国外鱼用配合饲料，一般在加工饲料或临时投喂之前添加4—10%油脂，以提高饲料能量，取得较佳效果。以植物性原料为主要来源的饲料，所含主要为不饱和脂肪酸，一般说必需脂肪酸不会缺乏，

鱼类对脂肪有较高的适应能力和很高的消化率，过量也会引起不适，使肝脏脂肪积累过多，在油源易得时，适当提高饲料中油脂含量，可以节约蛋白质。

鱼类营养学家除考虑在饲料中配以适当含量的脂肪以生产出可口的鱼产品外，更关心的是脂肪代替蛋白源提供能量。已测定过主要养殖鱼类食用以脂肪代替蛋白源的饲料效果。发现饲料中最适含脂量取决于饲料中蛋白质量。饲料中最适含脂量有一个很大的变幅，与鱼的种类、年龄及饲料中脂肪种类等有关。随着对养殖鱼类饲料脂肪酸需求的深入研究，越来越清楚的是，不仅不同鱼类对脂肪酸的需求量不一致，而且脂肪酸的转化率也有差异。

对于鱼类生物合成脂肪的情况虽知之甚少，但已清楚的了解到了饲料中脂肪含量会影响鱼类肝脏及脂肪组织的三甘油脂肪酸的合成。在鲑类饲料中加入W₃系列脂肪对于正常生长是必需而有益的。添加1%亚油酸——长链多烯脂肪酸的前体可成倍加速虹鳟体重增长率并防止脂肪缺乏症发生。已查明对于大多数鱼类而言，最适生长所必需的W₃脂肪酸因鱼而异，这与18碳链脂肪酸延长时的破断能力有关。罗非鱼与尼罗罗非鱼与大多数已研究过的鱼也不同，它们的最适增重所需的18—2W₃和20—4W₃脂肪酸的量仅为1%。

尤其是由不饱和脂肪酸组成的油脂，极易在不饱和的碳链上氧化或过氧化物，并分解为具有挥发性臭味的物质，这对鱼类有毒害作用。饲料中脂肪的品质是养鱼的重要一环，脂肪氧化程度不仅受保存条件与时间的影响，而且在很大程度上取决于脂肪酸的组成，鱼脂肪富含高级饱和脂肪酸，极易氧化变质。

脂肪是一种高能物质，氧化一克脂肪所产生的生理热能相当于蛋白质与碳水化合物2.25倍。鱼类对脂肪有特殊高的利用能力以作为鱼体增重和部分能源的消耗。饲料添加脂肪虽有节约蛋白质的作用，但当饲料中脂肪高达80%，实验证明对鱼生长不利，脂肪过多会引起鱼体水肿以及肝脏脂肪化，氧化后的脂肪产生一系列对鱼有害的物质也易引起鱼生长缓慢、成活率下降、贫血等等。

可以认为脂肪消化率一般为85%。配合饲料中通常加入10%的葵花籽油，虽然虹鳟

含脂量会增加到50%，但这几乎节省20%饲料蛋白，养鳟饲料含脂量不超过15—20%。

应用饲料中脂肪的添加量随着养殖品种的不同而变化且受环境温度的影响，一般饲料中含3—18%的脂肪已足够了。

总之，鱼的能量是由脂肪、碳水化合物和蛋白质所提供的，能量贮存于饲料的复合分子化学结构之中。发生氧化时能量释放出来，这种释放的能量为生化反应所控制，并用以进行维持生命与活动所必需的各种形式的能量中去。

4. 维生素

维生素在鱼体内的作用机制正被逐一查明。其中维生素量同体组织中各有关酶的相关受人注目。维生素是一种活性物质，在动物体内作为辅酶的一个组成部分参与新陈代谢。鱼类虽对维生素需要量少，但长期缺乏就造成代谢失调、影响生长、产生各种缺乏症，甚至引起死亡。

水溶性维生素包括8种公认的复合维生素B₁、硫胺素、核黄素、吡哆醇、泛酸、尼克酸、生物素、叶酸与维生素B₁₂。

水溶性的必需营养因子有胆碱、肌醇、抗坏血酸。对鱼来说，活性不明显的维生素有对氨基苯甲酸、硫辛酸与柠檬酸。前8种虽然日粮中只需添加少量，但对生长、生理学和代谢却起着重要作用。日粮中胆碱、肌醇与抗坏血酸添加量较大。

硫胺素（维生素B₁），对于增进食欲、正常消化、生长和繁殖都必不可少。为神经组织发挥正常机能所必需，其需要量由日粮的热量密度决定。

食缺乏硫胺素的日粮的鲤鱼皮肤充血、皮下出血。鲑鳟类缺乏症包括碳水化合物代谢作用受损、神经紊乱、食欲不振、生长缓慢、易于休克。

维生素缺乏症的综合症状总述如下：

鲑、鳟、鲤、鳊的症状表现为：

缺乏硫胺素——不吃食、肌肉萎缩、惊厥、不稳定且失去平衡、水肿、生长缓慢。

缺乏核黄素——角膜血管形成、晶体混浊、眼出血、视力模糊、共济失调、虹膜色素异常、腹壁狭窄并呈网状、黑色素沉着、不吃食、贫血、生长缓慢。

缺乏吡哆醇——神经系统紊乱、极度烦躁、共济失调、贫血、不吃食、坏死与结疤、细胞萎缩、鳃表面有渗出液、不活泼、生长缓慢。

缺乏肌醇——则生长缓慢、胃胀、空胃时间增长、皮肤损害。

缺乏生物素——表现不吃食、结肠损害、色素沉着、肌肉萎缩、痉挛性抽搐、红细胞碎裂、皮肤损害、生长缓慢。

缺乏叶酸——生长缓慢、嗜眠症、尾鳍易折、黑色素沉着、大红细胞性贫血。

缺乏胆碱——生长缓慢、饲料转化率低、胃和肠出血。

缺乏尼克酸——不吃食、结肠损害、活动不平衡、体弱、胃与结肠水肿、生长缓慢。

缺乏维生素B₁₂——食欲减退、血红蛋白低、红细胞断裂、大红细胞贫血。

缺乏抗坏血酸——脊柱侧凸、脊柱前弯症、胶原组成受损、软骨变质，眼受损害、皮肤、肝、肾、肠及肌肉出血。

硫胺素的普通来源是干豌豆、菜豆、禾谷类糠麸与干酵母。日粮成分贮存时间过

长,或在含少量碱或含有亚硫酸盐的情况下制作日粮,硫胺素会很易丧失。湿的或冷冻的日粮所含水分可能会增加硫胺素酶水解,随后有破坏硫胺素的可能,含有鲜鱼或贝类组成的湿日粮制品必须立即饲喂。

几种鱼类生长所需的维生素 (毫克/公斤干日粮)

	鲈	虹 鳟	大鳞大麻哈
硫 胺 素	2—3	10—12	10—15
核 黄 素	7—10	20—30	20—25
吡 哆 醇	5—10	10—15	15—20
泛 酸	30—40	40—50	40—50
尼 克 酸	30—50	120—150	150—200
叶 酸	—	6—10	6—10
维生素 B ₁₂	—	※	0.015—0.02
胆 醇	200—300	200—300	300—400
胆 碱	500—600	※	600—800
生 物 素	1—1.5	1—1.5	1—1.5
抗坏血酸盐	30—50	100—150	100—150
维 生 素 A	1000—2000 国际单位	2000—2500 国际单位	※
维 生 素 E	80—100	※	40—60
维 生 素 K	※	※	※

注 ※ 表示一种需要量,水平尚未定

杂食性鱼类需要维生素B₁含量较高。

核黄素(维生素B₂),河鲈、虹鳟、鲑、鲤、大鳞大麻哈、斑点叉尾鲟、真鲷等对核黄素是必需的。虹鳟患维生素B₂缺乏症表现为鳍条坏死、吻端糜烂、脊柱畸形。给虹鳟鱼种投喂缺乏维生素B₂的饲料,8个星期后,表现为厌食、生长差、死亡率高、鳍条损伤、白内障形成。据许多研究表明,鲤鱼鱼种维生素B₂需要量根据鱼体生长率和肝脏维生素B₂含量增加而下降。鲤鱼鱼种平均体重1.5克,需20毫克维生素B₂/公斤干饵,投喂时间6星期以上。稍大的鲤鱼种(2.8克)需10毫克维生素B₂/公斤干饵,投喂时间超过6个星期后均能达到最大生长。虹鳟鱼种(1.5克)根据生长率和饵料转换率需4毫克维生素B₂/公斤干饵。

核黄素广泛分布在植物和动物腺体组织内。奶、肝、肾、心、酵母、发芽的谷物、花生、大豆和蛋类是丰富来源。应避免使饲料受到太阳或强烈人工照明照射,这样可使核黄素不致转化为光黄素并能尽量使之减少损失。

维生素B₆(吡哆醇),虹鳟、河鲈、鲑、鲤、银大麻哈、大鳞大马哈、斑点叉尾鲟、鲷、真鲷等对维生素B₆是必需的。据报道银大麻哈缺乏维生素B₆神经机能紊乱、食欲差,对光不敏感,大鳞大马哈维生素B₆缺乏,腹腔水肿,浆液无色,鳃盖骨极度弯曲。

虹鳟缺乏时神经紊乱、漂移急游、鳃盖苍白、略呈绿兰色变化。鲤鱼种需5.4毫克维生素B₆/公斤干饵,能获得最大生长。

维生素B₆良好来源是酵母、整精谷物、蛋黄、肝和腺体组织。游离形的B₆在含水时很快被空气、光、热破坏。

泛酸,试验已证实,泛酸对虹鳟、河鲈、溪红点鲑、鲑、大鳞大麻哈、银大麻哈、斑点叉尾鲟、鲤等的饲料是必需的。上述多数鱼类经过缺乏泛酸的饲料试验后,发现泛酸缺乏症状为粘液复盖鳃、厌食、体重减轻等,经试验,鲤鱼种需泛酸40毫克/公斤干饵。斑点叉尾鲟鱼苗鱼种生长所需泛酸分别为250毫克/公斤干饵和10毫克/公斤干饵。

谷物的糠麸、酵母、肝、肾、心、脾与肺都是泛酸的良好来源。鱼肉是丰富的来源,蜂王胶可能含量最高。泛酸的钙盐或钠盐比较稳定,可与湿的或干的鱼饲料混合,高压消毒时可能会有些损失。某些谷物糠麸由于消化系数低可能会有一种鱼类无法利用的泛酸,因此,不应以这种糠麸作为鱼类饲料中唯一泛酸来源。

尼克酸,鱼类尼克酸缺乏症是四十年代后期和五十年代早期采用尼克酸含量低的基础饲料试验诱发的。食欲不振和饲料效率低是首先看到的症状。然后鱼变黑、不吃食后出现结肠损害、游动不稳、胃与结肠水肿。鱼处于静止时肌肉痉挛。鲤鱼表现出皮肤充血、皮下出血。多数鱼常见症状是肌肉无力痉挛,生长缓慢,饲料效率低。

对于鱼类的需要量约为相同的试验日粮在相同的试验条件下测定的硫酸素需要量的20—30倍。

多数动物和植物组织中都发现有尼克酸。酵母、肝、肾、心、豆荚和绿色蔬菜中来源丰富。小麦中的尼克酸含量高于玉米。奶蛋制品中也发现有这种维生素。这种维生素很稳定。

生物素,鱼类缺乏生物素表现为生长缓慢、鲑、鳟、鲤、鲫、鳊都有这种表现。鲑、鳟类生物素缺乏症的一些症状有皮肤病,肌肉萎缩,结肠损害,不吃食以及痉挛性抽搐。

试验条件下饲养的鲑、鳟、鲤、鲫、鳊的幼鱼对生物素需要量大致相同。肝、肾、酵母、奶制品和蛋黄中生物素来源丰富。坚果类肉质含有大量生物素。

叶酸,鱼类缺乏叶酸发生大红细胞性正色性贫血。其它症状有生长缓慢、厌食、全身性贫血、嗜眠、鳍发脆、皮肤黑色素沉着和脾梗塞形成。

鱼类叶酸需要量见表。酵母、绿色蔬菜、肝、肾、腺体组织、鱼组织和鱼内脏是叶酸良好来源。

配合饲料是养鱼中叶酸可靠来源。长期贮存中和与日光接触时叶酸活性会丧失。干饲料应注意保护,湿饲料应精心保存。这两种饲料在制成后都应立即饲喂,以保证叶酸的活性尽可能少丧失。

维生素B₁₂,鱼类缺乏维生素B₁₂表现为血液成分不正常、生长缓慢及恶性贫血,大鳞大麻哈与银大麻哈的恶性贫血特征是红血球碎裂并伴有许多畸形红血球。鱼类在检查出明显贫血前时可观察到食欲不振、生长缓慢、饲料效率低和一些黑色素沉着等。

维生素B₁₂大量来源于鱼肉、鱼内脏、肝、肾、腺体组织和屠宰场的废弃物。维生素B₁₂贮存时不稳定。