

会员登录

用户名:
 密码:
 验证码: 6148

登陆 注册

相关文章

- 壳聚糖对草鱼生长、抗病性能...
- 野生翘嘴红 各器官、组织中...
- 脂肪软胶囊对虹鳟鱼生长影响...
- 罗非鱼对木薯粉表现消化率的...
- 不同磷源对奥尼罗非鱼幼鱼生...
- 饲料中添加磷脂油、胆碱、L-...
- 中草药对鲤鱼非特异性免疫功...
- 谷胱甘肽对凡纳滨对虾生长、...
- 虹鳟鱼饲料中肉骨粉替代鱼粉...
- 饲料中添加虾安I对南美白对...
- 饲料中添加硅肥对鲤鱼肠、肝...

合作伙伴



水产养殖中提高磷利用率的营养调控措施

作者:李云兰 张金伟

期号:2005年第9期

摘要 从提高磷的利用率,减少磷的排入入手,就改善磷在水生动物上的供需平衡,磷可利用率高的饲料原料及无机磷源的选择,动、植物性饲料原料优化组合以及添加植酸酶、酸化剂和热处理等方面对提高水生动物饲料磷利用率,减少磷的排放做了比较详细的综述。为合理利用饲料磷源,减少水体污染提供了理论依据。

关键词 水产养殖;磷;利用率;营养调控
 中图分类号 S963.73+4

磷是鱼类必需的矿物元素之一,是构成骨骼和鱼鳞的必需成分(NRC,1993)。鱼类可以通过皮肤、鳃和鳍从环境中吸收部分磷,由于水体中磷含量很低,因此饲料磷成为鱼类磷的主要来源。饲料磷的平衡供给既能抑制缺乏症的发生,又可降低粪磷和尿磷的量,从而减少饲料磷向自然水体的排放。但是由于鱼类对饲料原料中磷的消化率变异较大而且在商品饲料中无机磷的添加量普遍较高,导致大量的磷排入水体造成水体的富营养化,给水产养殖的可持续发展带来了威胁。因此,通过营养调控方法来提高磷利用率和减少水产饲料中磷的排放已成为一个研究热点。

1 保持磷的供给量与需要量一致

饲料营养物质供给超过动物的需要量,是导致养分排出量增多的直接原因之一。所以了解各种鱼类对磷实际需要量,并且以可利用磷为前提严格按照需要量来配制饲料,就可以防止鱼类磷缺乏症的发生,同时能降低饲料磷排放量(NRC,1993)。目前,已经以增重、饲料转化率、各种组织中磷含量、骨密度、骨强度和肝胰腺酶相关活力等指标为标识,对丽体鱼(Cichlasoma urophthalmus)、鲤鱼(Cyprinus carpio)、大麻哈鱼(Oncorhynchus keta)等十几种鱼类的磷需要量进行了研究,结果见表1。

表1 不同品种鱼类磷需要量

品种	磷需要量(g/100g 饲料)	资料来源
丽体鱼(Cichlasoma urophthalmus)	1.50	Sanchez,2000
斑鲷(Tetralurus punctatus)	0.45	Lovell,1978
条纹石鲈(Morone saxatilis)	0.55-0.62	Dougall 等,1996
大麻哈鱼(Oncorhynchus keta)	0.50-0.60	Watanabe 等,1980
虹鳟	0.50-0.80	Ogino 和Takeda,1978
鲈鱼	0.42-0.45	Wilson 等,1982
Oncorhynchus mykiss	0.25	Rodushutscord,1996
Oreochromis aureus	0.50	Robinson 等,1987
鲑鱼(Salmo salar)	0.60	Ketala,1975
团头鲂	0.38-0.72	石文霞等,1997
鲤鱼(Cyprinus carpio)	0.60-0.70	Ogin,1976;Nakamura,1982
草鱼鱼种	0.95~1.10	游文章等,1987
草鱼鱼种	1.42~1.58	王志忠等,2002
草鱼	0.49	黄耀桐和刘永坚,1989
青鱼	0.42-0.62	汤峥嵘和王道尊,1998
异育银鲫	0.92~1.22	汤峥嵘和王道尊,1998

从表1可以看出不同鱼类磷需要量介于0.25~1.58g/100g饲料之间,表明不同品种间,及同一品种的不同研究结果间变异大。影响鱼类磷需要量的因素很多,主要包括以下几方面:①品种不同,其消化道结构不同。研究表明:鱼类磷的需要量很大程度上取决于消化道结构,有胃鱼和无胃鱼对饲料磷的利用明显不同(Jahan等,2003)。如对溶解度低的磷酸盐,有胃鱼的利用比无胃鱼好(Ogino等,1979)。Yone和Toshima(1979)研究表明:鲤鱼几乎不能利用鱼粉中以磷酸三钙形式存在的不溶性磷,有胃鱼mylio macrocephalus大约可以利用30%,而虹鳟对磷酸三钙的利用率更高可达到60%(Ogino等,1978);②试验鱼年龄的差异。在多数动物种类中,营养物质的需要量会随着年龄的增长而降低,磷也一样,幼龄鱼为满足骨骼和其它体组织的快速生长需要饲料提供更多的磷,随着年龄的增加,磷需要量会降低,表1中草鱼鱼种磷需要量明显高于草鱼成鱼;③饲料磷源的性质。不同来源的磷利用存在差异,鱼类对动物性饲料中磷的利用率比植物性饲料来源的磷利用率高。因为植物性原料中磷大多与植酸结合以植酸磷的形式存在,鱼类消化系统内缺乏内源性植酸酶,因此植物性原料中的磷对鱼类而言是不能利用的。另外无机磷酸盐的溶解度也影响磷的利用。磷的溶解度常被用作衡量动物对饲料中磷消化率的指标。Satoh等(1992)用磷酸盐在去离子水中溶解度作为衡量鲤鱼饲料中磷消化率的指标,而用磷酸盐在去离子水、80%的醋酸及0.25mol/l的盐酸中溶解度之和作为衡量虹鳟饲料中磷消化率的指标,且认为饲料磷源的溶解度高,鱼类对磷的消化率也就高;④确定需要量时采用的标识不同。对于鱼类而言,以增重和饲料利用率为标识确定的需要量低于以骨磷含量为标识确定的量;⑤水质、水温、饵料组成及试验方法等的差异也会影响试验结果。

在设计配方时,以现有的研究为指导,根据鱼的品种和生长阶段再综合考虑以上几个影响因素来确定磷的需要量可以降低磷的排放。

2 选择磷可利用率高的饲料原料及无机磷源

植物性饲料中磷以植酸磷和非植酸磷两种形式存在。一般来说,禾谷类籽实、豆类籽实和油料籽实中植酸磷占总磷的60%~80%。鱼类饲料中常用的几种植物性饲料原料的总磷和非植酸磷的含量见表2。

小麦	88.0	0.56	0.23	52.78
花生粕	88.0	0.56	0.23	41.07
豆粕	87.0	0.61	0.44	72.13
棉籽粕	88.0	0.97	0.64	65.98
菜籽粕	88.0	1.07	0.65	60.75

注：引自中国饲料数据库(1994)。

从表2可知，若仅考虑总磷含量，饼粕类中含量高，小麦中相对较低，但结合PP/TP来看，小麦中PP/TP值低于饼粕类饲料（花生粕除外），而豆粕中PP/TP值最大。由此可见，评价植物性饲料中磷的优劣不能仅以总磷含量为基础，必须综合考虑其植酸磷的含量。饲料中的植酸磷必须在消化道内水解成无机磷酸盐的形式才能被动物利用，而鱼类消化系统中缺乏内源性植酸酶，几乎不能利用饲料中的植酸磷，因此植物性饲料原料中的磷对鱼类而言，利用率很低（Schafer等，1995）。研究表明，植物性原料中可利用磷含量与植酸含量呈负相关关系（Nakamura，1982；Riche和Brown，1996），植酸含量越高，可利用磷越低。

鱼类尤其是无胃鱼对动、植物饲料原料中磷的利用率都较低，而其对磷的需要量又高于畜禽，因此，通常向饲料中添加无机磷酸盐来满足鱼体对磷的营养需求。鱼类饲料中常用无机磷源主要包括磷酸氢钙（Dibasic calcium phosphates）、磷酸二氢钙（Mono basic calcium phosphates）、磷酸钙（Tribasic calcium phosphates）、磷酸二氢钠（Monosodium phosphates）和磷酸二氢钾（Monopotassium phosphates）。鱼类对磷酸二氢钠、磷酸二氢钾和磷酸二氢钙的利用率高，而磷酸氢钙和磷酸钙的利用率变异大，鱼类对它们的利用也比磷酸二氢盐差（NRC，1993）。表3列出了几种水生动物对不同无机磷酸盐的利用率。由表3可见，无胃鱼（鲤鱼）和有胃鱼（虹鳟）对磷酸二氢盐的利用率高达94%，而对磷酸氢钙和磷酸钙的利用，鲤鱼仅为46%和13%，但虹鳟仍然可达到71%和64%。溶解度的差异是不同无机磷酸盐之间利用率不同的主要原因。此外酪蛋白和酵母中的磷对鱼类是利用率很高的磷源（Yone和Toshima，1979）。如鲤鱼、虹鳟对酪蛋白和酵母中磷的利用率分别为90%、97%和91%、93%（Ogino等，1979；Lovell，1978）。

表3 几种水生动物对不同无机磷的利用率(%)

品种	磷酸二氢钙	磷酸氢钙	磷酸钙	磷酸二氢钠	资料来源
虹鳟	94	71	64	-	Ogino等,1979
鲤鱼	94	46	13	-	Ogino等,1979
鲶鱼	94	65	-	-	Lovell,1978
鲈鱼	73	28	-	67	Sales等,2003
虾	49	24	-	69	Davi和Arnold,1994

3 动、植物性饲料原料适当组合，降低鱼粉用量

鱼粉作为鱼类饲料中的主要动物蛋白原料，总磷含量高（3%左右），无胃鱼对鱼粉中磷的利用率仅为10%~33%（Ogino等，1979；Lovell，1978），大量的磷不能被利用随粪便排出鱼体，导致水体污染（Yone等，1979）。因此可通过减少鱼粉用量，减少磷的排泄量。近年来由于鱼粉供应紧缺价格居高不下，以及迫于环境保护的压力，国外一些研究者进行了在商品饲料中适量使用植物或其它动物蛋白源，减少鱼粉用量，在不影响生产性能的前提下，对鱼类磷利用率和磷排泄影响的探索性研究，并取得了一些进展。Riche等（1999）报道：分别用浸提豆粕、低芥酸菜籽粕和花生粕替代20%的鱼粉，与全鱼粉组相比，虹鳟的生产性能差异不显著，替代20%鱼粉后，虹鳟对饲料磷的表现消化率和真消化率都高于全鱼粉组。虹鳟对3种饲料磷的表现消化率（APA）分别为39.5%、40.2%和38.5%，而鱼粉组仅为19.5%；虹鳟对3种饲料磷的真利用率（TPA）分别为43.4%、42.1%和40.6%，都高于全鱼粉组（21.5%）。

4 在饲料中添加植酸酶

植酸酶（phytase）是一种磷酸单酯水解酶，是磷酸酶的一种特殊类型。植酸酶可以将植酸（phytate）水解为正磷酸盐和肌醇或肌醇的衍生物。植酸酶主要有两种来源：一种是存在于植物中的天然植酸酶，如麦类（小麦、大麦、黑麦）等谷物籽粒及其加工副产品中含有的天然植酸酶；另一种是微生物来源的植酸酶，商品植酸酶都是采用微生物发酵生产的。关于利用植酸酶提高植物性原料中磷的利用率已经在鲤鱼（Schafer，1995；Sohafer等，1995）、鲶鱼（Jackson等，1996；Eya和Lovell，1997；Li等，1997）、大西洋鲑鱼（Storebakken等，1998）、虹鳟（Riche和Brown，1996；Vielma等，1998）和比目鱼（Masumoto等，2001）等鱼类中有研究。研究表明：微生物来源的植酸酶可提高这些鱼类对磷的利用率。目前植酸酶的应用有两种方式，一种是直接在鱼类饲料中添加，另一种是在配料前对植酸磷含量高的原料用植酸酶进行预处理，降低其植酸含量，提高磷的利用率。采用直接加酶的研究较多。Riche和Brown（1996）研究表明：在大豆蛋白基础日粮中添加1 000U/kg饲料的植酸酶，虹鳟磷利用率从25%增加到57%，提高了128%。Vielma等（1998）报道：在大豆蛋白基础日粮中添加1 500U/kg日粮微生物植酸酶提高虹鳟磷的利用率，从不加酶组磷利用率45%提高到70%。在浓缩大豆蛋白基础日粮中添加1 500U/kg日粮的植酸酶，大西洋鲑鱼磷的利用率从30%提高到49%（Storebakken等，1998）。Jackson等（1996）、Eya和Lovell等（1997）分别在大豆蛋白基础日粮和全植物基础的饲料中添加植酸酶提高鲶鱼生产性能，并显著提高磷的利用率。Rodehutsord和Preffer（1995）研究了不同水温条件下，大豆蛋白基础饲料中添加1 000U/kg饲料植酸酶对虹鳟磷利用率的影响，结果显示：在水温15℃时，磷的利用率从17%提高到49%；水温在10℃时，从6%提高到25%。表明水温对植酸酶的添加效果有影响，水温低时磷利用率提高更大，但由于低温条件下磷利用率基础水平低，因而添加植酸酶后磷利用率仍然不高。Schafer等（1995）用鲤鱼为研究对象，以豆粉、鱼粉和大麦为基础饲料，总磷含量为7.2g/kg的饲料中添加500和1 000 U/kg的植酸酶，结果表明，加酶提高增重和鱼体灰分含量，与不添加组和添加2g/kg磷酸二氢钙来源的磷组相比，磷的排泄量分别降低28%和25%。Jackson等（1996）报道：在饲料上喷涂植酸酶，提高斑点叉尾鲟鱼体增重和骨骼中磷的沉积，使磷降低33%。可见植酸酶提高磷利用率从而提高机体磷沉积。Soares（1994）在带纹白鲈鱼饲料中，添加2 400U/kg植酸酶，鱼的生长与添加1.3%的磷酸二氢钙的生长相同。异育银鲫饲料（豆粕—鱼粉型日粮）中植酸酶为500U/kg日粮，磷的利用率提高32%（聂国兴等，1998）。从这些研究结果可以看出，在鱼类饲料中添加1 000个活性单位/kg饲料的植酸酶就可以很好的提高磷利用率。

植酸酶的添加效果受饲料灰分含量和pH值的影响。Sugiura等（2001）研究表明：添加植酸酶（酶添加水平0、500、1 000、2 000、4 000U/kg饲料）提高虹鳟磷、氮、钙、铜、镁、铁、镉和锌的表现消化率，但磷的表现消化率与饲料中灰分含量密切相关，当饲料灰分低（6.7%）时，磷的表现消化率随植酸酶添加量的增加而增加，从27%（未加酶组）增加到90%（植酸酶添加量为4 000U/kg饲料），且加酶的低灰分饲料用柠檬酸处理后（pH4.22~4.24）显著提高植酸酶的效果；相反加酶的高灰分（12.3%）饲料用柠檬酸处理（pH4.61~4.65），则降低植酸酶的效果。

先用植酸酶对原料进行预处理，可有效降低植酸磷含量提高水溶性磷量，有利于鱼类对磷的吸收和利用。Sugiura等（2001）报道：用植酸酶预处理大豆（200U/kg大豆）提高磷的利用率，磷利用率可达到93%。加酶预处理的效果受酶量、温度、pH值、孵化时间等的影响。Masumoto等（2001）研究了用植酸酶对豆粕（SBM）进行预处理的参数，设计的参数为酶量（mg/100gSBM）500、50、5，pH值6.5、5.5、4.0，孵化时间（h）0、2、4，结果表明每100gSBM添加50mg植酸酶，在pH为5.5，温度37℃的条件下，孵化2h效果最好。植酸酶预处理组和直接加酶组水溶性磷分别占总磷的58.7%和31.3%。植酸酶预处理和直接添加0.335g/kg饲料植酸酶后，SBM中磷的利用率显著高于未加酶组，磷的利用率分别为95.4%、87.3%和8.9%。

从水溶性磷及磷利用率可知：植酸酶预处理方法效果比直接添加植酸酶组好。但在实际应用中，直接加酶法更方便、实用。

5 热处理降低原料中植酸含量

热压处理可以降低植物原料中植酸的含量 (Hafez等, 1989; Satoh等, 1997, 2002)。关于应用热压的方法破坏原料中植酸含量针对豆粕(SBM)研究较多。SBM中植酸含量大约为1.4%, 其中三分之二的磷是以植酸磷的形式存在 (NRC, 1993)。压榨处理和热处理将植酸降解为肌醇四磷酸或肌醇五磷酸, 提高了SBM中游离磷酸盐的含量。Satoh等 (1997) 报道: 150℃压榨处理SBM, 其植酸含量从1.4%降低到1.0%。150℃压榨处理SBM, 其植酸含量从15.2mg/g降到9.6mg/g。并且发现在鱼类生长的各阶段, 对压榨处理SBM中磷的利用率均高于未处理SBM (Satoh等, 2002)。Toma和Tabekhia (1979) 用蒸煮处理碎米, 发现此法可以大幅度降低碎米植酸的含量。Satoh等 (1998) 用热浸提法处理菜籽粕, 其植酸含量可以降低10%~30%。但也有不一致的报道, Sugiura等 (2001) 研究发现: 当运用热处理大豆饲喂虹鳟时, 其磷、氮和微量矿物元素的表现消化率并没有改善。微波处理对降低全脂大豆中植酸效果较好, 但对大豆中植酸影响很小 (Hafez等, 1989)。另外高温处理降低植酸的同时, 也带来一些负面影响, 如对热敏性氨基酸有破坏作用 (Rackis, 1974), 因此实际应用中应该引起注意。

6 日粮酸化提高磷的利用率

饵料中添加酸化剂可以提高磷的利用率。在饵料中添加甲酸 (Vielma和Lall, 1997) 及柠檬酸 (Sugiura等, 1998) 提高虹鳟对鱼粉中磷的表现消化率。其机制可能在于酸性环境中, 植酸-矿物元素复合物有较高的溶解度 (Grynspan和Cheryan, 1983)。Lyon (1984) 研究发现: 用柠檬酸可以螯合矿物元素并防止它们在中性环境中沉淀。此外由于大多微生物植酸酶在酸性环境中具有较高的活性 (Nayini和Markakis, 1986), 饵料酸化可以提高植酸酶的活性, 因此饵料中同时添加酸化剂和植酸酶具有增效作用。Sugiura等 (2001) 研究表明: 加植酸酶的低灰分 (6.2%) 饵料用柠檬酸处理后 (pH4.22~4.24) 显著提高植酸酶的效果; 但是, 在高灰分 (12.3%) 饵料, 同时添加柠檬酸和植酸酶反而降低了植酸酶的效果, 可能是由于饵料中含鱼粉, 而鱼粉钙含量高, 添加柠檬酸提高了鱼粉中钙的溶解度, 酸化后增加了植酸-钙复合物的量, 从而减弱了植酸酶的效果。

7 结语

关于鱼类磷营养研究起步较晚, 研究不够系统深入, 有必要进行以下几个方面的研究: ①确定养殖鱼类不同生长阶段磷的需要量。随着年龄的增长, 鱼对磷的需要量降低, 若仍按幼龄时需要量供给, 必然导致磷营养过剩, 磷排泄增加, 同时饲料成本也增加; ②深入研究影响磷生物学利用率的因素, 如日粮组成和加工等, 为配置高效、低污染的饵料提供依据; ③制定评定动、植物饲料原料中磷生物学利用率的标准方法。

参考文献

- 1 李爱杰, 孙鹤田, 刘汉华, 徐玮, 张家国. 配饵中钙磷含量及钙磷比对荷元鲤生长的影响. 齐鲁渔业, 1998, 15 (5): 10~12
- 2 黄耀桐, 刘永坚. 草鱼种无机盐需要量之研究. 水生生物学报, 1989, 13 (2): 134~150
- 3 石文雷, 刘梅珍, 陆茂英等. 团头鲂对几种主要无机盐需要量的研究. 水产学报, 1997, 21 (4): 458~461
- 4 汤嵘嵘, 王道尊. 异育银鲫及青鱼对饲料中钙磷需要量的研究. 上海水产大学学报, 1998, 7 (增刊): 140~147
- 5 王志忠, 孙鹤田, 刘汉华等. 草鱼种对配合饵料中钙磷的需要量及适宜钙磷比. 水产学报, 2002, 26 (2): 127~132
- 6 游文章, 黄忠志, 廖朝兴等. 草鱼对饲料中磷需要量的研究. 水产学报, 1987, 11 (4): 285~292
- 7 Andrews, J.W., Murai, T. and Campbell, C. Effects of dietary calcium and phosphorus on growth, food conversion, bone ash and hematocrit levels of catfish. J. Nutr., 1973, (103):766~771
- 8 Davis, D.A. and Arnold, C.R. Estimation of apparent phosphorus availability from inorganic phosphorus sources for *Penaeus vannamei*. Aquaculture, 1994, (127):245~254
- 9 Dougall, S.D., Curry Woods III, L., Douglas, W.L. and Soares, H.J. Dietary phosphorus requirement of juvenile striped bass *Morone saxatilis*. J. World Aquacult. Soc., 1996, (27): 82~91
- 10 Edwin, H., and David, L. Dieatry calcium and phosphorus requirements of *Oreochromis aureus* reared in calcium-free water. Aquaculture, 1987, (64):267~276
- 11 Grynspan, F. and Cheryan, M. Calcium phytate: Effect of pH and molar ratio on in vitro solubility. Journal of the American Oil Chemists Society, 1983, (60): 1 761~1 764
- 12 Hafez, Y.S., Mohammed, A.I., Perera, P.A., Singh, G. and Hussein, A.S. Effects of microwave heating and gamma irradiation on phytate and phospholipid contents of soybean (*Glycine max L.*). Journal of Food Science, 1989, (54): 958~962
- 13 Hpher, B., and Sandbank, S. The effect of phosphorus supplementation to common carp diets on fish growth. Aquaculture, 1984, (36):323~332
- 14 Jahan, P., Watanabe, T., Kiron, V. and Satoh S. Improved carp diets based on plant protein sources reduce environmental phosphorus loading. Fisheries Science, 2003, (69):219~225
- 15 Jahan, P., Watanabe, T., Satoh, S. and Kiron, V. Effect of dietary fish meal levels on environmental phosphorus loading from carp culture. Fisheries science, 2000, (66):204~210
- 16 Ketola, H.G. Requirement of Atlantic salmon for dietary phosphorus. Trans. Am. Fish Soc., 1975, (3):548~551
- 17 Lovell, T. Dietary phosphorus requirement of channel catfish (*Ictalurus punctatus*). Trans. Am. Fish Soc., 1978, (107): 617~621
- 18 Lyon, D.B. Studies on the solubility of Ca, Mg, Zn, and Cu in cereal products. American Journal of Clinical Nutrition, 1984, (39):190~195
- 19 Masumoto, T., Tamura, B. and Shimeno, S. Effects of phytase on bioavailability of phosphorus in soybean meal-based diets for Japanese flounder *Paralichthys olivaceus*. Fisheries Science, 2001, (67):1 075~1 080
- 20 Nakamura, Y. Effects of dietary phosphorus and calcium contents on the absorption of phosphorus in the digestive tract of carp. Bull. Jap. J. Sci. Fish., 1982, (51):605~608
- 21 Nakamura, Y. Effects of dietary phosphorus and calcium contents on the absorption of phosphorus in the digestive tract of carp. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 1982, (48): 409~413
- 22 Nayini, N.R. and Markakis, P. Phytases. In: Phytic Acid: Chemistry and Applications (ed. by E. Graf), Pilatus Press, Minneapolis, MN, U.S.A., 1986, 101~118
- 23 Nakamura, Y., and Yamada, J. Effect of dietary calcium levels, Ca/P ratios and calcium components on the calcium absorption rate in carp. Bull. Fac. Fish Hokkaido Univ., 1980, 31(40):277~282
- 24 NRC Nutrient Requirements of Fish. National Academy Press, Washington, DC., 1993
- 25 Ogino, C. and Takeda, H. Requirements of rainbow trout for dietary calcium and phosphorus. Bull. Jap. Soc. Sci. Fisheries, 1978, (44): 1 019~1 012
- 26 Ogino C, Takeuchi L, Takeda, H. and Watanabe T. Availability of dietary phosphorus in carp and rainbow trout. Nippon Suisan Gakkaishi, 1979, (45): 1 527~1 532
- 27 Ogino, C. and Takeda, H. Mineral requirements in fish 3. Calcium and phosphorus requirements in carp. Bull. Jpn. J. Sci. Fish., 1976, 45(12): 1 527~1 532
- 28 Onishi, T., Suzuld, M. and Takeuchi, M. Change in carp hepatopancreatic enzyme activities with dietary phosphorus levels. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 1981, 7(3): 353~357

- 29 Rackis, J.J. Biological and physiological factors in soybeans. *Journal of the American Oil Chemists Society*, 1974, (51):161~174
- 30 Riche, M., Brown P.B. Availability of phosphorus from feedstuffs fed to rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Aquaculture*, 1996, (142): 269~282
- 31 Riche, M. and Brown, P.B. Availability of phosphorus from feedstuffs fed to rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Aquaculture*, 1996, 142 (3~4):269~282
- 32 Riche. M. and Brown P.B. Incorporation of plant protein feedstuffs into fish meal diets for rainbow trout increases phosphorus availability. *Aquaculture nutrition*, 1999, (5):101~105
- 33 Robinson, E.H., LaBomascus, D., Brown P.B. and Linton, T.L. Dietary calcium and phosphorus requirements of *Oreochromis aureus* reared in calcium-free water. *Aquaculture*, 1987, (64):267~276
- 34 Rodeshutsord, M. Response of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) growing from 50 to 200 g to supplements of dibasic sodium phosphate in a semipurified diet. *J. Nutr.*, 1996, (126):324~331
- 35 Sales, J., Britz, P.J. and Viljon, J. Dietary phosphorus leaching and apparent phosphorus digestibility from different inorganic phosphorus sources for South African abalone (*Haliotis midae* L.). *Aquaculture Nutrition*, 2003, (9):169~174
- 36 Sanchez, C. C., Palacios, C. A. M., Perez, G.M. and Ross, L.G. Phosphorus and calcium requirements in the diet of the American cichlid *Cichlasoma urophthalmus* (Gunther). *Aquaculture Nutrition*, 2000, (6):1~9
- 37 Satoh, S., Higgs, D.A., Dosanjh, B.S., Hardy, R.W., Eales, J.G. and Deacon, G. Effect of extrusion processing on the nutritive value of canola meal for chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) in seawater. *Aquaculture Nutrition*, 1998, (4): 115~122
- 38 Satoh, S., Porn-Ngam, N., Akimoto, A., Takeuchi, T., Watanabe, T. Effect of substitution of white fish meal with extruded soybean meal in diets on zinc and manganese availability to rainbow trout. *Suisanzoshoku*, 1997, (45): 275~284
- 39 Satoh, S., Takanezawa, M., Akimoto, A., Kiron, V. and Watanabe, T. Changes of phosphorus absorption from several feed ingredients in rainbow trout during growing stages and effect of extrusion of soybean meal. *Fisheries Science*, 2002, (68):325~331
- 40 Satoh, S., Viyakarn, V., Yamazaki, Y., Takeuchi, T. and Watanabe, T. A simple method for determination of available phosphorus content in fish diet. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 1992, 58(11):2095~2100
- 41 Schfer A, Koppe W.M., Meyer-Burgdoff K.H., Gunther K.D. Effects of microbial phytase on utilization of native phosphorus by carp in a diet based on soybean meal. *Water Sci. Technol.*, 1995, (31): 149~155
- 42 Soares, J.H. Effect of phytase on phosphorus utilization. *Proc. of Maryland Nutrition Conf*, 1994, 76
- 43 Sugiura, S.H., Dong, F.M., Rathbone, C.K. and Hardy, R.W. Apparent protein digestibility and mineral availabilities in various feed ingredients for salmonid feeds. *Aquaculture*, 1998, (159):177~202
- 44 Sugiura, S.H., Gabaudan, J. Dong, F.M. and Hardy, R.W. Dietary microbial phytase supplementation and the utilization of phosphorus, trace minerals and protein by rainbow trout [*Oncorhynchus mykiss* (Walbaum)] fed soybean meal-based diets. *Aquaculture Research*, 2001, (32):583~592
- 45 Takeuchi M., and Nakazoe, J. Effect of dietary phosphorus on lipid content and its composition in carp. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fisheries*, 1981, (47):347~352
- 46 Toma, R.B. and Tabekhia, M.M. Changes in mineral elements and phytic acid contents during cooking of three California rice varieties. *Journal of Food Science*, 1979, (44):629~632
- 47 Vielma, J. and Lall, S.P. Dietary formic acid enhances apparent digestibility of minerals in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum). *Aquacult. Nutr.*, 1997, (3):265~268
- 48 Watanabe, T., Murakami, A., Takeuchi, L., Nose, T. and Ogino, C. Requirement of chum salmon held in freshwater for dietary phosphorus. *Bull. Jap. J. Sci. Fish.*, 1980, (46):361~367
- 49 Wilson, R.P., Robinson, E.H., Gatlin III, D.M., and Poe, W.E. Dietary phosphorus requirement of channel catfish. *J. Nutrition*, 1982, (112):923~929
- 50 Yone Y, Toshima N. The utilization of phosphorus in fish meal by carp and black sea bream *Nippon Suisan Gakkaishi*, 1979, (45): 753~756

...评论...

发表
评论

*40字以内

提交

重置

