

苏氏圆腹鲢对 6 种常用饲料原料的表观消化率

刘修英^{1,2} 王岩³ 王建华⁴

(1. 上海海洋大学生命科学与水产学院, 上海 200090; 2. 华北水利水电学院职业学院, 郑州 450045;
3. 浙江大学动物科学学院, 杭州 310029; 4. 郑州市水产研究所, 郑州 450007)

APPARENT DIGESTIBILITY COEFFICIENTS OF SIX SELECTED FEED INGREDIENTS FOR SUTCHICATFISH (PANGASIUS SUTCHI) REARED IN NET PENS

LIU Xiu-Ying^{1,2}, WANG Yan³ and WANG Jian-Hua⁴

(1. College of Life Science and Aquaculture, Shanghai Ocean University, Shanghai 200090; 2. Vocational Education College,
North China University of Water Conservancy and Electric Power, Zhengzhou 450045; 3. College of Animal Sciences, Zhejiang University,
Hangzhou 310029, 4. Zhengzhou Fisheries Institute, Zhengzhou 450007)

关键词: 苏氏圆腹鲢; 表观消化率; 饲料原料

Key words: Suchi catfish; Apparent digestibility coefficient; Feed ingredients

中图分类号: S963 文献标识码: A 文章编号: 1000-3207 (2009) 04-0778-04

鱼类只能利用饲料中可消化吸收的营养成分, 使用易消化的原料配方可提高鱼类对配合饲料的利用效率。确定养殖鱼类对不同饲料原料的表观消化率 (ADC) 是评价饲料原料营养价值和合理配方的基础。迄今在鱼类 ADC 的研究方法^[1-4]以及不同鱼类种类对不同来源的饲料原料的 ADC^[5]方面积累了较丰富的资料。

苏氏圆腹鲢 (*Pangasius sutchi*) 隶属于鲶形目、鲶科, 俗名淡水鲨鱼, 是东南亚主要养殖的经济鱼类之一, 具有生长快、杂食性、耐低氧、抗病力强、鱼体易加工、肉质好等优点^[6]。我国 1978 年引进苏氏圆腹鲢养殖, 2005 年将其作为推广养殖的鱼类。有关苏氏圆腹鲢营养和饲料方面的研究尚不多见^[7,8], 涉及苏氏圆腹鲢对不同来源饲料原料 ADC 的工作还未见报道。鱼粉、豆粕、菜粕和棉粕是鱼类饲料中常用的蛋白原料, 次粉和米糠是常用的能量原料。本文报道了苏氏圆腹鲢对鱼粉、豆粕、菜粕、棉粕、米糠和次粉的 ADC, 目的是为开发苏氏圆腹鲢高营养、低污染、廉价配合饲料提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 实验饲料 根据苏氏圆腹鲢的饲料蛋白质需求^[7]配制基础饲料, 按基础饲料: 待测原料 = 70:30 的比例^[11]分别配制 6 种实验饲料。所用饲料原料购自郑州金元饲料公司, 其中鱼粉为秘鲁红鱼粉, 豆粕、菜粕、棉粕、次粉和米糠为国产原料。

基础饲料和实验饲料中均加入 1% $C_{12}O_3$ 作为标记物^[9]。有关饲料原料的营养组成 (表 1), 基础饲料配方和营养组成 (表 2)。

饲料原料经粉碎、过 40 目筛后按配方配合。先用绞肉机挤压出直径 3mm 线状饲料, 然后进一步破碎成长度为 3—4mm 的颗粒。饲料风干后密封在塑料袋中, 使用前贮存在冰箱 (4℃) 中。

1.2 实验鱼和消化率实验 实验在河南省郑州市水产研究所观赏鱼养殖厂进行。在 1 个流水水泥池 (7 m × 2.3 m × 2 m) 内沿长轴方向每侧悬挂 6 个实验网箱 (70 cm × 60 cm × 80 cm), 共计 12 个网箱。网箱间距大于 25 cm, 网箱内水深约 50 cm。所用苏氏圆腹鲢体重为 (105.0 ± 2.3) g, 养殖密度为 10 尾/网箱。水泥池水源为河南省新郑市电厂的废热水, 池内流速为 96 L/min。实验前将鱼在网箱中暂养 2 周, 暂养期间投喂鲤鱼商品饲料。

实验分两个阶段: 第一个阶段测定基础饲料、豆粕、次粉和鱼粉 ADC, 第二阶段测定棉粕、菜粕和米糠 ADC。每个阶段时间为 4 周。第一个阶段结束后用基础饲料饲养一周后进行第二个阶段的实验。每种饲料设 3 个网箱重复。实验期间每天投喂 3 次 (8:00, 14:00 和 18:00) 并测量水温。每周测量溶氧和 pH。实验期间水温、溶氧和 pH 分别为 26—34℃、5.2—6.8 mg/L 和 8.2—8.7。

收稿日期: 2008-10-08; 修订日期: 2008-12-06

基金项目: 浙江省科技计划项目 (2008C22055) 资助

作者简介: 刘修英 (1964—), 女, 河南郑州人; 博士研究生; 专业方向为鱼类营养与饲料。E-mail: lxy731@hotmail.com

通讯作者: 王岩, Tel/Fax: 0571-86971891; E-mail: ywang@zju.edu.cn

表 1 实验饲料原料的营养组成 (%)和能量含量 (mJ/kg)

Tab. 1 Proximate composition (%) and energy content (mJ/kg) of the tested ingredients

原料 Ingredients	干物质 Dry matter	粗蛋白 Crude protein	粗脂肪 Crude lipid	灰分 Ash	总能 Gross energy
鱼粉 Fish meal (Peruvian)	91.1	69.3	10.4	17.3	20.7
豆粕 Soybean meal	91.1	48.7	3.5	6.3	19.6
菜粕 Rapeseed meal	91.0	39.5	2.7	12.6	18.5
棉粕 Cottonseed meal	92.1	40.1	0.7	6.4	18.8
次粉 Wheat middling	88.5	17.9	3.1	5.1	18.9
米糠 Rice bran	90.4	15.2	20.2	9.3	20.7

注:粗蛋白、粗脂肪、灰分和总能表示为单位干物质含量

Note: Crude protein, crude lipid, ash and gross energy are expressed on dry matter basis

表 2 基础饲料配方 (%)、营养组成 (%)和能量 (mJ/kg)含量

Tab. 2 Formulation (%), proximate composition (%) and energy content (mJ/kg) of the basal diet

原料 Ingredient	能量 Energy content (mJ/kg)
鱼粉 Fish meal	30.0
豆粕 Soybean meal	29.2
次粉 Wheat middling	13.0
米糠 Rice bran	8.0
玉米淀粉 Corn starch	10.7
羧甲基纤维素 Carboxymethylcellulose	1.0
NaCl	0.2
磷酸二氢钙 CaH ₂ PO ₄	1.5
维生素预混料 ¹ Vitamin premix	1.0
矿物质预混料 ² Mineral premix	1.0
鱼油 Fish oil	3.4
Cr ₂ O ₃	1.0
干物质 Dry matter	90.7
粗蛋白 ³ Crude protein	38.7
粗脂肪 ³ Crude lipid	9.7
灰分 ³ Ash	12.2
总能 ³ Gross energy	19.8

注: ¹维生素预混料配方 (mg / kg饲料): 维生素 A, 5000 IU; 维生素 D₃, 2000 IU; 维生素 E, 50 IU; 维生素 K, 10; 氯化胆碱, 1000; 维生素 B₁, 10; 核黄素, 60; 烟酸, 150; 维生素 B₆, 50; 维生素 B₃ (D-泛酸钙), 200; 生物素, 1.4; 叶酸, 10; 维生素 B₁₂, 0.2; 维生素 C, 300; 肌醇, 400; ²矿物质预混料配方 (g / kg 预混料): NaCl, 28; MgSO₄ · 7H₂O, 155; 柠檬酸铁, 36.4; ZnSO₄ · 7H₂O, 22.42; CuSO₄ · 3.2; MnSO₄ · H₂O, 2.4; KI, 0.8; CoCl₂ · 6H₂O, 0.2; NaSeO₃, 0.1; 纤维素, 751.9; ³粗蛋白、粗脂肪、灰分和总能表示为单位干物质含量

Notes: ¹Vitamin in mixture provided (mg / kg diet): vitamin A, 5000 IU; vitamin D₃, 2000 IU; vitamin E, 50 IU; vitamin K, 10; choline, 1000; thiamin, 10; riboflavin, 60; niacin, 150; pyridoxine, 50; D-calcium pantothenate, 200; biotin, 1.4; foliacin, 10; vitamin B₁₂, 0.2; ascorbic acid, 300; inositol, 400; ²Mineral premix contained (g / kg premix): NaCl, 28; MgSO₄ · 7H₂O, 155; ferric citrate, 36.4; ZnSO₄ · 7H₂O, 22.42; CuSO₄ · 3.2; MnSO₄ · H₂O, 2.4; KI, 0.8; CoCl₂ · 6H₂O, 0.2; NaSeO₃, 0.1; cellulose, 751.9; ³Crude protein, crude lipid, ash and gross energy are expressed on dry matter basis

每一个阶段实验的前 4 天连续投喂实验饲料,第 5 天开始,第 1 次 (8:00)投喂后约过 5h 将各网箱内的鱼捕出,用 MS-222 (3 mg / L)麻醉,用湿毛巾擦干鱼腹部,从腹鳍处开始轻轻向肛门挤压鱼腹部两侧挤出粪便^[3]。挤过粪的鱼放回网箱中继续饲养。此后隔 1 天收粪 1 次,直至收集的粪量足够分析为止。从同一网箱收集的鱼粪集中在一个铝针盒中,经 80 ℃ 烘干后保存在 -20 ℃ 冰箱内。

1.3 样品分析 饲料原料、饲料和鱼粪样品经粉碎后过 40 目筛。分析样品中水分、粗蛋白 (Foss 2300 凯氏定氮仪,瑞典)、粗脂肪 (新嘉 SZF-06A 索氏抽提仪,中国)、灰分 (在 550 ℃ 灰化 6h)和总能 (Parr 1281 氧弹仪,美国)含量。根据 Furukawa 和 Tsukahara 的方法^[10]测定饲料和鱼粪中的 Cr 含量。

1.4 数据计算和统计分析 饲料 ADC (干物质:ADC_D;蛋白质或能量:ADC_N)按下列公式^[11]计算:

$$ADC_D (\%) = 100 - 100 \times (C_D / C_F)$$

$$ADC_N (\%) = 100 - 100 \times (C_D / C_F) \times (N_F / N_D)$$

其中, C_F和 C_D分别为粪便和饲料的 Cr 含量 (%), N_D为饲料蛋白质 (%)或能量含量 (mJ/kg), N_F为粪便蛋白质 (%)或能量含量 (mJ/kg)。

饲料原料 ADC (干物质、蛋白质或能量:ADC_I)按下列公式^[11]计算:

$$ADC_I (\%) = ADC_T + 0.7 \times N_R / (0.3 \times N_I) \times (ADC_T - ADC_R)$$

其中, ADC_T为实验饲料干物质、蛋白质或能量 ADC (%), ADC_R为基础饲料干物质、蛋白质或能量 ADC (%), N_R为基础饲料干物质 (%), 蛋白质 (%)或能量含量 (mJ/kg), N_I为原料干物质 (%), 蛋白质 (%)或能量含量 (mJ/kg)。

采用单因素方差分析检验不同饲料原料 ADC 的差异,如差异显著则进一步用 Duncan 方法比较原料之间的差异,取 p < 0.05 为差异显著性水平。

2 结 果

从表 3 可见,苏氏圆腹鲈对基础饲料和实验饲料干物质、蛋白质和能量 ADC 分别为 56%—69%、76%—85%和 65%—79%。苏氏圆腹鲈对基础饲料干物质 ADC 高于棉粕饲料 (p < 0.05), 低于鱼粉饲料 (p < 0.05), 与豆粕、菜粕、次粉和米糠饲料无显著差异 (p > 0.05); 对基础饲料蛋白质

ADC 低于鱼粉和豆粕饲料 ($p < 0.05$), 高于棉粕、次粉饲料, 与米糠、菜粕饲料无显著差异 ($p > 0.05$); 对基础饲料能量 ADC 低于鱼粉饲料 ($p < 0.05$), 高于棉粕、菜粕、次粉饲料, 与豆粕、米糠饲料能量 ADC 无显著差异 ($p > 0.05$)。

表 3 苏氏圆腹鲶对基础饲料和实验饲料干物质、蛋白质和能量消化率 (平均值 ± 标准误)

Tab. 3 Apparent digestibility coefficients (%) of dry matter, protein and energy of the basal and test diets for sutchi catfish (Mean ± S. E.)

饲料	干物质	蛋白质	能量
Diet	Dry matter	Protein	Energy
基础饲料			
Reference diet	61.9 ± 2.1 ^{bc}	79.9 ± 1.0 ^b	72.9 ± 1.1 ^b
鱼粉饲料			
Fish meal diet	69.1 ± 0.1 ^a	84.4 ± 0.2 ^a	78.8 ± 0.0 ^a
豆粕饲料			
Soybean meal diet	61.7 ± 0.7 ^{bc}	83.9 ± 0.4 ^a	72.0 ± 0.4 ^b
棉粕饲料			
Cottonseed meal diet	56.4 ± 1.7 ^d	79.9 ± 0.9 ^c	65.5 ± 0.7 ^d
菜粕饲料			
Rapeseed meal diet	58.5 ± 1.5 ^{cd}	80.7 ± 0.8 ^b	68.6 ± 0.7 ^c
次粉饲料			
Wheat middling diet	61.0 ± 0.9 ^{bc}	76.7 ± 0.9 ^c	69.4 ± 0.7 ^c
米糠饲料			
Rice bran diet	64.7 ± 0.5 ^b	80.6 ± 0.7 ^b	73.5 ± 0.3 ^b

注: 同一栏中数据右上标字母不同者表示差异显著 ($p < 0.05$)
Note: Data in same column with different superscripts are significant in difference ($p < 0.05$)

表 4 苏氏圆腹鲶对不同饲料原料干物质、蛋白质和能量消化率 (平均值 ± 标准误)

Tab. 4 Apparent digestibility coefficients (%) of dry matter, protein and energy of the tested ingredients for sutchi catfish (Mean ± S. E.)

原料	干物质	蛋白质	能量
Ingredients	Dry matter	Protein	Energy
鱼粉			
Fish meal	85.8 ± 0.3 ^a	92.9 ± 0.5 ^a	92.2 ± 0.1 ^a
豆粕			
Soybean meal	59.1 ± 4.3 ^b	91.5 ± 1.3 ^a	70.1 ± 1.4 ^b
棉粕			
Cottonseed meal	43.6 ± 5.7 ^c	80.0 ± 2.9 ^b	47.0 ± 2.6 ^d
菜粕			
Rapeseed meal	50.6 ± 5.0 ^{bc}	82.4 ± 2.7 ^b	57.9 ± 2.6 ^c
次粉			
Wheat middlings	59.0 ± 3.1 ^b	68.1 ± 3.2 ^c	60.8 ± 2.4 ^c
米糠			
Rice bran	71.3 ± 1.6 ^a	82.5 ± 2.5 ^b	74.8 ± 1.0 ^b

注: 同一栏中数据右上标字母不同者表示差异显著 ($p < 0.05$)
Note: Data in same column with different superscripts are significant in difference ($p < 0.05$)

从表 4 可见, 苏氏圆腹鲶对 6 种饲料原料干物质 ADC 为 43%—86%, 蛋白质 ADC 为 68%—93%, 能量 ADC 为 47%—92%。苏氏圆腹鲶对鱼粉干物质 ADC 最高, 对棉粕干物质 ADC 最低 ($p < 0.05$), 对米糠干物质 ADC 明显高于豆粕、菜粕、棉粕和次粉 ($p < 0.05$), 对鱼粉和豆粕蛋白质 ADC 明显高于棉粕、菜粕、米糠和次粉 ($p < 0.05$), 对次粉蛋白质 ADC 最低。对鱼粉能量 ADC 最高, 对棉粕能量 ADC 最低 ($p < 0.05$), 对豆粕和米糠能量 ADC 明显高于棉粕、菜粕和次粉 ($p < 0.05$)。苏氏圆腹鲶对 6 种饲料原料的能量 ADC 与干物质 ADC 存在显著正相关 ($r^2 = 0.941$, $n = 18$, $p < 0.001$)。

3 讨论

鱼类种类、个体大小、生理状态、养殖水环境、饲料营养组成、加工和投喂方法等均可影响饲料 ADC 测定结果。不同实验方法 (如收粪方法和标记物) 也会影响 ADC 测定结果^[2—4]。本实验中所用标记物 (C_2O_3) 和收粪方法 (挤粪法) 已被证明是研究鱼类 ADC 可靠的方法^[3—4]。因此, 本实验结果较准确地反映了网箱养殖条件下苏氏圆腹鲶对不同饲料和饲料原料的 ADC。

鱼类对饲料蛋白质 ADC 的高低在一定程度上反映了饲料蛋白质的可利用程度。本实验中, 苏氏圆腹鲶对鱼粉和豆粕蛋白质 ADC 均超过 90%, 对棉粕、菜粕和米糠蛋白质 ADC 超过 80%。有关鱼类对不同饲料原料蛋白质消化、吸收能力差异的原因尚不很清楚。苏氏圆腹鲶对豆粕蛋白质 ADC 高于棉粕和菜粕, 除了上述原料蛋白质组成不同外, 棉粕和菜粕中粗纤维含量较高可能是其蛋白质 ADC 较低的重要原因。饲喂鱼类纤维素含量高的饲料可降低蛋白酶活性^[12]和缩短食糜通过消化道时间, 导致蛋白质消化率下降。此外, 菜粕中的单宁^[13]以及棉粕中的棉酚^[14]均可导致蛋白质 ADC 下降。相比之下, 苏氏圆腹鲶对鱼粉蛋白质 ADC 略高于斑点叉尾鲶 (87%)^[5], 与尼罗罗非鱼 (91%)^[15]接近; 对豆粕蛋白质 ADC 略低于尼罗罗非鱼 (87%—91%)^[15,16]; 对棉粕蛋白质 ADC 与虹鳟 (82%)^[17]接近; 对菜粕蛋白质 ADC 低于团头鲂 (93%)^[18], 与大鳞大马哈鱼 (84%)^[2]接近; 对米糠蛋白质 ADC 与团头鲂 (81%)^[18]接近; 对次粉蛋白质 ADC 稍低于罗非鱼 (75%)^[16]。

鱼类对饲料能量 ADC 高低反映了饲料中蛋白质、脂肪和碳水化合物总体可利用程度。本实验结果表明苏氏圆腹鲶对鱼粉能量 ADC 明显高于豆粕、棉粕、菜粕、米糠和次粉。肉食性鱼类对植物性原料能量和干物质消化率通常低于对动物性原料的消化率^[9]。植物性原料含有一些鱼类难以消化的碳水化合物, 如寡糖和非淀粉多糖 (NSPs)^[13]。苏氏圆腹鲶对豆粕能量 ADC 明显高于菜粕和棉粕, 与菜粕和棉粕中粗纤维 (NSPs 的主要组成部分) 含量较高有关^[5]。本实验所用米糠脂肪含量较高, 可能是其能量 ADC 较高的原因。苏氏圆腹鲶饲料中常含 60%—80% 的米糠^[7]。相比之下, 苏氏圆腹鲶对鱼粉能量 ADC 与斑点叉尾鲶 (92%)^[5]、尼罗罗非鱼 (92%)^[15]和团头鲂 (93%)^[18]接近; 对豆粕能量 ADC

与虹鳟类似 (70%)^[5], 低于尼罗罗非鱼 (84%)^[16]; 对米糠能量 ADC 高于团头鲂 (54%)^[18]; 对菜粕能量 ADC 低于团头鲂 (69%)^[18]; 对次粉能量 ADC 与尼罗罗非鱼接近 (58%)^[16]; 对棉粕能量 ADC 低于斑点叉尾鲴 (71%)^[5] 和团头鲂 (66%)^[18]。

本实验结果表明: 鱼粉是配制苏氏圆腹鲶饲料的适宜蛋白原料。豆粕蛋白质和能量 ADC 高于菜粕和棉粕, 适合作为苏氏圆腹鲶饲料中的蛋白原料。菜粕和棉粕的蛋白质 ADC 较高, 但能量 ADC 较低, 使用时应配合添加可消化能含量较高的原料 (如油脂) 以弥补能量的不足。米糠蛋白质和能量 ADC 均较高, 但蛋白质含量较低, 适合作为苏氏圆腹鲶饲料中的能量原料。次粉蛋白质和能量 ADC 较平衡, 但其蛋白质和能量含量均较低, 可作为配料在苏氏圆腹鲶饲料中使用。

参考文献:

- [1] Cho C Y, Slinger S J. Apparent digestibility measurement in feedstuffs for rainbow trout [A]. In: Halver J E, Tiew K (Eds), *Finfish Nutrition and Fish feed Technology*, Vol II [C]. Berlin: Heenemann 1979, 239—247
- [2] Hajen W E, Beames R M, Higgs D A, *et al* Digestibility of various feedstuffs by post-juvenile chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) in sea water 1. Validation of technique [J]. *Aquaculture*, 1993, **112**: 321—332
- [3] Percival S B, Lee P S, Carter C G. Validation of a technique for determining apparent digestibility in large up to 5 kg Atlantic salmon [J]. *Aquaculture*, 2001, **201**: 315—327
- [4] Vandenberg G W, De La Noue J. Apparent digestibility comparison in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) assessed using three methods of faeces collection and three digestibility markers [J]. *Aquacult Nutr*, 2001, **7**: 237—245
- [5] National Research Council. Nutrition requirement of fish [M]. Washington: National Academy Press 1993
- [6] Huang Y H, Huang J D, Cai B Q, *et al* High-yield technique on culture of sutchi catfish (*Pangasius sutchi*) [J]. *Freshwater Fisheries*, 2000, **30** (5): 9—10 [黄延河, 黄建丁, 蔡葆青, 等. 苏氏圆腹鲶高产养殖技术. 淡水渔业, 2000, **30** (5): 9—10]
- [7] Hung L T, Suhenda N, Slenbrouck J, *et al* Comparison of dietary protein and energy utilization in three Asian catfishes (*Pangasius bocourti*, *P. hypophthalmus* and *P. djambal*) [J]. *Aquacult Nutr*, 2004, **10**: 317—326
- [8] Hung L T, Lazard J, Mariojous C, *et al* Comparison of starch utilization in fingerlings of two Asian catfishes from the Mekong river (*Pangasius bocourti* Sauvage, 1880, *Pangasius hypophthalmus* Sauvage, 1878) [J]. *Aquacult Nutr*, 2003, **9**: 215—222
- [9] McGoogan B B, Reigh R C. Apparent digestibility of selected ingredients in red drum (*Sciaenops ocellatus*) diets [J]. *Aquaculture*, 1996, **141**: 233—244
- [10] Furukawa A, Tsukahara H. On the acid digestion for the determination of chromic oxide as an index substance in the study of digestibility of fish feed [J]. *Bull Jpn Soc Sci Fish*, 1966, **32**: 502—506
- [11] Halver H E, Hardy R W. *Fish Nutrition* (3rd edition) [M]. San Diego: Academic Press 2002, 14
- [12] Falge R, Schpanof L, Jurss K, *et al* Amylase, esterase and protease activity in the intestine content of rainbow *Salmo gairdneri* Rich, after feeding with feed containing different amounts of starch and protein [J]. *J Ichthyol*, 1978, **18**: 283—287
- [13] Francis G, Makkar H P S, Becker K. Antinutritional factors present in plant-derived alternate fish feed ingredients and their effects in fish [J]. *Aquaculture*, 2001, **199**: 197—227
- [14] Wilson R P, Robinson E H, Poe W E. Apparent and true availability of amino acids from common feed ingredients for channel catfish [J]. *J Nutr*, 1981, **111**: 923—929
- [15] Köprütürk, Özdemir Y. Apparent digestibility of selected feed ingredients for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) [J]. *Aquaculture*, 2005, **250**: 308—316
- [16] Hanley E. The digestibility of foodstuffs and the effects of feeding selectivity on digestibility determinations in tilapia, *Oreochromis niloticus* L. [J]. *Aquaculture*, 1987, **66**: 163—179
- [17] Cheng Z J, Hardy R W. Apparent digestibility coefficients and nutritional value of cottonseed meal for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) [J]. *Aquaculture*, 2002, **212**: 361—372
- [18] Zhou Z, Ren Z, Zeng H, *et al* Apparent digestibility of various feedstuffs for bluntnose black bream *Megalobrama amblycephala* Yih [J]. *Aquacult Nutr*, 2008, **14**: 153—165