

文章编号: 1674-5566(2017)03-0376-07

DOI:10.12024/jsou.20160801848

国产鱼粉饲料中添加卵黄抗体、丁酸钠和枯草芽孢杆菌对中华鳖生长和摄食偏好的影响

王 刚¹, 朱站英², 华雪铭¹, 于 宁², 王云龙², 王 坛¹, 孔 纯¹

(1. 上海海洋大学 农业部淡水水产种质资源重点实验室, 上海 201306; 2. 杭州海皇科技股份有限公司, 浙江 杭州 311100)

摘 要: 为探究国产鱼粉配合添加剂完全替代进口鱼粉对中华鳖 (*Trionyx sinensis*) 生长和摄食偏好的影响, 本次实验共设 6 组软颗粒饲料, 分别为进口鱼粉组 (67%, IFM), 34% 国产鱼粉 + 32% 进口鱼粉组 (DFM + IFM), 67% 国产鱼粉组 (DFM), 67% 国产鱼粉组基础上分别添加 0.2% 卵黄抗体组 (DFM-Y)、0.05% 丁酸钠 (DFM-S) 组和 0.05% 枯草芽孢杆菌组 (*Bacillus subtilis*, DFM-B), 饲养中华鳖稚鳖 60 d, 并分别于第 15、30 和 60 天计算相对增重率和成活率。同时, 在 6 种软颗粒料中分别添加 100 mg/kg 的 La₂O₃、Dy₂O₃、Sm₂O₃、Nd₂O₃、Yb₂O₃ 和 Y₂O₃ 等稀土元素, 等量混合投喂后, 结合饲料和粪便中的稀土元素含量, 考察中华鳖稚鳖对不同饲料的摄食偏好。结果表明, 国产鱼粉替代进口鱼粉不影响中华鳖的成活率; 饲料中添加枯草芽孢杆菌较 DFM 组可全程显著提高中华鳖生长, 在 30 d 时较进口鱼粉无显著性差异, 卵黄抗体和丁酸钠在前 15 d 的促生长效果明显; 与国产鱼粉和进口鱼粉相比, 二者混合后更易提高稚鳖食欲, 在全国产鱼粉饲料中添加卵黄抗体、丁酸钠和枯草芽孢杆菌均不会对稚鳖产生促摄食作用; 稚鳖对饲料的初始摄食偏好与生长无对应关系, 说明摄食不是影响生长的决定因素。

关键词: 中华鳖; 鱼粉; 卵黄抗体; 丁酸钠; 枯草芽孢杆菌; 生长; 摄食偏好

中图分类号: S 963.1 **文献标志码:** A

中华鳖 (*Trionyx sinensis*), 俗称甲鱼、团鱼等, 属爬行纲 (Reptilia)、龟鳖目 (Chelonia)、鳖科 (Trionychidae)、鳖属 (*Amydasincensis*)。野生中华鳖在中国、日本、越南北部、韩国、俄罗斯东部均可见, 但在中国分布最为广泛 (除宁夏和青海), 是我国的名贵水产品之一, 由于其味道鲜美, 营养价值高, 且对人体具有一定的药用价值, 因而成为人们喜爱的上等滋补佳品。

中华鳖作为一种杂食偏肉食性养殖品种, 喜食高鱼粉含量的饲料, 并且优先摄食高品质鱼粉饲料^[1]。进口鱼粉是中华鳖人工配合饲料的主要蛋白质原料。近年来随着海洋渔业资源的衰退, 世界鱼粉生产大国逐年减产^[2], 导致我国进口鱼粉价格年年飙升, 严重制约着中华鳖饲料行业的发展。因此, 开展进口鱼粉可替代蛋白质原

料的研究势在必行。

近年来, 随着我国鱼粉生产工艺的不断优化改进, 国产鱼粉与进口鱼粉品质差距不断缩小, 除粗蛋白外, 其他常规营养成分均无显著性差异^[3], 且国产鱼粉价格较为低廉。所以国产鱼粉成为替代进口鱼粉的首选动物蛋白源。但相比较而言, 国产鱼粉在原料的新鲜度、酸价、有害物质 (例如生物胺) 等方面与进口鱼粉还有一定的差距, 并因此对动物的消化免疫器官造成一定的危害。研究表明, 虹鳟 (*Oncorhynchus mykiss*) 胃壁随组胺含量升高而变薄, 造成胃腺细胞核固缩和坏死^[4]。国产鱼粉脂肪氧化程度高于进口鱼粉, 脂肪氧化产物丙二醛 (MDA) 因损伤草鱼 (*Ctenopharyngodon idellus*) 肠道绒毛和微绒毛而降低其消化吸收能力; 肠道通透性也因肠道上皮

收稿日期: 2016-08-24 修回日期: 2017-03-13

基金项目: 浙江省杭州市重大科技创新专项 (20142014A45); 水产动物遗传育种中心上海市协同创新中心 (ZF1206)

作者简介: 王 刚 (1993—), 男, 硕士研究生, 研究方向为动物营养与饲料科学。E-mail: 1024647612@qq.com

通信作者: 华雪铭, E-mail: xmhua@shou.edu.cn

细胞中跨膜蛋白分布异常而增加^[5]。与此同时,具有调节动物机体消化免疫机能的添加剂不断涌现,如卵黄抗体^[6]、丁酸钠^[7]和枯草芽孢杆菌^[8]等具有肠道修复功能的添加剂已逐步受到业界的重视,这也使得增加国产鱼粉在饲料中的使用量成为可能。因此,本实验在国产鱼粉饲料中添加益生菌、卵黄抗体和丁酸钠等3种功能性添加剂,旨在修复和保护中华鳖的肠道,降低全国产鱼粉饲料可能带来的损害,结合摄食偏好,最大程度地确保饲用全国产鱼粉饲料的中华鳖健康生长。

1 材料与方 法

1.1 养殖实验

1.1.1 实验设计

本实验共设6组,分别为进口鱼粉组(67%, IFM),34%国产鱼粉+32%进口鱼粉组(DFM+

IFM)、67%国产鱼粉组(DFM)、67%国产鱼粉组基础上分别添加0.2%卵黄抗体组(DFM-Y)、0.05%丁酸钠(DFM-S)组和0.05%枯草芽孢杆菌组(*Bacillus subtilis*,DFM-B),在比较全进口鱼粉、进口鱼粉与国产鱼粉混合、全国产鱼粉使用效果差异的基础上,探讨添加剂对全国产鱼粉的改善效果。进口鱼粉和国产鱼粉的性能差异见表1,饲料配方见表2,饲料新鲜度见表3。每饲料组4个重复,每重复750只中华鳖(日本品系)。实验用中华鳖购自浙江省杭州市萧山区中华鳖养殖场,鳖体质量为(11.0±0.8)g。

1.1.2 养殖条件及日常管理

实验在杭州海皇科技股份有限公司的养殖场温棚中进行。将体质健壮的18000只稚鳖随机分到24个水泥池,每池面积为20m²,实际水体为4m³,池中有增氧设备,棚中有加热锅炉,水温保持在(31±1)℃,黑暗养殖。

表1 国产鱼粉与进口鱼粉差异比较

Tab.1 Comparison of domestic fish meal and imported fish meal

样品名称 Sample name	挥发性盐基氮/(mg/100g) VBN	酸价/(KOHmg/g) Acid value	盐分/% Salinity	钙/% Calcium	磷/% Phosphorus
国产鱼粉 Domestic fish meal	117.43	3.86	2.29	4.05	2.05
进口鱼粉 Imported fish meal	71.82	0.99	1.66	7.41	3.46

注:以上数据均为实测值

Note:All the above data were measured

表2 饲料配方及基本营养组成(%风干基础)

Tab.2 Feed formula and basic nutrition composition (% dry basis)

原料 Ingredient	IFM	DFM + IFM	DFM	DFM-Y	DFM-S	DFM-B
进口鱼粉 Imported fish meal	67.00	33.00				
国产鱼粉 Domestic fish meal		34.00	67.00	67.00	67.00	67.00
淀粉 Starch	17.90	17.71	17.58	17.38	17.53	17.53
去皮豆粕 Peeled soybean meal	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
发酵豆粕 Fermented soybean meal	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
酵母粉 Yeast powder	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
乌贼粉 Squid meal	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
多维多矿 Vitamin and mineral premix	1.85	1.85	1.85	1.85	1.85	1.85
蛋氨酸 Methionine		0.07	0.12	0.12	0.12	0.12
赖氨酸 Lysine		0.12	0.2	0.2	0.2	0.20
氯化胆碱 Choline chloride	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
卵黄抗体 Egg yolk antibody				0.20		
丁酸钠 Sodium butyrate					0.05	
枯草芽孢杆菌 <i>Bacillus subtilis</i>						0.05
营养素含量/% Nutrient content						
粗蛋白 Crude protein	48.32	48.58	49.07	48.27	48.93	48.87
粗脂肪 Crude fat	4.52	4.75	4.58	4.42	4.49	4.83

注:进口鱼粉来源于美国(粗蛋白含量65%),国产鱼粉来源于山东(粗蛋白含量64%),卵黄抗体(8×10^{-6})、丁酸钠(30%)、枯草芽孢杆菌(10^{10} CFU/g)为自制

Note:imported fishmeal was from the United States(CP65%), domestic fishmeal was from Shandong Province(CP64%), egg yolk antibody(8×10^{-6}), sodium butyrate(30%) and, *Bacillus subtilis* (10^{10} CFU/g) were prepared in laboratory

表3 实验饲料新鲜度差异比较
Tab.3 Comparison of feed freshness differences

实验组别 Test groups	挥发性盐基氮/(mg/100g) VBN	酸价/(KOHmg/g) Acid value
IFM	60.37	0.93
DFM + IFM	86.35	1.38
DFM	91.65	2.21
DFM-Y	91.64	2.21
DFM-S	89.44	2.34
DFM-B	91.41	2.39

注:以上数据均为实测值

Note: All the above data were measured

对实验鳖进行2周驯化,用商品稚甲饲料饱食投喂,每天3次,时间为8:00、13:00、18:00,直至正常摄食。禁食24h,擦干鳖体,称重作为初始体质量(W_0)。

实验为期60d,并在第15天、第30天和第60天,抽样称重,分别记为 W_{15} 、 W_{30} 、 W_{60} 。实验饲料在每次投喂前现做,先在粉料中按质量均匀添加2%的大豆油,再将粉料与水按1:0.45混合,用颗粒机制成软颗粒饲料。每天分别于8:00、13:00、18:00各投喂一次,饱食投喂,并记录投喂量。统计计算相对增重率和成活率。

$$W_{GR}(\%) = 100 \times (W_t - W_0) / W_0 \quad (1)$$

式中: W_{GR} 为增重率; W_t 为第 t 天时中华鳖体质量; W_0 为中华鳖初始体质量。

$$S(\%) = 100 \times S_t / S_0 \quad (2)$$

式中: S 为成活率; S_t 为第 t 天中华鳖成活数; S_0 为实验开始时的中华鳖总数。

1.2 摄食偏好实验

1.2.1 养殖管理

在养殖实验进行的同时,另选取3000只中华鳖,随机分成4重复。实验鳖规格、养殖条件和投喂次数同养殖实验。将生长实验所用的6种饲料分别添加100mg/kg的 La_2O_3 、 Dy_2O_3 、 Sm_2O_3 、 Nd_2O_3 、 Yb_2O_3 和 Y_2O_3 等稀土元素作为外源指示剂。第1周,先以饲料DFM为基础饲料暂养;第2周,6种饲料等量混合后投喂,并在投喂后1h虹吸出残饵,弃粪便;第3、4周,6种饲料等量混合后投喂,投喂1h后,虹吸残饵,并用镊子夹取包膜完整的新鲜粪便置于培养皿中,70℃烘干至恒重,-20℃冷藏。

1.2.2 样品分析

分别称取70℃条件下恒重的饲料或粪便

0.5000g置于坩埚中,加入 V (浓硝酸): V (高氯酸)=10:3,加热消解至澄清透明,稀释,定容;配制6种稀土元素标准液,采用电感耦合等离子体原子发射光谱法测定标准液和样品中的稀土元素含量^[9],计算中华鳖对6种饲料的摄食偏好(feeding preference)^[10]。

$$F = (f_i / f_t) / (s_i / s_t) \quad (3)$$

式中: F 为摄食偏好; f_i 为某种稀土元素在粪便中的含量; f_t 为粪便中稀土元素总含量; s_i 为某种稀土元素在投喂饲料中含量; s_t 为投喂饲料中总稀土元素含量。

1.3 数据处理及统计分析

结果用平均数±标准差(Means±SD)表示,并用SPSS 17.0软件进行单因素方差分析,影响显著性进行Duncan's多重比较(显著水平 $P < 0.05$)。

2 结果

2.1 中华鳖的生长性能

由图1~3可看出,在不同时间段,IFM组在增重率方面显著高于DFM+IFM、DFM两组($P < 0.05$),比较DFM+IFM、DFM组的增重率得出,随着时间推移混合鱼粉饲料逐渐优于全国产鱼粉饲料;DFM-B组增重率普遍显著高于DFM组($P < 0.05$),在30d之前优于IFM组;DFM-Y组仅在15d时组增重率显著高于DFM组($P < 0.05$),与IFM组无显著差异,之后与DFM无显著差异,显著低于IFM组($P < 0.05$);DFM-S组在15d时组增重率显著高于DFM组($P < 0.05$),与IFM组无显著差异,之后显著低于IFM组和DFM组($P < 0.05$)。由表4可知,在实验期间,6组饲料组间中华鳖的成活率均无显著性差异。

2.2 摄食偏好

由图4可看出,全国产鱼粉饲料对中华鳖的诱食性与全进口鱼粉无显著性差异($P > 0.05$),混合鱼粉更易提高中华鳖稚鳖的食欲。图5表明卵黄抗体、丁酸钠和枯草芽孢杆菌均不能促进中华鳖稚鳖的食欲。

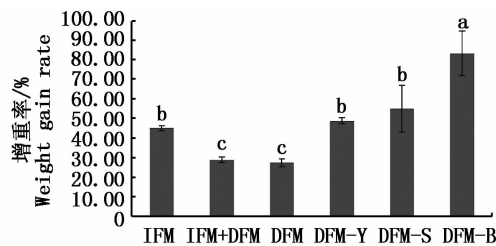


图1 第15天不同组别的增重率
Fig.1 Weight gain rate of different groups on the 15th day

不同字母表示差异显著 ($P < 0.05$), 图2-5同
Different letters indicates significant difference between two groups ($P < 0.05$), the same in Fig. 2-5

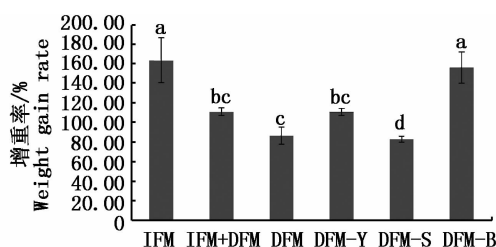


图2 第30天不同组别的增重率
Fig.2 Weight gain rate of different groups on the 30th day

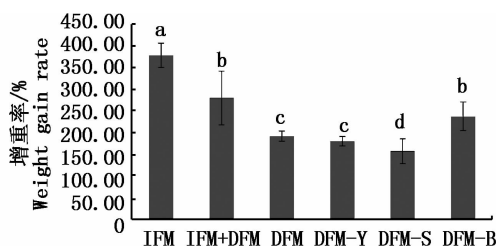


图3 第60天不同组别的增重率
Fig.3 Weight gain rate of different groups on the 60th day

表4 中华鳖存活率

Tab.4 Survival rate of Chinese soft shelled turtle

组别 Groups	%		
	15 d	30 d	60 d
IFM	99.18 ± 1.01	99.15 ± 0.85	99.14 ± 0.44
DFM + IFM	100.00 ± 0	99.80 ± 0.28	99.80 ± 0.28
DFM + IFM	99.95 ± 0.12	99.95 ± 0.12	99.89 ± 0.11
DFM-Y	100.00 ± 0	99.97 ± 0.07	99.80 ± 0.32
DFM-S	100.00 ± 0	99.97 ± 0.07	99.87 ± 0.02
DFM-B	100.00 ± 0	100.00 ± 0	100.00 ± 0

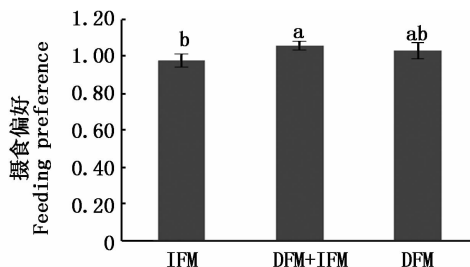


图4 不同鱼粉组的摄食偏好
Fig.4 Feeding preference of different fish meal groups

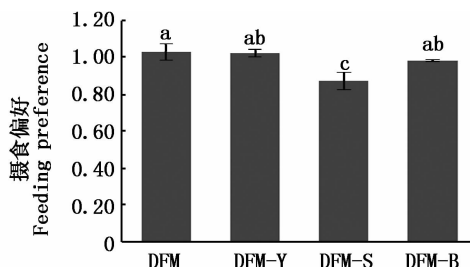


图5 不同添加剂组的摄食偏好
Fig.5 Feeding preference of different additives groups

3 讨论

养殖动物的摄食主要包括发现、摄取、消化等过程,饲料的诱食性(摄食偏好)决定中华鳖能否发现饵料;之后,消化吸收的营养物质将重新合成新的物质,并部分表现为机体的生长。鱼粉是人工配合饲料的主要蛋白质来源,进口鱼粉则是中华鳖饲料的主要蛋白质来源。近年来随着国内鱼粉加工工艺的不断完善和改进,国产鱼粉中诱食性氨基酸含量已接近甚至高于进口鱼粉^[11],这在很大程度上改善了全国产鱼粉饲料、混合鱼粉饲料对中华鳖的适口性,使诱食效果不亚于全进口鱼粉饲料,显示出国产鱼粉的应用潜力。

然而,国产鱼粉加工温度高于进口鱼粉^[11],温度过高造成鱼粉蛋白质质量的变化,可能影响实验中华鳖对鱼粉的蛋白质消化,并进一步影响营养物质的积累和机体的生长。AKSNES和MUNDHEIM^[12]的研究也表明,高温处理的鱼粉降低了大西洋鲈(*Hippoglossus hippoglossus*)对鱼粉的蛋白质消化率。此外,本研究结果显示生长性能与摄食偏好的组间差异不一致,说明实验鳖

最初的摄食偏好是生长性能的可能影响因素,但并非决定因素;在生长过程中,也存在逐渐适应饲料,改变摄食偏好的可能。遗憾的是,本研究中未能对摄食不同饲料 60 天后的中华鳖进行摄食偏好研究。

如前所述,尽管良好的适口性可以在一定时间内保证实验动物的摄食,但如果摄入的食物含有有毒有害物质,由此引起的消化道损伤不仅影响实验动物对饲料的消化吸收,也可反馈调节摄食。相关研究表明,腐败鱼粉由于其自身营养成分品质的下降和降解会产生一些对养殖对象有害的物质,而这些有害物质则会导致大西洋鲈^[12]、大菱鲆(*Scophthalmus maximus*)^[13]和狼鲷(*Anarhichas lupus*)^[14]以及凡纳滨对虾(*Litopenaeus vannamei*)^[15]等生长性能的下降。国产鱼粉由于加工地点较远,加工设备相对落后,以及储存管理不善等造成部分鱼粉的腐败^[16],腐败的鱼粉新鲜度差,酸价高,组胺含量上升^[17]。研究表明,国产鱼粉中的组胺^[4]和氧化脂肪^[5]等不利因素均会导致鱼体消化道健康受损。本研究中,实验饲料中 VBN 和酸价的含量随国产鱼粉的添加而上升(表 3),因此,进口鱼粉饲料组中华鳖增重率显著高于混合饲料组和全国产鱼粉饲料组,可能与鱼粉的新鲜度有关。

卵黄抗体、丁酸钠和枯草芽孢杆菌在肠道修复方面均具有一定功效^[6-8]。在本研究中,与全国产鱼粉组相比,3 种添加剂的使用均能提高中华鳖的增重率,对中华鳖肠道中由饲料 VBN 和酸价造成的损伤起到一定的修复作用。MAHDAVI 等^[18]研究发现,在雏鸡饲料中添加卵黄抗体能够增加肠绒毛的高度、隐窝深度和肠道长度,提高营养物质的消化吸收。枯草芽孢杆菌的添加也能显著提高中华鳖稚鳖的增重率,可能与其对肠道微生物平衡的调节有关。张琳等^[19]研究发现,婴儿时期,奶粉中添加好氧型益生菌能够消耗肠道中的氧气,便于厌氧型菌的定植,丰富肠道菌群,提高营养物质的消化吸收。在水产动物方面,枯草芽孢杆菌的添加则能显著提高奥尼罗非鱼(*Oreochromis spp.*)^[20]、凡纳滨对虾^[21]和印度明对虾(*Fenneropenaeus indicus*)^[22]的消化酶活性、饲料转化率以及吉富罗非鱼(*GIFT, Oreochromis niloticus*)的生长性能^[23]。丁酸钠作为一种新型绿色添加剂,目前已在仔猪^[24]上取得

良好效果,但由于其水溶性强,中华鳖较长的摄食时间,可能使饲料中的丁酸钠部分溶失,且丁酸钠有特殊的奶酪酸败样的脂臭味,可能会影响中华鳖的摄食,所以未能取得良好的添加效果。卵黄抗体是一种针对肠炎等疾病而制备的特异性抗体添加剂^[25],相关作用还未能中华鳖上得到证实,有待进一步研究。

综上所述,在中华鳖稚鳖阶段,混合鱼粉更易提高其食欲;全国产鱼粉饲料中添加卵黄抗体、丁酸钠和枯草芽孢杆菌对其生长具有一定的促进作用,短期(15 d)使用,均可以达到全进口鱼粉的效果;在 60 d 的实验周期内,添加枯草芽孢杆菌可以明显改善国产鱼粉对进口鱼粉的替代效果。

参考文献:

- [1] 周嗣泉,孙经军,陈有光,等. 鳖对配合饲料蛋白质营养需求的特点[J]. 饲料博览, 2000 (4):42.
ZHOU S Q, SUN J J, CHEN Y G, et al. Turtle protein in diet nutrient demand characteristics [J]. Feed Review, 2000 (4):42.
- [2] LEE K J, DABROWSKI K, BLOM J H, et al. A mixture of cottonseed meal, soybean meal and animal by-product mixture as a fish meal substitute: growth and tissue gossypol enantiomer in juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) [J]. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition, 2002, 86(7/8): 201-213.
- [3] 周贞兵,戴腾飞,谢燕妮,等. 国产鱼粉与进口鱼粉品质及三黄肉鸡对其表现代谢率的比较[J]. 黑龙江畜牧兽医, 2015 (1):111-113.
ZHOU Z B, DAI T F, XIE Y N, et al. Compared the quality of domestic fish meal and imported fish meal and its apparent metabolic rate on Sanhuang Broiler[J]. Heilongjiang Animal Science and Veterinary Medicine, 2015 (1):111-113.
- [4] WATANABE T, TAKEUCHI T, SATOH S, et al. Effect of dietary histidine or histamine on growth and development of stomach erosion in rainbow trout [J]. Nippon Suisan Gakkaishi, 1987, 53(7): 1208-1214.
- [5] 陈科全,叶元土,蔡春芳,等. 饲料丙二醛对草鱼生长、肝胰脏及肠道结构和功能的影响[J]. 水生生物学报, 2016, 40(4):779-792.
CHEN K Q, YE Y T, CAI C F, et al. Effects of mda on the growth performance, structure and function of hepatopancreas and intestine of grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*) [J]. Acta Hydrobiologica Sinica, 2016, 40(4):779-792.
- [6] KIM D K, JANG I K, SEO H C, et al. Shrimp protected from WSSV disease by treatment with egg yolk antibodies (IgY) against a truncated fusion protein derived from WSSV [J].

- Aquaculture, 2004, 237 (1/4): 21-30.
- [7] HU Z H, GUO Y M. Effects of dietary sodium butyrate supplementation on the intestinal morphological structure, absorptive function and gut flora in chickens [J]. Animal Feed Science and Technology, 2007, 132(3/4): 240-249.
- [8] FUCHS V I, SCHMIDT J, SLATER M J, et al. The effect of supplementation with polysaccharides, nucleotides, acidifiers and *Bacillus* strains in fish meal and soy bean based diets on growth performance in juvenile turbot (*Scophthalmus maximus*) [J]. Aquaculture, 2015, 437: 243-251.
- [9] REFSTIE S, HELLAND S J, STOREBAKKEN T. Adaptation to soybean meal in diets for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) [J]. Aquaculture, 1997, 153(3/4): 263-272.
- [10] XUE M, CUI Y B. Effect of several feeding stimulants on diet preference by juvenile gibel carp (*Carassius auratus gibelio*), fed diets with or without partial replacement of fish meal by meat and bone meal [J]. Aquaculture, 2001, 198 (3/4): 281-292.
- [11] 刘兆钧, 刘绚, 黄星, 等. 关于国产和进口鱼粉质量差别对比研究的探讨 [J]. 现代渔业信息, 2000(3): 7-11.
LIU Z J, LIU X, HUANG X, et al. A study on fish meal quality comparison between made in china and imported [J]. modern fisheries information, 2000(3): 7-11.
- [12] AKSNES A, MUNDHEIM H. The impact of raw material freshness and processing temperature for fish meal on growth feed efficiency and chemical composition of Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*) [J]. Aquaculture, 1997, 149 (1/2): 87-106.
- [13] OLIVA-TELES A, CERQUEIRA A L, GONÇALVS P. The utilization of diets containing high levels of fish protein hydrolysate by turbot (*Scophthalmus maximus*) juveniles [J]. Aquaculture, 1999, 179(1/4): 195-201.
- [14] MOKSNESS E, ROSENLUND G, LIE Ø. Effect of fish meal quality on growth of juvenile wolffish *Anarhichas lupus* [J]. Aquaculture Research, 1995, 26(2): 109-115.
- [15] 程传龙, 郑石轩, 程开敏, 等. 凡纳滨对虾对 4 种鱼粉及其简单组合的利用 [J]. 动物营养学报, 2009, 21(6): 884-891.
CHENG C L, ZHENG S X, CHENG K M, et al. Utilization of four fish meal and their simple combination by the pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) [J]. Chinese Journal of Animal Nutrition, 2009, 21(6): 884-891.
- [16] 朱庆国. 国产鱼粉替代进口鱼粉饲喂甲鱼试验 [J]. 福建农业学报, 2005, 20(s1): 27-29.
ZHU Q G. Experiment on using domestic fish meal to substitute imported fish meal for raising turtle [J]. Fujian Journal of Agricultural Sciences, 2005, 20(s1): 27-29.
- [17] 黄文文, 李弋, 周歧存. 不同品质鱼粉对黄颡鱼幼鱼生长性能、饲料利用及肝脏抗氧化能力的影响 [J]. 动物营养学报, 2015, 27(12): 3744-3753.
HUANG W W, LI G, ZHOU Q C. Effects of different quality fish meal on growth performance, feed utilization and liver antioxidant capacity of juvenile yellow catfish (*Pelteobagrus fulvidraco*) [J]. Chinese Journal of Animal Nutrition, 2015, 27 (12): 3744-3753.
- [18] MAHDAVI A H, RAHMANI H R, NILI N, et al. Effects of dietary egg yolk antibody powder on growth performance, intestinal *Escherichia coli* colonization, and immunocompetence of challenged broiler chicks [J]. Poultry Science, 2010, 89(3): 484-494.
- [19] 张琳, 梁庆红, 王焯, 等. 肠道微生态与儿童期胃肠疾病 [J]. 中华实用儿科临床杂志, 2014, 29(7): 487-492.
ZHANG L, LIANG Q H, WANG Y, et al. Intestinal microbiota and children gastrointestinal diseases [J]. Chinese Journal of Applied Clinical Pediatrics, 2014, 29(7): 487-492.
- [20] 江永明, 付天玺, 张丽, 等. 微生物制剂对奥尼罗非鱼生长及消化酶活性的影响 [J]. 水生生物学报, 2011, 35(6): 998-1004.
JIANG Y M, FU T X, ZHANG L, et al. Effects of feeding microorganisms on growth performance and the activities digestive enzymes of *Oreochromis niloticus*. *Aureus* [J]. Acta Hydrobiologica Sinica, 2011, 35(6): 998-1004.
- [21] 丁贤, 李卓佳, 陈永青, 等. 芽孢杆菌对凡纳对虾生长和消化酶活性的影响 [J]. 中国水产科学, 2004, 11(6): 580-584.
DING X, LI Z J, CHEN Y Q, et al. Effects of probiotics on growth and activities of digestive enzymes of *Pennaus vannamei* [J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2004, 11 (6): 580-584.
- [22] ZIAEI-NEJAD S, REZAEI M H, TAKAMI G A, et al. The effect of *Bacillus spp.* bacteria used as probiotics on digestive enzyme activity, survival and growth in the Indian white shrimp *Fenneropenaeus indicus* [J]. Aquaculture, 2006, 252 (2-4): 517-524.
- [23] 程远, 黄凯, 黄秀芸, 等. 饲料中添加枯草芽孢杆菌对吉富罗非鱼幼鱼生长性能、免疫力和抗氧化功能的影响 [J]. 动物营养学报, 2014, 26(6): 1503-1512.
CHENG Y, HUANG K, HUANG X Y, et al. Effect of dietary *Bacillus subtilis* on growth performance, immunity and anti-oxidation function of juvenile genetic improvement of farmed Tilapia (GIFT, *Oreochromis niloticus*) [J]. Chinese Journal of Animal Nutrition, 2014, 26(6): 1503-1512.
- [24] LU J J, ZOU X T, WANG Y M. Effects of sodium butyrate on the growth performance, intestinal microflora and morphology of weanling pigs [J]. Journal of Animal and Feed Sciences, 2008, 17(4): 568-578.
- [25] 韩水仲, 田泽华, 赵津子, 等. 卵黄抗体在饲料添加剂中的应用 [J]. 中国饲料, 2010(15): 3-7.
HAN S Z, TIAN Z H, ZHAO J Z, et al. Application of egg yolk antibody in feed additive [J]. China Feed, 2010(15): 3-7.

Effect of egg yolk antibody, sodium butyrate and *Bacillus subtilis* supplementation in domestic fish meal based feed on growth and feeding preference of China soft-shelled turtle

WANG Gang¹, ZHU Zhanying², HUA Xueming¹, YU Ning², WANG Yunlong², WANG Tan¹, KONG Chun¹

(1. Key Laboratory of Freshwater Fishery Germplasm Resources, Ministry of Agriculture, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China; 2. Hangzhou Haihuang Technology Co. Ltd., Hangzhou 311100, Zhejiang, China)

Abstract: In order to understand the effect of domestic fish meal with exogenous additives replacing the imported fish meal on China soft-shelled turtle (*Trionyx sinensis*), six groups of soft pellet feeds were designed and formulated with 67% of imported fish meal group (IFM), 34% of domestic fishmeal + 32% imported fish meal group (DFM + IFM), 67% of domestic fish meal group (DFM), 67% of domestic fishmeal based group added 0.2% yolk antibody Group (DFM-Y), 0.05% sodium butyrate (DFM-S) group and 0.05% *Bacillus subtilis* group, (DFM-B), respectively. Relative weight gain rate and survival rate of Chinese soft shelled turtle (*Trionyx sinensis*) were calculated at 15 d, 30 d and 60d respectively. Meanwhile, in feeding behavior test, the above feeds were individually marked with one of the rare earth oxides (La_2O_3 , Dy_2O_3 , Sm_2O_3 , Nd_2O_3 , Yb_2O_3 and Y_2O_3) at 100 mg/kg, and the feeding preference was measured by the concentration of rare earth elements in feces and in the feed determined with inductively coupled plasma atomic emission spectrometry. Results showed that, 6 different diets did not affect the survival rate of Chinese soft shelled turtle; the growth of the turtle fed with the diet containing *Bacillus subtilis* could be significantly better than DFM group in 60-day feeding period, even not significantly different for IFM group in 30-day feeding period, while with yolk antibody and sodium butyrate enhancing growth performance only in the early feeding stage (15 d) of the juvenile soft-shelled turtle; feed containing mixture of domestic fish meal and imported fish meal was easier to attract juvenile soft-shelled turtle ingestion. There was no improved feeding effect of egg yolk antibodies, sodium butyrate and *Bacillus subtilis* in domestic fish meal. There was also no corresponding relationship between initial feeding preference and the growth of juvenile turtle, illustrating the feed ingestion was not the determinant for growth.

Key words: China soft-shelled turtle; fish meal; egg yolk antibody; sodium butyrate; *Bacillus subtilis*; growth; feeding preference