

文章编号: 1674 - 5566(2014)04 - 0523 - 05

裂殖壶藻发酵粉对南美白对虾生长性能和肌肉营养成分的影响

焦建刚¹, YUAN Kathy², THABUIS Clémentine³, 钟国防¹

(1. 上海海洋大学 水产与生命学院, 上海 201306; 2. 罗盖特管理(上海)有限公司, 上海 200333; 3. ROQUETTE Frères, Lestrem 62080, France)

摘要: 在南美白对虾基础饲料中分别添加 0、0.2%、0.5%、1.0% 和 1.5% 的裂殖壶藻发酵粉, 研究其对南美白对虾生长性能和肌肉营养成分的影响。实验在 30 个网箱(1 m × 2 m × 1 m)中进行, 每个网箱放虾 180 尾, 实验时间为 60 d。结果表明: 0.5% 裂殖壶藻发酵粉能有效提高个体增重和降低饲料系数, 但裂殖壶藻发酵粉对南美白对虾增重率、成活率和饲料系数没有显著影响($P > 0.05$); 裂殖壶藻发酵粉对南美白对虾肌肉灰分和粗脂肪含量无显著差异($P > 0.05$), 但能显著影响肌肉中蛋白质的含量和粗脂肪中 DHA 的含量($P < 0.05$), 1.0% 组蛋白质含量最高, 0.5% 组粗脂肪中 DHA 的含量最高。实验条件下, 裂殖壶藻发酵粉能改善南美白对虾的生长性能, 提高肌肉的营养品质, 推荐添加量为 0.5%。

研究亮点: 二十二碳六烯酸(22:6n-3, DHA)是南美白对虾的必需脂肪酸, 对脂肪营养有重要的影响, 目前, 关于饲料脂肪组成改变南美白对虾肌肉品质的研究还未见报道。本研究以裂殖壶藻发酵粉为 DHA 来源研究其对南美白对虾生长性能和肌肉品质的影响, 对南美白对虾功能性饲料开发及提高商品虾的品质有重要意义。

关键词: 南美白对虾; 裂殖壶藻粉; 生长性能; DHA; 肌肉品质

中图分类号: S 963.1

文献标志码: A

南美白对虾(*Penaeus vannamei*)是目前世界范围内的一种主要虾类养殖品种, 中国养殖产量居世界之首。但近年来, 南美白对虾养殖产量和成活率十分不稳定, 除了因环境影响而产生病害以外, 受南美白对虾营养需求研究的限制, 配合饲料营养不平衡也是致病的一个重要原因, 必须深入地研究南美白对虾对各种营养成分的需求才能进一步提高南美白对虾养殖产量和成活率。近年来, 通过改善营养结构来提高南美白对虾的生长及抗病能力的研究也逐步引起关注^[1], 其中蛋白质营养^[2-3]、必需氨基酸需求^[4]的研究取得了较快的进展, 但脂肪营养的研究, 特别是对高度不饱和脂肪酸对脂肪代谢的影响研究还有待于进一步阐明。n-3 系列的高度不饱和脂肪酸对南美白对虾的生长有极其重要的作用, 诸多研

究表明二十二碳六烯酸(22:6n-3, DHA)对南美白对虾的生长和成活都有重要的影响^[5-9]。GONZALEZ 等研究认为, 饲料中添加 DHA 能显著提高南美白对虾的生长率^[8], KANAZAWA 等^[5]和 XU 等^[6]的研究也得到了相似的结果。

品质好的南美白对虾商品饲料通常都会添加 1%~2% 的海水鱼油, 是虾饲料中 DHA 的主要来源, 但由于海水鱼油价格高, 实际生产中使用较多的为罗非鱼、斑点叉尾鲷等淡水鱼生产的鱼油, 这些鱼油中 DHA 的含量通常低于 2%^[10-11], 而且由于生产和储藏条件限制会导致氧化, 从而使得 DHA 的含量更低。这些原因使得开发富含高质量 DHA 的藻粉用于南美白对虾的饲料中就有了广泛的市场需求。裂殖壶藻是富产 DHA 的一种海洋微藻, LI 等研究认为添加

收稿日期: 2013-12-03 修回日期: 2014-04-08

基金项目: 公益性行业(农业)专项(201203083); 上海市高校知识服务平台项目(ZF1206); 上海海洋大学科技发展专项基金(A2-0209-14-20057)

作者简介: 焦建刚(1988—), 男, 硕士研究生, 研究方向为动物营养与饲料科学。E-mail: 451621025@qq.com

通信作者: 钟国防, E-mail: gzhong@shou.edu.cn

裂殖壶藻干粉能提高斑点叉尾鲷的免疫应激能力,提高肌肉高度不饱和脂肪酸特别是 DHA 的含量^[11],是一种良好的替代鱼油的可再生资源。罗盖特(上海)贸易有限公司生产的裂殖壶藻(*Schizochytrium* sp.)发酵粉是提取 DHA 后的废弃物,DHA 含量为 18% (占干物质的量),目前关于它在南美白对虾饲料中的应用研究还未见报道。本实验研究富含 DHA 的裂殖壶藻发酵粉对南美白对虾生长性能、成活率以及肌肉营养成分的影响,确定裂殖壶藻发酵粉在南美白对虾饲料中的适宜添加量,为开发南美白对虾功能性饲料提供基础数据。

1 材料与方 法

1.1 实验设计

以基础饲料为对照组,在基础饲料中分别添加 5 个不同梯度的裂殖壶藻发酵粉(罗盖特上海贸易有限公司),实验分组情况如下:(1)基础组;(2)基础组 + 0.2% 裂殖壶藻发酵粉;(3)基础

组 + 0.5% 裂殖壶藻发酵粉;(3)基础组 + 1.0% 裂殖壶藻发酵粉;(3)基础组 + 1.5% 裂殖壶藻发酵粉。每个组设 6 个重复,实验在 30 个面积为 2 m² 的网箱中进行,水深 1 m,每个网箱放养 180 尾同批次的虾苗,初始体长(2.50 ± 0.3) cm,体重(0.61 ± 0.08) g。

1.2 养殖管理

30 个网箱统一放置在一个 4 000 m² 的池塘里,挑选 5 400 尾规格整齐的虾随机放入 30 个网箱中。养殖过程中全程用罗茨鼓风机充气,每个网箱放一个充气石。实验开始前,用基础饲料驯养一周,实验时间为 60 d。采用饱食投饲法,每天投饲前清除食台上的残饵及粪便,将残饵风干后称重,每天投饲料总量约为虾体重的 3% ~ 5%,分早中晚 3 次投喂(早、晚多投,中午少投),以食台中饲料基本摄食完为宜。每天早晚检查虾生长情况,如有死虾及时捞出并称重计数。实验期间每周测溶氧、氨氮和亚硝氮。

表 1 南美白对虾饲料配方组成

Tab.1 Ingredient composition of shrimp feed

饲料成分	对照组	0.2% 组	0.5% 组	1.0% 组	1.5% 组
鱼粉	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00
肉骨粉	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
鱿鱼粉	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
虾壳粉	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
豆粕	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00
花生粕	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00
大豆磷脂	2.70	2.60	2.30	2.20	2.00
面粉	21.80	21.70	21.70	21.30	21.00
磷酸氢钙	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
多维多矿	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
裂殖壶藻粉	0.00	0.20	0.50	1.00	1.50
合计	100	100	100	100	100
营养组成(测定值)					
粗蛋白	40.23 ± 0.10	40.13 ± 0.14	40.35 ± 0.12	40.32 ± 0.26	40.37 ± 0.08
粗脂肪	5.39 ± 0.04	5.38 ± 0.04	5.37 ± 0.04	5.40 ± 0.01	5.40 ± 0.03
DHA	0.38 ± 0.01	0.42 ± 0.00	0.47 ± 0.01	0.56 ± 0.01	0.65 ± 0.01
水分	3.87 ± 0.04	3.79 ± 0.02	3.86 ± 0.04	3.85 ± 0.07	3.83 ± 0.02
粗灰分	10.97 ± 0.02	11.01 ± 0.08	11.09 ± 0.05	11.13 ± 0.09	11.19 ± 0.11

1.3 样品收集和测定

实验结束时一次性收集每个网箱的虾称重。每组取 20 尾虾迅速放入 -20 ℃ 保存,另每组取 15 尾虾肌肉用于营养成分的分析。采用 GB 6435—86 烘干法测定饲料、肌肉样品的水分,采用 GB 6432—86 凯氏微量定氮法测定饲料、肌肉

样品的粗蛋白质,粗脂肪含量采用索氏抽提法,粗灰分含量采用高温(550 ℃)灰化法测定。脂肪酸(DHA)用液相色谱仪测定。相关计算分式如下:

$$W_r(\%) = (W_z - W_c) / W_c \times 100 \quad (1)$$

$$F_{CR} = S_w / X_w \quad (2)$$

$$S(\%) = Q_z / Q_c \times 100 \quad (3)$$

式中: W_r 为相对增重率; W_z 为终重(g); W_c 为初重(g); F_{CR} 为饲料系数; S_w 为虾摄食量(g); X_w 为虾增重量(g); S 为成活率; Q_z 为实验结束时虾数量; Q_c 为实验开始时虾数量。

1.4 数据统计

所有数据用 SPSS 11.5 软件进行方差分析 (One-way-ANOVA), 试验结果用平均值 \pm 标准差表示。采用 Duncan's 比较组间差异, $P < 0.05$ 时差异显著。

2 结果

2.1 裂殖壶藻发酵粉对南美白对虾生长性能的影响

表 2 可知, 对照组和各实验组之间在终重、增重、相对增重率、饲料系数和成活率等在统计学上没有显著性差异 ($P > 0.05$), 但随着饲料中裂殖壶藻发酵产物的增加, 尾增重较对照组有较大幅度的提高。如表 2 所示, 0.2% 实验组尾增重比对照组提高了 1.6%, 0.5% 实验组比对照组提高了 5.0%, 但继续增加裂殖壶藻发酵产物的含量由 0.5% 增加到 1.5%, 尾增重没有得到相应

的提高, 反而有下降的趋势, 从尾增重 8.96 g 下降到尾增重 8.81 g。随着裂殖壶藻发酵产物的添加, 南美白对虾的饲料系数均较对照组降低, 0.2%、0.5% 和 1.0% 实验组的饲料系数分别比对照组下降了 1.7%、2.5% 和 3.4%。但各实验组之间没有显著性差异 ($P > 0.05$)。

2.2 裂殖壶藻发酵粉对南美白对虾肌肉营养成分的影响

由表 3 (按冻干肌肉样计算) 可知, 裂殖壶藻发酵粉添加量的增加对南美白对虾肌肉的灰分和粗脂肪的含量没有显著性影响 ($P > 0.05$), 但各实验组粗蛋白含量均较对照组有所升高, 呈现先升高后下降的趋势, 1% 添加组达到峰值。0.2%、1.0% 实验组蛋白质含量分别比对照组提高了 1.90% 和 3.40%, 显著高于对照组 ($P < 0.05$)。0.5%、1.5% 实验组蛋白质含量分别比对照组提高了 1.60% 和 1.00%, 但统计学上没有显著性差异 ($P > 0.05$)。

由表 3 可知粗脂肪中 DHA 的含量随着裂殖壶藻发酵产物添加量先增加然后又下降, 添加量超过 0.5% 后, 肌肉中 DHA 的含量显著下降 ($P < 0.05$), 但 1.0% 组与 1.5% 组之间 DHA 的含量无显著性差异 ($P > 0.05$)。

表 2 裂殖壶藻发酵粉对南美白对虾生长性能的影响

Tab.2 The effect of *Schizochytrium* sp. on the growth performance of white shrimp (*Penaeus vannamei*)

组别	初重/g	终重/g	增重/(g/尾)	相对增重率/%	饲料系数	成活率/%
对照组	0.61 \pm 0.08	9.23 \pm 0.64	8.61 \pm 0.64	1412.57 \pm 104.72	1.19 \pm 0.05	63.24 \pm 2.09
0.2%	0.61 \pm 0.08	9.37 \pm 0.84	8.75 \pm 0.84	1435.79 \pm 137.37	1.17 \pm 0.03	62.31 \pm 2.21
0.5%	0.61 \pm 0.08	9.65 \pm 0.26	9.04 \pm 0.26	1482.51 \pm 43.23	1.16 \pm 0.02	62.87 \pm 2.37
1.0%	0.61 \pm 0.08	9.56 \pm 0.56	8.96 \pm 0.57	1468.03 \pm 92.91	1.15 \pm 0.07	62.69 \pm 1.77
1.5%	0.61 \pm 0.08	9.42 \pm 0.18	8.81 \pm 0.18	1444.67 \pm 29.97	1.16 \pm 0.03	64.44 \pm 1.20

表 3 裂殖壶藻发酵粉对南美白对虾肌肉营养成分的影响

Tab.3 The effect of *Schizochytrium* sp. on nutrient of the muscles of white shrimp (*Penaeus vannamei*)

组别	灰分/%	粗蛋白/%	粗脂肪/%	DHA/%
0.0%	6.28 \pm 0.58	88.97 \pm 0.76 ^a	6.90 \pm 0.66	5.56 \pm 0.40 ^{ab}
0.2%	6.98 \pm 0.14	90.62 \pm 0.89 ^{bc}	7.06 \pm 0.78	5.75 \pm 0.14 ^{ab}
0.5%	6.54 \pm 0.08	90.39 \pm 1.00 ^{ab}	7.05 \pm 0.63	6.21 \pm 0.40 ^a
1.0%	7.07 \pm 0.36	91.98 \pm 0.43 ^c	6.92 \pm 0.44	4.85 \pm 0.88 ^b
1.5%	6.14 \pm 0.08	89.86 \pm 0.96 ^{ab}	7.09 \pm 0.67	4.89 \pm 0.17 ^b

注: $P < 0.05$, 同列具有相同字母表示差异不显著。

3 讨论

鱼粉和鱼油能为水产动物提供生长必需的高度不饱和脂肪酸, 特别是二十碳五烯和 DHA 等, 是水产动物配合饲料的优质原料。但由于鱼粉和鱼油资源的缺乏, 导致价格上涨, 配合饲料营养学便开展了相关的鱼粉、鱼油的替代工作, 取得了一些研究进展, 也在生产实践中切实推动了水产饲料的发展, 但这些研究主要是解决了蛋白质的替代问题, 在高度不饱和脂肪酸方面仍然没有找到一种有效替代鱼油的含有高度不饱和

脂肪酸的原料,在陆生动植物油中更是无法找到。从而使得一些重要的长链脂肪酸,特别是非自养海洋藻类发酵生产的 DHA 等的开发有了广阔的发展空间。CRAIG 等^[12]研究认为,用植物蛋白和藻类发酵产生的 DHA 替代鱼粉及鱼油对南美白对虾的生长、成活率和饲料系数都没有影响,认为在植物饲料中只要补充一些 DHA、氨基酸和少量的鱿鱼粉和可溶性鱼油提高它的适口性,养殖虾的产量也完全可以或者超过常规的含鱼粉商品饲料的产量。

EFA 过量会抑制虾类的生长,SHEWBART 和 MIES^[13]研究认为 α 亚麻酸的含量超过 2% 时会降低杜拉对虾的生长率,REES 等^[14]研究结果也认为在斑节对虾幼体摄食过量的 n-3 HUFA (31.2 mg/day DW) 其生长和成活率都有显著降低。本实验的结果表明,饲料中添加裂殖壶藻发酵产物的量不超过 0.5% 时,裂殖壶藻发酵产物由于含有南美白对虾生长适量的 DHA,能提高虾的生长率和增重率,但继续增加裂殖壶藻发酵产物的量没有进一步促进南美白对虾的生长,这主要是因为此时饲料中 DHA 的含量接近 0.5%,对生长的促进作用不再明显,甚至还有下降,这与 GONZALEZ 等对 DHA 在南美白对虾中的应用研究结果相似,认为饲料中 DHA 含量为 0.25% 时能显著增加南美白对虾的增重率,但继续增加到 0.5% 时,不再进一步提高增重率^[8]。

本实验中裂殖壶藻发酵产物添加量对南美白对虾的成活率没有显著影响,而 GONZALEZ 等研究认为过量的 DHA (0.5%) 会产生毒性,是引起南美白对虾成活率下降的主要原因^[8],而 KANAZAWA 等对日本对虾研究认为,DHA 的含量从 1% 提高到 2% 时才会引起成活率的下降^[5]。这些差异可能是由于各自的实验条件和所用 DHA 的来源不同造成的。

本实验的结果表明,裂殖壶藻发酵产物能显著提高南美白对虾肌肉蛋白质的含量,但对粗脂肪和灰分没有显著影响。南美白对虾和许多海水鱼一样,是长链不饱和脂肪酸很好的来源之一。已有研究表明,虾的脂肪酸组成受其饵料的影响较大,常规饵料中添加鱼油可为虾的健康成长提供 (n-3) 脂肪酸,而且能通过食物链将这些不饱和脂肪酸传递给食虾者并使其受益,是一种理想的补充外源 DHA 的方式。本实验的结果表

明当裂殖壶藻发酵产物添加量在适宜范围时能显著提高肌肉中 DHA 的含量,说明南美白对虾能够通过饲料营养通道来富集 DHA,这些结果说明裂殖壶藻发酵产物应用于南美白对虾的饲料中能改善肌肉的品质,具体的生化机理还有待于进一步的研究。

近年来,由于对环境和健康的关注,消费者对用含有少量和不含鱼粉、或者少量使用鱼油的饲料进行养殖的要求越来越强。以植物原料为基础的水产养殖饲料可以一定程度上减少鱼粉的用量,如果富含 DHA 的生物藻粉能大量应用于水产养殖饲料生产,有利于缓解目前远洋渔业的重大压力,减少部分鱼油的消耗,是水产动物营养研究蛋白替代基本成熟后,研究鱼油依赖型鱼类脂肪替代研究的一个更有前景的热点,能进一步推进饲料工业和水产养殖业的发展。

综上所述,裂殖壶藻发酵产物应用于南美白对虾饲料中,能促进南美白对虾的生长,对成活率没有不良影响。适量的裂殖壶藻发酵产物能提高南美白对虾肌肉中蛋白质和 DHA 的含量,改善南美白对虾的品质。本实验条件下,裂殖壶藻发酵产物在南美白对虾饲料中适宜的添加量为 0.5%。

感谢罗盖特管理(上海)有限公司提供的样品及经费支持。

参考文献:

- [1] 曹俊明,严晶,黄燕华,等.家蝇蛆粉替代鱼粉对凡纳滨对虾生长、抗氧化和免疫指标的影响[J].水产学报,2012,36(4):529-538.
- [2] 郭冉,梁桂英,刘永坚,等.糖和蛋白质水平对饲养于咸淡水中的凡纳滨对虾生长、体营养成分组成和消化率的影响[J].水产学报,2007,31(3):355-360.
- [3] 韩斌,黄旭雄,华雪铭,等.玉米蛋白粉替代部分鱼粉对凡纳滨对虾摄食量、生长和肌肉成分的影响[J].水产学报,2009,33(4):658-664.
- [4] 黄凯,王武,李春华.南美白对虾必需氨基酸的需要量[J].水产学报,2003,27(5):456-461.
- [5] KANAZAWA A, TESHIMA S, SAKAMOTO M. Effects of dietary lipids, fatty acids, and phospholipids on growth and survival of prawn (*Penaeus japonicus*) larvae [J]. Aquaculture, 1985, 50(1/2):39-49.
- [6] XU X, WEN J J, CASTE L L, et al. Essential fatty acid requirement of the Chinese prawn, *Penaeus chinensis* [J]. Aquaculture, 1994, 127(1):29-40.

- [7] MERICAN Z O, SHIM K F. Quantitative requirements of linoleic and oshexaenoic acid for juvenile *Penaeus monodon* [J]. *Aquaculture*,1997,157(3/4):277-295.
- [8] GONZALEZ M L, GATLINIII D M, LAWRENCE A L, et al. Effect of dietary phospholipid on essential fatty acid requirements and tissue lipid composition of *Litopenaeus vannamei* juveniles [J]. *Aquaculture*,2002,207(1/2):151-167.
- [9] THASANEE N, WATCHARIYA P, CHALOR L, et al. Growth, nonspecific immune characteristics and survival upon challenge with *Vibrio harveyi* in Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) raised on diets containing algal meal [J]. *Fish & Shellfish Immunology*,2010,29(2):298-304.
- [10] MANNING B B, LI M H, ROBINSON E H, PETERSON B C. Enrichment of channel catfish (*Ictalurus punctatus*) with conjugated linoleic acids and omega-3 fatty acids by dietary manipulation [J]. *Aquaculture*,2006,261(1):337-342.
- [11] LI M H, EDWIN H, ROBINSON C S, et al. Effects of dried algae *Schizochytrium* sp., a rich source of docosahexaenoic acid, on growth, fatty acid composition, and sensory quality of channel catfish *Ictalurus punctatus* [J]. *Aquaculture*,2009,292(3/4):232-236.
- [12] CRAIG B, GLORIA S, HEIDI A, et al. Comparison of pond production efficiency, fatty acid profiles, and Contaminants in *Litopenaeus vannamei* Fed Organic plant-based and fish-meal-based diets [J]. *Journal of the World Aquaculture Society*,2006,37(4):437-451.
- [13] SHEWBART K L, MIES W L. Studies on nutritional requirements of brown shrimp the effect of linolenic acid on growth of *Penaeus aztecus* [J]. *Journal of the World Aquaculture Society*,1973,4(1/4):227-287.
- [14] REES J F, CURE K, PIYATIRATTIVORAKUL S, et al. Highly unsaturated fatty acid requirements of *Penaeus monodon* postlarvae: an experimental approach based on *Artemia* enrichment [J]. *Aquaculture*,1994,122(2/3):193-207.

The effect of dried algae *Schizochytrium* sp. on growth performance and nutrients in the muscle of white shrimp (*Penaeus vannamei*)

JIAO Jian-gang¹, YUAN Kathy², THABUIS Clémentine³, ZHONG Guo-fang¹

(1. College of Fisheries and Life Science, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China; 2. ROQUETTE, Shanghai 200333, China; 3. ROQUETTE Frères, Lestrem 62080, France)

Abstract: A 60 d study was conducted to evaluate the effect of *Schizochytrium* biomass (DHA-rich) on the growth performance and nutritional components in the muscle of juvenile white shrimp (*Penaeus vannamei*). There were 5 treatments including control and control with *Schizochytrium*, five dietary levels (0%, 0.2%, 0.5%, 1.0% and 1.5% of diet) of *Schizochytrium* biomass. Each treatment had 6 replicates and each replicate had 180 shrimps (initial shrimp size was around 2.5 cm). The results showed that: Although there are no statistical significant differences among all treatment groups in final body weight, body weight gain, relative weight gain, feed conversion and survival rate, the addition of DHA from *Schizochytrium* numerically improved body weight gain and feed conversion. There were no significant differences in the contents of crude fat and ash of muscles ($P > 0.05$), but the crude protein and DHA in the crude fat were significantly higher than that of the control ($P < 0.05$). In conclusion, *Schizochytrium* biomass (DHA-rich) could improve the growth performance of the white shrimp, and improve the nutritional quality of muscle. The recommended dosage was 0.5%.

Key words: white shrimp (*Penaeus vannamei*); *Schizochytrium* sp.; growth performance; docosahexaenoic acid (DHA); nutritional quality of muscle