

文章编号:1000-0615(2009)04-0658-08

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

韩斌¹, 黄旭雄¹, 华雪铭¹, 周洪琪¹, 丁卓平², 陈莉²

(1. 上海海洋大学省部共建水产种质资源发掘与利用教育部重点开放实验室, 上海 201306;

2. 上海海洋大学食品学院, 上海 201306)

摘要:以凡纳滨对虾幼虾[体重(0.013 6±0.001 0) g]为试验对象,以鱼粉、豆粕、肉粉和花生粕为蛋白源配制对照饲料,用玉米蛋白粉替代部分鱼粉配制3种与对照饲料等氮、等能的试验饲料,其中玉米蛋白粉用量为5%、10%和15%,分别替代鱼粉8.6%、17.2%和25.8%,饲喂凡纳滨对虾45 d,研究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。结果表明,(1)试验饲料中玉米蛋白粉用量不超过10%,对凡纳滨对虾日均摄食量没有显著影响($P>0.05$)。(2)5%玉米蛋白粉组的生长效果最好,其相对增重率、增长率和饲料系数分别为2 542.8%、155.1%和1.58,前者显著高于对照组($P<0.05$),后两者与对照组没有显著差异($P>0.05$);10%玉米蛋白粉组虾的生长和饲料系数与对照组没有显著差异($P>0.05$);15%组虾的生长显著低于对照组($P<0.05$)。(3)玉米蛋白粉替代鱼粉对对虾肌肉的水分、粗蛋白、粗脂肪和粗灰分含量影响不显著($P>0.05$);对对虾肌肉氨基酸总量、必需氨基酸总量和呈味氨基酸含量以及必需氨基酸指数的影响也不显著($P>0.05$)。(4)玉米蛋白粉在凡纳滨对虾饲料中的适宜用量为10%。

关键词:凡纳滨对虾;玉米蛋白粉;摄食量;生长;肌肉成分

中图分类号:S 963

文献标识码:A

玉米蛋白粉(corn gluten meal)是玉米加工工业的副产品^[1],具有蛋白含量高、低纤维素、富含维生素B和E、不含抗营养因子等诸多优点^[2]。目前,由于鱼粉价格的居高不下,增加了水产饲料的成本,限制了饲料工业的发展。因此,玉米蛋白粉在饲料中的应用备受关注。已有的一些研究表明,水产饲料中使用玉米蛋白粉替代部分鱼粉是可行的,但替代量因动物的种类而异,如在瘤棘鲆(*Psetta maxima*)饲料中可以使用20%的玉米蛋白粉替代33%的鱼粉^[3];牙鲆(*Paralichthys olivaceus*)^[4]和舌齿鲈(*Dicentrarchus labrax*)^[5]饲料中玉米蛋白粉的最适用量为30%,可替代40%的鱼粉;而在真鲷(*Pagrus major*)一龄鱼饲料中玉米蛋白粉使用量可以高达36%,替代70%的鱼粉,对鱼的生长没有不利影响^[6]。然而,这些研

究大多集中于海水鱼饲料^[3-10],在对虾饲料中的应用较少。Amaya等^[11-12]在凡纳滨对虾(*Litopenaeus vannamei*)饲料中使用16%畜禽下脚料粉时,7.04%脱脂大豆粉和4.84%玉米蛋白粉混合替代饲料中全部鱼粉不影响虾的生长。本试验的玉米蛋白粉为玉米提取赖氨酸后的加工副产品,用其替代部分鱼粉以研究其对凡纳滨对虾摄食、生长、饲料利用和肌肉成分的影响,为该玉米蛋白粉在凡纳滨对虾饲料中的应用提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验虾与玉米蛋白粉

凡纳滨对虾购自于上海松江良种场,幼虾先在实验室暂养14 d,暂养期间投喂虫虫无节幼体,待虾长至1 cm左右时开始筛选分箱进行正式试

收稿日期:2008-09-30

修回日期:2008-11-26

资助项目:上海市科委重点科技攻关项目(073205111,06DZ19102);上海市重点学科建设项目(Y1101)

通讯作者:华雪铭, Tel:021-61900416, E-mail:xmhua@shou.edu.cn

验。

试验所用的玉米蛋白粉由常州亚源生化科技有限公司提供。表 1 为玉米蛋白粉的主要营养成分和必需氨基酸含量。

表 1 玉米蛋白粉的主要营养成分

Tab.1 Main nutrient composition of corn gluten meal % ,DM

成分 ingredient	含量 content(%)
粗蛋白 crude protein	52.62
粗脂肪 crude lipid	5.39
粗灰分 crude ash	8.42
水分 moisture	7.82
蛋氨酸 Met	0.55
赖氨酸 Lys	1.28
精氨酸 Arg	0.75
组氨酸 His	0.18
苯丙氨酸 Phe	0.55
亮氨酸 Leu	1.22
异亮氨酸 Ile	0.61
缬氨酸 Val	0.73
苏氨酸 Thr	0.66

1.2 试验饲料

根据凡纳滨对虾的营养需求^[13-16]配制以鱼粉、豆粕、肉粉和花生粕为蛋白源的对照饲料(表 2),配制与对照饲料等氮、等能的 3 种试验饲料,其玉米蛋白粉用量分别为 5%、10% 和 15%,分别替代 8.6%、17.2% 和 25.8% 的鱼粉,每个饲料组设 3 个平行组。

将玉米蛋白粉及其余饲料原料粉碎、过 80 目筛网备用,然后采用逐级扩大法将微量成分与其它饲料原料混合均匀,用 TJ-12 型电动绞肉机制粒,干燥后破碎,过 40 目筛(试验早期饲料)和 20 目筛(试验中后期饲料),4℃密封贮存备用。

1.3 饲养管理

在上海海洋大学营养与饲料实验室进行饲养试验。从暂养箱中挑选规格整齐,活力好的凡纳滨对虾幼虾随机饲养于 12 个 24 h 连续充气的水族箱中(60 cm × 40 cm × 40 cm),每箱放幼虾 100 尾。待虾适应后正式开始试验。幼虾的初始全长为(1.31 ± 0.04) cm,初始体重为(0.013 6 ± 0.001 0) g。

表 2 试验饲料的配方及主要营养成分

Tab.2 Formulation and proximate chemical composition of the tested diets % , DM

成分 ingredients	组别 groups			
	对照组 control	5%	10%	15%
鱼粉 fish meal	35.00	32.00	29.00	26.00
玉米蛋白粉 corn gluten meal	0	5.00	10.00	15.00
豆粕 soybean meal	15.00	15.00	15.00	15.00
肉粉 meat meal	8.00	8.00	8.00	8.00
花生粕 peanut meal	15.00	15.00	15.00	15.00
面粉 flour	22.00	18.69	16.69	14.69
鱼油 fish oil	1.40	1.40	1.40	1.40
磷酸二氢钙 monocalcium phosphate	2.50	2.50	2.50	2.50
氯化胆碱 choline chloride	0.50	0.50	0.50	0.50
虾用复合维生素 vitamin premix	0.30	0.30	0.30	0.30
虾用复合矿物质 mineral premix	0.30	0.30	0.30	0.30
诱食剂 feed enhancer	0	1.31	1.31	1.31
营养成分 proximate composition				
粗蛋白 crude protein	44.04	44.19	44.45	44.67
粗脂肪 crude lipid	5.71	5.78	5.86	6.05
粗灰分 crude ash	10.73	10.47	10.29	10.14
水分 moisture	8.85	8.81	8.78	8.72
消化能(kJ/g) digestible energy	14.74	14.82	14.91	14.95

试验从 2007 年 7 月 21 日至 9 月 3 日,共 45 d。在整个试验期间,养殖水盐度为 4~5,水温为(28 ± 1)℃,NH₄⁺-N < 0.5 mg/L, DO > 5 mg/L, pH 为 8.0~8.5。每日投喂饲料 4 次(7:30, 12:30, 17:30, 22:30),早晚占日投喂量的 70% 左右,

试验早期日投喂率约为体重的 10%,后期日投喂率约为体重的 7% 左右,视水温、摄食情况和幼虾生长作适当调整,每天换水一次,换水量为水体的 1/5 左右,每日观察对虾吃食、游动、蜕皮、死亡情况。

1.4 测定

从2007年8月11日至8月20日测定每组虾的摄食量。在此试验期间,投喂1 h后收集残饵,105℃烘干称重,并根据各组饲料中水分含量进行换算,依据投饲量和残饵量计算每尾虾的日平均摄食量。

日平均摄食量(mg) = 试验期间日摄食量之和/试验天数

日摄食量(mg) = (日投饲量 - 日残饵量)/虾尾数

试验开始随机取样100尾虾苗,测定其初始全长和体重。试验结束后,将试验虾饥饿一天,测定其全长和体重,计算相对增长率和增重率以及存活率,依据饲养期间饲料的投喂量及虾的增重计算饲料系数。

相对增长率(%) = (终全长 - 初全长) × 100/初全长

相对增重率(%) = (终重 - 初重) × 100/初重

存活率(%) = 成活虾数 × 100/投放虾数

饲料系数(FCR) = 试验期间虾的总摄食量/(终末虾总体重 - 试验初虾总重)

试验结束将虾样品去壳,取肌肉,剪成小块,每10尾虾的肌肉合并为一个样品,用于虾肌肉常规成分和氨基酸组成的测定。每个平行组取3个样品测定肌肉常规成分,烘干法测定水分,凯氏微量定氮法测定粗蛋白质,氯仿甲醇法测定粗脂肪,马弗炉灼烧法测定粗灰分。

采用酸水解法、日立L-8800氨基酸自动分析仪测定肌肉的氨基酸组成,并与1973年WHO/FAO提出的鸡蛋蛋白质评分标准进行比较,计算肌肉的必需氨基酸指数EAAI^[17]。每个饲料组测

定2个样品。

必需氨基酸指数EAAI = [(P_{Thr}/S_{Thr}) × (P_{Val}/S_{Val}) × ... × (P_{Lys}/S_{Lys})]^{1/n} × 100

式中,n为比较氨基酸个数;P为虾肌肉蛋白质的氨基酸含量mg/g(N);S为鸡蛋蛋白质的氨基酸含量mg/g(N)。

1.5 数据统计

试验结果用平均数 ± 标准差表示,使用SPSS 11.5分析软件对数据进行单因素方差分析(ONE-WAY ANOVA),Duncan氏法进行多重比较,检验处理间差异显著性(P < 0.05)。

2 结果

2.1 凡纳滨对虾的生长性能和摄食量

经过45 d的饲养试验,饲料玉米蛋白粉对凡纳滨对虾的成活率没有显著影响(表3, P > 0.05)。

饲料玉米蛋白粉对凡纳滨对虾幼虾的生长具有显著影响,随着玉米蛋白粉用量的增加,各组幼虾生长呈现递减趋势。5%玉米蛋白粉组的相对增重率和相对增长率分别为2542.8%和155.1%,其相对增重率显著高于对照组及其它试验饲料组(P < 0.05),其相对增长率与对照组没有显著差异。10%组虾的相对增重率和增长率均与对照组没有显著差异(P > 0.05),然而15%组幼虾的生长显著低于对照组(P < 0.05)。

饲料中玉米蛋白粉的用量对饲料系数的影响不显著(P > 0.05)。

表3表明,5%及10%玉米蛋白粉组日平均摄食量与对照组没有显著差异(P > 0.05),但是,饲料中玉米蛋白粉使用量达到15%,其日平均摄食量显著低于对照组(P < 0.05)

表3 饲料玉米蛋白粉用量对凡纳滨对虾日均摄食量、生长、存活及饲料利用的影响
Tab.3 Effect of dietary corn gluten meal levels on daily ratio, growth, survival and feed utilization of *Litopenaeus vannamei*

项目 item	组别 groups			
	对照组 control	5%	10%	15%
终末平均全长(cm) final body length	3.19 ± 0.33	3.34 ± 0.27	3.17 ± 0.36	2.86 ± 0.32
相对增长率(%) length gain	143.6 ± 21.3 ^a	155.1 ± 15.6 ^a	142.0 ± 24.4 ^a	118.8 ± 23.9 ^b
终末平均体重(g) final body weight	0.327 ± 0.063	0.359 ± 0.044	0.322 ± 0.059	0.290 ± 0.067
相对增重率(%) weight gain	2303.7 ± 314.6 ^b	2542.8 ± 273.7 ^a	2268.8 ± 369.3 ^b	2031.4 ± 351.4 ^c
成活率(%) survival	68.50 ± 1.47	67.43 ± 4.43	70.67 ± 5.03	72.58 ± 3.62
饲料系数 feed coefficient	1.67 ± 0.13	1.58 ± 0.08	1.61 ± 0.15	1.70 ± 0.17
日平均摄食量(mg) mean daily ratio	7.99 ± 0.51 ^a	7.92 ± 0.14 ^a	7.70 ± 0.32 ^{ab}	6.96 ± 0.16 ^b

注:表中同行不同字母表示差异显著(P < 0.05)。下同

Notes: Means in the same row with a different superscript indicated difference at P < 0.05. The same below

2.2 凡纳滨对虾的肌肉成分

对照组凡纳滨对虾肌肉的水分含量为 78.4%,其粗蛋白、粗脂肪和粗灰分的含量分别为 82.75%、3.84%和 6.27%。玉米蛋白粉替代鱼粉对凡纳滨对虾肌肉的水分、粗蛋白、粗脂肪和粗灰分含量没有显著影响($P>0.05$,表 4)。

表 5 表明,除了色氨酸在酸水解中被破坏未检出之外,各试验组都检测出 17 种常见氨基酸,

其中包括 9 种必需氨基酸和 8 种非必需氨基酸。饲料中玉米蛋白粉替代鱼粉对凡纳滨对虾肌肉的氨基酸总量和呈味氨基酸总量的影响不显著($P>0.05$),但是,对必需氨基酸总量的影响显著($P<0.05$),各玉米蛋白粉组的必需氨基酸总量与对照组虽然没有显著差异,然而,5%玉米蛋白粉组的必需氨基酸总量为 35.87%,显著高于 15%玉米蛋白粉组。

表 4 饲料玉米蛋白粉用量对凡纳滨对虾肌肉常规营养成分的影响

Tab.4 Effect of dietary corn gluten meal levels on nutrient ingredients in

组别 groups	muscle of <i>Litopenaeus vannamei</i>				%, DM
	水分 moisture	粗蛋白 crude protein	粗脂肪 crude lipid	粗灰分 crude ash	
对照组 control	78.40 ± 0.46	82.75 ± 0.77	3.84 ± 0.12	6.27 ± 0.26	
5%	78.92 ± 0.49	83.12 ± 1.02	3.78 ± 0.43	6.04 ± 0.17	
10%	79.07 ± 0.34	83.02 ± 1.51	3.81 ± 0.21	6.20 ± 0.15	
15%	78.86 ± 0.35	82.25 ± 0.89	3.65 ± 0.36	6.17 ± 0.27	

表 5 饲料玉米蛋白粉用量对凡纳滨对虾肌肉氨基酸组成的影响

Tab.5 Effect of dietary corn gluten meal levels on amino acid composition in

氨基酸 amino acid	muscle of <i>Litopenaeus vannamei</i>				%, DM
	组别 groups				
	对照组 control	5%	10%	15%	
天门冬氨酸 Asp	8.13 ± 0.12	8.15 ± 0.28	8.07 ± 0.27	7.98 ± 0.07	
苏氨酸 Thr	2.93 ± 0.07	2.98 ± 0.33	2.91 ± 0.19	3.05 ± 0.05	
丝氨酸 Ser	2.89 ± 0.03	2.88 ± 0.12	3.14 ± 0.03	3.33 ± 0.18	
谷氨酸 Glu	14.42 ± 0.31 ^b	14.53 ± 0.45 ^{ab}	14.49 ± 0.38 ^{ab}	15.23 ± 0.35 ^a	
甘氨酸 Gly	6.86 ± 0.29	6.74 ± 0.36	6.30 ± 0.22	6.42 ± 0.24	
丙氨酸 Ala	5.29 ± 0.23	5.23 ± 0.14	5.20 ± 0.17	5.08 ± 0.20	
胱氨酸 Cys	0.50 ± 0.21	0.54 ± 0.22	0.53 ± 0.21	0.51 ± 0.11	
缬氨酸 Val	3.25 ± 0.25	3.27 ± 0.05	3.42 ± 0.19	3.39 ± 0.09	
蛋氨酸 Met	2.66 ± 0.09	2.88 ± 0.12	2.68 ± 0.23	2.43 ± 0.06	
异亮氨酸 Ile	3.19 ± 0.12	3.26 ± 0.01	3.03 ± 0.06	3.15 ± 0.14	
亮氨酸 Leu	5.60 ± 0.11 ^b	5.64 ± 0.02 ^{ab}	5.80 ± 0.03 ^a	5.71 ± 0.05 ^{ab}	
酪氨酸 Tyr	2.85 ± 0.05	2.86 ± 0.04	2.95 ± 0.01	2.78 ± 0.11	
苯丙氨酸 Phe	2.82 ± 0.13	2.69 ± 0.02	2.88 ± 0.08	2.78 ± 0.03	
赖氨酸 Lys	6.76 ± 0.20 ^a	6.79 ± 0.31 ^a	6.40 ± 0.17 ^{ab}	6.04 ± 0.15 ^b	
组氨酸 His	1.83 ± 0.12	1.81 ± 0.10	1.75 ± 0.09	1.90 ± 0.12	
精氨酸 Arg	6.48 ± 0.15 ^a	6.56 ± 0.21 ^a	6.15 ± 0.22 ^b	6.10 ± 0.21 ^b	
脯氨酸 Pro	4.97 ± 0.24 ^{ab}	4.89 ± 0.12 ^{ab}	5.21 ± 0.11 ^a	4.70 ± 0.25 ^b	
氨基酸总量 TAA	81.43 ± 0.62	81.69 ± 0.75	80.90 ± 0.76	80.58 ± 0.52	
必需氨基酸总量 TEAA	35.51 ± 0.39 ^{ab}	35.87 ± 0.41 ^a	35.01 ± 0.36 ^{ab}	34.65 ± 0.32 ^b	
必需氨基酸指数 EAAI	62.59 ± 0.61	63.62 ± 0.58	62.74 ± 1.31	61.57 ± 0.37	
呈味氨基酸总量 DAA	34.70 ± 0.45	34.65 ± 0.52	34.06 ± 0.50	34.71 ± 0.47	
TEAA/TAA	43.61 ± 0.12	43.91 ± 0.13	43.28 ± 0.10	42.94 ± 0.08	

注:TEAA 是赖氨酸、蛋氨酸、苯丙氨酸、缬氨酸、亮氨酸、异亮氨酸、苏氨酸、精氨酸、组氨酸的总和;呈味氨基酸是指天门冬氨酸、谷氨酸、甘氨酸和丙氨酸的总和;色氨酸在酸水解中被破坏,未能检测

Notes: TEAA is the sum of Lys, Met, Phe, Val, Leu, Ile, Thr, Arg, His; Delicious AA is the sum of Asp, Glu, Gly, Ala; Tryptophan was destroyed during hydrolyzation by the hydrochloric acid

玉米蛋白粉替代鱼粉对凡纳滨对虾肌肉中的赖氨酸、精氨酸、谷氨酸和亮氨酸的含量有显著影响($P < 0.05$),其影响程度因玉米蛋白粉的替代水平及氨基酸的种类而异。玉米蛋白粉使用量达到15%,凡纳滨对虾肌肉中的赖氨酸和精氨酸含量分别为6.04%和6.1%,显著低于对照组($P < 0.05$);而玉米蛋白粉使用量分别达到10%与15%,其亮氨酸和谷氨酸的含量分别为5.8%和15.23%,显著高于对照组($P < 0.05$)。饲料玉米蛋白粉对肌肉中其余氨基酸含量影响不显著($P > 0.05$)。

表5所示,各试验组凡纳滨对虾肌肉的必需氨基酸指数均超过60,虽然5%组最高,达到63.62,但是,玉米蛋白粉替代鱼粉对肌肉的必需氨基酸指数没有显著影响($P > 0.05$)。各组对虾肌肉的必需氨基酸总量与氨基酸总量之比为42.94~43.91,玉米蛋白粉替代鱼粉对其没有显著影响($P > 0.05$)。

3 讨论

3.1 玉米蛋白粉对凡纳滨对虾摄食量的影响

鱼粉中存在较多的促摄食物质^[18],其适口性较好。本试验玉米蛋白粉的适口性比鱼粉差,尽管在各组试验饲料中添加了诱饵物,改善了5%和10%玉米蛋白粉组饲料的适口性,但是诱饵物的诱食效果有限,虾的摄食量随着饲料中玉米蛋白粉用量的增加而减少,以致15%组的日摄食量显著低于对照组。这与Amaya等^[11]利用脱脂大豆粉、玉米蛋白粉等配制凡纳滨对虾饲料时添加1%的鱿鱼粉和Takagi等^[6]在真鲷仔鱼中使用玉米蛋白粉的研究结果相似。但是,Wu^[19]的研究结果显示,饲料中使用玉米蛋白粉对罗非鱼(*Tilapia nilotica* L.)的摄食量没有影响;Robaina等^[10]也认为金头鲷(*Sparus aurata* L.)能够较好的适应玉米蛋白粉,其摄食量随着饲料中玉米蛋白粉用量的增加而提高,玉米蛋白粉在饲料中的最大用量可达21.08%。造成这种差异的可能原因具试验动物对玉米蛋白粉喜好程度的差异。

3.2 玉米蛋白粉对凡纳滨对虾生长性能的影响

玉米蛋白粉虽然蛋白质丰富,但是,其氨基酸的不平衡限制了它的应用。Pereira等^[20]和Shimeno等^[9]分别使用玉米蛋白粉替代金头鲷和五条鲷(*Seriola quinqueradiata*)饲料中的鱼粉,当

替代量较大时,由于玉米蛋白粉必需氨基酸组成的不平衡,以致这两种鱼的生长和饲料效率显著降低。对五条鲷^[21],舌齿鲈^[5],鲤(*Cyprinus carpio* L.)^[22],牙鲆^[23],虹鳟(*Oncorhynchus mykiss*)和褐鳟(*Salmo trutta*)^[24]的研究表明,饲料中使用玉米蛋白粉替代部分鱼粉时,添加适量的游离氨基酸可以促进其生长和提高饲料利用率。本试验中,在配制各玉米蛋白粉饲料时也尽可能改善饲料的氨基酸平衡,再加上玉米蛋白粉适口性的相对改善以及饲料表观消化率的提高,因此,适量的玉米蛋白粉替代部分鱼粉对凡纳滨对虾的生长无负面影响,这与Kikuchi^[4]对牙鲆、Takagi等^[6]对真鲷、Moyano等^[7]对虹鳟、Shimeno等^[9]对五条鲷、Pereira等^[20]对金头鲷的研究结果相似。

3.3 玉米蛋白粉对凡纳滨对虾肌肉常规成分和氨基酸组成的影响

本试验条件下虾肌肉水分、粗蛋白、粗脂肪和粗灰分含量不受玉米蛋白粉替代鱼粉水平的影响,Regost等^[3]报道,瘤棘鲆饲料中使用57%的玉米蛋白粉替代饲料中全部的鱼粉,试验组鱼的体蛋白含量与鱼粉组没有显著差异,对虹鳟^[25]、鲤^[22]和五条鲷^[26]的研究也得到了相似的结果。但是,玉米蛋白粉的使用量过高,可能会影响鱼体的其他营养成分,Pereira等^[20]发现,玉米蛋白替代60%和80%鱼粉时,金头鲷鱼体的脂肪含量要显著高于对照组,灰分和蛋白含量则没有差异。当饲料中玉米蛋白粉使用量超过15%时,对凡纳滨对虾肌肉常规成分的影响有待于进一步研究。

虾肌肉中氨基酸的组成和含量,尤其是必需氨基酸的含量高低和构成比例,是评价食物蛋白质营养价值的重要指标^[27]。由于鸡蛋蛋白质的必需氨基酸组成与人的需求接近,因此,可以以鸡蛋蛋白质为标准蛋白评价食物蛋白质的营养价值。本试验玉米蛋白粉组的凡纳滨对虾肌肉的必需氨基酸指数均超过60,又根据FAO/WHO的理想模式,质量较好的蛋白质其必需氨基酸总量与氨基酸总量的比例为40%左右^[28],本试验中各试验组虾肌肉的二者比例都超过了40%,说明玉米蛋白粉替代部分鱼粉没有降低凡纳滨对虾肌肉的营养价值。玉米蛋白粉替代部分鱼粉只影响对虾肌肉中少数几种氨基酸的含量,此结果与Albrektsen等^[29]对大西洋鲑(*Gadus morhua*)的研

究结果基本一致。当玉米蛋白使用量达到 15% 时,凡纳滨对虾肌肉中赖氨酸和精氨酸含量显著降低,可能与试验饲料中精氨酸的消化率降低有关^[29]。此外,也有可能与试验饲料组肌肉中游离赖氨酸和精氨酸被机体快速利用有关^[30]。

动物蛋白质是否鲜美在一定程度上取决于其呈味氨基酸的组成与含量。本试验各组虾肌肉中呈味氨基酸总量基本一致,从这个角度来看,玉米蛋白粉替代部分鱼粉仍能使凡纳滨对虾肌肉保持原有的鲜味。

综上所述,本试验条件下玉米蛋白粉在凡纳滨对虾饲料中的适宜用量为 10%。

参考文献:

- [1] Johns C, Finks A J, Paul M S. Studies in nutrition III. The nutritive value of commercial corn gluten meal[J]. Journal of Biological Chemistry, 1920: 391 - 497.
- [2] 周歧存,麦康森,刘永坚,等. 动植物蛋白源替代鱼粉研究进展[J]. 水产学报,2005,29(3): 404 - 410.
- [3] Regost C, Arzel J, Kaushik S J. Partial or total replacement of fish meal by corn gluten meal in diet for turbot (*Psetta maxima*) [J]. Aquaculture, 1999, 180:99 - 117.
- [4] Kikuchi K. Partial replacement of fish meal with corn gluten meal in diets for Japanese flounder *Paralichthys olivaceus* [J]. World Aquacult Soc, 1999, 30:357 - 363.
- [5] El-Ebiary E H, Zaki M A, Mabrook H A. The use of corn gluten meal as a partial replacement for fish meal in diets of sea bass (*Dicentrarchus labrax*) fry [J]. Bull Natl Inst, 2001, 27: 373 - 386.
- [6] Takagi S, Hosokawa H, Shimeno S, et al. Utilization of corn gluten meal in a diet for red sea bream *Pagrus major*[J]. Nippon Suisan Gakkaishi, 2000, 66(3):417 - 427.
- [7] Moyano F J, Cardenete G, Higuera M D. Nutritive and metabolic utilization of proteins with high glutamic acid content by the rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) [J]. Comp Biochem Physiol, A: Physiol, 1991, 100:759 - 762.
- [8] Anderson J S, Lall S P, Anderson D M, et al. Apparent and true availability of amino acids from common feed ingredients for Atlantic salmon (*Salmo salar*) reared in sea water [J]. Aquaculture, 1992,108: 111 - 124.
- [9] Shimeno S, Mima T, Imanaga T, et al. Inclusion of combination of defatted soybean meal, meat meal, and corn gluten meal to yellowtail diets [J]. Nippon Suisan Gakkaishi, 1993, 59(11): 1889 - 1895.
- [10] Robaina L, Moyano F J, Izquierdo M S, et al. Corn gluten and meat and bone meals as protein sources in diets for gilthead seabream (*Sparus aurata*): Nutritional and histological implications [J]. Aquaculture,1997,155:347 - 359.
- [11] Amaya E, Davis D A, Rouse D B. Alternative diets for the Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* [J]. Aquaculture, 2007, 262: 419 - 425.
- [12] Amaya E, Davis D A, Rouse D B. Replacement of fish meal in practical diets for the Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) reared under pond conditions[J]. Aquaculture, 2007,262:393 - 401.
- [13] 李广丽,朱春华,周歧存. 不同蛋白质水平的饲料对南美白对虾生长的影响[J]. 海洋科学, 2001,25(4): 1 - 4.
- [14] Akiyama D M, Dominy W G, Lawrence A L. Penaeid shrimp nutrition for the commercial feed industry: revised [M]. Singapore American Soybean Association, 1991:80 - 98.
- [15] Davis D A, Lawrence A L, Gatlin D M. Response of *Penaeus vannamei* to dietary calcium, phosphorus and calcium: phosphorus ratio [J]. J World Aquacult Soc, 1993, 24:504 - 515.
- [16] 杨奇慧,周歧存. 凡纳滨对虾营养需要研究进展 [J]. 饲料研究, 2005,6:50 - 53.
- [17] Peiiett P L, Young V R. Nutritional evaluation of protein foods [M]. Tokyo: The United National University, 1980: 26 - 29.
- [18] Lindsay R C. Flavour of fish [M]//Shahidi F, Botta J R, Eds. Seafoods chemistry, processing technology and quality. Glasgow: Blackie Academic and Professional, 1994:115 - 139.
- [19] Wu Y V, Rosati R, Warner K, et al. Growth, feed conversion, protein utilization, and sensory evaluation of Nile tilapia fed diets containing corn gluten meal, full-fat soy, and synthetic amino acids [J]. J Aquat Food Prod Technol,2000,9:77 - 88.
- [20] Pereira T G, Oliva-Teles A. Evaluation of corn gluten meal as a protein source in diets for gilthead sea bream (*Sparus aurata* L.) juvenile [J]. Aquacult Res,2003,34:1111 - 1117.

- [21] Watanabe T, Aoki H, Watanabe K, *et al.* Quality evaluation of different types of non-fish meal diets for yellowtail [J]. *Fisheries Science*, 2001, 67: 461 - 469.
- [22] Pongmaneerat J, Watanabe T, Takeuchi T, *et al.* Use of different protein meals as partial or total substitution for fish meal in carp diets [J]. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 1993, 59(7): 1249 - 1257.
- [23] Yamamoto T, Unuma T, Akiyama T. Apparent availability of amino acids from several protein sources for fingerling Japanese flounder [J]. *Bulletin of National Research Institute of Aquaculture*, 1998, 27: 27 - 35.
- [24] Arzel J, Regost C, Kaushik S J. Incorporation of plant protein sources in fish diet, Brest, March 9 - 10, 1999 [C]. Nivelle: INRA-Ifremer Workshop on fish nutrition, collected papers, 1999.
- [25] Moyano FJ, Cardenete G, de la Higuera M, *et al.* Nutritive value of diets containing high percentage of vegetable proteins for trout (*Oncorhynchus mykiss*) [J]. *Aquat Living Resour*, 1992, 5: 23 - 29.
- [26] Shimeno S, Masumoto T, Hujita T, *et al.* Alternative protein sources for fish meal in diets of young yellowtail [J]. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 1993, 59(1): 137 - 143.
- [27] 倪娟, 赵晓勤, 陈立侨, 等. 日本沼虾4种群肌肉营养品质的比较 [J]. *中国水产科学*, 2003, 10(3): 212 - 214.
- [28] 李正忠. 花粉、灵芝与珍珠中必需氨基酸的定量测定与分析比较 [J]. *氨基酸分析*, 1988, 4: 41 - 43.
- [29] Albrektsen S, Mundheim H, Aksnes A. Growth, feed efficiency, digestibility and nutrient distribution in Atlantic cod (*Gadus morhua*) fed two different fish meal qualities at three dietary levels of vegetable protein sources [J]. *Aquaculture*, 2006, 261: 626 - 640.
- [30] Gómez-Requeni P, Mingarro M, Calduch-Giner J A, *et al.* Protein growth performance, amino acid utilisation and somatotropic axis responsiveness to fish meal replacement by plant protein sources in gilthead sea bream (*Sparus aurata*) [J]. *Aquaculture*, 2004, 232: 493 - 510.

Effects of partial replacement of fish meal by corn gluten meal on daily ration, growth, and nutrient ingredients in muscles of *Litopenaeus vannamei*

HAN Bin¹, HUANG Xu-xiong¹, HUA Xue-ming¹, ZHOU Hong-qi¹, DING Zhuo-ping², CHEN Li¹

(1. Key Laboratory of Exploration and Utilization of Aquatic Genetic Resources,
Ministry of Education, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China;

2. College of Food Science and Technology, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China)

Abstract: Increasing economical concerns regarding the use of fish meal in diets for shrimp have led to the development of replacement strategies where plant protein sources have received ample attention. Corn gluten meal, being one of the available plant protein sources, which is obtained as a by-product from corn, has a high protein level, and it is low in fiber, rich in vitamins B and E and is known to contain no antinutritional factors. In this study, the corn gluten meal as a dietary protein for juvenile *Litopenaeus vannamei* was evaluated. Four kinds of isocaloric, isonitrogenous diets were formulated. The control diet used fish meal, soybean meal, meat meal and peanut meal as the protein sources, and other three diets contained 5%, 10% and 15% of corn gluten meal respectively (replacing 8.6%, 17.2% and 25.8% of fish meal respectively). The juvenile shrimps with initial weight (0.0136 ± 0.0010) g were fed in aquarium indoor for 45 d at 28 °C. Effects of partial replacement of fish meal by corn gluten meal on growth, daily ration and nutrient ingredients in muscles of *Litopenaeus vannamei* were determined. The results showed that since dietary corn gluten meal level up to 10% did not significantly affect the mean daily ration ($P > 0.05$), and 5% treatment had the best growth parameters. Its weight gain (WG), length gain (LG) and feed conversion ratio (FCR) was 2542.8%, 155.1% and 1.58 respectively. WG was significantly higher than that of the control ($P < 0.05$), LG and FCR were not significantly different from those of the control ($P > 0.05$). The growth parameters of 10% treatment were not significantly different from those of the control ($P > 0.05$), but those of 15% treatment were significantly lower than those of the control ($P < 0.05$). There were no significant differences in content of moisture, crude protein, crude lipid and crude ash in muscles of *Litopenaeus vannamei* among treatments ($P > 0.05$), and the total amino acids (TAA), essential amino acids (TEAA), delicious amino acids (DAA) and essential amino acids index (EAAI) in muscles of *Litopenaeus vannamei* in corn gluten meal treatments were also not significantly different from those of the control ($P > 0.05$). 10% corn gluten meal in the feed for tested shrimps was suggested.

Key words: *Litopenaeus vannamei*; corn gluten meal; daily ration; growth; nutrient ingredients in muscle