

凡纳滨对虾对 4 种鱼粉及其简单组合的利用

程传龙^{1,2} 郑石轩^{1*} 程开敏¹ 张其华¹ 张璐¹ 朱学芝¹

(1.广东粤海饲料集团有限公司,湛江 524017;2.广东海洋大学水产学院,湛江 524025)

摘 要: 本试验通过研究凡纳滨对虾(*Litopenaeus vannamei*)对 4 种鱼粉及其简单组合的利用情况,旨在分析其可利用性及各自特点。试验选用了智利蒸汽鱼粉、秘鲁直火鱼粉、国产半脱脂鱼粉及国产鱼排粉作为试验材料。共设 8 个组,4 个单一组(蒸汽、直火、半脱脂和鱼排组),4 个组合组[蒸汽:直火(1:1)、蒸汽:半脱脂(1:1)、蒸汽:直火:半脱脂(1:1:1)和蒸汽:鱼排(1:1)组],每组 3 个重复,单重复投放初始体重为(0.60±0.00) g 的幼虾 40 尾,试验期为 8 周。结果显示,前 3 个单一组(蒸汽、直火、半脱脂组)在生长指标上差异不显著($P>0.05$)。而半脱脂组蛋白质表观消化率显著优于其他 3 个单一组($P<0.05$)。除蒸汽:鱼排组合的生长指标和蛋白质表观消化率与蒸汽组存在差异外($P<0.05$),各组合组在生长与机体营养成分 2 方面均与相应单一组无显著性差异($P>0.05$)。由此得出,国产半脱脂鱼粉、智利蒸汽鱼粉和秘鲁直火鱼粉养殖效果均较好,皆可在凡纳滨对虾配合饲料中单独使用;鱼粉之间简单组合有利于蛋白质互补,但个别组合会影响生长;鱼排粉使用时要结合其优劣 2 方面综合考虑。

关键词: 凡纳滨对虾;鱼粉;生长;表观消化率;氨基酸组成

鱼粉因其具有高蛋白质、氨基酸模式较好、富含 DHA、EPA 等优势而被广泛应用,其在凡纳滨对虾等水产配合饲料中占有重要地位^[1]。然而鱼粉市场复杂、种类多样,各种鱼粉质量受原料、生产工艺和贮存方式与时间等因素影响而各异。随着发展,全球不同区域都形成了当地稳定的鱼粉生产工艺,比如:智利蒸汽鱼粉、秘鲁直火鱼粉等,以至同地区鱼粉质量较为相似,所以研究者在鱼粉评比上常以各区域代表作为研究个体。国内研究者常将国产鱼粉与进口鱼粉等进行两者对比研究^[2-5]。但将多种鱼粉及其组合进行综合研究,将生长、表观消化率、沉积率和氨基酸组成等研究方法结合应用的研究还未见报道。本试验以世界 3 大对虾养殖品种之一凡纳滨对虾为研究对象,选取 3 种鱼粉(智利蒸汽鱼粉、

秘鲁直火鱼粉和国产半脱脂鱼粉)和 1 种较具潜力的鱼排粉(以鱼片生产副产品为原料,经鱼粉生产工艺所制 1 种高灰低蛋鱼粉),于蛋白质和氨基酸 2 层面上深入探讨 4 种鱼粉及组合在消化、吸收及沉积等方面的异同,以便为今后凡纳滨对虾等饲料生产上准确选取鱼粉提供较为可靠的科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

1.1.1 试验原料

本试验所选鱼粉为:智利蒸汽鱼粉、秘鲁直火鱼粉、半脱脂鱼粉(国产)、鱼排粉(国产)。各种鱼粉成分及氨基酸组成分析数据见表 1 和表 2。

表 1 4 种鱼粉成分分析(干物质基础)
Table 1 Analysis of 4 fish meal composition (DM basis, g/kg)

项目 Items	智利蒸汽鱼粉 Chile standard steam fish meal	秘鲁直火鱼粉 Peru FAQ fish meal	半脱脂鱼粉 Semi-skimmed fish meal	鱼排粉 Fish steak meal
水分 Moisture	98.2	85.6	93.6	132.1
粗蛋白质 CP	689.6	686.7	639.1	557.4
粗脂肪 EE	89.4	73.7	158.1	66.3
粗灰分 Ash	130.9	134.6	116.4	226.5
钙 Ca	35.5	35.4	31.1	51.7
总磷 TP	30.3	30.7	24.7	61.5

收稿日期:2009-05-08

作者简介:程传龙(1984-),男,山东曹县人,硕士研究生,主要从事水产经济动物营养与饲料的研究。E-mail: clcheng163@163.com

* 通讯作者:郑石轩,高级工程师,客座教授,硕士生导师,E-mail: yhzsx@vip.163.com

表 2 4 种鱼粉氨基酸组成
Table 2 Amino acid composition of 4 fish meal (g/kg prot)

项目 Items	智利蒸汽鱼粉 Chile steam fish meal	秘鲁直火鱼粉 Peru FAQ fish meal	半脱脂鱼粉 Semi-skimmed fish meal	鱼排粉 Fish steak meal
组氨酸 His	34.5	28.7	30.3	15.2
苏氨酸 Thr	43.2	42.8	39.9	34.4
精氨酸 Arg	57.6	56.7	49.6	49.8
酪氨酸 Tyr	35.4	34.2	31.2	33.3
缬氨酸 Val	52.8	51.4	47.1	44.6
蛋氨酸 Met	32.7	31.2	28.2	25.6
苯丙氨酸 Phe	32.2	31.5	27.5	24.5
异亮氨酸 Ile	57.3	56.1	51.1	45.5
亮氨酸 Leu	74.6	75.3	67.5	59.8
赖氨酸 Lys	79.0	79.7	69.9	56.2

1.1.2 试验动物

本试验用凡纳滨对虾由广东粤海饲料集团湛江粤海水产种苗有限公司提供。

1.2 试验设计及日粮组成

试验设 8 个组,4 个单一组,包括:蒸汽组(I 组)、直火组(II 组)、半脱脂组(III 组)及鱼排组(IV 组);4 个组合组,包括:蒸汽:直火(1:1)组(V 组)、蒸汽:半脱脂(1:1)组(VI 组)、蒸汽:直火:半脱脂(1:1:1)组(VII 组)、蒸汽:鱼排(1:1)组(VIII 组),各组合组鱼粉的比值为蛋白质比值。

试验配方中通过调整各组间的鱼粉、鱼油和纤维素添加量达到等氮等能(蛋白质含量为 39.5%,总能为 19.9 MJ/kg)形式。添加 0.5% Cr₂O₃ 作表观消化率测定指示剂。试验日粮组成及营养水平见表 3。

1.3 试验方法

1.3.1 养殖试验

养殖试验在广东粤海饲料集团有限公司东海岛试验基地过滤海水养殖系统(500 L 玻璃纤维桶)中实施。虾苗暂养两周后,选用初体重为(0.60±0.00)g 的凡纳滨对虾 960 尾,随机分为 8 组,每组 3 个重复,每个重复 40 尾,以重复为单位放养于养殖桶内。以组为单位随机饲喂 1 种试验日粮,采用限量投喂,全天投喂量为每桶虾重的 6%~10%。每天 4 次(07:00、11:00、17:00 和 22:00),比例为 3:2:3:2。前期每 2 d 换水 1 次,后期每 1 d 换水 1 次,每次换水量在 1/3 左右。水温(28.86±0.91)℃与溶氧(6.23±0.18)mg/L 每天测定 1 次;pH(7.61±0.04)和盐度(26.83±1.15)‰ 1 周测定 1 次;保证氨氮不高于 0.17 mg/L,亚硝酸氮不高于 0.018 mg/L,养殖期为 8 周。结束时,停食 24 h。对各桶进行末期计数与称重。每桶随机抽取 6 尾合

并后做体成分分析,10 尾合并后做肌肉分析,密封置于低温冰箱(-20℃)中。

1.3.2 消化试验

养殖试验进行至第 4 周时开始收集粪便,到第 5 周时结束。投饲后 2 h,用虹吸法收集新鲜粪便。粪便经风干后,密封低温(-20℃)保存备用。

1.3.3 样品分析方法及有关公式

粗蛋白质采用凯氏定氮法;粗脂肪为索氏提取法;水分于 105℃烘干 5 h;灰分用 550℃马弗炉灼烧法;总磷使用钼黄分光光度法;钙用乙二胺四乙酸二钠络合滴定法;铬采用为分光光度法;氨基酸使用高效液相法;总能采用氧弹式热量计(5E-1C)测定。

表观消化率计算公式:

干物质表观消化率(%)=100×(1-Ya/Yb);

饲料中某种营养物质的表观消化率(%)=100×(1-Xb/Xa×Ya/Yb)。

式中:Xa 表示饲料中某养分含量;Xb 表示粪便中某养分含量;Ya 表示饲料中 Cr₂O₃ 含量;Yb 表示粪便中 Cr₂O₃ 含量。

1.4 数据处理

试验数据分析使用 SPSS 13.0。显著水平采用 P<0.05。结果显示使用平均值±标准差的形式。

2 结果

2.1 4 种鱼粉及组合对凡纳滨对虾生长性能的影响

各组增重率、饵料系数等 5 项指标如表 4 所示。4 个单一组中,IV 组除存活率外的各指标与其他 3 组均差异显著(P<0.05),I~III 组间各指标差异不显著(P>0.05)。4 个组合组中,V 组饵料系数显著低于 VII 和 VIII 组(P<0.05),其他指标各组间差异不显著(P>0.05)。与 I 组相比,VI 和 VII 组末均重、

增重率和特定生长率显著降低($P<0.05$),饵料系数显著升高($P<0.05$)。Ⅷ组各指标除略优于Ⅳ组外,均低于(饵料系数为高于)其他 6 组,并与Ⅱ组差异达到显著水平($P<0.05$)。

表 3 试验日粮组成及营养水平(风干基础)
Table 3 Composition and nutrient levels of experimental diets (air-dry basis, %)

项目 Items	I 组 Group I	II 组 Group II	III 组 Group III	IV 组 Group IV	V 组 Group V	VI 组 Group VI	VII 组 Group VII	VIII 组 Group VIII
原料 Ingredients								
智利蒸汽鱼粉 Chile steam fish meal	30.00	—	—	—	15.00	15.00	10.00	15.00
秘鲁直火鱼粉 Peru FAQ fish meal	—	30.70	—	—	15.35	—	10.23	—
半脱脂鱼粉 Semi-skimmed fish meal	—	—	31.17	—	—	15.59	10.39	—
鱼排粉 Fish steak meal	—	—	—	38.15	—	—	—	19.08
鱼油 Fish oil	1.86	1.47	0.86	0.80	1.67	1.36	1.40	1.33
三氧化二铬 Cr ₂ O ₃	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
纤维素 Cellulose	7.09	6.78	6.92	0.00	6.93	7.00	6.93	3.54
维生素预混料 Vitamin premix ¹⁾	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
矿物质预混料 Mineral premix ²⁾	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
其他 Others ³⁾	59.55	59.55	59.55	59.55	59.55	59.55	59.55	59.55
合计 Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
营养水平 Nutrient levels ⁴⁾								
干物质 DM	92.85	92.18	91.68	90.80	92.18	92.51	91.95	91.08
粗蛋白质 CP	39.88	39.64	39.45	40.20	39.41	39.88	39.31	39.77
粗脂肪 EE	6.64	6.05	7.12	6.61	6.54	7.06	7.10	6.84
灰分 Ash	9.15	9.26	9.21	14.17	9.20	9.29	9.41	11.70
钙 Ca	1.90	1.87	1.77	3.30	1.89	1.80	1.84	2.54
总磷 TP	1.80	1.80	1.81	2.70	1.81	1.66	1.82	2.26
可消化能 DE (MJ/kg)	18.55	18.39	18.78	19.32	18.55	18.72	18.64	18.73

¹⁾ 每千克维生素预混料含有 Contained the following per kg of vitamin premix: 盐酸硫胺素 thiamin HCl 2.0 g; 核黄素 riboflavin 12.0 g; 盐酸吡哆醇 pyridoxine HCl 4.0 g; *DL*-泛酸钙 *DL*-calcium pantothenate 20.0 g; 烟酸 nicotinic acid 20.0 g; 生物素 biotin 0.2 g; 叶酸 folic acid 0.72 g; VB₁₂ 0.008 g; 氯化胆碱 choline chloride 400.0 g; 肌醇 inositol 20.0 g; VK₃ 8.0 g; VA 400 000 IU; VD₃ 3 200 IU; VE 8 000 IU; 纤维素 cellulose 461.064 g。

²⁾ 每千克矿物质预混料含有 Contained the following per kg of mineral premix: CoCl₂ 0.04 g; CuSO₄ · 5H₂O 2.50 g; FeSO₄ 40.0 g; MgSO₄ 283.98 g; MnSO₄ 6.50 g; KI 0.67 g; Na₂SeO₃ 0.10 g; ZnSO₄ 131.93 g; 沸石粉 zeolite 534.28 g。

³⁾ 其他 Other ingredients (%): 豆粕 soybean meal 15.55; 花生麸 peanut residue 8.00; 啤酒酵母 beer yeast powder 5.00; 虾壳粉 shrimp shell meal 3.00; 乌贼内脏粉 squid visceral meal 3.00; 面粉 wheat powder 22.00; 磷脂 phospholipids 2.00; 磷酸二氢钙 Ca(H₂PO₄)₂ 1.00; 氯化胆碱 choline chloride 0.50。

⁴⁾ 消化能为计算值,其余为实测值。DE was calculated value, and other nutrient levels were measured values.

2.2 4 种鱼粉及组合对凡纳滨对虾饲料养分表观消化率的影响

干物质表观消化率(表 5):Ⅱ组最优,且与Ⅰ和Ⅲ组均显著高于Ⅳ组($P<0.05$)。Ⅴ和Ⅵ组与相应单一组差异不显著($P>0.05$),而Ⅶ和Ⅷ组均显著低于Ⅱ和Ⅴ组($P<0.05$)。

粗蛋白质表观消化率(表 5):Ⅰ和Ⅱ组均显著

低于Ⅲ组($P<0.05$),Ⅰ~Ⅲ组均显著高于Ⅳ组($P<0.05$)。各组组合中,Ⅵ组最高,且显著高于其他 3 组($P<0.05$);Ⅴ组显著高于Ⅷ组($P<0.05$)。Ⅴ~Ⅷ组显著低于Ⅲ组并显著高于Ⅳ组($P<0.05$)。

总能表观消化率(表 5):Ⅰ和Ⅶ组显著低于Ⅳ组($P<0.05$),其他各组间差异均不显著($P>0.05$)。

表 4 凡纳滨对虾生长性能
Table 4 Growth performance of *Litopnaeus vannamei*

组别 Groups	末均重 Final average weight (g)	饵料系数 FCR	增重率 WGR (%)	特定生长率 Specific growth rate (%/d)	存活率 Survival rate (%)
I 组 Group I	10.99 ± 0.41 ^a	1.26 ± 0.05 ^a	1 735.64 ± 74.25 ^a	5.20 ± 0.07 ^a	100.00 ± 0.00
II 组 Group II	10.85 ± 0.33 ^{ab}	1.28 ± 0.04 ^{ab}	1 704.53 ± 54.16 ^{ab}	5.17 ± 0.05 ^{ab}	100.00 ± 0.00
III 组 Group III	10.33 ± 0.35 ^{abc}	1.37 ± 0.05 ^{abc}	1 619.19 ± 61.47 ^{abc}	5.08 ± 0.06 ^{ab}	98.33 ± 1.44
IV 组 Group IV	9.41 ± 0.31 ^d	1.53 ± 0.04 ^d	1 471.51 ± 50.44 ^d	4.92 ± 0.06 ^c	98.33 ± 1.44
V 组 Group V	10.80 ± 0.56 ^{abc}	1.27 ± 0.09 ^{ab}	1 700.59 ± 92.15 ^{abc}	5.16 ± 0.09 ^{ab}	99.17 ± 1.44
VI 组 Group VI	10.06 ± 0.85 ^{bcd}	1.40 ± 0.13 ^{bcd}	1 574.45 ± 137.63 ^{bcd}	5.03 ± 0.15 ^{bc}	97.50 ± 0.00
VII 组 Group VII	10.12 ± 0.18 ^{bcd}	1.42 ± 0.09 ^{cd}	1 585.01 ± 25.88 ^{bcd}	5.04 ± 0.03 ^{bc}	98.33 ± 2.89
VIII 组 Group VIII	9.97 ± 0.12 ^{cd}	1.42 ± 0.02 ^{cd}	1 561.15 ± 19.62 ^{cd}	5.02 ± 0.02 ^{bc}	99.17 ± 1.44

同列肩标不同小写字母表示差异显著 ($P<0.05$), 相同字母或无字母表示差异不显著 ($P>0.05$)。表 5 同。
In the same column, values with different small letter superscripts mean significant difference ($P<0.05$), and with same letter or no letter superscripts mean no significant difference ($P>0.05$). The same as Table 5.

表 5 凡纳滨对虾对饲料干物质、粗蛋白质和总能的表现消化率
Table 5 The apparent digestibility of DM, CP and GE of diets in *Litopenaeus vannamei* (%)

组别 Groups	干物质 DM	粗蛋白质 CP	总能 GE
I 组 Group I	74.70 ± 0.17 ^{ab}	89.02 ± 0.29 ^c	83.52 ± 0.15 ^a
II 组 Group II	75.69 ± 0.82 ^a	88.92 ± 0.24 ^c	83.84 ± 0.49 ^{ab}
III 组 Group III	74.90 ± 0.47 ^{ab}	90.10 ± 0.32 ^a	83.94 ± 0.42 ^{ab}
IV 组 Group IV	73.60 ± 0.42 ^c	86.48 ± 0.20 ^c	85.23 ± 0.52 ^b
V 组 Group V	75.54 ± 0.32 ^a	88.90 ± 0.22 ^c	83.86 ± 0.27 ^{ab}
VI 组 Group VI	74.82 ± 0.47 ^{ab}	89.60 ± 0.31 ^b	84.07 ± 0.35 ^{ab}
VII 组 Group VII	74.27 ± 0.81 ^{bc}	88.70 ± 0.44 ^{cd}	83.78 ± 1.52 ^a
VIII 组 Group VIII	74.43 ± 0.30 ^{bc}	88.23 ± 0.16 ^d	84.30 ± 1.01 ^{ab}

2.3 4 种鱼粉及组合对凡纳滨对虾体成分及肌肉成分的影响

体成分方面(表 6): VI 组干物质含量最低, 并显著低于 III、IV、VII 和 VIII 组 ($P<0.05$); VIII 组干物质最高, 显著高于 I、II、V 和 VI 组 ($P<0.05$)。粗蛋白质上, IV 组含量最低, 显著低于 I 组和 V 组 ($P<0.05$)。粗脂肪各组差异不显著 ($P>0.05$)。粗灰分与钙含量方面情况相似, 均以 I 组最低, 除 III 和 VIII 组外, 均显著低于其他 5 组 ($P<0.05$)。VII 组粗灰分含量最高, 显著高于 I、III 和 VIII 组 ($P<0.05$); 而 VI 组钙的含量最高, 也与 I、III 和 VIII 组有显著性差异 ($P<0.05$)。总磷方面, V、VII 和 VIII 组较高, 显著高于 III 和 IV 组 ($P<0.05$); I 组也显著高于 III 和 IV 组 ($P<0.05$)。

肌肉成分方面(表 6): IV 组干物质含量最高, 显著高于 I、V 和 VII 组 ($P<0.05$); I 组最低, 并与 IV 和 VIII 组差异显著 ($P<0.05$)。粗蛋白质上, V 组最

高, 显著高于其他各组 ($P<0.05$); VIII 组最低, 除与 II、III、VII 组差异较小外 ($P>0.05$), 与其他各组均差异显著 ($P<0.05$)。IV 组粗脂肪含量最高, 并与 II、III、VI 和 VII 组差异显著 ($P<0.05$); VII 组最差, 显著低于 I、IV、V 和 VIII 组 ($P<0.05$)。

2.4 4 种鱼粉及组合对凡纳滨对虾肌肉氨基酸组成的影响

对虾肌肉单个氨基酸(表 7): 天冬氨酸 VII 组显著高于 I ~ IV 组, VI 组显著高于 III 和 IV 组 ($P<0.05$); 甘氨酸 II 和 IV 组显著高于 V ~ VIII 组, I 和 III 组显著高于 VIII 组 ($P<0.05$); 精氨酸 II 组显著高于 V ~ VIII 组, IV 组显著高于 VII 组 ($P<0.05$); 缬氨酸 IV 组显著高于 VIII 组 ($P<0.05$); 异亮氨酸 II 和 IV 组显著高于 VII 组 ($P<0.05$); 脯氨酸 I 和 II 组显著低于 VI 组 ($P<0.05$); 其他氨基酸各组差异均不显著 ($P>0.05$)。

表 6 凡纳滨对虾全体及尾部肌肉成分分析 (干物质基础)

Table 6 The ingredients analysis of body and tail muscle in *Litopenaeus vannamei* (DM basis, g/kg)

项目 Items	I 组 Group I	II 组 Group II	III 组 Group III	IV 组 Group IV	V 组 Group V	VI 组 Group VI	VII 组 Group VII	VIII 组 Group VIII
体成分 Body ingredients								
干物质 DM	264.7 ± 2.6 ^{ab}	263.7 ± 1.5 ^{ab}	266.2 ± 6.3 ^{ab}	259.4 ± 6.4 ^a	269.5 ± 2.5 ^{bc}	267.4 ± 3.4 ^{bc}	272.6 ± 3.6 ^c	268.8 ± 2.1 ^{bc}
粗蛋白质 CP	755.5 ± 1.8 ^{ab}	758.2 ± 8.4 ^a	746.0 ± 5.8 ^{abc}	742.3 ± 10.8 ^{bc}	748.1 ± 12.2 ^{abc}	747.6 ± 3.7 ^{abc}	749.5 ± 3.6 ^{abc}	736.3 ± 1.0 ^c
粗脂肪 EE	50.7 ± 4.2	47.3 ± 11.4	49.6 ± 8.7	46.8 ± 2.6	44.4 ± 2.4	40.8 ± 3.8	44.2 ± 7.7	40.1 ± 2.8
灰分 Ash	105.2 ± 4.1 ^a	116.3 ± 0.4 ^{bc}	113.5 ± 3.5 ^{bc}	113.3 ± 6.2 ^{bc}	111.0 ± 1.8 ^{ab}	118.3 ± 2.1 ^c	110.3 ± 1.6 ^{ab}	113.5 ± 2.4 ^{bc}
钙 Ca	26.6 ± 0.8 ^a	30.1 ± 0.2 ^{bc}	30.2 ± 2.4 ^{bc}	32.3 ± 2.8 ^c	29.3 ± 0.5 ^{ab}	30.9 ± 0.5 ^{bc}	28.0 ± 0.7 ^{ab}	30.0 ± 1.8 ^{bc}
总磷 TP	17.3 ± 0.1 ^{ab}	18.0 ± 0.2 ^a	16.8 ± 0.3 ^{bc}	16.7 ± 0.1 ^{bc}	16.5 ± 0.6 ^c	17.5 ± 0.3 ^a	17.6 ± 0.6 ^a	16.4 ± 0.1 ^c
肌肉成分 Muscle ingredients								
干物质 DM	249.4 ± 1.4 ^a	251.0 ± 1.5 ^{ab}	253.3 ± 4.5 ^{abc}	253.5 ± 0.9 ^{abc}	253.2 ± 0.9 ^{abc}	251.3 ± 2.3 ^{ab}	254.5 ± 2.3 ^{bc}	257.3 ± 2.5 ^c
粗蛋白质 CP	915.4 ± 2.8 ^b	926.6 ± 2.3 ^a	907.4 ± 9.8 ^{bc}	916.6 ± 7.7 ^b	912.5 ± 2.8 ^{bc}	909.0 ± 0.7 ^{bc}	904.6 ± 2.2 ^c	916.1 ± 4.3 ^b
粗脂肪 EE	35.6 ± 1.6 ^{ab}	34.7 ± 1.2 ^{abc}	32.1 ± 0.9 ^{dc}	32.8 ± 2.0 ^{cde}	33.2 ± 0.8 ^{bcde}	31.5 ± 1.7 ^c	34.6 ± 0.8 ^{abcd}	36.1 ± 1.0 ^a

同行肩标不同小写字母表示差异显著 ($P<0.05$), 相同字母或无字母表示差异不显著 ($P>0.05$)。表 7 同。

In the same row, values with different small letter superscripts mean significant difference ($P<0.05$), and with same letter or no letter superscripts mean no significant difference ($P>0.05$). The same as Table 7.

对虾肌肉必需氨基酸和总氨基酸(表 7):总氨基酸和必需氨基酸含量各组差异不显著 ($P>0.05$)。必需氨基酸占总氨基酸的比例Ⅶ组最高,显著高于除Ⅲ和Ⅵ组之外的其他 5 组 ($P<0.05$);Ⅵ组次之,显著高于Ⅰ、Ⅱ、Ⅴ和Ⅷ组 ($P<0.05$);Ⅱ组最低,显著低于除Ⅷ组之外的其他各组 ($P<0.05$)。

3 讨 论

3.1 单一鱼粉使用效果对比

加工温度是影响鱼粉蛋白质消化率的一个最为重要的因子,在鲑鳟类^[6]、大菱鲆^[7]、金头鲷^[8]和罗非幼鱼^[9]等鱼类相似研究中均有体现。一般蒸汽鱼粉为蒸汽间接干燥,温度较低且均匀稳定;直火鱼粉为直接热源加热,温度偏高,均匀稳定性较差。而本试验中,蒸汽鱼粉在多个指标上均与直火鱼粉无显著性差异。不难看出在争抢高端鱼粉的市场中,直火鱼粉无论工艺还是技术上都进行着改进与提高。

饲料中,脂质最易被氧化,会产生一些低级的醛、酮等。这些具有刺激性气味的物质会影响饲料

适口性、其他养分可利用性等,严重时会有毒害作用^[10-11]。为保证产品质量和延长储藏时间,鱼粉生产常采用脱脂工艺,如:秘鲁直火鱼粉等。但国产鱼粉常因原料鱼小而半脱脂或不脱脂,其目的在于降低成本,提高产量,但却易因脂质氧化酸败影响鱼粉质量。由本试验结果可知,半脱脂鱼粉的蛋白质表观消化率显著优于蒸汽鱼粉和直火鱼粉 ($P<0.05$)。这显示了国产半脱脂鱼粉蛋白质质量受加工条件影响较小,也表明国产鱼粉生产工艺有了明显提高。半脱脂鱼粉在必需氨基酸总量占总氨基酸比例上要小于蒸汽鱼粉和直火鱼粉。这影响了虾体对氨基酸整体的吸收和利用,即消化了但又流逝了。对于这部分流逝氨基酸,因收集粪便上的局限不能完全被蛋白质表观消化率所体现。然而这没有太多地影响半脱脂组的生长情况,与蒸汽鱼粉和直火鱼粉组相比无显著差异 ($P>0.05$)。在等能基础上,3 者全虾脂肪含量无显著不同 ($P>0.05$)。这说明鲜度较好的国产半脱脂鱼粉不逊于国外蒸汽鱼粉和直火鱼粉。

表 7 凡纳滨对虾尾部肌肉氨基酸组成

Table 7 Amino acid composition of tail muscle in *Litopenaeus vannamei* (g/kg prot)

项目 Items	I 组 Group I	II 组 Group II	III 组 Group III	IV 组 Group IV	V 组 Group V	VI 组 Group VI	VII 组 Group VII	VIII 组 Group VIII
天冬氨酸 Asp	96.0 ± 1.0 ^{ab}	98.7 ± 6.6 ^{ab}	94.9 ± 1.6 ^a	93.9 ± 0.0 ^a	100.5 ± 2.4 ^{abc}	100.2 ± 0.3 ^{abc}	105.9 ± 1.2 ^c	102.1 ± 1.7 ^{bc}
谷氨酸 Glu	171.1 ± 0.9	173.1 ± 9.5	168.8 ± 3.4	172.4 ± 4.6	173.0 ± 0.6	172.5 ± 0.8	176.2 ± 0.6	173.4 ± 0.6
丝氨酸 Ser	34.4 ± 0.2	35.5 ± 1.9	35.0 ± 0.4	35.6 ± 1.5	34.7 ± 0.0	34.8 ± 0.1	35.4 ± 0.1	34.7 ± 0.1
组氨酸 His	19.2 ± 0.2	19.6 ± 0.9	19.0 ± 0.1	19.4 ± 0.8	19.3 ± 0.2	19.4 ± 0.4	19.8 ± 0.2	19.4 ± 0.0
甘氨酸 Gly	73.6 ± 1.0 ^{ab}	77.5 ± 3.8 ^a	73.3 ± 0.2 ^{ab}	75.4 ± 4.4 ^a	68.9 ± 0.4 ^{bc}	70.2 ± 0.7 ^{bc}	68.8 ± 0.4 ^{bc}	66.8 ± 0.3 ^c
苏氨酸 Thr	39.0 ± 0.5	39.9 ± 1.8	39.0 ± 0.4	38.9 ± 0.8	38.9 ± 0.6	39.3 ± 0.5	39.1 ± 1.3	39.3 ± 0.2
精氨酸 Arg	80.3 ± 0.9 ^{abc}	85.3 ± 4.0 ^a	81.9 ± 0.9 ^{abc}	82.6 ± 4.0 ^{ab}	79.1 ± 0.3 ^{bc}	78.7 ± 0.4 ^{bc}	79.3 ± 0.6 ^{bc}	77.4 ± 0.2 ^c
丙氨酸 Ala	68.1 ± 0.9	69.1 ± 3.4	68.8 ± 0.1	67.0 ± 2.3	66.1 ± 0.1	67.2 ± 0.0	69.1 ± 0.3	67.7 ± 0.1
酪氨酸 Tyr	35.5 ± 0.6	35.9 ± 1.5	35.4 ± 0.4	35.5 ± 1.0	35.2 ± 0.0	35.4 ± 0.1	36.2 ± 0.0	35.4 ± 0.1
缬氨酸 Val	43.6 ± 0.3 ^{ab}	44.0 ± 2.2 ^{ab}	43.2 ± 0.5 ^{ab}	42.6 ± 0.8 ^a	43.3 ± 0.7 ^{ab}	43.2 ± 0.4 ^{ab}	44.9 ± 0.2 ^b	43.5 ± 0.5 ^{ab}
蛋氨酸 Met	29.2 ± 0.0	29.9 ± 1.4	28.3 ± 0.1	28.8 ± 1.6	28.6 ± 0.3	28.7 ± 0.3	29.8 ± 0.2	28.7 ± 0.4
苯丙氨酸 Phe	30.6 ± 0.3	31.1 ± 1.4	30.6 ± 0.3	30.5 ± 0.7	30.2 ± 0.1	30.7 ± 0.3	31.3 ± 0.0	30.5 ± 0.1
异亮氨酸 Ile	53.1 ± 0.7 ^{ab}	53.4 ± 2.4 ^{ab}	52.3 ± 0.5 ^a	51.9 ± 1.0 ^a	53.1 ± 0.1 ^{ab}	53.8 ± 0.2 ^{ab}	54.8 ± 0.2 ^b	53.3 ± 0.1 ^{ab}
亮氨酸 Leu	74.3 ± 0.9	76.1 ± 3.4	74.6 ± 0.3	75.1 ± 2.6	73.0 ± 0.1	73.4 ± 0.2	74.8 ± 0.2	73.2 ± 0.1
赖氨酸 Lys	73.6 ± 0.4	76.5 ± 4.1	74.1 ± 0.4	75.2 ± 2.6	74.4 ± 1.4	75.3 ± 0.9	77.5 ± 0.9	74.4 ± 0.6
脯氨酸 Pro	44.2 ± 0.6 ^a	45.3 ± 0.2 ^a	46.7 ± 0.7 ^{ab}	46.7 ± 1.0 ^{ab}	46.6 ± 3.7 ^{ab}	49.3 ± 0.3 ^b	46.3 ± 0.7 ^{ab}	46.9 ± 0.1 ^{ab}
必需氨基酸 Essential AA	442.9 ± 4.2	455.8 ± 21.6	442.9 ± 3.4	445.0 ± 15.0	440.1 ± 1.0	442.5 ± 0.8	451.2 ± 0.8	439.6 ± 0.4
总氨基酸 Total AA	965.8 ± 9.4	990.9 ± 48.0	965.7 ± 9.9	971.5 ± 29.8	965.0 ± 29.2	972.1 ± 17.4	989.1 ± 7.9	966.7 ± 11.9
必需氨基酸/总氨基酸 Essential AA/Total AA	533.7 ± 0.1 ^b	528.1 ± 0.6 ^a	536.5 ± 1.4 ^{cd}	534.5 ± 1.6 ^{bc}	533.0 ± 1.3 ^b	536.6 ± 1.0 ^{cd}	537.4 ± 0.9 ^d	528.5 ± 0.5 ^a

3.2 鱼粉间等比组合效应的分析

试验中各鱼粉氨基酸组成存在一定差异。尤其是组氨酸、缬氨酸和蛋氨酸 3 种必需氨基酸,蒸汽鱼粉最优。而这些个别氨基酸差异的出现最有可能是鱼粉生产工艺上对个别热敏感氨基酸的破坏所引

起。比如组氨酸与赖氨酸可进行热反应,其产物首先被发现能引起鸡胃糜烂,故被命名为鸡胃糜烂素(gizzosine)。而肌肉氨基酸组成上,3 个鱼粉组合组(蒸汽:直火、蒸汽:半脱脂、蒸汽:直火:半脱脂)与相应单一组相比优势明显。这表明鱼粉组合

后可以增加蛋白质(或氨基酸)互补作用,即各种蛋白质和必需氨基酸配比虽不同,但合理搭配后各自可互相补偿提高整体的蛋白质营养价值^[12]。全虾粗灰分、钙和总磷情况类似。可能原因在于不同鱼粉中钙磷消化时所需条件(如 pH)不尽相同,而对虾的整个生长过程,其消化道环境条件也存在波动。

3 个鱼粉组合组在增重率、饵料系数等生长指标上多与其单一组差异不显著。而蒸汽:半脱脂、蒸汽:直火:半脱脂组合则显著劣于蒸汽组($P < 0.05$)。这种结果出现的原因尚不明确,还有待于后续更为深入的研究加以解释。

3.3 鱼排粉使用效果总结

随渔业资源递减和养殖的发展,今后对水产副产品利用力度会逐渐加大,如作为饲料原料——鱼排粉。鱼排粉蛋白质含量上(55%左右)要明显优于植物蛋白源(豆粕:45%左右;花生麸:48%左右)。此外,鱼排粉无任何抗营养因子更有利于水产养殖动物的利用。在氨基酸组成上,鱼排粉也要优于植物性蛋白质源。其单个蛋白质价格低于鱼粉,而与豆粕相当。应用研究中,大西洋鳕饲料添加鱼排粉(5%~15%)不影响蛋白质和脂类消化率等,甚至一定范围会促进生长^[13]。随着添加量增加,其才会逐渐影响到养殖效果。本试验中,蒸汽:鱼排组合组的蛋白质表观消化率接近蒸汽鱼粉组,并显著高于鱼排组($P < 0.05$)。等氮条件下,鱼排粉引起对虾体增重等指标相对下降的原因可能来自蛋白质质量。鱼排粉中蛋白质多来自于鱼头、鱼皮和少量鱼肉。而这些蛋白质多为被糖类、脂类等基团修饰的角质蛋白等一些复合蛋白质,而组成全鱼大部分蛋白质的肌肉则为简单的真蛋白。两者相比,鱼体肌肉蛋白质更接近于对虾等水产动物肌肉中氨基酸的组成,更容易被消化与吸收利用。

在钙磷利用中,研究表明鱼源磷被鱼类利用情况优于植物,但其(磷含量 60%左右)要劣于无机形式磷(磷含量 80%以上)^[14-15]。本试验结果与此较为一致。鱼排组与其他组相比饲料灰分显著升高,而全虾中并没有显著差异($P > 0.05$)。不过,本试验中所添加磷酸二氢钙比例较大(1%)。这也可能在一定程度上影响了对虾对鱼源磷的利用。

4 结 论

① 试验中半脱脂鱼粉、智利蒸汽鱼粉和秘鲁直火鱼粉养殖效果均较好,均可在凡纳滨对虾配合饲料中单独使用。

② 鱼粉之间的简单组合有利于蛋白质互补,但

个别组合会降低凡纳滨对虾的生长性能。

③ 鱼排粉在使用时要结合其优劣 2 方面综合考虑。

参考文献:

- [1] Tacon A G J, Akiyama D M. Crustacean Nutrition [M]. Baton Rouge: The World Aquaculture Society, 1997: 411-472.
- [2] 卢福庄, 徐子伟, 刘敏华, 张金枝, 许松. 浙江鱼粉和秘鲁鱼粉氨基酸对鸡的消化率比较[J]. 中国畜牧杂志, 1997, 33(2): 11.
- [3] 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(增刊): 27-29.
- [4] 李朝霞. 国产鱼粉与进口鱼粉质量比较研究[J]. 盐城工学院学报, 2000, 13(4): 4-6.
- [5] 邱曼丽. 几种国产和进口鱼粉的部分营养成分及对牙鲆消化率的比较[J]. 福建水产, 2005, 3: 16-17.
- [6] Anderson J S, Lall S P, Anderson D M. Evaluation of protein quality in fish meals by chemical and biological assays[J]. Aquaculture, 1993, 115: 305-325.
- [7] Danielssen D S, Gulbrandsen K E, Hjertnes T. Fish meal quality in dry feed for turbot *Scophthalmus maximus* [J]. Europe Aquaculture Society Special Publication, 1989, 7: 83-84.
- [8] Caballero M J, López-Calero G, Socorro J. Combined effect of lipid level and fish meal quality on liver histology of gilthead sea bream *Sparus aurata* [J]. Aquaculture, 1999, 179: 277-290.
- [9] Aires O T, Cerqueira A L, Goncalves P. The utilization of diets containing high levels of fish protein hydrolysate by turbot (*Scophthalmus maximus*) juveniles[J]. Aquaculture, 1999, 179: 195-201.
- [10] 刘伟, 张桂兰, 陈海燕. 饲料中氧化鱼油对真鲷幼鱼生长、存活及脂肪酸组成的影响[J]. 上海水产大学学报, 1999, 8(2): 124-130.
- [11] Murai T, Andrews J W. Interaction of dietary alphanol, oxidized menhaden oil and ethoxyquin on channel catfish (*Ictalurus punctatus*) [J]. Journal of Nutrition, 1974, 104: 1416-1431.
- [12] 李爱杰. 水产动物营养与饲料学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1996: 19.
- [13] Toppe J, Aksnes A, Hope B, Albrechtsen S. Inclusion of fish bone and crab by-products in diets for Atlantic cod, *Gadus morhua* [J]. Aquaculture, 2006, 253: 636-645.
- [14] Riche M, Brown P B. Availability of phosphorus from feedstuffs fed to rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* [J]. Aquaculture, 1996, 142: 269-282.
- [15] Nordrum S, Asgard T, Shearer K D, Arnessen P.

Availability of phosphorus in fish bone meal and in-organic salts to Atlantic salmon (*Salmon salar*) as

determined by retention [J]. *Aquaculture*, 1997, 157: 51-61.

Utilization of Four Fish meal and Their Simple Combination by the Pacific White Shrimp (*Litopenaeus vannamei*)

CHENG Chuanlong^{1,2} ZHENG Shixuan^{1*} CHENG Kaimin¹
ZHANG Qihua¹ ZHANG Lu¹ ZHU Xuezhi¹

(1. Guangdong Yuehai Feed Group, Zhanjiang 524017, China; 2. Fisheries College, Guangdong Ocean University, Zhanjiang 524025, China)

Abstract: This trial was conducted to study the utilization of 4 fish meal and their simple combination by the Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) for analyzing their utilized ability and feature. Four fish meal were used, which were standard steam (SD) fish meal from Chile, fair average quality flame dried (FAQ) fish meal from Peru, internal semi-skimmed (SS) fish meal and internal fish steak (FS) meal. And 8 groups were set, which were 4 single groups (SD, FAQ, SS and FS) and 4 combined groups (SD : FAQ (1 : 1), SD : SS (1 : 1), SD : FAQ : SS (1 : 1 : 1) and SD : FS (1 : 1)). Every group had 3 replicates and each replicate was randomly assigned 40 juvenile shrimps with initial weight of (0.60 ± 0.00) g. The feeding trial lasted for 8 weeks. The results showed that: on weight gain rate, feed conversion rate and other growth indexes, the pre 3 single groups (SD, FAQ and SS) had not significant difference ($P > 0.05$). However, the apparent digestibility of crude protein in SS group was significantly higher than that in the other 3 single groups ($P < 0.05$). The growth indexes and the apparent digestibility of crude protein in SD : FS group were significantly worse than those in SD group ($P < 0.05$). But other combined groups on the growth indexes or body and muscle ingredients had not significant difference with the relevant single groups ($P > 0.05$). It was concluded that the internal SS, SD (Chile) and FAQ (Peru) fish meal could be singly used in the Pacific white shrimp compound feed. The fish meal simple combination could make nutrient's complementation, but a few combined groups' growth indexes were to decline. The FS meal, when used in aquafeed, need to be considered its advantages and disadvantages. [*Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2009, 21(6): 884-891]

Key words: *Litopenaeus vannamei*; Fish meal; Growth; Apparent digestibility; Amino acid composition