

## 玉米蛋白粉部分替代鱼粉对罗氏沼虾生长、氨基酸沉积率和肌肉营养成分的影响

程媛媛<sup>1</sup>, 周洪琪<sup>1</sup>, 华雪铭<sup>1</sup>, 冷向军<sup>1</sup>, 黄旭雄<sup>1</sup>, 陈莉<sup>2</sup>, 丁卓平<sup>2</sup>

(1. 上海海洋大学 省部级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:** 分别用0% (对照组)、5%、10%、15%的玉米蛋白粉替代饲料中0%、9.10%、18.20%、27.30%的鱼粉, 配制4种等氮等能的实验饲料, 饲养罗氏沼虾 (*Macrobrachium rosenbergii*) 53 d后, 测定其生长、饲料利用、肌肉营养成分和肌肉氨基酸沉积率, 旨在为玉米蛋白粉在罗氏沼虾饲料中的应用提供科学依据。结果表明, 5%玉米蛋白粉组虾的生长和饲料利用与对照组无显著差异 ( $P>0.05$ ); 10%玉米蛋白粉组的生长与对照组无显著差异 ( $P>0.05$ ), 但饲料系数明显高于对照组 ( $P<0.05$ ), 蛋白质效率明显低于对照组 ( $P<0.05$ ); 15%玉米蛋白粉组虾的生长、饲料利用显著低于对照组、5%组和10%组 ( $P<0.05$ )。玉米蛋白粉替代鱼粉不影响罗氏沼虾肌肉中的水分、粗蛋白、粗脂肪和粗灰分含量; 也不显著影响肌肉氨基酸、必需氨基酸和呈味氨基酸总量 ( $P>0.05$ ); 对于单种氨基酸而言, 除了10%和15%组的苏氨酸和15%组的丝氨酸含量显著低于对照组之外 ( $P<0.05$ ), 其他各组各种氨基酸含量与对照组均无显著性差异 ( $P>0.05$ )。玉米蛋白粉替代鱼粉对氨基酸总量和必需氨基酸总量沉积率没有显著影响; 必需氨基酸中赖氨酸、蛋氨酸和精氨酸的沉积率均较高; 5%组和10%组除了苏氨酸的沉积率显著低于对照组之外 ( $P<0.05$ ), 这2组的其余氨基酸沉积率与对照组均无显著性差异 ( $P>0.05$ ); 15%组除了丙氨酸沉积率与对照组无显著差异之外 ( $P>0.05$ ), 其他氨基酸沉积率均显著低于对照组 ( $P<0.05$ )。在本实验条件下, 罗氏沼虾饲料中玉米蛋白粉的适宜用量为5%~10%, 对鱼粉的适宜替代量为9.10%~18.20%。[中国水产科学, 2009, 16(4): 572-579]

**关键词:** 罗氏沼虾; 玉米蛋白粉; 鱼粉; 生长; 肌肉成分; 氨基酸

**中图分类号:** S96

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1005-8737-(2009)04-0572-08

罗氏沼虾 (*Macrobrachium rosenbergii*) 亦称白脚虾、马来西亚大虾、金钱虾、万氏对虾等, 素有淡水虾王之称。因其壳薄体肥、肉质鲜嫩、营养丰富、食性广、生长快、易驯养、养殖周期短等优点, 已成为世界淡水虾类养殖的主要品种之一。饲料的应用是水产养殖的关键环节, 近几年来, 由于鱼粉及其他饲料原料价格的飙升使罗氏沼虾配合饲料的成本大幅提高。在不影响生长的情况下, 降低饲料中鱼粉水平是降低饲料价格的关键, 因此, 寻求廉价的蛋白源替代饲料中鱼粉已成为水产饲料业的研究热点之一。

玉米蛋白粉 (Corn gluten meal, CGM) 是玉米加工过程中的副产品, 通常具有高蛋白、低纤维、抗营养因子

少, 含有丰富的矿物质、维生素B和维生素E等特点。虽然玉米蛋白粉中赖氨酸含量较低<sup>[1]</sup>, 但是, 通过添加游离氨基酸或与其他蛋白源混合使用, 可以部分或完全替代鱼粉<sup>[2-3]</sup>, 而且不影响鱼的生长、蛋白质消化率和品质。目前, 玉米蛋白粉在国内外畜禽饲料中已广泛应用, 相对而言, 玉米蛋白粉在水产饲料中的应用较少, 且主要在国外, 尤其以鱼饲料居多。研究表明, 在牙鲆 (*Paralichthys olivaceus*)<sup>[2]</sup>、大西洋鳕 (*Gadus morhua*)<sup>[3]</sup>、黑鲈 (*Dicentrarchus labrax*)<sup>[4]</sup>、金头鲷 (*Sparus aurata*)<sup>[5]</sup> 和真鲷 (*Pagrus major*)<sup>[6]</sup> 饲料中玉米蛋白粉可以替代30%~70%的鱼粉, 但是适宜替代量因实验动物而异。

本研究探讨玉米蛋白粉部分替代鱼粉对罗氏沼

收稿日期: 2008-11-23; 修订日期: 2009-03-10.

基金项目: 上海市科委重点科技攻关计划资助项目 (06DZ19102, 07320511); 上海市重点学科建设项目资助 (Y1101).

作者简介: 程媛媛 (1982-); 女, 硕士研究生, 水产动物营养与饲料科学专业. E-mail: cyyok523@163.com

通讯作者: 华雪铭, 硕士生导师, 副教授. E-mail: xmhua@shou.edu.cn

虾的生长、氨基酸沉积率及肌肉成分的影响,旨在了解玉米蛋白粉在罗氏沼虾饲料中应用的可行性,并为玉米蛋白粉在罗氏沼虾饲料的应用提供依据。

## 1 材料与amp;方法

### 1.1 材料

罗氏沼虾购买于杭州泗乡水产合作社,初始体质量( $1.35 \pm 0.06$ )g,初始体长为( $3.94 \pm 0.06$ )cm。实验所用玉米蛋白粉由常州亚源生化科技有限公司提供。

### 1.2 实验饲料

依据罗氏沼虾的营养需求,以豆粕、鱼粉、花生粕、肉粉为蛋白源配制基础饲料,以基础饲料为对照组;实验饲料用5%、10%、15%的玉米蛋白粉分别替代基础饲料中9.10%、18.20%、27.30%的鱼粉,各组饲料等氮等能,饲料配方和营养组成见表1。将饲料原料粉碎,过80目筛后,用逐级扩大法将饲料原料混合均匀,用绞肉机加工成直径为2.5 mm的颗粒饲料,自

然干燥后,置于 $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 冰柜中保存、备用。

### 1.3 饲养管理

在上海海洋大学南汇特种水产养殖场进行饲养实验。室内水泥池中放置12个网箱,网箱的规格为 $3\text{ m} \times 1.5\text{ m} \times 1\text{ m}$ ,挑选健壮、规格整齐的罗氏沼虾随机分入网箱中,每组设置3个重复,每个重复90尾虾。实验前用对照饲料驯养1周,待摄食正常后开始正式实验。2007年8月3日至9月25日进行饲养实验,共53 d,每天投喂3次(08:00, 12:00, 18:00),饱食投喂,投喂量随虾体质量、摄食情况加以调整。实验期间,24 h充气,水温为 $26 \sim 30\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,溶解氧 $\geq 6\text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ,氨氮 $\leq 0.3\text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

### 1.4 测定

**1.4.1 生长性能指标** 养殖实验结束前1天停止投饵,将虾饥饿1 d,然后用电子天平称虾体质量(精确到0.01 g)。计算相对增重率、相对增长率、饲料系数和蛋白质效率。

表1 实验饲料配方及营养组成  
Tab.1 Formula and chemical composition of trial diets

成分 Ingredients	对照 Control	5% 玉米蛋白粉 5%CGM	10% 玉米蛋白粉 10%CGM	15% 玉米蛋白粉 15%CGM
原料组成 Composition				
鱼粉 Fish meal	33.00	30.00	27.00	24.00
玉米蛋白粉 Corn gluten meal	0.00	5.00	10.00	15.00
豆粕 Soybean meal	11.00	11.00	11.00	11.00
花生粕 Peanut meal	9.00	9.00	9.00	9.00
肉粉 Meat meal	12.40	12.40	12.40	12.40
面粉 Wheat flour	29.00	26.85	24.80	22.80
鱼油 Fish oil	2.50	2.65	2.70	2.70
复合矿物质 Minerals premix	0.30	0.30	0.30	0.30
复合多维 Vitamins premix	0.30	0.30	0.30	0.30
复合添加剂 Compound additive	2.50	2.50	2.50	2.50
鱼粉替代量 Replacement quantity of fish meal	0.00	9.10	18.20	27.30
营养成分 Nutrient ingredients				
粗蛋白 Crude protein	43.16	43.25	43.40	43.54
粗脂肪 Crude lipid	6.86	7.01	7.11	7.17
粗灰分 Crude ash	11.31	11.43	11.27	10.62
干物质 Dry matter	90.47	89.97	89.98	89.96
能量/( $\text{MC} \cdot \text{kg}^{-1}$ ) Energy	4.13	4.15	4.17	4.16

注: 复合多维、复合多矿购于佛山市德宁生物技术有限公司。

Note: Minerals premix and vitamins premix were obtained from Dening Bio-Tech Company Ltd.

**1.4.2 营养成分指标测定** 饲养实验结束后,每组随机取15尾虾,取其肌肉迅速放入-20℃的冰箱中保存备用。采用105℃常温干燥法测定水分含量,凯氏定氮法测定粗蛋白质含量,索氏抽提法测定脂肪

含量,高温灼烧法测定灰分含量。采用日立L-8800全自动氨基酸分析仪酸水解法测定虾肌肉和饲料中氨基酸的含量,计算氨基酸沉积率(表2),公式为:

$$\text{氨基酸沉积率} = \frac{\text{虾增重} \times \text{肌肉中干物质含量} \times \text{肌肉中该氨基酸含量}}{\text{饲料消耗量} \times \text{饲料中干物质含量} \times \text{饲料中该氨基酸含量}} \times 100\%$$

表2 实验饲料中氨基酸组成

氨基酸		Tab.2 Amino acids composition of trial diets			
Amino acids		对照 Control	5%玉米蛋白粉 5%CGM	10%玉米蛋白粉 10%CGM	15%玉米蛋白粉 15%CGM
天冬氨酸 Asp		4.20±0.50	4.14±0.15	4.01±0.06	4.02±0.07
谷氨酸 Glu		5.74±0.24	5.64±0.10	5.48±0.23	5.43±0.11
甘氨酸 Gly		3.11±0.06	3.04±0.01	2.91±0.05	2.90±0.13
丙氨酸 Ala		2.38±0.03	2.32±0.03	2.29±0.00	2.13±0.05
组氨酸 His ☆		0.93±0.06	0.84±0.01	0.82±0.04	0.77±0.03
精氨酸 Arg ☆		2.88±0.06	2.77±0.03	2.76±0.18	2.68±0.03
缬氨酸 Val ☆		2.36±0.31	2.03±0.10	2.20±0.46	1.94±0.08
蛋氨酸 Met ☆		0.73±0.10	0.68±0.13	0.66±0.11	0.69±0.09
异亮氨酸 Ile ☆		1.90±0.12	1.87±0.08	1.84±0.10	1.80±0.12
亮氨酸 Leu ☆		3.19±0.34	3.01±0.32	2.94±0.08	2.62±0.10
苏氨酸 Thr ☆		1.70±0.05	1.54±0.06	1.47±0.12	1.44±0.02
苯丙氨酸 Phe ☆		2.34±0.02	2.39±0.04	2.36±0.14	2.35±0.02
赖氨酸 Lys ☆		2.75±0.16	2.75±0.06	2.78±0.03	2.79±0.01
丝氨酸 Ser		2.14±0.06	2.08±0.13	1.91±0.05	1.91±0.09
脯氨酸 Pro		1.89±0.19	1.87±0.09	1.70±0.17	1.77±0.27
酪氨酸 Tyr		1.37±0.04	1.30±0.04	1.25±0.03	1.20±0.10
半胱氨酸 Cys		0.47±0.03	0.51±0.06	0.45±0.02	0.44±0.01
必需氨基酸TEAA		18.94±0.10	17.88±0.30	17.82±0.69	17.16±0.05
氨基酸总量TAA		40.24±0.88	38.78±0.32	37.80±1.39	36.98±0.40

注: ☆-必需氨基酸

Note: ☆-Essential amino acid

## 1.5 统计分析

实验结果以平均值±标准差表示。采用SPSS11.0软件对实验数据进行单因素方差分析,差异显著者进行Duncan's多重比较,显著水平为 $P<0.05$ 。

## 2 结果与分析

### 2.1 玉米蛋白粉替代鱼粉对罗氏沼虾生长及饲料利用率的影响

玉米蛋白粉替代鱼粉对罗氏沼虾的生长具有显著影响(表3)。随着玉米蛋白粉对鱼粉替代量的增加,罗氏沼虾的生长减慢,5%组和10%组虾的增重率及增长率与对照组均无显著性差异( $P>0.05$ );15%

组虾的生长显著低于其他组( $P<0.05$ )。

玉米蛋白粉替代鱼粉对罗氏沼虾的饲料系数具有显著影响(表3)。饲料系数随玉米蛋白粉用量的增加而逐渐升高( $P<0.05$ ),5%组饲料系数与对照组无显著性差异( $P>0.05$ );10%组和15%组的饲料系数显著高于对照组( $P<0.05$ )。

玉米蛋白粉替代鱼粉对罗氏沼虾的蛋白质效率具有显著影响(表3)。随着玉米蛋白粉用量的增加,蛋白质效率逐渐降低,5%组蛋白质效率与对照组无显著性差异( $P>0.05$ ),10%组、15%组的蛋白质效率均显著低于对照组( $P<0.05$ ),2组之间无显著差异( $P>0.05$ )。

表3 玉米蛋白粉部分替代鱼粉对罗氏沼虾生长的影响  
Tab.3 Effects of partial replacement of fish meal by corn gluten meal on growth of *M. rosenbergii*

项目 Item	n=3; $\bar{x} \pm SD$			
	对照 Control	5% 玉米蛋白粉 5%CGM	10% 玉米蛋白粉 10%CGM	15% 玉米蛋白粉 15%CGM
初始体质量/g IBW	1.35 ± 0.06	1.35 ± 0.06	1.35 ± 0.06	1.35 ± 0.06
末体质量/g FBW	9.96 ± 0.08	10.27 ± 0.18	9.74 ± 0.12	8.99 ± 0.19
初始体长/cm IBL	3.94 ± 0.06	3.94 ± 0.06	3.94 ± 0.06	3.94 ± 0.06
末体长/cm FBL	7.48 ± 0.05	7.49 ± 0.07	7.36 ± 0.09	7.04 ± 0.03
增重率/% WG	637.72 ± 6.07 <sup>bc</sup>	657.06 ± 16.23 <sup>c</sup>	621.27 ± 8.40 <sup>b</sup>	566.25 ± 13.76 <sup>a</sup>
增长率/% LG	89.93 ± 1.28 <sup>bc</sup>	90.19 ± 1.65 <sup>c</sup>	86.72 ± 2.22 <sup>b</sup>	78.60 ± 0.78 <sup>a</sup>
饲料系数FCR	1.14 ± 0.03 <sup>a</sup>	1.17 ± 0.04 <sup>a</sup>	1.37 ± 0.04 <sup>b</sup>	1.44 ± 0.05 <sup>b</sup>
蛋白质效率PER	2.03 ± 0.05 <sup>b</sup>	1.98 ± 0.07 <sup>b</sup>	1.69 ± 0.05 <sup>a</sup>	1.60 ± 0.05 <sup>a</sup>

注: 表中同行数据后无相同字母表示差异显著 ( $P < 0.05$ ), 同行数据后未标注字母表示无显著差异 ( $P > 0.05$ )。

Note: Values with different superscript in the same row are significantly different ( $P < 0.05$ ). Values without superscript in the same row are not significantly different ( $P > 0.05$ ).

## 2.2 玉米蛋白粉替代鱼粉对罗氏沼虾肌肉成分的影响

各处理组的虾肌肉水分、粗蛋白、粗脂肪和粗灰分

没有显著性差异 ( $P > 0.05$ , 表4), 表明玉米蛋白粉部分替代鱼粉对罗氏沼虾肌肉常规成分无明显不良影响。

表4 玉米蛋白粉部分替代鱼粉对罗氏沼虾肌肉常规营养成分的影响  
Tab.4 Effects of partial replacement of fish meal by corn gluten meal on groove nutrient ingredients in muscle of *M. rosenbergii*

营养成分 Nutrient ingredients	n=3; $\bar{x} \pm SD$ ; % (干重 Dry)			
	对照 Control	5% 玉米蛋白粉 5%CGM	10% 玉米蛋白粉 10%CGM	15% 玉米蛋白粉 15%CGM
水分 Moisture	76.70 ± 1.58	76.07 ± 1.36	76.09 ± 1.54	77.14 ± 0.94
粗蛋白 Crude protein	85.75 ± 1.20	86.23 ± 0.93	85.55 ± 0.17	85.31 ± 0.94
粗脂肪 Crude lipid	5.35 ± 0.28	5.30 ± 0.81	5.16 ± 0.34	5.24 ± 0.63
粗灰分 Crude ash	7.59 ± 0.50	7.61 ± 0.07	7.38 ± 0.55	7.56 ± 0.40

罗氏沼虾肌肉中共测出17种常见氨基酸(表5), 色氨酸因在水解过程中被酸破坏, 因此未检测到。其中有9种必需氨基酸和8种非必需氨基酸, 必需氨基酸为组氨酸、缬氨酸、蛋氨酸、异亮氨酸、亮氨酸、苏氨酸、苯丙氨酸、赖氨酸和精氨酸; 非必需氨基酸为天冬氨酸、谷氨酸、甘氨酸、丙氨酸、丝氨酸、脯氨酸、酪氨酸和半胱氨酸。天冬氨酸、谷氨酸、甘氨酸、丙氨酸均为肌肉中的呈味氨基酸。

由表5可见, 玉米蛋白粉替代鱼粉对罗氏沼虾肌肉氨基酸总量、必需氨基酸和呈味氨基酸含量无显著影响 ( $P > 0.05$ ); 对于单种氨基酸而言, 除了10%和

15%组的苏氨酸和15%组的丝氨酸含量显著低于对照组之外 ( $P < 0.05$ ), 其他各组各种氨基酸含量均与对照组无显著性差异 ( $P > 0.05$ )。

## 2.3 玉米蛋白粉替代鱼粉对罗氏沼虾氨基酸沉积率的影响

随着玉米蛋白粉替代量的增加, 罗氏沼虾的氨基酸总量沉积率虽然呈降低趋势, 但各玉米蛋白粉组的氨基酸总量沉积率与对照组无显著性差异 ( $P > 0.05$ ) (表6)。

玉米蛋白粉替代鱼粉对罗氏沼虾必需氨基酸总量沉积率没有显著影响 ( $P > 0.05$ )。

表5 玉米蛋白粉部分替代鱼粉对罗氏沼虾肌肉氨基酸组成的影响  
 Tab.5 Effects of partial replacement of fish meal by corn gluten meal on amino acids composition  
 in muscle of *M. rosenbergii* n=3;  $\bar{x} \pm SD$ ; % (干重 Dry)

氨基酸 Amino acids	对照 Control	5% 玉米蛋白粉 5%CGM	10% 玉米蛋白粉 10%CGM	15% 玉米蛋白粉 15%CGM
天冬氨酸 Asp *	8.81 ± 0.75	9.18 ± 0.09	8.82 ± 0.68	7.80 ± 0.85
谷氨酸 Glu *	11.09 ± 0.83	10.42 ± 0.03	10.97 ± 0.64	9.04 ± 2.23
甘氨酸 Gly *	4.30 ± 0.27	4.45 ± 0.01	4.50 ± 0.32	4.04 ± 0.14
丙氨酸 Ala *	4.04 ± 0.41	4.20 ± 0.12	4.03 ± 1.03	3.44 ± 0.18
组氨酸 His ☆	7.84 ± 0.97	7.82 ± 0.89	7.21 ± 0.84	6.50 ± 0.90
精氨酸 Arg ☆	2.20 ± 0.00	2.06 ± 0.18	2.09 ± 0.12	2.02 ± 0.07
缬氨酸 Val ☆	6.04 ± 0.07	5.92 ± 0.02	5.65 ± 1.19	5.14 ± 0.29
蛋氨酸 Met ☆	2.69 ± 0.28	2.81 ± 0.06	2.59 ± 0.22	2.56 ± 0.08
异亮氨酸 Ile ☆	4.77 ± 0.38	4.45 ± 0.01	4.42 ± 0.86	3.92 ± 0.66
亮氨酸 Leu ☆	5.43 ± 0.24	5.56 ± 0.49	5.92 ± 0.45	5.39 ± 0.60
苏氨酸 Thr ☆	3.48 ± 0.16 <sup>c</sup>	3.24 ± 0.13 <sup>bc</sup>	2.74 ± 0.31 <sup>ab</sup>	2.51 ± 0.23 <sup>a</sup>
苯丙氨酸 Phe ☆	3.83 ± 0.40	4.04 ± 0.05	3.77 ± 0.94	3.41 ± 0.38
赖氨酸 Lys ☆	7.98 ± 0.22	8.15 ± 0.57	8.40 ± 0.61	7.47 ± 1.18
丝氨酸 Ser	3.60 ± 0.17 <sup>b</sup>	3.38 ± 0.10 <sup>ab</sup>	3.26 ± 0.16 <sup>ab</sup>	2.83 ± 0.41 <sup>a</sup>
脯氨酸 Pro	3.99 ± 0.37	3.84 ± 0.53	3.96 ± 0.05	3.88 ± 0.06
酪氨酸 Tyr	3.31 ± 0.35	2.98 ± 0.07	3.20 ± 0.39	3.21 ± 0.04
半胱氨酸 Cys	1.29 ± 0.22	1.57 ± 0.20	0.96 ± 0.22	0.93 ± 0.32
呈味氨基酸 TDAA	28.24 ± 0.59	28.26 ± 0.17	28.31 ± 1.32	24.31 ± 3.40
必需氨基酸 TEAA	44.27 ± 0.50	44.05 ± 0.28	42.80 ± 5.30	38.92 ± 4.40
氨基酸总量 TAA	84.71 ± 1.22	84.07 ± 0.96	82.49 ± 6.58	74.06 ± 8.56

注: 表中同行数据无相同字母表示差异显著 ( $P < 0.05$ ), 同行数据后未标注字母表示无显著差异 ( $P > 0.05$ )。

☆ - 必需氨基酸; \* - 呈味氨基酸

Note: Values with different superscript in the same row are significantly different ( $P < 0.05$ ). Values without superscript in the same row are not significantly different ( $P > 0.05$ ).

☆ - Essential amino acid; \* - Delicious amino acid

在各组的必需氨基酸中,蛋氨酸沉积率均为最高,赖氨酸次之,精氨酸居第三。玉米蛋白粉替代鱼粉对罗氏沼虾各种氨基酸沉积率的影响因替代水平和氨基酸种类而异。5%组和10%组除了苏氨酸的沉积率显著低于对照组之外 ( $P < 0.05$ ),这2组的其余氨基酸沉积率与对照组均无显著性差异 ( $P > 0.05$ );15%组除了丙氨酸沉积率与对照组无显著差异之外 ( $P > 0.05$ ),其他氨基酸沉积率均显著低于对照组 ( $P < 0.05$ )。

### 3 讨论

#### 3.1 玉米蛋白粉对罗氏沼虾生长及饲料利用率的影响

本实验采用玉米蛋白粉替代9.1%鱼粉,并未影响罗氏沼虾的生长及其对饲料的利用,而替代18.2%鱼粉虽不影响虾的生长,但罗氏沼虾对饲料的利用率

下降,可能是因为鱼粉中含有动物所需的某些未知生长因子,而玉米蛋白粉的适口性较鱼粉差,因此,玉米蛋白粉替代鱼粉的量越高,对罗氏沼虾的生长影响也就越大,这可能也是饲料系数明显升高的重要原因。

本实验结果与一些鱼的研究报道相似。在瘤棘鲆 (*Psetta maxima*) 饲料中用1/3玉米蛋白粉替代鱼粉,不影响鱼的生长<sup>[7]</sup>;玉米蛋白粉分别替代黑鲈<sup>[4]</sup>、金头鲷<sup>[5]</sup>和牙鲆<sup>[2]</sup>饲料中40%以下的鱼粉对鱼的生长性能无显著影响;分别以平均体质量280 g和53 g的真鲷为研究对象,玉米蛋白粉替代饲料中鱼粉的量分别达70%和30%时,鱼的生长性能没有受到影响<sup>[6]</sup>;而玉米蛋白粉替代五条鲷 (*Seriola quinqueradiata*) 饲料中10%鱼粉,鱼有较高的生长和

表6 玉米蛋白粉部分替代鱼粉对罗氏沼虾氨基酸沉积率的影响  
 Tab.6 Effects of partial replacement of fish meal by corn gluten meal on amino acid retention in *M. rosenbergi*

氨基酸 Amino acids	对照 Control	5%玉米蛋白粉 5%CGM	10%玉米蛋白粉 10%CGM	15%玉米蛋白粉 15%CGM
天冬氨酸 Asp	54.01±6.23 <sup>b</sup>	55.29±0.53 <sup>b</sup>	47.96±5.87 <sup>ab</sup>	35.68±3.24 <sup>a</sup>
谷氨酸 Glu	46.76±1.99 <sup>b</sup>	44.90±0.90 <sup>b</sup>	42.65±0.72 <sup>b</sup>	30.56±6.94 <sup>a</sup>
甘氨酸 Gly	33.85±1.96 <sup>b</sup>	35.60±0.05 <sup>b</sup>	33.12±0.85 <sup>b</sup>	24.54±0.21 <sup>a</sup>
丙氨酸 Ala	43.16±7.90	38.75±3.31	41.56±10.00	26.88±2.94
组氨酸 His ☆	54.43±0.75 <sup>b</sup>	59.33±4.64 <sup>ab</sup>	51.96±3.34 <sup>ab</sup>	48.13±3.29 <sup>a</sup>
精氨酸 Arg ☆	66.19±8.59 <sup>b</sup>	68.54±8.42 <sup>b</sup>	57.86±7.42 <sup>ab</sup>	43.29±3.67 <sup>a</sup>
缬氨酸 Val ☆	51.48±4.53 <sup>b</sup>	45.36±4.73 <sup>ab</sup>	45.86±6.84 <sup>ab</sup>	34.27±2.91 <sup>a</sup>
蛋氨酸 Met ☆	79.41±4.18 <sup>b</sup>	81.50±14.34 <sup>b</sup>	67.31±3.77 <sup>ab</sup>	55.03±3.79 <sup>a</sup>
异亮氨酸 Ile ☆	62.65±4.33 <sup>b</sup>	56.74±3.96 <sup>b</sup>	51.04±6.29 <sup>ab</sup>	39.85±4.07 <sup>a</sup>
亮氨酸 Leu ☆	46.33±0.65 <sup>b</sup>	47.64±5.58 <sup>b</sup>	45.13±1.44 <sup>b</sup>	35.10±1.53 <sup>a</sup>
苏氨酸 Thr ☆	61.68±2.77 <sup>d</sup>	54.02±0.19 <sup>c</sup>	41.67±1.33 <sup>b</sup>	33.07±2.62 <sup>a</sup>
苯丙氨酸 Phe ☆	40.15±3.31 <sup>b</sup>	41.086±0.20 <sup>b</sup>	33.86±6.50 <sup>ab</sup>	26.77±2.79 <sup>a</sup>
赖氨酸 Lys ☆	70.45±1.26 <sup>b</sup>	72.03±6.54 <sup>ab</sup>	64.49±3.93 <sup>ab</sup>	49.40±7.97 <sup>a</sup>
丝氨酸 Ser	54.14±3.90 <sup>b</sup>	48.17±0.61 <sup>b</sup>	48.48±1.10 <sup>b</sup>	32.12±4.16 <sup>a</sup>
脯氨酸 Pro	52.20±8.75 <sup>b</sup>	46.92±8.62 <sup>ab</sup>	40.76±7.48 <sup>ab</sup>	27.73±3.74 <sup>a</sup>
酪氨酸 Tyr	44.87±2.86 <sup>b</sup>	39.70±1.26 <sup>ab</sup>	39.36±4.76 <sup>ab</sup>	33.91±4.02 <sup>a</sup>
半胱氨酸 Cys	70.20±10.69 <sup>b</sup>	75.29±0.44 <sup>b</sup>	45.96±12.54 <sup>ab</sup>	38.81±14.45 <sup>a</sup>
必需氨基酸TEAA	57.56±0.62	55.85±1.31	56.74±4.62	51.10±4.47
氨基酸总量TAA	53.96±0.42	51.45±0.20	52.35±4.79	45.07±4.56

注:表中同行数据后无相同字母表示差异显著( $P<0.05$ ),同行数据后未标注字母表示无显著差异( $P>0.05$ )。

☆-必需氨基酸

Note: Values with different superscript in the same row are significantly different ( $P<0.05$ ). Values without superscript in the same row are not significantly different ( $P>0.05$ ).

☆-Essential amino acid

饲料利用率<sup>[8]</sup>。由此可见,玉米蛋白粉可以替代鱼饲料中的鱼粉,但是适宜替代量因动物的种类和规格而异。另外,豆粕替代50%鱼粉不但对罗氏沼虾的生长没有显著影响,而且可以降低饲料成本<sup>[9]</sup>,说明罗氏沼虾对植物性蛋白源有较好的适应能力。

### 3.2 玉米蛋白粉对罗氏沼虾肌肉营养成分的影响

植物蛋白替代鱼粉对动物肌肉成分的影响因动物种类而异。本实验玉米蛋白粉替代鱼粉不影响罗氏沼虾肌肉的水分、粗蛋白、粗脂肪和粗灰分含量,也没有显著影响肌肉中氨基酸总量、必需氨基酸和呈味氨基酸总量。这与Mundheim等<sup>[10]</sup>对大麻哈鱼(*Salmo salar* L.)、Robaina等<sup>[11]</sup>对金头鲷的研究结果一致,用玉米蛋白粉分别替代大麻哈鱼和金头鲷饲料中的鱼粉均不影响鱼体的基本成分。冷向军等<sup>[12]</sup>用不同大豆产品替代鱼粉饲养凡纳滨对虾,大豆蛋

白替代量亦不影响虾体营养成分。然而,与Regost<sup>[7]</sup>等对瘤棘鲆的研究结果稍有不同,玉米蛋白粉替代量虽不影响鱼体肌肉的粗蛋白含量,但随着玉米蛋白粉替代鱼粉量的增加,鱼体脂肪含量先显著升高再迅速降低,鱼体灰分含量先降低再升高。鱼体脂肪含量的升高可能与蛋白源中生酮氨基酸-赖氨酸的缺乏导致其他氨基酸的分解代谢加速,生成了大量脂肪合成所需的碳链和葡萄糖底物以及鱼体内脂肪合成酶的活性提高,从而促进脂肪的合成有关<sup>[13]</sup>。而本实验饲料中赖氨酸并不缺乏,因此也不影响肌肉粗脂肪含量。

肌肉中的天冬氨酸、谷氨酸、甘氨酸、丙氨酸均为呈味氨基酸,其组成和含量在一定程度上决定肌肉的鲜味和可口程度,而天冬氨酸和谷氨酸又是特征性呈味氨基酸<sup>[14]</sup>。本实验中这2种氨基酸含量均

较高,并且各组之间呈味氨基酸含量无显著差别,因此,玉米蛋白粉替代鱼粉亦没影响罗氏沼虾的品味。

### 3.3 玉米蛋白粉对罗氏沼虾氨基酸沉积率的影响

蛋白质是生物的重要组成部分,在生物中起着重要的作用。水产动物的生长主要是对饲料中蛋白质的积累的过程,蛋白质的积累又是通过氨基酸的合成来实现的。

饲料的蛋白质品质会影响动物的氨基酸沉积率,赵振山和林可椒<sup>[15]</sup>对鲤必需氨基酸沉积率的研究表明,饲料蛋白质品质越好,必需氨基酸沉积率越高。本实验中玉米蛋白粉对鱼粉的替代量低于18.20%不影响罗氏沼虾的氨基酸沉积率,但替代量过高,单种氨基酸沉积率则显著下降。这与高贵琴等<sup>[16]</sup>对异育银鲫(*Carassius auratus*)和团头鲂(*Megalobrama amblycephala*)的研究一致,当双低菜籽粕蛋白替代比例过高时,异育银鲫和团头鲂的必需氨基酸沉积率呈下降趋势;并且对瘤棘鲆的研究也发现随着玉米蛋白粉替代量的提高,蛋白沉积率显著降低<sup>[7]</sup>。这可能是由于植物蛋白氨基酸不平衡所造成的,但玉米蛋白粉替代金头鲷饲料中0~80%鱼粉,蛋白质沉积率与对照组没有显著差异<sup>[5]</sup>。因此,水产动物氨基酸和氨基酸沉积率不仅和饲料蛋白源有关,而且还有动物的种类有关。

本实验中罗氏沼虾对9种必需氨基酸均有较高的沉积率,其中对蛋氨酸和赖氨酸的沉积率分别高达79.41%和72.03%,随着玉米蛋白含量的增加,2种氨基酸沉积率的降低趋势一致,说明这2种氨基酸为罗氏沼虾的重要限制性氨基酸。郭慧等<sup>[17]</sup>对罗氏沼虾的人工养殖群体、缅甸引进种子二代群体和“南太湖1号”杂交群体三群体肌肉营养品质的研究表明,蛋氨酸为罗氏沼虾重要的限制性氨基酸。此外,罗氏沼虾对精氨酸的需求量较高,因此罗氏沼虾对精氨酸也有较高的沉积率。

综合罗氏沼虾的生长、肌肉营养成分和氨基酸沉积率结果,认为在本实验条件下,罗氏沼虾饲料中玉米蛋白粉的适宜用量为5%~10%,对鱼粉的适宜替代量为9.10%~18.20%。

致谢:杭州市西湖区农业技术推广中心胡松学主任在罗氏沼虾养殖技术方面给予指导和帮助,谨致谢忱!

#### 参考文献:

- [1] Harstad O M, Prestl E. Rumen degradability and intestinal indigestibility of individual amino acids in corn gluten meal, canola meal and fish meal determined in situ [J]. *Animal Feed Science and Technology*, 2001, 94: 127-135.
- [2] Kikuchi, K. Partial replacement of fish meal with corn gluten meal in diets for Japanese Flounder *Paralichthys olivaceus* [J]. *World Aquaculture Society*, 1999, 30(3): 357-363.
- [3] 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.
- [4] 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]. *Bulletin of the National Institute of Oceanography and Fisheries*, 2001, 27: 373-386.
- [5] Pereira T G, Oliva-Teles A. Evaluation of corn gluten meal as a protein source in diets for gilthead sea bream (*Sparus aurata* L.) juveniles [J]. *Aquaculture Research*, 2003, 34(13): 1 111-1 117.
- [6] Takagi, Shusaku, Hosokawa, et al. Utilization of corn gluten meal in a diet for red sea bream *Pagrus major* [J]. *Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries*, 2000, 66(3): 417-427.
- [7] 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(1-2): 99-117.
- [8] Shimeno S, asumoto 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.
- [9] 董云伟,牛翠娟.豆粕替代鱼粉对罗氏沼虾生长和消化酶活性的影响[J]. *北京师范大学学报:自然科学版*, 2000, 36(2): 260-262.
- [10] Mundheim H, Aksnes A, Hope B. Growth, feed efficiency and digestibility in salmon (*Salmo salar* L.) fed different dietary proportions of vegetable protein sources in combination with two fish meal qualities [J]. *Aquaculture*, 2004(237): 315-331.
- [11] 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(157): 347-359.

- [12] 冷向军,王文龙,周洪琪,等.不同大豆产品替代鱼粉饲养南美白对虾的试验[J].淡水渔业,2006,36(3):47-49.
- [13] Dias J, Alvarez M J, Arzel J, et al. Dietary protein source affects lipid metabolism in the European seabass (*Dicentrarchus labrax*) [J]. Comparative Biochemistry and Physiology, 2005, 142 (A): 19-31.
- [14] 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):212-215.
- [15] 赵振山,林可椒.配合饲料品质对鲤鱼体内必需氨基酸沉积率的影响[J].水产科技情报,1995,22(1):10-13.
- [16] 高贵琴,熊邦喜,赵振山,等.饲料中双低菜粕蛋白对异育银鲫和团头鲂必需氨基酸沉积率的影响[J].淡水渔业,2004,34(6):19-22.
- [17] 郭慧,陈立侨,陈杰,等.罗氏沼虾三群体间肌肉营养品质的比较[J].湛江海洋大学学报,2006,26(4):49-53.

## Effects of partial replacement of dietary fish meal by corn gluten meal on growth, nutrient ingredients and amino acid retention in muscle of *Macrobrachium rosenbergii*

CHENG Yuan-yuan<sup>1</sup>, ZHOU Hong-qi<sup>1</sup>, HUA Xue-ming<sup>1</sup>, LENG Xiang-jun<sup>1</sup>, HUANG Xu-xiong<sup>1</sup>, CHEN Li<sup>2</sup>, DING Zhuo-ping<sup>2</sup>

(1.Key Laboratory of Exploration and Utilization of Aquatic Resources Certificated by the Ministry of Education, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China; 2. College of Food Science and Technology, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China)

**Abstract:** En experiment was conducted to evaluate the use of corn gluten meal (CGM) as a dietary protein for *Macrobrachium rosenbergii*. Four kinds of isocaloric, isonitrogenous diets were formulated to contain 0% (the control), 5%, 10% and 15% of CGM, replacing 0%, 9.10%, 18.20% and 27.30% of fish meal respectively. After 53 days feeding, the growth, feed utilization and muscle composition of *Macrobrachium rosenbergii* were determined. The results showed that the growth and feed utilization of 5% CGM group were not significantly affected ( $P>0.05$ ). The growth of 10% CGM group was not significantly different from that of the control ( $P>0.05$ ), but its feed conversion ratio (FCR) was significantly higher than that of the control ( $P<0.05$ ) and its protein efficiency ratio (PER) was significantly lower than that of the control ( $P<0.05$ ). The growth and feed utilization of 15% CGM group were significantly lower than those of the control, 5% and 10% CGM groups ( $P<0.05$ ). There were no significant differences on content of water, dry matter, crude protein, crude lipid, total amino acid (TAA), total essential amino acid (TEAA) and total delicious amino acid (TDAA) in muscle ( $P>0.05$ ). Except for Thr content of 10% and 15% CGM group and Ser content of 15% CGM group significantly lower than that of the control ( $P<0.05$ ), contents of the rest of amino acid of the groups were not significantly different from those of the control ( $P>0.05$ ). Total amino acid (TAA) retention and total essential amino acid (TEAA) retention were not affected by CGM ( $P>0.05$ ). The retentions of Lys, Met and Arg were higher than other EAA retention. Except for Thr retention of 5% and 10% CGM group significantly lower than that of the control ( $P<0.05$ ), the retentions of rest amino acid of 5% and 10% CGM group were not significantly different from those of the control ( $P>0.05$ ). Except for Ala retention, the retentions of rest amino acid of 15% group were significantly lower than those of the control ( $P<0.05$ ). All the results indicated that appropriate dosage of CGM was 5%–10%, replacing 9.10%–18.20% of fish meal of the diets in this experiment. [Journal of Fishery Sciences of China, 2009, 16 (4): 572–579]

**Key words:** *Macrobrachium rosenbergii*; corn gluten meal; fish meal; growth; muscle composition; amino acid

**Corresponding author:** HUA Xue-ming. E-mail: xmhua@shou.edu.cn