

饲料蛋白质水平对日本无针乌贼生长性能和肌肉营养成分的影响

王鹏帅¹, 徐军超², 蒋霞敏^{1*}, 韩庆喜¹, 彭瑞冰¹, 李 正¹

(1. 宁波大学 海洋学院, 浙江 宁波 315211; 2. 宁海县双盘涂水产养殖有限公司, 浙江 宁波 315600)

摘要: 为研究饲料中不同蛋白质水平对日本无针乌贼生长性能及肌肉营养成分的影响, 试验配制了蛋白质水平为 35%、40%、45%、50%、55% 共 5 组试验饲料, 对初始体重为(37.86±5.63) g 的日本无针乌贼进行为期 30 d 的投喂试验。结果表明: 饲料蛋白质水平由 35% 增加到 45% 时, 末均重、增重率、特定生长率、成活率、蛋白质效率均显著上升($P<0.05$), 而后呈现下降的趋势; 对胴长相对增长率、肝体比、饲料系数和肥满度影响不显著($P>0.05$)。当饲料蛋白质水平为 50% 时, 肌肉中粗蛋白(82.09%)、氨基酸总量(80.45%)达最大值, 而肌肉粗脂肪在饲料蛋白质 55% 组达到最大(6.33%), 均显著高于其他 4 组($P<0.05$)。对肌肉氨基酸和脂肪酸的分析结果表明: 肌肉中必需氨基酸量(28.29%)和鲜味氨基酸量(33.03%)在 45% 和 50% 两组间无显著性差异($P>0.05$), 但显著高于其他 3 组($P<0.05$); 总不饱和脂肪酸量和其中(EPA+DHA)呈先降后升的趋势, 在 45% 组和 50% 组显著低于其他组($P<0.05$)。根据 SGR 折线模型拟合回归方程分析得出, 日本无针乌贼对饲料蛋白质的需求量为 44.73%。

关键词: 日本无针乌贼; 蛋白质; 生长性能; 肌肉营养成分

中图分类号: S963.7

文献标志码: A

文章编号: 1001-5132 (2016) 01-0001-06

日本无针乌贼(*Sepiella japonica*), 别名曼氏无针乌贼(*Sepiella maindroni*)^[1], 属头足纲、乌贼目、乌贼科, 无针乌贼属, 在我国主要分布于浙江、福建沿海水域, 曾是我国东海“四大海产”之一。20 世纪 80 年代中后期, 由于过度捕捞, 产量急剧下降, 浙江沿岸渔场已无法形成渔汛, 对其资源的保护及修复迫在眉睫^[2-3]。目前日本无针乌贼全人工育苗问题已经成功解决, 而制约其大规模养殖推广的瓶颈问题之一就是饵料, 因此对日本无针乌贼开展营养与配合饲料的研究就显得十分重要。

但迄今为止, 关于对日本无针乌贼营养的研究主要集中在卵膜^[4-5]、海螵蛸^[6]、野生和养殖的肌肉^[7-8]等分析, 而关于配合饲料与营养需求的研究鲜有报道, 仅见于叶坤等^[9]在饲料蛋白质水平上对生长性能和饲料利用率的研究。本文尝试用配合

饲料替代冰鲜饵料, 研究不同蛋白质水平对日本无针乌贼生长性能、体生化组分及氨基酸、脂肪酸含量的影响, 拟确定日本无针乌贼对蛋白质的需要量, 为日本无针乌贼配合饲料的研制提供参考。

1 材料和方法

1.1 试验材料

日本无针乌贼由奉化市臭皮匠养殖厂人工繁育提供, 试验选择同一批次培育, 健康无伤的日本无针乌贼 150 只, 体重为(37.86±5.63) g, 胴长为(5.48±1.27) cm, 经过 5 d 饲料驯化, 能够争抢摄食配合饲料后开始试验, 试验时间 30 d。

1.2 试验条件

试验于宁海县双盘涂水产养殖有限公司进行, 养殖用水取自浙江三门湾近海, 水温(21~27.5) °C,

收稿日期: 2015-03-03.

宁波大学学报(理工版) 网址: <http://journal.g.nbu.edu.cn/>

基金项目: 国家农业成果转化项目(2009GB2C220415); 浙江省海洋与渔业项目(浙海渔计 2013[82]号); 宁波市科技重大专项(201401C1111001)。

第一作者: 王鹏帅(1989-), 男, 河南林州人, 在读硕士研究生, 主要研究方向: 海洋生物育种与健康养殖。E-mail: wang_pengshuai@126.com

*通信作者: 蒋霞敏(1957-), 女, 浙江舟山人, 教授, 主要研究方向: 水产养殖与饵料生物培养。E-mail: jiangxiamin@nbu.edu.cn

pH 8.01~8.68, 盐度 19.07~24.14, 溶解氧 5.45~7.50 mg·L⁻¹. 采用 4 m(长)×2 m(宽)×1.5 m(高)的自制网箱, 网箱并排放于面积为 1 hm², 水深 3 m 的养殖塘内.

1.3 试验设计

采用单因素试验设计方法, 以鱼粉为主要蛋白源, 设置不同水平(35%、40%、45%、50%、55%)的蛋白质配合饲料(实测各组饲料粗蛋白含量为 34.56%、39.64%、44.58%、49.88%和 54.45%). 每组设 3 个平行, 每个网箱放养 10 只日本无针乌贼.

1.4 试验饲料

试验饲料主要由鱼粉、 α -淀粉、大豆饼、花生饼、微晶纤维素、糊精、维生素预混料、矿物质预混料、混合油(鱼油:豆油=1:1)组成. 按照比例, 准确称量各种原料, 人工混合均匀, 试验饲料组成及营养水平分析见表 1.

表 1 试验饲料组成及主要营养成分(风干) %

原料	饲料蛋白质水平				
	35%	40%	45%	50%	55%
鱼粉	43.80	51.10	58.30	65.60	72.80
α -淀粉	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
大豆饼	7.50	7.50	7.50	7.50	7.50
花生饼	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
微晶纤维素	3.56	3.55	3.63	3.62	3.70
糊精	27.44	20.58	13.72	6.86	0.00
维生素预混料	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
矿物质预混料	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
鱼油+豆油	4.45	3.99	3.55	3.09	2.65
粗蛋白	34.56	39.64	44.58	49.88	54.45
粗脂肪	7.57	7.52	7.64	7.60	7.55
粗灰分	11.80	13.25	14.85	16.63	18.47

试验饲料制作时, 将配合饲料干粉与水按 5:4 混合, 反复揉捏, 使其有一定的韧性, 制作成直径为 0.6~0.8 cm, 长度为 4~5 cm 的长棒状, 置于保鲜袋中密封. -20 °C 冰箱中冷冻保存, 投喂前取出缓慢解冻.

(1)每千克维生素预混料含有: VA 4 200 IU, VD 2 200 IU, VE 20 mg, VK 12 mg, VB₁ 10 mg, VB₂ 10 mg, VB₆ 12 mg, VB₁₂ 0.008 mg, 烟酸 30 mg, D-泛酸钙 30 mg, 叶酸 3 mg, 生物素 0.2 mg, 肌醇 60 mg.

(2)每千克矿物质预混料含有: MnSO₄·4H₂O 10 mg, CuSO₄·5H₂O 1.5 mg, 0.99% KIO₃ 0.6 mg, 1%

Na₂SeO₃ 0.05 mg, NaCl 2.5 mg, KI 0.5 mg, CoCl₂·6H₂O 0.05 mg.

(3)营养水平为实测值.

1.5 样品采集与分析

试验结束后活体解剖日本无针乌贼, 提取出肌肉样品, 沥干水分后称重, 保存在 4 °C 冰箱, 一部分用于常规生化组分分析, 另一部分用于氨基酸和脂肪酸含量的测定. 用于粗蛋白含量测定根据标准方法(GB/T 5009.5-2003); 粗脂肪含量测定根据标准方法(GB/T 5009.6-2003); 总灰分测定根据标准方法(GB/T 5009.4-2003); 水分含量测定根据标准方法(GB/T 5009.3-2003); 脂肪酸含量测定依据 NBFMS/XZ043-2005 甲酯化法, 采用气质联用仪 QP2010. 氨基酸含量测定根据 GB/T18246-2000, 含硫氨基酸测定根据 GB-T15399-1994, 使用德国 Aminosys A200 型氨基酸自动分析仪.

1.6 数据统计与分析

试验数据用平均值±标准差表示, 采用 SPSS 17.0 统计软件对所有数据进行单因素方差分析, 若差异显著($P<0.05$), 做 Duncan's 多重比较. 各指标计算公式为:

特定生长率(S , %·d⁻¹)=100×(ln 终末体重 - ln 初始体重)/饲养天数;

增重率(W , %)=100×(终末体重 - 初始体重)/初始体重;

胴长相对增长率(L , %)=100×胴长净增长/初始胴长;

成活率(S_R , %)=100×终末尾数/初始尾数;

饲料系数(F)=投饲总量/(终末体重 - 初始体重);

蛋白质效率(P)=(终末体重 - 初始体重)/蛋白质摄入量;

肥满度(C , g·cm⁻³)=100×体重/(胴长)³;

肝体比(H , %)=100×肝脏重/体重.

2 结果与分析

2.1 不同蛋白质水平对日本无针乌贼生长性能影响

饲料蛋白质水平对日本无针乌贼末均重、增重率、特定生长率、成活率和蛋白质效率有显著性影响($P<0.05$), 但对胴长相对增长率、肝体比、饲料系数和肥满度影响不显著($P>0.05$)(表 2). 当饲料中

表 2 饲料不同蛋白质水平对日本无针乌贼生长性能、饲料利用和形态学指标的影响

项目	饲料蛋白质水平				
	35%	40%	45%	50%	55%
初均重/g	37.86±5.63	37.86±5.63	37.86±5.63	37.86±5.63	37.86±5.63
末均重/g	45.60±4.01 ^a	48.33±5.72 ^{ab}	54.25±3.11 ^b	48.50±5.60 ^{ab}	47.34±4.13 ^{ab}
增重率/%	12.09±5.20 ^a	19.31±2.52 ^{ab}	23.97±6.50 ^b	19.39±2.74 ^{ab}	15.27±5.07 ^{ab}
特定生长率/(%·d ⁻¹)	0.62±0.07 ^a	0.81±0.05 ^b	1.01±0.05 ^c	0.83±0.07 ^b	0.74±0.08 ^b
胴长相对增长率/%	21.03±7.16	25.21±6.32	30.58±5.38	27.36±13.05	25.39±10.17
成活率/%	56.67±0.06 ^c	56.67±0.06 ^c	66.67±0.15 ^d	46.67±0.06 ^b	43.33±0.06 ^a
肝体比/%	2.31±0.12	2.43±0.14	2.52±0.20	2.47±0.16	2.42±0.09
饲料系数	6.29±2.13	4.65±1.45	3.64±2.31	4.57±1.19	5.13±1.06
蛋白质效率/%	0.46±0.06 ^{ab}	0.48±0.02 ^b	0.69±0.04 ^c	0.43±0.03 ^{ab}	0.35±0.04 ^a
肥满度/(g·cm ⁻³)	4.39±0.68	4.75±0.73	4.60±0.95	4.49±0.79	4.44±0.93

注: 同行数据肩标相同小写字母或无字母表示差异不显著($P>0.05$), 不同小写字母表示差异显著($P<0.05$), 下表同。

表 3 配合饲料不同蛋白质水平对乌贼肌肉生化组分含量的影响 %

项目	饲料蛋白质水平				
	35%	40%	45%	50%	55%
粗蛋白	75.12±0.15 ^b	75.19±0.13 ^b	79.79±0.25 ^c	82.09±0.17 ^d	73.14±0.14 ^a
粗脂肪	5.65±0.11 ^a	5.87±0.14 ^{ab}	5.94±0.22 ^b	5.99±0.13 ^b	6.33±0.11 ^d
总灰分	1.80±0.08	1.83±0.04	1.82±0.03	1.77±0.03	1.76±0.03
总水分	81.52±0.10 ^{cd}	81.75±0.14 ^d	81.28±0.15 ^c	80.83±0.09 ^b	80.32±0.24 ^a

的蛋白质水平为 45%时, 乌贼的末均重、增重率、成活率、特定生长率和蛋白质效率达到最大值, 分别为 54.25 g、23.97%、66.67%、1.01%·d⁻¹ 和 0.69, 其中特定生长率、成活率和蛋白质效率显著高于其他 4 组($P<0.05$). 以蛋白质水平为横坐标, 特定生长率为纵坐标, 根据折线模型拟合回归方程得出, 日本无针乌贼对蛋白质的需求量为 44.73%(图 1).

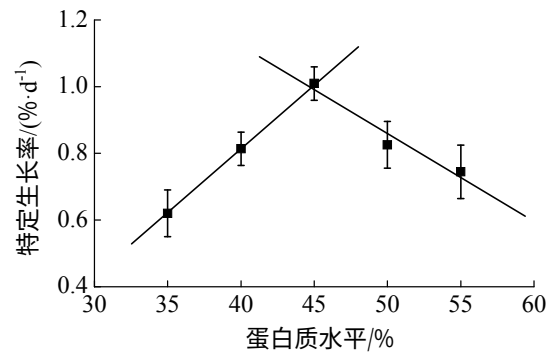


图 1 饲料蛋白质水平对日本无针乌贼特定生长率的影响

2.2 不同蛋白质水平对日本无针乌贼肌肉生化组分的影响

对乌贼肌肉生化组分的分析结果(表 3)表明:

粗蛋白含量随饲料蛋白质水平的增加而增加, 到 50%组达到最大, 且差异性显著($P<0.05$). 粗脂肪含量在饲料蛋白质水平为 55%时达到最大值, 显著性高于其他组($P<0.05$). 而总灰分含量各组之间差异不显著($P>0.05$). 乌贼肌肉含水量随饲料蛋白质水平的增加而降低, 差异性显著($P<0.05$).

2.3 不同蛋白质水平对日本无针乌贼肌肉氨基酸、脂肪酸的影响

对乌贼肌肉氨基酸的分析结果表明: 总氨基酸、必需氨基酸和鲜味氨基酸含量均随着配合饲料中蛋白质水平的增加先增后降, 到 50%组氨基酸含量显著高于其他 4 组($P<0.05$). 其中必须氨基酸和鲜味氨基酸在 45%组和 50%组差别不大, 但显著高于其他 3 组($P<0.05$)(表 4). 而对脂肪酸进行分析的结果表明: 肌肉中十五烷酸和 20 碳五烯酸(EPA)各组间差异性不显著($P>0.05$), 而 22 碳六烯酸(DHA)在 50%组显著低于其他 4 组($P<0.05$). 不饱和脂肪酸含量随配合饲料蛋白质水平升高而先降后升, 在 45%组达到最低, 5 组间(EPA+DHA)含量变化差异性显著($P<0.05$)(表 5).

表 4 配合饲料不同蛋白质水平对乌贼肌肉氨基酸的影响(干重)

氨基酸	饲料蛋白质水平				
	35%	40%	45%	50%	55%
天冬氨酸/(g·100 g ⁻¹)	7.90±0.10	7.92±0.08	8.73±0.10	8.70±0.05	7.86±0.07
苏氨酸/(g·100 g ⁻¹)	3.64±0.08 ^d	3.10±0.09 ^b	3.18±0.08 ^{bc}	3.26±0.05 ^c	2.90±0.07 ^a
丝氨酸/(g·100 g ⁻¹)	2.91±0.03 ^b	3.24±0.05 ^d	2.83±0.05 ^a	3.00±0.02 ^c	2.81±0.04 ^a
谷氨酸/(g·100 g ⁻¹)	12.64±0.03 ^b	12.74±0.06 ^c	13.77±0.04 ^{de}	13.82±0.02 ^c	12.28±0.02 ^a
甘氨酸/(g·100 g ⁻¹)	4.97±0.03 ^b	4.96±0.03 ^b	5.50±0.05 ^c	5.53±0.02 ^c	4.86±0.04 ^a
丙氨酸/(g·100 g ⁻¹)	4.96±0.02 ^c	4.50±0.04 ^a	5.37±0.02 ^d	5.32±0.03 ^d	4.72±0.05 ^b
缬氨酸/(g·100 g ⁻¹)	3.01±0.03 ^d	2.78±0.08 ^b	2.79±0.05 ^b	2.91±0.06 ^c	2.46±0.04 ^a
异亮氨酸/(g·100 g ⁻¹)	3.43±0.04 ^b	3.34±0.02 ^a	3.84±0.02 ^c	3.84±0.04 ^c	3.32±0.06 ^a
亮氨酸/(g·100 g ⁻¹)	5.52±0.05 ^a	5.70±0.06 ^b	6.92±0.04 ^c	6.70±0.03 ^d	5.96±0.01 ^c
酪氨酸/(g·100 g ⁻¹)	2.87±0.04 ^b	2.52±0.07 ^a	2.87±0.05 ^b	2.84±0.03 ^b	2.90±0.02 ^b
苯丙氨酸/(g·100 g ⁻¹)	2.46±0.04 ^a	2.78±0.02 ^b	3.39±0.05 ^c	3.22±0.05 ^d	2.89±0.04 ^c
组氨酸/(g·100 g ⁻¹)	1.94±0.04 ^b	1.90±0.05 ^{ab}	1.86±0.04 ^a	1.94±0.01 ^b	1.92±0.02 ^{ab}
赖氨酸/(g·100 g ⁻¹)	5.02±0.02 ^a	5.36±0.02 ^b	6.38±0.04 ^d	6.48±0.03 ^c	5.64±0.02 ^c
精氨酸/(g·100 g ⁻¹)	6.71±0.05 ^c	6.07±0.02 ^a	6.28±0.03 ^b	7.26±0.04 ^d	6.07±0.05 ^a
脯氨酸/(g·100 g ⁻¹)	3.61±0.02 ^d	3.64±0.05 ^c	3.10±0.02 ^b	3.43±0.05 ^c	3.00±0.04 ^a
胱氨酸/(g·100 g ⁻¹)	0.63±0.03	0.67±0.05	0.70±0.04	0.69±0.02	0.64±0.04
蛋氨酸/(g·100 g ⁻¹)	1.69±0.04 ^a	1.73±0.05 ^{ab}	1.79±0.04 ^{bc}	1.81±0.03 ^c	1.77±0.04 ^{bc}
氨基酸总量/%	73.82±0.12 ^c	73.49±0.14 ^b	78.19±0.12 ^d	80.45±0.13 ^e	71.68±0.14 ^a
必需氨基酸/%	24.72±0.06 ^a	24.79±0.09 ^a	28.29±0.02 ^b	28.26±0.12 ^b	24.84±0.14 ^a
鲜味氨基酸/%	30.46±0.03 ^b	30.49±0.02 ^b	33.01±0.03 ^c	33.03±0.02 ^c	29.72±0.04 ^a

表 5 配合饲料不同蛋白质水平对乌贼肌肉脂肪酸的影响(干重)

脂肪酸/%	饲料蛋白质水平				
	35%	40%	45%	50%	55%
C14:0	1.94±0.07 ^a	2.30±0.05 ^c	2.10±0.04 ^b	2.27±0.07 ^c	1.89±0.05 ^a
C15:0	0.38±0.02	0.41±0.01	0.40±0.02	0.40±0.03	0.38±0.04
C16:1	0.65±0.02 ^b	0.57±0.02 ^a	0.64±0.03 ^b	0.79±0.04 ^c	0.69±0.02 ^b
C16:0	18.61±0.05 ^a	19.37±0.06 ^c	20.65±0.05 ^e	20.08±0.07 ^d	19.02±0.06 ^b
C17:0	1.51±0.02 ^d	1.37±0.03 ^c	1.16±0.04 ^a	1.32±0.02 ^c	1.21±0.03 ^b
C18:2	0.48±0.04 ^b	0.32±0.03 ^a	0.44±0.02 ^b	0.60±0.04 ^c	0.30±0.03 ^a
C18:1	6.81±0.05 ^c	3.06±0.04 ^c	2.76±0.08 ^b	5.99±0.04 ^d	1.91±0.04 ^a
C18:0	12.38±0.05 ^a	14.08±0.02 ^d	12.93±0.06 ^b	13.64±0.05 ^c	15.43±0.06 ^c
C20:4	6.77±0.05 ^b	7.10±0.03 ^a	6.70±0.05 ^b	5.98±0.04 ^a	6.72±0.05 ^b
C20:5(EPA)	16.15±0.13	17.11±0.10	16.41±0.09	15.92±0.07	16.80±0.10
C20:2	0.69±0.02 ^a	0.70±0.03 ^a	0.96±0.01 ^b	0.95±0.02 ^b	0.92±0.03 ^b
C20:1	0.95±0.02 ^d	0.68±0.02 ^b	0.72±0.03 ^b	0.22±0.04 ^a	0.79±0.02 ^c
C20:0	0.33±0.02 ^b	0.39±0.01 ^c	0.24±0.02 ^a	0.34±0.01 ^b	0.35±0.02 ^b
C22:6(DHA)	32.19±0.11 ^c	33.36±0.13 ^d	31.86±0.14 ^b	31.47±0.13 ^a	31.57±0.12 ^a
USFA	64.69±0.15 ^c	62.90±0.17 ^c	60.49±0.13 ^a	61.92±0.11 ^b	63.70±0.09 ^d

3 讨论

目前,有关配合饲料中蛋白质水平对水产经

济动物的研究较多,且已证明动物机体的营养成分与饲料摄入有关^[10-12]。试验中日本无针乌贼末均重、特定生长率、成活率、肝体比和蛋白质效率

随着饲料蛋白水平先增后降,饲料蛋白质水平达到45%之后,末均重、胴长相对增长率和肝体比出现降低,但差异性不显著。而特定生长率、成活率和蛋白质效率显著下降,说明饲料中蛋白质水平对乌贼生长有显著性影响,但对肥满度没有显著性影响,整个试验阶段乌贼体型较为匀称。

在软体动物方面,罗俊标等^[10]在对方斑东风螺(*Babylonia areolata*)稚螺进行研究后发现,配合饲料中不同蛋白质水平对螺肉中的灰分和磷含量有显著影响,适宜的蛋白质添加水平为42.78%;而Zhou等^[11]在对方斑东风螺(初始重为 (93.50 ± 1.70) mg)进行研究后发现其最适宜的蛋白添加量为45%。Mohanta等^[12]的研究结果表明体蛋白质含量随饲料蛋白质水平的升高而增长,但也有研究表明,鱼体蛋白含量几乎不随饲料蛋白质水平的提高而发生变化^[13],这可能与种类以及食性不同有关。肉食性的种类如方斑东风螺对蛋白质的需求相应高于草食性的鲍鱼,而日本无针乌贼属于肉食性种类。本试验研究结果表明,随着饲料蛋白水平的上升,乌贼肌肉含水量随饲料中蛋白质含量的增加而降低,而总灰分含量无明显影响,而乌贼肌肉中粗蛋白含量不断增加,当饲料蛋白质水平为50%时达最大值,随后呈下降趋势。这与鱼类研究中随蛋白水平上升蛋白效率下降^[14]相一致,说明饲料蛋白质含量可以影响乌贼肌肉组织中蛋白质的含量。从数值上看,饲料可以消化蛋白在45%~50%时,乌贼肌肉粗蛋白含量最高。

饲料蛋白质水平对体脂肪水平的影响,不同物种有不同的表现。Mohanta等^[12]的研究表明,随着饲料粗蛋白水平的增加,银无须魮(*Puntius gonionotus*)脂肪含量反而会逐渐降低,而Shiau等^[15]研究却发现,饲料中添加碳水化合物减低蛋白质水平,对罗非鱼(*Oreochromis mossambicus*)背肌粗脂肪含量无显著影响。乌贼肌肉脂肪含量与配合饲料中蛋白质含量呈明显正相关,这可能是因为配合饲料中蛋白质供应充分,一部分蛋白质用来满足乌贼的生长和体蛋白质的积累,而另一部分多余的蛋白质则在乌贼内通过脱氨基作用生成脂肪。

Jin等^[16]在对三疣梭子蟹(*Portunus trituberculatus*)蛋白质需求量的研究中发现,肌肉必需氨基酸含

量与饲料蛋白质水平呈正相关关系。本研究结果表明,日本无针乌贼肌肉中总氨基酸、鲜味氨基酸含量与肌肉中蛋白质含量变化一致,随着配合饲料中蛋白质含量的增加而增加,当饲料蛋白质达到50%时总氨基酸含量为80.45%,鲜味氨基酸含量为33.03%(最大),必需氨基酸在饲料蛋白质为45%时达到最大值(28.26%),随后均又降低。鲜味氨基酸影响乌贼肌肉的风味,因此可以通过提高饲料中蛋白质的含量或部分氨基酸的含量来增加乌贼肌肉的鲜味。但配合饲料中蛋白质含量对肌肉脂肪酸无明显影响,其中具体原因还有待研究。

4 结论

综上所述,饲料的蛋白质水平对日本无针乌贼的生长性能、饲料利用和肌肉营养成分均有显著影响。结合特定生长率与饲料蛋白质水平的折线模型拟合后,获得其对蛋白质的最适需要量为饲料干物质的44.73%。

参考文献:

- [1] ADAM W, REES W J. A review of the cephalopod family *Sepiidae*[J]. *Sci Rep John Murray Exped*, 1966, 11:1-165.
- [2] 吴常文,董智勇,迟长凤,等.曼氏无针乌贼(*Sepiella maindroni*)繁殖习性及其产卵场修复的研究[J].*海洋与湖沼*, 2010, 41(1):39-46.
- [3] 梁君,王伟定,徐汉祥,等.曼氏无针乌贼荧光染色标志方法研究[J].*水产学报*, 2013, 27(6):864-870.
- [4] 夏灵敏,迟长凤,吴常文,等.野生曼氏无针乌贼黑色卵膜主要营养成分分析[J].*营养学报*, 2012, 34(5):512-514.
- [5] 李海峰,迟长凤,吴常文.养殖曼氏无针乌贼白色卵膜营养成分分析及评价[J].*南方水产科学*, 2014, 10(3):86-91.
- [6] 吴常文,迟长凤,何光源,等.微波消解 ICP-MS 法测定曼氏无针乌贼肉和海螺蛸八种微量元素[J].*光谱学与光谱分析*, 2009, 29(12):3395-3398.
- [7] 宋超霞,王春琳,邵银文,等.野生与养殖曼氏无针乌贼肌肉的营养成分和评价[J].*营养学报*, 2009, 31(3):301-303.
- [8] 常抗美,吴常文,吕振明,等.曼氏无针乌贼(*Sepiella maindroni*)野生及养殖群体的生化特征及其形成机制的研究[J].*海洋与湖沼*, 2008, 39(2):145-151.
- [9] 叶坤,王秋荣,席峰,等.饲料蛋白质水平对曼氏无针乌贼生长性能和饲料利用率的影响[J].*集美大学学报*

- (自然科学版), 2012, 17(4):247-252.
- [10] 罗俊标, 骆明飞, 李勇, 等. 配合饲料中不同蛋白质含量对方斑东风螺稚螺生长和体组成的影响[J]. 水产养殖, 2014, 35(1):11-16.
- [11] ZHOU J B, ZHOU Q C, CHI S Y, et al. Optimal dietary protein requirement for juvenile ivory shell, *Babylonia areolata*[J]. Aquaculture, 2007, 270:186-192.
- [12] MOHANTA K N, MOHANTY S N, JENA J K, et al. Protein requirement of silver barb, *Puntius gonionotus* fingerlings[J]. Aquaculture Nutrition, 2008, 14(2):143-152.
- [13] WINFREE R A, STICKNEY R R. Effects of dietary protein and energy on growth, feed conversion efficiency and body composition of *Tilapia aurea*[J]. The Journal of Nutrition, 1981, 111(6):1001-1012.
- [14] LEE S M, JEON I G, LEE J Y. Effects of digestible protein and lipid levels in practical diets on growth, protein utilization and body composition of juvenile rockfish (*Sebasteschlegeli*)[J]. Aquaculture, 2002, 211(1/4):227-239.
- [15] SHIAU S Y, PENG C Y. Protein-sparing effect by carbohydrates in diets for tilapia, *Oreochromis niloticus* × *O.aureus*[J]. Aquaculture, 1993, 117(3/4):327-334.
- [16] JIN M, ZHOU Q C, ZHANG W, et al. Dietary protein requirements of juvenile swimming crab, *Portunus trituberculatus*[J]. Aquaculture, 2013(414/415):303-308.

Effects of Dietary Protein Levels on Growth Performance and Main Composition of Muscle in *Sepiella japonica*

WANG Peng-shuai¹, XU Jun-chao², JIANG Xia-min^{1*}, HAN Qing-xi¹, PENG Rui-bing¹, LI Zheng¹

(1.School of Marine Sciences, Ningbo University, Ningbo 315211, China;

2.Ningbo Shuangpantu Aquaculture Co. Ltd., Ningbo 315600, China)

Abstract: This research is conducted to reveal the effects of the dietary protein on the growth performance and main composition of muscle of cuttlefish *Sepiella japonica*. Five practical diets are formulated with various protein levels which is ranked by 35%, 40%, 45%, 50% and 55%, respectively. *Sepiella japonica* with initial weight of (37.86±5.63) g are fed with 5 experimental diets and the feeding process last for 30 days. The results show that: the final body weight, weight gain rate, specific growth rate, survival rate and protein efficiency ratio first increase significantly ($P<0.05$) with increasing dietary protein level from 35% to 45%, and then decrease. However, the mantle length relative growth rate, hepatosomatic index, feed conversion ratio and condition factor are insusceptible to the change of protein levels. The crude protein (82.09%) and total amino acids (80.45%) of the muscle reach the highest value at the dietary protein level of 50%. Meanwhile, the value of crude lipid (6.33%) is found to be the highest at the dietary protein level of 55%, which is significantly higher than other four groups ($P<0.05$). Muscle amino acids and fatty acids analyses indicate that the essential amino acids (28.29%) and flavor amino acids (33.03%) shows no significant difference between groups of 45% and 50% ($P>0.05$), but significantly higher than other three groups ($P<0.05$). Unsaturated fatty acids including EPA and DHA decline first and then rise, which are significantly lower than that in the group of 45% and 50%. Based on the analyses of broken-line regression of SGR, the optimal dietary protein level for cuttlefish *Sepiella japonica* is identified for 44.73%.

Key words: *Sepiella japonica*; protein; growth performance; muscle nutrition

(责任编辑 史小丽)