

# 不同强化物质对卤虫体内游离氨基酸含量的影响

马 静<sup>1,2</sup> 邹安革<sup>3</sup> 王新星<sup>2</sup> 常 青<sup>1,2\*</sup> 滕玉清<sup>2</sup> 王文斌<sup>4</sup>

(<sup>1</sup>上海海洋大学水产与生命学院, 201306)

(<sup>2</sup>农业部海洋渔业资源可持续利用重点开放实验室, 中国水产科学研究院黄海水产研究所, 青岛 266071)

(<sup>3</sup>蓬莱市安源水产有限公司, 265600)

(<sup>4</sup>河北省唐海县农林畜牧水产局, 063200)

**摘 要** 以卤虫无节幼体作为试验材料, 研究不同强化物质对卤虫体内游离氨基酸(FAA)含量的影响。试验分为 4 组, 分别强化赖氨酸(Lys)、裂壶藻 *Schizochytrium*、赖氨酸加裂壶藻以及空白对照组, 试验进行 16 h, 每 4h 取样 1 次。结果显示, 试验结束时, 赖氨酸组的卤虫体内游离 Lys 含量显著高于其他 3 个组, 且较强化前相比增加了 4 倍多, 裂壶藻组的含量最低。除苏氨酸(Thr)外, 赖氨酸组其他游离必需氨基酸以及天冬氨酸(Asp)、丝氨酸(Ser)、甘氨酸(Gly)、酪氨酸(Tyr)含量都显著高于其他 3 个组。赖氨酸加裂壶藻组, Thr、Ser、Gly、丙氨酸(Ala)、组氨酸(His)和脯氨酸(Pro)含量均有不同程度的减少, 其余组的卤虫, 只有 Thr 含量减少, 其他几种 FAA 水平均增加。试验过程中 FAA 水平随时间的变化趋势, 空白组和赖氨酸加裂壶藻组相同, 除 Thr 外, 其余 FAA 含量都是在 4 h 时增高, 8 h 时下降, 12 h 时升高; 而在赖氨酸组和裂壶藻组的卤虫体内, 这些 FAA 含量是前 8 h 升高, 12 h 时降低, 16 h 时又升高。

**关键词** 赖氨酸 卤虫 游离氨基酸

**中图分类号** X55 **文献识别码** A **文章编号** 1000-7075(2012)01-0102-07

## Effects of different enrichment material on the free amino acid in *Artemia nauplii*

MA Jing<sup>1,2</sup> ZOU An-ge<sup>3</sup> WANG Xin-xing<sup>2</sup> CHANG Qing<sup>1,2\*</sup>  
TENG Yu-qing<sup>2</sup> WANG Wen-bin<sup>4</sup>

(<sup>1</sup>Aquatic and Life School, Shanghai Ocean University, 201306)

(<sup>2</sup>Key Laboratory for Sustainable Utilization of Marine Fisheries Resources, Ministry of Agriculture, Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao 266071)

(<sup>3</sup>Anyuan Fisheries Ltd., Penglai 265600)

(<sup>4</sup>Agriculture, Forestry, Animal Husbandry and Fishery Bureau of Tanghai, 063200)

**ABSTRACT** Effects of different enrichment material on the free amino acid in *Artemia nauplii* was studied. There were 4 groups, including lysine group, *Schizochytrium* group, lysine plus *Schizochytrium* group and control group. The experiment lasted 16 hours, and was sampled every 4 hours. The results showed that the content of free lysine in *Artemia nauplii* in ly-

青岛市应用基础项目(08-1-3-26-jch)、国家自然科学基金(31101913)和基本科研业务费(2010-ts-14)共同资助

\* 通讯作者。E-mail: changqing@ysfri.ac.cn

收稿日期: 2011-04-11; 接收日期: 2011-05-22

作者简介: 马 静(1986-), 女, 硕士研究生, 主要从事水产动物营养与生理研究。E-mail: majing-1986214@163.com

sine group was significantly higher than the other groups and 4 times higher than 0h at the end of the experiment. And the content of lysine in *Schizochytrium* group was the lowest. Except Thr, the content of other free essential amino acids and Asp, Ser, Gly, Tyr in lysine group were significantly higher than other groups. The content of Thr, Ser, Gly, Ala, His and Pro of lysine plus *Schizochytrium* group decreased as the time prolonged. But in other groups, the content of FAA all increased except Thr. The variation trends of the FAA level in the control group was similar to the lysine plus *Schizochytrium* group: except Thr, the content of FAA increased at the first 4 h, declined at 8 h, and increased at 12 h. But in lysine group and *Schizochytrium* group, the content of these FAA in *Artemia* nauplii increased during the first 8 h, declined at 12 h, and then increased at 16 h.

**KEY WORDS** Lysine *Artemia* FAA

卤虫 *Artemia*, 又称盐丰年虫 Brine shrimp、丰年虾等, 隶属于无甲目、卤虫科, 是一种耐高盐的小型低等甲壳动物。卤虫的研究至今已有 200 多年的历史。但作为水产动物饵料应用, 是从 20 世纪 30 年代开始的, 美国的 Seale 和挪威的 Rollefson 等先后用卤虫无节幼体为活饵料培育鱼苗, 均获成功, 因此受到国内外水产养殖工作者的高度重视(杨景峰等 2010)。现在卤虫无节幼体已经成为水产经济动物苗种培育中重要的活饵料之一。

赖氨酸(Lys)是一种碱性氨基酸, 它是鱼类的必需氨基酸之一。Lys 对于鱼类的生长发育起着重要的作用, 其最重要的生理功能是参与体蛋白如骨骼肌、酶和多肽激素的合成(任建民等 2009); 并且它可以直接作用于胰腺的腺泡细胞来刺激消化酶的产生(Grendell *et al.* 1981), 从而起到促进消化吸收、加快生长的作用; 它还是生酮氨基酸之一, 当缺乏可利用的碳水化合物时, 可参与生成酮体和葡萄糖的代谢(在禁食情况下, 是重要的能量来源之一); 维持体内酸碱平衡; 作为合成肉毒碱的前体物, 参与脂肪代谢; 同时, Lys 还可以提高机体抵抗应激的能力(任建民等 2009)。一般鱼类缺乏 Lys 时会表现为摄食量下降、生长受阻、饵料利用率下降、死亡率升高等(周 庆等 2008)。

近年来, 国内外开展了很多关于鱼类 Lys 需要量的研究, 大多是通过给成鱼或幼鱼饲料中添加 Lys 来满足鱼体对其的需要(严全根等 2006; 张永正等 2009)。很多海水硬骨鱼类的仔稚鱼不能摄食颗粒饲料, 因此对其的研究还很少。然而, 仔稚鱼生长迅速、代谢旺盛, 对 Lys 的需求也高(周 庆等 2008), 但是其消化系统还未发育成熟(Naz *et al.* 2009), 对蛋白质的消化能力有限, 食物中的 FAA 却可以很容易地被吸收并且用于蛋白质的合成(Rønnestad *et al.* 1999), 因此, 食物中 FAA 的含量和质量对仔稚鱼的生长和存活都尤为重要(Fyhn 1989)。目前, 海水鱼类工厂化育苗主要采用卤虫无节幼体作为活饵料。但是其 FAA 含量却并不高, 显著低于野生桡足类(Helland *et al.* 2000)。因此, 给卤虫无节幼体补充必需氨基酸, 使养殖仔稚鱼获得快速的生长是很有必要的。本试验通过直接强化方法给卤虫无节幼体强化 Lys, 研究卤虫体内 Lys 的含量变化, 并且与工厂化养殖中使用的强化物质裂壶藻进行比较, 研究不同强化物质对卤虫体内 Lys 及其他 FAA 组成的影响。为进一步研究 Lys 营养与半滑舌鲷仔稚鱼的生长及消化功能之间的关系奠定基础。研究成果对于工厂化养殖以及提高苗种成活率, 具有重要的理论及现实意义。

## 1 材料和方法

试验于 2010 年 7 月 23 日在山东海阳市黄海水产股份有限公司完成。根据强化物质的不同, 将试验分为 4 组: 它们分别为空白组、赖氨酸组、裂壶藻组和赖氨酸加裂壶藻组。

### 1.1 卤虫的营养强化

试验所用为卤虫的无节幼体。整个强化过程为 16 h。采用直接强化的方法将强化物质准确称量后通过 300 目筛绢直接溶于养殖水体中, 对照组在整个试验过程中不添加任何物质, 然后按每毫升水体 100~200 个

卤虫的密度强化卤虫无节幼体。强化水体体积为 140 L,水温 25~26 °C,连续充气。强化剂用量为:赖氨酸 5.3 mmol/L,裂壶藻 100 g/m<sup>3</sup>。

试验中所用赖氨酸为上海斐雅科技发展有限公司生产的 L-盐酸赖氨酸,纯度为 99.4%。裂壶藻为美国进口的 BIO-MARINE 品牌藻粉。

## 1.2 取样

16h 的强化过程中,分 5 次取样。在刚加完强化剂时取样,之后的强化时间中每 4h 取样 1 次,每次取 3 个平行,各 40 ml,样品用海水冲洗干净,通过 300 目的筛绢滤掉多余水分后,装入 5 ml 离心管,立即放入 -20 °C 冷冻保存,待测定游离氨基酸含量。

## 1.3 氨基酸分析

准确称量卤虫 1 g 左右,经小型匀浆器匀浆后,加入 5~7 ml 4% 浓度的磺基水杨酸,以 10 000 r/min 的速率在 4 °C 下离心 18 min,取上清液于 50 ml 容量瓶中,离心管内再加少许磺基水杨酸,将沉淀物搅匀再次离心,合并上清液并用 4% 浓度的磺基水杨酸定容至 50 ml,取 1 ml 过 0.45 μm 膜后至进样瓶中。氨基酸分析经日本日立 L-8900 氨基酸分析仪测定。将每份样品中的卤虫计数,计算不同样品中卤虫的浓度,氨基酸的结果以 pmol/nauplii 表示。

## 1.4 统计分析

试验结果经统计学软件 SPSS 16.0 处理,使用双因素方差分析和单因素方差分析的方法比较差异的显著性,显著水平设为  $P < 0.05$ ,结果以平均数 ± 标准差 (Mean ± SD) 表示。

## 2 结果与分析

### 2.1 游离赖氨酸含量变化

经过 16h 的强化试验,不同强化组及取样点的赖氨酸含量有显著差别。所得数据见表 1。

表 1 不同强化物质卤虫中游离赖氨酸含量 (pmol/nauplii)

Table 1 The content of free lysine in *Artemia* nauplii with different enrichment material

	空白组 Control group	赖氨酸组 Lysine group	裂壶藻组 <i>Schizochytrium</i> group	赖氨酸加裂壶藻组 Lysine+ <i>Schizochytrium</i> group	Tave
0h	462.01±13.21	441.25±21.33	450.87±34.41	456.21±32.19	452.59±21.77 <sup>a</sup>
4h	1 268.2±24.57	1 712.8±115.8	822±7.37	980.59±85.04	1 196±366.2 <sup>b</sup>
8h	1 029.6±7.81	1 306.8±74.5	1 237.2±56.8	686.38±1.82	1 065±260.33 <sup>b</sup>
12h	808.88±17.79	1 364.6±25.95	914.21±73.46	1 030.3±11.68	1 030±255.21 <sup>b</sup>
16h	1 139.1±73.67	1 830.7±21.16	815.29±26.77	1 059.6±32.64	1 211±404.46 <sup>b</sup>
Pave	941.58±299.76 <sup>a</sup>	1 331±516.23 <sup>b</sup>	847.92±266.93 <sup>a</sup>	842.65±249.38 <sup>a</sup>	

注:使用双因素方差分析,显著水平  $P < 0.05$ 。同列或同行标有不同字母表示差异显著。Tave,表示处理组的平均值;Pave,取样点的平均值

Note: Analyzed by two-factor variance test. Significance level  $P < 0.05$ . Different letters in the same columns and rows show statistically significant differences between values. Tave, averages of treatment groups; Pave, averages of periods

16 h 试验结束时,强化赖氨酸的试验组,其卤虫体内游离赖氨酸的含量达到最大值 1 830.7±21.16 pmol/nauplii,较强化前相比增加了 4 倍多。与强化后的裂壶藻组相比,其赖氨酸含量也要高出一倍多。而强化裂壶藻的试验组含量最低,仅有 815.29±26.77 pmol/nauplii。总体来看,16 h 后各个试验组,较 0h 卤虫而言,其游离赖氨酸含量都有所增加,除裂壶藻组含量增加了不到一倍之外,其余 3 个组含量都高于 0 h 的一倍以上。

经过统计分析,结果显示,强化赖氨酸的组,其卤虫体内游离赖氨酸的含量显著高于其他 3 个组,而其他 3 个组之间差异不显著。从时间来看,0h 的显著低于其他取样点,而其他取样点之间差异不显著。

由表 1 可以看出,4 个试验组在 16 h 的强化试验中,其卤虫体内游离赖氨酸含量都遵循一个先升高,再降低、再升高的趋势。其中空白组、赖氨酸组和赖氨酸加裂壶藻组都是从 4 h 开始降低,12 h 时升高,而裂壶藻组为前 8 h 升高,后 8 h 降低,并且在 16 h 试验结束时达到最低值,赖氨酸组在 16 h 时卤虫体内游离赖氨酸含量为最高值。

2.2 试验组其他氨基酸含量

经过 16 h 的强化试验,卤虫体内游离必需氨基酸含量见表 2。由表 2 可知,16 h 后各个试验组中游离必需氨基酸含量有很大的差异。4 个试验组的 Thr,蛋氨酸(Met)和 His 含量相对都比较少。赖氨酸组的 Thr 含量与空白组差异不显著,显著高于裂壶藻组和赖氨酸加裂壶藻组。除 Thr 外,赖氨酸组其他种类的游离必需氨基酸含量都取得了 4 个试验组的最大值,且显著高于其他 3 个组。空白组中游离必需氨基酸含量也较高,除苯丙氨酸(Phe)与其他两组差异不显著,精氨酸(Arg)与赖氨酸加裂壶藻组不显著外,其他种类的游离必需氨基酸含量都显著高于裂壶藻组和赖氨酸加裂壶藻组。

表 2 16 h 后不同强化物质强化的卤虫体内必需游离氨基酸含量(pmol/nauplii)

Table 2 The content of essential free amino acids in *Artemia nauplii* with different enrichment material after 16 h

	空白组 Control group	赖氨酸组 Lysine group	裂壶藻组 <i>Schizochytrium</i> group	赖氨酸+ 裂壶藻组 Lysine+ <i>Schizochytrium</i> group		空白组 Control group	赖氨酸组 Lysine group	裂壶藻组 <i>Schizochytrium</i> group	赖氨酸+ 裂壶藻组 Lysine+ <i>Schizochytrium</i> group
Thr	209.59± 39.61 <sup>b</sup>	196.50± 8.14 <sup>b</sup>	121.87± 4.40 <sup>a</sup>	97.51± 3.68 <sup>a</sup>	Phe	494.16± 31.30 <sup>a</sup>	677.38± 8.07 <sup>b</sup>	432.02± 15.78 <sup>a</sup>	413.73± 17.40 <sup>a</sup>
Val	588.81± 38.90 <sup>b</sup>	711.13± 1.29 <sup>c</sup>	429.35± 21.95 <sup>a</sup>	409.26± 21.85 <sup>a</sup>	Lys	1 139.1± 73.67 <sup>b</sup>	1 830.7± 21.16 <sup>c</sup>	815.29± 26.77 <sup>a</sup>	1 059.6± 32.64 <sup>b</sup>
Met	264.93± 18.60 <sup>b</sup>	378.14± 3.46 <sup>c</sup>	216.86± 8.88 <sup>a</sup>	209.68± 8.98 <sup>a</sup>	His	190.08± 12.25 <sup>b</sup>	238.52± 0.93 <sup>c</sup>	147.37± 4.65 <sup>a</sup>	138.84± 4.64 <sup>a</sup>
Ile	449.93± 29.52 <sup>b</sup>	533.44± 1.73 <sup>c</sup>	336.81± 16.64 <sup>a</sup>	290.84± 16.99 <sup>a</sup>	Arg	1 252.4± 75.24 <sup>b</sup>	1 796.7± 14.76 <sup>c</sup>	974.38± 22.10 <sup>a</sup>	1 076.4± 33.67 <sup>ab</sup>
Leu	797.78± 52.73 <sup>b</sup>	1056.1± 5.91 <sup>c</sup>	631.96± 29.70 <sup>a</sup>	569.72± 28.18 <sup>a</sup>					

注:使用单因素方差分析,表中同行不同上标字母表示差异显著(P<0.05)

Note: Analyzed by one-way ANOVA test. Means in the same row with different superscripts are significantly different(P<0.05)

16 h 的强化试验后,卤虫体内游离非必需氨基酸含量见表 3。

表 3 16 h 后不同强化方法强化的卤虫体内非必需游离氨基酸含量(pmol/nauplii)

Table 3 The content of non-essential free amino acids in *Artemia nauplii* with different enrichment material after 16 h

	空白组 Control group	赖氨酸组 Lysine group	裂壶藻组 <i>Schizochytrium</i> group	赖氨酸+ 裂壶藻组 Lysine+ <i>Schizochytrium</i> group		空白组 Control group	赖氨酸组 Lysine group	裂壶藻组 <i>Schizochytrium</i> group	赖氨酸+ 裂壶藻组 Lysine+ <i>Schizochytrium</i> group
Asp	162.50± 13.24 <sup>a</sup>	307.04± 28.10 <sup>b</sup>	215.27± 7.11 <sup>a</sup>	158.46± 1.81 <sup>a</sup>	Ala	2 072.2± 124.7 <sup>a</sup>	2 215.9± 11.79 <sup>a</sup>	2 000.4± 87.85 <sup>a</sup>	1 872.9± 76.99 <sup>a</sup>
Ser	345.41± 21.50 <sup>b</sup>	411.35± 2.31 <sup>c</sup>	210.25± 4.97 <sup>a</sup>	194.97± 9.99 <sup>a</sup>	Cys	21.70± 1.35 <sup>a</sup>	34.71± 1.16 <sup>c</sup>	26.96± 0.51 <sup>b</sup>	42.87± 1.07 <sup>d</sup>
Glu	916.64± 54.19 <sup>a</sup>	1 175.60± 11.18 <sup>b</sup>	1 182.80± 33.90 <sup>b</sup>	1 429.2± 38.44 <sup>c</sup>	Tyr	438.71± 27.28 <sup>b</sup>	588.91± 3.40 <sup>c</sup>	369.12± 11.01 <sup>a</sup>	329.45± 11.87 <sup>a</sup>
Gly	499.30± 30.74 <sup>b</sup>	661.43± 6.04 <sup>c</sup>	387.24± 16.68 <sup>a</sup>	390.97± 14.30 <sup>a</sup>	Pro	550.91± 42.12 <sup>b</sup>	565.04± 8.16 <sup>b</sup>	593.34± 5.80 <sup>b</sup>	363.52± 7.92 <sup>a</sup>

注:使用单因素方差分析,表中同行不同上标字母表示差异显著(P<0.05)

Note: Analyzed by one-way ANOVA test. Means in the same row with different superscripts are significantly different(P<0.05)

由表3可见,16h后各个试验组之间游离非必需氨基酸含量也有很大差异。半胱氨酸(Cys)、Asp和Ser在4个试验组中含量都很低。赖氨酸组的Asp、Ser、Gly、Tyr含量显著高于其他3个试验组。对照组的Ser、Gly、Tyr含量又显著高于裂壶藻组和赖氨酸加裂壶藻组。赖氨酸加裂壶藻组的谷氨酸(Glu)和Cys显著高于其他3个组,Pro显著低于其他3个组。而Ala在4个组中的含量都很高,且差异都不显著。

### 2.3 氨基酸含量变化趋势

图1~图4显示了不同的强化物质卤虫体内游离氨基酸含量随时间的变化趋势。

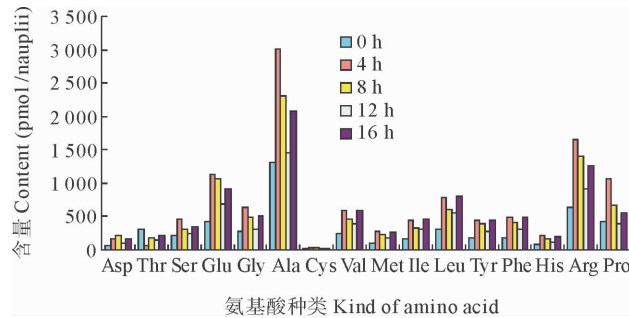


图1 空白组卤虫体内游离氨基酸含量变化

Fig. 1 Variation of the free amino acids content in control group

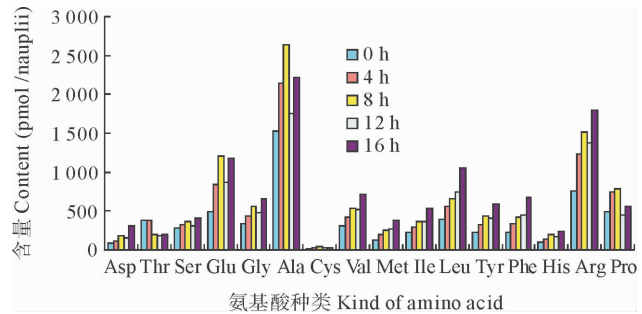


图2 赖氨酸组卤虫体内游离氨基酸含量变化

Fig. 2 Variation of the free amino acids content in lysine group

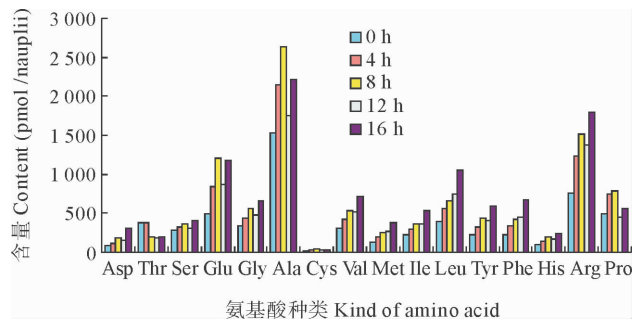


图3 裂壶藻组卤虫体内游离氨基酸含量变化

Fig. 3 Variation of the free amino acids content in *Schizochytrium* group

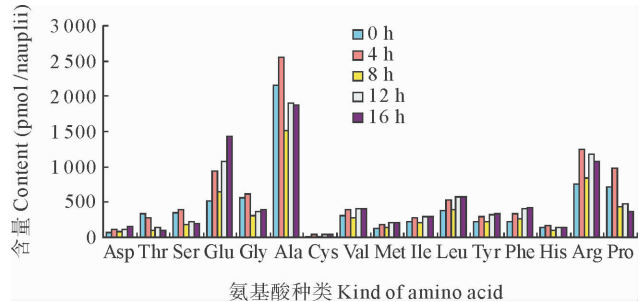


图4 赖氨酸加裂壶藻组卤虫体内游离氨基酸含量变化

Fig. 4 Variation of the free amino acids content in lysine plus *Schizochytrium* group

由图1~图4可以看出,不同的强化物质对于卤虫体内游离氨基酸含量随时间的变化趋势有一定的影响。Thr的含量除了在裂壶藻组的卤虫体内稍有增加后又减少之外,在其余3个试验组中都是在0h时最高,之后的试验过程中减少。空白组和赖氨酸加裂壶藻组中,除了Thr之外,其余种类的游离氨基酸含量都是在4h时增高,8h降低,在12h时升高;而在赖氨酸组和裂壶藻组的卤虫体内,这些游离氨基酸含量则是在前8h时升高,12h时降低,16h时又稍有回升的趋势。

### 3 讨论

大多数海水无脊椎动物都有一个大的FAA库,其中海水浮游动物含有的FAA库组成了它们总氨基酸的10%~20%。但是卤虫无节幼体中FAA含量相对较少,通常根据其种类和种群的不同而有所差别,占总氨基酸的4%~6%(Rønnestad *et al.*, 2003),其含有的FAA量不足桡足类哲水蚤体内含量的二分之一。而饵料中游离氨基酸的数量和质量对于早期的仔鱼来说显得尤为重要(Rønnestad *et al.*, 1999)。仔稚鱼对于FAA

需求较高,一方面是由于其生长迅速,代谢旺盛,需要更多的 FAA 来合成体蛋白。有研究认为,Lys、Arg、Met 和 His 等的添加水平对鱼体粗蛋白含量和蛋白沉积有显著影响,体蛋白的沉积与食物中 Lys 水平呈显著二次相关(周 庆等 2008)。另一方面,FAA 被用于能量代谢,而蛋白质的合成本身也是高耗能的,分解代谢可能有高达 60%的能量由氨基酸提供(刘镜恪 2003)。此外,食物中添加 Lys 可以降低鱼体脂肪沉积率,这可能是因为 Lys 的添加使得氨基酸平衡状况得到改善,用于供能的蛋白减少,有利于蛋白的合成(Luo *et al.* 2006)。赖氨酸作为必需氨基酸,亦是大多数鱼类的限制性氨基酸(周 凡等 2010),给鱼食物中补充足量的赖氨酸是很有必要的。

卤虫的摄食方式主要为无选择性的滤食(黄旭雄等 2005),它们可以吞入含有大量 FAA 的养殖用水,30℃水温下每小时饮用海水的量约为体重的 10.8%(Navarro *et al.* 1993),这些 FAA 集中于肠道中,有可能再由肠道吸收进入组织和体液,使得体内 FAA 含量升高(Tonheim *et al.* 2000)。因此可以通过直接强化方法,给卤虫无节幼体强化必需氨基酸,来提高卤虫体内的必需氨基酸含量,从而改善卤虫作为饵料的营养价值。

裂壶藻是目前工厂化养殖常用的卤虫强化剂。它不易被氧化,在使用时也没有污染水质的危害,而且裂壶藻细胞内还有丰富的其他营养成分,如维生素、必需氨基酸等,与酵母、鱼油相比更提高了它的实用价值(陈家鑫 2002),还有一点最为重要的是裂壶藻含有丰富的多不饱和脂肪酸,其脂肪含量达到 56%,ARA 和 EPA 的含量分别为 0.168 9%和 0.194 5%,DHA 的含量很高,达到 5.836 2%(陈家鑫 2002)。这也是其能成为被广泛使用的强化剂的原因之一。Helland 等(2000)研究认为,藻类强化卤虫,不仅可以使卤虫体内不饱和脂肪酸含量升高,同时也可以提高 FAA 含量。因此,选用工厂化养殖使用的强化剂裂壶藻与赖氨酸进行强化试验的比较分析,研究这两种强化物质对卤虫无节幼体 FAA 含量的影响及变化规律,可以为工厂化养殖提供参考。关于强化时间,Tonheim 等(2000)的试验中,强化前 16 h 卤虫无节幼体的蛋氨酸水平呈总体上升态势,16 h 后开始下降。Naz 等(2009)的试验中,卤虫无节幼体的强化时间也为 16h。而对于脂肪酸的强化,有研究认为应该在 12h 以内(陈世杰 2001)。本试验主要研究其氨基酸含量变化,因此强化时间选为 16 h。

试验结果充分说明了可以用赖氨酸对卤虫无节幼体进行营养强化。无论是用赖氨酸盐酸盐强化还是用裂壶藻强化,卤虫体内游离赖氨酸的含量都有了显著的增加。这与 Helland 等(2000)的结果一致,他认为微藻类或强化乳剂强化均可以提高 FAA 的含量并且可以改变其组成。但是本试验表明,直接强化赖氨酸组效果最好,赖氨酸组的卤虫体内除了 Glu 和 Cys 外,其余各种游离氨基酸含量在 16h 时都比裂壶藻组的含量高。赖氨酸加裂壶藻组对于游离氨基酸的强化效果不好,16 h 时,Thr、Ser、Gly、Ala、His 和 Pro 含量均有不同程度的减少,这可能是因为摄入的营养物质能量蛋白比不适宜,抑制了其利用,具体原因还有待于进一步研究。

16 h 的试验过程中,各组 FAA 含量都处于变化中,对照组在不添加任何强化物质的情况下,大多数 FAA 含量也有所增加。这是由于 FAA 库与蛋白库之间保持着动态的关系,而且卤虫无节幼体含有大量的卵黄,其中蛋白质含量达到 74.1%(Warner *et al.* 1972),FAA 库含量的升高有可能是其卵黄蛋白质水解的结果。

本实验强化过程中,必需氨基酸和非必需氨基酸都遵循总体上升的趋势,除赖氨酸加裂壶藻组外,其他试验组的卤虫无节幼体只有 Thr 含量有所减少,其余氨基酸均有所增加。这与 Naz(2008)的研究结果有所不同。在其试验中,卤虫无节幼体在强化过程中含量显著减少的氨基酸有亮氨酸(Leu)、异亮氨酸(Ile)、Met、Phe、Ala、Gly 和 Ser,而含量增加的有 His、Thr、缬氨酸(Val)、Tyr、Pro、Asp、Glu。这可能是因为强化物质的不同造成的差别。强化物质、卤虫品种、养殖环境及试验方法的不同均有可能造成试验结果的差异。此外,蛋白库和 FAA 之间保持着动态的关系,并且蛋白质可能还是氨基酸不平衡时的临时缓冲物质。氨基酸不平衡的话就不能合成蛋白质,而是会分解代谢,通过转氨作用成为其他氨基酸,用于生成糖质或脂肪。此外,一些氨基酸也用于合成其他一些含氮分子(如嘌呤、一些激素),这可能会导致特定生命阶段对氨基酸需求的增加(Conceicao *et al.* 1998)。所以,Naz 等(2009)的试验结果中,以及本试验中赖氨酸加裂壶藻组部分氨基酸含量减少,也有可能是因为氨基酸含量不平衡而导致的。

## 参 考 文 献

- 任建民, 刘 强. 2009. 赖氨酸营养研究进展. 饲料博览, (3): 13~15
- 刘镜恪. 2003. 海水仔稚鱼早期阶段氨基酸的营养生理研究进展. 海洋水产研究, 24(1): 75~79
- 严全根, 解绶启, 雷 武, 朱晓鸣, 杨云霞. 2006. 许氏平鲷幼鱼的赖氨酸需要量. 水生生物学报, 30(4): 459~465
- 张永正, 周 凡, 邵庆均, 许梓荣. 2009. 黑鲷幼鱼赖氨酸需求量的研究. 动物营养学报, (1): 78~87
- 陈家鑫. 2002. 裂壶藻及其制品在水产苗种培育中的应用. 科学养鱼, (6): 53
- 陈世杰. 2001. 水产苗种饵料生物的营养补充. 浙江海洋学院学报(自然科学版), 20(21): 59~61
- 周 凡, 邵庆均. 2010. 鱼类必需氨基酸营养研究进展. 饲料与畜牧, (8): 20~26
- 周 庆, 邵庆均. 2008. 赖氨酸在鱼饲料中的应用的研究进展. 粮食与饲料工业, (5): 42~44
- 杨景峰, 庞尊方, 孙礼娟. 2010. 卤虫去壳孵化及强化培养操作规程. 科学养鱼, 1: 65~66
- 黄旭雄, 王 瑞, 吕耀平, 周洪琪. 2005. 不同强化饵料对卤虫必需脂肪酸组成的影响. 水产科学, 24(10): 1~4
- Conceicao, L. E. C., van der Meeren, T., Verreth, J. A. J., Evjen, M. S., Houlihan, D. F., and Fyhn, H. J. 1998. Amino acid metabolism and protein turnover in larval turbot (*Scophthalmus maximus*) fed natural zooplankton or *Artemia*. Marine Biology, 129(2): 255~265
- Fyhn, H. J., 1989. First feeding of marine fish larvae: Are free amino acids the source of energy? Aquaculture, 80(1-2): 111~120
- Grendell, J. H., and Rothman, S. S. 1981. Digestive end products mobilize secretory proteins from subcellular stores in the pancreas. American Journal of Physiology, 241(1): G67~G73
- Helland, S., Triantaphyllidis, G. V., Fyhn, H. J., Evjen, M. S., Lavens, P., and Sorgeloos, P. 2000. Modulation of the free amino acid pool and protein content in populations of the brine shrimp *Artemia* spp. Marine Biology, 137(5-6): 1005~1016
- Luo, Z., Liu, Y. J., Mai, K. S., Tian, L. X., Tan, X. Y., Yang, H. J., Liang, G. Y., and Liu, D. H. 2006. Quantitative L-lysine requirement of juvenile grouper *Epinephelus coioides*. Aquaculture Nutrition, 12(3): 165~172
- Naz, M., and Türkmen, M. 2009. Changes in the digestive enzymes and hormones of gilthead seabream larvae (*Sparus aurata*, L. 1758) fed on *Artemia* nauplii enriched with free lysine. Aquaculture International, 17(6): 523~535
- Naz, M. 2008. The changes in the biochemical compositions and enzymatic activities of rotifer (*Brachionus plicatilis*, Müller) and *Artemia* during the enrichment and starvation periods. Fish Physiol Biochem. 34(4): 391~404
- Navarro, J. C., Ireland, J., and Tytler, P. 1993. Effect of temperature on permeability and drinking rates of the metanauplii of the brine shrimp *Artemia* sp. Marine Biology, 116(2): 247~250
- Rønnestad, L., Thorsen, A., and Finn, R. N., 1999. Fish larval nutrition: a review of recent advances in the roles of amino acids. Aquaculture, 177(1-4): 201~216
- Rønnestad, L., Tonheim, S. K., Rojas-García, C. R., Fyhn, H. J., Kamisaka, Y., Koven, W., Finn, R. N., Terjesen B. F., Barr, Y., and Conceicao, L. E. C. 2003. The supply of amino acids during early feeding stages of marine fish larvae: a review of recent findings. Aquaculture, 227(1-4): 147~164
- Tonheim, S. K., Koven, W., and Rønnestad, L. 2000. Enrichment of *Artemia* with free methionine. Aquaculture, 190(3): 223~235
- Warner, A. H., Puodziukas, J. G., and Finamore, F. J. 1972. Yolk platelets in brine shrimp embryos. Site of biosynthesis and storage of the diguanosine nucleotides. Experimental Cell Research, 70(2): 365~375