

饲料中添加谷氨酰胺二肽对哲罗鱼仔鱼肠道抗氧化活性及消化吸收能力的影响

徐奇友,王常安,许红,朱青,尹家胜

(中国水产科学研究院 黑龙江水产研究所,黑龙江 哈尔滨 150070)

摘要:以刚上浮哲罗鱼(*Hucho taimen*)仔鱼(体质量 0.11 ~ 0.12 g)为研究对象,在实验饲料中添加 5 个水平的谷氨酰胺二肽(Ala-Gln),各处理饲料中 Ala-Gln 添加量分别为 0%(对照组)、0.125%、0.25%、0.50%、0.75% 和 1.0%,每处理 3 个重复,每重复 1 000 尾仔鱼。实验期间水温 7 ~ 10 ℃,溶氧保持高于 7.8 mg/L,实验共进行 8 周。结果表明,添加 Ala-Gln 能够显著提高哲罗鱼仔鱼肠谷氨酰胺(Gln)、谷氨酸含量($P < 0.05$),提高肠脂肪酶活性和 Na^+ , K^+ -ATPase 活性($P < 0.05$),同时,丙二醛(MDA)含量显著($P < 0.05$)或极显著降低($P < 0.01$)。结论认为,饵料中适量添加 Ala-Gln 可以提高哲罗鱼仔鱼肠道 Gln 和谷氨酸含量,以及消化酶活性和抗氧化能力。[中国水产科学,2010,17(2): 351-356]

关键词:谷氨酰胺二肽;哲罗鱼;仔鱼;肠道;酶活性;抗氧化性能

中图分类号: S963.1

文献标识码: A

文章编号: 1005-8737-(2010)02-0351-07

谷氨酰胺(Glutamine, Gln)是肠黏膜细胞、淋巴细胞等快速生长的主要能源,也为其他氨基酸和蛋白质合成提供氮源,由于其广泛的生物学作用而成为营养学研究的热点。研究表明,在饲料中添加 Gln 可显著提高建鲤(*Cyprinus carpio* var. Jian)幼鱼增重、肠道皱襞高度和白细胞吞噬活性^[1]。饲料中添加 Gln 可以提高嗜水气单胞菌攻毒罗非鱼(*Oreochromis niloticus* ♀ × *O. Aureus* ♂)的存活率^[2]。但添加 1.0% 和 2.0% 晶体 Gln 未能提高虹鳟(*Oncorhynchus mykiss*)仔鱼生产性能和肠绒毛高度,并认为可能是饵料中添加的晶体 Gln 在制粒过程中分解产生了有毒的焦谷氨酸造成的^[3]。Gln 受热易分解生成有毒的焦谷氨酸和氨,但谷氨酰胺二肽能耐受 121 ℃的高温消毒而不分解,并能被小肠黏膜完整吸收,吸收后能在肠黏膜、肝、肾、骨骼肌等组织器官中被快速分解,从而提高血浆中 Gln 浓度^[4]。实验表明,饲料中

添加丙氨酰谷氨酰胺(Ala-Gln)可显著提高日本对虾(*Penaeus japonica*)血清中的溶菌酶、抗氧化酶及磷酸酶活性,降低肝胰腺细胞凋亡率,增加肠绒毛高度^[5]。哲罗鱼(*Hucho taimen*)为肉食性、冷水性鲑科鱼类,该鱼的驯化养殖已经获得成功。关于哲罗鱼的营养研究已有报道^[6-7],研究表明,添加 Ala-Gln 可提高哲罗鱼仔鱼成活率和生长速度^[8],但关于其对肠道消化吸收能力和抗氧化作用还未见报道。肠黏膜是体内更新最快的组织之一,正常情况下肠上皮始终在不断地更新,其时间长短因物种不同而异,人肠上皮细胞每 3 ~ 5 d 更新 1 次,大鼠为 3 d 左右^[9]。仔鱼生长速度特别快,这个过程需要大量的 Gln 作为能量来源和代谢前体。本实验通过饲料中添加 Ala-Gln 以研究其对哲罗鱼仔鱼肠道抗氧化性能和消化吸收能力的影响,旨在为哲罗鱼开口饵料的配制提供技术依据,也为其他养殖鱼类开口饵料的研制提供参考。

收稿日期: 2009-07-14; 修订日期: 2009-09-09.

基金项目: 国家公益性行业科研专项(2008326001); 黑龙江省自然科学基金资助项目(C2007-22); 黑龙江省博士后基金资助项目(LBH-Z06154); 黑龙江水产研究所基本科研专项资助项目(2007HSYZX2YZ208).

作者简介: 徐奇友(1969-),男,博士,副研究员,从事水生动物营养学研究. E-mail: xuqiyu@sina.com

通讯作者: 尹家胜,研究员. E-mail: xwsc20@tom.com

1 材料与方法

1.1 材料

L-丙氨酰-L-谷氨酰胺 (Ala-Gln) 购于上海旭新化工科技有限公司, 含量 98% 以上。哲罗鱼为黑龙江水产研究所渤海冷水鱼实验站人工繁育。

1.2 实验动物分组与饲养管理

采用体质量 0.11 ~ 0.12 g 刚上浮哲罗鱼仔鱼, 饲养于平面槽中。实验共分 6 个处理, 每处理 3 个重复,

每个重复 1 000 尾, 各处理饲料中分别添加 Ala-Gln 的质量分数为 0% (对照组)、0.125%、0.25%、0.50%、0.75% 和 1.0%。基础饲料配方及营养组成见表 1。实验饲料用混合机混合后制粒, 风干, 用粉碎机粉碎, 分级筛分成粒径分别为 0.2 mm、0.5 mm 和 0.8 mm 的颗粒饵料, 分别在实验鱼的不同周龄使用。实验用水为涌泉水, 水温 7 ~ 10 ℃, 溶氧保持高于 7.8 mg · L⁻¹, 每天饲喂 8 次, 从 6 : 00 到 20 : 00 每 2 h 投喂 1 次, 饱足投喂, 实验共进行 8 周。

表 1 基础饲料配方及营养组成 (风干基础)
Tab. 1 Composition and nutrient levels of basal diets (air-dry basis) %

成分 Ingredients	配比 Composition
糊精 Dextrin	12.2
全脂奶粉 Milk power	10
血粉 Blood meal	10
白鱼粉 Fish meal	50
大豆分离蛋白 Soy isolated protein	6
大豆磷脂 Soy lecithin	2.5
鱼油 Fish oil	6
L-丙氨酰-L-谷氨酰胺 + 羟甲基纤维素钠 Ala-Gln+CMC	2
预混剂 Premix	1.5
合计 Total	100.0
粗蛋白 Crude protein	50.41
粗脂肪 Crude lipid	14.95

注: 1. 饲料中预混剂的质量分数为 1.5%, 包括 (%): 复合维生素, 0.3; 复合微量元素, 0.2; 硫酸镁, 0.2; 胆碱, 0.2; 抗氧化剂, 0.025; 防霉剂, 0.05; 甜菜碱, 0.1; 沸石, 0.425。2. 复合维生素和微量元素含有: DL- α -生育酚 60 mg/kg, 维生素 K 5 mg/kg, 维生素 A 15 000 IU/kg, 维生素 D₃ 3 000 IU/kg, VB₁ 15 mg/kg, VB₂ 30 mg/kg, VB₆ 15 mg/kg, VB₁₂ 0.5 mg/kg, 烟酸 175 mg/kg, 叶酸 5 mg/kg, 肌醇 1 000 IU/kg, 生物素 2.5 mg/kg, 泛酸钙 50 mg/kg, Vc 1 000 IU/kg, Fe 25 mg/kg, Cu 3 mg/kg, Zn 60 mg/kg, Mn 15 mg/kg 和 I 0.6 mg/kg。
Note: 1. Premix 1.5%, including (%): vitamins premix 0.3; mineral premix 0.2; MgSO₄ 0.2; choline Hcl 0.2; antioxidant 0.025; antimildew 0.05; betain 0.1; zeolite, 0.425。2. Vitamin and mineral premix: 60 mg/kg DL- α -VE, 5 mg/kg VK, 15 000 IU/kg VA, 3 000 IU/kg VD₃, 15 mg/kg VB₁, 30 mg/kg VB₂, 15 mg/kg VB₆, 0.5 mg/kg VB₁₂, 175 mg/kg niacin acid, 5 mg/kg folic acid, 1 000 IU/kg inositol, 2.5 mg/kg biotin, 50 mg/kg pantothenic acid, 1 000 IU/kg Vc, 0.7 g Mg, 25 mg/kg Fe, 3 mg/kg Cu, 60 mg/kg Zn, 15 mg/kg Mn, 0.6 mg/kg I.

1.3 样品采集及肠道组织液制备

于 8 周末实验结束饥饿 24 h, 每处理取 60 尾鱼, 每 20 尾鱼为 1 个样本, 每个处理 3 个重复, 解剖取肠道立即冷冻。称取待测肠道样品, 与预冷的 0.85% NaCl 按 1 : 9 体积比稀释, 于冰水浴中用高速组织匀浆机匀浆。匀浆液与 0.85% NaCl 按 1 : 9 体积比稀释后成 1% 组织匀浆液, 3 500 r · min⁻¹ 离心 15 min。取上清液为肠道组织液用于检测。

1.4 肠道谷氨酰胺和谷氨酸含量测定

取肠道组织液分别测定 Gln 和谷氨酸含量, 采用南京建成生物工程研究所生产的试剂盒测定。谷

氨酸测定原理为: 谷氨酸 + NAD⁺ + H₂O 在酶作用下分解为 α -氧戊二酸 + NADH + NH₄⁺, 通过测定 α -氧戊二酸来计算谷氨酸的量; Gln 测定原理为: 谷氨酰胺在谷氨酰胺酶作用下分解为谷氨酸 + NH₃, 通过测定 NH₃ 来计算 Gln 的量。

1.5 肠道酶活性和抗氧化性能的测定

取肠道组织液分别测定蛋白含量、Na⁺, K⁺-ATPase、蛋白酶、脂肪酶活性和超氧化物歧化酶 (SOD)、丙二醛 (MDA) 活性。蛋白酶的测定采用 Folin-phenol 试剂法; 脂肪酶活性的测定采用聚乙烯醇橄榄油乳化液水解法。Na⁺, K⁺-ATPase 采用定磷法,

采用南京建成生物工程研究所生产的试剂盒测定, ATP 酶活性用每小时每毫克组织蛋白的 ATP 酶分解 ATP 产生 1 μmol 无机磷的量为 1 个 ATP 酶活力单位。超氧化物歧化酶活性参考黄嘌呤氧化酶法进行, MDA 的测定采用 2-硫代巴比妥酸(TBA)比色法进行。采用考马斯亮兰蛋白测定盒测定样品蛋白含量。

1.6 统计分析方法

实验结果采用 SAS 8.2 ANOVA 过程进行方差分析和多重比较。所得数据用平均值 ± 标准差 ($\bar{x} \pm SD$) 表示, $P < 0.05$ 为差异显著, $P < 0.01$ 为差异极显著。

2 结果与分析

2.1 Ala-Gln 对肠组织 Gln 和谷氨酸含量以及 SOD 和 MDA 活性的影响

实验结果见表 2。与对照组相比, 添加 Ala-Gln 显著增加了肠组织 Gln 和谷氨酸含量。其中 0.25% Ala-Gln 组肠 Gln 含量显著提高 ($P < 0.05$), 0.75% Ala-Gln 组和 1.0%Ala-Gln 组肠 Gln 含量极

显著提高 ($P < 0.01$)。添加 0.125%Ala-Gln 组和添加 0.25% ~ 1.0% Ala-Gln 组肠中谷氨酸含量分别显著 ($P < 0.05$) 与极显著 ($P < 0.01$) 提高。其中, 1.0% 添加组肠组织 Gln 和谷氨酸含量均达到最大值。

与对照组相比, 肠组织 SOD 活性表现出提高的趋势, 其中 0.50% Ala-Gln 组显著高于对照组 ($P < 0.05$)。各实验组肠 MDA 含量均显著 ($P < 0.05$) 或极显著 ($P < 0.01$) 降低。

2.2 谷氨酰胺二肽对肠消化吸收能力的影响

实验结果见表 3。与对照组相比, 0.50% Ala-Gln 组肠蛋白酶活性显著提高 ($P < 0.05$), 但其他处理均差异不显著 ($P > 0.05$)。0.125% Ala-Gln 组肠脂肪酶活性显著 ($P < 0.05$) 提高, 其他实验组肠脂肪酶活性均极显著 ($P < 0.01$) 提高。0.125% 和 0.25% Ala-Gln 组对肠 Na^+ , K^+ -ATPase 活性 ($P > 0.05$) 未产生显著影响 ($P > 0.05$), 但 0.50%、0.75% 和 1.00% Ala-Gln 组肠 Na^+ , K^+ -ATPase 活性均显著提高 ($P < 0.05$)。

表 2 Ala-Gln 对肠组织中 Gln 和谷氨酸含量以及 SOD、MDA 活性的影响
Tab.2 Effects of Ala-Gln on glutamine, glutamic acid content and activities of SOD and MDA in intestine

n=3; $\bar{x} \pm SD$				
谷氨酰胺二肽 / % Ala-Gln	谷氨酰胺 / (mmol · g ⁻¹ prot) Glutamine	谷氨酸 / (μmol · L ⁻¹) Glutamic acid	SOD/ (U · mL ⁻¹)	MDA/ (nmol · mL ⁻¹)
0	7.57 ± 0.19 ^a	1833.55 ± 0.28 ^a	324.86 ± 0.13 ^a	135.29 ± 0.40 ^c
0.125	9.48 ± 0.08 ^{ab}	2413.67 ± 0.54 ^b	340.60 ± 0.14 ^a	87.88 ± 0.10 ^b
0.25	11.03 ± 0.09 ^{bc}	3236.74 ± 0.21 ^c	412.75 ± 0.19 ^{ab}	89.05 ± 0.22 ^b
0.50	9.35 ± 0.04 ^{ab}	2999.16 ± 0.25 ^c	519.18 ± 0.13 ^b	60.17 ± 0.05 ^a
0.75	12.31 ± 0.05 ^c	3641.73 ± 0.51 ^d	426.29 ± 0.14 ^{ab}	76.97 ± 0.25 ^{ab}
1.0	15.51 ± 0.11 ^d	3884.30 ± 0.28 ^d	378.53 ± 0.15 ^{ab}	64.09 ± 0.08 ^a

注: 表中同列中肩注相邻字母表示差异显著 ($P < 0.05$); 相间字母表示差异极显著 ($P < 0.01$)。
Note: In the same row, the adjacent letter superscripts mean significant difference ($P < 0.05$), the isolated letter superscripts mean extremely significant difference ($P < 0.01$).

表 3 饲料中添加 Ala-Gln 对哲罗鱼仔鱼肠道酶活性的影响
Tab.3 Effects of diet Ala-Gln on enzyme activities in intestine of larval *H. taimen*

n=3; $\bar{x} \pm SD$			
谷氨酰胺二肽 Ala-Gln (%)	蛋白酶 / (U · g ⁻¹ protein) Protease	脂肪酶 / (U · g ⁻¹ protein) Lipase	Na^+ , K^+ -ATPase / (μmol · g ⁻¹ prot)
0	43.84 ± 3.21 ^a	203.57 ± 0.96 ^a	1.78 ± 0.02 ^a
0.125	44.68 ± 2.04 ^{ab}	407.14 ± 0.19 ^b	1.55 ± 0.01 ^a
0.25	43.87 ± 1.99 ^a	521.43 ± 0.53 ^c	1.69 ± 0.01 ^a
0.50	47.02 ± 2.14 ^b	578.58 ± 1.05 ^c	3.05 ± 0.01 ^b
0.75	46.19 ± 2.14 ^{ab}	591.67 ± 0.44 ^c	2.96 ± 0.04 ^b
1.0	43.66 ± 3.25 ^a	607.14 ± 1.69 ^c	3.89 ± 0.05 ^b

注: 表中同列中肩注相邻字母表示差异显著 ($P < 0.05$); 相间字母表示差异极显著 ($P < 0.01$)。
Note: In the same row, the adjacent letter superscripts mean significant difference ($P < 0.05$), the isolated letter superscripts mean extremely significant difference ($P < 0.01$).

3 讨论

3.1 Ala-Gln 对肠组织 Gln 和谷氨酸含量的影响

动物 Gln 的来源依靠内源性和外源性 2 条途径,体内几乎所有细胞都具有 Gln 合成酶,能合成大量的 Gln 并释放入血中,为肠黏膜细胞和淋巴细胞提供内源性 Gln。但小肠黏膜本身不能产生亦无法储存 Gln。肠腔中存在 Gln 和谷氨酸时,肠道通过摄取肠腔 Gln 而减少血液中的摄取量^[10]。目前,未见关于 Ala-Gln 对水生动物肠道中 Gln 和谷氨酸含量影响的报道。但在畜禽的研究表明,在动物体内 Ala-Gln 很快被分解成其组成氨基酸。李幼生等^[11]用甘氨酸-谷氨酰胺二肽对猪自体移植小肠的研究表明, Gly-Gln 能提高肠黏膜 Gln 含量,维持肠黏膜结构和功能。马建明等^[12]研究证实,给动物补给足量的 Ala-Gln 不仅能有效提高动脉血中 Gln 的浓度,有利于小肠组织从循环中摄取 Gln,而且还具有增加蛋白质和 DNA 的合成作用,促进损伤组织的修复愈合。本研究中饵料中添加 Ala-Gln 均显著提高肠 Gln 含量,这证实哲罗鱼仔鱼可以消化吸收饵料中添加的 Ala-Gln。饲料中添加 Gln 可显著提高哲罗鱼仔鱼肠中谷氨酸含量,这表明吸收的 Gln 在小肠上皮细胞被谷氨酰胺酶分解为谷氨酸,再转化为 α -酮戊二酸进入三羧酸循环氧化供能,说明 Ala-Gln 可以被哲罗鱼仔鱼利用。

3.2 Ala-Gln 对肠组织 SOD 活性和 MDA 含量的影响

动物机体内还原型谷胱甘肽(GSH)和 SOD 在清除自由基、抗氧化损伤和维持细胞的结构方面都起着很重要的作用。GSH 是体内一种重要的抗氧化剂,它参与清除由应激产生的氧自由基,抑制脂质过氧化反应,降低肠中 MDA 水平。实验研究表明, Gln 是合成体内还原型 GSH 的重要的前体物质。Gln 通过小肠代谢后,经脱氨反应产生谷氨酸合成 GSH。肠黏膜 GSH 中的谷氨酸多来源于日粮而非肠黏膜代谢产生的谷氨酸^[13]。因而外源性 Gln 能够维持和增加肠黏膜细胞内 GSH 的合成与储备,提高肠黏膜细胞的抗氧化损伤能力,减少和对抗氧

自由基对肠黏膜的损害^[14]。余晓明等^[15]探讨 Ala-Gln 对急性胰腺炎大鼠自由基代谢及抗氧化作用的影响,结果发现,经颈脉注射 2.5 g/kg Ala-Gln 预处理后,各时间点动物血浆 GSH、SOD 浓度均显著升高,而 MDA 浓度则明显降低,表明应用 Ala-Gln 可有效升高血浆还原型 GSH 浓度,减少氧自由基的产生,减轻氧自由基对机体的损害。本实验结果也证明了这一结论。随 Ala-Gln 添加量的增加,各实验组 MDA 含量均显著或极显著降低,这对保证仔鱼的成活和生产性能的发挥都具有重要的意义。但本实验中只有添加 0.5% Ala-Gln 肠 SOD 含量显著高于对照组,其他组差异不显著,这表明 Ala-Gln 是通过 GSH 途径而不是通过 SOD 途径发挥抗氧化作用。也可能是补充 Gln 后机体组织中 GSH 含量增高,抑制了氧自由基对机体的氧化损伤,未能充分诱发 SOD 活力所致。张军民^[16]研究也表明,饲喂添加 Gln 日粮的仔猪断奶后 2 周肝脏和断奶后 4 周脾脏中 SOD 的含量明显低于对照组,推测作为抗氧化系统的 SOD 和 GSH 在某种状况下并非同时增加,而是一种机制激活时,另一种可能处于被抑制状态。

3.3 谷氨酰胺二肽对哲罗鱼消化吸收能力的影响

动物的肠道是利用 Gln 最多的器官,且 Gln 是肠道主要能源物质^[17]。Gln 可以促进小肠黏膜上皮细胞的分化增殖^[18],提高黏膜内 RNA 和 DNA 浓度^[19]。研究表明, Gln 维持肠道结构和功能的作用可以用 Ala-Gln 替代。大鼠小肠移植手术后,肠外营养液补充 L-Ala-L-Gln 二肽可增加移植小肠黏膜上皮细胞 DNA 含量,促进其分裂增殖^[17]。本实验中添加 0.25% ~ 1.0% Ala-Gln 极显著提高肠脂肪酶活性,其他研究结果和本实验一致。王连娣在实验组添加 1.2% Gln 饲喂断奶后 14 d 仔猪极显著提高胰腺胰蛋白酶相对活性和总活性($P < 0.001$),但对十二指肠、空肠和回肠食糜及黏膜中胰蛋白酶活性无显著影响^[20]。Gln 提高小肠食糜消化酶活力的主要原因可能在于两个方面,一方面 Gln 促进了胰腺组织的发育,增加了胰腺重量^[21],而胰腺是分泌消化酶的重要器官;另一方面 Gln 促进了采食量的增加,采食量的提高使小肠酶消化的底物浓度增加,从而促

进了酶活的提高^[22]。

研究表明, Gln 能明显促进肠道的吸收功能, 尤其在应激状态下, 肠道吸收功能受到明显抑制时, 肠腔中补充 Gln 能明显增加肠道的吸收功能。本研究中添加 0.5% ~ 1.0% Ala-Gln 显著提高了肠 Na^+ , K^+ -ATPase 活性 ($P < 0.05$)。这表明添加 Ala-Gln 提高了哲罗鱼仔鱼肠道的吸收功能, 这和其他学者的研究结果一致。Yan 等^[1] 研究表明, 饲料中添加 Gln 对幼建鲤肠 Na^+ , K^+ -ATP 酶活性有显著 ($P < 0.05$) 或极显著 ($P < 0.01$) 的提高。肠外营养液中添加 Gln 能够有效地增加小肠黏膜上皮 Na^+ , K^+ -ATPase 的活性, 从而提高其吸收功能^[23]。刘涛等^[19] 在早期断奶仔猪饲料中添加 Gln 后显著增加了小肠的主动吸收 (D-木糖试验) 功能。饵料中 Gln 促进肠道的吸收功能可能是以下原因, 一方面 Gln 作为小肠的主要能源物质, 促进了肠黏膜细胞的增殖和受损肠上皮的修复^[23]; 另一方面以谷氨酸为主要原料而合成的谷胱甘肽发挥了其抗氧化和抗细菌、毒素侵害的积极作用^[24], 共同维持了肠黏膜正常的形态和结构, 而改善了小肠吸收功能。

参考文献:

[1] Yan Lin, Zhou Qiu Xiao. Dietary glutamine supplementation improves structure and function of intestine of juvenile Jian carp (*Cyprinus carpio* var. Jian) [J]. Aquaculture, 2006, 256 (1-4): 389-394.

[2] 杨奇慧, 周歧存, 谭北平, 等. 谷氨酰胺对杂交罗非鱼生长、饲料利用及抗病力的影响 [J]. 中国水产科学, 2008, 15 (6): 1016-1023.

[3] 徐奇友, 王常安, 许红, 等. 外源性谷氨酰胺对虹鳟稚鱼生长和肠道形态的影响 [J]. 中国粮油学报, 2009, 24 (4): 98-102.

[4] Fürst P, Pogan K, Stehle P. Glutamine dipeptides in clinical nutrition [J]. Nutrition, 1997, 13: 731-737.

[5] 叶均安, 王冰心, 孙红霞, 等. 谷氨酰胺二肽对日本对虾血清生化指标、肝胰腺细胞凋亡及肠黏膜形态的影响 [J]. 海洋与湖沼, 2009, 40 (3): 347-352.

[6] 徐奇友, 王炳谦, 徐连伟, 等. 哲罗鱼稚鱼蛋白质和脂肪需要量研究 [J]. 中国水产科学, 2007, 14 (3): 498-503.

[7] 徐奇友, 王常安, 许红, 等. 大豆分离蛋白替代鱼粉对哲罗鱼 *Hucho Taimen* 稚鱼生长、体成分和血液生化指标的影响 [J]. 水

生生物学报, 2008, 32 (6): 156-161.

- [8] 徐奇友, 王常安, 许红, 等. 饲喂丙氨酰-谷氨酰胺对哲罗鱼 *Hucho Taimen* 仔鱼生长和抗氧化能力的影响 [J]. 动物营养学报, 2009, 21 (6): 1012-1017.
- [9] 王凤君, 赵云, 汪仕良, 等. 营养支持途径对严重烧伤后肠黏膜上皮细胞增生的影响 [J]. 世界华人消化杂志, 2002, 10 (12): 1381-1384.
- [10] 徐奇友, 马建章. 绿色饲料添加剂 [M]. 哈尔滨: 东北林业大学出版社, 2008: 157.
- [11] 李幼生, 蒋建文, 李宁, 等. 甘氨酰谷氨酰胺对移植小肠的营养支持作用 [J]. 中华普通外科杂志, 2000, 15 (12): 748-749.
- [12] 马建明, 吴肇汉, 左焕琛, 等. 含谷氨酰胺二肽全肠外营养对急性放射性小肠炎的营养作用 [J]. 普外临床, 1994, 9 (4): 244-245.
- [13] Reeds P J, Burrin D G, Stoll B, et al. Enteral glutamine is the preferential precursor for mucosal glutathione synthesis in the piglet [J]. Am J Physiol, 1997, 273: E408-E415.
- [14] Bilzer M, Baron A, Schauer R, et al. Glutathione treatment protects the rat liver against injury after warm ischemia and kupffer cell activation [J]. Digestion, 2002, 66 (1): 49-57.
- [15] 余晓明, 陈纪伟, 周雪峰, 等. 谷氨酰胺二肽对急性胰腺炎大鼠自由基代谢的影响 [J]. 武汉大学学报: 医学版, 2003, 24 (3): 251-253.
- [16] 张军民, 王连娣, 高振川, 等. 日粮添加谷氨酰胺对早期断奶仔猪抗氧化能力的影响 [J]. 畜牧兽医学报, 2002, 33 (2): 105-109.
- [17] Windmueller H G, Spaeth A E. Respiratory fuels and nitrogen metabolism in vivo in small intestine of fed rats. Quantitative importance of glutamine, glutamate, and aspartate [J]. J Biol Chem, 1980, 255: 107-112.
- [18] 伍烽, 金先庆, 王珊, 等. 表皮生长因子、谷氨酰胺对小肠上皮细胞生长和分化的影响 [J]. 重庆医科大学学报, 1996, 21: 39-43, 48.
- [19] 刘涛, 彭健, 周诗其, 等. 外源性谷氨酰胺和谷氨酸对早期断奶仔猪肠黏膜形态、结构和小肠吸收功能及骨骼肌中 DNA、RNA 浓度的影响 [J]. 中国兽医学报, 2003, 23 (1): 62-65.
- [20] 王连娣, 张军民, 高振川, 等. 谷氨酰胺对早期断奶仔猪胰腺及小肠胰蛋白酶活性的影响 [J]. 中国兽医学报, 2003, 23 (1): 59-61.
- [21] Pinkus L M, Berkowitz J M. Utilization of glutamine by canine pancreas in vivo and acinar cells in vitro [J]. Fed Proc, 1980, 39: 1902-1903.
- [22] 杨彩梅, 陈安国. 谷氨酰胺对早期断奶仔猪生产性能和小肠消化酶活性的影响 [J]. 中国畜牧杂志, 2005, 41 (6): 21-22.
- [23] 谢建新, 左焕琛, 陈丽琰, 等. 谷氨酰胺二肽肠外营养对大鼠移

植小肠的营养作用—小肠粘膜的形态学观察[J]. 解剖学杂志, 1997, 20(2): 141-146.

jejunal sodium and chloride absorption pig rotavirus enteritis [J]. Gastroenterology, 1991, 100: 83-91.

[24] Rhoads J M, Keku E O, Qujnn J, et al. L-glutamine stimulates

Effects of glutamine dipeptide on intestine antioxidant, abilities of digestion and absorption of *Hucho taimen* larvae

XU Qiyu, WANG Changan, XU Hong, ZHU Qing, YIN Jiasheng

(Heilongjiang River Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Harbin 150070, China)

Abstract: Effects of Ala-Gln on intestine glutamine content, antioxidant and abilities of digestion and absorption of *Hucho taimen* larvae were studied. Six experimental diets containing different levels of Ala-Gln (with the levels of 0%, 0.125%, 0.25%, 0.50%, 0.75% and 1.0% respectively) were randomly assigned to triplicate groups of 1 000 fish for 8 weeks. Water temperature was at 7–10 °C, and dissolved oxygen value was maintained higher than 7.8 mg/L. Glutamine and glutamic acid contents of intestine increased significantly by adding Ala-Gln ($P<0.05$). Lipase content and Na^+ , K^+ -ATPase activities in intestine increased significantly ($P<0.05$), and MDA activity decreased significantly ($P<0.05$) or extremely significantly ($P<0.01$). The experiment showed that Gln and glutamic acid contents in intestine of *Hucho taimen* larvae can be improved, and enzyme activity and antioxidant ability in *Hucho taimen* larvae can also be improved by adding Ala-Gln in the feeds. [Journal of Fishery Sciences of China, 2010, 17(2): 351–356]

Key words: glutamine; *Hucho taimen*; larva; intestine; enzyme activity; antioxidant

Corresponding author: YIN Jiasheng. E-mail: xwsc20@tom.com