

甜菜碱对淡水白鲢的转甲基功效及蛋白质合成的影响

陆清儿, 李忠全, 李行先

(杭州市水产科学研究所, 浙江 杭州 310024)

摘要:以淡水白鲢(*Colossoma brachypomum*)鱼种为试验对象, 养殖试验周期为60 d。平均试验水温(26.5 ± 0.5) $^{\circ}\text{C}$ 。基础饲料粗蛋白水平(质量分数)为41.03%, 添加盐酸甜菜碱水平(质量分数)分别为0、0.1%、0.2%、0.4%、0.6%和0.8%。试验结束后, 停饲24 h取样测定。结果表明, 盐酸甜菜碱使整鱼水分含量呈下降趋势($P > 0.05$), 粗蛋白含量呈上升趋势, 其中, 0.6%甜菜碱组整鱼粗蛋白提高11.89% ($P < 0.05$); 鱼肌肉含水量下降, 0.1%、0.6%和0.8%甜菜碱组分别降低1.29% ($P < 0.05$)、1.42% ($P < 0.05$)和2.45% ($P < 0.01$), 肌肉粗蛋白含量提高, 0.4%甜菜碱组提高3.19% ($P < 0.05$); 肝脏粗蛋白含量提高, 0.2%、0.4%、0.6%和0.8%组分别提高1.04%、0.74%、0.75%和0.87% (4组 $P < 0.01$); 盐酸甜菜碱显著提高肌肉和肝脏中RNA和TNA含量及RNA与DNA比率; 盐酸甜菜碱显著提高肝脏中甜菜碱-高半胱氨酸甲基转移酶和胱硫醚 β -合成酶总活力和比活力。本试验结果提示, 甜菜碱在肝脏BHMT和 β -CYST的双重调控下作为甲基供体参与机体代谢活动, 使肝脏和肌肉中甲基化产物(如: 核酸)含量增加, 从而实现其促进蛋白质合成的功能。

关键词:盐酸甜菜碱; 淡水白鲢; 甲基供体; 蛋白质合成

中图分类号: S963.731

文献标识码: A

文章编号: 1005-8737-(2003)03-0216-06

甜菜碱(Betaine)又名甘氨酸甜菜碱, 系一种季胺型氨基酸(生物碱), 是一种无毒、无害、广泛分布于动植物中的天然化合物。20世纪40年代以来, 人们开始尝试把甜菜碱用作饲料添加剂饲养家禽, 发现它对动物体内甲基代谢有显著的营养调控作用^[1-2]; 20世纪70年代, 芬兰科学家完成了由甜菜糖中提取甜菜碱的技术, 发现了甜菜碱及其盐酸盐在水产饲料上独特的诱食作用而使之作为诱食剂在水产养殖上得以应用。近年来, 欧美一些国家相继在畜禽生产中进行了大量的研究, 证实了甜菜碱是动物机体内重要的甲基供体, 参与氨基酸和脂肪代谢, 具有促进生长、改善胴体组成、提高肉质等功效^[3-5]。甜菜碱及其盐酸盐用作水生经济动物的饲料添加剂, 在其诱食效应方面以及促生长效果方面

已有研究^[6-8], 有关其在水生经济动物的抗脂肪肝、渗透调节等方面有也有零星报道^[9-12], 但迄今就其对水生动物的转甲基功效及蛋白质合成的影响等方面仍缺乏系统的、科学的研究。

本试验就盐酸甜菜碱对淡水白鲢(学名短盖巨脂鲤, *Colossoma brachypomum*)的转甲基功效及蛋白质合成的影响进行探讨, 为盐酸甜菜碱在淡水白鲢及其他鱼类和水生经济动物上的应用提供科学依据。

1 材料和方法

1.1 材料

1.1.1 盐酸甜菜碱 由浙江农业大学饲料科学研究所提供, 纯度 $\geq 97\%$ 。

1.1.2 试验鱼 杭州市下沙养殖场培育的淡水白鲢鱼种, 初体重(83.14 ± 15.36) g。

1.1.3 试验饲料 试验共设6个组, 各组分别在粗蛋白水平(质量分数)为41.03% (以白鱼粉为主要

收稿日期: 2002-09-27; 修订日期: 2003-01-02。

基金项目: 浙江省重点攻关项目(952023A)。

作者简介: 陆清儿(1962-), 女, 高级工程师, 硕士, 从事水产饲料和营养研究。

蛋白原料)的基础饲料中添加盐酸甜菜碱至0、0.1%、0.2%、0.4%、0.6%、0.8%(质量分数)。

1.2 试验方法

1.2.1 养殖试验 试验于1997年10月26日~12月26日在室内循环流水过滤水族箱(100 cm×50 cm×50 cm)中进行,每组设3个重复(即3个箱),每箱放养淡水白鲢鱼种11尾,计198尾。

水源为用硫代硫酸钠除氯后的曝气自来水,在控温、循环滤水、充氧条件下养殖,试验期间平均水温(26.5 ± 0.5)℃、溶解氧 $5.5 \sim 7.5$ mg/L、pH(7.0 ± 0.1)、COD $9.37 \sim 13.72$ mg/L、 $\text{NH}_3\text{-N}$ $0.025 \sim 0.375$ mg/L,养殖期间,每周用 NaHCO_3 和NaCl合剂进行1次水体消毒,每天早、晚2次吸污、换水,换水量每次每箱1/3。

适应性驯养为期2周。放养前,试验鱼和水体用 NaHCO_3 和NaCl合剂消毒。试验期间,每组设置3个重复投喂相同饲料,按鱼体重的3%确定日投饲量(视水质、摄食情况而定,尽量以吃完为度),每天上午9:00,下午4:00分2次投喂,投饲后1 h吸除剩饵,烘干后称重,每10天调整1次投饲量,每天记录投饲量、剩饵量,观察水质,鱼活动状况。实验期为60 d。

1.2.2 取样与分析 饲养试验结束后,停饲24 h,

从盐酸甜菜碱质量分数分别为0、0.1%、0.2%、0.4%、0.6%、0.8%等6个水平组的每个重复中随机抽取9尾,每组27尾,共162尾鱼,进行称重、采血、解剖。其余称重后供整鱼分析用。

整鱼、肌肉和肝脏中常量营养成分测定采用GB6432~6439-86^[13]饲料水分、粗蛋白等项测定方法。

肝脏甜菜碱-高半胱氨酸甲基转移酶(BHMT)样品处理及酶活测定参考Ericson^[14-15]和Skiba^[16]方法,胱硫醚 β -合成酶(β -CYST)样品处理及酶活测定参考Kraus^[17]方法。

肌肉和肝脏中核酸的提取、分离和含量测定采用《生物大分子实验手册》^[18]提供的方法。

1.3 数据处理

数据统计与分析使用SAS 6.03版(SAS Institute Inc, 1988)。

2 结果

2.1 盐酸甜菜碱对整鱼、肌肉、肝脏水分和粗蛋白含量的影响

盐酸甜菜碱对整鱼、肌肉、肝脏水分和粗蛋白含量的影响列于表1。

表1 盐酸甜菜碱对整鱼、肌肉、肝脏水分和粗蛋白含量的影响

Table 1 Effects of betaine hydrochloride on moisture and crude protein contents of whole fish, muscle and liver

$\bar{X} \pm \text{SD}, \%$

项目 Item	盐酸甜菜碱 Betaine hydrochloride content					
	0 (Control)	0.1%	0.2%	0.4%	0.6%	0.8%
整鱼水分 Moisture of whole fish	65.30 $\pm$ 1.74	62.97 $\pm$ 1.04	64.10 $\pm$ 1.15	64.08 $\pm$ 2.48	62.45 $\pm$ 9.20	64.70 $\pm$ 2.25
整鱼粗蛋白* Crude protein of whole fish	51.82 $\pm$ 1.80a	54.52 $\pm$ 1.25a	55.52 $\pm$ 0.89a	55.18 $\pm$ 1.56a	57.98 $\pm$ 3.72b	56.76 $\pm$ 1.14a
肌肉水分 Moisture of muscle	77.42 $\pm$ 0.55a	76.42 $\pm$ 0.69b	76.92 $\pm$ 0.38a	76.84 $\pm$ 0.37a	76.32 $\pm$ 0.83b	75.52 $\pm$ 1.24c
肌肉粗蛋白* Crude protein of muscle	84.08 $\pm$ 3.33a	84.52 $\pm$ 1.28a	86.21 $\pm$ 1.01a	86.76 $\pm$ 1.67b	82.03 $\pm$ 1.58a	86.18 $\pm$ 3.32a
肝脏粗蛋白* Crude protein of muscle	67.61 $\pm$ 0.25a	67.86 $\pm$ 0.08a	68.31 $\pm$ 0.29c	68.11 $\pm$ 0.15c	68.12 $\pm$ 0.05c	68.20 $\pm$ 0.11c

注:1)粗蛋白含量按干物质计;2)"a"表示差异不显著,"b"表示差异显著($P < 0.05$),"c"表示差异极显著($P < 0.01$)。

Note: 1) The crude protein content is on dry basis. 2) 'a' means insignificant difference; 'b' means significant difference ($P < 0.05$); 'c' means very significant difference ($P < 0.01$).

由表1可见,各试验组整鱼含水量与对照组相比呈下降趋势,但差异不显著,粗蛋白含量呈上升趋势,其中,0.6%盐酸甜菜碱组提高11.89% ($P < 0.05$);不同梯度的盐酸甜菜碱均不同程度地降低了鱼肌肉含水量(即提高了干物质含量),其中0.1%、0.6%和0.8%盐酸甜菜碱组分别降低

1.29% ($P < 0.05$)、1.42% ($P < 0.05$)和2.45% ($P < 0.01$),盐酸甜菜碱使肌肉粗蛋白含量提高,0.4%盐酸甜菜碱组提高3.19% ($P < 0.05$);添加盐酸甜菜碱使鱼肝脏粗蛋白含量升高,0.2%、0.4%、0.6%和0.8%组分别提高1.04%、0.74%、0.75%和0.87% (4组 $P < 0.01$)。

2.2 盐酸甜菜碱对肝脏甜菜碱-高半胱氨酸甲基转移酶(BHMT)和胱硫醚 β -合成酶(β -CYST)活性的影响

盐酸甜菜碱对肝脏甜菜碱-高半胱氨酸甲基转移酶(BHMT)和胱硫醚 β -合成酶(β -CYST)活性的影响分列于表2、3。

表2 甜菜碱对肝脏甜菜碱-高半胱氨酸甲基转移酶活力影响

Table 2 Effects of betaine hydrochloride on betaine-homocysteine S-methyltransferase in fish liver $\bar{X} \pm SD$

项目 Item	盐酸甜菜碱 Betaine hydrochloride content					
	0(Control)	0.1%	0.2%	0.4%	0.6%	0.8%
总活力/($\text{u} \cdot \text{g}^{-1}$) Total activity	1.53 $\pm$ 0.16a	1.98 $\pm$ 0.13b	2.10 $\pm$ 0.13c	2.08 $\pm$ 0.16c	1.97 $\pm$ 0.12b	1.72 $\pm$ 0.63a
蛋白/($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$) Enzyme protein	6.31 $\pm$ 0.02	6.30 $\pm$ 0.02	6.31 $\pm$ 0.02	6.31 $\pm$ 0.02	6.30 $\pm$ 0.04	6.30 $\pm$ 0.03
比活力/($\text{u} \cdot \text{mg}^{-1}$) Specific activity	0.24 $\pm$ 0.03a	0.32 $\pm$ 0.02c	0.33 $\pm$ 0.02c	0.33 $\pm$ 0.03c	0.31 $\pm$ 0.02c	0.31 $\pm$ 0.02c

注:“a”表示差异不显著;“b”表示差异显著($P < 0.05$);“c”表示差异极显著($P < 0.01$)。

Note: ‘a’ means insignificant difference; ‘b’ means significant difference($P < 0.05$); ‘c’ means very significant difference($P < 0.01$).

表2显示,盐酸甜菜碱极显著提高BHMT的总活力和比活力,0.2%、0.4%、0.1%和0.6%组,BHMT总活力分别提高37.25% ($P < 0.01$)、35.95% ($P < 0.01$)、29.41% ($P < 0.05$)和28.76% ($P <$

0.05);0.2%、0.4%、0.1%、0.6%和0.8%组比活力分别提高37.50%、37.50%、33.33%、29.17%和29.17% (各组 $P < 0.01$)。甜菜碱对酶蛋白含量无影响。

表3 甜菜碱对肝脏胱硫醚 β -合成酶活力的影响

Table 3 Effects of betaine hydrochloride on cystathionine β -Synthase in fish liver $\bar{X} \pm SD$

项目 Item	盐酸甜菜碱 Betaine hydrochloride content					
	0(Control)	0.1%	0.2%	0.4%	0.6%	0.8%
总活力/($\text{u} \cdot \text{g}^{-1}$) Total activity	1.62 $\pm$ 0.24a	1.86 $\pm$ 0.22a	2.10 $\pm$ 0.09c	2.04 $\pm$ 0.31c	1.83 $\pm$ 0.12a	1.62 $\pm$ 0.22a
蛋白/($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$) Enzyme protein	5.23 $\pm$ 0.10	5.19 $\pm$ 0.11	5.14 $\pm$ 0.02	5.33 $\pm$ 0.11	5.24 $\pm$ 0.13	5.16 $\pm$ 0.09
比活力/($\text{u} \cdot \text{mg}^{-1}$) Specific activity	0.31 $\pm$ 0.04a	0.36 $\pm$ 0.04b	0.41 $\pm$ 0.02c	0.38 $\pm$ 0.05c	0.34 $\pm$ 0.02a	0.32 $\pm$ 0.04a

注:“a”表示差异不显著;“b”表示差异显著($P < 0.05$);“c”表示差异极显著($P < 0.01$)。

Note: ‘a’ means insignificant difference; ‘b’ means significant difference($P < 0.05$); ‘c’ means very significant difference($P < 0.01$).

从表3可见,不同剂量的盐酸甜菜碱对鱼肝脏 β -CYST的总活力和比活力产生不同程度的影响,其中,0.2%组的总活力和比活力分别提高29.63%和32.26% ($P < 0.01$);0.4%组的比活力和总活力分别提高25.93%和22.58% ($P < 0.01$);0.1%组的

比活力提高16.13% ($P < 0.05$)。盐酸甜菜碱对酶蛋白含量无明显影响($P > 0.05$)。

2.3 盐酸甜菜碱对鱼肌肉和肝脏核酸含量的影响

盐酸甜菜碱对肌肉和肝脏核酸含量的影响见表4、5。

表4 盐酸甜菜碱对鱼肌肉核酸含量的影响

Table 4 Effects of betaine hydrochloride on contents of nucleic acids in fish muscle

项目 Item	盐酸甜菜碱 Betaine hydrochloride content					
	0(Control)	0.1%	0.2%	0.4%	0.6%	0.8%
RNA	350.00 $\pm$ 41.99a	543.93 $\pm$ 30.03c	551.37 $\pm$ 35.45c	540.13 $\pm$ 37.94c	562.58 $\pm$ 26.21c	503.38 $\pm$ 33.69c
DNA	145.10 $\pm$ 12.05	146.95 $\pm$ 3.70	148.02 $\pm$ 6.52	143.35 $\pm$ 6.46	146.28 $\pm$ 6.97	145.53 $\pm$ 6.95
TNA	495.12 $\pm$ 54.13a	690.88 $\pm$ 30.74c	699.38 $\pm$ 39.23c	683.48 $\pm$ 42.41c	708.87 $\pm$ 29.84c	648.92 $\pm$ 40.00c
RNA/DNA	2.41 $\pm$ 0.10a	3.70 $\pm$ 0.21c	3.73 $\pm$ 0.20c	3.78 $\pm$ 0.18c	3.85 $\pm$ 0.20c	3.46 $\pm$ 0.07c

注:“a”表示差异不显著;“b”表示差异显著($P < 0.05$);“c”表示差异极显著($P < 0.01$)。

Note: ‘a’ means insignificant difference; ‘b’ means significant difference($P < 0.05$); ‘c’ means very significant difference($P < 0.01$).

表4数据显示,盐酸甜菜碱显著提高了肌肉中RNA和TNA含量及RNA与DNA含量比。其中,0.1%、0.2%、0.4%、0.6%和0.8%组RNA含量分别较对照组提高55.41%、57.53%、54.32%、60.74%和43.82%(各组 $P < 0.01$);TNA含量分别

提高39.54%、41.25%、38.04%、43.17%和31.06%(各组 $P < 0.01$);RNA与DNA含量比分别提高了53.53%、54.77%、56.85%、59.75%和43.57%(各组 $P < 0.01$)。对DNA的含量无显著影响。

表5 盐酸甜菜碱对肝脏核酸含量的影响

Table 5 Effects of betaine hydrochloride on contents of nucleic acids in fish liver

 $\bar{X} \pm SD, \mu\text{g/g}$

项目 Item	盐酸甜菜碱 Betaine hydrochloride content					
	0(Control)	0.1%	0.2%	0.4%	0.6%	0.8%
DNA	523.97 $\pm$ 68.90	592.92 $\pm$ 56.12	582.82 $\pm$ 93.99	588.58 $\pm$ 47.71	537.97 $\pm$ 67.61	594.87 $\pm$ 43.82
RNA	606.82 $\pm$ 67.31a	812.75 $\pm$ 89.28c	768.63 $\pm$ 102.12c	801.57 $\pm$ 55.52c	676.87 $\pm$ 45.93a	770.07 $\pm$ 90.32c
TNA	1130.78 $\pm$ 131.60a	1405.67 $\pm$ 99.11c	1355.95 $\pm$ 179.41c	1390.15 $\pm$ 95.27c	1214.83 $\pm$ 108.58a	1365.57 $\pm$ 128.49c
RNA/DNA	1.16 $\pm$ 0.07a	1.38 $\pm$ 0.24c	1.33 $\pm$ 0.16b	1.36 $\pm$ 0.08b	1.27 $\pm$ 0.10a	1.29 $\pm$ 0.09a

注:“a”表示差异不显著;“b”表示差异显著($P < 0.05$);“c”表示差异极显著($P < 0.01$)。

Note: 'a' means insignificant difference; 'b' means significant difference($P < 0.05$); 'c' means very significant difference($P < 0.01$).

表5显示,添加盐酸甜菜碱对肝脏DNA无显著影响,但RNA、TNA和RNA/DNA显著增高。其中,0.1%、0.2%、0.4%和0.8%组RNA含量分别提高33.94%、26.67%、32.09%和27.01%($P < 0.01$);TNA含量分别提高24.31%、19.91%、22.94%和20.76%($P < 0.01$);0.1%、0.2%、0.4%组的RNA与DNA含量比分别提高18.97%($P < 0.01$)、14.66%($P < 0.05$)和17.24%($P < 0.05$)。

3 讨论

3.1 甜菜碱的转甲基功效

机体的许多代谢反应,如:蛋氨酸、肌酸、肉碱、肾上腺素及RNA和DNA的合成等都需要甲基,而动物体内自身不能合成甲基,必须由外源供给。Finkelstein通过大鼠试验推断甜菜碱主要在肝脏发挥甲基供体作用^[1]。甜菜碱-高半胱氨酸甲基转移酶(BHMT)催化甜菜碱与高半胱氨酸反应合成蛋氨酸,肝脏胱硫醚 β -合成酶(β -CYST)催化高半胱氨酸与丝氨酸合成胱硫醚,通过这2个酶的作用双重调控肝脏甲基代谢^[1]。

本试验在研究鱼肝脏中甜菜碱甲基代谢有关酶活性发现,在饲料中添加甜菜碱0.1%~0.8%均显著提高肝脏BHMT总活力和比活力;不同添加量使 β -CYST总活力和比活力均有不同程度的提高,说明盐酸甜菜碱可以作为甲基供体参与鱼体的代谢活动。

本试验就甜菜碱对鱼肝脏中的甲基产物(如核

酸含量)的影响研究发现:0.1%、0.2%、0.4%和0.8%甜菜碱组鱼肝脏RNA和TNA含量极显著提高,0.1%、0.2%和0.4%组RNA与DNA含量比显著升高。RNA/DNA的值是一个比单独RNA含量更能精确反映鱼类新陈代谢活动的指标^[19],RNA/DNA数值升高,可以推断肝脏中DNA到RNA转录加快,促进基因表达,从而加强合成代谢,产生促生长效应。

3.2 甜菜碱与蛋白质代谢

养殖试验结果显示:饲料中添加一定量的甜菜碱能提高试验鱼平均尾增重(即促生长),并能提高饲料利用率,降低饲料系数;解剖试验结果说明:甜菜碱能提高养殖鱼的肥满度和去内脏比,降低鱼内脏重,增加养殖鱼的可食率,0.2%甜菜碱组鱼胃重比、肠重比较对照组升高^[20]。

试验鱼肌肉、肝脏和整鱼营养成分分析结果表明:甜菜碱使养殖鱼肌肉含水量下降,粗蛋白含量上升;肝脏粗蛋白含量上升,整鱼含水量减少,粗蛋白含量升高。同时还发现,鱼体血清白蛋白明显上升,尿素氮显著下降^[1];此外,肝脏和肌肉中RNA含量显著上升,RNA/DNA比率显著升高,说明甜菜碱能够增加鱼体氮的沉积、促进鱼体蛋白质合成。蛋白质合成是以mRNA为模板(mRNA上的遗传信息通过转录来自DNA),rRNA为场所并在tRNA参与下

1)陆清儿,李行先,李忠全.甜菜碱促进淡水白鲢生长的机制.另文发表。

的翻译过程,其中 mRNA、rRNA 成熟过程中的甲基化具有重要的修饰作用,即在鱼体营养条件较好,外界环境适宜生长时,鱼体蛋白质合成速度加快。推测甜菜碱促进蛋白质合成的作用机理可能是通过其转甲基功能,高效提供足够的甲基,从而使 DNA 的转录和翻译过程加强,mRNA 和 rRNA 的合成增加,以促进蛋白质的生物合成。

4 结论

(1) 盐酸甜菜碱使整鱼粗蛋白含量提高,含水量下降;鱼肌肉含水量下降,粗蛋白含量升高。

(2) 甜菜碱能显著提高鱼肝脏甜菜碱-高半胱氨酸甲基转移酶和胱硫醚 β -合成酶活性,并在这 2 个酶的双重调控下作为甲基供体参与机体代谢活动,使肝脏和肌肉中甲基化产物(如:核酸)含量显著增加,尤以肌肉中效果更明显。

致谢:本文承浙江省淡水水产研究所张念慈研究员审阅,谨致谢忱!

参考文献:

- [1] Finkelstein J D, Mudd S H. Trans-sulfuration in mammals; the methionine-sparing effect of cysteine[J]. *Biol Chem*, 1965, 242: 873-880.
- [2] Saunderson L C, Mackinlay J. Changes in body weight, composition, and hepatic enzyme activities in response to dietary methionine, betaine, and choline levels, in growing chicks[J]. *British J Nutr*, 1990, 63: 339-349.
- [3] Lowry K R, Rosebrough N J, Farr A L, et al. Efficiency of betaine relative to choline as a dietary methyl donor[J]. *Poultry Sci*, 1987, 66: 135-140.
- [4] Cera K R, Schinckel A P. Carcass and performance responses to feeding betaine in pigs[J]. *Anim Sci*, 1995, 73 (Suppl. 1): 82 (Abstr.).
- [5] Smith J W, Nelsen J L, Goodband R D, et al. The effect of supplementation growing-finishing swine diets with betaine and (or) choline on growth and carcass characteristics[J]. *J Anim Sci*, 1995, 73 (Suppl. 1): 83 (Abstr.).
- [6] 阎希柱. 甜菜碱对鲤鱼诱食促生长的研究[J]. *饲料研究*, 1996 (11): 8-9.
- [7] 梁荫青, 于宏, 常青, 等. 摄食促进物质对真鲷摄食和生长的影响[J]. *中国水产科学*, 2001, 8(4): 58-61.
- [8] 王安利, 苗玉涛, 王维娜, 等. 水产动物诱食剂的研究进展[J]. *中国水产科学*, 2002, 9(3): 265-268.
- [9] Virtanen E, Junnila M, Soivio A. Effects of food containing betaine/amino acid additive on the osmotic adaptation of young Atlantic salmon, *Salmo salar* L[J]. *Aqu*, 1989, 83: 1-2, 109-122.
- [10] Duston J. Effects of dietary betaine and sodium chloride on seawater adaptation in Atlantic salmon parr (*Salmo salar* L)[J]. *Comparative Biochemistry and Physiology. A, Comparative Physiology*. 1993, 105: 4, 673-677.
- [11] Tatsuzawa H, Takizawa E. Changes in lipid and fatty acid composition of *Pavlova lutheri*[J]. *Phytochemistry*, 1995, 40(2): 397-400.
- [12] 杨小林, 侯孟君, 林万明, 等. 降低草鱼肝脏脂肪含量的初步研究[J]. *饲料工业*, 1992, 8: 39.
- [13] GB6432-6439-1986. 饲料粗蛋白、粗脂肪、粗纤维等项测定方法[S].
- [14] Ericson L E, Williams J N, Elvehjem C A. Studies on partially purified betaine-homocysteine transmethylase of liver[J]. *J Biol Chem*, 1955, 212: 537-544.
- [15] Ericson L E, Harper A E. Effects of diet on the betaine-homocysteine transmethylase activity of rat liver[J]. *J Biol Chem*, 1956, 219: 49-58.
- [16] Skiba W E. *Methods in enzymology* [M]. New York: Academic Press, INC. 1987.
- [17] Kraus J P. *Methods in enzymology* [M]. New York: Academic Press, INC. 1987.
- [18] 张德安, 林永齐, 刘兰英, 等. 生物大分子实验手册[M]. 长春: 吉林大学出版社, 1991. 202-206.
- [19] 赵振山, 林可椒, 张益明, 等. 用 RNA/DNA 比率评定鲤的生长及其配合饲料的营养价值[J]. *水产学报*, 1994, 18(4): 257-264.
- [20] 陆清儿, 李忠全, 周向阳. 盐酸甜菜碱对淡水白鲢生长性能、鱼体解剖特性和肉质的影响[J]. *浙江海洋学院学报(自然科学版)*, 2001, 20(增刊): 130-136.
- [21] 占秀安. 甜菜碱促进肉鸡生长的作用机理研究[J]. *浙江农业学报*, 2000, 12(4): 209-212.
- [22] 余东游, 许梓荣. 甲基供体促仔猪生长的内分泌机制的探讨[J]. *中国畜牧杂志*, 2000, 36(5): 8-10.
- [23] 冯杰, 余东游. 甜菜碱对生长肥育猪生长性能的影响及其转甲基效应研究[J]. *中国畜牧杂志*, 2001, 37(3): 8-10.

Effects of betaine on methyl transfer function and protein synthesis of *Colossoma brachypomum*

LU Qing-er, LI Zhong-quan, LI Xing-xian

(Hangzhou Institute of Aquatic Science Research, Hangzhou 310024, China)

Abstract: This research was conducted to investigate methyl transfer function and protein synthesis mechanism of betaine hydrochloride in *Colossoma brachypomum* fingerlings (initial body weight 83.14 ~ 15.36 g) from October to December 1997. One hundred and ninety eight individuals were divided into six groups, each of which included three replicates. The fish were fed with the same basal diet (crude protein content 41.03%) supplemented with 0 (control group), 0.2%, 0.4%, 0.6% and 0.8% betaine hydrochloride, respectively (test groups). The test period was 60 days under the conditions of circulation, filtration and controlled temperature. The results show that additive betaine hydrochloride can decrease the moisture and increase the content of crude protein in whole fish. In the 0.6% betaine hydrochloride group the crude protein content of whole fish increased by 11.89% compared with the control ($P < 0.05$), and in the groups of 0.1%, 0.6% and 0.8% betaine hydrochloride, the moisture in fish muscle decreased by 1.29% ($P < 0.05$), 1.42% ($P < 0.05$), and 2.45% ($P < 0.01$), respectively. In 0.4% betaine hydrochloride group the crude protein content in fish muscle increased by 3.19% ($P < 0.05$). In the groups of 0.2%, 0.4%, 0.6 and 0.8% betaine hydrochloride, the content of crude protein in fish live increased by 1.04% ($P < 0.01$), 0.74% ($P < 0.01$), 0.75% ($P < 0.01$) and 0.87% ($P < 0.01$). Also, betaine hydrochloride can increase the contents of RNA, TNA and ratio of RNA content to DNA content in fish muscle and liver significantly, and can increase the total and specific activities of betaine-homocystein S-methyltransferase and cystathionine β -synthase, respectively. All these imply that betaine hydrochloride can act as the methyl group donator to participate the metabolism of organism under the double regulation of BHMT and β -CYST so that it can increase methylic products in fish liver and muscle (e. g. nucleic acids) and the protein synthesis is prompted.

Key words: betaine hydrochloride; *Colossoma brachypomum*; methyl group donator; protein synthesis