

文章编号: 1000-0615(2005)02-0222-05

鱼粉水解物中小肽对幼龄草鱼生长性能的影响

冯健, 贾刚, 杨长平

(四川农业大学动物科技学院, 四川雅安 625014)

摘要:用150尾 3.74 ± 0.23 g的草鱼作日粮中鱼粉水解物中小肽对幼龄草鱼生长性能影响研究。实验分为2组, 每组75尾鱼, 每25尾鱼饲于 0.25 m^3 的水族箱中, 每组设3个平行水族箱。试验组日粮中添加0.5%鱼粉水解物+0.5%鱼粉, 对照组为1%鱼粉, 试验期56 d。结果表明, 试验组草鱼其特定生长率、蛋白保留效率、饲料系数和血浆中镁含量与小肽总量均显著高于对照组($P < 0.05$)。草鱼日粮中添加一定比例鱼粉水解物小肽可提高饲料表观消化率和蛋白消化率, 增加血液循环中生物活性肽的含量, 增加体内氮沉积, 减少肝胰脏和肠系膜脂肪沉积, 从而提高机体对日粮中蛋白质的利用率。

关键词:草鱼; 小肽; 营养

中图分类号: S963

文献标识码: A

The effect of small peptides in hydrolytic fish meal on growth performance of grass carp *Ctenopharyngodon idella*

FENG Jian, JIA Gang, YANG Chang-ping

(College of Animal Science, Sichuan Agricultural University, Ya'an 625014, China)

Abstract: 150 grass carps with 3.74 ± 0.23 g were used in an experiment on the effect of small peptides in hydrolytic fish meal on growth performance of grass carp *Ctenopharyngodon idella*. The grass carps were divided into two groups and fed in 2×3 aquatic cases ($0.25 \text{ m}^3/25$ grass carps) for 56 days. The diets of test group included 0.5% hydrolytic fish meal + 0.5% fish meal and control group 1% fish meal. The experiment indicated that the specific growth rates (SGR), feed modulus (FM), protein reservation rate (PRR), contents of magnesium and small peptides in blood plasma on grass carps in test group were significantly higher than those in control group ($P < 0.05$). These results indicated that hydrolytic fish meal as small peptides could improve the apparent digestibility and protein digestibility and increase the total amount of small peptides in blood circulation and the sediment of nitrogen in body, thus reducing the store of fat in hepatopancreas and mesentery, and thereby advancing the utilization of amino acids in diet.

Key words: *Ctenopharyngodon idella*; small peptides; nutrition

鱼类日粮中蛋白质不仅为氮沉积和利用提供氨基酸的来源, 而且蛋白质中所含的小肽可以在消化道中随着消化过程而释放, 其中具有生物活性的小肽可影响鱼类消化吸收和血液循环中小肽种类和含量, 从而影响机体吸收和对氨基酸的利用^[1,2]。据报道, 在猪禽日粮中, 含一定比例的小肽制品可改善猪禽对日粮蛋白质的利用, 提高生长性能^[3,4]。但小肽在鱼类营养中的作用尚不清楚。因此, 了解小肽在鱼类营养中的作用, 探讨其

对鱼类生长的影响与机理具有重要的理论意义

1 材料与方法

1.1 试验鱼与基础日粮组成

150尾均重为 3.74 ± 0.23 g的草鱼由中山大学水生经济动物研究所鱼场提供。饲料日粮配方组成见表1, 投饲率为体重3%~4%, 每天投喂2次, 分别为9:00和16:00。每2周称重1次, 调整投饲量。

收稿日期: 2003-12-20

资助项目: 广东省自然科学基金(20022722)

作者简介: 冯健(1958-), 男, 四川成都人, 博士, 主要从事动物营养与营养性疾病研究 E-mail: fjwy86@sina.com

表 1 试验饲料的组成和分析值

Tab.1 Composition of the experimental diets and analysis value

原料名称 ingredient	分析法 analysis value	
	对照组 control group	试验组 test group
次粉 wheat meal	10.00	10.00
小麦麸 wheat bran	10.00	10.00
大豆粕 soybean meal	30.00	30.00
菜籽粕 rapeseed meal	18.00	18.00
麦芽根 root of malt	15.70	15.70
统糠 crude rice bran	7.50	7.50
鱼粉 fish meal	1.00	0.50
鱼粉水解物 hydrolytic fish meal	0.00	0.50
大豆油 soybean oil	2.00	2.00
沸石粉 zeolite meal	3.00	3.00
胆碱 choline	0.20	0.20
复合矿物质 ^a mineral premix	1.50	1.50
粘合剂 binding	0.30	0.30
复合维生素 ^b vitamin premix	0.20	0.20
维 C 磷酸酯 Vc phosphor acid ester	0.10	0.10
Cr ₂ O ₃	0.50	0.50
主要营养参数%(实际测量值) nutrition components(actual measure)		
干物质 dry matter	88.74	88.92
粗蛋白 crude protein	28.14	28.30
粗脂肪 crude fat	3.23	3.10
粗纤维 crude fiber	6.69	6.67
粗灰份 crude ash	7.31	7.12
无氮浸出物 total carbohydrate	26.93	27.11
可利用磷(计算值) using phosphor	0.61	0.61
消化能 kcal/kg ^c DE ^c	1763.2	1762.5

注: a 复合矿物质(%): Ca(H₂PO₄)₂ 61.71, Na₂(HPO₄)₂ 4.20, NaCl 3.23, K₂SO₄ 16.38, KCl 6.58, FeSO₄ 1.07, 柠檬酸铁 3.83, MgSO₄ 4.42, ZnSO₄ 0.47, MnSO₄ 0.033, CuSO₄ 0.022, CrCl₂ 0.043, KI 0.022; b 复合维生素(%): inositol 2.22, Vit C 1.11, calpanate 0.83, Vit B₁ 0.22, Vit B₂ 0.56, Vit B₆ 0.06, Vit K 0.06, folic acid 0.02, Vit B₁₂ 0.012, Vit H₂ 0.006, Vit E 0.44, cellulose 94.42; c 可消化能: 按蛋白质 4.0 kcal·g⁻¹, 脂肪 8.0 kcal·g⁻¹, 糖 1.6 kcal·g⁻¹ 计算

Note: a. mineral premix(%): Ca(H₂PO₄)₂ 61.71, Na₂(HPO₄)₂ 4.20, NaCl 3.23, K₂SO₄ 16.38, KCl 6.58, FeSO₄ 1.07, citric acid iron 3.83, MgSO₄ 4.42, ZnSO₄ 0.47, MnSO₄ 0.033, CuSO₄ 0.022, CrCl₂ 0.043, KI 0.022; b. vitamin premix: inositol 2.22, Vit C 1.11, calpanate 0.83, Vit B₁ 0.22, Vit B₂ 0.56, Vit B₆ 0.06, Vit K 0.06, folic acid 0.02, Vit B₁₂ 0.012, Vit H₂ 0.006, Vit E 0.44, cellulose 94.42; c. digest energy (DE): protein 4.0 kcal·g⁻¹, lipid 8.0 kcal·g⁻¹, carbohydrate 1.6 kcal·g⁻¹

1.3 鱼粉水解物的制备与肽成分测定

参考 Buchmann 等^[5]的方法, 鱼粉水解物由胰酶、肠肽酶水解鱼粉制备。根据水解前后氨基酸含量计算鱼粉水解物的平均链长为 5.43 [链长计算: 平均链长 = (水解小肽 AA 含量 - FAA) / FAA]。HPLC 分析结果表明鱼粉水解物主要含的为 3-9 肽。用 Cu-Sephadex G 10 柱分离 FAA 后, 测定出肽占 80.75%。

1.4 试验分组与水质条件

实验草鱼分 2 组, 对照组日粮中添加 1% 的鱼粉, 试验组日粮中添加 0.5% 的鱼粉水解物 + 0.5% 的鱼粉。每组 75 尾, 每 25 尾饲养于 0.25

m³ 的水族箱中, 每组设 3 个平行水族箱。每天换水 1/3, 饲养期为 56 d。其水质条件为水温 26.7 ± 3.1℃, 溶解氧为 7.35 ± 0.36 mg·L⁻¹, pH 7.03 ± 0.4, 氨氮为 0.39 ± 0.28 mg·L⁻¹, 总硬度为 1.51 ± 0.16, 钙为 25.8 ± 0.2 mg·L⁻¹, 亚硝酸盐为 0.101 ± 0.07 mg·L⁻¹, 硝酸盐为 0.110 ± 0.014 mg·L⁻¹。

1.5 样品采集和分析

饲养期草鱼每 2 周称重一次, 计算其特定生长率与饲料系数, 试验结束时每箱取鱼 6 条, 测定其肝体比、内脏比与肠脂比; 分别采取血浆、肝脏脏低温冷冻保存。使用‘日立’(Hitachi)全自动生

化分析仪测定血浆中蛋白种类和钙、磷、镁含量等多项生化指标,其方法参考日立血生化分析指南。各组草鱼饲料、全鱼、肝胰脏中的蛋白用微量凯氏定氮法(Tecator, Sweden)测定,粗脂肪用索氏抽提法(Tecator, Sweden),灰分用干法灰化法。使用HPLC(HP)测定草鱼血浆肽和鱼粉水解物中小肽总量和各肽段小肽含量。使用HP分光光度计测定草鱼对各组饲料表观消化率、蛋白消化率。

试验组间显著性变化采用Newman Keuls氏试验。数据统计分析采用Duncan氏多重比较法,显著水平采用0.05,极显著水平采用0.01。

2 结果

2.1 2组草鱼的特定生长率、存活率、饲料系数和蛋白保留效率

饲养56天后,2组草鱼的存活率相似,无显著性差异($P > 0.05$)。但相对生长率、饲料系数与蛋白保留效率试验组较对照组表现好,较对照组有显著性差异($P < 0.05$) (表2)。表明日粮中添加一定比例鱼粉水解物小肽可提高草鱼体内的蛋白质合成能力。

表2 2组草鱼特定生长率、存活率、饲料系数和蛋白保留效率

Tab.2 The relative growth rates(RGR), survival rates(SR), feed modulus(FM) and protein reservation rate (PRR) on grass carps in 2 experimental groups

组别 group	始重/g IBW	末重/g FBW	相对生长率/% RGR	存活率/% SR	饲料系数 FM	蛋白保留效率/% PRR
对照组 control group	3.73	6.38 ^a	1.27 ^a	100	2.26 ^a	19.67 ^a
试验组 test group	3.71	7.47 ^b	1.81 ^b	100	1.88 ^b	25.34 ^b

注:同一行数据右上角不同上标小写字母代表有显著差异($P < 0.05$);存活率(%) = 终末尾数/初始尾数 $\times 100$;相对生长率(%) = (末重 - 初重)/初重/饲养天数 $\times 100$;饲料转换系数 = 摄食饲料总量/(末重 - 初重);蛋白质保留效率(%) = (末重蛋白量 - 初重蛋白量)/摄食蛋白总量。

Notes: values with different superscript letters within same column indicate significantly different ($P < 0.05$); survival rate(SR)% = the number of fish in the end of test/the number of fish in the beginning of test $\times 100$; relative growth rate(RGR)% = (FBW - IBW)/IBW $\times 100$; feed modulus (FM) = total amount of feed fed fish/(FBW - IBW); protein reservation rate (PRR) = (FBM of body protein-IBM of body protein)/total amount of feed protein fed grass carp

2.2 2组草鱼各阶段生长趋势

2组草鱼在试验第2周末生长速度相似,第4周末其生长趋势以试验组为好,从第6周末起,对照组草鱼较试验组草鱼生长速度呈显著性降低($P < 0.05$),试验结束时,这种差异进一步扩大(图1、表3)。表明在草鱼日粮中添加鱼粉水解物能显著提高其生长速度。

表3 2组草鱼各阶段(周)生长体重

Tab.3 The body weight of varied time (week) by grass carps in 2 experimental groups

组别 group	0	2	4	6	8
对照组 control group	3.73	4.24	4.74	5.53 ^a	6.38 ^a
试验组 test group	3.71	4.28	5.05	6.16 ^b	7.48 ^b

注:同一行数据右上角不同上标小写字母代表有显著差异($P < 0.05$)

Notes: Values with different superscript letters within same column indicate significantly different ($P < 0.05$)

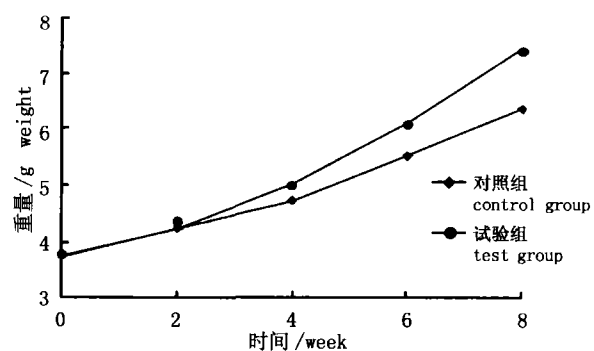


图1 2组草鱼各阶段生长趋势

Fig.1 The trend of growth in varied stages of grass carps in 2 experimental groups

2.3 2组草鱼肝体比、内脏比、肠脂比和肝胰脏脂肪含量

由表4可知,对照组草鱼较试验组肝体比、内脏比、肠脂比和肝胰脏脂肪含量普遍显著($P <$

0.05)或极显著($P < 0.01$)增高,表明对照组草鱼肝脏相对重量、肝脂肪含量和肠系膜脂肪相对重量均明显高于试验组。在草鱼日粮中添加一定比例的鱼粉水解物小肽可降低草鱼体内肝胰脏与肠系膜脂肪的蓄积。

2.4 2组草鱼体组成部分和饲料表观消化率、蛋白消化率

由表5可知,对照组与试验组草鱼鱼体水分、灰分与蛋白质含量相似,但脂肪含量以对照组最

高,且与试验组有显著性差异($P < 0.05$)。饲料表观消化率与蛋白消化率试验组草鱼有升高的趋势,但组间无显著性差异($P > 0.05$)。

2.5 2组草鱼的血浆钙、磷、镁和小肽总量

由表6可知,对照组与试验组草鱼血浆中钙、磷含量相似,但试验组草鱼血浆镁含量和小肽总量较对照组有显著性升高($P < 0.05$)。表明日粮中添加一定比例的鱼粉水解物小肽将会提高草鱼血浆对镁元素的吸收和小肽的含量。

表4 2组草鱼肝体比、内脏比、肠脂比和肝胰脏脂肪含量

Tab.4 The rates of hepatopancreas/body, bowel/body, fat in mesentery/body and the amount of fat in hepatopancreas on 2 experimental groups

组别 group	肝体比 hepatopancreas/body	内脏比 bowel/body	肠脂比 fat in mesentery /body	肝胰脏脂肪含量 content of fat in hepatopancreas
对照组 control group	2.34 ^a	12.16 ^a	3.96 ^a	11.49 ^a
试验组 test group	1.69 ^b	9.65 ^b	2.35 ^b	4.91 ^b

注:同一行数据右上角不同上标小写字母代表有显著差异($P < 0.05$),大写字母代表有极显著差异($P < 0.01$)

Notes: values with different superscript letters within same column indicate significantly different($P < 0.05$); values with different superscript letters within same column indicate significantly highly different($P < 0.01$)

表5 2组草鱼体组成部分和饲料表观消化率、蛋白消化率

Tab.5 Composition of body and apparent digestibility (AD), protein digestibility (PD) of grass carps in 2 experimental groups

组别 group	蛋白 protein	脂肪 fat	灰分 ash	水分 water	表观消化率 AD	蛋白消化率 PD
对照组 control group	56.66	30.91 ^a	10.57	75.95	73.72	75.55
试验组 test group	55.76	25.62 ^b	10.57	77.64	78.24	79.65

注:同表4

Notes: same as table 4

表6 2组草鱼的血浆中钙、磷、镁和小肽总量

Tab.6 The contents of Ca, P, Mg and small peptides in blood plasma of grass carps in 2 experimental groups

组别 group	钙($\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$) Ca	磷($\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$) P	镁($\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$) Mg	小肽($10^3 \times \text{UV}^2 \cdot 100 \mu\text{L}^{-1}$) small peptides
对照组 control group	1.93	3.86	1.35 ^a	14412 ^a
试验组 test group	2.08	4.04	1.91 ^b	33228 ^b

注:同表4

Notes: same as table 4

3 讨论

在实验草鱼日粮中添加0.5%鱼粉水解物

后,显著提高了草鱼的生长性能,表现为草鱼特定生长率和蛋白保留效率显著提高,降低了饲料系数和肝胰脏、肠系膜脂肪含量。草鱼日粮中添加

鱼粉水解物后,其日粮提供的蛋白质、氨基酸种类和数量与对照组并无差异,添加面粉水解物后草鱼表现出更高的生长性能不能从增加日粮氨基酸的总量和改善氨基酸的平衡来解释。而可能与面粉水解物中的小肽能够增加肠道小肽载体对小肽和游离氨基酸的转运能力,提高氨基酸的吸收速度有关。另外,小肽中存在多种生物活性肽,如磷肽、阿片肽、内啡肽、促泌肽等,它们可在消化过程中释放出来,发挥其生理作用,促进消化道的蠕动,改善消化机能^[6,7]。这从本实验中添加鱼粉水解物小肽后草鱼饲料表观消化率与蛋白消化率有所提高亦得到了一定程度的证实,所以,小肽的作用是氨基酸所不能替代的,因为某些肽的生理活性是与其特定的结构有关,在消化过程中发挥着重要的生理功能。

对本实验草鱼血浆肽进行 HPLC 分析表明,日粮中添加鱼粉水解物小肽后,草鱼血浆中小肽含量较对照组显著提高。传统认为小肽可以完整进入肠上皮细胞内,在细胞浆肽酶的水解作用下主要以游离氨基酸(FAA)的形式进入血液循环,但越来越多的研究证实,一些小肽可完整地进入血液循环,血液循环中的小肽量可能受到日粮中肽的影响^[8]。本实验表明,草鱼血液循环中的肽量与其生长性能之间可能存在一定程度的关系,因为,消化道中的底物肽能影响血液循环中的肽含量,而后者影响着草鱼机体蛋白质合成能力。实验组日粮中添加鱼粉水解物小肽后,显著提高了草鱼生长性能的另一原因是提高了草鱼机体蛋白质合成能力,降低了吸收蛋白质转化为脂肪沉积在鱼体中。这从添加鱼粉水解物组草鱼的相对

生长率、蛋白沉积效率显著高于实验组,肠脂比、肝胰脏脂肪含量及全鱼脂肪含量显著性低于实验组得到证实。综上所述,鱼粉水解物小肽对草鱼生长性能的促进作用是通过影响蛋白质的消化吸收和蛋白质的代谢表现出来,但进一步的机理尚需要深入研究。

日粮中添加一定比例鱼粉水解物小肽可以使草鱼血浆中镁的含量增高,这与许多利用肉类与内脏水解物中的肽所做实验报道相似^[9]。一般认为,提高机体对矿物元素的利用可能与日粮所提供的肽的种类和数量有关。

参考文献:

- [1] Takeda M, Takai K. Gustation and nutrition in fishes: application to aquaculture [A]. Hara T J. Fish Chemoreception [M]. Chapman & Hall, London, 1992. 271-287.
- [2] Erba D, Ciappellano S, Testolin G. Effect of casein-phosphopeptides on inhibition of calcium intestinal absorption due to phosphate [J]. Nutrition Research, 2001, (21):649-656.
- [3] Carine J, Minter S, Peer F. Nutritional compositions containing beta casomorphins [J]. Uk-patent Application, 1989. (2):214-810.
- [4] Parisini P, Scipioni P. Effects of peptide component in a proteolysate in piglet nutrition [J]. Zootecnica e Nutrizione animale, 1989, (15):637-644.
- [5] Buchmann N B, Boza J. Protein V enzymic protein hydrolysates: nitrogen utilization in starved rats [J]. J Agric Food Chem, 1979, (30):583-589.
- [6] Leonard A, Maynard A B. Animal nutrition [M]. McGraw-Hill Book Company, New York, 2000.
- [7] Infante J L Z. Nutritional rehabilitation of malnourished rats by di- and tripeptides: nitrogen metabolism and intestinal response [J]. J Nutr Biochem, 1992, (3):285-290.
- [8] Daneil H, Baumann S A. Physiological importance and characteristics of peptide transport in intestinal epithelial cells [M]. EAAP Publication, New York, 1994.
- [9] Maria K K, Bamba T. Iron speciation in intestinal contents of rats fed meal composed of meat and non meat sources of protein and fat [J]. Food Chem, 1995, (52):47-56.