

文章编号: 0001-0615(2000)05-0438-04

葡萄糖和玉米淀粉对草鱼生长 和肠系膜脂肪沉积的影响

田丽霞, 刘永坚, 刘栋辉, 梁桂英, 廖翔华
(中山大学生命科学学院, 广东 广州 510275)

摘要: 采用30%葡萄糖或玉米淀粉作为糖源的配制两种纯化饲料, 饲养初始体重为(35.94±1.86)g的两组草鱼, 经过为期9周的生长试验, 观察葡萄糖和玉米淀粉对草鱼生长和肠系膜脂肪沉积的影响。实验结果显示: 摄食葡萄糖饲料的草鱼其相对增长率、饲料效率和蛋白质效率均显著高于玉米淀粉组, 而肠系膜脂肪占鱼体的百分比在葡萄糖饲料组和淀粉饲料组之间存在显著性差异, 分别为1.85%±0.46%和3.56%±0.45%。由此可见, 葡萄糖比玉米淀粉对草鱼的生长具有更好的作用, 而玉米淀粉比葡萄糖更容易引起草鱼肠系膜脂肪沉积的增加。

关键词: 葡萄糖; 玉米淀粉; 草鱼; 生长; 肠系膜脂肪

中图分类号: S917 文献标识码: A

Effects of glucose and corn starch on growth and the fat deposition in the mesentery of grass carp

TIAN Li-xia, LIU Yong-jian, LIU Dong-hui, LIANG Gui-ying, LIAO Xiang-hua
(School of Life Sciences, Zhongshan University, Guangzhou 510275, China)

Abstract: In the experiment, two groups of fish with an initial body weight of (35.94±1.86) g were reared fed with two diets, which contain 30% glucose or corn starch for nine weeks. The results showed that the fish fed with glucose diet had significantly ($P < 0.05$) higher relative growth rate, feed efficiency and protein efficiency ratio than those fed with corn starch diet. In addition, significant difference was found in the content of mesentery fat between grass carp fed with glucose diet and those fed with corn starch diet (1.85%±0.46% and 3.56%±0.45%). The results suggest that glucose in the diet has better effects on the growth of grass carp than corn starch in the diet, while corn starch will increase fat deposition in the mesentery of grass carp more easily than glucose.

Key words: glucose; corn starch; *Ctenopharyngodon idellus*; growth; mesentery fat

糖是三种能量营养素中最为经济的一种, 鱼类对糖的利用率不仅取决于饲料中糖的含量, 而且与糖的复杂程度也有关。有些鱼类能够很好地利用单糖, 例如 Buhler 和 Halver^[1] 给鲑鱼投喂 20% 不同种类的糖时发现葡萄糖使鱼获得最好的生长率, 其次是麦芽糖、蔗糖、糊精和淀粉。Bergot^[2] 在鳟鱼同样发现葡萄糖组比淀粉组有较好的生长率, 饲料转换率以及蛋白质效率。而另一些种类则不能

收稿日期: 2000-03-21

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(39970576)

作者简介: 田丽霞(1964-), 女, 山西人, 讲师, 主要从事鱼类营养学方面的研究。Tel: 020-84110789, E-mail: ls59@zsu.edu.cn

© 1994-2013 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

很好地利用单糖作为能量来源, 例如斑点叉尾鮰、鲈鱼、真鲷、鲤以及罗非鱼^[3-5]。草鱼 (*Ctenopharyngodon idellus*) 是我国最主要的养殖品种之一, 这种典型的草食性鱼类对不同种类糖的利用情况有何特点, 目前尚未见有详尽的研究报道。最近我们在研究草鱼糖代谢过程中发现, 饲料中糖的种类影响草鱼的生长, 同时也明显影响草鱼肠系膜脂肪的沉积。现将有关结果报告如下。

表 1 试验饲料配方及营养组成

Tab. 1 Formulation and composition of experimental diets

	葡萄糖饲料	淀粉饲料
配方 (%)		
酪蛋白	32.0	32.0
明胶	8.0	8.0
葡萄糖	30.0	0
玉米淀粉	0	30.0
玉米油	3.0	3.0
混合鱼油*	3.0	3.0
复合维生素 ^[6]	2.0	2.0
复合无机盐 ^[7]	8.0	8.0
纤维素	11.9	11.9
Vc**	1.0	1.0
胆碱	0.6	0.6
三氧化二铬	0.5	0.5
营养成分组成		
水份	11.54	11.35
粗蛋白	36.96	36.21
粗脂肪	5.58	5.81
总糖	24.15	25.42
灰分	3.43	3.36

注: * 混合鱼油采用新西兰 Bakels Edible 油脂公司生产, 由广州奇通贸易公司提供; ** Vc 采用 25% Vc 多聚磷酸酯。

1 材料与方法

1.1 试验饲料、试验鱼和饲养管理

试验饲料配方和成分分析如表 1 所示。颗粒饲料粒径为 1.5mm, 试验草鱼由本室鱼场提供, 平均体重为 $35.94 \pm 1.86\text{g}$ 。饲养试验在室内循环流水过滤水族箱中(98cm × 48cm × 42cm) 进行。每种饲料设置三个平行箱, 每箱放鱼 25 尾。水源为曝气去氯后的自来水。水温平均为 $29.02 \pm 1.51\text{ }^\circ\text{C}$ 。水中溶氧量为 $6.60 \pm 0.90\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$, pH 值为 7.38 ± 0.18 , 氨氮含量为 $0.002 \pm 0.003\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 。试验前将草鱼驯养 4 周使之适应环境。正式试验开始时, 称草鱼初始体重, 日投喂率为鱼体重的 5%, 饲料分成 6 等份, 分别于 9:00, 11:00, 13:00, 15:00, 17:00, 19:00 各投喂一次。每 2 周称一次总体重, 检查生长情况, 并相应调整投喂量。每天最后一次投喂 1h 后, 清除箱内残饵, 然后采用虹吸法收集粪便, 挑选膜包完整的粪粒于 $105\text{ }^\circ\text{C}$ 烘干后, 置 $-20\text{ }^\circ\text{C}$ 冰箱保存备测, 饲养周期为 9 周。

1.2 样品采集和分析

试验结束时, 鱼体称重。空腹 24h 之后, 随机从每箱取鱼 3 尾, 立即处死, 剪碎, 在 $105\text{ }^\circ\text{C}$ 烘至恒重, 制备全鱼样品。另取 3 尾鱼毁髓, 分别从静脉窦采血, 静置 2h, 以 $10\ 000\ \text{r}\cdot\text{min}^{-1}$ 的转速离心 15min, 制得血清样品, 置 $-20\text{ }^\circ\text{C}$ 冰箱以备分析。再取 3 尾鱼, 取内脏, 制备肝胰脏样品。采用 $105\text{ }^\circ\text{C}$ 常压干燥法, 凯氏定氮法, 索氏抽提法及 $550\text{ }^\circ\text{C}$ 灼烧法分别测定全鱼的水分、粗蛋白、脂肪和灰分。血清葡萄糖含量的测定采用葡萄糖氧化酶法, 血清甘油三酯测定采用甘油磷酸氧化酶法。饲料和粪便的蛋白含量, 粗脂肪含量测定与全鱼测定方法相同。淀粉及总糖的测定采用 3, 5 二硝基水杨酸法。消化率的测定采用以 Cr_2O_3 作为指标物的间接法, Cr_2O_3 的测定参考文献[8]。

1.3 试验结果的统计分析

试验结果用平均数 ± 标准差表示, 采用 t- 检验分析试验结果平均数的差异显著性 ($P < 0.05$)。

2 试验结果

2.1 生长情况及表观消化率

从表 2 可以看出, 摄食葡萄糖饲料的草鱼其相对生长率, 饲料效率和蛋白质效率均显著高于玉

米淀粉组。同时,草鱼对葡萄糖饲料的干物质表观消化率和总糖表观消化率均高于玉米淀粉组。而粗蛋白表观消化率在两饲料组间无显著性差异。

2.2 草鱼全鱼营养成分组成及血清葡萄糖和血清甘油三酯水平

由表3可见,草鱼摄食葡萄糖饲料后全鱼水份含量略高于玉米淀粉组,而脂肪含量则低于淀粉组,呈相反关系。全鱼蛋白质和灰分含量不受饲料中糖的种类影响。草鱼摄食淀粉饲料后,血清葡萄糖和血清甘油三酯水平略高于葡萄糖组,但两组间差异不显著($P > 0.05$)。

表2 葡萄糖和玉米淀粉对草鱼生长和消化率的影响(%)

Tab 2 Effects of glucose and corn starch on growth performance and digestibility in grass carp (%)

组别	葡萄糖组	淀粉组
相对增长率	307.53 ± 10.16 ^a	256.17 ± 24.53 ^b
饲料效率	76.29 ± 1.02 ^a	64.77 ± 1.51 ^b
蛋白质效率	2.06 ± 0.03 ^a	1.79 ± 0.04 ^b
干物质表观消化率	81.61 ± 0.34 ^a	79.70 ± 0.83 ^b
总糖表观消化率	94.63 ± 1.05 ^a	88.53 ± 3.88 ^a
蛋白质表观消化率	98.60 ± 0.35 ^a	98.58 ± 0.23 ^a

注: a、b 表示有显著差异($P < 0.05$),表中各评价指标计算公式参考文献[9],其中蛋白质效率 = (终末平均体重 - 初始平均体重) / 平均每尾鱼摄入蛋白质总量。

表3 葡萄糖和玉米淀粉对草鱼鱼体组成及血清葡萄糖和血清甘油三酯水平的影响

Tab 3 Effects of glucose and corn starch on body compositions and serum glucose, serum triglyceride levels of grass carp

组别	葡萄糖组	淀粉组
水份(%)	71.33 ± 1.30 ^a	68.76 ± 1.47 ^a
粗蛋白(%)	15.98 ± 0.26 ^a	15.83 ± 0.25 ^a
粗脂肪(%)	8.96 ± 0.54 ^a	11.72 ± 1.75 ^a
灰分(%)	3.19 ± 0.26 ^a	3.18 ± 0.05 ^a
血清葡萄糖含量(mg · (100mL) ⁻¹)	125.26 ± 17.06 ^a	138.73 ± 32.20 ^a
血清甘油三酯含量(mg · (100mL) ⁻¹)	202.42 ± 22.86 ^a	233.64 ± 29.51 ^a

注: a 表示有显著差异($P < 0.05$)。

2.3 饲料中葡萄糖和玉米淀粉对草鱼肥满度和肠系膜脂肪沉积的影响

由表4可见,草鱼摄食葡萄糖饲料和淀粉饲料后,其肥满度、内脏比、肠脂比均有一定的差异,其中,对肠脂比的影响尤为明显,摄食玉米淀粉的草鱼其肠系膜脂肪占鱼体重的百分比(3.56% ± 0.45%)显著高于摄食葡萄糖饲料组(1.85% ± 0.46%)。除去内脏的躯壳比,则表现为玉米淀粉组显著低于葡萄糖组,即可食部分减少。而肝比在两组间无显著性差异。

表4 葡萄糖和玉米淀粉对草鱼肥满度以及肠系膜脂肪沉积的影响(%)

Tab 4 Effects of glucose and corn starch on condition factor and deposition of fat in the mesentery of grass carp (%)

组别	葡萄糖组	淀粉组
肥满度	1.84 ± 0.12 ^a	1.89 ± 0.08 ^a
内脏比	7.54 ± 0.50 ^b	9.12 ± 0.27 ^a
肝比	2.11 ± 0.29 ^a	2.40 ± 0.08 ^a
肠脂比	1.85 ± 0.46 ^b	3.56 ± 0.45 ^a
躯壳比	92.46 ± 0.52 ^a	90.87 ± 0.44 ^b

注: a、b 表示有显著差异($P < 0.05$),表中各评价指标计算公式参考文献[10]。

3 讨论

与陆生动物相比,鱼类对糖的利用程度相对

较低,且不同种类之间也存在差异。长期给鳟鱼投喂高糖饲料会抑制其生长,产生高血糖症及高死亡率^[11,12]。Philips^[11]建议鳟鱼饲料中可消化糖以不超过12%为宜。Buhler和Halver^[11]认为鲑鱼饲料中糖的最高含量应为20%左右,Shimeno^[13]认为鳊鱼饲料中糖含量应小于10%。一般来说,对海水鱼和冷水鱼饲料中可消化糖不超过20%是合适的^[14-16],而淡水鱼和温水鱼则可利用较高水平的糖类,如斑点叉尾鮰饲料中的含糖量可达到25%~30%^[17],普通鲤为30%~40%^[18],遮目鱼为35%~45%^[19]。以往的研究表明:饲料中的含糖量适宜时,可减少蛋白质作为能量的消耗,同时可增加ATP的形成,有利于氨基酸的活化,促进鱼体蛋白质的合成。从本研究结果来看,饲料中30%的糖对草鱼的生长没有不利影响,但草鱼摄食不同种类的糖其相对增长率、饲料效率和蛋白质效率均表现出一定的差异,结构简单的葡萄糖比结构复杂的玉米淀粉具有更好的蛋白质节约效果,这一结果与

Buhler^[1]在鲑鱼及 Bergot^[2]在鳟鱼得到的结果是一致的。

草鱼在天然水域中主要以水草为食, 使用配合饲料后往往出现鱼体腹部膨大, 肝胰脏肥大, 肠系膜脂肪增多, 可食部分相对减少, 肉质下降, 即所谓“大肚鲢”现象。这在国外其它一些养殖品种, 如鳊鱼、真鲷、虹鳟、鳗鱼、牙鲆等也有类似发生, 严重时影响养殖鱼类的生长、肉质和抗病力。引起肠系膜脂肪沉积的原因较复杂, Philips^[11]的研究表明, 高糖饲料会在鳟鱼体内转化为中性脂肪而堆积于腹腔、肠壁和肝脏内, 甚至引起“脂肪肝”。Anderson^[5]研究发现, 罗非鱼饲料中糖类提供的能量过多时会造成内脏周围积累大量脂肪。林鼎等^[20]也曾研究发现高蛋白饲料会诱发脂肪肝病变, 而高糖饲料似乎并不诱发脂肪肝, 但会引起肠系膜脂肪增多。毛永庆等^[10]研究发现投喂配合饲料的草鱼肠系膜脂肪占鱼体重的 6.54%, 而投喂青草的鱼只占 1.35%, 前者是后者的 5 倍。从本实验的结果来看, 饲料中糖的结构与草鱼肠系膜脂肪密切相关。摄食葡萄糖饲料的草鱼肠系膜脂肪占鱼体的百分比为 1.85% ± 0.46%, 而摄食玉米淀粉的草鱼肠系膜脂肪占鱼体的百分比显著高于前者, 为 3.56% ± 0.45%, 由此看来, 结构复杂的玉米淀粉比结构简单的葡萄糖更容易引起草鱼肠系膜脂肪的增加。与此同时, 摄食淀粉饲料的草鱼可食部分的相对重量比摄食葡萄糖饲料的草鱼明显降低。这一结果给我们提供了新的思考方向: 草鱼肠系膜脂肪沉积发生的机理是什么? 为什么饲料中单糖和多糖会造成草鱼肠系膜脂肪如此明显的差异? 至于不同种类的糖在体内的代谢途径则有待于通过测定影响其代谢合成的酶类以及同位素示踪技术加以进一步了解。

参考文献:

- [1] Buhler D R, Halver J E. Nutrition of salmonoid fishes. IX. Carbohydrate requirements of chinook salmon[J]. J Nutr, 1961, 74: 307- 318.
- [2] Bergot F. Carbohydrate in rainbow trout diets effects of the level and source of carbohydrate and the number of meals on growth and body composition[J]. Aquac, 1979, 18: 157- 167.
- [3] Wilson R P, Poe W E. Apparent inability of channel catfish to utilize dietary mono- and disaccharides as energy sources[J]. J Nutr, 1987, 117: 280- 285.
- [4] Funichi M, Yone Y. Availability of carbohydrate in nutrition of carp and red sea bream[J]. Bull Jap Soc Sci Fish, 1982, 48: 945- 948.
- [5] Anderson J, Jackson A J, Matty A J, et al. Effect of dietary carbohydrate and fiber on the tilapia *Oreochromis niloticus* [J]. Aquac, 1984, 37: 303- 314.
- [6] Ogino C, Yang G Y. Requirement of rainbow trout for dietary zinc[J]. Bull Jap Soc Sci Fish, 1978, 44(9): 1015- 1018.
- [7] 黄耀桐, 刘永坚. 草鱼鱼种无机盐需要量研究[J]. 水生生物学报, 1989, 13(2): 135- 151.
- [8] Furukawa A, Tsukahara H. On the acid digestion method for the determination of chromic oxide as an index substance in the study of digestibility of fish feed[J]. Bull Jap Soc Sci Fish, 1966, 32: 502- 506.
- [9] 李爱杰. 水产动物营养与饲料学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1996. 20, 119, 184.
- [10] 毛永庆, 林 鼎, 刘永坚. 饲料与塘养鱼类的生长、生物性状和成份关系[A]. 中国粮油学会、饲料专业学会、第三届年会论文集[C]. 太原. 1990, 117- 123.
- [11] Philips A M, Jr Tunison A V, Brockway D R. Utilization of carbohydrates by trout[J]. Fish Res Bull, 1948, 11: 8- 14.
- [12] Austreng E, Risa S, Edwards D J, Hvidsten H. Carbohydrate in rainbow trout diets. II Influence of carbohydrate levels on chemical composition and feed utilization of fish from different families[J]. Aquac, 1977, 11: 39- 50.
- [13] Shimeno S. Yellowtail, *Seriola quinqueradiata*[A]. Wilson R P, ed: Hand book of nutrient requirements of finfish[C]. CRC Press Boca Raton. FL, 1991. 181- 191.
- [14] Cowey C B, Adron J W, Brown D A. Studies on the nutrition of marine flatfish. The metabolism of glucose by plaice (*Pleuronectes platessa*) and the effect of dietary energy source on protein utilization in plaice[J]. Br J Nutr, 1975, 33: 219- 231.
- [15] Hilton J W, Atkinson J L. Response of rainbow trout (*Salmo gairdneri*) to increased levels of available carbohydrate in practical trout diets [J]. Br J Nutr, 1982, 47: 597- 607.
- [16] Boonyaratpalin M. Asian seabass *Lates calcarifer*[A]. Handbook of nutrient requirements of finfish[C]. CRC Press, Boca Raton. FL, 1991. 5- 11.
- [17] Wilson R P. Channel Catfish, *Ictalurus punctatus*[A]. Handbook of nutrient requirements of finfish[C]. CRC Press. Boca Raton. FL, 1991. 35- 53.
- [18] Satoh S. Common carp, *Cyprinus carpio*[A]. Handbook of nutrient requirement of finfish[C]. CRC Press. Boca Raton. FL, 1991. 55- 67.
- [19] Lim C. Milkfish, *Chanos chanos*[A]. Handbook of nutrient requirement of finfish[C]. CRC Press. Boca Raton. FL, 1991. 97- 104.
- [20] 林 鼎, 毛永庆. 养殖鱼类肉质改善研究[A]. 全国畜牧水产饲料开发利用科技交流会论文集(水产部分)[C]. 1988, 295- 300.