

草鱼摄食后血糖和肝糖原质量分数的变化^{*}

赵万鹏¹, 刘永坚², 潘 庆³, 林 鼎²
(1. 河南信阳师范学院生物系, 河南 信阳 464000;
2. 中山大学生命科学学院, 广东 广州 510275;
3. 华南农业大学动物科学系, 广东 广州 510642)

摘 要: 以 w 均为 30% 的酪蛋白为蛋白源, w 为 45% 的葡萄糖、糊精、马铃薯淀粉和 w 为 45% 马铃薯淀粉 + w 为 0.5% Cr_2O_3 为糖源的 4 种试验饲料饲喂草鱼, 50 d 后测定其血糖和肝糖原在摄食后不同时间的质量分数。结果表明, 葡萄糖组、糊精组、淀粉组和淀粉 + Cr_2O_3 组草鱼血糖的质量分数最高值分别出现在摄食后 1, 3, 2 和 8 h, 且葡萄糖组的最高值最大; 肝糖原的最高值分别出现在摄食后 5, 3, 3 和 8 h, 且葡萄糖组肝糖原的质量分数最高值最小; 糊精组和淀粉组血糖和肝糖原的质量分数的变化差别较小, 而作为同一糖源的淀粉组和淀粉 + Cr_2O_3 组差别较大, 铬能促进葡萄糖向肝糖原的转化。

关键词: 草鱼; 血糖; 肝糖原; 碳水化合物

中图分类号: S963.16 文献标识码: A 文章编号: 0529-6579 (2002) 03-0064-04

血糖和肝糖原水平是反映动物糖代谢和全身组织细胞功能状态以及内分泌机能的一个重要指标, 同时也可以反映饵料和营养是否适当、肝脏机能是否良好, 因此动物营养学家对此十分重视。Furuichi 等^[1] 对鲤鱼和真鲷、Shimeno^[2] 对鳊鱼和鲤鱼、Abdel-Rahman^[3] 对对虾等的血糖和肝糖原都进行过研究报道。草鱼是中国主要的淡水养殖鱼类之一, 国内学者对其消化率、消化酶活性、脂质利用、葡萄糖耐量试验和糖代谢等进行了研究, 但尚未见到有关草鱼摄食后血糖和肝糖原质量分数动态变化的公开报道。本研究通过测定草鱼摄食后血糖和肝糖原的质量分数的变化, 以了解草鱼对糖的吸收、转化和代谢情况。

1 材料与方法

1.1 试验鱼及饲养管理

试验用草鱼平均初质量 (28.51±0.29) g。本研究设计 4 个试验组, 每组 3 个重复, 随机安排在 12 个 1 000 mm×500 mm×500 mm 的水族箱中, 每箱放鱼 20 尾。试验期 50 d, 试验期间每天北京时间 9:00 和 16:00 分 2 次投喂, 日投饲率 $w=3\%$ 。试验用循环曝气的自来水, 试验期间水温 (23.8±1.6) °C, 溶氧 (6.0±0.2) mg/L, 氨氮 (0.03±0.01) mg/L, pH 6.8 左右, 水质良好。

1.2 试验饲料组成及营养成分

试验饲料是以酪蛋白为蛋白源, $w=45\%$ 的不同碳水化合物为糖源的精制饲料, 4 种试验饲料的原料组成及营养成分质量分数见表 1。试验饲料加工成直径为 2 mm 的颗粒, 经 60 °C 烘干备用。

表 1 试验饲料组成及营养成分质量分数
Tab 1 Composition of diets and nutrients in diets %

成 分	淀粉组	糊精组	葡萄糖组	淀粉+ Cr_2O_3 组
饲料组成				
马铃薯淀粉	45.0	—	—	45.0
糊精	—	45.0	—	—
葡萄糖	—	—	45.0	—
Cr_2O_3	—	—	—	0.5
酪蛋白	30.0	30.0	30.0	30.0
纤维素	10.5	10.5	10.5	10.5
羧甲基纤维素	2.8	2.8	2.8	2.3
鱼肝油	1.5	1.5	1.5	1.5
玉米油	1.5	1.5	1.5	1.5
混合维生素	2.2	2.2	2.2	2.2
混合无机盐	6.5	6.5	6.5	6.5
营养成分				
水分	9.8	8.8	4.7	8.5
粗蛋白	27.5	28.5	25.2	28.2
粗脂肪	1.4	1.5	1.6	1.5
还原糖	43.6	40.6	40.1	43.7
灰分	5.4	5.4	5.8	5.7

^{*} 收稿日期: 2001-09-21
作者简介: 赵万鹏 (1962-), 男, 副教授; E-mail: shwuxi@xytc.edu.cn
(C)1994-2019 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

1.3 取样与血糖、肝糖原质量分数的测定

草鱼饲养 50 d 后, 禁食 24 h 投喂, 分别于摄食后 0, 1, 2, 3, 5, 8, 12 h 每次每箱随机取出 2 尾鱼, 从尾静脉取血。将同次同箱所取 2 尾鱼的血样混合, 在取出后 15 min 内以 10 000 r/min 离心 5 min, 分离出血清, 置-20 ℃冰箱中保存, 以备血糖测定。血糖质量分数用葡萄糖氧化酶法测定。

立即取摄食后 0, 3, 5, 8, 12 h 取过血样的鱼之部分肝胰脏, 将同箱同时间点取出的 2 尾鱼之肝胰脏一起精确称量, 液氮速冻后置-20 ℃冰箱保存备用测肝糖原^{*}。肝糖原质量分数的测定采用蒽酮法。

2 结 果

2.1 血糖质量分数的动态变化

草鱼摄食不同碳水化合物饲料后血糖质量分数

的变化情况如表 2 和图 1 所示。可以看出, 4 个试验组的血糖质量分数在禁食 24 h 后为 2.57~3.56 mmol/L, 摄食后 12 h 为 3.30~4.55 mmol/L, 两者在各组之间均无显著差异($P>0.05$)。葡萄糖组血糖质量分数在摄食后迅速增加, 1 h 达到最大, 在较高血糖水平维持 1~2 h 后开始缓慢下降, 摄食后 8 h 基本恢复到摄食前水平; 糊精组血糖质量分数在摄食后 2 h 内并未见明显升高, 而摄食后 3 h 迅速达到最大, 在较高血糖水平维持约 2 h 后开始下降, 摄食后 8 h 降到摄食前水平; 淀粉组血糖质量分数在摄食后 2 h 达到最大, 在较高血糖水平维持约 1 h 后下降, 摄食后 5 h 血糖质量分数降到摄食前水平; 淀粉+Cr₂O₃ 组血糖水平在摄食后 3 h 内并未明显升高, 摄食后 5~8 h 才达最大, 摄食后 12 h 血糖质量分数还未恢复至摄食前水平。

表 2 草鱼摄食后不同时间的血糖质量分数¹⁾

Tah 2 Blood sugar levels at different time after feeding in grass carp mmol/L

摄食后时间/h	葡萄糖组	糊精组	淀粉组	淀粉+Cr ₂ O ₃ 组
0	2.57±0.07 ^{a, A}	3.14±0.54 ^{a, A}	3.56±0.71 ^{a, A}	2.84±0.41 ^{a, A}
1	7.79±0.60 ^{h, A}	3.86±0.01 ^{a, B}	4.64±0.17 ^{a, B}	3.63±0.28 ^{a, B}
2	6.90±0.13 ^{bc, A}	3.90±0.54 ^{a, B}	6.04±0.77 ^{h, A}	3.66±0.01 ^{a, B}
3	6.23±0.92 ^{led, A}	6.48±0.45 ^{h, A}	5.60±0.01 ^{h, A}	3.81±0.41 ^{a, B}
5	5.03±0.78 ^{cd, AB}	5.80±0.19 ^{b, A}	3.39±0.25 ^{a, B}	5.78±0.21 ^{b, A}
8	4.06±0.81 ^{al, A}	4.06±0.29 ^{a, A}	2.87±0.33 ^{a, A}	6.60±0.28 ^{h, B}
12	4.55±0.42 ^{acd, A}	3.80±0.25 ^{a, A}	3.30±0.78 ^{a, A}	4.27±0.59 ^{c, A}

1) 同列数据右上标有相同小写字母的表示无显著差异($P>0.05$);
同行数据右上标有相同大写字母的表示无显著差异($P>0.05$)

比较 4 个试验组血糖质量分数的动态变化: 从血糖的质量分数高峰值出现的时间看, 葡萄糖组、糊精组、淀粉组和淀粉+Cr₂O₃ 组血糖的最高值分别出现在摄食后 1, 3, 2 和 8 h; 从血糖的高峰值的大小看, 葡萄糖组最大, 与其它 3 个试验组间均存在显著差异($P<0.05$), 而这 3 组之间无显著差异($P>0.05$); 从血糖质量分数的变化速度看, 葡萄糖组摄食后血糖升高最快, 淀粉组次之, 糊精组和淀粉+Cr₂O₃ 组较慢。

2.2 肝糖原质量分数的动态变化

草鱼摄食不同碳水化合物饲料后肝糖原质量分数的变化情况如表 3 和图 2 所示。可以看出, 4 个试验组的肝糖原质量分数在禁食 24 h 后为 6.14%~7.56%, 在摄食后 12h 为 7.32%~8.36%, 两者在各组之间均无显著差异($P>0.05$)。葡萄糖组肝糖原质量分数在摄食后 5 h 达到最大, 摄食后 8 h

已恢复至摄食前水平; 糊精组肝糖原质量分数在摄食后 3 h 达到最大, 在较高水平维持约 2 h 后下降, 摄食后 8 h 基本恢复到摄食前水平; 淀粉组肝糖原质量分数在摄食后 3 h 达到最大, 然后下降, 但到摄食后 12 h 仍未降到摄食前水平; 淀粉+Cr₂O₃ 组肝糖原质量分数在摄食后 8 h 达到最大, 然后较快下降, 摄食后 12 h 就已恢复至摄食前水平。

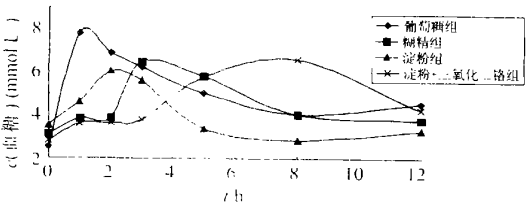


图 1 草鱼摄食后血糖质量分数的变化
Fig. 1 Changes of blood sugar levels after feeding in grass carp

^{*} 本文所述肝糖原均为肝胰脏糖原。
(C)1994-2019 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

表 3 草鱼摄食后不同时间的肝糖原质量分数 (湿质量)¹⁾

Tah 3 Liver glycogen concentration at different time after feeding in grass carp (fresh matter) %

摄食后时间/h	葡萄糖组	糊精组	淀粉组	淀粉+Cr ₂ O ₃ 组
0	6.78±0.86 ^{a,A}	6.14±0.88 ^{a,A}	6.69±0.07 ^{a,A}	7.56±0.47 ^{a,A}
3	7.18±0.78 ^{a,A}	10.34±0.47 ^{b,BC}	9.53±0.08 ^{b,BC}	8.18±0.82 ^{a,AC}
5	8.89±0.01 ^{b,A}	9.75±0.13 ^{b,A}	8.43±0.40 ^{c,A}	9.91±1.10 ^{ac,A}
8	6.83±0.20 ^{a,A}	7.30±0.70 ^{a,A}	8.25±0.25 ^{c,A}	11.25±0.36 ^{bc,B}
12	7.32±0.48 ^{a,A}	7.67±1.27 ^{a,A}	8.36±0.05 ^{c,A}	7.51±0.99 ^{a,A}

1) 同列数据右上标有相同小写字母表示无显著差异 ($P>0.05$);
同行数据右上标有相同大写字母表示无显著差异 ($P>0.05$)

比较 4 个试验组肝糖原质量分数的动态变化: 从高峰值出现的时间看, 葡萄糖组、糊精组、淀粉组、淀粉+Cr₂O₃ 组肝糖原最高值分别出现在摄食后 5, 3, 3 和 8 h; 从肝糖原高峰值的大小看, 淀粉+Cr₂O₃ 组最大, 为 11.25%, 葡萄糖组最小, 为 8.89%。

比较草鱼摄食后血糖和肝糖原质量分数的动态变化, 可以看出, 除葡萄糖组血糖和肝糖原质量分数的变化不同步外(前者的最大值出现在摄食后 1 h, 而后的最大值出现在摄食后 5 h), 其它 3 个试验组血糖和肝糖原质量分数的变化基本同步, 即两者最大值出现的时间基本相当。另外, 葡萄糖组血糖质量分数最大值较大, 而其肝糖原质量分数最大值较小; 作为同一碳水化合物源的淀粉组和淀粉+Cr₂O₃ 组, 它们的血糖质量分数和肝糖原质量分数的最大值出现的时间存在着明显不同。

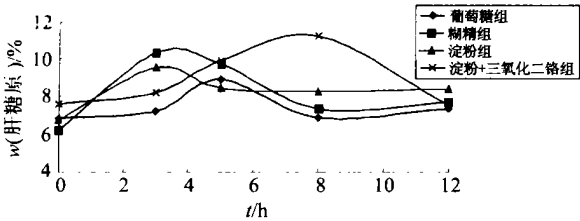


图 2 草鱼摄食后肝糖原质量分数的变化
Fig 2 Changes of liver glycogen concentration after feeding in grass carp

3 分析与讨论

草鱼摄食后, 食物中的多糖类物质被分解产生葡萄糖等, 葡萄糖经肠吸收通过门脉进入肝脏, 一部分葡萄糖通过肝脏进入体内循环, 形成食饵性的血糖上升, 然后被肝外组织摄取形成肌糖原或被氧化供能或转化为脂肪等; 一部分葡萄糖由肝细胞摄取合成肝糖原贮存在肝脏中, 肝糖原在内分泌调节的基础上进行分解, 产生的葡萄糖进入循环以维持血糖的基本稳定。

(1) 本试验的葡萄糖组血糖质量分数在摄食后

1 h 即达高峰, 早于淀粉组、糊精组和淀粉+Cr₂O₃ 组, 并且是高峰值最大的, 这是容易理解的, 因饲料中分子结构简单的葡萄糖不经消化即可被吸收; 但葡萄糖组的肝糖原质量分数在摄食后 5 h 才达最大, 并且是 4 个试验组中肝糖值最低的。这种“一高一低”和时间差是否提示人们草鱼血中葡萄糖的迅速增加与肝脏合成肝糖原的时间和速度不协调, 导致过多的血糖未被利用而流失。温水性鱼类对多糖的利用比单糖好^[1, 4, 5] 是否与此有关。Furuichi 等^[6] 曾对鲤鱼、真鲷和鳊鱼在喂食葡萄糖后, 观察其肝糖之酵解酶和新生酶之活性, 结果发现这些酶都在葡萄糖投与后 2~3 h 活性达到最高值。结合本试验结果, 我们是否可以这样推测, 葡萄糖组由于葡萄糖的吸收过快无法与肝糖原新生酶相配合而使肝糖原积累较少。

(2) 糊精组和淀粉组摄食后血糖质量分数的最大值间无显著差异 ($P>0.05$), 但糊精组最大值出现的时间(3 h) 迟于淀粉组(2 h), 这似乎有悖常理。Furuichi 等^[7] 用糊精质量分数为 0%, 10%, 20%, 30% 和 40% 的饲料饲喂鲤鱼、真鲷、鳊鱼 30 d, $w=40\%$ 糊精组的增重率、饲料效率和糊精的消化吸收率在 3 种鱼均为最低, 而在 $w=10\%$ 糊精组最高; 糖耐量试验和胰岛素质量分数测定结果表明, $w=40\%$ 糊精组在 3 种鱼更易患高血糖, 而且胰岛素水平最低^[8]。看来, 饲料中高质量分数的糊精可能会抑制鱼类对糊精的消化吸收和利用。本试验的糊精组血糖最大值出现的时间较淀粉组晚, 可能与此有关。

(3) 作为同一糖源的淀粉组和淀粉+Cr₂O₃ 组, 血糖和肝糖原的质量分数变化存在明显不同。淀粉+Cr₂O₃ 组摄食后血糖和肝糖原质量分数的增加都比较缓慢, 到摄食后 8 h 才达最大, 且肝糖原质量分数最高, 与淀粉组存在显著差异 ($P<0.05$)。萧锡延^[9] 研究证明饲料中铬之添加可增加罗非鱼的肝糖原质量分数。结合本试验结果, 我们是否可以这

样认为, 铬对草鱼在淀粉消化吸收和转化方面有较大影响, 这不仅与饲料中铬抑制了消化组织分泌淀粉酶或降低了淀粉酶活性有关^[10], 还与铬可能促进葡萄糖向肝糖原的转化有关。

参考文献:

- [1] FURUICHI M, YONE Y. Availability of carbohydrate in nutrition of carp and red sea bream[J]. Bull Jap Soc of Sci Fish, 1982, 48: 945—948.
- [2] SHIMENO S. Comparative studies on carbohydrate metabolism of yellow tail and carp[J]. Bull Jap Soc of Sci Fish, 1977, 43: 213—217.
- [3] ABDEL-RAHMAN S H. Effects of dietary carbohydrate on the growth and the levels of the hepatopancreatic glycogen and serum glucose of prawn[J]. Bull Jap Soc of Sci Fish, 1979, 45: 1491—1494.
- [4] TUNG P H, SHIAU S Y. Effects of meal frequency on growth performance of hybrid tilapia, *Oreochromis niloticus* X *O. aureus*, fed different carbohydrate diets [J]. Aquaculture, 1991, 93: 343—350.
- [5] WILSON R P, POE W E. Apparent inability of channel catfish to utilize mono and disaccharides as energy sources [J]. J Nutr, 1987, 117: 280—285.
- [6] FURUICHI M, YONE Y. Changes in activities of hepatic enzymes related to carbohydrate metabolism of fishes in glucose and insulin-glucose tolerance tests[J]. Bull Jap Soc of Sci Fish, 1982, 48: 463—466.
- [7] FURUICHI M, YONE Y. Effect of dietary dextrin levels on the growth and feed efficiency, the chemical composition of liver and dorsal muscle, and the absorption of dietary protein and dextrin in fishes[J]. Bull Jap Soc of Sci Fish, 1980, 46: 225—229.
- [8] FURICHI M, YONE Y. Changes of blood sugar and plasma insulin levels of fishes in glucose tests[J]. Bull Jap Soc of Fish, 1981, 47: 761—764.
- [9] 萧锡延. 铬元素与鱼类碳水化合物之利用关系 // 鱼虾类营养研究进展(第 II 集)[M]. 青岛: 青岛海洋大学出版社, 1998: 15—22.
- [10] 赵万鹏, 刘永坚, 潘庆, 等. 草鱼对饲料中碳水化合物利用的研究[J]. 中山大学学报(自然科学版), 1999, 38(4): 87—91.

Changes of Blood Sugar and Liver Glycogen Levels after Feeding in Grass Carp

ZHAO Wan peng¹, LIU Yong jian², PAN Qing³, LIN Ding²

(1. Department of Biology, Xinyang Teachers College, Xinyang 464000, China;

2. School of Life Sciences, Sun Yat sen (Zhongshan) University, Guangzhou 510275, China;

3. Department of Animal Science, Huanan Agricultural University, Guangzhou 510642, China)

Abstract: Changes of blood sugar and liver glycogen levels after feeding was proceeded after grass carp were raised with diets containing $w=30\%$ casein and $w=45\%$ glucose, $w=45\%$ dextrin, $w=45\%$ starch, $w=45\%$ starch + $w=0.5\%Cr_2O_3$, respectively. The result indicated that peak values of blood sugar levels was at 1, 3, 2, 8 h and peak value of liver glycogen levels was at 5, 3, 3, 8 h after feeding in glucose group, dextrin group, starch group, starch + Cr_2O_3 group, respectively. The peak valve of blood sugar was most maximal and liver glycogen was most minimal in glucose group. There were a lot of differences between starch group and starch + Cr_2O_3 group in the changes of blood sugar and liver glycogen level. Chromium promoted glucose into liver glycogen.

Key words: grass carp; blood sugar; liver glycogen; carbohydrate