

饲料糖种类和水平对 异育银鲫肝糖原代谢的影响

蔡春芳¹, 陈立侨², 吴 萍¹, 丁 磊¹, 宋学宏¹

(1. 苏州大学 农业科学与技术学院, 江苏 苏州 215006;

2. 华东师范大学 生命科学院, 上海 200062)

摘 要:用分别含 25% 葡萄糖、25% 淀粉及不同水平糊精(5%, 25%, 50%)的 5 种饲料喂养异育银鲫(方正银鲫♀×兴国红鲤♂)6 周, 然后禁食 1、2、4 周, 以摄食后血糖和肝糖原的变化规律及禁食反应来研究肝糖原代谢。实验鱼体重约 15 g。结果表明, 摄食后 25% 葡萄糖组血糖升高速度最快, 升幅最大, 5% 糊精组血糖最低。各组鱼的肝糖原含量在摄食后 4 h 左右达到最大值, 但葡萄糖组在摄食后肝糖原含量反而下降。饲养 6 周后 25% 葡萄糖组和 5% 糊精组基础肝糖原含量显著低于其他各组。禁食时 25% 葡萄糖组和 5% 糊精组的甘油三酯含量比其他各组低, 而总氨基酸水平比其他各组高。上述结果提示在摄食条件下肝糖原的代谢与饲料糖的种类和水平有关, 而禁食反应与体内能量物质的储量有关。

关键词:糖; 糖原; 代谢; 禁食; 异育银鲫

中图分类号:S963.1; Q493.4 **文献标识码:**A

文章编号:1005-8737(2002)04-055-05

大量研究表明^[1], 鱼类对糖的利用能力较低, 而且鱼类对糖的利用能力与糖的种类有关。鲤、沟鲈和罗非鱼等对大分子糖利用性高于小分子糖, 而大鳞大麻哈鱼和高首鲟等却对小分子的葡萄糖利用性高于淀粉、糊精等大分子糖。

我们在异育银鲫 9 次糖耐量试验中发现, 口服 1.67 g/kg 体重的葡萄糖后的最初 2 h 内, 异育银鲫肝糖原含量不是增加而是显著下降。进一步的研究发现, 当口服剂量较低时异育银鲫行肝糖原合成代谢, 而口服剂量较高时行分解代谢(待刊)。因此推测, 造成鱼类对不同糖原利用性差异的根本原因可能在于饲料糖吸收的速度差异。当血糖升高速度较快, 升高幅度较大时, 鱼类内分泌系统的调节功能被打乱, 从而不能有效地将血糖转变为糖原储存起来, 反而分解肝糖原以提供强烈的生理反应所需的能量; 当血糖升高速度比较平缓时, 鱼类才能有效地进

行肝糖原的合成代谢。本实验通过对异育银鲫摄食不同的含糖饲料后肝糖原代谢规律的研究来验证这一推测, 同时探讨饲料糖种类和水平对异育银鲫禁食反应的影响。

1 材料和方法

1.1 试验饲料

试验饲料分别含 25% 的葡萄糖和淀粉及不同水平的糊精(5%、25%、50%), 饲料配方如表 1。制粒后室温风干(以防发生棕色反应影响实验结果), 冰箱 4℃ 保存备用。

1.2 试验鱼及饲养管理

试验用异育银鲫购自苏州吴县水产养殖总场, 体重为 15 g 左右。消毒后驯养在聚乙烯水族箱内, 水族箱容量为 200 L。每天 8:00、14:00 投喂商品饲料, 投饲率为 3%。驯养期间自然光照周期, DO > 6 mg/L, pH 7.5~8.5。驯养 4 周后挑选体格健壮的鱼称重后随机分养于 50 个水族箱, 每个水族箱放养 15 尾。每种饲料投喂 10 个水族箱的鱼, 投饲率 2.5% 左右。其他管理与驯养期间相同。饲养 6 周后部分鱼用于分析测定, 另一部分鱼禁食, 并于禁食 1、2、4

收稿日期: 2002-02-08。

基金项目: 江苏省教委自然科学基金项目。

作者简介: 蔡春芳(1967-), 女, 讲师, 博士研究生, 从事水产动物营养学研究。E-mail: jiangsg@21.com

周后作分析测定。

表1 饲料配方
Table 1 Formulation of the diets

组别 Group	干酪素 Casein	葡萄糖 Glucose	淀粉 Starch	糊精 Dextrin	复合维生素* Vitamin premix	复合无机盐* Mineral premix	鱼油 Fish oil	粘合剂 Binder	微晶纤维素 Fibrin	C ₂ O ₃
25% 葡萄糖组 25% Glucose group	30	25			1	5	5	3	30.9	0.1
25% 淀粉组 25% Starch group	30		25		1	5	5	3	30.9	0.1
25% 糊精组 25% Dextrin group	30			25	1	5	5	3	30.9	0.1
5% 糊精组 5% Dextrin group	30			5	1	5	5	3	50.9	0.1
50% 糊精组 50% Dextrin group	30			50	1	5	5	3	5.9	0.1

注:复合维生素配方参考 Halver 配方,复合无机盐配方参考获野配方^[2]。Note: Vitamin premix is the same as Halver's and mineral premix the same as Diye's^[2].

1.3 取样及分析测定

饲养6周及禁食1、2、4周后称鱼体重,计算增重率和失重率^[3]。

在最后一次投饲后1、2、3、4、5、7、9 h从每个处理组取鱼15尾,100 mg/L MS-222麻醉后尾静脉抽血并取肝胰腺,立即测血糖和肝糖原。以摄食后24 h时的血糖和肝糖原水平为基础水平(记为0 h)。

在禁食1、2、4周后分别从各组取10尾鱼,同样抽血并取肝胰腺。基础水平样品和禁食样品除了测定血糖和肝糖原以外,还要测定其血浆甘油三酯和总氨基酸水平。

血糖测定用 Hagedorn-Jensen 法^[4]。血浆甘油三酯测定用甘油磷酸氧化酶法(试剂盒由上海荣盛生物技术有限公司生产),血浆总氨基酸测定用铜离子络合物法(试剂盒由南京建成生物工程研究所生产),肝糖原测定用蒽酮比色法^[5]。

1.4 数据处理

所有数据经方差分析后 Duncan's 新复极差检验, $P < 0.05$ 为差异显著。

2 结果

2.1 饲料糖种类和水平对摄食和禁食状态下体重变化的影响

如表2所示,经过6周饲养,摄食不同饲料的异育银鲫增重率差异显著。25%淀粉组和25%糊精

组显著高于50%糊精组,25%葡萄糖组的增重率显著低于50%糊精组。5%糊精组的增重率高于25%葡萄糖组同时低于50%糊精组,但差异不显著($P > 0.05$)。

禁食后各组鱼的体重持续下降。统计结果显示,禁食1周后25%葡萄糖组和5%糊精组的失重率显著高于其他3组。禁食2~4周后失重率仍以25%葡萄糖组和5%糊精组最高,但差异不显著($P > 0.05$),而且这种趋势是由于第1周的显著差异带来的。

2.2 饲料糖种类和水平对摄食后血糖和肝糖原变化的影响

由图1可见基础血糖水平差异显著,统计结果显示,50%糊精组基础血糖水平显著高于5%糊精组,25%水平的各组基础血糖差异不显著。摄食后各组鱼的血糖迅速攀升,其中以25%葡萄糖组血糖升高速度最快,幅度最大,50%糊精组血糖峰值也比较高,但峰值出现较迟;25%淀粉组和25%糊精组血糖变化规律相似。摄食后,5%糊精组血糖水平比其他各组低。

饲料糖种类和水平对基础肝糖原含量也有显著影响。由图2可见,50%糊精组肝糖原含量显著高于25%糊精组和25%淀粉组,后者又显著高于25%葡萄糖组和5%糊精组。摄食导致肝糖原发生明显变化:除25%葡萄糖组外,其他各组肝糖原均明显提高,并在4 h左右达到最高水平,其中以5%糊精

组肝糖原升高幅度最大。但25%葡萄糖组肝糖原在摄食后2 h内反而下降,然后缓慢回升,而且在摄食后9 h内未观察到肝糖原水平明显高于基础水平。

表2 饲料糖种类和水平对异育银鲫摄食和禁食状态下体重的影响

Table 2 Effects of types and levels of dietary carbohydrate on body weight change after feeding and starvation

组别 Group	初重/g Initial average body weight	饲养6周增重率/% Weight gain rate after 6-weeks feeding	禁食1周失重率/% Weight loss rate after 1-week starvation	禁食2周失重率/% Weight loss rate after 2-weeks starvation	禁食4周失重率/% Weight loss rate after 4-weeks starvation
25% 葡萄糖组 25% Glucose group	19.76 ± 0.18	51.67 ± 3.76c	2.88 ± 0.16a	5.25 ± 0.31	9.11 ± 0.38
25% 淀粉组 25% Starch group	19.53 ± 0.27	77.52 ± 3.89a	2.53 ± 0.12b	4.90 ± 0.17	8.75 ± 0.29
25% 糊精组 25% Dextrin group	19.84 ± 0.24	75.10 ± 4.21a	2.47 ± 0.14b	4.79 ± 0.25	8.73 ± 0.35
5% 糊精组 5% Dextrin group	19.90 ± 0.26	58.19 ± 5.42bc	2.81 ± 0.11a	5.12 ± 0.19	9.04 ± 0.31
50% 糊精组 50% Dextrin group	19.62 ± 0.21	64.93 ± 5.33b	2.75 ± 0.08a	5.03 ± 0.24	8.82 ± 0.36

注:同列上标相同表示无显著差异, ($P > 0.05$)。

Note: Figures in the same column having the same superscript are not significantly different ($P > 0.05$).

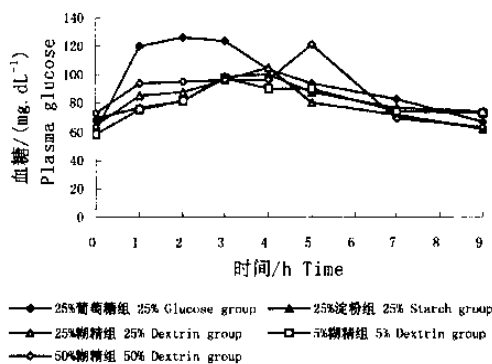


图1 饲料糖种类和水平对摄食后血糖的影响

Fig.1 Effects of types and levels of dietary carbohydrate on plasma glucose concentration after starvation

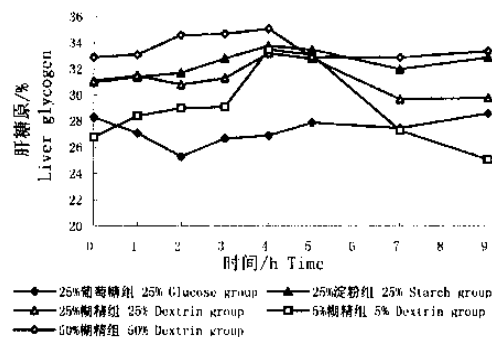


图2 饲料糖种类和水平对摄食后肝糖原的影响

Fig.2 Effects of types and levels of dietary carbohydrate on liver glycogen after starvation

2.3 饲料糖种类和水平对禁食反应的影响

从总体上看,禁食后各组鱼的血糖和肝糖原显著下降(图3、6),血浆甘油三酯、总氨基酸水平显著上升(图4、5),但各组鱼的变化规律略有不同:禁食后25%淀粉组、25%糊精组和50%糊精组血浆甘油三酯升高幅度比另两组大,而后的血浆总氨基酸水平升高幅度比前者大。各组鱼的肝糖原变化规律没有明显差异,均在禁食1周内下降幅度较大,以后继续下降,但下降速度逐渐减小。

3 讨论

已有研究表明^[6],鱼类在摄食含糖饲料后肝糖原含量明显增加。从这个角度讲,鱼类的糖代谢调节机制似乎与陆上动物相似。但几乎所有的糖耐量实验都提示鱼类是先天性的糖尿病患者,口服葡萄糖会导致持久的高血糖^[1]。而且从本实验结果可以看出,50%糊精组的生长速度显著低于25%糊精组,提示高糖饲料会导致异育银鲫的生理不适。

用放射免疫法测定鱼类胰岛素水平发现其相似于甚至高于哺乳类^[7]。但我们仍认为胰岛素的分泌是造成鱼类对糖低利用性的原因,至少是部分原因。本实验发现异育银鲫口服1.67 mg/kg体重的葡萄糖后的最初2 h内,血糖显著升高,而肝糖原却显著

降低。这一研究结果与 Harmon 等^[6]的报道一致。Harmon 等^[8]报道鱼类在口服葡萄糖后最初几小时内胰岛素水平下降,肝糖原含量降低,3 h 后胰岛素分泌达最高水平,肝糖原含量逐渐提高。但他们显然无法解释鱼类摄食后肝糖原增加这一事实。我们推测造成这一矛盾的原因是摄入糖的剂量和种类的差异。当摄入糖的量比较小,或摄入大量需要消化才能吸收的大分子糖时,由于血糖升高幅度较小,鱼类胰岛细胞能正常分泌胰岛素促进肝糖原合成,但当血糖大幅度升高时,造成了鱼体生理功能的紊乱

或激发了负反馈机制,胰岛素的分泌被抑制,胰岛素水平降低,肝糖原分解。从本实验结果可见,异育银鲫在以糊精作饲料糖原时,由于糊精是大分子糖,摄入体内后有一个消化的过程,使血糖升幅比较平缓,肝糖原能正常合成。其中 5% 糊精组血糖水平较低,其肝糖原的升幅反而最大。25% 淀粉组的情况与 25% 糊精组相似。葡萄糖是小分子糖,可以直接吸收,25% 葡萄糖组在摄食后血糖迅速上升,但肝糖原含量反而下降。这一结果验证了我们的推测。

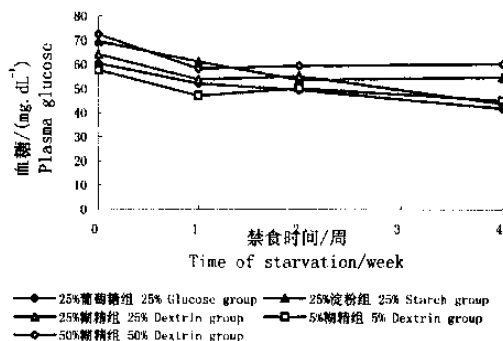


图3 饲料糖种类和水平对禁食后血糖的影响

Fig.3 Effects of types and levels of dietary carbohydrate on plasma glucose change after starvation

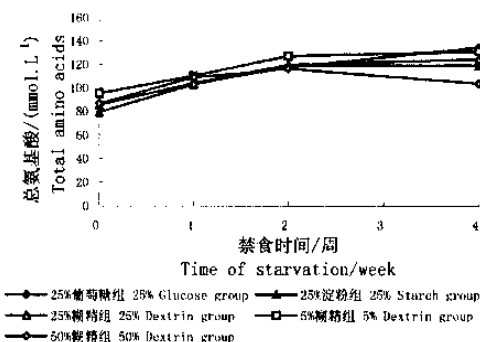


图5 饲料糖种类和水平对禁食后总氨基酸的影响

Fig.5 Effects of types and levels of dietary carbohydrate on total amino acid after starvation

鱼类对外源性糖的利用能力较低,但从本实验结果来看,鱼类对内源性糖的利用能力较强。糖原含量达到峰值后迅速下降,以及禁食第1周内糖原大幅下降,说明大量肝糖原被用作能源消耗了。从

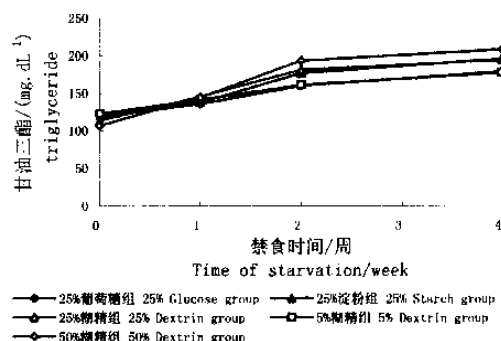


图4 饲料糖种类和水平对禁食后甘油三酯的影响

Fig.4 Effects of types and levels of dietary carbohydrate on triglyceride after starvation

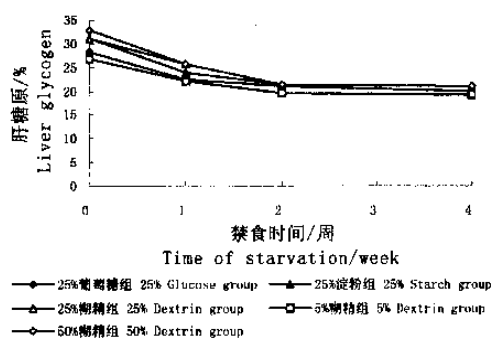


图6 饲料糖种类和水平对禁食后肝糖原的影响

Fig.6 Effects of types and levels of dietary carbohydrate on liver glycogen after starvation

本实验结果还可看出,各组鱼对肝糖原的利用强度与其储备情况有一定的关系,储备多,利用强度大。

鱼类在禁食状态下必然氧化分解储备的能源物质以提供能量,维持生命。Hsieh 和 Shiao^[9]认为禁

食前饲料中所含糖的种类将影响禁食代谢。由本实验结果可见,各组鱼禁食后肝糖原含量下降,血浆甘油三酯和总氨基酸含量提高,说明异育银鲫禁食期间对上述3种能源物质都有利用,但各组鱼对3种能源物质的利用选择上有不同的倾向:25%葡萄糖组和5%糊精组的禁食反应相似,表现为血浆甘油三酯低而总氨基酸含量高;25%淀粉组、25%糊精组和50%糊精组的禁食反应相近,表现为血浆甘油三酯高而总氨基酸含量低。这说明前者靠氧化体蛋白供能较多而后者靠氧化体脂供能较多。这一结果与禁食后体重的变化一致。在3大类能量物质中,单位质量的脂肪在体内氧化后供能最多,消耗较小质量的脂肪就可以提供足够的能量满足生存所需。从各组鱼禁食后的失重情况来看,25%葡萄糖组和5%糊精组失重率明显高于其他组,说明这2组在禁食期间通过脂肪氧化供能较少。体成分分析结果显示25%葡萄糖组和5%糊精组与其他3组的区别在于前者体脂及糖原含量低而后者高(未发表)。因此可以推测,对禁食反应产生直接影响的并不是禁食前饲料中所含糖的种类,而是禁食开始时鱼体内各种能量物质的储备情况。

致谢:苏州大学2001届毕业生浦佩、成文靖、陶红娟、朱

素琴及1998~2000届的部分毕业生参加了本项目的研究,在此表示衷心感谢!

参考文献:

- [1] 蔡春芳. 鱼类糖利用性研究进展[J]. 上海水产大学学报, 1997, 6: 116~123.
- [2] 王道尊. 鱼用配合饲料[M]. 北京: 农业出版社, 1995. 113~124.
- [3] 李爱杰. 水产动物营养与饲料学[M]. 北京: 农业出版社, 1995. 23.
- [4] 北京师范大学生物系生物化学教研室. 基础生物化学实验[M]. 北京: 高等教育出版社, 1984. 165~168.
- [5] 《生物化学》编写小组. 生物化学实验指导[M]. 北京: 人民卫生出版社, 1987. 89~91, 117~119.
- [6] Mazur C N, Higgs D A, Plisetskaya E, et al. Utilization of dietary starch and glucose tolerance in rainbow trout (*Oncorhynchus tshawytscha*) of different strains in sea water[J]. Fish Physiol Biochem, 1992, 10: 203~213.
- [7] Wilson R P. Utilization of dietary carbohydrate by fish[J]. Aqua culture, 1994, 124: 67~80.
- [8] Harmon J S, Eilertson C D, Sheridan M A, et al. Insulin suppression is associated with hypersomatotism and hyperglucagonemia in glucose-injected rainbow trout[J]. Am J Physiol, 1991, 261: 609~613.
- [9] Hsieh S L, Shian S Y. Effects of diets containing different carbohydrates on starved condition in juvenile tilapia *Oreochromis niloticus* × *O. aureus* [J]. Fisheries Science, 2000, 66: 32~37.

Effects of types and levels of dietary carbohydrate on liver glycogen metabolism of allogynogenetic silver crucian carp

CAI Chun-fang¹, CHEN Li-qiao², WU Ping¹, DING Lai¹, SONG Xue-hong¹

(1. School of Agricultural Science and Technology, Suzhou University, Suzhou 215006, China;

2. School of Life Science, East China Normal University, Shanghai 200062, China)

Abstract: Five diets containing three levels of dextrin (5%, 25% and 50%), one level of glucose (25%) and one level of starch (25%), respectively, were fed to allogynogenetic silver crucian carp for six weeks and then the fish were deprived of food for 1, 2 and 4 weeks. The initial body weight of the fish was about 15 g. The fish fed the diet containing 25% glucose got to the peak the earliest with the highest level among the test groups while the fish fed the diet containing 5% dextrin had the lowest plasma glucose concentration. The postprandial liver glycogen contents of all groups peaked in about 4 h except that of the glucose group (25% glucose) which decreased significantly after six weeks feeding. At the end of the six weeks feeding, the fish fed the diets containing 25% glucose and 5% dextrin had significantly lower liver glycogen than the other groups. During the starvation, the plasma triglyceride concentrations in 25% glucose and 5% dextrin groups were lower than the other groups but the total amino acids content was higher. It is concluded that liver glycogen content is affected by types and levels of dietary carbohydrate, but the physiological responses during starvation are affected by the amount of energy matters saved in body.

Key words: carbohydrate; liver glycogen; metabolism; starvation; allogynogenetic silver crucian carp