

文章编号: 0529-6579 (1999) 04-0087-05

草鱼对饲料中碳水化合物利用的研究^{*}

赵万鹏, 刘永坚, 潘 庆, 林 鼎

(中山大学生命科学学院, 广州 510275)

摘 要: 用 ρ 均为 45% 的马铃薯淀粉、糊精、葡萄糖和 45% 马铃薯淀粉 + 0.5% Cr_2O_3 为碳水化合物源的 4 种试验饲料饲喂草鱼, 16 d 后测定消化率, 50 d 后测定消化组织的淀粉酶活性. 结果表明, 日增质量率和饲料效率在各组之间均无显著差异 ($P > 0.05$); 草鱼对淀粉、糊精、葡萄糖和淀粉 + Cr_2O_3 的表观消化率分别为 59.25%, 98.52%, 98.59% 和 57.37%; 各试验组消化组织的淀粉酶活性在摄食后下降, 肝胰脏和前肠、中肠、后肠淀粉酶活性的最低值分别出现在摄食后 3 h, 3~5 h, 5~8 h, 并且淀粉 + Cr_2O_3 组的淀粉酶活性低于淀粉组.

关键词: 草鱼; 碳水化合物; 表观消化率; 淀粉酶活性

中图分类号: S 963.16 **文献标识码:** A

草鱼是我国的特有种, 也是我国主要的淡水养殖鱼类之一. 本研究通过测定草鱼对饲料中不同碳水化合物的消化率和摄食后组织淀粉酶活性的变化, 以及不同试验组草鱼的生长和饲料效率, 来了解草鱼对不同碳水化合物源的消化吸收和利用情况.

1 材料与方法

1.1 试验鱼及饲养条件

试验用草鱼为本室试验鱼场提供, 平均初质量为 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 $1\,000\text{ mm} \times 500\text{ mm} \times 500\text{ mm}$ 的水族箱中, 每箱放鱼 20 尾. 试验期为 50 d, 试验期间每天在 9:00 和 16:00 分 2 次投喂, 日投饲率为 3%. 试验用水为循环曝气的自来水, 试验期间水温 (23.8 ± 1.6) $^{\circ}\text{C}$, 溶解氧 (6.0 ± 0.2) mg/L, NH_4^+-N (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含量

试验饲料组成及营养成分含量见表 1. 试验饲料加工成直径为 2 mm 的颗粒, 经 $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ 烘干备用^[1].

1.3 采粪和表观消化率的测定方法^[1]

采粪在正式试验的第 16 天开始, 历时 1 周. 正式收粪采用虹吸法, 并挑选有完整包

^{*} 收稿日期: 1998-10-05 作者简介: 赵万鹏, 男, 1962 年生, 副教授, 河南省信阳师范学院生物系.

膜的粪粒置称量瓶中烘干，磨碎备用。

以酸不溶灰分作内源性指标物质测定消化率，采用 4 mol/L HCl 一步灰化法。

表 1 试验饲料组成及营养成分含量 (ρ/%)
Tab 1 Composition of test diets and nutrient contents in diets

成分		淀粉组	糊精组	葡萄糖组	淀粉+ Cr ₂ O ₃ 组
饲料成分	马铃薯淀粉	45.0	—	—	45.0
	糊精	—	45.0	—	—
	葡萄糖	—	—	45.0	—
	Cr ₂ O 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

1.4 取样及组织淀粉酶活性的测定方法^[2 3]

试验鱼饲养 50 d 后称末质量，计算增质量率和饲料效率。继续喂饲 2 d 后，将试验鱼禁食 24 h 后投喂，分别于摄食后 0，3，5，8，12 h 每次每箱随机取出 2 尾鱼，取其部分肝胰脏和前肠、中肠和后肠。剔除肠组织的脂肪，剪开并用蒸馏水冲掉其内容物，然后用滤纸吸去水分。将同箱同时时间点 2 尾鱼的同种组织分别做成混样，准确称量后用液氮速冻，-20 ℃冰箱保存，以备淀粉酶活性测定。测定淀粉酶活性时，待组织稍解冻后，用玻璃匀浆器充分匀浆，用蒸馏水稀释并定容到一定体积，以 2 700×g 的离心力离心 20 min，取上清液用比色法测定淀粉酶活性。以 0.4 mg/mL 的淀粉溶液作底物，在 pH 7.0，37 ℃下反应 15 min，用剩余淀粉与碘作用产生兰色的深浅表示淀粉酶的活性大小。本试验以每克组织在 37 ℃作用 15 min，能水解 5 mg 淀粉的酶量作为一个单位。

2 结 果

2.1 不同碳水化合物饲料对草鱼生长和饲料效率的影响

平均初质量为 28.61±0.29 g 的草鱼经 50 d 的饲喂，其日增质量率和饲料效率见表 2。表 2 显示，糊精组的日增质量率和饲料效率均较低，但统计检验，4 个试验组无显著差异 (P>0.05)，这说明草鱼对淀粉、糊精和葡萄糖都能较好地利用，且加入 ρ=0.5% 的 Cr₂O₃ 短期内对草鱼的生长无明显影响。

表 2 不同碳水化合物饲料对草鱼生长和饲料效率的影响¹⁾
Tah 2 Effect of carbohydrate feed on growth and feed efficiency in grass carp

成 分	淀粉组	糊精组	葡萄糖组	淀粉+ Cr ₂ O ₃ 组
每尾初质量/g	28.52±0.44	28.54±0.28	28.40±0.37	29.59±0.26
每尾末质量/g	52.70±2.99	50.77±1.70	52.57±3.23	52.59±4.00
日增质量率/%	1.70±0.19	1.56±0.09	1.68±0.24	1.68±0.30
饲料效率/%	43.54±4.43	40.26±1.69	42.60±5.53	43.77±6.73

1) $\bar{x} \pm \text{SD}$

2.2 草鱼对不同碳水化合物饲料的消化率

用 4 mol/L HCl 一单步灰化法所测草鱼对 4 种试验饲料的总消化率和碳水化合物的消化率见表 3。从表 3 可以看出,在饲料中添加 $\rho=30\%$ 酪蛋白,45% 碳水化合物的情况下,草鱼对糊精和葡萄糖的消化率分别为 98.52% 和 98.59%,无显著差异 ($P>0.05$);在本试验条件下,饲养 2~3 周的草鱼饲料中添加 $\rho=0.5\%$ 的 Cr₂O₃ 对马铃薯淀粉的消化率无显著差异 ($P>0.05$)。

表 3 用 4 mol/L HCl 一单步灰化法所测草鱼对试验饲料的消化率 (%)¹⁾
Tah 3 The apparent digestibility coefficients of test diets in grass carp

成 分	淀粉组	糊精组	葡萄糖组	淀粉+ Cr ₂ O ₃ 组
总消化率	67.24±2.80 ^a	90.58±0.20 ^b	89.64±0.46 ^b	67.52±1.80 ^a
碳水化合物消化率	59.26±4.18 ^a	98.52±0.12 ^b	98.59±0.17 ^b	57.37±1.78 ^a

1) 同列数据后面有相同字母标记的表示无显著差异 ($P>0.05$)

2.3 草鱼摄食不同碳水化合物饲料后组织淀粉酶活性的变化

结果见表 4,从表 4 可以看出:

- (1) 在各试验组,除后肠淀粉酶活性在摄食后 3 h 才开始下降外,其余组织的淀粉酶活性在摄食后即行下降。
- (2) 除淀粉+Cr₂O₃ 组酶活性的最低值大多出现在摄食后 5~8 h 外,其余 3 个试验组的肝胰脏和前肠、中肠和后肠淀粉酶活性的最低值分别出现在摄食后 3 h,3~5 h,5~8 h。
- (3) 淀粉+Cr₂O₃ 组的组织淀粉酶活性比同种碳水化合物源的淀粉组淀粉酶活性为低。

3 讨 论

鱼类对饲料中碳水化合物的利用能力不同,除与鱼的种类、饲料中碳水化合物的含量等有关外,还与碳水化合物的复杂性有关。Buhler 等^[4]对鲑鱼、Bergot^[5]对鳟鱼、Hung 等^[6]对高首鲟等的研究结果显示,鱼类似乎对低分子碳水化合物之利用性较高分子碳水化合物为高,生长情形较好。但 Furuichi 等^[7]的研究表明,鲤鱼获得好生长和饲料效率的顺序是:凝胶化淀粉>糊精>葡萄糖;而真鲷对不同碳水化合物源的生长效果没有表现显著差异。本文结果显示,草食性的草鱼在本实验条件下对马铃薯淀粉、糊精、葡萄糖在日增质量率和饲料效率方面均无显著差异。这可能与投喂频率有关。看来鱼类对碳水化合物的利用情况是复杂的,但总的来说,鱼类较陆上动物利用碳水化合物的能力低许多,并且温水性和淡水性鱼类较冷水性和海水鱼类能利用饲料中较高水平的碳水化合物。

大西等^[8]给鲤鱼投喂市售的颗粒饲料,发现肝胰脏蛋白酶活性在 2 h 后达到最低。Takii

表 4 草鱼摄食试验饲料后组织淀粉酶活性¹⁾

Tab. 4 Amylase activities after feeding in grass carp

摄食后时间/ h		淀粉组	糊精组	葡萄糖组	淀粉+ Cr ₂ O ₃ 组
肝胰脏	0	64±1.0 ^a	62±0.1 ^a	67±2.8 ^a	68±2.8 ^a
	3	44±5.4 ^b	51±0.6 ^b	51±9.1 ^b	54±2.8 ^a
	5	63±5.1 ^a	61±0.5 ^a	68±4.3 ^a	43±1.2 ^{cd}
	8	57±7.5 ^{ab}	64±4.9 ^a	70±4.0 ^a	34±3.2 ^c
	12	56±3.0 ^{ab}	73±0.2 ^c	69±5.2 ^a	48±0.3 ^{bd}
前肠	0	44±0.3 ^a	30±1.8 ^a	31±1.0 ^a	34±0.6 ^a
	3	26±3.6 ^b	23±0.9 ^b	23±1.3 ^b	27±0.8 ^{ab}
	5	36±0.9 ^a	34±1.9 ^a	29±1.9 ^a	23±0.7 ^b
	8	26±0.3 ^b	31±2.8 ^a	30±0.9 ^a	21±1.3 ^b
	12	21±0.0 ^b	32±0.6 ^a	30±0.8 ^a	29±4.4 ^{ab}
中肠	0	47±2.0 ^a	47±5.4 ^{bc}	49±3.7 ^a	47±2.0 ^d
	3	32±1.6 ^b	36±0.9 ^a	32±2.0 ^b	26±3.9 ^a
	5	34±2.1 ^b	41±1.6 ^{ab}	31±1.8 ^b	23±1.3 ^a
	8	35±0.5 ^b	54±0.2 ^c	48±2.6 ^a	27±0.3 ^{ac}
	12	47±4.7 ^a	41±2.6 ^a	56±0.3 ^a	32±0.9 ^{bc}
后肠	0	48±1.6 ^{ld}	48±3.3 ^{ab}	37±4.1 ^{ad}	37±3.3 ^{ab}
	3	54±0.4 ^{ad}	52±0.7 ^b	44±1.3 ^{cd}	41±2.3 ^b
	5	41±0.6 ^{bc}	49±5.5 ^{ab}	28±0.6 ^a	34±0.8 ^{ab}
	8	36±4.7 ^c	39±1.3 ^a	50±3.8 ^{bc}	31±0.3 ^a
	12	59±1.8 ^a	55±0.1 ^b	60±0.9 ^b	41±1.6 ^b

1) 同列数据后面有相同字母标记的表示无显著差异($P>0.05$)

等^[9]发现鳊鱼胃组织和肠组织蛋白酶活性分别于摄食后 3 h 和 5 h 达到最低值. Onishi 等^[10]报道鲤鱼肝胰脏和肠中后段组织淀粉酶活性在摄食后 2~5 h 降至最低. 本研究结果显示, 尽管各试验组组织淀粉酶活性变化有所差别, 但摄食后酶活性大都有下降的过程, 看来鱼类摄食后肝胰脏和肠道组织消化酶活性降低是较为普遍的现象.

按理说, 摄食后的数小时内应该是消化的活跃期, 但此时消化组织内的消化酶活性却很低, Onishi 等^[10]认为在消化过程和消化酶分泌的增加之间存在着时间延搁, 当消化了的食物被吸收, 酶的活性才达最大. 尾崎久雄^[8]指出, 从摄饵到胰液分泌的时间间搁如此迟缓, 这对于今日投饵明日消化饵料就变得有用了. 作者推测, 肝胰脏和肠道的分泌细胞不断形成的消化酶积累在分泌细胞或腺泡腔内, 鱼类的摄食以及食团对肠道的刺激引起消化组织内积累的消化酶排入消化道, 这样导致消化组织的酶活性在摄食后降低, 而此时肠内容物酶活性可能升高. Takii^[9]观察到鳊鱼肠内容物的蛋白酶活性在 5 h 内迅速增加, 尾崎久雄^[8]也描述说, 鲤鱼肠前部内容物消化酶在 1 h, 肠后部内容物在 5 h 达最大, 这和上述推测吻合.

本研究结果还显示, 在多数情况直, 肝胰脏(胆胰管开口到前肠)和前肠、中肠和后肠组织淀粉酶活性分别在摄食后的 3 h, 3~5 h, 5~8 h 最低. 按上述推测, 这种随食团的移动, 自消化道前部至后部酶液大量分泌的时间由早到晚的现象, 似乎和高等动物条件反射的延缓抑制颇为相似. 后肠组织酶活性在摄食后不立即降低, 正是这种现象的再现.

不少学者认为, 阴离子如 Cl^- , Br^- 等可激活 α -淀粉酶, 而 Cu^{2+} 和其它金属离子则抑制之。本试验的淀粉+ Cr_2O_3 组各消化组织淀粉酶活性均比同种碳水化合物源的淀粉组为低, 这可能是由于饲料中过量的铬抑制了消化组织分泌淀粉酶或降低了淀粉酶活性的缘故。

参考文献:

- [1] 林鼎, 毛永庆, 刘永坚. 鱼类营养学实验指导[M]. 广州: 中山大学出版社, 1988.
- [2] 田丽霞, 林鼎. 草鱼摄食两种蛋白质饲料后消化酶活性变化比较[J]. 水生生物学报, 1993, 17(1): 58~65
- [3] 上海市医学化验所. 临床生化检验(上册)[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1979. 366~367.
- [4] BUHLER D R, HALVER H E. Nutrition of salmonoid fishes IX. Carbohydrate requirements of chinock salmon[J]. J Nutr, 1961, 74: 307~318.
- [5] 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]. Aquaculture, 1979, 18: 157~167.
- [6] HUNG S S O, FYNN-AIKINS K G, LUTES P B, et al. Ability of juvenile white sturgeon to utilize different carbohydrate source[J]. J Nutr, 1989, 119: 727~733.
- [7] FURUIXHI 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.
- [8] 尾崎久雄. 鱼类消化生理(上册)[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1983.
- [9] TAKII K, SHIMENO S, TAKEDA M. Changes in digestive enzyme activities in eel after feeding[J]. Bull Jap Soc of Sci Fish, 1985, 15(12): 2027~2031.
- [10] OMISHI T, MURAYAMA S, YAKEUCHI M. Changes in digestive enzyme levels in carp after feeding III. response of protease and amylase to twice-a-day feeding[J]. Bull Jap Soc of Sci Fish, 1976, 42(8): 921~929.

Study on Utilization of Dietary Carbohydrate by Grass Carp

ZHAO Wan-peng, LIU Yong-jian^{*}, PAN Qing, LIN Ding

Abstract: Determination of digestibility and amylase activity was proceeded after grass carp were raised with diets containig 45% starch, 45% dextrin, 45% glucose, 45% starch+0.5% Cr_2O_3 , respectively. The results showed that there were no significant difference ($P>0.5$) in gain ratio and feed efficiency among the four groups. The digestibility of starch, dextrin, glucose and starch- Cr_2O_3 in grass carp were 59.26%, 98.52%, 98.59% and 57.37%, respectively. The amylase activities in hepatopancreas and anterior intestine, middle intestine, posterior intestine decreased after feeding, reaching a minimum level at 3 h, 3~5 h, 5~8 h, respectively. The amylase activities in the starch+ Cr_2O_3 group were lower than those in the starch group.

Keywords: grass carp; carbohydrate; utilization; apparent digestibility coefficient; amylase activity

^{*} School of Life Sciences Zhongshan University, Guangzhou 510275, China