

饲料糖种类和水平对青鱼、鲫鱼生长和体成分的影响

蔡春芳¹, 王永玲¹, 陈立侨², 杨彩根¹, 叶元土¹

(1. 苏州大学 生命科学学院, 江苏 苏州 215123; 2. 华东师范大学 生命科学学院, 上海 200062)

摘要:用分别含 20% (低)、40% (高) 葡萄糖和糊精的等氮 (粗蛋白为 35% 干物质)、等能 (16.4 kJ/g) 饲料分别饲养青鱼 (*Mylopharyngodon piceus*) 和鲫鱼 (*Carassius auratus*) 8 周, 研究饲料糖种类和水平对青鱼和鲫的生长、体成分的影响。青鱼和鲫鱼平均体质量分别为 2.14 g 和 6.75 g。结果表明, 两种鱼都是糊精组增重率、饲料效率、蛋白质效率显著高于葡萄糖组, 提示两种鱼对糊精利用效率比葡萄糖高。饲料糖含量低时增重率、饲料效率、蛋白质效率相对高, 提示两种鱼对脂肪作为能源的利用效率高于糖。两种鱼糊精组脂肪蓄积率显著高于葡萄糖组, 体脂、肝脂、肌脂含量也高于葡萄糖组, 提示糊精比葡萄糖更容易以脂肪形式积累在体内。青鱼对实验饲料的利用效率高于鲫鱼, 推测这与能量代谢有关。[中国水产科学, 2006, 13(3): 452–459]

关键词:青鱼; 鲫鱼; 糖; 生长; 体成分

中图分类号: S963.16 **文献标识码:** A **文章编号:** 1005–8737–(2006)03–0452–08

在鱼类对糖利用性研究的早期报道中, 普遍认为高于 12% 的饲料糖对鲢鳙鱼类是不合适的, 会影响其生长速度, 并导致肝糖升高, 成活率下降^[1], 然而也有一些研究表明, 鲢鳙鱼类能有效利用糖作为能源, 例如大西洋鲑 (*Salmo salar*) 在摄食高糖饲料后没有出现明显的不良情况^[2]。目前为止, 普遍接受的观点是鱼类对糖的利用能力比陆生动物低, 而且不同鱼类对糖的利用能力也不同, 肉食性鱼类利用糖的能力比杂食性、草食性鱼类低^[3], 海水鱼类、冷水性鱼类利用糖的能力比温水性鱼类低。有研究显示, 鱼类对糖的利用性与糖的分子量有关, Hung 等^[4]报道, 鱼类对小分子糖利用性高于大分子糖, 而 Shiao 等^[5]认为, 鱼类对大分子糖的利用性高于小分子糖。

青鱼 (*Mylopharyngodon piceus*) 和鲫鱼 (*Carassius auratus*) 是中国比较传统的养殖鱼类, 前者是典型的肉食性鱼类, 后者是典型的杂食性鱼类。关于这两种鱼对不同糖源利用性的研究报道较少, 本实验侧重研究饲料糖种类和水平对青鱼和鲫生长、鱼体成分及肝胰脏、肌肉成分的影响, 探讨这两种鱼对不同糖的利用性, 为进一步研究其糖代谢调节机制

提供基本信息, 也为这两种鱼的高效低成本配合饲料的研制提供基础资料。

1 材料和方法

1.1 材料

1.1.1 实验鱼 青鱼和鲫均购自苏州市相城区水产养殖总场漕湖苗种场, 青鱼在实验室内驯化 2 个月, 鲫驯化 2 周。挑选规格整齐、体格健壮的鱼称重后随机分养于 100 cm × 50 cm × 60 cm 的 PVC 水族箱中, 青鱼每箱放养 30 尾, 鲫每箱放养 15 尾, 共 24 个水族箱。所有水族箱处于同一循环过滤养殖系统中。随机取青鱼、鲫各 10 尾做实验起始时体成分分析。

1.1.2 实验饲料 选择比较有代表性的多糖糊精 (Dextrin) 及单糖葡萄糖 (Glucose) 作糖源, 设 20% (Low)、40% (High) 2 个水平, 即 4 种饲料, 根据糖源及其在饲料中含量的高低分别命名为高糊精组 HD、高葡萄糖组 HG、低糊精组 LD、低葡萄糖组 LG。实验饲料蛋白质含量为 35%, 总能为 16.4 kJ/g, 用脂肪调节能量平衡。表 1 为实验饲料配方及成分。

收稿日期: 2005–05–25; 修订日期: 2005–08–28。

基金项目: 上海水产大学重点学科建设经费资助 (03SC03); 苏州大学博士启动基金资助 (R2317238)。

作者简介: 蔡春芳 (1967–), 女, 博士, 副教授, 主要从事水生动物营养学研究。E-mail: saccfw@263.net

通讯作者: 陈立侨。E-mail: liqiao_chen@jshbcs.com

表1 饲料配方及成分
Tab.1 Formulation and proximate composition of test diets

成分 Composition	分组 Group			
	HD	HG	LD	LG
饲料配方/(g·100 g ⁻¹) Ingredients				
鱼粉 Fish meal	35	35	35	35
干酪素 Casein	15	15	15	15
糊精 Dextrin	40		20	
葡萄糖 Glucose		40		20
鱼油+豆油(1:1, g/g) Fish oil+ Soybean oil	1	1	9.7	9.7
矿物质预混料 ¹ Mineral premix ¹	4	4	4	4
维生素预混料 ² Vitamin premix ²	1	1	1	1
CMC-Na	2	2	2	2
微晶纤维素 Microcrystalline cellulose	1.9	1.9	13.2	13.2
Cr ₂ O ₃	0.1	0.1	0.1	0.1
成分分析 Composition Analysis				
粗蛋白/(%, DW) Crude protein	34.99	35.12	34.97	35.03
粗脂肪/(%, DW) Crude lipid	3.15	3.09	11.72	11.66
糖/(%, DW) Glucose	40.8	39.7	21.3	19.2
灰分/(%, DW) Ash	14.91	14.64	15.16	15.23
水分/% Moisture	11.65	12.03	11.74	12.05
总能/kJ·g ⁻¹ Energy	16.52	16.33	16.55	16.18

注:1)矿物质预混料配方参照 Lovell(1989)^[8]。

2)维生素预混料配方参照 Lovell(1984)^[8], V₆添加量增至 400 mg·kg⁻¹。

Note:1)Mineral premix according to Lovell(1989)^[8]。

2)Vitamin premix according to Lovell(1984)^[8], but V₆ added to 400 mg per kg diet.

1.2 方法

每个实验处理设3个重复,即每种饲料投喂3箱青鱼、3箱鲫,随机分配。日投饲率为4%左右,于8:00、13:00分2次投喂,每次投喂时间为1h左右,保证投入水中的饲料有效被鱼摄食。根据摄食情况每2周调整一次投饲量。每天早晨6:00收集粪便烘干备用,21:00排污。全日充气增氧,养殖期间水温控制在(23.5±1.5)℃。饲养8周。在最后一次投饲后24h随机从每箱取鲫5尾、青鱼10尾用MS-222麻醉后称重,冷冻保存,用于分析体成分、肝成分、肌成分等。

用105℃烘干法测定全鱼、肝胰脏、肌肉、饲料的水分,用凯氏定氮法测定全鱼、肝胰脏、肌肉、饲料、粪便的蛋白质,用索氏抽提法测定全鱼、肌肉、饲料的粗脂肪^[7],用甲醇-氯仿抽提法测定肝胰脏、粪便中的粗脂肪^[8],全鱼及饲料的灰分用550℃灼烧法测定^[7]。饲料及粪便中糖含量用3,5-二硝基水杨酸比色法测定^[9]。饲料及粪便中的Cr₂O₃含量用湿式消化法测定^[6]。肝糖源和肌糖源含量测定

用蒽酮试剂法^[10]。

1.3 计算

各参数按下式计算:

$$\text{增重率} = (W_t - W_0) \times W_0^{-1} \times 100\%$$

$$\text{饲料效率} = (W_t - W_0) \times F^{-1} \times 100\%$$

$$\text{蛋白质效率} = (W_t - W_0) \times P^{-1} \times 100\%$$

$$\text{蛋白(脂肪)蓄积率} = [W_t \times P_t(L_t) - W_0 \times P_0(L_0)] \times [P(L)]^{-1} \times 100\%$$

$$\text{表观消化率} = (1 - A' \times A^{-1} \times B \times B'^{-1}) \times 100\%$$

式中:W_t为末体质量,g;W₀为初始体质量,g;F为摄入饲料量(干物质),g;P为摄入蛋白质的量,g;L为摄入脂肪的量,g;P_t为实验结束时鱼体蛋白含量;L_t为实验结束时鱼体脂肪含量;P₀为实验开始时鱼体蛋白含量;L₀为实验开始时鱼体脂肪含量;A为饲料中某成分含量;A'为粪便中相应成分含量;B为饲料中Cr₂O₃含量;B'为粪便中Cr₂O₃含量。

处理间差异用单因子方差分析,差异显著时再用邓肯氏复极差法进行多重比较。饲料种类、水平及其交互作用用双因子方差分析。所有计算用SPSS11.0软件进行。 $P < 0.05$ 为差异显著。

2 结果

2.1 生长

经过8周的饲养,HG、HD、LG、LD组青鱼的增重率分别为205.06%、224.24%、205.53%、244.82%,鲫分别为98.35%、110.77%、107.22%、119.04%(表2)。统计结果显示,饲料糖种类($P < 0.001$)和水平($P < 0.001$)对各组青鱼和鲫的增重

率影响显著。饲料糖水平相同时,糊精组生长速度比葡萄糖组快;饲料糖种类相同时,糖含量越低,增重率越高。

饲料糖种类对饲料效率也有显著影响,两种鱼都表现为糊精组饲料效率显著高于($P < 0.001$)葡萄糖组。饲料糖源一致时饲料含糖越低,饲料效率越高(表2)。

饲料糖种类和水平对蛋白质效率的影响与饲料效率相似。

就摄食相同饲料的两种鱼来比较,青鱼的增重率、饲料效率、蛋白质效率显著高于鲫鱼(表2)。

表2 饲料糖种类和水平对青鱼、鲫增重率、饲料效率、蛋白质效率的影响
Tab.2 Weight gain, feed efficiency ratio, protein efficiency ratio for *Mylopharyngodon piceus* and *Carassius auratus* fed test diets containing various kinds and levels of carbohydrate

项目 Item	初始体质量/g Initial body weight	增重率/% Weight gain	饲料效率/% Feed efficiency	蛋白质效率/% Protein efficiency
青鱼 <i>M. piceus</i>				
HG	2.13 ± 0.02	205.06c	59.66c	193.05c
HD	2.13 ± 0.03	224.24b	67.29b	217.68b
LG	2.14 ± 0.03	205.53c	61.99c	200.99c
LD	2.14 ± 0.03	244.82a	74.64a	241.89a
方差分析 Analysis of Variance				
饲料糖种类 Kind		$P < 0.001(D > G)$	$P < 0.001(D > G)$	$P < 0.001(D > G)$
水平 Level		$P = 0.001(L > H)$	$P = 0.001(L > H)$	$P < 0.001(L > H)$
种类·水平 Kind·Level		NS	$P = 0.021$	$P = 0.021$
鲫 <i>C. auratus</i>				
HG	6.93 ± 0.06	98.35c	37.69c	107.32c
HD	6.50 ± 0.24	110.77b	42.44b	120.85b
LG	6.77 ± 0.32	107.22b	41.09b	117.01b
LD	6.72 ± 0.21	119.04a	45.62a	129.9a
方差分析 Analysis of Variance				
饲料糖种类 Kind		$P < 0.001(D > G)$	$P < 0.001(D > G)$	$P < 0.001(D > G)$
水平 Level		$P = 0.001(L > H)$	$P = 0.001(L > H)$	$P = 0.001(L > H)$
种类·水平 Kind·Level		NS	NS	NS

注:同种鱼同列英文字母后缀不同表示差异显著,后缀相同表示差异不显著。

Note: Means in the same column not sharing the same suffix are significantly ($P < 0.05$) different.

2.2 体成分、肝成分、肌成分

实验饲料对两种鱼的体成分、肝成分、肌成分也有显著影响。

青鱼(表3)全鱼的粗脂肪因饲料糖源的不同而不同,糊精组青鱼体脂含量显著高于($P < 0.001$)葡萄糖组,但饲料糖水平对体脂含量无显著影响。全鱼粗灰分含量不仅受饲料糖源的影响($P = 0.014$),

也受饲料糖水平的显著影响($P = 0.008$),同时两者还有显著的交互作用($P = 0.025$)。葡萄糖组粗灰分含量显著高于糊精组,高糖组显著高于低糖组。灰分的这种差异可能缘于鱼体有机质和水分的差异。鱼体粗蛋白和水分含量则受饲料糖的影响不显著。

青鱼肝胰脏受饲料的影响比全鱼明显。肝胰脏

粗蛋白含量受饲料糖水平的显著影响($P=0.03$),低糖组蛋白质含量显著高于高糖组。饲料糖种类和水平对肝胰脏蛋白质含量还有显著的交互影响($P<0.023$)。饲料糖水平也显著影响肝糖源含量($P=0.016$),糖含量越高肝糖源含量就越高。糖的种类对肝糖源含量影响不显著但其与饲料糖水平有显

著的交互影响($P=0.027$),高糖时糊精组糖源含量高,低糖时葡萄糖组糖源含量高。糖的种类对肝胰脏的脂肪含量和水分含量影响显著,糊精组的粗脂肪含量显著高于($P<0.001$)葡萄糖组而其水分显著低于($P=0.014$)葡萄糖组。虽然糖的水平对肝胰脏水分的影响不显著,但与糖的种类有交互作用。

表3 饲料糖种类和水平对青鱼体成分、肝成分、肌成分的影响

Tab.3 Effects of carbohydrate levels and kinds on compositions of whole body, hepatosomatic and muscle in *Mylopharyngodon piceus*

项目 Item	粗蛋白 Crude protein	粗脂肪 Crude lipid	粗灰分 Ash	水分 Moisture	糖源 Carbohydrate
全鱼 Whole-body					
HG	14.38	5.59b	2.69a	76.86	
HD	14.37	6.49a	2.67a	76.58	
LG	14.45	5.72b	2.65a	76.52	
LD	13.97	6.66a	2.40b	76.50	
方差分析 Analysis of Variance					
种类 Kind	NS	$P<0.001(D>G)$ $P=0.014(G>D)$		NS	
水平 Level	NS	NS	$P=0.008(H>L)$	NS	
种类·水平 Kind·Level	NS	NS	$P=0.025$	NS	
肝胰脏 Hepatosomatic					
HG	14.29a	9.62b		69.22a	10.19ab
HD	12.80b	12.88a		65.81b	11.62a
LG	14.24a	10.43b		68.58a	10.01ab
LD	14.48a	12.41a		68.26a	8.74b
方差分析 Analysis of Variance					
种类 Kind	NS	$P<0.001(D>G)$		$P=0.014(G>D)$	NS
水平 Level	$P=0.03(L>H)$	NS		NS	$P=0.016(H>L)$
种类·水平 Kind·Level	$P=0.023$	NS		$P=0.032$	$P=0.027$
肌肉 Muscle					
HG	17.01	1.45b		79.0	20.95
HD	17.49	1.57ab		78.37	1.07
LG	17.13	1.59a		78.60	0.96
LD	17.09	1.64a		78.66	1.04
方差分析 Analysis of Variance					
种类 Kind	NS	NS		NS	NS
水平 Level	NS	$P=0.033(L>H)$		NS	NS
种类·水平 Kind·Level	NS	NS		NS	NS

注:同列英文字母后缀不同表示差异显著,后缀相同表示差异不显著。

Note: Means in the same column not sharing the same suffix are significantly ($P<0.05$) different.

相形之下,肌肉成分受实验饲料的影响要小得多,只有粗脂肪含量受饲料糖水平的显著影响($P=0.033$),低葡萄糖组脂肪含量显著高于高葡萄糖组。

鲮(表4)全鱼脂肪、肝脂、肌脂含量都受饲料糖种类和水平的显著影响。当饲料糖处于同一水平

时,全鱼($P=0.001$)、肝胰脏($P<0.001$)、肌肉($P=0.001$)的脂肪含量都是糊精组显著高于葡萄糖组。在饲料糖源相同时,全鱼($P=0.021$)及肌肉($P=0.002$)的脂肪含量表现为低糖组显著高于高糖组。此外,料糖种类和水平对肌肉脂肪含量有显

著的交互作用。实验饲料对鲫肝胰脏和肌肉的蛋白质含量也有显著影响,表现为葡萄糖组肝胰脏蛋白质含量显著高于($P=0.014$)糊精组,低糖组肌肉的蛋白质含量显著高于高葡萄糖组($P=0.008$)。

饲料糖种类和水平对鲫肝胰脏糖源含量影响不显著。但肌糖源含量受饲料糖的影响显著,糊精组肌糖源高于葡萄糖组($P=0.004$)。饲料糖越高肌糖源越高,但差异不显著。

表 4 饲料糖种类和水平对鲫体成分、肝成分、肌成分的影响
Tab.4 Effects of carbohydrate levels and kinds on compositions of whole body, hepatosomatic and muscle in *Carassius auratus*

项目 Item	粗蛋白 Crude protein	粗脂肪 Crude lipid	粗灰分 Ash	水分 Moisture	糖源 Carbohydrate
全鱼 Whole-body					
HG	14.65	6.24b	4.17a	74.42	
HD	15.10	6.89b	4.20a	73.29	
LG	14.36	6.46b	4.00ab	75.06	
LD	13.98	7.84a	3.79b	74.72	
方差分析 Analysis of Variance					
种类 Kind	NS	$P=0.001(D>G)$	NS	NS	
水平 Level	NS	$P=0.021(L>H)$	$P=0.033(H>L)$	NS	
种类·水平 Kind·Level	NS	NS	NS	NS	
肝胰脏					
HG	14.31a	7.97b		65.58	11.97
HD	12.89c	9.23a		65.29	11.72
LG	13.56b	7.65b		65.52	12.01
LD	13.76a	69.33a		64.85	10.29
方差分析 Analysis of Variance					
种类 Kind	$P=0.014(G>D)$	$P<0.001(D>G)$		NS	NS
水平 Level	NS	NS		NS	NS
种类·水平 Kind·level	$P=0.003$	NS		NS	NS
肌肉					
HG	17.65b	1.27b		77.77a	1.65bc
HD	17.89a	1.60a		77.70ab	1.94a
LG	17.99a	1.63a		77.64ab	1.47c
LD	18.02a	1.63a		77.49b	1.79 ab
方差分析 Analysis of Variance					
种类 Kind	NS	$P=0.001(D>G)$		NS	$P=0.005(D>G)$
水平 Level	$P=0.008(L>H)$	$P=0.002(L>H)$		NS	NS
种类·水平 Kind·Level	NS	$P=0.002$		NS	NS

注:同列英文字母后缀不同表示差异显著,后缀相同表示差异不显著。
Note: Means in the same column not sharing the same suffix are significantly ($P<0.05$) different.

上述实验结果初步表明,糊精比葡萄糖更容易在体内以脂肪的形式积累下来。因为饲料是等氮等能的,饲料糖水平低时脂肪含量就相应高。由上述结果可见饲料糖含量低时鲫的体脂、肌脂及青鱼的肌脂含量高,也就是饲料脂肪越高,这些器官组织的脂肪含量越高。

2.3 饲料表现消化率及脂肪、蛋白质蓄积率

青鱼对 4 种实验饲料中蛋白质的表现消化率不同(表 5),表现为饲料中糖含量较高时,葡萄糖组的蛋白质消化率高于糊精组($P<0.001$)。鲫对 4 种饲料中的蛋白质消化率没有显著差异。两种鱼对脂肪的消化率都受饲料糖水平的显著影响,饲料糖水平越高,脂肪的消化率越低($P<0.001$)。也可以说

饲料脂肪含量越高其消化率越高。饲料中糖的消化率都比较高,但各组间的差异显著。方差分析显示,

饲料糖的种类和水平对其消化率都有显著影响,含量高时消化率高,葡萄糖比糊精消化率高。

表5 饲料蛋白质、脂肪、糖的表现消化率及蛋白质、脂肪的蓄积率

Tab.5 Apparent digestibility coefficients of protein, lipid and carbohydrate, and retention efficiencies of protein and lipid

项目 Item	消化率 Apparent digestibility coefficient			蓄积率 Retention efficiency	
	蛋白质 Protein	脂肪 Lipid	糖 Carbohydrate	蛋白质 Protein	脂肪 Lipid
青鱼 <i>M. piceus</i>					
HG	87.37a	83.50b	99.22a	27.96d	65.60b
HD	80.26b	83.30b	98.22ab	33.48b	85.27a
LG	84.65ab	91.83a	97.52b	30.20c	26.32d
LD	84.61ab	87.68a	95.40c	35.26a	38.53c
方差分析 Analysis of Variance					
种类 Kind	$P<0.001(G>D)$	NS	$P=0.005(G>D)$	$P<0.001(D>G)$	$P<0.001(D>G)$
水平 Level	NS	$P<0.001(L>H)$	$P<0.001(H>L)$	$P=0.006(L>H)$	$P<0.001(H>L)$
种类·水平 Kind·Level	NS	NS	NS	NS	$P=0.007$
鲫 <i>C. auratus</i>					
HG	84.97	84.71b	97.17a	18.50	45.63b
HD	86.30	85.10b	95.99b	20.65	55.92a
LG	86.21	93.80a	96.14ab	19.54	19.31d
LD	86.05	89.87a	92.66c	21.22	27.05c
方差分析 Analysis of Variance					
种类 Kind	NS	NS	$P<0.001(G>D)$	NS	$P<0.001(D>G)$
水平 Level	NS	$P<0.001(L>H)$	$P=0.006(H>L)$	NS	$P<0.001(H>L)$
种类·水平 Kind·Level	NS	NS	NS	NS	NS

注:同种鱼同列英文字母后缀不同表示差异显著,后缀相同表示差异不显著。

Note: Means in the same column not sharing the same suffix are significantly ($P<0.05$) different.

青鱼的蛋白质蓄积率各组间差异显著;不管饲料中含量是多少,葡萄糖组蛋白质的蓄积率都显著低于($P<0.001$)糊精组;不管饲料糖的种类是什么,含量低时蛋白质蓄积率高($P=0.006$)。糖种类和水平的交互作用不显著。上述实验结果提示糊精对蛋白质的节约作用比葡萄糖强,脂肪对蛋白质的节约作用比糖强。从脂肪的蓄积率来看,不管是青鱼还是鲫,对饲料脂肪的蓄积率各组间都有显著差异,都表现为 $HD>HG>LD>LG$,提示饲料糖以脂肪在体内积累下来,并且糊精比葡萄糖更容易转化成脂肪积累($P<0.001$)。

3 讨论

3.1 饲料糖种类对青鱼、鲫生长的影响

关于鱼类对不同种类饲料糖的利用的研究结果差异比较大,但大多研究结果显示,鱼类利用大分子糖的效果好于小分子糖^[11]。本研究清楚地表明,无

论是鲫还是青鱼,糊精组的增重率、饲料效率和蛋白质效率显著高于葡萄糖组。

鱼类对单糖利用效率低下的机制尚不清楚,一种观点认为由于葡萄糖不需消化,在短时间内大量吸收,占据了消化道壁的大量吸收位点,从而影响了鱼类对氨基酸的吸收,所以饲料糖含量比较高时(40%)小分子葡萄糖对蛋白质的节约作用较大分子糊精和淀粉低,但糖含量较低时(10%)葡萄糖对蛋白质的节约作用比糊精和淀粉强^[12]。本实验中蛋白质的消化吸收率未受饲料糖的影响,由此看来造成青鱼、鲫葡萄糖组生长和饲料效率较低的原因不在于对氨基酸的吸收抑制。

3.2 饲料糖含量对青鱼、鲫生长的影响

研究饲料糖含量对鱼类的影响时一般用等氮等能饲料,饲料中糖含量升高的同时脂肪含量下降,所以事实上也是研究饲料糖脂比对鱼类的影响。据报道,罗非鱼饲料中蛋白含量为30%、可消化能为

3 kcal/g时, 糖脂比从 0.81% 增加到 8.76% 对生长和饲料效率都没有明显影响^[13]。然而, 当糖脂比过高或过低时鱼类的生长速度和饲料效率会有所降低^[13-14]。从本实验结果可见, 不管是青鱼还是鲫, 高糖组的增重率、饲料效率、蛋白质效率都显著低于低糖组, 提示在饲料总能为 16.4 kJ/g 左右时, 40% 的饲料糖对青鱼、鲫可能过高, 青鱼、鲫适宜的糖含量应低于 40%。

3.3 不同鱼对饲料糖的利用

一般认为鱼类对糖的利用能力与其食性有关, 草食性鱼类、杂食性鱼类利用糖的能力比肉食性鱼类强^[3]。本实验结果显示, 青鱼的增重率、饲料效率、蛋白质效率都显著高于鲫。一方面可能因为青鱼相对鲫而言是一种饲料报酬较高的鱼类; 另一方面, 可能与两种鱼所处生长期不同有关。在有关能量代谢的研究中(待刊)发现, 由于两种鱼所处生长期不同, 因而能量代谢水平不同, 青鱼所处生长期较早从而能量代谢水平较高, 对能量的需求量高于鲫, 因此不管是饲料能过高还是饲料糖过高带来的代谢负担比鲫小。从两种鱼对糖的消化吸收率来看, 也是青鱼高于鲫。由此看来肉食性的青鱼对糖的利用能力并不一定低于杂食性的鲫鱼。

3.4 饲料糖在鱼体内的积累和转化

因为能源物质在体内的相互转化, “蓄积率”这个说法与其字面表述的意义有一定的差别。脂肪蓄积率与饲料总能的相关性可能比能源物质来源更密切^[15], 但在饲料总能相同时, 脂肪蓄积率反映了各种能量营养素, 尤其是糖和脂肪的转化积累情况。青鱼体脂含量不受饲料糖水平的影响, 提示饲料糖转变成体脂蓄积于体内, 这一结果与脂肪蓄积率的差异相支持, 高糖组脂肪蓄积率显著高于低糖组。鲫高糖组的脂肪蓄积率也显著高于低糖组, 但低糖组的体脂含量却显著高于高糖组, 提示饲料脂肪含量的高低对体脂含量的影响大于糖的影响。这是因为吸收的饲料糖除了参与合成脂肪外, 还要参与氧化供能和合成糖源等, 而后者可能是饲料糖的主要代谢去向。实验结果也表明, 饲料糖含量越高青鱼肝糖源和鲫肌糖源就越高, 提示摄入的饲料糖有一部分以糖源形式积累于体内。

因为蛋白质、脂肪、糖源、灰分、水分百分含量相互之间的牵制, 例如饲料糖种类和水平对灰分的影响很可能是因为饲料影响水分及有机质含量的反映, 以及能源物质在体内的相互转化, 笔者还不能从

实验结果中得出关于饲料糖在鱼体内的代谢去向的明确的结论, 这方面的内容请见后述报告。

4 结论

青鱼、鲫摄食实验饲料后都表现为糊精组增重率、饲料效率、蛋白质效率高于葡萄糖组, 表明两种鱼对糊精利用性比葡萄糖强, 其原因并非葡萄糖对氨基酸的吸收抑制; 饲料糖含量低时增重率、饲料效率、蛋白质效率相对高, 表明两种鱼对脂肪作能源的利用效率高于糖; 饲料糖部分转化为脂肪和糖源积累于鱼体内, 糊精比葡萄糖更容易以脂肪形式积累在体内, 饲料糖越高鱼体内糖源含量越高; 在饲料总能为 16.4 kJ/g 左右时, 青鱼、鲫适宜的糖含量应低于 40%; 就青鱼和鲫来比较, 青鱼对实验饲料的利用效率高于鲫。从本实验结果看, 高糖饲料对鱼的生长是不利的, 但不利的原因并非消化吸收率低。

参考文献:

- [1] 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.
- [2] Hernre G I, Sandnes K, Lie, et al. Carbohydrate nutrition in Atlantic salmon (*Salmo salar*): 1. Growth and feed utilization[J]. *Aquacult Res*, 1995, 26: 149-154.
- [3] Wilson R P. Review: Utilization of dietary carbohydrate by fish[J]. *Aquaculture*, 1994, 124: 67-80.
- [4] Hung S S O, Fynn-Akins K F, Lites P B, et al. Ability of juvenile white sturgeon (*Acipenser transmontanus*) to utilize different carbohydrate source[J]. *J Nutr*, 1989, 119: 727-733.
- [5] Shiao S Y. Utilization of carbohydrates in warmwater fish - with particular reference to tilapia, *Oreochromis niloticus* O. aureus[J]. *Aquaculture*, 1997, 151: 79-96.
- [6] 李爱杰. 水产动物营养与饲料学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1996.
- [7] 黄伟坤. 食品化学分析[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1979. 11-39.
- [8] 王少梅, 陈少莲, 崔奕波. 用羧仿-甲醇抽提法测定鱼体脂肪含量的研究[J]. *水生生物学报*, 1993(2): 193-196.
- [9] 北京大学生物系生物化学教研室编. 生物化学实验指导[M]. 北京: 人民教育出版社, 1979. 22-23.
- [10] 《生物化学》编审小组. 生物化学实验指导[M]. 北京: 人民卫生出版社, 1987. 89-91, 117-119.
- [11] Shiao S Y, Chuang J C. Utilization of disaccharides by juvenile tilapia (*Oreochromis niloticus* × *O. aureus*) fed different carbohydrate diets[J]. *Aquaculture*, 1995, 133: 249-256.
- [12] Furuchi M, Yone Y. Changes of activities of hepatic enzymes

- related to carbohydrate metabolism of fish in glucose and insulin - glucose tolerance tests[J]. Bull Jap Soc Sci Fish, 1982, 48: 463 - 466.
- [13] Anderson J, Jackson A J, Matty A J, et al. Effects of dietary carbohydrate and fiber on the tilapia, *Oreochromis niloticus* (Linn) [J]. Aquaculture, 1984, 37:303 - 314.
- [14] El-Sayed A M, Garling Jr D L. Carbohydrate-to-lipid ratio in diets for *Tilapia nilotica* fingerlings[J]. Aquaculture, 1988, 73: 157 - 163.
- [15] Erfanullah, Jafri A K. Effect of dietary carbohydrate-to-lipid ratio on growth and body composition of walking catfish (*Clarias batrachus*) [J]. Aquaculture, 1998, 161(1-4), 1:159 - 168.
- [16] Brugg C, M dale F, Cornau G. Effect of dietary carbohydrate levels on growth, body composition and glycemia in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, reared in seawater[J]. Aquaculture, 1994,123:109 - 120.

Effects of level and source of dietary carbohydrate on growth and body composition of *Mylopharyngodon piceus* and *Carassius auratus*

CAI Chun-fang¹, WANG Yong-ling¹, CHEN Li-qiao², YANG Cai-geng¹, YE Yuan-tu¹

(1.School of Life Science, Suzhou University, Suzhou 215123, China; 2.School of Life Science, East China Normal University, Shanghai 200062, China)

Abstract: A study was conducted to determine the ability of *Mylopharyngodon piceus* and *Carassius auratus* to utilize different sources of carbohydrate (dextrin and glucose) and the effects of their levels (20% and 40%) in diets. The diets were isonitrogenous (35% crude protein) and isocaloric (16.4 kJ/g). Triplicate groups, each with 30 *Mylopharyngodon piceus* and 15 *Carassius auratus*, and average initial body weights about 2.14 g and 6.75 g respectively, were fed with one of the test diets for 8 weeks in indoor circular aquarium system. Weight gain ratio, feed efficiency ratio, protein efficiency ratio, protein and lipid retention efficiency, body composition were measured at the end of the experiment period. The weight gain ratio of *M. piceus* fed with diets of 40% glucose, 40% dextrin, 20% glucose and 20% dextrin were 205.06%, 224.24%, 205.53% and 244.82% respectively. The weight gain ratio of *C. auratus* fed the corresponding diets were 98.35%, 110.77%, 107.22% and 119.04% respectively. Both of *M. piceus* and *C. auratus* had significant increases of weight gain, feed efficiency ratio and protein efficiency ratio when fed the diets containing dextrin than those fed the diets containing the same level of glucose. Fishes fed 20% carbohydrate diets had significant ($P < 0.05$) increase of weight gain, feed efficiency ratio and protein efficiency ratio compared to those fed 40% carbohydrate diets. These results suggested both fishes utilize dextrin better than glucose, and utilize lipid better than carbohydrate. Fishes fed diets containing dextrin obtained not only higher lipid content in body, hepatic and muscle, but also higher lipid retention efficiency than those fed the diets containing the same level of glucose, which indicated that dextrin was more potent to synthesize lipid than glucose. Lipid retention efficiency and glycogen content increased as the dietary carbohydrate increasing, indicating that a part of dietary carbohydrate was converted into glycogen and lipid by fishes. *M. piceus* obtained higher weight gain and feed efficiency ratio than *C. auratus* even when fed with the same diets, that maybe related to energy metabolism. [Journal of Fishery Sciences of China, 2006, 13(3): 452 - 459]

Key words: *Mylopharyngodon piceus*; *Carassius auratus*; carbohydrate; growth; body composition

Corresponding author: CHEN Li-qiao. E-mail: liqiao_chen@yahoo.com