

文章编号:1000 - 0615(2002)03 - 0247 - 05

不同种类淀粉对草鱼生长、肠系膜脂肪沉积和鱼体组成的影响

田丽霞, 刘永坚, 冯 健, 刘栋辉, 梁桂英, 杜震宇

(中山大学生命科学学院, 广东 广州 510275)

摘要:将试验草鱼随机分配在12个水族箱中,每箱放鱼30尾,分别以玉米淀粉、小麦淀粉、水稻淀粉为糖源配制3种试验饲料,饲养初始体重为(8.49 ± 0.04)g的草鱼80d,观察不同种类淀粉饲料对草鱼生长、肠系膜脂肪沉积和鱼体组成的影响。每种饲料设3个平行组,日投喂率按鱼体重的3%计算。试验结果显示:尽管草鱼对糖的表观消化率以小麦淀粉组最高,但摄食小麦淀粉饲料的草鱼与摄食玉米淀粉和水稻淀粉饲料的草鱼在生长上并无显著性差异。然而小麦淀粉组和玉米淀粉组的内脏比、肝胰脏脂肪含量、血浆甘油三酯水平以及肠系膜脂肪占鱼体的百分比显著高于水稻淀粉组($P < 0.05$)。鱼体营养成分组成除了水稻淀粉组全鱼脂肪含量相对低于玉米淀粉组和小麦淀粉组之外,其它成份没有太大的差异。

关键词:草鱼; 淀粉; 生长; 肠系膜脂肪; 鱼体组成

中图分类号: S963 **文献标识码:** A

Effect of different types of starch on growth, the deposition of mesenteric fat and body composition of *Ctenopharyngodon idellus*

TIAN Li-xia, LIU Yong-jian, FENG Jian, LIU Dong-hui, LIANG Gui-ying, DU Zhen-yu

(School of Life Sciences, Zhongshan University, Guangzhou 510275, China)

Abstract: Grass carps (8.49 ± 0.04g) were randomly assigned to 12 tanks (30 fish/tank) and fed with three experimental diets, which contained 30% different types of starch (corn starch, wheat starch and rice starch) for 80 days. Daily feeding rate was 3% wet weight. The results showed that there was no significant difference in growth of fish fed with wheat starch, corn starch and rice starch, even though highest carbohydrate apparent digestibility coefficients occurred in wheat starch fed fish. While viserosomatic index, hepatopancreatic fat content, plasma triglyceride level and percentage mesenteric fat were significantly higher in fish fed with wheat starch than in those fed with rice starch. The differences in body composition were small except that the body fat content of fish fed with rice starch was relatively lower than those fed with corn starch or wheat starch.

Key words: *Ctenopharyngodon idellus*; starch; growth; mesenteric fat; body composition

在动物营养中,淀粉是饲养动物如牛、猪和家禽饲料中的主要成分,作为鱼类饲料中最廉价的可以替代蛋白质的能量原料,淀粉具有重要的作用,因为脂肪的添加量是有限的。然而鱼类对于淀粉的利用却因种而异,而且对于不同来源的淀粉,由于其结构和性状上的不同导致鱼类对其消化吸收率不同。大

收稿日期:2001-08-02

资助项目:国家自然科学基金资助项目(39970576)

作者简介:田丽霞(1964-),女,山西平鲁人,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

多数鱼类消化率值明显地受到淀粉处理的影响。糊化、蒸煮通常都会改善虹鳟对淀粉的表现消化率^[1,2]。但从大白鼠的消化试验来看,大米、小麦、玉米等的淀粉即使直接生食,它们的消化率也很高,均在85%以上。猪和鸡对生淀粉的消化率亦很高,对小麦淀粉的消化率甚至高达90%以上^[3,4]。Cousin等^[5]研究发现,对虾对谷物的表现消化率并未象虹鳟那样受淀粉处理的影响,反而与那些具有高淀粉消化能力的陆生动物相似,无论对生的或熟的淀粉都能很好地消化。草鱼是一种典型的草食性鱼类,有关不同来源淀粉对草鱼生长和鱼体组成的影响尚未见文献报道。为此,我们进行了相关研究。

1 材料和方法

1.1 试验饲料、试验鱼和饲养管理

采用3种生淀粉(玉米淀粉、小麦淀粉、水稻淀粉)作为糖源配制成3种颗粒饲料(粒径为1.5mm)。饲料配方和成分分析如表1所示。试验草鱼由本室鱼场提供,平均初始体重为(8.49 ± 0.04)g,饲养试验在室内循环流水过滤水族箱(98cm × 48cm × 42cm)中进行。每种饲料设3个平行箱,每箱放鱼30尾,水源为曝气去氯后的自来水,平均水温为(26.5 ± 1.7)℃,水中溶氧量为(8.13 ± 0.60)mg L⁻¹,pH值为7.43 ± 0.21,氨氮含量为(0.33 ± 0.05)mg L⁻¹。每天光照时间为12h。试验前将鱼饲养3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3%,饲料分成4等份,分别于9:00、12:00、14:00、17:00各投喂1次。每2周称一次总体重,检查生长情况。并相应调整喂量。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℃烘干后,置-20℃冰箱保存备测,试验周期为80d。

表1 试验饲料配方及营养组成

Tab.1 Formulation and composition of experimental diets

(%)

	玉米淀粉 corn starch	小麦淀粉 wheat starch	水稻淀粉 rice starch
酪蛋白 casein	32	32	32
明胶 gelatin	8	8	8
玉米淀粉 corn starch	30		
小麦淀粉 wheat starch		30	
水稻淀粉 rice starch			30
玉米油 corn oil	3	3	3
混合鱼油 mixed fish oil	3	3	3
复合维生素 ^[6] vitamin mix	2	2	2
复合无机盐 ^[7] mineral mix	8	8	8
纤维素 cellulose	12.39	12.39	12.39
Vc 磷酸酯 ascorbic acid phosphate ester	1	1	1
三氧化二钇 Y ₂ O ₃	0.01	0.01	0.01
氯化胆碱 choline chloride	0.6	0.6	0.6
营养成分组成 proximate composition			
水分 moisture	8.7	8.7	8.5
粗蛋白 crude protein	35.0	35.0	35.1
粗脂肪 crude lipid	5.8	5.0	5.0
总糖 carbohydrate	30.5	31.4	31.0
灰分 ash	6.4	6.5	6.4
可消化能 DE(kcal kg ⁻¹)	278.1	290.3	259.0
可消化能比 DP/DE(mg/kcal)	118.3	114.3	123.5

1.2 样品的采集和分析

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℃烘至恒重,制备全鱼样品。另取3尾鱼毁髓,分别用含有肝素的注射器从静脉窦采血,并以10 000r·min⁻¹离心

15min,制得血浆样品,置-20℃冰箱以备分析。再取3尾鱼,取出内脏,剥离肝胰脏样品,并去鳞取出两侧背肌,立即用液氮速冻之后置-20℃冰箱保存。同法另取3尾鱼的肝胰脏样品和肌肉样品,于105℃烘干备用。饲料和全鱼肌肉的水分、粗蛋白、粗脂肪和灰分别采用105℃常压干燥法、凯氏定氮法、索氏抽提法及550℃灼烧法。淀粉及总糖的测定采用3,5-二硝基水杨酸法。肝胰脏脂肪测定采用甲醇-甲缩醛法。血浆甘油三酯测定采用甘油磷酸氧化酶法。消化率测定采用间接法,指标物质三氧化二钼的含量通过等离子光谱定量仪测定。

1.3 试验结果的统计分析

试验结果用平均数±标准差表示,经方差分析之后,采用Duncan氏多重比较法分析试验结果平均数的差异显著性。

2 试验结果

2.1 不同种类淀粉对草鱼生长的影响

如表2所示,草鱼摄食小麦淀粉饲料后相对生长率最高[(102.63±1.51)%],其次为玉米淀粉组[(99.79±10.88)%],水稻淀粉组相对最低[(90.96±9.94)%],但3组间无显著性差异。饲料效率和蛋白质效率亦为小麦淀粉组>玉米淀粉组>水稻淀粉组,但从统计学分析来看,3组间仍无显著性差异,这些结果表明:常用饲料源中这3种不同来源的淀粉(小麦淀粉、玉米淀粉和水稻淀粉)对草鱼的生长的影响没有显著性差异。

表2 不同种类淀粉对草鱼生长的影响

Tab.2 Effect of different types of starch on the growth performance of grass carp

组别 group	玉米淀粉 corn starch	小麦淀粉 wheat starch	水稻淀粉 rice starch
相对生长率(%) relative growth rate	99.79 ±10.88 ^a	102.63 ±1.51 ^a	90.96 ±9.94 ^a
饲料效率(%) feed efficiency	26.98 ±3.60 ^a	29.08 ±0.38 ^a	24.66 ±1.83 ^a
蛋白质效率(%) protein efficiency ratio	0.77 ±0.10 ^a	0.83 ±0.01 ^a	0.70 ±0.05 ^a

注:同一行右上角不同英文上标字母表示有显著性差异($P < 0.05$)。

Notes: Values with different superscripts in the same row are significantly different ($P < 0.05$).

2.2 草鱼对不同种类淀粉的消化吸收率

草鱼对小麦淀粉饲料、玉米淀粉饲料和水稻淀粉饲料的干物质表观消化率分别为(75.69±1.16)%,(72.56±1.85)%和(67.45±1.11)%,3组之间有显著性差异($P < 0.05$)。蛋白质消化率分别为(94.91±0.51)%,(93.84±2.45)%和(91.18±1.32)%,可见蛋白质表观消化率均高于90%。糖的表观消化率差异特别显著($P < 0.05$):小麦淀粉组最高,达(93.58±1.56)%;玉米淀粉组次之,为(81.88±2.17)%;水稻淀粉组最低,为(73.29±2.08)%(表3)。消化率总体趋势均为小麦淀粉组>玉米淀粉组>水稻淀粉组,而且组间差异显著($P < 0.05$)

表3 草鱼对不同种类淀粉的消化吸收率

Tab.3 The apparent digestibility coefficients (ADC) for the different types of starch in grass carp (%)

组别 group	玉米淀粉 corn starch	小麦淀粉 wheat starch	水稻淀粉 rice starch
干物质消化率 ADC of dry matter	72.56 ±1.85 ^b	75.69 ±1.16 ^a	67.45 ±1.11 ^c
蛋白质消化率 ADC of protein	93.84 ±2.45 ^{bc}	94.91 ±0.51 ^{ab}	91.18 ±1.32 ^c
糖的消化率 ADC of carbohydrate	81.88 ±2.17 ^b	93.58 ±1.56 ^a	73.29 ±2.08 ^c

注:同一行右上角不同英文上标字母表示有显著性差异($P < 0.05$)。

Notes: Values with different superscripts in the same row are significantly different ($P < 0.05$).

2.3 不同种类淀粉对草鱼内脏比、肝比、肠脂比、血浆甘油三酯以及肝胰脏、肠系膜脂肪含量的影响

由表4可以看到,内脏比和肠脂比均以小麦淀粉组最高,且显著高于水稻淀粉组($P < 0.05$)。玉米淀粉组内脏比亦高于水稻淀粉组,但无显著性差异,而肠脂比与小麦淀粉组及水稻淀粉组均无显著性差异。肝比在3组之间无显著性差异。小麦淀粉组和玉米淀粉组的肝胰脏脂肪含量分别为26.29%和24.91%,显著高于水稻淀粉组(19.47%)($P < 0.05$)。草鱼摄食3种不同来源淀粉后,血浆甘油三酯以小麦淀粉组最高(206.37 mg · dL⁻¹),但3组间无显著性差异。肠系膜脂肪含量在水稻淀粉组最低,且显著低于小麦淀粉组和玉米淀粉组($P < 0.05$)。上述结果表明:小麦淀粉和玉米淀粉比水稻淀粉更容易造成草鱼肝胰脏和肠系膜脂肪的沉积。

表4 不同种类淀粉对草鱼内脏比、肝比、肠脂比、血浆甘油三酯以及肝胰脏、肠系膜脂肪含量的影响

Tab.4 Effect of different types of starch on the viserosomatic index, hepatosomatic index, mesenteric fat index, plasma triglyceride level and fat content of hepatopancreas and mesentery

组别 group	玉米淀粉 corn starch	小麦淀粉 wheat starch	水稻淀粉 rice starch
内脏比 viserosomatic index (%)	10.36 ±0.71 ^b	11.19 ±1.36 ^a	9.43 ±0.59 ^{bc}
肝比 hepatosomatic index (%)	3.13 ±0.21 ^a	3.11 ±0.71 ^a	2.89 ±0.15 ^a
肠脂比 mesenteric fat index (%)	3.19 ±0.31 ^{ab}	3.73 ±0.95 ^a	2.50 ±0.08 ^{bc}
血浆甘油三酯 plasma triglyceride (mg · dL ⁻¹)	182.12 ±65.08 ^a	206.37 ±15.72 ^a	189.70 ±22.32 ^a
肝胰脏脂肪 fat content of hepatopancreas (ww %)	24.91 ±0.99 ^a	26.29 ±3.22 ^a	19.47 ±0.43 ^b
肠系膜脂肪 fat content of mesentery (ww %)	78.05 ±2.60 ^a	76.95 ±5.36 ^a	68.87 ±3.95 ^b

注:同一行右上角不同英文上标字母表示有显著差异($P < 0.05$)。

Notes: Values with different superscripts in the same row are significantly different ($P < 0.05$).

2.4 不同种类淀粉对草鱼全鱼和肌肉营养组成的影响

用不同来源淀粉饲料饲养草鱼80d后全鱼和肌肉的营养组成见表5。3组草鱼全鱼的水份、灰分和粗蛋白含量无显著性差异。而全鱼粗脂肪含量以玉米淀粉组最高[(8.90 ±0.77)%],小麦淀粉组次之[(8.55 ±0.49)%],水稻淀粉组最低[(7.35 ±0.82)%],且显著低于玉米淀粉组($P < 0.05$)。肌肉水分和脂肪含量在3组间无显著性差异,粗蛋白含量亦无显著性差异。这些结果表明,不同来源的淀粉对草鱼的肌肉组成没有显著性影响,而对全鱼组成则只影响其脂肪含量,联系到表4中肝胰脏脂肪和肠系膜脂肪含量亦为小麦淀粉组和玉米淀粉组显著高于水稻淀粉组,可以看出,全鱼脂肪含量的差异实质上是由肝胰脏和肠系膜脂肪含量的差异所造成的。

表5 不同种类淀粉对草鱼全鱼和肌肉营养组成的影响

Tab.5 Effect of different types of starch on whole body and muscle composition of grass carp (ww%)

组别 group	玉米淀粉 corn starch	小麦淀粉 wheat starch	水稻淀粉 rice starch
全鱼 whole body			
水分 moisture	73.14 ±0.40 ^a	73.28 ±0.15 ^a	73.41 ±1.42 ^a
粗蛋白 crude protein	13.76 ±0.27 ^a	14.05 ±0.06 ^a	14.18 ±0.30 ^a
粗脂肪 crude lipid	8.90 ±0.77 ^a	8.55 ±0.49 ^{ab}	7.35 ±0.82 ^{bc}
灰分 ash	2.92 ±0.11 ^a	3.10 ±0.07 ^a	2.95 ±0.14 ^a
肌肉 muscle			
水分 moisture	79.21 ±0.04 ^a	79.20 ±0.10 ^a	79.20 ±0.17 ^a
粗蛋白 crude protein	18.49 ±0.25 ^a	18.11 ±0.05 ^a	18.19 ±0.23 ^a
粗脂肪 crude lipid	1.13 ±0.05 ^a	1.25 ±0.04 ^a	1.33 ±0.09 ^a

注:同一行右上角不同英文上标字母表示有显著差异($P < 0.05$)。

Notes: Values with different superscripts in the same row are significantly different ($P < 0.05$).

3 讨论

谷物通常被认为更容易为动物消化吸收,其中小麦淀粉是谷物淀粉中最容易消化的,在大西洋鲑,处理过的小麦和天然小麦的表观消化率没有显著差异^[8]。在欧洲鳗,天然小麦甚至比糊化的玉米淀粉、马铃薯淀粉和高粱淀粉的饲料转化率都高。但是摄食小麦淀粉的欧洲鳗全鱼脂肪含量显著高于摄食马铃薯淀粉组^[9]。对虾对天然小麦的糖的消化率为 92.4%,而对玉米淀粉的糖的消化率为 85.1%^[5]。小麦淀粉比玉米淀粉容易被动物消化吸收,也许是由于其最高粘度较低的原因,因为粘度较低的淀粉对外源性酶解的抵制作用较小。小麦淀粉最高粘度为 508.3BU,而玉米淀粉最高粘度为 750BU。在本次试验中,草鱼对小麦淀粉的糖的消化率亦表现为最高(94.58%),玉米淀粉居中(81.88%),水稻淀粉相对最低(73.29%),且 3 组间存在显著性差异。然而小麦淀粉组的生长与玉米淀粉组和水稻淀粉组并无显著性差异,那么其多吸收的糖转化到哪里去了呢?从肌肉脂肪含量分析来看,小麦淀粉组与玉米淀粉组和水稻淀粉组亦无显著性差异,但从内脏比、肠脂比,肝胰脏脂肪含量和血浆甘油三脂水平来看,小麦淀粉组均最高,这说明:草鱼摄食小麦淀粉饲料后吸收的糖类很大一部分转化为脂肪贮存于肝胰脏,并在肠系膜中积累。Brauge 等在虹鳟观察到,摄食高水平的可消化糖会诱导其脂肪合成,并增加其肝脏脂肪的沉积^[2]。Hilton 和 Atkinson^[10],Spyridakis 等^[11],Ballestrazzi 等^[12]以及 Lanari 等^[13]在海鲈均观察到,随着饲料中可消化糖含量的增多,试验鱼的肝胰脏脂肪含量升高,同时肠系膜脂肪积累显著增加,尽管鱼的种类不同,我们在草鱼得到的结果与上述研究结果却是非常相似的。值得注意的是由于草鱼对 3 种淀粉的消化吸收率不同,因此本次试验中 3 种淀粉饲料的可消化糖、可消化能以及可消化蛋白能量比是不一样的。而饲料中可消化糖和可消化蛋白能与鱼的生长和鱼体组成有密切的关系,因此,进一步研究草鱼对不同种类淀粉的最适水平以及最适蛋白能量比,对于提高草鱼对糖的利用以及控制因糖而引起的草鱼肠系膜脂肪的沉积是非常有必要的。

参考文献:

- [1] Bergot F. Digestibility of native starches of various botanical origins by rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) [M]. In: S J Kaushik and P Luquet (Editors), Fish nutrition in practice. Les Colloques, no. 61 INRA, Paris, 1993. 857 - 865.
- [2] Brauge C, Medale F, Corraze G. Effect of dietary carbohydrate levels on growth, body composition and glycemia in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, reared in seawater[J]. Aquac, 1994, 123:109 - 120.
- [3] Van der Piel A F B, Gravendeel S, Van Kleef D F, et al. Tannin-containing fabe beans (*Vicia faba* L.): effects of methods of processing on ileal digestibility of protein and starch for growing pigs[J]. Anim Feed Sci Technol, 1992, 36:205 - 214.
- [4] Carre B, Escartin R, Melcion J P, et al. Effect of pelleting and associations with maize or wheat on the nutritive value of smooth pea (*Pisum sativum*) seeds in adult cockerels[J]. Br Poultry Sci, 1987, 28:219 - 229.
- [5] Cousin M, Cuzon G, Guillaume J, et al. Digestibility of starch in *Penaeus vannamei*: in vivo and in vitro study on eight samples of various origin[J]. Aquac, 1996, 140:361 - 372.
- [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] Huang Y T, Liu Y J. Studies on the mineral requirement in juvenile grass carp (*Ctenopharyngodon idellus* C. & V.) [J]. Acta Hydrobiologica Sinica, 1989, 13(2):135 - 151 [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] Arnesen P, Krogdahl A. Crude and pre-extruded products of wheat as nutrient sources in extruded diets for Atlantic salmon (*Salmo salar*, L.) grown in seawater [J]. Aquac, 1993, 118:105 - 117.
- [9] Degani G, Viola S, Levanon D. Effect of dietary carbohydrate source on growth and body composition of the european eel (*Anguilla anguilla* L.) [J]. Aquac, 1986, 52:97 - 104.
- [10] Hilton J W, Atkinson J L. Response of rainbow trout (*Salmo gairdneri*) to increase levels of available carbohydrate in practical trout diets[J]. Br J Nutr, 1982, 47:597 - 607.
- [11] Spyridakis P, Metailler R, Gabaudan J. Proteine et amidon daris l'alimentation du juvenile de bar ou loup (*Dicentrarchus labrax*) [M]. ICES, C. M. 1986. F:30, 11.
- [12] Ballestrazzi R, Lanari D, D'Agaro E. Performanee, nutrient retention efficiency, total ammonia and reactive phosphorus excretion of growing European sea bass (*Dicentrarchus labrax*, L) as affected by diet processing and feeding level[J]. Aquac, 1998, 161:55 - 65.
- [13] Lanari D, Poli B M, Ballestrazzi R, et al. 1999. The effects of dietary fat and NFE levels on growing European sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.). Growth rate, body and fillet composition, carcass traits and nutrient retention efficiency[J]. Aquac, 1999, 179:351 - 364.