

文章编号:1005-8737(2001)03-0059-06

草鱼对 17 种饲料原料粗蛋白和粗脂肪的表观消化率

林仕梅, 罗 莉, 叶元土

(西南农业大学 水产系, 四川 重庆 400716)

摘 要: 试验以 Cr_2O_3 为指示物, 测定草鱼对进口鱼粉、国产鱼粉、蟹粉、肉粉、肠衣粉、酵母、菜饼、黄菜饼、黑菜饼、双低菜籽粕、豆粕、膨化大豆、芝麻饼、棉粕、玉米胚芽饼、玉米蛋白粉和酒糟粉 17 种试验原料中粗蛋白和粗脂肪的表观消化率。试验饲料由基础饲料和试验原料以 70:30 的比例(质量比)混合挤压成硬颗粒饲料。结果表明, 草鱼对鱼粉、菜籽饼粕、豆粕和膨化大豆等质量好的蛋白饲料的表观消化率较高, 其干物质、脂肪和蛋白质的表观消化率均在 80% 以上; 草鱼对酵母、菜籽饼粕、豆粕和膨化大豆等饲料的干物质、脂肪和蛋白质的表观消化率均与鱼粉一致。

关键词: 草鱼; 饲料原料; 蛋白质; 脂肪; 表观消化率

中图分类号: S965.112.31

文献标识码: A

消化率测定是饲料营养价值评定的重要内容, 也是配制平衡饲料的前提。我国原料品种多, 加工方式各异, 准确测定饲料原料的消化率显得尤为重要。同时, 要求鱼饲料配方选择消化利用率高的饲料原料, 饲料配方者应精确了解饲料的可消化率。草鱼(*Ctenopharyngodon idellus*)是我国主要的经济鱼类, 近年来对草鱼 营养需要研究较多, 而且也比较深入^[1], 但草鱼各种饲料的消化率数据还有限。本试验的目的在于测定草鱼对几种常用商品蛋白饲料原料粗蛋白和粗脂肪的表观消化率, 以便制定草鱼的饲养标准, 为设计优质、高效的环保饲料配方提供依据。

1 材料和方法

1.1 试验池(箱)流水系统

试验在容积为 0.25 m^3 (直径 60 cm、高 80 cm) 的圆锥形循环玻璃水族箱中进行(图 1), 蓄水池容积为 6 m^3 。其中, 沉淀池容积为 2 m^3 , 过滤池容积

为 2 m^3 , 过滤材料为米粒状小石块。养殖用水先经 80 目的筛绢过滤, 经过 2 级沉淀, 然后经过小石块时被生物膜除去氨氮, 再流回水族箱养殖水体(图 2)。每隔 30 min 循环 1 次, 交换养殖水体量约为 1/10。替换用水由自来水经充分曝气后使用, 每天换水量约为 1/5, 以保持水质清晰。每一水族箱还备一充气头, 试验养殖用水的溶解氧保持在 6 mg/L 以上。水温 $(23 \pm 1)^\circ\text{C}$ 。

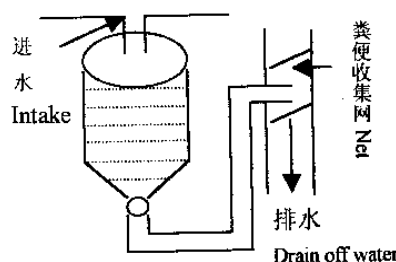


图 1 单个养殖箱示意图

Fig.1 Sketch of culture tank

1.2 试验鱼

草鱼取自本系试验渔场, 体重为 $150 \sim 200 \text{ g}$, 平均体重 $(180 \pm 18) \text{ g}$, 每箱放养试验鱼 7 尾。在水族

收稿日期:2000-12-11

基金项目:国家“九五”攻关专题资助项目(99-009-01-03)

作者简介:林仕梅(1970-), 男, 讲师, 从事水产动物营养与饲料研究。E-mail: lsm@swau.edu.cn

箱中驯养 2 周,待草鱼适应环境后再开始试验。

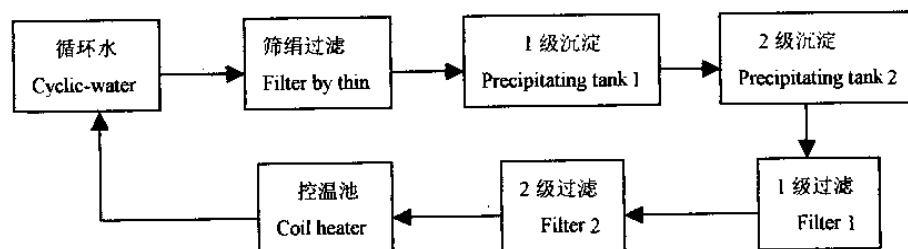


图 2 循环水养殖系统示意图

Fig.2 Structure of cyclic-water culture system

1.3 试验饲料

试验原料为重庆市售商品饲料原料,包括进口鱼粉、国产鱼粉、蟹粉、肉粉、肠衣粉、酵母、菜饼、黄菜饼、黑菜饼、双低菜籽粕、豆粕、膨化大豆、芝麻饼、棉粕、玉米胚芽饼、玉米蛋白粉和酒糟粉 17 种。试验饲料由基础饲料 70% 和试验原料 30% 组成,配制

成试验饲料 1[#] ~ 17[#]。基础饲料由鱼粉、豆粕、菜粕、次粉和 α -淀粉组成。基础饲料配方和营养成分见表 1,试验原料营养指标见表 2。饲料原料粉碎过 40 目筛,用制粒机(模孔 $\phi 4.0$ mm)制成硬颗粒饲料,自然冷却,冰柜中保存备用。

表 1 基础饲料配方及营养成份

Table 1 Reference diet formulation and nutrient compositions

饲料原料 Ingredients	配比/% Percent	营养成分 Nutrition composition	含量/% Content
鱼粉 Fish meal	10	粗蛋白 Crude protein	31.59
豆粕 Soybean meal	25	粗脂肪 Crude fat	5.82
菜粕 Rapeseed meal	20		
次粉 Wheat middling	30		
α -淀粉 Alpha-starch	10		
菜油 Rapeed oil	2		
复合预混料 Compound premix	1.4		
磷酸二氢钙 $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$	1.1		

1.4 饲养管理

首先用不含 Cr_2O_3 的基础饲料饲养 1 周,然后投喂含 Cr_2O_3 的基础饲料和试验饲料 1 周,此后开始收集粪便,直到粪便样品(大约 30 g)够分析用为止。试验期间日投饵量为鱼体重的 2%,每天投饵 3 次(8:30、12:30、18:00),每次投饵 30 min 后清除筛网上的残饵及排泄物,每隔 2 h 收集 1 次粪便。用镊子将包膜完整的粪便置于称量瓶中,70℃ 烘干,存入冰箱以待分析。

1.5 样品测定和消化率的计算

饲料、粪便样品的粗蛋白质含量采用凯氏定氮法测定^[2],粗脂肪含量采用索氏抽提法^[2], Cr_2O_3 采用酸消化比色法测定^[3]。

基础饲料和试验饲料干物质、蛋白质和脂肪表观消化率计算公式为^[3]:

$$\text{饲料干物质表观消化率}(\%) = (1 - \text{饲料中 } \text{Cr}_2\text{O}_3\% / \text{粪便中 } \text{Cr}_2\text{O}_3\%) \times 100$$

$$\text{营养成分表观消化率}(\%) = [1 - (\text{饲料中 } \text{Cr}_2\text{O}_3\% \times \text{粪便营养成分}) / (\text{粪便中 } \text{Cr}_2\text{O}_3\% \times \text{饲料营养成分})] \times 100$$

试验原料干物质、蛋白质和脂肪表观消化率计算公式为^[4]:

$$\text{饲料原料营养成分表观消化率}(\%) = (\text{试验饲料某营养成分的表观消化率} - 0.7 \times \text{基础饲料某营养成分的表观消化率}) / (1 - 0.7)$$

表 2 试验原料的化学组成*

Table 2 Chemical composition of feed ingredients						%
饲料原料 Ingredients	水分 Moisture	粗灰分 Crude ash	粗脂肪 Crude fat	粗蛋白 Crude protein	Ca	P
鱼粉 Fish meal(import)	10.18	11.83	9.89	62.45	3.92	2.97
豆粕 Soybean meal(sol.)	11.89	6.19	1.02	44.87	0.34	0.69
玉米蛋白粉 Corn gluten meal	12.66	1.02	2.05	46.24		
酵母 Brewers dried yeast	9.21	4.27	3.19	40.99	0.25	1.09
菜饼 Rapeseed meal(exp.)	11.76	7.57	6.69	32.02	0.64	1.10
黄菜饼 Yellow rapeseed meal	11.47	7.57	6.85	35.90	0.66	1.17
黑菜饼 Black rapeseed meal	10.45	7.28	7.09	35.57	0.54	0.99
鱼粉 Fish meal(native)	11.22	9.16	10.22	54.17	5.82	3.51
肉粉 Meat meal	12.06	8.24	10.19	53.68	5.61	3.97
肠衣粉 Casing meal	10.25	3.15	2.19	50.01	0.65	0.24
膨化大豆 Expanded soybean	12.34	3.86	13.09	36.78	0.26	0.47
棉粕 Cottonseed meal(sol.)	10.67	6.78	2.35	45.50	0.27	1.03
双低菜籽粕 Double-low rapeseed meal(sol.)	10.32	7.21	3.41	35.89	0.53	0.89
蟹粉 Crab meal	9.32	14.15	5.13	37.65	4.17	1.07
玉米胚芽饼 Corn germ meal	12.07	6.05	2.35	20.34	0.08	1.27
芝麻饼 Sesame meal(exp.)	9.28	9.87	9.42	40.35	2.23	1.25
酒糟粉 Distiller's grains meal	12.08	6.21	5.32	24.25	0.23	0.35

* 数据均为实测值。Observed values.

表 3 基础饲料、试验饲料的配方

Table 3 Formulation of reference diet and test diet		
组成 Composition	基础饲料/% Reference diet	试验饲料/% Test diet
基础饲料 Reference diet	99.5	69.65
试验原料 Test ingredient	0.0	29.85
Cr ₂ O ₃	0.5	0.5

2 结果

本试验测定了进口鱼粉、国产鱼粉、蟹粉、肉粉、肠衣粉 5 种动物性蛋白饲料的表观消化率。由表 4 可见,草鱼对进口鱼粉和国产鱼粉干物质的表观消化率均在 80% 以上,而对蟹粉、肉粉和肠衣粉干物质的表观消化率均低于 60%,与鱼粉相比,差异均极显著($P < 0.01$)。草鱼对进口鱼粉、国产鱼粉、蟹粉和肉粉蛋白质的表观消化率较一致,而对肠衣粉蛋白质的表观消化率最低,与前者相比,差异均显著($P < 0.05$)。草鱼对进口鱼粉、国产鱼粉、肉粉和肠衣粉脂肪的表观消化率较一致,而对蟹粉脂肪的表观消化率最低,与前者相比,差异均显著($P < 0.01$)。

从表 4 还可以看出,草鱼对黄菜饼、豆粕和膨化

大豆干物质的表观消化率最高,其次为菜饼、黄菜饼、双低菜籽粕、芝麻饼和酒糟粉,而对棉粕、玉米胚芽饼和玉米蛋白粉干物质的表观消化率最低。草鱼对黑菜饼、双低菜籽粕、豆粕和膨化大豆蛋白质的表观消化率表现出极高的水平,均大于 85%,其次为菜饼、黑菜饼、芝麻饼、棉粕和玉米胚芽饼,其蛋白质消化率也近 80%,而对玉米蛋白粉和酒糟粉蛋白质的表观消化率最低,低于 70%。草鱼对菜饼、黄菜饼、黑菜饼和豆粕 4 种饲料脂肪的表观消化率均大于 80%,对双低菜籽粕、膨化大豆和酒糟粉脂肪的表观消化率较低,均在 70% 左右,而草鱼对芝麻饼、棉粕、玉米胚芽饼和玉米蛋白粉脂肪的表观消化率最低,均低于 60%。

本试验还测定了单细胞蛋白饲料的表观消化率。由表 4 可见,草鱼对酵母干物质的表观消化率为 64.24%,低于鱼粉干物质的表观消化率;对酵母蛋白质的表观消化率为 85.04%,与鱼粉蛋白质的表观消化率一致;对酵母脂肪的表观消化率为 82.53%,与鱼粉、菜饼和豆粕脂肪的表观消化率一致。

表 4 草鱼对 17 种试验饲料原料粗蛋白和粗脂肪的表观消化率

Table 4 The apparent protein and crude fat digestibility coefficients of grass carp

%

饲料号 Diet No.	试验饲料 Test diets			粪便 Faeces			原料干物 质消化率 Dry-matter digestibility	原料蛋白 质消化率 Crude protein digestibility	原料脂肪 消化率 Crude fat digestibility
	CP	EE	Cr ₂ O ₃	CP	EE	Cr ₂ O ₃			
基础饲料 Reference diet	31.59	5.82	0.5218	15.76	4.23	1.9511	73.26	86.66	80.56
1 [#] 进口鱼粉 Fish meal(import)	39.81	7.04	0.5184	21.87	5.46	2.1781	83.06	87.54	83.83
2 [#] 国产鱼粉 Fish meal(native)	38.36	7.14	0.5233	22.33	5.64	2.1565	81.51	84.04	81.46
3 [#] 蟹粉 Crab meal	33.41	5.13	0.6439	16.09	4.18	2.0303	56.68	80.22	59.23
4 [#] 肉粉 Meat meal	37.81	7.13	0.5307	19.01	4.42	1.7131	59.13	79.21	81.36
5 [#] 肠衣粉 Casing meal	36.88	4.73	0.5083	21.35	2.97	1.6019	56.62	69.89	78.93
6 [#] 酵母 Brewers dried yeast	34.41	5.03	0.5203	17.48	3.22	1.7670	64.24	85.04	82.53
7 [#] 菜饼 Rapeseed meal(exp.)	32.29	6.08	0.5361	18.36	3.53	1.9056	68.62	77.81	81.33
8 [#] 黄菜饼 Yellow rapeseed meal	32.88	6.13	0.5181	18.34	4.41	1.9716	74.80	86.03	81.79
9 [#] 黑菜饼 Black rapeseed meal	32.78	6.85	0.5381	19.53	4.05	1.9064	68.31	79.45	82.69
10 [#] 双低菜籽粕 Double-low rapeseed meal	32.87	4.42	0.4806	15.40	4.81	1.6689	66.40	86.15	70.89
11 [#] 豆粕 Soybean meal	34.88	4.38	0.5522	17.49	3.32	2.1169	75.44	87.53	82.19
12 [#] 膨化大豆 Expanded soybean	33.65	8.00	0.5462	16.96	7.86	2.1858	79.10	89.14	74.89
13 [#] 芝麻饼 Sesame meal	34.24	6.90	0.5097	18.91	7.44	1.8426	70.19	80.20	59.59
14 [#] 棉粕 Cottonseed meal	35.01	5.56	0.4690	19.02	5.74	1.5192	59.49	75.22	51.16
15 [#] 玉米胚芽饼 Corn germ meal	28.18	4.78	0.5379	14.68	5.10	1.7290	58.69	77.10	50.23
16 [#] 玉米蛋白粉 Corn gluten meal	35.48	5.89	0.5863	22.29	4.26	1.9734	63.36	68.91	57.09
17 [#] 酒糟粉 Distiller's grains meal	31.48	5.67	0.4583	22.20	5.37	1.8261	71.71	68.47	69.09

3 讨论

本试验粪便样品收集采用虹吸法,克服了 Robert^[4]解剖鱼消化道和 Nose^[5]的挤压鱼肛门方式收集粪便所引起的人为干扰草鱼生理活动的弊端。与张玉良^[6]和 Crua^[7]所用单一饲料原料为试验饲料来确定草鱼表观消化率的方法比较,本试验采用了 Robert 介绍的 70:30 混合饲料为试验饲料,因试验饲料营养较平衡,使所得结果更接近试验鱼的营养消化生理要求。

本试验测得草鱼对酵母、菜籽饼粕、豆粕和膨化大豆等饲料的干物质、脂肪和蛋白质的表观消化率均与鱼粉一致。在草鱼实用配方中,使用单细胞蛋白饲料和植物性蛋白饲料代替鱼粉,取得了较好的养殖效果。因此,在草鱼配合饲料中,使用单细胞蛋白饲料和植物性蛋白饲料代替鱼粉是完全可行的。

试验结果表明,草鱼对鱼粉、菜籽饼粕、豆粕和膨化大豆等质量好的蛋白饲料的表观消化率较高,其干物质、脂肪和蛋白质的表观消化率均在 80% 以上,这说明草鱼对试验饲料中的脂肪和蛋白质都能

很好地利用。像肠衣粉、酒糟粉、芝麻饼、玉米胚芽饼和玉米蛋白粉等不常用而成本低的饲料,草鱼也有较高的消化率。目前,饲料蛋白源紧缺,加之草鱼养殖效益低,在草鱼的人工配合饲料中可以充分利用这些蛋白资源,降低养殖成本,提高草鱼养殖效益。与文华^[8]等测定的草鱼(平均体重 0.5 g)消化率结果相比,进口鱼粉、国产鱼粉、菜饼、棉粕和玉米胚芽饼的干物质表观消化率分别高 27.29%、34.25%、36.42%、30.27% 和 13.95%,豆粕却低 7.63%;蛋白质的表观消化率差异不大;而进口鱼粉、菜饼、棉粕和玉米胚芽饼的脂肪表观消化率分别低 8.49%、18.70%、45.59% 和 49.37%,国产鱼粉却高 13.65%。这说明草鱼不同生长阶段对饲料营

养物质的表观消化率不同。但草鱼对鱼粉、菜籽饼和玉米蛋白粉的蛋白质的表观消化率与长吻鮠^[9]相比,分别低 8.17%、15.49%、7.92%,而豆饼的表观消化率却高 12.79%。与鲤^[10]对蛋白饲料的消化率相比,草鱼对豆粕的蛋白质的表观消化率低 4.24%,而鱼粉的表观消化率比较一致。这可能与鱼类的食性以及饲料原料的质量有关。

目前,鱼类集约化养殖对水环境的污染较大,通过提高可消化养分进行鱼饲料的配方设计,是降低氮、磷排泄的有效途径之一^[11]。利用本试验所得出的结果(表 4)计算出饲料原料的可消化养分,见表 5,为草鱼配合饲料配方设计提供更有效的理论参考价值。

表 5 草鱼试验饲料原料的可消化值

Table 5 Availabilities of some common protein feed ingredients for grass carp

%

饲料原料 Feed ingredients	干物质 Dry matter		粗蛋白质 Crude protein		粗脂肪 Crude fat	
	干物质含量 Content	可消化 + 物质 Availability	粗蛋白质含量 Content	可消化粗蛋白 Availability	粗脂肪含量 Content	可消化粗脂肪 Availability
进口鱼粉 Fish meal(import)	89.82	74.60	62.45	54.67	9.89	8.29
国产鱼粉 Fish meal(native)	88.78	72.36	54.17	45.52	10.22	8.32
蟹粉 Crab meal	90.68	51.40	37.65	30.20	5.13	3.03
肉粉 Meat meal	87.94	52.00	53.68	42.52	10.19	8.29
肠衣粉 Casing meal	89.75	50.82	50.01	34.95	2.19	1.72
酵母 Brewers dried yeast	90.79	58.32	40.99	34.86	3.19	2.63
菜饼 Rapeseed meal(exp.)	88.24	60.55	32.02	24.91	6.69	5.44
黄菜饼 Yellow rapeseed meal	88.53	66.22	35.90	30.88	6.85	5.60
黑菜饼 Black rapeseed meal	89.55	61.17	35.57	28.26	7.09	5.86
双低菜籽粕 Double-low rapeseed meal	89.68	59.55	35.89	30.92	3.41	2.41
豆粕 Soybean meal	88.11	66.46	44.87	39.27	1.02	0.83
膨化大豆 Expanded soybean	87.66	69.34	36.78	32.78	13.09	9.80
芝麻饼 Sesame meal	89.72	62.97	40.35	32.36	9.42	5.61
棉粕 Cottonseed meal	89.33	53.14	45.50	34.22	2.35	1.20
玉米胚芽饼 Corn germ meal	87.93	51.61	20.34	15.68	2.35	1.18
玉米蛋白粉 Corn gluten meal	87.34	55.34	46.24	31.86	2.05	1.17
酒糟粉 Distiller's grains meal	87.92	63.05	24.25	16.60	5.32	3.67

参考文献:

- [1] 林 鼎, 萧锡延. 鱼虾类营养研究进展[M]. 广州: 中山大学出版社, 1995. 1-16.
- [2] 杨 胜. 饲料分析及饲料质量检测技术[M]. 北京: 北京农业大学出版社, 1994. 19-23.
- [3] Frukawa A, Tsukabara H. On the acid digestion method for the determination of chromic oxide as an index substance in the study of digestibility in fish food[J]. Bull Jap Soc Sci Fish, 1966, 35: 502-506.
- [4] Robert P Wilson, William E Poe. Apparent digestible protein and energy coefficients of common feed ingredients for channel catfish

[J]. Prog Fish Cult, 1985, 47: 154-158.

- [5] Nose T. On the metabolic fecal nitrogen in young rainbow trout [J]. Bull Fresh Fish Res Lab(Tokyo), 1967, 17: 97-105.
- [6] 张玉良, 朱亚珠, 陈慧达. 青鱼对十四种饲料的消化率[J]. 水产科技情报, 1990, 6: 166-169.
- [7] Crua E W. Determination of nutrient digestibility in various classes of natural and purified feed materials for channel catfish [D]. Auburn: Auburn University, 1975. 82.
- [8] 文 华, 雍文岳, 廖朝兴, 等. 草鱼对 11 种饲料原料各种营养成分和总能的表现消化率[A]. 鱼虾类营养研究进展[C]. 广州: 中山大学出版社, 1995. 211-219.
- [9] 雷 武, 杨云霞, 贺锡勤. 长吻鮠对鱼粉等六种商品饲料中粗蛋白和能量的消化率[J]. 水生生物学报, 1996, 20(20): 113-

- 118.
- [10] 侯永清. 鲤鱼鱼种对饲料蛋白质和氨基酸的消化率的研究[J]. 饲料工业, 1996, 17(9): 18 - 20.
- [11] 林仕梅, 罗莉, 叶元土. 水产养殖的绿色饲料开发研究[J]. 中国饲料, 1999, (15): 23 - 25.

Apparent digestibility of crude proteins and crude fats in 17 feed ingredients in grass carp

LIN Shi-mei, LUO Li, YIE Yuan-tu

(Department of Fisheries, Southwest Agricultural University, Chongqing 400716, China)

Abstract: The grass carp collected from local farm were temporarily cultured for 2 weeks, experiment body weight 150~180 g and water temperature $(23 \pm 1)^{\circ}\text{C}$. The diets consisted of 70% reference diet and 30% test ingredients including fish meal (import), soybean meal, corn gluten meal, brewers dried yeast, rapeseed meal, yellow rapeseed meal, black rapeseed meal, fish meal (domestic), meat meal, casing meal, expanded soybean, cottonseed meal, double-low rapeseed meal, crab meal, corn germ meal, sesame meal and distiller's grains meal, respectively. Using Cr_2O_3 as the indicator the results show that the apparent digestibility rates of dry materials of fish meal both import and domestic are over 80% in grass carp, while those of crab meal, meat meal and casing meal are less than 60%. For the proteins in fishmeal (import and domestic), crab meal and meat meal, the grass carps have the similar digestibility ranged from 79.21% to 87.54%, but for the proteins in casing meal the digestibility is low (69.89%). For the plant ingredients, the highest digestibility of dry material appears in expanded soybean which is 79.10% and follow the soybean meal, yellow rapeseed meal, sesame meal and rapeseed meal, et al., and the low digestibilities appear in cottonseed meal, corn germ meal and corn gluten meal. The grass carp has high digestibilities of protein in yellow rapeseed meal, double-low rapeseed meal, soybean meal and expanded soybean meal, all more than 85%, and the followings are rapeseed meal, black rapeseed meal, sesame meal, cottonseed meal and corn germ meal, nearly 80%. Meanwhile, the digestibility of monocell protein diet was also tested.

Key words: grass carp; feed ingredients; protein; fat; digestibility