

鲤鱼对四种动物性蛋白原料的表观消化率测定

许建刚^{1,2}, 李国富¹ (1. 上海海洋大学生命科学学院, 上海200090; 2. 通威股份有限公司, 四川成都610041)

摘要 [目的] 为血粉制品在鲤鱼饲料配方中的应用提供依据。[方法] 以0.5% Cr₂O₃ 为外源指示剂, 按“85% 基础饲料+ 15% 试验原料”组成饲料, 测定鲤鱼对鱼粉、膨化血粉、血球蛋白粉、普通血粉4种动物性蛋白原料干物质、粗蛋白及氨基酸的表观消化率。[结果] 鲤鱼对膨化血粉的干物质表观消化率最高, 其次为血球蛋白粉、鱼粉, 普通血粉最低。鲤鱼对血球蛋白粉的蛋白质表观消化率最高, 其次为膨化血粉、鱼粉, 普通血粉最低。除胱氨酸外, 鲤鱼对血球蛋白粉的氨基酸表观消化率均高于膨化血粉, 而鲤鱼对膨化血粉的各种氨基酸表观消化率均高于鱼粉和普通血粉。[结论] 鲤鱼对4种动物性蛋白原料的表观消化率由大到小依次为: 血球蛋白粉 > 膨化血粉 > 鱼粉 > 普通血粉。

关键词 膨化血粉; 血球蛋白粉; 鲤鱼; 表观消化率

中图分类号 S965.116 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2008)27-11782-03

Detection on Apparent Digestibility of *Cyprinus carpio* to 4 Animal Protein Raw Materials

XU Jian gang et al (College of Life Sciences, Shanghai Ocean University, Shanghai 200090)

Abstract [Objective] The aim was to provide the basis for the application of blood meal products in the feed formula of *Cyprinus carpio*. [Method] With 0.5% Cr₂O₃ as the exogenous indicator, according to the formula feed of 85% basic feed + 15% tested material, the apparent digestibility of *C. carpio* to dry material, crude protein and amino acid in 4 animal protein raw materials of fish meal, expanding blood meal, spray-dried blood cells and common blood meal were detected. [Result] The apparent digestibility of *C. carpio* to dry material of the expanding blood meal was highest, followed by spray-dried blood cells and fish meal, and that of the common blood meal was lowest. The apparent digestibility of *C. carpio* to protein of spray-dried blood cells was highest, followed by expanding blood meal and fish meal, and that of the common blood meal was lowest. Except cystine, the apparent digestibility of *C. carpio* to the amino acid of spray-dried blood cells were all higher than that of expanding blood meal, but the apparent digestibility of *C. carpio* to each amino acid of expanding blood meal were all higher than that of fish meal and common blood meal. [Conclusion] The order of the apparent digestibility of *C. carpio* to 4 animal protein raw materials was spray-dried blood cells > expanding blood meal > fish meal > common blood meal.

Key words Expanding blood meal; Spray-dried blood cells; *Cyprinus carpio*; Apparent digestibility

以饲料原料营养素的可消化值为依据进行配方编制, 对于提高配合饲料的消化利用率、减少饲料物质对养殖水环境的污染具有重要意义。因此, 笔者比较了鲤鱼对鱼粉、膨化血粉、血球蛋白粉和普通血粉中几种营养成分的表观消化率, 以期在血粉制品在配方中的应用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 试验鱼。为池塘培育当年建鲤鲤鱼种, 均重90 g。

1.1.2 试验饲料。由“85% 基础饲料+ 15% 待测原料”组成。基础饲料配方及营养成分见表1。待测原料为鱼粉、膨化血粉、血球蛋白粉和普通血粉, 其常规营养成分见表2。试验饲料中加入0.5% Cr₂O₃ 作为指示剂, 采用逐级扩散法均匀混

表1 基础饲料配方及营养成分

Table 1 The formula and nutritional components of the basal feed

饲料配方 Feed formula	含量 % Content	营养成分 Nutritional components	含量 % Content
鱼粉 Fish meal	14.0	水分 Mixture content	11.80
豆粕 Soybean meal	27.0	粗蛋白 Crude protein	30.71
菜籽粕 Rapeseed meal	23.0	粗脂肪 Crude fat	4.56
次粉 Wheat middings	29.2	粗纤维 Crude fiber	5.75
玉米油 Corn oil	1.8	钙 Ca	0.90
磷酸二氢钙	1.0	总磷 Total P	1.35
Calcium dihydrogen phosphate			
氯化胆碱 Choline chloride	0.5		
101 添加物 101 additive	0.5		
鱼用矿添	3.0		
Mineral additive for fish			

注: 各营养成分均为实测值。

Nte: The nutritional components are the measured values.

合于饲料粉料中。配制试验饲料时, 所有原料均过40目, 用绞肉机制成粒径4 mm的颗粒饲料, 自然冷却晾干于干燥的地方备用。

表2 4种饲料原料的常规化学组成 %

Table 2 Conventional chemical composition of four kinds of raw materials

原料 Raw material	水分 Mixture content	粗蛋白 Crude protein	粗脂肪 Crude fat	粗灰分 Crude ash	粗纤维 Crude fiber
鱼粉 Fish meal	8.5	64.8	8.0	17.1	0.2
膨化血粉	6.4	85.8	0.3	5.4	2.5
Expanding blood meal					
血球蛋白粉	5.6	94.4	0.2	3.6	0.9
Spray-dried blood cells					
普通血粉	9.2	80.4	0.2	2.6	1.0
Common blood meal					

注: 同表1。

Nte: The same as Table 1.

1.1.3 养殖设备及水体。试验在100 L塑料水族箱中进行, 水源为曝气自来水, 水族箱使用充氧泵充气, 每个水族箱使用加热棒控温。每天换水2/3, 保持水质清洁。试验期间水温(26 ± 1) °C, pH 6.5 ~ 7.5, 溶氧 > 4.0 mg/L。

1.2 试验方法

1.2.1 试验处理及管理。试验设基础饲料及4种试验饲料共5个试验组(表3), 3次重复, 共15个水族箱。每箱放25尾鱼。

试验鱼投入水族箱驯化7 d后, 开始投喂试验饲料。试验期间, 每天饱食投喂2次(8:30, 12:30), 每次投饵0.5 h后用虹吸管将残饵吸出。每天在试验鱼排粪高峰期收集粪便, 用密抄网将粪便及时捞出, 然后用镊子将包膜完整的粪便颗粒挑于培养皿中, 于70 °C烘箱中烘干至恒重, 然后将粪便放入干燥器中待分析, 直至粪便够检测为止。

作者简介 许建刚(1983-), 男, 江苏泰州人, 硕士研究生, 研究方向: 动物营养与饲料科学。

收稿日期 2008-08-25

表3 试验配合饲料的配方

Table 3 The formula of the compound feed in the test %

原料组成 Feed composition	组别 Group				
	基础组	A组	B组	C组	D组
	Basic group	Group A	Group B	Group C	Group D
基础饲料 Basal feed	99.500	84.575	84.575	84.575	84.575
鱼粉 Fish meal	0	14.925	0	0	0
膨化血粉 Expanding blood meal	0	0	14.925	0	0
血球蛋白粉 Spray-dried blood cells	0	0	0	14.925	0
普通血粉 Common blood meal	0	0	0	0	14.925
Cr ₂ O ₃	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500

注:Cr₂O₃ 为指示剂。

Nte :Cr₂O₃ is the indicator .

1.2.2 样品分析及计算。 饲料和粪便样品中 Cr₂O₃ 含量采用湿式灰化定量法测定;粗蛋白测定采用凯氏定氮法,设备为全自动凯氏定氮仪;氨基酸含量采用酸水解法,设备为日立 L8900 氨基酸全自动分析仪。

试验饲料和基础饲料干物质、蛋白质和氨基酸表观消化率的计算公式分别为:

$$\text{干物质表观消化率}(\%) = 100 \times (1 - B/B)$$

$$\text{营养成分表观消化率}(\%) = [1 - (A/A) \times (B/B)] \times$$

100

式中, A、B 分别为饲料中某营养成分和 Cr₂O₃ 含量, A、B 分别为粪便中某相应营养成分和 Cr₂O₃ 含量。

原料干物质、蛋白质及氨基酸的表观消化率计算公式为^[1-3]:

$$\text{消化率}(\%) = (DT - rDR) / (1 - r)$$

式中, DT 和 DR 分别为试验饲料和基础饲料营养成分的消化率。

$r = (\text{试验饲料中基础饲料重量} / \text{试验饲料重量}) \times (\text{基础饲料中某营养成分含量} / \text{试验饲料中某营养成分含量})$

所得数据用 Excel 进行初步处理, 统计分析在 SPSS (13.0) 软件环境下进行, 量化指标用单因子方差分析处理, 采用 Duncan 氏多重比较分析平均数的差异显著性。

2 结果与分析

2.1 鲤鱼对 4 种原料干物质和蛋白质的表观消化率 由表 4 可见, 鲤鱼对膨化血粉的干物质表观消化率最高, 其次为血球蛋白粉、鱼粉, 普通血粉最低; 鲤鱼对血球蛋白粉的蛋白质表观消化率最高, 其次为膨化血粉、鱼粉, 普通血粉最低。膨化血粉与血球蛋白粉的蛋白质表观消化率都高于鱼粉且差异显著 ($P < 0.05$)。膨化血粉的蛋白质表观消化率显著高于普通血粉 ($P < 0.05$)。

表4 鲤鱼对试验饲料和基础饲料中干物质和蛋白质的表观消化率

Table 4 The apparent digestibility of dry matter and protein in test feed and basal feed for carps

干基, %

组别 Group	饲料 Feed			粪便 Feces			干物质消化率 Digestibility of dry matter	蛋白质消化率 Protein digestibility
	DM	CP	Cr ₂ O ₃	DM	CP	Cr ₂ O ₃		
基础饲料 Basal feed	86.40	37.96	0.62	93.22	20.58	1.761	64.83 ± 0.28 a	80.94 ± 0.67 a
鱼粉 Fish meal	86.07	43.70	0.56	92.82	21.58	1.712	78.77 ± 1.52 bc	92.16 ± 1.49 b
膨化血粉 Expanding blood meal	88.78	46.27	0.57	93.28	20.31	1.804	87.26 ± 4.60 c	98.36 ± 0.67 c
血球蛋白粉 Spray-dried blood cells	88.06	48.16	0.62	93.00	19.83	1.966	87.22 ± 2.89 c	100.05 ± 0.53 c
普通血粉 Common blood meal	88.29	46.98	0.60	92.23	23.72	1.720	67.82 ± 6.57 ab	87.53 ± 2.77 b

注:DM 表示干物质, CP 表示粗蛋白。

Nte : DM stands for dry matter , CP stands for crude protein .

2.2 鲤鱼对 4 种原料氨基酸的表观消化率 结果表明(图 1), 除胱氨酸外, 鲤鱼对血球蛋白粉中氨基酸表观消化率均高于膨化血粉, 膨化血粉各种氨基酸高于鱼粉和普通血粉。

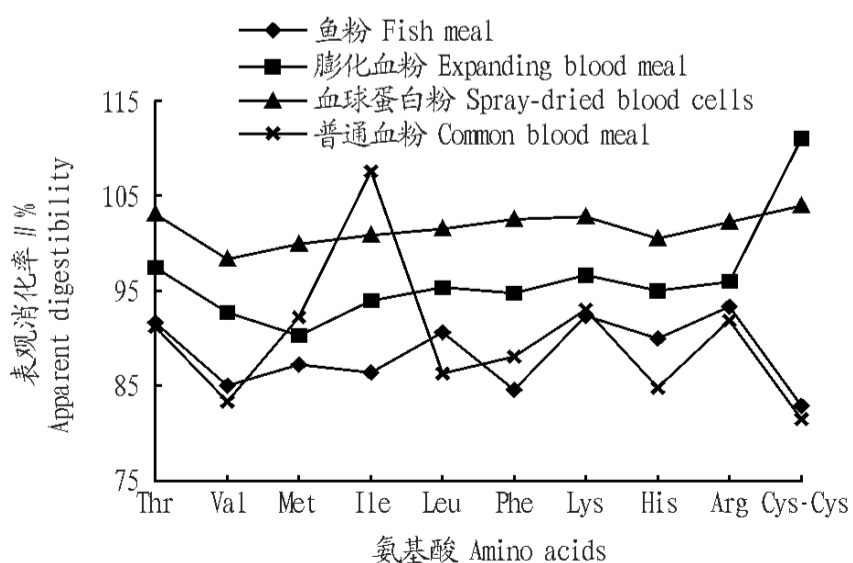


图1 4种原料氨基酸的表观消化率比较

Fig.1 Comparison of apparent digestibility of amino acids among four kinds of raw materials

3 结论与讨论

3.1 试验材料和方法对原料消化利用率的影响 目前研究中多以幼鱼为试验对象, 然而鱼类在不同生长阶段的消化能力存在差异, 幼鱼的消化结果对生产指导有一定的局限性。众多研究表明, 水温显著影响鱼类的消化水平^[4-7], 因此, 该试验采用可控温水系统, 严格将温度控制在(26 ± 1), 接近生产中鱼类快速生长的自然水温(25 ~ 28), 以提高试验结果的准确性。该试验参考叶元士^[8]和侯永清^[9]的研究结果, 采用三氧化二铬作为外源指示剂, 收集鲤鱼粪便进行测定。

为了测定鱼类饲料原料营养成分消化率, C.Y.Cho 等用被测饲料原料取代一部分基准饲料配制成试验饲料, 根据基础饲料和试验饲料营养成分的消化率计算饲料原料营养成分的消化率^[10], 这一方法已被一些研究者采用。但 C.Y.Cho 等根据试验饲料的配比, 即被测饲料原料和基准饲料构成的重量比为 3:7, 提出饲料原料营养成分消化率的计算方法: 饲料原料营养成分的表观消化率 = (试验饲料营养成分的消化率 - 0.7 × 基准饲料营养成分的消化率) / (1 - 0.7) 有误。因为没有考虑摄取的被测饲料原料营养成分对试验饲料营养

成分消化率的贡献,这样就没有消除基准饲料和试验饲料被测定营养成分含量不同对被测饲料原料营养成分消化率测定结果的影响。为此,笔者改进了的公式(见“1.2.2”)。

笔者参考吴建开等^[11]以基础饲料和待测饲料原料按85:15比例组成试验饲料,因为血制品的蛋白质含量过高,使用70:30比例会使试验饲料的蛋白质含量过高。

粪便的收集方法主要有收集自然排粪法和收集体内粪便法两种。收集体内粪便主要采用解剖鱼消化道法^[12]或挤压鱼肛门法^[13],然而这种方法人为干扰了鱼类的生理活动,同时,多次挤压会使鱼类处于应激状态,其真实表观消化率可能会降低^[14],因此,该试验采用自排法收集粪便。由于鲤鱼粪便在水中易散失,且个体越大粪便越不易成型,故采用密抄网在鲤鱼排粪高峰期随排随捞,并立即用镊子将包膜完整的粪便颗粒挑出,烘干之前,暂放在盛有滤纸的培养皿中,减少了水分对营养成分的溶失。

3.2 鲤鱼对4种原料蛋白质和氨基酸的消化率分析 原料

消化率的测定结果与饲料原料的来源、加工方式、营养成分及基础饲料配方等因素密切相关^[15],因此各个试验所得结果不尽相同。该试验测得鲤鱼对鱼粉蛋白质的表观消化率为92.16%,高于薛敏等未公开发表的试验结果(89.79%)。喷雾干燥血球蛋白粉的消化率显著高于鱼粉,这与薛敏的试验结果一致。膨化血粉与血球蛋白粉的蛋白质消化率没有显著差异,而薛敏的试验膨化血粉消化率显著低于血球蛋白粉,这说明由于血源加工工艺的差别对膨化血粉品质的影响较大。该试验中膨化血粉蛋白质消化率显著高于普通血粉,说明膨化工艺能够提高血粉的品质。

综合鲤鱼对4种原料蛋白质和氨基酸的消化结果发现,鲤鱼对一种原料蛋白质消化率高,则对该原料氨基酸消化率也高,这一规律与叶元土等研究草鱼的结果相似^[16]。

3.4 4种蛋白原料营养成分的可消化值 根据该试验结果计算出4种蛋白原料营养成分的可消化值(表5),可见,血球蛋白粉不仅蛋白质和氨基酸含量高,可消化部分也是最高的。

表5 鲤鱼对4种蛋白原料营养成分的可消化值

Table 5 The digestibility of nutritional components in 4 kinds of protein raw materials for carps

干基,%

组成成分 Composing component	鱼粉 Basal feed		膨化血粉 Expanding blood meal		血球蛋白粉 Spray dried blood cells		普通血粉 Common blood meal	
	含量 Content	可消化含量 Digestible content	含量 Content	可消化含量 Digestible content	含量 Content	可消化含量 Digestible content	含量 Content	可消化含量 Digestible content
干物质(DM)	91.50	72.07	93.60	81.68	94.40	82.34	80.80	54.80
粗蛋白(CP)	70.82	65.27	91.67	90.17	99.00	99.05	95.52	83.61
苏氨酸(Thr)	3.17	2.90	3.59	3.50	3.10	3.19	3.28	2.99
缬氨酸(Val)	3.46	2.94	6.39	5.92	7.99	7.86	7.36	6.13
蛋氨酸(Met)	2.28	1.99	1.10	0.99	0.94	0.94	1.84	1.70
异亮氨酸(Ile)	3.11	2.69	1.84	1.73	0.36	0.36	0.89	0.96
亮氨酸(Leu)	5.48	4.96	11.20	10.68	13.87	14.08	10.93	9.43
苯丙氨酸(Phe)	2.97	2.51	5.78	5.48	6.56	6.72	5.23	4.61
赖氨酸(Lys)	5.66	5.23	7.10	6.86	8.58	8.82	7.36	6.84
组氨酸(His)	1.78	1.60	5.26	5.00	7.22	7.26	6.05	5.13
精氨酸(Arg)	4.21	3.93	4.27	4.10	4.04	4.13	2.97	2.73
天门冬氨酸(Asp)	6.42	5.90	9.00	8.78	11.31	11.52	12.51	10.68
谷氨酸(Glu)	9.54	9.08	9.28	9.43	8.09	8.91	8.98	8.89
甘氨酸(Gly)	4.49	3.65	3.99	3.91	4.80	4.86	4.94	4.55
胱氨酸(Cys-Cys)	0.72	0.60	0.69	0.77	0.78	0.81	1.57	1.28
丝氨酸(Ser)	2.78	2.58	3.58	3.67	4.27	4.43	4.60	4.16
丙氨酸(Ala)	4.81	4.25	7.36	7.03	8.34	8.51	9.31	8.39
酪氨酸(Tyr)	2.25	1.93	2.48	2.39	1.99	1.94	1.84	1.67
脯氨酸(Pro)	2.80	2.60	3.28	3.36	3.22	3.47	3.59	3.21

综合上述结果,以鲤鱼对4种原料营养成分的表观消化率值进行评价,则血球蛋白粉>膨化血粉>鱼粉>普通血粉。

参考文献

- [1] SHOZO H SUGIURA, FAYE MDONG. Apparent protein digestibility and mineral availabilities in various feed ingredients for salmonid feeds[J]. *Aquaculture*, 1998, 159: 177-202.
- [2] 游文章, 雍文岳, 廖朝兴, 等. 测定鱼类饲料原料营养成分消化率的计算方法[J]. *水产学报*, 1993, 17(2): 167-171.
- [3] 郑君明, 张曦, 郑斌. 鱼饲料消化率测定方法的研究[J]. *江西饲料*, 2002(5): 23-27.
- [4] 沈晓民, 刘永发, 唐瑞瑛. 异育银鲫的蛋白质消化率研究[J]. *水产学报*, 1995, 19(1): 52-57.
- [5] 雷思佳, 李德尚. 食物类型、温度和体重对台湾红罗非鱼消化率的影响[J]. *海洋科学*, 2000, 24(9): 1-3.
- [6] 杨振才, 谢小军. 温度和体重对鲤鱼最大摄食率和消化率的影响[J]. *河北师范大学学报: 自然科学版*, 1993(4): 67-72.
- [7] 周志刚, 任泽林. 水温对鲤鱼粗蛋白、能量表观消化率的影响[J]. *中国饲料*, 2005(7): 17-19.
- [8] 叶元土, 林仕梅, 罗莉. 草鱼对常规饲料消化率测定方法的研究[J]. *饲料工业*, 2001, 22(5): 23-26.
- [9] 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.
- [10] CHOC Y, SLINGERS J. Apparent digestibility measurements in feedstuffs for rainbow trout[J]. *J. Håver K Tevs. Fish Nutrition and Fishfeed Technology*, 1979, 2: 239-247.
- [11] 吴建开, 雍文岳, 游文章, 等. 13种饲料原料蛋白质对尼罗罗非鱼的营养价值[J]. *中国水产科学*, 2000, 7(2): 37-42.
- [12] ROBERT P W, WILLIAMS P. Apparent digestible protein and energy coefficients of common feed ingredients for channel catfish[J]. *Prog Fish Cult*, 1985, 47: 154-158.
- [13] NOSE T. On the metabolic fecal nitrogen in young rainbow trout[J]. *Bull Fresh Fish Res Lab (Tokyo)*, 1967, 17: 97-105.
- [14] 蒋明, 文华, 雍文岳, 等. 用两种粪便收集方法测定草鱼对九种饲料原料的表观消化率[J]. *淡水渔业*, 2006, 36(3): 21-25.
- [15] 罗莉, 林仕梅, 叶元土. 草鱼对九种饲料干物质、蛋白质和脂肪的表观消化率[J]. *淡水渔业*, 2001, 31(3): 47-50.
- [16] 叶元土, 林仕梅, 罗莉. 草鱼对27种饲料原料中氨基酸的表观消化率[J]. *中国水产科学*, 2003, 10(1): 61-64.