

草鱼对 27 种饲料原料中氨基酸的表观消化率

叶元土¹, 林仕梅², 罗 莉²

(1. 苏州大学 农业科技学院, 江苏 苏州 215006; 2. 西南农业大学 水产系, 重庆 400716)

摘 要: 本试验以 0.5% Cr₂O₃ 为指示物, 按照“70%基础饲料+30%试验原料”的饲料配制方法, 在可控条件的室内循环养殖系统中用 2 龄草鱼种(体重 150~200 g)对常用的饲料原料的氨基酸表观消化率进行测定。试验选用了进口鱼粉、国产鱼粉、蟹粉、肉粉、肠衣粉、酵母、菜饼、黄菜粕、菜粕、双低菜籽粕、豆粕、膨化大豆、芝麻饼、棉粕、玉米胚芽粕、玉米蛋白粉和酒糟粉共 17 种商品蛋白质饲料原料, 玉米、麦麸、次粉、米糠、标粉、小麦、大麦、玉米糟、稻谷、药渣共 10 种能量饲料原料, 得到了每种原料的 16 种氨基酸的表观消化率。表观消化率主要规律表现为: 草鱼对原料蛋白质消化率高时对氨基酸的总消化率也高, 如对鱼粉、豆粕的消化率高; 对玉米类原料如玉米蛋白粉、玉米渣、玉米的氨基酸消化率较低, 而对小麦类原料如小麦粉、麦麸、次粉等的消化率相对较高; 在植物饼粕类中, 草鱼对豆粕和菜粕的消化率较高, 而对棉粕的消化率则相对较低; 对同种原料的 16 种不同的氨基酸的表观消化率也有很大的差异, 这种差异的规律性较差。

关键词: 草鱼; 饲料原料; 氨基酸; 消化率

中图分类号: S963 **文献标识码:** A

文章编号: 1005-8737(2003)01-060-05

水产动物营养与饲料研究的重要方向之一就是按照养殖动物的营养需要、以饲料原料营养素的可消化值为依据进行饲料的配方编制, 尤其是按照饲料原料的可消化氨基酸进行饲料配方的编制。这对于提高配合饲料的消化利用率、减少饲料物质对养殖水域环境的污染具有关键性的作用。然而, 要实现这一目标, 就要求对常用饲料原料的氨基酸及其他营养素的消化率进行科学的测定。而目前尚缺少这方面的系统资料。在我国近年淡水养殖水产品总量中草鱼的产量达到 20% 以上, 仅次于鲢鳙(33%)。因此, 草鱼的养殖与饲料配制技术的提高对我国淡水养殖业具有非常重要的作用和意义。

1 材料和方法

1.1 养殖系统

于室内循环养殖系统中进行, 养殖系统及养殖条件参考林仕梅等^[1]和罗莉等^[2]的方法。

1.2 试验鱼

试验鱼来自本系试验渔场, 体重 150~200 g, 平

均(180±18) g, 每箱放养试验鱼 7 尾。在水族箱中用普通饲料驯养 14 d 待草鱼适应环境后再开始试验。每个处理设 2 个平行试验组。

1.3 试验饲料

基础饲料由鱼粉、豆粕、菜粕、次粉和 α-淀粉、预混料组成。基础饲料考虑了适用于蛋白质原料和能量饲料原料的蛋白质水平(表 1)。

表 1 基础饲料配方及营养成分

Table 1 Ingredient and nutrient composition of reference diet

饲料原料或营养成分 Ingredient or nutrient composition	成分比例 Percentage	
	能量饲料用基础饲料 Energy reference diet	蛋白质饲料用基础饲料 Protein reference diet
鱼粉 Fish meal	20	10
豆粕 Soybean meal	35	25
菜粕 Rapeseed meal	20	20
次粉 Wheat middling	10	
α-淀粉 Alpha-starch	10	
菜油 Rapeseed oil	2	2
复合预混料 Compound premix	1.4	1.4
Ca(H ₂ PO ₄) ₂	1.1	1.1
干重 Dry weight	88.10	88.7
粗蛋白 Crude protein	34.55	31.59
粗脂肪 Crude fat	6.14	5.82

收稿日期: 2001-04-09.

基金项目: 国家“九五”饲料攻关项目资助(99-009-01-03); 重庆市科委攻关项目资助(97-4767).

作者简介: 叶元土(1964-), 男, 教授, 从事水产动物营养与饲料研究. E-mail: yeyuant@pub.sz.jsinfo.net

试验原料为市售商品饲料原料,包括进口鱼粉、国产鱼粉、蟹粉、肉粉、肠衣粉、酵母、菜饼、黄菜粕(淪黄 1 号)、普通菜粕、双低菜籽饼、豆粕、膨化大豆、芝麻饼、棉粕、玉米胚芽粕、玉米蛋白粉和酒糟粉共 17 种蛋白质饲料原料。玉米、麦麸、次粉、米糠、标粉、小麦、大麦、玉米糟、稻谷、药渣等,共 10 种能量饲料原料。饲料原料粉碎后全部过 40 目筛备用。

试验饲料由基础饲料和试验原料组成,前者占 69.65%,后者占 29.85%。参照表 2 的配方加入试验用的蛋白质和能量饲料原料和 Cr_2O_3 组合成试验配合饲料。用制粒机(模孔 $\phi 2.5 \text{ mm}$)制成硬颗粒饲

料,自然冷却,冰柜中保存备用。

采用常规方法^[3]测得试验饲料原料的常规营养成分见表 3。蛋白质饲料原料的粗蛋白质质量分数均大于 20%。

表 2 试验配合饲料的配方

Table 2 Formulation of reference diet and test diet %

饲料组成 Composition	基础配合饲料 Reference diet	试验配合饲料 Test diet
基础饲料 Reference diet	99.5	69.65
试验原料 Test ingredient	0.0	29.85
Cr_2O_3	0.5	0.5

表 3 饲料原料的常规化学组成

Table 3 Nutrient composition of feed ingredients

%

饲料原料 Ingredients	水分 Moisture	粗脂肪* Crude fat	粗蛋白* Crude protein	粗灰分* Crude ash	Ca* Ca	P* P
鱼粉 Fish meal(import)	10.18	9.89	62.45	11.83	3.92	2.97
豆粕 Soybean meal(sol.)	11.89	1.02	44.87	6.19	0.34	0.69
玉米蛋白粉 Corn gluten meal	12.66	2.05	46.24	1.02	0.2	0.02
酵母 Brewers dried yeast	9.21	3.19	40.99	4.27	0.25	1.09
菜粕 Rapeseed meal(exp.)	11.76	6.69	32.02	7.57	0.64	1.10
黄菜粕 Yellow rapeseed meal	11.47	6.85	35.90	7.57	0.66	1.17
黑菜粕 Black rapeseed meal	10.45	7.09	35.57	7.28	0.54	0.99
国产鱼粉 Fish meal(native)	11.22	10.22	54.17	9.16	5.82	3.51
肉粉 Meat meal	12.06	10.19	53.68	8.24	5.61	3.97
肠衣粉 Casing meal	10.25	2.19	50.01	3.15	0.65	0.24
棉粕 Cottonseed meal(sol.)	10.67	2.35	45.50	6.78	0.27	1.03
双低菜粕 Double - low rapeseed meal(sol.)	10.32	3.41	35.89	7.21	0.53	0.89
膨化大豆 Expanded soybean	12.34	13.09	36.78	3.86	0.26	0.47
蟹粉 Crab meal	9.32	5.13	37.65	14.15	4.17	1.07
玉米胚芽粕 Corn germ meal	12.07	2.35	20.34	6.05	0.08	1.27
芝麻粕 Sesame meal(exp.)	9.28	9.42	40.35	9.87	2.23	1.25
酒糟粉 Distiller, s grains meal	12.08	5.32	24.25	6.21	0.23	0.35
玉米 Corn grain	11.24	3.51	8.86	1.45	0.03	0.28
麦麸 Wheat bran	10.96	3.97	15.39	4.89	0.13	0.88
次粉 Wheat middling and reddog	11.23	2.79	13.32	1.47	0.07	0.52
米糠 Rice bran	12.04	2.74	11.20	8.73	0.17	1.76
标粉 Standard starch	11.74	2.87	12.88	0.35	0.21	0.02
小麦 Wheat grain	13.99	1.97	15.69	1.94	0.18	0.46
大麦 Barly grain	10.59	1.64	13.36	2.42	0.11	0.31
玉米糟 Corn distillers	12.11	1.67	17.05	4.61	0.16	0.89
稻谷 Paddy	10.58	1.61	11.78	4.67	0.04	0.37
抗生素药渣 Antibiotics dregs	11.49	7.32	19.91	5.23	0.27	0.38

* 以干重计 On dry basis

1.4 饲养管理

试验开始时首先用基础饲料、试验饲料预试验 14 d, 此后开始收集粪便, 直到粪便样品够分析用为止。试验期间, 日投饵量为鱼体重的 2% ~ 4%, 每天投饵 3 次(8:30、12:30、18:00)。每次投饵 0.5 h 后清除筛网上的残饵及排泄物, 随后每隔 2 h 收集 1 次粪便(排粪高峰期一般在摄食后 4~6 h)。取粪便的方法是用镊子将包膜完整的粪便置于称量瓶中, 70℃烘干, 存入冰箱待分析用。本文试验研究共进行了 2 个批次的试验, 每批试验时间达到 3 个月以上。

1.5 样品分析和消化率的计算

饲料、粪便样品的粗蛋白质含量采用凯氏定氮法测定, 粗脂肪含量采用索氏抽提法^[3], Cr₂O₃ 采用酸消化比色法测定^[4]。样品的氨基酸含量采用日立

835-50 型氨基酸分析仪进行测定。

基础配合饲料和试验配合饲料氨基酸的表观消化率计算公式如下^[5]:

$$\text{氨基酸表观消化率}(\%) = [1 - (\text{饲料中 Cr}_2\text{O}_3\% \times \text{粪便氨基酸}\%) / (\text{粪中 Cr}_2\text{O}_3\% \times \text{饲料氨基酸}\%)] \times 100$$

试验原料氨基酸表观消化率计算公式如下^[5]:

$$\text{饲料原料氨基酸表观消化率}(\%) = (\text{试验配合饲料氨基酸的表观消化率} - 0.7 \times \text{基础配合饲料氨基酸的表观消化率}) / (1 - 0.7)$$

2 结果

分析得到试验配合饲料、基础饲料和相应的粪便的氨基酸组成后, 按照上述公式计算得到饲料原料组成的配合饲料的 16 种氨基酸表观消化率结果见表 4。

表 4 试验配合饲料、基础配合饲料的氨基酸表观消化率

配合饲料组 Diet group	Asu	Thr	Ser	Glu	Gly	Ala	Val	Met	Ile	Leu	Tyr	Phe	Lys	His	Arg	Pro	%
进口鱼粉 Fish meal(import)	88.9	85.3	87.4	92.4	85.6	66.7	88.6	90.9	98.9	87.3	89.9	98.1	91.3	90.0	86.7	74.5	
国产鱼粉 Fish meal(native)	85.5	90.1	90.9	90.6	86.3	80.9	89.8	93.8	87.5	85.3	84.5	74.9	90.5	93.1	84.9	85.9	
蟹粉 Crab meal	84.9	82.7	85.9	89.7	77.0	62.5	68.0	91.1	90.3	86.0	87.6	75.9	71.1	88.2	81.2	77.9	
肉粉 Meat meal	86.2	84.2	84.2	89.3	85.8	80.5	81.4	88.5	74.0	84.6	88.2	71.0	79.0	87.0	80.4	79.3	
肠衣粉 Casing meal	86.0	80.0	74.0	88.5	79.6	77.1	75.8	91.0	78.7	85.3	72.9	64.4	91.2	83.9	84.6	87.0	
酵母 Brewers dried yeast	87.8	81.1	70.5	75.8	88.4	80.3	86.9	74.2	68.0	78.8	74.1	76.6	91.5	74.5	82.2	90.1	
菜粕 Rapeseed meal(exp.)	87.5	83.0	87.4	90.7	86.5	80.5	81.8	87.6	81.6	83.6	82.5	72.7	91.5	88.3	84.8	84.9	
黄菜粕 Yellow rapeseed meal	86.5	85.9	87.7	88.9	74.0	77.3	88.1	89.8	85.5	86.6	85.9	67.1	91.4	92.2	84.9	83.2	
黑菜粕 Black rapeseed meal	79.7	75.5	84.1	89.0	88.9	79.0	85.2	84.1	76.6	82.3	81.8	73.2	88.0	91.0	85.0	83.3	
双低菜粕 Double-low rapeseed meal	74.7	80.8	86.2	72.8	88.8	81.0	88.8	79.4	72.7	87.8	84.4	85.2	88.5	88.7	85.2	85.0	
豆粕 Soybean meal	89.7	82.1	89.2	89.2	89.8	81.2	82.8	85.6	66.5	88.5	84.7	64.9	90.5	92.8	84.9	84.0	
膨化大豆 Expanded soybean	87.0	83.4	88.4	89.3	87.4	74.6	81.1	84.8	68.7	79.4	72.3	82.4	88.4	88.8	83.9	81.8	
芝麻粕 Sesame meal	89.2	79.9	82.2	91.8	84.2	76.1	83.1	90.2	75.0	78.3	86.3	70.0	91.0	88.7	83.0	81.7	
抗生素药渣 Antibiotics dregs	79.6	93.5	77.1	78.4	85.0	74.6	86.0	90.6	72.0	86.7	81.0	74.4	87.9	88.3	85.0	70.0	
棉粕 Cottonseed meal	87.2	87.2	88.3	88.0	72.6	71.4	88.5	86.1	89.5	84.1	88.4	65.3	87.8	73.7	89.2	81.8	
玉米胚芽 Corn germ meal	85.8	82.0	84.8	84.2	83.9	77.8	79.5	88.1	88.4	84.1	80.0	76.4	87.4	90.3	85.0	75.9	
玉米蛋白 Corn gluten meal	84.9	75.1	86.2	88.1	77.4	64.2	83.2	78.5	84.8	82.3	85.1	72.6	84.6	81.6	84.0	76.9	
酒糟粉 Distiller's grains meal	81.9	74.6	81.2	75.5	80.9	77.8	78.1	88.0	86.8	85.6	83.5	75.8	84.7	86.1	83.4	83.5	
蛋白基础饲料 Protein reference diet	88.4	92.3	91.8	88.5	86.6	73.3	87.7	92.5	86.8	86.8	90.8	80.4	90.1	90.2	79.7	86.6	
能量基础饲料 Energy reference diet	90.7	89.5	86.7	85.0	86.0	78.7	90.5	94.0	96.5	87.3	94.0	80.1	86.3	92.8	92.5	85.3	
玉米 Corn grain	88.9	85.3	87.4	92.4	85.6	66.7	88.6	90.9	98.9	87.3	89.9	98.1	91.3	90.0	86.7	74.5	
麦麸 Wheat bran	85.3	85.4	90.3	88.5	82.3	79.0	79.3	90.0	94.8	87.1	81.5	77.2	86.9	91.1	76.2	73.8	
次粉 Wheat middling and red dog	86.2	71.0	86.2	85.1	79.5	81.7	87.1	90.2	82.9	79.4	84.7	84.6	87.8	82.2	75.9	79.8	
米糠 Rice bran	88.9	84.1	88.6	84.0	84.2	78.6	90.0	88.6	87.7	88.4	94.6	73.4	90.0	90.9	88.2	75.5	
标粉 Standard starch	83.3	77.2	81.3	79.1	77.7	82.7	82.2	88.3	85.6	86.2	88.0	79.9	84.1	90.0	89.6	79.4	
小麦 Wheat grain	87.0	80.2	88.2	86.1	84.6	91.5	86.3	87.8	82.9	89.6	90.0	83.6	90.1	90.4	93.0	82.0	
大麦 Barly grain	80.7	74.9	81.0	79.7	73.3	83.0	73.0	79.2	84.5	82.9	85.2	74.5	80.2	82.3	82.8	71.3	
玉米糟 Corn distillers	79.1	86.8	76.9	73.7	75.4	76.9	76.1	88.4	91.1	89.7	77.5	84.8	89.1	91.6	94.0	75.4	
稻谷 Paddy	79.4	89.3	86.3	78.7	81.1	75.7	83.0	81.2	85.6	78.1	89.6	71.6	83.4	80.5	91.7	83.3	

根据上述结果,按照公式计算得到蛋白质饲料原料和能量饲料原料的 16 种氨基酸的表观消化率 结果见表 5。

表 5 17 种蛋白质饲料原料、10 种能量饲料原料的氨基酸表观消化率

Table 5 Apparent digestion coefficient of amino acids of feed ingredients for grass carp																	%
饲料原料 Ingredients	Asu	Thr	Ser	Glu	Gly	Ala	Val	Met	Ile	Leu	Tyr	Phe	Lys	His	Arg	Pro	
进口鱼粉 Fish meal(import)	89.9	68.8	76.9	86.1	83.2	51.1	90.5	87.3	89.2	88.3	90.3	96.3	93.9	89.5	87.2	46.2	
国产鱼粉 Fish meal(native)	78.7	87.7	88.8	95.4	86.6	98.6	94.6	96.9	90.2	81.7	69.7	62.1	91.3	35.4	97.1	84.4	
蟹粉 Crab meal	76.6	60.1	72.1	92.4	54.6	57.1	22.0	88.0	99.5	86.6	80.0	65.4	26.8	83.6	84.7	57.5	
肉粉 Meat meal	80.8	65.4	66.4	91.0	84.0	97.2	66.7	79.2	45.0	79.5	81.9	49.0	53.1	79.8	82.1	62.3	
肠衣粉 Casing meal	80.3	51.2	32.5	88.3	63.3	85.8	48.0	87.5	60.7	81.8	31.1	27.2	93.8	69.2	96.1	88.1	
酵母 Brewers dried yeast	86.4	54.9	20.7	46.2	92.8	96.7	85.0	31.6	25.1	60.1	35.0	67.9	94.8	38.1	87.9	98.2	
菜粕 Rapeseed meal(exp.)	85.3	61.1	77.0	95.8	86.5	97.1	68.0	76.4	70.5	76.2	63.0	54.8	94.7	83.8	96.8	80.9	
黄菜粕 Yellow rapeseed meal	82.1	70.8	77.9	89.8	44.6	86.6	89.1	83.7	83.3	86.0	74.5	46.1	94.2	96.9	97.1	75.4	
黑菜粕 Black rapeseed meal	59.5	36.2	66.0	90.0	94.2	92.0	79.5	64.5	53.9	71.6	60.7	56.5	83.1	93.1	96.0	75.6	
双低菜粕 Double-low rapeseed meal	42.5	53.8	73.2	36.2	93.9	98.8	91.3	47.2	40.7	90.2	69.4	96.4	84.8	85.2	98.2	81.3	
豆粕 Soybean meal	92.7	58.2	83.1	90.6	97.3	99.7	71.4	69.6	20.1	92.4	70.4	48.7	91.5	98.9	96.9	78.5	
膨化大豆 Expanded soybean	83.8	62.5	80.5	91.2	89.2	77.7	65.6	67.0	27.4	62.2	29.1	87.2	84.5	85.8	93.7	70.6	
芝麻粕 Sesame meal	91.1	51.0	59.8	99.5	78.6	82.5	72.4	84.8	49.0	58.3	75.8	47.0	92.0	85.4	95.0	70.2	
抗生素药渣 Antibiotics dregs	59.0	96.2	42.7	54.7	81.2	77.6	81.9	86.2	39.0	86.4	57.9	60.5	82.8	83.9	97.0	31.4	
棉粕 Cottonseed meal	84.2	75.4	80.0	86.8	40.1	67.1	90.2	71.2	96.7	77.9	82.8	50.0	82.3	35.4	95.4	70.7	
玉米胚芽 Corn germ meal	79.6	58.1	68.3	74.0	77.6	88.2	60.4	78.0	93.0	77.7	54.6	67.2	81.0	90.7	96.0	51.2	
玉米蛋白 Corn gluten meal	76.5	35.0	73.2	87.0	55.9	43.0	72.6	46.0	80.2	71.8	71.7	54.6	71.7	61.6	94.0	54.2	
酒糟粉 Distiller's grains meal	66.7	33.4	56.5	45.0	67.6	88.2	55.8	77.8	87.9	80.7	66.4	65.3	72.1	76.5	92.1	76.0	
玉米 Corn grain	50.4	69.8	77.0	70.4	71.0	86.2	51.4	32.5	67.5	63.1	64.6	39.0	80.9	68.8	67.5	60.3	
麦麸 Wheat bran	31.9	75.9	98.7	96.6	73.8	79.5	53.2	80.9	90.8	86.8	52.4	70.6	85.4	87.3	38.2	47.1	
次粉 Wheat middling and reddog	75.7	61.1	85.0	85.1	64.3	88.5	79.1	81.5	51.2	61.1	63.0	95.0	69.6	57.5	37.1	66.9	
米糠 Rice bran	84.7	71.5	93.0	81.4	80.0	78.2	88.8	76.1	67.1	91.1	96.0	57.7	98.6	86.5	78.1	52.6	
标粉 Standard starch	66.0	48.6	68.7	65.2	58.5	92.0	62.8	75.3	60.2	84.0	74.2	79.6	76.0	83.5	83.0	65.6	
小麦 Wheat grain	78.6	58.6	91.8	88.4	72.2	98.2	76.4	73.5	51.3	95.4	80.6	91.8	96.0	84.9	94.3	74.5	
大麦 Barly grain	57.6	40.8	67.8	67.2	43.7	92.8	32.4	44.9	56.7	72.9	64.7	61.3	62.9	58.1	60.2	38.6	
玉米糟 Corn distillers	52.1	80.5	54.0	47.1	50.9	72.8	42.6	75.7	78.6	95.4	39.8	95.8	92.7	89.0	97.5	52.4	
稻谷 Paddy	5.31	88.9	85.6	63.9	69.9	68.6	65.6	51.6	60.4	57.0	79.5	51.7	73.8	52.1	89.9	78.9	

3 讨论

饲料原料消化率的测定方法主要涉及试验鱼的生长阶段、试验鱼的养殖条件、试验饲料的配置方法、粪便的收集方法、指示剂类型及检测方法和消化率的计算方法等内容,不同的研究者在上述方法的选择和使用方面有一定的差异。本试验中,选择的草鱼是 2 龄鱼种;为了控制养殖水温、溶解氧等条件,试验鱼的养殖使用了循环养殖系统,充分满足了草鱼生长所需要的水质条件;试验配合饲料原料选用的是常用的商品饲料,配方编制采用了“70% + 30%”的方法,很好地供给了草鱼正常生长所需要

的各种营养素;粪便样品收集采用了虹吸法,它克服了 Smith^[6]的代谢仓方式,以及 Robert^[7]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鱼生理活动的弊端。在比较了内源指示剂与外源指示剂测定结果差异不显著后,本试验采用了 0.5% Cr₂O₃方法。本试验的设计也是为了更接近草鱼的常规养殖条件和正常的营养生理条件,结果得到了草鱼 17 种蛋白质饲料原料、10 种能量饲料原料的 16 种氨基酸表观消化率,可为草鱼的饲料配置提供有效的参考数据。

草鱼对不同原料的 16 种氨基酸的表观消化率值有很大的差异,这是由饲料原料的性质和状态所

决定的。主要的规律性表现在对原料蛋白质消化率高时对氨基酸的总消化率也高,如对鱼粉、豆粕的消化率高;对玉米类原料如玉米蛋白粉、玉米渣、玉米的氨基酸消化率较低,而对小麦类原料如小麦粉、麦麸、次粉等的消化率相对较高;在植物饼粕类中,草鱼对豆粕和菜粕的消化率较高,而对棉粕的消化率则相对较低。对同种原料的16种不同的氨基酸的表观消化率也有很大的差异,这种差异的规律性较差。

参考文献:

- [1] 林仕梅,罗莉,叶元土.草鱼对17种饲料原料粗蛋白和粗脂肪的表观消化率[J].中国水产科学,2001,8(3):59-64.
- [2] 罗莉,林仕梅,叶元土.草鱼对9种饲料的干物质、蛋白质和脂肪的表观消化率[J].淡水渔业,2001,31(3):47-50.
- [3] 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.
- [4] 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.
- [5] Nose T. On the metabolic fecal nitrogen in young rainbow trout [J]. Bull Fresh Fish Res Lab(Tokyo), 1967, 17:97-105.
- [6] Smith B W, Lovell R T. Digestibility of nutrients in semipurified rations by channel catfish in stainless steel trough[J]. Proc 25th Annu South Assoc Game Fish Comm, 1971:452-459.
- [7] Robert P W, William E P. Apparent digestible protein and energy coefficients of common feed ingredients for channel catfish [J]. Prog FishCult, 1985,47:154-158.

Apparent digestibility coefficient of 27 feed ingredients for grass carp

YE Yuan-tu¹, LIN Shi-mei², LUO Li²

(1. College of Agriculture Science and Technology, Suzhou University, Suzhou 215006, China;

2. Department of Fisheries, Southwest Agricultural University, Chongqing 400716, China)

Abstract: Using 0.5% Cr_2O_3 as the indicator and based on the '70% basic diets + 30% test raw ingredient', fish meal, soybean meal, rapeseed meal, wheat middling, Alpha-starch, rapeseed oil, compound premix and $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ were mixed on some ratios as the basic diets and 27 raw feed ingredients, such as fish meal, soybean meal, corn gluten meal and so on, were added into the basic diets in some ratios as the test diets to feed the grass carp of two years old. The apparent digestibility coefficients of 16 amino acids in each raw ingredient were determined. The main regulation shows that when the fish has high digestibility to the raw protein the total digestibility to the amino acids is high too, such as the digestibility to fish meal and soybean meal; the fish has low digestibility to corn-like raw ingredients such as corn protein meal, corn meal and corn amino acids, while the digestibility to wheat-like ingredients such as wheat meal, wheat bran and wheat middling reddog is high; the digestibility rate is high to the soybean meal and rapeseed meal, but that is low to cottonseed meal. For the same ingredient, the apparent digestibility rates to 16 amino acids have great difference which does not show any regulation.

Key words: grass carp; feed ingredient; amino acids; digestibility