

海带废渣水平对罗非鱼饲料蛋白质和氨基酸消化率的影响*

王寿昆¹ 李建生¹ 林树根¹ 彭时尧² 甘纯玟² 施木田²

(¹福建农业大学动物科学学院; ²福建农业大学测试中心, 福州 350002)

摘要 饲料中海带废渣使用量分别为0%、5%、10%、20%和30%等5个水平, 鱼粉使用量均为5%, 实测粗蛋白含量平均为23.3%。结果表明, 添加海带废渣饲料组的尼罗罗非鱼 (*Oreochromis niloticus*) 的总氨基酸表观消化率高于对照组, 平均为79.3%, 其中, 10%、20%、30% 海带废渣组的饲料氨基酸表观消化率显著高于对照组 ($P < 0.05$); 其总表观消化率和粗蛋白表观消化率则略低于对照组。不同氨基酸的表观消化率以胱氨酸的为最高。饲料中的氨基酸含量与其消化率为曲线正相关。

关键词 海带废渣; 尼罗罗非鱼; 饲料; 蛋白质; 氨基酸; 消化率

中图分类号 S963.7

Effects of dietary *Laminaria* residue levels on crude protein and amino acids digestibility of the tilapia

Wang Shoukun¹ Li Jiansheng¹ Lin Shugen¹ Peng Shiyao² Gan Chunji² Shi Mutian²

(¹College of Animal Science; ²Testing Centre, FAU, Fuzhou 350002)

Abstract Five sorts of diets were composed to contain 0%, 5%, 10%, 20% and 30% *Laminaria* residues and 5% fish meal was used in each sort of diet and the dietary crude protein level was around 23.3%. The results showed that total apparent digestibilities of amino acids of *Laminaria* residue groups were higher than that of contrast group of tilapia, *Oreochromis niloticus*, in which, the average digestibility was 79.3% and the digestibilities of 10%, 20% and 30% *Laminaria* residue groups were significantly higher than contrast group respectively ($P < 0.05$), but their total dietary digestibility and crude protein digestibility were lower slightly than those of contrast group. The apparent digestibility of cystine (Cys) was highest in dietary amino acids. There was positive correlation between contents of amino acids and their digestibilities.

Key words *Laminaria* residue; tilapia; diets; protein; amino acids; digestibility

海带是褐藻工业的重要原料, 其主要产品为褐藻胶、甘露醇和碘, 在生产过程中形成的海带废渣作为废弃物, 长期以来未加以利用。据分析海带废渣干物质中的粗蛋白含量达20%左右, 其中赖氨酸和蛋氨酸等必需氨基酸含量较高, 此外还富集了营养盐(甘纯玟等 1994)。海带废渣的直接排放造成环境污染, 加速水体富营养化, 破坏了水体的生态平衡。我国是饲料原料紧缺的国家, 利用轻工业废渣开发饲料来源, 对于环境保护和广开饲料源具有重要意义。我国海带产量每年30万t干品, 居世界第一(王素娟 1994), 海带废渣总量当在万吨以上, 因此, 对海带废渣进行开发利用的经济效益、社会效益和生态效益不可低估。

根据海带废渣具有一定含量必需氨基酸和粗纤维的营养特点, 我们选择尼罗罗非鱼 (*Oreochromis niloticus*) 进行添加海带废渣饲料的消化率试验, 研究饲料中海带废渣和营养水平与消化率的关系, 为开发鱼类海带废渣饲料提供营养学方面的依据。

1 材料与方法

1.1 饲养与粪便收集方法

1.1.1 试验用鱼 选用本校养殖场的体重为70~100 g的尼罗罗非鱼,按不同饲料随机分组,每组6~7尾

1.1.2 饲养与粪便收集 水族箱大小为70 cm × 40 cm × 50 cm,水源为自来水,水量0.1 m³,微充气,室内自然变温 水体pH 值为6.2~6.3, NH₃ < 0.02 mg·L⁻¹, 试验期水温为24 ± 1.5 °C. 每天上午排污,换4/5水量; 09:00投饲,5 h 后在0.5 h 内虹吸采集粪便,经尼龙筛绢滤去水分,60 °C 真空干燥,研磨称重后置干燥器待测

1.2 饲料配制

1.2.1 海带废渣制备 将褐藻化工厂生产过程中产生的废滤渣,经水洗、压榨脱水、晒干后粉碎,备用

1.2.2 饲料 海带废渣水平为0%、5%、10%、20%、30%等5种,粒度<0.6 mm,预期粗蛋白水平控制在20%,另设总能、粗纤维、Ca、P、赖氨酸、精氨酸、蛋氨酸+胱氨酸等为约束条件,以Cr₂O₃为内标物,利用程序进行微机配方(表1).制成直径2 mm、长度3~6 mm的硬颗粒饲料,阴干备用

表1 饲料组分和营养水平

Table 1 Ingredients and nutrient levels of diets

饲料号	原料/%				营养水平 ¹⁾ /%										
	鱼粉	α-淀粉	玉米粉	藻渣	米糠	豆饼	麦麸	Cr ₂ O ₃	Ca	P	AA	EAA I	CP	GE	CF
1	5	8	5	0	1.0	22.0	58.5	0.5	0.38	0.76	20.7	20.9	21.6	13.6	6.7
2	5	8	5	5	1.0	21.8	53.7	0.5	0.39	0.74	22.3	22.5	22.2	13.4	8.8
3	5	8	5	10	1.0	21.7	48.8	0.5	0.40	0.73	23.3	22.9	24.4	13.3	10.8
4	5	8	5	20	1.0	23.8	36.7	0.5	0.42	0.70	24.8	25.7	24.3	12.8	14.8
5	5	8	5	30	15.9	27.0	8.6	0.5	0.44	0.70	23.0	24.7	23.8	12.6	18.7

¹⁾ AA: 氨基酸(不含色氨酸); EAA I: 必需氨基酸指数; CP: 粗蛋白; GE: 总能/MJ·kg⁻¹; CF: 粗纤维

1.3 物质测定

1.3.1 氨基酸测定 样品经充氮封管水解后,以PITC柱前衍生法,在BECKMAN 高效液相色谱仪上测定 饲料氨基酸实测值见表2

1.3.2 铬含量测定 在P-E5000型原子吸收分光光度计上测定

1.3.3 粗蛋白测定 饲料总氮量采用凯氏定氮法测定,然后换算成粗蛋白含量

1.4 计算方法

1.4.1 表观消化率 $AD/\% = \left[1 - \frac{\text{粪便中某物质含量} \times \text{饲料中铬含量}}{\text{粪便中铬含量} \times \text{饲料中某物质含量}} \right] \times 100\%$

1.4.2 回归分析 各种回归分析均在微机上完成,选出最优回归方程

1.4.3 氨基酸消化率的比较 用方差分析和 *t* 检验进行差异显著检验;多重比较用 *q* 检验

1.4.4 必需氨基酸指数按王道尊(1995)方法计算

表2 饲料氨基酸含量实测值

Table 2 Contents of dietary amino acids

饲料号	氨基酸 ¹⁾ /%																
	A sp	Glu	Ser	Gly	His	Thr	Ala	Arg	Pro	Tyr	Met	Val	Cys	Ile	Leu	Phen	Lys
1	1 38 3	56 0	60 0	91 0	76 1	01 0	83 1	67 1	40 0	54 1	41 0	91 0	96 0	72 0	88 1	96 1	21
2	1 54 3	97 0	59 0	93 0	83 0	98 0	80 1	98 1	57 0	56 1	51 1	20 1	15 0	56 1	20 1	86 1	12
3	1 59 4	07 0	68 1	11 0	80 0	65 0	60 2	38 1	67 0	58 1	67 1	30 1	54 0	61 1	26 1	72 1	13
4	1 86 4	18 0	53 0	97 0	72 1	42 0	56 2	91 1	69 0	60 1	44 1	26 1	54 0	92 1	51 1	84 1	01
5	1 69 3	60 0	54 0	82 0	70 1	20 0	53 2	90 1	28 0	65 1	66 1	08 1	28 1	06 1	30 1	75 0	95
X	1 61 3	88 0	59 0	95 0	76 1	05 0	66 2	37 1	52 0	59 1	54 1	15 1	29 0	77 1	23 1	83 1	08
SD	0 18 0	28 0	06 0	11 0	05 0	29 0	14 0	55 0	18 0	04 0	12 0	16 0	25 0	48 0	21 0	09 0	10
CV	11 2	7 2	10 2	11 6	6 7	27 6	21 2	23 2	11 8	6 8	7 8	13 9	19 4	27 3	18 7	4 9	9 3

¹⁾A sp: 天冬氨酸; Glu: 谷氨酸; Ser: 丝氨酸; Gly: 甘氨酸; His: 组氨酸; Thr: 苏氨酸; Ala: 丙氨酸; Arg: 精氨酸; Pro: 脯氨酸; Tyr: 酪氨酸; Met: 蛋氨酸; Val: 缬氨酸; Cys: 胱氨酸; Ile: 异亮氨酸; Leu: 亮氨酸; Phe: 苯丙氨酸; Lys: 赖氨酸

2 结果与分析

2 1 饲料表观消化率的比较

2 1 1 总氨基酸表观消化率、粗蛋白表观消化率和总表观消化率的比较 本试验条件下, 添加海带废渣的饲料总氨基酸 (不含色氨酸) 表观消化率高于对照组 (1号饲料), 粗蛋白表观消化率和总表观消化率则以对照组较高 (表3)。

2 1 2 氨基酸间表观消化率的比较 在测定的17种氨基酸消化率中, 最高的是胱氨酸, 最低的是缬氨酸

氨基酸消化率变异幅度在5 18%~ 36 1% 之间, 变异程度最小和最大的分别为丝氨酸和异亮氨酸 (表4)。

表4 氨基酸表观消化率

Table 4 Apparent digestibilities of dietary amino acids

饲料号	氨基酸 ¹⁾ /%																
	A sp	Glu	Ser	Gly	His	Thr	Ala	Arg	Pro	Tyr	Met	Val	Cys	Ile	Leu	Phe	Lys
1	59 7	73 5	70 2	68 7	86 6	87 4	62 6	77 6	88 5	73 4	69 0	54 7	86 1	43 0	80 2	87 7	63 1
2	79 5	88 8	65 6	66 6	86 2	68 3	62 4	79 1	91 0	67 2	77 5	66 0	90 6	55 0	86 7	75 6	61 0
3	83 8	91 7	74 2	65 5	85 0	87 3	92 0	83 0	73 4	78 4	87 0	59 1	92 4	48 0	90 5	77 8	71 2
4	86 5	94 4	68 8	66 0	94 2	95 8	87 7	92 7	95 3	81 1	81 0	53 0	96 3	82 0	88 5	76 7	61 7
5	86 0	90 5	74 1	56 6	95 4	91 0	84 7	97 0	71 2	86 0	82 3	63 3	99 8	97 1	95 0	65 1	51 0
X	79 1	87 8	70 6	64 7	89 5	86 0	77 9	85 9	83 9	77 2	79 4	59 2	93 0	65 0	88 2	76 6	61 6
SD	11 2	8 24	3 66	4 68	4 91	10 5	14 3	8 56	10 9	7 22	6 72	5 52	5 26	23 4	5 53	8 03	7 13
CV	14 2	9 4	5 2	7 2	5 5	12 2	18 4	10 0	13 0	9 4	8 5	9 3	5 7	36 1	6 3	10 5	11 6

¹⁾A sp: 天冬氨酸; Glu: 谷氨酸; Ser: 丝氨酸; Gly: 甘氨酸; His: 组氨酸; Thr: 苏氨酸; Ala: 丙氨酸; Arg: 精氨酸; Pro: 脯氨酸; Tyr: 酪氨酸; Met: 蛋氨酸; Val: 缬氨酸; Cys: 胱氨酸; Ile: 异亮氨酸; Leu: 亮氨酸; Phe: 苯丙氨酸; Lys: 赖氨酸

表3 不同饲料表观消化率

Table 3 Apparent digestibilities of the diets

饲料号	总消化率/%	粗蛋白消化率/%	总氨基酸消化率/%
1	46 4	72 2	72 5
2	44 1	68 2	74 5
3	39 7	65 0	78 8
4	43 0	63 4	82 5
5	40 9	60 8	81 5

2 1 3 饲料间氨基酸表观消化率的比较 方差分析表明, 饲料间的氨基酸含量差异不显著 ($P > 0.05$), 但其氨基酸表观消化率差异极显著 ($P < 0.01$); 海带废渣试验组的氨基酸表观消化率均高于对照组, 其中, 20% 和30% 海带废渣试验组的氨基酸表观消化率分别显著高于对照组 (q 检验, $P < 0.05$) 和5% 海带废渣试验组 (配对 t 检验, $P < 0.05$), 10% 海带废渣试验组的氨基酸表观消化率亦显著高于对照组 (配对 t 检验, $P < 0.05$).

2 2 饲料中的海带废渣和饲料营养水平与表观消化率的关系

饲料的海带废渣含量、氨基酸含量、必需氨基酸含量、必需氨基酸指数、粗蛋白含量、粗纤维含量等指标均与总氨基酸表观消化率显著正相关, 与总表观消化率和粗蛋白表观消化率多为显著负相关; 饲料能量蛋白质比与总氨基酸表观消化率多为显著负相关, 与总表观消化率、粗蛋白表观消化率显著正相关. 其最佳拟合方程多为各种曲线方程

2 3 饲料中必需氨基酸含量与氨基酸消化率的关系

在所分析的饲料必需氨基酸含量与其消化率的关系中, 除组氨酸外, 均为正相关; 其中, 组氨酸、精氨酸和异亮氨酸含量与其消化率的相关性达显著或极显著水平 (表5).

相同饲料中氨基酸含量与氨基酸消化率均为弱的正相关 ($P > 0.05$).

3 讨论

(1) 罗非鱼饲料中的海带废渣和营养水平对总表观消化率、粗蛋白表观消化率和总氨基酸表观消化率的影响 试验结果说明, 尼罗罗非鱼饲料中的海带废渣添加量在30% 以内, 对上述3种表观消化率无显著影响, 而且海带废渣组饲料的总氨基酸表观消化率还略高于对照组. 因此, 从消化吸收的角度看, 罗非鱼饲料中添加海带废渣是可行的. 养

殖试验也证实了这一点, 海带废渣含量在20% 以内的饲料的饲料系数可达2.11 (李建生等 1996). 从氨基酸营养平衡来看, 海带废渣具有含量较高的赖氨酸和蛋氨酸等必需氨基酸, 这些氨基酸常构成鱼类饲料的限制性氨基酸, 添加一定比例的海带废渣有利于饲料不同原料的氨基酸互补.

海带废渣具有含量较高的必需氨基酸等有利因素, 但在应用中也要注意其粗纤维含量高的特点. 综合来看, 在本试验条件下, 尼罗罗非鱼对海带废渣含量在20% 以内的饲料总消化率、粗蛋白总消化率和氨基酸总消化率均在较高水平, 这些饲料的粗纤维含量均在6.7%~14.8%. 饲料营养物质消化率的高低与其养殖效果是一致的. 有关饲料粗纤维含量对罗非鱼幼鱼养殖效果有不同的报道 (Dioundick et al 1990, 廖朝兴等 1985).

表5 不同饲料的必需氨基酸含量 (X) 与其消化率 (Y) 的关系

Table 5 Relationships between apparent digestibilities of essential amino acids and their contents in different diets

氨基酸 ¹⁾	n	饲料必需氨基酸含量与其消化率的关系		
		最优回归方程	R 值	P 值
His	5	$Y = X / (0.019X - 0.006)$	0.913	$P < 0.05$
Thr	5	$Y = 70.962e^{(0.177X)}$	0.379	$P > 0.05$
Arg	5	$Y = 56.880e^{(0.173X)}$	0.961	$P < 0.01$
Leu	5	$Y = X / (0.0087X + 0.0033)$	0.807	$P > 0.05$
Ile	5	$Y = 99.477X - 11.976$	0.898	$P < 0.05$
Lys	5	$Y = 57.848 + 49.774 \log X$	0.680	$P > 0.05$
Met+ Cys	5	$Y = 57.805e^{(0.117X)}$	0.730	$P > 0.05$
Phe+ Tyr	5	$Y = 66.725X - 88.039$	0.479	$P > 0.05$

His: 组氨酸; Thr: 苏氨酸; Arg: 精氨酸; Leu: 亮氨酸; Ile: 异亮氨酸;
Lys: 赖氨酸; Met: 蛋氨酸; Cys: 胱氨酸; Phe: 苯丙氨酸; Tyr: 酪氨酸

徐捷(1988)和陈光明等(1988)曾分别进行罗非鱼对饲料蛋白质和氨基酸消化率的研究,以酪蛋白为饲料蛋白源,蛋白质水平为38%,对应的2种消化率比本文高,但本文试验中利用的主要是低值蛋白源,蛋白质水平仅为23.3%,而消化率已达较理想的水平,为利用海带废渣开发鱼类饲料源提供了科学依据

(2) 罗非鱼饲料中的海带废渣和营养水平对氨基酸表观消化率的影响 海带废渣含量在5%~30%的饲料氨基酸表观消化率高于对照组,有的还达到显著水平,其中以20%海带废渣饲料组的氨基酸表观消化率最高,说明罗非鱼饲料中添加海带废渣不会导致氨基酸表观消化率的降低。对不同饲料的17种氨基酸含量与其表观消化率的相关与回归分析表明,它们之间多为正相关;其最佳拟合方程多为曲线方程,说明饲料中有些氨基酸含量升高到一定程度后,其表观消化率的升高减缓,甚至不再升高。如果我们在配制饲料时,以必需氨基酸作约束条件之一,可将其含量控制在表观消化率快接近渐近线时的水平时较为经济。

参考文献

- 甘纯玟, 施木田, 彭时尧. 1994 海藻工业废料的组成及其利用价值. 天然产物研究与开发, 6 (2): 88~ 91
- 王素娟. 1994 海藻生物技术. 上海: 上海科学技术出版社, 1~ 5
- 王道尊. 1995 鱼用配合饲料. 北京: 中国农业出版社, 190~ 192
- 李建生, 王寿昆, 林树根, 等. 1996 添加海带废渣饲料养殖尼罗罗非鱼种的试验. 福建农业大学学报, 25 (4): 478~ 481
- 廖朝兴, 黄忠志, 雍文岳, 等. 1985 饲料中纤维素含量对尼罗罗非鱼生长及饲料利用的影响. 淡水渔业, (3): 5~ 8
- 徐捷. 1988 尼罗罗非鱼对饲料中最适蛋白质含量的研究. 全国鱼虾饲料学术讨论会论文集. 北京: 学术期刊出版社, 1~ 6
- 陈光明, 庄振明. 1988 尼罗罗非鱼对饲料中各种氨基酸的表观消化率. 全国鱼虾饲料学术讨论会论文集. 北京: 学术期刊出版社, 34~ 37
- Diondick O B, Stom D I. 1990 Effects of dietary α -cellulose levels on the juvenile tilapia, *Oreochromis mossambicus* (Peters). *Aquaculture*, 91 (3/4): 311~ 315