

# 中国对虾对16种饲料的蛋白质和氨基酸的消化率

荣长宽 梁素秀 岳炳宜

(天津农学院水产系, 300381)

**摘要** 本文利用三氧化二铬为指示物, 测定了平均体长在8.0—9.0厘米的对虾对卤虫等16种不同饲料源的蛋白质和氨基酸的消化率。按消化率的高低顺序排列则为: 卤虫、蓝蛤、熟豆饼、秘鲁鱼粉、生豆饼、FS酵母、花生饼、ESB酵母、棉籽饼、肉粉、菜籽饼、羽毛粉、TPL-32酵母、血粉、麦麸和玉米粉。该研究结果为评价某一饲料源的营养价值和开发适于中国对虾的人工配合饲料提供了依据。

**关键词** 对虾, 饲料, 蛋白质, 氨基酸, 消化率

随着对虾(*Penaeus orientalis*)养殖业的发展, 解决饲料是个关键问题。由于鲜活饵料来源日益匮乏, 即使觅得也是价高质次, 加大了养虾成本, 严重地制约着对虾业的发展。为了降低养虾成本, 推广应用人工配合饲料是有效的途径。饲料是对虾生长发育的物质基础, 为了提高人工配合饲料养虾的效果, 必须考虑饲料的营养成分是否能够满足对虾生长发育的需要。而且不同种类的对虾, 对所摄取的营养成分要求也不同。因此, 更需要进一步研究。近几年, 国内麦康森等[1986], 沈晓民、刘永发[1991], 李刘冬等[1991]先后对中国对虾对饵料中蛋白质、脂肪、淀粉及FS蛋白粉等的消化吸收等作过研究。但尚未见中国对虾对单一饲料源的蛋白质和氨基酸消化率的详细报道。由于研究对虾营养生理时, 应首先分析测定对虾对各种单一饲料源的消化吸收情况, 为此, 本试验以16种常用的饲料源饲养对虾, 并对其蛋白质、氨基酸的消化率进行了测定, 为研究适于中国对虾营养需要的全价高效人工配合饲料提供理论依据。

## 一、材料与方 法

**1. 试验水质与试验水槽** 试验前将新鲜海水抽入水泥池中沉淀数日, 然后, 用120目尼龙筛绢袋过滤海水进入流水式试验槽, 水流量每小时30 L。水槽直径60厘米、高40厘米, 有效容积为100 L, 底边设有反向回流导管, 使槽内形成水流, 槽壁上方有溢水口, 底部中央有漏斗, 可随时收集残饵粪便(图1)。试验水质为: 水温 $27.3 \pm 1.0^\circ\text{C}$ ; pH $8.5 \pm 0.2$ ; 溶解氧 $5.65 \pm 0.5\text{mg/L}$ ; 盐度 $27.2 \pm 2.0\%$ 。

**2. 试验用虾** 试验用虾取自唐海县八里滩对虾养殖场。选择平均体长在8.0—9.0厘米的体质健壮无病的虾作试验虾。试验虾在室内暂养48小时, 禁食, 使其消化道排空。

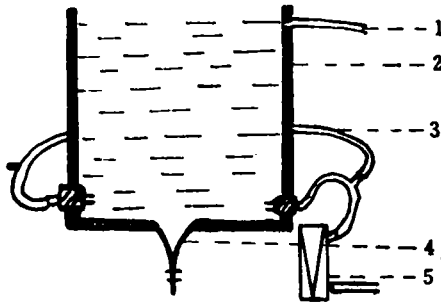


图1 试验水槽装置示意图

Fig. 1 The sketch for equipment of test tank

1. 溢水管; 2. 水槽; 3. 进水管; 4. 排污漏斗; 5. 流量计

然后,再选择平均体长近似的对虾,以15尾为一组,放入三个条件相同的试验水槽进行饲养试验。

**3. 试验饲料的制备** 将卤虫、蓝蛤、秘鲁鱼粉、肉粉、羽毛粉、ESB 酵母、FS 酵母、TPL-32 酵母、血粉、生豆饼、熟豆饼、花生饼、棉籽饼、菜籽饼、麦麸和玉米粉等16种单一饲料,用高速微粉粉碎机粉碎到80目。然后,再添加0.5%的甜菜碱(甘氨酸三甲内酯)作为引诱剂[何国新等,1988],加入0.3%的三氧化二铬作为指示物[Furukawa,1966],再用自动振动筛将每种配合好的饲料,反复通过80目的筛孔进行充分混合,达到一定的均匀度,使用3%的羧甲基纤维素(CMC)作粘合剂,添加适量的水搅拌均匀,用小型制粒机,制成直径2.0毫米、长3.0毫米的颗粒饲料,再经高压蒸气调质处理后,使其风干,低温保存备用。

**4. 饲养管理与粪便收集** 每天早晨6时和下午2时测定水质状况,每天投饲4次,投饲量为试验虾总重的5.2%,每天随时从水槽底部中央漏斗处收集残饵和粪便防止流失[Windell等,1978]并进行分离。将分离的粪便进行冷冻干燥,以备分析测定。并根据残饵的多少,随时调整投饲量。

**5. 测定方法与计算** 饲料和粪便烘干后,测定其营养成分和铬含量。铬含量用强氧化剂消化法,经751分光光度计测定;蛋白质含量用半微量凯氏定氮法;氨基酸含量用日立835-50型自动氨基酸分析仪测定。各种饲料的消化率用下式[荻野珍吉,1987年中译本]计算:

$$\text{消化率}(\%) = \left[ 1 - \frac{\text{粪便中蛋白质或氨基酸含量}(\%) \times \text{饲料中铬含量}(\%)}{\text{饵料中蛋白质或氨基酸含量}(\%) \times \text{粪便中铬含量}(\%)} \right] \times 100.$$

## 二、结果与讨论

1. 对虾对16种单一饲料的蛋白质消化率如表1。经重复试验测定,卤虫、蓝蛤、熟豆饼、秘鲁鱼粉、生豆饼、FS 酵母和花生饼等7种饲料源的蛋白质消化率均在85%以上。通过表2也可以看出这7种饲料源的各种氨基酸的消化率也均在85%以上。将虾体蛋白质100克干物质所含必需氨基酸的量,与16种饲料源的100克蛋白质所含的10种必需

表 1 16 种饲料源的蛋白质含量及其对虾的消化率  
Table 1 protein content of 16 feeding ingredients  
and digestibility of the shrimp

饲料源	饲料源中含量(%)		粪便中含量(%)		蛋白质消化率 (%)
	蛋白质 (干物质)	铬含量	蛋白质 (干物质)	铬含量	
卤虫	6.80	0.0123	0.768	0.0798	98.26
蓝蛤	15.60	0.0347	1.761	0.0152	97.42
熟豆饼	46.26	0.1520	12.030	0.4970	92.03
秘鲁鱼粉	53.91	0.1560	14.160	0.4510	91.47
生豆饼	44.90	0.1640	13.920	0.4810	89.43
FS 酵母	53.14	0.1850	17.480	0.4920	87.63
花生饼	45.31	0.1720	15.240	0.4430	86.94
ESB 酵母	54.78	0.2030	21.640	0.5260	84.75
棉籽饼	40.65	0.1780	14.790	0.3840	83.14
肉粉	44.36	0.1860	16.240	0.3650	81.35
菜籽饼	36.70	0.1820	15.720	0.3930	80.16
羽毛粉	86.80	0.4850	34.820	0.8250	76.42
TPL-32 酵母	41.31	0.2850	19.310	0.5170	74.22
血粉	84.19	0.5540	32.940	0.8170	73.47
麦麸	15.02	0.1710	6.080	0.2510	72.51
玉米粉	7.17	0.1960	2.970	0.2540	70.27

氨基酸组成进行比较(表 3), 发现其 10 种氨基酸与虾体 10 种必需氨基酸的组成有的相似, 有的相差较大。依照 Phillip 和 Brockwag 提出, 与自然界动物体的必需氨基酸组分相类似的饲料应该是最佳饲料; Ogino 支持这个假想〔王良臣、刘修业, 1991〕。以上 7 种饲料中动物性饲料有卤虫、蓝蛤、秘鲁鱼粉等三种, 从消化率上看都在 90% 以上。但是, 从氨基酸含量上与虾体氨基酸相比较, 精氨酸为第一限制氨基酸, 亮氨酸为第二限制氨基酸。虽然精氨酸和亮氨酸比虾体含量少, 但整体比例还是平衡的。因此, 其消化率仍在 85% 以上。从其中 3 种植物性饲料结果看, 熟豆饼、生豆饼、花生饼的消化率也均在 85% 以上。但是, 与虾体氨基酸相比较, 其蛋氨酸为第一限制氨基酸, 赖氨酸为第二限制氨基酸。而 FS 酵母的赖氨酸含量很高, 蛋氨酸为其第一限制氨基酸, 异亮氨酸则为第二限制氨基酸。所以, 如果将这 7 种氨基酸含量组成各不相同的动、植物性饲料蛋白质科学合理地搭配, 就会发挥互补作用。这样研制出的饲料配方就会更接近虾体氨基酸的组成, 更适宜对虾生长发育的营养需要。

2. 消化率在 80% 以上的有 ESB 酵母、棉籽饼、肉粉、菜籽饼等 4 种。其中 ESB 酵母、肉粉属动物性饲料, 从表 2 可以看出, ESB 酵母蛋白质消化率在 80% 以上。但是氨基酸组成却不平衡。其中赖氨酸为第一限制氨基酸, 蛋氨酸则为第二限制氨基酸, 而异亮氨酸等都影响着对虾对其的消化吸收率。肉粉在蛋白质消化率上也为 80% 以上, 而 10 种必需氨基酸的含量除精氨酸略低于虾体以外, 其于 9 种氨基酸均高于虾体氨基酸的含量。经分析发现, 肉粉中含有较高的类脂质, 影响了蛋白质的消化吸收率。如果在配合饲料,

表2 16种饲料源中必需氨基酸含量及其对虾的消化率  
Table 2 Amino acid content of 16 feeding ingredients and the digestibility of the shrimp

饲料	含量及消化率	必需氨基酸									
		赖氨酸	色氨酸	蛋氨酸	苏氨酸	异亮氨酸	亮氨酸	组氨酸	缬氨酸	精氨酸	苯丙氨酸
卤虫	含量(%)	0.51	0.07	0.16	0.22	0.28	0.41	0.09	0.22	0.54	0.22
	消化率(%)	98.27	98.31	98.31	98.31	98.23	98.27	98.26	98.28	98.26	98.31
蓝蛤	含量(%)	1.26	0.22	0.42	0.76	0.71	1.19	0.32	0.76	1.16	0.61
	消化率(%)	97.45	97.86	98.44	97.50	97.45	97.43	97.45	97.42	97.44	97.42
熟豆饼	含量(%)	2.62	0.59	0.75	1.68	2.16	3.49	1.18	2.52	3.07	2.29
	消化率(%)	92.06	92.22	92.25	91.90	92.07	92.11	92.22	92.11	92.13	92.12
秘鲁鱼粉	含量(%)	4.07	0.57	1.75	2.26	2.45	4.15	1.31	3.06	3.50	2.21
	消化率(%)	90.91	90.89	60.91	90.82	90.96	90.92	91.02	90.84	90.91	90.92
生豆饼	含量(%)	2.42	0.54	0.59	1.61	1.95	3.20	1.13	2.28	3.13	2.07
	消化率(%)	89.43	89.27	89.60	89.41	89.51	89.45	89.44	89.38	89.43	89.46
FS 酵母	含量(%)	3.32	0.46	0.54	1.48	1.25	6.37	2.58	4.30	2.89	3.62
	消化率(%)	87.65	87.74	88.16	87.81	86.67	87.66	87.76	87.67	87.64	87.64
花生饼	含量(%)	1.57	0.46	0.75	1.46	1.83	3.23	1.21	2.66	4.72	2.62
	消化率(%)	87.14	87.34	87.06	86.97	87.06	87.02	87.16	87.01	87.00	86.96
MSB酵母	含量(%)	2.94	0.88	1.05	1.63	3.52	4.71	1.47	3.51	3.21	2.87
	消化率(%)	84.77	84.65	84.93	84.85	84.76	84.76	84.77	84.27	84.80	84.81
棉籽饼	含量(%)	1.52	0.47	0.49	1.26	1.26	2.75	1.02	1.69	4.20	4.01
	消化率(%)	83.23	83.21	82.97	83.08	83.08	83.14	83.19	83.27	83.11	83.12
肉粉	含量(%)	3.15	0.08	1.11	1.94	2.27	3.99	1.12	2.95	2.75	1.88
	消化率(%)	81.39	80.89	81.18	81.35	81.37	81.35	81.34	81.35	81.47	81.30
菜籽饼	含量(%)	2.13	0.51	0.74	1.65	1.43	2.62	1.06	1.93	2.16	1.47
	消化率(%)	80.21	80.93	80.60	80.07	80.25	80.20	80.34	80.32	80.28	80.15
羽毛粉	含量(%)	0.98	0.26	0.40	3.49	4.29	7.32	0.16	6.95	5.16	3.34
	消化率(%)	76.61	77.39	76.49	76.42	76.43	76.39	77.95	76.37	76.42	76.41
TPL-32 酵母	含量(%)	2.18	0.38	1.02	1.28	1.22	3.71	1.60	2.45	2.06	2.53
	消化率(%)	74.46	78.89	74.06	74.16	74.24	74.29	74.16	74.35	74.31	74.29
血粉	含量(%)	3.18	0.07	1.10	1.93	2.27	3.98	1.11	2.94	2.75	1.88
	消化率(%)	50.32	51.56	49.45	49.76	49.57	49.30	40.49	49.70	49.70	49.27
麦麸	含量(%)	0.50	0.23	0.39	0.48	0.53	0.94	0.44	0.94	1.01	0.71
	消化率(%)	72.75	73.34	72.05	73.03	73.00	72.46	73.68	72.46	72.34	73.13
玉米粉	含量(%)	0.18	0.04	0.30	0.25	0.28	0.87	0.20	0.44	0.35	0.48
	消化率(%)	69.99	71.06	71.71	19.13	69.69	70.73	69.13	70.19	71.34	71.06

适当地搭配肉粉,不但容易平衡配合饲料中的氨基酸组成,而且还可以提高饲料中的类脂质的含量。所以,如何科学地使用不同饲料源是搞好配合饲料的基础。

棉籽饼、菜籽饼属植物性饲料源,其蛋白质消化率均在80%以上。赖氨酸为第一限制氨基酸,蛋氨酸为第二限制氨基酸,苏氨酸含量也不高,这就直接影响了消化吸收率。另

表 3 虾体与 16 种饲料源的 100 克蛋白质中十种必需氨基酸的含量比较(%)

Table 3 Comparison for per 100g protein content of the ten essential amino acids in shrimp body and in sixteen feed sources (%)

对虾与饲料	必需氨基酸									
	赖氨酸	色氨酸	蛋氨酸	苏氨酸	异亮氨酸	亮氨酸	组氨酸	缬氨酸	精氨酸	苯丙氨酸
中国对虾	8.04	1.14	2.51	4.09	4.31	7.90	2.02	4.69	8.87	3.87
卤虫	7.50	1.03	2.35	3.24	4.12	6.03	1.32	3.24	7.94	3.24
蓝蛤	1.08	1.41	2.69	4.87	4.55	7.63	2.05	4.87	7.47	3.91
熟豆饼	6.66	1.29	1.62	3.63	4.67	7.56	2.57	5.45	6.65	4.97
秘鲁鱼粉	7.55	1.06	3.25	4.21	4.54	7.69	2.43	5.68	6.49	4.10
生豆饼	5.38	1.20	1.31	3.59	4.34	7.13	2.52	5.06	6.97	4.61
FS 酵母	6.25	0.87	1.02	2.79	2.37	12.03	4.86	8.11	5.44	6.83
花生饼	3.47	1.02	1.67	3.24	4.04	7.15	2.69	5.89	10.42	5.80
ESB 酵母	5.37	1.62	1.93	2.98	6.44	8.61	2.70	6.41	5.86	5.24
棉籽饼	3.76	1.18	1.23	3.12	3.12	6.77	2.51	4.18	10.35	9.88
肉粉	7.10	0.18	2.50	4.37	5.12	8.99	2.52	6.65	6.70	4.24
菜籽饼	5.83	1.39	2.02	4.52	3.92	7.14	2.89	5.26	5.91	4.03
羽毛粉	1.13	0.30	0.46	4.02	4.95	8.43	0.18	8.01	5.94	3.85
TPL-32 酵母	5.28	0.94	2.49	3.12	2.97	9.00	3.89	5.95	5.01	6.14
血粉	7.91	1.64	1.27	3.37	1.05	12.80	6.41	8.62	5.04	6.11
麦麸	3.33	1.59	2.66	3.20	3.53	6.32	2.93	6.26	6.79	4.73
玉米粉	2.46	0.52	4.02	3.37	3.76	11.41	2.72	5.71	4.66	6.23

外,棉籽饼中的棉酚不进行脱酚去毒处理,也会影响对虾的生长。菜籽饼中由于生产工艺的不同含有恶唑烷酮、异硫氰酸盐和较高的单宁〔配合饲料讲座编篡委员会,1988年中译本〕。这些物质含量过高都会影响对虾的摄食和消化吸收。所以,在配合饲料里除了考虑各种氨基酸平衡外,对饲料源中所含有害物质的量和作用也不容忽视。因此,在对虾饲料里棉籽饼和菜籽饼的添加量不可超过 10%,以保证对虾的正常生长。

3. 对虾对血粉及其发酵饲料 FS 酵母、ESB 酵母、TPL-32 酵母的消化率。从表 1 看出,血粉的蛋白质消化率在 73% 左右。但从表 2 看出,血粉各种氨基酸消化率却很低,仅 50% 左右。这反映出了血粉在生产加工工艺上存在的一些问题。而通过不同发酵方法和不同菌株的作用后产生的 FS 酵母、ESB 酵母、TPL-32 酵母等饲料,在对虾消化率上都高于血粉。血粉经过不同工艺的发酵后,提高了血粉蛋白质的质量,为我国每年生产的大量畜禽血液的开发利用找出了新的出路。为饲料工业增加了新的蛋白源。从表 3 中可以看出,各种酵母饲料,虽然氨基酸组成与虾体组成的种类近似,但有的种类相差很大。这就给我们指出了,要使用血粉经过发酵的饲料源,就要具体分析情况进行适当的添加,以提高酵母饲料蛋白质的消化吸收率。

4. 对虾对羽毛粉的消化率。羽毛粉多属于角蛋白质,不易被消化利用。经特殊加压水解处理后可以改变蛋白质的性质提高利用率。从表 2 可以知道,其蛋白质含量高达 86.80%,但消化率仅 76.42%。从表 3、图 2 中可以看出,其蛋白质中 10 种必需氨基酸组

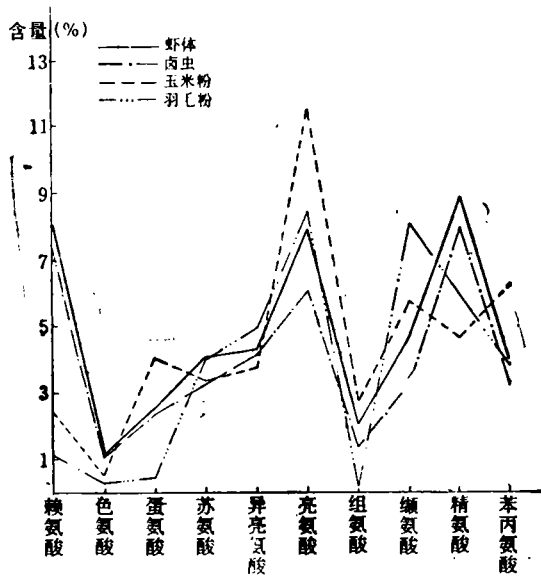


图2 虾体与卤虫、玉米粉、羽毛粉的每100克蛋白质中10种必需氨基酸的含量比较(%)

Fig. 2 Comparison for per 100g protein content of the ten essential amino acids in shrimp body, brim shrimp, maize meal, and feather meal (%)

成极不平衡,组氨酸为第一限制氨基酸,蛋氨酸为第二限制氨基酸、色氨酸、赖氨酸含量也很低,所以很难被对虾利用。但是亮氨酸和缬氨酸的含量大大超过了虾体的含量,因此,羽毛粉是提高配合饲料中亮氨酸和缬氨酸的最佳饲料源。

5. 对虾对麦麸、玉米粉的消化率。从表2可以看出其消化率在70%以上,蛋白质含量不同,由于麦麸中的淀粉和粗纤维的成分含量较高,影响了消化吸收。从表3和图2中可以看出小麦麸中赖氨酸为第一限制氨基酸而色氨酸和缬氨酸含量高于虾体。而玉米粉的色氨酸为第一限制氨基酸、赖氨酸为第二限制氨基酸,但是蛋氨酸、亮氨酸和缬氨酸的含量却高于其它植物性饲料源。由于玉米价格便宜,因此,选用玉米提高配合饲料中蛋氨酸、亮氨酸和缬氨酸含量比较合适。

从以上分析结果可以看出,对虾对不同种类的单一饲料源消化吸收率不同。不同的饲料由于加工生产工艺不同也影响着消化吸收率。所以,为了提高对虾人工配合饲料的全价高效,在配制前一定要对选用的每一种饲料源进行认真的选择并进行饲养试验,使各饲料相互搭配,充分发挥作用,为研究出适合中国对虾生长发育所需要的营养参数,为我国的对虾养殖业做出贡献。

国家85-16-02资助项目。本文曾于1992年11月2日至5日在广州中山大学举行的《世界华人鱼虾营养学术研讨会》上宣读。

## 参 考 文 献

- [1] 王良臣、刘修业,1991。对虾养殖,233—256。南开大学出版社(津)。
- [2] 李刘冬等,1991。FS 蛋白粉对虾配合饵料的消化率。饲料与畜牧,(2):9—11。
- [3] 沈晓民、刘永发,1991。中国对虾对蛋白质、脂肪和淀粉消化率的初步研究。水产学报,15(3):236—240。
- [4] 麦康森等,1986。对虾 *Penaeus orientalis* 对饲料蛋白质及氨基酸的消化率。山东海洋学院学报,16(4):45—53。
- [5] 何国新等,1988。国外渔用饲料诱食成份研究进展。饲料科技发展新途径——全国畜牧水产饲料开发利用科技交流会论文集(水产部分),184—191。科学技术出版社(京)。
- [6] 荻野珍吉(陈国铭、黄小秋译),1987。鱼类营养和饲料,62—66。海洋出版社(京)。
- [7] 配合饲料讲座编纂委员会(刘丙吉等译),1988。配合饲料讲座(日),上卷,设计篇,105—154。农业出版社(京)。
- [8] Furukawa, A. T.,1966。On the amino acid digestion method for the determination of chromic oxide as an index substance in the study of digestibility of fish feeds. *Bull. Jpn. Soc.Sci.Fish.*,32(6):502—508。
- [9] Windell, J. T. et al., 1978。Methods of fecal collection and nutrient leaching in digestibility studies. *The Prog. Fish-Cul.*, 40: 51—55。

## PROTEIN AND AMINO ACID DIGESTIBILITY OF SIXTEEN FEED INGREDIENTS FOR *PENAEUS ORIENTALIS*

Rong Changkuan, Liang Suxiu and Yue Bingyi

(Department of Fisheries, Tianjin College of Agriculture, 300381)

**ABSTRACT** The protein digestibility of the shrimp *penaeus orientalis* with the average body length 8.0—9.0cm on sixteen feeding ingredients was determined by the indirect method with  $Cr_2O_3$  as an indicator. The order of digestibility from high to low in sixteen feeding ingredients for the shrimp is brine shrimp, blue clam, cooked soybean cake, Peruvian fish meal, uncooked soybean cake, FS-yeast, peanut cake, ESB-yeast, cotton seed cake, meat meal, rape cake, feather meal, TPL-32 yeast, blood meal, wheat bran and maize meal. The experimental results in connection with digestibility provided reference data for evaluation of the nutritional value of feeding ingredients and for formula of the artificial feed.

**KEYWORDS** *Penaeus orientalis*, protein, amino acid, digestibility