

研究简报

# 中国对虾对蛋白质、脂肪和淀粉 消化率的初步研究\*

## ON THE DIGESTIBILITY OF PROTEIN, OIL AND STARCH IN *PENAEUS ORIENTALIS*

沈晓民 刘永发

(东海水产研究所, 上海 200090)

Shen Xiaomin and Liu Yongfa

(East China Sea Fisheries Research Institute, Shanghai 200090)

**关键词** 中国对虾, 蛋白质, 脂肪, 淀粉, 消化率

**KEYWORDS** *Penaeus orientalis*, protein, oil, starch, digestibility

关于中国对虾对蛋白质、氨基酸消化率的研究, 虽然已有了一些<sup>[1]</sup>, 然而这些研究尚未涉及消化率在不同环境下及在不同生长条件下的变化。至于中国对虾对脂肪与淀粉消化率的测定, 尚未见到正式报道。由于中国对虾是我国特有的水产养殖品种, 所以对中国对虾消化生理的进一步研究, 无论在学术上还是在养殖生产上都有重要的意义。

### 材 料 与 方 法

1. 实验用水与水族箱 为稀释至 8‰ 的海水, 除温度试验外, 其它试验水温一律控制在 27°C 至 30°C 之间。玻璃水族箱的容积为 60cm × 45cm × 40cm, 其中水体体积为 55cm × 45cm × 30cm。每一水族箱自带体积为 45cm × 28cm × 5cm 的过滤槽, 过滤材料为腈纶棉及表面已形成生物膜的碎石子, 日过滤水量为水族箱体积的 4 至 6 倍。

2. 实验用虾 取自本所奉贤海水养殖场, 运回实验室后投饵暂养 2 天, 再用相应的实验饵料暂养 7 天, 然后收集粪便。同一个试验区, 为了消除因体长不同造成的误差, 各组试验用虾体长尽量保持一致或呈对应分布。

3. 实验用饵 表 1 是研究不同含量水平的蛋白质、脂肪和淀粉消化用配方, 其中 III 号配方为研究不同水温和体长对蛋白质消化率影响用配方。表 2 为研究不同淀粉含量对蛋白质消化率影响用配方, 淀粉用纯小麦生淀粉。

测定内源性粪氮的无蛋白饵料配方是: α-淀粉 30%、糊精 40%、纤维素 10%、矿剂 8.7%、鱼油 7%、维生素 1.5%、粘结剂 0.7%、Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0.1%、引诱物质 2%。由于维生素、粘结剂、引诱剂均为含氮物质,

\* 本研究为上海市青年科学基金资助项目。上海水产大学 1990 届学生王素芹、刘忠松参加了全部实验工作。收稿年月: 1990 年 7 月; 1991 年 2 月修改。

表 1 研究蛋白质、脂肪、淀粉消化率用配方  
Table 1 Feed formula used in the experiment of protein, oil  
and starch digestibility

原料(%)	配 方					
	I	II	III	IV	V	VI
秘鲁鱼粉	37.8	49.5	61.2	68.0	84.6	99.2
小麦粉	52.2	40.5	28.8	22.0	5.4	0
维生素	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0
矿物质	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2	0
粘合剂	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
实 测 值 (%)						
蛋白质	94.06	98.88	48.29	48.59	59.75	59.71
脂肪	2.07	2.24	8.15	3.65	4.75	5.64
淀粉	40.45	27.70	24.17	20.00	12.71	0
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.11	0.13	0.12	0.11	0.12	0.09

表 2 研究不同淀粉含量对蛋白质消化率影响用配方  
Table 2 Effect of feed formula used in the experiment of different  
starch level in diet on protein digestibility

原料(%)	配 方					
	1	2	3	4	5	6
秘鲁鱼粉	65	65	65	65	65	65
精制淀粉	25	20	15	10	5	0
纤维素	0	5	10	15	20	25
维生素	1	1	1	1	1	1
矿物质	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2
粘结剂	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
实 测 值						
蛋白质	48.06	48.38	48.31	48.35	48.31	48.46
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.11	0.10	0.10	0.11	0.11	0.10

再加上其它原因,经测定该配方折算成相应蛋白质量仍有 3.39%。

4. 管理与粪便收集 实验期间,每天投饵 2 次,时间分别为 8:00 和 15:30。日投饵量为体重的 3%。投饵后 2 小时将残饵吸去,6 小时后开始收集粪便,收集工作每小时一次。

5. 测定与计算 各项目测定参考文献<sup>[1,5,21]</sup>,消化率的计算公式:

$$\text{表观消化率} \quad x = 100 \left( 1 - \frac{C_{rf} \cdot N_w}{C_{rw} \cdot N_f} \right) \dots \dots \quad (1)$$

$$\text{实际消化率} \quad y = 100 \left( 1 - \frac{C_{rf} \cdot N_w - C_{ru}}{C_{rw} \cdot N_f} \right) \dots \dots \quad (2)$$

式中: C<sub>rf</sub>——饲料的含铬量

- $C_{rw}$ ——粪便的含铬量  
 $C_{rfo}$ ——无蛋白饲料的含铬量  
 $C_{rwu}$ ——食无蛋白饲料对虾粪便含铬量  
 $N_f$ ——饲料的蛋白量  
 $N_w$ ——粪蛋白含量  
 $N_{wu}$ ——食无蛋白饲料后粪便蛋白含量

## 结 果

### 1. 蛋白质的表观消化率与实际消化率

从表3可见,当秘鲁鱼粉比例增高,小麦淀粉比例减少时,中国对虾对蛋白质消化率开始变化并不明显,然而当饲料蛋白量从43%变化到60%时,消化率从79.58%上升到92.24%。对这后4个配方,以蛋白质含量为自变量,蛋白质消化率为因变量进行相关分析,结果表明,相关系数 $r=0.99$ 。可以认为,上述变化区间内饲料蛋白量与蛋白质消化率有良好的线性相关关系。

表3 蛋白质、脂肪和淀粉的消化率  
Table 3 Digestibility of protein, oil and starch

测定值(%) \ 配 方	I	II	III	IV	V	VI
蛋白质和脂肪的消化率试验						
粪含铬量	0.47	0.46	0.44	0.45	0.52	0.52
粪蛋白量	27.45	29.49	32.11	32.65	33.01	26.04
粪含脂量	1.36	1.00	1.32	1.02	1.20	1.43
蛋白质消化率	79.70	79.29	79.58	83.09	86.23	92.24
脂肪的消化率	83.67	89.13	90.42	91.42	94.34	95.49
淀 粉 消 化 率 试 验						
粪含铬量	0.41	0.29	0.53	0.57	0.49	
粪淀粉量	6.33	2.66	1.59	0.80	0.67	
淀粉消化率	95.61	95.74	98.58	99.25	98.74	

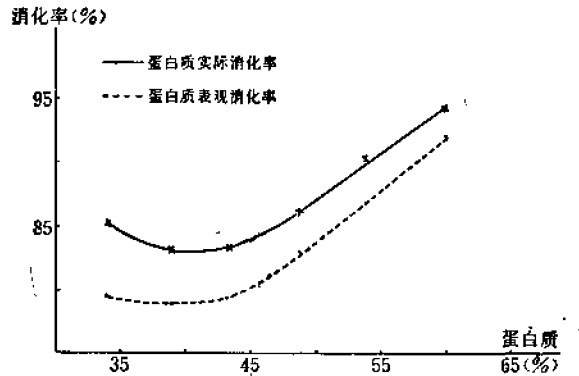
无氮白饲料测定结果,饲料的含铬量为0.09%,粪含铬量为0.41%,粪蛋白含量为6.90%,饲料表观的蛋白质含量为3.39%。依公式(2)计算蛋白质实际消化率,从配方I至配方VI分别是85.09%、83.02%、83.24%、86.36%、90.45%和94.26%。图1显示出饲料中蛋白质含量不同时,蛋白质表观消化率和实际消化率的变化。

### 2. 饲料中淀粉含量的变化对蛋白质消化的影响

从表4可知,除了淀粉含量从25%下降到20%时,蛋白质消化率有一个跃升外,配方2至6中饲料的淀粉含量(x)与相应的蛋白质消化率(y)有显著的线性相关关系,相关系数为 $r=-0.94$ 。说明了当饲料淀粉含量不同时,即使在蛋白质含量相同的情况下,中国对虾对饲料蛋白质的消化率也会不同。

### 3. 不同体长、水温对蛋白质消化率的影响

由表5可见,当体长大于10.5cm时,蛋白质消化率显著增高,体长从8cm至10.5cm,蛋白质消化率几乎处于相同水平。水温30°C时,消化率处于最佳水平,水温为35°C时,消化率最低,仅为67.58%。水温低于30°C时,消化率随水温升高而升高。从表5还可看出,蛋白质消化率大幅度降低是由于粪蛋白



附 图 中国对虾对蛋白质的实际消化率和表现消化率  
Attached fig. Actual and apparent digestibility of protein in the diet of *Penaeus orientalis*

表 4 不同淀粉含量对蛋白质消化率的影响

Table 4 Effect of different starch level in diet on protein digestibility.

测定值(%) \ 配 方	1	2	3	4	5	6
粪含铬量	0.88	0.43	0.45	0.41	0.86	0.35
粪蛋白量	37.17	28.34	27.80	21.68	17.19	16.37
蛋白质消化率	74.58	85.37	85.51	86.05	88.81	89.62

表 5 不同体长及不同水温条件对蛋白质消化率的影响

Table 5 Effect of body length and temperature in diet on protein digestibility

		不 同 体 长 试 验			
测定(%) \ 体长(cm)	8.0	9.0	10.5	11.5	
	粪含铬量	0.40	0.37	0.42	0.45
粪蛋白量	34.86	33.45	36.47	33.45	
蛋白质消化率	75.22	74.73	75.92	79.16	
		不 同 温 度 试 验			
测定(%) \ 温度(℃)	20	25	30	35	
	粪含铬量	0.34	0.35	0.36	0.47
粪蛋白量	30.21	29.66	31.52	54.96	
蛋白质消化率	75.36	76.51	81.01	67.58	

含量显著增高。

#### 4. 脂肪、淀粉的消化率

从表 3 可看出,脂肪的消化率与蛋白质一样也因饲料中脂肪含量升高而增高。淀粉的消化率则与饲

料中淀粉含量呈负相关关系,当淀粉含量高于25%(表3),消化率相对偏低,而淀粉含量低于25%时,消化率相对较高,在98.5%以上。

## 讨 论

1. 蛋白质含量不同时蛋白质的消化率 根据已经研究的结果<sup>[4]</sup>,蛋白质表观消化率变化究其主要原因,无非是两点:或是受淀粉含量影响,或是因蛋白质含量下降,导致内源性粪氮比例升高所致。据本文对中国对虾研究结果表明,当饲料蛋白质含量在43%至60%区间内增加时,消化率随之上升,它们之间的正相关关系十分显著,这同在鲈鱼、虹鳟<sup>[7]</sup>上观察到的现象一致。蛋白质实际消化率与表观消化率的比较结果显示这两种消化率变化趋势几乎相同。据此可以推测,对中国对虾而言,内源性粪氮比例上升,不是导致蛋白质表观消化率变化的主要原因。

2. 淀粉对蛋白质消化率的影响 从表4的结果还可以进一步证实,淀粉对蛋白质消化率的影响是显著的。可以认为中国对虾对蛋白质消化率的变化受到饲料中淀粉含量的影响。另外,从表3和表4的结果比较看,当饲料中淀粉含量超过20%时,会导致蛋白质消化率有一个明显的下降点,这一点,两个实验结果是一致的。所以在中国对虾颗粒饲料配制过程中,淀粉的含量一般应低于20%。

3. 不同体长和水温对蛋白质消化率的影响 当体长大于10.5cm时,中国对虾对蛋白质消化率开始显著升高,而这一体长正是代表了我国对虾从体长生长向体重生长转变时期。体重生长需要加快蛋白质在体内的积累,蛋白质消化率的这一变化正是对虾需要加快蛋白质积累这一生理要求的结果。至于水温的影响,30°C是蛋白质消化的最佳温度,也是中国对虾生长的最适温度。20°C—30°C时,水温与消化率呈正相关,30°C—35°C,则呈负相关,当水温达35°C时,蛋白质消化率也有很大的降低。从表5结果看,可能是酶活力的降低引起消化不良,粪蛋白含量有显著增高即说明了这一点。

4. 脂肪与淀粉的消化率 中国对虾对脂肪的消化率具有同蛋白质消化率差不多的变化特征,即随着饲料中脂肪含量的减少,淀粉含量增加,脂肪的消化率相应下降,而中国对虾对淀粉的消化率相反,与淀粉含量呈负相关。由此可见,中国对虾具有肉食性鱼类的消化生理特征。

## 参 考 文 献

- [1] 上海医学化验所,1979. 临床生化检验,14—15. 上海市科学技术出版社。
- [2] 中国科学院数学研究所统计组,1973. 常用数理统计方法,82—118. 科学出版社(京)。
- [3] 麦康森,1986. 对虾(*P. 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.
- [4] 桥本芳郎(蔡完其译),1980. 养鱼饲料学,46—54. 农业出版社(京)。
- [5] 鲁长豪,1987. 食品检验,54. 四川科学技术出版社(蓉)。
- [6] 北御门 ほか,1964. 饲料蛋白质のニジマスにおける消化率,II、饲料の淀粉、油脂含量並びにニジマスのちきさの影響,日本水产学会志,30(1):50—54.
- [7] 稻葉伝三郎、萩野珍吉,1963. 养鱼饲料成份の消化率について、II、ニジマスにおける蛋白质およびでん粉の消化率. 日本水产学会志,29(3):242—244.
- [8] Meginnis, A. J. and Robert Kasting, 1964. Colorimetric analysis of chromic oxide used to study food utilization by phytophagous insects. Agricultural and food chemistry, 12(3): 259—262.