

水产动物微粒饲料制备方法的研究*

陈 勇 刘忠军 刘文崇 赵 静

(吉林农业大学水产系, 长春 130118)

摘 要 采用喷雾、粘合破碎、相分离—复凝聚和蛋白交联4种方法, 制备出4种类型的沉性微粒饲料(粒径50~500 μm), 并对其性能进行了比较。从结果看, 蛋白交联法制备的微粒饲料性能最好, 为白色圆球形微粒, 在水中不膨胀, 沉降速度为7.0 mm/s, 分散性和抗水性能都很好, 成膜率为99%, 24 h溶出率为0.406%, 致腐时间为72 h。

关键词 水产动物, 微粒饲料, 制备方法

自从D. A. Jones博士于1975年首先制成微胶团饲料并用它对罗氏沼虾幼体等进行培养试验以来, 各国饲料专家也开始了鱼类苗种、贝类及甲壳类幼体的微粒饲料研究, 目前许多国家正在逐步以微粒饲料代替生物饲料作为水产动物苗种的开口饲料, 并取得了相当的进展, 其中英、美、日等国已进入商品化生产^[1]。我国在家鱼人工开口饲料的研究上已取得明显的效果, 并且已见到了几种虾苗和鱼苗的微粒饲料产品, 但应用情况并不理想, 主要原因是成本太高, 喂养效果不如天然饵料^[2]。因此寻找效果好而又成本低的微粒饲料制备方法已成为主要的研究方向。

1 材料与方法

1.1 试验饲料配方

见表1。

1.2 试验饲料制备方法

1.2.1 喷雾法 按配方2配料, 加入少量水, 用胶体磨磨至5 μm 以下, 充分混匀后, 将通过100目筛的乳状液滤入喷雾器内, 在约1 616 kPa压力下将其喷向约1 m高以帘状连续流下的5%氯化钙溶液。收集粒子, 再将其置于0.5%氯化钙溶液中加热(约80℃)10 min, 然后放入碳酸溶液中浸泡30

min, 用纯水洗后筛分(60、80、100目), 即得到不同粒径的微粒饲料F₂。

表1 试验饲料配方
Table 1 Composition of experimental diets

方法 method	喷雾法 spraying	粘合破碎法 sticky cracking	相分离— 复凝聚法 phase separation re-coacervation	蛋白交联法 protein cross-linkage
配方号 formula No.	2	3	5	6
饲料代号 diet code	F ₂	F ₃	F ₅	F ₆
全鸡蛋 egg	25	—	—	—
酪蛋白 casein	58	—	45	45
鱼粉 fish meal	—	58	—	—
豆粕 soybean meal	—	25	—	—
鸡蛋清 egg white	—	—	38	38
鳕鱼肝油 cod liver oil	5	5	5	5
奶粉 milk powder	3	3	3	3
添加剂 additive	3	3	3	3
海藻酸钠 sodium alginate	3	3	—	—
大豆磷脂 granulesten	2.5	2.5	2.5	2.5
胆固醇 cholesterol	0.5	0.5	0.5	0.5
浮游动物粉 zooplankton meal	—	—	3	3

收稿日期: 1997-11-17

* 联合国开发计划署资助项目

1.2.2 粘合破碎法 按配方 3 配料(不包括胆固醇与大豆磷脂)混匀后, 70℃ 下烘干, 再粉碎至微粒后, 与溶于环己烷中的胆固醇、大豆磷脂(分别占饲料总重的 0.5%、2.5%)充分混合, 风干后筛分, 即得到不同粒径的微粒饲料 F₃。

1.2.3 相分离—复凝聚法 按配方 5 配料, 并在强力电动搅拌器搅拌(1 000 r/min)混匀后, 与 3% 明胶、3% 阿拉伯胶混合, 在 40℃ 下用 5% 醋酸溶液将 pH 调至 4, 搅拌 10 min 后, 加入 10% 甲醛溶液并继续搅拌, 待温度降至 10℃ 以下, 用 20% 氢氧化钠溶液将搅拌液的 pH 调至 9, 5 min 后停止搅拌, 将粒子冷冻干燥后筛分, 即得到不同粒径的微粒饲料 F₅。

1.2.4 蛋白交联法 按配方 6 配料, 在高速搅拌下混匀后, 加入少量的 SP85, 6 min 后将适量的丁二酰氯溶于环己烷中, 并加入反应器内, 10 min 后加入含水 3% 的乙醇溶液终止反应, 2 min 后停止搅拌。待粒子沉降后, 弃去上清液, 冷冻干燥后筛分, 得到

不同粒径的微粒饲料 F₆。

1.3 试验饲料性能测定方法

性能测定试验在 4 个水族箱中进行, 每个水族箱装曝气自来水 0.1 m³。试验期间水温保持在(23 ± 2)℃。蛋白质含量用半微量凯氏定氮法测定。溶出率是在水中浸泡 24 h 后冻干所失去的重量占原饲料总重的百分比。成膜率采用水溶 2 h 前后镜下计数的方法计算。以投入水中的饲料到膜全部破裂的平均时间作为抗水性指标; 以在饲养状态而不除残饵情况下, 致使水族箱内水体腐败(氨氮含量 > 0.025 mg/L)的最短时间为致腐时间。

2 结果

用 4 种方法制备的 4 种饲料性能的测定结果见表 2。

表 2 4 种饲料性能测定结果
Table 2 Properties of 4 types of diet

饲料 diet	沉降速度/mm·s ⁻¹ precipitating rate	抗水性/h water resistance	致腐时间/h decomposition time	成膜率/% capsulated rate	蛋白质含量/% content of protein	溶出率/% loss rate
F ₂	12	48	42	94	22	2.86
F ₃	15	30	20	89	42.13	7.56
F ₅	10	72	60	97	35	1.28
F ₆	7	96	72	99	41.28	0.406

喷雾法制备的微粒饲料为白色、无味、圆球形微粒, 粒径 100 ~ 500 μm, 粒质较软, 在水中呈沉性, 沉降速度 12 mm/s, 基本不膨胀, 具有较好的分散性和抗水性能, 成膜率为 94%, 24 h 溶出率 2.86%, 致腐时间 42 h, 蛋白质含量 22%。

粘合破碎法制备的微粒饲料为棕黄色、不规则形的微粒, 具饲料香味, 粒径 100 ~ 500 μm, 粒质较硬。在水中呈沉性, 沉降速度 15 mm/s, 基本不膨胀, 分散性和抗水性都较差, 24 h 溶出率 7.56%, 成膜率 89%, 致腐时间 20 h, 蛋白质含量 42.13%。

相分离—复凝聚法制备的微粒饲料为白色、无味、不规则形微粒, 粒径 50 ~ 500 μm, 在水中呈沉性, 沉降速度 10 mm/s, 不膨胀, 分散性和抗水性好, 成膜率 97%, 24 h 溶出率 1.28%, 致腐时间 60 h, 蛋白质含量 35%。

蛋白交联法制备的微粒饲料为白色、无味、不硬的圆球形微粒, 粒径 50 ~ 500 μm。在水中呈沉性, 沉降速度 7.0 mm/s, 不膨胀, 分散性和抗水性都很

好, 成膜率 99%, 24 h 溶出率 0.406%, 致腐时间 72 h, 蛋白质含量 41.28%。

3 讨论

开口饲料必须是微粒, 而微粒的水溶性成分溶解性大, 因此在人工配制微粒饲料时, 目前研究的焦点除饲料配方外, 还集中在粒径的大小和抗水性能上。为此, 许多学者在微粒饲料的制备方法上多使用了与其他生长期饲料完全不同的方法。Chang 等^[3]和 Jones 等^[4]先后报道过用尼龙—蛋白膜将饲料封装而制成微囊饲料的方法, 随后 Jones^[5]又研制出一种新型的 X—交联蛋白胶囊微粒饲料。金泽昭夫^[6]采用二胺乙烷和氯化癸二酸在微粒表面进行界面缩聚的方法制成了微囊饲料; 韩如政等^[7]采用破碎法, 陈维岩等^[8]采用玉米醇溶蛋白粘合法, 中国水产科学院渔业机械仪器研究所采用微粘合法^[9]、凝聚法^[10], 高宏伟等^[11]采用界面缩聚法也研制出了多种微粒饲料及其产品, 但这些方法生产出来的微粒

饲料,价格都偏高,未能进入市场而未广泛采用。

3.1 各制备方法的饲料性能

本研究中的喷雾法是高压下混合均匀的饲料乳状液从喷雾器口喷出形成微小液滴,遇到氯化钙时,液滴表面溶胶态海藻酸钠与氯化钙发生反应而变成凝胶态海藻酸钙,这一反应是瞬间完成的,因此在液滴表面就形成了一层胶状囊,将营养成分包在里面,胶状囊再在低浓度的氯化钙溶液中加热固化,形成较为坚固的囊。碳酸使多余的钙离子沉淀而离开微囊表面,就得到了适于使用的微粒饲料 F_2 。但 F_2 在生产过程中饲料营养成分损失较为严重。粘合破碎法是均匀分布在营养物质之间的海藻酸钠作为一种粘合剂将这些营养物质粘合在一起,干燥破碎成微粒后,与溶有胆固醇和磷脂的环己烷均匀混合,待环己烷蒸发后,微粒表面形成一层由胆固醇和磷脂形成的脂质膜。 F_3 具有饲料香味,能引诱、促进水产动物摄食。制造中基本无营养损失,但成膜率较低,易溶出。相分离-复凝聚法是分散于多种营养物质中的 2 种高分子材料(明胶和阿拉伯胶)在一定条件下(浓度 10% 以下,40℃,pH 3.8~4.2)带有 2 种相反电荷:明胶分子链上— NH_3^+ 基团多于— COO^- 基团而带正电荷,阿拉伯胶分子链上含有— COO^- 基团带负电荷。这样,其正、负离子基团会发生交联、成链反应,溶解度降低后从溶液中析出,凝聚在营养团粒的表面形成微囊,再在甲醛的作用下固化(pH 8~9,10℃ 以下),冻干后形成微胶囊饲料 F_5 。蛋白交联法中丁二酰氯相当活泼,可与多种基团发生反应。高速搅拌下生成的饲料乳化小液滴与丁二酰氯相遇时,液滴表面蛋白质的游离氨基与丁二酰氯发生交联反应,形成囊网状结构的蛋白膜,将其他营养物质囊括其中,冻干后形成微囊饲料 F_6 。

3.2 开口饲料粒径

粒径的大小应当与水产动物苗种开口期口径相适应。粒径过大,饲料入口困难;过小则可见性差,摄食耗能大。Hunter 等^[12]的观察结果表明开口摄食饵料的能力与口宽有关,虽然不同种类的水产动物苗种开口期口径大小不尽一致,但一般都在 226~1 004 μm 之间。正常开口率按口径的 50%~75% 计算,水产动物苗种开口期所摄食的饲料的宽度为 100~500 μm ^[13]。

本研究中每种制备方法对微粒饲料的大小都能控制,并已制备出了 50~500 μm 范围内的,还可筛分出更小的范围组,以满足不同种类或不同大小苗

种的需要。喷雾法是通过喷雾压强的大小来控制雾滴的大小进而控制饲料微粒的大小;粘合破碎法是通过破碎程度来控制饲料微粒的大小,然后再筛分;相分离-复凝聚法和蛋白交联法是通过控制搅拌速度来控制生成微粒的大小。微粒大小与搅拌速度呈负相关,与搅拌液粘稠度呈正相关。

3.3 微粒饲料的特点

许多水产动物苗种的开口饲料均以圆形为好,有利于幼体摄食。本研究中 F_2 和 F_6 为圆球形,从利于摄食角度讲,要优于 F_3 和 F_5 。

人工饲料比生物饵料分散性差,沉降速度快。本研究制备的 4 种饲料分散性都比较好,在水中无任何粘连,虽然是沉性,但沉降速度均在 15 mm/s 以下,最慢的只有 7 mm/s。

水产动物饲料区别于陆生动物饲料的特点之一就是要求具有较好的抗水性,即入水后在一段时间内水溶性成分极少溶出或不溶出。本研究中 F_2 、 F_5 和 F_6 耐水时间均在 48 h 以上,24 h 溶出率均在 3.0% 以下,致腐时间均在 40 h 以上,只有 F_3 抗水性差些。其原因可能是溶有胆固醇和大豆磷脂的环己烷液对微粒饲料的浸润不彻底或混合不均所致。

饲料膨胀对鱼苗摄食不利。体外膨胀会使微粒体积变大而不适口,体内膨胀会胀破幼苗的消化道导致苗种的死亡。本研究所研制的这 4 种饲料中, F_5 和 F_6 不膨胀, F_2 和 F_3 基本不膨胀,对苗种摄食无不良影响。

参 考 文 献

- 1 周光正. 微型饵料的发展现状. 国外水产, 1988(3): 22~27
- 2 黄克佳. 国内外水产人工微粒的开发利用. 见: 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). 中国科协学会工作部, 1988. 277~281
- 3 Chang T M, F C MacIntosh, S G Mason. Microencapsulation of artificial diets for aquatic animal within cross linked membrane. Can J Physiol Pharmacol, 1966, 44: 115~128
- 4 D A Jones, 等. 采用微胶囊饵料培育对虾的试验. 水产科技情报, 1988(5): 26~29
- 5 Jones D A, T H Moller, P J Campbell, et al. A new method of microencapsulation. Proc 10th European Symp Mar Biol Ostend. Belgium, 1975, 1: 229~239
- 6 金泽昭夫. 日本对虾的初期饵料. 国外水产, 1983(1): 36~38
- 7 韩如政, 等. 利用人工开口饲料饲养鲤鱼苗的试验. 水产科学, 1988, 7(2): 27~29
- 8 陈维岩, 等. 微粒粘合饲料饲养鲤鱼苗的试验. 水产科技情报, 1994(1): 34~37
- 9 李 玉, 等. 微颗粒饲料加工工艺及设备的研究. 粮食与饲料工

- 业, 1990(4):41~42
- 10 倪叶鑫. 幼鱼虾饲料微囊化技术的研究. 渔业机械仪器, 1992, 19(100):12~15
- 11 高宏伟, 等. 微胶囊饵料制备方法探讨. 饲料工业, 1993(5):47~49
- 12 Hunter J R, C Kimbrell. Some aspects of the life history of laboratory-reared pacific mackerel larvae (*Scomber japonicus*). Rapp P V Réun Cons Int Explor Mer, 1981, 178:344
- 13 朱成德. 仔鱼的开口摄食期及其饲料综述. 水生生物学报, 1986, 10(1):86

A study on preparation of micro-diets for aquatic animal

Chen Yong Liu Zhongjun Liu Wenchong Zhao Jing

(Jilin Agricultural University, Changchun 130118)

Abstract Four types of precipitable micro-diets for aquatic animal were developed with spraying method, sticky cracking method, phase separation re-coacervation method and protein cross-linkage method (diameters between 50 ~ 500 μm), and a comparison was made within their physical and chemical properties. It was found that the micro-diet prepared with protein cross-linkage method is the best among the 4. This type of micro-diet, with white color and spherical shape, has very good properties in dispersion and precipitation (7 mm/s) without expansion in water. Also, it can be maintained in water for 96 h without breaking up. The loss rate is 0.406% in 24 h; the capsulated rate is 99% and the decomposition time is 72 h.

Key words aquatic animal, micro-diet, preparation method