# 微胶囊饲料一些理化指标的测定与评价

# 梁 萍<sup>1</sup>, 严美姣<sup>2</sup>\*, 林建斌<sup>1</sup>, 朱庆国<sup>1</sup>, 邱曼丽<sup>1</sup>, IJEOMA CHRIS JUSTICE<sup>2</sup>

(1. 福建省淡水水产研究所, 福建福州 350002; 2. 福建农林大学动物科学学院, 福建福州 350002)

摘要 [目的]研究微胶囊饲料的理化性质。[方法]以大黄鱼仔稚鱼微胶囊饲料为研究对象,测定了微胶囊饲料的一些理化指标。[结果]1号饲料的平均粒径为(27.77±1.18)µm,颗粒呈圆形或椭圆形,分布均匀;2号饲料的平均粒径为(34.73±1.76)µm,颗粒呈不规则形,大小分布不均匀。微胶囊饲料粒径在20~40µm;微胶囊饲料的悬浮率和溶解率均偏低。在海水中浸泡2h后,微胶囊饲料1号浸泡液的pH为(6.800±0.056),氨氮浓度为(0.052±0.003)mg/L,亚硝酸盐浓度为(0.412±0.006)mg/L;微胶囊饲料2号浸泡液的pH为(6.683±0.031),氨氮浓度为(0.047±0.005)mg/L,亚硝酸盐浓度为(0.493±0.026)mg/L。微胶囊饲料对水体有一定的影响,浸泡液偏酸性,但对水体中氨氮和亚硝酸盐浓度的影响不大。[结论]试验所用微胶囊饲料基本满足大黄鱼苗开口时期的摄食要求,但其加工工艺有待进一步完善。

关键词 微胶囊饲料;大黄鱼仔稚鱼;理化指标;粒径;溶解性

中图分类号 S963 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2018)09-0085-03

#### Determination and Evaluation of Some Physical and Chemical Indices of Microcapsule Feed

LIANG Ping<sup>1</sup>, YAN Mei-jiao<sup>2</sup>, LIN Jian-bin<sup>1</sup> et al (1. Freshwater Fisheries Institute of Fujian Province, Fuzhou, Fujian 350002; 2. School of Animal Sciences, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou, Fujian 350002)

**Abstract** [Objective] To study the physical and chemical properties of microcapsule feed. [Method] Taking microcapsule feed of *Pseudosciaena crocea* larvae as research object, some physical and chemical indices of microcapsule feed were determined. [Result] The average particle size of feed No. 1 was  $(27.77 \pm 1.18) \mu m$ , with circular or oval particles and even size. The average particle size of feed No. 2 was  $(34.73 \pm 1.76) \mu m$ , with irregular-shaped particles and uneven size. The average particle size of microcapsule feed was within  $20 - 40 \mu m$ . The suspension rate and solubility of microcapsule feed were lower. After microcapsule feed was soaked in seawater for 2 h, soaking solution's pH of microcapsule feed No. 1 was  $(6.800 \pm 0.056)$ , ammonia nitrogen concentration was  $(0.052 \pm 0.003) mg/L$ , nitrite concentration was  $(0.472 \pm 0.005) mg/L$ ; soaking solution's pH of microcapsule feed No. 2 was  $(6.683 \pm 0.031)$ , ammonia nitrogen concentration was  $(0.047 \pm 0.005) mg/L$ ; nitrite concentration was  $(0.493 \pm 0.026) mg/L$ . Microcapsule feed had some influences on the water body, the soaking solution was acidic, but it had small influences on the concentrations of ammonia nitrogen and nitrite in water body. [Conclusion] Microcapsule feed used in this test could basically meet the feeding requirements of *P. crocea* seedlings in opening period, but the processing technology need to be improved.

Key words Microcapsule feed; Pseudosciaena crocea larvae; Physical and chemical indices; Particle size; Solubility

目前,大黄鱼(Pseudosciaena crocea)人工育苗的开口饵 料基本上是依靠微藻、轮虫、卤虫、桡足类等传统的生物饵 料。生物饵料具有生产成本高、产量和质量不稳定、有时还 携带病原微生物等缺点,严重制约了大黄鱼苗种生产的可持 续发展<sup>[1-2]</sup>。微胶囊饲料在很大程度上可以弥补生物饵料 的不足。

微胶囊饲料是指在饲料工业中运用微胶囊技术加工而 成的微小颗粒饲料。微胶囊技术是一种将分散的固体物质、 液滴或气体完全包封在一层致密膜中形成微胶囊的方法,可 以有效降低外部环境对包被物质的影响,具有屏蔽芯材味 道、颜色和气味,降低毒性,改变物质的性质,延长挥发物质 的储存时间,持续释放物质进入外界,将不可混合的化合物 隔离等功能<sup>[3]</sup>。此外,微胶囊饲料还具有以下特点:提高水 中的稳定性,营养成分不易散失,减少浪费;水中悬浮性好, 便于鱼苗摄食,减少对养殖水体的污染;营养全面,能满足鱼 苗各个生长时期的营养需求<sup>[4]</sup>。正因为微胶囊饲料的这些

收稿日期 2017-12-13;修回日期 2018-01-10

优点,在海水仔稚鱼育苗开口饲料方面,微胶囊饲料能否替 代生物活饵的问题成为近年来研究的热点。

目前国内外在海水仔稚鱼微粒饲料营养消化生理和人 工微颗粒饲料技术方面的研究较多<sup>[5-7]</sup>,但在微胶囊饲料适 口性、稳定性、易消化性等理化性质方面的研究较为少见<sup>[4]</sup>。 笔者研究了大黄鱼仔稚鱼微胶囊饲料的外部形态、粒径、均 匀性以及在水中的悬浮性和溶解性等理化性质,旨在为微胶 囊开口饲料的研究与开发提供一些理论依据和参考。

## 1 材料与方法

1.1 材料 微胶囊饲料由福建省淡水水产研究所水产动物 营养与饲料研究室研发并制成。微胶囊饲料芯材的主要原 料为:鱼粉、鱿鱼浆、牡蛎、饲料酵母、海藻多糖、复合维生素、 复合矿物质、诱食剂、蛋黄等。壁材的主要原料为辛烯基琥 珀酸淀粉钠、明胶;表面活性剂包括司班 80 和吐温。

**1.2 试验仪器** 分析天平、倒置生物显微镜、激光粒度分布 仪、烧杯、移液管、量筒。

## 1.3 试验方法

1.3.1 微胶囊饲料的颗粒形态。取 0.1 g 左右的微胶囊饲 料样品放在烧杯中,搅拌均匀,然后取样分散在载玻片上,置 于倒置生物显微镜下观察,选择合适的倍数,找到同一张画 面中最清晰的图像并拍照记录,多次取样观察,最终选择 2 张差异较明显的图像进行对比。

1.3.2 微胶囊饲料的粒径和均匀性。将上述搅拌均匀的颗

基金项目 福建省海洋高新产业发展专项(闽海洋高新[2014]22号); 福建农林大学科技创新专项(KFA17237A);福建省科技计 划项目 - 省属公益类科研院所基本科研专项 (2014R1101031-1)。

作者简介 梁萍(1979—),女,山东诸城人,工程师,硕士,从事水产动 物营养与饲料研究。\*通讯作者,副教授,博士,从事水产 动物营养与饲料研究。

粒饲料按照粒径大小(差异明显)分为2组,定义为1号和2 号饲料,再分别逐个滴入到粒度分布仪的样品槽中,然后进 行测量,测定多次,取其平均值,得到平均粒径,然后根据粒 径分布来比较颗粒的均匀性。

1.3.3 水中的悬浮率和溶解率。量取100 mL海水倒入 100 mL烧杯中,然后称取一定质量 a 的微胶囊饲料撒在上述 烧杯中,使其均匀地分布在海水表面,分别静置 0.5、1.0、 1.5、2.0 h 后,再用滴管沿液面吸取悬浮液,将沉淀和悬浮液 分别放入恒温干燥箱中105 ℃恒温烘干至恒重,得到悬浮固 体的质量 b 和沉淀固体的质量 c,进行多次平行试验,计算悬 浮率和溶解率,然后求平均值,绘制成折线图。

悬浮率和溶解率分别按以下方式计算:

$$悬浮率 = b/a \times 100\% \tag{1}$$

溶解率 =  $(a - b - c)/a \times 100\%$  (2)

式(1)和(2)中,a代表选取微胶囊饲料样品质量(g);b代表 悬浮在水中的微胶囊饲料质量(g);c代表沉淀的微胶囊饲 料质量(g)。

1.3.4 浸泡2h后水体的pH、氨氮和亚硝酸盐浓度。分别 量取100 mL海水置于2个相同烧杯中,一个不做任何处理, 作为空白对照;另外一个烧杯需要称取10g左右颗粒样品倒 入其中,搅拌10 min使其溶解,静置一段时间待溶液明显分 层,取上层清液过滤。然后,分别测定海水和浸泡液的pH、 氨氮、亚硝酸盐浓度。pH的测定使用标准pH电极法;NH4<sup>+</sup> 含量使用纳氏试剂比色法与分光光度计测定:碘化汞和碘化 钾的碱性溶液与氨反应生成淡红棕色胶态化合物,其色度与 氨氮含量成正比,通常可在波长410~425 nm 范围内测定其 吸光度,计算 NH4<sup>+</sup>含量;NO<sup>2</sup>含量使用重氮 – 偶氮比色法 测定:在酸性(pH=2)条件下,与对氨基苯磺酰进行重氮化 反应,反应产物与二盐酸-1-萘乙二胺作用,生成深红色偶 氮染料,再测定吸光度。

### 2 结果与分析

2.1 大黄鱼仔稚鱼微胶囊饲料形态的观察 由表 1、表 2 可 知,微胶囊 1 号饲料的平均粒径为(27.77±1.18)μm,粒径大 小比较集中,分布范围在 20~40μm;微胶囊 2 号饲料的平均 粒径为(34.73±1.76)μm,粒径大小不一。从图 1 可以看出, 这 2 种饲料的外观形态差异显著。微胶囊 1 号饲料(a)分布 均匀,多呈圆形或椭圆形;微胶囊 2 号饲料(b)分布散乱,大 部分呈不规则形状,排列无序混乱。

#### 表1 微胶囊1号饲料平均粒径的分布

Table 1	The average	particle	size	distribution	of	microcapsule	feed
	No. 1						

粒径范围 Range of particle size//μm	个数 Number	百分比 Percentage//%
10 ~ 20	83	22.8
21 ~ 30	177	48.5
31 ~ 40	59	16.2
41 ~ 50	27	7.4
51 ~60	12	3.3
61 ~ 70	2	0.5
71~80	3	0.8
81 ~90	2	0.5

#### 表2 微胶囊2号饲料平均粒径的分布

粒径范围 Range of particle size//µm	个数 Number	百分比 Percentage//%
10 ~ 20	22	7.1
21 ~ 30	84	27.2
31 ~40	109	35.3
41 ~ 50	61	19.7
51 ~60	25	8.1
61 ~ 70	10	2.3
71~80	1	0.3
81 ~90	0	0



注:a.1 号饲料;b.2 号饲料 Note:a.Feed No.1;b.Feed No.2

#### 图1 微胶囊饲料的微观形态观察

#### Fig. 1 The morphological observation of microcapsule feed

2.2 大黄鱼仔稚鱼微胶囊饲料在水中的悬浮率和溶解
 率 从图2可以看出,随着时间的增加,悬浮率逐渐降低。1
 号饲料在整个过程中的沉降速度比较均匀,相对比较平稳,

而2号饲料主要的沉降过程集中在前1.0h内,此时的沉降 速度最快,之后随着时间的增加,沉降速度放慢,且低于1号 饲料的沉降速度。最初,1号饲料的悬浮率低于2号饲料,是 因为2号饲料的粒径相对较大,与水接触的表面积大,所以 悬浮性较好;此后,1号饲料的悬浮率高于2号饲料,这是因 为2号饲料的颗粒完整度不高,呈不规则形,与水接触的表 面积大,从而加快溶解,颗粒慢慢变小,悬浮率降低。



#### 图 2 2 种微胶囊饲料在水中的悬浮率比较

Fig. 2 The suspension rate comparison of two kinds of microcapsule feed in water

从图 3 可以看出,随着时间的增加,2 种饲料的溶解率不 断增加,但溶解速度越来越小。最初,1 号饲料的溶解率高于 2 号饲料,后来随着浸泡时间的延长,2 号饲料的溶解率高于 1 号饲料,这与粒径的大小也有关,2 号饲料的粒径大且呈不 规则形,与水接触的面积大,溶解率较高;1 号饲料粒径较小, 与水接触的面积小,溶解率较低。



#### 图3 2种微胶囊饲料在水中的溶解率比较

Fig. 3 The solubility comparison of two kinds of microcapsule feed in water

### 2.3 微胶囊饲料浸泡2h后水体的pH、氨氮和亚硝酸盐浓

**度** 由表 3 可知,作为空白对照的海水所测得的 pH 为 (8.100±0.058),氨氮浓度为(0.010±0.002) mg/L,亚硝酸 盐浓度为(0.316±0.047) mg/L。作为试验组微胶囊饲料 1 号的浸泡液 pH 为(6.800±0.056),氨氮浓度为(0.052± 0.003) mg/L,亚硝酸盐浓度为(0.412±0.006) mg/L;微胶囊 饲料 2 号的浸泡液 pH 为(6.683±0.031),氨氮浓度为 (0.047±0.005) mg/L,亚硝酸盐浓度为(0.493±0.026) mg/L。

在海水鱼养殖水体标准中,要求 pH 在 7.5~8.2, 氨氮 浓度不高于 0.2 mg/L, 亚硝酸盐浓度不高于 0.5 mg/L。由此

表 3 海水浸泡 2 h 后微胶囊饲料的 pH、氨氮和亚硝酸盐浓度 Table 3 pH, ammonia concentration and nitrite concentration of microcapsule feed after soaking in the seawater 2 h

类型 Type	样本质量 Mass of samples//g	рН	氨氮 Ammonia nitrogen///mg/L	亚硝酸盐 Nitrite//mg/L
1 号饲料 Feed No.1	$10.030 \pm 0.049$	$6.800 \pm 0.056$	$0.052 \pm 0.003$	$0.412 \pm 0.006$
2 号饲料 Feed No.2	$10.020 \pm 0.030$	$6.683 \pm 0.031$	$0.047 \pm 0.005$	$0.493 \pm 0.026$
海水本体值 Background value of seawater	$10.040 \pm 0.045$	$8.100 \pm 0.058$	$0.010 \pm 0.002$	$0.316 \pm 0.047$

可见,微胶囊饲料对水体有一定的影响,浸泡液偏酸性,但对 水体中氨氮和亚硝酸盐浓度的影响不大。

#### 3 讨论

3.1 微胶囊饲料微观形态的观察 处于开口期的海水鱼仔 稚鱼一般个体微小,大小为400~500 μm,摄食能力较弱,消 化器官不完善,对饵料有着非常严格的要求,所以微胶囊饲 料的颗粒大小和形态对海水鱼仔稚鱼的摄食有着直接的影 响。王有基等<sup>[8]</sup>研究表明,用于鱼类育苗的开口饵料适宜粒 径的通常在20~40 μm,且在育苗过程中各个时期的鱼苗对 饵料的粒径都有不同的需求,所以在制作微胶囊饲料的工艺 流程中要对粒径规格严格控制。该试验中所得到的微胶囊 饲料的粒径大小符合海水鱼开口饵料的要求,与2号饲料相 比,1号饲料粒径更适宜。此外,呈椭圆形或圆形的颗粒饲料 更利于鱼苗的摄食,而2号饲料呈不规则形,有棱角,鱼苗摄 食时,容易受伤并且很难消化,造成浪费。黄志强等<sup>[4]</sup>研究 表明,粒径大小分布均匀的微胶囊饲料在适口性方面优于传 统的生物活饵,并且在水中的稳定性好,在水中不易溃散,营 养物质保存较为完整。

3.2 微胶囊饲料在水中的悬浮率和溶解率 海水鱼仔稚鱼

个体较小,通常在中上层活动和采食<sup>[4]</sup>,所以为了便于鱼苗的采食,微胶囊饲料在水中的悬浮性要好,以利于减少浪费和污染。悬浮性和溶解性是反映微胶囊饲料在水中稳定的重要特征。

该试验所用2种微胶囊饲料在水中的悬浮性都偏低,很 多都沉在底部,而且随着浸泡时间的增加,悬浮性越来越低, 溶解性越来越高。微胶囊饲料粒径的大小与悬浮性、溶解性 有一定的关系,饲料粒径越大,悬浮性越差,溶解性越高;粒 径越小,溶解性越低,悬浮性越好。生物饵料(轮虫、卤虫、桡 足类等)经常在水的上层活动,在投喂时海水鱼仔稚鱼很容 易摄食。在水中稳定性方面,微胶囊饲料还存在着不足,很 难完全替代生物饵料独立作为海水鱼仔稚鱼的开口饵料。 张玲等<sup>[3]</sup>研究表明,微胶囊饲料的结构(芯材和壁材)很大程 度上决定了其悬浮性和溶解性的好坏,所以在微胶囊饲料的 原料选择,加工流程、后期的制囊技术等方面需要进一步 研究。

3.3 微胶囊饲料浸泡液的 pH、氨氮和亚硝酸盐浓度 在水 产育苗过程中对水质的各项指标有着更严格的控制。大黄 (下转第 90 页)



图4 不同品种肉羊半腱肌中 MyHC I 含量的比较

Fig.4 MyHC I content in the semitendinosus in different varie-



# 图 5 不同品种肉羊半膜肌中 MyHC I 含量的比较 Fig. 5 MyHC I content in the semi-membranous muscle in different varieties of mutton sheep

点。免疫组化结果表明,改良后的 F<sub>1</sub> 代虽然 MyHC I 型氧化 肌纤维含量降低,与阿勒泰羊差异显著,但明显高于Texel羊。

## (上接第87页)

鱼属于海水鱼类,生活的水体环境要求偏碱性并且氨氮和亚 硝酸盐浓度在正常范围内。微胶囊饲料的水中稳定性对水 质的pH、氨氮、亚硝酸盐浓度有着直接的关系,水中稳定性 好、消化吸收率高的饲料,营养物质可以更好地被仔稚鱼消 化吸收,排泄物少,参与到水体氨氮的转化过程中,对水体污 染小。水中稳定性差、消化吸收率低的饲料,对养殖水体污 染大,水体的氨氮和亚硝酸盐浓度高,对水产育苗造成不良 影响。该试验中微胶囊饲料浸泡液偏酸性,但在生产性育苗 池塘饲料投放密度较低,对水体中氨氮、亚硝酸盐浓度的影 响不大。这说明微胶囊饲料的水中稳定性基本符合要求。

## 4 结论

该试验所用的微胶囊饲料颗粒形态可以满足大黄鱼育 苗开口时期的摄食要求,微胶囊饲料的悬浮性和溶解性较 差,其加工工艺有待进一步改善。在大黄鱼育苗生产中,试 验所用的微胶囊饲料可以部分替代生物饵料。 肌肉的产量主要由肌纤维数目和肌纤维横截面积决定,肌纤 维体积适度的动物可生产出更多肉质好的肉产品<sup>[5]</sup>。大量 研究表明,氧化型肌纤维有助于肌肉嫩度和多汁性的增 加<sup>[6-8]</sup>,但是氧化型肌纤维横截面积小,肌间脂肪含量高,不 利于瘦肉率和屠宰率的产出。因此,在肉羊品种选育上调整 肌纤维中氧化肌纤维含量对增加肌肉产量和提高肌肉品质 具有重要的参考价值。

## 参考文献

- [1] 张崇志,刘迎春,高峰,等. 妊娠后期营养限饲蒙古绵羊对其胎儿生长 发育及血液生理生化指标的影响[J]. 动物营养学报,2013,25(2): 344-349.
- [2] CHELLY M S,CHAMARI K,VERNEY J,et al. Comparison of muscle mechanical and histochemical properties between young and elderly subjects [J]. Int J Sports Med,2006,27(11);885-893.
- [3] FAHEY A J,BRAMELD J M,PARR T, et al. The effect of maternal undernutrition before muscle differentiation on the muscle fiber development of the newborn lamb[J]. J Anim Sci,2005,83(11):2564-2571.
- [4] FIEDLER I, NÜRNBERG K, HARDGE T, et al. Phenotypic variations of muscle fibre and intramuscular fat traits in *Longissimus* muscle of F<sub>2</sub> population Duroc × Berlin Miniature Pig and relationships to meat quality[J]. Meat Sci ,2003 ,63(1) :131 - 139.
- [5] HENCKEL P, OKSBJERG N, ERLANDSEN E, et al. Histo-and biochemical characteristics of the *Longissimus dorsi* muscle in pigs and their relationships to performance and meat quality[J]. Meat Sci,1997,47(3/4):311 – 321.
- [6] ZHANG C,LUO J Q,YU B,et al. Dietary resveratrol supplementation improves meat quality of finishing pigs through changing muscle fiber characteristics and antioxidative status[J]. Meat Sci,2015,102:15-21.
- [7] JOO S T, KIM G D, HWANG Y H, et al. Control of fresh meat quality through manipulation of muscle fiber characteristics[J]. Meat Sci,2013,95 (4):828-836.
- [8] LEFAUCHEUR L, MILAN D, ECOLAN P, et al. Myosin heavy chain composition of different skeletal muscles in Large White and Meishan pigs[J]. Journal of animal science, 2004,82(7):1931-1941.

## 参考文献

- KANAZAWA A, KOSHIO S, TESHIMA S. Growth and survival of larval red sea bream *Pagrus major* and Japanese flounder *Paralichthys olivaceus* fed microbound diets[J]. Journal of the world aquaculture society, 1989, 20 (2):31-37.
- [2] 于海瑞,麦康森,段青源,等.人工育苗条件下大黄鱼仔、稚、幼鱼的摄食 与生长[J].中国水产科学,2003,10(6):495-501.
- [3] 张玲,杨丽.微胶囊技术在饲料工业中的应用[J].河南水产,2011(1): 21-22.
- [4] 黄志强,李保国.水产养殖微胶囊开口饲料的耐浸泡性、悬浮性测试分析[C]//2007 中国农业工程学会农产品加工及贮藏工程分会学术年会暨中国中部地区农产品加工产学研研讨会论文集.北京:中国农业工程学会,2007:107-110.
- [5] 丁立云,曹虎.水产微囊饲料生产工艺研究进展[J]. 广东饲料,2011,20 (11):36-38.
- [6] 谢中国,王芙蓉,金煜华,等. 湿法制粒与流化床工艺制备海水仔稚鱼 微粒饲料研究[J].中国粮油学报,2013,28(10):66-70.
- [7] 于海瑞.海水仔稚鱼营养生理与人工微颗粒饲料的研发进展(I):微颗 粒饲料的开发[J].潍坊学院学报,2011,11(6):86-89.
- [8] 王有基,胡梦红,翟旭亮.微粒饲料在水产动物苗种培育中的应用研究 [J].北京水产,2007(3):52-57.