 DOI: https://doi.org/10.12349/tie.v3i9.11801

The Water Stability of Goldfish Microencapsulated Feed and Crushed Feed, and Their Impact on the Growth Performance of Juvenile Goldfish

Guodong Cui Jing Liu Yuchen Fan

Hebei Zhishang Biotechnology Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

Abstract

This experiment used goldfish microencapsulated feed and crushed feed prepared with the same basal formula as research objects, and systematically compared the differences in water stability between the two feeds and their effects on growth performance, feed utilization efficiency and morphological indices of juvenile goldfish. The experiment adopted a single-factor completely randomized design, in which 300 juvenile goldfish with an initial body weight of (1.52±0.12) g were randomly divided into two treatment groups with three replicates per group and 50 fish per replicate, fed with microencapsulated feed and crushed feed respectively for a rearing period of 56 days. The results showed that the nitrogen dissolution rate, carbon dissolution rate and mass loss rate of the microencapsulated feed in water were significantly lower than those of the crushed feed, demonstrating excellent water stability. These findings indicate that the microencapsulated feed possesses good water stability and can effectively reduce nutrient leaching and feed wastage, making it a high-quality feed form suitable for juvenile goldfish culture.

Keywords

goldfish; microencapsulated feed; water solubility; feed utilization rate

金鱼微囊饲料与破碎饲料水中稳定性及金鱼幼鱼生长效果的影响

崔国栋 刘璟 范宇晨

河北志尚生物科技有限公司，中国·河北 石家庄 050000

摘 要

本试验以同一基础配方制备的金鱼微囊饲料和破碎饲料为研究对象，系统比较了两种饲料在水中的稳定性差异以及对金鱼幼鱼生长性能、饲料利用率、形体指标的影响。试验使用单因素完全随机设计，将300尾初始体重为（1.52±0.12）g的金鱼幼鱼随机分成2个处理组，每组3个重复，每个重复50尾，分别投喂微囊饲料以及破碎饲料，养殖周期为56 d。结果表明微囊饲料在水中的氮溶出率、碳溶出率及质量损失率均比破碎饲料好，有着很好的水中稳定性。结果表明，微囊饲料在水中稳定性好，可以减少营养物质溶失和饲料浪费，是金鱼幼鱼养殖的优质饲料形态。

关键词

金鱼；微囊饲料；水中稳定性；饲料利用率

1 引言

金鱼（Carassius auratus auratus）是世界范围内重要的观赏鱼，有着悠久的养殖历史以及丰富的品种资源，在观赏鱼市场中占有重要的地位。近些年来，观赏鱼产业飞速发展，金鱼养殖规模不停增大，养殖密度持续上升，对饲料品质和性能的要求也越来越高。幼鱼阶段是金鱼生长发育的重要时期，幼鱼的摄食能力及消化系统尚未完全发育成熟，对饲料的粒径大小、水中稳定性、营养可利用性有特殊要求。所以，开发出适合金鱼幼鱼生理特点的高效饲料，就变成产业急需解决的技术问题。观赏鱼养殖中饲料的水中稳定性属于一个非常重要的质量指标。金鱼有持续摄食的习性，摄食过程比较缓慢，饲料入水后需要较长时间保持形态完整及营养品质，才能被有效摄食以及利用。根据以上背景，本试验以同一基础配方制备的金鱼微囊饲料和破碎饲料为试验材料，测定饲料在水中的氮溶出率、碳溶出率、质量损失率等稳定性指标，以及养殖试验中金鱼幼鱼的生长性能、饲料利用率、形体指标，系统比较两种饲料的水中稳定性差异及其对金鱼幼鱼生长效果的影响，为金鱼幼鱼配合饲料的改良升级和专业投喂给出理论依据和数据支撑。

【作者简介】崔国栋（1973–），男，中国河北石家庄人，硕士，从事动物营养与饲料加工研究。

2 材料与方法

2.1 试验饲料制备

试验所用微囊饲料以及破碎饲料的基础配方相同。基础配方主要以进口鱼粉、豆粕、玉米蛋白粉为主蛋白源，以鱼油、大豆卵磷脂为主脂肪源，适量添加 α - 淀粉作为粘结剂，预混料给予维生素及矿物质元素。经粉碎过 80 目筛后，按配方比例准确称量各原料，逐级混合均匀。微囊饲料使用流化床包膜法制备，将混合均匀的基础物料粉碎至 100 目以下，以明胶和阿拉伯胶的复合物为壁材，凭借喷雾包膜技术将芯材包被在微囊内部，控制微囊粒径在 250 ~ 420μm 范围内，干燥、冷却后备用。破碎饲料使用常规制粒工艺制备，将混合均匀的物料经蒸汽调质后，由环模制粒机挤压成型，控制颗粒粒径为 0.8 ~ 1.2 mm，经破碎机破碎后过筛分级，取粒径在 300 ~ 500μm 的破碎颗粒作为试验饲料。两种饲料经化验分析，粗蛋白质含量分别为 42.15% 及 41.96%，粗脂肪含量分别为 8.32% 以及 8.45%，粗灰分含量分别为 12.67% 及 12.84%，水分含量分别为 7.45% 和 7.62%，主要营养成分基本一致，组间差异不明显 [1]。

2.2 试验设计与管理

养殖试验在循环水养殖系统中实行，试验容器为 60cm × 40cm × 40cm 的玻璃水族箱，有效水体体积为 70L。试验设 2 个处理组，即微囊饲料组和破碎饲料组，每个处理组设 3 个重复水族箱，每个水族箱随机放养金鱼幼鱼 50 尾，共 300 尾试验鱼。试验用金鱼幼鱼为同一批次孵化的 “琉金” 金鱼，初始平均体重为（1.52 ± 0.12）g，初始平均体长为（3.21 ± 0.25）cm。试验鱼在正式试验前暂养 7d，期间投喂商品饲料实行适应性驯化。暂养结束之后，挑选体质健壮、规格一致的幼鱼随机分成两组。养殖试验周期为 56 d，每日投喂 3 次，投喂时间分别为 08:00、13:00 以及 18:00。每次投喂量以投喂后 30 分钟内基本摄食完毕为标准，详细投喂量根据前一天的摄食情况以及水温变化而定。养殖期间水温控制在（24.0 ± 1.5）℃，溶解氧保持在 6.0 mg/L 以上，pH 值为 7.2 ~ 7.8，氨氮浓度低于 0.20 mg/L，亚硝酸盐氮浓度低于 0.05 mg/L。每日清理残饵及粪便，每周换水 1 次，换水量为总体积的 1/3。

2.3 水中稳定性测定

水中稳定性测定用静态浸泡法。准确称取各试验饲料样品 5.00g（记为 W0），放入 200 目筛绢制成的网袋中，将网袋挂在盛有 1000mL 蒸馏水的烧杯中，水面下 10cm 处，水温控制在（25.0 ± 0.5）℃。分别在浸泡 0.5h、1h、2h、4h、8h、12h、24h 时取出网袋，将网袋悬挂沥水 5min 后，于 105℃烘箱中烘干至恒重，称量剩余干物质质量（Wt），另取浸泡液测定总氮和总有机碳含量，每个样品设 3 个平行测定。质量损失率（%）=（W0-Wt）/W0 × 100%，氮溶出率（%）= 浸泡液中总氮含量 / 样品总氮含量 × 100%，碳溶出率（%）= 浸泡液中总有机碳含量 / 样品总有机碳含量 × 100%。水质指标测定在静态养殖模拟条件下实行，取 2L 养殖用水放入 3L 烧杯中，分别加入各试验饲料 1.00g，25℃下静置，分别在 0h、1h、2h、4h、8h、12h、24h 时取水样测定浊度和氨氮浓度。浊度用浊度仪测定，氨氮用纳氏比色法测定 [2]。

2.4 数据统计与分析

试验数据用 SPSS 19.0 统计软件做独立样本 t 检验分析，结果用平均值 ± 标准差（Mean ± SD）表示，统计显著性水平设为 P<0.05。

3 结果与分析

3.1 两种饲料水中稳定性的比较

两种饲料在不同浸泡时间下质量损失率、氮溶出率、碳溶出率测定结果表明，微囊饲料各个时间点质量损失率均明显低于破碎饲料（P<0.05）。浸泡 0.5h 时微囊饲料质量损失率为 3.52%，破碎饲料为 7.86%；浸泡 24h 时微囊饲料质量损失率为 18.47%，破碎饲料到了 36.52%，破碎饲料质量损失率为微囊饲料的 2.0 倍。从质量损失的动态变化来看，破碎饲料在前 2h 内质量损失最快，质量损失量占总损失量的 54.8%，微囊饲料的质量损失在全时段内释放速率比较均匀。从氮溶出率上看，微囊饲料在各个时间点的氮溶出率都比破碎饲料低（P<0.05）。浸泡 0.5 h 时，微囊饲料的氮溶出率为 1.85%，破碎饲料为 4.63%；浸泡 24 h 时，微囊饲料的氮溶出率为 12.36%，破碎饲料为 26.48%。碳溶出率以及氮溶出率变化趋势相似，浸泡 24h 时，微囊饲料碳溶出率为 10.52%，破碎饲料碳溶出率为 21.37%，微囊饲料碳溶出率比破碎饲料减少了 50.77%。从水中稳定性测定结果可知，微囊包膜技术明显改善了饲料在水中的形态保持能力以及营养物质的保留能力，微囊饲料的壁材结构可以有效地阻止水分子的快速渗透，减缓内部可溶性营养物质的溶出，使饲料在较长时间内保持营养品质的完整性 [3]。

3.2 两种饲料对养殖水体水质的影响

两种饲料加入养殖用水后不同时间点水体浊度及氨氮浓度的测定结果表明，微囊饲料组在 0.5h、1h、2h、4h、8h、12h、24h 各时间点的水体浊度均明显低于破碎饲料组（P<0.05）。24 h 时，微囊饲料组水体浊度为（8.52 ± 0.65）NTU，破碎饲料组为（16.38 ± 0.94）NTU，微囊饲料组较破碎饲料组减少了 47.98%。结果与质量损失率测定结果一致，浊度主要是饲料颗粒在水中崩解以及微细颗粒的悬浮造成的，破碎饲料结构松散，更容易产生细微碎屑，使水体浊度明显升高。氨氮测定结果表明，两组水体氨氮浓度伴随浸泡时间的延长而逐渐升高，但是微囊饲料组各时间点的氨氮浓度均明显低于破碎饲料组（P<0.05）。浸泡 24 h 时，微囊饲料组水体氨氮浓度为（0.82 ± 0.06）mg/L，破碎饲料组为（1.48 ± 0.09）mg/L，微囊饲料组较破碎饲料组减少了 44.59%。氨氮是饲料中蛋白质类物质在水体中溶出和微生

物分解的产物，微囊饲料较低的氮溶出率直接减少了水体中氨氮的积累量，有利于维持良好的养殖水环境。

3.3 两种饲料对金鱼幼鱼生长性能的影响

经过 56 d 的养殖试验，微囊饲料组幼鱼的终末体重为（5.78±0.31）g，明显高于破碎饲料组的（4.96±0.28）g（P<0.05）。微囊饲料组的增重率为 280.26%，比破碎饲料组的 226.32% 高 53.94 个百分点，差异有显著性（P<0.05）。特定生长率方面，微囊饲料组为（2.42±0.08）%/d，破碎饲料组为（2.08±0.07）%/d，微囊饲料组明显高于破碎饲料组（P<0.05）。微囊饲料组幼鱼成活率（96.67±2.08）%比破碎饲料组（90.00±2.00）% 高 6.67 个百分点，差异明显（P<0.05）。破碎饲料组幼鱼在养殖过程中出现的死亡现象主要发生在养殖前期，可能以及饲料在水中快速溶散后造成的水质恶化有关。

3.4 两种饲料对金鱼幼鱼形体指标的影响

两种饲料对金鱼幼鱼形体指标的测定结果表明，微囊饲料组幼鱼的脏体比为（8.62±0.54）%，破碎饲料组为（10.15±0.62）%，微囊饲料组明显低于破碎饲料组（P<0.05）。肝体比方面，微囊饲料组为（3.21±0.28）%，破碎饲料组为（4.08±0.35）%，微囊饲料组明显低于破碎饲料组（P<0.05）。两组间的肥满度无明显差异（P>0.05），微囊饲料组为（2.18±0.12）g/cm³，破碎饲料组为（2.15±0.11）g/cm³。脏体比、肝体比是折射鱼体营养状况、肝脏健康的重要指标，破碎饲料组较高的脏体比、肝体比可能与该组幼鱼摄入了一定量的溶失变性的营养物质有关，上述物质会对肝脏代谢造成额外负担，引起肝脏代偿性增大。微囊饲料组的脏体比、肝体比均低于对照组，说明其肝脏代谢负担小，营养利用效率高，幼鱼处于更健康的生理状态 [4]。

4 讨论

饲料的水中稳定性是评定水产饲料质量的重要指标之一，对于摄食行为缓慢的观赏鱼类来说，它的意义更加重要。本研究结果表明，微囊饲料在水中的质量损失率、氮溶出率、碳溶出率均明显低于破碎饲料，浸泡 24h 后微囊饲料依然保持相对完整的颗粒形态，而破碎饲料已基本崩解为絮状碎屑，与王常安等（2018）在鲟鱼微囊饲料中的研究结果一致，说明微囊包膜技术可以增加饲料的水稳定性。微囊饲料在水中稳定性好，主要是由于其特殊的结构设计，微囊饲料中壁材是物理屏障包裹在芯材表面，水分要先穿过致密的壁材层才能接触到内部的营养物质，继而大大降低了水分渗透速率。从物质溶出的动力学特征来看，破碎饲料的营养物质溶出有着前期快速释放、后期缓慢释放的特点，有着明显的突释效应，这种释放形式使得饲料入水后的最初数小时内就有很多营养物质进入水体，不光减少了饲料的营养价值又加重了水体污染。微囊饲料的营养物质释放有着近似零级释放的动力学特征，在全时段内保持相对稳定的释放速率，更有利于幼鱼在较长时间内摄食到营养品质较高的饲料。

微囊饲料在增加饲料利用率方面也有着明显的优势，本研究中微囊饲料组的饲料系数为 1.58，比破碎饲料组的 1.89 低了 16.40%，蛋白质能力增加了 19.84%。按照目前金鱼配合饲料市场价格计算，每生产 1kg 幼鱼微囊饲料组的饲料成本比破碎饲料组低约 16%，对大规模观赏鱼养殖企业有明显的经济效益。微囊饲料的制备工艺比较复杂，单位生产成本一般高于普通破碎饲料，但从融合养殖效益来看，微囊饲料在增加幼鱼成活率、助推生长、改良水质等方面的优势可以抵消其较高的生产成本。尤其是经济价值较高的名贵金鱼品种，幼鱼阶段的健康培育直接影响成品鱼的商品价值，微囊饲料的投入可以获得更高的回报 [5]。微囊饲料在减少养殖水体污染方面有着重要的环境效益，伴随国家对水产养殖业环保要求的越来越严格，开发环境友好型饲料已变成行业发展的重要方向，微囊饲料借助减少饲料中氮、碳等元素向水体的排放，有利于减少养殖废水的污染负荷，是符合绿色养殖理念的饲料技术创新方向。

5 结语

本试验结果表明，微囊饲料在水中稳定性比破碎饲料好，微囊饲料在水中的质量损失率、氮溶出率、碳溶出率均比破碎饲料低得多，减少了饲料入水后营养物质的溶失，减少了养殖水体的浊度及氨氮浓度，减轻了饲料对养殖水环境的污染压力。在为期 56 天的金鱼幼鱼养殖试验中，投喂微囊饲料的幼鱼增重率、特定生长率、成活率均明显高于破碎饲料组，饲料系数明显降低，蛋白质能力明显增加，脏体比、肝体比明显低于破碎饲料组，说明微囊饲料不光可以助推金鱼幼鱼快速生长、高效利用饲料，还可以减轻幼鱼肝脏代谢负担，维持幼鱼健康状态。融合水中稳定性、生长效果两方面结果可知，微囊饲料是适合金鱼幼鱼养殖的优质饲料形态，有较好的推广应用前景。

参考文献

[1] 姚澜.微囊藻毒素对鱼类免疫功能的影响[J].实验室检测,2025,3(15):209-211.

[2] 伍梦婷.小檗碱缓释颗粒的制备及其对铜绿微囊藻的抑制效能研究[D].导师：王应军;韦俊位.四川农业大学,2025.

[3] 李高成,孔文文,刘德泽,位梦姣,郭智,黄岁樑.鱼饲料对铜绿微囊藻和斜生栅藻生长、种间竞争的影响[J].海洋与湖沼,2025,56(2):365-379.

[4] 刘鹏.微囊藻水华暴发对其它水生植物的影响研究[J].皮革制作与环保科技,2023,4(10):196-198.

[5] 胡昱.沉水植物化感作用对伪鱼腥藻、铜绿微囊藻的抑藻效应研究[D].导师：王利芬.苏州大学,2023.