

文章编号: 1674-5566(2018)04-0494-08

DOI:10.12024/jsou.20170502070

两种不同方法处理粪便对生物絮团组分的影响

姚妙兰^{1,2,3}, 罗国芝^{1,2,3}, 谭洪新^{1,2,3}, 孙大川^{1,2,3}

(1. 上海海洋大学 水产科学国家级实验教学示范中心, 上海 201306; 2. 上海海洋大学 上海水产养殖工程技术研究中心, 上海 201306; 3. 上海海洋大学 农业部鱼类营养与环境生态研究中心, 上海 201306)

摘要: 为研究两种保存方法处理后的粪便对生物絮团形成过程及絮团组分的影响, 分别利用直接 4 °C 保存 (新鲜组) 和冷冻干燥后保存 (冻干组) 两种方法处理鳊鲮残饵粪便培养生物絮团。结果表明, 在絮团培养过程中, 氨氮、亚硝酸和硝酸盐的变化趋势相同, 冻干组氨氮平均浓度为 (0.86 ± 0.22) mg/L, 新鲜组氨氮平均浓度为 (0.83 ± 0.42) mg/L, 在第 6 天后, 两组亚硝态氮浓度均在 0.03 mg/L 以下, 在第 17 天, 两组硝态氮浓度降为 0.04 mg/L 以下。营养组分中, 两组絮团的粗灰分含量在培养后期均有所降低, 含量分别为冻干组 6.80% ± 0.00%, 新鲜组 5.97% ± 0.01%, 差异显著; 粗蛋白含量为冻干组 33.44% ± 7.80%, 新鲜组 33.65% ± 3.17%, 差异不显著; 游离氨基酸种类为冻干组 16 种, 新鲜组 23 种, 且新鲜组的必需氨基酸含量均高于冻干组 (其中 8 种差异显著, 2 种差异不显著); 冻干组和新鲜组的脂肪酸中二十二碳六烯酸 (DHA) 含量分别为 (0.15 ± 0.10) mg/g 和 (0.07 ± 0.13) mg/g, 差异显著。综上, 两种方法处理粪便均能较好地培养絮体, 冻干处理原料对絮体脂肪酸有较好的保存作用, 直接 4 °C 处理原料则对必需氨基酸有较好的保存作用。

关键词: 生物絮团; 粪便; 冷冻干燥; 粗蛋白; 脂肪酸; 氨基酸

中图分类号: S 912

文献标志码: A

水产养殖业的快速发展引发的水环境问题逐渐突显。据估计, 生产 1 kg 的鱼需排放 162 g 有机固体颗粒物^[1]。高密度养殖模式的残饵、粪便的增加, 使养殖水域负荷量加大。生物絮凝技术 (Bio-floc Technology, BFT) 可以将养殖过程中产生的固体颗粒物转化为可被部分养殖对象重新摄食的絮团饵料, 解决养殖过程中的水质净化问题, 并实现蛋白质的重复利用^[2]。

生物絮凝技术是利用优势生长的异养细菌, 通过同化作用, 将氨氮转化成有机氮, 使水体中一些有机颗粒结合起来形成一种可被鱼类摄食的生物絮团。在养殖应用中, 生物絮凝技术主要分为两种方式: 一种是直接在养殖池塘中创造条件形成絮团, 即原位式生物絮凝技术; 第二种是和养殖池分开, 在序批式反应器 (Sequencing batch reactors, SBR) 中创造条件进行生物絮凝, 即序批式生物絮凝技术。然而, 原位式生物絮凝技

术可能会引起的水体透明度下降、溶解氧降低等问题, 其对养殖对象较严格的选择性也可能为其发展带来局限性。因此, 相关学者提出采用外置式生物絮凝技术, 即序批式生物絮凝技术。序批式生物絮凝技术较原位式的生物絮凝技术有可控制水体透明度, 保持一定的溶氧浓度, 絮团浓度易控等优点^[3]。但在实际应用中, 采用序批式生物絮凝技术需要将残饵粪便收集达到一定的量, 这个过程通常需要一段时间, 在此过程中, 已经收集起来的残饵粪便应该如何保存才能更少地损坏残饵粪便原有的成分需要进一步研究。本试验分别用冷冻干燥后保存和直接 4 °C 保存这两种方法处理收集的鳊鲮残饵粪便, 将这两种方法处理的残饵粪便培养成生物絮团, 探讨这两种不同的保存方法处理粪便对生物絮团组分的影响。

收稿日期: 2017-05-26 修回日期: 2018-01-05

基金项目: 上海市科学技术委员会资助项目 (14320501900)

作者简介: 姚妙兰 (1991—), 女, 硕士研究生, 研究方向为养殖水质分析。E-mail: mlyao@shou.edu.cn

通信作者: 罗国芝, E-mail: gzhluo@shou.edu.cn

1 材料与方法

1.1 试验装置

生物絮团培养装置参考鲁璐等^[4]的序批式反应器(SBR),SBR 反应器为有机玻璃材质、桶状,有效体积为 10 L,高为 100.0 cm,内径为 15.0 cm,外径为 15.8 cm。曝气装置采用功率为 135 W、曝气量为 100 L/min 的空气压缩泵(ACO-008,森森有限公司,浙江,中国),分装 6 个沸石曝气头以提供溶解氧和混合强度。

1.2 试验材料

残饵粪便取自上海海洋大学鳗鲡循环水养殖系统。收集期间,鳗鲡养殖密度约为 12.01 kg/m³,鳗鱼配合饲料由福建高农饲料有限公司生产:水分 ≤ 10.0%,粗蛋白 ≥ 48.0%,粗脂肪 ≥ 4.0%,粗纤维 ≤ 3.0%,粗灰分 ≤ 17.0%,总磷 ≥ 1.0%,赖氨酸 ≥ 2.5%。收集的鳗鲡残饵粪便随机均匀分成两等份,一份直接湿质量 4 ℃ 保存,另一份冷冻干燥后常温干燥保存。

1.3 试验设计与运行

试验在上海海洋大学水产与生命科学学院设施渔业实验室进行。共设两个试验组:分别为冻干组(即文中 A 组,原料为冷冻干燥后常温保存的鳗鲡残饵粪便)和新鲜组(即文中 B 组,原料为收集后直接 4 ℃ 保存的鳗鲡残饵粪便),每组 3 个平行。试验设为间歇曝气(曝气:不曝气 = 1 h:1 h^[5]),初始混合液悬浮固体浓度为 2 500 mg/L,温度为 22 ~ 26 ℃,盐度为 33 ~ 38。试验期间,每日依据 DOC(溶解性有机碳)/TAN(总氨态氮) > 15^[6] 添加碳源,以葡萄糖为碳源。

残饵粪便在进入 SBR 反应器之前先进行预处理。取 6 个 500 mL 的锥形瓶,3 个锥形瓶中放入 25 g 冻干的残饵粪便,另 3 个锥形瓶中放入换算后干质量为 25 g 的 4 ℃ 保存的残饵粪便,向这 6 个锥形瓶中分别加入 200 mL 熟化的自来水连续曝气 72 h。曝气后的悬浊液完全转入洁净的 SBR 反应器中,加水至 10 L,然后放入曝气石用电磁式空气泵曝气。

1.4 试验方法

1.4.1 絮团指标测试方法

絮团总固体悬浮颗粒(TSS)采用重量法测定,FV-5 采用英霍夫式锥形管取 1 L 水样静置 5 min 的方法测定,粗蛋白采用元素分析仪

(Elmenter ELMENTER VARIO MAX,德国)测定其氮元素含量^[7],氮换算成蛋白质的平均系数为 6.25^[8],粗灰分的测定采用马弗炉灼烧法^[9]。

脂肪酸由上海交通大学分析测试中心测试,预处理甲酯化后,上机检测。仪器:美国安捷伦公司 7890A-5975C 气相色谱-质谱联用仪(GC-MS);色谱柱:DB-5ms(30 m × 0.25 mm × 0.25 μm);进样量:1 μL;进样温度:270 ℃。

氨基酸由上海交通大学分析测试中心测试,预处理后,使用氨基酸分析仪测试,氨基酸分析仪型号:Hitachi L-8900 Amino Acid Analyzer(Tokyo, Japan)。检测波长(Spectrometer):570 nm,440 nm。

絮团电镜拍摄:取出絮团样本先用 0.1 mol/L 的 PBS 缓冲液浸泡 10 min,然后用 2.5% 的戊二醛固定 2 h,随后,依次用浓度为 50%、60%、70%、80%、90%、100% 的乙醇脱水,每种乙醇浓度脱水 10 min^[10]。室温放置除去残留乙醇,然后加入丙酮,采用临界点干燥机对样品进行干燥,最后将其置于扫描电子显微镜(S3400NII,日本日立公司,日本)下观察并拍照。

1.4.2 水质指标测试方法

温度(T)、盐度(SAL)、溶解氧(DO)、pH、氧化还原电位(ORP)用 YSI556MPS 多参数水质测定仪测定。亚硝酸盐(NO₂⁻-N)、硝酸盐(NO₃⁻-N)、总氨态氮(total ammonia nitrogen, TAN)、总氮(total nitrogen, TN)、总磷(Total phosphorus, TP)测定方法参照《水和废水监测分析方法》第四版^[11]和《海洋调查规范》GBT2007^[12]。溶解性有机碳测定:水样经 0.45 μm 滤膜抽滤后,用 TOC-V. CPH 型有机碳分析仪测定。

1.5 数据统计分析

本研究采用 Microsoft Excel 和 IBM SPSS Statistics 22 进行数据分析,以平均值 ± 标准差($\bar{X} \pm SD$)表示, $P < 0.05$ 表示差异显著。

2 结果

2.1 絮团的水质变化

在试验过程中,前三天氨氮浓度升高,此过程可能为氨化作用,这可能是絮团闷曝阶段未能将氨化作用进行完全。在补充碳源后,异养细菌大量生长,氨氮浓度波动较大,在第 4 ~ 11 天,氨氮浓度变化幅度分别为 A 组 0.86 ~ 9.65 mg/L, B

组 0.83 ~ 6.15 mg/L, 变化过程中两组变化趋势一致, A 组浓度值较 B 组稍高。在第 13 天后, 两组氨氮浓度均迅速下降, 直至试验结束 (第 17 天) 氨氮浓度在 0.08 mg/L 以下, 如图 1(a) 所示。

亚硝氮浓度在试验的前 6 天变化幅度较大, A 组亚硝氮浓度最高值为 2.82 mg/L, B 组亚硝氮最高值曾达到 6.47 mg/L, 在第 6 天后, 两组亚硝氮浓度均迅速降低到 0.03 mg/L 及以下, 如图 1(b) 所示。

在整个试验过程中, 硝氮的浓度有波动且呈

下降趋势, 在第 1 天 A 组硝氮浓度为 1.34 mg/L, B 组浓度为 1.42 mg/L, 在第 17 天, A 组硝氮浓度降为 0.04 mg/L, 而 B 组硝氮浓度低于 0.04 mg/L, 如图 1(c) 所示。

总磷浓度在前期有波动, 第 6 天之后开始平稳上升, 总磷有累积现象。第 1 天, A 组总磷浓度为 4.40 mg/L, B 组总磷浓度为 9.18 mg/L; 在第 17 天, A 组总磷浓度达到 8.21 mg/L, B 组总磷浓度达到 11.86 mg/L, 如图 1(d) 所示。

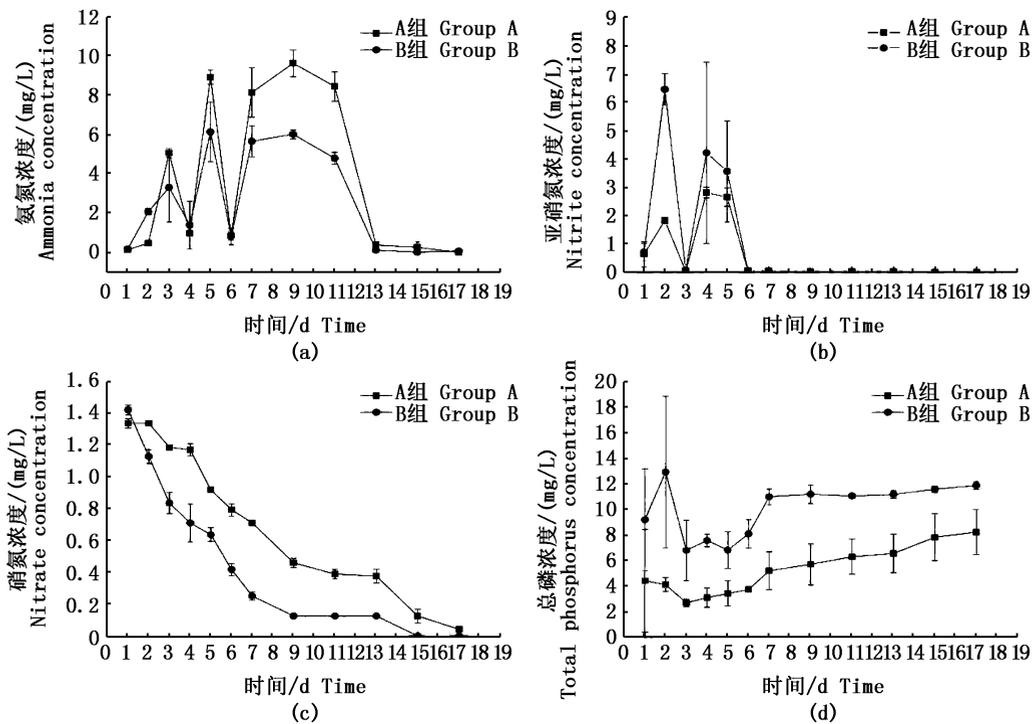


图 1 两组絮团培养过程中三态氮以及总磷的变化

Fig. 1 Inorganic nitrogen concentrations during the bioflocs production of the two groups

- (a) 氨氮浓度; (b) 亚硝氮浓度; (c) 硝氮浓度; (d) 总磷浓度
(a) ammonia; (b) nitrite nitrogen; (c) nitrate nitrogen; (d) total phosphorus

2.2 絮团的部分组分指标

由表 1 可知, 两组絮团的 TSS 浓度相差较大, 原因是试验开始时调整的初始 TSS 浓度相差较大, 导致试验后期两组 TSS 浓度仍相差较大, 但整个试验过程中, 两组絮团的 TSS 均为增加的趋势。培养初期, A 组 TSS 浓度为 $(2\ 268.33 \pm 96.02)$ mg/L, B 组 TSS 浓度为 $(3\ 257.33 \pm 101.13)$ mg/L, 到培养末期, A 组 TSS 浓度增加了 975.34 mg/L, B 组 TSS 浓度增加了 1 190 mg/L, 分别达到了 $(3\ 243.67 \pm 238.63)$ mg/L 和

$(4\ 447.33 \pm 844.17)$ mg/L。两组絮团的 VSS 浓度均为累积趋势, 在培养后期, A 组 VSS 浓度为 $(3\ 050.27 \pm 229.90)$ mg/L, B 组 VSS 浓度为 $(4\ 140.67 \pm 757.05)$ mg/L。两组絮团的粗灰分含量在培养后期较培养前期均有所降低, 在培养后期, A 组粗灰分含量为 $6.80\% \pm 0.00\%$, B 组粗灰分含量为 $5.97\% \pm 0.01\%$, 差异显著。在培养后期, 两组絮团的粗蛋白含量均达到 30% 以上且差异不显著, 分别为 A 组 $33.44\% \pm 7.80\%$, B 组 $33.65\% \pm 3.17\%$ 。

表 1 两组生物絮团性质指标
Tab. 1 The basic indicators of two bio-flocs

	组别 Group	总固体悬浮颗粒物浓度 /(mg/L) TSS	挥发性有机物浓度 /(mg/L) VSS	粗灰分/% Crude ash	粗蛋白/% Crude protein
培养初期 Initial of culture	A 组 Group A	2 268.33 ± 96.02	2 082.03 ± 92.85	8.21 ± 0.00	-
	B 组 Group B	3 257.33 ± 101.13	2 933.23 ± 98.93	7.62 ± 0.00	-
培养末期 End of culture	A 组 Group A	3 243.67 ± 238.63	3 050.27 ± 229.90	6.80 ± 0.00 ^a	33.44 ± 7.80
	B 组 Group B	4 447.33 ± 844.17	4 140.67 ± 757.05	5.97 ± 0.01 ^b	33.65 ± 3.17

2.3 絮团的游离氨基酸含量

由表 2 可知,残饵粪便的游离氨基酸含量明显比两组絮团均高,并且种类数比 A 组多,与 B 组一致。必需氨基酸中,仅 Glu 含量为生物絮团比残饵粪便高,且 B 组含量最高,达到(5.15 ± 0.08) mg/L,而 Thr、Val、Met、Ile、Leu、Phe、Lys、

His、Arg 含量均为残饵粪便明显高。两组絮团中,A 组游离氨基酸种类为 16 种,B 组为 23 种,且 B 组的必需氨基酸含量均比 A 组高,其中,Thr、Val、Met、Ile、PHe、Lys、Glu、Arg 差异显著,Leu、His 差异不显著。

表 2 残饵粪便和试验组絮团的游离氨基酸含量
Tab. 2 Free amino acid content of manure and the experimental group floc mg/g

游离氨基酸 Free amino acids	鳊鱼残饵粪便 Eel feces	A 组絮团 group A floc	B 组絮团 group B floc
Asp	0.83 ± 0.02 ^a	0.17 ± 0.01 ^c	0.36 ± 0.02 ^b
Thr	0.82 ± 0.07 ^a	0.03 ± 0.01 ^c	0.10 ± 0.05 ^b
Ser	0.44 ± 0.01 ^a	0.04 ± 0.01 ^c	0.11 ± 0.01 ^b
Glu	1.88 ± 0.25 ^b	1.95 ± 0.18 ^b	5.15 ± 0.08 ^a
GluNH ₂	-	0.02 ± 0.00 ^b	0.10 ± 0.02 ^a
Gly	0.85 ± 0.13 ^a	0.08 ± 0.04 ^c	0.16 ± 0.05 ^b
Ala	2.11 ± 0.31 ^a	0.28 ± 0.01 ^c	0.86 ± 0.04 ^b
Cit	0.07 ± 0.04 ^c	0.10 ± 0.01 ^b	2.65 ± 0.08 ^a
a-ABA	0.02 ± 0.00 ^a	0.01 ± 0.00 ^b	0.02 ± 0.00 ^b
Val	1.18 ± 0.22 ^a	0.07 ± 0.003 ^c	0.21 ± 0.04 ^b
Cys	0.03 ± 0.00	0.04 ± 0.01	0.03 ± 0.03
Met	0.27 ± 0.03 ^a	-	0.02 ± 0.02 ^b
Cysthi	-	-	0.01 ± 0.05
Ile	0.93 ± 0.07 ^a	0.02 ± 0.00 ^c	0.11 ± 0.04 ^b
Leu	1.43 ± 0.17 ^a	0.04 ± 0.01 ^b	0.16 ± 0.04 ^b
Tyr	0.29 ± 0.01 ^a	-	0.09 ± 0.10 ^b
PHe	0.61 ± 0.01 ^a	-	0.07 ± 0.07 ^b
b-Ala	0.05 ± 0.00 ^a	-	0.03 ± 0.10 ^b
g-ABA	0.16 ± 0.07 ^b	0.05 ± 0.02 ^c	0.23 ± 0.04 ^a
EOHNH ₂	0.10 ± 0.01	-	-
NH ₃	1.22 ± 0.31 ^a	0.98 ± 0.65 ^b	0.64 ± 1.10 ^c
Orn	0.16 ± 0.01 ^a	-	0.13 ± 0.04 ^b
Lys	0.59 ± 0.21 ^a	0.05 ± 0.02 ^c	0.23 ± 0.04 ^b
His	2.33 ± 0.45	-	-
Arg	0.45 ± 0.11 ^a	-	0.07 ± 0.01 ^b

注:同行上标不同字母表示差异显著($P < 0.05$)。下同

Notes: Values in the same row with different superscript letters mean significant difference($P < 0.05$). The same below

2.4 絮团的脂肪酸含量

经检测,两组絮团的脂肪酸种类及含量均少于残饵粪便的脂肪酸种类及含量。其中,残饵粪便中二十二碳六烯酸(DHA)的含量为(3.18 ±

0.69) mg/g,而在A组和B组絮团中仅分别为(0.15 ± 0.10) mg/g和(0.07 ± 0.13) mg/g,差异显著。检测到两组絮团的脂肪酸种类分别为A组26种,B组25种(表3)。

表3 残饵粪便和试验组絮团的脂肪酸含量
Tab.3 Fatty acid content of manure and the experimental group floc

脂肪酸 Fatty acid	鳗鲡残饵粪便 Eel feces	A组絮团 Group A floc	B组絮团 Group B floc
C12:0	0.04 ± 0.02 ^c	0.11 ± 0.07 ^a	0.08 ± 0.00 ^b
C13:0	0.01 ± 0.00	0.01 ± 0.04	0.01 ± 0.05
C14:1(w9)	0.01 ± 0.01	-	-
C14:1(w7)	0.04 ± 0.02	0.19 ± 0.43	0.02 ± 0.12
C14:1(w5)	0.01 ± 0.00	0.02 ± 0.03	0.05 ± 0.06
C14:0	1.32 ± 0.28 ^a	0.70 ± 0.09 ^b	0.48 ± 0.56 ^c
C15:0	0.14 ± 0.08	0.21 ± 0.14	0.18 ± 0.13
C16:1(w9)	0.05 ± 0.06	0.03 ± 0.00	-
C16:1(w7)	1.99 ± 0.36 ^a	0.62 ± 0.24 ^c	0.92 ± 0.47 ^b
C16:1(w5)	0.18 ± 0.06	0.05 ± 0.01	0.03 ± 0.07
C16:0	5.24 ± 0.47 ^a	4.51 ± 0.76 ^b	3.70 ± 0.98 ^c
C17:1(w9)	0.08 ± 0.02 ^b	0.03 ± 0.01 ^c	0.16 ± 0.06 ^a
C17:1(w7)	0.04 ± 0.02 ^b	0.04 ± 0.02 ^b	0.09 ± 0.19 ^a
C17:1(w5)	0.01 ± 0.00	-	-
C17:0	0.19 ± 0.05	0.09 ± 0.10	0.26 ± 0.06
C18:3(w6,9,12)	0.03 ± 0.01 ^a	0.01 ± 0.00 ^b	0.02 ± 0.04 ^b
C18:2(w6,9)	1.22 ± 0.43 ^b	0.38 ± 0.12 ^c	1.78 ± 1.02 ^a
C18:1(w9)	1.25 ± 0.20	1.26 ± 0.71	1.53 ± 0.69
C18:1(w7)	0.03 ± 0.02	0.03 ± 0.01	0.01 ± 0.01
C18:1(w5)	-	-	-
C18:0	0.01 ± 0.00	0.14 ± 0.16	0.18 ± 0.42
C19:0	1.22 ± 0.63	1.23 ± 0.64	1.23 ± 0.09
C20:5(w3,6,9,12,15)	-	-	-
C20:4(w3,6,9,12)	0.12 ± 0.03 ^a	0.01 ± 0.00 ^b	0.01 ± 0.03 ^b
C20:2(w6,9)	0.06 ± 0.02	0.07 ± 0.03	0.04 ± 0.08
C20:1(w9)	0.43 ± 0.15 ^a	0.18 ± 0.11 ^{ab}	0.15 ± 0.56 ^b
C20:0	0.12 ± 0.02 ^{ab}	0.13 ± 0.09 ^a	0.10 ± 0.02 ^b
C22:6(w3,6,9,12,15,18)	3.18 ± 0.69 ^a	0.15 ± 0.10 ^b	0.07 ± 0.13 ^c
C22:0	0.07 ± 0.02 ^b	0.10 ± 0.05 ^{ab}	0.11 ± 0.08 ^a
C24:0	-	0.11 ± 0.07	0.11 ± 0.06

2.5 絮团扫描电镜图

由电镜扫描图版可见,在培养后期采用扫描电子显微镜对两组絮团进行观察。分别在300倍和2000倍的条件用电镜扫描絮团表面结构图,发现两组絮团致密程度存在一定差别,A组结构较松散,表面凹凸不规则,致密性较差,B组结构较紧凑,表面较平整,致密性较好。

3 讨论

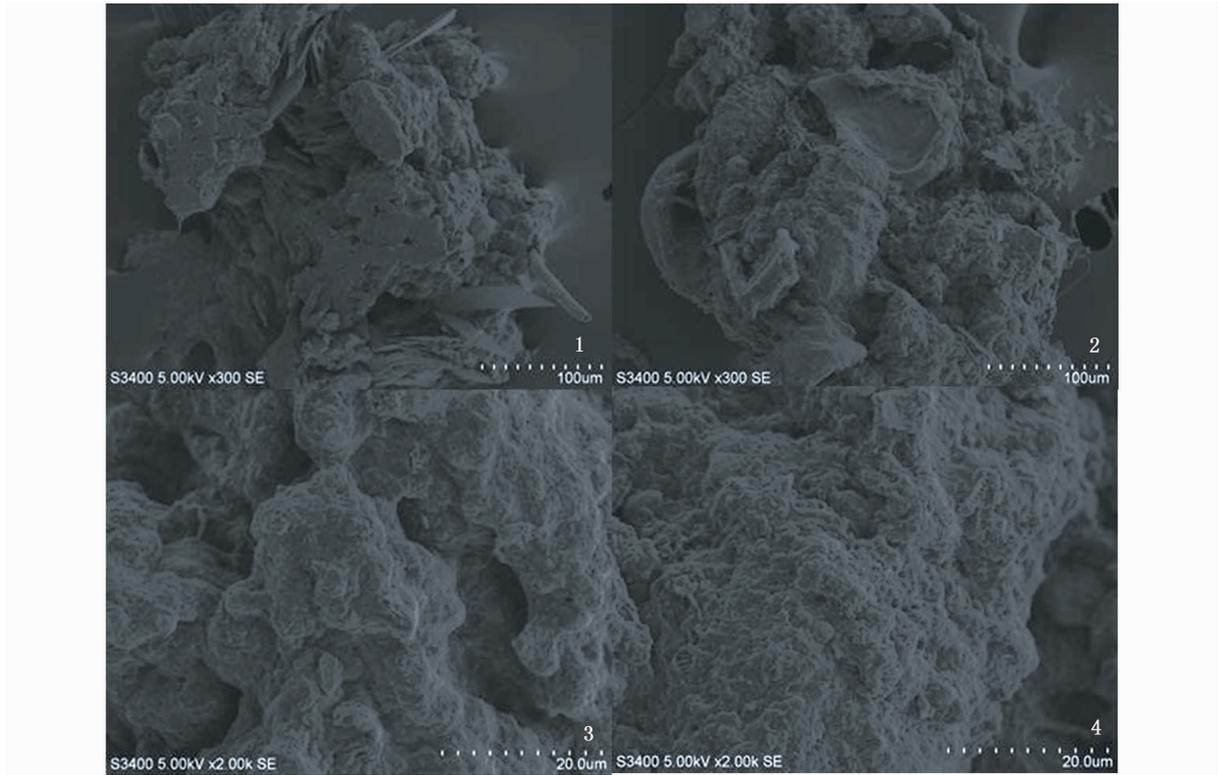
3.1 絮团培养过程中的水质变动情况

养殖水体中的氨氮含量、亚硝氮含量等是评

价水质好坏的重要指标。生物絮凝技术是微生物的无机氮同化过程^[13]。因其能够有效控制水体中的氮含量,受到越来越多研究者的关注。研究表明^[14]在生物絮凝过程中,异养细菌可快速降解氨氮,同时还能结合水体中的有机碳源转化为自身蛋白质,提高生物絮团的蛋白含量。潘云峰等^[15]研究发现,生物絮凝技术可将水体氨氮的浓度从104.25 mg/L在5 d之内迅速降低到1 mg/L以下。唐华钟等^[16]研究絮团对半咸水养殖水体的处理效果发现,氨氮浓度最大值达到10.75 mg/L,呈现“下降—上升—下降”的波动趋势。本

试验中,两组絮团的水质中氨氮的变化趋势是“上升—下降—波动—迅速下降—平稳”。整个过程中两组絮团的氨氮浓度均在 10 mg/L 以内,分别为 A 组 0.05 ~ 9.65 mg/L, B 组 0.05 ~ 6.15 mg/L。亚硝氮的变化趋势和氨氮基本相同。表

明在絮团的形成过程中异氧菌利用水体中的氨氮和亚硝氮合成自身的细菌蛋白,并大量繁殖成为优势菌属,使氨氮迅速降解。研究结果表明两种保存方法处理粪便,均可培养絮团,达到较好的净化水质效果。



图版 第 36 天两组絮团电镜扫描图

Plate SEM of bioflocs in two treatments on 36th day

1,3 分别为 300 倍和 2 000 电镜下 A 组的絮团; 2,4 分别为 300 倍和 2 000 倍电镜下 B 组的絮团

1, 3. respectively 300 times and 2 000 times electron microscopy of flocs in group A; 2, 4. respectively 300 times and 2 000 times electron microscopy of flocs in Group B

3.2 生物絮团的营养成分

生物絮团的粗蛋白含量一般在 38.5% ~ 57.4%,粗脂肪在 20% ~ 35%,灰分 < 20%,能量在 20 ~ 25 kJ/g^[17]。实际应用中,絮团的粗蛋白含量与所用原料有关。EKASARI 等^[18]利用虾塘粪便培养生物絮团,结果发现絮团粗蛋白含量最高组为 27.8%,且与絮团粒径有关,陈家捷^[19]利用新吉富罗非鱼的粪便培养絮团,在絮团的形成过程中检测絮团的粗蛋白含量,结果发现絮团粗蛋白含量最高为 26.37%,本试验利用鳊鲮粪便培养生物絮团,试验中,两组絮团的粗蛋白含量为: A 组 33.44% ± 7.80%, B 组 33.65% ± 3.17%,差异不显著。且两组絮团的粗灰分含量

均在 10% 以下,能够达到作为某些养殖对象饵料的要求。

氨基酸是构成动物蛋白质的基本单位,同时也是养殖动物营养需求的必要因素。本试验中,残饵粪便的游离氨基酸含量明显比两组絮团高,必需氨基酸中,仅 Glu 含量为絮团比残饵粪便高,而 Thr、Val、Met、Ile、Leu、Phe、Lys、His、Arg 含量均为残饵粪便明显高。出现此现象的可能原因是:鳊鲮饲料营养价值较高,残饵粪便中残饵所带来的氨基酸含量仍较高。残饵粪便经过培养形成生物絮团,在此过程中,大量异氧细菌繁殖代谢,可能会消耗分解残饵粪便中的游离氨基酸,导致残饵粪便中游离氨基酸比由此培养形成的生物

絮团的游离氨基酸含量高。两组絮团中,A组游离氨基酸种类为16种,B组为23种,且B组的必需氨基酸含量均比A组高。A组的粪便采用-40℃的真空干燥,在此过程中原料失去水分,对氨基酸的种类结构变化可能产生了影响,而B组采用直接4℃保存,对絮团氨基酸的种类组成影响相对较小。并且B组的必需氨基酸含量均比A组高。可知,絮团原料的保存方法不同对所形成的生物絮团的氨基酸种类及含量存在一定的影响。

EKASARI^[18]研究了不同碳源和盐度条件下的絮团的脂肪酸含量,发现絮团的必需脂肪酸中二十二碳六烯酸(DHA)的含量为0.06~0.18 mg/g,本试验中两组絮团的DHA含量为A组:0.15 mg/g,B组:0.06 mg/g,与EKASARI的研究结果相符合。而本试验中残饵粪便中二十二碳六烯酸(DHA)的含量为(3.18±0.69) mg/g,显著高于生物絮团的DHA含量。出现此现象的可能原因为:鳗鲡饲料营养价值较高,残饵粪便中残饵所带来的脂肪酸含量仍较高,而残饵粪便经过培养形成生物絮团,在此过程中,大量异养细菌繁殖代谢,可能会消耗分解残饵粪便中的脂肪酸,絮团与残饵粪便组分发生了变化,导致残饵粪便中脂肪酸比由此培养形成的生物絮团的脂肪酸含量高。检测到两组絮团的脂肪酸种类分别为A组26种,B组25种。含量则各有优势,其中DHA含量为A组显著高于B组。

3.3 小结

综合试验结果可知,若对絮团脂肪酸要求较高,可考虑冷冻干燥絮体原材料。若综合考虑成本、工序以及必需氨基酸等营养价值,可选择将絮团原材料直接湿重保存于4℃环境中即可。

参考文献:

- [1] BERGHEIM A, ASGARD T. Waste production from aquaculture [C]// BAIRD D J, BEVERIDGE M C M, KELLY L A, et al, eds. Aquaculture and Water Resource Management. Cambridge: Blackwell Science Ltd, 1996: 50-80.
- [2] 秦伯强, 杨柳燕, 陈非洲, 等. 湖泊富营养化发生机制与控制技术及其应用[J]. 科学通报, 2006, 51(16): 1857-1866.
- QIN B Q, YANG L Y, CHEN F Z, et al. Mechanism and control of lake eutrophication[J]. Chinese Science Bulletin, 2006, 51(9): 2401-2412.
- [3] SUGIURA S H, MARCHANT D D, KELSEY K, et al. Effluent

- profile of commercially used low-phosphorus fish feeds[J]. Environmental Pollution, 2006, 140(1): 95-101.
- [4] 鲁璐, 罗国芝, 谭洪新, 等. 生物絮凝技术处理水产养殖用水效果的初步研究[J]. 渔业现代化, 2010, 37(6): 6-10, 14.
- LU L, LUO G Z, TAN H X, et al. Bio-flocs technology application in aquacultural water treatment [J]. Fishery Modernization, 2010, 37(6): 6-10, 14.
- [5] MOTA C, RIDENOURE J, CHENG J Y, et al. High levels of nitrifying bacteria in intermittently aerated reactors treating high ammonia wastewater[J]. FEMS Microbiology Ecology, 2005, 54(3): 391-400.
- [6] AVNIMELECH Y. Carbon/nitrogen ratio as a control element in aquaculture systems[J]. Aquaculture, 1999, 176(3/4): 227-235.
- [7] 陈英文, 赵冰怡, 刘明庆, 等. 碱度指示 MBR 中同步硝化反硝化的研究[J]. 环境工程学报, 2010, 4(2): 273-277.
- CHEN Y W, ZHAO B Y, LIU M Q, et al. Study on alkalinity as indicator for simultaneous nitrification and denitrification in MBR[J]. Chinese Journal of Environmental Engineering, 2010, 4(2): 273-277.
- [8] 钟国才, 陈威, 吴军辉, 等. 利用元素分析仪测定大米粗蛋白含量的方法探讨[J]. 食品工业, 2014, 35(2): 158-160.
- ZHONG G C, CHEN W, WU J H, et al. The elemental analyzer method for determination of crude protein content in rice[J]. The Food Industry, 2014, 35(2): 158-160.
- [9] 曹刚, 徐向阳, 冯孝善. 碱度对 UASB 污泥颗粒化的影响[J]. 中国给水排水, 2002, 18(8): 13-16.
- CAO G, XU X Y, FENG X S. Effect of alkalinity on sludge granulation in UASB[J]. China Water & Wastewater, 2002, 18(8): 13-16.
- [10] ADAV S S, LEE D J, SHOW K Y, et al. Aerobic granular sludge: recent advances [J]. Biotechnology advances [J]. Biotechnology Advances, 2008, 26(5): 411-423.
- [11] 国家环境保护局. 水和废水监测分析方法[M]. 3版. 北京: 中国环境科学出版社, 1989.
- National Environmental Protection Agency. Water and wastewater monitoring and analysis methods [M]. 3rd ed. Beijing: China Environmental Science Press, 1989.
- [12] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. GB/T 12763.4—2007 海洋调查规范第4部分: 海水化学要素调查[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- The state administration of quality supervision, inspection and quarantine of the People's Republic of China, China National Standardization Management Committee. GB/T 12763.4—2007 Specifications for oceanographic survey—part 4: survey—part 4: survey of chemical parameters in sea water [S]. Beijing: Standards Press of China, 2008.
- [13] 罗国芝, 朱泽闻, 潘云峰, 等. 生物絮凝技术在水产养殖

- 中的应用[J]. 中国水产, 2010(2): 62-63.
- LUO G Z, ZHU Z W, PAN Y F, et al. Application of biological flocculation technology in aquaculture[J]. Chinese Fisheries, 2010(2): 62-63.
- [14] SCHNEIDER O, SERETI V, EDING E H, et al. Analysis of nutrient flows in integrated intensive aquaculture systems [J]. Aquacultural Engineering, 2005, 32(3/4): 379-401.
- [15] 潘云峰, 罗国芝, 谭洪新, 等. 不同碳源对水产养殖固体颗粒物生物絮凝效果的比较[J]. 水处理技术, 2011, 37(11): 20-25.
- PAN Y F, LUO G Z, TAN H X, et al. The comparison of different carbon sources impact on the bioflocs formation of solid waste of aquaculture [J]. Technology of Water Treatment, 2011, 37(11): 20-25.
- [16] 唐华钟, 罗国芝, 谭洪新, 等. 生物絮凝对半咸水养殖水体中固体废弃物的处理效果[J]. 江苏农业科学, 2013, 41(2): 321-325.
- TANG H Z, LUO G Z, TAN H X, et al. Effect of biological flocculation on solid waste in semi-saline water culture [J]. Jiangsu Agricultural Sciences, 2013, 41(2): 321-325.
- [17] EKASARI J, ANGELA D, WALUYO S H, et al. The size of biofloc determines the nutritional composition and the nitrogen recovery by aquaculture animals[J]. Aquaculture, 2014, 426-427: 105-111.
- [18] EKASARI J, CRAB R, VERSTRAETE W. Primary nutritional content of bio-flocs cultured with different organic carbon sources and salinity [J]. HAYATI Journal of Biosciences, 2010, 17(3): 125-130.
- [19] 陈家捷. 水产养殖微生物絮团形成过程的初步研究[D]. 上海: 上海海洋大学, 2016.
- CHEN J J. A study of feces to bioflocs process in aquaculture [D]. Shanghai: Shanghai Ocean University, 2016.

Effect of processing fish droppings in two different ways on biofloc components

YAO Miaolan^{1,2,3}, LUO Guozhi^{1,2,3}, TAN Hongxin^{1,2,3}, SUN Dachuan^{1,2,3}

(1. National Demonstration Center for Experimental Fisheries Science Education, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China; 2. Shanghai Engineering Research Center of Aquaculture, Shanghai 201306, China; 3. Centre for Research on Environmental Ecology and Fish Nutrition (CREEFN) of the Ministry of Agriculture, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China)

Abstract: To study the effect of processing fish droppings in two different ways on biofloc components, two kinds of methods were used to treat the waste of eel, and then we made these wastes cultured boil-floc. The results showed that the concentration of ammonia nitrogen in the two groups decreased during the culture. The average concentration of ammonia nitrogen in the freeze-dried group was (0.86 ± 0.22) mg/L, and the fresh group was (0.83 ± 0.42) mg/L. After the sixth day, the concentration of nitrite nitrogen in both groups was below 0.03 mg/L. On the seventeenth day, the concentration of nitrate nitrogen in both groups was reduced to below 0.04 mg / L. The contents of crude ash in the two groups were decreased in the later stage of culture, the contents were the freeze-dried group $6.80\% \pm 0.00\%$ and the fresh group $5.97\% \pm 0.01\%$ respectively. The crude protein content of the freeze-dried group was $33.44\% \pm 7.80\%$, fresh group $33.65\% \pm 3.17\%$, the difference was not significant; the free amino acid type had 16 kinds in freeze-dried group, and 23 kinds in fresh group. In the fatty acids, DHA was (0.15 ± 0.10) mg/g in the fresh group and (0.07 ± 0.13) mg/g in the freeze-dried group. The difference was significant ($P < 0.05$). The results show that both two treatments are suitable to cultivate floc, the freeze-dried group was good for fatty acids, and the fresh group was good for essential amino acids.

Key words: biological floc; fish droppings; freeze-drying; crude protein; fatty acids; amino acids