

不同喂养条件下蒙古裸腹溞脂肪酸组成比较

童圣英 姜宏* 陈炜

(大连水产学院养殖系, 116023)

摘要 比较不同食物和不同处理方式培养的蒙古裸腹溞(*Moina mongolica*)脂肪酸组成, EPA含量在用海水小球藻全培养时为27.6%, 用2种面包酵母培养的分别为5.6%和10.7%, 用鱼油强化的为7.4%和10.5%。试验表明蒙古裸腹溞难以同化吸收食物中的DHA, 但在鱼油强化时其肠道中储存的油粒可含一定量的DHA, 因此可用DHA含量高的鱼油短时间强化, 以肠道为DHA载体, 来满足海水鱼苗的营养要求。

关键词 蒙古裸腹溞, 强化培养, 脂肪酸组成

在海水鱼类苗种生产中, 继轮虫、卤虫幼体之后的活饵料问题已引起国内外的广泛注意。桡足类, 大小适口、营养全面, 但因发育期过长、繁殖力低, 致使单产低和成本高而难以作为理想培养对象, 如日本虎斑猛水蚤(*Tigriopus japonica*)^[9]。枝角类在淡水鱼养殖中成为继轮虫之后的适口活饵料, 但海水枝角类由于繁殖力不高, 且生态位较狭窄难于大量培养。

蒙古裸腹溞(*Moina mongolica*)是一种盐水枝角类, 已驯养于海水^[2]及应用于海水鱼的苗种生产^[3]。多年观察研究表明, 它不仅大小适口, 且繁殖、生长快, 适于在各种条件下高密度培养, 是极具开发价值的一种活饵料^[3]。在氨基酸、无机组成方面与其它活饵料无太大差别^[4, 5]。蒙古裸腹溞的脂肪酸组成中二十碳五烯酸(EPA)含量较高。为了使其能适应鱼类在不同发育期的必需脂肪酸(EFA)需要, 本文通过不同条件的强化培养, 观察其脂质及脂肪酸组成的变化, 寻求最佳的强化培养条件, 以进一步提高其营养价值。

1 材料和方法

1.1 海水小球藻(*Chlorella* spp.)二次培养

蒙古裸腹溞(样号为Y-M₁)用高活性面包酵母(广东东莞产)培养7 d以上, 用海水盐度34、水温(25±0.5)℃培养的裸腹溞简称酵母裸腹溞。在相同条件下用海水小球藻(取自大连水产学院饵料室)进行二次培养, 溞的初始密度为4 000个/L, 培养6、12、24 h后分别

收稿日期: 1998-03-16

* 姜宏系大连水产学院1994届硕士研究生

取样(样号 CHL-M₆、CHL-M₁₂、CHL-M₂₄),对照组为相同条件下用海水小球藻全培养的蚤(简称小球藻裸腹蚤,样号 CHL-M),样品用海水冲洗后,-24℃冰箱冷冻保存待分析。

1.2 鱼油强化培养

1.2.1 50 mg/L 鱼油强化培养

鱼油乳化液的配制,将 5 g 鳕鱼肝油(俄罗斯进口),与 1 g 鲜鸡蛋黄混合,加 95 ml 海水,充分搅拌混合后,放入装有 100 L 海水的玻璃钢槽中。

将酵母裸腹蚤放入玻璃钢槽中,用鱼油乳化液强化培养,培养条件同 1.1。同时给蚤投喂 5 g 面包酵母,并大量充气,6、12、24 h 后分别取样(样号为 n₃-M₆、n₃-M₁₂和 n₃-M₂₄)。取样同时分别将试验蚤放入与原培养条件相同的海水中排空肠道 9 h。排空后再取样(样号为 n₃-M_{6S}、n₃-M_{12S}、n₃-M_{24S}),样品处理方法同上。

1.2.2 100 mg/L 鱼油强化培养

试验用酵母裸腹蚤用烟台面包厂产的面包酵母培养,其它条件同 1.1(样号 Y-M₂)。

强化培养条件:水温 21~24℃,盐度为 31,蚤密度为 8 000~12 000 个/L,鱼油系烟台市远洋渔业公司提供的马面鲈鱼油,鱼油强化液浓度为 100 mg/L。同时投喂 10 g 面包酵母,并大量充气,6、12、24 h 后分别取样(样号为 M₆、M₁₂、M₂₄),样品处理方法同 1.2.1。

1.3 分析测定

1.3.1 脂质测定 样品解冻后,13 500 r/min 的微型离心机离心 1 min,除去水分。用改进的 Folch 法^[8]萃取脂质,50℃下用旋转蒸发器蒸干溶剂,恒重,即得脂质的量。

1.3.2 脂肪酸测定 将以上所得脂质用 0.5 mol/L KOH 甲醇于 70℃回流皂化 1 h,再用 Metcalfe^[11]的 BF₃ 催化法制取脂肪酸甲酯,混合液加 1 ml 饱和 NaCl 水溶液,用 30~60℃ 的石油醚(4/3/2 ml)萃取 3 次,合并萃取液,通 N₂ 浓缩至 1 ml,供色谱分析用。

脂肪酸的测定采用交联 PEG-20M 石英毛细管柱,柱长 30 m,内径 0.25 mm,GC-9A 型色谱仪(日本岛津公司),配有 C-R3A 色谱数据微处理机。色谱条件:氢火焰离子化检测器(FID),H₂ 流量 60 ml/min,空气流量 600 ml/min。以 N₂ 为载气,线速为 10 m/min。柱温从 160℃以 1.5℃/min 的速度升至 240℃,进样口温度 270℃。色谱峰的定性采用部分脂肪酸甲酯标准样(由 Sigma 公司和上海试剂厂生产)与 Ackman^[7]的当量链长值结合法,脂肪酸的百分组成以面积归一化法计算。

2 结果

2.1 海水小球藻二次培养

酵母及海水小球藻培养的裸腹蚤脂肪酸组成见表 1,脂质含量见表 3。

比较酵母裸腹蚤与小球藻裸腹蚤的脂肪酸组成,后者的 EPA 含量(27.6%)明显高于酵母裸腹蚤(10.7%),并含少量 22:5n-3(DPA)及 22:6n-3(DHA),因而 n-3 HUFA 的总量高于前者,但单烯总量较低。脂肪酸组成也随强化培养时间而改变,EPA 含量在 6 h 时略为减少,而后逐渐增加,单烯酸含量则减少。

值得注意的是小球藻裸腹蚤的脂质含量约为酵母裸腹蚤的 1 倍,实验表明经小球藻二次培养,可以提高裸腹蚤的脂质含量,并且随着培养时间的延长脂质含量逐步增加。尽管强化后单位脂质中 n-3 HUFA 增加并不多,但因脂质含量增加而引起的 n-3 HUFA 增加却是十分明显的。强化 24 h 后可达 0.29%,明显高于培养前的 0.16%。

表 1 海水小球藻培养的蒙古裸腹蚤总脂的脂肪酸组成

Table 1 Fatty acid compositions of *M. mongolica* cultured with *Chlorella* spp.

脂肪酸 fatty acid	Y-M ₁	CHL-M ₆	CHL-M ₁₂	CHL-M ₂₄	CHL-M	脂肪酸 fatty acid	Y-M ₁	CHL-M ₆	CHL-M ₁₂	CHL-M ₂₄	CHL-M
14:0	2.5	4.7	4.4	4.4	4.0	18:0	5.3	3.3	3.2	2.6	2.4
14:1	1.5	3.1	3.0	2.6	0.5	18:1n-9	13.7	11.2	11.4	10.3	3.7
iso 15:0	0.6	0.7	0.7	0.6	0.4	18:1n-7	9.6	5.1	5.0	4.1	2.3
15:0	1.1	1.3	1.2	1.1	0.7	18:2n-6	2.0	1.8	2.0	2.0	2.9
16:0	14.2	17.5	16.9	18.1	18.1	18:3n-6	0.4	0.4	0.4	0.5	0.8
16:1n-9,7	29.7	35.3	33.9	33.2	24.5	18:4n-3	0.4	0.3	0.3	0.3	0.7
anteiso 17:0	0.8	0.6	0.4	0.3	0.6	20:4n-6	3.4	2.5	3.1	3.5	5.4
16:2,17:0	1.7	1.7	1.7	1.6	2.3	20:5n-3	10.7	8.8	10.7	12.7	27.6
17:1	1.1	1.0	0.9	0.7	0.6	22:5n-3	—	—	—	—	0.1
16:4n-3	0.4	0.5	0.4	0.6	1.8	22:6n-3	—	—	—	—	0.4
Σn-3 HUFA							10.7	8.8	10.7	12.7	28.1

表 2 鱼油强化后蒙古裸腹蚤的脂肪酸组成

Table 2 Fatty acid compositions of *M. mongolica* intensified with fish oil of different concentration

脂肪酸 fatty acid	鱼油/(50 mg/L) fish oil							鱼油/(100 mg/L) fish oil			
	Y-M ₁	n ₃ -M ₆	n ₃ -M ₁₂	n ₃ -M ₂₄	n ₃ -M _{6S}	n ₃ -M _{12S}	n ₃ -M _{24S}	Y-M ₂	M ₆	M ₁₂	M ₂₄
14:0	2.5	3.0	2.8	2.6	2.4	2.6	2.5	3.2	3.0	3.0	2.8
14:1	1.5	1.3	1.2	1.2	1.0	1.3	1.3	1.6	1.2	1.4	1.2
iso 15:0	0.6	0.4	0.5	0.4	0.4	0.5	0.4	1.2	0.7	0.7	0.7
15:0	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.2	1.1	1.0	1.0
16:0	14.2	17.7	17.2	17.0	17.1	16.5	16.7	18.8	24.0	22.8	20.4
16:1n-9,7	29.7	25.6	24.7	27.0	25.5	25.4	26.3	18.3	14.8	14.1	14.5
anteiso 17:0	0.8	0.5	0.6	0.4	0.3	0.3	0.3	1.1	0.8	0.9	0.8
16:2,17:0	1.7	2.0	2.1	1.8	2.0	1.8	2.0	2.0	2.4	2.2	2.3
17:1	1.1	1.2	1.2	1.2	1.2	1.1	1.2	1.2	1.0	1.1	1.0
16:4n-3	0.4	0.4	0.4	0.2	0.3	0.2	0.3	1.2	1.1	1.2	1.4
18:0	5.3	5.6	6.3	6.0	6.4	6.7	6.1	4.1	5.7	4.9	5.1
18:1n-9	13.7	14.9	15.0	15.2	14.7	15.7	15.8	13.0	15.0	15.2	15.8
18:1n-7	9.6	6.3	7.1	8.1	8.7	8.7	8.2	6.2	5.4	5.2	5.2
18:2n-6	2.0	3.1	3.2	2.8	2.9	3.0	3.0	12.1	8.8	10.5	9.4
18:3n-6	0.4	0.5	0.3	0.3	0.3	0.2	0.3	0.3	0.4	0.3	0.4
18:3n-3	—	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.4	6.4	4.6	5.0	5.1
18:4n-3	0.4	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.5	0.7	0.8	0.9	1.2
20:1n-9	—	0.3	0.3	—	tr	—	tr	—	0.5	0.2	0.4
20:4n-6	3.4	3.2	3.4	3.4	3.8	3.7	3.4	1.4	1.2	1.3	1.6
20:5n-3	10.7	10.2	10.0	10.3	10.3	10.5	10.1	5.6	5.4	5.9	7.4
22:5n-3	—	0.4	0.3	—	—	—	—	—	—	0.2	0.3
22:6n-3	—	1.3	0.7	tr	tr	0.3	tr	—	1.5	1.5	1.5
Σn-3 HUFA	10.7	11.9	11.0	10.3	10.3	10.5	10.1	5.6	6.9	7.6	9.2

表 3 不同喂养条件下蒙古裸腹蚤脂质含量及 n-3 HUFA 含量(湿重)

Table 3 Content of the total lipids and n-3 HUFA in *M. mongolica* at different feeding condition(wet)

样本 samples	Y-M ₁	CHL-M ₆	CHL-M ₁₂	CHL-M ₂₄	CHL-M	Y-M ₂	M ₆	M ₁₂	M ₂₄
总脂质含量 content of the total lipids	1.52	1.85	2.00	2.31	3.05	2.86	6.96	5.92	4.73
n-3 HUFA 含量 content of n-3 HUFA	0.16	0.16	0.21	0.29	0.86	0.16	0.48	0.45	0.44

2.2 鱼油强化培养

酵母裸腹蚤经乳化鱼油强化 6、12、24 h 后及 9 h 排空后的脂肪酸组成见表 2。强化培养用的鱼油脂肪酸组成见表 4。

表 4 鱼油的脂肪酸组成

Table 4 Fatty acid compositions of fish oil

脂肪酸 fatty acid	马面鲈鱼油 black scaper oil	鳕鱼肝油 cod liver oil	脂肪酸 fatty acid	马面鲈鱼油 black scaper oil	鳕鱼肝油 cod liver oil	脂肪酸 fatty acid	马面鲈鱼油 black scaper oil	鳕鱼肝油 cod liver oil
14:0	2.2	8.4	18:1n-9	15.2	10.9	20:4n-3	0.6	0.9
15:0	0.8	0.6	18:1n-7	3.3	2.9	20:5n-3	7.5	12.8
16:0	23.0	20.4	18:2n-6	1.2	1.5	22:1n-11,9	0.4	2.8
16:1n-7	9.3	6.6	18:3n-6	0.5	0.4	22:3n-6	—	0.6
16:2	1.8	1.2	18:3n-3	1.1	1.1	22:4n-6	0.4	0.4
17:0	0.9	0.5	18:4n-3	1.3	2.7	22:5n-6	0.7	—
17:1	0.9	0.9	20:0	—	0.5	22:5n-3	2.9	2.1
16:4n-3	—	1.0	20:1n-9,7	1.6	0.4	22:6n-3	16.8	11.2
18:0	6.1	3.6	20:4n-6	1.4	1.6	Σn-3 HUFA	27.8	27.0

从表 2 可知强化前与强化或排空后的脂肪酸组成有一定差异,但 EPA 含量变化并不显著。用 100 mg/L 鱼油强化的后期可出现少量 22:5n-3 及 22:6n-3,使 n-3 HUFA 从 5.6% 达到 24 h 后的 9.2%,增加十分明显。同时脂质含量也明显增加(见表 3),6 h 时最高,以后随强化时间而降低。由于强化用鱼油的品种不一,也影响了强化以后的结果,两种鱼油的 n-3 HUFA 虽基本一致,但 DHA 与 EPA 的含量却有很大差别(表 4)。

3 讨论

以上表明,蒙古裸腹蚤和其它饵料生物一样,其脂肪酸组成随食物特点而变化。在相同培养条件下,酵母裸腹蚤的 EPA 含量为 10.7%,而全用海水小球藻的可达 27.6%,甚至因酵母来源不同,裸腹蚤中脂肪酸组成也有差别。由于酵母中富含 16:1n-7 和 18:1n-9,7 等单烯酸,因此酵母裸腹蚤中的单烯酸含量也较高。

另外,脂肪酸组成还在很大程度上决定于生物本身的吸收与合成能力。据报道,甲壳类与轮虫在脂肪酸代谢机制上是有区别的,裸腹蚤和卤虫幼体等其它甲壳类合成 EPA 的能力远高于轮虫^[5,6,10]。此外,无论以酵母还是小球藻培养时,蒙古裸腹蚤都基本不含 DHA,蝦桡^[6]也有过淡水裸腹蚤难于在体内积累 DHA 的报道。桡足类在合成 EPA 等 n-3 HUFA 的能力上高于枝角类和卤虫^[5]。

n-3 HUFA 包括 EPA 和 DHA,一般认为两者具有同样的营养价值,但近年有研究表明,DHA 的作用要优于 EPA,甚至有 DHA 不可代替的报道。如饲料中单独添加 EPA 不能充分提高鳕(*Longirostris delicatissimus*)的活力和饲料效率,只有与 DHA 混合加入或单独添加 DHA 时,才能完全增强鱼的活力^[13]。给真鲷仔鱼投喂富含 EPA 但缺乏 DHA 的饵料时,死亡率显著增高,补充 DHA 后死亡率迅速下降,但稚鱼的死亡率与此关系不大^[12]。以上说明 DHA 在提高仔鱼的成活率、改善稚鱼的活力和生长率方面具有 EPA 难以起到的效果,仔鱼阶段对 DHA 有特殊的需求。

强化培养的结果表明,用鱼油和海水小球藻二次强化培养酵母裸腹蚤,均使其总脂中的 n-3 HUFA 有不同程度的提高,脂质含量明显提高,从而提高了蒙古裸腹蚤的营养价值。

两种方法在不同强化时间中脂肪酸组成的变化是有区别的,用海水小球藻二次培养的 n-3 HUFA 和 EPA 先降后升,表明随着培养时间的延长裸腹蚤逐步吸收海水小球藻的脂

质, 而用 50 mg/L 鱼油强化培养 6 h 时 DHA 含量达 1.3%, 12 h 时降到 0.7%, 24 h 和排空后基本降到痕量, 表明鱼油中 DHA 未被裸腹蚤同化吸收。在显微镜下可看到裸腹蚤滤食的乳化鱼油颗粒大小在 5~25 μm 之间, 约占全肠道的 3/4, 这部分油粒造成蚤体脂质含量及 DHA 含量提高的假象。随着时间的延长滤食油粒将被逐渐排出, 据观察, 25℃ 下蒙古裸腹蚤 9 h 可排空其肠道中的鱼油颗粒。DHA 的另一来源是油粒在体表的附着, 蚤越不活动, 附着越多。此外, 油粒由于布朗运动将逐渐变大, 被滤食和附着将减少。蚤体内 DHA 的准确高峰时间可能在 6 h 前, 或在 6~12 h 之间。Yngvar O 等^[14]指出, 轮虫在强化初期(20~30 min) $n-3$ 脂肪酸(主要是 DHA)的快速增加主要靠肠道积累, 而后被吸收进入组织中, 与裸腹蚤有所不同。根据蒙古裸腹蚤肠道短期积累脂肪酸的特点, 可以考虑利用 DHA 含量高的脂源, 适当缩短强化时间, 以蒙古裸腹蚤的肠道为 DHA 载体, 来满足一部分海水鱼的 EFA 需求。

总之, 根据本试验结果, 结合海水鱼苗投喂试验的实践, 大致可以认为, 酵母裸腹蚤仅可作为溯河性鱼类稚幼鱼的全价食物; 对于海水鱼类的育苗, 必须用小球藻全培养的裸腹蚤或酵母裸腹蚤经海水小球藻二次强化后使用; 对于海水鱼类的仔鱼或对 DHA 要求高的鱼类, 可以用 DHA 含量高的鱼油强化后的裸腹蚤投喂。

参 考 文 献

- 1 王家襄. 蒙古裸腹蚤无机营养组成分析与评述. 大连水产学院学报, 1990, 5(1): 48~52
- 2 何志辉, 等. 一种盐水裸腹蚤的生物学和培养的研究. 见: 全国鱼虾饲料学术讨论会论文集, 1988. 188~192
- 3 何志辉, 等. 蒙古裸腹蚤作为海水鱼苗活饵料的试验. 大连水产学院学报, 1997, 12(4): 1~7
- 4 童圣英, 等. 蒙古裸腹蚤营养成分分析与评价. 大连水产学院学报, 1988, 3-4: 29~33
- 5 获野珍吉. 鱼类的营养和饲料. 陈国铭, 黄小秋译. 北京: 海洋出版社, 1987. 126~148
- 6 三 彬, 铃木规夫, 渡边武. アユ稚鱼脂质脂肪酸组成にほぼすりマシツユ脂肪酸の影響. 日本志, 1982, 48(8): 1 159~1 162
- 7 Aclanan R G. Simplification of analyses of fatty acids in fish lipids and related lipid samples. Acta Med Scand, 1987, 222: 99~103
- 8 Christie W W. Lipid Analysis. Oxford: Pergamon Press, 1982. 22
- 9 Fukusho. Review of the research status of zooplankton production in Japan. In: Rotifer and Microalgae Culture Systems. Proceedings of a U.S. Asia Workshop, 1991
- 10 Izquierdo S, et al. Requirement of larval red sea bream *Pagrus major* for essential fatty acids. Nippon Suisan Gakkaishi, 1989, 55(5): 859~369
- 11 Metcalfe L D, et al. Rapid preparation of fatty acids esters from lipids for gas chromatographic analysis. Analytical chemistry, 1966, 38: 514~515
- 12 Takeuchi T, et al. Requirement of juvenile red sea bream *Pagrus major* for eicosapentaenoic and docosahexaenoic acids. Nippon Suisan Gakkaishi, 1990, 56(8): 1 263~1 269
- 13 Watanabe T, et al. Requirement of juvenile striped jack *Longirostris delicatissimus* for $n-3$ highly unsaturated acids. Nippon Suisan Gakkaishi, 1989, 55(6): 1 111~1 117
- 14 Yngvar O, et al. Kinetics of $n-3$ fatty acids in *Brachionus plicatilis* and changes in the food supply. Hydrobiologia, 1989, 186/187: 409~413

Comparisons of composition of fatty acids in *Moina mongolica* under different conditions

Tong shengying Jiang Hong Chen Wei

(Department of Aquaculture, Dalian Fisheries College, 116023)

Abstract The compositions of fatty acid in total lipids of *Moina mongolica* cultured with different food and treated by different way were compared. The *M. mongolica* were respectively cultured with *Chlorella* spp. thoroughly, 2 kinds of yeast, and fish oil. Their contents of EPA were 27.6%, 5.6% and 10.7%, 7.4% and 10.5%, respectively. The results show that *M. mongolica* can hardly absorb DHA in food, but there are some DHA in the oil particles laid in the intestine of *M. mongolica* when it is enriched with fish oil. So *M. mongolica* can be enriched with fish oil of high - containing DHA in a short time when the intestine acts as a carrier of DHA. That can meet the nutrient requirement of fish fry in the sea.

Key words *Moina mongolica*, enrichment culture, fatty acid

1999 年度《中国水产文摘》征订启事

本刊系我国水产系统唯一的一本全面报道国内水产科技文献的综合性检索期刊,由中国水产科学研究院渔业综合信息研究中心主办。其宗旨是全面、及时地报道全国以各种形式出版的水产科技文献,为读者快速、方便地检索国内水产科技文献服务。本刊为全国优秀水产刊物,并获得全国科技文献检索期刊二等奖一次,全国科技文献检索期刊三等奖两次。

本刊所收录的文献类型有期刊、专著、汇编、会议记录、技术报告、技术标准等。按以下类目编排:(1)水产总论;(2)水产基础科学;(3)水产资源和环境保护;(4)水产捕捞;(5)海水养殖;(6)淡水养殖;(7)水产生物病害及防治;(8)饲料和肥料;(9)水产品保鲜及加工;(10)渔业机械仪器和渔船;(11)渔业经济。年报道量约 3000 条。每年第一期刊登本刊引用主要期刊一览表,年终编辑出版本年度主题索引、著者索引。

本刊为双月刊,逢双月底出版,国内外公开发行。每期定价 12.00 元,全年 6 期共 72.00 元,邮发代号:18—126。请广大老订户和新读者及时到当地邮局办理订阅手续。如在当地邮局订阅不方便,也可向本刊办理邮购。

编辑部地址:北京市永定路南青塔村 150 号,邮编:100039,联系电话:68673921。