DOI 号:10.3724/SP.J.0000.2009.20230

短期饥饿胁迫对□鱼生化组成、脂肪酸和氨基酸组成的影响

柳敏海[1]　罗海忠[1]　傅荣兵[1]　彭志兰[1]　施兆鸿[2]　毛志增[1]

(1. 浙江省舟山市水产研究所,浙江省海洋开发研究院水产养殖技术研究推广中心,舟山　316000;
2. 中国水产科学研究院东海水产研究所,农业部海洋与河口渔业重点开放实验室,上海　200090)

摘要:在水温(22±1)℃条件下,研究了短期饥饿胁迫对□鱼幼鱼生化组成、脂肪酸和氨基酸的影响。幼鱼分别饥饿 0d(S0)、饥饿 3d(S3)、饥饿 6d(S6)、饥饿 9d(S9)、饥饿 12d(S12)和饥饿 15d(S15)。结果表明:鱼体内的粗蛋白、粗脂肪和糖类随着饥饿时间的延长而逐渐降低,而水分和灰分随着饥饿时间的延长而逐渐升高。饱和脂肪酸(SFA)和单不饱和脂肪酸(MUFA)显著下降($p<0.05$);而多不饱和脂肪酸(PUFA)呈先上升趋势。□鱼幼鱼短期饥饿胁迫过程中,首先利用饱和脂肪酸,然后利用低不饱和脂肪酸,最后才动用高不饱和脂肪酸。双键位置不同的脂肪酸在饥饿过程中的损失速度也有差异,具体为 n-9 PUFA > n-6 PUFA > n-3 PUFA。S0 主要氨基酸为天冬氨酸、谷氨酸、蛋氨酸、亮氨酸、赖氨酸和精氨酸。经过不同时间饥饿后,氨基酸总量和必须氨基酸总量显著下降,与 S0 组均差异显著($p<0.05$),但 S9、S12 和 S15 的基酸总量和必须氨基酸总量差异性不显著($p>0.05$)。

关键词:□鱼;短期饥饿;生化组成;脂肪酸;氨基酸

中图分类号:S965.324　　**文献标识码**:A　　**文章编号**:1000-3207(2009)02-0230-06

□鱼(*Miichthys miiuy* Basilewsky)属鲈形目、石首鱼科、□鱼属,在我国沿海均有分布,但以东、黄海较多[1]。其肉味鲜美,营养丰富,深受国内外消费者的喜爱,其鳔俗称"鱼肚",为高级滋补品,具有较高的食用和药用价值。由于其生长快、病害少、抗逆性强、市场潜力大等优点,近年来其人工繁殖与养殖在我国南方沿海正蓬勃发展,有望成为深水网箱养殖的优良品种[2]。

短期饥饿既是鱼类在自然水域生态系中经常面临的一种生理胁迫现象,也是影响鱼类正常生长、发育和生存的一个重要环境因子。因此,通过观察短期饥饿对鱼类形态结构、身体组成、行为习性、繁殖习性和存活率等的影响,分析鱼类受饥饿胁迫下的一系列生理生态反应过程与特点,进而揭示鱼类适应饥饿胁迫的能量分配机制与生理生态对策,对于指导鱼类养殖实践具有较为重要的现实意义[3]。国内外学者就水生动物在饥饿状态下的能量利用模式,以及身体化学组成的变化等方面探讨了水生动物对饥饿胁迫的适应性特征[4,5]。目前有关□鱼的研究报道主要集中在亲鱼培育、胚胎及仔稚鱼发育、人工育苗和养殖、毒性毒理实验等方面[6—9]。迄今尚未见有关□鱼饥饿生理生态学方面的研究报道。为此,作者以春季繁殖的□鱼为实验动物,开展短期饥饿对其一般生化组成及氨基酸和脂肪酸的影响实验,旨在探讨□鱼幼鱼饥饿生理,为合理投喂、苗种培育和高密度集约化养殖提供基础资料。

1　材料与方法

1.1　实验鱼　实验鱼取自舟山市水产研究所在浙江华兴海水苗种有限公司早繁幼鱼,挑选体色正常,健康活泼,全长 9.4—9.7cm,体重 6.8—7.0g 幼鱼用于实验,实验前暂养于室内水泥池中,每天投喂 3 次,达饱足。驯化 15d 后开始正式实验。

1.2　实验条件和方法　实验在 6m×6m×1.6m 室内水泥池中进行,实验鱼养在 80cm×60cm×60cm 用 80 目网布做成浮于水面的网箱中,上罩 20 目的聚乙烯网片以防实验鱼跳跃逃逸。实验用水为经暗沉淀处理、二级砂滤海水,盐度 27‰。每日换水 1 次,换水量为 60%。光照为自然光照。水温为(22±1)℃。实验共 6 组,分别为饥饿 0d(S0)、饥饿 3d

收稿日期:2007-05-29;**修订日期**:2008-10-28

基金项目:国家星火计划项目[2008GA700005]资助

作者简介:柳敏海(1979—),男,湖南邵阳人;硕士;研究方向为水产动物繁育及病害防治。E-mail:okso1125@yahoo.com.cn

通讯作者:罗海忠,E-mail:haizhongluo@163.com

(S3)、饥饿 6d(S6)、饥饿 9d(S9)、饥饿 12d(S12)和饥饿 15d(S15),每组实验鱼 30 尾,每组设 3 个平行箱。

1.3　样品采集和分析　在实验开始和结束后称每组鱼体重、体长和全长,将所取得的鱼体样品在 70℃下烘干至恒重得干重,然后研磨成细粉状,置于 -20℃冰箱中保存待测。蛋白质采用改进的凯氏定氮法[10];总脂含量采用氯仿:甲醇:H_2O(2:2:1)法[11];灰分含量采用马福炉法,糖类采用减量法[4]。氨基酸用酸水解法测定(日立 835-50 型氨基酸分析仪),按 GB/T14965-994Z 执行;脂肪酸用气相色谱分析法测定(Agilent 6890 型气相色谱仪)。

每一处理组取样 6 尾,每一样品重复测定 3 次。数据均用平均值 ± 标准差($\overline{X}$ ± S. D)表示,不同处理组数据间采用单因素方差分析。对检测达到显著的平均值用 Duncan 检验。方差分析和多重比较用 SPSS11.5 进行。

2　结　果

2.1　饥饿胁迫对□鱼幼鱼的生化组成的影响

饥饿胁迫对□鱼幼鱼生化组成的影响(表 1)。鱼体内的粗蛋白、粗脂肪和糖类随着饥饿时间的延长而逐渐降低,而水分和灰分随着饥饿时间的延长而逐渐升高。不同饥饿组的粗蛋白和粗脂肪含量差异显著($p<0.05$);除 S9 和 S12、S12 和 S15 的水分差异不显著($p>0.05$)外,其他各组间均差异显著($p<0.05$);灰分除 S3 和 S6 差异不显著($p>0.05$)外其他各组间均差异显著($p<0.05$)。

表 1　短期饥饿胁迫对□鱼幼鱼生化组成的影响

Tab. 1　The bio-composition of juvenile *Miichthys miiuy* under short - time starvation

组别 Groups	水分 Moisture (%)	灰分 Ash (%)	粗蛋白 Protein (%)	粗脂肪 Lipid (%)	糖类 Carbohydrate (%)
S0	79.29 ± 0.20[a]	0.74 ± 0.02[a]	15.50 ± 0.09[a]	1.66 ± 0.06[a]	2.81 ± 0.05[a]
S3	79.56 ± 0.15[b]	0.96 ± 0.03[b]	15.44 ± 0.07[a]	1.54 ± 0.10[b]	2.50 ± 0.07[b]
S6	80.64 ± 0.22[c]	1.06 ± 0.04[b]	14.63 ± 0.08[b]	1.31 ± 0.07[c]	2.36 ± 0.08[bc]
S9	81.15 ± 0.10[d]	1.39 ± 0.03[c]	14.02 ± 0.10[c]	1.22 ± 0.11[d]	2.22 ± 0.05[c]
S12	81.67 ± 0.11[de]	1.51 ± 0.05[d]	13.85 ± 0.07[d]	1.01 ± 0.09[e]	1.96 ± 0.04[d]
S15	82.14 ± 0.14[e]	1.63 ± 0.04[e]	13.42 ± 0.07[e]	0.95 ± 0.07[f]	1.86 ± 0.06[d]

注:同一列数据上标字母相同表示差异不显著($p>0.05$);字母不同表示差异显著($p<0.05$);下同

Note: Same superscript letters in the table mean insignificant difference ($p>0.05$); which the different letters mean significant difference ($p<0.05$); The same as follows

2.2　饥饿胁迫对□鱼幼鱼脂肪酸的影响

□鱼幼鱼在经过不同时间饥饿后脂肪酸组成结果(表 2、图 1 和图 2),共检测出 23 种脂肪酸,起始碳链长度在 14 碳至 24 碳之间。其中饱和脂肪酸(SFA)9 种,单不饱和脂肪酸(MUFA)6 种,多不饱和脂肪酸(PUFA)8 种。S0 主要脂肪酸是:C16:0、C16:1、C18:0、C18:1n-9、C18:2n-6、C20:4n-6、C20:5n-3和 C22:6n-3。

表 2　短期饥饿胁迫对□鱼幼鱼脂肪酸的影响

Tab. 2　The fatty acid composition of juvenile *Miichthys miiuy* under short-time starvation

脂肪酸种类 Fatty acid	S0	S3	S6	S9	S12	S15
C14:0	1.987 ± 0.014	1.656 ± 0.007	1.553 ± 0.026	1.432 ± 0.016	1.178 ± 0.018	1.061 ± 0.021
C15:0	0.574 ± 0.005	0.510 ± 0.012	0.504 ± 0.008	0.445 ± 0.004	0.410 ± 0.007	0.376 ± 0.009
C16:0	28.443 ± 1.257	26.278 ± 1.025	25.614 ± 0.954	25.042 ± 1.150	24.138 ± 0.921	23.653 ± 1.249
C16:1	4.844 ± 0.247	3.946 ± 0.340	3.420 ± 0.342	3.085 ± 0.430	2.901 ± 0.283	2.451 ± 0.163
C17:0	0.614 ± 0.054	0.547 ± 0.013	0.534 ± 0.016	0.519 ± 0.042	0.504 ± 0.019	0.500 ± 0.012
C17:1	0.741 ± 0.008	0.297 ± 0.021	0.238 ± 0.012	0.227 ± 0.019	—	—
C18:0	9.465 ± 0.923	9.093 ± 0.853	8.935 ± 0.574	8.853 ± 0.520	8.725 ± 0.483	8.277 ± 0.501
C18:1n-9t	0.128 ± 0.013	0.144 ± 0.007	0.141 ± 0.005	0.114 ± 0.004	0.105 ± 0.025	0.084 ± 0.004
C18:1n-9c	9.384 ± 1.003	9.511 ± 0.924	10.042 ± 1.027	9.824 ± 0.586	8.513 ± 0.753	8.168 ± 0.731
C18:2n-6t	0.122 ± 0.005	0.145 ± 0.007	0.226 ± 0.010	0.198 ± 0.015	0.151 ± 0.020	0.133 ± 0.013
C18:2n-6c	6.52 ± 1.040	9.006 ± 1.021	9.531 ± 1.215	10.253 ± 1.531	9.529 ± 1.256	8.145 ± 1.520

续表

脂肪酸种类 Fatty acid	S0	S3	S6	S9	S12	S15
C18:3n-6	0.291 ± 0.012	0.379 ± 0.013	0.436 ± 0.016	0.344 ± 0.026	0.316 ± 0.053	0.283 ± 0.017
C18:3n-3	0.443 ± 0.023	0.698 ± 0.042	0.673 ± 0.012	0.628 ± 0.043	0.586 ± 0.016	0.444 ± 0.021
C20:1n-9	0.374 ± 0.016	0.333 ± 0.008	0.389 ± 0.011	0.407 ± 0.012	0.424 ± 0.021	0.426 ± 0.009
C21:0	0.366 ± 0.003	0.283 ± 0.004	0.237 ± 0.005	0.182 ± 0.005	0.149 ± 0.003	0.116 ± 0.004
C20:2	0.117 ± 0.004	0.149 ± 0.012	0.152 ± 0.012	0.160 ± 0.013	0.166 ± 0.013	0.187 ± 0.007
C22:0	0.418 ± 0.014	0.355 ± 0.023	0.341 ± 0.004	0.338 ± 0.026	0.337 ± 0.043	0.314 ± 0.053
C20:4n-6	2.603 ± 0.923	2.787 ± 0.823	2.821 ± 0.523	2.959 ± 0.097	3.480 ± 0.423	3.557 ± 0.540
C23:0	0.558 ± 0.006	0.659 ± 0.004	0.120 ± 0.006	0.083 ± 0.001	0.529 ± 0.007	0.708 ± 0.023
C20:5n-3	11.042 ± 1.230	11.298 ± 1.320	11.937 ± 0.923	12.062 ± 1.354	12.722 ± 1.830	12.962 ± 1.253
C24:0	0.449 ± 0.007	0.398 ± 0.005	0.395 ± 0.010	0.376 ± 0.020	0.302 ± 0.007	0.267 ± 0.008
C24:1n-9	0.183 ± 0.005	0.176 ± 0.010	0.240 ± 0.007	0.239 ± 0.011	0.258 ± 0.012	0.298 ± 0.012
C22:6n-3	20.334 ± 1.862	21.352 ± 1.523	21.521 ± 1.205	22.230 ± 1.530	24.577 ± 1.233	27.590 ± 1.256
∑SFA	42.874 ± 2.025[a]	39.779 ± 1.987[b]	38.233 ± 2.013[c]	37.270 ± 1.945[d]	36.272 ± 1.267[e]	35.272 ± 2.263[f]
∑MUFA	15.654 ± 1.023[a]	14.407 ± 1.232[b]	14.470 ± 0.987[b]	13.896 ± 1.028[c]	12.201 ± 0.876[d]	11.427 ± 1.264[e]
∑PUFA	41.472 ± 2.263[a]	45.814 ± 2.018[b]	47.297 ± 2.456[c]	48.834 ± ± 2.021[d]	51.527 ± 2.436[e]	53.301 ± 2.103[f]
∑n-3 PUFA	31.819 ± 2.266[a]	33.348 ± 2.130[b]	34.131 ± 1.953[bc]	34.920 ± 2.213[c]	37.885 ± 1.953[d]	40.996 ± 1.056[e]
∑n-6 PUFA	9.536 ± 1.003[a]	12.317 ± 0.123[b]	13.014 ± 0.423[c]	13.754 ± 4.231[d]	13.476 ± 0.953[cd]	12.118 ± 1.128[b]
∑n-9 PUFA	10.069 ± 0.956[a]	10.164 ± 0.753[a]	10.812 ± 1.008[b]	10.584 ± 0.756[c]	9.300 ± 0.756[d]	8.976 ± 1.236[e]

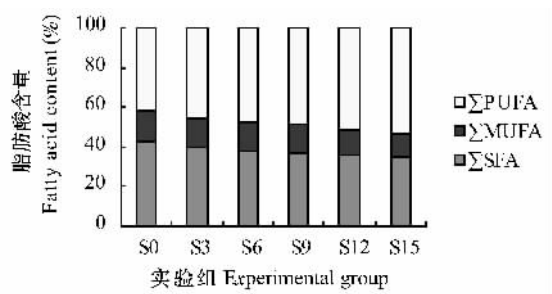

图 1 不同时间饥饿□鱼∑SFA、∑MUFA 和∑PUFA 含量的变化

Fig. 1 Changes of ∑SFA、∑MUFA and ∑PUFA in different time starvation

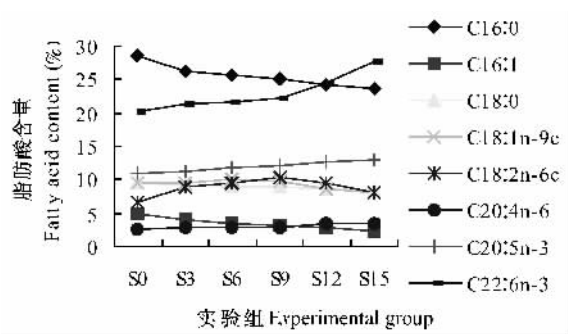

图 2 不同时间饥饿□鱼几种脂肪酸含量的变化

Fig. 2 Changes of several fatty acids in different time starvation

从表 2 可以看出,随着饥饿时间的延长,SFA 显著下降($p < 0.05$),从 S0 的 42.874 ± 2.025 下降到 S15 的 35.272 ± 2.263。大部分 SFA 含量随着饥饿时间的延长而下降,但 C23:0 含量呈波浪型曲线变化。MUFA 除 S3 和 S6 差异不显著($p > 0.05$)外其他各组均差异显著($p < 0.05$),呈下降趋势,从 S0 的 15.654 ± 1.023 下降到 S15 的 11.427 ± 1.264。但并非所有的 MUFA 含量随着饥饿时间的延长而下降,如 C18:1n-9 呈先上升后下降的趋势;C20:1n-9 呈先下降后上升的趋势;C24:1n-9 呈波浪型曲线变化。PUFA 总量呈上升的趋势,从 S0 的 41.472 ± 2.263 上升到 S15 的 53.301 ± 2.103,且各组均差异显著($p < 0.05$)。但并非所有的 PUFA 一直呈上升的趋势,如 C18:2n-6、C18:3n-6 和 C18:3n-3 呈先上升后下降的趋势。对∑n-3 PUFA、∑n-6 PUFA 和∑n-9 PUFA 进行分析发现,∑n-3 PUFA 呈一直上升趋势;∑n-6 PUFA 和∑n-9 PUFA 呈先上升后下降趋势。

□鱼幼鱼随着饥饿时间的延长,其体内不同种类脂肪酸的利用顺序有一定规律,即首先利用饱和脂肪酸,然后利用低不饱和脂肪酸,最后才动用高不饱和脂肪酸。双键位置不同的脂肪酸在饥饿过程中的损失速度也有差异,具体为 n-9 PUFA > n-6 PUFA > n-3 PUFA。

2.3 饥饿胁迫对□鱼幼鱼氨基酸组成的影响

□鱼幼鱼在经过不同饥饿时间后氨基酸组成结果(表 3)。S0 主要氨基酸为天冬氨酸、谷氨酸、蛋氨酸、亮氨酸、赖氨酸和精氨酸。经过不同时间饥饿后,各饥饿组的氨基酸总量和必须氨基酸总量均显著低于 S0 组($p < 0.05$)。S9、S12 和 S15 的氨基酸总量和必须氨基酸总量差异性不显著($p > 0.05$)。

经过不同时间饥饿后含量一直下降的氨基酸有:天冬氨酸、甘氨酸、蛋氨酸、亮氨酸、酪氨酸、苯丙氨酸、组氨酸、赖氨酸、精氨酸;含量先下降后上升的有:苏氨酸、丝氨酸、谷氨酸、异亮氨酸、脯氨酸;含量呈波浪型变化趋势的有:缬氨酸;含量先上升后下降的有:丙氨酸。

表 3　短期饥饿胁迫对□鱼幼鱼氨基酸的影响

Tab. 3　The amino acid composition of juvenile *Miichthys miiuy* under short – time starvation

氨基酸种类 Amino acid	S0	S3	S6	S9	S12	S15
天冬氨酸 Asp	1.774 ± 0.058	1.656 ± 0.046	1.539 ± 0.083	1.536 ± 0.024	1.456 ± 0.063	1.426 ± 0.027
苏氨酸 Thr*	0.741 ± 0.018	0.586 ± 0.025	0.456 ± 0.046	0.465 ± 0.015	0.517 ± 0.056	0.574 ± 0.009
丝氨酸 Ser	0.610 ± 0.015	0.606 ± 0.025	0.558 ± 0.007	0.517 ± 0.013	0.465 ± 0.018	0.503 ± 0.016
谷氨酸 Glu	2.233 ± 0.083	2.051 ± 0.075	2.001 ± 0.083	1.821 ± 0.049	1.855 ± 0.041	1.884 ± 0.056
甘氨酸 Gly	0.829 ± 0.013	0.772 ± 0.053	0.754 ± 0.051	0.731 ± 0.049	0.642 ± 0.045	0.643 ± 0.054
丙氨酸 Ala	0.864 ± 0.005	0.954 ± 0.042	0.976 ± 0.023	0.865 ± 0.018	0.813 ± 0.043	0.812 ± 0.016
蛋氨酸 Met*	1.194 ± 0.125	1.094 ± 0.098	1.048 ± 0.016	1.015 ± 0.080	1.007 ± 0.052	1.002 ± 0.055
缬氨酸 Val*	0.395 ± 0.007	0.335 ± 0.011	0.348 ± 0.009	0.277 ± 0.008	0.310 ± 0.012	0.328 ± 0.013
异亮氨酸 Ile*	0.665 ± 0.020	0.620 ± 0.012	0.542 ± 0.012	0.550 ± 0.025	0.559 ± 0.023	0.568 ± 0.016
亮氨酸 Leu*	1.182 ± 0.103	1.014 ± 0.096	0.998 ± 0.083	0.991 ± 0.043	0.973 ± 0.083	0.960 ± 0.049
酪氨酸 Tyr	0.629 ± 0.053	0.620 ± 0.021	0.552 ± 0.023	0.515 ± 0.023	0.511 ± 0.053	0.485 ± 0.021
苯丙氨酸 Phe*	0.840 ± 0.012	0.798 ± 0.001	0.780 ± 0.018	0.706 ± 0.042	0.702 ± 0.028	0.681 ± 0.015
组氨酸 His*	0.400 ± 0.046	0.370 ± 0.009	0.319 ± 0.012	0.264 ± 0.011	0.259 ± 0.009	0.251 ± 0.007
赖氨酸 Lys*	1.481 ± 0.109	1.350 ± 0.125	1.284 ± 0.116	1.258 ± 0.093	1.233 ± 0.082	1.212 ± 0.012
脯氨酸 Pro	0.393 ± 0.008	0.311 ± 0.012	0.151 ± 0.007	0.194 ± 0.004	0.209 ± 0.015	0.251 ± 0.014
精氨酸 Arg*	1.014 ± 0.105	0.956 ± 0.056	0.870 ± 0.051	0.851 ± 0.012	0.848 ± 0.018	0.820 ± 0.043
氨基酸总量 (T)	15.244 ± 1.056[a]	14.093 ± 1.523[b]	13.176 ± 0.987[c]	12.556 ± 1.235[d]	12.359 ± 1.006[d]	12.400 ± 1.235[d]
必须氨基酸总量 (E)	7.912 ± 0.753[a]	7.123 ± 0.834[b]	6.645 ± 0.853[c]	6.377 ± 0.257[d]	6.408 ± 0.253[d]	6.396 ± 0.458[d]
E/T (%)	51.90	50.54	50.43	50.79	51.85	51.58

* 必需氨基酸

3　讨　论

3.1　饥饿胁迫对□鱼幼鱼的身体组成的影响

在饥饿期间鱼类会动用身体贮存的能量来维持生命活动,脂肪和糖原是多数水产动物的主要贮能物质,在饥饿或食物不足状态下,机体主要消耗这两种物质[12,13]。一般情况下,只有脂肪大量消耗后才会开始利用蛋白质作为代谢能源[14,15];但也有不少研究者发现,饥饿或食物不足对动物体蛋白质含量没有显著影响[16,17],或者在饥饿期间主要消耗蛋白质[18],说明水产动物在饥饿胁迫下能量利用模式的多样性。一般情况下,伴随能源物质的不断消耗,机体内水分和灰分含量逐渐上升[12]。本实验研究结果表明:鱼体内的水分和灰分随着饥饿时间的延长而逐渐升高,而粗蛋白、粗脂肪和糖类随着饥饿时间的延长而逐渐降低。这说明□鱼幼鱼的身体组成存在饥饿效应。S3 与对照组比较,粗脂肪和糖类差异性显著($p < 0.05$),而粗蛋白差异性不显著($p > 0.05$),说明在饥饿胁迫中□鱼幼鱼首先主要消耗脂肪和糖类。从 S6 开始与对照组比较,粗蛋白含量差异性显著($p < 0.05$),说明□鱼幼鱼受饥饿时间较长的时候开始动用蛋白质。

3.2　饥饿胁迫对□鱼幼鱼的氨基酸和脂肪酸组成的影响

关于饥饿对水生动物氨基酸组成的影响的研究报道比较少[19]。遮目鱼(*Chanos chanos*)经过 60d 的饥饿后组氨酸、天冬氨酸、脯氨酸、鸟氨酸含量显著下降;甘氨酸、异亮氨酸、苏氨酸含量上升;谷氨酸、丙氨酸、赖氨酸、酪氨酸含量呈波浪型变化,而氨基酸总量一直下降[19]。□鱼幼鱼经过不同时间饥饿后,各饥饿组的氨基酸总量和必须氨基酸总量均显著低于 S0 组($p < 0.05$),S9、S12 和 S15 的氨基酸总量和必须氨基酸总量差异不显著($p > 0.05$)。

饥饿过程中鱼类对其体内不同种类脂肪酸的利用顺序有一定规律,即首先利用饱和脂肪酸,然后利用低不饱和脂肪酸,最后动用高不饱和脂肪酸[20]。Koven, *et al.* 发现金头鲷(*Sparus aurata*)仔鱼在饥饿过程中脂肪酸损失速率的排列顺序为 $\sum$ n-6 PUFA > $\sum$ n-9 PUFA > $\sum$ n-3 PUFA[21]。在尼罗罗非鱼(*Tilapia nilotica*)中也有类似的发现[22]。这说明双键位置不同的脂肪酸在饥饿过程中的损失速度存在差异。而□鱼幼鱼经过不同时间饥饿后,双键位置

不同的脂肪酸在饥饿过程中的损失速度也有差异，具体为 n-9 PUFA > n-6 PUFA > n-3 PUFA。这与金头鲷仔鱼在饥饿过程中脂肪酸损失速率的排列顺序有点区别，这可能是不同物种间的差异所造成的。鱼体中不同种类脂肪酸在饥饿过程中损失速率不同的现象说明：(1)中性脂提供主要能量，极性脂可能因参与生物膜的结构建成而较少发挥贮能作用；(2)高不饱和脂肪酸特别是 n-3 系列的 22:6 n-3和 20:5n-3 这两种脂肪酸可能在生物膜建成中的结构作用更大，因此更具保守性。

参考文献：

[1] Zhu Y D, Zhan C D, Chen Q T, *et al*. The East China Sea fish monographs [M]. Beijing: Science Press. 1963, 308 [朱元鼎，张春霖，成庆泰，等. 东海鱼类志. 北京：科学出版社. 1963, 308]

[2] Luo H Z, Chen B, Fu R B, *et al*. On the artificial controlled technological research of gonad development of *Miichthys miiuy* [J]. *Marine Fisheries*, 2007, **29**(2): 128—133 [罗海忠，陈波，傅荣兵，等. □鱼性腺发育人为调控技术研究. 海洋渔业，2007，**29**(2)：128—133]

[3] Wang Z Z, Shi J J, Lü G T, *et al*. Development, biochemical composition and digestive enzyme activity of juvenile *Cirrhina mrigala* under stort-time starvation [J]. *Oceanologia et Limnologia Sinica*, 2006, **37**(3): 218—224 [王志铮，施建军，吕敢堂，等. 受短期饥饿胁迫下麦瑞加拉鲮鱼幼鱼的生长、肌体组分及其内脏消化酶活力的变化特征. 海洋与湖沼，2006，**37**(3)：218—224]

[4] Zamal H, Ollevier F. Effect of feeding and lack of food on the growth, gross biochemical and fatty acid composition of juvenile catfish [J]. *J Fish Biol*, 1995, **46**: 404—414

[5] Xie Z G, Niu C J. Effects of partial and complete food deprivation on compensatory growth of juvenile soft-shelled turtle (*Pelodiscus sinensis*): thmoral patterns in growth rate and changes in body composition [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2007, **31**(2): 214—219 [颉志刚，牛翠娟. 完全或部分的食物剥夺对中华鳖(*Pelodiscus sinensis*)幼体补偿生长反应的影响：生长率的时间变化模式与体组成的变化. 水生生物学报，2007，**31**(2)：214—219]

[6] Luo H Z, Fu R B, Chen B, *et al*. Embryos and early larvae occurrence of *Miichthys miiuy* off Zhoushan and the relationship to salinity [J]. *Journal of Zhejiang Ocean University* (Natural Science), 2006, **25**(1): 15—22 [罗海忠，傅荣兵，陈波，等. 舟山近海□鱼胚胎和早期仔鱼的发生及与盐度的关系. 浙江海洋学院学报(自然科学版)，2006，**25**(1)：15—22]

[7] Li M Y, Zheng Z M, Zhu J Q, *et al*. Brood-stock culture and artificial propagation of *Miichthys miiuy* (Basilewsky) [J]. *Fisheries Science*, 2005, **24**(1): 32—34 [李明云，郑忠明，竺俊全，等. □鱼亲鱼培育及其人工繁殖的研究. 水产科学，2005，**24**(1)：32—34]

[8] Liu M H, Luo H Z, Chen B, *et al*. Effects of Cu^{2+} and Cd^{2+} on Na^+-K^+-ATPase activity of gills and superoxide dismutase activity of liver in *Miichthys miiuy* [J]. *Journal of Safety and Environment*, 2007, **7**(4): 5—8 [柳敏海，罗海忠，陈波，等. 铜、镉对□鱼幼鱼鳃丝 Na^+-K^+-ATPase 和肝脏 SOD 酶活性的影响. 安全与环境学报，2007，**7**(4)：5—8]

[9] Liu M H, Chen B, Shi Z H, *et al*. Toxic effects of five heavy metals on the embryos and larvae of *Miichthys miiuy* Basilewsky during early developing stages [J]. *Marine Fisheries*, 2007, **29**(1): 57—62 [柳敏海，陈波，施兆鸿，等. 五种重金属离子对黑□胚胎发育和仔鱼存活的影响. 海洋渔业，2007，**29**(1)：57—62]

[10] Liu Z Z, Zhu F H, Xu Y L, *et al*. Improvement in kjadehls method determining protein content of flounder muscle [J]. *Marine Sciences*, 1999, (6): 1—3 [刘宗柱，朱凤华，徐永立，等. 凯氏定氮法测定牙鲆肌肉粗蛋白含量方法的改进. 海洋科学，1999，(6)：1—3]

[11] Bligh E G, Dyer W J. A rapid method of total lipid extraction and purification [J]. *Can J Biochem Physiol*, 1959, **37**: 911—991

[12] Joblmg M. Effects of starvation on proximate chemical composition and energy utilization of plaice, *Pleuronectes plateisa* L. [J]. *J Fish Biol*, 1980, **17**: 325—334

[13] Kim M K, Lovell R T. Effect of restricted feeding regimens on compensatory weight gain and body tissue changes in channel catfish *Ictalurus punctatus* in ponds [J]. *Aquaculture*, 1995, **135**: 285—293

[14] Barclay M C, Dalt W, Smith D M, *et al*. Changes in lipid and protein during starvation and the moulcing cycle in the tiger prawn *Penaeus esculencus* [J]. *J Erp Mar Biol Ecol*, 1983, **68**: 229—244

[15] Calow P. On the regulation nature of individual growth: observations from freshwater snail [J]. *J Zool*, 1973, **170**: 415—428

[16] Miglvus, Jobling M. The effects of feeding regime on proximate body composition and patterns of energy deposition in juvenile Arctic charr, *Salvelinus alpinus* [J]. *J Fish Bio*l, 1989, **35**a: 1—11

[17] Quinton J C, Blake R W. The effect of feed cycling and ratio (Paralichthys olivaceun) level on the compensatory growth response in rainbow trout, *Oncorhyachus mykiss* [J]. *J Fish Bio*l, 1990, **37**: 33—41

[18] Maddock D M, Burton M P M. Some effects of starvation on the lipid and skeletal muscle layers of the winter flounder, *Pleuronectes americanus* [J]. *Can J Zool*, 1994, **72**: 1672—1679

[19] Chyuan-Yuan Shiau, Yu-Jane Ponga, Tze-Kuei Chioua, *et al*. Effect of starvation on free histidine and amino acids in white muscle of milkfish *Chanos chanos* [J]. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 2001, **128**b: 501—506

[20] Zamal H, Ollevier F. Effect of feeding and lack of food on growth, gross biochemical and fat acid composition of juvenile catfish [J]. *J Fish Biol*, 1995, **46**: 404—414

[21] Koven W M, Kissil G W, Tandder A. Lipid and n-3 requirement of *Sparus aurata* larvae during starvation and feeding [J]. *Aquat*, 1989, **79**: 185—191

[22] Satoh S, Takeuchi T, Watanable T. Effect of starvation and environmental temperature on proximate and fatty acid composition of *Tilapia nilotica* [J]. *Bulletirn of the Japanese Society Scientific Fisheries*, 1984, **50**: 79—84

BIOCHEMICAL COMPOSITION, AMINO ACID AND FATTY ACID COMPOSITION IN JUVENILE OF *MIICHTHYS MIIUY* UNDER SHORT-TIME STARVATION

LIU Min-Hai[1], LUO Hai-Zhong[1], FU Rong-Bin[1], PENG Zhi-Lan[1], SHI Zhao-Hong[2] and MAO Zhi-Zeng[1]

(1. *Aquaculture Research and Promotion Center of Zhejiang Marine Development Research Institute, Fisheries Institute of Zhoushan, Zhoushan* 316000 *Zhejiang, China*; 2. *Key and Open Laboratory of Marine and Estuarine Fisheries, Ministry of Agriculture, East China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Shanghai* 200090, *China*)

Abstract: Food shortage is often a stress in natural environment to many fish species, causing growth retardation and even death. However, response to the stress differs in species. After the food become available again, they would re-gain growth, which is called compensatory growth. Previous studies showed that compensatory growth could significant impact on biochemical composition, amino acid and fatty acid composition. The main focus study reports of *Miichthys miiuy* were that the artificial controlled technological research of gonad development, embryos and early larvae occurrence, brood-stock culture and artificial propagation, environmental toxicology, and so on. To date, there had no research reports about the fish hunger physiological ecology. The effects of short-time starvation on biochemical composition, amino acid and fatty acid composition in the early breaded juvenile of *Miichthys miiuy* was researched at (22 ± 1)℃. The early breaded juveniles were divided into six groups (S0, S3, S6, S9, S12 and S15), which were starved for 0, 3, 6, 9, 12 and 15d respectively. The results showed that the muscle moisture and ash in difference groups were significant difference compared with S0 ($p < 0.05$), and which was increased along with the time of starvation prolonging. The protein, lipid and carbohydrate of muscle were reduced along with the time of starvation prolonging. The downtrend of saturation fatty acid (SFA) and monounsaturation fatty acid (MUFA) was reduced, but the polyunsaturation (PUFA) was rose. During the short-time starvation of *Miichthys miiuy*, the result explained that the SFA was used first, and then the MUFA, the PUFA was the last. The use rate of PUFA were different in which the location of double bond during the periodic starvation, the difference as follow: n-9 PUFA > n-6 PUFA > n-3 PUFA. The main amino acid of S0 was Aspartic acid, Glutamic acid, Met, Leucine, arginine and Lysine. After several different short-time starvations, both the total and the essential amino acid reduced significantly, which were different with S0 group ($p < 0.05$). But there was insignificantly along with S9, S12 and S15.

Key words: *Miichthys miiuy*; Short-time starvation; Biochemical composition; Fatty acid composition; Amino acid