

颀江,覃川杰,侯平,等. 沱江宽体沙鳅和中华沙鳅亲鱼脂肪酸组成分析[J]. 江苏农业科学,2013,41(5):290-292.

沱江宽体沙鳅和中华沙鳅亲鱼脂肪酸组成分析

颀江¹,覃川杰¹,侯平¹,龚全²,王永明¹,岳兴建¹,谢碧文¹,齐泽明¹

(1. 内江师范学院生物系,四川内江 641112; 2. 四川省农业科学院水产研究所,四川成都 611731)

摘要:为探求宽体沙鳅及中华沙鳅亲鱼性腺发育对脂肪酸的需求,采用毛细管气相色谱等方法分析了野生宽体沙鳅和中华沙鳅肌肉、肝脏、卵组织中脂肪酸的组成。结果表明,宽体沙鳅和中华沙鳅肌肉中脂肪酸种类丰富,均含 23 种脂肪酸,而其卵组织中只检测到 18 种脂肪酸。肌肉中 C18:1n-9 所占比例最高,其次为 C16:0 及 C22:5n-3,而在卵组织中 C16:0 含量最高,其次为 C18:1n-9 及 C22:6n-3。宽体沙鳅和中华沙鳅卵组织中 C22:5n-3、C20:5n-3、C20:4n-6、PUFA 及 Σ n-3 PUFA 所占比例显著高于肌肉和肝脏($P < 0.05$)。因此,C22:6n-3、C20:5n-3、C20:4n-6 等 PUFA 是宽体沙鳅和中华沙鳅亲鱼性腺发育的重要营养素,为提高宽体沙鳅和中华沙鳅亲鱼卵子的质量,应在亲鱼培育饲料中添加上述脂肪酸。

关键词:中华沙鳅;宽体沙鳅;脂肪酸;卵;肌肉

中图分类号:S917 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2013)05-0290-03

宽体沙鳅(*Botia reevesae*)和中华沙鳅(*Botia superciliaris*)均属于鳅科沙鳅属,是长江上游特有鱼类。它们肉质细嫩,味道鲜美,营养价值和药用价值兼备;体态纤细,体色艳丽,体表具美丽的斑纹,观赏价值和食用价值都很高,市场需求旺盛,价格达到 400~500 元/kg^[1]。目前,宽体沙鳅和中华沙鳅主要通过采集野生亲鱼开展人工繁殖,而长江上游一系列大型水利工程的修建及过度捕捞使得其野生亲鱼资源量急剧下降^[2]。此外,在生产实践中发现,与野生亲鱼相比,驯化养殖后的宽体沙鳅和中华沙鳅亲鱼绝对怀卵量及成熟系数下降明显。因此,开展宽体沙鳅和中华沙鳅的人工驯养及亲鱼培育势在必行。多数鱼类在性腺发育前积累大量脂类,为雌性生殖细胞发育储存必需的重要能源和结构物质,对胚胎发育进程及早期仔鱼的存活至关重要^[3]。亲鱼饵料中脂肪酸的适宜含量对胚胎发育非常重要,亲鱼若缺乏必需脂肪酸(essen-

tial fatty acids,EFA),会影响亲鱼的产卵数以及卵的发育质量,导致鱼卵孵化率下降^[4],而鱼卵含有由胚胎发育和仔鱼生长过渡到外源性营养阶段所必需的全部营养元素。本研究分析了野生亲鱼肌肉、卵等组织脂肪酸组成模式,为宽体沙鳅及中华沙鳅亲鱼的脂类营养需求提供了参考。

1 材料与方法

1.1 材料

宽体沙鳅和中华沙鳅于 2012 年 5—6 月采集于沱江流域(资中段),体长 89.5~121.7 mm,体重 25.5~33.2 g。捕获后,吸干体表水分,检查性腺,取发育至 IV 期的雌鱼各 3 尾,分别取其肌肉、肝脏和卵置于冰箱-20℃保存,备用。

1.2 测定方法

取新鲜样品 2 g,真空冷冻干燥 40 h,干燥完成后称重,将组织磨碎,用索氏抽提法提取脂肪:提取剂为沸程 60~90℃的石油醚,提取时间为 10 h,水浴温度控制在 85℃左右。提取完成后,计算样品中脂肪含量。脂肪酸分析采用毛细管气相色谱法,采用美国 Varian GC23800 气相色谱仪及 CPSil88-for-FAME 毛细管色谱柱,具体操作步骤及方法参照文献[5]。

1.3 数据分析

用方差分析(ANOVA)和 Tukey's 多重比较检验等处理和

收稿日期:2012-11-05

基金项目:四川省教育厅项目(编号:11ZB025);四川省科技厅项目(编号:2011NZ0075);内江师范学院大学生创新性实验计划项目(编号:X201207);四川省内江市科技局项目(编号:120108)。

作者简介:颀江(1991—),男,四川南充人,水生动物营养学专业。

通信作者:覃川杰,博士,讲师,主要从事水产动物营养学研究。

E-mail:qinchuanjie@126.com。

[3]刘 钊,马艳丽,刘艳霞. 小波阈值图像去噪算法及 MATLAB 仿真实验[J]. 数字技术与应用,2010(6):122-123.

[4]陈 婷,郭金琴,黄文丽. 图像去噪的小波阈值法研究[J]. 软件导刊,2010(2):161-167.

[5]张广群,吴伟志,汪杭军. 基于加速鲁棒特征的木材显微图像自动配准方法[J]. 浙江农林大学学报,2012,29(4):600-605.

[6]Berkner K,Well R O. Smoothness estimates for soft-threshold denoising via translation invariant wavelet transforms[J]. Applied and Computational Harmonic Analysis,2002,12(1):1-24.

[7]Sudha S,Surssh G R,Sukanesh R. Wavelet based image denoising using adaptive thresholding[C]//International conference on computational intelligence and multimedia applications. 2007:296-300.

[8]Chen Y,Han C. Adaptive wavelet threshold for image denosing[J]. IEEE Electronics Letters,2005,10(11):77-83.

[9]Chang S G,Yu B,Vetterli M. Adaptive wavelet thresholding for image denoising and compression[J]. IEEE Trans on Image Processing,2000,9(9):1532-1546.

[10]Peng Y H. Denoising by modified soft-thresholding[J]. IEEE Trans on IT,2000,63:760-762.

[11]孙釜培,王朝英. 小波分析和小波包在图像消噪中的应用[J]. 通信技术,2009,42(1):285-287.

[12]王阿川,仇逊超. 木材缺陷识别新方法——改进 C-V 模型与小波变换[J]. 计算机工程与应用,2011(8):211-215.

比较相应的数据。所用软件为 SPSS 17.0,文中描述性统计值用“平均值±标准误差”表示,显著性水平设置为 $\alpha=0.05$ 。

2 结果与分析

由表 1 可知,在宽体沙鳅和中华沙鳅肌肉、鱼卵、肝脏中分别检测到 23、18、22 种脂肪酸,分别含饱和脂肪酸(saturated fatty acid, SFA)9、5、9 种,单不饱和脂肪酸(monounsaturated fatty acid, MUFA)5、4、4 种,多不饱和脂肪酸(polyunsaturated fatty acid, PUFA)9、10、10 种。

由表 1 可知,宽体沙鳅亲鱼鱼卵中 SFA 和 PUFA 比例最高,分别是 41.39% 和 30.12%,显著高于肌肉($P<0.05$)。此外,宽体沙鳅亲鱼鱼卵中 C20:4n-6、C20:5n-3、C22:6n-3、 $\Sigma n-3$ 比例也显著高于肌肉和肝脏($P<0.05$),而鱼卵、肌肉和肝脏中 $\Sigma n-6$ 比例无显著差异($P>0.05$)。鱼卵中比

例最高的 SFA、MUFA、PUFA 分别为 C16:0、C18:1n-9、C22:6n-3,组成比例分别为 30.07%、16.88%、12.22%。而肌肉中比例最高的 PUFA 为 C22:5n-3,其比例为 5.87%。

由表 1 可知,中华沙鳅亲鱼鱼卵中 PUFA 比例显著高于肌肉和肝脏($P<0.05$);鱼卵中 SFA 比例为 35.26%,显著低于肝脏($P<0.05$),而与肌肉无显著差异($P>0.05$);肌肉中 MUFA 比例显著高于鱼卵和肝脏($P<0.05$)。此外,鱼卵中 C20:4n-6、C20:5n-3、C22:6n-3 和 $\Sigma n-3$ 也显著高于肌肉和肝脏($P<0.05$),而 3 种组织中 $\Sigma n-6$ 比例无显著差异($P>0.05$)。鱼卵中比例最高的 SFA、MUFA、PUFA 为 C16:0、C18:1n-9、C20:5n-3,所占比例分别为 24.03%、15.64%、11.90%,而肌肉中比例最高的 PUFA 为 C18:2n-6,所占比例为 6.99%。

表 1 宽体沙鳅、中华沙鳅亲鱼不同组织的脂肪酸组成

脂肪酸	宽体沙鳅不同组织不同脂肪酸比例(%)			中华沙鳅不同组织不同脂肪酸比例(%)		
	肌肉	卵	肝	肌肉	卵	肝
C12:0	0.13±0.57	0	0.19±0.48	0.25±0.25	0	0.87±0.29
C14:0	0	1.88±0.04	2.57±0.24	3.99±0.32	3.06±0.20	3.73±0.75
C15:0	0.38±0.32	1.16±0.67	0.80±0.55	0.49±0.36	0.35±0.56	1.02±0.50
C16:0	21.66±0.74a	30.07±0.92b	25.10±0.33ab	21.61±0.09	24.03±0.69	27.90±0.68
C16:1	13.86±0.19	7.80±0.68	9.43±0.78	13.65±0.96a	5.88±0.88b	10.60±0.88a
C17:0	1.53±0.48	1.78±0.07	1.39±0.97	0.57±0.18	1.19±0.31	2.24±0.34
C17:1	0.25±0.74	0.53±0.35	0.48±0.92	0.30±0.08	0.45±0.18	0.82±0.65
C18:0	5.44±0.96a	8.37±0.02b	10.84±0.19c	5.39±0.67	6.63±0.98	9.23±0.86
C18:1n-9	27.27±0.63a	16.88±0.66b	26.45±0.70a	25.50±0.55a	15.64±0.25c	19.46±0.05b
C18:2n-6	5.63±0.01a	2.59±0.40b	4.95±0.96a	6.99±0.11	4.10±0.73	5.41±0.19
C20:0	0.28±0.67	0	0.42±0.93	0.64±0.27	0	0.85±0.31
C18:3n-6	0.17±0.23	0	0	0.48±0.87	0	0
C20:1n-9	4.20±0.67	1.36±0.92	2.59±0.03	3.66±0.45	1.36±0.84	1.87±0.89
C18:3n-3	2.24±0.28a	0.89±0.66b	1.15±0.96b	2.08±0.24	0.91±0.24	1.14±0.73
C21:0	0.11±0.26	0	0.12±0.33	0.18±0.25	0	0.27±0.11
C20:2	0.56±0.87	0.13±0.56	0.79±0.81	0.35±0.512	0.76±0.98	0.85±0.32
C22:0	0.12±0.99	0	0.28±0.59	0.14±0.35	0	0.84±0.17
C20:3n-6	0.30±0.45	0.54±0.93	0.50±0.54	0.55±0.24	1.54±0.36	0.68±0.21
C20:3n-3	1.42±0.84	0.46±0.36	0.16±0.99	0.09±0.01	0.96±0.36	0.39±0.24
C20:4n-6	2.88±0.23a	5.56±0.75b	3.01±0.44a	2.04±0.21a	4.55±0.49b	3.65±0.54b
C22:2	0.21±0.37	0.17±0.17	0.45±0.34	0.67±0.65	1.81±0.51	0.58±0.13
C20:5n-3	2.39±0.69b	3.06±0.97a	1.48±0.94c	3.75±0.04a	11.90±0.01b	2.51±0.25a
C22:5n-3	5.87±0.96a	4.45±0.24a	2.96±0.83b	3.69±0.78a	6.29±0.21b	2.57±0.71a
C22:6n-3	2.97±0.76a	12.22±0.53b	3.75±0.02a	2.85±0.45a	9.11±0.03b	2.51±0.39a
SFA	29.70±0.02a	41.39±0.69b	39.18±0.42b	33.28±0.78a	35.26±0.77a	46.95±0.15b
MUFA	45.60±0.24a	26.59±0.64c	38.97±0.44b	43.13±0.06a	23.02±0.29c	32.75±0.83b
PUFA	24.69±0.73b	30.12±0.62a	19.26±0.88c	23.58±0.15a	41.41±0.60b	20.30±0.58a
$\Sigma n-3$	14.92±0.55b	21.10±0.78a	9.53±0.77c	12.47±0.53a	30.37±0.51b	9.74±0.25a
$\Sigma n-6$	8.98±0.93	8.71±0.08	8.47±0.94	10.15±0.44	8.47±0.59	9.12±0.74
$\Sigma n-3/\Sigma n-6$	1.66±0.03a	2.42±0.31b	1.12±0.47a	1.23±0.83a	3.01±0.28b	0.93±0.17a

注:同行数值后小写字母不相同表示组间差异显著($P<0.05$)。

3 结论与讨论

贮存在鱼卵和仔鱼中供能用的脂的质和量都与产卵前性成熟过程中的营养摄入有关,并直接来自亲鱼性腺发生过程中机体储存的脂类。为了提高卵的质量和幼鱼成活率,在亲

鱼培育过程中应努力在配合饲料中建立 C22:6n-3、C20:5n-3、C20:4n-6、 $\Sigma n-3/\Sigma n-6$ 的最佳比例,满足鱼类胚后发育的内源性营养需求^[6]。因此,分析野生鱼类脂肪酸组成模式有助于了解亲鱼脂类营养需求的质和量。机体脂肪及脂肪酸组成是影响亲鱼产卵和后代存活率的重要营养因

子。脂肪酸组成分析结果表明,在宽体沙鳅和中华沙鳅的肌肉、鱼卵及肝脏中,SFA 均以 C16:0 比例最高,MUFA 均以 C18:1n-9 比例最高。SFA 与 MUFA 组成模式与大鳍鲢肌肉组成模式相同^[7]。经研究发现,淡水鱼和海水鱼肌肉中软脂酸(C16:0)的含量均相对较高^[8]。在宽体沙鳅中 PUFA 以 C22:5n-3 比例最高,其次是 C18:2n-6 和 C22:6n-3;而中华沙鳅以 C18:2n-6 比例最高,其次是 C20:5n-3 和 C22:5n-3。而在大鳍鲢肌肉中,PUFA 以 C18:2n-6、C22:6n-3、C18:3n-3 和 C20:5n-3 所占比例最大^[7]。此外,PUFA 特别是n-3 HUFA,在促进亲鱼繁殖、提高苗种成活率、促进鱼苗及仔稚鱼生长发育等方面发挥了重要的生理作用^[5]。分析表明,宽体沙鳅和中华沙鳅的鱼卵中 PUFA 分别以 C22:6n-3 和 C20:5n-3 比例最高,显著高于肌肉和肝脏。类似地,香鱼卵巢也含有丰富 C22:6n-3、C20:4n-6 及油酸、亚油酸等高不饱和脂肪酸,以满足卵巢发育对多不饱和脂肪酸的需求^[9]。研究发现,在内源性营养阶段(饥饿),黄颡鱼、真鲷首先利用其他脂肪酸,将 C22:6n-3 优先保存下来,而且比 C22:5n-3 优先保存,说明对于黄颡鱼仔稚鱼来说,C22:6n-3 的作用比 C20:5n-3 更为明显^[5,10]。因此,鱼类在性腺发育时期能存储比肌肉和肝脏中更多的 C22:6n-3 及 C20:5n-3,以满足受精卵孵化后的营养需要。同样地,在中华沙鳅及宽体沙鳅的鱼卵中,C22:6n-3 的比例高于 C20:5n-3。

在宽体沙鳅和中华沙鳅被检组织中 $\Sigma n-6$ PUFA 总比例基本一致,各组织间无显著差异,而鱼卵中 $\Sigma n-3$ PUFA 的总比例显著高于肌肉和肝脏组织,鱼卵中 $\Sigma n-3/\Sigma n-6$ 也显著高于肌肉和肝脏组织,表明宽体沙鳅和中华沙鳅能优先吸收和存储 $\Sigma n-3$ PUFA,满足卵巢发育及仔稚鱼的需要。研究证实,淡水鱼类可以通过饵料获取长链脂肪酸的前体,合成 20 个碳以上的 n-3 系列 HUFA,优先储存在卵巢或精巢,以便发挥其特殊生理功能^[10]。因此,在宽体沙鳅及中华沙鳅性腺发育期间,相对于 n-6 系列不饱和脂肪酸,卵巢发育和仔稚鱼生长需要的 n-3 系列不饱和脂肪酸含量更高。类似地,

(上接第 287 页)

畏对生物和人是安全的。笔者还研究发现可用甘薯淀粉废水进行大规模发酵获取类球红细菌^[12]。

综上所述,类球红细菌为敌敌畏的高效降解菌株,可用于草莓中敌敌畏的残留降解,能有效缩短敌敌畏在草莓中的安全间隔期,类球红细菌在理论和实践上都具备开发为新型果蔬敌敌畏降解菌的潜能,值得进一步研究。

参考文献:

- [1] 虞铁俊,施 德. 农药应用大全[M]. 北京:中国农业出版社,2008.
- [2] 赵 凯,于 影,白志辉,等. 1 株类球红细菌及其降解敌敌畏的特性[J]. 环境科学,2009,30(4):1199-1204.
- [3] Fang Z, Wen H, Ruan M, et al. Application of solid-phase microextraction for the determination of organophosphorus pesticides in textiles by gas chromatography with mass spectrometry[J]. Analytica Chimica Acta, 2009, 656: 56-62.
- [4] 王永杰,李顺鹏,沈 标,等. 有机磷农药广谱活性降解菌的分离及其生理特性研究[J]. 南京农业大学学报,1999,22(2):42-45.

在生殖季节的瓦氏黄颡鱼卵巢、肝胰脏和肌肉中的 $\Sigma n-3/\Sigma n-6$ 值均超过 1.9,而卵巢最高,达到 4.62^[5]。因此,在人工培育宽体沙鳅及中华沙鳅亲鱼过程中,应投喂 C20:4n-6、C20:5n-3、C22:6n-3 含量较高的饲料,以促进雌鱼卵巢发育。

参考文献:

- [1] 李 强,姚明予,周 波,等. 中华沙鳅人工繁殖技术初探[J]. 淡水渔业,2011,41(5):92-95.
- [2] 杨明生,丁 夏. 中华沙鳅的繁殖生物学研究[J]. 水生生态学杂志,2010,3(2):38-41.
- [3] Black K D, Pickering A D. Biology of farmed fish[M]. Sheffield, England: Sheffield Academic Press Ltd., 1998: 114-145.
- [4] Watanabe T, Takeuchi T, Saito M, et al. Effect of low protein-high calory or essential fatty acid deficiency diet on reproduction of rainbow trout[J]. Nippon Suisan Gakkaishi, 1984, 50(7): 1207-1215.
- [5] 卢素芳,赵 娜,刘华斌,等. 黄颡鱼早期发育阶段受精卵和鱼体脂肪酸组成变化[J]. 水产学报,2008,32(5):711-716.
- [6] Bell J G, Farndale B M, Bruce M P, et al. Effects of broodstock dietary lipid on fatty acid compositions of eggs from sea bass (*Dicentrarchus labrax*) [J]. Aquaculture, 1997, 149(1/2): 107-119.
- [7] 安 苗,姚俊杰,李 川,等. 大鳍鲢产卵前后肌肉脂肪酸组成变化的研究[J]. 水产科学,2010,29(2):95-98.
- [8] 姚 婷. 海水鱼与淡水鱼 omega-3 多不饱和脂肪酸含量的比较研究[J]. 现代食品科技,2005,21(3):26-29.
- [9] Jeong B Y, Jeong W G, Moon S K, et al. Preferential accumulation of fatty acids in the testis and ovary of cultured and wild sweet smelt *Plecoglossus altivelis* [J]. Comp Biochem Physiol B Biochem Mol Biol, 2002, 131(2): 251-259.
- [10] Takeuchi T, Tovota M, Satoh S, et al. Requirement of juvenile red sea bream *Pagrus major* for eicosapentaenoic and docosahexaenoic acids[J]. Nippon Suisan Gakkaishi, 1990, 56: 1263-1269.
- [5] 王永杰,李顺鹏,沈 标. 有机磷农药乐果降解菌的分离及其活性研究[J]. 南京农业大学学报,2001,24(2):71-74.
- [6] 付文祥,郭立正. 敌敌畏降解真菌的分离及其特性研究[J]. 环境科学技术,2006,29(4):32-34.
- [7] Zhang X H, Zhang G S, Zhang Z H, et al. Isolation and characterization of a dichlorvos-degrading strain DDV-1 of *Ochrobactrum* sp. [J]. Pedosphere, 2006, 16(1): 64-71.
- [8] 蔡颖慧,张惠文,苏振成,等. 敌敌畏降解菌的分离鉴定及降解特性研究[J]. 生物技术,2009,19(2):59-62.
- [9] Wright A S, Hutson D H, Woode M F. The chemical and biochemical reactivity of dichlorvos[J]. Archives of Toxicology, 1978, 42(1): 1-18.
- [10] 韩庆莉,白志辉,庄国强,等. 敌敌畏对鲫鱼的急性毒性及类球红细菌的解毒作用[J]. 生态毒理学报,2009,4(6):847-853.
- [11] 韩庆莉,赵志瑞,白志辉,等. 类球红细菌对敌敌畏暴露中斑马鱼的保护作用[J]. 应用与环境生物学报,2010,16(3):358-362.
- [12] 韩庆莉,周永双,白志辉,等. 甘薯淀粉废水培养类球红细菌条件优化[J]. 安徽农学通报,2012,18(13):35-38.