

四种鲤科鱼类越冬时脂肪酸组成的变化

童圣英

(大连水产学院养殖系, 116023)

摘 要 报道吉林朝阳水库的鲢、鳙、镜鲤及丰鲤的肌肉总脂的脂肪酸组成在越冬期间的变化,其基本分布不受饥饿的影响,但可观察到饱和脂肪酸总量略有减少;饱和脂肪酸与不饱和脂肪酸的比值呈规律性下降,这是对长期低温环境的反应。丰鲤的单烯酸含量增加,22:6n-3 含量减少较明显,和其它三种鱼不同,将导致生理、生化组成的变化,影响越冬能力。

关键词 鲢,鳙,镜鲤,杂交鲤,越冬,脂肪酸

鲢(*Hypophthalmichthys molitrix*)、鳙(*Aristichthys nobilis*)、镜鲤(*Cyprinus carpio*)及杂交鲤(丰鲤)等是我国池塘、水库养殖的主要淡水鱼,一般当年均不能达到商品规格。在北方,冬天自 10 月末至翌年四月初,长达五个多月。这些鱼接受长期低温的考验,在冰下生活,基本上处于饥饿状态,依靠体内贮存的脂肪及肌肉蛋白质等的消耗来维持生命。因此,每年鱼种越冬时损失是很严重的(雷衍之 1995)。在低温下,要保持生物膜的柔软性及通透性,研究鱼的脂肪酸组成有其特殊的意义,因此,普遍引起国内外学者的关注,Богдан[1984]、Takeuchi 等[1987]、Автореферат[1991]都就此做了研究,而国内尚未见有关这方面的报导。本文测定了鲢、鳙、镜鲤及丰鲤的肌肉脂质的脂肪酸组成在越冬前、中、后的变化。为研究这些鱼在越冬期间的脂肪酸代谢状况及能否影响其越冬能力提供科学的依据。

1 材料和方法

1.1 样品采集

试验鱼取自吉林省朝阳水库,于 1990 年 10 月下旬移入放置在近水库底部的网箱(1 米 × 1 米)内,每个网箱喂养 50 尾试验鱼,水温自 6℃ 逐渐降至 0.5~4℃,前期降低,后期回升。

每种鱼于越冬前(1990-10-25)、越冬中(1991-01-25)及越冬末(1991-04-02)随机自网箱内取样 3 尾,测体重、体长,立即冷冻后自吉林运至大连,并在 -24℃ 以下冷冻保存。供测定鱼体肌肉的脂肪酸用。

1.2 脂肪酸的测定

试验鱼解冻后,用纱布擦干表面,剖去鳞及皮,取鱼体侧线以上的背肌,三条鱼按等量比例混匀,用组织捣碎机匀浆,按肌肉的 0.05% 加入 BHT(2,6 二叔丁基对甲酚)甲醇溶液。取一定量混匀后的肌肉样品,依改进的 Folch[Christie 1982]法萃取脂质。在 50℃ 下用旋转蒸发器蒸干

收稿日期:1996-01-29

(1)雷衍之. 1995. 我国北方鱼类越冬死亡原因及提高成活率的研究(综合报告). 我国北方鱼类越冬死亡原因及提高成活率的科研论文集. 1-9.

溶剂,所得脂质用 0.5M KOH 甲醇于 70℃ 回流皂化 1 小时,再用 Metcalfe[1966]的 BF_3 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 N_2 浓缩至 1mL,供色谱分析用。

脂肪酸甲酯的色谱分离采用交联 PEG—20M 的玻璃毛细管柱(由中国科学院化学物理研究所一室提供),柱长 38 m,内径 0.025 mm。色谱分析用日本岛津公司生产的 GC—9A 型气相色谱仪,配有 C—R3A 色谱数据微处理机。色谱条件:检测器为氢火焰离子化检测器(FID); H_2 流量 60 mL/min,空气流量 600 mL/min。以 N_2 为载气,线速为 10 m/min。柱温由 160℃ 以 1.5℃/min 程序升温至 240℃,进样口温度为 270℃。色谱峰的定性采用部分脂肪酸甲酯标准样(由 Sigma chemical company 和上海试剂厂生产)与 Ackman[1987]的当量链长值相结合的方式进行。脂肪酸的百分含量用面积归一化的方法给出。图 1 为鲢的脂肪酸的色谱图。

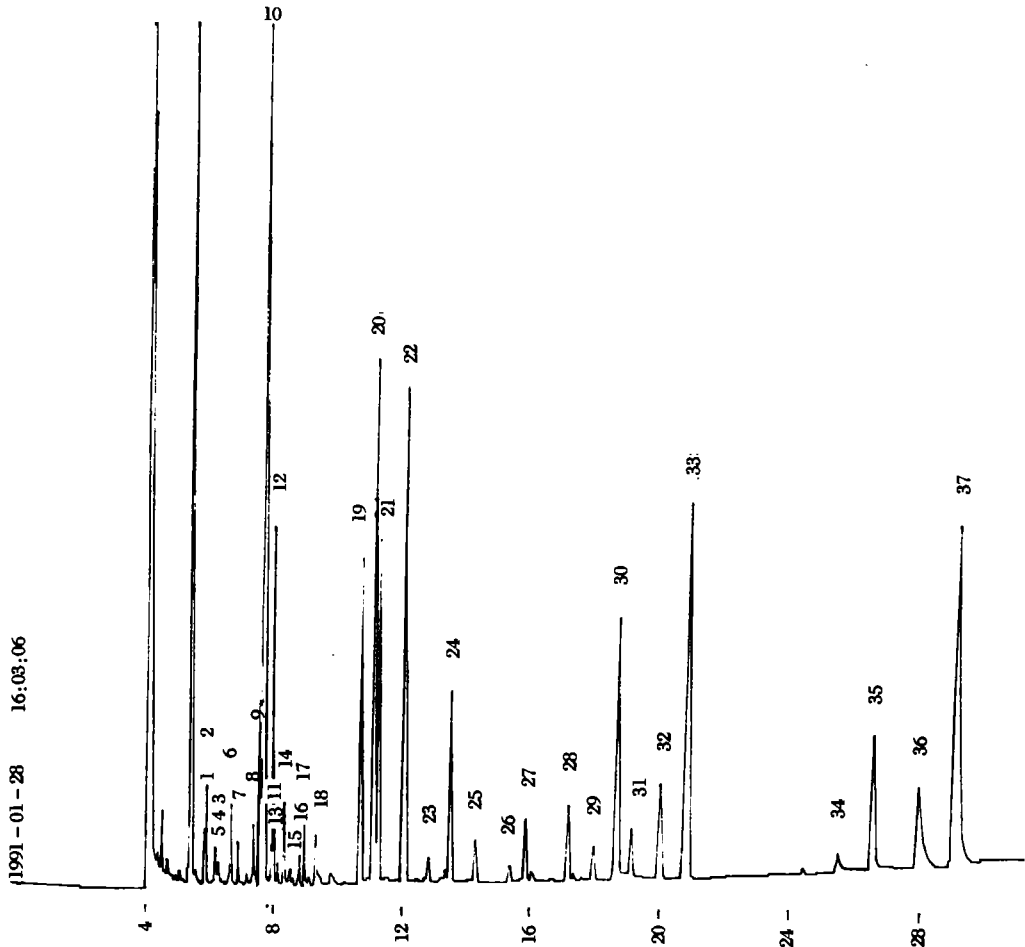


图 1 鲢的脂肪酸色谱图

Fig. 1 Gas-liquid chromatogram of methyl esters of fatty acids in muscle total lipids of silver carp

主要色谱峰名称: 9+10.16:0;12.16:1n-7;19.18:0;20+21.18:1n-7,9;22.18:2n-6;23.18:3n-6;24.18:3n-3;25.18:4n-3;27.20:1n-9;28.20:2n-6(20:3n-9);29.20:3n-6;30.20:4n-6;31.20:3n-3;32.20:4n-3;33.20:5n-3;35.22:5n-6;36.22:5n-3;37.22:6n-3

2 结果

每组试验鱼的体重、体长列于表1,表2为肌肉总脂的脂肪酸组成,表中分别计算了饱和脂肪酸总量(Σ 饱和)、单烯酸总量(Σ 单烯)、多烯酸总量(Σ 多烯)、n-3系列和n-6系列的脂肪酸总量(Σ n-3、 Σ n-6)以及饱和脂肪酸与不饱和脂肪酸之比(Σ 饱和/ Σ 不饱和)。

表1 试验鱼的体重、体长

Table 1 The body weight and length of sample fishes

取样时间	鳊		鲢		镜鲤		丰鲤	
	体重(g)	体长(cm)	体重(g)	体长(cm)	体重(g)	体长(cm)	体重(g)	体长(cm)
1990-10-25	30.7±2.4	154±2	62.3±2.2	154±2	110.4±3.0	158±8	174.2±28	187±2
1991-01-25	91.6±4.4	155±1	63.9±5.6	155±1	104.4±10.5	166±3	188.0±16.2	195±4
191-04-02	86.7±8.7	151±6	57.7±8.7	151±6	97.3±12.2	153±8	216.4±12.3	189±7

表2 越冬鱼的肌肉总脂的脂肪酸组成比较

Table 2 Comparison of fatty acid composition of the muscle total lipids in carp during winter

脂肪酸名称	鳊 取样日期			鲢 取样日期			镜鲤 取样日期			丰鲤 取样日期		
	1990-10-25	1991-01-25	1991-04-05	1990-10-25	1991-01-25	1991-04-05	1990-10-25	1991-01-25	1991-04-05	1990-10-25	1991-01-25	1991-04-05
14:0	1.2	0.9	0.9	1.3	0.7	0.7	1.7	1.8	1.7	1.7	1.8	2.0
15:0	0.5	0.6	0.4	0.5	0.5	0.4	0.3	0.3	0.3	0.2	0.3	0.2
16:0	16.5	14.2	14.6	18.4	16.9	16.3	20.7	17.6	17.5	21.0	19.0	18.8
16:1n-7	3.6	3.0	4.2	3.5	3.4	3.5	7.0	6.9	6.8	5.0	6.0	6.2
17:0	1.6	1.4	1.5	1.6	1.5	1.3	0.3	0.2	0.3	0.3	0.3	0.2
17:1n-7	0.6	0.4	0.4	0.5	0.4	0.3	0.7	0.6	0.8	0.5	0.7	0.5
18:0	6.2	6.0	5.8	5.6	5.4	5.4	3.8	4.0	4.1	5.0	4.3	4.4
18:1n-7,9	16.5	14.8	16.0	14.6	14.0	13.7	29.6	33.7	33.2	27.5	33.7	35.6
18:2n-6	11.0	17.0	12.3	8.1	9.3	9.4	16.3	17.9	17.4	13.7	16.2	16.9
18:3n-3	3.1	2.6	2.1	4.1	3.3	3.1	1.6	1.8	1.8	1.4	1.6	1.8
18:4n-3	0.5	Tr*	0.2	0.8	0.7	0.9						
20:1n-9	0.8	1.1	1.4	0.8	1.1	1.1	1.8	1.7	1.7	1.3	1.7	1.6
20:2n-6(20:3n-9)	1.0	2.4	1.6	1.0	1.6	1.5	0.4	0.5	0.4	0.3	0.4	0.4
20:3n-6	0.8	1.0	1.3	0.6	0.7	0.7	0.7	0.7	0.6	0.7	0.6	0.4
20:4n-6	4.8	6.4	6.2	4.1	5.8	4.9	1.2	1.2	1.0	1.4	1.0	0.8
20:3n-3	0.6	0.8	0.6	0.9	1.1	1.0						
20:4n-3	1.4	1.1	1.0	2.1	2.2	2.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2
20:5n-3	9.5	8.9	8.4	10.3	10.7	11.4	2.8	2.3	2.8	3.6	2.6	2.4
22:5n-6	2.8	3.1	2.2	3.0	3.6	3.3				0.3	Tr	Tr
22:5n-3	2.6	2.6	2.8	2.9	3.2	2.7	0.9	0.8	0.9	1.2	1.0	0.8
22:6n-3	14.5	11.2	14.1	14.6	14.0	15.9	9.0	6.5	6.9	12.2	8.5	5.6
Σ 饱和	26.1	23.0	23.2	27.4	25.1	24.1	26.8	23.8	23.9	28.3	25.6	25.5
Σ 单烯	21.5	19.4	21.9	19.4	18.9	18.6	39.2	42.9	42.5	34.2	42.2	43.8
Σ n-6	20.2	29.8	23.6	16.8	20.9	19.8	18.6	20.3	19.4	16.4	18.2	18.5
Σ n-3	32.2	27.2	29.3	35.6	35.2	37.2	14.6	11.8	12.8	18.6	14.0	10.9
Σ 多烯	52.5	57.0	53.0	52.4	56.2	57.0	33.2	32.0	32.2	35.0	32.2	29.4
Σ 饱和/ Σ 不饱和	0.35	0.30	0.31	0.38	0.33	0.32	0.37	0.32	0.32	0.41	0.34	0.35

*:Tr 指痕量

2.1 脂肪酸组成的特点

(1)饱和脂肪酸占总量的 23.0%~28.3%,主要为 16:0 可达 14.2%~21.0%,其次为 18:0,四种鱼的结果比较接近,最高为丰鲤。

(2)单烯酸含量在 18.6%~43.8%之间,最主要的单烯酸为 18:1n-7,9,含量在 13.7%~35.6%,各种鱼的差异较大。镜鲤和丰鲤比较接近,鲢、鳙相似,但和前两者相比,仅为其 50%,差别主要因 18:1n-7,9 含量的不同所引起。

(3)鲢、鳙和两种鲤在多烯酸组成上也存在明显差异,鲢、鳙的 Σ 多烯高达 50%以上,而后者只有 30%左右,这种差异主要由 n-3 系列所造成,鲢、鳙的 Σ n-3 的含量可高达 27.2%~37.2%,尤以鲢的含量更高些。镜鲤及丰鲤的 Σ n-3 含量一般在 20%以下,丰鲤最低时仅为 10.9%,在 Σ n-3 系列中最主要的两种高度不饱和脂肪酸为 20:5n-3(EPA)及 20:6n-3(DHA),因其具有的高不饱和度,是鱼在低温保持膜的流动性和渗透性所必不可少的,更引人注目。鲢、鳙中的含量也明显高于两种鲤。

2.2 越冬期间脂肪酸组成的变化

鱼类的脂肪酸组成受产地、年龄、食物、生理状态、季节以及分析取样部位等诸多因素的影响[Kinsella 等 1978],考察脂肪酸组成在越冬期间的变化应尽量排除这些因素的干扰。为此,所采的试验鱼样都是同一批的当年秋片鱼种,其产地、年龄、食物、生理状态等方面都是相同的,因为尚未达到性成熟,所以也不必考虑性别的影响。在此基础上,分别比较它们在越冬时的变化。经历了长达 160 天左右的 0.5~4℃的低温生活,四种鱼的肌肉脂肪酸组成的分布模式并未发现明显的变化,尤其是一月末的第二批样品与四月初的第三批样品之间的变化更小。这与 Takeuchi 等[1987]的试验结果相一致。这些鱼在越冬时,尽管长期处于饥饿状态下,基本上仍要保持其肌肉脂质组成的恒定。

对比三批鱼的试验结果,可观察到:

(1)从图 2 可见四种鱼的饱和脂肪酸总量呈规律性的下降,第一、二批之间的减少较明显,以后则趋于恒定。但丰鲤一直在下降。下降值为总量的 10%以上。主要是 16:0 的减少。

(2) Σ 单烯:丰鲤从 34.2%增加到 43.8%,以 18:1n-7,9 的增加最明显,16:1n-9 也有增加,而其它三种鱼的变化并不明显(图 3)。

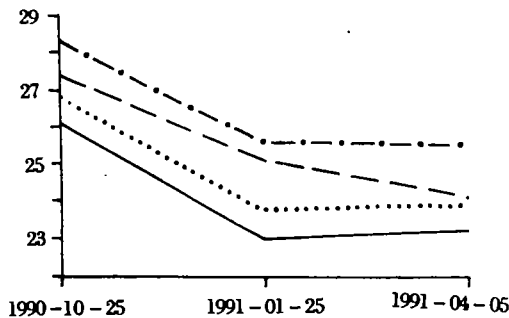


图 2 越冬时 Σ 饱和的变化
Fig.2 Changes of Σ sat in wintering

—: 鲢; - - -: 鳙; ·····: 镜鲤; - · - ·: 丰鲤

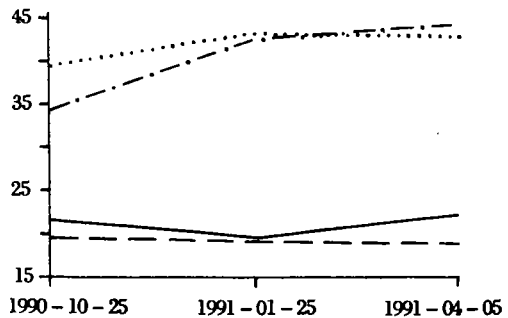


图 3 越冬时 Σ 单烯的变化
Fig.3 Changes of Σ monoethylenic in wintering

—: 鲢; - - -: 鳙; ·····: 镜鲤; - · - ·: 丰鲤

(3)多烯酸含量的变化(表 2 和图 4)丰鲤与其它三种鱼比较也有区别,20:5n-3 和 22:6n-3 均减少,而尤以 22:6n-3 的减少最为显著,从 12.2%降至 5.6%下降了 54%,导致 $\sum n-3$ 和 \sum 多烯均减少。而鲢中则有相反的变化,越冬时上述多烯酸组分的量均有不同程度的增加。鳙的多烯酸含量在越冬中虽有波动,但前后变化并不大。

Cossins[1977]曾指出,膜脂的流动性取决于 \sum 饱和脂肪酸/ \sum 不饱和脂肪酸的比值,比值低表示膜的流动性好,因此,随着温度降低,比值也降低,从图 5 可见试验鱼的比值变化呈明显的规律,第二批鱼的结果低于越冬前,第二、三批之间的变化却不大,这正好说明了环境温度的变化在鱼的脂肪酸代谢上的反映。因为, \sum 饱和/ \sum 不饱和的比值反映了产生这些脂肪酸的酶系统(脂肪酸的合成和各种碳链去饱和与延长作用酶)的平衡。降低比值,可以简单的由减少合成饱和脂肪酸酶的活性来达到(即降低饱和脂肪酸的值),这在我们所观察的四种鱼中是共同的。同时,也迫使其提高碳链延长与去饱和作用的酶的活性,在增加不饱和脂肪酸的值上,四种鱼存在着差别。鲢、鳙主要是增加多烯酸的含量,但二种鲤却是增加单烯酸的含量。更有甚者,在丰鲤中,由于 \sum 多烯含量的降低(主要是 DHA 与 EPA 的减少),完全以单烯酸含量的增加来满足。降低脂肪酸熔点提高膜脂流动性主要依靠长链不饱和脂肪酸,单烯酸的作用远不及多烯酸。丰鲤的 \sum 饱和/ \sum 不饱和在越冬时降低的数值虽和鲢、鳙接近,但质上却相去甚远。按照 Farkas[1980]的观点,鱼的脂肪酸代谢对环境温度的变化极为敏感,健康鱼是以两种酶系统的共同策应来对付温度变化的,接收了足够的必需脂肪酸(EFA)的鲤在水温降低时会同时引起 16:0 的减少和 22:6n-3 的增加,EFA 缺乏的鲤却缺乏增加长链不饱和脂肪酸比例的能力。这种说法也为 Автореферат[1991]所提出的报告所证实,古比雪夫“苏坎”渔场的当年鲤,由于缺乏 18:3n-3,在越冬时,高度不饱和脂肪酸的值与正常值呈相反的变化,而数量减少。

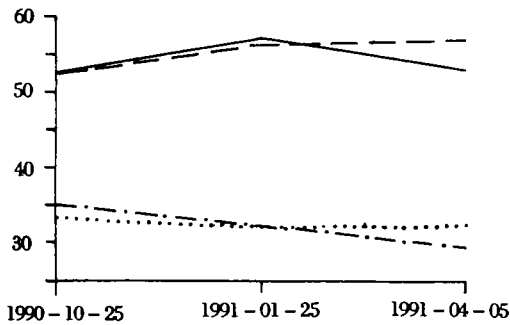


图 4 越冬时 \sum 多烯的变化

Fig.4 Changes of \sum polyunsaturated in wintering

——: 鲢; - - - - : 鳙;
: 镜鲤; - · - · : 丰鲤

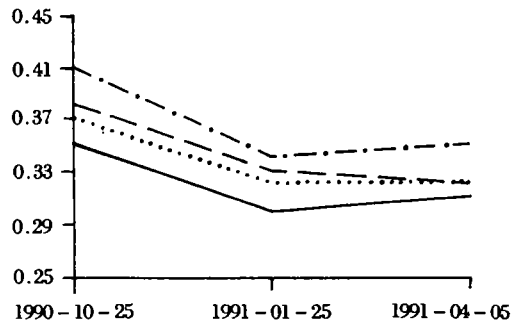


图 5 越冬时 \sum 饱和/ \sum 不饱和的变化

Fig.5 Changes of \sum sat / \sum unsat in wintering

——: 鲢; - - - - : 鳙;
: 镜鲤; - · - · : 丰鲤

Watanabe 等[1975]确定鲤的必需脂肪酸为 18:2n-6 和 18:3n-3,在 22 周的实验中,饲以无脂肪的饲料也能正常生长,证明鲤对 EFA 的需求比虹鳟低得多。但 Lovell[1989]指出鱼的脂肪酸需求取决于温度,低温下生活的鱼类如鲑鱼需要 n-3 系列的脂肪酸,因为 $\omega-3$ 结构可以允许的双键数目多,这是鱼在低温下磷脂膜保持柔软性和渗透性所必不可少的。据此,作者

认为,丰鲤等虽属温水鱼类,在一般情况下对 $n-3$ 系列的脂肪酸需求并不高,但对于我国北方需长期在低温下生活的鱼类来说却有其特殊性。我们所测定的丰鲤本身的 $\Sigma n-3$ 及 $22:6n-3$ 的含量都大大低于鲢、鳙,越冬时,低温下的脂肪酸代谢并未观察到有使这些组份增加的趋势,相反却有所下降。其结果必将导致鱼的生化组成和生理指标的变化。Castell[1972]所描述的虹鳟因 EFA 缺乏而引起的肌肉水分增大、肝脏的脂肪降解、细菌感染的敏感性增加、线粒体膜的通透性增大、红细胞的血红蛋白减少、无力以致出现休克等一系列症状,在丰鲤中也有不同程度的反映。姜淑梅等(1994)测定丰鲤的肌肉水分从越冬前的 76.52% 增大到越冬末的 82.2%,而鲢、鳙、草鱼等变化却很小,桂远明等[1994]对鱼血液指标的测定,桂远明等(1994)低温对鲢、鳙、鲤抗病力的影响,都从不同侧面反映了丰鲤表现的这些症状类似于虹鳟的 EFA 缺乏症。因此,在越冬时一遇环境条件较差就会出现大量死亡。

通过调查,也反映了我国南方繁育的杂交鲤的脂肪酸组成在耐寒性能上是不大适合于北方越冬的,这一方面需要从遗传基因上予以改进,而另一方面如何从营养及饲料的角度予以调控也是十分必要的。在越冬前的鲤鱼配合饲料中加大 $n-3$ 系列的脂肪酸含量,特别是 EPA 与 DHA 的含量,使鱼体内的长链不饱和脂肪酸的积累在越冬前增大,这对越冬是比较有利的。

本研究系农业部重点科研课题(编号为渔-10-02-03)“北方越冬鱼类死亡原因及提高成活率的研究”资助项目。本文承何志辉教授悉心指导、审阅、谨表谢忱。

参 考 文 献

- 桂远明等.1994.几种养殖鱼类越冬生理生化指标的变化 I,血液指标及代谢率.大连水产学院学报,9(1):15~27.
- Ackman R G.1987. Simplification of analyses of fatty acids in fish lipids and related lipid samples. Acta Med Scand,222:99~103.
- Castell J D, et al.1972. Essential fatty acids in the diet of vainbow trout(*Salmo gairdnerii*). J Nutr,102:87~92.
- Christie W W.1982. Lipid Analysis. Oxford: Pergamon Press. P22.
- Cossins A R.1977. Adaptation of biological membranes to temperature. The effect of temperature acclimation of goldfish upon the viscosity of synaptosomal membranes. Biochim biophys Acta,470:395~411.
- Farkas T, et al.1980. Metabolism of fatty acids in fish III combined effect of environmental temperature and diet on formation and deposition of fatty acids in the carp, *Cyprinus carpio* linnaeus 1758. Aquaculture,20:29~40.
- Kinsella J E, Shimp J L, Mai J.1978. The proximate and lipid composition of severral species of freshwater fishes. New York's Food and life sciences bulletin,69:1~18.
- Lovell T.1989. Nutrition and feeding of fish. 61~62.
- Metcalf L D, et al. 1966. Rapid preparation of fatty acids esters from lipids for gas chromatographic analysis. Analytical chemistry,38:514~515.
- Takeuchi T, et al.1987. Changes in proximate and fatty acid compositions of carp fed low protein - high energy diets due to starvation during winter. Nippon suisan Gakkaishi,53(8):1425~1429.
- Watanabe T, et al.1975. Effect of dietary methyl linoleate and linolenate on growth of carp - I. Bull Jap Soc Sci fish,41(2):257~262.
- Богдан В В.1984. Физиология основных объектов рыбководства Москва. 81~86.
- Автореферат. 1991. Жирнокислотный состав липидов зимующих сеголеток карпа *cyprinus carpio*. Р - ж Бюлл ОАС нхтикул, (7):37.

(2)姜淑梅等.1994.几种养殖鱼类越冬生理、生化指标的变化 IV—脂肪、蛋白质和水分.“北方越冬鱼类死亡原因及提高成活率的研究”科研论文集.103~108.

(3)桂远明等.1994.温度对鲢、鳙、鲤抗病力的影响.“北方越冬鱼类死亡原因及提高成活率的研究”科研论文集.119~124.

CHANGES OF FATTY ACID COMPOSITION IN CARP DURING WINTER

TONG Sheng-Ying

(*Department of Aquaculture, Dalian Fisheries College, 116023*)

ABSTRACT This paper reports the changes of fatty acid composition of silver carp, bighead carp, mirror carp and hybrid carp cultured in cages in Chao Yang reservoir of Jilin Province during winter. The fatty acids composition of total lipids of muscle in four kinds of fishes was not affected owing to starvation. But the content of saturated fatty acids and the ratio of saturated to unsaturated fatty acids reduced in low temperature. The monoethylenic acids increased and docosahexenoic acid (DHA) decreased significantly in hybrid carp. The changes may affect over-winter capability of carp.

KEYWORDS *Hypophthalmichthys molitrix, Aristichthys nobilis, Cyprinus carpio, Hybrid carp, Over-winter, Fatty acid*

欢迎订阅 1998 年《河北渔业》

《河北渔业》是水产学科的技术性期刊,其特点是倡导增殖性渔业。刊内设有《渔业策论》、《科学研究》、《技术开发》、《科技小品》、《专题讲座》、《专访》、《渔船检验》、《渔政管理》、《渔业经济》、《供销市场》、《渔业史》、《丰泽园》、《信息苑》等 13 个栏目。其宗旨是:立足河北,面向全国,诸凡水产科技、渔业经济、八方信息,莫不兼收并蓄,全方位地为水产业服务。

本刊在国内外公开发行。国内统一刊号:CN 13-1145;国际刊号:ISSN 1004-6755。自 90 年代以来,本刊于 1991 年当选为全国水产、渔业类核心期刊,名列第 15 位,1994 年再次当选,名次上升到第 10 位;1992 年和 1996 年连获河北省优秀科技期刊奖;1992 年荣获全国水产系统优秀期刊二等奖。

《河北渔业》为双月刊,16 开本 52 页,每期定价 2 元,全年收费 12 元。凡订阅者,请通过邮局将订费汇寄秦皇岛市东山《河北渔业》编辑部(邮政编码:066002);如通过银行汇款,开户银行:秦皇岛市农行河北大街办事处,帐号:40881000333,联系电话:0335-3031541 或 0335-3043027。