

瓶鼻海豚肌肉组织营养组成特征分析

郝淑贤 李来好* 杨贤庆 岑剑伟 石红 戚勃 陈胜军

(中国水产科学研究院南海水产研究所 广州 510300)

摘要:分析了2只瓶鼻海豚(*Tursiops truncatus*)肌肉组织的营养组成。分析部位包括胸腔内肌肉、背肌、腹肌和尾肌四个部分。分析结果表明,2只海豚腹肌和尾肌粗脂肪含量较其他部位高,蛋白质及灰分在肌肉组织中的分布规律不明显。海豚不同部位氨基酸组成具有极高的一致性,含量最高的氨基酸均为谷氨酸,最低的是胱氨酸,胸腔内肌肉和背肌中必需氨基酸含量较高,但不同部位必需氨基酸占总氨基酸的比例基本相当。海豚肌肉组织均存在棕榈酸(16:0)、棕榈油酸(16:1)、硬脂酸(18:0)、油酸(18:1)、EPA(20:5 -3)及DHA(22:6 -3)等脂肪酸,这些脂肪酸是动物及鱼油中典型的脂肪酸。饱和脂肪酸(SFA)的总量与单不饱和脂肪酸(MUFA)的总量相近且大于多不饱和脂肪酸(PUFA)的总量。不饱和脂肪酸中-3/-6的比值与其他海洋生物相比(通常高于4,有的高达50)明显偏低。海豚肌肉组织中富含Ca、Fe及Zn、Cu、Mn、Se等微量元素。

关键词: 瓶鼻海豚;营养组成;氨基酸;脂肪酸;微量元素

中图分类号: Q955 **文献标识码:** A **文章编号:** 0250-3263(2008)01-140-07

Character of the Nutritional Composition in Muscle of Bottlenose Dolphin

HAO Shu-Xian LI Lai-Hao* YANG Xian-Qing CEN Jian-Wei

SHI Hong QI Bo CHEN Sheng-Jun

(South China Sea Fishery Research Institute, China Academy of Fishery Science, Guangzhou 510300, China)

Abstract: The nutritional composition in muscle of two Bottlenose Dolphins (*Tursiops truncatus*) was determined. Samples were taken from thorax, back, belly and tail. The results showed that the difference of crude nutritional composition was very little except for the content of lipids, which was higher in belly and tail than in other place. Content of essential amino acids was much higher in back and thorax than in other position, but ratio of E/T is surprisingly similar. Glu was highest and Cys was lowest among 18 amino acids. There has not significant difference for fatty acids composition in different samples. Typical fatty acids were found in the major part of both specimens, such as palmitic (16:0), palm oleic acid (16:1), stearic (18:0), oleic (18:1), EPA (20:5 -3) and DHA (22:6 -3). SAF was very close to MUFA in amount, and higher than PUFA. The ratio of polyenes -3/-6 was normally lower than other marine organisms. Muscle of dolphins was rich in Ca, Fe and trace metals such as Zn, Cu, Mn, Se.

Key words: Bottlenose Dolphin; Nutritional composition; Amino acid; Fatty acid; Trace metal

基金项目 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金项目(No. 2007ZD04);

*通讯作者, E-mail: laihaoli@163.com;

第一作者介绍 郝淑贤,女,助理研究员,研究方向:水产品加工和质量安全; E-mail: susanhao2001@163.com.

收稿日期: 2007-06-19, 修回日期: 2007-11-16

海豚是海洋哺乳动物中种类最多的一个科,是一种世界性分布的鲸类,具有齿鲸类典型的形态学性状。目前全球范围内大量存在的海豚种类有真海豚(*Delphinus delphis*)、瓶鼻海豚(*Tursiops truncatus*)、灰海豚(*Grampus griseus*)及斑纹海豚(*Stenella coeruleoalba*)等^[1,2]。其中瓶鼻海豚在世界范围内分布很广,在中国的黄海、渤海、东海和南海水域均有分布。近年来由于渔船捕捞、海上工程以及水质污染等原因,对海豚的生存构成了严重的威胁,加之自身的生理弱点,已成为一类濒危的海洋生物^[3]。目前,国内外学者对各类海豚种属的分布、分类、形态解剖、生活习性 & 病害特征等进行了大量的研究^[4,5],但对瓶鼻海豚营养学特征方面的研究尚未见有关报道。本研究主要对瓶鼻海豚不同部位肌肉营养组成状况进行分析,以期为全面了解瓶鼻海豚提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 材料 2只雄性成年瓶鼻海豚体长分别为174 cm和168 cm,样品于2004年5月采自于我国珠江口外海,因当地渔民捕鱼误伤致死,样品于低温冻藏数月后进行解剖采样,肌肉组织完整,从4个部位取样,分别为胸腔内肌肉、背肌、腹肌和尾肌。

1.2 实验方法

1.2.1 水分测定 取样品1~2 g置于托盘中,用全自动卤素水分测定仪(HG63,瑞士)测定水分含量。

1.2.2 粗蛋白测定 运用凯氏定氮法^[6],将样品用硫酸消化后直接蒸馏,用硼酸溶液吸收,用盐酸标准液滴定。

1.2.3 脂肪测定 运用索氏抽提法^[6],将样品于100~105℃烘干后移入索氏抽提器中,用乙醚于70℃抽提3~6 h,抽提瓶于100~105℃烘干。

1.2.4 灰分测定 将样品置于干燥的坩埚内,在电炉上烧至无烟后,移入550~600℃高温炉中灰化至白灰为止。

1.2.5 氨基酸测定 参考文献^[7,8]将肌肉样品

于110℃下盐酸(1:1)水解24 h,用氨基酸自动分析仪(825-50,Hitachi)测定其中17种氨基酸含量。因色氨酸会被盐酸水解所破坏,故测定色氨酸含量时采用5 mol/L的NaOH溶液水解。

1.2.6 脂肪酸测定 按1.2.3中的方法提取肌肉中脂肪,在三氯化硼存在下,进行甘油脂的皂化和游离脂肪酸的酯化,然后进气相色谱仪(SP6890GC-5973MS,Agilent),用面积归一化法测脂肪酸相对含量。

1.2.7 矿物质元素测定 将肌肉样品用硝酸和高氯酸消解后,采用等离子发射光谱(ICP-AES,SPECTRO 德国)测定Ca、Fe含量,用等离子体质谱(ICP-MS7500A,Agilent)测定Zn、Cu、Mn、Se含量。

1.3 数据的统计检验 用SAS软件的Bonferroni-test统计方法对海豚肌肉组织营养组成状况作多重比较检验分析。

2 结果与讨论

2.1 肌肉中粗营养成分 分别按上述方法测定海豚肌肉组织的蛋白质、脂肪、灰分,结果列于表1。

从表1可见,瓶鼻海豚肌肉组织中蛋白质含量较高,粗蛋白质含量在25.09%~26.45%之间,占干重含量80%以上,但各部位蛋白质含量差异不明显($P > 0.05$)。腹肌和尾肌脂肪含量分别为3.05%~4.39%和3.36%~3.73%,明显高于胸腔内肌肉和背肌脂肪含量(2.32%~2.55%和1.76%~2.48%)($P < 0.05$);海豚不同部位及两只海豚样本间肌肉组织的灰分含量基本相当($P > 0.05$),约占干重的3.5%左右。

2.2 肌肉中氨基酸组成及含量 海豚肌肉组织中氨基酸组成及含量的检测结果见表2、图1。总体来讲,瓶鼻海豚肌肉粗蛋白含量与氨基酸总量之间彼此差异不大,蛋白质的氨基酸组成基本一致,均由18种氨基酸组成,且2只海豚不同部位氨基酸组成具有较强的一致性,含量最高的氨基酸均为谷氨酸,最低的氨基酸均为胱氨酸,这一结果与虹鳟(*Salmo gairdneri*)及

鲟鱼 (*Acipenser*) 肌肉氨基酸组成基本类似^[9,10]。明显高于腹肌及尾肌的相应氨基酸含量,但不瓶鼻海豚肌肉组织中必需氨基酸含量较高,胸不同部位的必需氨基酸占总氨基酸的比例基本相当,约为 53.80 % ~ 55.31 %。

表 1 瓶鼻海豚肌肉组织营养组成 (%)

Table 1 The nutrient composition in muscle of Bottlenose Dolphin

样品 Sample	瓶鼻海豚 1 Bottlenose Dolphin 1				瓶鼻海豚 2 Bottlenose Dolphin 2			
	胸腔内肌肉 Muscle in thorax	背肌 Back	腹肌 Abdomen	尾肌 Tail	胸腔内肌肉 Muscle in thorax	背肌 Back	腹肌 Abdomen	尾肌 Tail
蛋白质 Protein	25.82 ±0.09 ab	26.06 ±0.13 ab	25.51 ±0.11 ab	26.13 ±0.04 ab	26.20 ±0.13 ab	25.09 ±0.08 b	26.09 ±0.28 ab	26.45 ±1.02 a
脂肪 Fat	2.32 ±0.34 bc	1.76 ±0.07 c	3.05 ±0.94 abc	3.36 ±0.62 abc	2.55 ±0.20 bc	2.48 ±0.77 bc	4.39 ±0.68 a	3.73 ±0.14 ab
灰分 Ash	1.10 ±0.01 a	1.10 ±0.08 a	1.06 ±0.02 a	1.06 ±0.18 a	1.14 ±0.45 a	1.13 ±0.32 a	1.08 ±0.26 a	1.09 ±0.02 a

表中同行不同字母 (a ,b ,c) 表示样品间差异显著 ($P < 0.05$)。

The different letter (a ,b ,c) in the same column indicates significant difference between means ($P < 0.05$) .

表 2 海豚肌肉组织氨基酸组成 (% 干重)

Table 2 Content of amino acid in muscle of Bottlenose Dolphin (% dry weight)

氨基酸 Amino acid	瓶鼻海豚 1 Bottlenose Dolphin 1				瓶鼻海豚 2 Bottlenose Dolphin 2			
	胸腔内肌肉 Muscle in thorax	背肌 Back	腹肌 Abdomen	尾肌 Tail	胸腔内肌肉 Muscle in thorax	背肌 Back	腹肌 Abdomen	尾肌 Tail
Ile	4.51	4.93	3.90	4.15	4.45	4.23	4.19	3.95
Leu	8.60	8.55	7.04	7.50	7.89	7.70	7.45	7.03
Thr	3.40	3.48	3.04	3.22	3.02	3.23	3.11	2.83
Val	4.99	5.45	4.65	4.58	4.93	4.77	4.66	4.53
Met	2.39	3.09	2.40	2.42	2.60	2.41	2.42	2.34
His	3.21	3.00	2.62	2.66	2.71	2.57	2.51	2.27
Arg	5.58	5.68	5.49	5.18	5.50	5.49	5.18	5.20
Phe	4.16	4.22	3.49	3.67	3.86	3.74	3.61	3.44
Lys	9.51	9.61	8.09	8.40	8.87	8.69	8.31	7.90
Tip	1.57	1.59	1.44	1.29	1.50	1.37	1.39	1.41
必需氨基酸 Essential amino acid	47.93	49.60	42.18	43.05	45.34	44.21	42.82	40.90
Asp	8.26	8.67	7.14	7.52	7.69	7.58	7.45	7.06
Ser	2.30	2.26	2.09	2.26	1.94	2.22	2.13	1.84
Gu	12.41	12.53	10.76	11.23	11.93	11.79	11.14	10.85
Pro	3.02	3.29	3.40	2.95	3.38	3.06	3.00	3.25
Gly	4.21	4.60	4.55	4.04	4.80	4.34	4.31	4.54
Ala	5.50	5.80	5.02	4.99	5.54	5.21	5.12	4.96
Cys	0.60	0.70	0.59	0.65	0.57	0.58	0.57	0.55
Tyr	2.41	2.41	2.06	2.56	2.24	2.39	2.24	2.06
非必需氨基酸 Non-essential amino acid	38.66	40.26	35.62	35.90	38.08	37.17	35.97	35.12
总氨基酸 Total amino acid	86.66	89.85	77.80	78.95	83.42	81.39	78.79	76.02
必需氨基酸/ 总氨基酸 E/T	55.31	55.20	54.22	54.53	54.35	54.32	54.34	53.80

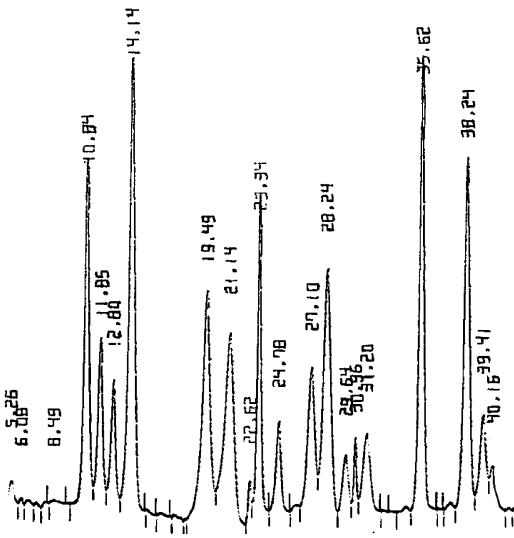


图1 海豚1背肌氨基酸检测图谱

Fig. 1 Amino acids analysis of dolphin

1# back muscle

2.3 海豚肌肉组织中脂肪酸种类及含量分析

瓶鼻海豚肌肉组织中脂肪酸组成状况存在一定差别,有部分脂肪酸未检出(表3、图2)。总体来讲,饱和脂肪酸(SFA)的总量与单不饱和脂肪酸(MUFA)的总量相近,且大于多不饱和脂肪酸(PUFA)的总量。其中饱和脂肪酸中含量

最高的为16:0,其次为18:0,单不饱和脂肪酸中18:1的含量明显高于其他脂肪酸,该结果与Raimon等人^[11]对斑纹海豚(*S. coeruleoalba*)脂肪酸组成的研究结果一致。海豚肌肉组织均存在棕榈酸(16:0)、棕榈油酸(16:1)、硬脂酸(18:0)、油酸(18:1)、EPA(20:5-3)及DHA(22:6-3)等,这些脂肪酸是动物及鱼油中典型的脂肪酸。Ågren^[12]及Rainuzzo^[13]等人认为,海豚脂肪酸组成与陆地哺乳动物类似,需要以-6脂肪酸做前体物质合成机体所需的脂肪酸。由于本研究实验条件有限,无法明确区分多不饱和脂肪酸的具体类型,但根据亚油酸的含量分析可知,海豚各部位不饱和脂肪酸中-3/-6的比值较小,即便除亚油酸外其余多不饱和脂肪酸均为-3型,-3/-6的比值为1.03~4.28,与其他海洋生物相比(通常高于4,有的高达50),该值明显偏低。食物链对海洋哺乳动物的脂肪酸组成具有极为重要的影响^[14],而海豚主要以头足类动物、鱼及甲壳类等富含-3脂肪酸的原料为食,因此研究人员认为海豚拥有特殊的机制来富集-6脂肪酸^[15,16]。

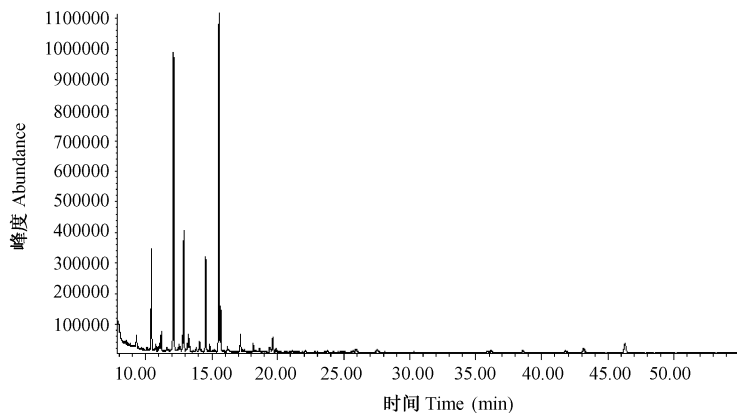


图2 海豚1背肌脂肪酸检测图谱

Fig. 2 Fat acids analysis of dolphin 1# back muscle

2.4 金属元素分析 从表4可以看出,海豚肌肉组织中含有较高含量的Ca,这与Catherine等人^[17]的研究结果存在一定的差异。Catherine等人认为对于海豚来讲Ca是一种非必需元素,这种元素在海豚体内随其年龄的增长进行积累,

积累情况与其饮食息息相关,外海海豚进食鱿鱼(*Loligo*)较多,因此积累的Ca含量较丰富,以此推断这只海豚可能长期生活在珠江外海。Fe在海豚肌肉组织中的含量较丰富,含量处于315.41~468.70 mg/kg之间。Efrat等^[2]认为Fe

含量与海豚的跳水习性有关^[17],Fe 含量越高说明肌红蛋白含量越高,从而使肌肉有更强的结合氧的能力。Zn、Cu、Mn、Se 四种微量元素参与多酶活性中心的构成,对核酸、蛋白质的合成及免疫过程都有直接或间接作用。本次 2 只海豚 Zn、Cu、Mn、Se 的检测结果与 Cardellicchio 等^[19]

对斑纹海豚的检测结果基本一致。Zn 在 2 只海豚尾肌中的含量均比较高,胸腔内肌肉中含量次之,背肌和腹肌中含量最低。虽然 Zn、Cu、Mn、Se 四种元素在海豚体内的含量甚微,但这些元素参与多酶活性中心的构成,对核酸、蛋白质的合成及免疫过程都有直接或间接作用。

表 3 瓶鼻海豚肌肉组织脂肪酸组成 (%)

Table 3 Fatty acids composition in muscle of Bottlenose Dolphins

脂肪酸 Fatty acids	瓶鼻海豚 1 Bottlenose Dolphin 1				瓶鼻海豚 2 Bottlenose Dolphin 2			
	胸腔内肌肉	背肌	腹肌	尾肌	胸腔内肌肉	背肌	腹肌	尾肌
	Muscle in thorax	Back	Abdomen	Tail	Muscle in thorax	Back	Abdomen	Tail
13:0	-	1.09	-	0.13	-	0.62	-	-
14:0	5.81	7.55	6.33	7.09	5.28	7.35	5.60	7.46
15:0	1.86	1.93	1.53	1.27	3.05	2.02	1.68	2.92
16:0	30.03	22.36	23.83	18.31	24.58	32.43	30.02	26.12
17:0	0.81	1.54	0.61	1.39	1.26	2.22	1.46	1.45
18:0	8.40	8.04	7.06	7.08	8.74	12.21	10.42	9.22
20:0	1.37	0.78	0.63	0.48	0.47	0.72	0.85	0.53
21:0	2.44	-	-	-	-	-	2.12	-
饱和脂肪酸 Saturates	50.72	43.29	39.99	35.75	43.38	57.57	52.15	47.70
14:1	-	0.94	-	2.02	1.14	-	0.99	1.54
16:1	10.38	11.37	18.10	16.51	11.80	7.92	9.12	11.27
17:1	0.39	1.67	1.39	2.27	1.29	-	1.41	1.70
18:1	29.95	33.26	29.97	32.36	31.84	28.17	27.57	26.86
20:1	-	2.17	-	0.56	1.22	0.99	1.21	1.13
单不饱和脂肪酸 Monoenes	40.72	49.41	49.46	53.72	48.45	37.08	40.30	42.50
16:2	0.51	0.11	0.32	0.22	0.15	-	0.24	-
18:2	3.16	1.60	2.00	2.15	3.67	2.64	3.05	2.06
20:2	0.51	0.26	0.42	-	0.22	-	-	0.21
18:3	1.25	1.35	1.43	2.45	1.02	-	-	0.58
20:3	-	-	1.32	0.51	0.21	-	1.32	0.89
22:3	-	-	0.13	0.31	-	-	-	-
20:4	0.97	-	-	0.92	-	-	-	-
22:4	-	0.45	1.54	0.39	0.19	-	-	0.46
20:5 EPA	0.64	-	0.49	0.32	0.45	0.63	0.75	0.47
22:5	-	1.17	0.49	0.88	0.46	-	-	1.36
22:6 DHA	1.52	2.36	2.41	2.38	1.80	2.08	2.19	3.77
多不饱和脂肪酸 Polyunsaturates	8.56	7.30	10.55	0.53	8.17	5.35	7.55	9.80

“ - ”表示该组分未检出。“ - ”Means not detected.

表 4 瓶鼻海豚肌肉组织金属含量

Table 4 Content of metals in muscle of Bottlenose Dolphin (mg/kg dry weight)

金属元素 Metals	瓶鼻海豚 1 Bottlenose Dolphin 1				瓶鼻海豚 2 Bottlenose Dolphin 2			
	胸腔内肌肉 Muscle in thorax	背肌 Back	腹肌 Abdomen	尾肌 Tail	胸腔内肌肉 Muscle in thorax	背肌 Back	腹肌 Abdomen	尾肌 Tail
Ca	482.09	284.09	320.71	398.41	328.09	321.23	298.56	310.77
Fe	378.79	426.14	375.30	315.41	468.70	331.70	393.70	414.36
Zn	6.54	1.70	1.50	66.40	14.40	0.56	0.39	21.41
Cu	3.44	1.67	3.41	2.16	2.81	2.44	2.62	2.97
Mn	3.44	0.18	0.21	0.28	0.24	0.23	0.25	0.28
Se	4.48	4.62	4.44	7.97	4.69	3.49	4.59	4.49

3 结 论

本文的研究对象是受国家保护的珍稀物种瓶鼻海豚,样本数量少,国内外对其肌肉组织的营养组成状况研究相对较少。本样品经数月的冷冻存放,取样时样品组织状态保存状况基本完好,实验结果均采用精密仪器进行测定,实验结果基本可以反映样品的营养组成状况。

结果表明海豚肌肉组织蛋白质含量高,必需氨基酸种类齐全,2只海豚不同部位的必需氨基酸占总氨基酸的比例基本相当,约为53.80%~55.31%;氨基酸组成中谷氨酸含量最高,胱氨酸含量最低。富含棕榈酸(16:0)、棕榈油酸(16:1)、硬脂酸(18:0)、油酸(18:1)、EPA(20:5 -3)及DHA(22:6 -3)等脂肪酸。饱和脂肪酸(SFA)的总量与单不饱和脂肪酸(MUFA)的总量相近且大于多不饱和脂肪酸(PUFA)的总量。不饱和脂肪酸中-3/-6的比值较低,-3/-6仅为(1.03~4.28),与其他海洋有机生物相比(通常高于4,有的高达50)该值明显偏低。

参 考 文 献

- [1] Hrat S F, Shlomi A, Mia R E, et al. Risso's dolphin (*Grampus griseus*) stranding on the coast of Israel (eastern Mediterranean): Autopsy results and trace metal concentrations. *The Science of the Total Environment*, 2002, **295**:157~166.
- [2] 李莉好,郭奕惠,黄桂菊等. 瓶鼻海豚、中华白海豚和糙齿海豚线粒体16S rRNA基因的序列分析. 南方水产, 2007, **3**(4):38~45.
- [3] 陈裕隆,陈加林,何容飞等. 瓶鼻海豚保护与研究进展. 海洋环境科学, 2004, **23**(3):65~70.
- [4] John H, Long J D, Ann P, et al. Locomotor design of dolphin vertebral columns: bending mechanics and morphology of *Delphinus delphis*. *The Journal of Experimental Biology*, 1997, **200**:65~81.
- [5] 黄健生,甘居利,贾晓平. 海豚组织中多氯联苯(PCBs)气相色谱测定的改良方法研究. 南方水产, 2007, **3**(2):55~59.
- [6] 黄伟坤,赵国君,赖献桐等. 食品化学分析. 上海科学技术出版社, 1978, 13~36.
- [7] 王琨,叶继丹,刘永. 鲟鱼软骨主要营养成分分析及评价. 营养学报, 2006, **28**(2):187~188.
- [8] 范润珍,宋文东,彭少伟. 长蛇鲻肌肉营养成分的分析. 营养学报, 2005, **27**(4):349~350.
- [9] 孙中武,尹洪滨. 六种冷水鱼肌肉营养组成分析与评价. 营养学报, 2004, **26**(5):386~392.
- [10] 尹洪滨,孙中武,孙大江等. 6种养殖鲟鳇鱼肌肉营养成分的比较分析. 大连水产学院学报, 2004, **19**(2):92~96.
- [11] Raimon G, Albert M S, Xavier G, et al. Comparative study on the fatty acid composition of two marine vertebrates: striped dolphins and loggerhead turtles. *Comparative Biochemistry and Physiology B*, 1999, **124**:439~443.
- [12] Ågren J J, Af-Amad H, Hänninen O. Fatty acid content and composition of five fish species from the Persian Gulf. *Comparative Biochemistry and Physiology B*, 1991, **100**:339~379.
- [13] Rainuzzo J R, Reitan K I, Jørgensen L. Comparative study on the fatty acid composition of four marine fish larvae. *Comparative Biochemistry and Physiology B*, 1992, **103**:21~26.
- [14] Ackman R G, Epstein S, Eaton C A. Differences in the fatty acid composition of blubber fats from northwestern Atlantic

- finwhales* (*Balaenoptera physalus*) and harp seals (*Pagophilus groenlandica*). *Comparative Biochemistry and Physiology B*, 1971, **40**:683 ~ 779.
- [15] Blanco C, Aznar J, Raga J A. Cephalopods in the diet of the striped dolphin *Stenella coeruleoalba* from the Western Mediterranean: constraints on community structure. *Journal of Parasitol*, 1988, **84**:474 ~ 482.
- [16] Williams G, Crawford M A, Perrin W F. Comparison of the fatty acid component in structural lipids from dolphins, zebra and giraffe: possible evolutionary implications. *Journal Zool Lond*, 1987, **213**:672 ~ 756.
- [17] Catherine M W, Edward S. Copper, Cadmium and Zinc in liver, kidney and muscle tissue of Bottlenose Dolphins (*Tursiops truncatus*) stranded in Florida. *Marine Pollution Bulletin*, 1996, **32**:886 ~ 889.
- [18] Watanabe I, Tanabe S, Amano M, *et al.* Age-dependent accumulation of heavy metals in Baikal seal (*Phoca sibirica*) from Lake Baikal. *Archives of Environment Contamination Toxicology*, 1998, **35**:518 ~ 526.
- [19] Cardellicchio N, Gandomenico S, Ragone P, *et al.* Tissue distribution of metals in striped dolphins (*Stenella coeruleoalba*) from the Apulian coasts, Southern Italy. *Marine Environmental Research*, 2000, **49**:55 ~ 66.