

# 闽南及闽中近海常见鲨鲛类肝油的脂肪酸组成

刘晓春<sup>1</sup>, 丘书院<sup>2</sup>

(1. 中山大学 生命科学学院, 广东 广州 510275; 2. 厦门大学 海洋系, 福建 厦门 361005)

**摘要:** 闽南及闽中近海鲨鲛类肝油的脂肪酸组成相似, 主要的脂肪酸包括 16: 0 (14. 9%~ 23. 7%), 18: 0 (5. 3%~ 10. 4%), 18: 1  $\omega$  9 (8. 6%~ 16. 9%), 16: 1 (3. 4%~ 7. 5%), 20: 4  $\omega$  6 (3. 8%~ 14. 7%) 和 22: 6  $\omega$  3 (10. 7%~ 36. 9%)。22: 6  $\omega$  3 在分析的所有种类(基齿鲨 *Hypoprion* sp. 除外)均是含量最高的脂肪酸成分。可见, 闽南及闽中近海鲨鲛类肝油是 22: 6  $\omega$  3 良好的来源。底层生活习性种类肝油  $\omega$  6 PUFA 的含量高于中上层种类, 而中上层生活习性种类肝油 22: 6  $\omega$  3 的含量以及  $\omega$  3 PUFA 与  $\omega$  6 PUFA 的比值则相对地高于底层种类, 这种现象可能与它们各自的摄食习性有关。

**关键词:** 鲨鲛类; 肝油; 脂肪酸组成

中图分类号: Q959. 41; Q547

文献标识码: A

文章编号: 0253- 4193(2001)02- 0100- 09

## 1 引言

人类可以合成饱和脂肪酸和  $\omega$  9 型脂肪酸, 但不能合成  $\omega$  6 型和  $\omega$  3 型脂肪酸。一般植物可以合成  $\omega$  6 型脂肪酸, 其中一些特定的植物, 如藻类和一些冷水性植物能合成  $\omega$  3 型脂肪酸。虽然, 有些陆生植物也含有亚麻酸(18: 3  $\omega$  3), 但  $C_{20}$  和  $C_{22}$   $\omega$  3 型高不饱和脂肪酸 ( $\omega$  3 highly unsaturated fatty acid,  $\omega$  3 HUFA) 却只能来自水生植物。由于动物的脂肪酸来自食物, 所以, 对人类而言,  $\omega$  6 型脂肪酸来自植物油, 而  $\omega$  3 型脂肪酸则主要来自鱼类和甲壳类, 这些水产动物通过食物链蓄积了丰富的  $\omega$  3 型脂肪酸。如今,  $\omega$  3 HUFA, 尤其是二十碳五烯酸(20: 5  $\omega$  3, eicosapentaenoic acid, EPA) 和二十二碳六烯酸(22: 6  $\omega$  3, docosahexaenoic acid, DHA) 的营养和医疗特性已引起人们的广泛关注<sup>[1,2]</sup>。已经知道, 许多鱼类的鱼油含有丰富的  $\omega$  3 HUFA, 各国学者都在努力设法找到适合本地区的鱼种, 以提取含有高浓度 EPA 和 DHA 的鱼油, 供人们的营养和医疗保健之用。因此, 研究鱼油脂肪酸的化学特性及其在各种鱼类中的分布, 不但可以丰富鱼类油脂生物化学研究内容, 而且对于鱼油脂肪酸营养价值的评估和渔业产品的开发亦有重要的意义。鲨鲛类肝油的脂肪酸组成国内外已有一些报道<sup>[3,4]</sup>, 但与硬骨

收稿日期: 1999- 08- 26; 修订日期: 2000- 02- 29.

基金项目: 高等学校博士学科点专项科研基金资助项目(9338410).

作者简介: 刘晓春(1968-), 男, 福建省上杭县人, 讲师, 博士, 从事鱼类生理学研究。

鱼类相比却薄弱得多, 尤其国内只对少数几种深海鲨鱼的脂肪酸组成做过初步分析<sup>[5,6]</sup>. 闽南及闽中近海鲨鲛种类繁多, 具有相当的资源量, 本文报道其中一些常见鲨鲛类肝油的脂肪酸组成, 以丰富国内在该领域的研究内容.

## 2 材料和方法

### 2.1 材料

样品采集于 1993 年 5 月~ 1995 年 4 月在闽南的厦门和东山以及闽中的崇武等地进行, 本实验收集了真鲨科 (Carcharhinidae) 的尖头斜齿鲨 (*Scoliodon sorrakowah*)、瓦氏斜齿鲨 (*Scoliodon walbeehmi*)、黑印真鲨 (*Carcharhinus menisorrah*)、沙拉真鲨 (*Carcharhinus sorrah*)、白边真鲨 (*Carcharhinus albimarginatus*)、尖鳍副沙条鲨 (*Paragaleus acutiventralis*)、小孔沙条鲨 (*Negogaleus microstoma*) 和基齿鲨; 虎鲨科 (Heterodontidae) 的狭纹虎鲨 (*Heterodontus zebra*); 须鲨科 (Orectolobidae) 的条纹斑竹鲨 (*Chiloscyllium plagiosum*); 皱唇鲨科 (Triakidae) 的灰星鲨 (*Mustelus griseus*); 犁头鲨科 (Rhinobatidae) 的颗粒犁头鲨 (*Rhinobatos hynnicephalus*); 团扇鲨科 (Platyrrhinidae) 的中国团扇鲨 (*Platyrrhina sinensis*); 鲨科 (Rajidae) 的何氏鲨 (*Raja hollandi*) 以及 科 (Dasyatidae) 的古氏 (*Dasyatis kuhlii*) 和赤 (*Dasyatis akajei*) 等 8 个科 16 个种的肝脏样品, 保存在液氮中直至分析处理. 所采集的种类均属于近海暖水性小型鱼类, 体长均在 100 cm 以内, 体重 300~ 3 900 g, 肝重 6.0~ 296.9 g, 肝油含量 20.0%~ 84.8%, 详细资料见表 1.

表 1 闽南及闽中近海常见鲨鲛类的生物学资料

种 类	样品	采集时间	采集地	性别	体长/mm	体重/g	肝重/g	肝油含量(%)
<i>S. sorrakowah</i>	1	1993- 05- 21	东山	♀	648	1 150	79.0	37.0
	2	1993- 09- 20	东山	♀	407	245	9.8	17.8
	3	1993- 09- 20	东山	♀	295	98	3.7	18.9
	4	1993- 11- 21	东山	♂	566	535	22.4	43.6
	5	1993- 11- 20	东山	♂	700	1 015	69.8	66.7
	6	1994- 03- 05	东山	♂	419	260	18.2	54.2
	7	1994- 05- 15	东山	♂	590	700	37.9	53.8
	8	1994- 05- 10	厦门	♂	712	1 039	51.4	39.8
	9	1994- 05- 15	东山	♀	545	540	18.4	20.2
	10	1994- 06- 20	厦门	♀	663	1 067	54.2	53.4
	11	1994- 06- 22	厦门	♀	704	1 200	62.0	81.0
	12	1994- 08- 20	东山	♀	581	580	19.6	55.1
	13	1994- 08- 24	厦门	♀	290	73	2.1	5.2
	14	1994- 08- 24	厦门	♂	342	146	3.9	13.3
	15	1994- 09- 11	厦门	♀	768	1 400	105	57.7
<i>C. menisorrah</i>	1	1994- 04- 11	厦门	♀	820	2 650	114	49.6
	2	1994- 08- 20	东山	♂	712	1 650	56.9	81.8
<i>C. sorrah</i>	1	1993- 11- 08	崇武	♀	760	2 000	82.6	66.9
	2	1993- 11- 08	崇武	♂	743	1 925	71.3	78.7
<i>C. albimarginatus</i>	1	1993- 11- 08	崇武	♂	687	1 100	102	84.8
<i>S. walbeehmi</i>	1	1994- 07- 20	厦门	♀	959	3 950	297	64.3

续表 1

种 类	样品	采集时间	采集地	性别	体长/mm	体重/g	肝重/g	肝油含量(%)
<i>P. acutiventralis</i>	1	1994- 04- 11	厦门	♀	898	2 650	111	62.9
<i>N. microstoma</i>	1	1993- 09- 21	东山	♂	492	440	17.9	39.3
<i>H. zebra</i>	1	1994- 03- 07	东山	♀	627	1 500	110	59.0
<i>C. plagiosum</i>	1	1993- 11- 28	厦门	♂	594	725	36.4	52.7
	2	1994- 08- 21	东山	♀	516	400	16.7	68.3
<i>M. griseus</i>	1	1993- 09- 20	东山	♂	634	900	46.9	52.2
	2	1994- 04- 11	厦门	♀	820	1 700	75.8	65.5
<i>R. hynnicephalus</i>	1	1993- 09- 21	东山	♀	617	775	23.5	36.3
	2	1994- 02- 25	东山	♂	608	475	6.0	44.0
<i>P. sinensis</i>	1	1994- 08- 21	东山	♀	512	780	25.6	20.0
<i>R. hollandi</i>	1	1994- 08- 21	东山	♀	378	300	7.9	30.1
<i>D. kuhlü</i>	1	1994- 05- 16	东山	♀	508	1 175	53.4	50.8
<i>D. akjei</i>	1	1993- 09- 20	东山	♀	832	1 075	57.1	49.5
	2	1993- 09- 20	东山	♂	779	960	57.3	67.7
<i>Hypoprion</i> sp.	1	1993- 09- 20	东山	♀	702	1 700	114	79.5

## 2.2 肝油提取

将肝脏解冻至室温,经组织捣碎机捣碎,按照 Bligh 和 Dyer<sup>[7]</sup>的方法用氯仿-甲醇提取肝油.

## 2.3 肝油总脂肪酸分析

### 2.3.1 肝油脂肪酸甲酯的形成

取肝油 2~4 mg 于 5 cm<sup>3</sup> 具塞刻度试管中,加 0.5 mol/dm<sup>3</sup> 氢氧化钠甲醇溶液 1 cm<sup>3</sup>,充氮气,加塞,于 60 °C 水浴锅中振摇皂化至油滴消失(约 12~15 min).取出试管,准确加入定量的内标(十九酸 19:0),然后再加入 0.5 cm<sup>3</sup> 三氟化硼乙醚溶液及 1.7 cm<sup>3</sup> 无水甲醇,混匀,充氮气,塞紧后在 70~75 °C 水浴锅中放置 30 min.取出试管,冷却后用石油醚-己烷(1:9, V/V)提取 5 次.提取液合并,用氮气吹干,加入几滴己烷,使甲酯化的脂肪酸溶解,作色谱进样用.

### 2.3.2 肝油脂肪酸定性分析

肝油脂肪酸组成通过标准脂肪酸甲酯(Sigma Chemical Co., St. Louis, U. S. A.) 和标准鲨鱼肝油脂肪酸甲酯(shark liver oil fatty acid methyl esters, Sigma Chemical Co., St. Louis, U. S. A.) 来鉴定.将标准脂肪酸甲酯配成一定比例的混合液,根据标准混合液中各脂肪酸甲酯色谱峰的保留时间,鉴定待测样品的色谱峰.本实验使用的脂肪酸标准包括 12:0, 14:0, 16:0, 18:0, 18:1, 18:2, 18:3, 18:4, 20:0, 20:4, 20:5, 22:6, 26:0 脂肪酸甲酯.分析仪器使用岛津 GC 9A 气相色谱仪(Shimadzu GC 9A),装配氢火焰离子化检测器,色谱柱为 HP5 石英毛细管柱(30 m × 0.25 mm i. d.),分析结果由岛津 Chromatopac C R2A 色谱数据处理机记录.色谱条件:进样器温度 320 °C,检测器 FID 温度为 320 °C.起始柱温 60 °C,恒温 2 min,然后以 20 °C/min 程序升温至 150 °C,再以 4 °C/min 程序升温至 290 °C.载气为高纯氮,载气流速为

60 cm<sup>3</sup>/min, 载气压力 1.15 kg/cm<sup>2</sup>.

### 2.3.3 肝油脂肪酸定量分析

采用内标法测定肝油脂肪酸的含量, 选择十九酸(19:0)作为内标. 样品经气相色谱分离, 得到脂肪酸甲酯组分的峰和内标的峰, 根据它们的峰面积计算出样品中各脂肪酸组分的含量. 其计算公式为:  $W_i = K W_s \cdot (A_i/A_s)$ , 式中:  $W_i$  为样品中某脂肪酸组分  $i$  的含量;  $W_s$  为内标的量;  $A_i$  为样品组分  $i$  的峰面积;  $A_s$  为内标的峰面积;  $K$  为组分  $i$  与内标相比的校正因子.

## 3 结果

### 3.1 闽南及闽中近海鲨鲛类肝油的脂肪酸组成特点

闽南及闽中近海 16 种鲨鲛类肝油样的脂肪酸组成及含量见表 2, 3, 4. 这些鲨鲛类肝油的脂肪酸组成特点相似, 总饱和脂肪酸、单不饱和脂肪酸和多不饱和脂肪酸 (polyunsaturated fatty acid, PUFA) 的含量范围分别为 25.6%~39.5%, 18.4%~31.0% 和 29.3%~54.4%. 其中, 主要的饱和脂肪酸包括 16:0 (14.9%~23.7%) 和 18:0 (5.3%~10.4%); 主要的单不饱和脂肪酸为 18:1  $\omega$  9 (8.6%~16.9%), 18:1  $\omega$  7 (2.7%~7.6%) 和 16:1 (3.4%~7.5%); 主要的多不饱和脂肪酸为 22:6  $\omega$  3 (10.7%~36.9%), 20:4  $\omega$  6 (3.8%~14.7%) 以及少量的 20:5  $\omega$  3 (2.9%~6.1%) 和 22:5  $\omega$  3 (2.4%~8.2%). 22:6  $\omega$  3 在分析的所有种类中均是含量最高的脂肪酸成分之一, 20:5  $\omega$  3 则维持在比较低的水平.  $\omega$  3 HUFA (20:5  $\omega$  3+ 22:6  $\omega$  3) 的含量占肝油脂肪酸总量的 13.9%~40.5% (平均 24.3%), 可见闽南及闽中近海鲨鲛类均是  $\omega$  3 HUFA 的良好来源, 其中尤以尖头斜齿鲨肝油的  $\omega$  3 HUFA 含量最高 (尖头斜齿鲨 20:5  $\omega$  3+ 22:6  $\omega$  3 占 19.3%~58.3%, 平均 40.5%). 基齿鲨的脂肪酸组成比较特殊, 饱和脂肪酸 16:0 (36.0%) 和单不饱和脂肪酸 16:1 (21.5%)、18:1 ( $\omega$  9+  $\omega$  7) (27.7%) 占了脂肪酸总量的 85% 以上, 而多不饱和脂肪酸的含量却非常低 (只占总量的 8.5%). 基齿鲨肝油的脂肪酸组成为什么与其他种类有如此大的差异, 原因不明.

表 2 闽南及闽中近海鲨鲛类肝油脂肪酸的重量百分组成

脂肪酸	种 类							
	<i>S. sorakowah</i>		<i>C. menisorah</i>		<i>C. sorrah</i>		<i>C. albimarginatus</i> <i>S. walbeehmi</i>	
	$n = 15$ (Mean $\pm$ S. D.)		1	2	1	2	1	1
饱和								
12:0	0.1 $\pm$ 0.05	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
14:0	1.4 $\pm$ 1.25	3.1	2.0	3.8	2.5	3.0	2.5	2.5
15:0	0.3 $\pm$ 0.12	0.6	0.6	0.7	0.6	0.7	0.6	0.6
16:0	14.9 $\pm$ 4.37	19.3	20.0	21.3	22.8	19.7	22.1	22.1
17:0	1.0 $\pm$ 0.22	1.2	1.3	1.0	0.9	1.0	1.0	1.0
18:0	7.7 $\pm$ 1.95	8.1	9.0	7.3	8.0	8.0	8.7	8.7
20:0	0.2 $\pm$ 0.05	0.4	0.2	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4
小计	25.6 $\pm$ 6.01	32.8	36.0	34.5	35.2	32.8	35.4	35.4
单不饱和								
16:1	3.4 $\pm$ 2.37	4.1	5.8	5.4	6.1	4.5	6.1	6.1
18:1 $\omega$ 9	8.6 $\pm$ 2.26	12.6	10.8	12.4	14.4	11.7	11.7	11.7
18:1 $\omega$ 7	4.8 $\pm$ 0.60	5.3	4.7	4.1	3.1	3.2	3.1	3.1

续表 2

脂肪酸	种 类							
	<i>S. sorrahowah</i>	<i>C. menisorrah</i>		<i>C. sorrah</i>		<i>C. albimarginatus</i>	<i>S. walbeehmi</i>	
	<i>n</i> = 15 (Mean ± S. D.)	1	2	1	2	1	1	
20:1	1.3 ± 0.42	2.8	1.9	1.7	2.0	1.7	1.8	
22:1	0.4 ± 0.30	0.9	tr	0.6	0.4	0.5	0.3	
小计	18.5 ± 3.91	25.7	23.2	24.2	26.0	21.6	23.0	
多不饱和								
18:3 ω 3	1.0 ± 0.22	0.3	1.0	0.9	1.2	1.4	0.9	
18:4 ω 3	1.0 ± 0.29	0.3	0.6	0.7	0.8	0.9	0.6	
20:4 ω 6	7.3 ± 3.41	5.5	5.9	7.4	5.6	6.7	5.2	
20:5 ω 3	3.7 ± 1.13	3.3	4.2	3.4	3.4	3.2	3.6	
22:4 ω 6	tr***	tr	tr	tr	tr	tr	tr	
22:5 ω 3	4.6 ± 0.88	3.9	4.3	4.6	3.6	3.8	3.4	
22:6 ω 3	36.9 ± 11.94	26.2	23.3	21.8	21.2	26.7	23.6	
小计	54.4 ± 9.03	39.5	39.3	38.8	35.8	42.7	37.3	
NI*	1.5 ± 0.46	2.0	1.5	2.5	3.0	2.9	4.3	
HUFA**	40.5 ± 11.44	29.5	27.5	25.2	24.6	29.9	27.2	
HUFA/ω 6- PUFA	7.7 ± 5.73	5.4	4.7	3.4	4.4	4.5	5.2	

\* NI= not identified; \*\* HUFA= 20:5 ω 3+ 22:6 ω 3; \*\*\* tr= trace.

表 3 闽南及闽中近海鲨鲛类肝油脂肪酸的重量百分组成

脂肪酸	种 类							
	<i>P. acutiventralis</i>	<i>N. microstoma</i>	<i>H. zebra</i>	<i>C. plagiosum</i>		<i>M. griseus</i>		
	1	1	1	1	2	1	2	
饱和								
12:0	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.3	
14:0	1.8	2.1	0.8	2.0	2.2	2.6	2.5	
15:0	0.5	0.6	0.7	1.1	0.9	0.6	0.9	
16:0	23.7	15.5	21.3	21.5	18.6	19.5	22.0	
17:0	1.4	1.4	1.3	2.0	1.8	1.1	1.3	
18:0	8.5	6.7	7.0	7.8	6.8	5.6	5.4	
20:0	0.2	0.4	0.6	0.2	0.3	0.4	0.4	
小计	36.2	26.8	31.8	34.8	30.8	30.0	32.8	
单不饱和								
16:1	5.7	3.9	5.8	5.1	6.4	7.2	6.5	
18:1 ω 9	16.2	9.9	13.0	11.3	9.9	12.2	16.9	
18:1 ω 7	2.7	6.9	6.2	7.6	6.9	4.9	4.4	
20:1	2.9	3.2	3.3	3.9	3.9	2.2	3.0	
22:1	0.5	0.8	1.8	0.5	0.8	0.3	0.2	
小计	28.0	24.7	30.1	28.4	27.9	26.8	31.0	
多不饱和								
18:3 ω 3	0.4	0.9	0.6	1.1	1.0	1.8	0.9	
18:4 ω 3	0.3	0.7	0.6	0.6	0.5	1.7	0.7	
20:4 ω 6	4.4	10.9	3.8	4.6	5.5	12.5	7.4	
20:5 ω 3	6.1	4.9	3.9	3.1	3.8	4.6	4.8	
22:4 ω 6	2.5	tr	7.9	6.3	8.2	tr	tr	

续表 3

脂肪酸	种 类									
	<i>P. acutiventrals</i>		<i>N. microstoma</i>		<i>H. zebra</i>		<i>C. plagiosum</i>		<i>M. griseus</i>	
	1	1	1	1	2	1	2			
22:5 $\omega$ 3	2.1	4.9	8.4	2.8	6.0	3.2	3.0			
22:6 $\omega$ 3	18.0	24.2	10.7	10.8	11.6	15.1	17.2			
小计	33.8	46.5	35.9	29.3	36.6	38.9	34.0			
NI	2.0	2.0	2.2	7.5	4.7	4.3	2.2			
HUFA	24.1	29.1	14.6	13.9	15.4	19.7	22.0			
HUFA/ $\omega$ 6-PUFA	3.5	2.7	1.2	1.3	1.1	1.6	3.0			

表 4 闽南及闽中近海鲨鲛类肝油脂肪酸的重量百分组成

脂肪酸	种 类											
	<i>R. hynnicephalus</i>		<i>P. sinensis</i>		<i>R. hollandi</i>		<i>D. kuhlii</i>		<i>D. akajei</i>		<i>Hypoprion</i> sp.	
	1	2	1	1	1	1	2	1				
饱和												
12:0	0.1	0.1	0.1	0.4	0.1	0.3	0.1	0.2				
14:0	2.1	2.3	2.3	2.5	1.4	5.5	2.7	0.9				
15:0	0.7	0.9	0.6	1.1	0.9	1.1	0.7	0.1				
16:0	20.4	19.7	20.0	19.8	15.1	17.3	17.4	36.0				
17:0	1.0	1.5	1.1	1.8	2.0	1.6	1.1	0.3				
18:0	6.2	7.3	6.5	10.4	9.0	7.2	7.0	5.3				
20:0	0.3	0.2	0.3	0.4	0.4	0.3	0.3	0.2				
小计	30.8	32.0	30.9	36.4	28.9	33.3	29.3	43.0				
单不饱和												
16:1	6.5	4.4	5.7	6.6	5.4	6.1	7.5	21.5				
18:1 $\omega$ 9	14.1	7.8	11.0	8.7	9.5	10.6	10.4	27.7				
18:1 $\omega$ 7	5.0	4.5	5.1	7.1	3.6	7.5	6.3					
20:1	1.3	1.7	1.4	1.6	4.7	2.8	1.5	0.2				
22:1	0.2	tr	0.2	0.4	1.1	0.4	tr	tr				
小计	27.1	18.4	23.4	24.4	24.3	27.4	25.7	49.4				
多不饱和												
18:3 $\omega$ 3	1.0	1.5	1.7	1.5	1.0	1.0	1.2	0.7				
18:4 $\omega$ 3	0.8	1.0	1.9	0.6	1.0	0.8	1.3	2.2				
20:4 $\omega$ 6	11.6	5.9	8.2	9.4	5.0	14.7	13.2	1.3				
20:5 $\omega$ 3	3.6	3.5	4.0	5.0	4.3	2.9	4.0	0.2				
22:4 $\omega$ 6	tr	tr	tr	2.6	5.8	4.0	tr	tr				
22:5 $\omega$ 3	2.4	2.7	4.1	1.1	6.2	2.5	2.9	0.2				
22:6 $\omega$ 3	20.6	33.5	23.1	15.1	17.1	11.4	19.3	1.2				
小计	40.0	48.1	43.0	35.3	40.4	37.3	41.9	5.8				
NI	2.1	1.5	2.7	3.9	6.4	2.0	3.1	1.8				
HUFA	24.2	37.0	27.1	20.1	21.4	14.3	23.3	1.4				
HUFA/ $\omega$ 6-PUFA	2.1	6.3	3.3	1.7	2.0	0.8	1.8	0.1				

### 3.2 不同生活习性鲨鲛类肝油的脂肪酸组成特点

本文分析的所有种类, 根据它们的生活习性可以分为两大类, 其中一类主要在近海中上层

生活, 包括尖头斜齿鲨、沙拉真鲨、黑印真鲨等, 另一类则主要栖息于近海底层, 包括条纹斑竹鲨、颗粒犁头鳐、赤 等等(表 5)。由表 5 可以看出, 底层生活习性的种类肝油 20: 4  $\omega$  6 的含量略高于中上层习性的种类, 然而中上层生活种类 22: 6  $\omega$  3 含量却明显高于底层鱼类,  $\omega$  3 PUFA/  $\omega$  6 PUFA 的比值也是中上层种类大于底层种类。不同生活习性的种类之间肝油脂肪酸组成的差异, 很可能与它们各自的摄食习性有关。

表 5 闽南及闽中近海鲨鳐类肝油脂肪酸组成与生活习性的关系

生活习性	种类	样品数	总饱和脂肪酸	总单不饱和脂肪酸	20: 4 $\omega$ 6	总 $\omega$ 6 多不饱和脂肪酸	20: 5 $\omega$ 3	22: 6 $\omega$ 3	总 $\omega$ 3 多不饱和脂肪酸	$\omega$ 3 PUFA/ $\omega$ 6 PUFA
中上层习性	<i>S. sorrakow ah</i>	15	25. 6	18. 5	7. 3	7. 3	3. 7	36. 9	46. 9	8. 8
	<i>S. walbed mi</i>	1	35. 4	23. 0	5. 2	5. 2	3. 6	23. 6	32. 1	6. 2
	<i>C. menisor rah</i>	2	34. 4	24. 5	5. 7	5. 7	3. 8	24. 8	33. 9	6. 0
	<i>C. sor rah</i>	2	34. 9	25. 1	6. 5	6. 5	3. 4	21. 5	30. 9	4. 8
	<i>C. albi marginatus</i>	1	38. 1	19. 7	6. 7	6. 7	3. 2	28. 7	36. 0	5. 4
	<i>P. acuti ventralis</i>	1	36. 2	28. 0	4. 4	6. 9	6. 1	18. 0	26. 9	3. 9
	<i>N. microstoma</i>	1	26. 8	24. 7	10. 9	10. 9	4. 9	24. 2	35. 6	3. 3
底层习性	<i>C. p lagiosum</i>	2	32. 8	28. 2	5. 1	12. 4	3. 5	11. 2	20. 8	1. 7
	<i>M. g riseus</i>	2	31. 4	28. 9	10. 0	10. 0	4. 7	16. 2	26. 6	2. 9
	<i>H. z ebra</i>	1	31. 8	30. 1	3. 8	11. 7	3. 9	10. 7	24. 2	2. 1
	<i>R. hynnicephalus</i>	2	31. 4	22. 8	8. 8	8. 8	3. 6	27. 1	35. 5	4. 8
	<i>P. sine nsis</i>	1	30. 9	23. 4	8. 2	8. 2	4. 0	23. 1	34. 8	4. 2
	<i>R. hollandi</i>	1	36. 4	24. 4	9. 4	12. 0	5. 0	15. 1	23. 3	1. 9
	<i>D. kuhlii</i>	1	28. 9	24. 3	5. 0	10. 8	4. 3	17. 1	29. 6	2. 7
	<i>D. akajei</i>	2	29. 3	25. 7	14. 0	17. 5	3. 5	15. 4	22. 4	1. 6

## 4 讨论

### 4.1 鲨鳐类肝油的脂肪酸组成特点

早期的研究发现, 白斑角鲨(*Squalus acanthias*)肝油的脂肪酸组成中, 20: 1 和 22: 1 的含量相当高, 而 20: 5 和 22: 6 的含量很低<sup>[8]</sup>。鯖鲨(*Isurus cornubicus*)肝油中, 20: 1 和 22: 1 的含量甚至占了整个脂肪酸总量的 53%<sup>[9]</sup>, 于是当时有人提出, 高单烯酸含量可能是鲨鱼肝油的一般特性, 然而 Pathak 等<sup>[10]</sup>、Kamath 和 Magar<sup>[11]</sup>不同意这一观点, 他们认为在其他一些板鳃鱼类肝油中, 20: 1 和 22: 1 的含量与 C<sub>20</sub>和 C<sub>22</sub>脂肪酸总量相比并不显得尤其高。现在看来, 板鳃类肝油的脂肪酸组成与它们的生活习性、肝脂的组成特点以及食性等可能有密切关系。深海及表层生活的鲨鱼, 其肝油组成以烃类和甘油二酯醚为主, 而甘油三酯含量低。Malins 等<sup>[8]</sup>研究了角鲨肝油中甘油二酯醚的脂肪酸组成, 结果发现, C<sub>20</sub>脂肪酸中 20: 1 占了 90%, C<sub>22</sub>酸中 22: 1 占了 68%, 而在同种油的甘油三酯的脂肪酸组成中, 这种差别却不太突出。Hayashi 和 Takagi<sup>[12]</sup>在对深海铠鲨(*Dalatias licha*)的研究中指出, 肝脏甘油二酯醚与甘油三酯的组成脂肪酸的百分比例相似。在这两种类型的脂质中, 单烯酸的含量最高(74. 8% ~ 81. 3%), 而饱和酸(13. 5% ~ 15. 4%)和多烯酸(5. 1% ~ 11. 1%)的含量却比较低。Deprez 等<sup>[4]</sup>研究了澳大利亚塔斯马尼亚水域(Tasmanian waters)多种深海鲨鱼肝脏的脂质组成, 在总脂肪酸组成的分析中发现, 总单不饱和脂肪酸的含量高达 52. 1% ~ 82. 7%, 饱和脂肪酸的含量为 13. 5% ~ 39. 9%, 而多不饱和脂肪酸只占了 1. 1% ~ 8. 0%, 并且还发现所研究的鲨鱼肝油的脂肪酸组

成与饵料生物的非常相似,其主要饵料大西洋胸棘鲷(*Hoplostethus atlanticus*)所含的醇和脂肪酸是这些深海鲨鱼脂肪酸的主要来源。由上述各学者的研究可以看出,高水平单不饱和脂肪酸含量似乎是深海鲨鱼肝脏脂肪酸组成的共同特点。本文研究的鲨鲛类均属于近海种类,其肝脏的脂质组成与深海鲨鱼有很大的差别,主要由甘油三酯组成<sup>[13]</sup>。在肝油脂肪酸组成中,多不饱和脂肪酸的含量很高(29.3%~54.4%),单不饱和脂肪酸的含量比深海种类的低得多(18.4%~31.0%)。多不饱和脂肪酸中又以二十二碳六烯酸(DHA, 22:6 $\omega$ 3)为最主要成分(10.7%~36.9%),因此,闽南及闽中近海鲨鲛类肝油是DHA的良好来源。闽南及闽中近海鲨鲛类肝油脂肪酸组成的另一个特点是,花生四烯酸(AA, 20:4 $\omega$ 6)的含量占了一定的比例(3.8%~14.7%),这似乎是暖水和温水海洋鱼类的一个特点<sup>[14]</sup>。但研究的所有闽南及闽中鲨鲛类肝油中二十碳五烯酸(20:5 $\omega$ 3)的含量都比较低(2.9%~6.1%),其原因尚不清楚。近海鲨鱼与深海鲨鱼的肝脏脂肪酸组成存在明显差异的原因有待于今后进一步的探讨。另外,由本研究结果可以看出(见表2,3,4),不同种类之间各脂肪酸成分的含量差别明显,而且同一种类的不同个体间脂肪酸的含量亦可能存在较大的差异。本文除对尖头斜齿鲨作了较全面的采样(样品包括了不同发育阶段的雌雄个体)和分析了较多的样品外( $n=15$ ),其余种类仅分析了1~2个样品。有关尖头斜齿鲨肝油脂肪酸组成的季节变化以及与个体发育状况的关系,笔者将在另文作专门的分析讨论。总之,为了更全面地掌握闽南及闽中近海鲨鲛类肝油脂肪酸组成的变动规律,有必要分析更多的种类,并且每个种类均必须充分考虑生物学和生态学因素的影响。

#### 4.2 闽南及闽中近海鲨鲛类肝油脂肪酸组成和生活习性的关系

很早以来人们就知道,鱼类食物中的脂质特性可以影响到鱼油中脂肪酸的分布比例。由于摄食习性不同,各种鱼类由海洋植物、浮游甲壳动物和其他浮游动物中获得天然油脂的程度也就不一样。海洋浮游生物作为鱼类主要的食物来源,其脂肪酸组成近年来已经引起科学家的注意<sup>[15]</sup>。已有研究指出鱼油脂肪酸组成与浮游生物油脂肪酸组成之间的相似性<sup>[16]</sup>。现在已经知道, $\omega$ 3 PUFA(如EPA和DHA)是由浮游植物经过海洋浮游食物链,积累在更高一级的肉食性种类中的<sup>[17]</sup>。中上层生活的鲨鲛种类由海洋浮游食物链摄取食物,底层生活种类的食物则来自底层食物网。食物来源的不同,很可能是造成两种生活习性的鲨鲛类肝油脂肪酸组成差异的主要原因。这似乎可以解释为什么中上层鲨鲛种类含有较高水平的 $\omega$ 3 PUFA。但是, $\omega$ 6 PUFA的来源却不太清楚。迄今为止,由于对闽南及闽中近海鲨鲛类食性的研究还很少,有关其饵料生物脂肪酸组成方面的资料则更为匮乏,所以,要充分了解食性对这些鲨鲛类肝油脂肪酸组成的影响,搞清楚鱼油特殊脂肪酸(主要是C<sub>20</sub>和C<sub>22</sub>脂肪酸)的来源,还存在许多困难。

厦门大学海洋系的苏永全、杨圣云、王军和陈明茹老师协助采集了部分实验样品;环境科学研究中心的林良牧老师和彭兴跃博士为样品的分析测试提供了很大的帮助,谨致谢忱。

#### 参考文献:

- [1] 王建中,邱红芳. 鱼油研究的现状和发展趋势[J]. 中国海洋药物, 1993, 12(2): 34~42.
- [2] STANSBY M E. Fish Oils in Nutrition [M]. Van Nostrand Reinhold, New York, USA, 1990. 300.
- [3] DUNSTAN G A, SINCLAIR A J, DEAKO, et al. The lipid content and fatty acid composition of various marine species

- from southern Australian coastal waters[J]. *Comp Biochem Physiol(B)*, 1988, 91: 165~ 169.
- [4] DEPPEZ P P, VOLKMAN J K, DAVENPORT S R. Squalene content and neutral lipid composition of livers from deep sea sharks caught in Tasmanian waters[J]. *Aust J Mar Freshwater Res*, 1990, 41: 375~ 387.
- [5] 张豁中, 金向群, 宋修俭. 国产姥鲨鱼肝油中脂肪酸和角鲨烯的成分分析及含量测定[J]. *中国海洋药物*, 1991, 10(3): 7~ 9.
- [6] 宋修俭, 顾茂书, 陈少龙, 等. 国产阔口真鲨鱼肝油中脂肪酸和角鲨烯的成分分析及含量测定[J]. *中国海洋药物*, 1994, 13(4): 26~ 28.
- [7] BLIGH E G, DYER W J. A rapid method of total lipid extraction and purification[J]. *Canadian Journal of Biochemistry and Physiology*. 1959, 37(8): 911~ 917.
- [8] MALINS D C, WEKELL J C, HOULE C R. Composition of the diacyl glyceryl ethers and triglycerides of the flesh and liver of the dogfish (*Squalus acanthias*)[J]. *J Lipid Res*, 1965, 6: 100~ 105.
- [9] KLENK E, EBERHANGEN D. About the composition of the fatty acid mixture of various fish oils[J]. *Z. Physiol Chem*, 1962, 328: 180~ 188.
- [10] PATHAK S P, DEY L M. Fatty acid composition of Indian shark liver fats[J]. *J Am Oil Chemists Soc*, 1957, 32: 7~ 9.
- [11] KAMATH G G, MAGAR N G. Fatty acids and glycerides of shark Pristis liver oil[J]. *J Indian Chem Soc, Ind News Ed*, 1956, 19: 171~ 176.
- [12] HAYASHI K, TAKAGI T. Distribution of squalene and diacyl glyceryl ethers in the different tissues of deep sea shark, *Dalatis licha* [J]. *Bull Jap Soc Sci Fish*, 1981, 47(2): 281~ 288.
- [13] 刘晓春, 丘书院. 闽南近海常见鲨鲐类肝脏的脂质组成[J]. *厦门大学学报(自然科学版)*, 1997, 36(5): 769~ 773.
- [14] HANSEL M, RAO K S, MATSUOKA T, et al. The distribution of fatty acids in flesh and liver of Papua New Guinean fish[J]. *Comp Biochem Physiol*, 1993, 106B(3): 655~ 658.
- [15] 李烈英, 于富才, 李光友. 几种海洋生物高度不饱和脂肪酸的比较研究[J]. *海洋学报*, 1994, 16(1): 105~ 114.
- [16] KAYAMA M., TSUCHIYA Y, MEAD J F. A model experiment of aquatic food chain with special significance in fatty acid conversion[J]. *Bull Jap Soc Sci Fish*, 1963, 29: 452~ 458.
- [17] SARGENT J R, WHITTLE K J. Lipids and hydrocarbons in marine food web [A]. Longhurst A R. *Analysis of Marine Ecosystems*[M]. London, Academic Press, 1981. 491~ 533.

## Fatty acid composition of the liver oils from common species of sharks and rays off southern and middle Fujian coastal waters

LIU Xiaochun<sup>1</sup>, QIU Shuyuan<sup>2</sup>

(1. School of Life Science, Zhongshan University, Guangzhou 510275, China; 2. Department of Oceanography, Xiamen University, Xiamen 361005, China)

**Abstract:** Fatty acid composition of the liver oils from common species of sharks and rays off southern and middle Fujian coastal waters is similar, and the major fatty acids include 16:0 (14.9% ~ 23.7%), 18:0 (5.3% ~ 10.4%), 18:1  $\omega$  9 (8.6% ~ 16.9%), 16:1 (3.4% ~ 7.5%), 20:4  $\omega$  6 (3.8% ~ 14.7%) and 22:6  $\omega$  3 (10.7% ~ 36.9%). The liver oils in all species are analyzed except *Hypoprion* sp. contains high levels of 22:6  $\omega$  3 (DHA), especially in *Scorpaenopsis sorraukah*. These species are therefore good sources of 22:6  $\omega$  3 rich marine oils.

The benthic species have a higher content of  $\omega$  6 PUFA in liver oil than the pelagic species, while the contents of 22:6  $\omega$  3 and the ratios of  $\omega$  3 PUFA to  $\omega$  6 PUFA are relatively higher in pelagic species than in benthic ones. Fatty acid composition in the liver oils might be influenced by the feeding habit of animals.

**Key words:** sharks and rays; liver oils; fatty acid composition