

# 闽南——台湾浅滩渔场六种主要中上层鱼类的脂肪酸研究

吴志强 丘书院 杨圣云 陈明茹 王 瑁  
(厦门大学海洋学系, 361005)

**摘 要** 研究了蓝圆鲹、金色小沙丁鱼、颌圆鲹、鲐鱼、竹筴鱼、羽鳃鲐肌油中的脂肪酸组成及含量变化。结果表明:鱼油中都含有  $C_{12}$ - $C_{22}$  系列脂肪酸。饱和脂肪酸(SFA)占总脂肪酸(TFA)的 35.24%~38.60%, 单不饱和脂肪酸(MUFA)占 23.59%~30.07%, 多不饱和脂肪酸(PUFA)占 33.06%~40.33%, EPA 占 2.35%~3.62%, DHA 占 17.95%~24.49%。 $\omega$ -3FA/ $\omega$ -6FA 均大于 2。SFA 中,  $C_{16:0}$ 、 $C_{18:0}$  占主要成分; MUFA 中  $C_{18:1}$  占主要成分; PUFA 中, 含量最高的是 DHA, 其次为  $C_{20:4}$ 、EPA、 $C_{22:5}$  等。周年变化表明:鱼类繁殖期, PUFA、DHA 含量较高。EPA 整年保持较低水平, 波动不大。随鱼肌脂含量的升高, PUFA 呈下降趋势。多元线性回归结果显示:各种脂肪酸的含量及所占的百分比的变化更多地依赖于鱼肌中脂肪含量的变化, 与季节有一定关系, 但与体长的关系不大。

**关键词** 脂肪酸, 鱼油, 中上层鱼类, 闽南-台湾浅滩渔场

## Study of fatty acid of muscle oil of six pelagic fish in Minnan-Taiwan Bank fishing ground

Wu Zhiqiang, Qiu Shuyuan, Yan Shenyun, Chen Mingru, Wang Mao  
(Department of Oceanography, Xiamen University, 361005)

**ABSTRACT** Fatty acid of six pelagic fish (*Decapterus manuadsii*, *Sardinella aurita*, *Decapterus lajanga*, *Pneumatophorus japonicus*, *Trachurus japonicus*, *Rastrelliger kanagurta*) were studied. Saturated, Monounsaturated, Polyunsaturated fatty acids represent 35.24%—38.60%, 23.59%—30.07%, 33.06%—40.33% of the total fatty acids in fish oil respectively, EPA and DHA represent 2.35%—3.62% and 17.95%—24.49%,  $\omega$ -3FA/ $\omega$ -6FA > 2. The major fatty acids of SFA, MUFA, PUFA are respectively  $C_{16:0}$ 、 $C_{18:0}$ ;  $C_{18:1}$ ; DHA、 $C_{20:4}$ 、EPA and  $C_{22:5}$ . When the lipid content increased the PUFA% decreased, which might be related to reproductive activities. The compositional percentage and content of some fatty acids show larger fluctuations in one year. Adopting the multiple regression, the compositional percentage and content variations of some fatty acids are found to depend on most clearly on the lipid content, and on the season, but no more relations with body length.

**KEYWORDS** fatty acid, fish oil, pelagic fish, minnan-taiwan bank fishing ground

闽南—台湾浅滩渔场位于台湾海峡南部, 是我国东南海域重要的大陆架渔场, 每年灯光围网捕

国家教委海洋与环境开放研究实验室资助项目(福建近海中上层鱼类鱼油研究), MEE9610号。

第一作者简介: 吴志强, 男, 1965年1月生, 博士后。Tel: 027-87647723, E-mail: zqwu@hb.ac.cn

收稿日期: 1998-11-23

获的中上层鱼类产量为 8~12 万吨。其中蓝圆鲹 (*Decapterus maruadsi*)、金色小沙丁鱼 (*Sardinella aurita*)、颌圆鲹 (*Decapterus lajang*)、鲐鱼 (*Pneumatophorus japonicus*)、竹筴鱼 (*Trachurus japonicus*)、羽鳃鲐 (*Rastrelliger kanagurta*) 等六种中上层鱼类占总产量的 90% 以上, 资源量十分丰富, 经济价值可观。有关海洋鱼类脂肪酸的研究, 李淡秋等<sup>[1-4]</sup> 测定了上海及浙江舟山海域部分海产鱼类少数样品的脂肪酸组成, 但均未结合鱼类的生物学特征作周年分析。Stansby<sup>[5]</sup>、Joseph<sup>[6]</sup> 等研究指出, 鱼油脂肪酸组成及含量除了种与种之间有差异外, 同一种类也可能因不同的采集季节、不同采集地点、不同的生物学特征而发生变化。本文结合六种鱼类的生物学特征, 在一年中逐月定点采样, 较为全面系统地分析了不同季节的脂肪酸含量的变化。

## 1 材料与方法

### 1.1 采集时间及地点

1996 年 9 月至 1997 年 9 月逐月在闽南一台湾浅滩渔场东山渔港灯光围网渔船上收集样品, 每月每种鱼采 6 尾以上, 全年共收集标本 504 尾。新鲜鱼冷藏后迅速运回实验室。

### 1.2 脂肪提取

样品及时完成常规生物学测量, 固定性腺发育材料。剔除头骨和脊椎骨, 剩余肌肉放入组织捣碎机中搅碎, 真空干燥, 称取干燥后的一定量样品, 以氯仿-甲醇法提取脂肪<sup>[7]</sup>, 提出的脂肪(鱼油)充氮气密闭-18℃低温保存。

### 1.3 鱼油甲酯化

称取鱼油样品 6mg, 加 2mL 无水甲醇(色谱专用)溶解, 取 1mL 移入 5mL 具塞刻度试管中, 加入 0.5mL NaOH 甲醇液 1mL, 充氮气后加塞, 于 60℃ 水浴锅中振摇皂化至油滴消失。取出试管, 加入 1mL 内标(十九酸, 浓度为 20mg/100mL), 再加入 0.5mL 三氟化硼乙醚溶液和 1.7mL 无水甲醇混匀, 充氮气, 塞紧后在 70~75℃ 水浴锅中加热 30 分钟, 冷却后用石油醚-己烷(1:9, V/V)提取五次, 取上层液合并氮气吹干, 加入 5mL 正己烷, 使脂肪酸甲酯溶解, 保存在-4℃ 下待色谱进样测定。

### 1.4 脂肪酸测定

气相色谱分析使用 HP5892 II 气相色谱仪, 装配氢火焰离子化检测器, 色谱柱为 HP-5 石英毛细管柱(50×0.25mm i.d.), 进样器温度为 320℃。检测器温度 320℃, 起始柱温 60℃, 恒温 2min, 然后以 20℃/min 程序升温至 150℃, 再以 4℃/min 程序升温至 290℃, 载气为 H<sub>2</sub>。采用 Sigma 公司标准脂肪酸鉴定各种脂肪酸组成, 采用内标法测定各种脂肪酸的含量, 分析结果由 HP 色谱数据工作站处理。

## 2 结果与讨论

### 2.1 脂肪酸组成的一般特征

本研究共测定样品 132 个, 每种鱼基本每月抽取 2 个油样作测定。结果见表 1。六种中上层鱼类共含有 7 种饱和脂肪酸(SFA), 5 种单不饱和脂肪酸(MUFA), 7 种多不饱和脂肪酸(PUFA)。六种鱼的综合结果是: SFA 占总脂肪酸的 35.24%~38.60%, MUFA 占 23.59%~30.07%, PUFA 占 33.06%~40.33%, EPA 占 2.35%~3.62%, DHA 占 17.95%~24.29%。SFA 中, C<sub>16:0</sub>、C<sub>18:0</sub> 占主要成分, MUFA 中 C<sub>18:1</sub> 为主, PUFA 中, 含量最高的是 DHA, 其次为 C<sub>20:4</sub>、EPA、C<sub>22:5</sub> 等。六种鱼类 EPA 含量均低于 DHA。EPA 含量最高的是羽鳃鲐(3.62%), 最低的是颌圆鲹(2.35%), DHA 含量最高的是颌圆鲹(24.49%), 最低的是竹筴鱼(17.95%)。

表 1 六种中上层鱼类肌脂脂肪酸组成及含量

Tab. 1 Fatty acid composition and content of muscle oil in six pelagic fishes

脂肪酸	蓝圆鲹(n=24)		金色小沙丁鱼(n=18)		颌圆鲹(n=23)	
	A <sup>*1</sup>	% <sup>*2</sup>	A	%	A	%
12:0	0.12±0.13	0.07±0.06	0.22±0.12	0.17±0.05	0.11±0.14	0.08±0.06
14:0	5.77±4.28	3.91±0.96	8.10±6.53	5.92±2.01	5.03±4.79	4.09±1.35
15:0	1.16±0.88	0.81±0.15	1.26±0.95	1.02±0.26	1.01±0.98	0.84±0.41
16:0	25.30±24.48	18.53±2.57	25.01±21.49	21.09±2.76	20.27±28.63	18.03±6.21
17:0	1.75±1.16	1.32±0.20	1.46±0.96	1.34±0.37	1.57±1.25	1.47±0.27
18:0	14.57±9.11	11.41±1.96	9.45±5.78	8.40±1.48	11.48±9.67	10.75±2.78
20:0	1.05±0.65	0.80±0.16	0.88±0.66	0.72±0.26	0.84±0.89	0.71±0.33
16:1	14.05±7.08	10.29±1.70	13.52±9.88	11.40±3.79	10.41±7.08	9.26±1.73
18:1 $\omega$ 9	19.66±17.82	12.74±3.88	10.24±7.98	7.84±2.10	13.56±15.28	10.62±2.83
18:1 $\omega$ 7	5.06±3.65	3.59±0.56	4.30±3.35	3.53±0.95	3.58±3.43	3.01±0.45
20:1	0.74±0.61	0.54±0.21	0.79±0.58	0.69±0.25	0.58±0.50	0.56±0.34
22:1	0.08±0.09	0.07±0.09	0.14±0.15	0.14±0.13	0.22±0.25	0.27±0.36
18:2 $\omega$ 6	1.00±0.89	1.01±0.41	0.40±0.30	1.10±0.21	0.95±0.94	1.02±0.31
18:3 $\omega$ 3	2.05±1.00	1.27±0.35	2.49±1.42	1.32±0.90	1.62±0.90	1.70±1.01
18:4 $\omega$ 3	1.61±1.14	1.14±0.33	2.56±2.01	2.42±1.73	1.30±1.20	1.35±1.16
20:4 $\omega$ 6	9.88±6.77	7.33±1.34	12.75±11.73	9.48±3.75	0.82±7.08	7.07±1.21
20:5 $\omega$ 3	3.47±2.07	2.60±0.76	2.81±1.60	2.68±0.82	2.32±1.74	2.35±0.60
22:5 $\omega$ 3	3.96±2.62	2.90±0.75	2.35±1.50	2.12±0.72	2.42±2.12	2.28±0.70
22:6 $\omega$ 3	23.31±12.08	19.67±6.7	16.98±6.96	18.69±8.85	23.16±15.49	24.49±7.64
SFA	50.23±40.45	36.79±3.48	45.78±35.78	38.60±4.66	40.35±45.80	35.89±7.07
MUFA	37.22±28.76	27.26±5.27	27.97±19.83	23.59±4.78	26.72±26.12	23.77±4.57
PUFA	44.79±25.02	35.95±7.73	40.34±22.24	37.81±8.14	39.59±28.53	40.33±9.76
HUFA	26.38±13.53	22.28±7.06	19.79±8.24	21.36±9.22	25.49±17.08	27.72±8.42
总脂肪酸	136.52±91.28	100	118.59±76.67	100	112.42±98.08	100

  

脂肪酸	鲈鱼(n=20)		竹荚鱼(n=22)		羽鳃鲈(n=25)	
	A	%	A	%	A <sup>*1</sup>	% <sup>*2</sup>
12:0	0.4±0.07	0.02±0.03	0.13±0.12	0.08±0.06	0.05±0.08	0.05±0.08
14:0	6.19±3.99	3.68±0.81	5.77±3.58	4.03±1.06	4.80±3.83	4.24±1.19
15:0	1.92±1.18	1.18±0.23	1.09±0.67	0.78±0.17	1.29±0.91	1.18±0.36
16:0	28.58±22.91	17.56±2.35	26.23±22.96	18.95±2.25	19.82±17.34	19.06±3.54
17:0	2.67±1.41	1.68±0.25	1.69±0.94	1.26±0.19	1.69±0.95	1.64±0.27
18:0	15.91±8.58	10.00±1.05	14.76±9.27	11.01±1.48	10.14±5.23	10.10±1.17
20:0	1.82±0.99	1.13±0.23	1.02±0.49	0.80±0.17	1.21±0.68	1.22±0.37
16:1	13.04±3.30	8.01±0.62	14.67±5.96	10.60±1.35	9.90±5.43	9.52±1.71
18:1 $\omega$ 9	28.66±21.17	16.28±4.84	23.67±20.65	15.05±4.38	11.02±8.10	9.88±2.80
18:1 $\omega$ 7	5.89±3.27	3.60±0.52	5.07±3.03	3.64±0.52	3.50±2.20	3.50±1.10
20:1	3.47±2.64	2.00±0.79	0.79±0.54	0.59±0.18	1.42±0.92	1.38±0.37
22:1	0.25±0.16	0.17±0.12	0.11±0.14	0.12±0.14	0.31±0.29	0.44±0.52
18:2 $\omega$ 6	1.08±0.79	1.00±0.18	0.40±0.28	0.32±0.38	0.84±0.72	0.86±0.36
18:3 $\omega$ 3	2.40±1.20	1.21±0.50	0.98±0.65	0.96±0.65	1.90±1.20	2.56±2.41
18:4 $\omega$ 3	1.89±1.13	1.19±0.57	1.28±0.79	0.95±0.33	1.45±1.02	1.37±0.68
20:4 $\omega$ 6	9.11±5.14	5.57±1.43	9.87±5.33	7.34±1.26	7.33±4.82	6.90±1.39
20:5 $\omega$ 3	5.29±2.60	3.42±0.68	3.09±1.31	2.52±0.69	3.60±2.03	3.62±0.64
22:5 $\omega$ 3	4.01±2.13	2.51±0.43	3.88±1.92	3.01±0.72	2.45±1.41	2.40±0.28
22:6 $\omega$ 3	29.61±14.20	19.56±5.40	22.30±11.04	17.95±4.96	19.68±9.60	20.21±4.17
SFA	57.36±38.49	35.24±3.10	51.09±38.24	36.91±2.67	38.52±28.56	37.04±5.37
MUFA	48.94±29.70	30.07±5.73	41.57±29.30	30.03±4.89	25.64±15.84	24.66±2.91
PUFA	53.43±26.11	34.69±7.05	41.79±19.67	33.06±6.22	37.61±19.02	38.30±6.95
HUFA	34.89±16.42	22.99±5.70	25.38±12.23	20.47±5.48	23.28±11.51	23.83±4.41
总脂肪酸	162.76±92.11	100	138.42±85.64	100	103.99±62.19	100

注: \*1 为 1g 干肌样品所含的各种脂肪酸的 mg 数。

\*2 为各种脂肪酸占总脂肪酸含量的百分比。

表 2 列出了各类脂肪酸的比例,从中可以看出, UFA (MUFA + PUFA)% 均大于 SFA%,且 PUFA% > MUFA%,  $\omega-3$ FA/  $\omega-6$ FA 的比例为 2.07 ~ 4.24。这是快速游动的中上层鱼类的特征之一,与  $\omega-3$ FA/  $\omega-6$ FA > 2 表现为鱼类活动性强的结论相吻合<sup>[1]</sup>。

## 2.2 主要脂肪酸成分的季节变化

肌肉中全部脂肪酸的绝对含量 (TFA) (mg/gdm) 的季节变化与鱼类的繁殖活动密切相关,鱼类繁殖时期,肌肉中脂肪含量下降, TFA 也相应下降,繁殖结束后,肌肉中脂肪含量逐渐上升, TFA 也相应上升。在所有月份中 UFA% > SFA%, SFA% 和 UFA% 没有表现出有意义的季节变化。除羽鳃鲈外,其它五种鱼类繁殖季节的 HUFA (EPA + DHA)% 和 PUFA% 高于非繁殖季节,这可能与繁殖过程中不饱和脂肪酸增多且具有某些生理作用有关。在非繁殖时期 PUFA% 与 MUFA% 接近或存在或大或小的情况,本文的这个结果与 Henderson 等<sup>[8]</sup> 研究大西洋鲱鱼 (*Clupea harengus*) 的结论相一致。

## 2.3 鱼体体长与脂肪酸含量的关系

采用一元一次或一元多次回归方程, KP 法显著性检验, 计算体长与各种脂肪酸的绝对含量与百分含量的相关关系, 相关不显著。

表 2 六种中上层鱼类肌肉中各种脂肪酸的比例  
Tab. 2 Ratio of different fatty acid of muscle oil in six pelagic fishes

比例	蓝圆鳀	金色小沙丁鱼	颌圆鳀	鲱鱼	竹筴鱼	羽鳃鲈
$\omega-3$ FA/ $\omega-6$ FA	3.16	2.07	3.44	4.24	3.07	3.56
UFA/SFA	1.72	1.59	1.79	1.84	1.71	1.70
PUFA/SFA	0.98	0.98	1.12	0.98	0.89	1.03
PUFA/MUFA	1.32	1.60	1.69	1.15	1.10	1.55

## 2.4 鱼肌脂肪含量与 PUFA% 的关系

采用一元四次线性回归分析 PUFA% 与脂肪含量的关系, 相关均比较显著 ( $R=0.74 \sim 0.89$ ), 即随着脂肪含量的升高, PUFA% 呈下降趋势。Kojima 等<sup>[9]</sup> 研究日本 Biwa 湖淡水鱼指出: 脂含量低, PUFA% 高; 脂含量高, PUFA% 低。同一脂含量, 海水鱼的 PUFA% 高于淡水鱼, Sigirgosladottir 等<sup>[10]</sup> 分析了 35 种冰岛海水鱼类的脂肪酸组成, 结果也表明, 脂含量与 PUFA% 呈负相关。

## 2.5 脂肪酸含量与渔获季节、体长及鱼肌脂肪含量的多元线性回归

分析单个因子与脂肪酸含量的关系有它的局限性, 实际上, 脂肪酸含量同时受到多个因子的影响, 某些脂肪酸的变化更加依赖于其中一个或二个因子的变化。本文采用 TSP 软件, 就各种脂肪酸的绝对含量和百分含量与季节、体长、脂肪含量进行了多元线性回归, 结果表明: 各种脂肪酸绝对含量的变化更多地依赖于脂肪含量的变化, 较少地依赖于季节的影响, 与体长的关系不大。各种脂肪酸的百分含量的回归分析结果为: SFA、 $C_{16:0}$ 、 $C_{18:0}$ % 与季节相关较为明显, PUFA、 $C_{22:6}$ 、 $C_{18:3}$ % 与季节相关不明显。随体长的增长, SFA、MUFA、PUFA% 有的鱼呈增长趋势, 有的鱼呈下降趋势, 正负相关不显著。随着鱼肌中脂肪含量的增加, SFA、MUFA、 $C_{16:0}$ 、 $C_{16:1}$ 、 $C_{18:1}$ % 会增加, 相反 PUFA、 $C_{20:5}$ 、 $C_{18:0}$ 、 $C_{22:5}$ 、 $C_{22:6}$ % 会减少, 这种趋势在各种鱼类都比较明显, 综合分析判断表明: 脂肪酸的百分含量与变化与脂肪含量关系密切, 与季节有一定的相关关系, 但与体长的关系不大。这个结果与日本学者 Ueda<sup>[11]</sup> 分析日本鲈 (*Scomber japonicus*) 的结论相一致。

## 2.6 国内外中上层鱼类脂肪酸含量的比较

和上海、舟山沿海的中上层鱼类(鲐、鳓、沙丁鱼)及世界各地 12 种中上层鱼类脂肪酸研究的文献比较, 可以发现, 中上层鱼类  $UFA\% > SFA\%$ ,  $PUFA\% > MUFA\%$ ,  $DHA\% > EPA\%$ ,  $PUFA\%$  与  $SFA\%$  相当是一种较普遍现象, 但大西洋及大平洋沿岸的 12 种中上层鱼类中有 6 种  $EPA\% > DHA\%$ <sup>[6, 12, 13]</sup>。然而本文研究的 6 种中上层鱼类  $DHA\%$  都高于  $EPA\%$ 。

## 2.7 中上层鱼类与底层及深海鱼类脂肪酸含量比较

新西兰及日本底层及深海鱼类较之本文研究的六种中上层鱼类。前者  $EPA\%$ 、 $UFA/SFA$  较高,  $DHA\%$ 、 $PUFA/SFA$ 、 $PUFA/MUFA$  均较低。Hayashi 等<sup>[14, 15]</sup>认为: 随着栖息深度的增加,  $PUFA\%$  减少, 而  $MUFA\%$  增加。50~400m 的各种鱼类的分析结果表明, 上层鱼含大量的  $PUFA$ , 中下层鱼类含大量的  $MUFA$ , 新西兰深海鱼类  $MUFA\%$  是  $PUFA\%$  的 1~10 倍, 故此认为  $MUFA$  特别丰富可作为深海鱼类的脂肪酸特征。根据本文的研究, 参考以往学者的文献, 本文认为, 中上层鱼类  $MUFA$  不丰富, 且  $PUFA\% > MUFA\%$  可以作为海洋中上层鱼类脂肪酸组成的特征之一。

## 2.8 海水鱼和淡水鱼脂肪酸含量的比较

Ackman<sup>[13]</sup> 比较高纬度淡水鱼类和海水鱼类脂肪酸组成的特点时指出: 淡水鱼油  $C_{20}$  和  $C_{22}$  酸的含量较低,  $C_{18}$  多不饱和脂肪酸含量比较高。本文的研究数据和 Henderson 等<sup>[8, 16]</sup> 及日本 Biwa 湖产的 12 种淡水鱼<sup>[9]</sup> 比较,  $EPA\%$  均相当, 只是淡水鱼  $DHA\%$  较低, 而海水鱼  $DHA\%$  较高, 这也反映了淡水鱼和海水鱼脂肪酸含量的一个不同点。

## 2.9 不同纬度中上层海水鱼脂肪酸含量比较

Nichols 等<sup>[17]</sup> 研究南极和温带鱼类时指出: 生活在较低水温的种类, 其脂肪酸的不饱和程度会增加, 但此观点只适用于种内差异, 不同种类  $UFA$  的多少与地理位置无关。本文研究的鱼类和上海附近海域的鱼类<sup>[1]</sup> 比较, 前者, 蓝圆鳓、金色小沙丁鱼  $PUFA\%$  较低, 但  $C_{20:4}$  (5.75%~9.48%) 都较高, 后者  $PUFA\%$  较高, 但  $C_{20:4}$  (1.9%~2.2%) 都较低, 可以认为,  $C_{20:4}$  含量较高可能是暖水性中上层鱼类脂肪酸组成的特征之一, 这与 Viswanathan<sup>[18]</sup> 研究 15 种热带水域鱼类的脂肪酸的结论相类似。

## 参 考 文 献

- 1 李淡秋. 中国 20 种海水鱼虾脂肪酸组成的分析研究. 水产学报, 1989, 13(2): 157~159.
- 2 黄志斌. 鱼油中  $\omega$ -3 多烯酸的开发利用的现状与展望. 海洋渔业, 1990, (5): 222~224
- 3 叶新荣, 吴亚平. 舟山鱼类油脂中饱和及不饱和脂肪酸组成的初步研究. 海洋科学 1990, (2): 40~42
- 4 黄志斌, 李淡秋. 快速制备脂肪酸甲酯用于气相色谱分析. 水产学报, 1990, 14(1): 40~43
- 5 Stansby M E. Fish oil research, 1920-1978 in the national marine fisheries service, service. NOAA. Mar Fish Rev, 1988, 50(4): 174~179
- 6 Joseph J D. Fatty acid composition of commercial menhaden *Brevortia* sp. oils. 1982 and 1983. Mar Fish Rev, 1985, 7(3): 30~37
- 7 王少梅, 陈少莲, 崔奕波. 用氯仿-甲醇抽提法测定鱼体脂肪含量的研究. 水生生物学报, 1993, 17(2): 193~196
- 8 Henderson R J. The lipid composition and biochemistry of freshwater fish. Prog Lipid Res, 1987, 26: 281~347
- 9 Kojima T, Sato M, Yoshinaka R, et al. Chemical components and fatty acid composition of lipids in several fresh water fishes except cyprinidae in Lake Biwa. Bull Jap Soc Sci Fish, 1986, 52(11): 2009~2017.
- 10 Sigurgislaóttir S, Þilmaðóttir H. Fatty acid composition of thirty five Icelandic fish species. J Amer Oil Chemists' Soc, 1993, 71(11): 1081-1086
- 11 Ued T. Changes in the fatty acid composition of mackerel lipid and probably related factors-1. Influence of the season, body length and lipid content. Bull Jap Soc Sci Fish, 1976, 42(4): 479~484
- 12 Gruger E H. Fatty acid composition of oils from 21 species of marine fish, freshwater fish and shellfish. J Amer Oil Chemists Soc, 1960, 41: 622~667
- 13 Ackman R G. Some commercial Atlantic herring oils; Fatty acid composition. J Fish Res Bd Canada, 1966, 23(7): 991~1006
- 14 Hayashi K, Yamada M. The lipids of marine animals from various habitat depths-3. On the characteristics of the component fatty acids in the neutral lipids of deep-sea fishes. Bull Jap Soc Sci Fish, 1975, 41(11): 1161~1175
- 15 Hayashi K, Takagi T, Kondo H. The lipids of marine animals from various habitat depths-7. Compositions of diacyl glyceryl ethers in the flesh lipids of two deep-sea teleost fish, *Seirolella* sp. *S. punctata*. Bull Jap Soc Sci Fish, 1978, 44(8): 917~923
- 16 Henderson R J, Almatar S M. Seasonal changes in the lipid composition of herring (*Clupea harengus*) in relation to gonad maturation. J Mar Biol AssUK, 1989, 69: 323~334
- 17 Nichols D. S, Williams D, Dunstan G A, et al. Fatty acid composition of Antarctic and Temperate fish of commercial interest. Comp Biochem Physiol, 1994, 107B (2): 357~363
- 18 Viswanathan Nair P G. Fatty acid compositions of 15 species of fish from tropical waters. J Food Sci, 1978, 43: 1162~1164