

论著

洞庭湖水域淡水鱼类脂肪酸含量研究

高颐雄^{1,2}, 张红霞³, 胡余明⁴, 李梓民⁴, 尚晓虹¹, 赵云峰¹, 吴永宁¹

(1. 国家食品安全风险评估中心 卫生部食品安全风险评估重点实验室, 北京 100021;

2. 中国疾病预防控制中心营养与食品安全所, 北京 100050; 3. 石泉县妇幼保健院,

陕西 石泉 725200; 4. 湖南省疾病预防控制中心, 湖南 长沙 410005)

摘要:目的 分析洞庭湖水域出产的常见可食用淡水鱼多种主要脂肪酸的含量。方法 于洞庭湖水域采集当地常见可食用淡水鱼(每种3~4份样品),提取总脂后以气相色谱法分析其各种脂肪酸含量。结果 共采集12种淡水鱼类,其总脂含量占可食部范围为1.14%(鳊鱼)~7.55%(黄颡鱼),绝大多数鱼种含量最多的饱和脂肪酸、单不饱和脂肪酸、*n*-6和*n*-3多不饱和脂肪酸分别为棕榈酸、油酸、亚油酸和二十二碳六烯酸(DHA)。DHA含量(mg/100g可食部)均值范围为19.7(鳊鱼)~358.4(长吻鮠)。二十碳五烯酸(EPA)($r=0.523, P<0.0001$)、二十二碳五烯酸($r=0.462, P=0.0003$)和DHA($r=0.576, P<0.0001$)含量分别与总脂含量相关。结论 洞庭湖水域常见淡水鱼脂含量及脂肪酸含量具有明显种属差异性,部分鱼种可以作为EPA和DHA的良好膳食来源而被推荐。

关键词: *n*-3多不饱和脂肪酸; 二十二碳六烯酸; 洞庭湖; 淡水鱼; 鱼; 脂肪酸

中图分类号: R155; S965.1; Q547 文献标志码: A 文章编号: 1004-8456(2015)01-0006-04

DOI: 10.13590/j.cjfh.2015.01.002

Fatty acids concentration of edible freshwater fish from Dongting Lake

GAO Yi-xiong, ZHANG Hong-xia, HU Yu-ming, LI Zi-min, SHANG Xiao-hong,
ZHAO Yun-feng, WU Yong-ning(Key Laboratory of Food Safety Risk Assessment Ministry of Health, China National
Center for Food Safety Risk Assessment, Beijing 100021, China)**Abstract: Objective** To analyze the concentrations of main fatty acids of edible freshwater fish from Dongting Lake.

Methods Samples of edible freshwater fish (3-4 samples of each species) were collected from Dongting Lake. Total lipids were extracted and fatty acids were separated and quantified by gas chromatographic. **Results** Twelve species were collected. The mean contents of total lipids (in from of g/100g edible part) ranged from 1.14 (*Hypophthalmichthys nobilis*) to 7.55 (*Pelteobagrus fulvidraco*). The main saturated, monounsaturated, *n*-6 and *n*-3 polyunsaturated fatty acids in edible part of majority of species were C16:0, C18:1n9, C18:2n6 and C22:6n3 (DHA), respectively. The mean concentrations of DHA (in from of mg/100 g edible part) ranged from 19.7 (*Monopterus albus*) to 358.4 (*Leiocassis longirostris*). Concentrations of C20:5n3, C22:5n3 and DHA was positively correlated with contents of total lipids in edible part, respectively. **Conclusion** There are significant differences of total lipids contents and of specific fatty acids concentrations among species. Some studied species would be good dietary sources of *n*-3 polyunsaturated fatty acids.

Key words: *n*-3 polyunsaturated fatty acid; docosahexaenoic acid; Dongting Lake; freshwater fish; fish; fatty acid

n-3长链多不饱和脂肪酸(*n*-3 LCPUFA)主要包括二十碳五烯酸(EPA)和二十二碳六烯酸(DHA),这些脂肪酸在人体中发挥重要生理功能,可抑制心血管疾病和致敏的发生、发展,以及胎

儿/新生儿神经系统与认知能力的发育等^[1-3]。因为人体缺乏相应的去饱和酶,所以不能自身合成*n*-3多不饱和脂肪酸(*n*-3 PUFA)而需从外界摄取。 α 亚麻酸(ALA)作为必需脂肪酸广泛存在于植物油中并且可以作为前体合成*n*-3 LCPUFA,但是涉及素食者的研究表明^[4]这种体内合成的效率在部分人群较低,直接摄入EPA和DHA可能会获得更高的体内含量水平。

海水鱼类因富含*n*-3 LCPUFA而受到广泛重视^[5-6],此外已有的报道提示一些地区的部分淡水

收稿日期: 2014-07-28

基金项目: 国家自然科学基金面上项目(81172675)

作者简介: 高颐雄 男 助理研究员 研究方向为风险获益评估

E-mail: youxiang20080919@126.com

通讯作者: 尚晓虹 女 副研究员 研究方向为风险获益评估

E-mail: shangxh2002@aliyun.com

鱼种 $n-3$ LCPUFA 含量同样较为丰富因而也可作为其良好的膳食来源^[7]。但是目前为止我国尚缺乏全国范围的淡水鱼类的脂肪酸含量研究,且联合国粮农组织和世界卫生组织的专家研讨会建议用于研究特定营养成分含量的鱼类样品的采集应考虑地区差异性^[3]。我国内陆地区居民膳食模式中鱼类消费以淡水鱼类为主^[8],洞庭湖是我国第二大淡水湖,其出产的淡水鱼类供应我国广大地区的消费者。因此选择该水域出产的多种可食用淡水鱼类分析其主要脂肪酸的含量,以期为我国居民淡水鱼类消费提供初步指导依据。

1 材料与方法

1.1 样品采集与制备

于 2012 年在洞庭湖地区采集当地常见可食用淡水鱼类样品,采集地点为当地农贸市场,所有样品均生长于该水域。每一鱼种采集 3~4 份样品,1 份样品包含该鱼种 1 条。所有样品制备可食部并匀浆化,置于密闭容器内 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 保存待分析。

1.2 方法

1.2.1 脂肪酸分析

待样品恢复至常温后称取约 1.5 g,以 45 ml 氯仿-甲醇混合溶液 ($V/V=2:1$ ^[9],含 BHT 30 mg/L) 浸泡, $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 过夜。以滤纸过滤,滤液加入 NaCl 溶液 (约 13 ml,质量分数 0.85%) 再次于 $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 过夜,分层后将下层混合溶液进行减压旋转蒸发后得到总脂

并称重。其中的脂肪酸经甲酯化后以气相色谱进行定量分析。甲酯化方法见文献[8]、气相色谱参数和内标法定量见文献[6]。

1.2.2 质量控制

在测定样品的同时测定经冷冻干燥处理的鲤鱼粉末样品,并比较不同测定周期的质控样品总脂含量及其 DHA 含量。鲤鱼样品购自北京地区超市,其可食部经冷冻干燥处理后呈粉末状在 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 条件下保存。每次使用鲤鱼粉末样品约 0.3 g,其余处理步骤及分析方法均同正式样品。

1.3 统计学分析

每一鱼种的总脂及各种脂肪酸含量结果以平均值 \pm 标准差的形式表示,以相关系数表示总脂含量与各种脂肪酸含量间的关系,以 $P < 0.05$ 作为具有统计学意义的判断标准。统计学软件采用 SAS 9.1。

2 结果

5 个质控样品的平均总脂含量为 (9.8 ± 0.7) g/100 g 样品,偏差系数为 7.2%; DHA 含量为 (110.2 ± 8.3) mg/100 g 样品,偏差系数为 7.5%。

本研究共采集到 47 份样品,分别属于 12 个鱼种。所有鱼种均属于淡水鱼类,总脂含量 (g/100 g 可食部) 范围为 1.14 (鳊鱼) ~ 7.55 (黄颡鱼),其中有 3 种鱼总脂含量均值超过可食部重量的 5% (鳊鱼、黄颡鱼和长吻鮠),见表 1。

表 1 洞庭湖水域常见淡水鱼类基本信息 ($\bar{x} \pm s$)

Table 1 Basic information of common freshwater fish from Dongting Lake

| 中文名称 | 学名 | 样品数/份 | 食性 | 总脂含量 (g/100 g 可食部) |
|------|------------------------------------|-------|--------|--------------------|
| 鳊鱼 | <i>Monopterus albus</i> | 4 | 杂食性 | 1.35 ± 0.35 |
| 鲶鱼 | <i>Silurus asotus</i> | 4 | 肉食性 | 3.60 ± 2.23 |
| 鳊鱼 | <i>Siniperca chuatsi</i> | 4 | 肉食性 | 2.42 ± 1.19 |
| 草鱼 | <i>Ctenopharyngodon idella</i> | 4 | 草食性 | 4.49 ± 3.15 |
| 鲫鱼 | <i>Carassius auratus</i> | 4 | 杂食性 | 3.53 ± 2.50 |
| 鳊鱼 | <i>Hypophthalmichthys nobilis</i> | 4 | 浮游生物食性 | 1.14 ± 0.50 |
| 鳊鱼 | <i>Parabramis pekinensis</i> | 4 | 草食性 | 2.56 ± 1.03 |
| 鳊鱼 | <i>Ochetobius elongatus</i> | 4 | 肉食性 | 7.16 ± 5.55 |
| 乌鳢 | <i>Channa argus</i> | 4 | 肉食性 | 1.69 ± 0.58 |
| 黄颡鱼 | <i>Pelteobagrus fulvidraco</i> | 4 | 肉食性为主 | 7.55 ± 4.76 |
| 长吻鮠 | <i>Leiocassis longirostris</i> | 4 | 肉食性 | 5.16 ± 1.41 |
| 鳊鱼 | <i>Hypophthalmichthys molitrix</i> | 3 | 浮游生物食性 | 2.24 ± 1.14 |

棕榈酸是所有鱼种含量最高的饱和脂肪酸 (SFA),其含量占总 SFA 的 50% 以上,所有鱼种含量最高的单不饱和脂肪酸 (MUFA) 均为油酸。鳊鱼的棕榈酸、总 SFA、油酸和总 MUFA 的含量均值在所有鱼种中均为最低,分别为 82.6、152.0、64.2 和 101.7 mg/100 g 可食部;黄颡鱼上述脂肪酸含量均值在所有鱼种中均为最高,分别为 639.0、873.2、1 232.6 和 1 489.5 mg/100 g 可食部。

所有鱼种总 $n-6$ PUFA 含量 (mg/100 g 可食部) 均值范围为 45.1 (鳊鱼) ~ 607.3 (鳊鱼)。含量最高的 $n-6$ PUFA 均为亚油酸 (LA),其含量 (mg/100 g 可食部) 均值范围为 21.6 (鳊鱼) ~ 546.7 (鳊鱼);其次为花生四烯酸 (ARA),其含量 (mg/100 g 可食部) 均值范围为 16.8 (鳊鱼) ~ 37.0 (鳊鱼)。

所有鱼种总 $n-3$ PUFA 含量 (mg/100 g 可食部) 均值范围为 64.7 (草鱼) ~ 613.1 (长吻鮠)。DHA

是绝大多数鱼种含量最高的 *n*-3 PUFA, 其含量(mg/100 g 可食部)均值范围为 19.7(鳊鱼)~358.4(长吻鮠)。部分鱼种(如长吻鮠)的 EPA 和 *n*-3 二十二碳五烯酸(*n*-3 DPA)含量同样较为丰富, 分别达到总 *n*-3 PUFA 含量的将近 20% 和 10%, 见

表2 洞庭湖水域常见淡水鱼类主要多不饱和脂肪酸含量($\bar{x} \pm s$, mg/100 g 可食部)

Table 2 Concentrations of main polyunsaturated fatty acids in freshwater fish from Dongting Lake

| 中文名称 | LA | ARA | 总 <i>n</i> -6 PUFA | ALA | EPA | <i>n</i> -3 DPA | DHA | EPA + DHA | 总 <i>n</i> -3 PUFA |
|------|---------------|-------------|--------------------|--------------|--------------|-----------------|---------------|---------------|--------------------|
| 鳊鱼 | 40.6 ± 9.7 | 37.0 ± 7.6 | 85.2 ± 17.7 | 20.8 ± 5.7 | 6.1 ± 1.0 | 19.9 ± 2.8 | 19.7 ± 4.1 | 25.8 ± 3.9 | 66.6 ± 12.3 |
| 鲢鱼 | 192.1 ± 184.7 | 24.8 ± 10.7 | 244.0 ± 211.3 | 65.6 ± 41.1 | 26.8 ± 16.5 | 19.7 ± 6.7 | 109.1 ± 69.9 | 135.9 ± 84.7 | 221.3 ± 97.3 |
| 鳙鱼 | 113.9 ± 93.6 | 35.4 ± 12.3 | 172.5 ± 105.4 | 60.8 ± 50.5 | 24.5 ± 13.9 | 16.9 ± 6.0 | 82.0 ± 37.8 | 106.5 ± 50.1 | 184.2 ± 98.9 |
| 草鱼 | 196.2 ± 156.1 | 31.0 ± 11.4 | 245.8 ± 178.7 | 35.8 ± 28.5 | 3.6 ± 3.8 | 3.7 ± 2.9 | 21.6 ± 15.4 | 25.2 ± 19.2 | 64.7 ± 50.3 |
| 鲫鱼 | 289.8 ± 165.6 | 34.5 ± 18.5 | 359.1 ± 194.3 | 66.0 ± 43.5 | 16.0 ± 12.0 | 8.6 ± 5.4 | 48.4 ± 19.9 | 64.4 ± 31.8 | 139.0 ± 78.6 |
| 鳙鱼 | 21.6 ± 5.2 | 16.8 ± 6.4 | 45.1 ± 7.6 | 26.7 ± 2.7 | 25.0 ± 12.1 | 7.0 ± 2.9 | 29.2 ± 14.4 | 54.2 ± 25.9 | 87.9 ± 31.2 |
| 鳊鱼 | 205.0 ± 84.0 | 33.6 ± 10.1 | 265.2 ± 92.4 | 37.4 ± 9.5 | 3.5 ± 0.8 | 2.4 ± 0.7 | 23.9 ± 8.0 | 27.5 ± 8.8 | 67.3 ± 9.2 |
| 鳊鱼 | 546.7 ± 380.7 | 25.2 ± 11.2 | 607.3 ± 404.5 | 113.5 ± 79.6 | 76.0 ± 76.7 | 29.6 ± 26.5 | 213.0 ± 208.7 | 289.0 ± 285.4 | 432.1 ± 386.5 |
| 乌鳢 | 28.4 ± 17.3 | 20.2 ± 8.2 | 59.0 ± 23.3 | 35.5 ± 26.6 | 26.0 ± 18.6 | 26.3 ± 17.4 | 119.1 ± 80.3 | 145.1 ± 98.3 | 206.9 ± 142.0 |
| 黄颡鱼 | 353.4 ± 131.8 | 20.6 ± 3.3 | 412.6 ± 139.8 | 84.6 ± 21.4 | 34.7 ± 23.8 | 26.7 ± 11.4 | 205.9 ± 117.5 | 240.7 ± 141.2 | 352.1 ± 158.6 |
| 长吻鮠 | 192.9 ± 35.7 | 31.7 ± 6.8 | 246.3 ± 37.6 | 79.7 ± 20.1 | 115.4 ± 18.7 | 59.6 ± 11.0 | 358.4 ± 89.4 | 473.8 ± 107.8 | 613.1 ± 137.5 |
| 鲢鱼 | 30.6 ± 21.1 | 30.1 ± 21.7 | 84.6 ± 64.6 | 85.3 ± 73.4 | 51.8 ± 41.7 | 15.5 ± 12.1 | 54.2 ± 32.0 | 106.0 ± 73.6 | 206.8 ± 158.7 |

表3 可食部中总脂含量与主要多不饱和脂肪酸相关性

Table 3 Relationship between total lipids and specific fatty acids in edible part

| 脂肪酸种类 | 相关系数 <i>r</i> | <i>P</i> 值 |
|-----------------|---------------|------------|
| LA | 0.752 | <0.000 1 |
| ARA | 0.295 | 0.025 |
| ALA | 0.714 | <0.000 1 |
| EPA | 0.523 | <0.000 1 |
| <i>n</i> -3 DPA | 0.462 | 0.000 3 |
| DHA | 0.576 | <0.000 1 |

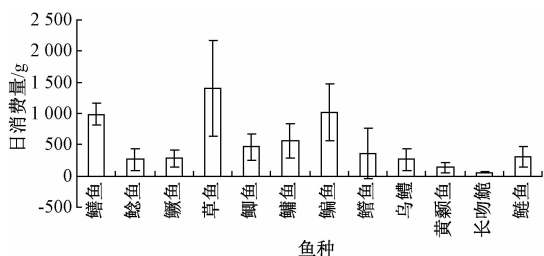


图1 EPA + DHA 达到 250 mg/d 摄入时各鱼种日消费量

Figure 1 Daily intakes of fish to reach 250 mg/d

EPA + DHA

3 讨论

英国营养科学咨询委员会(SACN)将总脂含量达到 5%~20% 的鱼类定义为“肥鱼”(oily fish), 并鼓励一般人群增加其食用量(至少 1 次/周)^[5]。洞庭湖水域淡水鱼类可食部中总脂含量与多种 *n*-3 PUFA 含量均呈正相关, 这与已有的海鱼研究结果一致^[6], 提示摄入总脂含量更高的淡水鱼种(例如鳊鱼、黄颡鱼和长吻鮠), 同样可以使消费者获得更多的 *n*-3 PUFA 摄入量及其相关益处。

被调查的 12 种淡水鱼类各种主要 PUFA 含量

表 2。可食部中总脂含量与各种主要多不饱和脂肪酸(PUFA)含量分别呈正相关, 见表 3。在提供的 EPA + DHA 达到 250 mg/d 的前提下, 所调查鱼种的摄入量(g/d) 范围为 55.3(长吻鮠)~1 400.0(草鱼), 见图 1。

范围跨度较大。EPA + DHA 含量与我国其他地区出产的淡水鱼类 EPA + DHA 含量分布范围(3~835 mg/100 g^[7,10-11])基本相当, 部分鱼种(如长吻鮠) EPA + DHA 含量接近甚至超过带鱼(42~591 mg/100 g^[6-7,10])等一部分我国居民经常食用的海鱼。我国内陆地区人群 DHA 的主要食物来源是蛋类^[12], 部分洞庭湖水域淡水鱼类的 DHA 含量同样明显高于部分我国居民主要消费的禽蛋种类(鸡蛋、乌鸡蛋和鹌鹑蛋)的 DHA 含量(0.96~1.32 mg/g 蛋黄^[13])。虽然海水鱼类包括 DHA 在内的主要 *n*-3 LCPUFA 含量普遍较淡水鱼类高^[6-7,10-11], 但是考虑到实际国情及消费者接受程度等因素, 以当地较易获得的食物作为 *n*-3 LCPUFA 的主要膳食来源应该比鼓励我国全体居民特别是内陆地区居民增加海水鱼类消费量更加合理。洞庭湖水域出产的淡水鱼类无论以种类还是产量而言均十分可观, 因此本研究结果提示当地出产的部分种类的淡水鱼(如长吻鮠)可以推荐为 *n*-3 LCPUFA 的良好膳食来源。

对一般人群降低冠心病致死风险而言, EPA + DHA 的最高日摄入有效剂量为 250 mg^[1]。因此 250 mg/d 可以作为 EPA + DHA 的推荐摄入量以保护一般人群^[11]。本研究提示消费者通过摄入所有被调查的洞庭湖水域淡水鱼类均可达到 EPA + DHA 推荐摄入量(见图 1), 但即使是 EPA 和 DHA 含量最高的长吻鮠, 其达到 EPA + DHA 推荐摄入量时的可食部摄入量(55.3 ± 14.7 g/d) 也远高于我国居民的鱼类平均摄入量(24.8 g/标准人日, 包含淡水鱼类与海水鱼类^[14]), 提示我国居民应该重视增

加包括淡水鱼类在内的水产品的摄入。

一般而言 $n-3$ LCPUFA 主要指 EPA 和 DHA, 这意味着其他 $n-3$ LCPUFA 可能被忽略, 例如 $n-3$ DPA。 $n-3$ DPA 在体内除可作为前体合成 DHA 外, 其本身也发挥重要生理作用^[15]。本试验数据显示部分鱼种 $n-3$ DPA 含量可达到或超过其 EPA + DHA 含量的 10% (见表 2), 提示摄入洞庭湖水域淡水鱼类实际获得的益处可能比预计的更高。但是由于对 $n-3$ DPA 的研究较为缺乏, 其所发挥的生理效益目前尚无公认的量化方法^[15], 仍有待进一步研究。

部分贝类和甲壳类水产品也可能具有较高 $n-3$ LCPUFA 含量^[3], 然而我国居民这类水产品的消费量 (4.8 g/标准人日^[14]) 与鱼类消费量 (24.8 g/标准人日^[14]) 相比几乎可以忽略不计, 因此本研究并未涉及这些水产品。研究结果中某些鱼种部分脂肪酸含量的标准差与其均值相比偏大, 这可能是由于同一鱼种内的个体差异或捕获季节等因素影响所致。

综上所述, 洞庭湖水域淡水鱼类可食部总脂及各种 PUFA 含量具有较大种属差异性。这一差异的存在提示在涉及膳食调查及凭此推断营养素摄入量的相应研究中, 应考虑到对消费鱼种详细区别的重要性。部分鱼种可以推荐为 $n-3$ LCPUFA 的良好膳食来源。可食部中 DHA 等 $n-3$ PUFA 含量与总脂含量相关提示消费者摄入“肥鱼”可能会获得更多与 $n-3$ PUFA 相关的益处。

(志谢 感谢湖南省疾病预防控制中心样品采集人员的工作)

参考文献

- [1] Mozaffarian D, Rimm E B. Fish intake, contaminants, and human health: evaluating the risks and the benefits [J]. JAMA, 2006, 296: 1885-1899.
- [2] 高颐雄, 李筱薇, 尚晓虹, 等. 水产品摄入获益与风险及其评估研究进展[J]. 中国食品卫生杂志, 2013, 25(3): 288-291.
- [3] FAO/WHO. Report of the joint FAO/WHO expert consultation on the risks and benefits of fish consumption [M]. Rome/Geneva: Food and Agriculture Organization of the United Nations/World Health Organization, 2011: 8-22.
- [4] Rosell M S, Lloyd-Wright Z, Appleby P N, et al. Long-chain $n-3$ polyunsaturated fatty acids in plasma in British meat-eating, vegetarian, and vegan men[J]. Am J Clin Nutr, 2005, 82(2): 327-334.
- [5] Scientific Advisory Committee on Nutrition. Advice on fish consumption: benefits & risks[M]. London: The Stationery Office, 2004: 3-10.
- [6] 高颐雄, 岳兵, 余新威, 等. 浙江省舟山地区海水鱼类中脂肪酸含量调查[J]. 中华预防医学杂志, 2013, 47(6): 552-555.
- [7] 姚婷. 淡水鱼与海水鱼 $\omega-3$ 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.
- [8] GAO Y X, ZHANG J, WANG C, et al. The fatty acids composition of colostrums in three geographic regions of China[J]. Asia Pac J Clin Nutr, 2013, 22: 276-282.
- [9] Folch J, Lees M, Sloane Stanley G H. A simple method for the isolation and purification of total lipides from animal tissues[J]. J Biol Chem, 1957, 226(1): 497-509.
- [10] DU Z, ZHANG J, WANG C, et al. Risk-benefit evaluation of fish from Chinese markets: nutrients and contaminants in 24 fish species from five big cities and related assessment for human health[J]. Sci Total Environ, 2012, 416: 187-199.
- [11] ZHANG D P, ZHANG X Y, YU Y X, et al. Intakes of $\omega-3$ polyunsaturated fatty acids, polybrominated diphenyl ethers and polychlorinated biphenyls via consumption of fish from Taihu Lake, China: a risk-benefit assessment[J]. Food Chem, 2012, 132(2): 975-981.
- [12] ZHANG J, WANG Y, MENG L, et al. Maternal and neonatal plasma $n-3$ and $n-6$ fatty acids of pregnant women and neonates in three regions in China with contrasting dietary patterns[J]. Asia Pac J Clin Nutr, 2009, 18(3): 377-388.
- [13] 张爱武, 左璐雅, 鞠贵春, 等. 3 种禽蛋黄中脂肪酸的含量对比研究[J]. 中国畜牧杂志, 2011, 47(13): 53-55, 59.
- [14] 翟凤英, 杨晓光, 葛可佑. 中国居民营养与健康状况调查报告之二 2002 膳食与营养素摄入状况[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2006: 23-24.
- [15] Kaur G, Cameron-Smith D, Garg M, et al. Docosapentaenoic acid (22:5 $n-3$): a review of its biological effects [J]. Prog Lipid Res, 2011, 50(1): 28-34.