

文章编号: 1674-5566(2010)01-0125-05

中国对虾的脂肪酸分析及其营养价值评价

陈丽花¹, 肖作兵¹, 周培根²

(1. 上海应用技术学院生物与食品工程系, 上海 200233; 2. 上海海洋大学食品学院, 上海 201306)

摘要: 为了解中国对虾 (*Penaeus chinensis*) 的脂肪酸组成及其营养价值, 采用 GC-MS 分别对中国对虾肉和对虾头的脂肪酸组成进行了分析, 并对其营养价值进行了评价。结果发现: 中国对虾肉中共检测出饱和脂肪酸 6 种, 占总脂肪酸含量的 33.69%; 单不饱和脂肪酸 3 种, 占总脂肪酸含量的 13.67%; 多不饱和脂肪酸 6 种, 占总脂肪酸的 52.53%。虾头中共检测出饱和脂肪酸 11 种, 占总脂肪酸含量的 32.63%; 单不饱和脂肪酸 6 种, 占总脂肪酸含量的 22.82%; 多不饱和脂肪酸 9 种, 占总脂肪酸的 44.58%。虾肉和虾头中含量最高的饱和脂肪酸均是棕榈酸, 单不饱和脂肪酸均是油酸, 多不饱和脂肪酸都是亚油酸。中国对虾肉中 EPA 的相对百分含量高达 15.40%, DHA 高达 14.90%, 而对虾头中 EPA 的相对百分含量也高达 5.48%, DHA 达 8.73%; 中国对虾肉中的 \sum PUFA n-3 与 \sum PUFA n-6 的比值为 1.58, 对虾头中的 \sum PUFA n-3 与 \sum PUFA n-6 比值为 0.66, 均大大高于推荐的 \sum PUFA n-3 与 \sum PUFA n-6 日常膳食比值。无论是中国对虾肉还是对虾头均含丰富的不饱和脂肪酸且具有较高的营养价值。

关键词: 中国对虾; 脂肪酸; 营养价值评价

中图分类号: TS 254.1 **文献标识码:** A

Nutrition value evaluation of fatty acids in *Penaeus chinensis*

CHEN Li-hua¹, XIAO Zuo-bing¹, ZHOU Pei-gen²

(1. Department of Food and Bio-tech, Shanghai Institute of Technology, Shanghai 200233, China;

2. College of Food Science and Technology, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China)

Abstract: Composition and contents of fatty acids in *Penaeus chinensis* were analyzed by GC-MS and their nutrition values were evaluated in this paper. Six kinds of saturated fatty acids (33.69%), three kinds of mono-unsaturated fatty acids (13.67%) and six kinds of polyunsaturated fatty acids (52.53%) were detected in *Penaeus chinensis* meat. Eleven kinds of saturated fatty acids (32.63%), six kinds of mono-unsaturated fatty acids (22.82%) and six kinds of polyunsaturated fatty acids (44.58%) were found in *Penaeus chinensis* head. The most saturated fatty acid in both of meat and head is C16:0, the mono-unsaturated fatty acid is C18:1n-7, and the poly-unsaturated fatty acid is C18:2n-6. Contents of EPA and DHA in *Penaeus chinensis* meat are 15.40% and 14.90% while those in *Penaeus chinensis* head are 5.48% and 8.73%, respectively. The ratio of \sum PUFA n-3 to \sum PUFA n-6 in *Penaeus chinensis* meat is 1.58 while that in the head is 0.66. Both of the ratio values are more than that proposed in usual diet. The unsaturated fatty acids in *Penaeus chinensis* are rich and the nutrition values are high.

Key words: *Penaeus chinensis*; fatty acids; nutrition value evaluation

收稿日期: 2009-07-07

基金项目: 上海应用技术学院重点学科建设项目 (Q05018)

作者简介: 陈丽花 (1971-), 女, 副教授, 主要从事食品科学与工程方面的研究。E-mail: ch809@126.com

中国对虾 (Fleshy prawn), 又称东方对虾, 拉丁文学名为 *Penaeus chinensis* 或 *Penaeus orientalis* Kishinouye 与墨西哥棕虾、圭亚那白虾被并称为“世界三大名虾”^[1]。它营养丰富, 滋味鲜美, 是我国虾类出口的主要产品。脂肪不仅能供给肌体能量, 还参与构成肌体组织、满足人体对亚油酸和亚麻酸等必需脂肪酸的需要、促进脂溶性维生素的吸收与利用, 尤其是 n-3 系列的多不饱和脂肪酸, 对人体具有多种重要的生理功能, 必须由食物摄入^[2]。本文详细研究了中国对虾肉及虾头中的脂肪酸组成, 并对其营养价值进行了评价。

1 材料与方法

1.1 材料和仪器设备

1.1.1 原料

中国对虾 (10~12 cm 左右, 产地渤海湾, 收于 11 月份) 购于山东渤海水产品进出口有限公司

1.1.2 主要试剂

无水乙醚、氢氧化钾、甲醇、氟化硼、正己烷、氯化钠、无水硫酸钠、硼酸购于国药集团上海化学试剂有限公司; 脂肪酸标准样 (1 mmol/L 色谱纯) 购于美国 WATERS 公司。以上试剂除特别说明外均为分析纯。

1.1.3 主要仪器设备

干燥箱 (101-2B) 购于上海市实验仪器总厂; 索氏抽提器购于上海分析仪器总厂; 气质联用仪 (CP-3800) 购于美国 Varian 公司。

1.2 方法

1.2.1 原料的预处理

将解冻好的新鲜中国对虾沥干水分, 去头去壳后的部分为虾肉, 虾头及胸部去壳后的部分为虾头, 搅碎后备用。

1.2.2 脂肪酸组成的分析

脂肪酸组成的分析采用 GC-MS 方法。

脂肪酸的提取: 索氏抽提法^[3]。脂肪酸甲酯化^[4-5]: 取 0.2 g 脂肪于 20 mL 烧瓶中, 加入 0.5 mol/L 的氢氧化钾甲醇溶液 4 mL 置于 60℃ 水浴回流酯化 20 min 至 10 min 内没有脂肪滴下为止, 用移液管从冷凝管上部加入 12% BF₃ 甲醇溶液 5 mL 于沸腾的溶液里, 然后在 60℃ 水浴中继

续煮沸 2 min 加入 2 mL 正己烷, 继续煮沸 1 min 停止加热, 冷却至室温后, 移去冷凝管。加入少量饱和氯化钠溶液并轻摇烧瓶数次, 继续加饱和氯化钠溶液至烧瓶颈部。吸取上层庚烷溶液约 1 mL 于干燥试管中, 加入适量无水硫酸钠脱水。取 0.5 μL 进行 GC-MS 分析。GC-MS 的分析检测条件^[6]如下:

色谱分离条件: 色谱柱: PEG-20M, 石英毛细管柱 (柱长、口径及膜厚: 30 m × 0.25 mm × 0.25 μm); 载气: He 流量 1.00 mL/min 分流比 12:1; 进样口温度: 250℃, 起始柱温: 140℃, 保持 2 min 然后以 3℃/min 的速率升温至 250℃, 保持 10 min。

质谱检测条件: 全扫描, 采集质量范围 33~450; 电离方式: 电子轰击 (EI); 发射电流: 350 μA; 电子能量: 70 eV; 监测器: FID; 检测器电压: 350 V; 离子源温度: 220℃; 接口温度: 250℃。

脂肪酸甲酯的鉴定及定量: 把质谱分离的化合物图谱与标准溶液图谱进行对照。以单一脂肪酸甲酯的峰面积与总的峰面积比作为其相对含量。

$$X = \frac{A_i}{\sum A_i} \times 100\% \quad (1)$$

2 结果与讨论

2.1 中国对虾脂肪酸组成的总离子流图谱

脂肪是由甘油和脂肪酸组成的三酰甘油酯, 其中甘油的分子比较简单, 而脂肪酸的种类和长短却不相同, 因此脂肪的性质和特点主要取决于脂肪酸。不同食物中的脂肪所含有的脂肪酸种类和含量不一样。脂肪酸的种类很多, 可分饱和、单不饱和与多不饱和脂肪酸 3 大类^[2]。采用 GC-MS 全扫描模式测定了脂肪酸标准样品、中国对虾肉及对虾头的脂肪酸组成, 各样品的总离子流图谱分别如图 1、图 2 和图 3 所示。

2.2 中国对虾的饱和脂肪酸组成及营养价值评价

分别将图 2、图 3 与脂肪酸标准图谱图 1 对照, 得到中国对虾肉及虾头中的饱和脂肪酸组成及含量, 结果如表 1 所示。

由表 1 可知, 中国对虾肉中共检测出饱和脂肪酸 6 种, 占总脂肪酸含量的 33.69%; 虾头中共

检测出饱和脂肪酸 11 种, 占总脂肪酸含量的 32.63%, 略高于中华绒螯蟹肉 (24.91%)^[5]。

同中华绒螯蟹肉一样^[5], 中国对虾肉和虾头中含量最高的饱和脂肪酸均是棕榈酸 (C16:0), 分别占总脂肪酸含量为 19.50% 和 23.40%, 均略高于甘露青鱼 (17.64%)^[7], 但低于中华绒螯蟹肉 (24.91%)^[5]。棕榈酸具有提高血脂的作用, 并可能提高血液中的胆固醇含量^[1]。经测定, 中国对虾肉和对虾头的粗脂肪含量分别只有 1.51% 和 4.53% (以鲜重计), 因此认为棕榈酸不

会带来显著的营养学问题。

无论中国对虾肉还是虾头, 处于第 2 位的饱和脂肪酸都是硬脂酸 (C18:0)。中国对虾肉中硬脂酸的相对含量为 11.90%, 高于中华绒螯蟹肉 (2.88%)^[5] 和甘露青鱼 (5.49%)^[7], 而对虾头中的硬脂酸相对含量为 4.84%, 略低于甘露青鱼^[7]。硬脂酸的消化程度很低, 容易进行未饱和化作用转变成油酸, 而油酸没有提高胆固醇的作用, 因此硬脂酸不会带来营养方面的问题。

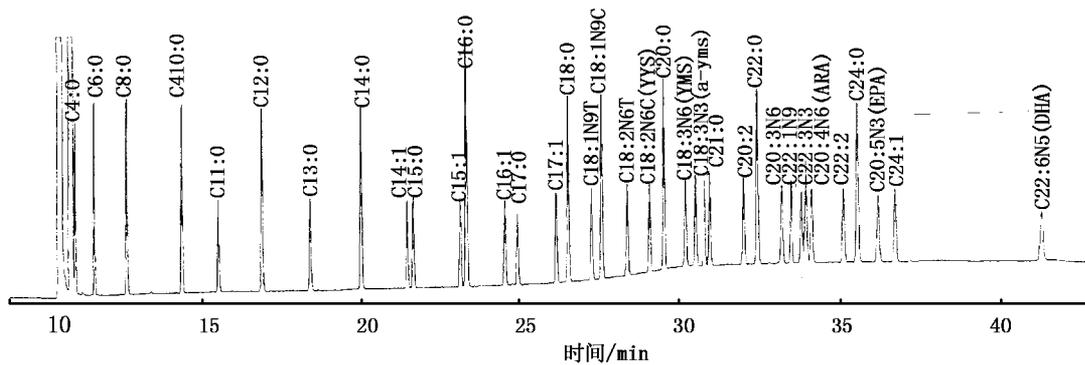


图 1 脂肪酸标准样品的总离子流图谱

Fig 1 Total ion chromatogram of standard fatty acids

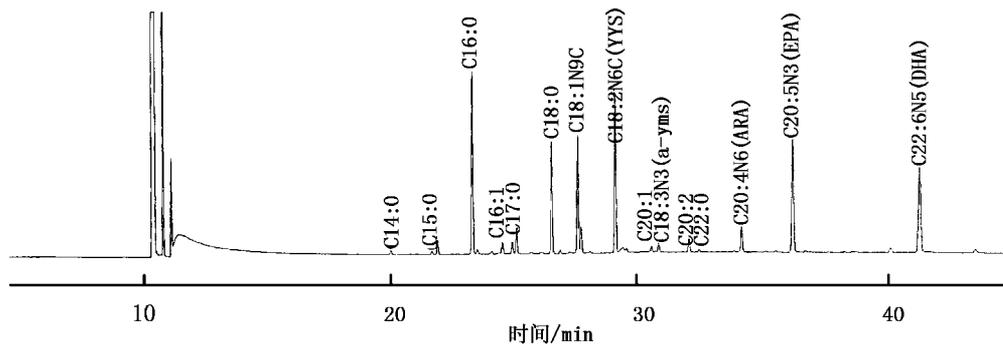


图 2 中国对虾肉的脂肪酸总离子流图谱

Fig 2 Total ion chromatogram of fatty acids in meat of *Penaeus chinensis*

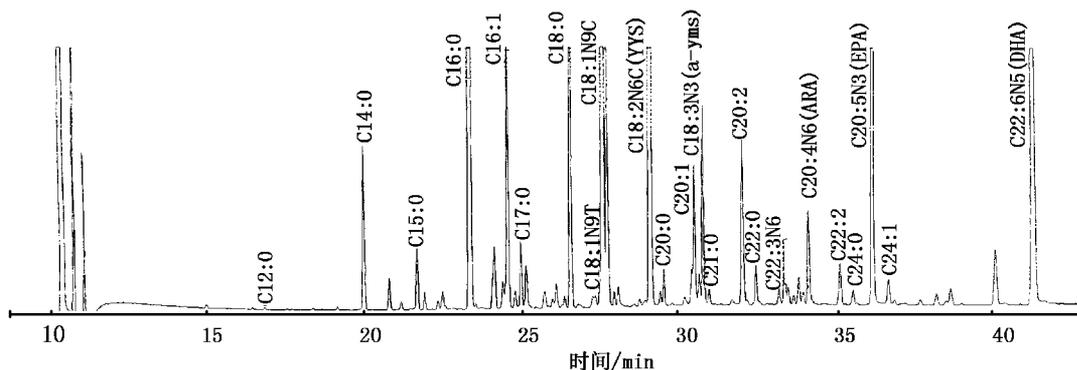


图 3 中国对虾头的脂肪酸总离子流图谱

Fig 3 Total ion chromatogram of fatty acids in head of *Penaeus chinensis*

表 1 中国对虾的饱和脂肪酸组成及相对百分含量
Tab. 1 Saturated fatty acid composition and content of *Penaeus chinensis*

饱和脂肪酸 (SFA)	饱和脂肪酸的相对百分含量 (%)	
	虾肉	虾头
月桂酸 (C12:0)	—	0.02±0.01
肉豆蔻酸 (C14:0)	0.47±0.01	1.78±0.02
十五酸 (C15:0)	0.34±0.01	0.66±0.01
棕榈酸 (C16:0)	19.50±0.04	23.40±0.05
十七酸 (C17:0)	1.20±0.01	0.69±0.02
硬脂酸 (C18:0)	11.90±0.02	4.84±0.01
花生酸 (C20:0)	—	0.36±0.01
二十一酸 (C21:0)	—	0.14±0.01
山嵛酸 (C22:0)	0.28±0.01	0.45±0.02
二十三酸 (C23:0)	—	0.11±0.01
木蜡酸 (C24:0)	—	0.18±0.01
∑ SFA	33.69	32.63

肉豆蔻酸 (C14:0) 具有提高血液中胆固醇含量的作用, 而中国对虾肉中的肉豆蔻酸含量仅为 0.47%, 大大低于对虾头 (1.78%) 和中华绒螯蟹肉 (1.72%)^[5] 中的含量。其他的饱和脂肪酸含量均较低 (低于 1.00%)。

2.3 单不饱和脂肪酸组成及其营养价值评价

据王维群^[2]研究认为, 高单不饱和脂肪酸膳食能降低低密度脂蛋白胆固醇和血清总胆固醇, 同时没有引起高密度脂蛋白胆固醇下降。另外, 单不饱和脂肪酸能保护脂蛋白免受氧化, 而氧化的低密度脂蛋白会加速细胞产生而导致动脉损伤。有研究显示, 海豹油中单不饱和脂肪酸与 DHA、EPA 具有协同作用, 长链单不饱和脂肪酸可用于治疗白细胞营养不良。

分别将图 2、图 3 与脂肪酸标准图谱图 1 对照, 得到中国对虾肉及对虾头中的单不饱和脂肪酸组成及相对含量, 结果见表 2 所示。

表 2 中国对虾单不饱和脂肪酸组成及相对百分含量
Tab. 2 Mono-unsaturated fatty acid composition and content of *Penaeus chinensis*

单不饱和脂肪酸 (MUFA)	单不饱和脂肪酸的相对百分含量 (%)	
	虾肉	虾头
棕榈油酸 (C16:1)	1.20±0.01	2.96±0.01
反式油酸 (C18:1N9T)	—	0.11±0.01
油酸 (C18:1N9C)	11.90±0.03	18.20±0.01
二十碳烯酸 (C20:1)	0.57±0.01	1.17±0.02
芥酸 (C22:1N9)	—	0.11±0.01
神经酸 (C24:1)	—	0.27±0.01
∑ MUFA	13.67	22.82

由上表可知, 中国对虾虾肉中共检测出单不饱和脂肪酸 3 种, 占总脂肪酸含量的 13.67%; 虾头中检测出单不饱和脂肪酸 6 种, 占总脂肪酸含量的 22.82%。和中华绒螯蟹肉一样^[5], 中国对虾肉和虾头中含量最高的单不饱和脂肪酸均是油酸, 分别为 11.90% 和 18.20%, 低于甘露青鱼 (37.63%)^[7] 和中华绒螯蟹肉 (30.96%)^[5]。油酸为低血脂性的脂肪酸, 有降低胆固醇和低密度脂蛋白的作用而被认为是一种良性的脂肪酸^[2]。

除油酸外, 中国对虾肉和虾头中含量较高的是棕榈油酸 (C16:1), 分别为 1.20% 和 2.96%, 低于甘露青鱼肉 (9.83%)^[7] 和中华绒螯蟹肉 (14.32%)^[5]。其他的单不饱和脂肪酸的相对含量均较低。

2.4 多不饱和脂肪酸组成及其营养价值评价

分别将图 2、图 3 与脂肪酸标准图谱图 1 对照, 得到中国对虾肉及对虾头中的多不饱和脂肪酸组成及相对含量, 结果如表 3 所示。

表 3 中国对虾多不饱和脂肪酸组成及相对百分含量
Tab. 3 Polyunsaturated fatty acid composition and content of *Penaeus Chinensis*

多不饱和脂肪酸 (PUFA)	多不饱和脂肪酸的相对百分含量 (%)	
	虾肉	虾头
亚油酸 (C18:2N6C)	17.00±0.01	23.90±0.03
亚麻酸 (C18:3N3)	0.91±0.01	2.11±0.01
二十碳二烯酸 (C20:2)	1.53±0.01	2.16±0.02
二十碳三烯酸 (C20:3N6)	—	0.18±0.01
二十碳三烯酸 (C20:3N3)	—	0.29±0.01
花生四烯酸 (C20:4N6)	2.79±0.01	1.17±0.02
二十二碳二烯酸 (C22:2)	—	0.56±0.01
EPA (C20:5N3)	15.40±0.02	5.48±0.01
DHA (C22:6N3)	14.90±0.01	8.73±0.02
∑ PUFA	52.53	44.58
∑ PUFA n-3	31.21	16.61
∑ PUFA n-6	19.79	25.25
∑ PUFA n-3/∑ PUFA n-6	1.58	0.66

衡量油脂营养价值高低的两个指标是不饱和脂肪酸的含量和必需脂肪酸的含量^[8-10]。由表 2 和表 3 可知, 中国对虾肉及对虾头中的不饱和脂肪酸含量高达 66.20% (13.67% + 52.53%) 和 67.40% (22.82% + 44.58%), 略低于甘露青鱼肉 (70.73%)^[7] 和中华绒螯蟹肉 (73.68%)^[5], 具有很好的营养价值。

中国对虾虾肉中共检测到多不饱和脂肪酸 6 种,占总脂肪酸的 52.53%;虾头中共检测到多不饱和脂肪酸 9种,占总脂肪酸的 44.58%,均远高于中华绒螯蟹肉 (23.87%)^[5]。

多不饱和脂肪酸中的亚油酸、亚麻酸和花生四烯酸在动物和人体内不能合成,必须从食物中获取,故被称“必需脂肪酸”,人体一旦缺少就会产生皮炎、生长迟缓等一系列缺乏症^[11]。无论是中国对虾肉还是对虾头中含量最高的都是亚油酸 (C18:2N6),相对百分含量分别高达 17.00% 和 23.90%,远高于中华绒螯蟹肉 (11.91%)^[5];亚麻酸 (C18:3N3)的相对百分含量分别为 0.91% 和 2.11%,略低于中华绒螯蟹肉 (2.42%)^[5];中国对虾肉中的花生四烯酸 (C20:4N6)的相对百分含量为 2.79%,略高于中华绒螯蟹肉 (2.69%)^[5]。

多不饱和脂肪酸二十碳五烯酸 (EPA)和二十二碳六烯酸 (DHA)被誉为“脑黄金”,同时还具有降血压、抗血栓、预防心血管疾病及抗肿瘤等生理功能^[10,12-14];中国对虾肉中 EPA的相对百分含量高达 15.40%,DHA高达 14.90%,而对虾头中 EPA的相对百分含量也高达 5.48%,DHA高达 8.73%,均大大高于中华绒螯蟹 (EPA 2.17%,DHA 2.85%)^[5],而甘露青鱼中未检出 EPA、DHA^[7],原因可能是由于中国对虾是海产品,而中华绒螯蟹和甘露青鱼均为淡水水产品。

在日常饮食中, n-3多不饱和脂肪酸的摄入量通常大大低于 n-6多不饱和脂肪酸的摄入量, \sum PUFA n-3与 \sum PUFA n-6的比值是一个重要的营养价值评价指标,比值越高则说明该食品越有利于健康。由表 2可知,中国对虾肉的 \sum PUFA n-3/ \sum PUFA n-6高达 1.58,对虾头的 \sum PUFA n-3/ \sum PUFA n-6也达 0.66,均大大高于国际粮农组织 (FAO)和世界卫生组织 (WHO)推荐的 \sum PUFA n-3/ \sum PUFA n-6日常膳食比值 0.1~0.2^[15],说明无论是中国对虾肉还是对虾头均可有效补充膳食中的 n-3系列多不饱和脂肪酸。

3 结论

中国对虾肉和对虾头中含量最高的饱和脂肪酸、单不饱和脂肪酸以及多不饱和脂肪酸分别为棕榈酸、油酸和亚油酸,中国对虾肉和对虾头均含有丰富的不饱和脂肪酸, EPA 和 DHA 的

相对百分含量均较高, \sum PUFA n-3/ \sum PUFA n-6 大大高于推荐的日常膳食比值。中国对虾肉和对虾头均具有较高的营养价值。

参考文献:

- [1] 纪成林. 中国对虾养殖新技术 [M]. 北京: 金盾出版社, 1999: 1-10.
- [2] 王维群. 营养学 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2005: 76-258.
- [3] 中华人民共和国卫生部, 中国国家标准化管理委员会. GB/T 5009. 6-2003 食品中脂肪的测定 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2003: 1-4.
- [4] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. GB/T 17376-1998 动植物油脂脂肪酸甲酯的气相色谱分析 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2009: 1-12.
- [5] Chen DeWei Zhang M in Shrestha Sundar Compositional characteristics and nutritional quality of Chinese mitten crab (*Eriocheir sinensis*) [J]. Food Chemistry, 2007, 103 (4): 1343-1349.
- [6] Thumhofer S W Vetter A gas chromatography/electron-ionization mass spectrometry-select ion monitoring method for determining the fatty acid pattern in food after formation of fatty acid methyl esters [J]. J Agric Food Chem, 2005, 53: 8896-8903.
- [7] 蔡宝玉, 王利平, 王树英. 甘露青鱼肌肉营养分析和评价 [J]. 水产科学, 2004, 23(9): 34-35.
- [8] 娜仁托娅, 郑晓燕. 羊肉的脂肪酸组成分析及脱膻技术研究 [J]. 肉类研究, 2007, 4(10): 15-19.
- [9] FAO/WHO/UNU. Energy and protein requirements Report of a joint FAO/WHO/UNU expert consultation World Health Organization technical report series 724 [R]. WHO: Geneva, 1985: 121-123.
- [10] Innis S M. The role of dietary n-6 and n-3 fatty acids in the developing brain [J]. Dev Neurosci, 2000, (22): 474-480.
- [11] Celik M. Fatty acid composition of the blue crab (*Callinectes sapidus* Rathbun) in the north eastern Mediterranean [J]. Food Chemistry, 2004, 88(2): 271-273.
- [12] Roynette C E. n-3 polyunsaturated fatty acid and colon cancer prevention [J]. Clinical Nutrition, 2004, 23(2): 139-151.
- [13] Harper C R, Jacobson T A. Usefulness of omega-3 fatty acids and the prevention of coronary heart disease [J]. The American journal of anatomy, 2005, 96: 1521-1529.
- [14] Carlson S E, Neuringer M. Polyunsaturated fatty acid status and neurodevelopment a summary and critical analysis of the literature [J]. Lipids, 1999, 34: 171-178.
- [15] FAO/WHO. Fats and oils in human nutrition Report of a Joint FAO/WHO Expert Consultation [R]. Geneva: WHO, 1993: 19-26.