

深海鱼油中两种脂肪酸(EPA和DHA)的生理功效及机理的研究进展

肖 玫, 欧志强
(南京农业大学工学院, 江苏 南京 210031)

摘 要: 论述了深海鱼油中两种脂肪酸EPA、DHA对人体的生理功效、对疾病抑制作用以及目前对深海鱼油中这两种脂肪酸的研究进展。

关键词: 深海鱼油; EPA和DHA; 生理功效; 研究进展

Research Progress of the Physiological Function and Mechanism of Two Kinds of Fatty Acid (EPA and DHA) in the Fish Oil of Deep Sea

XIAO Mei, Ou Zhi-qiang
(Engineering College Nanjing Agricultural University, Nanjing 210031, China)

Abstract: This paper discusses physiological function and disease inhibition of two kinds of fatty acid (i.e. EPA and DHA) as well as the progress of study on them in the fish oil of deep sea

Key words: fish oil of deep sea; EPA and DHA; physiological function; study progress

中图分类号: TS201.3

文献标识码: A

文章编号: 1002-6630(2005)08-0522-04

深海鱼油中富含人体必须的多元不饱和脂肪酸DHA和EPA, 这就是人们常说的脑黄金, 青少年时期这两种成份在血液中大量存在, 所以人的体力、精力、非常旺盛, 也不容易患病。随着年龄的增长和饮食结构、空气污染等因素使血液质量也发生变化, 血脂、血压、血栓、心脑血管、供血不足等疾病不断向体内袭来, 需及时补充DHA和EPA, 以平衡血脂和改善血液质量及防止疾病发生。

1 EPA和DHA的受到关注的来源

人们对EPA和DHA的关注来源于70年初Dyerbery等对格陵兰岛爱斯基摩人流行病学调查^[1,2], Dyerbery发现, 以狩猎为生, 常食用鱼类、海兽鱼油的爱斯基摩人, 他们的心血管疾病的发病率很低, 虽然高热量、高脂肪、高胆固醇饮食, 但他们的冠心病、糖尿病等发病率及病死率大约仅是同龄丹麦人的10%。日本的资料也表明, 沿海渔民的心脑血管病与缺血性心脏病的死亡率低于农民。

经过一系列的调查研究发现, 他们所食用的北极鱼

类所富含的DHA、EPA起了关键性保护作用。此后, 人们给予DHA、EPA很多的重视, 尤其后来研究发现它们对动物和人的多个系统器官有促进作用之后, DHA、EPA的生物医学功能成为医药和营养研究的热点之一。

前不久, 英国科学家成功地分离出一种最常见的恶性肿瘤形成的蛋白质。经实验证实, 这种蛋白质可以被一种大量存在于鲭鲱和沙丁鱼类油中的EPA、DHA物质分解。因此, 英国科学家指出, 多吃EPA、DHA物质含量高的鱼类, 可以有效地防止肺、胰腺、结肠和胃癌的发生。医学界已为鱼油戴上“生命之油”的桂冠。

1.1 EPA、DHA的结构及生理功效

EPA为5, 8, 11, 14, 17二十碳五烯酸, DHA为4, 7, 10, 13, 16, 19二十二碳六烯酸, 同属于-3系列多不饱和脂肪酸, 他们均是-3长链多不饱和脂肪酸 α -亚麻酸的代谢产物, 并且是人类不能自身合成的必需脂肪酸。近二十余年的医学和营养学研究表明: EPA、DHA具有抑制血小板凝聚、抗血栓、舒

收稿日期: 2005-06-30

作者简介: 肖玫(1958-)女, 副教授, 主要从事食品营养、农副产品加工和食用野菜的开发与利用。

张血管、调整血脂、升高血中的HDL(高密度脂蛋白胆固醇)、降低血中的LDL(低密度脂蛋白胆固醇)等治疗和防治心脑血管病的功能:对糖尿病、炎症、肾病以及癌症也有较好的疗效^[3];近来,又发现DHA还具有促进脑细胞生长、发育、改善大脑机能,提高记忆力和学习能力、增强视网膜反射能力以及防治老年性痴呆等提高生命质量的功能。因而,从海鱼油中提取分离高纯度EPA和DHA以成为发达国家竞相研究开发的热点。

-3型多烯脂肪酸(-3 PU FAs),尤其是EPA(二十碳五烯酸)、DHA(二十二碳六烯酸)早为人体所必需的脂肪酸,其降血脂功能已得到大量临床及实验研究的证实。它们主要来自于海洋鱼类,因而难以从一般食物中加以补充。当前世界各国,尤其是发达国家流行服用冷水深海鱼类的鱼油以补充EPA、DHA,达到调节血脂等目的。

1.2 EPA、DHA的生理作用

研究表明:EPA和DHA的生理作用可归纳为四个方面:

抑制血小板凝集;

降低血液中中性脂质;

降低极低密度脂蛋白和低密度脂蛋白的胆固醇及升高高密度脂蛋白胆固醇;

降低血液粘度。

1.3 EPA、DHA的作用机理

研究还显示DHA还是脑细胞线粒体、微粒体和突触体的基本元件,直接影响人的生长发育,对于改善大脑机能,提高记忆力和学习能力,增强视网膜反射能力均有很好的功效。

多元不饱和脂肪酸DHA和EPA能降低胆固醇、预防心脑血管疾病、血管凝固、血栓症、动脉硬化、高血压、降低血粘度、促进血液循环,对疲劳综合症,痛风,风湿亦有疗效^[1]。DHA在大脑和视网膜中含量很高,是人体脑部,眼部,各神经系统防御系统的主要成分,是胎儿、儿童、成年人、老人不可缺少的物质,而人体无法自行合成DHA、EPA,一般食物中含量很低,鱼油是补充DHA、EPA的最有效来源。中老年人及时补充可减少延缓各种老人症状的出现。适应症:高血压、高血脂、心脏病、糖尿病、视力下降、动脉硬化等。特别提示:鱼油要更好的发挥作用,离不开卵磷脂的帮助和配合,中和了血液中的胆固醇,软化了血管,而形成的饱和酸是身体的“垃圾”,而血管的清道夫卵磷脂就象“运输车”,把垃圾运出体外。

EPA和DHA在海水鱼及海藻中含量较高,在高等动物的膜某些器官于组织中,如眼、脑睾丸及精液中含有较多的DHA,一般的陆地动植物中几乎不含EPA和DHA。从鱼的种类来看EPA和DHA的含量,前者

在沙丁鱼等小型青背鱼油中含量居多,后者在金枪鱼和松鱼等大型青背鱼油中含量较多,特别是金枪鱼松鱼的头部DHA含量较高,而其眼窝脂肪中DHA含量最高。

1.4 世界各国认为EPA与DHA的生理作用和摄取效果

研究表明,-3多不饱和脂肪酸对人类的心血管疾病有明显的影晌。世界各国对-3不饱和脂肪酸的生理功能进行了广泛研究,有关EPA与DHA的生理作用和摄取效果^[5]汇总为表1:

表1 EPA与DHA的生理作用和摄取效果
Table 1 Physiological function and taking effect for EPA and DHA

生理功能	摄取效果	EPA	DHA	说明
血小板凝聚能下降	降低血压	+	+	EPA>>DHA
血小板黏着能下降	降低血压	+	+	EPA>>DHA
红血球变形能增加	降低血压	+	+	
总胆固醇下降		*	+	EPA=DHA
LDL胆固醇下降	预防与治疗动脉硬化	*	+	EPA=DHA
HDL胆固醇增加		*	+	EPA=DHA
中性脂肪酸下降	预防与治疗高血脂症	**		EPA=DHA
血黏度下降	降低血压	+	+	EPA=DHA
血糖值下降	预防与治疗糖尿病	+	+	EPA=DHA
肝中性脂肪降低	预防与治疗脂肪肝	+	+	EPA<DHA
乳癌发生率下降			+	
大肠癌发生率下降	预防与治疗各种癌		+	
肺癌发生率下降			+	
抗特异皮炎			+	
抗支气管哮喘	预防与治疗		+	
抑制花粉症			+	
抑制炎症	预防与治疗	+	+	
学习机能提高			+	
记忆力提高	提高与防止下降		+	
抑制阿耳茨海默失	提高与防止		+	
抑制动脉硬化型痴呆症			+	
提高视力	预防与治疗视力下降		+	
抗风湿病	预防与治疗		+	
作为其他生理活性物质的前驱体				+

注:表中+表示通过动物实验证明有效;

*表示已用于治疗动脉硬化;

**表示已用于治疗高血压症。

1.5 -3多不饱和脂肪酸的摄入量及氧化

-3多不饱和脂肪酸对人体具有重要的生理功能,但过量摄入也可能带来某些不良的效果或副作用。因此,推荐膳食中-3多不饱和脂肪酸提供的能量不超过总能量的10%。另一方面,-3多不饱和脂肪酸分子中不饱和双键的化学性质很活泼,暴露在空气中易被氧化分解而引起酸败,受热时氧化反应加快,氧化生成的挥发或不挥发降解物对人体健康有损害作用。植物油长时间受热对保持多不饱和脂肪酸的生理功能是很不利的。研究表明,在正常烹调或加工过程中,受热的油脂对人体是无毒、无害的。在加工含有多不饱和脂肪酸油脂的食品时,同样也应避免其长期暴露在空气中或长时间加热油炸^[5]。

2 EPA、DHA 对疾病的抑制机理

2.1 EPA、DHA 与前列腺素

在许多肿瘤组织中前列腺素主要是(PGE₂)的含量明显高于正常组织,主要原因是肿瘤细胞内环氧酶 2(COX-2)活性的增强,COX-2 与消化道肿瘤的发生关系密切,其表达的升高可增加 PGE₂ 的合成, PGE₂ 诱导细胞增殖并刺激 BCL-2 蛋白的表达,而后者抑制细胞凋亡,因而使细胞增殖和凋亡失衡,从而促进肿瘤的发生, PGE₂ 也能促进细胞外基质降解,产生血栓烷促进血小板聚集,有利于癌细胞的侵袭和转移。Rao CV^[6]等用含有 20.5% 渔油的饲料喂饲结肠癌荷瘤大鼠,与对照组相比较,鱼油组磷脂酶 A₂(PLA₂), 磷脂酰肌醇磷脂酶 C(PI-PLC)以及 COX-2 的活性明显降低, PLA₂ 能促使膜磷脂释放花生四烯酸(AA),进而在 COX-2 的作用下生成 PGE₂, 促进肿瘤的发生、侵袭和转移。PI-PLC 激活后水解甘油第 3 位酯键产生第 2 信使甘油二酯(DAG)和三磷酸肌醇(IP₃)。通过激活蛋白激酶 C(PKC)对瘤细胞内多种底物蛋白磷酸化和对细胞内 Ca²⁺ 的影响,促进瘤细胞的增殖。DHA 和 EPA 能够抑制 PLA₂、PI-PLC、COX-2 活性从而发挥对肿瘤的抑制作用。

2.2 EPA、DHA 与抗癌免疫功能

EPA 和 DHA 具有良好的免疫调节作用。Pascale^[7] 等将人工合成的 sn-1 位为 DHA 的磷脂酰胆碱融合到肿瘤细胞的细胞膜,修饰后的肿瘤细胞对细胞毒性 T 细胞(Tc)的细胞溶解作用更加敏感,这是因为 DHA 融合到肿瘤细胞膜的表面后改变了其表面一些抗原决定簇的表达,使之更容易被 Tc 识别。马栋柱^[8]等的研究表明 DHA 复合物能够促进 T 淋巴细胞的增殖功能,提高细胞因子 TNF- α 、IL-1、IL-6 的转录,而这些细胞因子表达的提高可以促进免疫细胞的功能,提高免疫系统对肿瘤细胞的杀伤能力。DHA 复合物还可以下调 T 淋巴细胞表面的死亡受体 Fas 使 T 淋巴细胞在与肿瘤细胞相互作用时凋亡减少,长了 T 淋巴细胞的抗肿瘤作用时间。以上表明 DHA 和 EPA 能够使机体的免疫功能得到增强,从而更好地发挥抗肿瘤免疫的作用。

2.3 DHA、EPA 与脂质过氧化

DHA 和 EPA 的结构中含有多个双键,是脂质过氧化的天然底物。Kokura S^[9]等将喂饲 EPA 的大鼠肝癌移植瘤模型与蒸馏水阴性对照组比较,处理组大鼠瘤组织中多烯不饱和脂肪酸的含量升高,并观察到谷胱甘肽(GS H)的降低,而正常组织中谷胱甘肽过氧化物酶(GS H-Px)升高,抗氧化活性增强。这说明口服 EPA 后, EPA 作为脂质过氧化的底物改变了过氧化底物和抗氧化物之间的平衡,使肿瘤组织较正常组织对脂质过氧化更为敏感。在活性氧的压力下肿瘤细胞受到不同程度的损

伤,也更有利于其他化疗手段的作用。陈爱军^[10]等报告 DHA 和阿霉素共同作用的人乳腺癌 MDA MB-435s 细胞株,在细胞培养的第 3 天开始出现明显的活力变化,同时伴有脂质过氧化物丙二醛(MDA)的增加和 NO 含量的降低,并且与细胞毒性之间存在直线相关关系。这说明 DHA 可能通过增强瘤细胞内的脂质过氧化而增强药物毒性。这些也从另一个角度证明 DHA 和 EPA 参与共同化疗的优势。研究者还观察到 DHA 和 EPA 作用于肿瘤细胞后,瘤细胞的脂质过氧化活动和细胞凋亡都有增强,而加入抗氧化剂可以逆转肿瘤细胞的凋亡,提示它对细胞凋亡的影响与脂质过氧化过程有一定联系。Das U^[11]等提出脂质过氧化产生的自由基和脂质过氧化物,抑制瘤细胞 Bcl-2 的表达,激活 Cas pases,并使染色体的端粒缩短,促进肿瘤细胞的凋亡。

2.4 EPA、DHA 的其他作用

2.4.1 抗动脉粥样硬化 EPA, DHA 之所以对动脉粥样硬化等循环系统疾病具有防治效果。其机理是它们抑制了内源性胆固醇及内源性甘油三酯的合成。从而降低了血清总胆固醇、甘油三酯、低密度脂蛋白及极低密度脂蛋白(它们均为致动脉硬化因子),此外,它们能明显增加卵磷脂一胆固醇酰基转移酶、脂蛋白脂酶的活性和抑制肝内皮细胞脂酶的活性从而使高密度脂蛋白(抗动脉硬化因子)升高^[12]。

2.4.2 降血脂 临床研究发现应用 MaxEAA(天然鱼油浓缩剂)能使血浆甘油三酯,总胆固醇低密度脂蛋白水平降低,而高密度脂蛋白水平升高。

2.4.3 降低血粘度,抑制血小板聚集 鱼油能抑制血小板聚集功能,延长凝血时间,使血小板减少及对肾上腺素敏感性降低,具有抗血栓作用,并能增加红细胞变形性,降低血浆粘度。

2.4.4 降血压 较大剂量的 MaxEPA 对正常人和高血压患者的收缩压和舒张压均有降低作用,而以收缩压降低更明显^[13]。鱼油以上四方面作用有可能使其成为缺血性心脑血管病防治的理想药物。

2.4.5 排脂作用 能促进血液中脂肪(胆固醇、甘油三酯及低密度脂蛋白)的代谢,被喻为“血管清道夫”,起到防治高血脂、高血压、冠心病的作用。

2.4.6 补脑健脑,预防老年性痴呆症: DHA 是脑细胞形成发育及运作必须的物质基础,补充足够的鱼油可以促进脑细胞生长发育,维持脑细胞活性。

2.4.7 提高视力,防治近视眼 DHA 对光刺激传递十分重要,补充 DHA 可以活化衰落的视网膜细胞,对老花眼、视力模糊、青光眼、白内障等有防治作用^[14]。

2.4.8 提高免疫力作用 都富含深海鱼油,这种鱼油中

富含 ω -3 的脂肪酸, 这种脂肪酸主要分为 EPA 和 DHA 两大类, 两者都是长链的多元不饱和脂肪酸, 科学家已经证实, 这两种成份除了是构成脑膜脂质的主要成份, 对于孕妇与幼儿至应多补充的健脑效果之外, 也具有多种抗炎与降低心血管疾病的保健功效, 其中更以心血管系统的保健最为显著^[15]。

另外, DHA 是一种称为脂肪酸的油脂, 在脑中的存量非常多, 同时更是能够进入脑细胞的少数物质之一。DHA 是构成脑细胞膜的关键成份和必要物质, 对脑细胞突触的生长和神经传导网络的形成起着重要作用^[16-17]。DHA 在人体器官中含量最高的是眼睛的视网膜细胞, 它可加强视网膜细胞与大脑的联系, 增强眼睛正常功能。同时, 对预防老年痴呆亦能发挥作用, 它能够维持、增进记忆的机能, 使残存的脑细胞活性化。

3 目前对深海鱼油中 EPA、DHA 的研究进展

目前, 市场上的 EPA、DHA 制品主要分为两类: 一类是 EPA+DHA 含量在 20%~40% 左右的三甘酯型式, 另一类是 EPA+DHA 含量在 50%~70% 左右的乙酯形式^[18]。这两类产品都有一共同的缺陷, 即 EPA 和 DHA 是混合在一起的, 而且含有较多的人体不需要的其它成分。尽管 EPA 和 DHA 都是对人体有益的多不饱和脂肪酸, 但他们的作用有较大差别。以健脑、增强记忆力和提高视力为目的的婴幼儿、青少年孕妇等群体应服用以 DHA 为主, 不含或少含 EPA 的产品, 而以降血脂、防治动脉粥样硬化等心血管疾病的群体则应服用以 EPA 为主的产品。因此, 不同的使用对象、不同的使用目的, 对 EPA、DHA 的要求是不一样的。另外, 从提高人体的吸收, 充分发挥制剂的功效来说, 产品纯度越高越好。这不仅可提高疗效, 而且还可减少不必要的副作用。

但是, 由于海鱼油组成复杂, EPA、DHA 与其它脂肪酸之间的理化性质极相似, 并且 EPA、DHA 易发生氧化、聚合等化学变化。因此, 低成本、规模化、具有商业价值的高纯度 EPA、DHA 产品的制备一直是国内外学者致力解决的难题^[19]。尽管如此, 由于高纯度制品显著的疗效和商业价值, 各发达国家都在积极竞相开发研究高纯度的 EPA、DHA 的提取技术。90 年代以来, 日本、欧美发达国家已有纯度为 90% 以上的 EPA、DHA 产品报道, 1992 年, 日本厚生省批准含量为 92% 的 EPA 定为新药上市。目前, 许多大制药公司又在积极进行 DHA 作为药品的有关申报工作。作为药品原料的高纯度 EPA、DHA 价格昂贵, 做成针剂的 EPA、DHA 每支高达数十美元。高纯度 EPA、DHA 还可作为各种特殊、功能强化的营养保健品。在日本, 1994 年, EPA、DHA 产品的市场价值高达 450 亿日元。80 年代后期以来, 我国也相继开发了许多 EPA、DHA

产品, 但档次较低, 还属于粗产品。EPA、DHA 还未得到深入的开发应用。至今无含量为 90% 以上的 EPA、DHA 产品报道。

4 DHA、EPA 过量摄入的危害

过量摄入 DHA、EPA 也会引起一些不良反应。实验表明, 在 100d 内只食用海产动物而禁食其他食物, 结果是体重减轻, 出血时间延长, 血小板减少, 精液中前列腺素减少, 精子活力降低甚至消失。高浓度的 DHA、EPA 鱼油若服用不当, 可能会出现头晕、恶心等症状。另外, DHA、EPA 氧化后对人体极其有害。DHA、EPA 氧化后, 产生丙二醛, 它可使蛋白交联, 从而使肌肉失去弹性, 黑色素增多。氧化产生的自由基有致癌作用, 脂类氧化物还可使心血管粥样硬化, 损坏血管内壁, 使之变脆, 从而导致高血压和脑溢血。因此食用 DHA、EPA 使要同时服用 VE 的抗氧化剂。

5 结论

以上分析我们可以看出: 目前对于深海鱼油中的两种脂肪酸(EPA 和 DHA)的生理功效及机理的研究研究已经达到了一定的水平, 但尚不成熟, 还有许多功效有待研究开发。可以说, 深海鱼油的开发颇有前景, 近年来被广泛用于保健品、食品、饲料等产品中, 形成很大的市场。

参考文献:

- [1] 徐天宇. 利用生物技术生产二十碳五烯酸和二十二碳六烯酸[J]. 食品与发酵工业, 1996, 22(1): 56-65.
- [2] 曾小雄, 等. DHA和EPA的研究现状与趋势[J]. 天然产物开发与研究, 1997, 9(1): 65-70.
- [3] Hung P, Kaku S, Yunoki S, et al. Dietary effect of EPA rich and DHA rich fish oils on the immune function of Sprague-Dawley rats[J]. Biosci Biotechnol Biochem, 1999, 63(1): 135-140.
- [4] Blot WJ, Lanier A, Fraument JF, et al. Cancer mortality among Alaskan natives 1960-69[J]. J Natl Cancer Inst, 1975, 55(3): 547-549.
- [5] 刘汉江. 焙烤工业实用手册[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2003: 61-62.
- [6] Rao CV, Simi B, Wynn TT, et al. Modulating effect of amount and types of dietary fat on mucosal phospholipase A2, phosphatidylinositol-specific phospholipase activities, and cyclooxygenase metabolite formation during different stages of colon tumor promotion in male F344 rats[J]. Cancer Res, 1996, 56(3): 532-577.
- [7] Pascale AW, Ehringer WD, Stillwell W, et al. Omega-3 fatty acid modification of membrane structure and function[J].

抗菌肽抗菌机理的研究现状及趋势

王 军, 庞广昌

(天津商学院生物工程系, 天津 300134)

摘 要: 抗菌肽广泛存在于从原核生物到人类的各个物种有机体和机体组织中, 一般都具有广谱抗菌活性, 其抗菌机理近年来成为国内外研究的热点。本文综述了抗菌肽及其抗菌机理研究的最新进展, 阐述了先天免疫在哺乳动物来源抗菌肽发挥抗菌活性时的重要作用, 并对抗菌肽的开发应用前景进行了展望。

关键词: 抗菌肽; 抗菌机理; 研究进展

Review on the Current Status and Development Trend of Mechanism of Antimicrobial peptides

WANG Jun, PANG Guang-chang,

(The Department of Bioengineering, Tianjin University of Commerce, Tianjin 300134, China)

Abstract: Antimicrobial peptides have been discovered from tissues and organisms representing virtually every kingdom and phylum, ranging from prokaryotes to humans. Generally antimicrobial peptides have the broad spectrum antibacterial activity, its antibacterial mechanism became the domestic and foreign research hot spot in recent years. This article summarized the newest progress which the antibacterial peptide and its antibacterial mechanism studies, elaborated the vital role of the innate immunity when the antibacterial peptide, which separated from mammal, display antibacterial activity, and has carried on the forecast to the antibacterial peptide development application prospect.

Key words: antibacterial peptide; antibacterial mechanism; review; prospect

中图分类号: TS201.2

文献标识码: A

文章编号: 1002-6630(2005)08-0526-04

收稿日期: 2005-07-03

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(30471225)

作者简介: 王军(1980-), 男, 研究生, 主要从事生物活性肽方面的研究。

- Nutr Cancer, 1993, 19(2): 147-157.
- [8] 马栋柱, 孙克任, 赵丽, 等. 药物AC-88的抗肿瘤作用和对荷瘤小鼠T细胞的Fas, NF-KB/I-KB的影响[J]. 上海: 免疫学杂志, 2002, 22(4): 246-249.
- [9] Kokura S, Nakagawa S, Hara T, et al. Enhancement of lipid peroxidation and of the antitumor effect of hyperthermia upon combination with thoral eicosapentaenoic acid[J]. Cancer Lett, 2002, 185(2): 139-144.
- [10] 陈爱军, 朱耀明, 杨振华, 等. DHA在人乳腺癌中对阿霉素细胞毒活性的影响与脂质过氧化作用的关系[J]. 中国肿瘤临床与康复, 2002, 9(4): 27-29.
- [11] Bang H O, Dynerg J, Hjorne N. The composition of food consumed by Greenland Eskimos[J]. Acta Med Scand, 1976, 200(1-2): 69-73.
- [12] 金惠铭, 卢建, 殷莲华. 细胞分子病理生理学[M]. 郑州: 郑州大学出版社, 2002. 210-211.
- [13] Stoil BA. N-3 fatty acids and lipid peroxidation in breast cancer inhibition[J]. Br J Nutr, 2002, 87(3): 193-198.
- [14] 吴堡杰. 各种脂肪酸与冠心病猝死关系的研究进展[J]. 中国生化药物杂志, 1997, 18(6): 317-320.
- [15] Hirai A, et al. Polyunsaturated Fatty Acids and Eicosanoids, Lands et al. [J]. Am Oil Chem Soc, 1987, 9.
- [16] 秦和彦. EPA, DHA生理作用与利用[J]. 水产研究, (4), 66-72.
- [17] 余纲哲. 鳕鱼油的提取与分析[J]. 食品工业科技, 1994, (3): 66-69.
- [18] 卢定强. 二十碳五烯酸和二十二碳六烯酸的代谢和生理机能[J]. 江苏理工大学学报, 1998, (3): 33-35.
- [19] 周东群, 崔波, 胡敏. 鱼油的保健功能与开发前景[J]. 山东: 轻工业学院学报, 1998, (3): 26-28.