

# 海带的保健功效及海带生理活性多糖研究现状

T32 A

李德远 徐现波 熊亮 钟飞 朱经华 徐常红 王勤根 军事经济学院军需系 武汉 430035  
李林 武汉市卫生防疫站 武汉 430022

**摘 要** 本文综述了褐藻海带的保健功效及其功能因子,重点分析了其中的生理活性多糖,包括褐藻胶,岩藻糖胶及褐藻淀粉的结构与功能,并对海带生理活性多糖的应用与开发前景,尤其是在军用食品中的应用前景作了探讨。

**关键词** 海带 生理活性多糖 保健功效

**Abstract** Health function and function factors in laminaria japonica research were reviewed, especially, on its biologically active polysaccharides. The alginate acid, algae starch, and fucoidin were explained in detail. The research and development prospect on fucoidin was also predicted.

**Key words** Laminaria japonica aresch Biological activity polysaccharide Health function

## 1 海带的保健功效

海带属于褐藻门 (phaeophyta)、褐子纲 (phaeosporeae)、海带目 (laminariales)、海带科 (laminariaceae) 的海带属 (laminaria)。该属中有 50 多个种。日本已广泛食用的有四种: 海带 (laminaria japonica aresch)、利尻海带 (L. ochotensis - Miy)、狭叶海带 (L. angustata kjellm) 和长海带 (L. longissima Mijabe)。我国目前自然生长和人工种植的是第一种,在我国有较悠久的历史,《神农本草经》、《本草纲目》及《食物本草》中均有记载。海带富含碘、钾、镁、铁、钙、锌、硒等矿物质以及胡萝卜素、VB<sub>2</sub> 等维生素<sup>[1, 2]</sup>。

早在 1400 多年前,我国人民就逐渐对海带的食用性有所认识,如《本草经疏》云:“昆布,咸能软坚”;《本草汇》:“昆布之性,雄于海藻,瘰疬恒用之,盖取其祛老痰也”;唐代孟洗著《食疗本草》:“昆布下气,久服瘦人”等等。表明海带具有祛痰,消肿,减肥的作用<sup>[3]</sup>。随着现代化学、医学及营养学的发展,对海带的保健功能有了更进一步的认识。

海带富含碘,在治疗和预防我国山区典型的缺碘性疾病,防治甲状腺肿大方面起到了重要作用。近年来研究还表明,碘元素及有机碘能使血液中胆固醇降低 40%,当人体中

碘不足时,还可引起碳水化合物及脂肪氧化不充分,导致胆固醇及脂肪堆积,使人发胖<sup>[4, 5]</sup>。

海带中含有大量的甘露醇,在医药工业上,是制取甘露醇的重要原料。甘露醇,昆布氨酸 (Laminine), 组氨和钾盐,构成了海带具有降压功能的重要要素,我国沿海一带民间常用海带根煎汤治疗高血压<sup>[6]</sup>。根据 1980 年 405 医院的研究,海带根提取物降低血压有效率为 84.3%, 显效率为 47.1%, 以甘露醇为主要原料制成的六硝酸甘露醇是重要的治疗高血压药物,甘露醇本身也是常用的利尿剂。由于海带富含 Ca, K, Na, Mg 等矿物质,属典型的生理碱性食品,可有效地调节体内酸碱平衡,纠正过多生理酸性食物的摄入而引发免疫力、记忆力下降的趋势。

海带等海藻中脂肪含量较少,一般占干重的 1% ~ 1.7%, 但这些脂肪酸中含有相当比例的廿碳五烯酸 (EPA) 和二十二碳六烯酸 (DHA), EPA 和 DHA 能改变血液参数,改善血小板膜和血管壁性能,降低血小板内 II 型凝血致活酶 (TX-A<sub>2</sub>) 生成量,防止血栓形成,同时能降低血液中 VLDL-C, LDL-C 含量,增加 HDL-C 含量,因此被认为具有防治动脉粥样硬化及心血管疾病的作用<sup>[7]</sup>。

现代药理学,医学和营养食品学的研究已揭示,海带还具有多方面的保健功能,如降脂,降血糖,抗菌,调节免疫,抗肿瘤,抗辐射等,这些功能在很大程度上与其所含的

- 5 曹崇文,朱文学. 农产品干燥工艺过程的计算机模拟. 中国农业出版社,2001,120 ~ 122.
- 6 梁尚勇等. 食品冷冻干燥及其发展. 食品工业科技, 1995(1):70 ~ 73.
- 7 成坚等. 冷冻干燥速率的强化措施. 食品和机械,1999

- (3):20 ~ 22.
- 8 蔡连池. 真空系统在冻结干燥技术上的应用. 食品与机械,1994(3):27 ~ 28.
- 9 王欲之. 真空技术. 四川科学出版社,1980.

生理活性物质-多糖有关<sup>[8-10]</sup>。

## 2 海带中生理活性多糖及其研究现状

### 2.1 海带中生理活性多糖的化学结构与分离方法

海带作为一种重要的褐藻(brown algae),迄今已经发现其中含有三种褐藻多糖,它们分别是褐藻胶(algin, alginate or alginic acid)、褐藻糖胶(fucoidin)及褐藻淀粉(laminarin)<sup>[11-13]</sup>。褐藻多糖的发现始于1881年,英国人Stanford从褐藻中分离出褐藻胶;1913年,Kylin分离出褐藻糖胶,又称岩藻多糖或岩藻糖胶,大约同时期,Schmiedeberg分离出海藻淀粉(laminarin)。1923年,Nelson等证实褐藻胶的组成单位为D-甘露糖醛酸,从此一直认为D-甘露糖醛酸是褐藻胶的唯一组成部分。1955年,Fisher等用层析法首次确定褐藻胶中除D-甘露糖醛酸外尚含有L-古罗糖醛酸和少量葡萄糖醛酸。其后,Whistler等相继证实了有L-古罗糖醛酸存在。现已基本证明,褐藻胶是褐藻共有的一种细胞间多糖,由 $\alpha$ -1,4-L-古罗糖醛酸(G)和 $\beta$ -1,4-D-甘露糖醛酸(M)为单体构成的嵌段共聚物。Atkins等根据X射线衍射图谱等分析提出,褐藻胶中M和G是以M-嵌段、G-嵌段和MG-嵌段存在。褐藻胶包括水不溶性的褐藻酸及各种水溶性和水不溶性的褐藻酸盐类,如褐藻酸钠,褐藻酸铵,褐藻酸钙。褐藻酸的性质取决于M/G比,相对分子质量等。1981年,纪明侯等首先在我国建立了褐藻胶中M和G组分的测定方法<sup>[14]</sup>。<sup>[15]</sup>。褐藻胶在海带中的含量颇为丰富,李林等测得其得率约为19.7%<sup>[16]</sup>。

岩藻糖胶是褐藻细胞壁外层含有的特殊藻胶,是褐藻细胞分泌产生的粘性物质,为褐藻利用光和营养所必需。它是一种水溶性的细胞间多糖,存在于海带、掌状海带等表面渗透出的粘液中,其主要成分岩藻多糖,是 $\alpha$ -L-岩藻糖4-硫酸酯的多聚物,主要以C1,2,少数以C1,3和C1,4键合,同时还含有不同比例的半乳糖、木糖、葡萄糖醛酸和少量蛋白质。海带中岩藻糖胶的含量一般在0.3%~1.5%<sup>[12]</sup>,其中单体组分很不固定,受海藻品种、产区、季节条件影响较大。

海带淀粉又称褐藻淀粉,也是一种细胞内多糖,主要由 $\beta$ -1,3-D-葡萄糖组成( $n=20$ 左右),可能有两种形式,一为葡聚糖还原末端联结有一分子甘露糖,称为M-链,一为全由葡聚糖组成的G-链。有时有少量 $\beta$ -1,6链间糖苷键存在<sup>[13]</sup>。我国褐藻中海带淀粉含量不多,海带中的含量一般为1%左右。

目前,海带多糖中进行大规模工业化生产的主要是褐藻胶,纺织工业用作印花浆,食品工业用作稳定剂、增稠剂或品质改良剂,医药工业用作赋形剂、包埋剂、弹性印模料等。褐藻胶的提取与分离,主要是采用稀的碳酸钠溶液,过滤后加稀酸,得到褐藻酸凝胶,用氢氧化钠溶解,并注入一定量乙醇使之沉淀,从而得到絮状褐藻酸钠,继而以乙醇洗涤脱水,减压干燥而成。

岩藻糖胶分离的方法有多种,乙醇沉淀法是以0.1mol/L的稀盐酸浸提,中和后,加乙醇至30%沉淀分离出褐藻胶,继续在分离液中加乙醇至60%浓度,可分离出岩藻糖胶。氢氧化铝络合物沉淀法是以沸水提取,加醋酸铝及饱和氢氧化钡溶液,得到白色沉淀,而后加硫酸溶解,离心后透析、浓缩,以乙醇沉淀,洗涤干燥而成<sup>[6]</sup>。

海带淀粉一般有水溶性和水不溶性两种。Black等用稀HCl提取,溶液放置72h沉出不溶性淀粉,离心液以氢氧化钠中和,减压浓缩,加入乙醇至85%,则可沉出可溶性淀粉。

### 2.2 海带多糖生理活性研究

对多糖生理活性的研究,主要发生在二十世纪六十年代以后,特别是近二十年来,西方发达国家受到“现代文明病”的威胁,高血脂症、高胆固醇血症、动脉硬化等心血管疾病、肥胖症、消化道癌症等患病率上升,同时由于西药本身在治疗诸如肿瘤、爱滋病、肝炎及其它某些耐药细菌或病毒引起的慢性疾病方面的局限性,许多学者将目光转移到自然界天然存在的物质上来,如生物碱类,黄酮和类黄酮类,皂甙类,胡萝卜素和类胡萝卜素类,萜烯类,不饱和脂类以及多糖类。其中多糖类广泛存在于藻类、微生物(细菌和真菌),高等陆生植物中。许多研究证明,某些多糖具有一定的生物活性<sup>[16,27]</sup>,如抗菌、抗病毒、消炎等,从而引起广泛重视。有关海带多糖生理活性的研究也逐渐开展起来。20世纪60~70年代,Millis, Waldro-Edward, Harrison, 及 Carr等人先后研究了褐藻胶对动物乃至人体的新陈代谢没有什么不良影响,同时也证明,人体内没有水解褐藻胶的酶,因而不被肠道吸收。

#### 2.2.1 抗心脑血管疾病作用

1982年,蓝进、管华诗等在褐藻胶分子的羟基及羧基上分别引入磺酰基及丙二醇基形成双酯钠(PSS),临床证明,PSS对缺血性心脑血管疾病及高血粘度综合症具有显著疗效,且有明显的抗凝、解痉、解聚、降压降脂、降低血液粘度及扩张血管,改善微循环的作用。

Hawkins(1955年)及Mookerjee(1958年)等曾分别将海带淀粉分子的C<sub>2</sub>或C<sub>6</sub>(有时存在天然的硫酸基团)进行部分或全部硫酸酯化,得到海带淀粉的硫酸酯(LS),并对LS的活性和药理作用进行了研究,证明LS具有与肝素类似的功能,如延长凝血时间,抑制动脉粥样硬化。1985年,青岛海洋大学将褐藻淀粉磺化,得到褐藻淀粉硫酸酯,抑制血小板聚集,对抗实验动物心肌坏死等作用,并能提高血浆高密度脂蛋白水平,可用于防止动脉粥样硬化,治疗高脂血症、冠心病等。

范曼芳及邓槐春等分别报道了褐藻酸钠及褐藻淀粉具有抗凝血作用,以褐藻酸钠130mg/kg静注小鼠,凝血时间为 $3.80 \pm 1.50$ min,显著高于对照。邓槐春认为,褐藻淀粉在体内外均有抗凝血作用,其抗凝活性为7肝素U/mg<sup>[17,18]</sup>。

#### 2.2.2 降血脂作用

Besterman(1957年)证实了低硫酸化的LS具有很强的降血

脂作用,却无明显的抗凝血活性。孙玉善(1976年,1979年)研究说明,只有高度酯化的海带淀粉才具有降血脂作用。管华诗等人曾研究了褐藻酸钠的降血脂作用,证明褐藻酸钠可有效地阻止大鼠对胆固醇及脂肪的吸收,在饲料中含量达7%时,阻吸脂肪作用突出,达15%时,粪便中排出的胆固醇为不加褐藻酸钠时的5倍。褐藻酸钠还能有效地降低血浆胆固醇水平<sup>[14]</sup>。

邓槐春等人曾研究了海带多糖(主要结构为1,3-葡萄糖的多聚物,应为褐藻淀粉)对高脂血症患者的临床疗效,表明海带多糖以胶囊制剂口服,能明显降低高脂血症患者血清胆固醇、甘油三酯含量( $P<0.01$ ),同时能升高高脂血症患者高密度脂蛋白与低密度脂蛋白比值<sup>[19]</sup>。以三黄鸡为试验对象,结果表明,海带多糖多次灌喂,也能明显地抑制高脂血症血清胆固醇、甘油三酯的上升,并能减少鸡主动脉内膜粥样斑块的形成及发展<sup>[20,21]</sup>。于瑞善等<sup>[22]</sup>也曾以海藻多糖、银耳多糖制成降脂饼干,供高脂血症者食用,显示降血清胆固醇临床有效率为82%,降血清甘油三酯为67.7%。范曼芳等研究表明通过腹腔给药,褐藻酸钠也能显著地降低小鼠血清胆固醇含量。

### 2.2.3 降血糖作用

1983年,管华诗还研究了褐藻酸钠制剂对糖尿病的治疗,指出按25~50g/餐服用褐藻酸钠制剂,可改善糖尿病患者的糖耐量,降低血糖、尿糖,并可使糖尿病患者其它症状减轻或消失。薛建等<sup>[23]</sup>人也研究了昆布多糖及褐藻淀粉对小鼠实验性高血糖的防治作用,小鼠在注射四氧嘧啶后分别给予昆布多糖(指褐藻胶)及褐藻淀粉,血糖水平明显降低,ig 300mg/kg 昆布多糖,24h后血糖可降低61%,同时褐藻淀粉对小鼠正常血糖有肯定的降低作用,正常小鼠经口给予褐藻淀粉,7h后血糖浓度降低49%。以褐藻酸钠、甘露醇为原料制成的“降糖素”,是治疗糖尿病的良好辅助剂。

### 2.2.4 调节免疫作用

有关褐藻酸钠调节免疫的报道较少,范曼芳等认为,褐藻酸钠能明显增强小鼠腹腔巨噬细胞的吞噬功能,吞噬指数为对照组的2.96倍,且能明显增加半数溶血值HC503.70倍,从而能增强小鼠的体液免疫功能。褐藻酸钠对外周血淋巴细胞的转化也具有一定的刺激作用。王文涛等<sup>[24]</sup>报道了海藻硫酸多糖(基本结构为1,4-糖苷键连接的甘露糖醛酸,根据结构推测应为褐藻胶),可增强正常小鼠体内淋巴细胞增殖反应,促进体内淋巴细胞产生IL-2,巨噬细胞产生IL-1,是对巨噬细胞及T细胞有直接刺激作用的免疫调节剂。1991年,杨晓林等<sup>[25]</sup>指出,海带岩藻糖胶是小鼠B淋巴细胞有丝分裂原,对大鼠脾脏淋巴细胞和外周血单个核细胞也有激活作用,并指出岩藻糖胶皮下注射可增强T细胞、B细胞及NK细胞的功能。

李凡(1995年)还研究了岩藻糖胶对多种病毒具有体外抵抗作用,能显著抑制细胞病变的发生,使组织培养细胞得到保护。

### 2.2.5 抗肿瘤作用

海带具有抗癌、抗突变作用,有报道认为,其主要起作用的物质是多糖类和核酸类。20世纪70年代末,日本学者发现 *Laminaria angustata* kjellm 海带的热水提取物对小鼠皮下移植的肿瘤细胞具有明显的抑制作用,并证明腹腔给药或口服均有效。1980年, Suzuki yuji 证明海带热水提取物有抗先天L1210白血病的活性。Jane Teas 提出经常食用海带可能具有预防乳腺癌的作用。1981年美国医学杂志报道“美国与日本相比,日本乳腺癌的发病率低,可能与日本人经常食用海带、紫菜等有关”。日本山本一郎以大肠癌化学致癌剂-DMH给SD系大鼠注射,注射期间一组给与添加有0.4%海带粉的饲料,另一组为普通饲料,发现未加海带的一组致癌率为78%,而加海带的一组仅为43%。并经多年研究证明,海带提取液或海带汤,有防癌、抗癌作用。Chenieux 也发现海带的热水提取物对于体外人KB癌细胞培养有明显的细胞毒作用,可杀灭50%以上的癌细胞。范曼芳及邓槐春等人曾将S180实体瘤接种于小鼠体内,发现褐藻酸钠ip给药,对肿瘤生长的抑制率为36.3%,并明显提高患癌小鼠的脾脏重量<sup>[7]</sup>。

### 2.2.6 抗辐射作用

在对海带多糖生理活性的研究中,极富有兴趣的一面在于“抗放”功能的发现。1964年,加拿大Skoryna等首次发现褐藻胶能阻止 $Sr^{90}$ 在动物肠道吸收,并能使其迅速排出体外。1966年,Harrison等以及Patrick等以不同M/G比值的褐藻酸钠投喂已口服 $Sr^{90}$ 的动物作饲养实验,发现G含量高的褐藻酸钠能有效地抑制 $Sr^{90}$ 在消化道的吸收。次年,Hodgkinson通过人体实验表明,褐藻胶能使病人降低 $Sr^{90}$ 的吸收24倍<sup>[13]</sup>。佟文铎等研究证实了褐藻胶还能很好地阻吸放射性碘素。其它研究揭示海藻酸钠对放射性元素 $Ra^{133}$ 、 $Sn^{133}$ 、 $Cd^{109}$ 、 $Mn^{54}$ 等也具有阻吸和排除作用,却不影响人体对K、Na和Ca等的吸收。20世纪70年代,我国中国科学院纪明侯等也作过类似研究。邓槐春等以海带淀粉腹腔给药,可显著提高9Gy照射小鼠的存活率,保护造血组织。范曼芳等以褐藻酸钠腹腔注射小鼠,认为该多糖对 $^{60}Co\gamma$ 射线损伤有一定保护作用,能降低死亡率,延长存活时间,并证实褐藻酸钠对环磷酰胺引起的白细胞减少有对抗作用。

### 2.2.7 对重金属及其他毒素的阻吸作用

青岛海洋化工厂将褐藻酸与环氧丙烷合成,得到一种良好乳化性能的水包油型乳化剂,可用作蜂王浆及各类酒剂的稳定剂,特别是在褐藻酸钠不能使用的酸性食品饮料中使用,更显优越性。以褐藻胶作添加剂的食品,有益健康,大量研究表明褐藻胶是一种优质的膳食纤维(dietary fibre),在人体内具有较重要的生理功能,如促进胃肠道蠕动。吸附有毒物质并加速排出,尤其是吸附多种有毒重金属如Pb、Sn、Cd等,减轻这些物质对人体的毒害<sup>[28]</sup>。从而在胃肠道内担任着“清道夫”的角色。由于褐藻胶是亲水性大分子物质,也能较有效地预防便秘的形成。

## 3 尚待研究的课题

综观现有资料,可以发现海带之所以千百年来一直作为人类的传统食物资源,且倍受推崇,是与其较丰富的营养价值与多方面的保健功效分不开的。目前,人们已对海带中丰富的碘、钙、钾、甘露醇及 $\beta$ -胡萝卜素等的保健作用有了较清楚的认识,并对海带中具有更广泛生理活性的多糖类作了大量研究,但这些研究主要侧重于褐藻胶和褐藻淀粉,对含量仅次于褐藻胶的岩藻糖胶研究极少,也缺乏系统性。另据报道,褐藻中含有较多岩藻糖(fucose),L-岩藻糖可使大鼠的肿瘤减少20%。而海带中岩藻糖几乎全部集中于岩胶糖胶中,因此,可推测岩藻糖胶可能具有广泛的生理活性。开展海带岩藻糖胶的研究是一项颇具兴趣的课题,通过岩藻糖胶多方面生理活性的研究,可以弥补对海带中三种多糖的生理活性缺乏较系统,较全面了解的缺憾。并对海带这一传统食物资源的保健功效有更全面,更深入的认识。

从军用或民用的实际需要出发,深入研究海带的保健功能也具有十分重要的现实意义与军事价值。在我军最新拟定的军人食物定量供应标准中,明确规定各类灶别人员每人每日必须供应10~15g海带,这主要是基于海带中含有丰富的碘及钙,有些人对海带深层次的保健功效还缺乏明确认识,尤其是已有许多研究报道指出海带多糖有“抗放”作用,这种独特的功能具有潜在的军事应用价值。当前医疗用核照射、核电站开发、矿藏开采、某些建材使用等,都使人们接触到愈来愈多的电离辐射。而从目前报道看,海带多糖的“抗放”作用,主要涉及到褐藻胶及褐藻淀粉,且多数报道指出褐藻胶及褐藻淀粉经过腹腔注射给药具有抗辐射作用,经口给药是否有效还不明确,对岩藻糖胶是否具有抗放作用尚未见研究。另外,海带是传统的食物资源,在我国有几千年的食用历史,已证明无毒副作用,这与其它大多数具有抗辐射作用的中草药相比,具有明显的优势,且海带来源广泛,成本低廉,适宜开发。因此,开展海带岩藻糖胶生理活性尤其是“抗放”功能研究,对进一步说明海带的保健功能特别是抗辐射功能具有重要意义。

## 参考文献

- 李德远. 海带岩藻多糖及其生物学效应研究.[博士学位论文],武汉,华中农业大学,1999.
- 丁源. 我国药用海藻名录及其应用. 海洋药物,1982(3): 45~48.
- 刘仲则,张亚莉,张益民. 海带的保健功用及其保健制品的开发. 海洋药物,1987(2): 32~35.
- 孙玉善. 海洋天然有机物资源化学. 中国海洋药物,1988(2): 69.
- 姜作真,初丽琴. 食用海藻粉的加工技术. 食品科学,1998,19(4): 61~61.
- 李林. 海带中多糖的分类提取,鉴定及理化研究.[硕士学位论文],武汉,华中农业大学,1998.
- 吴元熙,丁源. 海带保健食品. 海洋药物,1987(1): 40~44.
- 王璋. 食品化学. 北京:中国轻工业出版社,1991,104.
- 孔振武,杜予民. 植物中的生物活性多糖. 药学进展,1991,15(1): 35~39.
- 吴燕燕,李来好,陈培基等. 海带酥的工艺技术研究. 食品科学,1998,19(2): 28~29.
- 宁正祥,赵谋明. 食品生物化学. 广州:华南理工大学出版社,1995,135~197.
- 张惟杰. 复合多糖生化研究技术. 上海:上海技术出版社,1987,247.
- 余纲哲. 食品资源化学. 汕头:汕头大学出版社,1996,67~85.
- 刘晓惠,张翼仲. 海带中褐藻糖胶的分级纯化与结构研究. 生物化学与生物物理学报,1992,24(4): 297~302.
- 纪明侯,曹文达,韩丽君. 褐藻酸中糖醛酸组分的测定. 海洋与湖沼,1981,12(3): 240~247.
- 方积年. 多糖研究的现状. 药学报,1986,21(12): 944~950.
- 范曼芳,陈琼华. 褐藻酸钠的提取,分析和生物活性. 中国药科大学学报,1988,19(4): 279~281.
- 赵协民. 褐藻酸钠的药用概况. 中国海洋药物,1988(4): 23~26.
- 邓槐春,谈竟光,谢姣娥等. 海洋多糖对高脂血症的临床疗效初步观察. 中草药,1986,17(6): 12.
- 邓槐春,谈竟光,谢姣娥等. 海带多糖的药理作用. 中草药,1987,18(2): 15~17.
- 邓槐春,谈竟光,谢姣娥等. 海带多糖抗辐射作用. 中华放射医学与防护杂志,1987(7): 49~50.
- 于瑞蓉,周建华,李培秋等. 海藻多糖降脂食品添料降脂作用临床疗效观察. 海洋药物,1987(4): 28~29.
- 薛惟建,杨文,陈琼华. 昆布多糖和猴头多糖对实验性高血糖的防治作用. 中国药科大学学报,1989,20(6): 378~380.
- 杨晓林,孙菊云,许汉平等. 褐藻糖胶的免疫调节作用. 中国海洋药物,1995(3): 9~13.
- 王文涛,周金黄,邢善田等. 海藻硫酸多糖对正常及免疫低下小鼠的免疫调节作用. 中国药理学与毒理学杂志,1994,8(3): 199~202.
- Leveill G A. The role of dietary fibre in nutrition and health. Carbo and health, 1977, 42: 84.
- Maisin J R. Radioprotection by polysaccharide. Pharmac Ther, 1988, 39: 255.
- 关美君,丁源. 我国海洋药物科学的十年进展及战略设想. 中国海洋药物,1989,1: 25~32.