

海藻利用

食品胶体

张淑平 李长青 编著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

海藻利用与食品胶体

张淑平 李长青 编著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书内容包括海藻利用与食品胶体, 主要介绍了海藻化工技术发展趋势, 海藻化工的新技术, 海藻产品的化学结构和性质, 常用食品胶的化学结构和性质, 高分子溶液的结构特性、黏度、高分子电解质溶液, 凝胶的基本特征及作用。

本书可供从事保健与食品业、海藻化工业的相关专业技术人员参考阅读, 也可供高等院校化学与食品专业师生参考阅读。

图书在版编目(CIP)数据

海藻利用与食品胶体/张淑平, 李长青编著. —北京:
中国水利水电出版社, 2009
ISBN 978-7-5084-6001-7

I. 海… II. ①张…②李… III. ①海藻—利用②食品—
胶体化学 IV. Q949.2 TS201.7

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第166476号

书 名	海藻利用与食品胶体
作 者	张淑平 李长青 编著
出版发行	中国水利水电出版社(北京市三里河路6号 100044) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 63202266 (总机)、68367658 (营销中心)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	科士洁文印中心
印 刷	北京市兴怀印刷厂
规 格	145mm×210mm 32开本 6印张 167千字
版 次	2009年2月第1版 2009年2月第1次印刷
印 数	0001—2000册
定 价	19.00元

凡购买我社图书, 如有缺页、倒页、脱页的, 本社营销中心负责调换
版权所有·侵权必究

前 言

海藻是生长在海水里的藻类植物，海藻胶体是食品胶体中最主要的一类。海藻一般包括褐藻类、红藻类、绿藻类和蓝藻类。海藻中含有各种藻胶、蛋白质、氨基酸、褐藻酸钠、褐藻氨酸、藻类淀粉、甘露醇、糖类、甾醇类化合物、丙烯酸、脂肪酸、维生素和大量无机盐如卤化物、碳酸盐、氧化钙、钾、镁等成分。具有清热解毒、软坚散结、消肿利水和瘀痰之功效。它的提取物对病毒、肿瘤、心血管病等均有治疗作用，具有抗氧化、抗凝血等多种生理活性。随着我国海藻加工和海藻化工产业技术水平的不断提高，新技术、新工艺、新产品不断发展与产生。其中，以鲜海带为原料的直接高效利用技术最具代表性。同时，随着科学技术不断进步，海藻利用的新领域也在不断拓展，新的产品不断涌现。在国家“十一五”科技支撑重点项目“以鲜海带为原料的精深加工及藻化工关键技术研究产业化开发”、省部级自主创新重大专项、上海市国内合作基金及上海市国际合作基金等项目资助下，结合作者多年对海藻加工利用和海藻化工技术的研究，借鉴国内外的最新研究进展，将海藻利用新技术及食品胶体的最新成果及重要发展趋势编写成书，供广大科

研生产人员参考。本书内容主要包括：海藻的主要成分；海藻加工新工艺；海藻化工新工艺；海藻食品胶体的主要性质及应用等内容。由于我们水平有限，错误和不足难免，敬请批评指正。

作 者

2008 年 7 月

目 录

前言

第一章 海藻利用	1
第一节 海藻的成分	1
第二节 海藻主要产品简介	2
一、海藻胶	2
二、碘	3
三、甘露醇	4
四、褐藻多糖硫酸酯	5
第三节 海藻加工新技术	9
第四节 海藻利用新进展	13
第二章 胶体	21
第一节 胶体的定义	21
第二节 胶体的分类	23
一、按分散相和分散介质的聚集状态分类	23
二、按分散相和分散介质之间的亲和力大小分类	24
第三节 胶体的基本性质	25
一、动力学性质	25
二、光学性质	31
三、电学性质	34
第四节 胶体的制备与纯化	39
一、分散法	39
二、凝聚法	40
三、单分散溶胶	41
四、胶体的纯化	42

第三章 海藻食品胶的化学结构和性质	43
第一节 概述	43
第二节 褐藻胶	45
一、分子结构与性质的关系	47
二、黏度与褐藻胶聚合度和分子量的关系	50
三、渗透压与褐藻胶聚合度和分子量的关系	51
第三节 藻酸丙二酯	53
一、藻酸丙二酯的合成	53
二、藻酸丙二酯的理化性质	53
三、藻酸丙二酯的用途	54
第四节 卡拉胶(或称鹿角藻胶)	55
一、结构特征	55
二、卡拉胶凝固性能和分子结构之间的关系	56
三、反应性	58
第五节 琼胶	58
一、琼胶的原料及其化学成分	59
二、琼胶的化学组成与结构	62
三、琼胶的物理、化学性质	64
四、琼胶的制造方法	70
五、琼胶的用途	72
六、琼胶的质量标准和检验方法	74
第四章 其他食品胶的化学结构和性质	76
第一节 羧甲基纤维素	76
一、化学性质	76
二、物理性质	77
第二节 淀粉	79
一、直链淀粉	80
二、支链淀粉	82
三、淀粉改性	83
第三节 果胶	83

一、结构特性	84
二、物理性质	86
三、果胶的基本性质	87
第四节 明胶	93
一、蛋白质的元素组成	93
二、蛋白质的氨基酸组成	94
三、蛋白质的理化性质	94
四、明胶的氨基酸组成	97
五、明胶的理化性质	100
第五节 黄原胶	119
一、黄原胶分子的结构特征	119
二、黄原胶发酵液的提纯、浓缩	119
三、黄原胶的特性和应用	120
第六节 其他胶体	121
第五章 高分子溶液	124
第一节 高分子化合物的结构特征及溶液的形成	124
一、高分子溶液与小分子溶液的比较	124
二、高分子化合物的平均分子量	128
三、高分子化合物的溶解和溶胀	130
第二节 高分子溶液的黏度	132
一、黏度及其单位	132
二、黏度的几种表示方法	132
三、球型与线型分子溶液黏度的比较	133
四、影响果胶黏度的主要因素	137
五、番茄汁在浓缩过程中的黏度变化	141
第三节 高分子电解质溶液	142
一、蛋白质的电荷分布与 pH 关系	142
二、蛋白质在等电点时溶液的特性	144
第四节 渗透压	146
一、渗透压与 Van't Hoff 公式	147

二、高分子溶液的渗透压公式	147
三、Donnan 平衡	149
第六章 凝胶	153
第一节 电凝胶的基本特征	153
一、凝胶的定义	153
二、凝胶的结构	154
第二节 凝胶的形成	155
一、溶胶的聚沉与胶凝	156
二、大分子溶液的胶凝与结晶	156
第三节 膨胀作用	158
第四节 凝胶中的扩散与化学反应	161
一、凝胶中的扩散作用	161
二、凝胶中的化学反应	163
第五节 食品增稠剂的胶凝作用	163
一、钙盐对大豆蛋白的胶凝作用	164
二、褐藻胶的凝胶特性	169
三、果胶的胶凝性质和应用	171
参考文献	174

第一章 海藻利用

第一节 海藻的成分

海藻是生长在海水里的藻类植物，一般包括褐藻类、红藻类、绿藻类和蓝藻类，是海洋生物资源的一大家族，有 250 属，1500 余种，有经济价值的种类就有 100 多种。海藻有野生和人工栽培两类，目前人工栽培海藻非常普及，全世界栽培总面积约 20 万 hm^2 (300 万亩)，海藻总产量约为 635 万 t (鲜重)；其中海带 310 万 t，裙带菜 220 万 t，紫菜 75 万 t，江蓠 10 万 t，麒麟菜 10 万 t，其他 10 万 t，总产值约 30 亿美元以上。我国海带和紫菜产量分别排在世界的第一位和第三位。海藻中含有各种藻胶、蛋白质、氨基酸、褐藻酸钠、褐藻氨酸、藻类淀粉、甘露醇、糖类、甾醇类化合物、丙烯酸、脂肪酸、维生素和大量无机盐如卤化物、碳酸盐、氧化钙、钾、镁等成分。海藻具有清热解毒、软坚散结、消肿利水和痰涎之功效；它的提取物对病毒、伤风感冒、肿瘤、子宫癌、肺癌、支气管病、心血管病等均有治疗作用。

海藻的化学组成往往随着海藻的种类、生长海区、季节的变化及环境因子不同而有显著的差别。我国沿海区域生长的海藻有几十种甚至一百多种，现以其中的几种为代表，介绍其化学组成如表 1-1 所示。

利用海藻制取褐藻胶、琼脂、卡拉胶、碘及甘露醇等产品是传统的海藻化工业，也是海藻工业的代表性产业。2008 年我国海藻养殖产量达到 204 万 t，其中海带 80 万 t，这为海藻工业的发展提供了丰富的原料，每年用于生产褐藻胶、碘及甘露醇的海带约占海带总产量的一半。目前，我国褐藻胶、琼脂及卡拉胶的年产量分别约为 1 万 t、1000t 和 2000t。这些海藻胶有许多良好特性，可广泛



用于食品、医药、化工、纺织、印染、生物技术等领域，有广阔的应用和市场前景。

表 1-1 几种褐藻的主要化学成分 (%)

海藻名称	产地	灰分	碘	甘露醇	褐藻酸	粗蛋白 (氮×6.25)	粗纤维
海带	烟台	35.73	0.450	17.67	20.8	7.00	—
裙带菜	青岛	37.76	0.0165	10.73	28.0	20.91	1.55
昆布	福建	26.03	0.281	7.21	25.6	9.98	5.86
鼠尾藻	青岛	25.40	0.038	5.46	21.2	25.28	4.68
海蒿子	大连	22.39	0.035	13.40	16.8	19.10	4.43
羊栖菜	福建	37.19	0.03	10.25	20.8	7.95	4.92
马尾藻	广东	28.75	0.153	1.86	23.8	10.54	9.04

第二节 海藻主要产品简介

一、海藻胶

海藻胶是褐藻胶、琼脂、卡拉胶及其衍生物的统称。海藻胶的最初用途是在食品上。居住在印度尼西亚的欧洲人用琼脂制作果冻和蔬菜冻，后来传到了欧洲。现在许多食品都采用琼脂作为增稠剂，如增味牛奶、糖果、果冻、甜点、沙拉、酸奶等。褐藻胶和卡拉胶也广泛应用于食品工业，它们不会改变食品的颜色和味道，但却可以改善食品的黏稠度和质构。

褐藻胶是从海洋褐藻中提取的天然高分子有机化合物，是褐藻酸盐和褐藻酸有机衍生物的统称，其代表性产品是褐藻酸钠。褐藻胶系列产品可广泛应用于食品、医药、日化、印染、纺织和其他多种工业领域，目前，已成为世界上一种产值大、用途广、效益高的畅销产品。从制胶原料来看，美国生产褐藻胶的原料主要是巨藻。巨藻为世界性藻类，主要产于智利、墨西哥、美国和澳大利亚等海域，产量很大。用巨藻生产藻胶，由于原料成本低，效益较海带高。挪威生产褐藻胶的原料主要是泡叶藻、墨角藻。我国生产褐藻胶的原料主要为海带，我国北方也有少数厂家进口巨藻来生产褐



藻胶。

从红藻的麒麟菜、江蓠等制取卡拉胶和琼脂是近 20 年发展起来的海藻工业，但其产业规模较小，有待进一步发展。目前我国南方的卡拉胶和琼脂的生产很多还是家庭式、小规模、手工作坊式的生产，由于产品质量不高，只能低价出口或内销。国外企业将这些初级藻胶产品精制，成为高值产品，而我国在生产这些初级藻胶产品时，却要经受付出采集、资源耗费、环境污染、费时费力的沉重代价。

从生产工艺来看，自发现褐藻胶 100 多年来，美国、英国、日本、挪威、法国等国家的生产工艺，基本上仍用纯碱 (Na_2CO_3) 消化工艺，我国也是沿用碱消化工艺生产中黏度类的褐藻酸钠。通常，褐藻胶根据其黏度可分为超低黏度、低黏度、中黏度、高黏度和超高黏度褐藻胶。超低黏度、低黏度褐藻胶在世界藻胶工业中占有重要地位，需求量占总需量的 30%~40%，在德国、美国、日本、韩国和我国市场都很大。我国目前超低黏度、低黏度、超高黏度的褐藻胶生产基本处于空白，高黏度褐藻胶仅冬春季北方少数工厂能生产一部分，远不能适应需求。超高黏度胶国外也仅少量制取，但需求量不小。随着海藻酸钠应用领域的不断扩大，高纯度海藻酸钠的需求越来越多。由于我国目前的生产工艺落后，生产的褐藻胶产品纯度远远达不到国内外客户的要求。比如，随着印染、印花行业的飞速发展，对糊料的要求越来越高，而各种高档织物印花均需高纯度的海藻酸钠来充当糊料。据统计，国内外每年大约需要高纯度海藻酸钠 1000 多 t。同时，每年用于高档食品的高纯度海藻酸钠约 4000t，所以仅上述两个行业每年需求高纯度海藻酸钠约 5000t，其市场潜力很大。

二、碘

1813 年 Courtois 从海藻中首次分离出碘。目前，海带是我国唯一的碘源，海带制碘业曾是海带业甚至整个海藻产业发展的一个“龙头”，制碘业耗用的海带约占海带总产量的 70%。我国有 4.25 亿人缺碘，占世界受碘缺乏威胁人口的 40%，这对民族素



质的提高是个严重障碍。尽管有这么严重的碘缺乏问题,但国人对有着“食品碘库”之称的海带却食之甚少。由于中国制碘业产品一直是“碘、醇、胶”老三样,产业总体上处于低档次、低水平、低附加值、低效益状态,且受国际市场疲软和合成产品增多的影响,大部分制碘企业经营困难,减弱了对海藻业发展的推动力。

三、甘露醇

1884年 Stenhouse 发现了褐藻中的甘露醇,它广泛应用于医药、食品和化工等领域。目前,我国甘露醇的年生产能力估计为 4000t 左右,年产量约 3000t。生产厂家大多集中在江苏、山东、辽宁等沿海地区,由于生产规模小,产品成本高,无法参与国际市场竞争,从而限制了国内甘露醇产业的发展和应用领域的扩大。我国目前甘露醇的生产主要采用海带离心水洗重结晶提取法,即将提碘后的海带浸泡,加碱中和,经电渗析、蒸发浓缩、冷却结晶、分离烘干得成品。由于该法生产流程长,提取率低,污染严重,产品易带热源,内在品质差且不稳定,有的达不到医药级水平,无法满足下游产品的需求。因此,我国不少海藻企业不得不将提碘后的海带浸泡水作为工业废水直接排放,这不仅造成了水和甘露醇资源的浪费还严重污染生态环境。因此,改变落后的传统生产工艺已迫在眉睫。采用节能环保的膜分离技术,推行先进的清洁生产工艺,建设高效提取海带加工废水中的甘露醇生产线,是当前的重要改革方向。目前,将超滤膜、反渗透膜技术运用于从海带浸泡水中提取甘露醇取得了重大进展,它摒弃了高能耗、对环境污染严重的水重结晶法等传统提取方法。但是,在海带加工企业全面推广膜技术,高效环保地提取海带废水中的甘露醇的过程中,仍然面临着膜技术集成、单元操作参数优化、膜性能改进的强化工艺技术的开发建设难题。

在传统生产工艺中,每生产 1t 甘露醇需耗蒸汽 70t,折合标准煤为 50t、耗电 7000kW·h,加上其他消耗,传统工艺从海带中提取甘露醇的耗能相当严重,甚至导致生产企业无利可图。我



国寻山集团的实际运行结果表明,采用超滤膜、反渗透膜技术新工艺后,每生产 1t 甘露醇比原工艺节省蒸汽 65%,节约用水 60%,提高产品得率 1%,降低蒸发器的维修费用 50%,合计每吨降低生产成本约 1500~2000 元。其主要工艺路线为:碘后水的深度预处理→电渗析除盐→二级超滤脱色、除杂→纳滤/反渗透预浓缩→电渗析深度除盐→抛光净化→减压蒸发浓缩→甘露醇成品。

由于生产过程为清洁生产工艺,经提取甘露醇后,废水回用率达 85%以上,仅 15%废水排放,水溶液中甘露醇浓度从 1%浓缩到 4%~5%,甘露醇提取率提高 1%。

四、褐藻多糖硫酸酯

褐藻多糖硫酸酯是存在于褐藻中的水溶性多糖。Kylin 于 1913 年首先从掌状海带和墨角藻中分离出来,最初叫“Fucoidin”,Kylin 根据糖的命名原则将其定名为 Fucoida,又名褐藻糖胶或岩藻多糖,其海带、墨角藻和绳藻的含量约为 5%~10%。褐藻多糖硫酸酯作为多聚阴离子多糖,可以调节许多寡糖和糖缀合物的功能,从而发挥多方面的作用。

日本学者对日本沿海褐藻的抗肿瘤活性做了研究,多种褐藻的热水提取物都有抑瘤作用,其中的主要活性成分是褐藻多糖硫酸酯。褐藻多糖硫酸酯的抗肿瘤活性表现在以下几个方面:抑制肿瘤细胞增殖;增强机体免疫功能;抑制肿瘤转移;消除来自肿瘤细胞的成血栓物质;清除自然基,抗脂质过氧化。褐藻多糖硫酸酯也可用来治疗肾病综合症和中早期慢性肾衰竭,是一种纯天然的海洋药物,无毒、无副作用。

褐藻多糖硫酸酯的制取方法主要有水浸提、酸提取、超声破碎浸提等方法。我国利用生产褐藻胶、碘及甘露醇的废弃物为主要原料生产褐藻多糖硫酸酯,年产量已达 100t 以上。目前,我国的海藻工业在“多品种、高质量、广应用、高效益”的发展上严重不足,开展海洋科学与海藻工业新工艺、新技术、新产品的研究和开发已迫在眉睫,谁能抓住机遇,掌握新技术,谁就能占



领制高点。

1. 褐藻多糖硫酸酯的制取方法

(1) 水提法。利用褐藻糖胶易溶于水的性质，在室温下或加热水提取之，一般热提温度不宜超过 70°C ，温度过高易引起多糖部分降解。Mafia 等人在室温下用水提取 12h，离心，上清液减压浓缩，蒸馏水透析后离心，上清液用 3 倍体积的乙醇萃取，离心得沉淀，再将沉淀溶于水，离心得粗褐藻糖胶溶液。马世昱等将浙江羊栖菜经水洗，烘干后碾成粉末，沸水浸提 0.5h，滤渣同样条件下再提取 3 次，合并所得的上清液减压浓缩后用 3 倍体积的乙醇沉淀，沉淀经丙酮或乙醚洗涤 2 次，干燥得褐藻糖胶粗品，提取率为 2.6%。贾之慎等将洋栖菜水洗风干后取 180g 按 1:20 热水浸提 4h，所得水提物在 8000r/min 下离心，上清液在 60°C 下减压浓缩，向浓缩液中加入 2 倍体积乙醇醇析得粗多糖 51g，提取率为 28.3%。邢杰等采用热水提取法：取市售大连产海带，洗净、晾干、磨碎、过筛，磨碎的海带用无水乙醇回流脱脂，脱脂海带用热水提取，水提液浓缩后加入 95% 乙醇溶液沉淀，沉淀用适当二次重蒸水溶解，经去蛋白、透析、醇析、洗涤、真空干燥得海带多糖粗品。

(2) 酸提法。酸提法是利用褐藻酸在较低 pH 下难以溶解的性质，用稀盐酸的水溶液将褐藻糖胶提取出来。由于大部分的褐藻酸未被溶出，因而提取物中褐藻糖胶的纯度较高，但提取时间不宜过长。罗红宇等从海带综合利用生产褐藻酸钠、碘、甘露醇后的污水中提取褐藻糖胶，具体的实验条件研究表明： Na_2CO_3 溶液与污水用量比（体积比）为 1:5.5、pH 值为 5.5、乙醇浓度为 60%、复水温度为 75°C 时，提取的粗褐藻糖胶中褐藻糖胶的质量百分比浓度最大达到 22.5%，而且黏度测定结果证明，采用本法制得的褐藻糖胶与干海带直接提取的褐藻糖胶的性质相似。郑军等将干燥藻体粉末用 80% 的乙醇浸泡 2h，滤渣加入 0.05mol/L 磷酸缓冲液， 95°C 煮提 2h，滤液冷却至 5°C 后用 6mol/L 盐酸溶液调节至 pH=2.0， 20°C 以下 8000r/min 离心 25min，上层清液用 2mol/L NaOH



调节 pH 值至中性, 用 100 kDa 滤膜超滤浓缩除盐, 浓缩液用 75% 乙醇醇析, 离心得沉淀, 再用无水乙醇洗 2 次, 自然干燥后得粗多糖, 提取率为 3.3%。张淑平等对不同方法提取的褐藻糖胶的性质进行了全面分析和比较。

(3) 氯化钙法。此方法是利用褐藻酸钙不溶于水的性质, 用 CaCl_2 的水溶液进行提取, 将褐藻酸转化为褐藻酸钙, 避免了褐藻酸的溶出。Taichi 将 500g 藻粉用 2.5L 80% 乙醇抽提, 过滤, 滤渣浸在 4.5L 3.5% 甲醛中过夜后倒出甲醛, 风干, 加入 2% CaCl_2 水溶液, 室温提取 4h, 离心, 沉淀再于 70℃ 提取 2h, 合并两次上清液, 减压浓缩, 透析, 冷冻干燥, 得褐藻糖胶粗品 8.9g。

2. 褐藻糖胶的生物活性

大量研究表明, 褐藻糖胶具有多种生物活性, 如抗凝血、抗血栓、抗肿瘤、抗病毒等, 加之褐藻资源非常丰富, 因而成为研究的热点。褐藻糖胶的生物活性主要是由于它们高度的硫酸酯化, 此外与其独特的多糖结构和相对分子质量有一定的关系。目前, 比较公认的生理活性有以下几个方面。

(1) 抗凝血和抗血栓。在生理条件下, 血液在内膜光滑平整的血管内循环不会自行凝固, 但出现血管壁受损、血液成分改变等病理情况时, 均可使血液呈高凝状态, 继而形成由纤维蛋白和血液其他成分所组成的凝块, 形成血栓。血栓可使血流阻滞而引起组织或器官的损伤, 造成血栓性疾病和其他严重疾病, 如肺塞、脑梗塞、心肌梗死以及其他静脉或动脉血栓性疾病。高凝状态还是多种疾病的病因。因而防治血栓形成的药物的研究日益受到重视并发展很快。这一类药物包括抗凝血药、抗血小板药及溶栓药, 其中抗凝血药能防止血栓的形成或防止已形成的血栓进一步发展。国外学者对褐藻糖胶的抗凝血活性做了大量的研究工作。Nishino 等测定了 9 种褐藻糖胶的抗凝血活性, 结果显示: 其中昆布褐藻糖胶的活性最高。Kitamura 等报道三石昆布褐藻糖胶 F_4 级分的抗凝血酶活性为 157~200 单位/mg, 超过对照肝素的 140 单位/mg。郑军等对海带褐藻糖胶分离纯化后得到 3 个级分, 它们都有明显的抗凝血活性,



且主要是通过抑制内源性凝血途径起作用，而对外源性凝血的影响不大。

(2) 抗病毒。褐藻糖胶对几种包膜病毒的复制有抑制作用，如人免疫缺陷病毒 (human immunodeficiency) 和人细胞巨化病毒 (human cytomegalovirus)。李凡等报道，从渤海湾海带中提取的褐藻糖胶具有抗 RNA 和 DNA 病毒的作用，实验表明，它对脊髓灰质炎病毒Ⅲ型、柯萨齐 B3 和 A16 型病毒、腺病毒Ⅲ型、埃可Ⅵ型病毒有明显的抑制作用，表现为能显著抑制细胞病变的发生，使组织培养细胞得到保护。

(3) 抗肿瘤。多糖的抗肿瘤作用是近些年研究的热点，褐藻糖胶除了直接抑制肿瘤细胞生长外，还可以通过增强机体免疫能力，抑制肿瘤细胞的生长扩散。施志仪等研究发现，海带褐藻糖胶在体外能够抑制肝癌细胞进入对数生长期，从而抑制了肿瘤的生长，这说明褐藻糖胶的抗肿瘤效应至少包括直接杀伤肿瘤细胞的途径。王文涛等报道，海带硫酸多糖能恢复由环磷酰胺引起的免疫低下小鼠的免疫功能，它是一种对巨噬细胞和 T 细胞有直接作用的免疫调节剂。杨晓林等研究了从渤海湾海带中提取的褐藻糖胶对小鼠免疫功能的影响，结果发现褐藻糖胶在体外可诱导白细胞介素和丙型肝炎病毒的产生，体内给药可增强 T 细胞、B 细胞、巨噬细胞和自然杀伤细胞 (NK 细胞) 的功能，促进对绵羊红细胞 (SRBC) 的初次抗体应答。Usui 等用爱森藻 (*Eisenia bicyclis*) 褐藻糖胶以 50mg/(kg·d) 剂量喂养 5 种荷 S180 肉瘤的动物，45d 后肿瘤抑制率达 30%，其中有 2 种动物的肉瘤完全消失。

(4) 降血脂。李德远等报道，服海带褐藻糖胶能有效地降低小鼠的高胆固醇血清 TC 水平，最佳剂量为 150mg/kg，而对正常小鼠血清 TC 无明显影响。海带褐藻糖胶能显著降低大鼠饮食性高脂血症的 TC、TG 和 LDL-C 水平，并显著升高 HDL-C 水平。王素贞等观察了褐藻糖胶治疗 15 例高脂血症病人的疗效，结果表明，褐藻糖胶能明显降低血清胆固醇和甘油三酯的含量，且无肝、肾功能损害等毒副作用。褐藻糖胶是一种类唾液酸样的活性物质，能使