

doi:10.3969/j.issn.2095-6002.2019.04.003

文章编号:2095-6002(2019)04-0018-06

引用格式:秦益民. 海藻活性物质在功能食品中的应用[J]. 食品科学技术学报,2019,37(4):18-23.



QIN Yimin. Applications of bioactive seaweed substances in functional food products[J]. Journal of Food Science and Technology, 2019,37(4):18-23.

海藻活性物质在功能食品中的应用

秦益民^{1,2}

(1. 海藻活性物质国家重点实验室, 山东 青岛 266400;

2. 嘉兴学院 材料与纺织工程学院, 浙江 嘉兴 314001)

摘要: 海藻是海洋植物的主体,可提取出海藻酸盐、卡拉胶、琼胶等海藻胶以及岩藻多糖、海藻碘、甘露醇、维生素、多酚、矿物质元素等种类繁多的海藻活性物质。以海藻胶、海藻胶寡糖、岩藻多糖、海藻酸丙二醇酯等为代表的海藻多糖及其衍生物具有凝胶、增稠、乳化、成膜等理化特性和改善胃肠道系统、抗氧化等健康功效,在海洋功能食品的研发、生产中有很高的应用价值,是一类重要的海洋功能性食品配料,其开发利用是当前及今后很长时间内海洋功能食品领域的热点之一。介绍海藻酸盐、卡拉胶、琼胶等为代表的海藻胶以及岩藻多糖、海藻胶寡糖为代表的海藻活性物质的理化性能和生物活性功效,对进一步推广海藻活性物质在功能食品领域的应用有重要价值。

关键词: 海藻胶;海藻酸盐;卡拉胶;琼胶;功能食品

中图分类号: TS254.1

文献标志码: A

海藻活性物质是一类从海藻生物体中提取的,可以通过化学、物理、生物等作用机理对生命现象产生影响的生物物质成分,包括海藻细胞外基质、细胞壁、原生质体的组成部分以及细胞生物体内的初级和次级代谢产物,其中初级代谢产物是海藻从外界吸收营养物质后通过分解代谢与合成代谢,生成的维持生命活动所必需氨基酸、核苷酸、多糖、脂类、维生素等物质,次级代谢产物是海藻在一定的生长期內,以初级代谢产物为前体合成的一些对生物生命活动非必需的有机化合物,也称天然产物,包括生物信息物质、药用物质、生物毒素、功能材料等海藻基化合物^[1-2]。

由于海藻长期处于海水这样一个特异的环境中,并且海洋环境具有高盐度、高压、氧气少、光线弱、侵食动物多等特点,海藻类生物在进化过程中形成的代谢系统和机体防御系统与陆上生物不同,使海藻生物体中蕴藏许多新颖的生理活性物质,包括

生物碱类、萜类、肽类、大环聚酯类、多糖类、多烯类不饱和脂肪酸等具有独特结构和性能的化合物^[3]。相对于海绵、海鞘、软珊瑚等其他海洋生物,海藻代谢产物的结构相对简单,其最大特点是富含溴、氯和碘等卤族元素,尤其是含有大量多卤代倍半萜、二萜以及溴酚类代谢产物^[4],具有抗微生物、抗附着和生物毒性等特殊功效。到2017年,全球各地已经从海藻中发现4000多种化合物,其中从褐藻、红藻、绿藻中发现的化合物分别约为1500、2000、450种^[5]。

本文介绍海藻酸盐、卡拉胶、琼胶等为代表的海藻胶以及岩藻多糖、海藻胶寡糖为代表的海藻活性物质的理化性能和生物活性功效,对进一步推广海藻活性物质在功能食品领域的应用有重要价值。

1 海藻中生物活性物质的食用价值

海藻生物体中含有丰富的生物活性物质,例

如,研究显示海带含有多种有益于人体的组分,每100克海带干品含有胡萝卜素0.57 mg、硫胺素(维生素B1)0.69 mg、核黄素(维生素B2)0.36 mg、尼克酸1.6 mg、粗蛋白8.2 g、脂肪0.1 g、糖类57 g、粗纤维9.8 g、无机盐12.9 g、钙元素2.25 g、铁元素0.15 g,而其释放出的热量仅为1 096 kcal,

在具有很高营养价值的同时是一种低热量食物^[6]。海藻中的海藻酸盐、卡拉胶、琼胶、甘露醇、岩藻多糖、褐藻多酚、岩藻黄素等成分在功能食品领域均有重要的应用价值。表1为主要的海藻活性物质在海藻生物体中的生物作用及其在功能食品中的应用价值^[5]。

表1 海藻活性物质在海藻生物体中的作用及其在功能食品中的应用价值

Tab.1 Roles of seaweed active substances in seaweed organisms and their application value in functional foods

活性物质的种类	在海藻生物体中的作用	在食品中的应用价值
矿物质	海藻细胞和植物结构的重要元素	提供钙、碘、铁以及其他元素
海藻酸盐、卡拉胶、琼胶等海藻胶	海藻细胞壁和细胞外基质的主要成分	起增稠、凝胶、成膜、乳化、稳定等作用
甘露醇	调节海藻细胞的渗透压	食品涂膜覆盖
褐藻多酚	海藻防御侵食动物的主要成分	具有抗氧化功效
岩藻黄素	褐藻中的色素	具有减肥、抗氧化功效
岩藻多糖	海藻抵抗脱水、氧化的主要成分	具有抗菌、抗肿瘤、免疫调节等健康功效
维生素、氨基酸、蛋白质等其他活性成分	海藻细胞和植物结构的重要组分成分	可以从海藻中分离纯化后应用于食品配料,也可以通过食用海藻的方式提供必要的营养元素

多糖是海藻植物的结构成分,也用于能量的存储。100多年前,人类就拥有了可以把海藻淀粉降解的酶,但是对于结构更复杂的多糖,人类却没有相应的酶降解^[7]这些耐降解的多糖就是膳食纤维^[8]。与陆地植物含有的纤维素不同,海藻细胞壁含有的多糖可能是甲基化、乙酰化、丙酮化或硫酸酯化的^[9-10]。从海藻中提取的海藻酸盐、卡拉胶、琼胶等海藻多糖是重要的海藻源食品配料,广泛应用于饮料、肉制品、奶制品等。图1为3种主要的海藻多

糖的化学结构。

可食用海藻中一般含有大量膳食纤维,其干基含量在23.5%~64.0%,超出麦麸的膳食纤维含量^[11-12]。在绿藻和红藻中,水溶性纤维占总纤维的52%~56%,而在褐藻中是67%~85%^[13],其中大部分膳食纤维通过发酵可以转化为短链脂肪酸,如乙酸、丙酸和丁酸^[14],可以滋养大肠的上皮细胞,并为宿主提供其他益处,例如乙酸和丙酸通过血液输送到人体的很多器官中,通过氧化提供能量并起到特殊的生理作用。发酵过程产生的短链脂肪酸也滋养了大肠中的菌群并发挥益生菌作用。目前关于海藻多糖对肠道菌群的健康功效有很多,其产生的健康功效包括降低糖尿病、高血压和心脏病风险等^[15]。

2 海藻活性物质在功能食品中的应用

据智利的考古发现,公元300年在中国和公元600年在爱尔兰的文字记载,海藻作为人类的食物已经有几千年的历史^[16-20]。联合国粮农组织估计2012年全球收获的2380万t海藻中,38%直接用于食用,还有很大部分用于提取海藻酸盐、卡拉胶、琼胶后成为食品和饮料的添加剂^[21]。2013年全球海藻食品及相关产业的价值约为67亿美元,其中95%来自海洋水产养殖,最大的养殖国为中国和印尼^[22]。

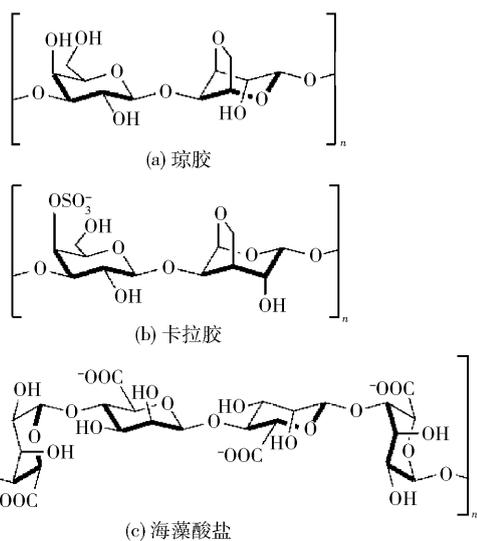


图1 海藻多糖的化学结构

Fig.1 Chemical structures of seaweed polysaccharides

世界各国对海藻食品的消费有很大区别,其中日本人的消费量最大,2014年日本人均海藻食用量为9.6 g/d。从全球食品消费的趋势看,应用于食品营养领域的海藻产品在不断增加,其驱动力源于人类社会对健康的更大关注和食品添加剂的更广泛应用。海藻及其衍生制品具有独特的健康功能特性,在食品和保健品中有很高的应用价值,具有抗氧化、抗菌、抗炎、改善胃肠道、减肥、预防心血管疾病、抗肿瘤等一系列健康功效^[23-25]。

海藻活性物质在食品领域的应用主要有2个途径,即海藻作为海洋食物被食用、从海藻中提取出活性物质被直接或衍生后应用于食品加工。

2.1 海藻作为海洋食品被食用

古代中国的先民已认识到药食同源的健康理念,海藻的健康价值也在很多医学名著中得到记载,例如《神农本草经》、《名医别录》、《海洋本草》、《本草纲目》等著作中均有关于海藻的论述^[26]。2200年前,秦始皇派徐福东渡寻找长生不老药是基于东瀛地方的人长寿的传说。这种使人长寿的药草其实就是原产于日本、朝鲜等地的海带。今天的日本人平均寿命较长,与其食用海带及其他海藻类食品有一定的相关性。

在现代食品工业中,海藻是一种美味营养的海洋蔬菜。海藻可以与其他食材复配后食用,例如,把粉碎的海藻与面粉混合后加工制成的海藻面条兼具面条与海藻的口感和营养价值;把海藻与牛油混合后制成的海藻牛油在英国也深受消费者喜爱。

2.2 海藻活性物质及其衍生物在食品中的应用

2.2.1 海藻胶在食品中的应用

从海藻中提取出的海藻酸盐、卡拉胶、琼胶等海藻胶是一类性能优良的海藻源功能性食品配料,在食品行业有广泛的应用和广阔的发展前景^[27-28]。

海藻胶是一类亲水性高分子。海藻酸盐、卡拉胶、琼胶同为食品行业有重要应用价值的海藻胶,可以通过很多种方式应用于功能食品的生产,产生一系列独特的使用功效。表2总结了海藻胶食品配料的主要功能和应用。

2.2.1.1 海藻胶在凝胶食品中的应用

凉粉是我国传统食品,市场上有很多种类的产品,包括豌豆凉粉、苞谷凉粉、绿豆凉粉、米凉粉、麦子凉粉等以淀粉为原料做成的凉粉,和以石花菜等海藻为原料做成的凉粉、以明胶为原料做成的凉粉。这些凉粉的制作工艺基本相似,即用热水溶解原料,

表2 海藻胶的主要功能和应用

Tab.2 Main functions and applications of seaweed hydrocolloids

功能	应用示例
黏合	糖衣、糖霜、浆汁
黏结	重组食品、宠物食品
结晶抑制	冰激凌、糖浆、冷冻食品
澄清	啤酒、葡萄酒
膳食纤维	谷物、面包
乳化	沙拉酱
包埋	食用粉末香精
成膜	香肠衣、保护膜
絮凝	葡萄酒
泡沫稳定	搅打起泡的饮料、啤酒
凝胶	布丁、甜食、糖果糕点
保护胶体	食用乳化香精
稳定	沙拉酱、冰激凌
悬浮	巧克力牛奶
膨化	肉制品
防脱水	奶酪、冷冻食品
增稠	果酱、馅饼馅料、酱汁
发泡	配料、棉花糖

冷却后得到凉粉。利用海藻酸钠与钙离子结合后形成凝胶的特性制作凉粉,其功能特性包括热不可逆、低热量、可凉拌、煎炸、蒸煮、涮火锅、煲汤等,食用后起到饱腹、减肥、补钙等健康功效。

2.2.1.2 海藻胶在仿生食品中的应用

利用海藻酸钠在钙离子作用下形成凝胶的特性,以海藻酸钠做凝胶成型剂、分离大豆蛋白作填充剂,在搅拌下成型,可以制备具有耐热性能的仿肉纤维。这种仿肉纤维可以在调味后烘干或油炸,参照肉类制品的烹调方法,可以制得多种色、香、味俱佳的大豆蛋白仿肉制品,如五香仿肉脯、美味仿虾条、糖醋仿肉丸、麻辣仿肉丝等。

2.2.1.3 海藻胶在肉制品中的应用

作为一种天然高分子,海藻酸盐具有优良的成膜性能,可用于制备香肠的肠衣。生产过程中,肉的混合物挤出后首先在其表面覆盖一层海藻酸钠水溶液,然后与氯化钙水溶液接触后成膜,这样形成的海藻酸钙肠衣可保护香肠,减少水分和油脂的流失。

脂肪替代品是利用海藻酸钠与钙形成热不可逆

凝胶的特性及其与其他高分子多糖的良好配伍性,结合动物脂肪或植物油脂,通过高速搅拌、静止成型制备出的类似固体脂肪的高强度、高弹性、高韧性肉制品脂肪替代物,可应用于萨拉米等香肠制品,显著提高肠体的硬度和弹性、降低产品脂肪含量、赋予产品良好的外观,满足消费者对低脂、营养餐食的需求。

2.2.1.4 海藻胶在乳制品和饮料中的应用

在发酵酸奶中加入海藻酸盐等海藻胶可以起到增稠、乳化作用,稳定蛋白、乳化脂肪、改善口感、保护香气。在中性饮料中可以通过增稠作用,提高体系稳定性,防止产品分层。在冰激凌中应用海藻酸盐等海藻胶可提高产品抗冻融稳定性,使冰淇淋膏体细腻、口感好。

2.2.1.5 海藻胶在面制品中的应用

在面制品中加入海藻酸盐,可使产品增劲、不混汤、抗冻融、抗老化、耐煮、爽滑、减少断条率。

2.2.1.6 海藻胶在焙烤制品中的应用

在焙烤制品中加入海藻酸盐等海藻胶可以起到保水、增稠、塑形的作用,使产品组织细腻。

2.2.2 海藻胶衍生物在食品中的应用

海藻酸盐、卡拉胶、琼胶等海藻胶可以通过化学、物理、生物等改性技术的应用制备衍生制品。例如海藻酸丙二醇酯(propylene glycol alginate, PGA)是海藻酸与环氧丙烷反应后得到的一种非离子型衍生物^[29]。由于海藻酸中的羧酸基被丙二醇酯化,PGA溶解于水中形成的黏稠胶体抗盐性强,对钙、钠等金属离子很稳定,即使在浓电解质溶液中也不盐析。由于分子结构中含有丙二醇酯基,PGA的亲油性强、乳化稳定性好,能有效应用于乳酸饮料、果汁饮料等低pH值的食品和饮料中。

图2是由海藻酸盐制成的部分衍生品。在海洋功能食品领域,海藻酸丙二醇酯和褐藻胶寡糖是二类重要的海藻酸盐衍生物,其独特的结构和性能赋予二类产品优良的使用功效。作为海藻酸的酯化衍生物,藻酸丙二醇酯具有独特的乳化、增稠、稳定性能,在乳制品、功能饮料、啤酒、焙烤制品等领域有独特的应用价值。

由海藻酸盐制得的寡糖一般是聚合度2~10的低聚糖,海藻酸盐寡糖的分子量低、易溶于水,具有很多独特的理化性能和生物活性,如抗肿瘤、抗氧化、抑菌、抗炎、免疫调节等,在食品、保健品、化妆品、生物医药、农林牧渔等领域越来越受到国内外学

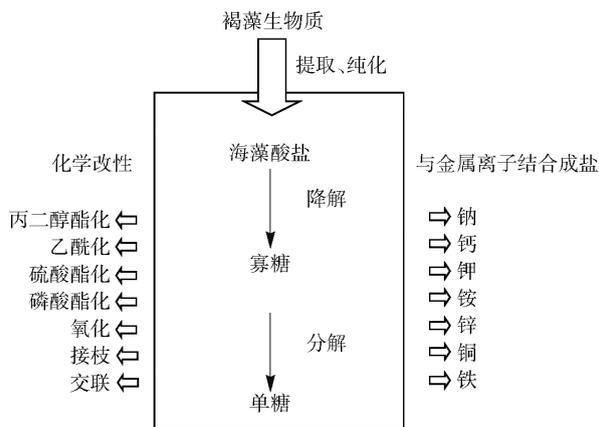


图2 以海藻酸盐为原料制成的衍生品

Fig. 2 Derivatives from alginate

者的青睐,具有广阔的开发前景和巨大的应用价值^[30]。

2.2.3 岩藻多糖在功能食品和保健品中的应用

岩藻多糖也称褐藻糖胶、褐藻多糖硫酸酯、岩藻依聚糖、岩藻聚糖硫酸酯等,是一种水溶性硫酸杂多糖,富含L-岩藻糖和有机硫酸根,是海洋独有的天然功能性多糖^[31-32]。岩藻多糖主要存在于海带、海蕴、裙带菜等褐藻表面的黏液中,是褐藻特有的生物活性物质。岩藻多糖在褐藻中的含量很少,新鲜海带中的含量约为0.1%,干海带中的含量约为1%,是一种非常宝贵的海藻活性物质,在褐藻中以墨角藻目和海带目的含量较高^[33]。作为一种生物成分,岩藻多糖存在于褐藻表层的细胞壁基质、细胞间隙和黏液中,对藻体起到保湿、抗菌、抗紫外损伤等重要作用。

岩藻多糖分子链的主要成分是岩藻糖和硫酸基,还含有少量的木糖、甘露糖、半乳糖、阿拉伯糖、葡萄糖醛酸等,其分子链骨架主要有两种结构,一种是(1-3)- α -L-岩藻糖重复片段,另一种是(1-3)-和(1-4)- α -L-岩藻糖重复片段^[34]。

岩藻多糖具有抗凝血、抗氧化、保护神经细胞、调节免疫、降血糖和血脂、保护肾脏、抗肿瘤、抗病毒等多种生理活性,其研究开发是目前海洋药物和保健品领域的热点之一。岩藻多糖对人体最重要的性能是其通过抑制人体癌细胞增殖,产生独特的抗肿瘤功效。

3 结论

人类居住的地球是一颗蓝色星球,大海是生命的摇篮,蕴含着健康的奥秘。随着蓝色经济的蓬勃

发展,以海洋资源为原料的健康产业正在兴起。作为人类食物资源的宝库,海洋中的海藻可为人类社会提供丰富的功能性食品配料。大量科学研究已经证明海藻酸盐、卡拉胶、琼胶、岩藻多糖等海藻活性物质具有独特的性能和功效,在功能食品领域有很高的应用价值。

参考文献:

- [1] 张国防,秦益民,姜进举. 海藻的故事[M]. 北京:知识出版社,2016.
- [2] 张明辉. 海洋生物活性物质的研究进展[J]. 水产科技情报,2007,34(5):201-205.
ZHANG M H. Research progress of marine bioactive substances [J]. Aquatic Science and Technology Information, 2007,34(5): 201-205.
- [3] 康伟. 海洋生物活性物质发展研究[J]. 亚太传统医药, 2014, 10(3): 47-48.
KANG W. Development of marine bioactive substances [J]. Asia-Pacific Traditional Medicine, 2014, 10(3): 47-48.
- [4] 史大永,李敬,郭书举,等. 5种南海海藻醇提取物活性初步研究[J]. 海洋科学,2009,33(12):40-43.
SHI D Y, LI J, GUO S J, et al. Preliminary study on the activity of alcohol extracts from 5 species of algae from south China sea[J]. Marine Science, 2009,33(12): 40-43.
- [5] QIN Y. Bioactive seaweeds for food applications [M]. San Diego: Academic Press, 2018.
- [6] 赵素芬. 海藻与海藻栽培学[M]. 北京:国防工业出版社,2012.
- [7] SAIKI T. The digestibility and utilization of some polysaccharide carbohydrates derived from lichens and marine algae [J]. Journal of Biochemistry Tokyo, 1906, 2: 251-265.
- [8] CIAN R E, DRAGO S R, De MEDINA F S, et al. Proteins and carbohydrates from red seaweeds: evidence for beneficial effects on gut function and microbiota [J]. Marine Drugs, 2015, 13: 5358-5383.
- [9] STIGER-POUVREAU V, BOURGOUGNON N, DESLANDES E. Carbohydrates from seaweeds[M]//FLEURENCE J, LEVINE I. Seaweeds in health and disease prevention. San Diego: Academic Press, 2016: 223-274.
- [10] RIOUX L E, TURGEON S. Seaweed carbohydrates[M]//TIWARI B, TROY D. Seaweed sustainability: food and non-food applications. Amsterdam: Elsevier, 2015: 141-192.
- [11] MCDERMID K J, STUERCKE B, HALEAKALA O J. Total dietary fiber content in Hawaiian marine algae [J]. Botanica Marina, 2005, 48: 437-440.
- [12] BENJAMA O, MASNIYOM P. Biochemical composition and physicochemical properties of two red seaweeds (*Gracilaria fisheri* and *G. tenuistipitata*) from the Pattani bay in southern Thailand [J]. Songklanakarin Journal of Science and Technology, 2012, 34: 223-230.
- [13] LAHAYE M. Marine algae as sources of fibers; determination of soluble and insoluble dietary fiber contents in some "sea vegetables" [J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 1991, 54: 587-594.
- [14] MICHEL C, MACFARLANE G T. Digestive fates of soluble polysaccharides from marine macroalgae; involvement of the colonic microflora and physiological consequences for the host [J]. Journal of Applied Bacteriology, 1996, 80: 349-369.
- [15] BACKHED F, LEY R E, SONNENBURG J L, et al. Host-bacterial mutualism in the human intestine [J]. Science, 2005, 307: 1915-1920.
- [16] DILLEHAY T D, RAMIREZ C, PINO M, et al. Monte Verde: seaweed, food, medicine and the peopling of South America [J]. Science, 2008, 320: 784-789.
- [17] NEWTON L. Seaweed utilization [M]. London: Sampson Low, 1951.
- [18] AARONSON S. A role for algae as human food in antiquity [J]. Food Foodways, 1986(1): 311-315.
- [19] TURNER N J. The ethnobotany of edible seaweed and its use by first nations on the pacific coast of Canada [J]. Canadian Journal Botany, 2003, 81: 283-293.
- [20] GANTAR M, SVIRCEV Z. Microalgae and cyanobacteria: food for thought [J]. Journal of Phycology, 2008, 44: 260-268.
- [21] FAO. The state of the world fisheries and aquaculture 2014 [R]. Rome: FAO, 2014: 223.
- [22] FAO. Global aquaculture production database updated to 2013[R]. Rome: FAO, 2015.
- [23] BAGCHI D. Nutraceuticals and functional foods regulations in the United States and around the world [J]. Toxicology, 2006, 221: 1-3.
- [24] HAFTING J T, CRITCHLEY A T, CORNISH M L, et al. On-land cultivation of functional seaweed products for human usage [J]. Journal of Applied Phycology, 2012, 24: 385-392.
- [25] HOLDT S L, KRAAN S. Bioactive compounds in seaweed: functional food applications and legislation [J]. Journal of Applied Phycology, 2011, 23: 543-597.
- [26] XIA B, ABBOTT I A. Edible seaweeds of China and their place in the Chinese diet [J]. Economic Botany,

- 1987, 41(3): 341 – 353.
- [27] BIXLER H J, PORSE H. A decade of change in the seaweed hydrocolloids industry [J]. *Journal of Applied Phycology*, 2011, 23: 321 – 335.
- [28] IMESON A. *Thickening and gelling agents for food* [M]. Glasgow: Blackie Academic and Professional, 1992.
- [29] STEINER A B. *Manufacture of glycol alginates: US 2426215* [P]. 1947 – 01 – 01.
- [30] 张真庆, 江晓路, 管华诗. 寡糖的生物活性及海洋性寡糖的潜在应用价值[J]. *中国海洋药物*, 2003(3): 51 – 55.
ZHANG Z Q, JIANG X L, GUAN H S. Bioactivity and potential application value of oligosaccharides in marine environment [J]. *Chinese Marine Medicine*, 2003(3): 51 – 55.
- [31] LI B, LU F, WEI X, et al. Fucoidan: structure and bioactivity [J]. *Molecules*, 2008, 13(8): 1671 – 1695.
- [32] LOWENTHAL R M, FITTON J H. Are seaweed-derived fucoidans possible future anti-cancer agents? [J]. *Journal of Applied Phycology*, 2015, 27: 2075 – 2077.
- [33] MORYA V K, KIM J, KIM E K. Algal fucoidan: structural and size-dependent bioactivities and their perspectives [J]. *Applied Microbiology & Biotechnology*, 2012, 93(1): 71 – 82.
- [34] CHEVOLOT L, FOUCAULT A, CHAUBET F, et al. Further data on the structure of brown seaweed fucans: relationships with anticoagulant activity [J]. *Carbohydr Res*, 1999, 319: 154 – 165.

Applications of Bioactive Seaweed Substances in Functional Food Products

QIN Yimin^{1,2}

(1. *State Key Laboratory of Bioactive Seaweed Substances, Qingdao 266400, China*;

2. *College of Material and Textile Engineering, Jiaxing College, Jiaxing 314001, China*)

Abstract: Seaweeds are the main ocean plants, which can be used to extract hydrocolloids such as alginate, carrageenan and agar, and many types of bioactive seaweed substances such as fucoidan, seaweed iodine, mannitol, vitamins, polyphenol and minerals. Seaweed polysaccharides and their derivatives such as alginate, carrageenan, agar, oligosaccharides, fucoidan and propylene glycol alginate had gelling, thickening, emulsifying, film forming and many other unique properties which could help improve gastrointestinal systems, and act as antioxidants with related excellent health benefits. They were widely used and highly valued in the development and production of marine functional foods, and were the key areas of research and development in marine functional food products. In this paper, the physicochemical properties and biological activities of algal gum represented by hydromoronate, carrageenan and agaricone as well as algal active substances represented by petrolatum polysaccharide and algal oligosaccharide were introduced, which was great value to further promote the application of algal active substances in the field of functional foods.

Keywords: seaweed hydrocolloids; alginate; carrageenan; agar; functional food

(责任编辑:李 宁)