

Biological Activity of Alginate Oligosaccharides and Its Application in Food

Suqin Fan*, Xinbing Chen, Zengying Dai, Xiqin Fa, Jian Dong, Xiaomei Wang

State Key Laboratory of Seaweed Active Substances, Qingdao Bright Moon Seaweed Group Co., LTD., Qingdao Shandong

Email: *fansq@bmscn.com

Received: Mar. 2nd, 2019; accepted: Mar. 17th, 2019; published: Mar. 25th, 2019

Abstract

In this paper, the biological activities of alginate oligosaccharides in recent years, such as bacteriostasis, anti-tumor, immunity regulation, growth promotion and antioxidation, were reviewed. The application of alginate oligosaccharides in aquatic products was introduced, and the application prospect of alginate oligosaccharides was prospected.

Keywords

Alginate Oligosaccharide, Water Retention, Biological Activity

褐藻胶低聚糖的生物活性及其在水产制品中的应用研究进展

范素琴*, 陈鑫炳, 代增英, 法希芹, 董健, 王晓梅

青岛明月海藻生物科技有限公司, 海藻活性物质国家重点实验室, 山东 青岛

Email: *fansq@bmscn.com

收稿日期: 2019年3月2日; 录用日期: 2019年3月17日; 发布日期: 2019年3月25日

摘要

本文综述了褐藻胶低聚糖在抑菌、抗肿瘤、调节免疫、促生长、抗氧化、保水保鲜等生物活性的研究, 并介绍其保水性在水产制品中的应用研究进展, 展望褐藻胶低聚糖的应用前景。

关键词

褐藻胶低聚糖, 保水, 生物活性

Copyright © 2019 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

褐藻胶低聚糖(Alginate oligosaccharides), 即海藻酸盐寡糖, 是由褐藻中提取的大分子海藻酸盐通过不同工艺降解而成的一种小分子低聚糖, 由 β -D-甘露糖醛酸(M)和 α -L-古罗糖醛酸(G)两种单体通过 α -1,4糖苷键链接聚合而成, 聚合方式主要有三种, 即 MM、GG 和 G/M [1]。与大分子海藻酸盐相比, 褐藻胶低聚糖分子量低、易溶于水, 而且其特殊的理化特性具有多种生物活性, 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者的青睐, 具有广阔的开发前景和巨大的应用价值[2]。鉴于此, 对褐藻胶低聚糖的研究引起了广泛兴趣。

2. 褐藻酸钠低聚糖生理活性

2.1. 抑菌性

褐藻胶低聚糖对动植物的一些致病菌均表现出很强的抑菌作用。研究发现, 在畜禽饲料中添加适量褐藻胶低聚糖, 可有效抑制肠炎沙门氏菌感染[3]。在水产养殖上, 褐藻胶低聚糖对常见的嗜水气单胞菌、白色念珠菌及鳃弧菌表现出较强的抑菌活性, 且随寡糖浓度的升高而增强[4]。体外抑菌研究发现褐藻胶低聚糖对大肠杆菌及金黄色葡萄球菌有直接的抑制作用, 且呈量效关系[5]。

2.2. 抗肿瘤活性

褐藻胶低聚糖能刺激各种免疫活性细胞(如巨噬细胞、T 淋巴细胞、B 淋巴细胞等)的分化、成熟、繁殖, 使机体的免疫系统得到恢复和加强, 并能通过免疫调节作用发挥多种生理活性。褐藻寡糖具有良好的生物相容性, 本身无细胞毒性, 对生物细胞无损伤, 因此用其开发抗肿瘤药物可以极大的降低药物潜在的毒副作用。大量研究表明, 褐藻寡糖与一般的抗肿瘤因子不同, 它本身对肿瘤细胞无毒活性, 但可以直接抑制一些肿瘤细胞的生长或通过调节机体免疫系统活性来间接发挥抗肿瘤作用[6]。

2.3. 促生长作用

褐藻寡糖作为一种植物内源性寡糖, 在促进植物生长、提高作物抗逆性等方面具有良好的效果, 已广泛应用于世界各地的农业生产中。研究发现, 褐藻寡糖可以作为信号分子, 影响植物代谢过程中相关酶活性及激素水平, 从而对植物生长进程进行调控, 起到促生长作用。同时, 在低温、干旱、病菌侵袭等逆境环境中, 褐藻寡糖还可以诱导植物产生相关的防御酶类及抗菌物质来帮助植物抵御不良环境, 且作用效果与寡糖聚合度、浓度密切相关[7]。以褐藻寡糖为主要构效成分的海藻生物肥料已形成以浸种剂、叶面肥、冲施肥、有机肥、复混肥等为主的丰富的产品系列, 成为实现化肥农药“减施增效”的重要助力, 有效推动农业生产的安全、绿色、可持续发展。据报道, 褐藻胶低聚糖可以促进大麦、豌豆、高粱、水稻、花生、莴苣等作物的生长, 提高植物的抗冻能力, 促进植物的萌发和根部的生长; 能够提高植物

幼苗体内的 POD、CAT 等抗氧化酶的活性[8] [9] [10] [11]。

2.4. 抗氧化活性

生物体在正常的新陈代谢过程中会产生活性氧, 如超氧阴离子自由基($O_2^- \cdot$)、羟基自由基($\cdot OH$)、脂质自由基($RO\cdot$, $ROO\cdot$)等, 这些小分子物质在生物体中起着信号分子的作用, 但过量的活性氧会产生氧化压力, 容易引发癌症、动脉粥样硬化、糖尿病、血栓等疾病。研究表明, 褐藻寡糖可以有效清除过量的自由基, 具有良好的抗氧化活性, 且作用效果与寡糖的分子量及用量密切相关[12]。孙丽萍等研究发现, 在一定的浓度范围内, 褐藻寡糖对超氧阴离子和羟基等自由基的抗氧化作用随着寡糖浓度的增加而增强, 随聚合度的降低而升高[13]。王浩贤的研究发现褐藻寡糖对脂质自由基的清除效果随聚合度的升高而增强[14]。另外, 褐藻寡糖的抗氧化功能还可用于开发神经保护类药物, 对于氧化应激影响的疾病具有非常好的预防和治疗效果[15], 如抗 HIV 活性的药物。

2.5. 抗辐射

紫外辐射可引起 DNA 损伤, 造成神经系统、内分泌系统调节障碍, 同时还会增加生物体内氧自由基的形成, 引起皮肤老化等诸多问题。目前, 源自天然产物的低毒辐射防护剂逐渐成为新的研究热点, 褐藻胶低聚糖就是近年来发现的一种具有优异抗辐射性能的糖类防护剂。研究发现, 通过生物酶解工艺制备的褐藻胶低聚糖, 其非还原末端会形成一个在 230 nm 区域具有特征吸收峰的双键, 因而表现出了非常好的抗紫外辐射作用[16]。同时, 褐藻胶低聚糖还可以通过清除氧化自由基来降低紫外辐射对细胞的损伤。这些研究对目前市场火爆的海洋化妆品的功效提供了一定的理论支撑, 随着研究的深入, 必将开发出更多具有防护肌肤、延缓衰老、美容养颜等功效的优质护肤品[16]。

2.6. 其它活性及应用

褐藻胶低聚糖具有促进益生菌双歧杆菌增殖的作用, 并且可以作为一种优质的膳食纤维, 改善胃肠道健康[17]。褐藻胶低聚糖对重金属离子具有一定的吸附性, 可用来开发排毒食品或保健品[18]。褐藻胶低聚糖及其衍生物具有很好的抗凝活性, 且与肝素类抗凝血物质相比副作用极小[19], 藻酸双酯钠(PSS)就是管华诗院士利用褐藻胶低聚糖经过分子修饰而发明的一种抗凝血类药物。

3. 褐藻胶低聚糖的保水性在水产制品中的研究进展

在冷冻水产品生产加工中, 水产品的水分含量和持水性将直接关系到水产品的组织状态、品质, 甚至风味[20]。大量研究表明, 添加剂对提高肉的保水性、嫩度, 降低肉在蒸煮过程中的汁液损失有着显著的改善作用[21] [22]。

褐藻胶是一种天然高分子多糖, 溶于水可形成粘稠的溶液, 含有大量的亲水性基团, 具有良好的增稠、乳化、保水功能性; 其低分子多糖具有更优良的乳化、保水性能。褐藻胶低聚糖在水产品中的应用主要是冷藏保鲜上, 利用褐藻酸钠和氯化钙的成膜特性, 涂抹于肉的表层, 可以防止微生物生长和脂肪氧化, 延长贮存时间。由于褐藻胶特殊的分子结构和物理性质, 为其在冷冻水产品保水剂和抗冻剂的开发应用提供了条件。

褐藻酸钠裂解物的增重效果好, 可能的原因为: 其主要为不同分子量的多糖, 多糖可能通过毛细管力等作用渗透到肌肉中, 与蛋白质相互作用, 增加肌肉纤维间的空间, 使更多的水分进入到肌原纤维结构中; 同时, 大分子量的多糖可能在虾仁表面形成一层包裹膜, 使渗入的水分更好地保留在肌肉中。褐藻酸钠裂解物能够防止解冻损失, 保持较好的增重效果, 其原因可能是: 褐藻酸钠裂解物中存在不同分子量的多糖片段, 其一方面自身吸附和保持水分; 另一方面在冷冻阶段发挥抗冻剂的作用, 使肌肉蛋白

不会发生冷冻变性保持原来的结构,保持内部结合水;第三方面可能是不同分子量的多糖与 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 结合形成保护膜,保护了肌动球蛋白的原始空间结构[23][24];而且在表面也形成了膜,阻止了内部水分的丢失[25][26]。

高瑞昌[27]研究发现:凡纳滨对虾虾仁经 0.5%褐藻酸钠裂解物浸泡 1 h,增重效果达 13%左右。褐藻酸钠裂解物处理的虾仁冻藏 20 天,仍能够有效的保持浸泡增重效果,防止了解冻损失,提高了产品出品率;陈丽娇[28]等采用 3%的海藻酸钠溶液对大黄鱼进行涂膜后冰藏保鲜,以感官指标、细菌总数、TVB-N 值、pH 值等作为鲜度指标,并与普通冰藏保鲜进行对比,探索大黄鱼在冰藏条件下采用涂膜保鲜方法的可行性。试验结果表明:涂膜保鲜可以明显抑制细菌总数的增长,维持较低的 TVB-N 值,延长大黄鱼保鲜期 3~4 d,保鲜效果明显优于普通冰藏保鲜法;于功名[29]等选择不同凝胶强度的 170 目海藻酸钠、300 目海藻酸钠、370 目海藻酸钠,针对海藻酸盐对肉制品持水力及质构的影响进行了研究。结果表明:在相同工艺条件下,不同凝胶强度海藻酸钠对肉制品持水力的影响是有差别的。张丽[30]等研究发现粘度为 55 mPas 褐藻胶低聚糖对中国对虾的保水效果与复合磷酸盐相当;冯慧[31]亦发现浓度为 3%的褐藻酸钠裂解物对罗非鱼片以及凡纳滨对虾有一定的保水效果。

4. 前景展望

目前对于褐藻寡糖的生物活性及应用研究已取得了初步的进展,在功能食品、保健品、化妆品、生物医药、生态农业、动物微生态制剂等领域均有广泛的应用,相关产品已深入到人类生产生活的各个方面,其广阔的应用前景已毋庸置疑,但对其构效关系及作用机理的研究尚不系统,仍需进一步加强探索,为其在各个领域的深入开发和广泛应用提供坚实的基础。

参考文献

- [1] 秦益民. 海藻酸[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2008.
- [2] 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.
- [3] Yan, G.L., Guo, Y.M., Yuan, J.M., et al. (2011) Sodium Alginate Oligosaccharides from Brown Algae Inhibit *Salmonella* Enteritidis Colonization in Broiler Chickens. *Poultry Science*, **90**, 1441-1448. <https://doi.org/10.3382/ps.2011-01364>
- [4] 陈丽, 王淑军, 刘泉, 等. 褐藻胶低聚糖对 3 种水产致病菌抗菌活性研究[J]. 淮海工学院学报(自然科学版), 2009, 18(1): 90-92.
- [5] 陈丽, 张林维, 薛婉立. 褐藻胶低聚糖的制备及抑菌性研究[J]. 中国饲料, 2007(9): 34-36.
- [6] 王媛媛, 郭文斌, 王淑芳, 等. 褐藻胶低聚糖的生物活性与应用研究进展[J]. 食品与发酵工业, 2010(10): 122-126.
- [7] 刘瑞志. 褐藻寡糖促进植物生长与抗逆效应机理研究[D]: [博士学位论文]. 青岛: 中国海洋大学, 2009.
- [8] 马莲菊, 卜宁, 马纯艳, 等. 褐藻胶寡糖对豌豆种子萌发和幼苗的某些生理特性的影响[J]. 植物生理学通讯, 2007, 43(6): 1097-1100.
- [9] 马纯艳, 卜宁, 马莲菊. 褐藻胶寡糖对高粱种子萌发及幼苗生理特性的影响[J]. 沈阳师范大学学报(自然科学版), 2010, 8(1): 79-82.
- [10] Quoc, H.N., Naotsugu, N., Xuan, T.L., et al. (2000) Growth-Promotion of Plants with Depolymerized Alginate by Irradiation. *Radiation Physics and Chemistry*, **59**, 97. [https://doi.org/10.1016/S0969-806X\(99\)00522-8](https://doi.org/10.1016/S0969-806X(99)00522-8)
- [11] Iwasaki, K. and Matsubara, Y. (2000) Purification of Alginate Oligosaccharides with Root Growth-Promoting Activity toward Lettuce. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, **64**, 1067. <https://doi.org/10.1271/bbb.64.1067>
- [12] 左玉. 自由基、活性氧与疾病[J]. 粮食与油脂, 2011(9): 9-11.
- [13] 孙丽萍, 薛长湖, 许佳超, 等. 褐藻胶寡糖体外清除自由基活性的研究[J]. 中国海洋大学学报, 2005, 35(5): 811-814.
- [14] 王浩贤. 聚甘露糖醛酸和聚古罗糖醛酸纯化及降解产物活性研究[D]: [硕士学位论文]. 青岛: 中国海洋大学,

2012.

- [15] 胡婷. 系列褐藻胶寡糖的制备及其抗氧化相关生物学活性(拮抗酒精性肝损伤及防治帕金森症)研究[D]: [博士学位论文]. 青岛: 中国海洋大学, 2014.
- [16] 王鹏, 江晓路, 江艳华, 等. 系列海洋特征性寡糖抗紫外辐射构效关系研究[J]. 天然产物研究与开发, 2011(5): 874-877, 904.
- [17] 刘航, 尹恒, 张运红, 等. 褐藻胶寡糖生物活性研究进展[J]. 天然产物研究与开发, 2012(A1): 201-204, 228.
- [18] 张玉娟, 罗福文, 姚子昂, 等. 海藻酸钠寡糖生物活性的研究进展[J]. 中国酿造, 2014(1): 5-8.
- [19] 管华诗, 胡婷, 李春霞, 等. 一种利用微波辐射制备海藻酸寡糖单体的方法: 中国 201310028146.2 [P]. 2013-04-24.
- [20] 邹明辉, 李来好, 郝淑贤, 等. 凡纳滨对虾虾仁在冻藏过程中品质变化研究[J]. 南方水产, 2010, 6(4): 37-42.
- [21] Vaudagan, S., Pazos, A., Guidis, *et al.* (2008) Effect of Salt Addition on Sous Vide Cooked Whole Beef Muscles from Argentina. *Meat Science*, **79**, 470-482. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.11.001>
- [22] Grigioni, G., Langman, L. and Szerman, N. (2008) Effect of Whey Protein Concentrate and Sodium Chloride Concentrations on the Odour Profile of Sous Vide Cooked Whole-Muscle Beef from Argentina. *Meat Science*, **79**, 568-575. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.12.012>
- [23] Schnepfm, L. (1992) Protein Water Interactions. *Biochemistry of Food Proteins*, Elsevier Science, London, 1-33.
- [24] Shahidi, F. and Synowiechij, J. (1997) Protein Hydrolyzates from Seal Meat as Phosphate Alternatives in Food Processing Applications. *Food Chemistry*, **60**, 29-32. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(96\)00296-8](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(96)00296-8)
- [25] Santose, E.M. and Recenstein, J.M. (1990) Effect of Vacuum Packaging, Glazing and Erythorbic Acid on the Shelf-Life of Frozen White Hake and Mackerel. *Journal of Food Science*, **55**, 64-70. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1990.tb06017.x>
- [26] Turan, H., Kaya, Y. and Erkoyuncu, L. (1996) Effects of Glazing, Packaging. *IFT Annual Meeting*.
- [27] 高瑞昌. 鲷鱼中多聚磷酸盐水解机理及无磷保水剂的研究[D]: [博士学位论文]. 青岛: 中国海洋大学, 2007.
- [28] 陈丽娇, 郑明锋. 大黄鱼海藻酸钠涂膜保鲜效果研究[J]. 农业工程学报, 2003, 19(4): 209-211.
- [29] 于功明, 孙春禄, 王成忠, 等. 海藻酸钠在低温肉制品中的应用研究[J]. 肉类研究, 2008(3): 41-43.
- [30] 张丽, 王丽, 李学鹏, 等. 褐藻提取物与复合磷酸盐对中国对虾保水效果的比较[J]. 水产学报, 2010, 34(10): 1610-1615.
- [31] 冯慧. 多聚磷酸盐在冷冻罗非鱼肉中的水解以及水产品无磷保水剂的研究[D]: [硕士学位论文]. 青岛: 中国海洋大学, 2008.

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2164-5507, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>
期刊邮箱: hjas@hanspub.org