

南极磷虾甲壳素研究进展

韩银双^{1,2}, 张怵怵¹, 刘志东^{1*}, 刘宝林², 林娜¹

(1. 中国水产科学研究院东海水产研究所, 上海 200090; 2. 上海理工大学医疗器械与食品学院, 上海 200093)

摘要: 南极磷虾作为一种重要的海洋生物资源受到了广泛关注。由于南极磷虾产业面临的巨大成本压力, 迫切要求南极磷虾进行全面、深度地开发利用。南极磷虾甲壳素作为南极磷虾的重要组成部分之一, 因其良好的功能特性和巨大的生物资源量展现出独特的应用潜力而倍受瞩目。本文综述了南极磷虾甲壳素的结构特征、理化特性、制备方法、生物活性和应用方面的研究进展, 旨在为南极磷虾甲壳素的深度开发利用提供参考, 促进南极磷虾产业的全面、可持续发展。

关键词: 南极磷虾; 甲壳素; 制备; 结构特性

Research advances on chitin from Antarctic krill

HAN Yin-Shuang^{1,2}, ZHANG Bian-Bian¹, LIU Zhi-Dong^{1*}, LIU Bao-Lin², LIN Na¹

(1. East China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Shanghai 200090, China;
2. School of Medical Instrument and Food Engineering, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200093, China)

ABSTRACT: Antarctic krill (*Euphausia superba*), as an important marine living resource, has attracted extensive attention. Due to the huge cost pressure of *Euphausia superba* industry, it is urgent that *Euphausia superba* is to be fully developed and deeply utilized. As one of the important components of *Euphausia superba*, chitin from *Euphausia superba* has attracted much attention in different fields due to its huge biomass, excellent functional properties and unique application potential. This paper reviewed the structural characteristics, physical and chemical properties, preparation methods, biological activities and applications of *Euphausia superba* chitin, in order to provide references for the further development and utilization and further promote the comprehensive and sustainable development of *Euphausia superba* industry.

KEY WORDS: Antarctic krill; chitin; production; structural properties

0 引言

南极磷虾(*Euphausia superba*)是一种生活在南极水域的小型浮游类甲壳动物。据评估南极磷虾现有生物资源量约为 3.79 亿 t^[1]。南极海洋生物资源养护委员会

(Commission for the Conservation of Antarctic Marine Living Resources, CCAMLR)规定了每年的预警捕捞限额为 860 万 t^[2]。研究表明, 南极磷虾富含优质蛋白质、磷脂、虾青素和甲壳素等物质, 具有营养价值高、功效独特等优点^[3]。近年来, 南极磷虾已经成为全球远洋渔业的重

基金项目: 中国水产科学研究院基本科研业务费项目(2020XT1201)

Fund: Supported by the Basic Scientific Research Business Expenses Project of China Academy of Fishery Sciences (2020XT1201)

*通信作者: 刘志东, 博士, 副研究员, 主要研究方向为水产品加工与利用。E-mail: zd-liu@hotmail.com

*Corresponding author: LIU Zhi-Dong, Ph.D, Associate Professor, No.300 Jungong Road, Yangpu District, Shanghai City 200090, China. E-mail: zd-liu@hotmail.com

要捕捞、加工对象,相关产品在食品、饲料和功能性食品等领域获得了广泛的应用。南极磷虾产业具有广阔的前景,开发利用潜力巨大。

甲壳素主要存在于甲壳动物和昆虫外壳、低等菌类、藻类细胞及植物细胞壁等。自甲壳素发现以来,围绕其原料来源、制备技术、结构性能及产品应用开展了大量工作,取得了积极进展。但目前,甲壳素生产面临着原料来源单一、制备方法有待改进、产品功能亟需拓展等问题。未来,甲壳素产业发展的重点主要集中于新来源的发掘、制备方法的创新、功能特性的改善和应用领域的拓展等方面。南极海域特殊的地理、气候环境赋予了南极磷虾独特的功能特性。BRESKI 等^[4]报道波兰南极磷虾捕捞船的实际经验表明,每生产 5 t 磷虾肉,即可获得约 150 公斤甲壳素,相当于加工了 25~30 t 南极磷虾。根据现有的南极磷虾捕获量,估算南极磷虾甲壳素的产量约为 2000 t 左右。因此,南极磷虾可以作为潜在甲壳素的良好来源。此外,南极磷虾的捕获、加工、贮运条件相较于其他远洋渔业更加苛刻、产业成本更高,这些给南极磷虾产业带来了巨大的成本压力^[5]。因此,亟需开展南极磷虾甲壳素等的综合、深度开发利用,推动南极磷虾产业的健康可持续发展。本文综述了南极磷虾甲壳素的研究进展,以期能够为南极磷虾甲壳素开发利用提供基础信息。

1 南极磷虾甲壳素

1.1 甲壳素

甲壳素又称甲壳质、几丁质等,化学名称为 β -(1 \rightarrow 4)-2-乙酰氨基-2-脱氧-D-葡萄糖,分子式为 $(C_8H_{13}NO_5)_n$,分子量约为 10^6 左右,理论含氮量 6.9%,是一种天然高分子聚合物。甲壳素是地球上产量仅次于纤维素的第二大可再生资源^[6]。1811 年法国科学家 Braconno 首次在霉菌中发现甲壳素的存在,1823 年法国科学家 Odier 从昆虫翅膀中分离获得了相同物质,并将其命名为甲壳素(chitin)^[7]。1859 年,法国

科学家 Rouget 将甲壳素与浓 KOH 溶液共煮,获得了壳聚糖;1878 年,Ledderhose 从甲壳素水解液中发现氨基葡萄糖和乙酸的存在,随后证明了甲壳素是由乙酰氨基葡萄糖缩聚而成^[7]。1963 年,Rudall 根据 X-衍射光谱结果证实了甲壳素存在 α 、 β 、 γ 3 种晶型,主要是由于分子内和分子间氢键的不同而形成^[6]。 α -甲壳素和 β -甲壳素分别以反平行和平行的方式排列, γ -甲壳素是 α -甲壳素和 β -甲壳素的组合。在一定条件下, β -甲壳素和 γ -甲壳素可转化为 α -甲壳素。研究表明,甲壳素是一种无味无毒的白色或灰白色半透明固体,在水、稀酸、稀碱以及一般有机溶剂中难以溶解^[8-9]。由于甲壳素良好的生物相容性、可降解性和功能特性,已被应用于功能食品、化妆品、农业、医药、造纸工业、固定化支持和废水处理等领域;现有的甲壳素产品可以分为食品级和工业级 2 种(见表 1)。

1.2 南极磷虾甲壳素

研究表明,南极磷虾甲壳素存在于虾壳中,与蛋白质、脂质和矿物质等共存^[10]。NICOL 等^[11]发现整个南极磷虾脱壳过程中甲壳素含量约为 20~30 mg/g 体重(干重),约占体重的 2.4%~2.7%(干重)。脱壳期间,甲壳素约占南极磷虾脱壳干重的 13.7%,脱壳时甲壳素损失 51.6%。南极磷虾甲壳素的含量如表 2 所示^[11]。

2 南极磷虾甲壳素的制备

甲壳素的传统加工是以虾壳和蟹壳等为原料,通过碱处理脱蛋白、酸处理脱矿质、有机溶剂处理脱色等步骤,除去甲壳中的蛋白质、灰分、色素等获得甲壳素。甲壳素的制备方法主要有酸碱法、酶解法、发酵法等;所用的酸主要包括 HCl、HNO₃、H₂SO₃、CH₃COOH 和 HCOOH 等,其中 HCl 的使用最为普遍;所用的碱主要为 NaOH 等;所用的酶包括碱性蛋白酶、胰蛋白酶、水解酶、脂肪酶、酯酶等;所用的微生物包括乳酸菌、芽孢杆菌、其他菌、混合菌等;产生的有机酸主要有乳酸、苹果酸、柠檬酸等;常用的脱色剂主要有 H₂O₂、KMnO₄、CH₃COOH、NaClO 等^[7]。

表 1 甲壳素的种类
Table 1 Types of chitin

甲壳素	外观	灰分/%	不溶物/%	脱乙酰度/%	原料	特点	应用
食品级甲壳素	白色或淡黄色微细粉末	≤1	≤1	≥85	主要以深海无污染的雪蟹腿为原料	原料天然、安全、无污染、重金属等指标低于国家标准规定的限量标准	食品添加剂、保健功能食品等
工业级甲壳素	白色或淡黄色粒状固体	≤2	≤2	≥75	主要以近海虾蟹壳为原料	原料来源丰富	农业、纺织、工业助剂等

表 2 南极磷虾甲壳素含量
Table 2 The content of Antarctic krill chitin

样本类型	甲壳素含量/%	注释	测定方法
解剖外骨骼	7.08	无脂干重	N-乙酰葡萄糖胺比色法
水清洗外骨骼	40.20	无脂干重	N-乙酰葡萄糖胺比色法
完整磷虾	3.20	干重	NaOH+HCl 重量法
磷虾加工副产物	24	干重	NaOH+HCl 重量法
完整磷虾	2.11	冷冻	NaOH+HCl 重量法
磷虾内脏	40.20	壳去蛋白干重	NaOH+HCl 重量法
完整磷虾	2.7 ^a	^a .脱毛周期平均干重	正磷酸消化/醋酸高效液相色谱分析
	2.4 ^b		
磷虾蜕皮	13.70	^b .批处理样品平均干重	正磷酸消化/醋酸高效液相色谱分析

南极磷虾甲壳素的制备通常以南极磷虾虾壳、下脚料、酶解液为原料,采用酸碱法、酶解法、微生物发酵法等方法,通过脱钙、脱蛋白和脱色等步骤制备。研究表明,南极磷虾甲壳素的得率与原料的种类及预处理方法有关。梁玉佳^[7]以南极磷虾壳为原料,采用酸碱法,通过正交实验确定了与甲壳素纯度联系最紧密的因素及最优条件。最优工艺为:25% NaOH 溶液,固液比 1:10,温度 95 °C,处理时间 2 h;10%盐酸,固液比 1:10,温度 60 °C,处理时间 2 h。最优条件下南极磷虾甲壳素得率为 25.31%,含量为 94.25%;甲壳素的相对分子量为 74.24×10⁴。姚宏亮^[12]以南极磷虾壳为原料,采用酸碱法,利用正交实验,以脱乙酰度作为评价指标优化了南极磷虾壳制备甲壳素/壳聚糖的工艺。优化工艺获得的南极磷虾壳聚糖为白色/粉红色粉末,脱乙酰度>90%;主要指标符合工业级和医药食品级壳聚糖标准。WANG 等^[13]采取 4 种不同工艺制备南极磷虾甲壳素。YANG 等^[14]以南极磷虾酶解液残渣为原料,脱钙、脱蛋白处理制备粗甲壳素。其中脱钙使用了柠檬酸,最优条件为:浓度为 13 g/L,料液比为 1:3,反应时间为 10 h。脱蛋白使用了碱性蛋白酶,最优条件为:加酶量为 900 U/g,温度为 60 °C、反应时间为 4 h 时,脱蛋白率为 30.13%。在最优的条件下制备

的粗甲壳素得率达到 20.39%。结果表明,采用 1.7 mol/L HCl、2.5 mol/L NaOH 和 1%高锰酸钾溶液依次处理脱脂南极磷虾壳,可以获得高品质南极磷虾甲壳素。与南极磷虾壳相比,南极磷虾甲壳素中剩余钙和蛋白质含量分别从 4.97%和 47.61%降低到 0.03%和 1.19%;南极磷虾甲壳素中未发现脂类,灰分含量为 0.12%(以干重记)。周宏亮^[15]采用 2 种工艺制备南极磷虾甲壳素。其中工艺 1:采用 5% HCl 脱矿 1 h,30% NaOH 溶液脱蛋白 5 min,接着采用 3% HCl 脱矿 30 min,二次脱蛋白 5 min,最后得到成品甲壳素;工艺 2:采用 5% NaOH 溶液脱蛋白 1 h,采用 5% HCl 脱矿 1 h,采用 5% NaOH 溶液脱蛋白 30 min,最后得到成品甲壳素。结果表明:采用工艺 1 和工艺 2 制备甲壳素的得率分别为 29.16%和 21.53%。CHEN 等^[16]以南极磷虾壳为原料,采用植物乳杆菌和枯草杆菌,经过脱蛋白、脱矿两步发酵法制备甲壳素。结果表明:发酵时间为 60 h,蛋白质去除率为 88.9%;发酵时间为 72 h,碳酸钙去除率为 84.6%。该法为生物法制备高纯度甲壳素提供了一种新途径。YU 等^[17]以南极磷虾壳为原料,通过乳酸脱矿,中性蛋白酶脱蛋白制备甲壳素。结果表明,采用乳酸和中性蛋白酶联合处理南极磷虾壳,南极磷虾甲壳素的得率为 5.49%;所获得南极磷虾甲壳素为光滑

片状、多孔型的 α 型。陈雪姣等^[18]以南极磷虾壳为原料,采用枯草芽孢杆菌产酶脱蛋白和植物乳杆菌产酸相结合的微生物发酵法制备甲壳素,以甲壳素的白度为指标,比较了 H_2O_2 、 KMnO_4 、 CH_3COOH 和 NaClO 等4种脱色剂的脱色效果,并利用正交实验优化了南极磷虾甲壳素的脱色条件。结果表明:12% H_2O_2 溶液,65℃脱色,脱色时间3h,pH 8~9时脱色效果最好,所得南极磷虾甲壳素白度最高。

南极磷虾壳作为甲壳素的潜在来源,其巨大的生物资源量可以保证甲壳素来源的可持续性和品质的稳定性,同时南极海域极端的自然环境也赋予其特殊的理化性质。但是现有的甲壳素制备方法的得率相对较低,耗时长,且易造成环境污染。因此,亟需找到更高效清洁的绿色制备方法生产甲壳素,以达到充分利用资源和保护环境的目的^[19-25]。

3 南极磷虾甲壳素的结构特征与特性

阐明南极磷虾甲壳素的结构特征和深入了解南极磷虾甲壳素的理化特性是其开发利用的重要前提。近年来,国内外围绕南极磷虾甲壳素的结构和特性开展了深入研究,南极磷虾甲壳素晶体结构和热学性质研究表明:南极磷虾甲壳素是一种 α -甲壳素,其主要由晶粒细小、稳定性好、排列整齐的微晶组成,其脱乙酰度为 $11.28\%\pm 0.86\%$ 。它在(020)和(110)晶面上的晶体层间距分别为9.78 Å和4.63 Å,晶粒直径分别为6.07 nm和5.16 nm。此外,南极磷虾甲壳素多糖链发生热分解的活化能为123.35 kJ/mol;玻璃化转化的温度为164.96℃^[13,26]。与螃蟹甲壳素相比,南极磷虾甲壳素在化学结构方面含有更多的游离OH基团,更小的微晶尺寸;在功能特性方面具有更高的持水能力和更强的水聚合作用^[13]。此外,南极磷虾甲壳素中细小、均匀的晶体及高含量的乙酰氨基葡萄糖单元可能参与维持甲壳素结构的热稳定性。因此,南极磷虾甲壳素理化性质的阐明将有助于其深度利用。未来,将会围绕南极磷虾甲壳素及其衍生物的理化特性及其兼容性开展更多、更加深入的研究,以实现其功能特性的改善和应用领域的拓展^[27-32]。

4 南极磷虾甲壳素及壳聚糖的应用研究

4.1 南极磷虾甲壳素

南极磷虾甲壳素因其独特的来源而具有产生特定生物活性的潜质。YIN等^[33]研究表明,与饲喂氟化物的大鼠相比,饲喂南极磷虾甲壳素大鼠的氟化物吸收减少,

骨密度降低,这表明南极磷虾甲壳素阻止了氟的吸收。这一结论部分解释了饲喂南极磷虾壳的鱼,其氟摄入量减少的原因。YIN等还发现,企鹅骨骼中约2/3的氟化物是有机形态,很可能是甲壳素的氟化衍生物,而不是钙结合的氟化物。原因可能是由于这些企鹅主要摄食南极磷虾。该结果与南极磷虾甲壳素在大鼠体内的降氟作用一样,表明南极磷虾中的氟与其外骨骼中的甲壳素相关。WANG等^[13]检测南极磷虾壳中氟含量为3.058 g/kg;但在南极磷虾甲壳素中未检测出有机氟和无机氟,为南极磷虾甲壳素的应用提供了安全保证。OLSEN等^[34]发现采用全磷虾粉完全替代鱼粉时,饲料的脂质消化率有降低的趋势,同时发现南极磷虾甲壳素在胃肠道产生类似腹泻的作用。然而,HANSEN等^[35]没有观察到这种类似腹泻的影响,并且发现饲料中南极磷虾甲壳素和壳聚糖降低了大西洋鲑鱼的脂肪消化率。这表明南极磷虾甲壳素可以减少脂肪吸收并诱发腹泻,但是其具体机制尚未阐明。未来应该围绕南极磷虾甲壳素对养殖动物生长及免疫调节功能机制、生物医学功能以及不同领域的应用开展更多研究^[36-42]。

4.2 南极磷虾壳聚糖

壳聚糖是甲壳素的主要副产品之一。研究表明,壳聚糖具有止血功能,且与壳聚糖的分子量、脱乙酰度、特性粘度、水合和结晶度等物理化学性质相关^[43]。南极磷虾壳聚糖的理化性质赋予了其较好的水化性能,可以提高其止血效果。南极磷虾壳聚糖的制备以南极磷虾壳为原料,采用碱法和酸法进行脱蛋白、脱矿质、脱乙酰等制备壳聚糖。然而,南极磷虾壳聚糖的生物学性质尚未得到深入研究。梁玉佳^[7]以南极磷虾甲壳素为原料,50% NaOH溶液,95℃处理3h,制得脱乙酰度为87.5%的壳聚糖,相对分子质量为 58.78×10^4 。WU等^[44]首次评价了南极磷虾壳聚糖的止血效果。结果表明:当其脱乙酰度为96%,分子量为157 kDa时,结晶度较低,但是具有较高的水结合能力。小鼠尾截肢模型凝血试验结果表明:南极磷虾壳聚糖能使小鼠尾的止血率提高55%,凝血时间缩短38%。刘缘等^[45]以南极磷虾壳作为原料,采用化学法制备壳聚糖,优化了制备工艺,并评价了其凝血效果。结果表明:采用该法制得的南极磷虾壳聚糖脱乙酰度为90.6%,分子量为123 kDa,灰分含量为0.095%;其止血效果明显优于其他商品化来源的壳聚糖。因此,南极磷虾壳聚糖表现出较好的止血效果,具有重要的应用前景。未来,应开展更多的研究深入探索南极磷虾壳聚糖产品的其他生物活性和功能特性、作用机制及其在生物医学、水处理等领域的应用^[46-50]。

5 结 论

南极磷虾甲壳素因其巨大的生物资源量、良好的功能特性和潜在的应用潜力受到广泛的关注。本文综述了南极磷虾甲壳素的结构特征、理化特性、制备方法、生物活性及应用研究进展,期望能够为南极磷虾甲壳素的开发利用提供参考。鉴于南极磷虾甲壳素及其衍生物在食品、医药、农业、日化等领域广泛的应用前景,未来,应深入开展南极磷虾甲壳素及其衍生物的绿色制备技术、发掘其独特功能特性和生物活性,拓展其应用领域,开展更加深入、广泛的利用开发,拓宽优质甲壳素来源,促进南极磷虾产业的全面、可持续发展。

参考文献

- [1] ATKINSON A, SIEGEL V, PAKHOMOV EA, *et al.* A re-appraisal of the total biomass and annual production of Antarctic krill [J]. *Deep-Sea Res Part I*, 2009, 56(5): 727–740.
- [2] NICOL S, FOSTER J, KAWAGUCHI S. The fishery for Antarctic krill—Recent developments [J]. *Fish Fish*, 2012, 13: 30–40.
- [3] TOU JC, JACZYNSKI J, CHEN YC. Krill for human consumption: Nutritional value and potential health benefits [J]. *Nutr Rev*, 2007, 65(2): 63–77.
- [4] BRESKI MM. Production and application of chitin and chitosan in Poland. In *Chitin and Chitosan* [Z].
- [5] SHIBATAN S. The utilization of Antarctic krill for human food [J]. *Food Rev Internat*, 1990, 6(3): 119–147.
- [6] KNIDRI HE, BELAABED R, ADDAOU A, *et al.* Extraction, chemical modification and characterization of chitin and chitosan [J]. *Internat J Biol Macromol*, 2018, 120: 1181–1189.
- [7] 梁玉佳. 南极磷虾壳中甲壳素的制取与应用[D]. 大连: 大连工业大学, 2013.
LIANG YJ. Preparation and application of chitin from Antarctic krill shell [D]. Dalian: Dalian University of Technology, 2013.
- [8] NICOL S, STOLP M. Sinking rates of cast exoskeletons of Antarctic krill (*Euphausia superba* Dana) and their role in the vertical flux of particulate matter and fluoride in the Southern ocean [J]. *Deep-Sea Res*, 1989, 36(11): 1753–1762.
- [9] HAMED I, OZOGUL F, REGENSTEIN JM. Industrial applications of crustacean by-products (chitin, chitosan, and chitooligosaccharides): A review [J]. *Trends Food Sci Technol*, 2016, 48: 40–50.
- [10] CHEN HC, CHEN KS. Isolation of chitinolytic bacteria and their hydrolytic activity on shrimp shells [J]. *Proc Natl Sci Coun Repub China B*, 1991, 15: 233–239.
- [11] NICOL S, HOSIE GW. Chitin production by krill [J]. *Biochem Syst Ecol*, 1993, 21: 181–184.
- [12] 姚宏亮. 南极磷虾壳制备甲壳素/壳聚糖的工艺研究[J]. *水产科学*, 2004, 23(5): 34–36.
YAO HL. The study on the technology of chitin/chitosan preparation from the shell of Antarctic krill shrimp [J]. *Fish Sci*, 2004, 23(5): 34–36.
- [13] WANG YC, CHANG YG, YU L, *et al.* Crystalline structure and thermal property characterization of chitin from Antarctic krill (*Euphausia superba*) [J]. *Carbohydr Polym*, 2013, 92(1): 90–97.
- [14] YANG XD. Sorption behavior and mechanism of Fe (III)-coated bamboo charcoal to defluoridation from Antarctic krill hydrolyzate [C]// *International Symposium on Food and Health (ISFH)*, 2016.
- [15] 周宏亮. 南极磷虾中甲壳质和壳聚糖的制备及应用[J]. *北京水产*, 2005, 5: 40–43.
ZHOU HL. Preparation and application of chitin and chitosan from Antarctic krill [J]. *Beijing Fish*, 2005, 5: 40–43.
- [16] CHEN XJ, JIANG QX, XU YS, *et al.* Recovery of chitin from Antarctic krill (*Euphausia superba*) shell waste by microbial deproteinization and demineralization [J]. *J Aquat Food Prod Technol*, 2017, 26(10): 1210–1220.
- [17] YU Y, LIU XF, MIAO JK, *et al.* Chitin from Antarctic krill shell: Eco-preparation, detection, and characterization [J]. *Internat J Biol Macromol*, 2020, 164: 4125–4137.
- [18] 陈雪姣, 姜启兴, 许艳顺, 等. 南极磷虾甲壳素的脱色工艺研究[J]. *郑州轻工业学院学报(自然科学版)*, 2014, 6: 21–25.
CHEN XJ, JIANG QX, XU YS, *et al.* Decolorization of Antarctic krill chitin [J]. *J Zhengzhou Inst Light Ind (Nat Sci Ed)*, 2014, 6: 21–25.
- [19] POSHINA DN, RAIK SV, POSHIN AN, *et al.* Accessibility of chitin and chitosan in enzymatic hydrolysis: A review [J]. *Poly Degrad Stabil*, 2018, 156: 269–278.
- [20] SARODE S, UPADHYAY P, KHOSA MA, *et al.* Overview of wastewater treatment methods with special focus on biopolymer chitin-chitosan [J]. *Internat J Biol Macromol*, 2019, 121: 1086–1100.
- [21] VAKILI M, RAFATULLAH M, SALAMATINIA B, *et al.* Application of chitosan and its derivatives as adsorbents for dye removal from water and wastewater: A review [J]. *Carbohydr Polym*, 2014, 113: 115–130.
- [22] VASILIEVA T, SIGAREV A, KOSYAKOV D, *et al.* Formation of low molecular weight oligomers from chitin and chitosan stimulated by plasma-assisted processes [J]. *Carbohydr Polym*, 2017, 163: 54–61.

- [23] RINAUDO M. Chitin and chitosan: Properties and applications [J]. *Progress Polym Sci*, 2006, 31(7): 603–632.
- [24] YOUNES I, RINAUDO M. Chitin and chitosan preparation from marine sources. Structure, properties and applications [J]. *Mar Drugs*, 2015, 13(3): 1133–1174.
- [25] DEVI R, DHAMODHARAN R. Pretreatment in hot glycerol for facile and green separation of chitin from prawn shell waste, *ACS sustain [J]. Chem Eng*, 2018, 6(1): 846–853.
- [26] SINGH SK. Solubility of lignin and chitin in ionic liquids and their biomedical applications [J]. *Internat J Biol Macromol*, 2019, 132: 265–277.
- [27] ZHANG J, FENG M, LU XM, *et al.* Base-free preparation of low molecular weight chitin from crab shell [J]. *Carbohydr Polym*, 2018, 190: 148–155.
- [28] VASILEVA T, LOPATIN S, VARLAMOV V. Production of the low-molecular-weight chitin and chitosan forms in electron-beam plasma [J]. *High Energy Chem*, 2016, 50(2): 150–154.
- [29] LAROCHE C, DELATTRE C, MATI-BAOUCHE N, *et al.* Bioactivity of chitosan and its derivatives [J]. *Curr Org Chem*, 2018, 22: 641–667.
- [30] BARANWAL A, KUMAR A, PRIYADHARSHINI A, *et al.* Chandra, chitosan: An undisputed bio-fabrication material for tissue engineering and bio-sensing applications [J]. *Internat J Biol Macromol*, 2018, 110: 110–123.
- [31] ALI A, AHMED S. A review on chitosan and its nanocomposites in drug delivery [J]. *Internat J Biol Macromol*, 2018, 109: 273–286.
- [32] PAKDEL PM, PEIGHAMBARDoust SJ. Review on recent progress in chitosan-based hydrogels for wastewater treatment application [J]. *Carbohydr Polym*, 2018, 201: 264–279.
- [33] YIN XB, CHEN L, SUN LG, *et al.* Why do penguins not develop skeletal fluorosis? [J]. *Fluoride*, 2010, 43(2): 108–118.
- [34] OLSEN RE, SUONTAMA J, LANGMYHR E, *et al.* The replacement of fish meal with Antarctic krill, *Euphausia superba* in diets for Atlantic salmon, *Salmo salar* [J]. *Aquac Nutr*, 2006, 12: 280–290.
- [35] HANSEN JØ, PENN M, ØVERLAND M, *et al.* High inclusion of partially deshelled and whole krill meals in diets for Atlantic salmon (*Salmo salar*) [J]. *Aquaculture*, 2010, 310: 164–172.
- [36] TERAMOTO Y. Material development using the inherent features of nano-cellulose and nano-chitin: Necessity of simple processes and cross-disciplinary collaboration [J]. *Adv Powder Technol*, 2020, 31: 528–532.
- [37] TAOA FH, CHENG YX, SHI XW, *et al.* Applications of chitin and chitosan nanofibers in bone regenerative engineering [J]. *Carbohydr Polym*, 2020, 230: 115658.
- [38] SHIH PY, LIAO YT, TSENG YK, *et al.* A potential antifungal effect of chitosan against *Candida albicans* is mediated via the inhibition of SAGA complex component expression and the subsequent alteration of cell surface integrity [J]. *Front Microbiol*, 2019, 10: 602.
- [39] MATI-BAOUCHE N, DELATTRE C, DE BAYNAST H, *et al.* Alkyl-Chitosan-based adhesive: Water resistance improvement [J]. *Molecules*, 2019, 24: 1987–1988.
- [40] SOLIMAN AM, FAHMY SR, MOHAMED WA. Therapeutic efficacy of chitosan against invasive candidiasis in mice [J]. *J Basic Appl Zoolol*, 2015, 72: 163–172.
- [41] LIU YL, XING RG, YANG HY, *et al.* Chitin extraction from shrimp (*Litopenaeus vannamei*) shells by successive two-step fermentation with *Lactobacillus rhamnoides* and *Bacillus amyloliquefaciens* [J]. *Internat J Biol Macromol*, 2020, 148: 424–433.
- [42] KABALAK M, ARACAGÖKA D, TORUN M. Extraction, characterization and comparison of chitins from large bodied four coleoptera and orthoptera species [J]. *Internat J Biol Macromol*, 2020, 145: 402–409.
- [43] YANG J, TIAN F, WANG Z, *et al.* Effect of chitosan molecular weight and deacetylation degree on hemostasis [J]. *J Biomed Mater Res B*, 2008, 84(1): 131–137.
- [44] WU S, HUANG ZY, YUE JH, *et al.* The efficient hemostatic effect of Antarctic krill chitosan is related to its hydration property [J]. *Carbohydr Polym*, 2015, 132: 295–303.
- [45] 刘缘, 潘浩波, 赵晓丽, 等. 南极磷虾壳聚糖的提取及止血研究[J]. *集成技术*, 2018, 1: 43–50.
- LIU Y, PAN HB, ZHAO XL, *et al.* Extraction and hemostasis of chitosan from Antarctic krill [J]. *Integr Technol*, 2018, 1: 43–50.
- [46] IBITOYE EB, LOKMAN HI, HEZMEE MNM, *et al.* Extraction and physicochemical characterization of chitin and chitosan isolated from house cricket [J]. *Biomed Mater*, 2018, 13: 1–12.
- [47] KAYA M, BARAN T, OZUSAGLAM MA, *et al.* Extraction and characterization of chitin and chitosan with antimicrobial and antioxidant activities from cosmopolitan orthoptera species (Insecta) [J]. *Biotechnol Bioproc Eng*, 2015, 20: 168–179.
- [48] KAYA M, BAUBLYS V, ŠATKAUSKIENĖ I, *et al.* First chitin extraction from *Plumatella repens* (Bryozoa) with comparison to chitins of insect and

fungal origin [J]. *Internat J Biol Macromol*, 2015, 79: 126–132.

[49] KAYA M, ERDOGAN S, MOL A, *et al.* Comparison of chitin structures isolated from seven orthoptera species [J]. *Internat J Biol Macromol*, 2015, 72: 797–805.

[50] HOQANI HASA, AL-SHAQSI N, HOSSAIN MA. Isolation and optimization of the method for industrial production of chitin and chitosan from Omani shrimp shell [J]. *Carbohyd Res*, 2020, 492: 108001.

(责任编辑: 张晓寒)

作者简介

韩银双, 硕士, 主要研究方向为食品科学。

E-mail: 609204636@qq.com

刘志东, 博士, 副研究员, 主要研究方向为水产品加工与利用。

E-mail: zd-liu@hotmail.com

“食品化学性风险及安全控制研究”专题征稿函

《食品安全质量检测学报》(半月刊)创刊于 2010 年, 是全国首本专注于食品安全与质量领域研究与开发的学术期刊, 连续入选中国科技核心期刊库、中国知网学术期刊网络出版总库、万方数据库等, 以及国际上英国 CABI、英国 FSTA、俄罗斯 AJ 等知名专业文献索引系统。在 2020 版《中国学术期刊影响因子年报(自然科学与工程技术-2020 版)》中的复合影响因子为 1.347, 质量水平和学术影响力增幅显著, 获得专家学者一致好评。目前为中国科技核心期刊。

农作物在生长过程中可能受到外来化学物质的污染, 包括环境中的污染物、生长过程中使用的农药和肥料等; 食物在从农场到餐桌的过程中经过加工也可能会发生一系列衍生性反应, 产生新的有害物质; 另外, 不法商贩的非法添加和成品的包装污染也会给食品带来化学性风险。由此可见, 加强宣传, 普及科学知识, 实施食品安全战略, 让全民参与到维护食品安全中来, 全面提升食品质量安全刻不容缓。

鉴于此, 本刊特别策划“食品化学性风险及安全控制研究”专题, 主要围绕食品化学性危害; 食品化学性风险、安全; (环境污染物、天然动植物毒素、食品供应链过程产生的污染和人为使用的非法物质等。)等或您认为本领域有意义问题展开讨论, 计划在 2021 年 3/4 月出版。

鉴于您在该领域的成就, 学报主编国家食品安全风险评估中心 吴永宁 研究员特邀请您为本专题撰写稿件, 以期进一步提升该专题的学术质量和影响力, 综述及研究论文均可。请在 2021 年 3 月 30 日前通过网站或 E-mail 投稿。我们将快速处理并经审稿合格后优先发表。

同时烦请您帮忙在同事之间转发一下, 希望您能够推荐该领域的相关专家并提供电话和 E-mail。再次感谢您的关怀与支持!

投稿方式(注明专题食品化学性风险及安全控制研究):

网站: www.chinafoodj.com(备注: 投稿请登录食品安全质量检测学报主页-作者

登录-注册投稿-投稿栏目选择“2021 专题:食品化学性风险及安全控制研究”)

邮箱投稿: E-mail: jfoodsqa@126.com(备注:食品化学性风险及安全控制研究专题投稿)

《食品安全质量检测学报》编辑部