

动物性食品活性包装

生鲜水产品保鲜膜和保鲜衬垫的应用及研究进展

池帅^{1,2}, 张亚美^{1,2}, 王莉丽^{1,2}, 葛永红^{1,2}, 励建荣^{1,2}, 孙彤^{1,2}

(1.渤海大学 食品科学与工程学院, 辽宁 锦州 121013;

2.海洋食品精深加工关键技术省部共建协同创新中心, 辽宁 锦州 121013)

摘要: **目的** 阐明提高生鲜水产品贮藏保鲜性能的适用方法, 指出现有水产品保鲜技术和保鲜材料存在的问题及不足, 对未来生鲜水产品保鲜材料的发展作出展望性分析。**方法** 介绍生鲜水产品保鲜常用的物理、化学和生物保鲜技术的优势和不足。从分类、应用范围及抗菌、抗氧化等性能多角度出发分析保鲜膜、保鲜衬垫的研究现状。**结果** 传统的保鲜技术虽对生鲜水产品有一定的保鲜作用, 但其保鲜性能有限, 保鲜膜、保鲜衬垫辅以抗菌、抗氧化等性能的生物保鲜剂, 可延长生鲜水产品的货架期。**结论** 保鲜膜、保鲜衬垫同生物保鲜剂联合使用, 以获得具有高效、长效保鲜性能的新型保鲜材料, 提高了生鲜水产品的鲜度品质。新型保鲜材料具有广阔的发展前景。

关键词: 生鲜水产品; 保鲜膜; 保鲜衬垫

中图分类号: S983

文献标识码: A

文章编号: 1001-3563(2023)11-0001-09

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2023.11.001

Application and Research Progress of Plastic Wrap and Preservation Gasket for Fresh Aquatic Products

CHI Shuai^{1,2}, ZHANG Ya-mei^{1,2}, WANG Li-li^{1,2}, GE Yong-hong^{1,2}, LI Jian-rong^{1,2}, SUN Tong^{1,2}

(1. College of Food Science and Engineering, Bohai University, Liaoning Jinzhou 121013, China;

2. Provincial and Ministerial Collaborative Innovation Center for Key Technologies of Marine Food Intensive Processing, Liaoning Jinzhou 121013, China)

ABSTRACT: The work aims to clarify the applicable methods to improve the preservation performance of fresh aquatic products, point out the existing problems and shortcomings of the preservation technology and preservation materials for fresh aquatic products, and make a prospect analysis on the development of preservation materials for fresh aquatic products in the future. The advantages and disadvantages of physical, chemical and biological technologies commonly used in fresh aquatic product preservation were introduced. The research status of plastic wrap and preservation gaskets was analyzed from classification, application range and antibacterial and antioxidant properties. Although the traditional preservation technology had a good effect on fresh aquatic products, their preservation performance was limited. The shelf life of fresh aquatic products could be prolonged by the use of plastic wrap and preservation gaskets, which had biological preservatives with antibacterial and antioxidant properties. In a word, a new preservation material with high efficiency and long-term preservation performance can be obtained through the combination of plastic wrap, preservation gaskets and biological preservation agent, which can improve the freshness quality of fresh aquatic products and have a bright development prospect.

KEY WORDS: fresh aquatic products; plastic wrap; preservation gaskets

收稿日期: 2022-11-30

基金项目: 教育厅基本科研项目面上项目(LJKMZ20221488); 国家重点研发计划蓝色粮仓科技创新重点专项(2019YFD0901702)

作者简介: 池帅(1999—), 男, 硕士生, 主攻水产品贮藏加工及质量安全控制。

通信作者: 孙彤(1966—), 女, 博士, 教授, 博导, 主要研究方向为水产品贮藏加工及质量安全控制。

我国水产品资源丰富,种类繁多,主要包括鱼、虾、贝、蟹、藻五大类及其加工产品^[1]。渔业渔政管理局2021年统计,我国水产品总产量为6 690.29万t,比上一年同比增长2.16%。海水产品产量3 387.24万t,同比增长2.20%,淡水产品产量3 303.05万t,同比增长2.11%。水产品不仅含有丰富的蛋白质、脂肪以及人体所必需的矿物质等营养成分,还因其口感细腻、热量低等特点,被消费者所喜爱^[2]。然而,水产品中水分、蛋白质含量高,使其易发生腐败变质。引起水产品腐败的主要原因包括微生物作用、氧化作用、酶的作用等^[3]。微生物通过水产品的体表黏液、破损表皮等部位侵入机体。微生物生长繁殖过程中分泌产生蛋白酶、水解酶等物质,分解鱼体内的蛋白质、脂肪等营养物质,产生具有腐败风味的物质,如组胺、醛类等^[4];水产品富含的不饱和脂肪酸在高温、酶等的作用下易发生氧化,产生氢过氧化物,最后分解为醛、酮等小分子物质,使其产生难以接受的腐败风味^[5];水产品机体内的蛋白酶及脂肪酶通过水解肌原纤维蛋白及脂质,使肌原纤维蛋白产生自溶现象,肌肉组织逐渐软化以及加速脂质的降解,使水产品产生不良气味^[6]。

低温保鲜技术包括冷藏和冻藏保鲜。冷藏保鲜指在0~4℃对鱼类进行保鲜,使嗜冷菌繁殖速度减慢,但未完全抑制其生长。因体型大的鱼类降温缓慢,该技术更适合小型鱼类及短期保鲜,货架期较短,一般为6~12d。冻藏保鲜指在-18℃以下对水产品进行保鲜,可快速将机体组织中的大部分水分冻结,抑制微生物的生长繁殖,降低酶活性,实现水产品的长期保鲜。其冻藏期长,易使水产品发生脂肪氧化、蛋白质变性等现象,影响其营养价值及风味^[7]。化学保鲜技术是通过添加化学添加剂抑制或杀死微生物,实现水产品保鲜,此法简易方便,效果显著。但抗菌素等化学物质的残留会引起食品安全问题,引起人们对食品安全的恐慌^[8]。生物保鲜技术利用天然、安全的活性物质抑制水产品中微生物的生长、脂肪的氧化和蛋白质的分解等,延长其货架期。生物保鲜技术已逐渐被人们接受并采用,但使用过程中需注意精油等生物保鲜剂的添加量,不恰当地使用可能会造成健康问题^[9-10]。

传统的生鲜水产品保鲜材料通常为塑料类制品,隔绝水产品包装的内外环境起到保鲜作用,但这类材料不具有良好的抗菌、抗氧化性能,不能对水产品中的腐败菌起到抑制作用,还会因残留问题危害环境系统。壳聚糖、淀粉等天然聚合物具有安全、可降解等特性,常辅以精油、抗菌肽等抗菌、抗氧化物质制备成可降解的保鲜材料,用于水产品、肉类和果蔬的贮藏保鲜,可避免塑料保鲜膜造成的潜在危害,延长水产品等生鲜食品的货架期^[11]。

随着人们的健康和环保意识逐步提高,对高品质生活的需求更加强烈,对水产品鲜度的要求也有所提

高。为保证水产品的安全性,延缓其腐败变质,极大程度地保留水产品的鲜度及营养价值,开发应用新型绿色保鲜材料和保鲜技术至关重要。本文对保鲜技术、保鲜材料及其研究现状进行综合性阐述,着重分析应用于生鲜水产品的保鲜膜和保鲜衬垫的研究现状,并对保鲜技术及保鲜材料的发展趋势进行分析和展望,以期对生鲜水产品保鲜提供技术指导。

1 现有生鲜水产品保鲜技术及保鲜材料

1.1 应用于生鲜水产品的保鲜技术

生鲜水产品富含蛋白质、氨基酸、维生素、脂肪等营养物质,水分含量高,微生物易繁殖,且鱼体内源性蛋白酶活跃,不饱和脂肪酸易氧化,生成醛、酮等物质,引发水产品产生不良气味,使其营养价值和商品价值降低^[4]。因此,水产品保鲜技术的应用尤为重要。该技术是针对引起水产品腐败变质的因素而采取的一系列方法,实现延长水产品货架期、增加其食用价值、减少经济损失的目的。常用的水产品保鲜技术有物理保鲜技术、化学保鲜技术和生物保鲜技术。

1.2 应用于生鲜水产品的保鲜材料

保鲜材料借助对水分、气体的通透性差异,及抗菌、抗氧化性能,抑制水产品中微生物的生长及酶的活性,以延缓水产品的鲜度变化^[12]。聚乙烯、聚氯乙烯等塑料保鲜膜具有优异的阻水性能、阻氧性能、拉伸强度等,广泛应用于水产品、肉品、果蔬等食品的保鲜^[13]。但塑料制品对水产品腐败菌无优良的抑制性能,保持水产品鲜度的效果有限。传统的化学防腐剂等会影响被保鲜食品的安全性,对人类造成潜在危害。因此,以天然生物保鲜剂为主要成分的保鲜材料的开发已成为新时期水产品保鲜领域的迫切需求。近年来,国内外学者以壳聚糖、纤维素、淀粉、聚乳酸等天然高分子物质为主材,添加具有抗菌、抗氧化性能的植物精油、多酚、微生物发酵产品等生物保鲜剂,借助纳米银、氧化镁和氧化锌等无机纳米材料,以共混改性、接枝、流延、浇铸等方法研制了可食性膜、高分子聚合物膜和可降解膜等,广泛用于水产品、蛋类、肉类、果蔬等保鲜^[14-15]。水产品、肉品等生鲜食品冷藏时会渗出血水或汁液,为微生物提供良好的营养供给,严重影响了生鲜水产品 and 肉品的品质。保鲜衬垫具有疏松的多孔结构和良好的吸湿性,不仅可作为负载抗菌剂的载体,还可吸附水产品表面渗出液,阻断微生物生长的营养供给,延长生鲜水产品的货架期。因此,保鲜膜和保鲜衬垫是现有的生鲜水产品保鲜材料的主要类型。

2 可应用于生鲜水产品的新型保鲜膜

传统的保鲜膜指以聚乙烯、聚丙烯等高分子物质为原材料,通过引入增塑剂等加工助剂所制备的一种包装材料^[16]。新型的保鲜膜是以多糖、蛋白质、脂质等天然大分子物质为基质,添加或不添加抗菌物质所制备的用于食品保鲜的可食、可降解并具有抗菌抗氧化性能的保鲜膜。

传统塑料包装材料以聚乙烯(Polyethylene, PE)、聚氯乙烯(Polyvinyl Chloride, PVC)及聚丙烯(Polypropylene, PP)等石油基聚合物加工而成^[17]。传统保鲜膜具有较低的O₂和CO₂透过性,可调节食品包装内的气体组分,其致密的结构有利于保持食品的水分,减少食品中水分的散失,隔绝食品包装的内外环境,减少外界污染,起到食品保鲜的作用^[18-19]。因其性质稳定及使用方便等特点,塑料保鲜膜已被广泛应用于新鲜肉类、水产品和果蔬的包装。然而,增塑剂及抗氧化剂等有害物质会对人体造成危害^[20-21]。塑料包装不具备良好生物降解性,会造成白色污染^[17],无抗菌性,气体透过性能等不尽如人意。随着保鲜需求的增加,人们对具有性能优良的保鲜膜的渴望越来越强烈,故近年来新型保鲜包装膜正逐步进入市场。新型保鲜膜可分为可食性膜、高分子聚合物膜及可降解保鲜膜。新型保鲜膜可采用喷涂、涂抹等形式应用于水产品、果蔬和肉类保鲜。为延长食品的保质期,向可食性膜、高分子聚合物膜、可降解膜中加入具有抗菌、抗氧化活性的物质,赋予其抗菌抗氧化性能。丙酸盐、苯甲酸盐或亚硝酸盐等防腐剂因安全问题逐渐被消费者摒弃。生物保鲜剂具有安全、可降解等特点,如多数精油具有抗菌、抗氧化性能,当其用于食品时,其自身含有的酚类化合物等物质可使微生物细胞裂解死亡,抑制食品中腐败微生物的生长,不会形成食品安全问题。同时,精油的抗氧化性能可有效减缓食品的氧化变质^[22-23]。因精油易挥发,直接施加于食品后作用期较短,作用时效有限,因此,各类缓释技术在食品保鲜膜研究中的应用受到国内外科学家的重视和推崇。

2.1 可食性膜

可食性膜是以可食性多糖、脂质和蛋白质等天然大分子及其衍生物为主要原料,添加增塑剂等,以流延、干燥等工艺制成的具有致密结构的薄膜。以浸泡、涂膜及喷洒等形式将食品包裹,阻挡水分及挥发性芳香物质等的迁移,避免食品在贮藏过程中发生风味等方面的变化,达到延长食品货架期的目的^[24]。可食性膜包括多糖类、蛋白质类、脂类及复合型可食性膜^[25]。可食性膜具有制备简单、成本低、绿色可降解等特性,其发展前景广阔。

2.1.1 多糖类可食性膜

多糖类可食性膜指以壳聚糖、纤维素、海藻酸盐

等天然多糖为原料,以流延、喷涂等方式形成薄膜,可调控被包装食品的风味物质、氧气、水分等,以延长食品的保质期^[26]。多糖类可食性膜能够被人体消化吸收,具有可降解特性。部分多糖类物质具有良好的成膜性,常被用作成膜基材,可辅以具有抗菌、抗氧化性能的物质,制备水产品保鲜材料,并用于水产品保鲜。Dai等^[27]将没食子儿茶素没食子酸酯壳聚糖复合涂膜应用于鳙鱼鱼片的保鲜研究。结果表明,没食子儿茶素没食子酸酯壳聚糖复合涂膜保鲜效果最佳,能显著抑制微生物生长,维持鱼片感官品质,在4℃低温下,使鳙鱼鱼片的保质期延长至少6 d。

2.1.2 蛋白质类可食性膜

蛋白质类可食膜指以大豆蛋白、胶原蛋白、乳清蛋白等物质为原料,通过加热或调节pH等条件使蛋白质的微结构变化,通过分子间的氢键、范德华力等相互作用交联而成的具有一定功能特性的薄膜^[28]。蛋白质类可食性膜具有优良的吸水特性,在湿度大的环境下易使膜结构变化,对水产品的保鲜产生不利影响,因此不能直接用于水产品保鲜。在水产品保鲜过程中,蛋白质类可食性膜同多糖类可食性膜一样,常作为成膜基质使用,协同增塑剂、抗菌剂、抗氧化剂等,以提高膜对水产品的保鲜性能。Wang等^[29]制备的含有溶菌酶的胶原蛋白膜,显著抑制了新鲜三文鱼鱼片内微生物的生长繁殖,改善了鱼片的贮藏品质,对鱼片具有良好的保鲜性能。

2.1.3 脂类可食性膜

脂类可食性膜是以蜡类、植物油、酰基甘油或脂肪酸基等为原料制成的具有阻水性的薄膜^[30]。蜡类可食性膜常用于水果保鲜,防止水果水分流失,延缓其贮藏品质的劣变。脂类分子极性极低,自身无法形成高强度的可食性膜,限制了其单独应用于水产品保鲜,常加入至多糖类、蛋白质类可食性膜中,以提高膜的阻水性能和力学性能等^[31]。Rodrigues等^[32]制备的棕榈果油薄膜具有良好的疏水性、水蒸气阻隔性和断裂伸长率,可用于果蔬等食品的保鲜。

2.1.4 复合型可食性膜

单一可食性膜的力学性能、阻隔性能不能满足食品保鲜的需求,人们将多糖类、蛋白质类和脂类材料复合使用,获得复合可食性膜,弥补单一材料性能的不足。复合型可食性膜依据人们的需求,将蛋白质、多糖和脂质等成膜基材按照不同比例混合,以流延、喷涂等方法制备成膜。通过调节膜中蛋白质、多糖、脂质的比例改变膜的力学性能,再加入生物保鲜剂提高抗菌、抗氧化性能,使其各方面性能优于单一组分的可食性膜^[33]。Mozaffarzogh等^[34]制备了益生菌羧甲基纤维素-酪蛋白酸钠薄膜,对新鲜虹鳟鱼鱼片进行保鲜,复合薄膜显著抑制了鱼片内微生物的生长,处理组鱼片的鲜度指标显著优于未处理组的,能使在

(4 ± 1) $^{\circ}\text{C}$ 贮藏的虹鳟鱼鱼片的保质期延长2周以上。因此,复合型可食性膜更符合水产品等生鲜食品保鲜领域的需求。

2.2 高分子聚合物薄膜

聚乙烯、聚丙烯、聚氯乙烯等传统包装材料无抗菌性能,并且易造成污染,存在潜在的毒性,单独用于水产品包装具有一定的局限性。纳米材料因其比表面积大、表面能高等特性,可赋予包装材料良好的力学性能、热稳定性及抑菌性。将柔性高分子聚合物和分子水平或超微粒子的纳米材料通过纳米技术结合而成的复合型材料能够弥补传统包装材料的缺陷^[35-36]。Zhang等^[37]将氧化镁(MgO)/银(Ag)纳米粒子(Nanoparticles, NPs)与聚对苯二甲酸-共-丁二酸丁二醇酯(Poly (Butylene Succinate-co-Terephthalate), PBST)基体结合,制备PBST/MgO/Ag纳米复合膜。纳米填料的引入改善了PBST薄膜的热稳定性、力学性能和阻隔性能,赋予PBST薄膜抗菌性能。另外,通过聚合物改性,添加具有抗菌、抗氧化作用的生物活性物质使聚合物基复合膜具有可降解、抗菌和抗氧化等特性。张家涛等^[38]将茶多酚(Tea Polyphenols, TP)微胶囊和溶菌酶(Lysozyme Enzyme, LZM)包覆在聚乙烯醇(Polyvinyl Alcohol, PVA)涂膜中,对美国红鱼进行保鲜处理。涂膜显著抑制了美国红鱼微生物的生长繁殖,延缓了鱼片鲜度的变化。可见,开发新型的多功能高分子聚合物薄膜已成为食品保鲜材料领域的研究热点。

综上所述,塑料类保鲜膜不能降解,对环境形成潜在的威胁。多糖类、蛋白质类及脂类可食性、可降解薄膜的原料来源广泛,产品安全,对环境无污染,可作为非可降解薄膜的替代品。再采用生物保鲜剂赋予可食性膜及可降解膜抗菌、抗氧化性能,有利于水产品保鲜^[39],将成为水产品保鲜材料领域的研究热点。

3 可应用于生鲜水产品的新型保鲜衬垫

生鲜水产品、肉类和果蔬等在贮存和售卖时常采用陈列效果较好的托盘包装,并包裹塑料保鲜膜。针对水产品、肉类等渗出的汁液,常在托盘包装底部放置吸水衬垫,防止渗出液在托盘底部聚集,以保持水产品、肉类的品质,提高消费者的可接受度。高吸水树脂有较强的吸水性和保水性,可加入至无纺布中以制备吸水衬垫,也可将其置于冷冻海鲜包装内,吸附解冻水及渗出液,保持水产品的鲜度^[40]。若吸水衬垫只具备吸附渗出液的功能,而无法抑制生鲜水产品和肉类中腐败微生物的生长繁殖,则其保鲜性能十分有限。衬垫因疏松多孔、高比表面积等特性,将抗菌物质以喷洒、混合等方式引入衬垫,可制备具有吸收、

抗菌性能的新型保鲜衬垫,解决生鲜水产品渗出液的问题,弥补传统包装材料性能的不足,抑制水产品腐败微生物的生长,提高水产品的品质。新型保鲜衬垫改变了固有的保鲜形式,不仅可用在塑料托盘或容器的底部,还可将保鲜衬垫放在袋子里,用于展示食物,广泛用于新鲜肉类的保鲜^[41-42]。保鲜衬垫可分为吸收型衬垫和抗菌型衬垫。

3.1 吸收型衬垫

传统的普通托盘包装是将生鲜水产品、肉类等直接放在托盘中,覆盖保鲜膜以实现水产品和肉类的保鲜。生鲜水产品贮藏过程中,机体内的血水等组织液会渗出至产品表面,粘在塑料托盘上,为水产品腐败菌提供营养及生存条件,使腐败微生物迅速生长繁殖,导致水产品腐败变质^[43]。目前,水产品生产中采用的吸水衬垫是以全木浆纤维为原料,利用气流成网技术制备的非织造布。制作中以空气作为分散和输送纤维的介质,通过高分子黏合剂粘连或热熔性纤维自身熔融结合,将纤维固定在网帘上制成织布^[44]。衬垫具有良好的吸水、吸血性能,无毒无害^[45],可将生鲜水产品或肉品的渗出汁液吸收,不会对水产品或肉品的品质及人类健康产生负面影响。因吸水衬垫本身的吸水性能有限,常辅以蒙脱土、硅藻土等吸水材料以提高衬垫的吸湿性能。卢唱唱等^[46]制备了羟甲基纤维素钠/壳聚糖/蒙脱土衬垫,加入蒙脱土后,衬垫的吸湿速率加快,吸水性能提高。虽然吸附型衬垫具有良好的吸水性能,但其抗菌性能较弱,需辅以抗菌剂联合使用。Giannelli等^[47]以丝素蛋白和石榴皮粉为原料制备聚合保鲜衬垫,结果显示,加入石榴皮粉后,衬垫的抗菌及抗氧化性能显著提高。

3.2 抗菌型衬垫

衬垫因其疏松多孔、比表面积大,可将具有抗菌性能的物质包埋在衬垫中,制备同时具有抗菌及吸水性能的衬垫。生物保鲜剂无毒、无害、可降解,被广泛应用于水产品等生鲜食品的保鲜领域。某些生物保鲜剂,如植物精油,虽然具有良好的抗菌及抗氧化性,但是带有气味、易挥发,直接施加于被保鲜食品时会对食品的风味产生影响。因此,采用一定的方式包埋后再将精油加入衬垫中,可抑制微生物生长,延缓脂肪氧化,维持水产品的鲜度。Zhou等^[48]制备了 β -环糊精包埋肉桂醛的抗菌衬垫,对大肠杆菌和金黄色葡萄球菌的抑制性能优良。单一的抗菌剂已不能满足食品保鲜的需求,多种保鲜技术联用有利于延长水产品的货架期。刘蒙佳等^[49]将含有丁香精油的抑菌保鲜衬垫协同气调包装用于金鲳鱼的保鲜,保鲜衬垫不仅吸收了金鲳鱼在贮藏过程中的渗出液,还具有抗菌、抗氧化性能,延长了金鲳鱼的货架期。

综上所述,生鲜水产品的品质与保鲜材料息息相关。如图1所示,生物保鲜剂可通过与成膜物质结合,

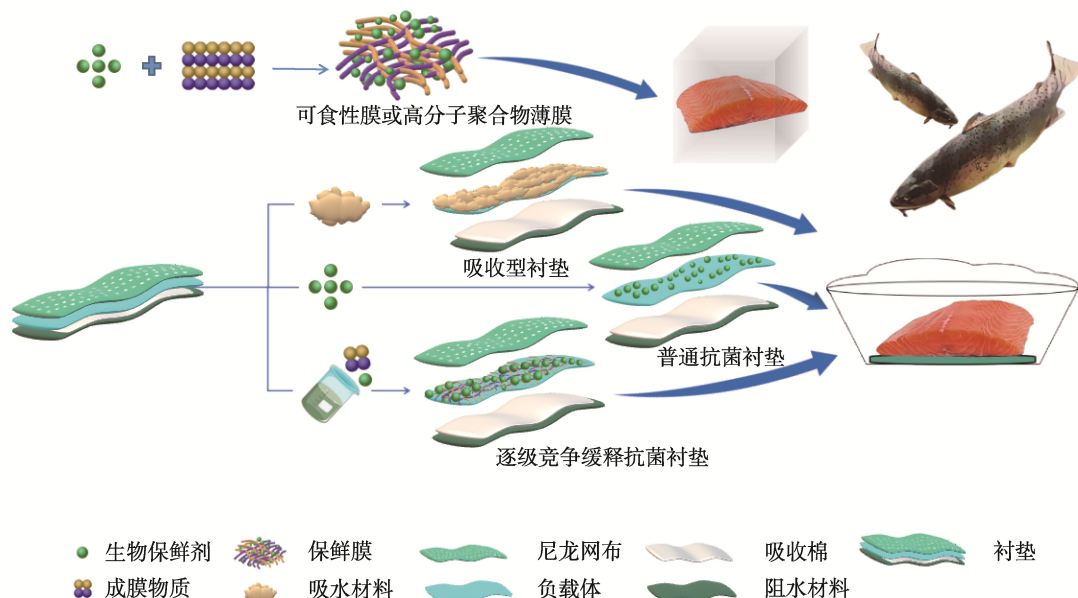


图 1 生鲜水产品保鲜膜及保鲜衬垫

Fig.1 Plastic wrap and preservation gaskets for fresh aquatic products

以涂膜、喷洒等方式制备可食性膜或高分子聚合物薄膜,也可将生物保鲜剂负载在衬垫中,制备抗菌保鲜衬垫。这样不仅可以解决吸收型衬垫抗菌性能差的问题,还可将生物保鲜剂负载于成膜物质制备的薄膜并嵌入到衬垫中,有利于生物保鲜剂的长效缓释,以及提高保鲜材料的抗菌和抗氧化性能,从而延长生鲜水产品的货架期。

4 生鲜水产品新型保鲜材料的性能研究

4.1 抗菌性能

食品中微生物的生长繁殖是造成水产品腐败变质的根本原因之一,可在保鲜材料中添加一种或多种抗菌物质以抑制腐败菌的生长,甚至杀死腐败微生物,实现水产品的保鲜。溶菌酶、Nisin 等生物抗菌剂具有抗菌活性,通过水解水产品腐败菌细胞壁中的肽聚糖,阻断腐败菌细胞壁及细胞膜的正常合成,或破坏细胞壁的生物合成,并促进抗菌剂在细胞膜或细胞壁上形成孔洞,使微生物裂解死亡,达到抗菌以减缓水产品腐败变质,延长水产品货架期^[50-51]的目的。Wu 等^[52]研究了溶菌酶-壳聚糖涂膜对大黄鱼的冷藏保鲜性能。涂膜对金黄色葡萄球菌、大肠杆菌、沙门氏菌和铜绿假单胞菌具有抑制作用,可延缓大黄鱼的脂肪氧化,维持其鲜度品质,延长了货架期。

4.2 抗氧化性能

脂肪氧化和蛋白氧化分解是导致水产品腐败的另一个重要原因。生物保鲜剂中的部分植物精油、含有酚类化合物等生物活性物质可破坏细胞膜导致腐

败微生物裂解死亡。抑制脂肪氧化反应的发生,可延缓水产品的氧化速度,减缓水产品的腐败变质。Pan 等^[53]在 4℃冷藏条件下用茶多酚处理草鱼鱼片,研究其对草鱼品质的影响。经茶多酚处理后,鱼片品质的下降速度减缓,鱼片的 TVB-N 值显著降低,保持了草鱼的鲜度。Xiong 等^[54]将壳聚糖和鲑鱼骨明胶、没食子酸、丁香油结合的食用涂膜应用于新鲜三文鱼片的保鲜研究。结果表明,没食子酸/丁香油/鲑鱼骨明胶/壳聚糖复合涂膜延缓了鱼片感官品质的下降,抑制了脂肪和蛋白质的氧化,在 4℃冷藏条件下,新鲜三文鱼片的保质期延长至少 5 d。

4.3 防止水分流失

水分不仅影响水产品的感官特性,还影响其风味和口感。涂膜和薄膜类保鲜材料可在水产品表面形成一层致密的保护膜,隔绝空气,防止水分流失,保持水分,抵御微生物,保持水产品的品质。Du 等^[55]研究了鱼肌原纤维蛋白 (Fish Myofibrillar Protein, FMP) /壳聚糖 (Chitosan, CS) 溶液/迷迭香 (Rosemary, RE) 提取物复合膜对草鱼鱼片的保鲜性能。复合薄膜能有效延缓脂肪氧化,减少鱼片水分流失,保持草鱼的品质。Liu 等^[56]研究了完全去乙酰化壳聚糖 (Fully Deacetylated Chitosan, FDCH) /曲酸 (Kojic Acid, KA) /丁香精油 (Clove Essential Oil, CEO) 可食性膜对凡纳对虾货架期的影响。与对照组相比,FDCH/KA/CEO 膜较好地保持了虾肉的水分和质地,抑制了细菌的生长,延缓了虾感官特性的变化,保持了虾的鲜度。

综上所述,负载生物保鲜剂的保鲜材料可抑制生鲜水产品内优势腐败菌的生长,能延缓脂肪氧化和蛋白氧化,减少水分流失,维持水产品的鲜度 (图 2)。

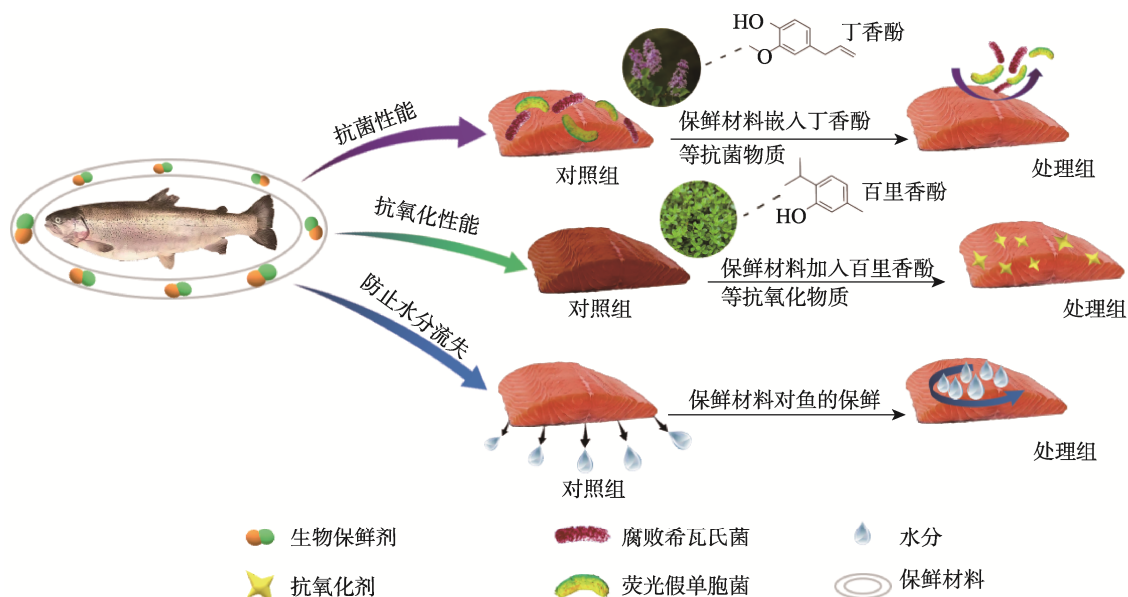


图2 生鲜水产品保鲜材料的性能研究

Fig.2 Properties of preservation materials of fresh aquatic products

5 结语

物理、化学及生物保鲜技术均可延长水产品的货架期,但在使用中存在一定的缺陷,不能发挥保鲜剂的长效抗菌、抗氧化性能。塑料类保鲜膜不易降解,对环境生态有潜在的威胁,而多糖类、蛋白质类和脂类的可食性、可降解保鲜膜具有原料来源广泛、无毒无害、环境友好等特点,可替代不可降解的保鲜膜。保鲜衬垫具有疏松多孔、高比表面积等特性,可用于水产品保鲜。生物保鲜剂具有抗菌、抗氧化性能,将其负载至可食性、可降解保鲜膜内,能有效延长水产品的货架期;若嵌入到衬垫中,有利于维持生鲜水产品及肉类的鲜度。因此具有抗菌和抗氧化性能的生物保鲜剂与可食性、可降解保鲜膜及保鲜衬垫的复合使用,可使保鲜材料的抑菌性能显著提高。长效逐级竞争缓释技术有利于保鲜膜及保鲜衬垫的抗菌、抗氧化性能的发挥。因此,将生物保鲜剂负载于可降解保鲜膜及保鲜衬垫中,赋予其优异的长效缓释性能及高效协调增效的抗菌抗氧化性能,为未来的生鲜水产品保鲜提供了强有力的技术支撑,促进了水产品保鲜材料的研发及推广。

参考文献:

- [1] 邱洁, 刘勤. 中国水产品品牌建设研究进展[J]. 中国渔业经济, 2019, 37(1): 102-110.
QIU Jie, LIU Qin. Research Progress on Brand Building of Aquatic Products in China[J]. Chinese Fisheries Economics, 2019, 37(1): 102-110.
- [2] TACON A G J, LEMOS D, METIAN M. Fish for Health: Improved Nutritional Quality of Cultured Fish for Human Consumption[J]. Reviews in Fisheries Science & Aquaculture, 2020, 28(4): 449-458.
- [3] RATHOD N B, PHADKE G G, TABANELLI G, et al. Recent Advances in Bio-Preservatives Impacts of Lactic Acid Bacteria and Their Metabolites on Aquatic Food Products[J]. Food Bioscience, 2021, 44: 1-3.
- [4] RATHOD N B, RANVEER R C, BENJAKUL S, et al. Recent Developments of Natural Antimicrobials and Antioxidants on Fish and Fishery Food Products[J]. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 2021, 20(4): 4182-4210.
- [5] QIU Xu-jian, CHEN Sheng-jun, LIN Hong. Oxidative Stability of Dried Seafood Products during Processing and Storage: A Review[J]. Journal of Aquatic Food Product Technology, 2019, 28(3): 329-340.
- [6] NIE X, ZHANG R, CHENG L, et al. Mechanisms Underlying the Deterioration of Fish Quality after Harvest and Methods of Preservation[J]. Food Control, 2022, 135: 1-3.
- [7] TAN M, MEI J, XIE J. The formation and control of ice crystal and its impact on the quality of frozen aquatic products: A review[J]. Crystals, 2021, 11(1): 1-12.
- [8] 吴锁连, 康怀彬, 李冬姣. 水产品保鲜技术研究现状及应用进展[J]. 江西水产科技, 2019(3): 46-50.
WU Suo-lian, KANG Huai-bin, LI Dong-jiao. Research Status and Application Progress of Aquatic Product Preservation Technology[J]. Jiangxi Fishery Science and Technology, 2019(3): 46-50.

- [9] GOKOGLU N. Novel Natural Food Preservatives and Applications in Seafood Preservation: A Review[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2019, 99(5): 2068-2077.
- [10] CHEN Kai, ZHANG Min, BHANDARI B, et al. Edible Flower Essential Oils: A Review of Chemical Compositions, Bioactivities, Safety and Applications in Food Preservation[J]. Food Research International, 2020, 139(1): 109809.
- [11] KUMAR S, MUKHERJEE A, DUTTA J. Chitosan Based Nanocomposite Films and Coatings: Emerging Antimicrobial Food Packaging Alternatives[J]. Trends in Food Science & Technology, 2020, 97: 196-209.
- [12] SUN X, WANG J, DONG M, et al. Food Spoilage, Bioactive Food Fresh-Keeping Films and Functional Edible Coatings: Research Status, Existing Problems and Development Trend[J]. Trends in Food Science & Technology, 2022, 119: 122-132.
- [13] 左天铭, 程成. 主流包装材料在食品保鲜膜中的应用研究和特性对比[J]. 现代食品, 2022, 28(15): 12-15.
ZUO Tian-ming, CHENG Cheng. The Application and Characteristic Comparison of Several Main Packaging Materials in Food Wrap[J]. Modern Food, 2022, 28(15): 12-15.
- [14] 孙乐乐, 杨进. 生物基活性包装材料的研究进展[J]. 中国造纸, 2022, 41(1): 99-105.
SUN Le-le, YANG Jin. Progress in Research on Biologically Active Packaging Materials[J]. China Pulp & Paper, 2022, 41(1): 99-105.
- [15] PRIYADARSHI R, ROY S, GHOSH T, et al. Antimicrobial Nanofillers Reinforced Biopolymer Composite Films for Active Food Packaging Applications-a Review[J]. Sustainable Materials and Technologies, 2021, 32: 1-18.
- [16] QAMAR S, ASGHER M, BILAL M, et al. Bio-Based Active Food Packaging Materials: Sustainable Alternative to Conventional Petrochemical-Based Packaging Materials[J]. Food Research International, 2020, 137(24): 109625.
- [17] NCUBE L K, UDE A U, OGUNMUYIWA E N, et al. Environmental Impact of Food Packaging Materials: A Review of Contemporary Development from Conventional Plastics to Polylactic Acid Based Materials[J]. Materials, 2020, 13(21): 4994.
- [18] DEL BLANCO A, CARO I, QUINTO E J, et al. Quality Changes in Refrigerated Stored Minced Pork Wrapped with Plastic Cling Film and the Effect of Glucose Supplementation[J]. Meat Science, 2017, 126: 55-62.
- [19] HERNÁNDEZ-GARCÍA E, VARGAS M, TORRES-GINER S. Quality and Shelf-Life Stability of Pork Meat Fillets Packaged in Multilayer Polylactide Films[J]. Foods, 2022, 11(3): 426.
- [20] DE ANDA FLORES Y B, CORDÓN-CARDONA B, GONZÁLEZ-LEÓN A, et al. Effect of Assay Conditions on the Migration of Phthalates from Polyvinyl Chloride Cling Films Used for Food Packaging in Mexico[J]. Food Packaging and Shelf Life, 2021, 29(6): 100684.
- [21] GAO Wei, JIANG Ping-ping, GU Qian, et al. Synthesis and Properties of a Bio-Based PVC Plasticizer Derived from Lactic Acid[J]. New Journal of Chemistry, 2021, 45(1): 123-130.
- [22] BASAVEGOWDA N, BAEK K H. Synergistic Antioxidant and Antibacterial Advantages of Essential Oils for Food Packaging Applications[J]. Biomolecules, 2021, 11(9): 1267.
- [23] KONG I, DEGRAEVE P, PUI L P. Polysaccharide-Based Edible Films Incorporated with Essential Oil Nanoemulsions: Physico-Chemical, Mechanical Properties and Its Application in Food Preservation-a Review[J]. Foods, 2022, 11(4): 555.
- [24] SUHAG R, KUMAR N, PETKOSKA A T, et al. Film Formation and Deposition Methods of Edible Coating on Food Products: A Review[J]. Food Research International (Ottawa, Ont), 2020, 136: 109582.
- [25] KUMAR L, RAMAKANTH D, AKHILA K, et al. Edible Films and Coatings for Food Packaging Applications: A Review[J]. Environmental Chemistry Letters, 2022: 1-26.
- [26] 张路遥, 焦旭, 韦云路, 等. 多糖基可食性膜研究进展[J]. 食品工业, 2021, 42(5): 311-315.
ZHANG Lu-yao, JIAO Xu, WEI Yun-lu, et al. Research Progress on Polysaccharide-Based Edible Films[J]. The Food Industry, 2021, 42(5): 311-315.
- [27] DAI W, YAN C, DING Y, et al. Effect of a Chitosan Coating Incorporating Epigallocatechin Gallate on the Quality and Shelf Life of Bighead carp (*Aristichthys nobilis*) Fillets during Chilled Storage[J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2022, 219: 1272-1283.
- [28] KANDASAMY S, YOO J, YUN J, et al. Application of Whey Protein-Based Edible Films and Coatings in Food Industries: An Updated Overview[J]. Coatings, 2021, 11(9): 1-20.
- [29] WANG Z, HU S, GAO Y, et al. Effect of Collagen-Lysozyme Coating on Fresh-Salmon Fillets Preservation[J]. LWT-Food Science and Technology, 2017, 75:

- 59-64.
- [30] 汤友军, 鲁晓翔. 可食性膜复合生物保鲜剂在果蔬保鲜中应用研究进展[J]. 食品研究与开发, 2020, 41(18): 213-218.
- TANG You-jun, LU Xiao-xiang. Research Progress of Application of Edible Film Composite Biological Preservative in the Preservation of Fruits and Vegetables[J]. Food Research and Development, 2020, 41(18): 213-218.
- [31] MOHAMED S A A, EL-SAKHAWY M, EL-SAKHAWY M A M. Polysaccharides, Protein and Lipid -Based Natural Edible Films in Food Packaging: A Review[J]. Carbohydrate Polymers, 2020, 238: 116178.
- [32] RODRIGUES D C, CUNHA A P, BRITO E S, et al. Mesquite Seed Gum and Palm Fruit Oil Emulsion Edible Films: Influence of Oil Content and Sonication[J]. Food Hydrocolloids, 2016, 56: 227-235.
- [33] SONG T, QIAN S, LAN T, et al. Recent Advances in Bio-Based Smart Active Packaging Materials[J]. Foods, 2022, 11(15): 1-13.
- [34] MOZAFFARZOGH M, MISAGHI A, SHAHBAZI Y, et al. Evaluation of Probiotic Carboxymethyl Cellulose-Sodium Caseinate Films and Their Application in Extending Shelf Life Quality of Fresh Trout Fillets[J]. LWT-Food Science and Technology, 2020, 126: 1-13.
- [35] SAHOO M, VISHWAKARMA S, PANIGRAHI C, et al. Nanotechnology: Current Applications and Future Scope in Food[J]. Food Frontiers, 2021, 2(1): 3-22.
- [36] CHAUDHARY V, PUNIA BANGAR S, THAKUR N, et al. Recent Advancements in Smart Biogenic Packaging: Reshaping the Future of the Food Packaging Industry[J]. Polymers, 2022, 14(4): 829.
- [37] ZHANG J, CAO C L, WANG Y B, et al. Magnesium Oxide/Silver Nanoparticles Reinforced Poly(Butylene Succinate-Co-Terephthalate) Biofilms for Food Packaging Applications[J]. Food Packaging and Shelf Life, 2021, 30: 1-8.
- [38] 张家涛, 张璇, 魏旭青, 等. 茶多酚微胶囊/溶菌酶-聚乙烯醇复合涂膜对美国红鱼鱼片的保鲜性能[J]. 食品工业科技, 2020, 41(8): 273-278.
- ZHANG Jia-tao, ZHANG Xuan, WEI Xu-qing, et al. Preservative Properties of TP Microcapsules/LZM-PVA Composite Coatings on *Sciaenops Ocellatus* Fillets[J]. Science and Technology of Food Industry, 2020, 41(8): 273-278.
- [39] AGARWAL A, SHAIDA B, RASTOGI M, et al. Food Packaging Materials with Special Reference to Biopolymers-Properties and Applications[J]. Chemistry Africa, 2022, 5(4): 1-28.
- [40] 王奎超. 基于挥发性盐基氮的冷鲜肉的新鲜度指示吸水垫的研究[D]. 天津: 天津科技大学, 2019: 1-6.
- WANG Kui-chao. Study on Water Absorbing Pad for Freshness Indication of Cold Meat Based on Volatile Basic Nitrogen[D]. Tianjin: Tianjin University of Science & Technology, 2019: 1-6.
- [41] CASTRICA M, MIRAGLIA D, MENCHETTI L, et al. Antibacterial Effect of an Active Absorbent Pad on Fresh Beef Meat During the Shelf-Life: Preliminary Results[J]. Applied Sciences, 2020, 10(21): 1-8.
- [42] OTONI C G, ESPITIA P J P, AVENA-BUSTILLOS R J, et al. Trends in Antimicrobial Food Packaging Systems: Emitting Sachets and Absorbent Pads[J]. Food Research International, 2016, 83: 60-73.
- [43] WANG Xin, YAN Xiao-xue, XU Yi-wei, et al. Changes in the Quality and Microbial Compositions of Ground Beef Packaged on Food Absorbent Pads Incorporated with Levulinic Acid and Sodium Dodecyl Sulfate[J]. International Journal of Food Microbiology, 2022, 376: 109771.
- [44] 柯文方. 热合无尘纸的研究开发[J]. 中国造纸, 2000, 19(1): 40.
- KE Wen-fang. Research and Development of Heat-Sealed Dust-Free Paper[J]. China Pulp and Paper, 2000, 19(1): 40.
- [45] GABRIĆ D, KUREK M, ŠČETAR M. Application of Moisture Absorbers for Meat and Fish Packaging[J]. MESO: Prvi Hrvatski Časopis O Mesu, 2021, 23(3): 234-241.
- [46] 卢唱唱, 许琦炀, 徐丹. 蒙脱土对纤维素基吸湿衬垫结构与性能的影响[J]. 包装工程, 2016, 37(11): 6-10.
- LU Chang-chang, XU Qi-yang, XU Dan. Effects of Montmorillonite Addition on the Structure and Properties of CMC-Na/CS Sponge Absorbent Pad[J]. Packaging Engineering, 2016, 37(11): 6-10.
- [47] GIANNELLI M, LACIVITA V, POSATI T, et al. Silk Fibroin and Pomegranate By-Products to Develop Sustainable Active Pad for Food Packaging Applications[J]. Foods, 2021, 10(12): 2921.
- [48] ZHOU Z, LIU Y, LIU Z, et al. Sustained-Release Antibacterial Pads Based on Nonwovens Polyethylene Terephthalate Modified by β -Cyclodextrin Embedded with Cinnamaldehyde for Cold Fresh Pork Preservation[J]. Food Packaging and Shelf Life, 2020, 26: 1-10.
- [49] 刘蒙佳, 周强, 蔡利, 等. 丁香精油抑菌保鲜衬垫协同气调包装对金鲳鱼品质影响[J]. 上海交通大学学报(农业科学版), 2019, 37(6): 164-170.
- LIU Meng-jia, ZHOU Qiang, CAI Li, et al. Effect of

- Clove Essential Oil Antibacterial and Fresh-Keeping Padcooperative with Modified at Mosphere Packaging on Quality of *Trachinotus Ovatus*[J]. Journal of Shanghai Jiao Tong University (Agricultural Science), 2019, 37(6): 164-170.
- [50] VAHDATI M, TOHIDI MOGHADAM T. Synthesis and Characterization of Selenium Nanoparticles-Lysozyme Nanohybrid System with Synergistic Antibacterial Properties[J]. Scientific Reports, 2020, 10(1): 510.
- [51] LIU Guo-rong, NIE Rong, LIU Yang-shuo, et al. Combined Antimicrobial Effect of Bacteriocins with other Hurdles of Physicochemic and Microbiome to Prolong Shelf Life of Food: A Review[J]. The Science of the Total Environment, 2022, 825: 154058.
- [52] WU Tian-tian, GE Yu-jun, LI Yuan, et al. Quality Enhancement of Large Yellow Croaker Treated with Edible Coatings Based on Chitosan and Lysozyme[J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2018, 120: 1072-1079.
- [53] PAN Z, LI L, SHEN Z, et al. Effects of Tea Polyphenol Treatments on the Quality and Microbiota of Crisp Grass Carp Fillets during Storage at 4 °C[J]. Applied Sciences, 2021, 11(10): 1-9.
- [54] XIONG Y, KAMBOJ M, AJLOUNI S, et al. Incorporation of Salmon Bone Gelatine with Chitosan, Gallic Acid and Clove Oil as Edible Coating for the Cold Storage of Fresh Salmon Fillet[J]. Food Control, 2021, 125: 1-9.
- [55] DU Hong-ying, LIU Chen, UNSALAN O, et al. Development and Characterization of Fish Myofibrillar Protein/Chitosan/Rosemary Extract Composite Edible Films and the Improvement of Lipid Oxidation Stability during the Grass Carp Fillets Storage[J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2021, 184: 463-475.
- [56] LIU X, ZHANG C, LIU S, et al. Coating White Shrimp (*Litopenaeus vannamei*) with Edible Fully Deacetylated Chitosan Incorporated with Clove Essential Oil and Kojic Acid Improves Preservation During Cold Storage[J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2020, 162: 1276-1282.

责任编辑: 曾钰婵