

复合生物保鲜剂在水产品保鲜中的应用

刘淑敏, 邵兴锋*

宁波大学食品科学与工程系, 浙江 宁波 315211

摘 要: 随着人们对水产品安全问题的普遍关注, 水产品保鲜技术迅速发展, 寻求一种更安全、高效的生物保鲜剂成为水产品保鲜领域的研究趋势。本文综述了生物保鲜剂的作用机制, 重点介绍了一些常用生物保鲜剂如壳聚糖、茶多酚、溶菌酶、乳酸链球菌素与其他保鲜技术相结合在水产品保鲜中进行的复合应用。并根据目前复合保鲜剂使用的现状, 对利用复合生物保鲜剂保鲜水产品进行了展望。

关键词: 生物保鲜技术; 复合生物保鲜剂; 水产品

DOI: 10.3969/j.issn.2095-2341.2013.06.06

Application of Complex Biological Fresh-keeping Agents in Preservation of Aquatic Products

LIU Shu-min, SHAO Xing-feng*

Department of Food Science and Engineering, Ningbo University, Zhejiang Ningbo 315211, China

Abstract: With great concern on aquatic products, fresh-keeping technologies of aquatic products develop rapidly, and it becomes a research trend to seek safe and efficient biopreservation technologies. This paper introduces the principles of biopreservative, and focuses on several commonly used biopreservatives such as chitosan, tea polyphenols, lysozyme and Nisin combining with other preservation technologies on the aquatic products preservation. Finally, it also discusses the development directions of multiplex biopreservation, and current situation of the compound fresh-keeping agents.

Key words: biopreservative technology; multiplex biopreservative; aquatic products

随着人们生活水平的上升, 低脂肪、高蛋白的水产品在消费者膳食结构中的比重日益提高。然而, 鲜活水产品的收获期相对集中, 捕获后由于自身酶解反应使得产品形态和色泽发生变化, 在自溶后期, 一些有害物质如组胺、硫化氢和三甲胺(TMA)等的生成使得水产品丧失了商品价值和食用性^[1]。因此, 水产品的保鲜问题一直受到国内外研究人员的广泛重视。

目前用于水产品保鲜的多种保鲜技术都具有一定的局限性, 如利用低温控制酶活性和抑制微生物繁殖进行保鲜, 会因冻结速度、温度变化和大冰晶的形成对水产品肌肉组织造成破坏; 化学防腐剂保鲜可能会因为残留在环境和人体中而带来

一定程度的潜在危害; 气调贮藏保鲜因操作繁琐、投资大等原因在小型企业使用中受到限制。因此, 发展以天然提取物或分泌物为原料的安全无毒的生物保鲜技术, 日益引起人们的关注^[2-5]。

1 生物保鲜剂

1.1 生物保鲜剂及其作用机制

生物保鲜剂是指从动植物、微生物中提取的天然或利用生物工程技术改造而获得的对人体安全的保鲜剂。主要分为四大类, 一是微生物代谢产物, 包括乳酸链球菌素、 ϵ -聚赖氨酸和枯草杆菌素等; 二是生物酶, 包括溶菌酶、葡萄糖氧化酶

收稿日期: 2013-10-11; 接受日期: 2013-11-12

基金项目: 国家星火计划项目(2013GA701038)资助。

作者简介: 刘淑敏, 硕士研究生, 主要从事食品贮藏与保鲜研究。* 通信作者: 邵兴锋, 副教授, 博士, 主要从事食品贮藏与保鲜研究。

E-mail: shaoxingfeng@nbu.edu.cn

和谷氨酰胺转氨酶等;三是生物天然提取物,包括茶多酚、壳聚糖和鱼精蛋白等;四是以上述物质为主要成分的复合生物保鲜剂。

不同特性的生物保鲜剂对水产品的保鲜机理不尽相同。有些生物保鲜剂含有抗菌活性物质^[5],如茶多酚、壳聚糖、双歧杆菌、鱼精蛋白和海藻酸钠等,能够抑制或杀死水产品中的腐败菌,减缓 TVB-N 值的上升,保持水产品鲜度;有些生物保鲜剂具有抗氧化作用,防止水产品中不饱和脂肪酸等氧化造成品质劣变^[5],如葡萄糖氧化酶、乳酸链球菌素和竹叶抗氧化物^[6]等;还有些生物保鲜剂如茶多酚和植酸等能够抑制酶的活性^[5],防止水产品的变色,保证良好的感官品质。此外,像壳聚糖、谷氨酰胺转氨酶和蜂胶等保鲜剂还可以在水产品表面形成一层保护膜,防止微生物侵染,并减少水分损失,保持水产品的品质^[2]。

1.2 复合生物保鲜剂

复合生物保鲜剂是将具有不同功能的生物保鲜剂协同使用,形成一种高效的复合保鲜剂,以提高水产品的保鲜效果。如将乳酸链球菌素(Nisin)、二胺四乙酸(EDTA)和纳他霉素复合使用,可扩大抗菌谱,抑制革兰氏阴性菌^[5];将红曲霉与衣康酸复合使用,防腐效果显著增强^[5];也有研究表明可以利用壳聚糖具有成膜特性,将其与溶菌酶复合从而抑制乳酸菌和大肠杆菌的生长^[7]。

2 常用生物保鲜剂及其复合处理

2.1 壳聚糖及其复合处理

壳聚糖(chitosan)是一种生物活性物质,因其具有成膜性、抗菌性和可生物降解等优良特性而被广泛用于水产品保鲜中。用不同浓度的壳聚糖溶液对无头虾进行保鲜,在低温下保藏可对几种病原微生物产生很强的抑制作用,延长保质期至 20 d 左右^[8]。另有研究表明,用 1% 壳聚糖对带鱼进行涂膜处理,不仅能够显著抑制带鱼的重量损失和鱼体的细菌增长,还能有效延缓 TVB-N(挥发性盐基氮)、TBA(硫代巴比妥酸)值及 pH 的升高^[9]。此外,壳聚糖在保鲜虹鳟鱼和沙丁鱼时也有显著效果^[10,11]。

壳聚糖涂膜保鲜在水产品中已有广泛应用,但壳聚糖水溶性差、难干燥和涂膜效率低,近年来一些增塑剂、表面活性剂、抗菌剂、蛋白质和脂类

物质的添加克服了这些缺点,增强了壳聚糖对水产品及其制品的保鲜效果。将明胶添加到壳聚糖膜中对鳕鱼块进行涂膜处理,不仅较好的保持了鱼块的一些物理生化指标,而且使得保鲜剂洗脱后不会影响到鱼块烹饪后的口感^[12]。谢主兰等^[13]在涂膜腌制鱿鱼时将壳聚糖、明胶和海藻酸钠复合使用,在室温条件下较好地保持了鱿鱼的硬度和弹性等感官品质。王庆丽等^[14]将植酸加入到壳聚糖中,不仅抑制了鱼丸的氧化和褐变反应,而且解除了壳聚糖不易溶于水,造成鱼丸口感较涩的缺点,提高了植酸鱼丸的品质。在 $4\pm 1^\circ\text{C}$ 贮藏条件下保鲜南美白对虾时,谢晶等^[15]将壳聚糖复合 ε -聚赖氨酸使用,在减缓虾体菌落总数和 TMA 含量方面产生较好的效果。Gómez-Estaca 等^[16]研究发现,壳聚糖和丁香精油复合保鲜液涂覆在鳕鱼表面,可形成一层保护膜,不仅具有透亮鲜艳的外观,还能抵抗微生物对鱼体的侵染。葡萄籽提取物和茶多酚都具有抑菌活性,Li 等^[17]研究了壳聚糖分别与葡萄籽提取物及茶多酚复合使用对红鼓(美国红鱼)鱼片冷藏效果的影响,在 $4\pm 1^\circ\text{C}$ 储藏 20 d,鱼体无腐败变质现象,微生物和理化指标明显优于对照组,且可延长保质期 6~8 d。薄荷提取液不仅具有抑菌作用,还有很强的抗氧化能力,刘影等^[18]利用壳聚糖薄荷提取液复合保鲜剂对冰鲜海鱼进行保鲜处理,明显延长了保鲜期,并且随着薄荷提取液浓度的增加,保鲜效果略有增强。

2.2 溶菌酶及其复合处理

溶菌酶(lysozyme)是一种无毒无害的蛋白质,能够选择性的溶解微生物细胞壁,使食品的营养成分得到很好的保存,并具有一定的保健作用。在 $4\pm 1^\circ\text{C}$ 条件下,带鱼段经溶菌酶保鲜液浸渍后,其感官品质、微生物指标和理化指标均优于未经处理的对照组^[19]。Enrique 等^[20]也发现溶菌酶保鲜液对南美白对虾有明显的抗菌作用,能够有效延长南美白对虾的货架期。

然而单独使用溶菌酶保鲜液对水产品进行防腐保鲜时,对酵母菌、霉菌和革兰氏阴性菌无效,且只能分解芽胞细菌的活细胞而不能分解芽胞。现已发现植酸、聚合磷酸盐、甘氨酸与溶菌酶的配合使用后,其溶菌力显著加强,增强了水产品的防腐效果。陈舜胜等^[21]采用浸保鲜液或加入鲜冰等保鲜方式对对虾、带鱼段、扇贝柱和柔鱼条等进

行处理,结果显示,0.05%溶菌酶和氯化钠、甘氨酸、山梨酸钾、抗坏血酸或植酸复配不仅能扩大溶菌酶的原抗菌谱范围,而且增强了抗菌作用强度,大大延长了保鲜期。EDTA 作为一种良好的配合剂,与溶菌酶复合用于新鲜鳕鱼块的涂层保鲜,强烈抑制了李斯特菌的菌落数量和体表粘液的形成^[22]。另有研究表明,乳酸链球菌素(Nisin)和溶菌酶进行复配,可以增强尤其是对 G⁺ 菌的抑菌效果^[23]。张群利等^[24]发现在冷藏温度 4±2℃ 下,经壳聚糖、溶菌酶和茶多酚复合保鲜剂处理过的池沼公鱼的感官评分值下降较缓慢,pH 和 TVB-N 值均低于空白对照组,贮藏的货架期从原来空气包装的 6 d 延长至 13~15 d。

2.3 茶多酚及其复合处理

茶多酚(tea polyphenols, TP)是一种多酚类物质,具有抑菌谱广、水溶性好、良好的抗氧化和抗肿瘤等功能,在人体内还可降解为食物得正常成分,被广泛用于水产品保鲜中,成为近几年食品保鲜研究的热点。在鲢鱼冷藏过程中,范文教等^[25]研究了茶多酚对其品质变化的影响,发现鲢鱼的感官评分、细菌总数和鲜度指标均优于对照组。茶多酚的强抗氧化性还可应用于大黄鱼片和鲫鱼的保鲜中^[26,27]。

在开发利用茶多酚保鲜水产品的过程中发现,茶多酚的单一使用会使油脂性食品出现凝聚和沉淀,食品工厂在生产运输时过量添加茶多酚,也无法达到理想的保鲜效果。因此,探讨茶多酚与天然添加剂复合增强保鲜效果成为研究热点。有研究发现,一些维生素类或植酸等物质的加入会显著增强茶多酚的抗氧化效果^[28]。臭氧水是一种具有极强氧化性的消毒杀菌剂,将黑鲷鱼用臭氧水(1 mg/mL)清洗过后,再用 0.2%(W/V)茶多酚涂膜处理,在 4℃ 储藏 15 d 后发现该复合保鲜方法抑制了核酸降解的速度,微生物数量和鲜度指标均有显著的控制效果^[29]。李虹等^[30]研究了茶多酚、Nisin、溶菌酶与防腐剂山梨酸钾复合对蟹糊的抑菌作用,并优化了最佳复配比例,结果表明,0.5%茶多酚、0.08%乳酸链球菌素、0.03%溶菌酶、0.01%山梨酸钾复合可以显著抑制菌落总数和大肠杆菌数。竹醋液可钝化细菌系统酶,对细菌、酵母菌和霉菌的生长均有抑制作用,而茶多酚作用于细菌的细胞膜,二者作用位点不同。孙

涛等^[31]将竹醋液与茶多酚复配用于南美白对虾的保鲜,保鲜效果显著增加。迷迭香植物的提取物具有抗氧化和抑菌效果,将壳聚糖的成膜性与 0.2%的迷迭香提取物、茶多酚复合对大黄鱼进行涂膜保鲜,其货架期延长了 8~10 d^[27]。研究证实,茶多酚与壳聚糖复合使用具有更强的抑菌效果^[32,33]。

2.4 Nisin 及其复合处理

目前,Nisin 作为一种高效、无毒、安全和营养的生物保鲜剂,已被许多国家和地区广泛应用于水产品保鲜中。研究发现,Nisin 能很好的抑制鱼类中一些病菌的生长,当添加浓度为 25 mg/L 时,就会明显降低水产品中李斯特氏菌的水平,但并不会对水产品的组织造成任何损伤^[2]。鳕鱼片、鲱鱼片及烟熏鲑鱼等海产品因含有肉毒梭状芽孢杆菌和波特淋菌而使人中毒,Nisin 常被用作保鲜剂来推迟这些中毒症状^[34]。罗水忠等^[35]在虾肉糜保鲜试验中证实了 Nisin 的保鲜效果。

在水产品保鲜中,只用 Nisin 进行水产品保鲜存在很多不足,一是 Nisin 易扩散到水相,会降低保鲜效率;二是 Nisin 受 pH、盐度等环境因素的影响较大;三是 Nisin 溶解度偏小;四是 Nisin 对蛋白酶特别敏感,在消化道中会很快被 α-胰凝乳蛋白酶分解,稳定性差;五是 Nisin 能够有效抑制革兰氏阳性菌,但对革兰氏阴性菌的抑制效果并不好。如果将乳酸菌与 EDTA、柠檬酸盐之类的螯合剂配合使用,则可以抑制大部分的革兰氏阴性和阳性菌^[36]。当 Nisin 与酸味剂、盐等联合作用时,其抗菌活性可以得到大幅增强。王琴等^[37]报道,0.3 g/kg Nisin、0.15 g/kg TBHQ(特丁基对苯二酚)和 0.08 g/kg 亚硝酸钠复合,对鱼糜的防腐保鲜效果最佳。溶菌酶不能分解芽胞,而 Nisin 对细菌芽胞有明显的抑制活性;溶菌酶前期作用很强,Nisin 作用缓慢,复合使用能结合两者优点。郭良辉等^[38]研究发现,将 0.02% Nisin 和 0.05%溶菌酶混合添加时保鲜效果最佳,可延长保鲜期约 1 倍或更长的时间,研究结果与其他学者基本一致^[39,40]。顾仁勇等^[41]也将 Nisin 与溶菌酶、维生素 C(抗坏血酸)复合,在斑点叉尾鲷鱼片的冷藏保鲜中具有明显效果。另外,Nisin、茶多酚和壳聚糖具有抑菌互补性,可以提升复合保鲜效果^[42,43]。

3 展望

随着生活水平的提高,人们对水产品的质量与安全提出了更高的要求。目前,天然无毒无害的生物保鲜剂已被广泛开发,并运用于水产品及其制品的保鲜中,复合型保鲜剂因其更高效、节约的特征受到研究者和大小企业的青睐。随着市场上水产品的丰富,研究者们致力于开发更多的复合型保鲜剂,及其在水产品保鲜过程中的最适条件,以期达到更显著的保鲜效果。另外,在复合保鲜剂的基础上,还可以将传统的保鲜技术如低温保鲜和气调保鲜等,采用合适的方法与复合保鲜剂结合起来,在提高保鲜效果的前提下降低生产成本,是未来水产品保鲜的重要研究方向。

参 考 文 献

- [1] Ivanbar T, Blaseobir K. Some factors affecting Norway lobster (*Nephrops naruegius*) cuticle polyphenol oxidase activity and blackpot development [J]. Int. J. Food Sci. Technol., 1998, 33:329-336.
- [2] 赵海鹏, 谢 晶. 生物保鲜剂在水产品保鲜中的应用[J]. 吉林农业科学, 2009, 34(4):60-64.
- [3] 田超群, 王继东, 盘 鑫, 等. 水产品保鲜技术研究现状及发展趋势[J]. 农产品加工, 2010, (8):17-24.
- [4] 严凌菱, 陈 婷, 龙映均, 等. 国内外水产品保鲜技术研究进展[J]. 江西水产科技, 2013, (2):38-41.
- [5] 刘淑集, 吴成业, 刘智禹. 水产品生物保鲜技术应用及展望[J]. 天津农业科学, 2012, 18(5):46-50.
- [6] 姜文进. 竹取物对养殖大黄鱼食用品质和储藏特性的影响研究[D]. 杭州: 浙江大学, 硕士学位论文, 2013.
- [7] Park S I, Daeschel M A, Zhao Y. Functional properties of antimicrobial lysozyme-chitosan composite films [J]. J. Food Sci., 2004, 69(8):215-221.
- [8] Simpson B K, Gagne N, Ashie I N A, et al.. Utilization of chitosan for preservation for raw shrimp (*Pandalus borealis*) [J]. Food Biotechnol., 1997, 11(1):25-44.
- [9] 杨胜平, 谢 晶, 佟 懿, 等. 不同浓度壳聚糖对带鱼冷藏保鲜效果的研究[J]. 山西农业科学, 2010, 38(2):77-80.
- [10] Ojagh S M, Reseal M, Resavi S H. Effect of chitosan coatings enriched with cinnamon oil on the quality of refrigerated rainbow trout [J]. Food Chem., 2010, 120(1):193-198.
- [11] Mohan C O, Ravishankar C N, Lilitha K V. Effect of chitosan edible coating on the quality of double filleted Indian oil sardine (*Sardinia longiceps*) during chilled storage [J]. Food Hydrocolloids, 2012, 26(1):167-174.
- [12] Lo'pez-Caballero M E, Go'mez-Guille'n M C, Pe'rez-Mateos M. A chitosan-gelatin blend as a coating for fish patties [J]. Food Hydrocolloids, 2005, 19(1):303-311.
- [13] 谢主兰, 李芳斐, 潘江球, 等. 壳聚糖对腌制鲑鱼防腐作用的研究[J]. 食品工业科技, 2011, 32(1):127-129.
- [14] 王庆丽, 励建荣, 朱军莉, 等. 壳聚糖和植酸复合生物保鲜剂对冷藏鱼丸品质的影响[J]. 食品与生物技术学报, 2012, 31(6):1239-1244.
- [15] 谢 晶, 侯伟峰, 朱军伟, 等. 复合生物保鲜剂在南美白对虾防黑变中的应用[J]. 农业工程学报, 2012, 28(5):267-272.
- [16] Gómez-Estaca J, López de Lacey A, López-Caballero M E. Biodegradable gelatinechitosan films incorporated with essential oils as antimicrobial agents for fish preservation [J]. Food Microbiol., 2010, 27(1):889-896.
- [17] Li T T, Li J R, Hu W Z, et al.. Quality enhancement in refrigerated red drum (*Sciaenops ocellatus*) fillets using chitosan coatings containing natural preservatives [J]. Food Chem., 2013, 138(2):821-826.
- [18] 刘 影, 程小华, 杨 咏, 等. 壳聚糖薄荷提取液复合保鲜剂对冰鲜海鱼的保鲜效果研究[J]. 中国食品与营养, 2013, 19(2):35-38.
- [19] 蓝蔚青, 谢 晶. 溶菌酶对带鱼冷藏保鲜效果的影响[J]. 湖南农业科学, 2010, (9):114-118.
- [20] de-la-Re-Vega E, Garbía-Galas A, Martha E. White shrimp (*Litopenaeus vannamei*) recombinant lysozyme has antibacterial activity against Gram negative bacteria; *Vibrio alginolyticus*, *Vibrio parahemolyticus* and *Vibrio cholera* [J]. Fish & Shellfish Immunol., 2006, 20:405-408.
- [21] 陈舜胜, 彭云生, 严伯奋. 溶菌酶复合保鲜剂对水产品的保鲜作用[J]. 水产学报, 2001, 25(3):254-259.
- [22] Chi W, Shelef L A. Behavior of *Listeria monocytogenes* and the spoilage microflora in fresh cod fish treated with lysozyme and EDTA [J]. Food Microbiol., 1992, 9(3):207-213.
- [23] Chung W, Hancock R E W. Action of lysozyme and Nisin mixtures against lactic acid bacteria [J]. Int. J. Food Microbiol., 2000, 60:25-32.
- [24] 张群利, 崔琳琳, 李春伟, 等. 壳聚糖复合生物保鲜剂对池沼公鱼保鲜品质的影响[J]. 中国水产, 2012, (10):68-70.
- [25] Fan W J, Chi Y L, Zhang S. The use of a tea polyphenol dip to extend the shelf life of silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) during storage in ice [J]. Food Chem., 2008, 108(1):148-153.
- [26] 赵 进, 汪金林, 励建荣, 等. 茶多酚浸泡大黄鱼片真空包装 0℃贮藏期间品质变化特性[J]. 茶叶科学, 2012, 32(4):297-304.
- [27] Li T T, Hu W Z, Li J R, et al.. Coating effects of tea polyphenol and rosemary extract combined with chitosan on the storage quality of large yellow croaker (*Pseudosciaena crocea*) [J]. Food Control, 2012, 25(1):101-106.
- [28] Staszewski M, Philosof A M R, Jagu R J. Antioxidant and antimicrobial performance of different Argentinean green tea varieties as affected by whey proteins [J]. Food Chem., 2011, 125(1):186-192.
- [29] Feng L F, Jiang T J, Wang Y B, et al.. Effects of tea polyphenol coating combined with ozone water washing on the storage quality of black sea bream (*Sparus macrocephalus*) [J]. Food Chem., 2012, 35(4):2915-2921.

(下转 438 页)

亲水性、较强的氢键生成能力等特点而能被大孔树脂吸附^[10],因此红薯叶黄酮提取液经大孔树脂纯化后有利于得到高纯度的红薯叶黄酮制品。本试验中,300 mg/L 红薯叶黄酮提取液经 AB-8 树脂吸附、解吸后浓度可达 704 mg/L,浓度提高了 1.35 倍,说明 AB-8 树脂适合用于红薯叶黄酮的纯化。本试验研究结果可为大孔树脂在提取红薯叶中总黄酮的应用提供理论依据。

参 考 文 献

- [1] 王小华,邓斌,张晓军,等. 红薯叶黄酮类化合物提取及其抗氧化作用研究[J]. 粮食与油脂, 2008, 12: 26-28.
- [2] 周增学. 红薯的营养价值与保健功能[J]. 食品与药品, 2006, 8(8): 48-51.
- [3] 陆英,吴朝比,蒋华军,等. 红薯叶黄酮分离纯化工艺及抗氧化性研究[J]. 食品科学, 2009, 30(14): 114-118.
- [4] 李光,余霜,陈庆富. 正交设计在红薯叶黄酮提取中的应用[J]. 北方园艺, 2012, 1: 41-42.
- [5] 李佩艳,尹飞,刘建学,等. 响应面法优化酶法提取红薯叶总黄酮的工艺[J]. 食品工业科技, 2012, 33(1): 75-277, 281.
- [6] 孙艳梅,徐雅琴,杨林. 天然物质类黄酮的抗氧化活性的研究[J]. 中国油脂, 2003, 28(3): 54-56.
- [7] 兰丹,文略,王小萍,等. 红薯叶中总黄酮提取工艺的研究[J]. 微量元素与健康研究, 2007, 1(1): 47-48.
- [8] Zhang Y, Li S F, Wu X W, et al.. Macroporous resin adsorption for purification of flavonoids in *Houttuynia cordata* Thunb[J]. J. Chinese Inst. Chem. Engin., 2007, 15(6): 872-876.
- [9] 于智峰,王敏,金颖. 大孔吸附树脂对苦荞黄酮吸附分离特性研究[J]. 食品研究与开发, 2006, 27(11): 1-5.
- [10] 任云霞,李莎,张坤生. 不同大孔树脂对甘薯叶中黄酮类化合物的吸附分离特性[J]. 食品研究与开发, 2009, 30(10): 11-15.
- [11] 洪雪娥,高荫榆,罗丽萍,等. 大孔树脂对薯蓣黄酮吸附分离特性研究[J]. 食品科学, 2006, 27(10): 423-427.
- [12] 裴凌鹏,惠伯棣,金宗濂,等. 黄酮类化合物的生理活性及其制备技术研究进展[J]. 食品科学, 2004, 25(2): 203-207.
- [30] 李虹,娄永江. 常用防腐剂对蟹糊抑菌作用的研究[J]. 食品科技, 2009, 34(1): 74-77.
- [31] 孙涛,刘华巍,陈麒名,等. 竹醋液与茶多酚对南美白对虾的复合保鲜研究[J]. 天然产物研究与开发, 2012, 24: 1828-1832.
- [32] 张军宁. 凡纳滨对虾复合保鲜剂的研制及其抑菌机理初步研究[D]. 山东青岛:中国海洋大学, 硕士学位论文, 2012.
- [33] 刘开华,张宇航,邢淑婕. 壳聚糖联合茶多酚对南湾鲷鱼肉的保鲜效果[J]. 中国食品添加剂, 2012, (2): 103-106.
- [34] Broughton J D. Nisin as a food preservative [J]. Food Australia, 2005, 57(12): 525-527.
- [35] 罗水忠,潘利华. 乳酸链球菌素用于虾肉糜保鲜的研究[J]. 肉类研究, 2004, (2): 23-24.
- [36] 张咏梅,张家国. 乳酸菌在水产品保鲜的应用现状及发展趋势[J]. 食品研究与开发, 2011, 32(8): 190-192.
- [37] 王琴,自卫东,郑奇. 泰式鱼糜保鲜技术的研究[J]. 广州食品工业科技, 2004, 20(2): 40-42.
- [38] 郭良辉,许巧情,许永久. 溶菌酶与 Nisin 复合生物保鲜剂对蚌肉的保鲜效果[J]. 水利渔业, 2007, 27(4): 112-114.
- [39] 舒留泉,薛长湖,邱春江. 溶菌酶与 Nisin 生物保鲜剂对缢蛏保鲜效果的研究[J]. 食品科技, 2003, (11): 35-37.
- [40] 邱春江,薛长湖,舒留泉. 复合生物保鲜剂在贻贝保鲜中的试验研究[J]. 食品科学, 2004, (7): 53-57.
- [41] 顾仁勇. Nisin、溶菌酶用于斑点叉尾鲷鱼片保鲜的研究[J]. 食品科学, 2010, 31(14): 305-308.
- [42] 林毅. 鱼糜制品符合生物保鲜剂的研制及效果评价[D]. 杭州:浙江工商大学, 硕士学位论文, 2009.
- [43] 李双双,夏松养,李仁伟,等. 茶多酚对冻藏金枪鱼保鲜效果研究[J]. 食品科技, 2012, 37(12): 126-129.

(上接 411 页)