

不同保鲜方法对三文鱼品质影响的研究进展

王尊, 谢晶

(上海海洋大学, 上海 201306)

摘要: **目的** 综述三文鱼的保鲜方法, 为我国三文鱼保鲜技术的发展提供参考。 **方法** 从物理保鲜、化学保鲜和生物保鲜这3类保鲜方法的角度, 综合理化指标、微生物指标等三文鱼的鲜度评价指标, 详细介绍不同保鲜方法对三文鱼品质的影响, 分析不同保鲜方法的优缺点。 **结果** 各种保鲜方法各有优劣, 物理保鲜适合水产品大规模运输保鲜, 化学保鲜高效、易残留, 生物保鲜安全高效, 发展潜力巨大。 **结论** 生物保鲜技术及复合保鲜技术的推广应用是水产品保鲜领域的未来发展方向。

关键词: 三文鱼; 保鲜; 品质; 发展

中图分类号: S609⁺.3 文献标识码: A 文章编号: 1001-3563(2016)09-0080-06

Research Progress in Effects of Different Preservation Methods on Salmon Quality

WANG Zun, XIE Jing

(Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China)

ABSTRACT: The preservation methods of salmon were reviewed to provide a theoretical reference for the development of salmon preservation technology in China. From the perspectives of physical preservation, chemical preservation and biological preservation methods, combining the freshness evaluation indexes such as physicochemical and microbiological indexes, we introduced the effects of different preservation methods on salmon quality in detail, and analyzed the advantages and disadvantages of different preservation methods. All preservation methods have their own advantages and disadvantages. Physical preservation is more suitable for large-scale transport of fresh seafood, chemical preservation is efficient but has a risk of chemical residues, while biological preservation is safe and efficient, with great development potentials. Promotion of biological preservation technology and the composite preservation technology is the future direction of development in the field of preservation.

KEY WORDS: salmon; preservation; quality; development

三文鱼学名鲑鱼, 溯河洄游性鱼类, 世界著名经济鱼种之一^[1]。新鲜的三文鱼, 鱼鳞鲜亮、鱼皮完整、肉质细腻并呈现橘红色, 适合切片生食^[2]。三文鱼富含维生素A、B、D、E和各种矿物元素(如锌、硒、磷), 还含有大量人体无法合成的多不饱和脂肪酸, 尤其是 ω -3脂肪酸, 它是脑黄金和深海鱼油的主要成分, 对人体健康十分有益^[3]。

随着人们食品保健意识的增强, 国内市场对三文鱼的需求量也越来越大。新鲜三文鱼的营养物质和水分含量较高, 极易腐败变质, 影响消费。保鲜技术是维持三文鱼品质的关键, 因此具有重要的研究意义。判定水产品品质的主要依据是鲜度评价, 受捕捞方式、贮藏温度和时间等的影响, 往往需通过各种理化指标值确定腐败程度^[4]。常用的鲜度评价指标有细

收稿日期: 2015-08-03

基金项目: 2014年国家农业成果转化资金(2014GB2C000081); 上海市科委项目(14dz1205101)

作者简介: 王尊(1992—), 女, 河南南阳人, 上海海洋大学硕士生, 主攻食品科学与工程。

通讯作者: 谢晶(1968—), 女, 上海人, 博士, 上海海洋大学教授, 主要研究方向为食品工程。

菌总值、K值、总挥发性盐基氮(TVB-N)和三甲胺(TMA)含量以及感官属性的变化等^[5],这些指标亦是评价保鲜效果的依据。

这里将从物理保鲜、化学保鲜和生物保鲜3类保鲜方法对三文鱼品质的影响方面进行论述,为三文鱼保鲜技术的优化提供参考。

1 物理保鲜法

物理保鲜法就是将物理技术(如低温、气调、辐照超高压等)应用于食品的杀菌防腐,达到保鲜目的。物理保鲜法不存在药物残留问题,保证了水产食品的安全性;在实际储运过程中,对实现水产品的远距离运输、维持贮藏期间的稳定品质有着不容忽视的现实意义。

1.1 低温保鲜

低温保鲜是最常见的水产品保鲜方法,即通过低温抑制微生物繁殖、减缓生化反应速率,在短期内维持鱼肉的较高品质。可将其细分为冷藏冷冻、冷海水或冷盐水保鲜、微冻保鲜、冻结保鲜和冰温保鲜等^[6]。

1.1.1 冷藏保鲜

冷藏保鲜是指在0~4℃的低温下保藏水产品,此温度范围内鱼体不冻结,仅靠低温抑制酶促反应及微生物的生长,维持食品品质^[7]。丁婷等^[8]对0℃条件下冷藏三文鱼片的鲜度变化进行了研究,数据分析表明,随贮藏时间的延长,三文鱼片的细菌总值、TBA值、TVB-N值都呈增大趋势,感官评价价值下降趋势明显。此外,贮藏第15天时的菌落总数达6.16 lg cfu/g, TBA值达到每千克1 mg MDA,均超过鱼类最高安全限量值,说明0℃冷藏三文鱼的货架期为15 d。包海蓉等^[9]对不同冷藏温度(0, 4, 8℃)下三文鱼的感官品质进行了研究,发现随着冷藏温度的升高,样品失重率加速上升,色差变化显著,咀嚼性和硬度也受到影 响。上述研究结果表明,冷藏保鲜可用于三文鱼的短期贮藏,但维持其品质的能力有限,可考虑与保鲜剂结合应用,以期达到更好的保鲜效果。

1.1.2 微冻保鲜

微冻保鲜是将水产品保藏在其细胞汁液冻结温度以下(-3℃左右)的一种轻度冷冻的保鲜方法,效果优于传统冷藏法^[10]。在微冻温度下,微生物的繁殖及酶的活力受到极大抑制,可使水产品在较长时间内保持鲜度而不发生腐败变质,保鲜期可达20~28 d。微冻温度不易控制,易造成鱼体中形成冰晶而对细胞组

织产生机械损伤,使营养物质和汁液大量流失,影响鱼肉的食用品质^[11]。Kaale等^[12]对-2℃真空包装三文鱼的冰晶分布进行了研究,发现在28 d的微冻贮藏过程中,初期的冰晶集中在细胞中心,1 d后冰晶增长不明显。从贮藏的第14天起,冰晶数目大量增加,且持续增长,这表明在微冻温度下随着贮藏时间的增长,冰晶会影响三文鱼的品质。Eikevik等^[13]研究了非壳冷冻(存储的食物在过冷温度下初期表面不冻结)和壳冷冻(初期表面冻结)的三文鱼片的冰晶分布,发现在(-1.7±0.3)℃储藏条件下,非壳冷冻样品形成的冰晶体分布在细胞外,而壳冷冻样品的冰晶体在细胞内和细胞外均匀分布。物理测量获得壳冷冻样本的滴水损失最高达到1.62%,而非壳冷冻样本为1.41%,表明冰晶形成位置的不同会对鱼片的最终品质造成很大影响。Gaarder等^[14]对微冻温度下三文鱼蛋白酶活性的研究表明,-1.5℃贮藏6 h后,鱼肉组织中肌原纤维的分裂和蛋白酶的释放加快,这是造成鱼肉质劣化的原因之一。

微冻保鲜能有效延长三文鱼的货架期,但冰晶体的形成会降低鱼肉品质,怎样选择合适的降温速度及贮藏温度是今后的研究重点。此外,将微冻保鲜与气调包装、保鲜剂等结合使用可获得更好的保鲜效果^[15]。

1.1.3 冰温保鲜

冰温保鲜即利用0℃以下、水产品冰点以上的温度区间来保鲜食物的一种方法,三文鱼冰温保鲜的温度范围是-2~0℃。冰温保鲜能避免水产品因冻结引起蛋白质变性和干耗,维持细胞活体状态,提高食用品质^[16]。Jornet等^[17]对冰温贮藏三文鱼的品质进行了研究,发现随着贮藏时间的延长,鱼肉中天冬氨酸、谷氨酸等呈鲜味氨基酸含量增加,在一定程度上改善了食用口感和风味;Duun等^[18]研究发现,冰温贮藏的三文鱼片,其感官品质、理化指标明显优于冷藏样品,货架期也延长了1.5倍左右。

冰温保鲜技术单独应用或者与气调保鲜、保鲜剂结合应用都能达到较为理想的保鲜效果。冰温下鱼体不冻结,既减少水产品营养物质的流失,又可改善食用口感和风味,因而具有良好的推广应用前景^[16]。

1.2 气调包装

气调包装(MAP)是指通过向食品包装中加入一定比例的人工混合气体,改变食品贮藏的气体环境来抑制腐败、延长保质期的一种包装技术。商业应用上,MAP主要填充气体为CO₂、N₂和O₂^[19]。

在气调包装中,CO₂的主要作用是抑制微生物的

繁殖;O₂用来抑制厌氧菌的生长、减少汁液流失,但O₂易引起高脂肪含量鱼类的氧化酸败,因此三文鱼的气调保鲜常除去O₂;N₂无味无臭,微溶于水和脂肪,可用于置换包装中的O₂,是优质填充气体^[20-21]。大量研究表明,不同气体比例会对水产品的菌落总数产生较大的影响。David等^[22]对低温气调包装三文鱼中微生物的生长情况进行了研究,聚合酶链式反应检测结果表明,贮藏30 d后,假单胞菌是鱼肉中的优势腐败菌。Mace等^[23]认为,三文鱼MAP保鲜的保质期主要取决于贮藏温度及CO₂的浓度;研究证明,-10℃,体积分数为50%的CO₂和50%的N₂的气调包装方式可完全抑制三文鱼中微生物的生长。Fagan等^[24]发现MAP对三文鱼片的食用风味影响微弱,但对其色泽、粘弹性、汁液流失率、挥发性盐基氮等指标的影响较为显著。

将MAP应用于水产品的保鲜,不仅能起到隔绝氧气、抑制腐败的作用,对鲜鱼营养的保持也有突出贡献。目前我国气调包装在水产品中的产业化应用还处于起步阶段,未来进步空间广阔。此外,为了保证食用的安全性,还应考虑MAP的微生物安全性问题。

1.3 冷杀菌保藏

非加热杀菌(冷杀菌)是相对于加热杀菌而言的,不需对原料进行加热,利用其他灭菌机理杀死微生物。近年来,高压处理、辐照、超声波灭菌、臭氧喷淋等技术应用于水产品的保鲜方法均取得了良好进展^[25]。

1.3.1 超高压保鲜

超高压在常温或较低温度下即可实现杀菌和灭酶,易操作,能较好地保持食品的营养成分和感官品质^[26]。Briones等^[27]对高压法保鲜三文鱼的研究发现,超高压处理(30 s, 170 MPa)可显著降低鱼肉中的微生物水平(低于2.2 lg cfu/g)。Aubourg等^[28]研究了高静水压处理法对冷冻三文鱼感官品质的影响,根据其气味、质地、颜色等属性的变化趋势,证明了高压处理可以更好地保持鱼片的感官和物理性质。高压保鲜技术实现了快速高效杀菌,且受温度影响小,易于操作控制,也可与其他保鲜技术结合,应用范围广。

1.3.2 辐照保鲜

辐照保鲜的原理是利用电离辐射辐照水产品,从分子水平上破坏微生物细胞,灭菌抑活,延长产品的保质期^[29]。Yang等^[30]研究表明,在4℃贮藏条件下,经10 MeV电子束照射的真空包装三文鱼片的货架期比未经处理的对照组延长了6 d,鱼肉感官品质的变化不明显。辐照保鲜技术不仅可保持水产品的鲜风味,还有成本低、效果好、加工处理条件易于控制、方便规

模化生产等优点,具备极大的经济效益和社会效益^[31]。

1.3.3 超声波和臭氧保鲜

超声波、臭氧保鲜技术的应用也取得了良好的实验成果。Turienzo等^[32]研究表明,经超声波处理的乳清蛋白涂层可显著抑制冷冻三文鱼肉的脂质氧化进程,维持良好的食用品质。Crowe^[33]等对臭氧保藏三文鱼微生物安全性的研究发现,用1.5 mg/L的臭氧喷淋法处理过的新鲜三文鱼,贮藏期间的细菌数量显著降低,鱼片品质提高。

物理保鲜法经济方便,能广泛地应用于大批量水产品的运输和市场销售,因而在水产品的保鲜中一直占据重要的地位。相比于化学保鲜存在的化学残留问题,物理保鲜法安全环保,未来物理保鲜技术将朝着更高效、便捷的方向发展,更好地适应市场的需求。

2 化学保鲜法

化学保鲜法是利用化学试剂杀菌防腐,保持食品鲜度的一种方法。由于化学添加剂的高效性,因此在水产品保鲜中取得了明显的成效^[20]。早年Ibrahim等^[34]就对有机酸盐处理的切片三文鱼的品质进行了研究,发现用质量分数为2.5%的乙酸钠、乳酸钠,或柠檬酸钠浸渍过的三文鱼切片,在1℃的贮藏条件下,其K值、次黄嘌呤的浓度、总挥发性盐基氮以及三甲胺的含量显著低于未经处理的对照组;鱼肉的外观、多汁性和肉质变化微小,且在贮藏8 d后的食用品质仍高于对照组,从而证实了有酸钠盐可作为一种安全的水产品保鲜剂使用。

随着化学保鲜技术的进一步发展以及国际上对食品安全的严格要求,对人体健康存在一定安全隐患的化学防腐剂逐渐被取代,保鲜剂的研究方向朝着天然无毒的生物活性物质发展,生物保鲜技术应运而生。

3 生物保鲜法

生物保鲜,即利用微生物菌群和(或)它们产生的抗菌物质来提高食品安全性和延长货架期的新型保鲜技术。常见的生物保鲜剂一般是指从动植物、动物、微生物中提取的天然物质或是经生物工程技术改造获得的,经证实对人体无毒害作用的物质,具有安全无毒、水溶性好、高效专一等显著优点^[35]。按照生物保鲜剂的来源可将其分为植物源、动物源与微生物源保鲜剂,近年来生物保鲜剂在保鲜领域的应用取得了良好的实验室成果。

3.1 植物源生物保鲜剂

植物源生物保鲜剂的来源丰富(如大蒜、生姜、茶多酚、迷迭香等)、成本低廉,在抑菌和抗氧化方面有独特优势,安全性争议最小,消费接受度高,应用潜力巨大^[36]。研究表明,迷迭香提取物能够有效地抑制水产品中微生物的繁殖,降低蛋白质分解率、减缓脂质氧化,从而延长货架期^[37]。Tironi等^[38]研究发现,经质量分数为0.2%的迷迭香提取物浸泡处理的三文鱼,在-11℃贮藏条件下,其细菌总数、pH值、TVB-N值、TBA值和K值等指标明显低于对照组,鱼肉的色泽、气味、质地等感官评价良好可接受。Tarvainen等^[39]实验发现,多种植物提取液均能抑制三文鱼在贮藏期间发生甘油三酯的氧化反应,但可能会对生食口感造成一定影响。

3.2 动物源生物保鲜剂

壳聚糖是一种天然高分子多糖物质,因其良好的抗菌性和成膜特性而被广泛应用于水产品的保鲜。壳聚糖可被看作一种表面活性剂,破坏正常的膜质代谢从而杀死细胞^[40]。Nuno等^[41]研究发现,壳聚糖(1.5%)涂膜可有效保护三文鱼的色泽,还能控制鱼肉中的微生物组成。Soares等^[42]研究表明,将壳聚糖涂膜用于三文鱼的微冻保鲜,在-5℃的贮存条件下,可控制细菌总数低于 5×10^5 cfu/g,显著延长其货架期。

3.3 微生物源生物保鲜剂

微生物源保鲜剂主要是指由微生物代谢产生的抑菌、杀菌物质,如乳酸链球菌素(Nisin)、乳酸菌发酵液等。Nisin是由乳酸链球菌产生的一种广谱高效、安全稳定的生物保鲜剂,通过拮抗作用抑制水产品中多种革兰氏阳性菌(如乳酸杆菌、葡萄球菌、李斯特菌等)的生长繁殖,保鲜效果极佳^[43]。已有研究表明,将Nisin与其他生物保鲜剂复配用于水产品的保鲜,可延长水产品鲜度,取得良好的实验结果^[44-45]。Brillet等^[46]研究发现,在无菌的冷冻烟熏三文鱼中培养肉食杆菌和单核李斯特菌混合菌液,贮藏期间,乳酸菌会极大地减少样品中单核李斯特菌的数目,从而维持产品良好的理化特性和感官品质。Tahiri等^[47]的实验也表明,4℃贮藏条件下,乳酸菌菌株(M35肉杆菌)能显著抑制烟熏三文鱼中单核李斯特菌的增长,延长保存期。

虽然微生物源生物保鲜剂在水产品保鲜中有显著的优势,但目前对此的研究大多处于实验室水平,未来投入大规模生产应用还需要更多的技术支撑。

相比于依赖温度变化维持保鲜效果的普通物理保鲜方式和存在化学残留问题的化学保鲜法,生物保鲜剂以其安全、高效的优势成为当前的研究热点和趋势,此外,复合生物保鲜剂的应用能更好发挥不同保鲜剂的协同作用,降低单一保鲜剂的使用成本,也逐渐成为目前水产保鲜技术的深入研究方向之一^[48]。

4 结语

随着国内生食水产品消费需求的不断提升,产品的感官质量与食用安全性将受到越来越多的重视。三文鱼作为生食水产品的典范,食用品质与保鲜方式关系密切,物理保鲜法能够满足商业化大规模保鲜的要求,但在实际储运过程中,必须全面考虑复杂的温度变化及各种环境因素对保鲜效果的影响。化学保鲜法便捷高效,但各种化学残留存在长期的安全隐患,必将被更安全高效的保鲜方法所取代。生物保鲜技术优点较多,但各种来源的生物保鲜剂成本不一,在生食水产品保鲜中的使用存在一定的风味残留和食用安全性问题,若能筛选出保鲜效果良好、价格合理、无异味的生物保鲜剂,或能在三文鱼生食前进行适当的预处理去除异味,不失为一个良好的研究方向。展望今后水产品保鲜的研究重点是将多种不同保鲜技术进行适当的结合,尽量弥补单一保鲜技术存在的缺陷,发挥综合优势,以期更全面、高效地保持产品食用品质,促进我国水产品产业的可持续发展。

参考文献:

- [1] 王彩理,王志勇,高淳任,等.我国三文鱼养殖品种开发简述[J].海洋与渔业,2014(1):44-47.
WANG Cai-li, WANG Zhi-yong, GAO Chun-ren, et al. The Salmon Farming Development Brief[J]. Journal of Marine and Fisheries, 2014(1):44-47.
- [2] 罗刚.三文鱼营养研究概况[J].畜牧与饲料科学,2009,30(5):23.
LUO Gang. Salmon Nutrition Research[J]. Journal of Animal Husbandry and Feed Science, 2009, 30(5):23.
- [3] 邓林,李华,江建军.挪威三文鱼的营养评价[J].食品工业科技,2012,33(8):377-379.
DENG Lin, LI Hua, JIANG Jian-jun. Norwegian Salmon Nutritional Evaluation[J]. Journal of Food Industry Science and Technology, 2012, 33(8):377-379.
- [4] 汤水粉,罗方方,钱卓真,等.鱼类贮藏期间鲜度指标K值变化及鲜度评价[J].食品安全质量检测学报,2014(12):4107-4114.

- TANG Shui-fen, LUO Fang-fang, QIAN Zhuo-zhen, et al. The Change of the Fish Index K Value and Evaluation during Storage[J]. *Journal of Food Safety and Quality*, 2014 (12) : 4107—4114.
- [5] 胡金鑫,李军生,徐静,等.水产品鲜度表征与评价方法的研究进展[J]. *食品工业*, 2014, 35(3):225—228.
HU Jin-xin, LI Jun-sheng, XU Jing, et al. Research Progress of the Improvement of Aquatic Product Characterization and Evaluation Methods[J]. *Journal of Food Industry*, 2014, 35 (3):225—228.
- [6] 阙婷婷,刘文娟,陈士国,等.水产品低温保鲜技术研究现状[J]. *中国食品学报*, 2013, 13(8):181—189.
JUE Ting-ting, LIU Wen-juan, CHEN Shi-guo, et al. Low Temperature Preservation Technology Research Status of Aquatic Products[J]. *Journal of Chinese Food*, 2013, 13 (8) : 181—189.
- [7] 靳春秋,迟海,杨宪时,等.冰藏三文鱼品质变化及菌相分析[J]. *食品与发酵工业*, 2013, 39(4):220—226.
JIN Chun-qiu, CHI Hai, YANG Xian-shi, et al. Iced Salmon Quality Changes and Bacteria Phase Analysis[J]. *Journal of Food and Fermentation Industry*, 2013, 39(4):220—226.
- [8] 丁婷,李婷婷,励建荣.0℃冷藏三文鱼片新鲜度综合评价[J]. *中国食品学报*, 2014, 14(11):252—259.
DING Ting, LI Ting-ting, LI Jian-rong. 0℃ Refrigerated Salmon Freshness Comprehensive Evaluation[J]. *Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology*, 2014, 14 (11):252—259.
- [9] 包海蓉,张奎.零度冷藏生鲜三文鱼肉理化品质变化的研究[J]. *湖南农业科学*, 2011(19):102—103.
BAO Hai-rong, ZHANG Kui. Zero Refrigerated Fresh Salmon Meat Researches on the Change of Physical and Chemical Quality[J]. *Journal of Hunan Agricultural Science*, 2011(19) : 102—103.
- [10] 蔡青文,谢晶.微冻保鲜技术研究进展[J]. *食品与机械*, 2013, 29(6):248—252.
CAI Qing-wen, XIE Jing. Freezing Preservation Technology Research Progress[J]. *Journal of Food and Machinery*, 2013, 29(6):248—252.
- [11] 陈勇.低温快速微冻技术介绍[J]. *天津农林科技*, 2010(3):31—32.
CHEN Yong. Low Temperature Rapid Freezing Technology Introduction[J]. *Journal of Tianjin Agriculture and Forestry Science and Technology*, 2010(3):31—32.
- [12] KAALE L D, EIKEVIK T M, BARDAL T, et al. A Study of the Ice Crystals in Vacuum-packed Salmon Fillets (Salmo Salar) during Superchilling Process and Following Storage[J]. *Journal of Food Engineering*, 2013, 115(1):20—25.
- [13] EIKEVIK T M, KAALE L D. The Influence of Superchilling Storage Methods on the Location/distribution of Ice Crystals during Storage of Atlantic Salmon[J]. *Food Control*, 2016, 120 (3):281—289.
- [14] GAARDER M, BAHUAUD D, VEISETH E, et al. Relevance of Calpain and Calpastatin Activity for Texture in Super-chilled and Ice-stored Atlantic Salmon Fillets[J]. *Food Chemistry*, 2012, 132(1):9—17.
- [15] LI Ting-ting, HU Wen-zhong, LI Jian-rong, 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 (10) : 101—106.
- [16] 雷志方,谢晶.水产品冰温保鲜技术研究现状[J]. *广东农业科学*, 2014, 41(19):112—117.
LEI Zhi-fang, XIE Jing. The Current Situation of Aquatic Product Points[J]. *Journal of Guangdong Agricultural Science*, 2014, 41(19):112—117.
- [17] JORNET L G, RUSTAD T, BARAT J M, et al. Effect of Superchilled Storage on the Freshness and Salting Behaviour of Atlantic Salmon (Salmo Salar) Fillets[J]. *Food Chemistry*, 2006, 103(4):1268—1281.
- [18] DUUN A S, RUSTAD T. Quality of Super Chilled Vacuum Packed Atlantic Salmon (Salmo Salar) Fillets Stored at -1.4 and -3.6℃[J]. *Food Chemistry*, 2008, 106(1):122—131.
- [19] 励建荣.生鲜食品保鲜技术研究进展[J]. *中国食品学报*, 2010, 10(3):1—12.
LI Jian-Rong. Fresh Food Preservation Technology Research Progress[J]. *Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology*, 2010, 10(3):1—12.
- [20] 严凌苓,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.
YAN Ling-ling, CHEN Ting, LONG Ying-jun, et al. Aquatic Technology at Home and Abroad Research Progress[J]. *Journal of Fishery Science and Technology in Jiangxi Province*, 2013 (2):38—41.
- [21] 励建荣,刘永吉,李学鹏,等.水产品气调保鲜技术研究进展[J]. *中国水产科学*, 2010, 17(4):869—877.
LI Jian-rong, LIU Yong-ji, LI Xue-peng, et al. Research Progress in Modified Atmosphere of Aquatic Products Technology[J]. *Journal of China Fisheries Science*, 2010, 17 (4):869—877.
- [22] DAVID M, SHANE M P. Limited Microbial Growth in Atlantic Salmon Packed in a Modified Atmosphere[J]. *Food Control*, 2009, 154(42):286—295.
- [23] MACE S, CORNET J, CHEVALIER F, et al. Characterisation of the Spoilage Microbiota in Raw Salmon Steaks Stored under Vacuum or Modified Atmosphere Packaging Combining Conventional Methods and PCR-TTGE[J]. *Food Microbiology*, 2012, 30(1):164—172.
- [24] FAGAN J D, GORMLEY T R. Effect of Modified Atmosphere

- Packaging with Freeze-chilling on Some Quality Parameters of Raw Whiting, Mackerel and Salmon Portions[J]. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 2004, 5(2): 205—214.
- [25] 熊建文, 张佳艳, 蔡锦源. 水产品物理保鲜技术研究进展[J]. *河南工业大学学报*, 2012, 33(5): 92—97.
XIONG Jian-wen, ZHANG Jia-yan, CAI Jin-yuan. Physical Preservation Technology Research Progress of Aquatic Products[J]. *Journal of Henan University of Technology*, 2012, 33(5): 92—97.
- [26] 陆海霞, 毛逸涛, 李学鹏, 等. 超高压技术及其在水产品保鲜杀菌中的应用[J]. *食品研究与开发*, 2013, 34(6): 111—113.
LU Hai-xia, MAO Yi-tao, LI Xue-peng, et al. Superhigh Pressure Technology and Application in Aquatic Sterilization[J]. *Journal of Food Research and Development*, 2013, 34(6): 111—113.
- [27] BRIONES L S, REYES J E, TABILO G E, et al. Microbial Shelf-life Extension of Chilled Coho Salmon and Abalone by High Hydrostatic Pressure Treatment[J]. *Food Control*, 2010, 21(11): 1530—1535.
- [28] AUBOURG S P, RODR GUEZ A, SIERRA Y, et al. Sensory and Physical Changes in Chilled Farmed Coho Salmon: Effect of Previous Optimized Hydrostatic High-Pressure Conditions[J]. *Food and Bioprocess Technology*, 2013, 6(6): 1539—1549.
- [29] 田超群, 王继栋, 闫师杰, 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—21.
TIAN Chao-qun, WANG Ji-dong, YAN Shi-jie, et al. Technology Research Status and Development Trend of Aquatic[J]. *Journal of Agricultural Products Processing*, 2010(8): 17—21.
- [30] YANG Z, WANG H, WANG W, et al. Effect of 10 MeV E-beam Irradiation Combined with Vacuum-packaging on the Shelf life of Atlantic Salmon Fillets during Storage at 4 °C[J]. *Food Chemistry*, 2014(5): 535—541.
- [31] 冯叙桥, 徐方旭, 刘诗扬, 等. 水产品辐射保鲜技术研究进展[J]. *食品与生物技术学报*, 2013, 32(2): 113—118.
FENG Xu-qiao, XU Fang-xu, LIU Shi-yang, et al. Aquatic Products Radiation Preservation Technology Research Progress[J]. *Journal of Food and Biotechnology*, 2013, 32(2): 113—118.
- [32] TURIENZO L R, COBOS A, DIAZ O. Effects of Edible Coatings Based on Ultrasound-treated Whey Proteins in Quality Attributes of Frozen Atlantic Salmon (*Salmo Salar*) [J]. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 2012(14): 92—98.
- [33] CROWE K M, SKONBERG D, BUSHWAY A, et al. Application of Ozone Sprays as a Strategy to Improve the Microbial Safety and Quality of Salmon Fillets[J]. *Food Control*, 2012, 25(2): 464—468.
- [34] IBRAHIM S K. Chemical, Sensory and Shelf Life Evaluation of Sliced Salmon Treated with Salts of Organic Acids[J]. *Food Chemistry*, 2007, 101(2): 592—600.
- [35] 张杨俊娜, 张润光, 焦文晓, 等. 生物保鲜剂研究进展[J]. *农产品加工*, 2013(7): 18—22.
ZHANG Yang-junna, ZHANG Run-guang, JIAO Wen-xiao, et al. Research Progress of Biological Fresh-keeping Agent[J]. *Journal of Agricultural Products Processing*, 2013(7): 18—22.
- [36] 刘尊英, 曾名湧. 水产品生物保鲜技术研究进展[J]. *食品安全质量检测学报*, 2014, 5(12): 4063—4067.
LIU Zun-ying, ZENG Ming-yong. Aquatic Product Biological Technology Research Progress[J]. *Journal of Food Safety and Quality*, 2014, 5(12): 4063—4067.
- [37] 李婷婷, 励建荣. 迷迭香提取物对大黄鱼货架期的影响[J]. *食品工业科技*, 2013, 34(16): 313—317.
LI Ting-ting, LI Jian-rong. The Influence of Rosemary Extract on the Shelf Life of Large Yellow Croaker[J]. *Food Industry Science and Technology*, 2013, 34(16): 313—317.
- [38] TIRONI V A, TOMAS M C. Quality Loss during the Frozen Storage of Sea Salmon (*Pseudoperca Semifasciata*) Effect of Rosemary (*Rosmarinus Officinalis*) Extract[J]. *Food Science and Technology*, 2010, 43(2): 263—272.
- [39] TARVAINEN M, NUORA A, QUIRIN K W, et al. Effects of CO₂ Plant Extracts on Triacylglycerol Oxidation in Atlantic Salmon during Cooking and Storage[J]. *Food Chemistry*, 2014(10): 1011—1021.
- [40] 秦睿睿, 许文才, 李东立, 等. 壳聚糖食品保鲜机理及应用进展[J]. *中国印刷与包装研究*, 2012, 4(1): 7—13.
QIN Rui-rui, XU Wen-cai, LI Dong-li, et al. Mechanism of Chitosan in Food Preservation and Application Progress[J]. *Journal of China Printing and Packaging Research*, 2012, 4(1): 7—13.
- [41] NUNO M F, SOARES M S, VICENTE A A. Effects of Glazing and Chitosan-based Coating Application on Frozen Salmon Preservation during Six-month Storage in Industrial Freezing Chambers[J]. *Food Science and Technology*, 2015, 61(2): 524—531.
- [42] SOARES N M, MENDES T S, VICENTE A A. Effect of Chitosan-based Solutions Applied as Edible Coatings and Water Glazing on Frozen Salmon Preservation—A pilot-scale Study[J]. *Food Engineering*, 2013, 119(2): 316—323.
- [43] 吕欣然, 白凤翎, 励建荣. 乳酸菌作为海产品生物保鲜剂的研究与应用[J]. *食品与发酵工业*, 2014, 40(4): 118—124.
LYU Xin-ran, BAI Feng-ling, LI Jian-rong. The Research and Application of Lactic Acid Bacteria as a Seafood Biological Fresh-keeping Agent[J]. *Journal of Food and Fermentation*

- [10] 王文海. 多光谱颜色复制的关键技术研究[D]. 广州:华南理工大学, 2012.
WANG Wen-hai. Research on Key Technologies of Multi-spectral Color Reproduction[D]. Guangzhou: South China University of Technology, 2012.
- [11] 王红伟, 刘振. 多光谱颜色复制技术的应用与发展[J]. 印刷质量与标准化, 2014(9): 50—53.
WANG Hong-wei, LIU Zhen. Multi-spectral Color Replication Technology Application and Development[J]. Printing Quality & Standardization, 2014(9): 50—53.
- [12] 刘欣. 基于光谱的颜色复制技术研究[D]. 武汉: 武汉大学, 2010.
LIU Xin. Research on Spectral-based Color Reproduction Technology[D]. Wuhan: Wuhan University, 2010.
- [13] 王一帆. 基于多光谱的色彩再现与印品检测的研究[D]. 无锡: 江南大学, 2014, 6.
WANG Yi-fan. Study of Color Reproduction and Presswork Detection Based on Multispectral[D]. Wuxi: Jiangnan University, 2014.
- [14] 王一帆, 唐正宁. 基于PCA和ICA的多光谱数据降维方法[J]. 光学技术, 2014, 40(2): 180—183.
WANG Yi-fan, TANG Zheng-ning. Dimensionality Reduction Method Based on Combination of PCA and ICA[J]. Optical Technique, 2014, 40(2): 180—183.
- [15] 王莹, 王忠民, 翟社平. 一种面向打印的低维光谱空间构造法[J]. 西安邮电大学学报, 2014, 19(6): 81—85.
WANG Ying, WANG Zhong-min, ZHAI She-ping. Construction of Low-Dimensional Spectral Space for Multi-ink Printing [J]. Journal of Xi'an University of Post and Telecommunications, 2014, 19(6): 81—85.

(上接第85页)

- Industry, 2014, 40(4): 118—124.
- [44] 张璟晶, 唐劲松, 王海波, 等. 溶菌酶、Nisin和壳聚糖复合保鲜剂对冰鲜银鲑保鲜效果的研究[J]. 食品工业科技, 2014, 35(4): 323—326.
ZHANG Jing-jing, TANG Jin-song, WANG Hai-bo, et al. Lysozyme, Nisin, Chitosan Compound Preservatives for Ice Fresh Pomfret Preservation Effect Research[J]. Journal of Food Industry Science and Technology, 2014, 35(4): 323—326.
- [45] 蓝蔚青, 谢晶, 杨胜平, 等. Nisin生物保鲜剂对冷藏带鱼的保鲜效果研究[J]. 天然产物研究与开发, 2010, 22(4): 683—686.
LAN Wei-qing, Xie Jing, YANG Sheng-ping, et al. Effect of Preservation of Nisin Biological Fresh-keeping Agent for Frozen Hairtail Study[J]. Journal of Natural Products Research and Development, 2010, 22(4): 683—686.
- [46] BRILLET A, PILET M F, PREVOST H, et al. Biodiversity of *Listeria Monocytogenes* Sensitivity to Bacteriocin-producing *Carnobacterium* Strains and Application in Sterile Cold-smoked Salmon[J]. Journal of Applied Microbiology, 2004, 97(5): 1029—1037.
- [47] TAHIRI I, DESBIENS M, KHEADR E, et al. Comparison of Different Application Strategies of Divergicin M35 for Inactivation of *Listeria Monocytogenes* in Cold-smoked Wild Salmon[J]. Food Microbiology, 2009, 26(8): 783—793.
- [48] 杨世福. 生物保鲜剂在水产品保鲜中的应用[J]. 中国农业信息, 2014(7): 159.
YANG Shi-fu. Biological Fresh-keeping Agent in The Application of Aquatic[J]. Agricultural Information in China, 2014(7): 159.