

- [29] CHUNG Y, CHANG W S, KIM S, et al. NKT cell ligand  $\alpha$ -galactosylceramide blocks the induction of oral tolerance by triggering dendritic cell maturation [J]. *Eur J Immunol* 2004, 34 (9): 2471-2479.
- [30] CHANG J H, LEE J M, YOUN H J, et al. Functional maturation of lamina propria dendritic cells by activation of NKT cells mediates the abrogation of oral tolerance [J]. *Eur J Immunol* 2008, 38 (10): 2727-2739.

## 综述

# 水产品病原微生物安全控制技术的研究进展

张宾, 邓尚贵, 林慧敏, 唐艳

(浙江海洋学院 食品与药学院、医学院, 浙江 舟山 316000)

**摘要:** 水产品中病原微生物是引发人类食源性疾病的主要因素之一。本文着重阐述了高压杀菌、辐照杀菌、电解水杀菌及生物抑菌剂技术等对水产品病原微生物的杀灭效果及对水产品品质的影响, 并对其未来的发展趋势进行了展望。

**关键词:** 病原微生物; 高压杀菌; 电解水杀菌; 辐照杀菌; 抑菌剂; 食品安全

中图分类号: TS254.4 文献标识码: A 文章编号: 1004-8456(2011)06-0581-06

## Technological advances on the control of pathogenic microorganisms in aquatic products

Zhang Bin, Deng Shanggui, Lin Huimin, Tang Yan

(School of Food and Pharmacy & Medical, Zhejiang Ocean University, Zhejiang Zhoushan 316000, China)

**Abstract:** Pathogenic microorganism in aquatic products is one of the most important factors in human food-borne diseases. Several new sterilization technologies such as high pressure sterilization, irradiation sterilization, electrolyzed water sterilization and bacteriostatic agents are provided in this article. Their basic principle, the recent development in application and the future trend of these techniques used in seafood industries are also briefly discussed.

**Key words:** Pathogenic microorganisms; high pressure sterilization; electrolyzed water sterilization; irradiation sterilization; bacteriostatic agent; food safety

全球每年发生约 40~60 亿例食源性疾病, 在发展中国家每年因食源性死亡人数达 180 万, 其中因食用水产品而引发的食源性死亡约占 20%。水产品中病原微生物是引发食源性疾病的主要因素之一。

近年来我国水产品病原微生物出现的安全问题有: 2005—2006 年, 广州市水产品中副溶血性弧菌检出率达 33.9%<sup>[1]</sup>; 2006—2007 年, 长沙市动物性水产品病原菌污染率达到 32.6%<sup>[2]</sup>; 2006—2008

年, 舟山市监测发现食源性病原菌污染最严重的为动物性水产品, 511 份鲜活水产品中共检出副溶血性弧菌 68 株<sup>[3]</sup>。2005 年, 珠江三角洲地区酒楼、日韩料理餐厅菜肴所用生食海产品和淡水产品中副溶血性弧菌检出阳性率达 49.5%<sup>[4]</sup>。2008 年, 江苏省检测 757 份食品样品发现以动物性水产品被副溶血性弧菌污染最为严重<sup>[5]</sup>。2009 年, 上海市水产品中副溶血性弧菌平均检出率为 38.5%, 尤其甲壳类水产动物检出率达 51.0%<sup>[6]</sup>。我国水产品病原微生物的高检出率, 以及因病原微生物引起的食源性疾病频发, 使控制我国水产品病原微生物成为亟待解决的问题。

日本、美国和欧洲部分国家对水产品中病原微生物安全控制技术进行了广泛的研究。本文综述国内外水产品中病原微生物安全控制技术的研究进展, 并对我国水产品病原微生物污染控制技术的发展提出展望。

收稿日期: 2011-03-25

基金项目: 国家自然科学基金项目 (31071628); 国际合作项目 (2010DFB34220); 浙江省优先主题重点项目 (2011C13027-2); 浙江海洋学院科研启动资助 (21135011010)

作者简介: 张宾, 男, 博士, 讲师, 研究方向为水产品加工与贮藏, E-mail: zhangbin\_ouc@yahoo.com.cn

通信作者: 邓尚贵, 男, 博士, 博士生导师, 研究方向为水产品加工与贮藏, E-mail: dengshanggui@163.com

## 1 高压杀菌技术

高压杀菌技术被称为目前除高温杀菌外的第二大食品灭菌技术,是将水产品密封于弹性容器内,以水或其他流体作为传递压力的媒介物,用高压使微生物形态、生化反应或基因机制等发生变化甚至破坏其原有功能使其致死,以达到水产品加工及贮藏安全的目的,同时产品风味和营养价值不受或很少受影响。

### 1.1 高压处理对于水产品品质的影响

高压影响水产品蛋白质去折叠的协同性,使蛋白质伸展、聚合或凝结,形成蛋白凝胶或使粘稠度增加而发生变性。高压对于不同种属水产品,其肌肉结构及硬度变化情况有所不同。400 MPa 压力处理鳕鱼,其肌肉硬度变大,且更具弹性;高于或低于400 MPa,肌肉硬度降低,且弹性下降<sup>[7]</sup>。Campus等<sup>[8]</sup>采用300~400 MPa压力处理乌鲷鱼,鱼肌体硬度及弹性均明显增加,同时肌纤维酶活性降低。Cruz-Romero等<sup>[9]</sup>以400 MPa压力处理牡蛎,肌肉肉白度下降,其原因为肌原纤维蛋白和肌浆蛋白高压变性所致;600 MPa压力处理,牡蛎肉剪切强度增大,肌肉组织未出现软化现象。此外,200和400 MPa压力处理对虾<sup>[10]</sup>、400 MPa处理鳕鱼<sup>[11]</sup>、150和200 MPa处理大马哈鱼<sup>[12]</sup>,肌肉组织硬度及剪切强度均显著增加。

不同种属水产品面对高压胁迫,其油脂氧化程度不同,原因为所含油脂类型、油脂饱和程度、游离脂肪酸种类及含量不同。Sequeira-Munoz等<sup>[13]</sup>发现100 MPa、15 min处理的鳕鱼样品TBA值相对于空白基本无变化;140~200 MPa、15~30 min,样品TBA值随压力及加压时间的延长而显著增加。Cheah等<sup>[14]</sup>认为低于300 MPa压力,大部分水产油脂基本无氧化现象,压力升高使油脂氧化程度迅速增大。Igene等<sup>[15]</sup>研究推测,高压(>300 MPa)可能起到催化亚铁血红素与油脂中不饱和脂肪酸之间的氧化反应,或诱导亚铁血红素中 $Fe^{2+}$ 的释放,进而促使不饱和脂肪酸发生氧化反应。

水产品明度( $L^*$ )及色调( $a^*$ 和 $b^*$ )的高压胁迫变化情况,常因水产品种属的不同而异,其原因可能由于肌肉中的肌球蛋白、肌原纤维蛋白发生变性作用或/和亚铁血红素的置换或释放而造成。Erkan等<sup>[16]</sup>以200 MPa、15 min处理红鲱鱼,发现肌肉 $L^*$ 值相比于空白,无显著性差异;220~330 MPa压力,肌肉 $L^*$ 值有所增加,即适当高压可增加红鲱鱼的鲜亮度。此研究结果同样适用于鳕鱼、鲤鱼、鲑鱼等水产品<sup>[17]</sup>。而对于牡蛎,260 MPa压力,牡

蛎 $L^*$ 、 $a^*$ 和 $b^*$ 值均未出现任何显著变化;500和800 MPa压力, $L^*$ 值随压力升高而升高, $a^*$ 值有所降低, $b^*$ 值基本无变化<sup>[18]</sup>。

### 1.2 高压处理对于水产品病原微生物的影响

高压作用的抑菌机制主要包括:影响细胞膜流动性、扰乱细胞壁膜功能性或造成生理功能紊乱、引起细胞膜通透性或细胞内溶物离子化程度变化、造成酶的钝化、引发DNA损伤等。通常来讲,200 MPa压力很难杀灭水产品中病原微生物,300 MPa压力可杀灭酵母,400 MPa以上压力可杀灭革兰氏阳性细菌,高于400 MPa压力或结合其他处理方式可钝化耐压性芽胞。Smiddy等<sup>[19]</sup>以300 MPa、10~20 min、20℃处理牡蛎后,组织中弧菌存活率为50%;压力升至480 MPa,牡蛎中弧菌存活率为0.75%。对于牡蛎中大肠杆菌,200 MPa压力对其未产生任何影响;400 MPa压力,大肠杆菌存活率降低90%以上,效果显著。Medina等<sup>[20]</sup>以450 MPa压力处理鲑鱼5、10或25 min后,样品中单增李斯特菌分别减少1.94、3.20和3.63  $\log_{10}$  CFU/g。500 MPa、10 min处理海胆,可有效杀灭海胆卵中副溶血性弧菌、霍乱弧菌和拟态弧菌等<sup>[21]</sup>。此外,在400 MPa压力、7℃烫、连续处理15 min或分3次处理、每次处理5 min条件下,章鱼肉中所含病原微生物均得到了有效的杀灭或抑制,且章鱼肉剪切强度未产生明显变化。由上,高压杀菌技术可有效地应用于水产品中病原微生物的安全控制,但处理压力至少需提高至400 MPa。然而,高于400 MPa压力,会影响部分水产品的组织结构及外观品质。因此,为解决以上矛盾,可考虑将高压杀菌技术与其他处理技术相结合(如超声处理、微波处理、分段加热处理技术等),此种联合处理方式已逐渐成为高压研究领域的热点。

美国、日本及欧洲部分国家的高压技术及设备应用已趋于成熟,如日本HYPREX、IHI、KOBELCO、NIKKISO,法国ALSTOM,西班牙ESPUN,德国UHDE,美国VURE、HIP、HASKEL等世界知名高压设备企业。高压技术( $\geq 300$  MPa)应用于水产品的商业杀菌中,最成功的例子是对贝类、虾蟹类产品的加工。如AVURE公司开发的QFP系列高压设备,在杀灭病原微生物、保证产品品质基础上,实现了高压下的虾贝壳、肉的自动脱离,其处理能力高达2300 kg/h,已在世界范围内多家水产加工企业得以广泛应用。国内,对于高压处理技术研究,尚无法达到水产品商业化加工、贮藏及食用安全的要求。同时由于高压核心技术及相关设备受制于国外专利技术的限制,国内高压设备生产企业更是

寥寥无几,导致了我国高压处理技术的相对滞后。随着国内高压技术研究与应用的深入,在不久的将来,高压技术必会在我国得到应用,尤其在贝类、虾蟹类及其制品等方面,以进一步推动我国水产品加工业的发展,满足消费者对高品质水产品的需求。

## 2 辐照杀菌技术

辐照技术是一种冷物理处理技术,区别于化学试剂和添加剂处理,不存在每日允许摄入量的限制和有害物质残留问题,且不破坏水产品的结构和营养价值。辐照技术对冷冻水产品的杀菌效果尤为突出,可有效解决病原微生物超标问题,同时提高产品质量,延长保质期。

### 2.1 辐照处理对于水产品品质的影响

辐照对水产品蛋白质的影响取决于射线剂量、处理温度、pH值、氧和水分含量及构成体系等多种因素。辐照剂量低于6.0 kGy,对水产品蛋白质和氨基酸没有显著影响,即不会降低产品营养价值;辐照剂量过高,辐射产生的水或自由基,具有脱氨基和脱羟基作用,生成挥发性物质,进而在内源酶作用下形成黑色素而影响感官品质。Lakshmanan等<sup>[22]</sup>采用2.0 kGy  $\gamma$ 射线批量处理凤尾鱼,发现空白组蛋白质含量随贮藏时间的延长而降低,辐照处理组肌红蛋白及其他蛋白含量均未发生明显变化,货架期延长4 d。Riebroy等<sup>[23]</sup>把鲷鱼辐照剂量提高到6.0 kGy时,发现此剂量辐照诱导了蛋白质的氧化作用。

辐照对水产品油脂的直接作用是使其产生大量自由基和激发态分子,诱导脂肪加速氧化,导致令人不适的感官变化和必需脂肪酸的减少。Ahn等<sup>[24]</sup>认为辐照产生令人不适的气味与脂肪氧化程度并没有直接关系,而与辐照产生的挥发性成分有关。饱和脂肪相对于不饱和脂肪对辐照射线更为稳定,其氧化程度与辐照剂量成正比。通常情况下,低于3.0 kGy辐射剂量,大多数水产品色泽及味道几乎没有变化;高于3.0 kGy,水产品各项理化指标均有一定的改变。Mbarki等<sup>[25]</sup>采用1.0和2.0 kGy  $\gamma$ 射线辐照竹荚鱼,样品经冰温贮藏18 d后, $\gamma$ 射线辐照组脂质氧化程度相对于空白较低。此结论同样适用于凤尾鱼<sup>[26]</sup>、鲭鱼<sup>[27]</sup>和乌贼<sup>[28]</sup>等水产品的辐照处理(1.0~3.0 kGy)。

### 2.2 辐照处理对于病原微生物的影响

辐照处理的杀菌效应包括:使细胞分子发生诱变,影响脱氧核糖核酸合成;破坏细胞内膜,引起微生物酶系统紊乱;使细胞内水分子离子化,产生自由基钝化生物活性物质,致使微生物细胞生理功能丧失。

Mahmoud等<sup>[29]</sup>发现X射线辐照(2.0~5.0 kGy)可使即食虾中大肠杆菌O157:H7、沙门菌和副溶血性弧菌的数量均低于检出限,杀菌效果显著。Jakabi等<sup>[30]</sup>以1.0 kGy  $\gamma$ 射线处理牡蛎,可减少副溶血性弧菌达 $6 \log_{10}$  CFU/g数量单位。虾、鲭鱼及凤尾鱼等中单增李斯特菌的辐照 $D_{10}$ 值范围为0.15~0.25 kGy,其半干制品 $D_{10}$ 范围为0.50~0.65 kGy<sup>[31]</sup>。盐渍、调味后贝类产品经辐照处理,细菌总数、酵母菌、霉菌和大肠菌群数量均明显降低,产品贮存稳定性和卫生安全性显著提高。<sup>60</sup>Co辐射和真空包装相结合处理青花鱼,相比未经辐射真空包装组,产品贮藏期延长7 d<sup>[32]</sup>。由上可见,为确保水产品微生物安全,同时避免辐照导致的感官品质和营养成分改变,建议采用 $\leq 3.0$  kGy作为水产品适宜辐照剂量;此外,可采用辐照技术与其他物理或化学方法相结合的复合处理方式,如加热、低温、控制含水量、真空包装和化学防腐剂的使用等,均能够产生水产品保鲜、杀菌的协同效应或相加效应,从而减少单独辐照处理时的辐射剂量,还能改善水产品品质。

目前,全世界有500多种辐照食品在53个国家或地区获批准,30多个国家进入了大规模商业化生产阶段,包括淡水鱼、海水鱼、有壳水产品、青蛙腿、干鱼粉及各类干制水产品。水产品辐照对防止食源性病原微生物和今后出口检疫方面更具潜力,其已被列入WHO确保食品安全的重点推广计划。国内,水产品辐照杀菌和延长货架期等方面已开展了很多工作,但实际加工过程中,辐照技术应用于鲜活水产品之中还相对较少,或者各加工厂将水产品集中到专门的辐射处理厂进行杀菌,辐照杀菌设备及加工工艺研究仍较为匮乏,因此辐照技术在水产品病原微生物控制领域中规模化应用尚待时日。尤其对于辐照杀菌机制、辐照水产品类卫生标准及工艺标准的建立、辐照源的安全监管及辐照处理技术宣传等一系列工作,仍需进一步研究与实践。辐照技术作为一项具有潜力和广阔前景的新技术,有可能成为食品安全控制领域的主要关键技术,尤其是在冷冻水产品、小包装水产食品的安全控制领域有着很大的发展潜力。

## 3 电解水杀菌技术

电解水是将稀食盐溶液在电场作用下,经电解作用生成酸性和碱性电解水,也称氧化还原电位水。电解水具有瞬时、高效、安全、无残留的杀菌特性,可作为一种实用易操作的水产品消毒方法。Kim等<sup>[33]</sup>研究发现酸性电解水相比自来水,能显著抑制秋刀鱼中好氧嗜冷菌的增长,并减少鱼肉

T-VBN和TBARS的生成。Ozer等<sup>[34]</sup>发现酸性电解水对大马哈鱼中大肠杆菌O157:H7、单增李斯特菌等具有显著杀灭作用。Huang等<sup>[35]</sup>报道采用含CO气体的电解水(有效氯50~100 ppm)处理新鲜金枪鱼,有效提高了其卫生状况和感官品质。Huang等<sup>[36]</sup>将罗非鱼经电解水(pH 2.47,有效氯120 ppm, ORP 1159 mV)喷洒处理5 min后,副溶血性弧菌数量减少 $1.5 \log_{10}$  CFU/cm<sup>2</sup>; 10 min后减少 $2.6 \log_{10}$  CFU/cm<sup>2</sup>。电解水抑菌活性主要与其中有效氯含量、氧化还原电位值和pH有关,但各活性物质间的相互作用(OCl<sup>-</sup>、HOCl、O<sub>3</sub>、H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>及[O]等)、主导因素及抑菌作用靶点等问题尚未明确。

国内外关于电解水的应用研究,绝大部分集中在强酸性电解水(pH < 2.7)方面,但强酸性电解水制造成本相对较高、腐蚀性较大,同时其中有效氯极其不稳定、易分解,因此限制了其应用范围。因此,电解水杀菌研究正逐步转向偏中性、低有效氯含量的弱酸性电解水。Rahman等<sup>[37]</sup>对比强酸(pH 2.7)和弱酸性电解水(pH 6.2~6.5)对于大肠杆菌O157:H7、单增李斯特菌和金黄色葡萄球菌的影响,发现二者同样可使以上致病菌数量降低 $1.6 \sim 6.6 \log_{10}$  CFU/ml,抑菌效果无显著性差异。Quan等<sup>[38]</sup>将初始菌数为 $5.7 \log_{10}$  CFU/ml的霍乱弧菌,经35 mg/L次氯酸钠处理60 s后,霍乱弧菌减少 $2.2 \log_{10}$  CFU/ml;弱酸性电解水(pH 5.9,有效氯含量35 mg/L, ORP 798 mV)处理,霍乱弧菌全部被杀灭。研究证实,弱酸性电解水中有效氯主要以HOCl形式存在,其杀菌能力为次氯酸盐中OCl<sup>-</sup>离子杀菌能力的80倍。可见,弱酸性电解水同样具有相当的杀菌能力,其偏中性的pH对材料腐蚀性较弱、制备成本较低,可应用领域更加广泛。

电解水技术首先由日本研发成功,美国及部分欧洲国家将强酸性电解水应用于鲤鱼、罗非鱼和秋刀鱼等水产品病原微生物的防治。国内,电解水抑菌技术研究及商业化应用还鲜有报道,且仅局限于医疗器械消毒等较小范围内。强、弱酸性电解水的主要缺点为稳定性较差,光照、空气、有机基质和加工环境等都会影响电解水有效氯及氧化还原电位值,使杀菌效果下降。因此,活性电解水最好现用现配,或贮存于室温、密闭、避光的非金属类容器里;可将强酸性电解水应用于水产品加工车间地板砖、固体器皿、切割刀具及环境消毒等方面,避免化学消毒剂的残留、减少废水的排放;强酸性电解水可应用于贝类、虾类等水产品的抑菌保鲜;弱酸性电解水可应用于鱼类等水产品,避免低pH对鱼体表面粘液的损伤等。随着人们对活性电解水认识

的提高和对电解水研究的不断深入,具有广谱抑菌性、无残留、无污染的活性电解水,在水产品加工领域必将拥有更广阔的应用前景。

## 4 生物抑菌剂杀菌技术

### 4.1 茶多酚

茶多酚抑菌谱广,对有、无细胞壁的革兰氏阳性、阴性菌均有抑制作用。茶多酚作为一种天然生物抑菌剂,其抑菌机制尚不完全明了,亦无较系统的抑菌机制方面的研究报道。Fan等<sup>[39]</sup>将白鲢鱼浸于0.2% (W/V)茶多酚溶液后冰温贮藏,可有效地抑制鱼中污染菌的生长,样品货架期延长至35 d。Si等<sup>[40]</sup>研究发现,表儿茶素没食子酸酯(ECG)和表没食子儿茶素没食子酸酯(EGCG)的抑菌活性最强,其中EGCG通过影响金黄色葡萄球菌的细胞形态及细胞分裂而具有杀菌作用。

茶多酚能够有效地抑制水产品脂质氧化和三甲胺、挥发性盐基氮等的生成,具有抑菌、除异味等功能,其也是GB 2760—2011《食品添加剂使用标准》中,可应用于水产品及其制品中为数不多的添加剂之一。目前,茶多酚在鱼类中的保鲜研究较多,但其实际应用中最大的难题就是其自身易被氧化而出现严重的褐变,影响产品感官品质。此外,茶多酚作为一种天然、安全的食品防腐抑菌剂,对于其防腐机制、应用条件控制等问题的解决能力仍很薄弱,可通过茶多酚和其他天然抑菌添加剂的复配技术研究,以增强其抑菌效果和拓展应用范围,这也是茶多酚抑菌剂产品开发的重点方向之一。

### 4.2 壳聚糖

壳聚糖分子带有的正电荷与病原微生物细胞表面的负电荷发生中和反应,使细胞壁发生修饰反应或改变细胞壁膜的屏障作用,造成微生物死亡。壳聚糖对于革兰氏阴性菌具有较强抑菌活性,是由于革兰氏阴性菌细胞表面的脂多糖含有更多负电荷,更易与壳聚糖分子的正电荷发生反应。鲜鱼表面涂膜壳聚糖,夏季保鲜期可达5 d以上,其作用远优于化学合成的食品添加剂。Chaiyakosa等<sup>[41]</sup>以0.025%壳聚糖(161 kDa, 85%脱乙酰度)溶液浸泡虾10 min,可使样品中副溶血性弧菌数量降低50%以上。研究发现,壳聚糖浓度越高,杀菌性能越强,而高浓度壳聚糖一般具有较高的粘度,会影响到水产品后期的加工处理。因此,越来越多的研究转向于低粘度水溶性壳聚糖聚合物的开发,而研究表明,部分改性壳聚糖相比自然状态下壳聚糖,抑菌活性相对较低<sup>[42]</sup>。

壳聚糖溶液-凝胶制成的涂膜包装材料,非常适

合于鱼类、虾类等水产品的预处理,在降低病原微生物数量、TVB-N 及 TBARS 值的同时,可延长产品货架期。其次,将壳聚糖与其他生物保鲜剂(如乳酸链球菌素、抗菌肽、溶菌酶等)的复合制剂应用于水产品保鲜加工中,将具有更广泛的价值。再者,壳聚糖生物保鲜剂结合其他保鲜技术手段(如低温技术、栅栏技术、HACCP 技术等)将成为鲜活水产品抑菌保鲜的主要方法。相信将具有不同保鲜特点的技术相结合,实现优势互补能更加全面地保持水产品品质、延长货架期。

#### 4.3 中草药

中草药具有天然高效、成本低、安全性好等优点,同时其药理作用功能丰富,包括抑制病原微生物、增强免疫及抗应激等功效。李茜等<sup>[43]</sup>研究五倍子、黄柏和蒲公英等 23 种中草药及其复方制剂对鲫鱼中病原微生物的体外抑菌活性,发现蒲公英、连翘、山楂、穿心莲能有效抑制鲫鱼嗜水气单胞菌、金黄色葡萄球菌的生长及繁殖,其中尤以五倍子、黄柏抑菌活性最强,其原因是由中草药的药性决定的(五倍子中的鞣质、黄柏中的药根碱和黄柏碱抗菌作用较强)。童国忠等<sup>[44]</sup>发现乌梅、五味子、黄连、石榴皮等 4 种中草药抑菌(大黄鱼哈氏弧菌)效果明显,其中乌梅抑菌能力最强, MIC、MBC 均为 1.95 g/L。张霞等<sup>[44]</sup>发现黄连、石榴皮、黄柏三味中药的抑菌(沙门菌)效果较好,其 MIC 分别为 0.062 5、0.125 和 0.125 g/ml, MBC 分别为 0.125、0.25 和 0.25 g/ml。此外,中草药作为一种“绿色渔药”,可应用于水产养殖中,既不会污染水质,也不像化学药品、农药那样给水产品带来毒副作用,而且还利于人体的健康。

中草药及其提取物用于防治病原微生物,可将乌梅、五味子、黄连、石榴皮等作为抗生素及抗菌药物的理想替代品。中草药抑菌应用是中医药的一大优势和特色,虽然其成分复杂、许多作用机制、有效成分及毒理性等仍有诸多不清楚的地方,但开发中草药及其复配技术为科学合理地筛选防治病原微生物,并将其应用于鱼类养殖、水产品抑菌贮藏等方面提供了更广泛的选择余地。

#### 5 结语

无论是在发达国家还是发展中国家,水产品中病原微生物污染都是影响食品安全的主要因素之一。我国作为水产养殖和生产大国,长期以来对水产品中病原微生物的安全问题研究不足,关于水产品安全控制技术和商业化应用技术还相对较为缺乏。作为新型的杀菌技术,非热杀菌技术—高压

杀菌技术和辐照杀菌技术克服了传统热杀菌的不足,能最大限度地保持食品原有的品质。电解水无色透明,无明显刺激和异味,杀菌性能强,应用于水产品加工环境的杀菌处理,可减少消毒剂的使用量,已被认为是一种对人体安全且具有生物活性的多功能水。符合 GB 2760—2011 标准的新型抑菌剂的研究和使用,将会满足消费者对于天然产品的需要,但是部分新型抑菌剂的抑菌效果,还需进一步改进和提高,因此寻找高效抑菌剂仍然是未来较为艰巨的任务之一。

#### 参考文献

- [1] 张健,邓志爱,李钊华,等.广州市市售食品食源性致病菌污染状况调查[J].热带医学杂志,2007,7(8):804-806.
- [2] 王岚,刘建琪,张红,等.长沙市食源性致病菌污染状况调查[J].中国热带医学,2008,8(9):1663-1665.
- [3] 薛超波,王萍亚,孙瑛.舟山市 2006-2008 年食源性致病菌污染状况分析[J].中国食品卫生杂志,2009,21(6):533-536.
- [4] 马聪,严纪文,朱海明,等.2005 年珠江三角洲地区生吃水产品中副溶血性弧菌污染调查[J].中国卫生检验杂志,2006,16(3):341-343.
- [5] 王燕梅,乔昕,袁宝君,等.2008 年江苏省食源性致病菌监测分析[J].中国卫生检验杂志,2010,20(8):2011-2013.
- [6] 安秀华,宁喜斌.上海市市售水产品中副溶血性弧菌的分离、鉴定及耐药性研究[J].中国人兽共患病学报,2009,25(7):657-659.
- [7] ANG SUPANICH K, EDDE M, LEDWARD D A. The effect of high pressure on the myofibrillar proteins of cod and turkey[J]. J Agr Food Chem, 1999, 47(1):92-99.
- [8] CAMPUS M, ADDIS M F, CAPPUCCELLI R, et al. Stress relaxation behaviour and structural changes of muscle tissues from Gilthead Sea Bream (*Sparus aurata* L.) following high pressure treatment[J]. J Food Eng, 2010, 96:192-198.
- [9] CRUZ-ROMERO M, KERRY J P, KELLY A L. Changes in the microbiological and physicochemical quality of high-pressure-treated oysters (*Crassostrea gigas*) during chilled storage [J]. Food Control, 2008, 19:1139-1147.
- [10] LOPEZ-CABALLERO M E, PEREZ-MATEOS M, BONDERIAS A J, et al. Extension of shelf-life of prawns (*Panaeus japonicus*) by vacuum packaging and high-pressure treatment [J]. J Food Protect, 2000, 63:1381-1388.
- [11] ANG SUPANICH K, LEDWARD D A. High pressure treatment effects on cod (*Gadus morhua*) muscle [J]. Food Chem, 1998, 63:39-50.
- [12] AMANATIDOU A, SCHLUTER O, LEMKAU K, et al. Effect of combined application of high pressure treatment and modified atmospheres on the shelf life of fresh Atlantic salmon [J]. Innov Food Sci Emerg, 2000, 1:87-98.
- [13] SEQUEIRA-MUNOZ A, CHEVALIER D, LEBAIL A, et al. Physicochemical changes induced in carp (*Cyprinus carpio*) fillets by high pressure processing at low temperature [J]. Innov Food Sci Emerg, 2006, 7:13-18.
- [14] CHEAH P B, LEDWARD D A. High pressure effect on lipid

- oxidation in minced pork[J]. *Meat Sci* ,1996 43: 123-134.
- [15] IGENE J O ,KING J A ,PEARSON A M ,et al. Influence of haem pigments ,nitrite and non-haem iron on development of warmed over flavour in cooked meat[J]. *J Agr Food Chem* ,1979 27: 838-842.
- [16] ERKAN N ,ÜRETENER G ,ALPAS H. Effect of high pressure (HP) on the quality and shelf life of red mullet (*Mullus surmelutus*) [J]. *Innov Food Sci Emerg* 2010 ,11: 259-264.
- [17] YA ĞIZ Y ,KRISTINSSON H G ,BALABAN M O ,et al. Effect of high pressure treatment on the quality of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and mahi mahi (*Coryphaena hippurus*) [J]. *J Food Sci* 2007 72(9) : 509-515.
- [18] CRUZ-ROMERO M C ,KERRY J P ,KELLY A L. Fatty acids , volatile compounds and colour changes in high-pressure-treated oysters (*Crassostrea gigas*) [J]. *Innov Food Sci Emerg* 2008 9: 54-61.
- [19] SMIDDY M ,O' GORMAN L ,SLEATOR R D ,et al. Greater high-pressure resistance of bacteria in oysters than in buffer[J]. *Innov Food Sci Emerg* 2005 6: 83-90.
- [20] MADINA M ,CABEZA M C ,BRAVO D ,et al. A comparison between E-beam irradiation and high pressure treatment for cold-smoked salmon sanitation: microbiological aspects [J]. *Food Microbiol* 2009 26: 224-227.
- [21] YULIZAKI C ,KANO M ,TSUAGARI H. The sterilization of sea urchin eggs by hydrostatic pressure//HAYASHI R. High Pressure Bioscience and Food Science [M ]. Kyoto: San-Ei Publications ,1993: 225-228.
- [22] LAKSHMANAN S ,VENUGOPAL V ,VEBKETASHVARAN K ,et al. Bulk preservation of small pelagic fish by gamma irradiation: studies on a model storage system using Anchovies[J]. *Food Res Int* ,1999 32: 707-713.
- [23] RIEBROY S ,BENJAKUL S ,VISESSANGUAN W ,et al. Effect of irradiation on properties and storage stability of Som-fug produced from bigeye snapper[J]. *Food Chem* 2007 103: 274-286.
- [24] AHN D U ,OLSON D G ,LEE J I ,et al. Packaging and irradiation effects on lipid oxidation and volatiles in pork patties[J]. *J Food Sci* ,1998 63(1) : 15-19.
- [25] MBARKI R ,SADOK S ,BARKALLAH I. Quality changes of the Mediterranean horse mackerel (*Trachurus mediterraneus*) during chilled storage: The effect of low-dose gamma irradiation [J]. *Radiat Phys Chem* 2009 78: 288-292.
- [26] LAKSHMANAN R ,VENUGOPAL V ,VENKETASHVARAN K ,et al. Bulk preservation of small pelagic fish by gamma irradiation: studies on a model storage system using Anchovies[J]. *Food Res Int* ,1999 32: 707-713.
- [27] SILVA H A ,NUNES M L ,EMPIS J M A. Sensory and microbiological assessment of irradiated bluejack mackerel (*Trachurus picturatus*) [J]. *J Sci Food Agr* ,1994 66: 175-180.
- [28] SYKES A V ,OLIVEIRA A R ,DOMINGUES P M ,et al. Assessment of European cuttlefish (*Sepia officinalis* L.) nutritional value and freshness under ice storage using a developed Quality Index Method (QIM) and biochemical methods[J]. *LWT-Food Sci Technol* 2009 42: 424-432.
- [29] MAHMOUD B S M. Effect of X-ray treatments on inoculated *Escherichia coli* O157: H7 ,*Salmonella enterica* ,*Shigella flexneri* and *Vibrio parahaemolyticus* in ready-to-eat shrimp [J]. *Food Microbiol* 2009 26: 860-864.
- [30] JAKABI M ,GELLI D S ,TORRE C M D ,et al. Inactivation by ionizing radiation of *Salmonella enteritidis* ,*Salmonella infantis* , and *Vibrio parahaemolyticus* in oysters (*Crassostrea brasiliana*) [J]. *J Food Protect* 2003 66: 1025-1029.
- [31] VENUGOPAL V ,DOKE S N ,THOMAS P. Radiation processing to improve the quality of fishery products[J]. *Crit Rev Food Sc* , 1999 39: 391-440.
- [32] MBARKI R ,MILOUD N B ,SELMIS S ,et al. Effect of vacuum packaging and low-dose irradiation on the microbial ,chemical and sensory characteristics of chub mackerel (*Scomber japonicus*) [J]. *Food Microbiol* 2009 26: 821-826.
- [33] KIM C ,HUNG Y C ,BRACKETT R E. Efficacy of electrolyzed oxidizing (EO) and chemically modified water on different types of foodborne pathogens [J]. *Int J Food Microbiol* ,2000 ,61: 199-207.
- [34] OZER N P ,DEMIRCI A. Electrolyzed oxidizing water treatment for decontamination of raw salmon inoculated with *Escherichia coli* O157: H7 and *Listeria monocytogenes* Scott A and response surface modeling[J]. *J Food Eng* 2006 72: 234-241.
- [35] HUANG Y R ,SHIAU C Y ,HUNG Y C ,et al. Change of hygienic quality and freshness in Tuna treated with electrolyzed oxidizing water and carbon monoxide gas during refrigerated and frozen storage[J]. *J Food Sci* 2000 71: 127-133.
- [36] HUANG Y R ,HSIEH H S ,LIN S Y ,et al. Application of electrolyzed oxidizing water on the reduction of bacterial contamination for seafood[J]. *Food Control* 2006 17: 987-993.
- [37] RAHMAN S M E ,DING T ,OH D H. Effectiveness of low concentration electrolyzed water to inactivate foodborne pathogens under different environmental conditions [J]. *Int J Food Microbiol* 2010 139: 147-153.
- [38] QUAN Y ,CHOI K D ,CHUNG D ,et al. Evaluation of bactericidal activity of weakly acidic electrolyzed water (WAEW) against *Vibrio vulnificus* and *Vibrio parahaemolyticus* [J]. *Int J Food Microbiol* 2010 136: 255-260.
- [39] FAN W ,CHI Y ,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: 148-153.
- [40] SI W ,GONG J ,TSAO R ,et al. Bioassay-guided purification and identification of antimicrobial components in Chinese green tea extract[J]. *J Chromatogra A* 2006 1125(2) : 204-210.
- [41] CHAIYAKOSA S ,CHARERNJIRATRAGUL W ,UMSAKUL K ,et al. Comparing the efficiency of chitosan with chlorine for reducing *Vibrio parahaemolyticus* in shrimp [J]. *Food Control* ,2007 ,18: 1031-1035.
- [42] JEON Y J ,PARK P J ,KIM S K. Antimicrobial effect of chitooligosaccharides produced by bioreactor [J]. *Carbohydr Polym* 2001 44: 71-76.
- [43] 李茜 ,张懿瑾 ,华汝泉 ,等. 23种中草药及复方对鲫肠道3种细菌的体外抑菌试验[J]. *淡水渔业* 2007 37(4) : 7-11.
- [44] 童国忠 ,石亚素 ,马剑茵 ,等. 中草药对海水养殖黄鱼病原弧菌抑菌效果研究[J]. *水产科学* 2007 26(8) : 436-438.
- [45] 张霞 ,艾启俊 ,孙宝忠 ,等. 中草药提取物对沙门氏菌的抑菌效果研究[J]. *食品工业科技* 2010(1) : 88-89.