

水产品辐射保鲜技术研究进展

冯叙桥^{1,2}, 徐方旭¹, 刘诗扬³, 苏阳¹, 王月华¹

(1. 沈阳农业大学 食品学院, 辽宁 沈阳 110866; 2. 渤海大学 化学化工与食品安全学院, 辽宁 锦州 121013; 3. 沈阳药科大学 后勤管理处, 辽宁 沈阳 110016)

摘要:鲜度是水产品重要的品质指标,是决定其价格的主要因素。辐射保鲜技术作为一种新兴的食品保藏技术,其原理是利用电离辐射辐照各种水产品进行杀虫、灭菌和抑制某些生理活动来延长水产品的贮存期。作者对水产品辐射保鲜技术的特点、辐射剂量对水产品品质的影响以及辐射保鲜技术的安全性问题进行了综述,对水产品辐射保鲜技术的发展前景提供了新的思路,并进行了展望。

关键词:水产品;辐射;保鲜;研究进展

中图分类号:TS 201.6 **文献标志码:**A **文章编号:**1673—1689(2013)02—0113—06

Research Progress on Radiation Preservation Technology of Aquatic Products

FENG Xu-qiao^{1,2}, XU Fang-xu¹, LIU Shi-yang³, SU Yang¹, WANG Yue-hua¹

(1. College of Food Science, Shenyang Agriculture University, Shenyang, 110866, China; 2. College of Chemistry, Chemical Engineering and Food Safety, Bohai University, Jinzhou 121013, China; 3. Logistic Manage Office, Shenyang Pharmaceutical University, Shenyang, 110016, China)

Abstract: Freshness is an important quality indicator of aquatic products and a main factor to determine its price. As an emerging food preservation technology, radiation preservation technology is the use of ionizing radiation to irradiate various aquatic products for controlling insects, bacteria and physiological activities to extend the storage and shelf life of aquatic products. The characteristics of, the dose effect on the aquatic product quality of, and the security problems of radiation preservation technology have been summarized and its developmental prospect been forecasted to provide references for research directions on preservation of aquatic products.

Keywords: aquatic products, radiation, preservation, research progress

水产品是人类蛋白质的主要来源之一,它味道鲜美,营养丰富。目前,世界水产品的年产量已达到

7000 万 t 以上,而中国是全球最大的水产品生产和输出国^[1-3]。据中国农业部统计,2008 年中国水产品

收稿日期: 2012-10-27

作者简介: 冯叙桥(1961—),男,四川叙永人,农学博士,教授,博士研究生导师,主要从事农产品加工与贮藏工程方面的研究。

E-mail: feng_xq@hotmail.com

进出口总量达到 684.8 万 t, 联合国粮食及农业组织 (FAO) 预测, 2020 年中国水产品产量将达到 7 612 万 t^[4-6]。随着生活水平的不断提高, 水产品消费量的日益增加, 消费者对其鲜度的要求也愈来愈高。然而水产品易腐败变质, 在运输和保藏过程中容易变色、变味、甚至腐败变质, 往往造成巨大损失, 如果仅靠冷冻方法贮藏来解决这些问题, 就需要兴建大量冷库^[7]。水产品保鲜不仅是水产事业的一个组成部分, 还是生产、销售、消费过程中的重要环节, 因此也是当前倍受重视的社会生活问题, 是保证水产品贮藏期品质稳定, 实施远距离或反季节贸易的关键。2008 年, 联合国粮农组织 FAO 统计表明: 鲜活水产品商品的需求量以每年超过 10% 的速度在递增, 这不仅反映了现代国际海产品消费动向, 也反映了增加销售鲜活海产品是全球经济的一个新增增长点^[8-10]。

鉴于水产品品种、价格和供销体系等方面发生的巨大变化, 研究开发有效的水产品保鲜技术, 便成为国内外研究人员进行广泛研究的热点之一。辐射保鲜技术作为一种新兴的食品保藏技术, 在延长水产品货架期和保证水产品的卫生质量方面具有技术优势。作者就目前国内外利用辐射保鲜技术对水产品研究现状做一概述, 并对水产品辐射保鲜的发展前景进行了展望, 为促进食品卫生安全和水产品的贸易的技术发展提供参考。

1 水产品辐射保鲜技术特点

食品辐射保鲜技术是第二次世界大战后和平利用原子能的标志, 是继承传统的保鲜贮藏方法之后又一发展较快的新技术和方法。水产品辐射保鲜技术诞生于 20 世纪中叶, 1950 年, 美国科学家 Nickerson J T R 等, 首次以 Co^{60} 的 γ 射线对鲭鱼进行辐射保鲜, 开创了水产品辐射保鲜的研究和应用先河^[11-13]。目前, 已有 22 个国家批准了各类水产品的辐射, 包括淡水鱼、海水鱼、有壳的水产品、青蛙腿、干鱼粉及各类干制的水产品。美国、加拿大等国家已经完成实验室阶段的研究工作, 大多数国家着重于研究 γ 射线在水产品保鲜上的效果, 也有不少国家则侧重于研究辐射处理和冷冻处理相结合的方法, 以解决海上捕获的鲜鱼运往内地或陆上贮藏时的保鲜问题^[14-16]。研究表明, 与传统的水产品保鲜技术相比, 辐射保鲜技术具有以下三个特点。

1.1 投入少, 生产率高

辐射装置的一次性投入成本费用不仅比常用的冷库投资低, 而且建成后的运转费用也相对较低, 与传统的水产品保鲜加工技术相比, 辐射保鲜技术的耗能比传统保鲜技术消耗的能源要省十几倍甚至几十倍。据 1976 年国际原能机构报告显示, 水产品冷藏保存时, 每吨能耗为 90 kWh, 巴斯德消毒为 230 kWh, 而辐射巴斯消毒仅为 0.76 kWh。据估计, 每公斤辐射水产品仅增加成本 0.1~0.3 元, 而辐射后的水产品利用时间和季节差价每公斤可提价 3~5 元, 投入和产出比高达 100 倍以上^[17-18]。可见, 辐射保鲜技术具有投入成本低, 产品附加值高的特点。

1.2 射线穿透力强, 安全防护性好

微生物腐败是水产品产生腐败的重要原因之一。由于射线具有极强的穿透力, 因此能杀灭水产食品中的沙门氏菌、大肠杆菌、金黄色葡萄球菌、副溶血弧菌、志贺氏菌等肠道病原菌及其它寄生虫, 以避免水产品失去食用价值和商品价值^[19]。辐射保鲜处理对任何材料和形式包装的水产品均可起到延缓自身代谢、降低微生物数量和抑制微生物生长, 延长保鲜期的作用。因此, 可提高水产品的卫生质量。辐射处理一般在产品包装好后进行, 这样一旦辐射杀菌后, 样品可不再与外界环境发生接触而发生二次污染。罗继泉^[20]等人曾对烹制整形黄河鲤鱼用 Co^{60} 的 γ 射线 6~8 kGy 剂量照射, 发现微生物指标能达到国家食品卫生标准。

1.3 无残留, 能保持风味和品质

水产品的辐射处理不像其他化学试剂和添加剂那样会留下有害的残留物; 辐射保鲜技术属于冷加工, 因此不会破坏水产品的食品结构和营养成分, 易于保持水产品的色、香、味和外观品质^[21]; 也不存在每日摄入量的限制; 它也不像加热蒸煮方法那样破坏水产品的鲜味与营养成分。陈荣辉^[22]等人用电子束 10 kGy 剂量辐射熟鲜鱿鱼, 不产生辐射味, 在常温下可保鲜贮藏 60 d。而且, 在一些水产品中, 一定剂量的辐射处理可以改进水产品的质量, 提高水产品的食用品质, 例如: 有报道认为在某些对虾和扇贝中, 辐射产品的风味要好于非辐射产品^[23]。

综上所述, 辐射保鲜技术作为水产品保鲜的新工艺, 具有效果好, 安全卫生, 加工程序简便, 易于规模化生产, 可保持水产品的生鲜风味等特点, 具

有极大的经济效益和社会效益。应用辐射方法来保藏水产品比用冷冻或热加工方法更为方便和有效,因此也日益受到世界各国的重视。

2 辐射剂量对水产品品质的影响

水产品辐射保鲜过程必须选用合适的剂量,过高和过低都达不到满意的效果,国外在这方面曾做过大量的研究工作^[24]。例如:美国麻省理工学院使用 250 krad 辐射鳕鱼片,在 6~8 °C 保藏可延长至 7 d,在 0~5 °C 可使保藏期延长至 14 d;西雅图商业渔业研究所用 200 krad 辐射蟹肉并在 0.55 °C 下可保藏 35 d;麻萨诸塞州商业渔业局洛斯特研究所用 280 krad 和 450 krad 分别辐射新鲜的鳕鱼和蛤,可使冷冻保藏期延长三倍;加拿大渔业海洋部的渔业发展部门在 Halifax 进行的辐射试验表明,用 0.5 Mrad 辐射 A 级的鳕鱼、鲑鱼和扇贝,冰藏 14 d 后,只有鳕鱼片发现质量上有轻微的变化,而在 13 °C 保藏时,4 d 后大约有 20% 的鳕鱼片变成 B 级,未经辐射处理的鳕鱼片有 95% 的质量不合格。这些结果表明,未经冷冻的鱼,通过辐射可以保持它们的质量和减少鲜度损失;西德曾将淡水鱼真空包装进行辐射,其中鳕鱼经 5×10^4 rad 辐照后可贮藏 15~21 d,鲤鱼用 5×10^5 rad 辐照后可贮藏 35 d;苏联有人曾用 150×10^4 R 伦照射鲤鱼、鲶鱼和鲱鱼等,可达到完全灭菌的程度,然而却不能抑制其酶的活动;Chouliara^[25]等利用 γ 射线对真空包装冷藏的腌制金鲷鱼进行辐射,结果表明,高辐射量可以使产品的货架期延长将近 1 倍的时间。

我国的国家标准 GB-14891.7(1997)和行业标准 NY 1256(2006)等也对冷冻水产品辐照杀菌保鲜工艺进行了详细的规范^[26]。我国一些学者对辐照保鲜进行了相关探索,例如:丁增成^[27]等采用 γ 射线低剂量保温辐照工艺处理冷冻龙虾仁,结果表明,辐照对蛋白质无明显影响,且延长了保鲜期;刘超刚^[28]等试验证明,辐照剂量为 1~10 kGy 时,水产品的色泽、味道几乎没有变化,营养成分蛋白质、氨基酸、脂肪、维生素等没有明显损失;王克勤^[29]等采用 8~9 kGy 吸收剂量处理真空包装的鲜鱼片,室温下鲜鱼片至少可保存 2~3 个月,鲜度可达一级。Gidding 对于不同类别的水产品的辐射剂量总结出如下的建议,详见表 1。

表 1 不同类别水产品的辐射剂量

Table 1 Radiation dose of various aquatic products

水产品类别	辐射剂量/rad
新鲜鱼类和贝类	75~250 k
冷冻产品和脱水高蛋白质产品	0.25~1 M
消灭水产品上的昆虫和幼虫	< 0.10 M
长期贮藏而不进行冻结的水产加工品	3~4 M

可见,剂量的大小直接影响辐射作用的效果。剂量越大,对水产品的杀菌效果越好,但负作用也随之增大。为了保证水产品质量,因此应根据水产品种类及处理指标将辐射剂量限制在一个合适范围内,以达到最佳辐射效果。

3 辐射水产品的安全性评价

国内外对于水产品辐射保鲜技术的研究已达到一定的水平,但是人们对于辐照水产品的卫生安全性更为重视,同时这也是辐射保鲜技术能否使用和推广的关键问题。特别是近年来不断出现的有关食品安全隐患的报道,更是引起了人们的广泛关注,因此对于我国这样一个渔业大国来说,水产品保鲜的首要要求是安全、无害。我国辐照食品也受到政府主管部门的高度重视,食品辐照研究、开发和商业化工作在国际上已经处于领先地位。然而遗憾的是,目前仍有不少公众还对辐照水产品的安全性持有怀疑态度。

3.1 辐射安全问题

水产品经过辐射后,首先应考虑的是是否会引发或残留放射性。研究表明,目前所允许的辐射源,能量很低,不足以诱发放射性,所以在推荐剂量范围内处理水产品,辐射安全性有充分保障。有关专家介绍:“水产品在接受照射时,不直接与放射源接触,只接触由射线、射线或电子束带来的能量,因此不存在水产品带有放射性或残留问题。同时,对辐照水产品进行的辐射化学、毒理学、营养学研究也证明,辐照后的水产品不会产生放射性。”

3.2 毒性安全问题

经过大量研究还没有发现任何证据,表明水产品辐射处理时会产生毒性。1980 年 10 月,联合国粮农组织(FAO)、国际原子能机构(IAEA)与世界卫生组织(WHO)辐照食品专家委员会正式向全世界宣布,经平均剂量 10 kGy 以下辐照的任何食品都

不存在毒理学和营养学方面的任何问题,不存在任何危害,是卫生安全的,受试动物经 4~6 代的观察都没有发现致癌、致畸、生育和发育不良以及其他遗传变异现象^[30]。关于辐射水产品的动物试验情况,美国陆军后勤部的 Natick 实验室和印度巴巴原子能研究中心都发表过详细的研究报告。我国卫生部食品卫生监督检验所,预防医学中心卫生所,华西医科大学,四川核应用技术研究所、上海原子能研究所和成都军区医科所等 29 个单位共同承担的“辐射食品安全性毒理学评价”的项目已顺利完成,他们在国外大量动物试验均证明辐射食品未见危害的基础上,在三年时间里,进行了 8 次辐射食品的人体试食试验和两项动物试验,所得结果均未发现辐射食品对受试者产生相关的毒害作用^[31]。

3.3 微生物安全问题

需要考虑水产品经过辐射处理后是否会引起微生物突变,由此而产生更具毒性的病原菌;辐射在减少各种腐败菌数量的同时,是否会促使那些难以检测的病原菌增殖。由于没有充分证据,FDA 并不认为辐射会诱发微生物突变。Farkas 在 1989 年研究认为,辐射很有可能会减小各种病原菌的毒性。不过 FDA 一直需要证据,即在实际情况中辐射能抑制难以检测的肉毒杆菌繁殖的毒素生成,以此证明对于微生物而言,辐射处理反而是有利的。世界卫生组织、联合国粮农组织和国际原子能机构共同认定并批准,以 $10 \times 10^4 \sim 20 \times 10^4$ Gy 辐射剂量来处理鱼类,可以减少微生物,延长鲜鱼在 3°C 以下的保鲜期的同时,对人体不会造成伤害^[32-33]。

在我国,最需要解决的问题就是要让消费者科学认识“辐照技术”,从而消除顾虑。同时,商家也要进行产品标识,这不仅有助于推广现代食品加工技术,从法律法规的层面上来说,也是必须予以明示的。目前,国家相关部门正在对商家的不标注行为进行管理,但这只是辐照食品市场监管的一个方面。为了保证国家食品安全和本国公众的身体健

康,国际上已有 50 多个国家批准了对 240 多种食品进行辐照处理,并且制定了相关法规。在国际农产品贸易中,进口国往往要求辐照后的食品必须明确告知并贴上标签。于是国内商家便只将出口产品送检,其他产品则不送检。专家认为,对此国家必须建立强制机制,加强食品辐照处理的鉴定检验工作,以使食品辐照健康有序地发展。

4 展望

综上所述,我们可以看到,通过几十年的大量实验和研究表明,辐射保鲜技术可以有效地应用于水产品的保藏,并越来越受到世界各国的重视,取得了令人瞩目的成就,在国内外有着广阔的发展前景。虽然辐射方法不是万能的,但采用适当的照射剂量和照射条件,可以延长水产品的保鲜期,减少它们的细菌性腐败,这是肯定的。大多数学者对辐照技术在水产品上的应用前途持乐观的态度,某些水产品应用辐照处理所涉及到的质量问题,仍需进一步的研究。

我国在水产品辐照源、辐照批准的条件、辐照设施的管理、辐照卫生学鉴定、检疫和评估等方面的规定与国际相关原则相比较还存在很大差距。因此,我国目前主要的工作重点是建立一种基于 HACCP 原理的水产品辐照相关认证制度体系;尽快发布实施辐照水产品的卫生标准和工艺标准;加强辐照水产品的管理;加强辐照水产品的鉴定检验方法的研制工作;加强国际国内的相关交流与合作;加强辐照水产品的宣传,并通过各种渠道让消费者和企业了解辐照水产品的优点,提高辐照水产品的接受性,改变消费者对辐照水产品的认识,开展能够促进辐照水产品市场化方面的研究,从而促使辐照水产品的市场规范化,多视角全方位深入广泛地开展研究工作。可以预料,水产品辐射保鲜技术必将向着更为广阔的空间发展和迈进。

参考文献:

- [1] 马继安,姜惠英. 鱼类和水产品保鲜保活技术的进展[J]. 现代渔业信息,2000,15(9):12-14.
MA Ji-an,JIANG Hui-ying. On the progress of techniques of freshness keeping and live keeping of fish and aquatic products[J]. *Modern Fisheries Information*,2000,15(9):12-14.(in Chinese)
- [2] 王娜,陶妍. 水产品三种致病菌多重 PCR 检测方法的建立[J]. 食品与生物技术学报,2009,28(3):397-398.
WANG Na,TAO Yan. Establishment of a multiplex PCR for detection of three types of pathogen in aquatic foods [J]. *Journal of*

- Food Science and Biotechnolog**, 2009, 28(3):397-398. (in Chinese)
- [3] 高玮,潘迎捷,赵勇,等. 上海市水产品中副溶血性弧菌的分离、鉴定及毒力基因和血清型分布[J]. 食品与生物技术学报, 2011, 30(2):278-280.
- GAO Wei, PAN Ying-jie, ZHAO Jong, et al. Isolation, identification, serotype and virulence of *Vibrio parahaemolyticus* isolated from the aquatic products in Shanghai markets [J]. **Journal of Food Science and Biotechnology**, 2011, 30 (2):278-280. (in Chinese)
- [4] 张进杰,顾伟钢,闫永芳,等. HPLC 示差折光法测定水产品中还原糖、磷酸化单糖和蔗糖[J]. 食品与生物技术学报, 2011, 30(4):576-578.
- ZHANG Jin-wei, GU Wei-gang, YAN Yong-fang, et al. Determination of reducing sugars, phosphorylated sugars and sucrose in fish products by HPLC-RI[J]. **Journal of Food Science and Biotechnology**, 2011, 30(4):576-578. (in Chinese)
- [5] 马海霞,李来好,杨贤庆,等. 水产品微冻保鲜技术的研究进展[J]. 食品工业科技, 2009, 30(4):340-344.
- MA Hai-xia, LI Lai-hao, YANG Xian-qing, et al. Research progress of superchilling storage technique for aquatic product[J]. **Science and Technology of Food Industry**, 2009, 30(4):340-342. (in Chinese)
- [6] 李旭照,范家霖,刘伟,等. 河南省农产品辐照加工产业发展分析[J]. 河南科学, 2011, 29(12):1471-1472.
- LI Xu-zhao, FAN Jia-lin, LIU Wei, et al. Analysis on industrial development of irradiated agricultural products of Henan province[J]. **Henan Science**, 2011, 29(12):1471-1472. (in Chinese)
- [7] 蓝蔚青,谢晶. 生物保鲜剂对水产品保鲜效果影响的研究进展[J]. 山西农业科学, 2009, 37(6):75-78.
- LAN Wei-qing, XIE Jing. Study progress on the effect of aquatic products preservation with several bio-preservatives[J]. **Journal of Shanxi Agricultural Sciences**, 2009, 37(6):75-78. (in Chinese)
- [8] 张懋,肖功年. 国内外水产品保鲜和保活技术研究进展[J]. 食品与生物技术, 2002, 21(1):104-107.
- ZHANG Min, XIAO Gong-ning. Development of the preservation and keeping-alive of aquatic products in the world[J]. **Journal of Food Science and Biotechnology**, 2002, 21(1):104-106. (in Chinese)
- [9] 王杏珠. 日本水产品保鲜技术的现状及研究概况[J]. 现代渔业信息, 1997, 12(8):16.
- WANG Xing-zhu. Status and research outline of aquatic products preservation in Japan [J]. **Modern Fisheries Information**, 1997, 12(8):16. (in Chinese)
- [10] 李翔,王卫,刘达玉. 论食品辐射保藏原理及辐射场[J]. 农产品加工, 2009, (2):55.
- LI Xiang, WANG Wei, LIU Da-yu. Discuss of food irradiation preservation principle and radiation field [J]. **Agricultural Products Processing**, 2009, (2):55. (in Chinese)
- [11] 王国海. 辐射(辐照)在食品储藏中的应用与进展[J]. 职业与健康, 2002, 18(9):52-53.
- WANG Guo-hai. Application and progress of irradiation in food storage [J]. **Occupation and Health**, 2002, 18 (9):52-53. (in Chinese)
- [12] Smith P, Hiney M P, Samuelson O B. Bacterial resistance to antimicrobial agents used in fish farming: a critical evaluation of method and meaning[J]. **Annual Review of Fish Disease**, 1994(4):273-313.
- [13] Mejlholm O, Dalgaard P. Antimicrobial effect to essential oils on the seafood spoilage micro-organism *Photobacterium phosphoreum* in liquid media and fish products[J]. **Letters in Applied Microbiology**, 2002(34):27-31.
- [14] Ahmed M, Bimbao M A P. Economic considerations in introducing integrated agriculture-aquaculture technology [J]. **FAO Fisheries Technical Paper**, 2001, 407:9-12.
- [15] Simpson B K, Gagne N, Ashie I N A, et al. Utilization of chitosan for preservation for raw shrimp (*Pandalus borealis*)[J]. **Food Biotechnology**, 1997, 11(1):25-44.
- [16] Kim K, Kim M, Kim H, et al. Inactivation of contaminated fungi and antioxidant effects of peach (*Prunus persica* L. Batsch cv. *Dangeumdo*) by 0.5~2 kGy gamma irradiation[J]. **Radiation Physics and Chemistry**, 2010, 79(4):495-501.
- [17] Zhu L Q, Zhou J, Zhu S. Effect of a combination of nitric oxide treatment and intermittent warming on prevention of chilling injury of 'Feicheng' peach fruit during storage[J]. **Food Chemistry**, 2010, 12(1):165-170.
- [18] Manganaris G A, Vasilakakis M, Mignani I, et al. The effect of preharvest calcium sprays on quality attributes, physicochemical aspects of cell wall components and susceptibility to brown rot of peach fruits (*Prunus persica* L. cv. *Andross*) [J]. **Scientia Horticulturae**, 2005, 107:43-50.

- [19] 施培新. 食品辐照加工原理与技术[M]. 北京:中国农业科学技术出版社,2007.
- [20] 罗继泉,顾崇德,刘伟,等. 烹制整形黄河鲤鱼辐射保鲜工艺研究[J]. 辐射研究与辐射工艺学报,1994,12(4):243-247.
LUO Ji-quan, GU Cong-de, LIU Wei, et al. Study on preservation of intact cooked huanghe carp by irradiation [J]. **Journal of Radiation Research and Radiation Processing**, 1994, 12(4):243-247. (in Chinese)
- [21] 林朝朋,许晓春,钟瑞敏,等. 水产品中微量甲醛的色差法快速检测[J]. 食品与生物技术学报,2009,28(6):795-796.
LIN Chao-peng, XU Xiao-chun, ZHONG Rui-ming, et al. Rapid determination of trace amounts of formaldehyde based on chromatic aberration in aquatic product logistics [J]. **Journal of Food Science and Biotechnology**, 2009, 28 (6):795-796. (in Chinese)
- [22] 陈荣辉,施惠栋,邵丽春,等. 熟鲜鱿鱼电子束辐照保鲜试验[J]. 商品储运与养护,2002(5):43-44.
CHEN Rong-hui, SHI Hui-dong, SHAO Li-chun, et al. Preservation test of electron beam irradiation of cooked fresh squid[J]. **Storage, Transportation and Preservation of Commodities**, 2002(5):43-44. (in Chinese)
- [23] Hobbs G. Fish: microbiological spoilage and safety[J]. **Food Science and Technology Today**, 1991, 5(3):166-173.
- [24] Zahra Z. High pressure processing of fresh tuna fish and its effects on shelf life[D]. Montreal: McGill University, 2004:59-61.
- [25] Chouliara I, Savvaidis I N, Panagiotakis N, et al. Preservation of salted, vacuum-packaged, refrigerated sea bream (*Sparus aurata*) fillets by irradiation: microbiological, chemical and sensory attributes[J]. **Food Microbiology**, 2004, 21(3):351-359.
- [26] 王玮,沈建,丁建乐. 水产品保鲜技术研究进展[J]. 现代农业科技,2009(24):322-324.
WANG Wei, SHEN Jian, DING Jian-le. Research progress on preservation technology of aquatic products [J]. **Modern Agricultural Science and Technology**, 2009(24):322-324. (in Chinese)
- [27] 丁增成,徐宏青,唐菲,等. 冷冻龙虾仁辐照灭菌保鲜工艺技术研究[J]. 安徽农业科学,2005,33(11):2089-2090.
DING Zeng-cheng, XU Hong-qing, TANG Fei, et al. Process study on sterilization and preservation of frozen crawfish by irradiation[J]. **Journal of Anhui Agri Sci**, 2005, 33(11):2089-2090. (in Chinese)
- [28] 刘超刚. 辐照加工处理水产品概述[J]. 浙江农业科学,2006(6):708-709.
LIU Chao-gang. Status of Irradiation processing of aquatic products [J]. **Journal of Zhejiang Agri Sci**, 2006 (6):708-709. (in Chinese)
- [29] 王克勤,陈如燕,蓝俊明,等. 鲜鱼片的辐射保鲜研究[J]. 湖南农业科学,1993(5):40-41.
WANG Ke-qing, CHEN Ru-yan, LAN Jun-ming, et al. Research on radiation preservation of fresh fish slice [J]. **Journal of Hunan Agri Sci**, 1993(5):40-41. (in Chinese)
- [30] 王爱华,于勇,黄冲平,等. 食品辐照保鲜的研究进展[J]. 粮油加工与食品机械,2003(10):78-81.
WANG Ai-hua, YU Yong, HUANG Chong-ping, et al. Research progress on food irradiation preservation [J]. **Machinery for Cereals Oil and Food Processing**, 2003(10):78-81. (in Chinese)
- [31] 施培新,李承华. 农产品、食品的辐照质量和辐照工艺. 中国食品辐照进展[M]. 北京:中国原子能出版社,1998.
- [32] 孙中发. 我国辐照食品的现状及有关政策. 中国食品辐照进展[M]. 北京:中国原子能出版社,1998.
- [33] 祝疆. 食品辐照国际现状及我国对策. 中国食品辐照进展[M]. 北京:中国原子能出版社,1998.