

# 适宜电子束辐照延长醉泥螺货架期及蛋白质保持

杨文鸽, 茅宇虹, 徐大伦, 楼乔明, 李超

(宁波大学海洋学院, 宁波 315211)

**摘要:** 为探明电子束辐照对醉泥螺的杀菌效果及辐照后醉泥螺感官品质与蛋白质营养价值的变化, 为生食醉泥螺的辐照保鲜应用提供理论依据, 以生食醉泥螺为研究材料, 研究不同剂量电子束辐照对醉泥螺菌落总数、感官评分、蛋白质含量及其氨基酸组成的影响, 并分析辐照后醉泥螺在冷藏和常温贮藏条件下的货架期变化。结果表明: 1) 经 1~9 kGy 剂量电子束辐照, 醉泥螺的色泽和形态几乎没有变化, 但 7、9 kGy 剂量组醉泥螺产生异味; 2) 辐照剂量越高, 杀菌效果越好, 当醉泥螺的初始菌落总数为 1200 cfu/g 时, 菌落总数降至初始值 10% 所需的辐照剂量  $D_{10}$  为 3.46 kGy; 3) 3 和 5 kGy 剂量的辐照对醉泥螺的抑菌效果明显, 无论是冷藏还是常温贮藏, 360 d 内菌落总数均未超过 5 000 cfu/g; 4) 辐照对醉泥螺蛋白质含量无明显影响 ( $P>0.05$ ), 不改变醉泥螺的限制性氨基酸种类, 但经 1、3、5 kGy 辐照后, 氨基酸总量、必需氨基酸总量及各必需氨基酸的氨基酸评分增加; 5) 结合电子束辐照对醉泥螺菌落总数及感官评分的影响, 辐照剂量以 3 kGy 为宜, 醉泥螺保质期冷藏条件下由对照组的 5 个月延长至 12 个月, 常温条件下由对照组的不到 1 个月延长到 3 个月。该结果能为电子束辐照保鲜醉泥螺提供依据。  
**关键词:** 电子束, 辐照, 杀菌, 醉泥螺, 菌落总数, 货架期, 氨基酸

doi: 10.3969/j.issn.1002-6819.2013.13.032

中图分类号: S983.01

文献标志码: A

文章编号: 1002-6819(2013)-13-0255-08

杨文鸽, 茅宇虹, 徐大伦, 等. 适宜电子束辐照延长醉泥螺货架期及蛋白质保持[J]. 农业工程学报, 2013, 29(13): 255—262.

Yang Wenge, Mao Yuhong, Xu Dalun, et al. Extending shelf life and keeping protein nutritional value of drunk *Bullacta exarata* by suitable electron beam irradiation[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2013, 29(13): 255—262. (in Chinese with English abstract)

## 0 引言

泥螺 *Bullacta exarata* 是一种分布于中国沿海潮间带的小型经济贝类, 沿海地区往往通过盐酒浸渍、调味、包装等制成醉泥螺而生食, 具有嫩糯香脆、味道鲜美的独特风味, 是久负盛名的浙江沿海地方特产。GB10136-2005 规定腌制生食水产品的菌落总数不得超过 5 000 cfu/g<sup>[1]</sup>, 传统醉泥螺生产往往通过加大量盐和酒控制其微生物数量以延长保质期, 导致产品盐分过高而影响醉泥螺风味及消费者对低盐食品的追求; 但若降低醉泥螺用盐量, 菌落总数易在短期内超标, 而采用高温杀菌, 蛋白质则易凝固收缩而失脆, 同时又丧失醉泥螺生食特点。因此如何不破坏醉泥螺原有风味, 又能彻底杀灭其中的微生物, 延长保质期尤其是常温保质期, 提高食用安全性一直是生食贝类加工中的重要课题。

采用非热杀菌技术如辐照、超高压等技术在生食贝类保鲜中的应用引起了人们的兴趣<sup>[2]</sup>。如 Song 等<sup>[3]</sup>认为  $\gamma$ -射线和电子束辐照对盐腌、调味、发酵牡蛎产品的感官影响不明显, 但对其中的李斯特氏菌、金黄色葡萄球菌、弧菌等杀菌效果明显; Thupila 等<sup>[4]</sup>利用低剂量电子束辐照牡蛎, 杀灭其中的沙门氏菌、弧菌等; 刘青梅<sup>[5]</sup>采用  $Co^{60}$ - $\gamma$ 射线有效降低醉泥螺中的微生物, 提高了保质期; 陈小娥等<sup>[6]</sup>利用超高压对腌制的生食泥螺进行杀菌, 发现压力 300 MPa、10 min、20℃时杀菌效果最好; 李超等<sup>[7]</sup>以菌落总数和感官评分为指标, 表明新鲜泥蚶经 3~5 kGy 电子束处理后, 货架期由 5 d 延长至 15~19 d; 章海文等<sup>[8]</sup>用 0~10 kGy 的  $Co^{60}$ - $\gamma$ 射线处理密封包装去壳牡蛎, 得出随辐照剂量增加, 保质时间相应延长, 5 kGy 是牡蛎保质加工的推荐剂量。

食品辐照技术具有不使食品升温、灭菌彻底、无残留、不影响食品内在品质、安全性高等特性, 已广泛应用于食品保鲜<sup>[9-10]</sup>。相比于传统的食品辐照源  $^{60}Co$ - $\gamma$  射线, 电子束的产生仅依靠电能作为能源, 不需要借助任何放射性元素, 无核恐怖概念<sup>[11]</sup>, 所以随着钴源售价的飞涨、废源处理费用的上升, 电子加速器辐照具明显的经济和环保优势, 在食品保鲜

收稿日期: 2013-04-12 修订日期: 2013-06-10

基金项目: 国家自然科学基金项目 (30972283), 浙江省科技厅计划项目 (2009C33057), 海洋公益性行业科研专项 (201305013)

作者简介: 杨文鸽 (1966—), 女, 教授, 博士, 博士生导师, 主要从事水产品保鲜加工与高值化利用研究。宁波 宁波大学海洋学院, 315211。Email: yangwenge@nbu.edu.cn

中的应用迅猛发展<sup>[12-13]</sup>。除生食泥蚶、牡蛎外<sup>[3-4,7]</sup>，目前有关电子束冷杀菌技术在其他生食贝类中的研究尚未报道。本文以醉泥螺为原料，不同剂量电子束处理，分析辐照对泥螺菌落总数、感官评分、蛋白质氨基酸组成的影响，结合辐照后醉泥螺冷藏和常温贮藏下菌落总数和感官质量的变化，确定合适的剂量，为电子束保鲜醉泥螺、延长醉泥螺常温保质期提供依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 原料及处理

醉泥螺：配料包括黄泥螺、黄酒、食盐、白糖和味精，由宁波市某海产食品有限公司提供，泥螺与汤汁的质量比为 5:4，其中食盐质量分数为 5.15%±0.15%，黄酒添加量为泥螺质量的 5%，聚乙烯袋（厚度 60 μm）普通包装，每袋 100 g。将包装后样品随机分组，采用 NBL-1010 型电子直线加速器（能量 10 MeV）进行电子束辐照，剂量率 1 kGy/s，剂量分别为 0、1、3、5、7、9 kGy。采用 FWT-60 薄膜剂量计，通过分光光度法标定吸收剂量，该剂量计经中国计量科学院比对，剂量测量误差<±3%。每组剂量设 3 个平行样。辐照时醉泥螺单包排列，不重叠，以保证辐照均匀。辐照后各剂量组样品分成两组，分别置于冰箱冷藏(4℃)与常温(23℃±2℃)保

存，备用。

### 1.2 主要仪器与试剂

NBL-1010 电子直线加速器，宁波超能科技股份有限公司；FWT-60 薄膜剂量计，美国远西公司；SHP-2509

生化培养箱，上海精宏实验设备有限公司；BP211D 电子天平，德国赛多利斯股份公司；CT-ZJ-A 自动控制压力蒸气灭菌器，天津超拓公司；超净工作台，上海精宏实验设备有限公司；XHF-1 内切式匀浆机，宁波新芝生物科技股份有限公司；Biofuge Stratos 台式高速冷冻离心机，德国 Thermo Scientific SORVALL 公司；835-50 氨基酸自动分析仪，日本日立公司。

### 1.3 试验方法

1) 菌落总数测定：参照 GB 4789.2-2010<sup>[14]</sup>。

2) 感官评定：参考 GB10136-2005 及相关文献醉泥螺评分体系<sup>[2,15]</sup>，以醉泥螺的气味、口味、色泽和形态作为指标进行感官评定，评定人员为 8 名，具体评分标准见表 1。参考文献[15]，同时考虑到辐照易使食品产生异味，将各指标权重设置为：气味、口味、色泽和形态为 0.3、0.3、0.2 和 0.2，每一指标的平均值乘以其权重即为该指标分值。以醉泥螺 4 个指标得分的总和的平均值为感官评分，3 分为感官拒绝点。

表 1 醉泥螺感官评定标准

Table 1 Sensory evaluation standard of drunk *Bullacta exarata*

描述 Describe	好 Excellent(5 分)	较好 Good (4 分)	一般 General(3 分)	较差 Bad (2 分)	差 Worse(1 分)
气味 Odour	固有气味浓郁	固有气味较浓郁	固有气味较淡，略带异味	固有气味清淡，异味较浓	固有气味消失，异味浓郁
口味 Taste	鲜味浓郁，质脆柔嫩，无异味	鲜味较浓郁，质脆柔嫩，无异味	鲜味较淡，肉质脆嫩度一般，略带异味	鲜味清淡，肉质脆嫩度较差，异味较浓	鲜味消失，肉质发糜，异味浓郁
色泽 Colour	体腹呈淡黄或浅灰色，表面有光泽，汤汁澄清	体腹呈淡黄或浅灰色，表面较有光泽，汤汁较澄清	体腹呈淡黄或浅灰色，表面略带光泽，汤汁稍有沉淀	体腹颜色偏褐或灰色，表面无光泽，汤汁较浑浊	体腹颜色发黑，表面无光泽，汤汁浑浊
形态 Shape	组织饱满，壳肉相连	组织较为饱满，壳肉相连	组织饱满度一般，壳肉较易脱落	组织饱满度较差，壳肉易脱落	组织饱满度差，壳肉分离

3) 蛋白质含量及其氨基酸组成分析：辐照当天取泥螺可食部位，对其蛋白质含量、氨基酸组成进行测定，并计算其氨基酸评分(AAS)。其中蛋白质含量按 GB 5009.5-2010<sup>[16]</sup>中的凯氏定氮法测定，氨基酸组成测定参照 GB/T5009.124-2003<sup>[17]</sup>。蛋白质营养价值的评价采用 1973 年 FAO/WHO 推荐的蛋白质模式<sup>[18]</sup>，计算氨基酸评分(AAS)。

$$AAS = \frac{\text{样品蛋白质氨基酸质量分数(mg/g)}}{\text{FAO/WHO评分标准模式氨基酸质量分数(mg/g)}} \times 100\%$$

### 1.4 统计分析

本试验每个处理设 3~5 个重复，数据用平均值±标准差表示，并采用 SPSS 11.5 和 SAS 9.1.3 进行

统计分析。 $P < 0.05$  差异显著， $P > 0.05$  差异不显著。

## 2 结果与分析

### 2.1 电子束辐照对醉泥螺菌落总数的影响及其 $D_{10}$ 值的确定

对辐照当天的醉泥螺进行菌落总数测定，0、1、3、5、7、9 kGy 剂量处理后分别为 1200、370、250、80、30、10 cfu/g，剂量与菌落总数对数值之间的关系如图 1 所示。

$D_{10}$  值是指被辐照样品种菌落总数降至初始值 10% 所需的辐照剂量， $D_{10}$  值的大小反映了微生物的辐射敏感性，杀菌剂量的大小一般取决于  $D_{10}$  值<sup>[19]</sup>。根据  $\log(N/N_0) = -KD$ （式中  $N_0$  为辐照前的初始菌

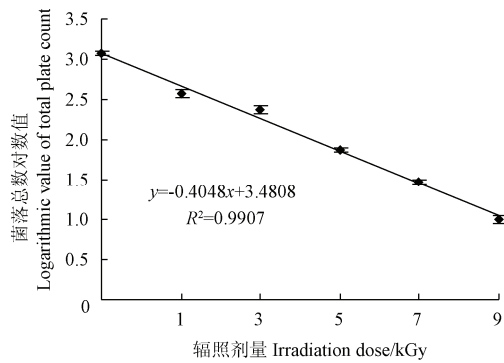


图 1 电子束辐照剂量对醉泥螺菌落总数的影响  
Fig. 1 Effect of E-beam irradiation dose on total plate count of drunk *Bullacta exarata*

数,  $N$  为辐照剂量  $D$  后的存活细菌数), 菌落总数的数据作  $\log N-D$  线性回归拟合 (见图 1), 得到醉泥螺的菌落总数回归方程:  $y = -0.4048x + 3.4808$  ( $R^2 = 0.9907$ ), 说明两者之间存在显著负相关, 醉泥螺菌落总数随电子束剂量的增加有规律地下降。由回归方程推算得  $D_{10} = 3.46$  kGy, 即初始菌落总数为

1 200 cfu/g 的醉泥螺, 经 3.46 kGy 剂量处理后菌落总数减少 90%。醉泥螺的  $D_{10}$  值与新鲜泥蚶<sup>[7]</sup> ( $D_{10} = 3.12$  kGy)、即食鱿鱼丝<sup>[20]</sup> ( $D_{10} = 3.62$  kGy) 相近, 但高于美国红鱼肉 ( $D_{10} = 1.61$  kGy)<sup>[21]</sup>,  $D_{10}$  的差异主要由原料基质及其污染的微生物菌群不同引起。

### 2.2 电子束辐照对醉泥螺感官质量的影响

对辐照当天的醉泥螺进行感官评价, 结果见表 2。可以看出, 经过 1~9 kGy 剂量电子束辐照, 醉泥螺的色泽和形态几乎没有变化, 在 5 kGy 剂量下, 醉泥螺有些许异味, 但总体上对感官品质影响不大, 完全可接受; 7 kGy 剂量组醉泥螺有异味, 但放置 3 d 后异味基本消失, 可以接受; 9 kGy 剂量辐照后, 醉泥螺产生较明显的“类蘑菇”异味即辐射味, 可能与辐照引起的挥发性物质有关, 同时对味感产生影响。

鉴于辐照剂量对醉泥螺感官品质的影响, 以下杀菌效果及贮藏期试验分别采用 0、1、3、5 kGy 剂量组。

表 2 电子束辐照对醉泥螺感官评分的影响

Table 2 Effect of E-beam irradiation on sensory score of drunk *Bullacta exarata*

辐照剂量 Irradiation dose /kGy	感官指标 Sensory index				
	气味 Odour	口味 Taste	色泽 Colour	形态 Shape	总评分 Total score
0	5.00±0 <sup>a</sup>	5.00±0 <sup>a</sup>	5.00±0 <sup>a</sup>	5.00±0 <sup>a</sup>	5.00±0 <sup>a</sup>
1	5.00±0 <sup>a</sup>	5.00±0 <sup>a</sup>	5.00±0 <sup>a</sup>	5.00±0 <sup>a</sup>	5.00±0 <sup>a</sup>
3	4.81±0.09 <sup>a</sup>	5.00±0 <sup>a</sup>	5.00±0 <sup>a</sup>	5.00±0 <sup>a</sup>	4.94±0.07 <sup>a</sup>
5	4.62±0.01 <sup>a</sup>	4.85±0.12 <sup>a</sup>	5.00±0 <sup>a</sup>	5.00±0 <sup>a</sup>	4.82±0.39 <sup>a</sup>
7	4.03±0.06 <sup>b</sup>	4.53±0.14 <sup>b</sup>	5.00±0 <sup>a</sup>	5.00±0 <sup>a</sup>	4.55±0.06 <sup>b</sup>
9	2.90±0.05 <sup>c</sup>	4.09±0.23 <sup>c</sup>	5.00±0 <sup>a</sup>	5.00±0 <sup>a</sup>	4.07±0.09 <sup>c</sup>

注: 每列上标字母相异者表示差异显著( $p < 0.05$ ), 字母相同者表示差异不显著( $p > 0.05$ ), 表 3、表 4 同。  
Note: different superscript letter of each column indicated significant differences( $p < 0.05$ ), same superscript letter indicated no significant differences( $p > 0.05$ ), the same as table 3 and 4.

### 2.3 贮藏期间各剂量组醉泥螺菌落总数的变化

别冷藏和常温贮藏, 定期抽样检测其菌落总数, 结果见表 3。

表 3 冷藏和常温贮藏期醉泥螺的菌落总数

Table 3 Total plate count of drunk *Bullacta exarata* during cold storage(c.s) and room temperature storage(r.t.s)  $\times 10^3$  cfu/g

储藏时间 Storage time/d	辐照剂量 Irradiation dose / kGy							
	0		1		3		5	
	冷藏 c.s	常温贮藏 r.t.s	冷藏 c.s	常温贮藏 r.t.s	冷藏 c.s	常温贮藏 r.t.s	冷藏 c.s	常温贮藏 r.t.s
0	1.20±0.04 <sup>a</sup>	1.20±0.04 <sup>a</sup>	0.37±0.01 <sup>a</sup>	0.37±0.01 <sup>a</sup>	0.25±0.01 <sup>a</sup>	0.25±0.01 <sup>a</sup>	0.08±0 <sup>a</sup>	0.08±0 <sup>a</sup>
15	1.30±0.01 <sup>a</sup>	2.90±0.13 <sup>b</sup>	0.40±0.02 <sup>a</sup>	0.76±0.03 <sup>a</sup>	0.26±0.02 <sup>a</sup>	0.28±0.02 <sup>a</sup>	0.09±0 <sup>a</sup>	0.14±0.02 <sup>a</sup>
30	1.92±0.02 <sup>b</sup>	>5	0.44±0.02 <sup>a</sup>	2.80±0.20 <sup>b</sup>	0.41±0.03 <sup>a</sup>	0.45±0.02 <sup>a</sup>	0.10±0 <sup>a</sup>	0.18±0.02 <sup>a</sup>
60	2.33±0.01 <sup>c</sup>		0.51±0.03 <sup>b</sup>	>5	0.45±0.02 <sup>a</sup>	0.80±0.03 <sup>b</sup>	0.11±0.01 <sup>a</sup>	0.21±0.01 <sup>a</sup>
90	3.20±0.06 <sup>d</sup>		0.60±0.01 <sup>b</sup>		0.49±0.02 <sup>a</sup>	1.00±0.10 <sup>d</sup>	0.13±0.01 <sup>a</sup>	0.39±0.02 <sup>a</sup>
120	4.10±0.11 <sup>e</sup>		0.72±0.03 <sup>c</sup>		0.52±0.01 <sup>b</sup>	1.20±0.13 <sup>e</sup>	0.16±0.02 <sup>a</sup>	0.50±0.06 <sup>a</sup>
150	4.50±0.14 <sup>e</sup>		0.86±0.02 <sup>d</sup>		0.65±0.02 <sup>b</sup>		0.17±0.01 <sup>a</sup>	0.58±0.02 <sup>b</sup>
180	>5		0.99±0.01 <sup>d</sup>		0.81±0.04 <sup>b</sup>		0.21±0.01 <sup>a</sup>	0.69±0.03 <sup>b</sup>
210			1.40±0.11 <sup>e</sup>		0.90±0.04 <sup>c</sup>		0.52±0.11 <sup>b</sup>	0.79±0.01 <sup>b</sup>
240			2.70±0.23 <sup>f</sup>		0.96±0.02 <sup>c</sup>		0.74±0.14 <sup>b</sup>	1.00±0.11 <sup>b</sup>
270			>5		1.00±0.03 <sup>c</sup>		0.91±0.12 <sup>b</sup>	1.30±0.13 <sup>c</sup>
300					1.20±0.03 <sup>d</sup>		1.10±0.12 <sup>d</sup>	1.40±0.08 <sup>c</sup>
330					1.50±0.11 <sup>e</sup>		1.30±0.09 <sup>d</sup>	1.80±0.15 <sup>d</sup>
360					1.80±0.20 <sup>f</sup>		1.50±0.08 <sup>e</sup>	2.50±0.21 <sup>e</sup>

由表 3 可知, 醉泥螺经过 1、3、5 kGy 剂量辐照后, 辐照当天其体内菌落总数由 1 200 cfu/g 分别减少至 370、250 和 80 cfu/g, 5 kGy 组辐照灭菌率高达 93.75%。不同储藏温度下, 不同剂量处理后醉泥螺菌落总数的变化趋势相似, 与对照组相比, 经 1、3、5 kGy 剂量处理后醉泥螺菌落数上升较为缓慢; 冷藏条件下, 各剂量组醉泥螺菌落总数普遍少于同期常温储藏条件下的菌落总数。GB10136-2005《腌制生食动物性水产品卫生标准》规定, 腌制生食水产品的菌落总数 $\leq 5000$  cfu/g。由表 3 可见, 对照组醉泥螺在冷藏和常温下分别于第 180 天、第 30 天超出该上限值; 1 kGy 组分别在第 60 天(常温)、

第 270 天(冷藏)超过 5 000 cfu/g 上限值; 3 kGy 和 5 kGy 剂量的辐照对腌制泥螺的抑菌效果明显, 无论是冷藏还是常温贮藏, 360d 内菌落总数未超过 5 000 cfu/g 上限值。刘青梅<sup>[5]</sup>利用 4.0 kJ/kg, 8.0 kJ/kg 的  $\text{Co}^{60}$ - $\gamma$ 射线处理醉泥螺, 发现 4.0 kJ/kg 组醉泥螺在 3 个月内菌落总数变化不大, 8.0 kJ/kg 组醉泥螺在 6 个月内菌落总数变化不大。可见电子束辐照与  $\text{Co}^{60}$ - $\gamma$ 射线辐照均能有效杀灭醉泥螺中的微生物, 且剂量越高, 杀菌效果越好。

2.4 贮藏期间各剂量组醉泥螺感官总评分的变化  
在不同温度下贮藏, 0、1、3、5 kGy 剂量组醉泥螺感官总评分的变化见表 4。

表 4 冷藏和常温贮藏期醉泥螺的感官总评分

Table 4 Sensory evaluation of drunk *Bullacta exarata* cold storage(c.s) and room temperature storage(r.t.s)

储藏时间 Storage time/d	辐照剂量 Irradiation dose/kGy							
	0		1		3		5	
	冷藏 c.s	常温贮藏 r.t.s	冷藏 c.s	常温贮藏 r.t.s	冷藏 c.s	常温贮藏 r.t.s	冷藏 c.s	常温贮藏 r.t.s
0	5.00±0 <sup>a</sup>	5.00±0 <sup>a</sup>	5.00±0 <sup>a</sup>	5.00±0 <sup>a</sup>	4.94±0.04 <sup>a</sup>	4.94±0.06 <sup>a</sup>	4.82±0.39 <sup>a</sup>	4.82±0.39 <sup>a</sup>
15	5.00±0 <sup>a</sup>	4.51±0.07 <sup>b</sup>	5.00±0 <sup>a</sup>	4.80±0.07 <sup>a</sup>	4.90±0.07 <sup>a</sup>	4.90±0.05 <sup>a</sup>	4.72±0.12 <sup>a</sup>	4.70±0.15 <sup>a</sup>
30	4.92±0.01 <sup>a</sup>	3.61±0.07 <sup>c</sup>	5.00±0 <sup>a</sup>	4.40±0.09 <sup>b</sup>	4.85±0.06 <sup>a</sup>	4.34±0.04 <sup>b</sup>	4.68±0.07 <sup>a</sup>	4.23±0.07 <sup>b</sup>
60	4.74±0.01 <sup>a</sup>	3.22±0.07 <sup>c</sup>	4.92±0.07 <sup>a</sup>	3.90±0.10 <sup>c</sup>	4.83±0.05 <sup>a</sup>	4.06±0.06 <sup>b</sup>	4.63±0.09 <sup>a</sup>	4.04±0.11 <sup>b</sup>
90	4.51±0.02 <sup>b</sup>		4.73±0.02 <sup>b</sup>		4.83±0.04 <sup>a</sup>	3.26±0.10 <sup>c</sup>	4.57±0.05 <sup>a</sup>	3.36±0.09 <sup>c</sup>
120	4.42±0.03 <sup>b</sup>		4.64±0.04 <sup>b</sup>		4.62±0.01 <sup>b</sup>	2.87±0.07 <sup>d</sup>	4.55±0.11 <sup>a</sup>	2.92±0.04 <sup>d</sup>
150	4.05±0.08 <sup>c</sup>		4.53±0.01 <sup>b</sup>		4.41±0.02 <sup>b</sup>		4.34±0.06 <sup>b</sup>	
180	3.57±0.09 <sup>c</sup>		4.32±0.06 <sup>c</sup>		4.35±0.03 <sup>b</sup>		4.15±0.08 <sup>b</sup>	
210			3.91±0.03 <sup>c</sup>		4.33±0.05 <sup>b</sup>		4.12±0.02 <sup>b</sup>	
240			3.60±0.04 <sup>d</sup>		4.21±0.09 <sup>b</sup>		4.07±0.01 <sup>b</sup>	
270			3.27±0.01 <sup>d</sup>		4.02±0.06 <sup>c</sup>		4.06±0.01 <sup>b</sup>	
300					3.82±0.01 <sup>c</sup>		3.88±0.05 <sup>c</sup>	
330					3.67±0.02 <sup>c</sup>		3.66±0.02 <sup>c</sup>	
360					3.58±0.01 <sup>c</sup>		3.54±0.03 <sup>c</sup>	

在 1~5 kGy 剂量内, 电子束处理当天辐照对醉泥螺的感官质量无显著影响( $p>0.05$ ), 随着剂量增加感官分数略有降低, 但整体感官品质无特殊变化, 基本能保持醉泥螺的原有风味, 感官评分接近 5.0; 冷藏条件下醉泥螺感官质量的变化小于常温储藏, 表明冷藏在一定程度上有助于保持醉泥螺原有的风味。

当醉泥螺的初始微生物总数为  $1.20 \times 10^3$  cfu/g 时, 在冷藏第 180 天或常温第 30 天, 对照组醉泥螺的感官评分尽管均高于 3 分, 但此时其菌落总数均已超标, 其保质期分别低于 6 个月或 1 个月。经 1、3、5 kGy 处理后, 常温条件下醉泥螺的保质期分别为 1、3、3 个月; 冷藏条件下, 1 kGy 组醉泥螺的保质期可达到 8 个月, 3、5 kGy 组醉泥螺冷藏

12 个月后菌落总数未超标, 感官可以接受。考虑到 1 kGy 组醉泥螺的保质期不及 3、5 kGy 组, 而 3、5 kGy 组的醉泥螺保质期接近, 在同样的处理效果下尽可能选择低剂量电子束辐照以降低能耗, 确定醉泥螺合适的辐照剂量为 3 kGy, 保质期冷藏条件下由对照组的 5 个月延长至 12 个月, 常温条件下由对照组的不到 1 个月延长到 3 个月。

Johnson 等<sup>[22]</sup>利用 0、1、2、3 kGy 剂量辐照鸡肉汉堡, 发现辐照对汉堡的色、香、味有一定影响, 但对其质构没有产生影响; 刘青梅等<sup>[23]</sup>利用辐照控制蟹糊微生物, 认为辐照能有效杀灭蟹糊中的微生物, 且剂量越高, 杀菌效果越好, 采用 2、4、6、8 kGy 剂量辐照, 蟹糊的原始菌落数从  $2.09 \times 10^4$  cfu/g 分别降到 213、56、23、7 cfu/g, 辐照后蟹糊在 5℃ 贮

存 20 d, 其菌落总数上升, 但比在 10℃ 贮存相同时间的菌落总数低得多; 陈秀兰等<sup>[24]</sup>利用 <sup>60</sup>Co- $\gamma$ 射线辐照醉蟹, 4~8 kGy 剂量处理可使醉蟹的冷藏保质期由 3 个月延长至 9 个月, 这些研究与本试验的结果相似。此外, 虽然冷藏时感官质量的变化小于常温贮藏时该指标的变化, 但常温下辐照组醉泥螺保质期从对照组的不到 1 个月延长至 3 个月, 表现出较好的保藏性能, 说明电子束辐照后醉泥螺的常温保藏具有可行性。

## 2.5 电子束辐照对醉泥螺蛋白质氨基酸组成及其营养价值的影响

醉泥螺干物质中, 含量最多的营养成分为蛋白质, 且富含多种必需氨基酸, 因此研究电子束辐照对其杀菌效果的同时, 探讨醉泥螺可食部位蛋白质含量及其氨基酸组成的变化具有重要意义。醉泥螺经 1、3 和 5 kGy 剂量辐照后, 辐照当天蛋白质含量由对照组的 23.83% 分别变为 24.12%、23.11% 和 24.30%, 组间差异均不显著 ( $P>0.05$ )。各剂量泥螺可食部位经酸水解后, 测得其氨基酸组成见表 5。

由表 5 可知, 辐照前后醉泥螺氨基酸种类未发

生变化, 其中谷氨酸和天冬氨酸含量均有所提高, 与对照组相比差异显著 ( $P<0.05$ ), 这两种氨基酸与鲜味有着紧密的关系, 赋予腌制泥螺浓郁的特殊风味。经 1、3、5 kGy 剂量辐照后, 醉泥螺中的氨基酸总量及必需氨基酸总量均有增加, 前者增长率分别为 28.77%、28.93% 和 37.50% ( $P<0.05$ ), 李湘等<sup>[9]</sup>研究表明不同剂量的电子束辐照对大米的蛋白质含量、氨基酸的含量与组成无明显影响; 李超等<sup>[25]</sup>认为除 9 kGy 剂量外, 1、3、5、7 kGy 剂量组电子束辐照对泥蚶肉氨基酸总量无显著影响。但与对照相比, 15 和 30 kGy 剂量电子束辐照后的莲子蛋白必需氨基酸含量及其 EAA 值增加<sup>[26]</sup>; 1~9 kGy 辐照的河虾肉氨基酸总量增加 0.33%~24.6%<sup>[27]</sup>; 2.5 kGy <sup>60</sup>Co- $\gamma$ 射线处理海鲷, 鱼肉蛋白的氨基酸总量增加, 其中 Asp, Ser, His, Arg, Cys, Val 和 Leu 的相对含量增加显著, 而 Glu, Gly, Tyr, Met 等下降<sup>[28]</sup>, 但刘青梅<sup>[5]</sup>利用 4.0 kJ/kg, 8.0 kJ/kg 的 <sup>60</sup>Co- $\gamma$ 射线处理醉泥螺, 泥螺蛋白质含量有所下降。可见不同原料蛋白质、不同氨基酸对电子束以及 <sup>60</sup>Co- $\gamma$ 射线的敏感性有一定差异。

表 5 电子束辐照对醉泥螺氨基酸质量分数的影响

Table 5 Effect of E-beam irradiation on composition of amino acids in drunk *Bullacta exarata* %

氨基酸种类 type of amino acid	辐照剂量 irradiation dose / kGy			
	0	1	3	5
天冬氨酸 (Asp)	1.35±0.023 <sup>a</sup>	1.72±0.030 <sup>b</sup>	1.62±0.020 <sup>c</sup>	1.78±0.018 <sup>b</sup>
苏氨酸 (Thr) *	0.47±0.016 <sup>a</sup>	0.60±0.002 <sup>b</sup>	0.61±0.042 <sup>b</sup>	0.61±0.023 <sup>b</sup>
丝氨酸 (Ser)	0.30±0.009 <sup>a</sup>	0.56±0.005 <sup>b</sup>	0.68±0.011 <sup>c</sup>	0.88±0.013 <sup>d</sup>
谷氨酸 (Glu)	2.20±0.033 <sup>a</sup>	3.35±0.067 <sup>b</sup>	3.89±0.048 <sup>c</sup>	4.11±0.090 <sup>d</sup>
甘氨酸 (Gly)	1.19±0.029 <sup>a</sup>	1.69±0.035 <sup>b</sup>	1.59±0.021 <sup>c</sup>	1.78±0.009 <sup>d</sup>
丙氨酸 (Ala)	0.98±0.012 <sup>a</sup>	1.13±0.035 <sup>b</sup>	0.95±0.014 <sup>a</sup>	1.04±0.023 <sup>c</sup>
缬氨酸 (Val) *	0.51±0.036 <sup>a</sup>	0.56±0.055 <sup>a</sup>	0.54±0.052 <sup>a</sup>	0.61±0.026 <sup>b</sup>
蛋氨酸 (Met) *	0.27±0.041 <sup>a</sup>	0.30±0.011 <sup>b</sup>	0.27±0.035 <sup>a</sup>	0.30±0.001 <sup>b</sup>
异亮氨酸 (Ile) *	0.58±0.021 <sup>a</sup>	0.73±0.034 <sup>b</sup>	0.64±0.014 <sup>c</sup>	0.74±0.019 <sup>b</sup>
亮氨酸 (Leu) *	0.98±0.027 <sup>a</sup>	1.16±0.035 <sup>b</sup>	1.08±0.008 <sup>a</sup>	1.28±0.005 <sup>c</sup>
酪氨酸 (Tyr)	0.20±0.015 <sup>a</sup>	0.20±0.020 <sup>a</sup>	0.20±0.017 <sup>a</sup>	0.20±0.024 <sup>a</sup>
苯丙氨酸 (Phe) *	0.61±0.003 <sup>a</sup>	0.73±0.002 <sup>b</sup>	0.81±0.051 <sup>c</sup>	0.77±0.012 <sup>b</sup>
组氨酸 (His)	0.71±0.024 <sup>a</sup>	0.66±0.053 <sup>b</sup>	0.71±0.016 <sup>a</sup>	0.57±0.005 <sup>b</sup>
赖氨酸 (Lys) *	0.74±0.015 <sup>a</sup>	0.96±0.021 <sup>b</sup>	0.91±0.022 <sup>b</sup>	0.91±0.017 <sup>b</sup>
精氨酸 (Arg)	1.39±0.022 <sup>a</sup>	1.72±0.017 <sup>b</sup>	1.59±0.019 <sup>c</sup>	1.58±0.004 <sup>c</sup>
氨基酸总量 (TAA)	12.48 <sup>a</sup>	16.07 <sup>b</sup>	16.09 <sup>b</sup>	17.16 <sup>b</sup>
必需氨基酸总量(EAA)	4.16 <sup>a</sup>	5.04 <sup>b</sup>	4.87 <sup>b</sup>	5.22 <sup>b</sup>
(EAA/TAA)×100	33.33 <sup>a</sup>	31.34 <sup>b</sup>	30.25 <sup>c</sup>	30.39 <sup>c</sup>
(EAA/NEAA)×100	50.00 <sup>a</sup>	45.65 <sup>b</sup>	43.37 <sup>c</sup>	43.66 <sup>c</sup>

注: \*必需氨基酸; TAA 氨基酸总量; EAA 必需氨基酸总量; NEAA 非必需氨基酸总量。每行上标字母相异者表示差异显著 ( $p<0.05$ ), 字母相同者表示差异不显著 ( $p>0.05$ ), 表 6 同。

Note: \* means essential amino acid; TAA means total amino acid; EAA means total essential amino acid; NEAA means total nonessential amino acid. Different superscript letters of each row indicated significant differences ( $p<0.05$ ), same superscript letters indicated no significant differences ( $p>0.05$ ), the same as table 6.

根据醉泥螺蛋白质含量及其氨基酸组成, 计算 氨基酸评分(AAS), 结果见表 6。

表 6 电子束辐照对醉泥螺蛋白质氨基酸评分的影响  
Table 6 Effect of E-beam irradiation on the amino acid scores (AAS) of protein in drunk *Bullacta exarata*

氨基酸 Amino acid	辐照剂量 irradiation dose / kGy			
	0	1	3	5
苏氨酸 Thr	49.31 <sup>a</sup>	62.19 <sup>b</sup>	65.99 <sup>b</sup>	62.76 <sup>b</sup>
赖氨酸 Lys	56.46 <sup>a</sup>	72.37 <sup>b</sup>	71.59 <sup>b</sup>	68.09 <sup>c</sup>
蛋氨酸+半胱氨酸 Met+Cys	32.37 <sup>a</sup>	35.54 <sup>b</sup>	33.38 <sup>a</sup>	35.27 <sup>b</sup>
缬氨酸 Val	42.80 <sup>a</sup>	46.43 <sup>b</sup>	46.73 <sup>b</sup>	50.21 <sup>c</sup>
异亮氨酸 Ile	60.85 <sup>a</sup>	75.66 <sup>b</sup>	69.23 <sup>c</sup>	76.13 <sup>b</sup>
亮氨酸 Leu	58.75 <sup>a</sup>	68.70 <sup>b</sup>	66.76 <sup>b</sup>	75.25 <sup>c</sup>
苯丙氨酸+酪氨酸 Phe+Tyr	56.65 <sup>a</sup>	64.26 <sup>b</sup>	72.84 <sup>c</sup>	66.53 <sup>b</sup>

经电子束处理后, 醉泥螺的第一限制性氨基酸和第二限制性氨基酸的种类均没有发生变化, 分别为 Met+Cys 和 Val; 与对照组相比, 辐照组泥螺蛋白质中各个必需氨基酸的 AAS 有所增加, 其中占必需氨基酸总量较多的亮氨酸、异亮氨酸和苯丙氨酸+酪氨酸的 AAS 值均有显著上升 ( $P<0.05$ )。

### 3 结 论

经 1~9 kGy 剂量电子束辐照, 醉泥螺的色泽和形态几乎没有变化, 但 7、9 kGy 剂量组醉泥螺产生异味, 3、5 kGy 剂量的电子束辐照会导致醉泥螺初始感官评分的轻微下降, 但在贮藏过程中, 辐照后醉泥螺在抑制菌落总数的增加、保持良好感官品质有较大优势。辐照剂量越大, 杀菌效果越明显, 且贮藏期微生物增长趋势越缓慢。各剂量组醉泥螺蛋白质含量无明显变化, 但经 1~5 kGy 辐照后, 氨基酸总量比对照组样品分别增加了 28.77%、28.93%和 37.5%, 其中赋予醉泥螺鲜味的天冬氨酸、谷氨酸含量上升。此外, 辐照后醉泥螺的必需氨基酸评分值增加, 特别是亮氨酸、异亮氨酸和苯丙氨酸+酪氨酸的 AAS 值上升明显。

综合考虑醉泥螺的微生物、感官及营养指标, 电子束辐照所采用的 1~5 kGy 剂量均较适宜, 杀菌效果显著。当醉泥螺的初始微生物总数为  $1.20 \times 10^3$  cfu/g 时, 考虑电子束辐照处理能耗, 结合辐照后及贮藏期醉泥螺微生物和感官指标, 适宜剂量为 3 kGy。经 3 kGy 处理后, 冷藏条件下醉泥螺的货架期由对照组的 5 个月延长至 12 个月, 常温条件下货架期由对照组的不到 1 个月延长到 3 个月。电子束辐照对维持常温保藏下的醉泥螺感官品质、延长保质期等方面具较大的优势。

#### [参 考 文 献]

[1] GB10136-2005, 腌制生食动物性水产品卫生标准[S]. GB10136-2005, Hygienic standard for salt and liquor-saturated aquatic products of animal origin[S]. (in Chinese

with English abstract)

- [2] Mahmoud B S M. Reduction of *Vibrio vulnificus* in pure culture, half shell and whole oysters (*Crassostrea virginica*) by X-ray[J]. International Journal of Food Microbiology, 2009, 130(2): 135-139.
- [3] Song H P, Kim B, Jung S, et al. Effect of gamma and electron beam irradiation on the survival of pathogens inoculated into salted, seasoned, and fermented oyster[J]. LWT- Food Science and Technology, 2009, 42(8): 1320-1324.
- [4] Thupila N, Ratana-arporn P, Wilaipun P. Radiation resistances and decontamination of common pathogenic bacteria contaminated in white scar oyster (*Crassostrea belcheri*) in Thailand[J]. Radiation Physics and Chemistry, 2011, 80(7): 828-832.
- [5] 刘青梅. 辐照对醉泥螺品质及保藏性影响的初步研究[J]. 浙江海洋学院学报: 自然科学版, 2000, 19(2): 192-193.  
Liu Qingmei. Preliminary study on effect of radiation on the quality and preservation of drunk *Bullacta exarata*[J]. Journal of Zhejiang Ocean University: Natural science, 2000, 19(2): 192-193. (in Chinese with English abstract)
- [6] 陈小娥, 孙龙召, 方旭波, 等. 腌制生食泥螺的超高压杀菌工艺研究[J]. 粮油食品科技, 2009, 17(4): 77-79.  
Chen Xiaoe, Sun Longzhao, Fang Xubo, et al. Study on sterilization of pickled raw *Bullacta exarata* by ultra-high pressure[J]. Science and Technology of Cereals, Oils and Foods, 2009, 17(4): 77-79. (in Chinese with English abstract)
- [7] 李超, 杨文鸽, 徐大伦, 等. 电子束辐照对泥蚶杀菌保鲜效果的影响[J]. 食品科学, 2009, 30(22): 383-386.  
Li Chao, Yang Wenge, Xu Da-un, et al. Effects of electron beam irradiation on the sterilization and preservation of *Tegillarca granosa*[J]. Food Science, 2009, 30(22): 383-386. (in Chinese with English abstract)
- [8] 章海文, 徐苏漂, 王微琴, 等.  $\gamma$ -射线辐照用于牡蛎保质的研究[J]. 中国卫生检验杂志, 2006, 16(1): 85-86.

- Zhang Haiwen, Xu Suli, Wang weiqin, et al. Study on the preservation of oyster by  $\gamma$ -ray irradiation[J]. Chinese Journal of Health Laboratory Technology, 2006, 16(1): 85—86. (in Chinese with English abstract)
- [9] 李湘, 郭东权, 陈云堂, 等. 电子束辐照对大米营养和蒸煮品质的影响[J]. 农业工程学报, 2012, 28(15): 251—257.  
Li Xiang, Guo Dongquan, Chen Yuntang, et al. Effect of electron beam irradiation on nutritive and cooking qualities of rice[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2012, 28(15): 251—257. (in Chinese with English abstract)
- [10] 黄曼, 胡碧君, 吴新莲, 等. 电子束辐照对小麦储藏抑菌及加工品质的影响[J]. 农业工程学报, 2010, 26(2): 342—346.  
Huang Man, Hu Bijun, Wu Xinlian, et al. Effects of electron beam irradiation on the fungi inhibition during storage and processing quality of bulk wheat[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2010, 26(2): 342—346. (in Chinese with English abstract)
- [11] 哈益明, 王锋, 李淑荣, 等. 辐照处理对冷却肉脂肪氧化影响的研究[J]. 食品科学, 2004, 25(11): 303—306.  
Ha Yiming, Wang Feng, Li Shurong, et al. Effects of irradiation on lipid oxidation of chilled meat[J]. Food Science, 2004, 25(11): 303—306. (in Chinese with English abstract)
- [12] Imamura T, Miyanosita A, Todoriki S, et al. Usability of a soft-electron (low-energy electron) machine for disinfestation of grains contaminated with insect pests[J]. Radiation Physics and Chemistry, 2004, 71(1/2): 213—216.
- [13] 白艳红, 赵电波, 毛多斌, 等. 电子束辐照冷却猪肉杀菌工艺优化[J]. 农业工程学报, 2009, 25(12): 312—317.  
Bai Yanhong, Zhao Dianbo, Mao Duobin, et al. Process optimization of electron beam radiation on chilled pork[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2009, 25(12): 312—317. (in Chinese with English abstract)
- [14] GB 4789.2—2010. 食品卫生微生物学检验菌落总数测定[S].  
GB 4789.2—2010, Food microbiological examination: Aerobic plate count[S]. (in Chinese with English abstract)
- [15] 巨文华, 刘青梅, 杨性民, 等. 泥螺感官质量的模糊评定[J]. 安徽农业科技, 2008, 36(13): 5469—5470.  
Ju Wenhua, Liu Qingmei, Yang Xingmin, et al. Fuzzy Evaluation of the Sensory Quality in *Bullacta exarata* (Philippi)[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2008, 36(13): 5469—5470. (in Chinese with English abstract)
- [16] GB 5009.5—2010, 食品中蛋白质的测定[S].  
GB 5009.5—2010. Determination of protein in foods[S]. (in Chinese with English abstract)
- [17] GB/T5009.124—2003, 食品中氨基酸的测定[S].  
GB/T5009.124—2003, Determination of amino acids in foods[S]. (in Chinese with English abstract)
- [18] Pellett P L, Young V R. Nutritional evaluation of protein foods[M]. Tokyo: The United Nations University Press, 1980.
- [19] Al-Masri M R, Al-Bachir M. Microbial load, acidity, lipid oxidation and volatile basic nitrogen of irradiated fish and meat-bone meals[J]. Bioresource Technology, 2007, 98(6): 1163—1166.
- [20] 姚周麟, 周星宇, 丁士芳, 等. 电子束冷杀菌对即食鱿鱼丝保藏作用的研究[J]. 食品工业科技, 2009, 30(6): 323—325.  
Yao Zhaolin, Zhou Xingyu, Ding Shifang, et al. Study on the preservation of instant shredded squid with electron-beam cold sterilization[J]. Science and Technology of Food Industry, 2009, 30(6): 323—325. (in Chinese with English abstract)
- [21] 杨文鸽, 傅春燕, 徐大伦, 等. 电子束辐照对美国红鱼杀菌保鲜效果的研究[J]. 核农学报, 2010, 24(5): 991—995.  
Yang Wenge, Fu Chunyan, Xu Dalun, et al. The effects of electron beam irradiation on sterilization and preservation of *Sciaenops ocellatus*[J]. Journal of nuclear agricultural sciences, 2010, 24(5): 991—995. (in Chinese with English abstract)
- [22] Johnson A M, Resurreccion A V A. Sensory profiling of electron-beam irradiated ready-to-eat poultry frankfurters[J]. LWT-Food Science and Technology, 2009, 42(1): 265—274.
- [23] 刘青梅, 杨性民, 巨文华, 等. 蟹糊微生物控制方法的探讨[J]. 中国食品学报, 2009, 9(2): 138—142.  
Liu Qingmei, Yang Xingmin, Ju Wenhua, et al. Research on microorganism control methods in crab paste processing[J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2009, 9(2): 138—142. (in Chinese with English abstract)
- [24] 陈秀兰, 沈庆康, 包建中, 等. 醉蟹辐照灭菌保质加工工艺研究[J]. 核农学报, 2001, 15(4): 234—237.  
Chen Xiulan, Shen Qingkang, Bao Jianzhong, et al. Sterilizing effect of irradiation processing on drunk crab[J]. Journal of nuclear agricultural sciences, 2001, 15(4): 234—237. (in Chinese with English abstract)
- [25] 李超, 杨文鸽, 徐大伦, 等. 电子束辐照对泥蚶肉营养成分的影响[J]. 核农学报, 2011, 25(5): 959—964.  
Li Chao, Yang Wenge, Xu Dalun, et al. Effect of electron beam irradiation on nutritional ingredient of *Tegillarca granosa* meat[J]. Journal of nuclear agricultural sciences, 2011, 25(5): 959—964. (in Chinese with English abstract)
- [26] Bhat R, Sridhar K R. Nutritional quality evaluation of electron beam irradiated lotus (*Nelumbo nucifera*) seeds[J]. Food Chemistry, 2008, 107(1): 174—184.

- [27] 刘春泉, 朱佳廷, 赵永富, 等. 冷冻虾仁辐照保鲜研究[J]. 核农学报, 2004, 18(3): 216—220.  
Liu Chunquan, Zhu Jiating, Zhao Yongfu, et al. Study on irradiation preservation of frozen shelled shrimps[J]. Journal of nuclear agricultural sciences, 2004, 18(3): 216—220. (in Chinese with English abstract)
- [28] Erkan N, Özden Ö. The changes of fatty acid and amino acid compositions in sea bream (*Sparus aurata*) during irradiation process[J]. Radiation physics and chemistry, 2007, 76(10): 1636—1641.

## Extending shelf life and keeping protein nutritional value of drunk *Bullacta exarata* by suitable electron beam irradiation

Yang Wenge, Mao Yuhong, Xu Dalun, Lou Qiaoming, Li Chao

(School of Marine Science, Ningbo University, Ningbo 315211, China)

**Abstract:** *Bullacta exarata* is a kind of small economic shellfish distributed in intertidal zone of China's coastal. In the southeast coast of China, *B. exarata* is often made to drunk products and eaten raw, hence it may pose health hazards to consumers when contaminated with microorganisms. As limited alternative methods are available to sterilize the drunk *B. exarata* while preserving its raw characteristics, electron beam irradiation may be considered as an effective method for sterilization.

This study sought to explore the bactericidal effect and changes of sensory quality and protein nutritional value of drunk *B. exarata* treated by electron beam irradiation and provide an experimental basis for application of irradiation sterilization technology in drunk *B. exarata*. Using drunk *B. exarata* as research material, the influence of electron beam irradiation on total plate count, sensory score, protein content, and amino acids composition were investigated, and then the shelf life of drunk *B. exarata* under refrigerated or room temperature were determined.

The results were summarized as follows: 1) 1-9 kGy dose of electron beam irradiation did not cause the change of color or shape of *B. exarata*, but they were off-flavor after irradiation with a dose of 7 or 9 kGy. 2) The higher the irradiation dose, the better the antiseptic effect. The  $D_{10}$  value was 3.46 kGy when the total plate count of *B. exarata* was 1 200 cfu/g before irradiation. The sterilization effect with a 3 or 5 kGy dose was obvious, and total plate count of drunk *B. exarata* were less than 5 000 cfu/g both refrigerated and with room temperature storage within 360 days. 3) There was no significant effect of electron beam irradiation on protein content, and the limiting amino acid was not changed after irradiation. However, the total content of amino acids, total content of essential amino acids, and scores of essential amino acids (AAS) in irradiated drunk *B. exarata* ascended. 4) According to the research about the sterilization effect and sensory score of drunk *B. exarata*, the recommended dose of electron beam irradiation was 3 kGy.

The shelf life of drunk *B. exarata* treated by 3kGy irradiation was extended from 5 months to 12 months, and from less than 1 month to 3 months, respectively during cold and room temperature storage. This work can provide technical references for preservation of drunk *B. exarata* by electron beam irradiation.

**Key words:** electron beam, irradiation, sterilization, drunk *Bullacta exarata*, total plate count, shelf life, amino acid

(责任编辑: 郭海枫)