

DOI: 10.13652/j.issn.1003-5788.2019.12.023

辐照对大管鞭虾冷冻保鲜品质的影响

The effect of irradiation on preservation of the
Solenocera melantho during storage

郝云彬¹ 邵宏宏² 相兴伟³ 周宇芳³ 夏文水¹

HAO Yun-bin¹ SHAO Hong-hong² XIANG Xing-wei³ ZHOU Yu-fang³ XIA Wen-shui¹

(1. 江南大学食品学院江苏省食品安全与质量控制协同创新中心, 江苏 无锡 214122;

2. 舟山海关, 浙江 舟山 316000; 3. 浙江省海洋开发研究院, 浙江 舟山 316000)

(1. School of Food Science and Technology, Collaborative Innovation Center of Food Safety and Quality Control in Jiangsu Province, Jiangnan University, Jiangsu, Wuxi 214122, China;

2. Zhoushan Customs, Zhoushan, Zhejiang 316000, China;

3. Zhejiang Marine Development Research Institute, Zhoushan, Zhejiang 316000, China)

摘要:采用不同辐照剂量对冷藏大管鞭虾进行辐照处理, 通过检测菌落总数、挥发性盐基总氮(TVB-N)、pH、氨基酸含量与金属含量等指标, 研究辐照处理对大管鞭虾品质和新鲜度的影响。结果显示, 1 kGy 的辐照剂量即可杀灭大部分的微生物, 辐照剂量越高, 杀菌作用越强; 辐照虽对大管鞭虾所含的 TVB-N 不产生影响, 但可以降低 TVB-N 的产生速度; 经辐照后的大管鞭虾 pH 值呈先降后升的变化趋势, 上升速度较未辐照样慢; 经 7 kGy 辐照后的大管鞭虾总氨基酸含量增加率最高达 7.3%; 强度 ≤ 20 kGy 的辐照对大管鞭虾中金属元素的影响无明显的规律性。

关键词:大管鞭虾; 辐照; 保鲜

Abstract: To investigate the sterilization and preservation by radiation on the shrimp *Solenocera melantho*, the total number of colonies, TVB-N, pH value, amino acids, heavy metal content were measured. The results showed that 1 kGy irradiation dose could kill most of the microorganisms. The higher the irradiation dose was, the stronger the bactericidal effect did. Although the irradiation did not affect the TVB-N in the *Solenocera melantho*, but the TVB-N decreased with the increase of irradiation dose. The pH value of the irradiated shrimp decreased first and then rose, and the rising speed was higher than the unirradiated sample. The rate of increase in total amino acid content of the

shrimps irradiated by 7 kGy reached 7.3%. Less than 20 kGy irradiation in the shrimps, the metal elements were not obvious.

Keywords: *Solenocera melantho*; irradiation; freshness

大管鞭虾也称红虾, 主要分布于中国东海以东及南海等水域^[1-2]。大管鞭虾生物量多, 且富含钙、蛋白、维生素 A、氨茶碱等多种人体必需成分, 市场欢迎度高^[3-5]。

辐照作为一种食品杀菌技术^[6], 可通过抑制导致食品腐败的微生物活性, 杀灭病原微生物、热源^[7]等, 从而发挥其保质保鲜的作用^[8]。辐照耗能低、无污染且化学物质残留低, 在食品杀虫、灭菌等多个领域有着广泛的应用^[9-11]。研究^[12-14]显示, 当辐照剂量增加至一定量时, 可使致敏蛋白的抗原性降低, 如辐照可使鱼肉肌原纤维蛋白质结构发生改变, 蛋白的功能特性得到改善等, 可见辐照在食品加工中有特殊作用。

由于水产品含丰富的营养物质, 微生物增殖较快, 在加工及运输过程中极易腐败变质^[15-17]。新鲜度是对水产品品质的一个综合评价, 主要分为感官评定和科学测定^[18]。试验拟以大管鞭虾为原料, 测定不同辐照量下菌落总数、挥发性盐基总氮(TVB-N)、pH 值、氨基酸含量、金属含量等指标, 研究辐照处理下冷冻大管鞭虾保存的最佳条件。

1 材料与amp;方法

1.1 材料

大管鞭虾: 捕捞自中国东海, 新鲜海捕后不作任何加工处理直接单冻 -20 ℃ 保存, 备用。

1.2 仪器与试剂

光辐照仪: X 型, 美国 Kubtec 公司;

基金项目: 国家食品科学与工程一流学科建设项目资助(编号: JUFSTR20180201)

作者简介: 郝云彬, 男, 江南大学在读博士研究生。

通信作者: 夏文水(1958—), 男, 江南大学教授, 博导。

E-mail: xiaws@jiangnan.edu.cn

收稿日期: 2018-10-21

高压灭菌锅:MLS-3750型,日本三洋公司;
 恒温培养箱:3110型,美国 Thermo fisher 公司;
 电子天平:ML503T型,瑞士 Mettler Toledo 公司;
 定氮仪:8400 Kjeltac Auto Analyzer Unit 型,瑞典福
 斯特卡托公司;

全自动氨基酸分析仪:LA8080型,日本日立公司;
 原子吸收分光光度计:ICE3400型,美国 Thermo
 fisher 公司;

平板计数琼脂培养基:北京路桥技术股份有限公司;
 氧化镁:分析纯,国药集团化学试剂有限公司;
 硼酸:分析纯,德国默克公司。

1.3 试验方法

1.3.1 样品制备 新鲜大管鞭虾去头、去壳、去消化腺和
 鳃丝,仅留可食部分肌肉,制成虾仁。样品分别用 PE 材
 质的密封袋独立密封包装。每个样品设置 3 个平行,根
 据样品贮存时间及温度的不同,确定不同的取样时间。
 每组抽样均包括未辐照样品及经不同剂量辐照后的样
 品。分别测定样品菌落总数、TVB-N、pH 值、氨基酸含量
 和金属含量指标。

1.3.2 辐照及保存 辐照剂量分别为:0.0,0.5,1.0,2.0,
 5.0,7.0,10.0,20.0 kGy;贮存条件为 -20°C 。

1.3.3 理化指标测定

(1) 菌落总数的测定:按 GB 4789.2—2010 执行。

(2) 挥发性盐基氮(TVB-N)含量的测定:根据 GB
 5009.228—2016《食品安全国家标准 食品中挥发性盐基
 氮的测定》进行改进,用自动定氮仪,使检测更加快捷、方
 便、精确。测定了 -20°C 下辐照与未辐照样品中的 TVB-
 N 含量,研究温度与 TVB-N 含量变化关系;以及辐照剂
 量为 0.5~20.0 kGy 对大管鞭虾中 TVB-N 产生的影响。

(3) pH 值的测定:取 10 g 样品于烧瓶中,加入煮沸
 冷却的蒸馏水 90 mL,匀浆后静置 30 min。过滤取滤液
 50 mL 用 pH 计测其 pH 值。记录得到样品的 pH 值,剔
 除数据差异较大的值。

(4) 氨基酸含量的测定:按 GB 5009.124—2016
 执行。

(5) 金属含量的测定:钙含量按 GB 5009.92—2016《食
 品安全国家标准 食品中钙的测定》执行;钾、钠按 GB 5009.
 91—2017《食品安全国家标准 食品中钾、钠的测定》执行;
 铁按 GB 5009.90—2016《食品安全国家标准 食品中铁的测
 定》执行;镁按 GB 5009.241—2017《食品安全国家标准 食
 品中镁的测定》执行;锰按 GB 5009.242—2017《食品安全国
 家标准 食品中锰的测定》执行;铜按 GB 5009.13—2017《食
 品安全国家标准 食品中铜的测定》执行;锌按 GB 5009.
 14—2017《食品安全国家标准 食品中锌的测定》执行。

1.4 数据处理

试验数据采用 Excel, Origin 软件对数据进行处理。

SPSS 20 处理对试验结果的显著性差异进行分析, $P < 0.05$ 表明结果之间具有显著性差异。

2 结果与分析

2.1 不同辐照剂量的杀菌效果分析

-20°C 贮存条件下,经不同时间的贮存后,不同剂量
 辐照后大管鞭虾中菌落总数随时间变化的情况如图 1 所
 示。菌落总数随着贮存时间的延长而增大,总体而言,菌
 落总数增长速度较慢,低温抑制了微生物生长活性;与经
 过辐照的样品相比较,未经辐照的样品中菌落总数增长
 的速度最快。微生物的增长速度和菌落总数均随样品接
 受辐照剂量变化而变化,当辐照剂量增大时,微生物增长
 速度降低,当辐照剂量为 5.0 kGy 时,菌落总数增加缓慢,
 当辐照强度增加至 7.0,10.0 kGy,样品中的菌落总数无显
 著差异($P > 0.05$)。因此选择 7.0 kGy 的辐照强度则可满
 足对水产品中微生物抑制和杀灭作用。

试验结果表明,辐照对各类水产品中的微生物具有
 抑制和杀灭作用,1.0 kGy 的辐照剂量即可杀灭大部分的
 微生物,辐照剂量越高,杀菌作用越强。辐照可降低贮藏
 过程中微生物的增长速度,低温和辐照相结合的保存方
 式可达到水产品长时间保存的目的。

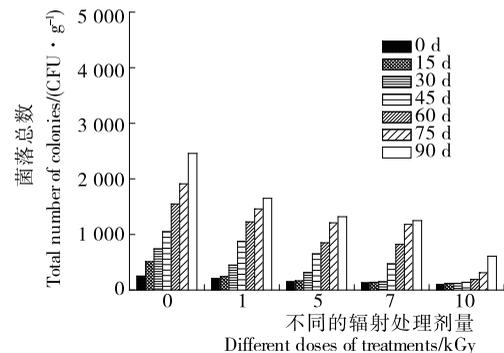


图 1 -20°C 贮藏大管鞭虾中菌落总数的变化
 Figure 1 The changes of total bacterial count of shrimp
 preserved at -20°C

2.2 辐照对 TVB-N 的影响

2.2.1 辐照对含不同浓度 TVB-N 大管鞭虾的影响

TVB-N 含量变化可用于评价大管鞭虾的新鲜度。
 对样品进行了 0.5~20.0 kGy 不同剂量的辐照,以未经辐
 照的样品为对照,测定样品中 TVB-N 值。表 1 显示含
 不同浓度 TVB-N 的虾仁经辐照后 TVB-N 值的变化情况。
 当样品中 TVB-N 含量不同时,随着辐照剂量的增大,甚
 至经 20.0 kGy 高剂量辐照后,样品中 TVB-N 值无显著
 变化($P > 0.05$),说明 TVB-N 值不随辐照的强度的变化而
 变化。因此辐照处理不能降低大管鞭虾中已产生的
 TVB-N 含量,即辐照对大管鞭虾所含的 TVB-N 不产生
 影响。

表 1 不同辐照下大管鞭虾的 TVB-N 值[†]

Table 1 The TVB-N value of *S. melantho* (n=6)

| 辐照剂量/ kGy | TVB-N 含量/(10 ⁻² mg·g ⁻¹) | | |
|--------------|---|-------------------------|-------------------------|
| | 样品 1 | 样品 2 | 样品 3 |
| 0.0 | 15.25±0.57 ^a | 29.99±0.52 ^b | 75.61±0.67 ^c |
| 0.5 | 15.35±0.33 ^a | 29.85±0.59 ^b | 75.48±1.11 ^c |
| 1.0 | 15.02±0.68 ^a | 29.82±0.79 ^b | 75.45±1.45 ^c |
| 2.0 | 15.36±0.52 ^a | 29.24±0.86 ^b | 75.24±0.38 ^c |
| 5.0 | 15.44±0.43 ^a | 29.84±0.93 ^b | 75.48±0.37 ^c |
| 7.0 | 14.98±0.78 ^a | 29.60±1.23 ^b | 72.14±1.02 ^c |
| 10.0 | 15.30±0.50 ^a | 30.08±0.37 ^b | 71.21±0.62 ^c |
| 20.0 | 15.25±1.45 ^a | 29.74±0.34 ^b | 75.69±1.29 ^c |

[†] 同列小写字母不同表示差异显著(P>0.05),相同表示不显著(P<0.05)。

2.2.2 辐照对-20℃贮藏后大管鞭虾 TVB-N 值的影响
-20℃冷冻是水产品长期贮藏和保鲜常用的方法。TVB-N 值≤10 mg/100 g 时新鲜度最好;TVB-N 值≤15 mg/100 g 时新鲜度较好;TVB-N 值≤20 mg/100 g 时新鲜度较差。将新鲜度好的大管鞭虾经不同剂量辐照后于-20℃贮存,定期抽取样品测定其 TVB-N 值,结果如图 2 所示。未经辐照的样品在-20℃贮存,随着贮存时间的延长新鲜度下降,贮藏 115 d 时 TVB-N 值≤20 mg/100 g,新鲜度较差;贮藏 240 d 时 TVB-N 值达到 29.71 mg/100 g。而经不同强度辐照处理后大管鞭虾样品,在经 115 d 贮存后,除 0.5 kGy 小剂量辐照后的样品 TVB-N 值为 16.04 mg/100 g 外,其他剂量辐照的均<15 mg/100 g,新鲜度仍较好;贮藏 240 d 时经≥5.0 kGy 辐照后的 TVB-N 值仍未达到限量值(30 mg/100 g)。当辐照剂量≥1.0 kGy 时,辐照剂量强度与 TVB-N 值无显著相关性。因此,相比较而言新鲜大管鞭虾贮存前的辐照处理可较长时间地保存新鲜度,延长大管鞭虾在-20℃时贮存期。

2.3 辐照对大管鞭虾 pH 值的影响

对-20℃贮藏不同时间的大管鞭虾 pH 值测定结果见图 3,未辐照样品的 pH 值在贮存一段时间后逐渐下降,随着贮藏时间的延长其 pH 值逐渐升高。大管鞭虾死后由于糖原分解成乳酸,ATP 分解产生磷酸,pH 下降,随着样品开始腐败,蛋白质分解后会产生氨以及胺类等碱性含氮物质,pH 会上升。这可能是虾体的 pH 值由开始的下降然后逐渐上升的原因。经辐照后的大管鞭虾 pH 值也同样呈先降后升的变化趋势,但经辐照后的样品 pH 值上升速度较未辐照样样品缓慢。样品经 10 d 贮藏后,未经辐照的样品 pH 值为 8.35,而经过 20.0 kGy 辐照样品的 pH 值为 8.15。

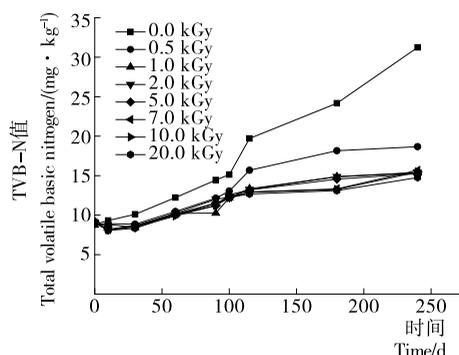


图 2 -20℃贮藏大管鞭虾 TVB-N 值的变化

Figure 2 Trends of TVB-N values of *S. melantho* during preservation at -20℃

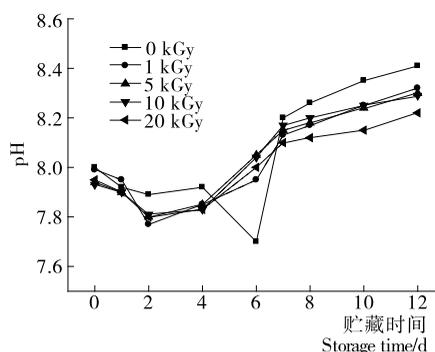


图 3 -20℃贮藏大管鞭虾 pH 值的变化

Figure 3 Changes in pH of *S. melantho* during storage at -20℃

2.4 辐照对氨基酸的影响

不同剂量的辐照对大管鞭虾中氨基酸含量的影响见表 2。由表 2 可知,辐照后大管鞭虾中总氨基酸含量明显高于未辐照样品,经 7.0 kGy 辐照后的样品其增加的幅度为 6.5%,总氨基酸含量在不同辐照剂量下最高。经辐照后,样品中天门冬氨酸、酸苏氨酸、丝氨酸、丙氨酸、缬氨酸、蛋氨酸、亮氨酸、组氨酸、赖氨酸、脯氨酸含量升高,而甘氨酸、酪氨酸、异亮氨酸、苯丙氨酸含量降低,谷氨酸、精氨酸含量升高但在高剂量辐照后,含量低于未辐照样品。甘氨酸、谷氨酸、精氨酸为呈味氨基酸,其含量的降低与高剂量辐照后对样品的风味造成影响有关。总体而言,氨基酸含量的变化并不随辐照剂量的变化而呈规律性变化。

2.5 辐照对金属元素含量的影响

对不同剂量辐照后的大管鞭虾中的 8 种金属元素进行了分析。由表 3 可知,大管鞭虾钙含量丰富,强度≤20.0 kGy 的辐照对大管鞭虾中金属元素的影响无明显的规律性。辐照大管鞭虾中镁含量含量升高,铁含量亦升高,但总体而言,辐照对微量金属元素的影响不明显。

表 2 不同辐照下大管鞭虾氨基酸含量

Table 2 Content of amino acids of irradiated shrimp (n=3)

mg/100 g

| 组别 | 天门冬氨酸 | 苏氨酸 | 丝氨酸 | 谷氨酸 | 甘氨酸 | 丙氨酸 | 缬氨酸 | 蛋氨酸 | 异亮氨酸 |
|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 未辐照 | 1.44±0.11 | 0.46±0.16 | 0.52±0.12 | 2.29±0.15 | 1.31±0.13 | 1.02±0.11 | 0.54±0.11 | 0.41±0.10 | 0.57±0.12 |
| 1.0 kGy | 1.40±0.19 | 0.44±0.12 | 0.54±0.16 | 2.34±0.10 | 1.25±0.15 | 1.11±0.11 | 0.58±0.10 | 0.42±0.11 | 0.54±0.10 |
| 7.0 kGy | 1.41±0.14 | 0.54±0.15 | 0.60±0.11 | 2.44±0.15 | 1.28±0.13 | 1.13±0.11 | 0.59±0.10 | 0.44±0.12 | 0.52±0.12 |

| 组别 | 亮氨酸 | 酪氨酸 | 苯丙氨酸 | 组氨酸 | 赖氨酸 | 精氨酸 | 脯氨酸 | 总量 |
|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|
| 未辐照 | 1.06±0.10 | 0.38±0.09 | 0.56±0.11 | 0.22±0.12 | 1.28±0.11 | 1.14±0.12 | 0.35±0.08 | 13.55±0.11 |
| 1.0 kGy | 1.12±0.19 | 0.34±0.10 | 0.52±0.11 | 0.35±0.10 | 1.37±0.11 | 1.25±0.11 | 0.42±0.10 | 13.99±0.12 |
| 7.0 kGy | 1.17±0.14 | 0.34±0.15 | 0.52±0.11 | 0.36±0.09 | 1.41±0.12 | 1.26±0.11 | 0.42±0.07 | 14.43±0.12 |

表 3 不同辐照剂量红虾金属含量

Table 3 Content of metal elements of irradiated shrimp (n=3)

mg/100 g

| 组别 | 钙 | 钾 | 钠 | 铁 | 镁 | 锰 | 铜 | 锌 |
|----------|-------------|-------------|-------------|-----------|------------|------------|-----------|------------|
| 未辐照 | 95.85±2.12 | 200.73±2.20 | 251.32±1.39 | 1.91±0.03 | 46.01±1.89 | 90.72±0.62 | 1.62±0.10 | 10.20±0.55 |
| 1.0 kGy | 104.23±1.95 | 209.21±1.56 | 257.13±2.29 | 1.85±0.04 | 47.82±1.80 | 90.43±0.78 | 1.73±0.12 | 11.30±0.50 |
| 7.0 kGy | 97.58±2.13 | 205.15±1.15 | 255.43±2.31 | 1.89±0.03 | 49.86±2.01 | 89.78±0.52 | 1.68±0.10 | 10.40±0.45 |
| 20.0 kGy | 106.64±1.87 | 218.47±2.12 | 263.21±2.10 | 1.86±0.03 | 50.02±1.71 | 89.35±0.63 | 1.86±0.17 | 11.20±0.55 |

3 结论

试验通过检测未辐照大管鞭虾与不同辐照量下的大管鞭虾菌落总数、挥发性盐基总氮(TVB-N)、pH 值、氨基酸含量、金属含量等指标,探索大管鞭虾保鲜的最佳条件。辐照可杀灭大管鞭虾中大部分的微生物,辐照剂量越高,杀菌作用越强。辐照不能降低大管鞭虾中已产生的 TVB-N,但可降低 TVB-N 的产生速度,而且随着辐照剂量的加大,抑制作用增强。辐照不影响大管鞭虾中氨基酸和微量金属元素的含量。综上分析可知,辐照可以有效提高冷冻大管鞭虾的品质并延长其货架期。后续将进一步分析辐照大管鞭虾储藏期菌群的构成,针对特定腐败菌群研究抑菌剂和适宜的储藏条件,最大限度地保持大管鞭虾的品质。但如何将该工艺技术推向市场,仍需要对过程、工艺优化、大众普及等做进一步的研究。

参考文献

[1] LIU Shu-fang, LIU Hong-bo, LIN Lin, et al. Development of 20 microsatellite markers for *Solenocera crassicornis* and their cross-species application in *Solenocera melanthero*[J]. International Journal of Molecular Sciences, 2012, 13(12): 9 218-9 224.

[2] 刘勇,程家骅.东海、黄海秋季渔业生物群落结构及其平均营养级变化特征初步分析[J].水产学报,2015,39(5): 691-701.

[3] SHI Jing, ZHANG Long-teng, LEI Yu-tian, et al. Differential proteomic analysis to identify proteins associated with quality traits of frozen mud shrimp (*Solenocera melanthero*) using an iTRAQ-based strategy[J]. Food Chemistry, 2018,

251: 25-32.

[4] 王欢,白冬,谢超,等.海捕大管鞭虾(*Solenocera melanthero*) 调理食品在常温保藏中的货架期预测及产品质量分析[J].海洋与湖沼,2016,47(2): 447-454.

[5] 李惠玉,金艳,李圣法.东海北部大管鞭虾的食性[J].应用生态学报,2016,27(3): 937-945.

[6] PRAKASH Anuradha. Particular applications of food irradiation fresh produce[J]. Radiation Physics and Chemistry, 2016, 129: 50-52.

[7] VERHOECKX K C M, VISSERS Y M, BAUMERT J L, et al. Food processing and allergenicity[J]. Food and Chemical Toxicology, 2015, 80: 223-240.

[8] MULMULE M D, SHIMMY S M, BAMBOLE V, et al. Combination of electron beam irradiation and thermal treatment to enhance the shelf-life of traditional Indian fermented food (Idli)[J]. Radiation Physics & Chemistry, 2017, 131: 95-99.

[9] EHLERMANN D A E. The early history of food irradiation[J]. Radiation Physics & Chemistry, 2016, 129: 10-12.

[10] MITTENDORFER Josef. Food irradiation facilities: Requirements and technical aspects[J]. Radiation Physics and Chemistry, 2016, 129: 61-63.

[11] ROBERTS Peter B. Food irradiation is safe: Half a century of studies[J]. Radiation Physics and Chemistry, 2014, 105: 78-82.

[12] SHI Yan, LI Ru-yi, TU Zong-cai, et al. Effect of γ -irradiation on the physicochemical properties and structure of fish myofibrillar proteins[J]. Radiation Physics and Chemistry, 2015, 109: 70-72.

(下转第 136 页)