



不同剂量电子束辐照即食小龙虾的品质分析

瞿桂香, 马文慧, 钱文霞, 展跃平*
(江苏农牧科技职业学院, 江苏 泰州 225300)

摘要: 以江苏泰州本地养殖小龙虾为原料加工即食小龙虾, 经复合材料真空透明包装, 采用高能电子束灭菌, 辐照剂量分别为0(对照组)、4、5、6、7 kGy。研究不同电子束辐照后即食小龙虾pH、色差、质构、氨基酸含量、含硫化合物的变化, 以及扫描电镜下的微观结构和保温试验情况。结果表明: 经电子束辐照的即食小龙虾pH显著升高, 色值降低, 虾壳 a^* 和虾肉的 L^* 值差异显著, 色泽发暗。当电子束剂量为6 kGy时, 即食小龙虾的总氨基酸、必需氨基酸和呈味氨基酸含量显著增加, 含硫化合物含量较低, 无辐照味, 质构影响不明显, 保温试验可达7 d; 当电子束剂量为7 kGy时, 即食小龙虾达到商业无菌, 此时含硫化合物激增, 有辐照味, 质构变化明显。表明6 kGy电子束灭菌提高了即食小龙虾的营养价值、风味更佳, 并能极大延长即食小龙虾常温贮藏时间。

关键词: 电子束; 即食小龙虾; 常温; 品质

中图分类号: TS 254.4

文献标志码: A

文章编号: 1005-9989(2020)10-0155-07

DOI:10.13684/j.cnki.spkj.2020.10.026

Quality Changes of Instant Crayfish Irradiated by Different Electron-Beam

QU Guixiang, MA Wenhui, QIAN Wenxia, ZHAN Yueping*

(Jiangsu Agri-animal Husbandry Vocational College, Taizhou 225300, China)

Abstract: In this paper, instant crayfish was processed from the local cultured crayfish in Taizhou, Jiangsu province. The crayfish was packed in a vacuum transparent composite material and sterilized by high energy electron beam. The irradiation dose was 0(control group), 4 kGy, 5 kGy, 6 kGy and 7 kGy. The changes of pH, color difference, texture, amino acid content, sulfur compounds, microstructure under SEM and heat preservation test of instant crayfish were studied. The results showed that the pH value of the instant crayfish increased significantly and the color value decreased, and the difference of L^* value between the shell a^* and the meat was obvious. When the electron beam dose was 6 kGy, the content of total amino acid, essential amino acid and flavor amino acid of the instant crayfish increased significantly,

收稿日期: 2020-02-23

*通信作者

基金项目: 江苏农牧科技职业学院院级课题(NSF201705)。

作者简介: 瞿桂香(1978—), 女, 讲师, 研究方向为食品加工。

the content of sulfur-containing compounds was low, there was no irradiation taste, and the effect of texture was not obvious. The heat preservation test could reach 7 days. When the electron beam dose is 7 kGy, the instant crayfish becomes commercial sterile. At this time, sulfur compounds increase sharply, which has irradiation taste and obvious texture change. The results show that the 6 kGy electron beam sterilization can not only improve the nutrition and flavor of the instant crayfish, but also greatly prolong the storage time of the instant crayfish at room temperature.

Key words: electron-beam; instant crayfish; room temperature; quality

淡水小龙虾学名为克氏原螯虾，因味道鲜美而成为人们喜爱的佳肴之一。根据农业农村部发布的《小龙虾产业发展报告(2019)》，2018年小龙虾产业总产值为3690亿元，其中以餐饮为主的第三产业产值2726亿元，占总产值的73.9%；以加工业为主的第二产业产值284亿元，占总产值的7.7%；其余18.4%为养殖业，可见加工产业明显落后，产业结构不均衡。而现有加工业中70%以上以加工冻虾尾、虾仁、调味虾为主，不仅品种少，还要配套冷链运输，流通和销售成本高，消费者还要进行二次加工，影响了广大群众对小龙虾的消费需求^[1]。因此亟需开发系列标准、保质、方便、可常温贮存的小龙虾即食产品，以丰富小龙虾产品品种，满足不同季节、不同区域消费者的便捷需求，促进小龙虾产业链的健康发展。加工后的微生物残留是造成小龙虾腐败变质的主要原因，目前在水产品中使用较多的杀菌方式是热杀菌，但在高温杀菌后食品品质也会遭到极大破坏^[2]。食品辐照是公认的冷杀菌方法^[3]，它不仅迅速杀灭微生物而不使食物温度升高(< 2℃)，保持了食物原有的风味和芳香性，也不改变产品的内在特性，并且最大限度延长产品的货架期^[4]。其中电子束辐照技术以其灭菌彻底、低能耗、无污染、不破坏营养成分、无毒素残留、有效控制食源性疾病等优越性，受到广泛重视^[5]，并且其在水产品中的杀菌效果较好^[6]。文章以本地小龙虾为原料，加工成原味即食小龙虾产品后真空包装，经不同电子束杀菌，研究电子束杀菌效果和对即食小龙虾品质的影响，为即食小龙虾系列产品的开发提供最佳杀菌参数。

1 材料与方法

1.1 材料

鲜活淡水小龙虾：泰州本地养殖场。小龙虾个体大小均匀，单个质量35.0~40.0 g，虾肉净含

量在6.0~8.0 g。

1.2 仪器与设备

C21-SDMCB43电磁炉：浙江苏泊尔股份有限公司；DZ-500真空包装机：山东诸城润生机械有限公司；美国FTC/TMS-Touch质构仪：北京盈盛恒泰科技有限责任公司；WSC-S数显测色色差仪：上海仪电物理光学仪器有限公司；EL-602电子天平、EL-20K酸度计：梅特勒-托利多仪器(上海)有限公司；HPX-9162电热恒温培养箱：上海博讯实业有限公司；7890B-5977A Agilent GC-MS顶空气相色谱-质谱联用：上海复达检测技术集团有限公司；IS1020 10Mev电子束加速器：扬州扬福科技有限公司；Hitachi SU8010扫描电子显微镜：南京农业大学生命科学实验中心；日立L-8900全自动氨基酸分析仪：青岛正信检测分析有限公司。

1.3 试验设计

1.3.1 即食小龙虾加工 采用淡盐水使小龙虾吐脏去污2 h，流动水清洗，去头、去虾腺，放入2.5%食盐沸水中，加入葱、姜料包，煮制8 min，捞出沥干。成品用PET/PP复合透明包装袋真空包装，每袋2只。

1.3.2 电子束辐照灭菌 样品送至扬州扬福科技有限公司，应用IS1020 10 MeV直线电子加速器辐照灭菌，配以束下动态传送装置。辐照参数：电子束流强度2 mA，电子束平均功率20 kW，扫描宽度500~800 mm，表面辐照不均性±2%。除对照组(0 kGy)外，辐照剂量分别设置为4、5、6、7 kGy，辐照后样品立即进行各指标的检测。

1.4 检测方法

1.4.1 pH的测定^[7] 根据《食品安全国家标准 食品pH值测定》GB 5009.237—2016进行测定。

1.4.2 色差测定^[8] 色差仪直接测定虾腹第二节虾壳和虾肉表面的L*、a*、b*。其中L*值表示亮度，a*表示红绿度，值越大越偏向红色，b*表示黄蓝

度,值越大,越偏向黄色。色差仪使用前需用白板进行校准,每组测3份样品,取平均值。

1.4.3 质构特性的测定 虾尾剥壳取尾部第3节肌肉^[9],应用FTC/TMS-Touch质构仪,采用TPA模式,选取直径0.5 cm的P/0.5平底柱形探头,将虾肉放于载物台探头正下方。测定参数为:检测速度40 mm/min,探头距离被测物体表面高度20 mm,被测虾肉变形量80%,感应力1.5 N。测定剪切力、硬度、咀嚼性、内聚性和弹性等指标,平行测3次,取平均值^[10]。

1.4.4 氨基酸含量测定 样品寄至青岛正信检测分析有限公司检测。小龙虾虾尾去壳,研磨成匀浆,称量后将样品转移到水解管中,加入15 mL 6 mol/L盐酸溶液,冷冻3~5 min,抽真空,充入氮气,封口后放入(110±1)℃电热鼓风恒温箱中水解22 h,取出,冷却至室温,水解液过滤转移至50 mL容量瓶定容,振荡混匀。准确吸取定容后的1.0 mL样液移入15 mL试管中,40~50℃加热环境下减压干燥,干燥后的残留物用1.0~2.0 mL水溶解,再减压干燥,最后蒸干。试管内残留物用1.0~2.0 mL pH2.2柠檬酸钠缓冲溶液溶解,振荡混匀,0.22 μm滤膜过滤至进样瓶。与混合氨基酸标准工作液等体积注入氨基酸分析仪,外标法测定小龙虾虾肉中氨基酸含量。

1.4.5 含硫化合物测定^[11] 样品寄至上海复达检测技术集团有限公司检测。利用顶空固相微萃取提取虾肉辐照产生的气味,用气相色谱-质谱联用仪测定异味成分,并对捕集到的含硫挥发性成分进行定量分析。

1.4.6 扫描电镜观察^[12] 样品寄至南京农业大学生命科学实验中心检测。取小龙虾腹部肌肉,置于5%的戊二醛中,4℃过夜。用0.1 mol/L磷酸缓冲液清洗样品3次,每次15 min,依次用30%、50%、70%、90%和100%乙醇脱水15 min,叔丁醇置换,最后用临界点干燥器干燥样品,并用喷金仪对样品进行喷金镀膜后即可用扫描电镜观察。

1.4.7 保温试验 将电子束辐照后的即食小龙虾样品置于37℃恒温培养箱中,每组10袋,每隔24 h观察胀袋情况,记录胀袋数,保温试验结束后,无胀袋样品进行商业无菌试验,测定菌落总数、pH和镜检。

1.5 数据分析

数据以 $\bar{x} \pm s$ 表示,并采用SPSS Statistics 20.0

统计分析软件对试验数据进行显著性分析, $P < 0.05$ 时认为差异显著^[13]。

2 结果与分析

2.1 不同剂量电子束辐照对即食小龙虾pH值的影响

食品酸度对食品的加工、贮藏及品质管理具有重要的意义,一般认为食品在贮藏过程中pH升高主要是微生物的生长引起蛋白质的分解而引起。不同剂量电子束辐照后的即食小龙虾pH值结果见表1。

表1 不同剂量电子束辐照后即食小龙虾pH值

指标	剂量/kGy				
	对照组	4	5	6	7
pH值	7.63 ±0.10 ^b	7.88 ±0.01 ^a	7.99 ±0.01 ^a	7.99 ±0.02 ^a	7.98 ±0.03 ^a

注:同行小写字母不同,表示差异显著($P < 0.05$),以下各表相同。

由表1可知,小龙虾本身pH值呈碱性,这跟小龙虾的生长环境有关,小龙虾适宜在碱性条件下生长。经电子束处理后的即食小龙虾pH值均有升高,并与对照组差异显著($P < 0.05$),但不同剂量处理组间差异并不显著,原因是蛋白质对辐照的敏感性较高,辐照会破坏蛋白质的结构^[14],引起即食小龙虾蛋白质的分解,pH值升高。因此在分析贮藏过程中即食小龙虾pH变化时应考虑电子束辐照本身的影响。

2.2 不同剂量电子束辐照对即食小龙虾虾壳和虾肉色差值的影响

色泽是食品的重要感官指标,由于消费者首先看到小龙虾的虾壳,因此对即食小龙虾的虾壳和虾肉都进行了色差测定。不同剂量电子束辐照后即食小龙虾虾壳和虾肉色差值结果见表2。

由表2可知,与对照组相比,不同剂量电子束处理对即食小龙虾虾壳的 a^* 值和 b^* 值影响显著($P < 0.05$),对虾肉的 L^* 在5 kGy及以上时的影响差异显著($P < 0.05$),均显著低于对照组。对即食小龙虾虾壳的 L^* 、虾肉的 a^* 值和 b^* 值影响不显著,但各指标值随剂量的增加以下降为主。 L^* 值越大,说明虾壳、虾肉的光泽度越好; a^* 值越高,说明虾壳、虾肉的颜色越好,越新鲜; b^* 值越高,说明小龙虾越不新鲜^[15]。经电子束辐照后的即食小

表2 不同剂量电子束辐照后即食小龙虾色差值

指标	剂量/kGy				
	对照组	4	5	6	7
L*(虾壳)	29.07±1.46 ^a	35.92±2.16 ^a	29.21±2.12 ^a	28.88±1.56 ^a	27.87±1.31 ^a
a*(虾壳)	36.95±0.98 ^a	23.85±1.96 ^b	22.02±1.99 ^b	20.71±0.61 ^b	21.97±0.16 ^b
b*(虾壳)	24.70±0.57 ^a	13.86±1.86 ^b	12.84±0.11 ^b	10.11±0.52 ^b	9.39±1.48 ^b
L*(虾肉)	62.13±0.33 ^a	59.97±0.60 ^{ab}	58.68±0.52 ^b	58.07±0.28 ^b	57.97±0.63 ^b
a*(虾肉)	14.67±0.19 ^a	18.08±2.64 ^a	15.56±1.41 ^a	14.31±3.59 ^a	15.46±0.63 ^a
b*(虾肉)	16.16±0.37 ^a	14.92±0.75 ^a	14.83±1.77 ^a	14.69±0.58 ^a	14.77±0.44 ^a

虾壳和虾肉色差值总体低于对照组,说明电子束辐照对即食小龙虾的色泽产生不利影响,需根据电子束灭菌的效果选择合适剂量。

2.3 不同剂量电子束辐照对小龙虾质构的影响

食品的质构是描述口腔对食品的感受^[16],是

水产品品质的重要组成部分,通常包括食物的硬度、弹性、咀嚼性、胶黏性等指标。质构分析是利用质构仪通过模拟人口腔的咀嚼运动,对固体半固体样品进行咀嚼,获得数据的过程^[3]。不同剂量电子束辐照后的即食小龙虾质构结果见表3。

表3 不同剂量电子束辐照后即食小龙虾质构结果

指标	剂量/kGy				
	对照组	4	5	6	7
硬度	11.97±1.63 ^a	12.47±2.26 ^a	9.23±0.86 ^a	11.2±1.00 ^a	7.73±0.94 ^b
内聚性	0.36±0.06 ^a	0.30±0.10 ^a	0.20±0.10 ^a	0.30±0.00 ^a	0.25±0.09 ^a
弹性	2.13±0.74 ^a	2.49±0.52 ^a	1.10±1.06 ^a	1.80±0.33 ^a	1.30±0.31 ^a
胶黏性	4.30±0.66 ^a	4.50±1.25 ^a	1.94±1.35 ^a	3.20±0.30 ^a	1.93±0.43 ^a
咀嚼性	9.10±3.04 ^{ab}	12.40±1.40 ^a	7.90±0.80 ^{ab}	5.90±3.00 ^b	2.58±1.18 ^c

由表3分析可知,经过4 kGy电子束处理的即食小龙虾虾肉的硬度、弹性、胶黏性和咀嚼性均高于对照组,可能是在低剂量电子束辐照下,蛋白质发生凝聚,肌纤维收缩,出现不溶解的聚集体导致结构变紧密所致。随着剂量的增加,各指标值均呈现不同程度下降,在7 kGy时硬度和咀嚼性与对照组产生显著差异($P<0.05$),说明高剂量电子束会对细胞造成机械损伤,破坏小龙虾肌纤维原有的致密结构,甚至出现断裂现象,使得小龙虾肉更易咀嚼,这与电镜扫描下的小龙虾肉的微观结构结果一致。硬度是人触觉的反应,硬度越大说明内部结构越紧密^[16]。咀嚼性是咀嚼食物所需的能量,是硬度、内聚性、弹性、胶黏性共同作用的结果。咀嚼性越高,口感上对应的“咬感”越好^[17]。对于即食小龙虾来说,咀嚼性越好,质量越好,因此,经4 kGy电子束辐照的即食小龙虾的质构较好。但与5、6 kGy并无显著差异,可与杀菌效果综合考虑选择。

2.4 不同剂量电子束辐照对即食小龙虾氨基酸含量变化的影响

氨基酸的组成和含量不仅是衡量食物营养的重要指标,也是决定食物风味和口感的重要因素。根据FAO/WHO的理想模式,营养价值高的食品,蛋白质中必需氨基酸与总氨基酸(EAA/TAA)的比例能达到40%左右^[18]。肉风味的形成与食物中的部分氨基酸关系紧密,是肉香味形成的前体物质,这些氨基酸包括天门冬氨酸、谷氨酸、甘氨酸、酪氨酸、丙氨酸、苯丙氨酸,统称呈味氨基酸,它们能使食物呈现特殊的鲜味,尤其是谷氨酸,具有形成肉鲜味和缓冲酸、咸等不良味道的独特作用。不同剂量电子束辐照的即食小龙虾氨基酸含量变化的结果见表4。

由表4分析即食小龙虾中必需氨基酸含量变化可知,经4、5 kGy电子束处理的即食小龙虾必需氨基酸的总量明显低于对照组($P<0.05$),当电子束剂量为6、7 kGy时,必需氨基酸总量增加并

表4 不同剂量电子束辐照后即食小龙虾氨基酸含量

氨基酸含量/ (mg/100 g)	剂量/kGy				
	对照组	4	5	6	7
苏氨酸 [*]	0.718±0.013 ^c	0.733±0.018 ^c	0.762±0.007 ^{bc}	0.833±0.014 ^{ab}	0.872±0.021 ^a
缬氨酸 [*]	0.815±0.014 ^a	0.820±0.021 ^a	0.820±0.010 ^a	0.875±0.021 ^a	0.854±0.023 ^a
异亮氨酸 [*]	0.766±0.009 ^{bc}	0.751±0.012 ^c	0.760±0.011 ^c	0.836±0.017 ^{ab}	0.843±0.021 ^a
亮氨酸 [*]	1.440±0.028 ^b	1.450±0.014 ^b	1.470±0.014 ^b	1.591±0.012 ^a	1.633±0.017 ^a
赖氨酸 [*]	1.417±0.010 ^b	1.422±0.017 ^b	1.459±0.002 ^b	1.575±0.006 ^a	1.606±0.588 ^a
丝氨酸	0.739±0.013 ^c	0.744±0.020 ^{bc}	0.810±0.016 ^{ab}	0.857±0.004 ^a	0.873±0.004 ^a
脯氨酸	0.663±0.007 ^a	0.673±0.007 ^a	0.677±0.002 ^a	0.695±0.006 ^a	0.678±0.017 ^a
胱氨酸	0.088±0.007 ^a	0.080±0.003 ^a	0.067±0.011 ^a	0.063±0.007 ^a	0.045±0.013 ^a
蛋氨酸 [*]	0.491±0.013 ^a	0.471±0.041 ^{ab}	0.357±0.001 ^c	0.416±0.006 ^{ab}	0.374±0.004 ^b
组氨酸	0.494±0.021 ^a	0.465±0.020 ^a	0.484±0.003 ^a	0.543±0.004 ^a	0.606±0.069 ^a
精氨酸	1.712±0.025 ^b	1.728±0.004 ^b	1.857±0.069 ^{ab}	1.952±0.068 ^a	1.883±0.003 ^{ab}
天门冬氨酸 [#]	1.787±0.074 ^c	1.840±0.003 ^c	2.009±0.129 ^a	1.982±0.025 ^b	1.985±0.013 ^b
谷氨酸 [#]	3.228±0.074 ^d	3.278±0.003 ^c	3.435±0.028 ^{bc}	3.553±0.003 ^{ab}	3.623±0.028 ^a
丙氨酸 [#]	0.873±0.006 ^b	0.883±0.008 ^b	0.903±0.003 ^b	0.980±0.023 ^a	0.984±0.023 ^a
甘氨酸 [#]	1.094±0.020 ^a	1.065±0.020 ^a	1.061±0.009 ^a	1.093±0.016 ^a	1.116±0.027 ^a
酪氨酸 [#]	0.727±0.018 ^a	0.665±0.035 ^a	0.684±0.016 ^a	0.745±0.011 ^a	0.760±0.013 ^a
苯丙氨酸 ^{**}	0.828±0.011 ^a	0.726±0.014 ^b	0.744±0.011 ^b	0.855±0.005 ^a	0.862±0.018 ^a
TAA	17.880±0.289 ^c	17.794±0.257 ^c	18.359±0.342 ^b	19.451±0.261 ^a	19.590±0.889 ^a
EAA	6.475±0.098 ^b	6.373±0.137 ^c	6.372±0.056 ^c	6.988±0.094 ^a	7.037±0.679 ^a
呈味氨基酸	8.537±0.203 ^b	8.457±0.083 ^c	8.836±0.196 ^{ab}	9.215±0.096 ^{ab}	9.323±0.109 ^a

注：*代表必需氨基酸，#代表呈味氨基酸，EAA表示必需氨基酸，TAA表示总氨基酸。

显著高于对照组($P<0.05$)。这是由于经4、5 kGy电子束处理后的小龙虾中异亮氨酸、苯丙氨酸、蛋氨酸与对照组相比含量下降，其中苯丙氨酸和蛋氨酸含量显著降低($P<0.05$)，使总量降低。而在剂量为6、7 kGy时，苏氨酸、亮氨酸、异亮氨酸、赖氨酸含量显著高于对照组($P<0.05$)，使总量升高。分析即食小龙虾中呈味氨基酸含量变化可知，经6 kGy及以上电子束辐照后的呈味氨基酸含量均高于对照组，其中天门冬氨酸、谷氨酸、丙氨酸含量与对照组相比差异显著($P<0.05$)，7 kGy时，含量达到最高。电子束辐照后的即食小龙虾氨基酸总量5 kGy及以上增加显著($P<0.05$)。即食小龙虾经过电子束辐照处理后氨基酸含量发生较大变化，这与电子束辐照过程中产生自由基或水合离子引起蛋白质分解，得到了氨基酸有关^[19]。必需氨基酸和呈味氨基酸的增加说明电子束辐照对即食小龙虾的营养价值和风味的改善起到了积极的作用，并且在6 kGy及以上时效果明显。

2.5 不同剂量电子束辐照对即食小龙虾含硫化化合物的影响

有报道称，肉类含硫氨基酸辐射降解生成二甲硫、二甲二硫和二甲三硫等挥发物是产生辐照异味的主要原因^[20]。为了探究电子束辐照是否对即食小龙虾也产生相同的影响，对不同剂量电子束处理后的即食小龙虾进行了二甲基硫化合物的测定，测定结果见表5。

表5 不同剂量电子束辐照后即食小龙虾中二甲基含硫化合物含量

含硫化合物 (mg/kg)	剂量/kGy				
	对照组	4	5	6	7
二甲基硫 化合物	3.10 ±0.01 ^d	3.20 ±0.07 ^d	3.70 ±0.04 ^c	4.40 ±0.06 ^b	7.30 ±0.07 ^a

由表5可知，经电子束辐照后的即食小龙虾中二甲基含硫化合物的含量随剂量的增加呈上升趋势，5 kGy及以上时与对照组差异显著($P<0.05$)，且每个剂量组之间变化显著($P<0.05$)。当剂量在

7 kGy以下时,虽然各组之间含量变化达到差异显著,但从增加的数据来看,增加趋势相对缓慢,当剂量增加至7 kGy时,二甲基含硫化合物含量增加幅度迅速上升。二甲基含硫化合物的增加与含硫氨基酸胱氨酸和蛋氨酸的减少有关,由表4分析可知,经不同剂量的电子束辐照后,小龙虾已检测的17种氨基酸中,有15种氨基酸含量都有增加的现象,只有胱氨酸和蛋氨酸的含量与对照组相比明显减少,原因是在电子束辐照后,含硫氨基酸被分解成二甲基含硫化合物,但此时小龙虾并无明显辐照味,因此,可结合灭菌效果选择7 kGy或以下。

2.6 不同剂量电子束辐照对即食小龙虾微观结构的影响

扫描电镜也叫扫描电子显微镜,简称SEM,主要用于观察样品的割裂面结构、表面形貌特征等,所获得的图像立体感很强,可观察生物样品的各种形貌特征。不同剂量电子束辐照后即食小龙虾肉肉的电子显微镜下的结构变化见图1。

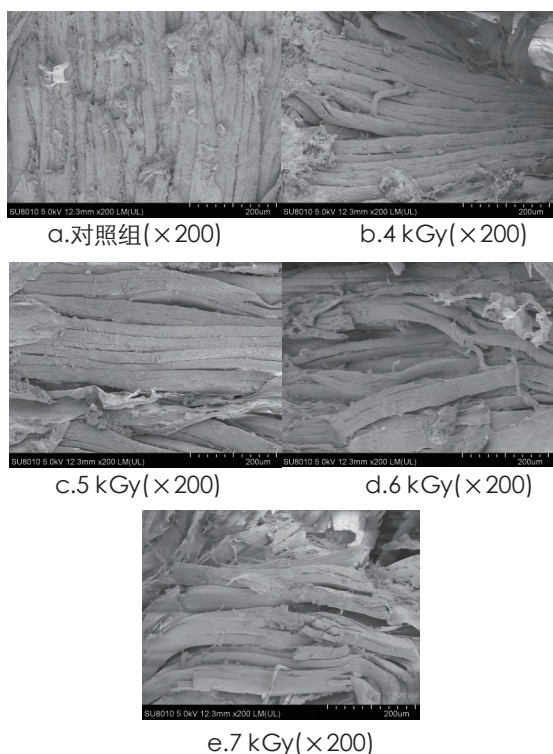


图1 不同剂量电子束辐照后即食小龙虾微观结构

由图1可知,与对照组相比,经4 kGy电子束辐照的即食小龙虾肌纤维变化不大,但是随着剂量的增加,肌纤维变得松散;7 kGy时肌纤维明显出现断裂现象,进一步说明了电子束辐照对蛋白

质结构的破坏。因此,综合考虑小龙虾的口感,选择7 kGy以下较为合适。

2.7 不同剂量电子束辐照即食小龙虾保温试验结果

为了解不同电子束辐照对即食小龙虾的杀菌效果,对即食小龙虾进行了商业无菌的保温试验,每天观察胀袋数。不同剂量电子束辐照保温试验结果与分析见表6。

表6 不同剂量电子束辐照即食小龙虾保温试验结果

剂量/ kGy	胀袋数/袋									
	1 d	2 d	3 d	4 d	5 d	6 d	7 d	8 d	9 d	10 d
对照组	10									
4	0	0	10	0						
5	0	0	0	0	10	0				
6	2	0	0	0	0	0	8	0		
7	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0

密封不严和微生物生长会引起胀袋。经7 kGy电子束辐照后的即食小龙虾10 d不胀袋,结合pH测定和镜检达到商业无菌。4 kGy第3天胀袋,5 kGy第5天胀袋,6 kGy第7天胀袋,保温不胀袋时间越长说明杀菌效果越好。

3 结论

经电子束辐照后的即食小龙虾,在营养和感官上都发生了很大的变化。电子束辐照促进了即食小龙虾中蛋白质的分解,总氨基酸、必需氨基酸和呈味氨基酸含量增加,提高了即食小龙虾的营养价值,改善了即食小龙虾的风味口感,并且在6 kGy以上时效果明显。即食小龙虾经电子束辐照色值降低,虾壳 a^* 和虾肉的 L^* 值差异明显,色泽发暗。随着剂量的增加,即食小龙虾虾肉肌纤维出现松散甚至断裂,含硫化合物的含量也明显上升,口感品质下降,但7 kGy以下质构差异不显著,含硫化合物含量较低,没有辐照味。经37℃保温试验,7 kGy可使即食小龙虾达到商业无菌,6 kGy能保持7 d,说明电子束辐照对即食小龙虾有较好的杀菌效果。综合以上分析,虽然7 kGy电子束处理能使即食小龙虾达到商业无菌,但是对小龙虾的感官不利影响较大,因此6 kGy电子束处理既能使即食小龙虾保持较好的风味和口感,也能极大延长常温贮藏的货架期。下一步将继续研

究经电子束辐照后在常温贮藏过程中即食小龙虾的品质变化,结合包装材料、生物天然保鲜改善电子束辐照对感官的不利影响,在延长常温贮藏保质期的同时,最大限度地保持小龙虾原有的新鲜和营养,开发出更多风味和特色的即食小龙虾产品。

参考文献:

- [1] 李肖婵,林琳,高凯日,等.不同反压杀菌温度对即食小龙虾品质的影响[J].肉类工业,2019,457(5):25-26.
- [2] 邹玉萍.即食鱼制品的防腐保藏研究[D].无锡:江南大学,2008:21-25.
- [3] 尚颀斌.电子束和 γ 射线辐照对冷鲜肉品质影响的差异及作用机制研究[D].北京:中国农业科学院,2013:1-3.
- [4] WOOD O B, BRUHN C M, et al. Position of the American Dietetic Association: Food irradiation[J]. Journal of American Dietetic Association,2000,100:246-253.
- [5] 汪勋清,哈益明,高美须.食品辐照加工技术[M].北京:化学工业出版社,2005:120-123.
- [6] 李学鹏,励建荣,李婷婷,等.冷杀菌技术在水产品贮藏与加工中的应用[J].食品研究与开发,2011,32(6):173-179.
- [7] 国家质量监督总局.食品安全国家标准 食品pH值的测定:GB 5009.237—2016[S].北京:中国标准出版社,2016.
- [8] HONIKEL K O. Reference methods for the assessment of physical characteristic of meat[J]. Meat Science, 1998,49(4):447-457.
- [9] 曹荣,刘淇,殷邦忠,等.虾仁TPA质构分析及不同熟制加工方式对其品质的影响[J].食品研究与开发,2010,31(6):1-4.
- [10] 郭力,过世东,刘海英.盐煮和微波加热对即食龙虾质构的影响[J].食品与生物技术学报,2011,30(3):376-380.
- [11] 陈东清,汪兰,熊光权,等.电子束辐照对蒸煮小龙虾品质及货架期的影响[J].辐射研究与辐射工艺学报,2019,37(3):030401-030103.
- [12] 李飞.辐照处理对烤鳗品质的影响及其安全风险评估的研究[D].福州:福建农林大学,2013:25-27.
- [13] 徐晨,葛庆丰,诸永志,等.不同地区小龙虾营养价值和品质的比较研究[J].肉类研究,2019,33(8):8.
- [14] 陈湘霞.辐照对食品中营养成分的影响分析[J].技术与市场,2017,24(9):67.
- [15] 李新,熊光权,等.小龙虾虾肉辐照后理化指标与蛋白质性质分析[J].核农学报,2016,30(10):1942.
- [16] YANG J H, PARK H J, JANG H D, et al. Measurement of cooked rice stickiness with consideration of contact area in compression test[J]. Texture Studies,2018,49(6):639-645.
- [17] 王欣欣,宋丽荣,王乐,等.不同冻结条件下罗非鱼片的质构分析[J].食品与机械,2012,28(1):205-207.
- [18] 关红民.舍饲型合作猪不同屠宰体质量肉质特性研究[D].银川:甘肃农业大学,2007:55-57.
- [19] SHARMA A, MADHUSOODANAN P. Techno-commercial aspects of food irradiation in India[J]. Radiation Physics and Chemistry,2012,81(8):1208-1210.
- [20] KONG Q L, YAN W Q, YUE L, et al. Volatile compounds and odor traits of dry-cured ham (prosciutto crudo) irradiated by electron beam and gamma rays[J]. Radiation Physics and Chemistry,2017,130:265-272.