

文章编号:1000-8551(2013)04-0437-06

# 电子束辐照对冷鲜猪肉品质的影响

尚颐斌 高美须 李淑荣 裴颖 王志东

(中国农业科学院农产品加工研究所,北京 100193)

**摘要:**以冷鲜猪肉为试验对象,研究电子束辐照对冷鲜肉品质的影响。采用不同剂量电子束(0、2.0、3.8、6.2、8.3、10.5 kGy)辐照肥瘦比为1:6的冷鲜肉,测定冷鲜肉的蛋白质与粗脂肪含量的变化;研究了冷鲜肉的TBARS值、过氧化值、双烯值的变化,分析冷藏过程中猪肉氧化程度的变化,并进行色度及感官的测定。结果表明:经电子束处理后,冷鲜肉的蛋白、粗脂肪含量没有明显变化;冷鲜肉的TBARS值、过氧化值有增加,总双烯值有一定程度的增加;3.8、6.2 kGy剂量组在贮藏期内色泽好;不同剂量电子束处理,对冷鲜猪肉感官品质无显著影响。综合考虑:经过4~6 kGy电子束处理能有效延长冷鲜肉保质期,并对其品质无明显影响。

**关键词:**电子束;冷鲜肉;品质

## Effect of Electron Beam Irradiation on Quality of Fresh Chilled Pork

SHANG Yi-bin GAO Mei-xu LI Shu-rong PEI Ying WANG Zhi-dong

(Institute of Agro-products Processing Science and Technology, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100193)

**Abstract:** The effects of electron beam irradiation on nutrient quality, lipid oxidation and sensory quality of fresh chilled pork were investigated. Fresh chilled pork whose fat to muscle ratio was 1:6 was grounded and packaged, and then irradiated at doses of 0, 2.0, 3.8, 6.2, 8.3 and 10.5 kGy. The contents of fat and protein, chromaticity, sensory characteristics, lipid oxidation index of TBARS value, POV, diene value of irradiated and unirradiated samples were measured. The results showed that there were no significant differences (5% level) in content of protein and fat between irradiated and control samples, but irradiation could significantly increase TBARS value and POV. EB irradiation enhanced the increase of total diene value. The samples treated with 3.8 and 6.2 kGy showed good color during storage. There were no significant differences in sensory characteristics among different EB doses. It is concluded that 4~6 kGy EB irradiation, which is effective for decontamination, shows no significant effect on qualities of fresh chilled pork.

**Key words:** Electron beam; Fresh chilled pork; Quality

食品辐照技术是广泛应用于食品加工的非热杀菌技术,具有无残留、无需拆除包装、杀菌杀虫效果好等优点。目前,用于食品辐照的主要有释放 $\gamma$ 射线的 $^{60}\text{Co}$ 源和能量在10MeV以下的电子加速器两大类型的装置。我国钴源在食品辐照方面的研究较早,应用也较为广泛。但随着电子加速器束流能量和束下装置

技术的提高和完善,电子束辐照在加工能力和经济效益上表现出越来越大的优势<sup>[1-2]</sup>。电子加速器可控性强,无辐射源,不污染环境,对操作人员安全无害,可应用于连续化、规模化生产,作为一种新兴的辐照手段,得到越来越多的国家的关注和应用。

随着生活水平的提高,消费者对猪肉卫生质量要

收稿日期:2012-09-07 接受日期:2012-12-09

基金项目:农业部公益性行业科研专项(201103007),核能开发项目“辐照保障食品安全的控制技术研究”

作者简介:尚颐斌(1988-),男,河南焦作人,硕士研究生,研究方向为食品质量与安全。Tel:010-62819448; E-mail: shang3003@126.com

通讯作者:王志东(1958-),男,山东烟台人,研究员,研究方向为核农学。Tel:010-62815838; E-mail: wzd5109@yahoo.com.cn

求越来越高,对冷鲜猪肉的消费量也大大增加。但猪肉在屠宰、分割以及其他加工过程中,易被微生物污染。Lutter<sup>[3]</sup>研究表明鲜肉易成为食源性致病菌(如大肠杆菌 O157:H7、沙门氏菌、李斯特菌等)、寄生虫(如囊尾蚴、猪肉绦虫等)传播的载体。近年来,为控制冷鲜肉卫生状况及延长其保质期,主要采取冷链、添加防腐剂等手段,但效果都不理想。电子束辐照技术是一种能显著提高鲜肉卫生质量,延长其保质期的手段。Luchsinger 等<sup>[4]</sup>报道 3.85 kGy 电子束处理猪肉,可以有效杀灭肉中的大肠杆菌和沙门氏菌。Duong 等<sup>[5]</sup>认为鲜肉的电子束杀菌工艺剂量为 4.5 kGy。本实验室的研究表明,5 kGy 以下的电子束处理就能有效延长鸡肉、素鸡、蔬菜的保质期。但是电子束处理在杀菌的同时,是否会对冷鲜肉品质产生影响,以及影响的程度,是生产者和消费者共同关心的问题<sup>[6]</sup>。本研究评估了不同剂量电子束处理对冷鲜肉品质的影响,为其商业化应用提供理论基础。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

原料肉:当天猪里脊肉,肥瘦比为 1:6,购于北京第五肉联厂;4℃冷藏 6 h,用孔径 4 mm 的绞肉机绞两次,每 150 g 用聚乙烯自封袋包装,共 30 份,用于油脂提取;每 25 g 冷鲜肉用聚乙烯自封袋包装,共 36 份,用于 TBARS 值、蛋白含量和粗脂肪的测定。另外切 3 \* 3 \* 1 cm 肉块 30 份,聚乙烯自封袋包装,用于色度测定。

### 1.2 仪器设备与试剂

2050 脂肪分析系统(FOSS TECATOR 公司),2300 凯氏定氮仪(FOSS 公司),T6 紫外可见分光光度计(北京普析通用仪器有限责任公司),CR-400 色差计(日本 Konica Minolta 公司),TGL-16M 高速台式冷冻离心机(湘仪仪器有限公司),AC120S 精密天平(德国 Sartorius 公司)等。

石油醚、硫酸钾、浓硫酸、三氯乙酸、乙二胺四乙酸、硫代巴比妥酸、氢氧化钾、碘化钾、硫代硫酸钠、淀粉、三氯甲烷、乙醇、乙醚、环己烷、冰醋酸等,均为分析纯。

### 1.3 试验方法

1.3.1 电子束辐照处理 辐照在北京原子高科股份有限公司进行,采用 FZ-10/15 型高能电子加速器(中国原子能科学研究院制造),能量 10 MeV,扫描频率 165 Hz,束下传输链速度 4 m·min<sup>-1</sup>。设计剂量为

0、2.0、4.0、6.0、8.0、10.0 kGy,用重铬酸银剂量计的实测剂量为:0、2.0、3.8、6.2、8.3、10.5 kGy,该剂量计经过中国剂量院的比对。所有样品经电子束处理后置于 4℃冰箱贮藏,每个剂量设置 3 个重复。

1.3.2 蛋白质与粗脂肪测定 粗蛋白含量测定,参考 GB 5009.5-2010<sup>[7]</sup>采用凯氏定氮法进行。粗脂肪含量测定,参考 GB 5009.6-2010<sup>[8]</sup>采用索氏提取法进行。

1.3.3 氧化指标的测定 冷鲜猪肉中油脂的提取参照 GB/T 5009.44-2003<sup>[9]</sup>方法进行,提取的油脂进行过氧化值(PV)、双烯值的测定。PV 值参照 GB/T 5009.37-2003<sup>[10]</sup>方法测定。双烯值测定参照 Klein<sup>[11]</sup>的方法进行,取 5μL 脂质溶于 25mL 环己烷,测定 232、215 nm 处吸光值, A<sub>232</sub>/A<sub>215</sub> 为双烯值。TBARS 值测定参照姜秀杰<sup>[12]</sup>方法测定。

1.3.4 色度测定 用 CR-400 色差计测定样品 a\*、b\*,以白板作为空白对照,每个样品测定 4 次。

1.3.5 感官评定 由 10 名经过培训的感官评价员对猪肉样品进行评价(表 1)。样品用 3 位数随机数字编号,感官评价采用 7 分制,0~7 分表示品质从正常状态到被破坏状态,分值越大,表示辐照对猪肉品质破坏越严重,综合得分求平均值。

### 1.4 数据统计

数据采用 DPS7.55 进行分析,Excel 制图。

## 2 结果与分析

### 2.1 电子束辐照对猪肉蛋白质与粗脂肪的影响

由表 2 知,经不同剂量电子束辐照后,冷鲜肉蛋白含量由辐照前的 20.3593%,分别变为:20.1486%、20.4411%、19.9265%、21.1402% 和 20.7539%,差异不显著( $P > 0.05$ )。蛋白含量变化与辐照剂量之间没有明显的线性关系,变化规律性不强。脂肪含量随着辐照剂量的增大有增加的趋势,但差异亦不显著( $P > 0.05$ )。本研究表明:电子束辐照对猪肉的蛋白含量与脂肪含量没有显著影响。

### 2.2 电子束辐照对猪肉 PV 值的影响

由图 1 可见,经过电子束处理的冷鲜肉在 4、8、12 d, PV 值比对照组猪肉高。0 d,不同剂量电子束处理对 PV 值影响不大;4、8 d,随着电子束处理剂量的增加, PV 值增加;12 d,6.2 kGy 组 PV 值最高;16 d,3.8 kGy 组最高,CK 组次高,其他各组没有显著性差异( $P > 0.05$ )。由 10.5、8.3、6.2、2.0 kGy 组随时间变化曲线推测:电子束处理剂量越高, PV 值随时间变化的图

表 1 冷鲜肉感官分析指标表

Table 1 Sensory analysis index of fresh chilled pork

项目 Item	评价指标 Evaluation index	得分 Score
气味 Odor	具有鲜猪肉正常的气味,无辐照味,或有辐照后的鲜味 肉表层能嗅到轻微的氨味、酸味或酸霉味,有轻微不可接受的辐照味 表层或深层均有腐臭气味,有严重的不可接受的辐照异味	0~2 3~4 5~7
外观 Appearance	表面又一层微干或微湿的外膜,成暗灰色,有光泽,切断面稍湿、不黏手,肉汁透明 表面有一层风干或潮湿的外膜,呈暗灰色,无光泽,切断面的色泽较暗,有粘性,肉汁浑浊 表面外膜极度干燥,呈灰色或淡绿色,发粘并有霉变现象,切断面呈暗灰或淡绿色,很黏,肉汁严重浑浊	0~2 3~4 5~7
质地 Texture	质地紧密有弹性 肉质较柔软,弹性小 失去弹性,有不同程度的腐烂,手指可刺穿	0~2 3~4 5~7
脂肪状态 Fat state	脂肪呈白色,具有光泽,有时呈肉红色 脂肪呈灰色,无光泽,容易粘手 脂肪表面污秽、有粘液,霉变呈淡绿色	0~2 3~4 5~7

表 2 电子束辐照对冷鲜肉蛋白质、脂肪含量的影响

Table 2 Effect of EB irradiation on fat and protein in fresh chilled pork

剂量 Dose (kGy)	蛋白质含量 Protein content (%)	脂肪含量 Fat content (%)
0	20.3593 ± 0.0939 <sup>a</sup>	18.3010 ± 1.7202 <sup>a</sup>
2.0	20.1486 ± 0.3298 <sup>a</sup>	18.0000 ± 0.9325 <sup>a</sup>
3.8	20.4411 ± 0.8341 <sup>a</sup>	17.0774 ± 1.4041 <sup>a</sup>
6.2	19.9265 ± 1.1818 <sup>a</sup>	18.8478 ± 1.5782 <sup>a</sup>
8.3	21.1402 ± 0.5307 <sup>a</sup>	19.1750 ± 1.9302 <sup>a</sup>
10.5	20.7539 ± 0.5695 <sup>a</sup>	18.3648 ± 1.5313 <sup>a</sup>

注:同列不同字母代表在 5% 水平上差异显著

Note: Different letters in same column stand for significant difference at 5% level

像出峰时间越早, PV 值峰高也较高; 处理剂量越低 PV 值出峰时间较晚, 且峰高较低。

### 2.3 电子束辐照对猪肉 TBARS 值的影响

脂肪发生氧化反应, 终产物是丙二醛。TBARS 值表征丙二醛的多少, 可以推断脂肪氧化的程度。由表 3 可知, 0 d 时, 未经电子束处理组的 TBARS 值为  $0.052 \text{ mg} \cdot 100^{-1} \text{ g}^{-1}$ , 随着电子束处理剂量的增加, TBARS 值显著增加 ( $P < 0.05$ ), 10.5 kGy 组 TBARS 值达到  $0.356 \text{ mg} \cdot 100^{-1} \text{ g}^{-1}$ 。4、8、12 和 16 d, 分别测定不同电子束剂量处理组的 TBARS 值, 同样表明, 随着处理剂量的增加 TBARS 值增加 ( $P < 0.05$ )。同时, 同一电子束处理组的 TBARS 值随着贮藏时间的增加, 都显著增加 ( $P < 0.05$ )。未经电子束处理组 TBARS 值从 0 d 的  $0.052 \text{ mg} \cdot 100^{-1} \text{ g}^{-1}$  增加至 16 d 的  $0.554 \text{ mg} \cdot 100^{-1} \text{ g}^{-1}$ , 10.5 kGy 处理组的 TBARS 值从 0 d 的

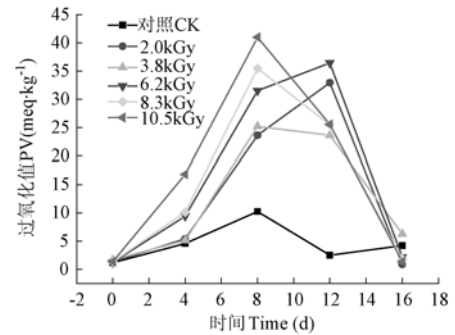


图 1 电子束辐照对冷鲜肉过氧化值的影响

Fig.1 Effect of EB irradiation on PV of fresh chilled pork

$0.356 \text{ mg} \cdot 100^{-1} \text{ g}^{-1}$  增加至  $3.657 \text{ mg} \cdot 100^{-1} \text{ g}^{-1}$ 。

### 2.4 电子束辐照对冷鲜肉双烯值的影响

共轭双烯值反映了不饱和双键受到自由基进攻时形成的共轭二烯的情况, 反应了特定时间下的氧化状况。由图 2 可知, 0、4、8、12 d 时, 各处理组间双烯值变化没有规律, 第 16 d 共轭双烯值随着电子束处理剂量的增加而增大 ( $P < 0.05$ )。第 0、4、8、12、16 d 的双烯值求和得到总的双烯值, 总双烯值随着电子束处理剂量的增加而增加 ( $P < 0.05$ )。

### 2.5 电子束辐照对猪肉色度的影响

评价肉色的方法较多且各有利弊, 本研究选定色度值 ( $a^*$ 、 $b^*$ ) 作为表征冷鲜肉色泽的指标。肉的颜色主要是由肌红蛋白 3 种不同形式所决定的, 色度值能直接反应肉的外观颜色。0 d, 所有电子束处理组的

a\* 值均显著高于对照组,红度较高。在贮藏期内,经 0、2 kGy 电子束处理 a\* 值随着时间的增加有增加的趋势,3.8、6.2 kGy 处理组 a\* 值较稳定,经 8.3、10.5 kGy 电子束处理 a\* 值有降低的趋势(表4)。0 d,各电子束处理组的 b\* 值均比对照组高。随着贮藏时间的增加,

0、2.0 kGy 组的 b\* 值都有先升高后降低的趋势,3.8 kGy 组 b\* 值稳定,6.2、8.3、10.5 kGy 组 b\* 值有增加趋势。16 d,b\* 值随着电子束处理剂量的增加而增加(表5)。3.8、6.2 kGy 组在贮藏期内色泽变化较小。

表3 电子束辐照对猪肉 TBARS 值的影响

Table 3 Effect of EB irradiation on TBARS in fresh chilled pork during the storage time

辐照剂量 Irradiation dose (kGy)	贮藏时间 Storage time (d)				
	0	4	8	12	16
0	0.052 ± 0.000 <sup>IE</sup>	0.094 ± 0.000 <sup>ID</sup>	0.148 ± 0.012 <sup>DC</sup>	0.216 ± 0.026 <sup>EB</sup>	0.554 ± 0.030 <sup>EA</sup>
2.0	0.101 ± 0.003 <sup>EE</sup>	0.261 ± 0.033 <sup>ED</sup>	0.957 ± 0.014 <sup>EC</sup>	1.555 ± 0.113 <sup>DB</sup>	1.820 ± 0.213 <sup>DA</sup>
3.8	0.119 ± 0.003 <sup>DE</sup>	0.406 ± 0.019 <sup>DD</sup>	1.028 ± 0.007 <sup>EC</sup>	2.259 ± 0.106 <sup>EB</sup>	3.255 ± 0.037 <sup>EA</sup>
6.2	0.198 ± 0.007 <sup>ED</sup>	0.693 ± 0.026 <sup>BC</sup>	1.386 ± 0.006 <sup>BB</sup>	3.255 ± 0.303 <sup>AA</sup>	3.393 ± 0.274 <sup>BCA</sup>
8.3	0.264 ± 0.014 <sup>BE</sup>	0.586 ± 0.078 <sup>CD</sup>	1.392 ± 0.060 <sup>BC</sup>	2.974 ± 0.128 <sup>BB</sup>	3.507 ± 0.094 <sup>ABA</sup>
10.5	0.356 ± 0.021 <sup>AE</sup>	0.845 ± 0.013 <sup>AD</sup>	1.904 ± 0.024 <sup>AC</sup>	2.969 ± 0.002 <sup>BB</sup>	3.657 ± 0.086 <sup>AA</sup>

注:每列不同小写字母代表在 5% 水平上差异显著,每行不同大写字母代表在 1% 水平上差异显著,下同

Note: Different small letters in every column represent significantly different at 5% level; different capitals in every line represent significantly different at 1% level, the same as below

表4 电子束辐照对猪肉 a\* 值的影响

Table 4 Effect of EB irradiation on a\* in fresh chilled pork during the storage time

辐照剂量 Irradiation dose (kGy)	贮藏时间 Storage time (d)				
	0	4	8	12	16
0	4.54 ± 0.02 <sup>FD</sup>	6.01 ± 0.03 <sup>DC</sup>	5.97 ± 0.05 <sup>EC</sup>	6.74 ± 0.07 <sup>BB</sup>	7.12 ± 0.04 <sup>EA</sup>
2.0	4.97 ± 0.02 <sup>EE</sup>	6.80 ± 0.04 <sup>AC</sup>	6.30 ± 0.02 <sup>BD</sup>	7.44 ± 0.06 <sup>AB</sup>	8.06 ± 0.07 <sup>AA</sup>
3.8	6.11 ± 0.01 <sup>EC</sup>	6.62 ± 0.06 <sup>BB</sup>	6.70 ± 0.09 <sup>AB</sup>	5.44 ± 0.02 <sup>ED</sup>	7.75 ± 0.02 <sup>BA</sup>
6.2	6.30 ± 0.03 <sup>AB</sup>	6.60 ± 0.02 <sup>BA</sup>	6.33 ± 0.04 <sup>BB</sup>	5.14 ± 0.02 <sup>DD</sup>	5.40 ± 0.03 <sup>DC</sup>
8.3	5.42 ± 0.02 <sup>DB</sup>	5.64 ± 0.02 <sup>EA</sup>	4.88 ± 0.02 <sup>EC</sup>	3.89 ± 0.01 <sup>FD</sup>	3.70 ± 0.05 <sup>FE</sup>
10.5	6.17 ± 0.02 <sup>BB</sup>	6.47 ± 0.02 <sup>EA</sup>	5.28 ± 0.03 <sup>DC</sup>	4.75 ± 0.01 <sup>ED</sup>	4.73 ± 0.02 <sup>ED</sup>

表5 电子束辐照对猪肉 b\* 值的影响

Table 5 Effect of EB irradiation on b\* in fresh chilled pork during the storage time

辐照剂量 Irradiation dose (kGy)	贮藏时间 Storage time (d)				
	0	4	8	12	16
0	3.28 ± 0.05 <sup>FB</sup>	5.55 ± 0.04 <sup>BA</sup>	2.43 ± 0.03 <sup>FC</sup>	2.35 ± 0.06 <sup>FC</sup>	0.55 ± 0.02 <sup>FD</sup>
2.0	4.09 ± 0.04 <sup>EC</sup>	5.46 ± 0.02 <sup>EA</sup>	4.58 ± 0.02 <sup>EB</sup>	3.23 ± 0.03 <sup>ED</sup>	2.42 ± 0.04 <sup>EE</sup>
3.8	3.34 ± 0.02 <sup>ED</sup>	4.91 ± 0.03 <sup>EC</sup>	5.44 ± 0.02 <sup>DA</sup>	4.97 ± 0.02 <sup>DB</sup>	3.15 ± 0.03 <sup>DE</sup>
6.2	4.64 ± 0.02 <sup>AE</sup>	5.96 ± 0.03 <sup>AD</sup>	6.61 ± 0.02 <sup>AC</sup>	7.91 ± 0.03 <sup>BA</sup>	6.92 ± 0.02 <sup>CB</sup>
8.3	3.99 ± 0.01 <sup>DE</sup>	5.35 ± 0.05 <sup>DD</sup>	5.96 ± 0.01 <sup>EC</sup>	7.31 ± 0.01 <sup>EA</sup>	7.22 ± 0.02 <sup>BB</sup>
10.5	4.47 ± 0.04 <sup>BE</sup>	5.93 ± 0.01 <sup>AD</sup>	6.29 ± 0.01 <sup>BC</sup>	9.02 ± 0.04 <sup>AA</sup>	8.69 ± 0.01 <sup>AB</sup>

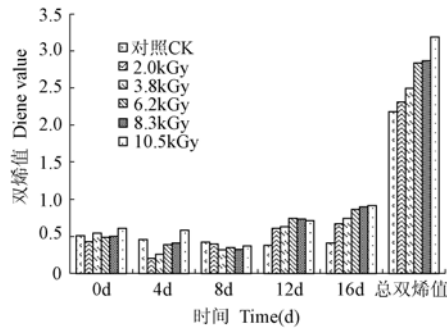


图2 电子束辐照对冷鲜肉双烯值的影响

Fig.2 Effect of EB irradiation on diene value of fresh chilled pork

## 2.6 电子束辐照对猪肉感官品质的影响

根据畜禽肉标准中各项指标的评定方法对样品的气味、外观、质地和脂肪状态进行感官评定,由10名专业评定人员在农业部辐照产品质量监督检验测试中心感官实验室进行。辐照后2 d进行测试,由表6可知,经过不同剂量电子束处理的样品在气味、质地上没有显著变化,但与对照组差别显著;外观组、脂肪状态差异不明显。另外,6.2 kGy 处理组有4人认为,有令人愉悦的气味。经过2 d的贮藏,未经电子束处理的鲜猪肉,气味上已经不可接受,质地变差。电子束处理感官指标变化不显著,表明辐照处理有利于延长冷鲜肉的贮藏期。

表6 电子束辐照对猪肉感官品质的影响

Table 6 Effect of EB irradiation on sensory characteristics in fresh chilled pork during the storage time

辐照剂量 Irradiation dose (kGy)	气味 Odor	外观 Appearance	质地 Texture	脂肪状态 Fat state
0	5.40 ± 1.51 <sup>a</sup>	2.40 ± 0.81 <sup>a</sup>	4.70 ± 0.84 <sup>a</sup>	2.50 ± 1.27 <sup>a</sup>
2.0	2.80 ± 1.23 <sup>b</sup>	2.30 ± 1.49 <sup>a</sup>	3.10 ± 1.37 <sup>b</sup>	2.40 ± 0.70 <sup>a</sup>
3.8	2.70 ± 1.06 <sup>b</sup>	2.10 ± 1.20 <sup>a</sup>	2.80 ± 1.40 <sup>b</sup>	1.90 ± 0.74 <sup>a</sup>
6.2	2.60 ± 1.17 <sup>b</sup>	2.40 ± 0.84 <sup>a</sup>	3.60 ± 0.84 <sup>b</sup>	2.70 ± 0.82 <sup>a</sup>
8.3	2.80 ± 1.40 <sup>b</sup>	2.30 ± 1.16 <sup>a</sup>	3.40 ± 1.51 <sup>b</sup>	2.50 ± 1.27 <sup>a</sup>
10.5	2.75 ± 0.98 <sup>b</sup>	2.00 ± 1.15 <sup>a</sup>	2.90 ± 0.74 <sup>b</sup>	1.90 ± 0.74 <sup>a</sup>

## 3 讨论

### 3.1 材料的选择

本研究选用冷鲜猪里脊肉为试验材料,肥瘦比1:6,聚乙烯塑封袋包装。因同等条件下,猪肉肌内脂肪

对氧化的敏感程度远大于皮下脂肪<sup>[13-14]</sup>,为凸显电子束处理的氧化作用,故选用肌肉含量较高的里脊。同时,固定肥瘦比1:6剔除了脂肪含量的变化对氧化程度的干扰。确定包装材料为聚乙烯塑封袋,剔除不同的包装材料对脂肪氧化的影响<sup>[15]</sup>。

### 3.2 电子束辐照对冷鲜肉营养品质的影响

冷鲜肉经10.5 kGy及以下剂量的电子束处理,其粗脂肪、粗蛋白含量无显著差异。贾倩等<sup>[16]</sup>对素鸡杀菌效果及品质特性影响的研究中指出,素鸡经8.8 kGy及以下剂量的电子束处理,粗蛋白含量、粗脂肪含量无显著差异,与本研究结果相同。王若兰等<sup>[17]</sup>在电子束对大豆品质影响的研究中发现,随着电子束处理剂量的增加,大豆蛋白质含量无显著变化;孙志明等<sup>[18]</sup>研究也表明,10 kGy的辐照处理对猪肉、牛肉、鸡肉香精中的蛋白质含量无明显影响。可见,电子束处理是一种温和且不破坏食品营养的冷杀菌手段。

### 3.3 电子束辐照对冷鲜肉氧化程度的影响

在贮藏期内,PV值有先升高再降低的趋势,与哈益明等<sup>[19]</sup>研究结果相同。双烯值与处理剂量间没有明显规律性关系;但各处理组0、4、8、12、16 d的双烯值求和后发现,随着处理剂量的增加总双烯值增加。推测原因:电子束处理剂量越高,传递给冷鲜肉体系的能量就越高,共轭双键就越容易生成,累加产生的双烯值就越高。冷鲜猪肉的TBARS值随着辐照剂量的增加而增加,并随贮藏时间的延长而增加( $P < 0.05$ )。李新等<sup>[20]</sup>发现,猪肉的TBARS值经过3 kGy电子束处理比对照显著增加,同时随贮藏时间的增加而增加;Ahn等<sup>[21]</sup>认为,猪肉糜的TBARS值随着辐照剂量的增加而增加,与本研究结果相同。加热处理也能造成肉品氧化,并比电子束处理有更高的TBARS值<sup>[22]</sup>。辐照与加热均能造成油脂降解,降解产物类似,但加热产生更多的降解产物<sup>[23]</sup>。这都说明辐照处理会引起冷鲜肉氧化,其氧化程度随辐照剂量的增加而增加,贮藏时间的延长而加深,且比加热引起的氧化弱。

### 3.4 电子束辐照对冷鲜肉色泽与感官的影响

0 d,随着电子束处理剂量的增高的冷鲜肉 $a^*$ 值有增高的趋势。推测原因:电子束是高能电子流,带负电荷,具有一定还原性;电子束处理后,环境中臭氧含量升高;故肌红蛋白与氧结合易形成氧合肌红蛋白,导致 $a^*$ 值增高。8.3、10.5 kGy组,在贮藏期内 $a^*$ 值降低 $b^*$ 升高,与Allen等<sup>[24]</sup>、程郁昕等<sup>[25]</sup>研究结果相同。0 d各处理组 $b^*$ 值比对照组高,也与体系的氧化作用有关。同时,不同剂量电子束处理组的外观、质地、脂肪状态没有明显差异,经6.2 kGy电子束处理,

冷鲜肉产生令人愉悦的气味;高美须等<sup>[26]</sup>认为,经一定剂量辐照对泡椒凤爪的感官品质无不利影响,且适当剂量的处理有利于提高泡椒凤爪的风味品质,与本研究结果相似。

## 4 结论

经 10.5 kGy 以下,不同剂量电子束辐照的冷鲜肉,其粗蛋白、粗脂肪、感官品质没有显著变化;其氧化程度随辐照剂量的增加而增加,并随着贮藏时间的延长而加深,但比加热杀菌引起的氧化弱。经过 3.8、6.2 kGy 电子束处理的冷鲜肉,在贮藏期内色泽好。电子束处理作为提高冷鲜肉卫生质量的有效手段,对肉品质没有明显影响。结合电子束辐照对冷鲜猪肉的杀菌效果,辐照剂量应控制在 4~6 kGy 为宜。

### 参考文献:

- [ 1 ] 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, 2004
- [ 2 ] 邓明, 哈益明, 严奉伟, 吴谋成. 冷却肉低剂量辐照后的理化和感官特性变化[J]. 食品科学, 2005, 26(8): 121-126
- [ 3 ] Lutter R. Food Irradiation-The Neglected Solution to Food Borne Illness[J]. Science, 1999, 286 (5448): 2275-2281
- [ 4 ] Luchsinger S E, Kropf D H, Garcia Zepeda C M, Chambers E V, Hollingsworth M E, Hunt M C, Marsden J L, Kastner C L, Kuecker W G. Sensory analysis and consumer acceptance of irradiated boneless pork chops [J]. Journal of Food Science, 1996, 61(6): 1261-1266
- [ 5 ] Duong D Q, Crandall P G, Pohlman F W, O' Bryan C A, Balentine C W, Castillo A. Improving ground beef safety and stabilizing color during irradiation using antioxidants, reductants or TSP[J]. Meat Science, 2008, 78(4): 359-368
- [ 6 ] Lim D G, Seol K H, Jeon H J, Job C, Leea M. Application of electron-beam irradiation combined with antioxidant for fermented sausage and its quality characteristic [J]. Radiation Physics and Chemistry, 2008, 77(6): 818-824
- [ 7 ] GB 5009. 5-2010 食品中蛋白质的测定[S]. 北京: 中华人民共和国卫生部, 2010
- [ 8 ] GB 5009. 6-2010 食品中脂肪的测定[S]. 北京: 中华人民共和国卫生部, 2010
- [ 9 ] GB/T 5009. 44-2003 肉与肉制品卫生标准的分析方法[S]. 北京: 中华人民共和国卫生部 中国国家标准化管理委员会, 2003
- [ 10 ] GB/T 5009. 37-2003 食用植物油卫生标准的分析方法[S]. 北京: 中华人民共和国卫生部 中国国家标准化管理委员会, 2003
- [ 11 ] Klein R A. The detection of oxidation in liposome preparations[J]. Biochimica et Biophysica Acta, 1970, 210(3): 486-489
- [ 12 ] 姜秀杰, 张德权, 张东杰, 李淑荣, 高美须, 王志东. 包装形式对辐照调理鸡肉理化特性的影响[J]. 核农学报, 2011, 25(2): 276-280
- [ 13 ] 霍晓娜, 李兴民, 谢辉, 南庆贤, 刘毅, 杜艳. 光照对猪肉脂肪氧化影响的研究[J]. 食品工业科技, 2006, 27(3): 90-94
- [ 14 ] Ahn D U, Olson D G, Jo C, Chen X, Wu C, Lee JI. Effect of muscle type, packaging, and irradiation on lipid oxidation, volatile production, and color in raw pork patties[J]. Meat Science, 1998, 49(1): 27-39
- [ 15 ] Nam K C, Du M, Jo C, Ahn D U. Cholesterol oxidation products in irradiated raw meat with different packaging and storage time [J]. Meat Science, 2001, 58(4): 431-435
- [ 16 ] 贾倩, 李淑荣, 高美须, 王志东, 裴颖, 邓文敏. 电子束辐照对素鸡杀菌效果及品质特性影响的研究[J]. 核农学报, 2012, 26(2): 295-299
- [ 17 ] 王若兰, 杨延远, 郭靖.  $\gamma$ 射线、电子束处理对大豆品质的影响[J]. 河南工业大学学报(自然科学版), 2010, 31(5): 5-8
- [ 18 ] 孙志明, 赵小俊, 马军辉, 金献珍, 王校常. 辐照对肉味香精蛋白质及氨基酸组份的影响[J]. 核农学报, 2008, 22(4): 461-463
- [ 19 ] 哈益明, 王峰. 辐射诱导冷却肉脂肪氧化机理与抑制方法研究[J]. 辐射研究与辐射工艺学报, 2006, 24(5): 257-261
- [ 20 ] 李新, 程微, 熊光权, 耿胜荣, 乔宇, 廖涛, 廖李, 林若泰. 辐照处理对猪肉理化性质的影响[J]. 核技术, 2011, 34(12): 932-936
- [ 21 ] Ahn D U, Nam K C, Olson DG. Analysis of volatile components and the sensory characteristics of irradiated raw pork[J]. Meat Science, 2000, 54(3): 209-215
- [ 22 ] 李洪军, 黄业传, 贺稚非, 李凤. 猪肉制品冷藏中感官特性和挥发性物质变化的回归分析[J]. 中国农业科学, 2012, 45(1): 142-152
- [ 23 ] 阚建全, 谢笔钧. 食品化学[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2008
- [ 24 ] Allen C D, Russell S M, Fletcher D L. The relationship of broiler breast meat color and pH to shelf-life and odor development [J]. Poultry Science, 1997, 76(7): 1042-1046
- [ 25 ] 程郁昕, 檀艳萍, 周芳, 刘玉燕. 蜂花粉对肉杂鸡肌肉品质的影响[J]. 当代畜牧, 2007, (10): 30-31
- [ 26 ] 高美须, 李淑荣, 裴颖, 邓文敏, 姜秀杰, 陈勋, 黄敏, 陈浩, 王志东. 辐照对泡椒凤爪感官品质的影响[J]. 核农学报, 2010, 24(6): 1203-1207