

# 辐照对蚕蛹贮藏期品质特性的影响

陆春霞, 梁贵秋, 陆 飞, 董桂清, 吴婧婧, 周晓玲, 李 全, 黄正勇, 林 刚  
(广西壮族自治区蚕业科学研究院, 广西 南宁 530007)

**摘 要:**以真空包装的蚕蛹为材料, 经0、3、6 kGy  $^{60}\text{Co}$ - $\gamma$ 射线辐照后, 在4℃条件下贮藏0~60 d, 研究不同辐照剂量和不同贮藏时间(0、30、60 d)条件下蚕蛹的感官指标与品质的变化。结果表明: 1) 辐照蚕蛹的色度值、酸值、脂肪含量、微生物数量显著降低, 硬度、咀嚼性、过氧化值显著升高; 感官评分、蛋白质含量和弹性无显著变化。2) 在贮藏期间, 辐照蚕蛹的色度值、微生物数量随辐照剂量的增加而降低; 硬度、咀嚼性、脂肪含量随剂量的增加而增加; 过氧化值增加的幅度低于对照, 且辐照剂量较高的处理增加幅度较为缓慢; 酸值无明显变化。3) 6 kGy辐照对蚕蛹具有显著的杀菌效果。由此可见, 辐照改善了蚕蛹的贮藏品质, 杀菌效果显著, 有利于延长蚕蛹的保鲜期。

**关键词:**辐照; 蚕蛹; 贮藏; 品质特性

## Effect of Irradiation on Quality Characteristics of Stored Silkworm Chrysalis

LU Chunxia, LIANG Guiqiu, LU Fei, DONG Guiqing, WU Jingjing, ZHOU Xiaoling, LI Quan, HUANG Zhengyong, LIN Gang  
(Guangxi Research Institute of Sericulture, Nanning 530007, China)

**Abstract:** Samples of vacuum packaged silkworm chrysalis were irradiated using  $^{60}\text{Co}$  gamma ray at 0, 3, and 6 kGy and stored at 4℃ for 60 days to explore changes in sensory indicators and quality of silkworm chrysalis with different gamma irradiation doses and storage times (0, 30, and 60 days). The results showed that the chroma value, acidity value, fat content and microbial quantity of silkworm chrysalis significantly decreased after irradiation, whereas the hardness, chewiness and peroxide value significantly increased. No significant change in sensory evaluation, protein content or springiness was found. The chroma value and microbial quantity decreased significantly with increasing irradiation dose during the entire storage period, while hardness, chewiness, and fat increased. Peroxide value increased firstly and then decreased with increasing irradiation dose. A lower increment in peroxide value was found when compared to the control. At higher irradiation dose, peroxide value increased relatively slowly, but no significant change in the acidity value was seen. The sterilization effect of 6 kGy irradiation on silkworm chrysalis was better. It was concluded that irradiation could improve safely and effectively the storage quality of silkworm chrysalis, resulting in prolonged preservation period.

**Key words:** irradiation; silkworm chrysalis; storage; quality characteristics

DOI:10.7506/spkx1002-6630-201604045

中图分类号: TS205

文献标志码: A

文章编号: 1002-6630(2016)04-0249-06

引文格式:

陆春霞, 梁贵秋, 陆飞, 等. 辐照对蚕蛹贮藏期品质特性的影响[J]. 食品科学, 2016, 37(4): 249-254. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201604045. <http://www.spkx.net.cn>

LU Chunxia, LIANG Guiqiu, LU Fei, et al. Effect of irradiation on quality characteristics of stored silkworm chrysalis[J]. Food Science, 2016, 37(4): 249-254. (in Chinese with English abstract) DOI:10.7506/spkx1002-6630-201604045. <http://www.spkx.net.cn>

蚕蛹含有丰富的蛋白质和不饱和脂肪酸, 是缂丝的大宗产物。利用蚕蛹进行食品的开发前景巨大, 但目前市场上主要以冷冻方式对蚕蛹进行贮藏保存, 不仅贮藏成本高, 同时也限制了蚕蛹的加工利用, 因此, 寻求低成本、高效率的保鲜方式已成为目前研究的重点。

蚕蛹的营养成分非常丰富, 但随着贮藏时间的延长, 蚕蛹的表面色泽易发生褐变, 光泽暗淡; 硬度、咀嚼性和弹性迅速降低; 蛋白质和脂肪易氧化分解, 发生酸败; 造成感官指标下降, 营养指标和微生物指标也得不到保障。因此, 为了延长蚕蛹的贮藏期, 保证蚕蛹的

收稿日期: 2015-06-16

基金项目: 公益性行业(农业)科研专项(201403604)

作者简介: 陆春霞(1976—), 女, 高级农业经济师, 硕士, 研究方向为蚕桑资源综合利用。E-mail: cxredrain@163.com

品质,利用辐照进行处理来确保蚕蛹的质量非常有研究意义。

食品辐照保藏就是利用电离辐射的方法延长食品保藏时间,是保障食品质量的一项物理保藏技术<sup>[1]</sup>。食品辐照技术利用的辐照源包括<sup>60</sup>Co和<sup>137</sup>Cs产生的 $\gamma$ 射线、5 MeV以下的X射线,以及电子加速器产生的10 MeV以下的电子束<sup>[2]</sup>。<sup>60</sup>Co- $\gamma$ 射线穿透力强,近年来广泛应用于肉制品杀菌保鲜,对于肉制中的腐败性微生物及致病菌具有明显的杀灭效果,许多研究报道<sup>[3-4]</sup>都证实了辐照对食品贮藏起到有益的作用。如Badr<sup>[5]</sup>用<sup>60</sup>Co- $\gamma$ 射线辐照包装的兔肉,可以杀灭沙门氏菌,并使有效减少了金黄色葡萄球菌、单核细胞增生李斯特菌、粪肠球菌和肠杆菌的数量;刘春泉等<sup>[6]</sup>对冷冻虾仁进行辐射保鲜,结果表明,3~5 kGy的辐照剂量可杀灭冷冻虾仁中99%以上的微生物。有研究<sup>[7-9]</sup>表明在安全的剂量范围内辐照可以延长肉制品的保质期,并对其品质的影响不大。我国对熟猪肉、熟牛肉、熟羊肉、熟兔肉、盐水鸭、烤鸭、烧鸡、扒鸡等辐照杀菌,其总体平均吸收剂量不得大于8 kGy<sup>[10-12]</sup>。可见,辐照技术不仅技术成熟,操作简单,辐照均匀,而且对于完整肉制品及各种包装的肉品均可进行内部杀菌,并且保留了食品原有的品质和风味,延长了食品的贮藏期。

目前,利用辐照对蚕蛹贮藏品质的研究鲜见报道。因此,本研究以蚕蛹为原料,利用0、3 kGy和6 kGy剂量的<sup>60</sup>Co- $\gamma$ 射线进行辐照,并对其贮藏期间(0、30、60 d)主要品质指标的变化进行初步探讨,以期为蚕蛹的贮藏保鲜提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

蚕蛹由广西宜州公司提供,鲜茧缂丝蚕蛹,蚕蛹经清洗、盐水漂烫、沥干、真空包装。包装规格为50 g/袋;每个辐照剂量处理10袋,每个处理重复3次。

### 1.2 仪器与设备

Ultra Scan VIS全自动色差仪 美国Hunter Lab公司;TA-XT-PLUS质构仪 英国SMS公司;SOX416全自动索氏提取仪 德国Gerhardt公司;BS-124S电子分析天平 德国Sartorius公司。

### 1.3 方法

#### 1.3.1 样品处理

实验材料的辐照处理在广州市华大生物科技有限公司进行,辐照源为<sup>60</sup>Co- $\gamma$ 射线,辐射处理剂量分为0、3、6 kGy,其中0 kGy的样品为对照(CK)。蚕蛹辐射后置于4℃恒温保存,然后分别对贮藏0 d(2 h)和30、60 d后样品进行各项指标测定。测定方法分别按照

GB 5009.44—2003《肉与肉制品卫生标准的分析方法》<sup>[13]</sup>、GB 4789.2—2010《食品微生物学检验:菌落总数的测定》<sup>[14]</sup>、GB 4789.15—2010《食品微生物学检验:霉菌和酵母计数》<sup>[15]</sup>、GB 4789.3—2010《食品微生物学检验:大肠菌群计数》<sup>[16]</sup>、GB 5009.5—2010《食品中蛋白质的测定》<sup>[17]</sup>、GB/T 9695.7—2008《肉与肉制品总脂肪含量测定》<sup>[18]</sup>等国家标准进行。

#### 1.3.2 色度值的测定

蚕蛹的色度值测定采用全自动测色差计测定,进一步对蚕蛹的感官进行评定。其中 $a$ 表示红色度, $b$ 表示黄色度, $L$ 表示亮度<sup>[19-20]</sup>。

#### 1.3.3 质构测定

采用质构仪测定,将一定厚度的蚕蛹装入圆形铝盒,放置于测试面中心位置,对蚕蛹进行质地多面分析,对同一条件下的蚕蛹分别取3次样进行测试,结果取平均值。测试的指标包括:硬度、咀嚼性、弹性。采用的探头为直径50 mm的P50平底柱形探头。测定参数为:测前速率1.0 mm/s、测试速率2.00 mm/s、测后速率2.00 mm/s、变形程度30%。

#### 1.3.4 感官评价

参照宋智等<sup>[21]</sup>的方法,对蚕蛹的色泽、组织状态、气味进行感官评定。评定人员由培训过的10名人员组成,在9分内打分评定,评分标准如表1所示。

表1 蚕蛹感官评分的标准  
Table 1 Sensory evaluation criteria for silkworm chrysalis

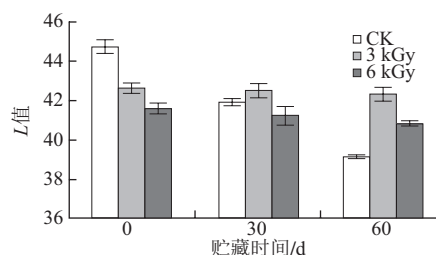
色泽(9分)	组织状态(9分)	气味(9分)	保水性(9分)
蚕蛹黄色,有光泽(7~9分)	按压后马上可以恢复原状(7~9分)	蚕蛹特有的气味,无其他异味(7~9分)	无汁液流出(7~9分)
蚕蛹黄中稍带有点褐色(4~6分)	按压后要过一段时间才慢慢恢复(4~6分)	有蚕蛹的气味,同时有点异味(4~6分)	有少量汁液流出(4~6分)
蚕蛹黄中带有黑褐色,无光泽(1~3分)	按压后不能恢复原状态(1~3分)	有明显的臭味(1~3分)	有大量汁液流出(1~3分)

### 1.4 数据分析处理

实验采用Excel 2003和SPSS 17.0软件进行数据处理和分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 辐照对蚕蛹色度的影响



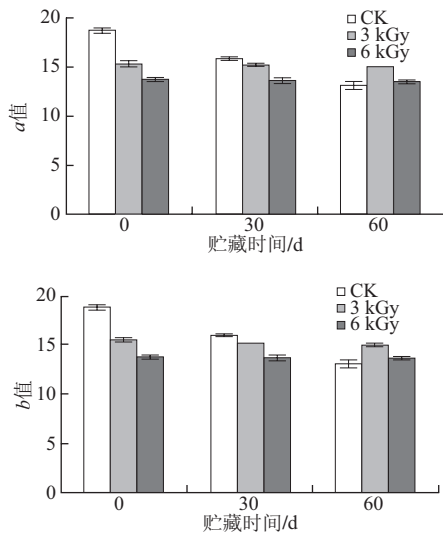


图1 4℃贮藏期间辐照对蚕蛹色度的影响

Fig.1 Effect of irradiation on color parameter values of silkworm chrysalis during subsequent storage at 4 °C

从图1可知, 经3 kGy和6 kGy<sup>60</sup>Co-γ射线辐照2 h后, 蚕蛹表皮的颜色与对照相比发生了明显的变化, *L*值、*a*值和*b*值均显著性降低; 随着贮藏时间的延长, 辐照与对照的色度值均有所下降, 且对照下降的幅度较大; 经6 kGy辐照的蚕蛹其色度值下降幅度大于3 kGy辐照的蚕蛹, 但同一剂量在蚕蛹贮藏期间色度值的变化不大, 在*L*值、*a*值和*b*值上均无显著差异。

## 2.2 辐照对蚕蛹质构的影响

表2 4℃贮藏期间辐照对蚕蛹质构的影响  
Table 2 Effect of irradiation on texture properties of silkworm chrysalis during subsequent storage at 4 °C

质构参数	贮藏0 d (2 h)			贮藏30 d			贮藏60 d		
	CK	3 kGy辐照	6 kGy辐照	CK	3 kGy辐照	6 kGy辐照	CK	3 kGy辐照	6 kGy辐照
硬度/g	266.63±0.36 <sup>a</sup>	268.11±0.35 <sup>a</sup>	274.29±0.26 <sup>a</sup>	260.4±0.16 <sup>a</sup>	267.04±0.25 <sup>a</sup>	270.47±0.09 <sup>a</sup>	253.53±0.18 <sup>a</sup>	262.38±0.15 <sup>a</sup>	268.36±0.11 <sup>a</sup>
咀嚼性	107.84±0.18 <sup>a</sup>	111.15±0.27 <sup>a</sup>	119.36±0.35 <sup>a</sup>	100.02±0.13 <sup>a</sup>	108.28±0.04 <sup>a</sup>	117.42±0.19 <sup>a</sup>	85.47±0.15 <sup>a</sup>	105.47±0.13 <sup>a</sup>	115.14±0.14 <sup>a</sup>
弹性	0.67±0.02 <sup>a</sup>	0.68±0.01 <sup>a</sup>	0.66±0.00 <sup>a</sup>	0.54±0.01 <sup>a</sup>	0.62±0.01 <sup>a</sup>	0.64±0.01 <sup>a</sup>	0.32±0.01 <sup>a</sup>	0.61±0.01 <sup>a</sup>	0.61±0.01 <sup>a</sup>

注: 同一贮藏时间同行字母不同表示差异显著 ( $P<0.05$ )。下同。

从表2可看出, 辐照处理后蚕蛹的硬度、咀嚼性均显著增加, 且随着辐照剂量增加而增加, 这与刘言宁等<sup>[22]</sup>对辐照虾仁质构测定结果不同; 表2中蚕蛹辐照2 h后与对照相比弹性指标无显著性差异, 但在贮藏期间差异显著。随着贮藏时间的延长, 经辐照处理后蚕蛹的硬度、咀嚼性、弹性的下降幅度低于对照, 且随着辐照剂量的增加而降低。这说明了蚕蛹经辐照后质构发生了改变, 有利于保持蚕蛹的硬度、咀嚼性和弹性。

## 2.3 辐照对蚕蛹感官评价的影响

由表3可知, 辐照后2 h后, 色泽和组织形态的感官评分差异均不显著。在贮藏期间, 随着辐照剂量的增加, 色泽和组织形态的感官评分呈下降趋势。辐照后

2 h, 未辐照与辐照相比, 气味和汁液的感官评分显著高于辐照, 但随着贮藏时间延长, 未辐照的气味和汁液显著性降低, 3 kGy辐照和6 kGy辐照在贮藏期间气味和汁液感官评分差异不显著。3 kGy辐照对蚕蛹的整体感官指标影响不大, 说明3 kGy剂量的辐照有利于保持蚕蛹的色、形、味, 并对蚕蛹的贮藏时间起到一定的延长作用。

表3 4℃贮藏期间辐照对蚕蛹感官评分的影响  
Table 3 Effect of irradiation on the sensory evaluation of silkworm chrysalis during subsequent storage at 4 °C

感官指标	贮藏0 d (2 h)			贮藏30 d			贮藏60 d		
	CK	3 kGy辐照	6 kGy辐照	CK	3 kGy辐照	6 kGy辐照	CK	3 kGy辐照	6 kGy辐照
色泽	8.67±0.11 <sup>a</sup>	8.61±0.31 <sup>a</sup>	8.50±0.11 <sup>a</sup>	5.79±0.06 <sup>a</sup>	7.92±0.18 <sup>a</sup>	7.36±0.10 <sup>a</sup>	2.93±0.35 <sup>a</sup>	7.28±0.34 <sup>a</sup>	6.91±0.23 <sup>a</sup>
组织状态	8.76±0.14 <sup>a</sup>	8.60±0.16 <sup>a</sup>	8.65±0.12 <sup>a</sup>	5.23±0.32 <sup>a</sup>	7.93±0.20 <sup>a</sup>	8.05±0.24 <sup>a</sup>	3.99±0.36 <sup>a</sup>	6.89±0.16 <sup>a</sup>	7.07±0.27 <sup>a</sup>
气味	8.84±0.08 <sup>a</sup>	5.66±0.12 <sup>a</sup>	5.86±0.08 <sup>a</sup>	5.95±0.23 <sup>a</sup>	7.52±0.12 <sup>a</sup>	7.90±0.25 <sup>a</sup>	6.99±0.14 <sup>a</sup>	7.87±0.22 <sup>a</sup>	7.90±0.22 <sup>a</sup>
汁液	8.90±0.03 <sup>a</sup>	8.74±0.08 <sup>a</sup>	8.75±0.07 <sup>a</sup>	4.66±0.35 <sup>a</sup>	6.00±0.29 <sup>a</sup>	6.26±0.27 <sup>a</sup>	3.84±0.35 <sup>a</sup>	5.97±0.35 <sup>a</sup>	6.15±0.25 <sup>a</sup>

## 2.4 贮藏期间辐照蚕蛹品质变化分析

### 2.4.1 辐照对蚕蛹蛋白质、脂肪含量变化的影响

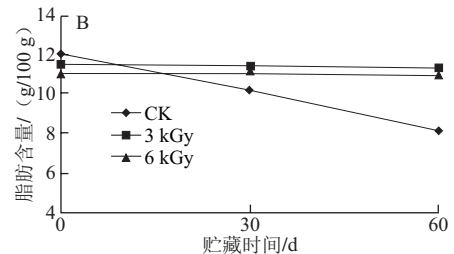
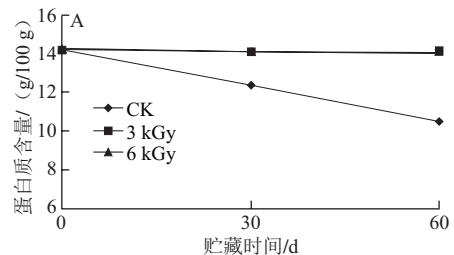


图2 4℃贮藏期间辐照对蚕蛹蛋白质(A)和脂肪(B)含量的影响  
Fig.2 Effect of irradiation on the protein content of silkworm chrysalis during subsequent storage at 4 °C

从图2A可看出, 辐照后蚕蛹的蛋白质含量与对照相比变化不明显; 随着贮藏时间的延长, 对照的蛋白质含量显著降低, 辐照蚕蛹的蛋白质含量变化不显著, 蛋白质含量的损失仅为0.2%。从图2B可以看出, 辐照处理后蚕蛹的脂肪含量与对照相比显著降低, 但在贮藏期间, 辐照蚕蛹脂肪含量下降的幅度要小于对照。

### 2.4.2 辐照对蚕蛹酸值变化的影响

由图3可知, 蚕蛹经辐照处理后酸值显著降低; 随着贮藏时间延长, 辐照处理后蚕蛹的酸值均略有上升, 但各剂量组之间的增减差异不显著, 对照组贮藏期间的酸值升幅更大。

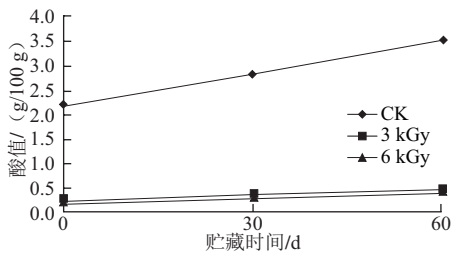


图3 4 °C贮藏期间辐照对蚕蛹酸值的影响

Fig.3 Effect of irradiation on the acidity value of silkworm chrysalis during subsequent storage at 4 °C

2.4.3 辐照对蚕蛹过氧化值变化的影响

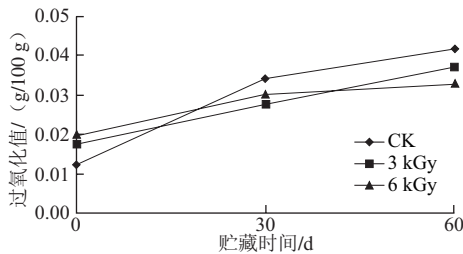


图4 4 °C贮藏期间辐照对蚕蛹过氧化值的影响

Fig.4 Effect of irradiation on the peroxide value of silkworm chrysalis during subsequent storage at 4 °C

从图4可见，蚕蛹经辐照处理2 h后，过氧化值相对于对照显著增加，并且随着辐照剂量的增加而增加；在30 d时，辐照剂量较大的处理其过氧化值较高，但均比对照组的值低；在60 d时，对照组的过氧化值最高，辐照剂量较大的处理其过氧化值较低。由此可见，辐照处理后蚕蛹的过氧化值显著增加，但随着贮藏时间的延长，其增加的幅度低于对照，且辐照剂量较高的处理增加幅度较缓慢。

2.4.4 辐照对蚕蛹水分含量变化的影响

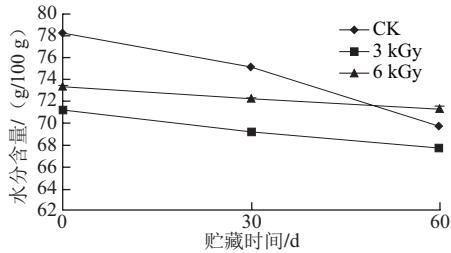


图5 4 °C贮藏期间辐照对蚕蛹水分含量的影响

Fig.5 Effect of irradiation on the water content of silkworm chrysalis during subsequent storage at 4 °C

由图5可知，与对照组相比，经辐照处理后蚕蛹的含水量显著降低，辐照剂量越小其含水量下降的幅度越快；在30 d时，3 kGy剂量处理的含水量最低，对照组最高；但在60 d时，对照组的含水量要低于6 kGy剂量处理

的含水量，3 kGy剂量的处理的含水量最低。可见，辐照处理组水分明显低于对照组，但在贮藏期间对照组水分降低速率明显快于辐照处理组，这是因为辐照改变了肌肉蛋白质的二级和三级结构，从而影响到肌肉组织的保水能力<sup>[23]</sup>。

2.4.5 辐照对蚕蛹微生物指标的影响

表4 4 °C贮藏期间辐照对蚕蛹微生物数量的影响

Table 4 Effect of irradiation on the microbial quantity change of silkworm chrysalis during subsequent storage at 4 °C

数量	贮藏0 d (2 h)			贮藏30 d			贮藏60 d		
	CK	3 kGy辐照	6 kGy辐照	CK	3 kGy辐照	6 kGy辐照	CK	3 kGy辐照	6 kGy辐照
菌落总数/(CFU/g)	526	55	8	620	70	15	$1.7 \times 10^7$	$2 \times 10^5$	25
大肠杆菌数/(WPN/g)	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3
霉菌数/(CFU/g)	15	<10	<10	15	<10	<10	20	<10	<10

由表4可见，经3 kGy和6 kGy辐照对蚕蛹杀菌效果明显，菌落总数分别由最初的526 CFU/g降到55 CFU/g和8 CFU/g；辐照前后大肠杆菌数没有变化，均小于0.3 WPN/g；辐照处理后霉菌数明显降低，均小于10 CFU/g。在0~60 d贮藏期间，对照组与3 kGy辐照处理后，蚕蛹的菌落总数显著增加，但对照组增加幅度较快；到60 d时，经3 kGy辐照后，菌数总数达 $2 \times 10^5$  CFU/g，超出了GB 14891.1—1997《辐照熟食禽肉类卫生标准》；经6 kGy辐照后菌落总数在贮藏期间虽然略有上升，但总体变化不大，说明6 kGy辐照对蚕蛹有很好的杀菌效果。

3 讨论

由于辐照可以有效地延长肉制品的贮藏期，并且对其营养品质的影响不大，所以目前辐照作为一种安全有效的食品杀菌和保鲜技术广泛应用于肉制品的贮藏。

研究表明，辐照对感官指标具有很好的保持作用，如经辐照后的腊牛肉色泽更为诱人，风味更佳<sup>[24]</sup>；王超等<sup>[25]</sup>研究用辐照剂量为10 kGy对火腿肉制品进行辐照，贮存60 d后，其色泽、质构和风味变化不大；刘福莉等<sup>[26]</sup>用 $\gamma$ 射线和电子束辐照猪肉火腿肠，在30 °C条件下贮藏10 d，其硬度、色泽等感官特征无显著变化。但本研究中经辐照的蚕蛹色度值显著性降低，在0~60 d贮藏期间，对照蚕蛹的色度值下降幅度最大，经6 kGy辐照的蚕蛹其色度值下降的幅度要大于3 kGy辐照处理，说明辐照虽然会使蚕蛹稍微褪色，但在贮藏过程中，一定剂量的辐照有利于保持蚕蛹的色泽。辐照之所以会降低食品表皮的颜色，主要是由于肉品中肌红蛋白和脂肪被氧化，从而导致肉品褪色<sup>[27]</sup>。

Johnson等<sup>[28]</sup>用1、2、3 kGy辐照剂量辐照即食的法兰克福香肠进行质地检测，得出辐照对香肠的质构无明显的影响。然而，本研究中发现蚕蛹经辐照后在质构上发



生了显著的变化,硬度、咀嚼性均显著增加,这一方面可能是所处理的样品的含水率不同,因为蚕蛹的含水率高达70%,而辐照有可能破坏了样品中的一些膜组织,使样品持有的部分水分渗出,另一方面可能是辐照造成纤维蛋白降解凝聚黏度下降<sup>[29-30]</sup>,从而引起蚕蛹质构的改变。

辐照味是由辐射分解和油脂氧化产生的挥发性成分结合而成<sup>[31]</sup>。胡鹏等<sup>[32]</sup>对扒鸡进行辐后发现异味产生。Batzler等<sup>[33]</sup>指出这种异味源于包装材料 $\gamma$ 射线辐照的产物。蚕蛹辐照后也会产生辐照味,但随着贮藏时间的延长,异味逐渐变淡甚至消失。

有研究表明,辐照对大部分食品的品质无明显的影响,如康芬芬等<sup>[34]</sup>用200 kGy和400 kGy辐照处理的香蕉,在26℃贮藏5~6 d,其蛋白质、脂肪、矿物质元素含量均变化不大。但有研究也表明辐照会使蛋白质发生一定程度的变性,也会导致蛋白质的降解和氨基酸的代谢<sup>[35-36]</sup>。脂肪分子经辐照后会发生氧化、脱氢等作用,产生典型的氧化产物、过氧化物和还原产物<sup>[37]</sup>。蚕蛹由于富含蛋白质和不饱和脂肪酸,在加工、贮藏过程中容易受到微生物的污染,发生蛋白变性和脂肪氧化,造成品质劣变。本研究中辐照对蚕蛹的蛋白质与对照相比变化不明显,在0~60 d贮藏期间,辐照蚕蛹的蛋白质损失率及少,为0.2%,这与肖蓉等<sup>[24]</sup>在用7 kGy辐照剂量辐照腊牛肉,其蛋白质的损失仅为0.2%的研究结果一样。但辐照处理过的蚕蛹的其脂肪比对照显著性降低,但在0~60 d贮藏期间辐照蚕蛹脂肪下降的幅度要小于对照,而高剂量辐照脂肪氧化的程度较大,这与哈益明等<sup>[38]</sup>的研究相似。

范家霖等<sup>[39]</sup>利用电子束辐照对鱼粉贮藏过程中酸值的升高程度无显著影响,但会导致贮藏期间鱼粉中过氧化值的增加。本研究在对蚕蛹的辐照中发现,经辐照处理蚕蛹其酸值显著降低;在0~60 d贮藏期间,辐照蚕蛹的酸值变化不大。辐照处理后蚕蛹的过氧化值显著增加,但增加的幅度低于对照,且辐照剂量大的处理过氧化值增幅较慢,这说明了辐照会在一定程度上促进蚕蛹中的蛋白和脂肪的氧化,并且在贮藏过程慢慢分解与转化。

辐照对细菌的抑制效果显著,被认为是提高肉的安全性、延长货架期的有力手段<sup>[3-4]</sup>。陈银基等<sup>[40]</sup>用剂量分别1.13、2.09 kGy及3.17 kGy辐照牛肉,在7℃条件下10 d贮存后,牛肉的细菌总数分别为6.16 (1.13 kGy)、5.61 (2.09 kGy)、5.58 (3.17 kGy)、7.93 (对照) (lg (CFU/g)),对照组与辐照组细菌含量差异极显著( $P<0.01$ )。辐照对蚕蛹具有显著的杀菌效果,经过60 d贮藏后,经6 kGy辐照后蚕蛹的菌落总数由最初的8 CFU/g上升到25 CFU/g,而对照在60 d时,菌落总数达到了 $1.7\times 10^7$  CFU/g,远远超出了食品卫生许可标准,可见6 kGy辐照对蚕蛹的杀菌效果非常显著。

## 4 结 论

大多数的研究报道<sup>[3-9]</sup>已证实了低剂量的辐照可以有效地延长肉制品的贮藏期,并且对其营养品质影响不大。本研究通过对蚕蛹进行辐照处理后,其色度值、硬度、咀嚼性等感官指标均优于对照组,并且以3 kGy辐照的蚕蛹感官评价最好;辐照处理后蚕蛹的营养指标变化幅度不大;理化性质有所变化,说明辐照对蚕蛹造成一定的氧化酸败作用,但相对于对照而言,对蚕蛹的氧化影响较小;同时,6 kGy辐照处理对蚕蛹具有显著的杀菌效果,贮藏期也相对延长,但要想获得更长的贮藏期需结合其他方法进行更详尽的研究。综合以上,一定剂量的辐照可以抑制微生物的繁殖,并改善蚕蛹的贮藏品质,安全有效,对于延长蚕蛹的保鲜期起到良好的作用。

## 参考文献:

- [1] 郑琳琳,王人悦,孙晶晶.辐照保藏技术在食品中的应用进展[J].食品研究与开发,2012,33(3):239-240. DOI:10.3969/j.issn.1005-6521.2012.03.069.
- [2] 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.
- [3] THAYER D W, BOY G, FOX J B, et al. Variations in radiation sensitivity of foodborne pathogens associated with the suspending meat[J]. Journal of Food Science, 1995, 60(1): 63-67.
- [4] World Health Organization. Wholesomeness of irradiated foods[R]. Geneva: Technical Report Series 659, 1981.
- [5] BADR H M. Use of irradiation to control foodborne pathogens and extend the refrigerated market life of rabbit meat[J]. Meat Science, 2004, 67(4): 541-548.
- [6] 刘春泉,朱佳廷,赵永富,等.冷冻虾仁辐射保鲜研究[J].核农学报,2004,18(3):216-220.
- [7] CAI Y Z, SUN M, CORKE H. HPLC characterization of betalains from plants in the amaranthaceae[J]. Journal of Chromatographic Science, 2005, 43: 454-460.
- [8] 王长泉,刘涛,王宝山.植物甜菜素研究进展[J].植物学通报,2006,23(3):302-311. DOI:10.3969/j.issn.1674-3466.2006.03.011.
- [9] FRANK T, STINTZING F C, CARLE R, et al. Urinary pharmacokinetics of betalains following consumption of red beet juice in healthy humans[J]. Pharmacological Research, 2005, 52: 290-297.
- [10] 卫生部. GB 14891.6—1994 辐照猪肉卫生标准[S].北京:中国标准出版社,1994.
- [11] 卫生部. GB 14891.7—1997 辐照冷冻包装禽肉类标准[S].北京:中国标准出版社,1997.
- [12] 卫生部. GB 14891.1—1997 辐照熟食禽肉类卫生标准[S].北京:中国标准出版社,1997.
- [13] 卫生部. GB 5009.44—2003 肉与肉制品卫生标准的分析方法[S].北京:中国标准出版社,2003.
- [14] 卫生部. GB 4789.2—2010 食品微生物学检验:菌落总数的测定[S].北京:中国标准出版社,2010.
- [15] 卫生部. GB 4789.15—2010 食品微生物学检验:霉菌和酵母计数[S].北京:中国标准出版社,2010.
- [16] 卫生部. GB 4789.3—2010 食品微生物学检验:大肠菌群计数[S].北京:中国标准出版社,2010.
- [17] 卫生部. GB 5009.5—2010 食品中蛋白质的测定[S].北京:中国标准出版社,2010.

- [18] 卫生部. GB/T 9695.7—2008 肉与肉制品总脂肪含量测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- [19] 张晴, 陈勇, 李钊, 等. 黑米色素的吸收光谱及色差分析研究[J]. 食品科学, 1997, 18(7): 12-16. DOI:10.3321/j.issn:1002-6630.1999.07.003.
- [20] 黄春辉. 灰黄霉素色泽的色差法测定[J]. 中国医药工业杂志, 2001, 32(4): 169-172. DOI:10.3969/j.issn.1001-8255.2001.04.012.
- [21] 宋智, 孟凤英. 鲤鱼保鲜技术的研究[J]. 食品科学, 1995, 16(6): 45-48. DOI:10.3321/j.issn:1002-6630.1995.06.021.
- [22] 刘言宁, 杨瑞金, 伍玉洁. 熟制对虾虾仁的辐照保鲜[J]. 食品与发酵工业, 2005, 31(9): 113-117. DOI:10.3321/j.issn:0253-990X.2005.09.032.
- [23] 马丽珍, 南庆贤, 戴瑞彤. 真空包装冷却猪肉低剂量辐照后的理化和感官特性变化[J]. 农业工程学报, 2003, 19(4): 184-187. DOI:10.3321/j.issn:1002-6819.2003.04.045.
- [24] 肖蓉, 徐昆龙, 彭伟国, 等. 辐照保鲜对腊牛肉品质影响的初探[J]. 食品科技, 2004, 29(8): 74-76. DOI:10.3969/j.issn.1005-9989.2004.08.023.
- [25] 王超, 赵永富, 季萍, 等.  $\gamma$ 辐照对低温火腿肉制品感官及微生物指标的影响[J]. 江苏农业科学, 2010(6): 419-420. DOI:10.3969/j.issn.1002-1302.2010.06.166.
- [26] 刘福利, 陈华才, 杨菁怡.  $\gamma$ 辐照和电子束辐照对猪肉火腿肠质量的影响研究[J]. 中国计量学院学报, 2010, 21(4): 314-318. DOI:10.3969/j.issn.1004-1540.2010.04.008.
- [27] 韩晶, 李开雄, 李丽华. 食品辐照技术的特性及在肉制品中的应用研究[J]. 肉类研究, 2009, 23(1): 57-62. DOI:10.3969/j.issn.1001-8123.2009.01.017.
- [28] 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): 265-274.
- [29] ZHU M J, MENDONCA A, AHN D U. Temperature abuse affects the quality of irradiated pork loins[J]. Meat Science, 2004, 67: 643-649.
- [30] 周家春. 食品工艺学[M]. 北京: 化学工业出版社, 2003: 67-68.
- [31] SHAY B J, EGAN A F, WILLS P A. The use of irradiation for extending the storage life of fresh and processed meats[J]. Food Technology Australia, 1988, 40: 310-313.
- [32] 胡鹏, 张奇志, 邓鹏, 等. 辐照对扒鸡氨基酸及感官品质的影响[J]. 核农学报, 2011, 25(3): 506-509.
- [33] BATZER O F, DOTY D M. Nature of undesirable odors formed by gamma irradiation of beef[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 1995(3): 64-67.
- [34] 康芬芬, 彭扬思, 高健会, 等.  $\gamma$ 射线辐照处理对香蕉品质的影响[J]. 植物检疫, 2010, 24(4): 35-38.
- [35] NAM K C, AHN D U. Use of antioxidants to reduce lipid oxidation and off-odor volatiles of irradiated pork homogenates and patties[J]. Meat Science, 2003, 63: 1-8.
- [36] JO C, AHN D U. Production of volatiles from irradiated oil emulsion systems prepared with amino acids and lipids[J]. Journal of Food Science, 2000, 65: 616.
- [37] 徐昆龙, 肖蓉. 辐照保鲜技术及其在动物性食品中的应用[J]. 食品工业科技, 2005, 26(5): 179-181.
- [38] 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.
- [39] 范家霖, 李湘, 陈云堂, 等. 辐照对贮藏鱼粉品质劣变指标的影响[J]. 中国饲料, 2013(11): 13-16. DOI:10.3969/j.issn.1004-3314.2013.11.004.
- [40] 陈银基, 周光宏, 鞠兴荣, 等. 低剂量 $\gamma$ 辐照对牛肉肌内脂肪酸组成及牛肉质量的影响[J]. 食品科学, 2008, 29(7): 81-85. DOI:10.3321/j.issn:1002-6630.2008.07.013.