

DOI: 10.13652/j.spjx.1003.5788.2022.90030

辐照灭菌处理对中式酱牛肉理化性能的影响

Effects of irradiation on physico-chemical property of Chinese soy-sauced beef

赵文颖¹ 刘丹丹^{2,3} 靳健乔¹ 徐涛¹ 吴子健^{2,3}ZHAO Wen-ying¹ LIU Dan-dan^{2,3} JIN Jian-qiao¹ XU Tao¹ WU Zi-jian^{2,3}

(1. 天津市技术物理研究所, 天津 300192; 2. 天津商业大学生物技术与食品科学学院, 天津 300134; 3. 天津市食品生物技术重点实验室, 天津 300134)

(1. *Tianjin Institute of Technical Physics, Tianjin 300192, China*; 2. *School of Biotechnology and Food Science, Tianjin University of Commerce, Tianjin 300134, China*; 3. *Tianjin Key Laboratory of Food Biotechnology, Tianjin 300134, China*)

摘要:目的:对比分析辐照灭菌和高温釜式灭菌对酱牛肉理化性能、质构变化和脂质氧化情况的影响。方法:选择辐照剂量2,4,6,8 kGy对酱牛肉进行辐照处理,高温釜式选择121℃、20 min灭菌。结果:辐照处理剂量为6,8 kGy时,辐照处理具有与高温釜式相同的灭菌效果,可延长酱牛肉的保质期;辐照剂量的增加可使得酱牛肉的 L^* (亮度值)整体呈下降趋势,且辐照组样品 L^* 值高于未经灭菌处理的酱牛肉, a^* 值先上升后逐渐降低,当辐照剂量 < 6 kGy时,随着辐照剂量的增加样品的 b^* 值逐渐升高,当辐照剂量 > 6 kGy时,样品的 b^* 值又减小,且辐照组处理的酱牛肉 b^* 值均显著高于对照组($P < 0.05$);辐照处理组对酱牛肉硬度与弹性的维持性优于高温釜式灭菌;而辐照处理的酱牛肉过氧化值与酸价随着辐照剂量的增加显著增高($P < 0.05$),高温釜式灭菌对酱牛肉过氧化值影响不显著,8 kGy辐照剂量组与高温釜式灭菌组酸价均显著高于其他组($P < 0.05$),辐照使得样品的初始丙二醛值增加。结论:6 kGy辐照剂量组的酱牛肉货架期相较于对照组延长且该剂量辐照处理更容易被消费者接受。关键词:辐照剂量;高温釜式灭菌;酱牛肉;贮藏温度;贮藏品质

Abstract: Objective: This study aimed to compare and analyze the physical and chemical properties, texture changes and lipid oxidation of sauced beef by irradiation sterilization and high-temperature kettle sterilization. **Methods:** The irradiation dose was 2, 4, 6, 8 kGy, and the sterilization was performed at

121℃ for 20 minutes in high temperature kettle. **Results:** The results showed that irradiation with a dose of 6 or 8 kGy had the same sterilizing effect as high temperature kettle, and could prolong the shelf life of beef. With the increase of irradiation dose, L^* (brightness value) of soy sauce beef showed a downward trend as a whole, and the L^* value of the sample in the irradiation group was higher than that in the sauced beef without sterilization, with the a^* value increasing first and then gradually decreased. When the irradiation dose was < 6 kGy, the b^* value of the sample increased gradually with the increase of the irradiation dose, but when the irradiation dose was > 6 kGy, the b^* value of the sample decreased again. Moreover, the b^* value of soy sauce beef in irradiation group was significantly higher than that in control group ($P < 0.05$); The hardness and elasticity maintenance of the irradiation group was better than that of high temperature kettle sterilization. The peroxide value and acid value of irradiated beef increased significantly with the increase of irradiation dose ($P < 0.05$), and high temperature autoclave sterilization had no significant effect on peroxide value of beef sauce. The acid value of irradiation dose of 8 kGy group and high temperature kettle sterilization group were significantly higher than that of other groups ($P < 0.05$), and the irradiation increased the initial malondialdehyde value of samples. **Conclusion:** Compared with the control group, the shelf life of soy beef in the 6 kGy irradiation group was longer and the irradiation treatment was more easily accepted by consumers.

Keywords: irradiation dose; high temperature kettle sterilization; sauced beef; storage temperature; storage quality

基金项目:天津市重点研发计划项目(编号:19YFRCYS00210)

作者简介:赵文颖,女,天津市技术物理研究所高级工程师。

通信作者:吴子健(1973—),男,天津商业大学教授,博士。

E-mail: wzjian@tjcu.edu.cn

收稿日期:2021-11-22

中式传统酱牛肉是以牛前腱肉为原料,用各种辛香料(八角、豆蔻等)进行腌制,再通过加入黄豆酱等调味料煮制过程将牛腱子肉本身味道和腌制料的风味有机地融

合到一起而制得的熟牛肉制品^[1]。成品具有色泽悦目、滋味醇厚、香郁扑鼻、口感弹牙有韧性等特点^[2]。但是目前中式酱牛肉多以未经有效灭菌的散装制品形式呈现给消费者,而酱牛肉富含蛋白,水分活度较高,极易受到腐败菌的污染,保质期和消费食用安全性无法得到保证^[3]。目前提高酱牛肉贮藏期多采用高温釜式灭菌进行处理,该方法虽延长了酱牛肉保质期,但造成了酱牛肉过度热处理,不仅破坏了热敏性营养成分,加剧产品的褐变^[4],甚至还会破坏中式酱牛肉特有的弹牙有韧性的质地,导致消费者对高温釜式灭菌后的预包装酱牛肉接受度降低。

国内外广泛应用的非热加工灭菌方式包括微波、超高压、超声波以及辐照杀菌等^[5-7]。微波杀菌是利用微波所形成的电磁场杀灭有害微生物,但其处理极易造成产品包装分解出有毒有害物质^[8];而超高压和超声波杀菌技术虽然可达到能有效灭菌以及维持产品品质的效果,但这两种方式的处理量较小,无法满足工业化的需求^[6-7];而辐照杀菌技术是利用辐射源发出的射线(包括 X 射线、 γ 射线和加速电子束等)杀灭微生物的一种技术手段,可有效抑制食品中微生物机体所含酶类活性以及细胞生理活性,防止食品的微生物腐败,延长食品货架期^[8]。不过其会引起食品中脂肪氧化,但若控制好辐照剂量可有效降低其对食品原有感官品质的影响。如张艳艳等^[9]研究发现电子束辐照可提高散装熟肉制品色泽评分,降低了硫代巴比妥酸反应物值,延长货架期至 10 d;田昕^[10]研究辐照可抑制盐焗鸡翅贮藏品中微生物生长、脂肪氧化和蛋白质腐败分解,在 4,6 kGy 辐照剂量下常温贮藏可达 3 个月以上。但目前关于辐照对中式酱牛肉制品理化性能的影响还缺乏充足的基础研究数据。

试验拟通过⁶⁰Co- γ 射线辐照杀菌处理真空预包装好的中式酱牛肉,在分析灭菌效果的同时,讨论辐照剂量对中式酱牛肉品质的影响,特别是影响消费者感官以及口感的相关性指标(色差、质构、过氧化值、酸价、丙二醛以及感官评定等),以期对辐照处理在保证产品质量安全前提下延长酱牛肉货架期的应用提供一定的理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验设备与仪器

高速冷冻离心机:Sigma 3-18K 型,德国 Sigma 公司;
质构仪:TMS-Pilot 型,美国 Food Technology Corporation 公司;

全能分光色差仪:Ultra Scan PRO 型,美国 Hunter Lab 公司;

恒温振荡水槽:NTS-4000C 型,日本东京理化器械株式会社;

电子天平:EL204 型,梅特勒—托利多仪器(上海)有限公司;

托箱式自动换层换面全自动伽玛辐照装置:BFT-IV

型,天津金鹏源辐照技术有限公司。

1.2 试验方法

1.2.1 酱牛肉加工与处理 将蒸煮制备好的酱牛肉置于灭菌托盘上沥干卤汁,用无菌刀沿肌肉纹理切成 100 g 左右肉块,于无菌室内冷却至室温后真空包装(聚乙烯和聚丙烯复合包装袋),随机分成 6 组,每组 30 袋;以未经处理的酱牛肉为对照组(CK 组);经过高温釜式灭菌(121 $^{\circ}\text{C}$, 20 min)为高温釜式灭菌组(GW 组);辐照剂量分别为 2, 4, 6, 8 kGy,利用伽马辐射装置对真空包装的酱牛肉进行辐照杀菌处理,分别标记为 FZ2 组、FZ4 组、FZ6 组与 FZ8 组。

1.2.2 菌落总数和大肠菌群 将每组酱牛肉样品分成两份,分别置于 4 $^{\circ}\text{C}$ 与 25 $^{\circ}\text{C}$ 下贮藏,每隔 5 d 取样并参照 GB 4789.2—2016《食品安全国家标准 食品微生物学检验 菌落总数》和 GB 4789.3—2016《食品安全国家标准 食品微生物学检验 大肠菌群》对各组酱牛肉样品进行菌落总数和大肠菌群的测定。

1.2.3 色差 参考 Wang 等^[11]的方法,将酱牛肉样品切片(横截面大小约 25 cm^2 ,厚度约 2~3 cm),用色差仪测定样品的表面颜色。记录样品 L^* (亮度值)、 a^* (红度值)和 b^* (黄度值),每组样品重复测定 6 次,取均值。

1.2.4 质构特性 参考赵改名等^[12]的方法,用 TMS-Pilot 质构仪对试样进行测定。具体操作条件:分析用试样在测定前置于 4 $^{\circ}\text{C}$ 下保存 1 h,然后用滤纸将试样表面的水分拭去;待测样手工切成 2 cm $\times$ 2 cm $\times$ 2 cm 的小块;选用 P40 探头,且测定时沿肌纤维垂直方向将样品压缩至原高度的 50%,机器参数设置为测试前、测试中以及测试后探头的速度分别为 5,2,2 mm/s,测定间隔时间 5 s,触发类型为自动,触发力 0.049 N;每组测量重复 6 次,取平均。

1.2.5 过氧化值 参照 GB 5009.227—2016《食品安全国家标准 食品中过氧化值的测定》进行测定。

1.2.6 酸价 参照 GB 5009.229—2016《食品安全国家标准 食品中酸价的测定》进行测定。

1.2.7 丙二醛 参照 GB 5009.181—2016《食品安全国家标准 食品中丙二醛的测定》进行测定。

1.2.8 感官评价 参考 GB/T 22210—2008《肉与肉制品感官评定规范》中规定的感官鉴定要求并结合李石新等^[13]的方法,同时也根据酱牛肉评分的实际情况稍作修改制定酱牛肉感官评分标准表和酱牛肉感官评价指标的权重。

1.3 数据统计与分析

数据结果用平均值 $\pm$ 标准差表示,通过 SPSS 16.0 软件中的单因素方差分析。

2 结果与分析

2.1 辐照对中式酱牛肉中菌落总数与大肠菌群的影响

GB 2726—2016《食品安全国家标准 熟肉制品卫生标准》中规定:酱卤肉制品的菌落总数应低于 $1.0 \times$

表 1 酱牛肉的感官评定标准及评价权重[†]

Table 1 Sensory evaluation standard and evaluation weight of soy sauce beef

评分指标	特征描述	权重
色泽	外部酱红色,切片后内部浅红色,略有焦色和油脂光泽,色泽均匀	0.20
气味	浓郁牛肉香味,酱香味,香辣味适中,无腥味	0.25
质地	肉质切面整齐平滑,结构紧密结实,有弹性	0.15
口感	酱香味纯正,无腥味,香辣咸淡适中,咀嚼性好	0.40

† 评分标准:极差 1 分;非常差 2 分;较差 3 分;略差 4 分;一般 5 分;略好 6 分;较好 7 分;非常好 8 分;极好 9 分。

10^5 CFU/g,高于该数值则可判定该肉制品的质量不合格。如表 2 所示,在 4℃贮藏下,GW、FZ6、FZ8 组在 20 d 贮藏过程中,菌落总数均未检出,CK、FZ2、FZ4 组在第 5 天菌落总数符合国家标准低于 1.0×10^5 CFU/g 的限量要求;但在第 10 天菌落总数不符合国家标准的限量要求。在 25℃贮藏下,GW、FZ6、FZ8 组在 20 d 贮藏过程中,菌落总数仍均未检出,FZ4 组第 5 天菌落总数符合国家标准低于 1.0×10^5 CFU/g 的限量要求;而 CK 与 FZ2 组在第 5 天,FZ4 组在第 10 天菌落总数不符合国家标准的限量要求。

按照 GB 4789.3—2016 标准中规定的酱卤肉的大肠菌数应 $\leq 10^2$ CFU/g。如表 3 所示:试验起始时,所有试验组均未检出大肠菌群;贮藏第 5 天,CK、FZ2、FZ4 组虽均检出大肠菌群,但除 25℃贮藏的 CK 组外,检出的大肠

菌群数仍符合标准($>10^2$ CFU/g);贮藏第 10 天,CK、FZ2、FZ4 组仅有 4℃贮藏条件下的 CK 组符合标准;贮藏第 15 天,CK、FZ2、FZ4 组样品大肠菌群均超出标准;而 GW、FZ6 与 FZ8 组样品大肠菌群数在贮藏 20 d 内均未检出。综合菌落总数与大肠菌群的结果分析,辐照剂量 6 kGy 与 8 kGy 可抑制微生物的生长,延长酱牛肉的货架期。

2.2 辐照处理对中式酱牛肉色差的影响

如表 4 所示,酱牛肉的 L^* 值整体随辐照剂量的增加呈下降趋势,且各辐照组样品的 L^* 值均高于 CK 组和 GW 组。周亚军等^[14]研究发现:经辐照处理的酱牛肉 L^* 值显著高于对照组,说明辐照会增加酱牛肉的 L^* 值,与试验结果一致。真空包装酱牛肉样品的 a^* 值随辐照剂量增大呈先上升后逐渐降低趋势。Galán 等^[15]研究发现辐照使牛肉饼的 a^* 值降低。郑维莎^[16]发现辐照可导致鸡脯肉 a^* 值降低,而低剂量(2 kGy)处理不会导致产品 a^* 值的显著变化,但随辐照剂量增大, a^* 值显著降低,与试验结果一致。当辐照剂量 <6 kGy 时,随着辐照剂量的增加样品的 b^* 值逐渐升高,而当辐照剂量 >6 kGy 时,样品的 b^* 值又减小,且辐照组处理的酱牛肉 b^* 值均显著高于对照组($P<0.05$),Millar 等^[17]研究发现酱牛肉中肌红蛋白的色泽随辐照剂量的增加会由亮红色转变为棕色。

2.3 辐照对中式酱牛肉质构的影响

如表 5 所示,低剂量(2 kGy)辐照对酱牛肉硬度影响不显著,随着辐照剂量的增加,酱牛肉的硬度值与弹性值显著下降。Yook 等^[18]研究也发现,高剂量的辐照处理可使牛肉肌肉中的肌节发生明显断裂,从而导致酱牛肉的硬度值降低;而经过高温釜式灭菌的酱牛肉硬度值显著

表 2 辐照处理对中式酱牛肉菌落总数的影响[†]

Table 2 Effects of irradiation on total number of bacterial colonies in Chinese soy-sauced beef

贮藏温度/ ℃	样品	菌落总数/(CFU·g ⁻¹)				
		贮藏第 0 天	贮藏第 5 天	贮藏第 10 天	贮藏第 15 天	贮藏第 20 天
4	CK 组	40.0±2.3	8 845.0±23.5	$>1.0\times 10^5$	$>1.0\times 10^5$	$>1.0\times 10^5$
	GW 组	—	—	—	—	—
	FZ2 组	20.0±3.5	5 564.0±15.7	$>1.0\times 10^5$	$>1.0\times 10^5$	$>1.0\times 10^5$
	FZ4 组	8.0±1.5	4 865.0±40.3	$>1.0\times 10^5$	$>1.0\times 10^5$	$>1.0\times 10^5$
	FZ6 组	—	—	—	—	—
	FZ8 组	—	—	—	—	—
25	CK 组	40.0±2.3	$>1.0\times 10^5$	$>1.0\times 10^5$	$>1.0\times 10^5$	$>1.0\times 10^5$
	GW 组	—	—	—	—	—
	FZ2 组	20.0±3.5	$>1.0\times 10^5$	$>1.0\times 10^5$	$>1.0\times 10^5$	$>1.0\times 10^5$
	FZ4 组	8.0±1.5	3 877.0±20.7	$>1.0\times 10^5$	$>1.0\times 10^5$	$>1.0\times 10^5$
	FZ6 组	—	—	—	—	—
	FZ8 组	—	—	—	—	—

† “—”表示“未检出”。

表 3 辐照处理对中式酱牛肉大肠菌群的影响[†]
Table 3 Effect of irradiation on coliform group of Chinese soy-sauced beef

贮藏温度/℃	样品	大肠菌群/(CFU·g ⁻¹)				
		贮藏第 0 天	贮藏第 5 天	贮藏第 10 天	贮藏第 15 天	贮藏第 20 天
4	CK 组	—	<10 ²	<10 ²	>10 ²	>10 ²
	GW 组	—	—	—	—	—
	FZ2 组	—	<10 ²	>10 ²	>10 ²	>10 ²
	FZ4 组	—	<10 ²	>10 ²	>10 ²	>10 ²
	FZ6 组	—	—	—	—	—
	FZ8 组	—	—	—	—	—
25	CK 组	—	>10 ²	>10 ²	>10 ²	>10 ²
	GW 组	—	—	—	—	—
	FZ2 组	—	<10 ²	>10 ²	>10 ²	>10 ²
	FZ4 组	—	<10 ²	>10 ²	>10 ²	>10 ²
	FZ6 组	—	—	—	—	—
	FZ8 组	—	—	—	—	—

† “—”表示“未检出”。

表 4 辐照处理对中式酱牛肉色差的影响[†]

Table 4 Effect of irradiation treatment on color difference of beef in Chinese soy-sauced beef

样品	<i>L</i> [*]	<i>a</i> [*]	<i>b</i> [*]
CK 组	44.75±0.25 ^c	8.45±0.36 ^c	10.01±0.49 ^d
GW 组	44.12±0.24 ^d	8.53±0.52 ^a	10.09±0.08 ^d
FZ2 组	46.42±0.17 ^a	8.42±0.98 ^d	10.38±0.14 ^c
FZ4 组	45.34±0.95 ^b	8.49±0.86 ^b	10.76±0.09 ^a
FZ6 组	45.15±0.17 ^b	8.32±0.79 ^e	10.54±0.81 ^b
FZ8 组	44.82±0.75 ^c	8.15±0.75 ^f	10.39±0.13 ^c

† 同列肩标小写字母不同表示差异显著($P<0.05$)。

低于其他各组($P<0.05$)。这可能是高温使肌肉发生分子结构变化等一些物理性质的改变,加热会使酱牛肉中的肌原纤维缩小,从而引起酱牛肉中肌节宽度的大量收缩,导致酱牛肉硬度值显著性减小($P<0.05$)。

与酱牛肉硬度值结果相似,低剂量辐照不会改变样品的弹性值,但高剂量会使弹性值显著降低;这可能是因为辐照使肌肉纤维变得疏松,从而降低了酱牛肉的弹性^[19]。赖宏刚等^[20]也发现经过辐照后的酱鸡弹性降低,加热可使肌肉纤维的长度收缩,且肌肉中的结缔组织在高温条件下会逐渐转变为明胶,使得酱牛肉的嫩度降低。辐照灭菌相较于高温釜式灭菌,其弹性值显著高于 GW 组,说明辐照会使酱牛肉弹性下降,但优于高温釜式灭菌。

2.4 辐照处理对中式酱牛肉脂肪氧化的影响

如表 6 所示,辐照使得酱牛肉过氧化值显著增高,且

表 5 辐照处理对中式酱牛肉质构的影响[†]
Table 5 Effects of irradiation on texture of beef with Chinese soy-sauced beef

样品	硬度/N	弹性
CK 组	71.35±5.96 ^a	6.19±0.75 ^a
GW 组	68.00±7.36 ^e	6.12±0.64 ^e
FZ2 组	71.54±5.98 ^a	6.18±0.49 ^a
FZ4 组	70.17±4.95 ^b	6.16±0.51 ^b
FZ6 组	69.38±9.84 ^c	6.15±0.67 ^c
FZ8 组	68.82±5.47 ^d	6.14±0.82 ^d

† 同一指标小写字母不同表示差异显著($P<0.05$)。

表 6 辐照处理对酱牛肉脂肪氧化的影响[†]

Table 6 Effects of irradiation on fat oxidation of Chinese soy-sauced beef

样品	过氧化值/ (10 ⁻² g·g ⁻¹)	酸价/ (mg·g ⁻¹)	丙二醛/ (10 ⁻² mg·g ⁻¹)
CK 组	0.055 5±0.004 6 ^e	1.86±0.47 ^f	0.148±0.026 ^e
GW 组	0.106 1±0.003 7 ^a	1.92±0.54 ^a	0.209±0.035 ^f
FZ2 组	0.066 1±0.004 9 ^d	1.87±0.36 ^d	0.168±0.041 ^d
FZ4 组	0.086 3±0.006 3 ^c	1.88±0.54 ^c	0.175±0.034 ^c
FZ6 组	0.096 6±0.004 9 ^b	1.90±0.66 ^b	0.192±0.054 ^a
FZ8 组	0.104 2±0.003 7 ^a	1.92±0.74 ^a	0.206±0.037 ^b

† 同列小写字母不同表示差异显著($P<0.05$)。

随着辐照剂量的增加其上升幅度增加,由于辐照会诱导水分子的分解形成大量游离自由基,这些游离自由基在辐照过程中诱导酱牛肉中脂肪等物质发生氧化作用,进而导致酱牛肉过氧化值逐渐升高,与 Badr 等^[21]的研究结果相似。但高剂量 FZ8 组过氧化值仅为 0.104 2 g/100 g,仍在 GB 10146—2015 规定小于 0.20 g/100 g 的范围内。低剂量辐照显著低于高温釜式,而高剂量与高温釜式结果差异性不显著,但总体辐照组过氧化值仍低于高温釜式灭菌组。

与酱牛肉过氧化值结果类似,辐照使得样品酸价值和丙二醛值显著上升,虽然样品的酸价值都有所增加,但各样品酸价值的增加幅度不同;FZ8 组与 GW 组样品酸价显然高于其他辐照剂量辐照的酱牛肉($P<0.05$)。样品的丙二醛值随辐照剂量的增大而增加。这可能是因为水解产生大量自由基改变了不饱和脂肪酸或甘油三酯的结构,诱导了脂质的氧化,也可能与肉中含有大量水分有关,电离辐射会引起水系统中的羟基自由基,加速肉中的氧化变化^[22]。这与 Radha Krishnan 等^[23]研究低剂量电子束辐照真空包装冷却猪肉的结果一致,与未辐照的肉类相比,辐照的肉类产生的挥发性物质更多,且 2-硫代巴比妥酸反应性物质(TBARS)更高。

2.5 辐照处理对中式酱牛肉感官评价分析

如表 7 所示,辐照使得酱牛肉色泽评分降低,但与对

表 7 辐照处理对中式酱牛肉感官品质的影响[†]

Table 7 Effects of irradiation on sensory quality of beef in Chinese soy-sauced beef

样品	色泽	气味	质地	口感	总分
CK 组	8.74±0.49 ^a	8.65±0.35 ^a	8.55±0.58 ^a	8.72±0.18 ^a	8.68±0.29 ^a
GW 组	8.53±0.52 ^b	8.66±0.58 ^a	8.41±0.39 ^c	8.59±0.27 ^d	8.57±0.63 ^b
FZ2 组	8.75±0.57 ^a	8.63±0.46 ^a	8.53±0.19 ^a	8.70±0.26 ^a	8.67±0.35 ^a
FZ4 组	8.72±0.61 ^a	8.55±0.42 ^b	8.54±0.85 ^a	8.69±0.25 ^a	8.64±0.37 ^a
FZ6 组	8.68±0.53 ^a	8.41±0.12 ^c	8.51±0.24 ^a	8.67±0.63 ^a	8.58±0.11 ^b
FZ8 组	8.63±0.15 ^a	8.29±0.26 ^d	8.46±0.46 ^b	8.61±0.46 ^c	8.51±0.46 ^c

[†] 同列小写字母不同表示差异显著($P<0.05$)。

照组差异性不明显,而高温釜式灭菌色泽评分与其他各组色泽评分存在显著性差异,高温加热使得酱牛肉的颜色变深,色泽得分降低;在气味评分,低剂量辐照、对照组和高温釜式灭菌组差异不显著,但高剂量辐照的肉制品会产生感官变化,会产生一种特殊的“辐照味”,如灼烧、金属味、干酪味、苦味和羊肉味^[24],这使得 FZ4 组、FZ6 组和 FZ8 组的气味评分下降,但气味评分总体处于非常好的水平;与色泽评分类似,辐照使得酱牛肉质地评分降低,且高剂量辐照下降幅度高于低剂量辐照,但与对照组质地评分差异性不显著,高温热处理酱牛肉使得其质地评分显著低于辐照组;酱牛肉口感评分中,FZ2、FZ4、FZ6 与 CK 组的口感评分差异性不显著,但高剂量辐照使得其口感评分显著降低,根据权重计算出感官评定总分,CK、FZ2 与 FZ4 组无显著差异,FZ6 与 GW 组之间无显著差异,FZ8 组感官评定总分最低,高剂量辐照对于消费者接受度有显著影响,而低剂量的辐照处理更容易被消费者接受。

3 结论

采用辐照对中式酱牛肉进行灭菌处理,通过与未灭菌,以及高温釜式灭菌处理的酱牛肉品质的对比,6 kGy 与 8 kGy 组处理的酱牛肉具有与高温釜式灭菌相同的灭菌效果,可延长中式酱牛肉的货架期。辐照使得酱牛肉颜色变暗,硬度与弹性值随辐照剂量的增大而减小,低于 6 kGy 辐照剂量酱牛肉红度值与黄度值逐渐增加,随着剂量的继续增加而减小,高温釜式对产品颜色与质构的影响显著高于辐照组;辐照后的酱牛肉过氧化值与酸价值以及丙二醛值随辐照剂量的增加而增加,但高温釜式灭菌对真空包装酱牛肉过氧化值影响较小,8 kGy 组与高温釜式灭菌组样品酸价显然高于其他辐照剂量辐照的酱牛肉,高温釜式灭菌组丙二醛值显著高于辐照组与对照组。综合分析:6 kGy 辐照剂量组的酱牛肉货架期相较于对照组延长且该剂量辐照处理更容易被消费者所接受。

参考文献

[1] 蔡艳梅. 酱牛肉调味汁的研制及应用[J]. 中国调味品, 2019, 44

(1): 132-135.
QI Yan-mei. Development and application of sauce beef sauce[J]. China Condiment, 2019, 44(1): 132-135.
[2] HAI Dan, HUANG Xian-qing, SONG Lian-jun. Effects of different modified atmosphere treatments on lipid oxidation in spiced beef at different storage temperatures[J]. Food Science & Nutrition, 2021, 9 (3): 1 422-1 431.
[3] 王文, 梁振. 平遥酱牛肉工艺研究[J]. 肉类工业, 2020(5): 11-12. WANG Wen, LIANG Zhen. Research on technology of pingyao sauce beef[J]. Meat Industry, 2020(5): 11-12.
[4] 费楠, 李芳菲, 党苗苗, 等. 非热杀菌技术特点及在肉制品加工中的应用[J]. 食品安全质量检测学报, 2015, 6(2): 540-544. FEI Nan, LI Fang-fei, DANG Miao-miao, et al. Characteristics of non-thermal sterilization technology and its application in meat processing[J]. Journal of Food Safety and Quality, 2015, 6(2): 540-544.
[5] 张祎敬, 秦丽娟, 宋贤良, 等. 微波杀菌对盐鸡翅根杀菌效果及品质影响[J]. 食品工业科技, 2016, 37(20): 245-248. ZHANG Yi-jing, QIN Li-juan, SONG Xian-liang, et al. Effect of microwave sterilization on germicidal effect and quality of salt chicken wing root[J]. Science and Technology of Food Industry, 2016, 37(20): 245-248.
[6] GARRIGA M, GREBOL N, AYMERICH M T, et al. Microbial inactivation after high-presure processing at 600 MPa in commercial meat products over its shelf life[J]. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 2004, 5(4): 451-457.
[7] 张磊, 蔡华珍, 杜庆飞, 等. 超声波杀菌对小包装卤牛肉微生物及品质的影响[J]. 山西农经, 2017(24): 68-70. ZHANG Lei, CAI Hua-zhen, DU Qing-fei, et al. Effect of ultrasonic sterilization on microbe and quality of small package stewed beef[J]. Shanxi Agricultural Economics, 2017(24): 68-70.
[8] FARKAS J, MOHÁCSI-FARKAS C. History and future of food irradiation[J]. Trends in Food Science & Technology, 2011, 22(2): 121-126.
[9] 张艳艳, 王健, 李海军, 等. 电子束辐照对酱卤牛肉品质的影响[J]. 安徽农业科学, 2014, 42(14): 4 441-4 443. ZHANG Yan-yan, WANG Jian, LI Hai-jun, et al. Effects of electron beam irradiation on quality of marinated beef[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2014, 42(14): 4 441-4 443.
[10] 田昕. 不同杀菌方式对真空包装盐焗鸡翅保藏品质的影

- 响[D]. 北京: 中国农业科学院, 2013: 30-41.
- TIAN X. Effects of different sterilization methods on preservation quality of vacuum packed salted chicken wings [D]. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences, 2013: 30-41.
- [11] WANG Yao, LIANG Hong, XU Ru-ying, et al. Effects of temperature fluctuations on the meat quality and muscle microstructure of frozen beef[J]. International Journal of Refrigeration, 2020, 116: 1-8.
- [12] 赵改名, 银峰, 祝超智, 等. 滚揉腌制对牛肉盐水火腿品质的影响[J]. 食品科学, 2020, 41(15): 72-78.
- ZHAO Gai-ming, YIN Feng, ZHU Chao-zhi, et al. Effect of rolling and curing on quality of beef ham in brine[J]. Food Science, 2020, 41(15): 72-78.
- [13] 李石新, 邓屹洋. 基于模糊数学的肉制品感官综合评判研究: 以酱牛肉为例[J]. 内蒙古农业大学学报(自然科学版), 2013, 34(1): 78-82.
- LI Shi-xin, DENG Yi-yang. Research on sensory comprehensive evaluation of meat products based on fuzzy mathematics: A case study of soy beef[J]. Journal of Inner Mongolia Agricultural University (Natural Science Edition), 2013, 34(1): 78-82.
- [14] 周亚军, 张玉, 李圣尧, 等. 发酵牛肉制品加工与保藏技术研究进展[J]. 肉类研究, 2019, 33(6): 49-54.
- ZHOU Ya-jun, ZHANG Yu, LI Sheng-yu, et al. Research progress on processing and storage technology of fermented beef products[J]. Meat Research, 2019, 33(6): 49-54.
- [15] GALÁN I, GARCÍA M L, SELGAS M D. Irradiation is useful for manufacturing ready-to-eat cooked meat products enriched with folic acid[J]. Meat Science, 2011, 87(4): 330-335.
- [16] 郑维莎. 即食鸡脯肉软罐头的加工工艺研究[D]. 广州: 华南农业大学, 2016: 57-63.
- ZHENG W S. Processing technology of instant canned chicken breast meat[D]. Guangzhou: South China Agricultural University, 2016: 57-63.
- [17] MILLAR S J, MOSS B W, STEVENSON M H. The effect of ionising radiation on the colour of beef, pork and lamb[J]. Meat Science, 2000, 55(3): 349-360.
- [18] YOOK H S, LEE J W, LEE K H, et al. Effect of gamma irradiation on the microstructure and post-mortem anaerobic metabolism of bovine muscle[J]. Radiation Physics & Chemistry, 2001, 61(2): 163-169.
- [19] ALAMPRESE C, FONGARO L, CASIRAGHI E. Effect of fresh pork meat conditioning on quality characteristics of salami[J]. Science, 2016, 119: 193-198.
- [20] 赖宏刚, 蒋云升, 张元嵩, 等. 辐照处理对冷鲜鸡肉的品质的影响[J]. 江苏农业科学, 2018, 46(19): 206-211.
- LAI Hong-gang, JIANG Yun-sheng, ZHANG Yuan-song, et al. Effects of irradiation on the quality of chilled chicken[J]. Jiangsu Agricultural Sciences, 2018, 46(19): 206-211.
- [21] BADR H M, MAHMOUD K A. Antioxidant activity of carrot juice in gamma irradiated beef refrigerated and frozen storage[J]. Food Chemistry, 2011, 127(1): 219-229.
- [22] 韩俐羽, 王丹, 黄敏, 等. ^{60}Co - γ 辐照对红烧笋子牛肉应急食品品质的影响[J]. 食品科技, 2021, 46(9): 99-108.
- HAN L Y, WANG D, HUANG M, et al. Effects of ^{60}Co - γ irradiation on the quality of braised bamboo shoot beef emergency food[J]. Food Science and Technology, 2021, 46(9): 99-108.
- [23] RADHA KRISHNAN K, BABUSKIN S, AZHAGU S B P, et al. Antimicrobial and antioxidant effects of spice extracts on the shelf life extension of raw chicken meat[J]. International Journal of Food Microbiology, 2014, 171: 32-40.
- [24] 王一非, 张芊, 刘竹臻, 等. 4℃贮藏条件下酱牛肉品质的变化与货架期预测[J]. 食品安全质量检测学报, 2018, 9(4): 746-751.
- WANG Y F, ZHANG Q, LIU Z Z, et al. Quality change and shelf life prediction of soy sauce beef stored at 4℃[J]. Journal of Food Safety and Quality, 2018, 9(4): 746-751.

(上接第 132 页)

- [9] DIMA J B, SANTOS M V, BARON P J, et al. Experimental study and numerical modeling of the freezing process of marine products[J]. Food and Bioprocesses Processing, 2014, 92: 54-66.
- [10] STEVEN D, ROCCA A L, POWER H, et al. Estimating the temperature evolution of foodstuffs during freezing with a 3D meshless numerical method [J]. Engineering Analysis with Boundary Elements, 2015, 53: 46-55.
- [11] 韩佳伟, 赵春江, 杨信廷, 等. 基于 CFD 数值模拟的冷藏车节能组合方式比较[J]. 农业工程学报, 2013, 29(19): 55-62.
- HAN Jia-wei, ZHAO Chun-jiang, YANG Xin-ting, et al. Comparison of combination mode of energy conservation for refrigerated car based on CFD numerical simulation[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2013, 29(19): 55-62.
- [12] 郭嘉明. 荔枝气调保鲜热质耦合机理与优化研究[D]. 广州: 华南农业大学, 2016: 111-113.
- GUO Jia-ming. Research on the regulation and control mechanism of the coupling in heat and mass transfer and optimization of fresh-keeping environment with controlled atmosphere for litchi fruit[D]. Guangzhou: South China Agricultural University, 2016: 111-113.
- [13] 彭园园, 宋健斐, 朱廷钰, 等. 大型烟气脱硫塔配置旋风分离器的流场模拟[J]. 化学工程, 2010, 38(1): 38-41.
- PENG Yuan-yuan, SONG Jian-fei, ZHU Ting-yu, et al. Simulation of flow field in large flue gas desulphurization tower with cyclone separators[J]. Chemical Engineering (China), 2010, 38(1): 38-41.
- [14] 梁志鑫, 万金庆, 厉建国, 等. 冻结过程中流场分布改变对冻结特性的影响[J]. 低温工程, 2020, 23(1): 67-72.
- LIANG Zhi-xin, WAN Jin-qing, LI Jian-guo, et al. Influence of flow field distribution change on freezing characteristics during freezing process[J]. Cryogenics, 2020, 23(1): 67-72.