

陈 谦, 杨 敏, 高 鹏, 等.  $^{60}\text{Co}-\gamma$  辐照对中式传统菜肴方便食品品质的影响[J]. 江苏农业科学, 2019, 47(21): 249–253, 262.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.21.060

# $^{60}\text{Co}-\gamma$ 辐照对中式传统菜肴方便食品品质的影响

陈 谦, 杨 敏, 高 鹏, 吴 琴, 刘绵学, 叶嘉伟, 黄 敏

(四川省原子能研究院/辐照保藏四川省重点实验室, 四川成都 610101)

**摘要:**以腊肉炒豇豆和笋子烧牛肉为研究对象,通过感官及微生物指标筛选出最优辐照剂量,并以 25 °C 储藏 0、2、4 周为采样条件,分析辐照对 2 种方便食品在贮藏 0、2、4 周时感官品质、粗脂肪含量、硫代巴比妥酸值(TBA)值及微生物含量等指标的影响。结果表明,储藏期中,2 种食品的菌落总数和霉菌均保持在较低水平,大肠菌群、金黄色葡萄球菌含量始终低于检测限;2 种食品的 TBA 值总体随储藏时间的延长呈持续下降趋势,储藏 4 周时 TBA 值明显低于 CK 及储藏 0 周样品组( $P < 0.05$ );辐照后腊肉炒豇豆粗脂肪含量升高,笋子烧牛肉粗脂肪含量降低且随储藏时间的延长呈现持续下降趋势;在整个储藏期中,2 种食品的感官品质均无明显变化,感官接受度较高。因此,5.00 kGy 的辐照剂量适用于这 2 种方便食品的辐照保藏。

**关键词:** $^{60}\text{Co}-\gamma$  辐照;中式传统菜肴;方便食品;食品品质

**中图分类号:** TS205.9 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2019)21-0249-05

近年来,随着科技及社会需求的迅速发展,人们对食品的要求日益趋向于营养、方便和安全,方便食品逐渐出现在国内市场上。据统计,2012 年年末,我国规模以上方便食品加工企业约 1 100 家;2014 年我国方便食品制造业主营业务收入超 3 400 亿元,同比增长 11.38%<sup>[1-2]</sup>。但目前方便食品产业仍存在诸多问题,如产品构成不合理,菜肴类别主要为油炸、膨化类,适合国人的中式传统菜肴方便食品相对较少,相关技术不完善,市场占有率较低等<sup>[3]</sup>。中式传统菜肴历史悠久,以其独特的魅力造就了灿烂的中华饮食文化,在中华民族饮食文化中占据重要地位。因此开发中式传统菜肴作为方便食品不仅具有重要意义,还具有巨大的市场前景。但由于中式传统菜肴中含有多种调味料,致使初始含菌量不易控制,而常规的高温杀菌会使中式传统菜肴质地绵软、汤汁浑浊,感官品质较差<sup>[4-5]</sup>,目前适合中式传统菜肴方便食品的灭菌技术研究报告还较少。

食品辐照技术主要是指利用 $^{60}\text{Co}$ 或 $^{137}\text{Cs}$ 产生的 $\gamma$ -射线、电子加速器产生的高能电子束或 X 射线对食品或相关原材料进行处理,以实现消毒、灭菌、防腐以及延长食品货架期等目的<sup>[6]</sup>。食品辐照技术具有无污染、无残留、加工效率高及能耗低等突出优点,其安全性得到了如国际原子能机构(IAEA)、联合国粮食及农业组织(FAO)、世界卫生组织(WHO)等众多权威组织和机构的认可,已被广泛应用在各类食品产品的保鲜及保藏中<sup>[7]</sup>。Tripathi 等利用 0.5~2.5 kGy

的 $\gamma$ 辐照结合低温(4~15 °C)保藏来处理即食冬瓜块,在最优条件下(2.0 kGy 和 10 °C),可延长 7 d 的货架期并保持感官品质不变,且辐照处理后冬瓜块的总酚含量和总抗氧化活性均高于对照<sup>[8]</sup>;Lee 等的研究表明,采用 0~5 kGy 的 $\gamma$ 辐照处理即食罗望子(*Tamarindus indica* L.)果汁,不仅可以降低果汁中总菌落数、霉菌数和酵母数,保持或提高果汁的抗氧化能力,还可改善果汁的颜色<sup>[5]</sup>;Yun 等的研究表明,高于 30 kGy 的 $\gamma$ 辐照可使韩式即食鸡肉制品保持无菌状态<sup>[9]</sup>;Park 等对即食型传统韩式烧烤酱进行 $\gamma$ 辐照,结果发现,10 kGy 辐照处理能满足即食烧烤酱的卫生标准要求,并且不影响其感官品质,在 35 °C 的储藏条件下,保藏期可达 90 d<sup>[10]</sup>。

此外,韩国、美国及巴基斯坦等国家还利用 $^{60}\text{Co}-\gamma$ 辐照技术开发一些特殊食品,如面向免疫缺陷病人的无菌食品、太空食品或军需食品等<sup>[11-15]</sup>。纵观国内外研究发现,鲜有将 $^{60}\text{Co}-\gamma$ 辐照技术应用于中式传统菜肴方便食品保藏并对其食品品质进行分析的研究<sup>[4,16]</sup>。因此本试验利用 $^{60}\text{Co}-\gamma$ 对自制的腊肉炒豇豆(PC)和笋子烧牛肉(BS)进行辐照处理,筛选出最优的辐照剂量,并研究辐照对其微生物含量、粗脂肪含量、硫代巴比妥酸值(TBA 值)以及感官品质的影响,探讨 $^{60}\text{Co}-\gamma$ 辐照保鲜中式传统菜肴方便食品的可行性,以为辐照技术在中式传统菜肴方便食品保藏中的应用提供理论支撑。

## 1 材料与方法

### 1.1 试剂与仪器

新鲜牛肉、竹笋、豇豆及辣椒、花椒等调味料(购自四川省成都市永辉超市);腊肉(成都老城南食品有限公司生产);2-硫代巴比妥酸(98%)、乙二胺四乙酸(99.5%)和三氯乙酸(AR)(购自青岛海博生物技术有限公司);月桂基硫酸盐胰蛋白胨肉汤、Baird-Parker 琼脂基础、孟加拉红琼脂、平板计数琼脂和卵黄亚碲酸钾增菌液(购自青岛海博生物技术有限公司)。

DNP-9272E 型电热恒温培养箱(上海精宏实验设备有

收稿日期:2018-09-17

基金项目:四川省科技支撑计划(编号:2016NZ0117);四川省科技创新创业苗子工程(编号:2018RZ0055);国际原子能机构合同项目(编号:19204);四川省应用基础研究计划(编号:2017JY0212)。

作者简介:陈 谦(1982—),男,四川资阳人,博士,副研究员,主要从事食品加工与贮藏研究。Tel:(028)65985221;E-mail:ggcqlz@163.com。

通信作者:黄 敏,博士,研究员,主要从事食品加工与贮藏研究。Tel:(028)65985221;E-mail:hml2190520@163.com。

限公司生产);ZWY-211C 型恒温培养振荡器(上海智城分析仪器制造有限公司生产);DZ-500/2ES 真空封口机(华联机械集团有限公司生产);SW-CJ-2D 型双人单面净化工作台(苏州净化设备有限公司生产);TH-02-260B 型电热恒温鼓风干燥箱(成都易华天宇试验设备有限责任公司生产);HH 数显恒温水浴锅(江苏金坛市金城国胜实验仪器厂生产);LDZF-50KB-II 型立式压力蒸汽灭菌锅(上海申安医疗器械厂生产);BSA224S-CW 型电子天平(购于赛多利斯科学仪器[北京]有限公司);UV-1700 型分光光度计(日本岛津公司生产);样品均使用四川省原子能研究院辐照工程中心的 200 万居里全自动 $^{60}\text{Co}-\gamma$ 辐照装置进行辐照处理。

## 1.2 菜肴的制备

1.2.1 笋子烧牛肉的制备 笋子烧牛肉的制作工艺流程如图 1 所示,其中腌制牛肉所加调料:食盐 3%、酱油 2%、胡椒粉 2%、料酒 4.5%、十三香 1.5% (按牛肉质量计)。汤汁配方及熬制过程:15 g 菜籽油加热至 8 成热→加入 3 g 花椒、3 g 干辣椒、6 g 姜片、6 g 小米椒爆香→加入 300 mL 水→煮沸→加入 3 g 盐、3 g 鸡精、0.6 g 十三香→搅拌均匀→小火熬制 20 min,并补足蒸发的水分。

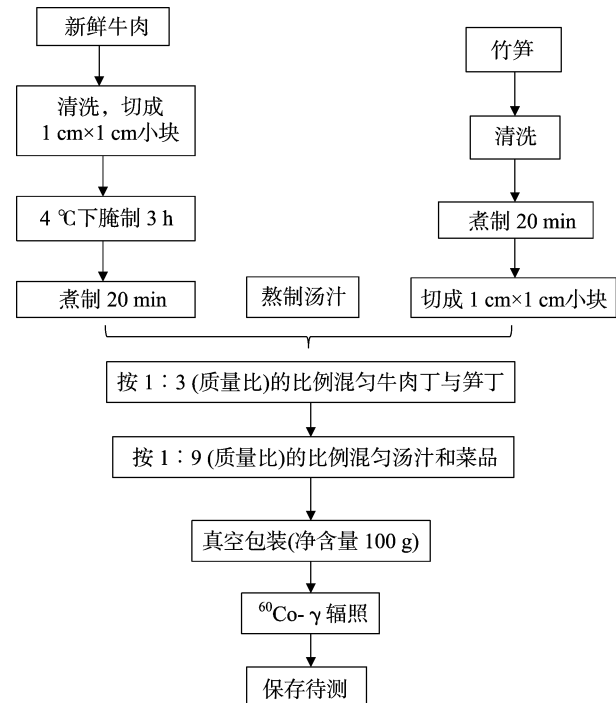


图1 笋子烧牛肉制作流程

1.2.2 腊肉炒豇豆的制备 腊肉炒豇豆的制作工艺流程如图 2 所示。

以上样品储藏于 4.0 °C 冰箱备用,下一步进行 $^{60}\text{Co}-\gamma$ 辐照处理,从样品制作完成到辐照处理不超过 24 h。

## 1.3 试验方法

1.3.1 辐照处理 将菜肴样品用铝箔复合袋装好后送至四川省原子能研究院辐照工程中心,使用全自动 $^{60}\text{Co}-\gamma$ 辐照装置进行辐照处理,辐照温度为 $(25.0 \pm 1.0)$  °C,辐照源剂量率为 35 Gy/min,采用重铬酸银剂量计测定样品的吸收剂量,将未经辐照处理的样品设为对照(CK)。辐照处理设计剂量为 3.00、5.00、8.00 kGy,实际吸收剂量为 2.88、5.44、

7.41 kGy,为简化描述,下文均以设计剂量表示。

1.3.2 样品采集 样品辐照后储藏于 25 °C 下,采样时间点为储藏 0、2、4 周,以未辐照样品为 CK 组,将样品置于 4 °C 下保存待测。

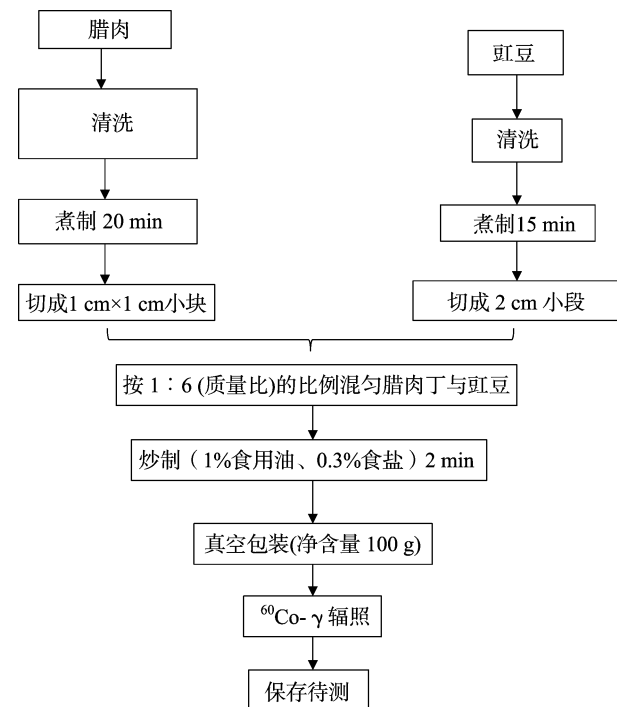


图2 腊肉炒豇豆制作流程

1.3.3 感官评价 采用感官评定之定量描述分析法进行样品感官评定,按照完全随机分块设计呈送样品。在试验开始前 1 h,将事先准备好的样品从冰箱中取出加热 20 min 后冷却至室温,品评前,将样品用白色瓷盘盛放,并用 3 位随机数字编号,同感官评分表一并随机呈送给 10 名有品评经验的品评人员,品评人员在单独的品评室品尝样品,对样品的质地、气味、颜色以及总接受度进行评定,总分 9.0 分,0.1 分增减,分数越高表示样品各项感官品质指标越好。每次评定由每位评定成员单独进行,相互之间不接触交流,各样品评定之间用清水漱口,感官评价结果以平均值 $\pm$ 标准差表示。

1.3.4 TBA 值的测定 参考马丽珍等的方法<sup>[17]</sup>,略有改进测定样品 TBA 值。准确称取研磨均匀的样品 10.000 0 g,置于 150 mL 具塞三角瓶内,加入 50 mL 7.5% 三氯乙酸混合液,振摇 30 min,用双层滤纸过滤 2 次,除去油脂,准确移取上述滤液 5 mL 置于 25 mL 比色管中,加入 5 mL 0.02 mmol/L TBA 溶液,摇匀,加塞,置于 90 °C 水浴锅中保温 40 min,取出冷却 1 h,加入 5 mL 三氯甲烷,摇匀,静置,将上清液移入小试管中在 10 000 r/min 离心 1 min,吸取上清液分别于 532、600 nm 处比色,同时以空白调零。

$$TBA = (D_{532\text{ nm}} - D_{600\text{ nm}}) \div 155 \times 0.1 \times 72.6 \times 100.$$

式中: $D_{532\text{ nm}}$ 、 $D_{600\text{ nm}}$ 分别为上清液在 532、600 nm 处的吸光值,其中与 TBA 反应的物质(TBARS)以每 100 g 样品中丙二醛的质量表示。

1.3.5 粗脂肪含量的测定 参照 GB 5009.6—2016《食品安全国家标准 食品中脂肪的测定》中的索氏抽提法进行粗脂肪含量测定。

1.3.6 微生物指标的测定 菌落总数:参照 GB 4789. 2—2016《食品安全国家标准 食品微生物学检验 菌落总数测定》测定,结果以 lg(CFU/g)表示;霉菌、酵母含量参照 GB 4789. 15—2016《食品安全国家标准 食品微生物学检验 霉菌和酵母计数》测定,结果以 lg(CFU/g)表示;金黄色葡萄球菌参照 GB 4789. 10—2016《食品安全国家标准 食品微生物学检验 金黄色葡萄球菌检验》中第二法测定;大肠埃希氏菌(大肠杆菌)含量参照 GB 4789. 38—2012《食品安全国家标准 食品微生物学检验 大肠埃希氏菌计数》中第一法测定。

1.3.7 数据分析 试验结果均为 3 次测定的平均值,利用 PASW 18.0 软件对结果进行方差分析,采用 Duncan's 多重比较法分析结果之间是否有显著差异( $\alpha=0.05$ )。结果以平均

值 $\pm$ 标准差表示。

2 结果与讨论

2.1 不同辐照剂量对 2 种方便食品微生物含量及感官品质的影响

由表 1 可见,不同剂量辐照处理对 2 种方便食品微生物含量的影响不同。对 BS 组来说,3.00 kGy 辐照剂量处理后菌落总数与 CK 相比无显著差异( $P>0.05$ );5.00 kGy 辐照剂量能显著降低菌落总数( $P<0.05$ );辐照剂量提高至 8.00 kGy,菌落总数已低于检测限,而霉菌在各个辐照剂量组均未检测到,说明产品初始含菌量较低。对于 PC 组来说,由于初始含菌量低,不同辐照剂量处理后微生物含量均在检测限以下。

表 1 不同辐照剂量对 2 种方便食品微生物含量的影响

辐照剂量 (kGy)	菌落总数[lg(CFU/g)]		霉菌含量[lg(CFU/g)]	
	BS 组	PC 组	BS 组	PC 组
CK	3.14 $\pm$ 0.20a	<1.00	<1.00	<1.00
3.00	2.26 $\pm$ 0.38ab	<1.00	<1.00	<1.00
5.00	1.45 $\pm$ 0.77b	<1.00	<1.00	<1.00
8.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00

注:同列数据后不同小写字母表示处理间差异显著( $P<0.05$ )。下同。

表 2 和表 3 显示了不同辐照剂量对 2 种方便食品感官品质的影响。当辐照剂量为 8.00 kGy 时,与 CK 相比,PC 组与 BS 组的气味和总接受度得分显著降低( $P<0.05$ );当辐照剂量为 3.00、5.00 kGy 时,PC 组与 BS 组的感官品质与 CK 组相比无显著差异( $P>0.05$ )。何立超等的研究表明,当火腿肠的辐照剂量高于 7.00 kGy 时会产生明显异味<sup>[18]</sup>,本研究结果与之相符。综合辐照后 2 种产品的感官品质与微生物试验结果可以得出,5.00 kGy 为最佳辐照剂量。

表 2 不同辐照剂量对笋子烧牛肉产品感官品质的影响

辐照剂量 (kGy)	评分(分)			
	质地	颜色	气味	总接受度
CK	8.30 $\pm$ 0.12a	8.44 $\pm$ 0.07a	8.36 $\pm$ 0.13a	8.41 $\pm$ 0.10a
3.00	8.13 $\pm$ 0.23a	8.47 $\pm$ 0.06a	8.14 $\pm$ 0.14a	8.27 $\pm$ 0.09a
5.00	8.24 $\pm$ 0.12a	8.47 $\pm$ 0.06a	8.23 $\pm$ 0.14a	8.34 $\pm$ 0.11a
8.00	8.04 $\pm$ 0.19a	8.47 $\pm$ 0.06a	6.24 $\pm$ 0.12b	6.25 $\pm$ 0.07b

表 3 不同辐照剂量对腊肉炒豇豆(PC)产品感官品质的影响

辐照剂量 (kGy)	评分(分)			
	质地	颜色	气味	总接受度
CK	8.09 $\pm$ 0.06a	8.36 $\pm$ 0.10a	8.23 $\pm$ 0.10a	8.21 $\pm$ 0.05a
3.00	8.19 $\pm$ 0.13a	8.31 $\pm$ 0.08a	8.26 $\pm$ 0.13a	8.29 $\pm$ 0.09a
5.00	8.16 $\pm$ 0.14a	8.40 $\pm$ 0.07a	8.39 $\pm$ 0.08a	8.29 $\pm$ 0.11a
8.00	8.34 $\pm$ 0.04a	8.23 $\pm$ 0.12a	6.21 $\pm$ 0.11b	6.24 $\pm$ 0.08b

2.2 辐照处理对储藏期内方便食品微生物含量及品质的影响

2.2.1 辐照处理对储藏期内方便食品微生物含量的影响 从表 4 可以看出,与 CK 相比,经过 5.00 kGy <sup>60</sup>Co- $\gamma$  辐照处理后,PC 组和 BS 组菌落总数均明显降低,BS 组霉菌含量明显降低;在 4 周的保藏期内,PC 组菌落总数、大肠杆菌含量和金黄色葡萄球菌含量均保持在检测限以下,霉菌含量在储藏第 4 周时仍保持较低数量级水平,为 2.20 $\pm$ 1.04 lg(CFU/g);BS 组的菌落总数和霉菌含量在 4 周的储藏期中均保持较低数量级水平,随着储藏时间的延长,总菌落数显著减少( $P<0.05$ )。另

外,BS 组中的大肠杆菌、金黄色葡萄球菌含量在储藏期中保持在检测限以下,表明 5.00 kGy 剂量的 <sup>60</sup>Co- $\gamma$  辐照对这 2 种方便食品有明显的杀菌效果。杨宗渠等研究了国内市场上销售的三大类 11 个品种低温肉制品的辐射灭菌效果,结果表明,6.00 kGy 以上的  $\gamma$  射线可以有效杀灭低温肉制品中的微生物<sup>[19]</sup>;何立超等探讨了  $\gamma$  辐照技术对猪肉火腿肠的杀菌保鲜效果,结果表明,5.00 kGy 辐照剂量即可对猪肉火腿肠中的微生物起到有效抑制作用<sup>[20]</sup>,本研究结果与上述研究结果相一致。

2.2.2 辐照处理对储藏期内方便食品 TBA 值的影响 食品

表 4 辐照处理对储藏期内方便食品微生物指标的影响

储藏时间 (周)	菌落总数[lg(CFU/g)]		霉菌含量[lg(CFU/g)]		大肠杆菌含量(MPN/g)		金黄色葡萄球菌含量	
	PC 组	BS 组	PC 组	BS 组	PC 组	BS 组	PC 组	BS 组
CK	1.86 ± 0.03	4.07 ± 0.16a	<1.00	3.26 ± 0.08a	<3.00	<3.00	ND	ND
0	<1.00	1.91 ± 0.12b	<1.00	<1.00	<3.00	<3.00	ND	ND
2	<1.00	1.44 ± 0.38bc	1.99 ± 0.58a	<1.00	<3.00	<3.00	ND	ND
4	<1.00	1.22 ± 0.38c	2.20 ± 1.04a	1.96 ± 0.88b	<3.00	<3.00	ND	ND

注:ND 表示未检测到,检测限为 1.00lg(CFU/g)。

氧化是影响食品品质和安全的重要因素,食品中脂类物质的氧化是食品氧化的一个重要指标,食品氧化程度可以用 TBA 值来表征,值越高说明食品中脂类氧化程度越高<sup>[21]</sup>。如表 5 所示,未经辐照的 PC 组、BS 组 TBA 值分别为 0.860、0.993 mg/100 g,储藏 0 周时的辐照处理样品 TBA 值为 0.788、0.255 mg/100 g,与 CK 相比显著降低( $P < 0.05$ )。25℃ 储藏 2 周后,PC 组、BS 组 TBA 值变为 0.782、0.295 mg/100 g,与储藏 0 周时的辐照样品 TBA 值相比无显著差异( $P > 0.05$ ),但与 CK 相比差异显著( $P < 0.05$ )。储藏 4 周后,2 种方便食品的 TBA 值均显著降低( $P < 0.05$ )。上述结果表明,在 25℃ 下储藏 4 周期间,2 种方便食品的 TBA 值总体呈明显降低趋势。一般来说,辐照处理食品会产生大量自由基引起氧化效应,导致 TBA 值升高<sup>[18,21-22]</sup>,但也有研究显示,辐照处理并不会增加食品的 TBA 值,贾倩等研究表明,低剂量  $\gamma$  辐照处理素鸡的氧化效应低于对照组<sup>[23]</sup>。高鹏等发现,经 10 kGy  $\gamma$  辐照处理的凤爪 TBA 值在 60 d 的储藏期中呈缓慢降低趋势,而未辐照的对照组 TBA 值则不断增加<sup>[24]</sup>。吴庆等发现, $\gamma$  辐照处理意式风干火腿的 TBA 值低于未辐照火腿<sup>[25]</sup>。Zhu 等利用电子束辐照土耳其火腿后未发现 TBA 值升高<sup>[26]</sup>。本试验中 2 种方便食品的组成较为复杂,其中脂类物质氧化因受原料特点及其化学组成、加工条件等多种因素影响而和其他食品脂类氧化情况不尽相同<sup>[25]</sup>。另外,丙二醛是一种双官能团化合物,能与蛋白质、核酸、亚硝酸盐等发生反应<sup>[27-29]</sup>,本试验所用的  $\gamma$  辐照处理可能会促进此类反应,导致丙二醛进一步氧化成羧酸,这可能是储藏期中 2 种方便食品 TBA 下降的原因之一。

表 5 辐照处理对储藏期内方便食品 TBA 值的影响

储藏时间 (周)	TBA 值(mg/100 g)	
	PC 组	BS 组
CK	0.860 ± 0.036a	0.993 ± 0.047a
0	0.788 ± 0.021b	0.255 ± 0.012b
2	0.782 ± 0.050b	0.295 ± 0.020b
4	0.125 ± 0.014c	0.097 ± 0.013c

2.2.3 辐照处理对储藏期内方便食品粗脂肪含量的影响  
脂肪是肉类中一种重要的营养成分,脂肪氧化被普遍认为是肉类品质变化的重要原因之一<sup>[30-32]</sup>。储藏期中 2 种方便食

品粗脂肪含量的变化如表 6 所示,可以看出,与 CK 相比,辐照后 PC 组的粗脂肪含量显著增加( $P < 0.05$ )。杨萍等的研究显示,辐照处理后猪肉脯中的脂肪含量有所增加,辐照剂量为 10 kGy 时脂肪含量最高,比对照增加了 41.5%<sup>[33]</sup>。本试验中 BS 组的粗脂肪含量随储藏时间的延长呈现持续下降趋势,到储藏第 4 周时仅有 0.76 g/100 g,这可能与辐照处理有关,汪昌保等以牛肉火腿制品为原料,研究了  $\gamma$  射线和电子束 2 种射线辐照对肉制品品质影响的异同,结果表明,与对照样品相比, $\gamma$  射线处理后的脂肪含量减少了 4.81%,电子束处理减少了 4.33%<sup>[34]</sup>。不难发现,辐照处理后,含腊肉材料的 PC 组脂肪含量先升高后逐渐降低,储藏第 4 周时,粗脂肪含量仍为 4.57 g/100 g,显著高于对照( $P < 0.05$ );而含牛肉材料的 BS 组粗脂肪含量在辐射处理后逐渐降低,储藏第 4 周时粗脂肪含量仅为 0.76 g/100 g,显著低于 CK( $P < 0.05$ )。辐照对脂肪含量的影响是否会因为肉制品不同而不同,还有待进一步研究。

表 6 辐照处理对储藏期内方便食品粗脂肪含量的影响

储藏时间 (周)	粗脂肪含量(g/100 g)	
	PC 组	BS 组
CK	3.80 ± 0.31d	1.97 ± 0.57a
0	6.15 ± 0.21a	1.73 ± 0.43ab
2	5.87 ± 0.33b	1.16 ± 0.14bc
4	4.57 ± 0.27c	0.76 ± 0.06c

2.2.4 辐照处理对储藏期内方便食品感官品质的影响  
辐照处理会对肉类中蛋白质、脂肪等成分产生作用,生成胺类、硫化物、羰基以及过氧化物等异味物质,从而影响产品的感官品质<sup>[35]</sup>。从表 7 和表 8 可见,5.00 kGy 辐照处理后 2 种方便食品在储藏期内各项感官品质指标均无显著改变( $P > 0.05$ )。辐照后以及储藏 4 周后的感官指标得分较高,口感优良。有研究表明,采用较低剂量的辐照处理,并结合真空包装,可以降低辐照产生的氧化效应,保证储藏期中产品的感官品质<sup>[36]</sup>。本试验中 5.00 kGy  $\gamma$  辐照剂量适用于 2 种方便食品的灭菌处理。

3 结论

本研究考察了不同辐照剂量对笋子烧牛肉和腊肉炒豇豆方便食品微生物含量及感官品质的作用,选择 5.00 kGy 辐照

表 7 辐照处理对储藏期内笋子烧牛肉感官品质的影响

储藏时间 (周)	评分(分)			
	质地	颜色	气味	总接受度
CK	8.12 ± 0.18a	7.88 ± 0.42a	8.08 ± 0.29a	8.08 ± 0.24a
0	8.15 ± 0.26a	8.18 ± 0.20a	7.95 ± 0.29a	8.17 ± 0.21a
2	8.20 ± 0.09a	8.30 ± 0.09a	8.26 ± 0.09a	8.18 ± 0.08a
4	8.48 ± 0.08a	8.36 ± 0.09a	8.46 ± 0.07a	8.50 ± 0.12a

表 8 辐照处理对储藏期内腊肉炒豇豆感官品质的影响

储藏时间 (周)	评分(分)			
	质地	颜色	气味	总接受度
CK	8.23 ± 0.12a	8.43 ± 0.14a	8.05 ± 0.21a	8.32 ± 0.25a
0	8.50 ± 0.07a	8.42 ± 0.14a	8.28 ± 0.17a	8.42 ± 0.09a
2	8.38 ± 0.12a	8.28 ± 0.12a	8.06 ± 0.15a	8.23 ± 0.06a
4	8.32 ± 0.10a	8.50 ± 0.03a	8.46 ± 0.07a	8.28 ± 0.11a

剂量处理 2 种产品并对 4 周储藏期中产品的微生物含量、TBA 值、粗脂肪含量及感官品质的变化进行分析,结果发现,储藏期中 2 种产品的菌落总数和霉菌含量均保持较低水平,大肠杆菌和金黄色葡萄球菌均未检出。储藏期中产品 TBA 值总体酶储藏时间的延长而下降;辐照后腊肉炒豇豆中粗脂肪含量升高,笋子烧牛肉粗脂肪含量降低且随储藏时间的延长呈现持续下降趋势。5.00 kGy 辐照处理后 2 种方便食品在储藏期中的各项感官品质指标均无明显改变。综上所述,5.00 kGy 的辐照剂量适用于这 2 种方便食品的辐照保藏。但在长期储藏条件下,方便食品的品质变化情况还有待进一步研究。

#### 参考文献:

- [1] 刘景圣,刘美宏,谢佳函,等.方便即食食品研究现状与发展趋势[J].吉林农业大学学报,2018,40(4):511-516.
- [2] 邓梁虹,张方,王哈,等.我国即食食品的开发现状与市场前景展望[J].保鲜与加工,2017,17(6):112-121.
- [3] 庄孝飞,赵燕,彭亚锋.我国方便食品行业质量调研报告[J].质量与标准化,2017(9):42-45.
- [4] Chen Q, Cao M, Chen H, et al. Effects of gamma irradiation on microbial safety and quality of stir fry chicken dices with hot chili during storage[J]. Radiation Physics and Chemistry, 2016, 127: 122-126.
- [5] Lee J W, Kim J K, Srinivasan P, et al. Effect of gamma irradiation on microbial analysis, antioxidant activity, sugar content and color of ready-to-use tamarind juice during storage[J]. LWT - Food Science and Technology, 2009, 42(1):101-105.
- [6] Dileep S Y, Manasa K. Irradiation in food processing: a review[J]. Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry, 2018, SP1:905-912.
- [7] Farkas J. Irradiation for better foods[J]. Trends in Food Science & Technology, 2006, 17(4):148-152.
- [8] Tripathi J, Chatterjee S, Vaishnav J A, et al. Gamma irradiation increases storability and shelf life of minimally processed ready-to-cook (RTC) ash gourd (*Benincasa hispida*) cubes[J]. Postharvest Biology and Technology, 2013, 76:17-25.
- [9] Yun H, Lee K H, Lee H J, et al. Effect of high-dose irradiation on quality characteristics of ready-to-eat chicken breast[J]. Radiation Physics and Chemistry, 2012, 81(8):1107-1110.
- [10] Park J G, Song B S, Kim J H, et al. Effect of high-dose irradiation and autoclave treatment on microbial safety and quality of ready-to-eat *Bulgogi sauce*[J]. Radiation Physics and Chemistry, 2012, 81(8):1118-1120.
- [11] Song B S, Park J G, Kim J H, et al. Development of freeze-dried miyeokguk, Korean seaweed soup, as space food sterilized by irradiation[J]. Radiation Physics and Chemistry, 2012, 81(8):

- 1111-1114.
- [12] Lee J H, Kim J K, Park J N, et al. Evaluation of instant cup noodle, irradiated for immuno-compromised patients[J]. Radiation Physics and Chemistry, 2012, 81(8):1115-1117.
- [13] Smith S M, Rice B L, Dlouhy H, et al. Assessment of nutritional intake during space flight and space flight analogs[J]. Procedia Food Science, 2013, 2(3):27-34.
- [14] Kume T, Todoriki S. Food irradiation in Asia, the European Union, and the United States; a status update[J]. Radioisotopes, 2013, 62(5):291-299.
- [15] Ihsanullah I, Rashid A. Current activities in food irradiation as a sanitary and phytosanitary treatment in the Asia and the Pacific Region and a comparison with advanced countries[J]. Food Control, 2017, 72(B):345-359.
- [16] 王克勤,陈静萍,彭伟正,等.酱汁猪肘方便菜加工及辐照工艺[J].食品与机械,2003(2):30-31.
- [17] 马丽珍,南庆贤,戴瑞彤.不同气调包装方式对冷却猪肉在冷藏过程中的理化及感官特性的影响[J].农业工程学报,2003,19(3):156-160.
- [18] 何立超,李成梁,马素敏,等.辐照对猪肉火腿肠风味与品质的影响[J].食品科学,2017,38(9):34-39.
- [19] 杨宗渠,刘伟,陈海军,等.低温肉制品辐照保鲜研究[J].食品科学,2001,22(9):84-86.
- [20] 何立超,马素敏,李成梁,等.辐照处理提高猪肉火腿肠保鲜效果[J].农业工程学报,2016,32(22):296-302.
- [21] 张海伟,哈益明,王锋.辐照处理肉及其制品的脂肪氧化效应研究[J].食品科学,2005,26(9):605-609.
- [22] Rababah T, Hettiarachchy N S, Horax R, et al. Thiobarbituric acid reactive substances and volatile compounds in chicken breast meat infused with plant extracts and subjected to electron beam irradiation[J]. Poultry Science, 2006, 85(6):1107-1113.
- [23] 贾倩,李淑荣,高美须,等.电子束和 $\gamma$ 射线辐照对素鸡杀菌效果及氧化效应的影响[J].食品科学,2013,34(13):61-65.
- [24] 高鹏,王艳,黄敏,等. $^{60}\text{Co}$ - $\gamma$ 射线辐照对凤爪软罐头的灭菌作用和品质的影响[J].食品科学,2009,30(21):36-38.
- [25] 吴庆,孔秋莲,戚文元,等. $\gamma$ 射线和电子束辐照对意式风干火腿色泽和脂质氧化的影响[J].上海农业学报,2013,29(2):38-42.
- [26] Zhu M J, Lee E J, Mendonca A, et al. Effect of irradiation on the quality of Turkey ham during storage[J]. Meat Science, 2004, 66(1):63-68.
- [27] 郇延军,周光宏,徐幸莲,等.金华火腿生产过程中脂质氧化及脂肪氧合酶变化特点研究[J].食品科学,2008,29(3):60-65.
- [28] 戚巍巍,徐为民,徐幸莲,等.传统风鸭加工过程中脂肪水解和

表 3 正交试验分析结果

处理	A:料液比 (g : mL)	B:提取时间 (min)	C:提取温度 (℃)	D:浸泡时间 (h)	总生物碱提取率 (%)
1	1 : 5	10	≤25	2	0.479
2	1 : 5	15	40	4	0.566
3	1 : 5	20	60	6	0.510
4	1 : 10	10	60	6	0.682
5	1 : 10	15	40	2	0.721
6	1 : 10	20	≤25	4	0.626
7	1 : 15	10	60	4	0.765
8	1 : 15	15	≤25	6	0.911
9	1 : 15	20	40	2	0.981
均值 1	0.518	0.642	0.672	0.727	
均值 2	0.676	0.733	0.756	0.652	
均值 3	0.886	0.706	0.652	0.701	
极差	0.368	0.091	0.104	0.075	

表 4 方差分析结果

因素	偏差平方和	自由度 <i>df</i>	<i>F</i> 值	<i>F</i> 临界值	显著性
A(料液比)	0.203	2	5.441	4.460	<i>P</i> < 0.05
B(提取时间)	0.013	2	0.220	4.460	
C(提取温度)	0.011	2	0.186	4.460	
D(浸泡时间)	0.009	2	0.153	4.460	
误差	0.240	8			

表 5 优选工艺试验结果

处理	<i>D</i> <sub>268 nm</sub>	提取率 (%)	平均值	相对标准偏差 <i>RSD</i> (%)
1	0.618	1.022	1.014	0.74
2	0.609	1.007	1.014	0.74
3	0.613	1.013	1.014	0.74

验设计确定了藏药唐古特乌头中生物碱的最佳提取工艺条件。试验结果表明,料液比为 1 g : 15 mL、浸泡时间为 2 h、提取时间为 15 min、提取温度为 40 ℃时,总生物碱提取率可达 1.014%,具有较高的提取效率。本研究方法用时短、效率高、稳定性好,为唐古特乌头中总生物碱的进一步应用和开发提供了一定的参考和科学依据。

参考文献:

[1] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典[M]. 北京:化学工业出版社,2005;附录 24.  
[2] 国家中医药管理局《中华本草》编委会. 中华本草[M]. 上海:上海科学技术出版社,2001;307.

[3] 罗达尚. 中华藏本草[M]. 北京:民族出版社,1997:65-66.  
[4] 王海顷,蒋山好,杨培明,等. 甘青乌头的生物碱[J]. 天然产物研究与开发,2002,14(4):13-15.  
[5] 肖培根,王锋鹏,高峰. 中国乌头属植物药用亲缘学研究[J]. 植物分类学报,2006,44(1):1-46.  
[6] 林玲,陈东林. 毛果甘青乌头中生物碱成分的提取和鉴定[J]. 四川生理科学杂志,2009,31(2):69-72.  
[7] 曾锐,侯新莲,高宇明. 榜嘎总碱对关节炎模型大鼠炎症因子表达的影响[J]. 中国中医急症,2009,18(3):427-428.  
[8] 瞿燕. 藏药榜嘎总生物碱的抗炎实验研究[J]. 时珍国医国药,2009,20(10):2412-2413.  
[9] 张春江,李薇,孙振鹏,等. 藏药甘青乌头抗单纯疱疹病毒Ⅱ型体内外作用研究[J]. 中国药学杂志,2009,44(1):26-31.  
[10] 哈文秀,利毛才让. 超声法提取藏药唐古特乌头中多糖的研究[J]. 化学与生物工程,2010,27(7):63-65.  
[11] 谢正礼,徐世荣,吴云鹏. 微波辅助萃取技术及其在中草药研究中的应用[J]. 中成药,2005,27(11):1326-1329.  
[12] 刘婷婷,郁颖佳,段更利,等. 离子液体-微波辅助提取钩藤中生物碱的工艺研究[J]. 中国新药与临床杂志,2013,32(6):482-486.

(上接第 253 页)

氧化的研究[J]. 食品与发酵工业,2008,34(1):35-38.  
[29] 蒲健,郭文萍,赵榕. 肉食品中脂类氧化的测定方法综述[J]. 肉类研究,1999(2):43-45.  
[30] 李成梁,靳国锋,马素敏,等. 辐照对肉品品质影响及控制研究进展[J]. 食品科学,2016,37(21):271-278.  
[31] 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.  
[32] Xiao S, Zhang W G, Lee E J, et al. Effects of diet, packaging and irradiation on protein oxidation, lipid oxidation of raw broiler thigh

meat[J]. Poultry Science,2011,90(6):1348-1357.  
[33] 杨萍,冯敏,严建民,等. 辐照杀菌对猪肉脯品质的影响[J]. 江苏农业科学,2012,40(12):287-289.  
[34] 汪昌保,赵永富,王志东,等. γ射线与电子束辐照肉制品的初步研究[J]. 江苏农业科学,2011,39(6):425-427.  
[35] 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.  
[36] Nam K C, Du M, Jo C, et al. Cholesterol oxidation products in irradiated raw meat with different packaging and storage time[J]. Meat Science,2001,58(4):431-435.