

^{60}Co - γ 射线辐照对油塔子杀菌效果及品质的影响

Effects of ^{60}Co - γ ray irradiation on sterilization and quality of Youtazi

沈阿倩 黄文书 利 通

SHEN A-qian HUANG Wen-shu LI Tong

陈舒唱 冯作山 白羽嘉

CHEN Shu-chang FENG Zuo-shan BAI Yu-jia

(新疆农业大学食品科学与药学院, 新疆 乌鲁木齐 830052)

(College of Food Science and Pharmacy, Xinjiang Agricultural University, Urumqi, Xinjiang 830052, China)

摘要:为探究 ^{60}Co - γ 射线辐照对油塔子保质的合适辐照范围,采用不同辐照剂量 ^{60}Co - γ 射线辐照油塔子,研究辐照剂量对不同条件贮藏下的油塔子中微生物、酸价(AV)、过氧化值(POV)及色差的影响。结果表明:油塔子中的微生物数量随辐照剂量的增加而减少,辐照剂量范围在3~7 kGy比较适宜。辐照可以减缓贮藏期间油塔子中酸价上升的趋势,且辐照剂量越大,酸价越小;辐照后油塔子的过氧化值,在贮藏期间变化规律不明显,但辐照剂量越大,贮藏时间越长,过氧化值波动越大,说明辐照剂量越大,贮藏时间越长,对油塔子的过氧化值影响越大。辐照处理对油塔子的色差值有显著影响($P < 0.05$), L^* 值随贮藏时间的延长先下降再上升; a^* 值和 b^* 值均随贮藏时间的延长而增加,且油塔子的色差值与辐照剂量无明显的相关性。

关键词:油塔子;辐照;贮藏;微生物;杀菌

Abstract: In order to explore the suitable irradiation range of ^{60}Co - γ ray irradiation on Youtazi, which was adopted ^{60}Co - γ ray irradiation with different irradiation dose to investigate the effects of irradiation dose on microorganism, acid value (AC), peroxide value (POV) and chromatic aberration of Youtazi under different conditions. The results showed that the number of microorganisms in Youtazi decreased with the increase of irradiation dose, and the range of irradiation dose was 3~7 kGy. Irradiation can slow down the increasing trend of acid value in Youtazi during storage, and the higher the irradiation dose, the lower the acid value was. After irradiation, the peroxidation value of

Youtazi did not change significantly during the storage period. But the higher the irradiation dose was, the longer the storage time was, and the more fluctuating the peroxidation value it was, which indicated that the higher the irradiation dose, the longer the storage time was, and the greater the influence on the peroxidation value of Youtazi it was. Irradiation treatment had a significant effect on the color difference value of Youtazi ($P < 0.05$). The L^* value first decreased and then increased with the extension of storage time. The values of a^* and b^* both increased with the extension of storage time, and there was no significant correlation between the chromatic aberration of Youtazi and irradiation dose.

Keywords: Youtazi; irradiation; storage; microbial; sterilize

油塔子是以面粉、水、羊尾油、植物油、酵母粉、盐等原料加工而成的新疆地区的一种地方性美食,因其形状似塔,故称油塔子^[1]。油塔子一般在手工作坊加工,制作过程中容易受到微生物的侵染,极易腐败变质,货架期只有2~3 d,严重影响油塔子产业化发展^[2-3]。

现代食品杀菌技术主要有热杀菌、化学杀菌和非热杀菌^[4-5]。食品辐照技术是一种新兴的绿色杀菌技术,食品辐照(Food Irradiation)技术是利用钴-60和铯-137等放射源所产生的电离辐射(X射线、 γ 射线或电子束)与物质的相互作用所产生的物理、化学和生物反应,达到杀虫灭菌、防止霉变、提高食品的卫生质量、保持营养品质及风味、延长货架期的一种有效的食品非热杀菌技术^[6-10]。目前,辐照技术在食品上应用的范围非常广泛。近几年研究的辐照食品有肉制品^[11]、果汁(浆)^[12]、面制品^[13]、果蔬^[14]、香辛料^[15]、豆类^[16]等。而将辐照应用于油塔子的研究还未见报道。研究拟采用不同辐照剂量 ^{60}Co - γ 射线辐照油塔子,分析在不同贮藏温度和不同贮藏时间下辐照剂量与油塔子中微生物、酸价(AV)、过氧化值

基金项目:国家重点研发计划重点专项项目(编号:2018YFD0400103)

作者简介:沈阿倩,女,新疆农业大学在读硕士研究生。

通信作者:黄文书(1975—),女,新疆农业大学教授,博士。

E-mail: xjnd-hws@126.com

收稿日期:2020-03-23

(POV)及色差之间的关系,以期为油塔子产业化发展提供试验依据。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

油塔子:自制;

PET/PE 包装袋:市售;

特制一等小麦粉:含水量 12.1%,湿面筋含量 34%,蛋白质含量 10.3%,中粮八一面业有限公司;

高筋粉:含水量 13.6%,湿面筋含量 37%,蛋白质含量 12%,金健米业股份有限公司;

菜籽油:新疆乌鲁木齐海阳霞油脂科技有限公司;

羊尾油:新疆农业大学餐厅;

加碘日晒自然盐:中盐上海市盐业有限公司;

安琪高活性干酵母:安琪酵母股份有限公司;

酵母浸粉、蛋白胨、牛肉膏:生物试剂,北京奥博星生物技术有限责任公司;

冰乙酸:分析纯,天津市致远化学试剂有限公司;

三氯甲烷:分析纯,成都市科隆化学品有限公司;

石油醚(沸程为 30~60 °C):分析纯,天津市北联精细化学品开发有限公司。

1.2 仪器与设备

陈列蒸包柜:ISQ-500H 型,广州市英纽特西厨设备有限公司;

海尔冰箱:BCD-269WDGB 型,青岛海尔股份有限公司;

智城恒温培养振荡器:ZWY-200D 型,上海智城分析仪器制造有限公司;

双人单面净化工作台:SW-CJ-2FD 型,苏州净化设备有限公司;

蒸汽灭菌器:KG-SX-500 型,日本 Tomy Digital Biology 公司;

电热恒温培养箱:DHP-9052 型,上海市一恒科学仪器有限公司;

高品质电脑色差仪:NH-A-1808 型,深圳市三恩时科技有限公司;

电子天平:AL204-IC 型,梅特勒—托利多仪器(上海)有限公司。

1.3 方法

1.3.1 样品制备 称取原料,根据油塔子工艺制备成品,每 3 个油塔子为 1 份,用 PET/PE 包装袋密封包装,共 84 份,用于测定微生物指标和感官指标;每 5 个油塔子 1 份,用 PET/PE 包装袋密封包装,共 84 份,用于油塔子理化指标的测定。以上样品制备好均立刻送到中国科学院新疆理化技术研究所(辐照中心)辐照。

1.3.2 辐照处理 辐照处理在中国科学院新疆理化技术

研究所(辐照中心)进行,辐照源为⁶⁰Co- γ 射线,放射性活度为 4.4×10^{15} Bq,采用 0(CK),1,3,5,7,9 kGy 6 个辐照剂量,静态连续辐照,辐照中途进行翻转样品,以确保照射更均匀,每个处理置剂量计跟踪,以实测剂量为准。辐照过程采用经中国计量科学院标定的硫酸亚铁剂量计进行剂量跟踪。 γ 射线辐照实测剂量分别为 0.00,1.04,3.12,5.22,7.33,9.35 kGy。辐照结束后,样品分别在室温和 4 °C 贮藏,定期测定油塔子的微生物指标和理化指标。

1.3.3 微生物指标检测

(1) 菌落总数:依据 GB/T 4789.2—2010。

(2) 霉菌/酵母数:依据 GB 4789.15—2010。

(3) 大肠杆菌数:依据 GB 4789.3—2010。

1.3.4 色差的测定 依据文献[17]。

1.3.5 酸价的测定 依据 GB 5009.229—2016。

1.3.6 过氧化值的测定 依据 GB 5009.227—2016。

1.4 数据处理

采用 Origin 8.5 进行作图,SPSS 20 进行差异性分析,显著性水平 $P < 0.05$ 。

2 结果与分析

2.1 辐照杀菌处理对油塔子贮藏期间菌落总数的影响

⁶⁰Co- γ 射线辐照后油塔子在常温贮藏条件下菌落总数变化如图 1 所示。第 0 天时油塔子中的菌落总数和霉菌数均为未辐照数量(CK:前处理同试验组,但未进行辐照处理)。常温贮藏期间,油塔子菌落总数呈上升趋势,经不同剂量 γ 射线辐照后油塔子中的菌落总数含量明显下降,且随辐照剂量的增大,杀菌效果越明显。说明杀菌效果与辐照剂量呈正比,与张春红等[18]研究结果一致。贮藏第 2 天,1 kGy γ 射线辐照后,油塔子的菌落总数从初始 2.34 lg(CFU/g)上升到 2.47 lg(CFU/g),而其他辐照剂量的油塔子中菌落总数均低于初始菌落总数且有显著性差异($P < 0.05$)。常温贮藏第 4 天时,1 kGy γ 射线辐照的油塔子,表面有霉点出现,不再对其进行指标测定,3 kGy γ 射线辐照的油塔子在第 6 天时变为腐败油塔子,不可食用。而 5 kGy γ 射线辐照油塔子,在常温贮藏第 8 天时,菌落总数为 3.89 lg(CFU/g),未超过国家标准限值[5 lg(CFU/g)]^[19]。辐照剂量为 7,9 kGy γ 的油塔子,在常温贮藏 10 d 时其菌落总数分别为 2.41,1.56 lg(CFU/g)。贮藏期内油塔子菌落总数均未超过国家标准限值。课题组^[20]前研究发现,常温条件下,未处理的油塔子贮藏期仅为 2 d。结果表明, γ 射线辐照后的油塔子贮藏期比空白对照组均有延长,常温贮藏条件下, γ 射线辐照油塔子的剂量范围在 1~3 kGy 时,与未处理的油塔子贮藏期没有显著差异($P > 0.05$),说明在此辐照剂量范围下照射,对油塔子没有明显的杀菌效果。而 5~9 kGy 辐照剂量可将油塔子贮藏期延长至 8~10 d,还未

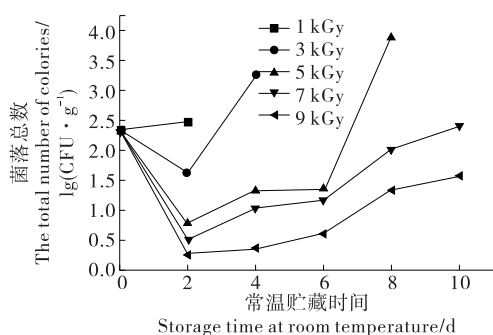


图 1 辐照杀菌处理对油塔子常温贮藏期间菌落总数的影响

Figure 1 Effect of irradiation sterilization on the total number of colonies in Youtazi during storage at room temperature

腐败变质。说明在此剂量范围, γ 射线辐照可以延长油塔子贮藏期。试验过程中均未检出大肠杆菌。

^{60}Co - γ 射线辐照后油塔子在冷藏条件下菌落总数变化如图 2 所示。冷藏期间, 油塔子菌落总数呈上升趋势, 经不同剂量 γ 射线辐照后油塔子中的菌落总数含量明显下降, 且随辐照剂量的增大, 杀菌效果越明显。贮藏第 3 天, 1, 3, 5, 7, 9 kGy γ 射线辐照后, 油塔子的菌落总数分别从初始的 2.34 lg(CFU/g) 下降到 1.09, 0.70, 0.56, 0.50, 0.26 lg(CFU/g), 说明在低温条件下, 辐照可以明显延长油塔子的货架期。这与岳玲等^[21]的研究结果一致。冷藏条件下, 1, 3, 5 kGy γ 射线辐照后贮藏 21 d 时油塔子的菌落总数分别为 2.64, 2.48, 2.11 lg(CFU/g); 7 kGy γ 射线辐照后贮藏 26 d 时油塔子的菌落总数为 2 lg(CFU/g); 9 kGy γ 射线辐照后贮藏 31 d 时油塔子的菌落总数为 1.71 lg(CFU/g), 均未超过国家标准限值。结果表明, 冷藏条件下, 1~9 kGy γ 射线辐照均可延长油塔子贮藏期, 在测定其菌落总数期间均未超过国家标准限值。

2.2 辐照杀菌处理对油塔子贮藏期间霉菌数的影响

^{60}Co - γ 射线辐照后油塔子在常温贮藏条件下霉菌数

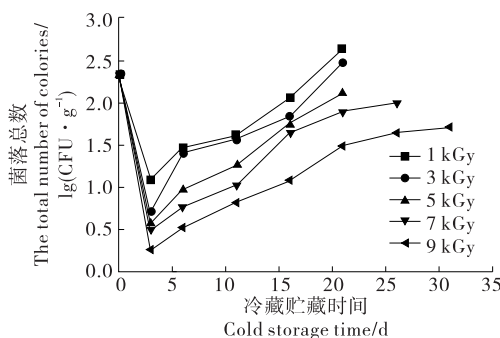


图 2 辐照杀菌处理对油塔子冷藏期间菌落总数的影响

Figure 2 Effect of irradiation sterilization on the total number of colonies in Youtazi during cold storage

量变化如图 3 所示。常温贮藏期间, 油塔子霉菌数呈上升趋势, 经不同剂量 γ 射线辐照后油塔子中的霉菌数含量明显下降, 且随辐照剂量的增大, 霉菌数量减少。贮藏第 2 天, 1 kGy γ 射线辐照的油塔子霉菌数为 2.09 lg(CFU/g), 贮藏第 3 天, 1 kGy γ 射线辐照的油塔子表面出现霉点, 变为腐败油塔子, 所以在第 4 天时未对 1 kGy γ 射线辐照的油塔子进行微生物指标的测定。3, 5, 7, 9 kGy 辐照后的油塔子霉菌数分别在贮藏第 4, 8, 10, 10 天时达到 2.80, 3.19, 2.23, 2.19 lg(CFU/g), 超过国家标准限值[2.18 lg(CFU/g)]^[19]。结果表明, 常温条件下, 合适的辐照剂量可以延长油塔子的贮藏期, 3 kGy γ 射线辐照可以将油塔子保质期延长至 4 d; 5 kGy γ 射线辐照可以将油塔子保质期延长至 8 d; 7, 9 kGy γ 射线辐照可以将油塔子保质期延长至 10 d。由此说明, 油塔子在常温贮藏条件下, ^{60}Co - γ 射线辐照剂量为 3~7 kGy 比较适宜。

^{60}Co - γ 射线辐照后油塔子在冷藏条件下霉菌数量变化如图 4 所示。随着辐照剂量的增大, 残留的霉菌数量越少。冷藏时间延长, 油塔子霉菌数不断增加, 贮藏第 3 天, 1 kGy γ 射线辐照后, 油塔子的霉菌数从初始的 0.94 lg(CFU/g) 上升到 1.15 lg(CFU/g), 而其他辐照剂量的油塔子中霉菌数均低于初始霉菌数量。贮藏第 21 天, 1, 3, 5 kGy γ 射线辐照的油塔子霉菌数分别为 2.95, 2.89, 2.73 lg(CFU/g), 均超过国家标准限值。1, 3 kGy γ 射线辐照对油塔子霉菌数在贮藏 16 d 后无显著差异 ($P>0.05$); 5, 7, 9 kGy γ 射线辐照对油塔子霉菌数影响趋势比较接近, 且与 1, 3 kGy γ 射线辐照有显著差异 ($P<0.05$)。7 kGy γ 射线辐照的油塔子在第 26 天时霉菌数高达 2.81 lg(CFU/g), 超过国家标准限值, 变为腐败油塔子。9 kGy γ 射线辐照的油塔子在第 31 天时霉菌数为 2.10 lg(CFU/g), 未超过国家标准限值。试验结果表明, 低温贮藏结合适宜的辐照剂量杀菌能延长油塔子的货架期。

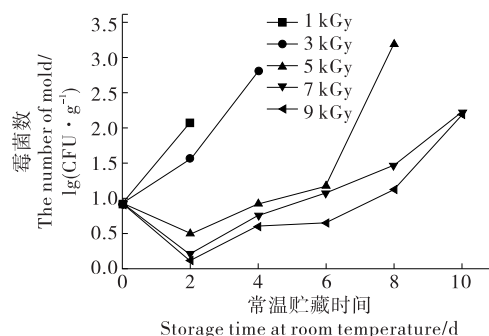


图 3 辐照杀菌处理对油塔子常温贮藏期间霉菌数的影响

Figure 3 Effect of irradiation sterilization on the number of mold in Youtazi during storage at room temperature

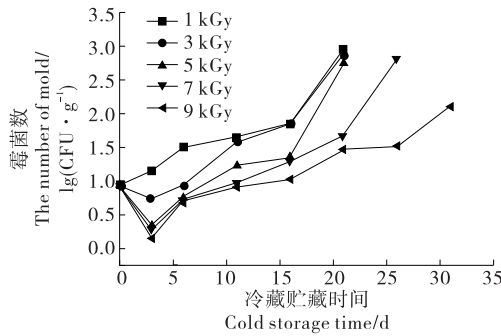


图4 辐照杀菌处理对油塔子冷藏期间霉菌数的影响

Figure 4 Effect of irradiation sterilization on the number of mold in Youtazi during cold storage

2.3 辐照杀菌处理对油塔子贮藏期间酸价的影响

国家规定糕点卫生标准酸价 $\leq 5 \text{ mg/g}$ ^[19]。由图5可知,试验中油塔子在贮藏期间的酸价均远低于国家标准限值。常温贮藏期间,油塔子酸价呈上升趋势,经不同剂量 γ 射线辐照后油塔子的酸价增加幅度不同,随着辐照剂量的增加,酸价降低。这与已有的研究结论一致,冯敏等^[22]和郭军等^[11]报道了辐照能减缓贮藏期间样品中酸价升高的趋势,酸价变化原因主要与微生物的生命活动有关。

⁶⁰Co- γ 射线辐照后油塔子在冷藏期间酸价变化如图6所示。冷藏期间,油塔子酸价呈上升趋势,经不同剂量 γ 射线辐照后油塔子的酸价增加幅度不同,随着辐照剂量的增加,酸价降低。贮藏11 d前,各辐照剂量的油塔子酸价变化幅度较小,1,3,5 kGy γ 射线辐照的油塔子在贮藏11 d后酸价均呈快速上升趋势;7 kGy γ 射线辐照的油塔子在贮藏16 d后酸价也快速增大,9 kGy γ 射线辐照的油塔子在贮藏期间酸价变化幅度比较小。酸价的变化与油塔子中菌落总数和霉菌数量的变化趋势类似,酸价变化可能与油塔子中微生物的生长有关。

2.4 辐照杀菌处理对油塔子贮藏期间过氧化值的影响

过氧化值则反映样品中脂质的氧化程度,辐照会加

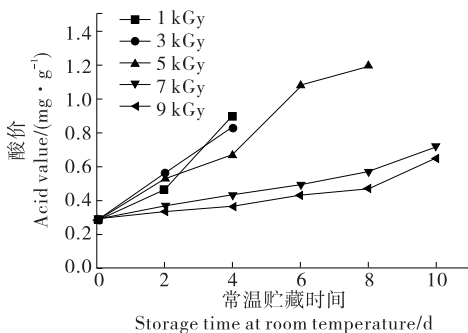


图5 辐照杀菌处理对油塔子常温贮藏期间酸价的影响

Figure 5 Effect of irradiation sterilization on acid value of Youtazi during storage at room temperature

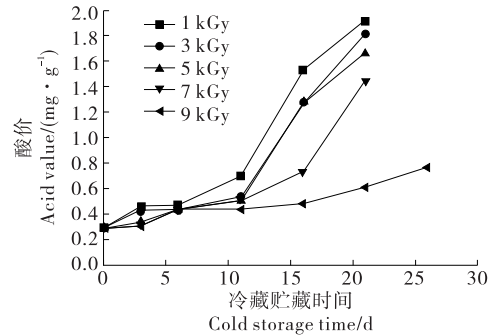


图6 辐照杀菌处理对油塔子冷藏期间酸价的影响

Figure 6 Effect of irradiation sterilization on acid value of Youtazi during cold storage

速脂肪氧化的作用^[23]。国家规定糕点卫生标准过氧化值 $\leq 0.25 \text{ g/100 g}$ ^[19],试验中,油塔子的过氧化值均远低于国家标准限值。⁶⁰Co- γ 射线辐照后油塔子在常温贮藏期间过氧化值变化如图7所示。常温贮藏期间,前4 d,随着辐照剂量的增加,油塔子过氧化值增加,说明辐照会加速油塔子中脂肪氧化,贮藏后期,随着贮藏时间的延长波动较大。这与徐远芳等^[24]研究的电子束辐照风味豆干的结果类似。 γ 射线为高能射线,辐照会使脂肪氧化加速从而引起过氧化值上升,过氧化物为脂肪氧化的中间产物,随着贮藏时间的延长,油塔子中过氧化物的进一步氧化的速度超过其生成速度,所以含量下降^[25]。因此油塔子过氧化值上下波动可能是贮藏时间和辐照剂量双重影响的结果。

⁶⁰Co- γ 射线辐照后油塔子在冷藏期间过氧化值变化如图8所示。冷藏期间,1 kGy γ 射线辐照的油塔子在冷藏期间过氧化值的变化趋势为先上升后下降,因辐照剂量小,对油塔子中脂肪氧化的影响最小,与哈益明等^[26]的研究结果一致。3 kGy γ 射线辐照的油塔子在冷藏期间过氧化值的变化趋势为升高一下降一升高,贮藏第6天,

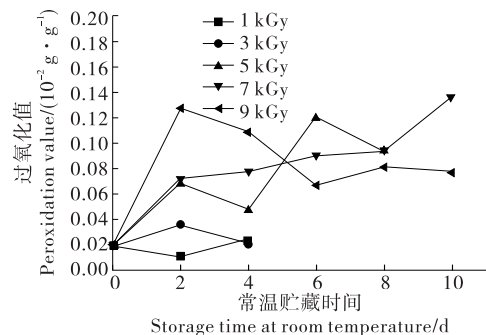


图7 辐照杀菌处理对油塔子常温贮藏期间过氧化值的影响

Figure 7 Effect of irradiation sterilization on peroxidation value of Youtazi during storage at room temperature

过氧化值达到高点,为 0.08 g/100 g。5,7,9 kGy γ 射线辐照的油塔子在冷藏期间过氧化值波动较大,贮藏 3 d 时,过氧化值较高,但贮藏 6 d 时,过氧化值下降,随后过氧化值又增加,与王柏楠等^[27]的研究结果一致。 γ 射线辐照会加速食品脂肪的氧化过程,且辐照剂量越大,氧化程度越高。另外在油塔子中加入油脂为羊尾油和植物油混合油脂。羊尾油饱和程度较植物油高,稳定性更高。 γ 射线辐照对两种油脂氧化速度的影响可能不同,从而导致过氧化值波动较大。

2.5 辐照杀菌处理对油塔子贮藏期间色差的影响

由图 9 可知,常温贮藏条件下,未辐照新鲜油塔子色

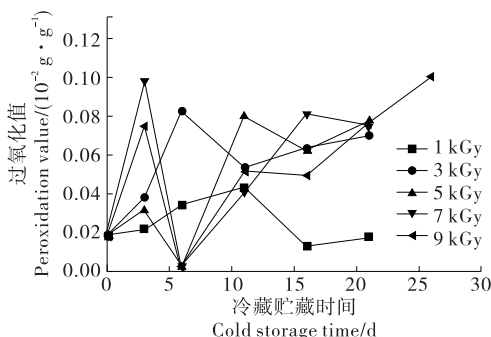


图 8 辐照杀菌处理对油塔子冷藏期间过氧化值的影响

Figure 8 Effect of irradiation sterilization on peroxidation value of Youtazi during cold storage

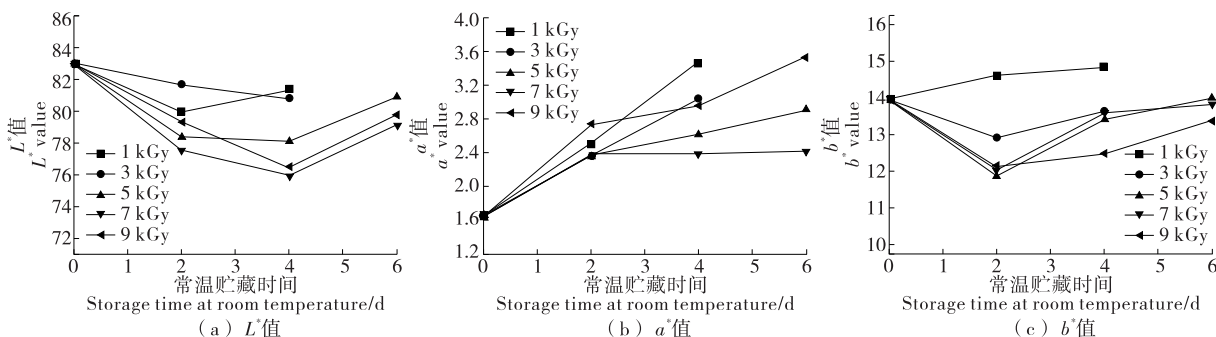


图 9 辐照杀菌处理对油塔子常温贮藏期间色差的影响

Figure 9 Effect of irradiation sterilization on color difference of Youtazi during storage at room temperature

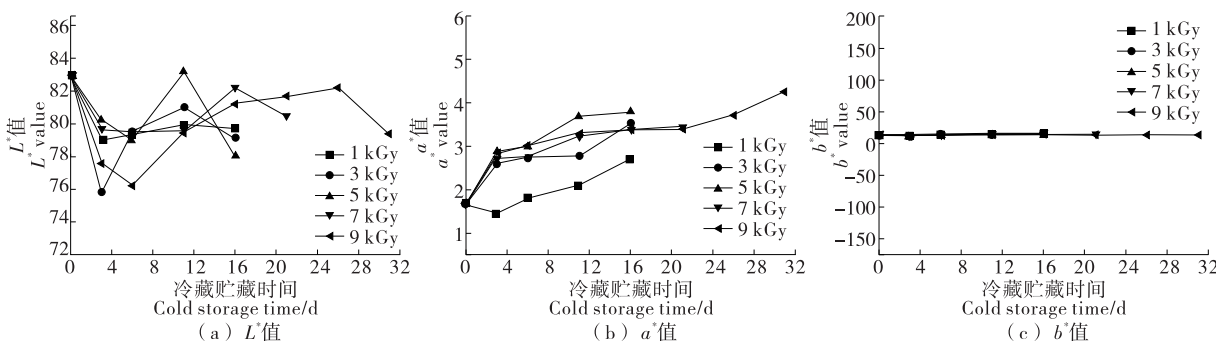


图 10 辐照杀菌处理对油塔子冷藏贮藏期间色差的影响

Figure 10 Effect of irradiation sterilization on color difference of Youtazi during cold storage

泽明亮,其对应的色差值 $L^* = 83.00, a^* = 1.66, b^* = 13.96$,不同剂量辐照后油塔子的 L^* 值在辐照之后,油塔子的明亮值均有不同程度的降低,且随着贮藏时间的延长,油塔子的 L^* 值呈先上升后下降的趋势,与张根生等^[28]得出的试验结论一致,说明 γ 射线辐照处理会使油塔子表面色泽变暗,但随着贮藏时间的延长,油塔子表面色泽会缓慢回升,再随着贮藏时间的延长,微生物的生长等原因,最终导致油塔子明度又下降,与课题组^[20]前期研究的紫外杀菌对油塔子 L^* 值的影响结果一致。从图 9 还可以看出, γ 射线辐照对油塔子贮藏期间的 a^* 值变化是随贮藏时间的延长而增加,贮藏末期, a^* 值会快速上升,红色强度增大,可能与油塔子中微生物的生长有关,使油塔子呈不常规的色泽。贮藏期间,油塔子的 b^* 值总体现上升趋势,说明油塔子色泽随贮藏时间的延长,黄度会上升,变得更黄,影响油塔子的品质,与 Verdú 等^[29]的研究结果一致。

如图 10 所示,冷藏条件下,不同辐照剂量后的油塔子色泽变化和常温变化趋势一致, L^* 值在 79.00 左右,可能是因为油塔子中的脂肪发生非酶褐变,生成黑色素一类物质,导致 L^* 值下降; a^* 值和 b^* 值的变化与常温贮藏条件下变化一致,但在冷藏条件下油塔子色泽变化比较稳定,可能是因为温度较低且处于封闭空间,脂肪氧化及微生物生长的速度较慢。结果表明,辐照处理对油塔子的色差值有显著影响($P < 0.05$), L^* 值随贮藏时间的延

长先下降再上升; a^* 值和 b^* 值均随贮藏时间的延长而增加,且油塔子的色差值与辐照剂量没有明显的相关性。

3 结论

⁶⁰Co- γ 射线辐照对油塔子有明显的杀菌作用,微生物数量随辐照剂量的增加而减少,随着贮藏时间的延长而增多,辐照能抑制油塔子在贮藏期间酸价和过氧化值的升高,虽然辐照会使油塔子明度降低,但随着贮藏时间的延长又会恢复,不影响油塔子的感官品质且其黄度和红度与辐照剂量没有明显的相关性。实际应用中,辐照剂量范围在3~7 kGy比较适宜,能够保证油塔子的卫生安全且延长其货架期。后期研究中,可以从油塔子中营养成分以及其风味物质的变化中更进一步地研究其最适的辐照剂量,在最大限度保持品质的基础上,延长油塔子的货架期,给消费者提供更营养、更安全的油塔子产品。

参考文献

- [1] 付冰. 新疆油塔子的产业化生产工艺研究[D]. 乌鲁木齐: 新疆农业大学, 2015: 5-6.
- [2] 屈凌波, 孙中叶. 国外主食产业化发展趋势及经验[J]. 农业工程技术(农产品加工业), 2014(3): 23-25.
- [3] SIM S Y, NOOR AZIAH A A, CHENG L H. Characteristics of wheat dough and Chinese steamed bread added with sodium alginates[J]. Food Hydrocolloids, 2011, 25(5): 951-957.
- [4] 姜艳. 冷却肉栅栏保鲜技术的研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨商业大学, 2016: 6-7.
- [5] 周佳仪, 周子涵, 周锐, 等. 超高压生鲜莲藕汁加工技术研究[J]. 农产品加工, 2019(12): 52-55.
- [6] AHN D U, KIM I S, LEE E J. Irradiation and additive combinations on the pathogen reduction and quality of poultry meat 1[J]. Poultry Science, 2013, 92(2): 534-545.
- [7] SINGHA P K, VERMA B A K, RANJAN C R, et al. Non-thermal preservation of meat by irradiation: A review[J]. Journal of Food Research and Technology, 2015, 3(1): 7-13.
- [8] 严建民, 高美须, 冯敏, 等. 辐照食品的卫生安全性研究现状[J]. 核农学报, 2010, 24(1): 88-92, 124.
- [9] 徐远芳. ⁶⁰Co γ 射线对食用槟榔的杀菌效果及品质影响的研究[D]. 长沙: 湖南农业大学, 2013: 22-43.
- [10] AL-BACHIR M, OTHMAN Y. Use of irradiation to control microorganisms and extend the refrigerated market life of chicken sausage[J]. Innovative Romanian Food Biotechnology, 2013, 13: 63-70.
- [11] 郭军, 吴小说, 刘廷国, 等. ⁶⁰Co- γ 辐照对红烧鸡块货架期及其感官品质的影响[J]. 核农学报, 2016, 30(3): 502-508.
- [12] 杜晓静, 白新鹏, 李卓婷, 等. 辐照对火龙果果浆杀菌效果及品质的影响[J]. 食品科学, 2018, 39(23): 106-112.
- [13] 韩志慧, 汪姣. 馒头保鲜杀菌工艺研究[J]. 食品与机械, 2013, 29(3): 209-211.
- [14] WANG Chen, MENG Xian-jun. Effect of ⁶⁰Co γ -irradiation on storage quality and cell wall ultra-structure of blueberry fruit during cold storage Innovative[J]. Food Science & Emerging Technologies, 2016, 38: 91-97.
- [15] 彭玲, 徐远芳, 邓钢桥, 等. 辐照对干辣椒杀菌效果及辣椒素和辣椒红素的影响[J]. 食品与机械, 2014, 30(6): 115-119.
- [16] 郑秀艳, 孟繁博, 林茂, 等. ⁶⁰Co- γ 辐照对花生杀菌效果及其品质的影响[J]. 现代食品科技, 2018, 34(1): 91-96, 67.
- [17] 李曼. 生鲜面制品的品质劣变机制及调控研究[D]. 无锡: 江南大学, 2014: 14-15.
- [18] 张春红, 史依沫, 王丽, 等. γ 射线辐照对生湿面条杀菌效果及品质的影响[J]. 食品工业科技, 2017, 38(24): 27-32.
- [19] 国家卫生和计划生育委员会. 食品安全国家标准 糕点、面包: GB 7099—2015[S]. 北京: 中国标准出版社, 2015: 2.
- [20] 沈阿倩, 陈舒唱, 冯作山, 等. 防腐剂协同紫外杀菌对油塔子杀菌效果及品质的影响[J]. 现代食品科技, 2020, 36(1): 136-142, 155.
- [21] 岳玲, 孔秋莲, 颜伟强, 等. 电子束辐照对冷鲜鸡肉的杀菌效果[J]. 食品与生物技术学报, 2018, 37(12): 1 319-1 323.
- [22] 冯敏, 严建民, 李澧, 等. 辐照对宠物干粮食品酸价的影响[J]. 核农学报, 2012, 26(9): 1 260-1 264, 1 270.
- [23] 彭玲, 徐远芳, 张祺玲, 等. ⁶⁰Co γ 射线辐照对酱卤鸡爪杀菌效果及品质的影响[J]. 食品与机械, 2017, 33(12): 110-114, 134.
- [24] 徐远芳, 彭玲, 张祺玲, 等. γ 射线和电子束辐照对风味豆干杀菌效果及品质的影响[J]. 同位素, 2019, 32(4): 244-254.
- [25] 杨念. 发酵型速冻油条的制作及冻藏过程中品质变化与改良的研究[D]. 郑州: 河南农业大学, 2012: 37-38.
- [26] 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(11): 303-306.
- [27] 王柏楠, 王万里, 陈云堂, 等. ⁶⁰Co γ 射线对高脂肪食品的辐照效应研究[J]. 河南科学, 2008(10): 1 202-1 206.
- [28] 张根生, 池天奇, 王芮, 等. 鸡肉饼低温贮藏中品质变化研究[J]. 中国调味品, 2018, 43(3): 18-22.
- [29] VERDÚ S, VÁSQUEZ F, IVORRA E, et al. Physico-chemical effects of chia (*Salvia Hispanica*) seed flour on each wheat bread-making process phase and product storage[J]. Journal of Cereal Science, 2015, 65: 67-73.