

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.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.19.055

辐照处理对冷鲜鸡肉的品质的影响

赖宏刚¹, 蒋云升¹, 张元嵩¹, 曹 宏², 肖 欢²

(1. 扬州大学旅游烹饪学院, 江苏扬州 2251272; 2. 江苏里下河地区农业科学研究所, 江苏扬州 225007)

摘要:为了研究⁶⁰Co- γ 射线辐照对冷鲜鸡肉品质的影响,以冷鲜鸡胸肉为试验对象,采用不同剂量辐照射线(0、2、4、6、8 kGy)辐照冷鲜鸡胸肉,采用电镜扫描观察冷鲜鸡肉肌纤维结构的变化;测定冷鲜鸡胸肉的持水性、蒸煮损失率的变化;并对冷鲜鸡胸肉的质构和色差变化进行测定。结果表明,辐照会对冷鲜鸡肉的微观结构产生影响,降低鸡肉持水性,增加蒸煮损失率,并且可以增加冷鲜鸡胸肉的 a^* 值,但对 L^* 值和 b^* 值并无显著影响。当辐照剂量达到6 kGy时,冷鲜鸡肉保持了最大红度值;保藏期间4~6 kGy辐照处理的鸡肉弹性和咀嚼性优于其他处理组。因此,冷鲜鸡肉的辐照剂量以6 kGy为宜。本研究为冷鲜鸡肉的辐照保鲜技术提供了科学依据。

关键词:⁶⁰Co- γ 射线;冷鲜鸡肉;品质;微观结构;持水性;色泽;质构

中图分类号: TS205 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2018)19-0206-05

食品辐照技术是核技术利用领域的一项新型食品保藏技术,它利用电离射线能处理所产生的物理效应、化学效应以及生物效应,使食品的保藏期得以延长,具有节能、高效、安全可靠和能保持食品良好感官品质等优点,正得到越来越多的应用^[1]。辐照保鲜具有营养成分损失少、易操作、无污染、残留少、节省能源等优点^[2]。我国钴源在食品辐照方面的研究较早,应用也较为广泛。目前,我国已经批准了冷冻肉和熟食禽肉2类肉制品的辐照保鲜,因此辐照在肉制品保鲜中的应用研究逐渐增多^[3]。

随着生活水平的提高,人们对冷鲜鸡肉的消费越来越多,对冷鲜鸡肉的品质也提出了更高的要求。但是冷鲜鸡肉在加工和保藏的过程中,都会因为微生物的生长和繁殖导致品质下降。辐照处理有效延长冷鲜肉的货架期,改善冷鲜肉保藏期间的品质。冯晓琳等研究表明辐照可以使冷鲜猪肉的颜色更加鲜艳,感官品质优于未辐照组,但其保水性降低^[4]。汪昌保等报道经过电子束和 γ 射线处理后的样品与未辐照处理样品相比,在保藏期间,其颜色稳定性更好^[5]。李成梁等认为辐照对肉制品品质结构有影响,可使肉制品发生物理性的鸡肉崩塌,导致肌肉组织嫩度上升^[6]。随着辐照技术的推广, γ 射线辐照食品已成为可能。本试验研究表明,6 kGy剂量的辐照能够有效地延长冷鲜鸡肉的保质期。但是不同辐照剂量的处理对冷鲜鸡肉品质的影响,仍有待于研究,以期对辐照综合保鲜技术的应用提供技术支持,以及为其商业化应用提供理论基础。

1 材料与方法

1.1 原料

鲜鸡,购于江苏扬州金鑫花园菜市场,经过检验检疫合格,用于制作冷鲜鸡;真空包装袋,由江苏扬州科达仪器化工公司提供;茶多酚,食品级,由上海昀冠生物科技有限公司提供;壳聚糖,食品级,由上海蓝季生物有限公司提供;Nisin,食品级,由河南省洛阳奇泓生物科技有限公司提供。

1.2 试剂

浓HCl、NaCl、NaOH、Na₂CO₃、HClO₄、H₃BO₃、柠檬酸钠、酪蛋白、苯酚、苯、高纯氮、三氯甲烷、丙酮、三氟化硼、石油醚、溴甲酚绿、甲基红、甲醇、乙醇、三氯乙酸,均为分析纯;无菌生理盐水、乙醇溶液、磷酸盐缓冲液、戊二醛溶液、乙酸戊二脂、革兰氏染色液、H₂O₂溶液、奈氏试剂、格里斯试剂、吡啶试剂等,均为笔者所在实验室配制。

1.3 仪器与设备

HH-8数显恒温水浴锅,购于同华电器有限公司;SW-CJ-1F型单人双面净化工作台,购于江苏苏州净化设备有限公司;YX型280B型手提式不锈钢压力蒸汽灭菌器,购于上海三申医疗器械有限公司;DHG-9148A型电热恒温鼓风干燥箱,购于上海精宏实验设备有限公司;CR22G II高速冷冻离心机,购于日本Hitachi公司;BCD-203型冰箱海信,购于北京电器有限公司;BSA224S-CW电子天平,购于广东省广州市深华生物技术有限公司。

1.4 样品的制备

取整鸡鸡胸肉,次氯酸钠溶液淋洗,并真空包装。

1.5 辐照处理

样品以⁶⁰Co- γ 射线为辐射源,分别进行0、2、4、6、8 kGy剂量辐照处理,辐射源的源强 1.66×10^{16} Bq,跟踪剂量计Ag₂Cr₂O₇经中国计量科学研究院丙氨酸剂量计(NDAS)传递比对校准。

1.6 指标的测定

1.6.1 扫描电镜 样品制备:将冷鲜鸡肉样品撕成(3 mm ×

收稿日期:2017-03-16

基金项目:国家科技支撑计划(编号:2014BAA0305);江苏省农业科技自主创新资金[编号:CX(15)1009]。

作者简介:赖宏刚(1991—),男,河南驻马店人,硕士,主要从事营养与食品卫生。E-mail:lhghstc@163.com。

通信作者:蒋云升,教授,主要从事营养与食品卫生。E-mail:jysqd62@163.com。

1 mm×5 mm)的肉片,然后在 2.5% 戊二醛溶液中固定 3 d,用 0.1 mmol/L、pH 值 7.4 的磷酸盐缓冲液冲洗 3 次,室温 27~28℃ 放置 2 h。将样品用蒸馏水冲洗,然后采用浓度为 30%、50%、70%、90%、100% 的乙醇进行梯度脱水 2 次,每次 30 min,在浸入乙酸戊二脂中置换,样品经超临界 CO₂ 干燥仪干燥后,粘台,后用 IB.5 型离子溅射喷金仪真空喷金,最后用扫描电子显微镜观察显微结构并拍照,加速电压 15 kV。

1.6.2 持水性及蒸煮损失率 选取冷鲜鸡胸肉样,去掉表面上的下脂肪和筋络,准确称取一定质量的肉样,置于烧杯中,80℃ 的温度水浴 30 min 后,用 20℃ 流动水冷却肉样,用吸水纸吸收表面水分并称其质量^[4]。

蒸煮损失计算方法如下:

蒸煮损失 = (蒸煮前肉的质量 - 蒸煮后肉的质量) / (蒸煮前肉的质量)。

精确称质量约 6 g 冷鲜鸡肉样(m_1 , g)置于底部垫有纱布的 50 mL 离心管中,在 2 000 r/min 4℃ 下离心 20 min 后称质量(m_2 , g),离心后的样品置于烘箱中在 105℃ 下烘制恒质量,测定除去水分后的肌肉质量(m_3 , g)。持水率由以下公式计算:

$$\text{持水率} = (m_2 - m_3) / (m_1 - m_3) \times 100\%。$$

1.6.3 色差测定 冷鲜鸡肉:随机切取鸡胸肉规格为 2 cm×1 cm×1 cm 的肉片,将其放在光源下,读取色差计显示的数值 L^* 值、 a^* 值、 b^* 值,其中 L^* 值代表亮度、 a^* 值代表红度值、 b^* 值代表黄度值。每个样品重复 5 次,不断变化位置测量。

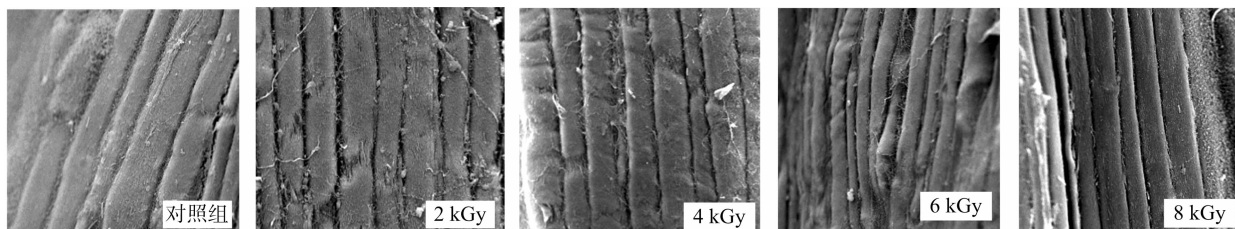


图1 不同剂量辐照组冷鲜鸡肉的电镜扫描

2.2 辐照对冷鲜鸡肉的蒸煮损失率和保水率的影响

保水能力即持水性、系水性,是指肌肉在受外力作用时,如加压、加热、切碎、冷冻、解冻、腌制等加工或贮藏条件下,保持其原有水分与添加水分的能力^[7]。由表 1 可知,未经辐照的冷鲜鸡肉保水性均在 80% 以上,随着保藏期的延长,持水率显著下降($P < 0.05$),这与鸡肉的腐败变质有关。经过不同剂量辐照处理的鸡肉,其持水性均出现显著下降($P < 0.05$)。在 0 d 时,2 kGy 处理组的保水率下降了 1.77 百分点,4 kGy 处理组下降了 1.98 百分点,6 kGy 处理组下降了 2.14 百分点,8 kGy 处理组下降了 3.06 百分点。这可能是由于辐照处理改变了肌肉的蛋白质的结构,从而导致肌肉组织中的水分流失,保水能力下降。但在保藏过程中,辐照处理 2、4、6 kGy 组的保水率变化不显著;而 8 kGy 组的变化显著($P < 0.05$),说明辐照剂量对鸡肉保藏过程中的保水性影响较大。

由表 2 可知,辐照处理增加了冷鲜鸡肉的蒸煮损失率。未经辐照的 0 kGy 组的蒸煮损失率为 28%。而 2、4、6、8 kGy 组的蒸煮损失率分别为 32%、31%、31%、31%,比 0 kGy 组分别增加了 4、3、3、3 百分点,原因是辐照处理后脂肪氧化增强

1.6.4 质构的分析 取鸡胸肉修成 4 cm×2 cm×2 cm 的长方体待用,探头为 P/6,形变量为 40%,速度 120 mm/s,间隔时间为 5 s,起始力为 0.04 N,测硬度、黏附性、内聚性、弹性、咀嚼性等指标。

1.7 数据分析

每组试验均至少重复 3 次取平均值,以“平均值±标准差”表示。采用 SPSS 软件进行显著性分析,采用 Excel 软件进行数据统计分析。

2 结果与分析

2.1 冷鲜鸡肉的电镜扫描结果

由图 1 可知,经过不同剂量辐照处理后,冷鲜鸡肉的肌原纤维结构、肌束膜和肌束内膜发生明显变化。不同辐照处理组冷鲜鸡肉的肌丝间出现较为明显裂缝,肌丝也存在更大范围的断裂,鸡肉的肌原纤维结构明显、排列整齐、缝隙变化明显;对照组排列更为紧密,结构较为完整。辐照处理后,肌原纤维发生了明显地收缩,肌原纤维大小相对比较均匀。辐照使得鸡肉骨骼肌中的肌原纤维单元变小,并引起肌节宽度的收缩,由于肌原纤维发生收缩,导致肌原纤维结构发生疏松分离^[6]。这可能与辐照破坏作用蛋白质有关。另一个明显的特征是肌原纤维间隙非常明显,这在一定程度上印证了鸡肉辐照处理后,硬度和内聚性有所下降,同时持水率呈现下降趋势,蒸煮损失率增加,这都与辐照引起的水分流失有关。冷鲜鸡肉在辐照处理后,肌原纤维直径变小,密度增大,辐照剂量越大,这一趋势越明显。

了肌丝间的相互作用,加剧了肌原纤维和肌细胞横向收缩,导致水分的流失,从而使蒸煮损失率增加,这与辐照会破坏冷鲜肉制品结构的结论^[8]相吻合。蒸煮损失率的变化与持水性的变化保持一致。在保藏期间,未经辐照处理组蒸煮损失率变化不大,这可能跟其内部结构保持较完整有关。在保藏期间,辐照处理 2 kGy 组,蒸煮损失率增加不显著,这可能跟其辐照剂量较小有关。4、6、8 kGy 组蒸煮损失率明显增加($P < 0.05$),说明高剂量的辐照会增加产品的蒸煮损失率,且蒸煮损失率的变化与辐照剂量的大小呈正比。

2.3 冷鲜鸡及酱卤制品保藏过程中的色泽变化

对肉的评价,第一印象就是色泽。冷鲜鸡的色泽主要取决于其肌红蛋白的含量,可用色差计测定其 L^* 值、 a^* 值与 b^* 值的变化^[3]。

由表 3 可知,在 0 d 时,未经辐照处理的 0 kGy 组 L^* 值在保藏期间呈下降趋势,这可能与微生物的腐败分解有关,导致其亮度下降;而辐照处理组亮度值下降,可能因为辐照使冷鲜鸡肉的持水性下降,导致对光的折射作用下降。在保藏期间,未经辐照处理的鸡肉,颜色变化较大,亮度偏暗,这跟微生物

表 1 钴源辐照对冷鲜鸡肉贮藏期间保水性的影响

剂量 (kGy)	保水率(%)				
	0 d	7 d	14 d	21 d	28 d
0	83.59 ± 2.75aA	80.82 ± 6.03aD	81.30 ± 3.65bC	82.02 ± 0.59bB	81.53 ± 0.29bC
2	81.82 ± 0.62bA	77.63 ± 7.78aA	75.82 ± 4.93aA	77.27 ± 3.57aA	80.01 ± 2.88aA
4	81.61 ± 1.56cA	74.76 ± 0.63aA	74.75 ± 0.12aA	78.64 ± 0.61aA	75.07 ± 6.74aA
6	81.45 ± 2.17dA	72.83 ± 10.36aA	78.89 ± 0.34aA	76.76 ± 4.45aA	79.76 ± 4.99aA
8	80.53 ± 0.60eA	79.36 ± 6.78aB	74.75 ± 3.90aC	78.64 ± 0.61aB	77.93 ± 6.04aC

注:同列不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$);同行不同大写字母表示差异显著($P < 0.05$)。表 2 同。

表 2 钴源辐照对冷鲜鸡肉保藏期间蒸煮损失率影响

剂量 (kGy)	蒸煮损失率(%)				
	0 d	7 d	14 d	21 d	28 d
0	28.00 ± 1.65cA	28.00 ± 1.50aA	28.70 ± 2.10eA	27.00 ± 0.30eA	—
2	32.00 ± 2.30aA	30.00 ± 2.14bA	35.10 ± 2.39bA	32.50 ± 3.15cA	33.40 ± 3.24aA
4	31.00 ± 3.17bC	35.00 ± 2.56cA	33.50 ± 4.17cB	30.80 ± 1.79dD	35.00 ± 2.18aA
6	31.00 ± 3.19bA	33.50 ± 3.67bA	32.80 ± 3.58dA	34.00 ± 3.28bA	34.20 ± 3.89aA
8	31.00 ± 4.10bD	37.50 ± 5.18cB	38.00 ± 6.17aA	36.20 ± 1.89aB	35.80 ± 4.90aC

的增加有关。辐照处理组 L^* 值在保藏期间变化不明显,一方面由于辐照杀灭了大部分的微生物,减少了微生物对鸡肉亮度的改变,另一方面可能由于经过真空处理,减少了高铁肌红蛋白的形成所致,保证了样品比较稳定的亮度。

由表 3 可知,在 0 d 时,辐照处理组 a^* 值明显增加($P < 0.05$),主要可能由氧化还原电位(ORP)值的降低和羧基肌红蛋白的形成所致^[9]。在保藏期间,辐照处理也会使鸡肉的色泽达到最佳的鲜红状态^[10],而且在贮存过程中鲜红色泽变化不显著($P > 0.05$),基本保持稳定。当辐照剂量达到 6 kGy

时,冷鲜鸡肉保持了最大红度值。有研究表明,红度值的增加可以使消费者更易于接受这种新鲜度^[11]。与 0 kGy 组相比,在 0 d 时,辐照处理组 b^* 值有所下降,这可能由脂肪的轻度氧化所致^[12]。在保藏过程中,0 kGy 处理组的 b^* 值呈增加趋势,表明鸡肉的变质影响到了黄度值的变化。试验发现,未经辐照的样品色泽呈褐黄色,而不同辐照处理组在保藏期间 b^* 值变化不显著,表明辐照处理使冷鲜鸡肉保持比较稳定的 b^* 值。

表 3 钴源辐照对冷鲜鸡保藏过程中色泽的影响

剂量 (kGy)	指标	色泽指标值				
		0 d	7 d	14 d	21 d	28 d
0	L^*	52.76 ± 2.42aA	47.37 ± 1.39bB	46.31 ± 3.23aC	—	—
	a^*	6.25 ± 1.16dB	9.08 ± 1.15dA	8.82 ± 1.23dA	—	—
	b^*	10.02 ± 1.34cB	12.74 ± 1.15aA	13.01 ± 1.37bA	—	—
2	L^*	50.05 ± 2.39bA	51.82 ± 2.42aA	50.96 ± 3.43aA	52.31 ± 2.36aA	49.97 ± 3.13aA
	a^*	10.12 ± 1.56cA	9.76 ± 1.11dA	11.02 ± 1.16aA	12.11 ± 1.22aA	10.58 ± 1.31aA
	b^*	8.12 ± 1.09aA	9.10 ± 1.11dA	9.98 ± 1.24dA	8.10 ± 1.16aA	7.02 ± 1.13aA
4	L^*	49.54 ± 2.23cA	52.06 ± 1.34aA	52.75 ± 1.45aA	53.42 ± 2.63aA	52.42 ± 3.54aA
	a^*	11.88 ± 1.13bA	10.06 ± 1.17cA	9.79 ± 1.18cA	11.13 ± 1.26aA	11.02 ± 1.49aA
	b^*	9.12 ± 1.12bA	10.10 ± 1.34bA	9.98 ± 1.19dA	9.10 ± 1.10aA	9.02 ± 1.22aA
6	L^*	52.20 ± 3.56aA	44.37 ± 1.76cA	47.77 ± 1.38aA	52.18 ± 2.41aA	50.03 ± 2.44aA
	a^*	12.78 ± 1.15aA	14.24 ± 1.16aA	10.91 ± 1.36bA	15.95 ± 1.32aA	13.32 ± 1.29aA
	b^*	9.48 ± 1.17bA	9.54 ± 1.14cA	13.66 ± 1.23aA	9.66 ± 1.34aA	9.52 ± 1.31aA
8	L^*	49.54 ± 2.37cA	48.86 ± 1.41bA	57.79 ± 3.13aA	50.16 ± 1.67aA	49.32 ± 2.39aA
	a^*	11.80 ± 1.12bA	13.92 ± 1.16bA	8.61 ± 1.21eA	9.83 ± 1.19aA	11.23 ± 1.34aA
	b^*	8.98 ± 1.09aA	8.34 ± 1.17eA	10.66 ± 1.28cA	7.95 ± 1.11aA	8.53 ± 1.16aA

注:同列相同指标数据后不同小写字母表示剂量处理间差异显著($P < 0.05$),同行数据后不同大写字母表示时间处理间差异显著($P < 0.05$)。表 4 同。

由表 4 可知,与对照组相比,在 0 d 时,冷鲜鸡肉经不同剂量的辐照处理后,硬度和内聚性出现了显著下降($P < 0.05$)。这说明辐照处理使鸡肉的内部结构发生了改变,使鸡肉的内部纤维结构变得疏松,导致硬度和内聚性下降,此后肌肉结构蛋白在辐照的作用下分解成多肽、寡肽、氨基酸等小分子,引起肌肉纤维渗透压增高,保水性只能部分恢复,此时

的蛋白降解使得冷鲜鸡肉呈现软嫩感、硬度下降^[13],这与电镜扫描的结果相一致。Maria 等研究表明,当含水率 $< 21.5\%$ 时,肉的硬度和含水率之间呈正比,即硬度随着含水率的下降而下降^[14]。

黏附性方面,2 kGy 组为 0.12 mJ,4 kGy 组为 0.11 mJ,6 kGy 组为 0.12 mJ,8 kGy 组为 0.11 mJ,均显著低于对照组

表 4 钴源辐照对冷鲜鸡保藏过程中质构的影响

剂量 (kGy)	质构指标值					
	指标	0 d	7 d	14 d	21 d	28 d
0	硬度(N)	4.29±0.32aA	3.14±0.21eB	—	—	—
	黏附性(mJ)	0.16±0.01aA	0.19±0.01aA	—	—	—
	内聚性	0.51±0.01aA	0.42±0.02eB	—	—	—
	弹性(mm)	2.56±0.34aA	2.24±0.41aB	—	—	—
	咀嚼性(mJ)	3.25±0.12aA	3.11±0.37aB	—	—	—
2	硬度(N)	3.67±0.34bA	3.64±0.45bA	3.77±0.21aA	3.58±0.31aA	3.39±0.67aA
	黏附性(mJ)	0.12±0.03bA	0.09±0.05aA	0.07±0.03aA	0.14±0.03aA	0.11±0.01aA
	内聚性	0.43±0.02dB	0.51±0.04bC	0.58±0.02aA	0.47±0.03aC	0.38±0.02aD
	弹性(mm)	2.32±0.30aA	2.12±0.41aA	2.23±0.36aA	2.23±0.27aA	2.29±0.14aA
	咀嚼性(mJ)	3.56±0.17aA	3.23±0.36aC	3.21±0.28aD	3.17±0.36aD	3.28±0.25aB
4	硬度(N)	3.99±0.32bC	3.97±0.29aB	3.20±0.16aA	3.248±0.24aB	3.12±0.23aB
	黏附性(mJ)	0.11±0.02cA	0.08±0.00aA	0.10±0.01aA	0.12±0.00aA	0.11±0.00aA
	内聚性	0.48±0.00bA	0.46±0.02dA	0.47±0.01bA	0.47±0.04aA	0.43±0.041aA
	弹性(mm)	2.37±0.31aA	2.07±0.46aA	2.44±0.38aA	2.72±0.17aA	2.32±0.14aA
	咀嚼性(mJ)	3.65±0.35aA	3.36±0.38aA	3.47±0.23aA	4.15±0.56aA	3.42±0.18aA
6	硬度(N)	3.46±0.22cA	3.26±0.19dA	3.87±0.32aA	3.42±0.24aA	3.39±0.18aA
	黏附性(mJ)	0.12±0.03bA	0.10±0.03aA	0.08±0.05aA	0.08±0.03aA	0.07±0.02aA
	内聚性	0.44±0.01cA	0.52±0.02aA	0.43±0.02dA	0.45±0.02aA	0.41±0.031aA
	弹性(mm)	2.14±0.38aA	2.41±0.56aA	2.83±0.71aA	2.48±0.31aA	2.44±0.48aA
	咀嚼性(mJ)	3.56±0.32aA	3.05±0.26aA	3.52±0.17aA	3.19±0.35aA	3.23±0.29aA
8	硬度(N)	3.12±0.17dA	3.47±0.24cA	3.48±0.33aA	3.40±0.12aA	2.36±0.19aA
	黏附性(mJ)	0.11±0.01cA	0.18±0.04aA	0.16±0.06aA	0.11±0.08aA	0.12±0.09aA
	内聚性	0.43±0.03dA	0.47±0.05cA	0.46±0.01cA	0.47±0.06aA	0.43±0.04aA
	弹性(mm)	2.35±0.16aA	2.39±0.35aA	2.79±0.47aA	2.11±0.29aA	2.26±0.56aA
	咀嚼性(mJ)	3.68±0.89aA	3.27±0.73aA	3.54±0.77aA	3.53±0.94aA	3.48±0.84aA

的 0 kGy。弹性方面,0 Gy 组为 2.56 mm,2 kGy 组为 2.32 mm,4 kGy 组为 2.37 mm,6 kGy 组为 2.14 mm,8 kGy 组为 2.35 mm,辐照处理使鸡肉的弹性下降,变化不显著,咀嚼性增加。在保藏期间,0 kGy 的硬度、内聚性、弹性、咀嚼性均呈下降趋势,变化显著($P<0.05$)。这可能与对照组的微生物迅速增加,破坏了鸡肉的结构,导致鸡肉的品质下降有关。而不同辐照处理组变化不显著,这是因为辐照处理杀灭了大部分的微生物,减少了微生物的活动。对照组的黏附性在保藏期间明显增加,而不同剂量的辐照组变化不显著,这也可能是因为对照组中大量的微生物使鸡肉蛋白质分解,其凝胶网状结构被破坏,肌原纤维会分泌一种黏稠的物质,将会在一定程度上增大肉品的黏附性。

弹性表示物体在外力作用下发生形变,撤去外力后恢复原来状态的能力。肉类含有丰富的蛋白质,蛋白质与其水化层形成网状结构,有一定抵抗外力的能力,这种抵抗力即表现为肉的弹性^[15]。肉制品的弹性除与原料肉的种类有关外,还与产品中的蛋白质在储藏及加工过程中的物理化学性质有关。Alamprese 等认为产品自身的含水率对其弹性的影响比较明显,在特定条件下,产品的含水率越高,弹性越大^[16]。一方面,辐照处理后,鸡肉的失水率增加,持水性下降,弹性的变化与鸡肉的失水率保持一致,成下降趋势。另一方面,辐照处理会破坏蛋白质网络结构,使蛋白质基质中会出现空洞,减弱了鸡肉胶原蛋白形成凝胶的能力,从而降低了产品的弹性^[17]。

内聚性反映的是咀嚼食物时食物抵抗并紧密连接,使食

物保持完整的性质,代表组成样品的内部结合键的强度^[18]。咀嚼性是指与硬度、内聚性和弹性有关^[19],表示将固体食品咀嚼到可吞咽时需做功大小,在数值上等于硬度、内聚性和弹性的乘积,理论上来说,影响到上述三者的因素都会对产品的咀嚼性产生影响^[20]。Feng 等研究认为硬度与咀嚼性呈极显著正相关^[21]。王琳可认为咀嚼性的变化主要取决于硬度,其变化趋势与硬度相同^[22]。辐照处理后,鸡肉的内聚性出现下降,这说明辐照处理破坏了蛋白基质的结构,肌内膜表面结构破裂,蜂窝状结构消失,胶原纤维结构呈紊乱化。但随时间增加,与对照组相比,内聚性无明显变化。辐照处理可以使冷鲜鸡肉的咀嚼性增加,随着保藏时间的增加辐照处理组明显优于对照组($P>0.05$),其中 4 kGy 组和 6 kGy 组内聚性、弹性和咀嚼性要高于其他处理组。

3 分析与讨论

Chio 等认为辐照使得鸡肉骨骼肌中的肌原纤维单元变小,并引起肌节宽度的收缩,导致肌原纤维结构发生疏松、分离^[23]。而李飞等认为辐照后烤鳗组织结构致密,肌肉结构轻微收缩和挤压,表面出现凸出,说明剂量范围内的辐照并未对产品的微观结构造成影响^[24]。本研究中冷鲜鸡肉在辐照处理后,肌丝间出现较为明显裂缝,肌纤维结构变得松散,说明辐照对冷鲜鸡肉的微观结构有明显的影响。这与李飞等的研究不一致,可能与原料的性质有关。辐照处理还会降低鸡肉的持水性,增加蒸煮损失率,这与冯晓琳等认为辐照降低鸡肉的持水性的研究一致^[4]。推断其原因,这都跟肌纤维结构的

改变和水分的流失有关。Al - Bachir 等认为持水性的下降和蒸煮损失率的增加与辐照处理对冷鲜鸡肉肌纤维结构的影响有关^[25]。冯晓琳认为由于辐照后脂肪氧化增强了肌丝间的相互作用,加剧了肌原纤维和肌细胞横向收缩,肉品蒸煮损失增加^[26]。但在保藏期间,只有当辐照剂量达到 8 kGy 时,鸡肉的持水性出现明显下降。这说明只有大剂量的辐照处理,才会对鸡肉保藏过程中的保水性影响较大。

色泽是肉品的感官评定的重要指标之一,是影响消费者购买意愿的决定性因素^[27]。尚姬斌等认为 0 d 时,辐照处理组的 a^* 值均明显高于对照组,红度较高^[28]。冯晓琳等的研究表明在试验范围内,随着辐照剂量的增加, a^* 增加;电子束辐照后,辐照剂量越高,冷鲜肉的颜色越鲜艳^[4]。Ham 等的研究认为 5 kGy 辐照处理能够明显增加猪肉香肠的红度值, a^* 值的增加并没有随着辐照剂量的增加而增加^[29]。本研究结果也表现出类似的规律,辐照能够增加鸡肉的红度值,这是与肌红蛋白的增加有关^[30]。当辐照剂量达到 6 kGy 时,鸡肉的色泽达到最佳的鲜红状态,而且在贮存过程中鲜红色泽变化不大。Suklim 等认为辐照处理对肉品的 L^* 并没有显著影响^[31]。辐照处理后,鸡肉的亮度值并未发生显著变化,这是因为辐照杀灭了大部分的微生物,减少了微生物对鸡肉亮度的改变。保藏期间,辐照处理组的亮度值保持稳定,这是因为经过真空处理,减少了高铁肌红蛋白的形成所致,保证了样品比较稳定的亮度;未经辐照的样品色泽呈褐黄色。而不同辐照处理组在保藏期间, b^* 值变化不大,比较稳定,表明辐照处理使冷鲜鸡肉保持了比较稳定的 b^* 值,可能与辐照降低了样品中的微生物负载量有关,因为微生物的繁殖容易导致肉制品色泽的改变^[5]。

Yoon 认为辐照会破坏鸡肉的蛋白质结构,蛋白降解使得冷鲜鸡肉软嫩感、硬度下降^[32]。本研究与之一致,说明辐照破坏了冷鲜肉的肌纤维结构,导致鸡肉的硬度、弹性、内聚性下降。各个辐照组黏附性变化不大,这是因为辐照处理杀灭了大部分的微生物,减少黏稠物质的产生^[6]。鸡肉的弹性和鸡肉的失水率保持了一致,辐照处理后,鸡肉的失水率增加,持水性下降,弹性也随之下降。

4 结论

本试验研究结果表明,经 2、4、6 kGy 不同剂量辐照的冷鲜肉,其微观结构会受到影响,持水率下降,蒸煮损失率增加,随着保藏时间的延长,保水性变化不大,只有高剂量的辐照(8 kGy)才会对鸡肉保藏过程中的保水性和蒸煮损失率影响较大。辐照处理后,冷鲜鸡肉的红度值增加,当剂量为 6 kGy 时,鸡肉保持了较好的鲜红色。在保藏期间,4、6 kGy 辐照处理的鸡肉质结构特性优于其他处理组。因此,为了保证冷鲜鸡肉具有较好的品质,辐照剂量应以 6 kGy 为宜。

参考文献:

- [1] 耿建暖. 食品辐照技术及其食品中的应用[J]. 食品研究与开发,2013,34(15):109-112.
- [2] 扶扶权. 食品辐照技术在肉制品中的应用研究进展[J]. 安徽农业科学,2014(36):13045-13046.
- [3] 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(22):296-302.
- [4] 冯晓琳,王晓拓,王丽芳,等. 电子束辐照对真空包装冷鲜猪肉品质的影响[J]. 中国食品学报,2015,15(2):126-130.
- [5] 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.
- [6] 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(21):271-278.
- [7] 李雨露,刘雨萍. 提高肉制品保水性方法的研究进展[J]. 食品工业科技,2012(20):398-400.
- [8] 尚姬斌. 电子束和 γ 射线辐照对冷鲜肉品质影响的差异及作用机制研究[D]. 北京:中国农业科学院,2013.
- [9] 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.
- [10] 彭佳程. 冷鲜肉品质安全控制技术研究[D]. 武汉:武汉轻工大学,2014.
- [11] 程述震,王晓拓,王志东. 辐照对肉品品质的影响[J]. 食品工业,2016(2):236-239.
- [12] Fadhel Y B, Leroy V, Dussault D, et al. Combined effects of marinating and γ - irradiation in ensuring safety, protection of nutritional value and increase in shelf - life of ready - to - cook meat for immunocompromised patients [J]. Meat Science, 2016, 118: 43-51.
- [13] Li C L, He L C, Jin G F, et al. Effect of different irradiation dose treatment on the lipid oxidation, instrumental color and volatiles of fresh pork and their changes during storage [J]. Meat Science, 2017,128:68-76.
- [14] Maria J, Benito M R. Effect of the fungal extracellular protease EPg222 on texture of whole pieces of pork loin[J]. Meat Science, 2003,65(2):877-884.
- [15] 郝红涛. 火腿肠质构标准的构建[D]. 郑州:河南农业大学,2010.
- [16] Alamprese C, Fongaro L, Casiraghi E. Effect of fresh pork meat conditioning on quality characteristics of salami[J]. Meat Science, 2016,119(103):193-198.
- [17] 郝红涛,赵改名,柳艳霞,等. 肉类制品的质构特性及其研究进展[J]. 食品与机械,2009(3):125-128.
- [18] Mohammad S,R. Instrumental texture profile analysis(TPA) of date flesh as a function of moisture content [J]. Journal of Food Engineering,2005,66(4):505-511.
- [19] Andrés S, Huerca L, Mateo J, et al. The effect of quarter in dietary supplementation on meat oxidation processes and texture of fattening lambs[J]. Meat Science,2014,96(2):806-811.
- [20] 徐亚丹,代 丽. 牛肉低温储藏期间质构参数分析及新鲜度指标的确定[J]. 农业工程学报,2016(12):267-272.
- [21] Feng X, Moon S H, Lee H Y, et al. Effect of irradiation on the parameters that influence quality characteristics of raw turkey breast meat[J]. Radiation Physics and Chemistry,2017,130:40-46.
- [22] 王琳可. 卤煮鸡肉质构测定条件的研究[J]. 食品工业科技,2014,35(18):132-136.
- [23] Choi Y S, Kim H W, Hwang K E, et al. Effects of gamma irradiation on physicochemical properties of heat - induced gel prepared with chicken salt - soluble proteins [J]. Radiation Physics and Chemistry,2015,106:16-20.
- [24] 李 飞,陈绍军,陈 玲,等. 辐照对烤鳗制品品质影响[J]. 食品科学技术学报,2013,31(5):43-49.

王 英,周剑忠,施亚萍,等. 副干酪乳杆菌 FM-LP-4 菌株的高密度培养条件优化[J]. 江苏农业科学,2018,46(19):211-215.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.19.056

副干酪乳杆菌 FM-LP-4 菌株的高密度培养条件优化

王 英¹,周剑忠¹,施亚萍²,夏秀东¹,董 月¹,黄自苏¹

(1. 江苏省农业科学院农产品加工研究所,江苏南京 210014; 2. 南京市脆而爽蔬菜食品有限公司,江苏南京 211225)

摘要:为提高来源于新疆骆驼酸奶中具有较高抗氧化活性的副干酪乳杆菌 FM-LP-4 菌株在发酵培养液中的菌体密度。利用单因素试验、正交试验对 MRS(de Man,Rogosa and Sharpe)培养基的碳源、氮源、营养因子以及培养条件进行优化。结果表明,副干酪乳杆菌 FM-LP-4 菌株的最佳增殖培养条件是培养温度为 34℃、接种量为 3%、初始 pH 值为 6.8;最佳培养基配方为 30 g/L 葡萄糖、35 g/L 胰蛋白胨、60 g/L 番茄汁,其他成分与 MRS 培养基基本配方一致。在优化后的培养基和培养条件下培养 18 h,FM-LP-4 菌株菌体 $D_{600\text{nm}}$ 提高 18.14%,为该菌株的投式发酵剂制备和产品开发提供了试验依据和技术支持。

关键词:副干酪乳杆菌 FM-LP-4 菌株;高密度培养;优化;单因素试验;正交试验

中图分类号:TS252.54 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2018)19-0211-05

细胞高密度培养(high-cell density cultivation,简称 HCDC)技术是直投式发酵剂产业发展中的一个关键技术。营养物质、生长因子、代谢产物、培养时间、培养温度、溶氧等环境因素都可能影响细胞的高密度培养。目前国内外对菌体的高密度培养有大量的研究,主要集中在培养基筛选、配方优化和培养条件优化等方面^[1-7]。

副干酪乳杆菌(*Lactobacillus paracasei*)是一种兼性厌氧、不运动、无芽孢的杆菌或长杆菌。研究表明,副干酪乳杆菌作为益生菌在增强人体免疫功能、调节人体肠道菌群平衡、预防疾病等方面有着广阔的发展前景^[8-10]。副干酪乳杆菌 FM-LP-4 来源于新疆骆驼酸奶,它具有较高的体内、体外抗氧化活性^[11],且具有较强的适应环境能力和较好的加工属性,这些特性使其具有良好的应用前景。若要实现副干酪乳杆菌的工业化应用,须将该菌株制备成直投式发酵剂,而直投式发酵剂制备的关键是保证并提高菌种的活力和活菌数。根据副干酪乳杆菌 FM-LP-4 的生长需求,本研究从增殖培养基筛选

和发酵条件 2 个方面进行研究,确定优化培养基配方和适宜的培养条件,为副干酪乳杆菌 FM-LP-4 直投式发酵剂的制备和产品开发提供试验依据,为其工业化应用提供理论依据和技术支持。

1 材料与方法

1.1 菌株资源

副干酪乳杆菌 FM-LP-4 保存于江苏省农业科学院农产品加工研究所。

1.2 培养基

MRS(de Man,Rogosa and Sharpe)液体培养基:2.000% 葡萄糖、1.000% 蛋白胨、1.000% 牛肉膏、0.500% 酵母粉、0.500% 乙酸钠、0.200% 磷酸氢二钾、0.200% 柠檬酸氢二铵、0.058% 硫酸镁、0.020% 硫酸镁、0.100% 吐温-80。

UMRS(Unnormal de Man,Rogosa and Sharpe)液体培养基:MRS 液体培养基中不添加碳源和氮源,配方为 0.500% 乙酸钠、0.200% 磷酸氢二钾、0.200% 柠檬酸氢二铵、0.058% 硫酸镁、0.020% 硫酸镁、0.100% 吐温-80,以上培养基在温度为 121℃ 条件下、灭菌 20 min。

1.3 主要设备及其来源

1.3.1 主要试剂与设备 主要试剂有 1,1-二苯基-2-3-硝基苯肼自由基(1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl,简称

收稿日期:2017-06-06

基金项目:中央财政农业技术推广项目(编号:31501460);南京市科技发展规划(编号:201608060)。

作者简介:王 英(1978—),女,安徽淮北人,博士,副研究员,主要从事食品生物技术研究。Tel:(025)84391571;E-mail:wyl16009@126.com。

[25] Al-Bachir M, Farah S, Othman Y. Influence of gamma irradiation and storage on the microbial load, chemical and sensory quality of chicken kebab[J]. Radiation Physics and Chemistry, 2010, 79(8): 900-905.

[26] 冯晓琳. 电子束辐照对真空包装的冷鲜猪肉品质的影响[D]. 北京:中国农业科学院, 2014.

[27] 张晓燕, 云雪艳, 梁 敏, 等. 含有海藻糖的生物可降解薄膜对冷鲜肉的保鲜与护色作用[J]. 食品工业科技, 2015(8): 298-304.

[28] 尚顾斌, 王志东, 高美须, 等. 电子束辐照对冷鲜猪肉品质的影响[J]. 核农学报, 2013, 27(4): 437-442.

[29] Ham Y K, Kim H W, Hwang K E, et al. Effects of irradiation source

and dose level on quality characteristics of processed meat products [J]. Radiation Physics and Chemistry, 2017, 130: 259-264.

[30] 王 宁, 王晓拓, 王志东, 等. 电子束辐照剂量率对真空包装冷鲜牛肉品质的影响[J]. 现代食品科技, 2015(7): 241-247.

[31] Suklim K, Flick J, Vichitphan K. Effects of gamma irradiation on the physical and sensory quality and inactivation of *Listeria monocytogenes* in blue swimming crab meat (*Portunus pelagicus*) [J]. Radiation Physics and Chemistry, 2014, 103(5): 22-26.

[32] Yoon K S. Effect of gamma irradiation on the texture and microstructure of chicken breast meat [J]. Meat Science, 2003, 63(2): 273-277.