مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران
سال چهاردهم، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۸، صفحات ۱۲۷-۱۱۷

تأثیر اشعه گاما بر اکسیداسیون چربی، نیتروژن فرّار تام، رنگ و مقدار باقیمانده نیتریت در فرآورده‌های گوشتی با درصد گوشت متفاوت

عبدالصمد عابدی[۱]، غلامرضا شاه حسینی[۲]، روح الله فردوسی[۳]، راحله سادات فاضلی‌فرد[۴]، مریم ذبیح‌زاده[۵]، سهیل اسکندری[۶]

۱- دکترای علوم و صنایع غذایی، انستیتو تحقیقات تغذیه و صنایع غذایی کشور، دانشکده علوم تغذیه و صنایع غذایی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران

۲- دکترای عمومی، دامپزشکی (با تجارب هسته‌ای)، پژوهشکده کشاورزی هسته‌ای، پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، سازمان انرژی اتمی ایران، کرج، ایران

۳- استادیار گروه تحقیقات علوم و صنایع غذایی، انستیتو تحقیقات تغذیه و صنایع غذایی کشور، دانشکده علوم تغذیه و صنایع غذایی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران

۴- کارشناس آزمایشگاه، انستیتو تحقیقات تغذیه و صنایع غذایی کشور، دانشکده علوم تغذیه و صنایع غذایی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران

۵- دانشجوی دکتری علوم و صنایع غذایی، انستیتو تحقیقات تغذیه و صنایع غذایی کشور، دانشکده علوم تغذیه و صنایع غذایی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران

۶- نویسنده مسئول: دانشیار گروه تحقیقات سیاستگذاری و برنامه غذا و تغذیه، انستیتو تحقیقات تغذیه و صنایع غذایی کشور، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران، و مرکز تحقیقات آزمایشگاهی غذا و دارو، سازمان غذا و دارو، وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی، تهران، ایران، پست الکترونیکی: so.eskandari@sbmu.ac.ir

تاریخ دریافت: ۹۷/۵/۲۱ تاریخ پذیرش: ۹۷/۹/۴

چکیده

سابقه و هدف: اشعه گاما به عنوان یک ابزار مناسب برای کاهش یا حذف آلودگی میکروبی در فراورده‌های گوشتی خام و پخته معرفی شده است. با این حال تغییرات فیزیکوشیمیایی ناشی از اشعه‌دهی برای پذیرش این تکنولوژی نزد صنایع و مصرف‌کنندگان بسیار با اهمیت است. هدف این تحقیق بررسی تأثیر اشعه گاما با دوزهای مختلف بر روی باقیمانده نیتریت، اکسیداسیون چربی، میزان نیتروژن فرّار تام و رنگ در دو گروه فرآورده گوشتی حرارت دیده (سوسیس) در طول نگهداری به مدت ۲۸ روز در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد بود.

مواد و روش‌ها: دو گروه از فرآورده‌های گوشتی امولسیونی با درصدهای متفاوت گوشت قرمز (۴۰ و ۶۵ درصد) با دوزهای ۲، ۴، ۶ و ۸ کیلوگری اشعه‌دهی شدند. آزمون‌های باقیمانده نیتریت و TVN در روزهای صفر، ۷، ۱۴، ۲۱ و ۲۸ و آزمون اندازه‌گیری رنگ بر اساس سیستم Hunter Lab در روزهای صفر و ۲۸ مورد بررسی قرارگرفتند.

یافته‌ها: اشعه‌دهی با دوز ۸ کیلوگری باعث کاهش معنی‌دار باقیمانده نیتریت در هر دو گروه فرآورده شد. عدد TVN در نمونه‌های اشعه دیده به طور معنی‌داری کمتر از نمونه‌های اشعه ندیده (شاهد) بود. اشعه‌دهی با دوزهای بالا (دوزهای ۶ و ۸کیلوگری) در هر دو فرآورده باعث کاهش معنی‌دار ایندکس قرمزی (a-value) و همچنین افزایش معنی‌دار عدد TBA شد ($P<0/05$).

نتیجه‌گیری: با توجه به نتایج بدست آمده، دوزهای ۲ و ۴ کیلوگری به عنوان دوزهای مناسب برای اشعه‌دهی به این نوع فرآورده‌ها پیشنهاد شد.

واژگان کلیدی: تغییرات فیزیکوشیمیایی، اشعه‌دهی، TVN، سوسیس، TBA

• مقدمه

در حال حاضر استفاده از پرتوهای یونیزان به عنوان بهترین روش برای تخریب میکروارگانیسم‌های عامل فساد و بیماریزا بدون تأثیر در خصوصیات تغذیه‌ای و کیفیت حسی غذا معرفی شده و این روش بتدریج در سراسر جهان در حال گسترش است (۱). سازمان‌های معتبر بین‌المللی همچون WHO، FAO و آژانس انرژی اتمی تأیید کردند که اشعه دهی می‌تواند سلامت و ایمنی غذا را بدون اثر نامناسبی در سلامت انسان فراهم کند (۲). پرتودهی غذا برای ۳۰ فراورده غذایی در ۳۷ کشور تصویب شده و لیست این کشورها به مرور زمان در حال افزایش است (۳). ایران یکی از کشورهایی است که این تکنولوژی را در سال‌های قبل بدست آورده است. اما در کشور ما استفاده از این تکنولوژی مفید در صنایع غذایی هنوز به طور جدی مورد بررسی قرار نگرفته و مستلزم تحقیقات گسترده در این زمینه می‌باشد.

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-05-17]

امروزه مصرف‌کنندگان علاقه زیادی به کیفیت فرآورده‌های گوشتی از خود نشان می‌دهند، بطوریکه با توجه به سهولت آماده‌سازی این فرآورده‌ها در کمترین زمان ممکن و همچنین داشتن طعم و مزه مطلوب، گرایش به مصرف این گونه فرآورده‌ها در حال افزایش است. لذا فراهم آوردن ایمنی این محصولات از نظر میکروبی، شیمیایی و همچنین ترکیبات و عناصر سمی ضروری می‌باشد. اشعه گاما بعنوان یک ابزار مناسب برای کاهش یا حذف آلودگی میکروب‌های بیماری‌زا و عامل فساد در محصولات گوشتی خام و پخته نشان داده شده است (۷-۴). سازمان غذا و دارو (FDA) با اشعه دهی تا KGy ۴/۵ برای گوشت‌های سرد و KGy ۷ برای گوشت‌های منجمد موافقت کرده است (۸). همچنین استاندارد ملی ترکیه اشعه‌دهی با دوزهای کمتر از ۷ کیلوگری را برای انواع گوشت و فراورده‌های گوشتی مجاز اعلام کرده است (۹). اخیراً کاربرد اشعه گاما برای کاهش مواد سمی و ترکیبات نامطلوب مثل N- نیتروزآمین‌های فرار (۱۰)، آفت‌کش‌ها (۱۱)، مواد ضدتغذیه‌ای (۱۲) و کاهش حساسیت غذایی (۱۳) در کنار اهداف بهداشتی این تکنولوژی مورد مطالعه قرار گرفته است. با این حال نگرانی در مورد استفاده از این تکنولوژی در گوشت و فرآورده‌های گوشتی این است که آیا اشعه‌دهی بر روی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی این فرآورده‌ها اثر نامطلوب دارد یا خیر؟ بنابراین برای اعمال این تکنولوژی در فرآورده‌های گوشتی باید تغییرات فیزیکوشیمیایی حاصل از اشعه‌دهی را بررسی کرد.

نیتریت سدیم یک ماده افزودنی و از جمله ترکیباتی است که برای بهبود رنگ، طعم، بافت و خواص آنتی‌اکسیدانی و ضدباکتریایی به فرمولاسیون فرآورده‌های گوشتی عمل‌آوری شده و حرارت دیده اضافه می‌شود. یکی از مسائلی که در مورد اضافه کردن نیتریت به فرمولاسیون این محصولات مطرح می‌شود، تولید N- نیتروزآمین‌های فرار و سرطان‌زا می‌باشد. باقیمانده نیتریت طی واکنش‌های پیچیده‌ای این ماده سمی را تولید می‌کند (۱۴). N-نیتروزآمین‌های فرار باعث ایجاد تومور در ارگان‌های مختلف بدن خصوصا کبد، ریه، کلیه، مثانه، پانکراس، مری و زبان می‌شوند (۱۵). تحقیقات زیادی در مورد جلوگیری از تولید N-نیتروزآمین صورت گرفته اما تمام نتایج نشان می‌دهد که مهار کامل تولید این ترکیب بسیار مشکل است (۱۷، ۱۶). از طرفی هنوز یک ترکیب جایگزین که بتواند تمام نقش‌های نیتریت را بر عهده بگیرد یافت نشده است. مطالعات نشان داده است که اشعه گاما می‌تواند با اثر مستقیم روی N-نیتروزآمین و شکستن آنها به ترکیبات دیگر باعث کاهش معنی‌دار این ترکیبات شود (۱۰،۱۴). همچنین برخی محققین پیشنهاد کردند که اشعه‌دهی بطور غیرمستقیم نیز با کاهش باقیمانده نیتریت، خطر تماس N- نیتروزآمین‌های فرار و سرطان‌زا در سوسیس‌های پخته و دیگر محصولات غذایی را کاهش دهد (۱۸). با این حال نتایج متفاوتی از تأثیر اشعه بر باقیمانده نیتریت در فرآورده‌های گوشتی گزارش شده است (۱۹، ۲۰)

اکسیداسیون چربی از جمله تغییرات شیمیایی در مواد غذایی است که می‌تواند باعث تغییر مزه، بافت، بو و رنگ شده و زمان ماندگاری و کیفیت تغذیه‌ای مواد غذایی را کاهش دهد. اشعه باعث تولید رادیکال‌های هیدروکسیل از آب موجود در فرمولاسیون محصولات گوشتی امولیسیونی مثل سوسیس می‌شود که این رادیکال‌ها واکنش‌های اکسیداسیون چربی را در سیستم‌های آبی و امولسیونی چربی افزایش می‌دهد (۶). علاوه بر این تأثیر نامطلوب اشعه‌دهی بر رنگ نیز در برخی فرآورده‌های گوشتی گزارش شده است (۱۹).

هدف از تحقیق حاضر بررسی تأثیر اشعه‌دهی گاما با دوزهای مختلف بر روی باقیمانده نیتریت، اکسیداسیون چربی، میزان نیتروژن فرّار تام (TVN) و رنگ در دو گروه فرآورده گوشتی امولسیونی (سوسیس) با درصد گوشت متفاوت (۴۰ و ۶۵ درصد) در طول نگهداری به مدت ۲۸ روز در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد بود.

• مواد و روش‌ها

تهیه نمونه: از هر دو گروه فرآورده با درصد گوشت متفاوت (۴۰ و ۶۵ درصد)، مطابق با فرمولاسیون کارخانه سولیکو (جدول ۱)، ۱۰ کیلوگرم فارش تهیه و پس از پر کردن در پوشش پلی‌آمیدی و پختن در دمای ۸۰°C و سرد کردن در دمای ۱۵°C، تحت خلاء بسته‌بندی شدند (بسته‌های ۶۰ گرمی). مقدار نیتریت سدیم در فرمولاسیون ۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم بود.

جدول ۱. ترکیب فرآورده‌های تولیدی

ترکیبات	فرآورده ۴۰ درصد	فرآورده ۶۵ درصد
گوشت	۴۰	۶۵
آب و یخ	۲۵	۱۵
روغن	۱۷	۱۰
نمک	۱/۸	۱/۸
نیتریت	۰/۰۱	۰/۰۱
ادویه	۱/۱۹	۱/۱۹
آرد	۵	۲
نشاسته	۵	۲
سویا	۵	۳

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-05-17]

فرآیند اشعه‌دهی: نمونه‌ها به سازمان انرژی اتمی واقع در کرج انتقال و تمام شب در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. سپس نمونه‌ها با دزهای ۲، ۴، ۶ و ۸ کیلوگری با دستگاه Gamma Cell Issledoratel (PX-30، روسیه) اشعه‌دهی شدند. میزان دز دریافتی ۰/۲۵ کیلوگری در ثانیه و منبع اشعه‌دهی کبالت ۶۰ بود. Chemical Dosimeter of Fericke به عنوان دوزیمتر مورد استفاده قرار گرفت. فرآورده‌های گوشتی اشعه ندیده (کنترل) و فرآورده‌های گوشتی اشعه دیده تا انجام آزمون‌ها در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند.

اندازه‌گیری مقدار باقیمانده نیتریت: مقدار باقیمانده نیتریت فرآورده‌ها در روزهای صفر، ۷، ۱۴، ۲۱ و ۲۸ مطابق با روش AOAC شماره ۹۷۳/۳۱ اندازه‌گیری شد (۹).

اندازه‌گیری اکسیداسیون چربی به روش تیوباربیتوریک اسید: تعیین عدد تیوباربیتوریک اسید (TBA) در روزهای صفر، ۷، ۱۴، ۲۱ و ۲۸ مطابق با روش Nam و همکاران (۲۰۰۷) انجام شد (۲۱). ۵ گرم از نمونه چرخ شده را در یک لوله ۵۰ میلی‌لیتری قرار داده و با ۱۵ میلی‌لیتر آب دیونیزه کاملاً مخلوط و همگن شد. ۱ میلی‌لیتر از نمونه همگن شده را داخل لوله دیگر ریخته و ۵۰ میکرولیتر بوتیل هیدروکسی تلوئن و ۲ میلی‌لیتر مخلوط تیوباربیتوریک اسید و تری کلرواستیک اسید (۲۰ میلی مول TBA و ۱۶٪ وزنی/حجمی تری کلرواستیک اسید) به آن افزوده و با ورتکس به خوبی مخلوط شد. سپس به مدت ۱۵ دقیقه در حمام بخار ۹۰ درجه سانتی گراد حرارت داده و بعد از سرد کردن لوله، محتویات آن به مدت ۱۵ دقیقه با سرعت ۸۰۰۰g سانترفیوژ شدند. لایه سطحی محتویات سانترفیوژ شده را داخل سل مخصوص اسپکتوفتومتر ریخته و جذب آن در طول موج ۵۳۲ نانومتر اندازه‌گیری شد (منحنی کالیبراسیون توسط مالون آلدهید تهیه و نمونه شاهد حاوی ۱ میلی لیتر آب دیونیزه و ۲ میلی لیتر محلول TBA/TCA بود). عدد TBA به صورت میلی‌گرم مالون آلدهید در کیلوگرم گوشت گزارش شده است.

اندازه‌گیری میزان نیتروژن فرّار تام (عدد TVN): تعیین عدد TVN در روزهای صفر، ۷، ۱۴، ۲۱ و ۲۸ مطابق با روش Al-Bachir و Mehio (۲۰۰۱) انجام شد (۲۲). مقدار ۱۰ گرم از نمونه گوشت همراه با ۲ گرم اکسید منیزیم به عنوان کاتالیزور و ۳۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر و چند عدد پرل شیشه‌ای در داخل بالن هضم کجلدال ریخته و به سایر منضمات دستگاه کجلدال متصل شد. در ارلن گیرنده زیر مبرد مقدار ۲۵ میلی‌لیتر اسید بوریک ۲ درصد و چند قطره معرف متیل اورانژ ۰/۱ درصد الکلی افزوده شد، که در این حالت رنگ به قرمز تغییر یافت. سپس بالن هضم حرارت داده شد به نحوی که محتویات آن ظرف ۱۰ دقیقه به جوش آمد و از زمان جوش ۲۵ دقیقه عمل تقطیر ادامه داده شد که در این حالت بازهای فرّار موجود در گوشت تقطیر و جذب محتویات ارلن گیرنده شده و رنگ محلول آبی شد (به علت تغییر محیط به قلیایی). سپس حرارت قطع و محلول تقطیر شده به وسیله اسید سولفوریک ۰/۱ نرمال تا ظهور رنگ قرمز تیتر شد.

ارزیابی رنگ: تعیین فاکتورهای رنگی بر اساس سیستم Hunter Lab (قرمزی، زردی و روشنی توسط دستگاه اسپکتوفتومتر مجهز به سیستم Hunter Lab (CE-7000A، آمریکا) انجام شد (۲۱). این آزمون نیز در روز صفر و ۲۸ انجام گرفت.

آنالیز آماری: تمام آزمون‌ها با سه بار تکرار انجام و داده‌های کمی با بهره‌گیری از آمار توصیفی و به صورت میانگین و انحراف معیار ارائه شدند. در مورد آزمون‌های انجام گرفته، هنگامی که با استفاده از آزمون پارامتری One-Way ANOVA اختلاف معنی‌داری بین تیمارها مشاهده گردید. برای مقایسه تیمارها از آزمون توکی و برای مقایسه‌های دوگانه فرآورده‌ها، آزمون t برای دو جامعه مستقل استفاده گردید. جهت بررسی اثر زمان (روزهای ۰، ۷، ۱۴، ۲۱ و ۲۸) بر فاکتورهای مورد نظر از تحلیل اندازه های تکراری (Repeated measures) استفاده شد. کلیه آنالیزهای آماری توسط نرم افزار آماری SPSS 21 تجزیه و تحلیل شدند.

• یافته‌ها

نتایج حاصل از اندازه‌گیری باقیمانده نیتریت سدیم: بررسی یافته‌های حاصل از اندازه‌گیری نیتریت (جدول ۲) نشان داد که اشعه‌دهی با اشعه گاما و همچنین زمان نگهداری (۲۸ روز) اثر معنی‌داری بر مقدار باقیمانده نیتریت در دو گروه فرآورده گوشتی ۴۰ و ۶۵ درصد (بسته‌بندی شده تحت خلاء) داشتند. نتایج آنالیز آماری در مورد فرآورده گوشتی ۴۰ درصد نشان داد که مقدار باقیمانده نیتریت در روزهای صفر، ۱۴ و ۲۸ در فرآورده اشعه‌دهی شده با دوز ۸ kGY تفاوت معنی‌داری با نمونه شاهد (صفر کیلوگری) داشت (P<۰/۰۵) و دوزهای ۲، ۴ و ۶ کیلوگری با نمونه شاهد تفاوت معنی‌دار نداشتند. در واقع اشعه‌دهی با دوز ۸ کیلوگری باعث کاهش مقدار باقیمانده نیتریت در روزهای صفر، ۱۴ و ۲۸ شد ولیکن در روزهای ۷ و ۲۱ تفاوت معنی‌داری بین دوزهای مختلف مشاهده نشد (P>۰/۰۵). همچنین طی زمان نگهداری در دمای ۴°C مقدار نیتریت در تمام دوزها به طور معنی‌داری

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-05-17]

کاهش یافت (P<۰/۰۵)، اما این کاهش در مورد دوز ۸ کیلوگری مشهودتر بود، بطوری که از ppm ۴۸/۲۸ (در روز صفر) به ppm ۲۱/۶۸ (در روز ۲۸) کاهش یافت.

در فرآورده گوشتی ۶۵ درصد همانند ۴۰ درصد، کاهش باقیمانده نیتریت با افزایش دوز اشعه‌دهی مشاهده شد، اما در روزهای صفر، ۷ و ۲۱ تنها دوز ۸ کیلوگری با نمونه کنترل تفاوت معنی‌دار داشت (P<۰/۰۵). در طول نگهداری در $4^{\circ}C$ نیز مقدار نیتریت به طور معنی‌داری کاهش یافت (P<۰/۰۵) و همانند فرآورده ۴۰ درصد، کاهش نیتریت در طول زمان در دوز ۸ کیلوگری مشهودتر بود.

همان‌طور که مشاهده می‌شود این دو فرآورده از لحاظ مقدار باقیمانده نیتریت در تمام روزهای و در تمام دوزهای اشعه‌دهی شده با یکدیگر تفاوت معنی‌دار دارند (P<۰/۰۵)، بطوری که مقدار باقیمانده نیتریت در فرآورده ۶۵ درصد به طور معنی‌داری کمتر از فرآورده ۴۰ درصد می‌باشد و کاهش نیتریت در طول زمان نگهداری در فرآورده ۶۵ درصد بیشتر است.

نتایج حاصل از اندازه‌گیری TBA : مقادیر عددی TBA در دو گروه فرآورده گوشتی اشعه‌دهی شده در جدول ۳ نشان داده شده است. یافته‌ها نشان می‌دهد که در فرآورده ۴۰ درصد اشعه‌دهی باعث افزایش عدد TBA شده به گونه‌ای که در روز صفر عدد TBA نمونه‌های اشعه‌دهی شده با دوز ۲، ۴، ۶ و ۸ کیلوگری با نمونه شاهد (صفر کیلوگری) تفاوت معنی‌دار (P<۰/۰۵) داشتند. در روزهای ۷، ۱۴ و ۲۱ مقادیر عدد TBA در نمونه اشعه‌دهی شده با دوز ۸ کیلوگری به طور معنی‌داری از نمونه شاهد بیشتر بود و در روز ۲۸ عدد TBA دوز ۶ و ۸ کیلوگری با نمونه شاهد تفاوت معنی‌دار داشتند.

همچنین در این مطالعه مقادیر عدد TBA در فرآورده ۴۰ درصد در طول زمان نگهداری در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد به طور معنی‌داری رو به افزایش داشت (P <۰/۰۵) بطوری که بیشترین افزایش در نمونه اشعه‌دهی شده با دوز ۸ کیلوگری و در روز ۲۸ مشاهده شد (۱ میلی‌گرم مالون آلدهید در کیلوگرم).

در مورد فرآورده ۶۵ درصد، یافته‌ها نشان می‌دهد که پرتو گاما باعث افزایش عدد TBA شده است، اما تنها دوز ۶ کیلوگری در روزهای صفر و ۷ با نمونه شاهد تفاوت معنی‌دار داشت (P <۰/۰۵). با این حال کاملاً واضح است که با افزایش دوز اشعه‌دهی، عدد TBA بیشتر شده است. همچنین در طول زمان نگهداری در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد، عدد TBA در فرآورده ۶۵ درصد به طور معنی‌داری افزایش یافت (P <۰/۰۵) که این افزایش در نمونه اشعه‌دهی شده با دوز ۸ کیلوگری در طول ۲۸ روز بیشتر بود.

همان‌طور که توضیح داده شد در هر دو گروه فرآورده، اشعه‌دهی و زمان نگهداری در افزایش عدد TBA که شاخصی برای اکسیداسیون چربی می‌باشد، نقش مهمی داشتند به گونه‌ای که می‌توان گفت با افزایش دوز اشعه‌دهی، میزان اکسیداسیون چربی در این دو گروه فرآورده افزایش می‌یابد. در مقایسه درون گروهی، چنین برمی‌آید که با افزایش مقدار گوشت فرآورده، عدد TBA کمتر می‌شود، بطوری که در تمام روزها و تمام دوزها، فرآورده ۴۰ درصد گوشت بیشترین مقدار عدد TBA را دارد و کمترین عدد TBA مربوط به فرآورده ۶۵ درصد گوشت است. این یافته‌ها نشان می‌دهد که مقدار گوشت در فرآورده تأثیر مهمی در اکسیداسیون چربی دو گروه فرآورده دارد.

جدول ۲. مقدار باقیمانده نیتریت (میلی‌گرم در کیلوگرم) در دو گروه از فرآورده گوشتی پرتودهی شده طی زمان نگهداری در ۴ درجه سانتی‌گراد

گروه	دوز (kGY)	زمان نگهداری (روز)				
		۰	۷	۱۴	۲۱	۲۸
۴۰ درصد	۰	۵۳/۷۳ ^{bz} ±۰/۸۶	۴۵/۰۳ ^{ay} ±۲/۲۲	۴۰/۰۳ ^{bx} ±۱/۶	۳۴/۶۶ ^{aw} ±۱/۴۵	۲۶/۸۷ ^{bv} ±۱/۰۸
	۲	۵۳/۲۵ ^{by} ±۱/۸۳	۴۴/۳۳ ^{ax} ±۳/۸	۴۰/۵۶ ^{bxw} ±۲/۴۶	۳۳/۹۷ ^{aw} ±۱/۵۳	۲۶/۵۸ ^{bv} ±۲/۵۹
	۴	۵۱/۷۴ ^{aby} ±۲/۰۴	۴۴/۳۵ ^{ax} ±۲/۶۷	۳۹/۸۱ ^{abx} ±۰/۹۶	۳۳/۲۰ ^{aw} ±۲/۲۸	۲۶/۱۴ ^{bv} ±۱/۵۵
	۶	۵۱/۱۱ ^{aby} ±۱/۶	۴۳/۶۶ ^{ax} ±۲/۴۹	۳۹/۳۵ ^{abx} ±۰/۸۷	۳۱/۹۶ ^{aw} ±۲/۳۳	۲۳/۸۷ ^{abv} ±۰/۲۴
	۸	۴۸/۲۸ ^{az} ±۱/۶	۴۱/۴۴ ^{ay} ±۲/۶۳	۳۵/۷۳ ^{ax} ±۱/۱۹	۲۹/۹۵ ^{aw} ±۱/۶۶	۲۱/۶۸ ^{av} ±۱/۴۴
۶۵ درصد	۰	۴۶/۶۱ ^{bz} ±۰/۶۷	۳۸/۱۳ ^{by} ±۱/۵۵	۳۰/۱۷ ^{ax} ±۱/۰۴	۲۵/۵۴ ^{bw} ±۱/۰۹	۲۰/۶۶ ^{av} ±۱/۱۳
	۲	۴۴/۷۳ ^{aby} ±۳/۹۶	۳۷/۹۲ ^{bx} ±۱/۸۶	۳۱/۴۱ ^{aw} ±۲/۲۹	۲۶/۶۹ ^{bwv} ±۰/۸۲	۲۱/۰۲ ^{av} ±۱/۸۶
	۴	۴۵/۷۷ ^{by} ±۱/۳۲	۳۶/۷۹ ^{abx} ±۱/۲۴	۲۹/۹۶ ^{aw} ±۱/۹۶	۲۶/۳۵ ^{bw} ±۱/۴۳	۲۰/۴۱ ^{av} ±۱/۴۲
	۶	۴۵/۰۳ ^{bz} ±۲/۲	۳۵/۳۳ ^{aby} ±۱/۲۴	۲۹/۴۹ ^{ax} ±۱/۲۶	۲۴/۹۶ ^{bw} ±۱/۰۹	۱۹/۹۳ ^{av} ±۲/۱۳
	۸	۴۱/۹۳ ^{ay} ±۱/۹۵	۳۲/۵۶ ^{ax} ±۲/۱۵	۲۶/۹۹ ^{aw} ±۱/۷۹	۲۱/۷۱ ^{av} ±۱/۱۸	۱۷/۷۳ ^{av} ±۱/۷۱

در هر ستون حروف a و b تفاوت معنی‌دار بین دوزهای مختلف در هر فرآورده و در هر ردیف حروف v، w، x، y و z تفاوت معنی‌دار بین زمان‌های نگهداری را نشان می‌دهد (α = ۰/۰۵).

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-05-17]

جدول ۳. مقدار TBA (میلی‌گرم مالون آلدهید در کیلوگرم) در دو گروه از فرآورده گوشتی اشعه‌دهی شده طی زمان نگهداری

گروه	دوز (kGY)	زمان نگهداری (روز)				
		۰	۷	۱۴	۲۱	۲۸
۴۰ درصد	۰	۰/۳۸ ^{av} ±۰/۰۲	۰/۴۹ ^{avw} ±۰/۰۵	۰/۵۹ ^{aw} ±۰/۰۶	۰/۷۶ ^{ax} ±۰/۰۱	۰/۷۴ ^{ax} ±۰/۰۷
	۲	۰/۴۶ ^{bv} ±۰/۰۱	۰/۵۲ ^{av} ±۰/۰۱	۰/۶۴ ^{aw} ±۰/۰۳	۰/۸۵ ^{abx} ±۰/۰۴	۰/۸۳ ^{ax} ±۰/۰۲
	۴	۰/۴۹ ^{bv} ±۰/۰۴	۰/۵۶ ^{avw} ±۰/۰۴	۰/۶۴ ^{aw} ±۰/۰۵	۰/۷۶ ^{axw} ±۰/۰۶	۰/۸۴ ^{ax} ±۰/۰۵
	۶	۰/۵۰ ^{bv} ±۰/۰۳	۰/۵۵ ^{avw} ±۰/۰۳	۰/۶۱ ^{aw} ±۰/۰۳	۰/۸۴ ^{abx} ±۰/۰۲	۰/۹۵ ^{by} ±۰/۰۲
	۸	۰/۶۵ ^{cv} ±۰/۰۱	۰/۶۹ ^{bv} ±۰/۰۳	۰/۸۳ ^{bw} ±۰/۰۳	۰/۹۲ ^{bx} ±۰/۰۲	۱/۰۰ ^{by} ±۰/۰۲
۶۵ درصد	۰	۰/۳۶ ^{av} ±۰/۰۱	۰/۴۲ ^{av} ±۰/۰۲	۰/۴۶ ^{avw} ±۰/۰۴	۰/۵۸ ^{awx} ±۰/۱۰	۰/۷۳ ^{ax} ±۰/۰۵
	۲	۰/۳۴ ^{av} ±۰/۰۱	۰/۴۴ ^{aw} ±۰/۰۳	۰/۵۱ ^{aw} ±۰/۰۲	۰/۶۱ ^{ax} ±۰/۰۴	۰/۶۲ ^{ax} ±۰/۰۲
	۴	۰/۳۴ ^{av} ±۰/۰۶	۰/۴۷ ^{avw} ±۰/۰۳	۰/۵۳ ^{avw} ±۰/۰۸	۰/۵۹ ^{aw} ±۰/۱۲	۰/۶۷ ^{aw} ±۰/۱۳
	۶	۰/۴۷ ^{bv} ±۰/۰۴	۰/۵۷ ^{bvw} ±۰/۰۰	۰/۵۶ ^{avw} ±۰/۰۵	۰/۶۱ ^{avw} ±۰/۰۴	۰/۷۲ ^{aw} ±۰/۱۳
	۸	۰/۴۳ ^{abv} ±۰/۰۶	۰/۴۵ ^{av} ±۰/۰۱	۰/۵۵ ^{aw} ±۰/۰۲	۰/۶۰ ^{aw} ±۰/۰۳	۰/۸۱ ^{ax} ±۰/۰۱

در هر ستون حروف a، b و c تفاوت معنی‌دار بین دوزهای مختلف در هر فرآورده و در هر ردیف حروف v، w، x، y و z تفاوت معنی‌دار بین زمان‌های نگهداری را نشان می‌دهد (α = ۰/۰۵)

نتایج حاصل از اندازه‌گیری TVN: نتایج حاصل از اندازه‌گیری TVN نشان می‌دهد که اشعه‌دهی و زمان نگهداری اثر معنی‌داری بر عدد TVN داشته‌اند (جدول۴). عدد TVN فرآورده ۴۰ درصد، در روز صفر، در نمونه اشعه‌دهی شده با دوز ۶ به طور معنی‌داری کمتر از نمونه شاهد بود (P <۰/۰۵). در روز ۷ دوزهای ۴ ، ۶ و ۸ کیلوگری ، روز ۱۴ دوز ۴ کیلوگری، روز ۲۱ دوز ۸ کیلوگری و روز ۲۸ دوزهای ۶ و ۸ کیلوگری از لحاظ عدد TVN تفاوت معنی‌دار با نمونه شاهد داشتند. در واقع عدد TVN در نمونه‌های اشعه دیده کمتر از نمونه شاهد بود، اما تنها نمونه‌های فوق از لحاظ آماری کاهش معنی‌دار نسبت به نمونه اشعه ندیده (شاهد) داشتند. همچنین در فرآورده ۴۰ درصد، عدد TVN در طول مدت نگهداری در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد به طور معنی‌داری افزایش یافت (P <۰/۰۵) به طوری که این افزایش در طول ۲۸ روز در نمونه شاهد و نمونه اشعه‌دهی شده با دوز ۲ کیلوگری مشهودتر می‌باشد.

در فرآورده ۶۵ درصد نیز اشعه‌دهی باعث کاهش معنی‌دار عدد TVN نسبت به نمونه شاهد شد به گونه‌ای که در روزهای صفر، ۱۴ و ۲۱ دوزهای ۲، ۴، ۶ و ۸ کیلوگری و در روز ۲۸ دوزهای ۴، ۶ و ۸ کیلوگری با نمونه شاهد تفاوت معنی‌دار داشتند (P <۰/۰۵). در روز ۷ نیز به طور ظاهری، اشعه‌دهی باعث کاهش عدد TVN شد، اما از لحاظ آماری معنی‌دار نبود. در طول ۲۸ روز نگهداری در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد، عدد TVN در فرآورده ۶۵ درصد در تمام دوزها به طور معنی‌داری افزایش یافت (P <۰/۰۵) بطوری که بیشترین مقدار عدد TVN در نمونه شاهد و در روز ۲۸ مشاهده شد (۱۹/۲۸ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم).

جدول ۴. مقدار TVN (میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم) در دو گروه فرآورده گوشتی اشعه‌دهی شده طی زمان نگهداری در ۴ درجه سانتی‌گراد

گروه	دوز (kGy)	زمان نگهداری (روز)				
		۰	۷	۱۴	۲۱	۲۸
۴۰ درصد	۰	۱۵/۸۲ ^{cv} ±۰/۲۶	۱۶/۱۲ ^{bvw} ±۰/۱۱	۱۵/۶۹ ^{bv} ±۰/۲۸	۱۶/۶۶ ^{bw} ±۰/۰۶	۱۷/۶۶ ^{bx} ±۰/۳۶
	۲	۱۶/۰۳ ^{bcv} ±۰/۲۶	۱۵/۴۰ ^{abw} ±۰/۲۷	۱۵/۴۸ ^{abw} ±۰/۲۲	۱۶/۴۴ ^{bv} ±۰/۰۷	۱۷/۶۹ ^{bx} ±۰/۲۴
	۴	۱۵/۳۵ ^{acv} ±۰/۰۲	۱۴/۷۸ ^{aw} ±۰/۴۳	۱۴/۸۸ ^{avw} ±۰/۱۲	۱۶/۵۰ ^{bx} ±۰/۰۴	۱۷/۴۴ ^{aby} ±۰/۱۴
	۶	۱۵/۲۴ ^{av} ±۰/۴۶	۱۴/۹۴ ^{av} ±۰/۰۶	۱۴/۹۴ ^{abv} ±۰/۲۳	۱۶/۴۳ ^{bw} ±۰/۱۲	۱۶/۹۱ ^{aw} ±۰/۰۲
	۸	۱۵/۳۰ ^{acv} ±۰/۰۳	۱۴/۹۴ ^{av} ±۰/۶۴	۱۵/۴۰ ^{abv} ±۰/۴۶	۱۵/۵۴ ^{av} ±۰/۱۴	۱۶/۹۷ ^{aw} ±۰/۰۱
۶۵ درصد	۰	۱۶/۷۳ ^{cv} ±۰/۰۶	۱۶/۴۲ ^{abv} ±۰/۰۸	۱۸/۷۵ ^{bw} ±۰/۱۳	۲۰/۱۵ ^{cx} ±۰/۰۲	۱۹/۲۸ ^{cy} ±۰/۲۱
	۲	۱۴/۷۷ ^{av} ±۰/۲۰	۱۶/۹۷ ^{bw} ±۰/۰۱	۱۶/۱۵ ^{axw} ±۰/۷۲	۱۷/۶۰ ^{byw} ±۰/۰۸	۱۸/۸۳ ^{cbz} ±۰/۰۳
	۴	۱۵/۴۹ ^{bw} ±۰/۱۸	۱۵/۰۴ ^{av} ±۰/۱۲	۱۵/۸۰ ^{aw} ±۰/۱۲	۱۵/۸۴ ^{aw} ±۰/۱۰	۱۸/۴۳ ^{bx} ±۰/۱۱
	۶	۱۴/۶۸ ^{av} ±۰/۰۴	۱۵/۶۸ ^{abv} ±۱/۱۴	۱۵/۸۳ ^{av} ±۰/۵۸	۱۵/۸۱ ^{av} ±۰/۰۴	۱۸/۲۵ ^{bw} ±۰/۰۴
	۸	۱۵/۱۶ ^{bv} ±۰/۰۲	۱۵/۵۵ ^{abv} ±۰/۳۳	۱۵/۶۸ ^{av} ±۱/۰۴	۱۵/۷۱ ^{av} ±۰/۰۵	۱۷/۵۹ ^{aw} ±۰/۳۳

در هر ستون حروف a، b و c تفاوت معنی‌دار بین دوزهای مختلف در هر فرآورده و در هر ردیف حروف v، w، x، y و z تفاوت معنی‌دار بین زمان‌های نگهداری را نشان می‌دهد (α = ۰/۰۵)

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-05-17]

نتایج حاصل از اندازه‌گیری رنگ بر اساس سیستم Hunter Lab: نتایج حاصل از اندازه‌گیری رنگ بر اساس سیستم Hunter Lab در دو گروه از فرآورده‌های گوشتی پرتودهی شده در جدول ۵ نشان داده شده است. یافته‌ها نشان داد که در هر دو گروه فرآورده اشعه دیده با دوزهای مختلف، اندیس L یا روشنی و اندیس b یا زردی در روزهای صفر و ۲۸، تفاوت معنی‌داری با نمونه شاهد (صفر کیلوگری) نداشتند. در واقع اشعه‌دهی با دوزهای ۲، ۴، ۶ و ۸ کیلوگری تأثیر معنی‌داری بر L-value و b-value در هر دو گروه نداشته است. اما در مورد اندیس a یا قرمزی در هر دو گروه فرآورده نتایج نشان داد که اشعه‌دهی با دوزهای ۶ و ۸ کیلوگری باعث کاهش معنی‌دار اندیس a نسبت به نمونه شاهد شده است ($P<۰/۰۵$).

در طول نگهداری به مدت ۲۸ روز در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد، در هر دو گروه فرآورده، تغییر قابل ملاحظه‌ای در اندیس‌های a، b و L مشاهده نشد.

• بحث

مقدار باقیمانده نیتریت در دو گروه از فرآورده‌های گوشتی اشعه‌دهی شده با دوزهای مختلف و در طول نگهداری در ۴°C : مقدار باقیمانده نیتریت در هر دو گروه فرآورده با افزایش میزان دوز اشعه‌دهی رو به کاهش داشت، اما تنها اشعه‌دهی با دوز ۸ کیلوگری باعث کاهش معنی‌دار باقیمانده نیتریت در هر دو فرآورده ۴۰ و ۶۵ درصد گوشت شد. کاهش نیتریت در فرآورده گوشتی می‌تواند از جهتی مطلوب و از جهت دیگر نامطلوب باشد. از آن جهت مطلوب که کاهش باقیمانده نیتریت باعث کاهش تولید نیتروزآمین‌های سرطانزا در طول نگهداری و هنگام اعمال فرایند حرارتی می‌شود (۲۴، ۲۳). هدف از افزودن نیتریت سدیم به فرآورده گوشتی حفظ رنگ، خواص ضدمیکروبی و آنتی‌اکسیدانی آن می‌باشد و کاهش بیش از اندازه آن می‌تواند باعث تغییر نامطلوب در برخی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و حسی این فرآورده‌ها شود. مهمترین جنبه نامطلوب کاهش بیش از اندازه باقیمانده نیتریت، کاهش خواص ضدمیکروبی آن می‌باشد. یکی از نقش‌های اساسی نیتریت سدیم در فرآورده‌های گوشتی ممانعت از رشد اسپور باکتری کلستریدیوم بوتولینیوم و تولید سم بوتولینال می‌باشد. Szczawinski و همکاران در سال ۱۹۸۹ در تحقیقی مشخص کردند که اشعه‌دهی با دوزهای ۳، ۶ و ۹ کیلوگری به گوشت چرخ شده خوک عمل‌آوری شده با ۱۰۰، ۱۵۶ و ۲۰۰ ppm نیتریت سدیم، باعث کاهش باقیمانده نیتریت می‌شود، اما این کاهش، اثر ضد بوتولینالی نیتریت (در طول نگهداری به مدت ۴ هفته) را کم نمی‌کند و همچنان می‌تواند از رشد این باکتری و تولید سم آن جلوگیری کند. اما همین دوزهای فوق در نمونه عمل‌آوری شده با ۵۰ ppm نیتریت سدیم، باعث کاهش اثر ضدبوتولینال نیتریت شد (۲۵). در تحقیق حاضر مقدار ۱۰۰ ppm نیتریت سدیم به فرمولاسیون دو گروه فرآورده اضافه و دوزهای اعمال شده ۲، ۴، ۶ و ۸ کیلوگری بودند. بنابراین طبق تحقیق فوق، بطور کلی می‌توان تصور کرد که اشعه‌دهی با دوزهای ۲، ۴، ۶ و ۸ کیلوگری، باعث کاهش اثر ضدبوتولینالی نیتریت نمی‌شود. اشعه می‌تواند با اثر مستقیم روی N- نیتروزآمین و شکستن آن‌ها به ترکیبات دیگر و یا بطور غیرمستقیم با کاهش باقیمانده نیتریت، خطر تماس N- نیتروزآمین‌های فرّار و سرطانزا در سوسیس‌های پخته و دیگر محصولات غذایی را کاهش دهد (۲۶، ۱۰، ۵، ۴). باعث می‌شود که نیتریت به اسید نیتروس (Nitrous acid) تجزیه شود و یا اینکه آن را به نیترات اکسید تبدیل کند (۱۱).

جدول ۵. میزان رنگ دو گروه فرآورده گوشتی اشعه‌دهی شده بر اساس سیستم Hunter Lab

گروه	دوز (kGy)	روز ۰			روز ۴		
		L-value	a-value	b-value	L-value	a-value	b-value
۴۰ درصد	۰	۵۷/۸۲ ^{ax} ±۰/۰۳	۹/۳۴ ^{bx} ±۰/۱۹	۱۳/۱۱ ^{ax} ±۰/۱۲	۵۸/۱۶ ^{ax} ±۰/۶۰	۹/۲۷ ^{cx} ±۰/۰۱	۱۳/۱۹ ^{ax} ±۰/۲۳
	۲	۵۸/۵۵ ^{ax} ±۰/۴۸	۹/۰۷ ^{abx} ±۰/۱۶	۱۳/۵۱ ^{ax} ±۰/۴۰	۵۸/۱۷ ^{ax} ±۰/۴۶	۹/۲۰ ^{cx} ±۰/۱۵	۱۲/۹۳ ^{ax} ±۰/۱۰
	۴	۵۸/۱۶ ^{ax} ±۰/۶۸	۹/۴۷ ^{bx} ±۰/۴۳	۱۳/۵۰ ^{ax} ±۰/۳۰	۵۸/۷۶ ^{ax} ±۰/۲۶	۹/۱۹ ^{cx} ±۰/۰۷	۱۳/۱۶ ^{ax} ±۰/۲۱
	۶	۵۸/۹۰ ^{ax} ±۰/۰۷	۸/۷۹ ^{ax} ±۰/۰۵	۱۳/۳۶ ^{ay} ±۰/۰۴	۵۸/۳۵ ^{ax} ±۰/۴۲	۸/۸۷ ^{bx} ±۰/۱۰	۱۲/۸۳ ^{ay} ±۰/۲۷
	۸	۵۸/۱۸ ^{ax} ±۰/۶۴	۸/۶۱ ^{ax} ±۰/۰۹	۱۳/۵۲ ^{ax} ±۰/۰۶	۵۸/۲۲ ^{ax} ±۰/۱۷	۸/۵۹ ^{ax} ±۰/۱۰	۱۳/۲۷ ^{ax} ±۰/۲۰
۶۵ درصد	۰	۵۹/۹۷ ^{ax} ±۰/۱۶	۱۰/۱۶ ^{dx} ±۰/۰۳	۱۲/۰۳ ^{ax} ±۰/۰۶	۵۹/۸۶ ^{ax} ±۰/۰۷	۱۰/۳۶ ^{cx} ±۰/۱۳	۱۲/۰۲ ^{ax} ±۰/۰۸
	۲	۵۹/۷۶ ^{ax} ±۰/۲۱	۹/۸۱ ^{cx} ±۰/۰۶	۱۲/۰۶ ^{ax} ±۰/۰۲	۵۹/۹۷ ^{ax} ±۰/۱۰	۹/۸۹ ^{bx} ±۰/۰۵	۱۲/۰۰ ^{ax} ±۰/۰۶
	۴	۵۹/۷۸ ^{ax} ±۰/۱۵	۱۰/۰۷ ^{dx} ±۰/۱۰	۱۲/۰۷ ^{ax} ±۰/۰۱	۵۹/۵۴ ^{ax} ±۰/۳۸	۱۰/۱۸ ^{cbx} ±۰/۲۲	۱۲/۱۲ ^{ax} ±۰/۰۹
	۶	۵۹/۹۳ ^{ax} ±۰/۰۶	۹/۵۵ ^{bx} ±۰/۰۳	۱۲/۱۱ ^{ax} ±۰/۱۰	۵۹/۸۲ ^{ax} ±۰/۲۲	۹/۷۲ ^{abx} ±۰/۰۸	۱۲/۱۰ ^{ax} ±۰/۰۶
	۸	۵۹/۶۵ ^{ax} ±۰/۱۵	۹/۰۹ ^{ax} ±۰/۱۰	۱۲/۰۴ ^{ax} ±۰/۰۳	۵۹/۷۸ ^{ax} ±۰/۱۱	۹/۴۶ ^{ax} ±۰/۱۱	۱۲/۰۸ ^{ax} ±۰/۰۹

اندیسa: قرمزی ، اندیس L: روشنی ، اندیس b:زردی

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-05-17]

تئوری تقلیل باقیمانده نیتریت در طول نگهداری در نمونه‌های اشعه دیده توسط Fiddler و همکاران (۱۹۸۱) و Shahidi و همکاران (۱۹۹۱) مطرح شده است که اشعه‌دهی باعث افزایش پتانسیل احیا در عامل‌های احیا کننده مثل اسید آسکوربیک می‌شود و از این طریق باعث تسهیل تبدیل نیتریت به اکسید نیتریک (در طول زمان) می‌شود و بنابراین تقلیل باقیمانده نیتریت در طول نگهداری در نمونه اشعه دیده بیشتر است (۲۴، ۲۳). در مقابل این تئوری، Houser و همکاران (۲۰۰۳) و Jo و همکاران (۲۰۰۳) گزارش کردند که تقلیل نیتریت در طول زمان نگهداری در فرآورده گوشتی اشعه دیده کمتر از نمونه اشعه ندیده است و اعلام کردند که علت آن می‌تواند بخاطر تشکیل رادیکال‌های آزاد توسط اشعه‌دهی باشد که با احیاگرها واکنش و تبدیل نیتریت به اکسید نیتریک را کاهش می‌دهند، در نتیجه باقیمانده نیتریت در طول زمان کمتر کاهش می‌یابد (۱۲،۲۶). تحقیق ما در این مورد به تئوری Fiddler و همکاران (۱۹۸۱) و Shahidi و همکاران (۱۹۹۱) نزدیک تر است. در واقع در نمونه‌های اشعه دیده با دوزهای ۶ و ۸ کیلوگری در هر دو گروه فرآورده، تقلیل باقیمانده نیتریت در طول نگهداری بیشتر از نمونه اشعه ندیده (شاهد) بود.

خاکسار و همکاران (۱۳۸۶) گزارش گردند که میزان باقیمانده نیتریت سدیم در طول فرآیند و در طول زمان نگهداری، در فرآورده‌های گوشتی با درصد گوشت مختلف، متفاوت است. بطوری که میزان باقیمانده نیتریت در فرآورده با درصد گوشت کم، بیشتر است (۱۳). به عبارت دیگر، هر قدر، میزان گوشت فرآورده‌ها بیشتر باشد، به دلیل وجود میوگلوبین بیشتر در محیط، نیتریت سدیم بیشتری با آن ترکیب و از محیط حذف می‌شود. در مطالعه ما نیز این موضوع مشاهده شد، به گونه‌ای که مقدار باقیمانده نیتریت در فرآورده ۴۰ درصد گوشت (در تمام دوزها و در طول نگهداری به مدت ۲۸ روز) بیشتر از فرآورده ۶۵ درصد گوشت بود.

اکسیداسیون چربی در دو گروه از فرآورده‌های گوشتی اشعه‌دهی شده با دوزهای مختلف و در طول نگهداری در ۴ °C: اکسیداسیون چربی یک پدیده مهم در کیفیت مواد غذایی می‌باشد که می‌تواند باعث تغییر مزه، بافت، بو و رنگ شود و می‌تواند زمان ماندگاری و کیفیت تغذیه‌ای مواد غذایی را کاهش دهد. در گوشت و فرآورده‌های گوشتی نیز این پدیده باعث تغییرات نامطلوب از جمله تولید مواد فرّار، از بین رفتن طعم و تغییر رنگ و در نهایت کاهش پذیرش مصرف کننده می‌شود (۶،۱۴،۲۰). تاکنون چندین روش برای اندازه‌گیری اکسیداسیون چربی در گوشت و فرآورده‌های گوشتی مورد بررسی قرار گرفته است که از این میان، آزمون TBA یا تیوباربیتوریک اسید به علت دقت، سادگی و سرعت اندازه‌گیری بهترین روش معرفی شده است. آزمون TBA، مقدار مالون آلدهید که یکی از محصولات ثانویه واکنش اکسیداسیون چربی است را تعیین می‌کند (۱۵). طبق گزارش Tarladgis و همکاران (۱۹۶۰) حد آستانه عدد TBA برای آشکار شدن طعم و بوی ناشی از اکسیداسیون چربی، ۱ میلی‌گرم مالون آلدهید در کیلوگرم گوشت می‌باشد (۱۶). در مطالعه حاضر می‌توان گفت که به طور کلی، اشعه‌دهی با دوزهای ۶ و ۸ کیلوگری در هر دو گروه فرآورده، باعث افزایش معنی‌دار عدد TBA می‌شود. اما در تمام روزها عدد TBA از حد آستانه تجاوز نکرد. همچنین در طول نگهداری در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۸ روز، مشاهده شد که عدد TBA بطور معنی‌داری افزایش می‌یابد، به گونه‌ای که این افزایش در نمونه‌های اشعه دیده خصوصاً دوز ۶ و ۸ بیشتر از نمونه‌های اشعه ندیده است. دلیل افزایش اکسیداسیون چربی با اشعه‌دهی این طور بیان شده است که اشعه‌دهی باعث ایجاد رادیکال‌های هیدروکسیل در سیستم‌های امولسیونی آبی - روغنی مثل گوشت و فرآورده‌های گوشتی می‌شود که این رادیکال‌ها می‌توانند واکنش‌های زنجیره‌ای اکسیداسیون چربی را تسریع کنند (۲۰). دلیل دیگر تأثیر اشعه‌دهی بر افزایش اکسیداسیون چربی را Ahn و همکاران (۱۹۹۸) بیان کردند که اشعه‌دهی در ابتدا باعث شکسته شدن رنگدانه هِم در گوشت می‌شود و به موجب آن، آهن از این رنگدانه و یا از رادیکال‌های فریل (Ferryl Radicals) آزاد و واکنش اکسیداسیون چربی را کاتالیز می‌کند (۱۴).

Jo و همکاران (۱۹۹۹) در مطالعه‌ای روی سوسیس پخته گوشت خوک گزارش کردند که اشعه‌دهی با دوز ۴/۵ کیلوگری باعث افزایش معنی‌دار عدد TBA در هر دو بسته‌بندی تحت خلا و هوازی می‌شود. اما عدد TBA در نمونه‌های اشعه دیده با بسته‌بندی تحت خلاء بسیار کمتر از نمونه بسته‌بندی شده هوازی است. همچنین گزارش کردند که مقدار چربی در فراورده‌های گوشتی تأثیر قابل ملاحظه‌ای روی عدد TBA دارد. با این حال این محققان، حضور اکسیژن را به عنوان یک عامل افزایش دهنده اکسیداسیون چربی در فرآورده‌های گوشتی بسیار مهمتر از اشعه‌دهی و مقدار چربی دانستند (۲۰). Jo و همکاران (۲۰۰۲) بیان کردند که اشعه‌دهی با دوز ۴/۵ کیلوگری باعث افزایش معنی‌دار عدد TBA در سوسیس‌های ساخته شده با روغن سویا (بسته بندی تحت

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-05-17]

خلا) می‌شود. در این مطالعه برخلاف نتایج حاصل از مطالعه حاضر عدد TBA در طول نگهداری (روز صفر، ۳ و ۷) تغییر معنی‌داری نکرد (۱۷).

Dempster و همکاران (۱۹۸۵) و Kuo و همکاران (۲۰۰۴) گزارش کردند که اشعه‌دهی با اشعه گاما با دوزهای پایین (۱ تا ۱۰ کیلوگری) باعث افزایش عدد TBA در فراورده‌های گوشتی می‌شود (۱۱،۱۸). مطالعه حاضر دوزهای ۶ و ۸ کیلوگری باعث افزایش معنی دار عدد TBA در دو گروه فراورده شد. در مقابل گزارشات دیگر مثل Ahn و همکاران (۱۹۹۹)، Jo و Ahn (۲۰۰۰) و Jo و همکاران (۲۰۰۳) اعلام کردند که اشعه‌دهی با دوزهای پایین (۱ تا ۱۰ کیلوگری) تأثیری بر اکسیداسیون چربی در فرآورده‌های گوشتی ندارد (۶،۱۸،۲۶). Shahidi و همکاران گزارش کردند که عدد TBA در گوشت چرخی خوک اشعه دیده با دوز ۴/۵ کیلوگری (عمل آمده با ۱۵۶ ppm و ۵۵۰ ppm آسکوربات سدیم) کمتر از نمونه اشعه ندیده است. آنها احتمال دادند که اشعه تبدیل نیتریت به اکسید نیتریک را آسان‌تر و از این طریق اثر آنتی‌اکسیدانی نیتریت را بهبود می‌دهد (۲۳).

در مقایسه درون گروهی مشخص شد که فرآورده ۴۰ درصد، عدد TBA بیشتری نسبت به فرآورده ۶۵ درصد دارد. این موضوع به این دلیل است که در فرآورده ۶۵ درصد، مقدار چربی استفاده شده در فرمولاسیون کمتر از فراورده ۴۰ درصد بود. Ahn و همکاران (۱۹۹۹) و Jo و همکاران (۱۹۹۹) بیان کردند که فاکتورهایی همچون مقدار چربی، غلظت آهن به عنوان اکسیدان، نوع آنتی‌اکسیدان مصرفی و حضور اکسیژن می‌توانند عامل تعیین کننده در واکنش‌های اکسیداسیون چربی در فرآورده‌های گوشتی باشند (۶،۲۰).

عدد TVN در دو گروه فرآورده گوشتی اشعه دیده در طول نگهداری در دمای ۴°C: مواد ازته فرّار در اثر تجزیه مولکول‌های پروتئینی توسط برخی میکروارگانیزم‌ها یا آنزیم‌های موجود در غذا به وجود می‌آیند و هرگاه مقدار آن در گوشت از ۲۰ میلی‌گرم و در ماهی از ۳۰ میلی‌گرم درصد تجاوز کند، گوشت صلاحیت مصرف را نخواهد داشت (۲۷). در تحقیق حاضر اشعه‌دهی خصوصاً دوزهای ۴، ۶ و ۸ کیلوگری در هر دو فرآورده باعث کاهش عدد TVN نسبت به نمونه اشعه ندیده شده بود. همچنین در طول نگهداری به مدت ۲۸ روز، عدد TVN در نمونه‌های اشعه دیده نسبت به نمونه‌های اشعه دیده افزایش بیشتری یافت. این نشان می‌دهد که اشعه‌دهی باعث از بین رفتن یا غیرفعال کردن بعضی میکروارگانیزم‌ها شده است.

Al-Bachir و Mehio (۲۰۰۱) گزارش کردند که اشعه‌دهی با دوزهای ۲، ۳ و ۴ کیلوگری باعث کاهش نیتروژن فرّار در نوعی سوسیس امولسیونی پخته می‌شود که با تحقیق انجام شده مطابقت دارد. البته در این تحقیق دوز ۲ کیلوگری تنها در فرآورده ۶۵ درصد باعث کاهش معنی‌دار نیتروژن فرّار شده بود. در تحقیق فوق گزارش شد که در طول نگهداری به مدت ۱۴ روز، مقدار نیتروژن فرّار رو به کاهش می‌گذارد که با تحقیق حاضر مغایرت دارد. همچنین این محققان پیشنهاد کردند که با اینکه اطلاعات در مورد ترکیبات فرّار در فرآورده‌های گوشتی اشعه دیده محدود است، اما ترکیبات نیتروژنی فرّار می‌توانند به عنوان یک شاخص برای بهبود ماندگاری این فرآورده‌ها توسط اشعه‌دهی باشند (۲۲).

تأثیر اشعه و زمان نگهداری بر رنگ دو گروه فرآورده گوشتی بر اساس سیستم Hunter Lab : رنگ گوشت و فرآورده‌های گوشتی یکی از ویژگی‌های کیفی بسیار با اهمیت می‌باشد که بر پذیرش مصرف‌کننده تأثیر دارد. در فرآورده‌های امولسیونی گوشت مثل سوسیس، عواملی همچون میزان گوشت مصرفی، نوع و مقدار چربی و سایر پرکننده‌ها و همچنین نحوه فرآوری در رنگ فرآورده نقش مهمی دارند. یکی از روش‌های مرسوم برای اندازه‌گیری رنگ در گوشت و فرآورده‌های گوشتی، تفکیک رنگ قرمز (a-value)، روشنی (L-value) و زرد (b-value) بر اساس سیستم Hunter Lab می‌باشد.

در مطالعه حاضر دوزهای ۶ و ۸ کیلوگری در هر دو فرآورده و در هر ۲ دوره (روزهای صفر و ۲۸) باعث کاهش معنی‌دار ایندکس قرمزی (a-value) شدند و هیچکدام از دوزها تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر روی ایندکس زردی (b-value) و روشنی (L-value) نداشتند. در طول مدت نگهداری به مدت ۲۸ روز در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد، تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر روی فاکتورهای رنگی در هر دو گروه فرآورده مشاهده نشد.

Jo و همکاران در سال ۲۰۰۳ گزارش کردند که اشعه‌دهی با دوز ۵ کیلوگری به سوسیس امولسیونی گوشت خوک (با ۱۵۶ ppm نیتریت و بسته بندی تحت خلا) باعث کاهش اندک ولی معنی‌دار قرمزی (a-value) می‌شود. اما در طول نگهداری به مدت ۳ هفته تغییر معنی‌داری مشاهده نکردند (۲۶). تحقیق حاضر با مطالعه فوق تقریبا مطابقت دارد. مطالعات نشان داده است که تغییر رنگ در فرآورده‌های گوشتی توسط اشعه، تحت تأثیر میزان دوز اشعه، نوع فرآورده، محتویات گوشت و چربی آن و روش بسته‌بندی می‌باشد (۲۰، ۱۴، ۱۳، ۷، ۶). Whitburn و همکاران بیان کردند که در

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-05-17]

غیاب اکسیژن، اشعه باعث تولید فری میوگلوبین (Ferrimyoglobin) از میوگلوبین و یا فری پراکسید می‌شود (۲۸). همچنین در سیستم‌های ماهیچه‌ای، اشعه باعث اکسیداسیون اسیدهای چرب می‌شود که به موجب آن واکنش تولید مِت میوگلوبین کاتالیز می‌شود که در نتیجه فاکتور قرمزی یا a-value کاهش می‌یابد (۲۹). علت دیگر کاهش فاکتور قرمزی در فرآورده‌های گوشتی اشعه دیده می‌تواند اثر مستقیم اشعه بر پیگمان‌های رنگی و اکسیداسیون آن‌ها باشد (۳۰، ۱۴، ۱۱).

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که اشعه‌دهی با اشعه گاما می‌تواند به عنوان روشی برای کاهش مقدار باقیمانده نیتریت در فرآوردهای گوشتی در طول مدت نگهداری به کار گرفته شود. اشعه‌دهی همچنین باعث کاهش معنی‌دار مقدار ازت فرّار در هر دو گروه فرآورده می‌شود. این نشان می‌دهد که اشعه‌دهی باعث از بین رفتن یا غیرفعال کردن بعضی میکروارگانیزم‌ها و آنزیم‌ها می‌گردد. بنابراین اشعه‌دهی می‌تواند با کاهش میزان ترکیبات سمی و افزایش ماندگاری باعث بهبود کیفیت مواد غذایی شود. با این حال، با توجه به تغییرات رنگ محصولات و اکسیداسیون چربی در اثر اشعه‌دهی با دوزهای بالا بایستی تحقیقات وسیع‌تری در این زمینه انجام پذیرد و از روش‌های محافظتی برای جلوگیری از تغییرات نامطلوب استفاده شود. با توجه به نتایج بدست آمده از ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی فرآورده‌های اشعه دیده می‌توان دوز ۲ و ۴ کیلوگری را به عنوان دوزهای مناسب برای اشعه‌دهی به این نوع فرآورده‌ها انتخاب کرد.

سپاسگزاری

بدین وسیله از انستیتو تحقیقات تغذیه‌ای و صنایع غذایی کشور جهت حمایت مالی این طرح و همچنین از مدیریت کارخانه سولیکو به جهت همکاری در تولید فرآورده‌های گوشتی تشکر و قدردانی می‌شود.

References

1. Lefebvre N, Thibault C, Charbonneau R. Improvement of shelf-life and wholesomeness of ground beef by irradiation 1. Microbial aspects. Meat science. 1992;32(2):203–13.
2. Badr HM. Use of irradiation to control foodborne pathogens and extend the refrigerated market life of rabbit meat. Meat Science. 2004;67(4):541–8.
3. FU A-H, Sebranek JG, Murano EA. Survival of Listeria monocytogenes and Salmonella typhimurium and quality attributes of cooked pork chops and cured ham after irradiation. Journal of food science. 1995;60(5):1001–5.
4. Ahn H-J, Jo C, Kim J-H, Chung Y-J, Lee C-H, Byun M-W. Monitoring of nitrite and N-nitrosamine levels in irradiated pork sausage. Journal of food protection. 2002;65(9):1493–7.
5. Ahn HJ, Kim JH, Jo C, Lee CH, Byun MW. Reduction of carcinogenic n-nitrosamines and residual nitrite in model system sausage by irradiation. Journal of Food Science. 2002;67(4):1370–3.
6. Ahn DU, Olson DG, Jo C, Love J, Jin SK. Volatiles production and lipid oxidation in irradiated cooked sausage as related to packaging and storage. Journal of Food Science. 1999;64(2):226–9.
7. Brito MS, Villavicencio ALCH, Mancini-filho J. Effects of irradiation on trans fatty acids formation in ground beef. Radiation Physics and Chemistry. 2002;63(3–6):337–40.
8. Y\ilmaz I, Geçgel U. Effects of gamma irradiation on trans fatty acid composition in ground beef. Food Control. 2007;18(6):635–8.
9. 973.31 A. Official methods of analysis, 16th ed. In: Association of Official Analytical Chemists International. Virginia, USA; 1995.
10. Ahn H-J, Kim J-H, Jo C, Lee J-W, Yook H-S, Byun M-W. Effects of gamma irradiation on residual nitrite, residual ascorbate, color, and N-nitrosamines of cooked sausage during storage. Food Control. 2004;15(3):197–203.
11. Kuo JCC, Chen H-L. Combination effect of sodium lactate and irradiation on color, lactic acid bacteria, lipid oxidation and residual nitrite in Chinese sausages during storage at 25 C. Journal of the Science of Food and Agriculture. 2004;84(8):903–8.
12. Houser TA, Sebranek JG, Maisonet WN, Cordray JC, Wiegand BR, Ahn D, et al. The effects of irradiation at 1.6 kGy on quality characteristics of commercially produced ham and pork frankfurters over extended storage. Journal of food science. 2005;70(4).
13. Khaksar R, Hoseini H, Ferdosi R, Tabatabai HA, Ahmadi H, Abbasi M. Investigation of the pattern of residual sodium nitrite changes in four heated meat samples (red) during storage at 4°C. Iranian journal of nutrition and sciences and food technology. 1386.
14. Ahn DU, Olson DG, Lee JI, Jo C, Wu C, Chen X. Packaging and irradiation effects on lipid oxidation and volatiles in pork patties. Journal of Food Science. 1998;63(1):15–9.
15. Jo C, Ahn DU. Fluorometric analysis of 2-thiobarbituric acid reactive substances in turkey. Poultry Science. 1998;77(3):475–80.
16. Tarladgis BG, Watts BM, Younathan MT, Dugan L. A distillation method for the quantitative determination of malonaldehyde in rancid foods. Journal of the American Oil Chemists Society. 1960;37(1):44–8.

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-05-17]

17. Jo C, Ahn DU, Byun MW. Irradiation-induced oxidative changes and production of volatile compounds in sausages prepared with vitamin E-enriched commercial soybean oil. Food chemistry. 2002;76(3):299–305.

18. Dempster JF, Hawrysh ZJ, SHAND P, LAHOLA-CHOMIAK L, CORLETTO L. Effect of low-dose irradiation (radurization) on the shelf life of beefburgers stored at 3oC. International Journal of Food Science & Technology. 1985;20(2):145–54.

19. Jo C, Ahn DU. Volatiles and oxidative changes in irradiated pork sausage with different fatty acid composition and tocopherol content. Journal of Food Science. 2000;65(2):270–5.

20. Jo C, Lee JI, Ahn DU. Lipid oxidation, color changes and volatiles production in irradiated pork sausage with different fat content and packaging during storage. Meat Science. 1999;51(4):355–61.

21. Nam KC, Ko KY, Min BR, Ismail H, Lee EJ, Cordray J, et al. Effects of oleoresin--tocopherol combinations on lipid oxidation, off-odor, and color of irradiated raw and cooked pork patties. Meat science. 2007;75(1):61–70.

22. Al-Bachir M, Mehio A. Irradiated luncheon meat: microbiological, chemical and sensory characteristics during storage. Food Chemistry. 2001;75(2):169–75.

23. SHAHIDI F, Pegg RB, Shamsuzzaman K. Color and Oxidative Stability of Nitrite-Free Cured Meat after Gamma Irradiation. Journal of Food Science. 1991;56(5):1450–2.

24. Fiddler W, Gates RA, Pensabene JW, Phillips JG, Wierbicki E. Investigations on nitrosamines in irradiation-sterilized bacon. Journal of agricultural and food chemistry. 1981;29(3):551–4.

25. Szczawinski J, Szczawinska M, Szulc M. Effect of irradiation on antibotulinal efficacy of nitrite. Journal of Food Science. 1989;54(5):1313–7.

26. Jo C, Ahn HJ, Son JH, Lee JW, Byun MW. Packaging and irradiation effect on lipid oxidation, color, residual nitrite content, and nitrosamine formation in cooked pork sausage. Food Control. 2003;14(1):7–12.

27. Singhal RS, Kulkarni PK, Reg D V. Handbook of indices of food quality and authenticity. Elsevier; 1997.

28. Whitburn KD, Shieh JJ, Sellers RM, Hoffman MZ, Taub IA. Redox transformations in ferrimyoglobin induced by radiation-generated free radicals in aqueous solution. J Biol Chem. 1982;257(4):1860–9.

29. Jo C, Jin SK, Ahn DU. Color changes in irradiated cooked pork sausage with different fat sources and packaging during storage. Meat Science. 2000;55(1):107–13.

30. Akamittath JG, Brekke CJ, Schanus EG. Lipid oxidation and color stability in restructured meat systems during frozen storage. Journal of Food Science. 1990;55(6):1513–7.

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-05-17]

Effects of Gamma Irradiation on Residual Nitrite, Lipid Oxidation, Total Volatile Nitrogen and Color in Meat Products with Various Meat Contents

*Abedi A[1], Shah-Hosseini G R[2], Ferdowsi R[3], Fazelifard R S[4], Zabihzadeh Khajavi M[5], Eskandari S[*6]*

1- *PhD in Food Science and Technology, National Nutrition and Food Technology Research Institute, Faculty of Nutrition Sciences and Food Technology, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran*

2- *DVM (Nuclear Experience), Nuclear Agriculture Research School, Nuclear Science and Technology Research Institute, Karaj, Iran*

3- *Assistant Prof, National Nutrition and Food Technology Research Institute, Faculty of Nutrition Sciences and Food Technology, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran*

4- *Laboratory expert, National Nutrition and Food Technology Research Institute, Faculty of Nutrition Sciences and Food Technology, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran*

5- *MS Student in Food Science and Technology, National Nutrition and Food Technology Research Institute, Faculty of Nutrition Sciences and Food Technology, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran*

6- **Corresponding author: Associate Prof, Food and Nutrition Policy and Planning Research Group, National Nutrition and Food Technology Research Institute, Faculty of Nutrition Sciences and Food Technology, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran, And Food and Drug Laboratory Research Center (FDLRC), Food and Drug Administration (FDA), Ministry of Health and Medical Education (MOH+ME), Tehran, Iran. Email: so.eskandari@sbmu.ac.ir*

Received 12 Aug, 2018 **Accepted 30 Nov, 2018**

Background and Objectives: Gamma irradiation has been shown as an effective technology to decrease or eliminate microbial contamination in raw and cooked meat products. However, irradiation-induced physicochemical changes are important to accept the technology by meat industries and consumers. The objective of this study was to assess effects of gamma irradiation (0, 2, 4, 6 and 8 kGy) on nitrite residue, lipid oxidation, total volatile nitrogen and color in two heated meat products (sausages) during refrigerated storage at 4 ºC for 28 days.

Materials & Methods: Two groups of emulsion meat products with various proportions of meat (40 and 65%) were irradiated at 2, 4, 6 and 8 kGy doses. Residual nitrite and TVN tests were carried out on Weeks 0, 7, 14, 21 and 28. The color test was carried out using the Hunter Lab system on Weeks 0 and 4 of storage.

Results: Radiation at 8 kGy doses resulted in a significant decrease in nitrite in both groups ($P < 0.05$). The TVN value in radiated samples was significantly lower than that in non-irradiated samples (controls). Furthermore, high-dose radiation (doses of 6 and 8 kGy) in the two food products significantly decreased the red index (a-value) and significantly increased the TBA value ($P < 0.05$).

Conclusion: Based on the results from chemical properties of the radiated products, irradiation is suggested at 2 and 4 kGy doses as appropriate doses.

Keywords: Physicochemical changes, Irradiation, TVN, Sausages, TBA

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-05-17]