مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران
سال دهم، شماره 4، زمستان 1394، صفحات 92-83

تأثیر اشعه دهی بر میزان اکسیداسیون چربی و پروفایل اسیدهای چرب در سوسیس آلمانی

عبدالصمد عابدی[1]، روح الله فردوسی[2]، رزیتا کمیلی فنود[3]، عبدالرضا محمدی[4]، هدایت حسینی[5]

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

2- نویسنده مسئول: 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، پست الکترونیکی: drferdousi@sbmu.ac.ir

3- کارشناس 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

4- دانشیار گروه آموزش علوم و صنایع غذایی، انستیتو تحقیقات تغذیه و صنایع غذایی کشور، دانشکده علوم تغذیه و صنایع غذایی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران

5- استاد گروه آموزش علوم و صنایع غذایی، انستیتو تحقیقات تغذیه و صنایع غذایی کشور، دانشکده علوم تغذیه و صنایع غذایی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: 94/6/15 تاریخ پذیرش: 94/9/12

چکیده

سابقه و هدف: اشعه گاما به‌عنوان یک ابزار مناسب برای کاهش یا حذف آلودگی میکروبی در فراورده‌های گوشتی خام و پخته معرفی شده است. با این حال تغییرات شیمیایی و حسی ناشی از اشعه دهی برای پذیرش این تکنولوژی نزد صنایع و مصرف‌کنندگان بسیار با اهمیت است. این تحقیق با هدف تأثیر پرتو گاما با دوزهای مختلف بر روی اکسیداسیون چربی و پروفایل اسیدهای چرب در سوسیس آلمانی (40 درصد گوشت) در طول نگهداری دمای 4 درجه سانتی‌گراد انجام شد.

مواد و روش‌ها: سوسیس امولیسیونی آلمانی (40 درصد گوشت قرمز) با دزهای 2 ، 4 ، 6 و 8 کیلوگری اشعه‌دهی شدند. آزمون‌های TBA و پرفایل اسیدهای چرب در طول نگهداری در دمای 4 درجه سانتی‌گراد مورد بررسی قرار گرفتند.

یافته‌ها: دزهای 6 و 8 کیلوگری باعث افزایش معنی‌دار عدد TBA در سوسیس آلمانی شد ($P<0/05$). همچنین نتایج نشان داد که اشعه‌دهی با دوزهای 6 و 8 کیلوگری باعث کاهش معنی‌دار اسید اولئیک و اسید لینولئیک و افزایش معنی‌دار اسیدهای چرب ترانس کل در این فراورده شده است ($P<0/05$).

نتیجه‌گیری: با توجه به نتایج به دست آمده از این تحقیق ، دوزهای 2 و 4 کیلوگری به‌عنوان بهترین دز برای اشعه دهی به این نوع فراورده پیشنهاد می‌شود. با این حال تحقیقات وسیع‌تر در این زمینه ضروری می‌باشد.

واژگان کلیدی: اشعه دهی، اکسیداسیون چربی، پرفایل اسید چرب، سوسیس آلمانی

• مقدمه

امروزه مصرف‌کنندگان علاقه زیادی به کیفیت فرآورده‌های گوشتی از خود نشان می‌دهند. با توجه به پیشرفت تکنولوژی و سهولت آماده‌سازی این فرآورده‌ها در کمترین زمان ممکن و همچنین داشتن طعم و مزه مطلوب که اغلب مورد پسند عموم مردم است، گرایش به مصرف این‌گونه فرآورده‌ها در حال افزایش است. طبق گزارش انجمن صنایع گوشت ایران مصرف سرانه فرآورده‌های گوشتی در سال 1392 در ایران حدوداً 5 کیلوگرم است و این رقم در حال افزایش می‌باشد (1). لذا فراهم آوردن ایمنی این محصولات از نظر میکروبی، شیمیایی و همچنین ترکیبات سمی ضروری می‌باشد.

در حال حاضر استفاده از پرتوی یونیزه کننده به‌عنوان بهترین روش برای تخریب میکروارگانیسم‌های عامل فساد و بیماریزا بدون تأثیر در خصوصیات تغذیه‌ای و کیفیت حسی غذا معرفی شده است و این روش به‌تدریج در سراسر جهان در حال گسترش است (2). سازمان‌های معتبر بین‌المللی همچون WHO، FAO و آژانس انرژی اتمی تائید کردند که اشعه‌دهی

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-09]

می‌تواند سلامت و ایمنی غذا را بدون اثر نامناسبی در سلامت انسان فراهم کند (3). در این میان اشعه گاما نسبت به دیگر اشعه‌های یونیزه کننده ارزان‌تر است و قدرت نفوذ بسیار خوبی دارد. پرتودهی غذا برای 30 فراورده غذایی در 37 کشور تصویب شده است و لیست این کشورها در حال افزایش است. ایران یکی از کشورهایی است که این تکنولوژی را در مهر و موم‌های قبل به دست آورده است. اما در کشور ما استفاده از این تکنولوژی مفید در صنایع غذایی هنوز به‌طور جدی مورد بررسی قرار نگرفته است و مستلزم تحقیقات گسترده در این زمینه می‌باشد.

همچنین مطالعات نشان داده است که اشعه گاما یک ابزار مناسب برای کاهش یا حذف آلودگی پاتوژن‌ها در محصولات گوشتی خام و پخته می‌باشد (7-4). سازمان غذا و دارو (FDA) با اشعه دهی تا 4/5 KGy برای گوشت‌های سرد و 7 KGy برای گوشت‌های منجمد موافقت کرده است (8). همچنین استاندارد ملی ترکیه اشعه دهی با دوزهای کمتر از 7 کیلوگری را برای همه انواع فراورده‌های گوشتی و گوشت مجاز اعلام کرده است (9). میکروب‌های عامل فساد در سوسیس‌ها، عمدتاً اسید لاکتیک حاصله از باکتری‌ها می‌باشند که در انواع سوسیس پخته باعث ایجاد لزجی ، ترش شدن ، سبز شدن در این محصولات می‌شود (11، 10). مطالعات نشان داده است که اشعه دهی با دزهای 3 و 5 کیلوگری و حتی دزهای کمتر ، از رشد اسید لاکتیک حاصله از باکتری‌ها در سوسیس جلوگیری می‌کند و زمان ماندگاری آن را افزایش می‌دهد (13، 12). یکی از باکتری‌های بیماری‌زا که بعد از فرایند باعث آلودگی غذاهای آماده به مصرف مثل فرانکفورتر و سوسیس می‌شود، لیستریا منوسیتوژنز می‌باشد که با اشعه دهی با دز 1/5KGy از بین می‌رود (14). کاهش آلودگی میکروبی توسط دوزهای کم و متوسط اشعه تنها زمان ماندگاری مواد غذایی را افزایش نمی‌دهد، بلکه به‌طور قابل ملاحظه‌ای کیفیت بهداشتی آنها را نیز بهبود می‌بخشد (15). کاربرد اشعه برای کاهش مواد سمی و ترکیبات نامطلوب مثل N- نیتروزآمین‌های فرار (16)، آفت‌کش‌ها (17)، مواد ضد تغذیه‌ای (18) و کاهش حساسیت غذایی (19) اخیراً در کنار اهداف بهداشتی این تکنولوژی مورد مطالعه قرار گرفته است.

اگرچه اشعه دهی برای کنترل باکتری‌ها و قارچ‌ها بسیار مؤثر است، اما پذیرش این تکنولوژی از جانب صنایع گوشت محدود می‌باشد، که به علت نگرانی‌ها در مورد سلامت و کیفیت این محصولات است (20). بنابراین برای اعمال این تکنولوژی در فرآورده‌های گوشتی باید تغییرات شیمیایی حاصل از اشعه دهی را بررسی کرد. اکسیداسیون چربی از جمله تغییرات شیمیایی در مواد غذایی است که می‌تواند باعث تغییر مزه، بافت، بو و رنگ شود و می‌تواند زمان ماندگاری و کیفیت تغذیه‌ای مواد غذایی را کاهش دهد (21). محققان بیان کردند که اشعه باعث تولید رادیکال‌های هیدروکسیل از آب می‌شود که این رادیکال‌ها واکنش‌های اکسیداسیون چربی را در سیستم‌های آبی و امولسیونی چربی افزایش می‌دهد. 75 درصد از سلول‌های ماهیچه‌ای از آب تشکیل شده اند. همچنین در فرمولاسیون محصولات‌های گوشتی امولیسیونی مثل سوسیس، مقدار قابل توجهی آب بکار برده می‌شود. بنابراین اشعه با تولید رادیکال‌های هیدروکسیل در گوشت و محصولات‌های گوشتی می‌تواند باعث افزایش اکسیداسیون چربی شود (22، 21). گسترش اکسیداسیون چربی را می‌توان با اندازه‌گیری مالون آلدهید توسط آزمایش تیوباربیتوریک اسید (عدد TBA) ارزیابی کرد (24، 23). Yilmaz و Gecgel (2007) و Brito و همکاران (2002) در مطالعه‌ای روی گوشت چرخی گاو، گزارش کردند که اشعه دهی باعث کاهش اسید چرب و افزایش چربی‌های ترانس از طریق تغییر در ساختمان مولکولی اسید چرب، شکست باندهای دوگانه و تشکیل رادیکال‌های آزاد و اسید چرب ترانس می‌شود. اسیدهای چرب ترانس در غذاهای بسیاری یافت می‌شود و همانند اسیدهای چرب اشباع باعث افزایش LDL و کاهش HDL شده که متعاقب آن منجر به افزایش بیماری‌های قلبی و عروقی می‌شود (25، 9). اما مطالعات در مورد تأثیر اشعه بر پرفایل اسیدهای چرب در فراورده‌های گوشتی محدود می‌باشد و مستلزم تحقیقات بیشتری در این زمینه است. علاوه براین تأثیر نامطلوب اشعه دهی بر رنگ نیز در برخی فراورده‌های گوشتی نیز گزارش شده است. این مطالعه با هدف بررسی اثر اثر پرتو گاما با دوزهای 2، 4 ،6 و 8 کیلوگری بر اکسیداسیون چربی، پروفایل اسیدهای چرب و رنگ در سوسیس آلمانی (فراورده گوشتی 40%) طی نگهداری به مدت یک ماه در دمای 4 درجه سانتی‌گراد طراحی و انجام شد.

• مواد و روش‌ها

تهیه نمونه: فراورده گوشتی 40 درصد (سوسیس آلمانی) مطابق با فرمولاسیون کارخانه سولیکو (تحت شرایط یکسان) تولید شد. در ابتدا 5 کیلوگرم فارش تهیه شد و پس از پر کردن در پوشش پلی آمیدی و پختن در دمای $80^{\circ}C$ و سرد کردن در دمای $15^{\circ}C$ ، تحت خلأ بسته‌بندی شدند (بسته‌های 60 گرمی). بسته‌ها تا انجام فرایند اشعه دهی در دمای 4 درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند.

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-09]

فرایند اشعه دهی: نمونه‌ها به سازمان انرژی اتمی واقع در کرج انتقال و تمام شب در دمای 4 درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. سپس نمونه‌ها با دزهای 2، 4، 6 و 8 کیلو گری با دستگاه Gamma Cell Issledoratel (PX-30، روسیه) اشعه دهی شدند. میزان دز دریافتی 0/25 کیلو گری در ثانیه و منبع اشعه دهی کبالت 60 بود. Chemical Dosimeter of Fericke به‌عنوان دوزیمتر مورد استفاده قرار گرفت. فروارده‌های گوشتی کنترل (بدون اشعه) و فرآورده‌های گوشتی اشعه دیده تا انجام آزمون‌ها در دمای 4 درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند.

اندازه‌گیری اکسیداسیون چربی به روش تیوباربیتوریک اسید: تعیین عدد تیوباربیتوریک اسید (TBA) در هفته‌های 0، 1، 2، 3 و 4 مطابق با روش Nam و همکاران (2007) انجام شد (26). 5 گرم از نمونه چرخ شده را در یک لوله 50 میلی‌لیتری قرار داده و با 15 میلی‌لیتر آب دیونیزه کاملاً مخلوط و همگن شد. 1 میلی‌لیتر از نمونه همگن‌شده را داخل لوله دیگر ریخته و 50 میکرولیتر بوتیل هیدروکسی تلوئن و 2 میلی‌لیتر مخلوط تیوباربیتوریک اسید و تری کلرواستیک اسید (20 میلی مول TBA و 16 % وزنی / حجمی تری کلرواستیک اسید) به آن افزوده و با ورتکس به‌خوبی مخلوط شد. سپس به مدت 15 دقیقه در حمام بخار 90 درجه سانتی‌گراد حرارت داده و بعد از سرد کردن لوله، محتویات لوله به مدت 15 دقیقه با سرعت 8000 g سانترفیوژ شدند. لایه سطحی محتویات سانترفیوژ شده را داخل سل مخصوص اسپکتوفتومتر ریخته و جذب آن در طول موج 532 نانومتر اندازه‌گیری می‌شود. (منحنی کالیبراسیون توسط مالون آلدهید تهیه شد و نمونه شاهد حاوی 1 میلی‌لیتر آب دیونیزه و 2 میلی‌لیتر محلول TBA/TCA بود). عدد TBA به‌صورت میلی‌گرم مالون آلدهید در کیلوگرم گوشت گزارش شده است.

آماده‌سازی نمونه جهت تعیین پروفایل اسیدهای چرب: محتوای لیپید نمونه‌ها با استفاده از روش Folch استخراج شد (27). حدود 20 گرم از نمونه خرد شده با 50 میلی‌لیتر متانول مخلوط و به مدت 30 تا 40 دقیقه هم زده شد. سپس حدود 40 میلی‌لیتر هگزان به مخلوط قبلی اضافه (تا لیپید را از فاز متانول جدا کند) و مخلوط جدید مجدداً به مدت 20 دقیقه هم زده شد. پس از اختلاط کامل، مخلوط مدتی در حال سکون قرار گرفت تا دو فاز متانول و هگزان از هم جدا شوند. سپس فاز رویی که فاز هگزان حاوی لیپید استخراجی بود از فاز متانولی جدا و برای انجام فرایند متیلاسیون مورد استفاده قرار گرفت. متیل استر اسیدهای چرب طبق روش ISO (28) با استفاده از پتاس متانولی 2 مولار (2 مول بر لیتر پتاس در متانول) تهیه شدند.

آنالیز دستگاهی: استرهای متیل اسیدهای چرب به کمک کروماتوگرافی گازی Younglin ACME 6000 M (کره)، همراه با دتکتور یونیزاسیون شعله‌ای و ستون مویینه سیلیکونی Techno Kroma TR-CN 100 (60m×0.25mm× 0.2µm) مورد آنالیز قرار گرفتند. دمای بخش‌های آشکارساز و محل تزریق نمونه به ترتیب 260 و 250 درجه سانتی‌گراد و گاز حامل هیدروژن (0/2 مول بر لیتر) انتخاب شد. پس از تزریق 1µl از نمونه با نسبت جداسازی 80:1، دمای اولیه ستون به مدت 5 دقیقه در دمای 150 درجه سانتی‌گراد قرار داده شد و سپس با سرعت 5 درجه سانتی‌گراد در دقیقه دما تا 175 درجه سانتی‌گراد افزایش یافت. پس از گذشت 3 دقیقه، مجدداً دما با سرعت 3 درجه سانتی‌گراد بر دقیقه تا 190 درجه افزایش یافته و به مدت 15 دقیقه در این دمای نهایی قرار گرفت. استاندارد متیل استر اسیدهای چرب (Supelco Inc., Bellefonte, PA, USA) نیز تحت همین شرایط به دستگاه تزریق شدند و پیک‌های حاصل از آنها برای تعیین اسیدهای چرب نمونه‌ها مورد استفاده قرار گرفتند. اسیدهای چرب در هر مرحله به‌صورت درصد (نسبت به کل اسیدهای چرب) گزارش شدند. این آزمون در هفته‌های 0 و 4 در شرایط نگهداری فراورده در دمای 4 درجه سانتی‌گراد انجام گرفت.

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 (26). این آزمون نیز در هفته 0 و 4 انجام گرفت.

آنالیز آماری: سوسیس امولسیونی با 40 درصد گوشت به‌عنوان تیمار کنترل (بدون اشعه دهی) و نمونه‌های اشعه دهی شده با دزهای 2، 4، 6 و 8 کیلوگری از همین گروه فرآورده، به‌عنوان تیمار اشعه دیده مورد بررسی قرار گرفت. داده‌های کمی با بهره‌گیری از آمار توصیفی و به‌صورت میانگین و انحراف معیار ارائه شدند. تمام آزمون‌ها با سه بار تکرار انجام شد. در مورد آزمون‌های انجام گرفته، هنگامی که با استفاده از آزمون پارامتری One-Way ANOVA اختلاف معنی‌داری بین تیمارها مشاهده گردید، برای مقایسه تیمارها

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-09]

از آزمون توکی استفاده شد. کلیه آنالیزهای آماری توسط نرم‌افزار آماری SPSS تجزیه و تحلیل شدند.

• یافته‌ها

نتایج حاصل از اندازه‌گیری TBA در سوسیس آلمانی اشعه دهی شده طی نگهداری در $4^{o}C$: مقادیر عددی TBA در سوسیس آلمانی اشعه دهی شده در جدول 1 نشان داده شده است. یافته‌ها نشان می‌دهد که در این فراورده اشعه دهی باعث افزایش عدد TBA شده است به‌گونه‌ای که در هفته صفر عدد TBA نمونه‌های اشعه دهی شده با دز 2 ، 4، 6 و 8 کیلوگری با نمونه شاهد (بدون اشعه) تفاوت معنی‌دار داشتند (به ترتیب P=0/04 ، P=0/005 ، P=0/002 و P<0/001). در هفته‌های 1 ، 2 و 3 مقادیر عدد TBA در نمونه اشعه دهی شده با دز 8 کیلو گری به‌طور معنی‌داری از نمونه شاهد بیشتر بود (P=0/003 ، P<0/001 و P=0/002) و در هفته 4، دوزهای 6 و 8 کیلوگری با نمونه شاهد تفاوت معنی‌دار داشتند (P<0/001). همچنین مقادیر عدد TBA در این فراورده در طول زمان نگهداری در دمای 4 درجه سانتی‌گراد به‌طور معنی‌داری رو به افزایش داشت (P< 0/05)، به‌طوری که بیشترین افزایش در نمونه اشعه دهی شده با دز 8 کیلوگری و در هفته 4 مشاهده شد (1 میلی‌گرم مالون آلدهید در کیلوگرم سوسیس).

پروفایل اسیدهای چرب سوسیس آلمانی اشعه دهی شده: نتایج به دست آمده از اندازه‌گیری پرفایل اسیدهای چرب در سوسیس آلمانی در جدول 2 نشان داده شده است. در هفته صفر ، اشعه دهی با دوزهای 6 و 8 کیلوگری باعث کاهش معنی‌دار مقدار اسید اولئیک (C18:1) نسبت به نمونه شاهد شده است (به ترتیب P=0/007 و P=0/002). در هفته 4 نیز نمونه اشعه دیده با دز 8 کیلوگری به‌طور معنی‌داری اسید اولیئک کمتری نسبت به نمونه شاهد داشت (P<0/001). با بیشتر شدن میزان دز اشعه‌دهی مقدار اسید الائیدیک در هفته صفر رو به افزایش داشت به‌گونه‌ای که نمونه اشعه دهی شده با دز 8 کیلوگری تفاوت بسیار معنی‌داری با نمونه شاهد داشت (P<0/001). در هفته 4، مقدار اسید الائیدیک (C18:1 trans) در نمونه‌های اشعه دهی شده با دوزهای 6 و 8 کیلوگری به‌طور معنی‌داری از نمونه شاهد بیشتر بود (به ترتیب P=0/002 و P<0/001). در مورد مقدار اسید لینولئیک (C18:2)، نتایج نشان داد که اشعه دهی با دوزهای 4 و 8 کیلوگری در روز صفر باعث کاهش معنی‌دار این اسید چرب نسبت به نمونه شاهد شده است (به ترتیب P=0/04 و P<0/001). در هفته 4 دزهای 6 و 8 نیز باعث کاهش معنی‌دار در مقدار اسید لینولئیک شدند (به ترتیب P=0/006 و P=0/002). بیشترین تأثیر زمان‌بر مقدار اسید چرب در مورد اسید آرشیدیک (C20:0) مشاهده شد، به‌طوری که در تمام دوزها (شاهد، 2، 4، 6 و 8 کیلوگری) مقدار این اسید در هفته 4 به‌طور معنی‌داری نسبت به هفته صفر افزایش یافته بود (P <0/05).

جدول 1. مقدار TBA (میلی گرم مالون آلدهید در کیلوگرم) در سوسیس آلمانی پرتودهی شده طی زمان نگهداری در 4 درجه سانتی‌گراد

دوز (kGY)	زمان نگهداری (هفته)				
	صفر	1	2	3	4
0	0/38 ±0/02^{av}	0/49 ±0/05^{aw}	0/59 ±0/06^{aw}	0/76 ±0/01^{ax}	0/74 ±0/07^{ax}
2	0/46 ±0/01^{bv}	0/52 ±0/01^{av}	0/64 ±0/03^{aw}	0/85 ±0/04^{abx}	0/83 ±0/02^{ax}
4	0/49 ±0/04^{bv}	0/56 ±0/04^{avw}	0/64 ±0/05^{aw}	0/76 ±0/06^{ax}	0/84 ±0/05^{ax}
6	0/50 ±0/03^{bv}	0/55 ±0/03^{avw}	0/61 ±0/03^{aw}	0/84 ±0/02^{abx}	0/95 ±0/02^{by}
8	0/65 ±0/01^{cv}	0/69 ±0/03^{bv}	0/83 ±0/03^{bw}	0/92 ±0/02^{bx}	1/00 ±0/02^{by}

* در هر ستون حروف متفاوت تفاوت معنی‌دار بین دزهای مختلف و در هر ردیف حروف متفاوت تفاوت معنی‌دار بین زمان‌های نگهداری را نشان می‌دهد (α = 0/05).

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-09]

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-09]

جدول2. پرفایل اسیدهای چرب (بر حسب درصد) در فرآورده گوشتی پرتودهی شده طی زمان نگهداری در 4 درجه سانتی‌گراد*

اسید چرب	هفته صفر دوز (kGy)					هفته4 دوز (kGy)				
	صفر	2	4	6	8	صفر	2	4	6	8
لوریک اسید C12:0	0/22 ±0/04^{ax}	0/22 ±0/04^{ax}	0/24 ±0/06^{ax}	0/25 ±0/05^{ax}	0/24 ±0/03^{ax}	0/22 ±0/02^{ax}	0/23 ±0/04^{ax}	0/27±0/05^{ax}	0/31 ±0/01^{ax}	0/21 ±0/06^{ax}
میریستیک اسید C14:0	1/05 ±0/04^{ax}	1 ±0/02^{ax}	1 ±0/03^{ax}	1/04 ±0/06^{ax}	1/1 ±0/08^{ax}	1/09 ±0/01^{ax}	1/05 ±0/04^{ax}	0/99 ±0/17^{ax}	0/98 ±0/19^{ax}	1/15 ±0/13^{ax}
میریستولئیک اسید C14:1	0/38 ±0/01^{ax}	0/39 ±0/05^{ax}	0/34 ±0/01^{ax}	0/38 ±0/05^{ax}	0/44 ±0/04^{ax}	0/45 ±0/04^{ax}	0/35 ±0/03^{ax}	0/45 ±0/06^{ax}	0/38 ±0/02^{ax}	0/41 ±0/06^{ax}
n- پنتادکانویک اسید C15:0	0/28 ±0/01^{ay}	0/31 ±0/02^{ax}	0/29 ±0/09^{ax}	0/28 ±0/02^{ax}	0/35 ±0/03^{ax}	0/21 ±0/03^{ax}	0/27 ±0/02^{ax}	0/3 ±0/06^{ax}	0/27 ±0/08^{ax}	0/29 ±0/06^{ax}
پالمیتیک اسید C16:0	15/37 ±0/05^{ax}	15/44 ±0/11^{ax}	15/45 ±0/09^{ax}	15/61 ±0/29^{ax}	15/26 ±0/04^{ax}	16/12 ±0/19^{ax}	15/44 ±0/18^{ax}	16/08 ±0/6^{ax}	16/25 ±0/06^{ay}	15/90 ±0/11^{ay}
پالمیتولئیک اسید C16:1	2/8 ±0/07^{ax}	2/7 ±0/1^{ax}	2/77 ±0/08^{ay}	2/71 ±0/14^{ax}	2/19 ±0/06^{ax}	2/73 ±0/14^{ax}	2/69 ±0/16^{ax}	2/4 ±0/08^{ax}	2/69 ±0/25^{ax}	2/77 ±0/28^{ax}
مارگاریک اسید C17:0	0/77 ±0/04^{ax}	0/76 ±0/07^{ax}	0/78 ±0/05^{ax}	0/79 ±0/08^{ax}	0/76 ±0/06^{ax}	0/66 ±0/07^{ax}	0/86 ±0/06^{ax}	0/83 ±0/11^{ax}	0/87 ±0/1^{ax}	0/82 ±0/09^{ax}
هپتادکانوآت اسید C17:1	0/65 ±0/05^{ay}	0/66 ±0/05^{ax}	0/63 ±0/03^{ax}	0/68 ±0/04^{ax}	0/66 ±0/09^{ax}	0/52 ±0/02^{ax}	0/64 ±0/04^{ax}	0/52 ±0/12^{ax}	0/59 ±0/1^{ax}	0/64 ±0/07^{ax}
استئاریک اسید C18:0	9/72 ±0/08^{ay}	9/75 ±0/09^{ax}	9/76 ±0/13^{ax}	9/71 ±0/08^{ax}	9/38 ±0/58^{ax}	9/11 ±0/06^{ax}	9/65 ±0/54^{ax}	9/72 ±0/09^{ax}	9/84 ±0/61^{ax}	9/73 ±0/38^{ax}
اولئیک اسید C18:1	29/62 ±0/45^{cx}	29/64 ±0/23^{cy}	28/86 ±0/63^{cbx}	28/38 ±0/16^{bx}	26/52 ±0/5^{ax}	29/50 ±0/32^{bx}	28/36 ±0/5^{ax}	28/42 ±0/42^{abx}	29/43 ±0/39^{by}	27/51 ±0/38^{ax}
اولئیک اسید (ترانس) C18:1t	0/92 ±0/13^{ax}	0/95 ±0/13^{ax}	0/99 ±0/1^{ax}	2/22 ±0/88^{ax}	3/9 ±0/31^{bx}	0/90 ±0/13^{ax}	0/98 ±0/18^{ax}	0/9 ±0/15^{ax}	2/03 ±0/46^{bx}	3/45 ±0/21^{cx}
لینولئیک اسید C18:2	29/29 ±0/37^{cx}	29/28 ±0/37^{cx}	28/06 ±0/04^{bx}	28/39 ±0/78^{bcx}	24/52 ±0/37^{ax}	29/72 ±0/19^{cx}	29/23 ±0/2^{cx}	28/33 ±0/49^{cy}	28/13 ±0/15^{bx}	24/06 ±0/25^{ax}
لینولئیک اسید (ترانس) C18:2t	0/83 ±0/07^{ax}	0/82 ±0/05^{ax}	0/74 ±0/06^{ax}	0/72 ±0/02^{ax}	0/70 ±0/07^{ax}	0/74 ±0/08^{ax}	0/85 ±0/05^{ax}	0/65 ±0/06^{ax}	0/63 ±0/07^{ax}	0/67 ±0/03^{ax}
لینولنیک اسید C18:3	3/9 ±0/09^{ax}	3/7 ±0/1^{ay}	3/57 ±0/04^{ax}	3/67 ±0/21^{ax}	3/9 ±0/05^{ax}	3/67 ±0/09^{ax}	3/29 ±0/02^{ax}	3/29 ±0/61^{ax}	3/4 ±0/48^{ax}	3/9 ±0/29^{ax}
آرشیدیک اسید C20:0	0/53 ±0/08^{ax}	0/53 ±0/06^{ax}	0/51 ±0/05^{ax}	0/47 ±0/08^{ax}	0/42 ±0/06^{ax}	0/73 ±0/06^{ay}	0/95 ±0/02^{ay}	0/93 ±0/1^{ay}	0/86 ±0/08^{ay}	0/84 ±0/16^{ay}
گادولئیک اسید C20:1	0/32 ±0/02^{ax}	0/32 ±0/02^{ax}	0/31 ±0/05^{ax}	0/3 ±0/04^{ax}	0/31 ±0/02^{ax}	0/36 ±0/03^{ax}	0/38 ±0/04^{ax}	0/32 ±0/04^{ax}	0/33 ±0/04^{ax}	0/36 ±0/06^{ax}
بهنیک اسید C22:0	0/47 ±0/02^{ax}	0/45 ±0/03^{ax}	0/50 ±0/08^{ax}	0/44 ±0/04^{ax}	0/48 ±0/04^{ax}	0/48 ±0/07^{ax}	0/58 ±0/02^{ay}	0/6 ±0/04^{ax}	0/58 ±0/03^{ay}	0/53 ±0/06^{ax}
لینگوسریک اسید C24:0	0/14 ±0/02^{ax}	0/16 ±0/01^{ax}	0/16 ±0/03^{ax}	0/11 ±0/06^{ax}	0/13 ±0/02^{ax}	0/14 ±0/04^{ax}	0/15 ±0/02^{ax}	0/15 ±0/03^{ax}	0/16 ±0/03^{ax}	0/13 ±0/04^{ax}
TRANS	1/75	1/77	1/73	2/74	4/6	1/64	1/76	1/62	2/93	4/12
SFA	28/55	28/6	28/69	28/7	28/73	28/69	28/81	29/72	30/12	29/6
MUFA	33/77	33/8	32/91	32/45	28/14	33/56	33/8	32/11	33/42	31/69
PUFA	33/19	32/98	31/64	32/06	27/82	33/39	32/52	31/62	32/83	27/67
USFA	66/96	66/78	64/55	64/51	55/96	66/92	66/32	63/73	66/25	59/36
USFA/SFA	2/34	2/33	2/24	2/24	1/94	2/33	2/3	2/14	2/19	2

حروف متفاوت a ، b ، c و d اختلاف معنی‌دار بین دزها و حروف x و y اختلاف معنی‌دار بین زمان نگهداری را نشان می‌دهد (0/05= α)

نتایج حاصل از اندازه‌گیری رنگ بر اساس سیستم Hunter Lab: نتایج حاصل از اندازه‌گیری رنگ بر اساس سیستم Hunter Lab در سوسیس آلمانی پرتودهی شده در جدول 3 نشان داده شده است. یافته‌ها نشان داد که اشعه دهی با دوزهای 2 ، 4 ، 6 و 8 کیلوگری تأثیر معنی‌داری بر L-value (اندیس روشنی) و b-value (اندیس زردی) نداشته است. با این حال نتایج نشان داد که اشعه دهی با دزهای 6 و 8 کیلوگری باعث کاهش معنی‌دار a-value یا اندیس قرمزی نسبت به نمونه شاهد شده است ($P < 0/05$). در طول نگهداری نمونه‌ها به مدت 4 هفته در دمای 4 درجه سانتی‌گراد، تغییر قابل ملاحظه‌ای در اندیس‌های a، b و L مشاهده نشد.

جدول 3. میزان رنگ دو گروه از فرآورده گوشتی پرتو دهی شده بر اساس سیستم Hunter Lab *

دوز (kGy)	هفته صفر			هفته 4		
	L-value	a-value	b-value	L-value	a-value	b-value
0	57/82 ±0/03^{ax}	9/34 ±0/19^{bx}	13/11 ±0/12^{ax}	58/16 ±0/60^{ax}	9/27 ±0/01^{cx}	13/19 ±0/23^{ax}
2	58/55 ±0/48^{ax}	9/07 ±0/16^{abx}	13/51 ±0/40^{ax}	58/17 ±0/46^{ax}	9/20 ±0/15^{cx}	12/93 ±0/10^{ax}
4	58/16 ±0/68^{ax}	9/47 ±0/43^{bx}	13/50 ±0/30^{ax}	58/76 ±0/26^{ax}	9/19 ±0/07^{cx}	13/16 ±0/21^{ax}
6	58/90 ±0/07^{ax}	8/79 ±0/05^{ax}	13/36 ±0/04^{ay}	58/35 ±0/42^{ax}	8/87 ±0/10^{bx}	12/83 ±0/27^{ay}
8	58/18 ±0/64^{ax}	8/61 ±0/09^{ax}	13/52 ±0/06^{ax}	58/22 ±0/17^{ax}	8/59 ±0/10^{ax}	13/27 ±0/20^{ax}

در هر ردیف حروف متفاوت اختلاف معنی‌دار بین دزها و حروف متفاوت اختلاف معنی‌دار بین زمان نگهداری را نشان می‌دهد ($\alpha = 0/05$).
(اندیس L : روشنی، اندیس a : قرمزی، اندیس b : زرد)

• بحث

اکسیداسیون چربی در فراورده گوشتی اشعه دهی شده با دوزهای مختلف: اکسیداسیون چربی یک پدیده مهم در کیفیت مواد غذایی می‌باشد که می‌تواند باعث تغییر مزه، بافت، بو و رنگ و همچنین کاهش زمان ماندگاری و کیفیت تغذیه‌ای مواد غذایی شود. در گوشت و فراورده‌های گوشتی نیز این پدیده باعث تغییرات نامطلوب از جمله تولید مواد فرار، از بین رفتن طعم و تغییر رنگ و در نهایت کاهش پذیرش مصرف‌کننده می‌شود (29، 22، 21). آزمون TBA، مقدار مالون آلدهید که یکی از محصولات ثانویه واکنش اکسیداسیون چربی است، را تعیین می‌کند (24). طبق گزارش Tarladgis و همکاران (1960) حد آستانه عدد TBA، برای آشکار شدن طعم و بوی ناشی از اکسیداسیون چربی، 1 میلی‌گرم مالون آلدهید در کیلوگرم گوشت می‌باشد (30). در مطالعه حاضر می‌توان گفت که به‌طور کلی، اشعه دهی با دزهای 6 و 8 کیلوگری در این فراورده، باعث افزایش معنی‌دار عدد TBA می‌شود. اما در تمام هفته‌ها عدد TBA از حد آستانه تجاوز نکرده است. همچنین در طول نگهداری فراورده اشعه دیده و اشعه ندیده (شاهد) در دمای 4 درجه سانتی‌گراد به مدت 4 هفته، مشاهده شد که عدد TBA به‌طور معنی‌داری افزایش می‌یابد، به‌گونه‌ای که این افزایش در نمونه‌های اشعه دیده خصوصاً دز 6 و 8 بیشتر از نمونه اشعه ندیده است. دلیل افزایش اکسیداسیون چربی با اشعه دهی این طور بیان شده است که اشعه دهی باعث ایجاد رادیکال‌های هیدروکسیل در سیستم‌های امولسیونی آبی – روغنی مثل گوشت و فراورده‌های گوشتی می‌شود که این رادیکال‌ها می‌توانند واکنش‌های زنجیره‌ای اکسیداسیون چربی را تسریع کنند (31، 29). دلیل دیگر تأثیر اشعه دهی بر افزایش اکسیداسیون چربی را Ahn و همکاران (1998) بیان کردند که اشعه دهی در ابتدا باعث شکسته شدن رنگدانه هِم در گوشت می‌شود، که به موجب آن، آهن از این رنگدانه و یا از رادیکال‌های فریل (Ferryl Radicals) آزاد و واکنش اکسیداسیون چربی را کاتالیز می‌کند (22). Jo و همکاران (1999) در مطالعه‌ای روی سوسیس پخته گوشت خوک گزارش کردند که اشعه دهی با دز 4/5 کیلوگری باعث افزایش معنی‌دار عدد TBA در هر 2 بسته‌بندی تحت خلأ و هوازی می‌شود، اما عدد TBA در نمونه‌های اشعه دیده با بسته‌بندی تحت خلأ بسیار کمتر از نمونه بسته‌بندی شده هوازی است. همچنین گزارش کردند که مقدار چربی در فراورده‌های گوشتی نیز تأثیر قابل ملاحظه‌ای روی عدد TBA دارد. با این حال این محققان، حضور اکسیژن را به‌عنوان یک عامل افزایش دهنده اکسیداسیون چربی در فراورده‌های گوشتی بسیار مهم‌تر از اشعه دهی و مقدار چربی دانستند (29). Jo و همکاران (2002) بیان کردند که اشعه دهی با دز 4/5 کیلوگری، باعث افزایش معنی‌دار عدد TBA در سوسیس‌های

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-09]

ساخته شده با روغن سویا (بسته‌بندی تحت خلأ) می‌شود. در این مطالعه عدد TBA در طول نگهداری (روزهای 0، 3 و 7) تغییر معنی‌داری نکرد (32).

در مقابل گزارشات دیگر مثل Ahn و همکاران، Shahidi و همکاران، Jo و Ahn و Jo و همکاران (2003) بیان کردند که اشعه دهی با دوزهای پایین (1 تا 10 کیلو گری) تأثیری بر اکسیداسیون چربی در فراورده‌های گوشتی ندارد (35-33، 21).

ترکیبات اسیدهای چرب در فراورده‌های گوشتی اشعه دیده با دوزهای مختلف: یکی از ترکیبات مهم و بسیار حساس در گوشت و فراورده‌های گوشتی چربی‌ها هستند که از اسیدهای چرب اشباع و غیراشباع تشکیل شده اند. از بین اسیدهای چرب موجود در چربی استخراجی در سوسیس آلمانی، اسیدهای چرب پالمیتیک، استئاریک، اولئیک و لینولئیک بیشترین اسیدهای چرب بودند که بیش از 80 درصد اسید چرب کل را تشکیل می‌دادند. در تحقیق مسلمی و همکاران (1388) نیز این 4 اسید چرب جزء اسیدهای چرب عمده در 4 گروه فراورده گوشتی امولسیونی 40، 55 ،80 و90 درصد گوشت، گزارش شد (36). در 3 مطالعه دیگر که روی سوسیس‌های تخمیری خوک (37)، گوشت خوک (38) و گوشت چرخی گوساله (39، 25) انجام گرفت نیز 4 اسید چرب مذکور بیشترین نسبت را تشکیل دادند. نتایج مطالعه حاضر نشان داد که با افزایش مقدار دز اشعه دهی از 2 به 8 کیلوگری، مقدار اسید چرب ترانس کل خصوصاً اسید الائیدیک (شکل ترانس اولئیک اسید) در این فراورده گوشتی افزایش می‌یابد، به‌طوری که بیشترین مقدار آن در نمونه‌های اشعه دیده با دز 6 و 8 کیلوگری یافت شد. در واقع دوزهای 6 و 8 کیلوگری در این فراورده به ترتیب 35% و 113% مقدار اسید چرب ترانس کل (TRANS) را نسبت به نمونه اشعه ندیده (شاهد) افزایش داده است. همچنین دزهای بالا (6 و 8 کیلوگری) باعث کاهش معنی‌دار اسید اولئیک و اسید لینولئیک در این فراورده شد. در سال 2002، Brito و همکاران گزارش کردند که مقدار اسیدهای چرب ترانس کل با بیشتر شدن دز اشعه از 1 تا 8 کیلوگری در گوشت چرخی گوساله افزایش می‌یابد، به‌طوری که بیشترین مقدار در نمونه‌های اشعه دهی شده با دوزهای 6 ، 7 و 8 کیلوگری مشاهده شد. همچنین آنها گزارش کردند که اشعه دهی با دوزهای 4 و 8 کیلوگری باعث کاهش معنی‌دار اسید لینولئیک و اسید اولئیک در گوشت چرخی گاو می‌شود. در این مطالعه بیان شد که اسیدهای چرب غیراشباع برای فرایند اکسیداسیون مستعد هستند، به‌طوری که هیدروژن در کربن مجاور با پیوند دوگانه می‌تواند با گونه‌های رادیکالی جایگزین شود که واکنش‌های پر انرژی مثل حرارت و اشعه دهی به این جایگزینی کمک می‌کنند که نهایتاً منجر به تولید اسیدهای چرب ترانس می‌شود (25). Yilmaz و Gecgel (2007) نیز نتایج مشابه با مطالعه فوق را گرفتند و بیان کردند که اشعه دهی با دز 5 و 7 کیلوگری باعث افزایش اسیدهای چرب ترانس خصوصاً شکل ترانس اسید اولئیک (اسید الائیدیک) و کاهش اسید اولئیک و اسید لینولئیک می‌شود. این محققان بیان کردند که اشعه دهی باعث کاهش اسید چرب و افزایش چربی‌های ترانس از طریق تغییر در ساختمان مولکولی اسید چرب، شکست باندهای دوگانه و تشکیل رادیکال‌های آزاد و اسید چرب ترانس می‌شود (9). نتایج تحقیق حاضر در مورد اسیدهای چرب با دو مطالعه فوق (با وجود تفاوت در نوع فراورده) مطابقت دارد. در زمان نگهداری نمونه‌های اشعه دیده و ندیده به مدت 4 هفته در دمای 4 درجه سانتی‌گراد، مقادیر برخی از اسیدهای چرب تغییر کرد که در یک دیدگاه کلی قابل صرف‌نظر است. در مورد اسید آرشیدیک (C20:0) این تغییر بین هفته صفر و چهارم قابل ملاحظه بود، به‌گونه‌ای که در طول این مدت، مقدار آن رو به افزایش داشت. متأسفانه در این مورد گزارشی وجود ندارد و علت اصلی آن مشخص نیست.

تأثیر اشعه و زمان نگهداری بر رنگ فراورده 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 اغلب کشورها، مصرف‌کنندگان برای گوشت، رنگ قرمز روشن، برای گوشت پخته رنگ خاکستری یا قهوه‌ای و برای گوشت‌های فراوری‌شده رنگ صورتی را ترجیح می‌دهند (40). در فرآورده‌های امولسیونی گوشت مثل سوسیس، عواملی همچون میزان گوشت مصرفی، نوع و مقدار چربی و سایر پرکننده‌ها و همچنین نحوه فراوری، در رنگ فراورده نقش مهمی دارند (41). 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 دزهای 6 و 8 کیلوگری در هر 2 هفته (هفته صفر و 4) باعث کاهش معنی‌دار ایندکس قرمزی (a-value) شدند و هیچ‌کدام از دوزها تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-09]

ایندکس زردی (b-value) و روشنی (L-value) نداشتند. در زمان نگهداری به مدت 4 هفته در دمای ^{o}C 4، تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر روی فاکتورهای رنگی در هر 2 گروه فراورده مشاهده نشد. Jo و همکاران در سال 2003 گزارش کردند که اشعه دهی با دز 5 کیلو گری به سوسیس امولسیونی گوشت خوک باعث کاهش اندک قرمزی (a-value)، ولی معنی‌دار می‌شود. اما در طول نگهداری به مدت 3 هفته تغییر معنی‌داری مشاهده نکردند (33). در مطالعه Ahn و همکاران (2004) گزارش شد که بلافاصله بعد از اشعه دهی با دوزهای 5 ، 10 و 20 کیلوگری ، قرمزی در سوسیس‌های امولسیونی در هر دو بسته‌بندی هوازی و تحت خلأ به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابد و b-value و L-value (زردی و روشنی) در بسته‌بندی تحت خلأ تغییر چندانی نمی‌کنند. در طول نگهداری به مدت 4 هفته در دمای 4 درجه سانتی‌گراد نیز تغییر قابل ملاحظه‌ای مشاهده نشد (42). تحقیق حاضر با مطالعات مذکور مطابقت دارد. مطالعات نشان داده است که تغییر رنگ در فراورده‌های گوشتی توسط اشعه، تحت تأثیر میزان دز اشعه، نوع فراورده، محتویات گوشت و چربی آن و روش بسته‌بندی می‌باشد (33، 29). Whitburn و همکاران بیان کردند که در غیاب اکسیژن، اشعه باعث تولید فری میوگلوبین (Ferrimyoglobin) از میوگلوبین و یا فری پراکسید می‌شود (43). 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 (44). علت دیگر کاهش فاکتور قرمزی در فراورده‌های گوشتی اشعه دیده، می‌تواند اثر مستقیم اشعه بر پیگمان‌های رنگی و اکسیداسیون آنها باشد (22، 13).

نتایج نشان داد که به‌طور کلی دوزهای 6 و 8 کیلوگری باعث افزایش معنی‌دار عدد TBA در سوسیس آلمانی (40 درصد گوشت) می‌شود. این بدان معنی است که اکسیداسیون چربی با افزایش دز اشعه دهی افزایش می‌یابد. در طول مدت نگهداری نیز عدد TBA به‌طور معنی‌داری افزایش می‌یابد، به‌گونه‌ای که بیشترین مقدار آن در نمونه‌های اشعه دیده با دوزهای بالا مشاهده می‌شود. فاکتورهایی همچون مقدار چربی و حضور اکسیژن می‌توانند عامل تعیین کننده در واکنش‌های اکسیداسیون چربی در فراورده‌های گوشتی باشند. همچنین اشعه دهی با دوزهای 6 و 8 کیلوگری باعث کاهش معنی‌دار اسید اولئیک، اسید لینولئیک و افزایش اسیدهای چرب ترانس کل در فراورده گوشتی می‌شود. افزایش اسیدهای چرب ترانس توسط اشعه دهی می‌تواند یک مسئله بسیار مهم در به‌کارگیری این تکنولوژی در فراورده‌های گوشتی باشد. با توجه به نتایج به دست آمده از این تحقیق، دوزهای 2 و 4 کیلوگری به‌عنوان بهترین دز برای اشعه دهی به این نوع فراورده پیشنهاد می‌شود. با این حال تحقیقات وسیع‌تر در این زمینه ضروری می‌باشد.

سپاسگزاری

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

• References

1. http://www.iana.ir/tashakkol/item/12580-1.html
2. World Health Organization. High dose irradiation: Wholesomeness of food irradiated with doses above 10kGy. WHO Technical Report Series. 890, Geneva, 9–37. 1999.
3. Lacroix M, Follett P. Combination irradiation treatments for food safety and phytosanitary uses. Stewart Postha Rev. 2015;11(3):1-10.
4. Badr H.M. Use of irradiation to control foodborne pathogens and extend the refrigerated market life of rabbit meat. Meat Sci. 2004;67(4):541–8.
5. Huq T, Vu KD, Riedl B, Bouchard J, Lacroix M. Synergistic effect of gamma (γ)-irradiation and microencapsulated antimicrobials against Listeria monocytogenes on ready-to-eat (RTE) meat. Food micro. 2015;46:507-14.
6. Yousefi MR, Razdari AM. Irradiation'and its Potential to Food Preservation. International J Adv Bio Biomed Res. 2015;3(1):51-4.
7. Lefebvre N, Thibault C, Charbonneau R. Improvement of shelf-life and wholesomeness of ground beef by irradiation. 1. Microbial aspects. Meat Sci. 1992;32:203–13.
8. FAD. Irradiation in the production, processing and handling of food. Fed Regis. 1997;62:64107.
9. Yilmaz I, Geçgel U. Effects of gamma irradiation on trans fatty acid composition in ground beef. Food Control. 2007;18 635–8.
10. Ahvenainen R, Kivikataja RL ,Skytta E. factors affecting the shelf-life of gas and vacuum-packed cooked meat products. Part 2: Vienna sausage. Leb Wiss Techno. 1990 23:130-8.
11. Hannu JK, Bjoroth KJ. Microbiological spoilage and contamination of vacuum-packaged cooked sausages. J Food pro. 1997;60(6):724-31.

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-09]

12. Byun MW, Lee JW, Yook HS, Lee KH, Kim HY. Improvement of shelf stability and processing properties of meat products by gamma irradiation. Rad Phy Chem. 2002;63(3):361-4.

13. Kuo JC, Chen HL. Combination effect of sodium lactate an irradiation on color, lactic acid bacteria, lipid oxidation and residual nitrite in Chinese sausages during storage at 25 ◦C. J Sci Food Agri. 2002;84:3-8.

14. Sommers C. Irradiation of ready-to-eat foods at USDA'S Eastern Regional Research Center-2003 update. Rad Phy Chem. 2004;71(1-2):511-4.

15. Kim I, Jo C, Lee K, Lee E, Ahn D, Kang S. Effects of low-level gamma irradiation on the characteristics of fermented pork sausage during storage. Rad Phy Chem. 2012;81(4):466-72.

16. Ahn HJ, Jo C, Kim JH, Chung YJ, Lee CH, Byun MW. Monitoring of nitrite and N-nitrosamines levels in irradiated pork sausage. J Food Pro. 2002;65:1493-7.

17. Lepine F. Effects of ionizing radiation on pesticides in a food irradiation perspective: A bibliographic review. J Agri Food Chem. 1991 39:2112-8.

18. Villavicencio ALCH, Mancini-Filho J, Delincee H, Greiner R. Effects of irradiation on anti-nutrients (total phenolics, tannins and phytate) in Brazilian beans. Rad Phy Chem. 2000;57:289-93.

19. Lee JW, Kim JH, Yook HS, Kang KO, Lee SY, Hwang HJ, et al. Effects of gamma radiation on the allergenic and antigenic properties of milk proteins. Journal of Food Protection. 2001 64:272–6.

20. Mahfouz A-B, Othman Y. Use of irradiation to control microorganisms and extend the refrigerated market life of chicken sausage. Inno Roma Food Biotech. 2013 13:63-70.

21. Ahn DU, Olson DG, Jo C, Love J, Jin SK. Volatiles production and lipid oxidation on irradiated cooked sausage as related to packaging and storage. J Food Sci. 1999;64:226–9.

22. Ahn DU, Olson DG, Lee JI, Jo C, Wu C, Chen X. Packaging and irradiation effects on lipid oxidation and volatiles in pork patties. J Food Sci. 1998;63:15-9.

23. Igene JO, Yamauchi K, Pearson AM, Gray JI, Aust SD. Evaluation of 2-thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) in relation to warmed-over flavor WOF) development in cooked chicken. J Agri Food Chem. 1985;33:364-7.

24. Jo C, Ahn DU. Fluorometric Analysis of 2-Thiobarbituric Acid Reactive Substances in Turkey. Poul Sci 1998 77:475–80.

25. Brito MS, Villavicencio ALCH, Mancini-filho J. Effects of irradiation on trans fatty acids formation in ground beef. Rad Phy Chem. 2002;63 337-40.

26. 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 Sci. 2007;75 61–70.

27. Folch J, Lees M, Stanley GHS. A simple method for the isolation and purification of total lipides from animal tissues. J Bio Chem. 1957;226:497-509.

28. Animal and vegetable Fats and Oils-Preparation of Methyle Esters of Fatty Acids. Method ISO 5509, (2000).

29. Jo C, Lee JI, Ahn DU. Lipid oxidation, color changes and volatiles production in irradiated pork sausage with diferent fat content and packaging during storage. Meat Sci. 1999;51:355-61.

30. Tarladgis BG, Watts BM, Younathan MT. A distillation method for the quantitative determination of malonaldehyde in rancid foods. J Am Oil Chem Soc. 1960;37:44–8.

31. Thakur BR, Singh RK. Food irradiation. Chemistry and applications. Food Rev Intern. 1994;10(4):437-73.

32. 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 Chem. 2002;76: 299-305.

33. 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;14:7–12.

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

35. Shahidi F, Pegg RB, Shamsuzzaman K. Color and oxidative stability of nitrite-free cured meat after gamma irradiation. J Food Sci. 1991;56:1450–2.

36. Moslemy M, Hosseini H, Khaksar R, Taslimi A, Kafshdouzan K, Shahraz F. Effect of cooking and length of storage on the fatty acid composition and microbial, chemical, and sensory properties of 40%-beef products prepared with soybean. Iranian J Nutri Sci Food Tech. 2010;5(1): 29-38.

37. Visessanguan W, Benjakul S, Riebroy S, Yarchai M, Tapingkae W. Changes in lipid composition and fatty acid profile of Nham, a Thai fermented pork sausage, during fermentation. Food Chem. 2006;94:580-8.

38. Leseigneur-Meynier A, Gandemer G. Lipid composition of pork muscle in relation to the metabolic type of the fibres. Meat Sci. 1991;29:229-41.

39. YÂlmaz I, Geçgel U. Effects of gamma irradiation on trans fatty acid composition in ground beef. Food Control. 2007;18 635–8.

40. Cornforth D. Colour - its basis and importance. In: Pearson AM, Dutson TR, editors. Quality attributes and their measurement in meat. Poul Fish Pro. 1994 34-78.

41. Jo C, Jin SK, Ahn DU. Color changes in irradiated cooked pork sausage with different fat sources and packaging during storage. Meat Sci. 2000;55 107-13.

42. Ahn HJ, Kim JH, Jo C, Lee CH, Byun MW. Effects of gamma irradiation on residual nitrite, residual ascorbate, color, and N-nitrosamines of cooked sausage during storage. Food Control. 2004;15:197-203.

43. Whitburn KD, Shieh JJ, Sellers R, Ho man MZ, Taub IA. Redox transformations in ferrimyoglobin induced by radiation-generated free radicals in aqueous solution. J Bio Chem. 1982;257:1860-9.

44. Nam KC, Ahn DU, Du M, Jo C. Lipid oxidation, color,volatile, and sensory characteristics of aerobically packaged and irradiated pork with different ultimate pH. J Food Sci. 2001;66:1225–8.

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-09]

Effect of Gamma Irradiation on Lipid Oxidation, Fatty Acid Composition and Color of German Sausage

*Abedi A[1], Ferdowsi R[*2], Komeili Fonood R[3], Mohammadi A[4], Hosseini H[5]*

1- Phd 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

*2- *Corresponding author: Assistant prof., Dept. of Food Technology Research, National Nutrition and Food Technology Research Institute, Faculty of Nutrition Sciences and Food Technology, Shahid Beheshti University of Medical Sciences,Tehran, Iran. , Email: drferdousi@sbmu.ac.ir*

3- Dept. of Food Technology Research, National Nutrition and Food Technology Research Institute, Faculty of Nutrition Sciences and Food Technology, Shahid Beheshti University of Medical Sciences,Tehran, Iran

4- Associate prof, Dept. of Food Science and Technology, National Nutrition and Food Technology Research Institute, Faculty of Nutrition and Food Technology, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran

5- prof, Dept. of Food Science and Technology, National Nutrition and Food Technology Research Institute, Faculty of Nutrition and Food Technology, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran

Received 6 Sept, 2015 **Accepted 3 Dec, 2015**

Background and Objectives: Gamma ray has been shown as an effective method to reducing or eliminating microbial contamination of raw and cooked meat products. However, irradiation-induced chemical and sensory changes are important to accept the technology for both the meat industry and consumers. The objective of this study was to determine the effect of gamma-irradiation (0, 2, 4, 6 and 8 kGy) on the fatty acid and lipid oxidation of German sausage during refrigerated storage (4 ^{o}C).

Materials and Methods: German sausage samples were irradiated at 2, 4, 6 and 8 kGy doses. During the storage period at 4 ^{o}C, TBA value and fatty acid profiles were considered.

Results: The TBA value was significantly increased by irradiation at 6 and 8 kGy. Also irradiation at 6 and 8 kGy caused significant decrease of oleic acid and linoleic acid and significant increase of total trans fatty acids in both of these products.

Conclusion: Irradiation at 2 and 4 kGy doses is suggested as the best dose. However, more research in the subject seems necessary.

Keyword: Irradiation, Lipid oxidation, Fatty acid profiles, Sausage

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-09]