مجله علوم و فنون هسته‌ای، دوره ۴۴، شماره ۲، جلد ۱۰۴، تابستان ۱۴۰۲

Journal of Nuclear Science and Technology
Vol. 44 (3), Serial Number 104, 2023

بررسی اثر پرتو گاما بر زمان ماندگاری گوشت چرخ‌کرده‌ی گوساله از تولید تا مصرف

رؤیا رفیعی*، خدیجه قطبی کهن، اعظم اخوان، فرشته سعیدی، رامسینا بت‌عیشو بابرودی

پژوهشکده کاربرد پرتوها، پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، سازمان انرژی اتمی ایران، صندوق پستی: ۳۴۸۶-۱۱۳۶۵، تهران ـ ایران

*Email: rrafiee@aeoi.org.ir

مقاله‌ی پژوهشی

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۰/۹/۱۴ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۱/۳/۷

چکیده

در این تحقیق، اثر پرتودهی با پرتو گاما و کیتوزان بر عمر مصرف گوشت چرخ‌کرده گوساله بررسی شد. قسمتی از نمونه‌ی گوشت با محلول کیتوزان ٪۲ تیمار شد و قسمت دیگر بدون تیمار با کیتوزان با دُزهای ۳، ۵ و ۷ کیلوگری (kGy) در گاماسل پرتودهی شدند. نمونه‌های پرتودهی نشده (کنترل) و نمونه‌های پرتودهی شده از نظر میزان آلودگی میکروبی، خصوصیات کیفی شامل رنگ، بو، خونابه و مشتری‌پسندی (پذیرش کلی) و هم‌چنین پراکسیداسیون چربی بررسی شدند. نتایج نشان داد که هر دو عامل پرتودهی و تیمار با کیتوزان اثر قابل توجهی در کاهش بار میکروبی گوشت شامل کل میکروارگانیسم‌های زنده، باکتری *استافیلوکوکوس اورئوس*، *اشریشیا کلی* و گونه‌های *سالمونلا* در طول دوره‌ی نگه‌داری دارند. خصوصیات کیفی نمونه‌های پرتودهی شده و تیمار شده با کیتوزان اختلاف معنی‌دار با کیفیت نمونه‌های کنترل پرتودهی نشده نداشت. در نهایت، بر اساس حد مجاز پراکسیداسیون چربی، به منظور افزایش عمر مصرف محصول از ۲ روز به ۷ روز در دمای ۴ ˚C، دُز ۳ kGy به عنوان دُز مناسب برای پرتودهی گوشت چرخ‌کرده تعیین شد. همه‌ی اجزاء بسته‌بندی گوشت، مقاومت پرتوی خوبی نسبت به دُز تعیین شده داشتند.

کلیدواژه‌ها: باکتری‌های بیماری‌زا، پرتو گاما، گوشت گوساله، کیتوزان، اکسیداسیون چربی

Investigation of the effect of gamma-ray on the shelf life of minced beef from production to consumption

R. Rafiee*, Kh. Ghotbi-Kohan, A. Akhavan, F. Saeedi, R. Beteshobabrud

Radiation Application Research School, Nuclear Science and Technology Research Institute, AEOI, P.O.Box: 11365-3486, Tehran - Iran

Research Article

Received 5.12.2021, Accepted 28.5.2022

Abstract

In this study, the effect of gamma irradiation and chitosan on the shelf life of minced beef was investigated. A part of the meat sample was treated with a 2% chitosan solution and the other part was irradiated without chitosan at doses of 3, 5, and 7 kGy in the Gamma cell. Non-irradiated samples (controls) and irradiated samples were evaluated for microbial contamination, quality characteristics including color, odor, blood, and customer likelihood (overall acceptability) as well as lipid peroxidation. The results showed that both irradiation and chitosan treatment had a significant effect on reducing the microbial load of the meat, including all living microorganisms, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, and *Salmonella* spp. During the storage period. There were no significant differences in the qualitative characteristics of irradiated and chitosan-treated samples and the non-irradiated control samples. Finally, according to the permissible level of lipid peroxidation, a dose of 3 kGy, was detected as a suitable dose for irradiation of the minced beef to increase its shelf life of it from 2 days to 7 days at 4°C. All meat packing components had good radiation resistance to this dose.

Keywords: Pathogen bacteria, Gamma ray, Beef meat, Chitosan, Lipid peroxidation

۱. مقدمه

ترکیبات متنوع غذایی موجود در گوشت، یک محیط ایده‌آل را برای رشد و تکثیر میکروارگانیسم‌های عامل فساد و بیماری‌زاهای غذازاد ایجاد می‌کنند. بنابراین، باید روش‌های نگه‌داری مناسب برای حفظ ایمنی و کیفیت گوشت اتخاذ شود. عواملی که نیمه‌عمر گوشت و کیفیت آن را تحت تأثیر قرار می‌دهند شامل دما، اکسیژن اتمسفری، آنزیم‌های اندوژنوس، رطوبت، نور و از همه مهم‌تر میکروارگانیسم‌ها هستند. همه‌ی این فاکتورها به تنهایی یا به همراه هم می‌توانند باعث تغییرات نامطلوب در رنگ، بو، بافت و طعم گوشت شوند. رشد میکروبی به مراتب مهم‌ترین فاکتور در رابطه با حفظ کیفیت گوشت تازه می‌باشد [۱]. حضور باکتری‌های بیماری‌زا شامل *E. coli*، *S.aureus* و *Salmonella spp.* در گوشت می‌تواند منجر به بیماری و حتی مرگ انسان شود. این عوامل بیماری‌زا به ویژه می‌توانند در حین چرخ کردن گوشت از طریق ماشین چرخ گوشت آن را آلوده کنند [۲].

در سال ۱۹۸۱، کمیته‌ای متشکل از سه سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد (FAO)، سازمان بین‌المللی انرژی اتمی (IAEA) و سازمان جهانی بهداشت (WHO) پرتودهی محصولات غذایی را با پرتو گاما تصویب کردند. در سال ۱۹۹۷، تصویب پرتودهی گوشت توسط سازمان FAO باعث جلب اعتماد بیش‌تر مصرف‌کنندگان و تمایل به متمرکز شدن صنعت بر حفظ کیفیت و امنیت مواد غذایی شد. در حال حاضر ۲۶ کشور از جمله بلژیک، فرانسه، چین، اندونزی، ویتنام و آمریکا از این فرایند در مقیاس تجاری استفاده می‌کنند [۳].

WHO و FAO پرتودهی با دُز کم‌تر از ۱۰ kGy را به عنوان یک روش برای نگه‌داری همه انواع محصولات غذایی اصلی تصویب کردند. دز بیشینه ۱۰ kGy بیان‌گر مقدار کمی انرژی معادل با انرژی مورد نیاز برای افزایش دمای یک گرم آب به میزان ۲٫۴ °C می‌باشد و باعث حفظ تازگی و کیفیت غذایی گوشت و محصولات گوشتی در مقایسه با روش‌های حرارتی می‌شود. از آن‌جا که تیمار پرتودهی باعث از بین رفتن تیامین (یکی از ویتامین‌های دارای پایداری کم) نمی‌شود اثرات نامطلوب بر گوشت ندارد. از طرف دیگر، مزیت پرتودهی مواد غذایی با اشعه یونیزان (یون‌ساز) شامل غیرفعال‌سازی بسیار مؤثر باکتری‌ها با حداقل تغییرات شیمیایی محصول است و این که محصول می‌تواند در ظروف بسته‌بندی شده نیز تیمار شود [۱].

رنگ گوشت تازه پرتودهی شده می‌تواند به علت اکسیداسیون لیپیدی (چربی) و حساسیت ذاتی مولکول میوگلوبین آن نسبت به انرژی پرتو و تغییرات محیط شیمیایی تغییر کند. بر اساس بررسی اثرات پرتودهی با اشعه یونیزه‌کننده بر رنگ گوشت، پیشنهاد شده است که حفظ رنگ ایده‌آل گوشت در خلال پروسه‌ی پرتودهی می‌تواند با تغذیه دام با ترکیبات مختلف آنتی‌اکسیدان قبل از ذبح، تغییر شرایط گوشت قبل از پرتودهی مثل تغییر pH، افزودن مستقیم آنتی‌اکسیدان‌ها به محصول و کنترل دما و بسته‌بندی تشدید شود [۴]. ترکیبات طبیعی از جمله اسانس‌ها، کیتوزان، نایسین و لیزوزیم به منظور تهیه‌ی یک محصول سالم جایگزین نگه‌دارنده‌های شیمیایی مواد غذایی شده‌اند و به عنوان یک برچسب سبز برای مصرف‌کنندگان قلمداد می‌شوند [۱]. زمانی که پرتودهی گاما با افزودن مواد ضدمیکروبی و آنتی‌اکسیدان توأم شود، کارایی بیش‌تری خواهد داشت و این امر می‌تواند منجر به کاهش دُز پرتودهی مورد نیاز شود [۳].

کاربرد کیتوزان در محصولات صنایع غذایی در سال ۲۰۰۱ توسط FDA تصویب شده است و مطالعات زیادی در رابطه با استفاده از آن به عنوان نگه‌دارنده در محصولات گوشتی مختلف با مقادیر مختلف تا حداکثر ۳٪ صورت گرفته است. طی مطالعات متعدد، خواص آنتی‌اکسیدانی و ضدمیکروبی کیتوزان در محصولات ماهیچه‌ای تأیید شده است و کاربرد تجاری کیتوزان در صنایع غذایی رو به افزایش می‌باشد. کیتوزان یک پلی ساکارید است که از طریق حذف استیل از کیتین که یکی از فراوان‌ترین پلیمرهای طبیعی در موجودات زنده مثل خانواده خرچنگ، حشرات و قارچ‌ها است، تهیه می‌شود. کیتوزان خاصیت ضد میکروبی وسیع‌الطیف علیه باکتری‌های گرم مثبت و منفی و هم‌چنین قارچ‌ها دارد که شدت آن بسته به میزان داستیله شدن و پلیمریزه شدن، ماهیت باکتری و شرایط محیطی مثل pH، دما و ترکیب غذایی متفاوت می‌باشد [۵-۷].

۲. مواد و روش‌ها

۱.۲ آماده‌سازی و پرتودهی نمونه‌های گوشت

نمونه‌ی گوشت چرخ کرده با برند تجاری حاوی ۲۴ درصد چربی خریداری شد و برای هر دُز پرتودهی مورد آزمون یک بسته‌ی ۳۰۰ گرمی تهیه شد. آماده‌سازی نمونه‌ی گوشت برای آزمون میکروبی قبل و بعد از پرتودهی مطابق با استاندارد ملی ISIRI ۸۹۲۳-۲ انجام شد [۸]. برخی نمونه‌ها با محلول ۲٪ کیتوزان تیمار شدند. بدین‌ترتیب که نمونه‌ی گوشت به مدت ۲

دقیقه در محلول کیتوزان غوطه‌ور شد و سپس به مدت ۳۰ دقیقه در زیر هود لامینار خشک شد [۶]. پرتودهی نمونه‌ها با دُز ۳ kGy، ۵ kGy و ۷ kGy در پرتودهنده تحقیقاتی گاما مدل GC-۲۲۰ کالیبره شده با دُزیمتر استاندارد مرجع فریک، انجام شد و زمان پرتودهی بر اساس آهنگ دُز جذبی حدود ۱٫۲۰ Gy/s و دُز گذار ۵٫۱۳ Gy تعیین شد. بسته‌ها از ابتدا تا انتهای پروژه در دمای ۴ °C (یخچال) نگه‌داری شدند.

۲.۲ آزمون‌های میکروبی

کلیه‌ی آزمون‌های میکروبی نمونه‌های شاهد و پرتودهی شده و هم‌چنین نمونه‌ی تیمار شده با کیتوزان پرتودهی نشده و پرتودهی شده، مطابق با دستورالعمل‌های استاندارد ملی ISIRI ۲۳۹۴ برای هر نوع میکروارگانیسم مربوط به گوشت چرخ‌کرده انجام شد [۹] و نتایج بر اساس حد مجاز میکروارگانیسم‌های مورد نظر که در این استاندرد ذکر شده است، تفسیر شد. از باکتری‌های استاندارد *E. coli* ATCC ۲۵۹۲۲، *Salmonella enterica* ATCC ۱۴۰۲۸ و *S. aureus* ATCC ۲۵۹۲۳ به عنوان کنترل در آزمون‌ها استفاده شد.

آزمون‌های میکروبی شمارش کلی میکروارگانیسم‌ها مطابق با استاندارد ملی ۲۰۱۵ :۱-۵۲۷۲ INSO [۱۰] با استفاده از روش کشت آمیخته و جداسازی و شناسایی باکتری‌های بیماری‌زا شامل *S. aureus*، *E. coli* و *Salmonella* spp. به ترتیب مطابق با استانداردهای ملی ۱-۶۸۰۶ ISIRI، ISIRI ۲۹۴۶ و ۱-۱۸۱۰ INSO انجام شد [۱۱-۱۳]. در رابطه با باکتری‌های بیماری‌زا به‌طور خلاصه، باکتری *S. aureus* بر اساس جداسازی روی محیط کشت بردپارکر آگار Baird-Parker agar (Merck، آلمان) حاوی امولسیون زرده‌ی تخم‌مرغ egg yolk tellurite (Ibresco، ایران) و هم‌چنین بر اساس نتایج آزمون کوآگولاز coagulase (Liofilchem، ایتالیا) شناسایی شد. *E. coli* با استفاده از روش بیش‌ترین تعداد احتمالی و آزمایشات بیوشیمیایی استاندارد از طریق کشت بر روی محیط‌های جامد مثل ائوزین متیلن بلو (EMB) (Merck، آلمان) انجام شد. شناسایی *Salmonella* spp.، طی سه مرحله‌ی پیش‌غنی‌سازی در محیط غیرانتخابی آب پپتون بافری (BPW) (Merck، آلمان)، غنی‌سازی در محیط‌های انتخابی راپاپورت‌واسیلیادیس حاوی سویا (RVS broth) (Liofilchem، ایتالیا) و مولر- کافمن‌تتراتیونات‌نووبیوسین (MKTTn broth) (Merck، آلمان) و کشت در محیط جامد گزیلوزلایزین‌دزوکسی‌کولات‌آگار (XLD agar) (Merck، آلمان) انجام شد.

۳.۲ بررسی کیفی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی نمونه‌های گوشت

ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی نمونه‌های گوشت شامل رنگ ظاهری، رایحه، وجود خونابه و مشتری‌پسندی توسط مجموعه‌ای متشکل از ۱۰ نفر از همکاران محترم پژوهشکده کاربرد پرتوها مورد ارزیابی قرار گرفت. به منظور کمّی‌سازی پارامترهای حسی و ظاهری گوشت، داده‌ها با معیار سیستم نمره‌دهی هدونیک (نمره ۱ خیلی بد و نمره ۵ خیلی خوب) کدگذاری شده و سپس آنالیز شدند.

۴.۲ تعیین میزان اکسیداسیون لیپیدی در اثر پرتو

میزان اکسیداسیون لیپیدی در نمونه‌های گوشت بر اساس اندازه‌گیری مقادیر تیوباربیتوریک‌اسید (TBARS) تعیین شد [۱۴]. برای عصاره‌گیری، مقدار ۱۰ g گوشت با ۳۰ ml از محلول ٪۷٫۵ تری‌کلرواستیک‌اسید (TCA) هموژنیزه شد. بعد از فیلتراسیون با کاغذ واتمن شماره‌ی ۴، ۵ ml از عصاره با ۵ ml محلول ۰٫۰۲ M TBA مخلوط شد و به مدت ۳۵ دقیقه در بن‌ماری ۱۰۰ °C قرار داده شد. پس از قرار دادن نمونه‌ها به مدت ۱۰ دقیقه در آب سرد، جذب نوری آن‌ها به وسیله‌ی دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۳۲ nm در برابر محلول شاهد (حجم مساوی از آب مقطر و محلول TBA) تعیین شد.

میزان TBARS با سه تکرار برای هر نمونه، بر اساس mg مالون‌دی‌آلدیید در kg نمونه با استفاده از منحنی استاندارد تهیه شده با ۳،۳،۱،۱- تتراتوکسی‌پروپان (TEP) گزارش شد.

۵.۲ بررسی مقاومت پرتوی بسته‌بندی گوشت

مقاومت پرتوی پوشش‌های بسته‌بندی تجاری گوشت براساس تعیین طیف با روش اسپکتروسکوپی مادون قرمز (FT-IR) با دستگاه TENSOR ۲۷ FTIR برند Bruker امریکا بررسی شد.

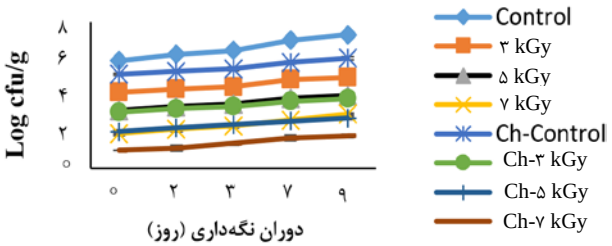
۶.۲ آنالیز آماری

آنالیز آماری داده‌ها با نرم‌افزار IBM SPSS Statistics ۲۵ انجام شد. در همه‌ی موارد، مقایسه‌ی میانگین‌ها و بررسی وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارها با استفاده از آنالیز ANOVA یک‌طرفه و دو طرفه و محل اختلاف بر اساس برابری یا نابرابری واریانس داده‌ها بر اساس آنالیزهای Post Hoc انجام شد.

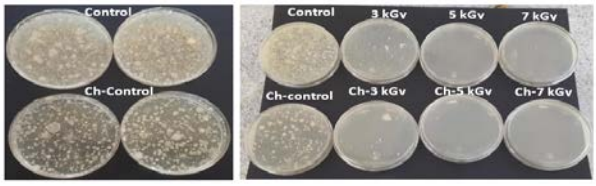
۳. نتایج و بحث

۱.۳ رنگ‌آمیزی و نتایج آزمون شمارش کلی باکتری‌ها

در رنگ‌آمیزی سوسپانسیون نمونه‌ی گوشت پرتودهی نشده (شاهد) با روش گرم، حضور انواع باکتری‌های گرم مثبت و گرم منفی و هم‌چنین حضور مخمرها مشخص شد. نتایج آزمون شمارش کلی نشان داد که بین میزان بار میکروبی نمونه‌های پرتوندیده (شاهد) و نمونه‌های پرتودهی شده با دُزهای ۳ kGy، ۵ kGy و ۷ kGy در هر گروه تیمار شده و نشده با کیتوزان در طول دوره‌ی نگه‌داری گوشت در ۴ °C، اختلاف معنی‌دار وجود دارد ($p<0/05$) (شکل ۱ و ۲). این کاهش می‌تواند به اثرات مهارکنندگی کیتوزان بر باکتری‌های فاسدکننده ماده‌ی غذایی نسبت داده شود. Darmadji و Izuminot اثرات کاهشی غلظت ۱٪ کیتوزان به میزان ۲-۱ log cfu/g را بر پیراشکی گوشت چرخ‌کرده در یک دوره‌ی نگه‌داری ۱۰ روزه در ۴ °C را گزارش نمودند [۱۵]. مکانیسم عملکرد کیتوزان بر باکتری‌های گرم منفی، تخریب لایه‌ی پلی‌ساکاریدی غشاء خارجی باکتری [۱۶، ۱۷] و فعالیت آن علیه باکتری *S. aureus* اتصال این پلی‌کاتیون به غشاء سلولی و افزایش نفوذپذیری غشاء و به نوبه‌ی آن نشت محتویات سلولی ذکر شده است [۱۸]. به طور کلی، هر سه دُز پرتو گاما و تیمار با کیتوزان تأثیر بسیار خوبی بر کاهش بار میکروبی اولیه شامل باکتری‌ها و مخمرهای موجود در نمونه‌های گوشت داشته و در حفظ کیفیت میکروبی در حد پایین‌تر از استاندارد (cfu/g ۵×۱۰۶-۵×۱۰۵) در دوره‌ی ذخیره نقش بسزایی داشتند.



شکل ۱. نمودار تعداد کل باکتری‌ها در نمونه‌های گوشت در دوران نگه‌داری در ۴°C. Control: نمونه‌ی پرتودهی نشده (شاهد).



(ب) (الف)

شکل ۲. نمایی از پلیت‌های شمارش کلی میکروارگانیسم‌ها در روز صفر دوره‌ی نگه‌داری گوشت. الف) پلیت شاهد و تیمارهای مختلف نشان داده شده است. ب) اثر ضد میکروبی قابل ملاحظه‌ی کیتوزان در مقایسه با نمونه‌ی شاهد (فاقد کیتوزان) مشهود است.

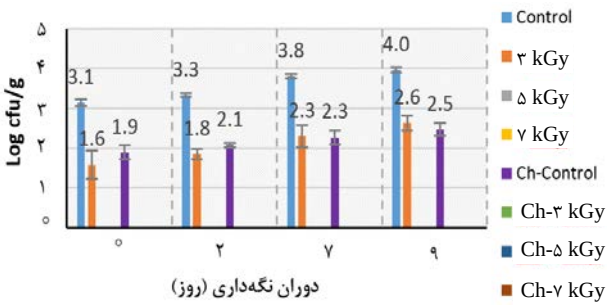
۲.۳ نتایج آزمون شناسایی و شمارش باکتری‌های بیماری‌زا

باکتری‌های *S. aureus* کوآگولاز مثبت فقط در نمونه‌های شاهد و نمونه‌ی پرتودهی شده با دُز ۳ kGy حضور داشتند. طبق نتایج آنالیز آماری، تعداد این باکتری در دو نمونه‌ی Ch-control و ۳ kGy اختلاف معنی‌دار نداشت ($p>0/05$). اما اختلاف این دو نمونه با نمونه‌ی شاهد Control معنی‌دار بود ($p<0/05$). تعداد این باکتری در نمونه‌های شاهد Ch-control و ۳ kGy تا پایان دوره‌ی ۹ روزه‌ی نگه‌داری گوشت به ترتیب به ۳۱۲ cfu/g و ۴۶۲ cfu/g رسید که پایین‌تر از حد مجاز استاندرد (cfu/g ۵×۱۰۳-۵×۱۰۲) است (شکل ۳). حضور *S. aureus* در نمونه‌ی پرتودهی شده با دُز ۳ kGy، صرف‌نظر از فاکتورهای متعددی مثل بالا بودن بار میکروبی اولیه محصول، به نحوی نشان داد که مطابق با اطلاعاتی که در اسناد معتبر قید شده است باکتری‌های گرم مثبت به علت ماهیت دیواره‌ی سلولی که محتوای چربی کم‌تری دارد مقاومت پرتوی بیش‌تری در مقایسه با باکتری‌های گرم مثبت دارند [۱۹، ۲۰]. تعداد این باکتری در نمونه‌ی شاهد Control به بیش از حد مجاز استاندارد در روز ۷ و ۹ به ترتیب به ۶۳۷۵ cfu/g و ۶۳۷۵ cfu/g رسید. این افزایش در نمونه‌ی شاهد تیمار شده با کیتوزان با روند کندتری انجام شد که نشان‌دهنده‌ی مهار رشد باکتری در حضور کیتوزان است.

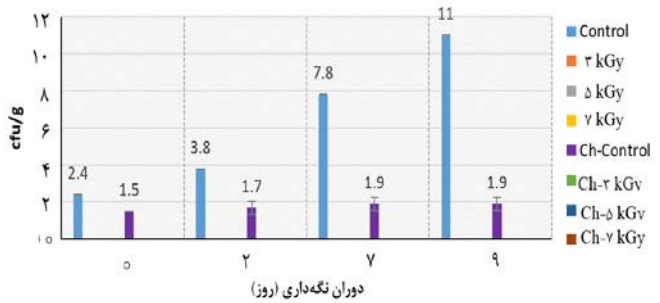
خاصیت مهارکنندگی کیتوزان بر باکتری‌های *S. aureus* و *E. coli* و *Salmonella* spp. نیز گزارش شده است [۲۱-۲۳]. دهناد و همکاران، خواص ضد میکروبی نانوکامپوزیت‌های کتیوزان- نانوسلولز بر این سه باکتری و هم‌چنین اثر نانوکامپوزیت بر افزایش عمر مصرف گوشت چرخ‌کرده را گزارش داده‌اند [۲۴].

باکتری *E. coli* فقط در دو نمونه‌ی شاهد پرتودهی نشده با اختلاف معنی‌دار ($p<0/05$). حضور داشت. تعداد این باکتری در نمونه‌های پرتودهی نشده در پایان دوره‌ی نگه‌داری گوشت به ترتیب ۱۱ cfu/g و ۱/۹ cfu/g بود که از حد مجاز استاندارد (cfu/g ۵×۱۰۲-۵×۱۰۱) پایین‌تر بود (شکل ۴). Cap و همکاران از پرتو گاما با دُز پایین برای از بین بردن باکتری *E. coli* در محصولات گوشت گوساله استفاده کرده‌اند [۲۵].

باکتری *Salmonella* فقط در دو نمونه‌ی شاهد پرتودهی نشده حضور داشت (جدول ۱). طبق حد مجاز استاندارد، این باکتری نباید در گوشت چرخ‌کرده موجود باشد و پرتودهی در تحقق این امر نقش مهمی را ایفا کرد.



شکل ۳. نمودار تعداد باکتری *S. aureus* در نمونه‌های گوشت شاهد و تیمارهای مختلف در دوران نگه‌داری در ۴°C.



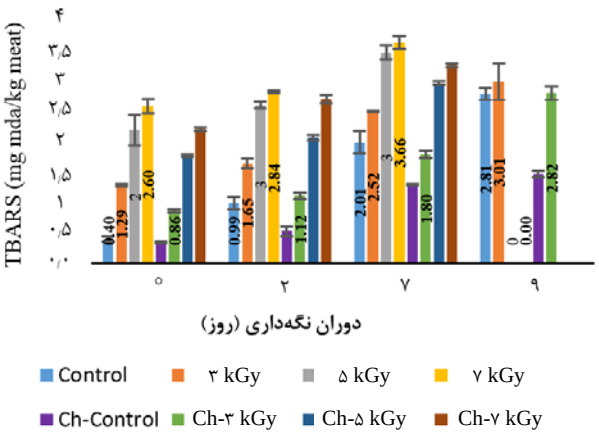
شکل ۴. نمودار تعداد باکتری *E. coli* در نمونه‌های گوشت در دوران نگه‌داری در ۴ °C.

جدول ۱. نتایج بررسی حضور باکتری *Salmonella* spp. در نمونه‌های گوشت

روز / تیمار	Control	۳ kGy	۵ kGy	۷ kGy	Ch-control	Ch-۳ kGy	Ch-۵ kGy	Ch-۷ kGy
۰	+	−	−	−	+	−	−	−
۲	+	−	−	−	+	−	−	−
۷	+	−	−	−	+	−	−	−
۹	+	−	−	−	+	−	−	−

۳.۳ نتایج تعیین میزان اکسیداسیون لیپیدی نمونه‌ها

مقادیر اندازه‌گیری شده‌ی TBARS بر اساس منحنی استاندارد (شکل منحنی نمایش داده نشده است) به صورت میزان مالون‌دی‌آلدیید برحسب mg/kg گوشت در نمونه‌ها در شکل ۵ نشان داده شده است. بر اساس نتایج آماری، میزان TBARS در نمونه‌های تیمار شده با کیتوزان در مقایسه با نمونه‌های تیمار نشده اختلاف معنی‌دار وجود داشت ($p<۰/۰۵$). به طور کلی، مقادیر TBA به طور تدریجی در دوره‌ی نگه‌داری گوشت افزایش یافت. در واقع، فسفولیپیدهای موجود در ماهیچه‌ی گوشت، سوبسترای ایده‌آلی برای پراکسیداسیون چربی هستند و آهن‌های متصل به فسفولیپیدها که پراکسیداسیون را ترغیب می‌کنند باعث تولید بوی نامطبوع در گوشت می‌شوند [۲۶، ۲۷]. میزان اولیه و مقادیر افزایشی TBARS در تحقیقات مختلف بسته به نوع و ماهیت ترکیبات گوشت چرخ‌کرده متفاوت است. در این تحقیق، میزان TBARS نمونه‌ی شاهد تیمار شده با کیتوزان در مقایسه با نمونه‌ی شاهد تیمار نشده با کیتوزان بعد از روز صفر به طور معنی‌دار ($p<۰/۰۵$) کاهش یافت. تحقیقات زیادی در رابطه با اثر کیتوزان و سایر ترکیبات آنتی‌اکسیدان در کاهش اکسیداسیون لیپیدی انجام شده است [۲۸، ۲۹]. این نتیجه نشان داد که کیتوزان در مهار اکسیداسیون چربی طبیعی به ویژه افزایش میزان اکسیداسیون ناشی از پرتودهی گوشت مؤثر است. خاصیت آنتی‌اکسیدانی کیتوزان با قابلیت آن در شلاته‌کردن آهن حاصل از تجزیه میوگلوبین و تشکیل ترکیب پایدار با آلدیدهای فرّار مثل مالون‌دی‌آلدیید حاصل شده از تجزیه‌ی چربی در حین ذخیره‌ی گوشت ارتباط دارد [۳۰، ۳۱]. نتایج به دست آمده از این آزمون با نتایج تحقیقات مشابه مطابقت داشت. Kanatt و همکاران، اثر کیتوزان بر کاهش اکسیداسیون چربی در محصولات گوشتی آماده‌ی پخت از جمله گوشت چرخ‌کرده گزارش داده‌اند [۶]. Trindade و همکاران نیز اثر سایر ترکیبات آنتی‌اکسیدان مثل عصاره رزماری را بر کاهش اکسیداسیون لیپیدی ناشی از پرتو گاما را در گوشت برگر گوساله گزارش داده‌اند [۳۲].



شکل ۵. نمودار تغییر اکسیداسیون لیپیدی گوشت در دوران نگه‌داری در ۴°C. مقدار عددی ۰ در داده‌ها به منزله‌ی عدم انجام آزمون است به این علت که میزان TBARS نمونه در حد مجاز نبوده است.

۴.۳ نتایج بررسی ویژگی‌های کیفی

رنگ نمونه‌های پرتودهی شده در ساعات اولیه تیره شد اما بعد از چند ساعت رنگ آن‌ها تغییر کرده و توسط کارشناسان قابل تشخیص نبودند. این تغییر رنگ بدین علت است که زمانی که گوشت فرآوری شده در معرض اکسیژن قرار می‌گیرد، اکسیژن با میوگلوبین موجود در گوشت که عامل اصلی رنگ قرمز گوشت است ترکیب شده و رنگدانه‌ی اکسی‌میوگلوبین تشکیل می‌شود که دارای رنگ قرمز روشن‌تری نسبت به میوگلوبین است [۳۳].

نتایج بررسی صفات کیفی رنگ، بو، خونابه و مشتری‌پسندی نمونه‌های گوشت در شکل ۶ نشان داده شده است. بر اساس آنالیز آماری، بین نمونه‌های تیمار شده و نمونه‌های شاهد اختلاف معنی‌دار وجود نداشت ($p>۰/۰۵$). این نتیجه با نتایج حاصل از تحقیقاتی که توسط Kanatt و همکاران [۶] بر محصولات گوشتی انجام شده و تحقیقاتی که توسط حسن‌زاده و همکاران [۳۳] بر گوشت مرغ انجام شده است، مطابقت داشت.

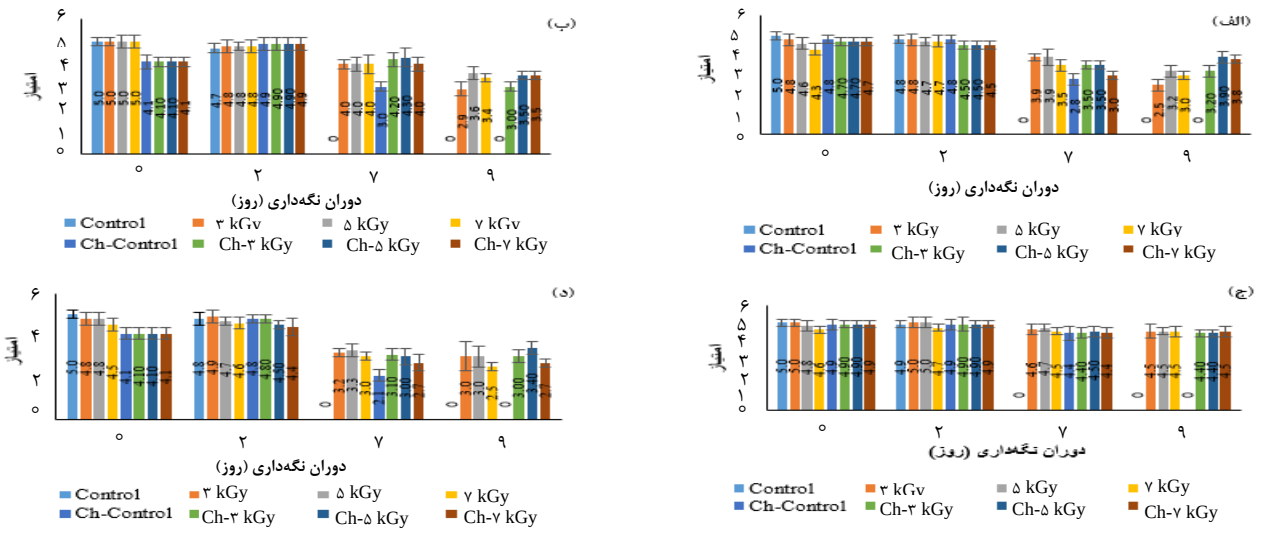
هم‌چنین Yingyuad و همکاران [۳۴] و Rao و همکاران [۳۵] گزارش دادند که استفاده از پوشش کیتوزان به تنهایی و یا همراه با پرتودهی در شرایط نگه‌داری گوشت خوک و گوسفند در دمای ۴ °C می‌تواند مانع از تغییرات رنگ گوشت شود. Fan و همکاران [۳۶] و Sathivel و همکاران [۳۷] نتایج مشابهی را در استفاده از پوشش کیتوزان بر روی انواع ماهی به نتایج گزارش داده‌اند.

۵.۳ نتایج تحلیل واریانس

بر اساس نتایج تحلیل واریانس دوطرفه که در جدول ۲ نشان داده شده است، اثر متقابل بین دُز پرتودهی و زمان نگه‌داری، بین دُز پرتودهی و تیمار با کیتوزان، بین زمان نگه‌داری و تیمار با کیتوزان و نهایتاً بین زمان نگه‌داری، دُز پرتودهی و تیمار با کیتوزان و هم‌چنین اثر عوامل فوق به تنهایی بر میانگین تعداد کل باکتری‌ها، باکتری *S. aureus* و *E. coli* دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشد نتایج تحلیل واریانس در جدول ۲ قید شده است.

۶.۳ بررسی مقاومت پرتوی بسته‌بندی گوشت

با توجه به طیف حاصل از اسپکتروسکوپی مادون قرمز (FT-IR) نوع پلیمر سه جزء پوشش بسته‌بندی شامل ظرف، کاغذ زیرین و کاور پلاستیکی به ترتیب پلی‌اتیلن ترفنلات (PET)، کاغذ و پلی وینیل کلراید (PVC) تشخیص داده شد (طیف‌ها نشان داده نشده است). تفاوت ناچیز نتایج طیف مادون قرمز برای دُزهای مختلف ۳ kGy، ۵ kGy و ۷ kGy نشان داد که تغییر قابل ملاحظه‌ای در اجزاء پوشش ایجاد نشده است. از آن‌جا که نتایج پژوهشگران نیز نشان داده است که در پرتودهی محصولات در صورت پایین بودن میزان دُز تغییر چندانی در خواص پوشش‌های بسته‌بندی ایجاد نمی‌شود [۳۸]، می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که پلیمرهای مورد استفاده برای بسته‌بندی گوشت در دُزهای پرتودهی شده گوشت از مقاومت پرتویی مناسب برخوردار هستند.



شکل ۶. نمودار کیفیت نمونه‌های گوشت در دوران نگه‌داری در ۴°C. (الف) رنگ (ب) بو، (ج) خونابه و (د) مشتری‌پسندی. در رابطه با هر چهار صفت کیفی، صفات کیفی نمونه‌های پرتودهی شده و تیمار شده با کیتوزان در دوران نگه‌داری با صفات کیفی نمونه‌ی شاهد (گوشت بدون تیمار با کیتوزان و پرتودهی نشده) تفاوت معنی‌دار نداشت. صفات کیفی نمونه‌های شاهد پرتودهی نشده از روز هفتم به بعد نامطلوب شد. مقدار عددی صفر در داده‌های نمودار به منزله‌ی عدم انجام آزمون است به این علت که ویژگی کیفی نمونه در کم‌ترین مقدار بوده است.

جدول ۲. تحلیل واریانس آزمون‌های میکروبی گوشت

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات کل باکتری ها	درجه آزادی	میانگین مربعات *S. aureus*	درجه آزادی	میانگین مربعات *E. coli*
دُز پرتودهی	۳	۱۲۵٫۲۸۴**	۳	۵۸٫۳۷۸ **	۳	۹۴٫۰۱۶ **
زمان نگه‌داری	۴	۴٫۲۹۲ **	۳	۰٫۵۶۷ **	۳	۸٫۶۶۴ **
کیتوزان	۱	۴۶٫۲۰۲ **	۱	۲۴٫۶۴۴ **	۱	۲۳٫۸۹۱ **
دُز پرتودهی* زمان نگه‌داری	۱۲	۰٫۰۴۳ **	۹	۰٫۲۱۰ **	۹	۸٫۶۶۴ **
دُز پرتودهی* کیتوزان	۳	۰٫۰۷۴ **	۳	۸٫۹۵۶ **	۳	۲۳٫۸۹۱ **
زمان نگه‌داری* کیتوزان	۴	۰٫۰۷۶ **	۳	۰٫۱۵۷ **	۳	۷٫۵۱۷ **
زمان نگه‌داری*دُز پرتودهی* کیتوزان	۱۲	۰٫۰۱۸ **	۹	۰٫۷۲۰ **	۹	۷٫۵۱۷ **
خطا	۱۲۰	۰٫۰۰۴	۹۶	۰٫۰۰۷	۹۶	۰٫۰۱۲
ضریب تغییرات (٪)		۱٫۷		۸٫۵		۱۲٫۸

** نشان‌دهنده‌ی اختلاف معنی‌دار آماری در سطح احتمال ۱ درصد است.

۴. نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان داد که پرتودهی با پرتو گاما و تیمار با کیتوزان در کاهش آلودگی میکروبی، حفظ کیفیت و افزایش عمر گوشت چرخ‌کرده از ۲ روز (تاریخ انقضاء قید شده روی بسته‌بندی تجاری ۴۸ ساعت می‌باشد) به ۷ روز در دمای ۴ °C نقش بسزایی دارند. از آن‌جا که حد بحرانی مجاز مالون‌دی‌آلدیید ۳ mg/kg ذکر شده است [۳۹، ۴۰] و مطابق با حدود استاندارد ملی ۲۳۴۹ ISIRI و نتایج تحقیق حاضر، فقط نمونه‌های پرتودهی شده با دُز ۳ kGy برای مصرف مجاز می‌باشند. در تحقیقی که توسط رحیمی و همکاران انجام شده است بدون بررسی میزان TBARS و خصوصیات کیفی، دُز مناسب برای پرتودهی گوشت چرخ‌کرده بر اساس آمار میکروبی ۵ kGy تعیین شده است [۴۱].

بر اساس نتایج پروژه، می‌توان تمهیداتی را برای پرتوفرآوری گوشت چرخ‌کرده با تضمین ایمنی و کیفیت و هم‌چنین افزایش طول‌عمر آن به بیش از ۴۸ ساعت از تولید تا مصرف فراهم نمود که به نوبه‌ی آن صنعت پرتوفرآوری محصولات گوشتی در کشور گسترش یافته و ضررهای اقتصادی صنعت گوشت به علت کوتاه بودن عمر محصولات گوشتی به ویژه گوشت چرخ‌کرده کاهش خواهد یافت. هم‌چنین، نتایج این تحقیق از طریق آشکارسازی اهمیت روش پرتودهی گاما به عنوان روش ایمن و قابل اطمینان در تولید محصولات غذایی ایمن و هم‌چنین امکان گسترش مرکز پرتودهی در کارخانجات تولیدکننده محصولات گوشتی می‌تواند بر توسعه علمی و فن‌آورانه کشور تأثیرگذار باشد.

تشکر و قدردانی

نویسنده مراتب تشکر خود را از خانم وجیهه نیک‌فرجام و آقایان حسن اکبری، ابراهیم زرین و اکبر سلیمانی برای همکاری در انجام پروژه، اعلام می‌دارد.

مراجع

1. G.H. Zhou, et al., *Preservation technologies for fresh meat – A review*, Meat Science., **86**, 119–128 (2010).
2. O.S. Papadopoulou, et al., *Transfer of foodborne pathogenic bacteria to non-inoculated beef fillets through meat mincing machine*, Meat Science., **90**, 865–869 (2012).
3. Tanzina Huq, et al., *Synergistic effect of gamma (γ)-irradiation and microencapsulated antimicrobials against Listeria monocytogenes on ready-to-eat (RTE) meat*, *Food Microbiology*, **46**, 507-514 (2015).
4. S. Brewer, *Irradiation effects on meat color – a review*, Meat Science., **68**, 1–17 (2004).
5. S.P. Suman, et al., *Chitosan inhibits premature browning in ground beef*, Meat Science, **88**, 512–516 (2011).
6. S.R. Kanatt, et al., *Effects of chitosan coating on shelf-life of ready-to-cook meat products during chilled storage*, LWT - Food Science and Technology, **53**, 321-326 (2013).
7. H.K.V. Prashanth, R.N. Tharanathan, *Chitin/chitosan: modifications and their unlimited application potential-an overview*, Trends in Food Science and Technolog, **18**, 117-131 (2007).
8. ISIRI, *Microbiology of food and animal feeding stuffs – Preparation of test samples, initial suspension and decimal dilutions for microbiological examination- Part 2: specific rules for the preparation of meat and meat products Document number*, 8923-2, 1st.Edition. Institute of Standards and Industrial Research of Iran, Islamic Republic of Iran (2006). (In Persian).
9. ISIRI, *Microbiology red meat - Carcasses, minced red meat - Specifications and test methods. Document number*, 2394, 1st. Edition, Institute of Standards and Industrial Research of Iran, Islamic Republic of Iran (2007) (In Persian).
10. ISIRI, *Microbiology of the food chain —Horizontal method for the enumeration of microorganisms — Part 1: Colony count at 30°C by the pour plate technique. Document number*, 5272-1, 1st. Edition. Institute of Standards and Industrial Research of Iran, Islamic Republic of Iran (2015) (In Persian).
11. ISIRI, *Microbiology of food and animal feeding stuffs – Enumeration of coagulase – Positive staphylococci (staphylococcus aureus and other species) – Test method Part 1: Technique using baird – parker agar medium. Document number*, 6806-1, 1st.Edition. Institute of Standards and Industrial Research of Iran, Islamic Republic of Iran (2005) (In Persian).
12. ISIRI, *Microbiology of food and animal feeding stuffs -Detection and enumeration of presumptive Escherichia coli -Most probable number technique. Document number*, 2946, second revision: Institute of Standards and Industrial Research of Iran, Islamic Republic of Iran (2005) (In Persian).
13. INSO, *Microbiology of the food chain-Horizontal method for the detection, enumeration and serotyping of Salmonella- Part 1: Detection of Salmonella spp. Document number*, 1810-1, 1st.Edition. Institute of Standards and Industrial Research of Iran, Islamic Republic of Iran (2019) (In Persian).

14. F.M.A. Rehab, *Antioxidative effects of pomposia extract, on lipid oxidation and quality of ground beef during refrigerated storage*, American Journal of food Technology, **6 (1)**, 52–62 (2011).
15. P. Darmadji, M. Izumimoto, *Effect of chitosan in meat preservation*, Meat Science, **38**, 243-254 (1994).
16. I.M. Helander, et al., *Chitosan disrupt the barrier properties of the outer membrane of gram negative bacteria*, International Journal of Food Microbiology, **7**, 235-244 (2001).
17. H. Nikaido, *Outer membrane, In F. C. Neidhardt (Ed.), Escherichia coli and Salmonella*, Cellular and Molecular Biology, **1**, 29-47 (1996).
18. Y. Tao, L. Qian, J. Xie, *Effect of chitosan on membrane permeability and cell morphology of Pseudomonas aeruginosa and Staphyloccocus aureus*, Carbohydrate Polymers, **86**, 969-974 (2011).
19. K. Jayathilakan, K. Sultana, M.C. Pandey, *Radiation processing: an emerging preservation technique for meat and meat products*, Defence Life Science Journal, **2(2)**, 133–41 (2017).
20. A. Thiemo, et al., *Physical Methods for the Decontamination of Meat Surfaces*, Current Clinical Microbiology Reports, **8**, 9–20 (2021).
21. V. Coma, A. Deschamps, A. Martial-Gros, *Bioactive packaging materials from edible chitosan polymer-antimicrobial activity assessment on dairy related contaminants*, Journal of Food Science, **68**, 2788-2792 (2003).
22. T. Fujimoto, et al., *Antibacterial effects of chitosan solution against Legionella pneumophila, Escherichia coli, and Staphylococcus aureus*, International Journal of Food Microbiology, **112**, 96-101 (2006).
23. J. Duan, et al., *Antimicrobial chitosan-lysozyme (CL) films and coatings for enhancing microbial safety of mozzarella cheese*, Journal of Food Science, **72**, 355-362 (2007).
24. D. Dehnad, et al., *Assessing thermal and antimicrobial properties of chitosan-nanocellulose nanocomposites to enhance the shelf life of ground meat*, Iranian Journal of Nutrition Sciences & Food Technology, **8(4)**, 163-173 (2014) (In Persian).
25. Cingolani Cap, et al., *Combination of organic acids and low-dose gamma irradiation as antimicrobial treatment to inactivate Shiga toxin-producing Escherichia coli inoculated in beef trimmings: Lack of benefits in relation to single treatments*, Plos One., **15(3)**, e0230812 (2020).
26. C. Xue, et al., *Antioxidative activities of several marine polysaccharides evaluated in a phosphatidylcholine-liposomal suspension and organic solvents*, Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry, **62**, 206-209 (1998).
27. F.J. Monahan, et al., *Catalysis of lipid oxidation in muscle model systems by haem and inorganic iron*, Meat Sci., **34**, 95-106 (1993).
28. J.M. Lorenzo, et al., *Natural antioxidants to reduce the oxidation process of meat and meat products*, Food Res Int, **115**, 377-378 (2019).
29. M.B. Hesham, *Antioxidative activity of carnosine in gamma irradiated ground beef and beef patties*, Food Chemistry, **104**, 665–679 (2007).
30. F. Shahidi, J.K.V Arachchi, Y.J Jeon, *Food applications of chitin and chitosan*, Trends in Food Science and Technology, **10**, 37-51 (1999).
31. J.L. Weist, M. Karel, *Development of a fluorescence sensor to monitor lipid oxidation. 1. Fluorescence spectra of chitosan powder and polyamide powder after exposure to volatile lipid oxidation products*, Journal of Agricultural and Food Chemistry, **40**, 1158-1162 (1992).
32. R.A. Trindade, J. Mancini-Filho, Alch Villavicencio, *Natural antioxidants protecting irradiated beef burgers from lipid oxidation*, LWT - Food Sci Technol, **43**, 98-104 (2010).
33. Y. Lee, K.B. Song, *Effect of γ-irradiation on the molecular properties of myoglobin*, Journal of Biochemistry and Molecular Biology, **35 (6)**, 590-594 (2002).
34. S. Yingyuad, et al., *Effect of Chitosan Coating and Vacuum Packaging on the Quality of Refrigerated Grilled Pork*, Packaging Technology Science, **19**, 149–157 (2006).
35. M.S. Rao, R. Chander, R. Sharma, *Development of Shelf-stable Intermediate moisture Meat Products Using Active Edible Chitosan Coating and Irradiation*, Journal of Food Science, **70**, 325-331 (2005).
36. W. Fan, et al., *Effects of chitosan coating on quality and shelf life of silver carp during frozen storage*, Food Chemistry, **115**, 66–70 (2009).
37. S. Sathivel, et al., *The influence of chitosan glazing on the quality of skinless pink salmon (Oncorhynchus gorbuscha) fillets during frozen storage*, Journal of Food Engineering, **83**, 366–373 (2007).
38. S.R. Agarwal, U.S. Kumta, A. Sreenivasan, *Assessment of suitability of flexible packaging materials for packaging of irradiated foods*, J. Food Sci. Technol, **9**, 166 (1972).
39. J.W. Wong, K. Hashimoto, T. Shibamoto, *Antioxidant activities of rosemary and sage extracts and vitamin E in a model meat system*, J. Agric Food Chem, **43**, 2707-2712 (1995).
40. E. Chouliara, et al., *Combined effect of irradiation and modified atmosphere packaging on shelf-life extension of chicken breast meat: Microbiological, chemical and sensory changes*, European Food Research and Technology, **226**, 877–888 (2008).
41. E. Rahimi, et al., *The Effect of Gamma Irradiation on the Microbial Quality of Meat*, Food Technology & Nutrition, **7 (4)**, 75-81 (2010) (In Persian).

COPYRIGHTS
©2021 The author(s). This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, as long as the original authors and source are cited. No permission is required from the authors or the publishers.

استناد به این مقاله

رؤیا رفیعی، خدیجه قطبی کهن، اعظم اخوان، فرشته سعیدی، رامسینا بت‌عیشو بابرودی (۱۴۰۲)، بررسی اثر پرتو گاما بر زمان ماندگاری گوشت چرخ‌کرده‌ی گوساله از تولید تا مصرف، ۱۰۴، ۳۰-۳۷

DOI: 10.24200/nst.2022.1008.1684 **Url**: https://jonsat.nstri.ir/article_1419.html