نشریه پژوهش‌های صنایع غذایی/ جلد ۲۸ شماره ۱/ سال ۱۳۹۷/ صفحات ۱۰۵ تا ۱۲۰

اثر جایگزینی بخشی از نیتریت در فرمولاسیون سوسیس با استفاده از اسانس رزماری و پودر چغندر قرمز

سمیه خدائی [۱] و محمدرضا خانی [۲*]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۸/۹ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۳/۸

[۱] دانش‌آموخته کارشناسی ارشد علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، واحد شهرقدس، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
[۲] استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، واحد شهرقدس، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
* مسئول مکاتبه: Email: m.khani@qodsiau.ac.ir

چکیده

این تحقیق با هدف بررسی جایگزینی بخشی از نیتریت در فرمولاسیون سوسیس انجام شد. به این منظور، نمونه‌ها با مقدار ۶۰ppm نیتریت و ترکیبی از پودر چغندر قرمز و اسانس رزماری در قالب چهار تیمار شامل: T1 (۱٪/۵ چغندر + ۰/۰۲٪ رزماری)، T2 (۱٪/۵ چغندر + ۰/۰۴٪ رزماری)، T3 (۳٪ چغندر + ۰/۰۲٪ رزماری) و T4 (۳٪ چغندر + ۰/۰۴٪ رزماری) و نمونه شاهد با مقدار ۱۲۰ppm نیتریت (بدون پودر چغندر و اسانس رزماری) تولید شدند. تمامی نمونه‌ها به مدت ۳۵ روز در شرایط یخچالی نگهداری و از نظر ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی، میکروبی و حسی ارزیابی شدند. نتایج نشان داد که بیشترین میزان تیوباربیتوریک اسید و عدد پراکسید در روزهای مختلف بررسی به ترتیب با مقادیر ۰/۶۵-۰/۱۶ و ۱/۳۷-۰/۳۶ مربوط به نمونه شاهد و کمترین میزان این شاخص‌ها به ترتیب با مقادیر ۰/۳۹-۰/۰۶ و ۰/۹۲-۰/۱۳ مربوط به تیمار T4 بوده است (P<۰/۰۱). همچنین بیشترین میزان pH و شاخص a* رنگ مربوط به T4 و کمترین مقادیر مربوط به نمونه شاهد بود. در آزمایشات میکروبی، شمارش باکتریایی کلی تمامی نمونه‌ها کمتر از ۳/۶ log cfu/g بوده و تفاوت معنی‌داری بین نمونه شاهد با تیمارها مشاهده نشد. همچنین باکتری *کلستریدیوم پرفرینجنس* در هیچ یک از تیمارها جداسازی نگردید و شمارش کلیفرم در تمامی تیمارها (به غیر از شاهد) صفر بود. کپک و مخمر نیز صرفاً در روزهای ۲۸ و ۳۵ نگهداری در نمونه‌های شاهد، T1 و T2 شمارش گردید. نتایج ارزیابی حسی عمدتاً حاکی از تفاوت غیر معنی‌دار تیمارها با یکدیگر و با نمونه شاهد بود (P>۰/۰۱). در نهایت نتایج دلالت بر امکان جایگزینی بخشی از نیتریت با استفاده از ترکیب اسانس رزماری و پودر چغندر قرمز داشت.

واژگان کلیـدی: اسانس رزماری، پودر چغندر قرمز، جایگزینی نیتریت، سوسیس

مقدمه

فرآورده‌های گوشتی از اجزاء اصلی رژیم غذایی در جوامع مختلف به حساب آمده و منابع مهمی از پروتئین، ویتامین‌ها و مواد معدنی هستند. علاوه بر این، فرآورده‌های گوشتی در ترکیب خود دارای چربی، اسیدهای چرب اشباع، نمک‌های کلرید، نیترات و نیتریت سدیم می‌باشند. بنابراین کمیت و کیفیت این ترکیبات می‌تواند اثرات مثبت و منفی بر سلامتی انسان داشته باشد (جیمنز کلمنرو و همکاران ۲۰۰۱ و سبرانک و باکوس ۲۰۰۷). فرآورده‌های گوشتی حرارت دیده نظیر انواع سوسیس و کالباس از پر مصرفترین محصولات گوشتی در ایران هستند و به نظر می‌رسد به دلایل راحتی مصرف، تنوع تولید، قیمت مناسب و ارزش تغذیه ای بالا مصرف آنها رو به افزایش است که این امر ضرورت کنترل و بهبود کیفیت این محصولات را بیش از پیش نمایان می‌سازد (محمدی و حسینی ۱۳۸۸ و رکنی ۱۳۹۱). فرآورده‌های گوشتی می‌توانند به دلیل رشد میکروبی و تغییرات شیمیایی دچار فساد شوند. این فرآورده‌ها دارای پایداری اکسیداتیو پایینی بوده و به تند شدن چربی در طی نگهداری حساس می‌باشند. بنابراین برای کنترل بار میکروبی و تغییرات اکسیداتیو در محصولات گوشتی از برخی مواد افزودنی استفاده می‌گردد (سبرانک و همکاران ۲۰۰۵ و کانات و همکاران ۲۰۰۸). نیتریت و نیترات سدیم از جمله افزودنی‌هایی هستند که به دلایل مختلف شامل نقش بازدارندگی در جلوگیری از رشد باکتری‌های بیهوازی (بویژه *کلستریدیوم‌ها*)، اثر آنتی‌اکسیدانی در جلوگیری از تندی اکسیداتیو، تثبیت رنگ قرمز گوشت و بهبود طعم محصول بکار برده می‌شوند. هر یک از خصوصیات برشمرده شده برای نیتریت دارای مکانیسم مشخصی بوده و در مقادیر خاصی بوجود خواهد آمد (تولدرا و همکاران ۲۰۰۹). بر اساس استاندارد ملی شماره ۲۳۰۳ (۱۳۸٤)، حداکثر میزان مجاز نیتریت قابل استفاده در انواع سوسیس و کالباس ppm ۱۲۰ می‌باشد و باقیمانده قابل قبول آن برحسب درصد گوشت فرآورده حداکثر ppm ۸۰ – ٦۰ تعیین شده است.

از سال ۱۹٦۰، فرضیه‌هایی در ارتباط با نیتریت موجود در رژیم غذایی و احتمال ایجاد برخی عوارض و سرطانها به علت تشکیل ترکیبات نیتروزآمین[1]مطرح شده است (تریکر و پروسمان ۱۹۹۱ و فرگوسن و همکاران ۲۰۰٤). بنابراین با توجه به ماهیت شیمیایی نیتریت افزودنی در ترکیب سوسیس و کالباس و پتانسیل سرطانزایی آن از یک طرف و در پاسخ به درخواست مصرف کنندگان برای محصولات طبیعی، کاهش میزان استفاده از نیتریت و یا جایگزین نمودن تمامی یا بخشی از آن در فرآورده‌های گوشتی با ترکیبات طبیعی مورد توجه قرار گرفته است. از جمله تحقیقاتی که به این منظور انجام پذیرفته می‌توان به استفاده از اسانس‌های دارچین و نعناع (معارفیان ۱۳۸۹)، کیتوزان (جورجانتلیس و همکاران ۲۰۰۷)، پودر پوست انار (الغربلی و آشوش ۲۰۱۲)، عصاره کرفس (آشلی ۲۰۱۳)، عصاره برگ زیتون (المرازق و همکاران ۲۰۱۵)، زرشک سیاه (خالقی و همکاران ۲۰۱٦)، تفاله انگور قرمز (ریاضی و همکاران ۲۰۱٦) و بسیاری از تحقیقات دیگر اشاره کرد که در تمامی آنها نتایج امیدوارکننده‌ای بدست آمده است اما با توجه به نقش چند گانه ای که نیتریت در فرآورده‌های گوشتی ایفا می‌کند، تاکنون یک جایگزینی که بتواند تمامی خصوصیات این نگهدارنده شیمیایی را داشته باشد معرفی و تایید نشده است.

بنابراین در سال‌های اخیر جایگزینی نیتریت به صورت مستقیم (با گیاهان حاوی نیترات یا نیتریت) و غیر مستقیم (با ادویه‌جات یا ترکیبات طبیعی با کارایی مشابه) همچنان مورد توجه است. چغندر از جمله گیاهان شناخته شده ای است که منبع قابل توجهی از نیترات با غلظتی حدود ppm ۲۰۰۰–۲۵۰۰ می‌باشد و اثرات ضدمیکروبی و آنتی‌اکسیدانی آن تایید شده است (سبرانک و باکوز

[1]- N-nitrosamines

۲۰۰۷، کانادوانویک و همکاران ۲۰۱۲ و پاولوئیک و همکاران ۲۰۱۳). همچنین رزماری از جمله ادویه‌جاتی است که در پژوهش‌های مختلف به صورت اسانس یا عصاره به تنهایی یا همراه با سایر ترکیبات (نه به عنوان جایگزین نیتریت) در فرآورده‌های گوشتی بکار برده شده و دارای اثرات ضدمیکروبی و آنتی‌اکسیدانی رضایت بخشی بوده است (کرونادو و همکاران ۲۰۰۲، تیکوناسو و همکاران ۲۰۰۳، فرناندز لوپز و همکاران ۲۰۰۵، استوز و کاوا ۲۰۰۶، جورجانتلیس و همکاران ۲۰۰۷، لیو و همکاران ۲۰۰۹، ترینداد و همکاران ۲۰۱۰ و دولاگ و همکاران ۲۰۱۲).

لذا با نظر به مرور ادبیات و سوابق تحقیقاتی موجود و با توجه به اینکه تاکنون جایگزینی نیتریت با چنین ترکیباتی در انواع سوسیس و کالباس تولیدی با گوشت قرمز گاو در طول مدت زمان ماندگاری مورد توجه قرار نگرفته است، این تحقیق با هدف بررسی امکان جایگزین نمودن بخشی از نیتریت در فرمولاسیون سوسیس گوشت گاو با استفاده توأم از اسانس رزماری و پودر چغندر قرمز، به منظور تولید محصولی سالم تر و با مقادیر کمتر این ماده نگهدارنده شیمیایی انجام گرفته است.

مواد و روش‌ها

مواد مصرفی در فرمولاسیون نمونه سوسیس

اسانس رزماری مورد استفاده در این تحقیق از شرکت باریج اسانس (با مشخصات: ضرب شکست ۱/٤۱۱۲، pH ۵/۲، دانسیته ۱/۱۱۷ و چرخش نوری ۱+) تهیه گردید که ترکیبات تشکیل دهنده آن در قسمت نتایج ارائه شده است. اما جهت آماده‌سازی پودر چغندر، ابتدا چغندرهای قرمز از مزارع اطراف تهران تهیه و سپس شسته و به قطعات کوچک خرد شده و در یک آون با دمای ۶۰ ^{o}C به مدت ٤۸ ساعت خشک شدند، سپس قطعات خشک شده را سرد کرده و توسط چرخ گوشت و آسیاب به حالت پودری تبدیل و برای استفاده از الک با مش ۶۰ عبور داده و در بسته‌های پلی اتیلنی بسته بندی شده و تا زمان مصرف در دمای اتاق نگهداری شدند (الغربلی و آشوش ۲۰۱۲). همچنین مواد اولیه مورد استفاده در فرمولاسیون متشکل از گوشت سردست گاو منجمد برزیلی (۷۰٪)، آب و یخ خرد شده (۱۶٪)، روغن مایع سویا شرکت غنچه (۷٪)، نشاسته شرکت گلوکزان (۳٪)، ایزوله سویا شرکت کرون چین (۱٪)، نمک شرکت تابان (۱/۵٪)، مخلوط ادویه‌جات شرکت گلها (۰/۹٪)، پلی فسفات سدیم شرکت بودنهایم آلمان (۰/٤٪)، اسید آسکوربیک شرکت بودنهایم آلمان (۰/۰۵٪) و نیتریت سدیم شرکت بودنهایم آلمان (۱۲۰ ppm در کنترل و ۶۰ ppm در تیمارها) بود.

نحوه تهیه و تولید نمونه‌ها

به منظور تولید نمونه‌های سوسیس در این پژوهش، ابتدا گوشت و سایر مواد اولیه مورد نیاز توزین گردیدند. سپس گوشت در دمای زیر ۵^{o}C چرخ شده و به کاتر افزوده شد. در مرحله بعد نمک، فسفات و نیتریت و همچنین یک سوم آب موجود در فرمولاسیون بصورت خرده‌های یخ همراه پودر چغندر (به مقدار ۱/۵ یا ۳ درصد) به کاتر افزوده و درب کاتر را بسته و عمل کاتریزاسیون به مدت ۱/۵ تا ۲ دقیقه با دور ۳۰۰۰ در دقیقه انجام شد. سپس یک سوم مابقی آب و ایزوله سویا را به کاتر افزوده و به مدت ۱/۵ تا ۲ دقیقه دیگر کاتریزاسیون ادامه یافت. در مرحله بعد نشاسته، اسید آسکوربیک، مخلوط ادویه جات به همراه یک سوم مابقی آب و همچنین روغن و اسانس رزماری (به مقدار ۰/۰۲ یا ۰/۰٤ درصد) را به کاتر افزوده و ۳ دقیقه دیگر کاتریزاسیون ادامه یافت. پس از آن فارش آماده شده توسط دستگاه پرکن در پوشش‌های پلی‌آمیدی پر شدند. سپس مراحل انتقال به اتاق پخت و حرارت‌دهی نمونه‌ها با دمای ۸۰ ^{o}C به مدت یک ساعت و سپس انتقال به زیر دوش آب سرد به مدت ۱ دقیقه صورت گرفت (محمدی و حسینی ۱۳۸۸ و رکنی ۱۳۹۱). در نهایت تمامی نمونه‌های سوسیس تولید شده (مطابق با جدول ۱) به سردخانه با دمای زیر ٤ ^{o}C انتقال یافته و تا زمان انجام آزمایش در این شرایط دمایی نگهداری شدند. ویژگی‌های فیزیکی،

شیمیایی و میکروبی انتخابی تمامی نمونه‌های تولیدی در طی روزهای ۰، ۷، ۱٤، ۲۱، ۲۸ و ۳۵ در شرایط نگهداری در یخچال، و ارزیابی حسی نمونه‌ها بلافاصله پس از تولید مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفت.

ارزیابی ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی

آزمون‌های فیزیکی و شیمیایی انتخابی انجام شده روی نمونه‌های سوسیس شامل: اندازه‌گیری pH توسط دستگاه pH متر مدل PTR79 پارس طب (استاندارد ملی ۱۰۲۸، ۱۳۸٦)، اندازه‌گیری میزان نیتریت باقیمانده با دستگاه اسپکتروفتومتر مدل UV2100 یونیکو آمریکا (استاندارد ملی ۹۸۸، ۱۳٦۹)، تیوباربیتوریک اسید به روش اسپکتروفتومتری (هولمر، ۱۹۹۹)، اندازه‌گیری میزان پراکسید به روش فولچ (AOAC، ۱۹۹۹) و رنگ سنجی با استفاده از دستگاه هانترلب مدل D25-Dp9000 آمریکا (آهن و همکاران، ۲۰۰۲) انجام گردید.

جدول ۱- معرفی نمونه‌ها و علائم اختصاری آنها

نمونه	میزان نیتریت (ppm)	میزان اسانس رزماری (٪)	میزان پودر چغندر (٪)	سایر ترکیبات
C (شاهد)	۱۲۰	-	-	ثابت
T1	٦۰	۰/۰۲	۱/۵	ثابت
T2	٦۰	۰/۰٤	۱/۵	ثابت
T3	٦۰	۰/۰۲	۳	ثابت
T4	٦۰	۰/۰٤	۳	ثابت

ارزیابی ویژگی‌های میکروبی

آزمون‌های میکروبی انتخابی انجام شده روی نمونه‌های سوسیس شامل شمارش بار میکروبی کلی (باکتریهای هوازی مزوفیل) به روش کشت مخلوط با استفاده از محیط کشت پلیت کانت آگار (استاندارد ملی ۵۲۷۲، ۱۳۸٦)، شمارش کلیفرم‌ها به روش کشت مخلوط با استفاده از محیط کشت ویولت رد بایل آگار (استاندار ملی ۹۲٦۳، ۱۳۸٦)، شمارش کپک و مخمر با استفاده از محیط دی کلران رزبنگال کلرامفنیکل آگار (استاندارد ملی ۱۰۸۹۹-۱، ۱۳۸۷) و جستجوی *کلستریدیوم پرفرینجنس* با استفاده از محیط سیلیکوسرین (استاندارد ملی ۲۱۹۷، ۱۳۷۱) مورد بررسی قرار گرفت.

ارزیابی ویژگی‌های حسی

ویژگی‌های حسی نمونه‌های سوسیس شامل رنگ، طعم، بو و بافت توسط ۸ نفر ارزیاب آموزش دیده و بلافاصله پس از تولید از طریق آزمون هدونیک ۵ نقطه‌ای مطابق با روش محمدی و همکاران (۱۳۸٦)، ارزیابی و مقایسه گردید. ارزیاب‌ها نظر خود را در رابطه با هر یک از ویژگی‌های حسی بر اساس امتیازدهی از یک تا پنج در فرم‌های ارزیابی بدین صورت منعکس نمودند: ۱= غیر قابل مصرف یا خیلی ضعیف، ۲= غیرقابل قبول یا ضعیف، ۳= قابل قبول یا متوسط، ٤= رضایت بخش یا خوب، ۵= بسیار رضایت بخش یا خیلی خوب.

تجزیه و تحلیل آماری

تجزیه و تحلیل داده‌ها به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی اجرا شد که در آن ۲ تیمار پودر چغندر و اسانس رزماری و هر کدام در ۲ سطح وجود داشتند و هر یک از آزمون‌های مورد نظر در ۳ تکرار انجام گردید. همچنین مقایسه میانگین‌های تیمارها با استفاده از آزمون مقایسه‌ای چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵٪ انجام شد. به این منظور از نرم افزار آماری SPSS نسخه ۲۲ استفاده گردید. همچنین تجزیه و تحلیل داده‌های بدست آمده از ارزیابی حسی با استفاده از آزمون فریدمن انجام گردید.

نتایج و بحث

نتایج آزمون‌های فیزیکی شیمیایی

ترکیب اسانس رزماری

آنالیز اسانس رزماری با استفاده از دستگاه کروماتوگرافی گازی متصل به طیف سنج جرمی حاکی از شناسایی ۹۸/۰۵ درصد از ترکیبات تشکیل دهنده آن بود که از آن جمله آلفاپینن (۱٤٪/۰٦)، ۱ و ۸ – سینئول (۱۳/٦۲٪)، وربنون (۱۱٪/۲)، کامفر (۱۰٪/۵۱)، بورنئول (۷/۳٪)، ۳-اکتانون (۷٪/۲)، کامفن (۵٪/٤٦) و لینالول

(۰/۰۷٪) به ترتیب بیشترین درصد ترکیبات را به خود اختصاص دادند.

نتایج اندازه گیری pH

نتایج pH در جدول ۲ نشان داده شده است که حاکی از معنی‌دار بودن اثر سطوح مختلف اسانس رزماری و پودر چغندر قرمز و زمان می‌باشد (P<۰/۰۱). تمام سطوح مختلف اسانس رزماری و پودر چغندر قرمز در روز صفر نگهداری محصول مقادیر بالاتری از شاخص pH را نسبت به نمونه شاهد نشان دادند و بیشترین مقدار مربوط به تیمار T4 بود. بیشترین کاهش در میزان این شاخص در روز ۲۱ نگهداری مشاهده شد که احتمالاً به دلیل تولید اسیدهای آلی توسط باکتری‌ها و همچنین اکسیداسیون چربی و ایجاد ترکیبات اسیدی است که سبب کاهش pH محصول می‌گردد (لیو و همکاران ۲۰۰۹). پس از آن افزایش در شاخص pH در تمامی نمونه‌ها مشاهده گردید که این افزایش می‌تواند به دلیل افزایش تعداد باکتری‌های گرم منفی مانند آنتروباکتریاسه و سودوموناس‌ها و نیز مخمرها و کپک‌ها باشد که باعث تجزیه پروتئین‌ها و تشکیل آمونیاک و افزایش pH می-گردند (جورجانتلیس و همکاران ۲۰۰۷). این نتایج با نتایج کسب شده توسط جورجانتلیس و همکاران (۲۰۰۷) و همچنین سالام و همکاران (۲۰۰٤) مطابقت دارد.

جدول۲- نتایج میزان pH نمونه‌ها در طی ۳۵ روز نگهداری در دمای ۴ °C (میانگین±انحراف معیار)

نمونه	روز ۰	روز ۷	روز ١٤	روز ۲۱	روز ۲۸	روز ۳۵
C	٦/١٦±٠/٠١^{1d}	٦/٠±١٧/٠٠^{1d}	٦/٠±٢٠/٠١^{1e}	٥/٨٣±٠/٠٢^{1a}	٥/٩٢±٠/٠١^{1b}	٥/٠±٩٨/٠٠^{1c}
T1	٦/٢٠±٠/٠٠^{2d}	٦/٠±٢١/٠٠^{2d}	٦/٠±٢٣/٠١^{2e}	٥/٩٢±٠/٠٢^{2a}	٥/٩٩±٠/٠١^{2b}	٦/٠±٠١/٠٠^{2c}
T2	٦/٢٠±٠/٠١^{2d}	٦/٠±٢٠/٠٠^{2d}	٦/٠±٢١/٠١^{2e}	٥/٩٥±٠/٠٢^{2a}	٥/٩٩±٠/٠١^{2b}	٦/٠±٠٥/٠١^{2c}
T3	٦/٢٣±٠/٠٠^{3d}	٦/٠±٢٢/٠٠^{3d}	٦/٠±٢٥/٠١^{3e}	٥/٩٦±٠/٠٠^{3a}	٦/٠٢±٠/٠٠^{3b}	٦/٠±١٠/٠١^{3c}
T4	٦/٢٠±٠/٠٢^{3d}	٦/٠±٢٠/٠٠^{3d}	٦/٠±٢٥/٠٠^{3e}	٥/٩٦±٠/٠٠^{3a}	٦/٠٥±٠/٠٠^{3b}	٦/٠±٠٧/٠٠^{3c}

(a-f) حروف متفاوت در هر ردیف (تیمارهای یکسان) نشان دهنده اختلاف معنی دار در سطح (P<۰/۰۱) می‌باشد.

(1-5) اعداد متفاوت در هر ستون (روزهای یکسان) نشان دهنده اختلاف معنی دار در سطح (P<۰/۰۱) می‌باشد.

نتایج اندازه‌گیری میزان نیتریت

نتایج میزان نیتریت باقیمانده درجدول ۳ نشان داده شده است که حاکی از معنی دار بودن اثر سطوح مختلف اسانس رزماری و پودر چغندر قرمز و زمان می‌باشد (P<۰/۰۱). به طور طبیعی تمام تیمارها در روز صفر به علت جایگزین شدن اسانس رزماری و پودر چغندر به جای ppm ٦۰ نیتریت، مقادیر پایین‌تری از میزان نیتریت را نسبت به نمونه شاهد نشان دادند و کمترین مقدار مربوط به تیمار T2 بود، در حالیکه در تیمارهایی که حاوی درصد بیشتری از پودر چغندر بودند (T3 و T4) میزان نیتریت در مقایسه با دو تیمار دیگر حدود ppm ٦ بیشتر بود (P<۰/۰۱). دولاگ و همکاران (۲۰۱۲) نیز گزارش کرده بودند که افزایش عصاره رزماری سبب کاهش نیتریت باقیمانده در پاته جگر شده و با افزایش میزان عصاره رزماری، نیتریت باقیمانده کمتر شد. از طرف دیگر با گذشت زمان میزان نیتریت باقیمانده در تمامی نمونه‌ها کاهش یافته و در روز سی و پنجم به کمترین میزان رسید که این حالت به علت تبدیل نیتریت به دیگر ترکیبات حاوی نیتروژن (نظیر نیتریک اکسید) و اتصال آن با میوگلوبین و سایر ترکیبات آلی موجود (نظیر چربی‌ها و پروتئین‌ها) در طی نگهداری می‌باشد (هانیکل ۲۰۰۸). تهموزی و همکاران (۲۰۱۲) به نحو مشابه گزارش کردند که میزان نیتریت باقیمانده در سوسیس عمل آوری نشده با افزایش میزان چغندر افزوده شده افزایش یافته و با گذشت زمان کاهش می‌یابد که با نتایج به دست آمده در این تحقیق منطبق است.

جدول ۳- نتایج میزان نیتریت (ppm) نمونه‌ها در طی ۳۵ روز نگهداری در دمای ۴ ^{o}C (میانگین±انحراف معیار)

نمونه	روز ۰	روز ۷	روز ۱٤	روز ۲۱	روز ۲۸	روز ۳۵
C	۷٤/۰±٦۰/٦۲^{5f}	٦٥/۰±٦۳/٤۷^{5e}	٦۲/۰±۲۳/٤۷^{5d}	٥۸/۰±۰۰/۳٤^{5c}	٥٥/۰±٥٦/٥۰^{5b}	٥۳/۰±۷۰/٤٥^{5a}
T1	٤٤/۰±۹۰/٥٥^{2f}	٤۲/۰±٦٦/۱۱^{2e}	٤۱/۰±۷٦/۱٥^{2d}	٤۱/۰±۰٦/۲۳^{2c}	٤۰/۰±٦۰/۰۰^{2b}	۳۹/۰±٦۳/۲۰^{2a}
T2	٤٤/۰±٤٦/۱۱^{1f}	٤۲/۰±۹۰/۱۰^{1e}	٤۱/۰±٤۰/۰۰^{1d}	٤۱/۰±۱۳/۰٥^{1c}	٤۰/۰±۳۰/۱۰^{1b}	۳۸/۰±۹٦/۳۰^{1a}
T3	٥۱/۰±٥۳/۳۲^{3f}	٥۱/۰±۰۱/۲۰^{3e}	٥۰/۰±٦٦/٤۰^{3d}	٥۰/۰±۷٦/۳٥^{3c}	٤۹/۰±۹٦/٤۰^{3b}	٤۹/۰±۳۳/۲۳^{3a}
T4	٥۱/۰±۷۶/۱۱^{4f}	٥۱/۰±٥۰/۰۰^{4e}	٥۱/۰±۲۶/۲۰^{4d}	٥۱/۰±۰۰/٤^{4c}	٥۰/۰±۱۶/۱٥^{4b}	۴۹/۰±۶/۲٦^{4a}

(a-f) حروف متفاوت در هر ردیف (تیمارهای یکسان) نشان دهنده اختلاف معنی دار در سطح (P<۰/۰۱) می‌باشد.

(1-5) اعداد متفاوت در هر ستون (روزهای یکسان) نشان دهنده اختلاف معنی دار در سطح (P<۰/۰۱) می‌باشد.

جدول ۴- نتایج میزان TBA (mg MDA/kg) نمونه‌ها در طی ۳۵ روز نگهداری در دمای ۴ ^{o}C (میانگین±انحراف معیار)

نمونه	روز ۰	روز ۷	روز ۱٤	روز ۲۱	روز ۲۸	روز ۳۵
C	۰/۱٦±۰/۰۱^{5a}	۰/۲۸±۰/۰۰^{5b}	۰/۰±٦٥/۰۲^{5e}	۰/۰±٥۱/۰۰^{5d}	۰/۰±٤۰/۰۱^{5c}	۰/۰±۳۳/۰۲^{5b}
T1	۰/۱۲±۰/۰۰^{4a}	۰/۲۳±۰/۰۰^{4b}	۰/۰±٥٥/۰۰^{4e}	۰/۰±٤۰/۰۱^{4d}	۰/۰±۳۰/۰۱^{4c}	۰/۰±۲٦/۰۰^{4b}
T2	۰/۱۰±۰/۰۰^{3a}	۰/۲۲±۰/۰۱^{3b}	۰/۰±٥۰/۰۲^{3e}	۰/۰±۳۳/۰۰^{3d}	۰/۰±۲٥/۰۰^{3c}	۰/۰±۱۹/۰۰^{3b}
T3	۰/۰۸±۰/۰۰^{2a}	۰/۱۹±۰/۰۰^{2b}	۰/۰±٤۱/۰۰^{2e}	۰/۰±۲۹/۰۰^{2d}	۰/۰±۲۱/۰۱^{2c}	±۱٦/۰/۰۱^{2b}
T4	۰/۰٦±۰/۰۰^{1a}	۰/۱٦±۰/۰۰^{1b}	۰/۰±۳۹/۰۰^{1e}	۰/۰±۲۳/۰۰^{1d}	۰/۰±۱۸/۰۱^{1c}	±۱۱/۰/۰۱^{1b}

(a-f) حروف متفاوت در هر ردیف (تیمارهای یکسان) نشان دهنده اختلاف معنی دار در سطح (P<۰/۰۱) می‌باشد.

(1-5) اعداد متفاوت در هر ستون (روزهای یکسان) نشان دهنده اختلاف معنی دار در سطح (P<۰/۰۱) می‌باشد.

نتایج اندازه‌گیری میزان تیوباربیتوریک اسید

نتایج میزان TBA که معیاری برای اندازه‌گیری اکسیداسیون ثانویه چربی‌ها می‌باشد درجدول ٤ نشان داده شده است و حاکی از معنی دار بودن اثر سطوح مختلف اسانس رزماری و پودر چغندر قرمز و زمان می‌باشد (P<۰/۰۱). تمامی تیمارها در طول مدت زمان نگهداری محصول و در روزهای مختلف بررسی، مقادیر پایین‌تری از شاخص TBA را نسبت به نمونه شاهد نشان دادند که کمترین مقدار مربوط به تیمار T4 بود. الغربلی و آشوش (۲۰۱۲) نیز گزارش کردند که TBA با افزایش میزان پودر چغندر قرمز کاهش یافت.

میزان شاخص TBA در تمامی نمونه‌های مورد بررسی طی ١٤ روز اول نگهداری افزایش و پس از آن کاهش یافت. این روند کاهشی در میزان TBA در طی مدت نگهداری می‌تواند به دلیل تجزیه مالون‌دی‌آلدئید توسط سودوموناس‌ها و انتروباکتریاسه باشد که قادرند از ترکیبات کربنیلی مانند مالون‌دی‌آلدئید استفاده کنند، و یا به دلیل اکسیداسیون بیشتر مالون‌دی‌آلدئید به سایر ترکیبات نظیر الکل‌ها و اسیدها باشد که با تیوباربیتوریک اسید واکنش نمی‌دهند (فرناندز و همکاران ۱۹۹۷). همچنین این تغییر ممکن است به دلیل واکنش مالون‌دی‌آلدئید با پروتئین‌ها و قندها باشد (آلینا و همکاران ۲۰۱۲). جورجانتلیس و همکاران (۲۰۰۷) گزارش کردند که بیشترین مالون‌دی‌آلدئید در نمونه سوسیس خوک نگهداری شده در یخچال در روز ۱۵ مشاهده شد و بعد شروع به کاهش کرد. لیو و همکاران (۲۰۰۹) نیز گزارش کردند که عدد TBA از روز صفر نگهداری سوسیس مرغ حاوی رزماری تا روز چهارم روند افزایشی و از روز چهارم تا روز چهاردهم نگهداری روند کاهشی داشته اند و با افزایش میزان رزماری، عدد TBA مقادیر کمتری را به خود اختصاص داده است. همچنین در تحقیق خالقی و همکاران (۲۰۱٦) در جایگزینی نیتریت در سوسیس با استفاده از زرشک سیاه نیز روند کاهشی TBA از روز ۹ تا ۲۳ مشاهده شد که نتایج این تحقیقات با نتایج بدست آمده در این تحقیق سازگار است.

با توجه به اینکه حد پذیرش TBA در فرآورده‌های گوشتی ۱ mg MDA/kg تعیین شده است (اوکرمان ۱۹۸۵) و نمونه با مقدار عدد TBA بالاتر از آن به عنوان محصول تند شده شناخته می‌شود، مشاهده می‌شود که میزان TBA همه تیمارهای حاوی اسانس رزماری و پودر چغندر قرمز تا پایان مدت زمان نگهداری کمتر از ۰/۵۵ mg MDA/kg بوده که از حد پذیرش این شاخص کمتر بوده و در نتیجه تمام تیمارهای تولیدی از لحاظ شاخص TBA قابل پذیرش می‌باشند. در تحقیق خالقی و همکاران (۲۰۱٦) نیز مقادیر TBA تمامی تیمارهای حاوی عصاره زرشک و نیتریت در طول مدت نگهداری کمتر از ۰/۷ mg MDA/kg گزارش گردید.

نتایج اندازه‌گیری میزان پراکسید

در نتیجه اکسیداسیون، پراکسید یا اکسیژن فعال که محصول اولیه اکسیداسیون است، تولید می‌شود. هیدرو پر اکسیدها ناپایدار بوده و به ترکیبات مختلفی تجزیه می‌شوند که می‌توانند منجر به تولید بوی نامطبوع و حالت بیاتی در محصول شوند (تی و همکاران ۲۰۱۱). نتایج میزان عدد پراکسید درجدول ۵ نشان داده شده است و حاکی از معنی دار بودن اثر سطوح مختلف اسانس رزماری و پودر چغندر قرمز و زمان می‌باشد (P<۰/۰۱). تمامی تیمارها در طول مدت زمان نگهداری محصول مقادیر پایین‌تری از شاخص پراکسید را نسبت به نمونه شاهد نشان دادند و کمترین مقدار مربوط به تیمار T4 بود. همچنین با گذشت زمان، این شاخص شروع به افزایش نموده و در روز سی و پنجم به حداکثر میزان خود رسیده است. آلینا و همکاران (۲۰۱۲) در اندازه‌گیری میزان پر اکسید سوسیس مرغ دودی مشاهده کردند اندیس پراکسید در طی نگهداری افزایش یافته اما وجود آنتی اکسیدان‌ها می‌تواند این روند را کند کند. با توجه به اینکه عدد پراکسید مورد قبول برای مواد غذایی چرب مانند سوسیس ۲۵ meq O_2/kg تعیین شده است (سالام و همکاران ۲۰۰٤) و پایین تر از حد بودن مقدار پراکسید تمام نمونه‌ها تا پایان زمان نگهداری که به علت طولانی شدن دوره اکسیداسیون و کاهش تکشیل هیدرو پراکسیدها با توجه به میزان pH، ماهیت و مقدار چربی-های موجود و حضور ترکیبات آنتی اکسیدانی موجود است (گوتو و وادا ۲۰۰٦)، حاکی از قابل پذیرش بودن همه تیمارهای حاوی اسانس رزماری و پودر چغندر قرمز از نظر عدد پراکسید می‌باشد. یافته‌های تحقیق حاضر با نتایج تحقیق معارفیان و همکاران (۲۰۱۲) در بررسی اثر آنتی اکسیدانی اسانس نعناع در سوسیس حرارت دیده که عدد پراکسید نمونه‌های شاهد و تیمار در طی ۳۰ روز حد فاصل ۰/۳–۱/۵ meq O_2/kg گزارش گردید و با نتایج تحقیق جورجانتلیس و همکاران (۲۰۰۷) در بررسی اثر افزودن عصاره رزماری، کیتوزان و توکوفرول در سوسیس که عدد پراکسید نمونه‌ها طی ۲۰ روز نگهداری حدفاصل ۰/۰٦–۱/۱۵ meq O_2/kg بدست آمد نیز همخوانی دارد.

جدول ۵- نتایج میزان پراکسید (meq O2/kg) نمونه‌ها در طی ۳۵ روز نگهداری در دمای ۴ °C (میانگین±انحراف معیار)

نمونه	روز ۰	روز ۷	روز ۱٤	روز ۲۱	روز ۲۸	روز ۳۵
C	۰/۳٦±۰/۰۱^{5a}	۰/٦۲±۰/۰۵^{5b}	۰/۰±۹۸/۰٤^{5c}	۱/۰±۱٦/۰۷^{5d}	۱/۰±۲۹/۰۲^{5e}	۱/۰±۳۷/۰۳^{5f}
T1	۰/۲٦±۰/۰۲^{4a}	۰/٤٤±۰/۰۳^{4b}	۰/۰±۷٤/۰۵^{4c}	۰/۰±۹۵/۰۳^{4d}	۱/۰±۰۷/۰٤^{4e}	۱/۰±۱۹/۰۳^{4f}
T2	۰/۲۱±۰/۰۳^{3a}	۰/٤۲±۰/۰٤^{3b}	۰/۰±٦۵/۰۳^{3c}	۰/۰±۹۱/۰۲^{3d}	۱/۰±۰۱/۰۳^{3e}	۱/۰±۱۱/۰۲^{3f}
T3	۰/۱۷±۰/۰۱^{2a}	۰/۳۰±۰/۰۲^{2b}	۰/۰±۵۹/۰۱^{2c}	۰/۰±۸۰/۰۱^{2d}	۰/۰±۹۳/۰۳^{2e}	۰/۰±۹۹/۰۲^{2f}
T4	۰/۱۳±۰/۰۳^{1a}	۰/۲۱±۰/۰۱^{1b}	۰/۰±٤۸/۰۲^{1c}	۰/۰±۷۵/۰۰^{1d}	۰/۰±۸۳/۰۲^{1e}	۰/۰±۹۲/۰۲^{1f}

(a-f) حروف متفاوت در هر ردیف (تیمارهای یکسان) نشان دهنده اختلاف معنی دار در سطح (P<۰/۰۱) می‌باشد.

(5-1) اعداد متفاوت در هر ستون (روزهای یکسان) نشان دهنده اختلاف معنی دار در سطح (P<۰/۰۱) می‌باشد.

نتایج اندازه‌گیری رنگ

نتایج رنگ سنجی درجدول ٦ نشان داده شده است و در تمامی شاخص‌های مورد برر سی (a*، b* و L*) حاکی از معنی دار بودن اثر سطوح مختلف ا سانس رزماری و پودر چغندر قرمز و ز مان می باشد (P<۰/۰۱). تمام تیمارها و سطوح مختلف اسانس رزماری و پودر چغندر قرمز در روز صفر مقادیر بالاتری از شاخص a* (قرمزی) را نسبت به نمونه شاهد نشان دادند و تا روز سی و پنجم نگهداری افزایش چشمگیری در شاخص a* در تمامی تیمارها مشاهده شد اما در مورد نمونه شاهد روند کاهشی مشاهده گردید. لیو و همکاران (۲۰۰۹) نیز افزایش شاخص a* را طی مدت نگهداری در اثر اضافه کردن رزماری و چوب ماهون چینی به سوسیس مرغ و همچنین الغربلی و آشوش (۲۰۱۲) افزایش شاخص a* را طی مدت نگهداری در اثر افزودن پودر پوست انار قرمز و چغندر گزارش نمودند. این در حالی است که برخی از محققین کاهش معنی دار میزان قرمزی را در نمونه‌های فرآورده‌های گوشتی در طی نگهداری گزارش کرده اند که به دلیل اکسیداسیون رنگدانه‌های قرمز می‌باشد (دورت ۲۰۰۹ و المرازق و همکاران ۲۰۱۵).

بیشترین میزان اندیس زردی (b*) مربوط به تیمار T4 و کمترین آن مربوط به شاهد می‌باشد. اختلاف در اندیس زردی مربوط به حضور رنگدانه‌ها می‌باشد و ارتباطی به روند اکسیدا سیون ندارد (الغربلی و آ شوش ۲۰۱۲). در تحقیق المرازق و همکاران (۲۰۱۵) نیز کمترین اندیس زردی در طی مدت نگهداری در نمونه شاهد حاوی ppm ۱۲۰ نیتریت و سپس در نمونه‌های ppm۸۰ و ٦۰ نیتریت حاوی عصاره برگ زیتون گزارش گردید. همان طور که مشاهده می شود طول دوره نگهداری نیز اثر چندانی بر تغییر اندیس زردی در تیمارها نداشته است. اشلی (۲۰۱۳) نیز بیان کرد که زمان نگهداری تاثیر معنی‌داری بر افزایش و یا کاهش اندیس زردی ندارد.

عامل درخشندگی در فرآورده‌های گوشتی به چند فاکتور مهم بستگی دارد که شامل غلظت و نوع رنگدانه‌های موجود، محتوای آب رنگدانه‌ها و خاصیت جذب رطوبت مواد حل شده توسط ماتریکس می‌باشد (الغربلی و آ شوش ۲۰۱۲). نتایج حا صل از برر سی L* (شفافیت) نشان می‌دهد که با افزایش میزان پودر چغندر در محصول، درخشندگی کاهش می‌یابد و تمام سطوح مختلف اسانس رزماری و پودر چغندر قرمز در روز صفر، مقادیر پایین‌تری از شاخص L* را نسبت به نمونه شاهد نشان دادند و کمترین مقدار مربوط به تیمار T4 بود. همچنین با گذشت زمان تا روز سی و پنجم، شاخص L* در تمامی تیمارها کاهش اما در نمونه شاهد افزایش یافته است. لیو و همکاران (۲۰۰۹) با اضافه کردن رزماری و چوب ماهون چینی به سوسیس مرغ در ١٤ روز نگهداری برای اندیس درخشندگی تفاوت معنی‌داری گزارش نکردند. الغربلی و آشوش (۲۰۱۲) نیز مشاهده کردند که با افزایش میزان پودر چغندر در سو سیس گو شت گو ساله شاخص L* کاهش می‌یابد. همچنین در تحقیق خالقی و همکاران (۲۰۱٦) با جایگزینی نیتریت در سو سیس با استفاده از زر شک سیاه، تمامی تیمارها از شفافیت کمتری در مقایسه با شاهد برخوردار بودند که نتایج فوق با یافته‌های حاصل از این پژوهش همخوانی دارند. اما در تحقیق المرازق و همکاران (۲۰۱۵) شاخص L* تمامی نمونه‌ها با گذشت زمان افزایش یافت و تیمارهای حاوی نیتریت با عصاره برگ زیتون نسبت به شاهد از شفافیت بیشتری برخوردار بودند.

جدول ۶- نتایج اندازه گیری شاخص‌های رنگی نمونه‌ها در طی ۳۵ روز نگهداری در دمای ۴ ^{o}C (میانگین±انحراف معیار)

شاخص رنگی	نمونه	روز ۰	روز ۷	روز ۱٤	روز ۲۱	روز ۲۸	روز ۳۵
	C	۷/۰±۸۸/۱۱^{1f}	۷/۰±٦۰/۰٥^{1e}	۷/۰±۳۷/۱^{1d}	۷/۰±۲۳/۰۲^{1c}	۷/۱۰±۰/۰۳^{1b}	٦/۸۲±۰/۱^{1a}
	T1	۱۱/۰±۸۲/۱۳^{2f}	۱۳/۰±۰۸/۰٦^{2e}	۱٤/۰±٦۷/۱٥^{2d}	۱٦/۰±۰٥/۱^{2c}	۱۷/۹٥±۰/۰۷^{2b}	۱۹/۱۳±۰/۱٥^{2a}
a*	**T2**	۱۲/۰±۱۱/۰۸^{3f}	۱۳/۰±۳٥/۱٦^{3e}	۱٤/۰±٥۲/۰٥^{3d}	۱٦/۰±۱۸/۰۸^{3c}	۱۸/۰±۰/۱٤^{3b}	۱۹/٤۰±۰/۱^{3a}
	T3	۱٥/۰±۲۸/۱۲^{4f}	۱٦/۰±٦/۱٦^{4e}	۱۷/۰±۹٥/۱۱^{4d}	۱۹/۰±۳۸/۱^{4c}	۲۱/۷٦±۰/۱۳^{4b}	۲۲/۷٥±۰/۰٤^{4a}
	T4	۱٥/۰±٥۳/۱۰^{5f}	۱٦/۰±۸۱/۰۹^{5e}	۱۷/۰±۹۸/۲۳^{5d}	۱۹/۰±٥۲/۱۲^{5c}	۲۱/۷٤±۰/۰٥^{5b}	۲۲/۸۸±۰/۱^{5a}
	C	۱۳/۰±٦۷/۲۱^{1a}	۱۲/۰±۳٥/۱۲^{1b}	۱۰/۰±۷۲/۲۱^{1c}	۱۰/۰٦±٤^{1d}	۱۰/۰±۲۲/۰٤^{1e}	۹/۰±۹۳/۲٥^{1f}
	T1	۱۸/۰±٦٥/۱۲^{3a}	۱۸/۰±۳۹/۰٦^{3b}	۱۷/۰±۰۷/۰٤^{3c}	۱٦/۰±۷٦/۰٦^{3d}	۱٦/۰±٤٤/۰۳^{3e}	۱٦/۰±٥۱/۱۳^{3f}
	T2	۱۸/۰±٤٤/۰۲^{2a}	۱۸/۰±۰٥/۱۹^{2b}	۱٦/۰±۸٤/۰٦^{2c}	۱٦/۰±٥٥/۰۸^{2d}	۱٦/۰±٤۳/۰۳^{2e}	۱٦/۰±۲۷/۰٥^{2f}
b*	**T3**	۱۹/۰±۸۱/۱۷^{4a}	۱۹/۰±٦۷/۱۷^{4b}	۱۸/۰±۲۱/۰٦^{4c}	۱۸/۰±۹٤/۰۲^{4d}	۱۷/۰±٦۹/۱۱^{4e}	۱۷/۰±۳٤/۱^{4f}
	T4	۲۰/۰±۱۳/۰۸^{4a}	۱۹/۰±۳۹/۱۱^{4b}	۱۸/۰±۱۳/۰٥^{4c}	۱۷/۰±۸۷/۰۹^{4d}	۱۷/۰±٦٥/۰۲^{4e}	۱۷/۰±۲۷/۱٤^{4f}
	C	٤۸/۰۹±۰/۱٥^{4a}	٤۹/۸٤±۰/۱٥^{4b}	٥۰/۰±٦٤/۱۷^{4c}	٥۱/۰±٤۹/۱۲^{4d}	٥۳/۰±۸۲/۰٤^{4d}	٥٥/۰±۷۸/۰۳^{4e}
	T1	٤۷/۰۱±۰/۲۱^{3a}	٤٦/۱۸±۰/۰۸^{3b}	٤٥/۰±۳٤/۱۱^{3c}	٤۳/۰±۹۲/۱۳^{3d}	٤۳/۰±۲۲/۰٤^{3d}	٤۲/۰±۲۲/۱٦^{3e}
	T2	٤٦/۷٤±۰/۱٤^{3a}	٤٦/۲۲±۰/۱^{3b}	٤٥/۰±۱۸/۰۹^{3c}	٤٤/۰±۰٤/۱۱^{3d}	٤۳/۰±۲۳/۱٥^{3d}	٤۲/۰±۰۰/۱٥^{3e}
L*	**T3**	۳۹/٥٥±۰/۰٦^{2a}	۳۸/۸۳±۰/۰۸^{2b}	۳۸/۰±۱۳/۱۰^{2c}	۳٦/۰±٤۱/۰٥^{2d}	۳٦/۰±۱۳/۱۲^{2d}	۳٤/۰±۹۲/۱۳^{2e}
	T4	۳۹/۲۹±۰/۰٦^{1a}	۳۸/٥٤±۰/۰٥^{1b}	۳۷/۰±۸۰/۱۷^{1c}	۳٦/۰±۷۰/۰۲^{1d}	۳٥/۰±۷۱/۱۹^{1d}	۳٤/۰±۳۹/۰۹^{1e}

(a-f) حروف متفاوت در هر ردیف (تیمارهای یکسان) نشان دهنده اختلاف معنی دار در سطح (P<۰/۰۱) می‌باشد.

(1-5) اعداد متفاوت در هر ستون (روزهای یکسان) نشان دهنده اختلاف معنی دار در سطح (P<۰/۰۱) می‌باشد.

نتایج آزمون‌های میکروبی

نتایج شمارش کلی میکروبی

نتایج شمارش کلی میکروبی در جدول شماره ۷ نشان داده شده است و حاکی از معنی دار بودن اثر سطوح مختلف اسانس رزماری و پودر چغندر قرمز و زمان می‌باشد (P<۰/۰۱). تمام سطوح مختلف اسانس رزماری و پودر چغندر قرمز در روز صفر نگهداری محصول، مقادیر بالاتری از میزان بار میکروبی کل را نسبت به نمونه شاهد نشان دادند و بالاترین مقدار مربوط به تیمار T1 بود. اما در روز هفتم نگهداری میزان بار میکروبی تیمارهای T3 و T4 مشابه با بار میکروبی نمونه شاهد شمارش گردید و با گذشت زمان از روز چهاردهم بار میکروبی این دو تیمار نسبت به شاهد کاهش یافت و تا انتهای مدت زمان نگهداری محصول در روز سی و پنجم، تیمارهای T3 و T4 مقادیر پایین‌تری از میزان بار میکروبی کل را نسبت به نمونه شاهد نشان دادند و پایین‌ترین مقدار مربوط به تیمار T4 بود (P>۰/۰۱) که این نشاندهنده اثر مثبت ترکیبات موجود در این تیمار در کاهش میکروب‌های مزوفیل موجود در سوسیس می‌باشد. پس از این دو تیمار، نمونه شاهد و سپس تیمارهای T2 و T1 رتبه‌های بعدی را به خود اختصاص دادند. در تحقیق خالقی و همکارن (۲۰۱٦) تیمار سوسیس حاوی بالاترین مقدار عصاره زرشک (۹۰ ppm) با ppm ٦۰ نیتریت، شمارش میکروبی کلی کمتری را نسبت به شاهد در طول نگهداری نشان داد. اما در تحقیق ریاضی و همکاران (۲۰۱٦) تیمارهای سوسیس حاوی ۱ یا ۲ درصد تفاله انگور قرمز با ppm٦۰ نیتریت به طور معنی داری شمارش میکروبی کلی بالاتری را در طی ۳۰ روز نگهداری در مقایسه با نمونه شاهد نشان دادند. همانطور که مشاهده می‌شود شمارش کلی میکروبی در تمامی نمونه‌ها در طول مدت زمان نگهداری دارای روند صعودی بوده است اما کمترین میزان تغییرات بار میکروبی (با ۰/۵ سیکل لگاریتمی) مربوط به تیمار T4 می‌باشد. این نتایج با نتایج مولانژاد و همکاران (۱۳۹۵) در افزودن نگهدارنده طبیعی کیتوزان بعنوان جایگزین نیتریت سدیم که گزارش کردند شمارش کلی

میکروارگانیسم‌ها در تمامی نمونه‌ها طی شصت روز نگهداری دارای روند افزایشی بوده است مطابقت دارد. همچنین جورجانتلیس و همکاران (۲۰۰۷) مشاهده کردند که با افزودن عصاره رزماری، کیتوزان و توکوفرول در سوسیس گوشت خوک نگهداری شده در دمای ۴ ^{o}C در طی بیست روز تعداد بار میکروبی کل برای تمام نمونه‌ها افزایش یافت.

طبق استاندارد ۲۳۰۳ (۱۳۸٤) حد قابل قبول برای بار میکروبی کلی در سوسیس حداکثر 10^{5} cfu/g می‌باشد که نتایج بدست آمده در تمامی تیمارها همگی در رنج استاندارد قرار دارند. با این حال، با توجه به نتایج بدست آمده به نظر می‌رسد که استفاده از ۳ درصد پودر چغندر و ۰/۰۲ اسانس رزماری می‌تواند اثری مشابه با ٦۰ ppm نیتریت جایگزین شده و استفاده از ۳ درصد پودر چغندر و ۰/۰٤ اسانس رزماری اثر به مراتب بهتری بر روی شمارش میکروبی کلی داشته باشد.

جدول ۷- نتایج شمارش کلی میکروبی (log cfu/g) نمونه‌ها در طی ۳۵ روز نگهداری در دمای ۴ ^{o}C (میانگین±انحراف معیار)

نمونه	روز ۰	روز ۷	روز ۱۴	روز ۲۱	روز ۲۸	روز ۳۵
C	۲/۰±۲۲/۷٦^{1a}	۲/۱±٤۲/۰٦^{1ab}	۲/۱±٦٦/۰٦^{1ab}	۲/۰±۷۲/۷٦^{1bc}	۲/۰±۹۲/۷٦^{1c}	۲/۰±۹۳/۷٦^{1d}
T1	۲/۰±٦۹/۰۰^{1a}	۲/۱±۷۷/۰۰^{1ab}	۲/۰±۸۸/۷٦^{1ab}	۲/۰±۹۳/۷٦^{1bc}	۳/۱±۲۲/۷٥^{1c}	۳/۱±٦۰/۰۰^{1d}
T2	۲/۰±٥٦/۷٦^{1a}	۲/۱±۷۲/۰٦^{1ab}	۲/۱±۸۰/۰٦^{1ab}	۲/۱±۹۲/۰٦^{1bc}	۳/۱±٤۸/۷۱^{1c}	۳/۱±٤۲/۰٦^{1d}
T3	۲/۱±۳٦/۰٦^{1a}	۲/۰±٤۷/۰۰^{1ab}	۲/۰±٦۳/۷٦^{1ab}	۲/۱±٦۹/۰۰^{1bc}	۲/۰±۸٤/۰۰^{1c}	۲/۱±۹۰/۲۳^{1d}
T4	۲/۰±۳۰/۰۰^{1a}	۲/۰±۳٦/۷٦^{1ab}	۲/۱±٥٦/۰٦^{1ab}	۲/۰±٥٦/۷٦^{1bc}	۲/۱±٦۳/۰٦^{1c}	۲/۱±۸۰/۰٦^{1d}

(a-f) حروف متفاوت در هر ردیف (تیمارهای یکسان) نشان دهنده اختلاف معنی دار در سطح (P<۰/۰۱) می‌باشد.

(1-5) اعداد متفاوت در هر ستون (روزهای یکسان) نشان دهنده اختلاف معنی دار در سطح (P<۰/۰۱) می‌باشد.

نتایج شمارش کلیفرم

کلیفرم‌ها شاخص ارزیابی وضعیت بهداشتی و آلودگی مواد غذایی می‌باشند (جیمنز کلمنرو و همکاران ۲۰۰۱). نتایج تحقیق حاضر حاکی از آن بود که در تمام سطوح مورد استفاده اسانس رزماری و پودر چغندر قرمز در طول مدت زمان نگهداری محصول، هیچگونه رشدی مشاهده نشد. ولی در نمونه شاهد در روز سی و پنجم کلیفرم‌ها با تعداد ۱/٥۲ log cfu/g شمارش شدند. طبق استاندارد ۲۳۰۳ (۱۳۸٤) حد قابل قبول برای کلیفرم در سوسیس حداکثر ۱ log cfu/g می‌باشد که نتایج بدست آمده (به غیر از شاهد در روز ۳٥) در رنج استاندارد قرار دارند. ساچیندرا و همکاران (۲۰۰٥) در بررسی پروفایل میکروبی سوسیس، کلیفرم‌ها را در امولسیون سوسیس در طی فرآوری با تعداد ۹۸ MPN/g شمارش کرده و اذعان نمودند که افزایش معنی‌دار تعداد کلیفرم‌ها می‌تواند ناشی از آلودگی مواد اولیه مصرفی باشد اما تعداد کلیفرم‌ها در سوسیس پس از حرارت‌دهی کاهش یافته و با میانگین ۰/۲ MPN/g در طی نگهداری شمارش گردید. جوادی و همکاران (۲۰۱۱) نیز در مطالعه میکروبی نمونه‌های سوسیس در طی ۳٥ روز نگهداری هیچ کلیفرمی را جداسازی نکردند. در تحقیق گارسیا و همکاران (۲۰۱۱) با جایگزینی بخشی از نیتریت در سوسیس خوک بوسیله کیتوزان گزارش کردند که کلیفرم‌ها در تمامی تیمارها و شاهد جداسازی و شمارش شدند به طوریکه میزان آنها از 10^{1} cfu/g در روز اول تا 10^{3} cfu/g در روز ۳٥ نگهداری افزایش نشان داد که با نتایج تحقیق حاضر همخوانی ندارد و علت آن می‌تواند وضعیت نامناسب بهداشتی در حین تولید و بار میکروبی بالای نمونه‌ها در تحقیق فوق الذکر با شمارش میکروبی کلی بیشتر از 10^{7} cfu/g باشد. به طور کلی شرایط نگهداری و بسته بندی سوسیس حرارت دیده از رشد کلیفرم‌ها حمایت نمی‌کند و حضور این باکتری‌ها در

سوسیس می‌تواند بیشتر به علت آلودگی پس از پخت و دستکاری غیر بهداشتی باشد (ساچیندرا و همکاران ۲۰۰۵).

نتایج آزمون کپک و مخمر

نتایج شمارش کپک و مخمر در جدول شماره ۸ نشان داده شده است و حاکی از معنی‌دار بودن اثر سطوح مختلف اسانس رزماری و پودر چغندر قرمز و زمان می‌باشد (P<۰/۰۱) میزان کپک و مخمر به میزان آلودگی گوشت چرخ کرده و مواد تشکیل دهنده بستگی دارد. افزایش میزان مخمر و کپک ارتباط بسیار نزدیکی با روند پخت و ایمنی تولید محصول دارد (گونگور و گوگلو ۲۰۱۰). در تمامی نمونه‌های مورد مطالعه از روز صفر تا روز بیست یکم و در دو تیمار T3 و T4 تا روز سی و پنجم نگهداری محصول، هیچگونه رشد کپک و مخمری مشاهده نشد. اما از آن پس در برخی نمونه‌ها کپک و مخمر رشد یافته که بیشترین شمارش به ترتیب مربوط به تیمار T1، T2 و C بوده است. با توجه به اینکه بیشترین کاهش در میزان شاخص pH در ۲۱ روز اول نگهداری مشاهده شد (احتمالاً به دلیل تولید اسیدهای آلی توسط باکتری‌ها) و پس از آن افزایش یافت (به دلیل افزایش تعداد باکتری‌های گرم منفی مانند *آنتروباکتریاسه* و *سودوموناس‌ها* و نیز مخمرها و کپک‌ها) که این تغییرات pH طی مدت نگهداری محصول می‌تواند روی روند رشد کپک و مخمر تاثیر گذار باشد (جورجانتلیس و همکاران ۲۰۰۷). در نتایج بدست آمده توسط مولانژاد و همکاران (۱۳۹۵) مشخص گردید که تعداد کلی کپک‌ها و مخمرها در طول شصت روز برای تمام نمونه‌ها افزایش یافت. با این حال در بیست روز اول تیمار حاوی کیتوزان کمترین میزان رشد کپک و مخمر را از خود نشان داد و پس از آن تیمار حاوی نیتریت سدیم توانست در این زمینه موثر باشد که این نشان دهنده اثر مثبت کیتوزان بر کاهش رشد کپک و مخمر در کالباس گوشت حرارت دیده بود که با نتایج تحقیق حاضر همخوانی دارد. با این حال، جورجانتلیس و همکاران (۲۰۰۷) مشاهده کردند که با افزودن عصاره رزماری، کیتوزان و توکوفرول در سوسیس گوشت خوک نگهداری شده در دمای ٤ ^{o}C در طی بیست روز تعداد کلی کپک‌ها و مخمرها برای تمام نمونه‌ها افزایش یافت. طبق استاندارد ۲۳۰۳ (۱۳۸٤) حد قابل قبول برای کپک و مخمر در سوسیس حداکثر cfu/g ۱۰۰ می‌باشد که نتایج بدست آمده همگی در رنج استاندارد قرار دارند.

جدول ۸- نتایج شمارش کپک و مخمر (log cfu/g) نمونه‌ها در طی ۳۵ روز نگهداری در دمای ۴ ^{o}C (میانگین±انحراف معیار)

نمونه	روز ۰	روز ۷	روز ۱۴	روز ۲۱	روز ۲۸	روز ۳۵
C	۰/۰±۰۰/۰۰^{1a}	۰/۰±۰۰/۰۰^{1a}	۰/۰±۰۰/۰۰^{1a}	۰/۰±۰۰/۰۰^{1a}	۰/۰±۰۰/۰۰^{1b}	۱/۰±۰۰/۰۰^{1c}
T1	۰/۰±۰۰/۰۰^{3a}	۰/۰±۰۰/۰۰^{3a}	۰/۰±۰۰/۰۰^{3a}	۰/۰±۰۰/۰۰^{3a}	۱/۰±٤۷/۰۰^{3b}	۱/۰±۸٤/۰۰^{3c}
T2	۰/۰±۰۰/۰۰^{2a}	۰/۰±۰۰/۰۰^{2a}	۰/۰±۰۰/۰۰^{2a}	۰/۰±۰۰/۰۰^{2a}	۱/۰±۱۲/۲٤^{2b}	±۷٥/۰/۰٦^{2c}
T3	۰/۰±۰۰/۰۰^{1a}	۰/۰±۰۰/۰۰^{1a}	۰/۰±۰۰/۰۰^{1a}	۰/۰±۰۰/۰۰^{1a}	۰/۰±۰۰/۰۰^{1b}	۰/۰±۰۰/۰۰^{1c}
T4	۰/۰±۰۰/۰۰^{1a}	۰/۰±۰۰/۰۰^{1a}	۰/۰±۰۰/۰۰^{1a}	۰/۰±۰۰/۰۰^{1a}	۰/۰±۰۰/۰۰^{1b}	۰/۰±۰۰/۰۰^{1c}

(a-f) حروف متفاوت در هر ردیف (تیمارهای یکسان) نشان دهنده اختلاف معنی دار در سطح (P<۰/۰۱) می‌باشد.

(1-5) اعداد متفاوت در هر ستون (روزهای یکسان) نشان دهنده اختلاف معنی دار در سطح (P<۰/۰۱) می‌باشد.

نتایج آزمون *کلستریدیوم پرفرینجنس*

با توجه به نتایج به دست آمده مشاهده شد که در طی سی و پنج روز نگهداری در دمای یخچال، *کلستریدیوم پرفرینجنس* رشد نکرد که احتمالا مربوط به فرآیند مناسب حرارتی، نیتریت مورد استفاده و اثر ضد میکروبی اسانس رزماری و پودر چغندر قرمز جایگزین شده می‌باشد. جکسون (۲۰۱۰) و ریاضی و همکاران (۲۰۱٦) نیز در ارزیابی اثر برخی از ترکیبات طبیعی روی

محصولات گوشتی مورد مطالعه گزارش کردند که *کلستریدیوم پرفرینجنس* در هیچ یک از نمونه‌ها در طی نگهداری در دمای ٤ °C در مدت زمان ۳۰ روز رشد نکرد. همچنین مولانژاد و همکاران (۱۳۹۵) با توجه به آزمایشات به عمل آمده در طول ٦۰ روز مشاهده کردند که باکتری *کلستریدیوم پرفرینجنس* رشد نکرد که همگی با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد. اعمال فرآیند پخت کافی، کیفیت خوب مواد اولیه و نگهداری در شرایط مناسب و به همان ترتیب ترکیبات ضدمیکروبی مورد استفاده، مانع از رشد این دسته از باکتری‌ها گردیده است. طبق استاندارد ۲۳۰۳ (۱۳۸٤) حد قابل قبول برای *کلستریدیوم پرفرینجنس* در سوسیس حداکثر ۵۰ cfu/g می‌باشد که نتایج بدست آمده همگی در رنج استاندارد قرار دارند.

نتایج ارزیابی حسی

در ارزیابی سطوح مختلف اسانس رزماری و پودر چغندر بر ویژگی‌های حسی نمونه‌های تولیدی توسط ارزیاب‌ها (مطابق با جدول شماره ۹)، مشخص گردید که تیمارها از لحاظ رنگ، طعم، بو و بافت در سطح اطمینان ۵ درصد با یکدیگر تفاوت معنی‌داری نداشتند ($P>0/05$)، که علت این امر می‌تواند ترکیبات گوناگون مورد استفاده در فرمولاسیون سوسیس و هم پوشانی اثر اسانس رزماری و پودر چغندر با سایر ادویه‌جات مصرفی باشد. اما به طور کلی همه تیمارها (بویژه T1 و T2) در مقایسه با شاهد از امتیازات حسی بالاتری برخوردار بودند. الغرابلی و آشوش (۲۰۱۲) در بررسی اثر آنتی اکسیدانی پودر پوست انار و پودر چغندر قرمز روی کیفیت سوسیس بیان نمودند که ویژگیهای حسی (به غیر طعم و آبداری) نمونه‌ها تحت تاثیر نوع و مقدار ترکیبات مورد استفاده قرار نگرفتند و صرفاً اختلاف آماری معنی‌دار اندکی در کیفیت خوراکی نمونه‌های تولیدی مشاهده گردید و تیمارهای حاوی ۱ و ۳ درصد پودر چغندر قرمز بالاترین امتیازات حسی را به خود اختصاص دادند. جین و همکاران (۲۰۱٤) نیز در ارزیابی ویژگی‌های کیفی سوسیس خوک حاوی پودر چغندر قرمز گزارش نمودند که افزودن پودر چغندر به غیر از رنگ، اثر معنی‌داری روی سایر ویژگی‌های حسی تیمارها ندارد. همچنین خالقی و همکاران (۲۰۱٦) با جایگزینی نیتریت سوسیس با زرشک سیاه بیان نمودند که ارزیابی حسی تیمارها حاکی از عدم تفاوت معنی‌دار آنها با نمونه شاهد می‌باشد.

جدول۹- نتایج ارزیابی حسی نمونه‌های تولیدی

نمونه	رنگ	طعم	بو	بافت
C	۳/۰±٦۲/۹۱	۳/۰±۲۵/۸۸	۳/۰±۷۵/۸۸	۳/۰±٦۲/۹۱
T1	٤/۰±۱۲/۳۵	٤/۰±۲۵/۷	۳/۰±۸۷/۹۹	٤/۰±۱۲/۳۵
T2	٤/۰±۱۲/۳۵	٤/۰±۲۵/۷	۳/۰±۸۷/۹۹	٤/۰±۱۲/۳۵
T3	۳/۱±۸۷/۲٤	۱±٤/۰٦	۳/۱±۸۷/۲٤	۳/۱±۸۷/۲٤
T4	۳/۱±۸۷/۲٤	۱±٤/۰٦	۳/۱±۸۷/۲٤	۳/۱±۸۷/۲٤

نتیجه گیری

در مجموع با عنایت به تمامی نتایج بدست آمده در ویژگی‌های فیزیکی، شیمایی، میکروبی و حسی مورد بررسی می‌توان تیمار T4 (نمونه سوسیس حاوی ۰/۰٤ درصد اسانس رزماری و ۳ درصد پودر چغندر) را به عنوان بهترین تیمار معرفی نمود.

همچنین با در نظر گرفتن خصوصیات سلامتی بخش ترکیبات گیاهی طبیعی مورد استفاده از یک طرف و نیز زیان‌های ناشی از نگهدارنده‌های سنتزی برای سلامتی انسان از طرف دیگر، و با توجه به نتایج کسب شده در این تحقیق میتوان با اطمینان جایگزینی بخشی از نیتریت (حداقل ٦۰ ppm) را با استفاده از ترکیب اسانس رزماری و پودر چغندر با حفظ تمامی ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی، میکروبی و حسی مطلوب توصیه نمود که می‌تواند گامی مؤثر در جهت بهبود ویژگی‌های کیفی و بهداشتی فرآورده‌های گوشتی به حساب آید.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله از مدیریت محترم شرکت فرآورده‌های گوشتی تهران (سولیکو) که در روند تهیه نمونه‌ها و در

اختیار گذاشتن امکانات ما را یاری نمودند تشکر و قدردانی به عمل می‌آید.

منابع مورد استفاده

رکنی ن، ۱۳۹۱. علوم و صنایع گوشت. چاپ ششم. انتشارات دانشگاه تهران.

سازمان ملی استاندارد ایران، ۱۳٦۹. تعیین نیترات محتوی در گوشت و فرآورده‌های آن - روش آزمون. چاپ اول. استاندارد ملی شماره ۹۸۸.

سازمان ملی استاندارد ایران، ۱۳۸٦. گوشت و فرآورده‌های گوشتی- تعیین pH - روش آزمون مرجع. چاپ اول، تجدید نظر اول. استاندارد ملی شماره ۱۰۲۸.

سازمان ملی استاندارد ایران، ۱۳۷۱. میکروبیولوژی مواد غذایی و خوراک دام - روش جامع برای جستجو، شناسایی و شمارش کلستریدیوم پرفرنژانس. استاندارد ملی شماره ۲۱۹۷.

سازمان ملی استاندارد ایران، ۱۳۸٤. سوسیس و کالباس: ویژگی‌ها و روش‌های آزمون. تجدید نظر سوم. استاندارد ملی شماره ۲۳۰۳.

سازمان ملی استاندارد ایران، ۱۳۸٦. میکروبیولوژی مواد غذائی و خوراک دام - روش جامع برای شمارش کلی میکروارگانیسم‌ها در ۳۰ درجه سلسیوس. تجدید نظر اول. استاندارد ملی شماره ۵۲۷۲.

سازمان ملی استاندارد ایران، ۱۳۸٦. میکروبیولوژی مواد غذائی و خوراک دام - روش جامع برای شمارش کلیفرم‌ها-روش شمارش کلنی. چاپ اول. استاندارد ملی شماره ۹۲٦۳.

سازمان ملی استاندارد ایران، ۱۳۸۷. میکروبیولوژی مواد غذائی و خوراک دام - روش جامع برای شمارش کپک‌ها و مخمرها - قسمت اول: روش شمارش کلنی در فرآورده‌های با فعالیت آبی (aw) بیشتر از ۰/۹۵. چاپ اول. استاندارد ملی شماره ۱-۱۰۸۹۹.

محمدی م و حسینی ه، ۱۳۸۸. اصول و روش‌های تولید سوسیس و کالباس. انتشارات انستیتو تغذیه ای و صنایع غذایی کشور.

محمدی م، عقابی ف و سیداحمدیان ف، ۱۳۸٦. ارزیابی ویژگی‌های حسی کالباس. فصلنامه علوم و صنایع غذایی ایران، ٤ (٤): ۹-۱۸.

معارفیان م، ۱۳۸۹. بررسی اثرآنتی اکسیدانی و ضدمیکروبی اسانس‌های نعناع فلفلی و دارچین در سوسیس. پایان نامه کارشناسی ارشد صنایع غذائی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس.

مولانژاد م، هدایتی فرد م و گلستان ل، ۱۳۹۵. افزایش عمر ماندگاری کالباس گوشت حرارت دیده با نگهدارنده طبیعی کیتوزان بعنوان جایگزین نیتریت سدیم. نشریه پژوهش‌های صنایع غذایی، ۲٦ (۱): ۹۹-۱۱۲.

Ahn HJ, Kim JH, Jo C, Lee CH and Byun MW, 2002. Reduction of carcinogenic nitrosamines and residual nitrite in model system sausage. Journal Food Science 67(4): 1370-1373.

Alina AR, Siti-Mashitoh A, Babji AS, Maznah I, Syamsul KMW and Muhyiddin Y, 2012. Oxidative stability of smoked chicken sausage substituted with red palm mid fraction during chilled storage. World Applied Sciences Journal 15: 62-66.

Al-Marazzeq K, Haddadin M, Al-Abdullah B and Angor M, 2015. Effect of nitrite substitution with olive leaves extract on color and sensory properties of beef mortadella. Journal of Agricultural Science 7(12): 120-128.

AOAC, Official Methods of Analysis, 1999. Peroxide value of oils and fats: Titration method. Association of Official Analytical Chemists, Gaithersburg, Official method 965. 33.

Ashley H, 2013. The effect of pH and nitrite concentration on the antimicrobial impact of celery juice compared with sodium nitrite on *Listeria monocytogenes*. MSc thesis, Iowa State University.

Canadanovic-Brunet J, Savatovic S, Cetkovic G, Vulic J, Djilas S, Markov S and Cvetkovic D, 2012. Antioxidant and antimicrobial activities of beet root pomace extracts. Journal of Food Science 29(6): 575–585.

Coronado S, Trout G, Dunshea F and Shah N, 2002. Antioxidant effects of rosemary extract and whey powder on the oxidative stability of wiener sausages during 10 months frozen storage. Meat Science 62(2): 217–224.

Doolaege E, Vossen E, Raes K, Meulenaer B, Verhé R, Paelinck H and De-Smet S, 2012. Effect of rosemary extract dose on lipid oxidation, colour stability and antioxidant concentrations, in reduced nitrite liver pâtés. Meat Science 90(4): 925–931.

Duarte MC, Leme EE, Delarmelina C, Soares AA, Figueira GM and Sartoratto A, 2009. Activity of essential oils from Brazilian medicinal plants on *Escherichia coli*, Journal of Ethnopharmacology 111: 197-201.

El-Gharably AMA and Ashoush IS, 2012. Utilization Impact of adding pomegranate rind powder and red beet powder as natural antioxidant on quality characteristics of beef sausage. World Journal of Dairy & Food Sciences 6(1): 86-97.

Estevez M and Cava R, 2006. Effectiveness of rosemary essential oil as an inhibitor of lipid and protein oxidation: Contradictory effects in different types of frankfurters. Meat Science 72: 348-355.

Ferguson LR, Philpott M and Karunasinghe N, 2004. Dietary cancer and prevention using antimutagens, Toxicology 198: 147-159.

Fernandez J, Perez-Alvarez JA and Fernandez-Lopez JA, 1997. Thiobarbituric acid test for monitoring lipid oxidation in meat. Food Chemistry 59: 345–353.

Fernandez-Lopez J, Zhi N, Aleson-Carbonell L, Perez-Alvarez JA and Kuri V, 2005. Antioxidant and antibacterial activities of natural extracts: application in beef meatballs. Meat Science 69: 371-380.

Garcia M, Beldarrain T, Fornaris L and Diaz R, 2011. Partial substitution of nitrite by chitosan and the effect on the quality properties of pork sausages. Cienc. Tecnol. Aliment. Campinas 31(2): 481-487.

Georgantelis D, Ambrosiadis I, Katikou P, Blekas G and Georgakis SA, 2007. Effect of rosemary extract, chitosan and a-tocopherol on microbiological parameters and lipid oxidation of fresh pork sausages stored at 4ºC. Meat Science 76: 172-181.

Gotoh N. and Wada S, 2006. The importance of peroxide value in assessing food quality and food safety. Journal of the American Oil Chemists' Society 83: 473-474.

Gungor E and Gokglu N, 2010. Determination of microbial contamination sources at a Frankfurter sausage processing line. Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences 34(1): 53-59.

Honikel KO, 2008. The use and control of nitrate and nitrite for the processing of meat products. Meat Science 78: 68-76.

Holmer A, 1999. Irradiation-induced cured ham color fading and regeneration. Journal of Food Science 70: 281-285.

Jackson A, 2010. Investigating the microbiological safety of uncured no nitrate or nitrite added processed meat products. PhD thesis, Iowa State University.

Javadi A, Zarrin R, and Safarmashaei S, 2011. Microbiological study of cocktail sausage during shelf life. Middle-East Journal of Scientific Research 7 (6): 1056-1056.

Jimenez-Colmenero F, Carballo J and Cofrades S, 2001. Healthier meat and meat product: their role as functional foods. Meat Science 59: 5-13.

Jin SK, Choi JS, Moon SS, Jeong JY and Kim GD, 2014. The qssessment of red beet as a natural colorant, and evaluation of quality properties of emulsified pork sausage containing red beet powder during cold storage. Korean Journal for Food Science of Animal Resources 34(4): 472-481.

Kanatt SR, Chander R and Sharma A, 2008. Chitosan and mint mixture: A new preservative for meat and meat products. Food Chemistry 107: 845-852.

Khaleghi A, Kasaai R, Khosravi-Darani K and Rezaei K, 2016. Combined use of black barberry (*Berberis crataegina L.*) extract and nitrite in cooked beef sausages during the refrigerated storage. Journal of Agricultural Science Technology 18: 601-614.

Liu DC, Tsau RT, Lin YC, Jan SS and Tan FJ, 2009. Effect of various levels of rosemary or Chinese mahogany on the quality of fresh chicken sausage during refrigerated storage. Meat Science 117: 106-113.

Moarefian M, Barzegar M, Sattari M and Naghdi Badi H, 2012. Production of functional cooked sausage by Mentha piperita essential oil as a natural antioxidant and antimicrobial material. Journal of Medicinal Plants 11(41): 46-57.

Ockerman HW, 1985. Quality control of postmortem muscle and tissue. PhD thesis, Ohio State University, Columbus.

Pavlovic R, Mladenovic J, Radovanovic B, Maskovic P and Acamovic-Dokovic G, 2013. Biological activity of beetroot extracts. Pp. 397-401. Conference of Environmentalism, Agriculture, Horticulture Food Production and Processing. Naklo, Slovenia.

Riazi F, Zeynali F, Hoseini H and Behmadi H, 2016. Effect of dry red grape pomace as a nitrite substitute on the microbiological and physicochemical properties and residual nitrite of dry-cured sausage. Nutrition and Food Sciences Research 3(3): 37-44.

Sachindra NM, Sakhare PZ, Yashoda KP and Narasimha-Rao D, 2005. Microbial profile of buffalo sausage during processing and storage. Food Control 16: 31–35.

Sallam KI, Ishioroshi M and Samejima K, 2004. Antioxidant and antimicrobial effects of garlic in chicken sausage, Lebensmittel Wissenschaft Technologie 37: 849-855.

Sebranek JG and Bacus JN, 2007. Cured meat products without direct addition of nitrate or nitrite: what are the issues? Meat Science 77: 136–147.

Sebranek JG, Sewalt VJH, Robbins KL and Houser TA, 2005. Comparison of a natural rosemary extract and BHA/BHT for relative antioxidant effectiveness in pork sausage. Meat Science 69: 289-296.

Tahmouzi S, Razavi SH, Safari M and Emam-Djomeh Z, 2012. Influence of Beet sugar, calcium lactate, and *Staphylococcus xylosus* (with nitrate reductase activity) on the chemical, microbiological, and sensorial properties of Persian uncured frankfurters. Journal of Food Science 77: 565-571.

Teye M, Teye GA and Odol FNA, 2011. Groundnut oil improves tenderness, juiciness, and consistency of beef. Online Journal of Animal and Feed Research 1(5): 165-170.

Tieko-Nassu R, Goncalves L, Pereira-DaSilva M and Jose-Beserra F, 2003. Oxidative stability of fermented goat meat sausage with different levels of natural antioxidant. Meat Science 63(1): 43–49.

Toldrá F, Aristoy MC and Flores M, 2009. Relevance of nitrate and nitrite in dry-cured ham and their effects on aroma development. International Journal of Fats and Oils 60(3): 291-296.

Tricker AR and Preussmann R, 1991. Carcinogenic N-nitrosamines in the diet: occurrence, formation, mechanisms and carcinogenic potential. Mutation Research 259: 277-289.

Trindade RA, Mancini-Filho J and Villavicencio ALCH, 2010. Natural antioxidants protecting irradiated beef burgers from lipid oxidation. Food Science and Technology 43: 98-104.

Effect of partial substitution of nitrite in sausage formulation by rosemary essential oil and red beet powder

Somayeh Khodaee[1] and Mohammadreza Khani [2*]

Received: October 30, 2016 Accepted: May 29, 2017

[1]MSc Graduate, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Shahr-e-Qods Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
[2]Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Shahr-e-Qods Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
*Corresponding author: E-mail: m.khani@qodsiau.ac.ir

Abstract

This study was aimed to investigate substitution of nitrite in sausages formulation. For this purpose, sausage samples were produced using 60 ppm nitrite combined with a mixture of red beet powder and rosemary essential oil in the form of four treatments including: T1 (1.5% beet + 0.02% rosemary), T2 (1.5% beet + 0.04% rosemary), T3 (3% beet + 0.02% rosemary) and T4 (3% beet + 0.04% rosemary) and control sample produced by 120 ppm nitrite (without beet powder and rosemary essential oil). All samples stored in the refrigerator for 35 days and physicochemical, microbiological and sensory properties were evaluated. The results showed that thiobarbituric acid and peroxide values in control sample had the highest amounts of 0.16-0.65 and 0.36-1.37, respectively, during the study, but the lowest values were related to T4 by amounts of 0.06-0.39 and 0.13-0.92, respectively ($P<0.01$). Also the highest amount of pH and a* color index were belong to T4 and the lowest values to the control sample. In microbial tests, all samples had total bacterial counts less than 3.6 log cfu/g and significant difference were not observed between control and treatments. Moreover, *Clostridium perfringens* was not detected in any of the treatments and coliforms was not enumerated in treatments (except control). Also, molds and yeasts were enumerated only in control, T1, and T2 samples at 28 and 35 days of storage. Sensory evaluations mostly showed no significant difference between treatments and control sample ($P>0.01$). Generally, the results indicated the possibility of partial replacement of nitrite using a combination of rosemary essential oil and red beet powder.

Key words: Rosemary essential oil, Red beet powder, Nitrite substitution, Sausage