

بررسی کاربرد رنگ‌های طبیعی کوچنیل و پاپریکا به منظور ایجاد رنگ در سوسیس فرانکفورتر کم نیتريت و بدون نیتريت

سارا حسین پور^۱ - محمدهادی اسکندری^۲ - غلامرضا مصباحی^{۳*} - شهرام شکر فروش^۴ - عسگر فرحناکی^۵

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۱/۳۰

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۱۲/۱۹

چکیده

نیتريت ماده ای است که نقش پدید آوردن و بهبود دادن بسیاری از ویژگی های محصولات گوشتی عمل آوری شده را به عهده دارد. برای مثال بهبود رنگ و طعم و جلوگیری از رشد و تولید سم توسط باکتری کلاستریدیوم بوتولینیوم، با وجود داشتن این خصوصیات مطلوب، نیتريت در ایجاد ماده سرطانزای نیتروز آمین نقش دارد. این پژوهش، با ایجاد تحول در سیستم عمل آوری گوشت، به دنبال حذف یا کاهش نیتريت از محصولات گوشتی است. سبزه فرمولاسیون متفاوت بر پایه ترکیبات موجود در سوسیس فرانکفورتر استاندارد تهیه شد و در آنها، فرمول های بدون نیتريت و کم نیتريت و استفاده از رنگ های طبیعی کوچنیل و پاپریکا منظور شد. برای مثال، نمونه کنترل با ۱۲۰ میلی گرم در کیلوگرم نیتريت، نمونه کم نیتريت حاوی ۴۰ میلی گرم در کیلوگرم نیتريت و برخی نمونه ها بدون نیتريت بود. نمونه ها در دمای ۴ درجه سانتی گراد به مدت هشت هفته نگهداری شد. در ضمن نگهداری، تغییرات رنگ (شاخص های L^* , a^* , b^*) اندازه گیری و ارزیابی گردید. همچنین نمونه های تولیدی در معرض نور طبیعی و نور مصنوعی قرار داده شد و پایداری رنگ آنها مورد مقایسه قرار گرفت. از طرف دیگر، رنگ نمونه ها از دیدگاه گروه ارزیابی حسی نیز ارزیابی شد. نتایج نشان داد که نمونه حاوی ۴۰ میلی گرم در کیلوگرم نیتريت و ۰/۰۰۲ درصد کوچنیل، نمونه محتوی ۴۰ میلی گرم در کیلوگرم نیتريت و ۱ میلی گرم در کیلوگرم پاپریکا و نمونه بدون نیتريت حاوی ۰/۱۵ درصد کوچنیل در مقایسه با نمونه شاهد از نظر رنگ تفاوت معنی داری را در سطح ۵ درصد نداشتند. در مجموع، می توان نتیجه گیری کرد که بویژه از دیدگاه گروه ارزیابی حسی رنگ، امکان تولید سوسیس فرانکفورتر با رنگ نزدیک به نمونه شاهد، بدون استفاده از نیتريت و یا با نیتريت کم وجود دارد.

واژه های کلیدی: رنگ، نیتريت، محصولات گوشتی، سوسیس بدون نیتريت، سوسیس کم نیتريت

مقدمه

زمان لازم برای عمل آوری گوشت را کاهش می دهد که در نتیجه ظرفیت تولید بالا می رود و نیز خطر ابتلا به بوتولیسم را تا حد زیادی می کاهش دهد. همچنین مسئول ایجاد رنگ صورتی مطلوب گوشت های عمل آوری شده و طعم مخصوص آن است و به عنوان عامل ضد میکروبی و آنتی اکسیدانی عمل می کند (Shahidi et al., 1992, Mitacek et al., 1999).

علیرغم تمام فواید ذکر شده برای نیتريت در تولید گوشت های عمل آوری شده، خطر مشخصی که در رابطه با افزودن نیتريت به این گوشت ها مطرح می باشد، نیتريت باقیمانده در محصول پس از پخت و نیز نقش نیتريت در تولید نیتروز آمین ها است. نیتروز آمین ها محصولات حاصل از واکنش بین نیتريت و اسیدهای آمینه آزاد و آمین ها هستند که می توانند در این نوع گوشت ها بعد از عملیات حرارتی یا پس از هضم در معده تولید شوند. نیتروز آمین ها ترکیبات سرطانزا،

اضافه کردن نمک و نیتريت به گوشت به منظور افزایش مدت زمان نگهداری و ایجاد طعم و مزه مطلوب در آن، عمل آوری نامیده می شود. گوشت های عمل آوری شده بخش عمده ای از محصولات گوشتی را در دنیا به خود اختصاص می دهند (Noel et al., 1990). تا اواخر دهه ۶۰ میلادی تأکید تکنولوژیکی بر این بود که استفاده از نیتريت برای تولید گوشت های عمل آوری شده مفید است. نیتريت

۱، ۲، ۳ و ۵ - به ترتیب دانش آموخته کارشناسی ارشد، استادیار، استادیار و دانشیار بخش علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز
۴ - استاد گروه بهداشت مواد غذایی، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه شیراز
* - نویسنده مسئول: (Email: mesbahi@shirazu.ac.ir)

اما نتوانستند رب گوجه فرنگی را به طور کامل جایگزین نیتريت کنند، زیرا طعم ترش نامطلوب در فرآورده گوشتی ایجاد می‌شد (Deda, et al., 2007). محققین دیگری با استفاده از گلبول قرمز حیوانات، رنگی تولید کردند که می‌تواند به خوبی جایگزین رنگ حاصل از نیتريت در گوشت‌های عمل‌آوری شده گردد (Shahidi et al., 1985, Shahidi et al., 1992). در یک تحقیق، تأثیر کاربرد شش رنگدانه مجاز خوراکی (از نظر اتحادیه اروپا) در غیاب نیتريت در سوسیس فرانکفورت بر بررسی شد. رنگ‌های استفاده شده در این پژوهش شامل: E100 کورکومین^۳، E120 کارمینیک اسید^۴، E150 کارامل، E160a بتا کاروتن، E160c عصاره پاپریکا و E162 بتانین بود. دستورالعمل اروپایی ۹۴/۳۶ (۱۹۹۴) که راهنمای استفاده از رنگ‌های طبیعی در غذاست رنگ‌های فوق را برای استفاده در سوسیس مجاز اعلام کرده است (Bloukas et al., 1999).

پاپریکا رنگ حاصل از نوعی فلفل قرمز (*Capsicum annum*) است که در بسیاری از کشورها به دلیل رنگ مطلوب، طعم خاص و خاصیت آنتی‌اکسیدانی آن در محصولات غذایی مختلف مانند سوپ، پنیرها، سس‌ها، غذاها، گوشتی مورد استفاده قرار می‌گیرد. پاپریکا به صورت پودر، ورقه‌های فلفل^۵ و اولئوزین^۶ که عصاره قرمز رنگ محلول در آب است به بازار عرضه می‌شود. رنگ قرمز متمایل به نارنجی پاپریکا به دلیل حضور غالب رنگدانه‌های کتو-کارتنوئیدی^۷ کاپسانتین^۸ و کاپسوربین^۹ در این ماده است که ۷۰-۸۰٪ آن را تشکیل می‌دهند (Fernández-López et al., 2002). در این تحقیق از عصاره و پودر پاپریکا برای ایجاد رنگ در محصول استفاده شد. حشره کوچنیل (*Dactylopius coccus*) ماده اولیه برای تولید رنگ کوچنیل^{۱۰} یا اسید کارمینیک^{۱۱} است. این رنگ توسط حشره ماده تولید می‌شود که بدون بال است و ۵ میلی‌متر طول دارد. کارمین یک رنگ طبیعی است که از خالص سازی کوچنیل به دست می‌آید. این رنگ را به طور عمده در مواد آرایشی-بهداشتی، دسرها، کلوچه‌ها، مرباها، ژله‌ها، آبمیوه‌ها، پنیر چدار، سس‌ها، سوریمی، سوسیس‌ها، آبنبات‌ها و دیگر محصولات غذایی استفاده می‌کنند. به طور متوسط هر انسان ممکن است که سالانه ۲-۱ قطره کوچنیل از طریق غذاهایی که برای ایجاد رنگ در آن‌ها از کوچنیل استفاده شده

موتاسیون‌زا و ایجاد کننده اختلالات جنینی هستند. این ترکیبات به عنوان یکی از عوامل ایجاد سرطان خون در کودکان، سرطان دستگاه گوارش خصوصاً سرطان روده بزرگ، سرطان کبد، تومور مغزی و سرطان ریه شناخته شده‌اند. کنترل میزان نیتريت در محصولات گوشتی امکان‌پذیر است، اما کنترل عوامل داخلی مانند میزان اسیدهای آمینه آزاد یا آمین‌ها در داخل بدن انسان بسیار مشکل است (Liener, 1974, Peters et al., 1996, Blot et al., 1999, Paik et al., 2001, Nollet et al., 2006, Demeyer et al., 2008). خطرات مطرح شده در رابطه با ایجاد نیتروزآمین‌ها در محصولات گوشتی، متخصصین را بر آن داشت تا جایگزین‌هایی برای نیتريت در تولید این گوشت‌ها پیدا کنند. اما تا کنون ماده واحدی که بتواند تمام خصوصیات نیتريت را یک جا داشته باشد پیدا نشده و از ترکیبات مختلف به عنوان جایگزین نیتريت در فرمولاسیون گوشت‌های عمل‌آوری شده استفاده شده است. در پاره‌ای از تحقیقات نیز بخشی از نیتريت با ترکیبات دیگر جایگزین شده است (Nollet et al., 2006).

ویژگی‌های ظاهری محصولات غذایی از عوامل مهمی است که در پذیرش آن توسط مشتری مد نظر قرار می‌گیرد. در میان این ویژگی‌ها که برای محصولات گوشتی شامل رنگ، طعم و بافت است، ویژگی رنگ، نقش مهمتری بازی می‌کند، زیرا اگر محصول رنگ نامطلوب داشته باشد، عموماً قضاوت مشتری از طعم و بافت آن نیز تحت تأثیر قرار می‌گیرد. در مورد گوشت‌های عمل‌آوری شده رنگ صورتی روشن آن‌ها از فاکتورهایی است که همواره در فروش محصول مؤثر است. حذف نیتريت از فرمولاسیون محصولات گوشتی عمل‌آوری شده سبب ایجاد یک رنگ سبز مایل به خاکستری در محصول می‌شود که نامطلوب است (Gary et al., 1981, Gary et al., 1987, Cammack et al., 1999, Pegg et al., 2000). از ترکیبات زیادی به عنوان جایگزین نیتريت برای تولید رنگ در گوشت‌های عمل‌آوری شده استفاده شده است مثل اسید نیکوتینیک، اریتروزین، ۳،۴-آسیل پیریدین، N,N-دی اتیل نیکوتینامید، پروتوفیرین IX^۱، مشتقات پیریدین، ترکیبات هتروسیکلیک مثل پورین و پیرمیدین، خشک شده عصاره تربچه، رنگدانه‌های بتانین از عصاره چغندر و دیگر ترکیبات که به علل مختلف از جمله: سمیت برخی از آن‌ها، عدم مقاومت حرارتی و حساسیت به اکسیداسیون نمی‌توان از آن‌ها در این سیستم‌ها استفاده کرد (Howard et al., 1973, Nollet et al., 2006). در یک تحقیق از رب گوجه فرنگی^۲

در تولید فرانکفورت استفاده شد، در این تحقیق با استفاده از ۱۲٪ رب گوجه فرنگی در فرمولاسیون فرانکفورت، نتوانستند میزان نیتريت را از ۱۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم به ۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم کاهش دهند.

- 1- Protoporphyrin-IX
- 2- Tomato paste

- 3- Curcumin
- 4- Carminic acid
- 5- Pepper flakes
- 6- Oleoresin
- 7- Keto-carotenoids
- 8- Capsanthin
- 9- Capsorubin
- 10- Cochineal
- 11- Carminic acid

تولید سوسیس فرانکفورت

سبزه نمونه سوسیس فرانکفورت با فرمولاسیون‌های مختلف در این پژوهش تولید شده و مورد ارزیابی قرار گرفت. فرمولاسیون کلی سوسیس تولید شده بر اساس فرمول تجاری یک کارخانه محلی، شامل ۶۵ درصد گوشت قرمز، ۸ درصد روغن مایع، ۱۵ درصد آب و یخ، ۲ درصد نشاسته گندم، ۴ درصد سویا، ۱/۶ درصد نمک طعام، ۰/۴ درصد پودر سیر، ۰/۰۴ درصد اسید اسکوربیک، ۰/۴ درصد فسفات پتاسیم و ۰/۷ درصد ادویه جات بود. نمونه کنترل سوسیس فرانکفورت حاوی ۱۲۰ میلی‌گرم در کیلوگرم نیتريت بود که به همراه سایر نمونه‌ها تولید شد. علاوه بر این در چند گروه آزمایشی میزان نیتريت کاهش یافته و به ۴۰ میلی‌گرم در کیلوگرم رسانده شد. جهت جلوگیری از اکسیداسیون در یک نمونه کم نیتريت و یک نمونه بدون نیتريت از ۳۰ ppm آنتی‌اکسیدان^۵ (BHA) در فرمولاسیون این نمونه‌ها استفاده شد تا تأثیر اکسیداسیون نمونه‌ها بر رنگ در نمونه‌های حاوی BHA و نمونه‌های بدون BHA بررسی گردد، در مورد تعیین مقدار مواد مذکور، گذشته از در نظر گرفتن حداقل لازم از آن‌ها بویژه در ارتباط با ایجاد رنگ که در برخی منابع ذکر شده بود (Gray et al. 1987, Heaton et al. 2000) از آزمون‌ها و فرمولاسیون‌های متعدد اولیه و مقدماتی استفاده شد. همچنین طراحی فرمولاسیون نمونه‌های کم نیتريت و بدون نیتريت به گونه‌ای بود که از فساد نمونه‌ها در طول مدت نگهداری و رشد باکتری کلستریدیوم بوتولینوم در آن‌ها جلوگیری به عمل آید. مواد اولیه در کاتر مخصوص تولید سوسیس و کالباس ریخته شده و پس از آماده سازی اولیه با دستگاه پرکن در پوشش مخصوص پر شد. سوسیس تولید شده در دمای ۷۳ °C به مدت ۱ ساعت و ۱۵ دقیقه پخته شد. نمونه‌ها پس از پخت بلافاصله تا دمای ۳۵ °C سرد شد و پس از رسیدن دمای سوسیس‌ها به دمای اتاق، به یخچال با دمای ۴ °C منتقل شدند. جهت ایجاد رنگ از غلظت‌های مختلف رنگ‌های طبیعی کوچنیل در غلظت‌های ۰/۰۰۲ درصد، ۰/۰۱۵ درصد و ۰/۰۲ درصد، عصاره پاپریکا به مقدار ۱ و ۱۵ میلی‌لیتر در کیلوگرم و پودر پاپریکا به مقدار ۱٪ در نمونه‌های تولیدی استفاده شد.

آزمایشات شیمیایی انجام شده بر روی نمونه‌های سوسیس

برای اندازه‌گیری رطوبت از روش استاندارد AACC, 1976 (44-15A) استفاده شد. میزان چربی سوسیس تولید شده به روش سوکسله و مطابق استاندارد AOAC, 1975 اندازه‌گیری شد. برای تعیین میزان پروتئین نمونه‌های سوسیس تولید شده از روش میکرو کلدال استفاده شد (AOAC, 2000) و اندازه‌گیری خاکستر نمونه‌های سوسیس تولید شده مطابق روش استاندارد AACC, 1976

5- Butylated Hydroxy Anisol (BHA)

است، دریافت کند. کارماین از معدود رنگ‌های طبیعی محلول در آب است و از بسیاری از رنگ‌های سنتزی که در غذا استفاده می‌شود پایدارتر است. این رنگ در برابر نور و حرارت و اکسیداسیون شیمیایی بسیار پایدار می‌باشد و در مقادیر بسیار کم، رنگ مطلوب در غذا تولید می‌کند (سحری، ۱۳۸۱، Delgado-Vargas et al., 2002).

استفاده از سیستم بینایی^۱ کامپیوتری برای ارزیابی رنگ مواد غذایی مختلف در سال‌های اخیر بسیار مورد توجه قرار گرفته است. در این روش امکان بررسی نقطه‌ای و پردازش همزمان^۲ سطح ماده غذایی وجود دارد (برخلاف روش‌های دستگاهی متداول که چنین امکانی را فراهم نمی‌کند). این روش شامل استفاده از یک دوربین دیجیتال و یک برنامه نرم‌افزاری پردازش تصویر جهت ارزیابی رنگ ماده غذایی است که در آن اطلاعات سطح ماده غذایی به صورت نقطه‌ای^۳ و به صورت پارامترهای قرمز-سبز-آبی^۴ ذخیره می‌شود و شامل سه عدد در دامنه ۰ تا ۲۵۵ است که بیانگر شدت این رنگ-هاست. سپس این تصویر توسط نرم‌افزار پردازشگر، پردازش گردیده و مشخصات رنگی آن استخراج می‌شود (فرحناکی و همکاران، ۱۳۸۷، Pedreschi et al., 2006, Pandit et al., 2007). هدف از انجام این تحقیق طراحی فرمولاسیون جدید برای سوسیس فرانکفورت بدون نیتريت و یا کم نیتريت و استفاده از رنگ‌های طبیعی کوچنیل، پودر و عصاره پاپریکا در غلظت‌های مختلف به منظور ایجاد رنگ مطلوب در این فرآورده است. در این پژوهش رنگ نمونه‌های تولید شده در طول زمان نگهداری و همچنین رنگ نمونه‌ها پس از آنکه در معرض نور روز و نور مصنوعی قرار گرفتند، مورد ارزیابی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

گوشت چرخ شده بدون استخوان ران گوساله نر پرواری وارداتی از کشور برزیل و پوشش سوسیس از یکی از کارخانه‌های صنایع گوشت محلی خریداری شد. پودر پاپریکا، عصاره پاپریکا و رنگ کوچنیل از یکی از کارخانه‌های محلی فعال در زمینه تولید مواد افزودنی، تهیه شد. روغن مایع، سویا، پودر سیر، نمک، ادویه‌جات و نشاسته گندم از فروشگاه‌های محلی خریداری شد. نیتريت سدیم، اسید اسکوربیک، فسفات پتاسیم و BHA از شرکت سیگما آلدریج آلمان خریداری شد.

1- Computer vision

2- Online

3- Pixel

4- Red-Green-Blue (GRB)

17 و آزمون یک طرفه (ANOVA) و آزمون تعقیبی (Scheffe) استفاده شد.

اندازه گیری رنگ

برای انجام این آزمایش، عکسبرداری و ارزیابی رنگ بر روی برش های عرضی سوسیس تولید شده، صورت گرفت و از نمونه های مذکور در سه تکرار عکس گرفته شد. نمونه های سوسیس به سه گروه تقسیم شدند. دسته اول در یخچال تاریک نگهداری شده و رنگ آن ها در زمان صفر و پس از آن با فاصله زمانی یک هفته، به مدت دو ماه از زمان تولید، مورد بررسی قرار گرفت. در مورد دسته دوم ۱۷ ساعت پس از تولید پوست آن ها جدا شده، برش داده شدند و در ظرف مخصوص قرار گرفتند. به منظور جلوگیری از تبخیر آب نمونه ها، سطح ظرف با استفاده از یک ورقه پلی اتیلنی پوشانده شد و سپس به مدت ۲ ساعت در معرض نور اتاق قرار گرفته و تغییرات رنگ آن ها بررسی شد. گروه سوم، تحت شرایط ذکر شده در بالا برای دسته دوم، به مدت ۴ ساعت در یخچال در معرض نور یک لامپ رشته ای ۶۰ وات که در فاصله ۳۰ سانتی متری از نمونه ها قرار داشت، قرار گرفت و تغییرات رنگ ارزیابی شد.

اندازه گیری رنگ به روش عکس برداری دیجیتال در جعبه ای با ابعاد ۶۰×۵۰×۵۰ (طول، عرض و ارتفاع) تحت شرایط کنترل شده انجام شد (Yam et al., 2004). دیوارهای داخلی این جعبه با کاغذ سفید پوشانده شده و از یک لامپ کم مصرف (۶۰ وات Cixing) جهت تأمین نور لازم برای عکس گرفتن استفاده شد و توسط دوربین (IXSUS, Canon 120) از آنها در سه تکرار عکس گرفته شد. آنالیز رنگ با استفاده از نرم افزار فتوشاپ^۱ نسخه CS8 صورت گرفت. عکس ها جهت آنالیز و ثبت اطلاعات به کامپیوتر منتقل شده و به کمک نرم افزار، پارامترهای رنگ سنجی L^* ، a^* و b^* آن استخراج شد.

ارزیابی رنگ توسط افراد گروه ارزیابی حسی^۲

ارزیابی رنگ توسط ۱۵ ارزیاب حسی (پانلیست) در اتاقک مخصوص این کار و زیر نور سفید انجام شد. این آزمون بر اساس روش هدونیک^۳ هفت نقطه ای (۷=خیلی خوب، ۱=خیلی بد) انجام گرفت. برای انجام این آزمون از نمونه هایی که به مدت یک هفته در دمای ۴°C نگهداری شده بودند استفاده شد.

آنالیز آماری

برای تجزیه و تحلیل آماری داده های کمی از نرم افزار SPSS

- 1- Photoshop
- 2- Panelists
- 3- Hedonic

نتایج و بحث

نتایج آزمایش های شیمیایی انجام شده روی سوسیس

با توجه به تأثیر قابل توجه ترکیبات شیمیایی سوسیس تولید شده بر رنگ، بافت، طعم، میزان نیتريت باقیمانده و سایر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی محصول نهایی، میزان این ترکیبات در نمونه های تولید شده اندازه گیری شد. نتایج این آزمایش ها در جدول ۱ گزارش شده است.

جدول ۱- ترکیبات شیمیایی اصلی نمونه های سوسیس تولید شده (%)^{*}

رطوبت	چربی	پروتئین	خاکستر
۶۷/۲۵±۰/۸۶	۱۱/۱±۰/۴۲	۱۶/۳۵±۰/۰۲	۲/۹۸±۰/۰۹

*- تمامی اعداد داخل جدول میانگین سه تکرار بوده و به صورت میانگین ± انحراف معیار گزارش شده است.

نتایج ارزیابی رنگ برش های عرضی نمونه ها به روش دستگاهی

بعد از پخت در نمونه حاوی ۱۲۰ ppm نیتريت و تمام نمونه هایی که به آن ها نیتريت اضافه شده بود، روشنایی نمونه (L^*) تا حدی افزایش یافته، قرمزی نمونه (a^*) به میزان زیاد افزایش پیدا کرده و زردی نمونه (b^*) کاهش پیدا کرده است. افزایش قرمزی در این نمونه ها به دلیل تولید رنگ نیتروزیل هموکروم می باشد. وقتی که نیتريت به گوشت اضافه می شود، میوگلوبین موجود در گوشت را نیتروزه کرده و پیش سازهای تولید رنگ صورتی نیتروزیل هموکروم را فراهم می کند. در نمونه بدون نیتريت عاملی برای نیتروزه کردن میوگلوبین وجود ندارد، بنابراین در این نمونه به جای رنگ نیتروزیل-هموکروم، متمیوکرومژن تولید می شود که رنگ متمایل به قهوه ای دارد. این رنگ سپس در اثر اکسیداسیون تبدیل به پورفیرین های اکسید شده می شود که رنگی متمایل به سبز تا خاکستری دارد. در نمونه بدون نیتريت و تمام نمونه هایی که به آن ها رنگ اضافه شده و نیتريت اضافه نشده است، پس از پخت، روشنایی نمونه تا حدی زیاد می شود، قرمزی نمونه به میزان زیاد کاهش پیدا کرده و زردی نمونه نیز کم می شود؛ که دلیل این امر می تواند حساسیت رنگ های اضافه شده به فرمولاسیون سوسیس در برابر حرارت و تولید پورفیرین های اکسید شده باشد (Bloukas et al., 1999, Pegg et al., 2000).

جدول ۲ میزان روشنایی (شاخص L^*) در برش عرضی نمونه های مختلف و تغییرات این شاخص در نمونه های تولید شده را طی ۸ هفته

فرانکفورتر باعث کاهش روشنایی نمونه می‌شود، اما فاکتور مهمتر در رنگ محصولات گوشتی یعنی شاخص a^* که مؤید قرمزی نمونه‌ها است، با استفاده از مواد مذکور، بهبود نشان داد (Bloukas *et al.*, 1999) در واقع قرمزی بیشتر نمونه‌ها می‌تواند تا حدودی کاهش اندک روشنایی را جبران کند.

کمترین میزان روشنایی در میان نمونه‌ها مربوط به نمونه بدون نیتريت و نمونه حاوی ۱۵ ml/kg عصاره پاپریکا بود و پس از آن کمترین میزان روشنایی مربوط به نمونه بدون نیتريت که ۰/۰۲٪ کوچنیل داشت، بود. نتایج تحقیقات برخی دیگر از محققین حاکی از آن است که اضافه کردن پاپریکا و کوچنیل به فرمولاسیون سوسیس

جدول ۳- تغییرات شاخص a^* برش عرضی نمونه‌های سوسیس تولید شده طی نگهداری به مدت ۸ هفته در دمای ۴ °C

نمونه	۰	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸
۱	۱۳/۲۰±۰/۷۷ ^{d,A}	۱۲/۵۳±۰/۷۳ ^{d,B}	۱۱/۸۰±۰/۷۰ ^{c,C}	۱۲/۰۷±۰/۷۰ ^{b,C}	۱۱/۹۳±۰/۹۶ ^{b,C}	۱۱/۴۹±۰/۹۳ ^{b,D}	۱۰/۶۷±۰/۱۱ ^{b,E}	۱۰/۶۷±۰/۱۱ ^{b,E}	۱۰/۷۵±۰/۸۰ ^{ab,F}
۲	۱۲/۰۳±۰/۱۶ ^{cd,A}	۱۱/۸۷±۰/۱۳ ^{cd,B}	۱۱/۵۳±۰/۵۳ ^{c,C}	۱۰/۶۳±۰/۸۱ ^{b,D}	۱۱/۵۳±۰/۸۳ ^{b,D}	۱۰/۹۳±۰/۸۸ ^{b,E}	۱۰/۳۳±۰/۱۱ ^{b,F}	۱۰/۳۳±۰/۱۱ ^{b,F}	۱۰/۴۷±۰/۹۲ ^{ab,G}
۳	۶/۴۷±۰/۰۶ ^{a,A}	۶/۴۷±۰/۰۹ ^{ab,A}	۶/۲۷±۰/۴۶ ^{a,A}	۶/۰۷±۰/۸۳ ^{a,B}	۵/۴۷±۰/۵۵ ^{a,C}	۵/۴۷±۰/۵۵ ^{a,C}	۵/۴۷±۰/۹۶ ^{a,C}	۵/۴۷±۰/۹۶ ^{a,C}	۵/۵۳±۰/۸۳ ^{a,C}
۴	۱۲/۶۰±۰/۱۱ ^{cd,A}	۱۱/۸۷±۰/۰۶ ^{cd,A}	۱۱/۸۷±۰/۰۹ ^{cd,A}	۱۱/۹۳±۰/۷۰ ^{b,A}	۱۱/۸۳±۰/۵۲ ^{b,B}	۱۱/۵۳±۰/۵۲ ^{b,B}	۱۰/۹۳±۰/۹۶ ^{b,C}	۱۰/۹۳±۰/۹۶ ^{b,C}	۹/۶۷±۰/۹۹ ^{ab,D}
۵	۱۳/۲۷±۰/۱۶ ^{d,A}	۱۳/۳۳±۰/۸۱ ^{df,A}	۱۱/۷۳±۰/۰۸ ^{c,B}	۱۱/۸۳±۰/۵۹ ^{b,C}	۱۰/۹۳±۰/۸۸ ^{b,D}	۱۱/۲۰±۰/۸۶ ^{b,E}	۱۱/۲۰±۰/۱۱ ^{b,F}	۱۰/۶۰±۰/۱۱ ^{b,F}	۱۰/۲۰±۰/۶۸ ^{ab,G}
۶	۷/۰۰±۰/۲۱ ^{ab,A}	۶/۹۴±۰/۱۰ ^{ab,A}	۶/۱۳±۰/۰۹ ^{a,B}	۶/۱۳±۰/۰۸ ^{a,B}	۶/۱۹±۰/۰۳ ^{a,B}	۶/۱۹±۰/۰۶ ^{a,B}	۶/۱۹±۰/۰۶ ^{a,B}	۶/۱۹±۰/۰۶ ^{a,B}	۶/۰۴±۰/۰۹ ^{a,B}
۷	۷/۹۳±۰/۱۳ ^{ab,A}	۷/۸۶±۰/۰۹ ^{bc,A}	۷/۰۰±۰/۰۹ ^{b,A}	۶/۷۱±۰/۰۸ ^{a,B}	۶/۷۹±۰/۰۷ ^{a,C}	۶/۷۹±۰/۰۷ ^{a,C}	۶/۷۹±۰/۰۷ ^{a,C}	۶/۷۹±۰/۰۷ ^{a,C}	۶/۴۳±۰/۰۶ ^{a,E}
۸	۶/۶۰±۰/۰۹ ^{ab,A}	۵/۹۳±۰/۰۷ ^{a,A}	۶/۰۷±۰/۰۹ ^{ab,A}	۶/۰۷±۰/۰۷ ^{a,A}	۵/۹۳±۰/۰۷ ^{a,A}	۵/۹۳±۰/۰۷ ^{a,A}	۵/۹۳±۰/۰۷ ^{a,A}	۵/۹۳±۰/۰۷ ^{a,A}	۶/۱۳±۰/۰۹ ^{a,A}
۹	۱۲/۰۷±۰/۰۹ ^{cd,A}	۱۲/۰۰±۰/۰۸ ^{cd,B}	۱۱/۷۵±۰/۰۶ ^{cd,C}	۱۱/۷۵±۰/۰۶ ^{cd,C}	۱۱/۴۰±۰/۰۸ ^{bc,C}	۱۱/۱۳±۰/۰۸ ^{bc,E}	۱۰/۰۷±۰/۰۷ ^{b,F}	۱۰/۰۷±۰/۰۷ ^{b,F}	۱۰/۲۷±۰/۳۹ ^{ab,G}
۱۰	۸/۳۳±۰/۰۸ ^{b,A}	۸/۰۷±۰/۰۸ ^{c,A}	۷/۸۰±۰/۰۷ ^{b,A}	۶/۶۷±۰/۰۳ ^{a,B}	۶/۰۷±۰/۰۳ ^{a,C}	۵/۷۳±۰/۰۸ ^{a,D}	۵/۵۳±۰/۰۸ ^{a,E}	۵/۵۳±۰/۰۸ ^{a,E}	۵/۳۳±۰/۰۹ ^{a,F}
۱۱	۱۵/۰۷±۰/۰۳ ^{f,A}	۱۴/۶۰±۰/۰۱ ^{f,A}	۱۴/۸۰±۰/۰۷ ^{d,A}	۱۴/۱۳±۰/۰۶ ^{cd,B}	۱۳/۶۰±۰/۰۶ ^{c,C}	۱۳/۰۷±۰/۰۸ ^{c,D}	۱۳/۰۷±۰/۰۸ ^{c,E}	۱۳/۰۷±۰/۰۸ ^{c,E}	۱۳/۵۱±۰/۰۶ ^{b,E}
۱۲	۱۲/۲۰±۰/۰۹ ^{cd,A}	۱۲/۰۰±۰/۰۶ ^{d,A}	۱۱/۶۷±۰/۰۹ ^{c,A}	۱۱/۶۰±۰/۰۹ ^{b,A}	۱۱/۴۷±۰/۰۹ ^{b,A}	۱۱/۲۷±۰/۰۷ ^{b,B}	۱۰/۸۷±۰/۰۹ ^{b,C}	۱۰/۸۷±۰/۰۹ ^{b,C}	۱۰/۲۰±۰/۰۱ ^{ab,D}
۱۳	۷/۲۰±۰/۰۹ ^{ab,A}	۶/۹۳±۰/۰۸ ^{ab,A}	۷/۰۰±۰/۰۸ ^{ab,A}	۶/۱۳±۰/۰۹ ^{ab,B}	۶/۶۰±۰/۰۸ ^{ab,B}	۶/۲۷±۰/۰۷ ^{a,C}	۵/۸۷±۰/۰۹ ^{a,D}	۵/۸۷±۰/۰۹ ^{a,D}	۶/۰۷±۰/۰۸ ^{a,E}

*- تمامی اعداد داخل جدول میانگین سه تکرار بوده و به صورت میانگین \pm انحراف معیار گزارش شده است. حروف کوچک متفاوت در هر ستون نشان دهنده وجود اختلاف آماری معنی دار در سطح ۵٪ بین نمونه‌ها می‌باشد و حروف بزرگ در هر ستون نشان دهنده وجود اختلاف معنی دار در سطح ۵٪ هر نمونه در زمانهای مختلف نگهداری می‌باشد. نمونه ۱ = ۱۲۰ میلی گرم در کیلوگرم نیتريت، نمونه ۲ = ۴۰ میلی گرم در کیلوگرم نیتريت، نمونه ۳ = بدون نیتريت، نمونه ۴ = ۴۰ میلی گرم در کیلوگرم نیتريت + ۱ میلی گرم در کیلوگرم عصاره پاپریکا، نمونه ۵ = ۴۰ میلی گرم در کیلوگرم نیتريت + ۰/۰۲٪ کوچنیل، نمونه ۶ = ۶۰ میلی گرم در کیلوگرم نیتريت + ۰/۰۲٪ کوچنیل، نمونه ۷ = ۷۰ میلی گرم در کیلوگرم نیتريت + ۱ میلی گرم در کیلوگرم عصاره پاپریکا، نمونه ۸ = ۸۰ میلی گرم در کیلوگرم نیتريت + ۳۰ میلی گرم در کیلوگرم BHA، نمونه ۹ = ۹۰ میلی گرم در کیلوگرم نیتريت + ۲۰ میلی گرم در کیلوگرم BHA، نمونه ۱۰ = ۱۰۰ میلی گرم در کیلوگرم نیتريت + ۱٪ پودر پاپریکا، نمونه ۱۱ = ۱۱۰ میلی گرم در کیلوگرم نیتريت + ۰/۰۲٪ کوچنیل، نمونه ۱۲ = ۱۲۰ میلی گرم در کیلوگرم نیتريت + ۰/۰۱۵٪ کوچنیل، نمونه ۱۳ = ۱۳۰ میلی گرم در کیلوگرم نیتريت + ۱۵ میلی گرم در کیلوگرم عصاره پاپریکا.

است، به عبارت دیگر رنگدانه مذکور توانسته است که رنگ قرمز قابل قبولی را در محصول پدید آورد. برخی از محققین نیز نتایج مشابهی را گزارش کرده‌اند (Bloukas et al., 1999).

جدول ۳ تغییرات شاخص a^* در برش عرضی نمونه‌های سوسیس تولید شده طی ۸ هفته نگهداری در 4°C را نشان می‌دهد. همانطور که ملاحظه می‌شود، در زمان صفر، قرمزی نمونه بدون نیتریت که حاوی 0.2% کوچیل است به طور معنی دار از سایر نمونه‌ها بیشتر

جدول ۴- تغییرات شاخص a^* برش عرضی نمونه‌های سوسیس تولید شده طی نگهداری به مدت ۸ هفته در دمای 4°C

نمونه	زمان (هفته)							
	۱	۲	۳	۴	۵	۷	۸	۱۰
۱	۱۸/۴۷±۰/۹ ^{bc,d} A	۱۸/۴۶±۰/۹ ^{cd} A	۱۸/۴±۰/۰ ^b A	۱۸/۴±۰/۰ ^b A	۱۸/۳±۰/۰ ^b A	۱۸/۳±۰/۰ ^b A	۱۸/۳±۰/۰ ^b A	۱۹/۳۳±۰/۴ ^{bcde} A
۲	۱۷/۹۳±۰/۱ ^{bc} A	۱۷/۶۷±۰/۰ ^b A	۱۷/۳۳±۰/۰ ^b A	۱۷/۳۳±۰/۰ ^b A	۱۷/۳۳±۰/۰ ^b A	۱۶/۳۳±۰/۰ ^b A	۱۶/۰۷±۰/۰ ^b D	۱۶/۰۷±۰/۰ ^b D
۳	۲۰/۳۷±۰/۱ ^c A	۲۰/۳۷±۰/۱ ^c A	۲۰/۸۷±۰/۰ ^{bc} A	۲۰/۸۷±۰/۰ ^{bc} A	۲۰/۸۷±۰/۰ ^{bc} A	۱۹/۸۰±۰/۰ ^{bc} A	۱۹/۸۰±۰/۰ ^{bc} A	۱۸/۶۷±۰/۰ ^{bc} A
۴	۱۹/۳۳±۰/۰ ^b A	۱۸/۹۳±۰/۰ ^b A	۱۸/۳۳±۰/۰ ^b A	۱۸/۳۳±۰/۰ ^b A	۱۸/۳۳±۰/۰ ^b A	۱۸/۳۳±۰/۰ ^b A	۱۸/۳۳±۰/۰ ^b A	۱۹/۳۳±۰/۰ ^b A
۵	۱۸/۲±۰/۰ ^b A	۱۷/۵۳±۰/۰ ^b A	۱۶/۹±۰/۰ ^b A	۱۶/۹±۰/۰ ^b A	۱۶/۹±۰/۰ ^b A	۱۶/۲±۰/۰ ^b A	۱۶/۲±۰/۰ ^b A	۱۵/۶±۰/۰ ^b A
۶	۲۳/۸۰±۰/۴ ^f A	۲۲/۰۷±۰/۰ ^{bc} A	۲۱/۸۷±۰/۰ ^{bc} A	۲۱/۸۷±۰/۰ ^{bc} A	۲۲/۲±۰/۰ ^{bc} A	۲۱/۴±۰/۰ ^{bc} A	۲۰/۲±۰/۰ ^{bc} A	۱۹/۴±۰/۰ ^{bc} A
۷	۲۱/۵۴±۰/۰ ^{bc} A	۲۰/۸۸±۰/۰ ^{bc} A	۱۹/۸±۰/۰ ^{bc} A	۱۹/۸±۰/۰ ^{bc} A	۲۰/۰±۰/۰ ^{bc} A	۱۹/۴۷±۰/۰ ^{bc} A	۱۹/۴۷±۰/۰ ^{bc} A	۱۹/۲±۰/۰ ^{bc} A
۸	۲۰/۱۳±۰/۰ ^{bc} A	۲۱/۳۳±۰/۰ ^{bc} A	۱۶/۹±۰/۰ ^b A	۱۶/۹±۰/۰ ^b A	۱۶/۹±۰/۰ ^b A	۲۰/۵۳±۰/۰ ^{bc} A	۲۰/۲±۰/۰ ^{bc} A	۱۸/۴۷±۰/۰ ^{bc} A
۹	۱۷/۶±۰/۰ ^b A	۱۷/۶±۰/۰ ^b A	۱۶/۹±۰/۰ ^b A	۱۶/۹±۰/۰ ^b A	۱۶/۹±۰/۰ ^b A	۱۶/۳۳±۰/۰ ^{bc} A	۱۶/۳۳±۰/۰ ^{bc} A	۱۶/۴±۰/۰ ^b A
۱۰	۲۴/۴±۰/۰ ^b A	۲۳/۴±۰/۰ ^b A	۲۳/۰۷±۰/۰ ^{bc} A	۲۳/۰۷±۰/۰ ^{bc} A	۲۳/۰۷±۰/۰ ^{bc} A	۲۰/۳۳±۰/۰ ^{bc} A	۲۰/۳۳±۰/۰ ^{bc} A	۱۹/۴۷±۰/۰ ^{bc} A
۱۱	۱۴/۸±۰/۰ ^b A	۱۴/۲±۰/۰ ^b A	۱۳/۷±۰/۰ ^b A	۱۳/۷±۰/۰ ^b A	۱۳/۷±۰/۰ ^b A	۱۱/۸±۰/۰ ^b A	۱۱/۴±۰/۰ ^b A	۱۰/۹۳±۰/۰ ^b A
۱۲	۱۷/۴±۰/۰ ^b A	۱۷/۱۱±۰/۰ ^b A	۱۷/۱۱±۰/۰ ^b A	۱۷/۱۱±۰/۰ ^b A	۱۷/۱۱±۰/۰ ^b A	۱۶/۶۷±۰/۰ ^{bc} A	۱۶/۰۷±۰/۰ ^b D	۱۵/۵۶±۰/۰ ^b A
۱۳	۲۸/۰±۰/۰ ^b A	۲۷/۴±۰/۰ ^b A	۲۶/۸±۰/۰ ^b A	۲۶/۸±۰/۰ ^b A	۲۶/۸±۰/۰ ^b A	۲۶/۸±۰/۰ ^b A	۲۶/۸±۰/۰ ^b A	۲۵/۷۳±۰/۰ ^b E

* - تمامی اعداد داخل جدول میانگین سه تکرار بوده و به صورت میانگین \pm انحراف معیار گزارش شده است. حروف کوچک متفاوت در هر ستون نشان دهنده وجود اختلاف آماری معنی دار در سطح 5% بین نمونه‌ها می‌باشد و حروف بزرگ در هر ستون نشان دهنده وجود اختلاف معنی دار در سطح 5% هر نمونه در زمانهای مختلف نگهداری می‌باشد. نمونه $1 = 120$ میلی گرم در کیلوگرم نیتریت، نمونه $2 = 40$ میلی گرم در کیلوگرم نیتریت، نمونه $3 =$ بدون نیتریت، نمونه $4 = 40$ میلی گرم در کیلوگرم نیتریت + 1 میلی گرم عصاره پاپریکا، نمونه $5 = 40$ میلی گرم در کیلوگرم نیتریت + 0.02% کوچیل، نمونه $6 = 6$ میلی گرم در کیلوگرم نیتریت + 0.02% کوچیل، نمونه $7 = 7$ میلی گرم در کیلوگرم نیتریت + 1 میلی گرم عصاره پاپریکا، نمونه $8 = 8$ میلی گرم در کیلوگرم نیتریت + 30 میلی گرم BHA، نمونه $9 = 40$ میلی گرم در کیلوگرم نیتریت + 30 میلی گرم نیتریت + 1 میلی گرم عصاره پاپریکا، نمونه $10 = 10$ میلی گرم در کیلوگرم نیتریت + 1 پودر پاپریکا، نمونه $11 = 11$ میلی گرم در کیلوگرم نیتریت + 0.2% کوچیل، نمونه $12 = 12$ میلی گرم در کیلوگرم نیتریت + 0.15% کوچیل، نمونه $13 = 13$ میلی گرم در کیلوگرم نیتریت + 0.15 میلی گرم عصاره پاپریکا.

جدول ۵- تغییرات شاخص L^* برش عرضی نمونه‌های سوسیس تولید شده اولیه، نمونه‌هایی که تحت اثر نور لامپ (نور مصنوعی) و نور طبیعی روز قرار گرفته‌اند.*

نوع نمونه	نمونه سوسیس اولیه	اثر نور لامپ	اثر نور روز
۱	۵۹/۹۳±۰/۸۰ ^a	۵۷/۴۰±۰/۷۴ ^c	۵۸/۳۳±۰/۸۲ ^b
۲	۵۹/۶۰±۰/۹۹ ^a	۵۶/۴۷±۱/۱۹ ^b	۵۶/۸۷±۰/۸۳ ^b
۳	۵۸/۹۳±۱/۲۳ ^a	۵۸/۵۳±۰/۶۴ ^a	۵۸/۹۳±۱/۱۶ ^a
۴	۵۸/۲۷±۰/۵۹ ^a	۵۶/۲۷±۱/۲۸ ^b	۵۵/۸۰±۰/۹۴ ^c
۵	۵۷/۴۷±۰/۸۳ ^a	۵۵/۷۳±۱/۰۳ ^b	۵۵/۲۰±۱/۳۳ ^b
۶	۵۸/۲۰±۰/۴۱ ^a	۵۶/۱۳±۰/۹۲ ^b	۵۷/۶۰±۱/۲۴ ^c
۷	۵۵/۵۳±۰/۹۳ ^a	۵۵/۴۰±۰/۶۳ ^a	۵۵/۷۳±۰/۵۹ ^a
۸	۵۸/۸۷±۰/۸۳ ^a	۵۶/۵۳±۰/۵۲ ^b	۵۸/۲۷±۰/۷۰ ^a
۹	۵۷/۵۳±۰/۹۳ ^a	۵۶/۰۰±۰/۸۵ ^b	۵۷/۱۳±۰/۸۳ ^a
۱۰	۵۸/۲۰±۰/۴۱ ^a	۵۷/۵۳±۱/۱۳ ^a	۵۸/۰۷±۰/۸۰ ^a
۱۱	۵۰/۶۷±۰/۶۳ ^a	۴۸/۹۳±۱/۰۳ ^b	۴۹/۸۷±۰/۷۴ ^c
۱۲	۵۶/۰۷±۱/۲۸ ^a	۵۵/۲۷±۱/۰۳ ^b	۵۴/۲۰±۱/۹۳ ^c
۱۳	۴۹/۰۰±۱/۳۶ ^a	۴۷/۱۳±۱/۵۱ ^b	۴۸/۷۳±۰/۸۸ ^c

*- تمامی اعداد داخل جدول میانگین سه تکرار بوده و به صورت میانگین \pm انحراف معیار گزارش شده است. حروف کوچک متفاوت در هر ستون نشان دهنده وجود اختلاف آماری معنی دار در سطح ۵٪ بین نمونه‌ها می‌باشد. نمونه ۱ = ۱۲۰ میلی‌گرم در کیلوگرم نیتريت، نمونه ۲ = ۴۰ میلی‌گرم در کیلوگرم نیتريت، نمونه ۳ = بدون نیتريت، نمونه ۴ = ۴۰ میلی‌گرم در کیلوگرم نیتريت + ۱ میلی‌گرم در کیلوگرم عصاره پاپریکا، نمونه ۵ = ۴۰ میلی‌گرم در کیلوگرم نیتريت + ۰/۰۰۲٪ کوچنیل، نمونه ۶ = ۶۰ میلی‌گرم در کیلوگرم نیتريت + ۰/۰۰۲٪ کوچنیل، نمونه ۷ = ۰ میلی‌گرم در کیلوگرم نیتريت + ۱ میلی‌گرم در کیلوگرم عصاره پاپریکا، نمونه ۸ = ۸ میلی‌گرم در کیلوگرم نیتريت + ۳۰ میلی‌گرم در کیلوگرم BHA، نمونه ۹ = ۴۰ میلی‌گرم در کیلوگرم نیتريت + ۳۰ میلی‌گرم در کیلوگرم BHA، نمونه ۱۰ = ۱۰ میلی‌گرم در کیلوگرم نیتريت + ۱٪ پودر پاپریکا، نمونه ۱۱ = ۱۱ میلی‌گرم در کیلوگرم نیتريت + ۰/۰۰۲٪ کوچنیل، نمونه ۱۲ = ۱۲ میلی‌گرم در کیلوگرم نیتريت + ۰/۰۱۵٪ کوچنیل، نمونه ۱۳ = ۱۳ میلی‌گرم در کیلوگرم نیتريت + ۱۵ میلی‌گرم در کیلوگرم عصاره پاپریکا.

در این آزمایش، که ۱۷ ساعت پس از تولید نمونه‌های سوسیس انجام شد، یک دسته از نمونه‌ها به مدت ۴ ساعت در یخچال در معرض نور لامپ ۶۰ وات که در فاصله ۳۰ سانتی‌متری از نمونه‌ها قرار داشت، قرار گرفت و دسته دوم به مدت ۲ ساعت در معرض نور طبیعی روز قرار گرفت. همانطور که در جدول ۵ مشخص است، شاخص L^* که بیانگر میزان روشنایی نمونه‌هاست، تحت تأثیر نور لامپ و نور روز کاهش پیدا کرده است. کاهش روشنایی در تمام نمونه‌ها قابل مشاهده است. اما نتایج Bloukas و همکاران (۱۹۹۹) نشان داد که قرار دادن نمونه‌های سوسیس، در شرایطی که تحت خلأ بسته بندی شده‌اند، در برابر نور روز باعث کاهش روشنایی نمونه‌ها و در برابر نور لامپ باعث افزایش روشنایی نمونه‌ها شده است. قابل ذکر است که گذشته از تغییرات شاخص روشنایی نمونه‌ها تحت اثر

البته محققین دیگری سعی داشته‌اند که از مواد دیگری برای ایجاد رنگ مطلوب استفاده کنند از جمله ددا و همکاران با استفاده از ۱۲٪ رب گوجه فرنگی در فرمولاسیون فرانکفورتر، توانستند میزان نیتريت را کاهش دهند، اما نتوانستند رب گوجه فرنگی را به طور کامل جایگزین نیتريت کنند، زیرا طعم ترش نامطلوب در گوشت ایجاد می‌شد (Deda et al., 2007). همچنین شهیدی و همکاران، رنگ حاصل از گلوبول قرمز حیوانات را در این مورد با موفقیت بکار بردند (Shahidi et al. 1985, Shahidi et al. 1992). قرمزی نمونه حاوی ۴۰ ppm نیتريت، نمونه حاوی ۴۰ ppm نیتريت و ۱ ml/kg عصاره پاپریکا، نمونه حاوی ۴۰ ppm نیتريت و ۰/۰۰۲٪ کوچنیل و نمونه بدون نیتريت و حاوی ۰/۰۱۵٪ کوچنیل تفاوت آماری معنی‌دار در سطح ۵٪ با نمونه شاهد نداشتند. در طول نگهداری نمونه‌ها به مدت ۸ هفته در دمای ۴°C شاخص a^* به طور معنی‌دار کاهش پیدا کرده است.

جدول ۴ تغییرات زردی (b^*) برش عرضی نمونه‌ها را طی ۸ هفته نگهداری در دمای ۴°C را نشان می‌دهد. بررسی نتایج این آزمون نشان داد که نمونه حاوی ۴۰ ppm نیتريت، نمونه حاوی ۴۰ ppm نیتريت و ۱ ml/kg عصاره پاپریکا، نمونه حاوی ۴۰ ppm نیتريت و ۰/۰۰۲٪ کوچنیل، نمونه حاوی ۴۰ ppm نیتريت و ۳۰ ppm آنتی اکسیدان BHA، نمونه بدون نیتريت و حاوی ۱ ml/kg عصاره پاپریکا، نمونه بدون نیتريت و حاوی ۰/۰۱۵٪ کوچنیل از نظر میزان زردی تفاوت معنی‌داری با نمونه شاهد نداشتند. بیشترین زردی در میان نمونه‌های تولید شده، مربوط به نمونه بدون نیتريت و حاوی ۱۵ میلی‌لیتر در کیلوگرم پاپریکا بود. بررسی تغییرات b^* طی مدت زمان نگهداری نشان داد که زردی نمونه‌ها با گذشت زمان در تمام نمونه‌ها کاهش پیدا کرده است. Bloukas و همکاران (۱۹۹۹) نتایج مشابهی را گزارش کرده‌اند.

بررسی شاخص‌های مختلف رنگی بین نمونه‌های بدون نیتريت و کم نیتريت حاوی آنتی اکسیدان BHA و فاقد آنتی اکسیدان نشان داد که رنگ این نمونه‌ها در زمان صفر و در طول نگهداری در اکثر موارد تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند. بنابراین به نظر می‌رسد که میزان اکسیداسیون در دمای ۴°C طی ۸ هفته نگهداری در حدی نیست که تأثیر قابل توجهی بر رنگ نمونه‌ها داشته باشد.

بررسی تغییرات رنگ نمونه‌های سوسیس تحت اثر نور طبیعی و مصنوعی

جدول ۵ تغییرات روشنایی رنگ (L^*) در برش عرضی نمونه‌های سوسیس تولید شده که تحت اثر نور لامپ و نور روز قرار داده شده‌اند را نشان می‌دهد.

آن نشان داده اند.

ارزیابی رنگ توسط گروه ارزیاب حسی

نتایج حاصل از ارزیابی رنگ نمونه‌های سوسیس توسط افراد گروه ارزیاب حسی در جدول ۶ آورده شده است. این نتایج نشان داد که از نظر افراد گروه ارزیابی، رنگ نمونه شاهد، نمونه حاوی ۴۰ ppm نیتریت، نمونه حاوی ۴۰ ppm نیتریت و ۱ ml/kg عصاره پاپریکا، نمونه حاوی ۴۰ ppm نیتریت و ۳۰ ppm آنتی‌اکسیدان BHA و نمونه بدون نیتریت و حاوی ۰/۰۱۵٪ کوچنیل، اختلاف معنی داری در سطح ۵٪ با هم ندارند و بیشترین امتیاز مربوط به این نمونه‌ها بود. در این آزمون کمترین امتیاز مربوط به نمونه بدون نیتریت، نمونه بدون نیتریت و حاوی ۰/۰۰۲٪ کوچنیل، نمونه بدون نیتریت و حاوی ۳۰ میلی‌گرم در کیلوگرم BHA و نمونه بدون نیتریت و حاوی ۱۵ میلی‌لیتر در کیلوگرم پاپریکا بود.

نتیجه گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که شاخص‌های L^* ، b^* و a^* در برش عرضی تمام نمونه‌های سوسیس طی نگهداری به مدت ۸ هفته در یخچال دارای دمای 4°C کاهش پیدا کرده است. همچنین مشخص شد که ۴۰ ppm نیتریت برای ایجاد رنگ مطلوب در سوسیس کفایت می‌کند و اضافه کردن رنگ، تأثیر زیادی بر بهبود رنگ نمونه‌های کم نیتریت ندارد. همچنین اضافه کردن آنتی‌اکسیدان تأثیر معنی دار در سطح ۵٪ بر روی رنگ نمونه‌ها نداشت. در مورد نمونه بدون نیتریت، ۰/۰۱۵٪ کوچنیل رنگ مطلوب و نزدیک به نمونه شاهد ایجاد کرد. نتایج به دست آمده از ارزیابی رنگ نمونه‌ها توسط افراد گروه ارزیاب حسی، مشخص ساخت که ایشان امتیاز خوب و نزدیک به شاهد را برای رنگ نمونه‌های حاوی ۴۰ میلی‌گرم در کیلوگرم نیتریت و ۴۰ میلی‌گرم در کیلوگرم نیتریت همراه با ۰/۰۰۲٪ کوچنیل، یعنی نمونه‌های کم نیتریت (نمونه‌های ۵ و ۲) و همچنین نمونه حاوی صفر میلی‌گرم در کیلوگرم نیتریت همراه با ۰/۰۱۵٪ کوچنیل، یعنی نمونه بدون نیتریت (نمونه ۱۲) در نظر گرفتند (جدول ۶). اما روشنایی نمونه مذکور کمتر از نمونه شاهد بود. قرار دادن نمونه‌های سوسیس تولید شده در معرض نور روز و نور لامپ نشان داد که میزان شاخص L^* نمونه‌ها تحت اثر نور روز و نور لامپ در اکثر نمونه‌ها کاهش یافت.

نور که نتایج آن بیان شده، در این تحقیق، میزان قرمزی نمونه‌ها (a^*) تحت اثر نور روز و نور لامپ در اکثر نمونه‌ها کاهش یافت، اما میزان زردی نمونه‌ها (b^*) در اکثر نمونه‌ها تحت اثر نور لامپ و نور روز افزایش پیدا کرد.

جدول ۶- ارزیابی رنگ نمونه‌های سوسیس تولید شده توسط گروه ارزیاب.*

نمونه	رنگ
۱	$6/13 \pm 0/74^c$
۲	$6/00 \pm 0/76^c$
۳	$2/60 \pm 1/06^a$
۴	$6/00 \pm 0/53^c$
۵	$6/33 \pm 0/64^c$
۶	$2/80 \pm 1/08^{a,b}$
۷	$3/60 \pm 1/06^c$
۸	$3/06 \pm 0/96^{a,b}$
۹	$5/93 \pm 0/59^c$
۱۰	$3/46 \pm 1/06^{b,c}$
۱۱	$5/00 \pm 1/07^d$
۱۲	$6/06 \pm 0/59^c$
۱۳	$2/73 \pm 1/33^a$

*- تمامی اعداد داخل جدول میانگین سه تکرار بوده و به صورت میانگین \pm انحراف معیار گزارش شده است. حروف کوچک متفاوت در هر ستون نشان دهنده وجود اختلاف آماری معنی دار در سطح ۵٪ بین نمونه‌ها می‌باشد. نمونه $1 = 120$ میلی‌گرم در کیلوگرم نیتریت، نمونه $2 = 40$ میلی‌گرم در کیلوگرم نیتریت، نمونه $3 =$ بدون نیتریت، نمونه $4 = 40$ میلی‌گرم در کیلوگرم نیتریت + ۱ میلی‌گرم در کیلوگرم عصاره پاپریکا، نمونه $5 = 40$ میلی‌گرم در کیلوگرم نیتریت + ۰/۰۰۲٪ کوچنیل، نمونه $6 = 0$ میلی‌گرم در کیلوگرم نیتریت + ۰/۰۰۲٪ کوچنیل، نمونه $7 = 0$ میلی‌گرم در کیلوگرم نیتریت + ۱ میلی‌گرم در کیلوگرم عصاره پاپریکا، نمونه $8 = 0$ میلی‌گرم در کیلوگرم نیتریت + ۳۰ میلی‌گرم در کیلوگرم BHA، نمونه $9 = 40$ میلی‌گرم در کیلوگرم نیتریت + ۳۰ میلی‌گرم در کیلوگرم BHA، نمونه $10 = 0$ میلی‌گرم در کیلوگرم نیتریت + ۱٪ پودر پاپریکا، نمونه $11 = 0$ میلی‌گرم در کیلوگرم نیتریت + ۰/۰۰۲٪ کوچنیل، نمونه $12 = 0$ میلی‌گرم در کیلوگرم نیتریت + ۰/۰۱۵٪ کوچنیل، نمونه $13 = 0$ میلی‌گرم در کیلوگرم نیتریت + ۱۵ میلی‌گرم در کیلوگرم عصاره پاپریکا.

در مقایسه تأثیر نور لامپ با نور روز بر روی شاخص‌های رنگ نمونه‌ها، مشاهده شد که اثر آن دو بر برخی از فرمولاسیون‌ها مشابه نبوده است، این مسئله نشان می‌دهد که برخی از رنگدانه‌های مصرفی، حساسیت بیشتری به نور روز و اشعه ماوراء بنفش موجود در

منابع

- رکنی، ن.، ۱۳۸۲، علوم و صنایع گوشت. چاپ پنجم. تهران، انتشارات دانشگاه تهران، ۱۲۱-۱۰۹.
 سحری، م.، ۱۳۸۱، شیمی ترکیبات رنگی (در مواد غذایی). چاپ اول. تهران، انتشارات اندیشمند، ۳۷-۲۱.
 فرحناکی، ع.، افشاری جویباری، ح.، و رادی، م.، ۱۳۸۷، بررسی امکان استفاده از نرم افزار فتوشاپ برای اندازه گیری رنگ مواد غذایی و مقایسه

آن با سیستم دستگاهی هانتربل: بررسی تغییرات رنگ رطوبت مضافتی بم در طی رساندن مصنوعی. هجدهمین کنگره ملی علوم و صنایع غذایی، مشهد.

AACC., 1976, Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists, 7th edition, American Association of Cereal Chemists, St. Paul, M. N. US. method 44-15A and 08-01.

AOAC., 1975, Soxhlet analysis. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists, 12th edition, Washington DC. US. Methods 14.035 and 14.036.

AOAC., 2000, Kjeldahl method. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists, 17th edition, Washington DC. US. Method 39.1.15, alternative (copper-based catalyst).

Blot, W. J., Henderson, B. E. and Boice, J. D., 1999, Childhood cancer in relation to cured meat intake: Review of the epidemiological evidence. *Nutrition and Cancer*, 34: 111-118.

Bloukas, J. G., Arvanitoyannis, I. S. and Siopi, A. A., 1999, Effect of natural colorants and nitrites on colour attributes of frankfurters. *Meat Science*, 52: 257-265.

Cammack, R., Joannou, C. L., Cui, X. Y. Martinez, C. T., Maraj, S. R. and Hughes, M. N., 1999, Nitrite and nitrosyl compounds in food preservation. *Biochimica et Biophysica Acta*, 1411: 475-488.

Deda, M. S., Bloukas, J. G. and Fista, G. A., 2007, Effect of tomato paste and nitrite level on processing and quality characteristics of frankfurters. *Meat Science*, 76: 501-508.

Demeyer, D., Honikel, K. and De Smet, S., 2008, The world cancer research fund report 2007: A challenge for the meat processing industry. *Meat Science*, 80: 953-959.

Delgado-Vargas, F. and Paredes-López, O., 2002, Natural colorants for food and nutraceutical uses. CRC Press LLC., USA, 245-247.

Fernández-López, J., Pérez-Alvarez, J. A., Sayas-Barberá, E. and López-Santoveña, F., 2002, Effect of paprika (*Capsicum annum*) on color of spanish-type sausages during the resting stage. *Journal of Food Science*, 67 (6): 2410-2414.

Gray, J. I., MacDonald, B., Pearson, A. M. and Morton, I. D., 1981, Role of nitrite in cured meat flavour: A review. *Journal of Food Protection*, 44: 302-312.

Gray, J. I. and Pearson, A. M., 1987, Rancidity and warmed-over flavour. In: *Advances in Meat Research. Vol 3: Restructured Meat and Poultry Products*, ed. A.M. Pearson and T.R. Dutson. Van Nostrand Reinhold Co., New York, 221-269.

Heaton, K. M., Cornforth, D. P., Moiseev, I. V., Egbert, W. R. and Carpenter, C. E., 2000, Minimum sodium nitrite levels for pinking of various cooked meats as related to use of direct or indirect-dried soy isolates in poultry rolls. *Meat Science*, 55: 321-329.

Howard, A., Duffy, P., Else, K. and Brown, W. D., 1973, Possible substitutes for nitrite for pigment formation in cured meat products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 21: 894-898.

Liener, I. E., 1974, Nitrosamines. In: *Toxic constituents of animal foodstuff*. Sen. N. P. Academic Press, Inc., New York, 132-186.

Mitacek, E. J., Brunnemann, K. D., Suttajit, M., Martin, N., Limsila, T., Ohshima, H. and Caplan, L. S., 1999, Exposure to N-nitroso compounds in a population of high liver cancer regions in thailand: volatile nitrosamine (VNA) levels in Thai food. *Food and Chemical Toxicology*, 37: 297-305.

Noel, P., Briand, E. and Dumont, J. P., 1990, Role of nitrite in flavor development in uncooked cured meat product: sensory assessment. *Meat Science*, 28: 1-8.

Nollet, L. M. L. and Toldra, F., 2006, Advanced technology for meat processing, First edition, In: *Processing of Nitrite-Free Cured Meats*, Pegg, R. B. and Shadidi, F. Taylor & Francis Group, LLC, 309-327.

Paik, D. C., Saborio, D. V., Oropeza, R. and Freeman, H. P., 2001, The epidemiological enigma in the US: was grandmother's sausage the cause? *International Journal of Epidemiology*, 30: 181-182.

Pandit, R. B. Tang, J. L. and Pitts, M., 2007, Development of a novel approach to determine heating pattern using computer vision and chemical marker (M-2) yield. *Journal of Food Engineering*, 78: 522-528.

Pedreschi, F., Leon, J., Mery, D. and Moyano, P., 2006, Development of a computer vision system to measure the colour of potato chips. *Food Research International*, 39: 1092-1098.

Pegg, R. B. and Shahidi F., 2000, Nitrite curing of meat the n-nitrosamine problem and nitrite alternatives. Food and Nutrition Press, Inc., USA.

Peters, J. M., S. Preston-Martin, S. J. London, J. D. Bowman, J. D. Buckley, and Thomas, D. C., 1994, Processed meats and risk of childhood leukaemia (California, USA). *Cancer Causes Control*, 5: 195-202.

Shahidi, F. and Pegg, R. B., 1992, Nitrite-free meat curing system update and review. *Food Chemistry*, 43: 185-191.

Shahidi, F., Rubin, L. J., Diosady, L. L. and Wood, D. F., 1985, Preparation of the cooked cured-meat pigment, dinitrosyl ferrohemeochrome, from hemin and nitric oxide. *Journal of Food Science*, 50: 272-273.

Yam, K. L. and Papadakis, S. E., 2004, A simple digital imaging method for measuring and analyzing color of food surfaces. *Journal of food Engineering*, 61: 137-142.