نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد ۹، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۲، ص. ۲۵۲-۲۴۳

Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 9, No. 3, Fall 2013, p. 243-252

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

سارا حسین پور[۱]- محمدهادی اسکندری[۲]- غلامرضا مصباحی[۳*]- شهرام شکرفروش[۴]- عسگر فرحناکی[۵]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۱/۳۰
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۱۲/۱۹

چکیده

نیتریت ماده ای است که نقش پدید آوردن و بهبود دادن بسیاری از ویژگی های محصولات گوشتی عمل آوری شده را به‌عهده دارد. برای مثال بهبود رنگ و طعم و جلوگیری از رشد و تولید سم توسط باکتری کلستریدیوم بوتولینیوم. با وجود داشتن این خصوصیات مطلوب، نیتریت در ایجاد ماده سرطانزای نیتروز آمین نقش دارد. این پژوهش، با ایجاد تحول در سیستم عمل آوری گوشت، به دنبال حذف یا کاهش نیتریت از محصولات گوشتی است. سیزده فرمولاسیون متفاوت بر پایه ترکیبات موجود در سوسیس فرانکفورتر استاندارد تهیه شد و در آنها، فرمول های بدون نیتریت و کم نیتریت و استفاده از رنگ های طبیعی کوچنیل و پاپریکا منظور شد. برای مثال، نمونه کنترل با ۱۲۰ میلی گرم در کیلوگرم نیتریت، نمونه کم نیتریت حاوی ۴۰ میلی گرم در کیلوگرم نیتریت و برخی نمونه ها بدون نیتریت 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 قرارداده شد و پایداری رنگ آنها مورد مقایسه قرارگرفت. از طرف دیگر، رنگ نمونه ها از دیدگاه گروه ارزیاب حسی نیز ارزیابی شد. نتایج نشان داد که نمونه حاوی ۴۰ میلی گرم در کیلوگرم نیتریت و ۰/۰۰۲ درصد کوچنیل، نمونه محتوی ۴۰ میلی گرم در کیلوگرم نیتریت و ۱ میلی گرم در کیلوگرم پاپریکا و نمونه بدون نیتریت حاوی ۰/۰۱۵ 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 ارزیاب حسی رنگ، امکان تولید سوسیس فرانکفورتر با رنگ نزدیک به نمونه شاهد، بدون استفاده از نیتریت و یا با نیتریت کم وجود دارد.

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

مقدمه

اضافه کردن نمک و نیتریت به گوشت به منظور افزایش مدت زمان نگهداری و ایجاد طعم و مزه مطلوب در آن، عمل آوری[۶] نامیده می‌شود. گوشت‌های عمل آوری شده بخش عمده‌ای از محصولات گوشتی را در دنیا به خود اختصاص می‌دهند (Noel *et al*., 1990). تا اواخر دهه ۶۰ میلادی تأکید تکنولوژیکی بر این بود که استفاده از نیتریت برای تولید گوشت‌های عمل آوری شده مفید است. نیتریت زمان لازم برای عمل آوری گوشت را کاهش می‌دهد که در نتیجه ظرفیت تولید بالا می‌رود و نیز خطر ابتلا به بوتولیسم را تا حد زیادی می‌کاهد. همچنین مسئول ایجاد رنگ صورتی مطلوب گوشت‌های عمل آوری شده و طعم مخصوص آن است و به عنوان عامل ضد میکروبی و آنتی اکسیدانی عمل می‌کند (Shahidi *et al*., 1999; Mitacek *et* et al., 1992).

علیرغم تمام فواید ذکر شده برای نیتریت در تولید گوشت‌های عمل آوری شده، خطر مشخصی که در رابطه با افزودن نیتریت به این گوشت‌ها مطرح می‌باشد، نیتریت باقیمانده در محصول پس از پخت و نیز نقش نیتریت در تولید نیتروزآمین‌ها است. نیتروزآمین‌ها محصولات حاصل از واکنش بین نیتریت و اسیدهای آمینه آزاد و آمین‌ها هستند که می‌توانند در این نوع گوشت‌ها بعد از عملیات حرارتی یا پس از هضم در معده تولید شوند. نیتروزآمین‌ها ترکیبات سرطان‌زا،

۱،۲،۳و۵- 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

6- Curing

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 نیتریت در محصولات گوشتی امکان پذیر 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 جایگزین هایی برای نیتریت در تولید این گوشت‌ها پیدا کنند. اما تا کنون ماده واحدی که بتواند تمام خصوصیات نیتریت را یک جا داشته باشد پیدا نشده و از ترکیبات مختلف به عنوان جایگزین نیتریت در فرمولاسیون گوشت‌های عمل آوری شده استفاده شده است. در پاره‌ای از تحقیقات نیز بخشی از نیتریت 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 عمل آوری شده رنگ صورتی روشن آن‌ها از فاکتورهایی است که همواره در فروش محصول مؤثر است. حذف نیتریت از فرمولاسیون محصولات گوشتی عمل آوری 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 نیتریت برای تولید رنگ در گوشتهای عمل آوری شده استفاده شده است مثل اسید نیکوتینیک، اریتروزین، ۳،۴-آسیل پیریدین، N,N-دی اتیل نیکوتینامید، پروتوفیرین IX [1]، 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 [2] در تولید فرانکفورتر استفاده شد، در این تحقیق با استفاده از ۱۲٪ رب گوجه فرنگی در فرمولاسیون فرانکفورتر، توانستند میزان نیتریت را از ۱۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم به ۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم کاهش دهند.

1- Protoporphyrin-IX
2- Tomato paste

اما نتوانستند رب گوجه فرنگی را به طور کامل جایگزین نیتریت کنند، زیرا طعم ترش نامطلوب در فرآورده گوشتی ایجاد می شد (Deda, *et al*. 2007). محققین دیگری با استفاده از گلبول قرمز حیوانات، رنگی تولید کردند که می‌تواند به خوبی جایگزین رنگ حاصل از نیتریت در گوشت‌های عمل آوری 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 نیتریت در سوسیس فرانکفورتر بررسی شد. رنگ‌های استفاده شده در این پژوهش شامل: E100 کورکومین [3]، E120 کارمینیک اسید [4]، 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 L.*) است که در بسیاری از کشورها به دلیل رنگ مطلوب، طعم خاص و خاصیت آنتی‌اکسیدانی آن در محصولات غذایی مختلف مانند سوپ ها، پنیرها، سس ها، غذا های گوشتی مورد استفاده قرار می‌گیرد. پاپریکا به صورت پودر، ورقه‌های فلفل [5] و اولئورزین [6] 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 [7] کاپسانتین [8] و کاپسوربین [9] در این ماده است که ۸۰-۷۰٪ 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 [10] یا اسید کارمینیک [11] یا کارماین است. این رنگ توسط حشره ماده تولید می‌شود که بدون بال است و ۵ میلی‌متر طول دارد. کارماین 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

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

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[1] 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[2] 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 نرم افزاری پردازش تصویر جهت ارزیابی رنگ ماده غذایی است که در آن اطلاعات سطح ماده غذایی به صورت نقطه‌ای[3] و به صورت پارامترهای قرمز- سبز- آبی[4] ذخیره می‌شود و شامل سه عدد در دامنه ۰ تا ۲۵۵ است که بیانگر شدت این رنگ-هاست. سپس این تصویر توسط نرم افزار 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 فرانکفورتر بدون نیتریت و یا کم نیتریت و استفاده از رنگ-های 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 نمونه-ها 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. نیتریت سدیم، اسید اسکوربیک، فسفات پتاسیم و BHA از شرکت سیگما آلدریچ آلمان خریداری شد.

تولید سوسیس فرانکفورتر

سیزده نمونه سوسیس فرانکفورتر 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 فرانکفورتر حاوی ۱۲۰ میلی‌گرم در کیلوگرم نیتریت بود که به همراه سایر نمونه-ها تولید شد. علاوه بر این در چند گروه آزمایشی میزان نیتریت کاهش یافته و به ۴۰ میلی‌گرم در کیلوگرم رسانده شد. جهت جلوگیری از اکسیداسیون در یک نمونه کم نیتریت و یک نمونه بدون نیتریت از ppm ۳۰ آنتی اکسیدان[5] (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 آزمون ها و فرمولاسیون های متعدد اولیه و مقدماتی استفاده شد. همچنین طراحی فرمولاسیون نمونه‌های کم نیتریت و بدون نیتریت 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 $73\ ^oC$ به مدت ۱ ساعت و ۱۵ دقیقه پخته شد. نمونه‌ها پس از پخت بلافاصله تا دمای $35\ ^oC$ سرد شد و پس از رسیدن دمای سوسیس‌ها به دمای اتاق، به یخچال با دمای $4\ ^oC$ 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 اندازه گیری رطوبت از روش استاندارد AACC, 1976 (44-15A) استفاده شد. میزان چربی سوسیس تولید شده به روش سوکسله و مطابق استاندارد AOAC, 1975 اندازه گیری شد. برای تعیین میزان پروتئین نمونه‌های سوسیس تولید شده از روش میکرو کلدال استفاده شد (AOAC, 2000) و اندازه گیری خاکستر نمونه-های سوسیس تولید شده مطابق روش استاندارد AACC, 1976

1- Computer vision
2- Online
3- Pixel
4- Red-Green-Blue (GRB)

5- Butylated Hydroxy Anisol (BHA)

(08-01) انجام 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. نمونه‌های سوسیس به سه گروه تقسیم شدند. دسته اول در یخچال تاریک نگهداری شده و رنگ آن‌ها 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 آن‌ها جدا شده، برش داده شدند و در ظرف مخصوص قرار گرفتند. به منظور جلوگیری از تبخیر آب نمونه‌ها، 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 آن‌ها بررسی شد. گروه سوم، تحت شرایط ذکر شده در بالا برای دسته دوم، به مدت ۴ ساعت در یخچال در معرض نور یک لامپ رشته‌ای ۶۰ واتی که در فاصله ۳۰ سانتی‌متری از نمونه‌ها قرار داشت، قرار گرفت و تغییرات رنگ ارزیابی شد.

اندازه گیری رنگ به روش عکس برداری دیجیتال در جعبه‌ای با ابعاد ۵۰×۵۰×۶۰ (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[1] نسخه CS8 صورت گرفت. عکس‌ها 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[2]

ارزیابی رنگ توسط ۱۵ ارزیاب حسی (پانلیست) در اتاقک مخصوص این کار و زیر نور سفید انجام شد. این آزمون بر اساس روش هدونیک[3] هفت نقطه‌ای (۷=خیلی خوب، ۱= خیلی بد) انجام گرفت. برای انجام این آزمون از نمونه‌هایی که به مدت یک هفته در دمای 4^oC نگهداری شده بودند استفاده شد.

آنالیز آماری

برای تجزیه و تحلیل آماری داده های کمی از نرم افزار SPSS 17 و آزمون یک طرفه (ANOVA) و آزمون تعقیبی (Scheffe) استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج آزمایش‌های شیمیایی انجام شده روی سوسیس

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

جدول ۱- ترکیبات شیمیایی اصلی نمونه‌های 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 ppm ۱۲۰ نیتریت و تمام نمونه‌هایی که به آن‌ها نیتریت 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 نمونه‌ها به دلیل تولید رنگ نیتروزیل‌هموکروم می‌باشد. وقتی که نیتریت به گوشت اضافه می‌شود، میوگلوبین موجود در گوشت را نیتروزه کرده و پیش سازهای تولید رنگ صورتی نیتروزیل‌هموکروم را فراهم می‌کند. در نمونه بدون نیتریت عاملی برای نیتروزه کردن میوگلوبین وجود ندارد، بنابراین در این نمونه به جای رنگ نیتروزیل-هموکروم، مت‌میوکروموژن تولید می‌شود که رنگ متمایل به قهوه‌ای دارد. این رنگ سپس در اثر اکسیداسیون تبدیل به پورفیرین‌های اکسید شده می‌شود که رنگی متمایل به سبز تا خاکستری دارد. در نمونه بدون نیتریت و تمام نمونه‌هایی که به آن‌ها رنگ اضافه شده و نیتریت اضافه نشده است، پس از پخت، روشنایی نمونه تا حدی زیاد می‌شود، قرمزی نمونه به میزان زیاد کاهش پیدا کرده و زردی نمونه نیز کم می‌شود؛ که دلیل این امر می‌تواند حساسیت رنگ‌های اضافه شده به فرمولاسیون سوسیس در برابر حرارت و تولید پورفیرین‌های اکسید شده باشد(Bloukas *et al*., 1999, Pegg *et al*., 2000).

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

1- Photoshop
2- Panelists
3- Hedonic

نگهداری در دمای ۴ °C نشان می‌دهد. نتایج نشان داد کـه در میـزان روشنایی نمونه شاهد (حاوی ۱۲۰ ppm نیتریت)، نمونـه حـاوی ppm ۴۰ نیتریـت، نمونـه حـاوی ppm ۴۰ نیتریـت و ml/kg ۱ عـصاره پاپریکا، نمونه حـاوی ppm ۴۰ نیتریـت و ۰/۰۰۲٪ کوچنیـل، نمونـه حاوی ۴۰ppm نیتریت و ۳۰ppm آنتی اکسیدان BHA، نمونه بـدون نیتریت و حـاوی ۰/۰۰۲٪ کوچنیـل، نمونـه بـدون نیتریـت و حـاوی ml/kg ۱ عصاره پاپریکا، نمونه بدون نیتریت، نمونه بدون نیتریـت و حاوی ppm ۳۰ آنتی اکسیدان BHA، و نمونه بدون نیتریت و حـاوی ۱٪ پودر پاپریکا بلافاصله پس از تولید (زمان صفر) تفاوت معنـی‌داری در سطح ۵٪ مشاهده نمی‌شود.

جدول ۲- تغییرات شاخص L^* برش عرضی نمونه‌های سوسیس طی نگهداری به مدت ۸ هفته در دمای ۴ °C *

نمونه	زمان (هفته)							
	۰	۱	۲	۳	٤	۵	۷	۸
۱	۵۷/۲۷±۱/۱۰^{d,A}	۵۶/۲۷±۰/۸۰^{bcde,B}	۵۶/۱۳±۰/۸۳^{de,C}	۵۵/۵۲±۰/۶۴^{cd,D}	۵۵/۳۳±۱/۰۵^{cdef,E}	۵۵/۱۳±۰/۶۴^{bcd,F}	۵۵/۲۷±۰/۷۰^{b,G}	۵۴/۸۰±۰/۶۸^{b,H}
۲	۵۷/٤۰±۰/۹۱^{d,A}	۵۷/۷۳±۰/۵۹^{de,A}	۵۵/۹۳±۰/۵۹^{de,B}	۵۶/۰۰±۰/۷۶^{cde,B}	۵۶/۷۳±۱/۲۳^{efg,C}	۵۴/۶۷±۰/۴۹^{bcd,D}	۵۴/۴۷±۰/۶۴^{b,E}	۵۴/۰۰±۰/۹۳^{b,F}
۳	۵۸/۵۳±۰/۹۹^{d,A}	۵۸/۱۳±۰/۷۴^{e,A}	۵۷/۴۷±۰/۵۳^{ef,B}	۵۷/۳۳±۰/۹۰^{de,C}	۵۷/۰۰±۰/۷۶^{fg,D}	۵۵/۹۳±۱/۰۳^{cde,E}	۵۵/۵۳±۰/۶۴^{b,F}	۵۵/۰۰±۰/۸۵^{b,G}
٤	۵۷/۶۰±۰/۷٤^{d,A}	۵۵/۸۷±۰/۹۲^{bcd,B}	۵۶/۹۳±۱/۰۳^{e,B}	۵۶/۰۰±۰/۸۵^{cde,C}	۵۵/۰۰±۱/۰۰^{cd,D}	۵۴/۷۳±۱/۲۸^{b,F}	۵۴/۷۳±۰/۸۰^{b,G}	۵۴/۲۷±۰/۸۵^{b,H}
۵	۵۷/۷۳±۰/۸۰^{d,A}	۵۶/۵۳±۱/۲۶^{bcde,B}	۵۵/۱۳±۰/۹۲^{cd,C}	۵۴/۹۳±۰/۸۰^{c,D}	۵۴/۲۰±۱/۰۰^{c,E}	۵۴/۲۰±۰/۹۲^{b,F}	۵۴/۴۰±۱/۲۸^{b,G}	۵۴/۲۷±۰/۸۵^{b,H}
٦	۵۷/۹۳±۰/۵۹^{d,A}	۵۷/۵۳±۱/۱۹^{cde,A}	۵۷/۱۳±۰/۹۲^{ef,B}	۵۷/۱۳±۱/۱۹^{de,B}	۵۷/۲۷±۰/۷۰^{g,B}	۵۶/۲۰±۱/۰۱^{de,C}	۵۵/۴۰±۰/۸۳^{b,D}	۵۴/۸۷±۱/۱۳^{b,E}
۷	۵٦/۸۰±۱/۰۱^{cd,A}	۵۶/۱۳±۱/۰۶^{b,B}	۵۶/۰۷±۱/۱۶^{de,B}	۵۶/۳۲±۰/۶۲^{cde,B}	۵۴/۸۷±۰/۶۴^{cd,C}	۵۴/۶۰±۰/۸۳^{b,D}	۵۴/۷۳±۰/۸۰^{b,E}	۵۵/۰۰±۰/۶۵^{b,F}
۸	۵۸/٤۷±۱/۳۰^{d,A}	۵۷/۶۰±۰/۹۱^{cde,A}	۵۶/۰۰±۱/۰۰^{de,B}	۵۸/۳۳±۱/۳۵^{c,C}	۵۵/۲۷±۰/۹۶^{cde,D}	۵۴/۸۷±۰/۸۳^{c,D}	۵۵/۶۷±۱/۱۸^{b,E}	۵۵/۶۰±۰/۶۳^{b,F}
۹	۵۷/۳۳±۰/۹۰^{d,A}	۵۵/۸۰±۰/۶۸^{bc,B}	۵۶/۱۳±۱/۱۹^{de,B}	۵۶/۵۲±۱/۳۰^{cde,B}	۵۴/۷۲±۱/۳۳^{cd,C}	۵۴/۶۰±۱/۳۰^{b,D}	۵۵/۶۰±۱/۳۰^{b,E}	۵۳/۷۳±۰/۷۰^{b,E}
۱۰	۵۸/۰۷±۰/۷۰^{d,A}	۵۷/۴۰±۰/۵۱^{cde,B}	۵۸/۶۷±۰/۹۰^{f,C}	۵۸/۴۰±۰/۸۳^{e,C}	۵۶/۰۰±۰/۹۳^{defg,D}	۵۶/۰۰±۱/۰۰^{cde,D}	۵۶/۰۷±۰/۵۹^{b,D}	۵۶/۳۳±۰/۸۳^{b,D}
۱۱	۵۱/٦۷±۱/٤۵^{b,A}	۵۰/۲۷±۱/۲۸^{a,B}	۵۲/۳۳±۱/۰۵^{b,C}	۵۲/۳۳±۱/۲۳^{b,D}	۴۹/۲۰±۰/۸۶^{b,E}	۴۷/۸۰±۰/۰۱^{a,F}	۴۷/۰۷±۱/۳۹^{a,G}	۴۳/۷۳±۱/۱۱^{a,H}
۱۲	۵۵/۲۷±۰/٦۸^{c,A}	۵۵/۲۰±۰/۹۶^{b,B}	۵۴/۶۷±۱/۳۷^{c,B}	۵۵/۰۰±۰/۹۳^{c,B}	۵۴/۶۰±۱/۱۳^{cd,B}	۵۴/۲۰±۰/۹۰^{bcd,B}	۵۴/۴۰±۰/۸۳^{b,B}	۵۴/۴۷±۰/۸۳^{b,B}
۱۳	٤۸/۷۳±۲/۰۲^{a,A}	۴۸/۴۰±۲/۱۶^{a,A}	۴۹/۵۳±۰/۹۲^{a,B}	۴۸/۶۷±۱/۴۵^{a,B}	۴۷/۴۷±۰/۹۲^{a,C}	۴۷/۰۷±۱/۳۹^{a,D}	۴۷/۳۳±۱/۱۸^{a,E}	۴۶/۶۰±۱/۴۰^{a,F}

*- تمامی اعداد داخل جدول میانگین سه تکرار بوده و به صورت میانگین ± 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 می باشد. نمونه ۱= ۱۲۰ میلی‌گرم در کیلوگرم نیتریت، نمونه ۲= ۴۰ میلی‌گرم در کیلوگرم نیتریت، نمونه ۳= بدون نیتریت، نمونه ۴= ۴۰ میلی‌گرم در کیلوگرم نیتریت+ ۱ میلی‌گرم در کیلوگرم عصاره پاپریکا، نمونه ۵= ۴۰ میلی‌گرم در کیلوگرم نیتریت+ ۰/۰۰۲٪ کوچنیل، نمونه ۶= ۰ میلی‌گرم در کیلوگرم نیتریت+ ۰/۰۰۲٪ کوچنیل، نمونه ۷= ۰ میلی‌گرم در کیلوگرم نیتریت+ ۱ میلی‌گرم در کیلوگرم عصاره پاپریکا، نمونه ۸= ۰ میلی‌گرم در کیلوگرم نیتریت+ ۳۰ میلی‌گرم در کیلوگرم BHA، نمونه ۹= ۴۰ میلی‌گرم در کیلوگرم BHA، نمونه ۱۰= ۰ میلی‌گرم در کیلوگرم نیتریت+ ۱٪ پودر پاپریکا، نمونه ۱۱= ۰ میلی‌گرم در کیلوگرم نیتریت+ ۰/۰۲٪ کوچنیل، نمونه ۱۲= ۰ میلی‌گرم در کیلوگرم نیتریت+ ۰/۰۱۵٪ کوچنیل، نمونه ۱۳= ۰ میلی‌گرم در کیلوگرم نیتریت+ ۱۵ میلی‌گرم در کیلوگرم عصاره پاپریکا.

کمترین میزان روشنایی در میان نمونه‌ها مربوط بـه نمونـه بـدون نیتریت و نمونه حاوی ml/kg ۱۵ عـصاره پاپریکـا بـود و پـس از آن کمترین میزان روشنایی مربوط به نمونـه بـدون نیتریـت کـه ۰/۰۲٪ کوچنیل داشت، بود. نتایج تحقیقات برخی دیگر از محققـین حـاکی از آن است که اضافه کردن پاپریکا و کوچنیل به فرمولاسیون سوسـیس فرانکفورتر باعث کاهش روشنایی نمونه می‌شود، اما فاکتور مهمتـر در رنگ محصولات گوشتی یعنی شاخص a^* که مؤید قرمزی نمونـه هـا است، با استفاده از مواد مذکور، بهبـود نـشان داد (Bloukas *et al.*, 1999). در واقع قرمزی بیشتر نمونه ها می تواند تـا حـدودی کـاهش اندک روشنایی را جبران کند.

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

نمونه	زمان (هفته)								
	۰	۱	۲	۳	٤	۵	۷	۸
۱	۱۳/۲۰±۰/۷۷^{d,A}	۱۲/۵۳±۰/۷۴^{d,B}	۱۱/۸۰±۱/۰۱^{c,C}	۱۲/۰۷±۰/۷۰^{b,C}	۱۱/۹۳±۰/۹۶^{b,C}	۱۱/۴۷±۰/۹۲^{b,D}	۱۰/۶۷±۱/۱۲^{b,E}	۱۰/۰۷±۰/۸۰^{ab,F}
۲	۱۲/۰۳±۱/۱۶^{cd,A}	۱۱/۸۷±۱/۱۳^{d,B}	۱۱/۵۳±۰/۵۲^{c,C}	۱۰/۶۷±۰/۸۱^{b,D}	۱۱/۵۳±۰/۸۳^{b,D}	۱۰/۹۳±۰/۸۸^{b,E}	۱۰/۳۳±۱/۱۱^{b,F}	۱۰/۴۷±۰/۹۲^{ab,G}
۳	۶/۴۷±۱/۰۶^{a,A}	۶/۴۷±۰/۹۲^{ab,A}	۶/۲۷±۰/۴۶^{a,A}	۶/۰۷±۰/۸۳^{a,B}	۵/۴۷±۰/۹۲^{a,C}	۵/۹۳±۰/۵۲^{a,C}	۵/۴۷±۰/۹۶^{a,C}	۵/۵۳±۰/۸۲^{a,C}
۴	۱۲/۶±۱/۱۲^{cd,A}	۱۱/۸۷±۰/۶۴^{d,A}	۱۱/۸۷±۰/۹۲^{c,A}	۱۱/۹۳±۰/۷۰^{b,A}	۱۱/۷۲±۰/۹۶^{b,A}	۱۱/۵۳±۰/۸۶^{b,B}	۱۰/۹۳±۰/۹۶^{b,C}	۹/۶۷±۰/۹۹^{ab,D}
۵	۱۳/۲۷±۱/۱۶^{d,A}	۱۳/۳۳±۰/۸۲^{df,A}	۱۱/۷۳±۰/۸۰^{c,B}	۱۱/۷۳±۰/۵۹^{b,C}	۱۰/۹۳±۰/۸۸^{b,D}	۱۱/۲۰±۰/۸۶^{b,E}	۱۰/۶۰±۱/۱۲^{b,F}	۱۰/۲۰±۰/۶۸^{ab,G}
۶	۷/۰۰±۱/۲۱^{ab,A}	۶/۹۴±۱/۰۸^{abc,A}	۶/۱۳±۰/۸۹^{a,B}	۶/۱۳±۰/۸۱^{a,B}	۶/۱۹±۱/۰۳^{a,B}	۶/۱۹±۰/۶۶^{a,B}	۶/۱۹±۰/۷۵^{a,B}	۶/۰۴±۰/۸۹^{a,B}
۷	۷/۹۳±۱/۳۰^{ab,A}	۷/۸۶±۰/۹۲^{bc,A}	۷/۰۰±۰/۹۵^{b,A}	۶/۷۱±۰/۸۳^{a,B}	۶/۷۹±۰/۷۰^{a,C}	۶/۹۳±۰/۸۳^{a,C}	۶/۳۶±۰/۸۴^{a,D}	۶/۴۳±۰/۶۵^{a,E}
۸	۶/۶۰±۰/۹۱^{ab,A}	۵/۹۳±۰/۷۰^{a,A}	۶/۰۷±۰/۹۲^{ab,A}	۶/۰۷±۰/۷۰^{a,A}	۵/۹۳±۰/۷۰^{a,A}	۵/۹۳±۰/۵۹^{a,A}	۶/۰۷±۰/۸۸^{a,A}	۶/۱۳±۰/۹۲^{a,A}
۹	۱۲/۰۷±۰/۹۲^{c,A}	۱۲/۰۰±۰/۸۲^{d,B}	۱۱/۷۵±۰/۶۳^{c,C}	۱۱/۴۰±۰/۸۳^{b,C}	۱۰/۸۷±۰/۸۳^{b,D}	۱۱/۱۳±۰/۸۳^{b,E}	۱۰/۰۷±۰/۷۰^{b,F}	۱۰/۲۷±۱/۳۹^{ab,G}
۱۰	۸/۳۳±۰/۸۲^{b,A}	۸/۰۷±۰/۸۸^{c,A}	۷/۸۰±۱/۰۸^{b,A}	۶/۶۷±۱/۲۳^{a,B}	۶/۰۷±۱/۰۳^{a,C}	۵/۷۳±۰/۸۰^{a,D}	۵/۵۳±۰/۸۳^{a,E}	۵/۳۳±۰/۹۳^{a,F}
۱۱	۱۵/۰۷±۱/۰۳^{f,A}	۱۴/۶۰±۱/۱۸^{f,A}	۱۴/۸۰±۰/۷۷^{d,A}	۱۴/۱۳±۰/۶۴^{c,B}	۱۳/۶۰±۱/۰۶^{c,C}	۱۳/۰۷±۰/۸۸^{c,D}	۱۳/۰۷±۰/۸۸^{c,E}	۱۳/۵۱±۱/۶۵^{b,E}
۱۲	۱۲/۲۰±۰/۹۴^{cd,A}	۱۲/۰۰±۰/۶۵^{d,A}	۱۱/۶۷±۰/۹۰^{c,A}	۱۱/۶۰±۰/۹۱^{b,A}	۱۱/۴۷±۰/۹۲^{b,A}	۱۱/۲۷±۰/۷۰^{b,B}	۱۰/۸۷±۰/۹۲^{b,C}	۱۰/۲۰±۱/۰۱^{ab,D}
۱۳	۷/۲۰±۰/۹۴^{ab,A}	۶/۹۳±۰/۸۸^{ab,A}	۷/۰۰±۰/۸۵^{ab,A}	۶/۱۳±۰/۹۲^{a,B}	۶/۶۰±۰/۸۳^{a,B}	۶/۲۷±۰/۷۰^{a,C}	۵/۸۷±۰/۹۲^{a,D}	۶/۰۷±۰/۸۰^{a,E}

* – تمامی اعداد داخل جدول میانگین سه تکرار بوده و به صورت میانگین ± انحراف معیار گزارش شده است. حروف کوچک متفاوت در هر ستون نشان دهنده وجود اختلاف 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 می باشد. نمونه ۱= ۱۲۰ میلی‌گرم در کیلوگرم نیتریت، نمونه ۲= ۴۰ میلی‌گرم در کیلوگرم نیتریت، نمونه ۳= بدون نیتریت، نمونه ۴= ۴۰ میلی‌گرم در کیلوگرم نیتریت+ ۱ میلی‌گرم در کیلوگرم عصاره پاپریکا، نمونه ۵= ۴۰ میلی‌گرم در کیلوگرم نیتریت+ ۰/۰۰۲٪ کوچنیل، نمونه ۶= ۰ میلی‌گرم در کیلوگرم نیتریت+ ۰/۰۰۲٪ کوچنیل، نمونه ۷= ۰ میلی‌گرم در کیلوگرم نیتریت+ ۱ میلی‌گرم در کیلوگرم عصاره پاپریکا، نمونه ۸= ۰ میلی‌گرم در کیلوگرم نیتریت+ ۳۰ میلی‌گرم در کیلوگرم BHA، نمونه ۹= ۴۰ میلی‌گرم در کیلوگرم نیتریت+ ۳۰ میلی‌گرم در کیلوگرم BHA، نمونه ۱۰= ۰ میلی‌گرم در کیلوگرم نیتریت+ ۱٪ پودر پاپریکا، نمونه ۱۱= ۰ میلی‌گرم در کیلوگرم نیتریت+ ۰/۰۲٪ کوچنیل، نمونه ۱۲= ۰ میلی‌گرم در کیلوگرم نیتریت+ ۰/۰۱۵٪ کوچنیل، نمونه ۱۳= ۰ میلی‌گرم در کیلوگرم نیتریت+ ۱۵ میلی‌گرم در کیلوگرم عصاره پاپریکا.

جدول ۳ تغییرات شاخص a^* در برش عرضی نمونه‌های سوسیس تولید شده طی ۸ هفته نگهداری در ۴ °C را نشان می‌دهد. همانطور که ملاحظه می شود، در زمان صفر، قرمزی نمونه بدون نیتریت که حاوی ۰/۰۲٪ کوچنیل است به طور معنی دار از سایر نمونه‌ها بیشتر 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 ٤- تغییرات شاخص b^* برش عرضی نمونه‌های سوسیس تولید شده طی نگهداری به مدت ۸ هفته در دمای ٤ °C *

نمونه	زمان (هفته)								
	۰	۱	۲	۳	٤	٥	٧	٨
۱	۱۹/۳۳±۱/۴۰^{bcde,A}	۱۸/۴۷±۰/۹۲^{bcd,A}	۱۸/۳۶±۰/۹۶^{cd,A}	۱۸/۴۰±۱/۰۶^{b,A}	۱۸/۴۰±۰/۶۳^{cd,A}	۱۸/۱۳±۰/۷۴^{b,B}	۱۷/۵۲±۱/۱۹^{bc,C}	۱۶/۴۷±۰/۹۳^{b,D}
۲	۱۸/۶۰±۱/۴۰^{bcd,A}	۱۷/۹۳±۱/۱۶^{bc,A}	۱۷/۶۷±۱/۰۵^{bc,A}	۱۷/۳۳±۰/۹۰^{b,A}	۱۷/۴۸±۰/۶۸^{bcd,A}	۱۶/۳۳±۰/۴۹^{bc,B}	۱۶/۳۳±۰/۶۲^{bc,C}	۱۶/۰۷±۰/۸۰^{b,D}
۳	۲۱/۲۷±۱/۱۰^{e,A}	۲۰/۲۷±۱/۱۶^{def,B}	۲۱/۶۰±۱/۱۸^{ef,C}	۲۰/۸۷±۰/۷۴^{cd,C}	۲۰/۷۳±۰/۷۰^{fg,C}	۱۹/۸۰±۱/۰۱^{e,D}	۱۹/۷۳±۰/۸۸^{f,E}	۱۸/۶۷±۰/۹۸^{f,F}
۴	۱۹/۳۳±۰/۹۸^{bcde,A}	۱۹/۶۰±۱/۱۸^{cde,A}	۱۸/۹۳±۱/۰۳^{bcd,A}	۱۹/۳۳±۱/۰۵^{bc,A}	۱۸/۸۷±۰/۹۲^{de,A}	۱۹/۰۷±۰/۹۶^{c,A}	۱۸/۴۰±۱/۰۶^{cd,B}	۱۸/۵۳±۰/۶۴^{cd,C}
۵	۱۸/۲۰±۰/۹۳^{ab,A}	۱۷/۵۳±۰/۹۴^{bc,B}	۱۷/۴۴±۱/۰۶^{bc,B}	۱۶/۹۷±۱/۲۱^{b,B}	۱۶/۸۰±۰/۷۷^{b,C}	۱۶/۲۶±۰/۷۰^{b,D}	۱۶/۲۰±۰/۸۶^{b,E}	۱۵/۶۰±۰/۶۳^{b,E}
۶	۲۳/۸۰±۱/۴۲^{f,A}	۲۲/۰۷±۱/۷۵^{fg,B}	۲۱/۸۷±۱/۴۱^{ef,C}	۲۲/۲۰±۱/۳۷^{d,C}	۲۱/۷۳±۱/۱۶^{ef,D}	۲۱/۴۰±۱/۱۸^{e,E}	۲۰/۲۰±۱/۱۵^{f,F}	۱۹/۴۰±۱/۰۶^{f,G}
۷	۲۱/۵۳±۲/۷۸^{cde,A}	۲۰/۸۸±۱/۲۵^{ef,A}	۱۹/۸۰±۲/۳۹^{ef,A}	۲۰/۰۰±۲/۴۳^{cd,A}	۱۹/۷۷±۰/۷۶^{ef,A}	۱۹/۴۷±۱/۱۹^{d,B}	۱۹/۵۳±۱/۵۵^{de,C}	۱۹/۲۰±۰/۸۶^{de,D}
۸	۲۰/۱۳±۱/۴۱^{de,A}	۲۱/۳۳±۱/۲۳^{ef,B}	۲۰/۷۳±۱/۳۳^{de,B}	۲۱/۱۳±۰/۹۲^{cd,B}	۲۰/۳۳±۰/۸۲^{f,B}	۲۰/۵۳±۰/۶۴^{d,B}	۲۰/۲۰±۱/۲۱^{ef,B}	۱۸/۴۷±۱/۵۵^{e,C}
۹	۱۷/۶۰±۱/۱۸^{bc,A}	۱۷/۶۰±۱/۲۴^{bc,A}	۱۶/۹۳±۰/۹۶^{b,A}	۱۶/۶۰±۱/۱۲^{b,B}	۱۶/۴۷±۰/۷۴^{d,C}	۱۶/۳۳±۰/۴۹^{b,D}	۱۶/۶۰±۰/۷۴^{b,E}	۱۶/۴۰±۰/۵۱^{b,F}
۱۰	۲۴/۴۰±۰/۶۳^{f,A}	۲۳/۴۰±۱/۳۰^{g,B}	۲۳/۰۷±۰/۸۸^{f,C}	۲۱/۶۰±۰/۷۴^{d,D}	۲۰/۹۳±۰/۵۹^{b,E}	۲۰/۶۰±۰/۹۱^{de,F}	۲۰/۳۳±۰/۷۲^{ef,G}	۱۹/۴۷±۰/۹۲^{e,H}
۱۱	۱۴/۸۰±۰/۷۲^{a,A}	۱۴/۲۰±۰/۵۶^{a,A}	۱۳/۷۳±۰/۸۸^{a,B}	۱۲/۴۰±۰/۹۱^{a,C}	۱۲/۴۰±۰/۸۳^{a,D}	۱۱/۸۰±۱/۰۱^{a,C}	۱۱/۴۰±۰/۷۴^{a,E}	۱۰/۹۳±۰/۸۰^{a,F}
۱۲	۱۷/۴۰±۰/۸۳^{bcd,A}	۱۷/۱۱±۰/۴۰^{b,B}	۱۷/۲۱±۰/۵۱^{bc,B}	۱۷/۴۷±۰/۷۴^{b,B}	۱۷/۱۳±۰/۶۴^{bc,C}	۱۶/۶۷±۰/۶۳^{b,C}	۱۶/۰۷±۰/۵۲^{b,D}	۱۵/۵۶±۰/۸۰^{bc,D}
۱۳	۲۸/۰۰±۱/۶۸^{g,A}	۲۷/۴۶±۱/۲۴^{h,A}	۲۷/۴۰±۱/۰۰^{g,A}	۲۶/۸۷±۱/۲۵^{e,A}	۲۶/۸۷±۰/۷۴^{h,B}	۲۶/۶۷±۰/۸۲^{f,C}	۲۶/۳۳±۰/۶۲^{g,D}	۲۵/۷۳±۰/۷۰^{g,E}

* – تمامی اعداد داخل جدول میانگین سه تکرار بوده و به صورت میانگین ± 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 می باشد. نمونه ۱ = ۱۲۰ میلی گرم در کیلوگرم نیتریت، نمونه ۲= ۴۰ میلی گرم در کیلوگرم نیتریت، نمونه ۳= بدون نیتریت، نمونه ۴= ۴۰ میلی گرم در کیلوگرم نیتریت+ ۱ میلی گرم در کیلوگرم عصاره پاپریکا، نمونه ۵= ۴۰ میلی گرم در کیلوگرم نیتریت+ ۰/۰۰۲٪ کوچنیل، نمونه ۶= ۰ میلی گرم در کیلوگرم نیتریت+ ۰/۰۰۲٪ کوچنیل، نمونه ۷= ۰ میلی گرم در کیلوگرم نیتریت+ ۱ میلی گرم در کیلوگرم عصاره پاپریکا، نمونه ۸= ۰ میلی گرم در کیلوگرم نیتریت+ ۳۰ میلی گرم در کیلوگرم BHA، نمونه ۹= ۴۰ میلی گرم در کیلوگرم نیتریت+ ۳۰ میلی گرم در کیلوگرم BHA، نمونه ۱۰= ۰ میلی گرم در کیلوگرم نیتریت+ ۱٪ پودر پاپریکا، نمونه ۱۱= ۰ میلی گرم در کیلوگرم نیتریت+ ۰/۰۲٪ کوچنیل، نمونه ۱۲= ۰ میلی گرم در کیلوگرم نیتریت+ ۰/۰۱۵٪ کوچنیل، نمونه ۱۳= ۰ میلی گرم در کیلوگرم نیتریت+ ۱۵ میلی گرم در کیلوگرم عصاره پاپریکا.

البته محققین دیگری سعی داشته اند کـه از مـواد دیگـری بـرای ایجاد رنگ مطلوب استفاده کنند از جمله ددا و همکاران با اسـتفاده از ۱۲٪ رب گوجه فرنگی در فرمولاسیون فرانکفـورتر، توانـستند میـزان نیتریت را کاهش دهند، اما نتوانـستند رب گوجـه فرنگـی را بـه طـور کامل جایگزین نیتریت کنند، زیـرا طعـم تـرش نـامطلوب در گوشـت ایجاد می شد (Deda *et al.*, 2007). همچنین شهیدی و همکـاران، رنگ حاصل از گلبول قرمز حیوانات را در این مورد بـا موفقیـت بکـار بردنـد (Shahidi *et al.* 1985, Shahidi *et al.* 1992). قرمـزی نمونـه حـاوی ppm ۴۰ نیتریـت، نمونـه حـاوی ppm ۴۰ نیتریـت و ml/kg ۱ عصاره پاپریکا، نمونه حاوی ppm۴۰ نیتریـت و ۰/۰۰۲٪ کوچنیل و نمونـه بـدون نیتریـت و حـاوی ۰/۰۱۵٪ کوچنیـل تفـاوت آماری معنی‌دار در سطح ۵٪ با نمونه شاهد نداشتند. در طول نگهداری نمونه‌ها به مدت ۸ هفته در دمای ۴ ^{o}C شاخص a^{*} به طور معنـی دار کاهش پیدا کرده است.

جدول ۴ تغییرات زردی (b^{*}) برش عرضی نمونه‌ها را طی ۸ هفته نگهداری در دمای ۴ ^{o}C را نشان می‌دهد. بررسی نتـایج ایـن آزمـون نشان داد که نمونه حاوی ppm ۴۰ نیتریـت، نمونـه حـاوی ppm ۴۰ نیتریت و ml/kg ۱ عصاره پاپریکا، نمونه حاوی ppm ۴۰ نیتریـت و ۰/۰۰۲٪ کوچنیـل، نمونـه حـاوی ppm۴۰ نیتریـت و ppm۳۰ آنتـی اکـسیدان BHA، نمونـه بـدون نیتریـت و حـاوی ml/kg ۱ عـصاره پاپریکا، نمونه بدون نیتریت و حاوی ppm ۳۰ آنتی اکـسیدان BHA، و نمونه بدون نیتریت حـاوی ۰/۰۱۵٪ کوچنیـل از نظـر میـزان زردی تفاوت معنی داری با نمونه شـاهد نداشـتند. بیـشترین زردی در میـان نمونه‌های تولید شده، مربـوط بـه نمونـه بـدون نیتریـت و حـاوی ۱۵ میلی‌لیتر در کیلوگرم پاپریکا بود. بررسی تغییرات b^{*} طی مـدت زمـان نگهداری نشان داد که زردی نمونه‌ها با گذشت زمان در تمام نمونه‌ها کاهش پیدا کرده است. Bloukas و همکاران (۱۹۹۹) نتایج مـشابهی را گزارش کرده‌اند.

بررسی شاخص‌های مختلف رنگی بین نمونه‌های بدون نیتریت و کم نیتریت حاوی آنتی اکسیدان BHA و فاقد آنتـی اکـسیدان نـشان داد که رنگ این نمونه‌ها در زمان صفر و در طول نگهـداری در اکثـر موارد تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند. بنابراین به نظر می‌رسد کـه میزان اکسیداسیون در دمای ۴ ^{o}C طـی ۸ هفتـه نگهـداری در حـدی نیست که تأثیر قابل توجهی بر رنگ نمونه‌ها داشته باشد.

بررسی تغییرات رنگ نمونه های 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.

جدول ۵- تغییرات شاخص L^{*} برش عرضی نمونه‌های سوسیس تولید شده اولیه، نمونه هایی 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±۱/۲۲^{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±۰/۹۲^{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±۰/۶۲^{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 ± 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 نیتریت، نمونه ۲= ۴۰ میلی‌گرم در کیلوگرم نیتریت، نمونه ۳= بدون نیتریت، نمونه ۴= ۴۰ میلی‌گرم در کیلوگرم نیتریت+ ۱ میلی‌گرم در کیلوگرم عصاره پاپریکا، نمونه ۵= ۴۰ میلی‌گرم در کیلوگرم نیتریت+ ۰/۰۰۲٪ کوچنیل، نمونه ۶= ۰ میلی‌گرم در کیلوگرم نیتریت+ ۰/۰۰۲٪ کوچنیل، نمونه ۷= ۰ میلی‌گرم در کیلوگرم نیتریت+ ۱ میلی‌گرم در کیلوگرم عصاره پاپریکا، نمونه ۸= ۰ میلی‌گرم در کیلوگرم نیتریت+ ۳۰ میلی‌گرم در کیلوگرم BHA، نمونه ۹= ۴۰ میلی‌گرم در کیلوگرم نیتریت+ ۳۰ میلی‌گرم در کیلوگرم BHA، نمونه ۱۰= ۰ میلی‌گرم در کیلوگرم نیتریت+ ۱٪ پودر پاپریکا، نمونه ۱۱= ۰ میلی‌گرم در کیلوگرم نیتریت+ ۰/۰۲٪ کوچنیل، نمونه ۱۲= ۰ میلی‌گرم در کیلوگرم نیتریت+ ۰/۰۱۵٪ کوچنیل، نمونه ۱۳= ۰ میلی‌گرم در کیلوگرم نیتریت+ ۱۵ میلی‌گرم در کیلوگرم عصاره پاپریکا.

در این آزمایش، که ۱۷ ساعت پس از تولید نمونه‌هـای سوسـیس انجام شد، یک دسته از نمونه‌هـا بـه مـدت ۴ سـاعت در یخچـال در معرض نور لامپ ۶۰ وات که در فاصله ۳۰ سانتی‌متـری از نمونـه‌هـا قرار داشت، قرار گرفت و دسته دوم به مدت ۲ ساعت در معـرض نـور طبیعی روز قرار گرفـت. همـانطور کـه در جـدول ۵ مـشخص اسـت، شاخص L^{*} که بیانگر میزان روشنایی نمونه‌هاسـت، تحـت تـأثیر نـور لامپ و نور روز کاهش پیدا کـرده اسـت. کـاهش روشـنایی در تمـام نمونه‌ها قابل مشاهده است. اما نتـایج Bloukas و همکـاران (۱۹۹۹) نشان داد که قرار دادن نمونه‌های سوسیس، در شرایطی که تحت خلأ بسته بندی شده‌اند، در برابر نور روز باعث کاهش روشنایی نمونه‌هـا و در برابر نور لامپ باعث افزایش روشنایی نمونه‌هـا شـده اسـت. قابـل ذکر است که گذشته از تغییرات شاخص روشنایی نمونه ها تحـت اثـر

نور که نتایج آن بیان شد، 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 ٦- ارزیابی رنگ نمونه‌های سوسیس تولید شده توسط گروه ارزیاب.*

نمونه	رنگ
۱	۶/۱۳±۰/۷۴^{e}
۲	۶/۰۰±۰/۷۶^{e}
۳	۲/۶۰±۱/۰۶^{a}
۴	۶/۰۰±۰/۵۳^{e}
۵	۶/۳۳±۰/۶۲^{e}
۶	۲/۸۰±۱/۰۸^{a,b}
۷	۳/۶۰±۱/۰۶^{c}
۸	۳/۰۶±۰/۹۶^{a,b}
۹	۵/۹۳±۰/۵۹^{e}
۱۰	۳/۴۶±۱/۰۶ ^{b,c}
۱۱	۵/۰۰±۱/۰۷^{d}
۱۲	۶/۰۶±۰/۵۹^{e}
۱۳	۲/۷۳±۱/۳۳^{a}

*- تمامی اعداد داخل جدول میانگین سه تکرار بوده و به صورت میانگین ± 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 نیتریت، نمونه ۲= ۴۰ میلی‌گرم در کیلوگرم نیتریت، نمونه ۳= بدون نیتریت، نمونه ۴= ۴۰ میلی‌گرم در کیلوگرم نیتریت+ ۱ میلی‌گرم در کیلوگرم عصاره پاپریکا، نمونه ۵= ۴۰ میلی‌گرم در کیلوگرم نیتریت+ ۰/۰۰۲٪ کوچنیل، نمونه ۶= ۰ میلی‌گرم در کیلوگرم نیتریت+ ۰/۰۰۲٪ کوچنیل، نمونه ۷= ۰ میلی‌گرم در کیلوگرم نیتریت+ ۱ میلی‌گرم در کیلوگرم عصاره پاپریکا، نمونه ۸= ۰ میلی‌گرم در کیلوگرم نیتریت+ ۳۰ میلی‌گرم در کیلوگرم BHA، نمونه ۹= ۴۰ میلی‌گرم در کیلوگرم نیتریت+ ۳۰ میلی‌گرم در کیلوگرم BHA، نمونه ۱۰= ۰ میلی‌گرم در کیلوگرم نیتریت+ ۱٪ پودر پاپریکا، نمونه ۱۱= ۰ میلی‌گرم در کیلوگرم نیتریت+ ۰/۰۲٪ کوچنیل، نمونه ۱۲= ۰ میلی‌گرم در کیلوگرم نیتریت+ ۰/۰۱۵٪ کوچنیل، نمونه ۱۳= ۰ میلی‌گرم در کیلوگرم نیتریت+ ۱۵ میلی‌گرم در کیلوگرم عصاره پاپریکا.

در مقایسه تأثیر نور لامپ با نور روز بر روی شاخص های رنگ نمونه ها، مشاهده شد که اثر آن دو بر برخی از فرمولاسیون ها مشابه نبوده است، این مسئله نشان می دهد که برخی از رنگدانه های مصرفی، حساسیت بیشتری به نور روز و اشعه ماوراء بنفش موجود در 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 ۴۰ppm نیتریت، نمونه حاوی ۴۰ ppm نیتریت و ۰/۰۰۲٪ کوچنیل، نمونه حاوی ۴۰ ppm نیتریت و ۱ ml/kg عصاره پاپریکا، نمونه حاوی ۴۰ppm نیتریت و ۳۰ppm آنتی اکسیدان 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 میلی-لیتر 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 ^{o}C ۴ 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 آنتی اکسیدان تأثیر معنا 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 نمونه های حاوی۴۰ میلی‌گرم در کیلوگرم نیتریت و۴۰ میلی‌گرم در کیلوگرم نیتریت همراه با ۰/۰۰۲٪ کوچنیل، یعنی نمونه های کم نیتریت (نمونه های ۲و ۵) 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.

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 هانترلب: بررسی تغییرات رنگ رطب مضافتی بم در طی رساندن مصنوعی .هجدهمین کنگره ملـی علـوم و صـنایع غـذایی، 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, 12 th edition, Washington DC. US. Methods 14.035 and 14.036.

AOAC., 2000, Kjldahl method. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists, 17 th edition, Washington DC. US. Method 39.1.15, alternative (coper-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, Nitrosamins. 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 chemichal 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 ferrohemochrome, 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.