مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران
سال پانزدهم، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۹، صفحات ۹۰-۸۱

تولید سوسیس غنی‌شده با پودر بزرک و مطالعه ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و میکروساختار آن

حامد غفوری اسکویی[۱]، افشین جوادی[۲]، محمدرضا سعیدی‌اصل[۳]، صدیف آزادمرد دمیرچی[۴]، محمد آرمین[۵]

۱- دانش‌آموخته دکتری گروه صنایع غذایی، واحد سبزوار، دانشگاه آزاد اسلامی، سبزوار، ایران

۲- نویسنده مسئول: گروه بهداشت موادغذایی، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران. پست الکترونیکی: Javadi@iaut.ac.ir

۳- گروه صنایع غذایی، واحد سبزوار، دانشگاه آزاد اسلامی، سبزوار، ایران

۴- گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، ایران

۵- گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد سبزوار، دانشگاه آزاد اسلامی، سبزوار، ایران

تاریخ دریافت: ۹۸/۱۲/۲ تاریخ پذیرش: ۹۹/۴/۵

چکیده

سابقه و هدف: سوسیس دارای مقدار پایینی از ترکیبات زیست فعال همچون اسیدهای چرب امگا ۳ و فیبر می‌باشد. از این رو مصرف‌کنندگان ترجیح می‌دهند از محصولات گوشتی جدید با خصوصیات بهبود یافته حسی و تغذیه‌ای استفاده کنند. دانه بزرک حاوی مقدار زیادی از ترکیبات زیست فعال همچون اسیدهای چرب ضروری، فیبر و آنتی‌اکسیدان می‌باشد که با افزودن پودر این دانه روغنی به محصولات گوشتی، می‌توان خصوصیات آنتی‌اکسیدانی، امگا ۳ و فیبرهای غذایی را در این محصول افزایش داد.

مواد و روش‌ها: در این مطالعه، تأثیر پودر دانه بزرک در سه سطح صفر (کنترل)، ۳ و ۶ درصد بر ترکیبات شیمیایی، میزان pH، نیتریت باقیمانده، اندیس تیوباربیتوریک اسید، مشخصات بافتی، ریزساختار و ارزیابی حسی نمونه‌ها مورد بررسی قرار گرفت. میزان روغن نمونه‌ها با توجه به میزان روغن پودر بزرک از میزان روغن فرمولاسیون کم شد. تمام نمونه‌ها در دمای ۴ درجه سلسیوس ذخیره و در روزهای ۱، ۱۴، ۲۸ و ۴۲ آزمایشات انجام شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که افزودن پودر بزرک باعث کاهش pH، میزان نیتریت و رطوبت باقیمانده و افزایش پروتئین، خاکستر، فیبر و کل کالری ($p>0/05$) شد. محتوای نیتریت در مدت زمان ذخیره سازی کاهش یافت. علاوه بر این پودر بزرک نیز باعث کاهش پارامترهای بافتی شد. نتایج ریزساختاری سوسیس نشان داد که با افزایش محتوای پودر بزرک، کاهش تراکم و اندازه حفره‌ها مشاهده شد. به طور کلی، افزودن پودر بزرک تا ۳٪ هیچ تاثیری بر پارامترهای ارزیابی حسی درسوسیس ندارد ($p>0/05$).

نتیجه‌گیری: استفاده از پودر دانه بزرک در فرمولاسیون سوسیس، سبب افزایش ویژگی‌های تغذیه‌ای بدون تغییر در ویژگی‌های حسی محصول شد که با توجه به نتایج به‌دست‌آمده، می‌توان سوسیس‌های فرموله شده با پودر بزرک را به عنوان یک محصول جدید گوشتی فرآوری شده، به بازار معرفی کرد که حاوی مقدار مناسبی از ترکیبات زیست فعال است و می‌تواند کمبودهای سوسیس‌های متداول را جبران کند.

واژگان کلیدی: سوسیس گوشت گاو، پودر بزرک، غذای فراسودمند، میکروساختار، نیتریت

• مقدمه

مصرف محصولات گوشتی از جمله سوسیس و کالباس، به خصوص سوسیس گوشت گاو به دلیل سبک زندگی مدرن در حال افزایش است. براساس برآوردهای انجام شده مصرف سرانه فرآورده های گوشتی در کشورهای مختلف متفاوت بوده و از حدود یک کیلوگرم تا ۲۴ کیلوگرم در سال متفاوت است (۱). از طرف دیگر این محصولات از نظر برخی ترکیبات تغذیه‌ایی از جمله فیبرهای غذایی، اسیدهای چرب غیراشباع، آنتی‌اکسیدان، ترکیبات فنلی و دیگر ترکیبات فعال زیستی غنی نیستند (۳، ۲). از این رو مصرف‌کنندگان استفاده از محصولات غذایی جدید دارای خواص تغذیه‌ایی بهبود یافته را ترجیح می‌دهند. با افزودن ترکیبات گیاهی به محصولات

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-15]

گوشتی، می‌توان خصوصیات آنتی‌اکسیدانی و عملگرایی مواد غذایی را افزایش داد (۶-۴).

دانه بزرک (*Linum usitatissimum* L.) حاوی تقریبا ۳۸-۴۵٪ روغن، ۲۱٪ پروتئین، ۲۸٪ فیبر و حاوی میزان بالایی اسید چرب امگا ۳ می‌باشد (۸، ۷). خواص درمانی دانه بزرک از بروز بسیاری از بیماری‌ها مانند دیابت و بیماری‌های قلبی عروقی جلوگیری می‌کند (۹). دانه بزرک دارای خاصیت ضد سرطانی است که به فعالیت آنتی‌اکسیدانی لینگن‌های موجود در آن مربوط می‌شود (۱۱، ۱۰). دانه بزرک سرشار از انواع مختلفی از ترکیبات فنلی مانند اسیدهای فنولیک، فنیل‌پروپانوئیدها، فلاونوئیدها، تانن‌ها، و همچنین توکوفرول‌ها و کاروتنوییدها می‌باشد که به عنوان ترکیبات زیست فعال شناخته می‌شوند (۱۳، ۱۲).

استفاده از دانه بزرک به دلیل داشتن خصوصیات آنتی‌اکسیدانی و ضد سرطانی در محصولات نانوایی و محصولات گوشتی گزارش شده است (۱۵، ۱۴). Valencia و همکاران (۲۰۰۸) گزارش کردند که روغن بزرک می‌تواند در محصولات گوشتی فرآوری شده با موفقیت جایگزین روغن شود (۱۴). همچنین، Valenzuela Melendres و همکاران (۲۰۱۴) با استفاده از روش سطح پاسخ، ویژگی‌های کیفی پتی گوشت گاو حاوی پودر بزرک و رب گوجه فرنگی را مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند و در نتیجه فرمول پیشنهادی آنها شامل ۳٪ پودر بزرک و ۱۰/۸٪ رب گوجه فرنگی بود (۱۵). Pelser و همکاران (۲۰۰۷) تأثیر افزودن روغن بزرک، روغن کلزا، روغن ماهی انکپسوله‌شده و روغن بزرک انکپسوله را بر سوسیس تخمیری مورد بررسی قرار دادند. آنها گزارش کردند که روغن بزرک می‌تواند با بخشی از روغن فرمولاسیون جایگزین شود و همچنین افزودن روغن بزرک باعث افزایش میزان میزان امگا ۳ نسبت به نمونه کنترل شد (۱۶). در پژوهش دیگر Marpalle و همکاران (۲۰۱۴) با افزودن پودر بزرک به نان گزارش کردند که پودر بزرک باعث افزایش میزان جذب آب خمیر شد و با توجه به نتایج ارزیابی حسی افزودن ۱۰ درصد پودر بزرک به نان برای افزایش ارزش تغذیه ایی ممکن بود (۱۷). Kaur و همکاران (۲۰۱۷) با جایگزینی پودر بزرک با آرد در کلوچه گزارش کردند که افزودن پودر بزرک باعث کاهش اندیس L شد و به طور کلی ۱۵ درصد پودر بزرک بیشترین امتیاز پذیرش کلی را گرفت (۱۸). این مطالعه با هدف بررسی تأثیر پودر بزرک بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی، ویژگی‌های حسی، خصوصیات بافتی و ریزساختاری سوسیس گوشت گاو پس از ۴۲ روز نگهداری در ۴ درجه سانتی‌گراد انجام شد. با توجه به مصرف نسبتا بالای سوسیس و همچنین کمبود آن از لحاظ اسیدهای چرب ضروری و ترکیبات زیست فعال، در این مطالعه سعی شد که از پودر دانه بزرک در سطوح مختلف به عنوان منبع غنی از ترکیبات سلامت افزا استفاده شود.

• مواد و روش‌ها

تهیه گوشت اولیه: گوشت گاو منجمد برزیلی از بازار محلی تبریز خریداری شد. گوشت پس از یخزدایی در آب سرد، توسط چرخ گوشت (سیدلمان، آلمان) خرد شد. پس از آن، گوشت چرخ‌شده در دمای ۲ درجه سلسیوس نگهداری شد.

تهیه پودر بزرک: پودر بزرک پس از خریداری از بازار تبریز پاکسازی و توسط آسیاب نیمه صنعتی پودر شد. سپس تا روز تولید در دمای ۱۸- درجه سلسیوس نگهداری شد.

تهیه نمونه‌های سوسیس: سه نمونه سوسیس حاوی مقادیر مختلف پودر بزرک تهیه و تولید شد (جدول ۱). نمونه‌ها در شرکت آترین پروتئین تبریز تولید شد. فرمولاسیون پایه سوسیس شامل گوشت گاو (۵۵٪)، آب (به صورت یخ ۱۶٪)، روغن آفتابگردان (۱۵٪)، آرد نول (۲/۸٪) ، نشاسته (۳/۳٪) ، گلوتن (۳٪) ، کازئین (۱/۵٪) ، نمک (۱/۴٪) ، سدیم پلی فسفات (۰/۴٪) ، ادویه و اسید اسکوربیک (۱/۲۵٪) و نیتریت (۱۲۰ پی‌پی‌ام) به کاتر (سیدلمان، آلمان) منتقل شد. خمیر حاصل در بچ‌های جداگانه با پودر بزرک مطابق جدول ۱ مخلوط شد. مقدار روغن در بچ‌های حاوی پودر بزرک، به میزان روغن موجود در پودر بزرک از روغن فرمولاسیون کم شد. سپس، سوسیس‌ها درون بسته های پلی آمید (شرکت آرتا، ایران) با قطر ۳۲ میلی‌متر پر شدند. نمونه‌های سوسیس به مدت ۹۰ دقیقه در دمای ۷۵-۸۰ سلسیوس و فشار ۲ بار پخته شدند. پس از سردشدن نمونه‌های سوسیس زیر دوش آب سرد، در دمای ۴ درجه سلسیوس نگهداری شدند.

جدول ۱. مقادیر روغن و پودر بزرک در تیمارها

تیمارها	روغن (٪)	پودر بزرک (٪)
۱	۱۵	۰
۲	۱۳/۶۸	۳
۳	۱۲/۳۶	۶

آنالیز شیمیایی: آنالیز شیمیایی نمونه‌های سوسیس با استفاده از روش AOAC تعیین شد (۱۹). فیبر کل نمونه‌ها بر اساس روش Prosky و همکاران (۱۹۹۸) و با استفاده از کیت

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-15]

آنزیمی فیبر رژیمی (Megazyme, Bray, Ireland) انجام شد (۲۰).

میزان کالری: مقدار کالری سوسیس‌های تولیدی برحسب کیلوکالری در صد گرم به روش Atwater محاسبه شد و ضرایب تبدیل مطابق دستورالعمل ۱۹۹۰ اتحادیه اروپا در مورد برچسب‌گذاری تغذیه‌ای (90/496/EEC) برابر با ۹ کیلوکالری به ازای یک گرم چربی، ۴/۰۲ کیلوکالری به ازای یک گرم پروتئین، ۳/۷۸ کیلوکالری به ازای یک گرم کربوهیدرات طبق رابطه زیر محاسبه شد (۲۱).

(۹× گرم چربی) + (۴/۰۲× گرم پروتئین) + (۳/۷۸ ×گرم کربوهیدرات)= کالری

اندازه‌گیری pH: با توجه به اینکه pH سوسیس در محدوده ۵/۸ تا ۶/۲ می‌باشد. ابتدا pH متر با استفاده از بافرهای استاندارد ۴ و ۷ تنظیم شد. سپس ۱۰ گرم نمونه آسیاب شده در ۹۰ میلی لیتر آب مقطر مخلوط شده و بعد از ده دقیقه pH آنها اندازه‌گیری گردید (۱۹).

اندازه‌گیری نیتریت: برای اندازه‌گیری میزان نیتریت باقیمانده از روش درج شده، در (۲۹۱۸) ISO استفاده و به صورت میلی‌گرم/کیلوگرم گزارش شد (۲۲).

آزمون تیوباربیتوریک اسید: برای اندازه‌گیری ترکیبات ثانویه اکسیداسیون چربی، میزان تیوباربیتوریک‌اسید اندازه‌گیری شد. ۱۰ گرم از نمونه با ۲۰ میلی‌لیتر تری‌کلرواستیک‌اسید (۱۰٪) ترکیب شده و با هموژنایزر به خوبی مخلوط و سپس نمونه در سانتریفیوژ به مدت ۳۰ دقیقه قرار داده شد و مخلوط به وسیلهٔ کاغذ صافی واتمن شماره ۱ صاف و سپس ۲ میلی‌لیتر از محلول صاف شده با ۲ میلی‌لیتر از محلول تیوباربیتوریک اسید (۳۰۰ میلی‌گرم تیوباربیتوریک اسید در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر) با یکدیگر مخلوط و به مدت ۲۰ دقیقه در حمام آب با دمای ۹۷ درجه سلسیوس قرار داده شد. بعد از این مدت نمونه‌ها به سرعت خنک شده و جذب در ۵۳۲ نانومتر توسط اسپکتروفتومتر (Varian cary® 50, America) انجام شد (۲۰).

ارزیابی بافت نمونه‌ها : برای تعیین ویژگی‌های بافتی سوسیس‌های تولیدی از دستگاه آنالیزور بافت (Brookfield CT3 Texture analyzer) استفاده شد. نمونه‌های سوسیس، از پوشش خارج شده و به صورت استوانه‌هایی باضخامت ۱۵ میلیمتر و قطر ۴۰ میلیمتر برش زده شد و در دمای اتاق تا ۵۰ درصد ارتفاع آنها با یک مکانیسم دومرحله‌ای فشرده شدند. از لودسل ۴۵۰۰ گرمی و سرعت پروب عمودی معادل ۱ میلی‌متر بر ثانیه استفاده شده و شاخص‌های پروفایل بافت شامل سفتی (Hardness)، چسبندگی (Adhesiveness)، پیوستگی (Cohesiveness)، قابلیت جویدن (Chewiness) و قابلیت ارتجاعی (Springiness) مورد ارزیابی قرار گرفتند (۲۳).

مطالعه ریز ساختار بافت سوسیس: میکروساختار نمونه‌ها توسط میکروسکوپ الکترونی توسط روش هاشمی و جعفری پور (۲۰۱۵) به تصویر کشیده شد (۲۴). نمونه‌ها در قطعات مکعبی توسط تیغ تیز برش داده شد. نمونه‌های تهیه شده در گلوتارآلدهید ۲/۵ درصد در بافر فسفات ۰/۲ مولار در دمای اتاق به مدت ۲ ساعت قرار گرفتند. تمام نمونه‌ها سه بار و هر بار به مدت ۱۵ دقیقه توسط آب مقطر دیونیزه شسته شدند. سپس نمونه‌ها توسط ۱۰۰ ٪ طلا (دستگاه لایه گذاری طلای مورد استفاده در این تحقیق ساخت شرکت Bal-Tec کشور سوئیس بود) پوشش و ساختار توسط میکروسکوپ الکترونی (مدل VEGA3 –XMU ساخت شرکت TESCAN کشور جهموری چک) متصل به افزایش‌دهنده ولتاژ تا ۱۰ کیلووات با بزرگنمایی ۵۰۰× عکس‌برداری شد.

ارزیابی حسی: ارزیابی ویژگی‌های حسی محصول تولیدی توسط ۱۴ نفر ارزیاب نیمه آموزش‌دیده با استفاده از آزمون امتیازدهی و به روش هدونیک ۵ نقطه‌ای (۵=خیلی خوب، ۴ = خوب، ۳=متوسط، ۲=ضعیف، ۱=خیلی ضعیف) انجام شد. نمونه‌های سوسیس در یک اتاق تحت نور فلورسنت مهتابی به قطعات ۲-۳ سانتی‌متری برش داده شدند و مورد ارزیابی حسی قرار گرفتند (۲۵). نمونه‌ها برای سرخ شدن در مایکروویو به مدت ۱۵ ثانیه قرار گرفتند. ترتیب ارائه نمونه‌ها برای هر ارزیاب با ارزیاب دیگر متفاوت و قبل از شروع ارزیابی نیز از ارزیاب‌ها خواسته شد که دهان خود را با آب‌معدنی شستشو دهند و در صورت نیاز از بیسکویت بدون نمک استفاده کنند و این کار را بعد از چشیدن هر نمونه انجام دهند. صفاتی که در این آزمون مورد ارزیابی قرار گرفت مهم‌ترین و اساسی‌ترین ویژگی‌های حسی در مورد فرآورده‌های گوشتی است که شامل رنگ، بو، طعم، بافت و پذیرش کلی است.

آنالیز آماری: این آزمایش در قالب طرح کاملا تصادفی با سه تکرار انجام شد که در آن غلظت‌های مختلف پودر بزرک (۰، ۳ و ۶ درصد) به عنوان تیمارهای آزمایش در نظر گرفته شدند. آنالیز آماری داده‌ها با استفاده از نرم افزار SAS (Ver 9.1) انجام شد. مقایسه میانگین داده ها با روش آزمون چند دامنه‌ی دانکن در سطح آماری ۵ درصد انجام شد. جهت ارزیابی حسی از ۱۴ پانلیست نیمه آموزش‌دیده استفاده شد. جهت ارزیابی حسی از ۱۴ پانلیست نیمه آموزش دیده استفاده شد. آنالیز آماری داده‌های حسی در قالب طرح بلوک کامل

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-15]

تصادفی که در آن ۱۴ پانلیست به عنوان تکرار و مقادیر روغن و پودر بزرک (جدول ۱) به عنوان تیمارهای آزمایش در نظر گرفته شدند، انجام شد. جهت بررسی تغییرات pH، نیتریت، تیوباربیتوریک اسید در بازه‌های زمانی ۱، ۱۴، ۲۸ و ۴۲ روز از طرح اسپلیت‌پلات در زمان استفاده شد که در آن غلظت‌های مختلف پودر برزک (۰، ۳ و ۶ درصد) به عنوان فاکتور اصلی و زمان (۱، ۱۴، ۲۸ و ۴۲ روز) به عنوان فاکتور فرعی در نظر گرفته شد.

• یافته‌ها

نتایج حاصل از ترکیبات شیمیایی و کالری نمونه‌ها: ترکیبات و میزان کالری نمونه‌های سوسیس تهیه شده با سطوح مختلف پودر بزرک در جدول ۲ آورده شده است. مقدار رطوبت نمونه کنترل به طور معنی‌داری ($p <۰/۰۵$) کمتر از نمونه‌های حاوی ۳ و۶ درصد پودر بزرک بود. مقدار خاکستر، پروتئین، کالری و فیبر نمونه‌های سوسیس نیز با افزایش مقادیر پودر بزرک به طورمعنی‌داری ($p <۰/۰۵$) افزایش یافت.

نتایج حاصل از اندازه‌گیری pH: میزان pH نمونه‌های سوسیس به طور معنی‌داری ($p <۰/۰۵$) با افزایش میزان پودر بزرک افزایش یافت.

نتایج حاصل از اندازه‌گیری نیتریت: استفاده از پودر بزرک در فرمولاسیون سوسیس میزان نیتریت باقی‌مانده در نمونه‌ها را کاهش داده بود ($p <۰/۰۵$). بیشترین میزان نیتریت در نمونه شاهد در روز ۴ و کمترین میزان در نمونه ۶ درصد بزرک در روز ۴۲ مشاهده شد (جدول ۳).

نتایج حاصل از اندازه‌گیری اندیس تیوباربیتوریک اسید: نمونه‌های حاوی ۶ درصد پودر بزرک بیشترین میزان تیوباربیتوریک اسید را داشتند و به طور کلی میزان اندیس تیوباربیتوریک در همه نمونه‌ها از ۱ میلی‌گرم مالون‌دی آلدئید در کیلوگرم تجاوز نکرد.

جدول ۲. ترکیبات و کالری نمونه‌های سوسیس حاوی پودر بزرک

تیمارها	رطوبت(٪)	پروتئین	چربی (٪)	فیبر(٪)	خاکستر (٪)	کالری (کیلوکالری)
۱	۶۱/۳۲^{a}*±۰/۰۲	۱۴/۹۵^{b}±۰/۰۳	۱۵/۳۶^{a}±۰/۰۳	۰/۰۰^{c}±۰/۰۰	۲/۰۹۷^{c}±۰/۰۰۳	۲۲۲/۰۰^{c} ±۰/۲۵^{c}
۲	۵۸/۹۳^{b}±۰/۴۳	۱۵/۲۰^{b}±۰/۴۰	۱۵/۴۷^{a}±۰/۰۶	۰/۶۸^{b}±۰/۰۱	۲/۳۲۳^{b}±۰/۰۱۵	۲۲۸/۰۴^{b}±۲/۱۰^{b}
۳	۵۸/۳۳^{b}±۰/۱۲	۱۶/۰۲^{a}±۰/۰۲	۱۵/۵۵^{a}±۰/۰۳	۱/۳۵^{a}±۰/۰۱	۲/۴۹۷^{c}±۰/۰۰۳	۲۳۴/۲۸^{a}±۰/۳۱^{a}

* حروف متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد می‌باشد.
برای تیمارها به جدول ۱ مراجعه شود

جدول۳. مقادیر pH، نیتریت و تیوباربیتوریک اسید نمونه‌های سوسیس حاوی مقادیر مختلف پودر بزرک

	تیمار	زمان (روز) ۱	۱۴	۲۸	۴۲
pH	۱	۶/۳۴^{a}*±۰/۰۱	۶/۳۶^{a}±۰/۰۱	۶/۴۳^{a}±۰/۰۲	۶/۴۸^{a}±۰/۰۱
	۲	۶/۱۶^{c}±۰/۰۱	۶/۱۶^{c}±۰/۰۱	۶/۲۷^{c}±۰/۰۱	۶/۳۰^{c}±۰/۰۱
	۳	۶/۱۹^{b}±۰/۰۱	۶/۱۹^{b}±۰/۰۱	۶/۳۲^{b}±۰/۰۱	۶/۳۷^{b}±۰/۰۱
نیتریت	۱	۴۸/۳۹^{a}±۰/۳۸	۴۳/۸۷^{a}±۰/۲۰	۴۱/۰۱^{a}±۰/۵۹	۳۳/۳۴^{a}±۰/۸۳
	۲	۳۶/۰۹^{b}±۰/۵۱	۳۲/۹۴^{b}±۰/۳۷	۲۹/۳۱^{b}±۰/۵۱	۲۵/۵۹^{b}±۰/۳۵
	۳	۳۳/۶۱^{c}±۰/۲۹	۲۹/۵۹^{c}±۰/۴۰	۲۷/۰۸^{c}±۰/۴۳	۲۳/۴۹^{c}±۰/۵۵
تیوباربیتوریک اسید	۱	۰/۲۳^{b}±۰/۰۱	۰/۳۳^{c}±۰/۰۳	۰/۵۳^{b}± ۰/۰۲	۰/۹۱^{b}±۰/۰۱
	۲	۰/۲۲^{b}±۰/۰۲	۰/۴۱^{b}±۰/۰۱	۰/۵۷^{ab}±۰/۰۲	۰/۹۲^{b}±۰/۰۱
	۳	۰/۲۷^{a}±۰/۰۱	۰/۴۶^{a}±۰/۰۱	۰/۶۰^{a}±۰/۰۱	۰/۹۷^{a}±۰/۰۱

* حروف متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد می‌باشد.
برای تیمارها به جدول ۱ مراجعه شود

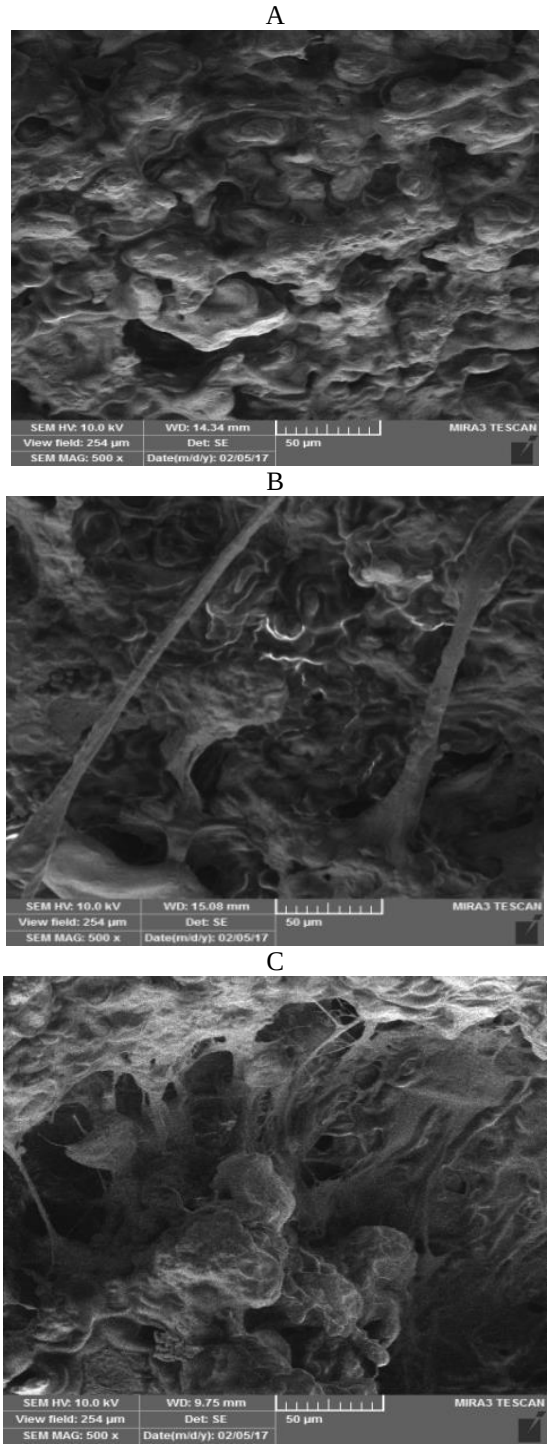
[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-15]

نتایج حاصل از اندازه‌گیری پارامترهای بافت‌سنجی: میزان سفتی (N)، پیوستگی، چسبندگی (N/s)، قابلیت جویدن، صمغیت و قابلیت ارتجاعی نمونه‌های سوسیس با افزایش مقادیر پودر بزرک کاهش یافت ($p <$ ۰/۰۵). بیشترین میزان سفتی در نمونه شاهد و کمترین میزان در نمونه ۶ درصد بزرک مشاهده شد. نتایج پیوستگی در جدول ۴ نشان می‌دهد که افزودن پودر بزرک تا ۶ درصد باعث کاهش جزئی پیوستگی نمونه‌ها شد و از لحاظ آماری اختلاف معنی‌دار بین نمونه‌ها مشاهده شد ($p <$ ۰/۰۵). همچنین میزان چسبندگی و قابلیت ارتجاعی نمونه‌های سوسیس با افزودن پودر بزرک کاهش یافت. بر اساس جدول ۴ بیشترین میزان صمغیت در نمونه شاهد و کمترین میزان در نمونه ۶ درصد مشاهده شد.

نتایج حاصل از میکروساختار نمونه‌های سوسیس: نتایج میکروساختار نمونه‌های سوسیس حاوی پودر بزرک با بزرگنمایی ۵۰۰ × در شکل ۱ (A, B, C) به تصویر کشیده شد. نمونه سوسیس شاهد دارای بافت متخلخل، تراکم و فشردگی ساختار متوسط و دارای حفرات و منافذ ریز زیاد در ساختار خود می‌باشد. شکل 1-B و 1-C به ترتیب نشان‌دهنده میکروساختار نمونه‌های حاوی ۳ درصد و ۶ درصد پودر بزرک با بزرگنمایی ۵۰۰× می‌باشد.

نتایج حاصل از ارزیابی حسی نمونه‌های سوسیس: ارزیابی حسی نمونه‌های سوسیس تهیه شده در این پژوهش که حاوی مقادیر مختلفی از پودر بزرک (صفر، ۳ و ۶ درصد) مورد ارزیابی قرار گرفتند. نمونه‌ها توسط ۱۴ ارزیاب نیمه‌حرفه‌ایی (بدون در نظر گرفتن جنسیت) مورد ارزشیابی قرار گرفت. یک فرم پرسشنامه که با استفاده از مقیاس هدونیک ۵ نقطه‌ای تهیه شده بود برای هر نمونه در اختیار داوران قرار گرفت. نتایج حاصل از آزمون‌های حسی که میانگینی از امتیازات داده شده توسط ۱۴ داور است در جدول ۵ نشان داده شده است.

شدت طعم و بو، بافت، رنگ و پذیرش کلی سوسیس‌های حاوی پودر بزرک نسبت به نمونه کنترل بررسی شد (جدول۵). همان گونه که مشخص است، امتیازهای داده شده به نمونه‌های حاوی پودر بزرک نسبت به نمونه کنترل کاهش یافته است ($p>$۰/۰۵).



شکل۱. میکروساختار نمونه‌های سوسیس حاوی پودر بزرک (A :۰٪، B :۳٪، C :۶٪)

جدول ۴. اثر پودر بزرک بر پارامترهای بافت‌سنجی نمونه‌های سوسیس

تیمار	سختی (N)	پیوستگی (-)	صمغیت (g)	چسبندگی(g.s)	قابلیت ارتجاعی (mm)
۱	۲۹۱۱/۰۰^{a}*±۳/۲۲	۰/۷۷۳^{a}±۰/۰۰۱	۲۳۰۴/۵۱^{a}±۳/۰۴	۵/۷۱^{a}±۰/۰۱	۴/۸۴^{a}±۰/۰۲
۲	۲۸۳۷/۰۰^{b}±۴/۳۶	۰/۷۴۷^{b}±۰/۰۰۲	۲۱۳۶/۶۰^{b}±۳/۷۰	۴/۱۳^{b}±۰/۱۰	۴/۶۵^{b}±۰/۰۱
۳	۱۹۸۰/۳۳^{c}±۴/۶۷	۰/۷۳۴^{c}±۰/۰۰۱	۲۱۱۸/۳۰^{c}±۶/۴۱	۳/۰۸^{c}±۰/۰۱	۴/۵۵^{c}±۰/۰۱

* حروف متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد می‌باشد.

برای تیمارها به جدول ۱ مراجعه شود

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-15]

جدول۵. اثر پودر بزرک بر پارامترهای ارزیابی حسی نمونه‌های سوسیس

تیمار	رنگ	بو	بافت	طعم	پذیرش کلی
۱	۴/۰۰^{a}*±۰/۳۶	۳/۸۶^{a}±۰/۲۴	۴/۴۳^{a}±۰/۱۴	۴/۰۰^{a}±۰/۲۷	۴/۰۷^{a}±۰/۲۲
۲	۳/۴۲^{b}±۰/۱۵	۳/۲۹^{b}±۰/۱۸	۳/۵۷^{b}±۰/۱۴	۳/۸۶^{a}±۰/۲۶	۳/۱۴^{b}±۰/۱۲
۳	۳/۲۹^{b}±۰/۲۴	۲/۷۱^{c}±۰/۲۴	۳/۱۴^{b}±۰/۲۸	۳/۷۶^{b}±۰/۳۵	۳/۰۴^{b}±۰/۲۰

* حروف متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد می‌باشد.
برای تیمارها به جدول ۱ مراجعه شود

• بحث

مقدار رطوبت نمونه‌های سوسیس با افزایش پودر بزرک کاهش یافت ولی مقادیر پروتئین، فیبر و خاکستر پودر بزرک باعث افزایش این پارامترها در نمونه‌های سوسیس شد. افزایش مواد جامد فرمولاسیون در اثر افزودن پودر بزرک دلیل کاهش میزان رطوبت نمونه‌های سوسیس بود. این نتایج با Eyiler و Oztan (۲۰۱۱) و Valenzuela Melendres و همکاران (۲۰۱۴) مطابقت داشت (۲۶، ۱۵). میزان کالری نمونه‌های سوسیس با افزودن پودر بزرک به دلیل افزایش میزان پروتئین و کربوهیدرات نمونه‌های سوسیس افزایش یافت که می‌توان به دلیل حضور مقادیر بالای فیبر پودر بزرک از افزایش کالری نمونه‌ها صرف‌نظر نمود.

طبق استاندارد ۹۳۲ ایران، میزان نیتریت مورد استفاده در این مطالعه ۱۲۰ پی‌پی‌ام بود. نیتریت در گوشت به نیتریت‌اکسید تبدیل شده و با میوگلوبین ترکیب شده و رنگ‌دانه صورتی‌رنگ نیتروزومیوگلوبین را ایجاد می‌کند. این رنگ‌دانه دلیل رنگ صورتی گوشت‌های عمل‌آوری شده است (۲۸، ۲۷). کاهش اولیهٔ نیتریت را می‌توان به این موضوع نسبت داد. تنها ۵۰٪ نیتریت اضافه شده می‌تواند به شکل سدیم نیتریت در محصول شناسایی شود بخش عمده نیتریت که به نیتریک‌اکساید تبدیل شده است با میوگلوبین (۱۵-۵٪)، گروه‌های سولفیدریل (۱۵-۵٪)، چربی‌ها (۵-۱٪) و پروتئین‌ها (۳۰-۲۰٪) ترکیب می‌شود و تنها بخش کوچکی کمتر از (۱۰٪) به شکل نیترات و (۱۵-۱۰٪) به شکل نیتریت باقی می‌ماند (۲۷). بنابراین کمتر از ۵۰٪ مقدار اضافه شده می‌تواند بعد از پروسه مورد آنالیز شیمیایی قرار بگیرد (۲۴). صرف‌نظر از تیمارها، محتوی نیتریت باقی‌مانده در طول نگه‌داری به‌تدریج کاهش پیدا می‌کند که ممکن است مربوط به تغییر شکل دینامیکی ترکیبات نیتروژنی در ماتریکس عضله باشد (۲۹). تا به حال مطالعه جامعی مبنی بر کاهش میزان نیتریت توسط پودر بزرک گزارش نشده است. بزرک منبع غنی از ترکبات فنلی از جمله اسید فنلیک، فلاونوئیدها، فنیل‌پروپانوئید و تانن‌ها می‌باشد (۱۲). از این رو کاهش میزان نیتریت توسط پودر بزرک را می‌توان به ترکیبات فنلی موجود در پودر بزرک نسبت داد. کاهش میزان نیتریت در طی نگهداری بستگی به فاکتورهای مختلف از قبیل: نوع گوشت خام، pH، میزان نیتریت اولیه، دمای تولید و نگهداری و حضور عوامل احیاکننده دارد (۳۱). نیتریت همچنین با ترکیب فعال زیستی از جمله ترکیبات فنلی واکنش داده و کاهش می‌یابد (۳۲).

کمترین مقدار تیوباربیتوریک اسید که باعث بدطعمی در گوشت و محصولات گوشتی می‌شود به ترتیب ۱ و ۲ میلی‌گرم مالون‌دی‌آلدئید در کیلوگرم نمونه می‌باشد (۳۳). افزودن پودر بزرک در فرمولاسیون منجر به افزایش اندیس تیوباربیتوریک اسید در نمونه‌ها شد. میزان بالای اسید چرب امگا ۳ در پودر بزرک و حساسیت این اسید چرب به اکسیداسیون و احتمالا به دلیل تجزیه محصولات اولیه اکسیداسیون، افزایش اندیس تیوباربیتوریک اسید اتفاق افتاده است. نتایج مشابه توسط Valenzuela Melendres و همکاران (۲۰۱۴) با افزودن پودر بزرک به پتی گوشت گاو گزارش شد (۱۵).

به طور کلی می‌توان دو دلیل احتمالی عمده برای روند تغییرات سختی بافت سوسیس‌ها با افزودن پودر بزرک بیان کرد. دلیل اول کاهش نسبی سفتی بافت با افزایش مقدار پودر بزرک در فرمولاسیون مربوط به ایجاد ژل ضعیفتر توسط پروتئین‌های بزرک می‌باشد. بنابراین افزایش پودر بزرک موجب ضعیف شدن شبکه پروتئینی ایجادشده در نمونه‌های تولیدشده در اثر فرایند حرارتی گشته است (۱۵). افزایش بیشتر در مقدار پودر بزرک به دلیل افزایش برهم‌کنش‌های پروتئین- پروتئین احتمالاً دلیل دوم کاهش سفتی بافت می‌باشد (۱۵).

خارج شدن مایع و قرارگیری آن مابین سطوح پلانژر دستگاه و نمونه موجب افزایش چسبندگی شده است (۳۰).

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-15]

چون پودر بزرک باعث جذب رطوبت از محصول و کاهش میزان رطوبت خروجی در اثر جداسازی پلانژر دستگاه آنالیز بافت از نمونه شده است. پیوستگی نشان‌دهنده درجه سختی در شکستن ساختار درونی سوسیس‌ها است (۱۵).

بنابراین فروپاشی ساختار درونی نمونه کنترل نسبت به نمونه‌های حاوی پودر بزرک صورت گرفته است که تصاویر میکروسکوپ الکترونی نشان دهنده این موضوع می‌باشد (شکل ۱). مقدار کشسانی از ۴/۴۳ تا ۴/۷۰ درصد متغیر بود. سوادکوهی و همکاران (۲۰۱۳) اعلام کردند که اختلاف در مقدار رطوبت (از ۶۳/۶۲ تا ۷۳/۵۲ درصد) و محتوی پروتئین (از ۱۲/۸۷تا ۱۵/۸۴درصد) موجب تغییر معنی‌دار در مقدار کشسانی (از ۳/۴۲ mm تا ۴/۵۷ mm) سوسیس‌های تولیدشده از گوشت مرغ می‌شود (۳۴).

افزودن ۳ درصد بزرک باعث ایجاد حفرات و منافذ کم ولی بزرگتر، تراکم کمتر نسبت به نمونه کنترل شد. اما در نمونه حاوی ۶ درصد پودر بزرک از لحاظ تراکم ساختار پروتئینی مشابه نمونه حاوی ۳ درصد ولی دارای حفرات بزرگتر (و تعداد حفرات کمتر) نسبت به نمونه کنترل و نمونه حاوی ۳ درصد پودر بزرک بود. افزودن فیبر در فرمولاسیون باعث تراکم کمتر، فشردگی کمتر و حضور فضاهای خالی زیاد در بافت خواهد شد (۳۵). حضور فضاهای خالی و حفرات در نمونه‌های حاوی پودر بزرک نیز احتمالاً ناشی از فیبر موجود در پودر بزرک می‌باشد.

یک دلیل کاهش طعم و بو می‌تواند در نتیجه اکسیداسیون اسیدهای چرب غیراشباع روغن بزرک باشد. دلیل دوم کاهش پذیرش کلی محصول می‌تواند مربوط به رنگ و طعم خاص پودر بزرک باشد که باعث ایجاد رنگ تیره در محصول می‌گردد. در مطالعه حاضر مقادیر اندیس تیوباربیتوریک در طول دوره نگهداری (۴۲ روز) مقدار کمتر از ۱ میلی‌گرم مالون‌دی‌الدئید در کیلوگرم را نشان داد که می‌توان دلیل عمده کاهش پذیرش کلی محصول را به دلیل دوم نسبت داد. ملندرز و همکاران (۲۰۱۴) کاهش در پذیرش کلی پتی گوشت گاو حاوی پودر بزرک و رب گوجه‌فرنگی گزارش کردند. Pelser و همکاران (۲۰۰۷) یک اثر منفی بر قابلیت پذیرش کلی سوسیس خوک حاوی روغن بزرک گزارش کردند (۱۶).

افزودن پودر بزرک به سوسیس گوشت گاو باعث افزایش پروتئین و فیبر و از طرف دیگر باعث کاهش نیتریت باقی‌مانده در محصول نهایی می‌شود. با توجه به آنالیز ارزیابی حسی، تمام ویژگی‌های محصول نهایی مانند عطر و طعم، بو، بافت، رنگ و پذیرش کلی برای اعضای پانل قابل قبول بود. در نهایت افزودن ۳٪ پودر بزرک به فرمولاسیون سوسیس از نظر بافت، رنگ، ویژگی‌های حسی و شیمیایی بهترین نمونه برای تولید و عرضه به بازار پیشنهاد شد.

• References

1. Boada LD, Henríquez-Hernández LA, Luzardo OP. The impact of red and processed meat consumption on cancer and other health outcomes: epidemiological evidences. Food Chem Toxicol 2016; 92:236-44.
2. Cunha LCM, Monteiro MLG, Lorenzo JM, Munekata PES, Muchenje V, de Carvalho FAL, et al. Natural antioxidants in processing and storage stability of sheep and goat meat products. Food Res Int [Internet]. 2018 Sep [cited 2019 Sep 14];111:379–90. Available from: https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0963996918304095
3. Pateiro M, Barba FJ, Domínguez R, Sant'Ana AS, Mousavi Khaneghah A, Gavahian M, et al. Essential oils as natural additives to prevent oxidation reactions in meat and meat products: A review. Food Res Int [Internet]. 2018 Nov [cited 2019 Sep 14];113:156–66. Available from: https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0963996918305428
4. Bis-Souza C V., Barba FJ, Lorenzo JM, Penna ALB, Barretto ACS. New strategies for the development of innovative fermented meat products: a review regarding the incorporation of probiotics and dietary fibers. Food Rev Int [Internet]. 2019 Jul 4 [cited 2019 Sep 14];35(5):467–84. Available from: https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/87559129.2019.1584816
5. Yıldız-Turp G, Serdaroglu M. Effects of using plum puree on some properties of low fat beef patties. Meat Sci. 2010;86(4):896–900.
6. Fernández-Ginés JM, Fernández-López J, Sayas-Barberá E, Sendra E, Pérez-Alvarez JA. Effect of storage conditions on quality characteristics of bologna sausages made with citrus fiber. J Food Sci. 2003;68(2):710–4.
7. Daun JK, Barthet VJ, Chornick TL, Duguid S.

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-15]

Structure, composition, and variety development of flaxseed. In: Flaxseed in human nutrition. AOCS Publishing; 2003. p. 6–45.

8. Bloedon LT, Szapary PO. Flaxseed and cardiovascular risk. Nutr Rev. 2004;62(1):18–27.

9. Oomah BD, Mazza G. Bioactive Components of Flaxseed: Occurrence. Phytochem Phytopharm Am Oil Chem Soc. 2000;106–21.

10. Hall III C, Tulbek MC, Xu Y. Flaxseed. Adv Food Nutr Res. 2006;51:1–97.

11. Kangas L, Saarinen N, Mutanen M, Ahotupa M, Hirsinummi R, Unkila M, et al. Antioxidant and antitumor effects of hydroxymatairesinol (HM-3000, HMR), a lignan isolated from the knots of spruce. Eur J cancer Prev Off J Eur Cancer Prev Organ. 2002;11:S48-57.

12. Kasote DM. Flaxseed phenolics as natural antioxidants. Int Food Res J. 2013;20(1):27.

13. Conforti FD, Davis SF. The effect of soya flour and flaxseed as a partial replacement for bread flour in yeast bread. Int J food Sci Technol. 2006;41:95–101.

14. Valencia I, O'grady MN, Ansorena D, Astiasarán I, Kerry JP. Enhancement of the nutritional status and quality of fresh pork sausages following the addition of linseed oil, fish oil and natural antioxidants. Meat Sci. 2008;80(4):1046–54.

15. Valenzuela Melendres M, Camou JP, Torrentera Olivera NG, Álvarez Almora E, González Mendoza D, Avendaño Reyes L, et al. Response surface methodology for predicting quality characteristics of beef patties added with flaxseed and tomato paste. Meat Sci. 2014;

16. Pelser WM, Linssen JPH, Legger A, Houben JH. Lipid oxidation in n− 3 fatty acid enriched Dutch style fermented sausages. Meat Sci. 2007;75(1):1–11.

17. Marpalle P, Sonawane SK, Arya SS. Effect of flaxseed flour addition on physicochemical and sensory properties of functional bread. LWT-Food Science and Technology. 2014 Oct 1;58(2):614-9.

18. Kaur M, Singh V, Kaur R. Effect of partial replacement of wheat flour with varying levels of flaxseed flour on physicochemical, antioxidant and sensory characteristics of cookies. Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre. 2017 Jan 1;9:14-20.

19. AOAC. Official methods of analysis (16th ed.). Arlington, Va: Association of OfficialAgricultural Chemists. 1995.

20. Prosky L, Asp N-G, Furda I, DeVries JW, Schweizer TF, Harland BF. Determination of total dietary fiber in foods and food products: collaborative study. Journal-Association Off Anal Chem. 1985;68(4):677–9.

21. Hayes JE, Canonico I, Allen P. Effects of organic tomato pulp powder and nitrite level on the physicochemical, textural and sensory properties of pork luncheon roll. Meat science. 2013 Nov 1;95(3):755-62.

22. ISO. International Standard 2918. Meat and meat products: Determination of nitrite content. Ref. No. ISO 2918: 1975. 1975.

23. Bourne M. Food texture and viscosity: concept and measurement [Internet]. 2002 [cited 2019 Dec 25]. Available from: https://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=S2HNnvSOuf8C&oi=fnd&pg=PP2&dq=bourne+2002&ots=u_NRpi_Tzl&sig=6fiv-McSzSHST2rnubN80_sncCQ

24. Hashemi A, technology AJ-J of food science and, 2016 undefined. Rheological and microstructural properties of beef sausage batter formulated with fish fillet mince. Springer [Internet]. [cited 2019 Dec 25]; Available from: http://scholar.google.com/scholar_url?url=https%3A%2F%2Flink.springer.com%2Farticle%2F10.1007%2Fs13197-015-20524&hl=en&sa=T&ct=res&cd=0&d=12530313496234544784&ei=boUCXqyEBZuNy9YP4fCiyAI&scisig=AAGBfm1fEDZqper1jyPuudY3xxwjinItNw&nossl=1&ws=1366x620&at=Rheological and microstructural properties of beef sausage batter formulated with fish fillet mince

25. Eggert J, Zook K. Physical requirement guidelines for sensory evaluation laboratories (No. 913). ASTM Int. 1986;

26. Eyiler E, Oztan A. Production of frankfurters with tomato powder as a natural additive. LWT-Food Sci Technol. 2011;44(1):307–11.

27. Ferreira IM, Silva S. Quantification of residual nitrite and nitrate in ham by reverse-phase high performance liquid chromatography/diode array detector. Talanta. 2008 Feb 15;74(5):1598-602.

28. Cassens, R.G., G. Woolford, S.H. Lee and R. Goutefongea. Fate of Nitrite in Meat Proceedings In Proceedings of the Conference Name, Conference Location.1976; 91 (1): 39-60.

29. De Mey E, De Klerck K, De Maere H, Dewulf L, Derdelinckx G, Peeters MC, I, Vander Heyden Y, Paelinck H. The occurrence of N-nitrosamines, residual nitrite and biogenic amines in commercial dry fermented sausages and evaluation of their occasional relation. Meat Science. 2014 Feb 1;96(2):821-8.

30. Møller JKS, Skibsted LH. Nitric oxide and myoglobins. Chem Rev. 2002;102(4):1167–78.

31. Honikel K-O. The use and control of nitrate and nitrite for the processing of meat products. Meat Sci. 2008;78(1–2):68–76.

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-15]

32. Pegg RB, Shahidi F. Nitrite curing of meat. u: The Nitrosamine Problem and Nitrite Alternatives, Trumbull, Connecticut: Food and Nutrition Press. Inc; 2000.

33. Greene BE, Cumuze TH. Relationship between TBA numbers and inexperienced panelists' assessments of oxidized flavor in cooked beef. J Food Sci. 1982;47(1):52–4.

34. Savadkoohi S, Shamsi K, Hoogenkamp H, Javadi A, Farahnaky A. Mechanical and gelling properties of comminuted sausages containing chicken MDM. J Food Eng. 2013;117(3):255–62.

35. Felisberto M, Galvão M, … CP-L-FS and, 2015 undefined. Effect of prebiotic ingredients on the rheological properties and microstructure of reduced-sodium and low-fat meat emulsions. Elsevier [Internet]. [cited 2019 Dec 25]; Available from: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0023643814004927

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-15]

Production of Fortified Sausages with Flaxseed Powder and Study of Their Physical, Chemical and Microstructural Properties

*Ghafouri-Oskuei H[1], Javadi A[*2], Saeidi Asl MR[3], Azadmard-Damirchi S[4], Armin M[5]*

1- PhD, Department of Food Science and Technology, Sabzevar Branch, Islamic Azad University, Sabzevar, Iran

*2- *Corresponding author: Department of Food hygiene, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran. Email: javadi@iaut.ac.ir*

3- Department of Food Science and Technology, Sabzevar Branch, Islamic Azad University, Sabzevar, Iran

4- Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran

5- Department of Agronomy, Sabzevar Branch, Islamic Azad University, Sabzevar, Iran

Received 21 Feb, 2020 **Accepted 25 Jun, 2020**

Background and Objectives: Sausage is poor in bioactive compounds such as omega-3 fatty acids and fibers. Therefore, consumers prefer to use novel meat products with improved nutritional and sensory properties. Flaxseeds contain several bioactive compounds such as essential fatty acids, fibers and antioxidants. Addition of the oilseeds to meat products can increase antioxidant properties, omega-3 and dietary fibers of the products.

Materials & Methods: In this study, effects of flaxseed powder at 0 (control), 3 and 6% on chemical compounds, pH, residual nitrite, thiobarbituric acid index, textural properties, microstructure and sensory evaluation of the samples were investigated. Quantity of the oil in the batches containing flaxseed powder was deducted from the total oil based on the flaxseed powder contents. All samples were stored at 4 °C and the experiments were carried out on Days 1, 14, 28 and 42.

Results: Use of flaxseed powder in sausage formulation increased the nutritional properties without altering sensory properties of the product. Based on the results, addition of flaxseed powder decreased pH, nitrite and residual moisture contents and increased protein, ash, fiber and total calories ($p > 0.05$). Nitrite contents decreased during storage. In addition, flaxseed powder decreased the textural parameters. Microstructural results of sausages showed decreases in density and size of the pores by increasing flaxseed powder contents. In general, addition of flaxseed powder up to 3% included no effects on sensory evaluation parameters in sausages ($p > 0.05$).

Conclusion: Based on the results, sausages formulated with flaxseed powder can be used as novel processed meat products that contain appropriate quantities of bioactive compounds and compensate nutrient lacks of the conventional sausages.

Keywords: Beef meat sausage, Flaxseed powder, Functional food, Microstructural, Nitrite

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-15]