تحقیقات مهندسی صنایع غذایی/جلد۲۳ / شماره ۷۷/ پاییز و زمستان /۱٤۰۳/ ص ٥٤ - ۳۳

سایت مجله: https://fooder.areeo.ac.ir

نوع مقاله: پژوهشی

اثر فیبر گندم بر ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی، حسی و میکروبی سوسیس گیاهی

حانیه فراست[۱]، رضا فرهمندفر[۲*]، بهرام شهره[۳]، علی معتمدزادگان[۴]

۱ دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده مهندسی زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران

۲* دانشیار، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده مهندسی زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران

۳ استادیار، گروه علوم دامی، دانشکده علوم دامی و شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران

۴ استاد، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده مهندسی زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران

تاریخ ارسال: ۱۴۰۲/۰۹/۰۳ **تاریخ پذیرش:** ۱۴۰۳/۰۴/۱۹

چکیده

مصرف بیش از حد محصولات گوشتی فرآوری شده با مشکلاتی مانند بیماری‌های قلبی عروقی، دیابت و انواع مختلف سرطان مرتبط است. یکی از راه‌های کاهش مصرف غذاهای مبتنی بر گوشت، جایگزینی آنها با فرآورده‌های گیاهی است. هدف از این تحقیق، بهبود ویژگی‌های سوسیس گیاهی با استفاده از فیبر گندم است. بدین منظور سوسیس گیاهی حاوی صفر، ۰/۵، ۱ و ۱/۵ درصد فیبر گندم تهیه و از نظر ترکیبات شیمیایی و ویژگی‌های کیفی در یک دوره ٤٥ روزه مطالعه شد. نتایج بررسی‌ها نشان داد که افزودن فیبر گندم (تا ۱/۵ درصد) موجب کاهش پروتئین و چربی می‌شود. با افزودن فیبر گندم در هر یک از روزهای نگهداری، میزان pH و رطوبت کاهش و میزان سفتی، نیروی وارنر برتزلر و کرامر، طعم و پذیرش کلی افزایش می‌یابد. معلوم شد با افزایش مدت زمان نگهداری سوسیس گیاهی در یخچال (خصوصاً در روزهای انتهایی) میزان pH، رطوبت، L* و a* کاهش و تعداد کلی میکروب‌ها افزایش پیدا می‌کند. کلیه نمونه‌های سوسیس گیاهی از لحاظ pH، رطوبت، شمارش کلی میکروبی و کلیفرم در محدوده استاندارد و تنها نمونه‌های حاوی ۱ و ۱/۵ درصد فیبر گندم در روز چهل و پنجم در خارج از محدوده استاندارد قرار داشتند. از نتایج این تحقیق می‌توان برای بهبود تولید تجاری سوسیس گیاهی بهره برد.

واژه‌های کلیدی: بافت، سوسیس گیاهی، فیبر گندم، خصوصیات کیفی

مقدمه

سوسیس از کلمه لاتین "Salsus" به معنای "نمک‌زده" یا "نگهداری شده با نمک" گرفته شده است. تولید سوسیس روشی قدیمی برای نگهداری مواد غذایی می‌باشد که توسط انسان‌های اولیه، مصریان باستان و سرخپوستان آمریکایی ابداع شده است ولی در دوران معاصر علاوه بر نمک از افزودنی‌های دیگری برای تولید این فراوردهٔ گوشت‌های فرآوری‌شده، حفظ مواد مغذی با مشکلاتی مواجه است زیرا فرآوری منجر به از دست دادن آن‌ها می‌شود (Majzoobi *et al.*, 2017). علاوه بر این، مصرف بیش از حد محصولات گوشتی فرآوری شده با مشکلاتی مانند بیماری‌های قلبی عروقی، دیابت و انواع مختلف سرطان مرتبط است به همین دلیل، آژانس بین‌المللی تحقیقات سرطان سازمان جهانی بهداشت کاهش مصرف گوشت

نویسنده مسئول: Email: r.farahmandfar@sanru.ac.ir

http://doi: ۱۰.۲۲۰۹۲/FOODER.۲۰۲۴.۳۶۴۲۱۴.۱۳۷۹

© 2023,The Author(s). Published by Agricultural Engineering Research Institute. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

یکی از راه‌های کاهش مصرف غذاهای مبتنی بر گوشت، جایگزینی آنها با فرآورده‌های گیاهی است. در میان اکثر مصرف کنندگان، بی‌میلی نسبت به کاهش مصرف گوشت یا جایگزینی گوشت با سایر غذاها وجود دارد. موانع اصلی این جایگزینی جدید بودن محصول، جذابیت حسی کمتر جایگزین‌ها در مقایسه با گوشت و قیمت آنهاست (Martín *et al.*, 2021). موثرترین راه برای ترویج جایگزین‌های گوشت احتمالاً بهبود جذابیت حسی آنهاست (Huang *et al.*, 2011). از طرف دیگر، مصرف رژیم‌های گیاهی در دنیا افزایش یافته و یکی از دلایل اصلی انتخاب این نوع رژیم غذایی خطرهای کمتر بیماری‌های مزمن برای بزرگسالان است (Noguerol *et al.*, 2022). قدمت گیاهخواری به دوران باستان برمی‌گردد و در حال حاضر تعداد زیادی از مردم این عادت غذایی را دنبال می‌کنند. انواع مختلفی از گیاهخواری وجود دارد. برای پاسخ به نیاز گیاهخواران (وجترین‌ها) در بازار فرآورده‌های گوشتی، محصولاتی مانند سوسیس گیاهی به بازار عرضه شده است (Padrón *et al.*, 2019). سوسیس‌های گیاهی، که در آنها پروتئین گیاهی جایگزین گوشت می‌شود، ممکن است جایگزین مناسبی برای کاهش مصرف گوشت فرآوری شده باشد (Tremlova *et al.*, 2022). در تولید سوسیس و کالباس مدرن، از پروتئین‌های حیوانی و گیاهی برای جایگزینی با گوشت خام گران قیمت استفاده می‌شود. پروتئین‌های پلاسما، پروتئین‌های سویا و عدس، کازئین، کازئینات‌ها، پروتئین‌های ساخته شده از مواد خام حاوی کلاژن و کنسانتره پروتئین آب پنیر را می‌توان به عنوان جایگزین استفاده کرد. پروتئین‌های گیاهی و حیوانی می‌توانند به‌گونه‌ای با یکدیگر به کار روند که ترکیب اسیدآمینهٔ آنها به پروتئین مرجع نزدیک گردد (Kenijz *et al.*, 2020). پروتئین‌های جایگزین گوشت، به روش‌های مختلف به عنوان پروتئین‌های بافت دهنده و غلیظ کننده استفاده می‌شوند (Noguerol *et al.*, 2022). سوسیس بر پایهٔ منابع گیاهی مثل پروتئین سویا به دلایلی مانند در دسترس بودن آن، میزان کم چربی اشباع، دارا بودن خواص تغذیه ای و خاصیت آنتی اکسیدانی به عنوان غذای فراسودمند شناخته می‌شود (Chen *et al.*, 2021). پروتئین‌های سویا منابع مغذی و اقتصادی پروتئین‌ها هستند و از این رو می‌توانند بافت، مقدار پروتئین و ارزش غذایی محصولات کم‌گوشت یا بدون گوشت را بهبود بخشند (Park *et al.*, 2008).

فیبر رژیمی در دیوارهٔ سلولی گیاهان یافت می‌شود و در بدن انسان هضم نمی‌گردد زیرا بدن فاقد آنزیم خاص برای این کار است. فیبر رژیمی خواص عملکردی مهمی دارد مانند کاهش خطر بیماری‌های قلبی عروقی، دیابت، فشار خون بالا، چاقی و سرطان‌های دستگاه گوارش در بدن انسان. ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی فیبر رژیمی مانند اندازهٔ ذرات، ویسکوزیته و ظرفیت نگهداری آب باعث افزایش سطح سیری و ایجاد ویژگی‌های خاص در محصولات غذایی می‌شود(Carballo, 2021). مقدار فیبر دانهٔ گندم کامل از ۱۱/۶ تا ۱۲/۷ درصد وزن خشک آن متغیر است. بیشتر الیافی که در لایه‌های بیرونی دانهٔ گندم (پریکارپ و پوستهٔ دانه) قرار دارند، معمولاً سبوس گندم نامیده می‌شوند. حدود ۴۶ درصد سبوس گندم را پلی‌ساکارید غیرنشاسته‌ای تشکیل می‌دهد (Stevenson *et al.*, 2012). سبوس گندم غنی‌ترین منبع غذایی فیبر و الیاف گیاهی است. سبوس گندم شامل مقادیر بالای پروتئین، کربوهیدرات، املاح معدنی و ویتامین‌های گروه E و B است و در رژیم‌های غذایی کاهش وزن و درمان بیماری‌های گوارشی، به‌خصوص یبوست، تاثیر بسزایی دارد (Cheng *et al.*, 2022). محصولات جانبی و ارزان‌قیمت کشاورزی مانند فیبر و سبوس گندم تحت فرآیند به اجزای میکروسکوپی تبدیل می‌شوند و بعد از خالص‌سازی و خشک کردن، آسیاب خواهند شد و به صورت پودر آماده

در می‌آیند (Saini *et al.*, 2023). فیبر گندم محصولی مغذی و نسبت به سایر محصولات فرآوری شده حاوی انرژی پایین‌تری است. فیبر گندم می‌تواند ۳ تا ۵ برابر وزن خود

آب جذب نموده و بافت و استحکام محصول را بهبود بخشد. این فیبر رژیمی به دلیل بی‌شکل بودن، توانایی تشکیل ژل را دارد. ذرات این محصول قدرت جذب آب زیادی دارند و بافت ژله‌ای و نرم را در محصول ایجاد می‌کنند (Cheng *et al.*, 2022). فیبر گندم پودری است سفید با دانه‌بندی ریز و خلوص حدود ۹۷ درصد که قسمت عمده آن (۹۴ درصد) را فیبر انحلال‌ناپذیرتشکیل می‌دهد. ترکیبات اصلی این فیبر شامل سلولز، همی‌سلولز و مقدار زیادی لیگنین است. یکی ازویژگی‌های فیبر غذایی گندم تشکیل شبکهٔ فیبری سه بعدی در محصول نهایی است به طوری که به بهبود بافت و پایداری محصول کمک می‌کند (Sánchez-Alonso *et al.*, 2007). با توجه به اهمیت فیبرگندم در بهبود ویژگی‌های مواد غذایی، هدف از این پژوهش بررسی اثر فیبر گندم (به عنوان افزودنی) بر ویژگی‌های سوسیس گیاهی تجاری است.

مواد و روش‌ها

تولید سوسیس گیاهی

سوسیس گیاهی (بدون گوشت) در پایلوت کارخانه بریون آمل تهیه شد. سوسیس در کاتر با مخلوط کردن پروتئین گندم (۲۴ درصد)، ایزولهٔ پروتئین سویا (۱۹/۵ درصد)، نشاستهٔ گندم (۲/۵ درصد)، کازئین (۴/۸ درصد)، سفیدهٔ تخم مرغ (۱/۳ درصد)، آرد گندم (۶/۲ درصد)، ادویه (۴ درصد)، آب (۲۶ درصد)، روغن مایع سویا (۷ درصد) و آب (۲۶/۷ درصد) تهیه شد. ابتدا تمام مواد اولیه در کاتر ریخته و مخلوط گردید. در مرحلهٔ بعد، روغن و یخ خرد شده وارد کاتر شد و عمل کاتریزاسیون ادامه یافت تا زمانی که خمیر مخلوط آماده گردید. برای بررسی اثر فیبر گندم (مروارید آرد دماوند)، مقادیر صفر، ۰/۵، ۱ و ۱/۵ درصد این ترکیبات به فرمولاسیون اضافه شد. این مخلوط در محفظهٔ آب گرم قرار داده شد. در مرحلهٔ بعد، نمونه‌ها در اتاق پخت با دمای ۸۰ درجه سلسیوس به مدت ۱/۵ ساعت پخته شدند و پس از آن زیر دوش آب قرار گرفتند و بعد به انبار محصول انتقال پیدا کردند. نمونه‌های به‌دست آمده در یخچال به مدت ۴۵ روز نگهداری شدند ودر فاصله‌های زمانی ۱، ۱۴، ۲۸ و ۴۵ روز پس از تولید ارزیابی شدند.

ترکیبات شیمیایی

میزان پروتئین نمونهٔ همگن شده با اندازه گیری میزان ازت و براساس در نظر گرفتن ضریب ۶/۲۵ به روش کلدال مطابق با استاندارد ملی ایران به شماره ۱-۱۰۷۰۳ تعیین شد (INSO 10703-1, 2007). جهت اندازه گیری مقدار چربی نمونه، استخراج چربی با حلال به روش سوکسله براساس استاندارد ملی ایران به شماره ۷۴۲ انجام گرفت (INSO 742, 2003). خاکستر نمونه‌ها با استفاده از کوره الکتریکی در دمای ۵۵۰ درجه سلسیوس و مطابق با استاندارد به شماره ۷۴۴ تعیین شد (INSO 744, 2003). رطوبت نمونه‌ها بر اساس استاندارد به شماره ۷۴۵ در دمای ۱۰۳ درجه سلسیوس ارزیابی شد (INSO 745, 2003).

تعیین pH

برای تعیین pH، ۱۰ گرم نمونه با ۹۰ میلی‌لیتر آب مخلوط شد. این مخلوط با همزن با سرعت ۵۰۰۰ rpm به مدت ۱ دقیقه هموژن و پس از آن pH نمونه‌ها توسط pH متر اندازه‌گیری شد (Chen *et al.*, 2021).

میزان افت پخت

برای تعیین افت پخت، در ابتدا سوسیس با ابعاد مناسب و یکسان برش داده شد و پس از آن در آون با دمای ۹۸ درجه سلسیوس به مدت ۱۰ دقیقه قرار گرفت. نمونهٔ سوسیس در دمای اتاق به مدت ۲۰ دقیقه قرار گرفت تا خنک شود و سپس درصد افت پخت نمونه‌ها بر اساس اختلاف وزن سوسیس‌ها قبل و بعد از پخت طبق رابطهٔ زیر محاسبه شد (Sikes *et al.*, 2009) :

$$\text{Cooking loss (\%)}=(W_0-W_1)\times 100/W_0$$

W_0 = وزن سوسیس قبل از پخت

W_1 = وزن سوسیس بعد از پخت

اندازه گیری رنگ

برای بررسی شاخص‌های رنگی نمونه‌های سوسیس، از دستگاه هانترلب استفاده شد و میانگین نتایج و شاخص‌های رنگی L^* (شاخص شفافیت-تیرگی)، a^* (شاخص قرمزی-سبزی) و b^* (شاخص زرد-آبی) به‌دست آمد.

اندازه گیری ویژگی‌های بافتی

برای اندازه‌گیری ویژگی‌های بافتی از دستگاه اینسترون (دستگاه بافت سنج Hounsfield، مدل H5KS، ساخت انگلستان) استفاده شد. برای آزمون فشردگی، ابتدا نمونه‌ها به ارتفاع ۲۰ میلی‌متر برش داده شدند و پس از آن بین دو فک دستگاه (که به پروب با قطر ۴۸ میلی‌متر مجهز شده بودند) به اندازه ۴۰ درصد ارتفاع و با سرعت نفوذ ۲ mm/s فشرده شدند و حداکثر نیروی لازم به عنوان نیروی سفتی تعیین گردید. برای آزمون برشی وارنر-برتزلر، از تیغهٔ صاف استفاده گردید که به فک بالای دستگاه اینسترون متصل شد. نمونه‌ها به صورت عرضی روی فک پایین دستگاه قرار داده شدند و تیغه با سرعت ۶۰ میلی‌متر در دقیقه حرکت کرد و نمونه‌ها را برش داد. حداکثر نیروی لازم برای برش دادن تعیین گردید. برای آزمون کرامر، نمونه‌ها به طول ۵ سانتی‌متر برش داده شدند و سپس از پروب کرامر دارای ۱۰ تیغه استفاده گردید (سرعت حرکت تیغه‌ها ۶۰ میلی‌متر در دقیقه) و نیروی اعمال شده برای له شدن نمونه‌ها تعیین گردید (Abbasi *et al.*, 2019).

ارزیابی حسی

برای ارزیابی حسی، نمونه‌های سوسیس تولید شده را ۱۰ نفر ارزیاب یک روز پس از تولید و ۱۴، ۲۸ و۴۵ روز پس از تولید به روش هدونیک ۵ امتیازی برررسی کردند. به طور خلاصه در مورد ماهیت آزمایش بدون افشای هویت نمونه‌ها توضیح داده شد. نمونه‌های کد گذاری‌شده به صورت جداگانه به اعضای آزمون ارائه گردید و هر یک از اعضا تمام نمونه‌ها را به صورت تصادفی ارزیابی کرد، ارزیابان آزمون بین ارزیابی هر نمونه آب می‌نوشیدند و نان می‌خوردند. ارزیابان نمونه‌ها را از نظر ویژگی‌های حسی مانند رنگ، طعم و مزه، بافت و پذیرش کلی با استفاده از مقیاس توصیفی ۵ امتیازی (که ۵ نشان‌دهنده بسیار خوب و ۱ نشان دهنده بسیار بد است) ارزیابی کردند.

ارزیابی ویژگی‌های میکروبی

شمارش کلی میکروارگانیسم‌ها مطابق با استاندارد ملی ایران به شماره ۲-۵۲۷۲ و به کمک محیط کشت پلیت کانت آگار دنبال شد (INSO 5272-2, 2015). شمارش کپک‌ها و مخمرها مطابق با استاندارد ملی ایران با استفاده از محیط کشت دی کلران رزبنگال کلرامفنیکل آگار صورت گرفت (INSO 10899-1, 2008). شمارش کلی‌فرم‌ها مطابق با استاندارد ملی ایران به شماره ۱۱۱۶۶ اجرا شد (INSO 11166, 2008).

آنالیز آماری

تجزیه و تحلیل داده‌ها در قالب طرح کاملاً تصادفی و مقایسهٔ میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح اطمینان ۹۵ درصد انجام پذیرفت. میانگین‌ها با استفاده از نرم افزار SAS مقایسه و منحنی‌ها در محیط EXCEL رسم شدند.

نتایج و بحث

تغییرات پروتئین

نتایج آنالیز داده‌های پروتئین نمونه‌های سوسیس در جدول ۱ نشان داده شده است. همان طور که مشاهده می‌شود نمونه‌های فاقد فیبرگندم، بیشترین میزان پروتئین را از خود نشان دادند از طرف دیگر، با افزودن فیبر گندم، میزان پروتئین (نسبت به نمونه تجاری) به طور معنی‌داری ($P<۰/۰۵$) کاهش یافته است. امیری حسینی و همکاران (Amiri Hosseini *et al.*, 2014) در بررسی اثر فیبر رژیمی گندم بر خواص شیمیایی سوسیس هات داگ به این نتیجه رسیدند که بیشترین میزان پروتئین مربوط به نمونهٔ شاهد و

پروتئین نمونه سوسیس کوکتل غنی شده با ۱/۵ درصد فیبر گندم کمترین سطح پروتئین را داراست. ترملووا و همکاران (Tremlova *et al.*, 2022) گزارش دادند که در سوسیس‌های گیاهی با افزودن آرد انگور (۳ درصد)، میزان پروتئین به طور معنی‌داری کاهش می‌یابد. محققان نشان دادند که مقدار پروتئین در سوسیس‌های گیاهی (بر پایه جودوسر و کتان)، به طور معنی‌داری نسبت به نمونه‌های کنترل گوشتی کاهش می‌یابد (Corrêa *et al.*, 2023). فروغی و همکاران (Foroughi *et al.*, 2012) با افزودن فیبر رژیمی سیب زمینی بر سوسیس گوشت گاو می‌گویند میزان پروتئین نمونه‌ها کاهش می‌یابد.

جدول ۱- تاثیر فیبر گندم بر ویژگی‌های شیمیایی سوسیس گیاهی

Table 1- The effect of wheat fiber on the chemical properties of vegetarian sausage

Treatments تیمارها	Protein پروتئین	Fat چربی	Ash خاکستر
Control کنترل	23.04±0.05 a	16.10±0.09 c	6.70±0.10 a
Wheat fiber 0.5% فیبر گندم ۰/۵ ٪	21.62±0.06 b	18.29±0.02 b	5.05±0.06 d
Wheat fiber 1% فیبر گندم ۱٪	20.72±0.04 c	21.10±0.11 a	6.00±0.04 c
Wheat fiber 1.5% فیبر گندم ۱/۵ ٪	19.62±0.06 d	13.90±0.06 d	6.55±0.07 b

تغییرات چربی

مقایسهٔ میانگین بین تیمارهای حاوی فیبر گندم در سوسیس گیاهی نشان دادکه اختلاف معنی‌داری($P<۰/۰۵$) بین نمونهٔ شاهد و نمونه‌های حاوی فیبر گندم وجود دارد. بیشترین و کمترین میزان چربی به ترتیب در نمونه‌های فیبر گندم ۱ و ۱/۵ درصد دیده می‌شود (جدول ۱). به طور کلی با افزایش فیبر گندم در سوسیس‌های گیاهی، میزان چربی در ابتدا افزایش و پس از آن در نمونه‌های حاوی ۱/۵ درصد فیبر گندم به کمترین میزان خود می‌رسد. پورصالحی و همکاران (Poursalehi *et al.*, 2021) با تولید سوسیس مرغ فراسودمند با استفاده از آرد کینوا گزارش کردند که بر همکنش بین روغن و کینوا معنی‌دار است. بدین صورت که با افزایش کینوا در یک میزان روغن ثابت، میزان چربی افزایش می‌یابد. ترملووا و همکاران (Tremlova *et al.*, 2022) برای تولید سوسیس‌های گیاهی آرد انگور گزارش کردند که بیشترین میزان چربی در نمونه‌های سوسیس گیاهی تهیه شده با ۷ درصد آرد انگور حاصل شده است. محققان نشان دادند که مقدار چربی در سوسیس‌های گیاهی بر پایهٔ جودوسر و کتان، به طور معنی‌داری نسبت به نمونه‌های کنترل گوشتی کاهش می‌یابد (Corrêa *et al.*, 2023). فروغی و همکاران (Foroughi *et al.*, 2012) با افزودن فیبر رژیمی سیب زمینی به سوسیس گوشت گاو گزارش کردند که میزان چربی نمونه‌ها روند نزولی به خود می‌گیرد.

تغییرات خاکستر

با توجه به میانگین داده‌ها در جدول (۱) برای خاکستر، اختلاف معنی‌داری($P<۰/۰۵$) بین نمونهٔ شاهد و نمونه‌های حاوی فیبر گندم مشاهده شد. مقایسه میانگین بین تیمارهای فیبر گندم در سوسیس گیاهی نشان داد که بیشترین میزان خاکستر در نمونه شاهد و کمترین میزان خاکستر در نمونه فیبر گندم ۰/۵ درصد است. کتاری و همکاران (Ktari *et al.*, 2014) اثر سه فیبر غذایی (شامل سلولز پودری، کنسانتره بتا گلوکان جو و فیبر سیب زمینی)

را بر ویژگی‌های سوسیس گوشت گاو تونسی بررسی و گزارش کردند که فیبرهای غذایی باعث کاهش خاکستر نمونه‌ها می‌شود. محققان دریافتند که مقدار خاکستر در سوسیس‌های گیاهی بر پایهٔ جودوسر و کتان، به طور جزئی نسبت به نمونه‌های کنترل گوشتی کاهش می‌یابد ولی این روند معنی‌دار نیست (Corrêa *et al.*, 2023).

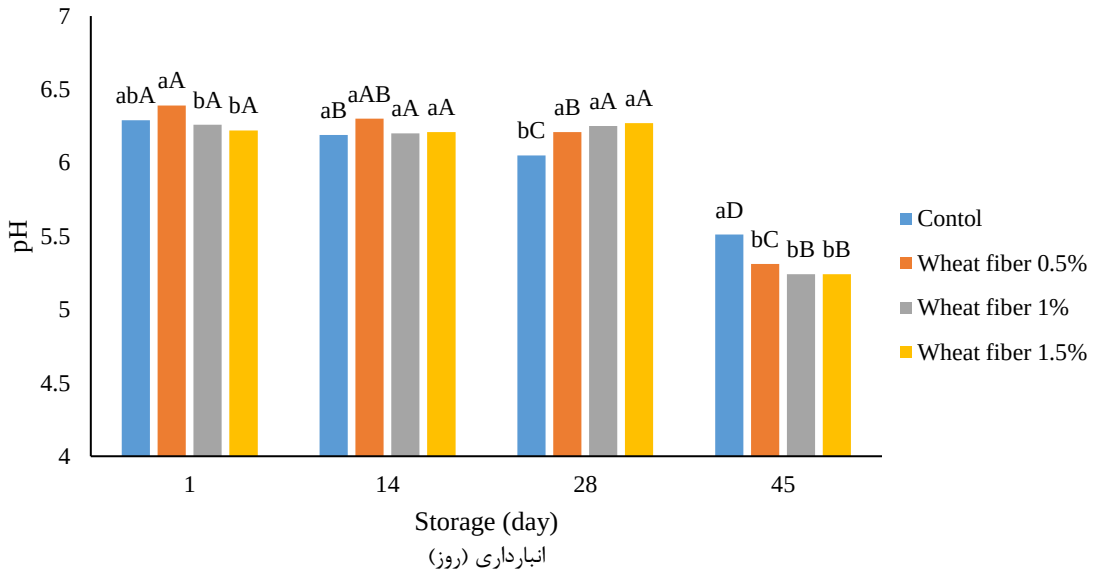
تغییرات pH

داده‌های آنالیز آزمون pH در شکل ۱ آمده است. در این جدول، حروف کوچک برای مقایسه بین سطوح فیبر گندم و حروف بزرگ برای مقایسه بین روزهاست. بیشترین و کمترین میزان pH متعلق به نمونهٔ حاوی ۰/۵ درصد فیبر گندم در روز یکم (با pH = ۶/۳۹) در روز یکم و نمونه حاوی ۱/۵ درصد فیبر گندم در روز ۴۵ ام (با pH= ۵/۲۴) است. بر اساس استاندارد ملی ایران، بیشینه مجاز pH در سوسیس-های گیاهی ۶/۴ است (INSO 15812, 2019) از این رو کلیه نمونه‌های تولید شده از لحاظ میزان pH در محدوده استاندارد قرار داشتند با افزایش فیبر گندم در روزهای اولیه (یکم و ۱۴ ام) نگهداری، میزان pH تغییر پیدا نکرد. با افزودن فیبر گندم در روزهای انتهایی (۴۵ ام) نگهداری، میزان pH نسبت به نمونه شاهد کاهش معنی‌داری یافت. از طرف دیگر، ،با افزایش دورهٔ نگهداری (روز۴۵ ام) نسبت به روز تولید (روز یکم)، میزان pH به طور معنی‌داری(P<۰/۰۵) کاهش یافته است. باربوت (Barbut, 2005) دلیل کاهش pH را احتمالاً شکسته شدن برخی گروه‌های استری و تبدیل شدن آن‌ها به گروهای اسیدی بیان کردند. از سوی دیگر، رشد باکتری‌های غیربیماری‌زا نیز ممکن است در این کاهش موثر باشد. بارتو و همکاران (Barretto *et al.*, 2015) با بررسی اثر افزودن فیبر گندم و چربی (جزئی) گوشت خوک بر ترکیب شیمیایی سوسیس کم‌چرب بولونیا گزارش کردند که افزودن فیبر و چربی گوشت خوک بر مقادیر pH تأثیری ندارد. علی‌یاری و همکاران (Aliyari *et al.*, 2020) در تولید سوسیس با استفاده از پوست انار و عصاره پوست سبز پسته مشاهده کردند که تغییرات pH در تیمارها بین ۶ الی ۶/۴۱ است و طول زمان نگهداری، اثر معنی‌داری بر pH ندارد. یاداو و همکاران (Yadav *et al.*, 2018) با افزودن تفالهٔ هویج خشک بر ویژگی‌های کیفی سوسیس مرغ مشاهده کردند که pH پایین سوسیس به دلیل pH اسیدی (۴/۹۴) تفاله هویج خشک است. یوکا و همکاران (Yuca *et al.*, 2019) با بررسی اثر افزودن بتاگلوکان سوسیس تخمیر شده گزارش دادند که در تمام سوسیس‌ها pH کاهش معنی‌داری طی دوره تخمیر دارد. کمترین مقدار pH در بین تمام گروه‌های تیماری، در سوسیس‌های حاوی بتاگلوکان تعیین شد. چوئه و همکاران (Choe *et al.*, 2013) با اضافه کردن پوست خوک و مخلوط فیبر گندم به عنوان جایگزین چربی در سوسیس‌های فرانکفورتر مشاهده کردند که pH سوسیس‌های پخته نشده از ۶/۲۲ تا ۶/۳۰ متغیر است، اما pH با افزایش غلظت مخلوط پوست خوک و فیبر گندم به طور قابل توجهی روند صعودی به خود می‌گیرد. در تحقیقی، افزودن فیبر پرتقال خشک در سطوح ۱۰، ۱۵ و ۲۰ گرم بر کیلوگرم در سوسیس تخمیری خشک شده منجر به کاهش تدریجی pH شده است (Fernández-López *et al.*, 2007). فروغی و همکاران (Foroughi *et al.*, 2012) گزارش کردند که با افزودن فیبر رژیمی سیب زمینی به سوسیس گوشت گاو میزان pH نمونه‌ها افزایش می‌یابد.

تغییرات رطوبت

مواد غذایی با رطوبت بالاتر معمولاً بیشتر در معرض فساد میکروبی قرار دارند. نتایج آزمون رطوبت نشان داد که بین تیمارهای مختلف آزمایشی در تمامی مراحل نگهداری، تفاوت معنی‌داری وجود دارد (شکل ۲). بیشترین میزان رطوبت مربوط به نمونه تجاری (۶۵/۵۲ درصد) در روز یکم و کمترین میزان آن مربوط به نمونه‌های حاوی ۱/۵ درصد فیبر گندم (۵۸/۸۴ درصد) در روز ۴۵ ام بوده است. بر اساس استاندارد ملی ایران، بیشینه مجاز رطوبت در سوسیس‌های گیاهی ۶۸ درصد است (INSO 15812, 2019) و بدین

ترتیب کلیه نمونه‌های تولید شده از لحاظ میزان رطوبت در محدودهٔ استاندارد قرار داشته‌اند. با افزودن فیبر گندم در هر یک از روزهای نگهداری، میزان رطوبت کاهش یافته است (نسبت به نمونه شاهد). از طرف دیگر، با افزایش زمان انبارداری، میزان رطوبت در هر یک از سطوح فیبر گندم (خصوصاً در روز ۴۵ ام) به طور معنی‌داری روند نزولی به خود گرفته است.



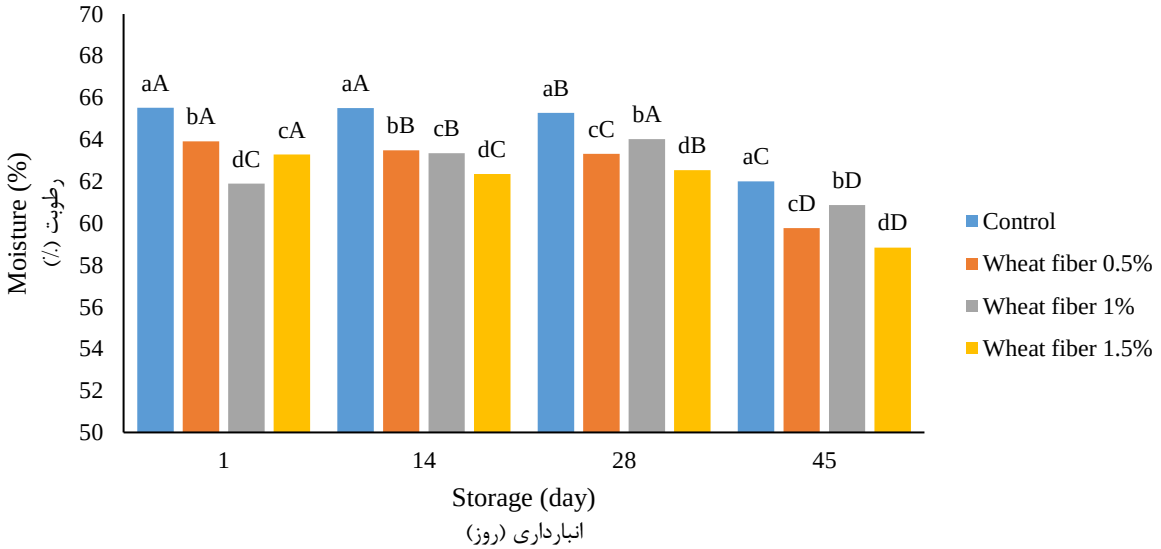
شکل ۱- تاثیر فیبر گندم بر pH سوسیس گیاهی

(حروف کوچک متفاوت نشان دهنده اختلاف معنی‌دار بین سطوح مختلف فیبر گندم و حروف بزرگ متفاوت نشان دهنده اختلاف معنی‌دار بین روزهای مختلف نگهداری است)

Figure 1- The effect of wheat fiber on the pH of vegetarian sausage

میلانی و همکاران (Milani *et al.*, 2022) اثر جایگزینی خمیر مرغ با ژلاتین پای مرغ را در سوسیس هات داگ مرغ بررسی کردند و نشان دادند با افزایش ژلاتین پای مرغ در سوسیس هات داگ مرغ، میزان رطوبت طی مدت زمان نگهداری در کلیه تیمارها، به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابد. صادقی و همکاران (Sadeghi *et al.*, 2022) در بررسی سوسیس ماهی قزل آلای فراسودمند حاوی پروبیوتیک و جایگزین چربی گزارش کردند که میزان رطوبت نمونه‌ها با گذشت زمان به طور معنی داری کاهش پیدا می‌کند و کاهش رطوبت در نمونه شاهد نسبت به نمونه‌های دیگر بیشتر است. یوکا و همکاران (Yuca *et al.*, 2019) با بررسی اثر افزودن بتا گلوکان سوسیس تخمیر شده گزارش کردند که استفاده از کشت استارتر در تولید سوسیس باعث کاهش رطوبت نمونه‌های سوسیس در پایان دوره تخمیر می‌شود. کاهش مقدار رطوبت ممکن است با کاهش pH گوشت همراه باشد که این امر باعث واسرشت شدن (دناتوره شدن) پروتئین‌های ماهیچه‌ای و در نتیجه منجر به کاهش ظرفیت نگهداری آب می‌شود. یاداو و همکاران (Yadav *et al.*, 2018) تأثیر افزودن سبوس گندم و تفاله هویج خشک را بر سوسیس مرغ بررسی کردند. این محققان می‌گویند افزودن فیبر غذایی منجر به کاهش قابل توجهی در میزان رطوبت سوسیس مرغ می‌شود. ویژگی‌های فیبر رژیمی مورد استفاده ممکن است دلیل دیگری برای کاهش رطوبت محصولات تیمار شده باشد. یلماز و همکاران (Yılmaz *et al.*, 2004) در تأثیر افزودن سبوس چاودار بر کوفته‌های کم‌چرب گزارش کردند که کوفته‌های شاهد بالاترین درصد رطوبت و کوفته‌های تولید

شده با افزودن ۲۰ درصد سبوس چاودار کمترین میزان رطوبت را دارند (P<۰/۰۵). با افزودن بیشتر سبوس چاودار، میزان رطوبت نمونه‌ها کاهش می‌یابد. محققان نشان دادند که مقدار رطوبت در سوسیس‌های گیاهی بر پایهٔ جودوسر و کتان به صورت جزئی بالاتر از نمونه‌های کنترل گوشتی است و این تغییر از نظر آماری تفاوتی ندارد (Corrêa *et al.*, 2023). فروغی و همکاران (Foroughi *et al.*, 2012) می‌گویند با افزودن فیبر رژیمی سیب زمینی به سوسیس گوشت گاو میزان رطوبت نمونه‌ها کاهش می‌یابد. نوگرول و همکاران (Noguerol *et al.*, 2022) گزارش دادند که افزودن فیبر گیاه پسیلیوم در سوسیس‌های گیاهی، منجر به کاهش میزان رطوبت نمونه‌ها شده است.



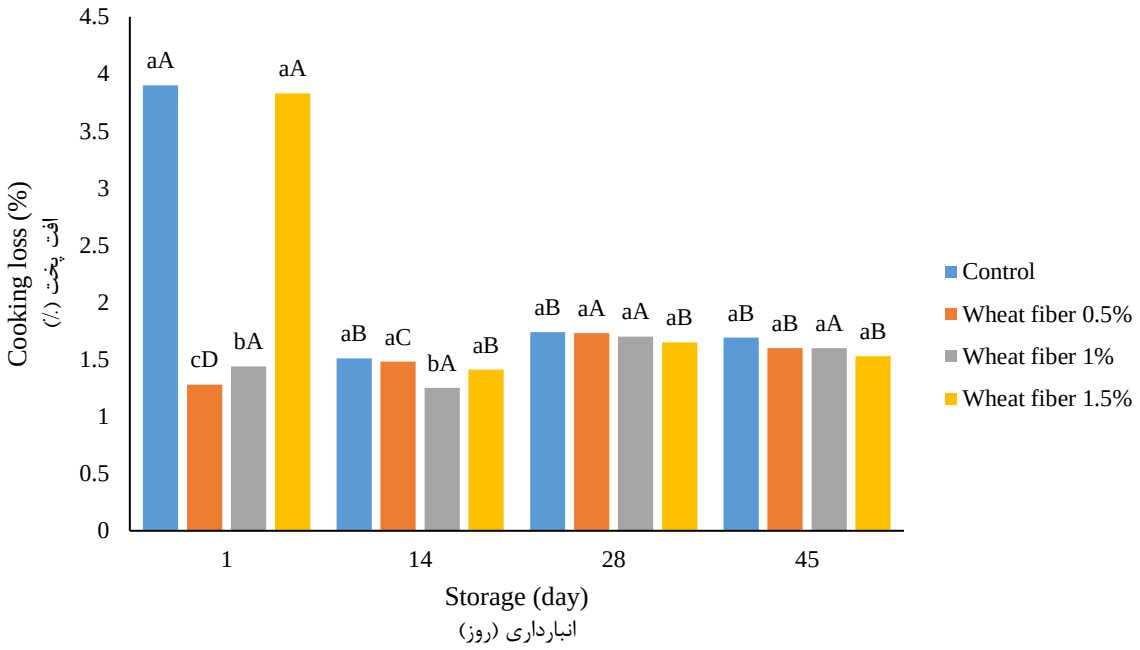
شکل ۲- تاثیر فیبر گندم بر میزان رطوبت سوسیس گیاهی

(حروف کوچک متفاوت نشان دهنده اختلاف معنی‌دار بین سطوح مختلف فیبر گندم و حروف بزرگ متفاوت نشان دهنده اختلاف معنی‌دار بین روزهای مختلف نگهداری است)

Figure 2- The effect of wheat fiber on the moisture content of vegetarian sausage

تغییرات افت پخت

به طور کلی افت پخت نمونه‌ها ناشی از خروج رطوبت و روغن از بافت محصول به دنبال تبخیر و حرارت دادن است. نتایج آزمون افت پخت نشان داد که میزان افت پخت بین نمونهٔ شاهد و نمونه‌های فیبر گندم در روزهای ۱۴، ۲۸ و ۴۵ ام اختلاف معنی‌داری وجود ندارد (شکل ۳). در روز یکم بین نمونه شاهد و فیبر گندم ۰/۵ و ۱ درصد اختلاف معنی‌دار (P<۰/۰۵) مشاهده شد. در زمان نگهداری از روز یکم تا روز ۴۵ ام افت پخت نمونه‌های حاوی فیبر گندم ۰/۵ درصد از روز ۱۴ ام و نمونه‌های حاوی فیبر گندم ۱ درصد از روز ۲۸ ام بصورت معنی‌داری(P<۰/۰۵) افزایش یافت. پورصالحی و همکاران (Poursalehi *et al.*, 2021) با تولید سوسیس مرغ فراسودمند با استفاده از آرد کینوا متوجه شدند که با افزایش کینوا در یک میزان روغن ثابت، میزان افت طی پخت کاهش می‌یابد، به عبارتی کینوا مانع از افت پخت می‌شود. کتاری و همکاران (Ktari *et al.*, 2014) اثر سه فیبر غذایی بر ویژگی‌های کیفی سوسیس گوشت گاو تونس را بررسی کردند و نشان دادند که افزودن فیبرهای غذایی باعث کاهش قابل توجهی در افت پخت می‌شود.



شکل ۳- تاثیر فیبر گندم بر میزان افت پخت سوسیس گیاهی

(حروف کوچک متفاوت نشان دهنده اختلاف معنی‌دار بین سطوح مختلف فیبر گندم و حروف بزرگ متفاوت نشان دهنده اختلاف معنی‌دار بین روزهای مختلف نگهداری است)

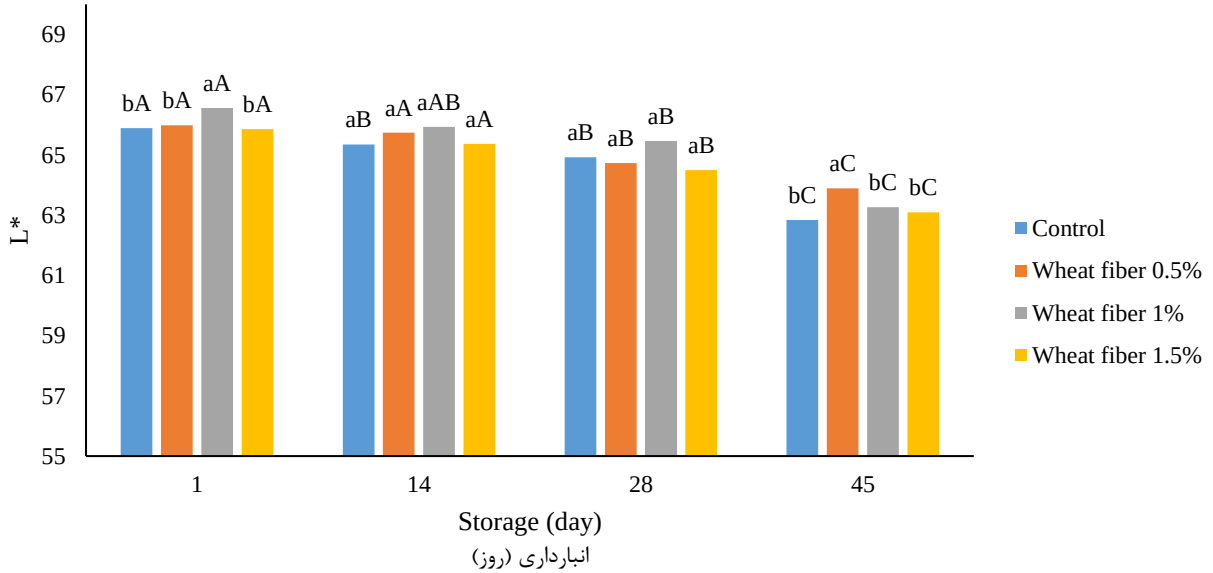
Figure 3- The effect of wheat fiber on the cooking loss of vegetarian sausage

تغییرات در ویژگی‌های رنگی

روشنایی (L*) در محصولات غذایی به فاکتورهای زیادی مانند غلظت و نوع رنگدانه‌ها ، میزان آب، چربی، فیبر و نوع آن مرتبط است (Jain *et al.*, 2021). شکل ۴ نشان می‌دهد نمونهٔ حاوی فیبر گندم ۱ درصد در روز یکم بیشترین و نمونهٔ شاهد در روز ۴۵ ام کمترین میزان L* را داشته است. صادقی و همکاران (Sadeghi *et al.*, 2022) در بررسی سوسیس ماهی قزل آلای فراسودمند حاوی پروبیوتیک و جایگزین چربی گزارش کردند که در زمان نگهداری از شدت فاکتور L* کاسته شده است. این امر احتمالا مرتبط با کاهش وزن و متراکم‌تر شدن بافت در اثر از دست دادن آب است. استفاده از اینولین به جای چربی، شدت روشنایی نمونه‌ها را به طور معنی‌داری کاهش می‌دهد. افزایش مقدار L* ممکن است به دلیل افزایش پراکندگی نور ناشی از تورم و هیدراتاسیون هیدروکلوئیدها باشد (Jridi *et al.*, 2015). هنینگ و همکاران (Henning *et al.*, 2016) گزارش دادند نمونه‌های سوسیس گوشت گاو حاوی فیبر رژیمی آناناس، تیره‌تر از نمونه‌های پرچرب هستند. صفائی و همکاران (Safai *et al.*, 2013) تاثیر افزودن آرد جوانهٔ گندم بدون چربی بر ویژگی‌های کیفی سوسیس را بررسی کردند و نشان دادند استفاده از ۷۵ درصد آرد جوانهٔ گندم و ۲۵ درصد آرد گندم در فرموله کردن سوسیس، کاهش معنی‌داری در L* ایجاد می‌کند. پورصالحی و همکاران (Poursalehi *et al.*, 2021) با تولید سوسیس مرغ فراسودمند با استفاده از آرد کینوا گزارش کردند که افزودن آرد کینوا سبب افزایش تیرگی و کاهش روشنایی محصول می‌شود. نوگرول و همکاران (Noguerol *et al.*, 2022) گزارش کردند مقادیر L* با افزایش فیبر گیاه پسیلیوم در سوسیس‌های گیاهی به طور قابل توجهی کاهش می‌یابد.

شاخص (a*) میزان تمایل نمونه‌ها به رنگ قرمز (+) و سبز (-) را نشان می‌دهد. همان‌طور که از داده‌ها مشخص است، در فاکتور a* نمونهٔ شاهد در روزهای مختلف نگهداری،

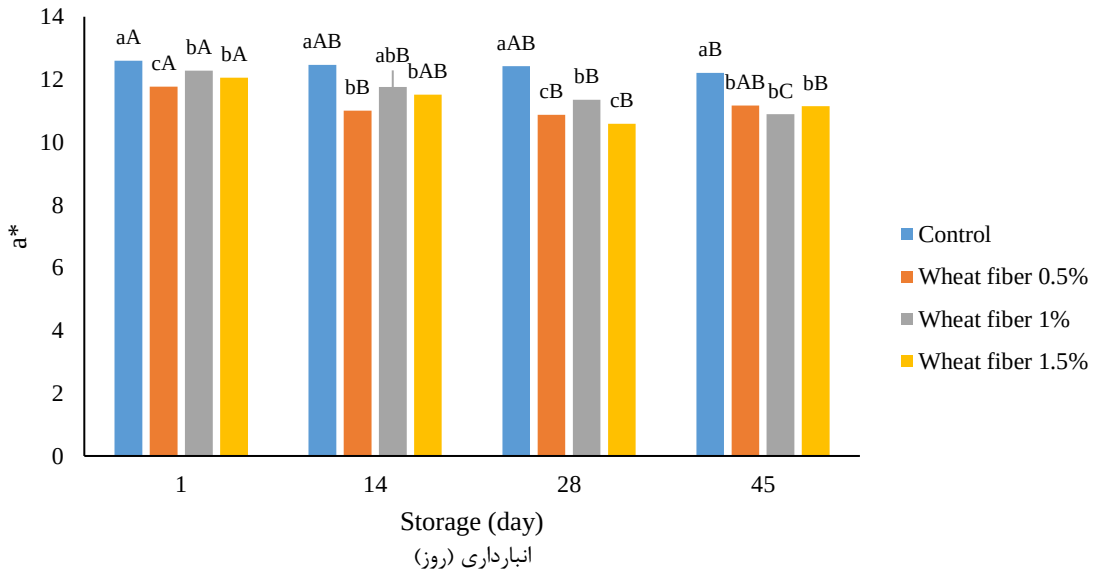
نسبت به نمونه‌های حاوی فیبر گندم تفاوت معنی‌دار (P<۰/۰۵) دیده می‌شود و نمونه شاهد بیشترین مقدار a* را در هر یک از روزهای نگهداری دارد (شکل ۵). در بین نمونه-های مورد بررسی، نمونهٔ حاوی فیبر گندم ۱ درصد در روز یکم بیشترین و در روز ۴۵ ام کمترین مقدار b* را دارد (شکل ۶). هنینگ و همکاران (Henning *et al.*, 2016) گزارش دادند نمونه‌های سوسیس گوشت گاو حاوی فیبر رژیمی آناناس، قرمزتر از نمونه‌های پرچرب بوده‌اند. برخی محققان می‌گویند تفاوت معنی‌داری بین a* و b* نمونه‌های کنترل و نمونه‌های حاوی فیبر (کم چرب) طی نگهداری نمونه‌های سوسیس وجود ندارد (Henning *et al.*, 2016; de Oliveira Faria *et al.*, 2015). سلجدا و همکاران (Salejda *et al.*, 2022) در سوسیس فرانکفورتر غنی شده با محصول جانبی گندم سیاه گزارش کردند که افزودن پوستهٔ گندم سیاه منجر به کاهش زردی سوسیس‌های نوع فرانکفورتر شده و میزان b*نیز در دورهٔ انبارداری (در یخچال) کاهش یافته است. علی‌یاری و همکاران (Aliyari *et al.*, 2020) با تولید سوسیس با استفاده از پوست انار و عصارهٔ پوست سبز پسته مشاهده کردند مقدار b* نمونه‌های پوست انار به طور معنی-داری کمتر از شاهد است که در مقایسه با نمونه‌های PGHE (عصاره پوسته سبز پسته) تفاوت معنی‌داری نداشته‌اند، به جز PPE5 و PGHE5 که بالاترین مقدار b* را در بین تیمارها و شاهد از خود نشان دادند.



شکل ٤- تاثیر فیبر گندم بر میزان شاخص L* سوسیس گیاهی

(حروف کوچک متفاوت نشان دهنده اختلاف معنی‌دار بین سطوح مختلف فیبر گندم و حروف بزرگ متفاوت نشان دهنده اختلاف معنی‌دار بین روزهای مختلف نگهداری است)

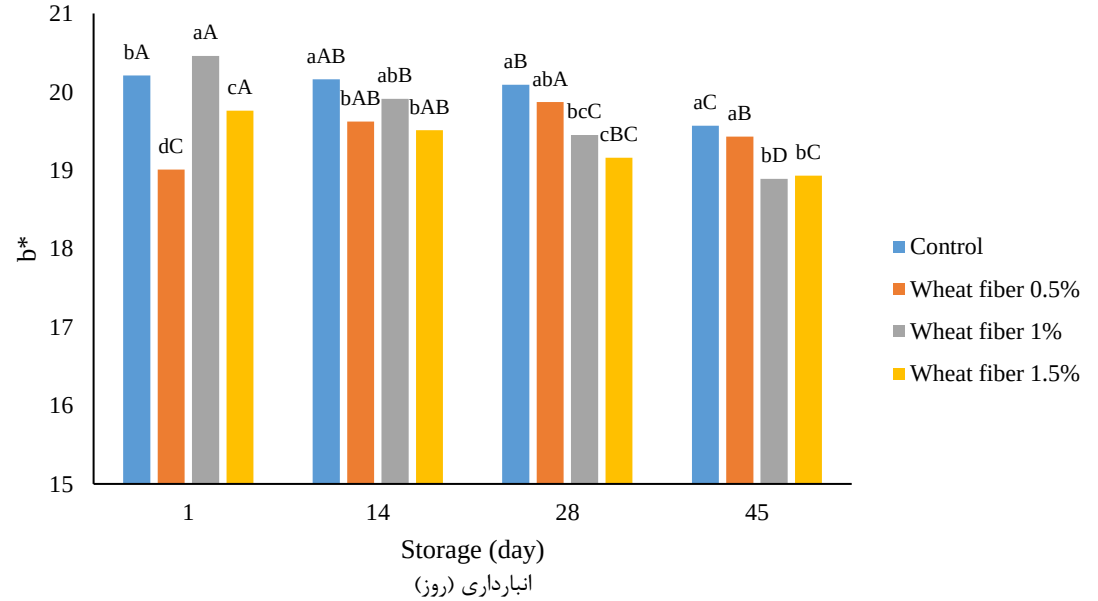
Figure 4- The effect of wheat fiber on the L* index of vegetarian sausage



شکل ۵- تاثیر فیبر گندم بر میزان شاخص a* سوسیس گیاهی

(حروف کوچک متفاوت نشان دهنده اختلاف معنی‌دار بین سطوح مختلف فیبر گندم و حروف بزرگ متفاوت نشان دهنده اختلاف معنی‌دار بین روزهای مختلف نگهداری است)

Figure 5- The effect of wheat fiber on the a* index of vegetarian sausage



شکل ٦- تاثیر فیبر گندم بر میزان شاخص b* سوسیس گیاهی

(حروف کوچک متفاوت نشان دهنده اختلاف معنی‌دار بین سطوح مختلف فیبر گندم و حروف بزرگ متفاوت نشان دهنده اختلاف معنی‌دار بین روزهای مختلف نگهداری است)

Figure 6- The effect of wheat fiber on the b* index of vegetarian sausage

تغییرات سفتی

سفتی، حداکثر نیروی مورد نیاز برای فشرده کردن نمونه را نشان می‌دهد و یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های بافتی در سوسیس است (Ayetigbo *et al.*, 2023). آنالیز اندازه-گیری بافت نمونه‌های سوسیس، در جدول ۲ آورده شده است. نتایج به‌دست آمده نشان می‌دهد که در هر یک از روزهای نگهداری، کمترین میزان سفتی مربوط به نمونهٔ شاهد و بیشترین میزان سفتی مربوط به نمونهٔ حاوی فیبر گندم ۱/۵ درصد است (جدول ۲) به طوری که با افزایش فیبر گندم میزان سفتی افزایش یافته است (خصوصاً در نمونه‌های حاوی ۱/۵ درصد فیبر گندم). در دورهٔ نگهداری سفتی نمونه‌های روز ۴۵ ام نسبت به سفتی نمونه‌های روز یکم افزایش پیدا کرده است. صادقی و همکاران (Sadeghi *et al.*, 2022) در بررسی سوسیس ماهی قزل آلای فراسودمند حاوی پروبیوتیک و جایگزین چربی گزارش کردند که درجهٔ سفتی سوسیس ماهی قزل آلا با گذشت زمان کمی افزایش می‌یابد و یکی از دلایل این امر کاهش رطوبت و فشردگی بیشتر نمونه‌هاست. امین زارع و همکاران (Aminzare *et al.*, 2022) با ارزیابی تاثیر فیبرهای مختلف غذایی (به عنوان افزودنی-های طبیعی) بر ماندگاری سوسیس‌های پخته شده، فهمیدند که از میان پارامترهای بافتی میزان سفتی با افزودن فیبرهای غذایی به فرآورده‌های گوشتی مختلف- (به ویژه سوسیس و کالباس) افزایش می‌یابد. استحکام ژل بیشتر این محصولات به عنوان یکی از عوامل اصلی ارتقا دهندهٔ کیفیت کلی بافت معرفی شد. پورصالحی و همکاران (Poursalehi *et al.*, 2021) با تولید سوسیس مرغ فراسودمند به کمک آرد کینوا گزارش کردند که فیبر کینوا می‌تواند باعث افزایش سفتی بافت شود، اما حضور چربی باعث کاهش اثر فیبر می‌شود و از سفت شدن بیش از حد جلوگیری می‌کند. بنابراین تنها پارامتر تاثیرگذار زمان است، بدین ترتیب که با گذشت زمان، سفتی سوسیس‌ها افزایش می‌یابد. جوکار و همکاران (Jokar *et al.*, 2019) با استفاده از آرد گندم جوانه‌زده ،به‌جای آرد و نشاسته، در تولید سوسیس متوجه شدند که سفتی بافت کلیه نمونه‌ها در اثر ماندن در یخچال افزایش داشته است. این مطلب نشان می‌دهد که افزودن آرد گندم جوانه‌زده تاثیر منفی بر بافت در دورهٔ نگهداری ندارد و نمونه‌ها در اثر ماندن در یخچال و احتمالاً از دست دادن رطوبت سفت‌تر می‌شوند. رضایی رودباره و همکاران (Rezaei Roudbareh *et al.*, 2017) با بررسی اثر اینولین و آنزیم ترانس گلوتامیناز بر ویژگی‌های سوسیس کم نمک به این نتیجه رسیدند بافت نمونه‌های تولیدی با افزایش میزان اینولین و آنزیم ترانس گلوتامیناز به طور معنی‌داری سفت‌تر می‌شود به طوری که در بین نمونه‌ها، نمونهٔ کنترل با سفتی ۱۸۷/۳۲۲ کمترین میزان سفتی و نمونه حاوی ۰/۷۵ درصد ترانس گلوتامیناز و ۰/۷۵ درصد اینولین با سفتی ۲۴۱/۱۲۱ بالاترین میزان سفتی را در بین تمام نمونه‌ها داشته‌اند. بارتو و همکاران (Barretto *et al.*, 2015) با بررسی اثر افزودن فیبر گندم و چربی (جزئی) گوشت خوک بر ترکیب شیمیایی سوسیس کم‌چرب بولونیا حاوی اینولین و فیبر جو دوسر، مشاهده کردند هر چه مقدار فیبر گندم اضافه شده بیشتر باشد، سفتی آن بیشتر می‌شود. یاداو و همکاران (Yadav *et al.*, 2018) تأثیر افزودن سبوس گندم و تفالهٔ هویج خشک را بر ویژگی‌های کیفی سوسیس مرغ بررسی کردند که تجزیه و تحلیل پروفایل بافت سوسیس شاهد و تیمار شده افزایش سفتی هر دو نوع سوسیس را در مقایسه با شاهد نشان داد. چوئه و همکاران (Choe *et al.*, 2013) با بررسی اثر سوسیس‌های نوع فرانکفورتر با اضافه کردن پوست خوک و مخلوط فیبر گندم به عنوان جایگزین چربی مشاهده کردند که افزایش میزان پوست خوک مخلوط فیبر گندم منجر به سفتی بالاتر در نمونه‌های سوسیس شده است به طوری که با افزایش غلظت پوست خوک و مخلوط فیبر گندم سفتی بالایی در سوسیس‌های کم چرب مشاهده گردیده است.

جدول ۲- تاثیر فیبر گندم بر ویژگی‌های بافتی سوسیس گیاهی

Table 2- The effect of wheat fiber on the textural properties of vegetarian sausage

Storage (day) انبارداری (روز)	Treatments تیمارها	Hardness (N) سفتی	Warner-Bratzler (N) وارنر-برتزلر	Kramer factor (N) فاکتور کرامر
1	Control کنترل	6.85±1.43 cA	2.35±0.14 dA	52.36±4.67 bA
	Wheat fiber 0.5% فیبر گندم ۰/۵ ٪	9.44±0.51 bA	2.97±0.15 cB	80.95±10.65 aA
	Wheat fiber 1% فیبر گندم ۱٪	8.33±0.61 bcC	3.40±0.14 bA	73.41±21.00 abA
	Wheat fiber 1.5% فیبر گندم ۱/۵ ٪	11.79±0.76 aB	3.79±0.10 aA	70.77±7.75 abA
14	Control کنترل	8.52±0.43 cA	2.05±0.22 cA	50.10±3.32 bA
	Wheat fiber 0.5% فیبر گندم ۰/۵ ٪	10.51±2.39 cA	3.11±0.34 bB	52.19±2.52 bB
	Wheat fiber 1% فیبر گندم ۱٪	12.42±0.97 abA	2.68±0.14 bB	55.10±7.07 aA
	Wheat fiber 1.5% فیبر گندم ۱/۵ ٪	13.80±0.43 aA	3.71±0.23 aA	62.86±3.41 aA
28	Control کنترل	8.16±0.87 bA	2.53±0.55 aA	46.28±4.61 cA
	Wheat fiber 0.5% فیبر گندم ۰/۵ ٪	10.22±0.64 aA	3.28±0.33 aAB	59.53±5.93 bB
	Wheat fiber 1% فیبر گندم ۱٪	9.98±1.13 aB	3.06±0.45 aAB	57.31±2.08 bA
	Wheat fiber 1.5% فیبر گندم ۱/۵ ٪	10.07±0.69 aC	3.24±0.42 aA	68.12±1.60 aA
45	Control کنترل	8.41±0.39 cA	2.53±0.51 bA	54.15±8.48 bA
	Wheat fiber 0.5% فیبر گندم ۰/۵ ٪	8.08±0.77 cA	3.74±0.17 aA	62.78±3.23 abB
	Wheat fiber 1% فیبر گندم ۱٪	10.30±0.12 bB	2.73±0.13 bB	55.58±3.68 bA
	Wheat fiber 1.5% فیبر گندم ۱/۵ ٪	14.23±0.24 aA	3.68±0.41 aA	69.70±4.67 aA

(حروف کوچک متفاوت نشان دهنده اختلاف معنی‌دار بین سطوح مختلف فیبر گندم و حروف بزرگ متفاوت نشان دهنده اختلاف معنی‌دار بین روزهای مختلف نگهداری است)

تغییرات برش وارنر برتزلر

آزمون نیروی برشی وارنر برتزلر در واقع برای شبیه سازی حرکت چاقو و برش محصولات گوشتی به کار می‌رود. به عبارت دیگر نتایج این آزمون سفتی را در برابر نیروی برشی چاقو نشان می‌دهد. نتایج میانگین داده‌های این آزمون نشان داد که نمونهٔ کنترل در روز ۱۴ ام کمترین و نمونه‌های

حاوی ۱/۵ درصد فیبر گندم در روز یکم بیشترین میزان نیروی وارنر برتزلر را دارا بودند. میزان نیروی برشی وارنر برتزلر در نمونه‌های سوسیس گیاهی با افزایش مقادیر فیبر گندم افزایش معنی‌داری دارد (جدول ۲). مندز-زامورا و همکاران (Méndez-Zamora *et al.*, 2015) گزارش کردند که نیروی برشی سوسیس با اینولین و پکتین کمی کمتر بوده است تا در نمونهٔ کنترل. اوزلشیر و همکاران (Uzlaşır *et al.*, 2020) روغن دانه کدو تنبل را به عنوان جایگزین (جزئی) چربی حیوانی در سوسیس بولونیا به کار بردند و به این نتیجه رسیدند که کاهش چربی حیوانی در سوسیس منجر به کاهش نیروی برشی وارنر برتزلر خواهد شد.

تغییرات کرامر

آزمون کرامر برای تعیین پاسخ بافت سوسیس در برابر اعمال همزمان نیروی برش، فشرده‌سازی و اکستروژن مورد استفاده قرار می‌گیرد. جدول ۲، نتایج حاصل از افزودن غلظت‌های مختلف فیبر گندم در روزهای متفاوت را نشان می‌دهد. در اکثر روزهای نگهداری، با افزایش غلظت فیبر گندم، نیروی کرامر به حداکثر مقدار خود رسیده است. لازم است یادآوری شود بیشترین میزان نیروی کرامر (با ۸۰/۹۵ نیوتن) در نمونه‌های حاوی ۰/۵ درصد فیبر گندم و کمترین میزان نیروی کرامر (با ۴۶/۲۸ نیوتن) در نمونهٔ کنترل روز ۲۸ ام مشاهده شده است. آلخراش (Alakhrash., 2015) تأثیر سبوس جو دوسر بر خواص فیزیکوشیمیایی غذاهای دریایی آلاسکا پولاک سوریمی را بررسی کردند و دریافتند سفتی و نیروی برشی کرامر با افزایش سبوس جو دوسر اضافی به طور قابل‌توجهی افزایش می‌یابد.

ارزیابی حسی

ارزیابی حسی یک قاعده علمی به کار برده شده برای اندازه گیری، آنالیز و تفسیر واکنش‌های مصرف کننده به ویژگی‌های مواد غذایی است که از طریق بینایی، بویایی، چشایی و لامسه در برخی موارد با شنوایی دریافت می‌شود (Guiné., 2022). در جدول ۳؛ میانگین امتیازهای داده شده به رنگ، عطر و طعم، بافت و پذیرش کلی تیمارها نشان داده شده است. به طور کلی، با افزایش فیبر گندم، میزان طعم و مزه و پذیرش کلی روند صعودی دارد. آنالیز داده‌ها از آزمون ارزیابی حسی رنگ نمونه‌های سوسیس گیاهی حاوی فیبر گندم با نمونهٔ شاهد در اکثر روزهای نگهداری اختلاف معنی-داری (P>۰/۰۵) را نشان نمی دهد. به نظر می‌رسد فیبر گندم تاثیر معنی‌داری روی رنگ نمونه‌ها نداشته است. در بین نمونه‌های مورد بررسی با آزمون ارزیابی حسی، نمونهٔ حاوی فیبر ۱ درصد در روز انتهایی (۴۵ ام) بیشترین امتیاز رنگ، مزه، بافت و پذیرش کلی را داشته است و نمونه کنترل در روز یکم کمترین امتیاز مزه و پذیرش کلی و در روز ۱۴ ام کمترین امتیاز بافت را داشته است. نمونهٔ حاوی فیبر گندم ۰/۵ درصد در روز یکم کمترین امتیاز رنگ را به‌دست آورده است. صفائی و همکاران (Safai *et al.*, 2013) با بررسی اثر افزودن آرد جوانهٔ گندم چربی گرفته شده بر ویژگی‌های کیفی سوسیس گزارش دادند که تغییر در ترکیب آرد، تفاوت معنی‌داری در مزه و بوی سوسیس‌های فرموله شده ایجاد نکرده است، اما نمونه‌های تهیه شده با آرد جوانهٔ گندم، امتیاز بالاتری نسبت به نمونهٔ شاهد داشته‌اند.

ویژگی‌های میکروبی

در کلیهٔ نمونه‌ها با افزایش زمان انبارداری، مقدار Log CFU شمارش کلی میکروبی روند صعودی نشان داده است، برای مثال، در نمونهٔ کنترل (تجاری) از ۳/۵۲ در روز یکم به ۳/۹۵ در روز ۴۵ام افزایش یافته است (شکل ۷). بیشترین میزان شمارش کلی میکروبی در نمونهٔ حاوی فیبر گندم ۱/۵ درصد در روز ۴۵ام مشاهده شده است. مقدار بار کلی میکروبی نمونه‌های حاوی ۰/۵ ، ۱ و ۱/۵ درصد فیبر گندم در روزهای یکم و ۱۴ ام کمتر بوده است تا در نمونه کنترل و در روز ۴۵ ام بیشتر بوده است تا در نمونهٔ کنترل. لازم است گفته شود که بیشنه قابل قبول برای شمارش کلی میکروبی برابر

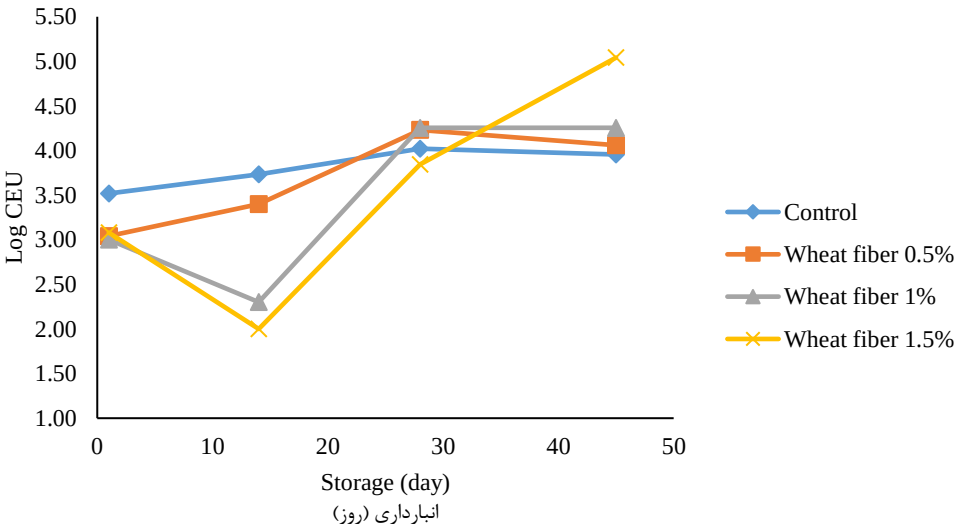
۱۰^۵ عدد LogCFU (یا ۵ =) در هر گرم نمونه است (INSO 15812, 2019) از این رو کلیه نمونه‌های سوسیس گیاهی تولید شده در دورهٔ نگهداری، از لحاظ شمارش کلی میکروبی در محدوده مجاز قرار داشته‌اند. بر اساس استانداردها، میزان مجاز کپک و مخمر در سوسیس‌های گیاهی برابر ۱۰^۲ عدد (یا ۲ = LogCFU) در هر گرم نمونه است (INSO 15812, 2019) از این رو از بین نمونه‌های تولید شده، نمونهٔ حاوی فیبر گندم ۱ و ۱/۵ درصد در روز ۴۵ ام در خارج از محدوده استاندارد قرار می‌گیرد (جدول ۴). کلیفرم‌ها به عنوان شاخص بهداشتی برای برخی از مواد غذایی محسوب می‌شوند. بیشنه قابل قبول برای میزان کلیفرم برابر ۱۰ عدد (یا ۱ = LogCFU) در هر گرم نمونه سوسیس گیاهی است (INSO 15812, 2019) و از آنجا که میزان کلیفرم در همهٔ نمونه‌ها منفی بود تمام نمونه‌ها از این لحاظ، در محدوده استاندارد قرار گرفتند (جدول ۵).

جدول ۳- تاثیر فیبر گندم بر ویژگی‌های حسی سوسیس گیاهی

Table 3- The effect of wheat fiber on sensory evaluation of vegetarian sausage

Storage (day) انبارداری (روز)	Treatments تیمارها	Color رنگ	Taste مزه	Texture بافت	Overall acceptance پذیرش کلی
1	Control کنترل	3.90±0.31 abA	2.60±0.51 bC	2.40±0.51 aB	2.50±0.52 bB
	Wheat fiber 0.5% فیبر گندم ۰/۵ ٪	3.60±0.51 bB	2.90±0.56 abB	2.30±0.67 aB	2.80±0.63 abB
	Wheat fiber 1% فیبر گندم ۱٪	4.00±0.00 aB	3.30±0.67 aB	2.80±0.63 aB	3.20±0.42 aB
	Wheat fiber 1.5% فیبر گندم ۱/۵ ٪	3.80±0.42 abA	3.30±0.67 aB	2.70±0.67 aB	3.20±0.63 aB
14	Control کنترل	4.10±0.87 aA	2.70±0.94 cBC	2.10±0.56 aB	2.30±0.67 bB
	Wheat fiber 0.5% فیبر گندم ۰/۵ ٪	3.80±0.63 aAB	2.90±0.56 bcB	2.30±0.67 aB	2.90±0.73 aAB
	Wheat fiber 1% فیبر گندم ۱٪	4.20±0.42 aAB	3.50±0.70 abAB	2.70±0.67 aB	3.30±0.48 aB
	Wheat fiber 1.5% فیبر گندم ۱/۵ ٪	3.90±0.31 aA	3.80±0.78 aAB	2.70±0.67 aB	3.40±0.69 aAB
28	Control کنترل	4.10±0.56 abA	3.30±0.48 bA	3.20±0.42 bA	3.30±0.48 bA
	Wheat fiber 0.5% فیبر گندم ۰/۵ ٪	4.10±0.31 abAB	3.50±0.52 abA	3.40±0.51 bA	3.40±0.51 bA
	Wheat fiber 1% فیبر گندم ۱٪	4.50±0.52 aA	3.90±0.56 aAB	4.00±0.47 aA	4.00±0.47 aA
	Wheat fiber 1.5% فیبر گندم ۱/۵ ٪	4.00±0.47 bA	3.60±0.51 abAB	3.40±0.51 bA	3.50±0.52 bAB
45	Control کنترل	4.10±0.73 aA	3.20±0.42 bAB	3.50±0.52 bA	3.10±0.56 cA
	Wheat fiber 0.5% فیبر گندم ۰/۵ ٪	4.20±0.63 aA	3.30±0.67 bAB	3.50±0.70 bA	3.40±0.51 bcA
	Wheat fiber 1% فیبر گندم ۱٪	4.50±0.52 aA	4.10±0.73 aA	4.30±0.67 aA	4.30±0.67 aA
	Wheat fiber 1.5% فیبر گندم ۱/۵ ٪	4.10±0.56 aA	4.00±0.66 aA	3.70±0.67 bA	3.90±0.73 abA

(حروف کوچک متفاوت نشان دهنده اختلاف معنی‌دار بین سطوح مختلف فیبر گندم و حروف بزرگ متفاوت نشان دهنده اختلاف معنی‌دار بین روزهای مختلف نگهداری است)



شکل ۷- تاثیر فیبر گندم بر شمارش کلی میکروبی سوسیس گیاهی

Figure 7- The effect of wheat fiber on the total microbial count of vegetarian sausage

جدول ٤- تاثیر فیبر گندم بر میزان کپک و مخمر (Log CFU) سوسیس گیاهی

Table 4- The effect of wheat fiber on the amount of mold and yeast (Log CFU) in vegetarian sausage

Treatments تیمارها	Storage (day) انبارداری (روز)			
	1	14	28	45
Control کنترل	Negative	Negative	Negative	Negative
Wheat fiber 0.5% فیبر گندم ۰/۵ ٪	Negative	Negative	Negative	Negative
Wheat fiber 1% فیبر گندم ۱٪	Negative	Negative	Negative	4.53
Wheat fiber 1.5% فیبر گندم ۱/۵ ٪	Negative	Negative	Negative	4.78

جدول ٥- تاثیر فیبر گندم بر میزان کلیفرم (Log CFU) سوسیس گیاهی

Table 5- The effect of wheat fiber on the amount of coliform (Log CFU) in vegetarian sausage

Treatments تیمارها	Storage (day) انبارداری (روز)			
	1	14	28	45
Control کنترل	Negative	Negative	Negative	Negative
Wheat fiber 0.5% فیبر گندم ۰/۵ ٪	Negative	Negative	Negative	Negative
Wheat fiber 1% فیبر گندم ۱٪	Negative	Negative	Negative	Negative
Wheat fiber 1.5% فیبر گندم ۱/۵ ٪	Negative	Negative	Negative	Negative

جین و همکاران (Jin *et al.*, 2018) در بررسی اثر عصاره‌های گیاهی مختلف بر خواص میکروبی سوسیس گزارش دادند با افزایش زمان نگهداری، مقدار کل بار میکروبی افزایش چشمگیری می‌یابد و تیمار پودر کرفس (۰/۸ درصد)-نیتریت سدیم (۰/۰۱ درصد) بیشترین تاثیر را بر کاهش بار میکروبی داشته است. شریف زاده و معتمدنژاد (Sharifzadeh & Mootamednejad, 2020) با مطالعهٔ میکروبی تاثیر جایگزینی نگهدارنده‌های گیاهی با شیمیایی در تولید سوسیس‌های حرارت دیده نشان دادند باکتری‌های گرم مثبت، نسبت به باکتری‌های گرم منفی، معمولاً به آزمایش‌های اسانس حساس‌ترند. ترکیبات فنولی موجود در گزنه بر باکتری‌هایی *اشریشیا کلی* اثر دارد. این عصاره باعث وقفه در رشد چندین مخمر و کپک شده است. بر این اساس، روند کاهش تعداد باکتری‌ها در نمونه‌های حاوی مخلوط اسانس و نیتریت، در مقایسه با گروه کنترل، مشاهده شد و این روند از هفته چهارم به بعد مشهودتر بوده است. نصیر مسلم و همکاران (Nasir Muslim *et al.*, 2017) با بررسی اثر ترکیبی عصارهٔ هسته انگور، اسانس گزنه و لیکوپن بر کیفیت سوسیس فرانکفورتر گزارش کردند که میزان کپک و مخمر طی زمان در همهٔ تیمارها افزایش معنی‌داری داشته است. اغلب، مقادیر کپک و مخمر در تیمار لیکوپن ۰/۵ درصد، عصاره گزنه ۲ درصد و هستهٔ انگور ۲ درصد به طور معنی داری کمتر از دیگر تیمارها بوده است. علیرضالو و همکاران (Alirezalu *et al.*, 2019) با بررسی ویژگی‌های میکروبی سوسیس فرانکفورتر فراسودمند در مدت زمان نگهداری متوجه شدند که شمارش کلی باکتری‌ها در تمامی نمونه‌های سوسیس به طور معنی‌داری افزایش یافته است و بیشترین افزایش مربوط به سوسیس بدون نگهدارنده و کمترین افزایش مربوط به سوسیس حاوی کیتوزان و اپیسلون پلی‌لیزین بوده است. در انتهای مدت زمان نگهداری (روز ۴۵ ام)، تیمار سوسیس بدون نگهدارنده بیشترین شمارش کلیفرم را دارا بود ولی در دیگرتیمارها، شمارش این باکتری‌ها کمتر از ۱۰ به‌دست آمد. هوانگ و همکاران (Huang *et al.*, 2011) اثر فیبر گندم، فیبر جو و اینولین را بر ویژگی‌های حسی، فیزیکی و شیمیایی سوسیس‌های چینی بررسی و اعلام کردند افزودن فیبرها (جودوسر و گندم) تاثیر قابل توجهی بر میکروارگانیسم‌های سوسیس چینی ندارد. گارسیا و همکاران (Garcıa *et al.*, 2002) نیز نشان دادند افزودن فیبر غذایی بر رشد میکروبی در سوسیس تخمیری خشک کم چرب تأثیر نمی‌گذارد.

نتیجه گیری

این مطالعه به منظور تولید سوسیس گیاهی با استفاده از فیبر گندم در سطوح ۰/۵، ۱ و ۱/۵ درصد صورت پذیرفت. فیبر گندم و یا زمان نگهداری باعث گردید خصوصیات فیزیکوشیمیایی، میکروبی و حسی محصول تولید شده تحت تاثیر قرار گیرد. نتایج تحقیق نشان داد که با افزودن فیبر گندم، میزان پروتئین (نسبت به نمونه تجاری) به طور معنی-داری کاهش می‌یابد. میزان چربی در ابتدا افزایش و پس از آن در نمونه‌های حاوی ۱/۵ درصد فیبر گندم به کمترین میزان خود رسید. با افزودن فیبر گندم و یا انبارداری بیشتر (خصوصاً روز ۴۵ ام)، میزان pH و رطوبت روند نزولی نشان دادند و کلیه نمونه‌ها از لحاظ pH در محدوده قابل قبول استاندارد قرار داشتند. در زمان نگهداری از روز یکم تا روز ۴۵ ام افت پخت نمونه‌های حاوی فیبر گندم ۰/۵ درصد از روز ۱۴ ام و نمونه‌های حاوی فیبر گندم ۱ درصد از روز ۲۸ ام به‌صورت معنی‌داری افزایش یافت. نمونه حاوی فیبر گندم ۱ درصد در روز یکم بیشترین میزان L* و a* را داشته است. با افزایش فیبر گندم میزان سفتی، نیروی وارنر برتزلر و کرامر افزایش یافت. میزان طعم و مزه و پذیرش کلی با افزایش فیبر گندم، روند صعودی به خود گرفت. کلیهٔ نمونه‌های سوسیس گیاهی تولید شده در دورهٔ نگهداری، از لحاظ شمارش کلی میکروبی و میزان کلیفرم در محدوده مجاز قرار داشتند ولی فقط نمونهٔ حاوی فیبر گندم ۱ و ۱/۵ درصد در روز ۴۵ ام از

لحاظ میزان کپک و مخمر در خارج از محدوده استاندارد قرار درصد باعث بهبود برخی ویژگی‌های سوسیس گیاهی و داشت. می‌توان نتیجه گرفت که افزودن فیبر گندم تا ۱ همچنین حفظ حدود قابل قبول استاندارد خواهد شد.

مراجع

Abbasi, E., Sarteshnizi, R. A., Gavlighi, H. A., Nikoo, M., Azizi, M. H., & Sadeghinejad, N. (2019). Effect of partial replacement of fat with added water and tragacanth gum (Astragalus gossypinus and Astragalus compactus) on the physicochemical, texture, oxidative stability, and sensory property of reduced fat emulsion type sausage. *Meat science*, *147*, 135-143.

Akpan, I. P. (2017). Trends in sausage production. *African Journal of Food Science and Technology*, *8*(5), 081-084.

Alirezalu, K., Hesari, J., Eskandari, M. H., Valizadeh, H., Sirousazar, M., & Nemati, Z. (2019). Evaluation of microbiological and sensory properties of functional frankfurter sausage during storage. *Food Science and Technology*, *15*(83), 267-280. (In Persian)

Aliyari, P., Bakhshi Kazaj, F., Barzegar, M., & Ahmadi Gavlighi, H. (2020). Production of functional sausage using pomegranate peel and pistachio green hull extracts as natural preservatives. *Journal of Agricultural Science and Technology*, *22*(1), 159-172.

Alakhrash, F. Q. (2015). *Effect of Oat Bran on Physicochemical Properties of Alaska Pollock (Theragra chalcograma) Surimi Seafood* (Doctoral dissertation, North Carolina Agricultural and Technical State University).

Aminzare, M., Hashemi, M., Afshari, A., Noori, S. M. A., & Rezaeigolestani, M. (2022). Comparative Evaluation of the Effects of Different Dietary Fibers as Natural Additives on the Shelf Life of Cooked Sausages. *Available at SSRN 4298174*.

Amiri Hosseini, Z., Darvishi, Sh., & Mir Ahmadi, F. (2014). Investigation of the effect of wheat dietary fiber on the chemical and organoleptic properties of hot dog sausage, Conference: International Research Conference on Science and Technology.

Ayetigbo, O., Arufe, S., Kouassi, A., Adinsi, L., Adesokan, M., Escobar, A., ... & Dufour, D. (2023). Review of instrumental texture measurements as phenotypic tool to assess textural diversity of root, tuber and banana food products. *Journal of the Science of Food and Agriculture*.

Barbut, S. (2005). Effects of chemical acidification and microbial fermentation on the rheological properties of meat products. *Meat Science*, *71*(2), 397-401.

Barretto, A. C. D. S., Pacheco, M. T. B., & Pollonio, M. A. R. (2015). Effect of the addition of wheat fiber and partial pork back fat on the chemical composition, texture and sensory property of low-fat bologna sausage containing inulin and oat fiber. *Food Science and Technology*, *35*, 100-107.

Carballo, J. (2021). Sausages: Nutrition, safety, processing and quality improvement. *Foods*, *10*(4), 890.

Chen, J., Zhao, J., Li, X., Liu, Q., & Kong, B. (2021). Composite gel fabricated with konjac glucomannan and carrageenan could be used as a cube fat substitute to partially replace pork fat in harbin dry sausages. *Foods*, *10*(7), 1460.

Cheng, W., Sun, Y., Fan, M., Li, Y., Wang, L., & Qian, H. (2022). Wheat bran, as the resource of dietary fiber: A review. *Critical reviews in food science and nutrition*, *62*(26), 7269-7281.

Choe, J. H., Kim, H. Y., Lee, J. M., Kim, Y. J., & Kim, C. J. (2013). Quality of frankfurter-type sausages with added pig skin and wheat fiber mixture as fat replacers. *Meat science*, *93*(4), 849-854.

Corrêa, P. F., da Silva, C. F., Ferreira, J. P., & Guerra, J. M. C. (2023). Vegetable-based frankfurter sausage production by different emulsion gels and assessment of physical-chemical, microbiological and nutritional properties. *Food Chemistry Advances*, 100354.

Fernández-López, J., Viuda-Martos, M., Sendra, E., Sayas-Barberá, E., Navarro, C., & Pérez-Alvarez, J. A. (2007). Orange fibre as potential functional ingredient for dry-cured sausages. *European Food Research and Technology*, *226*, 1-6.

Foroughi, M., Keramat, J., & Hashemi Ravan, M. (2012). the effect of the addition of potato dietary fiber on the chemical characteristics and organoleptic quality of beef sausage. journal of food technology and nutrition, 9(36), 49-60. (In Persian)

Garcıa, M. L., Dominguez, R., Galvez, M. D., Casas, C., & Selgas, M. D. (2002). Utilization of cereal and fruit fibres in low fat dry fermented sausages. *Meat science*, *60*(3), 227-236.

Guiné, R. P. (2022). Textural properties of bakery products: A review of instrumental and sensory evaluation studies. *Applied Sciences*, *12*(17), 8628.

Henning, S. S. C., Tshalibe, P., & Hoffman, L. C. (2016). Physico-chemical properties of reduced-fat beef species sausage with pork back fat replaced by pineapple dietary fibres and water. *Lwt*, *74*, 92-98.

Huang, S. C., Tsai, Y. F., & Chen, C. M. (2011). Effects of wheat fiber, oat fiber, and inulin on sensory and physico-chemical properties of Chinese-style sausages. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, *24*(6), 875-880.

Iranian National Standardization Organization (INSO). (2019), Standard number 15812.

Iranian National Standardization Organization (INSO). (2007), Standard number 10703-1.

Iranian National Standardization Organization (INSO) (2003), Standard number 742.

Iranian National Standardization Organization (INSO) (2003), Standard number 744.

Iranian National Standardization Organization (INSO) (2003), Standard number 745.

Iranian National Standardization Organization (INSO) (2015), Standard number 5272-2.

Iranian National Standardization Organization (INSO) (2008), Standard number 10899-1.

Iranian National Standardization Organization (INSO) (2008), Standard number 11166.

Jain, A., Pradhan, B. K., Mahapatra, P., Ray, S. S., Chakravarty, S., & Pal, K. (2021). Development of a low-cost food color monitoring system. *Color Research & Application*, *46*(2), 430-445.

Jimenez-Colmenero, F., Cofrades, S., Herrero, A. M., Solas, M. T., & Ruiz-Capillas, C. (2013). Konjac gel for use as potential fat analogue for healthier meat product development: Effect of chilled and frozen storage. *Food Hydrocolloids*, *30*(1), 351-357.

Jin, S. K., Choi, J. S., Yang, H. S., Park, T. S., & Yim, D. G. (2018). Natural curing agents as nitrite alternatives and their effects on the physicochemical, microbiological properties and sensory evaluation of sausages during storage. *Meat Science*, *146*, 34-40.

Jokar, A., NoruziPaghand, A., Madani, S., Shaamirian, M., & Zare, M. (2019). Using germinated wheat flour instead of flour and starch in sausage production. *Journal of Food Science and Technology*. 15 (85): 61-72. (In Persian)

Jridi, M., Abdelhedi, O., Souissi, N., Kammoun, M., Nasri, M., & Ayadi, M. A. (2015). Improvement of the physicochemical, textural and sensory properties of meat sausage by edible cuttlefish gelatin addition. *Food bioscience*, *12*, 67-72.

Ktari, N., Smaoui, S., Trabelsi, I., Nasri, M., & Salah, R. B. (2014). Chemical composition, techno-functional and sensory properties and effects of three dietary fibers on the quality characteristics of Tunisian beef sausage. *Meat Science*, *96*(1), 521-525.

Kenijz, N. V., Varivoda, A. A., Bychkova, T. S., S'yanov, D. A., & Nikolaev, I. A. (2020, December). The use of vegetable proteins in summer sausage production. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 613, No. 1, p. 012051). IOP Publishing.

Majzoobi, M., Talebanfar, S., Eskandari, M. H., & Farahnaky, A. (2017). Improving the quality of meat-free sausages using κ-carrageenan, konjac mannan and xanthan gum. *International Journal of Food Science & Technology*, *52*(5), 1269-1275.

Martín, I., Rodríguez, A., Sánchez-Montero, L., Padilla, P., & Córdoba, J. J. (2021). Effect of the dry-cured fermented sausage "salchichón" processing with a selected Lactobacillus sakei in Listeria monocytogenes and microbial population. *Foods*, *10*(4), 856.

Méndez-Zamora, G., García-Macías, J. A., Santellano-Estrada, E., Chávez-Martínez, A., Durán-Meléndez, L. A., Silva-Vázquez, R., & Quintero-Ramos, A. (2015). Fat reduction in the formulation of frankfurter sausages using inulin and pectin. *Food Science and Technology*, *35*, 25-31.

Milani, M., Rahman, A. R., & Hoseini, S. E. (2022). The Effect of Replacing Chicken Paste with Gelatin Chicken Feet on Physicochemical and Sensory Properties of Hot Dog Chicken Sausage. *Journal of Food Technology and Nutrition*, *19*(Spring 2022), 101-116. (In Persian).

Nasir Muslim, N., Ariyaii, P., Ahmadi, M. (2017). Investigating the combined effect of grape seed extract, nettle essential oil and lycopene on the quality of frankfurter sausage. *Innovation in Food Science and Technology*, 10, 1-11. (In Persian)

Noguerol, A. T., Larrea, V., & Pagán, M. J. (2022). The effect of psyllium (Plantago ovata Forsk) fibres on the mechanical and physicochemical characteristics of plant-based sausages. *European Food Research and Technology*, *248*(10), 2483-2496.

Padrón, P., Paz, S., Rubio, C., Gutiérrez, Á. J., González-Weller, D., & Hardisson, A. (2020). Trace element levels in vegetable sausages and burgers determined by ICP-OES. *Biological trace element research*, *194*, 616-626.

Park, K. S., Choi, Y. I., Lee, S. H., Kim, C. H., & Auh, J. H. (2008). Effect of $\kappa $-Carrageenan and Guar Gum as a Substitute for Inorganic Polyphosphate on Pork Sausages. *Food science and Biotechnology*, *17*(4), 794-798.

Pintado, T., Herrero, A. M., Jiménez-Colmenero, F., Cavalheiro, C. P., & Ruiz-Capillas, C. (2018). Chia and oat emulsion gels as new animal fat replacers and healthy bioactive sources in fresh sausage formulation. *Meat science*, *135*, 6-13.

Poursalehi, M., Zeynali, F., Alizadeh Khaledabad, M., & Almasi, H. (2021). Production of functional chicken sausage by quinoa flour and studying of physicochemical and textural properties. *Journal of Food Research*, *31*(3), 85-107. (In Persian)

Rezaei Roudbareh, E., Rahman, A., & Mostaghim, T. (2017). The effect of inulin and transglutaminase enzyme on the physical and sensory properties of low-salt sausage. *Innovation in Food Science and Technology*, 10, 11-24

Sadeghi, A., Hakimzadeh, V., Ataye Salehi, E., & Rashidi, H. (2022). Evaluation of Properties and Characteristics of Functional Trout Sausages Containing Probiotics and Fat Substitutes. *Research and Innovation in Food Science and Technology*, *11*(1), 17-28. (In Persian).

Safai, S., Alami, M., & Fazli, F. (2013). The effect of adding defatted wheat germ flour on the quality characteristics of sausage, *Innovation in food science and technology*. 6, 55-63. (In Persian).

Saini, P., Islam, M., Das, R., Shekhar, S., Sinha, A. S. K., & Prasad, K. (2023). Wheat bran as potential source of dietary fiber: Prospects and challenges. *Journal of Food Composition and Analysis*, *116*, 105030.

Salejda, A. M., Olender, K., Zielińska-Dawidziak, M., Mazur, M., Szperlik, J., Miedzianka, J., ... & Szmaja, A. (2022). Frankfurter-type sausage enriched with buckwheat by-product as a source of bioactive compounds. *Foods*, *11*(5), 674.

Sánchez-Alonso, I., Haji-Maleki, R., & Borderias, A. J. (2007). Wheat fiber as a functional ingredient in restructured fish products. *Food Chemistry*, *100*(3), 1037-1043.

Schuh, V., Allard, K., Herrmann, K., Gibis, M., Kohlus, R., & Weiss, J. (2013). Impact of carboxymethyl cellulose (CMC) and microcrystalline cellulose (MCC) on functional characteristics of emulsified sausages. *Meat science*, *93*(2), 240-247.

Sharifzadeh, A., & Mootamednejad, H. (2020). Microbial study of the effect of replacing herbal preservatives with chemicals on the production of functional cooked sausages. *Journal of Food Microbiology*, *7*(3), 57-67.

Sikes, A. L., Tobin, A. B., & Tume, R. K. (2009). Use of high pressure to reduce cook loss and improve texture of low-salt beef sausage batters. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, *10*(4), 405-412.

Stevenson, L. E. O., Phillips, F., O'sullivan, K., & Walton, J. (2012). Wheat bran: its composition and benefits to health, a European perspective. *International journal of food sciences and nutrition*, *63*(8), 1001-1013.

Tremlova, B., Havlova, L., Benes, P., Zemancova, J., Buchtova, H., Tesikova, K., ... & Dordevic, D. (2022). Vegetarian “sausages” with the addition of grape flour. *Applied Sciences*, *12*(4), 2189.

Uzlaşır, T., Aktaş, N., & Gerçekaslan, K. E. (2020). Pumpkin seed oil as a partial animal fat replacer in bologna-type sausages. *Food Science of Animal Resources*, *40*(4), 551.

Yadav, S., Pathera, A. K., Islam, R. U., Malik, A. K., & Sharma, D. P. (2018). Effect of wheat bran and dried carrot pomace addition on quality characteristics of chicken sausage. *Asian-Australasian journal of animal sciences*, *31*(5), 729.

Yılmaz, I. (2004). Effects of rye bran addition on fatty acid composition and quality characteristics of low-fat meatballs. *Meat Science*, *67*(2), 245-249.

Yuca, B., Topçu, İ., Yağcılar-Aydemir, H., Özer, C. O., Kılıç, B., & Başyiğit-Kılıç, G. (2019). Effects of beta-glucan addition on the physicochemical and microbiological characteristics of fermented sausage. *Journal of food science and technology*, *56*, 3439-3448.

Food Engineering Research/Vol.23No.77/Autumn & Winter 2024/P: 33-54

Journal Home page: https://fooder.areeo.ac.ir/

Original Research

The effect of wheat fiber on the physical, chemical, sensory and microbial properties of vegan sausage

H. Farasat, R. Farahmandfar*, B. Shohreh, A. Motamedzadegan

***Corresponding Author:** Associate Professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agricultural Engineering, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran
Email: re1farahmand@gmail.com, r.farahmandfar@sanru.ac.ir
Received:24 November 2023 **Accepted:** 9 July 2024
http://doi: 10.22092/FOODER.2024.364214.1379

Abstract

Excessive consumption of processed meat products leads to health problems such as cardiovascular disease, diabetes and various types of cancer. One of the ways to reduce the consumption of meat-based foods is to replace them with vegetable products. The aim of this research was to improve the properties of vegan sausage by using wheat fiber. For this purpose, vegan sausage containing wheat fiber was prepared and analyzed in terms of its composition and quality characteristics during 45 days. The results showed that the addition of wheat fiber (up to 1.5%) decreased protein and fat content. Addition of wheat fiber at each of the storage days, caused pH, moisture content decreased, and firmness, Warner Bratzler and Kramer strength, flavor, and overall acceptance increased. Increase in the storage time of vegetable sausage in the refrigerator (especially in the last days), the pH, moisture, L* and a* decreased and the total microbial count increased. All vegetable sausage samples were within the standard range in terms of pH, moisture, total microbial count and coliform, and only the samples containing 1% and 1.5% wheat fiber on the 45th day were outside the standard range. The results of this research can be used to improve the commercial production of vegetable sausage.

Keywords: Texture, Vegetarian Sausage, Wheat fiber, Quality Characteristics

© 2023,The Author(s). Published by Agricultural Engineering Research Institute. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/