مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران
سال چهاردهم، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۸، صفحات ۱۱۶-۱۰۹

تأثیر افزودن پودر هسته خرما بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی اسنک اکسترود شده حاوی آرد ذرت در طی انبارمانی

سحر اصغری پور[۱]، محمد نوشاد[۲]، بهزاد ناصحی[۳]، حسین جوینده[۴]، شهرام بیرقی طوسی[۵]

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ایران

۲- استادیار گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان،، ایران

۳- نویسنده مسئول: دانشیار گروه مهندسی و فناوری کشاورزی، دانشگاه پیام نور، ایران. پست الکترونیکی: Nasehi.b@pnum.ac.ir

۴- دانشیار گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ایران

۵- استادیار گروه پژوهشی فرآوری مواد غذایی، پژوهشکده علوم و فناوری مواد غذایی جهاد دانشگاهی، مشهد، ایران

تاریخ دریافت: ۹۷/۳/۱۱ تاریخ پذیرش: ۹۷/۷/۶

چکیده

سابقه و هدف: امروزه تقاضا برای تولید محصولات فراسودمند به منظور پیشگیری از بیماری‌های مختلف و بهبود سلامت جسمی و ذهنی مصرف‌کنندگان در حال افزایش است. غذاهای حاوی فیبر می‌توانند نقش مهمی در نیل به این هدف ایفا کنند. بنابراین هدف از این پژوهش بررسی تأثیر استفاده از پودر هسته خرما به عنوان منبع فیبر بر ویژگی‌های کیفی و عملگرای اسنک می‌باشد.

مواد و روش‌ها: به منظور فرمولاسیون و تهیه نمونه های اسنک از دستگاه اکسترودر دو مارپیچ استفاده شد. برای ارزیابی تأثیر افزودن پودر هسته خرما بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی اسنک ها، محتوی رطوبتی، شاخص جذب آب، شاخص حلالیت آب، ضریب جذب روغن، بافت، رنگ، ترکیبات فنل کل، خاصیت آنتی اکسیدانی و ریزساختمان اسنک‌های تولید شده در طی ۹۰ روز انبارمانی مورد ارزیابی قرار گرفت.

یافته‌ها: افزودن پودر هسته خرما سبب کاهش محتوی رطوبتی، شاخص‌های L* و b* ، میزان جذب آب در نمونه‌ها شد. هم چنین افزودن پودر هسته خرما سبب افزایش مقبولیت، شاخص a*، درصد جذب روغن و افزایش قدرت آنتی اکسیدانی در نمونه‌ها شد. افزودن پودر هسته خرما سبب افزایش میزان ترکیبات فنلی کل (۵/۸۶ معادل اسید گالیک) در نمونه بهینه نسبت به نمونه شاهد (۴/۵۵ معادل اسید گالیک) و افزایش سختی و ایجاد بافت متراکم تر در نمونه‌های بهینه شد.

نتیجه‌گیری: بر اساس نتایج به دست آمده، با افزودن پودر هسته خرما می‌توان اسنک هایی با ارزش تغذیه‌ای و عملگرای بالایی تولید کرد.

واژگان کلیدی: پودر هسته خرما، اسنک، ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی

• مقدمه

اسنک به غذایی اطلاق می‌شود که معمولا به عنوان یکی از وعده‌های اصلی غذا (صبحانه، ناهار، شام) مصرف نمی‌شود. بلکه میان وعده ای است که موقتاً گرسنگی فرد را برطرف می‌سازد و انرژی مختصری برای انجام کار فراهم می‌کند. اسنک‌ها به دلیل محتوی رطوبتی پایینی که دارند نسبت به سایر فرآورده‌های غذایی، عمر انبارمانی بیشتری دارند. (۱).

در سال‌های اخیر نحوه نگرش مردم در مورد غذا تغییر یافته است و آن‌ها فقط برای رفع گرسنگی و نیازهای تغذیه‌ای غذا را مصرف نمی کنند. بلکه اهدافی هم چون پیشگیری از بیماری‌های مختلف و بهبود سلامت جسمی و ذهنی مصرف کنندگان نیز مد نظر می‌باشد (۲). غذاهای حاوی فیبر می‌توانند نقش مهمی در نیل به این هدف ایفا کنند. فیبرهای غذایی پلیمرهای کربوهیدراتی با ۱۰ یا تعدادی بیشتری واحد مونومری هستند که توسط آنزیم‌های روده کوچک انسان هیدرولیز نمی شوند (۳). فیبرها عملکردهای متعددی دارند که از آن جمله می‌توان به کاهش میزان کلسترول، قند خون و یبوست اشاره کرد (۴). غذاهای پر مصرف از جمله اسنک‌های اکسترود شده از گزینه‌های مناسب

جهت غنی سازی با فیبر محسوب می‌شوند که سبب تولید محصولی با کالری و چربی کمتر می‌شود.

هسته خرما علی رغم داشتن خواص تغذیه‌ای و ترکیبات زیست فعال، پس از فرآوری خرما در کارخانجات تولید فرآورده‌های خرما به عنوان محصول جانبی و پسماند هدر می‌رود (۶، ۵). هسته ی خرما با داشتن حدود ۷۳/۱ درصد فیبر رژیمی و مقادیر بالای ترکیبات فنلی می‌تواند به عنوان جزیی عملگرا در بهبود ویژگی‌های کیفی فرآورده‌های غذایی استفاده شود (۷). نتایج پژوهش مجذوبی و همکاران (۱۳۹۳) نشان داد که افزودن پودر هسته خرما به خمیر بیسکویت سبب افزایش قابلیت جذب آب خمیر و کاهش قوام خمیر شد. هم چنین افزودن پودر هسته خرما سبب افزایش دانسیته و سختی بیسکویت‌ها شد (۸). در راستای افزودن مبنع فیبری به اسنک‌ها، Potter و همکاران (۲۰۱۳) تحقیقات خود را بر روی افزودن پودر میوه جات به اسنک انجام دادند. نتایج این پژوهشگران نشان داد که با افزایش درصد افزودن پودر میوه خواص تغذیه‌ای، عطر و طعم افزایش یافت در حالی که خواص فیزیکی نظیر انبساط، حلالیت در آب، سختی و دانسیته توده دست خوش تغییرات نامطلوب شد (۹). مطالعات روبین و همکاران (۲۰۱۲) و سوزر و پوتانن (۲۰۱۷) نشان داده که افزایش مقدار فیبر رژیمی یا سبوس در محصولات اکسترود شده عامل بدترشدن بافت و افزایش دانسیته و سختی و کاهش انبساط شوندگی و تردی محصول است. ولی ارزش غذایی سبوس گندم مانع از آن می‌شود که سبوس را به این راحتی کنار گذاشت (۱۱، ۱۰)

با توجه به این که تاکنون پژوهشی در زمینه استفاده از پودر هسته خرما به عنوان منبع فیبر در اسنک‌ها انجام نگرفته است بنابراین هدف از این پژوهش بررسی تأثیر استفاده از پودر هسته خرما به عنوان منبع فیبر بر ویژگی های‌کیفی و عملگرای اسنک می‌باشد.

• مواد و روش‌ها

مواد اولیه: مواد اولیه شامل بلغور ذرت از کارخانه ذرت طلایی مشهد و پودر هسته خرما از شرکت دانش بنیان پویا فرآوران کامیاب در اصفهان تهیه شد.

تهیه فرمولاسیون مخلوط پایه برای اکستروژن: رطوبت اجزای مخلوط شامل بلغور ذرت و پودر هسته خرما ابتدا توسط رطوبت سنج مادون قرمز(AND مدل mx-50، ژاپن) اندازه گیری شد، سپس از مربع پیرسون برای تنظیم رطوبت مخلوط نمونه ها، استفاده گردید؛ پس از اختلاط، نمونه‌ها در کیسه های پلی اتیلنی بسته بندی و برای به تعادل رسیدن رطوبت، به مدت۲۴ ساعت در جای خنک نگهداری شدند (۹)

شرایط فرآیند اکستروژن: به منظور فرمولاسیون و تهیه نمونه های اسنک از دستگاه اکسترودر دو مارپیچی موجود در پایلوت اکستروژن پژوهشکده علوم و فناوری مواد غذایی جهاد دانشگاهی مشهد (مدل DS56 شرکت Jinan Saxin) استفاده شد. در ابتدا برای بهینه یابی میزان افزودن پودر هسته خرما به اسنک ها، از روش سطح – پاسخ استفاده شد. برای این منظور تأثیر افزودن پودر هسته خرما (۲۰-۰ درصد)، درجه حرارت اکسترودر (۱۲۰-۱۶۰ درجه سانتی گراد) و سرعت چرخش مارپیچ (۱۲۰-۲۲۰ دور بر دقیقه) با مقدار رطوبت خوراک ورودی (۱۴ درصد) و سرعت خوراک دهی (۴۰ کیلوگرم بر ساعت) بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی اسنک‌ها شامل میزان رطوبت، دانسیته، سختی، میزان فیبر، تخلخل، پذیرش کلی، شاخص‌های رنگی، شاخص حلالیت در آب، شاخص جذب آب و روغن در قالب طرح مربع مرکزی با استفاده از نرم افزار Design Expert نسخه‌ی ۷ مورد ارزیابی قرار گرفت. پس از تجزیه و تحلیل داده‌ها، بهینه‌یابی عددی به منظور دست‌یابی به سطوح بهینه متغیرهای مستقل انجام شد. بهترین فرمولاسیون با بالاترین مطلوبیت (۰/۹۲۷ =Desirability) به منظور تولید یک فرآورده با کیفیت انتخاب شد. نتایج حاصل از بهینه یابی نشان داد، اسنک تولید شده حاوی ۱۱/۱۷ درصد پودر هسته خرما در دمای ۱۳۰ درجه سانتی گراد و دور مارپیچ (۲۲۰ rpm) دارای بهترین ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و کیفی بود. پس از تهیه نمونه‌های بهینه و شاهد (نمونه بدون افزودن پودر هسته خرما) در بسته پلاستیکی زیپ دار از جنس پلی اتیلن نگه داری شدند. به منظور ارزیابی افزودن پودر هسته خرما بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی اسنک ها، برخی از ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی اسنک‌های تولید شده در طی ۹۰ روز انبارمانی مورد ارزیابی قرار گرفت.

محتوی رطوبتی: برای اندازه گیری مقدار محتوی رطوبتی، از آون با دمای ۱۰۵ درجه سانتی گراد و به مدت ۱۸ ساعت استفاده شد (۱۲).

شاخص جذب آب (WAI) و شاخص حلالیت در آب (WSI): فرآورده اکسترود شده ابتدا آسیاب شده و از الک با مش ۴۰ عبور داده شد تا اندازه ذرات یکنواخت شود. سپس ۲/۵ گرم از نمونه آسیاب شده با ۲۵ میلی‌لیتر آب مقطر در دمای اتاق به مدت ۳۰ دقیقه با سرعت متوسط هم زده شد و در(g) ۳۰۰۰ به مدت ۱۵ دقیقه سانتریفیوژ شدند. نسبت وزن

مواد باقی مانده در فالکون پس از خروج مایع رویی به وزن نمونه خشک اولیه به عنوان ضریب جذب آب تعریف می‌شود. مایع رویی در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد تا رسیدن به وزن ثابت خشک شد. (۱۳).

۱) شاخص حلالیت آب $= \frac{\text{وزن مایع رویی خشک شده}}{\text{نمونه خشک اولیه}} \times ۱۰۰$

۲) شاخص جذب آب $= \frac{\text{وزن مواد باقی مانده}}{\text{نمونه خشک اولیه}} \times ۱۰۰$

تعیین ضریب جذب روغن (OAI): نیم گرم از نمونه آسیاب شده با ۶ میلی‌لیتر از روغن آفتابگردان در یک لوله سانتریفوژ (مدل Z206A، کشور آلمان) که از قبل توزین شده است، ریخته شدند. بعد از ۳۰ دقیقه، لوله‌ها به مدت ۲۵ دقیقه در ۳۰۰۰ g سانتریفیوژ شدند. روغن جدا شده به وسیله یک پیپت خارج شده و لوله به مدت ۲۵ دقیقه به صورت وارون نگه داشته شد (۱۴).

۳) ضریب جذب روغن $= \frac{\text{وزن فالکون خالی—وزن فالکون با رسوب}}{\text{نمونه اولیه}} \times ۱۰۰$

تعیین دانسیته توده: دانسیته اسنک طبق روش استانداردAACC (۲۰۰۵) به شماره ۱۰-۰۵ محاسبه گردید.

آنالیز بافت: آنالیز پروفایل بافت با استفاده از دستگاه بافت سنج (Stable Micro Systems, Goldalming, UK) TA.XT2i انجام شد. اسنک کامل با پروب استوانه ای ۶ میلی متر، با سرعت ۱میلیمتر بر ثانیه تا ۷۰ درصد ضخامت اسنک فشرده شد. بیشترین نیرو که نشان دهنده اولین گسیختگی در بافت اسنک است، را به عنوان سختی بافت در نظر گرفته شد. (۱۵).

رنگ سنجی: رنگ اسنک‌ها با استفاده از دستگاه رنگ سنج کونیکا مینولتا (مدل CR-400، ژاپن) ارزیابی شد. در این آزمون مقادیر *L (شاخص روشنی)، *a (شاخص قرمزی) و *b (شاخص زردی) تعیین گردید (۱۶).

آزمون اندازه‌گیری ظرفیت فنل کل با روش فولین-سیوکالتیو: ترکیبات فنلی کل طبق روش سینگلتون و همکاران (۱۹۹۹) انجام شد (۱۷). نمونه با نسبت v/v ۱:۱ کلروفروم/ پترولیوم اتر چربی زدایی شد. سپس در آون با دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد خشک گردید. ۱ گرم از نمونه چربی-زدایی شده خشک با ۱۰ میلی‌لیتر آب یا متانول مخلوط شد. سپس در سانتریفوژ با ۲۰۰۰g به مدت ۱۵ دقیقه سانتریفیوژ شد. سپس ۷۰ میکرولیتر از محلول بالایی جدا نموده و با ۹۰۰ میکرولیتر آب مقطر، ۱ میلی‌لیتر معرف فولین سیوکالتیو، ۲ میلی‌لیتر سدیم کربنات ۱۰٪ مخلوط شد. جذب پس از ۶۰ دقیقه در طول موج ۷۶۵نانومتر ثبت شد. مقدار فنل کل به عنوان معادل اسید گالیک از کالیبراسیون منحنی با استفاده از محلول استاندارد اسید گالیک(۰/۱میلی‌گرم / میلی‌لیتر) محاسبه شد.

آزمون مهار رادیکال 1-DipH enyl-2-picryhydrazyl (DPPH): اساس این روش بر مبنای احیاء رادیکال آزاد DPPH به وسیله آنتی‌اکسیدان‌ها در غیاب سایر رادیکال‌های آزاد در محیط می‌باشد که نتیجه این عمل باعث ایجاد رنگی در محیط می‌شود که شدت آن با دستگاه طیف سنجی در طول موج ۵۱۷ نانومتر قابل اندازه‌گیری است. آزمایش طبق روش بنونوتتی و همکاران (۲۰۰۴) انجام شد (۱۸). درصد مهار رادیکال‌های آزاد DPPH با استفاده از فرمول زیر محاسبه گردید:

۴) I%= (Ablank- Asample /Ablank)×100

میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) : در این پژوهش، از دستگاه SEM مدل PH ilips XL30 ساخت کشور هلند استفاده شد. برای میکروسکوپ الکترونی روبشی، قطعات اسنک بهینه و شاهد روز اول، به صورت معکب (۲×۲×۲ cm) برش داده شد. سپس نمونه‌ها توسط نیتروژن مایع منجمد و در آون تحت خلأ خشک شدند. نمونه‌های خشک شده، با طلا-پالادیوم پوشش داده شدند و با بزرگنمایی ۱۰۰ عکس برداری شد. (۱۹).

اندازه‌گیری فعالیت آبی (aw) : برای اندازه گیری فعالیت آبی از دستگاه خودکار و پیشرفته (Novasina ms 1-aw Axair Ltd ساخت کشور سوئیس) استفاده گردید. برای این منظور ۱ گرم نمونه کاملا خرد شده، داخل ظرف مخصوص این دستگاه ریخته شد و سپس با روشن نمودن دستگاه، به طور خودکار فعالیت آبی نمونه با نمایش دمای اندازه گیری، قرائت گردید.

ارزیابی حسی: ارزیابی حسی نمونه‌های تولید شده توسط ۱۵ نفر از افراد آموزش دیده و با تجربه ارزیابی مواد غذایی از دانشجویان گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی در رده سنی ۲۲ تا ۲۸ سال (۶۰٪ خانم و۴۰٪ آقا) انجام پذیرفت. ارزیابی در اتاق‌های با روشنایی و دمای کنترل شده انجام گرفت. نمونه‌ها با امتیاز دهی پنج نقطه‌ای به روش هدونیک که کمترین امتیاز با دادن نمره ۱(بسیار بد) و بیشترین امتیاز با

دادن نمره ۵ (بسیار عالی) بود از نظر ظاهر، طعم، بافت، مزه و پذیرش کلی مورد ارزیابی قرار گرفتند.

طراحی آزمایش و تجزیه و تحلیل آماری: به منظور بررسی اثر افزودن پودر هسته خرما بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی اسنک ها، از مدل‌های خطی عمومی (GLM) با استفاده از نرم‌افزار SAS 8.0 برای آنالیز آماری استفاده شد. مقایسه میانگین مربوط به هر ویژگی توسط آزمون LSD در سطح معنی‌داری ۵ درصد انجام شد

• یافته‌ها

محتوی رطوبت: بر اساس نتایج به دست آمده، افزودن پودر هسته خرما و زمان ماندگاری و هم چنین اثر متقابل آن‌ها بر میزان محتوی رطوبتی معنی‌دار ($p<۰/۰۵$) بود.

شاخص‌های رنگ: بر اساس نتایج به دست آمده. افزودن پودر هسته خرما تأثیر معنی‌داری ($p<۰/۰۵$) بر شاخص‌های رنگی نمونه‌ها داشت. هم چنین بر اساس نتایج به دست آمده، گذشت زمان و افزایش مدت زمان ماندگاری تأثیر معنی‌داری ($p<۰/۰۵$) بر شاخص‌های *L و *b داشت به طوری که افزایش مدت زمان ماندگاری سبب افزایش این شاخص‌ها در نمونه‌ها شد.

ارزیابی حسی: نتایج انالیز واریانس نشان داد، افزودن پودر هسته خرما تأثیر معنی‌داری ($p<۰/۰۵$) بر میزان مقبولیت نمونه‌ها داشت و مدت زمان انبارمانی تأثیر معنی‌داری ($p<۰/۰۵$) بر میزان مقبولیت نمونه‌ها نداشت.

دانسیته: دانسیته توده از خصوصیات مهم اسنک اکسترود شده است که به عنوان توصیف درجه پف کنندگی نمونه اکسترود شده به کار می‌رود (۲۱). بر اساس نتایج به دست آمده تنها عامل تاثیر گذار بر دانسیته، افزودن پودر هسته خرما بود ($p<۰/۰۵$).

درصد جذب آب و درصد حلالیت در آب: نتایج حاصل از آنالیز واریانس (جدول۲) نشان می‌دهد، افزودن پودر هسته خرما و مدت زمان ماندگاری تأثیر معنی‌داری ($p<۰/۰۵$) بر میزان درصد جذب آب توسط نمونه‌ها داشت. علاوه بر این نتایج آنالیز واریانس (جدول۲) نشان داد که افزودن پودر هسته خرما به طور معنی‌داری ($p<۰/۰۵$) سبب افزایش میزان حلالیت در نمونه‌ها شد.

درصد جذب روغن: ظرفیت جذب روغن بیانگر میزان توانایی شبکه پلی ساکارید در جذب روغن می‌باشد (۲۴). نتایج حاصل از آنالیز واریانس نشان داد، افزودن پودر هسته خرما تأثیر معنی‌داری ($p<۰/۰۵$) بر میزان جذب روغن داشت. به طوری که نمونه بهینه نسبت به نمونه شاهد درصد جذب روغن بیشتری را به خود اختصاص داد.

ترکیبات فنلی کل: فنل‌های طبیعی ترکیباتی با فعالیت‌های آنتی اکسیدانی بالا هستند و به دلیل خواص تغذیه‌ای و سلامت زایی آن‌ها امروزه بسیار مورد توجه قرار گرفته است (۲۵). مطابق با جدول آنالیز واریانس (جدول ۲)، افزودن پودر هسته خرما تأثیر معنی‌داری ($p<۰/۰۵$) بر میزان ترکیبات فنلی کل داشت.

قدرت مهار رادیکال DPPH: نتایج بررسی قدرت مهار رادیکال DPPH در جدول ۲ نشان داده شده است. نتایج بررسی نشان داد که اسنک بهینه حاوی پودر هسته خرما نسبت به شاهد قدرت مهار رادیکال بیشتری داشته است و افزودن پودر هسته خرما تأثیر معنی‌داری ($p<۰/۰۵$) بر میزان قدرت مهار رادیکالی نمونه‌ها داشت.

سختی: نتایج آنالیز واریانس (جدول ۲) نشان داد، افزودن پودر هسته خرما و مدت زمان ماندگاری تأثیری معنی‌داری بر میزان سختی نمونه‌ها داشت.

جدول ۱. نتایج آنالیز واریانس (ANOVA) محتوی رطوبتی، شاخص‌های رنکی، مقبولیت کلی و دانسیته نمونه ها

منابع	درجه آزادی	محتوی رطوبت	شاخص *a	شاخص *b	شاخص *L	پذیرش کلی	دانسیته
هسته خرما	۱	۰/۳۳ **	۱۳۹/۹۵ **	۹۱۸/۸۵ **	۲۷۵/۰۵ **	۱/۸۹ **	۰/۱۱ **
زمان ماندگاری	۳	۰/۷۸ **	۰/۱۸ ns	۶۰۲/۲۹ **	۴۱۴/۸۵ **	۰/۹۲ ns	۰/۰۰۵ ns
اثر متقابل	۳	۰/۷۱ **	۸/۵۲ **	۷۵/۵۴ **	۷/۹۳ **	۰/۴۲ ns	۰/۰۰۵ ns
خطا	۸	۰/۰۲	۰/۱۸	۲۰/۴۲	۲/۳۶	۰/۶۳	۰/۰۱۶
R-sq		۹۸/۹	۹۹/۸۸	۹۸/۷۴	۹۹/۶۶	۸۳/۸۱	۸۷/۴
R- adj		۹۷/۹	۹۹/۷۷	۹۷/۶۳	۹۹/۳۷	۶۹/۶۴	۷۶/۳۸

* معنی‌دار بودن در سطح ۵ درصد؛ ** معنی‌داری بودن در سطح ۱ درصد؛ *** ns عدم معنی‌دار بودن

جدول ۲- نتایج آنالیز واریانس (ANOVA) میزان جذب آب، حلالیت، جذب روغن، فعالیت آنتی اکسیدانی، فنل کل و سختی نمونه ها

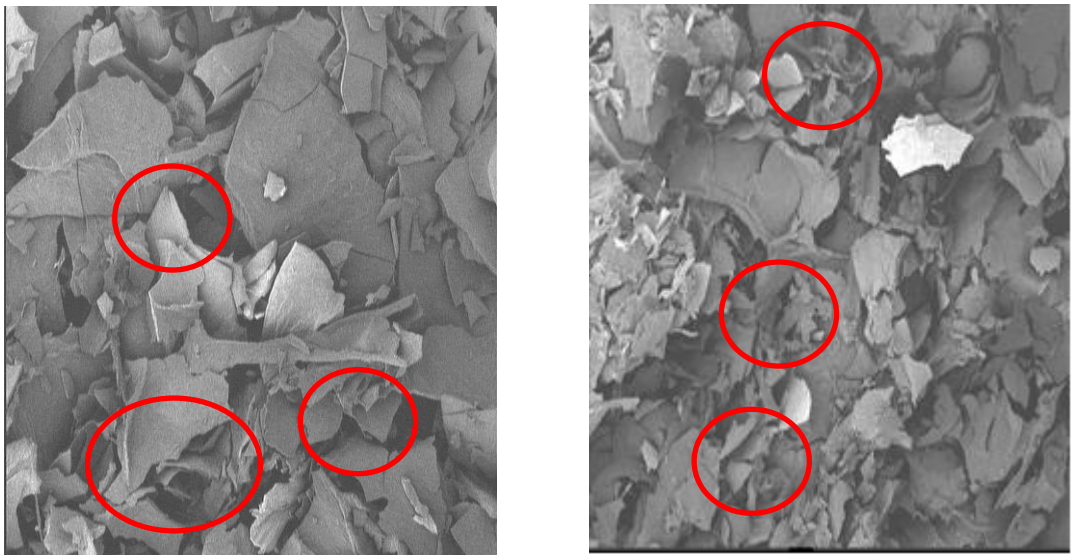
منابع	درجه آزادی	میزان جذب آب	درصد حلالیت	میزان جذب روغن	فعالیت آنتی اکسیدانی	ترکیبات فنلی کل	سختی
هسته خرما	۱	۱۴/۰۴ **	۱۶/۳۶ **	۰/۲۴ *	۵۸۵/۲۸ **	۴/۸۹ **	۶/۲۲ **
زمان ماندگاری	۳	۲۹/۳۱ **	۰/۵۵ ns	۰/۱۱ ns	۰/۶۷ ns	۱/۵۲ ns	۰/۱۴ *
اثر متقابل	۳	۰/۴۱ ns	۰/۲۳ ns	۰/۰۶ ns	۰/۷۸ ns	۰/۵۲ ns	۰/۰۶ ns
خطا	۸	۱/۱۱	۱/۱۱	۰/۲۴	۴/۳۱	۱/۶۲	۰/۰۷
R-sq		۹۷/۵۳	۹۴/۲۵	۷۳/۷	۹۷/۲۷	۸۵/۱۵	۹۹
R-adj		۹۵/۳۶	۸۷/۲۱	۶۵/۶۶	۹۶/۶۳	۶۹/۶۱	۹۸/۱۴

* معنی‌دار بودن در سطح ۵ درصد؛ ** معنی‌داری بودن در سطح ۱ درصد؛ *** ns عدم معنی‌دار بودن

آنالیز SEM: برای بررسی ریزساختمان نمونه‌ها از عکس‌های SEM استفاده شد. بر اساس تصاویر (شکل۱) به دست آمده، افزودن پودر هسته خرما احتمالا سبب کاهش قابلیت انبساط دیواره حباب‌های ایجاد شده در طی خروج نمونه‌ها از دستگاه اکسترودر می‌شود که در نتیجه باعث تولید حباب‌های کوچک تری در طی انبساط در نمونه‌های بهینه می‌شود که همین امر باعث ایجاد بافت متراکم تری در نمونه‌های بهینه شده است. Lue و همکاران (۱۹۹۰) ، تأثیر افزودن جو و سبوس گندم بر ریز ساختار محصولات اکسترودر شده را مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج این پژوهش نشان داد که افزودن این ترکیبات باعث تولید محصولی متراکم با اندازه حفرات کوچک تری شد (۲۸).

• بحث

محتوی رطوبتی: افزودن پودر هسته خرما سبب کاهش محتوی رطوبتی در نمونه‌ها شد که احتمالاً به دلیل وجود فیبرهای نامحلول (سلولز، همی سلولز و لیگنین) در پودر هسته خرما است که باعث کاهش محتوای رطوبتی در نمونه بهینه شد (۷). نتایج پژوهش ساچتی و همکاران (۲۰۰۴)، نیز نشان داد، افزودن آرد بلوط به اسنک باعث کاهش میزان محتوی رطوبتی اسنک‌ها شد که با نتایج پژوهش حاضر مطابقت دارد (۲۰). هم چنین نتایج نشان داد، افزایش مدت زمان انبارمانی سبب افزایش میزان محتوی طوبتی در نمونه‌ها شد که احتمالا به دلیل قابلیت جذب رطوبت محیط توسط اسنک‌ها به دلیل پایین بودن میزان محتوی رطوبتی آن‌ها است.



شکل ۱. تأثیر افزودن پودر هسته خرما بر ریزساختمان نمونه ها

شاخص‌های رنگی: افزودن پودر هسته خرما سبب افزایش شاخص *a و کاهش شاخص‌های *L و *b در نمونه‌ها شد. با توجه به این که پودر هسته خرما دارای مقادیری قند و پروتئین است، بنابراین سبب افزایش واکنش مایلارد می‌شود که در نتیجه، ایجاد پیگمان‌های قهوه ای باعث کاهش شاخص *L در نمونه‌ها می‌شود و کاهش شاخص *b و افزایش شاخص *a در نمونه‌ها احتمالاً به دلیل افزایش فیبر نمونه‌ها و پیگمان‌های موجود در پودر هسته خرما است (۷). هم چنین افزایش شاخص‌های *L و *b با افزایش مدت زمان انبارمانی، احتمالاً به دلیل اکسیداسیون پیگمان‌های تولید در طی مدت زمان انبارمانی و افزایش محتوی رطوبتی نمونه‌ها در طی مدت زمان انبارمانی می‌باشد. لازم به ذکر است که pH نمونه‌های تولید شده بین ۶/۴- ۶/۲ بود.

ارزیابی حسی: بر اساس نتایج به دست آمده، افزودن پودر هسته خرما سبب افزایش پذیرش کلی نمونه‌ها شد که احتمالا به دلیل ویژگی‌های ارگانولپتیکی ایجاد شده در اسنک‌ها در نتیجه افزودن پودر هسته خرما است.

دانسیته: افزایش میزان پودر هسته خرما باعث افزایش دانسیته نمونه‌ها شد که احتمالا به دلیل تغییر در ویسکوزیته نمونه‌ها در اثر افزودن پودر هسته خرما می‌باشد که باعث کاهش حجم و افزایش دانسیته در نمونه‌ها می‌شود (۲۱). ناز کمینتو و همکاران (۲۰۱۲) گزارش کردند، افزایش میزان پروتئین، فیبر و روغن سبب کاهش ویسکوزیته گردیده و در نتیجه توانایی مواد در نگهداری حبا ب های هوا را کم می‌کند. آن‌ها چنین گزارش کردند که با افزایش کنجاله‌ی کنجد نیمه روغن گیری شده میزان انبساط فرآورده کاهش می‌یابد (۲۷). از دلایل دیگری که این مطلب را توجیه می‌نماید کاهش نشاسته‌ی موجود به دلیل افزایش پروتئین می‌باشد که منجر به کاهش میزان انبساط می‌شود (۲۱).

درصد جذب آب و درصد حلالیت در آب: نتایج نشان داد، افزودن پودر هسته خرما سبب کاهش میزان جذب آب توسط نمونه‌ها شد که این امر احتمالاً به دلیل فیبرهای نامحلول در پودر هسته خرما و کاهش میزان نشاسته نمونه‌ها به دلیل جایگزینی با پودر هسته خرما می‌باشد (۷). هم چنین با گذشت زمان نیز میزان جذب آب توسط نمونه‌ها افزایش یافت. دلیل افزایش حلالیت با افزودن پودر هسته خرما، احتمالا به دلیل تأثیر فرآیند اکستروژن در تغییر دادن ساختار مولکولی فیبرها و ایجاد ترکیباتی با وزن مولکولی پایین تر در نمونه‌هاست (۲۳، ۲۲).

درصد جذب روغن: نتایج نشان داد، افزودن پودر هسته خرما سبب افزایش درصد جذب روغن توسط نمونه‌ها شد. مانیندر و همکاران(۲۰۰۷) گزارش دادند که اندیس جذب روغن با WAI رابطه عکس دارد. این امر احتمالا به دلیل تشکیل بیشتر مولکول هایی با وزن مولکولی پایین تر در هنگام استفاده از پودر هسته خرما در نمونه‌ها می‌باشد (۱۴).

ترکیبات فنلی کل و قدرت مهار رادیکال DPPH: افزودن پودر هسته خرما سبب افزایش میزان ترکیبات فنلی کل (۵/۸۶ معادل اسید گالیک) در نمونه بهینه نسبت به نمونه شاهد (۴/۵۵ معادل اسید گالیک) شد که نشان دهنده وجود ترکیبات فنلی در پودر هسته خرما است (۲۶). آل فارسی و همکاران (۲۰۰۷) میزان ترکیبات فنلی کل و قدرت آنتی اکسیدانی شیره خرما، پسماند باقی مانده از فرآوری شیره خرما و هسته خرما را مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج این پژوهش نشان داد، هسته خرما و شیره خرما به ترتیب دارای بیشترین میزان ترکیبات فنلی کل و قدرت آنتی کسیدانی بودند (۲۶).

سختی: افزایش سختی در نتیجه افزایش پودر هسته خرما احتمالا به دلیل ضخیم شدن دیواره‌های سلولی در هنگام شکل گیری حباب‌های هوا می‌باشد زیرا فیبر در تشکیل حباب هوا تداخل ایجاد کرده و ضخامت دیواره سلولی را افزایش می‌دهد (۱۶). ناز سمینتو و همکاران (۲۰۱۲)، نیز گزارش کرد که افزودن کنجاله کنجد به عنوان مکمل فیبری تاثیر معنی‌دار بر روی سختی بافت اسنک حجیم دارد. این پژوهشگران هم چنین گزارش کردند که افزایش فیبر باعث افزایش ضخامت دیواره سلولی شده، قدرت نفوذ پروب را کاهش داده و محصول سفت تری به دست می‌آید. هم چنین نتایج نشان داد، با گذشت زمان میزان سختی نمونه‌ها کاهش یافت که احتمالا به دلیل افزایش مقدار رطوبت نمونه‌ها با گذشت زمان می‌باشد (۲۷).

فعالیت آبی: میزان آب قابل دسترس تحت عنوان فعالیت آبی نامیده می‌شود (۲۹). نتایج آنالیز واریانس داده‌ها بر میزان فعالیت آبی نمونه ی حاوی فیبر نشان داد که با افزایش درصد فیبر در فرمولاسیون اسنک میزان فعالیت آبی نمونه‌ها به طور معنی‌داری افزایش یافت. به طور کلی با بررسی نتایج بدست آمده از تجزیه و تحلیل آماری مشخص گردید که بیشترین میزان فعالیت آبی (۰/۰۶۸) مربوط به نمونه ی حاوی ۱۱/۷درصد فیبر (بهینه) و کمترین میزان فعالیت آبی (۰/۰۴۵) مربوط به نمونه ی شاهد می‌باشد. فعالیت آبی فاکتور مناسبی برای ارزیابی عمرماندگاری و پایداری میکروبیولوژیکی مواد غذایی محسوب می‌گردد (۲۹)، بنابراین انتظار می‌رود که نمونه بهینه دارای عمر ماندگاری کمتری باشد. بر اساس نتایج این پژوهش می‌توان از پودر هسته خرما برای تولید اسنک‌هایی با ارزش عملگرای بالایی استفاده کرد.

سپاسگزاری: نویسندگان مقاله بر خود لازم می دانند که از معاونت پژوهشی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان به دلیل حمایت های مالی و معنوی سپاس و قدردانی نمایند.

References

1. Dehghan-Shoar Z, Hardacre Ak, Brennan CS. The physico-chemical characteristics of extruded snacks enriched with tomato lycopene. Food Chem. 2010; 123: 1117 1122
2. Betoret E, Betoret N, Vidal D, Fito P. Functional foods development trends and technologie. Trends in Food Sci and Tech. 2011; 22: 498-508.
3. Codex Alimentarius. Guidelines for use of nutrition and health claims. 2009.
4. Romo C, Mize K, Warfel K. Addition of hi-maize, natural dietary fiber, to a commercial cake mix. J Am Diet Assoc. 2008; 108: 76-77.108, pp76-77.
5. Shokrollahi F, Taghizadeh M, Koocheki A, Hadad Khodaparast MH. Investigation of physicochemical properties of crust and core dietary fiber from date seed. Iranian J Food Sci and tech. 2015; 48(12): 153-161 [In Persian].
6. Habib HM, Platat C, Meudec E, Cheynier V and Ibrahim WH. Polyphenolic compounds in date fruit seed (Phoenix dactylifera), characterisation and quantification by using UPLC-DAD-ESI-MS. J Sci Food and Agri. 2014; 94 (6): 1084–9.
7. AL-Farsi MA, Lee CY. Optimization of phenolies and dietary fibre extraction from date seeds. Food Chem. 2008; 108: 977-985.
8. Majzoobi M, Mansori H, Falsaghi S R, Farahnaki A. The effect of palm kernel powder on some characteristics of biscuit paste and hard biscuit. J Food Sci and Nut. 2014; 2(12): 5-14.
9. Potter R, Stojceska V and Plunkett A. The use of fruit powders in extruded snacks suitable for Children's diets. Food Sci and Tech. 2013; 51: 537-544.
10. Robin F, Schuchmann HP, Palzer S. Dietary fiber in extruded cereals, limitations and opportunities. Trends Food Sci. Tech. 2012; 21: 27-72.
11. Sozer N, Poutanen K., 2017. Fibre in extruded food products. In: Delcour, J.A., Poutanen, K. (Eds.), Fibre-rich and Wholegrain FoodsdImproving Quality. Woodhead, Cambridge, pp. 222-232.
12. Lobato L, Anibal D, Lazaretti MM, Grossmann MVE. Extruded puffed functional ingredient with oat bran and soy flour. Food Sci and Tech. 2011; 44(4): 933–939.
13. Kumar N, Sarkar BC, and Sharma, HK. Development and characterization of extruded product of carrot pomace, rice flour and pulse powder. African J Food Sci. 2010; 4 (11) : 703 – 717.
14. Maninder K, Sandhu K S and Singh N. Comparative study of the functional, thermal and pasting properties of flours from different field pea (Pisum sativum L.) and pigeon pea (Cajanus cajan L.) cultivars. Food chem. 2011; 104 (1) : 259-267.
15. Bourne, M.C. 2002. Food texture and viscosity: Concept and measurement. Academic Press, 2thed. New York, 50-70.
16. Altan A, McCarthy K, Maskan M. Evaluation of snack food barley-tomato pomace blends by extrusion processing. J Food Eng.2008; 84: 231-242.
17. Singleton VL, Orthofer R and Lamuela-Raventos RM. Analysis of total pH enols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin–Ciocalteau reagent, Methods in Enzymology. 1999: 152-172.
18. Benvenutti S, Pellati F, Melegari M and bertelli D. Polyphenols, anthocyanins, ascorbic acid, and radical scavenging activity of Rubus, Ribes, and Aronia. J Food Sci. 2004; 69(3): 164–169.
19. Shyu YSH, Sung WCH. Improving the emulsion stability of spongy cake by the addition of polyglutamic acid. J Mar Sci and Tech. 2010; 18: 895-900.
20. Sacchetti G, Pinnavaia G, Guidolin E and Dalla Rosa M. Effects of extrusion temperature and feed composition on the functional, physical and sensory properties of chestnut and rice flour-based snack-like products. Food Re Inte. 2014; 37(5): 527-534.
21. Yağcı S, Göğüş F. Response surface methodology for evaluation of physical and functional properties of extruded snack foods developed from food-by-products. J Food Eng. 2008; 86(1): 122-132.
22. Ding QB, Ainsworth P, Tucker G, Marson H. The effect of extrusion conditions on the physicochemical properties and sensory characteristics of rice-based expanded snacks. J Food Eng. 2005; 66(3): 283-289.
23. Brennan MA, Derbyshire E, Tiwari BK, Brennan CS. Integration of β-glucan fibre rich fractions from barley and mushrooms to form healthy extruded snacks. Pla foods hum nut. 2013; 68(1): 78-82.
24. Elleuch M, Besbes S, Roisux O, Blecker C, Deroanne C, Drira N, Attiaf H. date chemical composition and characteritition of the dietary fiber. Food chem. 2008; 11: 678-684.
25. Moure A, et al. Natural antioxidants from residual sources. Food chem. 2001; 72(2): 145-171.
26. AL-Farsi M, ALasalvar C, AL-abid M, al-shoaidy K, AL-Amry M, AL-Rawaliy F. Compositional and Functional Characteristics of date, Syrups and their by products. Food Chem. 2007; 104(3):943-947.
27. Nascimento A, Carvalho C, Takeiti C. Use of sesame oil cake (Sesamum indicum L.) on corn expanded extrudates. Food Re Inter. 2012; 45: 434– 443.
28. Lue S. et al. Expansion of corn extrudates containing dietary fiber: A microstructure study. Lebensm.-Wiss. Technol., London. 1990; 23(2): 165-173.
29. Suhendro EL, Waniska RD, Rooney LW, Gomez MH. Effects of polyols on the processing and qualities of wheat tortillas. Cereal Chem. 1995; 72(1): 122- 127.

Effects of Incorporating Date Kernel Powder on Physicochemical Properties of the Extruded Snacks Containing Corn Flour During Storage

*Asghari-pour S[1], Noshad M[2], Nasehi B[*3], Jooyandeh H[4], Beiraghi- Toosi Sh[5]*

1-MSc Graduated of Food Science and Technology, Faculty of Animal Science and Food Technology, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran

2- Assistant Prof, Dept. of Food Science & Technology, Faculty of Animal Science and Food Technology, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran.

*3- -*Corresponding author: Associated Prof, Dept. of Agricultural Engineering & Technology, Payame Noor University (PNU), Iran. Email: Nasehi.b@pnum.ac.ir*

4- Associated Prof, Dept. of Food Science & Technology, Faculty of Animal Science and Food Technology, Khuzestan Agricultural Sciences and Natural Resources University, Mollasani, Iran

5- Assistant Prof, Dept. of Food Processing, Food Science and Technology Research Institute, Iranian Academic Centre for Education Culture and Research (ACECR), Mashhad, Iran

Received 1 Jun, 2018 **Accepted 28 Sept, 2018**

Background and Objectives: Because of the increasing demands for functional foodstuffs, use of dietary fibers in production of snacks is further considered. The aim of this study was optimization of date kernel powder proportion to improve the physicochemical properties of extruded snacks.

Materials & Methods: Two screw extruders were used to formulate and prepare snacks. In this study, effects of date kernel powder on physicochemical properties of the extruded samples were investigated. The physicochemical properties included moisture content, water absorption index (WAI), water solubility index (WSI), oil absorption index (OAI), texture, color, total phenol, antioxidant activity and SEM during 90 days of storage.

Results: Incorporation of date kernel powder decreased moisture content, L*and b* values and water absorption within the samples. Furthermore, date kernel powder increased the overall acceptability, a* value OAI and antioxidant activity of the samples. Date kernel powder increased total phenolic compounds up to 5.85 (Gallic acid equivalent) in the optimized samples, compared to control samples (4.44 Gallic acid equivalent). Moreover, the powder increased hardness and denser texture formation in the optimized samples.

Conclusion: Based on the current results, high nutritional values and functional properties of the extruded snacks can be improved by incorporation of date kernel powder to foods.

Keywords: Date kernel powder, Snacks, Physicochemical properties