

DOI: 10.22034/FR.2021.38340.1717

بررسی تأثیر نوع فیلم بسته‌بندی و اتمسفر درون بسته بر ویژگی‌های نان سنگک غنی‌شده با پودر تفاله هویج

میلاذ اسدی^۱ و ابراهیم احمدی^{۲*}

تاریخ دریافت: ۹۸/۱۲/۶ تاریخ پذیرش: ۹۹/۸/۱۱

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد گروه مهندسی بیوسیستم دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی سینا

^۲ دانشیار گروه مهندسی بیوسیستم دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی سینا

* نویسنده مسئول: Email: eahmadi@basu.ac.ir

چکیده

نان سنگک از انواع نان‌های مسطح است که به دلیل عطر و طعم مناسب، در صدر مصرف نان‌های سنتی ایران قرار دارد. لذا این نان گزینه مناسبی برای غنی‌سازی با فیبرهای رژیمی می‌باشد. با توجه به اینکه یکی از مهم‌ترین دلایل ضایعات زیاد نان سنگک، عدم بسته‌بندی و نگهداری صحیح آن می‌باشد. لذا در این پژوهش تأثیر نوع فیلم بسته‌بندی و اتمسفر داخل بسته در طول دوره نگهداری بر ویژگی‌های نان سنگک غنی‌شده با پودر تفاله هویج مورد بررسی قرار گرفت. تعیین ویژگی‌های مکانیکی، کیفی و میکروبی نان سنگک غنی‌شده و شاهد تحت اتمسفر اصلاح شده (۸۰ درصد دی‌اکسید کربن، ۲۰ درصد نیتروژن) و اتمسفر محیط در دو دمای ۴ و ۲۰ درجه سانتی‌گراد با دو نوع فیلم نانو پلیمر سیلیکونی و فیلم پلی‌اتیلن سبک بررسی شد. نتایج بافت سنجی نان نشان داد که نان غنی‌شده با پودر تفاله هویج نسبت به نان شاهد کمترین بیاتی و فیلم نانو پلیمر سیلیکونی نسبت به فیلم پلی‌اتیلن سبک از روند بهتری در کنترل بیاتی نان برخوردار بودند. نتایج رنگ سنجی نیز نشان داد میزان فاکتور L^* کاهش یافته ولی میزان a^* افزایش یافته است که به علت وجود ترکیبات رنگی داخل نان سنگک غنی‌شده بود که باعث مشتری‌پسندی نان تولیدشده بود. نان‌های قرار گرفته شده در بسته‌های با اتمسفر اصلاح شده و در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد از تازگی بهتری نسبت به بقیه نمونه‌ها برخوردار بودند. بار میکروبی نان سنگک غنی‌شده و شاهد به‌طور قابل‌توجهی تحت تأثیر هر سه عامل زمان، دما و اتمسفر موجود در بسته بودند به طوری که با کاهش غلظت دی‌اکسید کربن و افزایش زمان نگهداری، کپک‌زدگی در نمونه‌ها مشاهده گردید.

واژگان کلیدی: پودر تفاله هویج، نان سنگک، اتمسفر اصلاح شده، بسته‌بندی

مقدمه

(Food and Agriculture Organization) نشان می‌دهد که

مردم کشورهای خاورمیانه و خاور نزدیک در حدود ۷۷ درصد انرژی موردنیاز روزانه خود را از نان و سایر فرآورده‌های گندم، تأمین می‌نمایند (الکساندراتوس و

نان به عنوان ارزان‌ترین منبع انرژی و پروتئین در تغذیه قسمت اعظمی از مردم جهان نقش حیاتی دارد. بررسی-های سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد (FAO)

بورینسما ۲۰۱۲). نان غذای اصلی و پایه هرم تغذیه‌ای بسیاری از مردم کشورهای جهان را تشکیل می‌دهد. میانگین مصرف نان در ایران ۴۵۰ گرم در روز است (رجب‌زاده ۲۰۰۱).

محصولات صنایع پخت پس از طی فرایند پخت، دستخوش تغییرات فیزیکوشیمیایی می‌شوند که در مفهوم کلی آن را "بیاتی" می‌نامند. به عبارتی این فرایند با ایجاد تغییر در ویژگیهای ظاهری و باطنی طعم، مزه، عطر و قابلیت جویدن، منجر به کهنه شدن این محصولات می‌شود. از روی بافت داخلی و پوسته می‌توان به بیاتی و کهنه شدن محصولات صنایع پخت پی برد. در فرایند بیاتی پوسته نان، چرمی شده و تردی و پوکی خود را از دست می‌دهد و تراکم پذیری مغز آن کاهش می‌یابد (ناصحی و همکاران ۲۰۰۹). امروزه روش‌های زیادی برای کاهش بیاتی نان مطرح می‌شود که از این روش‌ها می‌توان به استفاده از مواد فیبری در فرمولاسیون نان اشاره کرد (روسل و گومز ۲۰۰۷). یکی از منابع فراوان و ارزان‌قیمت در غنی‌سازی مواد غذایی با فیبرها، ضایعات کارخانه‌های فرآوری ازجمله میوه‌ها و سبزی‌ها می‌باشد که می‌توان به تفاله گوجه‌فرنگی، تفاله چغندر، تفاله سیب و تفاله هویج اشاره کرد که در اغلب مواقع به‌صورت زباله هدر می‌رود (شارما و همکاران ۲۰۱۶).

هویج بانام علمی *Daucus carota* به دلیل دارا بودن خواص تغذیه‌ای، محتوای کاروتن و کاروتنوئیدها و نیز ویتامین‌های B₁, B₂, B₆, B₁₂ و عناصر معدنی، یک سبزی شناخته‌شده و باارزش است که حاوی مقادیر زیادی فیبر، پروتئین، چربی و کربوهیدرات می‌باشد (هرناندز اورتگا و همکاران ۲۰۱۳). استفاده از هویج در غذاها مانند نان، کیک، ترشی، نان گندم غنی‌شده و بیسکویت در جهت بالا بردن فیبر این محصولات مورد استفاده قرار گرفته شده است (صالحی و همکاران ۲۰۱۶). غذاهای حاوی فیبرهای رژیمی باید حداقل ۵/۷ گرم فیبر به ازای هر کیلوگرم داشته باشند تا به‌عنوان یک منبع خوب به شمار آیند و حداقل حاوی ۷ گرم فیبر باشند

تا به‌عنوان منبع عالی به‌حساب آیند (توروسکی و همکاران ۲۰۰۷).

افزودن منابع حاوی فیبر به فرمول نان اغلب با مشکلاتی در خصوصیات خمیر و کیفیت نان همراه است. افزودن فیبر سبب کاهش حجم، سفتی و تیرگی رنگ نان می‌شود (وانگ و همکاران ۲۰۰۲). به‌علاوه، خمیرهای حاصله جذب آب زیادی دارند که سبب کاهش تحمل تخمیر می‌شود. اثرات منفی فیبر در ساختار نان به کاهش سهم گلوتن و افزایش ذرات سبوس در بافت نان مربوط می‌شود (کاتینا و همکاران ۲۰۰۶). به نظر می‌رسد که نان‌های مسطح امکان بیشتری برای ترکیب با مقادیر بالای فیبر داشته باشند، بدون آنکه تغییر قابل‌توجهی در کیفیت آن‌ها ایجاد شود (قارونی و همکاران ۱۹۹۲).

در کشور ما مصرف عمده نان از نوع مسطح نظیر لواش، سنگک، بربری و تافتون می‌باشد. نان سنگک در بین نان‌های سنتی موجود در کشور بیشترین میزان فیبر نامحلول را دارد و افزودن فیبر محلول به آن با توجه به تفاوت در پاسخ‌های فیزیولوژیک این فیبرها مطلوب به نظر می‌رسد. در سال‌های اخیر، کشور ما با انبوهی از ضایعات نان مواجه است. به‌طوری‌که نزدیک به ۲۳٪ گندم، ۷٪ آرد و ۲۲٪ نان که برابر با ۴ میلیون تن گندم وارداتی در هر سال در ایران به ضایعات منجر می‌گردد. با توجه به حجم بسیار بالای مصرف نان در کشور، این رقم بسیار قابل‌توجه می‌باشد (ملک محمدی ۲۰۰۶).

زمان ماندگاری نان به‌طورکلی توسط دو فاکتور میکروبی و بیاتی نان محدود می‌شود. نان بعد از پخت به دلیل داشتن رطوبت، محیط مناسبی برای رشد کپک‌ها و مخمرها به شمار می‌رود که عامل فساد نان می‌باشد (آویتال و همکاران ۱۹۹۰).

گاز مورد استفاده برای اتمسفر اصلاح‌شده (MAP-Modified Atmosphere Packaging)، دی‌اکسید کربن (CO₂) است زیرا یک گاز غیر سمی با اثرات ضد میکروبی، شناخته‌شده است. همچنین در اتمسفر اصلاح‌شده (MAP)، نیتروژن (N₂) در ترکیب با

کپسول حاوی ترکیبات گازی اتمسفر اصلاح‌شده

با توجه به پژوهش‌های صورت گرفته در مورد نگهداری نان و حفظ نان با بالاترین میزان دی‌اکسید کربن در بسته‌بندی اتمسفر اصلاح‌شده از کپسول گاز حاوی ۸۰ درصد دی‌اکسید کربن و ۲۰ درصد نیتروژن استفاده گردید. این کپسول از شرکت سپاهان اصفهان تهیه گردید.

روش تهیه پودر تفاله هویج

تفاله هویج جمع‌آوری شده از مغازه‌های تولید و عرضه آب هویج در سطح شهر، به وسیله آون فن دار ساخت شرکت فن آزمگستر در درجه حرارت ۸۰ درجه سانتی-گراد به مدت ۱۲ ساعت خشک گردید. تفاله خشک‌شده توسط یک آسیاب پودر، سپس با الک با درجه مش ۳۵ (۵۰۰ میکرومتر) الک شد.

پخت نان سنگک و بسته‌بندی نمونه‌ها

بعد از آماده‌سازی خمیر و اضافه کردن پودر تفاله هویج در مقادیر ۳، ۵ و ۷ درصد (وزنی/وزنی بر پایه آرد) به فرمولاسیون، نان سنگک به روش سنتی پخت گردید. دمای پخت نان سنگک حدود ۴۰۰ درجه سانتی‌گراد و زمان آن حدود ۴ دقیقه است. برای گرم کردن تنور از گاز استفاده می‌شود. برای تبدیل حرارت مستقیم به حرارت غیرمستقیم، در جلوی شعله مستقیم تنور، دیواری از آجرنسوز به ارتفاع تقریبی ۵۰ سانتی‌متر تعبیه می‌گردد.

نان تولیدی در ابعاد ۱۵×۱۵ با چاقوی استریل شده برش داده شد و در دو بسته‌بندی فیلم نانو پلیمر سیلیکونی و فیلم پلی‌اتیلن سبک با ضخامت ۱۰۰ میکرومتر و ابعاد ۳۵×۲۵ تحت دو اتمسفر گازی شامل ۸۰ درصد دی‌اکسید کربن، ۲۰ درصد نیتروژن و اتمسفر هوا به عنوان شاهد با استفاده از دستگاه مخصوص دوخت پلاست بسته‌بندی گردید. نمونه‌ها تا زمان رؤیت کپک در دو دمای ۴ درجه (یخچال) و ۲۰ درجه (محیط) سانتی‌گراد نگهداری شدند (شکل ۱).

دی‌اکسید کربن مورد استفاده قرار می‌گیرد. نیتروژن یک گاز بی‌اثر دارای خواص ضد میکروبی که عمدتاً برای جایگزینی با اکسیژن (O₂) جهت جلوگیری از فروپاشی بسته مورد استفاده قرار می‌گیرد (خوش‌اخلاق و همکاران ۲۰۱۴). استفاده از بسته بندی‌های مختلف اتمسفر اصلاح شده بر روی ویژگی‌های میکروبی و حسی نان روغن طی مدت زمان ۵ روزه نگهداری مورد بررسی قرار گرفت (محمدزاده میلانی و همکاران ۱۳۹۸).

تفاله هویج دارای ترکیبات مغذی زیادی است. تفاله هویج از لحاظ فیبر غیرمحلول مانند لیگن سلولوز غنی است که ترکیبی از پلی ساکاریدهای پکتیک، همی سلولز و سلولز است و این اجزا خواص فیزیولوژیکی مطلوبی دارند. از تفاله هویج می‌توان در فرمولاسیون بسیاری از مواد غذایی استفاده کرد. در برخی کشورها محصولات صنایع پخت با تفاله هویج تازه یا خشک غنی‌سازی می‌شوند (اخلاقان و همکاران ۲۰۱۸). با توجه به مطالب ارائه‌شده در خصوص ضایعات کارخانه‌های فرآوری و خواص بالای تفاله هویج، استفاده از آن از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. یکی از راه‌های حفظ تفاله هویج، غنی‌سازی آن با نان سنگک و استفاده از تکنولوژی‌های جدید نگهداری جهت کاهش ضایعات نان می‌باشد. هدف از این پژوهش بررسی خصوصیات کیفی و ماندگاری نان سنگک غنی‌شده با پودر تفاله هویج می‌باشد.

مواد و روش‌ها

مواد مصرفی

در این پژوهش از آرد کامل گندم با درجه استخراج ۹۰ درصد استفاده شد. این نوع آرد از کارخانه مریانج کار همدان تهیه شد. تفاله هویج از آب‌میوه‌گیری‌های موجود در سطح شهر همدان تهیه گردید. فیلم بسته‌بندی نانو پلیمر سیلیکونی از شرکت نانو بسپار آیتک و فیلم پلی‌اتیلن سبک موجود در بازار تهیه گردید.



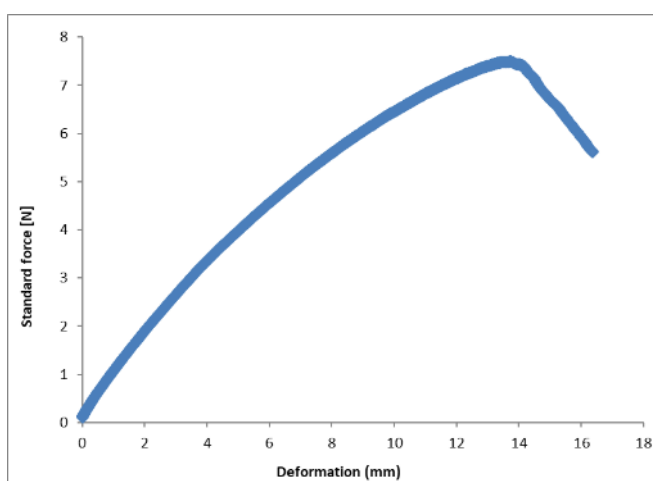
شکل ۱- بسته‌بندی نان با فیلم‌های بسته‌بندی

Figure 1- Packaging bread with packaging films

تعیین بیاتی نان

برای اندازه‌گیری سفتی نان‌ها و روند تغییرات آن در طی نگهداری از آزمون نفوذ استفاده شد. نمونه‌ها تا زمان رؤیت کپک تحت آزمون نفوذ قرار گرفتند. این آزمون با دستگاه آنالیزور بافت مواد غذایی Zwick/Roell مدل BT1-FR0.5TH.D14 مدل لودسل xforce hp با ظرفیت ۵۰۰ نیوتن ساخت کشور آلمان انجام شد. برای این آزمون از پروب استوانه‌ای به قطر ۵/۵ میلی‌متر با سرعت ۲۵ میلی‌متر بر دقیقه استفاده شد. نمونه‌ها از حاشیه‌ها و

قسمت میانی نان‌ها انتخاب و در سه تکرار انجام شد. ابتدا یک قطعه نان به شکل مربع بعد از تعیین ضخامت بروی پروب پایین دستگاه قرار داده شد. با روشن کردن دستگاه پروب به درون نمونه نفوذ کرد و دستگاه با رسم نمودار، میزان نیروی موردنیاز را برای نفوذ پروب به داخل نان را نشان داد. حداکثر نیرو برای نفوذ پروب در نمونه به‌عنوان سفتی نان در نظر گرفته شد. همچنین مدول الاستیسیته توسط دستگاه اندازه‌گیری شد (شکل ۲).



شکل ۲- دستگاه بافت مواد، آزمون نفوذ، نمونه‌ای از دیاگرام نیرو-جابجایی آزمون پانچری انجام شده روی نمونه‌ها

Figure 2- Material Tissue Machine, Penetration Test, An example of the force-displacement diagram of the punch test performed on the specimens

آنالیز ترکیبات گازی

تغییرات اتمسفر داخل بسته و میزان تنفس و غلظت گازهای اکسیژن، دی‌اکسید کربن و نیتروژن در طول دوره نگهداری با دستگاه آنالیز گاز سنج مدل (WITT-GASTECHNIK, OXYBABY 6I) ساخت کشور آلمان انجام گرفت.

ارزیابی رنگ

رنگ نمونه‌های نان تولیدشده و شاهد در سه تکرار در طی دوره نگهداری با استفاده از مدل رنگ $L^*a^*b^*$ با دستگاه رنگ‌سنج هانترب، مدل HP ساخت کشور چین تعیین گردید. استفاده گردید. مقادیر L , a , b بدست آمده ثبت شد. مقدار ΔE که اختلاف رنگ را نشان می‌دهد با استفاده از رابطه (۱) محاسبه گردید:

$$\Delta E = \sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2} \quad (1)$$

که در این رابطه $L\Delta$ تغییرات روشنایی، $a\Delta$ تغییرات رنگ قرمز-سبز و $b\Delta$ تغییرات رنگ زرد-آبی می‌باشد.

رشد میکروبی

نان‌های شاهد و غنی‌شده طی دوره نگهداری به‌صورت ظاهری از نظر رشد کپک بررسی شدند. زمانی که نان علائمی از کپک‌زدگی داشت، غیرقابل استفاده محسوب می‌شد. شمارش میکروبی به دو دلیل انجام نگرفت. اول به دلیل اینکه در طی فاز هموزئیزاسیون، میسلا می‌شکند و واحدهای تشکیل کلنی کپک، به تعداد زیادی بوجود می‌آید. همچنین از آنجایی که تکه‌های نان بطور یکنواخت آلوده نمی‌شوند برآورد شمارش میکروبی بیانگر آلودگی میکروبی در محل نخواهد بود (آی و همکاران ۲۰۱۸). درواقع روش استفاده در این پژوهش برای تعیین فساد میکروبی نان، استنباط مصرف‌کننده بود (گوردا و همکاران ۲۰۰۴).

طرح آزمایش و تحلیل آماری

در این تحقیق تمامی مراحل و آزمایش‌های انجام‌شده در این پژوهش در سه تکرار انجام شد. نتایج آزمایش‌ها با استفاده از آزمون فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی

پس از نرمال‌سازی با استفاده از نرم‌افزار SPSS 23 مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. میانگین تیمارها نیز با روش دانکن در سطح اطمینان ۹۵ درصد مقایسه گردید. برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel 2016 استفاده شد.

نتایج و بحث

آنالیز میکروبی

مقیاس اندازه‌گیری برای ارزیابی نگهداری نان، دو فاکتور بیاتی و کپک زدن نان بود. کپک زدن نان‌ها در دو دمای ۴ درجه و ۲۰ درجه سانتی‌گراد بررسی شد. نتایج نشان داد نان‌های شاهد و غنی‌شده در بسته‌های پلی‌اتیلن و نانو، نگهداری شده در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد با اتمسفر معمولی بعد از گذشت دوره سوم (روز ششم) کپک‌زدگی شروع شد به‌طوری‌که رشد کپک‌ها به‌سرعت گسترش پیدا کرد. اما برای نان شاهد و غنی‌شده در بسته‌های پلی‌اتیلن و نانو با اتمسفر اصلاح‌شده در دوره چهارم (روز نهم) کپک مشاهده گردید. همچنین نمونه‌هایی که در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری می‌شدند تا ۲۰ روز دوره نگهداری، هیچ‌گونه فساد کپکی در آن‌ها مشاهده نگردید.

در پژوهشی که توسط شفیع و همکاران (۲۰۱۶) بر روی بررسی اثر بسته‌بندی اتمسفر اصلاح‌شده بر روی ماندگاری نان‌های بربری و سنگک انجام گرفت، نتایج رشد میکروبی نشان داد در نمونه‌های بسته‌بندی‌شده تحت اتمسفر محیط در روز ششم در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد کپک‌زدگی مشاهده شد اما نمونه‌هایی که با اتمسفر اصلاح‌شده (۷۰ درصد دی‌اکسید کربن، ۳۰ درصد نیتروژن) بسته‌بندی‌شده بودند تا پایان ۱۷ روز نگهداری کپکی مشاهده نگردید. در این پژوهش بار میکروبی نان سنگک غنی‌شده و شاهد به‌طور قابل‌توجهی تحت تأثیر هر سه عامل زمان، دما و اتمسفر موجود در بسته بودند به‌طوری‌که با کاهش غلظت دی‌اکسید کربن

جدول ۱- نتایج جدول تجزیه واریانس اثر روز، نان، نوع

فیلم، گاز و دما بر F_{max} Table 1 - Results of analysis of variance of the effect of day, bread, film type, gas and temperature on F_{max}

Sources of change	Degrees of freedom	F_{max}
Day	2	0.1*
Bread	1	0.00 ^{ns}
Film	1	0.06 ^{ns}
Gas	1	0.00 ^{ns}
Temperature	1	0.00 ^{ns}
Test error	96	0.003

“ns” means there was no significant relationship here.

* Significant relationship between two parameters at $P < 0.05$.

با توجه به نتایج جدول ۲- اثر سه‌گانه، نان × گاز × دما بر روی فاکتور مدول الاستیسیته در سطح ۰/۰۱ معنی‌دار می‌باشد. همچنین اثر متقابل پنج‌گانه، روز × نان × فیلم × گاز × دما نیز در سطح ۰/۰۵ درصد معنی‌دار می‌باشد. مقایسه میانگین نان غنی‌شده با پوشش پلی‌اتیلن، اتمسفر محیط و دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد با ۰/۰۰۲۶ مگا پاسکال بالاترین مقدار مدول الاستیسیته و نان غنی‌شده با پوشش نانو، اتمسفر اصلاح‌شده و دمای ۴ درجه سانتی‌گراد با ۰/۰۰۰۸ مگاپاسکال کمترین میزان مدول الاستیسیته را دارا می‌باشد. در طول ۶ روز دوره نگهداری روند ثابت و مشخصی برای مدول مشاهده نگردید به‌طوری‌که در بعضی از روزها روند کاهشی و در بعضی از روزها روند افزایشی مشاهده گردید. می‌توان نتیجه گرفت نسبت گلوتن و نشاسته، مهم‌ترین عوامل در سفتی نان بوده و در تغییرات الاستیکی ایجادشده در حین ماندگاری نان تأثیر زیادی دارند. مدت‌زمان و کیفیت تخمیر و شرایط پخت نان نیز بر سفتی و بیاتی مغز نان مؤثرند که یارمند و سیدان اردبیلی (۲۰۰۵) این نتایج را تأیید کرده‌اند.

و افزایش زمان نگهداری، کپک‌زدگی در نمونه‌ها مشاهده گردید.

بررسی تغییرات بافتی نان با آزمون پانچری طی ۶

روز نگهداری

با توجه به زمان و گسترش بیاتی، نان سفت شده و میزان نیروی لازم برای آزمون پانچری افزایش می‌یابد. نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۲ و ۱) برای مدول الاستیسیته و حداکثر نیروی موردنیاز برای فشردن تمامی نمونه‌های نان سنگک غنی‌شده و شاهد تا زمان روئیت کپک (۶ روز) در نمونه‌ها نشان داده شده است.

جدول ۱ نتایج تجزیه واریانس طول دوره (روز)، گاز درون بسته، دما، نوع فیلم و نان بر پارامتر حداکثر نیروی نان سنگک را نشان می‌دهد. باگذشت زمان مقدار نیروی لازم برای نفوذ پروب به داخل نان افزایش یافت. نان غنی‌شده با پوشش نانو و اتمسفر اصلاح‌شده در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد بالاترین (F_{max}) با ۰/۹۶ نیوتن و نان شاهد با پوشش پلی‌اتیلن و اتمسفر اصلاح‌شده در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد کمترین (F_{max}) با ۰/۵۸ نیوتن را دارا بودند.

این نتایج بیانگر این است باگذشت زمان سفتی نان افزایش پیدا کرده است. سفتی بافت نان به میزان حباب-های هوای نگه‌دارنده در خمیر نان مربوط می‌شود. با اضافه کردن پودر تفاله هویج به فرمولاسیون نان حباب-های کمتری در حین مخلوط‌سازی خمیر به دام افتاده بنابراین فشردگی و سفتی نان بیشتر شده است. همچنین افزودن فیبر هویج در سفتی نان موثر است. افزایش سفتی فرآورده‌های غلات در نتیجه افزودن فیبرهای خوراکی در سایر پژوهش‌های انجام‌گرفته گزارش شده است. روسل و گومز (۲۰۰۷) نشان دادند افزودن پودر تفاله هویج به فرمولاسیون دونات سبب ضخیم‌تر شدن دیواره‌های سلول‌های گاز و کاهش مقدار هوای محبوس شده در خمیر و متعاقب آن کاهش حجم و افزایش سفتی در فرآورده نهایی می‌شود.

در طول دوره نگهداری در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد بررسی شود.

با توجه به شکل ۳ تغییرات سفتی نان طی دوره نگهداری نشان داده شده است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود سفتی نمونه‌های نان شاهد نسبت به نان غنی‌شده طی دوره نگهداری در حال افزایش می‌باشد. این موضوع می‌تواند به تبخیر رطوبت از سطح نان، اختلاف در مرحله رطوبت در سطح و مغز نان و به تبع آن مهاجرت رطوبت از مغز به پوسته باشد از این پدیده به عنوان چرمی شدن پوسته یاد می‌شود به طوری که پوسته نان طی بیاتی تردی اولیه خود را از دست می‌دهد. پس از آن در طی دوره نگهداری فیلم نانو پلیمر سیلیکونی به دلیل نفوذپذیری کمتر نسبت به بخار آب، نسبت به فیلم پلی اتیلن توانسته است از بیاتی نان جلوگیری کند اما در بسته‌هایی که حاوی اتمسفر اصلاح شده بودند در دوره هفتم به بعد به علت جذب رطوبت توسط بسته‌ها میزان بیاتی کاهش یافته ولی نان به علت جذب رطوبت قابلیت مصرف را نداشت. همان‌گونه که در شکل ۳ نشان داده شده است، سفتی نان شاهد طی زمان نگهداری به دلیل کاهش رطوبت، پدیده واگشتگی نشاسته در حال افزایش می‌باشد. می‌توان چنین نتیجه گرفت که کاهش رطوبت منجر به افزایش سفتی نان گشته است. این مسئله توسط پژوهشگرانی همچون راجرز و همکاران (۱۹۸۸) نیز گزارش شده است. آنان مشاهده کردند که نان با رطوبت کمتر سرعت سفت شدن بیشتری دارد درحالی که میزان تبلور مجدد نشاسته در این نمونه‌ها کمتر از نمونه‌های مرطوب‌تر بود. می‌توان گفت سفت شدن به تنهایی تابعی از واگشتگی نشاسته نیست بلکه عوامل دیگری همچون ترکیب لیپید و آمیلوز، انتقال رطوبت و تغییر در سیستم گلوتنی در سفتی تان مؤثرند (ساکوتلی و همکاران ۲۰۱۷). نمودار ۱ در شکل ۳، مقایسه بین نان شاهد و غنی‌شده برای فیلم نانو با اتمسفر محیط می‌باشد. نتایج نشان داد نان شاهد نسبت به نان غنی‌شده از سرعت بیاتی کمتری

جدول ۲- جدول تجزیه واریانس اثر روز، نان، فیلم، گاز و

دما بر مدول الاستیسیته

Table 2 - Results of analysis of variance of effect of day, bread, film type, gas and temperature on Emod

Sources of change	Degrees of freedom	Emod
Day (A)	2	1.23×10-6*
Bread (B)	1	1.05×10-6*
Film (C)	1	9.75×10-7*
Gas (D)	1	9.58×10-7*
Temperature (E)	1	2.23×10-7*
A×B	2	1.06×10-6*
B×C	1	1.06×10-6*
C×D	1	1.02×10-6*
A×C×E	2	6.11×10-7*
B×D×E	1	2.46×10-6**
A×B×C×D	2	1.15×10-6**
A×C×D×E	2	5.50×10-7*
B×C×D×E	1	1.33×10-6*
A×B×C×D×E	2	9.33×10-7*
Test Error	96	2.22×10-7

“ns” means there was no significant relationship here.

* Significant relationship between two parameters at $P < 0.05$.

** Significant relationship between two parameters at $P < 0.01$.

نتایج بررسی بیاتی نان در طی ۲۰ روز دوره نگهداری

در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد

آنالیز اثر متقابل تمام نمونه‌ها تا زمان رؤیت کپک بررسی شد. با توجه به اینکه تا ۲۰ روز دوره نگهداری در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد کپکی در بسته‌ها مشاهده نشد. حداکثر نیروی لازم برای فشردن نان با آزمون پانچری به عنوان سفتی نان در نظر گرفته شد تا میزان بیاتی نان

برخوردار است. به طوری که در روز اول برای نان شاهد این مقدار ۵/۴۶ نیوتن و در روز آخر به ۱۱/۳۶ نیوتن افزایش پیدا کرد اما در نان غنی شده این روند بیشتر بود به طوری که در ابتدا ۵/۰۲ نیوتن بود که در روز آخر این مقدار به ۱۴/۰۲ نیوتن افزایش پیدا کرد که نشان دهنده این است که فیلم نانو در شرایط اتمسفر محیط برای نان شاهد از روند بهتری در به تأخیر انداختن بیاتی نان برخوردار بوده است.

نمودار ۲ در شکل ۳، مقایسه بین نان شاهد و غنی شده برای فیلم نانو با اتمسفر اصلاح شده می باشد. نتایج نشان داد نان غنی شده نسبت به نان شاهد از سرعت بیاتی کمتری برخوردار است. این روند تا روز چهاردهم به صورت افزایشی بود اما بعد از روز چهاردهم روند بیاتی رو به کاهش بود. علت این امر جذب رطوبت در بسته های اتمسفر اصلاح شده می باشد زیرا به علت عدم نفوذپذیری فیلم ها، دی اکسید کربن موجود در بسته خارج شد و باعث ترش مزه شدن نان شد که قابلیت مصرف نداشت. در روز اول حداکثر نیروی نفوذ ۵/۶۳ نیوتن و در روز چهاردهم به ۱۲/۰۸ نیوتن افزایش پیدا کرده و در روز آخر حداکثر نیروی نفوذ به ۵/۰۴ نیوتن رسید. این نتایج نشان دهنده این است که فیلم نانو در شرایط اتمسفر اصلاح شده برای نان غنی شده تا روز چهاردهم از روند بهتری در به تأخیر انداختن بیاتی نان برخوردار بوده است.

نمودار ۳ در شکل ۳، مقایسه بین نان شاهد و غنی شده برای فیلم پلی اتیلن با اتمسفر محیط می باشد. نتایج نشان داد نان غنی شده نسبت به نان شاهد از سرعت بیاتی کمتری برخوردار است به طوری که در روز اول برای نان غنی شده این مقدار ۴/۴۷ نیوتن و در روز آخر به ۷/۹۰ نیوتن افزایش پیدا کرده اما در نان شاهد این روند بیشتر بود به طوری که در ابتدا ۴/۳۳ نیوتن بود که در روز آخر این مقدار به ۱۱/۰۱ نیوتن رسید که نشان دهنده این است که فیلم نانو در شرایط اتمسفر محیط برای نان شاهد از

روند بهتری در به تأخیر انداختن بیاتی نان برخوردار بوده است.

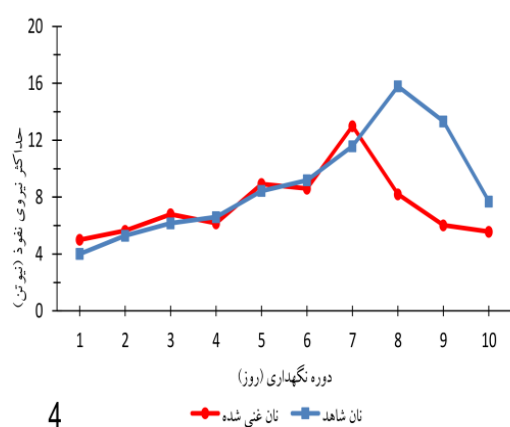
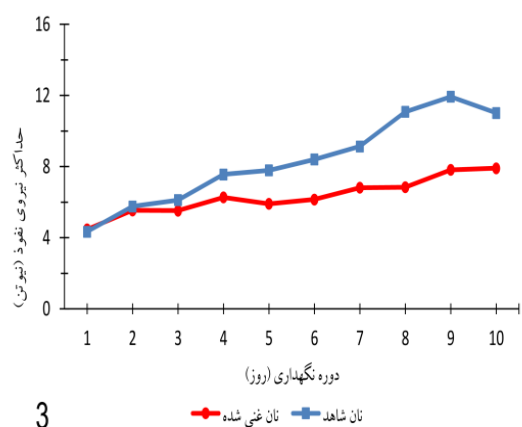
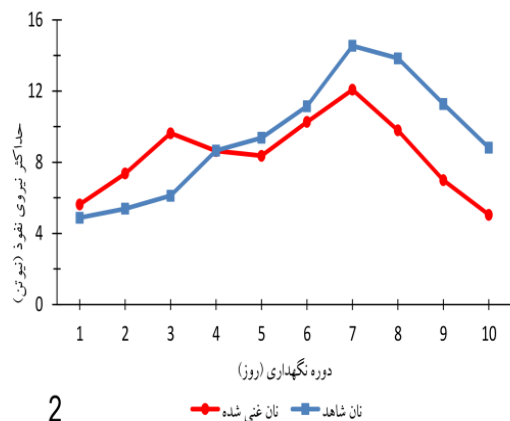
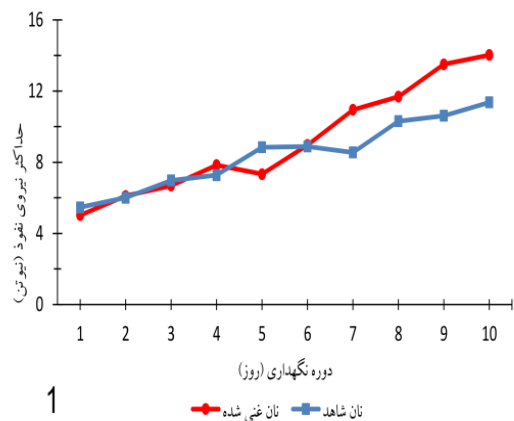
نمودار ۴ در شکل ۳ مقایسه بین نان شاهد و غنی شده برای فیلم پلی اتیلن با اتمسفر اصلاح شده می باشد. نتایج نشان داد نان غنی شده نسبت به نان شاهد از سرعت بیاتی کمتری برخوردار است. این روند تا روز چهاردهم به صورت افزایشی بود اما بعد از روز چهاردهم روند بیاتی رو به کاهش بود. علت این امر جذب رطوبت در بسته های اتمسفر اصلاح شده می باشد زیرا به علت عدم نفوذپذیری فیلم ها، دی اکسید کربن موجود در بسته خارج شد و باعث ترش مزه شدن نان شد که قابلیت مصرف نداشت. در روز اول حداکثر نیروی نفوذ ۵/۶۳ نیوتن و در روز چهاردهم به ۱۲/۰۸ نیوتن افزایش پیدا کرده و در روز آخر حداکثر نیروی نفوذ به ۵/۰۴ نیوتن رسید. این نتایج نشان دهنده این است که فیلم نانو در شرایط اتمسفر اصلاح شده برای نان غنی شده تا روز چهاردهم از روند بهتری در به تأخیر انداختن بیاتی نان برخوردار بوده است.

تغییرات گاز درون بسته بندی در طول دوره نگهداری

با توجه به نتایج جدول ۳ تغییرات اکسیژن و نیتروژن در شرایط اتمسفر اصلاح شده در طول دوره نگهداری نشان داد که میزان اکسیژن در بسته های نانو در شرایط اتمسفر اصلاح شده به تدریج در حال افزایش است، اما روند افزایشی آن نسبت به فیلم پلی اتیلین کندتر است. می توان نتیجه گرفت فیلم های نانو پلیمر سیلیکونی خاصیت نفوذپذیری کمتری برای ورود و خروج اکسیژن دارند. این روند باعث شد نمونه های که در فیلم نانو پلیمر سیلیکونی بودند به خاطر خاصیت کنترل میزان اکسیژن، نسبت به نمونه هایی که در فیلم پلی اتیلین بودند دیرتر کپک بزنند و از بین بروند. دما اثر قابل توجهی در میزان اکسیژن ورودی به فیلم های بسته بندی داشت. بیشترین میزان اکسیژن در بسته های نان غنی شده با فیلم نانو در دمای ۲۰ درجه سانتی گراد و کمترین میزان اکسیژن در بسته های غنی شده با فیلم نانو در دمای ۴ درجه سانتی-گراد نگهداری شده بود مشاهده گردید. همچنین اثر پنجگانه اکسیژن و نیتروژن، روز× نان× فیلم× گاز× دما

در بسته را دارد تأثیر معنی‌داری بر روند نگهداری نان نداشت.

در سطح ۰/۰۱ درصد معنی‌دار شد. با توجه به اینکه گاز نیتروژن گازی بی‌اثر می‌باشد و فقط خاصیت پرکنندگی



شکل ۳- نمودار حداکثر نیروی نفوذ برای نان سنگک غنی‌شده و نان سنگک شاهد در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد - نمودار ۱. فیلم نانو با اتمسفر محیط، نمودار ۲. فیلم نانو با اتمسفر اصلاح‌شده، نمودار ۳. فیلم پلی‌اتیلن با اتمسفر محیط، نمودار ۴. فیلم پلی‌اتیلن با اتمسفر اصلاح‌شده

Figure 3- Diagram of Maximum Penetration Force for Enriched Sangak and Control Sangak at 4°C - Graph 1. Environmental Atmospheric with Nano Film; Graph 2. Modified Atmospheric with Nano Film; Graph 3. Environmental Atmospheric with Polyethylene Film; Graph 4. Modified Atmospheric with Polyethylene Film

به‌طوری‌که میزان دی‌اکسید کربن بین ۳ تا ۸۰ درصد متفاوت بود که اختلاف معنی‌داری در فیلم پلی‌اتیلن بود. نتایج کلی این پژوهش در مورد آنالیز گاز درون بسته و خاصیت جلوگیری از بیای نان با توجه به ترکیب گازی (۸۰ درصد دی‌اکسید کربن، ۲۰ درصد نیتروژن) نشان داد، تأثیر دی‌اکسید برای نگهداری نان برای جلوگیری از کپک زدن و بیای نان سنگک اثر معنی‌داری داشت.

با توجه به نتایج جدول ۳ برای میزان دی‌اکسید کربن نتایج نشان داد بیشترین میزان حفظ دی‌اکسید کربن در بسته‌های نانو پلیمر سیلیکونی مشاهده گردید که این روند بین ۶۹ تا ۸۰ درصد متفاوت بود اما کمترین میزان حفظ دی‌اکسید کربن در بسته‌های پلی‌اتیلن مشاهده گردید. نتایج فیلم پلی‌اتیلن نشان داد این فیلم خاصیت نفوذپذیری بالایی برای ورود و خروج گازهای داخل بسته دارد

مطالعات بلک و همکاران (۱۹۹۳)، آویتال و همکاران (۲۰۱۷)، در خصوص اثر دی‌اکسید کربن بر خوش‌اخلاق و همکاران (۲۰۱۴) و نوروز و همکاران (۱۹۹۰)، با نتایج این پژوهش مطابقت داشت.

جدول ۳- جدول تجزیه واریانس مقادیر اکسیژن، دی‌اکسید و نیتروژن برای روز، نان، فیلم، گاز و دما

Table 3 - Results of analysis of variance of the effect of day, bread, film type, gas and temperature on O₂, N₂ and CO₂

Sources of change	Degrees of freedom	N ₂	CO ₂	O ₂
Day (A)	2	7328.68**	10616.6**	398.56**
Bread (B)	1	3.27 ^{ns}	14.88 ^{ns}	0.85 ^{ns}
Film (C)	1	0.76 ^{ns}	0.003 ^{ns}	770.43**
Gas (D)	1	14828.54**	27919.62**	2.59*
Temperature (E)	1	1558.47**	1076.38**	49.34**
A×B	2	26.17 ^{ns}	3.54 ^{ns}	13.34**
A×C	2	265.12**	266.86**	2.73**
A×D	2	3546.39**	7892.74**	285.98**
A×E	2	60.74**	250.17**	11.35**
B×C	1	153.07**	225.25**	4.23**
B×D	1	1073.27**	367.04**	14.26**
B×E	1	4.09 ^{ns}	368.96**	13.73**
C×D	1	1022.56**	254.13**	14.77**
C×E	1	388.32**	1885.73**	45.42**
D×E	1	1208.31**	1843.98**	74.99**
A×B×C	2	118.41**	103.83**	0.14 ^{ns}
A×B×D	2	630.99**	331.87**	31.43**
A×B×E	2	95.20**	110.45**	11.11**
A×C×E	2	80.32**	142.05**	2.66**
A×D×E	2	32.12 ^{ns}	53.27**	8.47**
B×C×E	1	399.1**	1449.7**	23.42**
B×D×E	1	262.62**	54.48**	3.38**
C×D×E	1	419.8**	925.68**	43.64**
A×B×C×D	2	361.89**	50.49**	4.87**
A×B×C×E	2	82.78**	314.61**	8.84**
A×B×D×E	2	137.49**	248.78**	8.64**
A×C×D×E	2	133.37**	153.52**	1.55**
B×C×D×E	1	308.2**	674.7**	27.8**
A×B×C×D×E	2	125.44**	173.96**	3.65**
Test error	96	11.98	6.31	0.37

“ns” means there was no significant relationship here.

* Significant relationship between two parameters at $P < 0.05$.

** Significant relationship between two parameters at $P < 0.01$.

آنالیز رنگ سنجی نان

رنگ پوسته نان در این پژوهش نسبت به نمونه شاهد تحت تأثیر مواد موجود در فرمولاسیون قرار گرفته است. جدول ۴ نتایج مربوط به مؤلفه‌های رنگ سنجی نان در طول دوره نگهداری را نشان می‌دهد. میزان درخشندگی (فاکتور L*) اثر معنی‌داری بر نوع نان و طول دوره در سطح ۰/۰۱ درصد داشته است. همچنین اثر متقابل روز× فیلم×گاز× دما در سطح ۰/۰۱ درصد معنی‌دار بود.

مشاهده می‌شود که با افزودن پودر تفاله هویج در فرمولاسیون نان مقدار فاکتور L* (روشنایی) نان‌های غنی‌شده نسبت به نان شاهد کاهش یافته است. نان شاهد نسبت به نان غنی‌شده درخشندگی بیشتری مشاهده گردید. فاکتور a* (سبز-قرمز) اثر متقابل چهارگانه نان× فیلم×گاز× دما در سطح ۰/۰۵ درصد معنی‌دار می‌باشد. نان غنی‌شده نسبت به نان شاهد تغییر معنی‌داری دارد. مشاهده شد بیشترین فاکتور a* مربوط به دمای ۴ درجه

و کمترین آن مربوط به دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. با افزودن پودر تفاله هویج، مولفه a^* افزایش یافته است که به دلیل وجود رنگ‌دانه‌های کارتنوئیدی می‌باشد که رنگ سطح پوسته در نان‌های غنی‌شده مایل به نارنجی می‌باشد (اوشیا و همکاران ۲۰۱۵). این نتایج با نتایج تورکسوی و اوزکایا (۲۰۱۱) در مورد بیسکویت مطابقت داشت. آن‌ها دریافتند با بکار بردن تفاله هویج به جای آرد بدون گلوتن، رنگ خمیر بیسکویت تیره‌تر شده و با بکار بردن پودر تفاله هویج رنگ نمونه‌ها از

رنگ کرمی به رنگ نارنجی تغییر پیدا کرده است. شاخص b^* در اثر متقابل نان×فیلم×گاز در سطح ۰/۰۱ درصد معنی‌دار می‌باشد اما اثر روز بر فاکتور b^* معنی‌دار نشد و فقط در اثر نوع نان معنی‌دار بود. بدین معنی که با افزایش طول دوره تغییر در میزان مقدار فاکتور b^* مشاهده نمی‌شود. نتایج نشان داد نان غنی‌شده با فیلم نانو نسبت به نان شاهد با فیلم پلی‌اتیلن دارای بیشترین میزان فاکتور b^* می‌باشد.

جدول ۴- تجزیه واریانس رنگ سنجی نمونه‌های نان در طول دوره نگهداری

Table 4 - Analysis of colorimetric variance of bread samples during storage

Sources of change	Degrees of freedom	ΔE	b^*	a^*	L^*
Day (A)	2	1918.5**	11.2 ^{ns}	65.04*	1234.33**
Bread (B)	1	361.54**	122.82**	177.11**	676.3**
Film (C)	1	62.25 ^{ns}	28.68 ^{ns}	9.27 ^{ns}	41.63 ^{ns}
Gas (D)	1	41.19 ^{ns}	3.03 ^{ns}	3.05 ^{ns}	52.96 ^{ns}
Temperature (E)	1	174.33*	58.84*	62.96*	0.00 ^{ns}
A×B	2	309.98**	17.75 ^{ns}	53.79**	543.22**
A×C	2	18.79 ^{ns}	2.48 ^{ns}	17.08 ^{ns}	157.84*
A×E	2	139.89**	24.47 ^{ns}	10.2 ^{ns}	156.62*
B×C	1	1.48 ^{ns}	0.47 ^{ns}	3.13 ^{ns}	199.63*
B×D	1	50.09 ^{ns}	16.57 ^{ns}	1.6 ^{ns}	208.49*
B×C×E	1	13.34 ^{ns}	9.11 ^{ns}	0.07 ^{ns}	160.46*
B×C×D	1	59 ^{ns}	*34.07*	0.004 ^{ns}	84.47 ^{ns}
A×C×D×E	2	64.95*	5.18 ^{ns}	40.16*	153.91*
B×C×D×E	2	84.52*	12.47 ^{ns}	28.46*	97.53 ^{ns}
Test error	96	24.06	10.61	9.92	50.64

“ns” means there was no significant relationship here.

* Significant relationship between two parameters at $P < 0.05$.

** Significant relationship between two parameters at $P < 0.01$.

نتیجه‌گیری

نتایج بدست آمده از این مطالعه نشان داد که بار میکروبی نان سنگک غنی‌شده و شاهد به‌طور قابل توجهی تحت تأثیر هر سه عامل زمان، دما و اتمسفر موجود در بسته بودند به طوری که با کاهش غلظت دی‌اکسید کربن و افزایش زمان نگهداری، کپک زدگی در نمونه‌ها مشاهده گردید. نتایج میکروبی نمونه‌هایی که در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند تا ۲۰ روز دوره نگهداری هیچ‌گونه کپکی رویت نشد اما نمونه‌هایی که در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد نگهداری می‌شدند در روز ششم کپک

نتایج حاصل از محاسبه اختلاف رنگ تا پایان دوره نگهداری موردبررسی و ارزیابی قرار گرفت. استفاده از پودر تفاله هویج در فرمولاسیون نان سبب کاهش شاخص روشنایی در نمونه‌ها گردید. همچنین اثر متقابل چهارگانه نان×فیلم×گاز×دما در سطح ۰/۰۵ درصد معنی‌دار می‌باشد. به علت عدم نفوذپذیر بودن فیلم نانو نسبت به گاز اکسیژن، بیشترین تغییرات رنگ نسبت به روز اول بسته‌بندی در نمونه نان غنی‌شده با فیلم نانو مشاهده و کمترین تغییرات رنگ، در نمونه نان شاهد با فیلم پلی‌اتیلن مشاهده گردید.

زدند. نتایج بافتی آزمون پانچری نشان داد با افزودن پودر تفاله هویج به نان روند بیاتی نان کاهش پیدا کرده است ولی نان غنی شده در روز اول نسبت به نمونه شاهد بافت سفت‌تری دارد. نتایج رنگ سنجی نیز نشان داد میزان فاکتور L^* کاهش یافته ولی میزان a^* افزایش یافته است که به علت وجود ترکیبات رنگی داخل نان سنگک غنی شده بود که باعث مشتری پسندی نان تولید شده بود. بررسی دو نوع فیلم نشان داد فیلم نانو نسبت به فیلم پلی

اتیلن توانسته است ماندگاری نان را افزایش دهد. نتایج گاز درون بسته‌ها نشان داد در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد با اتمسفر اصلاح شده نسبت به اتمسفر محیط روند بهتری در حفظ نان‌ها داشتند ولی در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد به علت نفوذپذیری فیلم‌ها تاثیر معنی‌داری مشاهده نگردید. غنی سازی نان علاوه بر به تاخیر انداختن بیاتی نان، ارزش تغذیه‌ای نان را به طرز چشمگیری افزایش خواهد داد.

منابع مورد استفاده

- جعفر محمدزاده میلانی ج، طالعہ مقدم م و احمدپور ا، ۱۳۹۸، بررسی تاثیر بسته بندی اتمسفر اصلاح شده بر روی ویژگیهای میکروبی و حسی نان چاودار (روغن). نشریه پژوهش‌های صنایع غذایی، ۲۹(۱)، ۱۷۱-۱۶۹.
- Akhlaghan Z, Oladghaffari A, Azadmard Damirchi S and Paighambar SH, 2018. Effect of different drying pretreatments of carrot discards on quality characteristics of obtained powder upon storage. *Innovative Food Technologies* 5: 557-566.
- Ai J, Witt T, Cowin G, Dhital S, Turner MS, Stokes JR and Gidley MJ, 2018. Anti-stalling of high-moisture starchy food: Effect of hydrocolloids, emulsifiers and enzymes on mechanics of steamed-rice cakes. *Food Hydrocolloids* 83: 454-464.
- Alexandratos N and Bruinsma J, 2012. World agriculture towards 2030/ 2050: the 2012 revision, ESA Working Papers 288998. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Agricultural Development Economics Division (ESA).
- Avital Y, Mannheim CH and Miltz J, 1990. Effect of carbon dioxide atmosphere on staling and water relations in bread. *Journal of Food Science* 55(2): 413-416.
- Black RG, Quail KJ, Reyes V, Kuzyk M and Ruddick L, 1993. Shelf-life extension of pita bread by modified atmosphere packaging. *Food Australia: Official Journal of CAFTA and AIFST* 45(8):387-391.
- Guarda A, Rosell CM, Benedito C and Galotto MJ, 2004. Different hydrocolloids as bread improvers and anti-stalling agents. *Food hydrocolloids* 18(2): 241-247.
- Hernández-Ortega M, Kissangou G, Necoechea-Mondragón H, Sánchez-Pardo ME and Ortiz-Moreno A, 2013. Microwave dried carrot pomace as a source of fiber and carotenoids. *Food and Nutrition Sciences* 4(10): 1037-1046.
- Katina K, Salmenkallio-Marttila M, Partanen R, Forsell P and Autio K, 2006. Effects of sourdough and enzymes on staling of high-fibre wheat bread. *LWT-Food Science and Technology* 39(5): 479-491.
- Khoshakhlagh K, Hamdami N, Shahedi M and Le-Bail A, 2014. Quality and microbial characteristics of part-baked Sangak bread packaged in modified atmosphere during storage. *Journal of Cereal Science* 60(1): 42-47.
- Malek Mohammadi I, 2006. Factors influencing wheat, flour, and bread waste in Iran. *Journal of New Seeds* 8(4): 67-78.
- Nasehi B, Azizi MH and Hadian, Z, 2009. Different approaches for determination of bread staling. *Food Science and Technology* 6: 53-63.
- Norouz J, Azizi MH and Hamidi Z, 2017. Effect of modified atmosphere packaging and package type on increasing shelf life of toast bread. *Iranian Journal of Food Science and Technology* 14: 319-329.
- O'shea N, Röbke C, Arendt E and Gallagher E, 2015. Modelling the effects of orange pomace using response surface design for gluten-free bread baking. *Food chemistry* 166: 223-230.
- Qarooni J, Ponte JG and Posner ES, 1992. Flat breads of the world. *Cereal Foods World* 37: 863-885.

- Rajabzadeh N, 2001. Bread technology. Tehran University Publisher, No page 448.
- Rogers DE, Zeleznak KJ, Lai CS and Hoseney RC, 1988. Effect of native lipids, shortening, and bread moisture on bread firming. *Cereal Chemistry* 65(5): 398-401.
- Rosell CM and Gómez M, 2007. Frozen dough and partially baked bread: an update. *Food Reviews International* 23(3): 303-319.
- Saccotelli MA, Conte A, Burrafato KR, Calligaris S, Manzocco L and Del Nobile MA, 2017. Optimization of durum wheat bread enriched with bran. *Food Science & Nutrition* 5(3): 689-695.
- Salehi F, Kashaninejad M, Akbari E, Sobhani SM and Asadi F, 2016. Potential of sponge cake making using infrared-hot air dried carrot. *Journal of Texture Studies* 47(1): 34-39.
- Shafie M, Yarmand MS and Emam Jomeh Z, 2016. Effect of modified atmosphere packaging on the shelf life of barbari and sangak as Iranian popular breads. *Iranian Journal of Food Science and Technology* 13: 121-131.
- Sharma SK, Bansal S, Mangal M, Dixit AK, Gupta RK and Mangal AK, 2016. Utilization of food processing by-products as dietary, functional, and novel fiber: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 56(10): 1647-1661.
- Turksoy S and Özkaya B, 2011. Pumpkin and carrot pomace powders as a source of dietary fiber and their effects on the mixing properties of wheat flour dough and cookie quality. *Food Science and Technology Research* 17(6): 545-553.
- Turowski M, Deshmukh B, Harfmann RG, Conklin J and Lynch S, 2007. A method for determination of soluble dietary fiber in methylcellulose and hydroxypropyl methylcellulose food gums. *Journal of Food Composition and Analysis* 20: 420-429.
- Yarmand MS and Seyedein Ardabili M, 2005. Effect of Gluten and Barley Malt Flour on Staling and Quality of Barbari Flat Bread. *Iranian Journal of Agricultural Science* 36: 591-602.
- Wang J, Rosell CM and Barber CBD, 2002. Effect of the addition of different fibres on wheat dough performance and bread quality. *Food Chemistry* 79(2): 221-226.

Journal of Food Researches/vol.31 No.3 2021/pp 23-37
<https://foodresearch.tabrizu.ac.ir>
DOI: 10.22034/FR.2021.38340.1717

Investigation of the Influence of Packaging Film Type and Packaging Atmosphere on the Characteristics of Sangak Bread Enriched with Carrot Powder

M Asadi¹ and E Ahmadi^{2*}

Received: February 25, 2020

Accepted: November 1, 2020

¹Department of Biosystem Engineering, Faculty of Agricultural, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran.

²Associate Professor, Department of Biosystem Engineering, Faculty of Agricultural, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran.

*Corresponding Author: eahmadi@basu.ac.ir

Introduction

Because of its good flavor, Sangak bread is one of the most widely used kinds of flat bread in Iran. Dietary fiber has been the focus of attention in recent years due to its beneficial physiological and metabolic effects. Most studies have focused on reducing and delaying bread staling using bread improvers. There are many ways to reduce bread staling today, such as the use of fiber in bread formulation. One of the abundant and inexpensive sources for enrichment of foods with fibers is waste from the processing plants including fruits and vegetable powder. Some high-fiber wastes include tomato, beet, apple, and carrot powders, which are often wasted. Carrot contains large amounts of fiber, protein, fat, and carbohydrates. Carrots have been used in foods such as bread, cakes, pickles, enriched wheat bread, and biscuit to enhance the fiber content of these products. In our country, the consumption of flat breads such as Lavash, Sangak, Barbary, and Taftoon is high. Sangak bread has the highest amount of insoluble fiber among traditional bread types in the country, and adding soluble fiber to it, due to differences in physiological responses of these fibers, seems desirable. This study aims to use carrot powder waste and extract its fiber to increase the nutritional value of Sangak bread and to prevent bread waste by using new and cost-effective packaging.

Material and methods: In this research, wheat flour with a 90% extraction rate, was supplied from the Maryanj-kar Co in Hamedan. Carrot powder was collected as a juice waste from the local fruit juice shops. Wheat flour (1 kg), salt (45 g), and water were used to prepare the dough. Carrot powder was added to the dough at different percentages of 3, 5, and 7 % (w/w based on flour) at the mixing stage. The dough was then rested at $25 \pm 2^\circ\text{C}$ for 1 to 2 hours to complete fermentation. Wheat flour (3 kg), salt (45 g), and water (as needed) were used to prepare the dough. Then, the sourdough (20%) was added, and the dough stirred for half an hour with the stirrer. The fiber was added to the dough at various levels during the mixing process. It was then baked in the oven for 4 min at about 400°C . For the packaging of bread, silicon Nano-polymer film and lightweight polyethylene film were prepared from Tehran Aitak Nano-polymer and Tehran Plast companies, respectively. The mechanical properties, qualitative and microbial properties of enriched Sangak bread and control under modified atmosphere (80% carbon dioxide, 20% nitrogen) and ambient atmosphere at 4 and 20°C and two kinds of silicon nano-polymer film and light polyethylene film were studied. Puncher test is a destructive test in which a sample is studied under uniaxial tension until failure. Puncher test was done using food testing device (Bbt-Fro. 5 th.D, model: Zowick/roell 14, made in Germany) equipped with a load cell (X Force Hp nominal Force: 500 N Capacity) in the laboratory of biosystem group at Bu-Ali Sina University. The color model of $L^* a^* b^*$ and the Chinese colorimeter (model HP Hanter Lab) were used to evaluate the color and determine the colorimetric factors. To evaluate the concentrations of O_2 and CO_2 gases, three packages of coated and uncoated treatments stored at 4

and 25°C were provided and their concentrations were measured every other day using gas analyzer machine (WITT- GASTECTHNIK OXybaby 6i; made in Germany). The control and enriched breads during the storage period were examined for appearance of microbial load. The present study was designed in the form of a completely randomized design in factorial with 3 replications. The data were normalized via Minitab14 software and analyzed by SPSS software at the probability level 5% and 1%.

Results and discussion: As the storage time increases, the bread becomes stiff and the amount of force required for the punching test increases. The results of tissue and puncher test showed that by adding carrot powder to bread, the bread staling process decreased, and Silicon nano-polymer film had a better process in staling the bread than light polyethylene film. Colorimetric results also showed that the amount of L* was reduced but increased by a* due to the presence of colored ingredients in Sangak bread, which made the bread maker more attractive. The results showed that the enriched bread with nano-film had the highest b* factor compared to the control bread. Changes in oxygen and nitrogen at modified atmospheric conditions during storage showed that the oxygen content of the nano-films at modified atmospheric conditions was gradually increasing. It can be concluded that silicon nano-polymer films have less permeability for oxygen inlet and outlet. This process caused the samples in the silicon nano-film film to die later due to the oxygen control properties of the films in the polyethylene film. The results of polyethylene film showed that this film had high permeability for inlet and outlet gases so that carbon dioxide content varied between 3% and 80%, which was a significant difference in polyethylene film. The highest color difference was observed in the bread sample enriched with nano-film and the lowest color difference was observed in the control bread sample with polyethylene film. The lowest color difference was observed in the samples using nano-film. The microbial load of enriched and control Sangak bread was significantly influenced by all three factors of time, temperature, and atmosphere in the package, so that by reducing carbon dioxide concentration and increasing storage time, mold in the samples seen. Microbial results of the samples kept at 4°C for up to 20 days did not show any mold, but samples kept at 20°C for 6 days.

Conclusion: The overall results showed that with the addition of carrot powder to flour, the protein, fat, and fiber contents increased but the carbohydrate content decreased. Thus, the carrot powder had a significant effect on Sangak bread. The results of the films showed that silicon nano-polymer film prevented the staling process during the storage period compared to the light polyethylene film. Results of storage temperature showed that 4°C for 20 days prevented bread molding but 20°C only prevented bread spoilage for 9 days. In-package gas results showed that at 4°C the modified atmosphere had a better tendency to preserve bread than the ambient atmosphere.

Key Words: Sangak bread, Modified atmosphere, Carrot powder, Packaging