

بررسی روش‌های بهینه بسته‌بندی نان تافتون

نفیسه مقدادیان، محمد شاهدی و غلامحسین کبیر^۱

چکیده

با توجه به این‌که یکی از مهم‌ترین دلایل ضایعات زیاد نان‌های ایرانی، عدم بسته‌بندی و نگهداری صحیح این محصول است، در این پژوهش بعد از تعیین بهترین دما، برای بسته‌بندی، اثر سه نوع لایه پلاستیکی، لفاف دو لایه از پلی پروپیلن جهت دار شده و پلی اتیلن (OPP/PE) با ضخامت ۶۰ میکرون، لفاف سه لایه متشکل از پلی اتیلن و پلی پروپیلن (PP/PE/PE) با ضخامت ۷۰ میکرون و پلی اتیلن دو لایه با ضخامت ۳۰ میکرون به همراه استفاده از کارتن و پلاستیک بر خصوصیات نان تافتون تهیه شده از آرد تیپ ۸۰۰ تا ۷۲ ساعت پس از پخت مورد بررسی قرار گرفت. دو دامنه دما برای بسته‌بندی شامل ۲۰ تا ۲۵ و ۴۰ تا ۵۰ درجه سانتی‌گراد منظور شد. نتایج آزمون‌های اندازه‌گیری رطوبت و فعالیت آبی نشان داد که بین خصوصیات نان بسته‌بندی شده در لایه‌های مختلف تفاوت معنی‌داری ($P < 0/01$) وجود دارد و درصد رطوبت و فعالیت آبی (a_w) در لایه‌های با نفوذپذیری بالا نسبت به رطوبت و بخار آب کمتر بود، در نتیجه رشد کپک‌ها در این نوع بسته‌بندی‌ها کاهش یافت، ولی کاهش درصد رطوبت نان، باعث کم شدن امتیاز نهایی و میزان بیاتی نان شد. همچنین مشخص شد که استفاده از لایه کارتنی که دو طرف آن با کاغذ پلی اتیلن دار پوشانده شده است باعث ایجاد تفاوت معنی‌دار در نتایج به دست آمده در آزمون‌های کیفی نان بسته‌بندی شده با این روش نمی‌شود. در این پژوهش مشخص شد که استفاده از تعداد زیادی قطعات نان در ابعاد 10×10 سانتی‌متر در یک بسته‌بندی به همراه کارتن و پلاستیک مناسب بوده و وجود کارتن باعث حفظ شکل و خصوصیات بسته‌بندی نان در طول حمل و نقل و همچنین نگهداری آن می‌شود.

واژه‌های کلیدی: بسته‌بندی، پلی پروپیلن، پلی اتیلن، کارتن، نفوذپذیری به بخار آب، فعالیت آبی

مقدمه

درآمد ملی کشور به دلیل تلفات گندم و نان هدر می‌رود و در اثر تولید غیر اصولی و نگهداری نادرست این محصول، سالیانه درصد بالایی از آن تلف می‌شود (۱).

مشکل کیفیت پایین و ضایعات نان مسطح از مسائلی است که اهمیت آن بر کسی پوشیده نیست و سالیانه میلیون‌ها دلار از

۱. به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد، استاد و استادیار علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

متوسط بوده و یکی از ارزان قیمت‌ترین پلیمرهای موجود است. ضخامت‌های معمول مورد استفاده در بسته‌بندی نان ۲۵ تا ۴۰ میکرون است (۲، ۳، ۵، ۹، ۱۰، ۱۵، ۱۶).

در سال ۱۹۷۰ بیش از ۸۰ درصد نان‌ها با پلی‌اتیلن با دانسیته پایین (Low Density Polyethylen) (LDPE) بسته‌بندی می‌شد (۱۵). کامسوارا (۱۰) در سال ۱۹۶۴ از دو لایه پلی‌اتیلن و پلی‌اتیلن دو لایه شده با آلومینیوم برای بسته‌بندی نان چاپاتی (Chapati) استفاده کرده و مشخص کرد که با دو لایه کردن پوشش‌ها خصوصیت نفوذپذیری آنها بهبود یافته، بدین ترتیب رطوبت نان کمتر از دست رفته و بعد از ۱۰ روز فقط کاهش عطر و طعم در بسته‌بندی لامینه شده وجود داشت. کرتنی نیز در سال ۱۹۷۴ با لامینه کردن پلی‌اتیلن مشخص کرد که خصوصیات ارگانولپتیکی نان بسته‌بندی شده با این لایه بهبود یافته و نان نرم‌تر باقی می‌ماند (۱۱). نکاتسوارا نیز استفاده از پلی‌اتیلن و کاغذ مومی را در نان مورد مقایسه قرار داده و مشخص کرد که کاهش رطوبت نان بسته‌بندی شده با پلی‌اتیلن به طور معنی‌داری کمتر از کاغذ مومی بوده و خصوصیات خمش‌پذیری (Pliability) و مقاومت در برابر پاره شدن (Shear Value) آن کمتر است (۱۷).

بعد از پلی‌اتیلن بیشترین ورقه پلیمری که برای بسته‌بندی نان استفاده می‌شود، انواع پلی‌پروپیلن است که قابلیت کشش‌پذیری و مقاومت آن نسبت به پلی‌اتیلن بیشتر بوده و عایق مناسبی در برابر بو و جذب رطوبت است. اخیراً از پلی‌پروپیلن جهت‌دار شده (OPP) به دلیل شفافیت بالا و کنترل مناسب بخار آب برای بسته‌بندی مواد غذایی به خصوص نان استفاده می‌شود و مناسب‌ترین ضخامت برای بسته‌بندی نان با این نوع پوشش ۲۰ تا ۴۰ میکرون، می‌باشد. معمولاً برای به تعویق انداختن بیاتی نان از این نوع پلیمر استفاده شده و یکی از عمده‌ترین روش‌های کاربرد آن به صورت دو لایه شده با پلی‌اتیلن است. فیزنمایر (۱۴) و مرسوسکی (۱۲) از لایه پلی‌اتیلن، همراه با پلی‌پروپیلن در ضخامت‌های ۲۰ تا ۴۰ میکرون برای بسته‌بندی نان استفاده کردند. اسپانولا نیز در سال

برای بهبود کیفیت گندم و نان، پژوهش‌های زیادی صورت گرفته است، هرچند تا به مرحله اجرا برسد زمان زیادی طول خواهد کشید، ولی نسبت به چگونگی نگه‌داری و بسته‌بندی نان مسطح ایرانی و توزیع مناسب آن در زمان مصرف، پژوهشی صورت نگرفته است. آنچه باید مورد بررسی و مطالعه قرارگیرد، چگونگی بسته‌بندی و نگه‌داری نان‌های ایرانی به نحوی است که در محدوده زمان توزیع و مصرف، سالم و تازه بماند. نان به دلیل داشتن رطوبت زیاد (۲۰ تا ۳۵ درصد بسته به نوع نان)، در مراحل نگه‌داری و انتقال در معرض از دست دادن رطوبت قرار داشته، در نتیجه به سرعت (خصوصاً پوسته آن) سفت و خشک می‌شود. هم‌چنین به دلیل داشتن رطوبت و pH مناسب، محیط مستعدی برای رشد کپک‌هاست، به همین دلیل پوشش‌های مورد استفاده در بسته‌بندی باید دارای ویژگی‌هایی باشد، از جمله آنها قابلیت کنترل سرعت عبور بخار آب و رطوبت، کنترل سرعت عبور گازها، مقاومت در برابر فشار، پاره شدن، قابلیت دوخت و چاپ‌پذیری است (۶).

کنترل عبور رطوبت بین نان و محیط، یکی از عوامل اصلی از بین رفتن و کم شدن عمر ماندگاری این محصول است. اگر با استفاده از لایه‌های غیر قابل نفوذ به رطوبت، بخار آب به طور کامل در داخل بسته محبوس شود، زمینه برای فعال شدن اسپور کپک‌ها فراهم می‌شود. اخیراً این مشکل را بسیاری از شرکت‌های آمریکایی با استفاده از بسته‌بندی با اتمسفر تغییر یافته (MAP) رفع کرده‌اند، ولی در مواردی که از این نوع بسته‌بندی استفاده نمی‌شود، باید تا حدی تبادل رطوبت بین بسته و محیط وجود داشته باشد تا عبور رطوبت و بخار آب کنترل شود و تبادل رطوبت با انتخاب مواد بسته‌بندی مناسب عملی است (۱۳).

با توجه به خصوصیات ذکر شده، پلیمرهای مختلفی در بسته‌بندی نان استفاده می‌شود که یکی از مهم‌ترین و اصلی‌ترین این لایه‌هایی که در بسته‌بندی محصولات نانویی به کار گرفته می‌شود پلی‌اتیلن است که نفوذپذیری آن نسبت به رطوبت

(کارخانه کلارمیه شهرکرد)، ۵/۰ درصد شکر و یک درصد روغن قنادی (Aseel shortening) بود. برای تهیه خمیر، روش مستقیم به کار گرفته شد، نخست مخمر و شکر در آب حل شده و سپس نمک، آرد و روغن به ظرف مخلوط‌کن اضافه شد. مراحل آماده‌سازی خمیر مشابه معمول نانوائی‌ها، شامل اختلاط اجزا به مدت ۵ دقیقه، استراحت اولیه به مدت ۵ دقیقه، ورز دادن، سپس تخمیر در دمای ۳۰ تا ۳۲ درجه و رطوبت نسبی ۹۰ درصد به مدت ۶۰ تا ۷۵ دقیقه در انکوباتور تخمیر بود. چانه کردن و تخمیر میانی به مدت ۱۰ دقیقه، فرم دادن و تخمیر نهایی دو دقیقه و پخت نان تافتون معمول در شهر اصفهان در دمای حدود ۳۰۰ درجه به مدت ۶۰ تا ۸۰ ثانیه صورت گرفت.

چگونگی بسته‌بندی نان

بعد از خروج نان از تنور، بلافاصله به وسیله قیچی‌هایی که قبلاً توسط الکل و اشعه UV استریل شده بود نان در ابعاد ۱۰×۱۰ cm برش داده شد و در دمای تعیین شده به صورت داغ یا سرد بسته‌بندی شد و بسته‌بندی با ابعاد ۴۰×۱۰×۱۰ cm به منظور سهولت در نگهداری و کاهش ضایعات در موقع مصرف انجام شد. مناسب‌ترین دمای بسته‌بندی نان، دمای محیط شناخته شد و نان‌ها پس از رسیدن به این دما به تعداد ۲۰ تا ۳۰ قطعه در داخل کیسه‌هایی در ابعاد یاد شده که از قبل برای کاهش آلودگی در زیر اشعه UV قرار داده شده بود گذاشته شد، و به وسیله گیره‌های پلاستیکی و یا سیمی درب‌بندی شد. بسته‌ها در دمای اتاق (محدوده ۱۹ تا ۲۵ درجه) نگهداری گردید. زمان ارزیابی نان‌ها بلافاصله پس از پخت و هم‌چنین ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت بعد از آن بود.

تهیه پوشش‌های مورد استفاده در بسته‌بندی

پوشش‌های مورد استفاده برای محصولات نانوائی از کارخانه شبنم اصفهان تهیه شده و با بررسی انواع پوشش‌ها، فیلم دو لایه پلی‌پروپیلن جهت‌دار شده و پلی‌اتیلن و فیلم سه لایه متشکل از

۱۹۸۹ برای کنترل آلودگی و فعالیت آبی نان، این لایه را به‌عنوان ماده مناسب بسته‌بندی نان معرفی کرد. از لایه‌های دیگری که برای بسته‌بندی نان مورد استفاده قرار می‌گیرد، می‌توان به پلی‌اتیلن ترفتالات (PET)، پلی‌آمید (PA)، کوپلیمر ونیل استات و رزین‌های طبیعی مانند سلوفان اشاره کرد که نفوذپذیری این لایه‌ها نسبت به رطوبت بالا بوده و برای بهبود این ویژگی معمولاً آن را با لایه‌های دیگری مانند پلی‌اتیلن ترکیب می‌کنند. هم‌چنین به دلیل هزینه بالا، کمتر از این پوشش استفاده می‌شود (۹).

از انواع کاغذها، کاغذ مومی و کاغذ پوشش‌دار شده با پلی‌اتیلن نیز برای بسته‌بندی نان استفاده می‌شود. کاستل در سال ۱۹۹۴، کاغذ مومی را برای بسته‌بندی و نگهداری کوتاه مدت نان ساندویچی مناسب اعلام کرد. از این لایه نیز به دلیل نفوذپذیری بالا نسبت به رطوبت و بالا بودن هزینه، کمتر استفاده می‌شود (۷).

فیلم‌های مرکب و چند لایه شده به دلیل بهبود خصوصیاتشان، مناسب‌ترین لایه بسته‌بندی نان شناخته شده‌اند که می‌توان به دو نوع پوشش، یکی سه لایه پلی‌پروپیلن، پلی‌اتیلن و اتیل ونیل استات (PP/PE/EVA) و دیگری فیلم سه لایه متشکل از دو لایه پلی‌اتیلن و یک لایه پلی‌پروپیلن (PP/PE/PE) اشاره کرد (۹).

مواد و روش‌ها

این پژوهش در کارگاه صنایع غذایی و آزمایشگاه‌های گروه علوم و صنایع غذایی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان و بخشی از آن در آزمایشگاه غلات اداره اصلاح نهال و بذر کرج انجام شد.

آرد مورد استفاده، تولیدی کارخانه جرعه اصفهان بود که قبل از استفاده با الک، با مش ۴۰ الک شده، و آردی با درجه استخراج ۸۵ تا ۸۸ درصد و درصد خاکستر ۰/۸ به دست آمد.

روش تهیه خمیر

فرمول کلی تهیه خمیر برای همه موارد بر مبنای ۱۰۰ واحد آرد، ۶۰ تا ۶۵ درصد آب، ۱/۵ درصد نمک، یک درصد مخمر

پروتئین براساس روش ۱۲-۴۶ بر پایه وزن اولیه نمونه اندازه‌گیری شد (۴).

۲. آزمون‌های میکروبی

نمونه آرد براساس روش شماره ۱۰-۴۲، شمارش کلی تعداد میکروب‌های هوازی براساس روش شماره ۱۱-۴۲، شمارش کلیفرم ۱۵-۴۲ و شمارش کپک و مخمر براساس روش ۵۰-۴۲ استاندارد AACC صورت گرفت.

۳. آزمون‌های رئولوژیکی خمیر

خصوصیات فارینوگرافی توسط دستگاه فارینوگراف و براساس روش ۲۱-۵۴ استاندارد AACC صورت گرفت (۴). برای بررسی کشش‌پذیری خمیر از دستگاه اینستران شماره ۴۰-۱۱ استفاده شد. نخست دستگاه برای حالت کششی کالیبره شد. خمیر پس از لوله‌ای شدن به صورت استوانه‌ای به قطر ۲cm، روی چنگک دستگاه اینستران قرار داده شد. چنگک ضمن حرکت به سمت بالا، خمیر را به بالا کشیده و با توجه به مقاومت کششی خمیر منحنی دستگاه رسم شد. محور عمودی منحنی بر حسب گرم و محور افقی بر حسب سانتی‌متر روی چارت دستگاه مشخص می‌شود. آزمون مقاومت کششی بعد از ۴۵، ۹۰ و ۱۳۵ دقیقه انجام شد.

۴. آزمون‌های کیفیت نان

آزمون‌های کیفی نان، شامل آزمون ارگانولپتیک، بیاتی، میکروبی و اندازه‌گیری فعالیت آبی (aw) و درصد رطوبت با استفاده از روش‌های حسی، دستگاهی و فیزیکی انجام گرفت.

آزمون شیمیایی

الف) اندازه‌گیری درصد رطوبت

این آزمون در دو مرحله بر اساس استاندارد AACC به شماره ۱۵-۴۴ صورت گرفت و درصد ماده خشک از فرمول زیر محاسبه گردید:

$$m = \frac{y \times z}{x} \quad [1]$$

x: وزن نمونه قبل از خشک شدن در معرض هوا

دو لایه پلی‌اتیلن و پلی‌پروپیلن مناسب ارزیابی شد. ویژگی‌های لایه‌های مورد استفاده در این پژوهش به صورت زیر است:

۱. پلی‌اتیلن دو لایه شامل پلی‌اتیلن با دانسیته پایین (LDPE) از نوع تجاری ۰۲۰ و ۲۱۸W با ضخامت ۳۰ میکرون که با استفاده از دستگاه تولید فیلم سه لایه به روش حبابی ساخت کشور هندوستان تهیه شده بود.

۲. فیلم پلی‌پروپیلن جهت‌دار شده (OPP) به ضخامت ۲۰ میکرون تهیه شده از شرکت پوشینه تهران که برای بهبود برخی از خصوصیات مانند مقاومت در برابر پاره شدن و چین‌خوردگی با پلی‌اتیلن دو لایه ۳۰ میکرونی با استفاده از چسب دو جزئی بدون حلال با پایه ایزوسیانات (ساخت شرکت هنکل آلمان) و توسط دستگاه (Solventless laminate) ساخت کشور ترکیه دو لایه شده بود.

۳. فیلم سه لایه شامل (PP/PE/PE) یک لایه پلی‌پروپیلن و دو لایه پلی‌اتیلن که پلی‌پروپیلن و پلی‌اتیلن آن به ترتیب از نوع تجاری ۵۲۰L ساخت کمپانی سابیک عربستان و Pol IRAN ۰۷۵ ساخت بندر امام و ۲۰۹ Pol IRAN LH ساخت تبریز تأمین شده و با استفاده از دستگاه تولید فیلم سه لایه به روش حبابی ساخت کشور هندوستان تولید شده بود. در مجموع ضخامت این سه لایه، ۷۰ میکرون بود. کارتن‌های مورد استفاده برای بسته‌بندی به وسیله کاغذهای سفید پلی‌اتیلن‌دار پوشانده شده و به اندازه و شکل مورد نظر برش داده شد. کاربرد تیمارها و نام اختصاری آنها در جدول ۱ ارائه شده است.

آزمون‌های آرد

۱. اندازه‌گیری ترکیبات آرد مورد استفاده

خصوصیات شیمیایی آرد با روش‌های متداول AACC اندازه‌گیری شد. رطوبت با استفاده از روش شماره ۱۵A-۲۴، گلوتن مرطوب شماره ۱۰-۳۸، خاکستر شماره ۱۰-۸ و

جدول ۱. فهرست ۶ تیمار بسته بندی

شماره لایه	نوع لایه	روش بسته بندی	نام اختصاری تیمارها
۱	پلی اتیلن دو لایه ۳۰ میکرونی	}	با پلاستیک
			با استفاده از کارتن و پلاستیک
۲	فیلم سه لایه پلی اتیلن و پلی پروپیلن (PP/PE/PE) (۷۰ میکرون)	}	با پلاستیک
			با استفاده از کارتن و پلاستیک
۳	دولایه پلی اتیلن و پلی پروپیلن جهت دار شده (OPP/PE) (۶۰ میکرون)	}	با پلاستیک
			با استفاده از کارتن و پلاستیک

۶. آزمون‌های فیزیکی نان

ارزیابی بیاتی

این آزمون به وسیله دستگاه اینستران و با استفاده از تست مقاومت برشی (Puncture test) انجام شد. یک کاوند استوانه‌ای شکل (Probe) با قطر ۱/۲۷ سانتی‌متر روی دستگاه نصب شد و سپس دستگاه کالیبره شد. بعد از تعیین ضخامت توسط کولیس، در جایگاه مخصوص روی دستگاه قرار گرفته، و با روشن کردن دستگاه، پروپ به داخل نان نفوذ کرده و دستگاه، منحنی میزان نیروی مورد نیاز برای نفوذ پروپ به نان را نشان داد. سپس به کمک فرمول زیر میزان بیاتی، ارزیابی شد.

$$S = \frac{F}{\pi DT} \quad [2]$$

S: حداکثر تنش برشی (گرم بر سانتی‌متر مربع)

D: قطر کاوند (سانتی‌متر)

F: نیروی اعمال شده (گرم)

T: ضخامت نمونه (سانتی‌متر)

همچنین، ارزیابی بیاتی نان تافتون در سه مرحله، بلافاصله پس از پخت ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت پس از پخت، برای نان‌های تیمارهای مختلف بسته‌بندی، انجام شد.

۷. ارزیابی حسی نان

بعد از قرار دادن نان‌ها در کیسه‌های پلاستیکی، روزانه به‌طور تصادفی از نان‌ها نمونه‌برداری شده و کیفیت آنها از نظر حسی ارزیابی شد. برای ارزیابی از یک سری واژه‌های توصیفی براساس جدول ارزیابی از نان‌های سنتی ایرانی استفاده شد. در

Y: وزن نمونه بعد از خشک شدن در هوا

Z: درصد ماده خشک در نمونه آرد شده (درصد رطوبت - ۱۰۰)

ب) اندازه‌گیری فعالیت آبی (a_w) نان

این آزمون توسط دستگاه سنجش a_w (مدل Rotronic PA 20) انجام شد. نخست وزن مشخصی از نان، توزین شده و بعد از خرد کردن، در محفظه مخصوص دستگاه قرار گرفت، این دستگاه شامل محفظه‌ای است که در بالای آن پنکه‌ای قرار گرفته و آب ۲۵ درجه برای ثابت نگه‌داشتن دما از جداره آن عبور می‌کند. بعد از قرار دادن نمونه در محفظه و روشن کردن دستگاه فعالیت آبی دمای محفظه به‌صورت دیجیتال ظاهر می‌شود. بعد از ثابت شدن، عدد روی دستگاه a_w خوانده شده و ثبت گردید.

۵. آزمون‌های میکروبیولوژیکی نان

شامل شمارش کپک با استفاده از محیط کشت پوتیتو دکستروز آگار (PDA) بود. بعد از آماده‌سازی نمونه و حل کردن در محلول رقیق‌کننده (آب پیتونه) به صورت سطحی کشت داده شد. بعد از گرمخانه‌گذاری در دمای ۲۲، ۲۵ درجه، تا ۵ روز، شمارش کپک‌ها انجام شد. این آزمون برای آرد و نان بلافاصله پس از پخت، ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت پس از پخت انجام گرفت. این آزمون طبق روش AACC به شماره ۴۲-۵۰ صورت گرفت (۴).

در این تحقیق، نخست با نظرسنجی و بررسی تحقیقات انجام شده، ابعاد $10\text{cm} \times 10\text{cm}$ برای قطعات نان در نظر گرفته شد. بعد از آن دو شرایط متفاوت دمایی نان در هنگام بسته‌بندی، مورد بررسی و مقایسه قرار گرفت. بدین منظور در یک گروه نان با دمای حدود ۴۵-۵۰ درجه و به صورت داغ، و گروه دیگر نان سرد شده تا دمای اتاق (۲۰ تا ۲۵ درجه) بسته‌بندی شد، این دو گروه از نظر خصوصیات درصد رطوبت، امتیاز بیاتی، امتیاز نهایی و آزمون میکروبی مورد مقایسه قرار گرفت، نتایج به دست آمده در جدول ۵ ارائه شد.

با بررسی نتایج ارائه شده در جدول ۵ مشاهده می‌شود که بین این گروه از تیمارها در نتایج به دست آمده از آزمون‌های درصد رطوبت و میزان بیاتی در سطح احتمال ۱ درصد تفاوت معنی‌دار وجود داشته و نتایج حاصل از بررسی رشد کپک بین این دو تیمار در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌دار است. همچنین مشخص شد که اگر نان به صورت داغ بسته‌بندی شود، درصد رطوبت و میزان نرمی آن به طور آشکارتری در طول ۴ روز نگهداری نسبت به نان بسته‌بندی شده در دمای اتاق بیشتر بوده ولی به دلیل جمع شدن رطوبت در سطح نان، شرایط برای فعال شدن اسپور کپک‌ها فراهم شده و نان در زمان خیلی کوتاه‌تر (تقریباً ۳ روز) کپک زده و سریع‌گسترش می‌یابد. بنابراین برای ارزیابی نوع بسته‌بندی دمای نزدیک به دمای محیط برای بسته‌بندی استفاده شد. نتایج این مورد در جدول ۶ ارائه شده است. بعد از اتخاذ تصمیم در ارتباط با ابعاد نان و دمای آن در موقع بسته‌بندی، نسبت به آزمون بررسی لایه‌های متفاوت از نظر نوع و ضخامت، برای بالا بردن عمر ماندگاری و حفظ خصوصیات آن اقدام شد. فیلم‌های پلاستیکی دو لایه پلی‌پروپیلن جهت‌دار شده و پلی‌اتیلن (OPP/PE) با ضخامت ۶۰ میکرون، فیلم سه لایه پلی‌پروپیلن و پلی‌پروپیلن (PP/PE/PE) با ضخامت ۷۰ میکرون و پلی‌اتیلن دو لایه ۳۰ میکرونی برای بسته‌بندی انتخاب شده و اثر استفاده از کارتن به همراه پلاستیک نیز در این پلاستیک‌ها و تأثیر آن بر ویژگی‌های کیفی نان مقایسه شد. در آزمون اندازه‌گیری نفوذپذیری به بخار آب لایه‌ها، دو

این قسمت ۱۰ تا ۱۵ نفر از دانشجویان کارشناسی و کارشناسی ارشد و اساتید گروه علوم صنایع غذایی به عنوان پانلیست انتخاب شدند و هفت صفت فرم و شکل ظاهری نان، ویژگی‌های سطح فوقانی و ویژگی‌های سطح زیرین، پوکی و تخلخل، سفتی و نرمی بافت، قابلیت جویدن، عطر و طعم مورد بررسی قرار گرفته و از داوران خواسته شد براساس مقبولیت کلی به نمونه‌ها امتیاز بدهند. به هر صفت ضریب مشخصی داده شد، سپس امتیاز نهایی نان از فرمول زیر محاسبه گردید:

$$Q = \frac{\sum (P.G)}{\sum G} \quad [3]$$

Q: امتیاز نهایی

G: ضریب ارزیابی

P: نتایج ویژگی آزمون

۸. روش آماری تحلیل نتایج

در یکی از آزمایش‌ها تیمارها شامل دو نوع بسته‌بندی نان یکی بعد از رسیدن دمای نان به دمای محیط (۲۰ تا ۲۵ درجه) و دیگری بسته‌بندی در حالتی که هنوز نان گرم بود (۴۵ تا ۵۰ درجه) و ارزیابی خصوصیات کیفی نان تا ۷۲ ساعت پس از پخت بود. در آزمایش دیگر به منظور بررسی پلیمرهای مناسب برای بسته‌بندی نان، بعد از مقایسه چند لایه پلاستیکی با ضخامت و انواع مختلف، تیمارهای مورد نظر مطابق جدول ۱ انتخاب شده در این گروه لایه پلاستیکی با سه سطح، بسته‌بندی با کارتن و بدون کارتن و نگهداری بسته‌ها تا چهار روز پس از پخت مورد ارزیابی قرار گرفت، این آزمون در ۳ تکرار انجام شد. تجزیه و تحلیل نتایج به صورت آزمایش فاکتوریل در چارچوب طرح بلوک‌های کامل تصادفی انجام شد و برای مقایسه میانگین‌ها، از آزمون چند دامنه‌ای دانکن استفاده شد.

نتایج و بحث

جدول ۲ نتایج آزمون‌های شیمیایی و میکروبی آرد مورد استفاده جدول ۳ و ۴ نتایج حاصل از آزمون‌های رئولوژیکی خمیر برای آرد تیپ ۸۰۰ مورد استفاده در این پژوهش را نشان می‌دهد.

جدول ۲. نتایج آزمون‌های شیمیایی و میکروبی آرد

شمارش کلی (کلنی در گرم)	کلیفرم (کلنی در گرم)	کپک و مخمر (کلنی در هر گرم)	گلوتن مرطوب (درصد)	پروتئین (درصد)	خاکستر (درصد)	رطوبت (درصد)	آرد تیپ ۸۰۰
۲×۱۰ ^۴	۱۰ ^۲	۰	۳۸/۷	۱۲/۵	۰/۸	۹/۲۵	

جدول ۳. خلاصه نتایج آزمون فارینوگرافی آرد مورد استفاده

V والوریمتری	E _{۱۰}	D (دقیقه)	CD (دقیقه)	C (دقیقه)	B (دقیقه)	A (درصد)
۵۷	۶۰	۱۲	۸	۲	۴	۶۳/۶

A: Water absorption %
 B: Dough development (min.)
 C: Arrival time (min.)
 CD: Stability (min.)
 D: Departure time (min.)
 E_{۱۰}: Degree of softening after 10 minutes (F. U.)
 V: Valorimeter value

جدول ۴. نتایج کشش پذیری آرد مورد استفاده

۱۳۵ دقیقه	۹۰ دقیقه	۴۵ دقیقه	خصوصیات کشش پذیری
۵۸۶/۳	۵۱۴/۸	۴۰۰/۴	a: حداکثر مقاومت به کشش خمیر (گرم)
۱۴۵	۱۴۲	۱۴۲	b: قابلیت کشش پذیری خمیر (میلی متر)
۴/۰۴	۳/۶۲	۲/۸۲	عدد نسبی (a/b)

جدول ۵. نتایج تجزیه واریانس دو روش بسته‌بندی و تأثیر آن بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی و میکروبی نان در طول ۴ روز نگهداری

منابع تغییر	درجه آزادی	درصد رطوبت	امتیاز بیاتی (gr/cm ³)	آزمون میکروبی (cfu/gr)	امتیاز نهایی
بلوک	۱	۰/۵۷۷	۱۷۷۴۸۹۰/۰۶*	۵۶/۲۵*	۰/۰۰۲
تیمار (دمای بسته‌بندی)	۱	۳۳/۸۷۲**	۴۴۱۵۲۵/۵۶**	۱۵/۲۵*	۰/۰۰۰۲
زمان	۳	۱/۷۲۲	۱۱۸۵۲۲۴/۲۲*	۴۲۶۸/۷۵**	۱/۸۲۹**
زمان × دما	۳	۰/۱۱۸	۲۲۳۸۵۴/۳۹	۱۶۸/۷۵	۰/۵۷۲**
خطا	۷	۱/۹۶۷	۱۸۰۵۹۴/۴۹	۲۷/۶۷۸	۰/۰۰۷

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

جدول ۶. نتایج مقایسه میانگین دو دمای نان در هنگام بسته‌بندی در طول ۷۲ ساعت نگهداری

تیمار	درصد رطوبت	آزمون بیاتی ($\frac{gr}{cm^3}$)	امتیاز نهایی	آزمون میکروبی ($\frac{cfu}{gr}$)
بسته‌بندی در دمای ۲۰-۲۵	۲۲/۲۵ ^b	۲۸۶۰/۳ ^a	۳/۰۴ ^a	۱۵ ^b
بسته‌بندی در دمای ۴۵-۵۰	۲۵/۱۶ ^a	۱۸۰۹/۴ ^b	۳ ^a	۲۱/۲۵ ^a

اعداد دارای حروف غیرمشترک دارای اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ هستند.

جدول ۷. مقایسه میانگین زمان‌های نگهداری در دوروش بسته بندی

زمان نگهداری	رطوبت (%)	آزمون بیاتی دستگاهی (گرم بر سانتی متر مربع)	امتیاز نهایی	آزمون میکروبی (تعداد پرگنه در هر گرم نمونه)
بلافاصله پس از پخت	۲۵/۵۵ ^a	۱۶۷۹ ^c	۳/۶۵ ^a	۴۰ ^c
۲۴ ساعت	۲۳/۸۶ ^a	۲۱۵۸ ^{cb}	۳/۳۵ ^b	۲۷ ^b
۴۸ ساعت	۲۳/۴۸ ^a	۲۵۴۹ ^{ba}	۲/۶۴ ^c	۵ ^b
۷۲ ساعت	۲۲/۹۸ ^a	۲۹۵۲ ^a	۲/۴۵ ^d	۰ ^c

اعداد دارای حروف غیرمشترک دارای اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ هستند.

جهت‌دار شده و پلی‌اتیلن (OPP/PE) بوده است. ولی تفاوت آن با فیلم سه لایه (PP/PE/PE) در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار نیست، استفاده از این دو نوع پلاستیک با پلی‌اتیلن دو لایه دارای اختلاف معنی‌دار است ($P < 0/01$). هم‌چنین با بررسی جدول ۱۰ مقایسه میانگین‌ها نشان می‌دهد که استفاده از کارتن در سه نوع پلاستیک در طول ۷۲ ساعت نگهداری، تغییرات معنی‌داری در افت درصد رطوبت ایجاد نمی‌کند. نتایج به‌دست آمده در این آزمون مشابه نتایج به‌دست آمده توسط کامسورا (۱۰)، زوچایاکا (۸) و ونکاتسوا (۱۷) است. نتایج حاصل از آزمون فعالیت آبی (aw) در دو تکرار در سه نوع پلاستیک و دو نوع بسته‌بندی در طول ۷۲ ساعت نگهداری در جدول ۱۲ ارائه شده است. با بررسی نتایج مشاهده می‌شود که بیشترین میزان فعالیت آبی مربوط به زمان بسته‌بندی با فیلم سه لایه (PP/PE/PE) بوده و استفاده از کارتن، تغییر چندانی در میزان فعالیت آبی نسبت به بسته‌بندی با پلاستیک‌های بدون کارتن نداشتند. کمترین میزان فعالیت آبی، مربوط به بسته‌بندی با پلی‌اتیلن دو لایه با ضخامت ۳۰ میکرون است.

فیلم مرکب (PP/PE/PE) و (OPP/PE) از نظر نفوذپذیری به رطوبت تقریباً یکسان ولی نفوذناپذیری به بخار آب فیلم دو لایه پلی‌پروپیلن جهت‌دار شده و پلی‌اتیلن نسبت به فیلم سه لایه بیشتر بود. پلی‌اتیلن دو لایه بیشترین نفوذپذیری به بخار آب را داشت (۵). جدول ۸ نتایج به‌دست آمده از تجزیه واریانس استفاده از سه نوع لایه همراه با دو نوع بسته‌بندی را نشان می‌دهد. بررسی نتایج ارائه شده در این جدول نشان می‌دهد که استفاده از پلاستیک‌های مختلف بر درصد رطوبت نان به طور معنی‌داری ($P < 0/01$) مؤثر بوده است ولی استفاده از کارتن در پلاستیک اثر معنی‌دار نداشته است. هم‌چنین مشاهده می‌شود که بین زمان‌های نگهداری نیز، کاهش درصد رطوبت در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بوده ولی آثار متقابل استفاده از پلاستیک‌های مختلف با دو نوع بسته‌بندی در طول ۷۲ ساعت نگهداری اختلاف معنی‌دار ندارند. با بررسی شکل ۱ و ۲ و جدول مقایسه میانگین (جدول ۹) دیده می‌شود که بیشترین حفظ رطوبت در دو نوع بسته‌بندی در طول ۷۲ ساعت نگهداری، مربوط به استفاده از فیلم دو لایه پلی‌پروپیلن

جدول ۸. نتایج تجزیه واریانس خصوصیات مختلف نان درسه نوع پلاستیک و استفاده از کارتن در طول ۴ روز نگهداری

میانگین مربعات					درجه آزادی	منابع تغییر
آزمون میکروبی (کیک)	امتیاز بیاتی	امتیاز نهایی	آزمون بیاتی (دستگاهی)	آزمون اندازه‌گیری درصد رطوبت		
۱/۱۲۵**	۰/۱۹۶	۰/۳۸۶**	۱۸۲۹۲۸۳/۷۶**	۱/۲۱۶	۲	بلوک
۲/۰۸**	۰/۳۴۹*	۰/۰۵	۱۴۲۱۸۶۲/۷۲**	۱۲/۰۹۴**	۲	نوع پلاستیک
۰/۰۸۹	۰/۰۹۹	۰/۰۰۳	۹۳/۳۹	۱/۰۸۳	۱	استفاده از کارتن
۱۶/۳۸۹	۸/۰۸۵**	۳/۵۸۵**	۵۳۵۷۶۳۰/۱۱**	۵۷/۸۴۴**	۳	زمان نگهداری
۰/۰۴۱	۰/۰۱۳	۰/۰۲۷	۴۶۶۵۷/۵۵	۵/۳۶۵	۲	نوع پلاستیک در استفاده از کارتن
۰/۴۷	۰/۰۲۶	۰/۰۰۷	۱۱۷۸۸/۶۸۵	۰/۳۱۸	۳	استفاده از کارتن در زمان نگهداری
*۰/۱۶۹	۰/۰۴۳	۰/۰۴۵	۲۴۱۱۰۴/۶۱**	۱/۸۹۳	۶	نوع پلاستیک در زمان نگهداری
۰/۱۷	۰/۰۳۲	۰/۰۱۸	۶۹۷۹۱/۷۴	۰/۳۱۷	۶	نوع پلاستیک در کارتن در زمان
۰/۱۹۲	۰/۸۶۰	۰/۰۴۲	۵۳۵۲۴/۲۳	۲/۲۶۳	۴۶	خطا

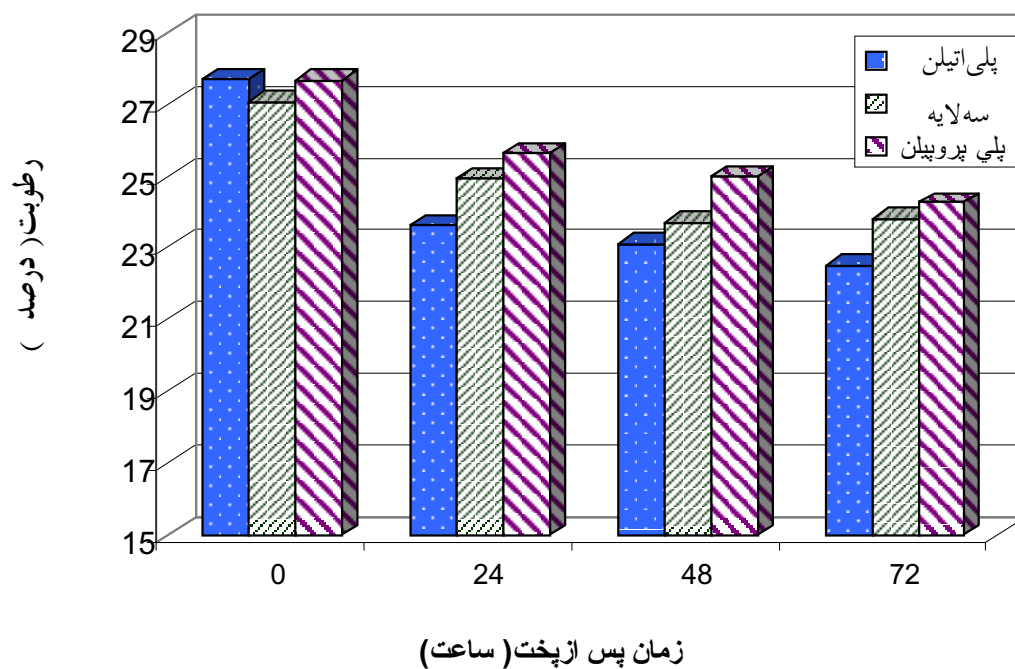
* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح آماری پنج و یک درصد

بررسی نتایج جدول ۹ دیده می‌شود که استفاده از پلی‌اتیلن دو لایه با ضخامت ۳۰ میکرون، به دلیل نفوذپذیری بالا نسبت به بخار آب، به طور چشم‌گیری در بالا بردن سرعت بیاتی نان مؤثر است. کمترین میزان بیاتی در لایه پلی‌پروپیلن جهت‌دار شده و پلی‌اتیلن (OPP/PE) بوده ولی استفاده از این پلاستیک نسبت به فیلم سه لایه (PP/PE/PE) تفاوت معنی‌داری نداشتند. در بررسی نتایج آزمون ارگانولپتیکی نمونه‌ها (جدول ۹ و ۱۱) در طول ۷۲ ساعت نگهداری مشخص شد که استفاده از پلاستیک‌های مختلف در طول این مدت در هر دو روش بسته‌بندی در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌دار داشته و بهترین نمونه نان‌های بسته‌بندی شده با دو لایه پلی‌پروپیلن جهت‌دار شده و پلی‌اتیلن (OPP/PE) است، دیده می‌شود که دلیل حفظ درصد رطوبت، سرعت بیاتی کند شده و در نتیجه

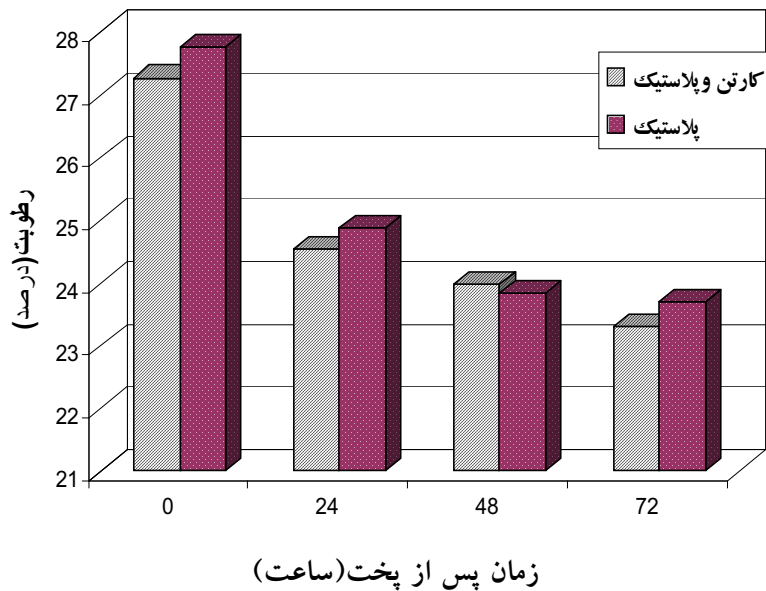
تفاوت موجود در میزان فعالیت آبی به دلیل کمتر بودن نفوذپذیری لایه‌ها نسبت به بخار آب نسبت به فیلم پلی‌اتیلن، دو لایه ۳۰ میکرونی است.

نتایج تجزیه واریانس ویژگی‌های مورد بررسی در آزمون بیاتی در جدول ۸ ارائه شده است. با بررسی نتایج ارائه شده در این جدول دیده می‌شود که استفاده از پلاستیک‌های متفاوت، تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد داشته ولی استفاده از کارتن در سه نوع پلاستیک در طول ۷۲ ساعت نگهداری اثر معنی‌داری بر خصوصیات نان از نظر بیاتی ایجاد نکرده است.

به دلیل این‌که کارتن‌های مورد استفاده، در دو طرف با کاغذ پلی‌اتیلن‌دار پوشانده شده بود، در طول ۷۲ ساعت نگهداری، در تمام بسته‌بندی‌ها در سطح احتمال ۱ درصد بین روزهای نگهداری تفاوت معنی‌داری وجود داشته است. هم‌چنین با



شکل ۱. تغییرات درصد رطوبت در بسته بندی سه نوع پلاستیک در طول ۷۲ ساعت نگهداری نان



شکل ۲. تغییرات درصد رطوبت در دونوع بسته بندی در طول ۷۲ ساعت نگهداری نان

جدول ۹. مقایسه میانگین‌های اثر نوع پلاستیک بر خصوصیات مختلف نان در دو نوع بسته‌بندی (با کارتن) در طول ۴ روز

تیمارها	اندازه‌گیری درصد رطوبت (%)	آزمون بیاتی (گرم بر سانتی متر مربع)	امتیاز نهایی	امتیاز بیاتی	کپک (تعداد کلنی در هر گرم)
PE ^۱	۲۴/۲۱ ^b	۲۴۸۵/۹ ^a	۳/۰۳ ^a	۲/۹۸ ^b	۰/۰۳۷ ^b
PP/PE/PE ^۲	۲۴/۸۷ ^{ab}	۲۰۸۴/۶ ^b	۳/۰۵ ^a	۳/۱۸ ^a	۲/۱۵۶ ^a
OPP/PE ^۳	۲۵/۶۳ ^a	۲۰۴۶ ^b	۳/۱۲ ^a	۳/۲۰ ^a	۲/۷۷۶ ^a

۱. نام اختصاری تیمارها در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱۰. مقایسه میانگین اثر استفاده از کارتن بر خصوصیات نان در سه نوع پلاستیک در طول ۴ روز نگهداری

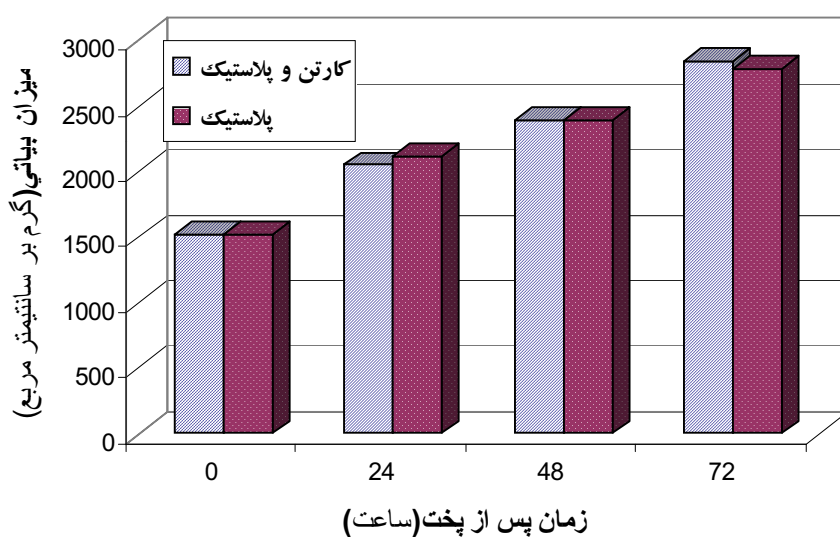
تیمار	اندازه‌گیری رطوبت (%)	آزمون بیاتی (گرم بر سانتی متر مربع)	امتیاز نهایی	امتیاز بیاتی	آزمون میکروبی (کلنی در گرم)
استفاده از پلاستیک (۱)	۲۵/۰۲۷۸ ^a	۲۲۰۴/۶ ^a	۳/۰۶ ^a	۳/۱۶ ^a	۱/۲ ^a
استفاده از کارتن و پلاستیک (۲)	۲۴/۷۸ ^a	۲۲۰۶/۸ ^a	۳/۰۷	۳/۰۸ ^a	۱/۸ ^a

a: نشان‌دهنده معنی‌دار نبودن خصوصیات نمونه‌های نگهداری شده در بسته‌های پلاستیک و کارتن و پلاستیک تنهاست.

جدول ۱۱. مقایسه میانگین اثر زمان بر خصوصیات مختلف نان در ۳ نوع پلاستیک در دونوع بسته‌بندی

زمان	اندازه‌گیری رطوبت (%)	آزمون بیاتی (گرم بر سانتی متر مربع)	امتیاز نهایی	امتیاز بیاتی	آزمون میکروبی (تعداد پرگنه کپک در هر گرم)
بلافاصله پس از پخت	۲۷/۴۳ ^a	۱۵۲۲ ^d	۳/۵۹ ^a	۳/۹۷ ^a	۰ ^c
۲۴ ساعت	۲۴/۷۲ ^b	۲۰۸۷/۱ ^c	۳/۲۲ ^b	۳/۲۸ ^b	۰/۳ ^c
۴۸ ساعت	۲۳/۹۱ ^{bc}	۲۳۹۵/۲ ^b	۲/۹۲ ^c	۲/۸۴ ^c	۳/۲ ^b
۷۲ ساعت	۲۳/۴۹ ^c	۲۸۱۸/۵ ^a	۲/۵۵ ^d	۲/۴ ^d	۷/۳ ^a

میانگین‌هایی که در هر ستون با حروف مختلف نشان داده شده‌اند با روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن با یکدیگر اختلاف معنی‌دار دارند ($P < 0.01$).



شکل ۳. تغییرات میزان بیاتی دونوع بسته‌بندی در سه نوع پلاستیک در طول ۷۲ ساعت نگهداری نان

جدول ۱۲. میزان فعالیت آبی در دو نوع بسته‌بندی

نوع لایه						
پلی‌پروپیلن جهت‌دار شده (OPP/PE)		دو لایه پلی‌اتیلن با پلی‌پروپیلن (PP/PE/PE)		پلی‌اتیلن (PE)		زمان نگهداری (ساعت)
کارتن و پلاستیک	پلاستیک	کارتن و پلاستیک	پلاستیک	کارتن و پلاستیک	پلاستیک	
۰/۸۷	۰/۸۷	۰/۸۷۸	۰/۸۸	۰/۸۵	۰/۸۵۲	۴ ساعت پس از پخت
۰/۸۷	۰/۸۶۸	۰/۸۷۴	۰/۸۷۱	۰/۸۵	۰/۸۴۹	۲۴ ساعت
۰/۸۶	۰/۸۶۷	۰/۸۶۹	۰/۸۶۵	۰/۸۴۸	۰/۸۴۹	۴۸ ساعت
۰/۸۵	۰/۸۶۱	۰/۸۶۶	۰/۸۶۲	۰/۸۴۸	۰/۸۵	۷۲ ساعت

شده با پلی‌اتیلن دو لایه ۳۰ میکرونی بوده و کمترین مقاومت مربوط به نان بسته‌بندی شده با فیلم دو لایه پلی‌پروپیلن جهت‌دار شده و پلی‌اتیلن (OPP/PE) می‌باشد و با دیگر تیمارها در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌دار دارد. هم‌چنین دیده می‌شود که استفاده از کارتن به همراه پلاستیک در همه پلاستیک‌ها در طول ۷۲ ساعت نگهداری تفاوت معنی‌دار ایجاد نکرده است (شکل ۳). در این آزمون مشخص شد که استفاده از لایه‌های نفوذناپذیر به بخار آب برای نان به دلیل بالا بودن درصد رطوبت و فعالیت آبی بالا، باعث کم شدن پایداری در برابر کپک زدگی می‌شود.

نتیجه‌گیری

با توجه به بررسی‌های انجام شده در این پژوهش، می‌توان گفت که با استفاده از لایه‌های غیر قابل نفوذتر به بخار آب مانند پلی‌پروپیلن جهت‌دار شده و پلی‌پروپیلن و فیلم‌های مرکب و چند لایه تا حدود زیادی، خواص کیفی نان از جمله درصد رطوبت، میزان بیاتی و امتیاز نهایی نان بهبود می‌یابد. هم‌چنین مشخص شد که استفاده از کارتنی که دو طرف آن با کاغذ پلی‌اتیلن‌دار پوشانده شده باشد تفاوت معنی‌داری را در نتایج به‌دست آمده از آزمون‌های کیفی نان نسبت به بسته‌بندی با پلاستیک در طول ۷۲ ساعت نگهداری ایجاد نکرده، بلکه باعث تشکیل شدن ظاهر بسته‌بندی شده، هم‌چنین باعث حفظ خصوصیات نان در طول حمل و نقل، نگهداری و جلوگیری از

باعث افزایش امتیاز نهایی می‌شود. استفاده از فیلم سه لایه (PP/PE/PE) با این دو لایه (OPP/PE) تفاوت معنی‌داری نداشت.

با توجه به جدول تجزیه واریانس نتایج آزمون میکروبی (رشد کپک) (جدول ۸)، مشاهده می‌شود که بین استفاده از لایه‌های متفاوت در دو نوع بسته‌بندی در طول ۴ روز نگهداری در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌دار وجود داشته ولی استفاده از کارتن در همه پلاستیک‌ها در طول ۷۲ ساعت نگهداری، تفاوت معنی‌داری ایجاد نکرده است. هم‌چنین بین زمان‌های نگهداری نیز در همه بسته‌بندی‌ها در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌دار وجود داشته و با بررسی جدول ۹ و مقایسه میانگین‌ها مشخص می‌شود که بیشترین کپک‌زدگی به ترتیب مربوط به نان‌های بسته‌بندی شده با دو لایه پلی‌پروپیلن و پلی‌اتیلن (OPP/PE) و فیلم مرکب (PP/PE/PE) می‌باشد.

با توجه به بالا بودن درصد رطوبت این نمونه‌ها و وجود هم‌بستگی مثبت بین رشد کپک و درصد رطوبت، در نمونه‌ای که بالاترین درصد رطوبت را داشت، رشد کپک مشاهده شد. نتایج حاصل از این آزمون با بررسی‌های روسو و راثو در سال ۱۹۹۳ (۱۵) و کامسوارا (۱۰) هم‌آهنگی دارد.

با توجه به نتایج مندرج در جدول ۸ مشاهده می‌شود که بین تیمارها تفاوت معنی‌داری از نظر مقاومت به کپک‌زدگی وجود دارد ($P < 0/01$). با بررسی جدول مقایسه میانگین‌ها، بیشترین مقاومت در برابر کپک‌زدگی مربوط به نان بسته‌بندی

برای مدت زمان کوتاه و کمتر از یک هفته، برای نان تافتون پیشنهاد می‌شود.

سیاسگزاری

بخشی از هزینه این پژوهش از طریق طرح ملی "بررسی ضایعات گندم در تولید و مصرف" که در دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران اجرا می‌شود، تأمین شده است که بدین وسیله از شورای پژوهش‌های علمی کشور و دانشگاه تهران سیاسگزاری می‌شود.

له شدن و درهم ریختگی نان می‌شود. اگرچه که استفاده از فیلم‌های نفوذناپذیر به رطوبت باعث حفظ رطوبت و فعالیت آبی نان شده و در به تأخیر انداختن بیاتی نان موثر است، ولی به دلیل مناسب بودن محیط برای رشد اسپور کپک‌ها، پایداری در برابر کپک‌زدگی این نمونه‌ها کمتر و در طول ۶ روز نگهداری کپک زده، به همین دلیل مناسب‌ترین بسته بندی برای نان به خصوص در نان‌هایی با درصد رطوبت بالاتر، بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح شده (MAP) پیشنهاد می‌شود. اگرچه استفاده از لایه OPP تا حدود ۵ روز، خصوصیات کیفی نان را نسبت به فیلم پلی‌اتیلن دو لایه حفظ می‌کند، ولی استفاده از این لایه

منابع مورد استفاده

- احمدی ندوشن، م. ۱۳۷۳. تغییر الگوی مصرف و صنعتی کردن تولید نان کشور. مجموعه مقالات اجلاس تخصصی نان، انتشارات انستیتو تحقیقات تغذیه و صنایع غذایی کشور، تهران.
- مضطرزاده، م و ش. خسروی. ۱۳۷۷. پلاستیک‌های صنعتی. انتشارات دانشگاه یزد.
- میرنظامی ضیابری، ح. ۱۳۷۴. اصول بسته‌بندی مواد غذایی. چاپ اول، نشر مشهد.
- American Association of Cereal Chemists (AACC). 1988. Approved Methods of the AACC. Compiled and Published by the Approved Methods Committee. The Association St. Paul, MN.
- American Society for Testing Materials. Annual book of ASTM Standard. MD. U.S.A.
- Bennion, E. B. and G. S. T. Bamford. 1997. The Technology of Cake Making. Sixth ed., Blackie Academic and professional. Chapman and Hall.
- Castle, L., G. Nichol and Y. Gilbert 1994. Migration of mineral hydrocarbons into foods. IV: Waxed paper for packaging dry food including bread. Confectionery and for domestic use including microwave cooking". Food Additives and Contaminants 11(1):79-80.
- Czuchayowskya, C., Y. Pomeranz and H. G. Yeffers. 1989. Water activity and moisture content of dough and bread. Cereal Chem. 66(2):128-132.
- Genkins, W. A. and Y. P. Harrington. 1991. Packaging Foods with Plastics. Technomis Publishing. Co.Inc. U.S.A.
- Kameswara, R. G., M. A. Malathi and P. K. Vijayeragharan. 1964. Preservation and packaging of Indian food's I: Preservation of chapatis. Food Technol. 18(1):108-110.
- Kretny. F., V. Kalininaund 1974. Preparation which slow down spoliage of packaged bread by mold. Khlobo Pakoraya – I- konditerkaya – Promgshlennost. 2: 41- 42.
- Mersiowskyi, C. 1984. Increased material economic packaging of bakery products Verpackaung 25(2): 59-67.
- Parry, R. T. 1993. Principle and Application of Modified Atmosphere Packaging of Food. Blackie Academic and professional. Chapman and Hall, New York, U. S. A.
- Pfizenmaier, W. 1997. Bag of Plastics. German-Federal Republic patent Application.
- Rosso, L, I. R. Lebry, S. Bayard and Y. P. Flandrois. 1993. An expected correlation between cordinal temperature of microbial growth. Appl. Environ. Microbiol. 61:610-616.
- Sacharow. S. and R. Griffin. 1970. Food packaging. Avi Pub. Co. Inc. U.S.A.
- Venkateswara, R. and K. Leelarath. 1986. Changing quality characteristics of chapati during. Cereal Chem. 61(2): 131-135.