

تأثیر بسته‌بندی با فیلم‌های نانویی بر ویژگی‌های مکانیکی نان

میثم ستاری نجف آبادی^{a*}، حامد افشاری^b، سعید مینایی^c

^a مدرس دانشگاه آزاد اسلامی، واحد شهر ری، تهران

^b استادیار دانشگاه آزاد اسلامی، واحد رودهن

^c دانشیار دانشگاه تربیت مدرس، گروه مکانیک ماشین‌های کشاورزی، تهران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۸۸/۱۲/۸

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۸۹/۹/۲۰

چکیده

مقدمه: نان یکی از ارزنده‌ترین و مهمترین مواد غذایی مورد استفاده انسان است. در سال‌های اخیر، کشور ما با انبوهی از ضایعات نان مواجه است. بر اساس گزارش‌ها، شهروندان ایرانی سالانه ۳۰۰ میلیون دلار نان ضایع می‌کنند. در این پژوهش هفت نوع فیلم نانویی تهیه شده به منظور بررسی اثر آن‌ها بر رطوبت و میزان بیاتی نان حجیم قالبی بسته‌بندی شده در این بسته‌ها به دو روش تعیین نیروی فشار و نیروی برش مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها: نمونه‌ها در دماهای نگهداری ۵، ۲۰ و ۳۵ درجه سلسیوس طی ۲۱ روز بررسی شد و داده‌ها با استفاده از نرم افزار SPSS و SAS، مورد تجزیه و تحلیل و مقایسه با نمونه شاهد (فاقد ذرات نانو) قرار گرفت.

یافته‌ها: تحلیل نتایج حاکی از معنادار بودن اثرات سه‌گانه "نوع فیلم×دما×مدت نگهداری" بر رطوبت نان در سطح ۰/۹۹ بود. میزان از دست دادن رطوبت در بسته‌های نانویی نسبت به بسته‌بندی شاهد، ۱۴ تا ۲۵ درصد کمتر بوده است. همچنین نتایج تجزیه واریانس بیاتی نشان داد که اثر سه‌گانه "نوع فیلم×دما×مدت نگهداری" در هیچ یک از دو روش بارگذاری معنادار نبوده است. نتایج حاکی از افزایش نیروی مصرفی (فشاری و برشی) در انواع فیلم‌های نانویی بود. ولی روند افزایش نیرو در انواع فیلم‌ها، متفاوت بود. بیشترین میزان افزایش بیاتی در فیلم شاهد که فاقد ذرات نانو بود، مشاهده شد. در فیلم‌های نانویی، با افزایش ذرات نانو، میزان بیاتی کاهش یافت. همچنین نتایج بیانگر آن بود که در دو دمای ۲۰°C و ۳۵°C، طراوت اولیه بیشتر از دمای ۵°C حفظ شده و نان دیرتر بیات می‌شود ولی در کل، ماندگاری نان در دمای ۵°C بیشتر از دو دمای دیگر است.

نتیجه‌گیری: در مجموع، فیلم نانویی ترکیبی ۲ درصد (دارای ۵۰۰ppm-نقره-۳۰۰ppm رس) به عنوان بهترین فیلم در جهت کاهش بیاتی نان و میزان از دست دادن رطوبت، شناخته شد. نتایج نشان دهنده کاهش ۴۰ تا ۶۰ درصدی ضایعات نان بود.

واژه‌های کلیدی: بیاتی، ضایعات نان، نانو فیلم، نان حجیم

مقدمه

نان یکی از ارزنده‌ترین و مهم‌ترین مواد غذایی مورد استفاده انسان است. اگر چه مصرف نان از کشوری به کشور دیگر و نیز در بین جمعیت یک کشور متغیر است، اما اهمیت آن در بر طرف کردن نیازهای تغذیه‌ای، کاملاً مشخص شده است (Sidhu et al., 1997). در سالهای اخیر به دلایل متعدد از جمله کیفیت نامناسب نان‌های سنتی و قیمت پایین نان، کشور ما با انبوهی از ضایعات نان مواجه است، بطوری که گاهی تا ۳۰٪ نان، تبدیل به ضایعات می‌شود و با توجه به حجم بسیار بالای مصرف نان در کشور، این رقم بسیار قابل توجه می‌باشد. بر اساس گزارش‌ها، شهروندان ایرانی سالانه ۳۰۰ میلیون دلار نان ضایع می‌کنند (شاهدی، ۱۳۸۲).

تامین نان مورد نیاز جمعیت هفتاد میلیون نفری کشور، حجم وسیعی از فعالیت بخش‌های کشاورزی، صنعت، حمل و نقل، ذخیره سازی و توزیع را در بر می‌گیرد که بر مبنای حداقل قیمت‌های بین المللی معادل شش میلیارد دلار ارزش دارد. مطالعات بررسی الگوی مصرف مواد غذایی در استانهای مختلف کشور نشان می‌دهد که عمده ترین گروه غذایی در تامین انرژی و پروتئین دریافتی روزانه نان می‌باشد که ۴۰ درصد انرژی دریافتی روزانه را تامین می‌کند، در خانواده های کم درآمد و پر جمعیت که قدرت خرید کم است و در نتیجه تنوع و مقدار مواد غذایی مصرفی کافی نیست، نان قوت اصلی می‌باشد. بنابراین باید با بکارگیری روش‌های نوین، تکنولوژی تولید و مصرف نان را تغییر داده و از صورت فعلی خارج و روند کامل تری را جایگزین نمود (عزیزی، ۱۳۸۶).

معرفی ساده‌ترین تکنولوژی تولید بسته‌بندی‌های نانویی با تکنولوژی‌های داخل کشور، بررسی مسائل مربوط به ایمنی زیستی و قابلیت انتقال ذرات نانو از بسته‌بندی به محصولات غذایی و اقتصادی بودن استفاده از این بسته‌ها در کشور از مسایل مهم است. استفاده از بسته‌بندی‌های نانو و کاهش ضایعات محصولات کشاورزی، سالانه ۱۶۴ تا ۱۸۷ میلیون دلار صرفه‌جویی اقتصادی را در کشور به همراه خواهد داشت (تاج الدین، ۱۳۸۲).

نان هایی که بسته‌بندی می‌شوند، دیرتر بیات می‌شوند. علت این امر را می‌توان چنین توجیه کرد که در اثر بسته‌بندی، فشار بخار آب ایجاد شده در داخل بسته، مانع

تأثیر بسته‌بندی با فیلم‌های نانویی بر ویژگی‌های مکانیکی نان

خروج آب از نان می‌شود. پس شدت و درجه به تاخیر افتادن بیاتی بستگی به نوع بسته بندی و درجه نفوذپذیری دارد (ستاری نجف آبادی و همکاران، ۱۳۸۸). برای اندازه‌گیری درجه و سرعت بیاتی نان، راه‌های متعددی از قبیل شیمیایی (تغییر کل مواد جامد محلول، تغییر نشاسته محلول، تغییر قدرت تورم و تغییر میزان رطوبت)، روش‌های مکانیکی - رئولوژی (تغییر استحکام و سفتی نان، دستگاه آزمون مواد، تراکم سنخ نانویی، تغییر مشخصات فابریکات، تغییر مشخصات آمیلوگرام)، روش‌های آنزیمی، روش‌های الکتریکی، روشهای حرارتی (DSC و DTA) و روش‌های حسی و ارگانولپتیکی مورد استفاده قرار گرفته‌اند و این نکته شایان ذکر است که در تمامی روش‌ها، اندازه گیری بیاتی به طور غیر مستقیم انجام پذیرفته است و در چنین شرایطی می‌توان انتظار داشت که در مرتبط ساختن نتایج آزمایشگاهی با پذیرش یا رد آن به وسیله مصرف کننده، مشکلاتی بروز نمایند (لامع، ۱۳۷۷). دانشمندان زیادی در طول سال‌های متمادی، چگونگی پدیده بیات شدن نان را مورد بحث و بررسی قرار دادند. یکی از نظریه‌های موجود در این مورد به وسیله مارتین و همکاران (۱۹۹۱) و همچنین مارتین و هوسینی (۱۹۹۱) پیشنهاد شده است. آن‌ها قدرت تورم نشاسته را به عنوان عامل اصلی سفت شدن معرفی کردند.

استر و بایلی در سال ۱۹۳۸ نشان دادند که سرعت و میزان بیات شدن با افزایش درجه حرارت کاهش می‌یابد. دستگاه آزمون مواد از سال ۱۹۶۶ به طور گسترده برای بررسی رتروگراداسیون نشاسته مورد استفاده قرار گرفت. در آن آزمایش یک نمونه نان با ابعاد مشخص به وسیله کارد که با سرعت ثابت حرکت می‌کرد برش داده شد و نیروی لازم برای برش بر حسب واحد نیوتن ثبت شد (AbdKarim and Norziah, 2000). با دنبال کردن افزایش سختی مغز نان در طول مدت نگهداری با استفاده از دستگاه آزمون مواد، اطلاعات زیادی در مورد بیاتی نان به دست آمد. یک رابطه قوی منفی بین قابلیت پذیرش نان به وسیله مصرف کننده و سفتی نان ثبت شده است (Axford, 1968).

بیکر (۱۹۸۶) طی سلسله فعالیت‌های تحقیقاتی به بررسی نقش هر یک عوامل قابل تغییر دستگاه آزمون مواد شامل تعداد برش‌های یک نمونه، میزان تراکم نمونه،

بررسی منابع خارجی و داخلی نشان داد که تاکنون کار چندانی در زمینه فیلم‌های نانویی ترکیبی با ساختار نقره-رس و تاثیر آن بر خواص مکانیکی نان حجیم قالبی گزارش نشده است. کرمانی و همکاران (۲۰۰۹) تاثیر فیلم نانویی رس را بر نان‌های مسطح بررسی کرد و نتایج را از طریق آزمون ارگانولپتیک مورد بررسی قرار داد. نتایج حاکی از افزایش ماندگاری به میزان بسیار کم بود. در پژوهشی دیگر، میشل و همکاران (۲۰۰۸)، اثر بسته‌بندی نانویی بر میزان پذیرش عمومی نان را مورد بررسی قرار دادند که نتایج حاکی از افزایش میزان استقبال عمومی از بسته‌بندی‌های نانو بود.

در این تحقیق، با توجه به میزان قابل توجه ضایعات نان در کشور، بیاتی نان به روش‌های مکانیکی شامل آزمون فشار و آزمون برش، بررسی شده و در مورد راه‌های جلوگیری از بیات شدن و ضایعات نان بحث شده است. نتایج با استفاده از نرم افزارهای SPSS و SAS مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

هفت نوع فیلم نانویی تهیه شده بر پایه پلی‌اتیلن با چگالی کم (LDPE)، شامل ذرات نانو نقره و نانو رس و با ضخامتی بین ۷۰ تا ۱۰۰ میکرون، به منظور بررسی اثر این فیلم‌ها بر رطوبت و ویژگی‌های مکانیکی نان حجیم قالبی بسته‌بندی شده در این بسته‌ها، مورد بررسی قرار گرفت و نتایج آن با فیلم شاهد (پلی اتیلن فاقد ذرات نانو) که برای بسته بندی نان حجیم استفاده می‌شود، مقایسه شد. میزان رطوبت و ویژگی‌های مکانیکی نان بسته‌بندی شده درون فیلم‌های نانویی در روزهای ۱، ۳، ۵، ۷، ۱۴ و ۲۱ (مدت نگهداری) و در سه دمای نگهداری ۵، ۲۰ و ۳۵ درجه سلسیوس بررسی شد.

سرعت حرکت پلانچر و سطح آن بر روی مقدار نیروی خوانده شده، پرداختند. نتایج حاکی از آن بود که تعداد برش‌ها در نمونه، عامل مهمی نیست. سرعت پلانچر نیز به عنوان عامل اساسی مهم نیست. ولی میزان تراکم و سطح پلانچر را عواملی بحرانی و بسیار مهم معرفی کردند. در پژوهشی دیگر، زیبل و سیدهو (۱۹۹۸) با استفاده از دستگاه‌آزمون مواد، به ارزیابی بافت انواع نان پرداختند و خواص مکانیکی نان‌های مختلف را مورد مقایسه و بررسی قرار دادند.

فیلم‌های پلی اتیلن معمولی به دلیل نفوذپذیری قابل توجه اکسیژن و بخار آب از آن‌ها که از جمله عوامل فیزیکی در بیاتی نان می‌باشند، باعث افزایش قابل توجهی در ضایعات نان می‌شود. فیلم‌های نانویی با خواص آنتی‌باکتریال خود به دلیل وجود ذرات نقره و همچنین نفوذپذیری کمتر اکسیژن و بخار آب به دلیل ذرات رس نسبت به فیلم‌های پلی اتیلن معمولی، در نگهداری از نان بسته بندی شده، افزایش ماندگاری نان و جلوگیری از بیات شدن نقش قابل توجهی دارند. ذرات نانو نقره با خاصیت ضد میکروبی خود از رشد کپک‌ها و میکروب‌ها جلوگیری کرده و با ایجاد محیط ضد میکروبی، منجر به بهبود خواص مکانیکی و ماندگاری نان می‌شود. به کار بردن ذرات نانو رس با لایه‌های نازک نانومتری که ساختاری صفحه مانند دارند، باعث می‌شود نفوذ ملکول‌ها از خلال توده نانو کامپوزیت با مشکل مواجه شود. حضور این ذرات سبب افزایش مسیر نفوذ کننده از خلال پلیمر شده، در نتیجه باعث کاهش عبورپذیری از آن، نسبت به فیلم‌های پلی اتیلن معمولی می‌شود. کاهش نفوذپذیری و خروج بخار آب از بسته، به حفظ تازگی نان کمک کرده و باعث دیرتر بیات شدن نان می‌شود (Sattari Najaf Abadi *et al.*, 2009).

جدول ۱- روش نامگذاری فیلم‌های بکار رفته در پژوهش

شماره تیمار	نماد تیمار	ترکیب
۱	W	شاهد
۲	S 0.5	۲۵۰ ppm نقره (۰/۵ درصد نقره)
۳	S 1	۵۰۰ ppm نقره (۱ درصد نقره)
۴	S 1.5	۷۵۰ ppm نقره (۱/۵ درصد نقره)
۵	S 2	۱۰۰۰ ppm نقره (۲ درصد نقره)
۶	SC 1	۵۰۰ ppm نقره- ۱۵۰ ppm رس (ترکیبی ۱ درصد)
۷	SC 2	۵۰۰ ppm نقره- ۳۰۰ ppm رس (ترکیبی ۲ درصد)
۸	SC 3	۵۰۰ ppm نقره- ۴۵۰ ppm رس (ترکیبی ۳ درصد)

تاثیر بسته‌بندی با فیلم‌های نانویی بر ویژگی‌های مکانیکی نان

۰/۲۰ نانو نقره می‌باشد که تحت شرایط دمایی ۱۹۵-۱۶۵ درجه سلسیوس و سرعت ۵۰ rpm، با ضخامت کمتر از ۱۰۰ میکرون، به روش برهم کنش مذاب و با همکاری ستاد نانو ریاست جمهوری، تولید شده است.

- آزمون فشار

آزمون فشار به عنوان شاخص میزان بیاتی نان محسوب می‌شود. همچنین از این آزمایش، در محاسبه تنش فشاری که آن نیز شاخصی در تعیین میزان بیاتی نان است، استفاده می‌شود. نیروی لازم برای تراکم یک فرآورده تا مسافت معین، سفتی^۲ نامیده می‌شود. این روش آزمونی برای ارزیابی سفتی مغز نان توسط دستگاه آزمون مواد فراهم می‌کند. در هنگام ارزیابی سفتی مغز نان به وسیله دستگاه آزمون مواد از سل بارگذاری ۵۰۰ کیلو نیوتنی و میله بارگذاری آلومینیومی با قطر ۳۰ میلی‌متر (سطح مقطع $10^{-3} \text{m}^2 \times 0.7065$) با لبه‌های خمیده استفاده شد (سرفراز، ۱۳۸۶). روش آزمون فشار بدین گونه می‌باشد که ابتدا عامل بارگذاری در وضعیتی قرار داده می‌شود که ۱ mm بالاتر از مرکز سطح لایه بریده شده قرار گیرد. سرعت تراکم، ۱۰۰ mm/min (سرفراز، ۱۳۸۶) و خواندن نیروی فشار در میزان تراکم ۲۵ درصد (۷/۵ mm) انجام گرفت. عامل بارگذاری به وضعیت اول خود برگردانیده شده، لایه فشرده شده خارج و برای نمونه‌های بعدی این روش تکرار می‌گردد.

- آزمون برش (۲)

نیروی برش به عنوان شاخص نیروی خردکنندگی دندان‌های انسان، محسوب می‌شود. از این آزمایش، در محاسبه تنش برشی که آن هم شاخصی در تعیین نیروی خردکنندگی دندان‌های انسان است، استفاده می‌شود (ناصحنی، ۱۳۷۵). این آزمون با تیغه مخصوص برش به ابعاد ۲mm×۸۰mm×۸۰mm و با سرعت ۱۲۰ mm/min انجام شد (AACC, 1988). میله بارگذاری بر روی نان تنظیم می‌شود. عمل برش به وسیله تیغه مخصوص انجام شده و پس از عمل برش، عامل بارگذاری به وضعیت اول خود برگردانده شد. لایه بریده شده را خارج کرده و برای نمونه‌های بعدی، این روش تکرار شد.

جدول ۱ خصوصیات بکار برده شده در فیلم‌ها را نشان می‌دهد. دامنه استفاده از ذرات نقره در محدوده ۲۵۰ ppm تا ۱۰۰۰ ppm می‌باشد. مقادیر کمتر از ۲۵۰ ppm، تاثیری بر ویژگی‌های ضد میکروبی نداشته و مقادیر بیشتر از ۱۰۰۰ ppm، از نظر اقتصادی مقرون به صرفه نمی‌باشد. طبق آزمایش‌های انجام شده، استفاده از ذرات نقره در این دامنه از نظر میکروبی نیز بلا مانع است (Lainez et al., 2008). استفاده از ذرات نانو رس، در دامنه‌ای کمتر از ۱۵۰ ppm، تاثیری ناچیز بر خواص مکانیکی و بیشتر از ۴۵۰ ppm، تاثیر منفی در رنگ فیلم‌های نانویی ایجاد می‌کند که در بسته‌بندی محصولات غذایی حائز اهمیت است (ستاری نجف آبادی و همکاران، ۱۳۸۸؛ بی‌نام، ۱۳۸۶). لازم به ذکر است خواص مکانیکی و نفوذپذیری فیلم‌های بکاررفته نیز بررسی شد که نتایج حاکی از بهبود خواص مکانیکی و کاهش نفوذپذیری اکسیژن و بخار آب در انواع فیلم‌ها بود.

- میزان رطوبت نان

میزان رطوبت نان در هر مرحله انجام آزمون‌های فشار و برش، به وسیله اندازه‌گیری وزن، قبل و بعد از خشک کردن به مدت ۵ ساعت در دمای ۱۰۳ درجه سلسیوس محاسبه شد (Fontanet, 1997).

- دستگاه آزمون مواد

دستگاه آزمون مواد مورد استفاده برای انجام آزمایش‌ها، Hounsfield مدل H50 K-S ساخت کشور انگلستان بود. این دستگاه برای تعیین ویژگی‌های مکانیکی طیف گسترده‌ای از مواد در بارگذاری‌های مختلف فشاری، کششی و برشی قابل استفاده است.

- تهیه و آماده‌سازی نمونه

نان مورد استفاده از نوع حجیم قالبی بوده و ضخامت نمونه‌های مورد آزمون ۳۰ mm بود. قرص‌های نان به طور مکانیکی به لایه‌های با ضخامت ۱۰ mm برش داده شد. برای لایه‌های با ضخامت ۱۰ mm، از سه لایه روی هم گذاشته برای آزمون استفاده شد. فیلم‌های مورد استفاده بر پایه پلی اتیلن (LDPE^۱)، درجه ۰/۷۵ همراه با مستربچ

^۱ Low Density Poly Ethylene^۲ Hardness

تجزیه و تحلیل آماری

و تحلیل قرار گرفت.

در پایان کلیه داده‌ها با استفاده از نرم افزار SPSS و SAS، در قالب طرح فاکتوریل کاملاً تصادفی مورد تجزیه

یافته‌ها

جدول ۲- درصد رطوبت نان بسته‌بندی شده در روزهای بارگذاری

نوع فیلم	دما	مدت نگهداری بر حسب روز				
		۱	۳	۵	۷	۱۴
	۵	۳۹/۵۷ ^a	۳۸/۱۶ ^{bc}	۳۷/۲۶ ^c	۳۶/۰۴ ^{cd}	۳۳/۹۵ ^g
W*	۲۰	۳۹/۵۷ ^a	۳۷/۷۳ ^c	۳۵/۶۵ ^e	۳۳/۶۴ ^g	۳۱/۳۷ ⁱ
	۳۵	۳۹/۵۷ ^a	۳۷/۳۷ ^c	۳۷/۱۷ ^c	۳۵/۳۹ ^e	۳۰/۹۰ ^j
	۵	۳۹/۵۷ ^a	۳۹/۳۰ ^a	۳۹/۰۳ ^a	۳۶/۲۵ ^d	۳۵/۹۹ ^e
S 0.5	۲۰	۳۹/۵۷ ^a	۳۸/۱۷ ^b	۳۶/۸۴ ^d	۳۵/۲۸ ^e	۳۱/۴۷ ⁱ
	۳۵	۳۹/۵۷ ^a	۳۸/۷۳ ^b	۳۷/۸۹ ^c	۳۴/۳۷ ^f	۳۲/۹۹ ^h
	۵	۳۹/۵۷ ^a	۳۹/۴۹ ^a	۳۹/۴۱ ^a	۳۷/۷۵ ^c	۳۶/۱۸ ^d
S1	۲۰	۳۹/۵۷ ^a	۳۸/۸۹ ^b	۳۵/۶۴ ^e	۳۲/۷۴ ^h	۳۰/۷۱ ⁱ
	۳۵	۳۹/۵۷ ^a	۳۸/۶۸ ^b	۳۷/۷۹ ^c	۳۵/۸۲ ^e	۳۰/۶۲ ⁱ
	۵	۳۹/۵۷ ^a	۳۹/۰۰ ^a	۳۸/۴۴ ^d	۳۶/۹۲ ^d	۳۶/۷۷ ^d
S1.5	۲۰	۳۹/۵۷ ^a	۳۷/۹۳ ^c	۳۵/۲۸ ^e	۳۴/۹۸ ^f	۳۲/۱۵ ^h
	۳۵	۳۹/۵۷ ^a	۳۷/۷۵ ^c	۳۵/۹۴ ^e	۳۴/۶۳ ^f	۳۱/۳۸ ⁱ
	۵	۳۹/۵۷ ^a	۳۸/۶۸ ^b	۳۷/۷۳ ^c	۳۷/۶۴ ^c	۳۷/۳۳ ^c
S2	۲۰	۳۹/۵۷ ^a	۳۸/۵۶ ^b	۳۵/۴۹ ^e	۳۲/۵۷ ^g	۳۰/۰۴ ⁱ
	۳۵	۳۹/۵۷ ^a	۳۸/۱۴ ^b	۳۶/۷۵ ^d	۳۳/۳۰ ^f	۳۰/۱۴ ⁱ
	۵	۳۹/۵۷ ^a	۳۹/۱۱ ^a	۲۸/۶۶ ^k	۳۶/۹۰ ^d	۳۵/۳۱ ^e
SC1	۲۰	۳۹/۵۷ ^a	۳۸/۲۲ ^b	۳۶/۶۴ ^d	۳۲/۳۴ ^f	۳۰/۲۴ ⁱ
	۳۵	۳۹/۵۷ ^a	۳۸/۲۳ ^b	۳۶/۸۹ ^d	۳۲/۳۳ ^f	۳۱/۵۷ ^g
	۵	۳۹/۵۷ ^a	۳۹/۳۷ ^a	۳۹/۱۷ ^a	۳۷/۹۴ ^c	۳۶/۹۲ ^d
SC2	۲۰	۳۹/۵۷ ^a	۳۸/۸۹ ^{ab}	۳۶/۵۶ ^d	۳۵/۲۸ ^e	۳۲/۲۷ ^h
	۳۵	۳۹/۵۷ ^a	^b ۳۸/۲۰	۳۶/۸۴ ^d	۳۵/۱۰ ^e	۳۳/۴۶ ^g
	۵	۳۹/۵۷ ^a	۳۸/۹۴ ^{ab}	۳۸/۳۱ ^c	۳۷/۱۵ ^d	۳۵/۸۱ ^e
SC3	۲۰	۳۹/۵۷ ^a	۳۷/۸۷ ^{bc}	۳۶/۶۴ ^d	۳۴/۶۳ ^f	۳۱/۱۱ ⁱ
	۳۵	۳۹/۵۷ ^a	۳۷/۸۴ ^{bc}	۳۶/۱۲ ^d	۳۴/۴۲ ^f	۳۱/۵۰ ⁱ

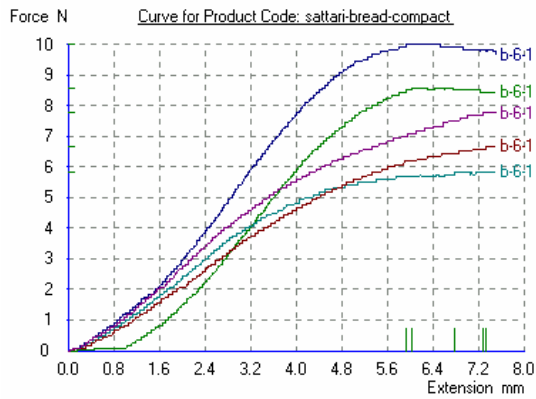
*- تیمارها در جدول ۱ آمده است

جدول ۳- تجزیه واریانس داده‌های رطوبت نان بسته بندی شده

متغیر مستقل	درجه آزادی	میانگین مربعات	F
نوع فیلم	۷	۸/۹۹۸ ***	۹/۵۴۳
دما	۲	۳۲۵/۵۲۲ **	۳۴۵/۲۷۰
مدت نگهداری	۵	۷۵۵/۸۱۴ *	۷۹۸/۴۸۴
نوع فیلم × دما	۱۴	۴/۵۸۶ ***	۴/۸۶۴
نوع فیلم × مدت نگهداری	۳۵	۳/۳۷۸ **	۳/۵۸۳
دما × مدت نگهداری	۱۰	۳۲/۵۴۱ ***	۳۴/۵۱۵
نوع فیلم × دما × مدت نگهداری	۷۰	۲/۳۵۲ **	۲/۴۹۴
خطا	۲۸۸	۰/۹۴۳	

***، ** و * به ترتیب نشان دهنده معنادار بودن در سطوح ۵، ۱ و ۰/۱ درصد می باشند

تأثیر بسته‌بندی با فیلم‌های نانویی بر ویژگی‌های مکانیکی نان

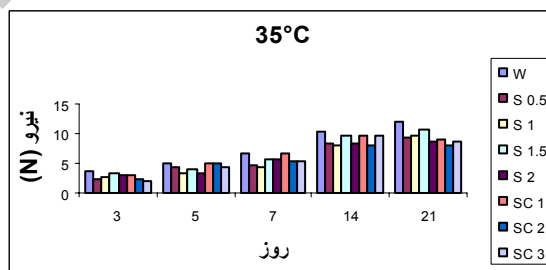
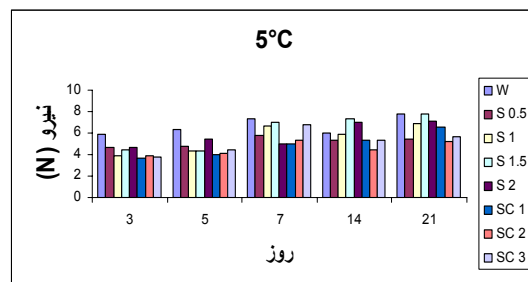
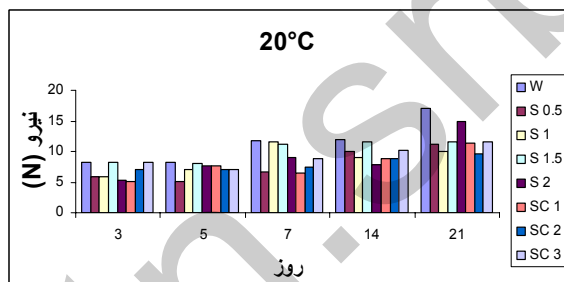


شکل ۱- نمونه نمودار نیرو-جابجایی آزمون فشار نان

جدول ۴- تجزیه واریانس داده‌های نیروی مصرفی

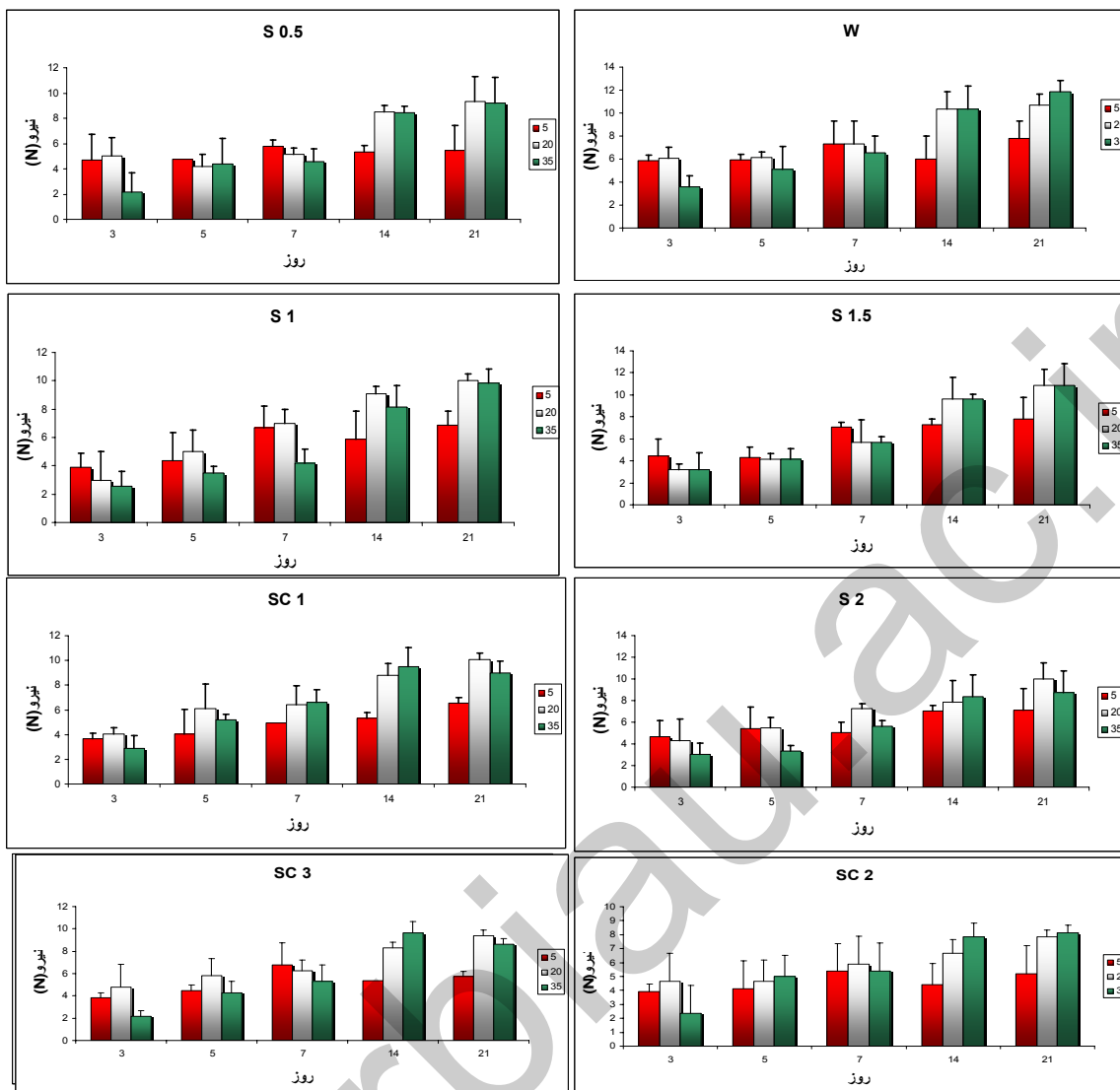
F	میانگین مربعات	درجه آزادی	متغیر مستقل
۲۴/۱۱۳	۳۵/۶۵۹**	۷	نوع فیلم
۲۷۱/۶۲۲	۴۰۱/۶۸۲**	۲	دما
۱۹۵/۴۱۷	۲۸۹/۰۹۲***	۴	مدت نگهداری
۴/۸۶۳	۷/۱۹۲**	۱۴	نوع فیلم × دما
۳/۰۴۸	۴/۵۰۷***	۲۸	نوع فیلم × مدت نگهداری
۱۹/۴۲۵	۲۸/۷۲۷**	۸	دما × مدت نگهداری
۲/۹۶۶	۴/۳۸۶ ^{ns}	۵۶	نوع فیلم × دما × مدت نگهداری
	۱/۴۷۹	۲۴۰	خطا

ns، *، ** و *** به ترتیب نشان دهنده معنادار نبودن و معنادار بودن در سطوح ۵، ۱ و ۰/۱ درصد می باشند.



نمودار ۲- تأثیر نوع فیلم بر نیروی مصرفی (سفتی نان) در سه دما

* تیمارها در جدول ۱ معرفی شده‌اند



۷۹

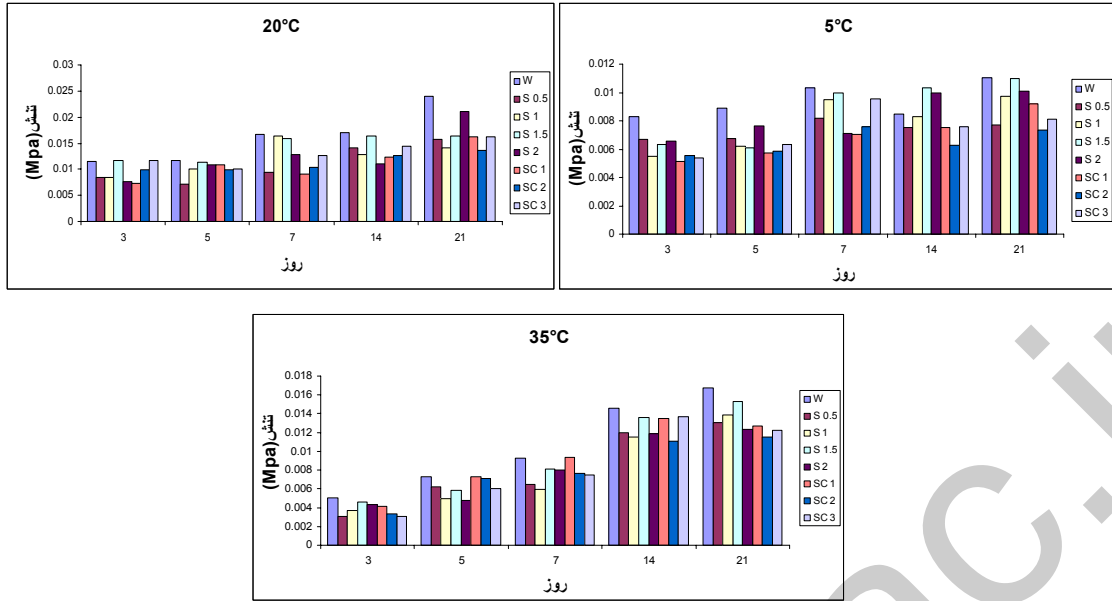
نمودار ۳- تاثیر دما بر نیروی مصرفی (سفتی نان) در انواع فیلم
* تیمارها در جدول ۱ معرفی شده‌اند

جدول ۵- تجزیه واریانس داده‌های تنش فشاری نان بسته بندی شده

متغیر مستقل	درجه آزادی	میانگین مربعات	F
نوع فیلم	۷	۰/۷۱۴**	۲۴/۱۱۳
دما	۲	۸/۱۴۷***	۲۷۱/۶۲۲
مدت نگهداری	۴	۵/۷۹۲**	۱۹۵/۴۸۷
نوع فیلم × دما	۱۴	۰/۱۴۴**	۴/۸۶۳
نوع فیلم × مدت نگهداری	۲۸	۰/۰۹۰*	۳/۰۴۸
دما × مدت نگهداری	۸	۰/۵۷۶**	۱۹/۴۲۵
نوع فیلم × دما × مدت نگهداری	۵۶	۰/۰۸۸ ^{ns}	۲/۹۶۶
خطا	۲۴۰	۰/۰۳۰	

ns, *, **, و *** به ترتیب نشان دهنده معنادار نبودن و معنادار بودن در سطوح ۰.۵، ۱ و ۰.۱ درصد می باشند.

تأثیر بسته‌بندی با فیلم‌های نانویی بر ویژگی‌های مکانیکی نان

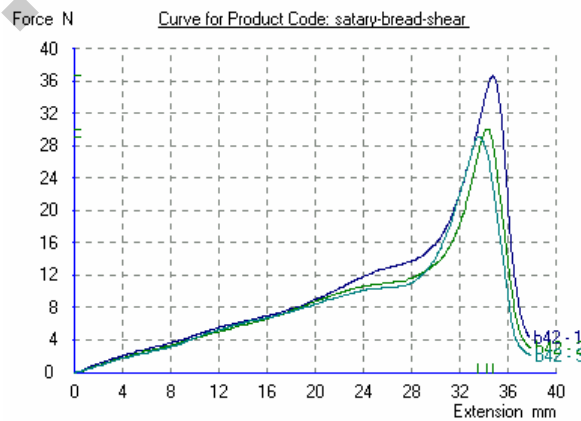


نمودار ۴- تأثیر نوع فیلم بر تنش فشاری در سه دما
* تیمارها در جدول ۱ معرفی شده‌اند

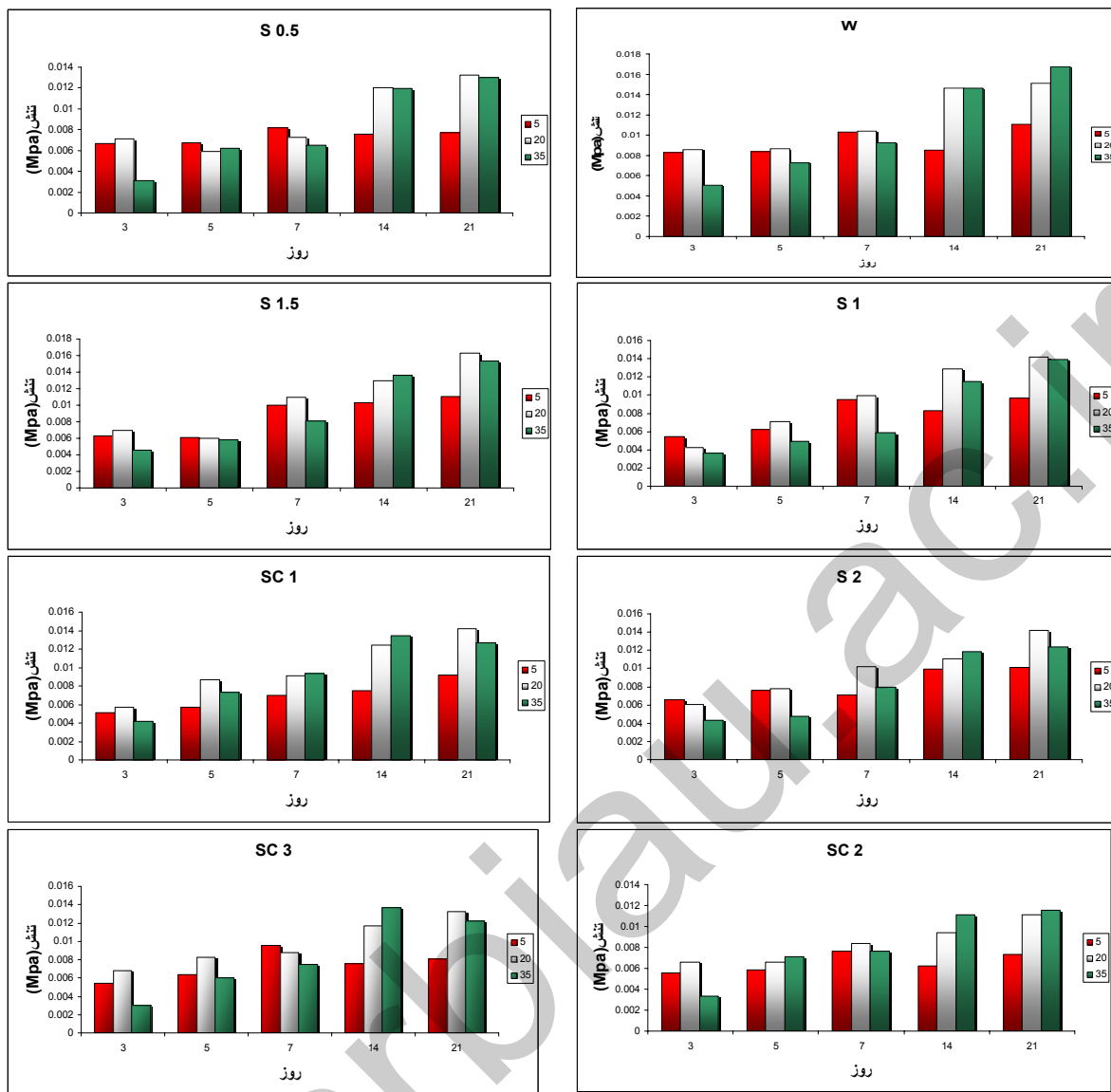
جدول ۶- تجزیه واریانس داده‌های نیروی برش نان

F	میانگین مربعات	درجه آزادی	متغیر مستقل
۱۴/۴۲۱	۸۲۸/۳۴۸ **	۷	نوع فیلم
۱۷۰/۴۹۶	۹۷۹۳/۶۰۳ ***	۲	دما
۶/۴۴۵	۳۷۰/۱۹۰ **	۴	مدت نگهداری
۲/۱۳۷	۱۲۲/۷۳۹ ^{ns}	۱۴	نوع فیلم × دما
۱/۴۹۷	۸۶/۰۱ **	۲۸	نوع فیلم × مدت نگهداری
۱۱/۴۶۹	۶۵۸/۷۸۰ **	۸	دما × مدت نگهداری
۲/۱۹۴	۱۶۶/۲۶۲ ^{ns}	۵۶	نوع فیلم × دما × مدت نگهداری
	۵۷/۴۴۲	۲۴۰	خطا

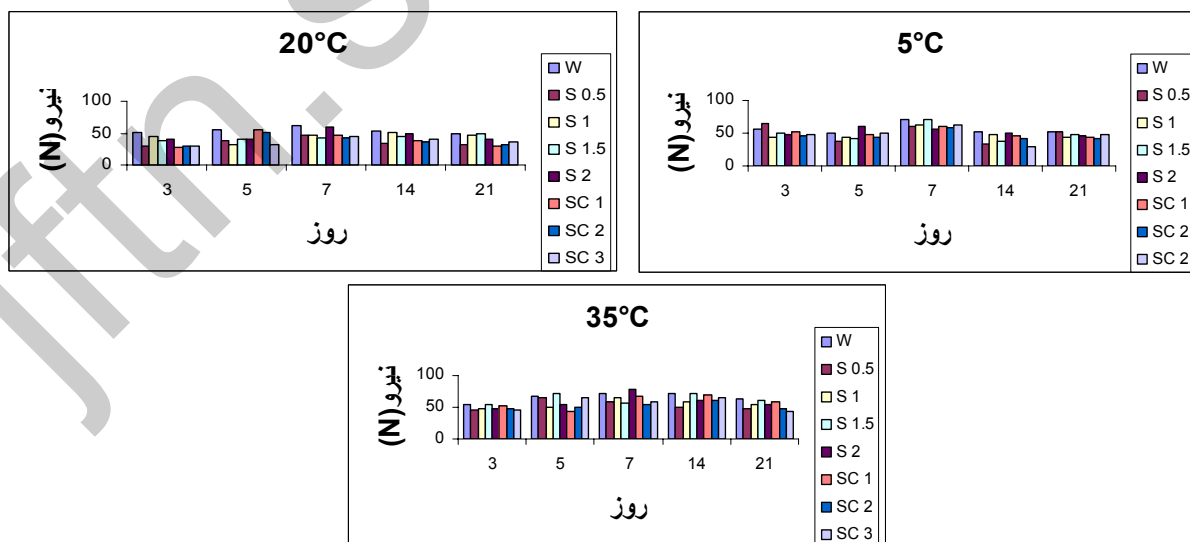
ns, *, **, * به ترتیب نشان دهنده معنادار نبودن و معنادار بودن در سطوح ۵، ۱ و ۰/۱ درصد می‌باشند.



شکل ۲- نمودار نیرو-جابجایی آزمون برش نان

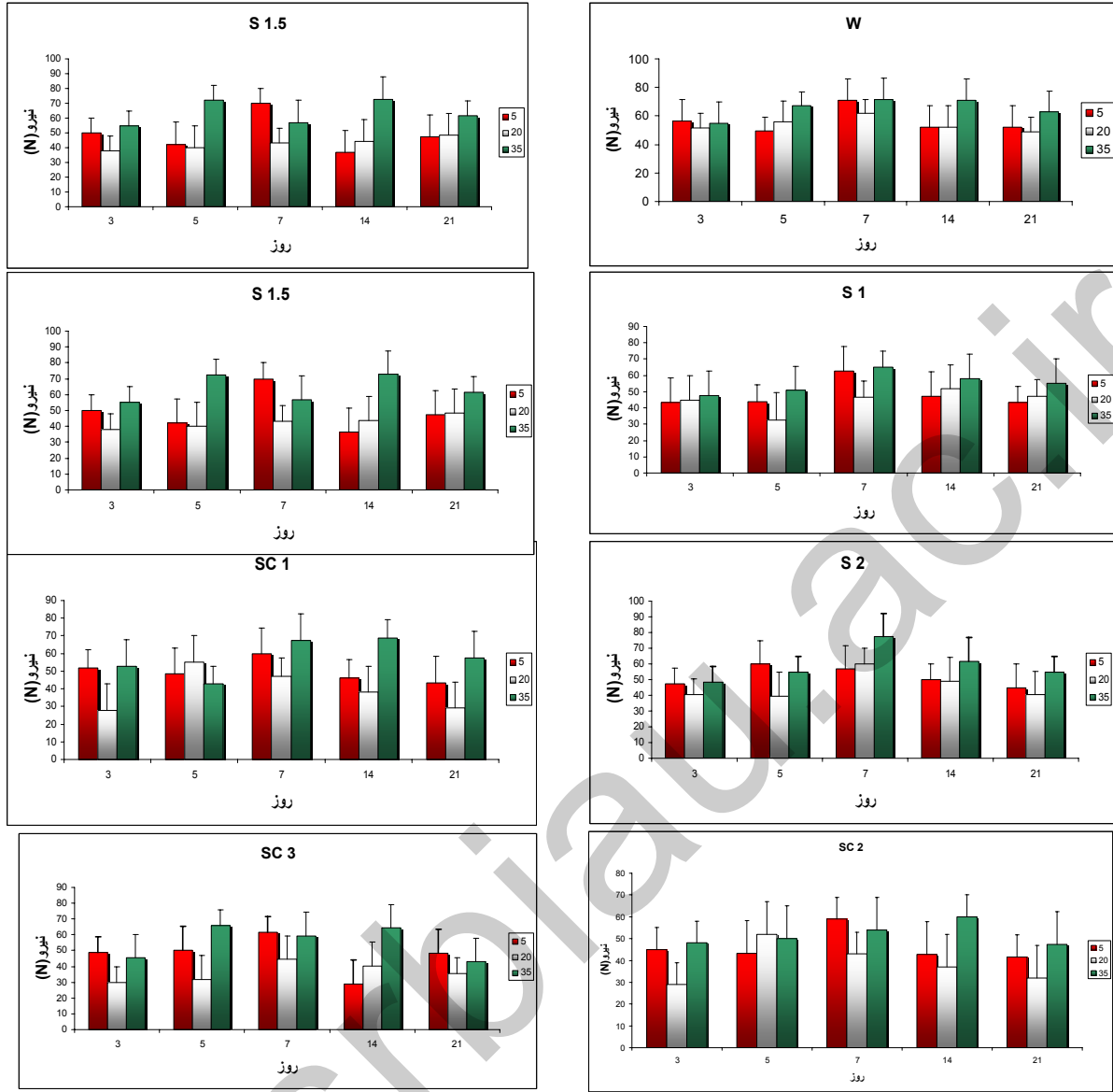


نمودار ۵- تاثیر دما بر تنش فشاری نان در انواع فیلم (تیمارها در جدول ۱ معرفی شده‌اند)



نمودار ۶- تاثیر نوع فیلم بر نیروی برشی در سه دما

تأثیر بسته‌بندی با فیلم‌های نانویی بر ویژگی‌های مکانیکی نان



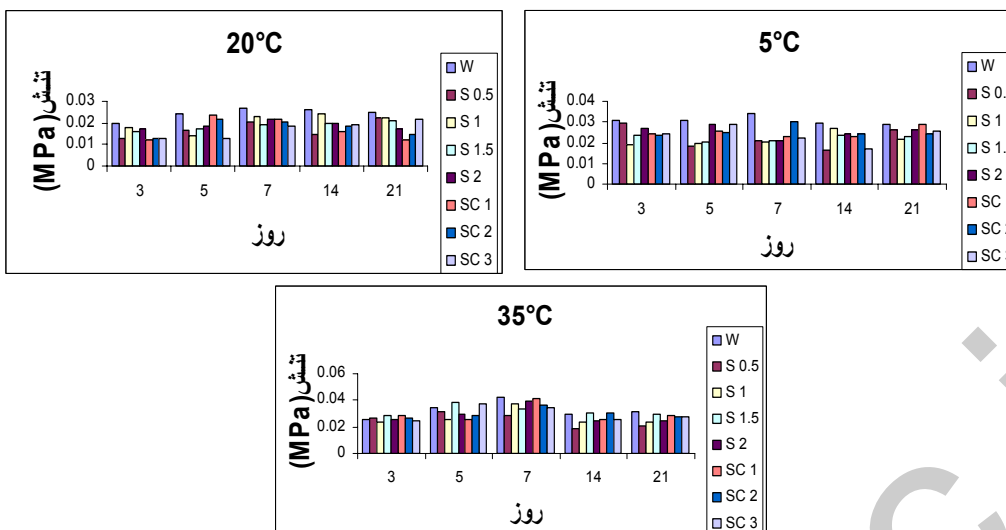
نمودار ۷- تأثیر دما بر نیروی برشی در انواع فیلم

*تیمارها در جدول ۱ معرفی شده‌اند

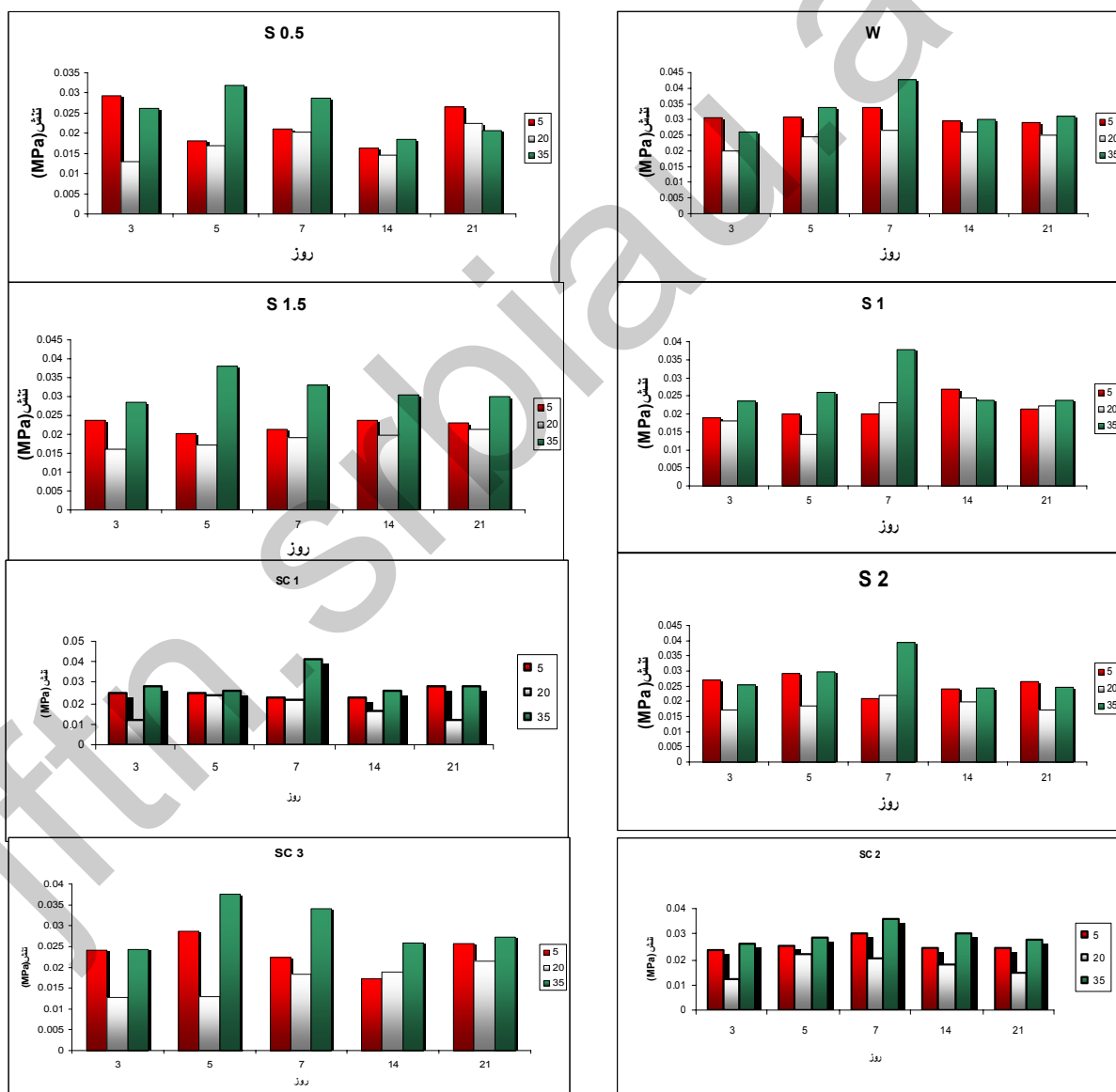
جدول ۹- تجزیه واریانس داده‌های تنش برشی نان

F	میانگین مربعات	درجه آزادی	متغیر مستقل
۴/۶۸۱	۱/۵۸۳***	۷	نوع فیلم
۵۳/۰۹۰	۱۷/۹۵۱**	۲	دما
۱۴/۲۴۵	۴/۸۱۷**	۴	مدت نگهداری
۱۰/۹۸۷	۳/۷۱۵**	۱۴	نوع فیلم × دما
۳/۳۷۳	۱/۱۴۰***	۲۸	نوع فیلم × مدت نگهداری
۹/۱۸۵	۳/۱۰۶**	۸	دما × مدت نگهداری
۳/۰۷۳	۳/۰۳۹ ^{NS}	۵۶	نوع فیلم × دما × مدت نگهداری
	۰/۳۸۸	۲۴۰	خطا

NS، *، ** و *** به ترتیب نشان دهنده معنادار نبودن و معنادار بودن در سطوح ۵، ۱ و ۰/۱ درصد می باشند.



نمودار ۸- تاثیر نوع فیلم بر تنش برشی در سه دما (*تیمارها در جدول ۱ معرفی شده‌اند).



نمودار ۹- تاثیر دما بر تنش برشی در انواع فیلم (*تیمارها در جدول ۱ معرفی شده‌اند).

بحث

اندازه‌گیری رطوبت در مراحل مختلف آزمون‌های مکانیکی

به طور کلی با اندازه‌گیری رطوبت نان می‌توان به میزان بیاتی آن پی برد (Scanlon *et al.*, 2000). رطوبت نان بسته بندی شده در بسته‌های نانویی در مراحل مختلف بارگذاری اندازه‌گیری شد. درصد رطوبت در مراحل مختلف در جدول ۲ آمده است. رطوبت اولیه نان در هنگام عملیات بسته بندی ۳۹/۵۷ درصد بدست آمد. درصد رطوبت در مراحل مختلف می‌تواند بیانگر میزان تاثیر فیلم‌های نانویی در جلوگیری از خروج رطوبت نان بسته بندی شده و ممانعت از بیات شدن نان باشد. نتایج حاکی از آن بود که میزان از دست دادن رطوبت در بسته‌های نانویی نسبت به بسته‌بندی شاهد، ۱۴ تا ۲۵ درصد کمتر بوده است. این امر نشانگر کاهش میزان افت رطوبت نان بسته‌بندی شده در بسته‌های نانویی و در نتیجه کاهش میزان بیاتی آن است. نتایج مشابهی مبنی بر کاهش رطوبت نان بسته بندی شده با افزایش مدت نگهداری نان توسط اسکالون و همکاران (۲۰۰۰) گزارش شده است. تجزیه واریانس داده‌های رطوبت نان بسته بندی شده در جدول ۳ آمده است. قابل ذکر است هر زمان اثر متقابل معنادار شود، اثرات اصلی از اعتبار ساقط می‌شوند. در نتیجه می‌بایست اثرات متقابل را مورد بررسی قرار داد. همچنین در جایی که اثر متقابل سه گانه معنادار شود، اثرات دو گانه نیز مورد بررسی قرار نخواهد گرفت (ولی زاده و مقدم، ۱۳۸۳). نتایج حاکی از معنادار بودن اثرات سه‌گانه نوع فیلم، دما و مدت نگهداری در سطح ۰/۹۹ می‌باشد. همچنین نتایج، حاکی از کاهش میزان رطوبت طی مدت نگهداری نان می‌باشد. با توجه به جدول ۲ مشاهده می‌شود که در هر نوع فیلم، اعم از نانویی و غیر نانویی، رطوبت نان در دمای 5°C کمتر از میزان رطوبت در دمای 20°C و 5°C می‌باشد. این امر بیانگر آن است که میزان بیاتی نان در دمای بالاتر، هر چند دیرتر اتفاق می‌افتد، ولی در نهایت بیشتر است. روند کاهش رطوبت در فیلم‌های نانویی نسبت به فیلم شاهد، کند تر بوده است. نتایج مشابهی توسط کرمانی و همکاران بدست آمد.

در بین فیلم‌های نانویی، فیلم نانویی ترکیبی نقره و

تاثیر بسته‌بندی با فیلم‌های نانویی بر ویژگی‌های مکانیکی نان

رس ۲ درصد (SC_2)، با کمترین میزان از دست دادن رطوبت، به عنوان بهترین فیلم و فیلم شاهد (W) با بیشترین میزان از دست دادن رطوبت به عنوان بدترین فیلم شناخته شد.

بررسی نتایج مربوط به آزمون فشار نان

نمونه‌ای از نمودار بارگذاری فشاری نان در ۵ تکرار، توسط دستگاه آزمون مواد بر حسب نیرو-جابجایی در شکل ۱ آمده است. این نمودار، حداکثر میزان نیروی مصرفی برای فشردن نان تا مسافت مشخص ($7/5\text{mm}$) را نشان می‌دهد. افزایش ماکزیمم نیروی مصرفی نشانگر کاهش رطوبت و در نتیجه بیات شدن بیشتر نان می‌باشد. این روش از معتبرترین روش‌های مکانیکی تعیین میزان بیاتی نان می‌باشد.

تاثیر مدت نگهداری، دما و نوع فیلم‌های نانویی بر نیروی مصرفی نان

همانطور که در جدول ۴، مربوط به تجزیه واریانس اثر داده‌های نیروی مصرفی مشاهده می‌شود، اثرات سه‌گانه "نوع فیلم، دما و مدت نگهداری" در سطح ۰/۹۵ معنادار نبوده است. ولی کلیه اثرات متقابل دوگانه در سطح ۰/۹۹ معنادار بوده است. اثرات متقابل دوگانه "نوع فیلم‌های نانویی و دما" طی مدت نگهداری، در زیر مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

اثر نوع فیلم بر نیروی مصرفی در سه دما

تاثیر نوع فیلم‌ها بر نیروی مصرفی (نشانگر سفتی نان) در سه دمای ۵، ۲۰ و 35°C درجه سلیسیوس و در پنج مرحله بارگذاری در نمودار ۱ آمده است.

همانطور که در نمودار ۱ مشاهده می‌شود، در هر سه دما، بیشترین نیروی مصرفی مربوط به نمونه شاهد بوده که در آن از ذرات نانو استفاده نشده است. این امر بیانگر تاثیر مثبت فیلم‌های نانویی در کاهش بیاتی نان است. در میان فیلم‌های نانویی، فیلم‌های ترکیبی نسبت به فیلم‌های نانو نقره، نیروی مصرفی کمتر و در نتیجه بیاتی کمتری داشته‌اند. با توجه به نمودار ۱ مربوط به دمای 35°C ، مشاهده می‌شود که نیروی مصرفی در ابتدا کم بوده ولی در روز چهاردهم افزایش زیادی نسبت به روز اول داشته است.

متغیرهای متفاوت بر تنش فشاری نان مشاهده می شود، اثر سه گانه "نوع فیلم، دما و مدت نگهداری"، اثر معناداری در سطح ۰/۹۵ نداشته است. ولی کلیه اثرات متقابل دوگانه در سطح ۰/۹۹ و ۰/۹۵ معنادار بوده اند. بنابراین به بررسی اثر متقابل دوگانه "نوع فیلم های نانویی و دما" طی زمان نگهداری می پردازیم.

- تاثیر نوع فیلم بر تنش فشاری در سه دما

تنش فشاری نان، بیانگر میزان نیرو در واحد سطح بوده و رابطه ای مستقیم با نیروی مصرفی جهت فشردن نان دارد. با افزایش زمان نگهداری نان، میزان تنش فشاری نیز افزایش می یابد. نتایج مربوط به تنش فشاری شبیه به نیروی مصرفی بوده و اختلاف چندانی در روند تغییرات تنش و نیروی مصرفی جهت فشردن نان مشاهده نشد.

با توجه به نمودار ۳ مشاهده می شود، در هر سه دما، بیشترین تنش فشاری مربوط به نمونه شاهد بوده که فاقد ذرات نانو بوده است. بیشترین میزان افزایش تنش فشاری، مربوط به دمای ۳۵°C بوده که به دلیل دمای بالا، بیشترین میزان خروج بخار آب از بسته ها را داشته و منجر به بیاتی نان شده است. کمترین میزان افزایش تنش فشاری مربوط به دمای ۵°C بود.

در حالی که در دمای ۵°C، از همان زمان شروع نگهداری، نیرو افزایش می یابد که به منزله شروع بیاتی است. دلیل آن، درجه حرارت است که با افزایش دمای نگهداری، بیاتی کاهش می یابد (AbdKarim and Norziah, 2000). در دمای ۳۵°C، شروع بیاتی نان از روز هفتم آغاز می شود و تا روز هفتم، نان تازگی اولیه خود را حفظ می کند. در دمای ۵°C، به علت دمای پایین، نان سریعاً تازگی اولیه خود را از دست می دهد ولی به علت دمای پایین و عدم رشد میکروب ها و کپک ها، ماندگاری بیشتری نسبت به دمای ۳۵°C دارد. روند افزایش نیرو در آزمون فشار به گونه ای است که با شروع بیاتی، نیروی مصرفی افزایش می یابد. ولی با شروع پدیدار شدن لکه های کپک، به علت ریشه ای بودن کپک ها و تخریب بافت نان، روند افزایش نیرو کند و یا متوقف می شود. بیشترین روند افزایشی نیرو، مربوط به دمای ۳۵°C بوده که به دلیل دمای بالا، بیشترین میزان خروج بخار آب از بسته ها را داشته و منجر به بیاتی بیشتر نان شده است. کمترین روند افزایشی نیرو مربوط به دمای ۵°C بوده که کمترین میزان خروج بخار آب را داشته است. طبق تحقیقات مشابه انجام شده توسط کرمانی و همکاران، نتایج مشابهی در زمینه کاهش بیاتی نان در پی استفاده از فیلم های نانویی بدست آمد.

- اثر دما بر نیروی مصرفی در انواع فیلم

با توجه به نمودار ۲، مشاهده می شود که بر خلاف انتظاری که از فیلم های نانویی می رفت، در کلیه فیلم های نانویی با افزایش مدت نگهداری، نیروی مصرفی نیز افزایش یافته است (AbdKarim and Norziah, 2000) که البته میزان افزایش نیرو در انواع فیلم ها، متفاوت است. به عبارت دیگر همانطور که قبلاً نیز ذکر شد، اثر دما بر فیلم های نانویی بر خلاف انتظار معنادار شد. در کلیه فیلم های نانویی، کمترین افزایش نیرو مربوط به دمای ۵°C می باشد و بیشترین میزان افزایش نیرو مربوط به دمای ۳۵°C می باشد. در بین فیلم های موجود، کمترین اثر دما در فیلم نانو نقره ۲ درصد (S2) می باشد.

- تاثیر مدت نگهداری، دما و نوع فیلم بر تنش فشاری نان

با توجه به جدول ۵، مربوط به تجزیه واریانس اثر

- اثر دما بر تنش فشاری در انواع فیلم

با توجه به نمودار ۴، در کلیه فیلم های نانویی با افزایش مدت نگهداری، تنش فشاری نان نیز افزایش یافته است که البته بسته به نوع فیلم، میزان افزایش تنش فشاری نان متفاوت است. در بین فیلم های نانویی، کمترین تاثیر دما بر فیلم نانویی ترکیبی ۲ درصد (SC2) مشاهده شد.

- بررسی نتایج مربوط به تست برش نان

روش مکانیکی دیگری که برای تعیین میزان بیاتی نان و مخصوصاً به عنوان شاخصی در تعیین نیروی خردکنندگی دندان های انسان به کار می رود، آزمون برش است (ناصری، ۱۳۷۴). این نمودار، حداکثر میزان نیروی مصرفی برای برش نان تا مسافت مشخص (۳۰ mm) را نشان می دهد. افزایش ماکزیمم نیروی مصرفی نشانگر کاهش رطوبت و در نتیجه بیات شدن بیشتر نان می باشد. این روش نیز از معتبرترین روش های مکانیکی برای تعیین

تاثیر بسته‌بندی با فیلم‌های نانویی بر ویژگی‌های مکانیکی نان

میزان بیاتی نان می‌باشد. نمونه نمودار نیرو-جابجایی مربوط به آزمون برش (شکل ۲) به همراه تجزیه و تحلیل داده‌های آزمون برش، در زیر آمده است.

- تاثیر مدت نگهداری، دما و نوع فیلم بر نیروی برش نان

دیگر روش مکانیکی برای تعیین میزان بیاتی نان، برش نان است. همانطور که در جدول ۶ مربوط به تجزیه واریانس اثر متغیرهای متفاوت بر نیروی برش نان مشاهده می‌شود، اثر سه گانه "نوع فیلم × دما × مدت نگهداری"، اثری معنادارینداشته‌است. اثرات متقابل دوگانه نوع "فیلم × مدت نگهداری و دما × مدت نگهداری"، در سطح ۰/۹۹ معنادار بوده‌اند. ولی اثر متقابل دوگانه "نوع فیلم × دما"، اثر معناداری نداشته است.

در این بخش به بررسی اثر متقابل دوگانه نوع فیلم‌های نانویی و دما در روزهای متفاوت بارگذاری (مدت نگهداری) می‌پردازیم.

- تاثیر نوع فیلم بر نیروی برش در سه دما

همانطور که در نمودار ۶ مشاهده می‌شود، بیشترین نیروی برشی در هر سه دما مربوط به نمونه شاهد است که فاقد ذرات نانو می‌باشد. در اینجا تاثیر مثبت فیلم‌های نانویی در کاهش بیاتی نان مشاهده می‌شود. در بین فیلم‌های نانویی، فیلم‌های نانویی ترکیبی نسبت به فیلم‌های نانو نقره، نیروی برشی کمتر و در نتیجه بیاتی کمتری داشته‌اند. با توجه به نمودار ۶، مشاهده می‌شود که در دمای 35°C ، نان تازگی اولیه خود را نسبت به دو دمای دیگر، بیشتر حفظ کرد. در دمای 5°C ، به علت دمای پایین، نان تازگی اولیه خود را به سرعت از دست می‌دهد ولی به علت دمای پایین و عدم رشد میکروب و کپک‌ها، ماندگاری بیشتری نسبت به دمای 35°C دارد. روند افزایش نیرو در آزمون برش به گونه‌ای است که با شروع بیاتی، نیروی مصرفی افزایش می‌یابد. ولی با کریستالیزه شدن نشاسته و همچنین پدیدار شدن لکه‌های کپک و شل شدن بافتها، روند افزایش نیرو متوقف شده و نیروی برشی، روندی کاهشی پیش می‌گیرد. پدیدار شدن لکه‌های کپک در فیلم‌های نانویی به دلیل وجود ذرات نقره که خاصیت آنتی باکتریایی دارد به تاخیر افتاده و در روز چهاردهم

مشاهده شد. بیشترین مقدار نیروی برش، مربوط به دمای 35°C بوده که به دلیل دمای بالا، بیشترین میزان خروج بخار آب از بسته‌ها و در نتیجه بیشترین میزان بیاتی را داشته است. کمترین مقدار نیروی برش مربوط به دمای 5°C بوده که کمترین میزان خروج بخار آب را داشته است. طبق تحقیقات مشابه انجام شده توسط کرمانی و همکاران، نتایج مشابهی در زمینه کاهش بیاتی نان در پی استفاده از فیلم‌های نانویی بدست آمد.

- تاثیر دما بر نیروی برش در انواع فیلم

با توجه به نمودار ۷، مشاهده می‌شود که در کلیه فیلم‌های نانویی با افزایش مدت نگهداری، نیروی برش نیز افزایش یافته است که البته میزان افزایش نیروی برشی در هر نوع فیلم، متفاوت است. در انواع فیلم‌های نانویی، کمترین مقدار نیروی مربوط به دمای 20°C و بیشترین میزان افزایش نیروی مربوط به دمای 35°C می‌باشد. کمترین تاثیر دما بر بیاتی نان در بین فیلم‌های نانو نقره در فیلم S2 و در بین فیلم‌های نانویی ترکیبی در فیلم SC2 مشاهده شد.

- تاثیر مدت نگهداری، دما و نوع فیلم بر تنش برشی نان

همانطور که در جدول ۹، مربوط به تجزیه واریانس اثر متغیرهای متفاوت بر تنش برشی نان مشاهده می‌شود، اثر سه گانه "نوع فیلم × دما × مدت نگهداری"، اثر معناداری در سطح ۰/۹۵ نداشته‌اند. ولی کلیه اثرات متقابل دوگانه در سطح ۰/۹۹۹ و ۰/۹۹ معنادار بوده‌اند. بنابراین به بررسی اثر متقابل دوگانه "نوع فیلم‌های نانویی و دما" طی مدت نگهداری می‌پردازیم.

- تاثیر نوع فیلم بر میزان تنش برشی در فیلم‌های نانویی

تنش برشی، رابطه‌ای مستقیم با نیروی برش داشته و روندی شبیه به آن دارد. به این ترتیب که با شروع بیاتی نان، تنش برشی نیز افزایش می‌یابد ولی با شروع کریستالیزه شدن نشاسته موجود در نان، تنش برشی کاهش می‌یابد. این روند به خوبی در نمودار ۸ قابل مشاهده است. کرمانی و همکاران، به نتایج مشابهی در زمینه کاهش بیاتی نان در پی استفاده از فیلم‌های نانویی دست یافتند.

تأثیر دما بر تنش برشی در انواع فیلم

تأثیر دما بر تنش برشی در انواع فیلم در نمودار ۹ آمده است. با توجه به نمودار ۹، مشاهده می‌شود کمترین مقدار نیرو مربوط به دمای 20°C و بیشترین میزان افزایش نیرو مربوط به دمای 35°C می‌باشد. در کلیه فیلم‌های نانویی با افزایش مدت نگهداری، تنش برشی نیز افزایش یافته است که البته میزان افزایش تنش برشی در هر نوع فیلم، متفاوت است. در انواع فیلم‌های نانویی، کمترین تأثیر دما بر بیاتی نان در بین فیلم‌های نانو نقره در فیلم S2 و در بین فیلم‌های نانویی ترکیبی در فیلم SC2 مشاهده شد. طبق تحقیقات انجام شده توسط کرمانی و همکاران، نتایج مشابهی در زمینه کاهش بیاتی نان در پی استفاده از فیلم‌های نانویی بدست آمد.

نتیجه گیری

نتایج تجزیه واریانس داده‌های رطوبت نان بسته بندی شده حاکی از معنادار بودن اثرات سه گانه نوع فیلم، دما و مدت نگهداری در سطح $0/99$ می‌باشد. از دست دادن رطوبت در مراحل مختلف می‌تواند بیانگر میزان تأثیر فیلم‌های نانویی در جلوگیری از خروج رطوبت نان بسته بندی شده و ممانعت از بیات شدن نان باشد. میزان از دست دادن رطوبت در بسته‌های نانویی نسبت به بسته‌بندی شاهد، ۱۴ تا ۲۵ درصد کمتر بوده است. این امر نشانگر کاهش میزان از دست دادن رطوبت نان بسته‌بندی شده در بسته‌های نانویی و در نتیجه کاهش میزان بیاتی آن است.

نتایج تجزیه واریانس داده‌های نیروی مصرفی برای فشردن نان نشان داد که اثرات سه گانه "نوع فیلم، دما و مدت نگهداری" معنادار نبوده است. ولی کلیه اثرات متقابل دوگانه در سطح $0/99$ معنادار بوده است. در هر سه دما، بیشترین نیروی مصرفی مربوط به نمونه شاهد بوده که در آن از ذرات نانو استفاده نشده است. این امر بیانگر تأثیر مثبت فیلم‌های نانویی در کاهش بیاتی نان است. در بین فیلم‌های نانویی، فیلم‌های نانویی ترکیبی نسبت به فیلم‌های نانو نقره، نیروی مصرفی کمتر و در نتیجه بیاتی کمتری داشته‌اند. بیشترین روند افزایشی نیرو، مربوط به دمای 35°C بوده که به دلیل دمای بالا، بیشترین میزان خروج بخار آب از بسته‌ها را داشته که منجر به بیاتی بیشتر نان شده است. کمترین روند افزایشی نیرو مربوط به دمای

5°C بوده که کمترین میزان خروج بخار آب را داشته است. در بین فیلم‌های موجود، کمترین اثر دما در فیلم نانو نقره ۲ درصد (1000 ppm نقره) مشاهده شد.

نتایج تجزیه واریانس اثر متغیرهای متفاوت بر نیروی برش نان نشان می‌دهد که اثر سه گانه "نوع فیلم \times دما \times مدت نگهداری"، اثر معناداری نداشته است. اثرات متقابل دوگانه نوع "فیلم \times مدت نگهداری و دما \times مدت نگهداری"، در سطح $0/99$ معنادار نبوده‌اند. ولی اثر متقابل دوگانه "نوع فیلم \times دما"، اثر معناداری نداشته است. بیشترین نیروی برشی در هر سه دما مربوط به نمونه شاهد است که فاقد ذرات نانو می‌باشد. در بین فیلم‌های نانویی، فیلم‌های نانویی ترکیبی نسبت به فیلم‌های نانو نقره، نیروی برشی کمتر و در نتیجه بیاتی کمتری داشته‌اند.

بیشترین مقدار نیروی برش، مربوط به دمای 35°C بوده که به دلیل دمای بالا، بیشترین میزان خروج بخار آب از بسته‌ها و در نتیجه بیشترین میزان بیاتی را داشته است. کمترین مقدار نیروی برش مربوط به دمای 5°C بوده که کمترین میزان خروج بخار آب را داشته است. کمترین تأثیر دما بر بیاتی نان در بین فیلم‌های نانو نقره در فیلم نانو نقره ۲ درصد (1000 ppm نقره) و در بین فیلم‌های نانویی ترکیبی در فیلم 500 ppm نقره - 450 ppm رس، مشاهده شد. همچنین در کلیه فیلم‌های نانویی با افزایش مدت نگهداری، نیروی برش نیز افزایش یافته است که البته میزان افزایش نیروی برشی در هر نوع فیلم، متفاوت است.

با توجه به آن که میزان از دست دادن رطوبت در بسته‌های نانویی نسبت به بسته‌بندی شاهد، ۱۴ تا ۲۵ درصد کمتر بوده، همچنین نان‌های بسته بندی شده به وسیله فیلم‌های نانویی، ۴۰ تا ۶۰ درصد ماندگاری بیشتری نسبت به نمونه شاهد دارند، استفاده از نانوتکنولوژی و فیلم‌های نانویی، می‌تواند به عنوان راهکاری مفید در جهت کاهش ضایعات نان معرفی شود.

هزینه ساخت فیلم‌های حاوی ذرات نانو نقره، $1/1$ تا $1/3$ برابر فیلم‌های معمولی و هزینه ساخت فیلم‌های نانویی ترکیبی، $1/1$ تا $1/2$ برابر فیلم‌های معمولی می‌باشد، ولی به نظر می‌رسد که صرفه اقتصادی استفاده از فیلم‌های نانویی در بسته بندی نان که فساد آن را به تاخیر انداخته و باعث افزایش ماندگاری می‌شود، به مراتب بیشتر از هزینه ساخت

آن‌ها باشد.

Baker, A. E. (1986). Graphical presentation of Instron Factors on cramb firmness. *Cereal food Word*. 31, 261.

Fontanet, I., Davidou, S., Dacremont, C. & Le Meste, M. (1997). Effect of Water on the Mechanical Behaviour of Extruded Flat Bread. *Journal of Cereal Science* 25. 303-311.

Kermani, M. & Kokabi, M. (2009). Effect of nano clay on permeability properties of nano film. Master of science thesis, Tarbiyat modares university.

Lainez, E., Vergara, F., Bárcenas, M. E (2008). Quality and microbial stability of partially baked bread during refrigerated storage. *Journal of Food Engineering* 89, 414-418.

Martin, M. L. & Hoseyney, R. C. (1991). A mechanical of bread firming. I. Role of starch swelling, *cereal Chem.*, 68. 1115-1123.

Martin, M. L., Zeleznec, K. J. & Hoseyney, R. C. (1991). A mechanical of bread firming. II. Role of starch Hydrolyzing Enzymes, *cereal Chem.*, 68. 503.

Sattari Najaf Abadi, M., Minaee, S., Azizi, M. H. & Afshari, H. (2009). Effect of application of nano technology and nano packaging on reduction of losses of food products and its risks. Fifth scientific and researching congress of gilan university agricultural students.

Scanlon, M. G., Sapirstein, H. D. & Fahloul, D. (2000). Mechanical Properties of Bread Crumb Prepared from Flours of Different Dough Strength *Journal of Cereal Science*. 32. 235-243.

Seibel, W. & Sidhu, S. J. (1998). Measurement as chapatti texture using Zwick universal testing machine. *Lebensm. Wiss. U. technol.*, 21, 147.

Sidho, J. S., Al saquer, j. & AlZenki. S. (1997). Comparison of methods for the assessment of the extent of the staling in bread. *Fd. Chem.*, 58(1-2), 161-167.

Siegrist, M., Cousin, M. E., Kastenholz, H. & Wiek, A. (2007). Public acceptance of nanotechnology foods and food packaging: The influence of affect and trust. Available at www.elsevier.com/locate/appet. *Appetite* 49 . 459-466.

سپاسگزاری

در پایان از استاد محترم، جناب آقای دکتر محمد حسین عزیزی و همچنین شرکت نان آوران که در تهیه نان حجیم قالبی یاری رسان بودند، سپاسگزاری می‌شود.

منابع

- بی‌نام. (۱۳۸۶). مزایای بسته بندی های انتی میکروبیال، قابل دسترس در سایت <http://www.nanocid.com/>
- تاج الدین، ب. (۱۳۸۲). جلوگیری از اسراف مواد غذایی با بسته بندی مناسب. پیشگیری از اتلاف نان و مواد غذایی. ص ۳۳۳
- ستاری نجف آبادی، م، مینایی، س، عزیزی، م. ح. و افشاری، ح. (۱۳۸۸). بررسی ویژگی‌های نفوذپذیری فیلم‌های نانویی برای بسته‌بندی مواد غذایی. فصلنامه علوم و صنایع غذایی، دوره ۶ شماره ۴، زمستان ۱۳۸۸
- سرفراز، ا. (۱۳۸۶). تاثیر شرایط فرایند بر خصوصیات اسیدیفیکاسیون در تخمیر خمیر ترش، پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه تربیت مدرس. ص ۹۵
- شاهدی، م. (۱۳۸۲). تلفات نان و راهکارهای کاهش آن. روش‌های پیشگیری از اتلاف منابع ملی. ص ۱۸۶
- عزیزی، م. ح. (۱۳۸۶). بررسی راهکارهای کاهش ضایعات و بهبود کیفیت نان، مجموعه خلاصه مقالات اولین همایش نان و ماشین آلات تولید نان، سازمان غله کشور، ص ۴۸
- لامح، ح. (۱۳۷۷). فن آوری کاهش افزودنی های مواد غذایی. انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی. ص ۳۹۱
- ناصری، ب. (۱۳۷۴). ارزشیابی روش‌های اندازه‌گیری بیانی در نان‌های مسطح ایران، پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه تربیت مدرس. ص ۱۸۲
- ولی زاده، م. و مقدم، م. (۱۳۸۳). طرح‌های آزمایش در کشاورزی، انتشار پژوهز تبریز. ۴۳۲ ص.
- AACC. (1988). Mesurment of bread firmness by universal testing machine, 79-04.
- AbdKarim, A. & Norziah. M. H. (2000). Methods for the study of starch retrogradation. *Fd. Chem.*, 71, 9-36.
- Axford, D. W. E., Colwell, K. H., Cornford, S. & Elton, G. A. H. (1968). Effect of loaf specific volume on the rate and extent of staling in bread. *J. Sci. Fd. Agric.*, 19:95.