مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران
سال دهم، شماره 1، بهار 1394، صفحات 70-61

بررسی تأثیر شرایط محیط نگهداری (دما و رطوبت نسبی) و جنس لفاف بسته‌بندی در حفظ کیفیت و افزایش ماندگاری نان بدون گلوتن سورگوم

فریبا نقی‌پور[1]، بهاره صحرائیان[2]، مریم سلیمانی[3]، ناصر صداقت[4]

1- دانشجوی دکتری علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران

2- نویسنده مسئول: دانشجوی دکتری علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران، پست الکترونیکی: baharehsahraiyan@yahoo.com

2- دانشجوی کارشناسی ارشد علوم و صنایع غذایی، کمیته تحقیقات دانشجویان، انستیتو تحقیقات تغذیه‌ای و صنایع غذایی کشور، دانشکده علوم تغذیه و صنایع غذایی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران

3- دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران

تاریخ دریافت: 93/5/11 تاریخ پذیرش: 93/8/16

چکیده

سابقه و هدف: یکی از مهم‌ترین مشکلات صنعت نان، ضایعات بالای این محصول است. اما امروزه دسترسی به انواع لفاف‌های بسته‌بندی با دامنه وسیعی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی توانسته مقدار قابل توجهی از این ضایعات را کاهش دهد. از این‌رو به نظر می‌رسد با انتخاب یک بسته‌بندی مناسب و کنترل شرایط محیط نگهداری نمونه‌های بسته‌بندی‌شده، بتوان کیفیت و ماندگاری نان بدون گلوتن را نیز حداقل برای مدت زمان یک هفته افزایش داد.

مواد و روش‌ها: در این پژوهش اثر دمای نگهداری (10 و 25 درجه سانتی‌گراد)، رطوبت نسبی محیط نگهداری (50 و 75 درصد) و نوع لفاف بسته‌بندی (پلی‌پروپیلن اصلاح شده، پلی‌اتیلن تری‌فتالات-آلومینیوم-پلی‌اتیلن سبک، پلی‌اتیلن تری‌فتالات-پلی‌اتیلن تری‌فتالات-پلی‌اتیلن سبک) به منظور حفظ کیفیت و کمیت نان بدون گلوتن سورگوم در بازه زمانی یک هفته مورد بررسی قرار گرفت. لازم به ذکر است که به منظور ارزیابی رنگ پوسته نرم‌افزار Image J مورد استفاده قرار گرفت.

یافته‌ها: با افزایش دما و کاهش رطوبت نسبی محیط نگهداری از میزان رطوبت، فعالیت آبی، مؤلفه‌های L* و b* پوسته و امتیاز پذیرش کلی (عدد کیفیت نان) محصول تولیدی کاسته و بر میزان سفتی بافت و مؤلفه‌ی a* پوسته افزوده شد. این در حالی بود که به ترتیب لفاف‌هایی از جنس پلی‌اتیلن تری‌فتالات-آلومینیوم-پلی‌اتیلن سبک، پلی‌اتیلن تری‌فتالات-پلی‌اتیلن تری‌فتالات-پلی‌اتیلن سبک و پلی‌پروپیلن اصلاح‌شده بهترین عملکرد را در حفظ خواص کمی و کیفی نان بدون گلوتن سورگوم به‌ویژه ماندگاری و نرمی بافت را داشتند.

نتیجه گیری: استفاده از لفاف‌های مناسب بسته‌بندی و نگهداری در شرایط بهینه، علاوه بر حفظ خصوصیات کمی و کیفی محصول نهایی، می‌تواند بیاتی که یکی از مهم‌ترین مشکلات در رسیدن محصول تازه به بیماران سیلیاکی می‌باشد، را کاهش دهد.

واژگان کلیدی: نان بدون گلوتن، دما، رطوبت نسبی، جنس لفاف بسته‌بندی

• مقدمه

نان به‌ویژه در اقشار کم‌درآمد جامعه، غذای اصلی محسوب می‌شود و با وجود توسعه و رقابت در زمینه‌ی تولید انواع مواد غذایی در جهان، این محصول هنوز نقش کلیدی در جیره غذایی افراد جامعه دارد. طبق آمار موجود، سالیانه میزان 30 درصد از این محصول به صورت ضایعات از سبد غذایی خارج می‌شود که بخشی از آن به دلیل شرایط نامناسب نگهداری و عدم وجود بسته‌بندی مناسب می‌باشد (1). از طرفی گلوتن ترکیب اصلی تعیین کیفیت نان است که به عنوان یک جزء پروتئینی، مسئول تشکیل ساختمان نان می‌باشد. اما همین ترکیب در افرادی که مستعد بیماری سیلیاک هستند، ایجاد مشکل می‌نماید. از این‌رو حذف گلوتن و حتی جایگزین کردن آن با موادی از قبیل هیدروکلوئیدها در نان بدون گلوتن در

خروج رطوبت از این محصول و بیاتی زودهنگام آن اثرگذار است (2). بنابراین در تولید و توزیع محصولات بدون گلوتن صنایع پخت علاوه بر بهینه‌یابی فرمولاسیون و شبیه‌سازی آن به محصولات حاوی آرد گندم، بسته‌بندی مناسب، کنترل دما و رطوبت نسبی محیط نگهداری می‌تواند عاملی مؤثر در حفظ خواص کمی و کیفی محصول تولیدی باشد. در راستای بسته‌بندی و کنترل شرایط محیط نگهداری محصولات صنایع پخت مطالعات اندکی صورت گرفته است. قیافه‌داودی و همکاران (1390) در پژوهش خود به بررسی تأثیر استفاده از لفاف‌های مختلف بسته‌بندی در افزایش ماندگاری نان پرداختند. براساس نتایج این محققین مشخص گردید که لفاف سه لایه پلی‌اتیلن تری فتالات-آلومینیوم-پلی اتیلن سبک به دلیل نفوذپذیری اندکی که بخار آب داشت در کاهش بیاتی و افزایش ماندگاری نان بسیار مؤثر بود (3). هم‌چنین همتیان سورکی و همکاران (1389) به بررسی تأثیر نانوکامپوزیت‌های پلی اتیلن سبک-خاک رس (غلظت نانوذرات رس 2 تا 6 درصد بود)، دمای نگهداری (10 تا 40 درجه سانتی‌گراد) و رطوبت نسبی محیط نگهداری (30 تا 75 درصد) بر افزایش کیفیت و زمان ماندگاری نان بربری پرداختند. نتایج این پژوهشگران نشان داد که بهترین شرایط بسته‌بندی و نگهداری نان زمانی حاصل می‌گردد که غلظت نانوذرات رس (5/98 درصد)، رطوبت نسبی محیط نگهداری 68/44 درصد و دمای نگهداری 10 درجه سانتی‌گراد باشد (4). علاوه بر این مقدادیان و همکاران (1383) به بررسی روش‌های بهینه بسته‌بندی نان تافتون پرداختند. نتایج این محققین بیانگر آن بود که درصد رطوبت و فعالیت آبی نمونه‌های حاوی لایه‌های با نفوذپذیری بالا نسبت به رطوبت و بخار آب کمتر بود و همین امر باعث افزایش بیاتی نان و کاهش امتیاز پارامترهای ارزیابی‌شده در آزمون حسی گردید (5). بنابراین با توجه به نقش دما و رطوبت نسبی محیط نگهداری و نوع بسته‌بندی بر میزان ماندگاری نان و پراکندگی مصرف کنندگان محصولات رژیمی به‌خصوص نان بدون گلوتن (که بخش اعظمی از رژیم غذایی را به خود اختصاص داده است) و نیاز به بسته‌بندی مناسب این محصولات برای حفظ تازگی و ماندگاری آن‌ها در طی بازه زمانی تولید تا مصرف، این تحقیق با هدف بررسی اثر دمای نگهداری (10 و 25 درجه سانتی‌گراد)، رطوبت نسبی محیط نگهداری (50 و 75 درصد) و نوع بسته‌بندی (پلی‌پروپیلن اصلاح شده، پلی‌اتیلن تری‌فتالات-آلومینیوم-پلی‌اتیلن سبک، پلی‌اتیلن تری‌فتالات-پلی‌اتیلن تری‌فتالات-پلی‌اتیلن سبک) بر میزان رطوبت، فعالیت آبی و سفتی بافت، رنگ و ویژگی‌های حسی نان بدون گلوتن سورگوم در طی مدت زمان یک هفته انجام گرفت.

• مواد و روش‌ها

مواد: آرد سورگوم با 11/6 درصد رطوبت، 9/6 درصد پروتئین، 3/25 درصد چربی، 0/86 خاکستر و صفر درصد گلوتن از شهرستان زابل و آرد سویا از کارخانه توس سویا (مشهد، ایران) تهیه شد. بدین منظور تمام آرد مورد نیاز برای انجام آزمایشات، تهیه و در سردخانه نگهداری گردید. مخمر مورد استفاده (ساکارومایسس سرویسیا) که به شکل پودر مخمر خشک فعال و به صورت بسته‌بندی وکیوم بود از شرکت خمیرمایه رضوی (مشهد، ایران) و پودر سفیده تخم‌مرغ از شرکت گل پودر گلستان (گرگان، ایران) خریداری شد. صمغ کربوکسی متیل سلولز (CMC) از شرکت سان رز (مشهد، ایران) و صمغ گوار از شرکت رودیا (فرانسه) تهیه گردید. گاز ازت با خلوص بالا (99/9 درصد) از کارخانه اکسیژن خوراکیان مشهد تهیه و سایر مواد مورد نیاز در آزمایشات (شکر، نمک و روغن) از شرکت‌های معتبر خریداری گردیدند. هم‌چنین فیلم‌های بسته‌بندی از شرکت صنایع بسته‌بندی AFFELDT، ساخت کشور آلمان تهیه شد.

تولید نان: مراحل تولید نان مورد بررسی در این تحقیق (نان بربری نیمه‌حجیم) به صورت ذیل بود:

خمیر نان با 100 درصد آرد سورگوم، 1 درصد مخمر خشک، 1 درصد نمک، 1 درصد شکر، 1 درصد روغن، 1/5 درصد صمغ گوار، 0/5 درصد کربوکسی متیل سلولز، 0/5 درصد پودر سفیده‌ی تخم‌مرغ، 10 درصد آرد سویای فعال بدون چربی و آب (مقدار لازم بر اساس جذب آب فارینوگراف) تهیه گردید. در ادامه کلیه مواد اولیه خشک در مخزن همزن (مدل اسپیرال، ساخت کشور تایلند) مخلوط شدند و آب مورد نیاز به آن‌ها افزوده گردید و خمیر با 150 دور در دقیقه به مدت 10 دقیقه هم‌زده شد. روغن در دقیقه ششم به فرمولاسیون اضافه گردید. پس از تهیه‌ی خمیر، تخمیر اولیه به مدت 30 دقیقه در دمای محیط (25 درجه سانتی‌گراد) صورت گرفت، سپس خمیر به قطعات 250 گرمی تقسیم گردید و پس از عمل چانه‌گیری به مدت 10- 8 دقیقه در دمای محیط به منظور سپری شدن زمان تخمیر میانی قرار گرفت. بعد از طی شدن این مرحله و فرم دادن خمیر، تخمیر نهایی به مدت 45 دقیقه در گرم‌خانه با دمای 45 درجه سانتی‌گراد در بخار اشباع انجام شد. سپس عمل پخت در فر گردان با هوای داغ (Zuccihelli Forni، ایتالیا) با دمای 260 درجه سانتی‌گراد و مدت زمان 13 دقیقه انجام شد (2).

بسته‌بندی نان: نمونه‌ها پس از پخت به اتاق تمیز (CVZ 2318, BeasatInd Co., Qom, Iran) انتقال داده شد و بعد از سرد کردن درون بسته‌هایی از جنس پلی‌پروپیلن اصلاح شده، پلی‌اتیلن تری‌فتالات-آلومینیوم-پلی‌اتیلن سبک، پلی‌اتیلن تری‌فتالات-پلی‌اتیلن تری‌فتالات-پلی‌اتیلن سبک بسته‌بندی گردید که خصوصیات آن‌ها در جدول 1 آورده شده است. بسته‌های حاوی نمونه توسط دستگاه بسته‌بندی هنکلمن (Boxer 42, HenkelmanInd Co., Netherland) ، مجهز به سیستم ترزیق گاز و همزمان با تزریق گاز ازت با خلوص بالا (99/9 درصد) به داخل بسته‌ها بسته‌بندی گردید. نمونه‌ها پس از بسته‌بندی برای ایجاد شرایط دمایی و رطوبت مختلف در اتاقک کشت (Growth Chamber) با قابلیت تنظیم دما و رطوبت نسبی مختلف قرار گرفت.

آزمون‌های کمی و کیفی نان بدون گلوتن سورگوم

آزمون ارزیابی رطوبت: جهت انجام این آزمایش از استاندارد AACC، 2000 شماره 16-44 استفاده گردید. برای این منظور نمونه‌ها در فاصله زمانی 1، 3 و 7 روز پس از پخت، در آون (مارک Jeto Tech، مدل OF-O2G، ساخت کشور کره جنوبی) با حرارت 105-100 درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند (6).

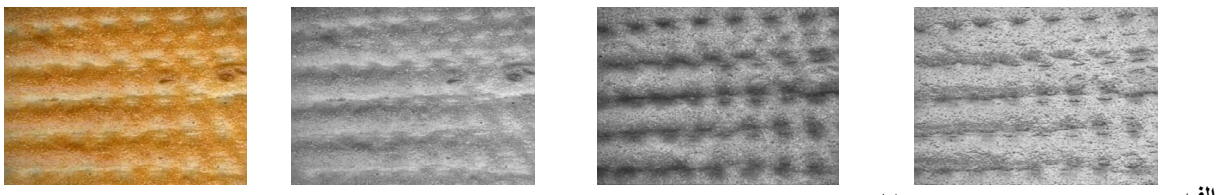
آزمون ارزیابی فعالیت آبی: فعالیت آبی هر یک از نمونه ها در فاصله زمانی 1، 3 و 7 روز پس از پخت با استفاده از فعالیت آب‌سنج (Water activity meter) مدل Novasina ms1-aw Axair Ltd، ساخت کشور سوئیس اندازه‌گیری گردید (6).

آزمون ارزیابی بافت: ارزیابی بافت نان در فاصله زمانی 1، 3 و 7 روز پس از پخت، با استفاده از دستگاه بافت‌سنج براساس روش پورفرزاد و همکاران (2009) انجام گرفت. حداکثر نیروی مورد نیاز برای نفوذ یک پروب استوانه‌ای با انتهای صاف (2 سانتی‌متر قطر در 2/3 سانتی‌متر ارتفاع) با سرعت 30 میلی‌متر در دقیقه از مرکز نان، به عنوان شاخص سفتی (Hardness) محاسبه گردید. نقطه‌ی شروع (Trigger Point) و نقطه‌ی هدف (Target Value) به ترتیب 0/05 نیوتن و 30 میلی‌متر بود (7).

آزمون ارزیابی رنگ پوسته: آنالیز رنگ پوسته نان در فاصله زمانی یک هفته پس از پخت، از طریق تعیین سه شاخص L* ، a* و b* صورت پذیرفت (شکل 1). شاخص L* معرف میزان روشنی نمونه بوده و دامنه‌ی آن از صفر (سیاه خالص) تا 100 (سفید خالص) متغیر است. شاخص a* میزان نزدیکی رنگ نمونه به رنگ‌های سبز و قرمز را نشان می‌دهد و دامنه‌ی آن از 120- (سبز خالص) تا 120+ (قرمز خالص) متغیر است. شاخص b* میزان نزدیکی رنگ نمونه به رنگ‌های آبی و زرد را نشان می‌دهد و دامنه‌ی آن از 120- (آبی خالص) تا 120 + (زرد خالص) متغیر می‌باشد. جهت اندازه‌گیری این شاخص‌ها ابتدا برشی به ابعاد 2 در 2 سانتی‌متر از نان تهیه گردید و به وسیله‌ی اسکنر (مدل: HP Scanjet G3010) با وضوح 300 پیکسل تصویربرداری شد، سپس تصاویر در اختیار نرم‌افزار Image J قرار گرفت. با فعال کردن فضای LAB در بخش Plugins، شاخص‌های فوق محاسبه شد (8).

جدول 1. مشخصات بسته‌های مورد استفاده جهت بسته‌بندی نان بدون گلوتن سورگوم

جنس بسته	ضخامت (µ)	نفوذپذیری به بخار آب ($g/m^2.24h$)	نفوذپذیری به اکسیژن (ml/m^2d)	آزمون گرماژ (مقاومت گرمایی) (g/m^2)	استحکام دوخت (N)
پلی‌پروپیلن اصلاح شده (OPP)	33	4/050	187/24	29	10/67
پلی‌اتیلن تری‌فتالات-آلومینیوم-پلی‌اتیلن سبک (PAP)	65-7-12	0/490	0/020	-	33/24
پلی‌اتیلن تری‌فتالات-پلی‌اتیلن تری‌فتالات-پلی‌اتیلن سبک (PPP)	65-12-12	2/347	0/011	98	54/75



الف ب ج د

شکل 1. نمونه‌ی تصویر تبدیل شده: الف: نمونه تصویر پوسته‌ی نان، ب: مؤلفه*L تصویر، ج: مؤلفه*a تصویر، د: مؤلفه*b تصویر

آزمون ارزیابی پارامترهای حسی: آزمون حسی با استفاده از روش پیشنهادی رجب‌زاده (2010) در فاصله زمانی یک هفته پس از پخت انجام شد. 10 داور از بین افراد آموزش‌دیده انتخاب گردیدند و سپس خصوصیات حسی نان از نظر فرم و شکل، خصوصیات سطح بالایی، خصوصیات سطح پایینی، پوکی و تخلخل، سفتی و نرمی بافت، قابلیت جویدن و بو، طعم و مزه که به‌ترتیب دارای ضریب رتبه 4، 2، 1، 2، 2، 3 و 3 بودند، مورد ارزیابی قرار گرفتند. ضریب ارزیابی صفات از بسیار بد (1) تا بسیار خوب (5) بود. با داشتن این معلومات، پذیرش‌کلی (عدد کیفیت نان) با استفاده از رابطه 2-1 محاسبه گردید (9).

رابطه 2-1

$$\mathbf{Q} = \frac{\sum(\mathbf{P}\times\mathbf{G})}{\sum\mathbf{P}}$$

Q= پذیرش‌کلی (عدد کیفیت نان)، P= ضریب رتبه صفات و G= ضریب ارزیابی صفات.

تجزیه و تحلیل آماری: نتایج به دست آمده از اثر دما و رطوبت نسبی محیط نگهداری و نوع بسته‌بندی بر ویژگی‌های کمی و کیفی نان بدون گلوتن سورگوم در قالب یک طرح کاملاً تصادفی بر پایه فاکتوریل سه عامله با استفاده از نرم‌افزار Mstat-c نسخه 1/42 مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. بدین ترتیب میانگین سه تکرار با استفاده از آزمون دانکن در سطح 5 درصد ($p<0/05$) مقایسه گردید و جهت رسم نمودارها از نرم افزار Excel استفاده شد.

• یافته‌ها

رطوبت نان: اثر دمای نگهداری، رطوبت نسبی محیط نگهداری و لفاف‌های بسته‌بندی بر میزان رطوبت نان بدون گلوتن سورگوم در فواصل زمانی 1، 3 و 7 روز پس از پخت در جدول 2 نشان داده شده است. همان‌گونه که نتایج نشان می‌دهد با افزایش دما اختلاف معنی‌داری (در سطح 5 درصد) در کاهش میزان رطوبت نان بدون گلوتن در هر سه بازه‌ی زمانی مشاهده گردید. این امر بدین معناست که با افزایش دما، خروج رطوبت از بافت نان و لفاف‌های بسته‌بندی افزایش یافته است. هم‌چنین بر اساس نتایج، مشخص گردید که با افزایش رطوبت نسبی محیط به دلیل یکسان شدن رطوبت محیط بیرونی و داخلی بسته، انتقال رطوبت به خارج بسته با سرعت کمتری انجام می‌گردد. بنا به این دلیل رطوبت نمونه‌های نگهداری‌شده در رطوبت نسبی 50 درصد به طور معنی‌داری در سطح اطمینان 95 درصد کمتر از رطوبت نسبی نمونه‌های نگهداری‌شده در رطوبت نسبی 75 درصد بود. هم‌چنین لازم به ذکر است که بیشترین میزان تغییرات رطوبت در طی بازه زمانی یک هفته مربوط به لفاف بسته‌بندی از جنس پلی‌پروپیلن اصلاح شده بود. به‌طوری که رطوبت نمونه بسته‌بندی‌شده در این لفاف در طی مدت یک هفته از 25/63 به 18/17 درصد رسید که یک کاهش چشمگیر (7/46 درصد) مشاهده شد. از سوی دیگر نتایج نشان داد که بیشترین میزان رطوبت در هر سه بازه‌ی زمانی مربوط به نمونه‌ی نگهداری‌شده در دمای 10 درجه سانتی‌گراد، رطوبت نسبی 75 درصد و بسته‌بندی‌شده در لفاف پلی‌اتیلن تری‌فتالات-آلومینیوم-پلی‌اتیلن سبک بود. این در حالی است که کمترین میزان رطوبت نمونه یا بیشترین میزان خروج رطوبت از بافت نان و لفاف بسته‌بندی مربوط به نمونه‌ی نگهداری‌شده در دمای 25 درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی 50 درصد و بسته‌بندی‌شده در لفاف پلی پروپیلن اصلاح‌شده مشاهده گردید. علاوه بر این مشخص گردید که به ترتیب نمونه‌های بسته‌بندی‌شده در لفاف پلی‌اتیلن تری‌فتالات-آلومینیوم-پلی‌اتیلن سبک، پلی‌اتیلن تری‌فتالات-پلی‌اتیلن تری‌فتالات- پلی‌اتیلن سبک و پلی‌پروپیلن اصلاح‌شده از بیشترین میزان رطوبت در هر سه بازه‌ی زمانی برخوردار بودند.

فعالیت آبی نان: اثر دمای نگهداری، رطوبت نسبی محیط نگهداری و لفاف‌های بسته‌بندی بر میزان فعالیت آبی نان بدون گلوتن سورگوم در فواصل زمانی 1، 3 و 7 روز پس از پخت در جدول 3 نشان داده شده است. بررسی‌ها حاکی از آن بود که نمونه‌های بسته‌بندی شده با لفافی از جنس پلی‌اتیلن تری‌فتالات-آلومینیوم-پلی‌اتیلن سبک در جلوگیری از کاهش فعالیت آبی در بازه‌ی زمانی یک هفته عملکرد بهتری داشتند به طوری که در این نمونه که کمترین کاهش فعالیت آبی (0/22) مشاهده گردید، میزان این پارامتر از 0/849 به 0/827 رسید. این در حالی بود که در نمونه‌ی بسته‌بندی‌شده در لفاف پلی‌پروپیلن اصلاح شده تغییر میزان فعالیت آبی در طی یک هفته 0/108 بود و میزان این پارامتر از 0/785 به 0/677 کاهش یافت. هم‌چنین ارزیابی شرایط مختلف دمایی نشان داد که افزایش دمای نگهداری تأثیر معنی‌دار در سطح 5 درصد بر افزایش روند فعالیت آبی داشت. از سوی دیگر نتایج به وضوح نشان داد که بیشترین میزان فعالیت آبی در فواصل زمانی یک و سه روز پس از پخت مربوط به نمونه نگهداری‌شده در دمای 10 درجه سانتی‌گراد، رطوبت نسبی 75 درصد و بسته‌بندی‌شده در لفاف پلی‌اتیلن تری‌فتالات-آلومینیوم-پلی‌اتیلن سبک و نمونه نگهداری‌شده در دمای 10 درجه

سانتی‌گراد، رطوبت نسبی 75 درصد و بسته‌بندی‌شده در لفاف پلی‌اتیلن تری‌فتالات- پلی‌اتیلن تری‌فتالات -پلی‌اتیلن سبک بود. هم‌چنین لازم به ذکر است که در بازه زمانی یک هفته پس از پخت، نمونه نگهداری‌شده در دمای 10 درجه سانتی‌گراد، رطوبت نسبی 75 درصد و بسته‌بندی‌شده در لفاف پلی‌اتیلن تری‌فتالات-آلومینیوم-پلی‌اتیلن سبک بیشترین میزان فعالیت آبی را داشت که این امر به احتمال زیاد به دلیل موفقیت این لفاف سه لایه در کاهش نفوذپذیری به بخار آب می‌باشد.

جدول 2. تأثیر دمای نگهداری، رطوبت نسبی محیط نگهداری و جنس بسته‌بندی بر میزان رطوبت نان بدون گلوتن در طی بازه‌ی زمانی 1 روز، 3 روز و یک هفته پس از پخت

دمای نگهداری (درجه سانتی‌گراد)	رطوبت نسبی (درصد)	جنس بسته‌بندی	رطوبت (درصد)		
			1 روز پس از پخت	3 روز پس از پخت	یک هفته پس از پخت
10	50	OPP	25/42±0/09^{g*}	22/27±0/09^{h}	18/06±0/07^{h}
		PAP	27/94±0/08^{c}	26/94±0/08^{b}	25/55±0/09^{b}
		PPP	27/64± 0/08^{d}	25/82± 0/10^{e}	23/54± 0/11^{e}
	75	OPP	25/95±0/08^{f}	22/79±0/07^{g}	18/52±0/07^{g}
		PAP	28/76±0/18^{a}	27/75±0/16^{a}	26/38±0/18^{a}
		PPP	28/24± 0/06^{b}	26/46± 0/05^{c}	24/17± 0/05^{d}
25	50	OPP	25/34±0/08^{g}	22/04±0/03^{i}	17/74±0/04^{i}
		PAP	27/23±0/11^{e}	26/22±0/09^{d}	24/86±0/12^{c}
		PPP	27/09± 0/04^{e}	25/29± 0/06^{f}	23/00± 0/06^{f}
	75	OPP	25/82±0/12^{f}	22/64±0/13^{g}	18/37±0/13^{g}
		PAP	28/20±0/08^{b}	27/02±0/07^{b}	25/66±0/07^{b}
		PPP	28/16± 0/05^{b}	26/44± 0/09^{c}	24/15± 0/09^{d}

(Opp: پلی‌پروپیلن اصلاح شده، PAP: پلی‌اتیلن تری‌فتالات-آلومینیوم-پلی‌اتیلن سبک و PPP: پلی‌اتیلن تری‌فتالات-پلی‌اتیلن تری‌فتالات-پلی‌اتیلن سبک)

*حروف مشابه در هر ستون از نظر آماری در سطح $p<0/05$ تفاوت معنی‌داری ندارند

جدول 3. تأثیر دمای نگهداری، رطوبت نسبی محیط نگهداری و جنس بسته‌بندی بر میزان فعالیت آبی نان بدون گلوتن در طی بازه‌ی زمانی 1 روز، 3 روز و یک هفته پس از پخت

دمای نگهداری (درجه سانتی‌گراد)	رطوبت نسبی (درصد)	جنس بسته‌بندی	فعالیت آبی (-)		
			1 روز پس از پخت	3 روز پس از پخت	یک هفته پس از پخت
10	50	OPP	0/776±0/005^{de*}	0/740±0/002^{cd}	0/675±0/003^{fg}
		PAP	0/836±0/005^{abc}	0/828±0/003^{ab}	0/815±0/002^{abc}
		PPP	0/818±0/004^{be}	0/787±0/009^{bc}	0/751±0/002^{be}
	75	OPP	0/807±0/003^{cde}	0/769±0/004^{cd}	0/695±0/002^{fg}
		PAP	0/889±0/002^{a}	0/883±0/003^{a}	0/865±0/002^{a}
		PPP	0/880± 0/004^{a}	0/853± 0/002^{a}	0/848± 0/003^{ab}
25	50	OPP	0/763±0/004^{e}	0/824±0/004^{d}	0/654±0/004^{g}
		PAP	0/801±0/001^{cde}	0/793±0/002^{bc}	0/780±0/002^{cde}
		PPP	0/790± 0/002de	0/762± 0/001^{cd}	0/725± 0/002^{ef}
	75	OPP	0/792±0/003de	0/753±0/003^{cd}	0/686±0/003^{fg}
		PAP	0/869±0/004^{ab}	0/826±0/004^{a}	0/815±0/004^{abc}
		PPP	0/856± 0/004^{abc}	0/829±0/004^{ab}	0/791± 0/004^{bcd}

(Opp: پلی‌پروپیلن اصلاح شده، PAP: پلی‌اتیلن تری‌فتالات-آلومینیوم-پلی‌اتیلن سبک و PPP: پلی‌اتیلن تری‌فتالات-پلی‌اتیلن تری‌فتالات-پلی‌اتیلن سبک)

*حروف مشابه در هر ستون از نظر آماری در سطح $p<0/05$ تفاوت معنی‌داری ندارند

سفتی نان: اثر دمای نگهداری، رطوبت نسبی محیط نگهداری و لفاف‌های بسته‌بندی بر میزان سفتی بافت نان بدون گلوتن سورگوم در فواصل زمانی 1، 3 و 7 روز پس از پخت در جدول 4 نشان داده شده است. همان‌گونه که نتایج نشان می‌دهد با افزایش دمای نگهداری بر میزان سفتی بافت نمونه‌های تولیدی در هر سه بازه‌ی زمانی به‌طور معنی‌داری در سطح اطمینان 95 درصد افزوده شد. هم‌چنین با بررسی نتایج مشخص گردید که با افزایش رطوبت نسبی محیط نگهداری نان بدون گلوتن از میزان سفتی نمونه‌ها به‌طور معنی‌داری در سطح 5 درصد کاسته شد. علاوه بر این مشخص گردید که به ترتیب لفافی از جنس پلی‌اتیلن تری‌فتالات-آلومینیوم-پلی‌اتیلن سبک، پلی‌اتیلن تری‌فتالات- پلی‌اتیلن تری‌فتالات - پلی‌اتیلن سبک و پلی‌پروپیلن اصلاح‌شده در حفظ بافت، جلوگیری از افزایش سفتی و بیاتی زودرس محصول تولیدی عملکرد مناسب‌تری داشتند.

از سوی دیگر نتایج حاکی از آن بود که نمونه‌ی نگهداری‌شده در دمای 10 درجه سانتی‌گراد، رطوبت نسبی 75 درصد و بسته‌بندی‌شده در لفاف پلی‌اتیلن تری‌فتالات-آلومینیوم-پلی‌اتیلن سبک و نمونه‌ی نگهداری‌شده در دمای 10 درجه سانتی‌گراد، رطوبت نسبی 75 درصد و بسته‌بندی‌شده در لفاف پلی‌اتیلن تری‌فتالات- پلی‌اتیلن تری‌فتالات -پلی‌اتیلن سبک کمترین میزان سفتی بافت را در بازه‌ی زمانی 1 روز پس از پخت داشت. این در حالی بود که تنها نمونه‌ی نگهداری‌شده در دمای 10 درجه سانتی‌گراد، رطوبت نسبی 75 درصد و بسته‌بندی‌شده در لفاف پلی‌اتیلن تری‌فتالات-آلومینیوم-پلی‌اتیلن سبک از کمترین میزان سفتی بافت در بازه‌ی زمانی 3 و 7 روز پس از پخت برخوردار بود.

رنگ پوسته نان: اثر دمای نگهداری، رطوبت نسبی محیط نگهداری و لفاف‌های بسته‌بندی بر میزان رنگ پوسته نان بدون گلوتن سورگوم در فاصله یک هفته پس از پخت در جدول 5 نشان داده شده است. با بررسی نتایج مشخص گردید که افزایش دما و کاهش رطوبت نسبی محیط نگهداری کاهش معنی‌داری در سطح 5 درصد در میزان مؤلفه‌های *L و *b و افزایش مؤلفه‌ی *a ایجاد نموده است. هم‌چنین نتایج نشان داد که نمونه‌های بسته‌بندی‌شده در لفاف پلی پروپیلن اصلاح شده نسبت به سایر لفاف‌های بسته‌بندی دارای کمترین میزان مؤلفه‌های *L و *b و بیشترین میزان مؤلفه‌ی *a بود. در انتها باید گفت که نتایج بدست آمده از پژوهش حاضر بیانگر برتری رنگ نمونه نگهداری شده در دمای 10 درجه سانتی‌گراد، رطوبت نسبی 75 درصد و بسته‌بندی‌شده در لفاف پلی‌اتیلن تری‌فتالات-آلومینیوم-پلی‌اتیلن سبک بود.

جدول 4. تأثیر دمای نگهداری، رطوبت نسبی محیط نگهداری و جنس بسته‌بندی بر میزان سفتی نان بدون گلوتن در طی بازه‌ی زمانی 1 روز، 3 روز و یک هفته پس از پخت

دمای نگهداری (درجه سانتی‌گراد)	رطوبت نسبی (درصد)	جنس بسته‌بندی	سفتی (نیوتن)		
			1 روز پس از پخت	3 روز پس از پخت	یک هفته پس از پخت
10	50	OPP	3/99 ±0/04^{b*}	5/91 ±0/03^{b}	8/99 ±0/04^{b}
		PAP	2/47 ±0/02^{f}	2/88 ±0/03^{i}	3/58 ±0/03^{j}
		PPP	2/51 ± 0/02^{f}	4/45 ± 0/03^{e}	5/92 ± 0/03^{e}
	75	OPP	3/43 ±0/03^{e}	5/39 ±0/03^{d}	8/48 ±0/02^{d}
		PAP	2/17 ±0/03^{h}	2/58 ±0/03^{k}	3/25 ±0/03^{l}
		PPP	2/19 ± 0/01^{h}	3/15 ± 0/03^{h}	4/62 ± 0/03^{h}
25	50	OPP	4/13 ±0/04^{a}	6/07 ±0/04^{a}	9/16 ±0/04^{a}
		PAP	2/72 ±0/03^{e}	3/10 ±0/03^{h}	3/77 ±0/03^{i}
		PPP	2/76 ± 0/04^{e}	3/75 ± 0/04^{f}	5/23 ± 0/04^{f}
	75	OPP	3/72 ±0/04^{c}	5/66 ±0/04^{c}	8/75 ±0/04^{c}
		PAP	2/36 ±0/04^{g}	2/77 ±0/03^{j}	3/44 ±0/03^{k}
		PPP	2/37 ± 0/03^{g}	3/37 ± 0/02^{g}	4/85 ± 0/03^{g}

(Opp: پلی‌پروپیلن اصلاح شده، PAP: پلی‌اتیلن تری‌فتالات-آلومینیوم-پلی‌اتیلن سبک و PPP: پلی‌اتیلن تری‌فتالات-پلی‌اتیلن تری‌فتالات-پلی‌اتیلن سبک)

*حروف مشابه در هر ستون از نظر آماری در سطح $p<0/05$ تفاوت معنی‌داری ندارند

پذیرش‌کلی نان: اثر دمای نگهداری، رطوبت نسبی محیط نگهداری و لفاف‌های بسته‌بندی بر میزان پذیرش‌کلی نان بدون گلوتن سورگوم در فاصله زمانی 7 روز پس از پخت در جدول 5 نشان داده شده است. لازم به ذکر است که امتیاز پذیرش‌کلی یا عدد کیفیت نان تحت تأثیر پارامترهایی از قبیل فرم و شکل، خصوصیات سطح بالایی، خصوصیات سطح پایینی، پوکی و تخلخل، سفتی و نرمی بافت، قابلیت جویدن و بو، طعم و مزه بود. همان‌گونه که نتایج نشان می‌دهد با افزایش دمای نگهداری از امتیاز پذیرش‌کلی نمونه‌های تولیدی به‌طور معنی‌داری در سطح اطمینان 95 درصد کاسته شد. هم‌چنین با بررسی نتایج مشخص گردید که با افزایش رطوبت نسبی محیط نگهداری نان بدون گلوتن، پانلیست‌ها امتیاز کمتری به نمونه‌های تولیدی دادند. علاوه بر این نتایج به وضوح نشان داد که به ترتیب لفافی از جنس پلی‌اتیلن تری‌فتالات-آلومینیوم-پلی‌اتیلن سبک، پلی‌اتیلن تری‌فتالات-پلی‌اتیلن تری‌فتالات-پلی‌اتیلن سبک و پلی‌پروپیلن اصلاح‌شده دارای عملکرد بهتری در حفظ خصوصیات حسی نان و کسب امتیاز بیشتر توسط ارزیاب حسی بود. در نهایت بیشترین عدد کیفیت نان بدون گلوتن به نمونه‌ی نگهداری‌شده در دمای 10 درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی 75 درصد و بسته بندی‌شده در لفافی سه لایه از جنس پلی‌اتیلن تری‌فتالات-آلومینیوم-پلی‌اتیلن سبک تعلق گرفت.

جدول 5. تأثیر دمای نگهداری، رطوبت نسبی محیط نگهداری و جنس بسته‌بندی بر میزان مؤلفه‌های رنگی پوسته و پذیرش‌کلی نان بدون گلوتن

دمای نگهداری (درجه سانتی‌گراد)	رطوبت نسبی (درصد)	جنس بسته‌بندی	مؤلفه‌های رنگی پوسته			پذیرش‌کلی (-)
			L*	a*	b*	
10	50	OPP	23/34±0/17^{e*}	5/73±0/06^{b}	7/40±0/10^{k}	2/347 ±0/08^{k}
		PAP	29/78±0/09^{bc}	4/60±0/04^{h}	10/47±0/09^{e}	3/597 ±0/05^{e}
		PPP	29/14± 0/07^{bc}	4/78± 0/03^{g}	9/93± 0/04^{f}	3/190 ± 0/04^{g}
	75	OPP	24/85±0/13de	5/39±0/05^{d}	8/24±0/07^{i}	2/757 ±0/05^{i}
		PAP	33/85±0/53^{a}	3/65±0/07^{l}	12/82±0/07^{a}	4/720 ±0/05^{a}
		PPP	32/05± 0/29^{ab}	3/91± 0/03^{k}	12/17± 0/08^{b}	4/187 ± 0/08^{c}
25	50	OPP	23/16±0/07^{e}	5/87±0/04^{a}	6/94±0/08^{l}	2/043 ±0/02^{l}
		PAP	28/66±0/13^{c}	4/96±0/06^{f}	9/10±0/09^{g}	3/390 ±0/02^{f}
		PPP	27/27± 0/11^{cd}	5/17± 0/03^{e}	8/83± 0/05^{h}	3/000 ± 0/03^{h}
	75	OPP	24/20±0/11^{e}	5/654±0/06^{c}	8/06±0/05^{j}	2/467 ±0/04^{j}
		PAP	31/81±0/35^{ab}	4/24±0/04^{j}	11/72±0/05^{c}	3/393 ±0/07^{b}
		PPP	29/93± 0/14^{bc}	4/45± 0/06^{i}	11/42± 0/07^{d}	3/847 ± 0/01^{d}

(Opp: پلی‌پروپیلن اصلاح شده، PAP: پلی‌اتیلن تری‌فتالات-آلومینیوم-پلی‌اتیلن سبک و PPP: پلی‌اتیلن تری‌فتالات-پلی‌اتیلن تری‌فتالات-پلی‌اتیلن سبک)

*حروف مشابه در هر ستون از نظر آماری در سطح $p<0/05$ تفاوت معنی‌داری ندارند

• بحث

نتایج این تحقیق نشان داد که نمونه‌های بسته‌بندی شده در لفاف پلی‌اتیلن تری‌فتالات-آلومینیوم-پلی‌اتیلن سبک نسبت به سایر لفاف‌ها مورد استفاده در کاهش خروج رطوبت مؤثرتر بودند که این امر احتمالاً به دلیل کاهش نفوذپذیری این لفاف به بخار آب نسبت به سایر لفاف‌های مورد استفاده می‌باشد. به‌طوری که میزان نفوذپذیری به بخار آب در لفاف پلی‌اتیلن تری‌فتالات-آلومینیوم-پلی‌اتیلن سبک 0/490 $g/m^2.24h$ می‌باشد، این در حالی است که مقدار این پارامتر در لفاف پلی‌پروپیلن اصلاح شده و پلی‌اتیلن تری‌فتالات-پلی‌اتیلن تری‌فتالات-پلی‌اتیلن سبک به‌ترتیب 4/050 $g/m^2.24h$ و 2/347 گزارش گردید. هم‌چنین Wang و همکاران (1998) به بررسی اثر دما بر نفوذپذیری انواع لفاف‌های پلی‌اتیلنی به بخار آب پرداختند، این محققین براساس نتایج خود گزارش نمودند که با افزایش دما میزان نفوذپذیری به بخار آب افزایش یافت که این افزایش مستقل از ضخامت فیلم بود (10). هم‌چنین Pristouri و همکاران (2010) تأثیر نوع بسته‌بندی و دما را بر کیفیت روغن زیتون خام مورد مطالعه قرار دادند. بر اساس نتایج این پژوهشگران مشخص گردید که به‌ترتیب لفافی از جنس پلی‌اتیلن تری‌فتالات و پلی‌پروپیلن بهترین و بدترین (نامناسب‌ترین)

جنس بسته‌بندی بوده و افزایش دمای نگهداری باعث افزایش نفوذپذیری بسته به گازها و کاهش کیفیت محصول شد (11).

از سوی دیگر با بررسی نتایج مشخص گردید که با کاهش رطوبت نسبی محیط نگهداری بسته‌بندی نان، عبور مولکول‌های بخار آب به سمت خارج بسته افزایش یافته و موجب کاهش رطوبت نسبی فضای داخل بسته شده که در نتیجه آن میزان خروج رطوبت از بافت نان افزایش یافته و این امر موجب افزایش تغییرات فعالیت آبی یا به عبارت دیگر کاهش میزان این پارامتر در نمونه‌های نان بدون گلوتن در طول مدت زمان یک هفته شد. در همین راستا Del Nobile و همکاران (2009) به بررسی تأثیر انواع بسته‌بندی بر سرعت کاهش کیفیت، رطوبت و فعالیت آبی انگور فرآوری شده، پرداختند. نتایج این مطالعه نشان داد که استفاده از بسته‌هایی با نفوذپذیری پایین مثل بسته‌های سه لایه در حفظ کیفیت، رطوبت و فعالیت آبی محصول در طی مدت زمان نگهداری بسیار مؤثر است و البته شرایط محیطی نظیر دما و رطوبت نسبی محیط نگهداری بسته‌ها اثرگذار خواهد بود (12). هم‌چنین Papiernik و Yates (2002) با بررسی تأثیر شرایط محیطی بر نفوذپذیری لفاف‌های پلی‌اتیلنی به بخار آب و اثر آن بر میزان رطوبت و فعالیت آبی به این نتیجه دست یافتند که افزایش دما میزان نفوذپذیری به مواد فرار را افزایش می‌دهد. این امر به گونه‌ای بود که در دامنه دمایی 20 تا 40 درجه سانتی‌گراد به ازای هر 10 درجه سانتی‌گراد میزان نفوذپذیری دو برابر افزایش یافت که همین موضوع سبب کاهش چشمگیر رطوبت و فعالیت آبی نمونه‌های بسته‌بندی‌شده گردید (13).

در کل باید گفت که یکی از مهم‌ترین عوامل بیاتی به خصوص در محصولات بدون گلوتن صنایع پخت مهاجرت رطوبت از مغز به پوسته و سپس خروج رطوبت از بافت محصول می‌باشد. از این‌رو نتایج بیانگر آن است که دمای 10 نسبت به 25 درجه سانتی‌گراد، رطوبت نسبی 75 نسبت به 25 درصد و لفاف پلی‌اتیلن تری‌فتالات-آلومینیوم-پلی‌اتیلن سبک نسبت به دو لفاف دیگر در جلوگیری از خروج رطوبت از بافت نان مؤثر بوده‌اند که در نتیجه آن نان با سرعت کمتری سفت و بیات شده است. به نظر می‌رسد دمای 10 درجه سانتی‌گراد، رطوبت نسبی 75 درصد و لفافی از جنس پلی‌اتیلن تری‌فتالات-آلومینیوم-پلی‌اتیلن سبک در کاهش خروج بخار آب به خارج از بسته مؤثرتر بوده است که در نتیجه آن بسته‌های نان قادرند در مدت زمان بیشتری رطوبت را در خود حفظ نمایند و از این طریق باعث افزایش ماندگاری محصول تولیدی شوند. در همین راستا همتیان سورکی و همکاران (1389) با بررسی استفاده از بسته‌بندی‌های نانوپلیمری و شرایط محیط نگهداری (دما و رطوبت نسبی) در افزایش کیفیت و زمان ماندگاری نان بربری گزارش نمودند که بهترین شرایط بسته‌بندی و نگهداری نان بربری زمانی حاصل می گردد که غلظت نانوذرات رس 5/98 درصد، رطوبت نسبی محیط نگهداری 68/44 درصد و دمای نگهداری 10 درجه سانتی‌گراد باشد (4). هم‌چنین قیافه‌داودی و همکاران (1390) در پژوهش خود به بررسی تأثیر استفاده از لفاف‌های مختلف بسته‌بندی در افزایش ماندگاری نان پرداختند. براساس نتایج این محققین مشخص گردید که لفاف سه لایه پلی اتیلن تری فتالات-آلومینیوم-پلی اتیلن سبک به دلیل نفوذپذیری اندکی که بخار آب داشت در کاهش بیاتی و افزایش ماندگاری نان بسیار مؤثر بود (3). به احتمال زیاد علت کاهش میزان مؤلفه‌های L* و b* و افزایش میزان مؤلفه‌ی a* در نمونه‌های بسته‌بندی‌شده در لفاف پلی‌پروپیلن اصلاح شده نسبت به سایر لفاف‌های بسته‌بندی که در نتایج نشان داده شده است، کاهش میزان رطوبت نمونه‌های نگهداری شده در دمای 25 نسبت به 10 درجه سانتی‌گراد، رطوبت نسبی 50 نسبت به 75 درصد و لفاف پلی پروپیلن اصلاح شده نسبت به دو لفاف دیگر می‌باشد. در اثر از دست رفتن رطوبت نان تغییرات پوسته نان افزایش می‌یابد که این امر در کاهش میزان مؤلفه‌های L* و b* و افزایش میزان مؤلفه‌ی a* اثرگذارست. از طرفی با از دست دادن رطوبت نمونه‌های تولیدی، فرآیند بیاتی بخصوص در محصولات بدون گلوتن تسریع می‌یابد که در نتیجه آن پوسته نان، چرمی خواهد شد که این به نوبه‌ی خود در تیره به نظر رسیدن محصول نهایی دخیل می‌باشد. در همین راستا Purlis و Salvadori (2009) بیان نمودند که تغییرات سطح محصول، مسئول روشنایی آن است و سطوح منظم و صاف نسبت به سطوح چین‌دار توانایی بیشتری در انعکاس نور و افزایش میزان مؤلفه‌ی L* دارند و با توجه به این نکته که در بسیاری از موارد به ویژه محصولات صنایع پخت، مؤلفه‌ی L* (روشنایی)، با مؤلفه‌ی b* (زردی) رابطه مستقیم و با مؤلفه‌ی a* (قرمزی) رابطه عکس دارد (15، 14)، انتظار می‌رفت که نمونه‌ای که بیشترین میزان مؤلفه‌ی L* را دارد، بیشترین مؤلفه‌ی b* و کمترین مؤلفه‌ی a* را داشته باشد. از این‌رو ذکر این نکته ضروری است که صحرائیان و همکاران (1391) و نقی‌پور و همکاران (1391) به ترتیب با بررسی رنگ پوسته نان و کیک بدون گلوتن به این نتیجه دست یافتند که مهم‌ترین عامل اثرگذار در میزان مؤلفه‌های

رنگی پوسته محصولات بدون گلوتن، میزان رطوبت است و هر عاملی بتواند میزان رطوبت محصول در طی فرآیند پخت و پس از آن (در طول مدت نگهداری) حفظ نماید، از ایجاد تغییرات سطح و چین و چروک در پوسته نمونه‌های تولیدی جلوگیری خواهد نمود و همین امر به نوبه‌ی خود در جلوگیری از کاهش میزان مؤلفه‌های *L و *b و افزایش مؤلفه‌ی *a مؤثر است (16، 2). بنابراین با توجه به نتایج این بخش و بخش ارزیابی رطوبت باید گفت نمونه‌ای که دارای بیشترین میزان مؤلفه‌های *L و *b و کمترین میزان مؤلفه‌ی*a یا به‌عبارتی کمترین میزان تغییرات سطح است، دارای بهترین دما و رطوبت نسبی محیط نگهداری و لفاف کاربردی جهت حفظ رنگ در طی مدت زمان یک هفته می‌باشد.

با توجه به ارزیابی‌های صورت گرفته توسط داوران چشایی، به نظر می‌رسد اگر نان بدون گلوتن سورگوم در چنین شرایط محیطی با دمای 10 درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی 75 و بسته‌بندی از جنس پلی‌اتیلن تری‌فتالات-آلومینیوم-پلی‌اتیلن سبک قرار گیرد، قادر است ویژگی‌های قابل قبولی برای مصرف‌کننده در بازه زمانی یک هفته پس از پخت داشته باشد. علاوه بر آن لفاف پلی‌اتیلن تری‌فتالات- پلی‌اتیلن تری‌فتالات- پلی‌اتیلن سبک در محیطی با دمای 10 درجه‌ی سانتی‌گراد و رطوبت نسبی 75 درصد قادر است ویژگی‌های مورد پذیرش برای محصول تولیدی توسط پانلیست‌ها را حفظ نماید.

References

1. Mirfakhraiee F, Ghafarpour M, Mirbagheri A, Naghibi A, seyedan N, Darbandi M. Investigate the causes of bread losses in the family bread and bakery shops in Tehran. Final report of project, National Nutrition & Food Technology Research Institute 1991: 35 [in Persian].
2. Sahraiyan B, Habibi Najafi MB, Karimi M, Haddad Khodaparast MH, Ghiafeh Davoodi M. Investigation on production of gluten free bread utilizing sorghum, cheese powder, guar, carboxymethylcellulose and Lallemantiaroyleana (Balangu) gums. [dissertation]. Mashhad, Ferdowsi University of Mashhad, M.C. Faculty of Agriculture; 2012 [in Persian].
3. Ghiafeh Davoodi M, Karimi M, Sheikholeslami, Z, Hematian Sourki A, Sahraiyan B, Naghipour F, et al. Investigation on the effect of different packaging film on extension of bread shelf life. Final report of Agricultural Engineering Research Institute 2011 [in Persian].
4. Hematian Sourki A, Tabatabaei Yazdi F, Ghiafeh Davoodi M, Mortazavi SA. Investigation of the use of Nano packaging on increasing the quality and shelf life of Barbari bread.[dissertation]. Mashhad, Ferdowsi University of Mashhad, M.C. Faculty of Agriculture; 2010 [in Persian].
5. Meghdadiyan N, Shahedi M, Kabir Gh. Evaluation the optimum taphton bread packaging. J Sci Technol Agri Natural Res 2004; 8: 157-169 [in Persian].
6. AACC. 2000. Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists, 10th Ed., Vol. 2. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN.
7. Pourfarzad A, Khodaparast MH, Karimi M, Mortazavi SA, Ghiafeh Davoodi M, Hematian Sourki A, et al. Effect of polyols on shelf-life and quality of flat bread fortified with soy flour. J Food Process Eng 2009; 34: 1435-1445.
8. Sun D. Computer vision technology for food quality evaluation. Academic Press, New York 2008.
9. Rajabzadeh N. Bread production technology and management. Tehran University Publications Institute 2010 [in Persian].
10. Wang Y, Easteal AJ, Chen XD. Ethylene and oxygen permeability through polyethylene packaging film. Packag Technol Sci 1998; 11: 169-178.
11. Pristouri G, Badeka A, Kontominas MG. Effect of packaging material headspace, oxygen and light transmission, temperature and storage time on quality characteristics of extra virgin olive oil. Food control 2010; 21: 412-418.
12. Del Nobile MA, Conteb A, Scroccob C, Bresciab I, Speranza B, Sinigagliaa M, Perniolac R, Antonacci D. A study on quality loss of minimally processed grapes as affected by film packaging. Post harvest Biology and Technol 2009; 51: 21-26.
13. Papiernik S, Yates S. Effect of environmental conditions on the permability of high density polyethylene film to fumigant vapors. EnvironSciTechnol 2002: 36: 1833-1838.
14. Mahdaviyan S, Elhamirad AH, Sheikholeslami Z, Abdolahzadeh GH. Evaluation the effect of gluten/starch on rheological properties of dough and sensory properties and staling in Iranian Barbari bread.[dissertation]. Azad University, Sabzevar branch, M.C. Faculty of Agriculture; 2011 [in Persian].
15. Purlis E, Salvadori V. Modelling the browning of bread during baking. Food Res Int 2009; 42: 865-870.
16. Naghipour F, Habibi Najafi MB, Karimi M, Haddad Khodaparast MH, Sheikholeslami Z. Investigation on production of gluten free cake utilizing sorghum, soy milk, guar and xanthan gums. [dissertation]. Mashhad, Ferdowsi University of Mashhad, M.C. Faculty of Agriculture; 2012 [in Persian].

Effect of Temperature, Relative Humidity and Packaging Film on Maintaining the Quality and Increasing the Shelf-life of Sorghum Gluten-free Bread

Naghipour F[1], Sahraiyan B[2], Soleimani M[3], Sedaghat N[4]*

1- Ph.D Student of Food Technology, Faculty of Agriculture-Ferdowsi University of Mashhad Iran.

*2- *Corresponding author: Ph.D Student of Food Technology, Faculty of Agriculture-Ferdowsi University of Mashhad Iran.Email: baharehsahraiyan@yahoo.com*

3- M.Sc, Students' Research Committee, Graguated in Food Sciences and Food Technology, National Nutrition and Food Technology Research Institute, Faculty of Nutrition Sciences and Food Technology, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran.

4- Associate Prof, Dept. of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran.

Received 2 Aug, 2014 **Accepted 7 Nov, 2014**

Background and Objectives: One of the main problems of bread industry is waste of these products. But today the availability of packaging film with a wide range of physical and chemical properties could reduce the amount of waste. It seems that by choosing an appropriate packaging and management environment of packed samples, it is also the shelf life and quality of gluten-free bread would be increased.

Materials and Methods: In this study, the effect of temperature (10 and 25°C), relative humidity of storage (50 and 75%), and type of wrapper packaging (modified polypropylene (OPP), polyethylene terephthalate, aluminum, low density polyethylene (PAP), polyethylene terephthalate, polyethylene terephthalate, and low density polyethylene (PPP)) in order to maintain the quantity and quality of gluten-free sorghum bread was evaluated. In order to measure the crust color, Image J software was used.

Results: With increasing temperature and decreasing relative humidity, the moisture content, water activity, L* value, b* value, and overall acceptability were decreased and the firmness and a* value was increased. However, PAP, PPP and OPP packaging had, respectively, the best performance to maintain the quality characteristics of sorghum gluten free bread specially postpone the staling rate.

Conclusion: Using the appropriate packaging film and storage in optimal conditions, in addition to maintaining the qualitative and quantitative characteristics of the final product, platitude/staling is one of the most problems in getting a fresh product to the celiac disease is reduced.

Keywords: Gluten-free bread, Temperature, Relative humidity, Packaging film