تغییرات سفتی پوسته و مغز نان سنگک نیم‌پخته بسته‌بندی شده تحت اتمسفر اصلاح شده طی نگهداری

خدیجه خوش‌اخلاق[۱*]، ناصر همدمی[۲] و محمد شاهدی[۳]

تاریخ دریافت: ۹۱/۲/۲۰ تاریخ پذیرش: ۹۱/۵/۷

[۱] کارشناس ارشد گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان
[۲] استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان
[۳] استاد گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان
[*] مسئول مکاتبه: E-mail: k.khoshakhlagh@ag.iut.ac.ir

چکیده

نیم‌پخت کردن محصولات نانوایی، راهکاری مؤثر در به تعویق انداختن بیاتی آنها است. یکی ازروش‌های نگهداری محصولات نیم پخته، استفاده از بسته‌بندی تحت اتمسفر اصلاح شده است. به منظور بررسی تأثیر فرآیند نیم‌پخت کردن و بسته‌بندی اتمسفر اصلاح شده روی ویژگی‌های بافتی، در این تحقیق نان سنگک نیم‌پخته تحت سه اتمسفر اصلاح شده شامل ۱۰۰ ٪ دی‌اکسید کربن، ۳۰ ٪ دی‌اکسیدکربن: ۷۰ ٪ نیتروژن، ۲۰٪ دی اکسیدکربن: ۸۰٪ نیتروژن و هوا به عنوان شاهد بسته‌بندی و به مدت ۲۱ روز در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. طی دوره نگهداری سفتی پوسته و مغز نان‌های نیم پخته، قبل و پس از پخت نهایی مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که اثر اتمسفر موجود در بسته بر تغییرات سفتی پوسته و مغز نان معنی‌دار نبوده و این تغییرات تنها تابعی از مدت زمان نگهداری محصول می‌باشند. بررسی سینتیک تغییرات سفتی طی ۷۲ ساعت نگهداری پس از خارج کردن نمونه‌ها از بسته‌بندی اتمسفر اصلاح شده، قبل و پس از پخت نهایی، نشان داد که با افزایش مدت زمان نگهداری، ثابت سرعت واکنش سفت شدن پوسته کاهش و ثابت سرعت واکنش سفت شدن مغز افزایش می‌یابد.

واژه‌های کلیدی: بسته‌بندی تحت اتمسفر اصلاح شده، نان سنگک نیم‌پخته، ویژگی‌های بافتی، ثابت سرعت واکنش

Changes of crust and crumb firmness of part-baked Sangak bread packaged in modified atmosphere during storage time

Kh Khoshakhlagh[1*], N Hamdami[2] and M Shahedi[3]

Received: May 09, 2012 Accepted: July 28, 2012

[1] MSc Student, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran
[2] Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran
[3] Professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran
[*]Corresponding author: E-mail: k.khoshakhlagh@ag.iut.ac.ir

Abstract
Part-baked bakery products are an effective solution to postpone staling in bakery products. Modified Atmosphere Packaging (MAP) is considered as a solution for storage of the part-baked products. In order to investigate the effect of part-baking process and modified atmosphere packaging on the textural characteristics, part-baked Sangak bread was packaged in three gas compositions included %100 CO_2, %50 CO_2: %50 N_2, %25 CO_2: %75 N_2 and air as a control stored at 25 °C for 21 days. During the storage, crust and crumb firmness of the part-baked as well as fully baked bread were evaluated. Results showed that none of the textural parameters are influenced by the MAP atmosphere and these changes are only as the function of the storage time. Kinetic study of firmness changes during 72 hr after removing part-baked samples from MAP, before and after full-baking, showed that with increasing storage time, the rate constant of crust firming reaction decreases and rate constant of crumb firming reaction increases.

Keywords: Modified atmosphere packaging, Part-baked Sangak bread, Reaction rate constant, Textural properties

مقدمه

عمر ماندگاری محصولات نانوایی بسیار کوتاه است و کیفیت آنها بطور قابل توجهی به فاصله زمانی بین پخت و مصرف بستگی دارد. بیاتی و فساد میکروبی مهم‌ترین عوامل کاهش کیفیت نان طی نگهداری می‌باشند. از همین رو، تحقیقات زیادی در زمینه بررسی روش‌های تولید و نگهداری این محصولات صورت گرفته است که از جمله می‌توان به تأثیر نوع بسته‌بندی بر ماندگاری نان (مقدادیان ۱۳۸۱؛ احمدی و همکاران ۱۳۹۰)، تأثیر افزودن هیدروکلوئیدها روی به تأخیر افتادن بیاتی (مجذوبی و همکاران ۱۳۹۰؛ ابراهیم پور و همکاران ۱۳۸۹) و نیز اثر استفاده از خمیرترش در بهبود بافت و ویژگی‌های حسی نان (پیغمبردوست و همکاران ۱۳۸۹) اشاره کرد. علاوه بر روش‌های مذکور، یکی از روش‌های مؤثر و جدید در به تعویق انداختن بیاتی نان، نیم پخت کردن آن است. منظور از نیم پخت کردن نان، پخت کنترل شده و محدود خمیر تخمیر شده برای ایجاد ساختار و توسعه بافت نان با حداقل تغییر رنگ در پوسته می‌باشد. پخت نهایی محصول نیم پخته هنگام نیاز و قبل از مصرف در چند دقیقه انجام می‌شود. پخت نهایی، علاوه بر ایجاد رنگ مناسب در پوسته، با معکوس کردن پدیده واگشتگی نشاسته، مغز نان را نرم و محصولی مشابه نان تازه در اختیار مصرف کننده قرار می‌دهد. با استفاده از این تکنیک می‌توان ضایعات را کاهش داده و مصرف نان

تازه را در هر زمان از شبانه روز امکان پذیر نمود (کاراگلو ۲۰۰۶؛ لاینز و همکاران ۲۰۰۸). علیرغم مزایای مذکور، رطوبت بالای محصولات نیم پخته عمر ماندگاری آن‌ها را به شدت محدود می‌کند. بسته بندی تحت اتمسفر اصلاح شده یکی از روش‌های مؤثر، ایمن و مقرون به صرفه در افزایش عمر ماندگاری فراورده های غذایی فسادپذیر از جمله محصولات نیم پخته می‌باشد. نتایج تحقیقی که بر روی نان باگت نیم پخته فرانسوی انجام شده است، نشان داد که در صورت استفاده از ترکیب گازی ۸۰-۱۰۰ درصد دی‌اکسیدکربن به همراه نیتروژن در داخل بسته، مدت زمان نگهداری نان نیم پخته در دمای محیطی را می توان تا ۲۰ روز افزایش داد (گالیک و همکاران ۲۰۰۹). برخلاف نتایج مشخص و متقن بدست آمده در ارتباط با تاثیر بسته بندی اتمسفر اصلاح شده بر جلوگیری از فساد میکروبی در محصولات نانوایی، نتایج متناقض و نامشخصی بر روی تأثیر آن روی بیاتی گزارش شده است (راسموسن و هنسن ۲۰۰۱). به عنوان مثال نتایج سنسیک و همکاران (۱۹۹۶) نشان می‌دهد که با استفاده از اتمسفری با ۱۰۰ درصد دی‌اکسیدکربن و مقدار کمی بخار اتانول در فضای خالی بسته می‌توان سفت شدن نان را کاهش داد. نتایج مشابهی توسط نور و تاملینس (۱۹۸۵) گزارش شده است، به طوری که سفتی مغز نان نگهداری شده تحت دی اکسیدکربن کم تر از هوا یا نیتروژن بود. این محققین دلیل نتایج بدست آمده را به ترکیب دی‌اکسید کربن با آمیلوپکتین و کاهش امکان برقراری پیوندهای هیدروژنی بین شاخه‌های آمیلوپکتین مرتبط دانستند. برخلاف مطالعات ذکر شده، بلک و همکاران (۱۹۹۳) و راسموسن و هنسن (۲۰۰۱) نشان دادند که سفتی نان طی دوره نگهداری تحت تأثیر اتمسفر بسته نمی‌باشد. همتیان و همکاران (۲۰۱۰) نیز گزارش نمودند که سفتی نان بربری با افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن در فضای خالی بسته به طور قابل توجهی افزایش می‌یابد.

یکی از نان‌های سنتی تولیدی در کشور که دارای محبوبیت فراوانی می‌باشد، نان سنگک است. این نان از آرد کامل تهیه شده و از ویژگی‌های شاخص آن می‌توان به عطر و طعم مناسب، ارزش تغذیه‌ای بالا، قابلیت سیرکنندگی و هضم آسان آن اشاره نمود. مروری بر کارهای انجام شده در ایران نشان می‌دهد که تحقیقات کمی بر روی نان سنگک انجام گرفته است و عمده تحقیقات نیز بر روی بررسی تاثیر بهبود دهنده‌ها در افزایش کیفیت و تاخیر بیاتی نان سنگک متمرکز بوده است. برای مثال تقیان (۱۳۸۸) تأثیر دو بهبود دهنده آسکوربیک اسید و روغن قنادی بر نان سنگک را مورد بررسی قرار داده است. همانگونه که در ابتدا ذکر شد، می‌توان از تکنولوژی نیم پخت کردن همراه با بسته بندی تحت اتمسفر اصلاح شده برای بهبود کیفیت، افزایش عمر ماندگاری و در نهایت کاهش ضایعات سود برد.

تحقیق حاضر در راستای بررسی اثر نیم پخت کردن و بسته بندی تحت اتمسفر اصلاح شده بر کیفیت و ماندگاری نان سنگک انجام گرفت. هدف اصلی این کار، مطالعه اثر فرآیند نیم پخت کردن و اتمسفر موجود در فضای خالی بسته بر سینتیک تغییرات سفتی (بعنوان شاخص بیاتی) پوسته و مغز نان سنگک طی نگهداری در دمای محیطی، قبل و پس از خروج از بسته بود.

مواد و روش‌ها

مواد مصرفی

آرد گندم مورد استفاده در تولید نان سنگک با درجه استخراج ۹۱ درصد از کارخانه بهارستان اصفهان تهیه شد. مخمرخشک فعال مورد نیاز از شرکت کلار مایه چهارمحال بختیاری خریداری گردید. سه کپسول گاز حاوی دی‌اکسیدکربن خالص، ۳۰ درصد دی اکسیدکربن: ۷۰ درصد نیتروژن و ۲۰ درصد دی‌اکسید کربن: ۸۰ درصد نیتروژن از شرکت سپاهان استیلن اصفهان تهیه شد. کیسه‌های بسته بندی از جنس پلی آمید- پلی اتیلن و

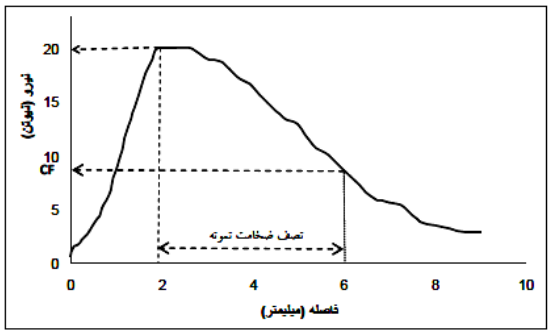
با ضخامت ۱۰۰ میکرومتر از شرکت نادی پلاستیک آریای تهران خریداری گردید.

تهیه نان سنگک نیم پخته و بسته بندی آن تحت اتمسفر اصلاح شده

خمیر نان سنگک از اختلاط آرد گندم با آب ۳۰ درجه سانتی‌گراد (۱۰۰ درصد وزنی) ، نمک (۱ درصد وزنی) و مخمر (۱ درصد وزنی) بر اساس وزن آرد مورد استفاده بدست آمد. عمل اختلاط به مدت ۱۵ دقیقه در خمیرگیر (مدل C-100 هوبارت ساخت آمریکا) با دور ۵۰-۴۵ دور در دقیقه و مرحله تخمیر خمیر به مدت ۶۰ دقیقه در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد در داخل محفظه تخمیر انجام شد (استاندارد ملی ایران، شماره ۶۹۴۳). سپس خمیر تخمیر شده، با استفاده از قالب آلومینیومی مربع شکلی به ضخامت ۵ میلی‌متر پهن شد و در آون (مدل HBA-73B550 بوش ساخت آلمان) با دمای ۲۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۶ دقیقه نیم پخت گردید. مدت زمان نیم‌پخت کردن در دمای ۲۵۰ درجه سانتی‌گراد به صورت تجربی بر مبنای مدت زمان لازم برای تشکیل مغز نان بدون هرگونه تغییری در رنگ سطح آن انتخاب شد. نان نیم پخته پس از سرد شدن تا دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد با استفاده از دستگاه بسته‌بندی اتمسفر اصلاح شده (مدل E-153 هنکووک ساخت هلند) تحت سه ترکیب گازی مختلف شامل ۱۰۰ ٪ دی‌اکسید کربن، ۳۰ ٪ دی-اکسیدکربن: ۷۰ ٪ نیتروژن، ۲۰٪ دی اکسیدکربن: ۸۰٪ و هوا به عنوان شاهد بسته بندی و به مدت ۲۱ روز در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. خلوص ترکیب-های گازی با استفاده از دستگاه آنالایزر گاز (مدل ۶,۰ اکسی بیبی ساخت آلمان) آزمایش شد و برابر با ۹۹/۹ درصد بود. برای مطالعه تغییرات کیفی طی نگهداری، از بسته‌های نان سنگک نیم پخته حاوی اتمسفرهای متفاوت، هر سه روز یکبار نمونه برداری انجام شد. قبل از ارزیابی کیفی، بر روی نیمی از نان نیم پخته موجود در هر بسته، پخت نهایی به مدت ٤ دقیقه در دمای ۲۵۰ درجه سانتی‌گراد انجام و مابقی بصورت نیم پخته حفظ شد. میزان رطوبت، حجم ظاهری و سفتی نمونه‌ها (با و بدون پخت نهایی) بلافاصله پس از خروج از بسته و طی ۷۲ ساعت پس از خروج در فواصل زمانی ۲٤ ساعت تعیین شد.

ارزیابی بافت نان سنگک نیم پخته طی دوره نگهداری

برای ارزیابی تغییرات بافت، سفتی نمونه‌ها به عنوان معیار بیاتی اندازه‌گیری شد. به این منظور آزمون سوراخ کردن (پانکچر) نمونه‌ها بوسیله دستگاه آزمون جامع کشش- فشار (مدل ۱۱٤۰ ساخت شرکت اینستران انگلستان) با پروب استوانه‌ای به قطر ۱/۲۷ سانتی‌متر، سرعت ۵۰ میلی‌متر بر دقیقه و سلول حساس به نیرو (Load cell) ۵۰۰گرم تا ۵ کیلوگرم انجام شد. برای هر نمونه نان سنگک ۳ مرتبه در دمای اتاق تست پانکچر انجام شد. حداکثر نیروی لازم برای نفوذ پروب در نمونه، به عنوان سفتی پوسته نان در نظر گرفته شد. با رسم منحنی نیرو-فاصله، نیروی متناظر با نصف ضخامت نمونه (٤ میلی‌متر) به عنوان نیروی مرکز که بیانگر سفتی مغز نان است استخراج و گزارش شد. در شکل ۱ نحوه تعیین نیروی مرکز نشان داده شده است (پدرسکی و همکاران ۲۰۰۱).



شکل ۱- روش تعیین نیروی مرکز نمونه نان

بررسی سینتیک تغییرات بافت نان سنگک نیم پخته قبل و پس از پخت نهایی

به منظور مطالعه سینتیک تغییرات بافت، سفتی نمونه‌های نان سنگک نیم پخته پس از خارج شدن از بسته، قبل و پس از پخت نهایی طی ۷۲ ساعت در فواصل

زمانی ۲٤ ساعت مطابق با روش ۲-٤ اندازه‌گیری شد. پس از آن نمودار تغییرات پارامترهای بافتی طی ۷۲ ساعت نگهداری در مورد هر دو نمونه نان پخته و نیم پخته و برای هر یک از روزهای نمونه‌برداری رسم گردید. همچنین نمودار تغییرات سفتی نمونه‌های نان سنگک نیم پخته بلافاصله پس از خروج از بسته در برابر زمان نگهداری نان در داخل بسته رسم گردید.

برای توصیف ریاضی تغییرات سفتی اندازه‌گیری شده بعنوان تابعی از زمان پس از خروج از بسته از مدل سینتیکی درجه صفر و درجه اول استفاده شد. روابط مربوط به مدل درجه صفر و مدل درجه یک به ترتیب در زیر آورده شده است:

$$ydata = x_1 + x_2 \times xdata \quad [۱]$$

$$ydata = x_1 \times \exp(x_2 \times xdata) \quad [۲]$$

در روابط بالا xdata متغیر زمان، ydata متغیر وابسته اندازه‌گیری شده (سفتی)، و x_1 و x_2 ضرایب مدل می‌باشند. ضریب x_2 در روابط بالا همان ثابت سرعت واکنش می‌باشد. برای استخراج ضرایب x_1 و x_2 در هر دما با استفاده از داده‌های آزمایشگاهی، از دستورLSQCURVEFIT در نرم افزار MATLAB استفاده گردید. برای انتخاب مدل مناسب از بین دو مدل مذکور برای توصیف سینتیک سفتی نان سنگک، ضریب همبستگی (r) و ریشه میانگین مربعات خطا[1] (RMSE) مابین داده‌های تجربی و نتایج پیش بینی شده توسط هر مدل محاسبه و مدلی که دارای حداکثر همبستگی و حداقل RMSE بود به عنوان مدل مناسب برای توصیف سینتیک تغییرات سفتی نان سنگک نیم پخته (قبل و پس از پخت نهایی) بعنوان تابعی از مدت زمان نگهداری در داخل بسته تحت اتمسفر اصلاح شده و پس از خروج از بسته انتخاب شد.

آنالیز آماری

برای بررسی اثر اتمسفر و مدت زمان نگهداری بر خصوصیات بافتی نان سنگک نیم پخته با و بدون پخت نهایی، آزمایش‌ها بصورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی انجام شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از مدل‌های خطی عمومی (GLM) بر روی نرم افزار SAS 8.0 انجام شد. میانگین داده‌ها به روش حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح اطمینان ۹۵٪ انجام گرفت.

نتایج و بحث

تغییرات سفتی پوسته

حداکثر نیروی لازم برای نفوذ پروب در نمونه، به عنوان سفتی پوسته نان در نظر گرفته شد. نتایج تجزیه واریانس مربوط به تغییرات سفتی پوسته نان سنگک نیم پخته قبل و پس از پخت نهایی نشان داد اتمسفر موجود در بسته بر این ویژگی اثر معنی‌داری ندارد و اثر مدت زمان نگهداری در سطح احتمال ۰/۱ درصد و ۵ درصد به ترتیب بر تغییرات پوسته نان نیم پخته و پخته معنی‌دار می‌باشد (جدول ۱). در جدول ۲ مقایسه میانگین‌های سفتی پوسته نان سنگک نیم پخته و پخته و در شکل ۲ تغییرات آنها طی نگهداری نشان داده شده است. سفتی پوسته نان نیم پخته، طی روزهای آغازین دوره نگهداری کاهش می‌یابد. این کاهش می‌تواند به دلیل مهاجرت رطوبت از مغز به پوسته نان باشد. در ادامه نگهداری، به دلیل نفوذپذیری کم فیلم بسته بندی نسبت به بخارآب تغییرات در سفتی پوسته با سرعت بسیار کمی رخ می‌دهد. نمودار مربوط به تغییرات سفتی پوسته نان سنگک پخته نشان می‌دهد که سفتی پوسته نان پخته طی ۲۱ روز نگهداری تغییر قابل ملاحظه‌ای نمی‌کند که این موضوع می‌تواند بیانگر برطرف شدن بیاتی پوسته در اثر ذوب شدن بلورهای آمیلوز و آمیلوپکتین طی پخت مجدد نمونه‌های نیم پخته باشد (شکل ۲). نتایج مشابهی در رابطه با رفع بیاتی نان بربری نیم پخته پس از پخت مجدد توسط مجذوبی و همکاران (۲۰۱۱) گزارش شده است.

1. Root Mean Square Error

جدول ۱- تجزیه واریانس مربوط به تغییرات بافت نان سنگک نیم پخته و پخته تحت تأثیر اتمسفر و مدت زمان نگهداری

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		حداکثر نیرو (نان نیم پخته)	نیروی مرکز (نان نیم پخته)	حداکثر نیرو (نان پخته)	نیروی مرکز (نان پخته)
اتمسفر	۳	۱/۳۰۲^{ns}	۰/۵۱۹^{ns}	۹/۶۲۸^{ns}	۰/۶۱۹^{ns}
تکرار	۱۲	۱/۰۷۱^{ns}	۰/۶۱۱^{ns}	۱۱/۶۲٤^{ns}	۰/۸۹۵^{ns}
زمان	۷	۱۱/۲۷٤***	٤/۰۰٤***	۱۱/۷۹۲*	۳/۶۵۷**
زمان × اتمسفر	۲۰	۱/۹۲۳	۰/۵۹۰^{ns}	۱/٤۵۸^{ns}	۰/۵۶۰^{ns}
خطا	۷۸	۰/۸۳۹	۰/۳۹۹	۶/۵۹۵	۰/۹۸۰

*معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد، ** معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد، ***معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۱ درصد و ^{ns} غیرمعنی‌دار

جدول ۲- مقایسه میانگین تغییرات سفتی پوسته نان سنگک نیم پخته و پخته تحت تأثیر مدت زمان نگهداری

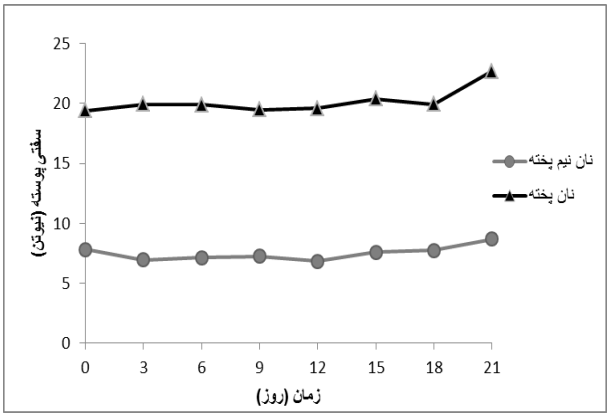
عوامل آزمایشی	صفت	
زمان	سفتی پوسته نان نیم پخته	سفتی پوسته نان پخته
۰	۷/۸۲۸±۰/۵۷۷^{b}	۱۹/٤۲۹±۰/۵۷٤^{b}
۳	۶/۹٤۳±۰/۵۱۵^{c}	۱۹/۹٤۳±۳/٤۶۰^{b}
۶	۷/۱۳۲±۱/۱۲٤^{c}	۱۹/۸۸۷±٤/۰۷۰^{b}
۹	۷/۲۵۹±۰/۶۸۰^{bc}	۱۹/٤٤۸±۲/۲۶۶^{b}
۱۲	۷/۰۰٤±۰/۶۹۶^{c}	۱۹/۵۸۹±۲/۸۸۲^{b}
۱۵	۷/۶۱٤±۰/۵۶۱^{bc}	۲۰/۳۷۹±۲/۷۶٤^{b}
۱۸	۷/۷۵۱±۰/۸۵۵^{bc}	۱۹/۹۳۱±٤/۲۱٤^{b}
۲۱	۸/۷۱۰±۱/۲۵۰^{a}	۲۲/۷۰۳±٤/۰۶۳^{a}

حروف غیرمشترک در هر ستون بیانگر تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵ می‌باشد.

جدول ۳- مقایسه میانگین تغییرات سفتی مغز نان سنگک نیم پخته و پخته تحت مدت زمان نگهداری

عوامل آزمایشی	صفت	
زمان	سفتی مغز نان نیم پخته	سفتی مغز نان پخته
۰	۲/۵۶٤±۰/۹۱۲^{c}	۵/۶۰۳±۰/۸۷۳^{c}
۳	۲/۵۶۱±۰/۳۱۳^{c}	۵/۵۰۷±۰/۶۹۳^{c}
۶	۲/۵۲۹±۰/٤۲۲^{c}	۵/۵۸۶±۰/۸۲٤^{c}
۹	۳/۲۶۸±۰/۶۵٤^{b}	۶/۲۲۲±۰/۹۵۵^{ab}
۱۲	۳/۱۲۹±۰/۷۸۷^{b}	۵/۸۵٤±۱/۰۵۰^{bc}
۱۵	۳/۲۷۸±۰/۳۳۶^{b}	۶/۳۱۶±۰/٤۰۰^{ab}
۱۸	۳/۱۲۷±۰/٤۷۰^{b}	۶/٤۱۵±۱/۰۵۷^{ab}
۲۱	۳/۷۱۳±۰/٤۶۳^{a}	۷/۲۱۲±۰/۷۲۸^{a}

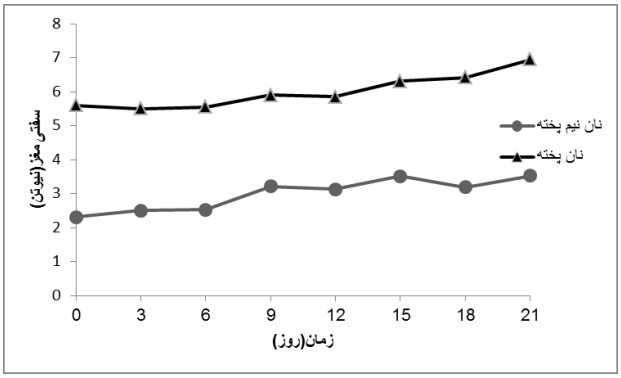
حروف غیرمشترک در هر ستون بیانگر تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵ می‌باشد.



شکل۲- تغییرات سفتی پوسته نان سنگک نیم پخته طی نگهداری (قبل و پس از پخت نهایی)

تغییرات سفتی مغز

نتایج تجزیه واریانس مربوط به تغییرات سفتی مغز نان نیم پخته و پخته نشان می‌دهد که اثر اتمسفر موجود در بسته، بر سفتی مغز نمونه‌ها معنی‌دار نمی‌باشد (جدول ۱). بلک و همکاران (۱۹۹۳) و راسموسن و هنسن (۲۰۰۱) نیز تفاوت معنی‌داری بین اتمسفرهای مختلف مورد استفاده در بسته بندی نان بر روی بافت آن طی دوره انبارداری مشاهده نکردند. برخلاف اتمسفر، اثر مدت زمان نگهداری در سطح احتمال ۰/۱ درصد و ۱ درصد به ترتیب بر تغییرات سفتی مغز نان سنگک نیم پخته قبل و پس از پخت نهایی معنی‌دار می‌باشد. در جدول ۳ مقایسه میانگین سفتی مغز نمونه‌ها و در شکل ۳ تغییرات آنها طی ۲۱ روز نگهداری نشان داده شده است. افزایش سفتی مغز نان سنگک نیم پخته طی نگهداری می‌تواند به دلیل کاهش رطوبت و تبلور مجدد نشاسته باشد. سفتی مغز نان سنگک نیم پخته پس از پخت نهایی با وجود برطرف شدن واگشتگی نشاسته طی پخت مجدد، با سرعت کمی در حال افزایش است. بنابراین می‌توان گفت که کاهش رطوبت مغز در افزایش سفتی آن نقش داشته است. این پدیده توسط راجرز و همکاران (۱۹۸۸) نیز مشاهده شده است. بر مبنای نظر این محققین، سفت شدن نان تنها تابعی از واگشتگی نشاسته نیست و عوامل دیگری همچون ترکیب لیپید و آمیلوز، انتقال رطوبت و تغییر در سیستم گلوتنی در سفتی نان نقش دارند.



شکل۳- تغییرات سفتی مغز نان سنگک نیم پخته طی نگهداری (قبل و پس از پخت نهایی)

سینتیک تغییرات سفت شدن نان نیم پخته و پخته طی ۷۲ ساعت نگهداری

پس از تعیین سفتی پوسته و مغز نان نیم پخته و پخته طی ۷۲ ساعت نگهداری در بسته‌های پلی‌اتیلنی و رسم تغییرات سفتی به عنوان تابعی از زمان، مشخص گردید سفت شدن پوسته و مغز نان نیم پخته قبل و پس از پخت نهایی از یک واکنش درجه صفر تبعیت می‌کند (r>۰/۹۹۵ و $RMSE$<۰/۱۹۶ N). روابط ۳ و ٤ به ترتیب واکنش سفت شدن پوسته و مغز نان را طی ۷۲ ساعت نگهداری نشان می‌دهد.

$$Fmax = Fmax_0 - Kt \qquad [۳]$$

$$CF = CF_0 + Kt \qquad [٤]$$

که در این روابط $Fmax$ حداکثر نیروی لازم برای نفوذ پروب در نمونه (سفتی پوسته)، CF نیروی مرکز (سفتی مغز نان) و K ثابت سرعت واکنش سفت شدن نان می‌باشد. علامت منفی در رابطه [۳] نشان دهنده کاهش سفتی پوسته طی ۷۲ ساعت نگهداری است. این کاهش می‌تواند به دلیل مهاجرت رطوبت از مغز به پوسته نان طی دوره نگهداری باشد. برخلاف واکنش سفت شدن پوسته، علامت مثبت در رابطه [٤] نشان دهنده افزایش سفتی مغز نان‌های نیم پخته و پخته طی

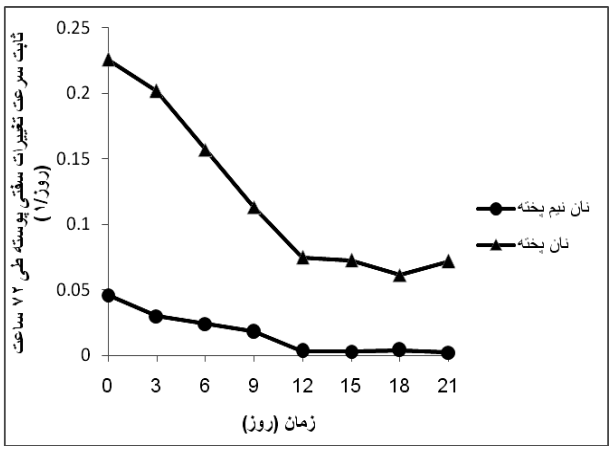
۷۲ ساعت است. دلیل این امر می‌تواند به پدیده‌هایی همچون کاهش رطوبت مغز، تبلور مجدد نشاسته و بیاتی مغز نان طی نگهداری مربوط باشد.

نتایج تجزیه واریانس مربوط به تغییرات ثابت سرعت واکنش سفت شدن پوسته و مغز نان نیم پخته و پخته نشان داد اثر اتمسفر موجود در بسته بر سرعت هیچ یک از واکنش های سفت شدن مغز و پوسته و هیچ یک از نمونه‌های نیم پخته و پخته معنی‌دار نمی‌باشد. بر خلاف اتمسفر، اثر مدت زمان نگهداری نان در بسته‌های پلی آمید-پلی اتیلن در سطح احتمال ۰/۱ درصد بر سرعت تغییرات سفتی نمونه‌ها معنی‌دار می‌باشد (جدول ٤). جدول ٥ مقایسه میانگین اثر مدت زمان نگهداری بر تغییرات ثابت سرعت سفتی پوسته (حداکثر نیرو) و سفتی مغز (نیروی مرکز) نان سنگک نیم پخته و پخته را نشان می‌دهد. در شکل ٤ تغییرات ثابت سرعت سفت شدن پوسته نان سنگک نیم پخته و پخته نشان داده شده است. کاهش مشاهده شده در ثابت سرعت واکنش سفت شدن پوسته با افزایش مدت زمان نگهداری طی ۲۱ روز، می‌تواند به دلیل کاهش اختلاف رطوبت بین بخش‌های مرکز و سطح نمونه طی دوره انبارداری باشد.

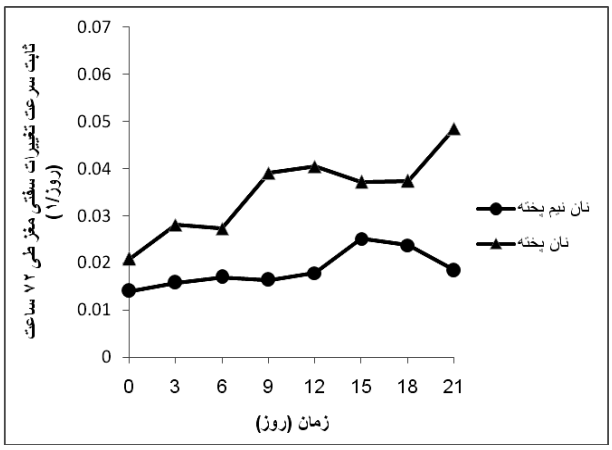
جدول ۴- تجزیه واریانس مربوط به تغییرات ثابت سرعت سفتی بافت نان سنگک نیم پخته و پخته طی ۷۲ ساعت نگهداری

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات (نان نیم پخته)		میانگین مربعات (نان پخته)	
		حداکثر نیرو	نیروی مرکز	حداکثر نیرو	نیروی مرکز
اتمسفر	۳	۰/۰۰۰۲ ns	۰/۰۰۰٤ ns	۰/۰۰۱۲ ns	۰/۰۰۰۰۷ ns
تکرار	٤	۰/۰۰۰۲ ns	۰/۰۰۰۰۰٥ ns	۰/۰۰۳٤ ns	۰/۰۰۰۰٥ ns
زمان	۷	۰/۰۰۲٤ ***	۰/۰۰۰۲۱ ***	۰/۰۰٤ ***	۰/۰۰۸۸ ***
زمان × اتمسفر	۲۰	۰/۰۰۰۰۷ ns	۰/۰۰۰۰٥ ns	۰/۰۰۲٤ ns	۰/۰۰۰۰۳ ns
خطا	۲٦	۰/۰۰۰۰۹	۰/۰۰۰۰۱	۰/۰۰۱۹	۰/۰۰۰۰۳

*** معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۱ درصد و ns نشانگر عدم وجود اثر معنی‌دار است.



شکل ۴- تغییرات ثابت سرعت واکنش سفتی پوسته نان سنگک نیم پخته قبل و پس از پخت نهایی طی ۷۲ ساعت پس از خروج از بسته



شکل ۵- تغییرات ثابت سرعت واکنش سفتی مغز نان سنگک نیم پخته قبل و پس از پخت نهایی طی ۷۲ ساعت پس از خروج از بسته

در شکل ٥ تغییرات ثابت سرعت واکنش سفت شدن مغز نان سنگک نیم پخته و پخته طی ۲۱ روز نگهداری نشان داده شده است. سرعت سفت شدن مغز نان نیم پخته و پخته طی ۷۲ ساعت، با افزایش مدت زمان

نگهداری در بسته‌های پلی آمید-پلی اتیلن در حال افزایش است. این مسأله می‌تواند به دلیل کاهش رطوبت نمونه‌ها در طی ۲۱ روز و در نتیجه افزایش سرعت سفت شدن آنها باشد. همچنین مشاهده می‌شود سرعت سفت شدن مغز نمونه‌های پخته طی ۷۲ ساعت بیشتر از نیم پخته است. این نتایج با گزارش‌های موجود در منابع مطابقت دارد. رطوبت در نان به عنوان یک عامل نرم کننده محسوب می‌شود، کاهش رطوبت منجر به تشدید اتصالات عرضی بین پلیمرهای نشاسته و نشاسته - گلوتن شده و در نهایت سرعت سفت شدن را افزایش خواهد داد (هی و هسنی ۱۹۹۰).

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر مدت زمان نگهداری بر تغییرات ثابت سرعت سفتی بافت نان سنگک نیم پخته و پخته

عوامل آزمایشی	میانگین ثابت سرعت (نان نیم پخته)		میانگین ثابت سرعت (نان پخته)	
زمان (روز)	حداکثر نیرو	نیروی مرکز	حداکثر نیرو	نیروی مرکز
۰	۰/۰٤٦±۰/۰۰۲^{a}	۰/۰۱٤±۰/۰۰۷^{b}	۰/۲۲٦±۰/۰۰۲^{a}	۰/۰۲۰۹±۰/۰۰۱ ^{d}
۳	۰/۰۳۰±۰/۰۰۲^{b}	۰/۰۱۵۸±۰/۰۰۵^{b}	۰/۲۰۲±۰/۰۰۹^{b}	۰/۰۲۸۱±۰/۰۰۳^{c}
٦	۰/۰۲٤±۰/۰۰۱^{bc}	۰/۰۱۷±۰/۰۰۷^{b}	۰/۱۵۷±۰/۰۱۲^{bc}	۰/۰۲۷۳±۰/۰۰۷^{c}
۹	۰/۰۱۸±۰/۰۰۵^{c}	۰/۰۱٦٤±۰/۰۰۸^{b}	۰/۱۱۳±۰/۰۱٤^{c}	۰/۰۳۹۱±۰/۰۰۹^{b}
۱۲	۰/۰۰۳۱±۰/۰۰۰٦ ^{d}	۰/۰۱۷۹±۰/۰۰۵^{b}	۰/۰۷٤۹±۰/۰۱۲ ^{d}	۰/۰٤۰۵±۰/۰۰٦^{b}
۱۵	۰/۰۰۲۷±۰/۰۰۰٤ ^{d}	۰/۰۲۵۱±۰/۰۱۱^{a}	۰/۰۷۲۵±۰/۰۱۵ ^{cd}	۰/۰۳۷۲±۰/۰۰۸^{b}
۱۸	۰/۰۰۳۹±۰/۰۰۰۵ ^{d}	۰/۰۲۳۸±۰/۰۱٤^{a}	۰/۰٦۱۳±۰/۰۱۰^{d}	۰/۰۳۷٤±۰/۰۰٦^{b}
۲۱	۰/۰۰۲۱±۰/۰۰۰۵ ^{d}	۰/۰۱٤۷±۰/۰۰۸^{b}	۰/۰۷۱۹±۰/۰۱۲ ^{cd}	۰/۰۵۸۵±۰/۰۱۱^{a}

حروف غیرمشترک در هر ستون بیانگر تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵ می‌باشد.

نتیجه‌گیری

در این تحقیق، نان سنگک نیم پخته تحت چهار اتمسفر مختلف (شامل ۱۰۰ درصد دی‌اکسیدکربن، ۳۰ درصد دی‌اکسید کربن: ۷۰ درصد نیتروژن، ۲۰ درصد دی اکسیدکربن: ۸۰ درصد نیتروژن و هوا به عنوان شاهد) در کیسه هایی از جنس پلی‌آمید/پلی‌اتیلن بسته بندی و به مدت ۲۱ روز در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد نگهداری شد. بررسی تغییرات سفتی پوسته و مغز نمونه‌های نان سنگک نیم پخته بلافاصله پس از خروج از بسته (قبل و پس از پخت نهایی)، نشان داد که اثر اتمسفر موجود در بسته بر تغییرات سفتی پوسته و مغز نان معنی‌دار نبوده و این تغییرات تنها تابعی از مدت زمان نگهداری محصول می‌باشند. در بخش دوم تحقیق، پس از خارج کردن نمونه‌ها از بسته حاوی اتمسفر اصلاح شده، با بررسی سینتیک تغییرات سفتی پوسته و مغز نمونه‌ها طی ۷۲ ساعت، مشخص شد سفت شدن پوسته و مغز نان سنگک نیم پخته و پخته از واکنش درجه صفر تبعیت می‌کنند. اتمسفر موجود در بسته بر ثابت سرعت واکنش سفت شدن اثر معنی‌داری نداشته ولی طول دوره نگهداری در بسته‌های پلی‌آمید/پلی‌اتیلن بر آن در سطح احتمال ۰/۱ درصد اثر معنی‌دار دارد. با افزایش مدت زمان نگهداری، ثابت سرعت واکنش سفت شدن پوسته کاهش و ثابت سرعت واکنش سفت شدن مغز افزایش می‌یابد.

سپاسگزاری

بدینوسیله نگارندگان مقاله مراتب تشکر و سپاس خود را از جناب آقای مهندس بهمن بهرامی در بخش آزمایشگاه‌های گروه علوم و صنایع غذایی دانشگاه

صنعتی اصفهان به جهت حمایت‌ها و همکاری‌های ارزشمندشان اعلام می‌دارند.

منابع مورد استفاده

ابراهیم پور ن، پیغمبردوست س ه، آزادمرددمیرچی ص، قنبرزاده ب، ۱۳۸۹. تاثیر افزودن هیدروکلوئیدهای مختلف روی ویژگی‌های حسی و بیاتی نان بدون گلوتن. پژوهش‌های صنایع غذایی ۱: ۹۹-۱۱۵.

استاندارد ملی ایران. شماره ٦٩٤٣، آیین کار و تولید نان سنگک، موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران.

احمدی ع، عزیزی م، عباسی س، هادیان ز، صارمی نژاد س، ۱۳۹۰. افزایش ماندگاری نان باگت با استفاده از پوشش پلی ساکاریدی محتوی سوربات پتاسیم. پژوهش‌های صنایع غذایی ۲۱: ۲۰۹-۲۱۷.

پیغمبردوست س ه، گلشن تفتی ا، خراسانچی ن، حجازی م ا، رافت س ع، ۱۳۸۹. مقایسه اثرات خمیرترش خشک با خمیرترش تازه روی ویژگی‌های حسی و بیاتی نان قالبی. پژوهش‌های صنایع غذایی ۲۰: ۱٦۳-۱۷۵.

تقیان دینانی س، ۱۳۸۸. بهبود کیفیت و به تعویق انداختن بیاتی نان سنگک با استفاده از بعضی بهبود دهنده‌ها. پایان نامه کارشناسی ارشد علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان.

مجذوبی م، لایق ب، فرحناکی ع، ۱۳۹۰. تاثیر پکتین و پکتین با اتصالات عرضی بر ویژگی‌های خمیر و نان قالبی. پژوهش‌های صنایع غذایی ۲۱: ۱۹۵-۲۰۷.

مقدادیان ن، ۱۳۸۱. بررسی روش‌های بهینه بسته‌بندی و ماندگاری نان مسطح. پایان نامه کارشناسی ارشد علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان.

AACC, 2000. Approved methods of American Association of Cereal Chemists (tenth ed.). USA: The Association. St. Paul, MN.

Black RG, Quail, KJ, Reyes V, Kuzyk M and Ruddick L, 1993. Shelf-Life Extension of Pita Bread by Modified Atmosphere Packaging. Food Australia 45: 387-391.

Cencic L, Bressa F and DallaRosa M, 1996. Influence of modified atmosphere on bread staling during storage. Industrie Alimentary-Italy 57: 20-24.

Galic K, Curic D and Gabric D, 2009. Shelf Life of Packaged Bakery Goods: A Review. Critical Reviews in Food Science and Nutrition 49: 405-426.

He H and Hoseney RC, 1990. Changes in Bread Firmness and Moisture During Long-Term Storage. Cereal Chemistry 67: 603-605.

Hematian Sourki A, Ghiafeh Davoodi M, Tabatabaei Yazdi F, Mortazavi SA, Karimi M, Razavizadegan Jahromi SH and Pourfarzad A, 2010. Staling and quality of Iranian flat bread stored at modified atmosphere in different packaging. World Academy of Science, Engineering and Technology 69: 390-395.

Knorr D and Tomlins RI, 2006. Effect of Carbon Dioxide Modified Atmosphere on the Compressibility of Stored Baked Goods. Journal of Food Science 50: 1172-1173.

Karaoglu MM, 2006. Effect of baking procedure and storage on the pasting properties and staling of part-baked and re-baked wheat bran bread. International Journal of Food Science and Technology 41: 77-82.

Lainez E, Vergara F and Barcenas ME, 2008. Quality and microbial stability of partially baked bread during refrigerated storage. Journal of Food Engineering 89: 414–418.

Majzoobi M, Farahnaky A and Agah S, 2011. Properties and shelf-life of part-and full-baked flat bread (barbari) at ambient and frozen storage. Journal of Agricultural Science and Technology 13: 1077-1090.

Pedreschi F, Aguilera JM and Pyle L, 2001. Textural Characterization and kinetics of potato strips during frying. Journal of Food Science 66: 314-318.

Rasmussen PH and Hansen A, 2001. Staling of wheat bread stored in modified atmosphere. LWT-Food Science and Technology 34: 487-491.

Rogers DE, Zeleznak KJ, lai CS and Hoseney RC, 1988. Effect of native lipids, shortening, and bread moisture on bread firming. Cereal Chemistry 65: 398-401.