

بررسی اثر مدت زمان پخت اولیه و دوره نگهداری روی ویژگی‌های کیفی نان بربری نیم‌پخته با استفاده از پردازش تصویر

خدیجه خوش‌اخلاق^۱، محبت محبی^{۲*}، محمد خلیلیان موحد^۱

۱- دانشجوی دکتری، مهندسی علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

۲- استاد، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

* نویسنده مسئول (mohebbatm@gmail.com, m-mohebbi@um.ac.ir)

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۸/۱۷

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۴/۰۲

واژه‌های کلیدی

بافت تصویر

پردازش تصویر رقمی

نان بربری

نیم‌پخت کردن

چکیده

در این مطالعه، نان بربری با استفاده از دو روش نیم‌پخت کردن و روش پخت معمول، تهیه و به مدت ۷ روز در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. نیم‌پخت کردن به مدت ۴، ۶ و ۸ دقیقه و پخت کامل (شاهد) به مدت ۱۰ دقیقه انجام شد. تصاویر نمونه‌ها با استفاده از نرم‌افزار ایمج جی از نظر رنگ، تخلخل و میانگین اندازه حفره‌ها مورد بررسی قرار گرفتند. همچنین ویژگی‌های بافت تصویر نان با استفاده از نرم‌افزار متلب استخراج شد. قبل از تصویرگیری از نمونه‌های نان نیم‌پخته، بسته به مدت زمان پخت اولیه آنها مرحله دوم پخت تا تکمیل زمان پخت (۱۰ دقیقه) انجام گرفت. نتایج نشان داد رنگ پوسته نان بربری نیم‌پخته طی ۷ روز نگهداری تغییر معنی‌داری نمی‌کند در حالی که روشنی پوسته نان شاهد به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. با مقایسه شاخص‌های کیفی استخراج شده از تصاویر نمونه‌ها پس از پخت مرحله دوم، مشخص شد نیم‌پخت کردن روشی مناسب برای بهبود کیفیت نان بربری بوده، نان بربری ۶ دقیقه نیم‌پخت شده در مقایسه با دیگر تیمارها از کیفیت و ثبات بالاتری برخوردار خواهد بود.

مقدمه

غلات و محصولات نانوائی، پایهٔ هرم تغذیه‌ای انسان را تشکیل می‌دهند. کیفیت نامناسب نان‌های تولید شده به روش سنتی از یک سو و عمر نگهداری کوتاه محصولات نانوائی در نتیجهٔ فساد میکروبی و بیاتی از سوی دیگر، اهمیت بررسی روش‌های تولید و نگهداری این محصولات ارزشمند را آشکار می‌سازد. تکنولوژی نیم‌پخت کردن نان، یکی از جدیدترین و مؤثرترین راهکارها برای کاهش ضایعات از طریق جلوگیری از بیات شدن سریع این محصول می‌باشد. نیم‌پخت کردن یک روش تولید نان به صورت دو مرحله‌ای است که در مرحله اول خمیر تخمیر شده در شرایط معینی به منظور ایجاد بافت مغز، حداقل تغییر

رنگ پوسته و حداکثر رطوبت پخته می‌شود و پس از یک دوره نگهداری، پخت مجدد آن هنگام فروش یا مصرف انجام می‌شود. پخت مجدد نان نیم‌پخته علاوه بر اینکه رنگ مناسب پوسته را به وجود می‌آورد، با معکوس کردن واگشتگی نشاسته و فرایند بیاتی، مغز نان را نرم کرده، محصولی مشابه نان تازه در اختیار مصرف‌کننده قرار می‌دهد (Altamirano-Fortoul & Rosell, 2011; Murat Karaoglu *et al.*, 2005; Carr *et al.*, 2006). شرایط پخت اولیه برای تولید محصولی با ویژگی‌های مشابه با نان تازه پس از پخت مجدد، دارای اهمیت ویژه‌ای می‌باشد. باین وجود پژوهش‌های کمی در این زمینه صورت گرفته است. در مطالعه‌ای Karaoglu (۲۰۰۶) اثر زمان‌های گوناگون پخت اولیه (۱۰، ۱۵ و ۲۰ دقیقه) را بر ویژگی‌های کیفی نان

سانتی‌گراد توجیه گردید. رطوبت و حجم مخصوص نان نیم‌پخته تحت تأثیر زمان و دمای نگهداری قرار نگرفت. به‌طورکلی نتایج این پژوهش نشان داد نگهداری در یخچال راهکار مناسبی برای افزایش ماندگاری نان نیم‌پخته می‌باشد. همچنین نگهداری آن در دمای ۷ درجه سانتی‌گراد با وجود ماندگاری کوتاه‌تر (یک هفته) به دلیل مصرف انرژی کمتر و بافت نرم‌تر برای مصارف خانگی و مراکز عرضه مواد غذایی مناسب است.

ویژگی‌های بافتی و ساختار مغز از ویژگی‌های مهم کیفی نان بوده و از آنجاکه ارتباط آشکاری میان این ویژگی‌ها و ظاهر نان وجود دارد، پردازش تصویر امکان ارزیابی سریع، غیرتخریبی و مقرون‌به‌صرفه کیفیت نان را فراهم می‌کند (Ozkoc et al., 2009). علاوه بر این مزایا، Datta و همکاران (۲۰۰۷) با مقایسه چند روش متفاوت اندازه‌گیری تخلخل مغز نان، شامل پیکنومتری، جابه‌جایی حجم، میکروسکوپ الکترونی روبشی، پردازش تصویر و تخلخل‌سنجی به روش اکستروژن مایع مشاهده کردند روش پردازش تصویر، اندازه‌گیری منافذ خارج از محدوده اندازه‌گیری دستگاه‌های تخلخل‌سنج را با دقت کمابیش بالایی پوشش می‌دهد. این ویژگی به‌ویژه در مورد محصولات نیم‌پخته نان به دلیل داشتن حفره‌های بزرگ اهمیت زیادی خواهد داشت. اطلاع از رفتار ماکروسکوپی و پیچیدگی‌های ساختاری بافت مغز نان برای درک بیاتی نان بسیار ضروری می‌باشد. بیاتی در پوسته و بافت مغز نان اتفاق می‌افتد اما اثر آن بر بافت مغز نان بر پذیرش مصرف‌کننده تأثیرگذار است (Gray & Bemiller, 2003). Mendoza و همکاران (۲۰۰۷) برای طبقه‌بندی چیپس سیب‌زمینی تجاری از تحلیل بافت تصویر و رنگ استفاده کردند. آنها بیان نمودند که پارامترهای مستخرج از بافت تصویر (انترپی^۱، انرژی^۲، کنتراست^۳ و همگنی^۴) نسبت به ویژگی‌های رنگی تصاویر چیپس سیب‌زمینی قابلیت بالاتری برای طبقه‌بندی این محصول دارد. Skendi و همکاران (۲۰۱۰) از پردازش تصویر برای بررسی ویژگی‌های

چاودار مسطح نیم‌پخته نگهداری‌شده در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد بررسی کردند. نتایج این پژوهش نشان داد افزایش زمان پخت اول منجر به کاهش دمای خمیری‌شدن، فعالیت آبی و نرمی مغز نان پس از پخت نهایی می‌گردد. همچنین مشاهده شد با افزایش زمان نگهداری حجم، فعالیت آبی و نرمی بافت کاهش می‌یابد. به‌طورکلی به‌منظور دستیابی به محصول با کیفیت نزدیک‌تر به نان تازه، زمان پخت اولیه کوتاه‌تر و پخت مجدد طولانی‌تر برای تولید نان چاودار نیم‌پخته پیشنهاد شد.

علاوه بر اهمیت فرایند پخت در محصولات نیم‌پخته، روش نگهداری آنها نیز به دلیل داشتن رطوبت بالا به‌شدت مورد توجه محققین قرار گرفته است. رایج‌ترین روش نگهداری محصولات نیم‌پخته، منجمدکردن آنها می‌باشد. Rosell و Bárcenas (۲۰۰۶) نشان دادند که این روش، نگهداری طولانی‌مدت نان نیم‌پخته را فراهم می‌کند، اما علاوه بر هزینه بالا به دلیل حفظ زنجیره سرما، نگهداری نان به‌صورت منجمد منجر به کاهش کیفیت آن در نتیجه تشکیل و رشد کریستال‌های یخ می‌شود (Bárcenas & Rosell, 2006b). از این‌رو، در پژوهشی دیگر این محققان اثبات کردند نگهداری در دمای بالای صفر درجه سانتی‌گراد، جایگزین مناسبی برای انجماد محصولات نیم‌پخته می‌باشد زیرا در این شرایط نان با حجم ویژه بیشتر، مغز نرم‌تر و سرعت سفت شدن کمتر نسبت به نگهداری در دمای زیر صفر درجه سانتی‌گراد به‌دست می‌آید (Bárcenas & Rosell, 2006a). Lainez و همکاران (۲۰۰۸) ویژگی‌های کیفی و میکروبی نان نیم‌پخته را طی نگهداری در ۲ دمای ۱ و ۷ درجه سانتی‌گراد بررسی کردند. نان نیم‌پخته طی ۲۸ روز نگهداری در دمای ۱ درجه سانتی‌گراد بدون کپک‌زدگی باقی ماند؛ درحالی‌که در دمای ۷ درجه سانتی‌گراد در روز نهم نگهداری کپک‌زدگی مشاهده شد. باین‌وجود نمونه‌های نگهداری‌شده در دمای ۱ درجه سانتی‌گراد سفتی بیشتر و امتیاز ارزیابی حسی کمتری نسبت به ۷ درجه سانتی‌گراد داشتند. این مسأله به‌صورت افزایش سرعت هسته‌زایی فرایند کریستالیزاسیون نشاسته با کاهش دما در محدوده دمای بالای صفر درجه

¹ Entropy

² Energy

³ Contrast

⁴ Homogeneity

نان هر بسته به ۶ قسمت تقسیم شد که سه قسمت آنها مجدداً پخت شدند بنابراین برای هر پارامتر از ۹ قطعه نان تصویر گرفته شد.

تصویرگیری

نمونه‌ها در روزهای صفر (پس از پخت)، ۳، ۵ و ۷ از دوره نگهداری از طریق تصویرگیری با استفاده از دوربین دیجیتال مورد بررسی کیفی قرار گرفتند. به این منظور از هر تیمار (زمان پخت متفاوت) ۶ قطعه به ابعاد ۱۰×۱۵ سانتی‌متر به وسیله تیغ بریده شد که روی ۳ عدد از آنها پخت مرحله دوم انجام شد و سه قطعه دیگر به طور نیم‌پخته مورد بررسی و تصویرگیری قرار گرفتند. پخت مرحله دوم تا رسیدن به مدت زمان پخت کامل (۱۰ دقیقه) انجام شد به طوری که نان‌های ۴ دقیقه نیم‌پخت، ۶ دقیقه، نان‌های ۶ دقیقه نیم‌پخت، ۴ دقیقه و نان‌های ۸ دقیقه نیم‌پخت شده به مدت ۲ دقیقه در فر ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. تصویرگیری از سطح و مغز نمونه‌ها با استفاده از دوربین Canon EOS 1000D با رزولوشن ۹۶ dpi در محفظه مخصوصی با شرایط ثابت نورپردازی انجام شد. تنظیمات دوربین در جدول (۱) آورده شده است.

جدول ۱ - تنظیمات دوربین برای تصویرگیری

Flash	Off
Zoom	On
Iso Speed	100
White balance	Fluorescent
Aperture AV	F5/6
Shutter speed	1/20

ارزیابی‌های کیفی

جهت استخراج تخلخل، اندازه حفره‌ها و رنگ پوسته نان از تصاویر، از نرم‌افزار ایمیج جی نسخه ۱/۴ استفاده شد. برای مشخص کردن مقادیر شاخص‌های $L^* a^* b^*$ پوسته نان، ابتدا فضای رنگی تصاویر را با استفاده از افزونه Color Space Converter از RGB به $L^* a^* b^*$ تبدیل و سپس کانال‌های رنگی جداسازی شد. L^* شاخص روشنایی تصویر است که مقادیر آن بین ۰ معادل مشکی و ۱۰۰ معادل سفید می‌باشد. شاخص‌های a^* و b^* نامحدود است به طوری که مقادیر مثبت a^* معادل رنگ قرمز، مقادیر منفی آن

بافت نان تحت تأثیر افزودن ۲ نوع بتاگلوکان جو استفاده کردند. آنها ویژگی‌هایی مثل تعداد کل حفره‌های هوا، حفره‌های کوچک‌تر از ۴ میلی‌متر مربع، سطح کل حفره‌های هوا، فاکتور شکل حفره‌های هوا و رنگ در تصاویر استاندارد مغز نان را اندازه‌گیری نمودند. نتایج پژوهش آنها نشان داد که شرایط آزمایش تأثیر معنی‌داری بر ویژگی‌های استخراج‌شده از تصاویر مغز نان داشته است، افزودن بتاگلوکان منجر به بزرگ شدن و کشیده‌تر شدن حفره‌های هوا نسبت به نمونه شاهد شده است.

هدف از انجام این پژوهش بررسی اثر مدت زمان پخت اولیه و دوره نگهداری در دمای یخچال بر ویژگی‌های کیفی نان بربری نیم‌پخته و ویژگی‌های بافتی تصویر نان با استفاده از پردازش تصاویر رقمی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

پخت نان بربری

برای تهیه خمیر نان بربری ابتدا آب با دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد (۶۵ درصد وزن آرد) همراه با نمک (۱ درصد وزن آرد) در خمیرگیر مخلوط شد، سپس آرد و مخمر (۱ درصد وزن آرد) به تدریج اضافه شد و به مدت ۱۰ دقیقه به خوبی عمل اختلاط صورت گرفت (سازمان ملی استاندارد ایران، ۱۳۸۲). خمیر تهیه‌شده به مدت ۱ ساعت در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد تخمیر شد. پخت کامل نان در دمای ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۰ دقیقه انجام شد. به همین ترتیب برای تهیه نان نیم‌پخته از دمای ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد به مدت زمان‌های گوناگون ۴، ۶ و ۸ استفاده شد. نان پخت کامل (شاهد) و نان‌های نیم‌پخته پس از خنک شدن به مدت ۳۰ دقیقه در دمای اتاق، در کیسه‌های پلی‌اتیلنی بسته‌بندی و به مدت ۷ روز در یخچال با دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند (سازمان ملی استاندارد ایران، ۱۳۸۲). برای تکمیل فرایند پخت نمونه‌های نیم‌پخت‌شده بعد از زمان‌های ۳، ۵ و ۷ روز، در دمای ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد تکمیل فرایند پخت صورت گرفت. برای هر تیمار ۱۲ نمونه پخت شد (۴ روز نمونه‌برداری هر روز ۳ تکرار در کل ۴۸ نان) و در هر روز از نمونه‌برداری

پارامتر همبستگی میزان خطی بودن و وابستگی مقدار دو پیکسل متفاوت را توصیف می‌کند. در این رابطه μ متوسط مقدار ماتریس و $\sigma_i \sigma_j$ واریانس می‌باشد.

رابطه (۳)

$$Energy = \sum_{i,j} P(i,j)^2$$

پارامتر انرژی، نظم و ترتیب تصویر (تکرار جفت پیکسل‌ها) را نشان می‌دهد و در واقع بیانگر صافی و یکنواختی سطح نمونه است.

رابطه (۴)

$$Homogeneity = \sum_{i,j} \frac{P(i,j)}{1 + |i - j|}$$

مشخصه همگنی، میزان شباهت یک پیکسل با پیکسل‌های همسایه را توصیف کرده و مبین میزان یکنواختی تصویر است (شهیدی و همکاران، ۱۳۸۹).

تحلیل آماری

آنالیز آماری در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شد. مقایسه میانگین‌های هریک از ویژگی‌های کیفی در طول ۷ روز نگهداری و نیز بین تیمارهای گوناگون (زمان‌های گوناگون پخت) با استفاده از نرم‌افزار 19.0 SPSS و روش آنالیز واریانس یک‌طرفه ANOVA در سطح معنی‌دار ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

رنگ پوسته

رنگ پوسته نان نیم‌پخته طی نگهداری

شکل (۱) اثر زمان نگهداری بر پارامترهای رنگی نان نیم‌پخته را نشان می‌دهد. کاهش شاخص L^* که معیاری از روشنایی نمونه است، نشان‌دهنده افزایش رطوبت در سطح به دلیل مهاجرت آن از مغز به سطح است؛ زیرا مواد با رطوبت بیشتر تیره‌تر از مواد خشک هستند (Popov-Raljić et al., 2009). این تغییرات در نمونه ۸ دقیقه نیم‌پخت، به دلیل محتوای رطوبت کمتر، در سطح ۵ درصد طی ۷ روز نگهداری تفاوت معنی‌داری ندارد.

معادل رنگ سبز، مقادیر مثبت شاخص b^* معادل رنگ زرد و مقادیر منفی آن معادل رنگ آبی می‌باشد.

به منظور محاسبه ویژگی‌های مغز نان، ابتدا تصاویر رنگی به ۸ بیتی تبدیل شد. جهت تقطیع تصاویر از روش آستانه‌گیری آتسو^۱ استفاده شد؛ بدین صورت که ابتدا تصاویر به حالت ۸ بیتی منتقل شده و بعد از ارتقای تصویر توسط الگوریتم آتسو عمل آستانه‌گیری انجام شد (Gonzales-Barron & Butler, 2006). سپس با وارد کردن مقیاس تصویر و استفاده از گزینه particle size اندازه حفره‌های موجود در مغز نان مورد ارزیابی قرار گرفتند. میزان تخلخل نان از نسبت مجموع سطح حفره‌های هوا به سطح کل نان محاسبه شد.

برای بررسی بافت تصویر، ماتریس هم‌زمانی سطح خاکستری^۲ هر تصویر در نرم‌افزار متلب ۷/۱ ایجاد شد. ماتریس هم‌زمانی سطح خاکستری $P_{\theta,d}(i,j)$ ماتریسی است که عنصر (i,j) آن توصیف‌کننده فرکانس رخداد دو پیکسلی است که با فاصله d در راستای θ با سطوح خاکستری i و j از هم قرار دارند. جهت θ یکی از چهار مقدار ۰، ۴۵، ۹۰ و ۱۳۵ بوده و فاصله بستگی به رزولوشن بافت دارد. در بسیاری از موارد در صنایع غذایی d طبق خواص ماده غذایی مورد مطالعه به دست می‌آید. زمانی که اطلاعات کافی از انتخاب فاصله مناسب وجود ندارد، مقدار ۱ یا گروهی از مقادیر گوناگون معمولاً مورد استفاده قرار می‌گیرد. پس از ایجاد ماتریس، پرکاربردترین مشخصه‌های بافت تصویر شامل کنتراست (رابطه ۱)، همبستگی (رابطه ۲)، انرژی (رابطه ۳) و همگنی (رابطه ۴) استخراج گردید.

رابطه (۱)

$$Contrast = \sum_{i,j} |i - j|^2 P(i,j)$$

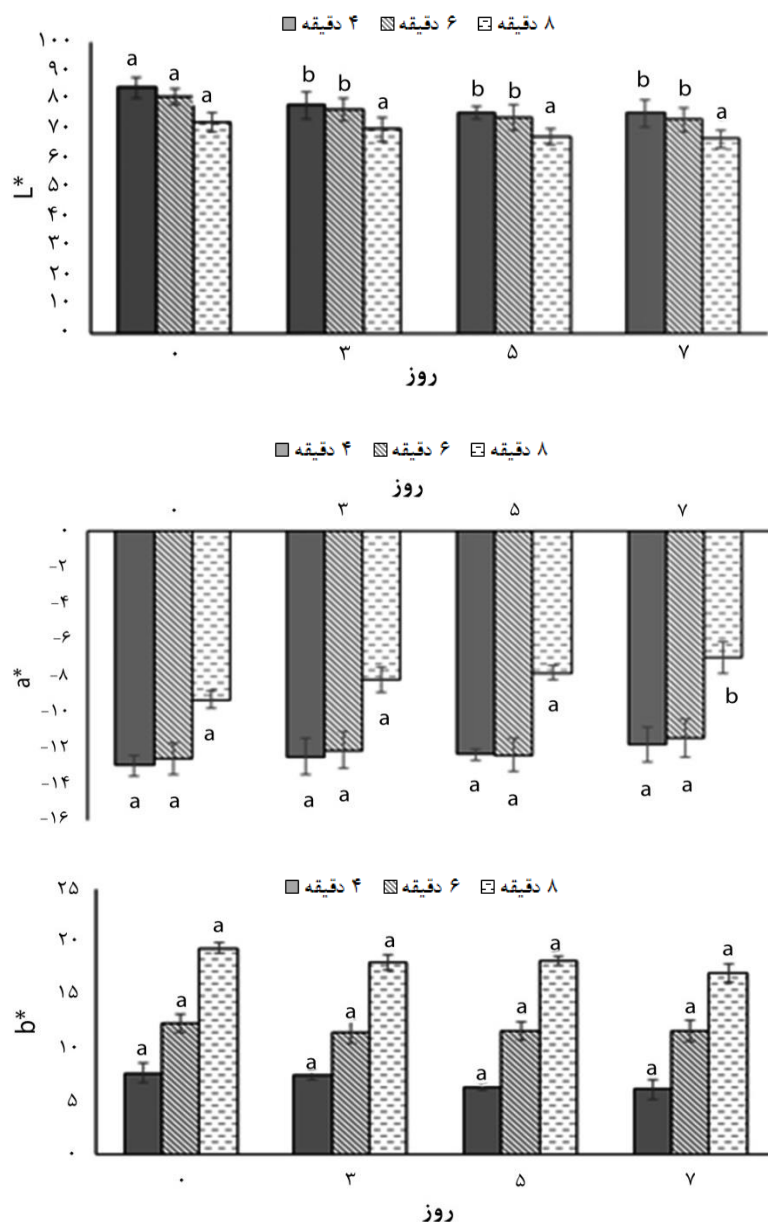
کنتراست، تنوع شدت سطوح خاکستری موجود در تصویر را نشان می‌دهد.

رابطه (۲)

$$Correlation = \sum_{i,j} \frac{(i - \mu_j)(j - \mu_i)P(i,j)}{\sigma_i \sigma_j}$$

¹ Otsu Thresholding

² Gray level co-occurrence matrix



شکل ۱ - تغییرات رنگ پوسته نان بربری نیم‌پخته طی نگهداری. در هر تیمار حروف مشترک نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد است.

باتوجه به شکل (۱)، شاخص L^* با افزایش زمان پخت کاهش یافته، نمونه‌ها تیره‌تر شده‌اند که با بررسی آماری مشاهده شد، رنگ نمونه‌های ۸ دقیقه تفاوت معنی‌داری با نمونه‌های ۴ و ۶ دقیقه نیم‌پخت دارد. نقی‌پور و همکاران (۱۳۹۱) نیز نتایج مشابهی در مورد اثر دما بر پخت نان بربری مشاهده کردند. همچنین باتوجه به شکل (۱)، شاخص a^* و b^* نان بربری نیم‌پخته طی ۷ روز نگهداری در هیچ‌یک از تیمارها (به استثنای شاخص a^* نمونه ۸ دقیقه نیم‌پخت در روز هفتم) تغییر معنی‌داری نکرده است.

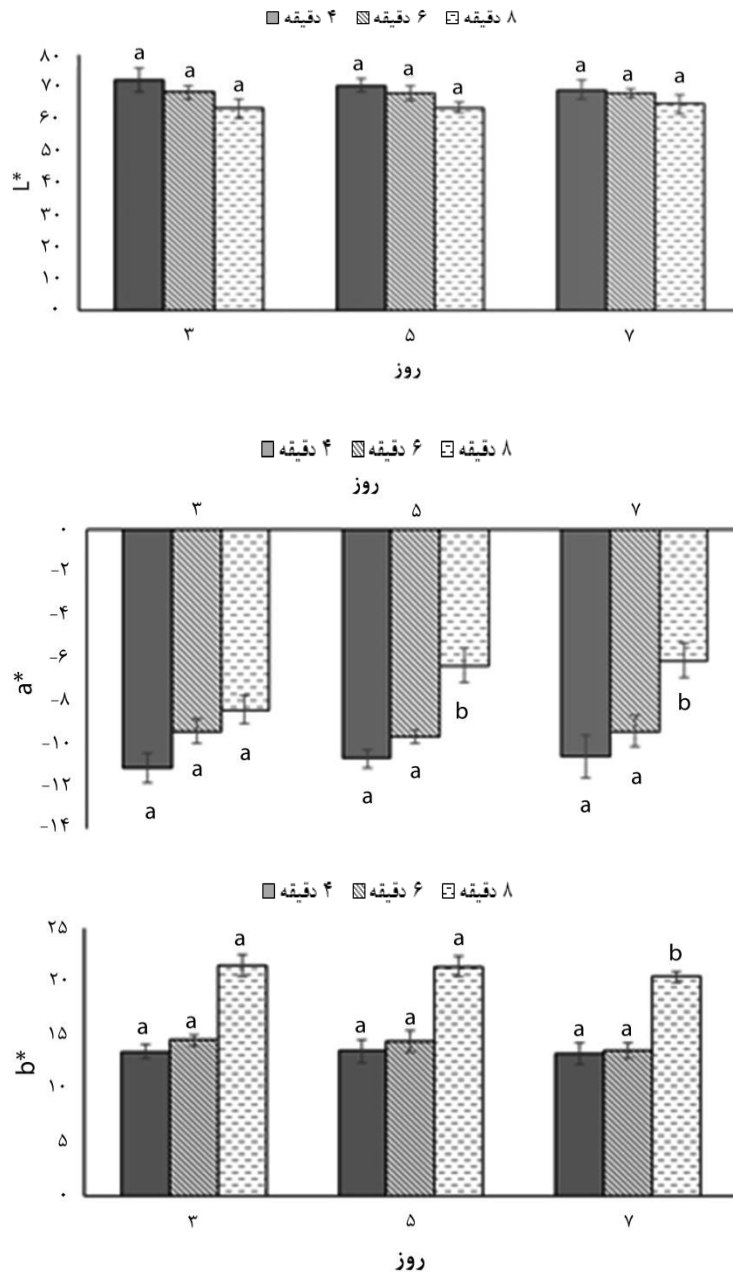
Popov-Raljić و همکاران (۲۰۰۹) نشان دادند همبستگی بالایی بین بیاتی و تغییرات شاخص L^* وجود دارد. همان‌گونه که در شکل (۱) مشاهده می‌شود بیشترین تغییر در روشنایی نمونه‌ها طی روزهای اولیه نگهداری رخ داده است و پس از آن تفاوت معنی‌داری وجود ندارد. به‌طور مشابهی در مورد بیات شدن نان نیز نشان داده شده است که در طی زمان نگهداری سرعت بیاتی کاهش می‌یابد (Ribotta *et al.*, 2004).

نگهداری در بیشتر موارد به صورت معنی دار مشاهده نشد و این ممکن است به دلیل حذف آثار بیاتی طی پخت مجدد باشد. این عدم تغییر رنگ به ویژه در مورد نان بربری ۴ و ۶ دقیقه نیم پخت مشاهده شد و در مورد پخت ۸ دقیقه تغییرات معنی داری طی ۷ روز روی شاخص‌های a^* و b^* به دست آمد. در این نمونه‌ها نیز هرچه زمان پخت بیشتر بوده، شاخص L^* کمتر و a^* و b^* بیشتر بودند.

چنانچه مشاهده می‌شود بررسی این پارامترهای رنگی نشان داد با افزایش زمان پخت شاخص‌های a^* و b^* افزایش می‌یابند.

رنگ پوسته نان پس از پخت کامل طی نگهداری

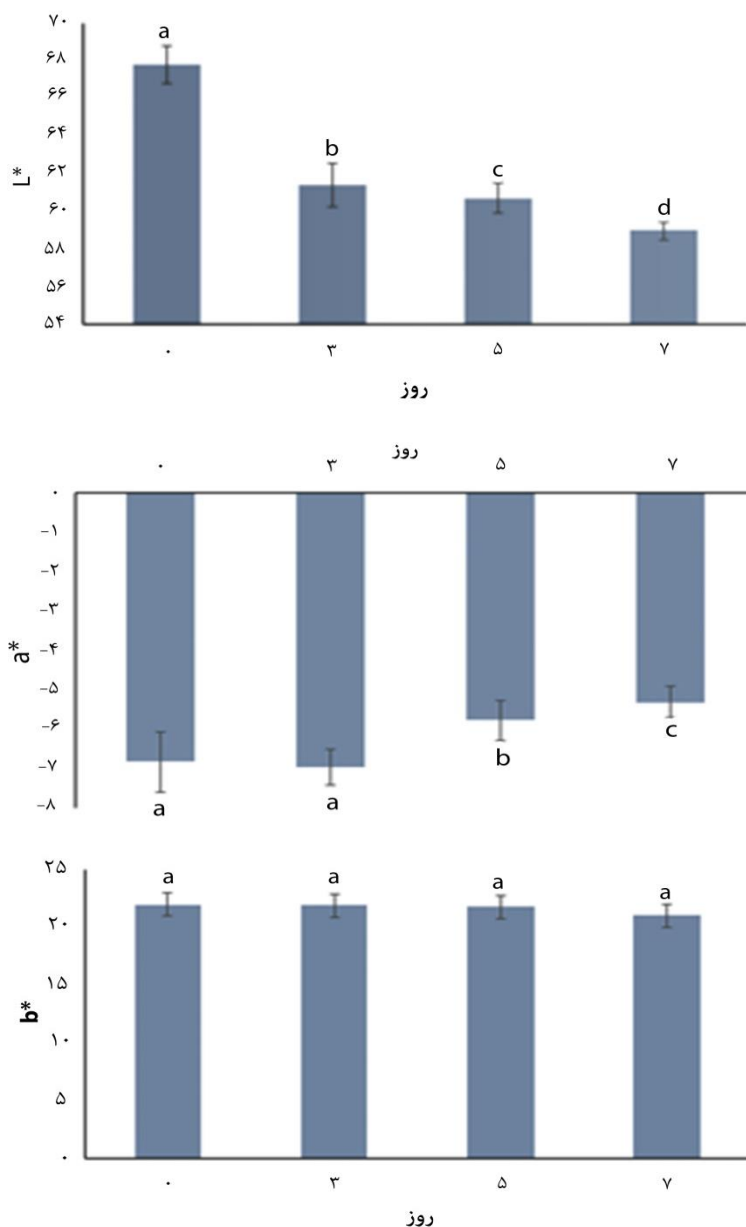
شکل (۲) تغییرات رنگ پوسته نان بربری را پس از انجام پخت مرحله دوم نشان می‌دهد. تغییرات شاخص‌های رنگ پس از پخت مجدد طی دوره



شکل ۲ - تغییرات رنگ پوسته نان بربری پس از پخت کامل طی نگهداری. در هر تیمار حروف مشترک نشان دهنده عدم اختلاف معنی دار در سطح ۵ درصد است.

به‌طور معنی‌داری در نان شاهد افزایش یافت. این نتایج در مقایسه با عدم تغییر شاخص‌های رنگ نان نیم‌پخته، برتری روش پخت دو مرحله‌ای نسبت به پخت تک مرحله‌ای را در حفظ کیفیت نان نشان می‌دهد.

شکل (۳) تغییرات رنگ پوسته نان یک مرحله پخت (شاهد) طی دوره نگهداری را نشان می‌دهد. کاهش شدید شاخص L^* می‌تواند بیانگر بیاتی قابل چشمگیر نان شاهد طی نگهداری در دمای یخچال باشد (Popov-Raljić *et al.*, 2009). همچنین شاخص a^*



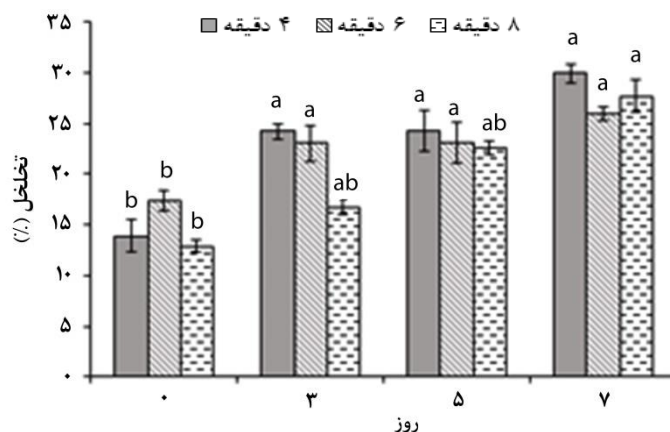
شکل ۳ - تغییرات رنگ پوسته نان بربری پخت یک مرحله‌ای (شاهد) طی نگهداری. در هر تیمار حروف مشترک نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد است.

روز اول نگهداری به‌طور معنی‌داری افزایش یافته است. همچنین در شکل (۴) اثر مدت زمان نیم‌پخت کردن بر تخلخل نان مشخص است. به‌طوری‌که با افزایش زمان پخت از ۴ به ۶ دقیقه افزایش تخلخل و از ۶ به ۸ دقیقه کاهش تخلخل مشاهده می‌شود.

تخلخل

تخلخل نان نیم‌پخته طی نگهداری

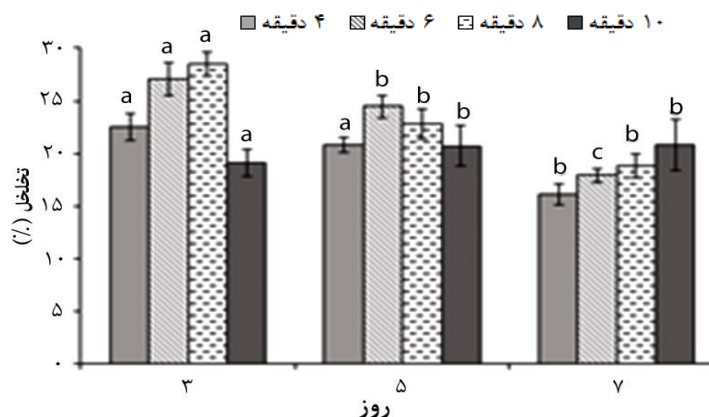
شکل (۴) تغییرات تخلخل نان بربری نیم‌پخته طی دوره نگهداری را نشان می‌دهد. باتوجه به شکل (۴)، تخلخل نان در هر ۳ تیمار طی نگهداری به‌ویژه در سه



شکل ۴ - تغییرات تخلخل مغز نان بربری نیم‌پخته طی نگهداری. در هر تیمار حروف مشترک نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد است.

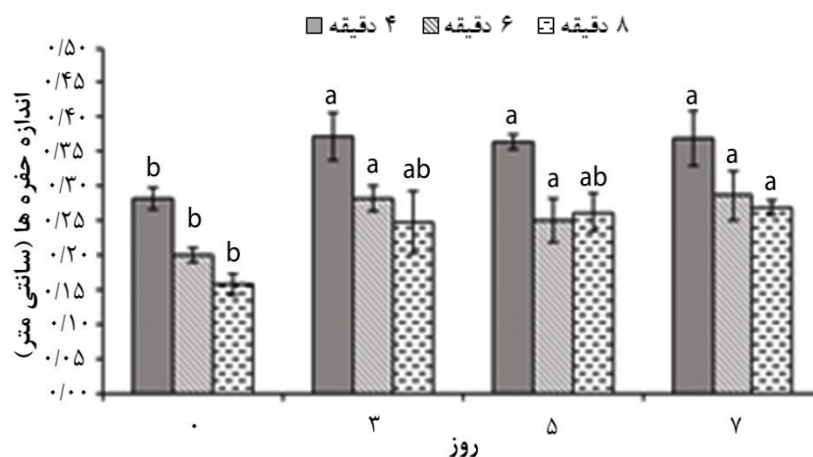
بررسی دو روش معمول و نیم‌پخت تولید نان مشاهده کردند که تخلخل نان‌های تولیدشده به روش دو مرحله‌ای طی نگهداری در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد به‌طور معنی‌داری بیشتر از نان‌های پخت‌شده به روش معمول است. بررسی اثر پخت مرحله دوم بر تخلخل نان نشان داد که (شکل‌های ۴ و ۵) در نان‌های ۶ و ۸ دقیقه نیم‌پخت، پخت مرحله دوم منجر به افزایش تخلخل می‌شود اما در مورد تیمار ۴ دقیقه، تخلخل نیم‌پخته‌ها بیشتر از تخلخل پس از پخت مرحله دوم است. علاوه بر این، مشاهده می‌شود، که تخلخل نان دارای پخت مرحله اول ۴ دقیقه پس از پخت مرحله دوم نسبت به دو تیمار دیگر کمتر و دارای بافت فشرده‌تری بود. تخلخل نان‌های ۶ و ۸ دقیقه نیم‌پخت، پس از پخت مجدد تفاوت معنی‌داری نسبت به هم نداشتند.

تخلخل نان بربری پس از پخت کامل طی نگهداری شکل (۵) تغییرات تخلخل نان بربری نیم‌پخته طی نگهداری شده به مدت ۳، ۵ و ۷ روز به‌صورت نیم‌پخته را پس از پخت مرحله دوم و نیز تغییرات تخلخل نان شاهد را نشان می‌دهد. روند تغییرات تخلخل طی دوره نگهداری برای نان بربری دو مرحله پخت به‌صورت کاهشی و برای نان یک مرحله پخت (شاهد) افزایشی مشاهده شد. شهیدی و همکاران (۱۳۸۹) نیز نتایج مشابهی در مورد نان یک مرحله پخته‌شده مشاهده نمودند. همچنین نان شاهد (۱۰ دقیقه) در روزهای سوم و پنجم نگهداری به‌طور معنی‌داری تخلخل کمتری نسبت به نان‌های دو مرحله پخت داشت که این مربوط به اثر پخت مجدد در ایجاد تخلخل در نان‌های نیم‌پخته می‌شود. این یافته مطابق با نتایج Santos و Rosell (۲۰۱۰) می‌باشد. این محققین با



شکل ۵ - تغییرات تخلخل نان بربری پس از پخت مرحله دوم نان یک مرحله پخت (شاهد) طی نگهداری. در هر تیمار حروف مشترک نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد است.

نان با افزایش زمان پخت کاهش یافته است. Pérez-Nieto و همکاران (۲۰۱۰) در پژوهش خود که به بررسی تغییرات ساختاری خمیر طی پخت پرداختند، بیان کردند که در مراحل اولیه پخت که دمای خمیر افزایش مهمی نیافته است، اندازه حباب‌های هوا افزایش می‌یابد اما با افزایش زمان حرارت‌دهی ساختار گلوتنی شکل گرفته و حباب‌های ریز تشکیل می‌شود و تا تثبیت نهایی ساختار روبه‌کاهش است.



شکل ۶ - تغییرات اندازه حفره‌های مغز نان بربری نیم‌پخته طی نگهداری. در هر تیمار حروف مشترک نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد است.

همکاران، ۱۳۸۹). نتایج این پژوهش نشان داد در مورد نان بربری نیز این پدیده مشاهده می‌شود. همچنین هرچه زمان نیم‌پخت کردن کوتاه‌تر و پخت مرحله دوم طولانی‌تر بوده، اندازه حفره‌ها پس از پخت کامل کوچک‌تر بود به طوری که اندازه حفره‌های مغز نان ۴ دقیقه نیم‌پخت پس از پخت مجدد به طور معنی‌داری کوچک‌تر از دو تیمار دیگر اندازه‌گیری شد. همان‌طور که در بخش اندازه حفره‌های نان بربری نیم‌پخته طی نگهداری گفته شد، در مراحل اولیه اندازه حباب‌های هوا رشد می‌یابد و در مراحل بعدی با افزایش دما، ساختار شکل گرفته و اندازه حباب‌ها کوچک‌تر می‌شوند. درفاصله زمانی بین مرحله پخت اولیه و پخت نهایی، نمونه‌های پیش‌پخت‌شده در دماهای پایین‌تر به دلیل عدم تشکیل ساختار پایدار دچار افت اندازه حباب‌ها می‌شوند.

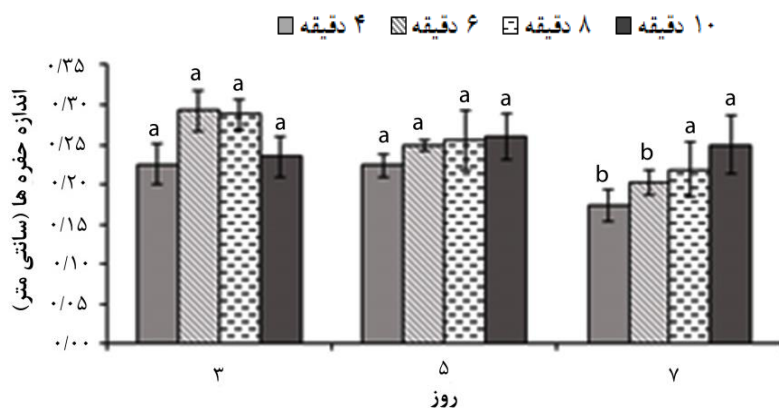
اندازه حفره‌های مغز نان

اندازه حفره‌های نان بربری نیم‌پخته طی نگهداری

شکل (۶) تغییرات اندازه حفره‌های نان بربری نیم‌پخته طی دوره نگهداری را نشان می‌دهد. باتوجه به شکل (۶)، در هر ۳ تیمار اندازه حفره‌های نان بربری نیم‌پخته به طور معنی‌داری طی سه روز اول نگهداری افزایش می‌یابد و در روزهای بعد تغییر معنی‌داری ندارد. همچنین مشاهده می‌شود که اندازه حفره‌های

اندازه حفره‌های نان بربری پس از پخت کامل طی نگهداری

شکل (۷) تغییرات میانگین اندازه حفره‌های نان بربری نیم‌پخته پس از پخت مرحله دوم و مقایسه آن با اندازه حفره‌های نان شاهد را نشان می‌دهد. باتوجه به شکل (۷)، روش پخت و مدت زمان نیم‌پخت کردن روی اندازه حفره‌های مغز نان بربری طی نگهداری مؤثر است. اندازه حفره‌های نان دارای پخت دو مرحله‌ای، (به ویژه تیمارهای ۴ و ۶ دقیقه نیم‌پخت) طی نگهداری کاهش یافت، در حالی که اندازه حفره‌های نان شاهد طی ۷ روز نگهداری تغییر معنی‌داری نکرد. در نان‌های حجیم، با افزایش زمان نگهداری رطوبت از مغز به سطح منتقل می‌شود که باعث تغییر در ساختمان شبکه پروتئین می‌شود. این تغییرات شامل کاهش استحکام و حجم می‌باشد که شامل کاهش در اندازه حفره‌ها و تخلخل نیز هست (شهیدی و



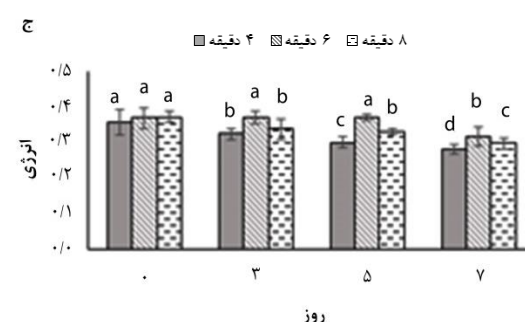
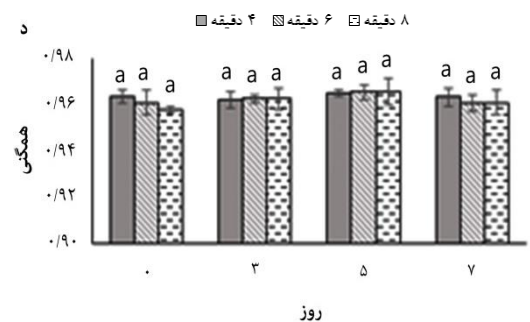
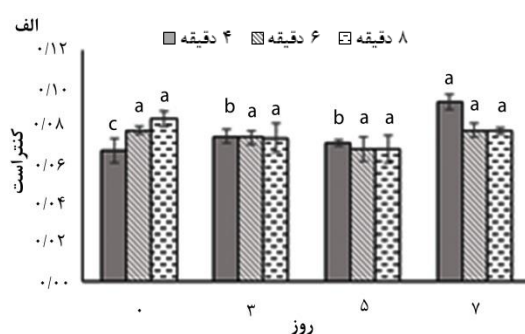
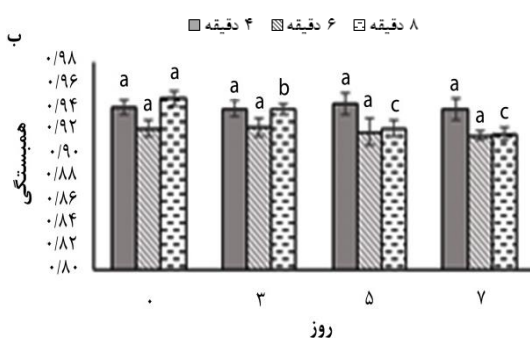
شکل ۷ - تغییرات اندازه حفره‌های مغز نان بربری پس از پخت مرحله دوم و نان یک مرحله پخت (شاهد) طی نگهداری. در هر تیمار حروف مشترک نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد است.

بربری ۴ دقیقه نیم‌پخت نسبت به ۲ تیمار دیگر می‌تواند با افزایش تخلخل نمونه‌ها طی نگهداری، به‌ویژه تغییرات شدیدتر نمونه‌های ۴ دقیقه مرتبط باشد (شکل ۴). شکل (۸-ب) تغییرات پارامتر همبستگی نان نیم‌پخته در طی نگهداری را نشان می‌دهد. با توجه به شکل (۸-ب)، این تغییرات در تیمارهای ۴ و ۶ دقیقه معنی‌دار نبود، در حالی که همبستگی تصویر نمونه‌های ۸ دقیقه در طی نگهداری کاهش یافت.

ویژگی‌های بافت تصویر نان

بافت تصویر نان نیم‌پخته طی نگهداری

تغییرات ویژگی‌های بافت تصویر نان بربری نیم‌پخته طی ۷ روز نگهداری در شکل (۸) نشان داده شده است. کنتراست تصویر نمونه‌های نیم‌پخته در شکل (۸-الف) نشان داد این پارامتر بافت تصویر تنها طی نگهداری نمونه‌های ۴ دقیقه نیم‌پخت تغییر معنی‌دار داشت و کنتراست نمونه‌های ۶ و ۸ دقیقه تغییر معنی‌داری نداشت. افزایش معنی‌دار کنتراست نان



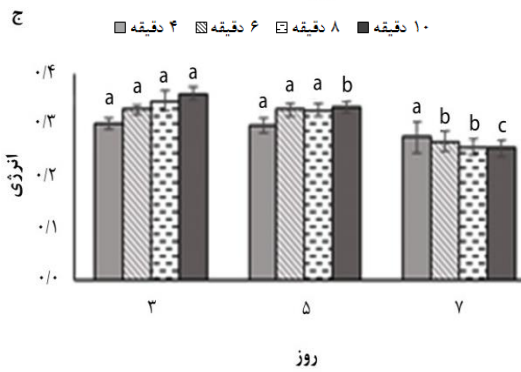
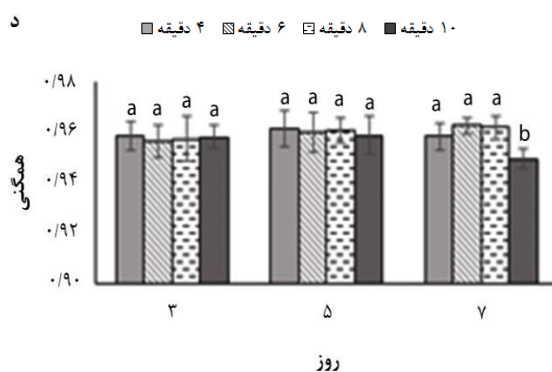
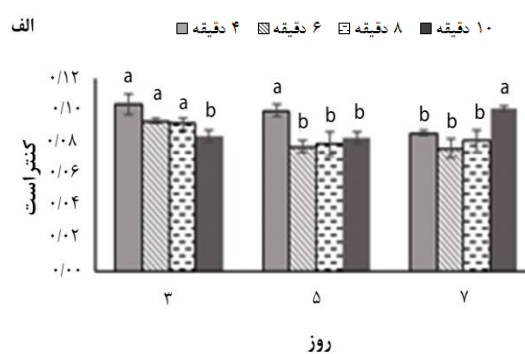
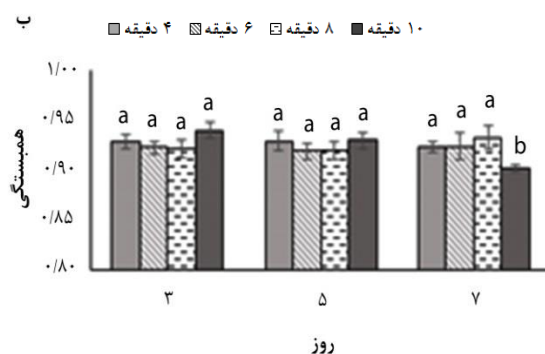
شکل ۸ - تغییرات ویژگی‌های بافت تصویر مغز نان بربری نیم‌پخته طی نگهداری: الف) کنتراست ب) همبستگی ج) انرژی د) همبستگی. در هر تیمار حروف مشترک نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد است.

نگهداری، کنتراست و انرژی بود.

بافت تصویر نان بربری پس از پخت کامل طی نگهداری

شکل (۹) تغییرات ویژگی‌های بافت تصویر نان بربری نگهداری شده به مدت ۳، ۵ و ۷ روز به صورت نیم‌پخته پس از پخت مرحله دوم و مقایسه آن با تخلخل نان شاهد را نشان می‌دهد. باتوجه به شکل (۹-الف)، کنتراست تصویر هر ۳ تیمار دارای پخت دو مرحله‌ای به طور معنی‌داری طی نگهداری کاهش یافته است. کاهش کنتراست که به معنی کاهش تنوع پیکسل‌ها در مقدار سطح خاکستری است، می‌تواند با کاهش میزان تخلخل و اندازه حفره‌های نان دو مرحله پخت طی نگهداری مرتبط باشد (شکل‌های ۵ و ۷).

همچنین طبق شکل (۸-ب)، همبستگی نمونه‌های ۶ دقیقه نیم‌پخت کمتر از دو تیمار دیگر بود که دلیل آن می‌تواند تخلخل بیشتر این تیمار نسبت به ۲ تیمار دیگر باشد. در شکل (۸-ج) اثر زمان نگهداری بر پارامتر انرژی مشاهده می‌شود. انرژی تصویر که بیانگر صافی بافت نمونه می‌باشد، در هر ۳ تیمار طی ۷ روز نگهداری کاهش یافت. بیشترین شدت کاهش صافی مربوط به نمونه‌های ۴ دقیقه نیم‌پخت و کمترین کاهش مربوط به تیمار ۶ دقیقه بود. کاهش صافی می‌تواند به دلیل افزایش تخلخل و اندازه حفره‌های نان نیم‌پخته طی نگهداری باشد (شکل‌های ۴ و ۶). باتوجه به شکل (۸-د)، همگنی بافت هیچ‌یک از تیمارها طی نگهداری تغییر معنی‌داری نکرد. مطابق با نتایج به دست آمده، بهترین پارامترهای توصیف‌کننده تغییرات بافت تصویر نان بربری نیم‌پخته طی



شکل ۹ - تغییرات ویژگی‌های بافتی مغز نان بربری پس از پخت مرحله دوم و نان یک مرحله پخت (شاهد) طی نگهداری: الف) کنتراست ب) همبستگی ج) انرژی د) همگنی. در هر تیمار حروف مشترک نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد است.

معنی‌داری کاهش یافت (شکل ۹-ب). تغییرات پارامتر انرژی در شکل (۹-ج) نشان می‌دهد صافی سطح نمونه‌های ۴ دقیقه نیم‌پخت پس از پخت مجدد طی نگهداری تغییر معنی‌داری نکرده، در نمونه‌های ۶ و ۸

این در حالی است که روند تغییرات در کنتراست نمونه شاهد، مشابه با تغییرات تخلخل آنها افزایشی بود. پارامتر همبستگی در نمونه‌های دو مرحله پخت تغییر معنی‌داری نکرد و در نمونه‌های شاهد به طور

دوم ۴، ۶ و ۸ دقیقه در نظر گرفته شد و ویژگی‌های کیفی نان‌ها قبل و پس از پخت مرحله دوم مقایسه گردید. باتوجه به ثبات شاخص‌های رنگ نان بربری تولیدشده به روش نیم‌پخت کردن طی نگهداری، که بیانگر حذف اثر بیاتی طی پخت مرحله دوم است و نیز تخلخل بیشتر و شدت کمتر تغییرات بافت تصویر آنها نسبت به نان شاهد (پخت یک مرحله‌ای)، نیم‌پخت کردن به‌عنوان روش مناسبی برای افزایش کیفیت و ماندگاری نان بربری پیشنهاد گردید. در بین تیمارهای مدت زمان پخت مرحله اول، تغییرات هر ۳ شاخص رنگ پس از پخت مرحله دوم برای نان‌های ۴ و ۶ دقیقه نیم‌پخت طی نگهداری ثابت بود. همچنین باتوجه به اینکه نان‌های ۴ دقیقه نیم‌پخت بافت فشرده‌تری داشتند، تیمار ۶ دقیقه نیم‌پخت کردن نان بربری مناسب‌تر از دو تیمار دیگر در نظر گرفته شد. نتایج این پژوهش نشان داد روش تحلیل تصاویر رقمی نان بربری، به‌خوبی قادر به بیان تغییرات کیفی نان طی زمان‌های پخت گوناگون می‌باشد. همچنین به دلیل رابطه پارامترهای استخراج‌شده از تصاویر با برخی ویژگی‌های حسی و مکانیکی نان، استفاده از این روش تولید و ارزیابی در صنعت می‌تواند بااهمیت باشد.

دقیقه نیم‌پخت روند کاهشی با سرعت کمی وجود داشت و صافی سطح نمونه‌های شاهد به سرعت کاهش یافت. مطابق با شکل (۹-د) ویژگی همگنی تصویر نمونه‌های دو مرحله پخت طی نگهداری، بدون تغییر بود، درحالی‌که این پارامتر در نمونه‌های شاهد کاهش یافت. نتایج ویژگی‌های بافتی تصویر به‌دست‌آمده از نان شاهد با نتایج مطالعه شهیدی و همکاران (۱۳۸۹) که به‌منظور بررسی ویژگی‌های کیفی نان بربری غنی‌شده با سویا طی نگهداری انجام شده است، سازگاری داشت.

باتوجه به مشاهدات ذکر شده، می‌توان نتیجه‌گیری کرد که شدت تغییرات ویژگی‌های بافتی تصویر طی نگهداری، در نمونه‌های دارای دو مرحله پخت کمتر از نمونه‌های شاهد با یک مرحله پخت است.

نتیجه‌گیری

در این پژوهش ویژگی‌های رنگ پوسته، ساختار مغز و ویژگی‌های بافت تصویر نان بربری تولیدشده به دو روش معمول (یک مرحله‌ای) و روش نیم‌پخت کردن (دو مرحله‌ای) طی نگهداری در دمای یخچال بررسی شد. در روش دو مرحله‌ای، مدت زمان پخت مرحله

منابع

- ۱- سازمان ملی استاندارد ایران. ۱۳۸۲. غلات و فراورده‌های آن - نان بربری - آئین کار تولید. استاندارد ملی ایران، شماره ۵۸۰۹، چاپ اول.
- ۲- شهیدی، ف.، محبی، م. و احتیاطی، ا. ۱۳۸۹. تحلیل تصاویر رقمی مغز نان بربری غنی‌شده با آرد سویا. نشریه پژوهش‌های علوم و صنایع غذایی ایران، ۶(۴۰): ۲۴۷-۲۵۳.
- ۳- نقی‌پور، ف.، صحرائیان، ب. و شیخ‌الاسلامی، ز. ۱۳۹۱. بررسی اثر دما و زمان پخت بر ویژگی‌های کمی و کیفی نان بربری نیمه‌حجیم. نشریه علمی پژوهشی علوم و فناوری غذایی. ۴(۳): ۹-۱۶.
- 4- Altamirano-Fortoul, R., & Rosell, C.M. 2011. Physico-chemical changes in breads from bake off technologies during storage. *LWT-Food Science and Technology*, 44(3):631-636.
- 5- Bárcenas, M.E., & Rosell, C.M. 2006a. Different approaches for improving the quality and extending the shelf life of the partially baked bread: low temperatures and HPMC addition. *Journal of food engineering*, 72(1):92-99.
- 6- Bárcenas, M.E., & Rosell, C.M. 2006b. Effect of frozen storage time on the bread crumb and aging of par-baked bread. *Food Chemistry*, 95(3):438-445.
- 7- Carr, L.G., Rodas, M.A., Della Torre, J.C., & Tadini, C.C. 2006. Physical, textural and sensory characteristics of 7-day frozen part-baked French bread. *LWT-Food Science and Technology*, 39(5):540-547.

- 8- Datta, A.K., Sahin, S., Sumnu, G., & Keskin, S.O. 2007. Porous media characterization of breads baked using novel heating modes. *Journal of Food Engineering*, 79(1):106-116.
- 9- Gonzales-Barron, U., & Butler, F. 2006. A comparison of seven thresholding techniques with the k-means clustering algorithm for measurement of bread-crumbs features by digital image analysis. *Journal of food engineering*, 74(2):268-278.
- 10- Gray, J., & Bemiller, J. 2003. Bread staling: molecular basis and control. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 2(1):1-21.
- 11- Karaoğlu, M.M. 2006. Effect of baking procedure and storage on the pasting properties and staling of part-baked and rebaked wheat bran bread. *International Journal of Food Science & Technology*, 41(s2):77-82.
- 12- Lainez, E., Vergara, F., & Bárcenas, M.E. 2008. Quality and microbial stability of partially baked bread during refrigerated storage. *Journal of food Engineering*, 89(4):414-418.
- 13- Mendoza, F., Dejmek, P., & Aguilera, J.M. 2007. Colour and image texture analysis in classification of commercial potato chips. *Food Research International*, 40(9):1146-1154.
- 14- Murat Karaoglu, M., Gürbüz Kotancilar, H., & Gurses, M. 2005. Microbiological characteristics of part-baked white pan bread during storage. *International Journal of Food Properties*, 8(2):355-365.
- 15- Ozkoc, S.O., Sumnu, G., & Sahin, S. 2009. The effects of gums on macro and micro-structure of breads baked in different ovens. *Food hydrocolloids*, 23(8):2182-2189.
- 16- Pérez-Nieto, A., Chanona-Pérez, J., Farrera-Rebollo, R., Gutiérrez-López, G., Alamilla-Beltrán, L., & Calderón-Domínguez, G. 2010. Image analysis of structural changes in dough during baking. *LWT-Food Science and Technology*, 43(3):535-543.
- 17- Popov-Raljić, J.V., Mastilović, J.S., Laličić-Petronijević, J.G., & Popov, V.S. 2009. Investigations of bread production with postponed staling applying instrumental measurements of bread crumb color. *Sensors*, 9(11):8613-8623.
- 18- Ribotta, P.D., Cuffini, S., León, A.E., & Añón, M.C. 2004. The staling of bread: an X-ray diffraction study. *European Food Research and Technology*, 218(3):219-223.
- 19- Rosell, C.M., & Santos, E. 2010. Impact of fibers on physical characteristics of fresh and staled bake off bread. *Journal of Food Engineering*, 98(2):273-281.
- 20- Skendi, A., Biliaderis, C., Papageorgiou, M., & Izydorczyk, M. 2010. Effects of two barley β -glucan isolates on wheat flour dough and bread properties. *Food Chemistry*, 119(3):1159-1167.

The Effect of Initial Cooking and Shelf Life Time on the Qualitative Characteristics of Half-Baked Bread Using Image Processing

Khadije Khoshakhlagh¹, Mohebbat Mohebbi^{2*}, Mohammad Khalilian Movahhed¹

1- PhD Student, Department of Food Science and Technology, Ferdowsi University of Mashhad, Iran

2- Professor, Department of Food Science and Technology, Ferdowsi University of Mashhad, Iran

* Corresponding author (mohebbatm@gmail.com, m-mohebbi@um.ac.ir)

Abstract

In this study, Barbari flat bread was prepared by two methods, including part-baking and conventional baking and then stored at 4 °C for 7 days. Part-baking was done for 4, 6 or 8 minutes and conventional bread were prepared for 10 minutes (control). The samples were evaluated for the crust color, porosity and mean particle size by using ImageJ software during the storage time. Also, image texture features of samples were extracted using MATLAB software. Before acquiring images, the baking time of Barbari part-baked bread was completed to the baking time of control bread (10 minutes). Crust color of part-baked samples did not significantly change during 7 days, but the lightness of control bread decreased significantly. In addition, because of less porous and more compact texture of control bread and also, stronger changes in their image texture characteristics compared to part-baked bread during storage time, part-baking was a successful method for production of Barbari flat bread. Part-baked breads with different initial baking times were not completely similar. On the other hand, the results showed that the part-baked bread with different initial baking times were not similar in terms of quality characteristics. By comparing three quality features of the sample images after the second baking, the part-baked Barbari bread with initial baking for 6 minutes had higher quality and stability than other treatments.

Keywords: Barbari flat bread, Digital image analysis, Image texture, Part-baking