



استفاده از پردازش تصویر در بررسی تاثیر صمغ شاهی و زانتان بر خصوصیات کیفی نان فاقد گلوتن

سارا ناجی طبسی^۱ و محبت محبی^۲

۱- دانشجوی دکتری، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه فردوسی مشهد، sarah_naji@yahoo.com

۲- دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه فردوسی مشهد

چکیده

نان گندم یکی از مهمترین محصولات است که به طور گسترده در سراسر جهان مصرف می‌شود، ولی افراد مبتلا به سلیاک یک عدم تحمل مادام‌العمر به گلوتن موجود در نان گندم دارند. حذف گلوتن مشکلات زیادی را در تولید نان ایجاد می‌کند. در بین افزودنی‌ها مورد استفاده در فرمولاسیون نان‌های فاقد گلوتن، هیدروکلوئیدها گسترده‌ترین کاربرد را دارند. در این مطالعه از صمغ بومی دانه شاهی و صمغ تجاری زانتان (۱٪ براساس وزن آرد و نشاسته) برای تولید نان فاقد گلوتن استفاده شد. از دیدگاه مصرف‌کنندگان، رنگ، اندازه و شکل ویژگی‌های کیفی مهم در محصولات نانوائی هستند. با افزایش قدرتهای کامپیوتری و تحولات سریع در نرم‌افزارهای پردازش تصویر، استفاده از بینایی کامپیوتری در ارزیابی کیفیت مواد غذایی افزایش یافته است. بر این اساس تاثیر صمغ دانه شاهی و زانتان بر خصوصیات ظاهری و ساختاری نان، توسط آنالیز تصویر نمونه‌ها پس از ۰، ۲۴ و ۷۲ ساعت بررسی شد. با افزودن هیدروکلوئیدها، حجم مخصوص و میزان رطوبت افزایش یافت ($P < 0.05$) و باعث حفظ بهتر خصوصیات رنگی طی نگهداری شدند ($p < 0.05$). صمغ دانه شاهی و زانتان به یک میزان سطح حفرات را افزایش دادند. صمغ شاهی همانند زانتان باعث استحکام دیواره حفرات و مانع پراکنده شدن گاز می‌شوند، در نتیجه حجم محصول نهایی افزایش می‌یابد. بررسی خصوصیات بافتی توسط ماتریس وقوع همزمانی سطح خاکستری نشان داد که نمونه‌های حاوی صمغ، بافت یکنواخت‌تر و همگن‌تری دارند. با توجه به نتایج حاصل از پردازش تصویر نمونه‌ها، صمغ شاهی به عنوان یک منبع جدید هیدروکلوئیدی همانند زانتان توانست در فرآورده‌های نانوائی بدون گلوتن به عنوان جایگزین گلوتن استفاده شود.

واژه‌های کلیدی: بافت، پردازش تصویر، رنگ سنجی، نان فاقد گلوتن، هیدروکلوئید.

مقدمه

افراد مبتلا به سلیاک یک عدم تحمل مادام‌العمر به گلیادین گندم و پرولامین چاودار (سکالین)، جو (هوردین) و جو دو سر (آویدین) می‌باشد. تنها راه درمان موثر برای این بیماران، استفاده از رژیم غذایی فاقد گلوتن در تمام طول مدت زندگی است، که نتیجه مناسبی در بهبود بالینی و مخاط دارد (Gallagher et al 2004). نان یکی از پرمصرف‌ترین غذاهای حاوی گلوتن می‌باشد.

گلوتن پروتئینی مهم در شکل‌دهی ساختار آرد می‌باشد و مسئول خصوصیات الاستیک خمیر می‌باشد و در ساختمان ظاهر و بافت داخلی بسیاری محصولات نانوائی شرکت دارند (Gallagher *et al.*, 2004). در سال‌های اخیر محققین زیادی در مورد محصولات فاقد گلوتن به خصوص نان فاقد گلوتن فعالیت می‌کنند که دستاوردهای گوناگونی را در بر می‌گیرد که شامل استفاده از نشاسته‌ها، صمغ‌ها (هیدروکلوئیدها)، محصولات لبنی، سایر پروتئین‌های فاقد گلوتن، پری‌بیوتیک و ترکیب آنها می‌باشد. این ترکیبات پلیمری خصوصیات ویسکوالاستیک گلوتن را تقلید می‌کنند و بدین وسیله ساختار، احساس دهانی، پذیرش و مدت ماندگاری محصولات نانوائی فاقد گلوتن افزایش پیدا کند (Gallagher *et al.*, 2004). در بین افزودنی‌های مورد استفاده جهت بهبود کیفیت نان‌های فاقد گلوتن، نشاسته و هیدروکلوئیدها گسترده‌ترین کاربرد در محصولات بر پایه غلات دارد.

کیفیت یک عامل کلیدی برای صنایع غذایی مدرن است، زیرا با کیفیت بالا محصول، اساس موفقیت در بازار رقابتی امروز است. در صنایع غذایی، ارزیابی کیفیت هنوز به شدت بستگی به بازرسی کاربر دارد، که خسته‌کننده، پرزحمت و پر هزینه است، و به راحتی توسط عوامل فیزیولوژیکی تحت تاثیر قرار می‌گیرد. اگر ارزیابی کیفیت به طور خودکار صورت گیرد، علاوه بر افزایش دقت ارزیابی، میتوان سرعت تولید و بهره‌وری را نیز بهبود داد که با کاهش هزینه‌های تولید همراه است. به عنوان یک ابزار بازرسی سریع، اقتصادی، سازگار و حتی دقیق‌تر و عینی، سیستم‌های بینایی رایانه‌ای به طور فزاینده‌ای در صنایع غذایی برای مقاصد ارزیابی کیفیت استفاده می‌شوند. پتانسیل استفاده از بینایی رایانه‌ای در صنعت مواد غذایی مدت طولانی شناخته شده است (Sun, 2004). تحقیقات قبلی نشان داده است که محرک بصری عامل مهمی است که بر قضاوت مصرف‌کننده محصولات غذایی تاثیرگذار است. دلیل اصلی این است که مواد غذایی از طریق خواص ارگانولپتیک درک می‌شوند و حس بینایی حساس‌ترین حس انسان است. بنابراین، کیفیت کلی یک محصول غذایی را می‌توان بر اساس ویژگی‌های بصری به تنهایی ارزیابی شود (Sun, 2007).

در صنعت پخت، محصولات سبک، اما با رنگ یکنواخت از ارزش تجاری بالاتر از محصولات رنگ تیره هستند (Martin, 1999). رنگ ظاهر مواد غذایی را بهبود می‌بخشد و اشتهاآور است. دوبوز و کاردلو (۱۹۸۰) کشف کردند که با افزایش شدت رنگ، درک عطر و طعم نیز افزایش می‌یابد. ارزیابی رنگ با استفاده از روش‌های حسی و ابزاری صورت می‌گیرد. باتوجه به این که روش‌های حسی زمان‌بر و پرهزینه هستند، تمایل به استفاده از روش‌های دستگاهی مانند پردازش تصویر که در زمان کمتر و با دقت بیشتر خصوصیات ماده‌ی غذایی را ارزیابی می‌کند، رو به افزایش است. ارزیابی رنگ معمولاً با استفاده از یکی از سیستم‌های رنگی XYZ ، RGB ، $L^*a^*b^*$ و $CMYK$ صورت می‌گیرد (Pedreschi *et al.*, 2006).

علاوه بر رنگ، اندازه و شکل دو معیار کیفی کاربردی مرسوم برای درجه بندی مواد غذایی هستند (Sun, 2007). در مورد نان، ساختار مغز نان یکی از خصوصیات کیفی اصلی است، که با ظاهر نان نیز در ارتباط است. ساختار مغز نان همچنین بر حجم قرص نان موثر است. بنابراین میتوان نتیجه گرفت که داشتن اطلاعات پیرامون ساختار مغز نان نیز برای پیش‌بینی خصوصیات کیفی و حمل و نقل نان موثر باشد. در کسب اطلاعات بیشتر پیرامون ساختار حفرات ایجاد شده در مغز نان، آنالیز تصویر امکان ارزیابی کمی خلل و فرج را فراهم می‌کند (Ozkoc *et al.*, 2009).



در این مطالعه، صمغ زانتان که در صنعت نانوائی کاربرد فراوانی دارد و صمغ دانه شاهی که منبع هیدروکلئیدی جدید و بومی ایران است مورد استفاده قرار گرفت. صمغ زانتان پلی ساکاریدی آنیونی است. یکی از مهمترین ویژگی های این صمغ خاصیت روان شدن آن در اثر برش است که پس از حذف برش به مقدار ویسکوزیته اولیه می رسد.

دانه های شاهی به علت وجود لایه های پلی ساکاریدی زمانی که در آب خیسانده می شوند، آب جذب می کنند و یک لایه موسیلاژی چسبناک در اطراف آن تولید می شود. صمغ دانه ی شاهی با رفتار جریان تضعیف شونده با برش برای استفاده در فرمولاسیون هایی که بافتی با لزجی کمتر یا احساس دهانی مطلوب تر مورد نیاز است، قابل کاربرد است. صمغ دانه شاهی دارای متوسط وزن ملکولی معادل ۵۴۰ KDa و مقدار شعاع چرخش ۷۵nm می باشد که نزدیک به شعاع چرخش زانتان (۷۰-۹۰) با وزن ملکولی مشابه است (Karazhiyan et al., 2009).

هدف از این مطالعه استفاده از پردازش تصویر در بررسی تاثیر صمغ دانه شاهی و زانتان بر حجم، میزان رطوبت، رنگ پوسته و مغز نان، سطح حفرات و بافت مغز نان فاقد گلوتن است.

مواد و روش ها

فرآیند تولید نان فاقد گلوتن

تمامی فرمولاسیون نان های فاقد گلوتن شامل، آرد برنج، آرد ذرت، نشاسته ذرت، نمک، شکر، مخمر فوری، DATEM، پودر شیر خشک، پودر سفیده تخم مرغ، روغن و آب هستند. هیدروکلئیدهای زانتان و صمغ دانه شاهی در غلظت ۱٪ براساس وزن آرد و نشاسته افزوده شدند. دانه های شاهی از یک عطاری در مشهد تهیه شد و به روش کاراژیان (Karazhiyan et al., 2011) استخراج شد. صمغ زانتان از شرکت سیگما (آمریکا) خریداری شد.

خمیر در داخل ظروف آلومینیومی قرار داده شد و جهت تخمیر در دمای 40°C با رطوبت بالا به مدت ۴۵ دقیقه قرار داده شد. عملیات پخت در دمای 120°C به مدت ۲۰ دقیقه انجام گرفت. اندازه گیری های نان پس از ۱ ساعت سرد شدن در دمای محیط انجام گرفت. برای بررسی ماندگاری، نمونه ها در داخل پلاستیک های بدون درز به مدت ۲۴ و ۷۲ ساعت نگهداری شدند و سپس آزمون های مربوطه انجام گرفت.

آزمون ها

میزان رطوبت

اندازه گیری میزان رطوبت نمونه ها براساس استاندارد AACC (۱۹۸۶) با خشک کردن نمونه ها در 105°C به مدت ۲۴ ساعت تا رسیدن به وزن ثابت انجام گرفت. نمونه ها پس از خروج از آون در دسیکاتور سرد و میزان رطوبت بر مبنای میزان وزن از دست رفته بر وزن اولیه نمونه محاسبه گردید.



حجم مخصوص

حجم مخصوص با استفاده از روش جا به جایی دانه اندازه گیری شد. قرص نان داخل ظرفی با حجم مشخص که با دانه کاملاً پر شده بود قرار گرفت. حجمی از دانه توسط قرص نان جایگزین شد که به عنوان حجم قرص نان در نظر گرفته می‌شود. حجم مخصوص هر قرص براساس رابطه ذیل محاسبه می‌شود:

$$\text{وزن قرص نان} / \text{حجم قرص نان} = (\text{cm}^3/\text{g}) \text{ حجم مخصوص} \quad (۱)$$

تصویرگیری و پردازش تصاویر

جهت تصویرگیری، نمونه‌های نان توسط چاقوی مخصوص نان حجیم به طور عمودی به دو قسمت بریده شدند. عکس برداری از اسلایس‌های تهیه شده از هر دو سمت قالب نان صورت گرفت. برای تصویرگیری، از دوربین دیجیتال (Canon EOS 1000D, Taiwan) استفاده شد. در این روش تصویرگیری جهت نورپردازی یکنواخت، در محفظه تاریکی انجام گرفت که اتاقکی چوبی با دیواره‌های سیاه رنگ بود و با لامپ فلورسنت، پایه تثبیت کننده و دوربین تعبیه شده بود. لامپ‌ها در فاصله ۴۵ سانتی متری بالای نمونه و برای جلوگیری از بازتابش نور با زاویه ۴۵ درجه نسبت به آن نصب شده بودند. نمونه‌ها روی صفحه سفیدی قرار گرفتند. تمامی تصاویر در حالتی گرفته شدند که تنظیمات عدسی در حالت دستی، با فاصله کانونی ۳۵ mm و برای بررسی خلل فرج در فاصله کانونی ۴۵ mm، اندازه دیافراگم ۵/۶ و iso 100 تنظیم شده بود. آنالیز تصویر با استفاده از نرم افزار ایمج‌جی (ImageJ) نسخه ۱.۴۵s انجام شد. پارامترهای مورد بررسی عبارتند از:

رنگ

رنگ پوسته و مغز نان در فضای رنگی $L^*a^*b^*$ و RGB پس از ۱ ساعت مورد بررسی قرار گرفت. تغییرات رنگی مغز نان پس از ۲۴ و ۷۲ ساعت ماندگاری مورد ارزیابی قرار گرفت.

فضای رنگی RGB تشکیل شده از سه مولفه رنگی Red، Green و Blue است که هر کدام بین مقادیر ۰ تا ۲۵۵ تغییر می‌کند. هر پیکسل رنگی در تصاویر RGB دارای مقدار مشخصی از قرمز، سبز و آبی است. مقادیر ۰، ۰، ۰ معادل رنگ سیاه و مقادیر ۲۵۵، ۲۵۵، ۲۵۵ معادل رنگ سفید است.

در تحقیقات غذایی، رنگ اغلب در محیط رنگی $L^*a^*b^*$ بیان می‌شود. L^* بیانگر روشنایی است که مقدار آن از ۰ تا ۱۰۰ است و پارامتر a^* (از سبز به قرمز) و b^* (از آبی به زرد) دو مولفه رنگی هستند که از ۱۲۰- تا ۱۲۰+ متغیر هستند (Papadakis et al., 2000). در مقایسه با مدل‌های رنگی دیگر در فضای $L^*a^*b^*$ درک رنگ یکنواخت است، یعنی بین دو رنگ در فضای رنگ خطی مربوط به درک تفاوت بین آنها است. در مواردی استفاده از آن ضروری است که نتایج ما باید با نتایج درک انسانی تطابق داشته باشد (Pedreschi et al., 2006; Sangwine, 2000).



خلل و فرج

جهت بررسی سطح خلل فرج نمونه‌های نان، ابتدا تصاویر در نرم‌افزار فتوشاپ نسخه ۹CS2 پردازش شدند و پس از تنظیم حد آستانه، سطح خلل و فرج به عنوان کسری از سطح کل پس از ۱، ۲۴ و ۷۲ ساعت با استفاده از نرم‌افزار ایمج‌جی (نسخه ۱.۴۵s) اندازه‌گیری شد.

یافت

ویژگی‌های یافتی با استفاده از ماتریس وقوع همزمانی سطح خاکستری (Gray Level Co-occurrence Matrix (GLCM)) در ایمج‌جی استخراج شد. تصاویر در چهار راستای ۰°، ۹۰°، ۱۸۰° و ۲۷۰° و در اندازه گام ۱ پیکسل مورد بررسی قرار گرفتند و میانگین ویژگی‌های، لحظه دوم زاویه (Angular Second Moment)، کنتراست (contrast)، همبستگی (Correlation)، لحظه تفاوت معکوس (Inverse Difference Moment) و آنترپی (Entropy) گزارش گردید.

لحظه دوم زاویه به عنوان همسانی و یا انرژی نیز شناخته می‌شود. از طریق مجموع مربعات ورودی در لحظه دوم زاویه، یکنواختی تصویر اندازه‌گیری می‌شود. لحظه دوم زاویه زمانی بالا است که تصویر بسیار همگنی داشته باشیم یا اینکه پیکسل‌ها خیلی مشابه باشند (Mohanaiah et al., 2013).

$$\text{Angular Second Moment} = \sum_{i=0}^{Ng-1} \sum_{j=0}^{Ng-1} P_{ij}^2 \quad (2)$$

کنتراست بیانگر شدت کنتراست بین یک پیکسل با همسایه خود در کل تصویر است و نشانگر تغییرات محلی سطوح خاکستری است. تصاویر با کنتراست بالاتر یعنی نقاط ناهمگن بیشتری دارد که طبق رابطه ذیل قابل محاسبه است (Tournier et al., 2012).

$$\text{Contrast} = \sum_{n=1}^{ng-1} n^2 \left[\sum_{i=1}^{ng} \sum_{j=1}^{ng} p(i,j) \right] |i-j| = n \quad (3)$$

همبستگی میزان وابستگی خطی یک پیکسل با پیکسل‌های همسایه را نشان می‌دهد. تصویر با همبستگی بالا یعنی نقاط هموژن بیشتری دارند و از طریق رابطه ذیل محاسبه می‌شود.

$$\text{Correlation} = \frac{\sum_{i=0}^{Ng-1} \sum_{j=0}^{Ng-1} (i,j)P(i,j) - \mu_x \mu_y}{\sigma_x \sigma_y} \quad (4)$$

لحظه تفاوت معکوس میزان همگنی موضعی را نشان می‌دهد. مقدار آن زمانی بالا است که سطح موضع خاکستری یکنواخت است (Mohanaiah et al., 2013).

$$\text{Inverse Difference Moment} = \frac{\sum_{i=0}^{Ng-1} \sum_{j=0}^{Ng-1} P_{ij}}{1+(i-j)^2} \quad (5)$$



آنتروپی میزان اطلاعات تصویر را نشان می‌دهد که برای فشرده سازی تصویر مورد نیاز است. میزان اتفاقی بودن تصویر را بیان می‌کند، همچنین اطلاعات تصویر را اندازه‌گیری می‌کند و با توجه به رابطه ذیل قابل محاسبه است (Mohanaiah *et al.*, 2013).

$$\text{Entropy} = \sum_{i=0}^{Ng-1} \sum_{j=0}^{Ng-1} -P_{ij}^2 * \log P_{ij} \quad (6)$$

آنالیز آماری

نمونه های نان در سه تکرار تهیه شدند و از هر نان دو اسلایس پس از انجام برش عمودی از دو سوی نان جهت تصویر برداری استفاده شد. برای تجزیه تحلیل آماری نتایج از طرح کاملا تصادفی استفاده گردید. داده‌ها توسط آنالیز واریانس (ANOVA) در نرم‌افزار Minitab R15 تحلیل شدند و اختلاف بین میانگین‌ها با استفاده از نرم‌افزار MSTAT به روش LSD در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ مورد مقایسه قرار گرفتند.

نتایج و بحث

ویژگی‌های نان (میزان رطوبت، حجم مخصوص)

با افزودن هیدروکلوئیدها در فرمولاسیون میزان رطوبت نمونه‌ها به طور قابل توجهی ($p < 0/05$) افزایش یافت که میزان افزایش رطوبت نمونه صمغ دانه شاهی و صمغ زانتان به یک میزان بود (جدول ۱). علت افزایش رطوبت مغز نان، وجود گروه‌های هیدروکسیل بر روی ساختار هیدروکلوئیدها می‌باشد که از طریق پیوند هیدروژنی امکان اتصال بیشتری را برای آب فراهم می‌کند (Kohajdova and Karovicova, 2008). به علاوه، هیدروکلوئیدها باعث استحکام دیواره حفرات می‌شوند و به عنوان یک مانع در برابر پراکنده شدن گاز عمل می‌کنند، از دست رفتن بخار آب کاهش پیدا می‌کند، و بنابراین موجب افزایش رطوبت محصول نهایی می‌شود (Barcenase and Rosell, 2005).

حجم مخصوص نان نیز با افزودن هیدروکلوئیدها به طور معنی‌داری افزایش پیدا کرد ($p < 0/05$)، ولی بین افزایش حجم مخصوص نمونه صمغ دانه شاهی و زانتان تفاوت معناداری وجود نداشت. شبکه هیدروکلوئیدی به سلول‌های گاز خمیر استحکام می‌بخشد، در طی پخت انبساط روی می‌دهد و در نتیجه از دست رفتن گاز کاهش خواهد یافت و باعث بهبود بافت نان می‌شود (Barcenase and Rosell, 2007). میزان آب نیز به طور معنی‌داری حجم مخصوص و ارتفاع قرص را افزایش و سفتی مغز نان را کاهش داد.

جدول ۱- ویژگی‌های نان (میزان رطوبت و حجم مخصوص)

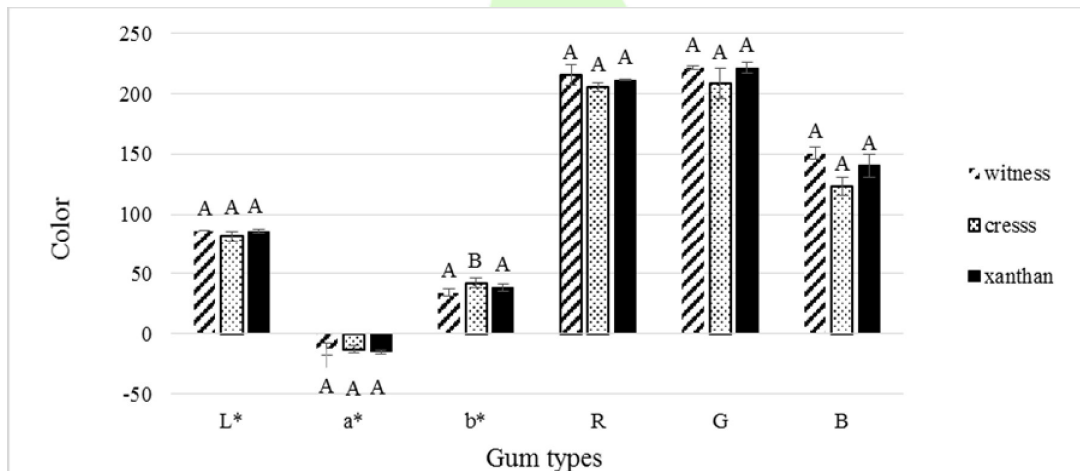
حجم مخصوص (cm^3/g)	% رطوبت براساس وزن خشک	
۲/۳۷۰ ± ۰/۱۴۴ B	۳۵/۷۰ ± ۰/۴۵۵ B	نمونه شاهد
۲/۷۴۳ ± ۰/۲۵۰ A	۴۳/۲۸ ± ۱/۰۰۶ A	نمونه حاوی صمغ شاهی
۲/۶۲۳ ± ۰/۳۶۳ A	۴۲/۰۵ ± ۰/۶۹۹ A	نمونه حاوی صمغ زانتان

حروف مختلف نشانگر تفاوت معنادار بین انواع صمغ‌ها است.

رنگ پوسته و مغز نان

در تحقیقات مواد غذایی، رنگ در فضای رنگی $L^*a^*b^*$ نشان داده می‌شود. این مدل رنگ تقریباً یکنواخت در نظر گرفته می‌شود، یعنی فاصله بین دو رنگ در یک فضای رنگ خطی مربوط به تفاوت درک شده بین آنها است. بنابراین، اجازه نمایش رنگ‌های عینی را می‌دهد و استفاده از آن برای مواردی ضروری است که باید با نتایج درک انسانی مطابقت داشته باشد (Sangwine, 2000). با توجه به نتایج بدست آمده (شکل ۱) تفاوتی بین مقادیر $L^*a^*b^*$ مربوط به رنگ پوسته شاهد و نمونه‌های حاوی صمغ وجود ندارد. فضای رنگی دیگری که مورد بررسی قرار گرفت RGB بود که در این فضا نیز تفاوت معناداری بین نمونه‌ها مشاهده نشد.

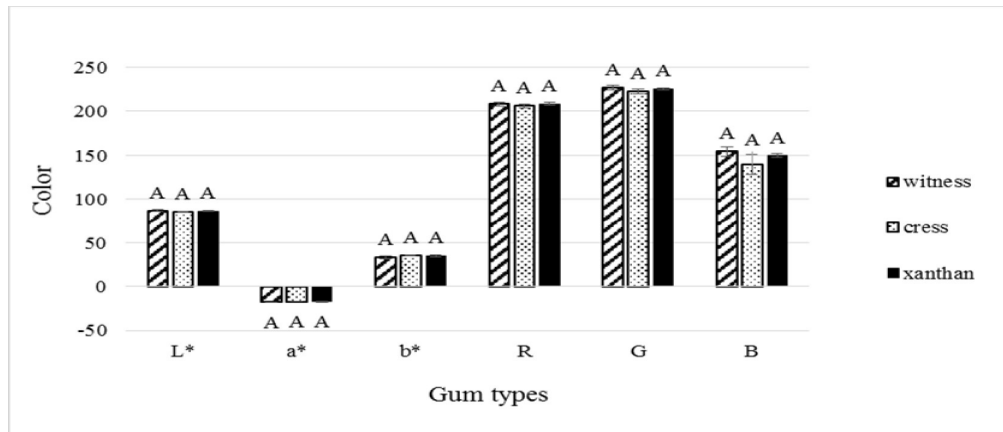
شکل ۱- رنگ پوسته نان



حروف مختلف نشانگر تفاوت معنادار بین انواع صمغ‌ها است.

در مورد مغز نان نیز افزودن صمغ دانه شاهی و زانتان به نمونه‌ها باعث ایجاد تغییر معنادار در رنگ نشد (شکل ۲)، اما بر پایداری رنگ آنها در طی ۲۴ و ۷۲ ساعت نگهداری تاثیرگذار بود و حفظ خصوصیات رنگی با افزودن هیدروکلئید بهبود یافت (جدول ۲).

شکل ۲- رنگ مغز نان



حروف مختلف نشانگر تفاوت معنادار بین انواع صمغ ها است.

مقادیر L* مربوط به مغز نان نمونه شاهد طی نگهداری کاهش یافت که این کاهش پس از ۷۲ ساعت معنادار بود ($p < 0.05$). این کاهش در مقادیر a* و b* نیز مشاهده گردید ($p < 0.05$). مقدار L* نمونه‌های نان صمغ دانه شاهی پس از ۲۴ ساعت نگهداری پایدار بود اما پس از ۷۲ ساعت کاهش یافت ($p < 0.05$). در صمغ زانتان نیز پس از ۷۲ ساعت نگهداری فقط در مقدار b* آن کاهش معنادار مشاهده شد.

مقادیر RGB نمونه شاهد پس از ۲۴ ساعت کاهش یافت و پس از ۷۲ ساعت این کاهش در پارامترهای R و B معنادار بود. نان فاقد گلوتن حاوی صمغ دانه شاهی پس از ۷۲ ساعت نگهداری در مقدار R و G آن کاهش معنادار مشاهده شد. در صمغ زانتان نیز فقط مقدار R آن پس از ۷۲ ساعت کاهش یافت (جدول ۳).



جدول ۲- رنگ مغز نان ($L^*a^*b^*$) طی نگهداری

۷۲ ساعت			۲۴ ساعت			۰ ساعت			
b*	a*	L*	b*	a*	L*	b*	a*	L*	
۳۱/۰۱	-۱۶/۷۳	۸۲/۸۸	۳۳/۴۹	-۱۷/۱۴	۸۵/۸۳	۳۳/۳۹	-۱۷/۵۳	۸۷/۳۸	نمونه شاهد
A b	A b	A b	A a	A ab	A a	A a	A a	A a	
۳۲/۱۵	-۱۶/۶۳	۸۳/۲۴	۳۴/۷۶	-۱۷/۱۶	۸۴/۶۴	۳۵/۳۹	-۱۷/۱۴	۸۴/۸۴	نمونه شاهی
A b	A a	A b	A a	A a	A ab	A a	A a	A a	
۳۲/۵۰	-۱۶/۹۹	۸۴/۲۱	۳۴/۴۹	-۱۷/۱۰	۸۵/۶۰	۳۵/۱۲	-۱۷/۳۷	۸۶/۸۶	نمونه زانتان
A b	A a	A a	A ab	A a	A a	A a	A a	A a	

حروف مختلف نشانگر تفاوت معنادار بین انواع صمغ‌ها (حروف بزرگ) و در طول زمان نگهداری (حروف کوچک) است ($p < 0.05$).

جدول ۳- رنگ مغز نان (RGB) طی نگهداری

۷۲ ساعت			۲۴ ساعت			۰ ساعت			
B	G	R	B	G	R	B	G	R	
۱۴۷/۳۱	۲۱۴/۰۴	۱۹۶/۰۱	۱۵۰/۲۱	۲۲۲/۴۱	۲۰۴/۹۵	۱۵۴/۵۷	۲۲۷/۰۱	۲۰۸/۵۴	نمونه شاهد
A a	A b	A b	A a	A a	A a	A a	A a	A a	
۱۴۶/۰۸	۲۱۴/۹۶	۱۹۷/۹۷	۱۴۴/۶۲	۲۱۸/۹۰	۲۰۲/۹۰	۱۳۹/۸۹	۲۲۲/۳۹	۲۰۶/۱۶	نمونه شاهی
A a	A b	A b	A a	A ab	A ab	A a	A a	A a	
۱۴۷/۸۸	۲۱۷/۸۵	۲۰۰/۱۲	۱۴۷/۵۹	۲۲۱/۷۰	۲۰۴/۹۸	۱۴۹/۷۱	۲۲۵/۴۱	۲۰۸/۳۶	نمونه زانتان
A a	A a	A b	A a	A a	A ab	A a	A a	A a	

حروف مختلف نشانگر تفاوت معنادار بین انواع صمغ‌ها (حروف بزرگ) و در طول زمان نگهداری (حروف کوچک) است ($p < 0.05$).

سطح خلل و فرج

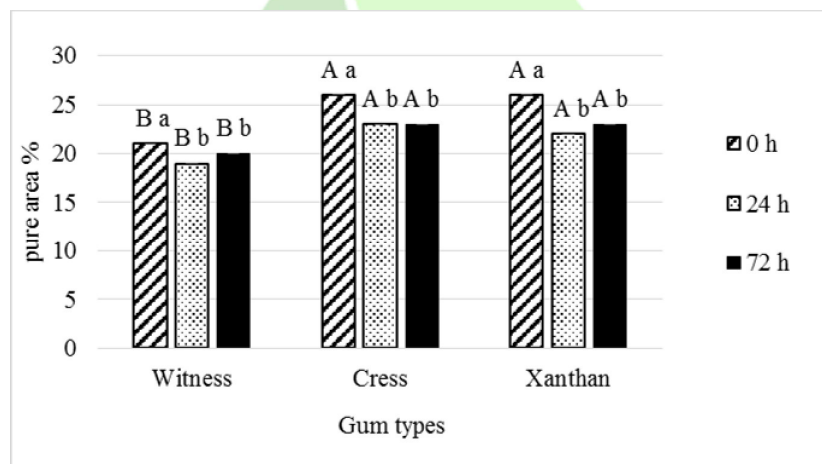
افزودن هیدروکلوئیدها به نان باعث تغییر در سطح خلل و فرج نان شد (شکل ۳). با افزودن هیدروکلوئید به فرمولاسیون نان فاقد گلوتن نسبت سطح حفرات به سطح کل افزایش معناداری یافت ($p < 0.05$). همان‌طور که ذکر شد شبکه هیدروکلوئیدی به سلول‌های گاز خمیر استحکام می‌بخشد، در طی پخت انبساط روی می‌دهد و در نتیجه از دست رفتن گاز کاهش خواهد یافت و در نتیجه سطح حفرات را افزایش می‌دهند و منجر به افزایش حجم مخصوص نان می‌شود که در جدول ۱ مشاهده گردید. صمغ زانتان قابلیت تشکیل دیواره سلولی ضخیمی دارد که چنانچه از مقادیر درصدی بالای ۳٪ در فرمولاسیون نان فاقد گلوتن استفاده شود منجر به کاهش سطح حفرات می‌شود. اما با توجه به اینکه مقدار کاربردی صمغ زانتان ۱٪ بود، پایداری حفرات افزایش پیدا کرده و سطح حفرات نان افزایش یافته است. میزان افزایش سطح حفرات در نان حاوی صمغ دانه شاهی و زانتان مشابه بود.



با نگهداری نان‌ها، سطح حفرات به طور معناداری در تمام نمونه‌ها کاهش یافت ($P < 0.05$). اما سطح حفرات نان حاوی دانه شاهی و زانتان حتی پس از نگهداری از مقدار سطح حفرات نان نمونه شاهد بیشتر بود و میزان کاهش آن نسبت به نمونه شاهد کمتر بود (شکل ۳).

بر اساس مطالعات پیشین در طی مرحله اول مخلوط کردن زمانی که آرد هیدراته می‌شود و به یک خمیر چسبناک تبدیل می‌شود، ترکیبات محلول و نامحلول بر روی حباب آورده می‌شوند و در این مرحله، تشکیل سطح حباب‌ها در کل فرآیند و پایداری حباب‌ها در طی مراحل بعدی تهیه نان تحت تاثیر قرار می‌گیرند (Ozkoc *et al.*, 2009). بعلاوه در طی ور آمدن خمیر، حباب‌هایی که در طی مخلوط کردن در داخل خمیر تولید می‌شوند در اثر تولید گاز توسط مخمرها انبساط پیدا می‌کنند. بنابراین پایداری حباب‌ها مهمترین موضوع است که عامل اصلی ناپایداری آنها به هم متصل شدن سلول‌های گاز منفرد می‌باشد. وجود لایه‌های ضخیم بر روی حباب‌ها باعث ایجاد دافع بین آنها می‌شود و شانس بهم پیوستگی کاهش پیدا می‌کند (Ozkoc *et al.*, 2009).

شکل ۳- نسبت سطح حفرات به سطح کل



حروف مختلف نشانگر تفاوت معنادار بین انواع صمغ‌ها (حروف بزرگ) و در طول زمان نگهداری (حروف کوچک) است ($p < 0.05$).

بافت مغز نان

ماتریس وقوع همزمانی سطح خاکستری یک روش آماری محبوب جهت استخراج ویژگی‌های بافتی از تصاویر است که می‌توان ویژگی‌های چون لحظه دوم زاویه، کنتراست، همبستگی، لحظه تفاوت معکوس و آنتروپی را مورد مطالعه قرار داد. با توجه به نتایج بدست آمده (جدول ۴) میزان یکنواختی بافت در نمونه‌های دارای صمغ بیشتر از نمونه شاهد بود اما تفاوتی بین نمونه زانتان و صمغ دانه شاهی مشاهده نشد و طی نگهداری میزان آن کاهش یافت. مقادیر کنتراست برای نمونه شاهد نسبت به نمونه‌های حاوی صمغ بیشتر بود. اما بین نمونه‌ها حاوی صمغ تفاوتی وجود نداشت. تفاوتی در میزان همبستگی نمونه‌ها و طی



زمان نگهداری مشاهده نگردید. همگنی مشاهده شده در نمونه‌های حاوی صمغ بالاتر از نمونه شاهد بود. طی زمان نگهداری نیز تمامی نمونه‌ها همگنی خود را حفظ کرده و تغییری در آن مشاهده نگردید.

آنتروپی میزان اطلاعات تصویر نشان می‌دهد که برای فشرده‌سازی تصویر مورد نیاز است. میزان اتفافی بودن تصویر را بیان می‌کند، همچنین اطلاعات تصویر را اندازه‌گیری می‌کند (Mohanaiyah *et al.*, 2013). تفاوتی در میزان آنتروپی نمونه و طی زمان نگهداری مشاهده نگردید.

جدول ۴- ویژگی‌های بافتی

نمونه شاهد	نمونه شاهی			نمونه زانتان		
	۰ ساعت	۲۴ ساعت	۷۲ ساعت	۰ ساعت	۲۴ ساعت	۷۲ ساعت
لحظه دوم زاویه	۰/۰۰۶۳	۰/۰۰۶۳	۰/۰۰۶۱	۰/۰۰۷۹	۰/۰۰۷۸	۰/۰۰۷۴
کنتراست	۲۱/۲۶	۲۱/۸۸	۱۹/۵۳	۱۹/۵۳	۱۷/۰۲	۱۷/۰۳
همبستگی	۰/۰۰۲۷	۰/۰۰۲۸	۰/۰۰۲۴	۰/۲۹۴۳	۰/۰۰۲۵	۰/۰۰۲۳
لحظه تفاوت معکوس	۰/۶۹۷۰	۰/۶۹۶۷	۰/۶۸۷۹	۰/۷۶۶۷	۰/۷۳۷۲	۰/۷۲۴۲
آنتروپی	۵/۷۵۴	۵/۷۳۵	۵/۸۱۴	۴/۹۲۰	۵/۵۷۰	۵/۶۳۶

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از مطالعه نشان داد که با افزودن صمغ زانتان و شاهی به نان فاقد گلوتن خصوصیات کیفی نان بهبود می‌یابد. خصوصیات مورفولوژی نان حاوی صمغ شاهی مشابه زانتان بود به طوری‌که هر دو منجر به افزایش سطح حفرات نان نسبت به سطح کل شدند. افزایش سطح حفرات نان پس از افزودن صمغ منجر به افزایش حجم نان می‌گردد که این موضوع با اندازه‌گیری حجم مخصوص و مشاهده افزایش معنی‌دار حجم مخصوص نان‌های حاوی صمغ تایید گردید. صمغ شاهی و زانتان میزان رطوبت نان را به ترتیب ۲۱ و ۱۹٪ نسبت به نمونه شاهد بیشتر افزایش دادند. بررسی خصوصیات بافتی با استفاده از ماتریس وقوع همزمانی سطح خاکستری نشان داد که صمغ زانتان و شاهی بافتی یکنواخت‌تر و همگن‌تر ایجاد نمودند. بنابراین بررسی خصوصیات ظاهری و بافتی نان فاقد گلوتن حاوی صمغ دانه شاهی و زانتان توسط پردازش تصویر نشان داد که صمغ دانه شاهی همانند صمغ تجاری زانتان قابلیت استفاده در فرمولاسیون نان فاقد گلوتن جهت ایجاد ظاهر و بافت مناسب و افزایش زمان ماندگاری نان را داراست.

منابع

1. Barcenase, M.E., and C.M. Rosell. 2005. Effect of HPMC addition on microstructure, quality and aging of wheat bread. *Food hydrocolloids*, 19: 1037-1043.
2. Barcenase, M.E., and C.M. Rosell. 2007. Different approaches for increasing the shelf life of partially baked bread: Low temperatures and hydrocolloid addition. *Food chemistry*, 100: 1594-1601.
3. Dubose C.N., and A.V. Cardello. 1980. Effect of colorants and flavorants on identification, perceived flavor intensity, and hedonic quality of fruit flavored beverages and cakes. *Journal of Food Science*, 45:1393-1415.
4. Gallagher, E., T.R. Gormley, and E.K. Arendt. 2003. Crust and crumb characteristics of gluten free bread. *Journal of food engineering*, 56: 153-161.
5. Gallagher, E., T.R. Gormley, and E.K. Arendt. 2004. Recent advances in the formulation of gluten-free cereal-based products. *Trends in Food Science & Technology*, 15: 143-152.
6. Karazhiyan, H., S.M.A. Razavi, G.O. Phillips, Y. Fang, S. Al-Assaf, K. Nishinari, and R. Farhoosh. 2009. Rheological properties of *Lepidium sativum* seed extract as a function of concentration, temperature and time. *Food Hydrocolloids*, 23: 2062-2068.
7. Karazhiyan, H., S.M.A. Razavi, G.O. Phillips, Y. Fang, S. Al-Assaf, and K. Nishinari, 2011. Physicochemical aspects of hydrocolloid extract from the seeds of *Lepidium sativum*. *International Journal of Food Science and Technology*, 46: 1066-1072.
8. Kohajdova, Z., and J. Karovicova. 2008. Influence of hydrocolloids on quality of baked goods. *Acta sci. pol., Technol. Aliment*, 7 (2): 43-49.
9. Martin, V. 1999. A question of color. *Food Manufacture*, April, 19-20.
10. Mohanaiah, P., P. Sathyanarayana, and L. GuruKumar. 2013. Image texture feature extraction using GLCM. *International Journal of Scientific and Research Publications*, 3, 5. ISSN 2250-3153.
11. Ozkoc, S. O., Sumnu, G., and Sahin, s. 2009. The effects of gums on macro and micro-structure of breads baked in different ovens. *Food hydrocolloids*, 23: 2182-2189.
12. Papadakis, S. E., Abdul-Malek, S., Kamdem, R. E., and Yam, K. L. 2000. A versatile and inexpensive technique for measuring color of foods. *Food Technology*, 5(12): 48-51.
13. Pedreschi, F., J. León, D. Mery, and P. Moyano. Development of a computer vision system to measure the 3 color of potato chips. *Food Research International*. 39: 1092-1098, 2006.
14. Sangwine, S.J. 2000. Colour in image processing. *Journal of Electronic, ommunication, Engineering*. 12: 211-219.
15. Shibata, M., M. Tsuta, J. Sugiyama, K. Fujita, M. Kokawa, T. Araki. and Nabetani, H. 2013. Image Analysis of Bread Crumb Structure in Relation to Mechanical Properties. *International Journal of Food Engineering*. 9(1): 115-120.
16. Sun D-W. 2004. Applications of computer vision in the food industry. Special issue of *Journal of Food Engineering*, 61 (1): 1-142.
17. Sun D-W. 2007. *Computer Vision Technology for Food Quality Evaluation*. Oxford: Academic Press.
18. Tournier, C., M. Grass, D. Zope, C. Salles, and D. Bertrand. 2012. Characterization of bread breakdown during mastication by image texture analysis. *Journal of Food Engineering*, 113: 615-622

Investigation of effect of cress seed and xanthan gum on quality of gluten free bread by image processing

Sara Naji Tabasi¹ and Mohebbat Mohebbi²

1- Ph.D Student, Department of Food Science and Technology, Ferdowsi University of Mashhad
sarah_naji@yahoo.com

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

Abstract

Wheat bread is one of the most important products that are used widely throughout the world, but people with celiac disease has a lifelong intolerance to gluten of wheat. Gluten removal results in major problems for bakers. Among the additives used in the formulation of gluten-free breads, hydrocolloids are widely used. In this study, the cress seed gum and commercial xanthan gum at 1% level (flour and starch basis) were used to produce gluten-free bread. From the consumers' viewpoint, color, size, and shape are three important quality attributes of bakery products. Driven by significant increases in computer power and rapid developments in image processing techniques and software, the application of computer vision has been extended to the quality evaluation. Therefore, effect of cress and xanthan gum on structural and physical properties of bread samples were investigated by image analysis after 0, 24 and 72 h. By addition of hydrocolloids, specific volume and moisture content increased ($P < 0.05$) and caused better preservation of the color during storage ($p < 0.05$). Cress seed and xanthan gum increased pore area. Cress seed gum like xanthan gum caused to improve strength of pores wall and gas blocked, thus volume of final product increased. Investigation of statistical texture features by the Grey-level co-occurrence matrix showed that bread samples contained gum have uniform and homogeneous texture. According to the results of image processing, cress seed gum as a new source of hydrocolloid like xanthan gum could be used as a substitute for gluten in gluten-free bakery products.

Keywords: Colorimetric, Gluten free bread, Hydrocolloid, Image processing, Texture.