



استفاده از آنالیز بافت تصویر و بعد برخالی برای بررسی اثر صمغ‌های قدومه شهری و زانتان بر ساختار مغز نان قالبی

هادی باقری^{۱*}، آرش کوچکی^۲ و محبت محبی^۳

تاریخ دریافت: ۹۴/۴/۳۱ تاریخ پذیرش: ۹۴/۹/۳۰

^۱ دانش آموخته کارشناسی ارشد تکنولوژی صنایع غذایی، گروه صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

^۲ دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

^۳ استاد گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

*مسئول مکاتبه: Email: bagherihadi51@yahoo.com

چکیده

با توجه به اهمیت فوق‌العاده نان در تامین مقدار زیادی از انرژی و پروتئین انسان، افزایش زمان ماندگاری، بهبود کیفیت محصول و حفظ کیفیت کلی محصول نقش بسزایی در پیشبرد اهداف مورد نظر دارد. استفاده از هیدروکلئید برای بهبود کیفیت نان توسط پژوهشگران زیادی مورد بررسی قرار گرفته است. این آزمایش به منظور مطالعه اثر هیدروکلئیدها بر مغز نان قالبی انجام شد. در این مطالعه اثر صمغ‌های قدومه شهری و زانتان در سطوح ۰/۵ و ۱ درصد بر مغز نان قالبی توسط شاخص بعد برخالی، بافت تصویر (انرژی، آنتروپی، کنتراست، هموژنیته) و ساختار مغز مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد با افزایش صمغ‌های قدومه شهری و زانتان بعد برخالی، آنتروپی، کنتراست و اندازه حفرات کاهش و پارامترهای همچون انرژی، هموژنیته، تعداد کل حفرات، مساحت کل حفرات و تخلخل افزایش یافت. با توجه به نتایج حاصل از این پژوهش و با در نظر گرفتن ساختار مورفولوژیکی نامنظم و پیچیده نان می‌توان از تئوری بعد برخالی برای بررسی اثرات فرایندها و ترکیبات استفاده نمود. از طرفی مشخص گردید که آنالیز بافت تصویر به خوبی قادر به بیان تغییرات بافت مغز نان در اثر فرمولاسیون‌های مختلف بوده و با توجه به پارامترهای بافتی شامل کنتراست، همبستگی، یکنواختی و انرژی می‌توان این تغییرات را به طور محسوسی بررسی نمود؛ بنابراین می‌توان از این روش به عنوان روشی سریع، غیرمخرب و ارزان قیمت برای ارزیابی کیفیت مغز نان استفاده نمود و نتایج حاصله نشان داد که صمغ قدومه شهری از لحاظ خصوصیات عملکردی تا حدودی مشابه صمغ زانتان می‌باشد بنابراین، امکان استفاده از صمغ قدومه شهری به عنوان یک هیدروکلئید بومی مناسب جهت بهبود کیفیت نان قالبی وجود دارد.

واژگان کلیدی: صمغ قدومه شهری، زانتان، بعد برخالی، بافت تصویر، ساختار مغز نان

مقدمه

نان به عنوان یک محصول پرمصرف و دارای ارزش تغذیه‌ای بالا، اهمیت فوق العاده‌ای در بین تمام کشورها به خصوص در کشورهای جهان سوم و غیرصنعتی دارد. از این رو، افزایش زمان ماندگاری، بهبود کیفیت محصول و حفظ کیفیت کلی محصول تا زمان مصرف از اهمیت بالایی برخوردار است. نشاسته و گلوتن گندم به عنوان اجزا اصلی در تولید نان مطرح هستند و بیشترین نقش را در کیفیت نهایی محصول مورد نظر ایفا می‌کنند. تقویت این دو جزء در فرمول خمیر باعث بهبود و اصلاح محصول مورد نظر خواهد شد (کفیر^۱ و همکاران ۱۹۹۸ و رده^۲ و همکاران ۲۰۰۶). بنابراین، استفاده از مواد بهبوددهنده که منجر به بهبود و تقویت این دو ترکیب (به خصوص نشاسته) می‌شود، امری ضروری به نظر می‌رسد. بهبوددهنده‌های مختلفی به منظور اصلاح ساختار نان مورد استفاده قرار می‌گیرد که در این بین هیدروکلوئیدها به علت در دسترس بودن و کارایی بالا نقش بسزایی در بهبود کیفیت نان دارند. هیدروکلوئیدها به عنوان ترکیبات محلول در آب، به طور گسترده به عنوان یک ماده افزودنی در تولید محصولات نانوائی مورد استفاده قرار می‌گیرند. از اثرات عملکردی هیدروکلوئیدها، می‌توان به توانایی آن‌ها برای اصلاح خصوصیات رئولوژی خمیرها تا توانایی حفظ کیفیت محصولات نهایی پخت اشاره کرد (متلر و سیبل^۳ ۱۹۹۳ و توفیلی^۴ و همکاران ۱۹۹۴). قدومه شهری با نام علمی *Lepidium perfoliatum* شناخته می‌شود و از خانواده شب بویان می‌باشد. از لحاظ ظاهری دانه‌های ریز و سیاه و به شکل بیضی کشیده می‌باشد. پوسته روی دانه‌ها را لایه‌ای موسیلاژی پوشانیده و هنگامی که داخل آب قرار می‌گیرند، سریع متورم می‌شوند و مقدار زیادی موسیلاژ (صمغ محلول در آب) ایجاد می‌کند که در طب

سنتی کاربرد گسترده‌ای دارد. با توجه به اهمیت هیدروکلوئیدها در صنایع غذایی و قیمت بالای این ترکیبات، توجه به صمغ‌های بومی به شدت گسترش یافته و در ایران به دلیل وفور منابع گیاهی، پژوهشگران به فکر جایگزینی صمغ‌های دانه‌ی بومی با نمونه‌های تجاری هستند. یکی از این ترکیبات پلی‌ساکاریدی، صمغ دانه قدومه شهری می‌باشد که می‌توان آن را در فرمولاسیون‌های غذایی استفاده نمود (کوچکی و همکاران ۲۰۰۹).

صمغ زانتان، یک پلی‌ساکارید خارج سلولی است که توسط میکروارگانیسم *Zantomonas کمپستریس* تولید می‌شود. این صمغ، دارای خاصیت روان شدن در اثر برش است و یکی از مهم‌ترین خصوصیات صمغ زانتان پایداری ویسکوزیته‌ی آن در شرایط مختلف می‌باشد. این صمغ به طور گسترده در pH دامنه‌ی وسیعی از دما و مواد غذایی منجمد و محصولات اتوکلاوگذاری شده استفاده می‌شود (فلیپس^۵ ۲۰۰۰). بهبود کیفیت نان با ترکیب‌های مختلف نظیر انواع هیدروکلوئیدها، فسفولیپیدها و گلوتن در راستای ارتقای سطح کیفی محصول، باید از نظر خصوصیات حسی و بافتی نیز مورد ارزیابی قرار بگیرد. امروزه برای بررسی دقیق بافت نان و تغییرات آن از روش‌های دستگاهی از جمله دستگاه‌های اعمال نیرو یا بافت سنج استفاده می‌شود. از روش‌های نوین برای سنجش بافت نان که در سال‌های اخیر توجه زیادی به آن معطوف شده است، استفاده از روش پردازش تصویر است (کرولی^۶ و همکاران ۲۰۰۰ و لاگراین^۷ و همکاران ۲۰۰۶).

این روش مبتنی بر تصویربرداری از بافت نان و سپس تجزیه و تحلیل تصاویر حاصل به منظور تعیین پارامتر-های بافتی یا یافتن همبستگی بین نتایج آزمایشگاهی و

¹ Kieffer² Rodge³ Mettler and Seibel⁴ Toufeili⁵ Phillips⁶ Crowley⁷ Lagrain

در هندسه برخالی بعد اشکال یک عدد غیرصحيح است. روش‌های متعددی جهت اندازه‌گیری بعد برخالی وجود دارد که مهمترین آن‌ها روش شمارش جعبه، روش حرکت براونی و روش طیف قدرت فوریه است (گنزالس و وودس^۶ ۲۰۰۸).

در صنایع غذایی، طی سال‌های اخیر موارد معدودی از کاربرد بعد برخالی گزارش شده است. هندسه برخالی برای مطالعه‌ی دامنه گسترده‌ای از پدیده‌های فیزیکی از فرآیند ذره‌سازی تا رفتار جریان در حین تشکیل لایه مقاوم طی میکروفیلتراسیون آب میوه‌ها استفاده شده است. گنزالس و باتلر^۷ (۲۰۰۸) بعد برخالی نان را با روش‌های مختلف محاسبه و از آن برای توصیف دقیق زبری سطحی نان استفاده کردند. نتایج نشان داد که وضعیت ظاهری مغز نان را می‌توان به طور موثری با توجه به بعد برخالی مغز نان تعیین کرد. خصوصیات مغز نان توسط پدرسچی^۸ و همکاران (۲۰۰۰) با استفاده از بعد برخالی مورد بررسی قرار گرفت. این پژوهشگران با بررسی خصوصیات بعد برخالی و خصوصیات بافتی مغز نان نشان دادند که همبستگی بسیار خوبی بین نرمی با بعد برخالی وجود دارد ($R^2=0/822$) و می‌توان از بعد برخالی برای بررسی بافت نان استفاده کرد. در مطالعه دیگری پرز-نیتو^۹ و همکاران (۲۰۱۰) از تئوری برخالی به عنوان یک روش غیرمخرب و جدید برای بررسی زمان پخت استفاده نمودند و اذهان داشتند که بعد برخالی در بافت نان می‌تواند به عنوان یک شاخص برای انعقاد و تشخیص زمان پخت به کار رود.

هدف از انجام این مطالعه، سنجش توانایی تحلیل تصویر در تعیین خصوصیات بافتی نان قالبی است. از آن جا که افزودن هیدروکلوئیدها به آرد نان به طور مشخصی بر بافت نان تاثیرگذار است، از تحلیل تصویر به عنوان یک

نتایج سنجش خصوصیات بافتی می‌باشد (روبیوتا^۱ و همکاران ۲۰۱۰ و لوپز و همکاران ۲۰۱۰) بافت تصویر^۲ یکی از مهمترین ویژگی‌های تصویر می‌باشد. استفاده از آنالیز بافت تصویر و رنگ برای طبقه‌بندی چپس سیب‌زمینی تجاری توسط مندوزا^۳ و همکاران (۲۰۰۷) استفاده شد. آن‌ها برای این طبقه‌بندی از چهار ویژگی بافت تصویر (انرژی، انتروپی، کنتراست و یکنواختی) استفاده کردند و اذهان نمودند این روش نسبت به ویژگی‌های رنگی تصاویر چپس سیب زمینی قابلیت بالاتری برای طبقه‌بندی این محصول دارد و می‌تواند به عنوان یک روش غیرمخرب و سریع برای پیشگویی ویژگی‌های آن استفاده شود. وو^۴ و همکاران (۲۰۰۹) با بررسی استفاده از شاخص بافت تصویر (انتروپی) برای طبقه‌بندی چای عنوان نمودند که استفاده از این پارامتر امکان طبقه‌بندی چای سبز با دقت بالا را امکان‌پذیر می‌سازد.

هندسه برخالی یک مفهوم نسبتاً جدیدی است که معمولاً برای توصیف اشکال پیچیده استفاده می‌شود. اشکال هندسی طبیعی مانند درخت کاج، کرات آسمانی با اشکال اقلیدوسی مانند مخروط و کره قابل توصیف‌اند اما اشکال طبیعی زیادی وجود دارد که به خاطر پیچیده بودن از لحاظ هندسی قابل توصیف با اشکال اقلیدوسی نیستند و باید از هندسه برخالی برای توصیف این اشکال استفاده کرد (گودو و همکاران ۲۰۰۰ و سانتاکروز-وازگوز^۵ و همکاران ۲۰۰۷). از دیدگاه هندسی به شیئی برخالی گفته می‌شود که داری سه ویژگی خود متشابهی، پیچیده بودن در مقیاس خرد، و عدم صحیح بودن عدد مربوط به بعد آن، باشد. در هندسه اقلیدوسی از اعداد صحیح برای بررسی بعد اشکال استفاده می‌شود و معمولاً برای بعد خط، صفحه و فضا از اعداد ۱، ۲ و ۳ استفاده می‌شود. در حالی که

¹ Ribotta

² Image texture

³ Mendoza

⁴ Wu

⁵ Santacruz-Vazquez

⁶ Gonzales-Barron, and Woods

⁷ Gonzales-Barron and Butler

⁸ Pedreschi

⁹ Pérez-Nieto

در دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۸۰-۷۵ درصد به مدت ۳۰ دقیقه در اتاق تخمیر قرار گرفت. خمیر تهیه شده به قطعات ۲۰۰ گرمی تقسیم و در ظرف به مدت ۱۵ دقیقه در دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۸۰-۷۵ درصد تحت استراحت قرار گرفت. پخت قرص‌های خمیر نان در دمای ۱۸۰ درجه سانتی-گراد به مدت ۳۰-۲۵ دقیقه انجام شد، سپس قرص‌های نان سرد و سپس در بسته‌های پلی‌اتیلنی بسته‌بندی شد (یاسین^۱ و همکاران ۲۰۱۰).

تصویرگیری

به منظور بررسی ساختار مغز نان از هر سری پخت ۲ نان به تصادف انتخاب و قطعاتی به اندازه ۵ در ۱۰ سانتی‌متر از آن جدا شد و سپس در اتاقکی با دیوارهای به رنگ مشکی تصویربرداری صورت گرفت. بدین منظور، ابتدا برشی عمودی در نان به کمک چاقوی الکتریکی ایجاد و تصاویر مغز نان به کمک دوربین Canon مدل DS126191 گرفته شد. سپس از تصاویر گرفته شده، قطعات ۱۰۰۰ در ۱۰۰۰ پیکسلی تهیه و با فرمت bmp ذخیره شدند.

ارزیابی بافت تصویر

ارزیابی بافت تصویر با توجه به روش مندوزا و همکاران (۲۰۰۷) انجام شد. از میان روش‌های آماری مختلفی که برای آنالیز بافت تصویر وجود دارد، ماتریس همزمانی سطح خاکستری^۲ یکی از پرکاربردترین تکنیک‌های آنالیز بافت تصویر است که در آن مشخصه‌های بافت توسط برخی روش‌های آماری با استفاده از ماتریس همزمانی $Pd\theta(i, j)$ بدست می‌آید. قبل از ساختن ماتریس دو پارامتر θ (جهت جفت‌های پیکسلی) و d (فاصله بین جفت‌های پیکسلی) باید انتخاب شود. جهت θ یکی از چهار مقدار ۰، ۹۰، ۱۳۵ و ۱۸۰ فاصله بستگی به رزولیشن بافت دارد در بسیاری از موارد در صنایع غذایی d معمولاً طبق خواص ماده

روش دستگامی و سریع برای تعیین میزان تاثیر افزودن صمغ‌های قدومه شهری و زانتان بر پارامترهای بعد برخالی، تخلخل، اندازه حفرات و ویژگی‌های بافت تصویر بافت مغز نان استفاده شد. از طرفی با توجه به مصرف گسترده صمغ‌ها در صنایع غذایی، یافتن منابع جدید همواره یکی از دغدغه‌های محققان بوده است. لذا هدف بعدی این پژوهش، بررسی امکان به کارگیری صمغ قدومه شهری به عنوان یک ترکیب بهبوددهنده از طریق آنالیز تصویر و مقایسه این صمغ با صمغ تجاری زانتان می‌باشد.

مواد و روش‌ها

آرد مورد آزمایش (رطوبت ۱۱ درصد، پروتئین ۱۲ درصد، خاکستر ۰/۸ درصد، گلوتن مرطوب ۱۴ درصد) با درجه استخراج ۷۶ درصد از کارخانه سپید طوس (خراسان رضوی، ایران) تهیه و مخمر ساکاروماسیس سرویزیه از شرکت آستان قدس رضوی (خراسان رضوی، ایران) تهیه گردید. برای استخراج صمغ دانه قدومه شهری از روش ارائه شده توسط کوچکی و همکاران (۲۰۰۹) استفاده شد. صمغ زانتان نیز از شرکت سیگما تهیه گردید. بقیه مواد مورد استفاده که شامل شکر، روغن، نمک بود از بازار محلی مشهد تهیه گردید.

استخراج صمغ قدومه شهری

صمغ دانه قدومه شهری با استفاده از آب با دمای ۴۸ درجه سانتی‌گراد، $pH=8$ و نسبت آب به دانه ۳۰ به ۱ در طی یک ساعت توسط آبمیوه‌گیر استخراج و بوسیله آون (مدل SO-2005) خشک گردید (کوچکی و همکاران، ۲۰۰۹).

تهیه نان

به منظور تهیه تهیه نان قالبی مورد نظر ابتدا مخمر (یک درصد) را در آب گرم (۳۰ درجه سانتی‌گراد) مخلوط کرده و سپس اجزاء خشک (۱ درصد نمک، ۱/۵ درصد شکر، ۱۰۰ گرم آرد گندم و ۲ درصد روغن) را به آن اضافه و مخلوط به طور کامل هم زده شد. سپس خمیر

¹ Yaseen

² gray level co-occurrence matrix

هموژنیته به طور نسبی معکوس کنتراست و مبین میزان یکنواختی تصویر در یک مقدار انرژی ثابت است و به طور مشابه در یک کنتراست ثابت، هموژنیته به طور نسبی معکوس انرژی به حساب می‌آید (پارک و همکاران ۲۰۰۲)

برای محاسبه پارامترهای بافت ابتدا تصاویر با استفاده از نرم افزار z image در اندازه ۱۰۰۰ در ۱۰۰۰ پیکسل برش داده شد و شماره‌گذاری شد سپس توسط نرم افزار mat lab مقدار این پارامترها مورد محاسبه قرار گرفت.

محاسبه بعد برخالی

برای محاسبه بعد برخالی از روش ون شیونگ^۳ و همکاران (۲۰۰۳) استفاده شد. بدین ترتیب برای محاسبه بعد برخالی از روش شمارش جعبه تفاضلی^۴ استفاده شد. برای این کار ابتدا تصاویر با استفاده از نرم‌افزار z image به تصاویر سطح خاکستری تبدیل شدند و در ادامه به کمک پلاگین Mapfractalcount و به استفاده از معادله زیر مقدار بعد برخالی محاسبه شد. در این فرمول N نشان‌دهنده تعداد جعبه و r نشان‌دهنده طول یکی از قسمت‌های جعبه می‌باشد.

$$FD_{CDBC} = \frac{\log(N)}{\log(\frac{1}{r})}$$

بالا بودن مقدار FD نشان‌دهنده پیچیده یا ناهموار بودن تصویر سطح خاکستری است در حالی که تصاویر با FD پائین معمولاً ساده و داری بافت صاف و نرم می‌باشند.

بررسی ریز ساختار مغز نان

همچنین جهت استخراج پارامترهای ریزساختار مغز نان، تصاویر تهیه شده در اختیار نرم‌افزار Image J قرار گرفتند. به این منظور نخست تصاویر رنگی تبدیل به نوع هشت بیتی شدند. جهت تبدیل تصاویر هشت بیتی به تصاویر دودویی، قسمت دودویی نرم‌افزار فعال گردید. این تصاویر، مجموعه‌ای از نقاط روشن و تاریک است.

غذایی مورد مطالعه بدست می‌آید. زمانی که اطلاعات کافی از انتخاب فاصله مناسب وجود ندارد، مقدار ۱ یا گروهی از مقادیر مختلف معمولاً مورد استفاده قرار می‌گیرد. با توجه به ماتریس همزمانی چهارده مشخصه به دست می‌آید که چهار مشخصه ذیل معمول‌ترین آن‌ها است.

محاسبه پارامترهای آنالیز بافت

۱- انرژی

$$\text{Energy} = \sum_i \sum_j p_{de}(i, j)^2$$

این پارامتر مبین میزان صافی یا یکنواختی سطح نمونه است به عبارت دیگر میزان تکرار شدن جفت پیکسل‌ها را اندازه‌گیری می‌کند و هر چه میزان تکرار شدن جفت پیکسل‌ها افزایش یابد، میزان صافی و یکنواختی سطح نمونه افزایش می‌یابد و هر چه میزان تکرار شدن جفت پیکسل‌ها کاهش یابد، صافی و یکنواختی نمونه کاهش می‌یابد (پارک^۱ و همکاران ۲۰۰۲).

۲- آنتروپی

$$\text{Entropy} = - \sum_i \sum_j p_{de}(i, j) \cdot \log p_{de}(i, j)$$

این پارامتر میزان بی‌نظمی یا تصادفی بودن جفت پیکسل‌ها را اندازه‌گیری می‌کند و مبین پیچیدگی تصویر است، بنابراین تصاویر با پیچیدگی بالا داری مقدار بالای آنتروپی‌آند و تصاویر ساده داری مقادیر پایین‌تری از آنتروپی‌اند (پارک و همکاران ۲۰۰۲)

۳- کنتراست

$$\text{Contrast} = \sum_i \sum_j (i - j)^2 \cdot p_{de}(i, j)$$

این پارامتر وجود پراکندگی مکانی^۲ در تصویر را اندازه‌گیری می‌کند. از این رو هر چه میزان کنتراست تصویر بالاتر باشد، میزان پراکندگی مکانی در تصویر بالاتر است. از طرفی میزان کنتراست نشان‌دهنده تنوع شدت سطوح خاکستری نیز می‌باشد (پارک و همکاران ۲۰۰۲).

۴- هموژنیته

$$\text{Homogeneity} = \sum_i \sum_j \frac{p_{de}(i, j)}{1 + (i - j)^2}$$

³ Wen-Shiung

⁴ Defferential Box counting

¹ Park

² local variations

آنتروپی

آنتروپی بافت تصویر نشان‌دهنده بی‌نظمی و پیچیدگی بافت تصویر است. نتایج مربوط به افزایش درصد صمغ نشان داد که با افزایش هر دو صمغ میزان آنتروپی بافت کاهش یافت (جدول ۱). در بین بافت تصاویر، آنتروپی نمونه شاهد نسبت به نمونه تهیه شده با صمغ قدومه شهری و زانتان بیشتر بود. به طوری که آنتروپی نمونه‌های حاوی یک درصد صمغ قدومه شهری (۰/۱۳۵۷) و زانتان (۰/۰۶۹) نسبت به نمونه شاهد (۰/۲۲۵۹) به طور معنی‌داری کاهش پیدا کرد ($P < 0/05$). با مقایسه اثرات دو صمغ مشاهده شد که صمغ زانتان نسبت به صمغ قدومه شهری اثر بیشتری بر میزان آنتروپی داشت. علت کاهش آنتروپی در اثر افزودن صمغ به دلیل ایجاد یک بافت منظم حاوی سلول‌های هوای منظم در بافت نان می‌باشد.

کنتراست

از آنجا که شاخص کنتراست نشان‌دهنده وجود پراکندگی مکانی^۱ در بافت تصویر است، از این رو، صمغ‌های مختلف با ساختار متفاوت بر شاخص کنتراست تاثیر مستقیمی دارند. نتایج نشان داد که با افزایش هر دو صمغ شاخص کنتراست کاهش یافت (جدول ۱) به طوری که این شاخص در نمونه‌های حاوی یک درصد صمغ قدومه شهری (۰/۰۱۷۰) و زانتان (۰/۰۲۸۴) نسبت به نمونه شاهد (۰/۰۸۵۸) به طور معنی‌داری کمتر بود ($P < 0/05$). این کاهش کنتراست بدین معنی است که با افزودن صمغ‌های قدومه شهری و زانتان، میزان پراکندگی‌های مکانی کمتر شده و تصویر یک دست‌تری از بافت تصویر به وجود آمده است.

جهت تقطیع تصاویر از روش آستانه‌گیری دستی بر مبنای رنگ قرمز استفاده شد. سپس با تنظیم و فعال کردن قسمت آنالیز نرم‌افزار، پارامترهای مورد نظر همچون تعداد کل سلول‌ها، اندازه سلول‌ها، سطح کلی سلول‌ها و میزان تخلخل مغز نان مورد محاسبه قرار گرفت (شهیدی و همکاران ۱۳۸۹).

تحلیل آماری

در این پژوهش از طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در قالب فاکتوریل استفاده شد و از آزمون چند دامنه‌ای دانکن نیز برای مقایسه‌ی میانگین‌ها در سطح ۵٪ استفاده گردید. همچنین آنالیز واریانس داده‌ها و رسم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Minitab 16، Mstatc و Excel 2010 انجام شد.

نتایج و بحث

اثر صمغ‌های قدومه شهری و زانتان بر پارامترهای بافت تصویر

انرژی

نتایج مربوط به اثر صمغ‌های قدومه شهری و زانتان بر پارامترهای بافت تصویر در جدول ۱ آورده شده است. همان طور که در جدول دیده می‌شود مقدار انرژی تصویر با افزودن هر دو صمغ افزایش یافت، به طوری که هر دو صمغ در بالاترین غلظت خود (یک درصد) داری بیشترین مقدار انرژی بودند (جدول ۱). این افزایش انرژی بدین معنی است که با افزایش غلظت این دو صمغ میزان صافی و یکنواختی نمونه نان افزایش یافت. تاثیر افزایش غلظت صمغ زانتان بر میزان انرژی بافت تصویر نسبت به صمغ قدومه شهری بیشتر بود به طوری که بالاترین میزان انرژی (۰/۸۴۰۳) در مغز نان حاوی ۱ درصد صمغ زانتان دیده شد. علت افزایش مقدار انرژی با افزایش صمغ‌ها احتمالاً به علت ایجاد یک ساختار ملکولی منظم و شبکه مانند این صمغ‌ها می‌باشد.

¹ local variations

جدول ۱- اثر غلظت‌های مختلف صمغ قدومه شهری و زانتان بر پارامترهای بافت تصویر

صمغ	غلظت (%)	انرژی	آنتروپی	کنتراست	هموژینیتی
شاهد	۰	۰/۴۳۹۷ ^c	۰/۲۲۵۹ ^a	۰/۰۸۵۸ ^a	۰/۹۵۷۱ ^b
زانتان	۰/۵	۰/۵۶۳۴ ^c	۰/۱۸۷۰ ^b	۰/۰۴۸۶ ^b	۰/۹۶۵۷ ^b
	۱	۰/۸۴۰۳ ^a	۰/۰۶۹ ^d	۰/۰۲۸۴ ^d	۰/۹۸۹۸ ^a
قدومه شهری	۰/۵	۰/۴۶۵۹ ^d	۰/۲۲۴۴ ^a	۰/۰۴۴۳ ^c	۰/۹۶۰۲ ^b
	۱	۰/۶۸۵۵ ^b	۰/۱۳۵۷ ^c	۰/۰۱۷۰ ^e	۰/۹۹۱۴ ^a

حروف مشابه در هر ستون نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد است.

هموژینیتی

نتایج نشان داد که افزودن ۰/۵ درصد از هر یک از صمغ‌ها، اثر معنی‌داری بر هموژینیتی بافت تصویر نداشت ولی با افزایش سطوح هر یک از صمغ‌ها، هموژینیتی بافت تصویر به طور معنی‌داری افزایش یافت. هر چند مقدار هموژینیتی بافت تصویر نان حاوی صمغ قدومه شهری در مقایسه با صمغ زانتان بالاتر بود، اما این تفاوت از نظر آماری معنی‌دار نبود ($P < 0/05$) (جدول ۱).

بعد برخالی

یکی دیگر از پارامترهای بدست آمده از پردازش تصویر، بعد برخالی است. که یک توصیف عددی از مرفولوژی شکل با ساختارهای پیچیده و منظم می‌باشد و معمولاً برای توضیح تغییرات رخ داده شده در ساختار مواد غذایی در طول و یا در طی فرایند به کار می‌رود. این پارامتر در بسیاری از موارد یک عدد غیر-صحیح است و به عنوان درجه‌ی از بی‌نظمی و پیچیدگی یک شی یا شکل شناخته می‌شود (پلگ و نورمند^۱ ۱۹۸۵؛ بارلتا و باربوسا^۲ ۱۹۹۳؛ رحمان^۳ ۱۹۹۷؛ چانونا^۳ و همکاران ۲۰۰۳ و کردیبیون و دواهاستین^۳ ۲۰۰۷).

همان‌طور که در شکل ۲ مشاهده می‌شود، با افزودن صمغ‌های قدومه شهری و زانتان، شاخص بعد برخالی بافت کاهش یافت، به طوری که بالاترین شاخص بعد برخالی (۲/۷۹) مربوط به نمونه شاهد و پایین‌ترین شاخص مربوط به نمونه حاوی ۱ درصد صمغ قدومه شهری (۲/۷۱) است. رینولد و همکاران (۲۰۱۱) نیز عنوان داشتند که مواد متخلخل همچون نان به عنوان یک سطح چین چروک و به عنوان یک جامد متخلخل در نظر گرفته می‌شود و بعد برخالی نان بین ۲ تا ۳ قرار دارد. همچنین استفاده از تئوری برخالی برای توصیف بی-نظمی سطح نان توسط کاوال و همکاران (۱۹۹۸) مورد پژوهش قرار گرفت. این پژوهشگران با بررسی تصاویر خاکستری سطوح نان بیان کردند که با افزایش بی‌نظمی سطح نان، بعد برخالی افزایش می‌یابد.

بررسی ساختار مغز نان

نان به عنوان یک ماده جامد اسفنجی، حاوی یک فاز پراکنده (فاز هوا) و یک فاز پیوسته جامد می‌باشد که نحوه توزیع، یکنواختی، تعداد و اندازه سلول‌ها از عوامل موثر بر کیفیت محصول نهایی به شمار می‌آیند. افزودن صمغ‌ها باعث افزایش تعداد کل سلول‌ها شد به طوری که در تمام نمونه‌های حاوی صمغ، تعداد کل سلول‌ها نسبت به نمونه‌های فاقد صمغ افزایش یافت (شکل ۲)

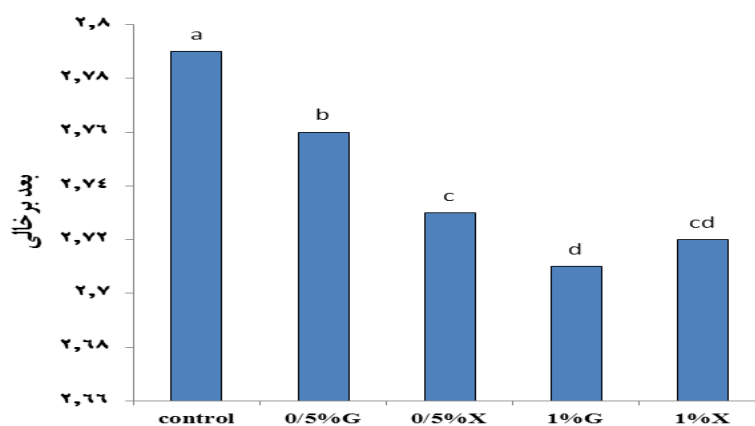
¹ Peleg M, and Normand

² Rahman

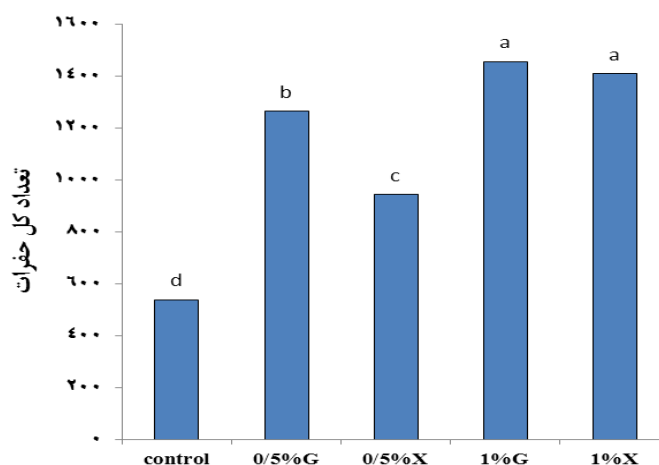
³ Chanona

سلول‌های گازی به دلیل ایجاد یک لایه ضخیم در سطح سلول‌ها، باعث پایداری سلول‌های گازی شده، بنابراین هر سلول به طور مجزا و جداگانه باقی مانده و اندازه آن کوچکتر خواهد ماند (ازگه ازکوک و همکاران ۲۰۰۹). افزایش هر دو صمغ باعث افزایش سطح کلی سلول‌ها شد. دلیل این امر، افزایش تعداد کل سلول‌ها و تغییر کم در اندازه حفرات (به علت وجود شبکه گلوئنی) می‌باشد (شکل ۴).

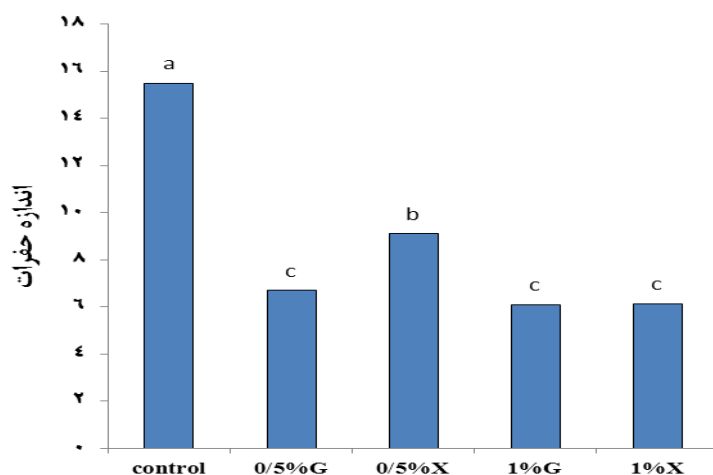
افزایش تعداد سلول‌ها با افزایش صمغ می‌تواند به دلیل تاثیر صمغ‌ها بر پایداری سلول‌های گازی از طریق تشکیل یک لایه ضخیم در سطح سلول‌ها باشد. حضور این لایه در سطح سلول‌ها باعث کاهش به هم پیوستن سلول‌های گازی می‌شود. بنابراین، نمونه‌های حاوی صمغ، تعداد سلول‌های بیشتر و اندازه کوچک‌تری خواهند داشت (ازگه ازکوک و همکاران ۲۰۰۹). افزایش غلظت هر صمغ باعث کاهش اندازه حفرات هوا شد. (شکل ۳) صمغ‌ها از طریق کاهش به هم پیوستن



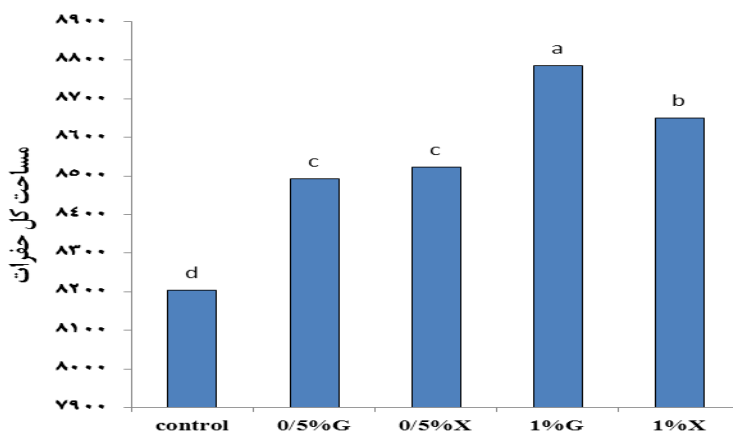
شکل ۱- اثر افزودن هیدروکلونیدها بر شاخص بعد بر خالی (G: قهوه شهری، X: زانتان). حروف متفاوت نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح ۵ درصد می‌باشد



شکل ۲- اثر افزودن هیدروکلونیدها بر تعداد کل حفرات (G: قهوه شهری، X: زانتان). حروف متفاوت نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح ۵ درصد می‌باشد.



شکل ۳- اثر افزودن هیدروکلوئیدها بر اندازه حفرات (G: قدومه شهری، X: زانتان).
حروف متفاوت نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح ۵ درصد می‌باشد (میلی‌متر).



شکل ۴- اثر افزودن هیدروکلوئیدها بر مساحت کل حفرات (G: قدومه شهری، X: زانتان).
حروف متفاوت نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح ۵ درصد می‌باشد (میلی‌متر مکعب).

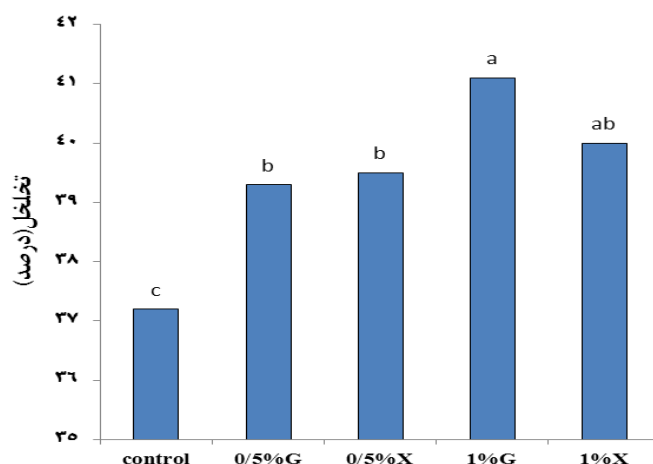
تعداد سلول‌های گازی و توزیع یکنواخت آن‌ها در محصول می‌باشد (زیوبرو^۲ و همکاران، ۲۰۱۲).

تخلخل

یکی از پارامترهای مهم مغز نان، تخلخل است که به طور کلی اشاره به ساختار منافذ موجود در مغز نان دارد و یکی از پارامترهای مهم در تعیین خواص کیفی مغز نان محسوب می‌شود (آرمرو^۱ و کولار، ۱۹۹۶). افزایش هر دو صمغ باعث افزایش میزان تخلخل شد (شکل ۵) افزایش تخلخل با افزودن صمغ در نان به دلیل افزایش

² Ziobro

¹ Armero



شکل ۵- اثر افزودن هیدروکلوئیدها بر میزان تخلخل (G: قدومه شهری، X: زانتان).

حروف متفاوت نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح ۵ درصد می‌باشد.

نتیجه‌گیری کلی

در این مطالعه برای معرفی یک روش جدید و غیرمخرب که بتواند اثرات صمغ‌های قدومه شهری و زانتان را بر ساختار مغز نان نشان دهد، از سیستم مبتنی بر تصویربرداری استفاده شد و برای کمی کردن این اثرات از مفاهیمی همچون بعد برخالی، پارامترهای بافت تصویر و ساختار مغز نان کمک گرفته شد. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد با افزایش صمغ‌های قدومه شهری و زانتان بعد برخالی، آنتروپی، کنتراست و اندازه حفرات کاهش و پارامترهای همچون انرژی، هموژینیتی، تعداد کل حفرات، مساحت کل حفرات و تخلخل افزایش یافت. با توجه به نتایج حاصل از این پژوهش می‌توان عنوان کرد که با توجه به ساختار مورفولوژیکی نامنظم و پیچیده نان می‌توان از تئوری برخال برای بررسی اثرات فرایندها و ترکیبات استفاده نمود. از طرفی

مشخص گردید که آنالیز بافت تصویر به خوبی قادر به بیان تغییرات بافت مغز نان در اثر فرمولاسیون‌های مختلف بوده و با توجه به پارامترهای بافتی شامل کنتراست، همبستگی، یکنواختی و انرژی می‌توان این تغییرات را به طور محسوسی بررسی نمود. براساس نتایج حاصله مشخص شد که صمغ قدومه شهری همچون زانتان توانایی اصلاح و بهبود ساختار مغز نان را دارد و می‌تواند به عنوان یک بهبوددهنده، کیفیت نان حاصله را افزایش دهد. از این رو صمغ قدومه شهری از لحاظ خصوصیات عملکردی تا حدودی مشابه صمغ زانتان می‌باشد. بنابراین با توجه به استفاده گسترده از صمغ‌ها در صنایع غذایی و هزینه بالای این ترکیبات، امکان استفاده از صمغ قدومه شهری به عنوان یک منبع جدید هیدروکلوئیدی و بومی مناسب جهت بهبود کیفیت نان قالبی وجود دارد.

منابع مورد استفاده

- شهیدی ف، محبی م و احتیاطی ا، ۱۳۸۹. تحلیل تصاویر رقمی مغز نان بربری غنی شده با آرد سویا. نشریه پژوهش‌های علوم و صنایع غذایی ایران، جلد ۶، شماره ۴، صفحه ۲۴۷-۲۵۳.
- Armero E, and Collar C, 1996. Anti-staling Additives. Flour type and sourdough process effect on functionality of wheat dough's. *Journal of Food Science*, 61: 299-303.
- Barletta BJ, and Barbosa, CG, 1993. Fractal analysis to characterize ruggedness changes in tapped agglomerated food powders. *Journal of Food Science*, 58: 1030-1035.

- Chanona PJJ, Alamilla BL, Farrera RRR, Quevedo R, Aguilera JM, and Gutiérrez LGF, 2003. Description of the convective air drying of a food model by means of the fractal theory. *Food Science and Technology International*, 9(3): 207–213.
- Crowley P, Grau H, and Arendt EK, 2000. Influence of additives and mixing time on crumb grain characteristics of wheat bread. *Cereal Chemistry*, 77(3): 370–375.
- Gonzales R, and Woods RE, 2008. *Digital Image Processing-Third Edition*, Pearson Education Inc. 200 220.
- Gonzales-Barron U, and Butler F, 2008. Fractal texture analysis of bread crumb digital images. *European Food Research and Technology*, 226, 4: 721-729.
- Kerdpiaboon S, and Devahastin S, 2007. Fractal characterization of some physical properties of a food product under various drying conditions. *Drying Technology*, 25(1), 135–146.
- Kieffer R, Wieser H, Henderson MH, and Graveland H, 1998. Correlations of the bread making performance of wheat flour with rheological measurements on a micro-scale. *Journal Cereal Science*, 27: 53-60.
- Koocheki A, Kadkhodae R, Mortazavi SA, Shahidi F, and Taherian AR, 2009. Influence of *Alyssum homolocarpum* seed gum on the stability and flow properties of O/W emulsion prepared by high intensity ultrasound. *Food Hydrocolloids*, 23: 2416-2424.
- Kvaal K, Wold JP, Indahl UG, Baardseth P, and Naes T, 1998. Multivariate feature extraction from textural images of bread. *Chemometrics Intelligent Laboratory Systems*, 42(1–2): 141–158.
- Lagrain B, Boeckx L, Wilderjans E, Delcour JA, and Lauriks W, 2006. Non-contact ultrasound characterization of bread crumb: application of the Biot-Allard model. *Food Research International*, 39: 1067–1075.
- López G, Alamilla-Beltrán L, and Calderón-Domínguez G, 2010. Image analysis of structural changes in dough during baking. *LWT Food Science and Technology*, 43: 535–543.
- Mendoza F, Dejmek P, Aguilera JM, 2007. Color and Texture analysis in classification of commercial potato chips. *Food Research International*, 40: 1146-1154.
- Ozge Ozkoc S, 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.
- Park B, Lawrence KC, Windham, WR, Chen YR, & Chao K. 2002. Discriminant analysis of dual-wavelength spectral images for classification poultry carcasses. *Computers and Electronics in Agriculture*, 33(3): 219–231.
- Pedreschi F, Aguilera JM, and Brown C, 2000. Characterization of food surfaces using scale sensitive fractal analysis. *Journal of Food Processing Engineering*, 23: 127–143.
- Peleg M, and Normand MD. 1985. Characterization of the ruggedness of instant coffee particles by natural fractals. *Journal of Food Science*, 50(3), 829–831.
- Pérez-Nieto A, Chanona-Pérez JJ, Farrera-Rebollo, RR, Gutiérrez- López G, Alamilla-Beltrán L, and Calderón-Domínguez G. 2010. Image analysis of structural changes in dough during baking. *LWT Food Science and Technology*, 43: 535–543.
- Phillips G.O., Williams P.A. 2000. *Handbook of hydrocolloids* CRC.
- Quevedo R, Carlos LG, Aguilera JM, and Cadoche L, 2002. Description of food surfaces and microstructural changes using fractal image texture analysis. *Journal of Food Engineering*, 53(4): 361 371.
- Rahman MS, 1997. Physical meaning and interpretation of fractal dimensions of fine particles measured by different methods. *Journal of Food Engineering*, 32: 447–456:
- Reynold R, Farrera-Rebollo, F,Salgado-Cruz M, Chanona-Pérez J, Gustavo F, and Georgina, C . 2012. Evaluation of Image Analysis Tools for Characterization of Sweet Bread Crumb Structure. *Food Bioprocess Technol* (2012) 5:474-484
- Ribotta PD, Pérez GT, Añón MC, and León AE, 2010. Optimization of additive combination for improved soy-wheat bread quality. *Food and Bioprocess Technology*, 3: 395–405.
- Riva M, and Liviero, S. 2000. Image analysis approach to characterize the bread cooking kinetic. *Industrie Alimentarie*, 39 (395): 593–660.

- Mettler, E., and Seibel, W. 1993. Effects of emulsifiers and hydrocolloids on whole wheat bread quality: a response surface methodology study. *Cereal Chemistry*, 70: 373-377
- Toufeili, I., Dagher, S., Shadarevian, S., Noureddine, A., Sarakbi, M., & Farran, M. (1994). Formulation of gluten-free pocket-type flat breads: optimization of methylcellulose, gum Arabic, and egg albumen levels by response surface methodology. *Cereal Chemistry*, 71, 594–601.
- Rodge AB, Ghatge PU, Wankhede DB, and Kokate, R K, 2006. Isolation, purification & rheological study of guar genotypes RGC-1031 and RGC-1038. *Journal Arid Legumes* 3: 41-43.
- Santacruz-Vazquez C, Santacruz-Vazquez V, Chanona-Perez J, Jaramillo-Flores ME, WeltiChanes J, and Gutierrez-Lopez G, 2007. Fractal Theory Applied to Food Science. *Encyclopedia of Agricultural, Food and Biological Engineering*, 1-13.
- Wen-Shiung C, Shang-Yuan Y, and Chih-Ming, H. 2003. Two algorithms to estimate fractal dimension of gray-level images. *Optical Engineering*, 42(8), 2452–2464
- Wu D, Yang H, Chen X, He Y, Li X, 2008. Application of image texture for sorting of tea categories using multi-spectral imaging technique and support vector machine. *Journal of Food Engineering*, 88, 4: 474-483.
- Yaseen, A.A., Shouk, A.H., and Ramadan, M.T. 2010. Corn-Wheat Pan Bread Quality as Affected by Hydrocolloids. *Journal of American Science* 6(10): 20-28.
- Ziobro R, Korus J, Witczak M, and Juszczak L, 2012. Influence of modified starches on properties of gluten-free dough and bread. Part 2, Quality and staling of gluten-free bread. *Food Hydrocolloids*, 29: 68-74.

Use of image texture and fractal dimensions analysis for evaluation of the effects of Qudome Shahri and Xanthan on crumb structure of pan bread

H Bagheri¹, A Koocheki² and M Mohebbi³

Received: July 22, 2015

Accepted: December 21, 2015

¹Former MSc Student, Department of food and Technology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

²Associate Professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

³Professors, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

*Corresponding author: Email: bagherihadi51@yahoo.com

Abstract

With regard to important bread on supply the high mass of energy and protein human, improvement quality and save nice quality product is essential. This experiment was carried out to evaluate the effect of hydrocolloids on pan bread crumb. In this study the effect of Qudome shahri (*Leidium perfoliatum*) and Xanthan gums (0.5 and 1 %) on crumb structure by use fractal dimensions, image texture (energy, entropy, contrast and homogeneity) and crumb characteristic (mean cell area and void fraction) was investigated. The results showed that with increasing concentrations of Xanthan gum and Qudome shahri, fractal dimensions, entropy, contrast and size of cell decrease. However, with increasing concentrations of hydrocolloids, energy, homogeneity, total cell and total cell area increased. The deduction of this work could be regarded as rapid, non-destructive, objective and inexpensive method for quality evaluation of bread crumb. Also based on the results, functional characteristics of Qudome shahri is similar Xanthan gum characteristics, thus enabling the use of a Qudome shahri gum as well local hydrocolloid is to improve the quality of pan bread.

Keywords: Qudome shahri, Xanthan, Fractal dimension, Image texture analysis, Crumb structure