

ارزیابی اثر صمغ زانتان بر ویژگی‌های کیفی نان شیرینی محلی کیچی و استفاده از تحلیل تصاویر رقمی در بررسی ویژگی‌های ریزساختاری آن

مینا اکبریان^۱، محبت محبی^{۲*}، آرش کوچکی^۳، الناز میلانی^۴، محمد خلیلیان موحد^۱

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

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

* نویسنده مسئول (m-mohebbi@um.ac.ir)

۳- استادیار، گروه پژوهشی فراوری مواد غذایی، پژوهشکده علوم و فناوری مواد غذایی جهاد دانشگاهی مشهد، مشهد، ایران

چکیده

کیچی یک نوع شیرینی محلی است که در استان‌های غربی کشور بخصوص استان چهارمحال بختیاری پخت می‌شود. این محصول عموماً به صورت سنتی تهیه شده و دارای ماندگاری پایین و بافت نامناسب می‌باشد. از این رو، هدف از انجام این پژوهش بررسی اثر صمغ زانتان در ۴ سطح (۰، ۰/۱، ۰/۳ و ۰/۵ درصد) به منظور بهبود خصوصیات کمی و کیفی نان محلی کیچی بود. همچنین میانگین اندازه حفره‌ها، تخلخل، بُعد برخالی و پارامترهای رنگی با استفاده از پردازش تصویر محاسبه گردید. نتایج حاصل نشان داد که با افزودن صمغ زانتان، ظرفیت نگهداری آب خمیر افزایش یافت. همچنین نتایج آزمون بافت‌سنجی بیان کرد که در غلظت‌های پایین صمغ زانتان (۰/۱ درصد براساس آرد) نمونه‌های نرم‌تر حاصل شد و میزان صمغیت در این نمونه به‌طور معنی‌داری کمتر از سایر نمونه‌ها بود ($P < 0.05$). علاوه بر این میزان تخلخل محصول در غلظت‌های پایین زانتان (۰/۱ درصد)، مشابه نمونه شاهد بود اما غلظت بیش از ۰/۱ درصد این صمغ سبب کاهش تخلخل محصول شد. از سوی دیگر افزودن صمغ زانتان تأثیری بر میزان بُعد برخالی بافت محصول نداشت. در مورد رنگ محصول افزودن زانتان تنها بر مقادیر L^* و b^* بافت مغز نمونه‌ها دارای اثر معنی‌دار بود. در نهایت می‌توان گفت که افزودن ۰/۱ درصد صمغ زانتان در فرمولاسیون این نان محلی منجر به تولید محصولی با کیفیت از لحاظ رنگ و بافت شده همچنین از نظر ارزیابی حسی بافت و ویژگی‌های حسی مطلوب داشت.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۵/۳۰

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۱/۲۳

واژه‌های کلیدی

ارزیابی حسی

تحلیل تصویر

نان شیرینی کیچی

هیدروکلوئید

مقدمه

به‌منظور بهبود کیفیت این محصولات، در بسیاری از موارد از افزودنی‌های مختلف مانند هیدروکلوئیدها استفاده می‌شود (Anderson & Andon, 1988). افزودن هیدروکلوئیدها به فرمول فرآورده‌های نانوائی باعث افزایش ظرفیت نگهداری آب در آنها می‌شود. این آب باعث افزایش حجم فرآورده‌ها، بدون تغییر در ویژگی‌های اصلی آنها می‌شود. هیدروکلوئیدها با تغییر ویژگی‌های رئولوژیکی خمیرها و محصولات نانوائی باعث حفظ کیفیت محصولات

پخت کاکولی یا کیچی، یکی از سنت‌های قدیمی است که عموماً در استان چهارمحال و بختیاری انجام می‌شود. مردم شهرکرد و فرخ‌شهر به آن کیچی و مردم بروجن به آن کچی می‌گویند. از نظر اندازه کیچی عموماً دارای قطر ۱۲ تا ۱۵ سانتی‌متر است و دارای قابلیت نگهداری تا ۱ هفته در یخچال را دارد. کیفیت نهایی محصولات پخت متأثر از موادی است که در فرمول آنها به‌کار می‌رود.

همچنین مطالعه‌های متعددی در زمینه افزودن هیدروکلوئیدها به فرمولاسیون محصولات صنایع پخت پرداخته شده است که در همین راستا می‌توان به تحقیق‌های Rosell, Rojas, De Barber و (۲۰۰۱) به بررسی تأثیر افزودن مقادیر ۰/۱ و ۰/۵ درصد از هیدروکلوئیدهای مختلف (آلژینات سدیم، کاپا کاراگینان، زانتان و هیدروکسی پروپیل متیل سلولز^۲) بر ویژگی‌های کیفی خمیر گندم پرداختند. باتوجه به نتایج این محققان، زانتان و آلژینات، بیشترین تأثیر را بر بهبود ویژگی‌های رئولوژیکی خمیر داشتند به طوری که سبب افزایش استحکام خمیر شدند. به علاوه، تمامی هیدروکلوئیدها (به جز آلژینات) سبب افزایش حجم، افزایش ظرفیت نگهداری و فعالیت آبی گردیدند. Lazaridou, Duta, Papageorgiou, Belc و Biliaderis (۲۰۰۷) تأثیر افزودن ۱ و ۲ درصد از هیدروکلوئیدهای مختلف (پکتین، کربوکسی متیل سلولز، آگاروز، زانتان و بتاگلوکان) را بر ویژگی‌های خمیر و خواص کیفی نان‌های بدون گلوتن بر پایه آرد برنج و ذرت بررسی کردند. باتوجه به نتایج، صمغ زانتان بیشترین تأثیر را بر خواص ویسکوالاستیک خمیر و افزایش استحکام آن داشت. به علاوه با افزایش میزان مصرف هیدروکلوئیدها از ۱ به ۲ درصد، حجم نان‌های تولیدی با کاهش همراه بود. اثر درصدهای مختلف صمغ زانتان بر رنگ، بافت و ساختار سلولی نان‌های ترکیبی حاصل از آرد گندم-کاساوا با استفاده از پردازش تصاویر توسط Aminu, Shittu و Abulude (۲۰۰۹) مورد مطالعه قرار گرفت. براساس نتایج این پژوهش مشخص شد که افزودن صمغ زانتان به فرمول نان باعث ایجاد نمونه‌های نان با ساختار متخلخل شد. علاوه بر این مشخص شد که تعداد سلول‌های کوچک مغز نان پس از افزودن ۱ درصد صمغ زانتان کاهش و در غلظت ۲ درصد، افزایش نشان داد. تعداد سلول‌های بزرگ مغز نان در سطح ۱ درصد به بالاترین مقدار خود رسید. امیرآبادی و همکاران (۱۳۹۳) اثر صمغ‌های زانتان و قدومه شهری را بر کیفیت و ماندگاری کیک شیفون مورد بررسی قرار دادند. نتایج آنها نشان داد که هر دو صمغ باعث بهبود ویژگی‌های کیک شیفون در روز تولید و طی زمان نگهداری گشتند. همچنین استفاده از ۰/۱ درصد صمغ زانتان باعث افزایش حجم و پیوستگی، کاهش سفتی و افت رطوبت طی

نهایی می‌شوند. این ترکیبات ظرفیت نگهداری آب بالایی دارند، بنابراین به حفظ آب در فراورده‌های نانوائی کمک کرده، از مهاجرت آب به پوسته نان جلوگیری می‌کنند. هیدروکلوئیدها، مولکول‌های آب را از دسترس زنجیره‌های نشاسته خارج می‌کنند و در نتیجه این زنجیره‌ها نمی‌توانند به یکدیگر متصل شوند، در نتیجه بیاتی محصولات پختی به تعویق می‌افتد. مکانیسم دیگری به تعویق انداختن بیاتی که به هیدروکلوئیدها نسبت داده می‌شود این است که این مواد از اتصال زنجیره‌های نشاسته به شبکه گلوتنی جلوگیری کرده، مانع سفت شدن بافت داخلی نان می‌شوند. در این میان زانتان در دسته این ترکیبات هیدروفیل قرار دارد که یک پلی ساکارید خارج سلولی است که توسط باکتری *Zantamonas کمپستریس*^۱ تولید می‌شود. با استفاده از این صمغ می‌توان حجم، رطوبت و استحکام مغز فراورده‌های پخت را بالا برد (Phillips & Williams, 2000).

اساس ارزیابی کیفی عمدتاً ذهنی بوده، در بیشتر موارد با خطاهای انسانی مواجه می‌شود. از این رو استفاده از روش‌های جدید مانند تحلیل تصویر می‌تواند منجر به کاهش خطاهای انسانی شده، هزینه کنترل کیفیت را تا حد زیادی کاهش دهد. تحلیل تصویر تکنیکی است که با استفاده از آن می‌توان بسیاری از خصوصیات کمی و کیفی نمونه مورد نظر را استخراج کرده، براساس آنها نمونه را کنترل کرد. در محصولات نانوائی، ویژگی‌هایی مانند رنگ و بافت از اهمیت زیادی در کنترل کیفیت برخوردارند، بنابراین، در بیشتر تحقیق‌های این دو پارامتر مورد بررسی و تحقیق قرار گرفته‌اند (Du & Sun, 2004). در سال‌های اخیر تحقیق‌های گسترده‌ای به منظور استفاده از تحلیل تصویر برای ارزیابی کیفیت بافت انجام شده است که نشان از موفقیت این روش برای ارزیابی بافت بدون تخریب دارد (Karim, Rahman, Pham, & Fawzia, 2018). در همین راستا پژوهشگران زیادی از این روش برای ارزیابی ویژگی‌های محصولاتی مانند نان غنی شده با گلوتن (شهیدی، محبی و احتیاطی، ۱۳۸۹)، کیک فاقد گلوتن (یانبی، اعلمی، محمدزاده، صادقی و کشمیری، ۱۳۹۶) نان باگت (جهان‌دیده، تقی‌زاده، حدادخداپرست و کوچکی، ۱۳۹۴)، کیک شیفون (امیرآبادی، کوچکی و محبی، ۱۳۹۳)، و غیره انجام شده است.

² Hydroxypropylmethyl cellulose

¹ *Xanthomonas campestris*

تهیه خمیر نان کیچی

برای فرمولاسیون خمیر طبق روش سنتی عمل گردید که برای بهبود آن از صمغ زانتان استفاده شد. این فرمولاسیون شامل ۵۲ درصد آرد گندم، ۷/۳ درصد آب، ۵/۵ درصد شورتنینگ، ۱۵ درصد شکر، ۵/۵ درصد روغن، ۱۱ درصد شربت اینورت، ۲/۵ درصد تخم‌مرغ، ۰/۲ درصد بیکنینگ‌پودر، ۰/۵ درصد شیرخشک، ۰/۲ درصد امولسیفایر مونو و دی‌گلیسیرید و اندکی وانیل بود. صمغ زانتان در سطوح مختلف (۰، ۰/۱، ۰/۳، ۰/۵ و ۰/۵ درصد) به فرمولاسیون خمیر اضافه شد. تمام ترکیبات خمیر در یک مخلوط‌کن (Berjaya، ساخت مالزی) ابتدا با سرعت ۴۷۵ دور در دقیقه به مدت ۸ دقیقه و سپس با سرعت ۹۵۰ دور در دقیقه به مدت ۲ دقیقه مخلوط شدند.

در ادامه خمیر به مدت ۱۵۰ دقیقه در دمای ۲۵-۳۰ درجه سانتی‌گراد (دمای اتاق) به‌عنوان زمان استراحت قرار داده شد. سپس خمیر را به ابعاد ۵×۶ سانتی‌متر و ضخامت ۱ سانتی‌متر تهیه‌کرده و در فر (28-Eure-et-ABRIQUE، ساخت فرانسه) با دمای ۱۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۰ دقیقه قرار گرفت. بعد از کامل شدن پخت، نان حاصل در دمای اتاق قرار داده شد، تا سرد گردد (شکل ۱) و پس از آن در بسته‌های پلاستیکی به‌منظور انجام آزمون‌های کمی و کیفی به مدت ۲۴ ساعت نگهداری شد (Shi, Yu, & Lee, 2013).



شکل ۱- تصویر نان شیرینی محلی کیچی

آزمون‌های خمیر

ظرفیت نگهداری آب خمیر (WHC^۲)

۱۰ گرم از خمیر تولیدی به دقت وزن شد و به لوله‌های سانتریفیوژ ۲۰ میلی‌لیتری از قبل وزن‌شده، اضافه و سپس در ۵۰۰۰ دور در دقیقه (۲۸۸۰ دور در دقیقه) برای مدت

نگهداری شد. موحد، خلعتبری‌محسنی و احمدی‌چناربن (۱۳۹۳) اثر صمغ زانتان و آرد سیب‌زمینی بر خصوصیات کیفی نان تست را مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج آنها نشان داد غلظت ۰/۵ درصد صمغ زانتان نسبت به ۱ درصد میزان نرمی کمتر، حجم بیشتر و بیاتی کمتری را در نمونه‌ها ایجاد می‌کند.

تاکنون مطالعه‌های زیادی در مورد اثر هیدروکلوئیدها بر بهبود بافت و بیاتی و حتی استفاده از آنها به‌عنوان جایگزین گلوتن در نان انجام شده است، اما بررسی اثر هیدروکلوئیدها بر سایر فراورده‌های نانوائی مانند کلوچه و محصولات بومی بسیار محدود بوده است. از آنجاکه صمغ زانتان قادر به ایجاد ویسکوزیته بالا در غلظت پایین، دارای مقاومت بالا در برابر حرارت، سازگار در مقابل نمک و انجماد بوده و همچنین در یکنواختی، به‌دام‌انداختن و حفظ هوای خمیرابه‌های کیک‌ها و بیسکویت‌ها اهمیت دارد، استفاده از این صمغ باعث افزایش حجم، رطوبت و استحکام بافت این فراورده‌ها می‌شود (Phillips & Williams, 2000). لذا هدف از این تحقیق بهبود خصوصیات کیفی نان شیرینی کیچی در اثر استفاده از بهبوددهنده‌هایی مثل زانتان می‌باشد. همچنین با استفاده از تحلیل تصویر رقمی که روشی غیرمخرب و سریع می‌باشد، اثر غلظت‌های مختلف صمغ زانتان بر خصوصیات رنگ پوسته و مغز نان، تخلخل، ویژگی‌های بافتی، میزان حفره‌ها، بُعد برخالی مغز و ضخامت پوسته نان شیرین غیرتخمیری کیچی بررسی شد تا نمونه بهینه تولید شود.

مواد و روش‌ها

مواد اولیه

مواد اولیه مورد استفاده شامل آرد گندم (شرکت کلاله، ساخت ایران؛ درجه استخراج ۷۷ درصد، دارای ۱۴/۲ درصد رطوبت، ۰/۴۸ درصد خاکستر، ۱۰ درصد پروتئین و ۲۵ درصد گلوتن مرطوب)، شورتنینگ (Elais S.A.)، ساخت یونان)، شکر (شرکت شیرین، ساخت ایران)، شیرخشک (پگاه خراسان)، صمغ زانتان (Sigma St. MO, Louis، ساخت آمریکا)، مونو و دی‌گلیسیرید^۱ (شرکت آذر نوش، ساخت ایران)، شربت اینورت، تخم‌مرغ، بیکنینگ‌پودر و وانیل می‌باشد.

^۲ Water Holding Capacity

^۱ Mono and Diglycerides

Canon، ساخت ژاپن) انجام شد که با پورت USB به رایانه متصل بود. دوربین در فاصله ۲۰ سانتی متری نمونه‌ها و موازی با آنها روی پایه ثابت بود. تصویرگیری با نرم‌افزار EOS Utility انجام گرفت. ویژگی‌های دوربین بدین صورت بود که فلاش دوربین روی حالت خاموش، زوم اتومات روشن، تراز سفیدی^۲ روی فلورسنت، سرعت ایزو^۳ ۱۰۰ و دیافراگم^۴ F5.6 تنظیم شد (خوش‌اخلاق، محبی و موحد، ۱۳۹۵).

تصویرگیری در حالت M انجام گرفت. در این حالت امکان تنظیم پارامترهای سرعت ایزو و دیافراگم وجود داشت و تصاویر با فرمت JPEG ذخیره شد.

ارزیابی رنگ پوسته و مغز نان

به‌منظور بررسی و تحلیل رنگ پوسته و مغز نان، ابتدا از تصاویر گرفته‌شده قطعه‌های ۱۰۰×۱۰۰ پیکسلی تهیه‌شده، سپس با استفاده از نرم‌افزار ImageJ نسخه ۱.۴۷، تصاویر به فضای $L^* a^* b^*$ تبدیل شدند (L^* شاخص روشنایی، a^* جزء رنگی دارای طیف رنگی سبز تا قرمز و b^* دارای طیف رنگی آبی تا زرد). برای این منظور در فضای برنامه از منوی plugin گزینه Color Space Converter انتخاب‌شده، گزینه‌های تبدیل به فضای رنگی $L^* a^* b^*$ تنظیم و نقطه مرجع D56 انتخاب شد (Naji-Tabasi & Mohebbi, 2015).

ارزیابی تخلخل مغز نان

برای بررسی تخلخل مغز نمونه‌های نان حاصل، تصاویر رنگی گرفته‌شده از فرمت ۳۲ بیتی به فرمت ۸ تبدیل شدند. برای تقطیع تصاویر از روش آستانه‌گیری بر مبنای رنگ قرمز استفاده شد. به این منظور، از الگوریتم آستانه‌گیری Otsu در نرم‌افزار ImageJ استفاده شد.

از نتایج مستخرج از پردازش تصاویر در این بخش می‌توان به میزان تخلخل دست یافت که عبارت است از نسبت مجموع سطح حفره‌های هوا به سطح کل نان و از رابطه (۲) محاسبه می‌شود (شهیدی و همکاران، ۱۳۸۹).

$$\text{رابطه (۲)} = \frac{\text{مجموع سطح حفره‌های هوا}}{\text{سطح کل نان}}$$

۶۰ دقیقه سانتریفیوژ شد. مایع سانتریفیوژشده روشن، به‌صورت قطره‌قطره ریخته‌شده و باقی‌مانده آن وزن شد. نسبت وزن بعد و قبل از سانتریفیوژ برای مشخص کردن WHC خمیر استفاده شد (Xu, Huang, Jia, Kim, & Liu, 2009).

آزمون‌های کمی و کیفی نان

آنالیز پروفیل بافت (TPA^۱) مغز نان

با استفاده از دستگاه بافت‌سنج (TA-XT PlusTM, Texture Analyzer, Stable Micro Systems، انگلستان) قطعه مکعبی از قسمت مرکزی بافت نمونه‌ها با ارتفاع، طول و عرض ۲۵ میلی‌متری نان با استفاده از پروب ۴۰ میلی‌متری استوانه‌ای شکل با سرعت ۱/۷ میلی‌متر بر ثانیه تا ۱۰ میلی‌متر (۴۰ درصد تغییر شکل) فشرده، در همان سرعت رها شد. پارامترهای بافتی حاصل از منحنی نیرو-مسافت (سفتی، پیوستگی، صمغیت و ارتجاعیت) اندازه‌گیری شد (Shi et al., 2013).

حجم مخصوص

برای اندازه‌گیری حجم از روش جایگزینی حجم با دانه کلزا استفاده شد. وزن نان به دقت تعیین‌شده و حجم مخصوص با استفاده از رابطه (۱) محاسبه گردید (Xu, Hall III, & Manthey, 2014):

رابطه (۱)

$$\text{حجم مخصوص} = \frac{\text{حجم نان}}{\text{جرم نان}}$$

در رابطه (۱) حجم نان برحسب سانتی‌مترمکعب و وزن نان برحسب گرم بود.

تصویربرداری

از هر مرحله پخت، تعدادی نمونه انتخاب‌شده، سپس در اتاقکی که دیوارهای آن مشکی بود، تصویربرداری صورت گرفت. علت مشکی‌بودن دیوارها، عدم بازتاب نور و جلوگیری از ایجاد نوسان در تصویربرداری بود. برای ایجاد نور در اتاقک از ۴ ردیف لامپ فلورسنت (هر ردیف حاوی ۴ لامپ) و یک لامپ فلورسنت مرکزی در سقف اتاقک استفاده شد. تصویرگیری با استفاده از دوربین (1000D،

² White balance

³ Iso velocity

⁴ Aperture AV

¹ Texture profile analysis (TPA)

ارزیابی اندازه و شکل حفره‌ها

برای بررسی حفره‌های بافت نمونه‌های نان، بعد از حذف نویز، تصاویر رنگی گرفته‌شده از فرمت ۳۲ بیتی به فرمت ۸ تبدیل شدند. سپس تصویر دوتایی شده و توسط منوی Analyze particle حفره‌های موجود در بافت نان، مورد آنالیز قرار گرفت.

پارامترهای مورد بررسی برای ارزیابی حفره‌ها عبارت‌اند از فراکسیون سطح حفره‌ها^۱، سطح کلی^۲، اندازه میانگین^۳، محیط، نسبت سطح به سلول‌های کلی، دانسیته سلولی^۴، سطح سلولی میانگین و همچنین کرویت^۵، نسبت تصویر^۶، گردی^۷، یکپارچگی^۸ که طبق رابطه‌های (۳) تا (۶) به دست می‌آیند:

مقدار عددی ۱ برای پارامتر کرویت نشان‌دهنده دایره کامل است. درحالی‌که مقادیر نزدیک صفر نشان‌دهنده کشیدگی شکل است. پارامتر کرویت طبق رابطه (۳) به دست می‌آید:

رابطه (۳)

$$\text{کرویت} = 4\pi \times \frac{[\text{سطح}]}{[\text{محیط}]^2}$$

نسبت تصویر، نسبت طول محور بزرگ‌تر به طول محور کوچک‌تر می‌باشد و طبق رابطه (۴) به دست می‌آید:

رابطه (۴)

$$\text{نسبت تصویر} = \frac{[\text{محور بزرگ}]}{[\text{محور کوچک}]}$$

پارامتر گردی عکس پارامتر نسبت تصویر می‌باشد و نشان‌دهنده این است که تا چه اندازه شکل حفره از حفره دور است و طبق رابطه (۵) به دست می‌آید:

رابطه (۵)

$$\text{گردی} = 4 \times \frac{[\text{سطح}]}{\pi \times [\text{محور بزرگ}]^2}$$

پارامتر یکپارچگی یا استحکام توصیف می‌کند که تا چه اندازه شکل محدب یا مقعر است و طبق رابطه (۶) به دست می‌آید (Naji-Tabasi & Mohebbi, 2015):

رابطه (۶)

$$\text{یکپارچگی} = \frac{[\text{سطح}]}{[\text{مساحت تحدب}]}$$

ضخامت پوسته

اندازه‌گیری ضخامت پوسته نمونه‌ها با استفاده از روش پردازش تصویر و از نرم‌افزار ImageJ با تعیین مقیاس نرم‌افزار براساس سانتی‌متر انجام شد (قیطران پور، تقی زاده، مهدویان مهر و عبدالمهری مقدم، ۱۳۹۳).

اندازه‌گیری بُعد برخالی

برای بررسی بُعد برخالی مغز نمونه‌های نان حاصل، از نرم‌افزار ImageJ استفاده شد. در این روش، فاکتور بُعد برخالی با روش شمارش جعبه از رابطه (۷) محاسبه گردید:

رابطه (۷)

$$FD = \frac{\log N}{\log 1/r}$$

در رابطه (۷)، N تعداد جعبه‌ها و r ارتفاع جعبه‌ها می‌باشد (Pourfarzad, Mohebbi, & Mazaheri-Tehrani, 2012).

ارزیابی حسی نان

داوران از بین دانشجویان کارشناسی ارشد گروه صنایع غذایی دانشگاه فردوسی مشهد انتخاب شدند. خصوصیات حسی نان از نظر فرم و شکل ظاهری (وجود پارگی و حفره)، وضع سطح فوقانی و زیرین (سوختگی و رنگ)، سفتی و نرمی بافت (خمیری بودن، سفت بودن، تردی غیرعادی و شکنندگی)، قابلیت جویدن، عطر و طعم، مزه و پذیرش کلی توسط ۱۰ داور بررسی شد. طی آزمون از داوران خواسته شد تا ضمن بررسی نمونه‌ها به تیماری که از نظر معیار مورد بررسی بهترین است امتیاز ۵ و به بدترین تیمار امتیاز ۱ بدهند (Rajabzadeh, 1991).

¹ Pore area fraction

² Total area

³ Average size

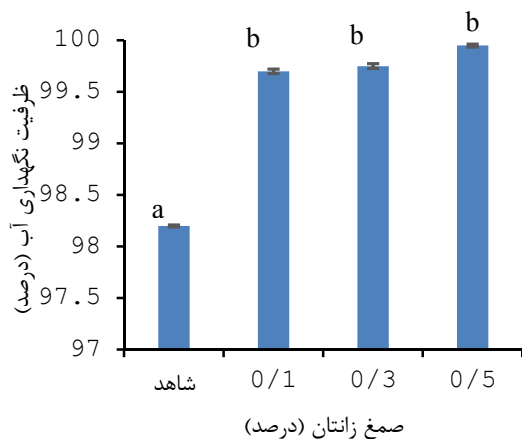
⁴ Cell Density

⁵ Circularity

⁶ Aspect ratio

⁷ Roundness

⁸ Solidity



شکل ۲- اثر مقدار مختلف صمغ زانتان بر ظرفیت نگهداری آب خمیر شیرین
حروف متفاوت نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در آزمون دانکن ($P < 0.05$) می‌باشد.

اثر صمغ زانتان بر حجم مخصوص نمونه‌های یخته‌شده
یکی از فاکتورهای مهم در ظاهر و بازاریابی محصول و ارزیابی کیفیت، حجم محصول پخته شده است (Phimolsiripol, Siripatrawan, Tulyathan, & Cleland, 2003; Sharadanant & Khan, 2008). همان‌طور که در شکل (۳) مشاهده می‌شود، نمونه‌های دارای ۰/۱ درصد زانتان، بیشترین مقدار حجم مخصوص را دارند (۱/۸۲ سانتی‌متر مکعب/گرم). افزایش بیشتر غلظت زانتان، منجر به کاهش حجم مخصوص در نمونه‌ها گردید. کاهش حجم مخصوص با افزایش غلظت در سطح بیش از ۰/۱ درصد صمغ احتمالاً به دلیل افزایش قابل توجه ویسکوزیته است که منجر به عدم گسترش مناسب خمیر و نگهداری گاز می‌شود (کوچکی، شهیدی، مرتضوی، کریمی و میلانی، ۱۳۹۰). نتایج تحقیق بزرگ، حجتی و جوینده (۱۳۸۸) نیز حاکی از کاهش حجم مخصوص نان در اثر افزودن صمغ زانتان بود. از طرفی Shouk, Yaseen و Ramadan (۲۰۱۰) نیز بیان کردند که افزودن صمغ‌های پکتین و صمغ عربی منجر به کاهش حجم مخصوص در نمونه‌های حاوی ۱۰۰ درصد آرد گندم شد. تفاوت موجود در حجم مخصوص نان در اثر افزودن صمغ زانتان در پژوهش‌های مختلف احتمالاً به دلیل اختلاف در نوع آرد مورد استفاده (کمیت و کیفیت گلوتم موجود در آن، میزان فعالیت آمیلازی)، خصوصیات صمغ مورد استفاده (میزان ویسکوزیته ناشی از آن، میزان افزایش جذب آب خمیر) و شرایط تخمیر می‌باشد. نتایج امیرآبادی و همکاران

آنالیز داده‌ها یا روش آماری تحلیل نتایج

تجزیه و تحلیل نتایج در چارچوب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار و مقایسه میانگین‌ها در سطح اطمینان ۹۵ درصد با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن انجام شد. آنالیز داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۸ و رسم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Microsoft Excel نسخه ۲۰۱۰ انجام شد.

نتایج و بحث

اثر صمغ زانتان بر ظرفیت نگهداری آب (WHC) خمیر شیرین

ظرفیت نگهداری آب (WHC) توانایی یک ماده برای نگهداری آب می‌باشد. هیدروکلوئیدها از طریق افزایش ظرفیت نگهداری باعث بهبود بافت در مواد غذایی می‌شوند (Moreira, Chenlo, Prieto, & Torres, 2012; WHC (Tabatabaee Amid & Mirhosseini, 2012). به‌طور معکوس با درصد آب خارج‌شده در حین سانتریفیوژ مرتبط است (Das, Anjaneyulu, Gadekar, Singh, & Pragati, 2008).

با افزودن صمغ زانتان، WHC خمیر نسبت به نمونه شاهد افزایش یافت (شکل ۲) اما تفاوت معنی‌داری ($P < 0.05$) بین WHC نمونه‌های حاوی غلظت‌های مختلف صمغ زانتان دیده نشد. این موضوع به دلیل توانایی زانتان در حفظ آب در خمیر می‌باشد و در نتیجه آب کمتری پس از سانتریفیوژ از خمیر تراوش خواهد کرد (Xu et al., 2009).

داوری کتیلته، عزیزی و فاضلی (۱۳۹۱) بیان کردند که هیدروکلوئیدهای زانتان و کتیرا باعث افزایش جذب آب در خمیر منجمد مربوط به نان شدند. Rosell و همکاران (۲۰۰۱) نیز گزارش کردند که وجود هیدروکلوئیدها در خمیر، جذب آب را افزایش می‌دهند و حضور صمغ‌ها در خمیر منجمد باعث تثبیت آب جذب‌شده می‌شود. هیدروکلوئیدها به علت دارا بودن گروه‌های هیدروکسیل، پیوند هیدروژنی با آب تشکیل داده و جذب آب را افزایش می‌دهند.

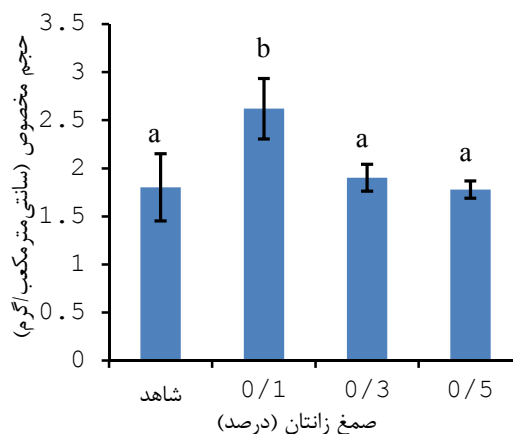
این امر احتمالاً به دلیل توانایی زانتان در باندشدن با آب و حفظ رطوبت است که منجر به نرم‌تر شدن بافت محصول می‌شود. Rosell و همکاران (۲۰۰۱) گزارش کردند که افزودن صمغ زانتان به فرمولاسیون خمیر می‌تواند سبب افزایش جذب آب و افزایش فعالیت آبی نمونه‌ها و منجر به تولید محصولی با بافت نرم‌تر شود. نتایج این تحقیق تطابق خوبی با نتایج Hager و Arendt (۲۰۱۳) دارد، آنها به این نتیجه رسیدند که با افزودن زانتان، سفتی مغز نان‌های تهیه‌شده از ذرت کاهش یافت.

همان‌طور که در شکل (۴-الف) مشاهده می‌شود، با افزایش غلظت زانتان از ۰/۱ به ۰/۳ یا ۰/۵، سفتی نمونه‌ها افزایش یافت. این نتایج تطابق خوبی با نتایج Crockett، Ie و Vodovotz (۲۰۱۱) داشت؛ آنها نتایج مشابهی را برای هیدروکسی پروپیل متیل سلولز در نان بدون گلوتن به دست آوردند. همچنین Mandala (۲۰۰۵) به این نتیجه رسید که فقط در غلظت‌های پایین صمغ زانتان (۰/۱۶ درصد براساس آرد) می‌توان به نمونه‌های نرم‌تر دست یافت.

پیوستگی بیانگر مقاومت درونی ساختار مواد غذایی است (Gómez, Ronda, Caballero, Blanco, & Rosell, 2007). براساس نتایج شکل (۴-ب) استفاده از غلظت‌های مختلف زانتان، باعث افزایش پیوستگی نمونه‌ها شد؛ اما اختلاف آنها با نمونه شاهد معنی‌دار نبود، به طوری که نمونه دارای ۰/۱ درصد زانتان، بیشترین پیوستگی را داشت اما افزودن بیشتر صمغ زانتان (۰/۳ و ۰/۵ درصد) باعث کاهش این پارامتر شد.

Gómez و همکاران (۲۰۰۷) در بررسی اثر صمغ‌ها (زانتان، آلژینات، کاراجینان، لوبیای خرنوب، گوار، پکتین و هیدروکسی پروپیل متیل سلولز) بر کیک لایه‌ای زرد تفاوت معنی‌داری در پیوستگی نمونه‌ها در مقایسه با نمونه شاهد مشاهده نکردند. نتایج تحقیق آنها نشان داد در روز دوم، تمام هیدروکلئیدهای مورد استفاده به جز زانتان پیوستگی بافت کیک را کاهش دادند.

(۱۳۹۳) نیز نشان دادند افزودن ۰/۱ درصد صمغ زانتان باعث افزایش حجم مخصوص کیک شیفون شد و با افزایش درصد زانتان به دلیل افزایش زیاد ویسکوزیته، خمیرابه توانایی نگهداری هوا حین مخلوط کردن را نداشته و گازهای تولیدشده حین پخت و یا بخار آب توان تغییر در حجم را نداشته و حجم مخصوص کاهش یافت. به علاوه در تحقیق‌هایی که Rosell و همکاران (۲۰۰۱) و Guarda، Rosell، Bedito و Galotto (۲۰۰۴) انجام دادند، زانتان باعث افزایش معنی‌داری در حجم مخصوص نمونه‌ها شد که تطابق زیادی با نتایج تحقیق حاضر ندارد. لازم به ذکر است فاکتور حجم مخصوص نان تحت تأثیر عواملی از قبیل مقدار پروتئین، میزان آلفا-آمیلاز و شرایط تخمیر نیز می‌باشد؛ بنابراین جهت تهیه یک نان با حجم خوب، استفاده از هیدروکلئید مناسب و آردی با پروتئین کافی مطلوب است (برزگر و همکاران، ۱۳۸۸).

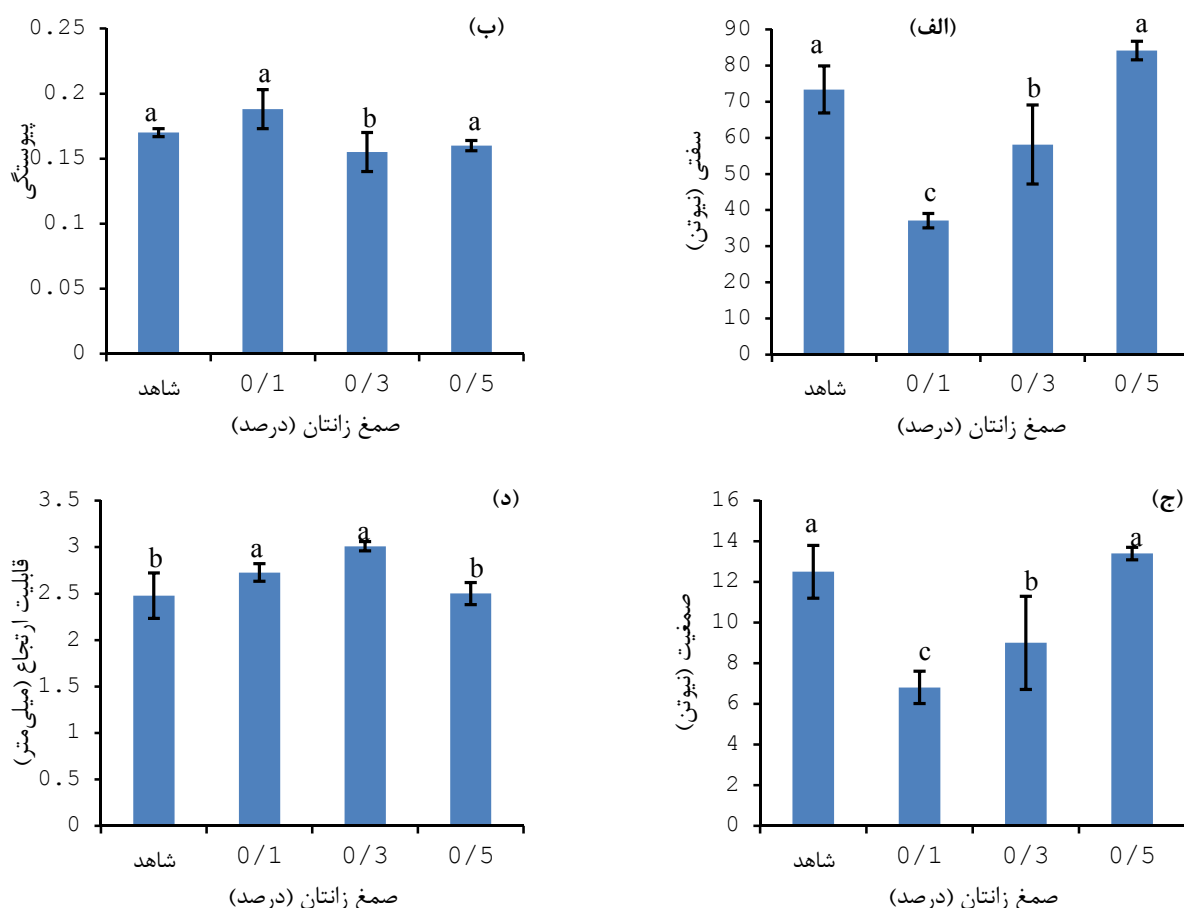


شکل ۳- اثر غلظت‌های مختلف صمغ زانتان بر حجم مخصوص نمونه‌های پخته‌شده

حروف متفاوت نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در آزمون دانکن ($P < 0.05$) می‌باشد.

ویژگی‌های بافتی

اثرات صمغ زانتان در سطوح مختلف بر تحلیل دستگامی بافت نمونه‌های پخته‌شده در شکل (۴) نشان داده شده است. در این پژوهش، سفتی، پیوستگی، صمغیت و قابلیت ارتجاع مغز نمونه‌های پخته‌شده بررسی شد. سفتی نمونه‌های دارای ۰/۵ و ۰/۳ درصد زانتان، تفاوت معنی‌داری با نمونه شاهد نداشت (شکل ۴-الف)؛ اما نمونه‌های دارای ۰/۱ درصد زانتان تفاوت معنی‌داری با شاهد و سایر نمونه‌ها داشته و دارای سفتی کمتری بودند؛



شکل ۴- اثر غلظت‌های مختلف صمغ زانتان بر میزان الف: سفتی، ب: پیوستگی، ج: صمغیت و د: قابلیت ارتجاع نمونه‌های پخته‌شده حروف متفاوت در هر شکل نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در آزمون دانکن ($P < 0.05$) می‌باشد.

بررسی ویژگی‌های مربوط به تصاویر نان شیرینی کچی با استفاده از روش‌های مبتنی بر تحلیل تصاویر رقمی تخلخل

یکی از پارامترهای مهم مغز محصولات پخته‌شده، تخلخل است که به‌طور کلی اشاره به ساختار منافذ در مغز محصول دارد و یکی از عوامل تأثیرگذار در تعیین ویژگی‌های کیفی مغز محصول محسوب می‌شود (Armero & Collar, 1996). همان‌طور که در جدول (۱) مشاهده می‌شود، افزودن صمغ زانتان در غلظت پایین (۰/۱ درصد) منجر به تخلخل تقریباً مشابه نمونه شاهد شد. افزودن بیشتر صمغ زانتان منجر به کاهش تخلخل در نمونه‌ها گردید ($P < 0.05$). بیشترین و کمترین مقادیر تخلخل به ترتیب در نمونه شامل ۰/۱ و ۰/۵ درصد زانتان مشاهده شد. دلیل افزایش تخلخل در غلظت پایین زانتان، افزایش تعداد سلول‌های گازی و توزیع یکنواخت آنها در محصول بوده که دلیل آن می‌تواند ایجاد قوام در خمیر در حضور صمغ زانتان باشد. در غلظت بالای صمغ زانتان ویسکوزیته خمیر

صمغیت از دیگر پارامترهای بافتی است که انرژی لازم برای هضم دهانی ماده غذایی و آماده‌کردن آن برای بلع را نشان می‌دهد. مطابق شکل (۴-ج) با افزودن صمغ زانتان در مقادیر ۰/۱ و ۰/۳ درصد، صمغیت نمونه‌ها نسبت به نمونه شاهد کاهش یافت. کمترین مقدار صمغیت در نمونه شامل ۰/۱ درصد زانتان و بیشترین مقدار صمغیت در نمونه با ۰/۵ درصد زانتان مشاهده شد. نمونه‌های دارای قابلیت ارتجاع پایین تمایل به شکست و ازهم‌گسیختگی برگشت‌ناپذیر دارند (Esteller, Amaral, & Lannes, 2004). شکل (۴-د) نشان می‌دهد از نظر آماری افزودن صمغ زانتان باعث تغییرات معنی‌داری در قابلیت ارتجاعی نمونه‌های مورد این تحقیق نشد ($P > 0.05$) ولی مقادیر ۰/۱ و ۰/۳ درصد صمغ زانتان تا حدی قابلیت ارتجاعی را افزایش داد. Gómez و همکاران (۲۰۰۷) گزارش کردند که افزودن صمغ زانتان به کیک لایه‌ای به حفظ این پارامتر طی نگهداری کمک می‌کند که دلیل حفظ رطوبت در محصول می‌باشد.

ویژگی‌های کیفی نظیر بافت، حجم و غیره استفاده کرد. داده‌های مربوط به شکل حفره‌های مغز محصول در جدول (۱) به‌طور خلاصه آمده است. ساختار حفره‌های گازی در مغز نمونه‌ها با محاسبه اندازه سلول‌ها (قطر میانگین و سطح سلولی میانگین)، دانسیته حفره‌ها و نسبت سطح حفره‌های کل ارزیابی شد (جدول ۱). گردی پارامتری است که برای حفره‌های گرد برابر با ۱ است. طبق جدول (۱) مقادیر عددی این پارامتر برای نمونه‌های حاوی ۰/۳ و ۰/۵ درصد زانتان (۰/۶۳ و ۰/۶۸) بیشتر از نمونه شاهد بود اما تفاوت معنی‌داری بین نمونه‌ها وجود نداشت. Ozkoc, Sumnu و Sahin (۲۰۰۹) در پژوهشی تأثیر صمغ‌های زانتان، گوار و کاراگینان بر نان‌های پخته‌شده به روش‌های حرارتی هوای داغ و تلفیق مایکروویو و مادون‌قرمز را بررسی کردند. آنها مشاهده کردند که در نمونه‌های حاوی صمغ‌های مختلف، بیشتر حفره‌های تشکیل‌شده به شکل کروی بودند که دلیل آن را ایجاد لایه ضخیم صمغ روی سطح حباب‌های هوا و ممانعت از اتصال حباب‌ها به یکدیگر و در نتیجه ایجاد مرفولوژی پایدار، اعلام نمودند.

زیاد می‌شود که در نتیجه از توسعه بافت گسترش سلول‌های هوایی در بافت خمیر ممانعت می‌کند که نتایج حاصل از سفتی بافت هم این موضوع را تأیید می‌کند. Mandala (۲۰۰۵) نیز ویژگی‌های فیزیکی نان‌های تازه با دو نوع آرد با درصد استخراج متفاوت و صمغ‌های گوار و زانتان را به ترتیب با غلظت‌های ۰/۱۶ و ۰/۶۵ درصد بررسی نمود و به این نتیجه رسید که افزایش تخلخل فقط در غلظت‌های پایین صمغ زانتان حاصل‌شده و افزایش غلظت زانتان منجر به کاهش در تخلخل و حجم مخصوص محصول در مقایسه با شاهد شد.

ارزیابی ویژگی‌های حفره‌ها

یکی از مهم‌ترین و جدیدترین روش‌های ارزیابی کیفیت محصولات پختی؛ مطالعه و بررسی ساختار مغز و شکل حفره‌های این محصولات است (Kadir, Nugroho, Susanto, & Santosa, 2011). نحوه توزیع، یکنواختی، تعداد و اندازه سلول‌ها از عوامل مؤثر بر کیفیت محصول نهایی بشمار می‌آیند. با بررسی و مطالعه ساختار این محصولات می‌توان از اطلاعات به‌دست‌آمده در پیش‌بینی

جدول ۱- اثر غلظت‌های مختلف صمغ زانتان بر تخلخل و شکل حفره‌های (حاصل از آنالیز تصویر) مغز محصول پخته‌شده

پارامتر	صمغ زانتان (درصد)		
	۰/۵	۰/۳	۰/۱
تخلخل	۲۰/۹۴±۱/۰۴ ^b	۲۲/۷۲±۳/۶۲ ^{ab}	۲۹/۹۹±۳/۴۰ ^a
تعداد	۱۷/۰۰±۲/۰۰ ^a	۱۳/۰۰±۲/۰۰ ^a	۲۲/۰۰±۱/۰۰ ^a
سطح کلی حفره‌ها	۰/۰۳۸۵±۰/۰۱۲ ^a	۰/۰۳۲±۰/۰۲۱ ^{ab}	۰/۰۳۵±۰/۰۱۷۴ ^{ab}
اندازه میانگین	۰/۰۰۲۵±۰/۰۰۰۳۲ ^a	۰/۰۰۱±۰/۰۰۰۷ ^a	۰/۰۰۱۵±۰/۰۰۰۴۵ ^a
محیط (سانتی‌متر)	۰/۱۷۳۵±۰/۰۵ ^a	۰/۱۵۱±۰/۰۷۱ ^a	۰/۱۴۹±۰/۰۳۴ ^a
کروییت	۰/۸۲۶۴±۰/۱۱ ^{ab}	۰/۹۱۶±۰/۱۳ ^a	۰/۷۵۱±۰/۰۹ ^b
یکپارچگی	۰/۸۵۷۸±۰/۰۳۴ ^{ab}	۰/۹۱۵۸±۰/۱۰ ^a	۰/۷۹۷۸±۰/۰۶۵ ^b
نسبت تصویر (AR)	۱/۷۳۹±۰/۴۹ ^a	۱/۵۵۶±۰/۸۰ ^a	۱/۷۵۲±۰/۷۶ ^a
گردی	۰/۶۳±۰/۰۸۴ ^a	۰/۶۸۰±۰/۰۵۲ ^a	۰/۶۱±۰/۰۴۲ ^a
نسبت سطح حفره‌ها به سطح کل (درصد)	۰/۱۲۲±۰/۰۴۲ ^a	۰/۱۰۲±۰/۰۳۲ ^a	۰/۱۱۱±۰/۰۳۲ ^a
دانسیته سلول (سانتی‌متر مربع)	۵۴/۲۰۹±۳/۴۰ ^c	۴۱/۴۵۴±۲/۷۰ ^d	۷۰/۱۵۳±۴/۴۵ ^b
میانگین سطح سلولی (سانتی‌متر مربع)	۰/۰۰۲±۰/۰۰۰۳ ^a	۰/۰۰۱۱±۰/۰۰۰۳ ^a	۰/۰۰۱۵±۰/۰۰۰۱ ^a
فراکسیون سطح حفره‌ها	۱۲/۴۵±۲/۵۰ ^a	۱۱/۸۰±۱/۹۰ ^{ab}	۱۱/۳۵±۳/۷۵ ^{ab}

حروف متفاوت در هر ردیف نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در آزمون دانکن ($P < 0/05$) می‌باشد.

حاوی صمغ زانتان بیشتر کروی و بیضی شکل بودند و صمغ زانتان منجر به تشکیل شکل پایدار حفره‌ها گردید. به علاوه همان‌طور که در **جدول (۱)** مشاهده می‌شود مقدار نسبت تصویر در نمونه شاهد نسبت به نان‌های شیرین حاوی زانتان بیشتر بود. در ضمن ساختار سلولی حفره‌ها به وسیله فراکسیون سطح حفره‌ها توصیف می‌شود و با افزایش زانتان این پارامتر افزایش یافت. افزایش فراکسیون سطح حفره‌ها تطابق خوبی با حجم مخصوص نمونه‌ها داشت که با افزودن زانتان افزایش پیدا کرد (**شکل ۳**).
De Lamballerie و Le Bail, Chevallier, Mezaize (۲۰۰۹) نیز بیان کردند که افزودن زانتان سبب افزایش فراکسیون سطح حفره‌ها در نان بدون گلوتن می‌شود. به علاوه دانسیته سلولی یا تعداد سلول‌ها در سطح با افزایش زانتان، افزایش پیدا کرد (**جدول ۱**).

بررسی ضخامت پوسته نمونه پخته شده

در **جدول (۲)** ضخامت پوسته نمونه‌های شاهد و حاوی صمغ زانتان نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده شد نمونه‌های دارای صمغ زانتان پوسته ضخیم‌تری داشتند (هم در سطح و هم کف) ($P < 0.05$), اما در اکثر نمونه‌ها (غیر از نمونه با ۰/۵ درصد زانتان) تفاوت معنی‌داری با نمونه شاهد وجود نداشت. از سوی دیگر نمونه دارای ۰/۱ درصد زانتان بیشترین ارتفاع را بین نمونه‌ها داشت.

جدول ۲- اثر غلظت‌های مختلف صمغ زانتان بر ضخامت پوسته (سطح و کف) و ارتفاع محصول نهایی

صمغ زانتان (درصد)	ضخامت پوسته (سطح روبی) (سانتی‌متر)	ضخامت پوسته (سطح زیرین) (سانتی‌متر)	ارتفاع (سانتی‌متر)
صفر (شاهد)	۰/۱۱±۰/۰۰۷ ^b	۰/۰۹±۰/۰۰۷ ^{ab}	۱/۶۶±۰/۰۰۳ ^c
۰/۱	۰/۱۲±۰/۰۰۱ ^b	۰/۰۶±۰/۰۰۱ ^b	۱/۹۰±۰/۰۰۵ ^a
۰/۳	۰/۱۳±۰/۰۰۷ ^b	۰/۱۳±۰/۰۰۱ ^a	۱/۷۷±۰/۰۰۱ ^b
۰/۵	۰/۱۶±۰/۰۰۷ ^a	۰/۱۳±۰/۰۰۱ ^a	۱/۵۷±۰/۰۰۳ ^c

حروف متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در آزمون دانکن ($P < 0.05$) می‌باشد.

Mandala (۲۰۰۵) در پژوهشی خصوصیات فیزیکی

نان‌های تهیه شده با دو نوع آرد با درصد استخراج‌های متفاوت و با دو صمغ زانتان و گوار (در غلظت‌های ۰/۱۶ و ۰/۶۵ درصد براساس آرد) را مورد بررسی قرار دادند؛ آنها

افزایش صمغ زانتان از نظر آماری اثر معنی‌داری بر تعداد کل سلول‌ها نداشت (**جدول ۱**) و مخالف نتایج Ozkoc و همکاران (۲۰۰۹) بود. آنها بیان کردند که تعداد حفره‌ها با افزایش صمغ به صورت جزئی افزایش می‌یابد که می‌تواند به دلیل تأثیر صمغ‌ها بر پایداری حفره‌های گازی باشد. حضور یک لایه از صمغ در سطح حفره‌ها باعث کاهش به هم پیوستن حفره‌های گازی می‌شود؛ بنابراین نمونه‌های حاوی صمغ، تعداد حفره‌های بیشتری و اندازه کوچک‌تری داشتند.

سطح کلی سلول‌های گازی در نمونه شاهد حداقل بود، این در حالی است که با افزودن صمغ زانتان در نمونه‌ها ساختار سلول گازی بهبود یافت (**جدول ۱**). به‌طور کلی، نمونه حاوی ۰/۵ درصد زانتان و نمونه شاهد به ترتیب بیشترین و کمترین مقدار سطح کل سلولی را داشتند. لازم به ذکر است بین میانگین سطح سلولی، سطح کلی و محیط سلول‌های گازی نمونه‌های تولیدی و نمونه شاهد اختلاف معنی‌داری در سطح آماری ۵ درصد مشاهده نشد، به علاوه مقدار یکپارچگی نمونه‌های دارای ۰/۳ و ۰/۵ درصد زانتان بیشتر از نمونه‌های شاهد و ۰/۱ درصد زانتان بود. علت این پدیده را شاید بتوان به افزایش ویسکوزیته خمیر با افزودن صمغ زانتان نسبت داد که سبب افزایش میزان یکپارچه بودن حفره‌ها در نان حاصل گردید.

یکپارچگی شاخصی است که نشان می‌دهد یک شکل چه اندازه مقعر یا محدب است. Mohebbi و Naji-Tabasi (۲۰۱۵) بیان کردند که وقتی مقادیر یکپارچگی نزدیک به ۱ باشد، یعنی ماده یکپارچه است. اما مقادیر کمتر از ۱ نشان‌دهنده وجود حفره‌ها یا شکل محدب در ماده است؛ بنابراین نمونه شاهد حفره‌هایی با شکل محدب داشت و هیدروکلوئیدها باعث شکل‌گیری حفره‌های جامد و منظم‌تر در نمونه‌های پخته شدند. صمغ ممکن است بر پایداری سلول‌های گازی (از طریق تشکیل یک لایه ضخیم بر سطح آنها و کاهش شانس درهم آمیختن سلول‌های گازی) اثر بگذارد و در نتیجه هر سلول گازی به صورت مجزا باقی می‌ماند (Ozkoc et al., 2009). پارامتر گردی برعکس پارامتر نسبت تصویر است و نشان‌دهنده این است که تا چه اندازه شکل یک حفره با یک دایره تفاوت دارد. این پارامتر برای حفره‌های گرد معادل ۱ است و در نمونه‌های حاوی زانتان بیشتر از شاهد است. Ozkoc و همکاران (۲۰۰۹) بیان کردند که حفره‌ها در نمونه‌های

نیز به این نتیجه رسیدند که ضخامت پوسته نمونه‌های دارای زانتان افزایش یافت.

بررسی بُعد برخالی حفره‌ها (FD^۱)

بُعد برخالی توصیف کمی مواد پیچیده است (Juodeikiene *et al.*, 2011). مفهوم بُعد برخالی همچنین برای بررسی اثرات چروکیدگی مورد استفاده قرار می‌گیرد. مقادیر بُعد برخالی در دامنه‌ای از اعداد بین ۱ تا ۲ می‌باشد. مقادیر نزدیک به ۱ نشان می‌دهد که جسم مورد تحلیل دارای مرزهای صاف است و مقادیر نزدیک به ۲ نشان‌دهنده درجه بالایی از پیچ‌خوردگی^۲ یا زبری است

(Chanona-Pérez *et al.*, 2008).

همان‌طور که در جدول (۳) مشاهده می‌شود، بُعد برخالی در نمونه شاهد کمترین مقدار بود که نشان می‌دهد افزودن زانتان سبب کاهش صافی و نظم حفره‌ها می‌شود. این نتایج نشان داد نمونه شاهد شکل منظم‌تری نسبت به سایر نمونه‌ها دارد. چروکیدگی باعث بی‌نظمی بیشتر مرزها می‌شود و بنابراین بُعد برخالی حفره‌ها با افزودن صمغ زانتان افزایش می‌یابد (Naji-Tabasi & Mohebbi, 2015)، اما تفاوت معنی‌داری بین شاهد و نمونه‌های دارای زانتان وجود ندارد.

جدول ۳- اثر غلظت‌های مختلف صمغ زانتان بر بُعد فرکتال محصول پخته‌شده

پارامتر	صفر (شاهد)	۰/۱	۰/۳	۰/۵
D	۱/۸۰۶۵±۰/۰۰۲ ^a	۱/۸۱۹±۰/۰۰۱ ^a	۱/۸۰۴۵±۰/۰۰۲ ^a	۱/۸۰۲۵±۰/۰۱۷ ^a

حروف متفاوت نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در آزمون دانکن ($P < 0.05$) می‌باشد.

رنگ تصاویر سطح محصول

رنگ به‌عنوان یکی از ویژگی‌های تأثیرگذار در محصولات نانوائی بشمار می‌آید. این ویژگی همراه با بافت و طعم از عوامل مؤثر در جذب مشتری است (Fan *et al.*, 2013). رنگ به عوامل مختلفی از جمله خصوصیات فیزیکوشیمیایی مواد خام موجود در خمیر، شرایط آماده‌سازی و شرایط پخت وابسته است. به‌دست‌آوردن رنگ یکنواخت در طول پخت یکی از اهداف مهم پخت بشمار می‌آید و رنگ به‌عنوان یک شاخص بحرانی در بررسی کیفیت محصول بشمار می‌آید (Esteller *et al.*, 2004).

Mezaize و همکاران (۲۰۰۹) نتایج مشابهی برای

صمغ‌های زانتان و گوار در نان بدون گلوتن به‌دست آوردند و گزارش کردند که تفاوت معنی‌داری بین روشنایی نان‌های دارای صمغ زانتان و شاهد وجود ندارد. گزارش Sciarini, Ribotta, León و Pérez (۲۰۱۰) کردند که نان‌های دارای صمغ زانتان و کربوکسی‌متیل سلولز پوسته روشن‌تری نسبت به شاهد دارند. به‌طور کلی با افزودن هیدروکلونید، پوسته نان‌ها روشن‌تر می‌شود (Mahmoud, Yousif, Gadallah, & Alawneh, 2013; Mohammadi, Sadeghnia, Azizi, Neyestani, & Gómez (Mortazavian, 2014) و همکاران (۲۰۰۷) گزارش کردند که رنگ پوسته کیک در روز تولید متأثر از واکنش‌های مولد رنگ میلارد و کاراملیزاسیون است. از آنجاکه رنگ کیک‌ها در حضور صمغ‌ها روشن‌تر از نمونه شاهد است، شاید بتوان علت آن را کاهش احتمالی این واکنش‌ها به‌دلیل افزایش ویسکوزیته دانست.

اثر افزودن صمغ زانتان بر مؤلفه^{a*} پوسته سطح نمونه‌ها معنی‌دار نبود ($P > 0.05$) اما در مورد پوسته سطح زیرین این پارامتر به‌طور معنی‌داری در نمونه شاهد کمتر بود. در مورد مؤلفه^{b*} نیز در سطح رویی و در سطح زیرین تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. این نتایج با نتایج Naji-Tabasi و Mohebbi (۲۰۱۵) تطابق داشت.

نتایج مربوط به تحلیل رنگ تصاویر پوسته محصول در جدول (۴) نشان داده شده است. افزودن صمغ زانتان باعث افزایش جزئی مؤلفه^{L*} پوسته نمونه‌ها شد، اما معنی‌دار نبود. علت احتمالی افزایش جزئی مقدار مؤلفه^{L*} با افزودن صمغ زانتان، بالا بودن ظرفیت نگهداری آب و حفظ رطوبت و ممانعت از خروج آب در حین فرایند پخت و کاهش تغییرات سطح پوسته محصول باشد. همچنین این حالت ممکن است به‌دلیل کاهش میزان واکنش‌های قهوه‌ای شدن در سطح محصول به‌دلیل حفظ رطوبت توسط صمغ باشد (Shittu *et al.*, 2009).

¹ Fractal dimension

² Tortuosity

جدول ۴- اثر غلظت‌های مختلف صمغ زانتان بر پارامترهای رنگی پوسته محصول نهایی

صمغ زانتان (درصد)	سطح روبی		سطح زیرین	
	L*	a*	b*	L*
صفر (شاهد)	۲۸/۴۸±۰/۵۴ ^a	-۱۲/۱۳±۰/۰۳ ^a	۸۰/۳۵±۰/۳۹ ^a	-۸/۹۰±۰/۳۶ ^b
۰/۱	۲۸/۱۳±۰/۲۲۴ ^a	-۱۱/۳۵±۰/۰۳ ^a	۸۱/۶۴±۰/۱۱۷ ^a	-۸/۲۸±۰/۶۳ ^{ab}
۰/۳	۲۷/۴۵±۰/۷۲ ^a	-۱۱/۲۱±۰/۲۴ ^a	۸۱/۷۲±۰/۱۲۴ ^a	-۸/۳۳±۰/۶۷ ^{ab}
۰/۵	۲۷/۵۳±۰/۸۴ ^a	-۱۱/۴۸±۰/۶۲ ^a	۸۲/۶۵±۰/۳۴ ^a	-۷/۰۹±۰/۸۰ ^a

حروف متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در آزمون دانکن ($P < 0.05$) می‌باشد.

ویژگی‌های رنگ مغز محصول

در **جدول ۵** اثر غلظت‌های مختلف صمغ زانتان بر پارامترهای رنگی مغز محصول پخته نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود با افزودن صمغ زانتان روشنایی محصول افزایش و میزان زردی کاهش یافت. Thongngam و Jarnsuwan (۲۰۱۲) گزارش کردند که دلیل این پدیده احتمالاً ویژگی حفظ آب در محصولات پخته‌شده با صمغ زانتان می‌باشد. Naji-Tabasi و Mohebbi (۲۰۱۵) دلیل این پدیده را اثر هیدروکلوئیدها بر توزیع آب دانستند که احتمالاً بر واکنش میلارد و کاراملیزاسیون اثرگذار است. پارامتر a^* برای تمام نمونه‌ها منفی بود. Thongngam و Jarnsuwan (۲۰۱۲) نتایج مشابهی را در مورد استفاده از زانتان در فرمولاسیون نودل به‌دست آوردند. این محققان اثر صمغ‌های گوار، زانتان و کربوکسی‌متیل سلولز را بر خصوصیات نودل مورد بررسی قرار دادند. نتایج آنها نشان داد که با افزایش هیدروکلوئیدها، میزان پارامتر روشنایی نودل‌های پخته‌شده افزایش یافت، اما میزان زردی و قرمزی نمونه‌ها در مقایسه با شاهد کمتر بود.

جدول ۵- اثر غلظت‌های مختلف صمغ زانتان بر پارامترهای رنگی مغز محصول نهایی

صمغ زانتان (درصد)	L*	a*	b*
صفر (شاهد)	۹۲/۱۵±۰/۱۳ ^c	-۱۱/۰۱±۰/۰۰۴ ^a	۲۴/۶۰±۰/۰۵ ^a
۰/۱	۹۲/۵۲±۰/۵۰ ^c	-۱۰/۹۱±۰/۱۴ ^a	۲۴/۵۵±۰/۰۲ ^a
۰/۳	۹۳/۰۴±۰/۰۸ ^b	-۱۱/۴۴±۰/۲۸ ^a	۲۰/۲۴±۰/۷۷ ^b
۰/۵	۹۳/۳۷±۰/۲۷ ^a	-۱۰/۹۵±۰/۱۵۰ ^a	۱۸/۵۲±۰/۹۷ ^b

حروف متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در آزمون دانکن ($P < 0.05$) می‌باشد.

بررسی خصوصیات حسی محصول پخته‌شده حاوی

غلظت‌های مختلف صمغ زانتان

اثر افزودن غلظت‌های مختلف صمغ زانتان بر ویژگی‌های حسی محصول به‌طور خلاصه در **جدول ۶** آورده شده است. همان‌طور که در **جدول ۶** مشاهده می‌شود تمام ویژگی‌های حسی در تمام نمونه‌ها حاوی زانتان (بین ۰/۱ و ۰/۵ درصد زانتان) امتیاز بیشتر از ۳ به‌دست آوردند. در مورد ویژگی‌های مربوط به ظاهر محصول (فرم و شکل ظاهری، خصوصیات سطح روبی محصول، خصوصیات سطح زیرینی محصول)، نمونه‌های حاوی ۰/۱ و ۰/۳ درصد صمغ زانتان بیشترین امتیاز حسی را کسب کردند.

قابلیت جویدن یکی دیگر از خصوصیات مهم در ارزیابی کیفیت محصول است. نتایج حاصل از ارزیابی داوران نشان داد که تفاوت معنی‌داری در قابلیت جویدن بین نمونه شاهد و نمونه‌های حاوی ۰/۱ درصد زانتان وجود دارد و بیشترین امتیاز در میان نمونه‌ها، مربوط به نمونه با ۰/۱ درصد زانتان بود (۴/۸۰). همان‌طور که در **جدول ۶** مشاهده می‌شود در مورد تخلخل محصول افزایش غلظت زانتان، امتیاز داوران به تخلخل محصول بیشتر شد و نمونه شامل ۰/۱ درصد زانتان، بیشترین امتیاز را داشت ($P < 0.05$). این نتایج با نتایج به‌دست‌آمده در پردازش تصویر، تنها در مورد غلظت‌های پایین زانتان مطابقت دارد، ولی در مورد غلظت‌های بالاتر زانتان، تخلخل نمونه‌ها کم شد (**جدول ۲**).

طعم و بو دو پارامتر مهم حسی در پذیرش ماده غذایی هستند. مطابق **جدول ۶**، افزودن زانتان (۰/۱ و ۰/۳ درصد) به‌طور معنی‌داری امتیاز مربوط به مزه محصول را نسبت به نمونه شاهد افزایش داد. به‌طور کلی از بین نمونه‌ها، نمونه شامل ۰/۱ درصد زانتان بیشترین امتیاز مربوط به طعم و آروما را کسب کرد اما تفاوت معنی‌داری با نمونه شامل ۰/۳ درصد زانتان نداشت. در نهایت در مورد

یکنواخت‌تر می‌شود، افزایش امتیاز حسی نمونه‌ها با افزایش سطح صمغ دور از انتظار نمی‌باشد. نتایج تحقیق‌های (Armero & Collar, 1996) نیز نشان داد که هیدروکلئیدها با تأثیر بر ساختار نشاسته سبب بهبود توزیع آب و نگهداری آب و در نتیجه باعث بهبود بافت فراورده‌های پخت می‌شوند.

کیفیت کلی محصول از دید داوران، ارزیابی حسی محصول نشان داد که افزودن صمغ زانتان سبب بهبود خصوصیات حسی محصول می‌شود اما نمونه‌های شامل ۰/۵ درصد زانتان، امتیاز کمتری داشتند. از آنجاکه با افزایش سطح صمغ زانتان، رطوبت محصول افزایش می‌یابد و حفره‌های مغز محصول ریزتر و

جدول ۶- اثر غلظت‌های مختلف صمغ زانتان بر خصوصیات حسی محصول نهایی

صمغ زانتان (درصد)				خصوصیات حسی
۰/۵	۰/۳	۰/۱	صفر (شاهد)	
۳/۵۰±۰/۰۷ ^b	۴/۱۰±۰/۸۷ ^b	۴/۸۰±۰/۴۲ ^a	۳/۵۰±۰/۵۲ ^b	فرم و شکل ظاهری
۳/۳۰±۰/۶۷ ^c	۴/۱۰±۰/۵۶ ^b	۴/۸۰±۰/۴۲ ^a	۳/۶۰±۰/۶۹ ^{bc}	قابلیت جویدن
۳/۴۰±۰/۶۹ ^b	۴/۱۰±۰/۷۳ ^a	۴/۶۰±۰/۵۱ ^a	۳/۳۰±۰/۹۴ ^b	بافت
۲/۹۰±۰/۵۶ ^b	۲/۴۰±۰/۵۶ ^b	۳/۶۰±۰/۶۹ ^a	۲/۸۰±۰/۷۸ ^b	تخلخل
۳/۶۰±۰/۸۴ ^b	۳/۵۰±۰/۵۲ ^b	۴/۶۰±۰/۵۱ ^a	۳/۹۰±۰/۵۶ ^b	خصوصیات سطح رویی محصول
۳/۲۰±۰/۶۳ ^b	۳/۴۰±۰/۵۱ ^b	۴/۷۰±۰/۴۸ ^a	۳/۶۰±۰/۶۹ ^b	خصوصیات سطح زیرین محصول
۳/۵۰±۰/۸۴ ^b	۴/۲۰±۰/۶۳ ^a	۴/۴۰±۰/۶۹ ^a	۳/۳۰±۰/۸۲ ^b	طعم
۳/۵۰±۰/۵۲ ^b	۴/۳۰±۰/۶۷ ^a	۴/۶۰±۰/۵۱ ^a	۳/۲۰±۰/۶۳ ^a	بو
۳/۴۰±۰/۵۱ ^c	۴/۰۰±۰/۴۷ ^b	۴/۸۰±۰/۴۲ ^a	۳/۳۰±۰/۴۸ ^c	پذیرش کلی

حروف متفاوت در هر ردیف نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در آزمون دانکن ($P < 0.05$) می‌باشد.

زانتان (۰/۱ درصد براساس آرد)، تخلخل محصول شبیه شاهد بود اما در غلظت‌های بالاتر صمغ زانتان، تخلخل محصول کاهش یافت. در ارزیابی حسی، نمونه‌های حاوی صمغ زانتان، امتیازی بیشتر از نمونه شاهد در روز تولید دریافت کردند. نتایج این تحقیق نشان داد که استفاده از ۰/۱ درصد صمغ زانتان با بهبود چشمگیری در حجم، ویژگی‌های بافتی و پذیرش کلی توسط مصرف‌کننده، می‌تواند به‌عنوان یک بهبوددهنده مناسب در نان شیرینی کیچی استفاده شود.

نتیجه‌گیری

صمغ زانتان باعث افزایش ظرفیت نگهداری آب در خمیر و همچنین بهبود حجم مخصوص، نرمی، پیوستگی و کاهش نیروی لازم برای جویدن نان شیرینی کیچی حاصل شد. نتایج حاصل از پردازش تصویر نمونه‌ها نشان داد که استفاده از صمغ زانتان (با غلظت ۰/۱ درصد براساس آرد) در فرمولاسیون خمیر شیرینی کیچی منجر به تولید محصولی با کیفیت مناسب‌تر از لحاظ رنگ و بافت شد. با افزایش زانتان، ضریب روشنایی محصول افزایش یافت اما میزان زردی محصول، کاهش یافت. در غلظت‌های پایین

منابع

- امیرآبادی، س.، کوچکی، آ.، و محبی، م. (۱۳۹۳). بررسی اثر صمغ های زانتان و قدومه شهری بر کیفیت و ماندگاری کیک شیفون. پژوهش‌های علوم و صنایع غذایی ایران، ۱۰(۴)، ۳۷۵-۳۸۶. doi: <https://doi.org/10.22067/ifstrj.v10i4.43733>
- برزگر، ح.، حجتی، م.، و جوینده، ح. (۱۳۸۸). اثر برخی هیدروکلئیدها بر خواص رئولوژیک خمیر و بیاتی نان باگت. فصلنامه علوم و صنایع غذایی، ۶(۳)، ۱۰۱-۱۰۷.
- جهاندیده، ح.، تقی‌زاده، م.، حدادخداپرست، م.، و کوچکی، آ. (۱۳۹۴). تاثیر زانتان بر خواص فیزیکی و بافتی نان باگت حاوی کنجاله ارده. پژوهش‌های علوم و صنایع غذایی ایران، ۱۱(۴)، ۳۳۷-۳۵۰.

- خوش اخلاق، خ، محبی، م، و موحد، م. خ. (۱۳۹۵). بررسی اثر مدت زمان پخت اولیه و دوره نگهداری روی ویژگی‌های کیفی نان بربری نیم‌پخته با استفاده از پردازش تصویر. پژوهش و نوآوری در علوم و صنایع غذایی، ۵(۳)، ۲۶۵-۲۷۸. doi:<https://doi.org/10.22101/jrifst.2016.12.19.534>
- داوری کتیلته، م، عزیزی، م، و فاضلی، ف. (۱۳۹۱). تأثیر هیدروکلویدهای زانتان و کتیرا بر ویژگی‌های خمیر منجمد و نان همبرگر حاصل. مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران، ۷(۵)، ۳۰۱-۳۰۹.
- شهیدی، ف، محبی، م، و احتیاطی، ا. (۱۳۸۹). تحلیل تصاویر رقمی مغز نان بربری غنی شده با آرد سویا. پژوهش های علوم و صنایع غذایی ایران، ۶(۴)، ۲۴۷-۲۵۳. doi:<https://doi.org/10.22067/ifstrj.v6i4.9281>
- قیطران پور، آ، تقی زاده، م، مهدویان مهر، ح، و عبدالهی مقدم، م. (۱۳۹۳). بررسی تغییرات فیزیکی شیمیایی بژی (نوعی کلوچه ی سرخ شده) هنگام سرخ شدن به روش عمیق. پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران، ۱۰(۱)، ۷۶-۸۴. doi:<https://doi.org/10.22067/ifstrj.v10i1.34810>
- کوچکی، آ، شهیدی، ف، مرتضوی، س.ع، کریمی، م، و میلانی، ا. (۱۳۹۰). بررسی اثر صمغ های دانه قدومه شیرازی (Alyssum homolocarpum) و گزانتان بر خواص رئولوژیکی خمیر و کیفیت نان حاصل از آرد گندم. پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران، ۱۷(۱)، ۱۶-۱۹. doi:<https://doi.org/10.22067/ifstrj.v7i1.9359>
- موحد، س، خلعتبری محسنی، گ، و احمدی چناربن، ح. (۱۳۹۳). ارزیابی کاربرد صمغ زانتان و آرد سیب زمینی بر خواص رئولوژیکی خمیر و کیفیت نان تست. فناوری‌های نوین غذایی، ۱(۳)، ۳۹-۴۸. doi:<https://doi.org/10.22104/jift.2014.40>
- یانپی، م، اعلمی، م، محمدزاده، ج، صادقی، ع، و کشمیری، م. (۱۳۹۶). تأثیر افزودن آرد ذرت سفید و صمغ زانتان بر ویژگی‌های فیزیکی و حسی کیک فاقد گلوتن بر پایه آرد برنج. علوم و صنایع غذایی ایران، ۱۴(۷۳)، ۳۱۹-۳۳۰.
- Amirabadi, S., koocheki, A., & Mohebbi, M. (2015). Effect of Xanthan and Lepidium perfoliatum seed gums on quality and shelf-life of chiffon cake. *Iranian Food Science and Technology Research Journal*, 10(4), 375-386. doi:<https://doi.org/10.22067/ifstrj.v10i4.43733> (in Persian)
- Anderson, D., & Andon, S. (1988). Water-soluble food gums and their role in product development. *Cereal foods world (USA)*, 33(10), 844.
- Armero, E., & Collar, C. (1996). Antistaling additives, flour type and sourdough process effects on functionality of wheat doughs. *Journal of food science*, 61(2), 299-303. doi:<https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1996.tb14180.x>
- Barzegar, H., Hojati, M., & Jouyandeh, H. (2009). Influence of some hydrocolloids on dough rheological properties and staling of baguette bread. *Food Science and Technology*, 6(22), 101-107. (in Persian)
- Chanona-Pérez, J., Quevedo, R., Aparicio, A. J., Chávez, C. G., Pérez, J. M., Domínguez, G. C., . . . Gutiérrez-López, G. (2008). Image Processing Methods and Fractal Analysis for Quantitative Evaluation of Size, Shape. *Structure and Microstructure in Food*, 277-286. doi:https://doi.org/10.1007/978-0-387-75430-7_16
- Crockett, R., Ie, P., & Vodovotz, Y. (2011). How do xanthan and hydroxypropyl methylcellulose individually affect the physicochemical properties in a model gluten-free dough? *Journal of food science*, 76(3), E274-E282. doi:<https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2011.02088.x>
- Das, A. K., Anjaneyulu, A., Gadekar, Y., Singh, R., & Pragati, H. (2008). Effect of full-fat soy paste and textured soy granules on quality and shelf-life of goat meat nuggets in frozen storage. *Meat science*, 80(3), 607-614. doi:<https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2008.02.011>
- Davari Ketilath, M., MH., A., & Fazeli, F. (2013). Effect of hydrocolloids (Tragacanth & Xanthan) on frozen dough characteristics and volumetric (hamburger) bread. *Iranian Journal of Nutrition Sciences & Food Technology*, 7(5), 301-309. (in Persian)
- Du, C.-J., & Sun, D.-W. (2004). Shape extraction and classification of pizza base using computer vision. *Journal of Food Engineering*, 64(4), 489-496. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2003.11.016>

- Esteller, M. S., Amaral, R. L., & Lannes, S. C. D. S. (2004). Effect of sugar and fat replacers on the texture of baked goods. *Journal of texture studies*, 35(4), 383-393. doi:<https://doi.org/10.1111/j.1745-4603.2004.tb00602.x>
- Fan, F., Ma, Q., Ge, J., Peng, Q., Riley, W. W., & Tang, S. (2013). Prediction of texture characteristics from extrusion food surface images using a computer vision system and artificial neural networks. *Journal of Food Engineering*, 118(4), 426-433. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2013.04.015>
- Ghaitaranpour, A., Taghizadeh, M., Mahdavian Mehr, H., & Abdullahi moghadam, M. R. (2015). Evaluation of Physicochemical Changes of Bezhi (Special Fried Cookie) during Deep-fat Frying. *Iranian Food Science and Technology Research Journal*, 10(1), 76-84. doi:<https://doi.org/10.22067/ifstrj.v10i1.34810> (in Persian)
- Gómez, M., Ronda, F., Caballero, P. A., Blanco, C. A., & Rosell, C. M. (2007). Functionality of different hydrocolloids on the quality and shelf-life of yellow layer cakes. *Food hydrocolloids*, 21(2), 167-173. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2006.03.012>
- Guarda, A., Rosell, C., Benedito, C., & Galotto, M. (2004). Different hydrocolloids as bread improvers and antistaling agents. *Food hydrocolloids*, 18(2), 241-247. doi:[https://doi.org/10.1016/S0268-005X\(03\)00080-8](https://doi.org/10.1016/S0268-005X(03)00080-8)
- Hager, A.-S., & Arendt, E. K. (2013). Influence of hydroxypropylmethylcellulose (HPMC), xanthan gum and their combination on loaf specific volume, crumb hardness and crumb grain characteristics of gluten-free breads based on rice, maize, teff and buckwheat. *Food hydrocolloids*, 32(1), 195-203. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2012.12.021>
- Jahandideh, H., Taghizadeh, M., Haddad Khodaparast, M. h., & Koocheki, A. (2015). Effect of xanthan gum on physical and textural properties of Baguette bread containing Tahinimeal. *Iranian Food Science and Technology Research Journal*, 11(4), 337-350. doi:<https://doi.org/10.22067/ifstrj.v1394i11.50578> (in Persian)
- Jarnsuwan, S., & Thongngam, M. (2012). Effects of hydrocolloids on microstructure and textural characteristics of instant noodles. *Asian Journal of Food and Agro-Industry*, 5(6), 485-492.
- Juodeikiene, G., Salomskiene, J., Eidukonyte, D., Vidmantiene, D., Narbutaite, V., & Vaiciulyte-Funk, L. (2011). The impact of novel fermented products containing extruded wheat material on the quality of wheat bread. *Food Technology and Biotechnology*, 49(4), 502-510.
- Kadir, A., Nugroho, L. E., Susanto, A., & Santosa, P. I. (2011). A comparative experiment of several shape methods in recognizing plants. *International Journal of Computer Science & Information Technology*, 3(3), 256-263. doi:<https://doi.org/10.5121/ijcsit.2011.3318>
- Karim, M. A., Rahman, M. M., Pham, N. D., & Fawzia, S. (2018). Food microstructure as affected by processing and its effect on quality and stability. In *Food Microstructure and Its Relationship with Quality and Stability* (pp. 43-57): Elsevier.
- Khoshakhlagh, K., Mohebbi, M., & Khalilian, M. M. (2016). The effect of initial cooking and shelf life time on the qualitative characteristics of half-baked bread using image processing. *Research and Innovation in Food Science and Technology*, 5(3), 265-278. doi:<https://doi.org/10.22101/JRIFST.2016.12.19.534> (in Persian)
- Koocheki, A., Shahidi, F., Mortazavi, S. A., Karimi, M., & Milani, E. (2011). Effect of Qodume Shirazi (*Alyssum homolocarpum*) Seed and Xanthan Gum on Rheological Properties of Wheat Flour Dough and Quality of Bread. *Iranian Food Science and Technology Research Journal*, 7(1), 9-16. doi:<https://doi.org/10.22067/ifstrj.v7i1.9359> (in Persian)
- Lazaridou, A., Duta, D., Papageorgiou, M., Belc, N., & Biliaderis, C. G. (2007). Effects of hydrocolloids on dough rheology and bread quality parameters in gluten-free formulations. *Journal of Food Engineering*, 79(3), 1033-1047. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2006.03.032>
- Mahmoud, R., Yousif, E., Gadallah, M., & Alawneh, A. (2013). Formulations and quality characterization of gluten-free Egyptian balady flat bread. *Annals of Agricultural Sciences*, 58(1), 19-25. doi:<https://doi.org/10.1016/j.aoas.2013.01.004>
- Mandala, I. (2005). Physical properties of fresh and frozen stored, microwave-reheated breads, containing hydrocolloids. *Journal of Food Engineering*, 66(3), 291-300. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2004.03.020>

- Mezaize, S., Chevallier, S., Le Bail, A., & De Lamballerie, M. (2009). Optimization of gluten-free formulations for French-style breads. *Journal of food science*, 74(3), E140-E146. doi:<https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2009.01096.x>
- Mohammadi, M., Sadeghnia, N., Azizi, M.-H., Neyestani, T.-R., & Mortazavian, A. M. (2014). Development of gluten-free flat bread using hydrocolloids: Xanthan and CMC. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 20(4), 1812-1818. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jiec.2013.08.035>
- Moreira, R., Chenlo, F., Prieto, D. M., & Torres, M. D. (2012). Water adsorption isotherms of chia (*Salvia hispanica* L.) seeds. *Food and Bioprocess Technology*, 5(3), 1077-1082. doi:<https://doi.org/10.1007/s11947-010-0400-y>
- Movahed, S., Khalatbari Mohseni, G., & Ahmadi Chenarbon, H. (2014). Evaluation of using of xanthan gum and potato flour on the rheological properties of dough and toast bread quality. *Innovative Food Technologies*, 1(3), 39-48. doi:<https://doi.org/10.22104/JIFT.2014.40> (in Persian)
- Naji-Tabasi, S., & Mohebbi, M. (2015). Evaluation of cress seed gum and xanthan gum effect on macrostructure properties of gluten-free bread by image processing. *Journal of Food Measurement and characterization*, 9(1), 110-119. doi:<https://doi.org/10.1007/s11694-014-9216-1>
- 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. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2009.04.003>
- Phillips, G. O., & Williams, P. A. (2000). *Handbook of hydrocolloids*: CRC.
- Phimolsiripol, Y., Siripatrawan, U., Tulyathan, V., & Cleland, D. J. (2008). Effects of freezing and temperature fluctuations during frozen storage on frozen dough and bread quality. *Journal of Food Engineering*, 84(1), 48-56. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2007.04.016>
- Pourfarzad, A., Mohebbi, M., & Mazaheri-Tehrani, M. (2012). Interrelationship between image, dough and Barbari bread characteristics; use of image analysis to predict rheology, quality and shelf life. *International journal of food science & technology*, 47(7), 1354-1360. doi:<https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2012.2980.x>
- Rajabzadeh, N. (1991). Iranian flat bread evaluation. *Iranian Cereal and Bread Research Institute*, 1-50.
- Rosell, C. M., Rojas, J. A., & De Barber, C. B. (2001). Influence of hydrocolloids on dough rheology and bread quality. *Food hydrocolloids*, 15(1), 75-81. doi:[https://doi.org/10.1016/S0268-005X\(00\)00054-0](https://doi.org/10.1016/S0268-005X(00)00054-0)
- Sciarini, L. S., Ribotta, P. D., León, A. E., & Pérez, G. T. (2010). Effect of hydrocolloids on gluten-free batter properties and bread quality. *International journal of food science & technology*, 45(11), 2306-2312. doi:<https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2010.02407.x>
- Shahidi, F., Mohebbi, M., & Ehtiai, A. (2011). Image analysis of crumb digital images in Barbary bread enriched with soy flour. *Iranian Food Science and Technology Research Journal*, 6(4), 247-253. doi:<https://doi.org/10.22067/ifstrj.v6i4.9281> (in Persian)
- Sharadanant, R., & Khan, K. (2003). Effect of hydrophilic gums on the quality of frozen dough: II. Bread characteristics. *Cereal Chemistry*, 80(6), 773-780. doi:<https://doi.org/10.1094/CCHEM.2003.80.6.773>
- Shi, K., Yu, H., & Lee, T.-C. (2013). A novel approach for improving yeast viability and baking quality of frozen dough by adding biogenic ice nucleators from *Erwinia herbicola*. *Journal of Cereal Science*, 57(2), 237-243. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jcs.2012.11.010>
- Shittu, T. A., Aminu, R. A., & Abulude, E. O. (2009). Functional effects of xanthan gum on composite cassava-wheat dough and bread. *Food hydrocolloids*, 23(8), 2254-2260. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2009.05.016>
- Tabatabaee Amid, B., & Mirhosseini, H. (2012). Effect of different purification techniques on the characteristics of heteropolysaccharide-protein biopolymer from durian (*Durio zibethinus*) seed. *Molecules*, 17(9), 10875-10892. doi:<https://doi.org/10.3390/molecules170910875>
- Xu, H.-N., Huang, W., Jia, C., Kim, Y., & Liu, H. (2009). Evaluation of water holding capacity and breadmaking properties for frozen dough containing ice structuring proteins from winter wheat. *Journal of Cereal Science*, 49(2), 250-253. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jcs.2008.10.009>

- Xu, Y., Hall III, C. A., & Manthey, F. A. (2014). Effect of flaxseed flour on rheological properties of wheat flour dough and on bread characteristics. *Journal of Food Research*, 3(6), 83-91. doi:<http://dx.doi.org/10.5539/jfr.v3n6p83>
- Yanpi, M., Aalami, M., Mohammadzadeh, J., Sadeghi, A. R., & Kashiri, M. (2018). Effects of the addition of white maize flour and xanthan gum on physical and sensory properties of gluten-free rice cake. *Food Science and Technology*, 73(14), 319-340. (in Persian)
- Yaseen, A. A., Shouk, A., & Ramadan, M. T. (2010). Corn-wheat pan bread quality as affected by hydrocolloids. *Journal of American Science*, 6(10), 684-690.

The Evaluation of Xanthan Gum Addition on the Characteristics of Local Sweet Bread (Kichi) and the Use of Image Processing to the Assessment of its Microstructural Properties

Mina Akbarian¹, Mohabbat Mohebbi^{2*}, Arash Koocheki², Elnaz Milani³,
Mohammad Khalilian Movahhed¹

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

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

* Corresponding author (m-mohebbi@um.ac.ir)

3- Assistant Professor, Department of Food Processing, Iranian Academic Center for Education Culture and Research, Mashhad, Iran

Abstract

Kichi is a local sweet bread that is cooked in the west of Iran, especially in Chaharmahal and Bakhtiari Province. This product is traditionally produced and has a low shelf life and hard texture. Therefore, the aim of this study was to investigate the effect of xanthan gum (0, 0.1, 0.3 and 0.5%) to improve the quality of Kichi sweet bread. Also mean size area, porosity, fractal dimension, and color parameters of Kichi bread were evaluated. The results showed that addition of xanthan led to improving WHC. The results of the texture analysis showed that softer samples were obtained in the low concentrations of xanthan gum (0.1% based on flour) and gumminess in this sample was significantly less than other samples ($P < 0.050$). Also, the porosity of the product in the low concentrations of xanthan (0.1%) was similar to the control, but in the high concentration of xanthan gum, the porosity of the product reduced. On the other hand, the results showed that the addition of xanthan gum did not affect the fractal dimension of the product texture. In the case of product color, the xanthan had a significant effect on the L* and b* values of the texture. Finally, it can be stated that using 0.1% of xanthan gum in the formulation of this local bread led to the production of a quality product regarding color and texture. The sensory evaluation results of the samples showed that the addition of xanthan improves the sensory properties of the samples. In general, samples containing 0.1% xanthan had better texture and sensory properties.

Keywords: Hydrocolloid, Image processing, Local sweet bread (Kichi), Sensory evaluation