



بررسی تاثیر فیبر سیب بر ویژگی های بافتی و حسی نان برابری فراسودمند

فروهر علی، کرامت جواد، کدیور مهدی و شاهدی محمد

به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشیار و استادان گروه علوم و صنایع غذایی

و قطب علمی سلامت مواد غذایی دانشگاه صنعتی اصفهان

a.forouhar@ag.iut.ac.ir

چکیده

امروزه تحقیقات صنعت غذا در حوزه غذاهای فراسودمند بیش از گذشته مشهود است. تحقیق حاضر با هدف بررسی ویژگی های نان فراسودمند؛ غنی شده با فیبر سیب؛ انجام گردیده است. نتایج این پژوهش نشان داد که روشنایی سطح و مرکز نان با استفاده از فیبر سیب کاهش و سفتی نان افزایش می یابد؛ هرچند در سطح ۰٪ جایگزینی فیبر، با نمونه شاهد تفاوت معنی داری وجود ندارد. عکس این روند در مورد پیوستگی بافت نان مشاهده شد. واکنش فیبر و گلوتن و کاهش سهم گلوتن در تشکیل ساختار می تواند دلیلی بر این نتایج باشد. طی این تحقیق همیستگی بالایی بین نتایج آنالیز نمایه بافت و آزمون حسی بدست آمد. نتایج آزمون حسی نشان می دهد با استفاده از فیبر سیب، میزان پذیرش کلی نان کاهش می یابد. این تحقیق کارایی آنالیز نمایه بافت را در سنجش کیفیت نان و لزوم بکارگیری عوامل بهبود دهنده برای استفاده از درصدهای بالای فیبر سیب را نشان می دهد.

واژه های کلیدی: "نان فراسودمند، فیبر تغذیه ای، آنالیز نمایه بافت"

مقدمه

امروزه با پیشرفت های امکانات و تکنولوژی، سبک زندگی افراد تغییر یافته است. این رویه جدید و رو به گسترش، عامل افزایش چاقی و شیوع برخی بیماری های مزمن از قبیل دیابت، بیماری های قلبی و برخی سرطانها شده است [۱]. فیبرهای تغذیه ای شامل: سلولز، همیسلولز، لیگنین، صمغ-ها، موسیلائز و نشاسته مقاوم است [۲]. این ترکیبات به دلیل نوع ساختارشان، در روده کوچک هضم و جذب نمی شوند و تنها در روده بزرگ امکان تخمیر جزئی و یا کلی آنها وجود دارد. عملکرد آنها در بدن به گونه ای است که مزایای زیادی برای سلامتی بدن ایجاد می کنند. کمیته ای کدکس در سال ۲۰۰۸ فیبر تغذیه ای را به این شرح تعریف کرد: "پلیمرهای کربوهیدراتی متخلک از حداقل ۱۰ منومر، که توسط آنزیم های گواراشی موجود در روده کوچک هیدرولیز نمی شود. منابع فیبرهایی که در رژیم غذایی افراد وجود دارد در سه دسته قابل طبقه بندی است؛ ۱- پلیمرهای کربوهیدراتی عمومی که به طور طبیعی در غذاهای روزانه افراد وجود دارد. ۲- بخش کربوهیدراتی غذا که با روش فیزیکی، شیمیایی و یا آنزیمی استحصال شده است و اثرات مثبتی در جهت سلامتی بدن نمایان می کند و شواهد قابل قبولی از آن وجود داشته باشد" [۳]. تحقیقات نشان می دهد با افزایش مصرف این ترکیبات، میزان چاقی، بیماری های قلبی، دیابت نوع دو در جوامع کاهش می یابد [۴]. با این وجود امروزه مصرف این ترکیبات از میزان توصیه شده آنها کمتر است [۵]. بنابراین غنی سازی مواد غذایی با این ترکیبات امری مهم محسوب می شود. با افزوده شدن این ترکیبات به مواد غذایی هم دانسته اتری غذا کاهش می یابد و هم بدلیل مزایای سلامتی بخش این ترکیبات، به طور مستقیم ارزش تغذیه ای محصول غذایی افزایش می یابد و محصولی فراسودمند بدست می آید. منابع طبیعی فیبرهای تغذیه ای شامل غلات، میوه جات و سبزیجات است. در این راستا انتخاب منبع فیبر برای غنی سازی نان اهمیت دارد. چون منابع مختلف دارای ترکیبات متفاوتی از فیبرهای تغذیه ای تغذیه ای هستند که هم عملکرد فیزیولوژیک آنها در بدن متفاوت است و هم نوع تاثیر تکنولوژیک آنها بر مواد غذایی تاثیری که فیبرهای تغذیه ای بر نان می گذارند، عموماً کیفیت و پذیرش محصول نهایی را کاهش می دهند. در این حوزه تحقیقات در درجه اول با هدف معرفی منابع جدید فیبرهای تغذیه ای و در درجه دوم بررسی روش های بهبود کیفیت نان غنی شده انجام می گردد. از منابع فیبرهای تغذیه ای که تابه حال مورد استفاده قرار گرفته است می توان به سبوس گندم توسط پمران و همکاران (۱۹۹۷)، حسن و همکاران (۲۰۰۸)، سبوس چاودار توسط لاریکان و همکاران (۱۹۹۸)، اینولین، فیبر نیشکر توسط سانگارک و همکاران (۲۰۰۲)، اینولین و بتاگلوكان یولاف فرنگی، قهقهه و میکروکریستال سلوزل توسط گومز و همکاران (۲۰۰۳)، فیبر نیشکر توسط سانگارک و همکاران (۲۰۰۴)، اینولین و بتاگلوكان یولاف توسط هاگر و همکاران (۲۰۱۰)، نشاسته مقاوم توسط گومز و همکاران (۲۰۱۱)، پکتین و صمغ گوار توسط اسکارا و همکاران (۲۰۱۲) می توان اشاره داشت. با توجه به اهمیت و نقش سودمند فیبرهای تغذیه ای بر سلامت عمومی افراد جامعه، در این تحقیق تلاش شده است تا با هدف تولید نان فراسودمند، تاثیر فیبر سیب بر ویژگی های نان برابری مورد ارزیابی قرار گیرد.

مواد و روش ها

مواد اولیه

آرد ستاره از کارخانه اطلس اصفهان، مخمر فوری ناتوایی از شرکت درمایه و فیبر تغذیه ای تجاری سیب از شرکت JRS آلمان خریداری شد.

اندازه گیری رطوبت، خاکستر، چربی و پروتئین مواد اولیه بر اساس روش انجمان شیمی غلات آمریکا (AACC) به شماره های ۰۱-۰۸، ۱۶-۴۴



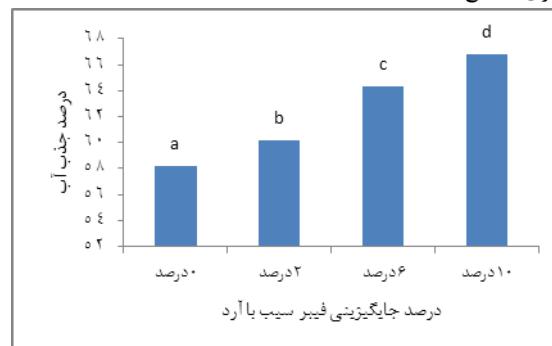
۳۰-۴۶ و ۱۳-۲۵ اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری نشاسته مطابق کار تورتیچر و همکاران (۲۰۱۲) اندازه‌گیری شد [۱۰]. اندازه‌گیری جذب آب: میزان دقیق جذب آب آرد و آرد به همراه فیبر، بر اساس روش ۵۴-۲۱ از استاندارد AACC بوسیله فارینوگراف (ساخت آلمان، مدل ۸۷۵۰۴- نوع E) تعیین شد. بررسی تاثیر فیبر بر خصوصیات رئولوژی خمیر بر اساس آزمون کشش یکسویه مطابق کار وریوگن و همکاران (۲۰۰۳) با استفاده از دستگاه بافت سنج عمومی- اینستران، مدل ۱۱۴۰ ساخت کشور انگلستان تعیین شد [۱۳]. برای این کار بر اساس جذب آب استاندارد محاسبه شده به وسیله‌ی فارینوگراف، خمیر با درصدهای مختلف فیبر سیب تهیه و سپس به استوانه‌های یکسان به طول ۲۰ سانتی متر و قطر ۲ سانتی متر شکل داده شد. محاسبات مربوط به کشش پذیری و مقاومت به کشش با استفاده این نمونه‌ها و بدون طی شدن تخمیر انجام شد. خمیر نان بربری با جایگزین شدن درصدهای ۰، ۲، ۶ و ۱۰٪ آرد با فیبر سیب و ۱٪ نمک، شکر و ۰.۲٪ مخمر نانوایی فوری و میزان مناسب آب بر اساس میزان محاسبه شده توسط فارینوگراف (قوام ۴۰۰۰ برابر) تهیه شد. خمیر به مدت ۶۰ دقیقه در دمای ۳۳ درجه سانتی‌گراد و رطوبت تقریباً اشباع تخمیر گردید. پس از چانه کردن خمیر، مرحله تخمیر میانی به مدت ۱۵ در شرایط فوق انجام شد. در نهایت بعد از مرحله شکل دهنی، خمیر به ضخامت ۰.۶ سانتی‌مترا بجاذب و به مدت ۱۳ دقیقه در دمای ۲۵۰ درجه سانتی‌گراد پخته شد. بعد از سرد شده به مدت دو ساعت، تست‌های مربوط به سنجش خصوصیات نان انجام شد. رنگ نان بر اساس روش افشاری و فرحنکی (۲۰۱۱) با استفاده از دوربین دیجیتال در شرایط نوری کنترل شده و یکسان که منبع نوری در زاویه ۴۵ درجه نسبت به نمونه‌ها قرار داشت، از سطح نان عکس برداری شد. با انتقال تصاویر به رایانه، پارامترهای رنگ به صورت *L*, a* و b*, با نرم‌افزار فتوشاپ^۱ ورژن ۱۲:۰، تعیین شد و با پس کالیبره کردن مقدار این پارامترها توسط کارت‌های رنگی، میزان واقعی این پارامترها تعیین شد [۲]. سنجش ویژگی‌های بافتی نمونه‌ها بر اساس آزمون نمایه بافت و بر اساس میزان فشرده شدن ۴۰٪ ارتفاع اولیه نان انجام و پارامترهای سفتی (نیروی لازم برای فشرده کردن نان درسیکل اول آزمون)، ارجاعیت (میزان بازیابی ارتفاع نمونه بعد از سیکل اول آزمون)، پیوستگی بافت (نسبت سطح زیر منحنی سیکل دوم به سیکل اول آزمون) صمغیت و فاکتور جویدن نیز بر اساس این آزمون تعیین شد [۳]. ارزیابی نان غنی شده بر اساس آزمون نهان‌قطهای لذت انجام شد. درجه بندی هر یک از پارامترهای مورد ارزیابی با دادن عدد بین ۱ تا ۹ بر اساس نظر ارزیابها انجام شد؛ که عدد ۱ به معنی کمترین مطلوبیت و عدد ۹ به معنی بالاترین مطلوبیت است. نتایج به دست آمده از این پژوهش با استفاده از نرم افزار SPSS بر پایه‌ی طرح کاملاً تصادفی مورد ارزیابی قرار گرفتند [۱۲].

نتایج و بحث

۱- آزمون‌های شیمیایی نتایج آزمون‌های شیمیایی نشان داد که آرد مورد استفاده در این تحقیق دارای ۱۴٪ رطوبت، ۰.۰/۶۹٪ خاکستر (نشان دهنده درجه استخراج پایین آرد است)، ۱۲٪ پروتئین، ۶۵٪ پروتئین، ۱۰٪ نشاسته و ۱٪ چربی است. بنابراین با کسر مجموع درصدهای اجزای تشکیل دهنده آرد از ۱۰۰، میزان فیبر تغذیه‌ای ابتدایی در آرد به میزان ۵/۸۳٪ است. میزان فیبر خام و فیبر کل تشکیل دهنده فیبر تجاری سیب به ترتیب ۰/۵۳٪ و ۰/۵۵٪ (مطلوب اطلاعات شرکت جی‌آر اس-JRS) است. بنابراین افزودن این ترکیب به میزان ۲ تا ۱۰٪ محتوای فیبر کل را به میزان ۱/۱ تا ۱/۵٪ افزایش خواهد داد.

خصوصیات رئولوژی خمیر- جذب آب

مطابق شکل ۱، در تمام سطوح استفاده از فیبر تغذیه‌ای، جذب آب به طور معنی‌داری افزایش یافت. کوهاج دوا و همکاران (۲۰۰۱) با بکارگیری تفاله سیب در نان، نیز افزایش جذب آب را گزارش کردند [۸]. افزایش جذب آب با افزودن فیبر نشان دهنده میزان جذب آب بالاتر فیبرها نسبت به ترکیبات تشکیل دهنده آرد است. این مشاهده به دلیل تعداد بیشتر گروه‌های هیدروکسیل موجود در ترکیب فیبر تجاری است که امکان برقراری تعداد بیشتری پیوند هیدروروژنی را میسر می‌کند. از این طریق، آب موجود را جذب کرده و لذا برای تشکیل مطلوب شبکه گلوتنی در این حالت نسبت به خمیر فاقد فیبر، به آب بیشتری احتیاج است.



شکل ۱: درصد جذب آب خمیر غنی شده با درصدهای مختلف فیبر حروف متفاوت نشان دهنده اختلاف معنی دار ($P < 0.01$) است.



خصوصیات رئولوژی خمیر-آزمون کشش یک سویه

نتایج آزمون کشش پذیری خمیر غنی شده با فیبرسیب در جدول ۱ آورده شده است. با افزودن فیبر به آرد، مقاومت به کشش در خمیر افزایش می‌یابد. هرچند در ۰٪/جایگزینی فیبر سیب با آرد تغییر معنی‌داری دراین عامل مشاهده نشد. افزایش مقاومت به کشش به دلیل واکنش فیبر با گلوتون است که قبلاً توسط وانگ و همکاران (۲۰۰۲) و جان و همکاران (۱۹۹۷) گزارش شده است [۱۴]. میزان کشش پذیری خمیر دارای فیبر سیب نیز نسبت به نمونه بودن فیبر کاهش معنی‌داری را نشان می‌دهد. این روند کاهشی بدلیل کم شدن سهم گلوتون در تشکیل ساختار شبکه ویسکوالاستیک خمیر است. فاکتور نسبت مقاومت به کشش بر کشش پذیری نشان دهنده توازن در خواص ویسکوالاستیک خمیر است. نتایج جدول نشان می‌دهد که با افزودن فیبر سیب به آرد، منجر به افزایش مقاومت الاستیک نسبت به حالت رایج شده و از این طریق رفتار خمیر به حالت ویسکوالاستیک جامد تغییر می‌کند. با حضور فیبر در فاز پیوسته خمیر، بدلیل اینکه قابلیت کشسانی گلوتون را ندارد، در برابر کشش از خود مقاومت نشان می‌دهد. وانگ و همکاران (۲۰۰۲) تاثیر فیبرها را بر گلوتون بررسی و گزارش کردند که این ترکیبات در تشکیل شبکه گلوتونی اخلاق ایجاد کرده و قابلیت کشش پذیری را کم می‌کنند [۱۴].

بررسی خصوصیات نان

۲- سنجش رنگرینگ محصولات غذایی یک ویژگی مهم در مشتری پسندی آنها است که می‌تواند نقش مهمی در پذیرش محصول داشته باشد. امروزه علم پردازش تصویر در حال گسترش بوده و کاربردهای فراوانی نیز در علوم مختلف پیدا کرده است که یکی از کاربردهای آن آنالیز رنگ است. این روش توسط افساری جوبیاری و همکاران (۲۰۱۱) و آنجیولونی^۲ و همکاران (۲۰۰۹) به ترتیب در سنجش رنگ خرما و نان استفاده شده است [۲].

جدول ۱-آزمون کشش یک سویه خمیر دارای فیبر تغذیه‌ای

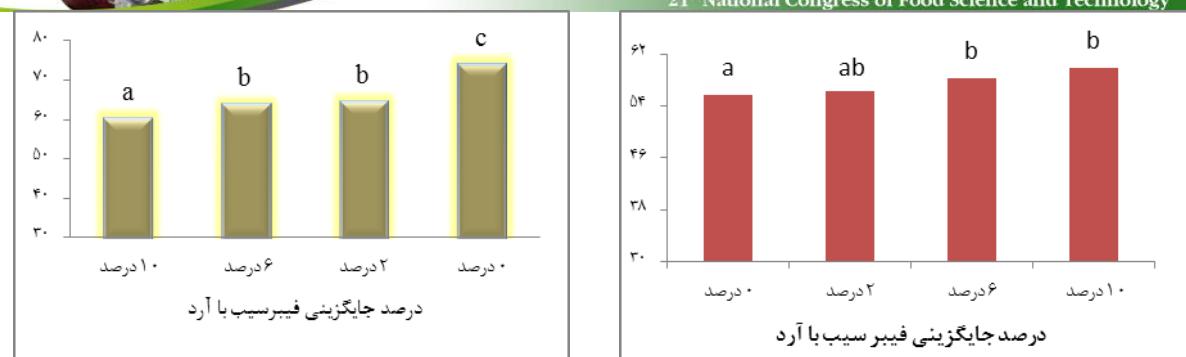
درصد فیبر	مقادیم به کشش (نیوتن)	کشش پذیری (سانتی‌متر)	ضریب مقاومت خمیر (N/cm)	خصوصیات مورد بررسی
۰٪/۰	۱۴/۴۰ ^a ± ۰/۱	۲۰/۸۲ ^c ± ۷/۶	۰/۰۳ ± ۰/۶۹ ^a	
٪/۲	۱۴/۹۴ ^a ± ۰/۶۱	۱۵/۱۴ ^b ± ۰/۱۵	۰/۰۲ ± ۰/۹۹ ^b	
٪/۶	۱۶/۶۹ ^b ± ۰/۶۹	۱۴/۲۴ ^a ± ۰/۲۳	۰/۰۱ ± ۱/۱۷ ^c	
٪/۱۰	۱۸/۶۶ ^c ± ۰/۱	۱۳/۴۰ ^a ± ۰/۳۸	۰/۰۳ ± ۰/۳۸ ^d	

حروف متفاوت نشان دهنده اختلاف معنی‌دار ($P<0.01$) است.

واکنش قهوهای شدن غیر آنزیمی (مایلارد و کارامبلیزاسیون) عامل اصلی تشکیل رنگ سطح نان است. دما، فعالیت آبی و pH از جمله عواملی هستند که بر این واکنش‌ها تاثیر دارند. همانگونه که در شکل ۱ مشخص است، افزودن فیبر سیب کاهش روشناهی سطح نان می‌شود هر چند که در سطح ٪/۲ جایگزینی آرد با فیبر این اختلاف معنی‌دار نیست. مطابق نتایج این آزمون، در بین درصدهای مختلف استفاده از فیبر سیب، روشناهی سطح نان تغییر معنی‌داری دیده نمی‌شود و این امر نقش غالب واکنش قهوهای شدن را در تشکیل رنگ سطح نان نشان می‌دهد. گومز و همکاران (۲۰۰۳) با بکارگیری فیبر کاکائو و قهقهه در نان، رنگ پوست نان را تیره‌تر گزارش کردند [۴]. سودها و همکاران (۲۰۰۷) نیز کاهش روشناهی سطح کیک غنی شده با فیبر تغذیه‌ای را گزارش کردند [۱۲]. یکی از مشکلات استفاده از فیبر تغذیه‌ای در نان، تیره شدن مرکز آن است [۱۴]. تاثیر فیبر سیب در کاهش میزان روشناهی مرکز نان در احتمال ۹۹٪ معنی‌دار محاسبه شد. دمای مرکز نان به اندازه‌ای لازم برای واکنش‌های قهوهای شدن افزایش نمی‌یابد، بنابراین روشناهی از نان ناچیه از نان مستقیماً به فیبر استفاده شده مربوط می‌گردد. شایان ذکر است که رنگ تیره در فیبر سیب را می‌توان در ابتدایی تولید و با تغیر رنگ این ناچیه از نان مناسب و به هنگام کنترل کرد. با وجود تاثیر قابل توجه ترکیبات افزوده شده بر رنگ سطح نان، تغییرات رنگ در این ناچیه بیشتر به واکنش‌های قهوهای شدن غیر آنزیمی مربوط می‌شود. شکل ۲ تغییرات رنگ مغز نان را نشان می‌دهد. آلمدیا و همکاران (۲۰۱۲) کاهش روشناهی مغز نان را با بکارگیری فیبر گندم گزارش کردند. سنگارک و همکاران (۲۰۰۳) تاثیر فیبر نیشکر را بر رنگ نان ناچیز گزارش کردند. این نتیجه نشان می‌دهد که رنگ فیبر در تغییر رنگ مغز نان موثر است [۱۱].



21st National Congress of Food Science and Technology



شکل ۲: میزان روشنایی مغز نان غنی شده
حروف متفاوت نشان دهنده اختلاف معنی دار ($P < 0.01$) است.

شکل ۲: میزان روشنایی سطح نان غنی شده
حروف متفاوت نشان دهنده اختلاف معنی دار ($P < 0.01$) است.

آزمون نمایه بافت

با بررسی نتایج سفتی نان غنی شده که در جدول آورده شده است، مشخص می‌شود که فیبر سیب سفتی نان را افزایش داده است. هر چند تفاوت معنی‌داری در سفتی نان دارای ۰٪ فیبر سیب و نان شاهد مشاهده نشد. معسعودی و همکاران [۱۹۹۹] گزارش کردند با افزودن ۱۰٪ تفاله سیب به نان، سفتی نان حاصل ۴ برابر می‌شود [۹]. عمدۀ دلیلی که می‌توان برای این مشاهده ذکر کرد، کاهش سهم گلوتون در شکل دهی ساختار نان است. هر چند فیبر با اثر گذاری بر تشکیل شبکه گلوتون نیز می‌تواند از تشکیل شبکه پیوسته گلوتون ممانعت کند. این امر با بررسی میزان پیوستگی بافت نان غنی شده با فیبر سیب مشخص می‌شود. با افزودن فیبر سیب پیوستگی بافت نان که به عنوان شاخصی از حفظ ساختار نان مطرح است، کاهش یافته است. بنابراین حضور فیبر سیب تضعیف ساختار نان می‌گردد.

جدول ۲

درصد جایگزینی فیبر	softi (k pa)	قابلیت ارجاعی	پیوستگی بافتی	عامل صمغی بودن	فاکتور جویدن
۰	۱۶/۹۵±۱/۵ ^a	۰/۸۹۵±۰/۱۷ ^b	۰/۸۱۶±۰/۰۶۰ ^c	۸/۳۷۲±۰/۳۹ ^a	۷/۵۰۶±۵/۰ ^a
۲	۱۹/۶۳۵±۲/۰۲ ^{ab}	۰/۸۸۲±۰/۱۴ ^b	۰/۷۱۵±۰/۰۲۵ ^b	۱۲/۹۰۴±۰/۶۹ ^b	۱۲/۶۹۸±۱/۲۸ ^b
۶	۲۲/۳۶±۲/۰۲ ^b	۰/۸۷۸±۰/۰۲۹ ^b	۰/۶۹۷±۰/۰۰۹ ^b	۱۵/۵۸۸±۱/۴ ^{bc}	۱۳/۶۹۸±۱/۱۴ ^{bc}
۱۰	۳۰/۷۵±۰/۵۰ ^c	۰/۸۱۴±۰/۰۲۴ ^a	۰/۶۰۱±۰/۰۷۰ ^a	۱۸/۴۹۳±۲/۲۵ ^d	۱۵/۰۰۳±۱/۳۸ ^c

حروف متفاوت نشان دهنده اختلاف معنی دار ($P < 0.01$) است.

فاکتور جویدن در این آزمون نشان دهنده میزان انرژی لازم برای اینکه غذا آماده بلغ شود. نتایج آزمون نمایه بافت که در جدول آورده شده است، نشان می‌دهد که افزودن فیبر به نان منجر به افزایش انرژی لازم برای جویدن نان غنی شده با فیبر سیب می‌گردد. این نتیجه در اندازه‌گیری سفتی نان نیز مشاهده می‌شود. قابلیت ارجاعی بودن نان با افزودن فیبر سیب در تمام سطوح کاهش نشان داد با این حال افزایش میزان فیبر تغییری در این روند ایجاد نکرد. سنگارک و همکاران [۲۰۰۶] افزایش سفتی و کاهش قابلیت ارجاعی بودن نان دارای فیبر نیشکر را گزارش کردند [۱۱]. با این حال وانگ و همکاران [۲۰۰۲] گزارش کردند که با استفاده از فیبر اینولین، فاکتور جویدن و سفتی نان افزایش و پیوستگی بافت نان کاهش می‌یابد [۱۴]. عامل صمغی بودن نشان دهنده میزان مصرف انرژی به هنگام فشرده شدن نان و یا جویدن غذا است. این عامل نیز همانند فاکتور جویدن در نان دارای فیبر سیب افزایش یافته است. بنابراین مدت زمان لازم برای جویده شدن این نان افزایش یافته است.

آزمون حسی نان

در این آزمون، نان غنی شده با فیبر از جنبه‌های عطر، طعم، رنگ و قابلیت جویدن مورد ارزیابی قرار گرفت. با توجه درنظرگرفتن نتایج آزمون حسی نان دارای فیبر سیب مشخص می‌شود که با افزایش فیبر امتیاز طعم و مزه نان کاهش می‌یابد، رنگ سطح این نان از نظر مصرف کنندگان مطلوب‌تر است. کمتری دارد و با افزایش فیبر سیب این امتیاز کمتر می‌شود. جویده شدن نان و پذیرش کلی نان نیز با افزایش میزان فیبر بکار رفته کاهش می‌یابد. مهم‌ترین قسمت آزمون حسی، پذیرش کلی محصول از دیدگاه مصرف‌کننده است. این پارامتر معیاری برای رد یا پذیرفته شده محصول در نظر گرفته می‌شود. میزان قابلیت جویدن نان را کاهش یافته است. این نتیجه با تست اندازه‌گیری سفتی مطابقت دارد. اما رد شدن محصول در این آزمون با امتیاز پذیرش کلی کمتر ۵ سنجیده می‌شود. بنابراین در همه‌ی درصدهای استفاده شده از فیبر در این تحقیق، نان غنی شده مورد پذیرش واقع شده است.



21st National Congress of Food Science and Technology

مسعودی و همکاران (۱۹۹۸) با بررسی اثر تفاله سیب بر نان کاهش مطلوبیت نان در خصوص رنگ سطح، رنگ مرکز، بافت، طعم نان غنی شده را گزارش کرده است [۹] که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد. گوژم و همکاران (۲۰۰۳) با بررسی اثر فیبرهای تغذیه‌ای از منابع مختلف (پرتقال، کاکائو، نخود فرنگی، قهوه و میکروکریستال سلولز)، تنها بکارگیری ۲٪ از این فیبرها را بدون افزودنی دارای پذیرش کلی از سوی مصرف کننده گزارش کردند [۴].

جدول ۳- نتایج ارزیابی حسی نان غنی شده با فیبر سیب

درصد جایگزینی فیبر	طعم و مزه	رنگ سطح	جوده شدن	پذیرش کلی
.	۷/۴۸±۰/۴۷ ^c	۷/۴۷±۰/۰۸ ^d	۸/۰۸±۰/۱۳ ^c	۷/۷۳±۰/۰۳ ^d
۲	۷/۴۶±۰/۱۵ ^b	۷/۲۱±۰/۰۹ ^c	۷/۸±۰/۱۰ ^b	۷/۴۴±۰/۰۹ ^c
۶	۵/۴۹±۰/۱۰ ^a	۶/۵۹±۰/۰۳ ^b	۷/۴۵±۰/۱۳ ^a	۶/۶۹±۰/۱۰ ^b
۱۰	۶/۷۳±۱/۳۶ ^a	۵/۸۶±۰/۰۶ ^a	۷/۲۶±۰/۱۸ ^a	۵/۷۲±۰/۱۰ ^a

حروف متفاوت نشان دهنده اختلاف معنی دار ($P<0.01$) است.

همبستگی آزمون نمایه بافت و آزمون حسی نان

با بررسی ضریب همبستگی پیرسون مشخص شد که پذیرش کلی نان غنی شده از سوی مصرف کننده‌گان با میزان سفته به احتمال ۹۵٪ همبستگی معکوسی دارد. همچنین قابلیت جویدن از دیدگاه مصرف کننده با میزان پیوستگی بافتی ارتباط مثبت و با اندازه ضریب جویدن و صمغی بودن ارتباط معکوسی دارد. این نتایج نشان دهنده این حقیقت است که پیوستگی بالاتر بافت نان با مطلوبیت بیشتری از سوی مصرف کننده‌گان همراه است. چون هرچه این عامل کاهش نشان دهنده فشرده شدن بافت بعد از اعمال نیرو است که در سیکل دوم فشار (جویدن) انرژی لازم برای جویدن افزایش می‌یابد. بنابراین با انجام آنالیز نمایه بافت می‌توان خصوصیات حسی نان غنی شده را نیز پیش‌بینی کرد.

جدول ۴- بررسی همبستگی خصوصیات حسی و خصوصیات بافتی نان غنی شده با فیبرسیب

میزان فیبر	طعم نان	جویده شدن	پذیرش کلی	سفته	قابلیت ارتجاعی	پیوستگی	صمغی بودن	اندازه ضریب جویدن
۰/۹۷*	-۰/۸۰ ns	-۰/۹۸*	-۰/۹۸*	-۰/۹۳ ns	-۰/۹۳ ns	-۰/۹۴ ns	-۰/۹۴ ns	-۰/۸۵ ns
-۰/۹۹**	-۰/۹۶*	-۰/۸۷ ns	-۰/۸۷ ns	-۰/۷۷ ns	-۰/۹۶*	-۰/۹۶*	-۰/۹۶*	-۰/۹۹**
-۰/۹۴ ns	-۰/۹۵*	-۰/۸۰ ns	-۰/۸۰ ns	-۰/۶۷ ns	-۰/۸۷ ns	-۰/۸۷ ns	-۰/۹۵*	-۰/۹۴ ns
۰/۸۸	۰/۹۶*	-۰/۹۰	-۰/۹۷*	-۰/۹۰	-۰/۹۶*	-۰/۹۶*	-۰/۹۶*	-۰/۸۸

* اختلاف معنی دار ($P<0.01$). ** ($P<0.01$) است.

نتیجه گیری کلی

با استفاده از مخلوط آرد و فیبر سیب، مجموعه‌ای از تغییرات رئولوژیک و تکنولوژیک در خمیر و بافت نان ایجاد می‌شود که منجر به افزایش جذب آب طی آماده سازی و تضعیف شبکه گلوتن خمیر نان شده همچنین نان حاصل دارای رنگ تیره‌تر و بافتی سفتر خواهد بود. مجموعه‌ای این اثرات منجر به کاهش مطلوبیت نان غنی شده با فیبر سیب می‌شود اما این نان حتی با ۱۰٪ فیبرسیب نیز مورد پذیرش مصرف کننده قرار دارد. در این تحقیق مشخص شد که آزمون نمایه بافت آزمونی مناسب برای پیش‌بینی نتایج بررسی محصول از دیدگاه مصرف کننده است و بکارگیری از عوامل بهبود دهنده برای بهره‌گیری از درصدهای بالای فیبر سیب ضروری به نظر می‌رسد.

منابع

- [۱] نیکوزاده، ح.، ا. تسلیمی و م. ح. عزیزی تأثیر افزودن سیوس جو دو سر بر خواص رئولوژیکی خمیر و کیفیت نان. فصلنامه علوم و صنایع غذایی. ۱۰-۱: ۱.
- [۲] Afshari-Jouybar, H and A. Farahnaky. 2011. Evaluation of Photoshop software potential for food colorimetry. *J. Food Eng.* 106: 170-175.
- [۳] Bourne, M.C. 2002. Food Texture and Viscosity: Concept and Measurement: Access Online via Elsevier.
- [۴] Gomez, M., F. Ronda and C.A. Blanco. 2003. Effect of dietary fibre on dough rheology and bread quality. *Eur. Food Res. Technol.* 216: 51-63.



- [5] Kaczmarczyk, M.M., M.J. Miller and G.G. Freund. 2012. The health benefits of dietary fiber: Beyond the usual suspects of type 2 diabetes mellitus, cardiovascular disease and colon cancer. *Metabolism*. 61: 1058-1066.
- [6] Kamaljit, K., K. Amarjeet and S.T. Pal. 2011. Analysis of ingredients, functionality, formulation optimization and shelf life evaluation of high fiber bread. *Am. J. Food Technol.* 6: 306-313.
- [7] Kendall, C.W., A. Esfahani and D.J. Jenkins. 2010. The link between dietary fibre and human health. *Food Hydrocolloids*. 24: 42-48.
- [8] Kohajdova, Z., J. Karovičová, M. Jurasová and K. Kukurová. 2011. Effect of the addition of commercial apple fibre powder on the baking and sensory properties of cookies. *Acta. Chimica. Slovaca*. 4: 88-97.
- [9] Masoodi, F., B. Sharma and G. Chauhan. 2002. Use of apple pomace as a source of dietary fiber in wheat bread. *J. Food process Pres.* 22: 255-263.
- [10] Theuretzbacher, F., A. Bauer, J. Lizasoain and M. Becker. 2013. Potential of different Sorghum bicolor (L. moench) varieties for combined ethanol and biogas production in the Pannonian climate of Austria. *Energy*. 55: 107-113.
- [11] Sangnark, A and A. Noomhorm. 2004. Effect of dietary fiber from sugarcane bagasse and sucrose ester on dough and bread properties. *LWT-Food Sci. Technol.* 37: 697-704.
- [12] Sudha, M., V. Baskaran and K. Leelavathi. 2007. Apple pomace as a source of dietary fiber and polyphenols and its effect on the rheological characteristics and cake making. *Food Chem.* 104: 686-692.
- [13] Verbruggen, I.M and J.A. Delcour. 2003. Extension Properties of Wheat Flour Dough Fortified with Characterised Wheat Gluten Fractions. *J. Cereal. Sci.* 37: 151-156.
- [14] Wang, J., C.M. Rosell and C. Benedito de Barber. 2002. Effect of the addition of different fibres on wheat dough performance and bread quality. *Food Chem.* 79: 221-226.
- [15] Weickert, M.O and A.F.H. Pfeiffer. 2008. Metabolic Effects of Dietary Fiber Consumption and Prevention of Diabetes. *J. Nutr.* 138: 439-443. Yousif, A. D., Nhepera and S. Johnson. 2012. Influence of sorghum flour addition on flat bread in vitro starch digestibility, antioxidant capacity and consumer acceptability. *Food Chem.* 134: 880–887.