مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران
سال یازدهم، شماره 4، زمستان 1395، صفحات 69-55

تدوین شاخص‌های کیفی به عنوان معیار ارزیابی کیفیت نان سنگک سنتی ایران

لیلا کمالی روستا[1]، مهدی سیدین اردبیلی[2]، غلامحسن اسدی[3]، بابک غیاثی طرزی[3]، رضا عزیزی‌نژاد[3]

1- نویسنده مسئول: دانش‌آموخته دکتری علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات. پست الکترونیکی: l.kamalimail@gmail.com

2- دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات

3- استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات

تاریخ دریافت: 94/10/17 تاریخ پذیرش: 95/2/4

چکیده

سابقه و هدف: با وجود تولید و مصرف متمادی نان سنگک سنتی در سطح کشور، شاخص‌های کیفی مستندی برای آن به صورت کامل تدوین نگردیده است و در واقع ارائه چنین شاخص‌هایی، تعریف آنها و ارائه دامنه نواسانات برای تولید این نوع نان بسیار ضروری می‌باشد. این تحقیق با هدف تدوین شاخص‌های کیفی مناسب جهت سنجش کیفیت نان سنتی سنگک و بیان آن براساس کمیت انجام شد.

مواد و روش‌ها: برای تهیه سه نوع نان سنگک با درجات کیفی مختلف، سه نوع آرد با کمیت‌ها و کیفیت‌های متفاوت از نظر میزان پروتئین، عدد زلنی، اندازه ذرات و.... (به نام‌های آرد قوی، متوسط و ضعیف) و با درجه استخراج متناسب برای تولید این نان تهیه گردید. ابتدا آزمایش‌های فیزیکی، شیمیایی و رئولوژی انواع آردها و خمیرهای مورد نظر تعیین گردید و سپس ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی، بافت‌سنجی، تخلخل، ریز ساختار و خصوصیات حسی انواع نان‌های سنگک حاصل از آنها به صورت تازه و در حین نگهداری توسط روش‌های مختلف مورد ارزیابی قرار گرفت.

یافته‌ها: نتایج حاصل از آزمون‌های مختلف فیزیکی و شیمیایی، دستگاهی و حسی دارای همبستگی معنی‌داری با یکدیگر بودند. با توجه به تمام نتایج حاصله از آزمون‌های مختلف در این پژوهش، شاخص‌های کیفی انواع نان‌های سنگک با درجات کیفی مختلف (خوب، متوسط و ضعیف) به تفکیک به صورت کمی، پس از پخت و در طی نگهداری به دست آمد که می‌تواند به استانداردسازی کیفیت نان سنگک، رتبه‌بندی این نان براساس کیفیت، درجه‌بندی نانوایی‌ها براساس کیفیت نان تولیدی کمک شایانی نماید.

نتیجه‌گیری: شاخص‌های کیفی انواع نان‌های سنگک با درجات کیفی مختلف علاوه بر کاربرد در سیستم مستندسازی کشور، در بهبود کیفیت این نوع نان، کاهش ضایعات، آگاه‌سازی در مورد استفاده از آرد با ویژگی‌های کیفی متناسب و مطلوب برای تولید این نان و رتبه‌بندی کیفیت نان‌های حاصله و نانوایی‌های تولید کننده مؤثر است.

واژگان کلیدی: نان سنگک، شاخص‌های کیفی، بافت‌سنجی، تخلخل، ساختار سلولی

• مقدمه

نان سنگک یکی از قدیمی‌ترین و محبوب‌ترین نان‌های مسطح سنتی است که از نظر مزه، طعم و همچنین هضم آسان و تأمین سلامت بدن بهترین نان ایران است. این نان به دلیل دارا بودن مقدار زیادی فیبر، بسیار مورد توجه متخصصان تغذیه می‌باشد (1). به طور کلی کیفیت تولید نان‌های مسطح از جمله نان سنگک که شامل کیفیت ظاهری، بافتی، ارگانولپتیکی و تغذیه‌ای آنها می‌گردد، نقش اساسی بر سلامت مردم و اقتصاد ملی دارد و توجه جدی به بهبود وضعیت این نان‌ها در کشور و ضرورت نگاهی دقیق و جامع نیاز می‌باشد (2). در رابطه با نان سنگک علاوه بر روش‌های نادرست تهیه و عمل‌آوری خمیر و تکنیک‌های نامناسب پخت و توزیع این نوع نان، استفاده از آردهای با ویژگی‌های کیفی نامطلوب و نامتناسب یکی از مهم‌ترین عوامل بروز ضایعات زیاد در بخش تولید این نان هستند و کیفیت آن را پایین می‌آورند.. برای بالا بردن هر چه بیشتر کیفیت این نان باید اصلاحات بنیادی در کیفیت مواد اولیه و روش و فرایند تولید صورت گیرد. اما

تعیین نوع تغییرات و اصلاحات مورد نیاز مستلزم تحقیقاتی در مورد شاخص‌های مناسب سنجش کیفیت این نوع نان می‌باشد (3). در این مورد با وجود تولید و مصرف متمادی این نوع نان سنتی در سطح کشور، شاخص‌های کیفی مستندی برای آن به صورت کامل تدوین نگردیده است و در واقع ارائه چنین شاخص‌هایی از جمله ویژگی‌های حسی، فیزیکی، شیمیایی، بافتی و ساختاری تعریف آنها و ارائه دامنه نواسانات برای تولید این نوع نان بسیار ضروری می‌باشد. استفاده از روش‌های متفاوت ارزیابی کیفیت نان، اولویت‌بندی این روش‌ها و تعیین همبستگی نتایج بین ارزیابی‌های فیزیکو شیمیایی، دستگاهی و حسی نان بسیار حائز اهمیت است. در واقع دستیابی به شاخص‌های مناسب جهت سنجش کیفیت نان‌های مسطح از جمله نان سنگک، قابلیت استفاده در سیستم‌های مستند کشور را نیز خواهند داشت. در رابطه با ویژگی‌های بافتی و ساختاری نان و به طور کلی از نقطه نظر فیزیکی و مکانیکی، نان یک ساختار پیچیده چند فاز با تخلخل بالا می‌باشد. دیواره سلول‌های مغز نان عمدتاً شامل نشاسته، پروتئین و آب است که این ترکیبات در ساختار و استحکام مکانیکی نان شرکت می‌کنند. از این رو با توجه به اینکه ارزیابی پارامترهای ساختاری محصولات متخلخل چون نان در تعیین خصوصیات حسی آنها حائز اهمیت است و در واقع ساختار نهایی مغز نان برای پذیرش مصرف‌کننده و درک ظاهر و کیفیت نان ضروری است. بنابراین تعیین ویژگی‌های بافتی، ساختاری و میزان تخلخل یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های کیفی نان است که با استفاده از بافت‌سنج و یا روش‌هایی چون اولتراسونیک غیرمخرب، آنالیز تصویری و .... قابل ارزیابی هستند (5، 4). Elmehdi و همکاران با مطالعه حساسیت امواج اولتراسونیک به تغییرات در اندازه و شکل سلول‌های مغز نان، پتانسیل استفاده از اولتراسونیک به عنوان یک ابزار برای مشخص کردن ویژگی‌های مکانیکی و ساختاری مغز نان و درنتیجه اندازه‌گیری‌های برخی از فاکتورهای تعیین کیفیت نان را ثابت نمودند (6). Hadnadev و همکاران در ارزیابی تأثیر پلی‌ساکاریدهای امولسیفیه کننده روی ریزساختار، کیفیت و بیاتی نان گندم با استفاده از دستگاه SEM و بافت سنج، بیان نمودند که اختلاف در فعل و انفعالات بین پلی‌ساکاریدهای امولسیفیه کننده متفاوت و ترکیبات نان در سطح ریزساختار، منجر به تغییراتی در ویژگی‌های مکانیکی و ریز ساختار متخلخل مغز نان می‌گردند(7). Lagrain و همکاران در بررسی نقش گلوتن و نشاسته در ساختار مغز و بافت نان تازه و نگهداری شده توسط آنالیزهای تصویری و اولتراسونیک، دریافتند که تغییر ویژگی‌های گلوتن در خمیر اثر عمیقی روی دانسیته و ساختار تخلخل نان داشت، بدون اینکه اثر بر ویژگی‌های رئولوژیکی دیواره‌های سلول‌های مغز نان داشته باشد (5).

از آنجا که تاکنون شاخص‌های کیفی مناسب جهت سنجش کیفیت نان مسطح سنتی سنگک و بیان آن بر اساس کمیت تدوین نگردیده است، این تحقیق با هدف مذکور طراحی شد. بدین منظور انواع ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و رئولوژیکی برای آردها و خمیرهای سنگک با خصوصیات کیفی متفاوت تعیین گردید و سپس ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی، بافت-سنجی، تخلخل، ریز ساختار و خصوصیات حسی انواع نان‌های سنگک حاصل از آنها به صورت تازه و در حین نگهداری توسط روش‌های مختلف مورد ارزیابی قرار گرفت. که علاوه بر کاربرد در سیستم مستندسازی کشور، در بهبود کیفیت این نوع نان، کاهش ضایعات، آگاه‌سازی در مورد استفاده از آرد با ویژگی‌های کیفی متناسب و مطلوب برای تولید این نان و رتبه‌بندی کیفیت نان‌های حاصله و نانوایی‌های تولید کننده مؤثر است.

• مواد و روش‌ها

تهیه انواع آرد سنگک با کیفیت‌های متفاوت: برای تهیه سه نوع نان سنگک، سه نوع آرد با کمیت‌ها و کیفیت‌های متفاوت از نظر میزان پروتئین، گلوتن مرطوب، عدد زلنی، عدد فالینگ، نشاسته آسیب دیده و اندازه ذرات برای هر یک از نان‌ها (به نام‌های آرد قوی، متوسط و ضعیف) و با درجه استخراج متناسب برای تولید نان سنگک طبق استاندارد ملی ایران به شماره 103 در کارخانه آرد داران (تک ماکارون) تهیه گردید. برای تولید آرد سنگک قوی مخلوطی از 50% آرد واریته‌های گندم خارجی کشورهای روسیه و قزاقستان و 50% آرد واریته‌های گندم داخلی شهرهای خوزستان و گنبد استفاده گردید. برای تولید آردهای سنگک متوسط و ضعیف به ترتیب مخلوطی از 30 % آرد حاصل از واریته‌های گندم خارجی و 70 % آرد حاصل از واریته‌های گندم داخلی و مخلوطی از 10% آرد حاصل از واریته‌های گندم خارجی و 90% آرد حاصل از واریته‌های گندم داخلی استفاده شد.

آنالیز فیزیکی و شیمیایی آردها: آزمایش‌ها فیزیکی و شیمیایی انواع آردهای سنگک از جمله محتوای رطوبت، خاکستر، خاکستر غیر محلول در اسید، پروتئین، عدد زلنی، گلوتن مرطوب، شاخص گلوتن، عدد فالینگ و pH بر اساس روش‌های استاندارد AACC و به ترتیب به شماره‌های 44A-

16، 08-01، 12-46، 11-56، 11-38،81-56 در سه تکرار انجام گرفتند (8).

آنالیز رئولوژیکی خمیرها: رفتار ویسکو الاستیک انواع خمیرهای سنگک توسط Alveograph (Chopin, France) با روش استاندارد AACC به شماره30-54 تعیین گردید. پارامترهای ارزیابی شده شامل سفتی یا مقاومت به کشش (p)، قابلیت کشش خمیر(L)، نسبت مقامت به کشش به قابلیت کشش (P/L)، انرژی تغییر شکل (W)، گسترش پذیری(G) و شاخص الاستیسیته (Ie) بودند. رئولوژی خمیر در حین اختلاط توسط Consistograph (Chopin , France) با روش استانداردAACC به شماره50-54 تعیین گردید. پارامترهای تعیین شده شامل: حداکثر فشار اعمال شده (PrMax)، ظرفیت جذب آب (HYD 2200، آب مورد نیاز برای اینکه قوام خمیر معادل با mb2200 فشار اعمال شده ثابت گردد)، مدت زمانی که فشار تا PrMax افزایش یابد (TPrMax)، تولرانس (Tol) برابر با زمانی که فشار از PrMax- 20% بالاتر است، D 250 که معادل با کاهش فشار از PrMax در ثانیه 250 است و D450 که برابر با کاهش فشار از PrMax در ثانیه 450 می‌باشد(9).

تهیه و پخت نان‌ها: تهیه و پخت نان‌ها براساس آئین کار تولید نان سنگک به شماره 6943 که در کمیته ملی استاندارد کشاورزی و غذایی مورد تأیید قرار گرفته است (10) و بدون افزودن هیچ نوع بهبود دهنده‌ای در واحد پخت استاندارد و توسط شاطر مجرب صورت گرفت. روش تولید و میزان مواد اولیه مورد استفاده در تولید هر یک از نان‌های حاصل از آردهای سنگک با ویژگی‌های کیفی مختلف یکسان در نظر گرفته شد. قابل ذکر است ویژگی‌های مواد اولیه تولید انواع نان سنگک شامل آرد گندم، آب، نمک طعام و مخمر به ترتیب طبق استانداردهای ملی ایران به شماره‌های 103، 1053، 26 و 2577 تهیه گردیدند.

آنالیز فیزیکی و شیمیایی کیفیت نان‌ها: تعیین ضخامت و مساحت نان‌ها پس از پخت با استفاده از ابزارهایی چون کولیس و خط کش، وزن نان‌ها و تعیین درصد افت وزنی آنها پس از پخت با استفاده از ترازوی الکترونیکی (±0/0001) و ارزیابی حجم مخصوص نان‌ها با استفاده از روش جایگزینی دانه کلزا در سه تکرار صورت گرفتند (11). دانسیته نان‌ها از طریق تقسیم جرم نمونه نان بر حجم آن به دست آمد. برای به دست آوردن حجم ابتدا قسمت هایی مکعبی شکل از نان با ابعاد مشخص (10x10) را از بخش‌های مختلف نان بریده و از حاصل‌ضرب طول در عرض در ارتفاع، حجم به دست آمد. کلیه ارزیابی‌های تعیین جرم، حجم و دانسیته نمونه‌ها در روزهای بلافاصله، 24، 48 و 72 ساعت پس از پخت و در سه تکرار صورت پذیرفت (12). رنگ پوسته نان‌ها با ابعاد مشخص 10*10 از قسمت‌های میانی و حاشیه آنها انتخاب گردید و با استفاده از رنگ‌سنج (Hunter lab color flex) که رنگ را به صورت عددی و به شکل L* value، a* value و b* value تعریف می‌کند، همچنین میزان اختلاف رنگ کلی بین نمونه-های نان و شاخص‌های رنگ استاندارد دستگاه (ΔE) طبق فرمول زیر در روزهای بلافاصله، 24، 48 و 72 ساعت پس از پخت برای انواع نان‌های سنگک و در سه تکرار تعیین گردید (13).

$$\Delta E=[(L_{standard}-L_{sample})^2+(a_{standard}-a_{sample})^2+(b_{standard}-b_{sample})^2]^{0.5}$$

آزمون‌های شیمیایی در مورد انواع نان‌های سنگک از جمله تعیین میزان رطوبت، خاکستر، پروتئین، چربی، نمک و pH براساس روش‌های استاندارد AACC و در سه تکرار انجام گرفتند. قابل ذکر است میزان رطوبت در روزهای بلافاصله پس از پخت، 24، 48 و 72 ساعت پس از پخت برای انواع نان‌های سنگک ارزیابی گردید (8).

ارزیابی بافت نان‌ها: برای تعیین استحکام و سختی بافت و روند بیاتی نان‌ها، آزمون بافت سنجی با دستگاه سنجش بافت TA (Texture Analyzer) (Brookfield, CT3, USA) برای انواع نان سنگک طبق روش AACC شماره 10-74 در زمان‌های بلافاصله، 24، 48 و 72 ساعت پس از پخت در دمای اتاق انجام گرفتند (8). نمونه‌ها از حاشیه‌ها و قسمت میانی نان‌ها انتخاب و در سه تکرار مورد آزمایش قرار گرفتند. آزمون TPA روی اسلایس‌های نان سنگک با ابعاد 2*2 cm و ضخامت مشخص تک لایه برای هر نان (از 7 تا 10 mm) انجام گرفت. این آزمون برای اندازه‌گیری نیروی مورد نیاز برای فشردن یک پروب ته گرد (TA-BTKI با قطر 38/1 mm و ضخامت 20 mm) در سرعت 0/5 mm/s و با هدف 30% و نیروی0/05N برای نان‌های سنگک استفاده گردید. از روی منحنی، خصوصیات مختلف بافتی نمونه مانند سختی، پیوستگی بافت، قابلیت جویدن ،ویژگی صمغی و فنری بودن را می‌توان به دست آورد.

روش صوتی برای ارزیابی تخلخل و ویژگی‌های مغز نان‌ها: برای این منظور یک دستگاه اولتراسونیک غیرمخرب دیجیتال با شدت پایین و قابل حمل (Proceq, Pundit Lab, UK) برای تولید پالس با ولتاژ کوتاه استفاده شد. در این دستگاه به صورت همزمان ولتاژ حاصل از تولید کننده به یک

مبدل متصل می‌گردد که سیگنال اولتراسونیک تولید می‌کند، این سیگنال از میان نمونه عبور خواهد کرد. پالس اولتراسونیک پس از عبور از نمونه در سمت دیگر نمونه با یک مبدل مشابه شناسایی می‌گردد که سیگنال اولتراسونیک انتقال یافته را به سیگنال الکترومغناطیس تبدیل می‌کند. سیگنال الکترومغناطیس سپس روی نوسان‌نما (Oscilloscope) نمایش داده می‌شود. در این آزمون فرکانس مبدل‌ها در ارزیابی تخلخل نمونه‌های نان به صورت تک لایه و با ابعاد مشخص (10×10) 54 KHz انتخاب گردید. همچنین داده‌ها و موج شناسایی شده توسط نوسان‌نما دیجیتالی متصل شده به یک کامپیوتر به دست آورده شد. حداکثر دامنه پالس اولتراسونیک نیز مستقیماً از ارتفاع پیک موج شناسایی شده تعیین گردید. سرعت و زمان صرف شده برای انتقال سیگنال از یک طرف نمونه به طرف دیگر نیز روی نوسان‌نما دیجیتالی مشخص گردید. قابل ذکر است در ابتدا یک لایه متصل‌کننده نازک (Ultragel, Diagnostic Sonar Ltd, Scotland) روی هر دو مبدل قرار داده شد و بعد نمونه‌ها بین دو مبدل قرار داده شدند و سرعت و زمان عبور موج از نمونه‌های نان اندازه-گیری شدند. این آزمون در روزهای بلافاصله پس از پخت، اول (24ساعت پس از پخت) تا سوم نگهداری (72 ساعت پس از پخت) روی کلیه نمونه‌های نان سنگک انجام گردید همچنین با استفاده از نتایج مربوط به دانسیته و سرعت عبور امواج صوتی هر یک از انواع نان‌ها و طبق فرمول $E=\rho V^2$ مقادیر مدول الاستیک هر یک از نان‌ها به تفکیک روزهای نگهداری محاسبه گردید(6، 5).

بررسی واگشتگی نان‌ها توسط DSC: بررسی روند عمومی ژلاتینه شدن و واگشتگی در انواع نان‌های سنگک، توسط دستگاه DSC (Different Scanning Calorimetter) و با برنامه دمایی 25-200°C و سرعت افزایش دمای ۱۰° C در هر دقیقه بررسی گردید. مقدار نمونه مورد استفاده در هر آزمون 30 تا 35 میلی‌گرم بود. این آزمون در زمان‌های بلافاصله، 24 و 48 ساعت پس از پخت و در سه تکرار انجام گردید. در منحنی‌های اندوترم DSC سطح زیر منحنی و دمای شروع و پیک تبلور به عنوان معیارهای اصلی تفسیر ژلاتینه شدن و واگشتگی مورد بررسی قرار گرفتند (14).

بررسی ریزساختار و ویژگی‌های مغز نان‌ها توسط SEM: جهت بررسی ریزساختار، تخلخل و ویژگی‌های مغز نان‌ها، پس از برش دادن نمونه‌ها در ابعاد مشخص و خشک کردن انجمادی نمونه‌ها، این ویژگی‌ها با استفاده از میکروسکوپ الکترونی Scanning Electron Microscope (SEM) مدل LEO 44OI ساخت کشور انگلیس در چهار بزرگنمایی 100، 250، 500 و 1000 بررسی گردید (7). مقایسه میانگین قطر و مساحت منافذ تصاویر با مقیاس‌ها و بزرگنمایی‌های یکسان توسط نرم‌افزار Microstructure Mesurment.exe مشخص گردید.

ارزیابی حسی نان‌ها: کیفیت نان‌ها به صورت تازه و همچنین پس از خنک شدن و بسته‌بندی در کیسه‌های پلی‌اتیلنی در دمای اتاق، بعد از 24، 48 و 72 ساعت پس از پخت توسط 10 پنلیست با تجربه بالا در این زمینه (5 مرد و 5 زن از سن 35 تا 45 سال) و با استفاده از روش امتیازدهی AACC تغییر یافته برای نان‌های مسطح به شماره 10-12/01 (حداکثر امتیاز 5 و حداقل امتیاز 0) از نظر فرم و شکل، ویژگی‌های سطحی بالا و پایین نان، پوکی و تخلخل، قابلیت جویدن، سفتی و نرمی بافت، طعم و مزه و برای پذیرش کلی مورد ارزیابی قرار گرفتند. فرمول $Q= \sum(P.G)/(\sum G)$ برای محاسبه امتیاز کلی (Q) هر نمونه نان مورد استفاده قرار گرفت. P و G به ترتیب امتیاز حسی و ضریب ارزیابی هر ویژگی می‌باشند. مقدار G برای خصوصیات ظاهری (فرم و شکل)، ویژگی سطحی پایین نان، ویژگی سطحی بالای نان، تخلخل، قابلیت جویدن، بافت (سفتی و نرمی) و طعم و مزه به ترتیب ۲،۱،۲،۳،۳،۴ و 5 می‌باشد. قابل ذکر است شرایط و محیط انجام ارزیابی نمونه‌ها برای کلیه داوران کاملاً یکسان در نظر گرفته شد (15، 2).

روش‌ها و ابزار تجزیه و تحلیل داده‌ها: سه تیمار (سه نوع آرد سنگک) برای ارزیابی‌های مربوط به آرد و 12 تیمار (سه نوع نان سنگک و چهار سطح از زمان) برای ارزیابی‌های نان در نظر گرفته شدند. همه ارزیابی‌ها در سه تکرار به جز آزمون حسی که در 10 تکرار انجام شد و میانگین نتایج آنها به دست آمد. از نرم‌افزار SPSS نسخه 21 برای آنالیز نتایج استفاده گردید. از روش تجزیه واریانس (ANOVA) به صورت آزمون فاکتوریل دو فاکتوره در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی در سطح احتمال 0/05> برای ارزیابی اختلافات معنی‌دار بهره گرفته شد. مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام گردید. تجزیه و تحلیل داده‌های حاصل از آزمون حسی با استفاده از روش آماری فریدمن انجام شد.

• یافته‌ها

نتایج آزمون‌های فیزیکی، شیمیایی و رئولوژیکی انواع آردها: میانگین نتایج آزمون‌های فیزیکی، شیمیایی و رئولوژیکی انواع آرد سنگک با کیفیت‌های مختلف قوی، متوسط و ضعیف در جداول 1 و 2 نشان داده شده‌اند. براساس

نتایج به دست آمده، نتایج حاصل از آزمون‌های تعیین درصد رطوبت (بر مبنای درصد وزنی)، درصد خاکستر (بر مبنای ماده خشک)، درصد خاکستر غیر محلول در اسید و آزمون تعیین pH، انواع آردهای سنگک به تفکیک با یکدیگر اختلاف معنی‌داری نداشتند. اما نتایج سایر آزمون‌های تعیین میزان پروتئین، گلوتن مرطوب، شاخص گلوتن، عدد زلنی و درصد نشاسته آسیب دیده در آرد قوی نسبت به آرد متوسط و در آرد متوسط نسبت به آرد ضعیف بیشتر بودند. در مورد نتایج حاصل از آزمون عدد فالینگ انواع آرد سنگک، آرد قوی نسبت به آردهای متوسط و ضعیف عدد فالینگ کمتری داشت. بر طبق میانگین نتایج آزمون‌های مربوط به Alveo-Consistograph در انواع خمیرهای آردهای سنگک، خمیر آرد قوی نسبت به خمیر آرد متوسط و خمیر آرد متوسط نسبت به خمیر آرد ضعیف میانگین مقادیر P، P/L، W، Ie ، PrMAX، HYD، TPrMAX و Tol بالاتری داشتند اما به همین ترتیب دارای میانگین مقادیر L، G، D250 و D450 کمتری بودند.

نتایج ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی انواع نان سنگک:

در جداول 3 و 4 میانگین نتایج آزمون‌های فیزیکی، شیمیایی و رنگ‌سنجی انواع نان‌های سنگک حاصل از آردهای قوی، متوسط و ضعیف که به ترتیب با نام‌های سنگک 1، سنگک 2 و سنگک 3 نوشته شده‌اند، نشان داده شده است.

میانگین میزان پروتئین (بر مبنای ماده خشک) نان سنگک 1 بیشتر از نان سنگک 2 و نان سنگک 2 بیشتر از نان سنگک 3بود. میانگین مقادیر خاکستر (بر مبنای ماده خشک) نان‌های سنگک 1 و 2 بیشتر از نان سنگک 3 بود. میانگین درصد چربی (بر مبنای ماده خشک) نان سنگک 3 با نان‌های سنگک 1 و 2 دارای اختلاف معنی‌داری بود و کمتر از آنها بود. میانگین درصد نمک (بر مبنای ماده خشک) انواع نان‌های سنگک با یکدیگر اختلاف معنی‌داری نداشتند. میانگین مقادیر pH نان سنگک 3 بیشتر از سنگک 2 و نان سنگک 2 بیشتر از سنگک 1 بود. در مورد میانگین نتایج آزمون‌های فیزیکی، وزن چانه‌های انواع نان‌های حاصل از آردهای با ویژگی‌های کیفی مختلف به تفکیک یکسان در نظر گرفته شدند، بنابراین با یکدیگر تفاوت معنی‌داری نداشتند. میانگین نتایج مساحت، ضخامت، وزن و درصد افت وزنی انواع نان‌های سنگک بلافاصله پس از پخت دارای تفاوت معنی‌داری نبودند. میانگین نتایج آزمون حجم مخصوص در نان سنگک 1 بیشتر از نان سنگک 2 و در نان سنگک 2 بیشتر از نان سنگک 3 بود. براساس نتایج به دست آمده در جدول 4، درصدهای رطوبت و مقادیر وزن هر سه نوع نان سنگک با افزایش زمان نگهداری کاهش یافتند. در تمام روزهای نگهداری میانگین مقادیر رطوبت و وزن نان سنگک 1 بیشتر از نان سنگک 2 و نان سنگک 2 بیشتر از نان سنگک 3 بود. در انواع نان سنگک با افزایش زمان نگهداری تا روز سوم حجم نان‌ها افزایش یافتند. در روز اول نگهداری حجم نان سنگک 1 بیشتر از نان سنگک 2 و نان سنگک 2 بیشتر از نان سنگک 3 بود، اما در روزهای دوم، سوم و چهارم نگهداری، نان سنگک 3 نسبت به نان‌های سنگک 1 و 2 دارای حجم بیشتری بودند و روند افزایش حجم در طی نگهداری در نان سنگک 3 بیشتر از نان‌های سنگک 1 و 2 بود. میانگین مقادیر دانسیته در هر سه نوع نان سنگک با افزایش زمان نگهداری کاهش یافتند. در مقایسه انواع نان‌های سنگک، در روز اول نگهداری دانسیته نان سنگک 1 کمتر از نان سنگک 2 و دانسیته نان سنگک 2 کمتر از نان سنگک 3 بود اما در سایر روزهای نگهداری عکس این موضوع یعنی دانسیته نان سنگک 1 بیشتر از نان‌های دیگر بود. بر طبق نتایج به دست آمده از آزمون رنگ‌سنجی در جدول 4، در تمام انواع نان‌ها با افزایش زمان نگهداری میانگین‌های میزان اندیس روشنایی (L* Value) و اندیس زردی (b*Value) کاهش معنی‌داری یافتند و اندیس قرمزی (a*Value) در انواع نان‌ها به ویژه در روزهای سوم و چهارم نگهداری افزایش یافت. ΔE نیز در انواع نان‌ها با افزایش زمان نگهداری افزایش معنی‌داری نشان داد. روند کاهش اندیس روشنایی و اندیس زردی و روند افزایش اندیس قرمزی نان سنگک 3 بیشتر از سایر نان‌ها مشاهده گردید. همچنین نان سنگک 1 نسبت به نان سنگک 2 و نان سنگک 2 نسبت به نان سنگک 3 در روزهای یکسان نگهداری دارای میانگین میزان اندیس روشنایی و اندیس زردی بیشتر و میانگین اندیس قرمزی و اختلاف رنگ کلی (ΔE) کمتری بودند.

جدول 1. میانگین نتایج آزمون‌های فیزیکی و شیمیایی انواع آرد سنگک

ویژگی‌ها / انواع نان	خاکستر % (درصد وزنی بر مبنای ماده خشک)	پروتئین % (درصد وزنی بر مبنای ماده خشک)	چربی% (درصد وزنی بر مبنای ماده خشک)	نمک% (درصد وزنی بر مبنای ماده خشک)	pH	ضخامت mm	مساحت Cm^2	وزن چانه‌ها G	وزن نان‌ها g	افت وزنی %	حجم مخصوص ml/g
سنگک 1	1/83 ± 0/00 [a]	10/25 ± 0/00[a]	0/51 ± 0/00 [a]	1/52 ± 0/00 [a]	5/89 ± 0/00 [a]	6/66 ± 0/36 [a]	2647/00 ± 266/85[a]	700/00 ± 11/54 [a]	354/56 ± 4/99 [a]	49/34 ± 0/13 [a]	1/89 ± 0/01 [a]
سنگک 2	1/83 ± 0/00[a]	8/81 ± 0/00 [b]	0/51 ± 0/00 [a]	1/52 ± 0/00 [a]	5/94 ± 0/00 [b]	6/58 ± 0/30 [a]	2618/66 ± 245/78[a]	700/00 ± 11/54 [a]	352/92 ± 4/21 [a]	49/57 ± 0/23 [a]	1/79 ± 0/00 [b]
سنگک 3	1/83 ± 0/00 [b]	7/51 ± 0/00[c]	0/49 ± 0/00 [b]	1/52 ± 0/00 [a]	6/00 ± 0/00 [c]	6/50 ± 0/28 [a]	2599/66 ± 257/42[a]	700/00 ± 11/54 [a]	349/53 ± 4/23 [a]	50/05 ± 0/30 [a]	1/71 ± 0/01 [c]

نتایج مندرج شده در جدول میانگین± انحراف معیار هستند.

در هر ستون، میانگین‌های حاصل از سه تکرار دارای حروف مشترک در سطح احتمال 5% تفاوت معنی‌دار ندارند.

جدول2. میانگین نتایج ویژگی‌های رئولوژیکی انواع آرد سنگک

ویژگی‌ها	Alveogram						Consistogram					
							CH			AH		
انواع آرد	P (mm)	L (mm)	P/L	G	W (10^{-4}J)	Ie	PrMax (mb)	HYD 2200 (%)	TPr Max (s)	Tol (s)	D250 (mb)	D450 (mb)
سنگک قوی	90/00 ± 1/08 [a]	40/00 ± 0/57 [a]	2/25 ± 0/14 [a]	14/20 ± 0/05 [a]	155/00 ± 0/00 [a]	36/33 ± 0/46 [a]	2474/67 ± 14/11 [a]	55/80 ± 0/05 [a]	123/00 ± 0/57 [a]	168/33 ± 0/88 [a]	529/00 ± 1/15 [a]	832/00 ± 1/15 [a]
سنگک متوسط	73/33 ± 1/76 [b]	49/33 ± 0/66 [b]	1/48 ± 0/05 [b]	15/83 ± 0/08 [b]	114/67 ± 2/02 [b]	32/40 ± 0/20 [b]	2387/33 ± 9/06 [b]	54/50 ± 0/00 [b]	103/00 ± 4/04 [b]	151/00 ± 0/57 [b]	639/33 ± 0/66 [b]	969/00 ± 1/00 [b]
سنگک ضعیف	47/67 ± 1/45 [c]	69/00 ± 0/57 [c]	0/68 ± 0/02 [c]	18/50 ± 0/00 [c]	72/67 ± 1/20 [c]	27/76 ± 0/06 [c]	2048/33 ± 15/89 [c]	52/96 ± 0/03 [c]	102/67 ± 4/05 [b]	126/00 ± 0/57 [c]	870/00 ± 0/57 [c]	1133/00 ± 0/57 [c]

نتایج مندرج شده در جدول میانگین± انحراف معیار هستند.

در هر ستون، میانگین‌های حاصل از سه تکرار دارای حروف مشترک در سطح احتمال 5% تفاوت معنی‌دار ندارند.

جدول 3. میانگین نتایج آزمون‌های فیزیکی و شیمیایی انواع نان‌های سنگک

ویژگی‌ها / انواع آرد	رطوبت (درصد وزنی)	خاکستر (درصد وزنی بر مبنای ماده خشک)	پروتئین (درصد وزنی بر مبنای ماده خشک)	گلوتن مرطوب %	شاخص گلوتن	زلنی ml	عدد فالینگ ثانیه	pH	خاکستر غیر محلول در اسید%	نشاسته آسیب دیده%
سنگک قوی	11/45 ± 0/06 [a]	1/22 ± 0/00 [a]	13/47 ± 0/05 [a]	30/84± 0/01 [a]	89/03 ± 0/016 [a]	31/00 ± 0/57 [a]	345/00 ± 0/00 [a]	6/08 ± 0/01 [a]	0/02 ± 0/00 [a]	6/00 ± 0/00 [a]
سنگک متوسط	11/34 ± 0/03 [a]	1/22 ± 0/00 [a]	11/53 ± 0/01 [b]	26/42± 0/00 [b]	82/10 ± 0/07 [b]	23/25 ± 0/14 [b]	348/00 ± 1/15 [b]	6/01 ± 0/04 [ab]	0/02 ± 0/00 [a]	2/20 ± 0/05 [b]
سنگک ضعیف	11/29 ± 0/00 [a]	1/22 ± 0/00 [a]	9/82 ± 0/00 [c]	21/95 ± 0/00 [c]	75/02 ± 0/03 [c]	16/00 ± 0/00 [c]	349/00 ± 0/57 [b]	5/97 ± 0/01 [b]	0/01 ± 0/00 [a]	1/700 ± 0/11 [c]

نتایج مندرج شده در جدول میانگین± انحراف معیار هستند.

در هر ستون، میانگین‌های حاصل از سه تکرار دارای حروف مشترک در سطح احتمال 5% تفاوت معنی‌دار ندارند.

سنگک1 : نان حاصل از آرد قوی، سنگک 2: نان حاصل از آرد متوسط، سنگک 3: نان حاصل از آرد ضعیف.

جدول 4. میانگین نتایج برخی آزمون‌های فیزیکی و شیمیایی انواع نان سنگک به تفکیک، در روزهای مختلف نگهداری

انواع نمونه	مدت نگهداری	ویژگیها							
		رطوبت %	وزن g	حجم cm^3	دانسیته g/cm^3	L * value	a * value	b * value	ΔE
سنگک 1	روز 1	33/42± 0/00 (a)(a)	21/22±0/04 (a)(a)	70/20±0/67 (a)(a)	0/30±0/00 (a)(a)	61/24±0/01 (a)(a)	5/93±0/00 (a)(a)	24/57±0/01 (a)(a)	39/48±0/00 (a)(a)
	روز 2	31/62±0/00 (b)(d)	20/32±0/02 (b)(d)	76/66±0/60 (b)(d)	0/26±0/00 (b)(d)	60/82±0/01 (b)(d)	5/96±0/01 (a)(c)	24/36±0/00 (b)(d)	39/69±0/01 (b)(d)
	روز 3	28/82±0/00 (c)(g)	19/07±0/03 (c)(g)	79/41±0/80 (c)(e)	0/24±0/00 (c)(g)	60/12±0/01 (c)(g)	6/04±0/02 (b)(e)	24/15±0/01 (c)(g)	40/14±0/00 (c)(g)
	روز 4	27/32±0/00 (d)(j)	18/18±0/04 (d)(j)	79/41±0/80 (c)(f)	0/22±0/00 (d)(j)	60/04±0/01 (d)(j)	6/04±0/00 (b)(g)	24/10±0/01 (d)(j)	40/19±0/01 (d)(j)
سنگک 2	روز 1	32/34±0/00 (e)(b)	21/00±0/02 (e)(b)	65/32±0/18 (d)(b)	0/32±0/00 (e)(b)	60/19±0/02 (e)(b)	5/94±0/01 (c)(a)	24/06±0/01 (e)(b)	40/02±0/02 (e)(b)
	روز 2	30/35±0/00 (f)(e)	20/00±0/03 (f)(e)	77/18±0/39 (e)(d)	0/25±0/00 (f)(e)	59/23±0/02 (f)(e)	5/98±0/01 (cd)(c)	23/77± 0/ 01 (f)(e)	40/63±0/00 (f)(e)
	روز 3	27/45±0/00 (g)(h)	18/69±0/04 (g)(h)	80/12±0/22 (f)(e)	0/23±0/00 (g)(h)	58/81±0/01 (g)(h)	6/08±0/00 (de)(e)	23/47±0/01 (g)(h)	40/83±0/01 (g)(h)
	روز 4	25/85±0/00 (h)(k)	17/70±0/22 (h)(k)	80/12±0/22 (f)(f)	0/22±0/00 (h)(k)	58/70±0/00 (h)(k)	6/10±0/05 (e)(g)	23/42±0/01 (h)(k)	40/90±0/00 (h)(k)
سنگک 3	روز 1	31/65±0/00 (i)(c)	20/57±0/04 (i)(c)	60/23±0/38 (g)(c)	0/34±0/00 (i)(c)	59/64±0/00 (i)(c)	7/19±0/01 (f)(b)	24/01±0/01 (i)(c)	40/67±0/00 (i)(c)
	روز 2	29/65±0/00 (j)(f)	19/72±0/00 (j)(f)	78/16±0/96 (h)(d)	0/25±0/00 (j)(f)	59/06±0/01 (j)(f)	7/23±0/01 (g)(d)	23/64±0/00 (j)(f)	40/94±0/01 (j)(f)
	روز 3	26/60±0/00 (k)(i)	18/12±0/02 (k)(i)	80/44±0/74 (i)(e)	0/22±0/00 (k)(i)	58/25±0/00 (k)(i)	7/33±0/00 (h)(f)	23/28±0/01 (k)(i)	41/43±0/01 (k)(i)
	روز 4	24/85±0/00 (l)(l)	17/21±0/06 (l)(l)	80/44±0/74 (i)(f)	0/21±0/00 (l)(l)	58/14±0/02 (l)(l)	7/34±0/01 (h)(h)	23/21±0/00 (l)(l)	41/49±0/02 (l)(l)

نتایج مندرج شده در جدول میانگین± انحراف معیار هستند

در هر ستون، میانگین‌های حاصل از سه تکرار دارای حروف مشترک در سطح احتمال 5% تفاوت معنی‌دار ندارند

حرف اول داخل پرانتز برای مقایسه اختلاف معنی‌دار میانگین‌های انواع نان سنگک به تفکیک در زمان‌های مختلف نگهداری در سطح احتمال 5% می‌باشند

حرف دوم داخل پرانتز برای مقایسه اختلاف معنی‌دار میانگین‌های نان‌های سنگک در زمان‌های یکسان نگهداری در سطح احتمال 5% می‌باشند

سنگک1 : نان حاصل از آرد قوی، سنگک 2: نان حاصل از آرد متوسط، سنگک 3: نان حاصل از آرد ضعیف

نتایج بافت سنجی انواع نان‌ها: در جدول 5 میانگین نتایج آزمون بافت‌سنجی انواع نان‌های سنگک حاصل از آردهای قوی، متوسط و ضعیف در روزهای مختلف نگهداری نشان داده شده است. براساس نتایج به دست آمده میانگین میزان سفتی در هر دو سیکل، میانگین لود متوسط پیک، ویژگی صمغی و قابلیت جویدن در انواع نان‌ها با افزایش زمان نگهداری افزایش یافتند. همچنین میانگین نتایج میزان سفتی سیکل 1 در انواع نان‌های سنگک در روزهای یکسان نگهداری، به ترتیب در نان سنگک 1 کمتر از سنگک 2 و در سنگک 2 کمتر از سنگک 3 بودند. میانگین نتایج میزان سفتی سیکل 2 و نتایج میانگین لود متوسط پیک نیز همین روند را داشتند به جز در روز چهارم نگهداری که تنها نتایج سنگک 1 کمتر از سنگک 3 بودند. در مورد میانگین نتایج ویژگی صمغی و قابلیت جویدن در روزهای یکسان نگهداری نتایج مربوط به نان سنگک 1 کمتر از سنگک 3 مشاهده گردید. میانگین نتایج ویژگی پیوستگی در انواع نان‌های سنگک در روز چهارم نگهداری با سایر روزها دارای تفاوت معنی‌دار بود و در این روز نسبت به روزهای قبل میزان پیوستگی نان‌ها کاهش نشان دادند. البته میانگین نتایج پیوستگی بافت در انواع نان‌ها در روزهای یکسان نگهداری تفاوت معنی‌داری را نشان ندادند. میانگین نتایج نیروی چسبندگی، قابلیت کشش و قابلیت فنری انواع نان‌های سنگک در روزهای مختلف نگهداری به تفکیک با یکدیگر تفاوت معنی‌داری نداشتند. همچنین این ویژگی‌ها در انواع نان‌ها در روزهای یکسان نگهداری دارای تفاوت آماری معنی‌داری نبودند.

نتایج روش صوتی برای ارزیابی ویژگی‌های مغز نان‌ها: در نمودار 1 میانگین نتایج آزمون اولتراسونیک بر روی انواع نان‌های سنگک حاصل از آردهای قوی، متوسط و ضعیف در روزهای مختلف نگهداری نشان داده شده است. براساس نتایج به دست آمده، در انواع نان‌ها با افزایش زمان نگهداری، میانگین‌های سرعت عبور و دامنه امواج اولتراسونیک (در موارد دارای تفاوت معنی‌دار) افزایش یافتند و زمان عبور امواج در آنها کاهش یافتند. همچنین میانگین مدول الاستیک نان‌ها که در واقع نشان دهنده تغییرات بافتی و روند بیاتی آنها در هنگام نگهداری بودند و در آن میزان دانسیته و سرعت عبور امواج اولتراسونیک اثر مستقیم داشتند، با افزایش زمان نگهداری افزایش یافتند. میانگین‌های سرعت عبور امواج اولتراسونیک و مدول الاستیک انواع نان‌ها در روزهای یکسان نگهداری در نان سنگک 1 کمتر از نان سنگک 2 و در نان سنگک 2 نیز کمتر از نان سنگک 3 مشاهده گردیدند. میانگین زمان عبور امواج اولتراسونیک در روزهای یکسان نگهداری در نان سنگک 1 بیشتر از نان سنگک 3 بودند. میانگین دامنه امواج اولتراسونیک در انواع نان‌ها در روزهای اول، دوم و سوم نگهداری دارای تفاوت معنی‌داری نبودند اما در روز چهارم نگهداری نان سنگک 3 نسبت به نان سنگک 1 دامنه امواج بیشتری داشت.

جدول 5. میانگین نتایج آزمون بافت سنجی انواع نان‌های سنگک به تفکیک، در روزهای مختلف نگهداری

انواع نمونه	مدت نگهداری	ویژگی‌های بافتی									
		سفتی سیکل1 N	نیروی چسبندگی N	قابلیت کشش mm	سفتی سیکل 2 N	پیوستگی	قابلیت فنری mm	ویژگی صمغی N	قابلیت جویدن mj	لود متوسط پیک N
سنگک 1	روز 1	$3/43 \pm 0/21^{(a)(a)}$	$0/18\pm0/08^{(a)(a)}$	$0/58\pm0/02^{(a)(a)}$	$3/32\pm0/22^{(a)(a)}$	$0/86\pm0/00^{(a)(a)}$	$2/72\pm0/20^{(a)(a)}$	$2/97\pm0/18^{(a)(a)}$	$8/00\pm0/55^{(a)(a)}$	$3/38\pm0/21^{(a)(a)}$
	روز 2	$7/48 \pm 0/15^{(b)(d)}$	$0/348\pm0/31^{(a)(b)}$	$0/62\pm0/40^{(a)(b)}$	$7/32\pm0/21^{(b)(d)}$	$0/86\pm0/02^{(a)(b)}$	$2/68\pm0/06^{(a)(b)}$	$6/41\pm0/26^{(b)(c)}$	$17/26\pm1/11^{(b)(c)}$	$7/40\pm0/17^{(b)(d)}$
	روز 3	$14/67\pm 0/59^{(c)(g)}$	$1/17\pm0/45^{(a)(c)}$	$1/05\pm0/13^{(a)(c)}$	$14/00\pm0/62^{(c)(g)}$	$0/81\pm0/02^{(ab)(c)}$	$2/61\pm0/10^{(a)(c)}$	$11/88\pm0/64^{(c)(f)}$	$31/06\pm2/40^{(c)(e)}$	$14/33\pm0/61^{(c)(g)}$
	روز 4	$22/12\pm 0/45^{(d)(j)}$	$1/09\pm0/33^{(a)(d)}$	$0/89\pm0/09^{(a)(d)}$	$21/34\pm0/38^{(d)(j)}$	$0/76\pm0/03^{(b)(d)}$	$2/60\pm0/09^{(a)(d)}$	$16/17\pm0/81^{(d)(h)}$	$39/96\pm2/87^{(d)(g)}$	$21/73\pm0/41^{(d)(j)}$
سنگک 2	روز 1	$5/20 \pm 0/20^{(e)(b)}$	$0/20\pm0/10^{(b)(a)}$	$0/59\pm0/29^{(b)(a)}$	$5/06\pm0/16^{(e)(b)}$	$0/86\pm0/02^{(c)(a)}$	$2/72\pm0/01^{(b)(a)}$	$4/55\pm0/12^{(e)(b)}$	$12/42\pm0/32^{(e)(b)}$	$5/13\pm0/18^{(e)(b)}$
	روز 2	$9/78 \pm 0/33^{(f)(e)}$	$0/428\pm0/41^{(b)(b)}$	$0/87\pm0/38^{(b)(b)}$	$9/54\pm0/23^{(f)(e)}$	$0/85\pm0/03^{(c)(b)}$	$2/68\pm0/06^{(b)(b)}$	$8/50\pm0/17^{(f)(d)}$	$22/52\pm0/674^{(f)(d)}$	$9/666\pm0/282^{(f)(e)}$
	روز 3	$16/65 \pm0/55^{(g)(h)}$	$1/17\pm0/16^{(b)(c)}$	$0/95\pm0/25^{(b)(c)}$	$16/05\pm0/47^{(g)(h)}$	$0/79\pm0/01^{(c)(c)}$	$2/61\pm0/09^{(b)(c)}$	$13/166\pm0/248^{(g)(f)(g)}$	$34/443\pm1/75^{(g)(ef)}$	$16/35\pm0/51^{(g)(h)}$
	روز 4	$24/65 \pm0/38^{(h)(k)}$	$0/95\pm0/73^{(b)(d)}$	$0/88\pm0/25^{(b)(d)}$	$23/01\pm0/45^{(h)(j)}$	$0/68\pm0/01^{(d)(d)}$	$2/41\pm0/06^{(b)(d)}$	$16/71\pm0/68^{(h)(h)}$	$40/35\pm2/59^{(h)(gh)}$	$23/83\pm0/41^{(h)(j)}$
سنگک 3	روز 1	$6/27 \pm 0/38^{(i)(c)}$	$0/57\pm0/03^{(c)(a)}$	$0/65\pm0/05^{(c)(a)}$	$6/04\pm0/39^{(i)(c)}$	$0/85\pm0/01^{(e)(a)}$	$2/66\pm0/03^{(c)(a)}$	$5/36\pm0/41^{(i)(b)}$	$14/33\pm1/25^{(i)(b)}$	$6/16\pm0/38^{(i)(c)}$
	روز 2	$11/70\pm 0/53^{(j)(f)}$	$0/57\pm0/14^{(c)(b)}$	$0/90\pm0/26^{(c)(b)}$	$11/40\pm0/49^{(j)(f)}$	$0/83\pm0/02^{(e)(b)}$	$2/64\pm0/12^{(c)(b)}$	$9/70\pm0/11^{(j)(e)}$	$25/62\pm0/91^{(j)(d)}$	$11/55\pm0/51^{(j)(f)}$
	روز 3	$18/52 \pm0/19^{(k)(i)}$	$1/15\pm0/52^{(c)(c)}$	$0/93\pm0/12^{(c)(c)}$	$17/73\pm0/24^{(k)(i)}$	$0/79\pm0/03^{(e)(c)}$	$2/59\pm0/06^{(c)(c)}$	$14/73\pm0/77^{(k)(g)}$	$38/33\pm2/82^{(k)(f)}$	$18/12\pm0/21^{(k)(i)}$
	روز 4	$27/66 \pm0/95^{(l)(l)}$	$0/90\pm0/74^{(c)(d)}$	$0/88\pm0/34^{(c)(d)}$	$26/01\pm1/21^{(l)(k)}$	$0/68\pm0/03^{(l)(d)}$	$2/41\pm0/04^{(c)(d)}$	$19/20\pm0/21^{(l)(i)}$	$46/65\pm0/43^{(l)(h)}$	$26/83\pm1/08^{(l)(k)}$

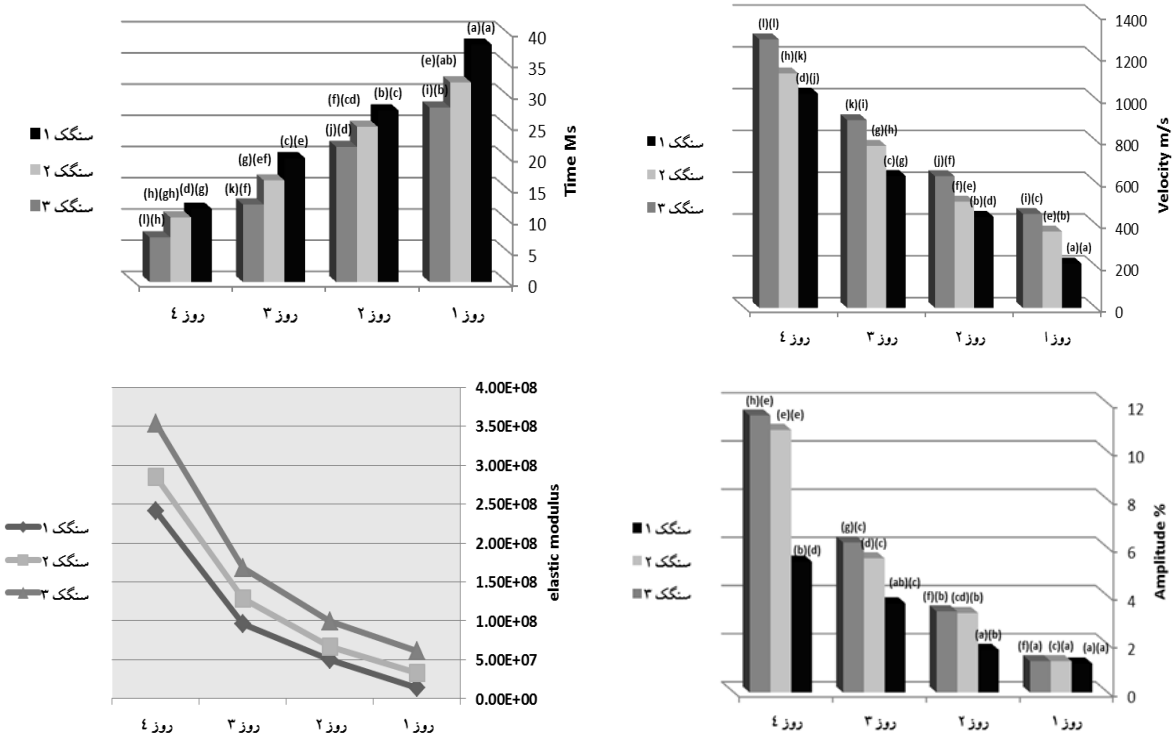
نتایج مندرج شده در جدول میانگین± انحراف معیار هستند

در هر ستون، میانگین‌های حاصل از سه تکرار دارای حروف مشترک در سطح احتمال 5% تفاوت معنی‌دار ندارند

حرف اول داخل پرانتز برای مقایسه اختلاف معنی‌دار میانگین‌های انواع نان سنگک به تفکیک در زمان‌های مختلف نگهداری در سطح احتمال 5% می‌باشند

حرف دوم داخل پرانتز برای مقایسه اختلاف معنی‌دار میانگین‌های نان‌های سنگک در زمان‌های یکسان نگهداری در سطح احتمال 5% می‌باشند

سنگک1 : نان حاصل از آرد قوی، سنگک 2: نان حاصل از آرد متوسط، سنگک 3: نان حاصل از آرد ضعیف



حرف اول داخل پرانتز برای مقایسه اختلاف معنی‌دار میانگین‌های انواع نان سنگک به تفکیک در زمان‌های مختلف نگهداری در سطح احتمال 5% می‌باشند

حرف دوم داخل پرانتز برای مقایسه اختلاف معنی‌دار میانگین‌های نان‌های سنگک در زمان‌های یکسان نگهداری در سطح احتمال 5% می‌باشند

سنگک1 : نان حاصل از آرد قوی

سنگک 2: نان حاصل از آرد متوسط

سنگک 3: نان حاصل از آرد ضعیف

نمودار 1. میانگین نتایج آزمون اولتراسونیک انواع نان‌های سنگک به تفکیک، در روزهای مختلف نگهداری

نتایج واگشتگی نشاسته توسط دستگاه DSC: در نمودار 2 میانگین نتایج آزمون DSC بر روی انواع نان‌های سنگک حاصل از آردهای قوی، متوسط و ضعیف در روزهای مختلف نگهداری مشخص شده است. در انواع نان‌ها با افزایش زمان نگهداری، دمای شروع تبلور، دمای پیک و میزان آنتالپی افزایش یافتند. میانگین‌های دمای شروع تبلور و دمای پیک در روزهای یکسان نگهداری بین نان سنگک 1 و نان سنگک 3 دارای اختلاف معنی‌داری بودند. میانگین آنتالپی انواع نان‌ها در روزهای اول و سوم نگهداری دارای اختلاف معنی‌دار بودند و در روز دوم نیز بین آنتالپی نان‌های سنگک 1 و سنگک 3 تفاوت معنی‌دار وجود داشت. نان حاصل از آرد قوی نسبت به نان حاصل از آرد ضعیف در روزهای یکسان نگهداری دارای میانگین دمای شروع تبلور، دمای پیک و آنتالپی کمتری بودند.

نتایج ارزیابی ویژگی‌های حسی نان‌ها: در جدول 6 میانگین نتایج ارزیابی حسی انواع نان‌های سنگک حاصل از آردهای قوی، متوسط و ضعیف در روزهای مختلف نگهداری نشان داده شده است. بر این اساس در انواع نان‌ها با افزایش زمان نگهداری، میانگین امتیازهای تمام ویژگی‌های حسی مورد بررسی کاهش یافتند. همچنین در روزهای یکسان نگهداری نان سنگک 1 نسبت به نان سنگک 2 و نان سنگک 2 نسبت به نان سنگک 3 میانگین امتیازهای حسی بیشتری داشتند. درجه‌بندی کیفی میانگین امتیازهای ویژگی‌های حسی نان سنگک 1 در روز اول خیلی خوب، در روز دوم رضایت‌بخش و در روزهای سوم و چهارم رضایت‌بخش نبودند. درجه‌بندی کیفی میانگین امتیازهای ویژگی‌های حسی نان سنگک 2 به ترتیب در روز اول خوب، در روز دوم کمتر رضایت‌بخش، در روز سوم رضایت‌بخش نبود و در روز چهارم غیرقابل قبول بودند. درجه‌بندی کیفی میانگین امتیازهای حسی نان سنگک 3 در روز اول رضایت‌بخش و در روز دوم کمتر رضایت‌بخش بودند. در روز سوم در نان سنگک 3 فقط امتیاز مربوط به فرم و شکل نان رضایت‌بخش نبود و بقیه امتیازها غیرقابل قبول بودند. در روز چهارم میانگین امتیازهای کلیه ویژگی‌ها غیر قابل قبول بودند.

جدول 6. میانگین نتایج ارزیابی حسی انواع نان‌های سنگک به تفکیک، در روزهای مختلف نگهداری

انواع نمونه	مدت نگهداری	ویژگی‌های حسی							
		فرم و شکل	ویژگی سطحی زیرین	ویژگی سطحی رویی	پوکی و تخلخل	قابلیت جویدن	سفتی و نرمی	طعم، مزه و بو	امتیاز کلی
سنگک 1	روز 1	4/86 ± 0/05 [a)(a)]	4/86±0/05 [(a)(a)]	4/93±0/02 [(a)(a)]	4/80±0/01 [(a)(a)]	4/95±0/01 [(a)(a)]	4/98±0/01 [(a)(a)]	4/98±0/01 [(a)(a)]	4/95±0/01 [(a)(a)]
	روز 2	3/51± 0/ 04 [(b)(d)]	3/62±0/03 [(b)(d)]	3/65±0/03 [(b)(d)]	3/24±0/05 [(b)(d)]	3/46±0/03 [(b)(d)]	3/43±0/03 [(b)(d)]	3/55±0/03 [(a)(d)]	3/51±0/02 [(b)(d)]
	روز 3	1/98± 0/052 [(c)(g)]	1/85±0/04 [(c)(g)]	1/96±0/04 [(c)(g)]	1/57±0/02 [(c)(g)]	1/63±0/03 [(c)(g)]	1/60±0/03 [(c)(g)]	1/68±0/05 [(c)(g)]	1/72±0/03 [(c)(g)]
	روز 4	1/15± 0/05 [(d)(j)]	1/14±0/04 [(d)(j)]	1/17± 0/03 [(b)(j)]	1/11±0/05 [(d)(j)]	1/10±0/05 [(d)(j)]	1/05±0/05 [(d)(j)]	1/03±0/05 [(d)(j)]	1/11±0/04 [(d)(j)]
سنگک 2	روز 1	4/ 25± 0/10 [(e)(b)]	4/21±0/12 [(e)(b)]	4/22±0/10 [(e)(b)]	4/04±0/08 [(e)(b)]	4/12±0/07 [(e)(b)]	4/40±0/06 [(e)(b)]	4/44±0/05 [(e)(b)]	4/28±0/07 [(e)(b)]
	روز 2	2/88 ± 0/04 [(f)(e)]	2/94±0/06 [(f)(e)]	2/95±0/06 [(f)(e)]	2/64±0/07 [(f)(e)]	2/66±0/07 [(f)(e)]	2/60±0/04 [(f)(e)]	2/48±0/06 [(f)(e)]	2/66±0/04 [(f)(e)]
	روز 3	1/23±0/04 [(g)(h)]	1/14±0/04[g)(h)]	1/15±0/04 [(g)(h)]	0/99±0/02 [(g)(h)]	1/04±0/03 [(g)(h)]	1/02±0/03 [(g)(h)]	1/05±0/04 [(g)(h)]	1/16±0/03 [(g)(h)]
	روز 4	0/81± 0/02 [(h)(k)]	0/88±0/02 [(h)(k)]	0/88±0/02 [(h)(k)]	0/81±0/02 [(h)(k)]	0/80±0/02 [(h)(k)]	0/80±0/01 [(h)(k)]	0/77±0/01 [(h)(k)]	0/81±0/01 [(h)(k)]
سنگک 3	روز 1	3/82± 0/03 [(i)(c)]	3/75±0/05[(i)(c)]	3/70±0/06[(i)(c)]	3/38±0/03[(i)(c)]	3/46±0/06[(i)(c)]	3/47±0/03[(i)(c)]	3/53±0/04[(i)(c)]	3/56±0/03[(i)(c)]
	روز 2	2/19± 0/08 [(j)(f)]	2/15±0/07 [(j)(f)]	2/09±0/06 [(g)(f)]	2/08±0/06 [(j)(f)]	2/14±0/07 [(j)(f)]	2/10±0/06 [(j)(f)]	2/05±0/05 [(j)(f)]	2/10±0/06 [(j)(f)]
	روز 3	1/06± 0/03 [(k)(i)]	0/99±0/04 [(k)(i)]	0/95±0/04 [(h)(i)]	0/89±0/04 [(k)(i)]	0/94±0/03 [(k)(i)]	0/93±0/03 [(k)(i)]	0/91±0/02 [(k)(i)]	0/94±0/03 [(k)(i)]
	روز 4	0/74± 0/01 [(l)(t)]	0/72±0/01 [(l)(t)]	0/71±0/02 [(l)(t)]	0/54±0/02 [(l)(t)]	0/55±0/02 [(l)(t)]	0/52±0/023 [(l)(t)]	0/36±0/06 [(l)(t)]	0/53±0/02 [(l)(t)]

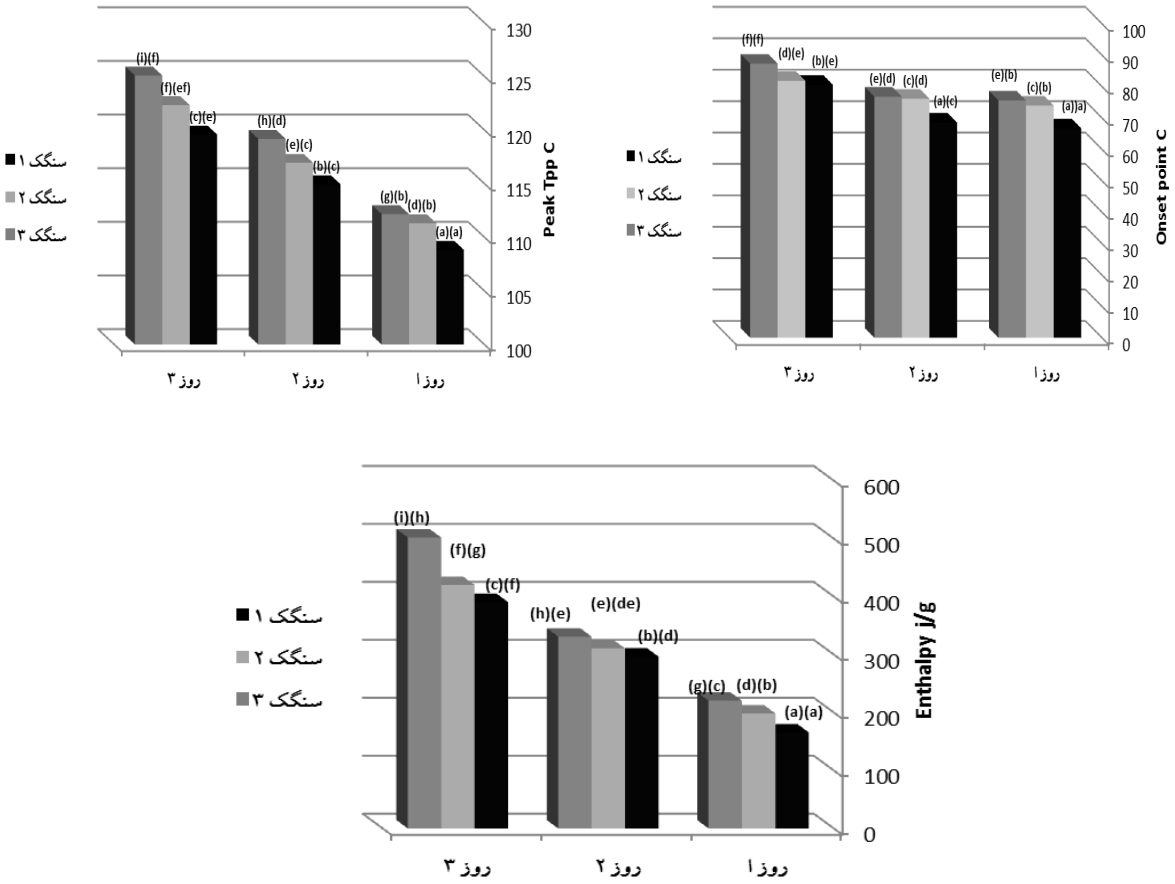
نتایج مندرج شده در جدول میانگین± انحراف معیار هستند

در هر ستون، میانگین‌های حاصل از سه تکرار دارای حروف مشترک در سطح احتمال 5% تفاوت معنی‌دار ندارند

حرف اول داخل پرانتز برای مقایسه اختلاف معنی‌دار میانگین‌های انواع نان سنگک به تفکیک در زمان‌های مختلف نگهداری در سطح احتمال 5% می‌باشند

حرف دوم داخل پرانتز برای مقایسه اختلاف معنی‌دار میانگین‌های نان‌های سنگک در زمان‌های یکسان نگهداری در سطح احتمال 5% می‌باشند

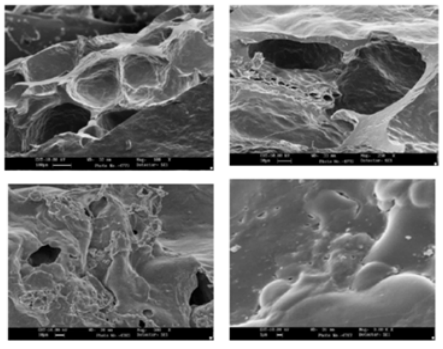
سنگک1 : نان حاصل از آرد قوی، سنگک 2: نان حاصل از آرد متوسط، سنگک 3: نان حاصل از آرد ضعیف



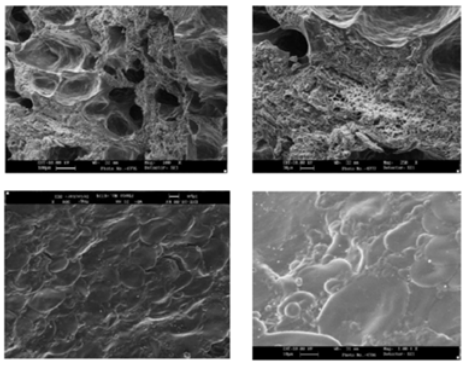
حرف اول داخل پرانتز برای مقایسه اختلاف معنی‌دار میانگین‌های انواع نان سنگک به تفکیک در زمان‌های مختلف نگهداری در سطح احتمال 5% می‌باشند
حرف دوم داخل پرانتز برای مقایسه اختلاف معنی‌دار میانگین‌های نان‌های سنگک در زمان‌های یکسان نگهداری در سطح احتمال 5% می‌باشند
سنگک1 : نان حاصل از آرد قوی، سنگک 2: نان حاصل از آرد متوسط، سنگک 3: نان حاصل از آرد ضعیف

نمودار 2. میانگین نتایج آزمون DSC انواع نان‌های سنگک به تفکیک، در روزهای مختلف نگهداری

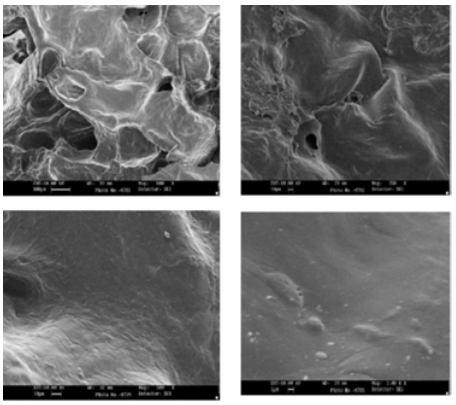
نتایج بررسی ریزساختار و ویژگی‌های مغز نان‌ها توسط SEM: تصاویر 1 تا 3 ریز ساختار و میزان تخلخل مغز انواع نان‌های سنگک حاصل از آردهای قوی، متوسط و ضعیف را که توسط SEM و در چهار بزرگنمایی 100، 200، 500 و 1000 به دست آمده‌اند را نشان می‌دهند. میانگین مقادیر قطر و مساحت منافذ تصاویر انواع نان‌های سنگک حاصل از SEM که توسط نرم‌افزار Microstructure measurment به دست آمده‌اند در نان سنگک 1 بیشتر از نان سنگک 2 و در نان سنگک 2 بیشتر از نان سنگک 3 بودند.



شکل 1. تصاویر نان سنگک 1(نان حاصل از آرد قوی) به ترتیب از بالا و از چپ به راست در چهار بزرگنمایی 100، 250، 500 و 1000



شکل 2. تصاویر نان سنگک 2 (نان حاصل از آرد متوسط) به ترتیب از بالا و از چپ به راست در چهار بزرگنمایی 100، 250، 500 و 1000



شکل 3. تصاویر نان سنگک3 (نان حاصل از آرد ضعیف) به ترتیب از بالا و از چپ به راست در چهار بزرگنمایی 100، 250، 500 و 1000

• بحث

اختلاف در پنج ویژگی مقدار پروتئین، گلوتن مرطوب، شاخص گلوتن، عدد زلنی و درصد نشاسته آسیب دیده که در انواع آرد سنگک به صورت کاملاً معنی‌داری مشاهده گردید، فاکتورهای اساسی ایجاد این آردها با کیفیت‌های مختلف بودند و در واقع اختلاف در این ویژگی‌ها تفاوت در ویژگی‌های کیفی انواع آردها را باعث گردید. اختلاف در نوع و ویژگی‌های کیفی گندم‌های مورد استفاده برای تولید انواع آردها از جمله تفاوت از نظر بافت آندوسپرم و سختی گندم‌های مورد استفاده بر روی درصد نشاسته آسیب آردها مؤثر بودند. عدد فالینگ کمتر و در واقع فعالیت آمیلازی بیشتر آرد قوی نسبت به آردهای متوسط و ضعیف احتمالاً به تفاوت در نوع و ماهیت واریته‌های گندم‌های مورد استفاده برای تولید آردهای با ویژگی‌های کیفی مختلف مربوط می‌گردید. فعالیت امیلازی بالاتر اما نه خارج از محدوده نرمال، منجر به تجزیه بیشتر نشاسته، افزایش خوراک مخمر و در نهایت کمک به تخمیر بهتر و حجم و رنگ بهتر نان می‌شود. براساس جدول 5 در انواع خمیرهای آردهای سنگک، خمیر آرد قوی نسبت به خمیر آرد متوسط و خمیر آرد متوسط نسبت به خمیر آرد ضعیف میانگین مقادیر P، P/L، W، Ie ، PrMAX، HYD، TPrMAX و Tol بالاتری داشتند اما به همین ترتیب دارای میانگین مقادیر L، G، D250 و D450 کمتری بودند این نتایج قطعاً به دلیل اثر مستقیم کاهش پروتئین، گلوتن مرطوب، عدد زلنی و در نتیجه کاهش کیفیت شبکه گلوتن و همچنین کاهش درصد نشاسته آسیب دیده در خمیر آرد ضعیف نسبت به خمیرهای آردهای متوسط و قوی است.

در رابطه با نتایج آزمون‌های فیزیکی و شیمیایی نان‌ها تفاوت در دو ویژگی میزان پروتئین و حجم مخصوص نان‌ها چشمگیر بود و این ویژگی‌ها در نان سنگک 1 بیشتر مشاهده گردیدند. که این به دلیل وجود تفاوت در میزان پروتئین انواع آردها بود که به مراتب روی میزان پروتئین نان‌های حاصل از آنها نیز اثر مستقیم داشت. همچنین تفاوت مقادیر حجم مخصوص نان‌ها نشان‌دهنده این است که نان حاصل شده از آرد قوی که دارای میزان پروتئین، گلوتن مرطوب و عدد زلنی بالاتری بود و در کل شبکه گلوتنی قوی‌تری داشت قادر به نگهداری گاز ناشی از تخمیر بیشتری بود که این ویژگی روی حجم مخصوص این نان اثر مستقیم داشت. همچنین نتایج آزمون‌های تعیین درصد رطوبت، وزن، حجم و دانسیته نان‌ها در روزهای مختلف نگهداری قطعاً با ویژگی‌های کیفی آرد آنها ارتباط داشت، به طوری که بافت آندوسپرم و شبکه گلوتن ضعیف‌تر آرد باعث گردید نان سنگک 3 دارای قابلیت جذب و نگهداری آب کمتری گردد، بنابراین سریع‌تر رطوبت خود را از دست داد و کاهش وزن بیشتری داشت. دلیل افزایش حجم در طی زمان نگهداری در مورد نان‌های سنگک 2 و سنگک 3 به دلیل افزایش ضخامت این نان‌ها در هنگام نگهداری آنها بودند که این افزایش ضخامت احتمالاً به سبب از دست دادن رطوبت و چروکیدگی نان‌ها و در نتیجه کاهش سطح و افزایش حجم آن‌ها بوده است، همچنین واگشتگی و تغییر گرانول‌های نشاسته و افزایش روند بیاتی در طی نگهداری نان‌ها به ویژه در نان سنگک 3 مؤثر بودند. در مورد نتایج به دست آمده درباره دانسیته انواع نان‌ها، با توجه به اینکه مقادیر دانسیته نان‌ها با میزان وزن و حجم آنها ارتباط داشتند و با کاهش میزان وزن نان‌ها و افزایش حجم آنها در طی نگهداری مقدار دانسیته آنها کاهش یافتند، بنابراین میانگین مقادیر دانسیته در هر سه نوع نان سنگک با افزایش زمان نگهداری کاهش یافتند و در کل تغییرات وزن، ضخامت و حجم نان‌ها در طی زمان نگهداری روی مقادیر دانسیته نان‌ها اثر بسزایی داشته‌اند. مطالعه Lagrain و همکاران نشان داد دانسیته نان تعیین-

کننده اصلی ساختار مغز نـان و بافـت آن در حـین نگهـداری است و اینکه در نان‌های با دانسیته و ساختار مغز مشابه، تغییر سفتی مغز نان در حین نگهـداری توسـط تغییـرات در میـزان نشاسته تعیین می‌گردد (5). نتایج حاصل از آزمون رنگ نان‌ها نشان دادند که با افزایش زمان نگهداری و بیات شـدن نـان‌هـا میزان روشنایی و زردی پوسته نان‌ها کـاهش یافتنـد و میـزان تیرگی پوسته آنها و اختلاف رنگ کلی آنها با شاخص‌های رنگ استاندارد افزایش یافتند که در ایـن مـورد کـاهش رطوبـت در نان‌ها که سبب افزایش تراکم رنگ در آنها می‌گردد تأثیرگذار بوده است. روند تغییرات رنگ پوسته نان سـنگک 1 در طـی نگهداری کندتر از سایر نان‌ها به نظر می‌رسید. ایـن نتـایج در واقع حفظ رطوبت بیشتر، تـراکم کمتـر رنـگ و رونـد بیـاتی کندتر این نان را تأیید نمودند. بنابراین می‌توان نتیجه گرفـت نان حاصل از آرد قوی به دلیل دارا بودن پروتئین بیشتر، حفظ رطوبـت و رنـگ بیشـتری رانشـان داد. Levent and Bilgicli رنگ نان‌های مسطح ترکیه که با آردهای لوپین، گندم سیاه و جو دوسر به نسبت‌های متفاوت ترکیب و تهیه شـده بودنـد را بررسی نمودند. نتایج نشان دادند رنگ مواد خام مورد استفاده مستقیماً رنگ نمونه‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهد (16).

نتایج ویژگی‌های بافتی نان نشان‌دهنده این موضوع بودنـد که با افزایش زمان نگهداری، افـزایش‌هـای مربـوط بـه میـزان سفتی در هر دو سیکل، میانگین لـود متوسـط پیـک، ویژگـی صمغی، قابلیت جویدن و کاهش پیوستگی در بافت نـان‌هـا در اثر از دست دادن رطوبـت، واگشـتگی نشاسـته و بیـات شـدن اتفاق افتاد و میانگین نتایج ویژگی‌های فـوق در انـواع نـان‌هـا نشان‌دهنده بافت نرم‌تر و مطلوب‌تر نان سـنگک 1 نسـبت بـه نان‌های سنگک 2 و 3 بـود کـه بـه دلیـل جـذب و نگهـداری رطوبت بیشتر و در نتیجه رونـد کنـدتر واگشـتگی نشاسـته و بیاتی نان در طی زمان نگهداری به وجـود آمـد. ایـن امـر بـه ویژگی‌های کیفی آرد مورد استفاده از جملـه مقـدار و کیفیـت گلوتن و اندازه ذرات نشاسته آن مرتبط بود. این یافته‌ها، نتایج مربوط به آزمون‌های تعیین درصد رطوبت و وزن نـان‌هـا را در طی زمـان نگهـداری تأییـد نمودنـد. Fessas and Schiraldi نشان دادند که یکی از دلایل کاهش در میزان سفتی نان‌های با پروتئین بالاتر در حین نگهداری به دلیل رقیق شدن نشاسـته است کـه واگشـتگی را بـه تـأخیر مـی‌انـدازد .همچنـین یـک همبستگی مثبتی بین محتوای پروتئین و جذب آب وجود دارد و آردهای با محتوای پروتئین بالاتر جذب آب بیشتری دارند و بدین ترتیب بیاتی و سفتی آنها به تأخیر می‌افتد (17). Scalon و همکاران کیفیت نان‌های حاصل از آردهای با قـدرت خمیـر متفاوت را با استفاده از دستگاه بافت‌سنج مطالعه نمودند. نتایج نشان دادند که ساختار مغز نان خمیرهای قوی‌تر نرم‌تر بودند و کمتر از نان‌های حاصل از خمیرهای ضعیف فشرده شـدند کـه نتایج این پژوهش با نتـایج مطالعـه آنهـا سـازگار اسـت (18) .نتایج آزمون صوتی نشان‌دادند که با افزایش زمـان نگهـداری، به دلیل از دست دادن رطوبت نان‌هـا، تبـدیل کریسـتال‌هـای نشاسته به فرم پایدارتر و واگشتگی نشاسته، بیـاتی در نـان‌هـا اتفاق افتاد و میزان تخلخل در بافت آنها کاهش یافـت. در اثـر این تغییرات میزان مدول الاستیک نان‌هـا افـزایش یافـت و در واقع نان‌ها سفت‌تر گردیدند، بنابراین با توجه به ایـن موضـوع که با افزایش حالت جامد و الاستیک مواد سرعت عبور و دامنه امواج اولتراسونیک افزایش می‌یابند و در عین حال زمان عبـور این امواج کاهش می‌یابد، تغییرات سرعت، دامنه و زمان عبـور امواج در زمان‌های مختلف نگهداری در انواع نان‌ها قابل توجیه می‌باشند. همچنین این نتایج مشخص ساختند که نان حاصل از آرد قوی، پس از پخت و در طی نگهداری دارای سرعت عبور و دامنه امواج اولتراسونیک کمتـر، زمـان عبـور امـواج بیشـتر، حفظ رطوبت بیشتر، سفتی کمتر، روند بیاتی کندتر و کـاهش تخلخل کمتر نسبت به نان‌های حاصـل از آردهـای متوسـط و ضعیف بود. به طور کلی این نتایج، نتایج مربوط به آزمون‌های تعیین درصد رطوبت و بافت‌سنجی انواع نان‌های سنگک را در طـی زمـان نگهـداری تأییـد نمودنـد. Elmehdi و همکـاران حساسیت امواج اولتراسونیک بـه تغییـرات در انـدازه و شـکل سلول‌های مغز نان را ارزیـابی نمودنـد و پتانسـیل اسـتفاده از اولتراسـونیک بـه عنـوان یـک ابـزار بـرای مشـخص کـردن ویژگی‌های مکانیکی و ساختاری مغز نـان و درنتیجـه انـدازه-گیری‌های برخی از فاکتورهـای تعیـین کیفیـت نـان را ثابـت نمودند (6). Petrauskas کاربرد اولتراسونیک را بـرای ارزیـابی تخلخل نان مطالعه نمود و استفاده از روش‌هـای انـدازه‌گیـری آکوستیک مستقیم و غیر مستقیم برای ارزیـابی تخلخـل نـان مطرح نمود .در این مطالعه استفاده از امواج اولتراسونیک برای ارزیابی محصولات غـذایی متخلخـل بـه ویـژه نـان بـه سـبب خصوصیات فیزیکی آنها بسیار مناسب ذکر گردید (19).

براساس نتایج آزمون DSC، بـا افـزایش زمـان نگهـداری نان‌ها، آنتالپی تبلور نشاسته افـزایش یافـت. افـزایش میـزان آنتالپی از روز اول تا سـوم نگهـداری، بـر واگشـتگی نشاسـته دلالت دارد که خود یکی از عوامل کلیدی در بیاتی نان محسوب می‌شود. همچنین نتایج میانگین‌های دمایی و آنتالپی مشخص ساختند که نان حاصل از آرد قـوی، پـس از پخـت و در طـی نگهـداری حفـظ رطوبـت بیشـتر، سـفتی بافـت کمتـر، رونـد

واگشتگی نشاسته و بیاتی کندتری نسبت به نان‌های حاصل از آردهای متوسط و ضعیف داشتند. این امر به ویژگی‌های کیفی آرد مورد استفاده از جمله مقدار و کیفیت گلوتن و درصد نشاسته آسیب دیده آن مرتبط بود. این یافته‌ها، نتایج مربوط به آزمون‌های فیزیکی و شیمیایی، بافت‌سنجی و اولتراسونیک انواع نان‌های سنگک را در طی زمان نگهداری تأیید نمودند. Giovanelli و همکاران در بررسی عوامل تأثیرگذار بر بیاتی، واگشتگی را عامل کلیدی در بیاتی دانستند. آنها آنتالپی را در آزمون DSC معادل میزان نشاسته واگشته شده دانسته و آن را مقدار انرژی لازم برای ذوب کریستال‌های نشاسته واگشته شده اعلام نمودند(20). Fessas و همکاران دلایل سفتی نان طی نگهداری را به واگشتگی نشاسته و مهاجرت رطوبت طی پخت و نگهداری در نان نسبت دادند (17). Gray و Primo-Martin نشان دادند که میزان ژلاتینه شدن و واگشتگی در مغز نان بیشتر از پوسته است (22، 21).

نتایج ارزیابی حسی نشان دادند که با افزایش زمان نگهداری، امتیازهای داده شده به انواع نان‌ها توسط پنلیست‌ها به دلیل ایجاد تغییرات ظاهری، بافتی و طعم و مزه در نان‌ها از جمله افزایش سفتی، کاهش تخلخل و به طور کلی افزایش روند بیاتی در نان‌ها، کاهش معنی‌داری داشتند. در این ارتباط کاهش رطوبت، تبدیل کریستال‌های نشاسته به فرم پایدارتر و واگشتگی نشاسته در ایجاد این تغییرات در حین نگهداری اثر بسیاری داشتند. همچنین براساس این نتایج، نان سنگک 1 پس از پخت و در طی نگهداری فرم و شکل، ویژگی‌های سطحی مناسب‌تر، پوکی و تخلخل بیشتر، سفتی کمتر، قابلیت جویدن مطلوب‌تر، طعم و مزه بهتر و امتیاز کلی بیشتری را نسبت به نان‌های سنگک 2 و 3 داشت که حفظ رطوبت بیشتر و روند کندتر واگشتگی نشاسته در این نان در حین نگهداری به دلیل ویژگی‌های کیفی آرد این نان به خصوص کمیت و کیفیت بالای پروتئین آن در کسب امتیاز بالاتر این نان مؤثر بودند. به طور کلی نتایج ارزیابی حسی، نتایج آزمون‌های فیزیکی و شیمیایی، بافت‌سنجی، اولتراسونیک و آزمون DSC انواع نان‌ها را در طی زمان نگهداری تأیید نمودند. شایان ذکر است با توجه به درجه‌بندی کیفی نان‌ها توسط پنلیست‌های با تجربه در طی زمان نگهداری، می‌توان مشخص شدن روند بیاتی در نان سنگک 1 را از روز سوم نگهداری و در نان‌های سنگک 2 و 3 از روز دوم نگهداری دانست که ویژگی‌های کیفی نان‌ها دارای عیوب قابل ملاحظه‌ای بودند و کمتر رضایت‌بخش بودند. بنابراین می‌توان داده‌های سایر آزمون‌های مربوط به سنجش بافت و بیاتی از قبیل بافت‌سنجی، اولتراسونیک و DSC را در این روزها به عنوان شاخص‌های پدیده بیاتی نان‌های سنگک در نظر گرفت.

با توجه به تصاویر به دست آمده انواع نان‌های سنگک از دستگاه SEM و مقایسه میانگین قطر و مساحت منافذ تصاویر با مقیاس‌ها و بزرگنمایی‌های یکسان با یکدیگر توسط نرم‌افزار Microstructure Mesurment.exe مشخص گردید که در نان سنگک 1 نسبت به نان‌های سنگک 2 و 3 مقدار قطر منافذ حاصل از انبساط گاز در حین پخت بیشتر است که این به دلیل وجود شبکه گلوتن قوی‌تر و ویژگی‌های کیفی مناسب‌تر در نان سنگک حاصل از آرد قوی نسبت به نان‌های سنگک حاصل از آردهای متوسط و ضعیف است. همچنین آنچه در ساختمان میکروسکوپی نان سنگک به ویژه در بزرگنمایی‌های 500 و 1000 به خوبی دیده می‌شود، پدیدهٔ ژلاتینه شدن است. در اثر عمل آمدن خمیر در مدت زمان متناسب که یکی از شرایط الزامی در تهیه نان سنگک است، گرانول‌های نشاسته به میزان بیشتری محتویات خود را وارد محیط ساخته و کمپلکس‌های پروتئین - نشاسته به میزان زیادی در خمیر عمل آمده به وجود می‌آید، بافت همگن و یکنواختی که حاصل کواگولاسیون شبکه گلوتنی است ایجاد می‌گردد و ژلاتینه شدن به طور کامل و همزمان صورت می‌گیرد. لذا گرانول‌های نشاسته به صورت منفرد در ساختمان نان سنگک کمتر مشاهده می‌شوند. این ویژگی در نان سنگک 1 به خوبی قابل رؤیت است. علاوه بر آن در هنگام پخت نان سنگک بستر حرارتی آن متفاوت از نان‌های سنتی دیگر می‌باشد. منظور از بستر دمایی ریگ کف تنور است که با دمای داخل تنور به صورت داغ در آمده که با پهن کردن خمیر بر روی آنها ریگ‌های بستر، دمای خود را به خمیر منتقل می‌سازند و بدین ترتیب انتقال دما به صورت کامل‌تر توسط ریگ‌های بستر صورت می‌گیرد و به لحاظ نفوذ بیشتر دما به داخل بافت نان ژلاتینه شدن کامل‌تر انجام می‌گیرد. قابل ذکر است نتایج آزمون SEM نتایج آزمون‌های بافتی، صوتی و حسی نان‌ها را تأیید نمودند.

در نهایت در تمام انواع نان‌های سنگک بین نتایج آزمون‌های فیزیکی، شیمیایی، دستگاهی و حسی همبستگی معنی‌داری وجود داشت. بنابراین با توجه به تمام نتایج حاصله از آزمون‌های مختلف فیزیکی، شیمیایی، بافت‌سنجی، صوتی، تصویری و حسی این تحقیق، شاخص‌های کیفی انواع نان‌های سنگک با درجات کیفی مختلف (خوب، متوسط و ضعیف) به تفکیک به صورت کمی پس از پخت و در طی نگهداری مشخص شد. این یافته‌ها می‌تواند به استانداردسازی کیفیت نان سنگک، رتبه‌

بندی این نان براساس کیفیت، درجه‌بندی نانوایی‌ها، اعطای نشان تشویقی به واحدهای تولیدی نان، ایجاد رقابت، کاهش ضایعات نان و آگاه‌سازی در مورد استفاده از آرد با ویژگی‌های متناسب و مطلوب برای تولید این نان مسطح سنتی ایران کمک شایانی نماید. در ضمن پیشنهاد می‌گردد از روش اولتراسونیک غیرمخرب به جای بافت‌سنج برای ارزیابی بافت، تخلخل، ساختار سلولی و ویژگی‌های الاستیک نان پس از پخت و در حین نگهداری استفاده گردد. مزیت بزرگ این روش پایش و کنترل کیفیت محصولات و تعیین ویژگی‌های ساختاری آنها به صورت سریع، غیر مخرب، در حین تولید و ارزان نسبت به سایر روش‌های قابل استفاده است.

• References

1. Payan R. Introduction on Cereal Products Technology. Tehran: Nopardazan press 2006; 169-186 [in Persian].
2. Ghanbari M, Farmni j. Influence of hydrocolloids on dough properties and quality of Barbari: An Iranian leavened flat bread. J Agr Sci Tech 2013; 15: 545-555.
3. Ravanfar N, Mohamadzade Milani J, Amiri Z. The effect of malt flour on Barbari bread staling. Iranian J Food Sci and New Tech 2013; 2(1): 15-22 [in Persian].
4. Petrauskas A. The application of the ultrasonic method for evaluating the porosity of bread. Ultragarsas (Ulltrasound) 2010; 65: 20-27.
5. Lagrain B, Wilderjans E, Glorieux C, Delcoura JA. Role of gluten and starch in crumb structure and texture of fresh and stored straight-dough bread. Conferences on Inside Food Symposium, 2013 April. 9-12, Leuven, Belgium.
6. Elmehdi HM, Page JH, Scanlon MG. Using ultrasound to investigate the cellular structure of bread crumb. J Cereal Sci 2003; 38: 33-42.
7. Hadnađeva M, Dapčević Hadnađeva T, Rakitaa S, Dokićb L, Pojića M. Influence of emulsifying polysaccharides on the microstructure, quality and stalling of wheat bread. Conferences on Inside Food Symposium, 2013 April. 9-12, Leuven, Belgium..
8. American Association of Cereal Chemists. Approved methods of analysis of the AACC. 2000; 10. ed. St. Paul.
9. Callejo MJ, Bujeda C, Rodríguez G, Chaya, C. Alveoconsistograph evaluation of rheological properties of rye doughs. Span J Agr Res 2009; 7: 638-644.
10. Institute of Standards and Industrial Research of Iran, Code of Practice of Traditional Sangak Bread Production. ISIRI no 69-43; 2002 [in Persian].
11. Weining H, Kim Y. Rheofermentometer parameters and bread specific volume of frozen sweet dough influenced by ingredients and dough mixing temperature. J Cereal Sci 2008 ; 45: 1-8.
12. Lazaridou A, Duta D, Papageorgiou M, Belc N, Biliaderis CG. Effects of hydrocolloids on dough rheology and bread quality parameters in gluten-free formulations. J Food Eng 2007; 79: 1033-1047.
13. Jooyande H. Evaluation of physical and sensory properties of Iranian Lavash flat bread supplemented with precipitated whey protein (PWP). Afr J Food Sci 2008; 3: 28-34.
14. Abd Karim A, Norzoah MH, Seow C. Methods for study of starch retrogradation. Food Chem 2000 ; 71:9-36.
15. American Association of Cereal Chemists.Modified Approved methods of analysis of the AACC. 2010; 11. ed. St. Paul.
16. Levent H, Bilgicli N. Evaluation of physical, chemical and sensory properties of Turkish flat breads (Bazlama and Yufka) supplemented with lupin, buckwheat and oat flours. J Food Sci and Eng 2012; 2: 89-95.
17. Fessas D, Schiraldi A. Texture and staling of bread crumb: effect of water extractable proteins and pentosans. Thermochemica Acta 1998; 323:17-26.
18. Scanlon MG, Sapirstein HD, Fahloul D. Mechanical properties of bread crumb prepare from flours of different dough strength. J Cereal Science 2000; 32: 235-243.
19. Petrauskas A. The application of the ultrasonic method for evaluating the porosity of bread. Ultragarsas (Ulltrasound) 2010; 65:20-27.
20. Giovanelli G, Peri C, Borri V. Effects of baking temperature on crumb.staling kinetics. Cereal Chem 1997 ; 74:710-714
21. Gray J, Bemiller J. Bread staling: molecular basis and control. Rev in Food Sci & Food Safety 2003; 2: 1- 21.
22. Primo-Martin C, Van Nicuwenhuijzen NH, Hamer RJ, Van Vliet T. Crystallinity changes in wheat starch during the bread making process: starch cristallinity in the bread crust. J Cereal sci 2007 ; 45: 219-226.

Determination of Quality Indices as Criteria to Assess Traditional Sangak Bread Quality

Kamaliroosta L[*1], *Seyedain Ardebili M*[2], *Asadi Gh. H*[3], *Ghiasi Tarzi B*[3], *Azizinejad R*[3]

1- *Corresponding author: Ph. D. Research Student of Food Science and Technology, Science and Research Branch Islamic Azad University, Tehran, Iran.

2- Associate Prof, Dept. of Food Science and Technology, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran. E-mail: l.kamalimail@gmail.com

3- Assistant Prof, Dept. of Food Science and Technology, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

Received 7 Jan, 2016 **Accepted 23 Apr, 2016**

Background and Objectives: In spite of long production and consumption of traditional Sangak bread in Iran, documented qualitative indices have not been completely determined for it. In fact, providing such indices, defining them and preparing their quantitative scope for production of this bread are essential. The purpose of this study is to determine desirable quality indices for evaluating the quality of traditional Sangak bread based on the quantitative data for the first time.

Materials and Methods: To prepare three types of Sangak bread, three flours with different quantities & qualities characteristics such as protein content, zeleny volume, particle size, etc. with appropriate extraction rate for this bread (namely strong, medium and weak flours) were made. At first, physical, chemical and rheological tests of the flour and dough types were determined. After baking the breads based on their production practices, physical and chemical characteristics, texture, porosity, microstructure, staling process and sensory properties of the breads were evaluated freshly and during storage by different methods.

Results: The results of physical, chemical, instrumental and sensory tests significantly correlated with each other. According to the results of various tests in this study, qualitative indices of Sangak bread types with different quality levels (good, medium and weak) were obtained quantitatively after baking and during storage, and were presented in an integrated table. The results can be used in documentation system and will be effective to rate this bread based on the quality and grading of bakeries according to the quality of the produced bread.

Conclusion: Qualitative indices of Sangak bread types with different quality levels can be used in documentation system, and will be effective to improve the quality of traditional Sangak bread and reducing waste. The results can help to inform about the use of flour with appropriate and desirable characteristics for the production of Sangak bread and rating bread and bakery quality.

Keywords: Sangak bread, Quality indices, Texture analysis, Porosity, Cellular structure