



تأثیر صمغ گوار، امولسیفایر داتم، دور همزن و دمای پخت بر خواص فیزیکی شیمیایی، حرارتی و

ارگانولپتیکی نان تست

فرناز محمدی گلچین<sup>۱</sup>، سارا موحد<sup>۲\*</sup>، محمد رضا اسحاقی<sup>۳</sup>، حسین احمدی چناربن<sup>۴</sup>

- ۱- دانشجوی دکتری، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، واحد ورامین - پیشوا، دانشگاه آزاد اسلامی، ورامین، ایران.
- ۲- دانشیار، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، واحد ورامین - پیشوا، دانشگاه آزاد اسلامی، ورامین، ایران.
- ۳- استادیار، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، واحد ورامین - پیشوا، دانشگاه آزاد اسلامی، ورامین، ایران.
- ۴- استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، واحد ورامین - پیشوا، دانشگاه آزاد اسلامی، ورامین، ایران.

| اطلاعات مقاله  | چکیده   |
|--|---|
| <p>تاریخ های مقاله :</p> <p>تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۰/۲۳</p> <p>تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۳/۱۶</p>  | <p>برای به تاخیر انداختن بیاتی که یکی از مسائل مهم صنایع پخت محسوب می شود، بهبود روشهای تهیه خمیر و استفاده از برخی افزودنی ها ضروری به نظر می رسد. در این راستا در پژوهش حاضر تاثیر دور مخلوط کن (۷۵۰ و ۱۰۰۰rpm)، سطوح مختلف از صمغ گوار و امولسیفایر داتم (هر کدام ۰/۵ و ۱ درصد) و همچنین دمای پخت (۲۲۰°C و ۲۰۰) بر ویژگی های حرارتی همچنین خواص کمی، کیفی و بیاتی نمونه های نان تست مورد بررسی قرار گرفت. در ادامه به منظور تجزیه و تحلیل داده های حاصل از آزمایش، از طرح کاملاً تصادفی استفاده شد و مقایسه میانگین داده ها توسط آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال <math>\alpha=5\%</math> و توسط نرم افزار SPSS نسخه ۱۶ انجام پذیرفت. طبق نتایج، با افزودن هیدروکلونید گوار و امولسیفایر داتم، مقدار رطوبت، پروتئین، خاکستر، حجم مخصوص، دمای پیک و شاخص روشنایی افزایش اما میزان بیاتی نمونه ها و آنتالی بی ذوب نشاسته کاهش یافت. همچنین اکثر ویژگی های حسی نمونه های نان نیز بهبود یافتند. صمغ گوار تاثیری بر میزان pH نمونه ها نداشت اما نمونه های حاوی یک درصد داتم از کمترین pH برخوردار بودند. قابل توجه این که نمونه تیمار شده با ۰/۵ درصد گوار و ۰/۵ درصد داتم، هم زده شده در دور ۱۰۰۰ rpm و پخته شده در دمای ۲۰۰°C به عنوان مطلوب ترین فرمولاسیون معرفی گردید.</p> |
| <p>کلمات کلیدی:</p> <p>نان تست،<br/>صمغ گوار،<br/>داتم،<br/>بیاتی.</p> <p>DOI: 10.22034/FSCT.19.126.57<br/>DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.126.16.7</p> <p>* مسئول مکاتبات:<br/>movahhed@iauaramin.ac.ir</p> |   |

## ۱- مقدمه

نان غذای اصلی و پایه مردم بسیاری از کشورهای جهان را تشکیل داده و روزانه قسمت اعظمی از انرژی، پروتئین، املاح معدنی و ویتامین‌های گروه B مورد نیاز آنها را تامین می‌نماید. در ایران نیز حدود ۴۰ درصد انرژی، ۴۵ درصد پروتئین، حدود ۶۰٪ آهن و قسمت اعظم نمک طعام مورد نیاز روزانه، از خوردن نان تامین می‌گردد [۱]. نان‌ها برحسب میزان حجم آنها، به سه گروه، نان‌های حجیم، با حجم متوسط و دارای حجم کم تقسیم‌بندی می‌شوند. نان‌های حجیم به دلایل تنوع در شکل، اندازه، پوست، بافت مغز، روش فرآوری و فرمولاسیون، از تنوع بسیاری برخوردار هستند. کیفیت نان‌های حجیم به قابلیت پخت آرد مصرفی، زمان تخمیر، میزان پروتئین و نوع مواد افزودنی آن بستگی دارد. به علاوه قابلیت پخت آرد آن، به طور عمده تابع ویژگی‌های آرد، نوع اقدامات صنعتی، روش تهیه و مراحل آماده‌سازی خمیر می‌باشد [۲]. نان تست به گروه نان‌های حجیم تعلق داشته و در ایران، به خصوص در سال‌های اخیر، از پر مصرف‌ترین نان‌های حجیم محسوب می‌شود. معمولاً چهار گوش یا مستطیل شکل بوده و برای آن که سطح و شکل آن صاف، منظم و یکنواخت باشد آن را در قالب پخت می‌نمایند که بایستی خمیر قالب را پر کند [۳]. در تهیه انواع نان‌ها، آماده کردن خمیر یکی از مراحل مهم تکنولوژی تولید و تعیین کننده کیفیت محصولات نانویی است. مرحله مخلوط کردن خمیر یکی از مراحل تاثیرگذار بر کیفیت خمیر و محصول نهایی بوده که چندین نقش اساسی از جمله مخلوط کردن مواد اولیه، هیدراته کردن پروتئین‌های گلوتن، شکل‌گیری و مسدود شدن مولکول‌های هوا درون خمیر به منظور تولید سلول‌های گازی را ایفا می‌کند. در بررسی‌های به عمل آمده مشاهده شده است که همبستگی بالایی بین زمان مخلوط کردن خمیر و پارامترهای کیفی نان مانند حجم مخصوص وجود دارد. همچنین بیان شده است که طی فرآیند مخلوط کردن خمیر، مبادله گروه‌های سولفیدی و دی سولفیدی به وفور اتفاق می‌افتد. تیول گلوپتاتین به سرعت کاهش یافته در حالی که باندهای دی سولفیدی بین پروتئین گلوتن و گلوپتاتین و گلوپتاتین‌ها با هم افزایش می‌یابد. این تبادلات سبب شده تا علی‌رغم تولید گاز در مرحله تخمیر نهایی، نقش زمان مخلوط کردن در حجم نان، کلیدی و موثرتر باشد [۴ و ۵]. سرعت مخلوط‌کن و انرژی اعمال شده بر خمیر، نقش بسزایی در

کمیت و کیفیت حبابچه‌های (سلول‌های گازی) شکل گرفته در این مرحله دارد که به مجرد تحرک خمیر در مرحله مخلوط کردن، حباب‌های هوا در خمیر ترکیب شده و سلول‌های گازی تولید می‌شود. حباب‌های تولیدی، با افزایش سرعت مخلوط‌کن شکسته شده لذا میانگین اندازه حبابچه‌ها کاهش و تعداد آن افزایش می‌یابد. اندازه حبابچه‌ها بر چگونگی رشد حبابچه‌ها در مرحله تخمیر و کیفیت نهایی بافت نان بسیار موثر است [۶ و ۷]. از سوی دیگر نان و محصولات نانویی معمولاً پس از فرآیند پخت، دستخوش تغییرات فیزیکی شیمیایی مختلفی می‌شوند که در مفهوم کلی آنها را بیاتی می‌نامند. بیات شدن نان در اصل عبارت است از مجموعه تغییرات، غیر از تغییرات ناشی از فعالیت میکروارگانیسم‌ها که جلوگیری از آن در شرایط عادی امکان پذیر نیست، حتی اگر از بهترین مواد و روش‌ها برای تهیه نان استفاده شود. به تاخیر انداختن بیاتی یکی از مسائل مهم صنایع پخت بوده و از جنبه اقتصادی حائز اهمیت می‌باشد. به علاوه بیاتی فرآیندی است که طی آن ویژگی‌های ظاهری و باطنی، بو، طعم و مزه، عطر و قابلیت جویدن نان تغییر می‌کند و نتیجه این تغییرات، کهنه شدن و یا به عبارت دیگر عدم تازگی نان می‌باشد [۸]. برای به تاخیر انداختن بیاتی نان، اعمال روش‌هایی نظیر بهبود روش‌های تهیه خمیر، بهبود کیفیت پخت، بسته بندی نان و استفاده از برخی افزودنی‌ها بسیار موثر است. از افزودنی‌های مهم می‌توان به انواع نشاسته‌های ژلاتینه، پنتوزان‌ها، چربی‌ها، امولسیفایرها، آنزیم‌ها به خصوص آلفا آمیلاز، آنتی اکسیدان‌ها و برخی هیدروکلوئیدها اشاره نمود. هیدروکلوئیدها، بیوپلیمرهای کربوهیدراتی (مانند صمغها) و گاهی پروتئینی (مانند ژلاتین) هستند که میتوانند مقدار زیادی آب را در ساختار خود جذب کنند و خواص کاربردی مفیدی در سیستم‌های غذایی به وجود آورند. افزودن هیدروکلوئیدها به طور بالقوه می‌تواند موجب کاهش سرعت سفت شدن مغز نان طی نگهداری گردد. هیدروکلوئیدها با افزایش قوام خمیر، تشکیل شبکه موقت ژل و افزایش سفتی دیواره‌های احاطه کننده سلول‌های حاوی گاز در نان، موجب حفظ بیشتر دی اکسید کربن و بخار آب تولید شده در خمیر می‌شوند. همچنین برخی از صمغ‌ها خواص امولسیفایری نشان می‌دهند به گونه‌ای که لایه‌ای دور حباب‌های گاز موجود در خمیر تشکیل می‌دهند که به حفظ گاز کمک می‌کند. همچنین جذب رطوبت توسط

می‌باشد. صمغ گوار دارای ۵ الی ۷ درصد پروتئین می‌باشد. این ترکیب دارای وزن مولکولی ۲۲۰۰۰۰ بوده و در غلظت‌های کم تشکیل محلول‌های ویسکوز و در غلظت ۲-۳ درصد ژل تشکیل می‌دهد. به سهولت آب جذب نموده و یک محلول بسیار غلیظ با خصوصیات تیکسوتروپی را به وجود می‌آورد. اگرچه اعمال حرارت، انحلال‌پذیری صمغ را تسریع می‌کند اما حرارت‌های خیلی بالا سبب تجزیه آن می‌گردند. به دلیل آن‌که صمغ گوار از نظر ساختمانی خنثی می‌باشد، بنابراین ویسکوزیته آن خیلی کم تحت تاثیر pH قرار می‌گیرد. نمک‌ها نیز دارای اثر کمی بر ویسکوزیته آن می‌باشند. صمغ گوار ناسازگاری با پروتئین‌ها و دیگر پلی ساکاریدها نشان نمی‌دهد همچنین صمغ گوار قابلیت تشکیل فیلم با انعطاف‌پذیری بالا را دارا است [۱۳]. در محصولات آردی، صمغ گوار در بهبود خصوصیات رئولوژیکی خمیر، افزایش حجم نان، افزایش پایداری خمیر و افزایش نرمی و ماندگاری نان کاربرد دارد [۱]. از سوی دیگر امولسیفایرها با استفاده از مکانیسمهای کاهش کشش بینایی در سطوح حد فاصل بین دوفاز، ایجاد دافعه بین قطرات فاز پراکنده به دلیل ایجاد بارهای الکتریکی همانم بر روی سطح قطرات، تشکیل فازهای میانی در سطوح حد فاصل بین دو فاز به شکل فازهای کریستال مایع، سبب تثبیت و افزایش ویسکوزیته و پایداری امولسیون می‌گردند. از طرفی پایداری امولسیون به شرایطی که امولسیون در آن شکل می‌گیرد، بستگی دارد. این شرایط نه تنها به اجزاء اصلی امولسیون یعنی فازهای پیوسته و پراکنده مربوط می‌گردد بلکه به غلظت امولسیفایر، درجه حرارت امولسیون و شرایط فیزیکی امولسیفایر (کریستاله یا مایع بودن آن) مربوط می‌شود. استرهای دی استیل تارتاریک اسید (DATAM) از واکنش بین منو گلیسرید و انیدرید دی استیل اسیدتارتاریک در حرارت ۱۳۰-۱۰۰ درجه سلسیوس تهیه می‌شوند و ویژگی‌های فیزیکی آن در درجه نخست، به نوع اسیدهای چرب و مقدار اسیدتارتاریک استریفه شده بستگی دارد [۱۴ و ۱۵]. داتم (دی استیل تارتاریک اسید استرمنوگلیسرید) امولسیفایر آنیونی و هیدرو فلیک، به شکل های پودر، پولک و موم مانند است. قابلیت پراکندگی در آب داغ و سرد و قابلیت انحلال در چربی‌های گرم، روغن‌ها و تعدادی از الکل‌ها مثل متانول، اتانول را دارد. از کاربردهای داتم می‌توان به تقویت خمیر بدلیل توانایی بر همکنش با گلوتن خمیر، کاهش چسبندگی

هیدروکلوئیدها موجب حفظ محتوی رطوبت بالاتر در محصول نهایی شده و در نتیجه رتروداسیون نشاسته و سفت شدن بافت داخلی کاهش یافته و در مجموع کیفیت محصول بهبود می‌یابد. به همین علت هیدروکلوئیدها به عنوان جایگزین گلوتن در فرمولاسیون نان بدون گلوتن مورد استفاده قرار می‌گیرند. با افزودن هیدروکلوئیدها، به علت افزایش گروه‌های OH و دیگر گروه‌های آبدوست، جذب آب درمغز بیشتر شده که می‌تواند از مهاجرت آب به پوسته و در نتیجه لاستیکی شدن آن جلوگیری کند و موجب حفظ حالت تردی گردد [۹ و ۱۰]. صمغ‌ها گروه بزرگی از پلی ساکاریدهایی هستند که به دلیل توانایی آنها در تولید محصولاتی با ویسکوزیته بالا، در غلظت‌های کم مورد استفاده قرار می‌گیرند و امروزه به طور وسیع به عنوان عوامل ایجاد ژل، پایدار کننده و سوسپانسیون کننده، مطرح هستند [۱۱ و ۱۲]. منبع و منشأ صمغ‌ها متفاوت بوده که می‌تواند شامل انواع ترشچی، جلبکی، دانه‌ای، میکروبی، مشتقات نشاسته و سلولز باشد. از نظر ساختاری، صمغ‌ها حاوی مولکول‌های هیدروفیلیک بوده بنابراین می‌توانند با آب ترکیب و تشکیل محلول‌های ویسکوز یا ژل دهند. به علاوه ماهیت مولکول‌های تشکیل دهنده آن تا حد زیادی بر روی خواص صمغ‌ها تاثیر گذار است به طوری که مولکول‌های خطی که فضای بیشتری را اشغال می‌کنند در مقایسه با مولکول‌های انشعابی با همان وزن مولکولی ویسکوزتر هستند. در حالیکه ترکیبات انشعابی صمغ‌ها آسانتر ژل تشکیل می‌دهند و پایداری بیشتری دارند ولی انواع خطی آن‌ها به آسانی تشکیل فیلم چسبنده داده بنابراین جزء عوامل پوششی هستند [۱]. صمغ‌ها کاربردهای وسیعی در محصولات نانویی پیدا کرده‌اند به طوری که در بهبود اکثر ویژگی‌های رئولوژیکی، بافت و حفظ سیستم‌های کلوئیدی موثر هستند. گوار صمغی است که از غده زیرزمینی گیاه *Cyamopsis tetragonoloba* از خانواده پروانه‌آساها بدست می‌آید و عمدتاً متشکل از پلی ساکاریدهای هیدروکلوئیدی با وزن مولکولی بالا می‌باشد. ساختمانی مشابه کارنوب دارد به طوری که زنجیره اصلی آن از واحدهای  $\beta$ -D-مانوپیرانوز تشکیل شده که توسط اتصالات (1→4)  $\beta$  به یکدیگر متصل شده‌اند و واحدهای D-گالاکتوپیرانوز نیز به صورت یک درمیان با اتصالات (1→6)  $\alpha$  به زنجیره اصلی پیوند یافته‌اند. به طور کلی از نظر ساختمان، یک گالاکتومانان

سبوس آویژه، هیدروکلونید گوار و امولسیفایر داتم از شرکت Telson چین، مخمر نانوائی خشک (ساکارومایسس سرویزیه) از شرکت نان دوران سبوس آویژه، نمک از شرکت صدف و شکر از شرکت اطمینان تهیه گردیدند. آزمون‌های انجام شده بر روی نمونه آرد مصرف شده در پژوهش شامل رطوبت، خاکستر، پروتئین، pH، چربی و فیبر بودند که به ترتیب مطابق روش استاندارد AACC به شماره‌های (۱۶-۴۴)، (۰۸-۰۱)، (۱۲-۴۶)، (۰۲-۵۲)، (۳۲-۱۰) و (۱۰-۳۲) انجام شدند [۱۷]. باتوجه به جدول ۱ و حضور ۲۱ تیمار و انجام آزمون‌ها در سه تکرار، ۶۳ واحد آزمایشی در نظر گرفته شد. بنابراین با احتساب کلیه آزمون‌های بعمل آمده بر روی آرد و نمونه‌های نان تست، حدوداً ۱۰ کیلوگرم آرد گندم، ۱۰۰ گرم صمغ گوار، ۱۰۰ گرم امولسیفایر داتم، ۱ کیلوگرم نمک کلرید سدیم، ۵۰۰ گرم شکر و ۵۰۰ گرم روغن تهیه و خریداری گردید. در ادامه این‌که تحقیق حاضر در کارخانه نان دوران سبوس آویژه واقع در ساوه، شهرک صنعتی مهدی پرندک انجام پذیرفت.

خمیر به تجهیزات، بهبود بافت و پراکندگی آسان چربی در خمیر، توزیع خوب ذرات چربی در سفید کننده‌های قهوه، افزایش حجم محصول، ایجاد طعم مطلوب و تأخیر در بیاتی نان، امولسیون کننده و کف‌کننده در مارگارین، مایونز و سس‌های سالاد، تقویت آردهای ضعیف، ورآمدن راحت و سریعتر خمیر اشاره نمود [۱۶]. حال با توجه به موارد مطرح شده، در پژوهش حاضر تاثیر دور مخلوط‌کن، سطوح مختلف از صمغ گوار و امولسیفایر داتم و همچنین دمای پخت بر ویژگی‌های حرارتی همچنین خواص فیزیکی-شیمیایی، ارگانولپتیکی و بیاتی نمونه‌های نان تست مورد بررسی قرار گرفته است.

## ۲- مواد و روش‌ها

### ۲-۱- مواد

مواد مورد استفاده در این پژوهش شامل آرد گندم (مخصوص نان تست) با درجه استخراج ۶۸ درصد، از شرکت نان دوران

Table 1 Treatments of study

| Row | Treatment   | Code |
|-----|---|------|
| 1   | Control (baked at 200°C, mixed at 750rpm)                       | F0   |
| 2   | 0.5% guar gum, mixed at 750 rpm, baked at 200°C                 | F1   |
| 3   | 0.5% guar gum, mixed at 750 rpm, baked at 220°C                 | F2   |
| 4   | 0.5% guar gum, mixed at 1000 rpm, baked at 200°C                | F3   |
| 5   | 0.5% guar gum, mixed at 1000 rpm, baked at 220°C                | F4   |
| 6   | 1 % guar gum, mixed at 750 rpm, baked at 200°C                  | F5   |
| 7   | 1 % guar gum, mixed at 750 rpm, baked at 220°C                  | F6   |
| 8   | 1 % guar gum, mixed at 1000 rpm, baked at 200°C                 | F7   |
| 9   | 1 % guar gum, mixed at 1000 rpm, baked at 220°C                 | F8   |
| 10  | 0.5 % DATEM, mixed at 750 rpm, baked at 200°C                   | F9   |
| 11  | 0.5 % DATEM, mixed at 750 rpm, baked at 220°C                   | F10  |
| 12  | 0.5 % DATEM, mixed at 1000 rpm, baked at 200°C                  | F11  |
| 13  | 0.5 % DATEM, mixed at 1000 rpm, baked at 220°C                  | F12  |
| 14  | 1 % DATEM, mixed at 750 rpm, baked at 200°C                     | F13  |
| 15  | 1 % DATEM, mixed at 750 rpm, baked at 220°C                     | F14  |
| 16  | 1 % DATEM, mixed at 1000 rpm, baked at 200°C                    | F15  |
| 17  | 1 % DATEM, mixed at 1000 rpm, baked at 220°C                    | F16  |
| 18  | 0.5 % guar gum & 0.5 % DATEM, mixed at 750 rpm, baked at 200°C  | F17  |
| 19  | 0.5 % guar gum & 0.5 % DATEM, mixed at 750 rpm, baked at 220°C  | F18  |
| 20  | 0.5 % guar gum & 0.5 % DATEM, mixed at 1000 rpm, baked at 200°C | F19  |
| 21  | 0.5 % guar gum & 0.5 % DATEM, mixed at 1000 rpm, baked at 220°C | F20  |

گردیدند. سپس سایر مواد شامل خشک و پودری به مخلوط اضافه شدند. در ادامه آب به مخلوط اضافه و عمل اختلاط توسط یک دستگاه همزن (Habert- Germany) با دورهای متغیر ۷۵۰rpm و ۱۰۰۰ به مدت ۳ الی ۷ دقیقه انجام شد. پس از تشکیل توده فرم پذیر خمیر، استراحت اولیه نمونه‌های

### ۲-۲- روش تولید نان‌های تست

به منظور تولید نان تست، ابتدا صمغ گوار و امولسیفایر داتم هر یک به نسبت های ۰/۵ و ۱ درصد به آرد گندم اضافه و در مخزن خمیرگیر به مدت ۱۰ دقیقه به طور یکنواخت مخلوط

برای ارزیابی میزان بیاتی نمونه‌های نان تست به روش دستگاهی (طبق استاندارد بین المللی AACC به شماره ۷۴-۰۹)، از دستگاه اینستران (Testometric M350-10CT ساخت انگلستان) مجهز به لودسل ۵ نیوتنی و پروب صفحه‌ای استفاده گردید [۱۷].

### ۲-۳-۴- آزمون حجم سنجی

برای اندازه‌گیری حجم نمونه‌های نان تست از روش جایگزینی حجم با دانه‌های کلزا (روش هنری سایمون) مطابق استاندارد AACC شماره ۷۲-۱۰ استفاده شد [۱۷].

### ۲-۳-۵- آزمون رنگ سنجی

آزمون رنگ سنجی نمونه‌ها توسط دستگاه هانترلب و با تعیین سه شاخص ( $a^*$ ،  $b^*$  و  $L^*$ ) انجام پذیرفت. شاخص  $L^*$  معرف میزان روشنی نمونه‌ها بوده و دامنه آن از صفر (سیاه خالص) تا ۱۰۰ (سفید خالص) متغیر است. شاخص  $a^*$  میزان نزدیکی رنگ نمونه‌ها به رنگ‌های سبز و قرمز را نشان می‌دهد. دامنه آن از ۱۲۰- (سبز خالص) تا ۱۲۰+ (قرمز خالص) متغیر است. شاخص  $b^*$  میزان نزدیکی رنگ نمونه‌ها به رنگ‌های آبی و زرد را نشان می‌دهد و دامنه آن از ۱۲۰- (آبی خالص) تا ۱۲۰+ (زرد خالص) متغیر است. در ادامه اختلاف رنگ کلی ( $\Delta E$ ) با استفاده از رابطه (۱) محاسبه گردید [۱۷].

$$\Delta E = \sqrt{(L^* - L_0^*)^2 + (a^* - a_0^*)^2 + (b^* - b_0^*)^2}$$

که در این رابطه:  $L_0^*$ ،  $a_0^*$ ،  $b_0^*$  مقادیر اولیه این پارامترها هستند.

### ۲-۳-۶- آزمون ویژگی‌های حسی (ارگانولپتیکی)

به منظور ارزیابی ویژگی‌های حسی نمونه‌های نان تست، از تجزیه و تحلیل خصوصیات نان به کمک حواس پنجگانه استفاده شد. ملاک عمل، نظر و تمایل شخصی افراد متخصص و آموزش دیده نسبت به محصول بود. در این تحقیق نمونه‌های نان پس از خنک شدن، کد گذاری شده و توسط ده ارزیاب آموزش دیده مورد بررسی قرار گرفتند. ارزیابی در روز اول پخت بر اساس ویژگی‌های نان صورت پذیرفت که هر یک بنا بر اهمیت از امتیاز خاصی برخوردار بودند [۲۰].

### ۲-۴- تجزیه و تحلیل داده‌ها

به منظور تجزیه و تحلیل داده‌های حاصل از آزمایش، از طرح کاملاً تصادفی استفاده شد و مقایسه میانگین داده‌ها توسط

خمیر به مدت ۱۰ دقیقه انجام و سپس قطعاتی به وزن تقریبی ۴۵۰ گرم، چانه‌گیری و گرد شد. در ادامه پس از ۱۰ دقیقه استراحت، تخمیر میانی انجام پذیرفت. در نهایت چانه‌های خمیر وارد اتاقک تخمیر شده تا مرحله تخمیر نهایی در درجه حرارت  $30^{\circ}\text{C}$  و رطوبت نسبی ۸۰ درصد و به مدت ۴۰ دقیقه انجام شود. در ادامه قالب‌های نان درون فر گردانقرار داده شد و عمل پخت در دماهای  $220^{\circ}\text{C}$  تا  $200^{\circ}\text{C}$  به مدت ۴۰ - ۳۵ دقیقه انجام پذیرفت [۱۸]. نان‌های تولید شده پس از حدود ۳۰ دقیقه خنک شدن، در کیسه‌های پلی اتیلنی بسته‌بندی و تحت آزمون‌های فیزیکی شیمیایی قرار گرفتند.

### ۲-۳-۲- آزمون‌های انجام شده بر روی نمونه‌های نان

#### ۲-۳-۱- آزمون گرماسنجی افتراقی (DSC)

خصوصیات حرارتی نمونه‌های نان تست شامل دمای ژلاتینه شدن اولیه ( $T_0$ )، پیک ( $T_p$ )، دمای ژلاتینه شدن نهایی ( $T_c$ ) و آنتالپی ژلاتینه شدن ( $\Delta H$ ) با استفاده از دستگاه گرماسنجی روبشی افتراقی (DSC) انجام پذیرفت. برای این منظور مطابق جدول تیمارها، سطوح مشخصی از گوار و داتم به مدت ۴۵ دقیقه و در دمای محیط در آب مقطر به ملایمت حل گردید. پس از حل کامل گوار و داتم، نشاسته و ساکارز به محلول آبی گوار و داتم اضافه شد و به مدت ۱ ساعت با استفاده از همزن مغناطیسی در دمای محیط هم زده شد. در ادامه، گرماسنجی روبشی افتراقی در اتمسفر نیتروژن از دمای صفر درجه سلسیوس تا ۲۰۰ درجه سلسیوس با سرعت افزایش دمای کنترل شده معادل ۱۰ درجه سلسیوس بر دقیقه انجام پذیرفت. مخزن آلومینیومی خالی دستگاه به عنوان مرجع مورد استفاده قرار گرفت [۱۹]. دمای ژلاتینه شدن اولیه، پیک، دمای ژلاتینه شدن نهایی و آنتالپی ژلاتینه شدن با استفاده از نمودار بدست آمده و به کمک نرم افزار DSC 200 F3 Maia- Proteus تعیین شد.

#### ۲-۳-۲- آزمون‌های شیمیایی

در این پژوهش رطوبت، خاکستر، پروتئین و pH نمونه‌های نان تست به ترتیب مطابق روش استاندارد AACC به شماره‌های (۱۶-۴۴)، (۰۱-۰۸)، (۱۲-۴۶) و (۰۲-۵۲) انجام پذیرفت [۱۷].

#### ۲-۳-۳- آزمون بافت سنجی (بیاتی)

آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال  $\alpha=5\%$  و توسط نرم افزار SPSS نسخه ۱۶ انجام پذیرفت.

مطابق استاندارد ملی ایران به شماره ۲۳۳۸، جهت تولید نان تست مناسب است.

### ۳-۲- ارزیابی نتایج حاصل از بررسی

خصوصیات حرارتی نان با استفاده از دستگاه

کالریمتر رویشی افتراقی (DSC)

نتایج مقایسه میانگین داده‌های حاصل از تاثیر غلظت‌های مختلف صمغ گوار، امولسیفایر داتم، دور همزن و دمای پخت بر خصوصیات حرارتی نان ( $T_0$ ,  $T_p$ ,  $T_c$  و  $\Delta H$ ) در جدول ۲ نشان داده شده است.

### ۳- نتایج و بحث

#### ۳-۱- ارزیابی نتایج حاصل از آزمون‌های

#### شیمیایی انجام شده روی آرد گندم

با توجه به نتایج آزمونهای شیمیایی انجام شده بر روی آرد گندم شامل رطوبت ( $11.7\%$ )، خاکستر ( $0.6\%$ )، پروتئین ( $10.78\%$ ) و pH ( $7.81$ ) مشخص گردید که آرد مورد استفاده،

**Table 2** The effect of different concentrations of guar gum, DATEM, mixer rotation and baking temperature on the thermal properties of Toast bread

| $\Delta H$ (J/g)      | $T_c$ (°C) | $T_p$ (°C) | $T_0$ (°C) | Storage time (day) | Treatment                |
|-----------------------|------------|------------|------------|--------------------|--------------------------|
| $755.888 \pm 10^b$    | 130.17     | 122.52     | 94.12      | 1                  | F <sub>0</sub>           |
| $790.523 \pm 12^a$    | 135.45     | 123.28     | 94.32      | 4                  |                          |
| $628.697 \pm 12^{ef}$ | 130.29     | 123.18     | 97.08      | 1                  | F <sub>1,2,3,4</sub>     |
| $645.590 \pm 15^c$    | 132.49     | 125.25     | 97.93      | 4                  |                          |
| $570.937 \pm 10^g$    | 132.99     | 124.41     | 98.33      | 1                  | F <sub>5,6,7,8</sub>     |
| $700.093 \pm 5^d$     | 137.72     | 125.14     | 99.13      | 4                  |                          |
| $733.125 \pm 8^c$     | 128.52     | 124.14     | 94.46      | 1                  | F <sub>9,10,11,12</sub>  |
| $755.000 \pm 10^b$    | 126.24     | 126.54     | 95.29      | 4                  |                          |
| $700.259 \pm 5^d$     | 126.18     | 124.95     | 94.64      | 1                  | F <sub>13,14,15,16</sub> |
| $748.358 \pm 10^b$    | 126.22     | 125.84     | 94.75      | 4                  |                          |
| $506.220 \pm 7^h$     | 127.53     | 124.51     | 93.64      | 1                  | F <sub>17,18,19,20</sub> |
| $620.324 \pm 10^f$    | 128.12     | 125.38     | 94.31      | 4                  |                          |

Values are means  $\pm$  SD; Different letters indicate significant difference between means at  $P \leq 0.05$

میباشد. همچنین تغییر در دمای شروع ژلاتینه شدن در اثر وجود گوار را می‌توان به افزایش پیوندهای هیدروژنی در مخلوط و احتمال تغییر ساختار کریستالی داخل گرانول‌ها نسبت داد [۲۱]. در همین راستا دمای پیک نمونه شاهد، ۱۲۲/۵۲ درجه سلسیوس اندازه‌گیری شد اما با افزودن هیدروکلونید گوار و امولسیفایر داتم، مقدار دمای پیک افزایش یافت که نشان می‌دهد ذوب شدن مجدد آمیلوپکتین به تاخیر افتاده است. از سوی دیگر آنتالپی ذوب نشاسته ( $\Delta H$ ) در تمام نمونه‌های حاوی هیدروکلونید و امولسیفایر یک روند کاهشی نشان داد اما با گذشت زمان نگهداری به میزان آن افزوده شد. علت نتیجه حاصل می‌تواند با نسبت کمتر آب آزاد به نشاسته به دلیل کمتر شدن تحرک مولکولهای آب و همچنین کاهش مقدار انتقال حرارت و جرم تفسیر شود که در این صورت ژلاتینه شدن و ذوب نشاسته را در حضور صمغ‌ها مشکل می‌نماید [۷]. به‌طور کلی می‌توان نتیجه گرفت که حضور

تغییرات فیزیکی شیمیایی نان طی مدت نگهداری، بیشتر تحت تاثیر نشاسته است. نشاسته از دو بخش آمیلوز و آمیلوپکتین تشکیل شده که حین نگهداری، به دلیل کاهش آب یا تغییر وضعیت آن به کریستال تبدیل می‌شود. این واکنشها در آمیلوز به دلیل عدم ممانعت هوایی شاخه‌ها سریعتر رخ داده و پیوندهای محکمی به وجود می‌آیند به عبارت دیگر سفت شدن نان طی اولین روز نگهداری به این دلیل است. در ادامه، شاخه‌های آمیلوپکتین که عامل اصلی بیاتی نان هستند، به آهستگی کنارهم قرار گرفته، کریستاله می‌شوند. طبق نتایج تحقیق حاضر، کمترین مقادیر دمای ذوب ابتدایی، میانی و پایانی در نمونه شاهد مشاهده گردید. همچنین در تمام تیمارها با گذشت زمان، مقادیر دمای ذوب ابتدایی، میانی و پایانی افزایش یافتند. قابل توجه این‌که جذب آب بیشتر توسط صمغ گوار نسبت به امولسیفایر داتم و کاهش آب در دسترس، دلیل افزایش دمای شروع ژلاتینه شدن در تیمارهای حاوی گوار

[۸] و [۲۲]. در پژوهشی تاثیر یک درصد از هیدروکلونیدهای گوار، لوبیای لوکاست، گزانتان و کربوکسی متیل سلولز بر پارامترهای DSC و XRD نان لوآش طی یک، سه و پنج روز مورد بررسی قرار گرفت. طبق نتایج، آنتالپی ذوب نشاسته با گذشت زمان افزایش و با افزودن هیدروکلونید کاهش یافت [۲۲].

### ۳-۳- ارزیابی نتایج حاصل از آزمون‌های شیمیایی انجام شده بر روی نمونه‌های نان تست

نتایج مقایسه میانگین داده‌های حاصل از تاثیر غلظت‌های مختلف صمغ گوار، امولسیفایر داتم، دور همزن و دمای پخت بر خصوصیات شیمیایی نمونه‌های نان تست در جدول ۳ نشان داده شده است.

هیدروکلونیدها باعث کاهش تحرک مولکولی آب شده و آنرا از دسترس نشاسته خارج می‌کنند و با کاهش ( $\Delta H$ ) بر ژلاتینیزاسیون تاثیرگذار است. به عبارت دیگر حضور هیدروکلونیدها سبب میشود آب کمتری در دسترس نشاسته قرار گیرد و نشاسته کمتری متورم و در نتیجه ژلاتینه گردد. از آنجاییکه این نشاسته های ژلاتینه هستند که در طی نگهداری دوباره به صورت کریستاله در آمده و در واقع رتروگرید می‌شوند لذا با کاهش میزان ژلاتینه شدن، انرژی لازم جهت ذوب کریستال‌های رتروگرید شده نیز کاهش می‌یابد. قابل توجه این‌که افزایش میزان آنتالپی با گذشت زمان نگهداری، بر واگشتگی نشاسته دلالت دارد که خود یکی از عوامل کلیدی در بیای نان محسوب می‌شود [۲۲]. افزایش داتم نیز به دلیل کاهش قدرت فعل و انفعال بین اجزا نشاسته و پروتئین آرد، باعث کاهش میزان آنتالپی نمونه‌ها در مقایسه با شاهد شد اما تغییر معنی‌داری نسبت به هیدروکلونید گوار ایجاد نکرد

**Table 3** The effect of different concentrations of guar gum, DATEM, mixer rotation and baking temperature on the chemical properties of Toast bread

| pH                     | Ash (%)                | Protein (%)             | Moisture (%)             | Treatment       |
|------------------------|------------------------|-------------------------|--------------------------|-----------------|
| 5.99±0.03 <sup>a</sup> | 0.64±0.02 <sup>d</sup> | 10.16±0.08 <sup>d</sup> | 21.12±2.21 <sup>d</sup>  | F <sub>0</sub>  |
| 5.44±0.03 <sup>c</sup> | 1.68±0.03 <sup>b</sup> | 10.85±0.05 <sup>b</sup> | 34.15±2.12 <sup>a</sup>  | F <sub>1</sub>  |
| 5.44±0.03 <sup>c</sup> | 1.65±0.03 <sup>b</sup> | 10.85±0.05 <sup>b</sup> | 33.95±2.18 <sup>ab</sup> | F <sub>2</sub>  |
| 5.42±0.03 <sup>c</sup> | 1.68±0.03 <sup>b</sup> | 10.88±0.05 <sup>b</sup> | 35.08±3.24 <sup>a</sup>  | F <sub>3</sub>  |
| 5.42±0.03 <sup>c</sup> | 1.68±0.02 <sup>b</sup> | 10.88±0.05 <sup>b</sup> | 35.00±3.24 <sup>a</sup>  | F <sub>4</sub>  |
| 5.98±0.05 <sup>a</sup> | 1.95±0.03 <sup>a</sup> | 11.30±0.14 <sup>a</sup> | 34.25±2.24 <sup>a</sup>  | F <sub>5</sub>  |
| 5.98±0.05 <sup>a</sup> | 1.95±0.03 <sup>a</sup> | 11.30±0.14 <sup>a</sup> | 34.20±2.11 <sup>a</sup>  | F <sub>6</sub>  |
| 5.73±0.05 <sup>b</sup> | 1.95±0.03 <sup>a</sup> | 11.32±0.13 <sup>a</sup> | 35.61±3.24 <sup>a</sup>  | F <sub>7</sub>  |
| 5.73±0.05 <sup>b</sup> | 1.95±0.03 <sup>a</sup> | 11.33±0.13 <sup>a</sup> | 35.67±3.24 <sup>a</sup>  | F <sub>8</sub>  |
| 5.92±0.04 <sup>a</sup> | 1.51±0.02 <sup>c</sup> | 10.30±0.08 <sup>c</sup> | 26.59±2.27 <sup>c</sup>  | F <sub>9</sub>  |
| 5.92±0.04 <sup>a</sup> | 1.50±0.02 <sup>c</sup> | 10.30±0.08 <sup>c</sup> | 26.39±2.26 <sup>c</sup>  | F <sub>10</sub> |
| 5.42±0.03 <sup>c</sup> | 1.50±0.03 <sup>c</sup> | 10.35±0.06 <sup>c</sup> | 30.56±2.18 <sup>bc</sup> | F <sub>11</sub> |
| 5.42±0.03 <sup>c</sup> | 1.50±0.03 <sup>c</sup> | 10.35±0.06 <sup>c</sup> | 30.50±2.18 <sup>bc</sup> | F <sub>12</sub> |
| 5.41±0.03 <sup>c</sup> | 1.71±0.02 <sup>b</sup> | 10.90±0.04 <sup>b</sup> | 29.72±2.27 <sup>bc</sup> | F <sub>13</sub> |
| 5.41±0.03 <sup>c</sup> | 1.71±0.03 <sup>b</sup> | 10.90±0.04 <sup>b</sup> | 29.65±2.27 <sup>bc</sup> | F <sub>14</sub> |
| 5.41±0.03 <sup>c</sup> | 1.70±0.03 <sup>b</sup> | 10.90±0.04 <sup>b</sup> | 31.64±2.28 <sup>ab</sup> | F <sub>15</sub> |
| 5.41±0.03 <sup>c</sup> | 1.70±0.03 <sup>b</sup> | 10.90±0.04 <sup>b</sup> | 31.59±2.28 <sup>ab</sup> | F <sub>16</sub> |
| 5.45±0.03 <sup>c</sup> | 1.93±0.03 <sup>a</sup> | 11.20±0.13 <sup>a</sup> | 33.59±2.19 <sup>ab</sup> | F <sub>17</sub> |
| 5.45±0.03 <sup>c</sup> | 1.90±0.03 <sup>a</sup> | 11.20±0.13 <sup>a</sup> | 33.50±2.16 <sup>ab</sup> | F <sub>18</sub> |
| 5.65±0.03 <sup>b</sup> | 1.93±0.03 <sup>a</sup> | 11.22±0.13 <sup>a</sup> | 33.76±2.19 <sup>ab</sup> | F <sub>19</sub> |
| 5.65±0.03 <sup>b</sup> | 1.93±0.02 <sup>a</sup> | 11.20±0.13 <sup>a</sup> | 22.69±2.17 <sup>d</sup>  | F <sub>20</sub> |

Values are means ± SD; In each column, different letters indicate significant difference between means at  $P \leq 0.05$

در تیمار حاوی ۱ درصد گوار، هم زده شده در دور ۱۰۰۰ rpm، پخته شده در دمای ۲۲۰°C و اما کمترین میزان آن ( $F_0=21/12\%$ ) در تیمار شاهد مشاهده گردید. علت افزایش رطوبت در نمونه‌های حاوی گوار را می‌توان به وجود گروه‌های هیدروکسیل در ساختار هیدروکلونید نسبت داد که باعث افزایش آبدگیری خمیرهای حاوی هیدروکلونید

### ۳-۳-۱- ارزیابی نتایج حاصل از آزمون رطوبت در نمونه‌های نان تست

مطابق جدول ۳ تاثیر تیمارها بر مقدار رطوبت معنی‌دار است ( $P \leq 0/05$ ). به گونه‌ای که با افزودن سطوح مختلف از صمغ گوار، امولسیفایر داتم و دور همزن، مقدار رطوبت آنها افزایش یافت. در همین راستا بیشترین مقدار رطوبت ( $F_8=35/67\%$ )

افزایش میزان پروتئین در تیمارهای حاوی گوار نسبت به شاهد وجود اسیدهای آمینه در ساختار آنها می‌باشد، لذا آرد حاوی آنها در مقایسه با آرد گندم از پروتئین بیشتری برخوردار بوده است [۱۰]. از سوی دیگر افزایش پروتئین در نمونه های حاوی یک درصد داتم به دلیل تشکیل پیوند هیدروژنی با نشاسته و گلوتامین می‌باشد که سبب افزایش تراکم پروتئین در خمیر به وسیله اتصال به سطح هیدروفوبیک پروتئین شده است لذا نتیجه آن افزایش میزان پروتئین در نمونه‌های نان تولید شده می‌باشد [۲۳].

### ۳-۳-۳- ارزیابی نتایج حاصل از آزمون خاکستر در نمونه‌های نان تست

با توجه به جدول مقایسه میانگین ۳، تاثیر تیمارها بر مقدار خاکستر معنی دار است ( $P \leq 0/05$ ). به گونه‌ای که با افزودن سطوح مختلف از صمغ گوار و امولسیفایر داتم مقدار خاکستر تیمارها افزایش یافت. در همین راستا بیشترین مقدار خاکستر ( $F_8=2/03\%$ ) در تیمار حاوی ۱ درصد گوار، هم زده شده در دور ۱۰۰۰ rpm، پخته شده در دمای  $220^\circ\text{C}$  و اما کمترین میزان آن ( $F_0=0/64\%$ ) در تیمار شاهد مشاهده گردید. علت افزایش خاکستر در نمونه های حاوی گوار را می‌توان به بالا بودن میزان مواد معدنی موجود در صمغ گوار نسبت داد [۲۳]. محققین دیگر نیز در تحقیقات خود نشان داده‌اند که میزان خاکستر نان‌های حاوی صمغ، بیشتر از نمونه‌های فاقد آن می‌باشد [۲۱ و ۲۴]. موحد و همکاران (۱۳۹۳) در پژوهشی اعلام نمودند که استفاده از بهبود دهنده‌هایی نظیر صمغ‌ها، امولسیفایرها، خمیر ترش و مخمرها به صورت تلفیقی و تفکیکی در افزایش میزان رطوبت، خاکستر، بهبود ویژگی‌های رئولوژیکی و کاهش بیاتی نمونه‌های نان تست در مقایسه با نمونه شاهد موثر هستند [۲۵]. به علاوه روی لی و همکاران (۲۰۰۰) در پژوهشی بیان نمودند که بالا بودن میزان خاکستر نان‌های حاوی بهبود دهنده در مقایسه با نان شاهد، به دلیل مقادیر بیشتر املاح معدنی موجود در ساختار آنها می‌باشد [۲۶].

### ۳-۳-۴- ارزیابی نتایج حاصل از آزمون pH در نمونه‌های نان تست

مطابق جدول ۳، بیشترین مقدار pH در تیمار شاهد ( $F_0=5/99$ ) اندازه‌گیری شد. قابل توجه این‌که بین نمونه شاهد و تیمارهای حاوی گوار تفاوت آماری معنی داری مشاهده نشد ( $P > 0/05$ ).

می‌گردند. از سوی دیگر افزایش میزان رطوبت در نمونه‌های حاوی امولسیفایر داتم به دلیل نوع ساختار شیمیایی، قدرت جذب آب و توانایی تشکیل کمپلکس قوی با آب می‌باشد. نتایج حاصل از تحقیق با نتایج کوهاج دوا و همکاران (۲۰۰۹) همچنین دمیرکسنو همکاران (۲۰۱۰) مطابقت دارد که گزارش نمودند امولسیفایر داتم به دلیل پیوند هیدروژنی با نشاسته و جذب شدن بر روی سطح آن مانع خروج آب از نان و در نتیجه باعث حفظ رطوبت در نمونه‌های نان می‌گردد [۱۰ و ۲۳]. از سوی دیگر بیشتر بودن میزان رطوبت در نمونه‌های حاوی صمغ گوار نسبت به امولسیفایر داتم را می‌توان به قابلیت بیشتر جذب آب توسط گوار، نسبت داد. قابل توجه این‌که با افزایش دور همزن مقدار رطوبت نمونه‌ها افزایش یافت به عبارت دیگر مخلوط کردن خمیر در سرعت بالا تاثیر معنی داری بر محتوای رطوبتی نان داشت ( $P \leq 0/05$ ). به نظر می‌رسد که این افزایش به دلیل تاثیر دور همزن بر شبکه گلوتنی باشد. به عبارت دیگر با افزایش دور مخلوط کن، مقادیر گلوتنین افزایش و به دنبال آن، شبکه گلوتن قوی‌تر (الاستیک‌تر)، گسترش شبکه گلوتنی خمیرزیادتر و به دنبال آن قدرت حفظ رطوبت بیشتر شده است [۶]. در ادامه این‌که تیمارهای پخته شده در دمای بالاتر از میزان رطوبت بیشتری برخوردار بودند. به عبارت دیگر، افزایش دمای پخت در زمان پخت ثابت، باعث حفظ رطوبت نان گردید. علت نتیجه حاصل را می‌توان به ژلاتین شدن نشاسته و تشکیل زود هنگام پوسته نسبت داد. به طور کلی دما و زمان پخت بر میزان ژلاتین شدن تاثیر گذارند. ژلاتین شدن نشاسته سبب جذب رطوبت می‌شود بنابراین در صورت استفاده از دمای بالاتر و زمان کمتر، درجه بالاتری از ژلاتین شدن اتفاق می‌افتد لذا رطوبت در نان حفظ می‌گردد [۷].

### ۳-۳-۲- ارزیابی نتایج حاصل از آزمون پروتئین در نمونه‌های نان تست

مطابق جدول ۳ تاثیر تیمارها بر مقدار پروتئین معنی دار است ( $P \leq 0/05$ ). به گونه‌ای که با افزودن سطوح مختلف از صمغ گوار، امولسیفایر داتم و دور همزن، مقدار پروتئین آنها افزایش یافت. در همین راستا بیشترین مقدار پروتئین ( $F_8=35/67\%$ ) در تیمار حاوی ۱ درصد گوار، هم زده شده در دور ۱۰۰۰ rpm، پخته شده در دمای  $220^\circ\text{C}$  و اما کمترین میزان آن ( $F_0=21/12\%$ ) در تیمار شاهد مشاهده گردید. دلیل



تیمارها نسبت به نمونه‌های حاوی گوار و شاهد گردید [۲۵].

**۳-۴- ارزیابی نتایج حاصل از آزمون‌های فیزیکی انجام شده بر روی نمونه‌های نان تست**

نتایج مقایسه میانگین داده‌های حاصل از تاثیر غلظت‌های مختلف صمغ گوار، امولسیفایر داتم، دور همزن و دمای پخت بر برخی خصوصیات فیزیکی نمونه‌های نان تست در جدول ۴ نشان داده شده است.

به عبارتی صمغ گوار تاثیر بر میزان pH نمونه‌ها نداشت زیرا ترکیبات صمغی، جایگزین‌های چربی بر پایه کربوهیدرات هستند که از نظر pH و اسیدیته مشابه آرد گندم رفتار می‌کنند [۲۷]. از سوی دیگر غلظت‌های مختلف امولسیفایر داتم اثر معنی‌داری بر pH نمونه‌ها داشتند ( $P \leq 0/05$ ). به طوری که در فرمولاسیون حاوی یک درصد داتم کمترین pH مشاهده گردید. امولسیفایر داتم در فرمول مولکولی ساختار شیمیایی خود دارای انیدرید استیک می‌باشد لذا سبب کاهش pH در

**Table 4** The effect of different concentrations of guar gum, DATEM, mixer rotation and baking temperature on the physical properties of Toast bread

| b*                      | a*                      | L*                       | Specific volume (cm <sup>3</sup> /g) | Treatment       |
|-------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------------------|-----------------|
| 25.92±2.05 <sup>a</sup> | 12.98±1.02 <sup>a</sup> | 45.50±1.06 <sup>c</sup>  | 2.75±0.02 <sup>h</sup>               | F <sub>0</sub>  |
| 25.65±2.04 <sup>a</sup> | 12.90±1.01 <sup>a</sup> | 50.24±1.03 <sup>d</sup>  | 2.76±0.02 <sup>h</sup>               | F <sub>1</sub>  |
| 25.60±2.04 <sup>a</sup> | 12.95±1.06 <sup>a</sup> | 50.19±1.08 <sup>d</sup>  | 3.04±0.02 <sup>g</sup>               | F <sub>2</sub>  |
| 25.60±2.06 <sup>a</sup> | 12.79±1.05 <sup>a</sup> | 50.92±1.02 <sup>d</sup>  | 3.04±0.02 <sup>g</sup>               | F <sub>3</sub>  |
| 25.55±2.06 <sup>a</sup> | 12.72±1.05 <sup>a</sup> | 50.40±1.04 <sup>d</sup>  | 3.05±0.03 <sup>g</sup>               | F <sub>4</sub>  |
| 25.30±2.05 <sup>a</sup> | 12.39±1.05 <sup>a</sup> | 51.09±1.02 <sup>d</sup>  | 3.51±0.02 <sup>c</sup>               | F <sub>5</sub>  |
| 25.29±2.05 <sup>a</sup> | 12.44±1.04 <sup>a</sup> | 51.05±1.01 <sup>d</sup>  | 3.51±0.02 <sup>c</sup>               | F <sub>6</sub>  |
| 25.37±2.03 <sup>a</sup> | 12.53±1.04 <sup>a</sup> | 51.00±1.09 <sup>d</sup>  | 3.80±0.03 <sup>b</sup>               | F <sub>7</sub>  |
| 25.31±2.03 <sup>a</sup> | 12.54±1.03 <sup>a</sup> | 51.00±1.06 <sup>d</sup>  | 3.80±0.03 <sup>b</sup>               | F <sub>8</sub>  |
| 24.76±2.04 <sup>a</sup> | 11.91±1.03 <sup>a</sup> | 61.38±1.08 <sup>c</sup>  | 3.05±0.02 <sup>g</sup>               | F <sub>9</sub>  |
| 24.69±2.04 <sup>a</sup> | 12.00±1.04 <sup>a</sup> | 61.15±1.10 <sup>c</sup>  | 3.10±0.03 <sup>f</sup>               | F <sub>10</sub> |
| 24.61±2.03 <sup>a</sup> | 11.63±1.04 <sup>a</sup> | 61.92±1.04 <sup>c</sup>  | 3.10±0.03 <sup>f</sup>               | F <sub>11</sub> |
| 24.53±2.03 <sup>a</sup> | 11.87±1.03 <sup>a</sup> | 61.80±1.06 <sup>c</sup>  | 3.26±0.02 <sup>c</sup>               | F <sub>12</sub> |
| 23.46±2.05 <sup>a</sup> | 11.38±1.04 <sup>a</sup> | 64.14±1.01 <sup>b</sup>  | 3.80±0.03 <sup>b</sup>               | F <sub>13</sub> |
| 23.28±2.05 <sup>a</sup> | 11.46±1.06 <sup>a</sup> | 64.05±1.05 <sup>b</sup>  | 3.80±0.03 <sup>b</sup>               | F <sub>14</sub> |
| 23.60±2.02 <sup>a</sup> | 11.47±1.06 <sup>a</sup> | 63.12±1.04 <sup>bc</sup> | 3.95±0.02 <sup>a</sup>               | F <sub>15</sub> |
| 23.47±2.08 <sup>a</sup> | 11.60±1.05 <sup>a</sup> | 63.01±1.03 <sup>bc</sup> | 3.96±0.02 <sup>a</sup>               | F <sub>16</sub> |
| 22.92±2.04 <sup>a</sup> | 11.24±1.05 <sup>a</sup> | 69.90±1.04 <sup>a</sup>  | 3.28±0.02 <sup>c</sup>               | F <sub>17</sub> |
| 22.24±2.03 <sup>a</sup> | 11.30±1.02 <sup>a</sup> | 69.50±1.06 <sup>a</sup>  | 3.29±0.02 <sup>c</sup>               | F <sub>18</sub> |
| 22.19±2.02 <sup>a</sup> | 11.19±1.05 <sup>a</sup> | 70.20±1.03 <sup>a</sup>  | 3.44±0.02 <sup>d</sup>               | F <sub>19</sub> |
| 22.02±2.06 <sup>a</sup> | 11.12±1.03 <sup>a</sup> | 70.24±1.01 <sup>a</sup>  | 3.44±0.02 <sup>d</sup>               | F <sub>20</sub> |

Values are means ± SD; In each column, different letters indicate significant difference between means at  $P \leq 0.05$

همکاران (۱۳۹۰) نیز نشان دادند که استفاده از صمغ گوار در نان‌های بدون گلوتن سبب افزایش حجم نان می‌گردد. از سوی دیگر افزایش حجم در نمونه‌های حاوی امولسیفایر داتم به دلیل تقویت شدن خمیر می‌باشد. امولسیفایرهای تقویت کننده خمیر قادر به تشکیل فیلم‌های پیتیدی با ساختار لاملار در سطح بین گلوتن و نشاسته هستند این امولسیفایرها توانایی گلوتن را در تشکیل فیلم بهبود می‌دهند که این اثر موجب نگهداری گازهای تولید شده توسط مخمر می‌شوند لذا حجم خمیر افزایش می‌یابد [۲۹]. از سوی دیگر واکنش بین امولسیفایرها و پروتئین‌های گلوتن در سرعت بالای همزن، موجب قوی‌تر شدن شبکه پروتئینی گلوتنی می‌شود که در نتیجه آن نگهداری گاز بهبود یافته و بافت بهبود می‌یابد و حجم محصولات نهایی افزایش خواهد یافت. از سوی دیگر

### ۳-۴-۱- ارزیابی نتایج حاصل از تعیین حجم مخصوص نمونه‌های نان تست

با توجه به جدول ۴، تاثیر تیمارهای مختلف بر حجم مخصوص نمونه‌های نان معنی‌دار بود ( $P \leq 0/05$ ). به گونه‌ای که با افزودن سطوح مختلف از صمغ گوار و امولسیفایر داتم مقدار حجم مخصوص نمونه‌ها افزایش یافت. در همین راستا بیشترین مقدار این شاخص ( $F_{16} = 3/96 \text{ cm}^3/\text{g}$ ) در تیمار حاوی ۱ درصد داتم، هم زده شده در دور ۱۰۰۰ rpm، پخته شده در دمای ۲۲۰°C و اما کمترین میزان آن ( $F_0 = 2/75 \text{ cm}^3/\text{g}$ ) در تیمار شاهد مشاهده گردید. علت افزایش حجم در نمونه‌های حاوی گوار آن است که هیدروکلوئیدها با افزایش ویسکوزیته، توسعه خمیر و قابلیت نگهداری گازها را بهبود می‌بخشند [۲۸]. پور اسماعیل و

تست مطلوب است. علت افزایش  $L^*$  در نمونه‌های حاوی گوارو داتم را می‌توان به وجود گروه هیدروکسیل در ساختار هیدروکلونید که باعث افزایش آبگیری خمیر می‌گردند و همچنین ظرفیت بالای نگهداری آب توسط صمغ گوار و امولسیفایر داتم نسبت داد. این دسته از افزودنی‌ها با حفظ رطوبت و ممانعت از خروج آب در حین فرآیند پخت سبب کاهش تغییرات سطح پوسته نان می‌شوند که این امر می‌تواند در افزایش این مؤلفه رنگی مؤثر باشد [۱۵ و ۱۴]. قابل توجه این‌که تیمارهای مختلف از تاثیری معنی‌دار بر شاخص‌های رنگ  $a^*$  و  $b^*$  برخوردار نبودند ( $P \leq 0.05$ ).

### ۳-۵- ارزیابی نتایج حاصل از آزمون بیاتی بر

#### روی نمونه‌های نان تست

نتایج مقایسه میانگین داده‌های حاصل از تاثیر غلظت‌های مختلف صمغ گوار، امولسیفایر داتم، دور همزن و دمای پخت بر میزان بیاتی نمونه‌های نان تست در جدول ۵ نشان داده شده است.

علت بیشتر بودن میزان حجم در نمونه‌های حاوی داتم نسبت به گوار را می‌توان در قدرت اتصال امولسیفایر به سطح پروتئین آبریز دانست که موجب تجمع پروتئین‌های گلوتن در خمیر می‌شود [۱۴ و ۱۵].

### ۳-۴- ارزیابی نتایج حاصل از آزمون رنگ (شاخص

#### $L^*$ در نمونه‌های نان تست

مطابق جدول ۴، تاثیر تیمارهای مختلف بر شاخص رنگ  $L^*$  نمونه‌های نان تست معنی‌دار بود ( $P \leq 0.05$ ). به گونه‌ای که با افزودن سطوح مختلف از صمغ گوار و امولسیفایر داتم مقدار شاخص روشنایی افزایش یافت. در همین راستا بیشترین مقدار این شاخص ( $F_{19} = 70/24$ ) در تیمار حاوی نیم درصد گوار و نیم درصد داتم، هم زده شده در دور ۱۰۰۰ rpm، پخته شده در دمای  $220^\circ C$  و اما کمترین میزان آن ( $F_0 = 45/50$ ) در تیمار شاهد مشاهده گردید. طبق نتایج با افزایش میزان صمغ گوار و امولسیفایر داتم در فرمولاسیون نان تست بر میزان مولفه  $L^*$  افزوده شد. به عبارت دیگر افزودن گوار و امولسیفایر داتم موجب افزایش سفیدی و روشنایی پوسته نان گردید که در نان

**Table 5** Mean comparison of interaction between (treatment  $\times$  times) on the staling of of Toast bread

| Time (h)                |                         | Treatment               |                 |
|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-----------------|
| 72                      | 48                      | 24                      |                 |
| 9.93±0.06 <sup>a</sup>  | 6.90±0.05 <sup>d</sup>  | 4.92±0.03 <sup>l</sup>  | F <sub>0</sub>  |
| 9.89±0.05 <sup>a</sup>  | 6.85±0.05 <sup>d</sup>  | 4.90±0.03 <sup>l</sup>  | F <sub>10</sub> |
| 9.89±0.05 <sup>a</sup>  | 6.84±0.05 <sup>d</sup>  | 4.90±0.03 <sup>l</sup>  | F <sub>9</sub>  |
| 9.89±0.05 <sup>a</sup>  | 6.80±0.05 <sup>de</sup> | 4.56±0.05 <sup>m</sup>  | F <sub>14</sub> |
| 8.89±0.04 <sup>b</sup>  | 5.79±0.05 <sup>k</sup>  | 3.50±0.04 <sup>n</sup>  | F <sub>13</sub> |
| 8.89±0.04 <sup>b</sup>  | 5.73±0.05 <sup>k</sup>  | 3.50±0.04 <sup>n</sup>  | F <sub>12</sub> |
| 8.89±0.04 <sup>b</sup>  | 5.73±0.05 <sup>k</sup>  | 3.49±0.05 <sup>n</sup>  | F <sub>11</sub> |
| 8.87±0.02 <sup>b</sup>  | 5.73±0.05 <sup>k</sup>  | 3.47±0.05 <sup>n</sup>  | F <sub>16</sub> |
| 8.87±0.03 <sup>b</sup>  | 5.69±0.05 <sup>k</sup>  | 3.41±0.05 <sup>n</sup>  | F <sub>15</sub> |
| 7.85±0.04 <sup>c</sup>  | 4.66±0.05 <sup>m</sup>  | 3.20±0.03 <sup>p</sup>  | F <sub>18</sub> |
| 6.76±0.04 <sup>ef</sup> | 3.50±0.04 <sup>m</sup>  | 1.30±0.05 <sup>q</sup>  | F <sub>17</sub> |
| 6.67±0.05 <sup>fg</sup> | 3.41±0.05 <sup>m</sup>  | 1.30±0.05 <sup>q</sup>  | F <sub>20</sub> |
| 6.59±0.05 <sup>g</sup>  | 3.40±0.05 <sup>m</sup>  | 1.29±0.03 <sup>q</sup>  | F <sub>19</sub> |
| 6.55±0.04 <sup>gh</sup> | 3.32±0.02 <sup>o</sup>  | 1.25±0.03 <sup>q</sup>  | F <sub>2</sub>  |
| 6.50±0.04 <sup>hi</sup> | 3.32±0.02 <sup>o</sup>  | 1.25±0.03 <sup>q</sup>  | F <sub>1</sub>  |
| 6.41±0.04 <sup>i</sup>  | 3.31±0.02 <sup>o</sup>  | 1.24±0.04 <sup>qr</sup> | F <sub>6</sub>  |
| 6.41±0.04 <sup>i</sup>  | 3.32±0.02 <sup>o</sup>  | 1.22±0.04 <sup>qr</sup> | F <sub>5</sub>  |
| 6.40±0.04 <sup>i</sup>  | 3.31±0.02 <sup>o</sup>  | 1.22±0.04 <sup>qr</sup> | F <sub>4</sub>  |
| 6.40±0.04 <sup>i</sup>  | 3.30±0.02 <sup>o</sup>  | 1.20±0.05 <sup>qr</sup> | F <sub>3</sub>  |
| 6.40±0.04 <sup>i</sup>  | 3.20±0.03 <sup>p</sup>  | 1.18±0.02 <sup>r</sup>  | F <sub>7</sub>  |
| 6.21±0.03 <sup>l</sup>  | 3.15±0.03 <sup>p</sup>  | 1.02±0.02 <sup>r</sup>  | F <sub>8</sub>  |

Values are means  $\pm$  SD; Different letters indicate significant difference between means at  $P \leq 0.05$

( $P \leq 0.05$ ). طبق نتایج، با افزودن سطوح مختلف از صمغ گوار، امولسیفایر داتم و دور همزن میزان بیاتی کاهش یافت. علت کاهش بیاتی در نمونه‌های حاوی گوار را می‌توان به

مطابق جدول مقایسه میانگین ۵، در سه بازه زمانی ۲۴، ۴۸ تا ۷۲ ساعت پس از پخت، افزایش زمان نگهداری باعث افزایش معنی‌دار میزان بیاتی گردید و اختلاف بین تیمارها معنی‌دار بود

در همین راستا عزیزی و همکاران (۲۰۰۵) تاثیر امولسیفایرها را بر خصوصیات رئولوژیکی خمیر و کیفیت نان تافتون بررسی نمودند. مطابق نتایج، درصد جذب آب در تیمارها با افزودن امولسیفایرها به عنوان عوامل فعال سطحی (سورفاکتانت) به طور معنی‌دار افزایش یافت و خصوصیات رئولوژیکی خمیر و کیفیت پخت در مقایسه با شاهد بهبود و سرعت بیاتی نان به تاخیر افتاد [۳۰]. موحد و همکاران (۹۳) به تاثیر امولسیفایر داتم بر ویژگی‌های ارگانولپتیکی و بیاتی نان‌های بربری فاقد گلوتن پرداختند و بیان داشتند که ورود امولسیفایر داتم به داخل بخش ماریچ زنجیره آمیلوز و جلوگیری از ایجاد پیوندهای هیدروژنی بین زنجیرهای مختلف آمیلوز با یکدیگر عامل کلیدی و اساسی بر حفظ ژلاتینه برای نشاسته و جلوگیری از سفتی محصول توسط امولسیفایر می‌باشند [۲۵].

### ۳-۶- ارزیابی نتایج حاصل از آزمون‌های

#### ارگانولپتیکی بر روی نمونه‌های نان تست

نتایج مقایسه میانگین داده‌های حاصل از تاثیر غلظت‌های مختلف صمغ گوار، امولسیفایر داتم، دور همزن و دمای پخت بر میزان بیاتی نمونه‌های نان تست در جدول ۶ نشان داده شده است.

وجود گروه‌های هیدروکسیل در ساختار هیدروکلوئیدها دانست که باعث افزایش آبدارگری خمیر و به تعویق انداختن بیاتی نان شدند. به عبارت دیگر کاهش سفت شدن بافت نان با افزایش غلظت صمغ به دلیل واکنش بیشتر صمغ با آب در مقایسه با نشاسته بوده که مانع انتقال آب از گلوتن به نشاسته می‌شود زیرا آمیلوز و آمیلوپکتین موجود در نشاسته در حضور آب مجدداً کریستاله شده و تشکیل پلیمر می‌دهند که سفتی نان را سبب می‌شوند [۱]. از سوی دیگر کاهش میزان بیاتی در نمونه‌های حاوی امولسیفایر داتم را می‌توان به این دلیل دانست که افزایش ویسکوزیته خمیر که ناشی از افزودن امولسیفایرهاست، باعث بهبود جذب آب در خمیر شده که این امر خود می‌تواند سبب کاهش میزان نیروی لازم جهت پارگی مغز نان و بالطبع کاهش میزان سفتی و به تعویق انداختن بیاتی محصول نهایی شود [۲۲]. همچنین اثر ضد بیاتی امولسیفایرها را به جذب شدن این مواد به سطح نشاسته و جلوگیری از جذب رطوبت گلوتن توسط نشاسته طی دوره نگهداری نان می‌دانند [۱]. از سوی دیگر در پژوهشی بیان گردید که کاهش دمای ژلاتیناسیون در کاهش میزان سفتی بافت نان موثر است و میزان نیروی لازم جهت پاره شدن مغز نان را کاهش و به دنبال آن سبب به تعویق انداختن بیاتی نمونه‌های نان می‌شود [۱۵].

**Table 6** The effect of different concentrations of guar gum, DATEM, mixer rotation and baking temperature on the organoleptic properties of Toast bread

| Total point          | Taste                | Texture              | Chewability          | Porosity             | Volume of bread       | Crust color          | Shape                 | Treatment       |
|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|-----------------|
| 3±0.3 <sup>b</sup>   | 3±0.3 <sup>b</sup>   | 3±0.2 <sup>b</sup>   | 3±0.3 <sup>b</sup>   | 3.5±0.3 <sup>b</sup> | 4±0.3 <sup>b</sup>    | 3±0.03 <sup>b</sup>  | 3.5±0.2 <sup>c</sup>  | F <sub>0</sub>  |
| 4.6±0.2 <sup>a</sup> | 5±0.3 <sup>a</sup>   | 5±0.3 <sup>a</sup>   | 4.5±0.2 <sup>a</sup> | 4.5±0.2 <sup>a</sup> | 5±0.3 <sup>a</sup>    | 4.5±0.2 <sup>a</sup> | 4±0.3 <sup>bc</sup>   | F <sub>1</sub>  |
| 4.6±0.2 <sup>a</sup> | 5±0.3 <sup>a</sup>   | 5±0.3 <sup>a</sup>   | 4.5±0.2 <sup>a</sup> | 4.5±0.2 <sup>a</sup> | 5±0.3 <sup>a</sup>    | 4.5±0.2 <sup>a</sup> | 4±0.3 <sup>bc</sup>   | F <sub>2</sub>  |
| 4.6±0.2 <sup>a</sup> | 5±0.3 <sup>a</sup>   | 5±0.3 <sup>a</sup>   | 4.5±0.2 <sup>a</sup> | 4.5±0.2 <sup>a</sup> | 5±0.3 <sup>a</sup>    | 4.5±0.2 <sup>a</sup> | 4±0.3 <sup>bc</sup>   | F <sub>3</sub>  |
| 4.6±0.2 <sup>a</sup> | 5±0.3 <sup>a</sup>   | 5±0.3 <sup>a</sup>   | 4.5±0.2 <sup>a</sup> | 4.5±0.2 <sup>a</sup> | 5±0.3 <sup>a</sup>    | 4.5±0.2 <sup>a</sup> | 4±0.3 <sup>bc</sup>   | F <sub>4</sub>  |
| 4.6±0.2 <sup>a</sup> | 5±0.3 <sup>a</sup>   | 5±0.3 <sup>a</sup>   | 4.5±0.2 <sup>a</sup> | 4.5±0.2 <sup>a</sup> | 5±0.3 <sup>a</sup>    | 4.5±0.2 <sup>a</sup> | 4±0.3 <sup>bc</sup>   | F <sub>5</sub>  |
| 4.6±0.2 <sup>a</sup> | 5±0.3 <sup>a</sup>   | 5±0.3 <sup>a</sup>   | 4.5±0.2 <sup>a</sup> | 4.5±0.2 <sup>a</sup> | 5±0.3 <sup>a</sup>    | 4.5±0.2 <sup>a</sup> | 4.5±0.2 <sup>ab</sup> | F <sub>6</sub>  |
| 4.6±0.2 <sup>a</sup> | 5±0.3 <sup>a</sup>   | 5±0.3 <sup>a</sup>   | 4.5±0.2 <sup>a</sup> | 4.5±0.2 <sup>a</sup> | 5±0.3 <sup>a</sup>    | 4.5±0.2 <sup>a</sup> | 4.5±0.2 <sup>ab</sup> | F <sub>7</sub>  |
| 4.6±0.2 <sup>a</sup> | 5±0.3 <sup>a</sup>   | 5±0.3 <sup>a</sup>   | 4.5±0.2 <sup>a</sup> | 4.5±0.2 <sup>a</sup> | 5±0.3 <sup>a</sup>    | 4.5±0.2 <sup>a</sup> | 4.5±0.2 <sup>ab</sup> | F <sub>8</sub>  |
| 4.6±0.2 <sup>a</sup> | 4.5±0.2 <sup>a</sup> | 4.5±0.2 <sup>a</sup> | 4.5±0.2 <sup>a</sup> | 4.5±0.2 <sup>a</sup> | 4.5±0.2 <sup>ab</sup> | 4.5±0.2 <sup>a</sup> | 4.5±0.2 <sup>ab</sup> | F <sub>9</sub>  |
| 4.6±0.2 <sup>a</sup> | 4.5±0.2 <sup>a</sup> | 4.5±0.2 <sup>a</sup> | 4.5±0.2 <sup>a</sup> | 4.5±0.2 <sup>a</sup> | 4.5±0.2 <sup>ab</sup> | 4.5±0.2 <sup>a</sup> | 4±0.3 <sup>bc</sup>   | F <sub>10</sub> |
| 4.6±0.2 <sup>a</sup> | 4.5±0.2 <sup>a</sup> | 4.5±0.2 <sup>a</sup> | 4.5±0.2 <sup>a</sup> | 4.5±0.2 <sup>a</sup> | 4.5±0.2 <sup>ab</sup> | 4.5±0.2 <sup>a</sup> | 4±0.3 <sup>bc</sup>   | F <sub>11</sub> |
| 4.6±0.2 <sup>a</sup> | 4.5±0.2 <sup>a</sup> | 4.5±0.2 <sup>a</sup> | 4.5±0.2 <sup>a</sup> | 4.5±0.2 <sup>a</sup> | 4.5±0.2 <sup>ab</sup> | 4.5±0.2 <sup>a</sup> | 4±0.3 <sup>bc</sup>   | F <sub>12</sub> |
| 4.6±0.2 <sup>a</sup> | 4.5±0.2 <sup>a</sup> | 4.5±0.2 <sup>a</sup> | 4.5±0.2 <sup>a</sup> | 4.5±0.2 <sup>a</sup> | 4.5±0.2 <sup>ab</sup> | 4.5±0.2 <sup>a</sup> | 4±0.3 <sup>bc</sup>   | F <sub>13</sub> |
| 4.6±0.2 <sup>a</sup> | 4.5±0.2 <sup>a</sup> | 4.5±0.2 <sup>a</sup> | 4.5±0.2 <sup>a</sup> | 4.5±0.2 <sup>a</sup> | 4.5±0.2 <sup>ab</sup> | 4.5±0.2 <sup>a</sup> | 4±0.3 <sup>bc</sup>   | F <sub>14</sub> |
| 4.6±0.2 <sup>a</sup> | 4.5±0.2 <sup>a</sup> | 4.5±0.2 <sup>a</sup> | 4.5±0.2 <sup>a</sup> | 4.5±0.2 <sup>a</sup> | 4.5±0.2 <sup>ab</sup> | 4.5±0.2 <sup>a</sup> | 4±0.3 <sup>bc</sup>   | F <sub>15</sub> |
| 4.6±0.2 <sup>a</sup> | 4.5±0.2 <sup>a</sup> | 4.5±0.2 <sup>a</sup> | 4.5±0.2 <sup>a</sup> | 4.5±0.2 <sup>a</sup> | 4.5±0.2 <sup>ab</sup> | 4.5±0.2 <sup>a</sup> | 4±0.3 <sup>bc</sup>   | F <sub>16</sub> |
| 4.6±0.2 <sup>a</sup> | 5±0.3 <sup>a</sup>   | 4.5±0.2 <sup>a</sup> | 5±0.3 <sup>a</sup>   | 5±0.3 <sup>a</sup>   | 5±0.3 <sup>a</sup>    | 5±0.3 <sup>a</sup>   | 5±0.3 <sup>a</sup>    | F <sub>17</sub> |
| 4.6±0.2 <sup>a</sup> | 5±0.3 <sup>a</sup>   | 4.5±0.2 <sup>a</sup> | 5±0.3 <sup>a</sup>   | 5±0.3 <sup>a</sup>   | 5±0.3 <sup>a</sup>    | 5±0.3 <sup>a</sup>   | 5±0.3 <sup>a</sup>    | F <sub>18</sub> |
| 5±0.3 <sup>a</sup>   | 5±0.3 <sup>a</sup>   | 5±0.3 <sup>a</sup>   | 5±0.3 <sup>a</sup>   | 5±0.3 <sup>a</sup>   | 5±0.3 <sup>a</sup>    | 5±0.3 <sup>a</sup>   | 5±0.3 <sup>a</sup>    | F <sub>19</sub> |
| 4.6±0.2 <sup>a</sup> | 5±0.3 <sup>a</sup>   | 4.5±0.2 <sup>a</sup> | 5±0.3 <sup>a</sup>   | 5±0.3 <sup>a</sup>   | 5±0.3 <sup>a</sup>    | 5±0.3 <sup>a</sup>   | 5±0.3 <sup>a</sup>    | F <sub>20</sub> |

Values are means ± SD; Different letters indicate significant difference between means at  $P \leq 0.05$

این میان نمونه تیمار شده با ۰/۵ درصد گوار و ۰/۵ درصد داتم، هم زده شده در دور ۱۰۰۰ rpm و پخته شده در دمای ۲۰۰°C به عنوان مطلوب‌ترین فرمولاسیون معرفی گردید.

## ۵- منابع

- [1] Movahhed, S. 2017. Technology of Supplementary Cereal Products. Academic Center for Education, Culture and Research of Ardabil Province Press. 29-35.
- [2] Nejatbakhsh, R., Movahhed, S., and Ahmadi Chenarbon, H. 2018. Effect of sourdough and  $\alpha$ -amylase on qualitative properties of toast bread. Iranian Food Science and Technology Research Journal. 14(2): 259- 272.
- [3] Moghaddasi, R., Movahhed, S., and Ahmadi Chenarbon, H. 2018. The effect of inulin and resistant starch on rheological properties of Baguette dough. Iranian Food Science and Technology Research Journal. 14(2): 439-449.
- [4] Encina-Zelada, C.R., Cadavez, V., Teixeira, J.A., and Gonzales-Barron, U. 2019. Optimization of quality properties of gluten-free bread by a mixture design of xanthan, guar, and hydroxypropyl methyl cellulose gums. Foods. 8(5): 156-169.
- [5] Encina-Zelada, C.R., Cadavez, V., Monteiro, F., Teixeira, J.A., and Gonzales-Barron, U. 2018. Combined effect of xanthan gum on physicochemical and textural properties of gluten-free batter and bread. Food Research International. 111: 544-555.
- [6] Chin, N. L., and Campbell, G. M. 2005. Dough aeration and rheology: Part 2. Effects of flour type, mixing speed and total work input on aeration and rheology of bread dough. Journal of the Science of Food and Agriculture. 85: 2194-2202.
- [7] Chaisawang, M., and Suphantharika, M. 2005. Effect of guar and xanthan gum additions on physical and rheological properties of cationic tapioca starch. Carbohydrate Polymers. 61: 288-295.
- [8] Movahhed, S., Heydari, F., and Ahmadi Chenarbon, H. 2014. Effect of brown rice flour and mono- and diglyceride emulsifiers on some of qualitative properties of traditional Sangak bread. Journal of Food Research. 24 (2): 189-200.
- [9] Srikaeo, K., Furst, J. E., Ashton, J., and Hosken, R. W. 2006. Microstructural changes of starch in cooked wheat grains as affected by cooking temperatures and times. LWT - Food Science and Technology. 39(5): 528-533.

مطابق نتایج حاصل از جدول ۶، افزودن امولسیفایر داتم و صمغ گوار سبب بهبود ویژگی‌های حسی نمونه‌های نان تست گردید. در همین راستا بالاترین امتیاز پذیرش کلی در تیمار F<sub>19</sub> (نان تست تیمار شده با ۰/۵ درصد گوار و ۰/۵ درصد داتم، هم زده شده در دور ۱۰۰۰ rpm، پخت در دمای ۲۰۰°C) مشاهده شد. علت نتیجه حاصل، عدم فشردگی و بهبود بافت نمونه‌ها در اثر افزایش قابلیت نگهداری آب می‌باشد. هیدروکلوئیدها با افزایش قوام خمیر، شبکه موقت ژل و افزایش سفتی دیواره‌های احاطه کننده سلول‌های حاوی گاز در نان، موجب حفظ بیشتر گاز دی‌اکسید کربن و بخار آب تولید شده در خمیر می‌شوند. همچنین امولسیفایرها می‌توانند بر توزیع رطوبت بین اجزای پروتئینی و نشاسته‌ای در یک سیستم غذایی تاثیرگذار باشند و با کاهش مقدار آب پیوند شده با نشاسته آب بیشتری را برای هیدراته کردن گلوتن در اختیار آن قرار داده و به این صورت سبب حفظ رطوبت نمونه‌ها شوند. دلیل بهبود رنگ پوسته در نمونه‌های نان تست حاوی صمغ، افزایش واکنش قهوه‌ای شدن در اثر افزودن صمغ می‌باشد. زیرا افزودن هیدروکلوئیدها با تاثیر بر توزیع آب و افزایش واکنش بین ترکیب ازتی گلیکوزیل آمینو قندهای احیا کننده، شدت واکنش قهوه‌ای شدن مایلارد را افزایش می‌دهند [۲۱ و ۲۴]. از سوی دیگر عطر و بو در نان به واکنش کاراملیزاسیون و مایلارد وابسته است، در نتیجه امتیاز عطر و بو در نان‌هایی که واکنشهای قهوه‌ای شدن در آنها به میزان مناسب صورت گرفت، افزایش پیدا نمود و چون صمغ‌ها در افزایش واکنش قهوه‌ای شدن مایلارد مؤثر هستند لذا بر روی عطر و بوی نان تولیدی اثر مطلوب داشتند. همچنین علت بهبود عطر و بو را می‌توان به وجود ترکیباتی نظیر اسیدهای چرب غیر اشباع و آلدئیدی در صمغ گوار نسبت داد [۲۱ و ۲۳].

## ۴- نتیجه گیری

در پژوهش حاضر تاثیر دور مخلوط‌کن، سطوح مختلف از صمغ گوار و امولسیفایر داتم و همچنین دمای پخت بر ویژگی‌های حرارتی همچنین خواص فیزیکی شیمیایی، ارگانولپتیکی و بیاتی نمونه‌های نان تست مورد بررسی قرار گرفت. طبق نتایج، افزودن صمغ و امولسیفایر علاوه بر بهبود خواص حرارتی، سبب بهبود خصوصیات کمی و کیفی نمونه‌های نان و حتی کاهش معنی‌دار سفتی بافت نان شد و در

- [20] Rajabzadeh, N. 2010. Bread Technology. University of Tehran Press, 341P. (In Farsi).
- [21] Chen, T., Fang, S., Zuo, X., and Liu, Y. 2016. Effect of curdlan and xanthan polysaccharides on the pasting, rheological and thermal properties of rice starch. *Journal of Food Science and Technology*. 53: 4076 – 4083.
- [22] Ahmadi Gavilighi, H., Azizi, M. H., Barzegar, M., and Arab Ameri, M. 2006. Effect of selected hydrocolloids on bread staling as evaluated by DSC and XRD. *Journal of Food Technology*. 4(3): 185-188.
- [23] Demirkesen, I., Mert, B., Sumnu, G., and Sahin, S. 2010. Rheological properties of gluten-free bread formulations. *Journal of Food Engineering*. 96: 295–303.
- [24] Ribotta, P. D., Perez, G. T., Leon, A. E., and Anon, M. C. 2004. Effect of emulsifier and guar gum on micro structural, rheological and baking performance of frozen bread dough. *Food Hydrocolloids*. 18: 305-311.
- [25] Movahhed, S., Khalatbari Mohseni, G., and 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.
- [26] Rouille, J., Le Bail, A., and Courcoux, P. 2000. Influence of formulation and mixing condition on bread making qualities of french frozen dough. *Journal of Food Engineering*. 43: 197-203.
- [27] Souhan Agini, A., Movahhed, S., and Ahmadi Chenarbon, H. 2017. Effect of Guar and xanthan gums as a part replacement of lipid on the qualitative properties of oily cake. *Journal of Food Science and Technology*. 69(14): 295-306.
- [28] Lazaridou, A., Dutab, D., Papageorgiou, M., Belcb, N., and Biliaderisa, 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.
- [29] Pouresmaeil, N., Azizi, M. H., Abbasi, S., and Mohamadi, M. 2010. Formulation of gluten free bread using guar and microbial transglutaminase enzyme. *Journal of Food Research*. 21(1): 69-81.
- [30] Azizi, M. H., and Rao, G. V. 2005. Effect of storage of surfactant gels on bread making quality of wheat flour. *Food Chemistry*. 89: 133-138.
- [10] Kohajdová, Z., Karovičová, J., and Schmidt, S. 2009. Significance of emulsifiers and hydrocolloids in bakery industry. *Acta Chimica Slovaca*. 2(1): 46-61.
- [11] Chochkov, R., Zlateva, D., Dushkova, M., and Topleva, S. 2019. Effect of hydrocolloids on properties of dough and quality of gluten-free bread enriched with whey protein concentrate. *Ukrainian Food Journal*. 8(3): 533-543.
- [12] Morreale, F., Benavent-Gil, Y., and Rosell, C.M. 2019. Inulin enrichment of gluten free breads: Interaction between inulin and yeast. *Food Chemistry*. 278: 545–551.
- [13] Turkut, G.M., Cakmak, H., Kumcuoglu, S., and Tavman, S. 2016. Effect of quinoa flour on gluten-free bread batter rheology and bread quality. *Journal of Cereal Science*. 69: 174–181.
- [14] Bagherzade, S., Mohammadzadeh Milani, J., and Kasaei, M. R. 2018. Effect of simultaneous use of DATEM (diacetyl tartaric acid ester of monoglycerides) emulsifier and maltogenic  $\alpha$ -amylase on pan-bread quality. *Journal of Food Research*. 28(4): 1-14.
- [15] Bourekoua, H., Rózyło, R., Benatallah, L., Wójtowicz, A., Łysiak, G., Zidoune, M.N., and Sujak, A. 2018. Characteristics of gluten free bread: Quality improvement by the addition of starches/hydrocolloids and their combinations using a definitive screening. *European Food Research Technology*. 244: 345–354.
- [16] Ghiafeh Davoodi, M., Sahraiyani, B., Naghipour, F., Karimi, M., and Sheikholeslami, Z. 2014. The effect of the selected emulsifiers (E471, DATEM and SYTREM) and final fermentation time on reduction of staling and improvement of physical properties of Barbari bread using composite wheat- potato flour. *Journal of Food Science and Technology*. 42(11): 81-93.
- [17] Anonymous. 2003. AACC: Approved methods of analysis of the American Association of Cereal Chemists (10th ed.). American Association of Cereal Chemistry, Inc., St. Paul.
- [18] Anonymous. 1999. Iranian National Standard, No. 2338. Institute of Standards and Industrial Research of Iran, Specification and test methods for volume and semi volume breads.
- [19] Wang, S., and Copeland, L. 2013. Molecular disassembly of starch granules during gelatinization and its effect on starch digestibility: A review. *Food and Function*. 4(11): 1564-1580.



## Effect of guar gum, DATEM, mixer rotation and baking temperature on physicochemical, thermal and organoleptic properties of Toast

Mohammadi Golchin, F. <sup>1</sup>, Movahhed, S. <sup>2\*</sup>, Eshaghi, M. <sup>3</sup>, Ahmadi Chenarbon, H. <sup>4</sup>

1. Ph.D student, Department of Food Science and Technology, College of Agriculture, Varamin - Pishva Branch, Islamic Azad University, Varamin, Iran.
2. Associated Professor, Department of Food Science and Technology, College of Agriculture, Varamin - Pishva Branch, Islamic Azad University, Varamin, Iran.
3. Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, College of Agriculture, Varamin - Pishva Branch, Islamic Azad University, Varamin, Iran.
4. Assistant Professor, Department of Agronomy, College of Agriculture, Varamin - Pishva Branch, Islamic Azad University, Varamin, Iran.

### ABSTRACT

Improvement of dough preparing methods and use of some additives seem necessary to delay staling, which is considered one of the important problems in the baking industry. In this regard, this research studied the effects of mixer rotation (750 and 1000 rpm), various levels of guar gum and DATEM (both at 0.5 and 1%), and baking temperature (200 and 220°C) on physicochemical, thermal and organoleptic properties of Toast bread samples. A completely randomized design was used to analyze the data and Duncan's multiple range test was conducted for comparison of the means at the 5% significance level ( $\alpha = 5\%$ ) in SPSS 16. The results suggested that hydrocolloid (guar gum) and DATEM incorporation increased moisture, protein and ash contents, specific gravity, peak temperature and brightness index, but decreased staling of the samples and enthalpy of fusion of the starch. In addition, most sensory characteristics of bread samples also improved. The guar gum did not affect the pH, but the samples containing 1% DATEM had the lowest pH values. It is noteworthy that the sample treated with 0.5% guar and 0.5% DATEM that was mixed at 1000 rpm and baked at 200 °C was introduced as the most desirable formulation.

### ARTICLE INFO

#### Article History:

Received 2022/ 01/ 13  
Accepted 2022/ 06/ 06

#### Keywords:

Toast bread,  
Guar gum,  
DATEM,  
Staling.

**DOI:** 10.22034/FSCT.19.126.57

**DOR:** 20.1001.1.20088787.1401.19.126.16.7

\*Corresponding Author E-Mail:  
movahhed@iauvaramin.ac.ir