

اثر سه نوع امولسیفایر و آنزیم a-آمیلاز قارچی بر کاهش بیاتی نان تافتون

آرش کوچکی، سیدعلی مرتضوی، مهدی نصیری محلاتی و مهدی کریمی^۱

چکیده

به منظور تعیین تأثیر نوع امولسیفایر (لیستین، E471 و E472) و سطوح مصرف آن (۰، ۰/۲۵، ۰/۵ و ۱ درصد) و نیز میزان آنزیم a-آمیلاز قارچی و سطوح مصرف آن (۰، ۵، ۱۰ و ۲۰ گرم در صد کیلوگرم آرد) روی نان آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. در فاصله صفر، ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت بعد از پخت، آزمون‌های بافت سنجی و حسی روى نان‌های تهیه شده صورت گرفت. رابطه بین متغیرهای اندازه‌گیری شده با استفاده از رگرسیون‌های ساده و چند متغیره مطالعه شد. نتایج آزمایش‌ها نشان داد که افزودن امولسیفایر باعث کاهش سفتی بافت نان شد. در بین سه امولسیفایر مورد بررسی امولسیفایر E472 بیشترین اثر و E471 کمترین اثر را بر کاهش میزان سفتی نان در ۷۲ ساعت پس از پخت داشت. افزودن آنزیم a-آمیلاز نیز باعث کاهش میزان سفتی بافت نان گردید که این اثر در ۷۲ ساعت پس از پخت بسیار کمتر بود. نتایج مدل‌سازی و کمی کردن روابط بین متغیرهای مختلف حاکی از آن است که در روزهای اولیه تولید حد بهینه امولسیفایرها برای حصول حداقل کیفیت نان به ترتیب برای لیستین حدود ۱ درصد، ۰/۲۵ E471 و ۰/۵ درصد E472 بود. مقدار بهینه آنزیم در هنگام استفاده هم زمان آن با امولسیفایرها حدود ۵ گرم در ۱۰۰ کیلوگرم آرد به دست آمد.

واژه‌های کلیدی: بیاتی نان، امولسیفایر، آنزیم a-آمیلاز، بافت سنجی، آزمون حسی

مقدمه

پذیر نیست و حتی اگر از بهترین مواد و روش‌ها برای تهیه نان استفاده شود، پس از خارج شدن آن از تونر به تدریج بیات می‌شود و بافت و طعم و رنگ اولیه و طبیعی خود را از دست می‌دهد (۲).

بیاتی نان به دو دسته تقسیم می‌شود، یکی بیاتی پوسته و دیگری بیاتی مغز نان است. بیاتی پوسته معمولاً به علت انتقال رطوبت از مغز به پوسته صورت می‌گیرد (۳۱) که منجر به

اصولان نان در طی دوره نگهداری، با تغییراتی در ویژگی‌های خود همراه می‌شود که اثر سوء بر کیفیت آن دارد. کاهش درجه مقبولیت نان توسط مصرف کنندگان به علت غیر از آنچه در اثر فساد میکروبی حاصل می‌شود را به بیاتی نان نسبت داده‌اند (۸). بیات شدن نان عبارت است از سفت شدن مغز آن و پدیده‌ای است که جلوگیری از آن در شرایط عادی امکان

۱. به ترتیب دانشجوی دکتری، استاد، دانشیار و دانشجوی دکتری علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

است که انتقال مجدد رطوبت از مغز به پوسته نقش مؤثری در سفتی آن دارد. کتز (۲۷) و سنتی و دیملر (۴۰) اظهار داشت که در طی بیاتی، رطوبت از نشاسته خارج و توسط گلوتن جذب می‌شود. برخی محققین دیگر معتقدند که رطوبت از گلوتن به نشاسته متقل می‌شود (۶ و ۴). عوامل تکنولوژیکی از جمله روش‌های تهیه، نوع فرمول و مراحل فرآوری نان بر بیاتی آن مؤثرند (۲۹).

یکی از راه‌های کاهش سرعت بیاتی نان افزودن آنزیم‌ها می‌باشد. مکمل‌های آنزیمی که بیشترین مصرف را در تهیه نان دارند، آمیلازها و پروتازها می‌باشند (۳۳). مطالعات حاکی از آن است که سرعت و درجه سفتی فرآورده‌های خبازی را می‌توان با اضافه کردن آنزیم α -آمیلاز کاهش داد (۱۸ و ۳۲) و از این طریق بافت، طعم، عطر و ویژگی‌های کیفی آن را بهبود بخشید. α -آمیلازهای قارچی، غلات و باکتریائی همه درجه نرمی نان را در حدی که مرتبط با ثبات حرارتی آنها است بهبود می‌بخشند (۱۰). لنت و گرانت (۳۰) مشاهده کردند که α -آمیلاز مؤثرترین ماده در به تأخیراندازی بیاتی نان بود.

به طور کلی انواع امولسیفایر باعث نرمی، افزایش حجم، استحکام و بهبود کیفیت نان می‌شوند (۲۶). استرهای دی‌استیل تارtarیک اسید منوگلیسرید (DATEM)، به عنوان یک ماده ضد بیاتی در نان شناخته شده است (۳۸). لسیتین باعث کاهش بیاتی نان می‌شود (۱۷). در اکثر نانوایی‌ها از منو یا دی‌اسیل گلیسرول‌ها برای تأخیر در بیاتی فرآورده‌های خبازی استفاده می‌شود (۲۴).

هدف از انجام این آزمایش بررسی اثر انواع امولسیفایر (لسیتین، E471 و آنزیم α -آمیلاز قارچی بر کاهش بیاتی نان مسطح ایرانی (تافتون) می‌باشد.

مواد و روش‌ها

۱. آرد

آرد ۱۳/۵ درصد سبوس گرفته شده جهت آزمایش، از کارخانه

ایجاد بافتی چرمی شده و معمولاً در مقایسه با بیاتی مغز، کمتر مورد اعتراض مصرف کنندگان قرار می‌گیرد. سفتی مغز نان بر حسب محل مغز در قرص نان متفاوت بوده و حداکثر سفتی در مرکز قرص نان است (۴۱). هرز (۲۲) برخی تغییرات در خصوصیات نان بیات را شامل کاهش رطوبت مغز نان، افزایش رطوبت پوسته، کاهش عطر، افزایش سفتی، کاهش توانایی جذب آب در مغز نان، کاهش حساسیت نسبت به آنزیم‌ها، کاهش نشاسته محلول و افزایش تبلور نشاسته برشمرده است. در ایران ضایعات نان در اثر بیات شدن در سطح خانواده‌ها را ۲۰ تا ۲۵ درصد گزارش کرده‌اند (۲).

mekanisem‌های بیاتی نان بیش از یک قرن مورد مطالعه قرار گرفته است ولی مشکل بیاتی هنوز به قوت خود باقی است و خسارات قابل توجهی به صنایع خبازی و مصرف کنندگان وارد می‌کند. ساج و فرنچ (۳۹) بیان کردند که تجمع ملکول‌های آمیلوپکتین که در اثر حرارت قادر به بازگشت به حالت اولیه خود هستند، عامل اصلی بیاتی نان است. نامبردگان نقش آمیلوز در بیاتی نان را ناچیز دانستند زیرا معتقد بودند که این جزء در طی سرد شدن رتروگراده و غیر محلول می‌شود. ارلاندر و ارلاندر (۱۴) اظهار داشتند که سفتی مغز نان، ناشی از اتصال آمیلوز و آمیلوپکتین به یکدیگر است که این امر می‌تواند در اثر ایجاد کمپلکس نشاسته با چربی‌ها و پروتئین‌ها متوقف شود. ویلهوت (۴۲) معتقد است که علاوه بر نشاسته، گلوتن هم در بیاتی نان مؤثر می‌باشد. برخی محققین رتروگراداسیون پلیمرهای تشکیل دهنده نشاسته و تغییرات تدریجی آن از حالت بی شکلی به فرم کریستالی را عامل بیاتی نان تلقی کرده‌اند (۲۷). قیاسی و همکاران (۱۹) مشاهده کردند که آمیلوز فقط در روز اول در بیاتی نان سهیم بود. یک و چیناچوتی (۷) مشاهده کردند که نانی که حاوی پوسته بود، بیشتر از نان بدون پوسته سفت شد و این نوع نان، حاوی آمیلوپکتین دوباره کریستاله شده بیشتری بود که این موضوع بیانگر آن

سپس به مدت ۱ ساعت جهت طی شدن زمان استراحت به حال خود گذاشته شد. برای تهیه نان، قطعات ۳۴۰ گرمی از خمیر چانه گیری شد و برای یکنواختی از نظر ضخامت و اندازه نان از غلتک عبور داده شد و وارد فر دوار نانوایی گردید و با درجه حرارت 20 ± 300 به مدت ۲/۵ دقیقه پخت گردید. درجه حرارت و نوع فر، ضخامت و اندازه نان در تمام مراحل انجام آزمایش ثابت و یکنواخت بود. نان‌ها پس از سرد شدن در کیسه‌های پلی اتیلنی بسته بندی و در دمای اتاق، جهت انجام آزمون‌های بعدی نگه داری شدند.

۱. آزمون بافت سنجی

ابتدا قطعات مستطیلی شکل با ابعاد 90×18 میلی متر و ضخامت 7 ± 2 میلی متر از مرکز نان بریده شد و سپس با استفاده از دستگاه Texture Analyzer مدل Farnell CNS، حداقل نیروی مورد نیاز برای پاره شدن نان اندازه گیری گردید. فاصله دو بازو از هم 50 mm ، سرعت حرکت گیره‌ها 50 mm در دقیقه و نقطه شروع (Trigger Point) 10 g بود (۲۱). نیروی اندازه گیری شده نشان دهنده میزان سفتی نان می‌باشد.

۲. آزمون‌های حسی

آزمون‌های حسی براساس روش رجب زاده (۳۷) انجام شد و ۱۰ داور از بین افراد آموزش دیده انتخاب شدند و سپس خصوصیات حسی نان از نظر فرم و شکل ظاهری (وجود پارگی و حفره)، وضع سطح فوقانی (سوختگی، چین و چروک و رنگ)، وضع سطح زیرین (سوختگی، چین و چروک و رنگ)، سفتی و نرمی بافت و ساختار (خمیری بودن، نرمی غیر عادی، سفت بودن، تردی غیر عادی و شکنندگی)، قابلیت جویدن (خشک و سفت بودن چسبیدن به دندان‌ها)، بو، طعم و مزه و پذیرش کلی، مورد ارزیابی قرار گرفت. لازم به ذکر است که امتیازات مربوط به

«آسه آرد» تهیه شد. برای این منظور، آرد مورد نیاز یکجا تهیه و در سردهخانه نگه داری شد. مشخصات آرد به شرح ذیل می‌باشد:

رطوبت ۱۳/۲ درصد، پروتئین ۱۲/۷ درصد، چربی ۱/۷۶ درصد، خاکستر ۰/۸ درصد، گلوتن مرطوب ۲۸/۷ درصد و عدد فالینگ ۴۶۰ ثانیه.

۲. امولسیفایرها

امولسیفایرها مورد استفاده که شامل لسیتین (E322)، Diacetylated tartaric (Distilled monoglyceride) و (acid esters of mono- and diglycerides of fatty acids) بیشترین استفاده را در صنایع خبازی دارا می‌باشند از شرکت Beldem تهیه شد. امولسیفایرها مذکور هر یک در ۵ سطح (۰، ۰/۲۵، ۰/۵، ۰/۷۵ و ۱ درصد) به کار برده شدند.

۳. آنزیم

آنژیم مورد استفاده از نوع α -آمیلاز قارچی (حاصل از قارچ *Aspergillus oryzae*) بود که از شرکت Beldem تهیه گردید و در ۴ سطح شامل: ۰، ۵، ۱۰، ۲۰ گرم در 100 کیلوگرم آرد مورد استفاده قرار گرفت.

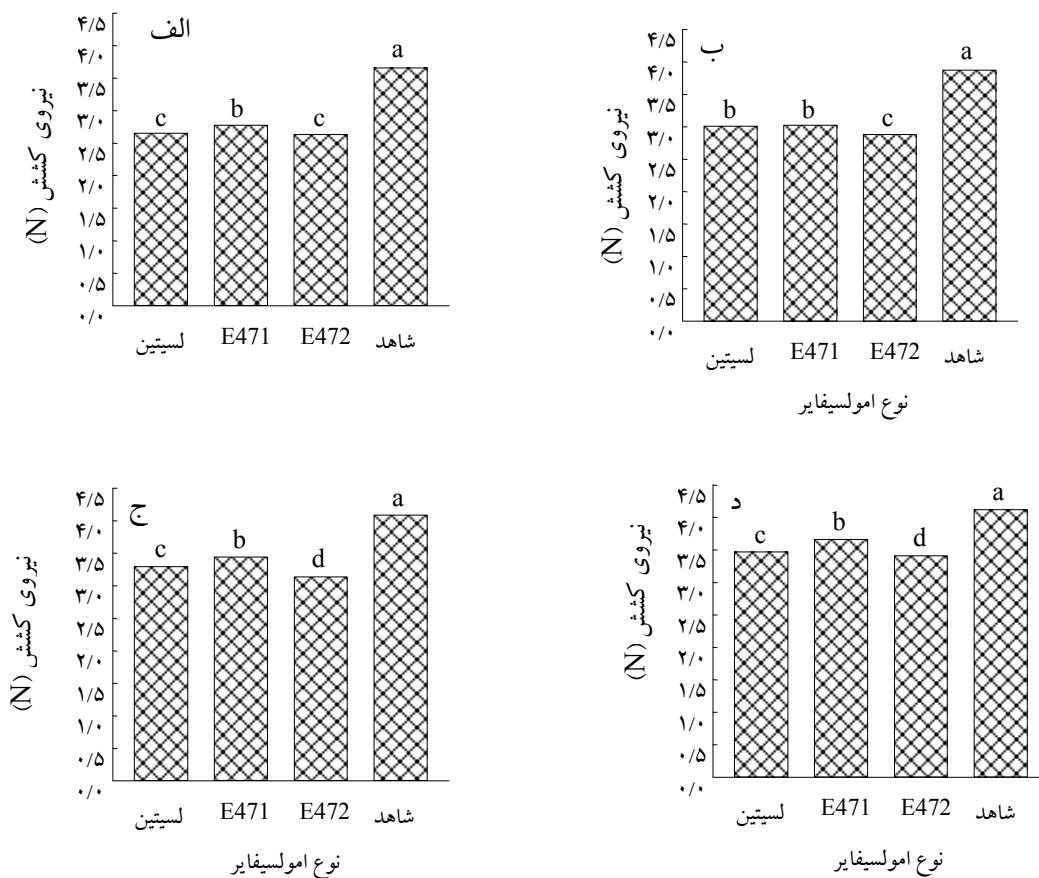
۴. مخمر

مخمر *Saccharomyces cerevisiae* از شرکت ایران ملاس تهیه شد.

روش‌ها و آزمون‌ها

برای تهیه خمیر بر اساس خصوصیات آرد اولیه و با توجه به فرمول متداول نان تافتون در نانوایی‌های سطح شهر از فرمول زیر استفاده گردید:

۱۰۰ قسمت آرد، ۶۵ قسمت آب، ۱ قسمت روغن، ۱ قسمت نمک و ۰/۵ قسمت مخمر
 الخمیر با استفاده از دستگاه خمیرگیر سپار اصفهان تهیه و



شکل ۱. تأثیر انواع مختلف امولسیفایر بر نیروی لازم جهت پارگی نان در زمان‌های صفر (الف)، ۲۴ (ب)، ۴۸ (ج) و ۷۲ (د) ساعت پس از پخت (میانگین‌های دارای حروف مشترک در سطح ۵٪ تفاوت معنی‌داری نداشتند).

۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت پس از پخت) مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج ابتدا در معرض تجزیه واریانس قرار گرفته و سپس مقایسه میانگین‌ها بر اساس آزمون دانکن انجام شد. جهت ارزیابی روابط بین صفات و نیز تجزیه و تحلیل آزمون‌های حسی از رگرسیون یک و چند متغیره استفاده شد.

هر یک از صفات حسی بر مبنای مقیاس ۱-۵ (بالاترین و کمترین امتیاز) اختصاص یافته است. بدین ترتیب سه مولفه‌ای پذیرش کلی در امتیاز آن مشخص شد. سپس با استفاده از تکنیک رگرسیون گام به گام مهم‌ترین صفات حسی مؤثر در امتیاز پذیرش کلی تعیین و متغیرهای اضافی از مدل حذف گردید.

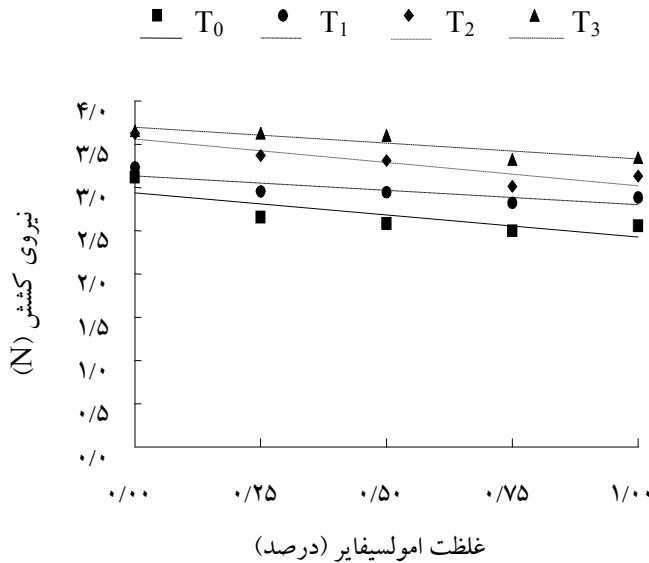
طرح آماری و آنالیز داده‌ها

آزمایش در قالب فاکتوریل با طرح پایه کاملاً تصادفی در سه تکرار انجام گرفت. تیمارهای آزمایش شامل ترکیبی از سه نوع امولسیفایر هر یک در ۵ سطح و آنزیم α-آمیلاز قارچی در ۴ سطح بود. نان‌های تهیه شده در ۴ زمان مختلف (صفر،

نتایج و بحث

۱. بافت سنجی

همان گونه که در شکل ۱ مشاهده می‌شود امولسیفایرهای به کار رفته (لاسیتین، E471 و E472) به طور معنی‌داری سفتی نان را

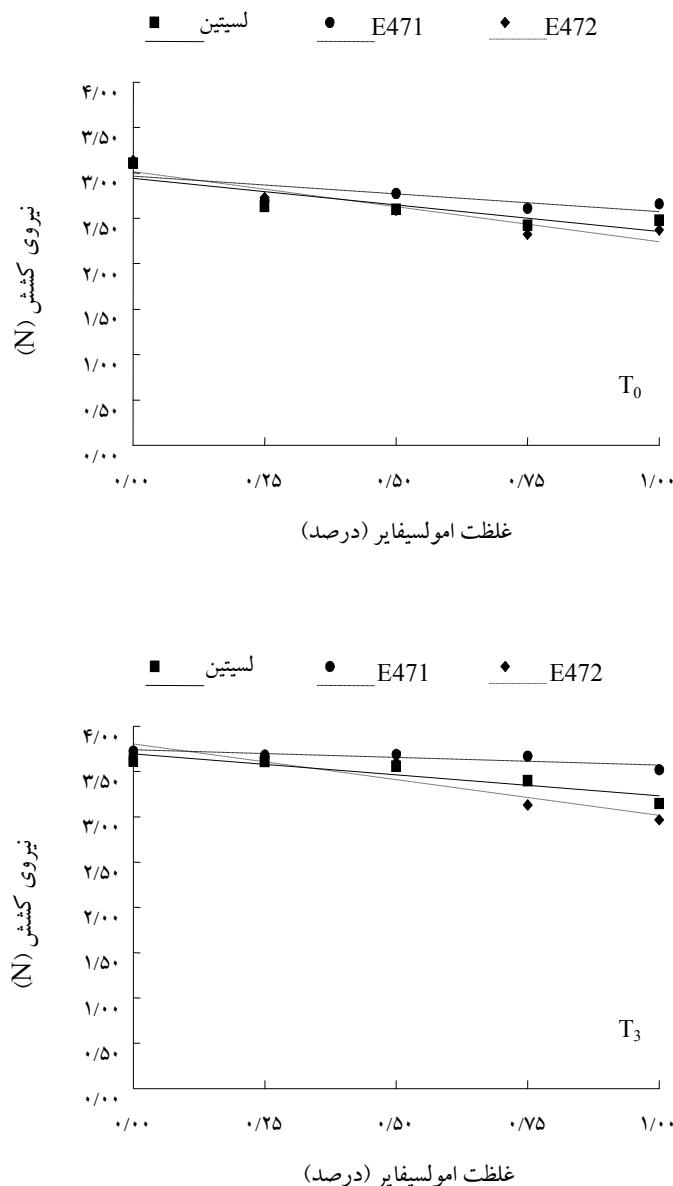


شکل ۲. رابطه بین غلظت‌های مختلف امولسیفایر و نیروی کششی مورد نیاز جهت پارگی نان در ۴ زمان صفر (T_0)، ۲۴ (T_1)، ۴۸ (T_2) و ۷۲ ساعت پس از پخت (T_3)

مکانیسم ضد بیاتی امولسیفایرها را می‌توان به عوامل متعددی مرتبط دانست. کورگ (۲۸)، مراد و داپولونیا (۳۵) و الیاسون (۱۳) مکانیسم اثر ضد بیاتی امولسیفایرها را در اثر تشکیل کمپلکس بین این مواد و آمیلوز دانستند. پیسوسوک بونترنگ و داپولونیا (۳۶) علت اثر ضد بیاتی امولسیفایرها را جذب این مواد به سطح نشاسته و جلوگیری از جذب رطوبت گلوتون توسط نشاسته در طی دوره نگهداری نان می‌دانند. گری و بمیلر (۲۰) جلوگیری از خروج ملکول‌های آمیلوز توسط منوگلیسریدها و در نتیجه کاهش رتروگرادسیون و همچنین کاهش تورم گرانول را عامل تأخیر در بیاتی می‌دانند.

با افزایش غلظت امولسیفایرها، میزان نیروی لازم جهت پارگی نان که نشانگر میزان سفتی نان است، کاهش یافت (شکل ۲). این کاهش میزان سفتی در نان تازه (بالاصله پس از پخت) و پس از ۴۸ ساعت مشهودتر بود. با گذشت زمان، میزان سفتی نان بیشتر شد در حالی که با افزودن امولسیفایر و افزایش غلظت آن میزان سفتی کاهش یافت. کمترین میزان نیروی مورد نیاز برای پارگی یا به عبارتی نرم‌ترین حالت نان در نان تازه (زمان صفر) و در غلظت ۱ درصد امولسیفایر دیده شد و بیشترین

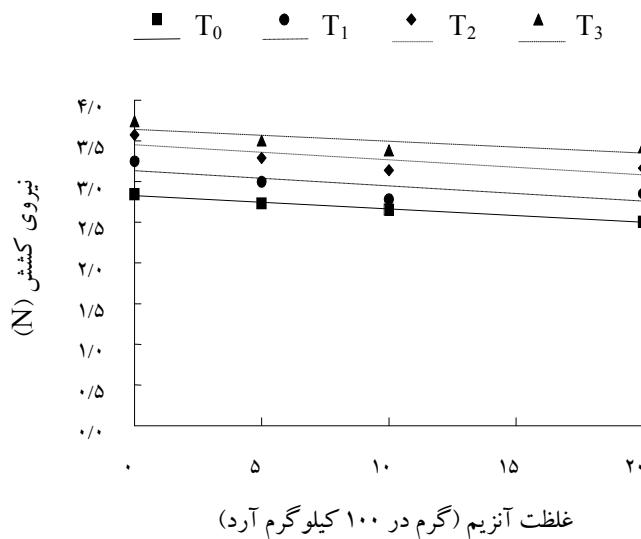
بالاصله پس از پخت کاهش دادند که در این میان اثر دو امولسیفایر E472 و لسیتین بیشتر از E471 بود. افزودن امولسیفایرها در ۲۴ ساعت پس از پخت میزان نیروی مورد نیاز جهت پاره شدن نان را کاهش داد که این امر نشان از کاهش سختی نان دارد. در اینجا نیز اثر امولسیفایر E472 بیشتر از دو امولسیفایر دیگر بود. افزودن امولسیفایرها باعث شد که در ۴۸ و ۷۲ ساعت بعد از پخت نیز سفتی نان کاهش یابد که در این دو زمان اثر امولسیفایر E472 بیشتر از بقیه بود. امولسیفایرهای لسیتین و E471 از نظر اثر گذاری در رتبه بعدی قرار داشتند. گوجرال و پاتکا (۲۱) اثر مثبت امولسیفایر را بر روی تأخیر بیاتی بافت نان چاپاتی مورد مطالعه قراردادند. عزیزی و همکاران (۵) اثر امولسیفایرهای مختلف را بر میزان بیاتی نان مسطح ایرانی مورد بررسی قرار دادند و مشاهده نمودند که افزودن امولسیفایر باعث کاهش میزان بیاتی نان می‌شود. فورسل و همکاران (۱۷)، دیویدو و همکاران (۱۱)، گری و بمیلر (۲۰)، زانگ و همکاران (۴۳)، فریدی و فینی (۱۵) و بسیاری دیگر از محققین آزمایش‌های مختلفی را روی اثر افزودن امولسیفایر بر میزان سفتی نان انجام داده و به نتایج مشابهی دست یافتند.



شکل ۳. رابطه بین غلظت‌های مختلف امولسیفایرها لیستین، E471 و E472 و نیروی کششی مورد نیاز جهت پارگی نان در زمان صفر (T_0) و ۷۲ ساعت پس از پخت (T_3)

سه نوع آرد در تهیه نان تنوری را مورد مطالعه قرار دادند و نتیجه گرفتند که کاربرد غلظت بیشتر امولسیفایر برای آردهای کم پروتئین باعث بهبود ویژگی‌های پیچش و برشن شد. آذرپژوه (۱) اثر غلظت‌های مختلف از لیستین و منودی گلیسرید را بر روی نان لوаш نیمه صنعتی مورد بررسی قرار داد و این گونه نتیجه گیری کرد که این غلظت‌ها آثار مضاعفی در ارتقای کیفی

سفتی همان‌طور که انتظار می‌رود در نمونه شاهد مشاهده گردید. عزیزی و همکاران (۵) اثر افروختن غلظت‌های متفاوت از امولسیفایرها مختلف را بر روی نان مسطح (تافتون) مورد بررسی قرار داده و مشاهده نمودند که غلظت‌های مختلف امولسیفایرها آثار معنی‌داری بر کیفیت نان دارند. فرویلی و همکاران (۱۶) اثر غلظت‌های مختلف از امولسیفایرها بر روی



شکل ۴. رابطه بین غله‌ت‌های مختلف آنزیم α - آمیلاز و نیروی کششی مورد نیاز جهت پارگی نان در ۴ زمان صفر (T₀)، ۲۴ (T₁)، ۷۲ (T₂) و ۷۶ (T₃) ساعت پس از پخت

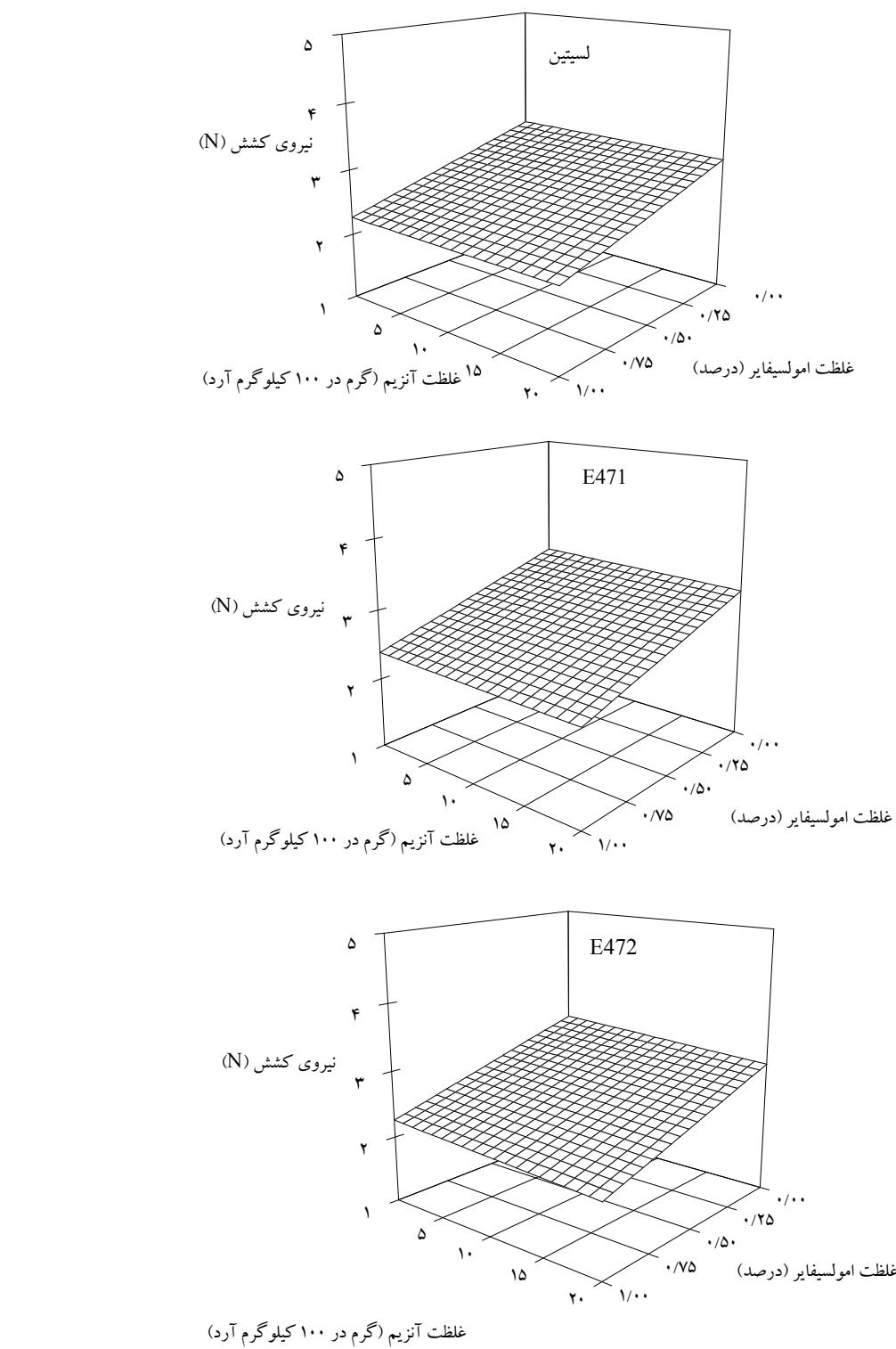
ضد بیاتی α - آمیلاز را به ایجاد آمیلوپکتین که تا حدودی تجزیه شده است و کمتر کریستاله می‌شود مربوط دانستند. اکرز و هاسنی (۳) و لینک بک (۳۱) تولید دکسترن‌های با وزن ملکولی کم حاصل از فعالیت آنزیم α - آمیلاز که توانایی اکتری در رتروگراده شدن داشتند و یا در رتروگراده شدن آمیلوپکتین تداخل ایجاد می‌کردند را با کاهش سفتی نان مرتبط دانستند. دوران و همکاران (۱۲) و بیلیادریس و پروکوپویچ (۹) خاصیت ضد بیاتی α - آمیلاز را به تولید مالتولیگوساکاریدها، مین و همکاران (۳۴) به تولید مالتوترایوز (Maltotriose) و مالتوتترایوز (Maltotraose) و اکروز و هاسنی (۳) به تولید مالتوهپتاوز (Maltoheptaose) نسبت دادند. مارتین و هاسنی (۳۲) تولید دکسترن‌های با وزن ملکولی کم را در خاصیت ضد بیاتی آنزیم‌ها مؤثر دانستند که باعث ممانعت از تشکیل ارتباط بین نشاسته و گلوتن می‌شوند.

با افزایش غله‌ت سه امولسیفایر مورد بررسی و آنزیم α -آمیلاز نیروی مورد نیاز جهت پارگی نان در زمان بلافصله پس از پخت کاهش یافت (شکل ۵). این روند برای امولسیفایر E472 بیشتر از بقیه بود و بدین ترتیب استفاده از این امولسیفایر

بیشترین کاهش در میزان سفتی، با افزودن امولسیفایر E472

به دست آمد. افزودن غله‌ت‌های مختلف از E472 و لسیتین در هر دو زمان باعث کاهش میزان سفتی نان شد (شکل ۳). استفاده از امولسیفایر E471 در زمان صفر باعث کاهش میزان سفتی نان شد ولی این اثر در ۷۲ ساعت پس از تولید مشاهده نگردید. با افزودن ۱ درصد از امولسیفایر E472 در ۷۲ ساعت پس از تولید میزان سفتی نان مشابه نان تازه بدون حضور امولسیفایر بود. از این نکته می‌توان این گونه نتیجه‌گیری کرد که در صورت استفاده از این امولسیفایر می‌توان بعد از سه روز نانی به نرمی نان تازه داشت.

با افزایش مقدار آنزیم، میزان سفتی نان کاهش یافت. این اثر کاهنده سفتی در زمان پخت ناچیز بود ولی با گذشت زمان در روزهای بعد اثر آن بیشتر مشاهده شد (شکل ۴). هبda و همکاران (۲۲)، مارتین و همکاران (۳۲) و جرارد و همکاران (۱۸) نیز در آزمایش‌ها خود به نتایج مشابهی رسیدند. لنت و گرانت (۳۰) مشاهده کردند که α - آمیلاز مؤثرترین ماده در به تأخیر اندازی بیاتی نان بود. هانگ آیتن و همکاران (۲۵) خاصیت



شکل ۵. نیروی کشش نان بر حسب غلهٔت امولسیفایرهای لسitan، E471، E472 و آنزیم α -آمیلاز در زمان تولید که از طریق تجزیه سطح عکس العمل برازش شده است.

به عبارت دیگر با قراردادن امتیاز مربوط به متغیرهای موجود در مدل های به دست آمده می توان امتیاز پذیرش کلی را در طول دوره نگه داری نان برآورد کرد. نتایج نشان داد که در اولین آزمون حسی (بلافاصله پس از پخت) مؤلفه های طعم و قابلیت جویدن مهم ترین صفات حسی کنترل کننده امتیاز مربوط به پذیرش کلی بوده و در حدود ۶۸ درصد از تغییرات پذیرش کلی توسط این دو متغیر تعیین می شود. تصور می شود که این امر به دلیل ایجاد آرومای مطلوب در هنگام پخت نان و ایجاد احساس مطلوب در هنگام جویدن به دلیل تازگی نان باشد در نتیجه چسبندگی نان به دندان ها در این زمان کمتر است. در دومین آزمون حسی (۲۴ ساعت پس از پخت)، مؤلفه های قابلیت جویدن، سفتی بافت و شکل ظاهری متغیرهای اصلی کنترل کننده پذیرش کلی بودند و روی هم ۹۰ درصد از تغییرات پذیرش کلی را بیان کردند. در سومین آزمون حسی (۴۸ ساعت پس از پخت)، مؤلفه های طعم، قابلیت جویدن و وضع سطح فوکانی صفات حسی تعیین کننده امتیاز پذیرش کلی بوده و حدود ۹۴ درصد از تغییرات امتیاز پذیرش کلی را توصیف کردند. در چهارمین آزمون حسی (۷۲ ساعت پس از پخت)، مؤلفه های قابلیت جویدن و سفتی امتیاز پذیرش کلی را کنترل کردند و سهم آنها در تعیین تغییرات امتیاز پذیرش کلی در حدود ۸۸ درصد بود. که این امر را می توان به از دست رفتن آroma در طی نگهداری، ایجاد چین و چروک در سطح نان به دلیل از دست دادن رطوبت در طی زمان و خشک و سفت شدن نان در اثر فقدان رطوبت در نان مرتبط دانست. این نتایج نشان می دهد که قابلیت جویدن در میان صفات حسی ارزیابی شده به وسیله داوران در ۴ تاریخ ارزیابی، مهم ترین مؤلفه تعیین کننده امتیاز پذیرش کلی بوده است. به علاوه با گذشت زمان نگه داری نان سفتی بافت حائز اهمیت شده است. با ترکیب کلیه نتایج حاصل از ۴ زمان ثبت شده آزمون حسی مشخص شد که مؤلفه های اصلی تعیین کننده امتیاز پذیرش کلی در طول دوره

به همراه آنزیم، بیشترین اثر را بر روی سفتی نان در زمان پس از پخت داشت. استفاده از لسیتین به همراه آنزیم اثر بیشتری را نسبت به E471 بر کاهش سفتی نان گذاشت و از این نظر در مرتبه دوم پس از E472 قرار داشت. افزایش غلظت امولسیفایر های لسیتین و E472 نیز باعث کاهش نیروی لازم برای پارگی نان سه روزه شد (شکل ۶). در اینجا نیز امولسیفایر E472 بیشترین اثر را بر کاهش نیروی کشش داشت. در E471 هنگام استفاده توأم با آنزیم در این روز اثری بر کاهش سفتی نان نداشت.

۲. آزمون های حسی

به منظور آنالیز داده های حسی برای هر یک از تاریخ های ماندگاری نان پس از پخت، مدل رگرسیون چند متغیره با کلیه صفات ارزیابی شده (X) در مقابل پذیرش کلی (Y) برآورد گردید.

فرم عمومی این معادله رگرسیون به صورت معادله ۱ است:

$$Y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_4x_4 + b_5x_5 + b_6x_6 \quad [1]$$

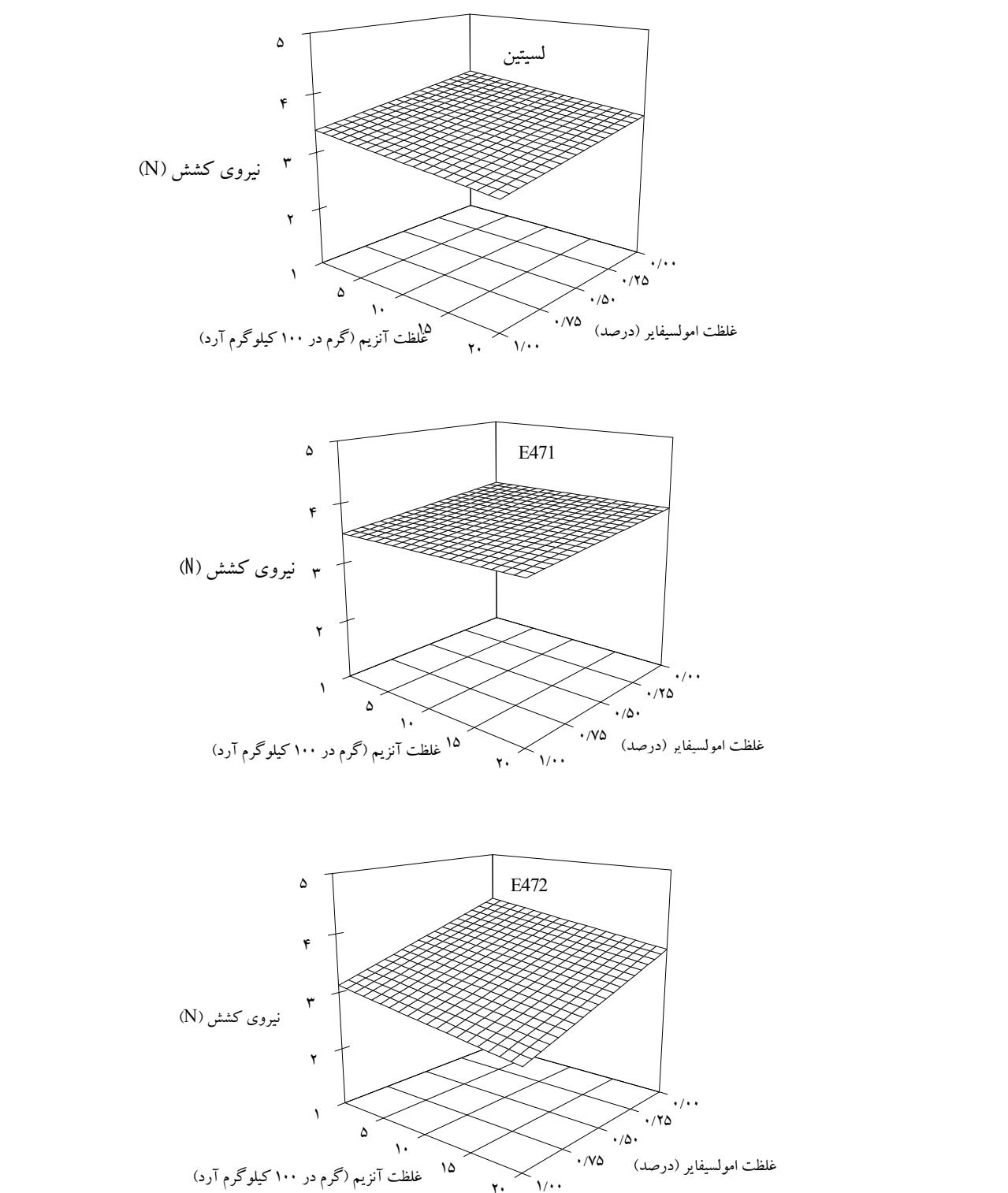
که در آن: Y: امتیاز پذیرش کلی، b_0 : ضریب ثابت معادله، b_1 به ترتیب امتیاز مربوط به طعم، قابلیت جویدن، سفتی، وضعیت سطح تحتانی، وضعیت سطح فوکانی و شکل ظاهری می باشد. پس از حذف متغیرهای اضافی در هر تاریخ آزمون حسی، مهم ترین عوامل تعیین کننده امتیاز پذیرش کلی در چهار زمان مورد آزمایش به شرح ذیل مشخص گردید:

$$r^2 = 0.826 \quad + 0.286 = \text{امتیاز پذیرش کلی در اولین آزمون حسی} \\ + (\text{امتیاز قابلیت جویدن} \times 0.472) + (\text{امتیاز طعم} \times 0.437)$$

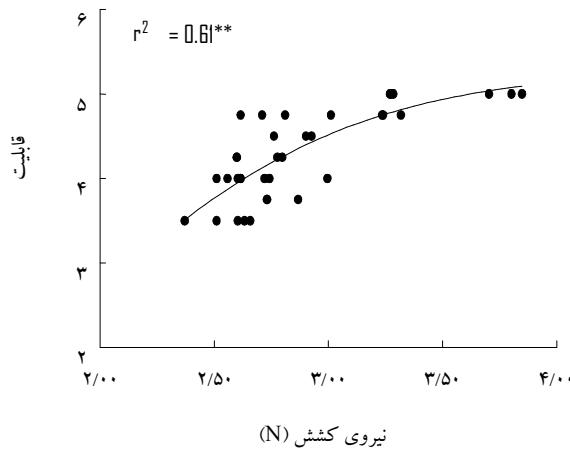
$$r^2 = 0.949 \quad + 0.111 = \text{امتیاز پذیرش کلی در دومین آزمون حسی} \\ + (\text{امتیاز سفتی} \times 0.435) + (\text{امتیاز قابلیت جویدن} \times 0.372) \\ + (\text{امتیاز شکل ظاهری} \times 0.594)$$

$$r^2 = 0.971 \quad + 0.311 = \text{امتیاز پذیرش کلی در سومین آزمون حسی} \\ + (\text{امتیاز قابلیت جویدن} \times 0.552) + (\text{امتیاز طعم} \times 0.239) \\ + (\text{امتیاز وضعیت سطح فوکانی} \times 0.323)$$

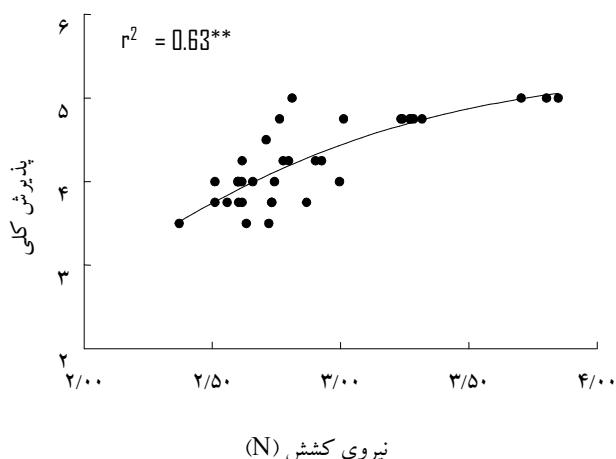
$$r^2 = 0.937 \quad + 0.26 = \text{امتیاز پذیرش کلی در چهارمین آزمون حسی} \\ + (\text{امتیاز سفتی} \times 0.264) + (\text{امتیاز قابلیت جویدن} \times 0.488)$$



شکل ۶. نیروی کشش نان بر حسب غلهت امولسیفایرهای لسیتین، E471، E472 و آنزیم α -آمیلاز در ۷۲ ساعت پس از تولید که از طریق تجزیه سطح عکس العمل برآذش شده است.



شکل ۷. رابطه بین نیروی کشش مورد نیاز جهت پاره شدن نان با قابلیت جویده شدن در ۷۲ ساعت پس از پخت



شکل ۸. رابطه بین نیروی کشش مورد نیاز جهت پاره شدن نان با پذیرش کلی در ۷۲ ساعت پس از پخت

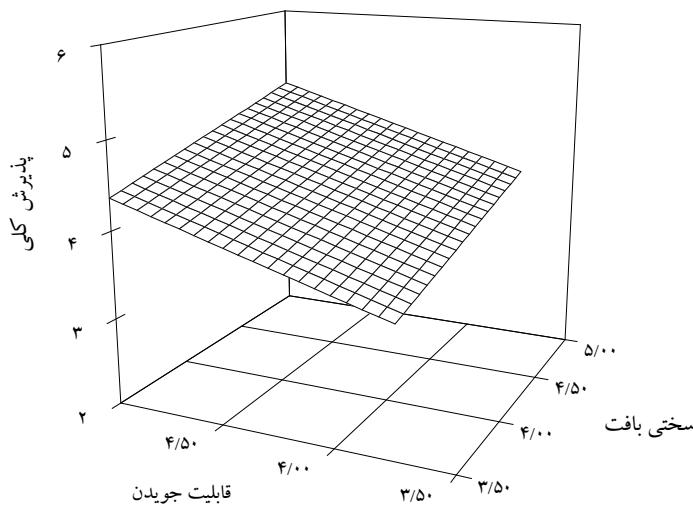
پذیرش کلی داشته و قادر است که ۹۳ درصد از تغییرات امتیاز پذیرش کلی را توصیف کند.

در ۷۲ ساعت پس تولید، نیروی لازم جهت پارگی نان عامل کنترل کننده پذیرش کلی و قابلیت جویدن نان بود. با بررسی شکل های ۷ و ۸ می توان این گونه نتیجه گیری کرد که جهت تولید نانی با قابلیت جویده شدن و پذیرش کلی مناسب در ۷۲ ساعت پس از تولید، میزان نیروی لازم جهت پارگی نان در این زمان باید کمتر از ۲/۵ نیوتون پیک باشد. مقادیر مناسب

نگهداری نان عبارت اند از: طعم، قابلیت جویده شدن، سفتی بافت، وضعیت سطح فوقانی نان که مدل رگرسیون به دست آمده به شکل زیر می باشد: $r^2 = 0.938$

$$+ (\text{امتیاز طعم} \times 0.0311) + (\text{امتیاز پذیرش کلی} \times 0.0311) + (\text{امتیاز سفتی بافت} \times 0.0211) + (\text{امتیاز قابلیت جویدن} \times 0.0371) + (\text{امتیاز وضعیت سطح فوقانی} \times 0.0177)$$

این مدل که پس از حذف متغیرهای اضافی از مدل رگرسیونی اولیه به دست آمده کارایی معنی داری در تعیین امتیاز



شکل ۹. امتیاز پذیرش کلی بر حسب سختی بافت و قابلیت جویدن نان که از طریق تجزیه سطح عکس العمل برآشش شده است.

این روند در زمان‌های صفر، ۲۴ و ۴۸ ساعت پس از تولید کاملاً چشمگیر و در ۷۲ ساعت پس از تولید کمتر بود. هم‌چنین افزایش غلظت امولسیفایرها، برروی کاهش میزان سفتی اندازه‌گیری شده توسط دستگاه اثر زیادی داشت. در بین سه امولسیفایر مورد بررسی، E472 اثر بیشتر و E471 اثر کمتری را بر کاهش میزان سفتی نان پس از ۷۲ ساعت نگهداری داشتند. افزودن آنزیم α -آمیلاز نیز باعث کاهش میزان سفتی بافت نان گردید.

با بررسی نتایج مدل سازی و کمی کردن روابط بین متغیرهای مختلف مشاهده شد که در روزهای اولیه تولید (زمان‌های صفر، ۲۴ و ۴۸ ساعت پس از پخت) حد بهینه امولسیفایر لسیتین مقدار حدود ۱ درصد، $0/25$ E471، $0/0$ درصد و $E472$ مقدار حدود $0/5$ درصد از این افزودنی‌هاست. در هنگام استفاده توأم از این امولسیفایرها و آنزیم α -آمیلاز قارچی، مقادیر بهینه آنزیم حدود ۵ گرم آنزیم در 100 کیلوگرم آرد بود. در ۷۲ ساعت پس از پخت برای دست‌یابی به محصولی مناسب مقادیر امولسیفایرهای مختلف بدین شرح است: لسیتین ۱ درصد، $E472$ ۱ درصد و $E471$ هیچ‌گونه تأثیری ندارد. هم‌چنین افزودن آنزیم α -آمیلاز تأثیری بر پذیرش کلی در ۷۲ ساعت پس از پخت نداشت.

امولسیفایر لسیتین و $E472$ برای نیل به این هدف ۱ درصد این امولسیفایرهاست. امولسیفایر $E471$ تأثیری بر کاهش سفتی نان در این زمان نداشت. با توجه به شکل ۲ می‌توان نتیجه‌گیری کرد که در ۷۲ ساعت پس از پخت نان، آنزیم اثری بر میزان نیروی مورد نیاز برای پارگی نان ندارد و در نتیجه نمی‌توان قابلیت جویدن را با افزودن آن بهبود بخشد. پس از انجام آزمون‌های حسی بر روی نانی که ۷۲ ساعت در دمای آزمایشگاه قرار گرفته بود، مشاهده شد که عامل کترول کننده پذیرش کلی در این زمان، سختی و قابلیت جویدن نان بود. در شکل ۹ می‌توان اثر این دو عامل را روی پذیرش کلی مشاهده نمود. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، هر گاه نان از نظر سفتی و قابلیت جویدن امتیاز بهتری داشت، پذیرش کلی نان نیز در این زمان امتیاز بالاتری داشت.

نتیجه‌گیری

در این پژوهش، اثر افزودن سه نوع امولسیفایر لسیتین، $E471$ و $E472$ و هم‌چنین آنزیم α -آمیلاز قارچی روی بافت و خصوصیات حسی نان مورد بررسی قرار گرفت. نتایج بهوضوح نشان داد که اضافه کردن امولسیفایرها به آرد، سفتی بافت نان را نسبت به نمونه شاهد به طور معنی‌داری کاهش داد.

منابع مورد استفاده

۱. آذر پژوه، ا. ۱۳۷۶. تأثیر زمان تخمیر و امولسیفایر در بهبود کیفیت نان. مطالعه موردنی: نان لواش نیمه صنعتی. پایان نامه کارشناسی ارشد علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.
۲. پایان، ر. ۱۳۷۷. مقادیری بر تکنولوژی فرآورده‌های غلات. انتشارات نوپردازان، تهران.
3. Arkers, A. A. and R.C. Hoseney. 1994 Water-soluble dextrans from α -amylase treated bread and their relationship to bread firming. *Cereal Chem.* 68: 570-572.
4. Alsberg, C. L. 1936. The stale bread problem. *Wheat and Food Res. Inst.* 12:221.
5. Azizi, M. H., N. Rajabzadeh and E. Riahi. 2003. Effect of mono-diglyceride and lecithin on dough rheological characteristics and quality of flat bread. *Lebensm. Wiss. U-Technol.* 36:189-143.
6. Bachrach, H. L. and D.R. Briggs. 1947. Studies on bread staling II. Water relationships during staling of bread crumb and the retrogradation of starch. *Cereal Chem.* 24:492.
7. Baik, M. Y. and P. Chinachoti. 2000. Moisture redistribution and phase transition during bread staling. *Cereal Chem.* 77: 484-488.
8. Bechtel, W. G., D. F. Meisner and W. B. Bradley. 1953. The effect of crust on the staling of bread. *Cereal Chem.* 39: 160-168.
9. Biliaderis, C. G. and D. J. Prokopwich. 1994. Effect of polyhydroxy compounds on structure formation in waxy maize starch gels: a calorimetric study. *Carbohydr. Polym.* 23:193-202.
10. Conn, J. F., J. A. Johnson and B.S. Miller. 1950. An investigation of commercial fungal and bacterial alpha amylase preparations in baking. *Cereal Chem.* 27:191.
11. Davidou, S., M. Le Meste, E. Debever and D. Bekaert. 1996. A contribution to the study of staling of white bread: Effect of water and hydrocolloid. *Food Hydrocolloids* 10: 375-383.
12. Duran, E., A. Leon, B. Barber and C. Benedito de Barber. 2001. Effect of low molecular weight dextrans on gelatinsation and retrogradation of starch. *Europ Food Res. Technol.* 212: 203-207.
13. Eliasson, A. C. 1985. Starch gelatinization in the presence of emulsifiers. A morphological study of wheat starch. *Starch* 37: 411-425.
14. Erlander, S. R. and L. G. Erlander. 1969. Explanation of ionic sequences in various phenomena. Protein carbohydrate interactions and the mechanism of staling of bread. *Starch* 21: 305.
15. Faridi, H. A. and P.L. Finney. 1980. Technical and nutritional aspects of Iranian bread. *Baker's Digest* 54:19-20.
16. Farvili, N., C.E. Walker and Qarooni. 1997. The effects of protein content of flour and emulsifiers on Tannor bread quality. *J. Cereal Sci.* 26: 137-143.
17. Forssell, P., S. Shamekh, H. Harkonen and K. Putanen. 1998. Effects of native and enzymatically hydrolysed soya and oat lecithins in starch transitions and bread baking. *J. Sci. of Food and Agric.* 76: 31-38.
18. Gerrard, J. A., D. Every, K. H. Sutton and M. J. Gilpin. 1997. The role of maltodextrins in the staling of bread. *J. Cereal Sci.* 26: 201-209.
19. Ghiasi, K., R. C. Hoseney., K. Zeleznak and D. E. Rogers. 1984. Effects of waxy barely starch and reheating on firmness of bread crumb. *Cereal Chem.* 61: 281-285.
20. Gray, J. A. and J. N. Bemiller. 2003. Bread staling: Molecular basis and control. *Comp. Rev. Food Sci. Food Safety.* 2:1-21.
21. Gujral, H. S. and A. Pathak. 2002. Effect of composite flour and additives on texture of chapati. *J. Food Eng.* 55: 173-179
22. Hebeda, R. E., L. K. Bowles and W. M. Teague. 1991. Use of intermediate temperature stability enzymes for retarding staling in baked goods. *Cereal Food World* 36: 619-624.
23. Herz, K. O. 1965. Staling of bread - A review. *Food Technol.* 19: 1828.
24. Huang, J. J. and P. J. White. 1993. Waxy corn starch. Monoglyceride interaction in a model system. *Cereal Chem.* 70: 42-47.
25. Hung-Iten, S., F. Escher and B. Conde-petit. 2001. Structural properties of starch in bread and bread model systems: Influence of an antistaling α -amylase. *Cereal Chem.* 78:421-428.
26. Kamel, B. S. and C. E. Stauffer. 1993. Advances in Baking Technology. Blackie Academic and Professional, New York.
27. Katz, J. R. 1928. Gelatinization and retrogradation of starch in relation to the problem of bread staling. PP. 100-117. In: R. P. Walton (Ed.), *Comprehensive Survey of Starch Chemistry*. Chemical Catalog Co., New York.
28. Korg, N. 1971. Amylose complexing effect of food grade emulsifiers. *Starch* 23:206.
29. Kulp, K. and J. G. Jr. Ponte. 1981. Staling of white pan bread: Fundamental causes. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 15: 1-48.

30. Lent, P. J. and L. A. Grant. 2001. Effects of additives and storage temperature on staling properties of breads. *Cereal Chem.* 78:619-624.
31. Lin, W. and D. R. Lineback. 1990. Changes in carbohydrate fractions in enzyme-supplemented bread and the potential relationship to staling. *Starch* 42:385-394.
32. Martine, M. L. and R. C. Hoseney. 1991. A mechanism of bread firming. II. Role of starch hydrolyzing enzymes. *Cereal Chem.* 68: 503-507.
33. Martinez, Anaya, M. A. 1998. New starch and nonstarch hydrolysing enzymes in bread making: Technological and biochemical aspects. *Recent Res. Dev. Agric. Food Chem.* 2:479-500.
34. Min, B. C., S. H. Yoon, J. W. Kim, Y. W. Lee, Y. B. Kim and K. H. Prak. 1998. Cloning of novel maltooligosaccharide producing amylase as antistaling agents for bread. *J. Agric. Food Chem.* 46:779-782.
35. Morad, M. M. and B. L. D' Appolonia. 1980. Effect of surfactants and baking procedure on total water soluble starch in bread crumb: *Cereal Chem.* 57:141-144.
36. Pisessookbunternng, W. and B. L. D. Appolonia. 1983. Bread staling studies. I. Effect of surfactants on moisture migration from crumb to crust and firmness values of bread crumb. *Cereal Chem.* 60:298-300.
37. Rajabzadeh, N. 1991. Iranian flat breads evaluation. Iranian Cereal and Bread Research Institute, Publication No 71, Tehran, Iran.
38. Rogers, D. E., R. C. Hoseney. 1983. Breadmaking properties of DATEM. *Bakers' Dig.* 57:12-16.
39. Schoch, T. J. and D. French. 1947. Studies on bread staling. The role of starch. *Cereal Chem.* 24: 231.
40. Senti, F. R. and R. J. Dimler. 1960. Changes in starch and gluten during aging of bread. *Bakers' Dig.* 34(1):28-32.
41. Short, A. L. and E. A. Robert. 1971. Patterns of firmness within a bread loaf. *J. Sci. Food Agric.* 22: 470-472.
42. Wilhott, E. M. A. 1972. Moisture redistribution between gluten/starch interfaces in bread. *IFST (UK) Prod.* 5(2): 67.
43. Zhang, D. W., R. Moore and D. C. Doehlert. 1998. Effects of oat grain hydrothermal treatments on wheat – oat flour dough properties and breadmaking quality. *Cereal Chem.* 75: 602-605.