



مجله علوم و صنایع غذایی ایران

سایت مجله: www.fsct.modares.ac.ir

مقاله علمی-پژوهشی

اصلاح فرمولاسیون دونات تخمیری با هدف افزایش کیفیت و بازارپسندی محصول نهایی

مهدی قیافه داودی^۱، مهدی کریمی^۱، فریا نقی پور^۲، علیرضا رحمانیان^۳

۱- بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران

۲- ترویج کشاورزی، مشهد، ایران

۳- مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

۳- شرکت صنایع غذایی رضوی، خراسان رضوی، مشهد، ایران

اطلاعات مقاله

چکیده

بیاتی و از دست دادن رطوبت محصولات صنایع پخت در قفسه‌های فروشگاه‌ها فرآیندی است که سبب ضرر و زیان بالای تولیدکنندگان می‌گردد. همین امر سبب گردیده است تا محققان به دنبال یافتن راهکارهای عملی در جهت کاهش سرعت بیاتی و به دنبال آن کاهش ضایعات در این دسته از محصولات باشند. بدین منظور در پژوهش حاضر بررسی تأثیر استفاده از مخلوطی از آنزیمی (آنزیم‌های لپاز، آلفا آمیلاز و زایلاناز) و مخلوطی از امولسیفایرها (امولسیفایرهای داتم، سیترم، سدیم استئاروئیل ۲- لاکتیلات و گلیسرول منو استئارات) در سطوح صفر، ۰/۱، ۰/۲ و ۰/۳ درصد بر خصوصیات کمی و کیفی نمونه‌های دونات تخمیری پرداخته شد. نتایج نشان داد که استفاده از مخلوطی از آنزیم‌ها و امولسیفایرها سبب افزایش میزان رطوبت، حجم مخصوص، تخلخل و کاهش در میزان پارامترهای سفتی بافت (در هر دو بازه زمانی دو ساعت و ۷ روز پس از پخت)، جذب روغن و پراکسید محصول شد. اما از طرفی نتایج نشان داد استفاده از مخلوط حاوی امولسیفایرهای مورد استفاده باعث افزایش میزان مؤلفه L^* و کاهش در میزان مؤلفه a^* پسته می‌گردد، در حالیکه استفاده از مخلوط حاوی آنزیم‌های مورد استفاده باعث کاهش میزان مؤلفه L^* و افزایش در میزان مؤلفه a^* پسته می‌شود. بنابراین می‌توان بیان داشت استفاده همزمان از مخلوط آنزیمی در سطح ۰/۲ درصد و مخلوط امولسیفایری در سطح ۰/۳ درصد منجر به بهبود خصوصیات تکنولوژیکی، حسی و ماندگاری دونات تخمیری می‌شود. از این رو می‌توان گفت با توجه به افزایش تمایل تولیدکنندگان به صادرات این دسته از مواد غذایی و ایجاد ارزش افزوده بالاتر، استفاده از فرمولاسیون ارائه شده، سبب افزایش ماندگاری دونات، این میان وعده پرفرمدار، می‌گردد.

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۱۱/۲۱

تاریخ داوری: ۱۴۰۵/۰۳/۱۶

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۳/۱۹

کلمات کلیدی:

افزودنی،

ژلاتیناسیون نشاسته،

ترکیبات فعال سطحی،

دونات تخمیری،

اندیس پراکسید.

DOI:10.48311/fsct.2026.119257.83057

* مسئول مکاتبات:

Mehdidavoodi@yahoo.com

۱-مقدمه

دونات یکی از فرآورده‌های مشتق شده از آرد گندم می‌باشد که به دو صورت تخمیری و غیرتخمیری تولید می‌گردد. ساختار داخلی نوع تخمیری آن مشابهت زیادی با نان‌های نیمه حجیم و کیک دارد و شبکه گلوتن، نقش اساسی در کیفیت این دسته از محصولات ایفا می‌کند. دونات تازه بایستی دارای بافت نرم و قابل انعطاف بوده و از عطر و آرومای کافی برخوردار باشد. دونات دارای دو قسمت اصلی و بخش سرخ شده و بخش داخلی است. بخش سرخ شده در سطح است که مستقیماً در تماس با روغن قرار می‌گیرد. این قسمت بیشترین دفع رطوبت و بیشترین جذب روغن را دارد و در حالت ایده‌آل رنگ قهوه ای طلایی و بافت ترد دارد. بخش داخلی همانگونه که اشاره گردید مشابه کیک است و اگر در طول سرخ کردن حرارت کافی دریافت نکند ژلاتیناسیون نشاسته به تعویق می‌افتد. رطوبت این قسمت بالاتر از سطح است که باعث می‌شود در طول ذخیره سازی، رطوبت به بخش سرخ شده مهاجرت کنند و تردی سطح را از بین ببرد [۱] که این امر یکی از مهمترین عوامل در عدم پذیرش توسط مصرف کنندگان و برگشت کالا می‌باشد. بنابراین ضروری است که مطالعات بیشتری در زمینه فرمولاسیون این محصول صورت گیرد.

به منظور بهبود ماندگاری و حفظ خصوصیات محصول نهایی طی مدت زمان نگهداری دونات می‌توان از افزودنی‌های رایج در صنایع پخت استفاده نمود. امولسیفایرها از مهمترین این ترکیبات می‌باشند که برخی از آن‌ها با هدف افزایش استقامت خمیر و برخی دیگر برای افزایش نرمی مغز محصول افزوده می‌شوند. مکانیسم عمل امولسیفایرها برای بهبود ویژگی‌های خمیر و افزایش تازگی مغز محصول به توانایی آن‌ها در اتصال به گلوتن ارتباط داده شده است [۲]. امولسیفایر به سطح

هیدروفوب پروتئین پیوند داده و تراکم پروتئین گلوتن در خمیر را افزایش می‌دهد و در نتیجه یک شبکه پروتئینی قوی در بافت شکل می‌گیرد و حجم محصول نهایی افزایش پیدا می‌کند [۳]. سالهاست که در بین افزودنی‌های نانوائی امولسیفایرها از جمله سدیم استئاروئیل لاکتیلات^۱ (SSL) و داتم^۲ به عنوان عمل آورنده خمیر و نرم کننده بافت مغز مورد استفاده قرار گرفته‌اند. سورفاکتانت‌ها مانند سدیم استئاروئیل لاکتیلات می‌توانند سبب استقامت خمیر شوند [۴]. اثر تقویت کنندگی سدیم استئاروئیل لاکتیلات بر خمیر نانوائی را می‌توان به واکنش آن با پروتئین گلوتن حین اختلاط نسبت داد و ممکن است سبب تراکم گلوتن و افزایش استحکام خمیر شود [۵]. این امولسیفایر به دلیل تعادل در قسمت‌های هیدروفیل- لیوفیل ساختار خود، یکی از امولسیفایرهای معمول در صنایع پخت می‌باشد. این امولسیفایر با درگیر کردن زنجیره چربی دوست خود با قسمت‌های آب گریز پروتئین گلوتن باعث افزایش استقامت خمیر می‌شود. در همین راستا ون استیرنجم و همکاران (۲۰۱۳) اثر زمان اختلاط و افزودن سدیم استئاروئیل لاکتیلات بر روی پلیمریزاسیون شبکه گلوتن را مورد مطالعه قرار دادند. مشاهدات نشان داد ساختار ناپایدار شبکه گلوتن در حین مخلوط کردن خمیر و همچنین در حین پخت به طور قابل توجهی تحت تأثیر اجزای افزوده قرار می‌گیرد. با افزودن سورفاکتانت، پلیمریزاسیون گلوتن در حین حرارت دهی با سرعت کم‌تری انجام می‌گیرد. به طور فرضیه‌ای دلیل این امر را می‌توان به اثر متقابل سدیم استئاروئیل لاکتیلات و گلیادین و محدود شدن شرکت گلیادین در پیوندهای عرضی نسبت داد. همچنین در حین پخت قسمتی از سدیم استئاروئیل لاکتیلات با آمیلوز واکنش داده و همه این واکنش‌ها سبب استحکام بافت محصول پخته شده می‌شوند [۶]. مونو و دی اسیل گلیسرول‌های استر شده با مونو و دی استیل اسید تارتاریک (داتم) و استر مونو و

دی گلیسرید اسید سیتریک (سیترم^۳) امولسیفایرهای غیریونی روغن در آب هستند که برای افزایش کیفیت محصولات صنایع پخت استفاده می‌شوند. این نوع امولسیفایر قوام‌دهنده خمیر محسوب می‌شود و زمانی که به خمیر اضافه می‌شوند تحمل اختلاط، نگهداری گاز، حجم، بافت، مقاومت خمیر و ویژگی‌های برش‌پذیری را بهبود می‌دهند [۳].

از سوی دیگر آنزیم‌ها بیوکاتالیزورهایی هستند که مصرف آن‌ها در صنعت پخت به عنوان یک افزودنی طبیعی در حال گسترش است. از آنزیم‌ها می‌توان جهت شکستن کربوهیدرات‌ها و پروتئین‌ها استفاده نمود. با توجه به کیفیت گندم‌های ایران، عمده‌ترین مشکل آرد کشور، پایین بودن میزان فعالیت آلفا آمیلازی آن باشد. اگر آردی دارای میزان فعالیت آلفا آمیلازی مناسبی باشد نسبت به حالتی که فعالیت آمیلازی کمتری دارد، از کیفیت مناسب‌تری برخوردار است و بیاتی آن نیز کمتر خواهد بود. چنانچه فعالیت آلفا آمیلاز در سطح بسیار پائینی باشد، نشاسته تجزیه نمی‌شود و نان حالت سفت و سخت پیدا می‌کند و سریعتر بیات می‌شود. بنابراین تنظیم فعالیت آلفا آمیلاز به خصوص در محصولات تخمیری و حجیم اهمیت بسیاری دارد تا نان حالت نرمی و تازگی خود را تا مدت زیادی حفظ کند. از دیگر آنزیم‌ها می‌توان به آنزیم زایلاناز که یک آنزیم هیدرولیز کننده است، اشاره نمود. این آنزیم به طور اختصاصی آرابینوزیلان را هیدرولیز می‌کند و به‌طور وسیعی در صنایع پخت مورد استفاده است [۷].

تغییر آرابینوگزیلان‌های غیرقابل استخراج به آرابینوزیلان‌ها استخراج شدنی تأثیر مثبتی روی عملکرد پخت محصول دارد [۸]. حین این تغییر شبکه‌های پروتئین - پنتوزها کم خواهد شد و آب باند شده رها می‌شوند و این آب در اختیار گلوتن در حال آبدگیری

قرار می‌گیرد و در نتیجه سبب نرمی خمیر می‌شود. شبکه جدید ایجاد شده بیشتر الاستیک بوده و قابلیت افزایش ظرفیت نگهداری آب را دارد. در همین راستا هاردت و همکاران (۲۰۱۴) تأثیر میزان آب و آنزیم زایلاناز بر رئولوژی خمیر آرد گندم را مورد مطالعه قرار دادند. افزودن زایلاناز باعث افزایش در مقاومت خمیر شد. هیدرولیز آرابینوگزیلان‌ها توسط زایلاناز می‌تواند آب رها شده را در اختیار گلوتن قرار دهد و این عمل میزان آب اضافی به خمیر را کاهش می‌دهد [۹].

از این‌رو با توجه به مطالب ذکر شده، هدف از انجام این تحقیق بررسی تأثیر استفاده از مخلوطی از آنزیم‌ها و امولسیفایرها بر خصوصیات کمی و کیفی به خصوص میزان بیاتی و ماندگاری دونات تخمیری بود تا بهترین فرمولاسیون ترکیبی برای نمونه‌های دونات تخمیری معرفی گردد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد

آرد گندم (آرد ستاره) مورد استفاده در تهیه نمونه‌های دونات تخمیری با ۱۲/۰ درصد رطوبت، ۱۱/۷ درصد پروتئین، ۰/۶۴ درصد خاکستر و ۲۶/۷ درصد گلوتن مرطوب؛ از کارخانه آرد قدس رضوی (مشهد، ایران) تهیه گردید. آرد گندم مورد نیاز برای انجام آزمایشات به صورت یکجا تهیه و در سردخانه با دمای ۴ درجه سلسیوس نگهداری گردید. امولسیفایرها از شرکت بلدم^۴ (ساخت کشور بلژیک)، آنزیم‌ها از شرکت DFM (ساخت کشور هلند)، مالتودکسترین از شرکت فرآوری فروکتوز ناب (البرز، ایران) و سایر مواد مورد نیاز در آزمایش‌ها شامل روغن سرخ کردنی (با نام تجاری اوایلا، تهران)، شیر خشک، نمک، شکر و تخم‌مرغ از یکی از فروشگاه معتبر خریداری گردید. کلیه مواد شیمیایی نیز از شرکت مرک^۵ آلمان تهیه

شد. مخمر مورد استفاده (ساکارومایسس سرویزیه) که به شکل پودر مخمر خشک فعال و به صورت بسته بندی وکیوم بود از شرکت خمیرمایه رضوی (مشهد، ایران) تهیه گردید. شایان ذکر است که با توجه به بازار هدف و مصرف کنندگان دونات که شامل کودکان، نوجوانان و افراد در سنین رشد می باشند، در فرمولاسیون به منظور تولید محصول سالم، از روغن های سرخ کردنی بدون ترانس و بدون کلسترول در حداقل دمای لازم برای سرخ شدن، استفاده شد. سایر ترکیبات و مواد مورد نیاز به منظور تهیه محصولات نیز از فروشگاه های لوازم قنادی خریداری شد.

۲-۲- روش ها

۲-۲-۱- تهیه دونات تخمیری و تیمارهای مورد بررسی

تهیه دونات به روش انتظاری و همکاران (۱۳۹۵) انجام شد. مواد اولیه دونات شامل ۵۵ درصد آرد گندم، ۵ درصد شکر، ۱۰ درصد تخم مرغ، ۵ درصد روغن، ۱/۵ درصد آب، ۳ درصد مخمر، ۰/۲ درصد وانیل، ۲/۸ درصد شیرخشک، ۰/۵ درصد نمک می باشد. در این پژوهش از مخلوط آنزیم های لیپاز، آلفا آمیلاز و زایلاناز استفاده گردید. برای این منظور مقدار ۱۰۰ گرم از هریک از آنزیم ها به همراه ۷۰۰ گرم مالتودکسترین به عنوان ماده پرکننده ترکیب شدند و در نهایت از این مخلوط در سطوح صفر، ۰/۱، ۰/۲ و ۰/۳ درصد (بر اساس وزن کل فرمولاسیون) به فرمولاسیون دونات شاهد اضافه گردید. در خصوص افزودنی دیگر نیز از هریک از امولسیفایرهای داتم، سیترم، سدیم استئاروئیل ۲- لاکتیلات و گلیسرول منو استئارات به نسبت ۲۵ درصد با هم ترکیب شدند و در نهایت از این مخلوط نیز در سطوح صفر، ۰/۱، ۰/۲ و ۰/۳ درصد (بر اساس وزن کل فرمولاسیون) به فرمولاسیون دونات شاهد افزوده شد. پس از تهیه خمیر، قالب زنی با قطر بیرونی ۸ سانتی متر و قطر داخلی ۳ سانتی متر انجام شد و به ضخامت ۱۵ میلی متر پهن گردید. خمیر قالب خورده در داخل سینی و به مدت ۴۵

۲-۲-۲- ارزیابی خصوصیات کمی و کیفی دونات

۲-۲-۲-۱- اندازه گیری رطوبت و روغن

به منظور اندازه گیری رطوبت و روغن نمونه های دونات تولیدی، از آز مون (AACC ۲۰۰۰) به ترتیب به شماره های ۱۶-۴۴ و ۱۰-۳۰ استفاده شد [۱۲].

۲-۲-۲-۲- اندازه گیری میزان حجم مخصوص

برای اندازه گیری حجم مخصوص نمونه های دونات تولیدی، از روش جایگزینی حجم با دانه کلزا^۶ مطابق با استاندارد AACC شماره ۱۰-۱۷۲ استفاده شد. برای این منظور قطعه مکعب شکل به ابعاد ۲۵ میلی متر با استفاده از یک چاقوی اره ای از هر نمونه جدا و توزین گردید و سپس درون یک سیلندر با حجم مشخص از دانه کلزا قرار گرفت

$$P = \frac{1000 \times N \times V}{W} \quad \text{رابطه ۱:}$$

که در این رابطه V میزان حجم هیپوسولفیت سدیم (برحسب میلی لیتر)، N نرمالیه محلول هیپوسولفیت سدیم و W وزن چربی بر حسب گرم و P عدد پراکسید بر حسب میلی اکی والان اکسیژن در کیلوگرم چربی است.

۲-۲-۲-۶- ارزیابی خصوصیات حسی

به منظور ارزیابی ویژگی های حسی مانند فرم و شکل، پوکی و تخلخل، سفتی و نرمی بافت و بو، طعم و مزه که به ترتیب دارای ضریب رتبه ۴، ۲، ۳ و ۵ بودند، از روش هدونیک ۵ نقطه ای (۱: بسیار نامطلوب، ۲: نامطلوب و ... ۵: بسیار مطلوب) استفاده شد. هریک از نمونه های دونات را ۱۰ داور طی بازه زمانی ۲ ساعت پس از پخت ارزیابی کردند. میزان پذیرش کلی نمونه های تولیدی با استفاده از رابطه ۲؛ گزارش گردید.

$$Q = \frac{\sum(P \times G)}{\sum P} \quad \text{رابطه ۲:}$$

که در آن: Q = پذیرش کلی، P = ضریب رتبه صفات و G = ضریب ارزیابی صفات است.

۲-۲-۳- طرح آماری و روش آنالیز نتایج

نتایج بدست آمده از این پژوهش با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۱۶ مورد ارزیابی قرار گرفت. بدین منظور از یک طرح از یک طرح کاملاً تصادفی با آرایش فاکتوریل دو عامله که عامل اول سطوح مختلف مخلوط حاوی آنزیم های لیپاز، آلفا آمیلاز و زایلاناز (صفر، ۰/۱، ۰/۲، و ۰/۳ در صد) و عامل دوم سطوح مورد استفاده از مخلوط حاوی امولسیفایرهای داتم، سیترم، سدیم استئاروئیل ۲- لاکتیلات و گلیسرول منو استئارات (صفر، ۰/۱، ۰/۲، و ۰/۳ در صد) بود، استفاده گردید. نمونه ها در سه تکرار تهیه شد و میانگین ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح معنی داری ۵ درصد ($P < 0.05$) مورد مقایسه قرار گرفتند. در انتها برای رسم نمودارها از نرم افزار Excel استفاده شد.

و افزایش حجم یادداشت شد. در انتها از تقسیم حجم به وزن نمونه ها میزان حجم مخصوص گزارش گردید [۱۲].

۲-۲-۳- اندازه گیری میزان تخلخل و رنگ پوسته

ارزیابی میزان تخلخل و رنگ پوسته دونات، با استفاده از تکنیک پردازش تصویر انجام شد. در ابتدا به منظور ارزیابی میزان تخلخل یک قطعه نمونه به طول ۲۵ میلی متر توسط یک چاقوی اره ای جدا گردید و از هر دو مقطع آن با استفاده از اسکنر (مدل: HP Scanjet G3010) با وضوح ۶۰۰ پیکسل تصاویر تهیه و در اختیار نرم افزار Image J قرار داده شد و با محاسبه نسبت نقاط روشن به تاریک، میزان تخلخل نمونه ها برآورد گردید. در نهایت میانگین تخلخل محاسبه شده برای هر سه مقطع نمونه به عنوان عدد نهایی تخلخل گزارش شد [۱۳]. در ادامه به منظور تعیین سه شاخص L^* ، a^* و b^* ، از هر دو پوسته بالای و پائینی تصاویری با استفاده از اسکنر تهیه و در بخش Plugins نرم افزار فضای LAB فعال و شاخص های فوق محاسبه شد و میانگین اعداد به دست آمده برای دو پوسته به عنوان مؤلفه های رنگ گزارش گردید [۱۴].

۲-۲-۲-۴- آزمون ارزیابی بافت

سفتی بافت دونات در فاصله های زمانی دو ساعت و هفت روز پس از تولید، با استفاده از دستگاه بافت سنج (مدل XT plus، ساخت کشور انگلستان) ارزیابی شد. حداکثر نیروی مورد نیاز برای نفوذ یک پروب استوانه ای با انتهای صاف (۲ سانتی متر قطر در ۲/۳ سانتی متر ارتفاع) با سرعت ۳۰ میلی متر در دقیقه در نمونه، به عنوان شاخص سفتی^۷ محاسبه گردید.

۲-۲-۲-۵- اندازه گیری عدد پراکسید

جهت اندازه گیری عدد پراکسید روغن استخراج شده از نمونه های دونات تولیدی از استاندارد ملی ایران به شماره ۳۷ استفاده شد [۱۵] و محاسبه عدد پراکسید روغن استخراج شده بر اساس رابطه ۱ انجام گردید:

۳- نتایج و بحث

۳-۱- ارزیابی خصوصیات کمی و کیفی دونات

تخمیری

۱-۳-۱- رطوبت

در شکل ۱ تأثیر افزودن سطوح مورد استفاده از مخلوط حاوی آنزیم‌های لیپاز، آلفا آمیلاز و زایلاناز (صفر، ۰/۱، ۰/۲ و ۰/۳ درصد) و همچنین سطوح مورد استفاده از

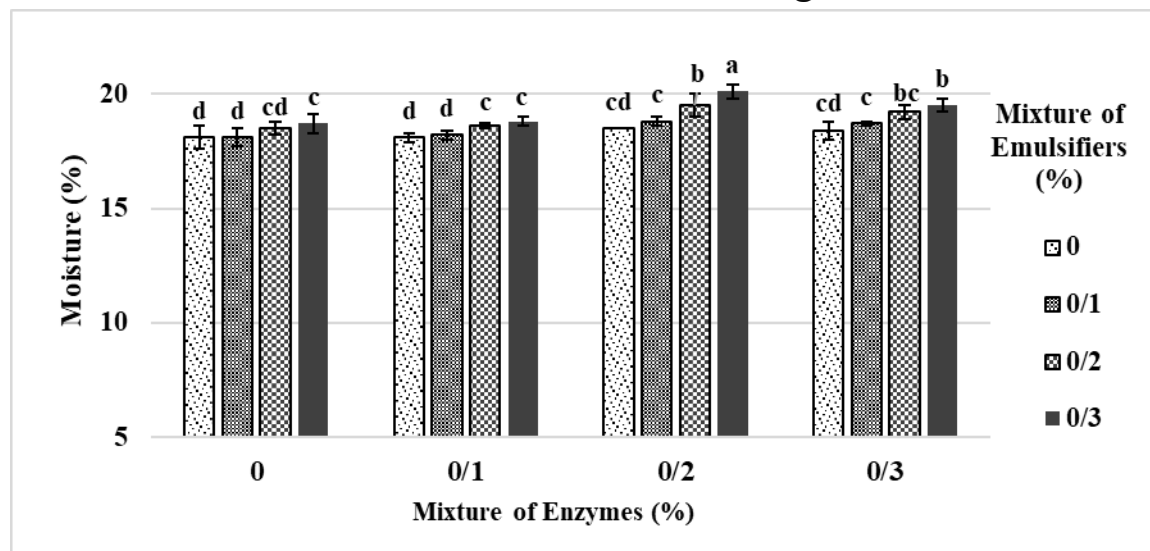


Fig 1. The effect of adding different levels of enzyme and emulsifier mixtures on the moisture content of doughnut

(Means with different letters differ significantly in $P < 0.05$)

آمیلاز و زایلاناز تا سطح ۰/۲ درصد افزایش می‌یابد. به نظر می‌رسد با افزایش میزان مخلوط آنزیمی از سطح ۰/۲ درصد به سطح ۰/۳ درصد میزان تخریب نشاسته و ساختار محصول افزایش یافته و توانایی نگهداری رطوبت در محصول کاهش می‌یابد. در این خصوص صادقیان مطهر و همکاران (۲۰۲۱)، بهبود کیفیت نان بدون گلوتن توسط ترکیب آلفا-آمیلاز اسیدی مقاوم به حرارت (در محدوده غلظتی ۱۶ پی‌پی‌ام) را مورد بررسی قرار داده و بیان داشتند رطوبت محصول با استفاده از آنزیم مذکور افزایش می‌یابد [۱۸]. دهقان تنها و کریمی (۱۳۹۵) کاربرد صمغ اسفزه و آنزیم آلفا آمیلاز قارچی (در سطوح صفر، ۰/۰۱ و ۰/۰۲ درصد) روی خصوصیات فیزیکوشیمیایی و حسی دونات را مورد بررسی قرار داده و بیان داشتند با افزودن آلفا آمیلاز میزان رطوبت محصول نهایی افزایش می‌یابد. ایشان در این

در خصوص افزایش میزان رطوبت محصول حاوی امولسیفایر داتم، زمردی و فرامرزی (۱۳۹۹) با بررسی تأثیر پودر دانه کتان و امولسیفایر داتم بر ویژگی‌های کیفی و حسی دونات بیان داشتند با افزایش میزان امولسیفایر داتم در فرمولاسیون محصول میزان رطوبت افزایش یافت. ایشان علت این موضوع را به قابلیت امولسیفایرها در جذب آب و کمک به حفظ رطوبت محصول نسبت دادند [۱۶]. همچنین یانگ (۲۰۱۴) بیان داشت امولسیفایر بر پایه سیترم از توانایی لازم در خصوص پخش یکنواخت رطوبت در محصولات صنایع پخت برخوردار بوده و بنابراین رطوبت هنگام انبساط و بخار شدن قابلیت کنترل بیشتری خواهد داشت [۱۷]. از سوی دیگر نتایج نشان داد میزان رطوبت محصول با استفاده از مخلوط حاوی آنزیم‌های لیپاز، آلفا

داده و بیان داشتند با افزودن آنزیم زایلاناز میزان جذب آب آرد افزایش می‌یابد [۲۱].

۲-۱-۳- روغن

تأثیر افزودن سطوح مورد استفاده از مخلوط حاوی آنزیم‌های لیپاز، آلفا آمیلاز و زایلاناز و امولسیفایرهای داتم، سیترم، سدیم استئاروئیل ۲- لاکتیلات و گلیسرول منو استئارات بر میزان روغن دونات تخمیری، نشان داد که نمونه حاوی ترکیبی از ۰/۲ درصد مخلوط آنزیمی و ۰/۳ درصد مخلوط امولسیفایری از کمترین میزان روغن برخوردار بود ($P < 0.05$) (شکل ۲).

خصوص بیان داشتند حضور آنزیم آلفا آمیلاز در فرمولاسیون خمیر می‌تواند سبب افزایش میزان نشاسته آسیب‌دیده در آرد گندم گردد که این امر تأثیر مثبت بر میزان جذب آب خمیر و بالطبع رطوبت محصول نهایی دارد [۱۹]. همچنین رجب‌زاده (۱۳۸۹) عنوان داشت گرانول‌های نشاسته سالم در دمای ۳۰ درجه سلسیوس به اندازه ۳۰ درصد وزن خود، آب جذب می‌کنند درحالی‌که نشاسته آسیب‌دیده ۳۰۰ درصد و گاهی بیشتر جذب آب دارد [۲۰]. همچنین میرزایی تاش و همکاران (۱۴۰۱) بررسی اثرات افزودن آنزیم‌های گلوکز اکسیداز، آلفا آمیلاز، ترانس گلو تامیناز و زایلاناز بر خواص رئولوژیکی آرد نان بربری و لواش به روش سطح پاسخ را مورد بررسی قرار

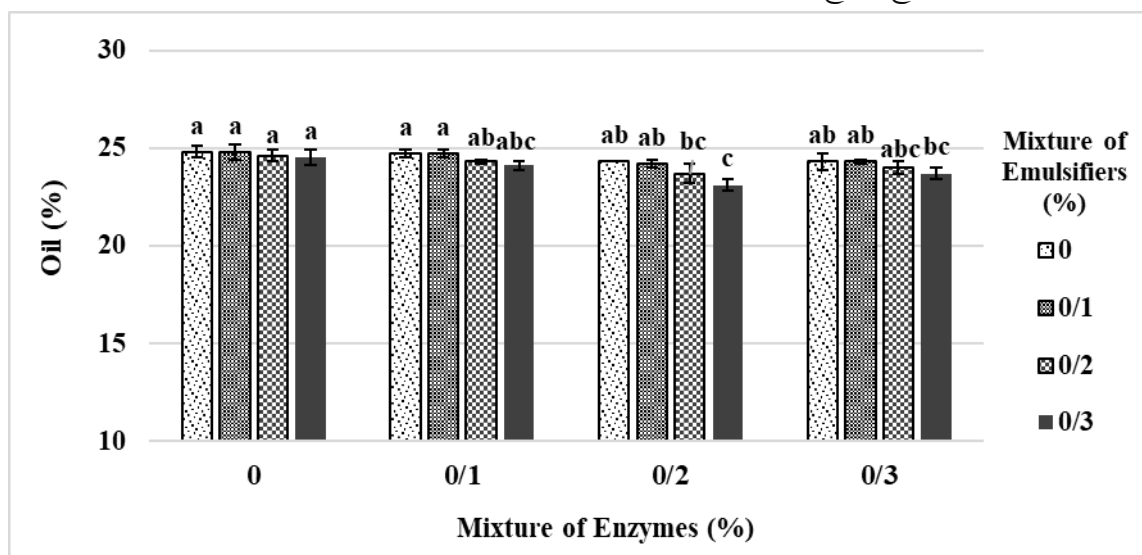


Fig 2. The effect of adding different levels of enzyme and emulsifier mixtures on the oil of doughnut (Means with different letters differ significantly in $P < 0.05$)

فوق اشاره در بخش ارزیابی رطوبت محصول توضیحات تکمیلی ارائه شده است.

۳-۱-۳- اندیس پراکسید

همانگونه که مشاهده می‌شود نمونه حاوی ترکیبی از ۰/۲ درصد مخلوط آنزیمی و ۰/۳ درصد مخلوط امولسیفایری از کمترین میزان پراکسید برخوردار بود ($P < 0.05$) (شکل ۳). در این راستا باید توجه نمود که براساس استاندارد ملی ایران به شماره ۱۶۹۸۰ میزان پراکسید برای دونات حداکثر ۳ میلی‌اکی‌والان در کیلوگرم می‌باشد که با توجه به نتایج، میزان پراکسید تمامی نمونه‌های دونات تولیدی در محدوده

طی فرآیند سرخ کردن در اثر تبخیر رطوبت موجود از محصول خارج شده و مولکول‌های روغن جایگزین مولکول‌های آب می‌شود و به همین دلیل با کاهش رطوبت میزان روغن جذب شده افزایش می‌یابد [۲۲ و ۲۳]. در خصوص کاهش میزان روغن محصول حاوی مخلوط آنزیمی و امولسیفایری به نظر می‌رسد ترکیبات مذکور از طریق افزایش میزان رطوبت محصول نهایی، باعث کاهش میزان محتوای روغن می‌شوند. در خصوص افزایش میزان رطوبت محصولات صنایع پخت با استفاده از افزودنی‌های

عدد پراکسید کمتر باشد. همانگونه که مشاهده می‌شود نمونه حاوی ترکیبی از ۰/۲ درصد مخلوط آنزیمی و ۰/۳ درصد مخلوط امولسیفایری از کمترین میزان پراکسید برخوردار بود ($P < 0.05$). در این راستا به نظر می‌رسد در نمونه حاوی ترکیبی از ۰/۲ درصد مخلوط آنزیمی و ۰/۳ درصد مخلوط امولسیفایری به دلیل اینکه روغن جذب‌شده توسط محصول کمتر می‌باشد و از طرفی با توجه به وجود رطوبت بالاتر محصول احتمالاً دمای مغز محصول دیرتر افزایش می‌یابد که این عوامل مانع از افزایش میزان عدد پراکسید می‌شوند.

مجاز استاندارد قرار دارد [۲۴]. اندیس پراکسید بالاتر از ۶ میلی‌اکی‌والان بر کیلوگرم در محصول، نشان دهنده رانسید شدن محصول و غیرقابل مصرف بودن آن است. بنابراین پرواضح است که کنترل و کاهش این پارامتر از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد. از عوامل افزایش اندیس پراکسید می‌توان به حرارت، غیراشباع بودن، آلودگی ماده چرب با ماده چرب تند شده و وجود هوا اشاره نمود. لذا با توجه به نتایج بخش‌های ارزیابی رطوبت و میزان روغن جذب‌شده در دونات این انتظار وجود داشت در هر نمونه‌ای که میزان روغن کمتری جذب شده باشد، میزان

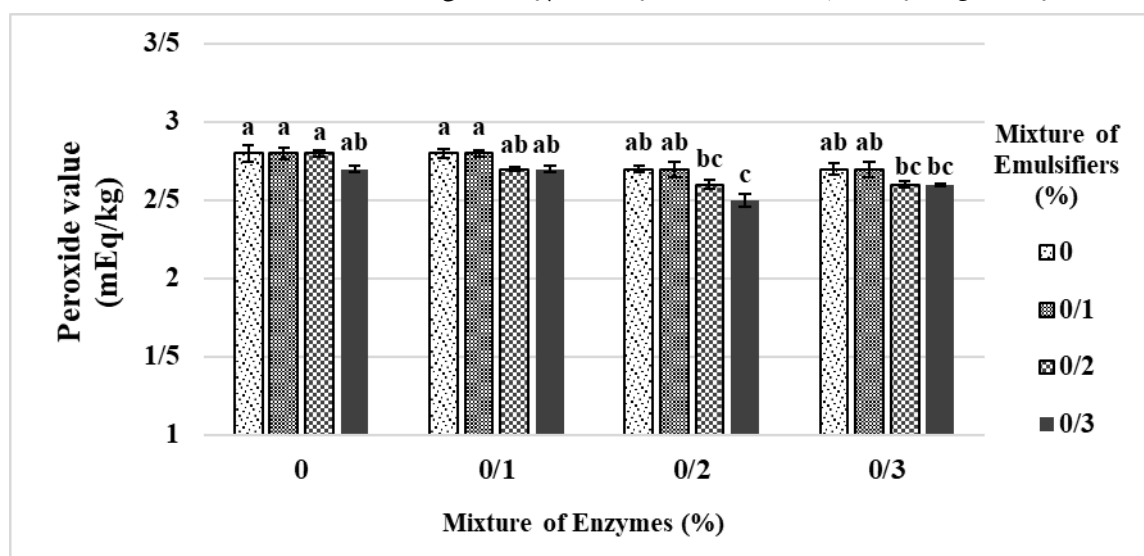


Fig 3. The effect of adding different levels of enzyme and emulsifier mixtures on peroxide value of doughnut
(Means with different letters differ significantly in $P < 0.05$)

میزان حجم مخصوص و تخلخل دونات تخمیری در جدول ۱ ملاحظه می‌گردد. همانگونه که مشاهده می‌شود نمونه حاوی ترکیبی از ۰/۲ درصد مخلوط آنزیمی و ۰/۳ درصد مخلوط امولسیفایری از بیشترین میزان حجم مخصوص و تخلخل برخوردار بود ($P < 0.05$).

۴-۱-۳- حجم مخصوص و تخلخل

تأثیر افزودن سطوح مورد استفاده از مخلوط حاوی آنزیم‌های لیپاز، آلفا آمیلاز و زایلاناز و همچنین سطوح مورد استفاده از مخلوط حاوی امولسیفایرهای داتم، سیترم، سدیم استئاروئیل ۲- لاکتیلات و گلیسرول منو استئارات بر

Table 1. The effect of adding different levels of enzyme and emulsifier mixtures on specific volume and porosity of doughnut

Mixture of Enzymes (%)	Mixture of Emulsifiers (%)	Specific volume (ml/g)	Porosity (%)
0	0	3.0±0.10 ^b	16.7±0.2 ^c
	0.1	3.0±0.06 ^b	16.7±0.2 ^c
	0.2	3.2±0.04 ^{ab}	16.8±0.0 ^c
	0.3	3.2±0.05 ^{ab}	16.8±0.2 ^c
0.1	0	3.0±0.03 ^b	16.8±0.2 ^c
	0.1	3.0±0.04 ^b	16.9±0.2 ^c
	0.2	3.2±0.06 ^{ab}	16.9±0.1 ^c
	0.3	3.3±0.07 ^{ab}	17.1±0.2 ^c
0.2	0	3.2±0.05 ^{ab}	17.5±0.0 ^{bc}
	0.1	3.2±0.06 ^{ab}	17.7±0.2 ^{abc}
	0.2	3.3±0.04 ^{ab}	18.0±0.3 ^{ab}
	0.3	3.5±0.08 ^a	18.4±0.3 ^a
0.3	0	3.2±0.02 ^{ab}	17.4±0.4 ^{bc}
	0.1	3.3±0.05 ^{ab}	17.5±0.1 ^{bc}
	0.2	3.3±0.04 ^{ab}	17.7±0.3 ^{abc}
	0.3	3.2±0.06 ^{ab}	18.0±0.3 ^{ab}

Data is in the form of average ± Standard deviation.

Different letters in each column have significant difference in $p<0/05$ statically.

در این خصوص بروکر (۲۰۰۳) بیان داشتند افزودن امولسیفایرها به محصولات صنایع پخت موجب توزیع یکنواخت تر حباب های هوا، بهبود حجم و بافت محصول نهایی و به تأخیر انداختن بیاتی می گردد [۲۵]. در همین راستا زمردی و فرامرزی (۱۳۹۹) با بررسی تأثیر پودر دانه کتان و امولسیفایر داتم بر ویژگی های کیفی و حسی دونات بیان داشتند با افزایش میزان امولسیفایر داتم در فرمولاسیون محصول میزان حجم مخصوص افزایش یافت. ایشان در این خصوص عنوان داشتند امولسیفایر داتم باعث توزیع مناسب ذرات هوا در خمیر کیک شده که به دنبال آن ویسکوزیته خمیر افزایش یافته و این امر به ایجاد حجم و بافت بهتر در محصول نهایی منجر می شود [۱۶]. همچنین یانگ (۲۰۱۴) بیان داشت امولسیفایر بر پایه سیترم می تواند باعث کاهش کشش بین سطحی شود. از این رو، آب درون سیستم همچنان به بخار تبدیل می شود، اما «منفجر» نمی شود زیرا می تواند تحت شرایط بسیار کنترل شده تری خارج شود [۱۷].

همچنین نتایج نشان داد با افزایش میزان مخلوط آنزیمی از سطح ۰/۲ درصد به سطح ۰/۳ درصد به علت افزایش میزان تخریب نشاسته، توانایی نگهداری و حفظ حباب های هوا در محصول و در نهایت میزان حجم مخصوص و تخلخل کاهش می یابد. در این خصوص صادقان مطهر و همکاران (۲۰۲۱)، بهبود کیفیت نان بدون گلو تن توسط توسط آلفا-آمیلاز اسیدی مقاوم به حرارت را مورد بررسی قرار داده و بیان داشتند حجم مخصوص محصول با استفاده از آنزیم مذکور افزایش می یابد. ایشان علت این امر را به دو موضوع ارتباط دادند. اول اینکه با حضور آنزیم آلفا آمیلاز تشکیل قندهای احیا کننده بیشتر شده و مصرف قندهای مذکور توسط میکروارگانیسم ها هنگام تخمیر افزایش می یابد که به دنبال آن تولید گاز بیشتر می گردد. در ثانی فعالیت آلفا آمیلاز باعث کاهش ویسکوزیته خمیر در زمان ژلاتیناسیون نشاسته شده که روند ورم آمدن خمیر در فر را طولانی تر می کند [۱۸].

روشیا و همکاران (۲۰۱۲) نیز عملکرد آنزیم های مختلف بر خواص خمیر گندم-سویا و کیفیت نان را مورد مطالعه قرار داده و به این نتیجه دست یافتند که بیشترین میزان حجم مخصوص زمانی بدست آمد که غلظت آنزیم زایلاناز ۰/۱۲ درصد بود. ایشان در این خصوص بیان داشتند احتمالاً تحت تأثیر این آنزیم بر جذب آب، افزایش ویسکوزیته خمیر، توزیع مجدد آب پیوند یافته بر روی اجزای آرد مانند گلو تن و در نتیجه بر خواص ویسکوالاستیک خمیر، حجم مخصوص افزایش یافته است [۲۶].

در خصوص تأثیر حضور آنزیم لیپاز بر روی میزان حجم مخصوص نیز مطالعاتی صورت گرفته است. در این راستا پاشایی و همکاران (۲۰۲۵) در پژوهشی به نقش آنزیم ها در محصولات نانویی بدون گلو تن پرداخته و بیان داشتند تغییر قطبیت لیپیدها توسط لیپاز، پایداری دیواره سلولی گازها را افزایش داده که این امر منجر به افزایش پایداری محصولات نانویی می شود. ایشان همچنین عنوان داشتند لیپازها جایگزین های مناسبی برای امولسیفایرها در محصولات نانویی بدون گلو تن هستند، زیرا با بهبود تخلخل، سختی را کاهش می دهند و در عین حال حجم نان را نیز افزایش می دهند [۲۷].

۵-۱-۳- رنگ پوسته

همان گونه که در جدول ۲ مشاهده می گردد، نمونه حاوی ترکیبی از صفر درصد مخلوط آنزیمی و ۰/۳ درصد مخلوط امولسیفایری از بیشترین میزان مؤلفه L^* برخوردار بود ($P < 0/05$). همچنین بیشترین میزان مؤلفه a^* در نمونه حاوی ترکیبی از ۰/۳ درصد مخلوط آنزیمی و صفر درصد مخلوط امولسیفایری مشاهده گردید و در نهایت افزودن ترکیبات فوق الاشاره تأثیر معنی داری بر میزان مؤلفه b^* دونات تخمیری نداشتند ($P < 0/05$).

Table 2. The effect of adding different levels of enzyme and emulsifier mixtures on crust color values of doughnut

Mixture of Enzymes (%)	Mixture of Emulsifiers (%)	Crust color values (-)		
		L*	a*	b* ^{ns}
0	0	46.2±0.5 ^{bc}	14.9±0.2 ^{bc}	21.4±0.3
	0.1	46.1±0.4 ^{bc}	14.8±0.3 ^{bc}	21.3±0.2
	0.2	47.3±0.5 ^b	14.8±0.2 ^{bc}	21.5±0.0
	0.3	49.8±0.6 ^a	14.3±0.1 ^d	21.3±0.3
0.1	0	46.0±0.5 ^{bc}	15.0±0.2 ^{bc}	21.4±0.1
	0.1	46.2±0.4 ^{bc}	14.9±0.2 ^{bc}	21.5±0.5
	0.2	47.3±0.7 ^b	14.9±0.1 ^{bc}	21.5±0.3
	0.3	47.0±0.2 ^b	14.6±0.2 ^{dcd}	21.5±0.4
0.2	0	44.1±0.0 ^{bcd}	15.6±0.2 ^{ab}	21.5±0.2
	0.1	44.2±0.7 ^{bcd}	15.5±0.0 ^{ab}	21.4±0.4
	0.2	45.3±0.6 ^{bcd}	15.3±0.0 ^{abc}	21.3±0.2
	0.3	45.4±0.5 ^{bcd}	15.0±0.3 ^{bc}	21.5±0.0
0.3	0	42.2±0.4 ^d	16.2±0.3 ^a	21.6±0.5
	0.1	43.7±0.5 ^{cd}	15.8±0.2 ^{ab}	21.3±0.4
	0.2	43.7±0.3 ^{cd}	15.7±0.1 ^{ab}	21.5±0.5
	0.3	44.1±0.3 ^{cd}	15.6±0.3 ^{ab}	21.4±0.3

Data is in the form of average ± Standard deviation.

Different letters in each column have significant difference in $p < 0.05$ statically.

ns: No significantly difference in $p < 0.05$

a* در اثر استفاده از امولسیفایر داتم را در ارتباط با قابلیت

هموژنیزه کردن و ایجاد قطرات بسیار ریز امولسیون دانستند که سبب سفیدکنندگی خمیر می شود [۲۸]. در خصوص افزایش میزان مؤلفه a* محصول در حضور مخلوط آنزیم های مورد استفاده مطالعاتی انجام شده است. در همین راستا صادقیان مطهر و همکاران (۲۰۲۱)، بهبود کیفیت نان بدون گلوتن توسط توسط آلفا آمیلاز اسیدی مقاوم به حرارت را مورد بررسی قرار داده و بیان داشتند میزان مؤلفه a* محصول با استفاده از آنزیم مذکور افزایش می یابد. ایشان علت این امر را به تولید بیشتر قندهای احیاء کننده و تشدید واکنش میلارد نسبت دادند [۱۸].

۶-۱-۳- سفتی بافت

در جدول ۳ تأثیر افزودن سطوح مورد استفاده از مخلوط آنزیم ها و امولسیفایرها بر میزان سفتی بافت دونات تخمیری طی دو بازه زمانی دو ساعت و هفت روز پس از پخت ملاحظه می گردد. همانگونه که مشاهده می شود نمونه حاوی ترکیبی از ۰/۲ در صد مخلوط آنزیمی و ۰/۳ در صد

به نظر می رسد استفاده از آنزیم های مذکور باعث شکسته شدن ترکیبات نشاسته ای و تری گلیسریدها و تبدیل آن ها به ترکیبات قندی و لیپیدی ساده تر می شوند که این امر منجر به تشدید واکنش میلارد می گردد. اما از طرفی استفاده از مخلوط حاوی امولسیفایر های مورد استفاده، به دلیل اینکه باعث باعث خروج آهسته تر رطوبت از سطح دونات طی فرآیند سرخ کردن شده، در نتیجه محصول دارای سطحی یکنواخت تر می باشد که این امر منجر به روشنایی سطح آن نسبت به محصول فاقد رومال گردید.

در خصوص افزایش میزان مؤلفه L* محصول حاوی امولسیفایر داتم زمردی و فرامرزی (۱۳۹۹) با بررسی تأثیر پودر دانه کتان و امولسیفایر داتم بر ویژگی های کیفی و حسی دونات بیان داشتند با افزایش میزان امولسیفایر داتم در فرمولاسیون محصول میزان مؤلفه L* محصول افزایش یافت. ایشان علت این موضوع را به به قابلیت این ترکیبات را به حفظ رطوبت و خروج آهسته تر آن از محصول مرتبط دانستند [۱۶]. همچنین کیم و والکر (۱۹۹۲) کاهش مؤلفه

مخلوط امولسیفایری از کمترین میزان سفتی بافت در هر دو

بازه زمانی برخوردار بود ($P < 0.05$).

Table 3. The effect of adding different levels of enzyme and emulsifier mixtures on firmness of fermented doughnut during storage

Mixture of Enzymes (%)	Mixture of Emulsifiers (%)	Firmness (N)	
		2h after baking	7 days after baking
0	0	21.4±0.5 ^a	30.3±0.3 ^a
	0.1	21.3±0.4 ^a	30.0±0.0 ^a
	0.2	20.4±0.5 ^{ab}	28.8±0.2 ^{ab}
	0.3	19.7±0.2 ^{ab}	26.4±0.4 ^{bc}
0.1	0	21.1±0.3 ^a	30.0±0.2 ^a
	0.1	21.7±0.3 ^a	28.9±0.2 ^{ab}
	0.2	18.9±0.2 ^b	27.8±0.0 ^b
	0.3	17.3±0.2 ^{bc}	26.0±0.5 ^{bc}
0.2	0	19.9±0.1 ^{ab}	29.4±0.3 ^{ab}
	0.1	19.4±0.0 ^{ab}	28.3±0.0 ^b
	0.2	17.1±0.3 ^{bc}	26.5±0.1 ^{bc}
	0.3	15.4±0.2 ^c	24.2±0.0 ^c
0.3	0	20.1±0.2 ^{ab}	29.1±0.1 ^{ab}
	0.1	19.8±0.4 ^{ab}	28.7±0.5 ^{ab}
	0.2	18.4±0.3 ^b	27.5±0.2 ^b
	0.3	17.5±0.1 ^{bc}	25.9±0.3 ^{bc}

Data is in the form of average ± Standard deviation.

Different letters in each column have significant difference in $p < 0.05$ statically.

منجر به کاهش میزان سفتی بافت محصول نهایی می شود.

همانگونه که مشاهده می شود نمونه حاوی ترکیبی از ۰/۲ در صد مخلوط آنزیمی و ۰/۳ در صد مخلوط امولسیفایری از کمترین میزان سفتی بافت برخوردار بود ($P < 0.05$). در همین راستا دمیرکسن و همکاران (۲۰۱۰) اثر صمغ های گوار، گزانتان، دانه ی لوکاست، هیدروکسی پروپیل متیل سلولز، پکتین، گزانتان-گوار، دانه لوکاست- گزانتان و امولسیفایر داتم را بر خصوصیات رئولوژیکی نان بدون گلو تن بر پایه ی آرد برنج مورد ارزیابی قرار دادند. بر اساس نتایج این پژوهش، کمترین میزان سفتی مغز نان در نمونه های حاوی صمغ و امولسیفایر داتم مشاهده شد. ایشان در این خصوص بیان داشتند ترکیبات مذکور با افزایش میزان رطوبت و همچنین افزایش قابلیت نگهداری گازهای تولیدی حین تخمیر در محصول باعث کاهش میزان سفتی بافت می شوند [۳۱]. همچنین یانگ (۲۰۱۴) بیان داشت مطالعات مقایسه ای با استفاده از هر سه نوع مونوگلیسیرید تجاری برای نانوائی ها (مونوگلیسیریدها و

به طور کل توجه به عدم کاهش رطوبت به خصوص در طی مدت زمان نگهداری در حفظ تازگی بافت محصولات نانوائی نقش حیاتی دارد. همچنین باید گفت وقوع پدیده بیاتی در فرآورده های نانوائی مانند نان و دونات تخمیری در ارتباط با میزان رطوبت و عملکرد میزان آب موجود در مغز این محصولات می باشد [۲۹]. افزون بر این، با توجه به این که افزایش میزان آب در دسترس نشاسته، افزایش احتمال کریستالیزاسیون آن را به همراه دارد، لذا تمایل قابل توجه ترکیبات جاذب الرطوبه به جذب آب و قابلیت بالای آنها در نگهداری آب باعث می گردد که آب کمتری در دسترس نشاسته قرار گیرد و در نتیجه نشاسته کمتری متورم، ژلاتینه و در طی زمان نگهداری مجدداً کریستاله گردد که این فرآیند در نهایت کاهش سفتی و به تأخیر افتادن بیاتی محصول را به دنبال دارد [۳۰]. در تحقیق حاضر با توجه به بخش ارزیابی رطوبت و حجم مخصوص دونات تخمیری، محرز بود افزودن ترکیبات فوق اشاره

است. به نظر می‌رسد اثر لیپاز بر کاهش سفتی به دلیل اثر آن بر کاهش رتروگراسیون نشاسته از طریق هیدرولیز دی و تری گلیسیریدها به مونوگلیسیریدها است که تأثیر ضد بیاتی دارند، می‌باشد [۳۳]. پاشایی و همکاران (۲۰۲۵) نیز در این خصوص بیان داشتند لیپازها جایگزین‌های مناسبی برای امولسیفایرها در محصولات نانویی بدون گلوتن هستند، زیرا با بهبود تخلخل، سفتی را کاهش می‌دهند و در عین حال حجم نان را افزایش می‌دهند [۲۷].

۷-۱-۳- خصوصیات حسی

همانگونه که نتایج نشان می‌دهد (شکل ۴) نمونه حاوی ترکیبی از ۰/۲ درصد مخلوط آنزیمی و ۰/۳ درصد مخلوط امولسیفایری از بیشترین میزان امتیاز پذیرش کلی برخوردار بود ($P < 0.05$).

دی‌گلیسیریدهای پلاستیکی، مونوگلیسیریدهای سخت هیدراته و مونوگلیسیریدهای تقطیر شده نرم) نشان داده است که بر اساس مقدار مساوی α مونوگلیسیرید، هر سه شکل به طور یکسان در به تأخیر انداختن سفتی مغز نان مؤثر هستند [۱۷].

داهیا و همکاران (۲۰۲۰) نیز در مطالعه‌ای به بررسی پتانسیل بیوتکنولوژیکی آنزیم‌های متنوع در تولید نان پرداخته و بیان داشتند با تبدیل همی‌سلولزهای نامحلول در آب به اشکال محلول، زیلاناز خواص رئولوژیکی خمیر را تغییر، سفتی را کاهش و حجم مخصوص را افزایش می‌دهد، که این امر کیفیت خمیر و نان بدون گلوتن را بهبود می‌بخشد و بیاتی را کاهش می‌دهد و خواص تغذیه‌ای و حسی را افزایش می‌دهد [۳۲]. در خصوص تأثیر حضور آنزیم لیپاز بر روی میزان سفتی بافت نیز مطالعاتی صورت گرفته

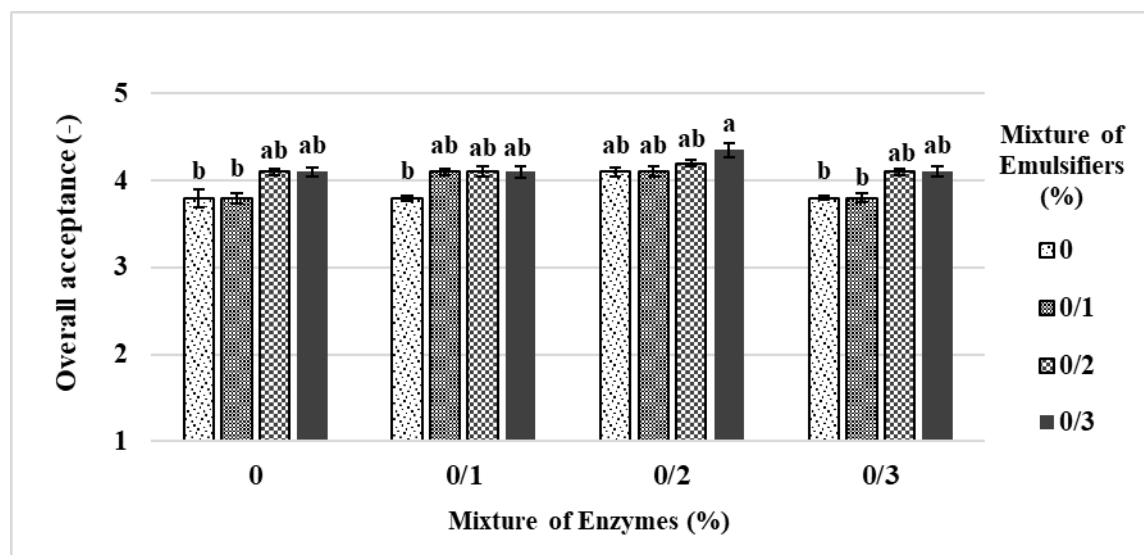


Fig 4. The effect of adding different levels of enzyme and emulsifier mixtures on overall acceptance of doughnut
(Means with different letters differ significantly in $P < 0.05$)

دریافت نکرد، ژلاتیناسیون نشاسته به تعویق می‌افتد و در نتیجه رطوبت در این قسمت بالاتر از سطح است که باعث می‌شود که در طول ذخیره سازی، رطوبت به بخش سرخ شده مهاجرت کند و تدریجاً سطح را از بین ببرد [۳۴]. بنابراین پر واضح است با توجه به مطالب ذکر شده و همچنین حفظ رطوبت در بافت، داشتن سطحی صاف به همراه بافتی با حجم و تخلخل مطلوب در نظر مصرف

دونات دارای دو بخش داخلی و خارجی است. بخش خارجی که در سطح قرار دارد سرخ شده و مستقیماً در تماس با روغن قرار می‌گیرد. این قسمت بیشترین دفع رطوبت و بیشترین جذب روغن را دارد و در حالت ایده آل رنگ قهوه‌ای طلایی و ساختار ترد دارد. بخش داخلی مشابه کیک است و اگر در طول سرخ کردن حرارت کافی

توسعه بازار داخلی و صادرات این میان‌وعده پرفرودار و نسبتاً ارزان قیمت، می‌توان میزان ضایعات و برگشت کالا را کاهش داد.

دست‌رسی به داده‌ها

در صورت نیاز به داده‌هایی که از یافته‌های این مطالعه پشتیبانی می‌کنند، با نویسنده مسئول مقاله مکاتبه گردد.

تضاد منافع

نویسندگان اعلام می‌کنند که هیچ‌گونه تعارض منافع ندارد.

بیانیه تامین مالی

این پژوهش با حمایت بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان رضوی و شرکت صنایع غذایی رضوی انجام شده است.

مشارکت نویسندگان

روش‌شناسی: مهدی قیافه داودی، مهدی کریمی و علیرضا رحمانیان؛ نگارش - پیش‌نویس اولیه: مهدی قیافه داودی و فریبا نقی‌پور؛ تجزیه و تحلیل داده‌ها: فریبا نقی‌پور؛ نگارش - بازنگری و ویرایش: مهدی قیافه داودی.

بیانیه هوش مصنوعی

حدود ۲۰ تا ۳۵ درصد احتمال دخالت هوش مصنوعی در فرایند نگارش و ویرایش متن (کم تا متوسط)

کننده و داوران چشایی از اهمیت بسزایی برخوردار باشد و نمونه با این خصوصیات کمی و کیفی مطلوب، امتیاز بالایی در ارزیابی حسی نیز کسب نماید.

۴- نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج مشخص گردید که استفاده از مخلوطی از آنزیم‌ها و امولسیفایر در فرمولاسیون دونات تخمیری سبب افزایش میزان رطوبت، حجم مخصوص، تخلخل و کاهش در میزان پارامترهای سفتی بافت (در هر دو بازه زمانی دو ساعت و ۷ روز پس از پخت)، جذب روغن و پراکسید محصول شد. اما از طرفی نتایج نشان داد استفاده از مخلوط حاوی امولسیفایرهای مورد استفاده باعث افزایش میزان مؤلفه L^* و کاهش در میزان مؤلفه a^* پوسسته می‌گردد، در حالیکه استفاده از مخلوط حاوی آنزیم‌های مورد استفاده باعث کاهش میزان مؤلفه L^* و افزایش در میزان مؤلفه a^* پوسسته می‌شود. بنابراین با توجه به مطالب فوق‌الاضاره می‌توان بیان داشت استفاده همزمان از مخلوط آنزیمی (حاوی آنزیم‌های لیپاز، آلفا آمیلاز و زایلا ناز) در سطح ۰/۲ درصد و مخلوط امولسیفایری (حاوی امولسیفایرهای داتم، سیتروم، سدیم استئاروئیل ۲- لاکتیلات و گلیسرول منو استئارات) در سطح ۰/۳ درصد منجر به بهبود خصوصیات تکنولوژیکی، حسی و ماندگاری دونات تخمیری گردید و این نمونه به عنوان بهترین نمونه انتخاب گردید. بنابراین با تغییرات اندک در فرمولاسیون، علاوه بر افزایش قفسه‌مانی و امکان

۵- منابع

- [1] Salim, R., and Aliistair, P. 2007. Influence of partial substitution of wheat flour with vetch flour on quality characteristics of doughnuts. *LWT- Food Science and Technology*, 40: 73-82.
- [2] Colakoglu, A.S., and Ozkaya, H. 2012. Potential use of exogenous lipases for DATEM replacement to modify the rheological and thermal properties of wheat flour dough. *Journal of Cereal Science*, 55: 397-404.
- [3] Ribotta, P.D., Perez, G.T., Leona, 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: 305-313.
- [4] Pareyt, B., Finnie, S.M., Putseys, J.A., and Delcour, J.A. 2011. Lipids in bread making: Sources, interactions, and impact on bread quality. *Journal of Cereal Science*, 54: 266-279.
- [5] Gomez, A.V., Ferrer, E.G., Anon, M.C., and Puppo, M.C. 2013. Changes in secondary structure of gluten proteins due to emulsifiers. *Journal of Molecular Structure*, 1033: 51-58.
- [6] Van Steertegem, B., Pareyt, B., Brijs, K., Delcour, J.A. 2013. Impact of mixing time and sodium stearyl lactylate on gluten

- polymerization during baking of wheat flour dough. *Food Chemistry*, 141: 4179–4185.
- [7] Verjans. P., Dornez. E., Delcours. J.A., and Courtin. C.M. 2010. Selectivity for water unextractable arabinoxylan and inhibition sensitivity govern the strong bread improving potential of an acidophilic GH11 *Aureobasidium pullulans* xylanase. *Food Chemistry*, 123 (2): 331-337.
- [8] Goesaert, H., Gebruers, K., Courtin, C.M., Brijs, K., and Delcours, J.A. 2006. Enzymes in breadmaking. *Bakery Products: Science and Technology*, Ames, Iowa, USA: Wiley-Blackwell Publishing Professional, 337–364.
- [9] Hardt, N.A., Boom, R.M., and van der Goot, A.J. 2014. Wheat dough rheology at low water contents and the influence of xylanases. *Food Research International*, 66: 478-484.
- [10] Entezari, B., Karzhan, H., and Sharifi, A. 2016. Studying the effect of Chobak extract on antioxidant properties and shelf life of doughnut. *Journal of Innovation and Technology in Food Science and Industry*, 1(9): 27-40 [in Persian].
- [11] Dehghan Tanha, L., Karimi, M. and Salehifar, M. 2013. The effect of emulsions and lipase on the qualitative properties of frozen doughnut. *Journal of Innovation and Technology in Food Science and Technology*, 5(3): 105-115 [in Persian].
- [12] AACC. 2000. Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists, 10th Ed., Vol. 2. *American Association of Cereal Chemists*, St. Paul, MN.
- [13] Haralick, R.M., Shanmugam, K., and Dinstein, I. 1973. Textural features for image classification. *IEEE Transactions of ASAE*, 45(6): 1995-2005.
- [14] Sun, D. 2008. Computer vision technology for food quality evaluation. Academic Press, New York.
- [15] Anonymous. 2019. Biscuit- Specifications and test methods. Iranian National Standardization Organization, No 37 [in Persian].
- [16] Zomorodi, Sh., and Faramarzi, S. 2020. The effect of flaxseed powder (*linum usitalisimum*) and DATEM as emulsifier on the qualitative and sensory properties of doughnut. *Journal of Food Researches*, 30(1): 99-111 [in Persian].
- [17] Young, N.W.G. 2014. Emulsifiers and stabilizers. *Fats in Food Technology*, Second Edition. Chapter 7: 253-287.
- [18] Sadeghian Motahar, S.F., Ariaeenejad, S., Salami, M., Emam-Djomeh, Z., and Sheykh Abdollahzadeh Mamaghani, A. 2021. Improving the quality of gluten-free bread by a novel acidic thermostable α -amylase from metagenomics data. *Food Chemistry*, 352 (129307).
- [19] Dehghan Tanha, L., and Karimi, M. 2016. Application of Plantago gum and fungal α -amylase enzyme on Physicochemical and organoleptic properties of doughnut. *Journal of Food Science and Technology*, 13(52):101-110 [in Persian].
- [20] Rajabzadeh, N. 1993. Bread Technology. 2nd edition. University of Tehran Publishing Institute [in Persian].
- [21] Mirzaei tash, O., Gharekhani, M., Mirzaei, H., and Javadi, A. 2022. Investigating the effects of adding glucose oxidase, α -amylase, transglutaminase and xylanase enzymes on the rheological properties of barbary and lavash flour using the response surface method. *Journal of Food Science and Technology*, 19(131):131-142 [in Persian].
- [22] Ananey-Obiri, D., Matthews, L., Azahrani, M.H., Ibrahim, S.A., Galanakis, C.M., and Tahergorabi, R. 2018. Application of protein based edible coatings for fat uptake reduction in deep-fat fried foods with an emphasis on muscle food proteins. *Trends in Food Science and Technology*, 80: 167–174.
- [23] Liberty, J.T., Dehghannya, J., and Ngadi, M.O. 2019. Effective strategies for reduction of oil content in deep-fat fried foods: A review. *Trends in Food Science and Technology*, 92: 172–183.
- [24] Anonymous. 2013. Doughnut- Specifications and test methods. Iranian National Standardization Organization, No 16980 [in Persian].
- [25] Brooker, B.E. 2003. The stabilisation of air in cake batters-the role of fat. *Food Structure*, 12: 285-296.
- [26] Roccia, P., Ribotta, P.D., Ferrero, C., Pérez, G.T., and León, A.E. 2012. Enzymes Action on Wheat–Soy Dough Properties and Bread Quality. *Food Bioprocess Technology*, 5: 1255–1264.
- [27] Pashaei, M., Bahmanyar, F., Tahmouzi, S., Sanaei Nasab, S., Khalili Sadrabad, E., Mollakhalili-Meybodi, N., and Mirmoghtadaie, L. 2025. The role of enzymes in gluten-free bakery products: A review of technological and nutritional perspectives. *Applied Food Research*, 5(1): 100923.
- [28] Kim, C.S., and Walker, C.E. 1992. Effects of sugars and emulsifiers on starch gelatinization evaluated by differential scanning calorimetry. *Cereal Chemistry*, 69: 212-217.
- [29] Zeleznak, K.J., and Hosney, R.C. 1986. The role of water in the retrogradation of wheat starch gels and bread crumb. *Cereal Chemistry*, 63 (5): 407-411.

- [30] Vittadini, E., and Vodovotz, Y. 2003. Changes in the physicochemical properties of wheat and soy-containing breads during storage as studied by thermal analyses. *Food Engineering and Physical Properties*, 68: 2022-2027.
- [31] Demirkesen, I., Mert, B., Sumnu, G., and Sahin, S. 2010. Rheological properties of gluten-free bread formulation. *Journal of Food Engineering*, 96: 295-303.
- [32] Dahiya, S., Bajaj, B.K., Kumar, A., Tiwari, S. K., and Singh, B. 2020. A review on biotechnological potential of multifarious enzymes in bread making. *Process Biochemistry*, 99: 290–306.
- [33] Castello, P., Potus, J., Baret, J.L., and Nicolas, J. 1999. Effects of mixing conditions and wheat flour dough composition on lipid hydrolysis and oxidation levels in the presence of exogenous lipase. *Cereal Chemistry*, 76: 476-482.
- [34] Tan, K.J., and Mittal, G.S. 2006. Physicochemical properties changes of donuts during vacuum frying. *International Journal of Food Properties*, 9(1): 85-98.



Scientific Research

Modifying the Formulation of Fermented Doughnut with the Aim of Increasing the Quality and Marketability of the Final Product

Mehdi Ghiafeh Davoodi¹, Mahdi Karimi¹, Fariba Naghipour², Alireza Rahmanian³

1- Agricultural Engineering Research Department, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center (AREEO), Mashhad, Iran.

2- Seed and Plant Improvement Institute, Agriculture Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran

3- Razavi Food Industry Company, Razavi Khorasan, Mashhad, Iran

ARTICLE INFO

ABSTRACT

Article History:

Received: 2026/01/31

Review: 2026/06/06

Accepted: 2026/06/09

Keywords:

Additive,

Starch gelatinization,

Surface active agent,

Fermented doughnut,

Peroxide value.

DOI: 10.48311/fsct.2026.119257.83057

*Corresponding Author E-

Mehdidavoodi@yahoo.com

Staling and moisture loss of bakery products on store shelves is a process that causes high losses to manufacturers. This has led researchers to seek practical solutions to reduce the rate of staleness and, consequently, reduce waste in this category of products. For this purpose, the present study investigated the effect of using a mixture of enzymes (lipase, α -amylase, and xylanase) and a mixture of emulsifiers (DATEM, CITREM, Sodium Stearoyl 2-lactylate (SSL), and Glycerol Monostearate (GMS)) on levels of 0, 0.1, 0.2, and 0.3% on the quantitative and qualitative characteristics of fermented doughnut samples. The results showed that using a mixture of enzymes and emulsifiers increased the moisture content, specific volume, porosity, and decreased the parameters of texture firmness (in both time periods of two hours and 7 days after baking), oil absorption, and peroxide value of the product. However, the results showed that the use of a mixture containing the emulsifiers used increased the amount of the L^* value and decreased the amount of the a^* value of the crust, while the use of a mixture containing the enzymes used decreased the amount of the L^* value and increased the amount of the a^* value of the crust. Therefore, it can be stated that the simultaneous use of an enzyme mixture at a level of 0.2% and an emulsifier mixture at a level of 0.3% leads to improved technological, sensory and shelf-life properties of fermented doughnut. Therefore, it can be said that considering the increasing tendency of producers to export this category of food and create higher added value, the use of the presented formulation increases the shelf life of doughnut, this popular snack.