

## تأثیر آنزیم آلفا آمیلاز مالتوژنیک و امولسیفایر مونوگلیسرید تقطیر شده بر خصوصیات ساختاری و رئولوژیکی خمیر کیک اسفنجی

مارال بابادی سلطان زاده<sup>۱</sup>، جعفر محمد زاده میلانی<sup>۲\*</sup>، علیرضا ریاضی<sup>۳</sup>

۱- فارغ التحصیل کارشناسی ارشد گروه علوم و صنایع غذایی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

۲- دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

۳- دانشجوی دکترای رشته علوم و صنایع غذایی دانشگاه فردوسی مشهد

(تاریخ دریافت: ۹۶/۱۰/۰۶ تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۳/۰۲)

### چکیده

افزودنی‌های مواد غذایی مانند امولسیفایرها و آنزیم‌ها به طور گسترده جهت بهبود محصولات نانوائی استفاده می‌شوند، با این وجود اطلاعات مفید و کافی از تأثیر این افزودنی‌ها بر خصوصیات رئولوژیکی خمیر کیک موجود نمی‌باشد. در پژوهش حاضر، اثر آنزیم آلفا آمیلاز مالتوژنیک و امولسیفایر مونوگلیسرید تقطیر شده بر خصوصیات ساختاری و رئولوژیکی کیک شامل وزن مخصوص خمیر، پایداری امولسیون خمیر، مشاهده میکروسکوپی خمیر و خواص ویسکوالاستیک خمیر، مورد بررسی قرار گرفت. جهت آزمون‌های فوق، آنزیم در غلظت‌های ۰، ۰/۰۵ و ۰/۱ درصد وزن آرد و امولسیفایر در غلظت‌های ۰، ۰/۵ و ۱ درصد وزن آرد استفاده شد. نتایج حاصل تأثیرات مثبت این دو افزودنی، به خصوص امولسیفایر مونوگلیسرید تقطیر شده را بر خصوصیات خمیر کیک نشان داد. وزن مخصوص خمیر با استفاده از تیمار امولسیفایر ۱ + آنزیم ۰/۰۵ تا مقدار ۰/۶۴۷ کاهش یافت. با استفاده از امولسیفایر در غلظت ۱ درصد، افزایش پایداری امولسیون خمیر تا ۶۶/۳۳ درصد حاصل شد. در مقابل استفاده از آلفا آمیلاز مالتوژنیک سبب کاهش ویسکوزیته خمیر تا ۷۷۴۸ سانتی پواز شد. در آزمون رویش فرکانس با توجه به پایین‌تر قرار گرفتن نمودار  $G'$  نسبت به  $G''$ ، مشخص شد که خمیر حاصل رفتاری مشابه سیالات ویسکوز داشت. در نهایت تیمار امولسیفایر یک درصد به عنوان بهترین تیمار انتخاب شد.

کلید واژگان: امولسیفایر، آنزیم، رئولوژی، ویسکوزیته، پایداری امولسیون

\* مسئول مکاتبات: jmilany@yahoo.com

## ۱- مقدمه

چندین هزار سال است که انسان‌ها از گندم و دیگر غلات برای تولید نان و کیک استفاده می‌کنند. مزه و تازگی محصول تعیین کننده درخواست بالای محصولات نانویی و فاکتور موثری در خرید این محصولات است [۱]. به دلیل استفاده مداوم و همیشگی از محصولات نانویی، جهت بهبود کیفیت و خصوصیات رئولوژیکی آن‌ها، همواره اقداماتی صورت گرفته است. از جمله این موارد می‌توان به افزودن آنزیم و امولسیفایر به این ترکیبات اشاره کرد [۲]. فرآورده‌های نانویی بسیار متنوع می‌باشند، اما نان و کیک دارای مقبولیت بیشتری هستند. کیک یکی از محصولات نانویی است که به دلیل متراکم بودن، مغز ترد و مزه شیرین آن مورد استقبال مصرف کنندگان در سراسر جهان قرار گرفته است. کیفیت کیک بیشتر به مواد اولیه مورد استفاده در فرمولاسیون آن از جمله آرد گندم، تخم مرغ، شکر، چربی یا روغن و عوامل ورآوردنده، و همچنین شرایط فرآیند وابسته است [۳ و ۴]. امولسیفایرها که استفاده فراوانی در صنعت پخت دارند، دارای توانایی هوادهی مناسب و فراهم ساختن حباب‌های گازی پایدار در کیک تا قبل از سفت شدن آن در طول پخت می‌باشند [۵]. امولسیفایرها برای فرآیند پخت ضروری هستند و مدت طولانی است که برای پخت استفاده می‌شوند. این افزودنی‌ها به گروه ترکیبات فعال سطحی یا سورفکتانت‌ها تعلق دارند. این مواد دارای هر دو خاصیت چربی‌دوستی و آب‌دوستی هستند [۶]. خمیر کیک امولسیون حوای هوا است. یکپارچگی سلول‌های هوا، حجم و یکنواختی کیک را تعیین می‌کند. شورتینگ‌ها عوامل ضد کف هستند و سلول‌های کف را تخریب می‌کنند. امولسیفایرها، با این حال، لایه خارجی سلول‌های چربی را می‌پوشانند و سبب حفظ یکپارچگی کف می‌شوند. استفاده از امولسیفایر مناسب، امکان به کار بردن روغن مایع را به جای شورتینگ‌های جامد که از قبل استفاده می‌شدند، فراهم می‌کند. امولسیفایر کشش سطحی فاز آبی را کاهش می‌دهد و مقدار هوایی که می‌تواند در خمیر به دام افتد را افزایش می‌دهد. تعداد بالای سلول‌های هوای ریز، برای توسعه یکنواختی بافت اهمیت دارد. اگر خمیر اصلی حاوی تعدادی سلول‌های ریز هوا باشد، کیک نهایی حاوی حجم بالا و بافت مناسب خواهد بود [۷].

آنزیم‌ها به دلیل خصوصاتی از جمله کمک کننده فرآیند محصولات غذایی، شناخته شدن به عنوان یک ماده ایمن (GRAS) و فعال نبودن در محصول پس از پخت، جایگزین مناسبی برای محصولات شیمیایی هستند [۸]. آمیلاز مالتوزینیک معمولاً بر خواص رئولوژیکی خمیر تأثیر کمی می‌گذارد؛ زیرا دارای فعالیت کم در دماهای پایین‌تر از ۳۵ درجه سانتی‌گراد است [۲]. بیشترین فعالیت آن در دمای ژلاتینه شدن نشاسته رخ می‌دهد؛ زیرا قادر به هیدرولیز کردن پیوندهای گلیکوزیدی در نشاسته ژلاتینه شده حین پخت است. این آنزیم حین مراحل پیشرفته‌تر پخت غیرفعال می‌شود به طوری که باعث هیدرولیز بیش از حد نشاسته نمی‌شود و مقادیر کمی از دکسترین‌های محلول تولید می‌کند [۹].

اثر استفاده از آنزیم و امولسیفایرهای مختلف بر ویژگی‌های خمیر کیک توسط محققان مختلف بررسی شده است. در این زمینه، فتحی و داوودی [۱۰] بهبود خصوصیات رئولوژیکی و پخت خمیر کیک توسط ژل‌های امولسیفایر را مورد مطالعه قرار دادند. تأثیر ژل امولسیفایر تهیه شده با استفاده از سدیم استئاروئیل لاکتات، دی استیل گلیسرول مونو استئارات، پروپیلن گلیکول مونو استئارات، پلی سوربات ۶۰، سوربیتان مونو استئارات بر روی خواص فیزیکی خمیر کیک و کیفیت کیک مورد مطالعه قرار گرفت. امولسیفایرها به مقدار ۰/۵ درصد استفاده شدند. هر دو مدول ذخیره سازی و مدول افت خمیر حاوی ژل امولسیفایر در مقایسه با شاهد افزایش پیدا کردند. ارزیابی خمیر کیک برای بررسی چگالی خمیر نشان داد که ژل امولسیفایر، دانسیته خمیر را از ۰/۹۵ برای شاهد تا ۰/۸۵ گرم بر سانتی متر مکعب کاهش داد. فوتو میکروگراف‌های خمیر کیک با ژل‌های مختلف امولسیفایر، افزایش در تعداد حباب هوا را که به طور مساوی توزیع شدند نشان داد. درمقایسه با شاهد خمیر سبک تر بود و اختلاط هوا بهتر انجام گرفت. در پژوهش دیگر، عزیزی و همکاران [۱۱] تأثیر امولسیفایر مونو دی گلیسرید و لسیتین را بر خصوصیات رئولوژیکی و کیفیت نان مسطح (تافتون) مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج نشان داد درصد جذب آب به مقدار قابل توجهی با اضافه کردن امولسیفایرها به تنهایی یا به همراه هم نسبت به نمونه شاهد افزایش یافت. به طور کلی خصوصیات رئولوژیکی خمیر و کیفیت پخت با افزودن امولسیفایرهای مذکور نسبت به نمونه

## ۲-۲- روش تهیه خمیر

به منظور تهیه خمیر کیک اسفنجی از فرمولاسیون ارائه شده توسط کمپبل و همکاران [۱۳] با اندکی تغییر استفاده گردید که به شرح زیر می‌باشد: آرد گندم ۱۰۰ گرم، شکر ۱۱۰ گرم، تخم مرغ ۱۴۰ گرم، روغن ۳ گرم، وانیل ۲ گرم، بکینگ پودر ۴ گرم. در مرحله اول تمام مواد اولیه توسط ترازو توزین شد. سپس شکر، امولسیفایر و تخم مرغ به مدت ۳ دقیقه با دور بالای همزن خانگی بلک اند دکرا<sup>۱</sup> (مدل M220) زده شد و مخلوط به حالت خامه‌ای در آمد. در مرحله بعد آرد، بکینگ پودر و آنزیم که پس از توزین به خوبی با یکدیگر مخلوط شدند به آن‌ها اضافه گردید و با دور پایین همزن به مدت ۳ دقیقه مخلوط شد. در پایان روغن به آرامی به مخلوط اضافه شد و خمیر با استفاده از یک قاشق پلاستیکی مخلوط شد. برای هر آزمون خمیر به صورت تازه و در همان زمان تهیه گردید.

## ۲-۳- وزن مخصوص خمیر

وزن مخصوص خمیر کیک بر طبق روش آشوبنی و همکاران [۱۴]، از تقسیم وزن مقدار مشخصی از خمیر به وزن آب مقطر هم حجم آن بدست آمد.

## ۲-۴- پایداری امولسیون خمیر

این آزمون مطابق روش تورابی و همکاران [۵] انجام شد. خمیر کیک تازه تهیه شده در ۶۰۰۰rpm به مدت ۲۰ دقیقه در دمای ۲۵°C سانتریفیوژ شد. مایع رویی (چربی) پس از سانتریفیوژ جدا و وزن شد (فاز رویی هر لوله با قرار دادن آن به صورت معکوس به مدت ۶۰ ثانیه جدا شد). نسبت چربی جدا شده به نسبت چربی کل در خمیر از ۱ کم و در ۱۰۰ ضرب شد و به عنوان درصدی از پایداری امولسیون بیان شد.

## ۲-۵- مشاهده میکروسکوپی خمیر<sup>۲</sup>

بر اساس روش سومیا و همکاران [۱۵]، لایه نازکی از خمیر تازه تهیه شده روی لام میکروسکوپ قرار داده شد و لامل روی خمیر قرار گرفت. سپس نمونه توسط میکروسکوپ نوری ساخت شرکت صایران اپتیک اصفهان دارای رزولوشن ۴۸۰×۷۳۰ با بزرگنمایی ۱۰X مشاهده شد.

شاهد افزایش یافت. آن‌ها سرعت بیاتی نان تافتون را به تاخیر انداختند. آنالیز حسی نان تافتون حاوی امولسیفایرها توسط پنلیست‌ها نشان داد نان تهیه شده از نظر خصوصیات کیفی بهتر از نان شاهد بود. همچنین ساحی و آلاوا [۱۲] تاثیر امولسیفایرهای گلیسرول مونواستارات و پلی گلیسرول استر و گنجایش هوا در ساختار خمیر کیک اسفنجی مطالعه کردند. از نمونه خمیر بلافاصله پس از مخلوط شدن در میکسر پیوسته، جهت مشاهده حباب‌ها، توسط میکروسکوپ نوری و یک دوربین ویدیویی تصویر برداری شد. همچنین رئولوژی خمیرها جهت بررسی خواص فیزیکی آن‌ها اندازه‌گیری شد. فاز آبی خمیر توسط سانتریفیوژ جدا شد و کشش سطحی اندازه‌گیری شد. ساختار مغز کیک‌های تهیه شده نیز توسط دستگاه آنالیز بافت بررسی شد. نتایج نشان داد افزودن امولسیفایر به اتصال آب کمک کرده و سبب کاهش سیالیت خمیر و همچنین کشش بین سطحی فاز هوا/آب شد. افزایش غلظت امولسیفایر، توزیع و سایز حباب‌های هوای به دام افتاده در خمیر در طول مخلوط کردن و همچنین بافت و حجم کیک پس از پخت را تحت تاثیر قرار داد.

## ۲- مواد و روش‌ها

### ۲-۱- مواد اولیه

مواد اولیه مورد استفاده در این پژوهش شامل آرد گندم تهیه شده از شرکت آردینه ایران، روغن مایع کانولا بولونی، شکر، تخم مرغ، بکینگ پودر و وانیل تهیه گردید. همچنین امولسیفایر بکار برده شده از نوع مونوگلیسیرید تقطیر شده بود که از شرکت پارس بهبود آسیا خریداری شد و در سطوح ۰، ۰/۵ و ۱ گرم در ۱۰۰ گرم آرد مورد استفاده قرار گرفت. آنزیم مورد استفاده از نوع آلفا آمیلاز مالتوژنیک (با منشأ باکتریایی) با نام تجاری 3D Novamyl از شرکت Novozymes خریداری گردید و در سطوح ۰، ۰/۰۵ و ۰/۱ گرم در ۱۰۰ گرم به کار برده شد. مشخصات آرد مصرفی به شرح زیر بود: چربی کل ۱/۶٪، پروتئین ۹٪، کربوهیدرات کل ۶۹/۵٪، رطوبت ۱۳/۲٪، خاکستر ۰/۴٪.

1. Black & Decker  
2. Batter microscopy

## ۶-۲- تعیین خواص ویسکوالاستیک خمیر

اندازه گیری نوسانی دینامیک<sup>۳</sup> خمیر بر طبق روش حسو و همکاران [۳] با استفاده از دستگاه رئومتر (نام دستگاه Anton Paar، مدل physica MCR 301، ساخت اتریش) با دوصفحه موازی، قطر پروب ۲۵mm و یک شکاف ۱ میلی متری در دمای ۲۰°C انجام شد. نمونه بین صفحات قرار گرفت و یک پوشش برای جلوگیری از خشک شدن نمونه در طول آزمون روی آن قرار گرفت. دو آزمون رئولوژیکی برای تجزیه و تحلیل تغییرات ساختاری مورد استفاده قرار گرفت: در ابتدا آزمون نوسانی روبش فرکانس (FST)<sup>۴</sup> سپس آزمون روبش دما (TRT)<sup>۵</sup>.

### ۱-۶-۲- آزمون نوسانی روبش فرکانس (FST)

رویش فرکانس خواص ویسکوالاستیک خمیر را توصیف می کند که از آرایش ترکیبات و ریزساختارهای خمیر نتیجه می شود. در طول آزمون روبش فرکانس، فرکانس از ۰/۱-۱۰ Hz در کرنش ۰/۱ درصد تغییر کرد. خواص رئولوژیکی دینامیک نمونه ها به وسیله نمایش مدول ذخیره G'، توصیف رفتار الاستیک نمونه و مدول افت G'' ثبت شد و رفتار ویسکوز نمونه را توصیف می کند.

### ۲-۶-۲- آزمون روبش دما (TRT)

فرکانس (۱Hz) و کرنش (۰/۱٪) ثابت نگه داشته شد در حالی که دما به طور مداوم از ۲۰-۹۰°C با سرعت گرم شدن ۲/۴°C/min تغییر کرد. مدول ذخیره G' (Pa) و مدول افت G'' (Pa) به عنوان تابعی از دما اندازه گیری شدند [۳].

## ۷-۲- آنالیز آماری

در این پژوهش، در مجموع ۹ تیمار شامل تیمار شاهد و تیمارهای حاوی امولسیفایر و آنزیم تهیه شد و تحت آزمایش قرار گرفت. داده ها بر اساس آزمون فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی و با استفاده از نرم افزار SAS (نسخه ۹،۰) تجزیه و تحلیل شدند. جهت انجام مقایسه میانگین نیز از آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال ۰/۰۵ (p<۰/۰۵) استفاده شد.

## ۳- بحث و نتایج

### ۱-۳- وزن مخصوص خمیر

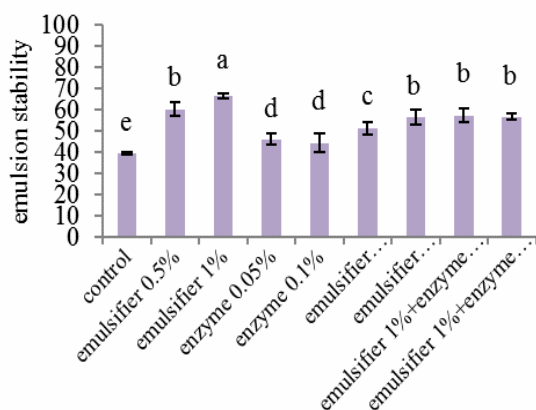
نتایج حاصل از تاثیر امولسیفایر و آنزیم بر وزن مخصوص خمیر کیک اسفنجی در شکل ۱ نشان داده شده است. استفاده از آنزیم و امولسیفایر سبب ایجاد اختلاف معنی داری (p<۰/۰۵) بین تیمارها و نمونه شاهد شد. در این میان تیمار شاهد با مقدار ۰/۶۸۷ بالاترین وزن مخصوص خمیر و تیمار امولسیفایر ۱+ آنزیم ۰/۰۵، با ۰/۶۴۷ کمترین میزان را دارا بود. وزن مخصوص خمیر کیک فاکتور مناسبی جهت تعیین مقدار حباب هوای وارد شده به خمیر و همچنین میزان نگهداری حباب ها در طول مخلوط کردن است که معمولا کمتر بودن وزن مخصوص خمیر نشان دهنده حجم بالاتر کیک می باشد [۱۷]. مشتقات مونوگلیسریدها این قابلیت را دارند که با تشکیل غشاهای کریستاله آلفا در اطراف حباب های هوا، آن ها را در بافت خمیر به دام اندازند [۱۸]. امولسیفایرها جذب سطحی قطره های کوچک امولسیون می شوند و یک پوشش حفاظتی در اطراف آن ها تشکیل داده و مانع تراکم و به هم پیوستن این قطرات شده و در نتیجه سبب تثبیت کف می شوند [۱۹]. در مطالعه تورابی و همکاران [۵] کمترین وزن مخصوص خمیر مربوط به تیماری بود که هوای بیشتری را به دام انداخته بود. افزودن امولسیفایرهای مختلف به خمیرهای حاوی صمغ، سبب کاهش معنی دار وزن مخصوص این خمیرها شد. تشکیل و پایداری فوم ها به دلیل افزودن امولسیفایرها است، که با کاهش کشش سطحی بین فاز مایع و گاز سبب افزایش هوادهی می شود، در نتیجه مقدار انرژی لازم برای ایجاد یک منطقه بین سطحی بزرگتر را کاهش می دهد. لی و همکاران [۱۶] با استفاده از انواع ژل های مونوگلیسرید تقطیر شده اشباع نشان دادند که وزن مخصوص خمیرهای حاوی امولسیفایر نسبت به شاهد کاهش یافت که حاکی از هوادهی بهتر نمونه های دارای مونوگلیسرید است. طبق مطالعه کیهانی و همکاران [۲۰] استفاده از امولسیفایر مونو دی گلیسرید سبب کاهش معنی داری در وزن مخصوص خمیر کیک روغنی شد. نتایج به دست آمده در این آزمون با نظر سلیک و همکاران نیز مطابقت داشت [۱۷].

3. Dynamic oscillatory measurement

4. Frequency sweep test

5. Temperature ramp test

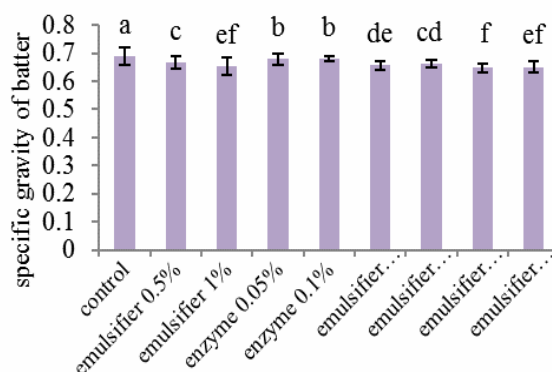
نیازی به حضور در فاز آبی ندارند، آن‌ها می‌توانند از ذرات و کریستال‌ها جدا شوند همچنین برخی امولسیفایرها می‌توانند در حضور آب ژل شوند [۱۲]. تورابی و همکاران [۵] مشاهده کردند که افزودن مخلوط امولسیفایر و صمغ به خمیر کیک برنجی، پایداری امولسیون را افزایش می‌دهد. ساهی و آلاوا [۱۲] گزارش کردند که عملکرد فاز آبی با افزایش امولسیفایر در فرمولاسیون کاهش پیدا کرد. در بالاترین غلظت امولسیفایر، هیچ فاز آبی بدست نیامد. کاهش عملکرد فاز آبی نشان می‌دهد که امولسیفایر قادر به اتصال با آب می‌باشد و با افزایش مقدار آن این اتصال بیشتر می‌شود، در نتیجه سیالیت خمیر کاهش می‌یابد.



**Fig 2** Effect of different level of emulsifier and enzyme on emulsion stability of batter. Different letters indicate significant differences ( $p < 0.05$ ) between samples.

### ۳-۳- مشاهده میکروسکوپی خمیر

تصاویر میکروسکوپی حاصل از مشاهده خمیر کیک اسفنجی در زیر میکروسکوپ در شکل ۳ آمده است. خمیر<sup>۱</sup> یک ماده‌ی ویسکوز حاوی تعداد زیادی حباب با اندازه‌های مختلف است. مقدار بسیار کمی از خمیر باید روی لام قرار گیرد، اگر نمونه مورد آزمایش از قطر حباب‌ها خیلی ضخیم‌تر باشد، به دلیل هم پوشانی حباب‌ها، آن‌ها نمی‌توانند به راحتی در تصاویر مشاهده شوند. اما با قرار دادن نمونه بر صفحه میکروسکوپ، حباب‌ها به وضوح با میکروسکوپ نوری دیده می‌شوند، در نتیجه این روش جهت بررسی توزیع اندازه حباب‌ها انتخاب شد. ضخامت ثابت نمونه‌ها اجازه مقایسه‌ی تعداد و اندازه حباب‌ها را می‌دهد. با



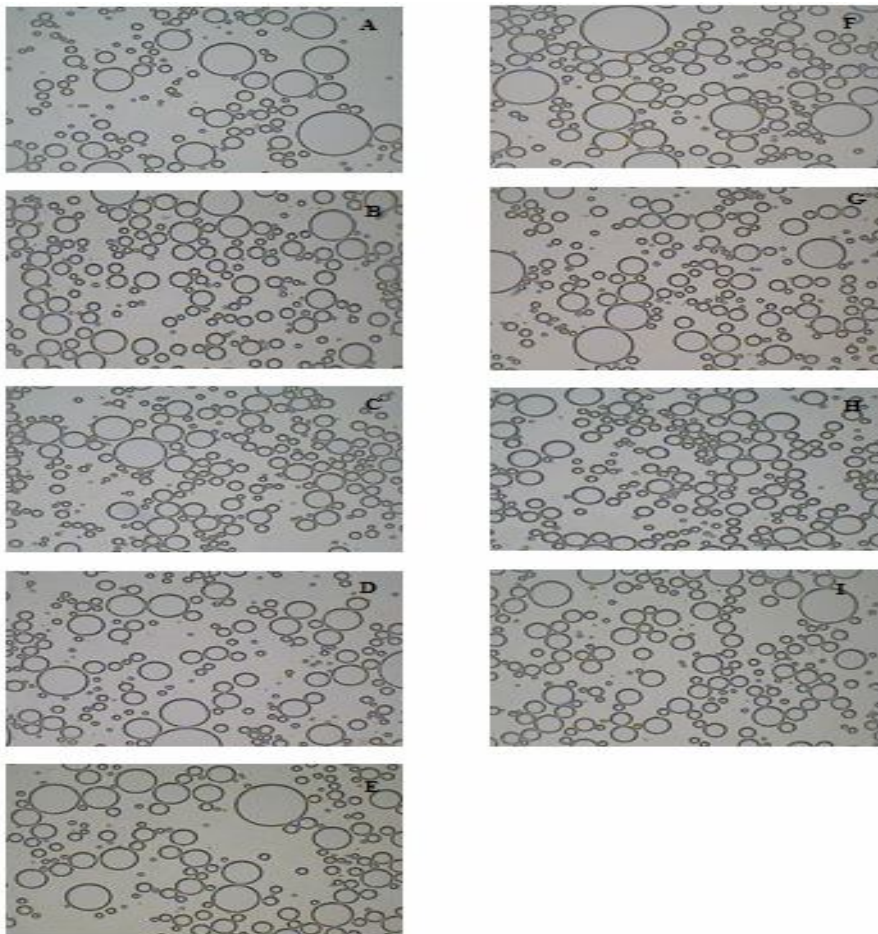
**Fig 1** Effect of different level of emulsifier and enzyme on specific gravity of batter. Different letters indicate significant differences ( $p < 0.05$ ) between samples.

### ۳-۲- پایداری امولسیون خمیر

شکل ۲ نتایج حاصل از تاثیر امولسیفایر و آنزیم بر پایداری امولسیون خمیر کیک را نشان می‌دهد. با توجه به این نتایج تیمار حاوی امولسیفایر ۱ دارای بیشترین پایداری امولسیون و تیمار حاوی آنزیم ۰/۱ دارای کمترین میزان بودند که این اختلاف معنی‌دار بود ( $p < 0.05$ ). فاز آبی، حلالی برای مواد محلول در آب خمیر به ویژه پروتئین‌ها و لیپیدهای قطبی است که ترکیبات فعال سطحی هستند. زمانی که محلول می‌شوند، این مولکول‌ها می‌توانند مانند منابع فعال سطحی برای تشکیل فیلم در اطراف حباب‌های هوای به دام افتاده، عمل کنند. در خمیر کیک اسفنجی، هوا در فاز آبی خمیر به دام می‌افتد بنابراین هم مقدار و هم ترکیب این فاز مهم است. اگر فاز آبی خمیر محدود باشد، اگرچه خمیر حاوی مقدار زیادی امولسیفایر باشد، مقدار مواد تشکیل دهنده فیلم که می‌توانند در محلول باشند نیز محدود می‌شود. در این مورد احتمال دارد ظرفیت امولسیون کنندگی مناسبی در فرمولاسیون وجود داشته باشد اما ممکن است امولسیفایر در فرم مناسب و در نتیجه قادر به پخش سریع بین سطوح آب و هوا نباشد. وجود مقدار زیادی امولسیفایر می‌تواند به دو دلیل برای کیفیت محصول مضر باشد: به وسیله تولید خمیر با ویسکوزیته خیلی زیاد و نیز محدود کردن توانایی مواد تشکیل دهنده کف در خمیر. این دلایل می‌تواند به توضیح کاهش کیفیت اسفنجی هنگام استفاده از امولسیفایر اضافی کمک کند. باید تاکید شود که مولکول‌های فعال سطحی جهت تشکیل فیلم‌های بین سطحی،

حباب بزرگ بودند. با افزودن ۰/۲۵ درصد GMS، خمیر دارای تعداد کمی حباب بزرگ، تعدادی حباب کشیده بود که امکان انعقاد حباب‌ها را نشان می‌دهد. با افزودن ۰/۷۵ امولسیفایر اندازه حباب‌ها کوچکتر شد اما توزیع حباب‌ها یکنواخت‌تر بود. همچنین شواهدی از به هم پیوستن حباب‌ها به تعداد اندک هم وجود داشت. افزودن امولسیفایر در بالاترین مقدار منجر به تولید حباب‌هایی با سایز مشابه حباب‌های ایجاد شده با غلظت ۰/۷۵ شد، اما یکنواختی بیشتر بود. نتایج همچنین با مطالعه جیوتسنا و همکاران [۲۱] مطابقت داشت.

توجه به تصاویر به دست آمده، با استفاده از آنزیم و امولسیفایر به طور همزمان، تعداد حباب‌های هوا افزایش یافت و در مقابل اندازه حباب‌های موجود کاهش پیدا کرد که این موضوع سبب هوادهی بهتر خمیر و پس از پخت نیز باعث تولید کیک با بافتی نرم و حجم و تخلخل بالاتری می‌شود و مطلوب است. در مطالعه ساحی و آلاوا [۱۲] با افزودن امولسیفایر GMS به کیک اسفنجی در غلظت ۰/۲۵ ماکزیمم قطر حباب‌ها به ۱۱۲ میکرومتر رسید. با افزایش غلظت امولسیفایر به ۰/۷۵ و ۱/۵ درصد ماکزیمم قطر حباب‌ها به ۹۰-۷۱ میکرومتر رسید. در غیاب امولسیفایر، حباب‌ها عمدتاً کوچک و دارای سایز یکنواخت، به همراه تعداد کمی



**Fig 3** Effect of different level of emulsifier and enzyme on batter microscopy. A: control, B: emulsifier 0/5, C: emulsifier 1, D: enzyme 0/05, E: enzyme 0/1, F: emulsifier 0/5+ enzyme 0/05, G: emulsifier 0/5+ enzyme 0/1, H: emulsifier 1+ enzyme 0/05, I: emulsifier 1+ enzyme 0/1.

نتایج حاصل از آزمون روبش فرکانس در شکل ۴ نشان داده شده است. آزمون روبش فرکانس جهت تعیین خواص ویسکوالاستیک خمیر به کار می‌رود. در نتایج حاصل اگر  $G'$  بیشتر از  $G''$  باشد

۳-۴- تعیین خواص ویسکوالاستیک خمیر

۳-۴-۱- آزمون نوسانی روبش فرکانس (FST)

پایین‌تر از مدول ذخیره قرار گرفت و به سمت نشان دادن خاصیت الاستیک پیش رفت. اما با افزایش فرکانس دوباره نمودارها به حالت قبل برگشتند. این نتیجه می‌تواند به علت ویسکوزیته پایین خمیر رخ داده باشد تا جایی که حتی با افزودن امولسیفایر، خمیر خاصیت الاستیک از خود نشان نداد. نتیجه حاصل با مشاهدات ساحی و آلاوا [۱۲] مطابقت داشت. کابالرو و همکاران [۲۴] نیز بیان کردند که استفاده از آنزیم‌ها از جمله آلفا آمیلاز سبب کاهش پارامترهای رئولوژیکی می‌شود. با توجه به شکل ۴ مشاهده شد در نزدیکی فرکانس ده هرتز، نمودار شاهد افت ناگهانی داشت که می‌تواند به علت اعمال فرکانس بالا باشد چرا که نمونه شاهد فاقد امولسیفایر بوده و انسجام بافتی کافی نداشته است.

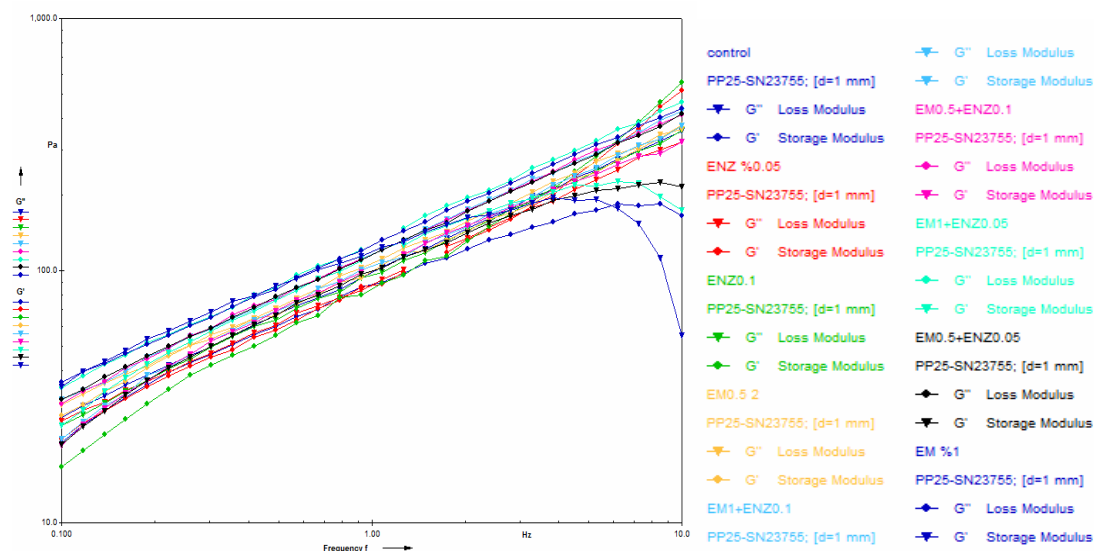


Fig 4 Results of frequency sweep test on batter with enzyme and emulsifier.

نتایج مشابه دیگر تیمارها نیست. این کاهش در مدول ذخیره تا دمای حدود ۵۰ درجه سانتی گراد قابل مشاهده بود. پس از آن در زمان کوتاهی مدول ذخیره تقریباً ثابت بود و پس از آن شروع به افزایش کرد. این ناحیه ناشی از ژلاتیناسیون نشاسته، دنا تراسیون پروتئین و تثبیت ساختار می‌باشد. این نقطه عطف تحت تاثیر مواد اولیه خمیر مانند شکر است. افزودن ساکارز و پلی‌دکستروز به خمیر پوندکیک در مطالعه اسکریمر و همکاران [۲۵]، دما را در زمانی که نقطه عطف در منحنی ظاهر می‌شود و جایی که تغییرات ساختاری وابسته به دما آغاز می‌شود، افزایش داد.

سیال رفتاری مشابه مواد الاستیک از خود نشان داده و در غیر اینصورت بیشتر ماهیت ویسکوز دارد. در نتایج به دست آمده  $G''$  (مدول افت) کمی بالاتر از  $G'$  (مدول ذخیره) قرار دارد که نشان می‌دهد خمیر حاصل رفتاری مشابه سیالات ویسکوز داشته است. البته به دلیل نزدیکی بیش از حد مدول ذخیره و مدول افت می‌توان گفت که سیال به سمت خاصیت ویسکوالاستیک تمایل دارد. نمودار خمیر حاوی امولسیفایر دارای مقادیر بالاتری نسبت به نمودار شاهد می‌باشد که نشان دهنده ویسکوزیته بالاتر آن است. تیمار حاوی آنزیم ۰/۱ پایین‌تر از تیمار شاهد قرار گرفته که نشان از ویسکوزیته کمتر آن دارد. در ابتدای نمودار مدول افت بالاتر از مدول ذخیره قرار گرفت اما با اعمال فرکانس‌های بالاتر دو نمودار همدیگر را قطع کردند و برای مدتی مدول افت

### ۳-۲-۴- آزمون روبش دما (TRT)

نتایج حاصل از آزمون روبش دما در شکل ۵ نشان داده شده است. در طول افزایش دما مدول ذخیره اندازه‌گیری شد. افزایش  $G'$  برای اکثر خمیرها سه ناحیه را نشان می‌دهد: در مرحله اول افزایش دما، کاهش ویسکوزیته فاز مایع و همچنین آزاد شدن  $CO_2$  توسط بکینگ پودر (در دمای پایین‌تر از  $50^{\circ}C$ ) در خمیر می‌باشد. این کاهش در مورد نمونه آنزیم ۰/۰۵+امولسیفایر ۰/۵ کمتر مشهود بود. همچنین برای تیمار امولسیفایر یک درصد نیز

خمیر کاسته شد و همه پارامترهای رئولوژیکی تحت تاثیر آنزیم قرار گرفتند. در مطالعه جیوتسنا و همکاران [۲۱] همه‌ی امولسیفایرهای استفاده شده شامل SSL, DGMS, PGMS, PS-60 و SMS سبب افزایش مدول ذخیره و مدول افت در خمیر کیک شدند. DGMS بیشترین مقدار را در هر دو فاکتور داشت. نسبت مدول نیز نسبت به شاهد افزایش نشان داد. گزارش‌های اندکی از رئولوژی خمیر کیک موجود می‌باشد.

مطالعه ساجی و آلاوا [۱۲]، افزودن امولسیفایر سبب افزایش مدول ذخیره، مدول افت و ویسکوزیته شد. سیالیت خمیر با افزایش امولسیفایر کاهش یافت. در ابتدا خمیر، سیال ویسکوالاستیک بود، که در آن مدول ویسکوز (افت) مقدار بیشتری نسبت به مدول الاستیک (ذخیره) داشت. افزایش مقدار امولسیفایر سرانجام خواص فیزیکی خمیر را تغییر داد، به طوری که مدول الاستیک پارامتر غالب شد. غیور اصلی و همکاران [۲۶] بیان کردند که با استفاده از آلفا آمیلاز در خمیر اشرودل از قدرت

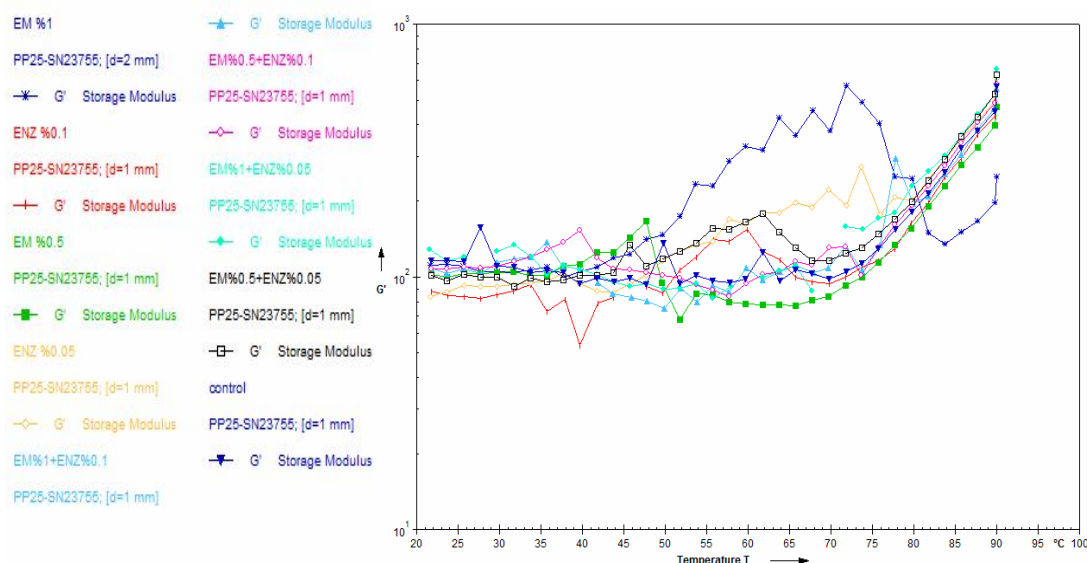


Fig 5 Results of Temperature ramp test on batter with enzyme and emulsifier.

حاوی امولسیفایر یک درصد به عنوان بهترین تیمار انتخاب شد. در نهایت با توجه به تمامی فاکتورها، تیمار امولسیفایر یک درصد به عنوان بهترین تیمار انتخاب شد.

#### ۴- نتیجه گیری

به طور کلی، در این پژوهش، استفاده از آنزیم آلفا آمیلاز مالتوزینیک و امولسیفایر مونوگلیسرید تقطیر شده تاثیر مطلوبی بر خصوصیات خمیر کیک داشت که در این میان تاثیر امولسیفایر مشهودتر بود و سبب بهبود ویژگی‌های خمیر شد. در آزمون وزن مخصوص خمیر، به دلیل هوادهی مناسب، این فاکتور نسبت به نمونه شاهد کاهش معنی‌داری داشت و تیمار حاوی امولسیفایر ۱+ آنزیم ۰/۰۵ بهترین تیمار بود. هوادهی خمیر با استفاده از دو افزودنی بهبود یافت و حباب‌هایی با اندازه کوچکتر و به تعداد بیشتر در خمیر ایجاد گردید. در آزمون‌های پایداری امولسیون خمیر، تیمار حاوی امولسیفایر ۱ درصد دارای بهترین عملکرد بود و ویسکوزیته بالا همراه پایداری مطلوب در خمیر حاصل شد. در آزمون‌های تعیین کننده خواص ویسکوالاستیک خمیر نیز تیمار

#### ۵- منابع

- [1] Goesaert, H, Slade, L, Levine, H, Delcour, J. A, 2009, Amylases and bread firming—an integrated view, *Journal of Cereal Science*, 50, 345-352.
- [2] Gomes-Ruffi, C. R, da Cunha, R. H, Almeida, E. L, Chang, Y. K, Steel, C. J, 2012, Effect of the emulsifier sodium stearoyl lactylate and of the enzyme maltogenic amylase on the quality of pan bread during storage, *LWT-Food Science and Technology*, 49, 96-101.
- [3] Hesso, N, Garnier, C, Loisel, C, Chevallier, S, Bouchet, B, Le-Bail, A, 2015, Formulation



- [15] Sowmya, M, Jeyarani, T, Jyotsna, R, Indrani, D, 2009, Effect of replacement of fat with sesame oil and additives on rheological, microstructural, quality characteristics and fatty acid profile of cakes, *Food Hydrocolloids*, 23, 1827-1836.
- [16] Lee, L. Y, Chin, N. L, Lim, C. H, Yusof, Y. A, Talib, R. A, 2014, Saturated Distilled Monoglycerides Variants in Gel-form Cake Emulsifiers, *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 2, 191-198.
- [17] Celik, I, Yılmaz, Y, Işık, F, Üstün, Ö, 2007, Effect of soapwort extract on physical and sensory properties of sponge cakes and rheological properties of sponge cake batters, *Food chemistry*, 101, 907-911.
- [18] Henry, C, 1995, Monoglycerides: the universal emulsifier, *Cereal foods world*, 40, 734-738.
- [19] Sakiyan, O, Sumnu, G, Sahin, S, Bayram, G, 2004, Influence of fat content and emulsifier type on the rheological properties of cake batter, *European Food Research and Technology*, 219, 635-638.
- [20] Keyhani, V, Mortazavi, A, Karimi, M, Karajian, H, Sheikholeslami, Z, 2015, Effect of CHUBAK extract (*Acanthophyllum glandulosum*) and emulsifier mono and diglycerid on the quality characteristics of oil cake, *Journal of Research and Innovation in Food Science and Technology (in Persian)*, 2, 153-172.
- [21] Jyotsna, R, Prabhasankar, P, Indrani, D, Rao, G. V, 2004, Improvement of rheological and baking properties of cake batters with emulsifier gels, *Journal of food science*, 69, SNQ16-SNQ19.
- [22] Caballero, P. A, Gómez, M, Rosell, C. M, 2007, Improvement of dough rheology, bread quality and bread shelf-life by enzymes combination, *Journal of food engineering*, 81, 42-53.
- [23] Schirmer, M, Jekle, M, Arendt, E, Becker, T, 2012, Physicochemical interactions of polydextrose for sucrose replacement in pound cake, *Food Research International*, 48, 291-298.
- [24] Ghayoor, A. M, Khoda parast, H. M, Karimi, M, 2008, Effect of Alpha amylase and Ascorbic acid on rheological properties of dough and specific volume of strudel bread, *Iranian Journal of Food Science and Technology (in Persian)*, 47-55.
- effect study on batter and cake microstructure: Correlation with rheology and texture, *Food Structure*, 5, 31-41.
- [4] Paraskevopoulou, A, Donsouzi, S, Nikiforidis, C. V, Kiosseoglou, V, 2015, Quality characteristics of egg-reduced pound cakes following WPI and emulsifier incorporation, *Food Research International*, 69, 72-79.
- [5] Turabi, E, Sumnu, G, Sahin, S, 2008, Rheological properties and quality of rice cakes formulated with different gums and an emulsifier blend, *Food Hydrocolloids*, 22, 305-312.
- [6] Kohajdová, Z, Karovičová, J, Schmidt, Š, 2009, Significance of emulsifiers and hydrocolloids in bakery industry, *Acta Chimica Slovaca*, 2, 46-61.
- [7] Hasenhuettl, G. L, Hartel, R. W, 2008, *Food Emulsifiers and Their Applications*, Second Edition, Springer Science, New York.
- [8] Ronda, F, Gómez, M, Caballero, P. A, Oliete, B, Blanco, C. A, 2009, Improvement of quality of gluten-free layer cakes, *Revista de Agaroquímica y Tecnología de Alimentos*, 15, 193-202.
- [9] Whitehurst, R. J., & Law, B. A. (2002). *Enzymes in food technology*. Sheffield: Sheffield Academic Press.
- [10] Fathi, M, Davoodi, M, 2011, Improve the rheological properties and baking of cake batter by emulsion gels, *National Conference of Food science*, Islamic university of ghoochan (in Persian).
- [11] Azizi, M. H, Rajabzadeh, N, Riahi, E, 2003, Effect of mono-diglyceride and lecithin on dough rheological characteristics and quality of flat bread, *LWT-Food Science and Technology*, 36, 189-193.
- [12] Sahi, S. S, Alava, J. M, 2003, Functionality of emulsifiers in sponge cake production, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 83, 1419-1429.
- [13] Campbell, L, Euston, S. R, Ahmed, M. A, 2016, Effect of addition of thermally modified cowpea protein on sensory acceptability and textural properties of wheat bread and sponge cake, *Food chemistry*, 194, 1230-1237.
- [14] Ashwini, A, Jyotsna, R, Indrani, D, 2009, Effect of hydrocolloids and emulsifiers on the rheological, microstructural and quality characteristics of eggless cake, *Food Hydrocolloids*, 23, 700-707.

## Effect of maltogenic $\alpha$ -amylase enzyme and distilled monoglyceride emulsifier on structural and rheological characteristics of sponge cake batter

Babadi Soltanzadeh, M. <sup>1</sup>, Mohamadzadeh Milani, J. <sup>2\*</sup>, Riazi, A. <sup>3</sup>

1. M.Sc. graduated of Food Science & Technology, Sari Agricultural Science and Natural Resources University. 2. Associate Professor, Department of Food Science & Technology, Sari Agricultural Science and Natural Resources University.

3. Ph.D. student of Food Science & Technology, Ferdowsi University of Mashhad.

(Received: 2017/12/27 Accepted:2018/05/23)

Food additives such as emulsifiers and enzymes are widely used to improve bakery products. however, there is not enough useful and adequate information on the impact of these additives on rheological properties of cake batter. In the present study, the effect of maltogenic alpha-amylase and distilled monoglyceride emulsifier on the structural and rheological properties of cake, including the specific gravity of batter, emulsion stability of batter, batter microscopy, and viscoelastic properties of batter were investigated. For the above test, enzyme at the concentrations of 0, 0.05 and 0.1% of the flour weight and emulsifier at the concentrations of 0, 0.5 and 1% of the flour weight were used. The obtained results showed the positive effect of these two additives, specially monoglyceride emulsifier, on characteristics of the batter. The specific gravity of batter was reduced by 1% emulsifier+ 0/05% enzyme to 0/647. With using an emulsifier at concentration of 1%, emulsion stability was increased until 66.33%. In contrast, using of maltogenic alpha-amylase, was reduced the viscosity of batter to 7748 centipoise. In frequency sweep test considering that the G'chart was lower than G'', it was found that batter was similar to viscose fluent in behavior. Finally, one percent emulsifier treatment was selected as the best treatment.

**Keywords:** Emulsifier, Enzyme, Rheology, Viscosity, Emulsion stability

---

\* Corresponding Autor E-Mail Address: jmilany@yahoo.com