



تاثیر پودر دانه کتان و امولسیفایر داتم (DATEM) بر ویژگی‌های کیفی و حسی دونات

شهبین زمردی^{۱*} و سمیرا فرامرزی^۲

تاریخ دریافت: ۹۷/۷/۱

تاریخ پذیرش: ۹۷/۱۱/۲۸

^۱دانشیار بخش تحقیقات فنی و مهندسی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان غربی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ارومیه، ایران.

^۲دانش آموخته ارشد گروه علوم و صنایع غذایی دانشگاه آزاد اسلامی واحد شبستر، شبستر، ایران.

*مسئول مکاتبه: Email: s.zomorodi@areeo.ac.ir

چکیده

زمینه مطالعاتی: دونات نوعی اسنک سرخ شده شیرین است که به صورت شیمیایی یا تخمیری یا تلفیق این دو تهیه شده و در دمای بالا سرخ می‌شود. هدف در این پژوهش، بررسی تاثیر پودر دانه کتان و امولسیفایر داتم بر خواص کیفی و حسی دونات بود. روش کار: پودر دانه کتان در چهار سطح صفر، ۵، ۱۰ و ۱۵٪ (وزن آرد گندم) و امولسیفایر داتم در سه سطح صفر، ۰/۲۵ و ۰/۵٪ در تهیه دونات استفاده شد. بر روی نمونه‌ها پس از ۷ روز نگهداری در سردخانه، آزمایش‌های رطوبت، خاکستر، پروتئین، حجم مخصوص، درصد تخلخل، اندیس‌های رنگ پوسته، سختی بافت و ویژگی‌های حسی شامل شکل، سختی بافت، قابلیت جویدن و طعم با روش‌های معمول تعیین شد. نتایج: نتایج تجزیه آماری داده‌ها نشان داد که با افزایش پودر دانه کتان در فرمولاسیون دونات، رطوبت ۳۳/۸٪، سختی بافت ۴۱/۶٪ و مؤلفه a* حدود ۹۳/۸٪ افزایش و تخلخل ۲۷٪، حجم مخصوص ۵۷/۱٪ و شاخص L* در حدود ۱۸٪ کاهش پیدا کرد. با افزایش امولسیفایر نیز در فرمولاسیون دونات، رطوبت ۸٪، تخلخل ۱۱/۷٪، حجم مخصوص ۳۴٪ و شاخص L* ۷/۶٪ افزایش ولی سختی بافت ۱۷/۵٪ و مؤلفه a* حدود ۴۷/۵٪ کاهش پیدا کرد. بر اساس نتایج ارزیابی حسی، پودر دانه کتان در سطح ۵ تا ۱۰٪ تاثیر نامطلوبی بر صفات حسی دونات نداشت ولی مقدار ۱۵٪ تاثیر کاهشی بر امتیازدهی داوران به صفات حسی داشت. در حالی که افزودن امولسیفایر داتم منجر به بهبود صفات حسی از نظر ارزیابان گردید. نتیجه‌گیری نهایی: بر اساس نتایج حاصل از این پژوهش، استفاده از ۱۰ تا ۵٪ پودر دانه کتان و ۰/۵٪ امولسیفایر داتم در تهیه دونات با خصوصیات کمی و کیفی قابل قبول، پیشنهاد می‌شود.

واژگان کلیدی: امولسیفایر داتم (DATEM)، پودر دانه کتان، دونات، خواص کیفی

مقدمه

دارا بودن طعم مطلوب و انرژی بالا، در میان محصولات شیرین حاصل از آرد گندم بسیار مورد توجه است (تان و میترال ۲۰۰۶). با توجه به تقاضای بالا و صنعتی شدن تولید دونات، نیاز به افزودنی‌های

دونات نوعی اسنک سرخ شده شیرین است که به صورت شیمیایی یا تخمیری یا تلفیق این دو تهیه می‌شود و در دمای بالا سرخ می‌شود. دونات به دلیل

غذایی مناسب به منظور بهبود ارزش تغذیه‌ای و ارتقاء خصوصیات تکنولوژیکی و حسی چنین محصولی احساس می‌شود. یکی از ترکیباتی که می‌توان از آن به‌عنوان یک ترکیب فراسودمند در محصولات صنایع پخت استفاده نمود، دانه کتان است. دانه کتان با نام علمی *Linum usitalissimum* از خانواده *Linaceae* گیاهی یک‌ساله است که به‌صورت بوته‌ای رشد می‌کند. رنگ ارقام مختلف آن از قهوه‌ای تیره تا زرد متغیر است. دانه کتان یکی از مهم‌ترین دانه‌های روغنی در سطح جهان است که مقدار روغن آن بین ۴۵-۳۸٪ بوده که ۶۲-۵۰٪ آن را اسید چرب آلفا لینولنیک (اسید چرب امگا ۳) تشکیل می‌دهد. این اسید چرب نقش عمده‌ای در کاهش التهاب، بیماری‌های قلبی و عروقی، پوکی استخوان، دیابت و بیماری‌های دستگاه گوارش بازی می‌کند. به‌علاوه دانه کتان دارای ۱۹-۲۹٪ پروتئین بوده و به علت داشتن بعضی از اسیدهای آمینه ضروری مانند متیونین (۲/۳٪) و تریپتوفان (۱/۹٪) از اهمیت خاصی برخوردار است. فیبر نیز یکی دیگر از مهمترین ترکیبات موجود در دانه کتان است. فیبر دانه کتان به دو صورت محلول و غیرمحلول می‌باشد. فیبرهای محلول موجب کاهش کلسترول خون شده، قند خون را تنظیم کرده و موجب کاهش وزن بدن می‌شود. فیبر غیرمحلول از یبوست جلوگیری کرده و خطر سرطان کولون را کاهش می‌دهد. از این‌رو این ترکیب به‌عنوان یک ماده فراسودمند شناخته شده است. فیبر محلول در دانه کتان موسیلاژ نام دارد که ۳ تا ۹٪ کل دانه را تشکیل می‌دهد (گانورکار و جین ۲۰۱۳).

به نظر می‌رسد خصوصیات تکنولوژیکی و بافتی دانات را می‌توان با استفاده از افزودنی‌های مناسب نظیر امولسیفایرها بهبود بخشید تا در کنار بهبود ارزش تغذیه‌ای این محصول با استفاده از دانه کتان، خصوصیات بافتی و رضایت مصرف‌کنندگان نیز حاصل گردد. یکی از این امولسیفایرها، داتم^۱ (EC472)

است که از مشتقات گلیسرول استری شده با اسیدهای چرب خوراکی و مونو و دی استیل اسید تارتاریک می‌باشد. این امولسیفایر نسبت به مونو و دی‌گلیسریدها، هیدروفیل‌تر بوده و بخش هیدروفیل در این امولسیفایر بزرگ‌تر بوده و از این‌رو دارای مقدار^۲ HLB بالای است. استفاده از داتم به‌عنوان یکی از افزودنی‌ها در محصولات نانوائی فقط به توانایی امولسیون‌کنندگی آن محدود نمی‌شود، بلکه بر کیفیت و ویژگی‌های محصولات نانوائی در طی تولید، نگهداری و مصرف، نیز اثر می‌گذارد (دهقان تنها و همکاران ۱۳۹۲). باقرزاده و همکاران (۱۳۹۷) اثر امولسیفایر داتم و آنزیم آلفا آمیلاز را به طور تکی و ترکیبی بر ویژگی‌های کیفی نان قالبی مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که امولسیفایر داتم و آنزیم آلفا آمیلاز در کاهش دانسیته نان مؤثر بود که در این بین اثر ترکیبی آن دو نتیجه بهتری داشت. افزودن آمیلاز و یا امولسیفایر کیفیت حسی نان قالبی را از طریق کاهش سفتی و افزایش طعم، قابلیت جویدن و تخلخل بهبود بخشید. مارپالی و همکاران (۲۰۱۴) تأثیر افزودن آرد دانه کتان به‌صورت برشته و خام در سه سطح ۵، ۱۰ و ۱۵٪ را بر ویژگی‌های فیزیکی‌شیمیایی و حسی نان بررسی کرده و نشان دادند که با افزایش دانه کتان جذب آب خمیر و نرمی بافت نان افزایش یافت. در بین تیمارها نمونه حاوی ۱۰٪ آرد دانه کتان بالاترین امتیاز ارزیابی حسی را به خود اختصاص داد. ایوبی (۱۳۹۷) اثرات افزودن آرد کتان در ۴ سطح ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰٪ را بر ویژگی‌های فیزیکی‌شیمیایی و حسی، کیک فنجان‌ی مورد بررسی نمود و نشان داد که جایگزین کردن آرد گندم با آرد کتان در فرمولاسیون کیک، افت وزنی، pH، تخلخل، حجم، روشنی، زردی و امتیازات حسی را کاهش داد و سبب افزایش دانسیته، رطوبت، سفتی بافت، قرمزی و اندیس قهوه‌ای شدن پوسته شد. سطوح بالاتر از ۱۰٪ آرد کتان بر کیفیت کیک اثر منفی گذاشت. دهقان تنها و

² Hydrophilic Lipophilic Balance¹ DITEM

لادن (شرکت بهشهر، تهران، ایران)، تخم‌مرغ و دانه کتان از بازار سنتی تبریز و امولسیفایر داتم با نام تجاری DATEM (E472) (شرکت رودیا، فرانسه) و مواد شیمیایی ساخت کارخانه مرک آلمان بود.

تهیه پودر دانه کتان

دانه کتان پس از تمیز کردن و جدا سازی مواد خارجی موجود در آن، به کمک آسیاب برقی (Electra EK-230M، ژاپن) آسیاب شد و به منظور کنترل اندازه گرانول‌ها از الک با مش ۱۰۰ عبور داده شد.

تهیه دونات

نمونه‌های دونات طبق فرمول ارائه شده در جدول ۲ تهیه شد. به این ترتیب که ابتدا تخم مرغ به مدت ۳ دقیقه با دور تند در همزن کاسه‌ای (مدل GR-901 گردن ساخت کشور چین) هم‌زده شد. سپس به آن شکر، روغن و آب، شیر خشک و امولسیفایر داتم (بسته به نوع تیمار)، وانیل و مخمر اضافه و به مدت ۳ دقیقه با دور تند هم زده شد. سپس آرد گندم و آرد دانه کتان (بسته به نوع تیمار) به آن اضافه شد. خمیر آماده شده به مدت ۱۲ دقیقه در دمای 22°C در ظرف مخصوص قرار گرفت تا مرحله اول تخمیر صورت گیرد.

جدول ۱- فرمول تهیه خمیر دونات شاهد

Table 1- Composition of control Doughnut dough

Composition	Amount (%)
Wheat flour	55
Liquid oil	5
Sugar	5
Eggs	10
Water	18.5
salt	0.5
Vanilla	0.21
Dry yeast	3
Milk powder	2.7

سپس خمیر با ضخامت ۱ سانتی‌متر پهن و قالب زنی شد. قطعات به مدت ۹۰ دقیقه در دمای 40°C در اتاق تخمیر، مرحله دوم تخمیر را سپری کردند. دونات‌ها

همکاران (۱۳۹۲) به بررسی تأثیر امولسیفایرهای داتم و گلسیرول مونواستئارات و آنزیم لیپاز بر خواص کیفی دونات تهیه شده از خمیر منجمد پرداختند. نتایج نشان داد که با افزایش مقدار امولسیفایرها در فرمولاسیون، رطوبت محصول افزایش یافت. غیور اصلی و همکاران (۱۳۹۰) تأثیر افزودن امولسیفایر داتم در سه سطح صفر، ۰/۳ و ۰/۵٪ را بر ویژگی‌های رئولوژیکی خمیر و حجم مخصوص نان اشترویدل مورد بررسی قرار دادند و نشان دادند که استفاده از ۰/۳٪ امولسیفایر به همراه ۱٪ گلوتن، موجب بهبود ویژگی‌های رئولوژیکی و تکنولوژیکی نان اشترویدل شد.

قربانی و همکاران (۱۳۹۷) نشان داد که استفاده از صمغ ریحان و کتیرا در سطح ۱٪ سبب افزایش رطوبت، کاهش سفتی یک هفته پس از پخت شد. افزودن همزمان ریحان در سطح ۱٪ و صمغ کتیرا در سطح ۰/۶٪ سبب افزایش حجم مخصوص، کاهش سفتی، افزایش زمان ماندگاری و امتیاز خصوصیات حسی و بهبود شاخص‌های رنگ در دونات شد.

از آنجایی‌که در ایران دونات به‌عنوان یک میان وعده مصرف زیادی دارد، بنابراین توجه به بهبود کیفیت آن از اهمیت بالایی برخوردار است. با توجه به بررسی‌های انجام شده استفاده از پودر دانه کتان توام با امولسیفایر داتم در تهیه محصولات پخت از جمله دونات بررسی نشده است. لذا با توجه به نیاز جامعه به تولید محصولات با کیفیت و ایمن برای سلامتی، هدف از انجام این پژوهش، بررسی تأثیر افزودن پودر دانه کتان به‌عنوان یک ترکیب فراسودمند و امولسیفایر داتم بر بهبود ویژگی‌های کمی و کیفی دونات بود.

مواد و روش‌ها

آرد ستاره با درجه استخراج ۸۳ درصد، با رطوبت ۱۱/۶۱٪، پروتئین ۹/۶٪، خاکستر ۳/۲۵٪ (کارخانه آرد گل‌مکان، مشهد، ایران)، شکر، وانیل، بیکینگ پودر (سبزان از شهر صنعتی صفادشت، تهران، ایران)، روغن مایع

دونات تهیه گردید و به وسیله اسکنر (مدل HP Scanjet G3010) با وضوح ۳۰۰ پیکسل تصویربرداری شد. تصویر تهیه شده در اختیار نرم‌افزار Image J قرار گرفت و درصد تخلخل و اندیس‌های رنگ نمونه‌ها تعیین شد (وایلدرجین و همکاران ۲۰۰۸).

سختی بافت دونات با استفاده از دستگاه بافت‌سنج (مدل TA XT Plus ساخت شرکت Stable Micro Systems انگلیس) تعیین شد. حداکثر نیروی مورد نیاز برای نفوذ یک پروب استوانه‌ای با انتهای صاف (۲ سانتی‌متر قطر در ۲/۳ سانتی‌متر ارتفاع) با سرعت ۳۰ میلی‌متر در دقیقه از مرکز دونات، به‌عنوان شاخص سختی محاسبه گردید. نقطه شروع و نقطه هدف به ترتیب ۰/۰۵ نیوتن و ۳۰ میلی‌متر بود. در واقع میزان سفتی با توجه به منحنی نیرو-تغییر شکل به دست آمد. سفتی (نیوتن) برابر با حداکثر مقدار نیرو در منحنی نیرو-تغییر شکل بود (دهقان تنها و همکاران ۱۳۹۲).

ویژگی‌های حسی دونات از نظر فرم و شکل (شکل نامتقارن و وجود هرگونه حفره یا فضای خالی)، پوکی و تخلخل (خلل و فرج غیرعادی، تراکم و فشردگی زیاد)، سختی بافت (خمیری بودن و یا نرمی غیرعادی، سفت بودن، تردی و شکنندگی)، قابلیت جویدن (خشک و سفت بودن، گوله و خمیری بودن در دهان و چسبیدن به دندان‌ها) و طعم و مزه (طعم تند و زننده، بوی خامی یا ترشیدگی و یا عطر طبیعی) توسط ۱۰ داور از بین افراد آموزش دیده مورد ارزیابی قرار گرفت. ضریب ارزیابی صفات از بسیار بد (۱) تا بسیار خوب (۵) بود. از آنجایی که ویژگی‌های بررسی شده در ارزیابی حسی به یک اندازه مؤثر نیستند. بنابراین پس از بررسی منابع و هریک از ویژگی‌ها، ضریب رتبه‌ای داده شد. ضریب رتبه صفات، مطابق جدول ۳ لحاظ گردید.

طرح آماری

داخل سرخ کن (مولینکس مدل AM480027 ساخت کشور فرانسه) با روغن سرخ کردنی لادن سرخ شد. سپس از سرخ کن خارج و توسط کاغذ جذب روغن، روغن اضافه آن گرفته شد. پس از سرد شدن، نمونه‌ها در داخل بسته‌های پلی‌اتیلنی بسته‌بندی شدند (انتظاری و همکاران ۱۳۹۶). در این تحقیق ۱۲ تیمار به شرح جدول ۲ تهیه شد و نمونه‌ها پس از ۷ روز نگهداری در سردخانه مورد آزمایش قرار گرفت.

روش‌های آزمایش

رطوبت از طریق خشک کردن در آون (ممرت، ساخت کشور آلمان) با دمای $103 \pm 2^\circ\text{C}$ ، خاکستر از طریق سوزاندن در کوره الکتریکی (ایران خودساز، ساخت کشور ایران) در دمای 550°C تا ایجاد خاکستر روشن، پروتئین به روش کلدال تعیین شد.

جدول ۲- معرفی تیمارها

Treatment	Wheat flour (%)	Flaxseed powder (%)	DATEM emulsifier (%)
1	55	0	0
2	55	0	0.25
3	55	0	0.5
4	50	5	0
5	50	5	0.25
6	50	5	0.5
7	45	10	0
8	45	10	0.25
9	45	10	0.5
10	40	15	0
11	40	15	0.25
12	40	15	0.5

حجم مخصوص با استفاده از روش جابجایی دانه کلزا^۱ (۲۰۰۰AACC) و تخلخل بافت داخلی دونات و اندیس‌های رنگ پوسته دونات با تعیین فاکتورهای رنگ‌سنجی شامل b^* (نشان دهنده طیف رنگی آبی تا زرد)، a^* (نشان دهنده طیف رنگی سبز تا قرمز) و L^* (نشان دهنده طیف سیاه تا سفید) با استفاده از روش رنگ‌سنجی دیجیتالی تعیین شد. بدین منظور برشی از

² Hardness

³ Trigger Point

⁴ Target Value

¹ Seed displacement

سطح (صفر، ۵، ۱۰ و ۱۵٪) و فاکتور دوم مقدار امولسیفایر داتم در سه سطح (صفر، ۰/۲۵ و ۰/۵۰٪) بود. میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح معنی‌داری ۵٪ مورد مقایسه قرار گرفت.

نتایج این پژوهش با استفاده از یک طرح کاملاً تصادفی بر پایه فاکتوریل با دو فاکتور و در سه تکرار با استفاده از نرم‌افزار MSTAT-C نسخه‌ی ۱/۴۲ مورد تجزیه آماری قرار گرفت. فاکتور اول مقدار پودر کتان در ۴

جدول ۳- ضریب رتبه صفات در آزمون حسی دونات

Table 3- Rating factor of sensory properties of Doughnut

Properties	Shape	Porosity	Texture	Chewing Ability	Flavor
Rating factor	4	2	2	3	3

حضور ترکیبات جاذب رطوبت در فرمولاسیون فرآورده‌های پخت بر حفظ رطوبت پس از پخت موثر است. از آنجایی که کتان منبع خوبی از فیبر است و با توجه به بالا بودن قابلیت جذب و نگهداری آب فیبر، لذا علت افزایش رطوبت در دونات را می‌توان به فیبر موجود در دانه کتان نسبت داد (گانورکار و جین ۲۰۱۳). در این راستا افزایش رطوبت توسط گانورکارو و جین (۲۰۱۴) در کلوچه، ایکسو و همکاران (۲۰۱۴) و مارپالی و همکاران (۲۰۱۴) در نان و ایوبی (۱۳۹۷) در کیک فنجانی حاوی آرد کتان گزارش شده است.

نتایج و بحث

ویژگی‌های پودر دانه کتان مورد استفاده عبارت بود از رطوبت ۶/۶۱٪، پروتئین ۸/۹۲٪، خاکستر ۲/۱۳٪، چربی ۲۱/۵۵٪ و کربوهیدرات ۱۴/۸۳٪.

تأثیر تیمارها بر رطوبت

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تأثیر سطوح مختلف آرد دانه کتان و امولسیفایر داتم بر رطوبت دونات معنی‌دار بود ($P < 0.05$). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که با افزودن آرد دانه کتان در فرمولاسیون دونات، رطوبت محصول افزایش یافت (جدول ۴).

جدول ۴- تأثیر آرد دانه کتان و امولسیفایر داتم بر رطوبت دونات

Table 4- Effect of Flaxseed Meal and Emulsifier DATEM on Moisture of Doughnut

Flaxseed flour (%)	Mositure (%)	DATEM emulsifier (%)	Mositure (%)
0	24.8d	0	27.9b
5	27.7c	0.25	29.8ab
10	30.6b	0.50	30.2a
15	33.2a	-	-
SEM	0.95	SEM	0.5

Means with the same letter in a columns are not significantly different from each other ($P > 0.05$).

SEM: standard error standard

بررسی تأثیر امولسیون‌ها بر خواص کیفی دونات تهیه شده از خمیر منجمد گزارش دادند که با افزودن این ترکیبات به فرمولاسیون دونات رطوبت محصول نهایی به طور معنی‌داری افزایش یافت.

نتایج افزودن امولسیفایر داتم نیز بر رطوبت دونات روند افزایشی داشت ولی تأثیر آن نسبت به آرد دانه کتان کمتر بود (جدول ۴). یکی از نقش امولسیفایرها در مواد غذایی به ویژه محصولات صنایع پخت بهبود قابلیت جذب آب و کمک به حفظ رطوبت است. در تحقیقی مشابه دهقان تنها و همکاران (۱۳۹۲) نیز با

تاثیر تیمارها بر تخلخل بافت و حجم مخصوص

تخلخل و حجم یکی از مهمترین ویژگی‌های فیزیکی محصولات نانوائی است که رابطه مستقیمی با کیفیت فراورده تولیدی دارد. نتایج تجزیه واریانس داده‌ها حاکی از تاثیر معنی‌دار پودر کامل دانه کتان و امولسیفایر داتم و تاثیر متقابل آنها بر تخلخل و حجم مخصوص دونات بود ($P < 0.05$). با توجه به جدول ۵،

افزودن پودر دانه کتان به فرمولاسیون دونات، منجر به کاهش تخلخل و حجم مخصوص محصول نهایی پس از فرایند سرخ کردن گردید. افزایش این ترکیب به مقدار ۵٪ به خمیر دونات، تاثیری بر تخلخل و حجم مخصوص محصول نداشت در حالی که با افزایش بیش از ۵٪ از این ترکیب (تا ۱۵٪)، میزان تخلخل و حجم مخصوص نمونه‌ها بطور معنی‌داری کاهش یافت.

جدول ۵- اثر متقابل آرد دانه کتان و امولسیفایر داتم بر خواص فیزیکی دونات

Table 5- Interaction effect of Flaxseed Flour and DATEM Emulsifiers on the Physical properties of Doughnut

Hardness (N)	Specific volume (ml/g)	Porosity (%)	DATEM emulsifier (%)	Flaxseed powder (%)
9.46c	3.03c	19.26a	0	0
8.75cd	3.66b	2.66a	0.25	0
7.80d	4.06a	21.53a	0.5	0
9.95c	3.00c	19.20a	0	5
8.40cd	3.66b	2.25a	0.25	5
7.76d	4.10a	20.95a	0.5	5
10.7bc	2.00e	15.56c	0	10
9.97c	2.20de	17.30b	0.25	10
9.55c	2.50d	17.65b	0.5	10
13.40ab	1.30f	14.00d	0	15
12.47b	1.75ef	14.45cd	0.25	15
14.65a	2.06e	14.90cd	0.5	15
0.89	0.13	0.99	SEM	

Means with the same letter in a columns are not significantly different from each other ($P > 0.05$). SEM: standard error standard

زیرا با افزایش مقدار پودر دانه کتان در فرمولاسیون، به دلیل وجود پروتئین‌های محلول در آرد دانه کتان، از قدرت شبکه گلوتهنی خمیر کاسته شده و در نتیجه خمیر قادر به حفظ گاز تولیدی در اثر واکنش شیمیایی و پخت نخواهد بود. بنابراین تخلخل و حجم مخصوص نمونه‌های دونات تولیدی در مقایسه با نمونه کنترل کاهش می‌یابد. عامل دیگری که می‌تواند در کاهش تخلخل و حجم مخصوص نمونه‌های دونات حاوی آرد کامل دانه کتان مؤثر باشد، احتمالاً افزایش ویسکوزیته خمیرابه دونات با افزودن مقادیر بالای آرد دانه کتان باشد چرا که این آرد حاوی مقدار بالایی فیبرهای محلول و نامحلول می‌باشد که می‌توان با برهمکنش با

آب فرمولاسیون منجر به افزایش بیشتر ویسکوزیته خمیر و در نتیجه جلوگیری از افزایش حجم در اثر تولید گاز شود. ایوبی (۱۳۹۷) نیز نتایج مشابهی را با افزایش آرد دانه کتان در کیک فنجان‌ی گزارش نمود. افزودن امولسیفایر داتم موجب افزایش معنی‌دار تخلخل و حجم مخصوص نمونه‌های دونات پس از سرخ کردن شد (جدول ۵). همانطوری‌که از جدول ۵ مشخص است نمونه حاوی ۰/۵٪ امولسیفایر داتم بدون آرد دانه کتان، دارای بیشترین مقدار تخلخل و حجم مخصوص، نمونه‌های حاوی ۱۵٪ پودر دانه کتان بدون امولسیفایر، دارای کمترین مقدار تخلخل و حجم مخصوص بود. افزایش تخلخل و حجم مخصوص به دلیل کاهش اندازه

تأثیر تیمارها بر سفتی بافت

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تأثیر مقادیر مختلف پودر دانه کتان و امولسیفایر داتم و اثرات متقابل این ترکیبات بر سفتی بافت دونات معنی‌دار بود ($P < 0/05$). همانطوری‌که از جدول ۵ مشخص است با افزودن ۵٪ آرد دانه کتان، سفتی محصول نهایی نسبت به نمونه کنترل تغییر معنی‌داری نشان نداد ($P > 0/05$) ولی با ادامه افزایش این ترکیب در فرمولاسیون خمیر دونات، سفتی بافت نمونه‌های دونات روند افزایشی داشت ($P < 0/05$). در حالی‌که با افزایش امولسیفایر داتم در فرمولاسیون خمیر دونات، سفتی بافت نمونه‌ها کاهش معنی‌داری نشان داد ($P < 0/05$). افزایش سفتی بافت کلوچه تا سطح جایگزینی ۱۵٪ پودر کتان توسط گانورکارو و جین (۲۰۱۴) نیز گزارش شده است.

با توجه به جدول ۵، نمونه‌های حاوی مقادیر بالاتر پودر دانه کتان و مقادیر کمتر امولسیفایر داتم دارای بیشترین سفتی بافت بودند. به‌طوریکه نمونه‌های حاوی ترکیبی از ۵٪ امولسیفایر و ۱۰-۵٪ پودر دانه کتان دارای رطوبت بالا و قابل قبولی از نظر ماندگاری نمونه‌های کیک و جلوگیری از تسریع بیاتی، بود. دهقان تنها و همکاران (۱۳۹۲) نیز به این نتیجه رسیدند که با افزودن امولسیفایر داتم و گلیسرول مونواستئارات در مقادیر ۰/۲٪ به فرمولاسیون دونات میزان سفتی بافت نمونه‌ها بطور معنی‌داری در مقایسه با نمونه شاهد کاهش یافت. این محققین عنوان کردند که نمونه‌های دارای کمترین میزان سفتی یا کمترین نیروی فشردگی، از حجم مخصوص و میزان تخلخل بیشتری برخوردار بودند که این در کاهش میزان نیروی فشردگی یا سفتی مغز بافت نسبت به سایر تیمارها مؤثر می‌باشد.

تأثیر تیمارها بر اندیس‌های رنگی

بر اساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها، مقادیر مختلف پودر دانه کتان و امولسیفایر داتم و همچنین اثرات متقابل این ترکیبات بر پارامتر رنگی L^* و a^* پوسته

و افزایش تعداد سلول‌های گازی و توزیع یکنواخت آن در بافت محصول است (زیوبرو و همکاران ۲۰۱۲). از آنجایی که اساساً خمیر محصولاتی مانند کیک و دونات نوعی کف محسوب می‌شود که وجود چربی آن را ناپایدار می‌سازد. با توجه به اینکه هوا در میان ذرات چربی پخش می‌شود، لذا توزیع مناسب هوا در خمیر فقط هنگامی رخ می‌دهد که این ذرات چربی به خوبی در سراسر خمیر پخش شده باشد. بنابراین نحوه هوادهی در خمیر از اهمیت زیادی در تولید کیک و محصولات مشابه برخوردار است. توزیع مناسب ذرات هوا در خمیر کیک ویسکوزیته خمیر را افزایش می‌دهد و به ایجاد حجم و بافت بهتر در محصول نهایی منجر می‌شود. از جمله مزیت‌هایی که در پی انجام مناسب فرآیند هوادهی و استفاده از امولسیفایرها در طی تولید امولسیون حاصل می‌شود، ایجاد بافتی با حفرات ریز، متعدد و یکنواخت و به عبارت دیگر بافتی کاملاً متخلخل در محصول نهایی است. با بکارگیری امولسیفایرها حباب‌های هوا در اندازه کوچک و به‌صورت یکنواخت در تمام قسمت خمیر پخش می‌شوند و در طول زمان پخت خروج هوا از این حباب‌ها به شکل مناسبی رخ داده و منجر به تولید فراورده‌ای با تخلخل مناسب می‌شود و حفراتی ریز و با اندازه یکسان در آن بوجود می‌آید (آشوینی و همکاران ۲۰۰۹). دهقان تنها و همکاران (۱۳۹۲) نیز به این نتیجه رسیدند که حفظ سلول‌های گازی در بافت محصول دونات جهت افزایش میزان تخلخل یا حجم مخصوص می‌تواند تحت تأثیر امولسیفایر و آنزیم‌ها باشد، زیرا امولسیفایرها و یا آنزیم‌ها از طریق بهبود بافت محصول نهایی سبب حفظ و نگهداری سلول‌های گازی و بالطبع افزایش میزان تخلخل می‌شوند. بروکیر (۲۰۰۳) نیز عنوان کردند که افزودن امولسیفایرها به فرمولاسیون محصولات صنایع پخت، سبب توزیع یکنواخت حباب‌های هوا، بهبود حجم و بافت محصول نهایی می‌گردد.

در افزایش مؤلفه L^* پوسته مؤثر است. دهقان تنها و همکاران (۱۳۹۲) به این نتیجه رسیدند که افزودن امولسیفایر به نمونه دونات سرخ شده تغییرات سطح پوسته را به دلیل حفظ رطوبت در طی زمان نگهداری کاهش می‌دهد که هرچه تغییرات پوسته کمتر و سطح صاف و هموارتر باشد، انعکاس نور از سطح محصول افزایش می‌یابد که این امر در افزایش مؤلفه L^* و کاهش مؤلفه a^* تیمارها و افزایش میزان روشنایی مؤثر است.

تاثیر تیمارها بر ویژگی‌های حسی

با توجه به نتایج تجزیه واریانس، تاثیر پودر دانه کتان و امولسیفایر داتم بر ویژگی‌های حسی دونات معنی‌دار بود ($P < 0.05$). نتایج نشان داد که افزودن پودر دانه کتان به مقدار ۵٪ تاثیر نامطلوبی بر هیچیک از خواص حسی مورد بررسی نداشت و امتیاز این تیمارها با نمونه شاهد از نظر آماری یکسان بود ($P > 0.05$). در حالی که با ادامه افزایش پودر دانه کتان در فرمولاسیون محصول، از امتیاز حسی نمونه‌های دونات کاسته شد. از نظر ارزیابان تیمارهای حاوی ۱۰-۵٪ پودر دانه کتان دارای طعم و مزه بهتری نسبت به نمونه کنترل بودند ولی با ادامه افزایش پودر دانه کتان در خمیر دونات از امتیاز طعم نمونه‌ها کاسته شد (جدول ۷). همان‌طور که اشاره شد افزودن آرد دانه کتان به فرمولاسیون دونات منجر به افزایش سفتی بافت محصول نهایی شد بنابراین بر طعم محصول نهایی نیز اثر کاهنده دارد. احتمالاً دلیل افزایش طعم دونات در مقادیر کمتر پودر دانه کتان، وجود ترکیبات تغذیه‌ای، اسیدهای چرب غیر اشباع و ترکیبات طعم‌زا در دانه کتان است ولی در غلظت‌های بالاتر نیز به دلیل داشتن ترکیبات فیبری و صمغی موجب پوشش طعم محصول نهایی شده است. در نهایت نمونه‌های حاوی ۵٪ پودر دانه کتان با امتیاز ۴/۱۰ دارای بیشترین پذیرش از نظر ارزیابان بودند و پس از آن نمونه کنترل قرار داشت (امتیاز ۳/۴۷). این نتیجه با نتایج گزارش شده توسط

دونات معنی‌دار بود ($P < 0.01$) در حالی که بر مؤلفه‌های b^* تاثیر معنی‌داری نداشت ($P > 0.05$).

شاخص L^* معرف میزان روشنی نمونه‌ها بوده و دامنه آن از صفر (سیاه خالص) تا ۱۰۰ (سفید خالص) متغیر است. شاخص a^* نیز میزان نزدیکی رنگ نمونه به رنگ سبز و قرمز بوده و دامنه آن از ۱۲۰- (سبز خالص) تا ۱۲۰+ (قرمز خالص) متغیر است. با توجه به جدول ۶، با افزودن ۵٪ آرد دانه کتان به فرمولاسیون دونات، تغییر معنی‌داری در میزان مؤلفه L^* نسبت به نمونه کنترل مشاهده نشد ($P > 0.05$) ولی با ادامه افزایش سطح آرد دانه کتان، از میزان روشنی ظاهری نمونه‌های دونات کاسته شد. در حالی‌که افزودن آرد دانه کتان منجر به افزایش مؤلفه قرمزی پوسته دونات گردید ($P < 0.01$). زیرا آرد کامل دانه کتان حاوی پوسته قهوه‌ای رنگ است که در غلظت‌های بالاتر منجر به تیره‌تر شدن رنگ پوسته نمونه‌های دونات شده است. از طرف دیگر دلیل این امر حضور ترکیبات پروتئینی و قندی موجود در آرد دانه کتان است که سبب افزایش شدت قهوه‌ای شدن مایلارد شده است. روزگار و همکاران (۲۰۱۵) با افزایش مقدار آرد بزرک کاهش روشنی، زردی و قرمزی را در نان گزارش کردند. تیره شدن رنگ پوسته نان با جایگزینی آرد گندم با آرد کتان توسط ایوبی (۱۳۹۷) و ایکسیو و همکاران (۲۰۱۴) نیز گزارش شده است. در حالی‌که افزودن امولسیفایر داتم موجب افزایش اندیس L^* و کاهش قرمزی (شاخص a^*) سطح پوسته نمونه‌های دونات تولیدی شد (جدول ۶). افزایش شاخص L^* و کاهش مؤلفه a^* در اثر استفاده از امولسیفایر داتم را می‌توان در ارتباط با قابلیت هموژنیزه کردن و ایجاد قطرات بسیار ریز امولسیون دانست که سبب سفیدکنندگی خمیر می‌شود (کیم و والکر ۱۹۹۲).

همچنین امولسیفایرها به دلیل افزایش قابلیت نگهداری آب توسط بافت محصول، مانع از تغییرات نامطلوب (چین‌دار شدن) در سطح پوسته نان شده که همین امر

گانورکار و جین (۲۰۱۴) بر روی تأثیر پودر کتان بر امتیاز طعم کلوچه نیز مطابقت دارد.

جدول ۶- اثر متقابل آرد دانه کتان و امولسیفایر داتم بر مولفه‌های رنگی دونات

Table 6- Interaction effect of Flaxseed Flour and DATEM Emulsifiers on the color indexes of Doughnut

b*	a*	L*	DATEM emulsifier (%)	Flaxseed powder (%)
20.66a	6.27b	45.20c	0	0
20.65a	5.30f	47.00ab	0.25	0
20.64a	4.25f	48.65a	0.50	0
20.75a	8.37cd	45.20c	0	5
20.73a	7.40d	46.37bc	0.25	5
20.66a	5.35f	47.77ab	0.50	5
20.75a	10.36b	39.36ef	0	10
20.83a	8.95c	41.50e	0.25	10
20.55a	8.85c	43.40de	0.50	10
20.60a	12.15b	37.05f	0	15
20.62a	12.25a	38.75f	0.25	15
20.65a	12.23a	39.70ef	0.50	15
0.17	0.35	0.95	SEM	

Means with the same letter in a columns are not significantly different from each other (P>0.05). SEM: standard error standard

(۲۰۱۴) و ایوبی (۱۳۹۷) نیز بالاترین امتیاز ارزیابی حسی را در نمونه حاوی ۱۰٪ آرد دانه کتان گزارش کردند. با افزودن امولسیفایر داتم به خمیر دونات، امتیازدهی داوران به تمام خصوصیات حسی در مقایسه با نمونه کنترل روند افزایشی داشت (جدول ۷).

غفار و همکاران (۲۰۱۰) نیز نشان دادند که استفاده از آرد کتان در سطح ۲۰٪ کاهش معنی‌دار امتیاز طعم نان را به دنبال داشت اما در سطوح پایین‌تر آرد کتان اختلاف امتیاز طعم نان با شاهد معنی‌دار نبود که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد. مارپالی و همکاران

جدول ۷- اثر متقابل آرد دانه کتان و امولسیفایر داتم بر خواص حسی دونات

Table 7- Interaction effect of Flaxseed Flour and DATEM Emulsifiers on sensory properties of Doughnut

Flaxseed flour (%)	DATEM emulsifier (%)	Shape	Porosity	Texture	Chewing Ability	Flavor	Overall acceptance
0	0	3.60c	3.26b	2.45gh	2.40d	2.40e	2.95c
0	0.25	4.00b	3.46ab	2.60gh	3.07c	3.06d	3.45b
0	0.50	4.48a	4.00a	3.00bc	3.75b	3.40cd	4.06ab
5	0	3.60c	3.20b	3.00bc	3.20c	3.66bc	3.40d
5	0.25	4.46a	3.66ab	3.80ab	3.46c	4.46a	4.10a
5	0.50	4.86a	4.06a	4.15a	4.00a	4.80a	4.55a
10	0	3.46c	2.55g	2.80c	2.55d	3.26d	3.00bc
10	0.25	4.00b	3.00bc	3.40b	3.15c	4.06b	3.65b
10	0.50	3.66c	2.80c	3.20b	3.00c	4.00b	3.46b
15	0	2.80d	1.75d	1.50d	2.10d	2.06ef	2.15d
15	0.25	2.80d	2.26c	2.30bc	1.86de	2.60e	2.45cd
15	0.50	2.75d	2.10cd	2.00d	1.30e	1.90f	2.10d
SEM		0.09	0.11	0.15	0.11	0.22	0.24

Means with the same letter in a columns are not significantly different from each other (p>0.05). SEM: standard error standard

نتیجه‌گیری کلی

نتایج نشان داد که افزایش پودر کامل دانه کتان به فرمولاسیون خمیر دونات منجر به افزایش رطوبت و کاهش حجم مخصوص و تخلخل نمونه‌ها شد که سطح ۵٪ این ترکیب تغییری در خواص ذکر شده در مقایسه با نمونه کنترل ایجاد نکرد. در حالی که امولسیفایر داتم موجب حفظ بیشتر رطوبت محصول گردید. همچنین این ترکیب حجم مخصوص و تخلخل نمونه‌های دونات را نسبت به شاهد افزایش داد. نتایج ارزیابی سفتی بافت نیز نشان داد که پودر دانه کتان سفتی بافت را افزایش داد در حالی که امولسیفایر داتم سبب کاهش سفتی بافت محصول گردید. همچنین پودر دانه کتان شاخص L^* را کاهش و a^* را افزایش داد. در حالی که تأثیر L^* امولسیفایر داتم بر عکس بود. پودر دانه کتان در سطح ۵ تا ۱۰٪ تأثیر نامطلوبی بر صفات حسی نداشت بلکه در بسیاری موارد رضایت پانلیست‌ها را در مقایسه با نمونه شاهد جلب نمود ولی غلظت ۱۵٪ تأثیر کاهشی بر امتیازدهی داوران به صفات حسی شد. افزودن امولسیفایر داتم در هر دو غلظت بکار رفته منجر به بهبود صفات حسی گردید. بر اساس نتایج حاصل از این پژوهش، استفاده از ۵ تا ۱۰٪ آرد دانه کتان و ۰/۵٪ امولسیفایر داتم در تولید دونات پیشنهاد می‌گردد.

طبق نتایج در برخی صفات حسی مانند نرمی بافت و طعم و مزه اختلاف معنی‌داری بین غلظت‌های ۰/۲۵ و ۰/۵٪ وجود نداشت ($P > 0/05$) ولی در مورد صفات شکل، قابلیت جویدن، تخلخل و پذیرش کلی امتیاز نمونه‌های حاوی ۰/۵٪ داتم از تیمارهای حاوی ۰/۲۵٪ از نظر آماری بیشتر بود ($P < 0/05$). امتیاز پذیرش کلی دونات‌های حاوی ۰/۲۵ و ۰/۵٪ داتم در مقایسه با نمونه کنترل بالاتر بود (جدول ۷). باقرزاده و همکاران (۱۳۹۷) نیز گزارش کردند که افزودن آنزیم آلفا آمیلاز و یا امولسیفایر داتم کیفیت حسی نان قالبی را از طریق کاهش سفتی و افزایش طعم، قابلیت جویدن و تخلخل بهبود بخشید. بطور کلی بیشترین امتیاز حسی به نمونه‌های حاوی ترکیبی از ۰/۵٪ امولسیفایر داتم و ۵٪ پودر آرد دانه کتان تعلق داشت. البته ذکر این نکته نیز قابل توجه می‌باشد که تیمارهای حاوی ۱۰٪ آرد دانه کتان و ۰/۵٪ امولسیفایر داتم اگرچه از تیمار قبلی امتیاز حسی پایین‌تری دریافت کردند، ولی از حد متوسط بالاتر بوده و از نظر ارزیابان قابل قبول بود.

منابع مورد استفاده

- انتظاری ب، کاراژیان ح و شریفی الف، ۱۳۹۶. بررسی اثر عصاره چوبک بر خواص آنتی‌اکسیدانی و ماندگاری دونات. نشریه نوآوری در علوم و فناوری غذایی. (۱) ۹، ۲۷-۴۰
- ایوبی الف، ۱۳۹۷. تأثیر افزودن آرد کتان بر ویژگی‌های فیزیکی-شیمیایی و حسی کیک فنجانی. مجله علوم و صنایع غذایی. (۱۵) ۷۹، ۲۲۸-۲۱۷
- باقرزاده س، محمدزاده میلانی ج و کسائی م ر. ۱۳۹۷. تأثیر استفاده همزمان از امولسیفایر داتم (استر دی‌استیل تارتاریک اسید منوگلیسرید) و آلفا-آمیلاز مالتوژنیک بر ویژگی‌های کیفی نان قالبی. مجله پژوهش‌های صنایع غذایی. (۴) ۲۸، ۱-۱۳
- دهقان تنهال، کریمی م و صالحی فر م، ۱۳۹۲. تأثیر امولسیون‌ها و آنزیم لیپاز بر خواص کیفی دونات تهیه شده از خمیر منجمد. نشریه نوآوری در علوم و صنایع غذایی. (۳) ۵، ۱۰۵-۱۱۵
- غیور اصلی م ع، حداد خداپرست م ح و کریمی م، ۱۳۹۰. تأثیر گلوتن و امولسیفایر DATEM بر خصوصیات رئولوژیکی خمیر و حجم مخصوص نان اشته‌رودل. مجله علوم و صنایع غذایی. (۸) ۳۳، ۵۹-۶۵

قربانی م، شیخ الاسلامی ز و آریانفر الف، ۱۳۹۷. تأثیر صمغ ریحان و کتیرا در بهبود کیفیت و ماندگاری دونات روغنی. مجله پژوهش‌های صنایع غذایی. (۳) ۲۸، ۱۳۹-۱۵۱.

- AACC, 2000. Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists, 10th Ed., Vol. 2. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN.
- Ashwini A, Jyotsna R and Indrani D, 2009. Effect of hydrocolloids and emulsifiers on the rheological, microstructural and quality characteristics of eggless cake. *Food Hydrocolloids* 23: 700-707.
- Brooker B E, 2003. The stabilisation of air in cake batters the role of Fat. *Food Structure* 12:285-6.
- Gaafar AM, Header EA, El-sherif FA, El-dashlouty MS and El-brollose SA, 2010. Sensory, chemical and biological evaluation of some products fortified by whole flaxseed. *Egyptian Journal of Agricultural Research* 88: 257-271.
- Ganorkar P M and Jain R K, 2013. Flaxseed—a nutritional punch. *International Food Reseach Journal* 202: 519-525
- Kim CS and Walker CE, 1992. Effects of sugars and emulsifiers on starch gelatinization evaluated by differential scanning calorimetry. *Cereal Chemistry* 69: 212-217.
- Marpalle P, Sonawane SK and Arya SS, 2014. Effect of flaxseed flour addition on physicochemical and sensory properties of functional bread. *LWT - Food Science and Technology* 582: 614–619.
- Roозegar MH, Shahedi M and Hamdami N, 2015. Production and rheological and sensory evaluation of Taftoon bread containing flaxseed. *Journal of Food Science and Technology* 48(12): 231-244.
- Tan J and Mitral GS 2006. Physicochemical properties change of doughnuts during vaccum frying. *International Journal Food properties* 9: 85-98.
- Wilderjans E, Pareyt B, Goesaert H, Brijs K and Delcour JA, 2008. The roleof gluten in apound cake system: A model approach based on gluten-starch blends. *Food Chemistry* 110: 909-915.
- Xu Y, Hall CA and Manthey FA, 2014. Effect of flaxseed flour on rheological properties of wheat flour dough and on bread characteristics. *Journal of Food Research* 3(6): 83-91.
- Ziobro R, Korus J, Witczak M and Juszczak L, 2012. Influence of modified starches on properties of gluten free dough and bread. Part II: Quality and staling of gluten free bread. *Food Hydrocolloids* 29: 68-74.

Journal of Food Researches/vol.30 No.1/ 2020/pp 99-111
<https://foodresearch.tabrizu.ac.ir>

The effect of flaxseed powder (*linum usitalisssum*) and DATEM as emulsifier on the qualitative and sensory properties of Doughnut

Sh Zomorodi^{1*} and S Faramarzi²

Received: September 23, 2018

Accepted: February 17, 2019

¹Associate Professor, Department of Engineering Research, West Azarbaijan Agricultural and Natural Resources Research Center, AREEO, Urmia, Iran

²Graduated Senior, Department of Food Science and Technology, Shabestar Branch, Islamic Azad University, Shabestar, Iran.

*Corresponding author: Email: s.zomorodi@areeo.ac.ir

Introduction: Doughnut is a sweet sparkling snack which is produced chemically or by fermented or by combination of two methods. It is fried at high temperature. Doughnut is among the most popular sweeteners of wheat flour because of its high taste and high energy (Tan & Mitral 2006). Due to the high demand and the mechanization of Doughnut production, it is necessary to add suitable food additives to improve its nutritional value and enhance the technological and sensory properties of such a product. One of the compounds that can be used as a functional material in the baking industry is flaxseed (*Linum usitalisssum*). Flaxseed is known as a functional food, because it contains α -linolenic acid (omega-3) and essential amino acids such as methionine and tryptophan. Fiber is another important ingredient in flaxseed, which reduces blood cholesterol, regulates blood sugar and prevents constipation and reduces the risk of colon cancer (Ganorkar & Jain 2013). Technological and textural properties of Doughnut can be improved by using various emulsifiers, such as DATEM (EC472), in addition to improving the nutritional value of this product using flaxseed, texture and consumer satisfaction. DATEM is a derivative of glycerol esterified with edible fatty acids, mono and di-tartaric acid (Dehgan Tnha et al. 2013). Bagherzade et al. (2018) the effects of the emulsifier diacetyl tartaric acid ester of monoglycerides (DATEM) and of the enzyme maltogenic α -amylase separately and combined on the quality and organoleptic properties of pan bread investigated. The results showed that emulsifier DATEM and α -amylase were effective in reducing density. In this regard, combined effects had better result than individual effect of them. Addition of enzyme and/or DATEM emulsifier improved the organoleptic quality of pan bread through reducing firmness and increasing flavor, chewiness, and porosity as compared to control samples. The aim of this study was to investigate the effect of flaxseed powder as a functional food and DATEM as emulsifier on qualitative and sensory properties of Doughnut.

Material and methods: The samples were prepared according to the method described by Entazari et al. (2017). After 7 days of storage at cold room, the moisture content was measured by drying in an oven at 103 ± 2 °C, ash by burning in an electric furnace at 550 °C to produce white color residue, protein using Kjeldahl method, specific volume using the seed displacement method (AACC 2000), and the porosity and shell color indexes by Image J software (Wilderjans et al. 2008) and The texture was determined using a instran (Dehgan Tnha et al. 2013). Sensory properties were evaluated by 10 trained panelists. The attribute evaluation coefficient was from very bad (1) to very good (5). The results were analyzed using a completely randomized design with factorial trial with two factors and three replications using MSTAT-C software. The first factor was the amount of flaxseed powder in 4 levels (0, 5, 10 and 15%), and the second factor was the amount of DATEM as emulsifier in three levels (0, 0.25 and 50%).

Results and discussion: The results showed that by increasing the amount of flaxseed powder in the Doughnut formulation, the moisture content increased (Table 4). This can be due to high water absorption ability of fiber in flaxseed (Ganorkar and Jain 2013). In this regard, the increase in moisture reported by Ganorkar and Jain (2013) in Cookie, Xu et al. (2014) and Marpalle et al. (2014) in Bread and Ayubi (2018) in cup cake containing flaxseed powder. Addition of DATAM as emulsifier, the moisture content of product increased (Table 4). Similar results have been reported by Dahgan Tnha et al. (2013). Also, the addition of flaxseed powder resulted in decreased porosity and specific volume of the final product after frying process. This can be due to presence of water soluble proteins in flaxseed which reduces the strength of gluten network and as a result the dough is not going to be able to retain the gas produced during baking process. In this regard, Khorsand et al. (2018) showed that with increasing soy flour and lentil flour, the porosity and specific volume of Doughnut decreased. Ayoubi (2018) also reported similar results with increasing the amount of flaxseed powder in a cupcake. Increasing DATEM as emulsifier improved the porosity and specific volume of Doughnut (Table 5). This can be due to the size reduction and the increase in the number of gas cells and its uniform distribution in the product texture (Ziobro et al. 2012). Brooker (2003) also stated that the addition of emulsifiers to the formulation of the baking products would uniformly distribute air bubbles, improve the specific volume and texture of the final product. The hardness of the samples increased with increasing flaxseed powder and decreased with increasing the DATEM as emulsifier ($P < 0.05$). With increasing flaxseed powder, the apparent brightness decreased and the redness of the Doughnut shell increased ($P < 0.01$). The presence of protein and sugars in flaxseed powder, increased brownishness color in samples due to the Millard reaction. The darkening of the bread crust color with the replacement of wheat flour with flaxseed powder reported by Ayubi (2018), Xu et al. (2014) and Menten et al. (2008). While with increasing of DATEM as emulsifiers, the L^* index increased and redness (a^*) of the shell surface of Doughnut samples decreased (Table 6). The ability of Homogenization and create very fine emulsion droplets by DATEM as emulsifiers, resulted in whitening of the Doughnut (Kim and Walker 1992). Also, with increasing the flaxseed powder in the product formulation, the sensory score of the samples decreased. According to the opinion of the panelists, the treatments containing 5-10% of flaxseed powder had a better flavor than the control sample (Table 7). Probably the reason for the increase in the flavor of the Doughnut containing less amounts of flaxseed powder was the presence of nutritional compounds, unsaturated fatty acids and aromatic compounds in flaxseed, but at higher concentrations, due to the presence of fiber and gummy compounds, the flavor of the product is covered. The similar results reported by Ganorkar and Jain (2013) on the cookie containing flaxseed. With increasing the DATEM as emulsifier in Doughnut, the score of sensory evaluation of samples increased (Table 7). The overall acceptance score of Doughnut containing 0.25 and 0.5% DATEM compared to the control sample was higher (Table 7), which was in agreement with the results obtained by Dehghan Tnha et al. (2013).

Conclusion: According to the results obtained in this study, the use of 5 to 10% of flaxseed powder and 0.5% of DATEM as emulsifier for production of Doughnut with acceptable qualitative and quantitative properties is recommended.

Keywords: Doughnut, DATEM emulsifier, Flaxseed powder, Qualitative properties